

(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2018-31975

(P2018-31975A)

(43) 公開日 平成30年3月1日(2018.3.1)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G02B 5/08 (2006.01)	G02B 5/08	A 2H006
G02C 7/00 (2006.01)	G02C 7/00	2H042
G02C 7/10 (2006.01)	G02C 7/10	2H148
G02B 5/26 (2006.01)	G02B 5/26	
G02B 5/28 (2006.01)	G02B 5/28	

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2016-165936 (P2016-165936)	(71) 出願人	000219738 東海光学株式会社 愛知県岡崎市恵田町字下田5番地26
(22) 出願日	平成28年8月26日 (2016.8.26)	(74) 代理人	100078721 弁理士 石田 喜樹
		(74) 代理人	100124420 弁理士 園田 清隆
		(72) 発明者	高橋 宏寿 愛知県岡崎市恵田町字下田5番地26 東海光学株式会社内
			F ターム (参考) 2H006 BA03 BE00 BE05 2H042 DA08 DA11 DB02 DC02 2H148 FA05 FA13 FA18 FA22 GA17 GA24 GA32

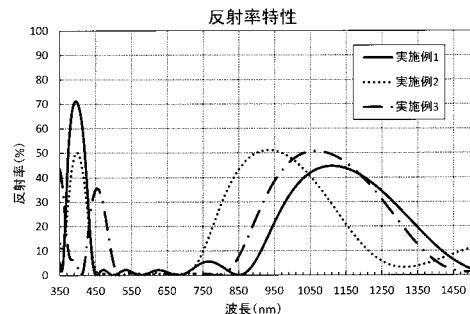
(54) 【発明の名称】光学製品並びにプラスチック眼鏡レンズ及び眼鏡

(57) 【要約】

【課題】青色光を始めとする可視域内における所定の波長域の光、及び近赤外線の双方について、反射率が比較的に高くされており、他の可視域の光について、反射率が低減されている光学製品等を提供する。

【解決手段】光学製品は、基材の片面又は両面に対し、直接又は中間膜を介して形成された光学多層膜を備えており、前記光学多層膜は、 SiO_2 層と ZrO_2 層が、前記基材から数えて1層目を前記 SiO_2 層として交互に配置されるように合わせて9層積層されたものであり、1層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、設計波長を(500 nm)として、 $0.120 \times / 4$ 以下であり、2層目の前記 ZrO_2 層の光学膜厚は、 $0.400 \times / 4$ 以上であり、3層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.230 \times / 4$ 以上であり、7層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.450 \times / 4$ 以上である。

【選択図】図5



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基材の片面又は両面において、直接又は中間膜を介して配置された光学多層膜を備えており、

前記光学多層膜は、 SiO_2 層と ZrO_2 層が、前記基材から数えて1層目を前記 SiO_2 層として交互に配置されるように合わせて9層積層されたものであり、

1層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、設計波長を(500 nm)として、 $0.120 \times / 4$ 以下であり、

2層目の前記 ZrO_2 層の光学膜厚は、 $0.400 \times / 4$ 以上であり、

3層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.230 \times / 4$ 以上であり、

7層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.450 \times / 4$ 以上であることを特徴とする光学製品。

【請求項 2】

2層目の前記 ZrO_2 層の光学膜厚は、 $0.650 \times / 4$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載の光学製品。

【請求項 3】

3層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.560 \times / 4$ 以下であることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の光学製品。

【請求項 4】

7層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.650 \times / 4$ 以下であることを特徴とする請求項1ないしは請求項3の何れかに記載の光学製品。

【請求項 5】

780 nm以上1500 nmにおける片面反射率の平均値が20%以上であることを特徴とする請求項1ないしは請求項4の何れかに記載の光学製品。

【請求項 6】

請求項1ないしは請求項5の何れかに記載の光学製品が用いられていることを特徴とするプラスチック眼鏡レンズ。

【請求項 7】

請求項6に記載のプラスチック眼鏡レンズが用いられていることを特徴とする眼鏡。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、プラスチック眼鏡レンズ(サングラスレンズを含む)を始めとする光学製品、及び当該プラスチック眼鏡レンズを用いた眼鏡(サングラスを含む)に関する。

【背景技術】**【0002】**

近赤外線反射機能を有するプラスチック眼鏡レンズとして、下記特許文献1のものが知られている。

このレンズは、光学多層膜を備えている。その光学多層膜は、低屈折率層と高屈折率層を交互に積層した7層構造であり、高屈折率層は波長500 nm(ナノメートル)の光に対する屈折率が2.145以上である材料を用いて形成され、所定の高屈折率層や低屈折率層は所定範囲内の膜厚を有するよう形成されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献1】特開2015-148643号公報

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

10

20

30

40

50

特許文献1のレンズでは、近赤外線の反射率が比較的に高くなり、その装用により、近赤外線が、眼に作用して温度上昇による疲労等を発生させたり、眼の周りの皮膚に作用してシワやたるみ等を発生させたりする事態が防止される。

しかし、特許文献1のレンズでは、可視光の反射率は、可視光の波長域である可視域の全体に亘り数%（パーセント）以下となり（可視光反射防止機能）、可視域内の特定の波長域について反射率を高めることができない。

よって、特許文献1のレンズでは、例えば、近赤外線反射機能を維持したまま、可視域内における400nm以上420nm以下の波長域の光について反射率を高めることができない。即ち、特許文献1のレンズでは、近赤外線反射機能と青色光反射機能の両立を図れない。

かような波長域の青色光は、青色光全体の中でも紫外域に近い波長域の光であって、眼の網膜組織に作用して加齢黄斑変性の遠因となることが指摘されており、眼鏡レンズによって反射することができれば、眼の網膜組織を保護することができる。しかし、特許文献1のレンズでは、近赤外線反射機能を提供することができる一方、青色光反射機能を提供することができない。

そこで、本発明は、青色光を始めとする可視域内における所定の波長域の光、及び近赤外線の双方について、反射率が比較的に高くされており、他の可視域の光について、反射率が低減されている光学製品、プラスチック眼鏡レンズ、眼鏡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】

【0005】

上記目的を達成するために、請求項1に記載の発明は、光学製品にあって、基材の片面又は両面において、直接又は中間膜を介して配置された光学多層膜を備えており、前記光学多層膜は、 SiO_2 層と ZrO_2 層が、前記基材から数えて1層目を前記 SiO_2 層として交互に配置されるように合わせて9層積層されたものであり、1層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、設計波長を（500nm）として、 $0.120 \times / 4$ 以下であり、2層目の前記 ZrO_2 層の光学膜厚は、 $0.400 \times / 4$ 以上であり、3層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.230 \times / 4$ 以上であり、7層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.450 \times / 4$ 以上であることを特徴とするものである。

