

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7493918号
(P7493918)

(45)発行日 令和6年6月3日(2024.6.3)

(24)登録日 令和6年5月24日(2024.5.24)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 1/115(2015.01) G 0 2 B 1/115

C 2 3 C 14/06 (2006.01) C 2 3 C 14/06 P

G 0 2 B 3/00 (2006.01) G 0 2 B 3/00 Z

請求項の数 6 (全12頁)

(21)出願番号	特願2019-146114(P2019-146114)	(73)特許権者	000113263
(22)出願日	令和1年8月8日(2019.8.8)		H O Y A株式会社
(65)公開番号	特開2021-26163(P2021-26163A)		東京都新宿区西新宿六丁目10番1号
(43)公開日	令和3年2月22日(2021.2.22)	(74)代理人	110004185
審査請求日	令和4年5月10日(2022.5.10)		インフォート弁理士法人
審判番号	不服2023-9046(P2023-9046/J1)	(74)代理人	100121083
審判請求日	令和5年6月2日(2023.6.2)		弁理士 青木 宏義
		(74)代理人	100138391
			弁理士 天田 昌行
		(74)代理人	100121049
			弁理士 三輪 正義
		(72)発明者	冉 凡勇
			東京都新宿区西新宿六丁目10番1号
			H O Y A株式会社内
		(72)発明者	白石 幸一郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 反射防止膜付き光学部材及びその製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基材の表面に、反射防止膜が形成された反射防止膜付き光学部材であって、
前記基材は、ガラスレンズであり、
前記反射防止膜は、低屈折率層と高屈折率層とが交互に積層されており、
前記低屈折率層と前記高屈折率層とを合わせた総数が、11層～15層であり、
前記反射防止膜の最表面層は、前記低屈折率層としてのMgF₂の単層であり、前記最表面層以外の前記低屈折率層は、密度が、 2.158 g/cm^3 以上 2.174 g/cm^3 以下であり、

400nm以上1000nm以下の波長域での分光反射率が、1%以下である、ことを特徴とする反射防止膜付き光学部材。

10

【請求項2】

前記最表面層以外の前記低屈折率層の屈折率(波長550nm)は、 $1.4425\sim 1.4525$ であることを特徴とする請求項1に記載の反射防止膜付き光学部材。

【請求項3】

前記最表面層以外の前記低屈折率層は、SiO₂の単層又はSiO₂を含む混合層で形成されることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の反射防止膜付き光学部材。

【請求項4】

基材の表面に、低屈折率層と高屈折率層とを交互に積層して反射防止膜を成膜する反射防止膜付き光学部材の製造方法であって、

20

前記基材は、ガラスレンズであり、

前記低屈折率層を、イオンアシスト蒸着法を用いずに蒸着により成膜し、前記高屈折率層を、イオンアシスト蒸着法により成膜し、

前記低屈折率層と前記高屈折率層とを合わせた総数を、11層～15層とし、

前記反射防止膜の最表面層を、前記低屈折率層としての MgF_2 の単層で形成し、
前記最表面層以外の前記低屈折率層の密度を、 2.158 g/cm^3 以上 2.174 g/cm^3 以下で調整し、

400 nm以上1000 nm以下の波長域での分光反射率を、1%以下とした、
ことを特徴とする反射防止膜付き光学部材の製造方法。

【請求項5】

前記最表面層以外の前記低屈折率層を成膜する際の成膜時圧力を、 $1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 以上 $3.2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 以下の範囲で調整することを特徴とする請求項4に記載の反射防止膜付き光学部材の製造方法。

【請求項6】

前記最表面層以外の前記低屈折率層の蒸発材料として、 SiO_2 の単体又は SiO_2 を含む混合材を用いることを特徴とする請求項4又は請求項5に記載の反射防止膜付き光学部材の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射防止膜付き光学部材及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

