

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-518153

(P2004-518153A)

(43) 公表日 平成16年6月17日(2004.6.17)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G02B 1/11	G02B 1/10	A 2K009
B05D 7/24	B05D 7/24	3O1T 4D075
C08J 7/18	C08J 7/18	CER 4F073
C09D 1/00	C08J 7/18	CEZ 4J038
C09D 4/00	C09D 1/00	
	審査請求 未請求 予備審査請求 有	(全 303 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-502509 (P2002-502509)	(71) 出願人	502355325 キュー2100・インコーポレーテッド アメリカ合衆国・40299・ケンタッキー州・ルイスヴィル・ブルーグラス パークウェイ・10100
(86) (22) 出願日	平成13年6月8日 (2001.6.8)	(74) 代理人	100064621 弁理士 山川 政樹
(85) 翻訳文提出日	平成14年12月9日 (2002.12.9)	(72) 発明者	サン, シャオドン アメリカ合衆国・40220・ケンタッキー州・ルイスヴィル・サマーセット ブレイス・1707-2
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/018637	(72) 発明者	ブアッザ, オマール・エム アメリカ合衆国・40223・ケンタッキー州・ルイスヴィル・パリセイズ コート・503
(87) 国際公開番号	W02001/095017		
(87) 国際公開日	平成13年12月13日 (2001.12.13)		
(31) 優先権主張番号	09/590, 784		
(32) 優先日	平成12年6月8日 (2000.6.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射防止膜の形成方法

(57) 【要約】

可視光線透過材料に反射防止膜を形成することができる。反射防止膜は2つのコーティング層の積層体であってもよい。第1のコーティング層は、金属アルコキシドを含む組成物から形成されうる。紫外線または熱を加えることによって第1のコーティング層を硬化させることができる。第2のコーティング層は、開始剤およびエチレン置換モノマーを含む第2の組成物から形成されうる。紫外線を当てることによって第2の組成物を硬化させることができる。反射防止膜をプラスチック・レンズまたはプラスチック・レンズ型に付着させることができる。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可視光線透過基板に少なくとも部分的に反射防止性の膜を形成するための方法であって、第 1 の金属アルコキシドを含む第 1 の組成物を可視光線透過基板の少なくとも片面に付着させて第 1 のコーティング層を形成すること、開始剤およびエチレン置換モノマーを含み、紫外線を当てることによって硬化可能な第 2 の組成物を第 1 のコーティング層に付着させること、および紫外線を第 2 の組成物に当て、紫外線は第 2 の組成物の硬化を開始させて第 2 のコーティング層を形成することを含む方法。

【請求項 2】

コロイド・シリコンまたはシラン・モノマーを含むシリコン含有組成物を第 1 の組成物に付着させてシリコン層を形成すること、および第 2 の組成物をシリコン層に付着させることをさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

第 1 の組成物は、紫外線を当てることによって硬化可能である請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

紫外線を第 1 の組成物に当て、紫外線は第 1 の組成物の硬化を開始させて第 1 のコーティング層を形成することをさらに含む請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

紫外線は閃光ランプによって生成される請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 6】

紫外線は殺菌ランプによって生成される請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 7】

第 1 の組成物を加熱し、第 1 の組成物を加熱することにより第 1 の組成物の硬化を開始させて第 1 のコーティング層を形成することをさらに含む請求項 1 および 2 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

開始剤は第 2 の金属アルコキシドを含む請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 9】

第 1 および第 2 の金属アルコキシドは一般式 $M(Y)_p$ (式中、M はチタン、アルミニウム、ジルコニウム、ホウ素、スズ、インジウム、アンチモンまたは亜鉛であり、Y は $C_1 \sim C_{10}$ アルコキシまたはアセチルアセトネートであり、p は M の価数に等しい整数である) を有する請求項 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 10】

第 1 および第 2 の金属アルコキシドは一般式 $Ti(OR)_4$ (式中、R は $C_1 \sim C_{10}$ のアルキルである) を有する請求項 8 および 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 11】

第 1 および第 2 の金属アルコキシドは、チタニウムメトキシド、チタニウムエトキシド、チタニウムイソプロポキシド、チタニウムブトキシドまたはチタニウムアリルアセトアセテートトリイソプロポキシドを含む請求項 8 から 10 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 12】

第 2 の金属アルコキシドは、チタニウムアルコキシドおよびアルミニウムアルコキシドを含む請求項 8 および 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

第 2 の組成物は光開始剤をさらに含む請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

エチレン置換モノマーはジペンタエリスリトールテトラアクリレートを含む請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

第 2 の組成物はフルオロアクリレートを含む請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

第 2 の組成物はシラン・モノマーを含む請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

第 2 の組成物は有機溶媒をさらに含む請求項 1 から 16 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 18】

第 1 の組成物はエチレン置換モノマーをさらに含む請求項 1 から 17 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 19】

第 1 の組成物は光開始剤をさらに含む請求項 1 から 18 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 20】

第 1 の組成物は共開始剤をさらに含む請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 21】

第 1 の組成物はコロイド・シリカをさらに含む請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 22】

第 1 の組成物は有機溶媒をさらに含む請求項 1 から 21 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 23】

第 1 のコーティング層は、可視光線透過基板の屈折率より大きい屈折率を有する請求項 1 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 24】

第 2 のコーティング層は、第 1 のコーティング層の屈折率より小さい屈折率を有する請求項 1 から 23 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 25】

第 1 のコーティング層を形成する前に可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することをさらに含む請求項 1 から 24 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 26】

可視光線透過基板の表面に第 1 の組成物を付着させる前に、可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することをさらに含む請求項 1 から 25 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 27】

可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することは、紫外線硬化性ハードコート組成物を可視光線透過基板の表面に付着させること、および紫外線をハードコート組成物に当て、紫外線はハードコート組成物の硬化を開始させてハードコート層を形成することを含む請求項 1 から 26 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 28】

可視光線透過基板の表面にハードコート組成物を付着させることは、ハードコート組成物をレンズの方へ向けながら可視光線透過基板を回転させることを含む請求項 1 から 27 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 29】

第 1 の組成物を可視光線透過基板に付着させることは、第 1 の組成物の第 1 の部分を可視光線透過基板に付着させること、第 1 の組成物の第 1 の部分を乾燥させること、第 1 の組成物の第 2 の部分を乾燥済の第 1 の部分に付着させること、および第 1 の組成物の第 2 の部分を乾燥させることを含む請求項 1 から 28 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 30】

第 1 の組成物を付着させることは、可視光線透過基板を回転させながら第 1 の組成物を可視光線透過基板の方へ向けることを含む請求項 1 から 29 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 3 1】

第 2 の組成物を付着させることは、可視光線透過基板を回転させながら第 2 の組成物を可視光線透過基板の方へ向けることを含む請求項 1 から 3 0 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 2】

可視光線透過基板の前面に第 1 の組成物を付着させることを含む請求項 1 から 3 1 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 3】

可視光線透過基板の背面に第 1 の組成物を付着させることを含む請求項 1 から 3 2 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 4】

約 9 0 秒間未満の時間にわたって第 2 の組成物に紫外線を誘導する請求項 1 から 3 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 5】

約 9 0 秒間未満の時間にわたって第 2 の組成物に紫外線を誘導する請求項 1 から 3 4 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 6】

約 1 0 分間未満の時間で反射防止膜を形成する請求項 1 から 3 5 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 7】

約 1 0 分間未満の時間にわたって約 4 0 と約 1 4 0 の間の温度で可視光線透過基板を加熱することをさらに含む請求項 1 から 3 6 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 8】

第 1 のコーティング層と第 2 のコーティング層を併せた厚さが約 5 0 0 n m 未満である請求項 1 から 3 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 3 9】

可視光線透過基板はプラスチック・レンズである請求項 1 から 3 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 0】

プラスチック・レンズの前面に反射防止膜を形成する請求項 1 から 3 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 1】

プラスチック・レンズの背面に反射防止膜を形成する請求項 1 から 4 0 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 2】

可視光線透過基板はガラス・レンズである請求項 1 から 3 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 3】

第 1 のコーティング層は、第 1 の組成物の成分と水またはアルコールとの反応生成物を含み、

第 2 のコーティング層は第 2 の組成物の成分の反応生成物を含む請求項 1 から 4 2 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 4】

使用時の型部材または眼鏡レンズの少なくとも片方に膜を付着させるためのコーティング・ユニットをさらに含む請求項 1 から 4 3 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 4 5】

可視光線透過基板に少なくとも部分的に反射防止性の膜を形成するための方法であって、活性化光または熱を加えることによって硬化可能な第 1 の組成物を可視光線透過基板の少なくとも片面に付着させて第 1 のコーティング層を形成すること、活性化光を当てることによって硬化可能な第 2 の組成物を第 1 のコーティング層に付着させること、および

10

20

30

40

50

活性化光を第2の組成物に当て、活性化光は第2の組成物の硬化を開始させて第2のコーティング層を形成することを含む方法。

【請求項46】

プラスチック・レンズを形成するための方法であって、

活性化光を当てることによって硬化可能な第2の組成物を第1の型部材のキャストイング面に付着させること、

活性化光を第2の組成物に当て、活性化光は第2の組成物の硬化を開始させて第2のコーティング層を形成すること、および

活性化光または熱を加えることによって硬化可能な第1の組成物を第2のコーティング層に付着させて第1のコーティング層を形成することを含む方法。

10

【請求項47】

請求項1から46のいずれか1項に記載の方法によって作製される眼鏡レンズ。

【請求項48】

請求項1から46のいずれか1項に記載の方法に従ってプラスチック・レンズに少なくとも部分的に反射防止性の膜を付着させるためのシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の背景)

1. 発明の分野

本発明は一般には眼鏡レンズに関する。より詳細には、本発明は、レンズ形成組成物、活性化光を使用してレンズ形成組成物を硬化させることにより、フォトクロミック・レンズ紫外/可視光線吸収レンズ、および着色プラスチック・レンズを作製するシステムまたは方法に関する。

20

【0002】

2. 関連技術の説明

熱硬化技術により、ジエチレングリコールビス(アリル)-カーボネート(DEG-BA C)の重合体から光学レンズを製造することは、当該技術分野において従来行われている。加えて、光学レンズは紫外線(「UV」)硬化技術を用いて作製することもできる。例えば、そのすべてを本願に引用して援用する米国特許第4,728,469号(Lipscomb他)、第4,879,318号(Lipscomb他)、第5,364,256号(Lipscomb他)、第5,415,816号(Buazza他)、第5,529,728号(Buazza他)、第5,514,214号(Joel他)、第5,516,468号(Lipscomb他)、第5,529,728号(Buazza他)、第5,689,324号(Lossmann他)、第5,928,575号(Buazza)、第5,976,423(Buazza)、第6,022,498号(Buazza他)、ならびに1989年10月26日に出願された米国特許出願番号第07/425,371号、1995年5月12日に出願された第08/439,691号、1995年5月30日に出願された第08/454,523号、1995年5月30日に出願された第08/453,770号、1997年5月8日に出願された第08/853,134号、1997年4月18日に出願された第08/844,557号、および1997年7月31日に出願された第08/904,289号を参照されたい。

30

40

【0003】

紫外線によるレンズの硬化は、実用的なレンズを製造するために克服しなければならない特定の問題をもたらす。その問題としては、レンズの黄色化、レンズまたは型のひび割れ、レンズの光学的変形、およびレンズと型の早期脱離などが挙げられる。加えて、有用な紫外線硬化レンズ形成組成物の多くは、レンズ硬化処理の困難さを増す特定の特性を示す。例えば、紫外線で開始される反応が比較的高速であるため、眼鏡レンズを形成するのに紫外線硬化性の組成物を用いることが問題となる。過度の発熱によって硬化レンズに欠陥が生じやすい。当該欠陥を防ぐために、光開始剤の量を紫外線硬化技術分野で通例使用されている量未満に抑えることがある。

50

【0004】

光開始剤の量を抑えることによってある問題に対処する一方、他の問題を引き起こしうる。例えば、光開始剤の量を少なくすると、レンズの縁付近や型キャビティにおけるガスケット壁付近の領域にある物質が、これらの領域における酸素の存在によって十分に硬化しないおそれがある（酸素は多くのレンズ形成組成物または材料の硬化を妨げるものと考えられる）。未硬化レンズ形成組成物により、粘着性の未硬化レンズ形成組成物によって覆われた「ウェット」エッジを伴うレンズが形成されやすい。さらに、未硬化レンズ形成組成物は、型抜きの際に移動してレンズの光学的表面を汚染するおそれがある。そして、汚染されたレンズは使用できないことが多い。

【0005】

未硬化レンズ形成組成物については様々な方法で対処がなされてきた（例えば、米国特許第5,529,728号（Buazza他）に記載されている方法を参照されたい）。当該方法としては、ガスケットを除去し、酸素遮断物または光開始剤濃縮液をレンズの露出縁に塗布し、次いでレンズに紫外線を再照射して、型抜き前にレンズの縁を十分に乾燥させる方法を挙げることができる。しかし、当該照射時に、所望の照射レベルより高い照射レベル、または所望の照射時間より長い照射時間を要することがある。追加的な紫外線照射は、状況によっては、レンズの黄色化の如き欠陥を引き起こしうる。

【0006】

多くの紫外線硬化性レンズ形成組成物における光開始剤の量を少なくすることによって、残留二重結合の比率で測定した場合に完全に硬化しているものの、着色処理時に所望の染料吸収特性を与えるレンズ表面の架橋密度が不十分なレンズが製造されることがある。

【0007】

当該紫外線硬化性レンズの表面密度を高める様々な方法が米国特許第5,529,728号（Buazza他）に記載されている。1つの方法では、レンズを型抜きし、そのレンズの表面を直接紫外線に曝露する。いくつかの紫外線光源（例えば水銀蒸気ランプ）によって与えられる比較的短い波長（約254nm）は、物質を比較的迅速に架橋させる傾向がある。しかしながら、この方法の望ましくない効果は、当該曝露の結果としてレンズが黄色化することである。さらに、レンズ表面の汚染物質が高強度の紫外線の短波長に曝露されると、着色上の欠陥を引き起こすおそれがある。

【0008】

他の方法としては、レンズが、まだガラス型の間の型キャビティ内に存在する間に、比較的高強度の紫外線にレンズを曝露する方法がある。ガラス型はより効果的な短波長を吸収する一方、約365nmの波長を通す。この方法は、一般には、長時間の曝露を必要とし、またレンズ型アSEMBリによって吸収される赤外線照射がレンズと型部材との早期脱離を引き起こすことになる。高強度の紫外線に曝露する前にレンズ型アSEMBリを加熱することにより、所望の架橋密度のレベルを達成するのに必要な照射線量を抑えることができる。しかし、この方法では、早期脱離の発生率も高くなる。

【0009】

レンズ型/ガスケット・アSEMBリを加熱して、レンズ形成組成物を液状モノマーから固形重合体に硬化できることは当該技術分野においてよく知られている。また、型とガスケットをレンズから除去した後で対流熱をレンズに加えることによって当該レンズを後熱硬化できることもよく知られている。

【0010】

（発明の概要）

眼鏡レンズを作製するための装置の実施態様を説明する。本装置は、コーティング・ユニットおよびレンズ硬化ユニットを含む。コーティング・ユニットは、型部材またはレンズにコーティングを施すように構成される。一実施態様のコーティング・ユニットはスピン・コーティング・ユニットである。レンズ硬化ユニットは、活性化光を型部材に導くように構成される。型部材は、レンズ硬化ユニット内に配置される型アSEMBリの一部である。使用するレンズ形成組成物の種類に応じて、フォトクロミック・レンズおよび非フォト

10

20

30

40

50

クロミック・レンズを形成するために本装置を使用することができる。本装置は、コーティング・ユニットとレンズ硬化ユニットの両方を実質的に同時に動作させることができるように構成できる。

【0011】

コーティング・ユニットはスピン・コーティング・ユニットであってもよい。スピン・コーティング・ユニットは眼鏡レンズを保持するためのホルダまたは型部材を備える。ホルダを回転させるように構成されたモータにそのホルダを結合することができる。カバーに活性化光源を組み込むことができる。カバーをレンズ硬化ユニットの本体にかぶせて、コーティング・ユニットを覆う。一実施態様では、カバーを閉じた状態で、コーティング・ユニット内に配置された型部材またはレンズに活性化光を当てるように活性化光源を配置する。活性化光源としては、紫外線光源、化学線光源（例えば、約380nmと490nmの間の波長を有する光を発生させる光源）、可視光源および/または赤外線光源でよい。一実施態様の活性化光源は紫外線光源である。

10

【0012】

レンズ形成装置は後硬化ユニットを含むことができる。後硬化ユニットは、その後硬化ユニット内に配置された型アセンブリまたはレンズを加熱すると共に活性化光を当てるように構成されている。

【0013】

レンズ形成装置は、コーティング・ユニットと、レンズ硬化ユニットと、後硬化ユニットの動作とを実質的に同時に制御するように構成されたプログラム式コントローラをも含むことができる。その装置は、コーティング・ユニット、レンズ硬化ユニットおよび後硬化ユニット内に配置されるいくつかの光プローブおよび温度プローブを含むようにしてもよい。これらのプローブは、好ましくは、個々のユニットの動作に関する情報をコントローラに伝達する。伝達された情報を利用して個々のユニットの動作を制御することができる。形成されているレンズの処方に基づいて各々のユニットの動作を制御することもできる。

20

【0014】

コントローラは、コーティング・ユニット、硬化ユニットおよび後硬化ユニットの様々な動作を制御するように構成される。

【0015】

さらに、コントローラは、システム診断および情報を装置のオペレータに提供する。コントローラは、日常的な整備を行うべきとき、またはシステム・エラーが検出されたときにユーザに通知することができる。コントローラは、安全またはエネルギー節約を目的としたインターロック・システムを管理することもできる。コントローラは、オペレータがランプからの光に曝露されるおそれがあるときにランプが動作することを防ぐことができる。

30

【0016】

また、コントローラをオペレータと対話するように構成することもできる。コントローラは、好ましくは入力デバイスと表示画面を含む。上述したようなコントローラによって制御されるいくつかの動作は、オペレータの入力に従う。コントローラは、オペレータが入力するレンズの種類（透明レンズ、紫外/可視光線吸収レンズ、フォトクロミック・レンズ、着色レンズなど）、処方、コーティングの種類（耐スクラッチ性コーティング、定着性コーティングまたは着色コーティング）に基づいて一連の指示を作成することができる。

40

【0017】

様々なレンズ形成組成物を硬化させて、上記装置内でプラスチック眼鏡レンズを形成することができる。着色レンズ、フォトクロミック・レンズおよび紫外/可視光線吸収無色レンズを形成することができる。レンズ形成組成物は、レンズを形成するための条件（例えば硬化条件および後硬化条件）が、形成されているレンズとは無関係に同様となりうるように、レンズ形成組成物を配合することができる。一実施態様では、レンズ形成組成物に

50

無色の非光互変性の紫外/可視光線吸収化合物を加えることによって、フォトリソミック・レンズを形成するのに用いた条件で透明レンズを形成することができる。フォトリソミック・レンズを形成するための硬化処理は、典型的には透明な非紫外/可視光線吸収レンズを形成するのに使用される場合よりも多くの量の活性化光を必要とする。一実施態様では、紫外/可視光線吸収化合物をレンズ形成組成物に加えて、フォトリソミック・レンズを形成するのに用いられるより強い照射要件のもとで実質的に透明なレンズを製造することができる。光互変性化合物の代わりに紫外/可視光線吸収化合物を使用して、透明レンズに対して可能なより高い照射量で硬化を行うことができる。紫外/可視光線吸収剤をレンズ形成組成物に加える利点は、その化合物を加えずに形成された透明レンズに比べて、形成済透明レンズの紫外/可視光線に対する保護性が優れることである。

10

【0018】

一実施態様では、2つ以上の光互変性化合物を含む組成物が、光エフェクタ組成物を使用せずに、光互変性化合物によって発生する活性色とは異なる活性色を示すレンズを製造するための光エフェクタ組成物をさらに含むことができる。活性色は、レンズが光互変性活性化光源（例えば太陽光線）に曝露されたときに達成する色として定義づけられる。光互変性活性化光源は、光互変性化合物を着色させる波長を有する光を発生させる任意の光源として定義づけられる。光互変性活性化光は、光互変性化合物を着色させることが可能な波長を有する光として定義づけられる。光互変性活性化波長帯域は、光互変性化合物を着色させる波長を有する光の範囲として定義づけられる。光エフェクタ組成物は、光互変性活性化波長帯域の少なくとも一部に対する吸収性を示す任意の化合物を含むことができる。光エフェクタ組成物は、光開始剤、紫外/可視光線吸収剤、紫外線安定剤および染料を含むことができる。このようにして、光互変性化合物の割合または組成を変えることなく、レンズの活性色を変えることができる。光エフェクタ組成物を使用することによって、形成済レンズの活性色を変えるために光エフェクタが加えられる基礎液として単一のレンズ形成組成物を使用することができる。

20

【0019】

光互変性活性化光を吸収する光エフェクタ組成物を加えることによって、形成済レンズの活性色が変化する可能性がある。活性色の変化は、光エフェクタ組成物によって吸収される光互変性活性化光の範囲に依存しうる。異なる光エフェクタ組成物の使用は、オペレータが、様々な活性色（例えば赤、オレンジ色、黄色、緑、青、洋藍色、青紫、灰色または茶色）を有するフォトリソミック・レンズを製造することを可能にする。

30

【0020】

一実施態様では、モノマー組成物および光開始剤組成物を含む活性化光硬化性レンズ形成組成物から眼矯正用眼鏡レンズを作製することができる。モノマー組成物は、好ましくは多エチレン性機能性モノマーを含む。多エチレン性機能性モノマー組成物は、芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマーを含むのが好ましい。一実施態様において、多エチレン性機能性モノマーは、好ましくはエトキシル化ビスフェノールAジ(メト)アクリレートである。

【0021】

モノマー組成物は、形成済眼鏡レンズおよび/またはレンズ形成組成物の特性を改良するための追加的なモノマーを含むことができる。モノマー組成物に使用できるモノマーとしては、アクリリルまたはメタクリリルから選択されるポリエチレン機能的モノマー含有基が挙げられる。

40

【0022】

他の実施態様では、モノマー組成物、光開始剤組成物および共開始剤組成物を含む活性化光硬化性レンズ形成組成物から眼矯正用眼鏡レンズを作製することができる。活性化光吸収化合物が存在していてもよい。活性化光吸収化合物は、ここでは、活性化光の少なくとも一部を吸収する化合物として定義づけられる。モノマー組成物は、好ましくは、多エチレン性機能性モノマーを含む。多エチレン性機能性モノマーは、芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマーを含むのが好ましい。一実施態様において、多エチ

50

レン性機能性モノマーは、好ましくはエトキシシル化ビスフェノールAジ(メト)アクリレートである。

【0023】

共開始剤組成物は、好ましくはアミン共開始剤を含む。好ましくは、共開始剤組成物にアクリルアミンが含まれる。一実施態様において、共開始剤組成物は、好ましくはCN-384とCN-386の混合物である。

【0024】

活性化光吸収化合物の例としては、光互変性化合物、UV安定剤、UV吸収剤および/または染料が挙げられる。

【0025】

他の実施態様では、コントローラは、眼鏡処方を入力に際して、適切な前方型、後方型およびガセットの識別標示を供給することになるコンピュータ・ソフトウェア・プログラムを実行するように構成されるのが好ましい。コントローラを、処方データを記憶し、処方データを使用して硬化条件を決定するようにも構成することができる。コントローラを、硬化ユニットを動作させて適切な硬化条件を作成するように構成することができる。

【0026】

一実施態様では、レンズ形成組成物に連続的な活性化光を照射して、レンズ形成組成物の硬化を開始することができる。硬化の開始後に、レンズ形成組成物を追加的な活性化光および熱で処理して、レンズ形成組成物をさらに硬化させることができる。

【0027】

他の実施態様では、加熱硬化チャンバにおいてレンズ形成組成物に連続的な活性化光を照射して、レンズ形成組成物の硬化を開始することができる。硬化の開始後に、レンズ形成組成物を追加的な活性化光および熱で処理して、レンズ形成組成物をさらに硬化させることができる。

【0028】

他の実施態様において、加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するためのシステムについて説明する。本分配システムは、レンズ形成組成物を保持するように構成された本体、本体に結合されてモノマー溶液を加熱する加熱システム、および本体の出口付近に配置されて本体からのレンズ形成組成物の流れを制御する弁を含む。

【0029】

大容量レンズ硬化装置は、少なくとも第1のレンズ硬化ユニットおよび第2のレンズ硬化ユニットを含む。レンズ形成装置は、随意にアニール・ユニットを含むことができる。第1および/または第2のレンズ硬化ユニット内に搬送システムを配置することができる。搬送システムを、型アセンブリを第1のレンズ硬化ユニットから第2のレンズ硬化ユニットに運ぶことができるように構成することができる。レンズ硬化ユニットは、活性化光を発生させるための活性化光源を含む。アニール・ユニットを、レンズ形成材料の重合時に生じる応力を少なくとも部分的に再現または緩和するために熱を加えるように構成することができる。コントローラを、3つのユニットを実質的に同時に動作させることができるように、レンズ硬化ユニット、および存在すればアニール・ユニットにコントローラを結合させることができる。アニール・ユニットは、アニール・ユニットを通じて型抜きレンズを運ぶための搬送システムを含むことができる。

【0030】

いくつかの実施態様では、眼鏡レンズを作製するための装置は、第1のレンズ硬化ユニットを含むことができる。第1のレンズ硬化ユニットは、第1の活性化光源を有することができる。第1のレンズ硬化ユニットを、使用時に型アセンブリに誘導される活性化光を発生するように構成することができる。眼鏡レンズを作製するための装置は、第2のレンズ硬化ユニットをも含むことができる。第2のレンズ硬化ユニットは、第2の活性化光源および加熱システムを有することができる。第2の活性化光源を、使用時に型アセンブリに活性化光を当てるように構成することができる。加熱システムを、第2のレンズ硬化ユニットの内部を加熱するように構成することができる。いくつかの実施態様において、眼鏡

10

20

30

40

50

レンズを作製するための装置は、第2の硬化ユニット内に配置される空気分配機を含むことができる。空気分配機を、使用時に第2の硬化ユニット内で空気を循環させるように構成することができる。本装置は、実質的に透明な眼鏡レンズが1時間未満の時間内に形成されるようにしてもよい。

【0031】

一実施態様では、型アセンブリの型キャビティ内に液状のレンズ形成組成物を入れることを含む方法によって、プラスチック眼鏡レンズを作製することができる。型アセンブリは、前方型部材および後方型部材を含むことができる。これらの型部材は、それぞれキャスト面および非キャスト面を有することができる。型部材のキャスト面が少なくとも部分的に型キャビティを定めるように、使用時に互いに間隔を設けて配置されるように型部材を構成することができる。レンズ形成組成物は、モノマー組成物および光開始剤を含むことができる。本方法は、型アセンブリ・ホルダ内に型アセンブリを配置することをも含むことができる。また、本方法は、少なくとも1つの型部材に活性化光を当ててレンズ形成組成物の硬化を開始することをさらに含むことができる。本方法は、レンズの硬化の開始後に、少なくとも1つの型部材に活性化光および熱を当てて、眼鏡レンズを形成することをも含むことができる。

【0032】

いくつかの実施態様では、眼鏡レンズを作製するための装置は、第1のレンズ硬化ユニットから第2のレンズ硬化ユニットへ、かつ第2のレンズ硬化ユニットを介して型アセンブリを搬送するように構成されたコンベヤ・システムをも含むことができる。当該コンベヤ・システムは、第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットに伸びる連続的な可撓性部材を含むことができる。可撓性部材を、型アセンブリに相互作用して、第1の硬化ユニットを介して第2の硬化ユニットに、また第2の硬化ユニットを介して型アセンブリを搬送するように構成することができる。可撓性部材は、コンベヤ・システムを介して可撓性部材を動かすように構成されたモータに結合される。いくつかの実施態様において、コンベヤ・システムは2つの個別的なコンベヤを含むことができる。第1のコンベヤを、第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットに型アセンブリを搬送するように構成することができる。第2のコンベヤを、第2の硬化ユニットを介して型アセンブリを搬送するように構成することができる。

【0033】

いくつかの実施態様では、第1および/または第2の活性化光源は紫外線光源であってもよい。本実施態様において、光源は、実質的に同一のスペクトル出力を有することができる。例えば、第1および第2の活性化光源は、約385nmから約490nmの範囲のピーク光強度を有することができる。さらに、第1および第2の光源を、活性化光のパルスを生成するように構成してもよい。第1の活性化光源は、第1のランプ集合体および第2のランプ集合体を含むことができ、この第1および第2のランプ集合体は、第1の硬化ユニットの反対側に配置される。

【0034】

特定の実施態様では、第1および/または第2の活性化光源は蛍光ランプを含むことができる。本実施態様において、活性化光源は、それぞれ蛍光ランプに結合されたフラッシュ安定器システムを含むことができる。フラッシュ安定器システムは、瞬間開始安定器およびトランスを含むことができる。活性化光源が2個以上のランプを備えた実施態様では、ランプが独立的に動作可能である。

【0035】

いくつかの実施態様では、蛍光ランプの動作を制御するための安定器システムは、瞬間開始安定器およびトランスを含むことができる。トランスと瞬間開始安定器は互いに独立的に動作可能である。いくつかの実施態様において、コントローラを瞬間開始安定器およびトランスに結合させることができる。コントローラを、瞬間開始安定器およびトランスを独立的に動作させるように構成してもよい。例えば、コントローラを、瞬間開始安定器をオンにする前にトランスをオフにするように構成してもよい。また、コントローラを、ラ

10

20

30

40

50

ンプをオフにするときにトランスをオンにするように構成してもよい。コントローラを、また、蛍光ランプをオンにするための信号を受け取ることなく、所定の時間が経過した後、トランスをオフにするように構成してもよい。

【0036】

瞬間開始安定器を、蛍光ランプに点弧電圧を供給するように構成してもよい。点弧電圧は、約250Vと約400Vの間であってもよい。瞬間開始安定器は、蛍光ランプがオンのときに蛍光ランプへの電流を調節するようにさらに構成されてもよい。いくつかの実施態様において、瞬間開始安定器は高周波安定器でありうる。

【0037】

トランスを、蛍光ランプがオフのときに蛍光ランプのフィラメントに電圧を供給するように構成してもよい。一実施態様では、トランスにより供給される電圧によって、蛍光ランプのフィラメントをフィラメントの最適動作温度付近の温度に十分に維持することができる。一実施態様では、トランスにより供給される電圧によって、フィラメントおよび蛍光ランプを蛍光ランプの最適動作温度付近の温度に十分に維持することができる。一実施態様では、トランスを、フィラメントに約5V未満の電圧を加えるように構成してもよい。トランスはトロイダル・トランスであってもよい。

10

【0038】

蛍光ランプを安定器システムに結合させることを含む方法によって蛍光ランプを動作させることができる。本方法は、蛍光ランプのフィラメントに電圧が供給されるように、安定器システムのトランスを動作させることをさらに含むことができる。本方法は、蛍光ランプに点弧電圧を加えて蛍光ランプに光を発生させるように、安定器システムの瞬間開始安定器を動作させることをも含むことができる。

20

【0039】

いくつかの実施態様では、第1および/または第2の活性化光源に隣接してフィルタを配置することができる。そのフィルタを、第1の活性化光源から発生する活性化光の強度を操作するように構成してもよい。当該フィルタは開口を定めるプレートを含むことができる。プレートは、活性化光に対して不透明な材料で形成してもよい。例えば、プレートは金属プレートである。

【0040】

いくつかの実施態様では、眼鏡レンズを作製するための装置はアニール・ユニットを含むことができる。アニール・ユニットはアニール・ユニット加熱システムを含むことができる。アニール・ユニット加熱システムは、アニール・ユニットの内部を加熱するようになっている。例えば、アニール・ユニット加熱システムは、約250°Fまでの温度にアニール・ユニットの内部を加熱するように構成される。アニール・ユニットは、アニール・ユニットを介して型アセンブリを搬送するように構成されたアニール・ユニットコンベヤ・システムをも含むことができる。

30

【0041】

いくつかの実施態様では、眼鏡レンズを作製するための装置は、使用時に第1の硬化ユニットおよび第2の硬化ユニットの動作を実質的に同時に制御するように構成されたプログラム式コントローラを含むことができる。例えば、第1の活性化光源が第1のランプ集合体と第2のランプ集合体とを備えた実施態様では、プログラム式コントローラを第1および第2のランプ集合体を個別に制御するように構成してもよい。プログラム式コントローラは、眼鏡レンズ処方関数として硬化ユニットの動作を制御するように構成してもよい。

40

【0042】

眼鏡レンズを作製するためのシステムは、加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するための装置を含むことができる。いくつかの実施態様では、加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するための装置は、レンズ形成組成物を保持するように構成された本体を含むことができる。その本体は、流体容器を受けるための開口部および出口を含む。本体は、レンズ形成組成物を加熱するための本体内に配置された加熱システムをも含むことがで

50

きる。加熱システムは抵抗加熱システムであってもよい。いくつかの実施態様の本体は、本体内に配置されるチャンバを含むことができる。チャンバ内に加熱システムを配置することができる。当該実施態様において、チャンバは、レンズ形成組成物が加熱システムに接触するのを防ぐことができる。

【0043】

加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するための装置に使用される流体容器は本体およびキャップを含んでいてもよい。いくつかの実施態様では、流体容器のキャップを流体容器本体から取り外し可能とすることができる。いくつかの実施態様では、流体容器のキャップを接着剤で流体容器本体に結合させることができる。キャップは、流体制御部材、および弾性部材、例えばスプリングを含むことができる。流体制御部材は実質的に球状であってよい。流体制御部材がキャップの上部内面に対して押しつけられるように、弾性部材が流体制御部材に力がかかるように弾性部材を流体制御部材に結合させることができる。流体容器を加熱装置の開口部に挿入可能とすることができる。加熱装置本体は、開口部に向かって伸びる突起を含むことができる。本体が開口部に挿入されるときに突起がキャップの上部内面から流体制御部材を引き離すように、突起を配置することができる。流体容器を開口部に挿入することで、レンズ形成組成物が流体容器から加熱装置本体に流入するような位置に流体制御部材が移動することができる。

10

【0044】

いくつかの実施態様では、出口付近に弁を配置することができる。該弁は、伸長部材を含むことができる。伸長部材は、出口内の閉鎖位置に配置可能とすることができる。閉鎖位置において、伸長部材は、出口を通るレンズ形成組成物の流れを阻止することができる。閉鎖位置において、伸長部材は実質的に完全に出口を通して伸びることができる。伸長部材は、出口内の開放位置にも配置可能とすることができる。開放位置において、伸長部材は、使用時にレンズ形成組成物が出口を通して流れることができるようになっている。開放位置において、伸長部材は部分的に出口内に伸びることができる。弁は、伸長部材に結合される可動部材をも含むことができる。伸長部材は、伸長部材が閉鎖位置にくるように、第1の位置において可動部材に接触することができる。伸長部材は、伸長部材が開放位置にくるように、第2の位置において可動部材に接触することができる。可動部材は、伸長部材の位置が第1の位置から第2の位置に変化できるように移動可能とすることができる。

20

30

【0045】

いくつかの実施態様では、加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するための装置が、本体に結合されたサーモスタットをも含むことができる。該サーモスタットを、本体内のレンズ形成組成物の温度を測定するように構成してもよい。このサーモスタットを、測定温度に応じて加熱システムを制御するようにさらに構成してもよい。いくつかの実施態様では、熱電対を本体に結合させることができる。当該実施態様において、コントローラを熱電対に結合することができる。その熱電対を、本体内のレンズ形成組成物の温度を測定するように構成してもよい。コントローラを、熱電対によって測定された温度に応じて加熱システムを制御するように構成してもよい。

【0046】

いくつかの実施態様では、加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するための装置は、本体内に配置される流量モニタをも含むことができる。流量モニタは、本体内に存在するレンズ形成組成物の量を測定するように構成してもよい。当該実施態様において、本装置は、流量モニタおよび加熱システムに結合されるコントローラをも含むことができる。コントローラは、流量モニタによって測定された流量に応じて加熱システムを制御するようになっている。いくつかの実施態様では、本装置をレンズ形成装置のコントローラに電氣的に結合可能とすることができる。

40

【0047】

いくつかの実施態様では、加熱された重合性レンズ形成組成物を分配するための装置は、本体に接続される型アセンブリ・ホルダを含むことができる。型アセンブリ・ホルダは、

50

本体の出口が型アセンブリ付近に配置されるような位置に型アセンブリを保持するようになっていてもよい。

【0048】

いくつかの実施態様では、加熱装置の本体にレンズ形成組成物を導入することを含むことができる方法によってプラスチック眼鏡レンズを形成することができる。その方法は、加熱装置においてレンズ形成組成物を加熱することをも含むことができる。本方法は、型アセンブリの型キャビティ内に液状レンズ形成組成物を入れることをさらに含むことができる。型アセンブリは、前方型部材および後方型部材を含むことができる。型アセンブリは、第1および第2の硬化ユニット内にフィットするようになっていてもよい。レンズ形成組成物は、モノマー組成物および光開始剤を含むことができる。モノマー組成物は、活性化光に曝露することによって硬化できる。光開始剤は、活性化光に曝露されるとモノマーの硬化を開始させる。本方法は、少なくとも1つの型部材に活性化光を当ててレンズ形成組成物の硬化を開始することをも含むことができる。例えば、第1のレンズ硬化ユニットを使用して、少なくとも1つの型部材に活性化光を当てて硬化を開始させることができる。特定の実施態様において、少なくとも1つの型部材に100秒間より短い時間にわたって活性化光を当てることによって、レンズ形成組成物の硬化を開始させることができる。該方法は、レンズの硬化の開始後に、少なくとも1つの型部材に活性化光および熱を当てて眼鏡レンズを形成することをさらに含むことができる。例えば、硬化開始後に、第2のレンズ硬化ユニットを使用して、少なくとも1つの型部材に活性化光および熱を当てることができる。コンベヤ・システムによって第1のレンズ硬化ユニットが第2のレンズ硬化ユニットに結合された実施態様における本方法は、レンズ形成組成物の硬化の開始後に、型アセンブリ・ホルダを第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットへコンベヤ・システムに沿って伝送することを含むことができる。本方法は、少なくとも1つの型部材に活性化光および熱を当てた後に、活性化光の非存在下でレンズに熱を加えることをも含むことができる。

10

20

【0049】

いくつかの実施態様では、型アセンブリはガスケットを含むことができる。いくつかの実施態様では、ガスケットは、第1の倍率の第1のレンズを形成するための第1の型セットに嵌合するようになっていてもよい。ガスケットは、レンズ形成組成物を受け入れるための充填ポートを含むことができ、型セットに完全に嵌合する。充填ポートは、ガスケットの内面から外面に伸びることができる。ガスケットは、型セットの型部材を間隔を設けて配置するための少なくとも4つの個別的な突起を含むことができる。それら少なくとも4つの個別的な突起をガスケットの内面に均等に配置することができる。一実施態様では、少なくとも4つの個別的な突起をガスケットの内面に約90°間隔で配置することができる。型アセンブリに使用する後方型部材は、スティーブ軸およびフラット軸を有することができる。少なくとも4つの個別的な突起の各々は、後方型部材のスティーブ軸およびフラット軸との間に傾斜角を形成することができる。特定の実施態様では、少なくとも4つの個別的な突起の各々は、後方型部材のスティーブ軸およびフラット軸との間に約45°の角度を形成することができる。突起をガスケットの内面に配列させることができる。いくつかの実施態様では、ガスケットは、第5の突起をも含むことができる。第5の突起は、その突起が、使用時に第1の型セットの1つの型部材と接触するように配置されてもよい。ガスケットは、また、第2の倍率の第2のレンズを形成するための第2の型セットに嵌合するようになっていてもよい。当該実施態様において、第5の突起は、使用時に第1の型セットの第1の型部材に接触することができ、充填ポートは、使用時に第1の型セットの第2の型部材付近に位置することができる。

30

40

【0050】

いくつかの実施態様では、型アセンブリ・ホルダは型アセンブリを支持するようになっていてもよい。型アセンブリ・ホルダは、本体、および本体に形成される窪みを含むことができる。本体は、活性化光が型アセンブリに達することができるようになっていてもよい。窪みは、型アセンブリの形状に対して相補的であってもよい。窪みは開口部を定めること

50

ができる。開口部は実質的に窪みの中心を占めることができる。開口部は、活性化光が使用時に開口部を通して型アセンブリ上に到達するように配置される。開口部の直径は、型アセンブリの型の直径より短くてもよい。窪みは、型アセンブリの上面が本体の上面またはその下に配置されるような深さまで本体内に伸びることができる。型アセンブリ・ホルダは、型アセンブリまたは追加的な型アセンブリの型またはガスケットを保持するための追加的な窪みをさらに含むことができる。追加的な窪みは、追加的な型アセンブリに対して相補的な形状を有することができる。型アセンブリ・ホルダは、底面に配置される隆起部をも含むことができる。隆起部は、コンベヤ・システムと相互作用するようになっていてもよい。加えて、型アセンブリ・ホルダの一部は、ジョブ・チケットを保持するようになっていてもよい。

10

【0051】

レンズ形成組成物は、モノマー組成物および光開始剤を含むことができる。一実施態様では、レンズ形成組成物は、実質的に光学収差のないレンズに約30分未満の時間で硬化するであろう。モノマー組成物は、活性化光に曝露されることによって硬化する。光開始剤は、活性化光に曝露されるとモノマーの硬化を開始させることができる。レンズ形成組成物は、光互変性化合物、染料、紫外/可視光線吸収化合物などをさらに含むことができる。モノマーは、芳香族炭化水素含有ビス(アシルカーボネート)機能性モノマー、芳香族炭化水素含有ポリエチレンポリエーテル機能性モノマー、および/または多エチレン性機能性モノマーを含むことができる。一実施態様では、共開始剤組成物は、アミン、例えばモノアクリル化アミン、ジアクリル化アミンまたはそれらの混合物の如きアクリルアミン

20

【0052】

一実施態様では、レンズの形成を制御するコンピュータ実施方法によって眼鏡レンズを製造することができる。コントローラ・ソフトウェアを含むコントローラ・コンピュータがその方法を実施するようになっていてもよい。コントローラ・ソフトウェアはキャリア媒体に置くことができる。コンピュータ・ソフトウェアは、コンピュータ実行可能プログラム命令を含むことができる。本方法は、処方情報を受け取ることを含むことができる。処方情報は眼鏡処方を決める。本方法は、処方情報を解析することを含むことができる。当該方法において、前方型、後方型およびガスケットは識別標示を含むことができる。方法は、処方情報の解析に応じて眼鏡レンズを製造するための適切な前方型、後方型およびガスケットの前方型識別標示、後方型識別標示、および、ガスケット識別標示を決定することを含むことができる。前方型、後方型およびガスケットはそれらで型キャビティを生成する。型キャビティは、処方から眼鏡レンズを製造すべく硬化するレンズ形成組成物を保持する。さらに、方法は、処方情報の解析に応じて眼鏡レンズを製造するための具体的なレンズ形成組成物を決定することを含むこともできる。方法は、前方型識別標示、後方型識別標示およびガスケット識別標示の決定に続いて、前方型識別標示、後方型識別標示およびガスケット識別標示を表示デバイス上に表示することをも含むことができる。さらに、方法は、具体的なレンズ形成組成物の決定に続いて、表示デバイス上に具体的なレンズ形成組成物を表示することを含むことができる。方法は、処方情報の解析に応じて眼鏡レンズの硬化条件を決定することをも含むことができる。方法は、処方情報の解析に応じて第2の眼鏡レンズを製造するための適切な第2の前方型、第2の後方型および第2のガスケットの第2の前方型識別標示、第2の後方型識別標示、および、第2のガスケット識別標示を決定することをも含むことができる。加えて、方法は、眼鏡レンズを形成するためのシステム、例えば硬化ユニット、後硬化ユニットおよび/またはコーティング・ユニットを制御することをも含むことができる。一実施態様では、硬化ユニット、コーティング・ユニットおよび後硬化ユニットを制御することを実質的に同時に実行することができる。

30

40

【0053】

一実施態様では、処方情報を受け取るとは、バー・コードから処方情報を読み取ること

50

をも含んでいる。一実施態様では、処方情報を受け取るとは、処方情報を入力するためにユーザが操作できる入力デバイスから処方情報を受け取るとを含むことができる。処方情報は、球面倍率、円筒倍率、付加倍率および/またはレンズ位置などを含む。本方法は、処方情報を受領した後に眼鏡処方を変更することをさらに含むことができる。眼鏡処方はコンピュータ読取り可能媒体に記憶することができる。本方法は、レンズ形成処理時にユーザに対して動作命令を表示デバイス上に表示することをも含むことができる。

【0054】

一実施態様では、処方情報を解析することは、球面倍率、円筒倍率、付加倍率および/またはレンズ位置と、情報データベースの記録とを相関させることを含むことができる。情報データベースは、前方型識別標示、後方型識別標示およびガスケツト識別標示と、球面倍率、円筒倍率、付加倍率および/またはレンズ位置とを相関させるデータなどを含んでいる。一実施態様では、処方情報は、モノマーの種類およびレンズの種類をさらに含むことができる。一実施態様では、識別表示は文字数字シーケンスを含むことができる。

10

【0055】

硬化ユニットは、レンズ形成組成物の少なくとも一部を硬化するようになっていてもよい。一実施態様では、眼鏡レンズの硬化条件を生成するように硬化ユニットを制御することができる。当該実施態様において、硬化ユニットを制御することは、レンズ形成組成物に伝達する活性化光の量を監視すると共に、所定の量がレンズ形成組成物に伝達されるように、レンズ形成組成物に伝達する活性化光の強度または持続時間を変化させることを含む。一実施態様では、硬化ユニットは複数の光源を含むことができる。硬化ユニットを制御することは、複数の光源の各々を独立的に制御することを含む。硬化ユニットを制御することにより、1つまたは複数の出入扉が開いているときに1つまたは複数の光源が光を発するのをさらに防止することができる。硬化ユニットを制御することは、処方情報の解析に応じて複数の眼鏡レンズの硬化条件を決定することをさらに含む。複数の眼鏡レンズに対して実質的に同時に硬化ユニットを制御することができる。

20

【0056】

後硬化ユニットは、眼鏡レンズの硬化を実質的に完了するようになっていてもよい。後硬化ユニットを制御することは、硬化条件を生成するように後硬化ユニットを動作させることを含む。いくつかの実施態様では、後硬化ユニットは、複数の活性化光源および複数の熱源を含むことができる。後硬化ユニットを制御することは、複数の活性化光源および複数の熱源を制御して、眼鏡レンズの硬化条件を生成することを含む。いくつかの実施態様では、複数の光源の各々と複数の熱源の各々を独立的に制御することができる。複数の光源のうちの1つまたは複数の光源を型部材の上に配置し、複数の光源のうちの1つまたは複数の光源を型部材の下に配置することができる。さらに、複数の熱源のうちの1つまたは複数の熱源を型部材の上に配置し、複数の熱源のうちの1つまたは複数の熱源を型部材の下に配置することができる。後硬化ユニットは、型アセンブリ内に配置されたレンズ形成組成物または型抜きレンズに熱および活性化光を加えて、眼鏡レンズの硬化を実質的に完了させるようになっていてもよい。後硬化ユニットを制御することは、型アセンブリ内に配置されたレンズ形成組成物または型抜きレンズに熱または活性化光を加えることを含む。さらに、後硬化ユニットを制御することは、1つまたは複数の出入扉が開いているときに、1つまたは複数の光源が光を発するのを防ぐことを含む。後硬化ユニットを制御することは、処方情報の解析に応じて複数の眼鏡レンズの硬化条件を決定することを含む。後硬化ユニットを制御することは、複数の眼鏡レンズの硬化条件を生成するように後硬化ユニットを制御することを含んでもよい。複数の眼鏡レンズに対して実質的に同時に後硬化ユニットを制御することができる。

30

40

【0057】

コーティング・ユニットは、使用時に型部材または眼鏡レンズの少なくとも1つにコーティングを施すようになっていてもよい。コントローラ・ソフトウェアは、処方情報の解析に応じて眼鏡レンズに対するコーティング要件を決定することができる。コーティング・ユニットを制御することは、コーティング要件を生成するようにコーティング・ユニット

50

を動作させることをも含む。いくつかの実施態様では、コーティング・ユニットはスピン・コーティング・ユニットであってもよい。当該実施態様において、コーティング・ユニットを制御することはレンズ・ホルダの回転を制御することをも含む。レンズ・ホルダは、使用時に眼鏡レンズを実質的に固定するようになっていてもよい。レンズ・ホルダの回転を制御することは、レンズ・ホルダの回転速度を制御することを含みうる。一実施態様では、コーティング・ユニットは光源を含むことができ、コーティング・ユニットを制御することは光源を制御することを含みうる。光源を制御することは、光源からの活性化光の量を制御することを含みうる。光源を制御することは、1つまたは複数の出入扉が開いているときに、光源が光を発するのを防止することをも含むうる。

【0058】

いくつかの実施態様では、コンピュータ実施方法は、型アセンブリに配置されたレンズ形成組成物を硬化して処方から眼鏡レンズを製造するように構成されたデバイスを監視することができる。この方法は、デバイスの1つまたは複数のコンポーネントの動作条件を監視することをも含む。コンポーネントの動作条件を監視することは、動作パラメータを監視して、動作パラメータがコンポーネントの最適動作範囲にあるかどうかを判断することを含む。コンポーネントの動作パラメータがコンポーネントの最適動作範囲外にあるときに動作範囲エラーが生じるおそれがある。本方法は、デバイスの1つまたは複数のコンポーネントの動作エラーを検出することをも含むうる。さらに、本方法は、デバイスに結合された表示デバイスにメッセージを表示することを含んでもよい。メッセージには、デバイスの1つまたは複数のコンポーネントの動作エラーまたは動作範囲エラーを記すことができる。コンポーネントは、例えば硬化ユニット、後硬化ユニット、アニール・ユニット、レンズ形成組成物ヒータ・ユニットおよび/またはコーティング・ユニットを含むことができる。本方法は、デバイスの1つまたは複数のコンポーネントに対する整備スケジュールを監視することをも含むことができる。本方法は、1つまたは複数のコンポーネントを整備すべきことを検出することを含むことができる。さらに、該方法は、デバイスの1つまたは複数のコンポーネントに対して必要な整備を記したメッセージを表示することを含むことができる。

【0059】

硬化ユニットを監視することは、硬化ユニットにおける1つまたは複数のランプについての使用時間を監視することを含みうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプについての使用時間が最大使用時間を超過したことを検出することを含みうる。硬化ユニットを監視することは、硬化ユニットにおける1つまたは複数のランプによって生成される光の強度を監視することをも含む。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプの光の強度がそれらのランプに対する最適光強度範囲外であることを検出することを含みうる。硬化ユニットを監視することは、硬化ユニットにおける1つまたは複数のランプを流れる電流を監視することをも含むうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプを流れる電流が該ランプに対する最適電流範囲外であることを検出することを含みうる。

【0060】

後硬化ユニットを監視することは、後硬化ユニットにおける1つまたは複数のランプについての使用時間を監視することを含みうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプについての使用時間が最大使用時間を超過したことを検出することを含んでもよい。後硬化ユニットを監視することは、後硬化ユニットにおける1つまたは複数のランプによって生成される光の強度を監視することを含んでもよい。動作エラーを検出することは1つまたは複数のランプの光の強度が、それらのランプに対する最適光強度範囲外であることを検出することを含みうる。後硬化ユニットを監視することは、後硬化ユニットにおける1つまたは複数のランプを流れる電流を監視することを含みうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプを流れる電流がそれらのランプに対する最適電流範囲外であることを検出することを含みうる。後硬化ユニットを監視することは、後硬化ユニットにおける1つまたは複数の加熱ユニットを流れる電流を監視することを含みう

10

20

30

40

50

る。動作エラーを検出することは、1つまたは複数の加熱ユニットを流れる電流が該加熱ユニットに対する最適電流範囲外であることを検出することを含みうる。

【0061】

コーティング・ユニットを監視することは、コーティング・ユニットにおける1つまたは複数のランプについての使用時間を監視することを含みうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプについての使用時間が最大使用時間を超過したことを検出することを含みうる。コーティング・ユニットを監視することは、コーティング・ユニットにおける1つまたは複数のランプによって生成される光の強度を監視することを含みうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプの光の強度が該ランプに対する最適光強度範囲外であることを検出することを含みうる。コーティング・ユニットを監視することは、コーティング・ユニットに含まれる1つまたは複数のランプを流れる電流を監視することを含みうる。動作エラーを検出することは、1つまたは複数のランプを流れる電流が該ランプに対する最適電流範囲外であることを検出することを含みうる。

10

【0062】

いくつかの実施態様では、第1の組成物を可視光線透過基板の少なくとも1つの表面に付着させることによって可視光線透過基板上に第1のコーティング層を形成することにより可視光線透過基板上の部分反射防止膜を形成することができる。約10分間より短い時間にわたって、40と140の間の温度で可視光線透過基板を加熱することができる。本方法は、第1のコーティング層に第2の組成物を付着させることをさらに含んでもよい。第1および/または第2の組成物は、組成物に紫外線を当てることによって硬化させることができる。本方法は、第1の組成物、第2の組成物または両組成物に紫外線を当てることをも含んでもよい。紫外線を当てることで、組成物の硬化を開始してコーティング層を形成することができる。第1の組成物に熱を加えて硬化を開始させると共に、第1のコーティング層を形成することができる。本方法は、可視光線透過基板の表面に第1の組成物を付着させる前に、または第1のコーティング層を形成する前に可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することをさらに含むことができる。

20

【0063】

いくつかの実施態様では、本方法は、コロイド・シリコンまたはシラン・モノマーを含むシリコン含有組成物を第1の組成物に付着させてシリコン層を形成することをさらに含むことができる。開始剤およびエチレン置換モノマーを含む第2の組成物をシリコン層に付着させることもできる。

30

【0064】

いくつかの実施態様では、光開始剤およびエチレン置換モノマーを含む第2の組成物を第1の型部材のキャスト面に着させる方法によってプラスチック・レンズを形成することができる。第2の組成物は、紫外線を当てることによって硬化させることができる。紫外線を第2の組成物に向ける。紫外線は、第2の組成物の硬化を開始して、第2のコーティング層を形成することができる。本方法は、第2のコーティング層に第1の組成物を付着させて第1のコーティング層を形成することをさらに含むことができる。第1の組成物は金属酸化物を含むことができる。紫外線を第1の組成物に誘導することができる。紫外線を当てることで、第1の組成物の硬化を開始してコーティング層を形成することができる。第1の組成物に熱を加えて第1の組成物の硬化を開始し、第1のコーティング層を形成することができる。型アセンブリは、共に型キャビティを形成する第1および第2の型部材を含むことができる。本方法は、型キャビティ内に液状レンズ形成組成物を入れることをも含む。レンズ形成組成物は、モノマー組成物および光開始剤を含むことができる。活性化光を型キャビティに向けることができる。本方法は、重合性レンズ形成組成物を型キャビティ内に入れる前に第1のコーティング層の表面に接着層を形成することをさらに含むことができる。本方法は、レンズを型キャビティから抜くこと、および形成したレンズの外面に第1および第2のコーティング層を転写することをも含むことができる。

40

【0065】

いくつかの実施態様では、本方法は、シリコン含有組成物を第2の組成物に付着させてシ

50

リコン層を形成することを含むことができる。シリコン含有組成物はコロイド・シリコンまたはシラン・モノマーを含むことができる。次いで、第1の組成物をシリコン層に付着させて第1のコーティング層を形成することができる。第1の組成物は金属アルコキシドを含むことができる。

【0066】

いくつかの実施態様では、その外面に部分的反射防止膜が形成された眼鏡レンズを形成する。部分的反射防止膜は、第1のコーティング層および第2のコーティング層を含むことができる。第1のコーティング層は、第1の組成物の成分と水および/またはアルコールとの反応生成物でありうる。第2のコーティング層は、第2の組成物の成分の反応生成物でありうる。第2の組成物は、紫外線を当てることによって硬化させることができる。いくつかの実施態様では、プラスチック眼鏡レンズの前面および/または背面に反射防止膜を形成する。

10

【0067】

いくつかの実施態様では、可視光線透過基板はプラスチック・レンズである。プラスチック・レンズは眼鏡レンズであってもよい。いくつかの実施態様では、可視光線透過基板はガラス・レンズである。約10分間より短い時間で反射防止膜を形成することができる。10分間より短い時間で第1および第2のコーティング層を形成することができる。

【0068】

いくつかの実施態様では、第1のコーティング層は、可視光線透過基板の屈折率より大きな屈折率を有することができる。第2のコーティング層は、第1のコーティングの屈折率より小さな屈折率を有することができる。さらに、第1のコーティング層は、可視光線透過基板の屈折率より大きな屈折率層を有することができ、第2のコーティング層は、第1のコーティング層の屈折率より小さな屈折率を有することができる。

20

【0069】

レンズ形成組成物がモノマー組成物および光開始剤を含むいくつかの実施態様では、モノマー組成物は芳香族炭化水素含有ポリエチレンポリエーテル機能性モノマーを含む。モノマー組成物は、アクリリル(acrylyl)および/またはメタクリリル(methacrylyl)基の如き2つのエチレン性不飽和基を有する多エチレン性機能性モノマーをも含むことができる。レンズ形成組成物は、共開始剤組成物をも含むことができる。共開始剤組成物はアミンを含むことができる。特定の実施態様では、共開始剤組成物はアクリリル化アミンを含む。いくつかの実施態様では、レンズ形成組成物は、活性化光吸収化合物を含む。レンズ形成組成物は、紫外線吸収化合物および/または光互変性化合物を含むことができる。

30

【0070】

特定の実施態様では、第1の組成物は、金属酸化物、光開始剤、共開始剤、コロイド・シリカ、ジペンタエリスリトールテトラアクリレートの如きエチレン置換モノマー、有機溶剤、またはそれらの混合物を含むことができる。第2の組成物は、シラン・モノマー、フルオロアクリレート、開始剤、光開始剤、ジペンタエリスリトールテトラアクリレートの如きエチレン置換モノマー、有機溶剤、またはそれらの混合物を含むことができる。

【0071】

いくつかの実施態様では、開始剤は金属酸化物である。いくつかの実施態様では、開始剤はチタニウムアルコキシドおよびアルミニウムアルコキシドである。いくつかの実施態様では、光開始剤は、ビス(2,6-ジメトキシベンゾイル)-(2,4,4-トリメチルフェニル)ホスフィンオキシドである。

40

【0072】

金属酸化物は、開始剤および/または第1の組成物に見いだすことができる。金属酸化物は、式 $M(Y)_p$ を有することができる(式中、Mはチタン、アルミニウム、ジルコニウム、ホウ素、スズ、インジウム、アンチモンまたは亜鉛であり、Yは $C_1 \sim C_{10}$ のアルコキシまたはアセチルアセトネートであり、PはMの価数に等しい整数である)。金属酸化物は、式 $Ti(OR)_4$ を有することができる(式中、Rは $C_1 \sim C_{10}$ のアルキルで

50

ある)。特定の実施態様では、金属酸化物は、チタニウムメトキシド、チタニウムエトキシド、チタニウムイソプロポキシド、チタニウムブトキシドまたはチタニウムアリルアセトアセテートトリイソプロポキシドである。金属酸化物は、チタニウムアルコキシドとジルコニウムアルコキシドの混合物、またはチタニウムアルコキシドとアルミニウムアルコキシドの混合物であってもよい。

【0073】

いくつかの実施態様では、第1の組成物を可視光線透過基板に向けながら基板または第1の型を回転させることによって第1の組成物を付着させる。回転する可視光線透過基板または第1の型に第2の組成物を向けることによって第2の組成物を付着させることもできる。第1の型を使用して、プラスチック・レンズの前面および/または背面をキャストすることができる。いくつかの実施態様では、可視光線基板の前方および/または後方に第1の組成物を付着させる。いくつかの実施態様では、第1の組成物の第1の部分を可視光線透過基板に付着させる方法によって第1の組成物を付着させる。第1の組成物の第1の部分を乾燥させることができる。本方法は、第1の組成物の第2の部分を、乾燥した第1の組成物の第1の部分に付着させることをさらに含むことができる。第1の組成物の第2の部分を乾燥させることができる。

10

【0074】

特定の実施態様では、可視光線透過基板の表面に紫外線硬化性ハードコート組成物を付着させる方法によってハードコート層を形成する。本方法は、ハードコート組成物に紫外線を誘導することをさらに含むことができる。紫外線は、ハードコート組成物の硬化を開始してハードコート層を形成することもできる。いくつかの実施態様では、可視光線透過基板を回転させながらハードコート組成物をレンズに向けることによって、可視光線透過基板の表面にハードコート組成物を付着させる。

20

【0075】

いくつかの実施態様では、第2の型部材のキャスト面第2の組成物を付着させる方法によって第2の組成物を付着させる。本方法は、第2の組成物に紫外線を誘導することをも含むことができる。紫外線は、第2の組成物の硬化を開始して第2の型部材に第2のコーティング層を形成することができる。本方法は、第2の型部材の第2のコーティング層に第1の組成物を付着させて第1のコーティング層を形成することをさらに含むことができる。

30

【0076】

第1および第2のコーティング層を併せた厚さは約500nm未満とする。

【0077】

いくつかの実施態様では、約90秒より短い時間にわたって、第1の組成物および/または第2の組成物に紫外線を誘導することができる。第1の組成物は、紫外線を当てることによって硬化させることができる。殺菌ランプまたは閃光ランプによって紫外線を生成することができる。

【0078】

いくつかの実施態様では、少なくとも部分的に反射防止性の膜をプラスチック・レンズに付着させるためのシステムは、コーティング・ユニットおよびコーティング組成物を含む。コーティング・ユニットは、使用時にコーティング膜を少なくとも1つの型部材または眼鏡レンズに付着させることができる。コーティング組成物は金属アルコキシドを含むことができる。

40

【0079】

上述の概略説明、ならびに本発明および本発明の装置のさらなる目的、特徴および利点は、本願では本発明による好ましい実施態様であるが、例示的な実施態様についての以下の詳細な説明を、添付の図面を参照しながら読むことによってより深く理解されるであろう。

【0080】

(好ましい実施態様の詳細な説明)

50

活性化光を利用したレンズ硬化のための装置、動作手順、設備、システム、方法および組成物は、オプティカル・ダイナミクス・コーポレーション（ケンタッキー州 Louisville）から調達可能である。

【0081】

次に図1を参照すると、プラスチック・レンズ硬化装置が参照番号10で概略的に示されている。図1に示すように、レンズ形成装置10は、少なくとも1つのコーティング・ユニット20、レンズ硬化ユニット30、後硬化ユニット40およびコントローラ50を含む。一実施形態では、装置10は2つのコーティング・ユニット20を含む。コーティング・ユニット20は、型部材またはレンズにコーティング層を付着させるようになっていてもよい。コーティング・ユニット20はスピン・コーティング・ユニットでよい。レンズ硬化ユニット30は、活性化光を生成するための活性化光源を含む。本明細書で用いられる「活性化光」は、化学変化に影響を与えうる光を意味する。活性化光としては、紫外線（例えば、約300nmから約400nmの波長を有する光）、化学線、可視光線または赤外線を挙げることができる。一般に、化学変化に影響を与えることが可能な光の波長は、活性化波長に分類することができる。化学変化はいくつかの形で発生しうる。化学変化としては、重合を生じさせる任意の化学反応を挙げることができるが、それに限定されるものではない。いくつかの実施形態では、化学変化は、レンズ形成組成物内に開始剤種を形成させる。開始剤種は化学重合反応を開始させることが可能である。活性化光源は、型アセンブリに光を当てるように構成されている。後硬化ユニット40は、プラスチック・レンズの重合を完了させるように構成されている。後硬化ユニット40は、活性化光源および熱源を含むことができる。コントローラ50は、プログラム式論理コントローラである。コントローラ50は、コーティング・ユニット20、レンズ硬化ユニット30および後硬化ユニット40に、該コントローラがそれら3つのユニット20、30および40を実質的に同時に動作させることができるように結合できる。コントローラ50はコンピュータであってもよい。

10

20

【0082】

コーティング組成物をレンズまたは型部材に塗布し、次いでコーティング組成物を硬化させるためのコーティング・ユニットは、米国特許第4,895,102号（Kachel他）、第3,494,326号（Upton）、および第5,514,214号（Joel他）（いずれも本願に引用して援用する）に記載されている。さらに、図2および図3に示される装置を使用してもレンズまたは型部材にコーティングを施すことができる。

30

【0083】

図2は、一对のスピン・コーティング・ユニット102および104を示す図である。これらスピン・コーティング・ユニットを使用して、レンズまたは型部材に耐スクラッチ性コーティングまたは着色コーティングを施すことができる。コーティング・ユニットの各々は、オペレータが、そこを通じてレンズまたはレンズ型アセンブリをホルダ108に取りつけることができる開口部を含む。バリヤ114によってホルダ108を部分的に囲むことができる。皿115にバリヤ114を結合することができる。図3に示されるように、皿縁を傾斜させて、バリヤ114と一体化する周囲側壁121を形成することができる。皿の底部117は実質的にフラットである。フラット底は、レンズ・ホルダ108に結合された伸長部材109が皿115を通る円形開口部を有する。

40

【0084】

伸長部材109を介してホルダ108をモータ112に結合することができる。モータ112は、ホルダ108を回転させるように構成されている。そのような場合、モータ112は、伸長部材109を回転させ、それによってホルダ108を回転させるように構成されている。コーティング・ユニット102/104は、電子コントローラ140をも含むことができる。モータ112に電子コントローラ140を結合して、モータ112によってホルダ108が回転する速度を制御させることができる。図1に示されるように、コントローラ50の如きプログラム式論理コントローラに電子コントローラ140を結合することができる。プログラム式論理コントローラは、電子コントローラに信号を送りて、ホ

50

ルダ 108 の回転速度を制御することができる。一実施形態では、モータ 112 は、異なる速度でホルダ 108 を回転させるように構成されている。モータ 112 は、毎分 1500 回転 (「RPM」) までの速度でレンズまたは型部材を回転させることが可能である。

【0085】

一実施形態では、バリヤ 114 は、スポンジゴムの如き吸収材で構成、または吸収材を張り合わせることができる内面を有する。吸収材は使い捨て可能で、かつ除去可能なものであってもよい。吸収材は、使用時にレンズまたは型部材からこぼれた液体を吸収するように構成されている。あるいは、バリヤ 114 の内面は実質的に非吸収性のものとし、コーティング処理時に使用される任意の液体がバリヤ 114 から皿 115 に流れ落ちるようにすることができる。

10

【0086】

一実施形態において、コーティング・ユニット 20 は、図 1 に示すように、レンズ形成装置 10 の上部 12 に配置される。レンズ形成装置の本体 14 にカバー 22 を結合させて、使用時に上部 12 を覆うようにすることができる。光源 23 をカバー 22 の内面に配置することができる。光源は、カバー 22 の内面に配置される少なくとも 1 つのランプ 24、好ましくは 2 個以上のランプを含むことができる。カバー 22 が閉鎖されたときにランプがコーティング・ユニット 20 の上に広がるようにランプ 24 を配置することができる。ランプ 24 は、コーティング・ユニット 20 内に配置されるレンズまたは型部材に対して活性光を当てる。ランプは、線形 (図 1)、正方形、四角形、円形または楕円形を含む様々な形状を有する。活性化光源は、様々なコーティング材の硬化を開始させる波長を有する光を当てる。例えば、紫外線領域に波長を有する活性化光によって直近に使用されたコーティング材を硬化させることができる。そのため、光源は強い紫外線照射を発揮するはずである。光源は、使用時に最小限の熱を生成するようにも構成されている。強い紫外線照射を発揮するランプは紫外線領域が約 200 nm と約 400 nm の間の波長、好ましくは約 200 nm と 300 nm の間の波長、より好ましくは約 254 nm の波長にピーク出力を有する。一実施形態では、ランプ 24 は紫外線領域にピーク出力を有し、比較的低い熱出力を有する。当該ランプは、「殺菌」ランプとして広く知られている任意のランプを使用できる。所望の紫外線領域にピーク出力を有する「殺菌」光照射線は、型式 UV - W X G 10 T 5 としボルターク社 (コネチカット州 Fairfield) から市販されている。

20

30

【0087】

スピン・コーティング・ユニットを使用する利点は、様々な形状のランプ (例えば線形ランプ) を使用してコーティング材を硬化できることである。一実施形態では、コーティング材を実質的に均一に硬化させて型部材またはレンズに均一にコーティング膜を形成するのが好ましい。スピン・コーティング・ユニットを用いて、光源の形状にかかわらず、硬化処理において実質的に均一に分布した光がコート対象物に到達する程度の速度でコート対象物を回転させることができる。スピン・コーティング・ユニットを使用することで、コーティング材を硬化するのに市販の線形光源を使用できるようにするのが好ましい。

【0088】

カバー 22 にスイッチを組み込むことができる。スイッチは、光源がオンになる前にスイッチが作動するように光源 23 に電氣的に結合されるのが好ましい。好ましくは、カバーを閉じることでスイッチが作動するようにスイッチを配置する。このようにして、好ましくは、カバーが閉じるまで光源がオフであるため、オペレータが光源 23 からの光に曝露される悪影響が防止できる。

40

【0089】

使用時に、レンズまたはレンズ型アセンブリをレンズ・ホルダ 108 に配置することができる。レンズ・ホルダ 108 は、金属棒に接続された吸着カップを含むことができる。吸着カップの凹面を型またはレンズの面に取付け可能とし、吸着カップの凸面を金属棒に取り付けることができる。金属棒をモータ 112 に結合することができる。レンズ・ホルダは、使用時に共にスプリング張力でレンズ・ホルダに対してレンズを保持するように動作

50

することができる可動アームおよびスプリング・アセンブリをも含むことができる。

【0090】

図4に示されるように、硬化ユニット30は、上部光源214、レンズ・ドロア・アセンブリ216および下部光源218を含むことができる。レンズ・ドロア・アセンブリ216は、好ましくは型アセンブリ・ホルダ220、より好ましくは少なくとも2つの型アセンブリ・ホルダ220を含む。型アセンブリ・ホルダ220の各々は、好ましくは、ガスケットと共に型アセンブリを形成する一对の型部材を保持するように構成される。レンズ・ドロア・アセンブリ216は、好ましくはガイドにスライド自在に取り付けられる。使用時に、レンズ・ドロア・アセンブリが開放位置に存在する間（すなわち、レンズ硬化ユニットの前方からドロアが伸びているときに）、型アセンブリを型アセンブリ・ホルダ220に配置することができる。型アセンブリを型ホルダ220に導入した後に、型アセンブリが上部光源214の真下で、かつ下部光源218の上にくるようにして、ドロアを閉鎖位置まで滑らせることができる。型部材が上部ランプの下に位置しているときに空気流を型部材に誘導できるように、換気孔（図示せず）をレンズ硬化ユニットに連通させて配置することができる。排気用ファン（図示せず）を換気孔に連通させて、レンズ硬化ユニットの空気流の循環を向上させることができる。

10

【0091】

図4および図5に示されるように、上部光源214および下部光源216は、複数の活性化光生成デバイスまたはランプ240を含むのが好ましい。好ましくは、図4に示すように、ランプを互いに近接させて光の列を形成する。好ましくは、3つまたは4つのランプを配置して、硬化対象となる型アセンブリの全面に実質的に均一な照射を施す。ランプ240は、好ましくは活性化光を生成する。ランプ240を好適な取付装置242で支持するか、またはそれに接続することができる。ランプ240は、紫外線、化学線、可視光線および/または赤外線を生成することができる。ランプは、好ましくはレンズ形成組成物に使用されるモノマーに基づいて選択される。一実施形態では、蛍光ランプから活性化光を生成することができる。蛍光ランプは、好ましくは380nmから490nmの領域の強い発光スペクトルを有する。上記波長の活性化光を放射する蛍光ランプは、フィリップス社から型式TLD-15W/03として市販されている。他の実施形態ではランプは紫外線でもよい。

20

【0092】

一実施形態では、曝露の合間に活性化光源を迅速にオン・オフできる。この機能には図6に示される安定器250を使用することができる。コーティング・ユニットの下に安定器を配置することができる。コーティング・ユニットの下の安定器250の近くに電源252も配置することができる。

30

【0093】

典型的には、蛍光ランプをオフにすると、ランプのフィラメントが低温になる。続いてランプをオンにすると、フィラメントが高温になるにつれてランプ強度が変動する。この変動が、レンズ形成組成物の硬化に影響を与える。ランプの強度変動を最小に抑えるために、安定器250が蛍光ランプの起動を可能にし、蛍光ランプによって生成される光の強度を安定化させるのに要する時間を最小に抑えることができる。

40

【0094】

いくつかの安定器システムを使用できる。典型的には蛍光ランプのための安定器は2つの目的を担う。1つの機能は、蛍光ランプ内の気体をイオン化する初期高電圧アーク（本明細書では「点弧電圧」として知られる）を提供することである。気体をイオン化した後に、気体のイオン化を維持するのに、はるかに低い電圧が必要になる。いくつかの実施形態では、安定器はランプを流れる電流をも制限することになる。いくつかの安定器システムでは、電極に開始電圧を送る前にランプのフィラメントを予備加熱することができる。

【0095】

瞬間開始安定器は、典型的には500Vと600Vの間のストライク電圧を提供する。予備加熱を伴わない起動のために、瞬間開始安定器と共に使用される蛍光ランプの電極が通

50

常設計される。瞬間開始安定器は、大きな遅延をもたらすことなく蛍光ランプを迅速にオンさせることができる。しかしながら、蛍光ランプによって生成される光の強度は、フィラメントの温度が上昇するにつれて変動する。

【0096】

急速開始安定器は、ストライク電圧を提供するための高電圧トランス、およびランプが起動する前に低電圧（約2Vと4Vの間の電圧）をフィラメントに供給してフィラメントを加熱する追加的な巻線を含む。フィラメントは既に加熱されているため、ランプ内の気体をイオン化するのに必要とされるストライク電圧は、瞬間開始安定器に使用される電圧より低い。急速開始安定器は、典型的には250Vから400Vのストライク電圧を生成する。急速開始安定器を使用して、ランプにより生成される光の強度の変動を最小に抑えることができる。ランプがオンになる前にフィラメントを予備加熱するため、フィラメントを正規の使用温度まで加熱するのに要する時間が最小になる。

10

【0097】

急速開始安定器は、典型的には、ランプの動作時やランプがオフになっているときにフィラメントに絶えず加熱電圧を送り込む。したがって、長期間にわたってランプを使用しないときは、フィラメントを加熱状態に維持することになる。これによって、電力が浪費され、装置の運転コストが増大化する傾向にある。

【0098】

フィラメントの加熱を高度に制御するために、フラッシュ安定器システムを使用することができる。フラッシュ安定器システムの実施形態の概略図を図7に示す。フラッシュ安定器システムでは、蛍光ランプ712が、高周波瞬間開始安定器714および1つまたは複数のトランス716に電氣的に結合される。高周波瞬間開始安定器714は、ストライク電圧を提供すると共に、ランプが点灯すると電流制限機能を発揮することができる。高周波瞬間開始安定器は、モトローラ社およびハッチ・トランスフォーマーズ社（フロリダ州 Tampa）を含む多くの異なる製造会社から入手可能である。トランス716をフィラメント718の一方または両方に電氣的に結合して、フィラメントに低電圧（約2Vと約4Vの間の電圧）を提供することができる。この低電圧で、フィラメント718の使用温度付近の温度にフィラメント718を加熱することができる。ランプをオンにする前にフィラメントを加熱することによって、ランプのフィラメントが最適使用温度付近に維持されるためランプにより生成される光の強度を安定にすることができる。トランスは多くの異なる製造会社から入手可能である。一実施形態では、トロイダル・トランスを使用してフィラメントに低電圧を供給することができる。トロイダル・トランスは、プリトロン・マニュファクチャリング社（カナダ、オンタリオ州トロント）またはメリーランドのトロイド・コーポレーション（メリーランド州 Salisbury）より入手できる。

20

30

【0099】

瞬間開始安定器714およびトランス716は別個のユニットであるため、互いに独立して動作することができる。コントローラ711を瞬間開始安定器714とトランス716の両方に結合して、これらのデバイスの動作を制御することができる。点弧電圧をランプに加えるときにトランス716をオンまたはオフの状態にしておくことができる。いくつかの実施形態では、コントローラ711は、ストライク電圧がランプに加えられる直前に、トランス716をオフにすることができる。コントローラ711は、ランプの動作を監視することもできる。ランプがオフになるときにトランス716をオンにして、ランプを待機状態に維持するようにコントローラ711をプログラムすることができる。電力を節約するために、ランプをオンにする前にのみフィラメント718を加温するようにできる。したがって、コントローラ711が、ランプをオンにするための信号を受け取ると、コントローラは、トランス716をオンにしてフィラメント718を加温し、続いて瞬間開始安定器714から点弧電圧を送ることによってランプをオンにする。コントローラは、ランプが所定量の不活性を維持した後にトランスをオフにするように構成されている。例えば、コントローラは、硬化処理にランプを使用するとき信号を受け取るように構成されている。当該信号を受け取らない場合は、コントローラは、（瞬間開始安定器をオフに

40

50

することによって)ランプをオフにするものの、トランスをオンに維持することができる。ランプを所定時間待機状態に維持することができる。ランプをオンにするための当該信号をコントローラが受け取らない場合は、コントローラは、エネルギーを節約するためにトランスをオフにすることができる。

【0100】

一実施形態では、図5に示されるように、上部光源214とレンズ・ドロア・アセンブリ216の間に上部光フィルタ254を配置することができる。下部光源218とレンズ・ドロア・アセンブリ216の間に下部光フィルタ256を配置することができる。図5には、単一のフィルタ部材から構成されるものとして上部光フィルタ254と下部光フィルタ256が示されているが、各々のフィルタは2個以上のフィルタ部材を含むことができることを当業者なら理解するであろう。上部光フィルタ254および下部光フィルタ256のコンポーネントを、成形されるレンズの特性に応じて改良するのが好ましい。例えば、負レンズを製造するための一実施形態では、上部光フィルタ254は、透明なパイレックス(登録商標)・ガラスのプレートに支持される両面をつや消しにすることができるパイレックス・ガラスのプレートを含む。下部光フィルタ256は、型アセンブリの縁部に対して中央部への活性化光の入射強度を低下させるためのデバイスを伴う、パイレックス・ガラスのプレートに支持される片面がつや消しにされたパイレックス・ガラスのプレートを含む。

10

【0101】

逆に、正レンズを製造するための代替構成では、上部光フィルタ254は、型アセンブリの中央部に対して縁部への活性化光入射強度を低下させるためのデバイスを伴う、片面または両面がつや消しにされたパイレックス・ガラスのプレート、およびつや消しにされたパイレックス・ガラスのプレートに支持される透明なパイレックス・ガラスのプレートを含む。下部光フィルタ256は、型アセンブリの中央部に対して縁部への活性化光入射強度を低下させるためのデバイスを伴う、透明なパイレックス・ガラスのプレートに支持される片面がつや消しにされた透明なパイレックス・ガラスのプレートを含む。この構成において、レンズの縁部への相対的な活性化光入射強度を低下させるためのデバイスの代わりに、開口250の直径を小さくして同じ結果を達成する、すなわち型アセンブリの縁部への相対的な活性化光入射強度を低下させることができる。

20

【0102】

各フィルタ254または256を複数のフィルタ部材で構成する、あるいは光強度を所望の強度まで低下させる、光を拡散させる、かつ/または型アセンブリに光強度勾配を設ける効果を有する他の手段またはデバイスを含めることが可能であることを当業者なら理解するはずである。あるいは、特定の実施形態において、フィルタ・エレメントを使用しなくてもよい。

30

【0103】

一実施形態では、上部光フィルタ254および下部光フィルタ256は、それぞれ少なくとも1つのつや消し面を有する少なくとも1枚のパイレックス・ガラスのプレートを含む。また、それらのフィルタのいずれかまたは両方は、それぞれ片面または両面がつや消しにされた2枚以上のパイレックス・ガラスのプレート、および/または1つまたは複数のトレース紙を含むことができる。つや消しパイレックス・ガラスを通過した後、活性化光はシャープな強度不連続性を有さなくなるものと考えられる。シャープな強度分布を取り除くことによって、最終レンズにおける光学的歪みの低減を図ることができる。活性化光がシャープな強度不連続性を有さないように活性化光を拡散するのに他の手段を利用できることを当業者なら認識するであろう。他の実施形態では、プラスチック・フィルタを使用できる。プラスチック・フィルタは、実質的に透明なプラスチックのシートから形成されうる。プラスチック・フィルタは、つや消しであってもつや消しでなくてもよい。実質的に透明なプラスチックのシートは、重合反応を開始させる光の波長を著しく吸収しない材料から形成される。一実施形態では、ポリカーボネートのシートからプラスチック・フィルタを形成することができる。使用できるポリカーボネートの例としては、ジェネラル

40

50

・エレクトリック・コーポレーションから市販されているLEXANポリカーボネートが挙げられる。他の実施形態では、ホウケイ酸型ガラスからフィルタを形成することができる。

【0104】

動作の際、装置は、中央が比較的厚い正レンズ、または縁が比較的厚い負レンズを製造するように構成されている。早期脱離の可能性を低減するために、レンズの比較的厚い部分を、レンズの比較的薄い部分より高速で重合するのが好ましい。

【0105】

レンズの様々な部分における重合速度は、レンズの特定部分に対する相対的な活性化光入射強度を変化させることによって制御することができる。正レンズでは、レンズの比較的厚い中央部がレンズの比較的薄い縁部より高速で重合されるように、レンズの縁部における入射活性化光の強度を小さくするのが好ましい。

【0106】

レンズ形成材料は硬化するにしたがって収縮する傾向があることを当業者ならよく知っている。レンズの比較的薄い部分を比較的厚い部分に先立って重合するようにすると、比較的厚い部分が硬化して収縮したときに比較的薄い部分が堅くなりやすく、レンズが型部材から早期に脱離し、または型部材にひび割れを発生させることになる。よって、正レンズの縁部に対する相対的な活性化光入射強度を中央部に対して低下させると、中央部がより早く重合し、縁部が堅くなる前に収縮するため、収縮がより均一になる。

【0107】

レンズに対する相対的な活性化光入射強度を様々な方法で変化させることができる。1つの方法によれば、正レンズの場合において、型アセンブリの中央のある位置に配置された開口を有する金属プレートをランプと型アセンブリの間に配置することができる。入射活性化光が主にレンズの比較的厚い中央部に照射されるように金属プレートを配置する。このように、より少量の活性化光を受ける正レンズの外縁に対して、正レンズの中央の重合速度を加速させることができる。金属プレートは手動、またはコントローラに結合された自動デバイスによって挿入できる。一実施形態では、コントローラに入力された処方によって、金属プレートをランプと型アセンブリの間に配置するかどうかを判断する。

【0108】

図8に示されるように、型アセンブリ352は、環状ガスケット380によって隔離されてレンズ成形キャビティ382を形成する対向型部材378を含む。所望のジオプタを有するレンズを製造するように、対向型部材378および環状ガスケット380を成形および選択することができる。

【0109】

型部材378は、活性化光を通過させる任意の好適な材料から形成することができる。型部材378は、好ましくはガラスで形成される。各型部材378は、外周面384と、精密研磨が施された一对の対向面386および388とを有する。型部材378は望ましい活性化光透過特性を有するのが好ましく、キャスト面386および非キャスト面388は、最終レンズにおいて再現されるような表面収差、波、傷または他の欠陥を有さないことが好ましい。

【0110】

上述したように、型部材378は、好ましくは間隔を設けて保持されて、上面386との間にレンズ成形キャビティ382を定めるようになされている。型部材378は、好ましくは、型部材378の外部からレンズ成形キャビティ382をシールするT型軟質環状ガスケット380によって間隔を設けて保持される。使用の際には、型アセンブリ・ホルダ220の一部でガスケット380を支持することができる(図4)。

【0111】

このように、得られるレンズ成形キャビティ382が好ましい形状を与えられて所望の構成を有するレンズを形成するように、上部すなわち後方型部材390が凸状内面386を有し、下部すなわち前方型部材392が凹状内面386を有する。したがって、所望の表

10

20

30

40

50

面 386 を有する型部材 378 を選択することによって、焦点距離などの特性が異なるレンズを製造することができる。ランプ 240 から発生する活性化光の光線は、好ましくは、型部材 378 を通過し、レンズを形成するために、上述の方法で、型キャビティ 382 内に配置されるレンズ形成材料に作用する。上述したように、活性化光の光線は型アセンブリ 352 に照射される前に好適なフィルタ 254 または 256 を通過する。

【0112】

型部材 378 は、好ましくは約 300 nm 未満の波長を有する活性化光を透過させない材料から形成される。好適な材料としては、スコット・オブチカル・グラス社（ペンシルベニア州 D u r y e a）が製造販売するスコット・クラウン S - 1 または S - 3 ガラス、またはコーニングのコーニング・グラス社（ニューヨーク）が販売するコーニング 8092 ガラスがある。フラット・トップまたは単焦点用の型の発売元はオージェン・レンズ社（カリフォルニア州サンディエゴ）である。

10

【0113】

環状ガスケット 380 は、良好なリップ仕上げを示し、レンズ硬化処理の条件で十分な柔軟性を維持するビニル材料で形成することができる。一実施形態では、環状ガスケット 380 は、ジェネラル・エレクトリック社から市販されている G E S E 6 0 3 5 の如きシリコン・ゴムで形成される。他の好ましい実施形態では、環状ガスケット 380 は、E L V A X 7 という商品名で E . I . D u P o n t d e N e m o u r s & C o . から市販されているエチレンと酢酸ビニルの共重合体で形成される。好ましい E L V A X 7 樹脂は、メルト・インデックスが 17.3 ~ 20.9 d g / m i n で、酢酸ビニル含有量が 24.3 ~ 25.7 重量% の E L V A X 7 3 5 0、メルト・インデックスが 22.0 ~ 28.0 d g / m i n で、酢酸ビニル含有量が 27.2 ~ 28.8 重量% の E L V A X 7 2 5 0、メルト・インデックスが 38.0 ~ 48.0 d g / m i n で、酢酸ビニル含有量が 27.2 ~ 28.8 重量% の E L V A X 7 2 4 0、およびメルト・インデックスが 38.0 ~ 48.0 d g / m i n で、酢酸ビニル含有量が 32.0 ~ 34.0 重量% の E L V A X 7 1 5 0 である。他の実施形態では、ガスケットをポリエチレンで形成させてもよい。具体的な材料にかかわらず、当業者によく知られている従来の射出成形または圧縮成型技術によってガスケット 380 を作製することができる。

20

【0114】

図 9 および図 10 は、それぞれガスケット 510 の等角投影図および上面図である。ガスケット 510 は環状であってもよく、好ましくは型アセンブリを形成するための型セットに嵌合するように構成される。ガスケット 510 は、好ましくは少なくとも 4 つの個別的な突起 511 によって特徴づけられる。ガスケット 510 は、好ましくは外面 514 および内面 512 を有する。突起 511 は、好ましくは実質的に共通面を形成するように内面 512 に配列される。突起は、好ましくはガスケットの内面に沿って同一の間隔で配置されている。ガスケットの内面に沿う各突起の間隔は約 90° であるのが好ましい。4 つの突起が好ましいが、それより多くの突起を採用可能である。環状ガスケット 510 は、ジェネラル・エレクトリック社から市販されている G E S E 6 0 3 5 の如きシリコン・ゴム材で形成される。他の実施形態では、ガスケット 510 は、E L V A X 7 という商品名で E . I . D u P o n t d e N e m o u r s & C o . から市販されているエチレンと酢酸ビニルの共重合体で形成される。他の実施形態では、ポリエチレンでガスケット 510 を形成することができる。他の実施形態では、熱可塑性エラストマ・ゴムでガスケットを形成することができる。使用できる熱可塑性エラストマ・ゴムの例としては、G L S コーポレーションから市販されている D Y N A F L E X G - 2 7 8 0 がある。

30

40

【0115】

図 11 に示されるように、突起 511 は、好ましくは型セットの型部材 526 に間隔を設けることが可能である。型部材 526 は、当該技術分野においてよく知られている様々な種類または大きさの型部材のうちの任意のものですることができる。型部材 526 およびガスケット 510 によって少なくとも部分的に定められる型キャビティ 528 は、好ましくはレンズ形成組成物を保持することが可能である。ガスケット 510 と型部材 526 の

50

間のシールは可能な限り完全なものとするのが好ましい。好ましくは、各突起511の高さによって、型部材526の間隔、そして最終レンズの厚さが制御される。適正なガスケットおよび型セットを選択することによって、レンズ・キャビティを生成して様々な倍率のレンズを製造することができる。

【0116】

型アセンブリは、2つの型部材から構成される。図11に示されるように、前方型部材526aおよび後方型部材526bである。後方型部材は凸状型部材としても知られる。後方型部材は、好ましくは凸レンズの凹面を定める。再び図9および図10を参照すると、後方型部材526bのステープ軸522およびフラット軸524が好ましいガスケット510に対する位置が示されていた。従来のガスケットでは、隆起リップを使用して型部材に間隔を設けていた。このリップの厚さは、特定のガスケットに使用するように設計されている型セットの種類に適合するように、リップの円周にわたって変化する。特定の数の型を使用するのに柔軟性をもたせるために、典型的には同等数の従来のガスケットをストックする。

10

【0117】

しかし、一群の型セットの中で、一群の後方型部材の各部材が同様の形状になる、後方型部材の外部湾曲に沿う点が存在しうる。これらの点は、型部材のステープ軸およびフラット軸に対して傾斜する、ガスケット510に沿う位置に見いだすことができる。好ましい実施形態では、型部材のステープ軸およびフラット軸に対して約45°の角度をなす。個別的な突起511を用いてこれらの点における型部材に間隔を設けることによって、個々のガスケットを様々な型セットに使用することが可能である。したがって、ストックすべきガスケットの数を著しく減少させることができる。