請求項2に記載の発明は、上記発明にあって、2層目の前記 ZrO_2 層の光学膜厚は、 $0.650 \times / 4$ 以下であることを特徴とするものである。

請求項3に記載の発明は、上記発明にあって、3層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.560 \times / 4$ 以下であることを特徴とするものである。

請求項4に記載の発明は、上記発明にあって、7層目の前記 SiO_2 層の光学膜厚は、 $0.650 \times / 4$ 以下であることを特徴とするものである。

請求項5に記載の発明は、上記発明にあって、780nm以上1500nmにおける片面反射率の平均値が20%以上であることを特徴とするものである。

請求項6に記載の発明は、プラスチック眼鏡レンズにあって、上記発明の光学製品が用いられていることを特徴とするものである。

請求項7に記載の発明は、眼鏡にあって、上記発明のプラスチック眼鏡レンズが用いられていることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、青色光を始めとする可視域内における所定の波長域の光、及び近赤外線の双方について、反射率が比較的に高くされており、他の可視域の光について、反射率が低減されている光学製品、プラスチック眼鏡レンズ、眼鏡を提供することができる、という効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】比較例1～4、実施例1～8に係る凹面の反射率分布を示すグラフである。

【図2】比較例1～4に係る、可視域及び隣接域に係る凸面の反射率分布を示すグラフである。

【図3】比較例1～4に係る、可視域及び隣接域並びに近赤外域の一部の波長域に係る凸面の反射率分布を示すグラフである。

【図4】実施例1～3に係る図2同様図である。

【図5】実施例1～3に係る図3同様図である。

【図6】実施例4～6に係る図2同様図である。

【図7】実施例4～6に係る図3同様図である。

【図8】実施例7～8に係る図2同様図である。

【図9】実施例7～8に係る図3同様図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明に係る実施の形態の例が説明される。本発明は、以下の形態に限定されない。

【0009】

本発明に係る光学製品では、基材の片面あるいは両面に対し、光学多層膜が形成されている。

本発明において、基材はどのような材質であっても良く、好ましくは透光性を有する。基材の材料として、好ましくは熱硬化性樹脂が用いられ、例えばポリウレタン樹脂、チオウレタン樹脂、エピスルフィド樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、ポリエーテルサルホン樹脂、ポリ4-メチルペンテン-1樹脂、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート樹脂、あるいはこれらの組合せが用いられる。又、屈折率が高く(特に眼鏡レンズ用として)好適なものとして、エピスルフィド基とポリチオール及び/又は含硫黄ポリオールとを付加重合して得られるエピスルフィド樹脂、あるいはこのエピスルフィド樹脂と他の樹脂の組合せを挙げることができる。

20

【0010】

光学多層膜は、適宜下記の特徴を有する。尚、光学多層膜は、両面に形成される場合、好ましくは何れの膜も下記の特徴を有し、更に好ましくは何れの膜も同一の積層構造となるようにする。

即ち、光学多層膜は、低屈折率層と高屈折率層を交互に積層して全体として9層を有する構造である。最も基材側の層(基材に最も近い層)を1層目とすると、奇数層目が低屈折率層であり、偶数層目が高屈折率層である。

30

又、低屈折率層は、シリカ(二酸化ケイ素、 SiO_2)を用いて形成された SiO_2 層であり、高屈折率層は、ジルコニア(二酸化ジルコン、 ZrO_2)を用いて形成された ZrO_2 層である。

更に、1層目(SiO_2 層)の光学膜厚が、設計波長を(ここでは500nm)として、 $0.120 \times / 4$ 以下となるように形成されている。

又更に、7層目(SiO_2 層)の光学膜厚が、 $0.450 \times / 4$ 以上となるように形成されており、好ましくは $0.450 \times / 4$ 以上 $0.650 \times / 4$ 以下となるように形成されている。

40

加えて、2層目(ZrO_2 層)の光学膜厚が、 $0.400 \times / 4$ 以上となるように形成されており、好ましくは $0.400 \times / 4$ 以上 $0.650 \times / 4$ 以下となるように形成されている。

又、3層目(SiO_2 層)の光学膜厚が、 $0.230 \times / 4$ 以上となるように形成されており、好ましくは $0.230 \times / 4$ 以上 $0.560 \times / 4$ 以下となるように形成されている。

更に、光学多層膜は、近赤外域中、780nm以上1500nm以下の波長域における、片面反射率の平均値が、20%以上であるように形成されている。

低屈折率層や高屈折率層は、真空蒸着法やイオンアシスト蒸着法、イオンプレーティング法、スパッタ法等により形成される。

50

【0011】

本発明において、光学多層膜と基材の間及び光学多層膜の表面の少なくとも一方に、ハードコート膜や防汚膜（撥水膜・撥油膜）等の別種の膜を付加しても良く、光学多層膜を両面に形成する場合には、付加する別種の膜の種類を互いに変えたり、膜の有無を互いに変えたりして良い。

光学多層膜と基材の間に付加する膜（中間膜）として、ハードコート膜を採用する場合、ハードコート膜は、好適には基材の表面にハードコート液を均一に施すことで形成される。

又、ハードコート膜として、好ましくは無機酸化物微粒子を含むオルガノシロキサン系樹脂を用いることができる。オルガノシロキサン系樹脂は、アルコキシシランを加水分解し縮合させることで得られるものが好ましい。又、オルガノシロキサン系樹脂の具体例として、-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、メチルトリメトキシシラン、エチルシリケート、又はこれらの組合せが挙げられる。これらアルコキシシランの加水分解縮合物は、当該アルコキシシラン化合物あるいはそれらの組合せを、塩酸等の酸性水溶液で加水分解することにより製造される。

一方、無機酸化物微粒子の材質の具体例として、酸化亜鉛、二酸化ケイ素（シリカ微粒子）、酸化アルミニウム、酸化チタン（チタニア微粒子）、酸化ジルコニア（ジルコニア微粒子）、酸化スズ、酸化ベリリウム、酸化アンチモン、酸化タンゲステン、酸化セリウムの各ゾルを単独あるいは何れか2種以上を混晶化したものが挙げられる。無機酸化物微粒子の直径は、ハードコート膜の透明性確保の観点から、1nm以上100nm以下であることが好ましく、1nm以上50nm以下であるとより好ましい。又、無機酸化物微粒子の配合量（濃度）は、ハードコート膜における硬度や強靭性の適切な度合での確保という観点から、ハードコート膜の全成分中の40重量%（重量パーセント）以上60重量%以下を占めることが好ましい。加えて、ハードコート液には、硬化触媒としてアセチルアセトン金属塩、及びエチレンジアミン四酢酸金属塩の少なくとも一方等を付加することができ、更に基材に対する密着性確保や形成の容易化、所望の（半）透明色の付与等の必要に応じて界面活性剤、着色剤、溶媒等を添加することができる。