レンズ等の光学部品では、表面に反射防止膜を設けることが一般的に行われている。反射防止膜は、例えば、特許文献1に記載するように、屈折率の異なる複数の層を積層して形成される。特許文献1では、各層の屈折率を、適宜調整することで、可視光領域から近赤外線領域の屈折率を更に低くでき、反射防止帯域を更に広くすることができるとしている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2004-163549号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献1では、波長域380 nm～980 nmの反射率を1%以下にできるとしているが、近年のニーズから、反射防止機能を、波長域1000 nmまで広くしたいというえ、コートの高湿高温などの信頼性も厳しく要求されている。

【0005】

本発明は、以上の問題意識に基づいてなされたものであり、波長域400 nm～1000 nmにおいて、優れた反射防止機能を有し、且つ、高信頼性を持つ反射防止膜付き光学部材及びその製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、基材の表面に、反射防止膜が形成された反射防止膜付き光学部材であって、前記基材は、ガラスレンズであり、前記反射防止膜は、低屈折率層と高屈折率層とが交互に積層されており、前記低屈折率層と前記高屈折率層とを合わせた総数が、11層～15層であり、前記反射防止膜の最表面層は、前記低屈折率層としての MgF_2 の単層であり、前記最表面層以外の前記低屈折率層は、密度が、 2.158 g/cm^3 以上 2.174 g/cm^3 以下であり、400 nm以上1000 nm以下の波長域での分光反射率が、1

10

20

30

40

50

%以下である、ことを特徴とする。

【0007】

本発明では、前記最表面層以外の前記低屈折率層の屈折率（波長550nm）は、 $1.4425 \sim 1.4525$ であることが好ましい。

【0008】

本発明では、前記最表面層以外の前記低屈折率層は、 SiO_2 の単層又は SiO_2 を含む混合層で形成されることが好ましい。

【0011】

本発明は、基材の表面に、低屈折率層と高屈折率層とを交互に積層して反射防止膜を成膜する反射防止膜付き光学部材の製造方法であって、前記基材は、ガラスレンズであり、前記低屈折率層を、イオンアシスト蒸着法を用いずに蒸着により成膜し、前記高屈折率層を、イオンアシスト蒸着法により成膜し、前記低屈折率層と前記高屈折率層とを合わせた総数を、11層～15層とし、前記反射防止膜の最表面層を、前記低屈折率層としての MgF_2 の単層で形成し、前記最表面層以外の前記低屈折率層の密度を、 2.158 g/cm^3 以上 2.174 g/cm^3 以下で調整し、400nm以上1000nm以下の波長域での分光反射率を、1%以下とした、ことを特徴とする。

【0012】

本発明では、前記最表面層以外の前記低屈折率層を成膜する際の成膜時圧力を、 $1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 以上 $3.2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ 以下の範囲で調整することが好ましい。

【0013】

本発明では、前記最表面層以外の前記低屈折率層の蒸発材料として、 SiO_2 の単体又は SiO_2 を含む混合材を用いることが好ましい。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、波長域400nm～1000nmにおいて、分光反射率を1%以下に抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本実施形態の反射防止膜付き光学部材の模式図である。

【図2】本実施形態の反射防止膜付き光学部材の部分拡大模式図である。

【図3】実施例1～実施例3、及び比較例の波長と分光反射率Rとの関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明を実施するための形態（以下、単に「本実施形態」という。）について詳細に説明する。なお、以下では、「～」を使用する場合があるが、その下限値及び上限値は、いずれも含むものとする。

【0017】

<反射防止膜付き光学部材>

本発明者らは、反射防止膜付き光学部材の反射防止機能を鋭意研究した結果、低屈折率層の密度を調節することで、波長域400nm～1000nmにおいて、優れた反射防止機能を有し、且つ、高信頼性を持つ反射防止膜付き光学部材を開発するに至った。すなわち、本実施形態の反射防止膜付き光学部材は、反射防止膜が、低屈折率層と高屈折率層との積層構造であり、低屈折率層の密度が、 2.1 g/cm^3 以上 2.2 g/cm^3 以下であることを特徴とする。

