

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-57471
(P2016-57471A)

(43) 公開日 平成28年4月21日(2016.4.21)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
G02B 1/11 (2015.01) G02B 1/10 A 2K009

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2014-183861 (P2014-183861)	(71) 出願人	000231475 日本真空光学株式会社 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号
(22) 出願日	平成26年9月10日 (2014.9.10)	(74) 代理人	100092200 弁理士 大城 重信
		(74) 代理人	100110515 弁理士 山田 益男
		(74) 代理人	100153497 弁理士 藤本 信男
		(74) 代理人	100189083 弁理士 重信 圭介
		(72) 発明者	和田 賢憲 静岡県御殿場市中畑字永坂1413番地 日本真空光学株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射防止膜及びこれを有する光学部品

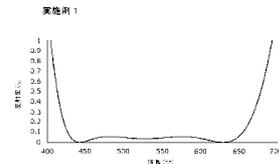
(57) 【要約】

【課題】 製造時間や製造コストや総膜厚の増加を抑えつつ、良好な反射防止効果を奏する反射防止膜及びこれを有する光学部品を提供すること。

【解決手段】 基板20側から順に第1層40～第5層80を積層して成る反射防止膜30であって、第1層40は、屈折率が1.30～1.75、物理膜厚が0～220nmであり、第2層50は、屈折率が1.60～2.50、物理膜厚が4～120nmであり、第3層60は、屈折率が1.30～1.75、物理膜厚が4～170nmであり、第4層70は、屈折率が1.90～2.50、物理膜厚が10～160nmであり、第5層80は、屈折率が1.30～1.50、物理膜厚が80～120nmである反射防止膜30。

【選択図】 図2

膜厚	20.7
屈折率	1.220
膜厚	12.0
屈折率	1.600
膜厚	74.3
屈折率	1.600
膜厚	124.0
屈折率	1.600
膜厚	122.2
屈折率	1.600
膜厚	109.2
屈折率	1.600
膜厚	98.0
屈折率	1.600



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板側から順に第 1 層～第 5 層を積層して成る反射防止膜であって、
 第 1 層は、屈折率が 1.30～1.75、物理膜厚が 0～220 nm であり、
 第 2 層は、屈折率が 1.60～2.50、物理膜厚が 4～120 nm であり、
 第 3 層は、屈折率が 1.30～1.75、物理膜厚が 4～170 nm であり、
 第 4 層は、屈折率が 1.90～2.50、物理膜厚が 10～160 nm であり、
 第 5 層は、屈折率が 1.30～1.50、物理膜厚が 80～120 nm である
 ことを特徴とする反射防止膜。

【請求項 2】

SiO₂、Al₂O₃、SiO、MgO、Y₂O₃、SnO₂、Ta₂O₅、HfO₂、
 ZrO₂、CeO₂、WO₃、TiO₂、Nb₂O₅、La₂O₃、ZnO、Na₅Al₃F₁₄、
 Na₃AlF₆、AlF₃、MgF₂、CaF₂、BaF₂、及び、YF₃
 から選択された少なくとも 2 種を混合した材料を、混合材料として規定した場合、

前記第 1 層及び前記第 3 層は、SiO₂、Al₂O₃、SiO、MgO、または、前記
 混合材料から成り、

前記第 2 層は、Al₂O₃、SiO、Y₂O₃、SnO₂、Ta₂O₅、HfO₂、ZrO₂、
 CeO₂、WO₃、TiO₂、Nb₂O₅、La₂O₃、ZnO、または、前記
 混合材料から成り、

前記第 4 層は、SnO₂、Ta₂O₅、HfO₂、ZrO₂、CeO₂、WO₃、TiO₂、
 Nb₂O₅、La₂O₃、ZnO、または、前記混合材料から成り、

前記第 5 層は、Na₅Al₃F₁₄、Na₃AlF₆、AlF₃、MgF₂、CaF₂、
 SiO₂、BaF₂、YF₃、または、前記混合材料から成る

ことを特徴とする請求項 1 に記載の反射防止膜。

【請求項 3】

430～650 nm の波長域における分光反射率が 0.1% 以下の反射防止効果を有す
 ることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の反射防止膜。