20

【0118】

さらに、ガスケット510は、レンズ形成組成物を受け入れるための凹部518を含むことができる。レンズ形成組成物をキャビティに導入するためにリップ520を引き戻すことができる。ベント・ポート516を設けることで、レンズ形成組成物が導入されるときに型キャビティからの空気の流出を促進することができる。

【0119】

ガスケット510は、突起540をも含むことができる。突起540は、第1および第2の型をガスケットで組み立てると、ガスケットの側方から型キャビティの内部に伸びる。突起は、型アセンブリを使用して形成されるプラスチック・レンズに溝を形成するように配置される。溝は、形成済レンズの外表面付近に位置することができる。このように、型部材と形成済レンズとの境界付近に溝が形成される。図14は、ガスケットを硬化させ、除去した後2つの型部材526の間に配置されるレンズ550の側面図である。ガスケットの様々な突起によって生じたレンズの外表面に沿って様々な窪み/溝が見られる。溝544は、型部材に適切な間隔を設けるために使用されるガスケットの突起511によって形成できる。溝546は突起540によって形成できる。溝は、型部材と形成済レンズとの境界に位置する。上部型部材の境界付近にあるものとして描かれているが、溝は、下部型部材と形成済レンズとの境界に位置することもできることを理解されたい。一実施形態では、充填ポート538(図12および図13参照)は、上部型部材と形成済レンズとの境界付近に溝を形成することができる。したがって、突起511は、下部型部材と形成済レンズとの境界に配置できる。このように、形成済レンズと型部材との境界に溝を形成することができる。

30

40

【0120】

ガスケットを除去した後に、形成済レンズに型が付着することがある。場合によっては、型部材と形成済レンズとの間に鋭利な物体を挿入して、形成済レンズを型部材から分離することができる。溝546は、鋭利な物体を挿入して形成済レンズから型部材を引き離すことを可能にすることで、形成済レンズからの型の脱離を促進することができる。

【0121】

図12および図13は、それぞれ改良されたガスケットの等角投影図および上面図である

50

。ガスケット530は、ガスケット510と同様の材料からなっているとしてもよい。ガスケット530は、ガスケット510と同様に、環状とするのが好ましいが、様々な形状を取ることができる。さらに、ガスケット530は、図9に示される突起511と同様に突起531を設けることができる。あるいは、ガスケット530は、内面532に沿って隆起リップを含むか、または当該技術分野において従来の型部材に間隔を設ける他の方法を取り入れることができる。

【0122】

ガスケット530は、好ましくはレンズ形成組成物を受け入れるための充填ポート538を含み、ガスケット530は型セットに完全に嵌合する。充填ポート538は、好ましくはガスケット530の内面532からガスケット530の外面534に伸びている。その結果、レンズ形成組成物を受け入れるために、ガスケット530を型セットの型部材から部分的に脱離させる必要はない。従来の型ノガスケット・アセンブリによって定められる型キャビティにレンズ形成組成物を導入するためには、ガスケットを少なくとも部分的に型部材から脱離させる必要がある。型キャビティに充填する処理を通じて、レンズ形成組成物を型部材の背面に滴下させることができる。型部材の背面のレンズ形成組成物は、レンズを硬化するのに使用される活性化光を局所に集中させると共に、最終製品に光学的歪みをもたらすことがある。充填ポート538は、レンズ形成組成物を型キャビティに導入させ、ガスケット530を型セットに完全に嵌合するため、ガスケット530は好ましくはこの問題を回避する。さらに、充填ポート538は、レンズ形成組成物の型キャビティへの導入時に空気を排出させるのに十分な大きさを有するが、ガスケット530にベント・ポート536を設けて空気の排出を促進することもできる。

【0123】

ガスケット510または530を使用してプラスチック眼鏡レンズを作製する方法について述べる。本方法は、好ましくは第1の倍率の第1のレンズを形成するためにガスケット510に第1の型セットを嵌合させる。第1の型セットは、好ましくは少なくとも前方型部材526aおよび後方型部材526bを含む。レンズ形成組成物を保持するための型キャビティが、少なくとも部分的に型部材526aおよび526bならびにガスケット510によって形成される。ガスケット510は、好ましくは型部材に間隔を設けるために内面512に配列された少なくとも4つの個別的な突起511によって特徴づけられる。ガスケット510に型セットを嵌合させるとき、好ましくは突起511の各々が後方型部材526bのステープ軸およびフラット軸との間で傾斜角を形成するように型部材を配置する。好ましい実施形態では、この角度は約45°である。本方法は、好ましくはレンズ形成組成物を型キャビティ528に導入し、レンズ形成組成物を硬化させることをさらに含む。硬化させるとき、組成物に活性化光および/または熱放射線を曝露する。レンズが硬化した後に、第1の型セットをガスケットから除去し、次いで第2の倍率の第2のレンズを形成するためにガスケットを第2の型セットに嵌合させる。ガスケット530を使用するとき、本方法は、充填ポート538を介してレンズ形成組成物を導入し、レンズ形成組成物の導入時に第1および第2の型部材のガスケットとの完全嵌合を維持することをさらに含む。次にレンズ形成組成物は活性化光および/または熱放射線によって硬化される。

【0124】

レンズ硬化ユニット30においてレンズを硬化させた後に、レンズを型抜きし、後硬化ユニット40で後硬化する。後硬化ユニット40は、好ましくは光、熱、または光と熱の組合せをレンズに加えるように構成されている。図15に示されるように、後硬化ユニット40は、光源414、レンズ・ドロア・アセンブリ416および熱源418を含む。レンズ・ドロア・アセンブリ416は、好ましくはレンズ・ホルダ420、より好ましくは少なくとも2つのレンズ・ホルダ420を含む。レンズ・ドロア・アセンブリ416は、好ましくはガイド上をスライドするように移動する。レンズ・ドロア・アセンブリ416は、セラミック材料から構成されるのが好ましい。レンズ・ドロア・アセンブリ416が開放位置にあるときに（すなわち扉が後硬化ユニット40の前方から伸びるときに）硬化レ

10

20

30

40

50

レンズをレンズ・ホルダ 4 2 0 内に配置することができる。レンズをレンズ・ホルダ 4 2 0 内に入れた後に、レンズを光源 4 1 4 の真下で、熱源 4 1 8 の上におきながら、ドロアを滑らせて閉鎖位置にすることができる。

【0125】

図 1 5 に示されるように、光源 4 1 4 は、複数の光生成デバイスまたはランプ 4 4 0 を含むのが好ましい。好ましくは、レンズ・ドロア・アセンブリが閉鎖状態にあるときにランプ 4 4 0 を各々のレンズ・ホルダの上に配置することができる。ランプ 4 4 0 は、好ましくは活性化光を生成する。ランプ 4 4 0 を好適な取付装置 4 4 2 で支え、かつ取付装置 4 4 2 に電氣的に接続することができる。取付装置は、少なくとも部分的に反射性を有し、凹状の形を有して、ランプ 4 4 0 からレンズ・ホルダに光を当てることができる。ランプは、紫外線、化学線、可視光線および/または赤外線を生成することができる。ランプは、好ましくはレンズ形成組成物に使用されるモノマーに基づいて選択される。一実施形態では、活性化光は蛍光ランプから生成されうる。蛍光ランプは、好ましくは約 2 0 0 nm から約 8 0 0 nm、より好ましくは約 2 0 0 nm から約 4 0 0 nm の強い発光スペクトルを有する。上記波長の活性化光を放射する蛍光ランプは、型式 S N E U V R P R 4 1 9 0 としてポルターク社から市販されている。他の実施形態では、ランプは紫外線を生成することができる。

10

【0126】

一実施形態では、曝露の間に活性化光源を迅速にオン・オフすることができる。この機能に安定器を使用することができる。安定器は後硬化ユニットの下に配置することができる。あるいは、図 7 に示すように、また上述したように、安定器およびトランス・システムを使用して活性化光源を制御することができる。

20

【0127】

熱源 4 1 8 は、後硬化ユニットの内部を加熱するように構成されている。熱源 4 1 8 は、好ましくは抵抗加熱器である。熱源 4 1 8 は、1 つまたは 2 つの抵抗加熱器からなってもよい。熱源 4 1 8 の温度をサーモスタットで制御することができる。後硬化ユニットの内部を加熱することによって、後硬化ユニット 4 0 に配置されるレンズを加熱して、レンズ形成材料の硬化を完了することができる。後硬化ユニット 4 0 は、ユニット内の空気を循環させるファンをも含むことができる。ユニット内の空気を循環させることで、ユニット内の温度を比較的均一に維持することができる。ファンを使用して、後硬化処理の終了後に後硬化ユニット 4 0 の温度を下げることもできる。

30

【0128】

一実施形態では、活性化光を曝露することによって硬化したレンズを伝導加熱によってさらに処理することができる。伝導加熱後硬化手順の使用については、本願に引用して援用する米国特許第 5, 9 2 8, 5 7 5 号 (B u a z z a) に詳細に記載されている。

【0129】

他の実施形態では、後硬化加熱を施す前に、レンズの縁を処理して、硬化が不十分なレンズ形成材料を硬化または除くことができる(上述の説明を参照のこと)。硬化が不十分なレンズ形成材料をさらに硬化させるための技術については、本願に引用して援用する米国特許第 5, 9 7 6, 4 2 3 号 (B u a z z a) に記載されている。

40

【0130】

他の実施形態では、レンズは、型キャビティにおいて伝導加熱後硬化処理を受けた後に着色する。レンズの着色時に、レンズを染料液に浸すのが好ましい。

【0131】

マイクロプロセッサ式コントローラ 5 0 によってレンズ硬化システムの動作を制御することができる(図 1)。コントローラ 5 0 は、好ましくはコーティング・ユニット 2 0、レンズ硬化ユニット 3 0 および後硬化ユニット 4 0 の動作を制御する。コントローラ 5 0 は、これらのユニットの各々を実質的に同時に制御するように構成されている。さらに、コントローラは、ディスプレイ 5 2 および入力デバイス 5 4 を含むことができる。ディスプレイおよび入力デバイスは、オペレータと情報交換するように構成されている。

50

【0132】

コントローラ50は、好ましくはプラスチック・レンズを形成する処理に関連するいくつかの動作を制御する。プラスチック・レンズを作製するのに用いられる処理（例えばコーティング、硬化および後硬化処理）は、好ましくは形成されるレンズの処方および種類（例えば紫外/可視光線吸収レンズ、フォトリソミック・レンズ、着色レンズなど）に基づき所定の条件群に従って行われる。コントローラ50は、好ましくはこれらの処理のいくつかを制御するようにプログラムされるため、装置を連続的に監視するオペレータの責務が軽減される。

【0133】

いくつかの実施形態では、様々なコーティング（例えば耐スクラッチまたは着色コーティング）でレンズまたは型部材をコーティングすることができる。これらのコーティングを付着させるには、付着させるコーティングのタイプに応じた具体的な条件が必要になる。コントローラ50は、好ましくはオペレータによる入力に応じてこれらの条件を生成するように構成される。

10

【0134】

スピン・コーティング・ユニットを使用するときは、コントローラ50は、コーティング処理時にレンズまたは型部材の回転を制御する。コントローラ50は、好ましくはスピン・コーティング・ユニットのモータに電氣的に結合される。コントローラは、モータをオンおよび/またはオフにする電子信号をモータに送ることができる。典型的なコーティング処理において、型またはレンズの回転速度を制御して、均一かつ欠陥のないコーティングを達成するのが好ましい。コントローラは、好ましくは硬化処理時に型またはレンズの回転速度を制御するように構成される。例えば、コーティング材を付着させているときに、型またはレンズを比較的高回転速度（例えば約900から約950RPM）で回転させるのが好ましい。しかし、コーティング材を硬化しているときに、はるかに低い回転速度（例えば約200RPM）が用いられる。コントローラは、好ましくは実施されている処理ステップに応じてレンズまたは型の回転速度を調節するように構成される。

20

【0135】

コントローラは、また好ましくは、ランプ24の動作を制御するように構成される。ランプは、好ましくはコーティング手順を通じて適切な時点でオン・オフする。例えば、コーティング材を付着させている間は、典型的には活性化光を使用しないため、コントローラは、この処理を通じてランプをオフ状態に維持するように構成されている。硬化処理時に、活性化光を使用してコーティング材の硬化を開始させることができる。コントローラは、好ましくはランプをオンにすると共に、コーティング材の硬化時にランプがオンの状態を維持する時間を制御するように構成される。コントローラは、また、コーティング材の硬化に影響を与える光パルスを生成するように構成される。光パルスの長さおよび周波数をコントローラによって制御することができる。

30

【0136】

コントローラは、また、好ましくはレンズ硬化ユニットの動作を制御するように構成されている。コントローラは、レンズ硬化処理時に、(i)周囲室温を測定すること、(ii)周囲室温に基づいて、レンズ形成組成物を硬化するのに必要な光の量（またはパルス硬化照射における光の初期照射量）を決定すること、(iii)決定された量に匹敵する十分な強度および持続時間で活性化光を当てること、(iv)光の照射時、かつその後における組成物の温度反応を測定すること、(v)次の活性化光の照射（パルス硬化照射）に必要な量を算定すること、(vi)決定された第2の量に匹敵する十分な強度および持続時間で活性化光を当てること、(vii)活性化光の照射時にレンズ形成組成物の温度反応を監視することによって硬化処理が終了するときを決定すること、(viii)上部光源および下部光源を個別的にオン・オフすること、(ix)ランプ温度を監視し、ランプ付近の冷却ファンを作動させることによってランプの温度を制御すること、および(x)ファンをオン・オフするか、またはファンが生成する空気流の流速を制御して組成物温度を制御することを含むが、それらに限定されないいくつかの機能の一部および/またはす

40

50

べてを実行することができる。本明細書で、「照射量」とは、対象物に加えられる光エネルギーの量を意味し、入射光のエネルギーは、光の強度および持続時間によって決定づけられる。本願に引用して援用する米国特許第5,989,462号(Buazza他)には、レンズ形成組成物の温度に応じてレンズ形成組成物に照射される活性化光の照射量を変えるように構成されたコントローラが記載されている。

【0137】

一実施形態では、シャッタ・システムを使用して、レンズ形成材料への活性化光線の照射を制御することができる。シャッタ・システムは、好ましくは、活性化光がレンズ形成材料に到達するのを防ぐために硬化チャンバに挿入することのできる空気圧式シャッタ・プレートを含む。エア・シリンダを作動させて、シャッタ・プレートを硬化チャンバに挿入し、または硬化チャンバから引き出すことができるコントローラにシャッタ・システムを結合することができる。コントローラは、好ましくは指定された時間間隔でシャッタ・プレートを挿入したり、引き出したりすることができる。コントローラは、シャッタを挿入し、かつ/または引き出す時間間隔をレンズ形成組成物および/または型の温度の関数として調整することができる温度センサから信号を受け取ることができる。温度センサは、型キャピティおよび/またはキャストイング・チャンバ付近の多くの位置に配置できる。

10

【0138】

いくつかの実施形態では、レンズに後硬化処理が必要となる。後硬化処理には、形成されているレンズの種類に応じて具体的な条件が求められることになる。コントローラは、好ましくはオペレータによる入力に応じてこれらの条件を生成するように構成される。

20

【0139】

コントローラは、好ましくは後硬化ユニットにおけるランプの動作を制御するように構成される。ランプは、好ましくは後硬化手順を通じて適切な時点でオン・オフされる。例えば、いくつかの後硬化操作では光が必要とされないため、コントローラはこの処理を通じて光をオフの状態に維持することになる。他の処理では、光を使用してレンズの硬化を完了させることができる。コントローラは、好ましくは光をオンの状態にすると共に、後硬化手順を通じて光がオンの状態を維持する時間を制御するように構成される。コントローラは、また、後硬化手順を通じて光パルスを生成するように構成されている。光パルスの長さおよび周波数は、コントローラによって制御することができる。

30

【0140】

コントローラは、好ましくは後硬化操作時に加熱デバイス418の動作を制御するように構成される。好ましくは、加熱デバイス418をオン・オフすることで後硬化ユニット内の所定の温度を維持する。あるいは、抵抗加熱器を使用するときは、加熱素子を通る電流を変化させて、後硬化ユニット内の温度を制御することができる。好ましくは、光の照射と加熱の両方をコントローラによって制御する。後硬化ユニットに結合されるファンもコントローラによって制御されるのが好ましい。ファンをコントローラによって操作して、後硬化ユニット内で、または後硬化ユニット内外に空気を循環させることができる。

【0141】

さらに、コントローラは、システムが適正に動作しているかどうかを判断するためのシステム診断を行うことができる。コントローラは、日常的な整備を行うべきとき、またはシステム・エラーが検出されたときにユーザに通知を行うことができる。システムは、機械が故障したとき、標準的な整備を必要としているとき、指定の動作エンベロープ外になったときに、以下の条件、すなわちI²Cネットワーク・エラー、線間電圧、上部ラック光強度、下部ラック光強度、後硬化ラック光強度、上部活性化光安定器電流、下部活性化光安定器電流、後硬化活性化光安定器電流、殺菌光安定器電流、後硬化ヒータ電流、上部活性化光フィラメント熱トランス電流、下部活性化光フィラメント熱トランス電流、殺菌光フィラメント熱トランス電流、上部活性化光がオンになる回数、下部活性化光がオンになる回数、後硬化活性化光がオンになる回数、殺菌光がオンになる回数、上部活性化光点灯時間、下部活性化光点灯時間、後硬化活性化光点灯時間、殺菌光点灯時間、上部ランプ温度、下部ランプ温度、スピン・ボード温度および後硬化温度を監視して、ユーザに警告を

40

50

行う。

【0142】

例えば、コントローラは、コーティング・ユニット、レンズ硬化ユニットまたは後硬化ユニットのランプを流れる電流を監視して、ランプが適正に動作しているかどうかを判断することができる。コントローラは、ランプが使用された時間を記録することができる。ランプが所定の時間使用された場合は、ランプの交換が必要であることを知らせるメッセージをオペレータに伝達することができる。コントローラは、ランプによって生成された光の強度を監視することもできる。フォトダイオードをランプ付近に配置して、ランプによって生成されている光の強度を測定することができる。光の強度が所定の範囲外になっている場合には、ランプに送る電流を調節して、生成する光の強度を変化させる（電流を増加させて強度を高めるか、電流を減少させて強度を抑える）ことができる。あるいは、コントローラは、ランプによって生成される光の強度が所定値を下回ったときにランプを交換する必要があることをオペレータに知らせるメッセージを伝達することができる。

10

【0143】

これらの領域において機械にエラーが発生した場合は、以下のエラー・メッセージが表示されることになる。

後硬化温度 後硬化温度が指定動作範囲外になっています。レンズ・ドロアが閉鎖されていて、ユニットが十分な加温時間を与えられており、システムの再起動後も問題が残るようであれば、機械を修理する必要があるでしょう。

光強度 貴方の _____光源出力が推奨範囲を下回りました。システム再起動後も問題が残るようであれば、貴方の _____ランプを交換する必要があるでしょう。

20

ランプ出力 貴方の _____ランプが適正に機能していません。システム再起動後も問題が残るようであれば、貴方の _____ランプを交換する必要があるでしょう。

フィラメント加熱出力 貴方の _____ランプが適正に機能していません。システム再起動後も問題が残るようであれば、貴方の _____ランプを交換する必要があるでしょう。

ランプ点灯時間 貴方の _____ランプは推定寿命を超過しています。貴方の _____ランプを交換してください。

PCヒータ 後硬化ユニットのヒータが適正に機能していません。システムの再起動後も問題が残るようであれば、機械を修理する必要があるでしょう。

【0144】

コントローラは、安全およびエネルギー節約を目的としたインターロック・システムを管理することもできる。コーティング・ユニットまたは後硬化ユニットからのレンズ・ドロア・アセンブリが開の状態にある場合は、コントローラは、好ましくはランプがオンになるのを防止するように構成される。これにより、オペレータが不注意にランプからの光に曝露されるのを防ぐことができる。コーティング・ユニット20のランプ24は、好ましくはカバー22に配置される（図1参照）。オペレータが不注意にランプ24からの光に曝露されるのを防ぐために、上述したようにスイッチをカバーに組み込むのが好ましい。コントローラは、好ましくはカバーが開かれているときにランプ24がオンになるのを防ぐように構成される。コントローラは、レンズがオンの状態にあるときにカバーが開かれている場合に自動的にランプ24をオフにすることもできる。さらに、コントローラは、ランプがオフの状態にあるときにファンおよび他の冷却デバイスをオフの状態に維持することによってエネルギーを節約することができる。

30

40

【0145】

コントローラは、レンズ形成装置のさらなる動作を妨げる問題を示すいくつかのメッセージを表示することができる。ディスプレイの適切な位置に処理情報が表示される（該当機能に関連する場合はボタン上に表示され、重要な場合は上部または点滅して表示される等）。コントローラは、以下の情報リストを用いて、機械使用時にユーザに指示を与える。該リストは優先順になっている（すなわち、リスト最上位の情報は、それと第2の項目を同時に表示する必要がある場合に表示される）。

警告ジョブ実行、ページを確認

50

警告ジョブ実行、リランを確認
 エンコーダを回転させてページを確認
 ジョブ実行中は禁止
 キャピティを後硬化に移動 & キーを押す
 蓋を閉める
 後硬化処理を再実行するためのプレス & ホールド
 硬化処理を再実行するためのプレス & ホールド
 アニール処理を再実行するためのプレス & ホールド
 取り消すためのプレス & ホールド
 コート処理を再実行するためのプレス & ホールド 10
 硬化キーを押してジョブを開始
 後硬化が完了するまで待機
 後硬化が開始されるまで待機
 左右のボウルを回転
 メモリにジョブが存在しない
 エンコーダを回転させてジョブを選択
 後硬化に利用可能な硬化ジョブが存在しない
 アニールに対するジョブが準備されていない
 左の型が存在せず、R Xを再入力
 右の型が存在せず、R Xを再入力 20
 キットに型が存在せず、R Xのアクセプトまたはリエンタ
 エンコーダを回転させて保存か破棄を選択
 準備ができたらエンコーダを押す
 . . . 計算中のためしばらくお待ち下さい
 アニール完了
 コーティング完了
 後硬化完了、型抜き & アニール
 型が存在せず、R Xを再入力
 キットに右の型が存在せず、アクセプト | リエンタ
 キットに左の型が存在せず、アクセプト | リエンタ 30
 編集すべき R x が記憶されていない
 ページ / リランすべきジョブが存在しない
 閲覧すべきジョブが記憶されていない
 編集すべきジョブが記憶されていない
 【 0 1 4 6 】
 コントローラは、また、オペレータと対話するように構成されている。コントローラは、好ましくは入力デバイス 5 4 および表示画面 5 2 を含む。入力デバイスは、キーボード（例えばフル・コンピュータ・キーボードまたは改造キーボード）、感光パッド、タッチ・パッドまたは同様の入力デバイスとすることができる。コントローラによって制御されるパラメータの数はオペレータの入力に依存しうる。装置の初期セット・アップにおいて、 40
 コントローラは、オペレータが、形成されるレンズの種類を入力できるようにする。この情報は、レンズの種類（透明レンズ、紫外線吸収レンズ、フォトクロミック・レンズ、着色レンズなど）、処方およびコーティングの種類（例えば耐スクラッチコーティングまたは着色コーティング）を含みうる。
 【 0 1 4 7 】
 コントローラは、この情報に基づいて、オペレータに情報を伝達するように構成されるのが好ましい。オペレータは、型アセンブリの型部材を選択するよう指示されることになる。型部材は、コントローラが、各型部材に対するコードを伝達することによってどの型を選択すべきかをオペレータに指示できるようにコード化される。コントローラは、型部材を適切にシールするのに必要なガスケットの種類を決定することもできる。型部材と同様 50

に、ガasketをコード化して、適切なガasketを容易に選択できるようにすることも可能である。

【0148】

レンズ形成組成物もコード化することができる。特定の種類のレンズを製造するために、特定のレンズ形成組成物が必要になる。コントローラは、必要とされる特定の組成物を決定して、その組成物に対するコードをオペレータに伝達するように構成されている。コントローラは、特定の動作を行う必要がある場合、または特定の動作が終了した場合（例えばレンズ硬化ユニットに型アセンブリを配置する場合、型アセンブリを除去する場合、型アセンブリを移す場合など）にオペレータに信号を送ることもできる。

【0149】

コントローラは、機械の使用についてユーザに指示を与えると共に一般的な処理ガイダンスを与えるヘルプ機能を表示することもできる。以下のパラグラフは、オペレータに利用されうるいくつかのヘルプ・ファイルの例である。

【0150】

1) ナビゲーションおよびデータ入力

たいていのデータ選択およびデータ入力には情報入力ノブが使用される。ノブを回すと、メニュー内でカーソルが移動し、データ入力画面上で候補がスクロールされる。ノブを押し下げて選択を入力する。画面の上部のプロンプトによって、ユーザは処理を閲覧できる。矢印キーは、先に入力したデータの訂正を可能にすると共に、ナビゲーション時におけるデータ入力ノブの代用として利用できる。

【0151】

メニュー・キーによりユーザは先のメニューに戻る。

ヘルプ・キーを押すと、一般的な処理についてのヘルプが表示されると共に、システムに問題がある場合は機械の故障項目が示される。エラーが存在する場合は、エラーに関する情報が示されると共に、それを解決するための一連の行動が提示される。

【0152】

2) 画面の説明

NEW R x この画面には処方情報が入力される。型の可用性がリアルタイムでこの画面に表示される。利用可能な型には、その横にチェックマークが付される。キットに加えることができる型は、その横にボックスを付して表示される。出力が機械の範囲を逸脱している場合は、型情報が通常表示される領域にダッシュが示されることになる。全処方情報が入力されたら、データ入力ノブが押されて、メモリにジョブが記憶される。閲覧画面は、キャピティの生成についてのデータを表示する。データがプラス・シリンダ形式で入力された場合は、それは転換され、マイナス・シリンダ形式で示されることになる。データが入力されたことを確認する必要がある場合は、編集 R x 画面においてプラスおよびマイナス・シリンダ形式で確認することが可能である。

【0153】

閲覧および編集 ユーザが、メモリに記憶されているジョブを確認および修正することを可能にする。メイン・メニューで閲覧または編集選択がなされると、ユーザは、保存されているすべてのジョブをスクロールすることができる。編集を利用するときには、データ入力ノブを押すことにより、表示されたジョブの処方を修正できる編集画面にカーソルが移動することになる。閲覧メニューでは、ノブを押すことによって、ユーザがメイン・メニューに移動することになる。

【0154】

ページ/リラン・ジョブ 必要な場合に、ユーザがジョブを削除および再実行することを可能にする。一対のレンズのうちの単一レンズを再実行する必要がある場合には、編集ジョブを使用して、そのジョブに対して再実行を選択した後にはじめてジョブの種類を左または右に変更することができる。すべてのジョブをページすると、メモリからすべてのジョブがクリアされる。ゼロからジョブのナンバリングを開始したい場合にこの機能を使用する。

10

20

30

40

50

【0155】

器具の状態 機械の個々の部分の現行の状態、すなわち回転速度、デバイスに供給される電流、ネットワーク・エラーなどを示す。これらの画面は、エラーを診断するときには有用である。システムのシリアル番号およびソフトウェアのバージョン番号も状態画面に表示される。

【0156】

アドバンスト アドバンスト・メニューはすべてのユーザ調節可能設定、プログラム・アップロード・オプションおよび型キット選定を含む。このメニューは、偶然に変更が加えられるリスクを最小限に抑えるためにパスワード保護される。パスワードが表示されると、データ入力ノブを押すことで、ユーザはデータ入力ノブを回転させることによってパスワードを入力する。正しいパスワードがダイヤル・インされると、ノブを押す。パスワードが正しくない場合は、再びパスワード画面が表示される。パスワードが正しければ、メイン・メニューと同様に機能するアドバンスト・メニューが表示される。これらのメニューの中で、所望のフィールドが強調表示されると、データ入力ノブが押され、データ入力ノブを回転させることによりそれを変更できることを示す括弧がフィールド付近に表示される。正しい値が選択されると、再びノブを押して括弧を取り除き、フィールドを選択値に設定する。データおよび時間設定画面において、保存設定フィールドが強調表示され、データ入力ノブが押されるまで変更が保存されることはない。キット・メニューは、ユーザが利用可能な型パッケージおよび倍率範囲を選択することを可能にする。

【0157】

3) ジョブの実行

レンズの作製は三部プロセスである。耐スクラッチコーティングは随意に施され、それについては本セクションの終わりに記載する。

ユーザが処方を入力し、ジョブを保存すると、閲覧画面は各レンズに必要な型およびガスケットを検索するのに必要とされるデータを表示する。該システムは、マイナス・シリンダ形式の処方に合わせて設計される。R×情報をプラス・シリンダ形式で入力すると、それは転換されて、マイナス・シリンダ形式で戻されることになる。キャビティは閲覧画面データに基づいてアSEMBルされる必要がある(軸が、プラス・シリンダ入力とは90°異なる)。編集R×画面では転換されたリターン情報と共に本来の処方を閲覧することができる。

キャビティを組み立てる前に、型およびガスケットを十分に洗浄しなければならない。型またはガスケット上の汚染物は最終レンズに含まれるおそれがあるため洗浄は不可欠である。各型のキャスト側をIPAおよびアセトンでスピン洗浄する。次にキャビティをアSEMBルし、軸が正しくセットされることを確認する。キャビティに適切なモノマーを充填する。充填済のキャビティを3分以上室内照明に曝さないようにする。窓によってもたらされる高強度の自然光または高強度の室内照明は、許容室内光曝露時間を著しく短縮しうる。

【0158】

硬化 硬化ボタンを押して硬化サイクルを開始させる。データ入力ノブを回転させることによって、ユーザが実行すべきジョブを選択することが可能になる。該サイクルに必要なフィルタがジョブ番号と共に表示される。正しいジョブが表示されると、硬化キーを押す。キーの上の領域によって、対のレンズ、あるいは左または右レンズのみを入力するように指示される。左右のレンズが常にチャンバの適正な側に位置するようにする。キャビティを初期の硬化ドロアに入れ、硬化ボタンを押す。初期硬化が行われると、1つまたは複数のキャビティを後硬化ドロアの前部に移し、後硬化キーを押す。左レンズと右レンズの倍率の差によってジョブが分割された場合は、硬化ボタンの上の領域が、ユーザに対して、第2のキャビティを初期の硬化ドロアに挿入し、再び硬化キーを押すよう指示する(第2のキャビティに対して初期の硬化工程を行っているときは、第1のキャビティは後硬化工程にあるものとする)。指示メッセージが表示されたら、キャビティを後硬化部に異動させ、再び後硬化ボタンを押す。

10

20

30

40

50

【0159】

後硬化 後硬化オープン・ドロアにおける前方開口部を使用してキャビティの後硬化を行う。後硬化サイクルが終了すると、後硬化キーを押し、後硬化チャンバからキャビティを除去し、それらを1～2分間冷却させる。冷却期間後、ガスケットを除去し、型抜き工具を用いて各アセンブリから1つの型を分離する。ガスケット上のタブによって生成された空隙に該工具を挿入し、アセンブリから静かに型を剥がす。残りのレンズおよび型をQソーク容器に入れて、レンズから型を分離する。レンズを洗浄し、アニール工程に進む。

【0160】

アニール アニールに2つ以上のジョブが可能である場合は、アニール・ボタン上の領域がジョブ番号を表示したときに、ユーザは、データ入力ノブを回転させることによって、アニールを行いたいジョブを選択することができる。適正なジョブが表示されたときにアニール・ボタンを押し、後硬化チャンバ・ドロアの後方開口部上に洗浄済のレンズを配置する。アニール・サイクルの終了時に指示メッセージが表示されたらアニール・キーを押し、

10

【0161】

コーティング 耐スクラッチコーティングは随意に行われ、メイン・チャンバのスピン・ボウル内に施される。スピン・ボウルによる間欠ボタンによってコート硬化サイクルが開始される。前方型に洗浄およびコーティングを施すと、フードが閉じて、コーティングに対する90秒の硬化サイクルが開始される。サイクルが完了すると、光が消え、モータが停止し、コントローラは、型の準備が整っていることをユーザに合図する。キャビティを

20

正規の方法でアSEMBルし、レンズ・モノマーをキャビティに分配する。レンズ・コーティングも可能であり、アニール工程が完了後、最終レンズに付着させる。

【0162】

4) 着色情報

縁取りした後に、従来の手段によってレンズを着色することができる。多くの近代的なレンズ材料の場合と同様に、ハンドリング手順をわずかに改良することで着色結果を改善できる。第1に、レンズを染料ホルダに取りつける際は、スプリング型ホルダを使用したり、過度の力をレンズに加えたりしてはならない。レンズは染料タンク温度である程度軟質化し、屈曲しうる。染料タンクの中でレンズを緩やかな前後の振動で攪拌すると、染料がより迅速かつ均一に吸収されることになる。

30

【0163】

いくつかの実施形態では、コントローラはコンピュータ・システムであってもよい。コンピュータ・システムは、コントローラの前述の動作を実行するように構成されたコンピュータ・プログラムが格納される記憶媒体を含む。「記憶媒体」という用語は、インストレーション媒体、例えばCD-ROMまたはフロッピー・ディスク、DRAM、SRAM、EDO RAM、ラムバスRAMなどのコンピュータ・システム・メモリ、あるいは磁気媒体、例えばハード・ディスクまたは光学的記憶装置の如き不揮発性メモリを含むものとする。記憶媒体は、他の種類のメモリ、またはそれらの組合せをも含む。さらに、記憶媒体は、プログラムが実行される第1のコンピュータ、またはネットワークを介して第1のコンピュータに接続する第2の異なるコンピュータに配置できる。後者の場合は、第2のコンピュータは第1のコンピュータに実行のためのプログラム命令を提供する。また、コンピュータ・システムは、パーソナル・コンピュータ・システム、メインフレーム・コンピュータ・システム、ワークステーション、ネットワーク・アプライアンス、インターネット・アプライアンス、パーソナル・デジタル・アシスタント(PDA)、テレビジョン・システムまたは他のデバイスを含む様々な形をとることができる。概して、「コンピュータ・システム」という用語は、幅広く定義づけられ、記憶媒体からの命令を実行するプロセッサを有する任意のデバイスを包括する。

40

【0164】

記憶媒体は、好ましくはレンズ形成装置の動作を制御するためのソフトウェア・プログラムを記憶する。ソフトウェア・プログラムは、手順に基づくテクニック、コンポーネント

50

に基づくテクニック、および/またはオブジェクトに基づくテクニックなどを含む様々な様式のうちのいずれかで実装されうる。例えば、要望に応じて、Active Xコントロール、C++オブジェクト、Java(登録商標)Beans、マイクロソフト・FOUNDATION・クラス(MFC)、あるいは他の技術または手法を用いてソフトウェア・プログラムを実装することができる。記憶媒体からのコードおよびデータを実行するホストCPUの如きCPUは、以下に記載する方法およびフローチャートに従ってソフトウェア・プログラムを作成および実行するための手段を含む。

【0165】

様々な実施形態は、キャリア媒体に応じて先行記述に従って実装される命令および/またはデータの受領または記憶をさらに含む。好適なキャリア媒体は、磁気または光媒体、例えばディスクまたはCD-ROMの如き記憶媒体または格納媒体、ならびにネットワークおよび/または無線リンクの如き通信媒体を介して伝達される電気、電磁またはデジタル信号の如き信号を含む。

10

【0166】**レンズ形成組成物**

レンズ形成材料は、任意の好適な液体モノマーまたはモノマー混合物、および任意の好適な感光性開始剤を含むことができる。本明細書で用いられる「モノマー」は、重合反応が可能な任意の化合物を意味する。モノマーは、非重合材料または部分重合材料を含むことができる。部分重合物質をモノマーとして用いる場合は、該部分重合物質は、好ましくはさらに反応して新たな重合体を形成することが可能な官能基を含有する。レンズ形成材料は、好ましくは活性化光と相互作用する光開始剤を含む。一実施形態では、光開始剤は、300nmから400nmの範囲の波長を有する紫外線を吸収する。他の実施形態では、光開始剤は、約380nmから490nmの範囲の波長を有する化学線を吸収する。液状レンズ形成材料は、好ましくは品質管理のために濾過され、環状ガスカート380を対向型部材378の一方から引き離し、液状レンズ形成材料をレンズ成形キャビティ382に注入することによってレンズ成形キャビティ382に入れられる(図11参照)。レンズ成形キャビティ382が当該材料で満たされると、好ましくは環状ガスカート380を置き換えて対向型部材378と密封関係をもたせる。

20

【0167】

対向型部材378を解体することによってレンズ成形キャビティ382から硬化レンズが除去されると、レンズの周縁を研磨するなど、従来の方法でレンズをさらに処理することができることを当業者なら認識するであろう。

30

【0168】

重合性レンズ形成組成物は、芳香族炭化水素含有ビス(アリルカーボネート)機能性モノマー、およびアクリリルまたはメタクリリルから選択される2つのエチレン性不飽和基を含有する少なくとも1つの多エチレン性機能性モノマーを含む。好ましい実施形態では、該組成物は、好適な光開始剤をさらに含む。他の好ましい実施形態では、該組成物は、アクリリル、またはメタクリリルから選択される3つのエチレン性不飽和基を含有する1つまたは複数の多エチレン性機能性モノマー、および染料を含むことができる。レンズ形成組成物は、紫外線吸収化合物および光互変性化合物の如き活性化光吸収化合物をも含むことができる。これらの組成物の例は、本願に引用して援用する米国特許第5,989,462号(Buazzal)により詳しく記載されている。

40

【0169】

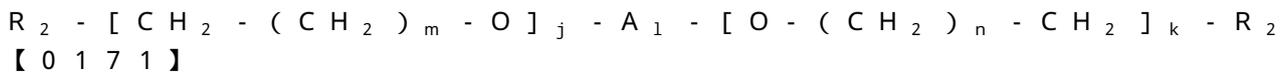
他の実施形態では、モノマー組成物および開始剤組成物を含むレンズ形成組成物から眼矯正用眼鏡レンズを作製することができる。

【0170】

モノマー組成物は、好ましくは芳香族炭化水素含有ポリエチレンポリエーテル機能性モノマーを含む。一実施形態では、採用されるポリエーテルは、エチレンオキシド誘導ポリエーテル、プロピレンオキシド誘導ポリエーテル、またはその混合物である。ポリエーテルは、エチレンオキシド誘導ポリエーテルであるのが好ましい。芳香族ポリエーテル多エチ

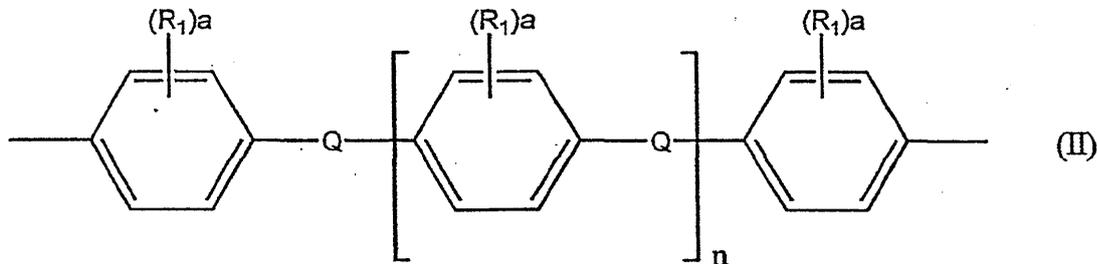
50

レン性機能性モノマーは、好ましくは以下に示す一般構造(V)を有する(ただし、各々の R_2 は重合性不飽和基で、 m および n はそれぞれ独立に1または2を表し、 j および k の平均値はそれぞれ独立に約1から約20の範囲にある。共通の重合性不飽和基はビニル、アリル、アリルカーボネート、メタクリリル、アクリリル、メタクリレートおよびアクリレートである)。



A_1 はジヒドロキシ芳香族炭化水素含有材料から誘導される二価ラジカルである。特に有用な二価ラジカル A_1 のサブクラスは式(II)で表される。

【化1】

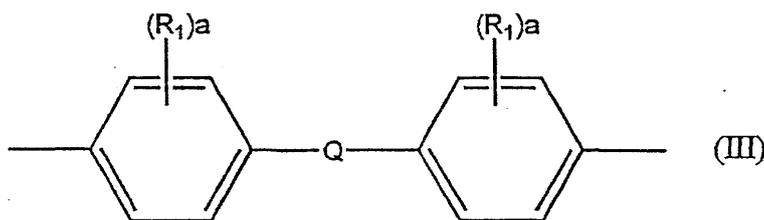


ただし、各々の R_1 はそれぞれ1から約4の炭素原子を含むアルキル、フェニルまたはハロゲンであり、各々の(a)の平均値はそれぞれ0~4であり、各々のQはそれぞれ2から約4個の炭素原子を有するオキシ、スルホニル、アルカンジル、または1から約4個の炭素原子を有するアルキリデンであり、 n の平均値は0から約3の範囲にある。Qはメチルエチリデン、すなわちイソプロピリデンであるのが好ましい。

【0172】

好ましくは、 n の値はゼロで、この場合は A_1 は式(III)で表される。

【化2】

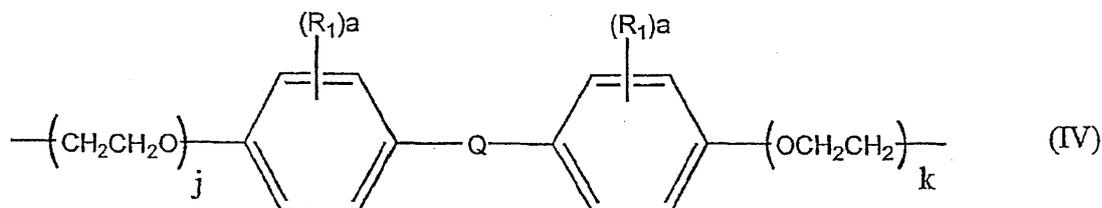


ただし、各々の R_1 、各々のaおよびQについては式IIの場合と同じである。2つの自由結合はオルソまたはパラ位置にあるのが好ましい。パラ位置が特に好ましい。

【0173】

一実施形態では、パラ、パラ-ビスフェノールがエチレンオキシドで伸長した鎖である場合は、芳香族炭化水素含有ポリエチレンポリエーテル機能性モノマーの中央部は以下の式で表すことができる。

【化3】



ただし、各々の R_1 、各々のaおよびQについては式IIの場合と同じであり、 j および k の平均値はそれぞれ約1から約20の範囲にある。

【0174】

10

20

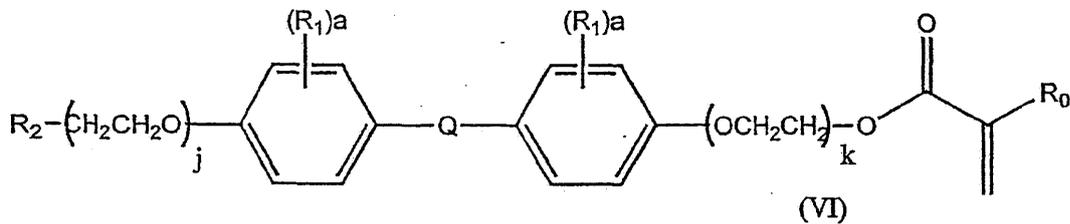
30

40

50

他の実施形態では、多エチレン性機能性モノマーは、アクリリルまたはメタクリリルから選択される少なくとも1つの基を含有する芳香族ポリエーテル多エチレン性機能性モノマーである。アクリレートおよびメタクリレートから選択される少なくとも1つの基を含有する芳香族ポリエーテル多エチレン性機能性モノマーは、好ましくは以下に示す一般構造(VI)を有する(ただし、 R_0 は水素またはメチルであり、各々の R_1 ならびに各々の a および Q は式IIの場合と同じで、 j および k の値はそれぞれ約1から約20の範囲にあり、 R_2 は重合性不飽和基(例えばビニル、アリル、アリルカーボネート、メタクリリル、アクリリル、メタクリレートまたはアクリレート)である)。

【化4】



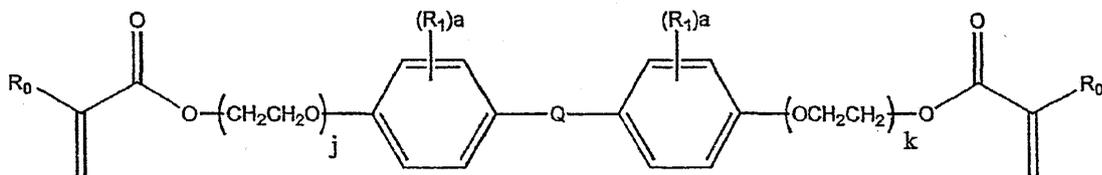
10

【0175】

一実施形態では、芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマーは、好ましくはエトキシ化ビスフェノールAジ(メト)アクリレートである。エトキシ化ビスフェノールAジ(メト)アクリレートは、以下に示す一般構造を有する(ただし、 R_0 はそれぞれ水素またはメチルであり、各々の R_1 ならびに各々の a および Q は式IIの場合と同じであり、 j および k の値はそれぞれ約1から約20の範囲にある)。

20

【化5】



30

【0176】

好ましいエトキシ化ビスフェノールAジメタクリレートは、エトキシ化2ビスフェノールAジアクリレート(ただし、 $j+k=2$ で、 R_0 はHである)、エトキシ化2ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=2$ で、 R_0 はMeである)、エトキシ化3ビスフェノールAジアクリレート(ただし、 $j+k=3$ で、 R_0 はHである)、エトキシ化4ビスフェノールAジアクリレート(ただし、 $j+k=4$ で、 R_0 はHである)、エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=4$ で、 R_0 はMeである)、エトキシ化6ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=6$ で、 R_0 はMeである)、エトキシ化8ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=8$ で、 R_0 はMeである)、エトキシ化10ビスフェノールAジアクリレート(ただし、 $j+k=10$ で、 R_0 はHである)、エトキシ化10ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=10$ で、 R_0 はMeである)、エトキシ化30ビスフェノールAジアクリレート(ただし、 $j+k=30$ で、 R_0 はHである)、エトキシ化30ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=30$ で、 R_0 はMeである)を含む。これらの化合物は、それぞれPRO-631、SR-348、SR-349、SR-601、CD-540、CD-541、CD-542、SR-602、SR-480、SR-9038およびSR-9036の商品名でサルトマ社から市販されている。他のエトキシ化ビスフェノールAジメタクリレートは、エトキシ化3ビスフェノールAジメタクリレート(ただし、 $j+k=3$ で、 R_0 はMeである)、エトキシ化6ビスフェノールAジアクリレート(ただし、 $j+k=30$ で、 R_0 はHである)、エトキシ化8

40

50

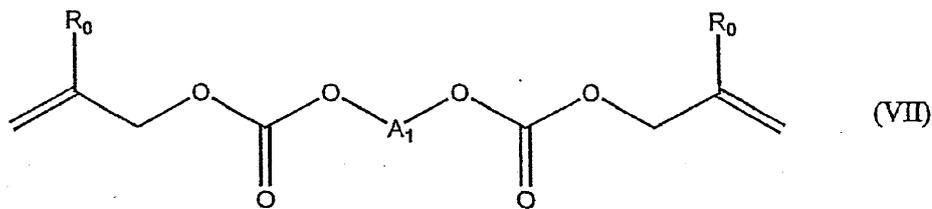
ビスフェノールAジアクリレート（ただし、 $j + k = 30$ で、 R_0 はHである）を含む。
上記化合物のすべてにおいて、 Q は $C(CH_3)_2$ である。

【0177】

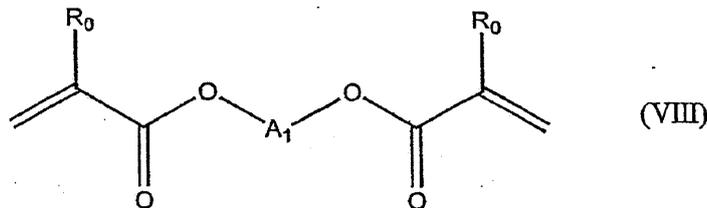
モノマー組成物は、好ましくは多エチレン性機能性モノマーをも含むことができる。本明細書では、多エチレン性機能性モノマーは、2つ以上の重合性不飽和基を含む有機分子であると定義づけられる。共通の重合性不飽和基は、ビニル、アリル、アリルカーボネート、メタクリリル、アクリリル、メタクリレートおよびアクリレートを含む。多エチレン性機能性モノマーは、好ましくは以下に示す一般式(VII)または(VIII)を有する（ただし、 R_0 はそれぞれ水素、ハロゲンまたは $C_1 \sim C_4$ のアルキル基であり、 A_1 は上述したものと同じである）。一般構造(VII)および(VIII)は、重合性不飽和基を2つしかもたないものとして示されているが、3つの基（例えばトリ(メト)アクリレート）、4つの基（例えばテトラ(メト)アクリレート）、5つの基（例えばペンタ(メト)アクリレート）、6つの基（例えばヘキサ(メト)アクリレート）、またはより多くの基を有する多エチレン性機能性モノマーも使用できることを理解すべきである。

10

【化6】



20



30

【0178】

芳香族炭化水素含有ポリエチレンポリエーテル機能性モノマーと結合してモノマー組成物を形成しうる好ましい多エチレン性機能性モノマーとしては、エトキシ化2ビスフェノールAジメタクリレート、トリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアヌレートトリアクリレート、エトキシ化10ビスフェノールAジメタクリレート、エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレート、ジペンタエリスリトールペンタアクリレート、1,6-ヘキサジオールジメタクリレート、イソボルニルアクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、エトキシ化6トリメチロールプロパントリアクリレート、およびビスフェノールAビスアリルカーボネートなどが挙げられるが、それらに限定されない。

【0179】

一実施形態によれば、液状レンズ形成組成物は、エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレートを含む。エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレート・モノマーは、硬化して眼鏡レンズを形成すると、典型的には、DEG-BAGを用いて製造された同類のレンズより屈折率の大きなレンズを形成する。エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレートを含む当該中屈折率レンズ形成組成物から形成されるレンズは、約1.51の屈折率を有する非エトキシ化モノマー組成物に比べて、約1.56の屈折率を有する。より屈折率の大きな重合体から作製されるレンズは、レンズの前面と背面の曲率半径の差をさほど大きくしなくても所望の集光力のレンズが形成されるため、より屈折率の小さい重合体から作製されるレンズよりも薄くできる。また、エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレートを含むレンズ形成組成物から形成されるレンズは、非エトキシ化モノマ

40

50

一型組成物から形成されるレンズより硬くなりうる。

【0180】

モノマー組成物は、エトキシ化4ビスフェノールAジメタクリレートと結合すると、形成済眼鏡レンズおよび/またはレンズ形成組成物の特性を改良しうる追加的なモノマーを含むことができる。SR-368という商品名でサルトマ社から入手可能なトリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアヌレートトリアクリレートは、最終レンズの透明性、高温剛性および耐衝撃性を向上させるために組成物に含めることのできるトリアクリレート・モノマーである。SR-480という商品名でサルトマ社から入手可能なエトキシ化10ビスフェノールAジメタクリレートは、最終レンズに耐衝撃性を付与するために組成物に含めることのできるジアクリレート・モノマーである。SR-348という商品名でサルトマ社から入手可能なエトキシ化2ビスフェノールAジメタクリレートは、最終レンズに着色性を付与するために組成物に含めることのできるジアクリレート・モノマーである。SR-399という商品名でサルトマ社から入手可能なジペンタエリスリトールペンタアクリレートは、最終レンズに耐摩耗性を付与するために組成物に含めることのできるペンタアクリレート・モノマーである。SR-239という商品名でサルトマ社から入手可能な1,6-ヘキサンジオールジメタクリレートは、レンズ形成組成物の粘性を低下させるために組成物に含めることのできるジアクリレート・モノマーである。SR-506という商品名でサルトマ社から入手可能なイソボルニルアクリレートは、レンズ形成組成物の粘性を低下させると共に着色特性を向上させるために組成物に含めることのできるアクリレート・モノマーである。ビスフェノールAビスアリルカーボネートを組成物に含めて、硬化時の反応速度を制御すると共に、レンズ形成組成物の貯蔵安定性を高めることができる。SR-444という商品名でサルトマ社から入手可能なペンタエリスリトールトリアクリレートは、硬化時におけるレンズ形成組成物の型への接着性を向上させるために組成物に含めることのできるトリアクリレート・モノマーである。SR-454という商品名でサルトマ社から入手可能なエトキシ化6トリメチロールプロパントリアクリレートを添加することもできる。

10

20

【0181】

レンズ形成組成物に使用できる光開始剤については先のセクションにおいて既に説明した。一実施形態では、光開始剤組成物は、好ましくはイルガキュア819という商品名でチバ・アディティブズ社から入手可能なフェニルビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)ホスフィンオキシド(IRG-819)を含む。レンズ形成組成物におけるイルガキュア819の量は、好ましくは約30重量ppmから約2000重量ppmの範囲にある。他の実施形態では、光開始剤組成物は、光開始剤の混合物を含むことができる。イルガキュア184(IRG-184)という商品名でチバ・アディティブズ社から市販されているイルガキュア819と1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトンの混合物を使用するのが好ましい。レンズ形成組成物における光開始剤の合計量は、好ましくは約50ppmから約1000ppmの範囲にある。

30

【0182】

他の実施形態では、モノマー組成物、光開始剤組成物および共開始剤組成物を含むレンズ形成組成物で眼鏡用レンズを作製することができる。液体のレンズ形成組成物は、好ましくは第1の型部材および第2の型部材によって定められる型キャビティに配置される。光開始剤組成物を活性化するために型部材に誘導される活性化光は光開始剤に重合体鎖ラジカルを形成させるものと考えられる。共開始剤は、光開始剤または重合体鎖ラジカルの断片または活性種と反応して、モノマー開始種を生成することができる。重合体鎖ラジカルおよびモノマー開始種は、モノマーと反応してレンズ形成組成物を重合させることができる。

40

【0183】

モノマー組成物は、好ましくは上記の構造を有する芳香族炭化水素含有ポリエチレンポリエーテル機能性モノマーを含む。多エチレン性機能性モノマーは、好ましくはアクリリルまたはメタクリリルから選択される少なくとも1つの基を有する芳香族ポリエーテル多エ

50

チレン性機能性モノマーである。

【0184】

より好ましくは、多エチレン性機能性モノマーは、エトキシ化ビスフェノールAジ(メト)アクリレートである。モノマー組成物は、上述の多エチレン性機能性モノマーの混合物を含むことができる。レンズ形成組成物に存在しうる光開始剤については上述したとおりである。

【0185】

レンズ形成組成物は、好ましくは共開始剤組成物を含む。共開始剤組成物は、好ましくはアミン共開始剤を含む。アミンは、本明細書では、アンモニアの水素を有機置換基で置換することによってアンモニア(NH₃)から正式に誘導される窒素化合物として定義づけられる。共開始剤は、CN-381、CN-383、CN-384およびCN-386という商品名でサルトマ社から市販されているアクリリルアミン共開始剤を含む。これらの開始剤はモノアクリリルアミン、ジアクリリルアミンまたはその混合物である。他の共開始剤はエタノールアミンを含む。エタノールアミンの例としては、いずれもアルドリッチ・ケミカルズ社から市販されているN-メチルジエタノールアミン(NMDEA)およびトリエタノールアミン(TEA)が挙げられるが、それらに限定されない。芳香族アミン(例えばアニリン誘導体)を共開始剤として使用することもできる。芳香族アミンの例としては、アルドリッチ・ケミカルズ社またはミシシッピ州Pascagoulaの第一化学グループが市販するエチル-4-ジメチルアミノベンゾエート(E-4-DMAB)、エチル-2-ジメチルアミノベンゾエート(E-2-DMAB)、n-ブトキシエチル-4-ジメチルアミノベンゾエート、p-ジメチルアミノベンズアルデヒド、N,N-ジメチル-p-トルイジン、およびオクチル-p-(ジメチルアミノ)ベンゾエートが挙げられるが、それらに限定されない。

10

20

【0186】

好ましくは、共開始剤組成物にアクリル化アミンが含まれる。アクリリルアミンは、図16に示す一般構造を有する(ただし、R₀は水素またはメチルで、nおよびmは1~20、好ましくは1~4で、R₁およびR₂は、それぞれ1から約4の炭素原子を含有するアルキルまたはフェニルである)。モノアクリリルアミンは、少なくとも1つのアクリリルまたはメタクリリル基を含むことができる(図16の化合物(A)および(B)を参照)。ジアクリリルアミンは、2つのアクリリル、2つのメタクリリル、あるいはアクリリルまたはメタクリリル基の混合物を含むことができる(図16の化合物(C)および(D)を参照)。アクリリルアミンは、CN-381、CN-383、CN-384およびCN-386という商品名でサルトマ社から市販されており、これらの共開始剤は、モノアクリリルアミン、ジアクリリルアミン、またはその混合物である。他のアクリリルアミンは、いずれもアルドリッチ社から市販されているジメチルアミノエチルメタクリレートおよびジメチルアミノエチルアクリレートを含む。一実施形態では、共開始剤組成物は、好ましくはCN-384とCN-386の混合物を含む。レンズ形成組成物における共開始剤の合計量は、好ましくは約50重量ppmから約7重量%の範囲にある。

30

【0187】

共開始剤を含むレンズ形成組成物の利点は、より少量の光開始剤でレンズ形成組成物の硬化を開始できることである。典型的には、プラスチック・レンズは、光開始剤およびモノマーを含むレンズ形成組成物から形成される。形成済レンズの硬さを改善するために、光開始剤の濃度を高めることができる。しかし、光開始剤の濃度を高めると、既に述べたように、形成済レンズの黄色化が増すことになる。この黄色化を抑えるために、永久染料をレンズ形成組成物に添加することができる。黄色化の度合いが増すに従って、添加する染料の量を増やすこともできる。染料の濃度を増加させると、レンズの光透過性が低下することになる。

40

【0188】

共開始剤を含むレンズ形成組成物を使用することで、使用する光開始剤の量を低減することができる。形成済レンズの硬さを改善するために、光開始剤と共開始剤の混合物を使用

50

してモノマーの硬化を開始させることができる。上述の共開始剤は、典型的には形成済レンズの黄色化を著しく助長するものではない。レンズ形成組成物に共開始剤を添加することによって、光開始剤の量を低減することができる。光開始剤の量を低減することで、形成済レンズの黄色化の度合いを抑えることができる。これによって、レンズ形成組成物に添加する染料の量を低減することが可能になると共に、レンズの剛性を犠牲にすることなく形成済レンズの光透過性を向上させることができる。

【0189】

レンズ形成組成物は、活性化光吸収化合物をも含むことができる。これらの化合物は、硬化時にレンズ形成組成物に誘導される活性化光の少なくとも一部を吸収することができる。活性化光吸収化合物の一例としては光互変性化合物が挙げられる。レンズ形成組成物に添加することができる光互変性化合物については既に記載した。好ましくは、レンズ形成組成物における光互変性化合物の合計量は約1ppmから約1000ppmの範囲にある。レンズ形成組成物に使用できる光互変性化合物の例としては、コーン・イエロー、ベリー・レッド、シー・グリーン、プラム・レッド、バリアクロール・イエロー、パラティネート・パープル、CH-94、バリアクロール・ブルーD、オックスフォード・ブルー、CH-266などが挙げられるが、それらに限定されない。好ましくは、これらの化合物の混合物を使用する。バリアクロール・イエローは、グレート・レイクス・ケミカルズ社（インディアナ州West Lafayette）から市販されているナフトピラン物質である。コーン・イエローおよびベリー・レッドはナフトピランで、シー・グリーン、プラム・レッドおよびパラティネート・パープルは、キーストーン・アニリン・コーポレーション（イリノイ州シカゴ）から市販されているスピロナフトキサジン物質である。バリアクロール・ブルーDおよびオックスフォード・ブルーは、グレート・レイクス・ケミカルズ社（インディアナ州West Lafayette）から市販されているスピロナフトキサジン物質である。CH-94およびCH-266は、クロマ・ケミカルズ（オハイオ州Dayton）から市販されているベンゾピラン物質である。レンズ形成組成物に添加できる光互変性染料混合物の組成物を表1に示す。

【表1】

光互変性染料混合物

コーン・イエロー	22.3%
ベリー・レッド	19.7%
シー・グリーン	14.8%
プラム・レッド	14.0%
バリアクロール・イエロー	9.7%
パラティネート・パープル	7.6%
CH-94	4.0%
バリアクロール・ブルーD	3.7%
オックスフォード・ブルー	2.6%
CH-266	1.6%

表1

【0190】

レンズ形成組成物は、UV安定剤、UV吸収剤および染料の如き他の活性化光吸収化合物をも含むことができる。チヌピン770の如きUV安定剤を添加して、紫外線曝露による形成済レンズの劣化率を低減することができる。2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノールの如きUV吸収剤を組成物に添加して形成済レンズUV遮断特性を与える。BASFによるサーモプラスト・ブルー684およびサーモプラスト・レッドなどの少量の染料をレンズ形成組成物に添加して、黄色化を抑えることができる。これらの化合物群については、先のセクションでよ

り詳細に説明した。

【0191】

一実施形態では、UV吸収組成物をレンズ形成組成物に添加することができる。UV吸収組成物は、好ましくは光開始剤およびUV吸収剤を含む。光開始剤およびUV吸収剤については、先のセクションでより詳細に説明した。典型的には、望ましいUV遮断特性を達成するために必要とされるUV吸収剤のレンズ形成組成物における濃度は、約0.1から約0.25重量%の範囲にある。例えば、UV吸収剤として、2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノールを約0.17%の濃度でレンズ形成組成物に添加することができる。

【0192】

光開始剤とUV吸収化合物とを混合することにより、形成済レンズにおいて所望のUV遮断特性を達成するために必要とされる光開始剤とUV吸収剤を合わせた濃度を、単独で使用する場合に必要とされるUV吸収剤の濃度より小さくすることができる。例えば、UV吸収剤として、2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノールを約0.17%の濃度でレンズ形成組成物に添加して、形成済レンズに対する所望のUV遮断特性を達成することができる。あるいは、2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノールと、アセト・ケミカル社(ニューヨーク州Flushing)から市販されている2-イソプロピル-チオキサントン(ITX)光開始剤との組合せによってUV吸収組成物を形成することができる。形成済レンズにおいて同様のUV遮断特性を達成するために、単独で使用されるUV吸収剤の量に比べて、はるかに少量のUV吸収組成物をレンズ形成組成物に添加すればよい。例えば、レンズ形成組成物に対して、約700ppmの濃度の2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノールを、150ppmの2-イソプロピル-チオキサントン(2-ITX)光開始剤と共に使用して、UV遮断特性を与えることができる。したがって、後に形成されるレンズのUV遮断能力を低下させることなく、UV吸収剤の濃度を著しく減少させることができる(例えば0.15%から約1000ppm未満まで減少させることができる)。レンズ形成組成物におけるUV吸収化合物の量を減少させることの利点は、組成物の各成分の溶解性を高められることである。

【0193】

表2から表6は、中屈折率レンズ形成組成物のいくつかの例を示すものである。UV吸収剤は、2-(2H-ベンゾトリアゾール-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノールである。

【表2】

10

20

30

成分	処方 1	処方 2	処方 3	処方 4	処方 5	処方 6
イルカ [®] キュア 819	694.2 ppm	486 ppm	480 ppm	382 ppm	375 ppm	414 ppm
イルカ [®] キュア 184						
CN 384	0.962 %	0.674%	0.757%	0.62%	0.61%	0.66%
CN386	0.962 %	0.674 %	0.757 %	0.62 %	0.61 %	0.66 %
SR-348	97.98 %	68.65 %	93.2 %	81.2 %	79.6 %	86.4 %
SR-368						
SR-480		29.95 %				
CD-540						
SR-399						
SR-239					2.0 %	2.08 %
SR-506						
CR-73				17.2 %	16.9 %	10.0 %
PRO-629						
チヌビ [®] ン 770			290 ppm			
UV 吸収剤			0.173 %			
サーモフ [®] ラスト・ フルー	0.534 ppm	0.374 ppm	0.6 ppm	0.5 ppm	4.5 ppm	4.58 ppm
サーモフ [®] ラスト・ レット [®]	0.019 ppm	0.0133 ppm	0.015 ppm	0.012 ppm	0.58 ppm	0.58 ppm
鉱物油			136 ppm			65 ppm
光互変性染料 混合物					470 ppm	507 ppm

10

20

30

表 2

【表 3】

成分	処方 7	処方 8	処方 9	処方 10	処方 11	処方 12
イルカ [®] キユア 819	531.2 ppm	462 ppm	565.9 ppm	226 ppm	443 ppm	294 ppm
イルカ [®] キユア 184	18.7 ppm			144 ppm		
CN384	0.77 %	0.887 %	0.78%	0.40%	0.61%	
CN386	0.77 %	0.887 %	0.78 %	0.53 %	0.61 %	
SR-348	72.4 %	70.36 %	58.20 %	41.5 %	88.70 %	
SR-368	24.1 %	23.87 %	21.4 %	7.0 %		
SR-480						
CD-540			18.7 %	0.74 %		97.76 %
SR-399				46.8 %		
SR-239	1.86 %	3.65 %	20.1 %			2.00 %
SR-506					10.0 %	
CR-73			20.1 %	2.9 %		
PRO-629	0.05 %					
チヌビ [®] ン 770						
UV 吸収剤						
サーモフ [®] ラスト・ フ [®] ルー	0.567 ppm	3.62 ppm	0.70 ppm	0.255 ppm	0.6 ppm	4.3 ppm
サーモフ [®] ラスト・ レット [®]	0.0147 ppm	0.576 ppm	0.014 ppm	0.006 ppm	0.028 ppm	0.24 ppm
光互変性染料 混合物		450 ppm				

10

20

30

表 3

【表 4】

成分	処方 13	処方 14	処方 15	処方 16	処方 17	処方 18
イルカ [®] キア 819	760 ppm	620 ppm	289 ppm		105 ppm	343 ppm
イルカ [®] キア 184						
CN 384		0.73 %	0.34 %			0.475 %
CN 386		0.73 %	0.34 %	1.00 %	0.70 %	0.475 %
2-ITX					188 ppm	141 ppm
SR-348				89.00%	92.00 %	98.90 %
SR-368						
SR-480						
CD-540	97.57 %	96.20 %	99.28 %		0.34 %	
SR-399						
SR-239	2.30 %	2.30 %	0.01 %			
SR-506						
SR-444						
SR-454				10.00 %	6.9 %	
CR-73						
PRO-629						
チヌビ [®] ン 770						
UV 吸収剤						785 ppm
サーモフ [®] ラスト・ ブルー	4.9 ppm	5.1 ppm	0.508 ppm		0.35 ppm	0.69 ppm
サーモフ [®] ラスト・ レッド	0.276 ppm	0.285 ppm	0.022 ppm		0.002 ppm	0.034 ppm
ジ [®] オクチルフタレート						125 ppm
フ [®] チルスチアレート						
光互変性染料 混合物	499 ppm					

10

20

30

表 4

【表 5】

40

成分	処方 19	処方 20	処方 21	処方 22	処方 23	処方 24
イルカ [®] キユア 819	490 ppm	635 ppm	610 ppm	735 ppm	320 ppm	600 ppm
イルカ [®] キユア 184						
CN 384	0.680 %	0.746 %	0.705 %	0.60%		
CN 386	0.680 %	0.746 %	0.705 %	0.60%		
2-ITX						
SR-348	69.30 %					68.60 %
SR-368					74.0 %	22.10 %
SR-480						
CD-540		98.45 %	92.60 %	98.50 %	1.0 %	1.97 %
SR-399						
SR-239		0.01 %	3.86 %	0.16 %		
SR-506				0.10%		
SR-444	29.30 %					
SR-454					25.0 %	7.40 %
CR-73						
PRO-629		0.007 %	2.06 %			
チヌビ [®] ン 770						
UV 吸収剤						
サーモフ [®] ラスト・ フルー	0.37 ppm	0.507 ppm	3.07 ppm	4.3 ppm	0.15 ppm	0.29 ppm
サーモフ [®] ラスト・ レット [®]	0.013 ppm	0.0126 ppm	0.336 ppm	0.41 ppm	0.006 ppm	0.012 ppm
ジ [®] オクチルフタレート						
フ [®] チルステアレート						
光互変性染料 混合物			442 ppm	497 ppm		

10

20

30

表 5

【表 6】

成分	処方 25	処方 26	処方 27	処方 28	処方 29	処方 30	処方 31
イルカ [®] キュア 819	650 ppm	464 ppm	557 ppm	448 ppm	460 ppm		
イルカ [®] キュア 184							300 ppm
CN 384	0.650 %	0.70 %					
CN 386	0.650 %	0.70 %					
2-ITX						600 ppm	120 ppm
SR-348		39.10 %					
SR-368		13.00 %		19.60 %	20.70 %		
SR-480					10.70 %		
CD-540	88.96 %	41.90 %	1.60 %	1.30 %		99.94 %	99.96%
SR-399							
SR-239							
SR-506			98.30 %	79.00 %	67.24 %		
SR-444	9.70 %	4.60 %					
SR-454							
CR-73							
PRO-629							
チヌビ [®] ン 770							
UV 吸収剤							
サーモフ [®] ラスト・フルー	0.566 ppm	0.52 ppm	0.24 ppm	0.19 ppm	0.467 ppm		
サーモフ [®] ラスト・レット	0.02 ppm	0.013 ppm	0.01 ppm	0.008 ppm	0.024 ppm		
シ [®] オクチルフタレート							
フ [®] チルステアレート	75 ppm	35 ppm					
光互変性染料混合物							

10

20

30

表 6

【 0 1 9 4 】

一実施形態では、中屈折率レンズ形成組成物を型アセンブリの型キャビティ内に配置し、型アセンブリに活性化光を当てることによってプラスチック・レンズを形成することができる。型キャビティにレンズ形成組成物を充填する前にコーティング材を型部材に付着させることができる。

40

【 0 1 9 5 】

型アセンブリの型キャビティに充填を行った後に、好ましくは型アセンブリをレンズ硬化ユニット内に入れ、活性化光を当てる。型アセンブリへの照射には化学線を用いるのが好ましい。透明なポリカーボネート・プレートは型アセンブリと活性化光源の間に配置することができる。ポリカーボネート・プレートは、好ましくはランプ・チャンバから型アセンブリを隔離するため、ランプ冷却ファンからの空気流が型アセンブリと相互作用するのが防止される。活性化光源は、型アセンブリの少なくとも1つの非キャスト面、好ましくは両方の非キャスト面に約0.1から約10ミリワット/cm²の光を供給するように構成されている。使用されるレンズ形成組成物の成分に応じて、使用する活性化光の強度を1ミリワット/cm²未満とすることができる。XRL140Aディテクタ

50

・ヘッドを装備したインターナショナル・ライト I L - 1 4 0 0 放射計を使用して、レンズ硬化ユニット・ドロア平面における入射光の強度を測定する。この特定の放射計は、好ましくは約 4 0 0 n m にピーク検出波長を有し、検出範囲は約 3 1 0 n m から約 4 9 5 n m である。インターナショナル・ライト I L - 1 4 0 0 放射計および X R L 1 4 0 A ディテクタ・ヘッドは共に、マサチューセッツ州 Newburyport のインターナショナル・ライト社から市販されている。

【 0 1 9 6 】

型アセンブリをレンズ硬化ユニット内に配置した後に、好ましくは 3 0 秒から 3 0 分間、より好ましくは 1 分間から 5 分間にわたって型アセンブリに活性化光を連続照射する。好ましくは、冷却空気流の非存在下で型アセンブリに照射を行う。照射後、型アセンブリをレンズ硬化ユニットから取り除き、形成済レンズを型抜きした。後硬化ユニットにおいてレンズに後硬化処理を施すことができる。

10

【 0 1 9 7 】

概して、レンズ形成組成物に光開始剤（例えば I R G - 8 1 9 および I R G - 1 8 4 ）を使用すると、共開始剤のみを使用して形成されたレンズより優れた特性を有するレンズが製造されることがわかった。例えば、表 4 に示される処方 1 5 は、モノマー組成物（S R - 3 4 8 と S R - 4 5 4 の混合物）および共開始剤（C N - 3 8 6 ）を含む。このレンズ形成組成物を 1 5 分間活性化光に曝露しても、顕著な反応またはゲル形成が認められなかった。モノマー組成物の硬化を触媒させるためには共開始剤に開始種が必要であると考えられる。典型的には、この開始種は、光開始剤と活性化光の反応により生成される。

20

【 0 1 9 8 】

様々な光開始剤、および光開始剤と共開始剤の組合せを使用して、モノマー組成物の重合を開始することができる。使用できる 1 つの開始剤システムは、光開始剤 I R G - 8 1 9 および 2 - I T X と共開始剤を含む（処方 1 7 ~ 1 8 を参照）。当該システムは、非常に効率的に重合反応を開始させる。重合触媒の効率性は、重合反応を開始するのに必要な光開始剤の量の尺度となる。効率的な光開始剤は比較的少量で重合反応を触媒することができるのに対して、効率性の劣る光開始剤は重合反応を触媒するのにより多くの量が必要とされる。I R G - 8 1 9 / 2 - I T X / 共開始剤システムを使用して、UV 吸収化合物を含むレンズ形成組成物を硬化させることができる。この開始剤システムを使用して着色レンズを形成することもできる。

30

【 0 1 9 9 】

I R G - 8 1 9 / 2 - I T X / 共開始剤システムより効率性の劣る開始剤システムは、I R G - 8 1 9 と 2 - I T X 光開始剤の混合物を含む（処方 3 1 参照）。このシステムは、I R G - 8 1 9 / 2 - I T X / 共開始剤システムよりレンズ形成組成物の重合を開始させる上での効率性が劣る。I R G - 8 1 9 / 2 - I T X システムを使用して、非常に反応性の高いモノマー組成物を硬化させることができる。I R G - 8 1 9 / 2 - I T X システムと同様の効率性を有する開始剤システムは I R G - 8 1 9 と共開始剤の混合物を含む（処方 1 ~ 6、8 および 9、1 1、1 4 および 1 5、1 9 ~ 2 2、2 5 および 2 6 を参照）。I R G - 8 1 9 / 共開始剤システムを使用して、UV 遮断化合物およびフォトクロミック・レンズ形成組成物を含まない透明レンズを硬化させることができる。

40

【 0 2 0 0 】

使用できる他の開始剤システムは、2 - I T X 光開始剤および共開始剤を含む。この開始剤システムは、I R G - 8 1 9 / 共開始剤システムより重合反応を開始する上での効率性ははるかに劣る。2 - I T X / 共開始剤システムは、反応性の高いモノマーを含むモノマー組成物を硬化させるのに使用されるのが好ましい。

【 0 2 0 1 】

上述の中屈折率レンズ形成組成物を使用すると、レンズの活性化光による硬化に伴ういくつかの問題を最小限に抑えるか、または一掃することができる。活性化光による眼鏡レンズの硬化に特有の 1 つの問題は早期脱離である。早期脱離はいくつかの要因によって生じうる。型面と収縮性のレンズ形成組成物との間の接着性が不十分であれば、早期脱離が生

50

じうる。レンズ形成組成物が型面に付着する傾向とその収縮性を併せて、プロセス変量を制御して早期脱離を回避する方法を決定する。接着性は、型面の幾何学構造（例えば高アド・フラット・トップ二焦点は、分割線におけるキャビティの高さがシャープに変化するため、脱離を生じやすい）、型アセンブリの温度、および型内コーティング材の特性などの要因に影響される。早期脱離を制御するのに典型的に変化させるプロセス変量は、発熱を除去するための冷却液の適用、活性化照射線の強度およびタイミングを操作することによる発熱率の制御、型の厚さを操作する型キャビティの薄い部分または厚い部分への差別的な光の分配、および接着性を向上させる型内コーティングの提供を含む。上述の中屈折率レンズ形成組成物の利点は、組成物が優れた接着特性を有することである。これによって、より広範囲な硬化条件で受け入れられるレンズを製造することが可能になる。他の利点は、比較的低い早期脱離率でより高度なジオプタ・レンズを製造することができ、達成可能な処方範囲が広げられることである。

10

【0202】

上述の中屈折率レンズ形成組成物の他の利点は、レンズの低強度の（例えば1～6ミリワット範囲での）硬化時における滴下に伴う問題を最小限に抑えられることである。典型的には、レンズ形成組成物に活性化光を照射している最中に、少量のモノマーがキャビティから締め出されて型の非キャスト面へ滴下する可能性がある。あるいは、型アセンブリにレンズ形成組成物を充填している最中に、レンズ形成組成物の一部が形成型アセンブリの非キャスト面へ滴下する可能性がある。この型アセンブリの非キャスト面への「滴下」によって、滴下物の下に位置するキャビティの領域に活性化光がより集中しやすくなる。この活性化光の集中が硬化率に影響を与える。滴下物の下の部分の硬化率が、レンズ形成組成物の残りの部分全体の硬化率と著しく異なれば、滴下物の下の領域に光学的歪みが発生しうる。

20

【0203】

レンズ形成組成物の中央部と縁部のゲル形成率の差によって滴下が生じると考えられる。レンズ形成組成物の硬化時に、型キャビティ内の物質が硬化処理のゲル相を通じてわずかに膨張する傾向がある。ガジェット・リップの付近に十分な残留モノマーが存在すれば、この液がキャビティから追い出されて型の非キャスト面へ滴下しやすくなる。レンズ形成組成物が迅速かつ均一にゲル化すれば、この問題は最小限に抑えられることになる。典型的には、活性化照射線のタイミング、強度および分布を操作することによってレンズ形成組成物を迅速かつ均一にゲル化させることができるようになる。しかし、上記の中屈折率レンズ形成組成物は、様々な硬化条件の下で迅速かつ均一にゲル化するため、滴下に伴う問題を最小限に抑える。

30

【0204】

上述の中屈折率レンズ形成組成物の他の利点は、様々な硬化条件で組成物が均一に硬化されやすいことである。この均一な硬化により、形成済レンズにおける光学収差が最小限に抑えられることになる。これは、レンズ形成組成物が硬化した後に光学的歪みを生じやすい高度の正倍率フラット・トップ・レンズの形成時に特に顕著に認められる。活性化照射線が分割線で反射し、反射光が到達するレンズ形成組成物の領域におけるゲル化速度に局所的な差異を生じさせるものと考えられる。上述の中屈折率レンズ形成組成物は、組成物を通じての活性化照射線の強度の変動によって生じる光学的歪みが小さくなる傾向がある。

40

【0205】

他の利点は、縁の乾燥度が高くなり、形成済レンズの剛性が向上することである。乾燥度が高くなることの利点は、未硬化または部分硬化レンズ形成組成物によるレンズの光学面の汚染が最小限に抑えられることである。

【0206】

一実施形態では、レンズ形成組成物を硬化して様々な異なるレンズを形成することができる。レンズ形成組成物は、芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマー、モノマーの硬化を活性化させるように構成された共開始剤組成物、および活性化光に曝露されると共開始剤組成物を活性化するように構成された光開始剤を含む。レンズ形成組

50

成物は、紫外線吸収剤および光互変性化合物の如き他の成分を含むことができる。レンズ形成組成物を使用して硬化できるレンズとしては、球面シングル視覚レンズ、非球面シングル視覚レンズ、フラット・トップ二焦点レンズおよび非対称プログレッシブ・レンズなどが挙げられるが、それらに限定されない。

【0207】

1つのレンズ形成組成物は、以下のモノマーの混合物を含む。

エトキシル化(4)ビスフェノールAジメタクリレート(CD-540) 98.25%

二官能価反応性アミン共開始剤(CN-384) 0.75%

一官能価反応性アミン共開始剤(CN-386) 0.75%

フェニルビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)ホスフィンオキシド(イルガキュア-819) 0.15%

2-(2H-ベンゾトリアゾル-2-イル)-4-(1,1,3,3-テトラメチルブチル)フェノール 0.10%

サーモプラスト・ブルー-684 0.87ppm

サーモプラスト・レッドLB454 0.05ppm

【0208】

他のレンズ形成組成物は、以下のモノマーの混合物を含む。この組成物に光互変性化合物が存在することにより、該組成物を使用してフォトクロミック・レンズを形成することが可能になる。

エトキシル化(4)ビスフェノールAジメタクリレート(CD-540) 97.09%

二官能価反応性アミン共開始剤(CN-384) 1.4%

一官能価反応性アミン共開始剤(CN-386) 1.4%

フェニルビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)ホスフィンオキシド(イルガキュア-819) 0.09%

サーモプラスト・レッドLB454 0.9ppm

バリアクロール・ブルー-D 50ppm

バリアクロール・イエロー 73.5ppm

ベリー・レッド 145ppm

パラティネート・パープル 29ppm

コーン・イエロー 55.5ppm

シー・グリーン 62ppm

プラム・レッド 85ppm

【0209】

芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマー、共開始剤組成物および光開始剤を含むレンズ形成組成物を使用して、約+4.0ジオプタから約-6.0ジオプタの範囲の球面倍率を有する眼鏡レンズを含めた様々な処方眼鏡レンズを形成することができる。このレンズ形成組成物から形成されるレンズは、実質的に歪み、ひび割れ、パターンおよび条線がなく、レンズ形成組成物を活性化光と熱に曝すと30分未満の時間で無視しうる程度の黄色性を示す。該レンズ形成組成物の利点は、型に対する接着性が増すことである。これによって、形成済レンズの型からの早期脱離の発生率を低減できる。さらに、典型的には早期脱離を防ぐために、型に添加される接着促進剤を用いる必要がなくなる。

【0210】

型に対するレンズ形成組成物の接着性が増すことで、より高温でのレンズ形成組成物の硬化が可能になる。典型的には、型からのレンズの早期脱離を防ぐために、レンズ形成組成物の温度を制御することが必要とされうる。早期脱離は、レンズ形成組成物が硬化するに従って収縮するとき発生する。収縮は、典型的には、硬化時にレンズ形成組成物を急速に加熱した場合に生じる。芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマー、共開始剤組成物および光開始剤を含むレンズ形成組成物が、早期脱離の発生率を低減することができる。このレンズ形成組成物の接着性が増すと、早期脱離の可能性を増すこと

10

20

30

40

50

なく硬化温度をより高くできる。また、該レンズ形成組成物は、硬化時における収縮性がより小さいため、早期脱離の可能性をさらに低減することができるものと考えられる。

【0211】

より高温で硬化することの利点は、架橋密度が高い眼鏡レンズを形成できることである。眼鏡レンズの架橋密度は、典型的には硬化温度に関連する。比較的低温でレンズ形成組成物を硬化させると、より高温で硬化したレンズより架橋密度が小さくなる。より高い架橋密度を有するレンズは、一般にはしみや縞を生じることなく実質的に均一に着色染料を吸収する。架橋密度が高いレンズは、また、柔軟性が低下しうる。

【0212】

プラスチック・レンズ形成方法

プラスチック・レンズは、型アセンブリの型キャビティにレンズ形成組成物を入れ、型アセンブリに活性化光を当てることによって形成することができる。型キャビティにレンズ形成組成物を充填する前に、コーティング材を型部材に付着させることができる。レンズ硬化処理が終了した後で、後硬化ユニットでレンズを処理することができる。

【0213】

プラスチック・レンズを提供する上述のシステムの動作は、いくつかの動作を含む。これらの動作は、好ましくは前述したコントローラ50によって調整される。システムを作動させた後、オペレータは、好ましくは、コントローラによって、レンズの処方、レンズの種類、およびレンズのコーティング材の種類を入力するよう指示を与えられる。これらの入力値に基づいて、コントローラは、好ましくは、具体的なレンズを形成するために必要とされる型およびガasketをオペレータに示す。

【0214】

レンズの形成は、1)型アセンブリの作製、2)型アセンブリへのレンズ形成組成物の充填、3)レンズの硬化、4)レンズの後硬化、および5)レンズのアニールを含む。随意に、使用に先立って、レンズにコーティングを施すことができる。上述のプラスチック・レンズ硬化装置を使用してレンズの形成を成し遂げることができる。

【0215】

型アセンブリの作製は、所望の処方およびレンズの種類に応じた適切な前方および後方型を選択すること、型を洗浄すること、ならびに型をアSEMBルして型アセンブリを形成することを含む。レンズの処方は、型アセンブリを作製するのにどの前方型、後方型およびガasketを使用するかを決定するものである。一実施形態では、すべての可能なレンズ処方を含むチャートを使用することで、ユーザが適切な型およびガasketを決めることを可能にする。当該チャートは数千のエントリを含むため、適切な型およびガasketを決定するのに時間を要する。

【0216】

一実施形態では、プラスチック・レンズ硬化装置10のコントローラ50(図1参照)は、処方がコントローラに提示されたときに、適切な前方型識別表示、後方型識別表示およびガasket識別標示を表示することになる。コントローラは、1)モノマーの種類、2)レンズの種類、3)球面倍率、4)円筒倍率、5)軸、6)付加倍率、および7)レンズ位置(すなわち右または左レンズ)を入力するようユーザに促す。この情報が入力されると、コンピュータは、使用すべき正しい前方型、後方型およびガasketを決定することになる。コントローラは、ユーザが処方データを保存したり呼び出したりすることも可能にする。

【0217】

図17は、コントローラ50の前面パネルの実施形態を示す図である。コントローラは、出力デバイス610、および少なくとも1つの入力デバイスを含む。様々な入力デバイスを使用できる。いくつかの入力デバイスは、感圧デバイス(例えばボタン)、可動データ入力デバイス(例えば回転式ノブ、マウス、トラックボールまたは移動スイッチ)、音声データ入力デバイス(例えばマイクロフォン)、ライト・ペン、またはコントローラに結合されたコンピュータを含む。好ましくは、入力デバイスは、ボタン630、640、6

10

20

30

40

50

50および660ならびに選択ノブ620を含む。表示パネルは、好ましくはコントローラのデータ要求および応答を表示する。出力デバイスは、陰極線管、LCDパネルまたはプラズマ・ディスプレイ・スクリーンでありうる。

【0218】

コントローラは、最初に起動すると、好ましくは図17に示されるメニューの如きメイン・メニュー(Main Menu)を表示する。メイン・メニューが表示されない場合は、ユーザは、メイン・メニューとラベル付けすることができるボタン650を押すことによってメイン・メニューにアクセスできる。メイン・メニュー・ボタン650を活動化させると、コントローラは、メイン・メニュー画面を表示させる。図17に示されるように、表示画面は、オープニング・メニューにいくつかの初期候補を提示する。候補は、1) NEW Rx、2) EDIT Rxおよび3) VIEW Rxを含むことができる。10
メイン・メニューは、オペレータが、機械の状態情報および機器セット・アップ・メニューにアクセスすることを可能にする他の候補を提示することもできる。スクローリング・ボタン630は、好ましくは表示画面上に現れるカーソル612を適切な選択物に移動させることによってユーザが候補をナビゲートすることを可能にする。選択ノブ620は、好ましくは表示画面上の候補の選択を可能にするように回転可能に構成される。ノブ620は、また、これらの項目の入力を可能にするように構成される。一実施形態では、選択ノブ620を押し下げることでデータ入力を可能にする。すなわち、適切な選択が行われると、ノブを押し下げて選択データを入力することができる。メイン・メニューにおいて、カーソル612を適切な選択物に移動させると、選択ノブ620を押し下げることで20
って選択を行うことができる。

【0219】

NEW Rxメニュー項目を選択すると、表示画面が、図18に示される処方入力メニューに変化する。処方入力メニューは、好ましくは新規のレンズの種類に関するデータをユーザが入力することを可能にする。デフォルトの開始位置は、レンズ・モノマー選択ボックスになる。その領域が強調表示されると、選択ノブ620を回転させて、所定の選択物の中から選択する。適正な選択物が表示されると、選択ノブを押し下げて選択物を入力することができる。選択を入力することで、カーソルをリスト上の次の項目に移動させることもできる。あるいは、ユーザは、スクローリング・アロー630を用いて入力すべき次の項目を選択することができる。30

【0220】

各々のメニュー項目は、レンズ処方の一部を入力することを可能にする。レンズ処方情報は、1)モノマーの種類、2)レンズの種類、3)レンズ位置(左側レンズまたは右側レンズ)、4)球面倍率、5)円筒倍率、6)軸、および7)付加倍率を含む。モノマーの選択は、透明レンズまたはフォトクロミック・レンズに対する選択を含む。レンズの種類10
の項目は、球面シングル視覚レンズ、非球面シングル視覚レンズ、フラット・トップ二焦点レンズおよび非対称プログレッシブ・レンズからの選択を可能にする。球面倍率の項目は、レンズの球面倍率の入力を可能にする。円筒倍率の項目は、円筒倍率の入力を可能にする。軸の項目は、円筒軸の入力を可能にする。付加倍率の項目は、多焦点処方の付加倍率を付加することを可能にする。球面倍率、円筒倍率、円筒軸および付加倍率は目によ20
って異なり、また型およびガasketはレンズの位置(右側レンズまたは左側レンズ)によって決まるため、コントローラは、好ましくは右側レンズと左側レンズ毎に個別の入力を可能にする。いずれかのエントリ・フィールドにおいてエラーを生じた場合は、スクローリング・アロー630は、好ましくはユーザがカーソルを不正確なエントリに移動させて補正を行うことを可能にする。

【0221】

処方に関連するデータを付加した後に、コントローラは、ジョブ番号を入力して処方の種類を保存するようユーザに促すことができる。これによって、好ましくは、ユーザがデータを再入力せずに処方の種類を呼び出すことが可能になる。コントローラによってジョブ番号を用いて、レンズの硬化条件を制御することもできる。硬化条件は、典型的にはレン30

ズの種類および処方に応じて異なる。形成されるレンズの処方および種類へのコントローラによるアクセスを可能にすることによって、コントローラは、ユーザからのさらなる入力がなくても自動的に硬化条件をセット・アップすることができる。