【0018】

図1は、本実施形態の反射防止膜付き光学部材の模式図である。図1に示す反射防止膜付き光学部材1は、基材2と、基材2の表面2aに形成された反射防止膜3と、を有して構成される。

【0019】

基材 2 は、ガラスやプラスチック等であり、特に、ガラスであることが好ましい。特に限定されるものでないが、基材 2 は、例えば、監視カメラや車載カメラ用のガラスレンズである。また、反射防止膜 3 が成膜される基材 2 の表面は、例えば、非球面である。図 1 の基材 2 は、例えば、負のパワーを有するメニスカスレンズであるが、正のパワーを有するメニスカスレンズであってもよいし、両凸レンズあるいは両凹レンズ等でもよい。

【 0 0 2 0 】

図 1 では、反射防止膜 3 は、基材 2 の表面 2 a に成膜されるが、表面 2 a、2 b の双方に形成されてもよい。

以下、反射防止膜 3 について、更に詳しく説明する。

【 0 0 2 1 】

< 反射防止膜 >

図 2 に示すように、本実施形態の反射防止膜 3 は、基材 2 の表面（光学面）から、低屈折率層 4 と高屈折率層 5 とが交互に積層され、最上層が、外気と触れる最表面層 6 となっている。

【 0 0 2 2 】

各低屈折率層 4 は、各高屈折率層 5 よりも屈折率が低い。一方、高屈折率層 5 は、基材 2 の屈折率より高くてもよい。また、反射防止膜 3 は、基材 2 単体の場合よりも反射率が低くなるように調整される。

【 0 0 2 3 】

低屈折率層 4 の密度は、 2.1 g/cm^3 以上 2.2 g/cm^3 以下である。密度範囲の上限を上回ると所望の低屈折率が得られず（屈折率が高くなりすぎる）、下限を下回ると空隙が多くなる。空隙が多くなりすぎると空隙に水分が入って膜の特性に影響を及ぼしたり、空隙のために膜の密着性が低下する。また、低屈折率層 4 の密度は、 2.132 g/cm^3 以上 2.199 g/cm^3 以下であることが好ましく、 2.132 g/cm^3 以上 2.191 g/cm^3 以下であることがより好ましく、 2.158 g/cm^3 以上 2.174 g/cm^3 以下であることが更に好ましい。

【 0 0 2 4 】

本実施の形態では、後述するように、低屈折率層 4 を蒸着法にて成膜する際、イオンアシスト蒸着 (Ion Assisted Deposition: IAD) 法を用いない。一方、高屈折率層 5 を蒸着法にて成膜する際、イオンアシスト蒸着法を用いる。これにより、低屈折率層 4 の密度を、上記範囲内に低くすることが可能である。なお、高屈折率層 5 の密度は、イオンアシスト蒸着法を用いることで、イオンアシスト蒸着法を用いない場合と比べて、高くなる。

【 0 0 2 5 】

本実施の形態では、低屈折率層 4 を比較的低い密度に調整することができ、これにより、低屈折率層 4 の屈折率を、小さくすることができる。具体的には、低屈折率層 4 の屈折率（波長 550 nm ）は、 1.41 以上 1.47 以下であり、好ましくは、 1.4245 以上 1.469 以下であり、より好ましくは、 1.4245 以上 1.464 以下であり、更に好ましくは、 1.4425 以上 1.4525 以下である。

【 0 0 2 6 】

このように、低屈折率層 4 の密度及び屈折率を、上記範囲内に低く抑えることで、 400 nm 以上 1000 nm 以下の波長域での分光反射率を、 1% 以下に抑えることができる。本実施の形態では、波長 $410 \text{ nm} \sim 430 \text{ nm}$ の分光反射率を、 0.8% 以下とすることができる。また、本実施の形態では、好ましくは、波長 $480 \text{ nm} \sim 600 \text{ nm}$ の分光反射率を、 0.5 以下にでき、更に、波長 $650 \text{ nm} \sim 1000 \text{ nm}$ の分光反射率を、 0.8 以下にすることが可能である。