【請求項 4】

前記第 1 層～前記第 5 層は、真空蒸着法、イオンアシスト蒸着法、イオンプレーティン
 グ蒸着法、及び、CVD 法の群から選択される 1 つ以上の方法によって形成されているこ
 とを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の反射防止膜。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の反射防止膜と、前記反射防止膜が形成された
 基板とを有することを特徴とする光学部品。

【請求項 6】

前記基板の屈折率は、1.3～2.4 であることを特徴とする請求項 5 に記載の反射防
 止膜。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、カメラ、ビデオ、DVD 等の光学機器に搭載されるレンズ等の光学部品に適
 用される反射防止膜及びこれを有する光学部品に関する。

【背景技術】

【0002】

従来より光学部品には、その用途により様々なコーティングが施されてきた。その中
 でも反射防止膜は最も一般的なコーティングであり、光学備品の表面反射率を低減するた
 めに多く用いられている。

【0003】

すなわち、光学部品用の基板として一般に使用される光学ガラス BK7 (屈折率 1.5
 2) を例に挙げると、入射光に対して片面で約 4%、両面では約 8% の反射損失があり、

10

20

30

40

50

光学系においては、この反射が、光量損失やノイズや外光の写りこみといった様々な問題の発生原因となる。そのため、このような反射に起因した問題を解決するために反射防止膜が一般に用いられる。

【0004】

通常、このような反射防止膜は、1～4層構造で形成され、すなわち、基板上に単層膜を形成するか、基板上に高屈折率材料と低屈折率材料を交互に2層～4層で積層することで形成され、これにより、薄膜による光の干渉作用を利用して反射防止効果を得ている。

【0005】

ここで、一般的に用いられる4層構造の反射防止膜の構成の例を示す。

基板：BK7（屈折率1.52）、第1層：（ ZrO_2 、屈折率2.05、物理膜厚28.1nm）、第2層：（ SiO_2 、屈折率1.46、物理膜厚20.0nm）、第3層：（ ZrO_2 、屈折率2.05、物理膜厚72.3nm）、第4層：（ SiO_2 、屈折率1.46、物理膜厚90.0nm）。

10

【0006】

ところが、上述したような4層構造の反射防止膜では、430～650nmの波長域において分光反射率が0.5%以下程度と十分な低反射率を得ることができず、また、種々の屈折率を持つ基板に対して所望の反射率を得ることが難しいという欠点がある。

【0007】

このような問題点を解決するためには、より多くの層から成る反射防止膜による反射防止処理が有効であり、このような反射防止膜の一例として、特許文献1～3に記載の反射防止膜が知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平05-002101号公報

【特許文献2】特開昭59-208501号公報

【特許文献3】特開2011-141339号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

特許文献1、2では、5層の反射防止膜が開示されており、特に400～450nmの範囲の反射率を落とすことができると記載されている。しかしながら、より広い可視域430～650nmの範囲では、十分な低反射率を得ることができないという問題がある。また、第1層に MgF_2 膜を使用しているが、フッ化物膜はプラズマ耐性が低く、フッ化物膜上へのアシスト成膜の妨げとなり、最終層以外への使用は機械特性を劣化させる原因となる。

30

【0010】

また、特許文献3では、 SiO_2/TiO_2 の交互層で11層の反射防止膜が開示されているが、層数が11層と多く、総膜厚も500～630nmと厚いため、実際の製造において成膜時間が長く、多大な製造コストを必要とするという問題があった。

40

【0011】

そこで、本発明は、これらの問題点を解決するものであり、製造時間や製造コストや総膜厚の増加を抑えつつ、良好な反射防止効果を奏する反射防止膜及びこれを有する光学部品を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の反射防止膜は、基板側から順に第1層～第5層を積層して成る反射防止膜であって、第1層は、屈折率が1.30～1.75、物理膜厚が0～220nmであり、第2層は、屈折率が1.60～2.50、物理膜厚が4～120nmであり、第3層は、屈折率が1.30～1.75、物理膜厚が4～170nmであり、第4層は、屈折率が1.9

50

0 ~ 2.50、物理膜厚が10 ~ 160 nmであり、第5層は、屈折率が1.30 ~ 1.50、物理膜厚が80 ~ 120 nmであることにより、前記課題を解決するものである。