【0222】

ジョブが保存された後に、図19に示されるように、表示画面は、好ましくはユーザがレンズを作製するための適切な前方型、後方型およびガasketを選択することを可能にする情報を表示することになる。この情報は、好ましくは、入力済データを適切なレンズおよびガasketに関連づける記憶されたデータベースを使用することによって生成される。処方が正しく入力されたことをユーザが確認することを可能にするために、処方情報の整理も行われる。ユーザのために、型およびガasket情報を印刷することができる。プリンタをコントローラに組み込んで、このデータを印刷することができる。あるいは、通信ポートをコントローラに組み込んで、プリンタまたはパーソナル・コンピュータへデータを転送することができる。型およびガasketの各々は、所定の識別標示を有する。識別標示は文字数字配列のものが好ましい。型およびガasketのための識別標示は、好ましくは型部材のライブラリに対する文字数字配列に対応する。型およびガasketの識別標示を取得したユーザは、次いでライブラリに進み、適切な型およびガasketを選択することができる。

10

【0223】

コントローラは、好ましくは、眼鏡処方の入力に応じて、適切な前方型、後方型およびガasketの識別標示を供給することになるコンピュータ・ソフトウェア・プログラムを実行するように構成されている。コンピュータ・プログラムは、コントローラが処方情報を収集し、入力済処方を有するレンズを形成するのに必要な適切な前方型、後方型およびガasketを決定し、前方型、後方型およびガasketに対する適切な識別標示を表示するように構成された複数の命令を含む。一実施形態では、コンピュータ・プログラムは情報データベースを含むことができる。情報データベースは、記録の多次元配列を含むことができる。各記録は、前方型、後方型およびガasketに対する識別標示に対応するデータ・フィールドを含むことができる。処方データが入力されると、コンピュータ・プログラムは入力された処方に対応する記録を検索する。この記録からの情報をユーザに送り、ユーザが、適切な型およびガasketを選択することを可能にする。

20

【0224】

一実施形態では、情報データベースは記録の三次元配列でありうる。記録の三次元配列の一部の例が表9に示されている。三次元配列は、球面、円筒および付加の配列変数を含む。三次元配列の記録は、識別標示のリストを含む。好ましくは、このリストは、(左側または右側レンズの)前方型、後方型およびガasketに対する識別標示を含む。処方が入力される時は、プログラムは、円筒、球面および付加情報を取り、その情報に関連する記録を検索する命令を含む。プログラムは記録から所望の情報を取得し、その情報をユーザに送る。例えば、+1.00の球面倍率、-0.75の円筒倍率および2.75の付加倍率を有する左側レンズの処方が入力される場合は、前方型の識別標示はFT-34で、後方型の識別標示はTB-101で、ガasketの識別標示はG25となる。これらの値は、出力デバイスを介してユーザに送信されることになる。出力デバイスは、表示画面またはプリンタを含むことができる。表9に示される例は、全データベースのうちの小さな部分を表していることを理解すべきである。球面倍率は+4.00から-4.00の範囲で0.25ジオプタずつ増加し、円筒倍率は0.00ジオプタから-2.00ジオプタの範囲で0.25ジオプタずつ増加し、付加倍率は+1.00から+3.00の範囲で0.25ジオプタずつ増加するものとすることができる。

30

40

【表7】

配列変数			識別標示			
球面	円筒	付加	前方 (右側)	前方 (左側)	後方	ガasket
+1.00	-0.75	+1.25	FT-21	FT-22	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+1.50	FT-23	FT-24	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+1.75	FT-25	FT-26	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.00	FT-27	FT-28	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.25	FT-29	FT-30	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.50	FT-31	FT-32	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.75	FT-33	FT-34	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+3.00	FT-35	FT-36	TB-101	G25
+0.75	-0.75	+1.00	FT-19	FT-20	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+1.25	FT-21	FT-22	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+1.50	FT-23	FT-24	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+1.75	FT-25	FT-26	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.00	FT-27	FT-28	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.25	FT-29	FT-30	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.50	FT-31	FT-32	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.75	FT-33	FT-34	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+3.00	FT-35	FT-36	TB-102	G25
+0.50	-0.75	+1.00	FT-19	FT-20	TB-103	G25
+0.50	-0.75	+1.25	FT-21	FT-22	TB-103	G25

10

20

30

表 9

【 0 2 2 5 】

第 2 の情報データベースは、処方変数に基づくレンズ形成組成物の硬化に関連する情報を含むことができる。各記録は、透明レンズ（すなわち非フォトリソミック・レンズ）およびフォトリソミック・レンズの硬化に関連する情報を含むことができる。硬化情報は、フィルタ情報、初期硬化照射量情報、後硬化時間および条件、ならびにアニール時間を含むことができる。このデータベースの一部の例を表 10 に示す。硬化条件は、典型的にはレンズの球面倍率、形成されるレンズの種類（フォトリソミック・レンズまたは非フォトリソミック・レンズ）、およびレンズを着色するか否かに依存する。硬化情報は、使用されるフィルタの種類、初期照射量条件、後硬化時間およびアニール時間を含む。50 mm の開口を有するフィルタ（「50 mm」と表記する）、または透明プレート・フィルタ（「透明」と表記する）を使用することができる。初期照射量は典型的には数秒単位とし、照射パターン（例えばトップおよびボトム、ボトムのみ）も指定する。後硬化時間は、型アセンブリを後硬化ユニットにおいて活性化光および熱で処理する時間を表す。アニール時間は、レンズを型アセンブリから除去した後に、型抜きされたレンズを熱処理する時間を表す。この第 2 のデータベースは個別的なデータベースとして示されるが、レンズ硬化情報を適切な記録の各々に付加することによって、そのデータベースを型およびガasket

40

50

・データベースに組み込むことができる。

【0226】

コントローラは、レンズ倍率がシステムの範囲を上回る場合、またはそれらの型パッケージが所望のレンズを作製するのに必要な型を含んでいない場合には、ユーザに警告を行うように構成されている。このような場合は、ユーザは、処方情報をチェックして適正な処方が入力されたことを確認するよう依頼される。

【0227】

コントローラを使用して、プラスチック・レンズ硬化装置の様々なコンポーネントの動作を制御することもできる。一連の入力デバイス640は、システムの様々なコンポーネントの動作を可能にする。入力デバイスは、レンズ・コーティング処理(640a)、硬化処理(640b)、後硬化処理(640c)およびアニール処理(640d)を開始させるように構成されている。

【0228】

一実施形態では、入力デバイス640のいずれかを起動させると、形成されるレンズの種類に対応するジョブ番号を要求する画面が表示される。使用する最終ジョブが、デフォルト入力として表示されうる。ユーザは、保存されたジョブを循環することによって、表示されたジョブ番号を変更することができる。適正なジョブが表示されると、ユーザは、選択ノブを押し下げることによってジョブを入力することができる。

【表8】

レンズ情報			硬化情報			
球面	レンズの種類	着色	フィルタ	初期照射量	後硬化時間	アニール時間
+2.25	透明	無	50 mm	90秒、トップおよびボトム	13分	7分
+2.25	透明	有	50 mm	90秒、トップおよびボトム	15分	7分
+2.25	光互変性	無	50 mm	90秒、トップおよびボトム	13分	7分
+2.00	透明	無	透明	7秒、ボトム	13分	7分
+2.00	透明	有	透明	7秒、ボトム	15分	7分
+2.00	光互変性	無	透明	15秒、ボトム	13分	7分

表10

【0229】

ジョブが入力された後に、システムは、選択された機能を開始すべく待機することになる。同じ入力デバイスを再度起動させると(すなわちボタンを押し下げると)、システムが、選択された機能を開始することになる。例えば、二回目に硬化ボタンを押すと、あらかじめプログラム設定された硬化サイクルを開始することができる。選択された機能が完了した後に、表示画面は、作業が終了したことをユーザに知らせる指示を表示することができる。

【0230】

コントローラは、コントローラのプログラマによって処方された硬化サイクル以外の硬化サイクルをユーザが使用するのを防止するように構成されている。処方を入力した後で、

ジョブは、コントローラが処方された硬化条件のみを可能にするワーク・ストリームを入力する。(処方入力において選択されたアルゴリズムによってセットされた)タイマは、レンズ・サイクルを通じて連続的に稼働して、照射量を監視すると共に、処理の移行時に可聴的かつ可視的な指示をユーザに伝達することができる。システムはジョブの完了および状態を追跡し、閲覧ジョブ画面にジョブの状態を視覚的に表示する。必要な工程が競合したとき、画面の下部にあるボックスを確認する。レンズ・サイクルのデリケートな部分では、確定された方法を逸脱することはできない。処理が時間的にクリティカルでなければ、オペレータの裁量が認められる。ソフトウェアは、実行中のジョブを中断する手順、終了していないジョブを消去する手順、終了していないジョブを再実行する手順などの手順を通じてユーザに警告を行う。

10

【0231】

システムは、先のジョブの硬化が終了するまでに新たな硬化サイクルが開始されるのを防止するように構成されている。この「ゲートキーパ」機能は、時間的にデリケートな移行時に後硬化チャンバの可用性を確保するものである。硬化段階が終了すると、可聴的かつ可視的な指示が、後硬化領域にキャビティを配置するようユーザに命令する。

【0232】

メイン・メニューは、保存したジョブを編集することを可能にする選択物をも含むことができる。図17に示されるメイン・メニュー画面に戻って、編集メニュー項目を選択すると、入力画面に類似した対話画面が表示されることになる。これによって、ユーザが、既存のジョブの処方を変更することが可能になる。閲覧メニュー項目は、ユーザが、既存のジョブから処方情報および型ノガセット選択情報を閲覧することを可能にする。

20

【0233】

所望の型およびガasket情報を取得すると、一群の型およびガasketから適正な型およびガasketを選択する。型をガasketに配置して型アセンブリを形成する。型をガasketに配置する前に、型を洗浄しておくのが好ましい。型部材を回転させながら型部材に洗浄液を散布することによって、スピン・コーティング・ユニット20上で型部材の内面(すなわちキャスト面)を洗浄することができる。洗浄液の例としては、メタノール、エタノール、イソプロピルアルコール、アセトン、メチルエチルケトンまたは水系洗剤が挙げられる。イソプロピルアルコールを含む洗浄液を使用して型部材を洗浄するのが好ましい。型部材が洗浄液と接触すると、埃およびゴミが除去されて、硬化ユニットの下部の皿115に運ばれる。十分量の洗浄液を散布した後で、洗浄液を散布せずに連続的に回転させることによって型部材を乾燥させることができる。

30

【0234】

一実施形態では、レンズ形成組成物を型キャビティ内に配置する前に、前方型部材の内面、すなわちキャスト面に1つまたは複数のハードコート層をコーティングすることができる。好ましくは、第1のハードコート層におけるピン・ホールの如き欠陥を第2のハードコート層で覆うように、2つのハードコート層を使用する。得られる二重ハードコート層は、好ましくは耐スクラッチ性を有し、二重ハードコート層が付着する、続いて形成される眼鏡レンズを保護する。ハードコート層は、好ましくはスピン・コーティング・ユニット20を使用して付着させる。型部材は、好ましくはスピン・コーティング・ユニット内に配置され、高速(例えば約900から1000RPM)で回転させながらコーティング材を型に付着させる。十分量のコーティング材を型に塗布した後に、カバー内に配置された活性化光源によりコーティング材を硬化させることができる。好ましくはカバーを閉じて、好ましくは比較的低速(例えば約150から250RPM)で型部材を回転させながら型部材に活性化光を当てる。回転および活性化光の照射をコントローラ50によって制御するのが好ましい。コントローラ50は、好ましくは型部材をコーティング・ユニットに配置し、コーティング材を型部材に塗布し、カバーを閉じてコーティング材の硬化を開始させるようオペレータに促すように構成される。

40

【0235】

一実施形態では、形成される眼鏡レンズに疎水層、例えばハードコート層をコーティング

50

することができる。疎水層は、好ましくは水および酸素分子が光互変性色素を劣化させるのを防ぐことによって、レンズの表面付近の光互変性色素の寿命を延ばす。

【0236】

好ましい実施形態では、レンズ形成組成物を型キャビティに配置する前に、硬化済接着促進組成物を両方の型部材にコーティングすることができる。型のキャスト面とレンズ形成組成物の接着性を向上させるために、型部材に当該接着促進組成物を付着させるのが好ましい。したがって、接着促進組成物は、型からのレンズの早期脱離の可能性を低減する。さらに、当該コーティングは、レンズの表面付近の光互変性色素を酸素および水分による劣化から保護する役割を果たす酸素および水バリアをレンズ上に形成するものと考えられる。さらに、コーティングは、耐摩耗性および耐薬品性を与えると共に、最終レンズの装飾性を向上させる。

10

【0237】

一実施形態では、型キャビティにレンズ形成組成物を充填する前に、染料で着色することが可能な材料を後方型部材のキャスト面にコーティングすることができる。この着色性コーティング材は、好ましくは、後に得られた眼鏡レンズに染料を添加してレンズを着色できるように、レンズ形成組成物に付着する。上述したようなスピン・コーティング・ユニットを使用して着色性コーティング材を付着させることができる。

【0238】

清潔な型をガスケットに配置して型アセンブリを形成する。好ましくは、まず前方型をガスケットに配置する。シングル視覚レンズの処方については、特定の位置に合わせて前方型を配置する必要はない。フラット・トップ二焦点レンズまたはプログレッシブ・レンズの前方型については、ガスケット上に位置する位置合せ標示に合わせて型を配置するのが好ましい。前方型をガスケットに配置したら、後方型をガスケットに配置する。処方が円筒倍率を必要とする場合は、前方型に対して後方型を位置合せする必要がある。処方が球面である場合は（例えばレンズが円筒倍率を有さない場合は）、特定の位置合せを行うことなく、後方型をガスケットに配置することができる。アSEMBルされた型アセンブリは、充填に向けて待機することになる。

20

【0239】

コントローラは、適切なレンズ形成組成物を入手するようユーザに促すことができる。一実施形態では、コントローラは、化学物質と、レンズ形成組成物を調製するのに必要な各化学物質の量とをユーザに知らせることになる。あるいは、レンズ形成組成物をあらかじめ形成することもできる。この場合は、コントローラは、あらかじめ形成されたレンズ形成組成物のいずれを使用するかをオペレータに提示することができる。

30

【0240】

一実施形態では、レンズ形成組成物に染料を添加することができる。酸素が、硬化処理を通じて形成された自由ラジカルと反応するのを阻止することができるように、特定の染料を使用して大気中の酸素を攻撃し、取り込むことができるものと考えられる。また、組成物に染料を添加して、無活性フォトリソミック・レンズの色を変更することができる。例えば、レンズ形成組成物に青・赤または青・桃色の染料が存在すると、レンズ形成後に発生することがある黄色を「隠す」ことができる。レンズ形成組成物に非光互変性色素を加えることによってフォトリソミック・レンズの無活性色を調整することもできる。

40

【0241】

レンズ成形キャビティ382に充填するための好ましい技術において、環状ガスケット380を凹部材または前方型部材392に配置し、凸部材または後方型部材390を所定の位置に移動させる。環状ガスケット380を、好ましくは最上点において後方型部材390の縁から引き離し、好ましくは、少量のレンズ形成組成物が縁から追い出されるまでレンズ形成組成物をレンズ成型キャビティ382に注入する。次いで、好ましくは真空によって余剰液を除去する。除去されない余剰液は、後方型部材390の表面にこぼれ、最終レンズに光学的歪みを発生させる可能性がある。

【0242】

50

レンズ形成組成物は、典型的には約100°F未満の温度で保存される。しかし、このような温度では、レンズ形成組成物の粘性が比較的高くなりうる。溶液の粘性により、レンズ形成組成物に泡を発生させずに型キャビティに充填することが困難になるおそれがある。レンズ形成組成物に泡が存在すると、硬化した眼鏡レンズに欠陥が生じる。溶液の粘性を低くして、型キャビティへの充填時における気泡の発生率を低減させるために、型キャビティへの充填に先立ってレンズ形成組成物を加熱することができる。一実施形態では、型キャビティへの充填に先立って、レンズ形成組成物を約70°Fから約220°F、好ましくは約130°Fから約170°Fの温度に加熱することができる。型キャビティへの充填に先立って、レンズ形成組成物を約150°Fの温度に加熱するのが好ましい。

【0243】

電気ヒータ、赤外線加熱システム、温風システム、温水システムまたはマイクロ波加熱システムを使用してレンズ形成組成物を加熱することができる。図20および図21に示されるようなモノマー加熱システムでレンズ形成組成物を加熱するのが好ましい。図20はモノマー加熱システムの等角投影図で、図21は、図20に示されるモノマー加熱システムの側面図である。モノマー加熱システムは、レンズ形成組成物を保持するように構成される本体1500、および加熱済のレンズ形成組成物を本体から型アセンブリに移すための弁1520を含む。モノマー加熱システムは、弁に近接する型アセンブリ1550を保持するための型アセンブリ支持体1540をも含むことができる。モノマー加熱システムは、モノマー組成物を保持する容器1560を受け入れるための開口部をも含むことができる。

【0244】

図22は、モノマー加熱システムの断面図である。本体は、モノマー1502および上部1504を含む。本体の上部1504は、流体容器1560を挿入できる大きさに設定された開口部1506を含むことができる。開口部は、図22に示されるように、ボトルが、開口部に配置されるとある角度を維持するような大きさに設定される。いくつかの実施形態では、ボトルの角度を約5°と約45°の間にするすることができる。一実施形態では、開口部は、流体容器1560のキャップ1562を受け入れる大きさに設定される。キャップ1562および開口部1506は、開口部を介してキャップを容易に挿入できる大きさに設定することができる。流体容器1562における全流体が、モノマー加熱システムの本体1500に収まる場合は、キャップ1562を除去し、開口部にボトルを配置することができる。本体1500に全流体が注ぎ込まれるまで、流体容器1560を残しておくことができる。モノマーが本体1500に注ぎ込まれた後で、流体容器1560を除去するか、または開口部内に残すことができる。

【0245】

他の実施形態では、流体容器1560は流体容器本体1569に結合された自己密封キャップ1562を含むことができる。自己密封キャップを有する流体容器1560の断面図が図23に示されている。自己密封キャップ1562は本体の開口部1506内にフィットするように構成されている。自己密封キャップ1562は、ねじ込み嵌合（例えば流体容器へのねじ止め）を介して流体容器本体1569に結合可能とするか、あるいは好適な接着剤を使用して流体容器本体に固定することができる。他の実施形態では、ねじ込み嵌合と好適な接着剤の使用との両方によってキャップ1562を流体容器本体に固定することができる。

【0246】

キャップ1562は、一実施形態において、流体制御部材1564および弾性部材1566を含む。流体制御部材1564は、流体制御部材が流体容器からの流体の移動を阻止するように、実質的にキャップ1562の上部の内面に対してフィットする大きさおよび形状を有する。弾性部材1566は、流体制御部材がキャップの上部内面を押しつけるように、弾性部材が流体制御部材に力を加えるように流体制御部材1564に結合できる。一実施形態では、弾性部材をバネとし、流体制御部材は実質的に球状の物体とすることができる。正規の静止位置において、弾性部材1566は流体制御部材1564に力を加え、

10

20

30

40

50

それをキャップの上部内面 1 5 6 8 に押しつける。キャップの上部は、キャップの上部 1 5 6 8 を介して球状物体 1 5 6 4 が移動するのを阻止する大きさに設定される。したがって、不使用時は、流体制御部材 1 5 6 4 は、キャップ 1 5 6 2 の上部 1 5 6 8 に押しつけられ、キャップを介しての流体の流れを阻止するシールを形成する。

【 0 2 4 7 】

モノマー加熱ステーションに充填する場合は、流体容器 1 5 6 0 を本体 1 5 0 0 の開口部 1 5 0 6 に挿入することができる。図 2 3 に示されるように、自己密封キャップを使用する場合には、流体制御部材を流体容器の上部から引き離すように本体がなっている。流体制御部材がキャップの上部から離れるにつれて、流体は流体制御部材の周囲を流動し、流体容器から流出する。一実施形態では、本体 1 5 0 0 は、本体の下部 1 5 0 2 から開口部に伸びる突起 1 5 0 8 (図 2 3 参照) を含むことができる。流体容器が開口部に挿入されると、突起が流体制御部材に衝突して、流体制御部材を上部から引き離すことになる。底部を取り除くと、突起が流体制御部材から離れ、流体制御部材がその静止位置に押し戻されことになるため、流体容器からの流体のさらなる流出が阻止される。

10

【 0 2 4 8 】

加熱システム 1 5 1 0 は、好ましくは本体に結合される。加熱システム 1 5 1 0 は、好ましくはレンズ形成組成物を約 8 0 ° F と約 2 2 0 ° F の間の温度に加熱するように構成される。抵抗加熱器を使用してレンズ形成組成物を加熱するのが好ましい。温風システム、温水システムおよび赤外線加熱システムの如き他の加熱システムを使用することもできる。一実施形態では、加熱システムはシリコン・パッド・ヒータを含むことができる。シリコン・パッド・ヒータは、シリコン・ゴム材の中に埋め込まれた 1 つまたは複数の抵抗加熱素子を含む。

20

【 0 2 4 9 】

加熱システムは、図 2 2 に示すように、好ましくは本体内に配置される。一実施形態では、本体を主要チャンバ 1 5 1 2 と加熱システム・チャンバ 1 5 1 4 に分割することができる。レンズ形成組成物は主要チャンバ 1 5 1 4 内に配置することができ、加熱システム 1 5 1 0 は、好ましくは加熱システム・チャンバ 1 5 1 2 内に配置される。加熱システム・チャンバ 1 5 1 2 は、好ましくは、レンズ形成組成物が加熱システムに接触するのを阻止するように、主要チャンバ 1 5 1 2 から加熱システム 1 5 1 0 を隔離する。典型的には、加熱システム 1 5 1 0 は、所望の温度よりはるかに高い温度に到達することができる。加熱システム 1 5 1 0 がレンズ形成組成物に接触すると、加熱システムの高い温度が接触したレンズ形成組成物を部分的に重合することになる。加熱システム 1 5 1 0 をレンズ形成組成物から隔離することによって、当該部分重合を回避することができる。部分重合をさらに回避するために、主要チャンバの底面から加熱システムを隔離するのが好ましい。加熱システムと主要チャンバの下部との間に絶縁材を配置することができる。あるいは、加熱システムと主要チャンバの下部の間に空隙を形成させて、主要チャンバの下部の過熱を防ぐことができる。

30

【 0 2 5 0 】

レンズ形成組成物および/または加熱システム・チャンバに接触させるようにして、サーモスタット 1 5 3 0 をチャンバ内に配置することができる。他の実施形態では、加熱システム・チャンバにおいて、主要チャンバと加熱素子の間にサーモスタットを配置することができる。サーモスタットをこのように配置すると、サーモスタットはモノマーの温度変化により敏感に応答することができる。サーモスタット 1 5 3 0 は、好ましくはレンズ形成組成物の温度を監視する。一実施形態では、サーモスタットはバイメタル浸漬型温度スイッチであってもよい。当該サーモスタットは、ネイソン社 (サウスカロライナ州ウェストユニオン) から入手できる。該温度スイッチは、製造者により特定の温度に合わせてなっている。例えば、最適なモノマー組成物は約 1 5 0 ° F である。温度スイッチは、約 1 5 0 ° F に合わせて製造者によってプレセットされることになる。モノマー溶液が 1 5 0 ° F を下回ると、スイッチは「オン」状態になり、加熱システムが動作を続ける。モノマー溶液の温度が約 1 5 0 ° F に到達したら、温度スイッチを「オフ」状態に変化さ

40

50

せることができる。オフ状態では、加熱システムをオフに切り替えることができる。モノマー溶液の温度が150°Fを下回るまで下がると、スイッチは加熱システムをオンに戻すことができる。

【0251】

あるいは、コントローラ1570を熱電対1530および加熱システム1510に結合することができる。熱電対1530は、熱電対によって測定された温度を示す信号をコントローラに提供することができる。熱電対は、主要チャンバ内で、かつ加熱システム・チャンバの近くに配置されたアルミニウム・ブロック内に配置できる。熱電対によって検出される温度は、加熱システム・チャンバ壁とレンズ形成組成物の温度を組み合わせた温度であってもよい。コントローラ1540は、熱電対1530によって生成される信号を介してレンズ形成組成物の温度を監視することができ、また加熱システム1510を制御して、レンズ形成組成物を所定の温度に維持する。例えば、レンズ形成組成物が低温になると、コントローラは加熱システム1510を作動させてレンズ形成組成物を所望の温度まで加熱する。コントローラ1540は、コンピュータ、プログラム式論理コントローラ、または当該技術分野において知られている他の既知のコントローラ・システムのいずれかであってもよい。これらのシステムは、比例積分形(「PI」)コントローラまたは比例積分誘導形(「PID」)コントローラを含むことができる。

10

【0252】

本体1500は、本体からレンズ形成組成物を転送させる小容量導管の形をとることができる。小容量導管を使用することによって、所定の時刻に加熱システムと接触するモノマー溶液の量を最小限に抑えることができる。モノマー溶液は、本体を通過し、出口弁1520を介して本体から流出する。

20

【0253】

流体モニタ1580を使用して、本体1500における流体の量を監視することができる。流体モニタ1580は、本体1500内に配置されうる。流体モニタは、ジェムス・センサ社(コネチカット州Plainville)から市販されている。一実施形態では、ジェムス・センサの型式ELS-1100HTを使用することができる。流体モニタは、本体1500における流体の量を監視するように構成されている。流体量があらかじめ選択した下限を下回っている場合は、流体センサはコントローラに対して信号を発することができる。コントローラをモノマー加熱システムに結合するか(例えばコントローラ1570)、またはレンズ形成装置の一部とする(例えばコントローラ50)ことができる。一実施形態では、流体センサから低流体レベル信号を受け取ったときに、コントローラは警告メッセージを生成することができる。警告メッセージは、コントローラ出力デバイス(およびLCD画面など)の文字数字表示であってもよく、または警告メッセージは、低流体レベルを示す光を点灯させることもできる。コントローラは、また、本体内の流体レベルが低すぎるときに加熱システム1510をオフにするように構成されている。

30

【0254】

出口弁1520は、本体の出口付近に配置される。出口弁は、図22に示すように、伸長部材1522、および伸長部材の位置を変えるための可動部材1524を含む。伸長部材1522は、好ましくは、伸長部材が閉鎖位置にあるときに、レンズ形成組成物が導管を流れるのを阻止する。レンズ形成組成物が導管を流れることができるように伸長部材を開放位置に移動させることができる。

40

【0255】

図22に示すように、伸長部材1522は開放位置にある。伸長部材1522は、図22に示すように、好ましくは本体1500の縦軸に垂直に配向する。伸長部材1522は、本体1500の上部1504を通るチャンネル1526内に存在する。伸長部材1522は、開放位置にあるときは、本体の出口から離れて配置される。図22に示すように、レンズ形成溶液が導管を流れて本体から流出できるように、伸長部材の末端が、導管の底面1502の一部を通過するようにした。伸長部材を配置して、導管を流れるレンズ形成組成物の流量を制御することができる。例えば、図22に示されるように、伸長部材は、開放

50

位置にあるが、導管を部分的に遮断しているため、導管を通るレンズ形成組成物の流れを部分的に阻止する。伸長部材が出口からさらに離れるにつれて、レンズ形成組成物の流量が増えることになる。伸長部材が導管を遮断しなくなったときにレンズ形成組成物の流量が上限に達することになる。

【0256】

閉鎖位置において、伸長部材1522は、出口付近の底面1502まで伸びることができる。好ましくは、伸長部材1522は、閉鎖位置にあるときに、出口付近の本体下部の外面をすぎたところまで伸びる。導管の外面を過ぎたところまで伸びるように伸長部材1522を構成することで、残留するレンズ形成組成物が出口付近に蓄積されるのを阻止することができる。伸長部材1522が出口に向かって伸びると、存在するレンズ形成組成物が追い出されて、出口からレンズ形成組成物を実質的に一掃することができる。導管の外面および伸長部材から余剰のレンズ形成組成物を除去することによって、出口を実質的に洗浄することができる。

10

【0257】

伸長部材1522と可動部材1524の相互作用によって、伸長部材を閉鎖または開放位置に配置することが可能になる。可動部材1524は、好ましくは伸長部材1526に沿う相補的なねじ山と相互作用する複数のねじ山を含む。可動部材が回転すると、可動部材の回転方向に応じて、伸長部材を出口から、または出口のほうへ移動させることができる。

【0258】

図22に示されるように、型アセンブリ・ホルダ1540をモノマー加熱システムの本体に結合させることができる。型アセンブリ・ホルダ1540は、本体1500の出口に対して、好ましい位置に型アセンブリを保持するように構成される。型アセンブリ・ホルダは充填時に型アセンブリを固定することができる。一実施形態では、型アセンブリ・ホルダは、モノマー加熱システムの底面に取りつけられるバネである。型アセンブリ・ホルダは、蝶番1544によって本体1500に結合されるアーム1542を含む。蝶番は、型アセンブリ・ホルダがモノマー加熱溶液の本体1500から離れるように、またはそれに向かうように回転させる。蝶番1544は、アームに一定の力を作用させて、アームを本体1500の下部のほうへ移動させるようにバネにより装着される。型アセンブリ1550を型アセンブリ・アーム1544に配置するために、アームを本体から離れるように回転させ、型アセンブリを保持するように構成されるアームの部分に型アセンブリを配置することができる。型アセンブリを保持するように構成されるアームの部分は、型アセンブリを固定する型締システムを含むことができる。

20

30

【0259】

型アセンブリに充填するために、型アセンブリを型アセンブリ・ホルダに配置し、出口付近に位置させる。モノマー溶液は、好ましくは充填ステーションの本体に導入され、約150°Fの温度に加熱される。型アセンブリを所定の位置に配置した後に、型充填ステーションの弁の位置を型アセンブリの充填ポートに合わせる。ここで、弁を介して型アセンブリにレンズ形成組成物を流入させる。可動部材1524を調節してモノマーの流量を制御することができる。

40

【0260】

型アセンブリに充填を行った後に、リント・フリー布を用いて、型の表面にこぼれ落ちたモノマーを除去する。充填ポートの縁に存在しうる過剰のモノマーは、微小真空ユニットを使用することによって除去することができる。型アセンブリを検査して、型キャビティにモノマーが充填されていることを確認することができる。また、型アセンブリを検査して、型キャビティに気泡が存在しないことを確認する。型キャビティ内の気泡は、気泡がアセンブリの上方に移動するように型アセンブリを回転させることによって除去することができる。

【0261】

コントローラを使用して、モノマー溶液の加熱と処方を入力とを調和させることができる

50

。一実施形態では、モノマー加熱システムを図1に示される装置の如きレンズ形成装置に電氣的に結合させることができる。モノマーは、レンズ形成装置に配置されるポートに結合する標準的なデータ転送ケーブルの使用に適したポートを有する。したがって、モノマー加熱システムの動作とレンズ形成装置の動作とを調和させることができる。いくつかの実施形態では、モノマー溶液を加熱する時間を最小限に抑えることが望ましいといえる。このような場合は、モノマー溶液を型アセンブリに充填する直前に加熱するのが望ましいといえる。レンズ形成装置のコントローラ50は、充填操作とオペレータの要望を調和させるように構成されている。

【0262】

処方レンズを形成するときは、オペレータは、まず上述したように処方をコントローラ50に入力することができる。処方が入力されると、オペレータは、典型的にはある程度の時間を費やして処方に応じた適切な型を見つけてそれを洗浄し、型とガスケットを組み立てる。一実施形態では、コントローラは、処方が入力されたときにモノマー溶液を加熱するようモノマー加熱システムに合図することができる。型アセンブリがアSEMBルされるまで、モノマー溶液を所望の温度またはその付近に維持することができる。これによって、オペレータが型アセンブリを調製し、それに充填を行うのに必要とする時間を最小限に抑えることができる。ある場合には、オペレータは、第1の処方を調製した後に、処理すべき追加的な処方を入力することができる。この場合は、モノマー加熱システムを「オン」の状態に保つことができる。所定の時間が過ぎても処方が入力されない場合には、システム内のモノマーが長時間加熱状態にとどまることのないように、コントローラはモノマー加熱システムをオフにすることができる。いくつかの実施形態では、その時間を約10分間以上とすることができる。

【0263】

型アセンブリに充填した後に、レンズ硬化装置を使用してレンズ形成組成物を硬化させることができる。一実施形態では、熱および活性化光をレンズ形成組成物に加えることを含む手順によってレンズ形成組成物の硬化を成し遂げることができる。最初に、少なくとも1つの型部材に活性化光を当てる。活性化光を十分な時間誘導させて、レンズ形成組成物の硬化を開始させる。好ましくは、約2分間より短い時間にわたって活性化光を少なくとも1つの型部材に誘導する。いくつかの実施形態では、約25秒間より短い時間にわたって活性化光を少なくとも1つの型部材に誘導する。他の実施形態では、約10秒間より短い時間にわたって活性化光を少なくとも1つの型部材に誘導する。レンズ形成組成物が完全に硬化される前に活性化光を停止するのが好ましい。

【0264】

硬化が開始された後に、型アセンブリを後硬化ユニットに移すことができる。後硬化ユニットにおいて、好ましくは型アセンブリを追加的な活性化光および熱で処理してレンズ形成組成物をさらに硬化させる。後硬化処理時に、活性化光を硬化チャンバの上部、下部、または上部および下部の双方から当てることができる。レンズ形成組成物は、硬化開始後に黄色を示す可能性がある。黄色は光開始剤によって生成されるものと考えられる。レンズ形成組成物が硬化するに従って、光開始剤が消費されるに伴い黄色が徐々に消失することになる。形成済眼鏡レンズから実質的に黄色を除くのに十分な時間にわたって、後硬化ユニットで型アセンブリを処理するのが好ましい。約15分間までの時間、好ましくは約10分から15分間の時間にわたって、後硬化ユニットで型アセンブリを処理することができる。後硬化ユニットでレンズを形成した後に、形成済眼鏡レンズを型抜きし、後硬化ユニットに再配置することができる。

【表9】

レンズ情報			硬化情報			
球面	レンズの種類	着色	フィルタ	初期照射量	後硬化時間	アニール時間
+4.00～ +2.25	透明	無	50 mm	90秒、後方および前方	13分	7分
+4.00～ +2.25	透明	有	50 mm	90秒、後方および前方	15分	7分
+4.00～ +2.25	光学		50 mm	90秒、後方および前方	13分	7分
+2.00～ -4.00	透明	無	透明プレート	7秒、前方	13分	7分
+2.00～ -4.00	透明	有	透明プレート	7秒、前方	15分	7分
+2.00～ -0	光学		透明プレート	15秒、前方	13分	7分
-0.25～ -4.00	光学		透明プレート	20秒、後方、w/7秒、前方開始@13秒、経過時間	13分	7分

表 1 1

【 0 2 6 5 】

場合によっては、レンズにアニール処理を施すのが望ましいといえる。レンズを活性化光で硬化させ、型アセンブリから除去すると、レンズは応力条件におかれることになる。レンズにアニール処理を施して、硬化時に生じた内部応力を軽減することによってレンズの倍率をより迅速に最終固定倍率にすることが可能である。アニールを施す前は、レンズは、所望の最終固定倍率と異なる倍率を有する可能性がある。アニール処理はレンズにおける応力を低減することで、レンズの倍率を所望の最終固定倍率に変える。アニール処理は、好ましくは約 10 分間までの時間にわたって、約 200 ° F から 225 ° F の間の温度でレンズを加熱することを含む。活性化光の存在下または非存在下で加熱を行うことができる。

【 0 2 6 6 】

表 1 1 に示される後硬化およびアニール時間は、本明細書に記載の特定のシステムを厳密に具体化した例である。ランプの強度または処理温度が変更されると後硬化およびアニール処理の時間が変わることを理解すべきである。例えば、後硬化処理時に用いられる光の強度を高くすると、後硬化時間をより短縮することが可能になる。同様に、アニール処理時の後硬化ユニットの温度を下げると、アニール時間が長くなる。一般に、後硬化処理は、レンズ形成組成物の硬化を実質的に完了させるのに必要とされる時間に関連するものと考えられる。アニール処理は、形成済レンズをその最終固定倍率にするのに必要とされる時間に関連するものと考えられる。

【 0 2 6 7 】

芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマー、共開始剤組成物および光開始剤を含むレンズ形成組成物を使用することによって、硬化条件を他のレンズ形成組成物よりはるかに単純にすることが可能になる。パルス活性化光硬化シーケンスを使用してレンズを硬化させることができるが、表 1 1 に示されるように、連続活性化光シーケンス

10

20

30

40

50

を使用することもできる。連続活性化光シークエンスを使用することによって、レンズ硬化装置を簡素化することが可能になる。例えば、パルス光ではなく連続活性化光を使用すると、光パルスを生成するための装置が不要になる。したがって、レンズ硬化装置のコストを削減することができる。また、当該レンズ形成組成物を使用することによって、より一般的な硬化処理を用いることが可能になる。表 1 1 に示すように、7 つの異なる処理を用いて、広範囲なレンズの硬化を行うことができる。これによって、レンズ硬化ユニットのプログラミングおよび操作が著しく簡素化される。

【0268】

さらに、芳香族炭化水素含有ポリエーテル多エチレン性機能性モノマー、共開始剤組成物および光開始剤を含むレンズ形成組成物を使用することによって、硬化時にレンズ形成組成物を冷却する必要性を緩和することができる。これにより、冷却ファンまたは他の冷却システムが必要でなくなるため、手順をさらに簡素化できる。したがって、型装置冷却システムを取り除くことによって、レンズ硬化装置をさらに簡素化することができる。

10

【0269】

表 1 1 は、様々なレンズに対する好ましい硬化条件を示す。球面の欄は、レンズの球面倍率を示す。モノマーの種類は、透明（すなわち非光互変性）または光互変性とする。レンズの種類（例えば球面シングル視覚レンズ、非球面シングル視覚レンズ、フラット・トップ二焦点レンズまたはプログレッシブ多焦点レンズ）によってレンズ硬化条件がさほど大きく変化しないことに留意されたい。着色は、形成済眼鏡レンズを染料バスに浸漬させるか否かを示す。

20

【0270】

処方条件に基づいてレンズ硬化条件を決定することができる。設定すべき硬化変数が 4 つある。光フィルタの種類は、硬化ユニットおよび後硬化ユニットにおけるランプと型アセンブリの間に配置されるフィルタを示す。初期照射量は、硬化ユニットにおけるレンズ形成組成物に活性化光を当てる時間を示す。照射パターン（例えば前方型のみ、後方型のみ、または両方の型）は、形成されるレンズにも依存することになる。初期照射量を適用した後、型アセンブリを後硬化ユニットに移して活性化光および熱で処理する。チャートは、後硬化チャンバで費やされる好ましい時間をリストしたものである。後硬化チャンバでの処理後に、形成済眼鏡レンズが型アセンブリから取り除かれる。活性化光の存在下または非存在下でレンズを加熱するアニール処理を、リストされている時間にわたって、レンズに施すことができる。ここに記載するすべてのレンズ硬化処理は、好ましくは型装置を冷却することなく行われることに留意されたい。

30

【0271】

この手順をさらに例示するために、球面倍率が +3.00 の透明非着色レンズを製造する方法を詳細に説明する。型アセンブリに非光互変性モノマー溶液を充填する。型アセンブリをレンズ硬化ユニット内に配置して、レンズ形成組成物に初期照射を施す。レンズ形成組成物の硬化は、好ましくはコントローラ 50 によって制御される。図 1 7 に示されるように、コントローラ 50 は、オペレータがプラスチック・レンズ硬化装置 10 の様々なコンポーネントの使用を開始することを可能にするいくつかの入力デバイスを含む。一実施形態では、ボタン 640 を使用して、コーティング処理（640 a）、硬化処理（640 b）、後硬化処理（640 c）およびアニール処理（640 d）の動作を制御することができる。型アセンブリをレンズ硬化ユニットに配置した後に、硬化処理ボタン 640 b を押して硬化条件を設定することができる。一実施形態では、オペレータは、上述したように、処方情報を事前入力し、保存した。硬化ボタンを押すと、コントローラは、保存された処方情報に対応する参照コードを入力するようユーザに指示することになる。コントローラは、好ましくは処方情報を解析し、適切な初期照射条件をセット・アップするように構成される。

40

【0272】

適切なレンズ形成条件が決定された後に、コントローラは、ユーザに使用すべきフィルタの種類を知らせる。コントローラが一旦停止して、レンズ硬化ユニット内に適正なフィル

50

タを設置することを可能にする。典型的には、2種類のフィルタを初期硬化処理に使用できる。フィルタは、好ましくはレンズ型に照射される活性化光が、レンズの処方に対して適正に分散するように光を分散させるように構成される。透明プレート・フィルタは、活性化光に対して実質的に透明なプレートである。透明プレートはポリカーボネートまたはガラスで形成させてもよい。50mmフィルタは、フィルタの中央部に50mmの開口を有するフィルタを示す。フィルタを硬化ユニットに配置するとき、50mm開口の位置を型アセンブリに合わせるのが好ましい。好ましくは、2つのフィルタ、すなわち上部ランプと型アセンブリの間に配置される第1のフィルタと、下部ランプと型アセンブリの間に配置される第2のフィルタを使用する。

【0273】

フィルタを配置した後に、ユーザはコントローラにフィルタが所定の位置に配置されたことを示す。あるいは、コントローラは、フィルタが硬化ユニット内に配置されたときにコントローラに通知を行う、レンズ硬化ユニット内に配置されたセンサを含むことができる。フィルタが硬化ユニット内に配置された後に、コントローラは、硬化処理が開始される前に、型アセンブリが硬化ユニット内に存在することを確認するようユーザに促すことができる。フィルタおよび型が所定の位置に配置されると、コントローラにより初期照射を開始することができる。球面倍率が+3.00の透明無着色レンズについては、初期照射は、前方および後方型の双方に活性化光を90秒間当てるものである。好ましくは、上部ランプと下部ランプの間に50mmフィルタを配置する。

【0274】

初期硬化処理を完了した後に、型アセンブリを後硬化ユニットに移す。初期硬化処理が完了すると、コントローラは、処理が完了したことをオペレータに警告することができる。処理の完了を示すアラームを発することができる。後硬化処理を開始するために、後硬化ボタン640cを押すことができる。後硬化ボタンを押すと、コントローラは、保存された処方情報に対応する参照コードを入力するようユーザに促すことができる。コントローラは、好ましくは処方情報を解析し、適切な後硬化条件をセット・アップするように構成される。球面倍率が+3.00の透明無着色レンズについては、後硬化条件は、加熱された後硬化ユニット内の型アセンブリに13分間にわたって活性化光を当てることを含む。後硬化処理時に、後処理ユニットを約200°Fから約225°Fの温度に加熱するのが好ましい。

【0275】

後硬化処理が完了した後に、型アセンブリを解体し、形成済レンズを型部材から取り除く。後硬化処理が終了すると、コントローラは処理が完了したことをオペレータに警告することができる。処理の完了を示すアラームを発することができる。型を後硬化ユニットから取り除いた後に、ガasketを取り除き、型を型抜溶液に漬ける。型抜溶液は、オプティカル・ダイナミクス・コーポレーション(ケンタッキー州Louisville)から「Q-Soakソリューション」として市販されている。型抜溶液は、レンズを型から分離させる。型抜溶液は、次の型の洗浄にも役立つ。レンズが型抜きされた後に、イソプロピルアルコールおよび水の溶液を使用して、レンズを洗浄して微粒子を洗い落とすのが好ましい。

【0276】

場合によっては、形成済レンズにアニール処理を施すのが望ましい。アニール処理を開始するために、アニール・ボタン640dを押すことができる。アニール・ボタンを押すことによってアニール処理の条件を設定することになる。球面倍率が+3.00の透明無着色レンズについては、アニール条件は、活性化光の非存在下で約7分間にわたって、後硬化ユニットにおいてレンズを加熱することを含む。アニール処理時に、後硬化ユニットを約200°Fから約225°Fの温度に加熱するのが好ましい。

【0277】

一実施形態では、後硬化ユニットのドロアは、型アセンブリ・ホルダの前列、およびレンズ・ホルダの後列を含む。後硬化処理では、型アセンブリを前列に配置するのが好ましい

10

20

30

40

50

。後硬化ドロアが閉のときは前列を後硬化ランプの下に配置するのが好ましい。アニール処理では、レンズを後硬化ドロアの後列に配置するのが好ましい。後列にほとんどまたは全く活性化光が届かないように、後列をランプからずらせて配置することができる。

【0278】

アニール処理後、コーティング・ユニットにおいて、レンズに耐スクラッチ・ハードコートを付着させることができる。レンズを着色バスに入れることによってレンズに着色することもできる。レンズの着色は、レンズの架橋密度に影響されるものと考えられる。典型的には、比較的高い架橋密度を有するレンズは、より均一な染料吸収性を示す。染料の欠陥や縞などの問題は、典型的にはレンズを高度に架橋させることによって最小限に抑えられる。レンズの架橋密度は、典型的にはレンズの硬化の温度によって制御される。比較的高温で硬化されたレンズは、典型的には、低温で硬化されたレンズより実質的に高い架橋密度を示す。硬化時間は、レンズの硬さに影響を与えることができる。後硬化ユニットにおいて長時間レンズを処理すると、典型的には、より短い時間にわたって処理されたレンズより架橋密度の高いレンズが製造されることになる。したがって、着色バスで実質的に処理されるレンズを製造するためには、後硬化ユニットにおいて、無着色レンズを製造する場合よりも長時間にわたってレンズ形成組成物を熱および活性化光で処理する。表11に示されるように、無着色透明レンズは後硬化ユニットで約13分間処理される。実質的に着色される透明レンズについては、後硬化時間を約15分間に延長して比較的高い架橋密度を有するレンズを製造する。

10

【0279】

上述の手順を用いて、フラット・トップ二焦点レンズの形成を成し遂げることもできる。活性化光によりフラット・トップ二焦点眼鏡レンズを硬化させることについての典型的な問題は、早期脱離である。フラット・トップ二焦点レンズは、近視矯正ゾーンおよび遠視矯正領域を含む。近視矯正ゾーンは、ユーザが遠方の対象物をよりはっきりと見ることを可能にするレンズの部分である。遠視矯正ゾーンは、ユーザが近くの対象物をよりはっきりと見ることを可能にするレンズの領域である。遠視矯正ゾーンは、眼鏡レンズの外面から伸びる半円状の突起によって特徴づけられる。図24に見られるように、遠視矯正ゾーン1610を定める型キャビティの部分は、近視矯正ゾーン1620を定める型キャビティの部分より実質的に厚くなっている。型部材に活性化光を当てるとレンズ形成組成物が重合する。レンズ形成組成物の重合は、照射を受けた型のキャスト面を開始し、型キャビティを介して反対側の型のほうへ進行するものと考えられる。例えば、前方型1630に当てると、前方型1632のキャスト面が重合を開始し、後方型1640のほうへ進行する。重合反応が進行するに従って、レンズ形成組成物が液体状態からゲル状態に変化する。したがって、前方型1632に活性化光を照射してからまもなく、前方型部材1632のキャスト面付近のレンズ形成組成物の部分はゲル化するのに対して、後方型部材1640付近のレンズ形成組成物の部分は実質的に液体状態を保つ。後方型1640から重合が開始する場合は、前方型部材1610のキャスト面付近の遠視矯正ゾーン（本明細書では「遠視矯正ゾーンの前部」と称する）でレンズ形成組成物がゲル化する前に、近視矯正ゾーン1620のレンズ形成組成物は実質的にゲル化する。近視矯正ゾーン1620が実質的にゲル化した後で遠視矯正ゾーン1610付近の前部におけるレンズ形成組成物がゲル化すると、歪みが生じてレンズの早期脱離を引き起こす可能性があるものと考えられる。

20

30

40

【0280】

フラット・トップ二焦点レンズにおける早期脱離の発生率を減少させるために、後方型部材1640付近の近視矯正ゾーンにおけるレンズ形成組成物の部分が実質的にゲル化する前に遠視矯正ゾーン1610の前部におけるレンズ形成組成物の重合が開始されることが好ましい。これは、好ましくは、後方型1640に活性化光を当てる前に活性化光を前方型1630に当てることによって達成できる。これによって、前方型1630付近で重合反応が開始し、後方型1640のほうへ進行する。このような照射によって、後方型1640付近のレンズ形成組成物がゲル化する前に遠視矯正ゾーン1610の前部におけるレ

50

レンズ形成組成物がゲル化するものと考えられる。重合が開始された後に、いずれかまたは両方の型に活性化光を当ててレンズ形成組成物の重合を完了することができる。続くフラット・トップ二焦点レンズの製造のための後硬化およびアニール工程は、実質的に上記工程と同じである。

【0281】

あるいは、レンズ形成組成物のゲル化が後方型部材1640から前方型部材1630までに伸展する前に、遠視矯正ゾーン1610の前部がゲル化する場合にも早期脱離の発生率を減少させることができる。この実施形態では、後方型1640に当てることによってレンズ形成組成物の重合を開始することができる。これによって、後方型1640付近でゲル化が開始し、前方型1630のほうへ進行する。早期脱離の発生率を減少させるために、近視矯正ゾーン1620におけるレンズ形成組成物のゲル化が前方型に達する前に活性化光を前方型1630に当てる。遠視矯正ゾーン1610付近の前部で重合が開始された後に、活性化光をいずれか一方の型または両方の型に誘導してレンズ形成組成物の重合を完了することができる。続くフラット・トップ二焦点レンズの製造のため後硬化およびアニール工程は、実質的に上記工程と同じである。

10

【0282】

他の実施形態では、単一の硬化ユニットを使用して初期硬化処理、後硬化処理およびアニール処理を行うことができる。図25および図26にレンズ硬化ユニットを示す。硬化ユニット1230は、上部光源1214、レンズ・ドロア・アセンブリ1216および下部光源1218を含むことができる。レンズ・ドロア・アセンブリ1216は、好ましくは型アセンブリ・ホルダ1220（図26参照）、より好ましくは少なくとも2つの型アセンブリ・ホルダ1220を含む。型アセンブリ・ホルダ1220の各々は、好ましくはガセットと共に型アセンブリを形成する一対の型部材を保持するように構成される。レンズ・ドロア・アセンブリは、好ましくはレンズ・ホルダ1221（図26参照）を含み、より好ましくは少なくとも2つのレンズ・ホルダ1221を含むことができる。レンズ・ホルダ1221は、好ましくは形成済眼鏡レンズを保持するように構成される。レンズ・ドロア・アセンブリ1216は、好ましくはガイド1217にスライドできるように取り付けられる。使用時において、レンズ・ドロア・アセンブリが開放位置にあるときに（すなわち、ドロアがレンズ硬化ユニットの前方から伸びるときに）、型アセンブリおよび/またはレンズを型アセンブリ・ホルダ1220またはレンズ・ホルダ1221にそれぞれ配置することができる。ホルダを装着した後で、型アセンブリを上部光源1214の真下で、かつ下部光源1218の上に保ちながら、ドロアを閉鎖位置まで滑らせることができる。レンズ・ホルダ、およびレンズ・ホルダの上に配置されたレンズを上部および下部光源の真下に配置することはできない。図26に示されるように、光源1214および1218は、好ましくは硬化ユニットの前部に沿って伸び、硬化ユニットの後部にランプが配置されていない。レンズ・ドロア・アセンブリを滑らせて硬化ユニットに戻すと、型アセンブリ・ホルダ1220はランプの下に位置するのに対して、レンズ・ホルダ1221は、ランプが存在しない後部に位置することになる。このようにしてホルダを配置することによって、光および熱（例えば後硬化処理）を伴う硬化処理、ならびに熱および光、または熱のみを加えることを含むうるアニール処理を同一のユニットで実施できる。

20

30

40

【0283】

光源1214および1218は、好ましくは活性化光を生成する。光源1214および1218を好適な取付装置1242で支え、またはそれに電氣的に接続することができる。ランプ1214は、紫外線、化学線、可視光線および/または赤外線を生成することができる。ランプの選択は、好ましくはレンズ形成組成物に使用されるモノマーおよび光開始剤システムに基づいて行われる。一実施形態では、蛍光ランプから活性化光を生成することができる。蛍光ランプは、好ましくは380nmから490nm領域に強い発光スペクトルを有する。上記波長を有する活性化光を放射する蛍光ランプは、型式TLD-15W/03としてフィリップス社から市販されている。他の実施形態では、ランプは紫外線ライトであってもよい。

50

【0284】

一実施形態では、図25に示されるように、上部光フィルタ1254を上部光源1214とレンズ・ドロア・アセンブリ1216の間に配置することができる。下部光フィルタ1256を下部光源1218とレンズ・ドロア・アセンブリ1216の間に配置することができる。好適な光フィルタの例は既に記載した。光フィルタを使用して、眼鏡レンズの処方に対して適切な分散光を生成する。光フィルタは、硬化チャンバからランプを隔離することもできる。後硬化およびアニール処理時には、約200°Fと225°Fの間の温度にチャンバを加熱するのが好ましい。当該温度は、ランプの寿命を縮めたり、生成される光の強度を変化させたりするなどの悪影響をランプにもたらしうる。光フィルタ1254および1256は、ガイド1217に装着されると、チャンバの加熱部からランプを部分的に隔離する内部チャンバを形成することになる。このようにして、ランプの温度を通常の動作温度の範囲内に維持することができる。

10

【0285】

あるいは、硬化チャンバ内に遮熱壁1260を配置することができる。遮熱壁は、硬化チャンバからランプを隔離しながら、ランプによって生成される活性化光がチャンバを通過することを可能にする。一実施形態では、遮熱壁は、光源と型アセンブリの間に配置されるホウケイ酸ガラス・プレート（例えばPYREX（登録商標）ガラス）を含むことができる。一実施形態では、プレート1263間に介在空隙が存在する一対のホウケイ酸ガラス・プレート1264および1262が、遮熱壁として機能する。ホウケイ酸ガラスを使用することによって、活性化照射線が著しく強度を低下させることなく光源からランプに進行することが可能になる。

20

【0286】

遮熱壁1260およびフィルタ1254と共に、不透明プレート1270を光源と型アセンブリの間に配置することができる。不透明プレートは、活性化光に対して実質的に不透明である。好ましくは不透明プレートに開口を設けて、プレートから型アセンブリへと光が進行することを可能にする。

【0287】

後硬化およびアニール手順を実行可能とするために、図26に示されるように、硬化ユニット内に加熱システム1250を配置するのが好ましい。加熱システム1250は、抵抗加熱システム、温風システムまたは赤外線加熱システムでありうる。加熱システム1250は、硬化チャンバの背面に沿って配置させることができる。加熱システム1250は、好ましくは加熱システムがランプ1214および1218から部分的に隔離するように2つのフィルタの間の位置に配置される。加熱システムは、好ましくは約200°Fから約225°Fの温度に硬化チャンバを加熱するように構成される。

30

【0288】

両側からの型アセンブリに照射できるシステムに加熱システムを組み込むことによって、上記動作の多くが単一の硬化ユニットで実施できるようになる。硬化ユニットの前部においてランプを使用すると、硬化チャンバの後部には実質的にランプが存在しなくなるが、活性化光硬化工程とアニール工程の両方を同一のユニットで同時に実施することが可能になる。したがって、表11に記載されている硬化条件を、上述したように2つのユニットではなく単一のユニットで実施できる。

40

【0289】

他の実施形態では、レンズ形成組成物に熱を加えながら初期硬化処理全体が実施されるように、レンズ製造方法を改造することができる。表12は、レンズ形成組成物を硬化するのに用いることのできる代替的な硬化条件を示す。

【表10】

レンズ情報			硬化情報		
球面	レンズの種類	着色	フィルタ	硬化条件	アニール時間
+4.00～ +2.25	透明	無	50 mm	90秒 前方および後方、 13分 後方 温度 225°F	7分
+4.00～ +2.25	透明	有	50 mm	90秒 前方および後方 15分 前方 温度 225°F	7分
+4.00～ +2.25	光学		50 mm	90秒 前方および後方 13分 前方 温度 225°F	7分
+2.00～ -4.00	透明	無	透明プレート	7秒 前方 13分 後方 温度 225°F	7分
+2.00～ -4.00	透明	有	透明プレート	7秒 前方 15分 後方 温度 225°F	7分
+2.00～ -0	光学		透明プレート	15秒 前方 13分 後方 温度 225°F	7分
-0.25～ -4.00	光学		透明プレート	20秒 後方 w/7秒 前方開始@13秒 経過時間 13分 後方 温度 225°F	7分

表 1 2

10

20

30

40

50

【 0 2 9 0 】

型アセンブリに適切なモノマー溶液を充填した後で、型アセンブリを硬化ユニットのドロアの型アセンブリ・ホルダに配置する。ドロアを滑らせて硬化ユニットに戻す。型アセンブリを硬化ユニットに配置する前に、硬化ユニットを約 225 ° F の温度へ予備加熱することができる。硬化条件は、1 つまたは両方の型部材に活性化光を照射しながら、実質的に同時に熱を型アセンブリに加えることを含む。表 1 2 に示すように、光硬化条件は、先述の条件と類似している。しかし、初期照射処理と後硬化処理を併せて単一の処理とした。したがって、球面倍率が + 1 . 5 0 のフォトクロミック・レンズの形成については、型アセンブリをレンズ硬化ユニットに配置し、約 1 5 秒間にわたってユニットの下部から活性化光を当てる。活性化光を照射している間は、硬化ユニットは、好ましくは約 225 ° F の温度に保たれる。1 5 秒後に下部の光が消灯し、型アセンブリは 1 3 分間にわたって上部ランプからの活性化光で処理される。この活性化光による後処理は、約 225 ° F の硬化チャンバ温度においても実施される。1 3 分間が経過した後に、光を消灯し、レンズを型から取り出し、アニール処理を開始することができる。

【 0 2 9 1 】

硬化処理が行われるのと同じユニットでアニール処理を行うことができる。型抜きしたレンズは、好ましくは硬化ユニット・ドロアのレンズ・ホルダに配置される。レンズが硬化ユニットに配置されているときに硬化ユニットの温度が約 225 ° F であるのが好ましい。ランプがオンになっているときは活性化光がレンズにほとんど到達しないように、レンズ・ホルダをランプから離して配置するのが好ましい。これにより、硬化処理と同時に、

かつ同一の硬化ユニット内でアニール処理を行うことが可能になる。加熱と光を併用して形成されたレンズは、典型的には光のみの硬化と光および熱硬化を併用して硬化されたレンズより高い架橋密度を示す。

【0292】

型キャビティの中にレンズ形成組成物が配置された型アセンブリが、好ましくはレンズ硬化ユニット内に配置される。レンズ形成組成物の硬化は、好ましくはレンズ硬化ユニットのドロアが閉じた後にコントローラによって開始される。硬化条件は、好ましくは形成されるレンズの処方および種類に基づいてコントローラによって設定される。

【0293】

硬化サイクルが完了した後に、コントローラは、好ましくは、レンズ硬化ユニットから型アセンブリを取り除くようユーザに促す。一実施形態では、型装置から硬化済レンズを取り出すことができる。この段階で硬化済レンズが完成し、使用できるようになる。

【0294】

他の実施形態では、硬化済レンズは後硬化処理を必要とする。レンズを型装置から取り出した後に、レンズの縁を乾燥させ、研磨して、縁の付近に存在する未硬化のレンズ形成組成物を除去することができる。コントローラは、部分硬化レンズを後硬化ユニットに配置するようユーザに促すことができる。レンズを後硬化ユニットに配置した後で、コントローラは光および/または熱をレンズに加えてレンズの硬化を完了することができる。一実施形態では、部分硬化レンズに活性化光を照射しながら、約115°Cに加熱することができる。この後処理を約5分間施すことができる。

【0295】

いくつかの実施形態において、活性化光重合レンズの最終倍率はレンズ形成組成物の硬化温度を操作することによって制御できるものと判断された。例えば、型部材とガスケットの同一の組合せでは、レンズ型キャビティまたは対向型部材の面を通じて活性化光の強度を変化させることによって、製造されたレンズの焦点倍率を増減させることができる。形成済レンズの倍率を変える方法は、本願に引用して援用する米国特許第5,989,462号(Buazza)に記載されている。

【0296】

特定の用途において、レンズを形成するときに、活性化光を照射してもレンズ形成組成物全体が完全に硬化しないこともある。特に、ガスケット付近のレンズ形成組成物の部分は、レンズ形成後にしばしば液体の状態を維持する。ガスケットはしばしば空気を通し、その結果として酸素がガスケットに浸透し、ガスケット付近に位置するレンズ形成材料の一部に接触するものと考えられる。酸素は重合処理を阻害する傾向にあるため、レンズが形成されたときにガスケット付近のレンズ形成組成物の一部が未硬化の状態を維持する傾向にある。ウェット・エッジの問題には、本願に引用して援用する米国特許第5,529,728号(Buazza他)および米国特許第5,989,462号(Buazza他)に記載されている様々な方法で対処されてきた。

【0297】

紫外線のパルスを使用することによってレンズ形成組成物を硬化する方法は、本願に引用して援用する米国特許第6,022,498号に記載されている。

【0298】

様々な強度の紫外/可視光線を吸収する物質(以後「活性化光吸収化合物」と称する)を眼鏡レンズに使用して紫外/可視光線が眼鏡レンズを透過するのを阻止することができる。当該眼鏡レンズは、紫外/可視光線が、レンズを着用しているユーザの目に到達するのを有利に阻止する。活性化光を用いて、活性化光吸収組成物を含むレンズ形成組成物の重合を開始する眼鏡レンズの硬化については、本願に引用して援用する米国特許第5,989,462号に詳細に記載されている。

【0299】

次に図27を参照すると、参照番号800は、大容量レンズ硬化装置全体を示す。図27に示されるように、レンズ形成装置800は、少なくとも第1のレンズ硬化ユニット81

10

20

30

40

50

0 および第2のレンズ硬化ユニット820を含む。レンズ形成装置は、随意にアニール・ユニット830を含む。他の実施形態では、後硬化ユニットはレンズ硬化装置の一体部品ではない個別的な装置でありうる。第1および/または第2のレンズ硬化ユニット内に搬送システム850を配置することができる。搬送システム850は、上述したような型アセンブリを第1のレンズ硬化ユニット810から第2のレンズ硬化ユニット820に輸送することを可能にするように構成されている。

【0300】

レンズ硬化ユニット810および820は、活性化光を生成するための活性化光源を含む。ユニット810および820に配置される活性化光源は、好ましくは型アセンブリに光を当てるように構成される。アニール・ユニット830は、レンズ形成材料の重合時に生じる応力を少なくとも部分的に再現または緩和するために熱を加えるように構成されている。アニール・ユニット830は、一実施形態において、熱源を含む。コントローラ840はプログラム式論理コントローラ、例えばコンピュータであってもよい。コントローラが実質的に同時に3つのユニット810、820および830を動作させることができるように、コントローラ840をレンズ硬化ユニット810および820、ならびに存在すればアニール・ユニット830に結合させることができる。

10

【0301】

図28に示されるように、第1の硬化ユニット810は、上部光源812および下部光源814を含むことができる。図29は、第1の硬化ユニット810の破断上面図である。図29に示されるように、第1の硬化ユニット810の光源812および814は、複数の活性化光生成デバイスまたはランプを含むことができる。一実施形態では、図29に示されるように、ランプが互いに近接して配置されて一列の光を形成する。ランプは実質的にU形ランプであるが、ランプは線形、円形、または第1の硬化ユニットに配置されるレンズ形成アセンブリに対する均一な照射を可能にする他の任意の形状をとることができることを理解されたい。一実施形態では、3つまたは4つのランプを配置して、硬化対象となる型アセンブリの全面に実質的に均一に照射を行う。ランプは活性化光を生成することができる。

20

【0302】

ランプを最適な取付装置811で支持し、または該取付装置に電気的に接続することができる。ランプ812および814は紫外線、化学線、可視光線および/または赤外線を生成することができる。ランプの選択は、好ましくはレンズ形成組成物に使用されるモノマーに基づいて行われる。一実施形態では、蛍光ランプにより活性化光を生成することができる。蛍光ランプは、好ましくは380nmから490nm領域に強い発光スペクトルを有する。上記の波長を有する活性化光を当てる蛍光ランプは、型式番号FB290D15/ACT/2PCとしてLCDライティング社(コネチカット州Orange)から市販されている。

30

【0303】

いくつかの実施形態では、活性化光源が使用時に頻繁にオン・オフされることがある。取付装置811は、蛍光ランプを頻繁にオン・オフさせる電子ハードウェアをも含むことができる。前述のような安定器システムを使用して、ランプを動作させることができる。いくつかの実施形態では、ランプ811間にバリヤ815を配置することができる。該バリヤは、1つのランプ集合体から他のランプ集合体への活性化光の通過を阻止するように構成されている。このようにして、ランプ集合体を他のランプ集合体から光学的に隔離することができる。ランプを個別の安定器システムおよびコントローラに接続することができる。したがって、ランプを互いに独立して動作させることができる。これは、異なる初期硬化シーケンスを必要とするレンズを同時に処理しているときに有用であるといえる。バリヤ815は、1つのランプ集合体から、他のランプ集合体の下に配置される型アセンブリへの光の通過を阻止することができる。

40

【0304】

いくつかの実施形態では、少なくとも4つの個別に制御可能なランプまたはランプ集合体

50

を第1の硬化ユニットに配置することができる。ランプは、左側および右側上部位置、ならびに左側および右側下部位置に配置できる。表12に示すように、処方に応じて様々な初期硬化条件が必要になる。場合によっては、左側眼鏡レンズには、右側眼鏡レンズの初期硬化条件と実質的に異なる初期硬化条件が必要になることもある。両側のレンズを実質的に同時に硬化させるために、4つのランプ集合体を個別に制御することができる。例えば、右側のランプ集合体を作動させて、型アセンブリの背面のみに光を当てると同時に、左側のランプ集合体を作動させて型アセンブリの両側に光を当てることができる。このようにして、左側および右側の眼鏡処方が異なる初期硬化条件を必要とする一対の眼鏡レンズを実質的に同時に硬化させることができる。したがって、レンズは処理全体を通じて同一の型アセンブリ・ホルダに有利に保持されうるため、製造プロセスがより簡素化し、ジョブ追跡およびハンドリング要件が最小限に抑えられる。

10

【0305】

型アセンブリの配置および搬送を容易にするために、型アセンブリ・ホルダを使用することができる。図30には型アセンブリ・ホルダ900の等角投影図が示されている。型アセンブリ・ホルダは、型アセンブリ930を保持するように構成される少なくとも1つの、好ましくは2つの部分910および912を含む。一実施形態では、部分910および912は、標準的な型アセンブリを保持するように構成されるプラスチックまたは金属ブロックに機械加工された窪みである。型アセンブリを該窪みに配置することができる。当該窪みの利点は、第1および第2の硬化ユニット810および820における硬化のための最適位置に型アセンブリを配置することができることである。

20

【0306】

窪み910および920は、型アセンブリが活性化光源の上または下に配置されるときに実質的にすべての型に活性化光が照射されるように、型アセンブリを保持する大きさに設定されうる。型アセンブリ・ホルダは、型アセンブリ・ホルダを通じて伸びる開口部を含むことができる。該開口部は、型アセンブリ・ホルダを介して型アセンブリに活性化光を照射できるように、窪み910および912に配置される。いくつかの実施形態では、開口部は、型の直径と実質的に等しい直径を有する。したがって、開口部は、実質的に型の表面領域全体に活性化光を当てることができる。他の実施形態では、開口部の直径を型の直径より実質的に小さくすることができる。この点において、開口部は、型の外縁に接触する光の量を減少させる開口として機能することができる。これは、縁より型の中央部により多くの活性化光が照射されるようにして硬化を開始させる正レンズの硬化に対して特に有用であるといえる。窪みは、本体において、型アセンブリが窪みに配置されたときに型アセンブリ・ホルダの上面と水平になるか、またはその下にくるような深さに達することができる。これは、型アセンブリ・ホルダに低垂直断面を与え、大容量システムの硬化ユニットを低垂直断面で構成することを可能にする。このようにして、ユニットの大きさを最小限に抑えることができる。

30

【0307】

型アセンブリ・ホルダ900は、型アセンブリの未組立部品（例えば型およびガスケット）を保持するためのさらなる機械加工済窪みを含むこともできる。型アセンブリのアセンブル時に、オペレータは、典型的にはアセンブルに先立って型およびガスケットを確認し、洗浄することになる。型とガスケットが混ざり合う可能性を最小限に抑えると共に、型を洗浄した後の再汚染を最小限に抑えるために、型アセンブリ・ホルダ900は、様々なコンポーネントを保持する部分を含む。図30に示されるように、型アセンブリ・ホルダ900に窪み922、924、926および928を形成することもできる。型およびガスケットの配置を容易にするために、窪みをラベル標示することができる。例えば、窪み922を左側レンズ、前方型とラベル標示、窪み924を左側レンズ、後方型とラベル標示し、窪み928を右側レンズ、前方型とラベル標示し、窪み926を右側レンズ、後方型とラベル標示することができる。窪み922、924、926および928の他の様々なラベル標示および配置を用いることができる。これは、オペレータが不適切な型を使用して型アセンブリを組み立てることによるミスを防ぐのに役立つ。

40

50

【0308】

型アセンブリ・ホルダは、ジョブ・チケットを保持するための場所をも含むことができる。ジョブ・チケットは、型アセンブリの側面に装着されるホルダ内に配置される。あるいは、ジョブ・チケットは、型アセンブリの側面にチケットを貼付することを可能にする接着剤を有する。ジョブ・チケットは、処方情報、型ID番号、ガスケットID番号、時間、日付および形成されるレンズの種類のような情報を含むことができる。ジョブ・チケットはジョブ番号をも含むことができ、ジョブ番号は、処方がコントローラに入力されたときにコントローラによって生成されるジョブ番号に対応することができる。UPCコード化スキームを用いてジョブ番号を示すこともできる。ジョブ・チケットにUPCコードを用いることにより、バー・コード・スキャナを使用して、型アセンブリ・ホルダに配置された型アセンブリに対応するジョブ番号を定めることが可能になる。

10

【0309】

型アセンブリ・ホルダ900とコンベヤ・システム850を併用して第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットに型アセンブリを移すことができる。第2の硬化ユニットは、第1の硬化ユニットによって硬化が開始された後に活性化光および熱を型アセンブリに加えるように構成される。このようにして2つの硬化ユニットを使用することにより、表11に示されるシーケンスの如き硬化シーケンスの適用が容易になる。これらの実施形態では、型アセンブリに活性化光の開始照射を施し、続いて活性化光の後硬化照射および加熱を行う。初期照射は、約7から90秒間継続されうる。初期照射を施した後、約5から15分間にわたって、型アセンブリに活性化光および熱の両方を加える。多くの場合、後硬化条件の下で、より長時間にわたって型アセンブリに処理を施しても、形成済レンズの品質にさほど大きな効果をもたらされることはない。したがって、第2の硬化ユニットは、型アセンブリが第2のユニットにおいて費やす時間が約5分間以上になるように設計される。

20

【0310】

動作時に、型アセンブリまたは型アセンブリ・ホルダをコンベヤ・システムに配置し、型アセンブリを第1の硬化ユニット810内の位置まで移動させる。第1の硬化ユニット810において、型アセンブリは、例えば表11に示されるようなレンズの処方に基づく光の初期照射を受ける。型アセンブリがそれぞれの初期照射を受けた後に、コンベヤ・システム850によって型アセンブリを第2の硬化ユニットに移動させる。第2の硬化ユニットにおいて、型アセンブリを活性化光および熱で処理する。型アセンブリが第2の硬化ユニット全体を通過するのに要する時間は、後硬化時間以上とすることができる。

30

【0311】

一実施形態では、コンベヤ・システムは第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットに伸びる単一の連続システムでよい。レンズ形成装置800の動作時に、一連の型アセンブリを装置に配置できるものと想定される。図32は、一連の型アセンブリ・ホルダ900が第1および第2の硬化ユニットを移動しているシステムの上方破断図である。任意の所定の処方レンズの硬化は、第1の硬化ユニットにおいて90秒以内で終了するため、図27に示されるように、第2のユニットは、複数の型アセンブリを保持する四角形のユニットとしてなっているもよい。第2の硬化ユニットの長さは、第1のユニットにおける各型アセンブリに必要な時間によって決定づけられる。コンベヤ・システムは単一の連続ユニットであるため、型は、第1の硬化ユニットにおいて費やされる時間に匹敵する分だけ第2の硬化ユニット内を移動することになる。したがって、型は、第1の硬化ユニットの硬化サイクルが終了し、型アセンブリまたは型アセンブリ・ホルダが第2の硬化ユニットにまで移動するときに限って移動する。

40

【0312】

一実施形態では、上述したように、型アセンブリ・ホルダ900に型アセンブリを配置する。型アセンブリ・ホルダは、所定の長さ(L_H)を有する。型アセンブリを型アセンブリ・ホルダに装着した後で、型アセンブリ・ホルダをコンベヤ・システム850に配置し、第1の硬化ユニットまで移動させることができる。型アセンブリ・ホルダは、所定の最

50

小時間、すなわち開始時間（ T_I ）にわたって第1の硬化ユニット内にとどまることになる。例えば、たいていのレンズ形成組成物、および上記処方については、この最大時間は約90秒間となる。初期硬化が行われた後に、その型アセンブリ・ホルダを第2の硬化ユニットまで移動させ、他の型アセンブリ・ホルダを第1の硬化ユニットまで移動させる。レンズ形成組成物を適切に硬化させるために、型アセンブリは、最小時間、すなわち後硬化時間（ T_P ）にわたって第2の硬化ユニットにとどまることが必要になる。したがって、以下の式を利用し、これらの所定値で第2の硬化ユニット（ L_{SC} ）の必要な最小限の長さを計算することができる。

$$L_{SC} = L_H \times (T_P / T_I)$$

この式に基づいた長さの第2の硬化ユニットを構成することによって、適切な量の後硬化が行われた後に、型アセンブリ・ホルダが第2の硬化ユニットから取り出されることになる。これにより、最小開始時間が適用されても、型アセンブリが後硬化状態を維持することになる。

【0313】

実際、形成されるレンズの処方および種類に基づいて開始時間が大きく異なる。例えば、表11には、約7秒から約90秒の範囲のいくつかの典型的な開始時間が開示されている。システムを最適化するために、最大所定開始時間に基づいて第2の硬化ユニットの長さを変えることができる。例えば、（ T_I ）は最小時間ではなく、硬化を開始させるのに可能な最大時間になる。実際、コンベヤ・システムは、可能な最大初期硬化サイクルに匹敵する時間間隔（例えば、上記組成物では約90秒間）で型アセンブリ・ホルダを第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットまで移動させるように構成されている。異なる初期硬化サイクルに対応するために、第1の硬化ユニットのランプにコントローラを結合することができる。コントローラは、最大初期硬化時間の終わりに初期硬化サイクルが終了するようにランプをオンにするように構成されている。しかしながら、例えば、最大初期硬化時間が90秒間の場合、処方およびレンズの種類によって必要とされる硬化時間はわずか7秒間である。ランプは、90秒の時間間隔が経過する7秒前まで（すなわち83秒間）オフの状態に保たれる。したがって、ランプは、最後の7秒間のみ作動する。これにより、実際の初期照射に関係なく、初期硬化の完了から第2の硬化ユニットへの入力までの時間間隔が同じになる。したがって、第2の硬化ユニットの長さを調節して、このタイプの硬化シーケンスに対応することができる。

【0314】

他の実施形態では、コンベヤ・システムは、独立的に動作する2つのコンベヤを含むことができる。第1のコンベヤは、型アセンブリ・ホルダまたは形成型アセンブリを第1の硬化ユニットから第2の硬化ユニットに搬送するように構成されている。第2のコンベヤは、第2の硬化ユニット内に配置される。第2のコンベヤは、第2の硬化ユニットを通じて型アセンブリまたは型アセンブリ・ホルダを搬送するように構成されている。このように、第2の硬化ユニットを初期硬化時間とは無関係に設計することができる。その代わりに、第2の硬化ユニットの長さは、典型的な後硬化シーケンスに必要な時間に基づくものとすることができる。したがって、第2のコンベヤ・システムを動作させる速度と、後硬化に必要な時間によって第2の硬化ユニットの長さを決定することができる。これは、また、オペレータが他の硬化ユニットと無関係に硬化ユニットを動作させることを可能にする。

【0315】

コンベヤ・システムは、型アセンブリまたは型アセンブリ・ホルダ（例えば型アセンブリ・ホルダ900）を、第1および第2の硬化ユニットを通じて搬送するように構成されている。レンズ形成装置から硬化ユニットが取り除かれたコンベヤ・システムの図が図31に示されている。該コンベヤ・システムは、型アセンブリ・ホルダを搬送するためのプラットフォームを含む。該プラットフォームは、型アセンブリ・ホルダ900が第1および第2の硬化ユニットを通過する際にそれを支えるように構成されている。一実施形態では、プラットフォームは、レンズ形成装置の長さに沿って伸びる2つのレール852から形成される。レール852は、任意の幅を有するが、活性化光がレール852を通過して型ア

センブリ・ホルダ 900 上の型アセンブリに到達することを可能にする距離間隔を設けて配置される必要がある。

【0316】

コンベヤ・システムは、型アセンブリ・ホルダ 900 と相互作用するように構成される可撓性部材 854 (例えばベルトまたはチェーン) を含む。該軟質材は、型アセンブリ・ホルダと相互作用し、型アセンブリ・ホルダをプラットフォームに沿って引いたり押ししたりする。図 33 は、可撓性部材の一部の拡大図である。この実施形態では、可撓性部材は、チェーンに沿って所定の位置に配置されるいくつかの突起 856 および 858 を含むチェーン 854 から構成される。突起は、型アセンブリ・ホルダと相互作用するように構成されている。一実施形態では、型アセンブリ・ホルダは、底面に沿って隆起部を含むことができる。隆起部は、チェーンが適切な位置まで移動したときに突起と相互作用する。可撓性部材はチェーンとして示されているが、ゴム・ベルトの如き他の材料で形成されたものであってもよいことを理解されたい。

10

【0317】

レンズ形成装置の対向する末端に配置される一対の車輪または歯車に可撓性部材 854 を結合することができる。図 33 は、レンズ形成装置の末端に配置された歯車の上に静置された可撓性部材の一部を示す図である。車輪または歯車を回転させることによって、可撓性部材をレンズ形成装置に沿って移動させることができる。車輪または歯車を手動で回転させるかまたはモータに結合することもできる。図 34 は、第 2 の硬化ユニットの末端にモータ 851 が結合されたレンズ形成装置を示す図である。該モータは、モータを動作させることによって可撓性部材を移動させることができるように、可撓性部材に結合できる。モータ 851 は、レンズ形成装置の長さに沿って可撓性部材を引いたり押ししたりすることができる。

20

【0318】

第 2 の硬化ユニットは、型アセンブリが第 2 の硬化ユニットを通過する際に型アセンブリに熱および活性化光を加えるように構成されている。第 2 の硬化ユニットは、活性化光を型アセンブリの上部、下部、または上部および下部に当てるように構成されている。図 28 および図 35 に示されるように、第 2 の硬化ユニットは、一列の活性化光生成ランプ 822 および加熱システム 824 を含むことができる。一列のランプは、第 2 の硬化ユニットの全長にわたって伸びる実質的に直線の 1 つまたは複数の蛍光ランプを含むことができる。第 2 の硬化ユニットにおける活性化光源は、第 1 の硬化ユニットにおける活性化光源と同じスペクトル出力を有する光を生成することができる。スペクトル出力とは、ランプによって生成される光の波長範囲、および生成される特定波長における光の相対強度を表す。あるいは、一連のより小さなランプを硬化ユニットに配置することができる。いずれの場合も、型アセンブリが第 2 の硬化ユニットを通過する際に活性化光を受けるようにランプを配置する。加熱ユニットは、抵抗加熱器、温風システム、温水システムまたは赤外線加熱システムでよい。加熱システム内に空気分配機 826 (例えばファン) を配置して第 2 の硬化ユニット内の空気の循環を促すことができる。第 2 の硬化ユニット内の空気を循環させることによって、第 2 の硬化ユニット内の温度をより均一にすることができる。

30

【0319】

いくつかの実施形態では、レンズ形成装置にアニール・ユニットを結合することもできる。図 27 に示されるように、アニール・ユニット 830 を第 2 の硬化ユニットの上に配置することができる。あるいは、アニール・ユニットを第 1 または第 2 の硬化ユニットの下、あるいはそれに沿って配置することができる。アニール・ユニットは、熱、および随意に光を加えて、型抜きされたレンズをアニールするように構成される。活性化光によって硬化されたレンズを型アセンブリから取り出すと、レンズは応力を受けた状態になる。レンズにアニール処理を施して、硬化時に生じる内部応力を緩和することによりレンズの倍率をより迅速に最終固定倍率にすることができるものと考えられる。アニールを行う前は、レンズは、所望の最終固定倍率と異なる倍率を有する可能性がある。アニール処理は、レンズにおける応力を軽減することで、レンズの倍率を所望の最終固定倍率に変化させる

40

50

ものと考えられる。好ましくは、アニール処理は、約10分以下の時間にわたって約200°Fから225°Fの温度にレンズを加熱することを含む。アニール時間は、アニール・ユニットの温度に応じて変化しうることを理解すべきである。一般に、アニール・ユニットの温度が高いほど、アニール処理が短時間で終了する。アニール処理時間は、所定の温度において、形成済レンズが最終固定倍率になるようにそれをアニールしなければならない時間に基づいて、あらかじめ決定される。

【0320】

図27に示される実施形態では、アニール・ユニットを第2の硬化ユニットと同様になっていてもよい。図35を参照すると、アニール・ユニットは、型抜きされたレンズにアニール・ユニットを移動させるためのコンベヤ・システム832を含むことができる。型抜きされたレンズを、第1および第2の硬化ユニットに使用したのと同じ型アセンブリ・ホルダに配置することができる。型アセンブリ・ホルダ900は、型アセンブリおよび/または型抜きされたレンズを保持するように構成される。アニール・ユニットは、加熱素子834(図28)を含む。加熱素子は、アニール・ユニット全体に空気を循環させるための空気分散機836を含むことができる。

10

【0321】

アニール・ユニットは、型アセンブリ・ホルダがアニール・ユニットを通じて輸送される速度、およびアニール処理に要する時間によって決定される長さを有する。例えば、上述した組成物のいくつかにおいては、レンズをその最終固定倍率にするのに約10分間の時間が費やされる。したがって、アニール・ユニットのコンベヤ・システムは、型抜きされたレンズが約10分間を費やしてアニール・ユニット内をその長さに沿って移動するように構成される。第1および第2の硬化ユニットについて上述したシステムと類似したコンベヤ・システムを使用することができる。

20

【0322】

コントローラ840は、レンズ硬化ユニットの動作を制御するように構成されている。コントローラは、レンズ硬化処理を通じて、(i)処方に基づいて、第1の硬化ユニットに必要とされる光の初期照射量を決定すること、(ii)決定された照射量に十分匹敵する強度および持続時間で活性化光を当てること、(iii)決定された第2の硬化ユニットの照射量に十分匹敵する強度および持続時間で活性化光を当てること、(iv)ランプ光源を個別に、かつ適切な時間にオン・オフすること、および(v)適切な光フィルタを処方に基づいて適切な位置まで移動させることなどを含むが、それらに限定されないいくつかの機能の一部および/またはすべてを実行することができる。これらの機能は、型アセンブリ・ホルダ上に配置されたジョブ・チケットからバー・コード・リーダによって読み出された情報に応じて実行できる。この情報は、処方情報を含むことができ、コントローラ840によって初期硬化条件に関連づけることができる。

30

【0323】

コントローラは、システムを移動する型アセンブリ・ホルダの流れを制御することもできる。コントローラは、型アセンブリ・ホルダに関連するジョブ番号を決定するための監視デバイスを含むことができる。図29は、第1の硬化ユニット付近でレンズ形成装置に結合される監視デバイス817を示す図である。監視デバイスは、レーザまたは赤外線読取りデバイスであってもよい。いくつかの実施形態では、監視デバイスは、UPCバー・コードを読み取るためのバー・コード・リーダである。監視デバイスを第1の硬化ユニット内に配置することができる。型アセンブリ・ホルダをコンベヤ・システムに配置するときには、監視デバイスがジョブ・チケットに印刷されたジョブ番号を読み取ることができるような位置に型アセンブリ・ホルダを移動することができる。一実施形態では、ジョブ番号はUPCバー・コードの形式を有する。監視デバイスをコントローラに結合することができる。コントローラは、型アセンブリ・ホルダから読み取られたジョブ番号を用いて、第1の硬化ユニットに転送されているジョブに必要な硬化条件を決定することができる。上述したように、ジョブ番号は、既にコントローラに入力した処方に対応することができる。このように、正しいパラメータを入力するオペレータに頼ることなく適切な硬化条件を

40

50

達成することができる。

【0324】

ジョブ番号を監視することの利点は、ランプの不測の使用を回避できることである。監視デバイスが第1の硬化ユニット内に配置される場合は、コントローラは、ジョブ・チケットが検出されるまで第1の硬化ユニット・ランプの作動を防ぐことができる。ジョブ・チケットの検出は、型アセンブリ・ホルダが、第1の硬化ユニット内の適切な位置に配置されていることを示唆する。型アセンブリ・ホルダが第1の硬化ユニット内に配置されると、第1の硬化ユニットのランプが作動して硬化を開始させることができる。ジョブ・チケットが検出されない場合は、装置は、型アセンブリ・ホルダが第1の硬化ユニットに挿入されるまで待機モードで待機することになる。

10

【0325】

上述のレンズ硬化システムを先述の実施形態の特徴のいずれかと併用できることを理解すべきである。

【0326】

プラスチック眼鏡レンズの反射防止膜

上述の材料から形成されたプラスチック眼鏡レンズでは、レンズへの入射光の一部を眼鏡レンズに透過させずに眼鏡レンズから反射させることができる。プラスチック眼鏡レンズでは、入射光の約15%までの光を眼鏡レンズ表面から反射させることができる。プラスチック眼鏡レンズからの光の反射を低減させるために、薄膜をレンズに付着させることができる。当該膜を反射防止コーティング膜と呼ぶことができる。反射防止膜は、表面の反射率を低減することができる(すなわち、膜/基板境界の光の透過を高めることができる)。

20

【0327】

ガラス材料の反射ロスを低減するための多くの手法が開発されてきたが、プラスチックに反射防止膜を形成するために有用な技術は非常に少ない。プラスチック材料に反射防止膜を形成するために蒸着技術が商業的に利用されてきたが、これらの技術にはいくつかの欠点がある。蒸着技術の使用に伴ういくつかの欠点としては、蒸着設備のための投資費用が比較的大きいこと、大きな空間を必要とすること、およびサイクル時間が比較的に長いことが挙げられる。

【0328】

レンズに反射防止膜を形成するための反応性液体組成物が既に研究されている。既に開示されている溶液の多くは、それを基板に塗布した後に反射防止膜を高温に加熱することを必要とする。場合によっては、当該溶液を硬化する温度が約200を上回ることになる。当該温度は、ガラス基板のコーティングに好適であるといえるが、たいいていのプラスチック・レンズ基板が耐えうる温度より高い。

30

【0329】

米国特許第4,929,278号および4,966,812号には、まず $SiO_2 - B_2O_3 - Al_2O_3 - BaO$ 系のエタノール・ゲルを合成した後に、ゲルを再び液状化させることによってプラスチック基板に反射防止膜を蒸着する方法が記載されている。この物質をプラスチック基板に塗布し、熱的に乾燥させて低屈折率の多孔膜を形成することができる。しかし、当該膜は耐摩耗性が劣ると共に、形成するのに数週間を要する可能性がある。

40

【0330】

米国特許第5,580,819号および第5,744,243号には、膜を形成するための組成物、およびガラス、セラミックス、金属および有機重合材料などの固体基板に単層の広帯域反射防止膜を形成する方法が開示されている。本方法は、酸触媒ゾル・ゲル・コーティング組成物および水溶性金属塩を固体基板の表面に塗布し、膜を形成するのに十分な時間にわたって電解水溶液で塗布膜を硬化させることを含む。しかし、電界水溶液による処理は数日間を要するため、この2段階の膜組成物の形成は時間のかかる方法であるといえる。

50

【0331】

基板に反射防止膜を形成するのに紫外線硬化性液体組成物を使用すると、上述の蒸着技術に比べていくつかの利点を得られる。特に、装置費用が最小限に抑えられると共に、塗布対象となるプラスチック品目の形状または透明性の応用技術による変更が最小限に抑えられる傾向にある。さらに、本発明の液体組成物は、約10分間未満の時間で硬化できる。最後に、本発明の液体組成物は、様々な可視光線透過基板に付着させることができる。当該基板はガラスまたはプラスチックからなっているいてもよい。本明細書に記載する反射防止膜を形成するための液体組成物は、窓、テレビ画面のガラスの外表面およびコンピュータ・モニタを含むいくつかの可視光線透過基板に塗布できることを理解すべきである。該液体組成物を使用して、レンズ、好ましくはプラスチック・レンズ、より好ましくはプラスチック眼鏡レンズに反射防止膜を形成することができる。

【0332】

一実施形態では、基板に紫外線硬化性液体組成物を塗布し、その組成物を硬化させることによってプラスチック・レンズに単層の膜を形成することができる。以下に記載される手順はプラスチック・レンズのコーティングを示すものであるが、該手順を適用して上述の基板のうちの任意の基板にコーティングできることを理解すべきである。硬化組成物は、基板に（例えば約500nm未満の）薄層を形成することができる。硬化組成物の層は、該薄層が基板の屈折率より小さい屈折率を有する場合に反射防止特性を有する。これは、可視光線の透過量の増加を制限することが許容される多くの用途に十分に通用しうるものである。しかし、単層の反射防止膜は、プラスチック・レンズに対する接着性が劣る。組成を変更することによってプラスチック・レンズに対する接着性を向上させようとする、単層の反射防止膜の屈折率が上昇し、当該層の効力が低下することがある。

