

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3545796号

(P3545796)

(45) 発行日 平成16年7月21日(2004.7.21)

(24) 登録日 平成16年4月16日(2004.4.16)

(51) Int. Cl.⁷G02B 3/00
G02B 3/02

F I

G02B 3/00 A
G02B 3/02

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願平6-26669	(73) 特許権者	000115728
(22) 出願日	平成6年2月24日(1994.2.24)		リコー光学株式会社
(65) 公開番号	特開平7-234303		岩手県花巻市大畑第十地割109番地
(43) 公開日	平成7年9月5日(1995.9.5)	(74) 代理人	100067873
審査請求日	平成13年1月30日(2001.1.30)		弁理士 樺山 亨
		(74) 代理人	100090103
			弁理士 本多 章悟
		(72) 発明者	名須川 利通
			岩手県花巻市大畑第10地割109番地・
			リコー光学株式会社内
		(72) 発明者	梅木 和博
			岩手県花巻市大畑第10地割109番地・
			リコー光学株式会社内
		審査官	吉野 公夫
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学デバイスおよび光学デバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定の凸曲面形状に応じた凹曲面形状を形成された成型型を用い、上記凸曲面形状を転写された転写材により、1以上の凸曲面形状をデバイス材料の平面状表面に形成してなる光学デバイス用材料の、上記転写材と上記デバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、上記転写材の凸曲面形状を上記デバイス材料に彫り写すことにより、上記デバイス材料からなる光学デバイスを製造することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項2】

所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型から、上記転写面形状を転写された転写材により、1以上の曲面形状を、デバイス材料の所定の曲率を持つ表面上に形成してなる光学デバイス用材料の、上記転写材と上記デバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、上記転写材の1以上の曲面形状を上記デバイス材料に彫り写すことにより、上記デバイス材料からなる光学デバイスを製造することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項3】

請求項2記載の光学デバイス製造方法において、

デバイス材料を球体もしくは円柱体とした光学デバイス用材料を用いることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項4】

10

20

請求項 2 記載の光学デバイス製造方法において、

デバイス材料をレンズ形状に形成したデバイス用材料を用いることを特徴とする光学デバイス用材料。

【請求項 5】

球体の一部を平面加工して、球の一部を平面で切断した形状としたデバイス材料の平面状部分に、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成してなる光学デバイス用材料の、上記転写材と上記デバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、上記転写材の曲面形状を上記デバイス材料に彫り写すことにより、上記デバイス材料からなる光学デバイスを製造することを特徴とする光学デバイス製造方法。

10

【請求項 6】

球体の一部を平面加工して、球の一部を 1 対の平行な平面で切断した形状としたデバイス材料の、少なくとも一方の平面状部分に、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型から上記転写面形状を転写した転写材により、曲面形状を形成してなる光学デバイス用材料の、上記転写材と上記デバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、上記転写材の曲面形状を上記デバイス材料に彫り写すことにより、上記デバイス材料からなる光学デバイスを製造することを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項 7】

円柱体の周面部を平面加工して、円柱の一部を軸に平行な平面で切断した形状としたデバイス材料の、平面状部分に、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成してなる光学デバイス用材料の、上記転写材と上記デバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、上記転写材の曲面形状を上記デバイス材料に彫り写すことにより、上記デバイス材料からなる光学デバイスを製造することを特徴とする光学デバイス製造方法。

20

【請求項 8】

円柱体の周面部を平面加工して、円柱の一部を、軸に平行で且つ互いに平行な 1 対の平面で切断した形状としたデバイス材料の、少なくとも一方の平面状部分に、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成してなる光学デバイス用材料の、上記転写材と上記デバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、上記転写材の曲面形状を上記デバイス材料に彫り写すことにより、上記デバイス材料からなる光学デバイスを製造することを特徴とする光学デバイス製造方法。

30

【請求項 9】

請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 または 6 または 7 または 8 記載の光学デバイス製造方法において、

光学デバイス用材料の転写材として、光硬化性材料もしくは、200 度 C 以下の温度で硬化する熱硬化性材料が用いられることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項 10】

請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 または 6 または 7 または 8 または 9 記載の光学デバイス製造方法において、

40

光学デバイス用材料のデバイス材料として、透明な光学材料を用いることを特徴とする光学デバイス製造方法。

【請求項 11】

請求項 1 または 2 または 3 または 4 または 5 または 6 または 7 または 8 または 9 または 10 記載の光学デバイス製造方法により、製造される光学デバイス。

【請求項 12】

請求項 11 記載の光学デバイスの曲面形状部分に反射膜を形成してなる光学デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

50

この発明は、光学デバイスおよび光学デバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

レンズやミラーに、非球面に代表される特殊な面形状が使用されるようになってきている。非球面のような特殊な面形状は、機械的な研磨で創成することが容易ではなく、通常は型を用いた成形加工により作製が行われる場合が多い。

【0003】

このため、例えば、非球面の屈折面を持つレンズなどは、その殆どがプラスチック材料を用いたプラスチック成形品として作製されており、材料選択の余地が少ない点が問題となっている。

10

【0004】

所望の面形状を、型を用いてガラス表面に創成する技術としては「ガラスプレス法」が知られているが、使用される型は、ガラスに成形する際の高温（650度以上）・高圧に耐えねばならず、高温下での酸化に対する耐性も必要である。このため、型の材料は特殊な金属やセラミックスに限定される。このような特殊な材料は型の加工が非常に難しく、その上、耐酸化性を付加するためには、型の表面に Si_3N_4 、 SiC 、 Au 、 Pt 等の薄膜を形成する必要がある。

【0005】

このため、ガラスプレス法に用いられる「型」は、コストが高く、しかも、高温・高圧下で使用されるため、材料を選択するにも拘らず、「型としての寿命」はさほど長くない。

20

【0006】

一方、屈折面や反射面を型成形や研磨によらずに創成する方法として、光学材料の表面にフォトレジストの層を形成し、この層を例えば、円形や楕円形にパターンニングし、その後、上記層を加熱して、フォトレジストの熱流動により、フォトレジストの表面を曲面形状化し、しかるのちに、フォトレジストと光学材料とに対して異方性のエッチングを行い、フォトレジスト表面の曲面形状を光学材料に彫り写すという方法が提案されている（例えば、特開平5-173003号公報：請求項16）。