ハードコート膜の物理膜厚は、0.5μm（マイクロメートル）以上4.0μm以下とすると好ましい。この膜厚範囲の下限については、これより薄いと充分な硬度を得難いことから定まる。一方、上限については、これより厚くするとクラックや脆さの発生等、物性に関する問題の生ずる可能性が飛躍的に高まることから定まる。

更に、ハードコート膜と基材表面の間に、ハードコート膜の密着性を向上する観点からプライマー膜を付加しても良い。プライマー膜の材質として、例えばポリウレタン系樹脂、アクリル系樹脂、メタクリル樹脂、有機ケイ素系樹脂、又はこれらの組合せが挙げられる。プライマー膜は、好適には基材の表面にプライマー液を均一に施すことで形成される。プライマー液は、水又はアルコール系の溶媒に上記の樹脂材料と無機酸化物微粒子を混合させた液である。

【0012】

上記の光学製品において、好適には基材はプラスチック眼鏡レンズ基材であり、光学製品はプラスチック眼鏡レンズである。又、当該プラスチック眼鏡レンズを用いて、青色光を始めとする可視域内における所定の波長域の光、及び近赤外線の双方について、反射率が比較的に高くされており、他の可視域の光について、反射率が低減されている、耐久性に優れた眼鏡を作製することができる。

【実施例】

【0013】

次いで、本発明の実施例1-1～8-3、及び本発明に属さない比較例1-1～4-3が、適宜図面を用いて説明される。尚、本発明は、以下の実施例に限定されない。

【0014】

基材と中間膜等

これら実施例ないし比較例は、何れもプラスチックレンズであり、それらの基材は、何

10

20

30

40

50

れも眼鏡用の熱硬化性樹脂製であって、眼鏡用プラスチックレンズとして標準的な大きさの円形で度数が S - 2 . 0 0 である非球面レンズ基材であり、より詳細には次の 3 種のうちの何れかである。

即ち、第 1 の基材は、チオウレタン樹脂製であって、その屈折率は 1 . 6 0 であり、アッペ数は 4 2 、比重は 1 . 3 0 g / m l (グラム毎ミリリットル) 、ガラス転移温度は 9 9 である (屈折率 1 . 6 0 基材) 。ここで、ガラス転移温度は示差走査熱量計で測定されたものであり、以下同様である。

又、第 2 の基材は、エピスルフィド基と、ポリチオール及び含硫黄ポリオールの少なくとも一方と、が付加重合されて得られるエピスルフィド樹脂製であって、屈折率は 1 . 7 0 、アッペ数は 3 6 、比重は 1 . 4 1 g / m l 、ガラス転移温度は 6 7 である (屈折率 1 . 7 0 基材) 。

更に、第 3 の基材は、エピスルフィド樹脂製であって、屈折率は 1 . 7 6 、アッペ数は 3 0 、比重は 1 . 4 9 g / m l 、ガラス転移温度は 5 9 である (屈折率 1 . 7 6 基材) 。

第 1 の基材が用いられるものは、番号の末尾が 1 となっている (実施例 1 - 1 , 比較例 4 - 1 等) 。又、第 2 の基材が用いられるものは、番号の末尾が 2 となっている (実施例 1 - 2 , 比較例 4 - 2 等) 。更に、第 3 の基材が用いられるものは、番号の末尾が 3 となっている (実施例 1 - 3 , 比較例 4 - 3 等) 。

【 0 0 1 5 】

又、これら実施例ないし比較例においては、中間膜として、ハードコート液の塗布により形成されるハードコート膜が両面に付与された。

プラスチックレンズ基材に接するハードコート膜は、次のように作製された。

まず、容器中にメタノール 2 0 6 g (グラム) 、メタノール分散チタニア系ゾル (日揮触媒化成株式会社製 , 固形分 3 0 %) 3 0 0 g 、 - グリシドキシプロピルトリメトキシシラン 6 0 g 、 - グリシドキシプロピルメチルジエトキシシラン 3 0 g 、テトラエトキシシラン 6 0 g が滴下され、その混合液中に 0 . 0 1 N (規定量) の塩酸水溶液が更に滴下、攪拌されて加水分解が行われた。次いで、フロー調整剤 0 . 5 g 及び触媒 1 . 0 g が加えられ、室温で 3 時間攪拌されて、ハードコート液が作製された。

ハードコート液は、プラスチックレンズ基材の各面に対し、次のように塗布された。

即ち、スピンドル法によりハードコート液を均一に行き渡らせ、 1 2 0 の環境に 1 . 5 時間置くことで、ハードコート液が加熱硬化された。

このようにして形成されたハードコート膜は、何れも物理膜厚が 2 . 5 μm となった。

【 0 0 1 6 】

光学多層膜 (凹面側) 等

更に、これら実施例ないし比較例では、凹面側の光学多層膜は、中間膜の上において、一般的な全 5 層の低屈折率層 (最も基材に近い側を第 1 層 L 1 として奇数層 L 1 , L 3 , L 5) 及び高屈折率層 (偶数層 L 2 , L 4) の交互積層膜 (反射防止膜) として形成された。

凹面側の光学多層膜の低屈折率層は S i O₂ 層であり、高屈折率層は Z r O₂ 層であつて、各層の光学膜厚は、実施例 1 ~ 8 ないし比較例 1 ~ 4 の各々において、次の表 1 に示される通りである。

尚、光学膜厚は、一般に次の式 (1) で示されるところ、表 1 中の光学膜厚の値は、光学膜厚の 1 / 4 に相当する波長毎に光の位相が同じになりあるいは反転することに鑑み、着目する設計波長 の 1 / 4 の何倍に当たるかを示すため、式 (1) における光学膜厚を / 4 で割ったものとなっている。

$$\text{光学膜厚} = (\text{屈折率} \times \text{物理膜厚}) / \text{設計波長} \quad \cdots (1)$$

【 0 0 1 7 】

【表1】

	材料	光学膜厚 ×(λ/4)
層構成	L1(基材側)	SiO ₂ 0.198
	L2	ZrO ₂ 0.064
	L3	SiO ₂ 0.064
	L4	ZrO ₂ 0.398
	L5(大気側)	SiO ₂ 0.219