【0333】

多層の反射防止膜を使用することによってより良好な反射防止特性および接着性を達成することができる。一実施形態では、コーティング層の二層積層体を反射防止膜として使用することができる。第1のコーティング層をプラスチック・レンズの表面に形成することができる。レンズの表面に第1の組成物を塗布し、続いて第1の組成物を硬化させることによって第1のコーティング層を形成することができる。第1のコーティング層は、プラスチック・レンズの屈折率より大きい屈折率を有する材料で形成できる。第2のコーティング層を第1のコーティング層の上に形成することができる。第1のコーティング層に第2の組成物を塗布し、第2の組成物を硬化させることによって第2のコーティング層を形成することができる。第2のコーティング層は、第1のコーティング層の屈折率より小さい屈折率を有する材料で形成できる。第1のコーティング層および第2のコーティング層は、共に、反射防止膜として作用しうる積層体を形成する。第1および第2のコーティング層は、共に、約500nm未満の厚さを有する積層体を形成することができる。

【0334】

一実施形態では、金属アルコキシドまたは金属アルコキシドの混合物を含むコーティング組成物から第1のコーティング層を形成することができる。金属アルコキシドは、一般式 $M(Y)_p$ を有する（ただし、Mはチタン、アルミニウム、ジルコニウム、ホウ素、スズ、インジウム、アンチモンまたは亜鉛、YはC₁~C₁₀のアルコキシまたはアセチルアセトネート、pはMの価数に相当する整数である）。いくつかの実施形態では、Mはチタン、アルミニウム、ホウ素またはジルコニウム、YはC₁~C₅のアルコキシ（例えばメトキシまたはエトキシ）である。金属アルコキシドの例としては、アルミニウムトリセキド、チタニウム(IV)イソプロポキシド、チタニウム(IV)ブトキシド、ジルコニウム(IV)プロポキシド、チタニウムアリルアセトアセテートトリイソプロポキシドおよびトリメチルポラートなどが挙げられるが、それらに限定されない。ゾル・ゲル（すなわち溶液-ゲル化）法を用いることによって第1のコーティング層を形成することができる。金属アルコキシドは、水またはアルコールと反応すると、加水分解および凝縮反応して重合体ネットワークを形成する。重合体ネットワークが形成されると、溶媒が追い出される。重合体ネットワークは、ゲルが形成されるまで成長し続ける。加熱ま

たは紫外線照射が行われると、金属アルコキシド・ゲルは密度を高めて、プラスチック・レンズ上の硬化膜になる。

【0335】

硬化した第1のコーティング層は、金属アルコキシドのゾル・ゲル反応から形成された場合は、プラスチック・レンズより大きな屈折率を有することになる。例えば、たいていのプラスチック・レンズは、約1.5から約1.7の屈折率を有する。第1のコーティング層は、金属アルコキシドから形成された場合は、1.7より大きな屈折率を有する。金属アルコキシドを使用することの利点は、レンズの表面に高屈折率の膜を形成できることである。金属アルコキシドを使用することにより達成される他の利点は、支持基板に対する接着性が向上することである。多くの反射防止膜についての一般的な問題は、支持基板に対する接着性が劣ることである。これは、プラスチック基板に形成された膜について特に当てはまるが、ガラス基板についても接着性が問題となる。金属アルコキシドを使用することによって、プラスチック基板とガラス基板の両方に対するコーティング材の接着性が向上する。したがって、金属アルコキシドを使用することにより、反射防止膜の耐用性を向上させる。

10

【0336】

金属アルコキシドを有機溶媒に溶解または懸濁させ、実質的にプラスチック・レンズに付着させることができる。コーティング組成物は、有機溶媒に溶解または懸濁した金属アルコキシドを含むことができる。コーティング組成物は、約10重量%以下の金属アルコキシドを含み、組成物の残りの成分は有機溶媒および以下に記載する添加剤化合物からなっているとしてもよい。一実施形態において、好適な有機溶媒は、水と混合することが可能であると共に、金属アルコキシドに対する反応性を実質的に有さない。当該溶媒の例としては、エチルアセテート、エーテル（例えばテトラヒドロフランおよびジオキサン）、 $C_1 \sim C_6$ アルカノール（例えばメタノール、エタノール、1-プロパノールおよび2-プロパノール）、アルコキシアルコール（例えば2-エトキシエタノール、2-(2-メトキシエトキシ)エタノール、2-(2-エトキシメトキシ)エタノール、および1-メトキシ-2-プロパノール）、ケトン（例えばアセトン、メチルエチルケトン、およびメチルイソブチルケトン）、またはこれらの化合物の混合物が挙げられるが、それらに限定されない。

20

【0337】

他の実施例では、第1の組成物はシラン・モノマーを含むことができる。シラン・モノマーは、 $R_m Si X_{4-m}$ の一般構造を有する（ただし、Rは $C_1 \sim C_{20}$ のアルキル、 $C_1 \sim C_{20}$ のハロアルキル、 $C_2 \sim C_{20}$ のアルケニル、 $C_2 \sim C_{20}$ のハロアルケニル、フェニル、フェニル($C_1 \sim C_{20}$)アルキル、 $C_1 \sim C_{20}$ のアルキルフェニル、フェニル($C_2 \sim C_{20}$)アルケニル、 $C_2 \sim C_{20}$ のアルケニルフェニル、グリシドキシ($C_1 \sim C_{20}$)アルキル、エポキシシクロヘキシル($C_1 \sim C_{20}$)アルキル、モルフォリノ、アミノ($C_1 \sim C_{20}$)アルキル、アミノ($C_2 \sim C_{20}$)アルケニル、メルカプト($C_1 \sim C_{20}$)アルキル、メルカプト($C_2 \sim C_{20}$)アルケニル、シアノ($C_1 \sim C_{20}$)アルキル、シアノ($C_2 \sim C_{20}$)アルケニル、アクリロキシ、メタクリロキシまたはハロゲンとすることができる)。ハロまたはハロゲン置換基はプロモ、クロロまたはフルオロとすることができる。好ましくは、 R^1 は、 $C_1 \sim C_{10}$ のアルキル、 $C_1 \sim C_{10}$ のハロアルキル、 $C_2 \sim C_{10}$ のアルケニル、フェニル、フェニル($C_1 \sim C_{10}$)アルキル、 $C_1 \sim C_{10}$ のアルキルフェニル、グリシドキシ($C_1 \sim C_{10}$)アルキル、エポキシシクロヘキシル($C_1 \sim C_{10}$)アルキル、モルフォリノ、アミノ($C_1 \sim C_{10}$)アルキル、アミノ($C_2 \sim C_{10}$)アルケニル、メルカプト($C_1 \sim C_{10}$)アルキル、メルカプト($C_2 \sim C_{10}$)アルケニル、シアノ($C_1 \sim C_{10}$)アルキル、シアノ($C_2 \sim C_{10}$)アルケニル、またはハロゲンで、ハロまたはハロゲンはクロロまたはフルオロである。Xは水素、ハロゲン、ヒドロキシ、 $C_1 \sim C_5$ のアルコキシ、($C_1 \sim C_5$)アルコキシ($C_1 \sim C_5$)アルコキシ、 $C_1 \sim C_4$ のアシロキシ、フェノキシ、 $C_1 \sim C_3$ のアルキルフェノキシまたは $C_1 \sim C_3$ のアルコキシフェノキシで、前記ハロ

30

40

50

またはハロゲンハプロモ、クロロまたはフルオロとすることができ、 m は0から3の整数である。第1のコーティング組成物は、約5重量%以下のシラン・モノマーを含むことができる。

【0338】

シラン・モノマーの例としては、グリシドキシメチルトリエトキシシラン、 - グリシドキシエチルトリメトキシシラン、 - グリシドキシエチルトリエトキシシラン、 - グリシドキシエチルトリメトキシシラン、 - グリシドキシエチルトリエトキシシラン、 - グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、 - グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、 - グリシドキシプロピルトリメトキシシラン、 - グリシドキシプロピルトリエトキシシラン、 - グリシドキシプロピルジメチルエトキシシラン、メチルトリメトキシシラン、メチルトリエトキシシラン、メチルトリメトキシエトキシシラン、メチルトリアセトキシシラン、メチルトリプロポキシシラン、メチルトリプトキシシラン、エチルトリメトキシシラン、エチルトリエトキシシラン、 - メタクリロキシプロピルトリメトキシシラン、 - アミノプロピルトリメトキシシラン、 - アミノプロピルトリエトキシシラン、 - メルカプトプロピルトリメトキシシラン、クロロメチルトリメトキシシラン、クロロメチルトリエトキシシラン、ジメチルジエトキシシラン、 - クロロプロピルメチルジメトキシシラン、 - クロロプロピルメチルジエトキシシラン、テトラメチルオルソシリケート、テトラエチルオルソシリケート、当該シラン・モノマーの水解物、および当該シラン・モノマーとその水解物との混合物が挙げられるが、それらに限定されない。

【0339】

シラン・モノマーは、コロイド・シリカと共に、低屈折率シリコン系の膜を形成することができる。場合によっては、シラン・モノマーおよびコロイド・シリカを使用してレンズに単層の低屈折率コーティング層を形成することができる。しかし、シリコン・モノマーおよびコロイド・シリカを使用すると、支持基板に対する接着性が劣るシリコン系の膜が形成されやすい。シラン・モノマーまたはコロイド・シリカをも含有する組成物に金属アルコキシドを添加することにより、層の接着性を向上させることができる。他の実施形態では、多層積層体を形成することによって、シリコン系の膜の接着性を向上させることができる。該積層体は、金属アルコキシドから形成される第1のコーティング層を含むことができる。第1の層の上に、シラン・モノマーまたはコロイド・シリカから形成される第2の層を設けることができる。金属アルコキシド系の第1の層は、下部のレンズに対する積層体の接着を維持するのに役立つ接着層として作用する。

【0340】

さらに、シラン・モノマーおよびコロイド・シリカを金属アルコキシドと混合してコーティング組成物の屈折率を変化させることができる。典型的には、シラン・モノマーと金属アルコキシドの混合物を硬化してレンズにすると、金属アルコキシドから形成された膜より小さい屈折率を有する。

【0341】

いくつかの実施形態では、1つまたは複数のエチレン置換モノマーを第1の組成物に添加することができる。モノマーのエチレン置換基としては、 $C_1 \sim C_{20}$ のアルキルアクリレート、 $C_1 \sim C_{20}$ のアルキルメタクリレート、 $C_2 \sim C_{20}$ のアルケニルアクリレート、 $C_2 \sim C_{20}$ アルケニルメタクリレート、 $C_5 \sim C_8$ のシクロアルキルアクリレート、 $C_5 \sim C_8$ シクロアルキルメタクリレート、フェニルアクリレート、フェニルメタクリレート、フェニル($C_1 \sim C_9$)アルキルアクリレート、フェニル($C_1 \sim C_9$)アルキルメタクリレート、置換フェニル($C_1 \sim C_9$)アルキルアクリレート、置換フェニル($C_1 \sim C_9$)アルキルメタクリレート、フェノキシ($C_1 \sim C_9$)アルキルアクリレート、フェノキシ($C_1 \sim C_9$)アルキルメタクリレート、置換フェノキシ($C_1 \sim C_9$)アルキルアクリレート、置換フェノキシ($C_1 \sim C_9$)アルキルメタクリレート、 $C_1 \sim C_4$ のアルコキシ($C_2 \sim C_4$)アルキルアクリレート、 $C_1 \sim C_4$ のアルコキシ($C_2 \sim$

C₄) アルキルメタクリレート、C₁ ~ C₄ のアルコキシ (C₁ ~ C₄) アルコキシ (C₂ ~ C₄) アルキルアクリレート、C₁ ~ C₄ のアルコキシ (C₁ ~ C₄) アルコキシ (C₂ ~ C₄) アルキルメタクリレート、C₂ ~ C₄ のオキシラニルアクリレート、C₂ ~ C₄ オキシラニルメタクリレート、共重合性ジ、トリまたはテトラアクリレート・モノマー、および共重合性ジ、トリ、またはテトラメタクリレート・モノマーが挙げられるが、それらに限定されない。第 1 の組成物は約 5 重量% 以下のエチレン置換モノマーを含むことができる。

【0342】

当該モノマーの例としては、メチルメタクリレート、エチルメタクリレート、プロピルメタクリレート、イソプロピルメタクリレート、ブチルメタクリレート、イソブチルメタクリレート、ヘキシルメタクリレート、2-エチルヘキシルメタクリレート、ノニルメタクリレート、ラウリルメタクリレート、ステアリルメタクリレート、イソデシルメタクリレート、エチルアクリレート、メチルアクリレート、プロピルアクリレート、イソプロピルアクリレート、ブチルアクリレート、イソブチルアクリレート、ヘキシルアクリレート、2-エチルヘキシルアクリレート、ノニルアクリレート、ラウリルアクリレート、ステアリルアクリレート、イソデシルアクリレート、エチレンメタクリレート、プロピレンメタクリレート、イソプロピレンメタクリレート、ブタンメタクリレート、イソブチレンメタクリレート、ヘキセンメタクリレート、2-エチルヘキセンメタクリレート、ノネンメタクリレート、イソデセンメタクリレート、エチレンアクリレート、プロピレンアクリレート、イソプロピレン、ヘキセンアクリレート、2-エチルヘキセンアクリレート、ノネンアクリレート、イソデセンアクリレート、シクロペンチルメタクリレート、4-メチルシクロヘキシルアクリレート、ベンジル・メタクリレート、o-ブromoベンジルメタクリレート、フェニルメタクリレート、ノニルフェニルメタクリレート、ベンジルアクリレート、o-ブromoベンジルフェニルアクリレート、ノニルフェニルアクリレート、フェネチルメタクリレート、フェノキシメタクリレート、フェニルプロピルメタクリレート、ノニルフェニルエチルメタクリレート、フェネチルアクリレート、フェノキシアクリレート、フェニルプロピルアクリレート、ノニルフェニルエチルアクリレート、2-エトキシエトキシメチルアクリレート、エトキシエトキシエチルメタクリレート、2-エトキシエトキシメチルアクリレート、エトキシエトキシエチルアクリレート、グリシジルメタクリレート、グリシジルアクリレート、2,3-エポキシブチルメタクリレート、2,3-エポキシブチルアクリレート、3,4-エポキシブチルアクリレート、3,4-エポキシブチルメタクリレート、2,3-エポキシプロピルメタクリレート、2,3-エポキシプロピルアクリレート、2-メトキシエチルメタクリレート、2-エトキシエチルメタクリレート、2-ブトキシエチルメタクリレート、2-メトキシエチルアクリレート、2-エトキシエチルアクリレート、テトラヒドロフルフリルアクリレート、テトラヒドロフルフリルメタクリレート、エトキシ化ビスフェノール-A-ジメタクリレート、エチレングリコールジアクリレート、1,2-プロパンジオールジアクリレート、1,3-プロパンジオールジアクリレート、1,2-プロパンジオールジメタクリレート、1,3-プロパンジオールジメタクリレート、1,4-ブタンジオールジアクリレート、1,3-ブタンジオールジメタクリレート、1,4-ブタンジオールジメタクリレート、1,5-ペンタンジオールジアクリレート、2,5-ジメチル-1,6-ヘキサジオールジメタクリレート、ジエチレングリコールジアクリレート、ジエチレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリメタクリレート、テトラエチレングリコールジアクリレート、テトラエチレングリコールジメタクリレート、ジプロピレングリコールジメタクリレート、トリメチロールプロパントリアクリレート、グリセロールトリアクリレート、グリセロールトリメタクリレート、ペンタエリスリトールトリアクリレート、ペンタエリスリトールジメタクリレート、ペンタエリスリトールテトラクリレートおよびペンタエリスリトールテトラメタクリレートが挙げられる。

【0343】

第 1 の組成物はアミンをも含むことができる。反射防止膜への導入に適したアミンの例と

しては第三級アミンおよびアクリル化アミンが挙げられる。アミンが存在すると反射防止膜組成物が安定する傾向がある。反射防止膜組成物は使用前に調製して貯蔵することができる。いくつかの実施形態では、反射防止膜組成物は、組成物における様々な成分の相互作用により徐々にゲル化する。アミンの添加により、後に形成される膜の反射防止特性に著しく影響することなくゲル化速度が低減される傾向がある。第1の組成物は、約5重量%以下のアミンを含むことができる。

【0344】

第1の組成物は、コロイド・シリカも含むことができる。コロイド・シリカは、溶媒にシリカ粒子が懸濁したものである。シリカ粒子の粒径は約1ナノメートルから約100ナノメートルとすることができる。アモルファス・シリカを水、極性溶媒、または水と極性溶媒の混合物に分散させることができる。使用できるいくつかの極性溶媒としては、エタノール、イソプロパノール、ブタノール、エチレングリコール、およびこれら溶媒の混合物が挙げられるが、それらに限定されない。コロイド・シリカの一例としては、日産化学ヒューストン社（テキサス州ヒューストン）から、スノーテクスという商品名で市販されているものがある。第1の組成物は、約5重量%以下のコロイド・シリカを含むことができる。

10

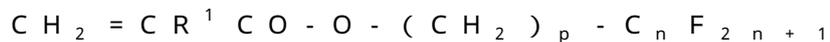
【0345】

第1の組成物は、光開始剤および/または共開始剤をも含むことができる。光開始剤および共開始剤の例については既に記載した。約1重量%以下の第1の膜組成物は、光開始剤、または光開始剤と共開始剤の組合せを含むことができる。

20

【0346】

第1の組成物は、フッ化エチレン置換モノマーをも含むことができる。フッ化エチレン置換モノマーは以下の一般構造を有する：



(式中、 R^1 はHまたは $-\text{CH}_3$ であり、 p は1または2であり、 n は1~40の整数である。)フッ化エチレン置換モノマーの例としては、トリヒドロパーフルオロヘプチルアクリレートおよびトリヒドロパーフルオロヘプチルアクリレートが挙げられるが、それに限定されない。プラスチック・レンズに付着させる組成物にフッ化エチレン置換モノマーを添加することにより膜の疎水性を向上させることができる。疎水性とは、水を排除する基板の能力を意味する。フッ化エチレン置換モノマーを組成物に添加することにより、水との接触による劣化に抵抗する塗布基板の能力を高めることができる。

30

【0347】

第1の組成物をプラスチック・レンズの片面または両面に付着させることができる。既に記載したコーティング・ユニットを使用して反射防止膜組成物を付着させることができる。眼鏡レンズをコーティング・ユニット内で回転させながら反射防止膜組成物を眼鏡レンズに付着させることができる。第1の組成物をプラスチック・レンズに加えながらプラスチック・レンズを約2000rpm以下の速度で回転させることができる。1mL未満の反射防止膜組成物を眼鏡レンズに付着させることができる。1mLより多くの量を付着させることもできるが、この量は過剰で、反射防止膜組成物の多くがレンズの表面から排除される可能性がある。

40

【0348】

付着させた反射防止膜の厚さは、眼鏡レンズの回転速度、反射防止膜組成物の粘度、眼鏡レンズに加えられる組成物の量、および組成物の成分を溶解させるのに使用される溶媒の揮発性にも依存する。反射防止膜組成物を回転する眼鏡レンズに加えると、反射防止膜が眼鏡レンズの表面に均一に広がる。眼鏡レンズ表面に組成物を付着しながら、反射防止膜組成物の成分を溶解させるのに使用する溶媒を蒸発させて反射防止膜成分の薄膜を残す。追加的な反射防止膜材料を加えるに従って、反射防止膜コーティング層の厚さが徐々に増加する。厚さが増加する速度は、眼鏡レンズの回転速度、反射防止膜組成物の粘度、および組成物を形成するのに使用する溶媒の揮発性に関連する。

【0349】

50

オペレータがレンズの表面に組成物を付着させるときは、オペレータは毎回同じ割合で組成物を絶えずレンズに加えることができないため、第1の膜組成物の厚さが変動する。このような変動を克服するために、自動分配システムで組成物をプラスチック・レンズに加えることができる。自動分配システムは組成物を保持するためのシリンジ、およびシリンジのプランジャを自動的に移動させるためのコントローラ駆動システムを含むことができる。当該システムは、シリンジ・システムとして商業的に入手可能である。レンズに加えるべき組成物を含むシリンジにシリンジ・ポンプを結合することができる。シリンジ・ポンプは、あらかじめ選択した比率で組成物を分配するように構成されている。このように、組成物を表面に加える比率を精度良く制御することができる。他の実施形態では、分配器システムは、シリンジおよびシリンジ・ポンプをレンズの表面全体にわたって牽引するためのコンベヤを含むことができる。組成物がシリンジによって分配されているときに、コンベヤ・システムはレンズの表面全体にわたってシリンジを牽引することができる。このように、組成物の塗布および分配をその比率および経路を一定にして行うことができる。

【0350】

眼鏡の回転速度が一定で、かつ分配率が一定であるとする、反射防止膜組成物の粘度が増すに従って、付着させた反射防止膜組成物の厚さ増加率が上昇する。あるいは、眼鏡レンズの回転速度を調節することによって反射防止膜組成物の厚さの増加率を変更させることができる。反射防止膜組成物の粘度が一定であるとする、眼鏡レンズの回転速度が増すに従って、反射防止膜組成物を塗布した際に眼鏡レンズに残留する組成物の量が少なくなる。眼鏡レンズの回転速度を抑えることによって、反射防止膜コーティング層の厚さを増加させることができる。

【0351】

あるいは、金属アルコキシド、および第1の組成物に存在する他の成分の量を変えることによって第1の組成物の粘度を変えることができる。例えば、約5重量%の濃度で金属アルコキシドを含む第1の組成物は、約2.5重量%の濃度の金属アルコキシドを有する組成物より粘度が高くなる。より粘度の高い組成物は、より粘度の低い組成物よりレンズの表面により厚い膜を残すことになる。組成物を硬化させると、より厚い第1のコーティング層が得られる。金属アルコキシドが溶解または懸濁する有機溶媒を変えることによって粘度を変化させることもできる。各溶媒は、第1の組成物の総体粘度に影響を与えうる固有粘度を有する。溶媒を変えることによって、この固有粘度をこの固有粘度を変化させ、全組成物の粘度を変化させることができる。

【0352】

反射防止膜組成物を回転する眼鏡レンズに加えると、反射防止膜が眼鏡レンズ全体にわたって均一に広がる。反射防止膜組成物の成分を溶解させるのに使用する溶媒の沸点が比較的低い場合は(例えば約80 未満の場合は)、溶媒が蒸発し、反射防止膜組成物のより高粘度の成分(例えばシラン、有機モノマー、金属アルコキシドなど)がレンズに膜を形成することが可能になる。より多くの組成物を眼鏡レンズに加えると、反射防止膜の厚さが増す。反射防止膜に使用する溶媒をより揮発性の高い溶媒に変えることによって、反射防止膜の厚さの増加率を大きくすることができる。一般に、低沸点溶媒は、より高い沸点の溶媒より厚い膜を与えることになる。

【0353】

概して、付着させた第1の組成物の厚さを制御する能力は、反射防止特性を達成するのに重要であるといえる。いくつかの実施形態では、低粘度および/または低濃度組成物を使用して第1のコーティング層を形成することができる。当該組成物は、プラスチック・レンズの表面に比較的薄い膜を形成することができる。いくつかの実施形態では、形成された膜の厚さが小さすぎて所望の用途に向かないこともある。代替的な手順では、第1の組成物をプラスチック・レンズに繰り返し塗布し、積層された組成物を硬化させることによって第1のコーティング層を形成することができる。この処理を繰り返す毎により厚い第1のコーティング層が形成されることになる。第1のコーティング層があらかじめ選択し

た厚さに達すると、手順を停止し、第2のコーティング層を形成することができる。

【0354】

第1の組成物をプラスチック・レンズに塗布した後に、第1の組成物を硬化させて第1のコーティング層を形成することができる。様々な方法によって第1の組成物の硬化を成し遂げることができる。一実施形態では、組成物がゲルを形成するまでレンズを回転させることによって第1の組成物を硬化させることができる。あるいは、組成物がゲル化するのに十分な時間にわたって組成物を室温に放置することができる。ゲル化組成物は、下部のプラスチック・レンズより屈折率が高いため、第1のコーティング層として機能することができる。さらに、ゲル化組成物の一部が第2のコーティング層の塗布時にレンズに残留できるように、ゲル化組成物の少なくとも一部をプラスチック・レンズに十分に接着させることで、第2のコーティング層の形成後のレンズに反射防止特性を与えることができる。

10

【0355】

あるいは、第1の組成物に熱を加えることによって第1の組成物を硬化させることができる。第1の組成物をレンズに蒸着し、スピン乾燥した後に、第1の組成物がゲル化状態になる。約40 から約120、好ましくは約100の温度で約1~10分間の時間にわたってゲル化組成物を加熱することができる。この状況におけるゲル化組成物は、組成物をゲル化状態から硬化状態にすることができる。熱硬化した第1のコーティング層は下部のレンズに対して優れた接着性を発揮することができる。しかし、場合によっては、第2の組成物の流動特性は、熱硬化した第1の組成物に付着させると、硬化した第1の組成物の表面全体にわたる分布が不均一になる可能性がある。さらに、第1のコーティング層は、プラスチック・レンズの屈折率より大きな屈折率を有する。

20

【0356】

他の実施形態では、紫外線の照射によって第1の組成物を硬化させることができる。上述したように、第1の組成物をレンズに塗布し、乾燥させてゲル化組成物を形成する。ゲル化組成物を硬化状態にするのに十分な時間にわたってゲル化組成物を紫外線で処理することができる。いくつかの実施形態では、約60秒以下の時間にわたってゲル化組成物を紫外線で処理する。一実施形態では、紫外線光源は、スピン・コーティング・ユニットにおいて上述したように殺菌ランプであってもよい(図2および3参照)。殺菌ランプはさほど強い熱エネルギーを生成しないことに留意されたい。したがって、第1の組成物の硬化を加速させるのは、ランプから生成される熱によるものではなく、紫外線の存在によるものであると考えられる。有利にも、紫外線を使用して第1の組成物を硬化させることによって、後に付着させる組成物を均一に分布することのできる表面を確保することができることを見出される。それに対して、加熱によって第1の組成物を硬化させると、後に付着させる組成物を不均一に分散させる表面が形成されることがある。したがって、多層反射防止膜の形成に関しては、紫外線を使用するほうが加熱硬化より有利であるといえる。

30

【0357】

紫外線は、金属アルコキシドの縮合反応を加速させるものと考えられる。紫外線は金属アルコキシドと相互作用し、金属アルコキシドの電子を励起し、それによって金属アルコキシドの重合を加速させることができる。たいいていの金属アルコキシドは、紫外領域、具体的には約300nm以下の波長に強い吸収を有するものと考えられる。例えば、チタニウムイソプロポキシドは254nmに最大吸収を有する。いくつかの実施形態では、金属アルコキシドへの紫外線の照射は、基板を介してではなく、塗布面に向けて誘導される。多くの可視光線透過媒体、例えばホウケイ酸ガラスおよびプラスチックは、適切な波長において十分量の光を膜組成物に透過させない。

40

【0358】

第1のコーティング層を塗布し硬化させた後で、第1のコーティング層の上に第2のコーティング層を形成することができる。第2のコーティング層を、第1のコーティング層の露出面に第2のコーティング組成物を付着させることによって形成することができる。いくつかの実施形態では、硬化後の第2のコーティング層は、屈折率が実質的に第1のコー

50

ティング層より小さい材料で構成される。

【0359】

第2の組成物は、一実施形態において、開始剤およびエチレン置換モノマーからなってもよい。使用できるエチレン置換モノマーについては既に記載した。開始剤は、先述したような光開始剤であってもよい。あるいは、開始剤は金属アルコキシドであってもよい。光開始剤および金属アルコキシドはいずれも紫外線と相互作用し、この相互作用がエチレン置換モノマーの重合を開始させるものと考えられる。先述した方法と同様に、第2の組成物を第1のコーティング層に付着させることができる。第2の組成物は、シラン・モノマー、コロイド・シリカ、共開始剤およびフッ化エチレン置換モノマーの如き他のモノマーを含むことができる。

10

【0360】

高屈折率の第1のコーティング材の上に形成された低屈折率の第2のコーティング層を併用することで、支持基板に対する光の透過性を改善することができる。1つまたは両方の層に金属アルコキシドを使用すると、支持基板に対するコーティング材の接着性が改善される。

【0361】

反射防止膜は、眼鏡レンズの表面に形成される薄膜である。当該膜は、ここでは膜の屈折率に膜の機械的膜厚を乗じたものとして定義づけられる光学的膜厚を有する。最も効果的な膜は、典型的には入射光の波長の数分の一である光学的膜厚を有する。典型的には、光学的膜厚は、波長の四分の一から二分の一である。したがって、(約400nmと700nmの間の波長を有する)可視光線では、理想的な反射防止膜コーティング層は、約100nmと200nmの間の膜厚を有することになる。100nmより小さい膜厚、または200nmより大きい膜厚を用いることができるが、その膜厚では最適な透過率を得ることはできない。ここで引用する実施形態では、コーティング材の複合的膜厚は、約1000nm以下、より好ましくは約500nm以下とすることができる。

20

【0362】

反射防止膜の理想的な膜厚は入射光の約四分の一である。正規の入射率で膜に入射する光については、膜の第2の表面から反射される波は、第1の表面から反射される光と位相がずれてちょうど二分の一波長となり、弱め合い干渉を生じる。それぞれの表面から反射される光の量が同じである場合は、完全に相殺され、光が反射されることはない。これは、光学的コンポーネントの透過率を高めるのに使用される「四分の一波」低反射膜の基礎である。当該膜は、また、ゴースト像ならびに迷反射光を防ぐ傾向もある。

30

【0363】

可視光線は、約400nmから約700nmの範囲の波長を有するため、四分の一波膜は、光の一波長に対して最適化されるにすぎない。光の他の波長に対しては、反射防止膜は過度に厚くなるか、または過度に薄くなる。したがって、これらの波長を有する光のより多くが反射されることになる。例えば、屋内光(例えば黄色光)に対して設計される反射防止膜は黄色光に対して最小の反射率を有するが、青または赤色光に対する反射率ははるかに大きくなる。これは、多くのカメラおよびビデオ・レンズの単層低反射膜の特徴的な紫色に起因するものと考えられる。一実施形態では、眼鏡レンズの反射防止コーティング層の膜厚を変化させるか、または屈折率を変化させて、異なる可視光線反射特性を有するレンズを製造することができる。これらの変形形態のいずれもが、コーティング層の光学的膜厚を変化させ、透過する光の最適有効波長を変えることになる。コーティング層の光学的膜厚が変化すると、レンズの反射色も変化することになる。製造者は、反復的に、眼鏡レンズの最適反射色を制御することができる。

40

【0364】

二層反射防止膜について説明したが、三層以上の層を含む多層システムも使用できることを理解すべきである。二層システムでは、高屈折率層を基板に付着させる。次いで、高屈折率層に低屈折率層を付着させる、一実施形態では、第2のコーティング層に(例えば、少なくとも下部の第2のコーティング層より屈折率の高い)第3の高屈折率層を形成する

50

ことができる。(例えば、少なくとも第3のコーティング層より屈折率の低い)第4の低屈折率層も形成することができる。該四層積層体は、反射防止特性を發揮することができる。該四層積層体は約1000nm未満、より具体的には約500nm未満の光学的膜厚を有する。同様にして、該積層体に層を追加して、高屈折率材料と低屈折率材料が交互に配置される層を積層体に形成することができる。

【0365】

他の実施形態では、化学的に異なる2つの組成物の組合せとして第2のコーティング層を形成することができる。第2のコーティング層は、第1のコーティング層にシリコン層を形成することによって形成することができる。シリコン層は、コロイド・シリカまたはシラン・モノマーから形成できる。シリコン層は、第1のコーティング層に塗布され、少なくとも部分的に硬化される。乾燥、加熱または紫外線照射によってシリコン層を硬化することができる。

10

【0366】

第2のコーティング層の形成を完了させるために、第2の組成物をシリコン層に蒸着する。第2の組成物は、エチレン置換モノマーおよび開始剤を含むことができる。使用できるエチレン置換モノマーについては既に記載した。開始剤は、先に述べたような光開始剤であってもよい。あるいは、開始剤は金属アルコキシドであってもよい。先に述べた方法と同様の方法で第2の組成物をシリコン層に付着させることができる。第2の組成物は、シラン・モノマー、コロイド・シリカ、共開始剤およびフッ化エチレン置換モノマーの如き他のモノマーを含むことができる。紫外線の照射によって第2の組成物を硬化させること

20

【0367】

シリコン層は部分的にまたは完全に硬化すると多孔構造を示す傾向がある。実質的に多孔質のシリコン層に第2の組成物を加えることにより第2の組成物とシリコン層の間の化学的相互作用を向上させることが可能になると考えられる。概して、第1のコーティング層が金属アルコキシドを含む場合に、シリコン層を第1のコーティング層の上に配置すると良好な反射防止特性が認められる。しかし、シリコン層は、金属アルコキシドを含有する支持層に対する接着性が劣る。シリコン層を形成するのに使用される組成物に金属アルコキシドを添加することによってシリコン層の接着性を改善することができる。コロイド・シリカまたはシラン・モノマーを含む組成物の如きシリコン含有組成物は、金属アルコキシドの存在により不安定になる傾向がある。一般に、シリコン含有化合物と金属アルコキシドを混合すると不透明な組成物が生成され、場合によっては第1のコーティング層に該組成物を付着させる前にゲル化することが観察されている。当該ゲル化は塗布後のレンズに観察されるヘーズを上昇させる傾向がある。金属アルコキシドのシリコン含有組成物との反応性は、当該組成物の貯蔵安定性を低下させる傾向があり、組成物を長期間貯蔵することが困難になる。

30

【0368】

シリコン含有組成物から金属アルコキシドを分離し、組成物を順次付着させることによって、上述の問題の多くを緩和することができる。少なくとも部分的に硬化したシリコン層に金属アルコキシド含有組成物を添加すると、第2の組成物が下部のシリコン組成物と相互作用して、複合層が形成されるものと考えられる。この複合層は、シリコン化合物および金属アルコキシドを含む組成物から形成された単層に見られる特性と同様の特性を示しうる。シリコン含有組成物および金属アルコキシド含有化合物は時を異にして塗布されるため、それらの組成物は別個に貯蔵され、貯蔵安定性についての問題が効果的に克服される。

40

【0369】

一実施形態では、反射防止膜積層体を付着させる前に、ハードコート組成物をプラスチック・レンズに付着させる。ハードコート組成物を硬化させることによってプラスチック・レンズの外面に保護層を形成することができる。典型的には、ハードコート組成物は、硬化すると、摩耗力に対する抵抗性を有すると共に、反射防止膜材料のプラスチック・レン

50

ズに対する接着性を高めることもできるアクリレート重合体から形成される。

【0370】

他の実施形態では、反射防止膜に疎水性の膜を配置することができる。疎水性の膜は、フッ化エチレン置換モノマーを含むことができる。疎水性の膜を硬化させることによって、反射防止膜の外面に防水層を形成することができる。疎水層は、大気中の水分とレンズの相互作用によるレンズの劣化を防止するのに役立てられる。

【0371】

上述の手順において、あらかじめ形成されたレンズに反射防止膜を形成することができる。この方法を型外法と呼ぶことができる。この型外法の代替法が、反射防止膜を形成するための型内法である。「型内法」は、塗布後の型に液状レンズ形成組成物を入れ、続いて該レンズ形成組成物を硬化させることによって眼鏡レンズ上に反射防止膜を形成することを含む。型内法は、膜の上面に凹凸として発現する膜欠陥が少ないため、「型外」法より有利である。型内法を用いることにより、型キャスト面との位相および平滑性を再現する反射防止膜が形成される。

10

【0372】

反射防止膜をプラスチック・レンズに付着させるためには、第1および第2のコーティング層（あるいは多層積層体を用いる場合はより多くの層）を型の上に形成する必要がある。特に、第1のコーティング層を形成する前に型の上に第2のコーティング層を配置する。このように、後方に積層体が形成される。型のキャスト面との積層体の上面を、型内法において下部レンズに接触することになる第1のコーティング層とすることができる。

20

【0373】

一実施形態では、型のキャスト面に第2の組成物を塗布し、第2の組成物を硬化させることによって第2のコーティング層を形成することができる。第2の組成物は、一実施形態において、光開始剤およびエチレン置換モノマーを含む。使用できるエチレン置換モノマーについては既に記載した。開始剤は、先述したような光開始剤であってもよい。第2の組成物は、共開始剤およびフッ化エチレン置換モノマーの如き他の添加物を含むことができる。第2の組成物は、いくつかの実施形態において、金属アルコキシドを実質的に含有しなくてもよい。組成物に導入された金属アルコキシドは、ガラスと相互作用し、型からレンズが脱離するのを阻止することができると考えられている。第2のモノマー、および第2の組成物の他の添加物を有機溶媒に溶解または懸濁させることができる。型の表面にモノマーを塗布しやすくするために有機溶媒を利用することができる。

30

【0374】

第2の組成物を型部材に付着させるために、第2の組成物をキャスト面に分布するように、型部材を回転させることができる。型部材を約2000回転毎分以下、好ましくは850回転毎分の速度で実質的に垂直軸を中心に回転させるのが好ましい。さらに、型部材が回転している間に、分配デバイスを使用して組成物をキャスト面に誘導する。分配デバイスは、型部材の中心から型部材の縁に移動することができる。

【0375】

第2の組成物を型部材に塗布した後に、型部材に紫外線を誘導して第2の組成物の少なくとも一部を硬化させる。紫外線を型のいずれかの面（すなわちキャスト面または非キャスト面）に誘導して第2の組成物を硬化させることができる。

40

【0376】

第2の組成物を少なくとも部分的に硬化させた後に、第1の組成物を第2の組成物に付着させることによって第2の組成物に第1のコーティング層を形成することができる。第1の組成物は金属アルコキシドを含むことができる。第1の組成物は、当該光開始剤、共開始剤、シラン・モノマー、コロイド・シリカ、エチレン置換モノマーおよびフッ化エチレン置換モノマーをも含むことができる。金属アルコキシドおよび他の添加物を有機溶媒に溶解させることができる。これらの化合物についてはすべて既に記載した。

【0377】

50

様々な方法によって第1の組成物を硬化させることができる。一実施形態では、組成物がゲルを形成するまでレンズを回転させることによって第1の組成物を硬化させることができる。あるいは、組成物がゲル化するのに十分な時間にわたって組成物を室温に保つことができる。他の実施形態では、組成物を加熱することによって第1の組成物を硬化させることができる。第1の組成物をレンズに蒸着した後に回転させて乾燥させ、第1の組成物をゲル化状態にすることができる。約40 から約120 の範囲の温度で約1～10分間の時間にわたってゲル化組成物を加熱することができる。このようにしてゲル化組成物を加熱することによって組成物をゲル化状態から硬化状態にすることができる。他の実施形態では、紫外線を当てることによって第1の組成物を硬化させることができる。上述したように、第1の組成物をレンズに塗布し、乾燥させることによってゲル化組成物を形成する。ゲル化組成物を硬化状態にするのに十分な時間にわたってゲル化組成物を紫外線で処理することができる。いくつかの実施形態では、ゲル化組成物は、約60秒間以下の時間にわたって紫外線で処理される。一実施形態では、照射千校減は殺菌ランプであってもよい。

【0378】

型部材のキャスト面第1および第2のコーティング層を形成した後に、型部材間にガスケットを配置してそれらをシールすることによって型部材を第2の型部材と組み立てることができる。第2の型部材は、第2の型部材のキャスト面上の反射防止膜をも含むことができる。第2の型部材上の反射防止膜は、第1の型部材上の反射防止膜と同一の組成物を有する。あるいは、それらの反射防止膜は異なる組成物を有する。2つの型部材とガスケットを組み合わせることで、2つの型部材によって定められるキャビティを有する型アセンブリを形成する。キャスト面、したがって反射防止膜を形成済の型キャビティの表面に配置することができる。

【0379】

型アセンブリを構成した後に、レンズ形成組成物を型アセンブリ内に配置することができる。ガスケットの縁をずらして、型キャビティにレンズ形成組成物を挿入することができる。あるいは、ガスケットは、ガスケットをずらせることなくレンズ形成組成物の導入を可能にする充填ポートを含むことができる。このレンズ形成組成物は、光開始剤、および紫外線を用いて硬化することができるモノマーを含む。使用できるレンズ形成組成物の例としては、上述したようにOMB-99およびPhase IIが挙げられるが、それらに限定されない。レンズ形成組成物は、いくつかの実施形態において、型キャビティ内に配置されると、型のキャスト面に形成された反射防止膜に接触する。

【0380】

いくつかの実施形態では、部分的に硬化した第1の組成物に接着コーティング層を形成することができる。コーティング接着層は、第1のコーティング層に塗布し、硬化される接着組成物から形成されうる。接着組成物はエチレン置換モノマーおよび光開始剤を含むことができる。第1の組成物は、後に形成されるプラスチック・レンズに対する第1のコーティング層の接着性を低下させる可能性があると考えられる。したがって、接着コーティング層は、第1のコーティング組成物と後に形成されるレンズとの接着性を改善することができる。接着層組成物は、いくつかの実施形態において、レンズ形成組成物に含まれるモノマーと類似したモノマーを含む。これにより、接着層とレンズ形成組成物から形成されるレンズとの接着性が改善されることになる。接着層は、形成済レンズの屈折率と同等か、またはそれより小さい屈折率を有する。したがって、接着層は、第1および第2のコーティング層の反射防止特性に対してほとんど影響を与えない。

【0381】

型内法について、二層反射防止膜を説明したが、3つ以上の層を含む多層システムも使用できることを理解すべきである。二層システムでは、型に低屈折率層を付着させる。次いで、低屈折率層に高屈折率層を付着させる。一実施形態では、(例えば、少なくとも下部の第1のコーティング層より屈折率の低い)第3の低屈折率層を第1のコーティング層に形成することができる。(例えば、少なくとも第3のコーティング層の屈折率より屈折率

の高い)第4の高屈折率層をも形成することができる。該四層積層体は、反射防止特性を發揮することができる。該四層積層体は約1000nm未満、より具体的には約500nm未満の光学的膜厚を有する。同様にして、該積層体に層を追加して、高屈折率材料と低屈折率材料が交互に配置される層を積層体に形成することができる。

【0382】

他の実施形態では、化学的に異なる2つの組成物の組合せとして第2のコーティング層を形成することができる。型のキャスト面には有機物含有層を形成することによって第2のコーティング層を形成することができる。有機物含有層は、エチレン置換モノマーおよび開始剤を含む。使用できるエチレン置換モノマーについては既に記載した。開始剤は、先に記載したような光開始剤であってもよい。あるいは、開始剤は金属アルコキシドであってもよい。上述したのと同様の方法で有機物含有層をキャスト面に付着させることができる。有機物含有層は、シラン・モノマー、コロイド・シリカ、共開始剤およびフッ化エチレン置換モノマーの如き他のモノマーを含むことができる。紫外線を当てることによって有機物含有層を硬化することができる。

10

【0383】

有機物含有層にシリコン層を付着させることによって第2のコーティング層を完成することができる。シリコン層は、コロイド・シリカまたはシラン・モノマーから形成されうる。シリコン層を有機物含有層に塗布し、少なくとも部分的に硬化させる。乾燥、加熱または紫外線照射によってシリコン層を硬化することができる。

【0384】

追加的なコーティング材を反射防止膜に配置することができる。一実施形態では、型のキャスト面に形成された反射防止膜にハードコート組成物を付着させることができる。ハードコート組成物を硬化させることによって、後に形成されるプラスチック眼鏡レンズの外面に保護層を形成することができる。典型的には、ハードコート組成物は、硬化すると摩擦力に対する抵抗性を有するアクリレート重合体から形成される。後に形成されるハードコート層は、プラスチック・レンズの摩擦を防止するのに役立てられる。形成できる他の膜は、疎水性膜および着色膜を含む。当該膜は、反射防止膜の形成に先立って、型のキャスト面に形成されうる。これらの膜は、いくつかの実施形態において、形成済レンズを型アセンブリから比較的容易に取り除くことを可能にする。上述したように、反射防止膜博多に付着するため、型アセンブリからレンズが取り除きにくくなる。疎水性膜を使用することによって、型アセンブリと反射防止膜コーティング層との接着を弱めることができる。

20

30

【0385】

実施例

OMB-99モノマー溶液から、上述の方法に従ってプラスチック眼鏡レンズを作製した。次いで、レンズに2つの反射防止膜組成物を塗布した。どの実施例においても以下の略語が用いられる。

「AC」は、アルドリッチ社から市販されているアセトンである。

「AA」は、サルトマ社からCN384として市販されているアクリルアミンである。

「A1」は、アボカド社から市販されているアルミニウムトリセクブトキシド(98%)である。

40

「AS」は、アルドリッチ社から市販されている3-アミノプロピルトリメトキシシラン(97%)である。

「BDK」、「BDM」および「BDMK」は、ヘンケル社から市販されているフォトマ51および2,2-ジメトキシ-2-フェニルアセトフェノンである。

「BYK300」は、BYKケミー社から市販されているポリエーテル改質ジメチルポリシロキサン共重合体溶液である。

「CD1012」は、サルトマ社から市販されているジアリアルイオドニウムヘキサフルオロアンチモネートである。

「CD540」は、サルトマ社から市販されているエトキシ化ビスフェノールAジメタ

50

クリレートである。

「CN124」は、サルトマ社から市販されているエポキシアクリレートである。

「Cynox1790」は、サルトマ社から市販されているトリス(4-t-ブチル-3-ヒドロキシ-2,6-ジメチルベンジル)-s-トリアジン-2,4,6-(1H,3H,5H)-トリオンである。

「D1173」は、シバ社から市販されている2-ヒドロキシ-2-メチル-1-フェニル-プロパン-1-オン(HMPP)である。

「DC193」は、ダウ・コーニング社から市販されている界面活性剤である。

「ECHMCHC」は、3,4-エポキシシクロヘキシルメチル-3,4-エポキシシクロヘキサンカルボキシレートである。

10

「Eosin」は、アルドリッチ社から市販されているEosin Y染料である。

「EtOH」は、フィッシャ社から市販されているエタノールである。

「FC40」および「FC430」は、3M社から市販されている界面活性剤である。

「FC-171」は、3M社から市販されているフルオロケミカル界面活性剤である。

「FC-725」はFLUORADとしても知られ、3M社から市販されているフルオロケミカル界面活性剤である。

「GPTMS」は、アルドリッチ社から市販されている3-グリシドキシプロピルトリメトキシシランである。

「HC-8」は、ファーストキャスト社から市販されているハードコート形成組成物で、SR399、SR601、Irg184およびMPの混合物を含む。

20

「HC8558」はGE社から市販されている。

「HC-900」は、コバーン・オプチカル・インダストリーズ社から市販されている。

「HEMA」は、コバーン・オプチカル・インダストリーズ社から市販されているヒドロキシエチルメタクリレートである。

「HR-200」は、グループ・クーゲット社から市販されている疎水性コーティング剤である。

「IPA」は、フィッシャ社から市販されているイソプロピルアルコールである。

「Irg184」はシバ社から市販されているイルガキュア184または1-ヒドロキシシクロヘキシルフェニルケトンである。

「Irg261」は、シバ社から市販されているイルガキュア261またはアイアン(エタ5-2,4-シクロペンタジエン-1-イル)[1,2,3,4,5,6-エタ)-(1-メチルエチル)ベンゼン]-ヘキサフルオロホスフェート)である。

30

「Irg819」は、シバ社から市販されているイルガキュア819またはホスフィンオキシド、フェニルビス(2,4,6-トリメチルベンゾイル)である。

「MP」は、アルコス社から市販されている1-メトキシ-2-プロパノールである。

「Nalco Si2326」は、ナルコ・ケミカル社から市販されているコロイド・シリカである。

「NNDMEA」は、アルドリッチ社から市販されているN,N-ジメチルエタノールアミンである。

「PerenolS-5」は、ヘンケル社から市販されている改質ポリシロキサンである。

40

「PFOA」は、ランカスタ社から市販されている1H,1H-パーフルオロオクチルアクリレートである。

「PFOFCS」は、ランカスタ社から市販されている1H,1H,2H,2H-パーフルオロオクチルトリクロロシランである。

「PFOMA」は、ランカスタ社から市販されているパーフルオロクチルメタクリレートである。

「Q4DC」は、ダウ・コーニング社から市販されている液体有機官能シリコンである。

「Si」は、日産化学株式会社から市販されているMA-S-T-S(30%コロイド・シリカの70%メタノール溶液)である。

50

- 「SR123」は、サルトマ社から市販されているアクリレート・モノマーである。
- 「SR306」は、サルトマ社から市販されているトリプロピレングリコールジアクリレートである。
- 「SR313」は、サルトマ社から市販されているラウリルメタクリレートである。
- 「SR368」は、サルトマ社から市販されているトリス(2-ヒドロキシエチル)イソシアンウレートトリアクリレートである。
- 「SR399」は、サルトマ社からジペンタクエリスリトールテトラアクリレートである。
- 「SR423」は、サルトマ社から市販されているイソボルニルメタクリレートである。
- 「SR444」は、サルトマ社から市販されているペンタエリスリトールトリアクリレートである。
- 「SR640」は、サルトマ社から市販されているテトラプロモビスフェノールAジアクリレートである。
- 「SR9003」は、サルトマ社から市販されているプロポキシル化ネオペンチルグリコールジアクリレートである。
- 「T770」は、シバ社から市販されているビス(2,2,6,6-テトラメチル-4-ピペリジニルセバケート)である。
- 「TEA」は、アルドリッチ社から市販されているトリエチルアミンである。
- 「TFEMA」は、コルネリウス(Cornelius)・ケミカル社から市販されているトリフルオロエチルメタクリレートである。
- 「Ti」は、アルドリッチ社から市販されているチタニウム(IV)イソプロキシドである。
- 「Ti-Bu」は、アルドリッチ社から市販されているチタニウム(IV)ブトキシドである。
- 「TMSPMA」は、アルドリッチ社から市販されている3-(トリメトキシシリル)プロピルメタクリレートである。
- 「TPB」は、サーモプラスト・ブルー684である。
- 「TPR」は、サーモプラスト・レッド454である。
- 「TX-100」は、アルドリッチ社から市販されている界面活性剤である。
- 「ZelecUN」は、ステパン社から市販されている潤滑剤である。
- 「Zr」は、アルドリッチ社から市販されているジルコニウム(IV)プロポキシドである。
- 【0386】
- 表13において、層1は第1の反射防止膜コーティング層を示し、層2は第2の反射防止膜コーティング層を示す。各々の成分の溶液を調製し、反射防止膜を形成するのに使用した。表1にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5% Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。
- 【0387】
- 2つの異なるコーティング組成物を用いてプラスチック眼鏡レンズにコートした。「層1」の組成物を眼鏡レンズの表面に加え、レンズ・スピン・コーティング装置で眼鏡レンズを回転させた。L1組成物を眼鏡レンズ表面に散布した後に、溶媒を実質的に蒸発させ、約60秒間にわたって先述のコーティング・ユニットからの殺菌ランプからの紫外線に残留組成物を曝した。場合によっては、多少のUV光を照射した。交換時間は括弧に注記している。層1の組成物を硬化させた後に、「層2」の組成物を眼鏡レンズに加えた。溶媒が実質的に蒸発するまで眼鏡レンズをレンズ・スピン・コーティング装置で回転させた。次いで、先述のコーティング・ユニットからの殺菌ランプからの紫外線を当てることによって層2を硬化させた。硬化時間は、例外を除いて、60秒間である。透過率%は、層2の組成物が硬化した後にレンズを透過する光の量を意味する。透過率は、BYKガードナ(メリーランド州シルバー・スプリングス)から入手可能なBYKガードナ・ヘーズ・ブ

ラス・メータで測定した。未塗布のレンズの透過率を測定して、それを対照標準として利用した。B Y K ガードナ・ヘーズ・プラス・メータのヘーズ・ポートにレンズの凸面を押しつけるように配置して測定した、未塗布レンズの可視光線透過率は、約 92 % である。色は、塗布済レンズから反射される光の色を意味する。

【表 1 1】

表 1 3

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
5% Ti	5.1%Si 1.04%Ti 1.04%GPTMS 0.144%HC-900 (20 分間加熱)	99.0%	赤
5% Ti	4.25%Si 0.87%GPTMS 0.17HC-900 (20 分間加熱)	99.0%	
5%Ti	4.5%Si 1.8%Ti 1.8%GPTMS 0.17%HC-900 (20 分間加熱)	96.0%	紫
5%Ti	4.25%Si 1.04%Ti 0.87%GPTMS 0.17%HC-900 (20 分間加熱)	99.0%	
5%Ti	4.5%Si 1.8%Ti 1.8%GPTMS 0.17%HC-900	97.4%	青
3%Ti	4.5%Si 1.8%Ti 1.8%GPTMS 0.17%HC-900	97.0%	紫
3%Ti	3%Si 1.2%Ti 1.2%GPTMS 0.11%HC-900	93.0%	
3%Ti	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	97.7%	赤

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
5%Ti	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	99.0%	紫
5.2%Ti 1.33%Si 1.33%GPTMS	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	96.0%	
4.13%Ti 0.66%Si 0.66%GPTMS	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900 (5 分間加熱)	>97%	
5.4%Ti 0.32%Si 0.32%GPTMS 0.053%HC-900 (UV 90 s)	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	98.0%	
3%Ti	0.45%Al 0.445%Ti 3.5%GPTMS 3.5%TMSPMA	97.0%	
3%Ti	0.3%Al 0.36%Ti 2%GPTMS 2%TMSPMA 0.01%TBPO 0.08%FC-430	97.7%	
3%Ti	0.62%Al 0.17%Ti 1.2%GPTMS 1.2%TMSPMA 3.87%HC-8	>97%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
2.8%Ti 0.49%Al 2.79%HC-8	0.62%Al 0.17%Ti 1.2%GPTMS 1.2%TMSPMA 3.87%HC-8	>96%	
3%Ti	0.54%Al 0.5%Ti 0.82%GPTMS 0.9%TMSPMA 1.27%HC-8	94.4%	
3%Ti	0.9%Al 0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSPMA 3.43%HC-8	97.3%	
3%Ti	0.8%Al 0.1%Ti 0.42%GPTMS 0.42%TMSPMA 6%HC-8	97.0%	
3%Ti	0.62%Al 0.17%Ti 1.2%GPTMS 1.2%TMSPMA 3.9%HC-8	97.0%	
10%Ti 0.05%AA 22.7%MP 67.25%IPA	0.19%Ti 0.19%GPTMS 0.19%TMSPMA 1.9%HC-8 3.9%Si	>97%	
10%Ti 0.05%AA 22.7%MP 67.25%IPA	0.46%Ti 0.9%Al 0.8%GPTMS 0.75%TMSPMA 3.4%HC-8	96.2%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.3%Al 18.5%HC-8 (UV 60 s)	92.5%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.11%Al 3.35%SR368 (UV 200 s)	92.8%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 86 s)	0.24%Ti 0.048%Al 1.94%SR368 1.47%TMSPMA 96.3%MP (UV 180s)	96.3%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 40 s)	0.186%Ti 0.036%Al 1.48%SR368 1.13%TMSPMA 0.02%DC193 97.17%MP (UV 180 s)	97.2%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 40 s)	0.36%Ti 0.033%Al 1.39%SR368 1.06%TMSPMA 0.0187%DC193 97.16%MP (UV 10 s)	96.8%	
2.8%Ti 2.8%Irg184 (UV 20 s)	2%SR399	96.8%	
2.99%Ti 0.294%Irg184 (UV 20 s)	1.86%SR399 0.31%Ti (UV 30 s)	95.7%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 40 s)	2%SR399 0.349%Ti (UV 30 s)	95.7%	金色
2.99%Ti 0.28%Irg184	0.34Ti 0.5%SR306 2%SR399 (UV 120s)	95.7%	濃い青色
2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 40 s)	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti (UV 100 s)	95.8%	
2%Ti 0.2Irg184 (UV 30 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 (UV 30 s)	95.2%	金色
2%Ti 0.2%Irg184 (X3) (各 UV 20s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 (UV 60 s)	97.1%	
2%Ti 0.2Irg184 (UV 30 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BYK300 (UV 30 s)	95.6%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 30 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BYK300 (UV 30 s)	97.2%	金色
3.25%Ti 0.1%Irg184 (350 rpm)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BYK300 (UV 30 s)	97.9%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BYK300 (UV 60 s)	97.5%	金色
2%Ti 0.2%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.12%Zelecun (UV 60 s)	96.0%	
2%Ti 0.2%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC	96.0%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 70 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC (UV 70 s)	97.4%	
3.25%Ti 0.1%Irg819 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC (UV 70 s)	97.4%	
3.03%Ti 0.4%Irg819 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC (UV 70 s)	96.9%	
2.5%Ti 0.16%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.13%FC430 (UV 60 s)	96.5%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
3.5%Ti 0.08%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 (UV 60 s)	97.5%	
3.5%Ti 0.08%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%FC430 0.1% BYK300 (UV 60 s)	98.1%	
3.5%Ti 0.08%Irg184 (UV 20 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.13%FC430 0.1% BYK300 (UV 60 s)	98.3%	
2.5%Ti 0.2%Irg184 44.8%AC 52.5%MP	0.2%Ti 0.2%SR239 0.8%SR399	95.2%	
2.46%Ti 0.197%Irg184 0.157%SR313 44.3%AC (UV 60 s)	0.5%Ti 0.1%Irg184 0.55%SR313 1.75%SR399	97.5%	
3.47%Ti 0.294%Irg184 (UV 30 s)	0.5%Ti 0.1%Irg184 0.55%SR313 1.75%SR399	96.9%	
2.5%Ti 0.2%Irg184 45%AC 52.3%MP (UV 60 s)	0.5%Ti 0.1%Irg184 0.55%SR313 1.75%SR399	97.5%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC (UV 60 s)	0.53%Ti 0.1%Irg184 0.85%SR313 1.38%SR399 (UV 60 s)	97.0%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC (UV 60 s)	0.57%Ti 0.087%Irg184 1.74%CN124 (UV 60 s)	95.0%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC	0.5%Ti 0.19%Irg184 0.6%CN124 0.4%SR313 1.07%SR399 (UV 60 s)	96.8%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC	0.167%Ti 0.083%Irg184 0.167%Al 1.555%SR399	96.7%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC	0.35%Ti 0.076%Irg184 0.15%Al 1.43%SR399 0.414%SR313	97.1%	
5%Ti	2%CD540 0.5%Ti 3.4ppmTPB 0.2ppmTPR 12ppmCynox-1790	97.6%	
5%Ti	0.21%Irg184 1.93%CD540 0.48%Ti 3.3ppmTPB 0.19ppmTPR 11.6ppmCynox- 1790	97.4%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
5%Ti	0.084%Irg 184 0.77%CD540 0.192%Ti 1.3ppmTPB 0.075ppmTPR 4.6ppm-Cynox- 1790	98.5%	
5%Ti (UV 60 s)	2%ECHMCHC 0.5%Ti	97.6%	
5%Ti (UV 40 s)	0.12%CD1012 1.88%ECHMCHC 0.47%Ti (UV 90 s)	98.1%	
5%Ti (UV 30 s)	0.22%CD1012 2%ECHMCHC 0.43%Ti (UV 90 s)	95.0%	
5%Ti (UV 60 s)	0.22%CD1012 2%ECHMCHC 0.43%Ti (UV 90 s)	94.0%	
5%Ti	0.356Ti 0.073CD1012 0.67%ECHMCHC 1.33%SR399	98.4%	
5%Ti (UV 50 s)	0.14%Irg184 0.348%Ti 0.07%CD1012 0.65%ECHMCHC 1.3%SR399 (加熱)	98.3%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
5%Ti (UV 45 s)	0.133%Irg184 0.33%Ti 0.066%CD1012 0.62%ECHMCHC 1.24%SR399 0.1%PerenolS-5 (加熱)	96.4%	
3%Ti (UV 60 s)	2.5%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	96.7%	
5%Ti (UV 60 s)	2.6%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	94.4%	
3%Ti (UV 60 s)	2.6%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	96.2%	
3%Ti (UV 60 s)	2.0%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	97.2%	
2.5%Ti 2.5%HEMA	2%SR399 0.06%Irg184	96.2%	
1.5%Ti 1.5%HEMA	2%SR399 0.06%Irg184	95.3%	
1.5%Ti 1.5%HEMA 9.3ppmAA 13.3%IPA	2%SR399 0.06%Irg184	97.0%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0525%PFOFCS 0.144%CD1012 1.955%ECHMCHC (UV 60 s)	95.6%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0256%PFOFCS 0.145%CD1012 1.978%ECHMCHC (UV 60 s)	97.0%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
3%Ti (UV 60 s)	0.0232%PFOFCS 0.476%Ti 0.131%CD1012 1.79%ECHMCHC (UV 60 s)	96.8%	
3%Ti (UV 60 s)	0.051%PFOFCS 0.139%CD1012 1.89%ECHMCHC 0.49%HEMA (UV 60 s)	97.3%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0477%PFOFCS 0.13%CD1012 1.767%ECHMCHC 0.78%HEMA 0.32%Ti (UV 60 s)	96.9%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0457%PFOFCS 0.124%CD1012 0.26%Irg184 1.685%ECHMCHC 0.746%HEMA 0.306%Ti (UV 60 s)	97.5%	
3%Ti (UV 60 s)	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.1%	
5%Si (UV 60 s)	0.05%Irg184 5%Ti 0.19%SR399 (UV 60 s)	93.8%	
5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)	92.6%	

10

20

30

40

層 1	層 2	可視光線 透過率%	色
3.1%Ti-Bu 1.1%HEMA 13.3%IPA	2%SR399 0.08%Irg 184	96.3%	
3.1%Ti-Bu 1.1%HEMA 13.3%IPA	2%SR399 0.08%Irg 184	96.3%	
4%Ti	2%SR399 0.08%Irg184 0.32%Ti-Bu	97.7%	

10

【 0 3 8 8 】

表 1 4 において、層 1 は第 1 の反射防止膜コーティング層を示し、層 2 は第 2 の反射防止膜コーティング層を示す。HR - 2 0 0 は、層 2 に形成された疎水性コーティング層を示す。各々の成分の溶液を調製し、反射防止膜を形成するのに使用した。表 1 4 にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は 1 - メトキシ - 2 - プロパノールである。例えば、5 % Ti と記載されている場合は、5 重量 % の Ti と 9 5 重量 % の 1 - メトキシ - 2 - プロパノールを意味するものと理解すべきである。

20

【 0 3 8 9 】

組成物のレンズへの塗布、および透過率の測定は、表 1 3 について説明したのと実質的に同様に行った。硬化時間は、例外を除いて、6 0 秒間である。

【 表 1 2 】

表 1 4

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率 %	色
3%Ti	4.65%Si 0.7%Ti 0.05%HC-900	HR-200	>98%	
1.5%Ti 454ppmAA 300ppmAS 92.8%MP 5.6%IPA (UV 40 s)	0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSPMA 3.4%HC-8 0.9%Al	HR-200	97.3%	
0.75%Ti 38ppmAA 14.2%MP 85%IPA	0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSPMA 3.4%HC-8 0.9%Al	HR-200	96.0%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.24%Al 9.8%HC-8 (UV 60 s)	HR-200	94.7%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.09%Al 2.8%SR368 0.32%Ti 16ppmAA 11.7%IPA (UV 90 s)	HR-200	93.5%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA	0.41%Ti 0.045%Al 1.4%SR368 0.88%SR123 0.78%TFEMA 8ppmAA 5.8%IPA (UV 90 s)	HR-200	94.6%	

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率 %	色
1%Ti 50ppmAA 12.6%MP 86.4%IPA (UV 30 s)	0.13%Ti 0.031%Al 1.52%SR368 0.467%SR123 0.417%TFEMA (UV 60 s)	HR-200	94.8%	
1%Ti 50ppmAA 12.6%MP 86.4% IPA (UV 40 s)	0.21%Ti 0.35%Al 2.4%SR368 0.74%SR123 0.66%TFEMA (UV 60 s)	HR-200	96.7%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 30 s)	0.19%Ti 0.037%Al 1.5%SR368 1.14%TMSPMA 97.16%MP (UV 180 s)	HR-200	96.9%	

10

20

【 0 3 9 0 】

表 1 5 では、複数のコーティング層がプラスチック・レンズに形成されている。表 1 5 にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は 1 - メトキシ - 2 - プロパノールである。例えば、5 % T i と記載されている場合は、5 重量 % の T i と 9 5 重量 % の 1 - メトキシ - 2 - プロパノールを意味するものと理解すべきである。

30

【 0 3 9 1 】

組成物のレンズへの塗布、および透過率の測定は、表 1 3 について説明したのと実質的に同様に行った。硬化時間は、例外を除いて、6 0 秒間である。

【 表 1 3 】

表 1 5

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
2.5%Ti 2.5%Si	10%Ti	0.7%Ti 4.6%Si 0.05%HC900	HR200				96.8% (青)
2%Ti 57ppmNNDM EA (UV 30 s)	0.368%Al (UV 40 s)	26.8%HC-8 73.2%IPA	HR200				96.0%
3%Ti (UV 70 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125PFOMA (UV 20 s)	3%Si (UV 20 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA (UV 70 s)				97.2%
3%Ti (UV70 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125PFOMA (UV 20 s)	3.7%Natco Si (UV 20 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA				97.9%
3%Ti (UV 60s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 20 s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 20 s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 20 s)				97.5%
3%Ti	0.527%SR399 0.235%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOMA 44.3%AC	0.527%SR399 0.235%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOM A 44.3%AC (UV 20 s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 60 s)				96.1%
1.5%Ti	0.525%SR399 0.235%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOMA	3%Si	0.527%SR399 0.23%Ti 0.024%Irg184 0.066%PFOMA				97.0%

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
3.5%Ti-Bu	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si	0.086%BDKK 0.173%Ti-Bu 1%SR399	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300				97.5%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.086%BDKK0.1 7%Ti-Bu 1%SR399 (UV 40 s)	0.086%BDKK 0.17%Ti-Bu 1%SR399 (UV 50 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300 (UV 60 s)				98.1%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 40 s)	0.086%BDKK 0.17%Ti-Bu 1%SR399 (UV 50 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300 (UV 60 s)				97.9%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 40 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 50 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300 (UV 60 s)				98.2%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.086%BDKK 0.17%Ti-Bu 1%SR399 (UV 50 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 60 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300				97.9%
2%Ti (UV 50 s)	5%Si 0.4%SR399 0.067%Ti	5%Ti	5%Si 0.4%Ti 0.06%Irg184	1%SR399 0.17%Ti 0.0416%I rg184			97.5%

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
2%Ti (UV 50 s)	5%Si 0.4%SR399 0.067%Ti	5%Ti	2%Si 0.0346%Ti 0.2%SR399 0.0346%Ti 0.0085%Irg184	0.2%SR3 99			97.7%
2%Ti (UV 50 s)	1%SR399 0.17%Ti 0.0416%Irg184 (UV 50 s)	2%Ti (UV 30 s)	2%Ti (UV 40 s)	0.1% SR399			96.8%
1.5%Ti (UV 60 s)	2%SR399 0.5%Si 0.1%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1.4%SR3 99 0.062%Ir g184 0.3%Ti (UV 60 s)			96.4%
1.5%Ti (UV 60 s)	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1%SR399 0.05%Irg 184 0.21%Ti (UV 60 s)			95.1%
1.5%Ti (UV 60 s)	2%SR399 0.5%Si 0.1%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1%SR399 0.05%Irg 184 0.21%Ti	0.4%SR3 99 0.017%Ir g184 0.085%T i		96.1%
1.5%Ti (UV 60 s)	0.33%SR399 3%Si 0.017%Irg184 0.3%Ti	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1%SR399 0.05%Irg 184 0.21%Ti	0.4%SR3 99 0.017%Ir g184 0.085%T i		94.7%

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
1.5%Ti	0.33%SR399 3%Si 0.017%Irg184 0.3%Ti	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	0.8%SR399 0.035%Irg184 0.17%Ti			97.5%
1.5%Ti	0.33%SR399 3%Si 0.017%Irg184 0.3%Ti	2.75%Ti	0.33%SR399 3%Si 0.017%Irg184 0.3%Ti	0.8%SR399 0.035%Irg184 0.17%Ti			97.5%
2.75%Ti (UV 50 s)	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si (UV 50 s)	2.75%Ti (UV 50 s)	2.75%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.3%SR399 0.065%Irg184 0.245%Ti 0.58%Si		95.6%
2.75%Ti (UV 50 s)	1.3%SR399 0.065%Irg184 0.245%Ti 0.58%Si (UV 50 s)	2.75%Ti (UV 50 s)	2.75%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.3%SR399 0.065%Irg184 0.245%Ti 0.58%Si		95.4%
1.5%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	2.75%Ti	1.5%Ti	1.3%SR399 0.065%Irg184 0.245%Ti 0.58%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si		96.7%

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
1.5%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	2.75%Ti	1.5%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si		97.2%
1.5%Ti (UV 50 s)	0.8%SR399 0.035%Irg184 0.17%Ti (UV 50 s)	4%Ti (UV 50 s)	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 50 s)			97.6%
1.5%Ti (UV 50 s)	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti (UV 50 s)	4%Ti (UV 50 s)	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 50 s)			97.2%
1.5%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 70 s)	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti		96.9%
1.5%Ti	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 70 s)			98.2%

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
2%Ti (UV 60 s)	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	96.4%
2%Ti (UV 60 s)	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti (UV 60 s)	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	96.5%
2%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	95.3%
2%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si (UV 60 s)	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti (UV 60 s)	96.1%
2.75%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 4.4%Si	4%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 4.4%Si	1.3%SR399 0.065%Irg184 0.245%Ti 0.58%Si	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti	0.1%Ti 0.1%PFO TCS EtOH (UV 60 s)	97.0% (赤)

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
2.75%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.31%Ti	5%Ti	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti	0.6%SR3 99 0.03%Irg 184 0.3%Ti 4.4%Si	1.4%SR3 99 0.062%I r184 0.31%Ti	0.1%Ti 0.1%PFO TCS EtOH	96.9% (青)
1.75%Ti (UV 60 s)	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)	4%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 60 s)	0.9%SR3 99 0.042%I r184 0.19%Ti (UV 60 s)	0.01%PF OA 0.01%PF OMA 0.005%P FOTCS 0.1%Ti 0.007%T BPO 4%MP 95.9%IP A (UV 50 s)		96.6% (青)

10

20

30

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
1.75%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 60 s)	4%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 60 s)	0.9%SR3 99 0.042%Ir g184 0.19%Ti (UV 60 s)	0.01%PF OA 0.01%PF OMA 0.005%P FOTCS 0.1%Ti 0.007%T BPO 4%MP 95.9%IP A (UV 50 s)		96.9% (黄色 一赤)
1.75%Ti	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti	1.75%Ti (UV 60 s)	1.75%Ti (UV 60 s)	0.6%SR3 99 0.03%Irg 184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 30 s)	0.9%SR3 99 0.042%Ir g184 0.19%Ti (UV 60 s)		96.1%
1.75%Ti	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti	1.75%Ti (UV 60 s)	1.75%Ti (UV 60 s)	0.6%SR3 99 0.03%Irg 184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 30 s)	0.9%SR3 99 0.042%Ir g184 0.19%Ti (UV 60 s)		96.5%
1.75%Ti	1.4%SR399 0.3%Ti	5%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	1.4%SR3 99 0.3%Ti (UV 60 s)			97.6%

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	層 7	可視 光線 透過 率% (色)
1.75%Ti	1.4%SR399 0.3%Ti	5%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)			96.8%
1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 50ppmBYK300 50ppmPFOMA				95.4%
1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	2.5%Si (UV 60 s)	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 50ppmBYK300 50ppmPFOMA	0.085%Ti-Bu 0.4%SR399 0.017%Irg184		96.4% (赤- 緑)

10

20

30

【0392】

表16では、3つのコーティング層がプラスチック・レンズに形成されている。表16にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5%Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。

40

【0393】

組成物のプラスチック・レンズへの塗布、および透過率の測定は、表13について説明したのと実質的に同様に行った。硬化時間は、例外を除いて、60秒間である。

【表14】

表 1 6

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
2%Ti 0.02% NNDMEA (UV 30 s)	0.186%Al (UV 40 s)	26.8%HC-8 73.2%IPA	94.0%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA	0.24%Ti 0.048%Al 1.94%SR368 1.47%TMSPMA 96.3%MP (UV 180 s)	0.3%Al (UV 50 s)	93.0%	
2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 20 s)	2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 20 s)	2%SR399 0.349%Ti (UV 30 s)	97.3%	
0.3%Al (UV 20 s)	2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 40 s)	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti (UV 100 s)	95.5%	
2.97%Ti 0.29%Irg184 1%SR368 (UV 30 s)	2.99%Ti 0.28%Irg184	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti	93.6%	
1.69%Ti 0.168%Irg184 0.58%SR368	2.99%Ti 0.28%Irg184	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti	94.5%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 30 s, 350 rpm)	3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 30 + 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BYK300 (UV 60 s)	93.0%	青緑
0.5%Ti 0.25%Irg184 0.5%Al 4.67%SR399	2.46%Ti 0.197%Irg184 0.157%SR313 44.3%AC	0.53%Ti 0.1%Irg184 0.85%SR313 1.38%SR399	97.3%	

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
3%Ti (UV 60 s)	3%HEMA 0.25%Ti 0.33%TEA 0.02%Eiosin (UV 60 s)	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.4%	
3%HEMA 0.25%Ti 0.33%TEA 0.02%Eiosin (UV 60 s)	3%Ti (UV 60 s)	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.5%	
3%Ti (UV 60 s)	2.5%HEMA 0.25%T770 0.5%Ti	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.4%	
3%Ti (UV 60 s)	2.5%HEMA 0.25%T770 0.5%Ti (UV 60 s)	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399	97.8%	
3%Ti	0.037%PFOFCS 0.1%CD1012 0.21%Irg184 1.35%ECHMCHC 0.6%HEMA 0.246%Ti 1%SR399	2%SR399 0.32%Ti 0.06%Irg184 (UV 60 s)	94.4%	
1.3%HEMA 0.96%SR640 3.576%Ti-Bu	0.05%BDKK 0.57%SR399 0.43%HEMA 5.66%Si	0.164%HEMA 0.05%PFOTCS 97.86%IPA 1.93%MP	98.5%	
3.5%Ti-Bu	0.087%BDKK 0.095%Ti-Bu 1%SR399 2.9%Si	0.035%BDKK 0.4%SR399 0.005%PFOTCS 0.005%FC430 0.005%BYK300	97.0%	

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
3.5%Ti-Bu	0.043%BDKK 0.047%Ti-Bu 0.5%SR399 1.45%Si	0.174%BDKK 0.173%Ti-Bu 2%SR399	94.0%	青
5%Ti-Bu/5% Ti-Bu	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300	97.2%	
1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 50ppmBYK300 50ppmPFOMA	95.7%	黄色

10

20

30

40

【0394】

表17において、層1は第1の反射防止膜コーティング層を示し、層2は中間シリコン層を示し、層3は第2の反射防止膜コーティング層を示す。各々の成分の溶液を調製し、反射防止膜を形成するのに使用した。表17にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5%Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。

【0395】

異なるコーティング組成物を用いてプラスチック眼鏡レンズにコートした。「層1」の組成物を眼鏡レンズの表面に加え、レンズ・スピン・コーティング装置で眼鏡レンズを回転させた。層1の組成物を眼鏡レンズ表面に散布した後に溶媒を実質的に蒸発させ、例外を除き、約60秒間にわたって先述のコーティング・ユニットからの殺菌ランプからの紫外線に残留組成物を曝した。層1を硬化させた後に層2（シリコン層）を眼鏡レンズに加えた。第2の層の硬化時間は、例外を除いて、60秒間である。層2の組成物を眼鏡レンズ表面に散布し、溶媒が実質的に蒸発するまで眼鏡レンズを回転させた。層2の組成物が乾燥した後に層3の組成物を眼鏡レンズに加えた。溶媒が実質的に蒸発するまでレンズ・スピン・コーティング装置で眼鏡レンズを回転させた。次いで、先述のコーティング・ユニットからの殺菌ランプからの紫外線を当てることによって層3を硬化させた。第3の層の硬化時間は、例外を除いて、60秒間である。1から4の追加的な層を反射防止積層体に加えた。透過率%は、最終層が硬化した後にレンズを透過する光の量を意味する。透過率は、上述したのと同様にして測定した。

【表15】

表 1 7

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	可視 光線 透過 率% (色)
1.5%Ti 454ppmAA 300ppmAS 92.8%MP 5.6%IPA (UV 40 s)	1.5%Si 98.5%IPA (UV 40 s)	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al 0.26%TMSPMA (UV 120 s)	HR200		96.0% (金褐色)
1.5%Ti 76ppmAA 28.4%MP 70.1%IPA (UV 60 s)	1.5%Si 98.5%IPA (UV 40 s)	0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSPMA 3.4%HC-8 0.9%Al (UV 120 s)	HR200		94.4%
3%Ti (UV 70 s)	1.5%Si	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA (UV 70 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA (UV 60 s)		97.4%
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si (UV 20 s)	0.025%Irg184 0.14%Ti 0.96%SR399 (UV 20 s)	1.5%Si	0.025%Irg184 0.14%Ti 0.96%SR399 (UV 60 s)	94.5% (黄色)
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si	1.5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)		97.4 (赤)
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si	1.5%Si (UV 60 s)	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)		97.3

10

20

30

40

3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si	1.5%Si (UV 60 s)	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)		93
3%Ti	1.5%Si	1.5%Si	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOTCS		95.3%
3%Ti	1.5%Si	1.5%Si	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOTCS	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOTCS	94.6%
3%Ti 0.53%SR640 70ppmFC430 (UV 60 s)	2.4%Si 0.97%SR640 70ppmFC430	2.4%Si 0.97%SR640 70ppmFC430	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS		97.6%
3%Ti	5%Si	0.33%SR399 0.07%Ti 0.018%Irg184 0.07%PFOMA	0.527%SR399 0.23%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOMA		97.3%
3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1%SR399 2.4%Si	1%SR399 2.4%Si	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA (UV 60 s)	1.739%SR399 0.12%Irg184 60ppmBYK300 60ppmPFOMA	96.7%

10

20

30

40

50

【0396】

表18において、層1は第1の反射防止膜コーティング層を示し、層2は中間シリコン層を示し、層3は第2の反射防止膜コーティング層を示す。各々の成分の溶液を調製し、反射防止膜を形成するのに使用した。表18にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5%Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。

【0397】

異なるコーティング組成物を用いてプラスチック眼鏡レンズにコートした。「層1」の組成物を眼鏡レンズの表面に加え、レンズ・スピン・コーティング装置で眼鏡レンズを回転させた。第1のコーティング層を2ステップ手順で形成した。第1のステップにおいて、Tiの溶液をプラスチック・レンズに加えて乾燥させた。第2のステップにおいて、追加的なTi溶液をプラスチック・レンズに加えて、乾燥させた。第1および第2のステップで使用したTiの濃度(%)が「層1」の欄にそれぞれ示されている。層1の組成物を実質的に蒸発させ、例外を除き、約60秒間にわたって、先述のコーティング・ユニットが

らの殺菌ランプからの紫外線を残りの組成物に照射した。層1を硬化させた後に層2（シリコン層）を眼鏡レンズに加えた。層2の組成物を眼鏡レンズ表面に散布し、溶媒が実質的に蒸発するまで眼鏡レンズを回転させた。層2の組成物が乾燥した後に層3の組成物を眼鏡レンズに加えた。溶媒が実質的に蒸発するまでレンズ・スピン・コーティング装置で眼鏡レンズを回転させた。次いで、先述のコーティング・ユニットからの殺菌ランプからの紫外線を当てることによって層3を硬化させた。硬化時間は、例外を除いて、60秒間とした。1から4の追加的な層を反射防止積層体に加えた。透過率%は、最終層が硬化した後にレンズを透過する光の量を意味する。透過率は、上述したのと同様にして測定した。

【表16】

10

表18

層1	層2	層3	可視光線透過率%	色
1.5%Ti/3%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 60 s)	97.6%	青
3%Ti/1.5%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 60 s)	98.3%	紫
5%Ti/3%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 90 s)	92.2%	
3%Ti/5%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 90 s)	94.1%	
1.5%Ti/1.5%Ti (UV 60s/60s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	97.6%	
3%Ti/3%Ti (UV 60s/60s)	3%Si (UV 30 s)	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	97.6%	

20

30

40

【0398】

表19において、層1は第1の反射防止膜コーティング層を示し、層2は中間シリコン層を示し、層3は第2の反射防止膜コーティング層を示す。各々の成分の溶液を調製し、反射防止膜を形成するのに使用した。表19にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5%Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。

【0399】

50

組成物のレンズへの塗布、および透過率の測定は、表13について説明したのと実質的に同様に行った。硬化時間は、例外を除いて、60秒間とした。

【表17】

表19

層1	層2	層3	可視光線 透過率%	色
3%Ti	6%Si	0.8%Ti 0.8%GPTMS 0.8%TMSPMA	96.0%	
5.2%Ti 0.97%HC8558	5%Si	0.75%Ti 0.75%HC8558	96.6%	
3.75%Ti 0.019%AA 71%MP 25.25%IPA	3%Si 97%IPA	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al	98.3%	赤
3.75%Ti 0.019%AA 71%MP 25.25%IPA	1.5%Si 98.5%IPA	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al	95.6%	赤
7.5%Ti 0.038AA 45.3%MP 47.2%IPA	1.5%Si 98.5%IPA	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al	96.0%	赤
3%Ti	5%Si	0.16%Ti 1%SR399 50ppmPFOFCS	98.1%	
3%Ti	6.94%Nalco Si	0.16%Ti 1%SR399 50ppmPFOFCS	95.7%	
3%Ti	6.94%Nalco Si	0.317%Ti 2%SR399 0.08%Irg184 0.06%PFOFCS	93.0%	
3%Ti	3%Si	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399	93.0%	青

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
3%Ti	3%Si	0.05%Irg184 0.02%Ti 0.9%SR399	94.3%	金
3%Ti	4%Si	0.05%Irg184 0.2%Ti 0.9%SR399	96.4%	
3%Ti	5%Si	0.05%Irg184 0.2%Ti 0.9%SR399	97.9%	
3%Ti	4%Si	0.079%Irg184 0.322%Ti 1.45%SR399	97.0%	
3%Ti	4%Si	0.079%Irg184 0.322%Ti 1.45%SR399	96.8%	
3%Ti	3%Si	0.079%Irg184 0.322%Ti 1.45%SR399	97.3%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOA	97.7%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.047%PFOMA	97.6%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.8%	
3%Ti	5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	95.7%	
1.5%Ti	5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	94.6%	

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
1.5%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	95.1%	
2%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	95.6%	
2%Ti 0.03%BYK300	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	96.0%	
3%Ti	1.5%Si	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 0.005%PFOMA	97.2%	
3%Ti	1.5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOMA	95.0%	
3%Ti	1.5%Si	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 0.005%PFOMA	96.7%	
3%Ti 0.53%SR640	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.5%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.1%	
3%Ti	3%Si 0.5%SR640	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.8%	
3%Ti 0.53%SR640 70ppmFC430	3%Si 0.53%SR640 70ppmFC430	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.8%	

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
3%Ti	5%Si	1.44%SR399 0.32%Ti 0.08%Irg184 0.005%PFOTCS	97.4%	
3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	5%Si	1.56%Ti-Bu 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	95.8%	黄色

10

【0400】

表20は、型内法を用いた一連の実験を示す。型内法では、プラスチック・レンズに形成したのとは逆に層を形成する。したがって、層1は第2の反射防止膜コーティング層を示し、層2は第1の反射防止膜コーティング層を示し、層3は接着層を示す。各々の成分の溶液を調製し、反射防止膜を形成するのに使用した。表20にリストされているどの組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5%Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。

20

【0401】

異なるコーティング組成物を使用して型のキャスト面をコートした。「層1」の組成物を型の表面に加え、レンズ・スピン・コーティング装置で型を回転させた。層1の組成物を実質的に蒸発させ、例外を除き、約60秒間にわたって先述のコーティング・ユニットの殺菌ランプからの紫外線を残りの組成物に照射した。層1の組成物を硬化させた後に層2を眼鏡レンズに加えた。層2の組成物を眼鏡レンズ表面に散布し、溶媒が実質的に蒸発するまで眼鏡レンズを回転させた。次いで、先述のコーティング・ユニットからの殺菌ランプからの紫外線を当てることによって層2を硬化させた。硬化時間は、例外を除いて、60秒間とした。次いで、層3を反射防止積層体に加えた。層3を型に加え、スピン乾燥し、硬化させた。硬化時間は、例外を除いて、60秒間とした。

30

【0402】

次いで、一对の塗布済の型を使用して、型アセンブリにおいてプラスチック・レンズを形成した。レンズを形成した後に、レンズを型アセンブリから取り出し、プラスチック・レンズの透過率%を測定した。透過率は上述したのと同様にして測定した。

【表18】

表 2 0

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率 %	色
1%SR399 0.059%Irg184 0.007%PFOMA			92.5%	
1%SR399 0.059%Irg184 0.007%PFOMA 0.0062%Q4DC			92.5%	
1%SR399 0.059%Irg184 0.007%PFOMA 0.0062%Q4DC	1.44%SR399 0.08%Irg184 0.32%Ti 0.005%PFOTCS	3%Ti	97.0%	金色
2.58%SR399 0.147%Irg184 0.32%Ti-Bu (UV 60 s)	4%Ti-Bu 1.2%HEMA 14%IPA (UV 60 s)	2.58%SR399 0.147%Irg184 0.32%Ti-Bu (UV 60 s)	94.5%	
2.2%SR399 0.126%Irg184 0.003%PFOMA	2.2%SR399 0.126%Irg184 0.003%PFOMA	2.2%SR399 0.126%Irg184 0.003%PFOMA	97.7%	青みをおびた 赤色
2.2%SR399 0.126%Irg184 0.0031%PFOMA	4%Ti-Bu 1.2%HEMA 14%IPA		97.7%	
2.2%SR399 0.14%D1173	4%Ti-Bu 1.2%HEMA 14%IPA		97.1%	
2.2%SR399 0.14%D1173 (UV 70 s)	2.022%Ti-Bu 2.026%HEMA (UV 70 s)	1%Si 2.2%SR399 0.165%Ti-Bu 0.14%D1173 (UV 70 s)	>95.5	
2.06%SR399 0.136%D1173 0.95%HEMA (UV 90 s)	3.62%Ti-Bu 1.5%HEMA (UV 90 s)	2.06%SR399 0.136%D1173 0.95%HEMA (UV 90 s)	97.0%	金赤色

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率 %	色
2%SR399 0.145%D1173 (UV 90 s)	3.62%Ti-Bu 1.5%HEMA (UV 90 s)	2.12%SR399 0.14%D1173 0.5%HEMA (UV 90 s)	97.0%	
2.2%SR399 0.117%BDK	3.6%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.2%SR399 0.117%BDK (UV 90 s)	94.7%	
2.66%SR399 0.114%BDK	3.6%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.66%SR399 0.114%BDK (UV 90 s)	95.0%	
2.886%SR399 0.124%BDK	3.6%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.886%SR399 0.124%BDK	94.5%	
2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	3.46%Ti-Bu (UV 60 s)	2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	97.7%	
2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	3.7%Ti-Bu 0.005%PFOMA 0.003%BDK (UV 60 s)	2.2%SR399 0.19%BDK	97.6%	
2.2%SR399 0.19%BDK	3.7%Ti-Bu 0.0247%BDK 0.028%PFOTCS 0.091%HEMA	2.2%SR399 0.19%BDK	98.0%	
2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	3.7%Ti-Bu 0.0123%BDK 0.014%PFOTCS 0.045%HEMA	2.2%SR399 0.19%BDK	98.2%	
0.028%BDK 0.32%SR399 0.24%HEMA 3.2%Si	1.3%HEMA 0.96%SR640 3.576%Ti-Bu	0.19%BDK 2.2%SR399 0.01%HEMA 0.03%PFOTCS 5.9%IPA 91.7%MP	95.2%	

10

20

30

40

層 1	層 2	層 3	可視光線 透過率%	色
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	94.7%	

10

【0403】

表21では、使用前の型のキャスト面複数のコーティング層が形成されている。表21にリストされている組成物についても、組成物の残りの成分は1-メトキシ-2-プロパノールである。例えば、5%Tiと記載されている場合は、5重量%のTiと95重量%の1-メトキシ-2-プロパノールを意味するものと理解すべきである。

【0404】

組成物のレンズへの塗布、および透過率の測定は、表20について上述したのと実質的に同様に行った。硬化時間は、例外を除いて、60秒間とした。

【表19】

20

表 2 1

層 1	層 2	層 3	層 4	層 5	層 6	可視 光線 透過 率%
0.5%SR399 0.02%Irg184 0.02%PFOMA	1.44%SR399 0.32%Ti 0.08%Irg184 0.005%PFOTC S	3%Ti	HC-8			96.7%
0.05%BDKK 0.57%SR399 0.43%HEMA 5.66%Si	1.3%HEMA 0.96%SR640 3.576%Ti-Bu	0.19%BDKK 2.2%SR399 0.01%HEMA 0.03%PFOTCS 5.9%IPA 91.7%MP	0.164%HEMA 0.05%PFOTC S 97.86%IPA 1.93%MP			94.7%
0.01%FC725 40%IPA 0.015%FC171 50%AC	0.0134%Irg184 0.033%D1173 0.527%SR399 0.178%SR423 0.088%SR9003 0.008%CD540 0.06%ppmTPB (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	0.9%SR399 0.04%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)	4%Ti	0.01%FC725 40%IPA 0.015%FC171 50%AC	97.7%
0.01%FC725 0.015%FC171 50%IPA 50%AC	0.0134%Irg184 0.033%D1173 0.527%SR399 0.178%SR423 0.088%SR9003 0.008%CD540 0.06ppmTPB	1.4%SR399 0.1%Irg184 0.3%Ti	4%Ti 0.04%TX-100	0.6%SR39 9 0.03%Irg1 84 0.3%Ti 3.3%Si	0.0134%Irg184 0.033%D1173 0.527%SR399 0.178%SR423 0.088%SR9003 0.008%CD540 0.06ppmTPB	97.5%
0.01%FC725 50%IPA 0.015%FC171 50%AC	1%SR399 0.5%SR368 0.01%Irg184 0.05%TPB	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti	4%Ti 0.04%TX-100	0.9%SR39 9 0.042%Irg 184 0.19%Ti	1%SR399 0.5%SR368 0.01%Irg184 0.05%TPB	98.0%

10

20

30

40

1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA			97.5%
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	2.5%Si / 2.5% Si	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFO MA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	95.5%
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	0.3%Ti 1.4%SR399 0.06%Irg184	2.5%Si	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	97.0%

10

20

30

40

50

【 0 4 0 5 】

上記説明に鑑み、本発明の様々な形態についてのさらなる改造形態および代替的な実施形態が存在することを当業者なら理解するであろう。したがって、上記説明は例示として書かれたものにすぎず、本発明の実施についての一般的な方法を当業者に教示することを目的としている。ここに示し、説明する本発明の形態は、現在好ましい実施形態としてとらえられるべきであることを理解されたい。いずれも本発明についてのこの説明を有効利用した当業者なら理解するように、ここに例示、説明されている要素および材料の代わりに他の要素および材料を使用することができ、部品および方法を逆にすることができ、また本発明の特定の特徴を個別に利用することができる。請求項に記載されている本発明の主旨および範囲から逸脱することなく、ここに記載の要素に変更を加えることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】

プラスチック・レンズ形成装置の斜視図である。

【 図 2 】

スピン・コーティング・ユニットの斜視図である。

【 図 3 】

スピン・コーティング・ユニットの破断側面図である。

【 図 4 】

本体の一部が取り除かれたプラスチック・レンズ形成装置の斜視図である。

【 図 5 】

レンズ硬化ユニットのコンポーネントの斜視図である。

【 図 6 】

本体の一部とコーティング・ユニットとが取り除かれたプラスチック・レンズ形成組成物の斜視図である。

【 図 7 】

蛍光安定器システムの概略を示す図である。

【 図 8 】

型アセンブリを示す図である。

【図 9】

ガスケットの一実施形態の等角投影図である。

【図 10】

図 9 のガスケットの上面図である。

【図 11】

型 / ガスケット・アセンブリの一実施形態の断面図である。

【図 12】

ガスケットの一実施形態の等角投影図である。

【図 13】

図 12 のガスケットの上面図である。

【図 14】

硬化済レンズ、およびガスケットを除去した後の型の側面図である。

【図 15】

後硬化ユニットを示す図である。

【図 16】

アクリル化アミンの化学構造を示す図である。

【図 17 から図 19】

様々な表示手段を示す表示スクリーンを有するコントローラの前面パネルを示す図である。

【図 20】

加熱済重合性レンズ形成組成物分配システムの等角投影図である。

【図 21】

加熱済重合性レンズ形成組成物分配システムの側面図である。

【図 22】

加熱済重合性レンズ形成組成物分配システムの断面側面図である。

【図 23】

加熱済重合性レンズ形成組成物分配システムの断面側面図である。

【図 24】

トップフラット二焦点レンズを作製するための型アセンブリを示す図である。

【図 25】

レンズ硬化ユニットの正面図である。

【図 26】

レンズ硬化ユニットの上面図である。

【図 27】

大容量レンズ硬化装置の等角投影図である。

【図 28】

大容量レンズ硬化装置の断面側面図である。

【図 29】

大容量レンズ硬化装置を示す第 1 の硬化ユニットの断面上面図である。

【図 30】

型アセンブリ・ホルダの等角投影図である。

【図 31】

大容量レンズ硬化装置のコンベヤ・システムの等角投影図である。

【図 32】

大容量レンズ硬化装置の断面上面図である。

【図 33】

大容量レンズ硬化装置のコンベヤ・システムの一部の側面図である。

【図 34】

大容量レンズ硬化装置の側面図である。

10

20

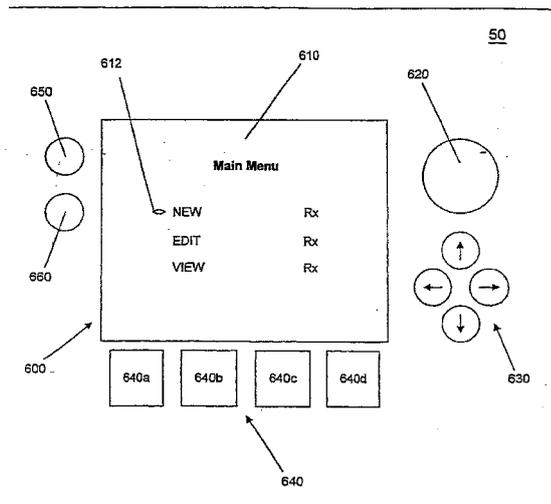
30

40

50

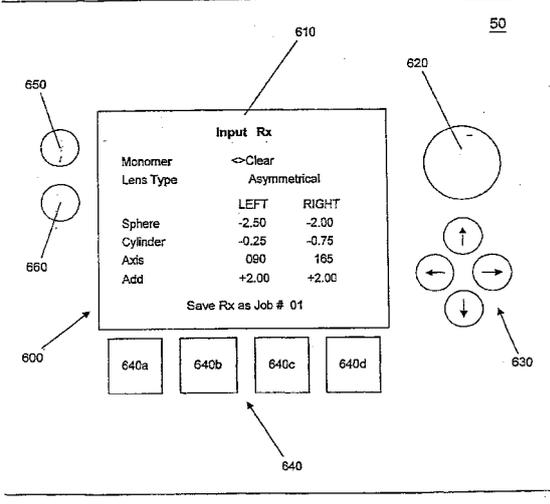
【図35】
大容量レンズ硬化装置の断面正面図である。

【図17】



Main Menu: メイン・メニュー
 NEW: 新規
 EDIT: 編集
 VIEW: 閲覧

【図18】

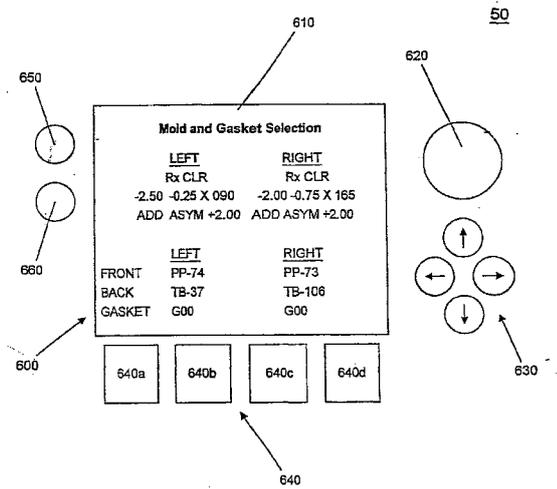


Input: 入力
 Monomer: モノマー
 Clear: 透明
 Lens Type: レンズの種類
 Save Rx as Job # 01: 2 ジョブ#01としてRxを保存

Asymmetrical: 非対称
 LEFT: 左
 RIGHT: 右
 Sphere: 球面

Cylinder: 円筒
 Axis: 軸
 Add: 付加

【 図 19 】



Mold and Gasket Selection: 型およびガスケットの選択
 LEFT: 左 FRONT: 前方
 RIGHT: 右 BACK: 後方
 ADD ASYM: 付加 非対称 GASKET: ガスケット

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau



(43) International Publication Date
13 December 2001 (13.12.2001)

PCT

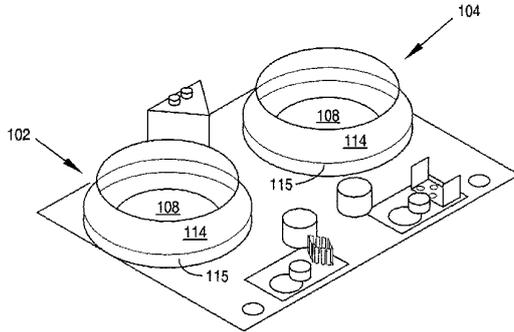
(10) International Publication Number
WO 01/95017 A2

- (51) International Patent Classification: **G02B 111/**
 - (21) International Application Number: PCT/US01/18637
 - (22) International Filing Date: 8 June 2001 (08.06.2001)
 - (25) Filing Language: English
 - (26) Publication Language: English
 - (30) Priority Data:
09/590,784 8 June 2000 (08.06.2000) US
 - (71) Applicant: **Q2100, INC.**, [US/US]; 10100 Bluegrass Parkway, Louisville, KY 40299 (US).
 - (72) Inventors: **SUN, Xiaodong**, 1707-2 Somerset Place, Louisville, KY 40220 (US). **BLAZZA, Omar, M.**, 503 Palisades Ct., Louisville, KY 40223 (US).
 - (74) Agent: **MEVERTONS, Eric, B.**, Conley, Rose & Tayon, P.C., P.O. Box 398, Austin, TX 78767-0398 (US).
- (81) Designated States (*national*): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (*regional*): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- Published: — without international search report and to be republished upon receipt of that report
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*



WO 01/95017 A2

(54) Title: METHOD OF FORMING ANTIREFLECTIVE COATINGS



(57) Abstract: An antireflective coating may be formed on visible light transmitting materials. The antireflective coating may be a stack of two coating layers. The first coating layer may be formed from a composition that includes a metal alkoxide. The first coating layer may be cured by the application of ultraviolet light or heat. The second coating layer may be formed from a second composition that includes an initiator and an ethylenically substituted monomer. The second composition may be cured by the application of ultraviolet light. The antireflective coatings may be applied to a plastic lens or a plastic lens or a plastic lens mold.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TITLE: METHOD OF FORMING ANITREFLECTIVE COATINGS

BACKGROUND OF THE INVENTION5 1. Field of the Invention

The present invention relates generally to eyeglass lenses. More particularly, the invention relates to a lens forming composition, system and method for making photochromic, ultraviolet/visible light absorbing, and colored plastic lenses by curing the lens forming composition using activating light.