【0007】

この方法は、マイクロレンズの屈折面形成方法として適しているが、加熱に依りフォトレジスト表面に生成する表面形状の制御が必ずしも容易でなく、意図した通りの曲面を正確

30

に形成することが難しい。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

この発明は上述した事情に鑑みてなされたものであって、所望の表面形状を正確に有する新規な光学デバイスの提供を目的とする（請求項11、12）。

【0009】

この発明の別の目的は、所望の表面形状を持った光学デバイスを容易且つ確実に製造できる新規な光学デバイス製造方法の提供にある（請求項1～10）。

【0010】

上記光学デバイス製造方法には種々の光学デバイス用材料が使用される。

40

【0011】

【課題を解決するための手段】

以下にまず、光学デバイス製造方法に用いられる光学デバイス材料を説明する。

請求項1の光学デバイス製造方法において用いられる光学デバイス用材料は、デバイス材料の平面状の表面に、1以上の凸曲面形状を転写材により形成して構成される。

「デバイス材料」は、最終的に光学デバイスとなる材料であり、請求項1記載の発明に於いては上述のとおり「平面的な表面」を有する。

「1以上の凸曲面形状」は、所定の凸曲面形状に応じた凹曲面形状を形成された「成型型」を用いて転写材に転写・形成される。

【0012】

50

請求項2の光学デバイス製造方法において用いられる光学デバイス用材料は、デバイス材料における「所定の曲率を持つ表面」上に、転写材により1以上の曲面形状を形成してなる。上記「所定の曲率を持つ表面」は、球面に限らず、シリンダ面（最大曲率と最小曲率：0が一義的に定まる）や、回転楕円面等でもよい。

1以上の「曲面形状」は、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型から、転写材に上記転写面形状を転写することにより形成される。

【0013】

請求項2記載の発明において用いられる光学デバイス用材料における「デバイス材料」としては、「球体」あるいは「円柱体」のものを用いることもできるし（請求項3）、「レンズ形状に形成されたもの」を用いることができる（請求項4）。この場合のレンズ形状も、球面レンズ形状に限らず、シリンダレンズ形状やトロイダルレンズ形状とすることができる。

10

【0014】

請求項5の光学デバイス製造方法において用いられる光学デバイス用材料は、「球体の一部を平面加工し、球の一部を平面で切断した形状」としたデバイス材料の平面状部分に、「所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型」から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成して構成される。この場合、デバイス材料の、上記平面状部分と反対側の球面形状部分にも、転写材により別の曲面形状（他の型から転写される）を形成することができる。

【0015】

請求項6の光学デバイス製造方法において用いられる光学デバイス用材料は、「球体の一部を平面加工し、球の一部を1対の平行な平面で切断した形状」としたデバイス材料の、少なくとも一方の平面状部分に、「所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型」から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成して構成される。この請求項6に記載の光学デバイス用材料において、1対の平面状部分のそれぞれに、転写材による曲面形状を形成する場合には、両曲面形状は、同一でも異なっても良い。

20

【0016】

請求項7の光学デバイス製造方法において用いられる光学デバイス用材料は、「円柱体の周面部を平面加工し、円柱の一部を軸に平行な平面で切断した形状」としたデバイス材料の、平面状部分に、「所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型」から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成して構成される。この場合、デバイス材料の、上記平面状部分と反対側の円柱面形状部分にも、転写材により別の曲面形状（他の型から転写される）を形成することができる。

30

【0017】

請求項8の光学デバイス製造方法において用いられる光学デバイス用材料は、「円柱体の周面部を平面加工し、円柱の一部を、軸に平行で且つ互いに平行な1対の平面で切断した形状」としたデバイス材料の、少なくとも一方の平面状部分に、「所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型」から上記転写面形状を転写された転写材により、曲面形状を形成して構成される。この場合、1対の平面状部分のそれぞれに、転写材による曲面形状を形成する場合には、両曲面形状は同一でも異なっても良い。

40

【0018】

上記請求項2～8記載の発明において、デバイス材料に転写材により形成される「曲面形状」としては、凸または凹の球面、凸または凹の非球面、凸または凹のシリンダ面等、種々の曲面形状が可能である。

【0019】

また、上記請求項1～8記載の光学デバイス製造方法に用いられる光学デバイス用材料において、「転写材」は、光および/または熱により硬化し、物理的エッチングが可能なものを適宜使用できる。即ち、転写材としては、「光硬化性材料」や「200度C以下の温度で硬化する熱硬化性材料」が好適である（請求項9）。

【0020】

50

「光硬化性材料」としては、エポキシ系樹脂やアクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、変形シリコン系樹脂、あるいは、これらをベースとした配合により構成されるものを利用できる。特に、エポキシ系樹脂とアクリル系樹脂を組み合わせることで配合したものは、転写材として好適である。勿論、市販の紫外線硬化樹脂等は転写材として好適に使用できる。

「200度C以下の温度で硬化する熱硬化性材料」としては、エポキシ樹脂やフェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂等を利用することができる。

【0021】

また、請求項1～9記載の発明に於いて用いられる光学デバイス用材料における「デバイス材料」としては、物理的エッチングが可能であれば、特に制限無く用いることができるが、光透過性の光学デバイスを製造する場合には勿論「透明な光学材料」が用いられる（請求項10）。

10

【0022】

この発明の「光学デバイス製造方法」は、上に説明した任意の光学デバイス用材料の、「転写材とデバイス材料とに対して異方性の物理的エッチングを行うことにより、転写材の表面形状をデバイス材料に彫り写す」ことを特徴とする（請求項1～10）。「物理的エッチング」としては、RIEやECRプラズマエッチング等のドライエッチングが好ましい。

【0023】

この発明の「光学デバイス」は、上記請求項1～10の任意の1に記載の光学デバイス製造方法で製造された光学デバイス自体である（請求項11）。請求項11記載の光学デバイスにおける曲面形状部分に、反射膜を形成したものを「光学デバイス」とすることもできる（請求項12）。このように、反射膜を形成して光学デバイスとする場合には、デバイス材料が透明なものでなくてもよいことは言うまでもない。