【0018】

10

光学多層膜（凸面側）等

他方、これら実施例ないし比較例では、凸面側の光学多層膜は、中間膜の上において、基本的に次の通りに形成された。

中間膜付き基材がセットされたドームが、扉を介して真空装置内に投入され、扉が閉められて真空装置内が真空排気された。

真空装置内の温度は60に設定され、真空装置内の真空度が7.0E-04Pa（パスカル）に到達した時点で、光学多層膜の成膜が開始された。尚、7.0E-04は、7.0×10⁻⁴を表している。

成膜にあたり、まず中間膜とこれから成膜される光学多層膜との密着性を高めるために、基材表面（中間膜）に対し酸素イオンが60秒間照射され、当該表面を活性化させる処理が施された。

そして、低屈折率材料と高屈折率材料が交互に蒸着され、低屈折率層と高屈折率層を交互に有する光学多層膜が成膜された。

低屈折率材料として、シリカ（キヤノンオptron株式会社製「SiO₂」）が用いられ、低屈折率材料の成膜レートは10.0/s（オングストローム毎秒）とされた。このように成膜された低屈折率層における波長550nmの光に対する屈折率は、1.4815であった。

高屈折率材料として、ジルコニア（同社製「ZrO₂」）が用いられ、高屈折率材料の成膜レートは6.0/sとされた。このように成膜された高屈折率層における波長550nmの光に対する屈折率は、2.0743であった。

比較例1～4における各層の光学膜厚（/4で割ったもの）は、次の表2の上部に示される通りであり、実施例1～4における各層の光学膜厚（/4で割ったもの）は、次の表3の上部に示される通りであり、実施例5～8における各層の光学膜厚（/4で割ったもの）は、次の表4の上部に示される通りである。

尚、比較例1～1～1～3においては、何れも同じ光学多層膜（凸面）が形成され、これらをまとめて比較例1とすることがある。又、比較例2～1～2～3等においても同様であるし、実施例1～1～1～3等においても同様である。

【0019】

20

30

【表2】

	比較例1		比較例2		比較例3		比較例4	
	材料	光学膜厚 ×(λ/4)	材料	光学膜厚 ×(λ/4)	材料	光学膜厚 ×(λ/4)	材料	光学膜厚 ×(λ/4)
層構成	L1(基材側)	Si02 0.369	Si02 0.350	Si02 0.228	Zr02 0.181			
	L2	Zr02 0.545	Zr02 0.498	Zr02 0.486	Si02 0.129			
	L3	Si02 0.106	Si02 0.275	Si02 0.332	Zr02 0.172			
	L4	Zr02 0.588	Zr02 0.081	Zr02 0.065	Si02 0.202			
	L5	Si02 0.494	Si02 0.121	Si02 0.089	Zr02 0.152			
	L6	Zr02 0.318	Zr02 0.235	Zr02 0.290	Si02 0.143			
	L7	Si02 0.250	Si02 0.503	Si02 0.529	Zr02 0.219			
	L8	---	Zr02 0.309	Zr02 0.182	Si02 0.326			
	L9(大気側)	----	Si02 0.249	Si02 0.295	---			
成膜後外観		外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果			
屈折率1.60基材		問題なし	問題なし	問題なし	問題なし			
屈折率1.70基材		線状クラック多数	問題なし	問題なし	問題なし			
屈折率1.76基材		線状クラック多数	問題なし	問題なし	問題なし			
近赤外域反射率(%)		23.27	23.33	22.10	7.03			

10

20

30

【表3】

	実施例1		実施例2		実施例3		実施例4	
	材料	光学膜厚 ×(λ/4)	材料	光学膜厚 ×(λ/4)	材料	光学膜厚 ×(λ/4)	材料	光学膜厚 ×(λ/4)
層構成	L1(基材側)	Si02 0.094	Si02 0.086	Si02 0.092	Si02 0.067			
	L2	Zr02 0.536	Zr02 0.523	Zr02 0.578	Zr02 0.558			
	L3	Si02 0.551	Si02 0.247	Si02 0.485	Si02 0.537			
	L4	Zr02 0.245	Zr02 0.078	Zr02 0.078	Zr02 0.098			
	L5	Si02 0.046	Si02 0.101	Si02 0.077	Si02 0.113			
	L6	Zr02 0.201	Zr02 0.316	Zr02 0.227	Zr02 0.154			
	L7	Si02 0.622	Si02 0.468	Si02 0.548	Si02 0.614			
	L8	Zr02 0.109	Zr02 0.336	Zr02 0.390	Zr02 0.449			
	L9(大気側)	Si02 0.332	Si02 0.231	Si02 0.252	Si02 0.242			
成膜後外観		外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果			
屈折率1.60基材		問題なし	問題なし	問題なし	問題なし			
屈折率1.70基材		問題なし	問題なし	問題なし	問題なし			
屈折率1.76基材		問題なし	問題なし	問題なし	問題なし			
近赤外域反射率(%)		23.42	24.63	26.15	24.97			

【表4】

	実施例5 材料 光学膜厚 ×(λ/4)		実施例6 材料 光学膜厚 ×(λ/4)		実施例7 材料 光学膜厚 ×(λ/4)		実施例8 材料 光学膜厚 ×(λ/4)	
層構成	L1(基材側)	SiO ₂	0.067	SiO ₂	0.078	SiO ₂	0.102	SiO ₂
	L2	ZrO ₂	0.641	ZrO ₂	0.596	ZrO ₂	0.406	ZrO ₂
	L3	SiO ₂	0.544	SiO ₂	0.531	SiO ₂	0.402	SiO ₂
	L4	ZrO ₂	0.103	ZrO ₂	0.045	ZrO ₂	0.258	ZrO ₂
	L5	SiO ₂	0.081	SiO ₂	0.154	SiO ₂	0.049	SiO ₂
	L6	ZrO ₂	0.185	ZrO ₂	0.155	ZrO ₂	0.069	ZrO ₂
	L7	SiO ₂	0.593	SiO ₂	0.640	SiO ₂	0.460	SiO ₂
	L8	ZrO ₂	0.388	ZrO ₂	0.385	ZrO ₂	0.338	ZrO ₂
	L9(大気側)	SiO ₂	0.253	SiO ₂	0.261	SiO ₂	0.206	SiO ₂
成膜後外観		外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果	外観確認結果
屈折率1.60基材	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし
屈折率1.70基材	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし
屈折率1.76基材	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし	問題なし
近赤外域反射率(%)	26.17	22.99	25.85	26.45				