【 0 0 2 7 】

本実施の形態では、低屈折率層 4 と高屈折率層 5 とを合わせた総数を限定するものでないが、好ましくは、9 層 \sim 19 層程度であり、より好ましくは、11 層 \sim 15 層である。層数を増やすことで、分光反射率が、 1% 以下となる波長域を広げることができるが、低

10

20

30

40

50

屈折率層 4 を、イオンアシスト蒸着法を用いて成膜すると、1 % 以下の分光反射率となる波長域を、波長 1 0 0 0 nm まで広げられないことが後述の実験によりわかっている。そこで、本発明者らは、低屈折率層 4 を、イオンアシスト蒸着法を用いずに成膜し、低屈折率層 4 の密度を従来より低減させることで、1 % 以下の分光反射率となる波長域を、波長 1 0 0 0 nm まで広げることに成功している。

【0028】

また、図 1 では、基材 2 の表面と接する最下層に低屈折率層 4 を用いたが、基材 2 との密着性の観点から、最下層を適宜選択することができる。すなわち、最下層として、低屈折率層 4 を用いるか否かは任意である。

【0029】

次に、低屈折率層 4 及び高屈折率層 5 の好ましい材質について説明する。

本実施形態では、低屈折率層 4 は、 SiO_2 の単層又は SiO_2 を含む混合層で形成されることが好ましい。反射防止膜 3 に積層される複数の低屈折率層 4 の材質は、同一であっても異なってもよい。

【0030】

また、本実施形態では、高屈折率層 5 は、 ZrO_x (x は、1.5 ~ 2)、 TiO_x (x は、1 ~ 2)、 TaO_x (x は、2 ~ 2.5)、及び、 NbO_x (x は、2 ~ 2.5) から選択される単層又は 2 種以上を含む混合層で形成されることが好ましい。 ZrO_x には、 ZrO_2 、 TiO_x には、 Ti_3O_5 、 Ti_2O_5 、 TaO_x には、 Ta_2O_5 、 NbO_x には、 Nb_2O_5 を用いることが好ましい。上記した金属酸化物は、化学量論組成でなくとも、酸素の組成比率が上記 x の範囲であればよい。

【0031】

反射防止膜 3 内に積層される複数の高屈折率層 5 の材質は、同一であっても異なってもよい。

【0032】

また、本実施の形態では、反射防止膜 3 の最表面層 6 は、 MgF_2 の単層、 SiO_2 の単層、又は、 MgF_2 及び SiO_2 の少なくとも一方を含む混合層であることが好ましい。最表面層 6 は、低屈折率層 4 と高屈折率層 5 とが積層された反射防止膜 3 の反射率を所定値内に抑えるための調整層である。すなわち、低屈折率層 4 と高屈折率層 5 の最上層として最表面層 6 を設けて、反射率を適正化することができる。例えば、低屈折率層 4 として SiO_2 を用い、高屈折率層 5 として Ta_2O_5 を用いた構成では、最表面層 6 に MgF_2 を用いることが、反射率の調整の観点から好適である。以下の表 1 に示すように、 MgF_2 の屈折率は、 SiO_2 より低くすることができる。

【0033】

【表 1】

	SiO_2	Ta_2O_5	MgF_2
密度 (g/cm^3)	2.2	8.73	3.2
屈折率	1.47	2.16	1.39

【0034】

なお、膜密度は、蒸発材の屈折率と密度とを使用し、下記の式 (1) を用いて計算した。

膜密度 = (膜の屈折率 / 蒸発材の屈折率) × 蒸発材の理論密度 (1)

【0035】

表 1 に示すように、屈折率は、 $\text{MgF}_2 < \text{SiO}_2$ であるが、本実施の形態では、信頼性や各層間の密着性の観点から、低屈折率層 4 には、 MgF_2 より SiO_2 を用いること