10 2. Description of the Relevant Art

It is conventional in the art to produce optical lenses by thermal curing techniques from the polymer of diethylene glycol bis(allyl)-carbonate (DEG-BAC). In addition, optical lenses may also be made using ultraviolet ("UV") light curing techniques. See, for example, U.S. Patent Nos. 4,728,469 to Lipscomb et al., 4,879,318 to Lipscomb et al., 5,364,256 to Lipscomb et al., 5,415,816 to Buazza et al., 5,529,728 to Buazza et al., 5,514,214 to 15 Joel et al., 5,516,468 to Lipscomb, et al., 5,529,728 to Buazza et al., 5,689,324 to Lossman et al., 5,928,575 to Buazza, 5,976,423 to Buazza, 6,022,498 to Buazza et al. and U.S. patent application serial nos. 07/425,371 filed October 26, 1989, 08/439,691 filed May 12, 1995, 08/454,523 filed May 30, 1995, 08/453,770 filed May 30, 1995, 08/853,134 filed May 8, 1997, 08/844,557 filed April 18, 1997, and 08/904,289 filed July 31, 1997, all of which are hereby specifically incorporated by reference.

20 Curing of a lens by ultraviolet light tends to present certain problems that must be overcome to produce a viable lens. Such problems include yellowing of the lens, cracking of the lens or mold, optical distortions in the lens, and premature release of the lens from the mold. In addition, many of the useful ultraviolet light-curable lens forming compositions exhibit certain characteristics that increase the difficulty of a lens curing process. For 25 example, due to the relatively rapid nature of ultraviolet light initiated reactions, it is a challenge to provide a composition that is ultraviolet light curable to form an eyeglass lens. Excessive exothermic heat tends to cause defects in the cured lens. To avoid such defects, the level of photoinitiator may be reduced to levels below what is customarily employed in the ultraviolet curing art.

While reducing the level of photoinitiator addresses some problems, it may also cause others. For 30 instance, lowered levels of photoinitiator may cause the material in regions near an edge of the lens and proximate a gasket wall in a mold cavity to incompletely cure due to the presence of oxygen in these regions (oxygen is believed to inhibit curing of many lens forming compositions or materials). Uncured lens forming composition tends to result in lenses with "wet" edges covered by sticky uncured lens forming composition. Furthermore, 35 uncured lens forming composition may migrate to and contaminate the optical surfaces of the lens upon demolding. The contaminated lens is then often unusable.

Uncured lens forming composition has been addressed by a variety of methods (see, e.g., the methods 40 described in U.S. Patent No. 5,529,728 to Buazza et al). Such methods may include removing the gasket and applying either an oxygen barrier or a photoinitiator enriched liquid to the exposed edge of the lens, and then re-irradiating the lens with a dosage of ultraviolet light sufficient to completely dry the edge of the lens prior to demolding. During such irradiation, however, higher than desirable levels of irradiation, or longer than desirable periods of irradiation, may be required. The additional ultraviolet irradiation may in some circumstances cause

WO 01/95017

PCT/US01/18637

defects such as yellowing in the lens.

The low photoinitiator levels utilized in many ultraviolet curable lens forming compositions may produce a lens that, while fully-cured as measured by percentage of remaining double bonds, may not possess sufficient cross-link density on the lens surface to provide desirable dye absorption characteristics during the tinting process.

5 Various methods of increasing the surface density of such ultraviolet light curable lenses are described in U.S. Patent No. 5,529,728 to Buazza et al. In one method, the lens is demolded and then the surfaces of the lens are exposed directly to ultraviolet light. The relatively short wavelengths (around 254 nm) provided by some ultraviolet light sources (e.g., a mercury vapor lamp) tend to cause the material to cross-link quite rapidly. An undesirable effect of this method, however, is that the lens tends to yellow as a result of such exposure. Further, 10 any contaminants on the surface of the lens that are exposed to short wavelengths of high intensity ultraviolet light may cause tint defects.

Another method involves exposing the lens to relatively high intensity ultraviolet radiation while it is still within a mold cavity formed between glass molds. The glass molds tend to absorb the more effective short wavelengths, while transmitting wavelengths of about 365 nm. This method generally requires long exposure 15 times and often the infrared radiation absorbed by the lens mold assembly will cause premature release of the lens from a mold member. The lens mold assembly may be heated prior to exposure to high intensity ultraviolet light, thereby reducing the amount of radiation necessary to attain a desired level of cross-link density. This method, however, is also associated with a higher rate of premature release.

It is well known in the art that a lens mold/gasket assembly may be heated to cure the lens forming 20 composition from a liquid monomer to a solid polymer. It is also well known that such a lens may be thermally postcured by applying convective heat to the lens after the molds and gaskets have been removed from the lens.

SUMMARY OF THE INVENTION

An embodiment of an apparatus for preparing an eyeglass lens is described. The apparatus includes a 25 coating unit and a lens curing unit. The coating unit may be configured to coat either mold members or lenses. In one embodiment, the coating unit is a spin coating unit. The lens curing unit may be configured to direct activating light toward mold members. The mold members are part of a mold assembly that may be placed within the lens curing unit. Depending on the type of lens forming composition used, the apparatus may be used to form photochromic and non-photochromic lenses. The apparatus may be configured to allow the operation of both the 30 coating unit and the lens curing unit substantially simultaneously.

The coating unit may be a spin coating unit. The spin coating unit may comprise a holder for holding an eyeglass lens or a mold member. The holder may be coupled to a motor that is configured to rotate the holder. An activating light source may be incorporated into a cover. The cover may be drawn over the body of the lens curing 35 unit, covering the coating units. The activating light source, in one embodiment, is positioned, when the cover is closed, such that activating light may be applied to the mold member or lens positioned within the coating unit. An activating light source may be an ultraviolet light source, an actinic light source (e.g., a light source producing light having a wavelength between about 380 nm to 490 nm), a visible light source and/or an infra-red light source. In one embodiment, the activating light source is an ultraviolet light source.

The lens forming apparatus may include a post-cure unit. The post-cure unit may be configured to apply 40 heat and activating light to mold assemblies or lenses disposed within the post-cure unit.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The lens forming apparatus may also include a programmable controller configured to substantially simultaneously control the operation of the coating unit, the lens curing unit and the post-cure unit. The apparatus may include a number of light probes and temperature probes disposed within the coating unit, lens curing unit, and the post-cure unit. These probes preferably relay information about the operation of the individual units to the controller. The information relayed may be used to control the operation of the individual units. The operation of each of the units may also be controlled based on the prescription of the lens being formed.

The controller may be configured to control various operations of the coating unit, the curing unit, and the post cure unit.

Additionally, the controller provides system diagnostics and information to the operator of the apparatus. The controller may notify the user when routine maintenance is due or when a system error is detected. The controller may also manage an interlock system for safety and energy conservation purposes. The controller may prevent the lamps from operating when the operator may be exposed to light from the lamps.

The controller may also be configured to interact with the operator. The controller preferably includes an input device and a display screen. A number of operations controlled by the controller, as described above, may be dependent on the input of the operator. The controller may prepare a sequence of instructions based on the type of lens (clear, ultraviolet/visible light absorbing, photochromic, colored, etc.), prescription, and type of coatings (e.g., scratch resistant, adhesion promoting, or tint) inputted by an operator.

A variety of lens forming compositions may be cured to form a plastic eyeglass lens in the above described apparatus. Colored lenses, photochromic lenses, and ultraviolet/visible light absorbing colorless lenses may be formed. The lens forming compositions may be formulated such that the conditions for forming the lens (e.g., curing conditions and post cure conditions) may be similar without regard to the lens being formed. In an embodiment, a clear lens may be formed under similar conditions used to form photochromic lenses by adding a colorless, non-photochromic ultraviolet/visible light absorbing compound to the lens forming composition. The curing process for forming a photochromic lens is such that higher doses of activating light than are typically used for the formation of a clear, non-ultraviolet/visible light absorbing lens may be required. In an embodiment, ultraviolet/visible light absorbing compounds may be added to a lens forming composition to produce a substantially clear lens under the more intense dosing requirements used to form photochromic lenses. The ultraviolet/visible light absorbing compounds may take the place of the photochromic compounds, making curing at higher doses possible for clear lenses. An advantage of adding the ultraviolet/visible light absorbers to the lens forming composition is that the clear lens formed may offer better protection against ultraviolet/visible light rays than a clear lens formed without such compounds.

In an embodiment, a composition that includes two or more photochromic compounds may further include a light effector composition to produce a lens that exhibits an activated color that differs from an activated color produced by the photochromic compounds without the light effector composition. The activated color is defined as the color a lens achieves when exposed to a photochromic activating light source (e.g., sunlight). A photochromic activating light source is defined as any light source that produces light having a wavelength that causes a photochromic compound to become colored. Photochromic activating light is defined as light that has a wavelength capable of causing a photochromic compound to become colored. The photochromic activating wavelength band is defined as the region of light that has a wavelength that causes coloring of photochromic compounds. The light effector composition may include any compound that exhibits absorbance of at least a

WO 01/95017

PCT/US01/18637

portion of the photochromic activating wavelength band. Light effector compositions may include photoinitiators, ultraviolet/visible light absorbers, ultraviolet light stabilizers, and dyes. In this manner, the activated color of a lens may be altered without altering the ratio and or composition of the photochromic compounds. By using a light effector composition, a single lens forming composition may be used as a base solution to which a light effector may be added in order to alter the activated color of the formed lens.

The addition of a light effector composition that absorbs photochromic activating light may cause a change in the activated color of the formed lens. The change in activated color may be dependent on the range of photochromic activating light absorbed by the light effector composition. The use of different light effector compositions may allow an operator to produce photochromic lenses with a wide variety of activated colors (e.g., red, orange, yellow, green, blue, indigo, violet, gray, or brown).

In an embodiment, an ophthalmic eyeglass lens may be made from an activating light curable lens forming composition comprising a monomer composition and a photoinitiator composition. The monomer composition preferably includes a polyethylenic functional monomer. Preferably, the polyethylenic functional monomer composition includes an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer. In one embodiment, the polyethylenic functional monomer is preferably an ethoxylated bisphenol A di(meth)acrylate.

The monomer composition may include additional monomers to modify the properties of the formed eyeglass lens and/or the lens forming composition. Monomers which may be used in the monomer composition include polyethylenic functional monomers containing groups selected from acrylyl or methacrylyl.

In another embodiment, an ophthalmic eyeglass lens may be made from an activating light curable lens forming composition comprising a monomer composition, a photoinitiator composition and a co-initiator composition. An activating light absorbing compound may also be present. An activating light absorbing compound is herein defined as a compound which absorbs at least a portion of the activating light. The monomer composition preferably includes a polyethylenic functional monomer. Preferably, the polyethylenic functional monomer is an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer. In one embodiment, the polyethylenic functional monomer is preferably an ethoxylated bisphenol A di(meth)acrylate.

The co-initiator composition preferably includes amine co-initiators. Preferably, acrylyl amines are included in the co-initiator composition. In one embodiment, the co-initiator composition preferably includes a mixture of CN-384 and CN-386.

Examples of activating light absorbing compounds includes photochromic compounds, UV stabilizers, UV absorbers, and/or dyes.

In another embodiment, the controller is preferably configured to run a computer software program which, upon input of the eyeglass prescription, will supply the identification markings of the appropriate front mold, back mold and gasket. The controller may also be configured to store the prescription data and to use the prescription data to determine curing conditions. The controller may be configured to operate the curing unit to produce the appropriate curing conditions.

In one embodiment, the lens forming composition may be irradiated with continuous activated light to initiate curing of the lens forming composition. Subsequent to initiating the curing, the lens forming composition may be treated with additional activating light and heat to further cure the lens forming composition.

In another embodiment, the lens forming composition may be irradiated with continuous activated light in a heated curing chamber to initiate curing of the lens forming composition. Subsequent to initiating the curing, the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

lens forming composition may be treated with additional activating light and heat to further cure the lens forming composition.

5 In another embodiment, a system for dispensing a heated polymerizable lens forming composition is described. The dispensing system includes a body configured to hold the lens forming composition, a heating system coupled to the body for heating the monomer solution, and a valve positioned proximate an outlet of the body for controlling the flow of the lens forming composition out of the body.

10 A high-volume lens curing apparatus includes at least a first lens curing unit and a second lens curing unit. The lens forming apparatus may, optionally, include an anneal unit. A conveyance system may be positioned within the first and/or second lens curing units. The conveyance system may be configured to allow a mold assembly to be transported from the first lens curing unit to the second lens curing unit. Lens curing units include an activating light source for producing activating light. Anneal unit may be configured to apply heat to an at least partially relieve or relax the stresses caused during the polymerization of the lens forming material. A controller may be coupled to the lens curing units and, if present, an anneal unit, such that the controller is capable of substantially simultaneously operating the three units. The anneal unit may include a conveyor system for transferring the demolded lenses through the anneal unit.

15 In some embodiments, an apparatus for preparing an eyeglass lens may include a first lens curing unit. The first lens curing unit may have a first activating light source. The first lens curing unit may be configured to produce activating light directed toward a mold assembly during use. An apparatus for preparing an eyeglass lens may also include a second lens curing unit. The second lens curing unit may have a second activating light source and heating system. The second activating light source may be configured to direct activating light toward a mold assembly during use. The heat system may be configured to heat the interior of the second lens curing unit. In some embodiments, an apparatus for preparing an eyeglass lens may include an air distributor positioned within the second curing unit. The air distributor may be configured to circulate air within the second curing unit during use. The apparatus may be configured such that a substantially clear eyeglass lens is formed in a time period of less than 1 hour.

20 In an embodiment, a plastic eyeglass lens may be made by a method including placing a liquid lens forming composition in a mold cavity of a mold assembly. The mold assembly may include a front mold member and a back mold member. The mold members may each have a casting face and a non-casting face. The mold members may be configured to be spaced apart from one another during use such that the casting faces of the mold members at least partially define a mold cavity. The lens forming composition may include a monomer composition and a photoinitiator. The method may also include placing the mold assembly in a mold assembly holder. The method may further include directing activating light toward at least one of the mold members to initiate curing of the lens forming composition. The method may also include directing activating light and heat toward at least one of the mold members subsequent to initiating curing of the lens to form the eyeglass lens.

35 In some embodiments, an apparatus for preparing an eyeglass lens may also include a conveyor system configured to convey the mold assembly from the first lens curing unit into and through the second lens curing unit. Such a conveyor system may include a continuous flexible member extending from the first curing unit through the second curing unit. The flexible member may be configured to interact with a mold assembly to convey the mold assembly through the first curing unit, to the second curing unit, and through the second curing unit. The flexible member may be coupled to a motor configured to move the flexible member through the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

conveyor system. In some embodiments, the conveyor system may include two discrete conveyors. The first conveyor may be configured to convey the mold assembly from the first curing unit to the second curing unit. The second conveyor may be configured to convey the mold assembly through the second curing unit.

5 In some embodiments, the first and/or second activating light sources may be ultraviolet light sources. In such embodiments, the light sources may have substantially the same spectral output. For example, the first and second activating light sources may have a peak light intensity at a range of about 385 nm to about 490 nm. Further, the first and/or second light sources may be configured to generate pulses of activating light. The first activating light source may include a first set of lamps and a second set of lamps, wherein the first and second set of lamps are positioned on opposite sides of the first curing unit.

10 In some embodiments, the first and/or second activating light sources may include a fluorescent lamp. In such embodiments, the activating light sources may each include a flasher ballast system coupled to the fluorescent lamp. A flasher ballast system may include an instant start ballast and a transformer. In embodiments where the activating light sources comprise two or more lamps, the lamps may be independently operable.

15 In some embodiments, a ballast system for controlling the operation of a fluorescent lamp, may include an instant start ballast, and a transformer. The transformer and the instant start ballast may be independently operable. In some embodiments, a controller may be coupled to the instant start ballast and the transformer. The controller may be configured to independently operate the instant start ballast and the transformer. For example, the controller may be configured to turn the transformer off before turning the instant start ballast on. The controller may also be configured to turn the transformer on when the lamp is turned off. The controller may also be configured to turn the transformer off after a predetermined amount of time has passed without receiving a signal to turn the fluorescent lamp on.

20 The instant start ballast may be configured to deliver a striking voltage to the fluorescent lamp. The striking voltage of may be between about 250 to about 400 V. The instant start ballast may further be configured to regulate the current to the fluorescent lamp when the fluorescent lamp is on. In some embodiments, the instant start ballast may be a high frequency ballast.

25 The transformer may be configured to deliver voltage to a filament of the fluorescent lamp when the fluorescent lamp is off. In an embodiment, the voltage supplied by the transformer may be sufficient to keep the filament of the fluorescent lamp at a temperature proximate the optimal operating temperature of the filament. In an embodiment, the voltage supplied by the transformer may be sufficient to keep the filament and the fluorescent lamp at a temperature proximate the optimal operating temperature of the fluorescent lamp. In an embodiment, the transformer may be configured to apply less than about 5 V to the filament. The transformer may be a toroidal transformer.

30 A fluorescent lamp may be operated by a method including coupling the fluorescent lamp to a ballast system. The method may further include operating a transformer of the ballast system such that voltage is delivered to the filament of the fluorescent lamp. The method may also include operating an instant start ballast of the ballast system such that a striking voltage is applied to the fluorescent lamp causing the fluorescent lamp to produce light.

In some embodiments, a filter may be disposed directly adjacent to the first and/or second activating light source. The filter may be configured to manipulate the intensity of the activating light emanating from the first

WO 01/95017

PCT/US01/18637

activating light source. Such a filter may include a plate defining an aperture. The plate may be formed from a material that is opaque to the activating light. For example, the plate may be a metal plate.

In some embodiments, an apparatus for preparing an eyeglass lens may include an anneal unit. The anneal unit may include an anneal unit heating system. The anneal unit heating system may be configured to heat the interior of the anneal unit. For example, the anneal unit heating system may be configured to heat the interior of the anneal unit to a temperature of up to about 250 °F. The anneal unit may also include an anneal unit conveyor system configured to convey the mold assembly through the anneal unit.

In some embodiments, an apparatus for preparing an eyeglass lens may include a programmable controller configured to substantially simultaneously control operation of the first curing unit and the second curing unit during use. For example, in embodiments where the first activating light source comprises a first set of lamps and a second set of lamps, the programmable controller may be configured to individually control the first and second sets of lamps. The programmable controller may be configured to control operation of the curing units as a function of the eyeglass lens prescription.

A system for preparing an eyeglass lens may include an apparatus for dispensing a heated polymerizable lens forming composition. In some embodiments, an apparatus for dispensing a heated polymerizable lens forming composition may include a body configured to hold the lens forming composition. The body may include an opening for receiving a fluid container and an outlet. The body may also include a heating system positioned within the body for heating the lens forming composition. The heating system may be a resistive heating system. In some embodiments, the body may include a chamber positioned within the body. The heating system may be positioned within the chamber. In such embodiments, the chamber may inhibit the lens forming composition from contacting the heating system.

A fluid container for use in an apparatus for dispensing a heated polymerizable lens forming composition may include a body and a cap. In some embodiments, the cap of the fluid container may be removable from the fluid container body. In some embodiments, the cap of the fluid container may be coupled to the fluid container body with an adhesive. The cap may include a fluid control member and an elastic member, for example, a spring. The fluid control member may be substantially spherical. The elastic member may be coupled to the fluid control member such that the elastic member exerts a force on the fluid control member such that the fluid control member is forced against a top inner surface of the cap. The fluid container may be insertable into the opening of the heating apparatus. The heating apparatus body may include a projection extending toward the opening. The projection may be positioned such that the projection forces the fluid control member away from the top inner surface of the cap when the body is inserted into the opening. Insertion of the fluid container into the opening may cause the fluid control member to be moved to a position such that the lens forming composition flows from the fluid container into the heating apparatus body.

In some embodiments, a valve may be positioned proximate the outlet. The valve may include an elongated member. The elongated member may be positionable within the outlet in a closed position. In the closed position, the elongated member may inhibit flow of the lens forming composition through the outlet. In the closed position, the elongated member may extend substantially completely through the outlet. The elongated member may also be positionable within the outlet in an open position. In an open position, the elongated member may allow flow of the lens forming composition through the outlet during use. In an open position, the elongated member may extend partially into the outlet. The valve may also include a movable member coupled to the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

elongated member. The elongated member may contact the movable member at a first position such that the elongated member is in the closed position. The elongated member may contact the movable member at a second position such that the elongated member is in the open position. The movable member may be movable such that the position of the elongated member can be varied from the first position to the second position.

5 In some embodiments, an apparatus for dispensing a heated polymerizable lens forming composition may also include a thermostat coupled to the body. The thermostat may be configured to measure a temperature of the lens forming composition within the body. The thermostat may further be configured to control the heating system in response to the measured temperature. In some embodiments, a thermocouple may be coupled to the body. In such embodiments, a controller may be coupled to the thermocouple. The thermocouple may be configured to
10 measure the temperature of the lens forming composition within the body. The controller may be configured to control the heating system in response to the temperature measured by the thermocouple.

In some embodiments, an apparatus for dispensing a heated polymerizable lens forming composition may also include a fluid level monitor disposed within the body. The fluid level monitor may be configured to measure the level of the lens forming composition disposed within the body. In such embodiments, the apparatus may also
15 include a controller coupled to the fluid level monitor and the heating system. The controller may be configured to control the heating system in response to the level of fluid measured by the fluid level monitor. In some embodiments, the apparatus may be electrically coupleable to a controller of a lens forming apparatus.

In some embodiments, an apparatus for dispensing a heated polymerizable lens forming composition may include a mold assembly holder coupled to the body. The mold assembly holder may be configured to hold a
20 mold assembly in a position such that the outlet of the body is positioned proximate an inlet of the mold assembly.

In some embodiments, a plastic eyeglass lens may be formed by a method which may include introducing a lens forming composition into the body of a heating apparatus. The method may also include heating the lens forming composition in the heating apparatus. The method may further include placing the liquid lens forming composition in a mold cavity of a mold assembly. The mold assembly may include a front mold member and a
25 back mold member. The mold assembly may be configured to fit within the first and second curing units. The lens forming composition may include a monomer composition and a photoinitiator. The monomer composition may cure by exposure to activating light. The photoinitiator may initiate curing of the monomer in response to being exposed to activating light. The method may also include directing activating light toward at least one of the mold members to initiate curing of the lens forming composition. The first lens curing unit, for example, may be
30 used to direct activating light toward at least one of the mold members to initiate curing. In certain embodiments, curing of the lens forming composition may be initiated by directing activating light toward at least one of the mold members for less than 100 seconds. The method may further include directing activating light and heat toward at least one of the mold members subsequent to initiating curing of the lens to form the eyeglass lens. The second lens curing unit, for example, may be used to direct activating light and heat toward at least one of the
35 mold members subsequent to initiating curing. In embodiments where the first lens curing unit is coupled to the second lens curing unit by a conveyor system, the method may include transferring the mold assembly holder from the first curing unit to the second curing unit along the conveyor system subsequent to initiating curing of the lens forming composition. Subsequent to directing activating light and heat toward at least one of the mold members, the method may also include applying heat to the lens in the absence of activating light.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

In some embodiments, a mold assembly may include a gasket. In some embodiments, a gasket may be configured to engage a first mold set for forming a first lens of a first power. The gasket may include a fill port for receiving a lens forming composition while the gasket is fully engaged to a mold set. The fill port may extend from the interior surface of the gasket to the exterior surface. The gasket may include at least four discrete projections for spacing mold members of a mold set. The at least four discrete projections may be evenly spaced around the interior surface of the gasket. In an embodiment, the at least four discrete projections may be spaced at about 90 degree increments around the interior surface of the gasket. A back mold member for use in a mold assembly may have a steep axis and a flat axis. Each of the at least four discrete projections may form an oblique angle with the steep axis and the flat axis of the back mold member. In certain embodiments, each of the at least four discrete projections may form an about 45 degree angle with the steep axis and the flat axis of the back mold member. The projections may be arranged on an interior surface of the gasket. In some embodiments, the gasket may also include a fifth projection. The fifth projection may be positioned such that the projection contacts one of a mold member of the first mold set during use. The gasket may also be configured to engage a second mold set for forming a second lens of a second power. In such embodiments, the fifth projection may contact a first mold member of the first mold set during use, and the fill port may be positioned near a second mold member of the first mold set during use.

In some embodiments, a mold assembly holder may be configured to support a mold assembly. A mold assembly holder may include a body, and an indentation formed in the body. The body may be configured to allow activating light to reach the mold assembly. The indentation may be complementary to the shape of the mold assembly. The indentation may define an opening. The opening may be substantially centered within the indentation. The opening may be positioned such that activating light passes through the opening and onto the mold assembly during use. The diameter of the opening may be less than the diameter of a mold of the mold assembly. The indentation may extend into the body to a depth such that an upper surface of the mold assembly is positioned at or below the upper surface of the body. The mold assembly holder may further include additional indentations for holding a mold or a gasket of the mold assembly or an additional mold assembly. The additional indentation may have a shape that is complementary with the additional mold assembly. The mold assembly holder may also include a ridge disposed on the bottom surface. The ridge may be configured to interact with a conveyor system. In addition, a portion of the mold assembly holder may be configured to hold a job ticket.

The lens forming composition may include a monomer composition and a photoinitiator. In an embodiment, the lens forming composition may be curable to a substantially aberration free lens in less than about 30 minutes. The monomer composition may cure by exposure to activating light. The photoinitiator may initiate curing of the monomer in response to being exposed to activating light. The lens forming composition may further include a photochromic compound, a dye, an ultraviolet/visible light absorbing compound, etc. The monomer may include an aromatic containing bis(allyl carbonate)-functional monomer, an aromatic containing polyethylenic polyether functional monomer, and/or polyethylenic functional monomer. In an embodiment, the co-initiator composition may include an amine, for example an acrylyl amine, such as monoacrylated amines, diacrylated amines, or mixtures thereof. In an embodiment, the photoinitiator may include bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-(2,4,4-trimethylphenyl)phosphine oxide.

In an embodiment, an eyeglass lens may be made by a computer-implemented method for controlling formation of the lens. A controller computer including controller software may be configured to implement the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

method. The controller software may be disposed on a carrier medium. The computer software may include computer-executable program instructions. The method may include receiving prescription information. The prescription information may define an eyeglass prescription. The method may further include analyzing the prescription information. In such a method, a front mold, back mold and gasket may include identification markings. The method may include determining a front mold identification marking, a back mold identification marking, and a gasket identification marking of an appropriate front mold, back mold and gasket for producing the eyeglass lens in response to analyzing the prescription information. The front mold, the back mold and the gasket together may be operable to produce a mold cavity. The mold cavity may be configured to hold a lens forming composition which is curable to produce the eyeglass lens from the prescription. The method may further include determining a specific lens forming composition for producing the eyeglass lens in response to analyzing the prescription information. The method may also include displaying the front mold identification marking, the back mold identification marking, and the gasket identification marking on a display device subsequent to determining the front mold identification marking, the back mold identification marking, and the gasket identification marking. Additionally, the method may include displaying the specific lens forming composition on a display device subsequent to determining the specific lens forming composition. The method may also include determining curing conditions for the eyeglass lens in response to analyzing the prescription information. The method may also include determining a second front mold identification marking, a second back mold identification marking, and second a gasket identification marking of an appropriate second front mold, second back mold and second gasket for producing a second eyeglass lens in response to analyzing the prescription information. In addition, the method may include controlling a system for forming an eyeglass lens, e.g. a curing unit, post-cure unit, and/or coating unit. In an embodiment, controlling a curing unit, coating unit and the post-cure unit may be performed substantially concurrently.

In an embodiment, receiving the prescription information may include reading the prescription information from a barcode. In an embodiment, receiving the prescription information may include receiving the prescription information from an input device, wherein the input device is operable by a user to enter prescription information. The prescription information may comprise a sphere power, a cylinder power, an add power and/or a lens location. The method may further include altering the eyeglass prescription after receiving the prescription information. The eyeglass prescription may be stored on a computer readable media. The method may also include displaying operating instructions on a display device for a user during a lens forming process.

In an embodiment, analyzing the prescription information may include correlating the sphere power, cylinder power, add power and/or lens location to a record in an information database. The information database may include data correlating the front mold identification marking, the back mold identification marking, and the gasket identification marking with the sphere power, cylinder power, add power and/or lens location. In an embodiment, the prescription information may further include a monomer type and a lens type. In an embodiment, the identification markings may include an alphanumeric sequence.

The curing unit may be configured to cure at least a portion of the lens forming composition. In an embodiment, the curing unit may be controlled such that the curing conditions for the eyeglass lens are produced. In such an embodiment, controlling the curing unit may include monitoring a dose of activating light transmitted to the lens forming composition, and varying the intensity or duration of the activating light transmitted to the lens forming composition such that a predetermined dose is transmitted to the lens forming composition. In an

WO 01/95017

PCT/US01/18637

embodiment, the curing unit may include a plurality of light sources. Controlling the curing unit may include controlling each of the plurality of light sources independently. Controlling the curing unit may further prevent the one or more light sources from emitting light when one or more of the access doors is opened. Controlling the curing unit may further include determining curing conditions for a plurality of eyeglass lenses in response to analyzing the prescription information. Controlling the curing unit may be performed substantially concurrently for the plurality of eyeglass lenses.

The post-cure unit may be configured to substantially complete curing of the eyeglass lens. Controlling the post-cure unit may include operating the post-cure unit such that the curing conditions are produced. In some embodiments, a post-cure may include a plurality of activating light sources and a plurality of heat sources. Controlling the post-cure unit may include controlling the plurality of activating light sources and the plurality of heat sources to produce the curing conditions for the eyeglass lens. In some embodiments, each of the plurality of light sources and each of the plurality of heat sources may be controlled independently. One or more of the plurality of light sources may be above the mold members and one or more of the plurality of light sources may be below the mold members. In addition, one or more of the plurality of heat sources may be above the mold members and one or more of the plurality of heat sources may be below the mold members. The post-cure unit may be configured to apply heat and activating light to the lens forming composition disposed in a mold assembly or a demolded lens to substantially complete curing of the eyeglass lens. Controlling the post-cure unit may include controlling the application of heat and activating light to the lens forming composition disposed in a mold assembly or a demolded lens. In addition, controlling the post-cure unit may include preventing the one or more light sources from emitting light when one or more of the access doors is opened. Controlling the post-cure unit may also include determining curing conditions for a plurality of eyeglass lenses in response to analyzing the prescription information. Controlling the post-cure unit may include controlling the post-cure unit such that the curing conditions for the plurality of eyeglass lenses are produced. Controlling the post-cure unit may be performed substantially concurrently for the plurality of eyeglass lenses.

A coating unit may be configured to produce a coating on at least one of the mold members or the eyeglass lens during use. The controller software may determine coating requirements for the eyeglass lens in response to analyzing the prescription information. Controlling the coating unit may include operating the coating unit such that the coating requirements are produced. In some embodiments, the coating unit may be a spin coating unit. In such embodiments, controlling the coating unit may include controlling the rotation of a lens holder. The lens holder may be configured to substantially secure the eyeglass lens during use. Controlling the rotation of the lens holder may include controlling a rotational speed of the lens holder. In an embodiment, the coating unit may include a light source, and controlling the coating unit may include controlling the light source. Controlling the light source may include controlling a dosage of activating light from the light source. Controlling the light source may also include preventing the light source from emitting light when one or more of the access doors is opened.

In some embodiments, a computer-implemented method may monitor a device configured to cure a lens forming composition disposed in a mold assembly to produce an eyeglass lens from a prescription. The method may include monitoring operating conditions for one or more components of the device. Monitoring the operating conditions for a component may include monitoring an operating parameter to determine if the operating parameter is within an optimal operating range for the component. An operating range error may occur when the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

operating parameter for the component is outside the optimal operating range for the component. The method may also include detecting an operating error for one or more of the components of the device. Further, the method may include displaying a message on a display device coupled to the device. The message may describe an operating error or an operating range error for the one or more of the components of the device. The components may include, for example, a curing unit, a post-cure unit, an annealing unit, a lens forming composition heater unit and/or a coating unit. The method may also include monitoring maintenance schedules for one or more components of the device. The method may include detecting that one or more of the one or more components are due for maintenance. In addition, the method may include displaying a message describing the required maintenance for the one or more of the components of the device.

Monitoring a curing unit may include monitoring a time of use for the one or more lamps in the curing unit. Detecting an operating error may include detecting that the time of use for one or more of the one or more lamps has exceeded a maximum time of use. Monitoring the curing unit may also include monitoring an intensity of the light produced by the one or more lamps in the curing unit. Detecting an operating error may include detecting that the intensity of the light of one or more of the one or more lamps is outside an optimal light intensity range for the lamps. Monitoring the curing unit may also include monitoring a current through the one or more lamps in the curing unit. Detecting an operating error may include detecting that the current through the one or more of the one or more lamps is outside an optimal current range for the lamps.

Monitoring a post-cure unit may include monitoring a time of use for the one or more lamps in the post-cure unit. Detecting an operating error may include detecting that the time of use for one or more of the one or more lamps has exceeded a maximum time of use. Monitoring the post-cure unit may include monitoring an intensity of the light produced by the one or more lamps in the post-cure unit. Detecting an operating error may include detecting that the intensity of the light of one or more of the one or more lamps is outside an optimal light intensity range for the lamps. Monitoring the post-cure unit may include monitoring a current through the one or more lamps in the post-cure unit. Detecting an operating error may include detecting that the current through the one or more of the one or more lamps is outside an optimal current range for the lamps. Monitoring the post-cure unit may include monitoring a current through the one or more heating units in the post-cure unit. Detecting an operating error may include detecting that the current through the one or more of the one or more heating units is outside an optimal current range for the heating units.

Monitoring a coating unit may include monitoring a time of use for the one or more lamps in the coating unit. Detecting an operating error may include detecting that the time of use for one or more of the one or more lamps has exceeded a maximum time of use. Monitoring the coating unit may include monitoring an intensity of the light produced by the one or more lamps in the coating unit. Detecting an operating error may include detecting that the intensity of the light of one or more of the one or more lamps is outside an optimal light intensity range for the lamps. Monitoring the coating unit may include monitoring a current through the one or more lamps comprised in the coating unit. Detecting an operating error may include detecting that the current through the one or more of the one or more lamps is outside an optimal current range for the lamps.

In some embodiments, a partially antireflective coating on a visible light transmitting substrate may be formed by a forming a first coating layer on the visible light-transmitting substrate by applying a first composition to at least one surface of the visible light-transmitting substrate. The visible light-transmitting substrate may be heated at a temperature between 40°C and 140°C for less than about 10 minutes. The method may further include

WO 01/95017

PCT/US01/18637

applying a second composition to the first coating layer. The first and/or second compositions may be curable by applying ultraviolet light to the compositions. The method may also include applying ultraviolet light to the first composition, the second composition, or both compositions. Applying ultraviolet light may initiate the curing of the compositions to form a coating layer. Heat may be applied to the first composition to initiate curing and to form the first coating layer. The method may further include forming a hardcoat layer on the surface of the visible light-transmitting substrate prior to applying the first composition to the surface of the visible light-transmitting substrate or prior to forming the first coating layer.

In some embodiments, the method may further include applying a silicon containing composition, which may include a colloidal silicon or a silane monomer, to the first composition to form a silicon layer. A second composition, which may include an initiator and an ethylenically substituted monomer, may be applied to the silicon layer.

In some embodiments, plastic lenses may be formed by a method of applying a second composition to a casting face of a first mold member where the second composition may include a photoinitiator and an ethylenically substituted monomer. The second composition may be curable by the application of ultraviolet light.

Ultraviolet light may be directed at the second composition. The ultraviolet light may initiate curing of the second composition to form a second coating layer. The method may further include applying a first composition to the second coating layer to form a first coating layer. The first composition may include a metal oxide.

Ultraviolet light may be directed at the first composition. Applying ultraviolet light may initiate the curing of the first composition to form a coating layer. Heat may be applied to the first composition to initiate the curing of the first composition to form the first coating layer. The mold assembly may include first and second mold members that together define a mold cavity. The method may also include placing a liquid lens forming composition in the mold cavity. The lens forming composition may include a monomer composition and a photoinitiator. Activating light may be directed at the mold cavity. The method may further include forming an adhesion layer on the surface of the first coating layer prior to placing the polymerizable lens forming composition into the mold cavity.

The method may also include demolding the lens from the mold cavity and the first and second coating layers being transferred to an outer surface of the formed lens.

In some embodiments, the method may include applying a silicon containing composition to the second composition to form a silicon layer. The silicon containing composition may include a colloidal silicon or a silane monomer. The first composition may then be applied to the silicon layer to form a first coating layer. The first composition may include a metal alkoxide.

In some embodiments, an eyeglass lens is formed including a partially antireflective coating formed upon an outer surface of the eyeglass lens. The partially antireflective coating may include a first coating layer and a second coating layer. The first coating layer may be a reaction product of the components of the first composition with water and/or an alcohol. The second coating layer may be a reaction product of the components of the second composition. The second composition may be curable by the application of ultraviolet light. In some embodiments, the antireflective coating is formed on the front surface and/or the back surface of a plastic eyeglass lens.

In some embodiments, the visible light transmitting substrate is a plastic lens. The plastic lens may be an eyeglass lens. In some embodiments, the visible light transmitting substrate is a glass lens. The antireflective

WO 01/95017

PCT/US01/18637

coating may be formed in less than about 10 minutes. The first and second coating layers may be formed in less than 10 minutes.

In some embodiments, the first coating layer may have an index of refraction that is greater than the index of refraction of the visible light-transmitting substrate. The second coating layer may have an index of refraction that is less than the index of refraction of the first coating. Additionally, the first coating layer may have an index of refraction layer that is greater than an index of refraction of the visible light-transmitting substrate and the second coating layer may have an index of refraction that is less than the index of refraction of the first coating layer.

In some embodiments, where the lens forming compositions include a monomer composition and a photoinitiator, the monomer composition includes an aromatic containing polyethylenic polyether functional monomer. The monomer composition may also include a polyethylenic-functional monomer that has two ethylenically unsaturated groups such as an acrylyl and/or methacrylyl groups. The lens forming compositions may also include a co-initiator composition. The co-initiator composition may include an amine. In certain embodiments, the co-initiator composition includes an acrylated amine. In some embodiments the lens forming composition includes an activating light absorbing compound. The lens forming composition may include an ultraviolet light absorbing compound and/or a photochromic compound.

In certain embodiments, the first composition may include a metal oxide, a photoinitiator, a coinitiator, a colloidal silica, an ethylenically substituted monomer such as dipentaerythritol tetracrylate, an organic solvent, or mixtures thereof. The second composition may include a silane monomer, a fluoroacrylate, an initiator, a photoinitiator, an ethylenically substituted monomer such as dipentaerythritol tetracrylate, an organic solvent, or mixtures thereof.

In some embodiments, the initiator is a metal oxide. In some embodiments, the initiator is a titanium alkoxide and an aluminum alkoxide. In some embodiments, the photoinitiator is bis(2,6-dimethoxybenzoyl)-(2,4,4-trimethylphenyl) phosphine oxide.

Metal oxides may be found in the initiator and/or the first composition. The metal oxide may have the formula $M(Y)_p$, where M is titanium, aluminum, zirconium, boron, tin, indium, antimony, or zinc and Y is a C_1 - C_{10} alkoxy or acetylacetonate and P is an integer equivalent to the valence of M. The metal oxides may have the formula $Ti(OR)_4$, where R is a C_1 - C_{10} alkyl. In certain embodiments, the metal oxides are titanium methoxide, titanium ethoxide, titanium isopropoxide, titanium butoxide, or titanium allylacetoacetate triisopropoxide. The metal oxide may also be a mixture of titanium alkoxide and zirconium alkoxide or a mixture of titanium alkoxide and aluminum alkoxide.

In some embodiments, the first composition is applied by directing the first composition toward the visible light-transmitting substrate while rotating the substrate or the first mold. The second composition may also be applied by directing the second composition toward a rotating visible light-transmitting substrate or the first mold. The first mold may be used to cast a front and/or back surface of the plastic lens. In some embodiments, the first composition is applied to the front and/or back of the visible light substrate. In some embodiments, the first composition is applied by a method where a first portion of the first composition is applied to the visible light-transmitting substrate. The first portion of the first composition may be dried. The method may further include applying a second portion of the first composition to the dried first portion of the first composition. The second portion of the first composition may be dried.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

In certain embodiments, the hardcoat layer is formed by a method of applying an ultraviolet light curable hardcoat composition to the surface of the visible light-transmitting substrate. The method may further include directing ultraviolet light towards the hardcoat composition. The ultraviolet light may also initiate curing of the hardcoat composition to form a hardcoat layer. In some embodiments, the hardcoat composition is applied to the surface of the visible light-transmitting substrate by rotating the substrate while directing the hardcoat composition toward the lens.

In some embodiments, the second composition is applied by a method of applying the second composition to the casting face of the second mold member. The method may also include directing ultraviolet light toward the second composition. The ultraviolet light may initiate the curing of the second composition to form a second coating layer on the second mold member. The method may further include applying a first composition to the second coating layer of the second mold member to form a first coating layer.

The thickness of the first and second coating layers combined may be less than about 500 nm.

In some embodiments, ultraviolet light may be directed toward the first composition and/or the second composition for less than about 90 seconds. The first composition may be curable by the application of ultraviolet light. A germicidal lamp or a flash lamp may produce ultraviolet light.

In some embodiments, the system for applying an at least partially antireflective coating to a plastic lens includes a coating unit and a coating composition. The coating unit may apply a coating to at least one of the mold members or the eyeglass lenses during use. The coating composition may include a metal alkoxide.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The above brief description as well as further objects, features and advantages of the methods and apparatus of the present invention will be more fully appreciated by reference to the following detailed description of presently preferred but nonetheless illustrative embodiments in accordance with the present invention when taken in conjunction with the accompanying drawings in which:

- Fig. 1 depicts a perspective view of a plastic lens forming apparatus;
- Fig. 2 depicts a perspective view of a spin coating unit;
- Fig. 3 depicts a cut-away side view of a spin coating unit;
- Fig. 4 depicts a perspective view of a plastic lens forming apparatus with a portion of the body removed;
- Fig. 5 depicts a perspective view of the components of a lens curing unit;
- Fig. 6 depicts a perspective view of a plastic lens forming apparatus with a portion of the body removed and the coating units removed;
- Fig. 7 depicts a schematic of a fluorescent light ballast system;
- Fig. 8 depicts a mold assembly;
- Fig. 9 depicts an isometric view of an embodiment of a gasket;
- Fig. 10 depicts a top view of the gasket of Fig. 9;
- Fig. 11 depicts a cross-sectional view of an embodiment of a mold/gasket assembly;
- Fig. 12 depicts an isometric view of an embodiment of a gasket;
- Fig. 13 depicts a top view of the gasket of Fig. 12;
- Fig. 14 depicts a side view of a cured lens and molds after removal of a gasket;
- Fig. 15 depicts a post-cure unit;

WO 01/95017

PCT/US01/18637

- Fig. 16 depicts chemical structures of acrylated amines;
 Figs. 17 - 19 depict a front panel of a controller with a display screen depicting various display menus;
 Fig. 20 depicts an isometric view of a heated polymerizable lens forming composition dispensing system;
 Fig. 21 depicts a side view of a heated polymerizable lens forming composition dispensing system;
 5 Figs. 22 and 23 depict cross-sectional side views of a heated polymerizable lens forming composition dispensing system;
 Fig. 24 depicts a mold assembly for making flat-top bifocal lenses;
 Fig. 25 depicts a front view of a lens curing unit;
 Fig. 26 depicts a top view of a lens curing unit;
 10 Fig. 27 depicts an isometric view of a high-volume lens curing apparatus;
 Fig. 28 depicts a cross-sectional side view of a high-volume lens curing apparatus;
 Fig. 29 depicts a cross-sectional top view of a first curing unit of a high-volume lens curing apparatus;
 Fig. 30 depicts an isometric view of a mold assembly holder;
 Fig. 31 depicts an isometric view of a conveyor system for a high-volume lens curing apparatus;
 15 Fig. 32 depicts a cross sectional top view of a high-volume lens curing apparatus;
 Fig. 33 depicts a side view of a portion of a conveyor system for a high-volume lens curing apparatus;
 Fig. 34 depicts a side view of a high-volume lens curing apparatus; and
 Fig. 35 depicts a cross-sectional front view of a high-volume lens curing apparatus.

20 DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENTS

Apparatus, operating procedures, equipment, systems, methods, and compositions for lens curing using activating light are available from Optical Dynamics Corporation in Louisville, Kentucky.

Referring now to Fig. 1, a plastic lens curing apparatus is generally indicated by reference numeral 10. As shown in Fig. 1, lens forming apparatus 10 includes at least one coating unit 20, a lens curing unit 30, a post-cure unit 40, and a controller 50. In one embodiment, apparatus 10 includes two coating units 20. Coating unit 20 may be configured to apply a coating layer to a mold member or a lens. Coating unit 20 may be a spin coating unit. Lens curing unit 30 includes an activating light source for producing activating light. As used herein "activating light" means light that may affect a chemical change. Activating light may include ultraviolet light (e.g., light having a wavelength between about 300 nm to about 400 nm), actinic light, visible light or infrared light. Generally, any wavelength of light capable of affecting a chemical change may be classified as activating. Chemical changes may be manifested in a number of forms. A chemical change may include, but is not limited to, any chemical reaction that causes a polymerization to take place. In some embodiments the chemical change causes the formation of an initiator species within the lens forming composition, the initiator species being capable of initiating a chemical polymerization reaction. The activating light source may be configured to direct light toward a mold assembly. Post-cure unit 40 may be configured to complete the polymerization of plastic lenses. Post-cure unit 40 may include an activating light source and a heat source. Controller 50 may be a programmable logic controller. Controller 50 may be coupled to coating units 20, lens curing unit 30, and post-cure unit 40, such that the controller is capable of substantially simultaneously operating the three units 20, 30, and 40. Controller 50 may be a computer.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

A coating unit for applying a coating composition to a lens or a mold member and then curing the coating composition is described in U.S. Patents 4,895,102 to Kachel et al., 3,494,326 to Upton, and 5,514,214 to Joel et al. (all of which are incorporated herein by reference). In addition, the apparatus shown in Figs. 2 and 3 may also be used to apply coatings to lenses or mold members.

5 Fig. 2 depicts a pair of spin coating units 102 and 104. These spin coating units may be used to apply a scratch resistant coating or a tint coating to a lens or mold member. Each of the coating units includes an opening through which an operator may apply lenses and lens mold assemblies to a holder 108. Holder 108 may be partially surrounded by barrier 114. Barrier 114 may be coupled to a dish 115. As shown in Fig. 3, the dish edges may be inclined to form a peripheral sidewall 121 that merges with barrier 114. The bottom 117 of the dish may be substantially flat. The flat bottom may have a circular opening that allows an elongated member 109 coupled to lens holder 108 to extend through the dish 115.

10 Holder 108 may be coupled to a motor 112 via elongated member 109. Motor 112 may be configured to cause rotation of holder 108. In such a case, motor 112 may be configured to cause rotation of elongated member 109, that in turn causes the rotation of holder 108. The coating unit 102/104, may also include an electronic controller 140. Electronic controller 140 may be coupled to motor 112 to control the rate at which holder 108 is rotated by motor 112. Electronic controller 140 may be coupled to a programmable logic controller, such as controller 50, shown in Fig. 1. The programmable logic controller may send signals to the electronic controller to control the rotational speed of holder 108. In one embodiment, motor 112 is configured to rotate holder 108 at different rates. Motor 112 may be capable of rotating the lens or mold member at a rate of up to 1500 revolutions per minute ("RPM").

15 In one embodiment, barrier 114 has an interior surface that may be made or lined with an absorbent material such as foam rubber. This absorbent material may be disposable and removable. The absorbent material may be configured to absorb any liquids that fall off a lens or mold member during use. Alternatively, the interior surface of barrier 114 may be substantially non-absorbent, allowing any liquids used during the coating process to move down barrier 114 into dish 115.

20 Coating units 20, in one embodiment, are positioned in a top portion 12 of lens forming apparatus 10, as depicted in Fig. 1. A cover 22 may be coupled to body 14 of the lens forming apparatus to allow top portion 12 to be covered during use. A light source 23 may be positioned on an inner surface of cover 22. The light source may include at least one lamp 24, preferably two or more lamps, positioned on the inner surface of cover 22. Lamps 24 may be positioned such that the lamps are oriented above the coating units 20 when cover 22 is closed. Lamps 24 emit activating light upon the lenses or mold members positioned within coating units 20. Lamps may have a variety of shapes including, but not limited to, linear (as depicted in Fig. 1), square, rectangular, circular, or oval. Activating light sources emit light having a wavelength that will initiate curing of various coating materials. For example, most currently used coating materials may be curable by activating light having wavelengths in the ultraviolet region, therefore the light sources should exhibit strong ultraviolet light emission. The light sources may also be configured to produce minimal heat during use. Lamps that exhibit strong ultraviolet light emission have a peak output at a wavelength in the ultraviolet light region, between about 200 nm to about 400 nm, preferably the peak output is between about 200 nm to 300 nm, and more preferably at about 254 nm. In one embodiment, lamps 24 may have a peak output in the ultraviolet light region and have relatively low heat output.

25
30
35
40 Such lamps are commonly known as "germicidal" lamps and any such lamp may be used. A "germicidal" light

WO 01/95017

PCT/US01/18637

emitting light with a peak output in the desired ultraviolet region is commercially available from Voltarc, Inc. of Fairfield, Connecticut as model UV-WX G10T5.

5 An advantage of using a spin coating unit is that lamps of a variety of shapes may be used (e.g., linear lamps) for the curing of the coating materials. In one embodiment, a coating material is preferably cured in a substantially uniform manner to ensure that the coating is formed uniformly on the mold member or lens. With a spin coating unit, the object to be coated may be spun at speeds high enough to ensure that a substantially uniform distribution of light reaches the object during the curing process, regardless of the shape of the light source. The use of a spin coating unit preferably allows the use of commercially available linear light sources for the curing of coating materials.

10 A switch may be incorporated into cover 22. The switch is preferably electrically coupled to light source 23 such that the switch must be activated prior to turning the light source on. Preferably, the switch is positioned such that closing the cover causes the switch to become activated. In this manner, the lights will preferably remain off until the cover is closed, thus preventing inadvertent exposure of an operator to the light from light source 23.

15 During use a lens or lens mold assembly may be placed on the lens holder 108. The lens holder 108 may include a suction cup connected to a metal bar. The concave surface of the suction cup may be attachable to a face of a mold or lens, and the convex surface of the suction cup may be attached to a metal bar. The metal bar may be coupled to motor 112. The lens holder may also include movable arms and a spring assembly that may be together operable to hold a lens against the lens holder with spring tension during use.

20 As shown in Fig. 4, the curing unit 30 may include an upper light source 214, a lens drawer assembly 216, and a lower light source 218. Lens drawer assembly 216 preferably includes a mold assembly holder 220, more preferably at least two mold assembly holders 220. Each of the mold assembly holders 220 is preferably configured to hold a pair of mold members that together with a gasket form a mold assembly. The lens drawer assembly 216 is preferably slidingly mounted on a guide. During use, mold assemblies may be placed in the mold assembly holders 220 while the lens drawer assembly is in the open position (i.e., when the door extends from the front of the lens curing unit). After the mold assemblies have been loaded into the mold holder 220 the door may be slid into a closed position, with the mold assemblies directly under the upper light source 214 and above the lower light source 218. Vents (not shown) may be placed in communication with the lens curing unit to allow a stream of air to be directed toward the mold members when the mold members are positioned beneath the upper lamps. An exhaust fan (not shown) may communicate with the vents to improve the circulation of air flowing through the lens curing unit.

30 As shown in Figs. 4 and 5, it is preferred that the upper light source 214 and lower light source 216 include a plurality of activating light generating devices or lamps 240. Preferably, the lamps are oriented proximate each other to form a row of lights, as depicted in Fig. 4. Preferably, three or four lamps are positioned to provide substantially uniform radiation over the entire surface of the mold assembly to be cured. The lamps 240, preferably generate activating light. Lamps 240 may be supported by and electrically connected to suitable fixtures 242. Lamps 240 may generate either ultraviolet light, actinic light, visible light, and/or infrared light. The choice of lamps is preferably based on the monomers used in the lens forming composition. In one embodiment, the activating light may be generated from a fluorescent lamp. The fluorescent lamp preferably has a strong emission spectra in the 380 to 490 nm region. A fluorescent lamp emitting activating light with the described

WO 01/95017

PCT/US01/18637

wavelengths is commercially available from Philips as model TLD-15W/03. In another embodiment, the lamps may be ultraviolet lights.

In one embodiment, the activating light sources may be turned on and off quickly between exposures. Ballasts 250, depicted in Fig. 6, may be used for this function. The ballasts may be positioned beneath the coating unit. Power supply 252 may also be located proximate the ballasts 250, underneath the coating unit.

Typically, when a fluorescent lamp is turned off the filaments in the lamp will become cool. When the lamp is subsequently turned on, the lamp intensity may fluctuate as the filaments are warmed. These fluctuations may effect the curing of a lens forming compositions. To minimize the intensity fluctuations of the lamps, a ballasts 250 may allow the startup of a fluorescent lamp and minimizes the time required to stabilize the intensity of the light produced by the fluorescent lamp.

A number of ballast systems may be used. Ballasts for fluorescent lamps typically serve two purposes. One function is to provide an initial high voltage arc that will ionize the gases in the fluorescent lamp (known herein as the "strike voltage"). After the gases are ionized, a much lower voltage will be required to maintain the ionization of the gases. In some embodiments, the ballast will also limit the current flow through the lamp. In some ballast systems, the filaments of a lamp may be preheated before the starting voltage is sent through the electrodes.

An instant start ballast typically provides a strike voltage of between 500-600 V. The electrodes of fluorescent lamps that are used with an instant start ballast are usually designed for starting without preheating. Instant start ballast allow the fluorescent lamp to be turned on quickly without a significant delay. However, the intensity of light produced by the fluorescent lamp may fluctuate as the temperature of the filaments increases.

Rapid start ballasts include a high voltage transformer for providing the strike voltage and additional windings that supply a low voltage (between about 2 to 4 V) to the filaments to heat the filaments before the lamp is started. Because the filaments are already heated, the strike voltage required to ionize the gases in the lamp are lower than those used with an instant start ballast. A rapid start ballast typically produces a strike voltage of 250 to 400 V. A rapid start ballast may be used to minimize fluctuations in the intensity of the light produced by the lamp. Since the filaments are preheated before the lamp comes on, the time required to heat up the filaments to their normal operating temperature is minimal.

Rapid start ballasts typically continually run the heating voltage through the filaments during operation of the lamp and when the lamps are switched off. Thus, during long periods when the lamps are not used, the filaments will be maintained in a heated state. This tends to waste power and increase the operating costs of the apparatus.

To allow more control over the heating of the filaments, a flasher ballast system may be used. A schematic drawing of an embodiment of a flasher ballast system is depicted in Fig. 7. In a flasher ballast system a fluorescent lamp 712 is electrically coupled to a high frequency instant start ballast 714 and one or more transformers 716. The high frequency instant start ballast 714 may provide the strike voltage and perform the current limiting functions once the lamp is lighted. High frequency instant start ballasts are available from many different manufacturers including Motorola, Inc. and Hatch Transformers, Inc. Tampa, FL. The transformers 716 may be electrically coupled to one or both of the filaments 718 to provide a low voltage (between about 2 to about 4 V) to the filaments. This low voltage may heat the filaments 718 to a temperature that is close to the operating temperature of the filaments 718. By heating the filaments before turning the lamp on, the intensity of light

WO 01/95017

PCT/US01/18637

produced by the lamp may be stable because the filaments of the lamp are kept close to the optimum operating temperature. Transformers are available from many different manufacturers. In one embodiment toroidal transformers may be used to supply low voltage to the filaments. Toroidal transformers may be obtained from Plitron Manufacturing Inc. Toronto, Ontario, Canada or Toroid Corporation of Maryland, Salisbury, MD.

5 Because the instant start ballast 714 and the transformers 716 are separate units they may be operated independently of each other. A controller 711 may be coupled to both the instant start ballast 714 and the transformers 716 to control the operation of these devices. The transformers 716 may be left on or off when the striking voltage is applied to the lamp. In some embodiments, controller 711 may turn off the transformers 716 just before the strike voltage is applied to the lamp. The controller 711 may also monitor the operation of the
10 lamp. The controller 711 may be programmed to turn the transformers 716 on when the lamps are switched off, thus maintaining the lamps in a state of readiness. To conserve power, the filaments 718 may be warmed only prior to turning on the lamp. Thus, when the controller 711 receives a signal to turn the lamp on, the controller may turn on the transformers 716 to warm the filaments 718, and subsequently turn on the lamp by sending a striking voltage from the instant start ballast 714. The controller may be configured to turn the transformer off
15 after a predetermined amount of inactivity of the lamps. For example, the controller may be configured to receive signals when the lamps are used in a curing process. If no such signals are received, the controller may turn off the lamps (by turning off the instant start ballast), but leave the transformer on. The lamps may be kept in a state of readiness for a predetermined amount of time. If no signals are received by the controller to turn on the lamp, the controller may turn the transformer off to conserve energy.

20 In one embodiment, an upper light filter 254 may be positioned between upper light source 214 and lens drawer assembly 216, as depicted in Fig. 5. A lower light filter 256 may be positioned between lower light source 218 and lens drawer assembly 216. The upper light filter 254 and lower light filter 256 are shown in Fig. 5 as being made of a single filter member, however, those of ordinary skill in the art will recognize that each of the filters may include two or more filter members. The components of upper light filter 254 and lower light filter 256
25 are preferably modified depending upon the characteristics of the lens to be molded. For instance, in an embodiment for making negative lenses, the upper light filter 254 includes a plate of Pyrex glass that may be frosted on both sides resting upon a plate of clear Pyrex glass. The lower light filter 256 includes a plate of Pyrex glass, frosted on one side, resting upon a plate of clear Pyrex glass with a device for reducing the intensity of activating light incident upon the center portion relative to the edge portion of the mold assembly.

30 Conversely, in an alternate arrangement for producing positive lenses, the upper light filter 254 includes a plate of Pyrex glass frosted on one or both sides and a plate of clear Pyrex glass resting upon the plate of frosted Pyrex glass with a device for reducing the intensity of activating light incident upon the edge portion in relation to the center portion of the mold assembly. The lower light filter 256 includes a plate of clear Pyrex glass frosted on one side resting upon a plate of clear Pyrex glass with a device for reducing the intensity of activating light
35 incident upon the edge portion in relation to the center portion of the mold assembly. In this arrangement, in place of a device for reducing the relative intensity of activating light incident upon the edge portion of the lens, the diameter of the aperture 250 may be reduced to achieve the same result, i.e., to reduce the relative intensity of activating light incident upon the edge portion of the mold assembly.

40 It should be apparent to those skilled in the art that each filter 254 or 256 could be composed of a plurality of filter members or include any other means or device effective to reduce the light to its desired

WO 01/95017

PCT/US01/18637

intensity, to diffuse the light and/or to create a light intensity gradient across the mold assemblies. Alternately, in certain embodiments no filter elements may be used.

In one embodiment, upper light filter 254 or lower light filter 256 each include at least one plate of Pyrex glass having at least one frosted surface. Also, either or both of the filters may include more than one plate of Pyrex glass each frosted on one or both surfaces, and/or one or more sheets of tracing paper. After passing through frosted Pyrex glass, the activating light is believed to have no sharp intensity discontinuities. By removing the sharp intensity distributions a reduction in optical distortions in the finished lens may be achieved. Those of ordinary skill in the art will recognize that other means may be used to diffuse the activating light so that it has no sharp intensity discontinuities. In another embodiment, a plastic filter may be used. The plastic filter may be formed from a substantially clear sheet of plastic. The plastic filter may be frosted or non-frosted. The substantially clear sheet of plastic is formed from a material that does not significantly absorb wavelengths of light that initiate the polymerization reaction. In one embodiment, the plastic filter may be formed from a sheet of polycarbonate. An example of a polycarbonate that may be used is LEXAN polycarbonate, commercially available from General Electric Corporation. In another embodiment, the filter may be formed from a borosilicate type glass.

In operation, the apparatus may be appropriately configured for the production of positive lenses which are relatively thick at the center or negative lenses which are relatively thick at the edge. To reduce the likelihood of premature release, the relatively thick portions of a lens are preferably polymerized at a faster rate than the relatively thin portions of a lens.

The rate of polymerization taking place at various portions of a lens may be controlled by varying the relative intensity of activating light incident upon particular portions of a lens. For positive lenses, the intensity of incident activating light is preferably reduced at the edge portion of the lens so that the thicker center portion of the lens polymerizes faster than the thinner edge portion of the lens.

It is well known by those of ordinary skill in the art that lens forming materials tend to shrink as they cure. If the relatively thin portion of a lens is allowed to polymerize before the relatively thick portion, the relatively thin portion will tend to be rigid at the time the relatively thick portion cures and shrinks and the lens will either release prematurely from or crack the mold members. Accordingly, when the relative intensity of activating light incident upon the edge portion of a positive lens is reduced relative to the center portion, the center portion may polymerize faster and shrink before the edge portion is rigid so that the shrinkage is more uniform.

The variation of the relative intensity of activating light incident upon a lens may be accomplished in a variety of ways. According to one method, in the case of a positive lens, a metal plate having an aperture disposed in a position over the center of the mold assembly may be placed between the lamps and the mold assembly. The metal plate is positioned such that the incident activating light falls mainly on the thicker center portion of the lens. In this manner, the polymerization rate of the center of a positive lens may be accelerated with respect to the outer edges of the positive lens, which receive less activating light. The metal plate may be inserted manually or may be inserted by an automatic device that is coupled to the controller. In one embodiment, the prescription entered into the controller determines whether the metal plate is placed between the lamps and the mold assembly.

As shown in Fig. 7, the mold assembly 352 may include opposed mold members 378, separated by an annular gasket 380 to define a lens molding cavity 382. The opposed mold members 378 and the annular gasket 380 may be shaped and selected in a manner to produce a lens having a desired diopter.

The mold members 378 may be formed of any suitable material that will permit the passage of activating

WO 01/95017

PCT/US01/18637

light. The mold members 378 are preferably formed of glass. Each mold member 378 has an outer peripheral surface 384 and a pair of opposed surfaces 386 and 388 with the surfaces 386 and 388 being precision ground. Preferably the mold members 378 have desirable activating light transmission characteristics and both the casting surface 386 and non-casting surface 388 preferably have no surface aberrations, waves, scratches or other defects as these may be reproduced in the finished lens.

5 As noted above, the mold members 378 are preferably adapted to be held in spaced apart relation to define a lens molding cavity 382 between the facing surfaces 386 thereof. The mold members 378 are preferably held in a spaced apart relation by a T-shaped flexible annular gasket 380 that seals the lens molding cavity 382 from the exterior of the mold members 378. In use, the gasket 380 may be supported on a portion of the mold assembly holder 220 (shown in Fig. 4).

10 In this manner, the upper or back mold member 390 has a convex inner surface 386 while the lower or front mold member 392 has a concave inner surface 386 so that the resulting lens molding cavity 382 is preferably shaped to form a lens with a desired configuration. Thus, by selecting the mold members 378 with a desired surface 386, lenses with different characteristics, such as focal lengths, may be produced. Rays of activating light emanating from lamps 240 preferably pass through the mold members 378 and act on a lens forming material disposed in the mold cavity 382 in a manner discussed below so as to form a lens. As noted above, the rays of activating light may pass through a suitable filter 254 or 256 before impinging upon the mold assembly 352.

The mold members 378, preferably, are formed from a material that will not transmit activating light having a wavelength below approximately 300 nm. Suitable materials are Schott Crown, S-1 or S-3 glass manufactured and sold by Schott Optical Glass Inc., of Duryea, Pennsylvania or Corning 8092 glass sold by Corning Glass of Corning, New York. A source of flat-top or single vision molds may be Augen Lens Co. in San Diego, California.

The annular gasket 380 may be formed of vinyl material that exhibits good lip finish and maintains sufficient flexibility at conditions throughout the lens curing process. In an embodiment, the annular gasket 380 is formed of silicone rubber material such as GE SE6035 which is commercially available from General Electric. In another preferred embodiment, the annular gasket 380 is formed of copolymers of ethylene and vinyl acetate which are commercially available from E. I. DuPont de Nemours & Co. under the trade name ELVAX7. Preferred ELVAX7 resins are ELVAX7 350 having a melt index of 17.3-20.9 dg/min and a vinyl acetate content of 24.3-25.7 wt. %, ELVAX7 250 having a melt index of 22.0-28.0 dg/min and a vinyl acetate content of 27.2-28.8 wt. %, ELVAX7 240 having a melt index of 38.0-48.0 dg/min and a vinyl acetate content of 27.2-28.8 wt. %, and ELVAX7 150 having a melt index of 38.0-48.0 dg/min and a vinyl acetate content of 32.0-34.0 wt. %. In another embodiment, the gasket may be made from polyethylene. Regardless of the particular material, the gaskets 380 may be prepared by conventional injection molding or compression molding techniques which are well-known by those of ordinary skill in the art.

25 Figs. 9 and 10 present an isometric view and a top view, respectively, of a gasket 510. Gasket 510 may be annular, and is preferably configured to engage a mold set for forming a mold assembly. Gasket 510 is preferably characterized by at least four discrete projections 511. Gasket 510 preferably has an exterior surface 514 and an interior surface 512. The projections 511 are preferably arranged upon inner surface 512 such that they are substantially coplanar. The projections are preferably evenly spaced around the interior surface of the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

gasket. Preferably, the spacing along the interior surface of the gasket between each projection is about 90 degrees. Although four projections are preferred, it is envisioned that more than four could be incorporated. The gasket 510 may be formed of a silicone rubber material such as GE SE6035 which is commercially available from General Electric. In another embodiment, the gasket 510 may be formed of copolymers of ethylene and vinyl acetate which are commercially available from E. I. DuPont de Nemours & Co. under the trade name ELVAX7. In another embodiment, the gasket 510 may be formed from polyethylene. In another embodiment, the gasket may be formed from a thermoplastic elastomer rubber. An example of a thermoplastic elastomer rubber that may be used is, DYNAFLEX G-2780 commercially available from GLS Corporation.

As shown in Fig. 11, projections 511 are preferably capable of spacing mold members 526 of a mold set. Mold members 526 may be any of the various types and sizes of mold members that are well known in the art. A mold cavity 528 at least partially defined by mold members 526 and gasket 510, is preferably capable of retaining a lens forming composition. Preferably, the seal between gasket 510 and mold members 526 is as complete as possible. The height of each projection 511 preferably controls the spacing between mold members 526, and thus the thickness of the finished lens. By selecting proper gaskets and mold sets, lens cavities may be created to produce lenses of various powers.

A mold assembly consists of two mold members. A front mold member 526a and a back mold member 526b, as depicted in Fig. 11. The back mold member is also known as the convex mold member. The back mold member preferably defines the concave surface of a convex lens. Referring back to Figs. 9 and 10, locations where the steep axis 522 and the flat axis 524 of the back mold member 526b preferably lie in relation to gasket 510 have been indicated. In conventional gaskets, a raised lip may be used to space mold members. The thickness of this lip varies over the circumference of the lip in a manner appropriate with the type of mold set a particular gasket is designed to be used with. In order to have the flexibility to use a certain number of molds, an equivalent amount of conventional gaskets is typically kept in stock.

However, within a class of mold sets there may be points along the outer curvature of a back mold member where each member of a class of back mold members is shaped similarly. These points may be found at locations along gasket 510, oblique to the steep and flat axes of the mold members. In a preferred embodiment, these points are at about 45 degree angles to the steep and flat axes of the mold members. By using discrete projections 511 to space the mold members at these points, an individual gasket could be used with a variety of mold sets. Therefore, the number of gaskets that would have to be kept in stock may be greatly reduced.

In addition, gasket 510 may include a recession 518 for receiving a lens forming composition. Lip 520 may be pulled back in order to allow a lens forming composition to be introduced into the cavity. Vent ports 516 may be incorporated to facilitate the escape of air from the mold cavity as a lens forming composition is introduced.

Gasket 510 may also include a projection 540. Projection 540 may extend from the side of the gasket toward the interior of the mold cavity when a first and second mold are assembled with the gasket. The projection is positioned such that a groove is formed in a plastic lens formed using the mold assembly. The groove may be positioned near an outer surface of the formed lens. In this manner the groove is formed near the interface between the mold members and the formed lens. Fig. 14 depicts a side view of an lens 550 disposed between two mold members 526 after curing and the removal of the gasket. A variety of indentations/grooves may be seen along the outer surface of the lens caused by the various projections from the gasket. Grooves 544 may be caused

WO 01/95017

PCT/US01/18637

by the projections 511 of a gasket used to space the mold members at the appropriate distance. Groove 546 may be caused by the projection 540. The groove is positioned at the interface of the mold members and the formed lens. While depicted as near the interface of the upper mold member, it should be understood that the groove may also be positioned at the interface between the lower mold member and the formed lens. In one embodiment, the fill port 538 (see Figs. 12 and 13) may produce a groove near the interface of the upper mold member and the formed lens. The projection 511 may therefore be positioned at the interface between the lower mold member and the formed lens. In this manner, two grooves may be created at the interfaces between the formed lens and each of the mold members.

After the gasket is been removed, the molds may adhere to the formed lens. In some instances a sharp object may be inserted between the mold members and the formed lens to separate the formed lens from the mold members. The groove 546 may facilitate the separation of the mold members from the formed lens by allowing the insertion of a sharp object to pry the molds away from the formed lens.

Figs. 12 and 13 present an isometric view and a top view, respectively, of an improved gasket. Gasket 530 may be composed of similar materials as gasket 510. Like gasket 510, gasket 530 is preferably annular, but may be take a variety of shapes. In addition, gasket 530 may incorporate projections 531 in a manner similar to the projections 511 shown in Fig. 9. Alternatively, gasket 530 may include a raised lip along interior surface 532 or another method of spacing mold members that is conventional in the art.

Gasket 530 preferably includes a fill port 538 for receiving a lens forming composition while gasket 530 is fully engaged to a mold set. Fill port 538 preferably extends from interior surface 532 of gasket 530 to an exterior surface 534 of gasket 530. Consequently, gasket 530 need not be partially disengaged from a mold member of a mold set in order to receive a lens forming composition. In order to introduce a lens forming composition into the mold cavity defined by a conventional mold/gasket assembly the gasket must be at least partially disengaged from the mold members. During the process of filling the mold cavity, lens forming composition may drip onto the backside of a mold member. Lens forming composition on the backside of a mold member may cause activating light used to cure the lens to become locally focused, and may cause optical distortions in the final product. Because fill port 538 allows lens forming composition to be introduced into a mold cavity while gasket 530 is fully engaged to a mold set, gasket 530 preferably avoids this problem. In addition, fill port 538 may be of sufficient size to allow air to escape during the introduction of a lens forming composition into a mold cavity; however, gasket 530 may also incorporate vent ports 536 to facilitate the escape of air.

A method for making a plastic eyeglass lenses using either gasket 510 or 530 is presented. The method preferably includes engaging gasket 510 with a first mold set for forming a first lens of a first power. The first mold set preferably contains at least a front mold member 526a and a back mold member 526b. A mold cavity for retaining a lens forming composition may be at least partially defined by mold members 526a and 526b and gasket 510. Gasket 510 is preferably characterized by at least four discrete projections 511 arranged on interior surface 512 for spacing the mold members. Engaging gasket 510 with the mold set preferably includes positioning the mold members such that each of the projections 511 forms an oblique angle with the steep and flat axis of the back mold member 526b. In a preferred embodiment, this angle is about 45 degrees. The method preferably further includes introducing a lens forming composition into mold cavity 528 and curing the lens forming composition. Curing may include exposing the composition to activating light and/or thermal radiation. After the lens is cured,

WO 01/95017

PCT/US01/18637

the first mold set may be removed from the gasket and the gasket may then be engaged with a second mold set for forming a second lens of a second power. When using the gasket 530, the method further includes introducing a lens forming composition through fill port 538, wherein the first and second mold members remain fully engaged with the gasket during the introduction of the lens forming composition. The lens forming composition may then be cured by use of activating light and/or thermal radiation.

After curing of the lens in lens curing unit 30, the lens may be de-molded and post-cured in the post-cure unit 40. Post-cure unit 40 is preferably configured to apply light, heat or a combination of light and heat to the lens. As shown in Fig. 15, post-cure unit 40 may include a light source 414, a lens drawer assembly 416, and a heat source 418. Lens drawer assembly 416 preferably includes a lens holder 420, more preferably at least two lens holders 420. Lens drawer assembly 416 is preferably slidingly mounted on a guide. Preferably, lens drawer assembly 416 is made from a ceramic material. Cured lenses may be placed in lens holders 420 while the lens drawer assembly 416 is in the open position (i.e., when the door extends from the front of post-cure unit 40). After the lenses have been loaded into lens holders 420 the door may be slid into a closed position, with the lenses directly under light source 414 and above heat source 418.

As shown in Fig. 15, it is preferred that the light source 414 includes a plurality of light generating devices or lamps 440. Preferably, lamps 440 may be oriented above each of the lens holders when the lens drawer assembly is closed. The lamps 440, preferably, generate activating light. The lamps 440 may be supported by and electrically connected to suitable fixtures 442. The fixtures may be at least partially reflective and concave in shape to direct light from the lamps 440 toward the lens holders. The lamps may generate either ultraviolet light, actinic light, visible light, and/or infrared light. The choice of lamps is preferably based on the monomers used in the lens forming composition. In one embodiment, the activating light may be generated from a fluorescent lamp. The fluorescent lamp preferably has a strong emission spectra from about 200 nm to about 800 nm, more preferably between about 200 nm to about 400 nm. A fluorescent lamp emitting activating light with the described wavelengths is commercially available from Voltarc as model SNEUV RPR 4190. In another embodiment, the lamp may generate ultraviolet light.

In one embodiment, the activating light source may be turned on and off quickly between exposures. A ballast may be used for this function. The ballast may be positioned beneath the post-cure unit. Alternatively, a ballast and transformer system, as depicted in Fig. 7 and described above may be used to control the activating light source.

Heat source 418 may be configured to heat the interior of the post-cure unit. Preferably, heat source 418 is a resistive heater. Heat source 418 may be made up of one or two resistive heaters. The temperature of heat source 418 may be thermostatically controlled. By heating the interior of the post-cure unit the lenses which are placed in post-cure unit 40 may be heated to complete curing of the lens forming material. Post-cure unit 40 may also include a fan to circulate air within the unit. The circulation of air within the unit may help maintain a relatively uniform temperature within the unit. The fan may also be used to cool the temperature of post-cure unit 40 after completion of the post cure process.

In an embodiment, a lens cured by exposure to activating light may be further processed by conductive heating. The use of a conductive heating post-cure procedure is described in detail in U.S. Patent No. 5,928,575 to Buazza which is incorporated by reference.

In another embodiment, the edges of a lens may be treated to cure or remove incompletely cured lens

WO 01/95017

PCT/US01/18637

forming material (see above description) before a post-cure heat is applied. Techniques for further curing of incompletely cured lens forming material are described in U.S. Patent No. 5,976,423 to Buazza which is incorporated by reference.

5 In another embodiment, a lens may be tinted after receiving conductive heat postcure treatment in a mold cavity. During tinting of the lens, the lens is preferably immersed in a dye solution.

The operation of the lens curing system may be controlled by a microprocessor based controller 50 (Fig. 1). Controller 50 preferably controls the operation of coating unit 20, lens curing unit 30, and post-cure unit 40. Controller 50 may be configured to substantially simultaneously control each of these units. In addition, the controller may include a display 52 and an input device 54. The display and input device may be configured to
10 exchange information with an operator.

Controller 50 preferably controls a number of operations related to the process of forming a plastic lens. Many of the operations used to make a plastic lens (e.g., coating, curing and post-cure operations) are preferably performed under a predetermined set of conditions based on the prescription and type of lens being formed (e.g., ultraviolet/visible light absorbing, photochromic, colored, etc.). Controller 50 is preferably programmed to
15 control a number of these operations, thus relieving the operator from having to continually monitor the apparatus.

In some embodiments, the lens or mold members may be coated with a variety of coatings (e.g., a scratch resistant or tinted coating). The application of these coatings may require specific conditions depending on the type of coating to be applied. Controller 50 is preferably configured to produce these conditions in response to input from the operator.

20 When a spin coating unit is used, controller 50 may be configured to control the rotation of the lens or mold member during the coating process. Controller 50 is preferably electronically coupled to the motor of the spin coating unit. The controller may send electronic signals to the motor to turn the motor on and/or off. In a typical coating process the rate at which the mold or lens is rotated is preferably controlled to achieve a uniform and defect free coating. The controller is preferably configured to control the rate of rotation of the mold or lens
25 during a curing process. For example, when a coating material is being applied, the mold or lens is preferably spun at relatively high rotational rates (e.g., about 900 to about 950 RPM). When the coating material is being cured, however, a much slower rotational rate is preferably used (e.g., about 200 RPM). The controller is preferably configured to adjust the rotational rate of the lens or mold depending on the process step being performed.

30 The controller is also preferably configured to control the operation of lamps 24. The lamps are preferably turned on and off at the appropriate times during a coating procedure. For example, during the application of the coating material activating lights are typically not used, thus the controller may be configured to keep the lamps off during this process. During the curing process, activating light may be used to initiate the curing of the coating material. The controller is preferably configured to turn the lamps on and to control the amount of time the lamps remain on during a curing of the coating material. The controller may also be
35 configured to create light pulses to affect curing of the coating material. Both the length and frequency of the light pulses may be controlled by the controller.

The controller is also preferably configured to control operation of the lens-curing unit. The controller may perform some and/or all of a number of functions during the lens curing process, including, but not limited to:
40 (i) measuring the ambient room temperature; (ii) determining the dose of light (or initial dose of light in pulsed

WO 01/95017

PCT/US01/18637

curing applications) required to cure the lens forming composition, based on the ambient room temperature; (iii) applying the activating light with an intensity and duration sufficient to equal the determined dose; (iv) measuring the composition's temperature response during and subsequent to the application of the dose of light; (v) calculating the dose required for the next application of activating light (in pulsed curing applications); (vi) 5 applying the activating light with an intensity and duration sufficient to equal the determined second dose; (vii) determining when the curing process is complete by monitoring the temperature response of the lens forming composition during the application of activating light; (viii) turning the upper and lower light sources on and off independently; (ix) monitoring the lamp temperature, and controlling the temperature of the lamps by activating cooling fans proximate the lamps; and (x) turning the fans on/off or controlling the flow rate of an air stream 10 produced by a fan to control the composition temperature. Herein, "dose" refers to the amount of light energy applied to an object, the energy of the incident light being determined by the intensity and duration of the light. A controller that is configured to alter the dose activating light applied to a lens forming composition in response to the temperature of lens forming composition is described in U.S. Patent No. 5,989,462 to Buazza et al. which is incorporated by reference.

15 In an embodiment, a shutter system may be used to control the application of activating light rays to the lens forming material. The shutter system preferably includes air-actuated shutter plates that may be inserted into the curing chamber to prevent activating light from reaching the lens forming material. The shutter system may be coupled to the controller, which may actuate an air cylinder to cause the shutter plates to be inserted or extracted from the curing chamber. The controller preferably allows the insertion and extraction of the shutter plates at 20 specified time intervals. The controller may receive signals from temperature sensors allowing the time intervals in which the shutters are inserted and/or extracted to be adjusted as a function of a temperature of the lens forming composition and/or the molds. The temperature sensor may be located at numerous positions proximate the mold cavity and/or casting chamber.

In some embodiments, the lens may require a post-curing process. The post-cure process may require 25 specific conditions depending on the type of lens being formed. The controller is preferably configured to produce these conditions in response to input from the operator.

The controller is preferably configured to control the operation of lamps in the post-cure unit. The lamps are preferably turned on and off at the appropriate times during the post-cure procedure. For example, in some post-cure operations the lights may not be required, thus the controller would keep the lights off during this 30 process. During other processes, the lights may be used to complete the curing of the lens. The controller is preferably configured to turn the lights on and to control the amount of time the lights remain on during a post-cure procedure. The controller may also be configured to create light pulses during the post-cure procedure. Both the length and frequency of the light pulses may be controlled by the controller.