また、本発明の光学部品は、前記反射防止膜と、前記反射防止膜が形成された基板とを有することにより、前記課題を解決するものである。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、第1層を、屈折率：1.30 ~ 1.75、物理膜厚：0 ~ 220 nm、第2層を、屈折率：1.60 ~ 2.50、物理膜厚：4 ~ 120 nm、第3層を、屈折率：1.30 ~ 1.75、物理膜厚：4 ~ 170 nm、第4層を、屈折率：1.90 ~ 2.50、物理膜厚：10 ~ 160 nm、第5層を、屈折率：1.30 ~ 1.50、物理膜厚：80 ~ 120 nmで形成することにより、層数を少なく抑えて、製造時間や製造コストや総膜厚の増加を抑えつつ、良好な反射防止効果を奏することができ、特に、430 ~ 650 nmの波長域における分光反射率を0.1%以下に抑えることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の光学部品の構成例を示す断面図。

【図2】第1実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

【図3】第2実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

【図4】第3実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

【図5】第4実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

20

【図6】第5実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

【図7】第6実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

【図8】第7実施例の解析結果を示す表及びグラフ。

【図9】第7実施例の計測結果を示す表及びグラフ。

【図10】比較例の解析結果を示す表及びグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明の光学部品を、添付の図面を用いて以下に説明する。

【0016】

光学部品10は、カメラ、ビデオ、DVD等の光学機器に搭載されるレンズ等として構成され、図1に示すように、基板20と、基板20の片面に形成された反射防止膜30とから構成されている。

30

【0017】

基板20は、屈折率が1.3 ~ 2.4の値を示すものであり、このような基板20の材料の例としては、BK7（屈折率1.52）、合成石英ガラス（屈折率1.46）、サファイアガラス（屈折率1.77）、 LiNbO_3 （屈折率2.2）等が挙げられる。

【0018】

反射防止膜30は、真空蒸着法、イオンアシスト蒸着法（IAD）、イオンプレーティング蒸着法（IP）、及び、CVD法の群から選択される1つ以上の方法によって、図1に示すように、基板20側から順に第1層40 ~ 第5層80を積層することで構成される。

40

【0019】

第1層40は、屈折率が1.30 ~ 1.75、物理膜厚が0 ~ 220 nmとなるように形成され、第1層40の材料としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO 、 MgO 、または、下記の混合材料が挙げられる。

【0020】

ここで、本明細書で用いられる「混合材料」とは、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO 、 MgO 、 Y_2O_3 、 SnO_2 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 WO_3 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 ZnO 、 $\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$ 、 Na_3AlF_6 、 AlF_3 、 MgF_2 、 CaF_2 、 BaF_2 、及び、 YF_3 から選択された少なくとも2種を混合

50

した材料のことを意味する。

【0021】

第2層50は、屈折率が1.60~2.50、物理膜厚が4~120nmとなるように形成され、第2層50の材料としては、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Y_2O_3 、 SnO_2 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 WO_3 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 ZnO 、または、前記混合材料が挙げられる。

【0022】

第3層60は、屈折率が1.30~1.75、物理膜厚が4~170nmとなるように形成され、第3層60の材料としては、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 MgO 、または、前記混合材料が挙げられる。

10

【0023】

第4層70は、屈折率が1.90~2.50、物理膜厚が10~160nmとなるように形成され、第4層70の材料としては、 SnO_2 、 Ta_2O_5 、 HfO_2 、 ZrO_2 、 CeO_2 、 WO_3 、 TiO_2 、 Nb_2O_5 、 La_2O_3 、 ZnO 、または、前記混合材料が挙げられる。

【0024】

第5層80は、屈折率が1.30~1.50、物理膜厚が80~120nmとなるように形成され、第5層80の材料としては、 $Na_5Al_3F_{14}$ 、 Na_3AlF_6 、 AlF_3 、 MgF_2 、 CaF_2 、 SiO_2 、 BaF_2 、 YF_3 、または、前記混合材料が挙げられる。