【0020】

即ち、比較例1の光学多層膜(凸面)は、7層構造であり、基材側から数えて1層目L1(SiO₂層)の光学膜厚が0.120×/4以下ではなく、最も外側の7層目L7(SiO₂層)の光学膜厚が0.450×/4以上ではなく、3層目L3(SiO₂層)の光学膜厚が0.230×/4以上ではない。

又、比較例2の光学多層膜(凸面)は、9層構造であるが、1層目L1(SiO₂層)の光学膜厚が0.120×/4以下ではない。

更に、比較例3の光学多層膜(凸面)は、9層構造であるが、1層目L1(SiO₂層)の光学膜厚が0.120×/4以下ではない。

又更に、比較例4の光学多層膜(凸面)は、1層目L1がZrO₂層である8層構造となっている。

これらの比較例に対し、実施例1～8の光学多層膜(凸面)は、何れも9層構造であって、1層目L1(SiO₂層)の光学膜厚が0.120×/4以下であり、7層目L7(SiO₂層)の光学膜厚が0.450×/4以上0.650×/4以下であり、2層目L2(ZrO₂層)の光学膜厚が0.400×/4以上0.650×/4以下となっており、3層目L3(SiO₂層)の光学膜厚が0.230×/4以上0.560×/4以下である。

【0021】

外観等

比較例1-1～4-3について、光学多層膜(凸面)形成後の外観が目視で確認された。その結果は、上記表2の中部に示される。

又、実施例1-1～4-3, 5-1～8-3について、光学多層膜(凸面)形成後の外観が目視で確認された。その結果は、上記表3, 表4の中部に示される。

比較例1中、比較例1-2(屈折率1.70基材)と比較例1-3(屈折率1.76基材)において、凸面に線状のクラックが多数見受けられた。その他の比較例ないし実施例では、外観においてクラック等の異常の発生は見られなかった。

【0022】

可視域ないし隣接域の反射率分布等

比較例1～4, 実施例1～8の凹面の反射率分布が、反射率測定器(オリンパス株式会社製USPM-RU)によって測定された。

これらの凹面反射率分布は、何れも同様の分布であって、代表して比較例1-1の分布が図1に示される。

【0023】

他方、これら比較例や実施例における凸面の反射率分布が、同様に測定された。

比較例 1 - 1 ~ 1 - 3 の凸面反射率分布は、何れも同様の分布であり、これらを代表して比較例 1 - 1 に係る分布が、比較例 1 の凸面反射率分布として、図 2 , 図 3 に示される。ここで、図 2 は、可視域（波長 400 nm 以上 780 nm 以下）及び隣接域（合わせて波長 380 nm 以上 780 nm 以下）に係る分布を示すものであり、図 3 は、可視域及び隣接域並びに近赤外域の一部（780 nm 以上 1500 nm 以下）の波長域（合わせて波長 350 nm 以上 1500 nm 以下）に係る分布を示すものである。同様に、比較例 2 ~ 4 の凸面反射率分布も、図 2 , 図 3 に示される。

又、実施例 1 - 1 ~ 1 - 3 の凸面反射率分布は、何れも同様の分布であり、これらを代表して実施例 1 - 1 に係る分布が、実施例 1 の凸面反射率分布として、図 4 , 図 5 に示される。ここで、図 4 は、可視域及び隣接域（合わせて波長 380 nm 以上 780 nm 以下）に係る分布を示すものであり、図 5 は、可視域及び近赤外域並びに隣接域（合わせて波長 350 nm 以上 1500 nm 以下）に係る分布を示すものである。同様に、実施例 2 ~ 3 の凸面反射率分布も、図 4 , 図 5 に示される。更に同様に、実施例 4 ~ 6 の凸面反射率分布が、図 6 , 図 7 に示され、実施例 7 ~ 8 の凸面反射率分布が、図 8 , 図 9 に示される。

又、これらの比較例における近赤外域の凸面反射率の平均値（近赤外域反射率 [%]）が、上記表 2 の下部に示され、これらの実施例における近赤外域反射率が、上記表 3 , 表 4 の下部に示される。

【0024】

比較例 1 ~ 4 では何れも、400 nm ± 50 nm の波長域における反射率が、その域を除く可視域における反射率より高くなっている。400 nm ないしその前後の波長の光を反射するフィルタとなっている。

又、比較例 1 ~ 3 では、着目している近赤外域（780 nm 以上 1500 nm 以下）における反射率の平均値（近赤外線反射率）も比較的に高くなっている（23% 前後）、近赤外線反射機能を備えている。

一方、比較例 4 では、近赤外域反射率が 7 % 程度と低くなっている。近赤外線反射機能を十分には有していない。

【0025】

他方、実施例 1 では、400 nm ± 50 nm の波長域における反射率が、その域を除く可視域における反射率より高くなっている。特に波長 400 nm の光の反射率（極大値）が 71 % と 70 % を超えており、又可視域の短波長側である 400 nm 以上 420 nm 以下の波長域における反射率がその全域において 50 % を超えている。更に、実施例 1 の反射率分布では、注目する赤外域内で波長 1100 nm において極大値（44 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 23.42 % と高くなっている。

又、実施例 2 では、400 nm ± 50 nm の波長域における反射率が、その域を除く可視域における反射率より高くなっている。特に波長 400 nm の光の反射率（極大値）が 50 % であり、又可視域の短波長側である 400 nm 以上 420 nm 以下の波長域における反射率がその全域において 30 % を超えている。更に、実施例 2 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 930 nm で極大値（51 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 24.63 % と高くなっている。

更に、実施例 3 では、420 nm 以上 500 nm 以下の波長域における反射率が、その域を除く可視域における反射率より高くなっている。特に波長 450 nm の光の反射率（極大値）が 35 % となっている。更に、実施例 3 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 1070 nm で極大値（51 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 26.15 % と高くなっている。

【0026】

加えて、実施例 4 では、440 nm 以上 520 nm 以下の波長域における反射率が、520 nm を超えて 730 nm 以下の可視域の部分における反射率より高くなっている。特

10

20

30

40

50

に波長 480 nm の光の反射率（極大値）が 20 % となっている。更に、実施例 4 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 1130 nm で極大値（47 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 24.97 % と高くなっている。

又、実施例 5 では、450 nm 以上 530 nm 以下の波長域における反射率が、540 nm を超える可視域の部分における反射率より高くなっている。特に波長 480 nm の光の反射率（極大値）が 30 % となっている。更に、実施例 5 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 1130 nm で極大値（49 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 26.17 % と高くなっている。