The controller is preferably configured to control operation of the heating device 418 during the post-cure 35 operation. Heating device 418 is preferably turned on and off to maintain a predetermined temperature within the post-cure unit. Alternatively, when a resistive heater is used, the current flow through the heating element may be altered to control the temperature within the post-cure unit. Preferably both the application of light and heat are controlled by the controller. The operation of fans, coupled to the post-cure unit, is also preferably controlled by the controller. The fans may be operated by the controller to circulate air within or into/out of the post-cure unit.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Additionally, the controller may provide system diagnostics to determine if the system is operating properly. The controller may notify the user when routine maintenance is due or when a system error is detected. The system monitors the following conditions to warn the user when the machine has malfunctioned, requires standard maintenance, or is drifting out of its suggested operating envelope: 1°C network errors; line voltage; top rack light intensity; bottom rack light intensity; post-cure rack light intensity; top activating light ballast current; 5 bottom activating light ballast current; post-cure activating light ballast current; germicidal light ballast current; post-cure heater current; top activating light filament heat transformer current; bottom activating light filament heat transformer current; germicidal light filament heat transformer current; the number of times the top activating light is turned on; the number of times the bottom activating light is turned on; the number of times the post-cure activating light is turned on; the number of times the germicidal light is turned on; top activating light on time; 10 bottom activating light on time; post cure activating light on time; germicidal light on time; top lamp temperature; bottom lamp temperature; spin board temperature; post-cure temperature.

For example, the controller may monitor the current passing through lamps of the coating, lens curing, or post-cure unit to determine if the lamps are operating properly. The controller may keep track of the number of 15 hours that the lamps have been used. When a lamp has been used for a predetermined number of hours a message may be transmitted to an operator to inform the operator that the lamps may require changing. The controller may also monitor the intensity of light produced by the lamp. A photodiode may be placed proximate the lamps to determine the intensity of light being produced by the lamp. If the intensity of light falls outside a predetermined range, the current applied to the lamp may be adjusted to alter the intensity of light produced (either increased to 20 increase the intensity; or decreased to decrease the intensity). Alternatively, the controller may transmit a message informing the operator that a lamp needs to be changed when the intensity of light produced by the lamp drops below a predetermined value.

When the machine encounters an error in these areas, the following error messages may be displayed:
post cure temperature The temperature of your post cure is out of its suggested operating range. If the lens 25 drawer is closed, the unit has had sufficient warm-up time, and the problem continues after a system restart, your machine may need service.

light intensity Your _____ light source output has dropped below its recommended range. If the problem continues after a system restart, you may need to replace your _____ lamps.

lamp power Your _____ lamps are not functioning properly. If the problem continues after a system restart, 30 you may need to replace your _____ lamps.

filament heat power Your _____ lamps are not functioning properly. If the problem continues after a system restart, you may need to replace your _____ lamps.

lamp on time Your _____ lamps have exceeded their expected life. Please replace your _____ lamps.

PC heaters The heaters in your post cure unit are not functioning properly. If the problem continues after a system 35 restart, your machine may need service

The controller may also manage an interlock system for safety and energy conservation purposes. If the lens drawer assembly from the coating or post-cure units are open the controller is preferably configured to prevent the lamps from turning on. This may prevent the operator from inadvertently becoming exposed to the light from the lamps. Lamps 24 for the coating unit 20 are preferably positioned on cover 22 (See Fig. 1). In 40 order to prevent inadvertent exposure of the operator to light from lamps 24 a switch is preferably built into the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

cover, as described above. The controller is preferably configured to prevent the lamps 24 from turning on when the cover is open. The controller may also automatically turn lamps 24 off if the cover is opened when the lenses are on. Additionally, the controller may conserve energy by keeping fans and other cooling devices off when the lamps are off.

- 5 The controller may display a number of messages indicating problems that prevent further operation of the lens forming apparatus. Process tips appear in the appropriate location on the display (over a button when related to that function, at the top and flashing when important, etc.). The controller uses the following list of tips to instruct the user during machine use. The list is in order of priority (i.e. the tip at the top of the list is displayed if both it and the second item need to be displayed simultaneously).
- 10 WARNING JOBS RUNNING, CONFIRM PURGE
 WARNING JOBS RUNNING, CONFIRM RERUN
 ROTATE ENCODER TO CONFIRM PURGE
 NOT ALLOWED WHILE JOBS RUNNING
 MOVE CAVITY TO POST-CURE & PRESS THE KEY
- 15 CLOSE LID
 PRESS & HOLD TO RERUN POST-CURE PROCESS
 PRESS & HOLD TO RERUN CURE PROCESS
 PRESS & HOLD TO RERUN ANNEAL PROCESS
 PRESS & HOLD TO CANCEL
- 20 PRESS & HOLD TO RERUN COAT PROCESS
 PRESS THE CURE KEY TO START JOB
 MUST WAIT FOR POST-CURE TO COMPLETE
 MUST WAIT FOR POST-CURE TO START
 MUST SPIN LEFT AND RIGHT BOWLS
- 25 NO JOBS CURRENTLY IN MEMORY
 ROTATE ENCODER TO SELECT JOB
 NO CURED JOBS AVAILABLE TO POST-CURE
 NO JOBS READY TO ANNEAL
 LEFT MOLD DOES NOT EXIST, RE-ENTER RX
- 30 RIGHT MOLD DOES NOT EXIST, RE-ENTER RX
 MOLDS NOT IN KIT, ACCEPT OR RE-ENTER RX
 ROTATE ENCODER TO SELECT SAVE OR DISCARD
 PRESS ENCODER WHEN READY
 ...PLEASE WAIT WHILE COMPUTING
- 35 ANNEAL COMPLETE
 COAT COMPLETE
 POST-CURE COMPLETE, DEMOLD & ANNEAL
 MOLDS DO NOT EXIST, RE-ENTER RX
 RIGHT MOLD NOT IN KIT, ACCEPT | RE-ENTER
- 40 LEFT MOLD NOT IN KIT, ACCEPT | RE-ENTER

WO 01/95017

PCT/US01/18637

THERE ARE NO STORED Rx's TO EDIT
THERE ARE NO JOBS TO PURGE/RERUN
THERE ARE NO STORED JOBS TO VIEW
THERE ARE NO STORED JOBS TO EDIT

5 The controller may also be configured to interact with the operator. The controller preferably includes an input device 54 and a display screen 52. The input device may be a keyboard (e.g., a full computer keyboard or a modified keyboard), a light sensitive pad, a touch sensitive pad, or similar input device. A number the parameters controlled by the controller may be dependent on the input of the operator. In the initial set up of the apparatus, the controller may allow the operator to input the type of lens being formed. This information may include type of
10 lens (clear, ultraviolet absorbing, photochromic, colored, etc.), prescription, and type of coatings (e.g., scratch resistant or tint).

Based on this information the controller is preferably configured to transmit information back to the operator. The operator may be instructed to select mold members for the mold assembly. The mold members may be coded such that the controller may indicate to the operator which molds to select by transmitting the code for
15 each mold member. The controller may also determine the type of gasket required to properly seal the mold members together. Like the mold members, the gaskets may also be coded to make the selection of the appropriate gasket easier.

The lens forming compositions may also be coded. For the production of certain kinds of lenses a specific lens forming composition may be required. The controller may be configured to determine the specific
20 composition required and transmit the code for that composition to the operator. The controller may also signal to the operator when certain operations need to be performed or when a particular operation is completed (e.g., when to place the mold assembly in the lens curing unit, when to remove the mold assembly, when to transfer the mold assembly, etc.).

The controller may also display Help functions to instruct the user on machine use and give general
25 process guidance. The following paragraphs are examples of some of the help files that may be available to an operator:

1) NAVIGATION AND DATA ENTRY

The information entry knob is used for most data selection and entry. Rotating the knob moves the cursor in menus and scrolls through choices on data entry screens. Pressing the knob down enters the selection.
30 Prompts at the top of the screen help the user through the process. The arrow keys allow for correction of previously entered data and can be used as an alternative to the data entry knob during navigation.

The menu key returns the user to the previous menu.

The help key gives general process help and also shows machine malfunctions when there is a problem with the system. When an error is present, the user will be given information about any errors and
35 suggested courses of action to remedy them.

2) SCREEN DESCRIPTIONS

NEW Rx Prescription information is entered in this screen. The availability of molds is displayed on this screen in real time. Molds that are available have a checkmark next to them. Molds that can be added to your kit are displayed with a box next to them. Powers that are out of the range of the machine will
40 produce dashes in the area where the mold information is normally shown. When all prescription

WO 01/95017

PCT/US01/18637

information is entered the data entry knob is pressed and the job is saved in memory. The view screen displays the data for cavity creation. If the data was entered in plus cylinder format, it will be transposed and shown in minus cylinder form. If you need to see the data as it was input, it is available in the EDIT Rx screen in both plus and minus cylinder forms.

5 VIEW and EDIT Allow the user to see and modify jobs that are in memory. Once the view or edit selection is made on the main menu, the user can scroll through all jobs that have been saved. When using edit, pressing the data entry knob will move the cursor into an edit screen where the displayed job's prescription can be modified. In the view menu, pressing the knob will put the user at the main menu.

10 PURGE/RERUN JOB Allows the user to delete and rerun jobs if necessary. When a single lens of a pair needs to be rerun, edit job can be used to change the job type to left or right only after rerun is selected for that job. Purge all jobs clears all jobs from the memory. If you would like to start your job numbering back at zero, this feature is used.

15 INSTRUMENT STATUS Shows the current status of individual sections of the machine - spin speeds, current being delivered to a device, network errors etc. These screens are useful when diagnosing errors. The system's serial numbers and software version numbers are also in the status screens.

20 ADVANCED The advanced menu contains all user adjustable settings, program upload options, and mold kit selections. This menu is password protected to minimize the risk that changes will be made by accident. When password is displayed, pressing the data entry knob lets the user enter a password by rotating the data entry knob. Press the knob when the proper password is dialed in. Incorrect passwords will return the user to the password screen. The proper password will take the user to the advanced menu which functions like the main menu. Within these menus, when the desired field is highlighted, the data entry knob is pressed and parentheses appear around the field indicating that it is changeable by rotating the data entry knob. When the proper value is selected, pressing the knob again removes the parentheses and sets the field to the value selected. In the date and time setting screen, changes will not be saved until the save settings field is highlighted and the data entry knob is pressed. The kit menu allows the user to select the available mold package and power range.

3) RUNNING A JOB

Making lenses is a 3 part process. Applying a scratch resistant coating is optional and is covered at the end of this section.

30 When the user enters a prescription and saves the job, the view screen displays the data required to retrieve the molds and gasket necessary for each lens. The system is designed for minus cylinder format prescriptions. If the Rx information is entered in plus cylinder format, it will be transposed and returned in minus cylinder form. The cavity must be assembled based on the view screen data (the axis will be 90° different from the plus cylinder input). The original prescription can be viewed at the Edit Rx screen along with its transposed return information.

35 Before assembling a cavity, the molds and gasket must be thoroughly cleaned. Any contaminants on the molds or gasket may be included in the finished lens rendering it undispensible. Spin clean the casting side of each mold with IPA and acetone. Assemble the cavity next, ensuring that the axis is set properly. Fill the cavity with the appropriate monomer. A filled cavity should not be exposed to room light for

WO 01/95017

PCT/US01/18637

more than 3 minutes. High ambient light levels caused by windows or high intensity room lighting can significantly shorten the allowable room light exposure time.

CURING Press the cure button to initiate a curing cycle. Rotating the data entry knob will allow the user to select the job to be run. The necessary filters for the cycle are displayed with the job number.

5 When the correct job is displayed, press the cure key. The area over the key instructs you to put in the pair or the left or right lens only. Ensure that the left and right lenses are always on the proper side of the chamber. Put the cavity in the initial curing drawer and press the cure button. When the initial cure is done, transfer the cavity or cavities to the front part of the post cure drawer and press the post cure key. If the job was split because of power differences in the left and right lenses, the area over the cure button will instruct the user to insert the second cavity in the initial cure drawer and press the cure key again (the first cavity should be in the post cure when performing the initial curing step on the second cavity). When prompted, move the cavity to the post cure section and press the post cure button again.

10 **POST CURING** The front openings in the post cure oven drawer are used to post cure the cavities. When the post cure cycle is over, press the post cure key, remove the cavities from the post cure chamber, and allow them to cool for 1 to 2 minutes. After the cooling period, remove the gasket and separate one mold from each assembly with the demolding tool. The tool is inserted in the gap created by the tab on the gasket and the mold is gently pried off the assembly. Place the remaining lens and mold in the Q-Soak container to separate the mold from the lens. Clean the lenses and proceed to the annealing step.

15 **ANNEALING** If more than one job is available for annealing, the user can choose which job they would like to anneal by rotating the data entry knob when the area over the anneal button displays a job number. Press the anneal button when the proper job is displayed. The cleaned lens is placed over the rear openings of the post cure chamber drawer. Press the anneal key when prompted at the end of the annealing cycle.

20 **COATING** Scratch coating is optional and is applied in the spin bowls of the main chamber. The timed buttons by the spin bowls initiate the coat curing cycle. When the front molds are cleaned and coated, the hood is closed and a 90 second curing cycle is started for the coatings. When the cycle is complete, the light turns off, the motors stop, and the controller signals the user that the molds are ready. The cavity is assembled in the normal fashion and the lens monomer is dispensed into the cavity.

Lens coating is also available and is applied to the finished lens after the annealing step is complete.

30 4) TINTING TIPS

After edging, lenses may be tinted by conventional means. As with many modern lens materials, tinting results may be improved with slightly modified handling procedures. First, when mounting the lenses in the dye holders, do not use spring-type holders or apply excessive pressure to the lenses. Lenses become somewhat flexible at dye tank temperatures and may bend. Faster and more uniform dye absorption will be achieved if the lenses are agitated in a slow back and forth motion while in the dye tank.

35 In some embodiments, the controller may be a computer system. A computer system may include a memory medium on which computer programs configured to perform the above described operations of the controller are stored. The term "memory medium" is intended to include an installation medium, e.g., a CD-ROM, or floppy disks, a computer system memory such as DRAM, SRAM, EDO RAM, Rambus RAM, etc., or a non-volatile memory such as a magnetic media, e.g., a hard drive, or optical storage. The memory medium may

WO 01/95017

PCT/US01/18637

comprise other types of memory as well, or combinations thereof. In addition, the memory medium may be located in a first computer in which the programs are executed, or may be located in a second different computer that connects to the first computer over a network. In the latter instance, the second computer provides the program instructions to the first computer for execution. Also, the computer system may take various forms, including a personal computer system, mainframe computer system, workstation, network appliance, Internet appliance, personal digital assistant (PDA), television system or other device. In general, the term "computer system" can be broadly defined to encompass any device having a processor which executes instructions from a memory medium.

The memory medium preferably stores a software program for controlling the operation of a lens forming apparatus. The software program may be implemented in any of various ways, including procedure-based techniques, component-based techniques, and/or object-oriented techniques, among others. For example, the software program may be implemented using ActiveX controls, C++ objects, JavaBeans, Microsoft Foundation Classes (MFC), or other technologies or methodologies, as desired. A CPU, such as the host CPU, executing code and data from the memory medium comprises a means for creating and executing the software program according to the methods or flowcharts described below.

Various embodiments further include receiving or storing instructions and/or data implemented in accordance with the foregoing description upon a carrier medium. Suitable carrier media include memory media or storage media such as magnetic or optical media, e.g., disk or CD-ROM, as well as signals such as electrical, electromagnetic, or digital signals, conveyed via a communication medium such as networks and/or a wireless link.

LENS FORMING COMPOSITIONS

The lens forming material may include any suitable liquid monomer or monomer mixture and any suitable photosensitive initiator. As used herein "monomer" is taken to mean any compound capable of undergoing a polymerization reaction. Monomers may include non-polymerized material or partially polymerized material. When partially polymerized material is used as a monomer, the partially polymerized material preferably contains functional groups capable of undergoing further reaction to form a new polymer. The lens forming material preferably includes a photoinitiator that interacts with activating light. In one embodiment, the photoinitiator absorbs ultraviolet light having a wavelength in the range of 300 to 400 nm. In another embodiment, the photoinitiator absorbs actinic light having a wavelength in the range of about 380 nm to 490 nm. The liquid lens forming material is preferably filtered for quality control and placed in the lens molding cavity 382 by pulling the annular gasket 380 away from one of the opposed mold members 378 and injecting the liquid lens forming material into the lens molding cavity 382 (See Fig. 11). Once the lens molding cavity 382 is filled with such material, the annular gasket 380 is preferably replaced into its sealing relation with the opposed mold members 378.

Those skilled in the art will recognize that once the cured lens is removed from the lens molding cavity 382 by disassembling the opposed mold members 378, the lens may be further processed in a conventional manner, such as by grinding its peripheral edge.

A polymerizable lens forming composition includes an aromatic-containing bis(allyl carbonate)-functional monomer and at least one polyethylenic-functional monomer containing two ethylenically unsaturated groups selected from acrylyl or methacrylyl. In a preferred embodiment, the composition further

WO 01/95017

PCT/US01/18637

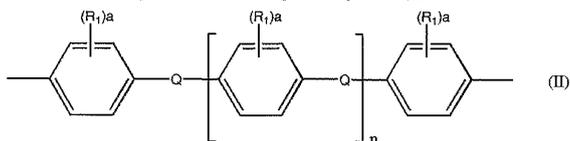
includes a suitable photoinitiator. In other preferred embodiments, the composition may include one or more polyethylenic-functional monomers containing three ethylenically unsaturated groups selected from acrylyl or methacrylyl, and a dye. The lens forming composition may also include activating light absorbing compounds such as ultraviolet light absorbing compounds and photochromic compounds. Examples of these compositions are described in more detail in U.S. Patent No. 5,989,462 to Buazza et al. which is incorporated by reference.

In another embodiment, an ophthalmic eyeglass lens may be made from a lens forming composition comprising a monomer composition and a photoinitiator composition.

The monomer composition preferably includes an aromatic containing polyethylenic polyether functional monomer. In an embodiment, the polyether employed is an ethylene oxide derived polyether, propylene oxide derived polyether, or mixtures thereof. Preferably, the polyether is an ethylene oxide derived polyether. The aromatic polyether polyethylenic functional monomer preferably has the general structure (V), depicted below where each R_2 is a polymerizable unsaturated group, m and n are independently 1 or 2, and the average values of j and k are each independently in the range of from about 1 to about 20. Common polymerizable unsaturated groups include vinyl, allyl, allyl carbonate, methacrylyl, acrylyl, methacrylate, and acrylate.

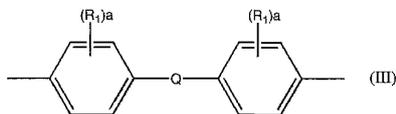


A_1 is the divalent radical derived from a dihydroxy aromatic-containing material. A subclass of the divalent radical A_1 which is of particular usefulness is represented by formula (II):



in which each R_1 is independently alkyl containing from 1 to about 4 carbon atoms, phenyl, or halo; the average value of each (a) is independently in the range of from 0 to 4; each Q is independently oxy, sulfonyl, alkanediyl having from 2 to about 4 carbon atoms, or alkylidene having from 1 to about 4 carbon atoms; and the average value of n is in the range of from 0 to about 3. Preferably Q is methylethylidene, viz., isopropylidene.

Preferably the value of n is zero, in which case A_1 is represented by formula (III):

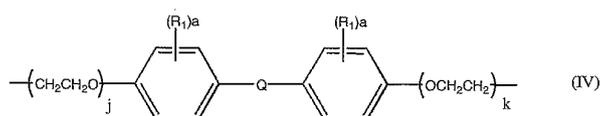


in which each R_1 , each a, and Q are as discussed with respect to Formula II. Preferably the two free bonds are both in the ortho or para positions. The para positions are especially preferred.

In an embodiment, when para, para-bisphenols are chain extended with ethylene oxide, the central portion of the aromatic containing polyethylenic polyether functional monomer may be represented by the formula:

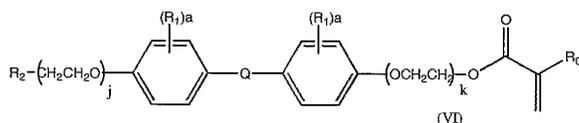
WO 01/95017

PCT/US01/18637

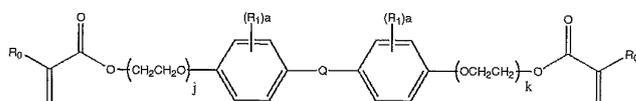


5 where each R_1 , each a , and Q are as discussed with respect to Formula II, and the average values of j and k are each independently in the range of from about 1 to about 20.

In another embodiment, the polyethylenic functional monomer is an aromatic polyether polyethylenic functional monomer containing at least one group selected from acrylyl or methacrylyl. Preferably the aromatic polyether polyethylenic functional monomer containing at least one group selected from acrylate and methacrylate has the general structure (VI), depicted below where R_0 is hydrogen or methyl, where each R_1 , each a , and Q are as discussed with respect to Formula II, where the values of j and k are each independently in the range of from about 1 to about 20, and where R_2 is a polymerizable unsaturated group (e.g., vinyl, allyl, allyl carbonate, methacrylyl, acrylyl, methacrylate, or acrylate).



15 In one embodiment, the aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer is preferably an ethoxylated bisphenol A di(meth)acrylate. Ethoxylated bisphenol A di(meth)acrylates have the general structure depicted below where each R_0 is independently hydrogen or methyl, each R_1 , each a , and Q are as discussed with respect to Formula II, and the values of j and k are each independently in the range of from about 1 to about 20.



20 Preferred ethoxylated bisphenol A dimethacrylates include ethoxylated 2 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 2$, and R_0 is H), ethoxylated 2 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 2$, and R_0 is Me), ethoxylated 3 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 3$, and R_0 is H), ethoxylated 4 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 4$, and R_0 is H), ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 4$, and R_0 is Me), ethoxylated 6 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 6$, and R_0 is Me), ethoxylated 8 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 8$, and R_0 is Me), ethoxylated 10 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 10$, and R_0 is H), ethoxylated 10 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 10$, and R_0 is Me), ethoxylated 30 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 30$, and R_0 is H), ethoxylated 30 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 30$, and R_0 is Me). These compounds are

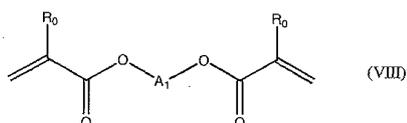
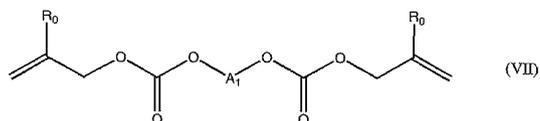
WO 01/95017

PCT/US01/18637

commercially available from Sartomer Company under the trade names PRO-631, SR-348, SR-349, SR-601, CD-540, CD-541, CD-542, SR-602, SR-480, SR-9038, and SR-9036 respectively. Other ethoxylated bisphenol A dimethacrylates include ethoxylated 3 bisphenol A dimethacrylate (where $j + k = 3$, and R_0 is Me), ethoxylated 6 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 30$, and R_0 is H), and ethoxylated 8 bisphenol A diacrylate (where $j + k = 30$, and R_0 is H). In all of the above described compounds Q is $C(CH_3)_2$.

The monomer composition preferably may also include a polyethylenic functional monomer.

Polyethylenic functional monomers are defined herein as organic molecules which include two or more polymerizable unsaturated groups. Common polymerizable unsaturated groups include vinyl, allyl, allyl carbonate, methacrylyl, acrylyl, methacrylate, and acrylate. Preferably, the polyethylenic functional monomers have the general formula (VII) or (VIII) depicted below, where each R_0 is independently hydrogen, halo, or a C_1 - C_4 alkyl group and where A_1 is as described above. It should be understood that while general structures (VII) and (VIII) are depicted as having only two polymerizable unsaturated groups, polyethylenic functional monomers having three (e.g., tri(meth)acrylates), four (e.g., tetra(meth)acrylates), five (e.g., penta(meth)acrylates), six (e.g., hexa(meth)acrylates) or more groups may be used.



Preferred polyethylenic functional monomers which may be combined with an aromatic containing polyethylenic polyether functional monomer to form the monomer composition include, but are not limited to, ethoxylated 2 bisphenol A dimethacrylate, tris(2-hydroxyethyl)isocyanurate triacrylate, ethoxylated 10 bisphenol A dimethacrylate, ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate, dipentaerythritol pentaacrylate, 1,6-hexanediol dimethacrylate, isobornyl acrylate, pentaerythritol triacrylate, ethoxylated 6 trimethylolpropane triacrylate, and bisphenol A bis allyl carbonate.

According to one embodiment, the liquid lens forming composition includes ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate. Ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate monomer, when cured to form an eyeglass lens, typically produces lenses that have a higher index of refraction than comparable lenses produced using DEG-BAC. Lenses formed from such a mid-index lens forming composition which includes ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate may have an index of refraction of about 1.56 compared to the non-ethoxylated monomer compositions which tend to have an index of refraction of about 1.51. A lens made from a higher index of refraction polymer may be thinner than a lens made from a lower index of refraction polymer because the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

differences in the radii of curvature between the front and back surface of the lens do not have to be as great to produce a lens of a desired focal power. Lenses formed from a lens forming composition which includes ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate may also be more rigid than lenses formed from non-ethoxylated monomer based compositions.

5 The monomer composition may include additional monomers, which, when combined with ethoxylated 4 bisphenol A dimethacrylate, may modify the properties of the formed eyeglass lens and/or the lens forming composition. Tris(2-hydroxyethyl)isocyanurate triacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-368, is a triacrylate monomer that may be included in the composition to provide improved clarity, high temperature rigidity, and impact resistance properties to the finished lens. Ethoxylated 10 bisphenol A dimethacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-480, is a diacrylate monomer that may be included in the composition to provide impact resistance properties to the finished lens. Ethoxylated 2 bisphenol A dimethacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-348, is a diacrylate monomer that may be included in the composition to provide tintability properties to the finished lens. Dipentaerythritol pentaacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-399, is a pentaacrylate monomer that may be included in the composition to provide abrasion resistance properties to the finished lens. 1,6-hexanediol dimethacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-239, is a diacrylate monomer that may be included in the composition to reduce the viscosity of the lens forming composition. Isobornyl acrylate, available from Sartomer under the trade name SR-506, is an acrylate monomer that may be included in the composition to reduce the viscosity of the lens forming composition and enhance tinting characteristics. Bisphenol A bis allyl carbonate may be included in the composition to control the rate of reaction during cure and also improve the shelf life of the lens forming composition. Pentaerythritol triacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-444, is a triacrylate monomer that may be included in the composition to promote better adhesion of the lens forming composition to the molds during curing. Ethoxylated 6 trimethylolpropane triacrylate, available from Sartomer under the trade name SR-454, may also be added.

25 Photoinitiators which may be used in the lens forming composition have been described in previous sections. In one embodiment, the photoinitiator composition preferably includes phenyl bis(2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide (IRG-819) which is commercially available from Ciba Additives under the trade name of Irgacure 819. The amount of Irgacure 819 present in a lens forming composition preferably ranges from about 30 ppm by weight to about 2000 ppm by weight. In another embodiment, the photoinitiator composition may include a mixture of photoinitiator. Preferably, a mixture of Irgacure 819 and 1-hydroxycyclohexylphenyl ketone, commercially available from Ciba Additives under the trade name of Irgacure 184 (IRG-184), is used. Preferably, the total amount of photoinitiators in the lens forming composition ranges from about 50 ppm to about 1000 ppm.

35 In another embodiment, an ophthalmic eyeglass lens may be made from lens forming composition comprising a monomer composition, a photoinitiator composition, and a co-initiator composition. The lens forming composition, in liquid form, is preferably placed in a mold cavity defined by a first mold member and a second mold member. It is believed that activating light which is directed toward the mold members to activate the photoinitiator composition causes the photoinitiator to form a polymer chain radical. The co-initiator may react with a fragment or an active species of either the photoinitiator or the polymer chain radical to produce a

WO 01/95017

PCT/US01/18637

monomer initiating species. The polymer chain radical and the monomer initiating species may react with the monomer to cause polymerization of the lens forming composition.

The monomer composition preferably includes an aromatic containing polyethylenic polyether functional monomer having a structure as shown above. Preferably, the polyethylenic functional monomer is an aromatic polyether polyethylenic functional monomer containing at least one group selected from acrylyl or methacrylyl.

More preferably, the polyethylenic functional monomer is an ethoxylated bisphenol A di(meth)acrylate. The monomer composition may include a mixture of polyethylenic functional monomers, as described above. The photoinitiators which may be present in the lens forming composition have been described above.

The lens forming composition preferably includes a co-initiator composition. The co-initiator composition preferably includes amine co-initiators. Amines are defined herein as compounds of nitrogen formally derived from ammonia (NH₃) by replacement of the hydrogens of ammonia with organic substituents. Co-initiators include acrylyl amine co-initiators commercially available from Sartomer Company under the trade names of CN-381, CN-383, CN-384, and CN-386, where these co-initiators are monoacrylyl amines, diacrylyl amines, or mixtures thereof. Other co-initiators include ethanalamines. Examples of ethanalamines include but are not limited to N-methyldiethanolamine (NMDEA) and triethanolamine (TEA) both commercially available from Aldrich Chemicals. Aromatic amines (e.g., aniline derivatives) may also be used as co-initiators. Example of aromatic amines include, but are not limited to, ethyl-4-dimethylaminobenzoate (E-4-DMAB), ethyl-2-dimethylaminobenzoate (E-2-DMAB), n-butoxyethyl-4-dimethylaminobenzoate, p-dimethylaminobenzaldehyde, N,N-dimethyl-p-toluidine, and octyl-p-(dimethylamino)benzoate commercially available from Aldrich Chemicals or The First Chemical Group of Pascagoula, Mississippi.

Preferably, acrylated amines are included in the co-initiator composition. Acrylyl amines may have the general structures depicted in Fig. 39, where R₀ is hydrogen or methyl, n and m are 1 to 20, preferably 1-4, and R₁ and R₂ are independently alkyl containing from 1 to about 4 carbon atoms or phenyl. Monoacrylyl amines may include at least one acrylyl or methacrylyl group (see compounds (A) and (B) in FIG. 16). Diacrylyl amines may include two acrylyl, two methacrylyl, or a mixture of acrylyl or methacrylyl groups (see compounds (C) and (D) in FIG. 16). Acrylyl amines are commercially available from Sartomer Company under the trade names of CN-381, CN-383, CN-384, and CN-386, where these co-initiators are monoacrylyl amines, diacrylyl amines, or mixtures thereof. Other acrylyl amines include dimethylaminoethyl methacrylate and dimethylaminoethyl acrylate both commercially available from Aldrich. In one embodiment, the co-initiator composition preferably includes a mixture of CN-384 and CN-386. Preferably, the total amount of co-initiators in the lens forming composition ranges from about 50 ppm to about 7 % by weight.

An advantage to lens forming compositions which include a co-initiator is that less photoinitiator may be used to initiate curing of the lens forming composition. Typically, plastic lenses are formed from a lens forming composition which includes a photoinitiator and a monomer. To improve the hardness of the formed lenses the concentration of photoinitiator may be increased. Increasing the concentration of photoinitiator, however, may cause increased yellowing of the formed lens, as has been described previously. To offset this increase in yellowing, a permanent dye may be added to the lens forming composition. As the amount of yellowing is increased the amount of dye added may also be increased. Increasing the concentration of the dye may cause the light transmissibility of the lens to decrease.

A lens forming composition that includes a co-initiator may be used to reduce the amount of

WO 01/95017

PCT/US01/18637

photoinitiator used. To improve the hardness of the formed lenses a mixture of photoinitiator and co-initiator may be used to initiate curing of the monomer. The above-described co-initiators typically do not significantly contribute to the yellowing of the formed lens. By adding co-initiators to the lens forming composition, the amount of photoinitiator may be reduced. Reducing the amount of photoinitiator may decrease the amount of yellowing in the formed lens. This allows the amount of dyes added to the lens forming composition to be reduced and light transmissibility of the formed lens may be improved without sacrificing the rigidity of the lens.

The lens forming composition may also include activating light absorbing compounds. These compounds may absorb at least a portion of the activating light which is directed toward the lens forming composition during curing. One example of activating light absorbing compounds are photochromic compounds. Photochromic compounds which may be added to the lens forming composition have been previously described. Preferably, the total amount of photochromic compounds in the lens forming composition ranges from about 1 ppm to about 1000 ppm. Examples of photochromic compounds which may be used in the lens forming composition include, but are not limited to Corn Yellow, Berry Red, Sea Green, Plum Red, Variacrol Yellow, Palatinate Purple, CH-94, Variacrol Blue D, Oxford Blue and CH-266. Preferably, a mixture of these compounds is used. Variacrol Yellow is a naphthopyran material, commercially available from Great Lakes Chemical in West Lafayette, Indiana. Corn Yellow and Berry Red are naphthopyrans and Sea Green, Plum Red and Palatinate Purple are spironaphthoxazine materials commercially available from Keystone Aniline Corporation in Chicago, Illinois. Variacrol Blue D and Oxford Blue are spironaphthoxazine materials, commercially available from Great Lakes Chemical in West Lafayette, Indiana. CH-94 and CH-266 are benzopyran materials, commercially available from Chroma Chemicals in Dayton, Ohio. The composition of a Photochromic Dye Mixture which may be added to the lens forming composition is described in Table 1.

Photochromic Dye Mixture

Corn Yellow	22.3 %
Berry Red	19.7 %
Sea Green	14.8 %
Plum Red	14.0 %
Variacrol Yellow	9.7 %
Palatinate Purple	7.6 %
CH-94	4.0 %
Variacrol Blue D	3.7 %
Oxford Blue	2.6 %
CH-266	1.6 %

Table 1

The lens forming composition may also other activating light absorbing compounds such as UV stabilizers, UV absorbers, and dyes. UV stabilizers, such as Tinuvin 770 may be added to reduce the rate of degradation of the formed lens caused by exposure to ultraviolet light. UV absorbers, such as 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol, may be added to the composition to provide UV blocking characteristics to the formed lens. Small amounts of dyes, such as Thermoplast Blue 684 and Thermoplast Red from BASF may

WO 01/95017

PCT/US01/18637

be added to the lens forming composition to counteract yellowing. These classes of compounds have been described in greater detail in previous sections.

In an embodiment, a UV absorbing composition may be added to the lens forming composition. The UV absorbing composition preferably includes a photoinitiator and a UV absorber. Photoinitiators and UV absorbers have been described in greater detail in previous sections. Typically, the concentration of UV absorber in the lens forming composition required to achieve desirable UV blocking characteristics is in the range from about 0.1 to about 0.25 % by weight. For example, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol may be added to the lens forming composition as a UV absorber at a concentration of about 0.17 %.

By mixing a photoinitiator with a UV absorbing compound the combined concentration of the photoinitiator and the UV absorber required to achieve the desired UV blocking characteristics in the formed lens may be lower than the concentration of UV absorber required if used alone. For example, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol may be added to the lens forming composition as a UV absorber at a concentration of about 0.17 % to achieve the desired UV blocking characteristics for the formed lens. Alternatively, a UV absorbing composition may be formed by a combination of 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol with the photoinitiator 2-isopropyl-thioxanthone (ITX), commercially available from Aceto Chemical in Flushing, New York. To achieve similar UV blocking characteristics in the formed lens, significantly less of the UV absorbing composition may be added to the lens forming composition, compared to the amount of UV absorber used by itself. For example, 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol at a concentration of about 700 ppm, with respect to the lens forming composition, along with 150 ppm of the photoinitiator 2-isopropyl-thioxanthone (2-ITX) may be used to provide UV blocking characteristics. Thus, a significant reduction, (e.g., from 0.15 % down to less than about 1000 ppm), in the concentration of UV absorber may be achieved, without a reduction in the UV blocking ability of the subsequently formed lens. An advantage of lowering the amount of UV absorbing compounds present in the lens forming composition is that the solubility of the various components of the composition may be improved.

25

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Tables 2-6 list some examples of mid-index lens forming compositions. The UV absorber is 2-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3,-tetramethylbutyl)phenol.

Ingredient	Formula 1	Formula 2	Formula 3	Formula 4	Formula 5	Formula 6
Irgacure 819	694.2 ppm	486 ppm	480 ppm	382 ppm	375 ppm	414 ppm
Irgacure 184						
CN 384	0.962 %	0.674%	0.757%	0.62%	0.61%	0.66%
CN386	0.962 %	0.674 %	0.757 %	0.62 %	0.61 %	0.66 %
SR-348	97.98 %	68.65 %	98.2 %	81.2 %	79.6 %	86.4 %
SR-368						
SR-480		29.95 %				
CD-540						
SR-399						
SR-239					2.0 %	2.08 %
SR-506						
CR-73				17.2 %	16.9 %	10.0 %
PRO-629						
Tinuvin 770			290 ppm			
UV Absorber			0.173 %			
Thermoplast Blue	0.534 ppm	0.374 ppm	0.6 ppm	0.5 ppm	4.5 ppm	4.58 ppm
Thermoplast Red	0.019 ppm	0.0133 ppm	0.015 ppm	0.012 ppm	0.58 ppm	0.58 ppm
Mineral Oil			136 ppm			65 ppm
Photochromic Dye Mixture					470 ppm	507 ppm

5

Table 2

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Ingredient	Formula 7	Formula 8	Formula 9	Formula 10	Formula 11	Formula 12
Irgacure 819	531.2 ppm	462 ppm	565.9 ppm	226 ppm	443 ppm	294 ppm
Irgacure 184	18.7 ppm			144 ppm		
CN 384	0.77 %	0.887 %	0.78 %	0.40 %	0.61 %	
CN386	0.77 %	0.887 %	0.78 %	0.53 %	0.61 %	
SR-348	72.4 %	70.36 %	58.20 %	41.5 %	88.70 %	
SR-368	24.1 %	23.87 %	21.4 %	7.0 %		
SR-480						
CD-540			18.7 %	0.74 %		97.76 %
SR-399				46.8 %		
SR-239	1.86 %	3.65 %	20.1 %			2.00 %
SR-506					10.0 %	
CR-73			20.1 %	2.9 %		
PRO-629	0.05 %					
Tinuvin 770						
UV Absorber						
Thermoplast Blue	0.567 ppm	3.62 ppm	0.70 ppm	0.255 ppm	0.6 ppm	4.3 ppm
Thermoplast Red	0.0147 ppm	0.576 ppm	0.014 ppm	0.006 ppm	0.028 ppm	0.24 ppm
Photochromic Dye Mixture		450 ppm				

Table 3

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Ingredient	Formula 13	Formula 14	Formula 15	Formula 16	Formula 17	Formula 18
Irgacure 819	760 ppm	620 ppm	289 ppm		105 ppm	343 ppm
Irgacure 184						
CN 384		0.73 %	0.34 %			0.475 %
CN 386		0.73 %	0.34 %	1.00 %	0.70 %	0.475 %
2-ITX					188 ppm	141 ppm
SR-348				89.00%	92.00 %	98.90 %
SR-368						
SR-480						
CD-540	97.57 %	96.20 %	99.28 %		0.34 %	
SR-399						
SR-239	2.30 %	2.30 %	0.01 %			
SR-506						
SR-444						
SR-454				10.00 %	6.9 %	
CR-73						
PRO-629						
Tinuvin 770						
UV Absorber						785 ppm
Thermoplast Blue	4.9 ppm	5.1 ppm	0.508 ppm		0.35 ppm	0.69 ppm
Thermoplast Red	0.276 ppm	0.285 ppm	0.022 ppm		0.002 ppm	0.034 ppm
Dioctyl-phthalate						125 ppm
Butyl stearate						
Photochromic Dye Mixture	499 ppm					

Table 4

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Ingredient	Formula 19	Formula 20	Formula 21	Formula 22	Formula 23	Formula 24
Irgacure 819	490 ppm	635 ppm	610 ppm	735 ppm	320 ppm	600 ppm
Irgacure 184						
CN 384	0.680 %	0.746 %	0.705 %	0.60%		
CN 386	0.680 %	0.746 %	0.705 %	0.60%		
2-ITX						
SR-348	69.30 %					68.60 %
SR-368					74.0 %	22.10 %
SR-480						
CD-540		98.45 %	92.60 %	98.50 %	1.0 %	1.97 %
SR-399						
SR-239		0.01 %	3.86 %	0.16 %		
SR-506				0.10%		
SR-444	29.30 %					
SR-454					25.0 %	7.40 %
CR-73						
PRO-629		0.007 %	2.06 %			
Tinuvin 770						
UV Absorber						
Thermoplast Blue	0.37 ppm	0.507 ppm	3.07 ppm	4.3 ppm	0.15 ppm	0.29 ppm
Thermoplast Red	0.013 ppm	0.0126 ppm	0.336 ppm	0.41 ppm	0.006 ppm	0.012 ppm
Dioctyl-phthalate						
Butyl stearate						
Photochromic Dye Mixture			442 ppm	497 ppm		

Table 5

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Ingredient	Formula 25	Formula 26	Formula 27	Formula 28	Formula 29	Formula 30	Formula 31
Irgacure 819	650 ppm	464 ppm	557 ppm	448 ppm	460 ppm		
Irgacure 184							300 ppm
CN 384	0.650 %	0.70 %					
CN 386	0.650 %	0.70 %					
2-ITX						600 ppm	120 ppm
SR-348		39.10 %					
SR-368		13.00 %		19.60 %	20.70 %		
SR-480					10.70 %		
CD-540	88.96 %	41.90 %	1.60 %	1.30 %		99.94 %	99.96%
SR-399							
SR-239							
SR-506			98.30 %	79.00 %	67.24 %		
SR-444	9.70 %	4.60 %					
SR-454							
CR-73							
PRO-629							
Tinavin 770							
UV Absorber							
Thermoplast Blue	0.566 ppm	0.52 ppm	0.24 ppm	0.19 ppm	0.467 ppm		
Thermoplast Red	0.02 ppm	0.013 ppm	0.01 ppm	0.008 ppm	0.024 ppm		
Diocetyl-phthalate							
Butyl stearate	75 ppm	35 ppm					
Photochromic Dye Mixture							

Table 6

WO 01/95017

PCT/US01/18637

In one embodiment, plastic lenses may be formed by disposing a mid-index lens forming composition into the mold cavity of a mold assembly and irradiating the mold assembly with activating light. Coating materials may be applied to the mold members prior to filling the mold cavity with the lens forming composition.

5 After filling the mold cavity of the mold assembly the mold assembly is preferably placed in the lens curing unit and subjected to activating light. Preferably, actinic light is used to irradiate the mold assembly. A clear polycarbonate plate may be placed between the mold assembly and the activating light source. The polycarbonate plate preferably isolates the mold assembly from the lamp chamber, thus preventing airflow from the lamp cooling fans from interacting with the mold assemblies. The activating light source may be configured to deliver from about 0.1 to about 10 milliwatts/cm² to at least one non-casting face, preferably both non-casting
10 faces, of the mold assembly. Depending on the components of the lens forming composition used the intensity of activating light used may be <1 milliwatt/cm². The intensity of incident light at the plane of the lens curing unit drawer is measured using an International Light IL-1400 radiometer equipped with an XRL140A detector head. This particular radiometer preferably has a peak detection wavelength at about 400 nm, with a detection range from about 310 nm to about 495 nm. The International Light IL-1400 radiometer and the XRL140A detector head
15 are both commercially available International Light, Incorporated of Newburyport, Massachusetts.

After the mold assembly is placed within the lens curing unit, the mold assemblies are preferably irradiated with activating light continuously for 30 seconds to thirty minutes, more preferably from one minute to five minutes. Preferably, the mold assemblies irradiated in the absence of a cooling air stream. After irradiation, the mold assemblies were removed from the lens curing unit and the formed lens demolded. The lenses may be
20 subjected to a post-cure treatment in the post-cure unit.

In general, it was found that the use of a photoinitiator (e.g., IRG-819 and IRG-184) in the lens forming composition produces lenses with better characteristics than lens formed using a co-initiator only. For example, formula 15, described in the Table 4, includes a monomer composition (a mixture of SR-348 and SR-454) and a co-initiator (CN-386). When this lens forming composition was exposed to activating light for 15 min. there was
25 no significant reaction or gel formation. It is believed that the co-initiator requires an initiating species in order to catalyze curing of the monomer composition. Typically this initiating species is produced from the reaction of the photoinitiator with activating light.

A variety of photoinitiators and photoinitiators combined with co-initiators may be used to initiate polymerization of the monomer composition. One initiator system which may be used includes photoinitiators
30 IRG-819 and 2-ITX and a co-initiator, see Formulas 17-18. Such a system is highly efficient at initiating polymerization reactions. The efficiency of a polymerization catalyst is a measurement of the amount of photoinitiator required to initiate a polymerization reaction. A relatively small amount of an efficient photoinitiator may be required to catalyze a polymerization reaction, whereas a greater amount of a less efficient photoinitiator may be required to catalyze the polymerization reaction. The IRG-819/2-ITX/co-initiator system
35 may be used to cure lenses forming compositions which include a UV absorbing compound. This initiator system may also be used to form colored lenses.

An initiator system that is less efficient than the IRG-819/2-ITX/co-initiator system includes a mixture of the photoinitiators IRG-819 and 2-ITX, see Formula 31. This system is less efficient at initiating polymerization of lens forming compositions than the IRG-819/2-ITX/co-initiator system. The IRG-819/2-ITX system may be
40 used to cure very reactive monomer compositions. An initiator system having a similar efficiency to the IRG-

WO 01/95017

PCT/US01/18637

819/2-ITX system includes a mixture of IRG-819 and co-initiator, see Formulas 1-6, 8-9, 11, 14-15, 19-22, and 25-26. The IRG-819/co-initiator system may be used to cure clear lenses which do not include a UV blocking compound and photochromic lens forming compositions.

5 Another initiator system which may be used includes the photoinitiator 2-ITX and a co-initiator. This initiator system is much less efficient at initiating polymerization reactions than the IRG-819/co-initiator system. The 2-ITX/co-initiator system is preferably used for curing monomer compositions which include highly reactive monomers.

10 The use of the above described mid-index lens forming compositions may minimize or eliminate a number of problems associated with activating light curing of lenses. One problem typical of curing eyeglass lenses with activating light is pre-release. Pre-release may be caused by a number of factors. If the adhesion between the mold faces and the shrinking lens forming composition is not sufficient, pre-release may occur. The propensity of a lens forming composition to adhere to the mold face, in combination with its shrinkage, determine how the process variables are controlled to avoid pre-release. Adhesion is affected by such factors as geometry of the mold face (e.g., high-add flat-top bifocals tend to release because of the sharp change in cavity height at the segment line), the temperature of the mold assembly, and the characteristics of the in-mold coating material. The process variables which are typically varied to control pre-release include the application of cooling fluid to remove exothermic heat, controlling the rate of heat generation by manipulating the intensities and timing of the activating radiation, providing differential light distribution across the thin or thick sections of the mold cavity manipulating the thickness of the molds, and providing in-mold coatings which enhance adhesion. An advantage of the above described mid-index lens forming compositions is that the composition appears to have enhanced adhesion characteristics. This may allow acceptable lenses to be produced over a greater variety of curing conditions. Another advantage is that higher diopter lenses may be produced at relatively low pre-release rates, broadening the achievable prescription range.

25 Another advantage of the above described mid-index lens forming compositions is that they tend to minimize problems associated with dripping during low intensity curing of lenses (e.g., in the 1 to 6 milliwatt range). Typically, during the irradiation of the lens forming composition with activating light, small amounts of monomer may be squeezed out of the cavity and run onto the non-casting faces of the molds. Alternatively, during filling of the mold assembly with the lens forming composition, a portion of the lens forming composition may drip onto the non-casting faces of the mold assembly. This "dripping" onto the non-casting faces of the mold assembly tends to cause the activating light to focus more strongly in the regions of the cavity located underneath the drippings. This focusing of the activating light may affect the rate of curing. If the rate of curing underneath the drippings varies significantly from the rate of curing throughout the rest of the lens forming composition, optical distortions may be created in the regions below the drippings.

35 It is believed that differences in the rate of gelation between the center and the edge regions of the lens forming composition may cause dripping to occur. During the curing of a lens forming composition, the material within the mold cavity tends to swell slightly during the gel phase of the curing process. If there is enough residual monomer around the gasket lip, this liquid will tend to be forced out of the cavity and onto the non-casting faces of the mold. This problem tends to be minimized when the lens forming composition undergoes fast, uniform gelation. Typically, a fast uniform gelation of the lens forming composition may be achieved by manipulating the timing, intensities, and distribution of the activating radiation. The above described mid-index lens forming
40

WO 01/95017

PCT/US01/18637

compositions, however, tend to gel quickly and uniformly under a variety of curing conditions, thus minimizing the problems caused by dripping.

Another advantage of the above described mid-index lens forming compositions is that the compositions tend to undergo uniform curing under a variety of curing conditions. This uniform curing tends to minimize optical aberrations within the formed lens. This is especially evident during the formation of high plus power flattop lenses which tend to exhibit optical distortions after the lens forming composition is cured. It is believed that the activating radiation may be reflected off of the segment line and create local differences in the rate of gelation in the regions of the lens forming composition that the reflected light reaches. The above described mid-index lens forming compositions tend to show less optical distortions caused by variations of the intensity of activating radiation throughout the composition.

Other advantages include drier edges and increased rigidity of the formed lens. An advantage of drier edges is that the contamination of the optical faces of the lens by uncured or partially cured lens forming composition is minimized.

In an embodiment, a lens forming composition may be cured into a variety of different lenses. The lens forming composition includes an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer, a co-initiator composition configured to activate curing of the monomer, and a photoinitiator configured to activate the co-initiator composition in response to being exposed to activating light. The lens forming composition may include other components such as ultraviolet light absorbers and photochromic compounds. Lenses which may be cured using the lens forming composition include, but are not limited to, spheric single vision, aspheric single vision lenses, flattop bifocal lenses, and asymmetrical progressive lenses.

One lens forming composition, includes a mixture of the following monomers.

98.25 %	Ethoxylated(4)bisphenol A dimethacrylate (CD-540)
0.75 %	Difunctional reactive amine coinitiator (CN-384)
0.75 %	Monofunctional reactive amine coinitiator (CN-386)
0.15 %	Phenyl bis(2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide (Irgacure-819)
0.10 %	2-(2H-Benzotriazol-2-yl)-4-(1,1,3,3-tetramethylbutyl)phenol
0.87 ppm	Thermoplast Blue 684
0.05 ppm	Thermoplast Red LB 454

Another lens forming composition includes a mixture of the following monomers. The presence of photochromic compounds in this composition allows the composition to be used to form photochromic lenses.

97.09 %	Ethoxylated(4)bisphenol A dimethacrylate (CD-540)
1.4 %	Difunctional reactive amine coinitiator (CN-384)
1.4 %	Monofunctional reactive amine coinitiator (CN-386)
0.09 %	Phenyl bis(2,4,6-trimethylbenzoyl) phosphine oxide (Irgacure-819)
0.9 ppm	Thermoplast Red LB 454
50 ppm	Variacrol Blue D
73.5 ppm	Variacrol Yellow
145 ppm	Berry Red
29 ppm	Palatinate Purple
55.5 ppm	Corn Yellow

WO 01/95017

PCT/US01/18637

62 ppm Sea Green

85 ppm Plum Red

A lens forming composition which includes an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer, a co-initiator composition and a photoinitiator may be used to form a variety of prescription eyeglass lenses, including eyeglass lenses which have a sphere power ranging from about +4.0 diopter to about -6.0 diopter. The lenses formed from this lens forming composition are substantially free of distortions, cracks, patterns and striations, and that have negligible yellowing, in less than thirty minutes by exposing the lens forming composition to activating light and heat. An advantage of the lens forming composition is that it exhibits increased adhesion to the molds. This may reduce the incidence of premature release of the formed lens from the molds. Additionally, the use of adhesion promoting agents, typically applied to the molds to prevent premature release, may no longer be necessary.

The increased adhesion of the lens forming composition to the molds allows curing of the lens forming composition at higher temperatures. Typically, control of the temperature of the lens forming composition may be necessary to prevent premature release of the lens from the molds. Premature release may occur when the lens forming composition shrinks as it is cured. Shrinkage typically occurs when the lens forming composition is rapidly heated during curing. Lens forming compositions which include an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer, a co-initiator composition and a photoinitiator may reduce the incidence of premature release. The increased adhesion of this lens forming composition may allow higher curing temperatures to be used without increasing the incidence of premature release. It is also believed that this lens forming composition may exhibit less shrinkage during curing which may further reduce the chance of premature release.

An advantage of curing at higher temperatures is that an eyeglass lens having a high crosslink density may be formed. The crosslink density of an eyeglass lens is typically related to the curing temperature. Curing a lens forming composition at a relatively low temperature leads to a lower crosslink density than the crosslink density of a lens cured at a higher temperature. Lenses which have a higher crosslink density generally absorb tinting dyes substantially evenly without blotching or streaking. Lenses which have a high crosslink density also may exhibit reduced flexibility.

METHODS OF FORMING PLASTIC LENSES

Plastic lenses may be formed by disposing a lens forming composition into the mold cavity of a mold assembly and irradiating the mold assembly with activating light. Coating materials may be applied to the mold members prior to filling the mold cavity with the lens forming composition. The lens may be treated in a post-cure unit after the lens-curing process is completed.

The operation of the above described system to provide plastic lenses involves a number of operations. These operations are preferably coordinated by the controller 50, which has been described above. After powering the system, an operator is preferably signaled by the controller to enter the prescription of the lens, the type of lens, and the type of coating materials for the lens. Based on these inputted values the controller will preferably indicate to the operator which molds and gaskets will be required to form the particular lens.

The formation of lenses involves: 1) Preparing the mold assembly; 2) Filling the mold assembly with the lens forming composition; 3) Curing the lens; 4) Post-curing the lens; and 5) Annealing the lens. Optionally, the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

lens may be coated before use. The formation of lenses may be accomplished using the plastic lens curing apparatus described above.

5 The preparation of a mold assembly includes selecting the appropriate front and back molds for a desired prescription and lens type, cleaning the molds, and assembling the molds to form the mold assembly. The prescription of the lens determines which front mold, back mold, and gasket are used to prepare the mold assembly. In one embodiment, a chart which includes all of the possible lens prescriptions may be used to allow a user to determine the appropriate molds and gaskets. Such a chart may include thousands of entries, making the determination of the appropriate molds and gaskets somewhat time consuming.

10 In an embodiment, the controller 50 of the plastic lens curing apparatus 10 (see Fig. 1) will display the appropriate front mold, back mold, and gasket identification markings when a prescription is submitted to the controller. The controller will prompt the user to enter the 1) the monomer type; 2) the lens type; 3) spherical power; 4) cylindrical power; 5) axis; 6) add power, and 7) the lens location (i.e., right or left lens). Once this information is entered the computer will determine the correct front mold, back mold and gasket to be used. The controller may also allow a user to save and recall prescription data.

15 Fig. 17 shows an embodiment of a front panel for the controller 50. The controller includes an output device 610 and at least one input device. A variety of input devices may be used. Some input devices include pressure sensitive devices (e.g., buttons), movable data entry devices (e.g., rotatable knobs, a mouse, a trackball, or moving switches), voice data entry devices (e.g., a microphone), light pens, or a computer coupled to the controller. Preferably the input devices include buttons 630, 640, 650 and 660 and a selection knob 620. The display panel preferably displays the controller data requests and responses. The output device may be a cathode ray tube, an LCD panel, or a plasma display screen.

20 When initially powered, the controller will preferably display a main menu, such as the menu depicted in Fig. 17. If the main menu is not displayed, a user may access the main menu by pressing button 650, which may be labeled Main Menu. In response to activating the Main Menu button 650, the controller will cause the main menu screen to be displayed. As depicted in Fig. 17, a display screen offers a number of initial options on the opening menu. The options may include 1) NEW Rx; 2) EDIT Rx; and 3) VIEW Rx. The main menu may also offer other options which allow the operator to access machine status information and instrument setup menus. The scrolling buttons 630 preferably allow the user to navigate through the options by moving a cursor 612 which appears on the display screen to the appropriate selection. Selection knob 620 is preferably configured to be rotatable to allow selection of options on the display screen. Knob 620 is also configured to allow entry of these items. In one embodiment, selection knob 620 may be depressed to allow data entry. That is, when the appropriate selection is made, the knob may be pushed down to enter the selected data. In the main menu, when the cursor 612 is moved to the appropriate selection, the selection may be made by depressing the selection knob 620.

35 Selection of the NEW Rx menu item will cause the display screen to change to a prescription input menu, depicted in Fig. 18. The prescription input menu will preferably allow the user to enter data pertaining to a new lens type. The default starting position will be the lens monomer selection box. Once the area is highlighted, the selection knob 620 is rotated to make a choice among the predetermined selections. When the proper selection is displayed, the selection knob may be pushed down to enter the selection. Entry of the selection may also cause the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

cursor to move to the next item on the list. Alternatively, a user may select the next item to be entered using the scrolling arrows 630.

Each of the menu items allows entry of a portion of the lens prescription. The lens prescription information includes 1) the monomer type; 2) the lens type; 3) lens location (i.e., left lens or right lens); 4) spherical power; 5) cylindrical power; 6) axis; and 7) add power. The monomer selection may include choices for either clear or photochromic lenses. The lens type item may allow selection between spheric single vision, aspheric single vision lenses, flattop bifocal lenses, and asymmetrical progressive lenses. The sphere item allows the sphere power of the lens to be entered. The cylinder item allows the cylinder power to be entered. The axis item allows the cylinder axis to be entered. The add item allows the add power for multifocal prescriptions to be added. Since the sphere power, cylinder power, cylinder axis, and add power may differ for each eye, and since the molds and gaskets may be specific for the location of the lens (i.e., right lens or left lens), the controller preferably allows separate entries for right and left lenses. If an error is made in any of the entry fields, the scrolling arrows 630 preferably allow the user to move the cursor to the incorrect entry for correction.

After the data relating to the prescription has been added, the controller may prompt the user to enter a job number to save the prescription type. This preferably allows the user to recall a prescription type without having to reenter the data. The job number may also be used by the controller to control the curing conditions for the lens. The curing conditions typically vary depending on the type and prescription of the lens. By allowing the controller access to the prescription and type of lens being formed, the controller may automatically set up the curing conditions without further input from the user.

After the job is saved, the display screen will preferably display information which allows the user to select the appropriate front mold, back mold and gasket for preparing the lens, as depicted in Fig. 19. This information is preferably generated by the use of a stored database which correlates the inputted data to the appropriate lenses and gasket. The prescription information is also summarized to allow the user to check that the prescription has been entered correctly. The mold and gasket information may be printed out for the user. A printer may be incorporated into the controller to allow print out of this data. Alternatively, a communication port may be incorporated into the controller to allow the data to be transferred to a printer or personal computer. Each of the molds and gaskets has a predetermined identification marking. Preferably, the identification markings are alphanumeric sequences. The identification markings for the molds and gasket preferably correspond to alphanumeric sequences for a library of mold members. The user, having obtained the mold and gasket identification markings, may then go to the library and select the appropriate molds and gaskets.

The controller is preferably configured to run a computer software program which, upon input of the eyeglass prescription, will supply the identification markings of the appropriate front mold, back mold and gasket. The computer program includes a plurality of instructions configured to allow the controller to collect the prescription information, determine the appropriate front mold, back mold, and gasket required to form a lens having the inputted prescription, and display the appropriate identification markings for the front mold, back mold and gasket. In one embodiment, the computer program may include an information database. The information database may include a multidimensional array of records. Each record may include data fields corresponding to identification markings for the front mold, the back mold, and the gasket. When the prescription data is entered, the computer program is configured to look up the record corresponding to the entered prescription. The

WO 01/95017

PCT/US01/18637

information from this record may be transmitted to the user, allowing the user to select the appropriate molds and gasket.

In one embodiment the information database may be a three dimensional array of records. An example of a portion of a three dimensional array of records is depicted in Table 9. The three dimensional array includes array variables of sphere, cylinder, and add. A record of the three dimensional array includes a list of identification markings. Preferably this list includes identification markings for a front mold (for either a left or right lens), a back mold and a gasket. When a prescription is entered the program includes instructions which take the cylinder, sphere and add information and look up the record which is associated with that information. The program obtains from the record the desired information and transmits the information to the user. For example, if a prescription for left lens having a sphere power of +1.00, a cylinder power of -0.75 and an add power of 2.75 is entered, the front mold identification marking will be FT-34, the back mold identification marking will be TB-101, and the gasket identification marking will be G25. These values will be transmitted to the user via an output device. The output device may include a display screen or a printer. It should be understood that the examples shown in Table 9 represent a small portion of the entire database. The sphere power may range from +4.00 to -4.00 in 0.25 diopter increments, the cylinder power may range from 0.00 diopters to -2.00 diopters in 0.25 diopter increments, and the add power may range from +1.00 to +3.00 in 0.25 diopter increments.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

ARRAY VARIABLES			IDENTIFICATION MARKINGS			
Sphere	Cylinder	Add	Front (Right)	Front (Left)	Back	Gasket
+1.00	-0.75	+1.25	FT-21	FT-22	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+1.50	FT-23	FT-24	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+1.75	FT-25	FT-26	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.00	FT-27	FT-28	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.25	FT-29	FT-30	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.50	FT-31	FT-32	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+2.75	FT-33	FT-34	TB-101	G25
+1.00	-0.75	+3.00	FT-35	FT-36	TB-101	G25
+0.75	-0.75	+1.00	FT-19	FT-20	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+1.25	FT-21	FT-22	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+1.50	FT-23	FT-24	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+1.75	FT-25	FT-26	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.00	FT-27	FT-28	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.25	FT-29	FT-30	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.50	FT-31	FT-32	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+2.75	FT-33	FT-34	TB-102	G25
+0.75	-0.75	+3.00	FT-35	FT-36	TB-102	G25
+0.50	-0.75	+1.00	FT-19	FT-20	TB-103	G25
+0.50	-0.75	+1.25	FT-21	FT-22	TB-103	G25

Table 9

WO 01/95017

PCT/US01/18637

A second information database may include information related to curing the lens forming composition based on the prescription variables. Each record may include information related to curing clear lenses (i.e., non-photochromic lenses) and photochromic lenses. The curing information may include filter information, initial curing dose information, postcure time and conditions, and anneal time. An example of a portion of this database is depicted in Table 10. Curing conditions typically depend on the sphere power of a lens, the type of lens being formed (photochromic or non-photochromic), and whether the lens will be tinted or not. Curing information includes type of filter being used, initial dose conditions, postcure time, and anneal time. A filter with a 50 mm aperture (denoted as "50 mm") or a clear plate filter (denoted as "clear") may be used. Initial dose is typically in seconds, with the irradiation pattern (e.g., top and bottom, bottom only) being also designated. The postcure time represents the amount of time the mold assembly is treated with activating light and heat in the postcure unit. The anneal time represents the amount of time the demolded lens is treated with heat after the lens is removed from the mold assembly. While this second database is depicted as a separate database, the database may be incorporated into the mold and gasket database by adding the lens curing information to each of the appropriate records.

The controller may also be configured to warn the user if the lens power is beyond the range of the system or if their mold package does not contain the necessary molds to make the desired lens. In these cases, the user may be asked to check the prescription information to ensure that the proper prescription was entered.

The controller may also be used to control the operation of the various components of the plastic lens curing apparatus. A series of input devices 640 may allow the operation of the various components of the system. The input devices may be configured to cause the commencement of the lens coating process (640a), the cure process (640b), the postcure process (640c), and the anneal process (640d).

In an embodiment, activating any of the input devices 640 may cause a screen to appear requesting a job number corresponding to the type of lenses being formed. The last job used may appear as a default entry. The user may change the displayed job number by cycling through the saved jobs. When the proper job is displayed the user may enter the job by depressing the selection knob.

25

WO 01/95017

PCT/US01/18637

LENS INFORMATION			CURING INFORMATION			
Sphere	Lens Type	Tinted	Filter	Initial Dose	Postcure Time	Anneal Time
+2.25	Clear	No	50 mm	90 Sec. Top and Bottom	13 Min.	7 Min.
+2.25	Clear	Yes	50 mm	90 Sec. Top and Bottom	15 Min.	7 Min.
+2.25	Photochromic	No	50 mm	90 Sec. Top and Bottom	13 Min.	7 Min.
+2.00	Clear	No	Clear	7 Sec. Bottom	13 Min.	7 Min.
+2.00	Clear	Yes	Clear	7 Sec. Bottom	15 Min.	7 Min.
+2.00	Photochromic	No	Clear	15 Sec. Bottom	13 Min.	7 Min.

Table 10

- 5 After the job has been entered, the system will be ready to commence the selected function. Activating the same input device again (e.g., depressing the button) will cause the system to commence the selected function. For example, pressing the cure button a second time may cause a preprogrammed cure cycle to begin. After the selected function is complete the display screen may display a prompt informing the user that the action is finished.
- 10 The controller may be configured to prevent the user from using curing cycles other than those that have been prescribed by the programmer of the controller. After a prescription is entered, the job enters the work stream where the controller allows only the prescribed curing conditions. Timers (set by the algorithm picked at prescription input) may run constantly during the lens cycle to monitor doses and deliver both audible and visible prompts to the user of at times of transition in the process. The system tracks job completion and status and gives
- 15 visual representation of job status in the view job screen. Boxes at the bottom of the screen are checked as the necessary steps are completed. In sensitive parts of the lens cycle, no deviation from the established method is allowed. Operator discretion is allowed when the process is not time critical. The software warns the user during procedures that will interrupt jobs during their execution, erase jobs that are not finished, rerun jobs that are not finished, etc.
- 20 The system may be configured to prevent a new cure cycle from being started until the previous job's cure is finished. This "gatekeeper" function ensures post cure chamber availability during time sensitive

WO 01/95017

PCT/US01/18637

transitions. When the cure stage is finished, both audible and visual prompts instruct the user to place the cavities in the post cure area.

The main menu may also include selections allowing a saved job to be edited. Returning to the main menu screen, depicted in Fig. 17, selecting the edit menu item will cause an interactive screen to be displayed similar to the input screen. This will allow a user to change the prescription of a preexisting job. The view menu item will allow a user to view the prescription information and mold/gasket selection information from an existing job.

Once the desired mold and gasket information has been obtained, the proper molds and gasket are selected from a collection of molds and gaskets. The molds may be placed into the gasket to create a mold assembly. Prior to placing the molds in the gasket, the molds are preferably cleaned. The inner surface (i.e., casting surface) of the mold members may be cleaned on a spin coating unit 20 by spraying the mold members with a cleaning solution while spinning the mold members. Examples of cleaning solutions include methanol, ethanol, isopropyl alcohol, acetone, methyl ethyl ketone, or a water based detergent cleaner. Preferably, a cleaning solution which includes isopropyl alcohol is used to clean the mold members. As the mold member is contacted with the cleaning solution, dust and dirt may be removed and transferred into the underlying dish 115 of the curing unit. After a sufficient amount of cleaning solution has been applied the mold members may be dried by continued spinning without the application of cleaning solution.

In an embodiment, the inner surface, i.e., the casting face, of the front mold member may be coated with one or more hardcoat layers before the lens forming composition is placed within the mold cavity. Preferably, two hardcoat layers are used so that any imperfections, such as pin holes in the first hardcoat layer, are covered by the second hardcoat layer. The resulting double hardcoat layer is preferably scratch resistant and protects the subsequently formed eyeglass lens to which the double hardcoat layer adheres. The hardcoat layers are preferably applied using a spin coating unit 20. The mold member is preferably placed in the spin coating unit and the coating material applied to the mold while spinning at high speeds (e.g., between about 900 to 1000 RPM). After a sufficient amount of coating material has been applied, the coating material may be cured by the activating light source disposed in the cover. The cover is preferably closed and activating light is preferably applied to the mold member while the mold member is spinning at relatively low speeds (e.g., between about 150 to 250 RPM). Preferably control of the spinning and the application of activating light is performed by controller 50. Controller 50 is preferably configured to prompt the operator to place the mold members on the coating unit, apply the coating material to the mold member, and close the cover to initiate curing of the coating material.

In an embodiment, the eyeglass lens that is formed may be coated with a hydrophobic layer, e.g. a hardcoat layer. The hydrophobic layer preferably extends the life of the photochromic pigments near the surfaces of the lens by preventing water and oxygen molecules from degrading the photochromic pigments.

In a preferred embodiment, both mold members may be coated with a cured adhesion-promoting composition prior to placing the lens forming composition into the mold cavity. Providing the mold members with such an adhesion-promoting composition is preferred to increase the adhesion between the casting surface of the mold and the lens forming composition. The adhesion-promoting composition thus reduces the possibility of premature release of the lens from the mold. Further, it is believed that such a coating also provides an oxygen and moisture barrier on the lens which serves to protect the photochromic pigments near the surface of the lens

WO 01/95017

PCT/US01/18637

from oxygen and moisture degradation. Yet further, the coating provides abrasion resistance, chemical resistance, and improved cosmetics to the finished lens.

5 In an embodiment, the casting face of the back mold member may be coated with a material that is capable of being tinted with dye prior to filling the mold cavity with the lens forming composition. This tintable coat preferably adheres to the lens forming composition so that dyes may later be added to the resulting eyeglass lens for tinting the lens. The tintable coat may be applied using the spin coating unit as described above.

10 The clean molds are placed on the gasket to form a mold assembly. The front mold is preferably placed on the gasket first. For single vision prescriptions, the front mold does not have to be placed in any particular alignment. For flat-top bifocal or progressive front molds, the molds are preferably aligned with alignment marks positioned on the gasket. Once the front mold has been placed into the gasket, the back mold is placed onto the gasket. If the prescription calls for cylinder power, the back mold must be aligned with respect to the front mold. If the prescription is spherical (e.g., the lens has no cylinder power), the back mold may be placed into the gasket without any special alignment. Once assembled the mold assembly will be ready for filling.

15 The controller may prompt the user to obtain the appropriate lens forming composition. In one embodiment, the controller will inform the user of which chemicals and the amounts of each chemical that is required to prepare the lens forming composition. Alternatively, the lens forming compositions may be preformed. In this case the controller may indicate to the operator which of the preformed lens forming compositions should be used.

20 In an embodiment, dyes may be added to the lens forming composition. It is believed that certain dyes may be used to attack and encapsulate ambient oxygen so that the oxygen may be inhibited from reacting with free radicals formed during the curing process. Also, dyes may be added to the composition to alter the color of an unactivated photochromic lens. For instance, a yellow color that sometimes results after a lens is formed may be "hidden" if a blue-red or blue-pink dye is present in the lens forming composition. The unactivated color of a photochromic lens may also be adjusted by the addition of non-photochromic pigments to the lens forming composition.

25 In a preferred technique for filling the lens molding cavity 382, the annular gasket 380 is placed on a concave or front mold member 392 and a convex or back mold member 390 is moved into place. The annular gasket 380 is preferably pulled away from the edge of the back mold member 390 at the uppermost point and a lens forming composition is preferably injected into the lens molding cavity 382 until a small amount of the lens forming composition is forced out around the edge. The excess is then removed, preferably, by vacuum. Excess liquid that is not removed could spill over the face of the back mold member 390 and cause optical distortion in the finished lens.

35 The lens forming composition is typically stored at temperatures below about 100 °F. At these temperatures, however, the lens forming composition may be relatively viscous. The viscosity of the solution may make it difficult to fill a mold cavity without creating bubbles within the lens forming composition. The presence of bubbles in the lens forming composition may cause defects in the cured eyeglass lens. To reduce the viscosity of the solution, and therefore reduce the incidence of air bubbles during filling of the mold cavity, the lens forming composition may be heated prior to filling the mold cavity. In an embodiment, the lens forming composition may be heated to a temperature of about 70 °F to about 220 °F, preferably from about 130 °F to about 170 °F prior to

WO 01/95017

PCT/US01/18637

filing the mold cavity.. Preferably, the lens forming composition is heated to a temperature of about 150 °F prior to filling the mold cavity.

The lens forming composition may be heated by using an electric heater, an infrared heating system, a hot air system, a hot water system, or a microwave heating system. Preferably, the lens forming composition is heated in a monomer heating system, such as depicted in Figs. 20 and 21. Fig. 20 depicts an isometric view of the monomer heating system and Fig. 21 depicts a side view of the monomer heating system depicted in Fig. 20. The monomer heating system includes a body 1500 configured to hold the lens forming composition and a valve 1520 for transferring the heated lens forming composition from the body to a mold assembly. The monomer heating system may also include a mold assembly support 1540 for holding a mold assembly 1550 proximate the valve. The monomer heating system may also include an opening for receiving a container 1560 that holds a monomer composition.

Fig. 22 depicts a cross sectional view of the monomer heating system. The body includes a monomer 1502 and top 1504. The top of the body 1504 may include an opening 1506 sized to allow a fluid container 1560 to be inserted within the opening. The opening may be sized such that the bottle rests at an angle when placed in the opening, as depicted in Fig. 22. In some embodiments, the angle of the bottle may be between about 5 and about 45 degrees. In one embodiment, the opening is sized to receive a cap 1562 of a fluid container 1560. The cap 1562 and the opening 1506 may be sized to allow the cap to be easily inserted through the opening. If all of the fluid in the fluid container 1562 will fit in the body 1500 of the monomer heating system, the cap 1562 may be removed and the bottle placed in the opening. The fluid container 1560 may be left until all of the fluid has been emptied into the body 1500. The fluid container 1560 may be removed or left in the opening after the monomer has emptied into the body 1500.

In another embodiment, the fluid container 1560 may include a self sealing cap 1562 coupled to the fluid container body 1569. A cross sectional view of the fluid container 1560 with a self sealing cap is depicted in Fig. 23. The self sealing cap 1562 may be configured to fit within the opening 1506 in the body. The self sealing cap 1562 may be coupleable to the fluid container body 1569 via a threaded fit (e.g., screwed onto the fluid container) or, alternatively, may be fastened to the fluid container body using a suitable adhesive. In another embodiment, the cap 1562 may be fastened to the fluid container body by both a threaded fit and the use of a suitable adhesive.

The cap 1562 includes, in one embodiment, a fluid control member 1564 and an elastic member 1566. The fluid control member 1564 may have a size and shape to substantially fit against an inner surface of the top of cap 1562 such that the fluid control member inhibits the passage of fluid out of the fluid container. The elastic member 1566 may be coupled to the fluid control member 1564 such that the elastic member exerts a force on the fluid control member such that the fluid control member is forced against the top inner surface of the cap. In one embodiment, the elastic member may be a spring while the fluid control member may be a substantially spherical object. In a normal resting position, the elastic member 1566 exerts a force against the fluid control member 1564, forcing it against the top inner surface 1568 of the cap. The top of the cap is sized to inhibit the passage of the spherical object 1564 through the top 1568 of the cap. Thus, when not in use, the fluid control member 1564 is forced against the top 1568 of the cap 1562, forming a seal that inhibits the flow of a fluid through the cap.

When the monomer heating station is to be filled, the fluid container 1560 may be inserted into opening 1506 of the body 1500. If a self sealing cap is used, as depicted in Fig. 23, the body may be configured to force the fluid control member away from the top of the fluid container. As the fluid control member is moved away

WO 01/95017

PCT/US01/18637

from the top of the cap, the fluid will flow around the fluid control member and out of the fluid container. In one embodiment, the body 1500 may include a projection 1508 (see Fig. 23) that extends from the bottom 1502 of the body and toward the opening. When the fluid container is inserted into the opening, the projection may hit the fluid control member forcing the fluid control member away from the top. When the bottle is removed, the projection will move away from the fluid control member and the fluid control member may be pushed back to its resting position, thus inhibiting the further flow of fluid from the fluid container.

A heating system 1510 is preferably coupled to the body. The heating system 1510 is preferably configured to heat the lens forming composition to a temperature of between about 80 °F to about 220 °F. Preferably a resistive heater is used to heat the lens forming composition. Other heating systems such as hot air system, hot water systems, and infrared heating systems may also be used. In one embodiment, the heating system may include a silicon pad heater. A silicon pad heater includes one or more of resistive heating elements embedded within a silicon rubber material.

The heating system is preferably disposed within the body, as depicted in Fig. 22. In an embodiment, the body may be divided into a main chamber 1512 and a heating system chamber 1514. The lens forming composition may be disposed within the main chamber 1514, while the heating system 1510 is preferably disposed within the heating system chamber 1512. The heating system chamber 1512 preferably isolates the heating system 1510 from the main chamber 1512 such that the lens forming composition is inhibited from contacting the heating system. Typically, the heating system 1510 may attain temperatures significantly higher than desired. If the heating system 1510 were to come into contact with the lens forming composition, the higher temperature of the heating system may cause the contacted lens forming composition to become partially polymerized. By isolating the heating system 1510 from the lens forming composition such partial polymerization may be avoided. To further prevent partial polymerization, the heating system is preferably insulated from the bottom surface of the main chamber. An insulating material may be placed between the heating system and the bottom of the main chamber. Alternatively, an air gap may be formed between the heating system and the bottom of the main chamber to prevent overheating of the bottom of the main chamber.

A thermostat 1530 may be placed within the chamber, in contact with either the lens forming composition and/or the heating system chamber. In another embodiment, the thermostat may be placed in the heating system chamber between the main chamber and the heating element. When positioned in this manner, the thermostat may be more responsive to changes in the temperature of the monomer. The thermostat 1530 preferably monitors the temperature of the lens forming composition. In an embodiment, the thermostat may be a bi-metal immersion temperature switch. Such thermostats may be obtained from Nason, West Union, South Carolina. The temperature switch may be configured for a specific temperature by the manufacturer. For example, the optimal monomer composition may be about 150 °F. The temperature switch may be preset by the manufacturer for about 150 °F. When the monomer solution is below 150 °F, the switch may be in an "on" state, which causes the heating system to continue operating. Once the temperature of the monomer solution reaches about 150 °F, the temperature switch may change to an "off" state. In the off state the heating system may be switched off. As the temperature of the monomer solution cools to below 150 °F, the switch may cause the heating system to turn back on.

Alternatively, a controller 1570 may be coupled to a thermocouple 1530 and the heating system 1510. The thermocouple 1530 may provide a signal to the controller that indicates a temperature determined by the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

thermocouple. The thermocouple may be positioned within an aluminum block disposed within the main chamber and adjacent to the heating system chamber. The temperature detected by the thermocouple may be a combination of the temperature of the heating system chamber wall and the lens forming composition. The controller 1540 may monitor the temperature of the lens forming composition via the signals produced by thermocouple 1530 and controls the heating system 1510 to keep the lens forming composition at a predetermined temperature. For example, as the lens forming composition becomes cooler the controller may activate the heating system 1510 to heat the lens forming composition back to the desired temperature. The controller 1540 may be a computer, programmable logic controller, or any of other known controller systems known in the art. These systems may include a proportional-integral ("PI") controller or a proportional-integral-derivative ("PID") controller.

A body 1500 may be in the form of a small volume conduit for transferring the lens forming composition out of the body. The use of a small volume conduit may minimize the amount of monomer solution that is in contact with the heating system at any given time. Monomer solution passes through the body and exits the body via the outlet valve 1520.

A fluid monitor 1580 may be used to monitor the level of fluid in the body 1500. A fluid monitor 1580 may be positioned within the body 1500. Fluid monitors are commercially available from Gems Sensors Inc., Plainville, CT. IN one embodiment model ELS-1100HT from Gems Sensors may be used. The fluid monitor may be configured to monitor the level of fluid in the body 1500. If the fluid level drops below a preselected minimum, the fluid sensor may produce a signal to a controller. A controller may be coupled to the monomer heating system (e.g., controller 1570) or may be part of the lens forming apparatus (e.g., controller 50). In one embodiment, the controller may produce a warning message when a low fluid level signal is received from the fluid sensor. The warning message may be an alphanumeric readout on a controller output device (e.g., and LCD screen) or the warning message may involve causing a light to turn on signifying the low fluid level. The controller may also be configured to turn the heating system 1510 off when the fluid level within the body is too low.

Outlet valve 1520 is positioned near the outlet of the body. The outlet valve includes an elongated member 1522 and a movable member 1524 for altering the position of the elongated member, as depicted in Fig. 22. The elongated member 1522 preferably inhibits the flow of lens forming composition through the conduit when the elongated member is in a closed position. The elongated member may be moved into an open position such that the lens forming composition may flow through the conduit.

As depicted in Fig. 22, the elongated member 1522 is in an open position. The elongated member 1522 is preferably oriented perpendicular to the longitudinal axis of the body 1500, as depicted in Fig. 22. The elongated member 1522 resides in a channel 1526 extending through the top 1504 of the body 1500. When in the open position, the elongated member 1522 is positioned away from the outlet of the body. The end of the elongated member, as depicted in Fig. 22, has been moved past a portion of the bottom surface 1502 of the conduit such that the lens forming solution may flow through the conduit and out of the body. The elongated member may be positioned to control the flow rate of the lens forming composition through the conduit. For example, as depicted in Fig. 22, the elongated member, although in an open position, still partially blocks the conduit, thus partially inhibiting flow of the lens forming composition through the conduit. As the elongated member is moved further away from the outlet, the flow may of the lens forming composition may increase. The flow rate of the lens forming composition may reach a maximum when the elongated member no longer blocks the conduit.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

In a closed position, the elongated member 1522 may extend to the bottom surface 1502 near the outlet. Preferably, the elongated member 1522 extends past the outer surface of the bottom of the body proximate the outlet, when in the closed position. Configuring the elongated member 1522 such that it extends past the outer surface of the conduit may inhibit any residual lens forming composition from building up near the outlet. As the elongated member 1522 is extended toward the outlet any lens forming composition present may be forced out, leaving the outlet substantially clear of lens forming composition. The outlet may be subsequently cleaned by removing the excess lens forming composition from the outer surface of the conduit and the elongated member.

5 The interaction of the elongated member 1522 with the movable member 1524 allows the elongated member to be positioned in either a closed or open position. The movable member 1524 preferably includes a plurality of threads that interact with complimentary threads along the elongate member 1526. Rotation of the movable member may cause the elongated member to move away from or toward the outlet, depending on the direction of rotation of the movable member.

10 A mold assembly holder 1540 may be coupled to the body of the monomer heating system, as depicted in Fig. 22. The mold assembly holder 1540 is configured to hold the mold assembly at a preferred location with respect to the outlet of the body 1500. The mold assembly holder may secure the mold assembly during filling. In one embodiment, the mold assembly holder is spring mounted to the bottom surface of the monomer heating system. The mold assembly holder includes an arm 1542 that is coupled to the body 1500 by hinge 1544. The hinge allows the mold assembly holder to be rotated away from or toward the body 1500 of the monomer heating solution. Hinge 1544 may be spring loaded such that a constant force is exerted on the arm, forcing the arm toward the bottom of the body 1500. To place the mold assembly 1550 on the mold assembly arm 1544, the arm may be rotated away from the body and the mold assembly placed onto a portion of the arm configured to hold the mold assembly. The portion of the arm configured to hold the mold assembly may include a clamping system to secure the mold assembly.

15 To fill the mold assembly, the mold assembly is placed on the mold assembly holders and positioned proximate to the outlet. The monomer solution is preferably introduced into the body of the fill station and heated to a temperature of about 150 °F. After the mold assembly is in place, the valve of the mold fill station is aligned with a fill port of the mold assembly. The lens forming composition is now flowed through the valve and into the mold assembly. The movable member 1524, may be adjusted to control the flow rate of the monomer.

20 After the mold assembly is filled, any monomer which may have spilled on the surface of the molds is removed using a lint free wipe. Excess monomer that may be around the edge of the filling port may be removed by using a micro vacuum unit. The mold assembly may be inspected to insure that the mold cavity is filled with monomer. The mold assembly is also inspected to insure that no air bubbles are present in the mold cavity. Any air bubbles in the mold cavity may be removed by rotating the mold assembly such that the air bubbles rise to the top of the assembly.

25 The heating of the monomer solution may be coordinated with the entry of a prescription using a controller. In one embodiment, the monomer heating system may be electrically coupled to a lens forming apparatus, such as the apparatus depicted in Fig. 1. The monomer may have ports that are appropriate for using standard data transfer cables to couple to ports that are disposed on the lens forming apparatus. The operation of the monomer heating system may thus be coordinated with the operation of the lens forming apparatus. In some 30 40 embodiments, it may be desirable to minimize the amount of time a monomer solution is heated. In these

WO 01/95017

PCT/US01/18637

instances may be desirable to heat the monomer solution just before filling the mold assembly. The controller 50 of the lens forming apparatus may be configured to coordinate the filling operation with the needs of an operator.

When forming a prescription lens, an operator may first enter the prescription into the controller 50 as described above. Once the prescription has been entered, the operator typically spends some time finding and cleaning the appropriate molds for the prescription and assembling the molds with a gasket. In one embodiment, the controller may signal a monomer heating system to begin heating the monomer solution when a prescription is entered. By the time the mold assembly has been assembled, the monomer solution may be at or near the desired temperature. This may minimize the amount of time required by the operator to prepare and fill the mold assembly. In some instances the operator may, after preparing a first prescription enter additional prescriptions to process. In this case, the monomer heating system may be left in an "on" state. If a prescription is not entered after a predetermined amount of time, the controller may turn off the monomer heating system, so that the monomer in the system does not remain in a heated state for long periods of time. In some embodiments, the predetermined amount of time may be about 10 or more minutes.

After filling the mold assembly, the lens forming composition may be cured using a lens curing apparatus. In one embodiment, the curing of the lens forming composition may be accomplished by a procedure involving the application of heat and activating light to the lens forming composition. Initially, activating light is directed toward at least one of the mold members. The activating light is directed for a sufficient time to initiate curing of the lens forming composition. Preferably, the activating light is directed toward at least one of the mold members for a time of less than about 2 minutes. In some embodiments, the activating light is directed toward at least one of the mold members for a time of less than about 25 seconds. In other embodiments, the activating light is directed toward at least one of the mold members for a time of less than about 10 seconds. The activating light is preferably stopped before the lens forming composition is completely cured.

After the curing is initiated, the mold assembly may be transferred to a post cure unit. In the post cure unit the mold assembly is preferably treated with additional activating light and heat to further cure the lens forming composition. The activating light may be applied from the top, bottom, or from both the top and bottom of the curing chamber during the post cure process. The lens forming composition may exhibit a yellow color after the curing is initiated. It is believed that the yellow color is produced by the photoinitiator. As the lens forming composition cures, the yellow color may gradually disappear as the photoinitiator is used up. Preferably, the mold assembly is treated in the post cure unit for a time sufficient to substantially remove the yellow color from the formed eyeglass lens. The mold assembly may be treated in the post cure unit for a time of up to about 15 minutes, preferably for a time of between about 10 minutes to 15 minutes. After the lens is treated in the post cure unit, the formed eyeglass lens may be demolded and placed back into the post cure unit.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

LENS INFORMATION			CURING INFORMATION			
Sphere	Lens Type	Tinted	Filter	Initial Dose	Postcure Time	Anneal Time
+4.00 to +2.25	Clear	No	50 mm	90 Sec. Back and Front	13 Min.	7 Min.
+4.00 to +2.25	Clear	Yes	50 mm	90 Sec. Back and Front	15 Min.	7 Min.
+4.00 to +2.25	Photo		50 mm	90 Sec. Back and Front	13 Min.	7 Min.
+2.00 to -4.00	Clear	No	Clear Plate	7 Sec. Front	13 Min.	7 Min.
+2.00 to -4.00	Clear	Yes	Clear Plate	7 Sec. Front	15 Min.	7 Min.
+2.00 to plano	Photo		Clear Plate	15 Sec. Front	13 Min.	7 Min.
-0.25 to -4.00	Photo		Clear Plate	20 Sec. Back, w/ 7 Sec. Front starting @ 13 Sec. elapsed time.	13 Min.	7 Min.

Table 11

5 In some instances, it may be desirable to subject the lens to an anneal process. When a lens, cured by the activating light, is removed from a mold assembly, the lens may be under a stressed condition. It is believed that the power of the lens can be more rapidly brought to a final resting power by subjecting the lens to an anneal treatment to relieve the internal stresses developed during the cure. Prior to annealing, the lens may have a power that differs from the desired final resting power. The anneal treatment is believed to reduce stress in the lens, thus altering the power of the lens to the desired final resting power. Preferably, the anneal treatment involves heating the lens at a temperature between about 200 °F to 225 °F for a period of up to about 10 minutes. The heating may be performed in the presence or absence of activating light.

10 The post-cure and anneal times given in Table 11 are strictly exemplary of the particular system described herein. It should be understood that the time for the post-cure and anneal process may vary if the intensity of the lamps or the temperature of the process is altered. For example, increasing the intensity of light used during the post-cure process may allow a shorter post-cure time. Similarly, reducing the temperature of the post-cure unit during the annealing process may cause an increase in the anneal time. Generally, the post-cure process is believed to be related to the time required to substantially complete curing of the lens forming composition. The anneal process is believed to be related to the amount of time required to bring the formed lens to its final resting power.