20

【0025】

なお、図1に示す例では、反射防止膜30の表面に何らの層を形成していないが、反射防止膜30の表面に、サイトップ(登録商標、旭硝子(株)製)、パリレン、ポリパラキシリレン、テフロン(登録商標)、ポリエチレン、ダイヤモンドライクカーボン等から成る層を更に形成してもよい。

【0026】

このようにして得られた光学部品10では、430~650nmの波長域における分光反射率が0.1%以下の反射防止効果を有する。

【実施例】

【0027】

以下に、本発明の複数の実施例について、図面に基づいて説明する。下記の各実施例は、基板20及び各層40~80の材料設計を様々に変更し、解析を行うことにより、430~650nmの波長域において分光反射率が0.1%以下になるように、各層40~80の物理膜厚を最適化したものである。

30

【0028】

[実施例1]

まず、本発明の第1実施例について、図2に基づいて以下に説明する。

【0029】

第1実施例では、基板20をBK7(屈折率1.52)を材料として設計し、第1層40の材料を Al_2O_3 (屈折率1.65)とし、第2層50の材料を La_2O_3 及び TiO_2 の混合物(屈折率2.0)とし、第3層60の材料を Al_2O_3 (屈折率1.65)とし、第4層70の材料を Ta_2O_5 (屈折率2.2)とし、第5層80の材料を MgF_2 (屈折率1.38)として設計した。

40

【0030】

そして、この第1実施例の光学部品10では、第1層40の物理膜厚を74.7nmで設計し、第2層50の物理膜厚を114.8nmで設計し、第3層60の物理膜厚を132.2nmで設計し、第4層70の物理膜厚を110.2nmで設計し、第5層80の物理膜厚を91nmで設計した場合に、430~650nmの波長域において、分光反射率が0.1%以下の値を示すことが確認された。

【0031】

50

[実施例 2]

次に、本発明の第 2 実施例について、図 3 に基づいて以下に説明する。

【 0 0 3 2 】

第 2 実施例では、基板 2 0 を合成石英ガラス（屈折率 1 . 4 6 ）を材料として設計し、第 1 層 4 0 ~ 第 5 層 8 0 の材料を第 1 実施例と同様に設計した。

【 0 0 3 3 】

そして、この第 2 実施例の光学部品 1 0 では、第 1 層 4 0 の物理膜厚を 7 2 n m で設計し、第 2 層 5 0 の物理膜厚を 1 1 1 . 6 n m で設計し、第 3 層 6 0 の物理膜厚を 1 3 8 . 1 n m で設計し、第 4 層 7 0 の物理膜厚を 1 1 1 n m で設計し、第 5 層 8 0 の物理膜厚を 9 0 n m で設計した場合に、4 3 0 ~ 6 5 0 n m の波長域において、分光反射率が 0 . 1 % 以下の値を示すことが確認された。

10

【 0 0 3 4 】

[実施例 3]

次に、本発明の第 3 実施例について、図 4 に基づいて以下に説明する。

【 0 0 3 5 】

第 3 実施例では、基板 2 0 をサファイアガラス（屈折率 1 . 7 7 ）を材料として設計し、第 1 層 4 0 ~ 第 5 層 8 0 の材料を第 1 実施例と同様に設計した。

【 0 0 3 6 】

そして、この第 3 実施例の光学部品 1 0 では、第 1 層 4 0 の物理膜厚を 1 5 2 n m で設計し、第 2 層 5 0 の物理膜厚を 1 1 5 n m で設計し、第 3 層 6 0 の物理膜厚を 1 2 7 . 7 n m で設計し、第 4 層 7 0 の物理膜厚を 1 1 0 . 7 n m で設計し、第 5 層 8 0 の物理膜厚を 9 1 . 7 n m で設計した場合に、4 3 0 ~ 6 5 0 n m の波長域において、分光反射率が 0 . 1 % 以下の値を示すことが確認された。

20

【 0 0 3 7 】

[実施例 4]

次に、本発明の第 4 実施例について、図 5 に基づいて以下に説明する。

【 0 0 3 8 】

第 4 実施例では、基板 2 0 を LiNbO_3 結晶（屈折率 2 . 2 ）を材料として設計し、第 1 層 4 0 ~ 第 5 層 8 0 の材料を第 1 実施例と同様に設計した。