更に、実施例 6 では、440 nm 以上 530 nm 以下の波長域における反射率が、530 nm を超える可視域の部分における反射率より高くなっている。特に波長 480 nm の光の反射率（極大値）が 40 % となっている。更に、実施例 6 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 1130 nm で極大値（45 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 22.99 % と高くなっている。10

【0027】

又更に、実施例 7 では、390 nm 以上 450 nm 以下の波長域における反射率が、450 nm を超えて 760 nm 以下の可視域の部分における反射率より高くなっている。特に波長 420 nm の光の反射率（極大値）が 25 % となっている。更に、実施例 7 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 990 nm で極大値（53 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 25.85 % と高くなっている。

又、実施例 8 では、400 nm 以上 500 nm 以下の波長域と 550 nm 以上 700 nm 以下の波長域における各反射率が、500 nm を超えて 550 nm 未満の波長域の反射率より高くなっている。特に波長 450 nm の光の反射率（第 1 の極大値）が 11 % となっており、波長 620 nm の光の反射率（第 2 の極大値）も 11 % となっている。更に、実施例 8 の反射率分布では、注目する赤外域中の波長 910 nm で極大値（54 %）をとる山が存在しており、近赤外線反射率が 26.45 % と高くなっている。20

【0028】

耐久性等

比較例 1 - 1 ~ 4 - 3、実施例 1 - 1 ~ 8 - 3 について、それぞれ耐久性に関する 2 つの試験がなされた。但し、成膜時にクラックが発生した比較例 1 - 2、1 - 3 については、これらの試験は行われなかった。30

1 つは耐候促進密着試験で、もう 1 つは恒湿恒温試験である。

耐候促進密着試験は、次のように行われた。まず、レンズの各面においてカッターによって 100 マスのマス目が形成された。次いで、マス目形成箇所に対するセロハンテープの付着及び勢いのある剥離が 5 回繰り返され、剥がれを生じたマスの数が確認された。続いて、レンズがサンシャインウェザーメータ（スガ試験機株式会社製 S80B）に 60 時間（hr）投入され、その後、投入前と同様に、新たに形成したマス目形成箇所に対して適用したセロハンテープによって剥がれを発生したマスの数が数えられた。更にその後、同様にレンズがサンシャインウェザーメータに 60 時間投入され剥がれたマス目数が確認され、かような投入と確認が、60 時間毎に最初の投入から述べ 240 時間投入された後の確認まで繰り返された。

恒湿恒温試験は、恒湿恒温試験機（エスペック株式会社製 LHU-113）を用いて行われた。当該試験機の槽内が、温度 60 ℃、相対湿度 95 % RH にセットされ、当該槽内に各レンズが投入され、投入から起算して 1 日、3 日、7 日経過後にそれぞれレンズが槽から取り出されて、浮腫みや変色、クラック等の外観異常が発生しているか否かが目視で確認された。40

【0029】

これら試験の結果のうち、比較例 1 - 1 ~ 4 - 3 については下記表 5 に示される。

又、これら試験の結果のうち、実施例 1 - 1 ~ 8 - 3 については下記表 6 に示される。

【0030】

【表5】

		比較例1			比較例2		
		比較例1-1	比較例1-2	比較例1-3	比較例2-1	比較例2-2	比較例2-3
耐候促進 密着試験	初期	100/100	クラック発生のため、未評価		100/100	100/100	99.5/100
	60hr	100/100			99/100	100/100	99.5/100
	120hr	99.5/100			95/100	97/100	90/100
	180hr	100/100			70/100	90/100	88/100
	240hr	100/100			70/100	85/100	80/100
恒温恒湿 試験	1日後	変化なし			変化なし	変化なし	変化なし
	3日後	変化なし			変化なし	変化なし	変化なし
	7日後	クラック			クラック	変化なし	変化なし
		比較例3			比較例4		
		比較例3-1	比較例3-2	比較例3-3	比較例4-1	比較例4-2	比較例4-3
耐候促進 密着試験	初期	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100	100/100
	60hr	100/100	99.5/100	100/100	100/100	100/100	100/100
	120hr	100/100	99.5/100	100/100	100/100	100/100	100/100
	180hr	99/100	99/100	95/100	100/100	100/100	100/100
	240hr	99/100	99/100	95/100	100/100	100/100	100/100
恒温恒湿 試験	1日後	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
	3日後	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし	変化なし
	7日後	クラック	変化なし	クラック	変化なし	変化なし	変化なし

【表6】

[0 0 3 1]

恒温恒湿試験において、1.60基材に係る比較例1-1, 2-1, 3-1, 4-1な

いし実施例 1 - 1 , 2 - 1 , 3 - 1 , 4 - 1 , 5 - 1 , 6 - 1 , 7 - 1 , 8 - 1 において 7 日経過後にクラックが見られたが、他の比較例や実施例では 7 日経過後でもクラックは見られなかった。

恒温恒湿環境に 3 日晒された後でもクラックが発生しなければ、十分な耐久性（耐熱性、耐湿性）を有していると言え、7 日経過後でクラックが発生しなければ極めて優れた耐久性を有していることになる。1 . 6 0 基材のものにおいて 7 日経過後にクラックが発生したのは、当該基材の膨張率が他の基材に比べて高いことによるものと考えられる。

【 0 0 3 2 】

他方、耐候促進密着試験において、比較例 2 - 1 ~ 2 - 3 では通算 120 時間投入後から顕著に剥がれのマス数が増加し、耐久性（耐候促進後の密着性）が十分なものではなかった。

又、比較例 3 - 1 ~ 3 - 3 では通算 180 時間投入後から剥がれが見受けられ、やはり耐久性（耐候促進後の密着性）が十分なものではなかった。

これら以外の比較例や全ての実施例においては、耐候促進後の剥がれは見られず、優れた耐久性（耐候促進後の密着性）を有するものとなっていた。

【 0 0 3 3 】

まとめ等

比較例 1 では、2 層目の ZrO₂ 層の光学膜厚が 0 . 4 0 0 × / 4 以上 0 . 6 5 0 × / 4 以下であること等により、近赤外域及び可視域内の青色域の双方において高い反射率が確保されている。しかし、比較例 1 では、7 層構造であり、又 3 層目の SiO₂ 層が 0 . 2 3 0 × / 4 以下であることもあって、比較例 1 - 2 , 1 - 3 において成膜時に線状のクラックが発生している。