15

20

WO 01/95017

PCT/US01/18637

- The use of a lens forming composition which includes an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer, a co-initiator composition and a photoinitiator allows much simpler curing conditions than other lens forming compositions. While pulsed activated light curing sequences may be used to cure the lenses, continuous activating light sequences may also be used, as described in Table 11. The use of continuous activating light sequences allows the lens curing equipment to be simplified. For example, if continuous activating light is used, rather than pulsed light, equipment for generating light pulses is no longer required. Thus, the cost of the lens curing apparatus may be reduced. Also the use of such a lens forming composition allows more general curing processes to be used. As shown in Table 11, seven different processes may be used to cure a wide variety of lenses. This greatly simplifies the programming and operation of the lens curing unit.
- Furthermore, the use a lens forming composition which includes an aromatic containing polyether polyethylenic functional monomer, a co-initiator composition and a photoinitiator may alleviate the need for cooling of the lens forming composition during curing. This may further simplify the procedure since cooling fans, or other cooling systems, may no longer be required. Thus, the lens curing apparatus may be further simplified by removing the mold apparatus cooling systems.
- Table 11 shows the preferable curing conditions for a variety of lenses. The sphere column refers to the sphere power of the lens. The monomer type is either clear (i.e., non-photochromic) or photochromic. Note that the lens type (e.g., spheric single vision, aspheric single vision lens, flat-top bifocal lens or progressive multifocal lens) does not significantly alter the lens curing conditions. Tinted refers to whether the formed eyeglass lens will be soaked in a dye bath or not.
- Based on the prescription information the lens curing conditions may be determined. There are four curing variables to be set. The type of light filter refers to the filter placed between the lamps and the mold assembly in the curing unit and the post cure unit. The initial dose refers to the time that activating light is applied to the lens forming composition in the curing unit. The irradiation pattern (e.g., irradiation of the front mold only, the back mold only, or both molds) is also dependent on the lens being formed. After the initial dose is applied the mold assembly is transferred to the post cure unit where it is treated with activating light and heat. The chart lists the preferred time spent in the post cure chamber. After treatment in the post cure chamber the formed eyeglass lens is removed from the mold assembly. The lens may undergo an annealing process, for the time listed, in which the lens is heated either in the presence or absence of activating light. It should be noted that all of the lens curing processes recited are preferably performed without any cooling of the mold apparatus.
- To further illustrate this procedure, the method will be described in detail for the production of a clear, non-tinted lens having sphere power of +3.00. A mold assembly is filled with a non-photochromic monomer solution. The mold assembly is placed in a lens curing unit to apply the initial dose to the lens forming composition. The curing of the lens forming composition is preferably controlled by controller 50. As shown in Fig. 17, the controller 50 includes a number of input devices which allow an operator to initiate use of the various components of the plastic lens curing apparatus 10. In an embodiment, buttons 640 may be used to control operation of the coating process (640a), the curing process (640b), the postcure process (640c), and the anneal process (640d). After the mold assembly is placed in the lens curing unit, the curing process button 640b may be pressed to set the curing conditions. In one embodiment, an operator has preloaded the prescription information and saved the information as described above. Pressing the cure button may cause the controller to prompt the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

user to enter a reference code corresponding to the saved prescription information. The controller is preferably configured to analyze the prescription information and set up the appropriate initial dose conditions.

After determining the appropriate lens forming conditions, the controller may inform the user of the type of filters to be used. The controller may pause to allow the proper filters to be installed within the lens curing unit. Typically, two types of filters may be used for the initial cure process. The filters are preferably configured to distribute the light so that the activating light which is imparted to the lens molds is properly distributed with respect to the prescription of the lens. A clear plate filter refers to a plate that is substantially transparent to activating light. The clear plate may be composed of polycarbonate or glass. A 50 mm filter refers to filter which includes a 50 mm aperture positioned in a central portion of the filter. The 50 mm aperture is preferably aligned with the mold assembly when the filter is placed in the curing unit. Preferably, two filters are used, the first being placed between the top lamps and the mold assembly, the second being placed between the bottom lamps and the mold assembly.

After the filters have been placed, the user may indicate to the controller that the filters are in place. Alternatively, the controller may include a sensor disposed within the lens curing unit which informs the controller when a filter is placed within the curing unit. After the filters are placed in the curing unit, the controller may prompt the user to ensure that the mold assembly is in the curing unit prior to commencing the curing process. When the filters and mold are in place, the initial dose may be started by the controller. For a clear, non-tinted lens having sphere power of +3.00 the initial dose will be 90 seconds of activating light applied to both the front and back molds. A 50 mm filter is preferably positioned between the top and bottom lamps.

After the initial cure process is completed, the mold assembly is transferred to the post cure unit. The completion of the initial cure process may cause the controller to alert the operator that the process is completed. An alarm may go off to indicate that the process is completed. To initiate the post cure process, the post cure button 640c may be pressed. Pressing the post cure button may cause the controller to prompt the user to enter a reference code corresponding to the saved prescription information. The controller is preferably configured to analyze the prescription information and set up the appropriate post cure conditions. For a clear, non-tinted lens having sphere power of +3.00 the post cure conditions will include directing activating light toward the mold assembly in a heated post cure unit for 13 minutes. The post cure unit is preferably heated to a temperature of about 200 °F to about 225 °F during the post cure process.

After the post cure process is completed, the mold assembly is disassembled and the formed lens is removed from the mold members. The completion of the post cure process may cause the controller to alert the operator that the process is completed. An alarm may go off to indicate that the process is completed. After the molds are removed from the post cure unit, the gasket is removed and the molds placed in a demolding solution. A demolding solution is commercially available as "Q-Soak Solution" commercially available from Optical Dynamics Corporation, Louisville, KY. The demolding solution causes the lens to separate from the molds. The demolding solution also aids in the subsequent cleaning of the molds. After the lens has been demolded, the lens is preferably cleaned of dust particles using a solution of isopropyl alcohol and water.

In some instances it is desirable that the formed lens undergoes an anneal process. To initiate the anneal process the anneal button 640d may be pressed. Pressing the anneal button will set the conditions for the anneal process. For a clear, non-tinted lens having sphere power of +3.00 the anneal conditions will include heating the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

lens in the post cure unit, in the absence of activating light, for about 7 minutes. The post cure unit is preferably heated to a temperature of about 200 °F to about 225 °F during the anneal process.

In one embodiment, the drawer of the post cure unit includes a front row of mold assembly holders and a back row of lens holders. For the post cure process, the mold assemblies are preferably placed in the front row.

5 The front row is preferably oriented under the post cure lamps when the post cure drawer is closed. For the anneal process the lenses are preferably placed in the back row of the post-cure drawer. The back row may be misaligned with the lamps such that little or no activating light reaches the back row.

After the anneal process, the lens may be coated in the coating unit with a scratch resistant hard coat. The lens may also be tinted by placing in a tinting bath. It is believed that tinting of the lens is influenced by the crosslink density of the lens. Typically, a lens having a relatively high crosslink density exhibits more homogenous absorption of the dye. Problems such as blotching and streaking of the dye are typically minimized by highly crosslinked lenses. The crosslink density of a lens is typically controlled by the temperature of curing of the lens. A lens which is cured at relatively high temperatures typically exhibits a crosslink density that is substantially greater than a low temperature cured lens. The curing time may also influence the hardness of a lens.

10 Treating a lens for a long period of time in a post cure unit will typically produce a lens having a greater crosslink density than lenses treated for a shorter amount of time. Thus, to produce lenses which will be subsequently treated in a tinting bath, the lens forming composition is treated with heat and activating light in the post cure unit for a longer period of time than for the production of non-tinted lenses. As shown in table 11, non-tinted clear lenses are treated in the postcure unit for about 13 minutes. For clear lenses which will be subsequently tinted, the post cure time is extended to about 15 minutes, to produce a lens having a relatively high crosslink density.

The formation of flat-top bifocal lenses may also be accomplished using the above described procedure.

One problem typical of curing flat-top bifocal eyeglass lenses with activating light is premature release. Flat-top bifocals include a far vision correction zone and a near vision correction region. The far vision correction zone is the portion of the lens which allows the user to see far away objects more clearly. The near vision correction zone is the region that allows the user to see nearby objects clearer. The near vision correction zone is characterized by a semicircular protrusion which extends out from the outer surface of an eyeglass lens. As seen in FIG. 24, the portion of the mold cavity which defines the near vision correction zone 1610 is substantially thicker than the portion of the mold cavity defining the far vision correction zone 1620. Directing activating light toward the mold members causes the polymerization of the lens forming composition to occur. It is believed that the polymerization of the lens forming composition begins at the casting face of the irradiated mold and progresses through the mold cavity toward the opposite mold. For example, irradiation of the front mold 1630 causes the polymerization to begin at the casting surface of the front mold 1632 and progress toward the back mold 1640. As the polymerization reaction progresses, the lens forming composition is transformed from a liquid state to a gel state. Thus, shortly after the front mold 1632 is irradiated with activating light, the portion of the lens forming composition proximate the casting face of the front mold member 1632 will become gelled while the portion of the lens forming composition proximate the back mold member 1640 will remain substantially liquid. If the polymerization is initiated from the back mold 1640, the lens forming composition throughout the far vision correction zone 1620 may become substantially gelled prior to gelation of the lens forming composition in the near vision correction zone proximate the casting surface of the front mold member 1610 (herein referred to as the "front portion of the near vision correction zone"). It is believed that when the gelation of the lens forming

WO 01/95017

PCT/US01/18637

composition in the front portion of the near vision correction zone 1610 occurs after the far vision correction zone 1620 has substantially gelled, the resulting strain may cause premature release of the lens.

To reduce the incidence of premature release in flat-top bifocal lenses, it is preferred that polymerization of the lens forming composition in the front portion of the near vision correction zone 1610 is initiated before the portion of the lens forming composition in the far vision correction zone proximate the back mold member 1640 is substantially gelled. Preferably, this may be achieved by irradiating the front mold 1630 with activating light prior to irradiating the back mold 1640 with activating light. This causes the polymerization reaction to begin proximate the front mold 1630 and progress toward the back mold 1640. It is believed that irradiation in this manner causes the lens forming composition in the front portion of the near vision correction zone 1610 to become gelled before the lens forming composition proximate the back mold 1640 becomes gelled. After the polymerization is initiated, activating light may be directed at either mold or both molds to complete the polymerization of the lens forming composition. The subsequent post cure and anneal steps for the production of flat-top bifocal lenses are substantially the same as described above.

Alternatively, the incidence of premature release may also be reduced if the front portion of the near vision correction zone 1610 is gelled before gelation of the lens forming composition extends from the back mold member 1640 to the front mold member 1630. In this embodiment, the polymerization of the lens forming composition may be initiated by irradiation of the back mold 1640. This will cause the gelation to begin proximate the back mold 1640 and progress toward the front mold 1630. To reduce the incidence of premature release, the front mold 1630 is irradiated with activating light before the gelation of the lens forming composition in the far vision correction zone 1620 reaches the front mold. After the polymerization is initiated in the front portion of the near vision correction zone 1610, activating light may be directed at either mold or both molds to complete the polymerization of the lens forming composition. The subsequent post cure and anneal steps for the production of flat-top bifocal lenses are substantially the same as described above.

In another embodiment, a single curing unit may be used to perform the initial curing process, the post cure process, and the anneal process. A lens curing unit is depicted in Fig. 25 and Fig. 26. The curing unit 1230 may include an upper light source 1214, a lens drawer assembly 1216, and a lower light source 1218. Lens drawer assembly 1216 preferably includes a mold assembly holder 1220 (see Fig. 26), more preferably at least two mold assembly holders 1220. Each of the mold assembly holders 1220 is preferably configured to hold a pair of mold members that together with a gasket form a mold assembly. Preferably, the lens drawer assembly may also include a lens holder 1221 (see Fig. 26), more preferably at least two lens holders 1221. The lens holders 1221 are preferably configured to hold a formed eyeglass lens. The lens drawer assembly 1216 is preferably slidably mounted on a guide 1217. During use, mold assemblies and/or lenses may be placed in the mold assembly holders 1220 or lens holders 1221, respectively, while the lens drawer assembly is in the open position (i.e., when the door extends from the front of the lens curing unit). After the holders have been loaded, the door may be slid into a closed position, with the mold assemblies directly under the upper light source 1214 and above the lower light source 1218. The lens holders and lenses disposed upon the lens holders may not be oriented directly under the upper and lower light sources. As depicted in Fig. 26, the light sources 1214 and 1218 preferably extend across a front portion of the curing unit, while no lamps are placed in the rear portion of the curing unit. When the lens drawer assembly is slid back into the curing unit, the mold assembly holders 1220 are oriented under the lamps, while the lens holders 1221 are oriented in the back portion where no lamps are present. By orienting the holders

WO 01/95017

PCT/US01/18637

in this manner curing process which involve light and heat (e.g., post cure processes) and annealing processes, which may involve either application of heat and light or the application of heat only, may be performed in the same unit.

5 The light sources 1214 and 1218, preferably generate activating light. Light sources 1214 and 1218 may be supported by and electrically connected to suitable fixtures 1242. Lamps 1214 may generate either ultraviolet light, actinic light, visible light, and/or infrared light. The choice of lamps is preferably based on the monomers and photoinitiator system used in the lens forming composition. In one embodiment, the activating light may be generated from a fluorescent lamp. The fluorescent lamp preferably has a strong emission spectra in the 380 to 490 nm region. A fluorescent lamp emitting activating light with the described wavelengths is commercially
10 available from Philips as model TLD-15W/03. In another embodiment, the lamps may be ultraviolet lights.

In one embodiment, an upper light filter 1254 may be positioned between upper light source 1214 and lens drawer assembly 1216, as depicted in Fig. 25. A lower light filter 1256 may be positioned between lower light source 1218 and lens drawer assembly 1216. Examples of suitable light filters have been previously described. The light filters are used to create a proper distribution of light with regard to the prescription of the
15 eyeglass lens. The light filters may also insulate the lamps from the curing chamber. During post cure and annealing process it is preferred that the chamber is heated to temperatures between about 200 and 225 °F. Such temperatures may have a detrimental effects on the lamps such as shortening the lifetime of the lamps and altering the intensity of the light being produced. The light filters 1254 and 1256, when mounted into the guide 1217, will form an inner chamber which partially insulates the lamps from the heated portion of the chamber. In this manner,
20 the temperatures of the lamps may be maintained within the usual operating temperatures.

Alternatively, a heat barrier 1260 may be disposed within the curing chamber. The heat barrier may insulate the lamps from the curing chamber, while allowing the activated light generated by the lamps to pass into the chamber. In one embodiment, the heat barrier may include a borosilicate plate of glass (e.g., PYREX glass) disposed between the light sources and the mold assembly. In one embodiment, a pair of borosilicate glass plates
25 1264 and 1262 with an intervening air gap between the plates 1263 serves as the heat barrier. The use of borosilicate glass allows the activating radiation to pass from the light sources to the lamps without any significant reduction intensity.

Along with the heat barrier 1260 and filter 1254, an opaque plate 1270, may be placed between the light sources and the mold assembly. The opaque plate is substantially opaque toward the activating light. Apertures
30 are preferably disposed in the opaque plate to allow light to pass through the plate onto the mold assemblies.

In order to allow post cure and annealing procedures to be performed, a heating system 1250 is preferably disposed within the curing unit, as depicted in Fig. 26. The heating system 1250 may be a resistive heating system, a hot air system, or an infrared heating system. The heating system 1250 may be oriented along the back side of the curing chamber. The heating system 1250 is preferably disposed at a position between the two filters,
35 such that the heating system is partially insulated from the lamps 1214 and 1218. Preferably, the heating system is configured to heat the curing chamber to a temperature of about 200 °F to about 225 °F.

The incorporation of a heating system into a system which allows irradiation of a mold assembly from both sides will allow many of the above described operations to be performed in a single curing unit. The use of lamps in the front portion of the curing unit, while leaving the back portion of the curing chamber substantially
40 free of lamps, allows both activating light curing steps and annealing steps to performed in the same unit at the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

same time. Thus the curing conditions described in Table 11 may be performed in a single unit, rather than the two units as described above.

In another embodiment, the method of producing the lenses may be modified such that all of the initial curing process is performed while heat is applied to the lens forming composition. Table 12 shows alternate curing conditions which may be used to cure the lens forming compositions.

5

LENS INFORMATION			CURING INFORMATION		
Sphere	Lens Type	Tinted	Filter	Curing Conditions	Anneal Time
+4.00 to +2.25	Clear	No	50 mm	90 Seconds Front and Back 13 Minutes Back Temperature 225 °F	7 Min.
+4.00 to +2.25	Clear	Yes	50 mm	90 Seconds Front and Back 15 Minutes Front Temperature 225 °F	7 Min.
+4.00 to +2.25	Photo		50 mm	90 Seconds Front and Back 13 Minutes Front Temperature 225 °F	7 Min.
+2.00 to -4.00	Clear	No	Clear Plate	7 Seconds Front 13 Minutes Back Temperature 225 °F	7 Min.
+2.00 to -4.00	Clear	Yes	Clear Plate	7 Seconds Front 15 Minutes Back Temperature 225 °F	7 Min.
+2.00 to plano	Photo		Clear Plate	15 Seconds Front 13 Minutes Back Temperature 225 °F	7 Min.
-0.25 to -4.00	Photo		Clear Plate	20 Seconds Back w/ 7 Sec. Front starting @ 13 Sec. elapsed time 13 Minutes Back Temperature 225 °F	7 Min.

Table 12

10

After the mold assembly is filled with the appropriate monomer solution the mold assemblies are placed in the mold assembly holders of the drawer of the curing unit. The drawer is slid back into the curing unit. The curing unit may be preheated to a temperature of about 225 °F prior to placing the mold assemblies in the curing unit. The curing conditions include applying activating light to one or both of the mold members while substantially simultaneously applying heat to the mold assemblies. As shown in Table 12, the light curing

WO 01/95017

PCT/US01/18637

conditions are similar to the previously described conditions. However, the initial dose and the post-cure processes have been combined into a single process. Thus, for the formation of a photochromic lens having a sphere power of +1.50, the mold assemblies are placed in the lens curing unit and irradiated with activating light from the bottom of the unit for about 15 seconds. The curing unit is preferably at a temperature of about 225 °F while the activating light is applied. After 15 seconds, the bottom light is turned off and the mold assemblies are treated with activating light from the top lamps for about 13 minutes. This subsequent treatment with activating light is also performed at a curing chamber temperature of about 225 °F. After the 13 minutes have elapsed, the lights may be turned off, the lens removed from the molds and an anneal process begun.

The anneal process may be performed in the same unit that the cure process is performed. The demolded lens is preferably placed in the lens holders of the curing unit drawer. The curing unit is preferably at a temperature of about 225 °F, when the lens are placed in the curing unit. Preferably, the lens holders are positioned away from the lamps, such that little activating light reaches the lenses when the lamps are on. This allows anneal processed to be performed at the same time that curing processes are performed and within the same curing unit. Lenses that have been formed with a mixture of heating and light typically exhibit crosslink density that are greater than lenses which are cured using combinations of light only curing with light and heat curing.

The mold assembly, with a lens forming composition disposed within the mold cavity, is preferably placed within the lens curing unit. Curing of the lens forming composition is preferably initiated by the controller after the lens curing unit door is closed. The curing conditions are preferably set by the controller based on the prescription and type of lens being formed.

After the curing cycle has been completed. The controller preferably prompts the user to remove the mold assembly from the lens curing unit. In an embodiment, the cured lens may be removed from the mold apparatus. The cured lens may be complete at this stage and ready for use.

In another embodiment, the cured lens may require a post cure treatment. After the lens is removed from the mold apparatus the edges of the lens may be dried and scraped to remove any uncured lens forming composition near the edges. The controller may prompt the user to place the partially cured lens into a post-cure unit. After the lens has been placed within the post-cure unit the controller may apply light and/or heat to the lens to complete the curing of the lens. In an embodiment, partially cured lenses may be heated to about 115 °C while being irradiated with activating light. This post-treatment may be applied for about 5 minutes.

It has been determined that in some embodiments the finished power of an activating light polymerized lens may be controlled by manipulating the curing temperature of the lens forming composition. For instance, for an identical combination of mold members and gasket, the focusing power of the produced lens may be increased or decreased by changing the intensity of activating light across the lens mold cavity or the faces of the opposed mold members. Methods for altering the power of a formed lens are described in U.S. Patent No. 5,989,462 to Buazza which is incorporated by reference.

In certain applications, all of the lens forming composition may fail to completely cure by exposure to activating light when forming the lens. In particular, a portion of the lens forming composition proximate the gasket often remains in a liquid state following formation of the lens. It is believed that the gaskets may be often somewhat permeable to air, and, as a result, oxygen permeates them and contacts the portions of the lens forming material that are proximate the gasket. Since oxygen tends to inhibit the polymerization process, portions of the lens forming composition proximate the gasket tend to remain uncured as the lens is formed. The wet edge

WO 01/95017

PCT/US01/18637

problem has been addressed by a variety of methods described in U.S. Patent No. 5,529,728 to Buazza et. al. and 5,989,462 to Buazza et al. which are incorporated by reference.

Methods for curing a lens forming composition by the use of pulses of ultraviolet light are described in U.S. Patent No. 6,022,498 which is incorporated by reference.

5 Materials (hereinafter referred to as "activating light absorbing compounds") that absorb various degrees of ultraviolet/visible light may be used in an eyeglass lens to inhibit ultraviolet/visible light from being transmitted through the eyeglass lens. Such an eyeglass lens advantageously inhibits ultraviolet/visible light from being transmitted to the eye of a user wearing the lens. Curing of an eyeglass lens using activating light to initiate the polymerization of a lens forming composition that includes activating light absorbing compositions is described in
10 detail in U.S. Patent No. 5,989,462 which is incorporated by reference.

Referring now to Fig. 27, a high-volume lens curing apparatus is generally indicated by reference numeral 800. As shown in Fig. 27, lens forming apparatus 800 includes at least a first lens curing unit 810 and a second lens curing unit 820. The lens forming apparatus may, optionally, include an anneal unit 830. In other
15 embodiments, a post cure unit may be a separate apparatus which is not an integral part of the lens curing apparatus. A conveyance system 850 may be positioned within the first and/or second lens curing units. The conveyance system 850 may be configured to allow a mold assembly, such as has been described above, to be transported from the first lens curing unit 810 to the second lens curing unit 820.

Lens curing units 810 and 820 include an activating light source for producing activating light. The activating light sources disposed in units 810 and 820 are preferably configured to direct light toward a mold
20 assembly. Anneal unit 830 may be configured to apply heat to an at least partially relieve or relax the stresses caused during the polymerization of the lens forming material. Anneal unit 830, in one embodiment, includes a heat source. A controller 840 may be a programmable logic controller, e.g., a computer. Controller 840 may be coupled to lens curing units 810 and 820 and, if present, an anneal unit 830, such that the controller is capable of substantially simultaneously operating the three units 810, 820, and 830.

25 As shown in Fig. 28, the first curing unit 810 may include an upper light source 812 and a lower light source 814. Fig. 29 depicts a cut away top view of the first curing unit 810. As shown in Fig. 29 the light sources 812 and 814 of the first curing unit 810 may include a plurality of activating light generating devices or lamps. In one embodiment, the lamps are oriented proximate each other to form a row of lights, as depicted in Fig. 29. While the lamps are depicted as substantially U-shaped, it should be understood that the lamps may be linear,
30 circular, or any other shape that allows a uniform irradiation of a lens forming assembly placed in the first curing unit. In one embodiment, three or four lamps are positioned to provide substantially uniform radiation over the entire surface of the mold assembly to be cured. The lamps may generate activating light.

The lamps may be supported by and electrically connected to suitable fixtures 811. Lamps 812 and 114
35 may generate either ultraviolet light, actinic light, visible light, and/or infrared light. The choice of lamps is preferably based on the monomers used in the lens forming composition. In one embodiment, the activating light may be generated from a fluorescent lamp. The fluorescent lamp preferably has a strong emission spectra in the 380 to 490 nm region. A fluorescent lamp emitting activating light with the described wavelengths is commercially available as model number FB290D15/ACT/2PC from LCD Lighting, Inc. in Orange CT.

In some embodiments, the activating light sources may be turned on and off frequently during use.
40 Fixture 811 may also include electronic hardware to allow a fluorescent lamp to be frequently turned on and off.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Ballast systems, such as the ones previously described, may be used to operate the lamps. In some embodiments, a barrier 815 may be placed between the lamps 811. The barrier may be configured to inhibit the passage of activating light from one set of lamps to the other. In this manner, the lamp sets may be optically isolated from each other. The lamps may be connected to separate ballast systems and a controller. Thus, the lamps may be operated independently of each other. This may be useful when lenses that require different initial curing sequences are being processed at the same time. The barrier 815 may inhibit the passage of light from one set of lamps to a mold assembly positioned below the other set of lamps.

In some embodiments, at least four independently controllable lamps or sets of lamps may be disposed in the first curing unit. The lamps may be disposed in left and right top positions and left and right bottom positions. As shown in Table 12, a variety of different initial curing conditions may be required depending on the prescription. In some instances the left eyeglass lens may require initial curing conditions that are substantially different from the initial curing conditions of the right eyeglass lens. To allow both lenses to be cured substantially simultaneously, the four sets of lamps may be independently controlled. For example, the right set of lamps may be activated to apply light to the back face of the mold assembly only, while, at the same time, the left set of lamps may be activated to apply light to both sides of the mold assembly. In this manner a pair of eyeglass lenses whose left and right eyeglass prescriptions require different initial curing conditions may be cured at substantially the same time. Since the lenses may thus advantageously remain together in the same mold assembly holder throughout the process, the production process is simpler with minimized job tracking and handling requirements.

To facilitate the positioning and the conveyance of mold assemblies, a mold assembly holder may be used. An isometric view of a mold assembly holder 900 is depicted in Fig. 30. The mold assembly holder includes at least one, preferably two, portions 910 and 912 configured to hold a mold assembly 930. In one embodiment, the portions 910 and 912 are indentations machined into a plastic or metal block that is configured to hold a standard mold assembly. The mold assembly may be placed in the indentation. An advantage of such the indentations, is that the mold assemblies may be positioned in the optimal location for curing in the first and second curing units 810 and 820.

The indentations 910 and 912 may be sized to hold the mold assembly such that substantially all of the molds may be exposed to activating light when the mold assembly is positioned above or below an activating light source. The mold assembly holder may include an opening extending through the mold assembly holder. The opening may be positioned in the indentations 910 and 912 such that activating light may be shone through the mold assembly holder to the mold assembly. In some embodiments, the opening may be of a diameter that is substantially equal to the diameter of the molds. The opening will therefore allow substantially all of the surface area of the mold to be irradiated with activated light. In another embodiment, the diameter of the opening may be substantially less than a diameter of the molds. In this respect the opening may serve as an aperture which reduces the amount of light that contacts the outer edges of the molds. This may be particularly useful for curing positive lenses in which curing is initiated with more activating light being applied to the central portion of the molds than the edges. The indentations may extend in the body to a depth such that the mold assemblies, when placed in the indentations is even with or below the upper surface of the mold assembly holder. This imparts a low vertical profile to the mold assembly holder and allows the curing units of the high volume system to be constructed with a low vertical profile. In this manner the size of the unit may be minimized.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The mold assembly holder 900 may also include further machined indentations for holding the unassembled pieces of the mold assembly (e.g., the molds and the gasket). During the assembly of the mold assembly, an operator typically will find and clean the molds and gasket before assembly. To minimize the possibility of mixing up the molds and gaskets, and to help minimize recontamination after the molds are cleaned, the mold assembly holder 900 includes sections to hold the various components. As depicted in Fig. 30, indentations 922, 924, 926, and 928 may also be formed in the mold assembly holder 900. The indentations may be labeled to facilitate the placement of the molds or gaskets. For example, indentation 922 may be labeled left lens, front mold, 924 may be labeled left lens, back mold, 928 may be labeled right lens, front mold, and 926 may be labeled right lens, back mold. Other variations of labeling and positioning of the indentations 922, 924, 926, and 928 may be used. This may help prevent operators from making mistakes due to use of incorrect molds to assemble the mold assemblies.

The mold assembly holder may also include a location for holding a job ticket. Job ticket may be placed in a holder mounted to a side of the mold assembly holder. Alternatively, the job ticket may have an adhesive that allows the ticket to be attached to the side of the mold assembly. The job ticket may include information such as: the prescription information, the mold ID numbers, the gasket ID numbers, the time, date, and type of lens being formed. The job ticket may also include a job number, the job number may correspond to a job number generated by the controller when the prescription is entered into the controller. The job number may also be depicted using a UPC coding scheme. Use of a UPC code on the job ticket may allow the use of bar-code scanners to determine the job number corresponding to the mold assemblies placed on the mold assembly holder.

The mold assembly holder 900 may be used in combination with a conveyor system 850 to transfer mold assemblies from the first curing unit to the second curing unit. The second curing unit is configured to apply activating light and heat to the mold assemblies after the curing is initiated by the first curing unit. The use of two curing units in this manner facilitates the application of curing sequences such as the sequences outlined in Table 11. In these embodiments, the mold assembly is subjected to an initiating dose of activating light, followed by a post-cure dose of activating light and heat. The initial dose may last from about 7 to 90 seconds. After the initial dose is applied the mold assembly is subjected to a combination of activating light and heat for about 5 to 15 minutes. In many instances, subjecting the mold assembly to longer times under the post-cure conditions does not significantly effect the quality of the formed lens. Thus, the second curing unit is designed such that the amount of time that the mold assemblies spend in the second unit is not less than about 5 minutes.

During operation a mold assembly or mold assembly holder is placed on the conveyor system and the mold assembly is moved to a position within the first curing unit 810. In the first curing unit 810, the mold assemblies receive the initial dose of light based on the prescription of the lens, e.g., as outlined in Table 11. After the mold assemblies receive their initial dose, the mold assemblies are moved by the conveyor system 850 to the second curing unit. In the second curing unit, the mold assemblies are treated with activating light and heat. The time it takes for the mold assembly to pass entirely through the second curing unit may be equal to or greater than the post-cure time.

In one embodiment, the conveyor system may be a single continuous system extending from the first curing unit through the second curing unit. During the operation of the lens forming apparatus 800, it is envisioned that a continuous stream of mold assemblies may be placed on the apparatus. Fig. 32 depicts a top cut away of a system in which a continuous stream of mold assembly holders 900 are moving through the first and

WO 01/95017

PCT/US01/18637

second curing units. Because the curing for any given prescription lens is complete in the first curing unit in a time of 90 seconds or less, the second unit may be constructed as a rectangular shaped unit that will hold multiple mold assemblies, as depicted in Fig. 27. The length of the second cure unit is determined by the time required for each mold assembly in the first unit. Because the conveyor system is a single continuous unit, the molds will move through the second curing unit in increments equal to the amount of time spent in the first curing unit. Thus, the molds move only when the curing cycle of the first curing unit is complete and the mold assemblies or mold assembly holder is advanced to the second curing unit.

In one embodiment, the mold assemblies are placed on a mold assembly holder 900 as described above. The mold assembly holder may have a predetermined length (L_H). After the mold assemblies are loaded onto the mold assembly holder, the mold assembly holder may be placed on the conveyor system 850 and advanced to the first curing unit. The mold assembly holder will remain in the first curing unit for a predetermined minimum amount of time, i.e., the initiation time (T_i). For example, for most of the lens forming compositions and prescriptions outlined above, this maximum time will be about 90 sec. After the initial cure is performed, the mold assembly holder is advanced to the second curing unit and another mold assembly holder is advanced to the first curing unit. To properly cure lens forming composition, the mold assemblies may need to remain in the second curing unit for a minimum amount of time, i.e., the post-cure time (T_p). The required minimum length of the second curing unit (L_{SC}) may, therefore be calculated by these predetermined values using the following equation.

$$L_{SC} = L_H \times (T_p/T_i)$$

By constructing the second curing unit to have a length based on this equation, the mold assembly holder will exit from the second curing unit after the correct amount of post-curing has occurred. This will ensure that the mold assembly will remain in a post-cure situation even if the minimal initiation times are used.

In practice there is a wide variation in the initiation times based on the prescription and the type of lenses being formed. For example, Table 11 discloses some typical initiation times that range from about 7 sec. to about 90 sec. In order to optimize the system, the length of the second curing unit may be altered based on the maximum predetermined initiation time. For example, the (T_i) rather than being the minimum time will be the maximum time possible for initiation of the curing. In practice, the conveyor system may be configured to advance a mold assembly holder from the first curing unit to the second curing unit at time intervals equal to the maximum possible initial curing cycle (e.g., about 90 sec. for the above-described compositions). To accommodate the different initial curing cycles, a controller may be coupled to the lamps of the first curing unit. The controller may be configured to turn on the lamps such that the initial curing cycle ends at the end of the maximum initial curing time. For example, if the maximum initial curing time is 90 sec., however the prescription and lens type calls for only a 7 sec. cure. The lamps are kept off until 7 sec. before the end of the 90 sec. time interval (i.e., for 83 seconds). The lamps are, therefore, only activated for the last 7 sec. This may ensure that the time interval between the end of the completion of the initial cure and the entry into the second curing unit is the same regardless of the actual initiation dosage. The length of the second curing unit may be adjusted accordingly to accommodate this type of curing sequence.

In another embodiment, the conveyor system may include two independently operated conveyors. The first conveyor may be configured to convey the mold assembly holder or mold assemblies from the first curing unit to the second curing unit. A second conveyor may be positioned within the second curing unit. The second

WO 01/95017

PCT/US01/18637

conveyor may be configured to convey the mold assemblies or the mold assembly holder through the second curing unit. In this manner the second curing unit may be designed independently of the initial curing times. Instead the length of the second curing unit may be based on the time required for a typical post-cure sequence. Thus the length of the second curing unit may be determined by the rate at which the second conveyor system is operated and the amount of time required for a post-cure. This also allows an operator to operate the curing units independently of the other.

5 The conveyor system may be configured to convey either mold assemblies or a mold assembly holder (e.g., mold assembly holder 900) through the first and second curing units. A view of the conveyor system in which the curing units have been removed from the lens forming apparatus is depicted in Fig. 31. The conveyor system includes a platform for conveying a mold assembly holder. The platform may be configured to support the mold assembly holder 900 as it passes through the first and second curing units. In one embodiment, the platform is formed from two rails 852 that extend the length of the lens forming apparatus. The rails, 852 may be any width, however should be spaced apart from each other at a distance that allows activating light to pass past the rails 852 and to the mold assemblies on the mold assembly holder 900.

10 The conveyor system includes a flexible member 854 (e.g., a belt or chain) that is configured to interact with the mold assembly holder 900. The flexible member will interact with the mold assembly holder and pull or push the mold assembly holder along the platform. Fig. 33 depicts a close up view of a portion of the flexible member. In this embodiment, the flexible member is composed of a chain 854 that includes a number of projections 856 and 858 that are placed at predetermined positions along the chain. The projections may be configured to interact with the mold assembly holder. In one embodiment, the mold assembly holder may include a ridge along the bottom surface. The ridge will interact with the projections when the chain is moved to the appropriate position. While depicted as a chain, it should be understood that the flexible member may be formed of other materials such as a rubber belt.

15 The flexible member 854 may be coupled to a pair of wheels or gears disposed at opposite ends of the lens forming apparatus. Fig. 33 depicts a portion of the flexible member that is resting on a gear disposed at an end of the lens forming apparatus. The flexible member may be moved along the lens forming apparatus by turning either of the wheels or gears. The wheels or gears may be manually turned or may be coupled to a motor. Fig. 34 depicts a lens forming apparatus in which a motor 851 is coupled to an end of the second curing unit. The motor may be coupled to the flexible member such that the flexible member may be moved by the operation of the motor. The motor 851 may either pull or push the flexible member along the length of the lens forming apparatus.

20 The second curing unit may be configured to apply heat and activating light to a mold assembly as it passes through the second curing unit. The second curing unit may be configured to apply activating light to the top, bottom, or both top and bottom of the mold assemblies. As depicted in Figs. 28 and 35, the second curing unit may include a bank of activating light producing lamps 822 and heating systems 824. The bank of lamps may include one or more substantially straight fluorescent lamps that extend through the entire length of the second curing unit. The activating light sources in the second curing unit may produce light having the same spectral output as the activating light sources in the first curing unit. The spectral output refers to the wavelength range of light produced by a lamp, and the relative intensity of the light at the specific wavelengths produced. Alternatively, a series of smaller lamps may be disposed with the curing unit. In either case, the lamps are positioned such that the mold assemblies will receive activating light as they pass through the second curing unit.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The heating unit may be a resistive heater, hot air system, hot water systems, or infrared heating systems. An air distributor 826 (e.g., a fan) may be disposed within the heating system to aid in air circulation within the second curing unit. By circulating the air within the second curing unit, the temperature within the second curing may be more homogenous.

5 In some embodiments, an anneal unit may also be coupled to the lens forming apparatus. As depicted in Fig. 27, an anneal unit 830 may be placed above the second curing unit. Alternatively, the anneal unit may be placed below or alongside of the first or second curing units. The anneal unit is configured to apply heat and, optionally light, to anneal a demolded lens. When a lens, cured by the activating light, is removed from a mold assembly, the lens may be under a stressed condition. It is believed that the power of the lens can be more rapidly brought to a final resting power by subjecting the lens to an anneal treatment to relieve the internal stresses developed during the cure. Prior to annealing, the lens may have a power that differs from the desired final resting power. The anneal treatment is believed to reduce stress in the lens, thus altering the power of the lens to the desired final resting power. Preferably, the anneal treatment involves heating the lens at a temperature between about 200 °F to 225 °F for a period of up to about 10 minutes. It should be understood that the anneal time may be varied depending on the temperature of the anneal unit. Generally, the higher the temperature of the anneal unit, the faster the anneal process will be completed. The anneal process time is predetermined based on the amount of time, at a predetermined temperature, a formed lens will need to be annealed to be brought to its final resting power.

10 In the embodiment depicted in Fig. 27, the anneal unit may be constructed in a similar manner to the second curing unit. Turning to Fig. 35, the anneal unit may include a conveyor system 832 for moving a demolded lens through the anneal unit. The demolded lens may be placed in the same mold assembly holder that was used for the first and second curing units. The mold assembly holder 900 may be configured to hold either the mold assembly and/or a demolded lens. The anneal unit includes a heating element 834 (depicted in Fig. 28). The heating element may include an air distributor 836 for circulating air throughout the anneal unit.

15 The anneal unit may have a length that is determined by the rate at which the mold assembly holders are transported through the anneal unit and the time required for the anneal process. For example, in some of the compositions listed above, an anneal time of about 10 min. may be used to bring the lens to its final resting power. The conveyor system of the anneal unit may therefore be configured such that the demolded lenses spend about 10 minutes within the anneal unit as the lenses traverse the length of the unit. A conveyor system similar to the system described above for the first and second curing units may be used.

20 The controller 840 may be configured to control operation of the lens-curing units. The controller may perform some and/or all of a number of functions during the lens curing process, including, but not limited to: (i) determining the initial dose of light required for the first curing unit based on the prescription; (ii) applying the activating light with an intensity and duration sufficient to equal the determined dose; (iii) applying the activating light with an intensity and duration sufficient to equal the determined second curing unit dose; (iv) turning the lamps sources on and off independently and at the appropriate times; and (v) triggering the movement of the proper light filters into the proper position based on the prescription. These functions may be performed in response to information read by the bar code reader from the job ticket positioned on the mold assembly holder. This information may include the prescription information and may be correlated with the initial curing conditions by the controller 840.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The controller may also control the flow of the mold assembly holder through the system. The controller may include a monitoring device for determining the job number associated with a mold assembly holder. Fig. 29 depicts a monitoring device 817 which is coupled to the lens forming apparatus proximate the first curing unit.

The monitoring device may be a laser or infra-red reading device. In some embodiments, the monitoring device may be a bar code reader for reading a UPC bar code. The monitoring device may be positioned within the first curing unit. When a mold assembly holder is placed on the conveyer system, it may be moved to a position such that the monitoring device may read a job number printed on the job ticket. In one embodiment, the job number is in the form of a UPC bar code. The monitoring device may be coupled to the controller. The controller may use the job number, read from the mold assembly holder, to determine the curing conditions required for the job that is being transferred to the first curing unit. As described before, the job number may correspond to a prescription that was previously entered into the controller. In this manner the proper curing conditions may be achieved without relying on the operator to input the correct parameters.

Another advantage of the monitoring of the job number is that accidental usage of the lamps may be avoided. If the monitoring device is positioned within the first cure unit, the controller may prevent the activation of the first cure unit lamps, until a job ticket is detected. The detection of a job ticket may indicate that a mold assembly holder is placed in the proper position within the first curing unit. Once the mold assembly holder is placed within the first curing unit, the lamps of the first curing unit may be activated to initiate curing. If no job ticket is detected, the apparatus may wait in a stand-by mode until the mold assembly holder is inserted into the first curing unit.

It should be understood, that the above-described lens curing system may be used in combination with any of the features of the previously described embodiments.

ANTIREFLECTIVE COATINGS FOR PLASTIC EYEGLASS LENSES

For plastic eyeglass lenses, formed from the materials described above, a portion of the light incident upon the lenses may be reflected from the eyeglass lens rather than transmitted through the eyeglass lens. For plastic eyeglass lenses up to about 15% of the incident light may be reflected off the eyeglass lens surfaces. To reduce the reflection of light from a plastic eyeglass lens, a thin film may be applied to the lens. Such films may be referred to as antireflective coating films. Antireflective coatings may reduce the reflectance of light from a surface (i.e., increase light transmittance through the film/substrate interface).

While numerous approaches to reducing the reflective losses for glass materials have been developed, few techniques are available for producing antireflective coatings on plastics. Vapor deposition techniques have been used commercially to form antireflective coatings on plastic materials, however these techniques suffer from a number of drawbacks. Some of the disadvantages of using vapor deposition include relatively large capital expenditure for deposition equipment, significant space requirements, and relatively long cycle times.

Reactive liquid compositions for forming antireflective coatings on lenses have been previously studied. Many of the previously disclosed solutions require heating of the antireflective film to a high temperature after its application to a substrate. In some instances the temperature to cure such solutions may be greater than about 200 °C. Such temperatures may be suitable for the coating of glass substrates, but are higher than most plastic lens substrates are capable of withstanding.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

U.S. Patent Nos. 4,929,278 and 4,966,812 describe a process for depositing antireflective films on a plastic substrate by first synthesizing an ethanol gel in a $\text{SiO}_2\text{-B}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-BaO}$ system followed by reliquifying the gel. This material may be applied to a plastic substrate and thermally dried to form a porous film having a low refractive index. Such films, however, may exhibit poor abrasion resistance and can take weeks to form.

5 U.S. Patent Nos. 5,580,819 and 5,744,243 disclose a composition for producing coatings and a process for preparing single-layer broad band antireflective coatings on a solid substrate, such as glass, ceramics, metals and organic polymeric materials. The process involves applying an acid-catalyzed sol-gel coating composition and a water soluble metal salt to the surface of a solid substrate and curing the applied coating with an aqueous electrolyte solution for a time sufficient to produce a coating. The two step preparation of the coating
10 composition, however, may be time consuming since the treatment with the aqueous electrolyte may take several days.

The use of ultraviolet light curable liquid compositions for forming antireflective coatings on substrates offers a number of advantages over the deposition techniques described above. In particular, the equipment cost tends to be minimal and the application techniques tend to minimize alterations to the shape or clarity of the
15 plastic item being coated. Additionally, the liquid compositions of the present invention, may be cured in a time of less than about 10 minutes. Finally, the liquid compositions, of the present invention, may be applied to a variety of visible light transmitting substrates. Such substrates may be composed of glass or plastic. It should be understood that the liquid compositions for forming an antireflective coating described herein may be applied to a number of visible light transmitting substrates including windows and the outer glass surface of television screens
20 and computer monitors. The liquid composition may be used to form an antireflective coating on a lens, preferably on plastic lenses, and more preferably on plastic eyeglass lenses.

In an embodiment, a single layer coating may be formed on a plastic lens by coating the substrate with an ultraviolet light curable liquid composition and curing the composition. While the below described procedures refer to the coating of plastic lenses, it should be understood that the procedures may be adapted to coat any of the
25 above described substrates. The cured composition may form a thin layer (e.g., less than about 500 nm) on the substrate. The cured composition layer may have antireflective properties if the thin layer has an index of refraction that is less than the index of refraction of the substrate. This may be sufficient for many applications where a limited increase in visible light transmission is acceptable. Single layer antireflective coatings, however, may exhibit poor adhesion to the plastic lens. Attempts to increase the adhesion to the plastic lens by altering the
30 composition, may cause the index of refraction of the single layer antireflective coating to increase and reduce the effectiveness of such layers.

Better antireflective properties and adhesion may be achieved by use of multi-layer antireflective coatings. In one embodiment, a two layer stack of coating layers may be used as an anti-reflective coating. A first coating layer may be formed on the surface of a plastic lens. The first coating layer may be formed by dispensing
35 a first composition on the surface of the lens and subsequently curing the first composition. The first coating layer may be formed from a material that has an index of refraction that is greater than the index of refraction of the plastic lens. A second coating layer may be formed upon the first coating layer. The second coating layer may be formed by dispensing a second composition onto the first coating layer and curing the second composition. The second coating layer may be formed from a material that has an index of refraction that is less than the index of
40 refraction of the first coating layer. Together the first coating layer and the second coating layer form a stack that

WO 01/95017

PCT/US01/18637

may act as an antireflective coating. The first and second coating layers, together, may form a stack having a thickness of less than about 500 nm.

In one embodiment, the first coating layer may be formed from a coating composition that includes a metal alkoxide or a mixture of metal alkoxides. Metal alkoxides have the general formula $M(Y)_p$, wherein M is titanium, aluminum, zirconium, boron, tin, indium, antimony, or zinc, Y is a C₁-C₁₀ alkoxy or acetylacetonate, and p is an integer equivalent to the valence of M. In some embodiments, M is titanium, aluminum, boron, or zirconium, and Y is C₁-C₅ alkoxy (e.g., methoxy or ethoxy). Examples of metal alkoxides include, but are not limited to aluminum tri-sec-butoxide, titanium (IV) isopropoxide, titanium (IV) butoxide, zirconium (IV) propoxide, titanium allylacetate triisopropoxide, and trimethyl borate. The first coating layer may be formed by using a sol-gel (i.e., solution-gelation) process. Metal alkoxides, when reacted with water or an alcohol, undergo hydrolysis and condensation reactions to form a polymer network. As the polymer network is formed the solvent may be expelled. The polymer network will continue to grow until a gel is formed. Upon heating or the application of ultraviolet light, the metal alkoxide gel densifies to become a hardened coating on the plastic lens.

The hardened first coating layer, when formed from a sol-gel reaction of a metal alkoxide may have an index of refraction that is greater than the plastic lens. For example, most plastic lenses have an index of refraction from about 1.5 to about 1.7. The first coating layer may have an index of refraction that is greater than 1.7 when formed from a metal alkoxide. The use of metal alkoxides has the advantage of allowing a high index of refraction coating on the surface of the lens. Another advantage attained from the use of metal alkoxides is increased adhesion to the underlying substrate. A general problem for many antireflective coatings is poor adhesion to the underlying substrate. This is particularly true for coatings formed on plastic substrates, although adhesion may also be a problem for glass substrates. The use of metal alkoxides increases the adhesion of the coating material to both plastic and glass substrates. The use of metal alkoxides, therefore, increases the durability of the antireflective coating.

The metal alkoxide may be dissolved or suspended in an organic solvent and subsequently applied to a plastic lens. The coating composition may include a metal alkoxide dissolved or suspended in an organic solvent. The coating composition may include up to about 10% by weight of a metal alkoxide with the remainder of the composition being composed of the organic solvent and other additive compounds described below. In one embodiment, suitable organic solvents are capable of mixing with water and are substantially unreactive toward the metal alkoxide. Examples of such solvents include, but are not limited to ethyl acetate, ethers (e.g., tetrahydrofuran and dioxane), C₁-C₄ alkanol (e.g., methanol, ethanol, 1-propanol, and 2-propanol), alkoxyalcohols (e.g., 2-ethoxyethanol-2-(2-methoxyethoxy) ethanol, 2-methoxyethanol, 2-(2-ethoxymethoxy) ethanol, and 1-methoxy-2-propanol), ketones (e.g., acetone, methyl ethyl ketone, and methyl isobutyl ketones, or mixtures of any of these compounds).

In another embodiment, the first composition may include a silane monomer. Silane monomers have the general structure R_nSiX_{4-n} , where R may be C₁-C₂₀ alkyl, C₁-C₂₀ haloalkyl, C₂-C₂₀ alkenyl, C₂-C₂₀ haloalkenyl, phenyl, phenyl(C₁-C₂₀)alkyl, C₁-C₂₀ alkylphenyl, phenyl(C₂-C₂₀)alkenyl, C₂-C₂₀ alkenylphenyl, glycidoxy(C₁-C₂₀)alkyl, epoxy cyclohexyl(C₁-C₂₀)alkyl, morpholino, amino(C₁-C₂₀)alkyl, amino(C₂-C₂₀)alkenyl, mercapto(C₁-C₂₀)alkyl, mercapto(C₂-C₂₀)alkenyl, cyano(C₁-C₂₀)alkyl, cyano(C₂-C₂₀)alkenyl, acryloxy, methacryloxy, or halogen. The halo or halogen substituents may be bromo, chloro, or fluoro. Preferably, R¹ is a C₁-C₁₀ alkyl, C₁-C₁₀ haloalkyl, C₂-C₁₀ alkenyl, phenyl, phenyl(C₁-C₁₀)alkyl, C₁-C₁₀ alkylphenyl, glycidoxy(C₁-C₁₀)alkyl,

WO 01/95017

PCT/US01/18637

epoxycyclohexyl(C₁-C₁₀)alkyl, morpholino, amino(C₁-C₁₀) alkyl, amino(C₂-C₁₀) alkenyl, mercapto(C₁-C₁₀)alkyl, mercapto(C₂-C₁₀) alkenyl, cyano(C₁-C₁₀) alkyl, cyano(C₂-C₁₀)alkenyl, or halogen and the halo or halogen is chloro or fluoro. X may be hydrogen, halogen, hydroxy, C₁-C₃ alkoxy, (C₁-C₃)alkoxy(C₁-C₃)alkoxy, C₁-C₄ acyloxy, phenoxy, C₁-C₃ alkylphenoxy, or C₁-C₃ alkoxyphenoxy, said halo or halogen being bromo, chloro or fluoro; m is an integer from 0 to 3. The first coating composition may include up to about 5% by weight of a silane monomer.

Examples of silane monomers include, but are not limited to glycidoxymethyltriethoxysilane, α -glycidoxyethyltrimethoxysilane, α -glycidoxyethyltriethoxysilane, β -glycidoxyethyltrimethoxysilane, β -glycidoxyethyltriethoxysilane, α -glycidoxypropyltrimethoxysilane, α -glycidoxypropyltriethoxysilane, β -glycidoxypropyltrimethoxysilane, β -glycidoxypropyltriethoxysilane, γ -glycidoxypropyltrimethoxysilane, γ -glycidoxypropyltriethoxysilane, γ -glycidoxypropyldimethoxysilane, γ -glycidoxypropyldimethylethoxysilane, methyltrimethoxysilane, methyltriethoxysilane, methyltrimethoxyethoxysilane, methyltriacetoxysilane, methyltripropoxysilane, methyltributoxysilane, ethyltrimethoxysilane, ethyltriethoxysilane, γ -methacryloxypropyltrimethoxysilane, γ -aminopropyltrimethoxysilane, γ -aminopropyltriethoxysilane, γ -mercaptoethyltrimethoxysilane, chloromethyltrimethoxysilane, chloromethyltriethoxysilane, dimethyldiethoxysilane, γ -chloropropylmethyldiethoxysilane, tetramethylorthosilicate, tetraethylorthosilicate, hydrolyzates of such silane monomers, and mixtures of such silane monomers and hydrolyzates thereof.

Silane monomers, along with colloidal silica, may form low index of refraction silicon-based coatings. In some instances, silane monomers and colloidal silica may be used to form a single layer low index of refraction coating layer on a lens. The use of silicon monomers and colloidal silica, however, tends to produce silicon-based coatings that have poor adhesion to the underlying substrate. The addition of a metal alkoxide to a composition that also contains a silane monomer or colloidal silica may improve the adhesion of the layer. In another embodiment, the adhesion of a silicon-based coating may be improved by the formation of a multi-layer stack. The stack may include a first coating layer which is formed from a metal alkoxide. A second layer may be formed upon the first layer, the second layer being formed from a silane monomer or colloidal silicon. The metal alkoxide based first layer acts as an adhesion layer that helps keep the stack bound to the underlying lens.

In addition the silane monomers and colloidal silica may be mixed with metal alkoxides to alter the index of refraction of the coating composition. Typically, a mixture of a silane monomer with a metal alkoxide when cured onto a lens, will have a lower index of refraction than a coating formed from a metal alkoxide.

In some embodiments, one or more ethylenically substituted monomers may be added to the first composition. The ethylenically substituted group of monomers include, but are not limited to, C₁-C₂₀ alkyl acrylates, C₁-C₂₀ alkyl methacrylates, C₂-C₂₀ alkenyl acrylates, C₂-C₂₀ alkenyl methacrylates, C₃-C₆ cycloalkyl acrylates, C₃-C₆ cycloalkyl methacrylates, phenyl acrylates, phenyl methacrylates, phenyl(C₁-C₃)alkyl acrylates, phenyl(C₁-C₃)alkyl methacrylates, substituted phenyl (C₁-C₄)alkyl acrylates, substituted phenyl(C₁-C₃)alkyl methacrylates, phenoxy(C₁-C₃)alkyl acrylates, phenoxy(C₁-C₃)alkyl methacrylates, substituted phenoxy(C₁-C₃)alkyl acrylates, substituted phenoxy(C₁-C₃)alkyl methacrylates, C₁-C₄ alkoxy(C₂-C₄)alkyl acrylates, C₁-C₄ alkoxy (C₂-C₄)alkyl methacrylates, C₁-C₄ alkoxy(C₁-C₄)alkoxy(C₂-C₄)alkyl acrylates, C₁-C₄ alkoxy(C₁-C₄)alkoxy(C₂-C₄)alkyl methacrylates, C₂-C₄ oxiranyl acrylates, C₂-C₄ oxiranyl methacrylates, copolymerizable di-, tri- or tetra- acrylate monomers, copolymerizable di-, tri-, or tetra- methacrylate monomers. The first composition may include up to about 5% by weight of an ethylenically substituted monomer.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Examples of such monomers include methyl methacrylate, ethyl methacrylate, propyl methacrylate, isopropyl methacrylate, butyl methacrylate, isobutyl methacrylate, hexyl methacrylate, 2-ethylhexyl methacrylate, nonyl methacrylate, lauryl methacrylate, stearyl methacrylate, isodecyl methacrylate, ethyl acrylate, methyl acrylate, propyl acrylate, isopropyl acrylate, butyl acrylate, isobutyl acrylate, hexyl acrylate, 2-ethylhexyl acrylate, 5 nonyl acrylate, lauryl acrylate, stearyl acrylate, isodecyl acrylate, ethylene methacrylate, propylene methacrylate, isopropylene methacrylate, butane methacrylate, isobutylene methacrylate, hexene methacrylate, 2-ethylhexene methacrylate, nonene methacrylate, isodecene methacrylate, ethylene acrylate, propylene acrylate, isopropylene, hexene acrylate, 2-ethylhexene acrylate, nonene acrylate, isodecene acrylate, cyclopentyl methacrylate, 4-methyl cyclohexyl acrylate, benzyl methacrylate, o-bromobenzyl methacrylate, phenyl methacrylate, nonylphenyl 10 methacrylate, benzyl acrylate, o-bromobenzyl phenyl acrylate, nonylphenyl acrylate, phenethyl methacrylate, phenoxy methacrylate, phenylpropyl methacrylate, nonylphenylethyl methacrylate, phenethyl acrylate, phenoxy acrylate, phenylpropyl acrylate, nonylphenylethyl acrylate, 2-ethoxyethoxymethyl acrylate, ethoxyethoxyethyl methacrylate, 2-ethoxyethoxymethyl acrylate, ethoxyethoxyethyl acrylate, glycidyl methacrylate, glycidyl acrylate, 2,3-epoxybutyl methacrylate, 2,3-epoxybutyl acrylate, 3,4-epoxybutyl acrylate, 3,4-epoxybutyl methacrylate, 2,3- 15 epoxypropyl methacrylate, 2,3-epoxypropyl acrylate 2-methoxyethyl methacrylate, 2-ethoxyethyl methacrylate, 2-butoxyethyl methacrylate, 2-methoxyethyl acrylate, 2-ethoxyethyl acrylate, 2-butoxyethyl acrylate, tetrahydrofurfuryl acrylate, tetrahydrofurfuryl methacrylate, ethoxylated bisphenol-A-dimethacrylate, ethylene glycol diacrylate, 1,2-propane diol diacrylate, 1,3-propane diol diacrylate, 1,2-propane diol dimethacrylate, 1,3-propane diol dimethacrylate, 1,4-butane diol diacrylate, 1,3-butane diol dimethacrylate, 1,4-butane diol 20 dimethacrylate, 1,5-pentane diol diacrylate, 2,5-dimethyl-1,6-hexane diol dimethacrylate, diethylene glycol diacrylate, diethylene glycol dimethacrylate, trimethylolpropane trimethacrylate, tetraethylene glycol diacrylate, tetraethylene glycol dimethacrylate, dipropylene glycol dimethacrylate, trimethylolpropane triacrylate, glycerol triacrylate, glycerol trimethacrylate, pentaerythritol triacrylate, pentaerythritol dimethacrylate, pentaerythritol tetracrylate, pentaerythritol tetramethacrylate.

25 The first composition may also include amines. Examples of amines suitable for incorporation into an antireflective coating composition include tertiary amines and acrylated amines. The presence of an amine tends to stabilize the antireflective coating composition. The antireflective coating composition may be prepared and stored prior to using. In some embodiments, the antireflective coating composition may slowly gel due to the interaction of the various components in the composition. The addition of amines tends to slow down the rate of 30 gelation without significantly affecting the antireflective properties of subsequently formed coatings. The first composition may include up to about 5% by weight of amines.

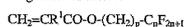
The first composition may also include colloidal silica. Colloidal silica is a suspension of silica particles in a solvent. The silica particles may have a particle size of about 1 nanometer to about 100 nanometers in diameter. Amorphous silica particles may be dispersed in water, a polar solvent, or combinations of water and a 35 polar solvent. Some polar solvents that may be used include, but are not limited to methanol, ethanol, isopropanol, butanol, ethylene glycol, and mixtures of these solvents. One example of colloidal silica is commercially available from Nissan Chemical Houston Corp., Houston, TX, and sold under the trade name Snowtex. The first composition may include up to about 5% by weight of colloidal silica.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The first composition may also include a photoinitiator and/or a co-initiator. Examples of photoinitiators and co-initiators have been previously described. Up to about 1% by weight of the first coating composition may include a photoinitiator or a combination of a photoinitiator and a co-initiator.

The first composition may also include a fluorinated ethylenically substituted monomer. Fluorinated ethylenically substituted monomers have the general structure:



Where R^1 is H or $-\text{CH}_3$; p is 1 or 2; and n is an integer from 1 to 40. Examples of fluorinated ethylenically substituted monomer include, but are not limited to, trihydroperfluoroheptyl acrylate and trihydroperfluoroheptyl acrylate.

The addition of a fluorinated ethylenically substituted monomer to a composition to be applied to a plastic lens may increase the hydrophobicity of the coating. Hydrophobicity refers to the ability of a substrate to repel water. The addition of a fluorinated ethylenically substituted monomer to the composition may increase the ability of the coated substrate to resist degradation due to exposure to water.

The first composition may be applied to one or both surfaces of a plastic lens. The antireflective coating composition may be applied using a coating unit such as the one described previously. The antireflective coating composition may be applied to the eyeglass lens as the lens is rotated within the coating unit. The plastic lens may be rotated at speeds up to about 2000 rpm as the first composition is added to the plastic lens. Less than 1 mL of the antireflective coating composition may be applied to the eyeglass lens. More than 1 ml may also be applied, however, this amount may be excessive and much of the antireflective coating composition may be flung from the surface of the lens.

The thickness of the applied antireflective coating composition may also depend on the speed of rotation of the eyeglass lens, the viscosity of the antireflective coating composition, the amount of composition added to the eyeglass lens, and the volatility of the solvent used to dissolve the components of the composition. As an antireflective coating composition is added to a rotating eyeglass lens, the antireflective coating is spread evenly across the surface of the eyeglass lens. The solvent used to dissolve the components of the antireflective coating composition may evaporate as the composition is applied to the eyeglass lens surface, leaving a thin film of the antireflective coating components. As additional antireflective coating material is added, the thickness of the antireflective coating layer will gradually be increased. The rate at which the thickness increases is related to the speed of rotation of the eyeglass lens, the viscosity of the antireflective coating composition, and the volatility of the solvent used to form the composition.

When the composition is applied to a surface of the lens by a human operator, the thickness of the first coating composition may vary due to the operators inability to consistently add the composition to the lens at the same rate each time. To overcome this variability, the composition may be added to the plastic lens with an automated dispensing system. The automated dispensing system may include a syringe for holding the composition and a controller drive system for automatically moving the plunger of the syringe. Such systems are commercially available as syringe pumps. A syringe pump may be coupled to a syringe that includes the composition to be added to the lens. The syringe pump may be configured to dispense the composition at a preselected rate. In this manner the rate at which the composition is added to the surface may be accurately controlled. In another embodiment, the dispenser system may include a conveyor for drawing the syringe and syringe pump across the surface of the lens. As the composition is dispensed by the syringe, the conveyor system

WO 01/95017

PCT/US01/18637

may draw the syringe across the surface of the lens. In this manner the rate of application and the distribution path of the composition may be performed in a consistent manner

5 Assuming a constant speed of rotation of the eyeglass and a constant dispensing rate, as the viscosity of the antireflective coating composition is increased, the rate at which the thickness of the applied antireflective coating composition increases may increase. Alternatively, the rate at which the thickness of the antireflective coating composition increases may be altered by adjusting the rotation speed of the eyeglass lens. Assuming a constant viscosity of the antireflective coating composition, as the rotational speed of the eyeglass lens is increased, less of the antireflective coating composition will remain on the eyeglass lens as the composition is applied. By slowing down the rotational speed of the eyeglass lens, the thickness of the antireflective coating layer
10 may be increased.

Alternatively, the viscosity of the first composition may be changed by altering the amount of metal alkoxide and other components present in the first composition. For example, a first composition that includes a metal alkoxide at a concentration of about 5% by weight, will have a greater viscosity than a composition that has a metal alkoxide concentration of about 2.5%. The more viscous composition will leave a thicker film on the
15 surface of the lens than the less viscous composition. When the composition is cured a thicker first coating layer may be obtained. The viscosity may also be altered by changing the organic solvent that the metal alkoxide is dissolved or suspended in. Each solvent may have an inherent viscosity that may affect the overall viscosity of the first composition. By changing the solvent this inherent viscosity may be altered, thus altering the viscosity of the overall composition.

20 As an antireflective coating composition is added to a rotating eyeglass lens, the antireflective coating is spread evenly across the surface of the eyeglass lens. If a solvent used to dissolve the components of the antireflective coating composition has a relatively low boiling point (e.g., below about 80 °C) the solvent will evaporate and allow the more viscous components of the antireflective coating composition (e.g., the silane, organic monomers, metal alkoxide, etc.) to form a coating on the lens. As more composition is added to the
25 eyeglass lens, the thickness of the antireflective coating may increase. By changing solvent used in the antireflective coating composition to a more volatile solvent, the rate at which the thickness of the antireflective coating grows may increase. Generally, a low boiling point solvent will give a thicker coating layer than a higher boiling point solvent.

In general, the ability to control the thickness of the applied first composition may be important for
30 achieving antireflective properties. In some embodiments, a low viscosity and/or low concentration composition may be used to form the first coating layer. Such compositions may form relatively thin films on the surface of the plastic lens. In some embodiments, the thickness of the formed film may be too thin for the desired application. In an alternate procedure, the first coating layer may be formed by repeatedly applying the first composition to the plastic lens and curing the deposited composition. Each iteration of this process will create a thicker first coating
35 layer. When the first coating layer reaches a preselected thickness the procedure may be stopped and the second coating layer may be formed.

After applying the first composition to the plastic lens, the first composition may be cured to form the first coating layer. Curing of the first composition may be accomplished by a variety of methods. In one embodiment, the first composition may be cured by spinning the lens until the composition forms a gel.
40 Alternatively, the composition may be allowed to sit at room temperature for a time sufficient to allow the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

composition to gel. The gelled composition has a higher index of refraction than the underlying plastic lens, and may therefore serve as the first coating layer. Additionally, at least a portion of the gelled composition may be sufficiently adhered to the plastic lens such that a portion of the gelled composition may remain on the lens during the application of the second composition, thus providing antireflective properties to the lens subsequent to formation of the second coating layer.

Alternatively, the first composition may be cured by the application of heat to the composition. After the first composition is deposited on the lens and spin dried, the first composition may be in a gelled state. The gelled composition may be heated for a period of about 1-10 minutes at a temperature in the range from about 40 °C to about 120 °C, preferably about 100 °C. Heating of the gelled composition in this manner may cause the composition to be converted from a gelled state to a hardened state. The heat cured first coating layer may exhibit good adhesion to the underlying lens. In some cases, however, the flow characteristics of the second composition when applied to a heat cured first composition may exhibit a non-uniform distribution across the surface of the cured first composition. Furthermore, the first coating layer may have an index of refraction that is greater than the index of refraction of the plastic lens.

In another embodiment, the first composition may be cured by the application of ultraviolet light. As described above, the first composition is applied to the lens and dried to form a gelled composition. The gelled composition may be treated with ultraviolet light for a time sufficient to convert the gelled composition to a hardened state. In some embodiments, the gelled composition is treated with ultraviolet light for a time of about 60 seconds or less. In one embodiment, the ultraviolet light source may be a germicidal lamp, as described above in the spin coating unit (See Figs. 2 and 3). It should be noted that germicidal lamps produce no significant heat energy. Thus, it is believed that the accelerated curing of the first composition is due to the presence of the ultraviolet light, rather than from any heat produced by the lamps. Advantageously, it has been found that the use of ultraviolet light to cure the first composition may provide a surface that allows a uniform distribution of a subsequently applied composition. In comparison, the use of heating to cure the first composition may provide a surface that causes a subsequently applied composition to be unevenly dispersed. Thus the use of ultraviolet light may offer an advantage over heat curing with regard to forming multilayer antireflective coatings.

It is believed that the ultraviolet light accelerates the condensation reaction of the metal alkoxide. The ultraviolet light may interact with the metal alkoxide and excite the electrons of the metal alkoxide, which in turn may accelerate the polymerization of the metal alkoxide. It is believed that most metal alkoxides have a strong absorbance in the ultraviolet region, specifically at wavelengths below about 300 nm. For example, titanium isopropoxide has a maximum absorbance at 254 nm. In some embodiments, the application of ultraviolet light to the metal alkoxide may be directed toward the coated surface rather than through the substrate. Many visible light transmitting media e.g., borosilicate glasses and plastics, may not allow sufficient amounts of light to pass through to the coating composition at the appropriate wavelength.

After the first coating layer has been applied and cured, a second coating layer may be formed upon the first coating layer. The second coating layer may be formed by applying a second composition to the exposed surface of the first coating layer. In some embodiments, the second coating layer, after curing, is composed of a material that has an index of refraction that is substantially less than the first coating layer.

The second composition, in an embodiment, may be composed of an initiator and an ethylenically substituted monomer. The ethylenically substituted monomers that may be used have been described previously.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The initiator may be a photoinitiator, such as was described earlier. Alternatively, the initiator may be a metal alkoxide. It is believed that both photoinitiators and metal alkoxides interact with ultraviolet light and this interaction causes the initiation of polymerization of the ethylenically substituted monomer. The second composition may be applied to the first coating layer in a manner similar to those described earlier. The second composition may include other monomers such as silane monomers, colloidal silica, coinitiators, and fluorinated ethylenically substituted monomer.

The combination of a second low index of refraction coating layer formed upon a first high index of refraction coating material may provide improved light transmission through the underlying substrate. The use of metal alkoxides in one or both layers tends to improve the adhesion of the coating material to the underlying substrate.

Antireflective coatings are thin films that are formed upon the surface of the eyeglass lens. Such films have an optical thickness that is herein defined as the index of refraction of the film times the mechanical thickness of the film. The most effective films typically have an optical thickness that is a fraction of a wavelength of incident light. Typically the optical thickness is one-quarter to one-half the wavelength. Thus for visible light (having a wavelength approximately between 400 nm and 700 nm) an ideal antireflective coating layer should have a thickness between about 100 and 200 nm. Thicknesses that are less than 100 nm or greater than 200 nm may also be used, although such thickness may not provide an optimal transmittance. In the embodiments cited herein, the combined optical thickness of the coating material may be up to about 1000 nm, more particularly up to about 500 nm.

The ideal thickness of an antireflective coating should be about one-quarter the wavelength of the incident light. For light entering the film at normal incidence, the wave reflected from the second surface of the film will be exactly one-half wavelength out of phase with the light reflected from the first surface, resulting in destructive interference. If the amount of light reflected from each surface is the same, a complete cancellation will occur and no light will be reflected. This is the basis of the "quarter-wave" low-reflectance coatings which are used to increase transmission of optical components. Such coatings also tend to eliminate ghost images as well as the stray reflected light.

Because visible light includes a range of wavelengths from about 400 nm to about 700nm, a quarter-wave coating will only be optimized for one wavelength of light. For the other wavelengths of light the antireflective coating may be either too thick or too thin. Thus, more of the light having these wavelengths may be reflected. For example, an antireflective coating that is designed for interior lights (e.g., yellow light) will have a minimum reflectance for yellow light, while the reflectance for blue or red light will be significantly higher. This is believed to be the cause of the characteristic purple color of single layer low-reflectance coatings for many camera and video lenses. In one embodiment, the thickness of the antireflective coating layers of an eyeglass lens may be varied or the indices of refraction may be altered to produce lenses which have different visible light reflective characteristics. Both of these variations will alter the optical thickness of the coating layers and change the optimal effective wavelength of light that is transmitted. As the optical thickness of the coating layers is altered the reflected color of the lens will also be altered. In an iterative manner, the optimal reflected color of the eyeglass lens may be controlled by the manufacturer.

While two layer antireflective coatings have been described, it should be understood that multi-layer systems that include more than two layers may also be used. In a two-layer system, a substrate is coated with a

WO 01/95017

PCT/US01/18637

high index of refraction layer. The high index of refraction layer is then coated with a low index of refraction layer. In an embodiment, a third high index of refraction (e.g., at least higher than the underlying second coating layer) may be formed on the second coating layer. A fourth low index of refraction layer (e.g., at least lower than the index of refraction of the third coating layer) may also be formed. The four layer stack may exhibit
5 antireflective properties. The four layer stack may have an optical thickness of less than about 1000 nm, and more particularly less than about 500 nm. Additional layers may be formed upon the stack in a similar manner with the layers alternating between high and low index of refraction materials.

In another embodiment, the second coating layer may be formed as a combination of two chemically distinct compositions. The second coating layer may be formed by forming a silicon layer upon the first coating
10 layer. The silicon layer may be formed from colloidal silica or a silane monomer. The silicon layer is applied to the first coating layer and at least partially cured. The silicon layer may be cured by drying, heating, or the application of ultraviolet light.

To complete formation of the second coating layer, a second composition is deposited onto the silicon layer. The second composition may include an ethylenically substituted monomer and an initiator. The
15 ethylenically substituted monomers that may be used have been described previously. The initiator may be a photoinitiator, such as was described earlier. Alternatively, the initiator may be a metal alkoxide. The second composition may be applied to the silicon layer in a manner similar to those described earlier. The second composition may include other monomers such as silane monomers, colloidal silica, coinitiators, and fluorinated ethylenically substituted monomers. The second composition may be cured by the application of ultraviolet light.

The silicon layer, when partially cured or fully cured, tends to exhibit a porous structure. It is believed
20 that the addition of the second composition to a substantially porous silicon layer may allow better chemical interaction between the second composition and the silicon layer. In general, good antireflective properties are seen when a silicon layer is placed upon a first coating layer, when the first coating layer includes a metal alkoxide. The silicon layer, however, may exhibit poor adhesion to a metal alkoxide containing underlying layer.
25 The adhesion of the silicon layer may be improved by the addition of a metal alkoxide to the composition used to form the silicon layer. Silicon containing compositions, such as compositions that include colloidal silica or silane monomers, tend to be unstable in the presence of a metal alkoxide. Generally, it was observed that the mixture of silicon containing compounds with metal alkoxides produces a cloudy composition, and in some cases gelation, prior to the application of the composition to the first coating layer. Such gelation tends to increase the haze
30 observed in the coated lens. The reactivity of metal alkoxides with silicon containing compositions tends to reduce the shelf life of such compositions, making it difficult to store the composition for extended periods of time.

By separating the metal alkoxide from the silicon containing compositions and applying the compositions
35 in a sequential manner, many of the above-described problems may be reduced. It is believed that the addition of a metal alkoxide containing composition to an at least partially cured silicon layer, causes the second composition to interact with the underlying silicon composition such that a composite layer is formed. This composite layer may exhibit properties that are similar to the properties found for single layers formed from compositions that include silicon compounds and metal alkoxides. Since the silicon containing composition and metal alkoxide containing compounds are applied at different times, the compositions may be stored separately, effectively
40 overcoming the shelf life problems.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

In one embodiment, a hardcoat composition may be applied to the plastic lens prior to the application of the antireflective coating stack. Curing of the hardcoat composition may create a protective layer on the outer surface of the plastic lens. Typically, hardcoat compositions are formed from acrylate polymers that, when cured, may be resistant to abrasive forces and also may provide additional adhesion for the antireflective coating material to the plastic lens.

In another embodiment, a hydrophobic coating may be placed onto the antireflective coating. Hydrophobic coatings may include fluorinated ethylenically substituted monomers. Curing of the hydrophobic coating may create a water protective layer on the outer surface of the antireflective coating. The hydrophobic layer may help prevent degradation of the lens due to the interaction of atmospheric water with the lens.

In the above described procedures, the antireflective coating may be formed onto a preformed lens. Such a method may be referred to as an out-of-mold process. An alternative to this out-of-mold process is an in-mold process for forming antireflective coatings. The "in-mold" process involves forming an antireflective coating over an eyeglass lens by placing a liquid lens forming composition in a coated mold and subsequently curing the lens forming composition. The in-mold method is advantageous to "out-of-mold" methods since the in-mold method exhibits less occurrences of coating defects manifested as irregularities on the anterior surface of the coating. Using the in-mold method produces an antireflective coating that replicates the topography and smoothness of the mold casting face.

The application of an antireflective coating to a plastic lens requires that the first and second coating layers (or more if a multi layer stack is used) be formed onto the mold. In particular, the second coating layer is placed onto the mold prior to forming the first coating layer. In this manner the stack is built backwards. The top of the stack on the casting surface of the mold may be the first coating layer which is to contact the underlying lens in the in-mold process.

In an embodiment, a second coating layer may be formed by applying a second composition upon a casting surface of a mold and curing the second composition. The second composition, in an embodiment, includes a photoinitiator and an ethylenically substituted monomer. The ethylenically substituted monomers that may be used have been described previously. The initiator may be a photoinitiator, such as was described earlier. The second composition may include other additives such as cointitiators and fluorinated ethylenically substituted monomer. The second composition may, in some embodiments, be substantially free of metal alkoxides. It is believed that metal alkoxides disposed within a composition may interact with the glass and inhibit the removal of the lens from the molds. The second monomers and other additives of the second composition may be dissolved or suspended in an organic solvent. The organic solvent may be used to aid in the application of the monomer to the mold surface.

To apply the second composition to the mold member, the mold member may be spun so that the second composition becomes distributed over the casting face. The mold member is preferably rotated about a substantially vertical axis at a speed up to about 2000 revolutions per minute, preferably at about 850 revolutions per minute. Further, a dispensing device may be used to direct the composition onto the casting face while the mold member is spinning. The dispensing device may move from the center of the mold member to an edge of the mold member.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

After applying the second composition to the mold member, ultraviolet light may be directed at the mold member to cure at least a portion of the second composition. The ultraviolet light may be directed toward either surface (i.e., the casting or non-casting faces) of the mold to cure the second composition.

5 After the second composition is at least partially cured, a first coating layer may be formed on the second composition by applying a first composition to the second composition. The first composition may include a metal alkoxide. The first composition may also include other additives such as photoinitiators, coinitiators, silane monomers, colloidal silica, ethylenically substituted monomers, and fluorinated ethylenically substituted monomers. The metal alkoxide and other additives may be dissolved in an organic solvent. All of these compounds have been described previously.

10 The first composition may be cured by a variety of methods. In one embodiment, the first composition may be cured by spinning the lens until the composition forms a gel. Alternatively, the composition may be allowed to sit at room temperature for a time sufficient to allow the composition to gel. In another embodiment, the first composition may be cured by the application of heat to the composition. After the first composition is deposited on the lens and spin dried, the first composition may be in a gelled state. The gelled composition may
15 be heated for a period of about 1-10 minutes at a temperature in the range from about 40 °C to about 120 °C. Heating of the gelled composition in this matter may cause the composition to be converted from a gelled state to a hardened state. In another embodiment, the first composition may be cured by the application of ultraviolet light. As described above, the first composition is applied to the lens and dried to form a gelled composition. The gelled composition may be treated with ultraviolet light for a time sufficient to convert the gelled composition to a
20 hardened state. In some embodiments, the gelled composition is treated with ultraviolet light for a time of about .60 seconds or less. In one embodiment, the ultraviolet light source may be a germicidal lamp.

After the formation of the first and second coating layers on the casting surface of the mold member, the mold member may be assembled with a second mold member by positioning a gasket between the members to seal them. The second mold member may also include an antireflective coating on the second molds casting surface.
25 The antireflective coating on the second mold may have an identical composition as the antireflective coating on the first mold. Alternatively, the antireflective coatings may have different compositions. The combination of the two molds and gasket form a mold assembly having a cavity defined by the two mold members. The casting surfaces, and therefore the antireflective coatings, may be disposed on the surface of the formed mold cavity.

After the mold assembly has been constructed, a lens forming composition may be disposed within the
30 mold assembly. An edge of the gasket may be displaced to insert the lens forming composition into the mold cavity. Alternatively, the gasket may include a fill port that will allow the introduction of the lens forming composition without having to displace the gasket. This lens forming composition includes a photoinitiator and a monomer that may be cured using ultraviolet light. Examples of lens forming compositions that may be used include, but are not limited to, OMB-99 and PhasesII monomers, as described above. When disposed within the
35 mold cavity, the lens forming composition, in some embodiments, is in contact with the antireflective coating formed on the casting surfaces of the molds.

In some embodiments, an adhesion coating layer may be formed on the partially cured first composition. The coating adhesion layer may be formed from an adhesion composition that is applied to the first coating layer and cured. The adhesion composition may include an ethylenically substituted monomer and a photoinitiator. It is
40 believed that curing of the first composition may reduce the adhesion of the first coating layer to a subsequently

WO 01/95017

PCT/US01/18637

formed plastic lens. The adhesion coating layer may therefore improve the adhesion between the first coating composition and the subsequently formed lens. The adhesion layer composition, in some embodiments, includes monomers similar to the monomers included in the lens forming composition. This may improve the adhesion between the adhesion layer and a lens formed from the lens forming composition. The adhesion layer may have an index of refraction that is similar, or less than, the index of refraction of the formed lens. Thus, the adhesion layer may have little, if any, effect on the antireflective properties of the first and second coating layers.

While two layer antireflective coatings have been described for an in-mold process, it should be understood that multi-layer systems that include more than two layers may also be used. In a two layer system, a mold is coated with a low index of refraction layer. The low index of refraction layer is then coated with a high index of refraction layer. In an embodiment, a third low index of refraction layer (e.g., at least lower than the underlying first coating layer) may be formed on the first coating layer. A fourth high index of refraction layer (e.g., at least higher than the index of refraction of the third coating layer) may also be formed. The four layer stack may exhibit antireflective properties. The four layer stack may have an optical thickness of less than about 1000 nm, and more particularly less than about 500 nm. Additional layers may be formed upon the stack in a similar manner with the layers alternating between high and low index of refraction materials.

In another embodiment, the second coating layer may be formed as a combination of two chemically distinct compositions. The second coating layer may be formed by forming an organic containing layer upon the casting surface of the mold. The organic containing layer includes an ethylenically substituted monomer and an initiator. The ethylenically substituted monomers that may be used have been described previously. The initiator may be a photoinitiator, such as was described earlier. Alternatively, the initiator may be a metal alkoxide. The organic containing layer may be applied to the casting surface in a manner similar to those described earlier. The organic containing layer may include other monomers such as silane monomers, colloidal silica, cointiators, and fluorinated ethylenically substituted monomers. The organic containing layer may be cured by the application of ultraviolet light.

The second coating layer may be completed by applying a silicon layer upon the organic containing layer. The silicon layer may be formed from colloidal silica or a silane monomer. The silicon layer is applied to the organic containing layer and at least partially cured. The silicon layer may be cured by drying, heating, or the application of ultraviolet light.

Additional coating materials may be placed onto the antireflective coating. In one embodiment, a hardcoat composition may be applied to the antireflective coating formed on the casting surface of a mold. Curing of the hardcoat composition may create a protective layer on the outer surface of a subsequently formed plastic eyeglass lens. Typically hardcoat compositions are formed from acrylate polymers that, when cured, are resistant to abrasive forces. The subsequently formed hardcoat layer may help to prevent abrasions to the plastic lens. Other coatings that may be formed include hydrophobic coatings and tinted coatings. Such coatings may be formed on the casting surface of the mold, prior to the formation of the antireflective coatings. These coatings, in some embodiments, may allow the formed lens to be removed more easily from the mold assembly. As discussed above, the antireflective coatings may adhere to the molds, making removal of the lens from the mold assembly difficult. The use of hydrophobic coatings may reduce the adhesion between the mold assemblies and the antireflective coating layer.

40

WO 01/95017

PCT/US01/18637

EXAMPLES

A plastic eyeglass lens was made according to the process described above from the OMB-99 monomer solution. The lens was then coated with two antireflective coating compositions. In all of the examples, the following abbreviations are used:

- 5 "AC" is acetone, commercially available from Aldrich;
 "AA" is an acrylic amine commercially available as CN384 from Sartomer;
 "Al" is aluminum tri-sec-butoxide (98%) commercially available from Avocado;
 "AS" is 3-aminopropyltrimethoxysilane (97%) commercially available from Aldrich;
 "BDK", "BDM", and "BDMK" are Photomer 51 and 2,2-dimethoxy-2-phenylacetophenone commercially
 10 available from Henkel;
 "BYK300" is a solution of polyether modified dimethylpolysiloxane copolymer commercially available from
 BYK Chemie;
 "CD1012" is diaryl iodonium hexafluoroantimonate commercially available from Sartomer;
 "CD540" is ethoxylated bisphenol A dimethacrylate commercially available from Sartomer;
 15 "CN124" is epoxy acrylate commercially available from Sartomer;
 "Cynox 1790" is tris(4-t-butyl-3-hydroxy-2,6-dimethylbenzyl)-s-triazine-2,4,6-(1H,3H,5H)-trione commercially
 available from Sartomer;
 "D1173" is 2-hydroxy-2-methyl-1-phenyl-propan-1-one (HMPP) commercially available from Ciba;
 "DC193" is a surfactant commercially available from Dow Corning;
 20 "ECHMCHC" is 3,4-epoxycyclohexylmethyl-3,4-epoxycyclohexane carboxylate;
 "Eosin" is the dye Eosin Y commercially available from Aldrich;
 "EtOH" is ethanol, commercially available from Fisher;
 "FC40" and "FC430" are surfactants commercially available from 3M;
 "FC-171" is a fluorochemical surfactant commercially available from 3M;
 25 "FC-725" also known as FLUORAD, a fluorochemical surfactant commercially available from 3M;
 "GPTMS" is 3-glycidoxypropyltrimethoxysilane commercially available from Aldrich;
 "HC-8" is a hard coat forming composition commercially available from Fastcast Co. and includes a mixture of
 SR399, SR601, Irg184, and MP;
 "HC8558" is commercially available from GE;
 30 "HC-900" is commercially available from Coburn Optical Industries;
 "HEMA" is hydroxyethyl methacrylate commercially available from Coburn Optical Industries;
 "HR-200" is a hydrophobic coating commercially available from Group Couget;
 "IPA" is isopropyl alcohol commercially available from Fisher;
 "Irg 184" is Irgacure 184 or 1-Hydroxycyclohexyl phenyl ketone commercially available from Ciba;
 35 "Irg 261" is Irgacure 261 or iron (.eta.5-2,4-cyclopentadien-1-yl)[1,2,3,4,5,6-.eta.]- (1-methylethyl)benzene]-
 hexafluorophosphate) commercially available from Ciba;
 "Irg 819" is Irgacure 819 or Phosphine oxide, phenylbis(2,4,6-trimethyl benzoyl) commercially available from
 Ciba;
 "MP" is 1-methoxy-2-propanol commercially available from Arcos;
 40 "Nalco S12326" is a colloidal silica commercially available from Nalco Chemical Company;

WO 01/95017

PCT/US01/18637

- "NNDMEA" is N,N-dimethylethanolamine commercially available from Aldrich;
 "PerenoS-5" is a modified polysiloxane commercially available from Henkel;
 "PFOA" is 1H,1H-perfluorooctyl acrylate commercially available from Lancaster;
 "PFOFCS" is 1H,1H,2H,2H-perfluorooctyltrichlorosilane commercially available from Lancaster;
 5 "PFOOMA" is perfluorooctyl methacrylate commercially available from Lancaster;
 "Q4DC" is an organic functional silicone fluid commercially available from Dow Corning;
 "SI" is MA-ST-S (30% colloidal silica in 70% methanol) commercially available from Nissan Chemical;
 "SR123" is an acrylate monomer commercially available from Sartomer;
 "SR306" is tripropylene glycol diacrylate commercially available from Sartomer;
 10 "SR313" is lauryl methacrylate commercially available from Sartomer;
 "SR368" is tris(2-hydroxy ethyl) isocyanurate triacrylate commercially available from Sartomer;
 "SR399" is dipentacrythritol tetraacrylate commercially available from Sartomer;
 "SR423" is isobornyl methacrylate commercially available from Sartomer;
 "SR444" is Pentaerythritol triacrylate commercially available from Sartomer;
 15 "SR640" is tetrabromo bisphenol A diacrylate commercially available from Sartomer;
 "SR9003" is propoxylated neopentyl glycol diacrylate commercially available from Sartomer;
 "T770" is bis(2,2,6,6-tetramethyl-4-piperidinyl) sebacate commercially available from Ciba;
 "TEA" is triethylamine commercially available from Aldrich;
 "TFEMA" is trifluoroethyl methacrylate commercially available from Cornelius Chemical;
 20 "Ti" is titanium (IV) isopropoxide commercially available from Aldrich;
 "Ti-Bu" is titanium (IV) butoxide commercially available from Aldrich;
 "TMSPMA" is 3-(trimethoxysilyl)propyl methacrylate commercially available from Aldrich;
 "TPB" is thermoplast blue 684;
 "TPR" is thermoplast red 454;
 25 "TX-100" is a surfactant commercially available from Aldrich;
 "ZelecUN" is a lubricant commercially available from Stepan; and
 "Zr" is zirconium (IV) propoxide commercially available from Aldrich.