が好ましく、反射防止膜 3 の反射率の調整層として、最表面層 6 に MgF_2 を用いることが好適である。

【0036】

< 反射防止膜付き光学部材の製造方法 >

図 2 に示す本実施形態の反射防止膜付き光学部材の製造方法について説明する。

本実施形態では、基材 2 の表面に、低屈折率層 4 と高屈折率層 5 とを交互に積層し、反射防止膜 3 を形成する。

【0037】

このとき、低屈折率層 4 を、イオンアシスト蒸着法を用いずに蒸着により成膜し、高屈折率層 5 を、イオンアシスト蒸着法により成膜する。

【0038】

これにより、低屈折率層 4 を、低い密度で成膜でき、高屈折率層 5 を、高い密度で成膜することができる。ここで、「高い密度」、「低い密度」とは、各層において、イオンアシスト蒸着法の適用有無により比較された密度を意味する。

【0039】

低屈折率層 4 を蒸着する際の雰囲気制限するものではないが、例えば、酸素、アルゴン、或いは、窒素単体、又は、これらの混合雰囲気であることが好ましい。

【0040】

また、本実施の形態では、低屈折率層 4 を成膜する際の成膜時圧力を、 $3 \times 10^{-3} \text{ Pa} \sim 8 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ の範囲で調整することが好ましい。成膜時圧力を、 $3 \times 10^{-3} \text{ Pa} \sim 5.8 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ とすることがより好ましく、 $7.8 \times 10^{-3} \text{ Pa} \sim 5.8 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ とすることが更に好ましく、 $1.5 \times 10^{-2} \text{ Pa} \sim 3.2 \times 10^{-2} \text{ Pa}$ とすることが更に好ましい。

【0041】

これにより、成膜された低屈折率層 4 の密度を、 2.1 g/cm^3 以上 2.2 g/cm^3 以下、好ましくは、 $2.132 \text{ g/cm}^3 \sim 2.199 \text{ g/cm}^3$ 、より好ましくは、 $2.132 \text{ g/cm}^3 \sim 2.191 \text{ g/cm}^3$ 、更に好ましくは、 $2.158 \text{ g/cm}^3 \sim 2.174 \text{ g/cm}^3$ とすることができる。

【0042】

本実施形態では、低屈折率層 4 の蒸発材料として、 SiO_2 の単体又は SiO_2 を含む混合材を用いることが好ましい。

【0043】

また、本実施形態では、高屈折率層 5 の蒸発材料として、 ZrO_2 、 Ti_3O_5 、 Ta_2O_5 、及び、 Nb_2O_5 から選択される単体又は 2 種以上を含む混合材を用いることが好ましい。

【0044】

また、本実施の形態では、最表面層 6 の蒸発材料として、 MgF_2 、及び、 SiO_2 から選択される単体又は 2 種以上を含む混合材を用いることが好ましい。最表面層 6 の蒸発材料として、 MgF_2 を選択することが好ましい。

【0045】

以上、詳述した本実施の形態の反射防止膜付き光学部材 1 によれば、低屈折率層 4 の密度を下げることができ、屈折率を低下させることができる。そして、本実施の形態では、波長域 $400 \text{ nm} \sim 1000 \text{ nm}$ において、分光反射率を 1 % 以下に抑えることができる。また、本実施の形態の反射防止膜付き光学部材 1 によれば、各層の密着性に優れるとともに、高温多湿の環境下においても、剥離やクラックが生じにくく、高い信頼性を得ることができる。

【0046】

また、本実施の形態の反射防止膜付き光学部材 1 の製造方法によれば、低屈折率層 4 及び高屈折率層 5 を成膜するに際し、イオンアシスト蒸着法の適用の有無を制御することで、優れた反射防止機能を有し、且つ、高信頼性を持つ反射防止膜付き光学部材 1 を簡単に

10

20

30

40

50

製造できる。

【 0 0 4 7 】

また、本実施の形態では低屈折率層を、イオンアシスト蒸着せずに成膜するため、反射防止膜 3 を成膜するに際し、イオンガンの使用時間を減少することができ、したがって、成膜中の温度変化を小さくすることができる。これにより、成膜された反射防止膜 3 の光反射特性のばらつきを小さくすることが可能である。