20

【0024】

なお、デバイス材料として適当なものを選ぶと、上記のようにして製造された請求項11記載の光学デバイス自体を、請求項1～10に記載の光学デバイス用材料において、転写材に転写面形状を転写するための「成型型」としても使用できることを付記しておく。

【0025】

【作用】

上述の如く、この発明の光学デバイス製造方法では、光学デバイス用材料が、転写材による曲面形状を有し、デバイス材料と転写材に対して、異方性の物理的エッチングを行うことにより、転写材の表面形状である上記曲面形状が、デバイス材料に彫り写される。

30

【0026】

転写材の表面形状として形成される曲面形状は、成型型の転写面形状を転写されることにより正確に形成される。

【0027】

【実施例】

図1(a)は、請求項1に記載の光学デバイス用材料の1実施例を示している。

【0028】

光学デバイス用材料10は、平行平板状のデバイス材料11の片面に、転写材12による凸曲面形状が複数個、アレイ配列状に形成されたものである。転写材12における凸曲面形状は、「所定の凸曲面形状に応じた凹曲面形状」を形成された成型型300を用い、転写材12に上記凸曲面形状を転写することにより正確に形成されるのである。

40

【0029】

図1(a)に示す光学デバイス用材料10の、転写材12による凸曲面形状の形成された側の面に対して物理的エッチングを行い、転写材12の表面形状をデバイス材料11に彫り写せば、図1(b)に示すように、片側の面に、所望の凸曲面形状をアレイ配列状に形成された光学デバイス1Aを得ることができる（請求項1、11）。

【0030】

デバイス材料11として「透明な材料」を用いれば、図1(b)の光学デバイスは、形成

50

された凸曲面形状を屈折面とするレンズアレイあるいはマイクロレンズアレイ（形成された屈折面が小さい場合）として利用できる。

【0031】

勿論、図1のデバイス材料11の両面に、互いに対応させて、転写材の凸面形状を形成した光学デバイス用材料も可能であり、このような光学デバイス用材料に対して、請求項1記載の製造方法を適用すれば、「平行平板の両面に屈折面を持つ光学デバイス」を得ることができる。

【0032】

また、図1(b)の光学デバイス1Aの、凸曲面形状の形成されている側の面に反射膜を形成すれば、凸面鏡アレイもしくはマイクロ凸面鏡アレイとして使用できる光学デバイスを実現できる（請求項12）。

10

【0033】

図2(a)は、請求項2,3記載の光学デバイス用材料の1実施例を示している。光学デバイス用材料20は、球体のデバイス材料21の表面に、転写材22により、所定の表面形状（非球面）が形成されたものである。転写材22の表面形状は、「所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型」から、転写材22の表面に、上記転写面形状を転写することにより正確に形成される。

【0034】

図2(a)の状態において、転写材22とデバイス材料21とに対して、異方性の物理的エッチングを行い、転写材22の表面形状をデバイス材料21に彫り写すことにより、図2(b)に示すような、光学デバイス2Aを得ることができる。デバイス材料21として透明な材料を用いれば、光学デバイス2Aは「片面が球面で片面が非球面」のレンズもしくはマイクロレンズ（球体21が小さい場合）として利用できる。

20

【0035】

デバイス材料21に彫り写された「曲面形状」は、転写材22の表面形状をそのまま彫り写した形状もしくは上記表面形状の相似形となるので、「デバイス材料21に彫り写された段階で所望の曲面形状となるような転写面形状」を、成型型に形成しておくのである。

【0036】

なお、図2(a)において、デバイス材料21を、図面に直交する方向に長い「円柱体」とすれば、得られる光学デバイスは、片面が特殊な形状の面で、他方の側がシリンダ面である、シリンダレンズもしくはマイクロシリンダレンズとして利用できる。

30

【0037】

図3(a)は、請求項2,4に記載の光学デバイス用材料の1実施例を示している。光学デバイス用材料30は、レンズ形状のデバイス材料30の一方の面に、転写材32により、所定の曲面形状が形成されている。転写材32の表面形状である上記曲面形状は、勿論、「所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型」から、転写材22の表面に上記転写面形状を転写することにより正確に形成されるのである。

【0038】

図3(a)の状態において、転写材32とデバイス材料31とに対して、異方性の物理的エッチングを行い、転写材32の表面形状をデバイス材料31に彫り写すことにより、図3(b)に示すような、光学デバイス3Aを得ることができる。デバイス材料として透明な材料を用い、デバイス材料31を球面レンズ形状とすれば、光学デバイス3Aは、「片面が球面で、片面が非球面」のレンズもしくはマイクロレンズ（デバイス材料が小さい場合）として利用できる。

40

【0039】

また、デバイス材料31として、図面に直交する方向へ長いシリンダレンズ状のものを用いれば、光学デバイス3Aは、片面がシリンダ面で、片面が非球面のシリンダレンズあるいはトロイダルレンズ、またはマイクロシリンダレンズやマイクロトロイダルレンズとして利用できる。

【0040】

50

デバイス材料 3 1 に彫り写された「曲面形状」は、転写材 3 2 の表面形状を、そのまま彫り写した形状もしくは上記表面形状の相似形となるので、デバイス材料 3 1 に彫り写された段階で所望の曲面形状となるような転写面形状を、予め成型型に形成しておく。

【0041】

図 4 (a) は、請求項 2 , 5 に記載の光学デバイス用材料の 1 例を示している。

光学デバイス用材料 4 0 は、球体の一部を平面加工して、球の一部を平面で切断した形状としたデバイス材料 4 1 の平面状部分に、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型（図示されず）から、上記転写面形状を転写された転写材 4 2 により曲面形状を形成した構成となっている。

【0042】

図 4 (a) の状態において、転写材 4 1 とデバイス材料 4 2 とに対して、異方性の物理的エッチングを行い、転写材 4 2 の表面形状をデバイス材料 4 1 に彫り写すことにより、図 4 (b) に示すような、光学デバイス 4 A を得ることができる。デバイス材料として、透明な材料を用いれば、光学デバイス 4 A は、片面が球面で、片面が非球面もしくは球面のレンズもしくはマイクロレンズとして利用できる。