【 0 0 3 9 】

そして、この第 4 実施例の光学部品 1 0 では、第 1 層 4 0 の物理膜厚を 0 n m で設計し、第 2 層 5 0 の物理膜厚を 7 4 n m で設計し、第 3 層 6 0 の物理膜厚を 1 6 7 n m で設計し、第 4 層 7 0 の物理膜厚を 1 2 1 . 5 n m で設計し、第 5 層 8 0 の物理膜厚を 9 5 . 8 n m で設計した場合に、4 3 0 ~ 6 5 0 n m の波長域において、分光反射率が 0 . 1 % 以下の値を示すことが確認された。

30

【 0 0 4 0 】

[実施例 5]

次に、本発明の第 5 実施例について、図 6 に基づいて以下に説明する。

【 0 0 4 1 】

第 5 実施例では、基板 2 0 を BK 7 （屈折率 1 . 5 2 ）を材料として設計し、第 1 層 4 0 の材料を SiO_2 （屈折率 1 . 4 6 ）とし、第 2 層 5 0 の材料を Al_2O_3 （屈折率 1 . 6 5 ）とし、第 3 層 6 0 の材料を SiO_2 （屈折率 1 . 4 6 ）とし、第 4 層 7 0 の材料を Ta_2O_5 （屈折率 2 . 2 ）とし、第 5 層 8 0 の材料を MgF_2 （屈折率 1 . 3 8 ）として設計した。

40

【 0 0 4 2 】

そして、この第 5 実施例の光学部品 1 0 では、第 1 層 4 0 の物理膜厚を 9 1 n m で設計し、第 2 層 5 0 の物理膜厚を 4 8 . 2 n m で設計し、第 3 層 6 0 の物理膜厚を 2 3 . 3 n m で設計し、第 4 層 7 0 の物理膜厚を 1 2 1 . 5 n m で設計し、第 5 層 8 0 の物理膜厚を 9 4 n m で設計した場合に、4 3 0 ~ 6 5 0 n m の波長域において、分光反射率が 0 . 1 % 以下の値を示すことが確認された。

50

【0043】

[実施例6]

次に、本発明の第6実施例について、図7に基づいて以下に説明する。

【0044】

第5実施例では、基板20をBK7(屈折率1.52)を材料として設計し、第1層40の材料をSiO₂(屈折率1.46)とし、第2層50の材料をTiO₂(屈折率2.45)とし、第3層60の材料をSiO₂(屈折率1.46)とし、第4層70の材料をTiO₂(屈折率2.45)とし、第5層80の材料をSiO₂(屈折率1.46)として設計した。

【0045】

そして、この第6実施例の光学部品10では、第1層40の物理膜厚を30.5nmで設計し、第2層50の物理膜厚を12.4nmで設計し、第3層60の物理膜厚を38.4nmで設計し、第4層70の物理膜厚を113nmで設計し、第5層80の物理膜厚を89.7nmで設計した場合に、430~650nmの波長域において、分光反射率が0.1%以下の値を示すことが確認された。

10

【0046】

[実施例7]

次に、本発明の第7実施例について、図8に基づいて以下に説明する。

【0047】

第7実施例では、基板20をBK7(屈折率1.52)を材料として設計し、第1層40の材料をSiO₂(屈折率1.46)とし、第2層50の材料をTa₂O₅(屈折率2.2)とし、第3層60の材料をSiO₂(屈折率1.46)とし、第4層70の材料をTa₂O₅(屈折率2.2)とし、第5層80の材料をMgF₂(屈折率1.38)として設計した。

20

【0048】

そして、この第7実施例の光学部品10では、第1層40の物理膜厚を80.2nmで設計し、第2層50の物理膜厚を11nmで設計し、第3層60の物理膜厚を46.5nmで設計し、第4層70の物理膜厚を124.8nmで設計し、第5層80の物理膜厚を95nmで設計した場合に、430~650nmの波長域において、分光反射率が0.1%以下の値を示すことが確認された。