In Table 1, Layer 1 refers to the first antireflective coating layer, Layer 2 refers to the second antireflective coating layer. Solutions of each of the components were prepared and used to form the antireflective coatings. For all of the compositions listed in Table 1, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

The plastic eyeglass lens was coated using two different coating compositions. The "Layer 1" composition was added to a surface of the eyeglass lens and the eyeglass lens was rotated on a lens spin-coating apparatus. After the LI composition was spread onto the eyeglass lens surface the solvent was allowed to substantially evaporate and the remaining composition was subjected to ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit for about 60 seconds. In some instances, more or less UV light was applied. Alternate times are noted in parenthesis. The "Layer 2" composition was added to the eyeglass lens after the Layer 1 composition was cured. The eyeglass lens was spun on a lens spin-coating apparatus until the solvent was substantially evaporated. Layer 2 was then cured by the application of ultraviolet light from the germicidal

WO 01/95017

PCT/US01/18637

lamp from the previously described coating unit. Curing time of the second layer is 60 seconds, unless otherwise noted. The % transmittance refers to the amount of light transmitted through the lens after the Layer 2 composition was cured. The transmittance was measured in a BYK Gardner Haze Guard Plus Meter, available from BYK Gardner, Silver Springs, MD. Transmission readings were taken of an uncoated lens to use as a control standard. The visible light transmittance of an uncoated lens measured with the convex face of the lens positioned against the haze port of the BYK Gardner Haze Guard Plus Meter is about 92%. Color refers to the color of the light reflected from the coated lens.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TABLE 13

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
5% Ti	5.1%Si 1.04%Ti 1.04%GPTMS 0.144%HC-900 (Heat 20 Min.)	99.0%	RED
5% Ti	4.25%Si 0.87%GPTMS 0.17HC-900 (Heat 20 Min.)	99.0%	
5%Ti	4.5%Si 1.8%Ti 1.8%GPTMS 0.17%HC-900 (Heat 20 Min.)	96.0%	PURPLE
5%Ti	4.25%Si 1.04%Ti 0.87%GPTMS 0.17%HC-900 (Heat 20 Min.)	99.0%	
5%Ti	4.5%Si 1.8%Ti 1.8%GPTMS 0.17%HC-900	97.4%	BLUE
3%Ti	4.5%Si 1.8%Ti 1.8%GPTMS 0.17%HC-900	97.0%	PURPLE
3%Ti	3%Si 1.2%Ti 1.2%GPTMS 0.11%HC-900	93.0%	
3%Ti	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	97.7%	RED

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
5%Ti	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	99.0%	PURPLE
5.2%Ti 1.33%Si 1.33%GPTMS	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	96.0%	
4.13%Ti 0.66%Si 0.66%GPTMS	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900 (Heat 5 Min.)	>97%	
5.4%Ti 0.32%Si 0.32%GPTMS 0.053%HC-900 (UV 90 s)	5.4%Si 1.17%Ti 1.17%GPTMS 0.107%HC-900	98.0%	
3%Ti	0.45%Al 0.445%Ti 3.5%GPTMS 3.5%TMSPMA	97.0%	
3%Ti	0.3%Al 0.36%Ti 2%GPTMS 2%TMSPMA 0.01%TBPO 0.08%FC-430	97.7%	
3%Ti	0.62%Al 0.17%Ti 1.2%GPTMS 1.2%TMSPMA 3.87%HC-8	>97%	
2.8%Ti 0.49%Al 2.79%HC-8	0.62%Al 0.17%Ti 1.2%GPTMS 1.2%TMSPMA	>96%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
	3.87%HC-8		
3%Ti	0.54%Al 0.5%Ti 0.82%GPTMS 0.9%TMSPMA 1.27%HC-8	94.4%	
3%Ti	0.9%Al 0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSPMA 3.43%HC-8	97.3%	
3%Ti	0.8%Al 0.1%Ti 0.42%GPTMS 0.42%TMSPMA 6%HC-8	97.0%	
3%Ti	0.62%Al 0.17%Ti 1.2%GPTMS 1.2%TMSPMA 3.9%HC-8	97.0%	
10%Ti 0.05%AA 22.7%MP 67.25%IPA	0.19%Ti 0.19%GPTMS 0.19%TMSPMA 1.9%HC-8 3.9%Si	>97%	
10%Ti 0.05%AA 22.7%MP 67.25%IPA	0.46%Ti 0.9%Al 0.8%GPTMS 0.75%TMSPMA 3.4%HC-8	96.2%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.3%Al 18.5%HC-8 (UV 60 s)	92.5%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.11%Al 3.35%SR368 (UV 200 s)	92.8%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 86 s)	0.24%Ti 0.048%Al 1.94%SR368 1.47%TMSPPMA 96.3%MP (UV 180s)	96.3%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 40 s)	0.186%Ti 0.036%Al 1.48%SR368 1.13%TMSPPMA 0.02%DC193 97.17%MP (UV 180 s)	97.2%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 40 s)	0.36%Ti 0.033%Al 1.39%SR368 1.06%TMSPPMA 0.0187%DC193 97.16%MP (UV 10 s)	96.8%	
2.8%Ti 2.8%Irg184 (UV 20 s)	2%SR399	96.8%	
2.99%Ti 0.294%Irg184 (UV 20 s)	1.86%SR399 0.31%Ti (UV 30 s)	95.7%	
2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 40 s)	2%SR399 0.349%Ti (UV 30 s)	95.7%	GOLD
2.99%Ti 0.28%Irg184	0.34Ti 0.5%SR306 2%SR399	95.7%	DEEP BLUE

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
	(UV 120s)		
2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 40 s)	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti (UV 100 s)	95.8%	
2%Ti 0.2Irg184 (UV 30 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 (UV 30 s)	95.2%	GOLD
2%Ti 0.2%Irg184 (X3) (UV 20s each)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 (UV 60 s)	97.1%	
2%Ti 0.2Irg184 (UV 30 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BK300 (UV 30 s)	95.6%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 30 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BK300 (UV 30 s)	97.2%	GOLD
3.25%Ti 0.1%Irg184 (350 rpm)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BK300 (UV 30 s)	97.9%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BK300 (UV 60 s)	97.5%	GOLD
2%Ti 0.2%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184	96.0%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
	0.12%Zeolecun (UV 60 s)		
2%Ti 0.2%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC	96.0%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 70 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC (UV 70 s)	97.4%	
3.25%Ti 0.1%Irg819 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC (UV 70 s)	97.4%	
3.03%Ti 0.4%Irg819 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%Q4DC (UV 70 s)	96.9%	
2.5%Ti 0.16%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.13%FC430 (UV 60 s)	96.5%	
3.5%Ti 0.08%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 (UV 60 s)	97.5%	
3.5%Ti 0.08%Irg184 (UV 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%FC430 0.1% BYK300 (UV 60 s)	98.1%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
3.5%Ti 0.08%Irg184 (UV 20 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.13%FC430 0.1% BYK300 (UV 60 s)	98.3%	
2.5%Ti 0.2%Irg184 44.8%AC 52.5%MP	0.2%Ti 0.2%SR239 0.8%SR399	95.2%	
2.46%Ti 0.197%Irg184 0.157%SR313 44.3%AC (UV 60 s)	0.5%Ti 0.1%Irg184 0.55%SR313 1.75%SR399	97.5%	
3.47%Ti 0.294%Irg184 (UV 30 s)	0.5%Ti 0.1%Irg184 0.55%SR313 1.75%SR399	96.9%	
2.5%Ti 0.2%Irg184 45%AC 52.3%MP (UV 60 s)	0.5%Ti 0.1%Irg184 0.55%SR313 1.75%SR399	97.5%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC (UV 60 s)	0.53%Ti 0.1%Irg184 0.85%SR313 1.38%SR399 (UV 60 s)	97.0%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC (UV 60 s)	0.57%Ti 0.087%Irg184 1.74%CN124 (UV 60 s)	95.0%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313	0.5%Ti 0.19%Irg184 0.6%CN124	96.8%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
44.47%AC	0.4%SR313 1.07%SR399 (UV 60 s)		
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC	0.167%Ti 0.083%Irg184 0.167%Al 1.555%SR399	96.7%	
2.47%Ti 0.197%Irg184 0.12%SR313 44.47%AC	0.35%Ti 0.076%Irg184 0.15%Al 1.43%SR399 0.414%SR313	97.1%	
5%Ti	2%CD540 0.5%Ti 3.4ppmTPB 0.2ppmTPR 12ppmCynox-1790	97.6%	
5%Ti	0.21%Irg184 1.93%CD540 0.48%Ti 3.3ppmTPB 0.19ppmTPR 11.6ppmCynox-1790	97.4%	
5%Ti	0.084%Irg 184 0.77%CD540 0.192%Ti 1.3ppmTPB 0.075ppmTPR 4.6ppm-Cynox-1790	98.5%	
5%Ti (UV 60 s)	2%ECHMCHC 0.5%Ti	97.6%	
5%Ti (UV 40 s)	0.12%CD1012 1.88%ECHMCHC 0.47%Ti	98.1%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
	(UV 90 s)		
5%Ti (UV 30 s)	0.22%CD1012 2%ECHMCHC 0.43%Ti (UV 90 s)	95.0%	
5%Ti (UV 60 s)	0.22%CD1012 2%ECHMCHC 0.43%Ti (UV 90 s)	94.0%	
5%Ti	0.356Ti 0.073CD1012 0.67%ECHMCHC 1.33%SR399	98.4%	
5%Ti (UV 50 s)	0.14%Irg184 0.348%Ti 0.07%CD1012 0.65%ECHMCHC 1.3%SR399 (Heat)	98.3%	
5%Ti (UV 45 s)	0.133%Irg184 0.33%Ti 0.066%CD1012 0.62%ECHMCHC 1.24%SR399 0.1%PerenolS-5 (Heat)	96.4%	
3%Ti (UV 60 s)	2.6%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	96.7%	
5%Ti (UV 60 s)	2.6%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	94.4%	
3%Ti (UV 60 s)	2.6%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)	96.2%	
3%Ti (UV 60 s)	2.0%SR399 0.3%Ti	97.2%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
(UV 60 s)	0.3%Ti (UV 60 s)		
2.5%Ti 2.5%HEMA	2%SR399 0.06%Irg184	96.2%	
1.5%Ti 1.5%HEMA	2%SR399 0.06%Irg184	95.3%	
1.5%Ti 1.5%HEMA 9.3ppmAA 13.3%IPA	2%SR399 0.06%Irg184	97.0%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0525%PFOFCS 0.144%CD1012 1.955%ECHMCHC (UV 60 s)	95.6%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0256%PFOFCS 0.145%CD1012 1.978%ECHMCHC (UV 60 s)	97.0%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0232%PFOFCS 0.476%Ti 0.131%CD1012 1.79%ECHMCHC (UV 60 s)	96.8%	
3%Ti (UV 60 s)	0.051%PFOFCS 0.139%CD1012 1.89%ECHMCHC 0.49%HEMA (UV 60 s)	97.3%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0477%PFOFCS 0.13%CD1012 1.767%ECHMCHC 0.78%HEMA 0.32%Ti (UV 60 s)	96.9%	
3%Ti (UV 60 s)	0.0457%PFOFCS 0.124%CD1012 0.26%Irg184 1.685%ECHMCHC	97.5%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Visible Light Transmittance %	Color
	1.685%ECHMCHC 0.746%HEMA 0.306%Ti (UV 60 s)		
3%Ti (UV 60 s)	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.1%	
5%Si (UV 60 s)	0.05%Irg184 5%Ti 0.19%SR399 (UV 60 s)	93.8%	
5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)	92.6%	
3.1%Ti-Bu 1.1%HEMA 13.3%IPA	2%SR399 0.08%Irg 184	96.3%	
3.1%Ti-Bu 1.1%HEMA 13.3%IPA	2%SR399 0.08%Irg 184	96.3%	
4%Ti	2%SR399 0.08%Irg184 0.32%Ti-Bu	97.7%	

In Table 14, Layer 1 refers to the first antireflective coating layer, Layer 2 refers to the second antireflective coating layer. HR-200 refers to a hydrophobic coating layer formed upon Layer 2. Solutions of each of the components were prepared and used to form the antireflective coatings. For all of the compositions listed in Table 14, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

The application of the compositions to the lenses, and the measurement of the transmittance was performed in substantially the same manner as recited above for Table 13. Curing times are 60 seconds, unless otherwise noted.

10

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TABLE 14

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
3%Ti	4.65%Si 0.7%Ti 0.05%HC-900	HR-200	>98%	
1.5%Ti 454ppmAA 300ppmAS 92.8%MP 5.6%IPA (UV 40 s)	0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSFMA 3.4%HC-8 0.9%Al	HR-200	97.3%	
0.75%Ti 38ppmAA 14.2%MP 85%IPA	0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSFMA 3.4%HC-8 0.9%Al	HR-200	96.0%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.24%Al 9.8%HC-8 (UV 60 s)	HR-200	94.7%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA (UV 60 s)	0.09%Al 2.8%SR368 0.32%Ti 16ppmAA 11.7%IPA (UV 90 s)	HR-200	93.5%	
2%Ti 100ppmAA 25.2%MP 72.8%IPA	0.41%Ti 0.045%Al 1.4%SR368 0.88%SR123 0.78%TFEMA 8ppmAA 5.8%IPA (UV 90 s)	HR-200	94.6%	
1%Ti 50ppmAA 12.6%MP 86.4%IPA	0.13%Ti 0.031%Al 1.52%SR368 0.467%SR123	HR-200	94.8%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
(UV 30 s)	0.417%TFEMA (UV 60 s)			
1%Ti 50ppmAA 12.6%MP 86.4% IPA (UV 40 s)	0.21%Ti 0.35%Al 2.4%SR368 0.74%SR123 0.66%TFEMA (UV 60 s)	HR-200	96.7%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA (UV 30 s)	0.19%Ti 0.037%Al 1.5%SR368 1.14%TMSPMA 97.16%MP (UV 180 s)	HR-200	96.9%	

In Table 15, multiple coating layers are formed on the plastic lens. For all of the compositions listed in Table 15, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

5 The application of the compositions to the lenses, and the measurement of the transmittance was performed in substantially the same manner as recited above for Table 13. Curing times are 60 seconds, unless otherwise noted.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TABLE 15

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
2.5%Ti 2.5%Si	10%Ti	0.7%Ti 4.6%Si 0.05%HC900	HR200				96.8% (BLUE)
2%Ti 57ppmNNDM EA (UV 30 s)	0.368%Al (UV 40 s)	26.8%HC-8 73.2%IPA	HR200				96.0%
3%Ti (UV 70 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125PFOMA (UV 20 s)	3%Si (UV 20 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA (UV 70 s)				97.2%
3%Ti (UV70 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125PFOMA (UV 20 s)	3.7%Nateo Si (UV 20 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA				97.9%
3%Ti (UV 60s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 20 s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 20 s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 20 s)				97.5%
3%Ti	0.527%SR399 0.235%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOMA 44.3%AC	0.527%SR399 0.235%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOM A 44.3%AC (UV 20 s)	0.54%SR399 0.12%Ti 0.03%Irg184 0.07%PFOMA 45.4%AC (UV 60 s)				96.1%
1.5%Ti	0.525%SR399 0.235%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOMA	3%Si	0.527%SR399 0.23%Ti 0.024%Irg184 0.066%PFOMA				97.0%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
3.5%Ti-Bu	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si	0.086%BDKK 0.173%Ti-Bu 1%SR399	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300				97.5%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.086%BDKK 7%Ti-Bu 1%SR399 (UV 40 s)	0.086%BDKK 0.17%Ti-Bu 1%SR399 (UV 50 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300 (UV 60 s)				98.1%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 40 s)	0.086%BDKK 0.17%Ti-Bu 1%SR399 (UV 50 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300 (UV 60 s)				97.9%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 40 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 50 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300 (UV 60 s)				98.2%
5%Ti-Bu (UV 60 s)	0.086%BDKK 0.17%Ti-Bu 1%SR399 (UV 50 s)	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si (UV 60 s)	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BYK300				97.9%
2%Ti (UV 50 s)	5%Si 0.4%SR399 0.067%Ti	5%Ti	5%Si 0.4%Ti 0.06%Irg184	1%SR399 0.17%Ti 0.0416%Irg184			97.5%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
2%Ti (UV 50 s)	5%Si 0.4%SR399 0.067%Ti	5%Ti	2%Si 0.0346%Ti 0.2%SR399 0.0346%Ti 0.0085%Irg184	0.2%SR399			97.7%
2%Ti (UV 50 s)	1%SR399 0.17%Ti 0.0416%Irg184 (UV 50 s)	2%Ti (UV 30 s)	2%Ti (UV 40 s)	0.1% SR399			96.8%
1.5%Ti (UV 60 s)	2%SR399 0.5%Si 0.1%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)			96.4%
1.5%Ti (UV 60 s)	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti (UV 60 s)			95.1%
1.5%Ti (UV 60 s)	2%SR399 0.5%Si 0.1%Irg184 0.3%Ti (UV 60 s)	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti		96.1%
1.5%Ti (UV 60 s)	0.33%SR399 3%Si 0.017%Irg184 0.3%Ti	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Irg184 0.3%Ti	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti		94.7%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
1.5%Ti	0.33%SR399 3%Si 0.017%Ir 0.3%Ti	2.75%Ti	1%SR399 1%Si 0.05%Ir 0.3%Ti	0.8%SR399 0.035%Ir 0.17%Ti			97.5%
1.5%Ti	0.33%SR399 3%Si 0.017%Ir 0.3%Ti	2.75%Ti	0.33%SR399 3%Si 0.017%Ir 0.3%Ti	0.8%SR399 0.035%Ir 0.17%Ti			97.5%
2.75%Ti (UV 50 s)	0.596%SR399 0.03%Ir 0.3%Ti 2.2%Si (UV 50 s)	2.75%Ti (UV 50 s)	2.75%Ti	0.596%SR399 0.03%Ir 0.3%Ti 2.2%Si	1.3%SR399 0.065%Ir 0.245%Ti 0.58%Si		95.6%
2.75%Ti (UV 50 s)	1.3%SR399 0.065%Ir 0.245%Ti 0.58%Si (UV 50 s)	2.75%Ti (UV 50 s)	2.75%Ti	0.596%SR399 0.03%Ir 0.3%Ti 2.2%Si	1.3%SR399 0.065%Ir 0.245%Ti 0.58%Si		95.4%
1.5%Ti	0.596%SR399 0.03%Ir 0.3%Ti 2.2%Si	2.75%Ti	1.5%Ti	1.3%SR399 0.065%Ir 0.245%Ti 0.58%Si	0.596%SR399 0.03%Ir 0.3%Ti 2.2%Si		96.7%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
1.5%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	2.75%Ti	1.5%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si		97.2%
1.5%Ti (UV 50 s)	0.8%SR399 0.035%Irg184 0.17%Ti (UV 50 s)	4%Ti (UV 50 s)	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 50 s)			97.6%
1.5%Ti (UV 50 s)	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti (UV 50 s)	4%Ti (UV 50 s)	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 50 s)			97.2%
1.5%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 70 s)	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti		96.9%
1.5%Ti	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti (UV 70 s)			98.2%
2%Ti (UV 60 s)	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.3%Ti	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.03%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184		96.4%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
	(UV 60 s)		2.2%Si	184 0.3%Ti 2.2%Si	g184 0.3%Ti		
2%Ti (UV 60 s)	1%SR399 0.05%Irg184 0.21%Ti (UV 60 s)	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 R399 0.03%Irg 184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 99 0.062%Ir g184 0.3%Ti		96.5%
2%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 R399 0.03%Irg 184 0.3%Ti 2.2%Si	1.4%SR399 99 0.062%Ir g184 0.3%Ti (UV 60 s)		95.3%
2%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	4%Ti	0.596%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 2.2%Si	0.596%SR399 R399 0.03%Irg 184 0.3%Ti 2.2%Si (UV 60 s)	0.4%SR399 99 0.017%Ir g184 0.085%Ti (UV 60 s)		96.1%
2.75%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 4.4%Si	4%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 4.4%Si	1.3%SR399 99 0.065%Ir g184 0.245%Ti 0.58%Si	1%SR399 9 0.05%Irg 184 0.21%Ti	0.1%Ti 0.1%PFO TCS EtOH (UV 60 s)	97.0% (RED)
2.75%Ti	1.4%SR399 0.062%Irg184 0.31%Ti	5%Ti	0.4%SR399 0.017%Irg184 0.085%Ti	0.6%SR399 99 0.03%Irg 184 0.3%Ti	1.4%SR399 99 0.062%Ir g184 0.31%Ti	0.1%Ti 0.1%PFO TCS EtOH	96.9% (BLUE)

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmu- ittance % (Color)
				4.4%Si			
1.75%Ti (UV 60 s)	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)	4%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 60 s)	0.9%SR3 99 0.042%Ir g184 0.19%Ti (UV 60 s)	0.01%PF OA 0.01%PF OMA 0.005%P FOTCS 0.1%Ti 0.007%T BPO 4%MP 95.9%IP A (UV 50 s)		96.6% (BLUE)
1.75%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 (UV 60 s) 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 60 s)	4%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 60 s)	0.9%SR3 99 0.042%Ir g184 0.19%Ti (UV 60 s)	0.01%PF OA 0.01%PF OMA 0.005%P FOTCS 0.1%Ti 0.007%T BPO 4%MP 95.9%IP A (UV 50 s)		96.9% (YELLOW- RED)

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
1.75%Ti	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti	1.75%Ti (UV 60 s)	1.75%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 30 s)	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)		96.1%
1.75%Ti	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti	1.75%Ti (UV 60 s)	1.75%Ti (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si (UV 30 s)	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)		96.5%
1.75%Ti	1.4%SR399 0.3%Ti	5%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	1.4%SR399 0.3%Ti (UV 60 s)			97.6%
1.75%Ti	1.4%SR399 0.3%Ti	5%Ti	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)			96.8%
1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 50ppmBYK300 50ppmPFOMA				95.4%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Layer 7	Visible Light Transmittance % (Color)
1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFO MA	2.5%Si (UV 60 s)	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFO MA	3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 84 50ppmBYK300 50ppmPFO OMA	0.085%Ti-Bu 0.4%SR399 0.017%Irg184		96.4% (RED-GREEN)

In Table 16, three coating layers are formed on the plastic lens. For all of the compositions listed in Table 16, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

5 The application of the compositions to the plastic lens, and the measurement of the transmittance was performed in substantially the same manner as recited above for Table 13. Curing times are 60 seconds, unless otherwise noted.

TABLE 16

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
2%Ti 0.02% NNDMEA (UV 30 s)	0.186%Al (UV 40 s)	26.8%HC-8 73.2%IPA	94.0%	
1.54%Ti 77ppmAA 42.3%MP 56.2%IPA	0.24%Ti 0.048%Al 1.94%SR368 1.47%TMSPMA 96.3%MP (UV 180 s)	0.3%Al (UV 50 s)	93.0%	
2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 20 s)	2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 20 s)	2%SR399 0.349%Ti (UV 30 s)	97.3%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
0.3%Al (UV 20 s)	2.99%Ti 0.28%Irg184 (UV 40 s)	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti (UV 100 s)	95.5%	
2.97%Ti 0.29%Irg184 1%SR368 (UV 30 s)	2.99%Ti 0.28%Irg184	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti	93.6%	
1.69%Ti 0.168%Irg184 0.58%SR368	2.99%Ti 0.28%Irg184	2%SR399 0.5%SR306 0.349%Ti	94.5%	
3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 30 s, 350 rpm)	3.25%Ti 0.1%Irg184 (UV 30 + 60 s)	2%SR399 0.4%Ti 0.04%Irg184 0.1%BK300 (UV 60 s)	93.0%	GREENISH BLUE
0.5%Ti 0.25%Irg184 0.5%Al 4.67%SR399	2.46%Ti 0.197%Irg184 0.157%SR313 44.3%AC	0.53%Ti 0.1%Irg184 0.85%SR313 1.38%SR399	97.3%	
3%Ti (UV 60 s)	3%HEMA 0.25%Ti 0.33%TEA 0.02%Eiosin (UV 60 s)	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.4%	
3%HEMA 0.25%Ti 0.33%TEA 0.02%Eiosin (UV 60 s)	3%Ti (UV 60 s)	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.5%	
3%Ti (UV 60 s)	2.5%HEMA 0.25%T770 0.5%Ti	0.06%Irg184 0.32%Ti 2%SR399 (UV 60 s)	97.4%	
3%Ti (UV 60 s)	2.5%HEMA 0.25%T770	0.06%Irg184 0.32%Ti	97.8%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
	0.5%Ti (UV 60 s)	2%SR399		
3%Ti	0.037%PFOFCS 0.1%CDI012 0.21%Irg184 1.35%ECHMCHC 0.6%HEMA 0.246%Ti 1%SR399	2%SR399 0.32%Ti 0.06%Irg184 (UV 60 s)	94.4%	
1.3%HEMA 0.96%SR640 3.576%Ti-Bu	0.05%BDKK 0.57%SR399 0.43%HEMA 5.66%Si	0.164%HEMA 0.05%PFOTCS 97.86%IPA 1.93%MP	98.5%	
3.5%Ti-Bu	0.087%BDKK 0.095%Ti-Bu 1%SR399 2.9%Si	0.035%BDKK 0.4%SR399 0.005%PFOTCS 0.005%FC430 0.005%BVK300	97.0%	
3.5%Ti-Bu	0.043%BDKK 0.047%Ti-Bu 0.5%SR399 1.45%Si	0.174%BDKK 0.173%Ti-Bu 2%SR399	94.0%	BLUE
5%Ti-Bu/5% Ti-Bu	0.033%BDKK 0.095%Ti-Bu 0.375%SR399 2.5%Si	0.026%BDKK 0.3%SR399 0.0037%PFOTCS 0.0037%FC430 0.0037%BVK300	97.2%	
1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA	1.5%SR399 0.1%Irg184 50ppmBYK300 50ppmPFOMA	95.7%	YELLOW

In Table 17, Layer 1 refers to the first antireflective coating layer, Layer 2 refers to an intermediate silicon layer, and Layer 3 refers to the second antireflective coating layer. Solutions of each of the components were prepared and used to form the antireflective coatings. For all of the compositions listed in Table 17, the

WO 01/95017

PCT/US01/18637

remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

The plastic eyeglass lens was coated using different coating compositions. The "Layer 1" composition was added to a surface of the eyeglass lens and the eyeglass lens was rotated on a lens spin-coating apparatus.

- 5 After the Layer 1 composition was spread onto the eyeglass lens surface the solvent was allowed to substantially evaporate and the remaining composition was subjected to ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit for about 60 seconds, unless otherwise noted. Layer 2 (the silicon layer) was added to the eyeglass lens after the Layer 1 composition was cured. Curing time of the second layer is 60 seconds, unless otherwise noted. The Layer 2 composition was spread onto the eyeglass lens surface and the eyeglass lens
- 10 was spun until the solvent was substantially evaporated. The Layer 3 composition was added to the eyeglass lens after the Layer 2 composition was dried. The eyeglass lens was spun on a lens spin-coating apparatus until the solvent was substantially evaporated. Layer 3 was then cured by the application of ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit. Curing time for the third layer is 60 seconds, unless otherwise noted. From one to four additional layers were added to the top of the antireflective stack. The %
- 15 transmittance refers to the amount of light transmitted through the lens after the final layer was cured. The transmittance was measured as described above.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TABLE 17

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Visible Light Transmittance % (Color)
1.5%Ti 454ppmAA 300ppmAS 92.8%MP 5.6%IPA (UV 40 s)	1.5%Si 98.5%IPA (UV 40 s)	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al 0.26%TMSPMA (UV 120 s)	HR200		96.0% (BROWN GOLD)
1.5%Ti 76ppmAA 28.4%MP 70.1%IPA (UV 60 s)	1.5%Si 98.5%IPA (UV 40 s)	0.46%Ti 0.75%GPTMS 0.83%TMSPMA 3.4%HC-8 0.9%Al (UV 120 s)	HR200		94.4%
3%Ti (UV 70 s)	1.5%Si	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA (UV 70 s)	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOMA (UV 60 s)		97.4%
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si (UV 20 s)	0.025%Irg184 0.14%Ti 0.96%SR399 (UV 20 s)	1.5%Si	0.025%Irg184 0.14%Ti 0.96%SR399 (UV 60 s)	94.5% (YELLOW)
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si	1.5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)		97.4 (RED)
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si	1.5%Si (UV 60 s)	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS (UV 60 s)		97.3
3%Ti (UV 60 s)	1.5%Si	1.5%Si (UV 60 s)	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399		93

WO 01/95017

PCT/US01/18637

			0.005%PFOTCS (UV 60 s)		
3%Ti	1.5%Si	1.5%Si	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOTCS		95.3%
3%Ti	1.5%Si	1.5%Si	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOTCS	0.055%Irg184 0.22%Ti 1%SR399 0.0125%PFOTCS	94.6%
3%Ti 0.53%SR640 70ppmFC430 (UV 60 s)	2.4%Si 0.97%SR64 0 70ppmFC43 0	2.4%Si 0.97%SR640 70ppmFC430	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS		97.6%
3%Ti	5%Si	0.33%SR399 0.07%Ti 0.018%Irg184 0.07%PFOMA	0.527%SR399 0.23%Ti 0.029%Irg184 0.066%PFOMA		97.3%
3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1%SR399 2.4%Si	1%SR399 2.4%Si	1.15%Ti-Bu 0.84%Ti 0.55%SR399 0.068%Irg184 18.5ppmBYK300 18.5ppmPFOMA (UV 60 s)	1.739%SR399 0.12%Irg184 60ppmBYK300 60ppmPFOMA	96.7%

In Table 18, Layer 1 refers to the first antireflective coating layer, Layer 2 refers to an intermediate silicon layer, and Layer 3 refers to the second antireflective coating layer. Solutions of each of the components were prepared and used to form the antireflective coatings. For all of the compositions listed in Table 18, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

The plastic eyeglass lens was coated using different coating compositions. The "Layer 1" composition was added to a surface of the eyeglass lens and the eyeglass lens was rotated on a lens spin-coating apparatus. The first coating layer was formed by a two step procedure. In the first step, a solution of Ti was added to the plastic lens and allowed to dry. In the second step, an additional solution of Ti was added to the plastic lens and allowed to dry. The % of Ti used for the first and second steps are respectively listed in the "Layer 1" column. The Layer 1 composition was allowed to substantially evaporate and the remaining composition was subjected to ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit for about 60 seconds, unless otherwise noted. Layer 2 (the silicon layer) was added to the eyeglass lens after the Layer 1 composition was cured. The

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 2 composition was spread onto the eyeglass lens surface and the eyeglass lens was spun until the solvent was substantially evaporated. The Layer 3 composition was added to the eyeglass lens after the Layer 2 composition was dried. The eyeglass lens was spun on a lens spin-coating apparatus until the solvent was substantially evaporated. Layer 3 was then cured by the application of ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit. Curing time was 60 seconds, unless otherwise noted. From one to four additional layers were added to the top of the antireflective stack. The % transmittance refers to the amount of light transmitted through the lens after the final layer was cured. The transmittance was measured as described above.

TABLE 18

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
1.5%Ti/3%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 60 s)	97.6%	BLUE
3%Ti/1.5%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 60 s)	98.3%	PURPLE
5%Ti/3%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 90 s)	92.2%	
3%Ti/5%Ti (UV 40s/40s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399 (UV 90 s)	94.1%	
1.5%Ti/1.5%Ti (UV 60s/60s)	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	97.6%	
3%Ti/3%Ti (UV 60s/60s)	3%Si (UV 30 s)	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	97.6%	

10

In Table 19, Layer 1 refers to the first antireflective coating layer, Layer 2 refers to an intermediate silicon layer, and Layer 3 refers to the second antireflective coating layer. Solutions of each of the components were prepared and used to form the antireflective coatings. For all of the compositions listed in Table 19, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be

15

understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

The application of the compositions to the plastic lens, and the measurement of the transmittance was performed in substantially the same manner as recited above for Table 13. Curing time was 60 seconds, unless otherwise noted.

TABLE 19

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
3%Ti	6%Si	0.8%Ti 0.8%GPTMS 0.8%TMSPMA	96.0%	
5.2%Ti 0.97%HC8558	5%Si	0.75%Ti 0.75%HC8558	96.6%	
3.75%Ti 0.019%AA 71%MP 25.25%IPA	3%Si 97%IPA	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al	98.3%	RED
3.75%Ti 0.019%AA 71%MP 25.25%IPA	1.5%Si 98.5%IPA	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al	95.6%	RED
7.5%Ti 0.038AA 45.3%MP 47.2%IPA	1.5%Si 98.5%IPA	0.257%Ti 0.257%GPTMS 2.85%HC-8 0.5%Al	96.0%	RED
3%Ti	5%Si	0.16%Ti 1%SR399 50ppmPFOFCS	98.1%	
3%Ti	6.94%Nalco Si	0.16%Ti 1%SR399 50ppmPFOFCS	93.7%	
3%Ti	6.94%Nalco Si	0.317%Ti 2%SR399 0.08%Irg184 0.06%PFOFCS	93.0%	
3%Ti	3%Si	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399	93.0%	BLUE
3%Ti	3%Si	0.05%Irg184 0.02%Ti 0.9%SR399	94.3%	GOLD

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
3%Ti	4%Si	0.05%Irg184 0.2%Ti 0.9%SR399	96.4%	
3%Ti	5%Si	0.05%Irg184 0.2%Ti 0.9%SR399	97.9%	
3%Ti	4%Si	0.079%Irg184 0.322%Ti 1.45%SR399	97.0%	
3%Ti	4%Si	0.079%Irg184 0.322%Ti 1.45%SR399	96.8%	
3%Ti	3%Si	0.079%Irg184 0.322%Ti 1.45%SR399	97.3%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOA	97.7%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.047%PFOMA	97.6%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.8%	
3%Ti	5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	95.7%	
1.5%Ti	5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	94.6%	
1.5%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	95.1%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
2%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	95.6%	
2%Ti 0.03%BYK300	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.45%SR399	96.0%	
3%Ti	1.5%Si	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 0.005%PFOMA	97.2%	
3%Ti	1.5%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOMA	95.0%	
3%Ti	1.5%Si	0.11%Irg184 0.44%Ti 2%SR399 0.005%PFOMA	96.7%	
3%Ti 0.53%SR640	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.5%	
3%Ti	3%Si	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.1%	
3%Ti	3%Si 0.5%SR640	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.8%	
3%Ti 0.53%SR640 70ppmFC430	3%Si 0.53%SR640 70ppmFC430	0.08%Irg184 0.32%Ti 1.44%SR399 0.005%PFOTCS	97.8%	
3%Ti	5%Si	1.44%SR399 0.32%Ti 0.08%Irg184	97.4%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
		0.005%PFOTCS		
3.85%Ti-Bu 0.25%SR399 0.017%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	5%Si	1.56%Ti-Bu 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	95.8%	YELLOW

Table 20 refers to a series of experiments using an in-mold curing process. In the in-mold process the layers are built in the opposite manner than they are built upon the plastic lens. Layer 1, thus, refers to the second antireflective coating layer, Layer 2 refers to the first antireflective coating layer, and Layer 3 refers to an adhesion layer. Solutions of each of the components were prepared and used to form the antireflective coatings. For all of the compositions listed in Table 20, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-2-propanol.

A casting face of a mold was coated using the different coating compositions. The "Layer 1" composition was added to a surface of the mold and the mold was rotated on a lens spin-coating apparatus. The Layer 1 composition was allowed to substantially evaporate and the remaining composition was subjected to ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit for about 60 seconds, unless otherwise noted. Layer 2 was added to the eyeglass lens after the Layer 1 composition was cured. The Layer 2 composition was spread onto the eyeglass lens surface and the eyeglass lens was spun until the solvent was substantially evaporated. Layer 2 was then cured by the application of ultraviolet light from the germicidal lamp from the previously described coating unit. Curing time was 60 seconds, unless otherwise noted. Layer 3 was then added to the antireflective stack. Layer 3 was added to the mold, spun dried and cured. Curing time was 60 seconds, unless otherwise noted.

A pair of coated molds was then used to in a mold assembly to form a plastic lens. After the lens was formed, the lens was removed from mold assembly and the % transmittance of the plastic lens measured. The transmittance was measured as described above.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TABLE 20

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
1%SR399 0.059%Irg184 0.007%PFOMA			92.5%	
1%SR399 0.059%Irg184 0.007%PFOMA 0.0062%Q4DC			92.5%	
1%SR399 0.059%Irg184 0.007%PFOMA 0.0062%Q4DC	1.44%SR399 0.08%Irg184 0.32%Ti 0.005%PFOTCS	3%Ti	97.0%	GOLD
2.58%SR399 0.147%Irg184 0.32%Ti-Bu (UV 60 s)	4%Ti-Bu 1.2%HEMA 14%IPA (UV 60 s)	2.58%SR399 0.147%Irg184 0.32%Ti-Bu (UV 60 s)	94.5%	
2.2%SR399 0.126%Irg184 0.003%PFOMA	2.2%SR399 0.126%Irg184 0.003%PFOMA	2.2%SR399 0.126%Irg184 0.003%PFOMA	97.7%	BLUISH RED
2.2%SR399 0.126%Irg184 0.0031%PFOMA	4%Ti-Bu 1.2%HEMA 14%IPA		97.7%	
2.2%SR399 0.14%D1173	4%Ti-Bu 1.2%HEMA 14%IPA		97.1%	
2.2%SR399 0.14%D1173 (UV 70 s)	2.022%Ti-Bu 2.026%HEMA (UV 70 s)	1%Si 2.2%SR399 0.165%Ti-Bu 0.14%D1173 (UV 70 s)	>95.5	
2.06%SR399 0.136%D1173 0.95%HEMA (UV 90 s)	3.62%Ti-Bu 1.5%HEMA (UV 90 s)	2.06%SR399 0.136%D1173 0.95%HEMA (UV 90 s)	97.0%	RED GOLD
2%SR399 0.145%D1173	3.62%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.12%SR399 0.14%D1173	97.0%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Visible Light Transmittance %	Color
(UV 90 s)	(UV 90 s)	0.5%HEMA (UV 90 s)		
2.2%SR399 0.117%BDK	3.6%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.2%SR399 0.117%BDK (UV 90 s)	94.7%	
2.66%SR399 0.114%BDK	3.6%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.66%SR399 0.114%BDK (UV 90 s)	95.0%	
2.886%SR399 0.124%BDK	3.6%Ti-Bu 1.5%HEMA	2.886%SR399 0.124%BDK	94.5%	
2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	3.46%Ti-Bu (UV 60 s)	2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	97.7%	
2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	3.7%Ti-Bu 0.005%PFOMA 0.003%BDK (UV 60 s)	2.2%SR399 0.19%BDK	97.6%	
2.2%SR399 0.19%BDK	3.7%Ti-Bu 0.0247%BDK 0.028%PFOTCS 0.091%HEMA	2.2%SR399 0.19%BDK	98.0%	
2.2%SR399 0.19%BDK (UV 60 s)	3.7%Ti-Bu 0.0123%BDK 0.014%PFOTCS 0.045%HEMA	2.2%SR399 0.19%BDK	98.2%	
0.028%BDK 0.32%SR399 0.24%HEMA 3.2%Si	1.3%HEMA 0.96%SR640 3.576%Ti-Bu	0.19%BDK 2.2%SR399 0.01%HEMA 0.03%PFOTCS 5.9%IPA 91.7%MP	95.2%	
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	94.7%	

WO 01/95017

PCT/US01/18637

In Table 21, multiple coating layers are formed on the casting surface of the molds prior to use. For all of the compositions listed in Table 21, the remainder of the composition is made up of 1-methoxy-2-propanol. For example, a listing of 5% Ti, should be understood to mean 5% by weight of Ti and 95% by weight of 1-methoxy-
5 2-propanol.

The application of the compositions to the lenses, and the measurement of the transmittance was performed in substantially the same manner as recited above for Table 20. Curing times were 60 seconds, unless otherwise noted.

10

WO 01/95017

PCT/US01/18637

TABLE 21

Layer 1	Layer 2	Layer 3	Layer 4	Layer 5	Layer 6	Visible Light Transmittance %
0.5%SR399 0.02%Irg184 0.02%PFOMA	1.44%SR399 0.32%Ti 0.08%Irg184 0.005%PFOTCS	3%Ti	HC-8			96.7%
0.05%BDKK 0.57%SR399 0.43%HEMA 5.66%Si	1.3%HEMA 0.96%SR640 3.576%Ti-Bu	0.19%BDKK 2.2%SR399 0.01%HEMA 0.03%PFOTCS 5.9%IPA 91.7%MP	0.164%HEMA 0.05%PFOTCS 97.86%IPA 1.93%MP			94.7%
0.01%FC725 40%IPA 0.015%FC171 50%AC	0.0134%Irg184 0.033%D1173 0.527%SR399 0.178%SR423 0.088%SR9003 0.008%CD540 0.06ppmTPB (UV 60 s)	0.6%SR399 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	0.9%SR399 0.04%Irg184 0.19%Ti (UV 60 s)	4%Ti	0.01%FC725 40%IPA 0.015%FC171 50%AC	97.7%
0.01%FC725 0.015%FC171 50%IPA 50%AC	0.0134%Irg184 0.033%D1173 0.527%SR399 0.178%SR423 0.088%SR9003 0.008%CD540 0.06ppmTPB	1.4%SR399 0.1%Irg184 0.3%Ti	4%Ti 0.04%TX-100	0.6%SR399 9 0.03%Irg184 0.3%Ti 3.3%Si	0.0134%Irg184 0.033%D1173 0.527%SR399 0.178%SR423 0.088%SR9003 0.008%CD540 0.06ppmTPB	97.5%
0.01%FC725 50%IPA 0.015%FC171 50%AC	1%SR399 0.5%SR368 0.01%Irg184 0.05%TPB	0.9%SR399 0.042%Irg184 0.19%Ti	4%Ti 0.04%TX-100	0.9%SR399 9 0.042%Irg184 0.19%Ti	1%SR399 0.5%SR368 0.01%Irg184 0.05%TPB	98.0%
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300	1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300			97.5%

WO 01/95017

PCT/US01/18637

	16ppmPFOMA	8ppmPFOMA	0.005%PFOMA			
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	2.5%Si / 2.5% Si	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFO MA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	95.5%
1.5%SR399 0.1%Irg184 0.005%BYK300 0.005%PFOMA	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	3.849%Ti 0.25%SR399 0.0016%Irg184 8ppmBYK300 8ppmPFOMA	0.3%Ti 1.4%SR399 0.06%Irg184	2.5%Si	1.04%Ti 0.5%SR399 0.033%Irg184 16ppmBYK300 16ppmPFOMA	97.0%

Further modifications and alternative embodiments of various aspects of the invention will be apparent to those skilled in the art in view of this description. Accordingly, this description is to be construed as illustrative only and is for the purpose of teaching those skilled in the art the general manner of carrying out the invention. It is to be understood that the forms of the invention shown and described herein are to be taken as the presently preferred embodiments. Elements and materials may be substituted for those illustrated and described herein, parts and processes may be reversed, and certain features of the invention may be utilized independently, all as would be apparent to one skilled in the art after having the benefit of this description of the invention. Changes may be made in the elements described herein without departing from the spirit and scope of the invention as described in the following claims.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

WHAT IS CLAIMED IS:

1. A method for forming an at least partially antireflective coating on a visible light-transmitting substrate, comprising:
 - 5 applying a first composition to at least one surface of the visible light-transmitting substrate to form a first coating layer, the first composition comprising a first metal alkoxide;
 - applying a second composition to the first coating layer, the second composition comprising an initiator and an ethylenically substituted monomer, wherein the second composition is curable by the application of ultraviolet light; and
 - 10 directing ultraviolet light toward the second composition, wherein the ultraviolet light initiates curing of the second composition to form a second coating layer.
2. A method of claim 1 further comprising:
 - 15 applying a silicon containing composition to the first composition to form a silicon layer, the silicon containing composition comprising colloidal silicon or a silane monomer; and
 - applying the second composition to the silicon layer.
3. The method of claim 1 to 2, wherein the first composition is curable by the application of ultraviolet light.
- 20 4. The method of claims 1 to 3, further comprising directing ultraviolet light toward the first composition, wherein the ultraviolet light initiates curing of the first composition to form the first coating layer.
5. The method of claims 1 to 4, wherein the ultraviolet light is produced by a flash lamp.
- 25 6. The method of claims 1 to 4, wherein the ultraviolet light is produced by a germicidal lamp.
7. The method of claims 1 to 2, further comprising heating the first composition, wherein heating the first composition initiates curing of the first composition to form the first coating layer.
- 30 8. The method of claims 1 to 7, wherein the initiator comprises a second metal alkoxide.
9. The method of claims 8, wherein the first and second metal alkoxides have the general formula $M(Y)_p$ wherein M is titanium, aluminum, zirconium, boron, tin, indium, antimony, or zinc, Y is a C_1 - C_{10} alkoxy or acetylacetonate, and p is an integer equivalent to the valence of M .
- 35 10. The method of claims 8 to 9, wherein the first and second metal alkoxides have the general formula $Ti(OR)_4$, where R is a C_1 - C_{10} alkyl.
- 40 11. The method of claims 8 to 10, wherein the first and second metal alkoxides comprise titanium methoxide, titanium ethoxide, titanium isopropoxide, titanium butoxide, or titanium allylacetoacetate triisopropoxide.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

12. The method of claim 8 to 9, wherein the second metal alkoxide comprises a titanium alkoxide and an aluminum alkoxide.
- 5 13. The method of claims 1 to 12, wherein the second composition further comprises a photoinitiator.
14. The method of claims 1 to 13, wherein the ethylenically substituted monomer comprises dipentaerythritol tetracrylate.
- 10 15. The method of claims 1 to 13, wherein the second composition comprises a fluoroacrylate.
16. The method of claims 1 to 13, wherein the second composition comprises a silane monomer.
17. The method of claim 1 to 16, wherein the second composition further comprises an organic solvent.
- 15 18. The method of claims 1 to 17, wherein the first composition further comprises an ethylenically substituted monomer.
19. The method of claims 1 to 18, wherein the first composition further comprises a photoinitiator.
- 20 20. The method of claims 1 to 19, wherein the first composition further comprises a coinitiator.
21. The method of claims 1 to 20, wherein the first composition further comprises colloidal silica.
- 25 22. The method of claims 1 to 21, wherein the first composition further comprises an organic solvent.
23. The method of claims 1 to 22, wherein the first coating layer has an index of refraction that is greater than an index of refraction of the visible light-transmitting substrate.
- 30 24. The method of claims 1 to 23, wherein the second coating layer has an index of refraction that is less than an index of refraction of the first coating layer.
25. The method of claims 1 to 24, further comprising forming a hardcoat layer upon the surface of the visible light transmitting substrate prior to forming the first coating layer.
- 35 26. The method of claims 1 to 25, further comprising forming a hardcoat layer on the surface of the visible light-transmitting substrate prior to applying the first composition to the surface of the visible light-transmitting substrate.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

27. The method of claims 1 to 26, wherein forming a hardcoat layer on the surface of the visible light-transmitting substrate comprises:
applying an ultraviolet light curable hardcoat composition to the surface of the visible light-transmitting substrate; and
5 directing ultraviolet light toward the hardcoat composition, wherein the ultraviolet light initiates curing of the hardcoat composition to form the hardcoat layer.
28. The method of claims 1 to 27, wherein applying the hardcoat composition to the surface of the visible light-transmitting substrate comprises rotating the visible light-transmitting substrate while directing the
10 hardcoat composition toward the lens.
29. The method of claims 1 to 28, wherein applying the first composition to the visible light-transmitting substrate comprises:
applying a first portion of the first composition to the visible light-transmitting substrate;
15 drying the first portion of the first composition;
applying a second portion of the first composition to the dried first portion; and
drying the second portion of the first composition.
30. The method of claims 1 to 29, wherein applying the first composition comprises directing the first
20 composition toward the visible light-transmitting substrate while rotating the visible light-transmitting substrate.
31. The method of claims 1 to 30, wherein applying the second composition comprises directing the second
25 composition toward the visible light-transmitting substrate while rotating the visible light-transmitting substrate.
32. The method of claims 1 to 31, wherein the first composition is applied to a front surface of the visible light-transmitting substrate.
- 30 33. The method of claims 1 to 32, wherein the first composition is applied to a back surface of the visible light-transmitting substrate.
34. The method of claim 1 to 33, wherein ultraviolet light is directed toward the second composition for a
35 time of less than about 90 seconds.
35. The method of claims 1 to 34, wherein ultraviolet light is directed toward the second composition for a
time of less than about 90 seconds.
- 40 36. The method of claims 1 to 35, wherein the antireflective coating is formed in less than about 10 min.

WO 01/95017

PCT/US01/18637

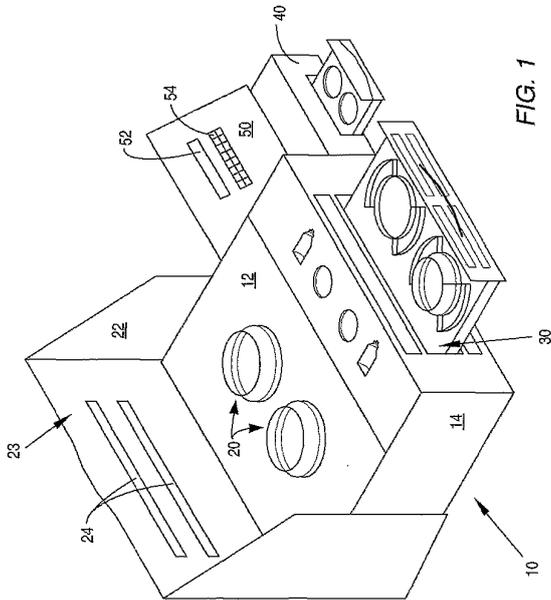
37. The method of claims 1 to 36, further comprising heating the visible light-transmitting substrate at a temperature of between about 40 °C and about 140 °C for a time of less than about 10 minutes.
38. The method of claims 1 to 37, wherein a thickness of the first coating layer and the second coating layer, combined, is less than about 500 nm.
39. The method of claims 1 to 38, wherein the visible light-transmitting substrate is a plastic lens.
40. The method of claims 1 to 39 wherein the antireflective coating is formed on the front surface of the plastic lens.
41. The method of claims 1 to 40 wherein the antireflective coating is formed on the back surface of the plastic lens.
42. The method of claims 1 to 38, wherein the visible light transmitting substrate is a glass lens.
43. The method of claims 1 to 42,
wherein the first coating layer comprises a reaction product of the components of the first composition with water or an alcohol, and
wherein the second coating layer comprises a reaction product of the components of a second composition.
44. The method of claims 1 to 43, further comprising a coating unit for applying a coating to at least one of the mold members or the eyeglass lens during use.
45. A method for forming an at least partially antireflective coating on a visible light-transmitting substrate, comprising:
applying a first composition to at least one surface of the visible light-transmitting substrate to form a first coating layer, wherein the first composition is curable by the application of activating light or heat;
applying a second composition to the first coating layer, wherein the second composition is curable by the application of activating light; and
directing activating light toward the second composition, wherein the activating light initiates curing of the second composition to form a second coating layer.
46. A method for forming a plastic lens, comprising:
applying a second composition to a casting face of a first mold member, wherein the second composition is curable by the application of activating light;
directing activating light toward the second composition, wherein the activating light initiates curing of the second composition to form a second coating layer; and

WO 01/95017

PCT/US01/18637

applying a first composition to the second coating layer to form a first coating layer, wherein the first composition is curable by the application of activating light or heat.

47. An eyeglass lens made by the method of claims 1 to 46.
- 5
48. A system for applying an at least partially antireflective coating to a plastic lens according to the method of claims 1 to 46.



SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

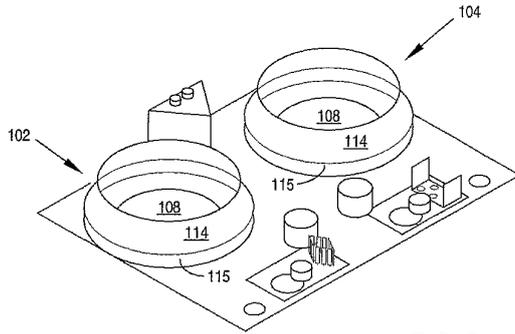


FIG. 2

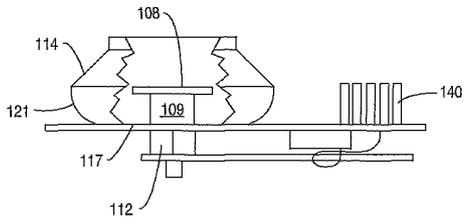
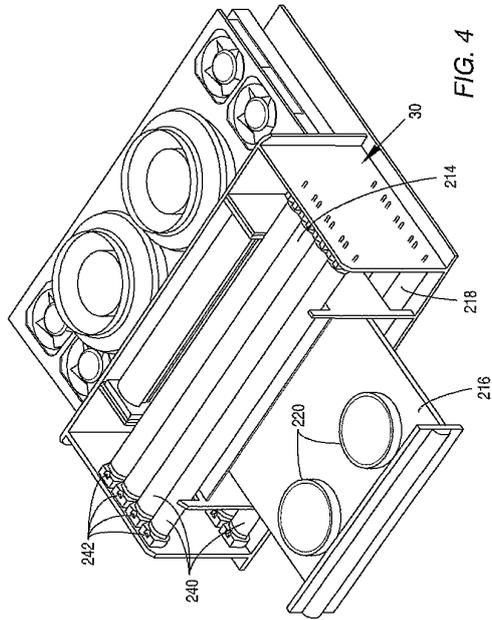


FIG. 3



WO 01/95017

PCT/US01/18637

4/25

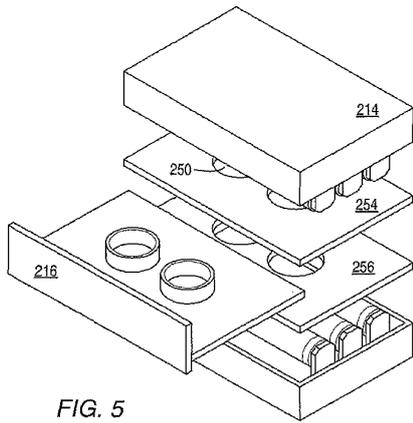


FIG. 5

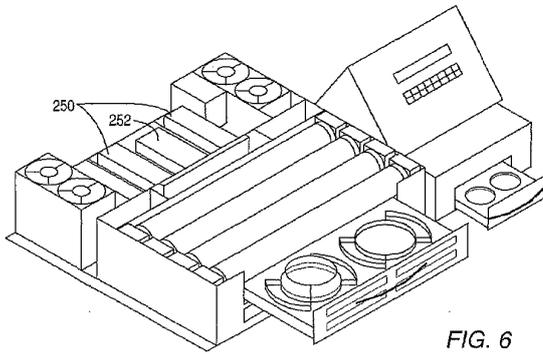


FIG. 6

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

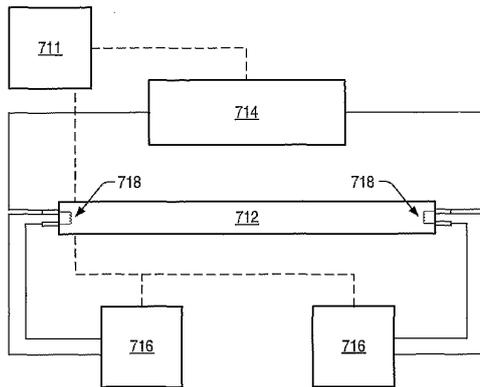


FIG. 7

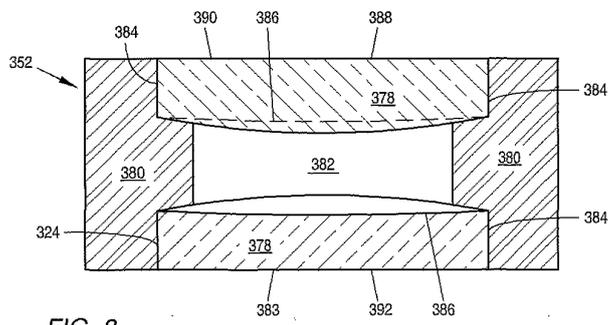


FIG. 8

WO 01/95017

PCT/US01/18637

6/25

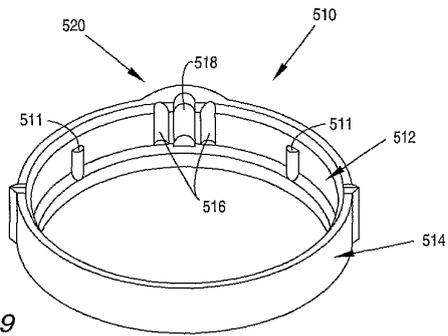


FIG. 9

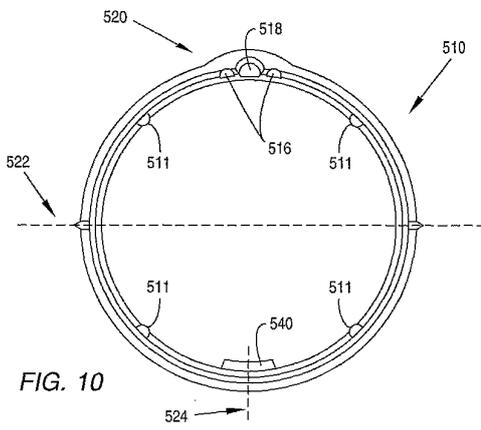


FIG. 10

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

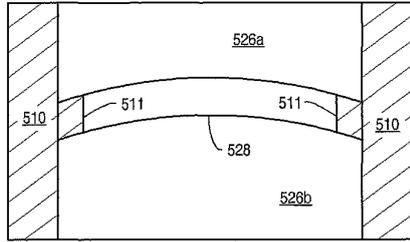


FIG. 11

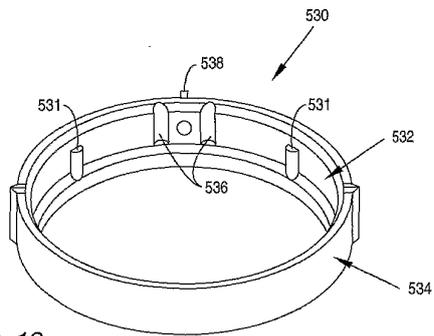


FIG. 12

WO 01/95017

PCT/US01/18637

8/25

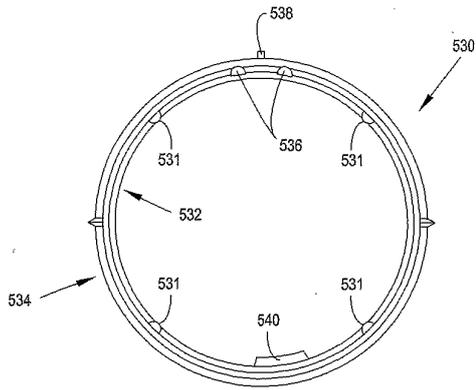


FIG. 13

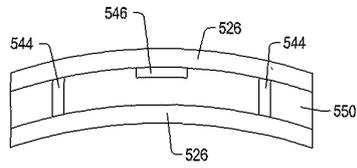


FIG. 14

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

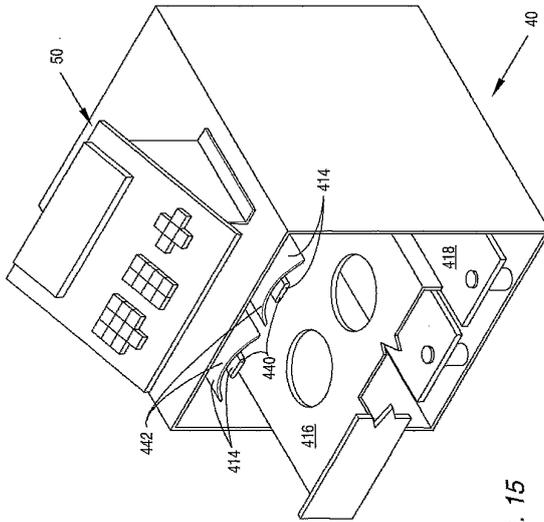


FIG. 15

WO 01/95017

PCT/US01/18637

10/25

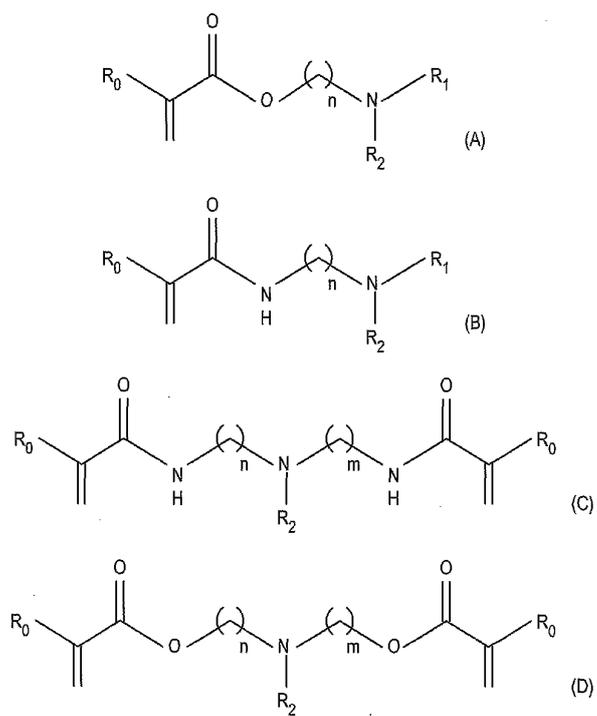


FIG. 16

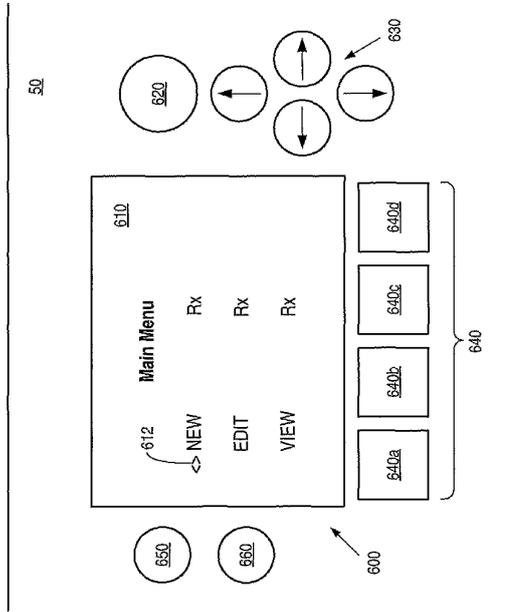


FIG. 17

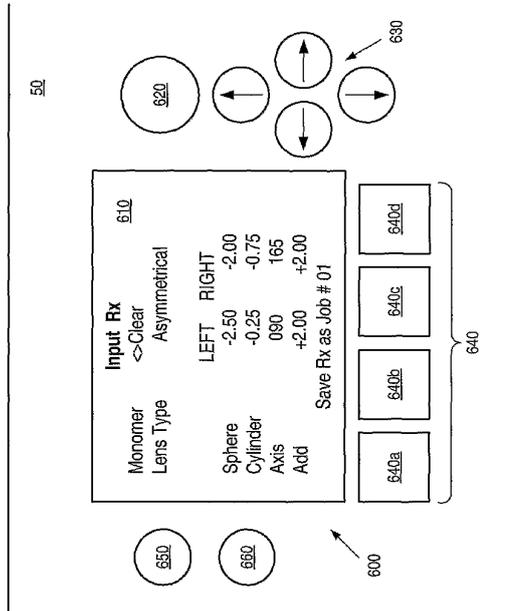


FIG. 18

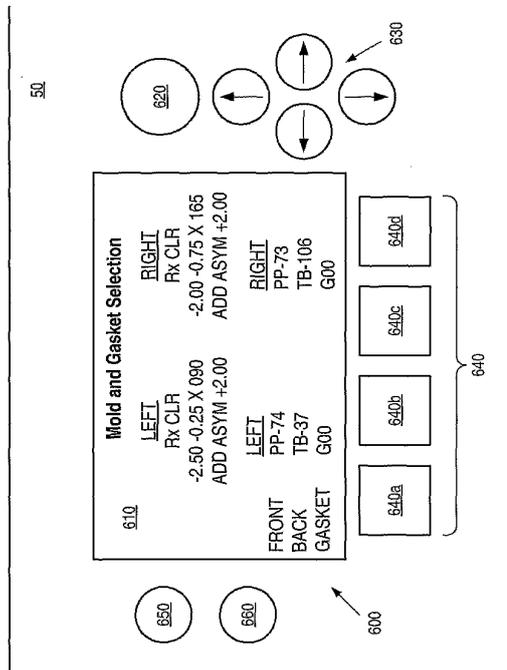
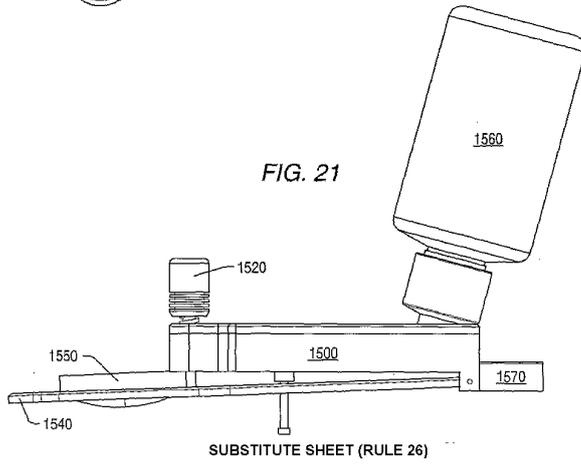
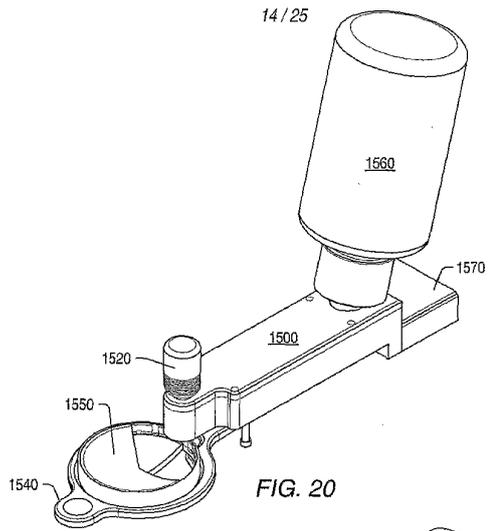


FIG. 19

WO 01/95017

PCT/US01/18637



WO 01/95017

PCT/US01/18637

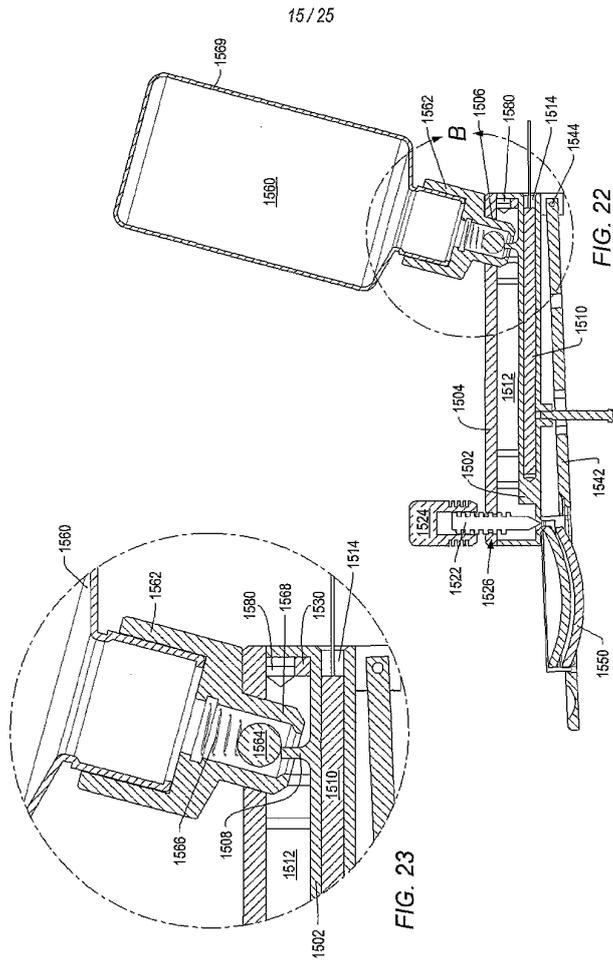


FIG. 23

FIG. 22

WO 01/95017

PCT/US01/18637

16/25

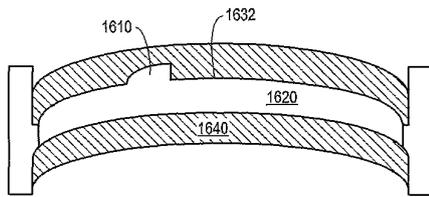


FIG. 24

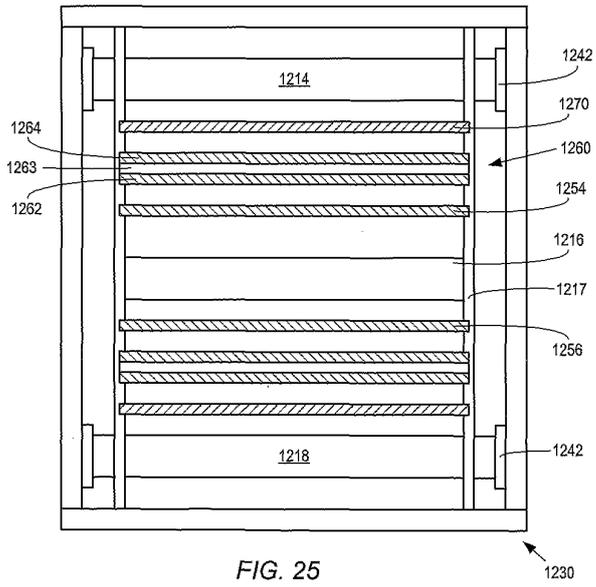


FIG. 25

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

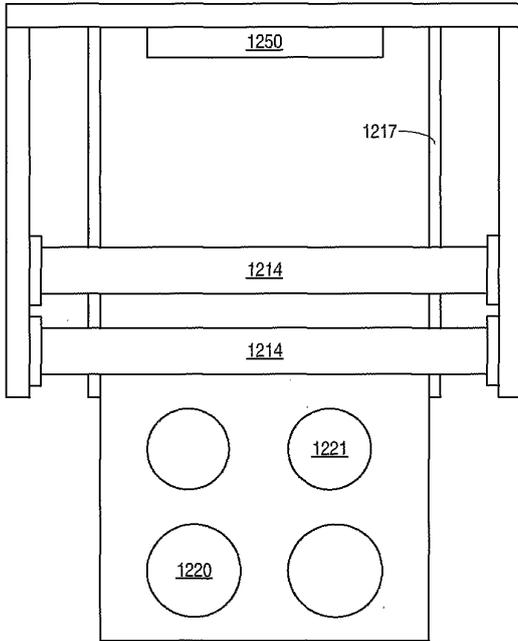


FIG. 26

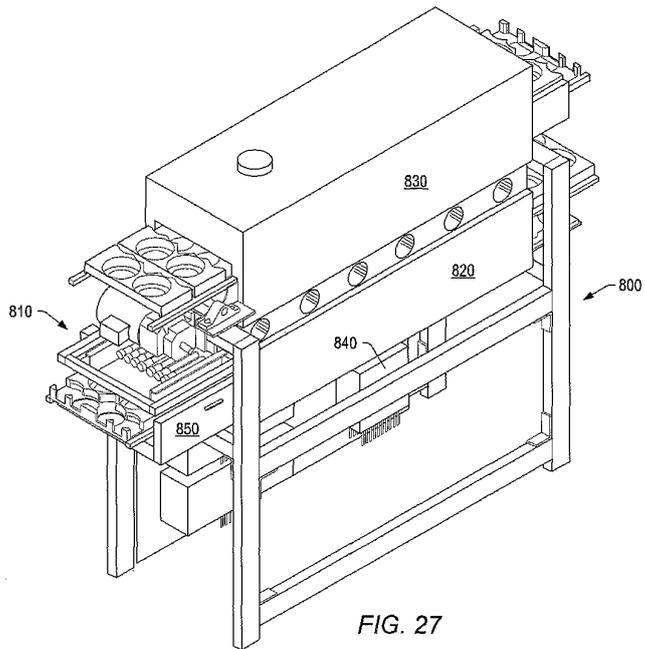
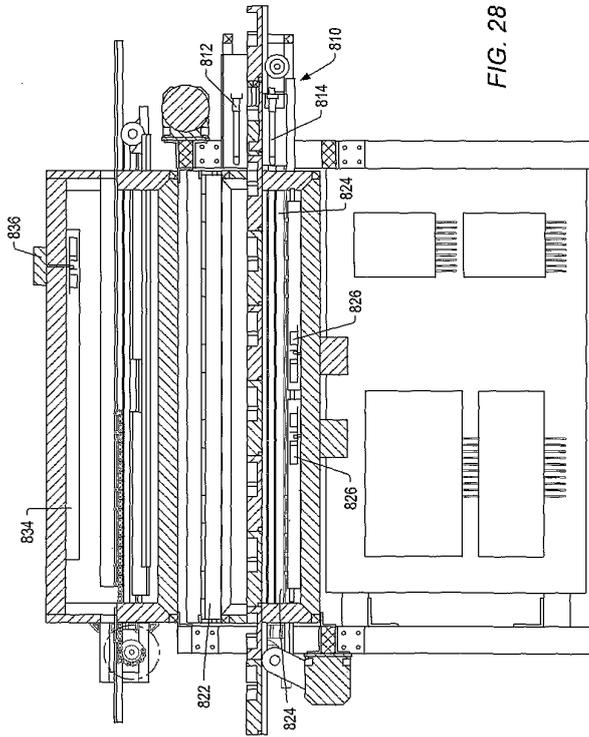


FIG. 27



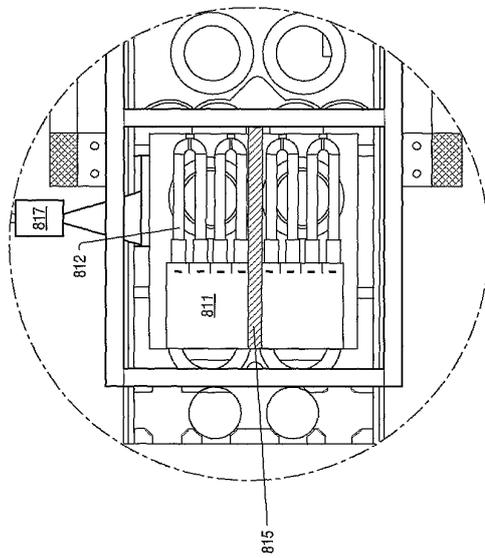


FIG. 29

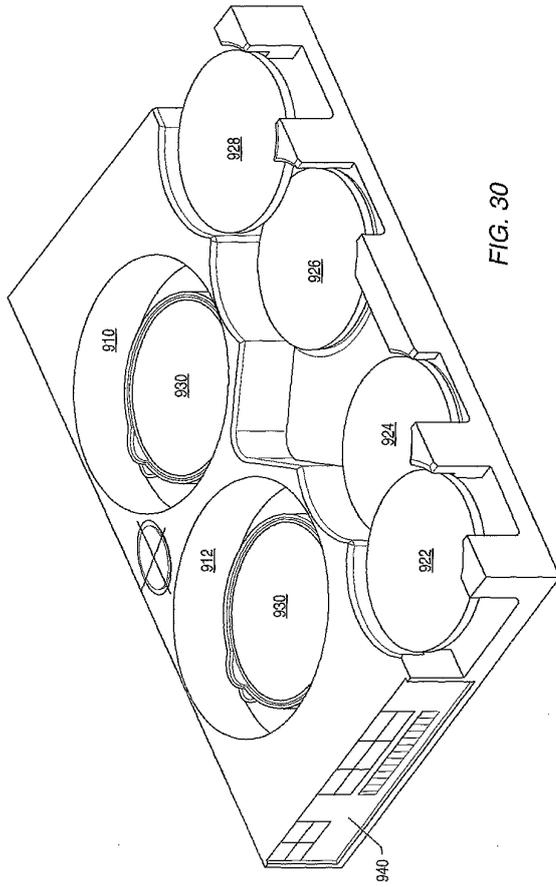


FIG. 30

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

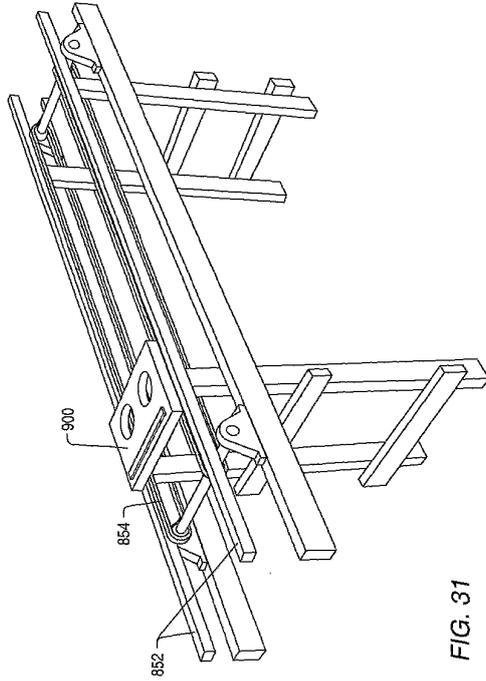


FIG. 31

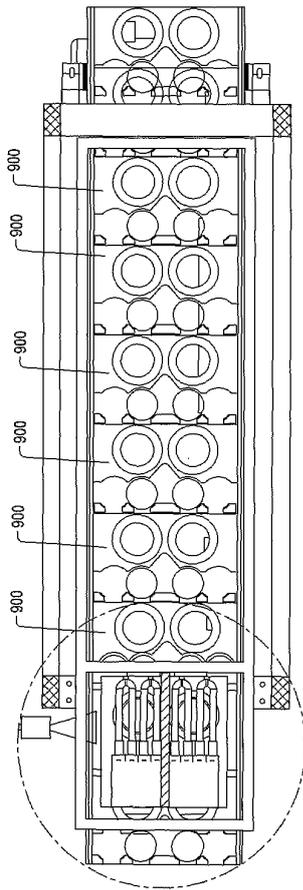


FIG. 32

SUBSTITUTE SHEET (RULE 26)

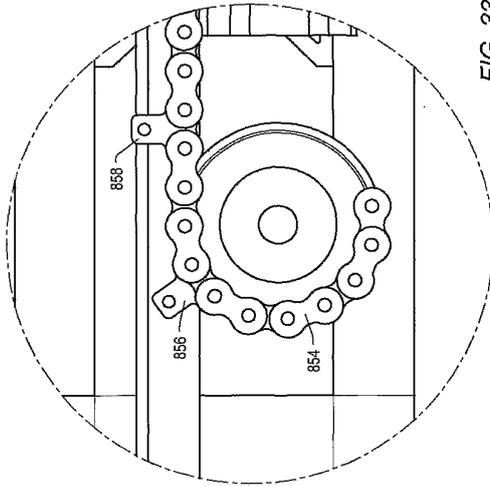


FIG. 33

25 / 25

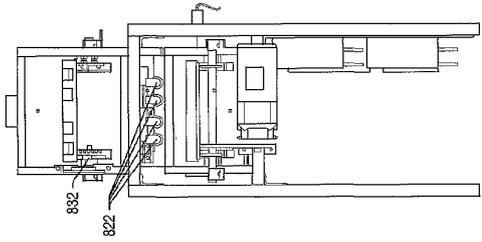


FIG. 35

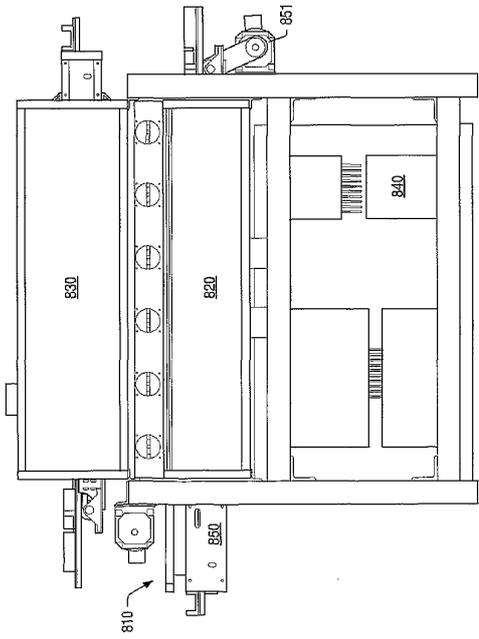


FIG. 34

【 国際公開パンフレット (コレクション) 】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
13 December 2001 (13.12.2001)

PCT

(10) International Publication Number
WO 01/095017 A3

- (51) International Patent Classification: B05D 7/00, 3/06, G02B 1/11, B29D 11/00
- (21) International Application Number: PCT/US01/18637
- (22) International Filing Date: 8 June 2001 (08.06.2001)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data: 09/590,784 8 June 2000 (08.06.2000) US
- (71) Applicant: Q2100, INC. [US/US]; 10100 Bluegrass Parkway, Louisville, KY 40299 (US).
- (72) Inventors: SUN, Xiaodong; 1707-2 Somerset Place, Louisville, KY 40220 (US). BUAZZA, Omar, M.; 503 Palisades Ct., Louisville, KY 40223 (US).
- (74) Agent: MEYERTONS, Eric, B., Conley, Rose & Tayon, P.C., P.O. Box 398, Austin, TX 78767-0398 (US).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, FE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KI, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR, UA, SI, SK, SL, TJ, TM, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NI, SN, TD, TG).
- Published: with international search report
— before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments
- (88) Date of publication of the international search report: 6 September 2002
- For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.



WO 01/095017 A3

(54) Title: METHOD OF FORMING ANTIREFLECTIVE COATINGS

(57) Abstract: An antireflective coating may be formed on visible light transmitting materials. The antireflective coating may be a stack of two coating layers. The first coating layer may be formed from a composition that includes a metal alkoxide. The first coating layer may be cured by the application of ultraviolet light or heat. The second coating layer may be formed from a second composition that includes an initiator and an ethylenically substituted monomer. The second composition may be cured by the application of ultraviolet light. The antireflective coatings may be applied to a plastic lens or a plastic lens or a plastic lens mold.

【手続補正書】

【提出日】平成14年10月23日(2002.10.23)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

可視光線透過基板に少なくとも部分的に反射防止性の膜を形成する方法であって、第1の金属アルコキシドおよびエチレン置換モノマーを含む第1の組成物を可視光線透過基板の少なくとも片面に付着させて第1のコーティング層を形成すること、第1の組成物を硬化させて第1のコーティング層を形成すること、開始剤およびエチレン置換モノマーを含み、紫外線を当てることによって硬化可能な第2の組成物を第1のコーティング層に付着させること、および紫外線を第2の組成物に当て、その紫外線で第2の組成物の硬化を開始させて第2のコーティング層を形成することを含む方法。

【請求項2】

第1のコーティング層と第2のコーティング層との間にシリコン層を形成することをさらに含み、シリコン層を形成することは、コロイド・シリコンまたはシラン・モノマーを含むシリコン含有組成物を第1のコーティング層に付着させてシリコン層を形成すること、および第2の組成物をシリコン層に付着させることをさらに含む請求項1に記載の方法。

【請求項3】

第1の組成物は、紫外線を当てることによって硬化可能である請求項1または2に記載の方法。

【請求項4】

紫外線を第1の組成物に当て、紫外線は第1の組成物の硬化を開始させて第1のコーティング層を形成することをさらに含む請求項1から3のいずれか1項に記載の方法。

【請求項5】

紫外線は閃光ランプによって生成される請求項1から4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項6】

紫外線は殺菌ランプによって生成される請求項1から4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項7】

第1の組成物を加熱し、第1の組成物を加熱することにより第1の組成物の硬化を開始させて第1のコーティング層を形成することをさらに含む請求項1および2のいずれか1項に記載の方法。

【請求項8】

開始剤は第2の金属アルコキシドを含む請求項1から7のいずれか1項に記載の方法。

【請求項9】

第1および第2の金属アルコキシドは一般式 $M(Y)_p$ (式中、Mはチタン、アルミニウム、ジルコニウム、ホウ素、スズ、インジウム、アンチモンまたは亜鉛であり、Yは $C_1 \sim C_{10}$ アルコキシまたはアセチルアセトネートであり、pはMの価数に等しい整数である)を有する請求項8のいずれか1項に記載の方法。

【請求項10】

第1および第2の金属アルコキシドは一般式 $Ti(OR)_4$ (式中、Rは $C_1 \sim C_{10}$ のアルキルである)を有する請求項8および9のいずれか1項に記載の方法。

【請求項11】

第1および第2の金属アルコキシドは、チタニウムメトキシド、チタニウムエトキシド、チタニウムイソプロポキシド、チタニウムブトキシドまたはチタニウムアリルアセトアセ

テートトリイソプロポキシドを含む請求項 8 から 10 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 12】

第 2 の金属アルコキシドは、チタニウムアルコキシドおよびアルミニウムアルコキシドを含む請求項 8 および 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 13】

第 2 の組成物は光開始剤をさらに含む請求項 1 から 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 14】

エチレン置換モノマーはジペンタエリスリトールテトラアクリレートを含む請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 15】

第 2 の組成物はフルオロアクリレートを含む請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 16】

第 2 の組成物はシラン・モノマーを含む請求項 1 から 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 17】

第 2 の組成物は有機溶媒をさらに含む請求項 1 から 16 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 18】

第 1 の組成物は光開始剤をさらに含む請求項 1 から 17 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 19】

第 1 の組成物は共開始剤をさらに含む請求項 1 から 18 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 20】

第 1 の組成物はコロイド・シリカをさらに含む請求項 1 から 19 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 21】

第 1 の組成物は有機溶媒をさらに含む請求項 1 から 20 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 22】

第 1 のコーティング層は、可視光線透過基板の屈折率より大きい屈折率を有する請求項 1 から 21 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 23】

第 2 のコーティング層は、第 1 のコーティング層の屈折率より小さい屈折率を有する請求項 1 から 22 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 24】

第 1 のコーティング層を形成する前に可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することをさらに含む請求項 1 から 23 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 25】

可視光線透過基板の表面に第 1 の組成物を付着させる前に、可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することをさらに含む請求項 1 から 24 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 26】

可視光線透過基板の表面にハードコート層を形成することは、紫外線硬化性ハードコート組成物を可視光線透過基板の表面に付着させること、および紫外線をハードコート組成物に当て、紫外線はハードコート組成物の硬化を開始させてハードコート層を形成することを含む請求項 1 から 25 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 27】

可視光線透過基板の表面にハードコート組成物を付着させることは、ハードコート組成物をレンズの方へ向けながら可視光線透過基板を回転させることを含む請求項 1 から 26 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 28】

第 1 の組成物を可視光線透過基板に付着させることは、第 1 の組成物の第 1 の部分を可視光線透過基板に付着させること、

第 1 の組成物の第 1 の部分を乾燥させること、

第 1 の組成物の第 2 の部分を乾燥済の第 1 の部分に付着させること、および

第 1 の組成物の第 2 の部分を乾燥させることを含む請求項 1 から 27 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 29】

第 1 の組成物を付着させることは、可視光線透過基板を回転させながら第 1 の組成物を可視光線透過基板の方へ向けることを含む請求項 1 から 28 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 30】

第 2 の組成物を付着させることは、可視光線透過基板を回転させながら第 2 の組成物を可視光線透過基板の方へ向けることを含む請求項 1 から 29 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 31】

可視光線透過基板の前面に第 1 の組成物を付着させることを含む請求項 1 から 30 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 32】

可視光線透過基板の背面に第 1 の組成物を付着させることを含む請求項 1 から 31 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 33】

約 90 秒間未満の時間にわたって第 2 の組成物に紫外線を誘導する請求項 1 から 32 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 34】

約 90 秒間未満の時間にわたって第 2 の組成物に紫外線を誘導する請求項 1 から 33 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 35】

約 10 分間未満の時間で反射防止膜を形成する請求項 1 から 34 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 36】

約 10 分間未満の時間にわたって約 40 と約 140 の間の温度で可視光線透過基板を加熱することをさらに含む請求項 1 から 35 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 37】

第 1 のコーティング層と第 2 のコーティング層を併せた厚さが約 500 nm 未満である請求項 1 から 36 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 38】

可視光線透過基板はプラスチック・レンズである請求項 1 から 37 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 39】

プラスチック・レンズの前面に反射防止膜を形成する請求項 1 から 38 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 40】

プラスチック・レンズの背面に反射防止膜を形成する請求項 1 から 39 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 41】

可視光線透過基板はガラス・レンズである請求項 1 から 37 のいずれか 1 項に記載の方法。

【請求項 42】

第 1 のコーティング層は、第 1 の組成物の成分と水またはアルコールとの反応生成物を含み、

第 2 のコーティング層は第 2 の組成物の成分の反応生成物を含む請求項 1 から 41 のいずれか 1 項に記載の方法。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/US 01/18637
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 B05D7/00 B05D3/06 G02B1/11 B29D11/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02B B29D B05D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the facts searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) WPI Data, EPO-Internal, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 533 030 A (HITACHI LTD) 24 March 1993 (1993-03-24) example 3	45
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 199712 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class A13, AN 1997-122500 XPO02204529 & JP 09 005501 A (NIKON CORP), 10 January 1997 (1997-01-10) abstract --- -/--	47
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents:		
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
E earlier document but published on or after the international filing date		*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)		*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
C document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*&* document member of the same patent family
P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
3 July 2002	15/07/2002	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2940, Tx: 31 851 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Brothier, J-A	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/US 01/18637

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DATABASE WPI Section Ch, Week 199328 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class A35, AN 1993-223882 XPO02204530 & JP 05 147110 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD), 15 June 1993 (1993-06-15) abstract & PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 17, no. 537 (M-1487), 28 September 1993 (1993-09-28) & JP 05 147110 A (OLYMPUS OPTICAL CO. LTD.) abstract	48
X	WO 92 17536 A (RED SPOT PAINT & VARNISH) 15 October 1992 (1992-10-15) example 2	48
A	DATABASE WPI Section Ch, Week 199634 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class A12, AN 1996-339233 XPO02204531 & JP 08 157546 A (CANON KK), 18 June 1996 (1996-06-18) abstract	1
A	WO 94 04345 A (Q2100 INC) 3 March 1994 (1994-03-03) the whole document	46
A	US 4 544 572 A (SANDVIG TIMOTHY C ET AL) 1 October 1985 (1985-10-01) the whole document	46

Form PCT/ISA/216 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US 01/18637

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0533030	A	24-03-1993	DE 69203056 D1 27-07-1995
			DE 69203056 T2 19-10-1995
			EP 0533030 A2 24-03-1993
			EP 0626718 A1 30-11-1994
			US 5817421 A 06-10-1998
			US 5449534 A 12-09-1995
JP 9005501	A	10-01-1997	NONE
JP 5147110	A	15-06-1993	NONE
WO 9217536	A	15-10-1992	AU 664999 B2 14-12-1995
			AU 1871192 A 02-11-1992
			BR 9205853 A 27-09-1994
			CA 2107354 A1 04-10-1992
			CZ 9302047 A3 16-03-1994
			DE 69228543 D1 08-04-1999
			DE 69228543 T2 29-07-1999
			DK 582685 T3 27-09-1999
			EP 0582685 A1 16-02-1994
			EP 0864618 A2 16-09-1998
			HK 1014194 A1 21-07-2000
			JP 6506718 T 28-07-1994
			KR 243802 B1 01-02-2000
			MX 9201533 A1 01-10-1992
			WO 9217536 A1 15-10-1992
			US 6110988 A 29-08-2000
			JP 8157546
WO 9404345	A	03-03-1994	US 5529728 A 25-06-1996
			AT 175150 T 15-01-1999
			AU 5014593 A 15-03-1994
			DE 69322869 D1 11-02-1999
			DE 69322869 T2 05-08-1999
			EP 0656827 A1 14-06-1995
			WO 9404345 A2 03-03-1994
			US 4544572
			AU 570214 B2 10-03-1988
			AU 1873883 A 15-03-1984
			CA 1199762 A1 28-01-1986
			DE 3380276 D1 31-08-1989
			EP 0102847 A1 14-03-1984
			JP 1993695 C 22-11-1995
			JP 4052921 B 25-08-1992
			JP 59081619 A 11-05-1984
			JP 2535132 B2 18-09-1996
			JP 6258602 A 16-09-1994

フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
C 0 9 D 4/02	C 0 9 D 4/00	
C 0 9 D 5/00	C 0 9 D 4/02	
C 0 9 D 183/00	C 0 9 D 5/00	D
C 0 9 D 185/00	C 0 9 D 5/00	Z
G 0 2 B 1/10	C 0 9 D 183/00	
G 0 2 C 7/02	C 0 9 D 185/00	
// C 0 8 L 101:00	G 0 2 C 7/02	
	G 0 2 B 1/10	Z
	C 0 8 L 101:00	

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, S G, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW

F ターム(参考) 2K009 AA02 AA15 BB14 CC42 CC45 DD02 DD05
 4D075 AC64 AC92 AE17 AE27 BB14Y BB14Z BB26Y BB26Z BB42Y BB42Z
 BB46Y BB46Z BB92Y BB92Z BB93Y BB93Z BB95Y BB95Z CA02 CB02
 DA06 DB13 DB43 DB48 DC24 EA06 EA21 EB16 EB22 EB24
 EB33 EB43 EB47 EC03 EC08 EC37
 4F073 AA14 AA28 BA18 BA26 BB02 CA45 FA03 FA08
 4J038 AA011 DL031 DL051 DL071 DL081 DL091 DL101 DM021 FA011 FA141
 FA151 FA271 GA12 HA211 HA441 HA446 KA03 KA06 NA11 NA19
 PA17 PB03 PB08 PC08