【0043】

図 4 (a) において、デバイス材料 4 1 を、「図面に直交する方向に長い円柱の一部を軸に平行な平面で切断した形状」のものとするれば、得られる光学デバイスは、片面が所定の曲面形状で、他方の側がシリンダ面である、シリンダレンズもしくはマイクロシリンダレンズとして利用できる（請求項 7）。

【0044】

図 5 (a) は、請求項 2 , 6 に記載の光学デバイス用材料の 1 例を示している。

光学デバイス用材料 5 0 は、球体の一部を平面加工して、球の一部を、1 対の互いに平行な平面で切断した形状としたデバイス材料 5 1 の各平面状部分に、所定の曲面形状を転写面形状として形成された成型型（図示されず）から、上記転写面形状を転写された転写材 5 2 , 5 3 により曲面形状（図の例では、共に非球面である）を形成した構成となっている。

【0045】

図 5 (a) の状態において、転写材 5 1 とデバイス材料 5 2 , 5 3 とに対して、異方性の物理的エッチングを行い、転写材 5 2 , 5 3 の表面形状をデバイス材料 5 1 に彫り写すことにより、図 5 (b) に示すような、光学デバイス 5 A を得ることができる。デバイス材料として、透明な材料を用いれば、光学デバイス 5 A は、両面が非球面であるレンズもしくはマイクロレンズとして利用できる。

【0046】

転写材による非球面を、デバイス材料 5 1 の一方の平面上部分にのみ形成した場合には、得られる光学デバイスは、平凸あるいは平凹で、曲面が非球面であるレンズもしくはマイクロレンズとして利用できる。

【0047】

図 5 (a) において、デバイス材料 5 1 を、「図面に直交する方向に長い円柱の一部を軸に平行で且つ互いに平行な 1 対の平面で切断した形状」のものとするれば、得られる光学デバイスは、両面が所定の曲面形状のシリンダレンズもしくはマイクロシリンダレンズとして利用できる（請求項 8）。

【0048】

図 6 には、この発明の光学デバイス用材料の別例を 3 例示す。

図 6 (a) に示す光学デバイス用材料 6 0 は、プリズム形状のデバイス材料 6 1 の平面状の面に、転写材 6 2 により所定の凸曲面形状を形成した構成のものであり、請求項 1 に記載の光学デバイス用材料の 1 実施例である。同図 (b) に示す光学デバイス用材料 7 0 は、球体、もしくは円柱体のデバイス材料 7 1 の表面に、転写材 7 2 , 7 3 による曲面形状を形成したもので、請求項 2 , 3 に記載の光学デバイス用材料の 1 例である。また、同図 (c) に示す光学デバイス用材料 8 0 は、レンズ形状のデバイス材料 8 1 の両面に、転写

10

20

30

40

50

材 8 2 , 8 3 により所定の曲面形状を形成したもので、請求項 2 , 4 に記載の光学デバイス用材料の 1 例である。

【 0 0 4 9 】

これらの光学デバイス用材料の、デバイス材料と転写材とに対して物理的エッチングを行い、各転写材の表面形状をデバイス材料に彫り写して得られる光学デバイスが、どのような形態のものになるかは、上述した説明に照らして明らかであろう。

【 0 0 5 0 】

図 7 , 8 は、光学デバイスとしての「光通信用カプラ - (L D と光ファイバ - の高効率結合モジュール) 」を複数個、「同時に製造」する例を示している。

光通信用の光学デバイスは厳しい耐環境性が要求されるため、耐環境性に優れたガラス材のものが求められる。この例において、製造目的としている光通信用カプラは「両凸レンズ」で、各レンズ面とも「非球面」である。

【 0 0 5 1 】

図 7 (a) において、符号 1 は、ガラスによる「球体」を示している。複数個の同一形状の球体 1 は、専用の治具 2 に、1 次元もしくは 2 次元配列的に固定されて保持されている。この時の球体 1 の大きさ (直径) や材質は、最終目的の光学デバイス (光通信用カプラ) の寸法、光学性能等によって設計的に決定される。

【 0 0 5 2 】

専用の治具 2 は、ガラスの球体 1 の固定は勿論、後工程を考慮して、両凸レンズの片側の肉厚を厚くし易いように製作している。即ち、この目的のため、「破線」で示す、球体 1 の中心の位置する部位が、治具 2 の上側の面に近く設定されている。また、最終的に形成される両凸レンズの光学面を傷めず、光学軸が確保できるように、治具 2 の両面は必要な加工精度を満たしている。治具 2 はまた、製造される両凸レンズのレンズホルダ - (鏡筒) を兼ねたものでも良い。

【 0 0 5 3 】

図 7 (b) は、光学設計の結果に基づき、製造対象である「両凸レンズ」の、第 1 面側の基準となる平面 1 1 0 を平面加工により形成した状態を示している。この平面加工は、「通常のガラス面平面研磨」で行うことができる。

平面加工は、複数個の球体 1 の第 1 面側を、治具 2 ごと一括して平面研磨することにより行い、「研磨量」は光学設計の結果に基づき設定する。

【 0 0 5 4 】

図 7 (c) は、光学設計の結果に基づき予め製作した「成型型」である金型 3 0 0 A の非球面形状 3 1 0 を、球体 1 (第 1 面側が平面加工されている) の第 2 面側 (図で下方の球面部分) に対向させた状態を示している。金型 3 0 0 A の非球面 3 1 0 は、超精密加工やフォトリソグラフィ - 技術を利用した微細加工技術を応用して製作できる。

【 0 0 5 5 】

金型 3 0 0 A の材料は特に限定されたものではないが、後の剥離工程を考慮して、非球面 3 1 0 の部分には「剥離性を高める処理」、例えば、「フッ素プラズマ処理」等を施しておくことが望ましい。

【 0 0 5 6 】

図 7 (d) は、金型 3 0 0 A の非球面 3 1 0 と球体 1 の第 2 面側の球面との間に、「転写材」として定量的に挟み込んだ光硬化性材料 4 0 0 に、球体 1 の平面加工した側から、紫外線 4 1 0 を照射して、光硬化性材料 4 0 0 を硬化させている状態を示している。光硬化性材料 4 0 0 の硬化は、このように「紫外線の照射のみ」で行っても良いし、プレ硬化を紫外線で行った後に「加熱硬化」を行っても良い。