比較例 2 では、9 層構造であり、2 層目の ZrO₂ 層の光学膜厚が 0 . 4 0 0 × / 4 以上 0 . 6 5 0 × / 4 以下であり、3 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 2 3 0 × / 4 以上 0 . 5 6 0 × / 4 以下であり、7 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 4 5 0 × / 4 以上 0 . 6 5 0 × / 4 以下であること等により、近赤外域及び可視域内の青色域の双方において高い反射率が確保され、且つ成膜時におけるクラックの発生も回避されている。しかし、比較例 2 では、1 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 3 5 0 × / 4 であって 0 . 1 2 0 × / 4 を超えていること等により、耐候促進密着試験において、膜の剥がれが発生している。

比較例 3 では、比較例 2 と同様である 9 層構造であり、1 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 2 2 8 × / 4 と比較例 2 より更に薄くしているが、なお 0 . 1 2 0 × / 4 を超えていること等により、比較例 2 と同様に耐候促進密着試験において膜剥がれが発生している。

比較例 4 では、ZrO₂ 層を 1 層目とする 8 層構造であり、青色域の反射率を確保するために各層の光学膜厚が薄くなっているが、赤外域の反射率が 7 % 程度しか確保することができない。

【 0 0 3 4 】

以上に対し、実施例 1 ~ 8 では、何れも 9 層構造であり、基材から数えて 1 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 1 2 0 × / 4 以下であり、2 層目の ZrO₂ 層の光学膜厚が 0 . 4 0 0 × / 4 以上 0 . 6 5 0 × / 4 以下であり、3 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 2 3 0 × / 4 以上 0 . 5 6 0 × / 4 以下であり、7 層目の SiO₂ 層の光学膜厚が 0 . 4 5 0 × / 4 以上 0 . 6 5 0 × / 4 以下であることにより、近赤外域における高い反射率（780 nm 以上 1500 nm における片面反射率の平均値で 20 % 以上）と可視域の部分域の高い反射率が、その他の可視域の低い反射率（好みしくは平均 3 % 以下、より好みしくはその全体で 3 % 以下、更に好みしくは平均 1 % 以下、より一層好みしくは全体で 1 % 以下）を前提として両立すると共に、耐久性（耐候促進密着試験における非剥離性や恒温恒湿試験における非破壊性）も確保される。

【 0 0 3 5 】

特に、実施例 1 , 2 では、可視域内の短波長域（400 nm 以上 420 nm 以下）の光

が、近赤外線と共に高い反射率によりカットされ、カットされる度合は、波長400nmで反射率71%，50%と可変である。かのような短波長域（青色域）の光は、可視光の中でもエネルギーが高く、眼に到達する量が低減されれば眼の保護となり、実施例1，2で眼鏡レンズを形成して眼鏡を作製すれば、眼を青色光と近赤外線から保護する眼鏡が提供されることとなる。又、可視域において青色域のみ反射率を高く（透過率を低く）するほどレンズや視野が青の補色の黄色を呈し、青色光からの保護機能を有しながら黄色が目立たないようにするニーズもあることから、青色域（極大値）における反射率の大きさが調節できることは重要であるところ、実施例1，2においてその大きさが調節できている。

【0036】

又、実施例3では、可視域内の部分域（420nm以上500nm以下）の光が、近赤外線と共に高い反射率によりカットされる。その部分域における反射率の極大値は、波長450nmで35%となっており、LED照明の分光強度分布の極大値が位置する450nmの光やその隣接波長の光は、近赤外線と共にカットされる。よって、実施例3により眼鏡を作製すれば、LED照明下で、眼が保護され、バランスの取れた視野が確保される眼鏡を提供することができる。又、実施例3と同様の膜を有するLED照明カバーを作製して、LED照明光が眼を保護可能で色合いの調節されたものとなるカバーを提供することができる。

【0037】

更に、実施例4～6では、可視域内の部分域（440nm以上520nm以下）の光が、近赤外線と共に高い反射率によりカットされる。その部分域における反射率の極大値は、波長480nmで20%，30%，40%となっており、波長480nmとその隣接域の光、及び近赤外線をカットするレンズ等が提供可能となる。近時、波長480nmないしその隣接域の光を夜（就寝前）に浴びると体内時計が狂うことが分かってきており、実施例4ではその光を近赤外線と共にカットすることができる。又、かのような光からの保護の度合と、可視光の視認性（色合いの自然さ）等との兼ね合いを調節するニーズを満たすためには、かような光のカット率の度合、即ち波長480nmにおける反射率の極大値の大きさが調整可能であることを要するところ、実施例4～6ではその度合（大きさ）が可変となっており、上記のニーズは満たされることとなる。尚、かような光を発生し得るものとしては、例えばスマートフォンを始めとする携帯電子機器のディスプレイ、コンピュータディスプレイ、LEDをバックライトとするテレビ等がある。

【0038】

又更に、実施例7では、可視域内の青色域（390nm以上450nm以下）の光が、近赤外線と共に高い反射率によりカットされる。実施例1～2では青色域内の反射率の極大値が波長400nmに位置していたところ、実施例7では当該極大値が420nmに位置している。実施例7では、青色光に対する眼の保護性能と色合いを始めとする視認性等の兼ね合いの調整が、極大値の位置の変更によってなされている。

【0039】

加えて、実施例8では、可視域内の2つの部分域（400nm以上500nm以下の波長域、550nm以上700nm以下の光が、近赤外線と共に高い反射率によりカットされる。実施例8では、実施例3と同様に、波長450nmで反射率の極大値を有している。可視光の内、当該波長やその隣接域の波長の光（青色光）のみをカットすると、透過光の色（透過色）が青色の補色の黄色を呈することとなり、その黄色の度合を低減するために、実施例8では黄色の領域に係る波長620nmやその隣接域の波長の光（黄色光）も高い反射率によりカットすることとし、透過色が白色に近づいたものとなっている。

【0040】

かように、光学多層膜が9層構造とされ、基材から数えて1層目のSiO₂層の光学膜厚が0.120×/4以下であり、2層目のZrO₂層の光学膜厚が0.400×/4以上（好ましくは0.650×/4以下）であり、3層目のSiO₂層の光学膜厚が0.230×/4以上（好ましくは0.560×/4以下）であり、且つ7層目のSiO₂層の光学膜厚が0.450×/4以上（好ましくは0.650×/4以下）で