【実施例】

【 0 0 4 8 】

以下、本実施形態を実施例及び比較例を用いてより具体的に説明する。実験では、以下に示す実施例 1 から実施例 3 及び比較例を製造した。

【 0 0 4 9 】

[実施例 1 ～ 実施例 3]

実施例 1 ～ 実施例 3 では、以下の表 2 に示す材料を用い、比較例では、以下の表 3 に示す材料を用い、表 2、表 3 に示す SiO_2 を低屈折率層、 Ta_2O_5 を高屈折率層、 MgF_2 を最表面層として成膜し、反射防止膜を得た。なお、基材は、BACD 14 ガラス (HOYA (株) 製) を用いて成形したレンズである。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

層	材 料	屈折率@550nm			密度 (g/cm ³)			膜厚(nm)			成膜方法
		実施例1	実施例2	実施例3	実施例1	実施例2	実施例3	実施例1	実施例2	実施例3	
基材	BACD14		1.6044								
1	SiO ₂	1.464	1.4425	1.4245	2.191	2.158	2.132	29.5	28.7	28.3	No-IAD
2	Ta ₂ O ₅		2.2241			8.989		10.0	10.0	10.0	IAD
3	SiO ₂	1.464	1.4425	1.4245	2.191	2.158	2.132	85.7	83.4	82.9	No-IAD
4	Ta ₂ O ₅		2.2241			8.989		12.0	11.4	11.0	IAD
5	SiO ₂	1.464	1.4425	1.4245	2.191	2.158	2.132	95.3	94.0	93.5	No-IAD
6	Ta ₂ O ₅		2.2241			8.989		18.7	18.9	18.7	IAD
7	SiO ₂	1.464	1.4425	1.4245	2.191	2.158	2.132	52.0	51.3	51.9	No-IAD
8	Ta ₂ O ₅		2.2241			8.989		43.9	43.7	43.8	IAD
9	SiO ₂	1.464	1.4425	1.4245	2.191	2.158	2.132	15.3	14.8	15.1	No-IAD
10	Ta ₂ O ₅		2.2241			8.989		88.0	89.1	88.3	IAD
11	SiO ₂	1.464	1.4425	1.4245	2.191	2.158	2.132	22.9	22.1	22.3	No-IAD
12	Ta ₂ O ₅		2.2241			8.989		30.9	30.9	31.3	IAD
13	MgF ₂		1.3828			3.180		113.3	113.1	114.2	No-IAD

【表 3】

層	材料	屈折率@ 550nm	密度 (g/cm ³)	膜厚(nm)	成膜方法
				各層	
基材	BACD14	1.6044			
1	SiO ₂	1.4829	2.219	31.0	IAD
2	Ta ₂ O ₅	2.2241	8.989	10.0	
3	SiO ₂	1.4829	2.219	86.1	
4	Ta ₂ O ₅	2.2241	8.989	12.3	
5	SiO ₂	1.4829	2.219	93.8	
6	Ta ₂ O ₅	2.2241	8.989	18.9	
7	SiO ₂	1.4829	2.219	52.0	
8	Ta ₂ O ₅	2.2241	8.989	43.2	
9	SiO ₂	1.4829	2.219	14.6	
10	Ta ₂ O ₅	2.2241	8.989	90.5	
11	SiO ₂	1.4829	2.219	23.3	
12	Ta ₂ O ₅	2.2241	8.989	30.3	
13	MgF ₂	1.3828	3.180	113.3	No-IAD

【0052】

表 2 に示す実施例 1 から実施例 3 では、低屈折率層を成膜する際、真空蒸着法にて、イオンアシスト蒸着なしで成膜した。表 2 に示すように、実施例 1 では、SiO₂ の密度を、2.191 g/cm³、実施例 2 では、SiO₂ の密度を、2.158 g/cm³、実施例 3 では、SiO₂ の密度を、2.132 g/cm³ とした。これらの密度を得るための真空蒸着における成膜時圧力は、以下の表 4 に示されている。表 4 に示すように、成膜時圧力を変えることで、密度を変化させることができる。