【 0 0 5 7 】

転写材としては、上記光硬化性材料 4 0 0 の代わりに「熱可塑性材料」を用いても良いが、加熱硬化の際に金型 3 0 0 A や、球体 1 に過剰な高温が作用しないように、常温近傍の比較的低温 (2 0 0 度 C 以下) で硬化するものであることが好ましい (請求項 9) 。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

光硬化性材料 400 が硬化したら、光硬化性材料 400 と金型 300A の非球面 310 との間を剥離させる。剥離は、金型 300A に上記フッ素プラズマ処理等を行ってあれば容易であるが、「ヒートショック」等の物理的方法で行っても良い。

【0059】

このようにして、デバイス材料である球体 1 の、所定の曲率を持つ面上に、転写材である光硬化性材料 400 により所定の非球面が形成された訳である。従って、図 7 (d) の状態における「球体 1 と光硬化性材料 400 の結合体」は、請求項 2 に記載の「光学デバイス用材料」の 1 例となっている。

【0060】

図 7 (e) は、同図 (d) の段階で上記の如く形成された「光学デバイス用材料」における「転写材」である光硬化性材料 400 と、「デバイス材料」である球体 1 の第 2 面側とに対し異方性の物理的エッチングを行い、光硬化性材料 400 の表面形状として形成された上記非球面形状を、球体 1 の第 2 面側に彫り写した状態を示している。符号 130 が「彫り写された非球面形状」を示している。

【0061】

物理的エッチングは、RIE または ECR プラズマエッチング等のドライエッチングで行うことが望ましい。

【0062】

図 8 (f) (図 7 (e) に続く工程であることを明らかにするため、(f) とする) は、図 7 における球体 1 の上下を反転して、平面加工された第 1 面側の平面 110 を下方に向け、金型 500 に形成された非球面 510 に対向させた状態を示している。

【0063】

金型 500 は、図 7 (c) の金型 300A とは別に、光学設計に基づき、予め製造しておいたものである。金型 500 の製造方法は、金型 300A の製造方法と同様である。

【0064】

図 8 (g) は、金型 500 の非球面 510 と、球体 1 の平面 110 との間に、光硬化性材料 400 を転写材として定量的に挟み込み、紫外線 410 を照射して硬化させている状態を示している。

光硬化性材料 400 が硬化したら、金型 500 から剥離させる。このようにして、球体 1 の平面 110 に光硬化性材料 400 による凸面形状が形成される。従って、この段階で、請求項 1 または請求項 3 に記載の「光学デバイス用材料」が得られたことになる。

【0065】

図 8 (h) は、このようにして得られた光学デバイス用材料の光硬化性材料 400 と球体 1 の平面 110 とに異方性の物理的エッチング法でエッチングを行い、平面 110 側に、光硬化性材料 400 の表面形状 (金型 500 の非球面 510 に対応する凸の非球面) を彫り写した状態を示している。符号 150 は、彫り写された「非球面形状」を示している。図 8 における (f), (g), (h) の各工程は、図 7 における (c), (d), (e) の各工程と同様である。

【0066】

このようにして、球体 1 を「出発材料」として、第 1 面および第 2 面が共に非球面であるレンズ 1A (光通信用カプラー) を複数個、一度に製造できる。

【0067】

完成された光学デバイスであるレンズ 1A は、必要に応じて治具 2 から外し、一個々々の光学デバイスとしても良いし、あるいは治具 2 に保持させたまま、全体をレンズアレイとして使用しても良い。

【0068】

なお、図 7 (e) および図 8 (h) の工程における「異方性エッチング」は、光学設計の結果に応じて、ボ - ルレンズ材料のエッチング速度と光感光性材料のエッチング速度の比である選択比を 1 からずらしてもよく、あるいは、エッチングの途中で変更しても良い。選択比が 1 でない場合や、途中で選択比を変更する場合には、金型の曲面 300A と 50

10

20

30

40

50

0の転写面形状は、非球面形状で無くても良く、球面形状でも良い。つまり、出発材料であるデバイス材料の表面に転写材により所定の曲面形状を成形型を用いて適切に形成することが重要なのである。

【0069】

選択比等の「エッチング条件」の変更は、反応室内圧力、導入ガス種、基板温度（光学デバイス用材料の温度）等の調整により、物理的エッチングでは容易に変更が可能である。物理的なドライエッチングでは、エッチング前の表面形状から選択比：1で、上記表面形状を彫り出す際や、選択比を1からずらしたり、エッチング途上で変化させ、エッチング前の表面形状を変形した所望の表面形状を形成する場合の、「再現性」、即ち目的形状実現性が極めて高い。

10

【0070】

図9は、上記の如くして製造されたレンズ1Aを、光通信用カプラとして使用している例を示す。この場合は、1チャンネルの「LD600と光ファイバ-610の間」を結合させる微小光学素子を示している。符号200はレンズホルダーを示す。

【0071】

具体例1

第1面が球面で第2面が非球面であるレンズを、光通信用カプラーとして設計した。光線有効径：1.6mm、結合効率：58%である。設計結果に基づき、以下のようにして光学デバイスとしての上記レンズを製造した。

【0072】

材質：SF60（波長：0.83μmの赤外光に対し、屈折率：1.78278を持つ）を用い、直径：3.0mmの球体をデバイス材料として用意した。この球体を、図7に即して説明したような治具に固定した。

20

【0073】

デバイス材料である球体の、第2面側に、成形型から非球面形状を転写された転写材による曲面形状を形成して、光学デバイス用材料とした。

成形型である金型は、金属材料に、超精密加工とフォトリソグラフィ工程を施して、所定の転写面形状を形成することにより作製した。

上記転写面形状は、最終的にデバイス材料の表面に形成される「非球面形状」が、周知の非球面の式：

30

$$Z = Ch^2 / [1 + \{1 - (K + 1)C^2h^2\}] + Ah^4 + Bh^6$$

C = 1/R（光軸上の曲率）

K：円錐定数

A, B：非球面定数（Aは4次の項, Bは6次の項）

Z：レンズ頂点からの距離

において、K = -0.9995306, A = -0.8403612 × 10⁻², B = 0.2488880 × 10⁻¹, C = -1 / (1.5000mm)となるように設定され、金型に形成された。