10

20

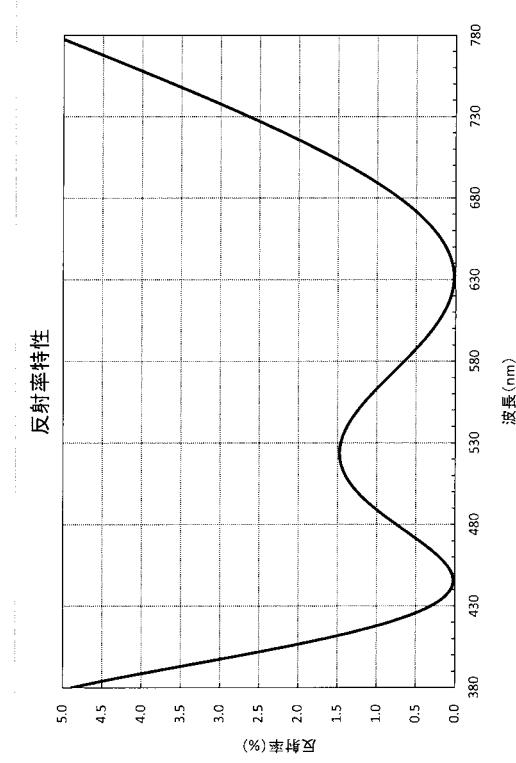
30

40

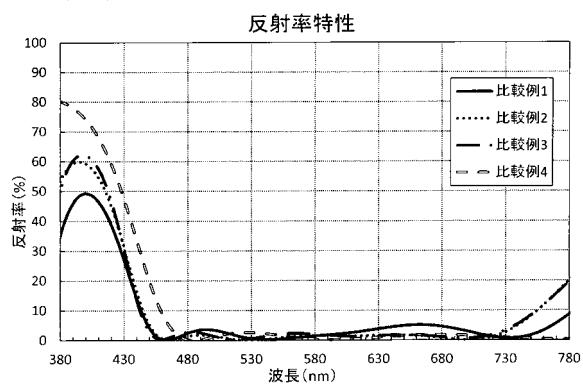
50

あるようにされれば、赤外域と可視域の部分域の光をカットする耐久性の高い光学製品が提供されることとなり、その部分域は、他の層の光学膜厚の調整により、様々に設定され得るものとなっているのである。

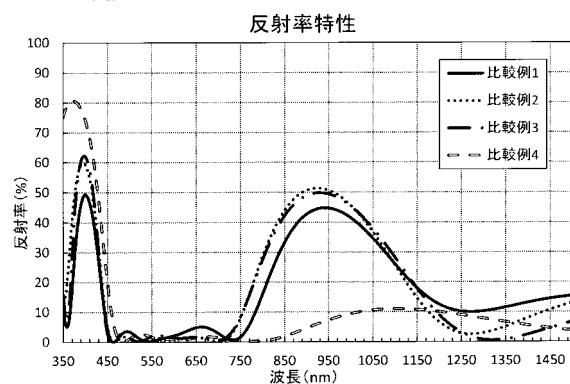
【図 1】



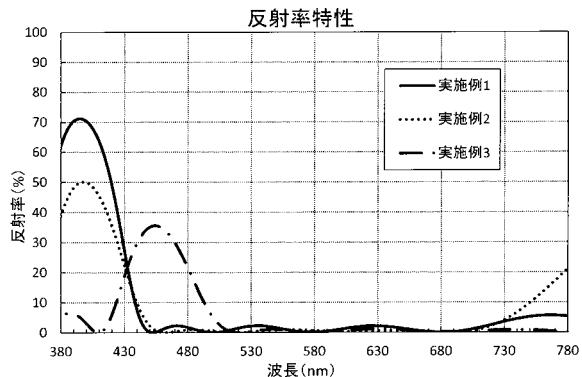
【図 2】



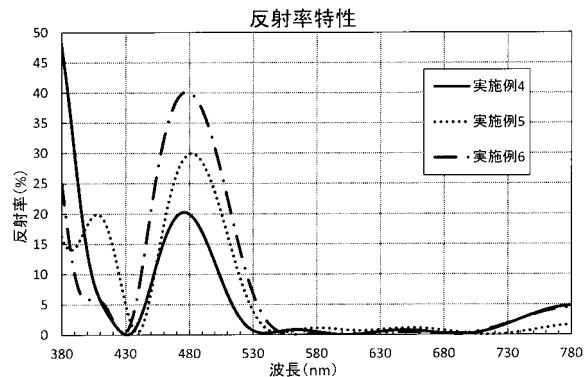
【図 3】



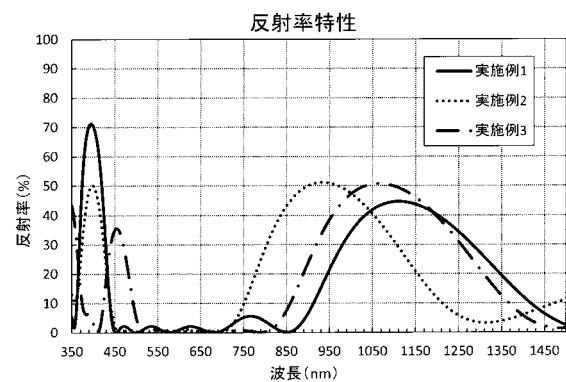
【図4】



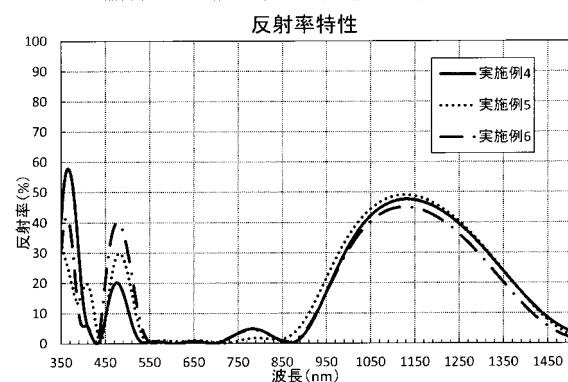
【図6】



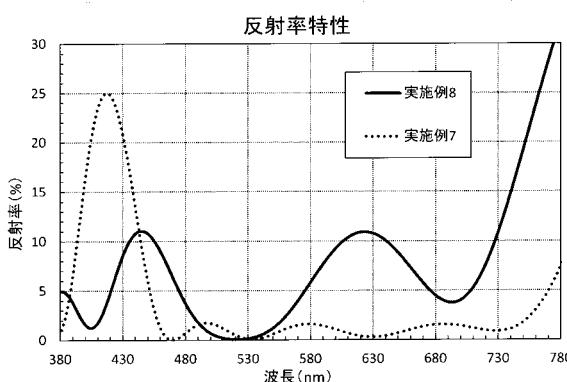
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】