30

【0049】

また、上述した第7実施例においては、上記の条件で、真空蒸着法によって光学部品10を実際に形成し、分光反射率を測定した。この測定結果を示す図9のグラフから分かるように、解析結果と測定結果との間には殆ど差が見られず、430~650nmの波長域において、分光反射率が0.1%以下の値を示すことが確認された。

【0050】

[比較例]

次に、本発明の比較例について、図10に基づいて以下に説明する。

【0051】

この比較例では、一般的な4層構造の反射防止膜30、すなわち、基板20をBK7(屈折率1.52)を材料として設計し、第1層40の材料をTiO₂及びZrO₂の混合物(屈折率2.05)とし、第2層50の材料をSiO₂(屈折率1.46)とし、第3層60の材料をTiO₂及びZrO₂の混合物(屈折率2.05)とし、第4層70の材料をSiO₂(屈折率1.46)とした場合の反射防止膜30について解析を行うことにより、430~650nmの波長域における分光反射率が低くなるように、各層40~70の物理膜厚を最適化したものである。

40

【0052】

そして、この比較例の解析結果から、430~650nmの波長域において、分光反射率を0.1%以下に抑えることができないことが分かった。

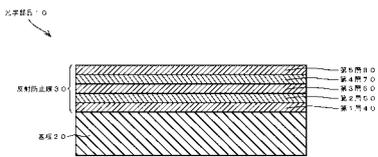
【符号の説明】

50

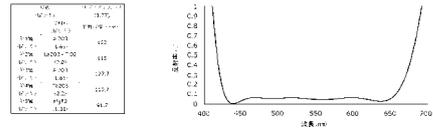
【 0 0 5 3 】

- 1 0 . . . 光学部品
- 2 0 . . . 基板
- 3 0 . . . 反射防止膜
- 4 0 . . . 第 1 層
- 5 0 . . . 第 2 層
- 6 0 . . . 第 3 層
- 7 0 . . . 第 4 層
- 8 0 . . . 第 5 層

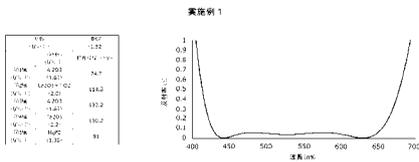
【 図 1 】



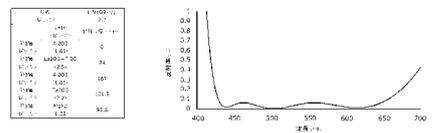
【 図 4 】



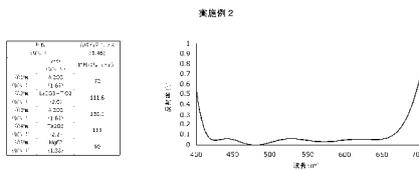
【 図 2 】



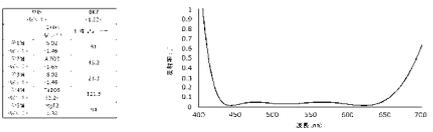
【 図 5 】



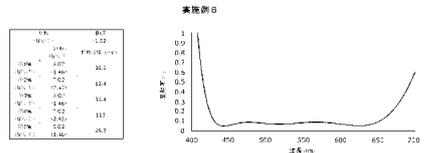
【 図 3 】



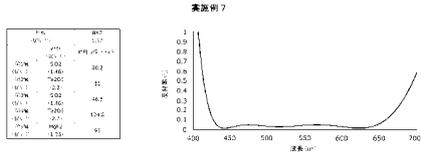
【 図 6 】



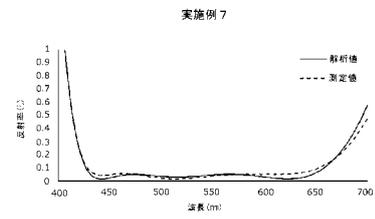
【 図 7 】



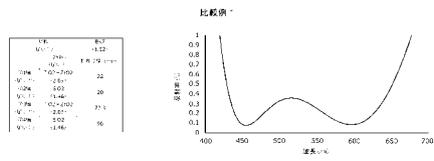
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 西島 拓哉

静岡県御殿場市中畑字永坂1 4 1 3 番地 日本真空光学株式会社内

Fターム(参考) 2K009 AA08 BB02 CC03 CC26 DD03