【0074】

また、金型の転写面形状部分にはプラズマフッ素処理（Ar, CF₄を導入して用いたプラズマ処理）を施して離型性を高めた。上記プラズマフッ素処理に代わる表面処理として「有機物質によるフッ素発水処理（トリアジンチオールのフッ素誘導体物質）」も有効である。

40

【0075】

転写材としては、エポキシ材料：1に対してアクリル材料：9を配合した「嫌気性の紫外線硬化材料」を用い、図7(c)に即して説明したようにして、転写面形状の転写を行った。転写材の硬化は、2500mJ/cm²のエネルギー密度で紫外線を球体の側から照射して行った。このとき、必要に応じて、120で30分間ポストベークしても良い。

【0076】

転写材を硬化させた後、金型と転写材の間を剥離する。勿論、転写材は、球体表面に施し

50

た「シランカップリング剤等による表面処理」により、球体と十分な密着性で接着している。この剥離の際、金型の転写面形状部分の表面処理効果で容易に剥離できた。剥離の際に、ヒートショック等の作用を加えると更に容易に剥離できる。

かくして、図2(a)に即して説明したような「光学デバイス用材料」が得られることになる。

【0077】

続いて、この光学デバイス用材料を、治具に保持させたまま、ECRプラズマエッチング装置にセットし、Ar, CHF₃, O₂ガスを導入し、3~5×10⁻⁴Torrの条件下で420分間「異方性エッチング」を行い、転写材の表面形状をそのまま球体表面に彫り写した。なお、このときの選択比は1である。

10

【0078】

このようにして得られた光学デバイスであるレンズを、光通信用カプラーとして使用した状態を図10に示す。図の左方が光源であるLD側、右側が光ファイバ側である。光学デバイスは、第1面側(光源側)が球面で、光ファイバ側の第2面が非球面である。

【0079】

LDの半値全角: 32°, LDとレンズ第1面との間隔: 0.55mm, レンズ第2面と光ファイバとの間隔: 8.75mmの条件において、結合効率: 57%という略設計通りの値を得た。

【0080】

上記具体例において、デバイス材料として用いた、SF60によるガラスの球体は、それ自体を「ボールレンズ」として使用することもできる。このボールレンズを、光通信用カプラーとして用いた状態を図12に示す。図の左方が光源側、右方が光ファイバ側である。この場合の「結合効率」は15%であった。

20

【0081】

具体例2

光学デバイスの第2の具体例として、両面が非球面形状のレンズを光通信用カプラーとして用いる場合を説明する。

設計条件は、第1面の光線有効径: 0.66mmで、第2面の光線有効径: 1.82mm、結合効率: 77.7%である

製造工程の出発材料としては、上記具体例1におけると同じく、材質: SF60による直径: 3.0mmの球体を用いた。

30

【0082】

デバイス材料としての球体を治具に固定的に保持し、第1面側の目的とする非球面形状に予め転写面形状を製作した金型(有機物質によるフッ素発水処理を施した)に、前記嫌気性の紫外線硬化材料を転写材として定量的に塗布し、上記紫外線硬化材料を挟み込むように、治具に保持された球体を配置し、金型と球体とで転写材を挟み込む。

【0083】

この状態で、転写材を硬化させるために、紫外線を2500mJ/cm²のエネルギー密度で照射する。このとき、必要に応じて、上記状態で120で30分間ポストベークしても良い。このようにして、樹脂を硬化させた後、金型と転写材間を剥離すると、図2(a)に即して説明したような光学デバイス用材料が得られる。

40

【0084】

続いて、光学デバイス用材料を治具に保持させたまま、ECRプラズマエッチング装置にセットし、Ar, CHF₃, O₂ガスを導入して、3~5×10⁻⁴Torrの条件下(選択比: 1)で100分間、異方性の物理的エッチングを行い、転写材表面の非球面形状をそのまま、球体の第1面側に彫り写す。

【0085】

第2面にも同様の工程で、転写材による非球面形状を形成し、このようにして得られた光学デバイス用材料に対し、上記第1面側と同じ条件で480分間、異方性の物理的エッチングを行い、転写材料表面の非球面形状をそのまま球体の第2面側に彫り写した。このよ

50

うにして、第1面、第2面共に非球面を持つレンズとして光学デバイスを得ることができた。

【0086】

第1面および第2面側に形成する非球面は、

第1面の非球面に関して、 $C = 1 / (1.5000 \text{ mm})$, $K = -0.2669072 \times 10^2$, $A = B = 0$

第2面の非球面に関しては、 $C = -1 / (1.5000 \text{ m})$, $K = -0.9996278$, $A = -0.8063241 \times 10^{-2}$, $B = 0$

であり、各成型型における転写面形状は、このデータに基づいて形成された。

【0087】

図11は、このようにして得られたレンズを光通信用カプラとして用いた状態を、図10に倣って示している。図示の状態で測定した結合効率(LDの半値全角: 32°)は75%で略設計通りであった。

【0088】

変形具体例

上記具体例2においては、第1、第2面とも、非球面を、球体の球面上に転写材により非球面形状を形成した後、物理的エッチングにより球体に彫り写して形成した。

以下に説明する変形例では、球体の一部を、第1面側として研磨により平面加工し、次いで、転写材により曲面形状を上記平面加工された平面状部分に形成した。転写材は、「第1面側の目的とする非球面形状に応じて転写面形状を形成した金型(上記具体例2における第1面側用の金型と転写面形状は同じだが、周辺部分の形状が異なる。即ち、有効径: 0.6 mm 部分の金型形状が同じ。転写面形状部分には有機物質によるフッ素発水処理が施されている)」を用いて、非球面形状を転写された。

【0089】

その後、ECRプラズマエッチング装置内で、 Ar , CHF_3 , O_2 ガスを導入して、 $3 \sim 5 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ の条件下(選択比: 1)で500分間、異方性の物理的エッチングを行い、転写材の表面形状をそのまま球体に転写した。第2面の形状創成は具体例2と全く同様に行った。

【0090】

この変形具体例と前記具体例2との違いは、第1面の加工方法にある。加工方法の差違のために、光学的な光路長が異なる以外に、エッチング時のエッチング加工しろ(寸法)が異なる。

加工寸法が少ない方が加工時間が短く、低コストで実現できるため、良い加工方法であることになる。上記の具体例2(球面形状から加工する方法)では、加工寸法は $5 \mu\text{m}$, エッチング時間は100分であるが、変形具体例(平面形状から加工する方法)では、加工寸法は $25 \mu\text{m}$, エッチング時間は500分であった。従って、具体例2の方が優れた加工方法である。

【0091】

なお、請求項1記載の光学デバイス用材料において、デバイス材料の平面上の表面部分に、転写材により凸曲面形状を形成する代わりに、転写材(光硬化性材料もしくは 200°C 以下の温度で硬化する熱硬化性材料)により正確な凹曲面形状を1以上、成型型で形成した光学デバイス用材料も考えられ、このような光学デバイス用材料における転写材とデバイス材料とに物理的エッチングを行って、上記凹曲面形状をデバイス材料に彫り移すことにより、所望の凹曲面形状を1以上有する光学デバイスを得ることができるとを付記しておく。

【0092】

【発明の効果】

以上に説明したように、この発明によれば新規な光学デバイス製造方法(請求項1~10)、光学デバイス(請求項11, 12)を提供できる。

【0093】

10

20

30

40

50

この発明の光学デバイス製造方法では、目的とする表面形状に応じた曲面形状が、先ず転写材の表面形状として、金型を用いて正確に形成され、しかるのち、目的形状実現性に優れた異方性の物理的エッチングにより、デバイス材料に彫り写されるので所望の表面形状を精度良くデバイス材料に形成でき、光学性能に優れた光学デバイスの製造が可能である。また、この製造方法は、図7、8に即して説明した例のように、1度に多数の光学デバイスを製造するように実施することも可能であり、製造の能率向上も可能である。

【0094】

また、この発明の光学デバイス製造方法に用いられる光学デバイス用材料は、デバイス材料に、転写材により所望の面形状に応じた曲面形状が形成されているので、これを異方性の物理的エッチングでエッチングするのみで、所望の光学デバイスを実現できる。また、デバイス材料表面の形状を、球面、円柱面、レンズ面、平面状等とすることにより、デバイス材料を安価に入手出来、光学デバイスの設計結果に応じて、上記表面形状を選択することにより、エッチング加工量を少なくして、エッチング時間の短縮を図ることができ、量産性にも適している。即ち、デバイス材料の表面形状を球面形状等とすることで、目的形状、例えば非球面形状と近似した形状からのエッチングが可能であり、エッチング加工量を少なくしてエッチング時間の短縮を図れる。

【0095】

請求項9に記載の光学デバイス用材料では、転写材に「光硬化性材料」や「200度C以下の温度で硬化する熱硬化性材料」が用いられ、金型から転写面形状を転写する際に、金型やデバイス材料に過剰な熱や圧力を加える必要が無いと、成形型やデバイス材料に、プラスチックを含む広い選択の自由度が得られると共に、成形型に対する熱や圧力によるダメージが殆どないので、成形型の寿命が長く、低コスト化が可能である。

【0096】

この発明の光学デバイスは、上記光学デバイス用材料を用い、上記光学デバイス製造方法により製造されることにより、デバイス相互の「ばらつき」が少なく、しかも正確な曲面形状により良好な光学特性を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】請求項1に記載の光学デバイス用材料の1例(a)と、それから製造される光学デバイスを説明するための図(b)である。

【図2】請求項2、3に記載の光学デバイス用材料の1実施例(a)と、それから製造される光学デバイスを説明するための図(b)である。

【図3】請求項2、4に記載の光学デバイス用材料の1実施例(a)と、それから製造される光学デバイスを説明するための図(b)である。

【図4】請求項2、5、7に記載の光学デバイス用材料の1実施例(a)と、それから製造される光学デバイスを説明するための図(b)である。

【図5】請求項2、6、8に記載の光学デバイス用材料の1実施例(a)と、それから製造される光学デバイスを説明するための図(b)である。

【図6】この発明の光学デバイス製造方法に用いられる光学デバイス用材料の別例を3例示す図である。

【図7】この発明の光学デバイス製造方法の1実施例を説明するための図である。

【図8】上記実施例を説明するための図である。

【図9】上記実施例で製造された光学デバイス(光通信用カプラー)の使用状態を説明するための図である。

【図10】具体例1の光学デバイス(光通信用カプラー)の光学性能を説明するための図である。

【図11】具体例2の光学デバイス(光通信用カプラー)の光学性能を説明するための図である。

【図12】具体例1に対する比較例を説明するための図である。

【符号の説明】

10 光学デバイス用材料

10

20

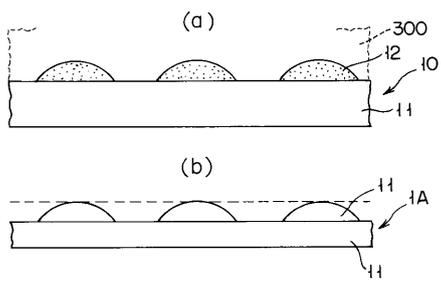
30

40

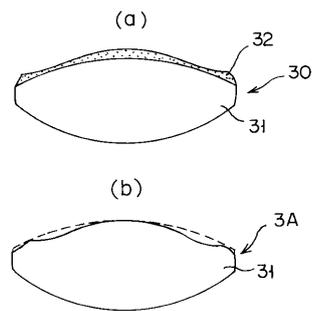
50

- 1 1 デバイス材料
- 1 2 転写材
- 3 0 0 成形型

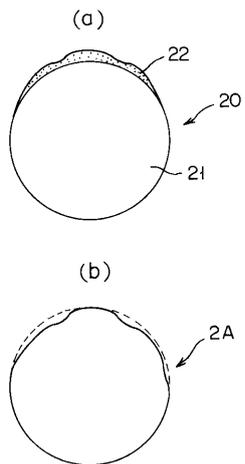
【 図 1 】



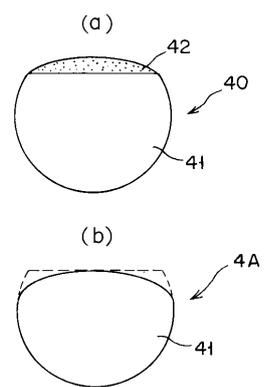
【 図 3 】



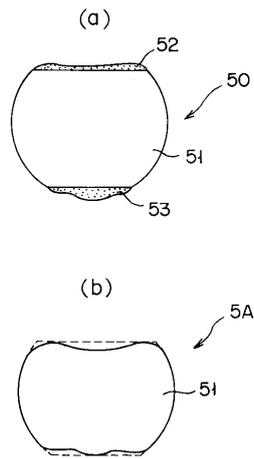
【 図 2 】



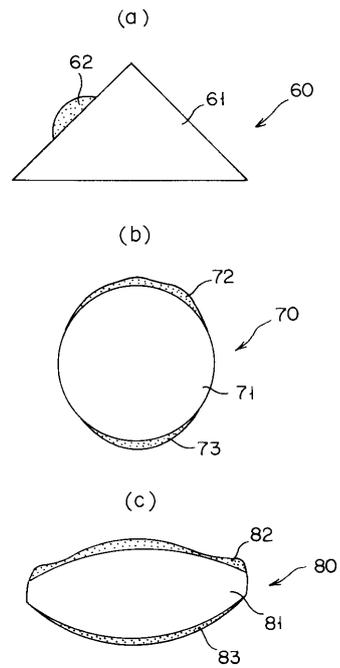
【 図 4 】



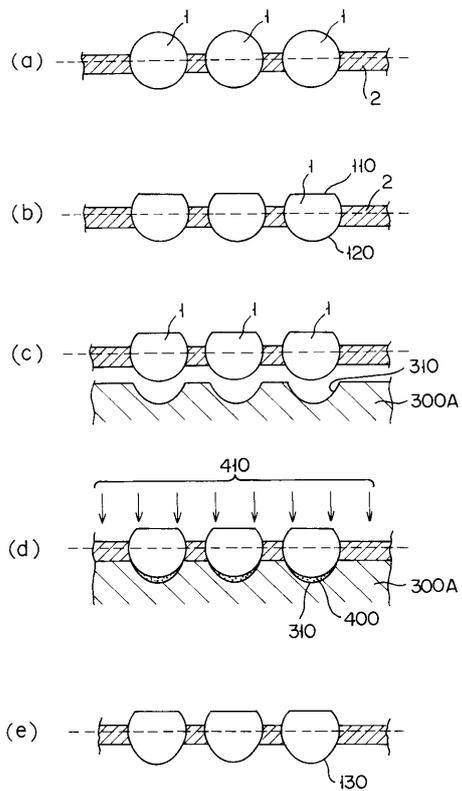
【 図 5 】



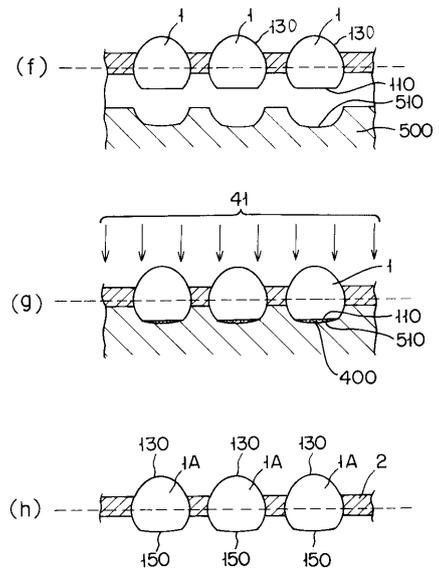
【 図 6 】



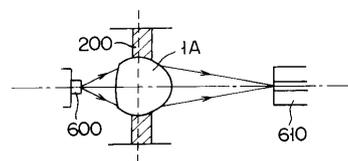
【 図 7 】



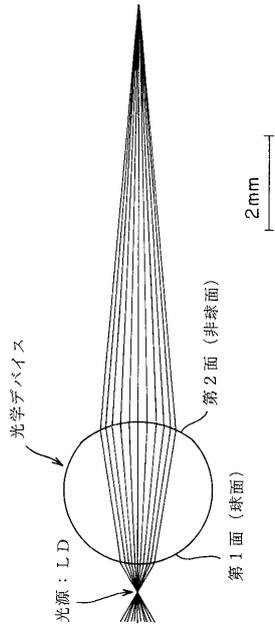
【 図 8 】



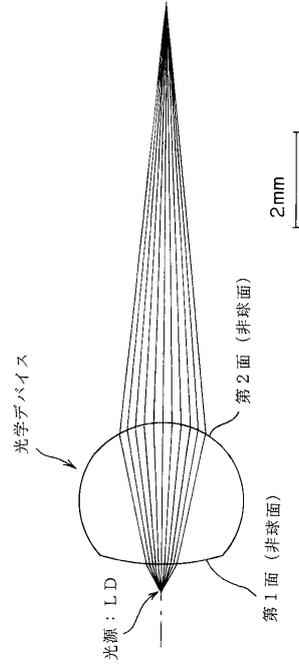
【 図 9 】



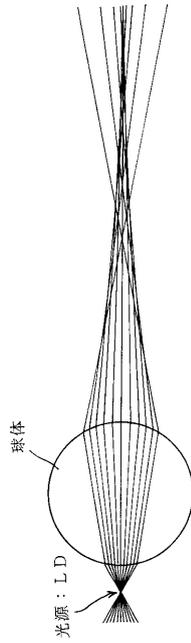
【 図 1 0 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-027404(JP,A)
特開平05-254862(JP,A)
特開平05-000423(JP,A)
特開平04-235025(JP,A)
特開平04-340903(JP,A)
特開平07-227916(JP,A)
特開平07-112443(JP,A)
特開平07-112491(JP,A)
特開平07-100835(JP,A)
特開平07-080851(JP,A)
特開平06-304936(JP,A)
特開平06-270166(JP,A)
特開平06-130209(JP,A)
特開平06-130208(JP,A)
特開平06-075106(JP,A)
特開平06-059104(JP,A)
特開昭63-008237(JP,A)
特開昭62-062716(JP,A)
特開昭63-089343(JP,A)
特開昭64-035401(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G02B 3/00