【0053】

【表 4】

	成膜時圧力 (Pa)	密度 (g/cm ³)	屈折率@ 550nm	適性	説明
IAD あり	1.8 × 10 ⁻²	2.219	1.4829	×	
IAD なし	3 × 10 ⁻³	2.199	1.469	△	密度がIAD膜と近く、十分な屈折率低下効果が得られない
	7.8 × 10 ⁻³	2.191	1.464	○	
	1.5 × 10 ⁻²	2.174	1.4525	◎	密度が適当
	3.2 × 10 ⁻²	2.158	1.4425	◎	
	5.8 × 10 ⁻²	2.132	1.4245	○	
	8.2 × 10 ⁻²	2.098	1.4021	×	密度が小さすぎ、空孔が多くなりやすい

【0054】

一方、比較例では、SiO₂ を、イオンアシスト蒸着法にて成膜した。表 4 に示す「I

A Dあり」のデータは、比較例に適用される。

【0055】

実施例1から実施例3及び比較例を用いて、波長と反射率との関係を調べた。反射率は、オリンパス（株）製の顕微鏡型分光測定機（USPM RUIII）により測定した。実験では、入射角を0°とした入射光線の分光反射率を測定した。

【0056】

図3は、実施例1～実施例3及び比較例における波長と反射率との関係を示すグラフである。

【0057】

図3に示すように、実施例1～実施例3は、比較例に比べて、1%以下となる分光反射率Rの波長域を広げることができるとわかった。具体的には、実施例では、400nm～1000nmの波長域にて、分光反射率を1%以下にできるとわかった。また実施例では、波長480nm～600nmの分光反射率を、0.5以下にでき、更に、波長650nm～1000nmの分光反射率を、0.8以下にできるとわかった。

10

【0058】

表4の実験結果に基づいて、好ましい成膜時圧力、密度及び屈折率を求めた。すなわち、表4に示すように、SiO₂を、イオンアシスト蒸着なしで成膜したとき、成膜時圧力を 8.2×10^{-2} Paとすると、密度は、2.098とかなり小さくなり、低屈折率層に空孔が生じやすいことがわかった。このため、表4の実験結果により、成膜時圧力を、 3×10^{-3} Pa～ 8×10^{-2} Pa、好ましくは、 3×10^{-3} Pa～ 5.8×10^{-2} Pa、より好ましくは、 7.8×10^{-3} Pa～ 5.8×10^{-2} Pa、更に好ましくは、 1.5×10^{-2} Pa～ 3.2×10^{-2} Paとした。

20

【0059】

また、低屈折率層の密度は、 $2.1 \text{ g/cm}^3 \sim 2.2 \text{ g/cm}^3$ とし、好ましくは、 $2.132 \text{ g/cm}^3 \sim 2.199 \text{ g/cm}^3$ とし、より好ましくは、 $2.132 \text{ g/cm}^3 \sim 2.191 \text{ g/cm}^3$ とし、更に好ましくは、 $2.158 \text{ g/cm}^3 \sim 2.174 \text{ g/cm}^3$ とした。

【0060】

また、低屈折率層の屈折率（波長550nm）は、1.41～1.47とし、好ましくは、1.4245～1.469とし、より好ましくは、1.4245～1.4640とし、更に好ましくは、1.4425～1.4525とした。

30

【0061】

また、比較例のように、SiO₂（低屈折率層）を、イオンアシスト蒸着法により成膜する場合、イオンガンの輻射熱により、成膜中の基材は加熱されて、成膜中の温度変化が大きくなることがわかった。一方、本実施例のように、SiO₂（低屈折率層）を、イオンアシスト蒸着せずに成膜する場合、イオンガンの使用時間を減少することができ、したがって、成膜中の温度変化を小さくできるとわかった。本実施例のように、成膜中の温度変化を小さくすることで、成膜された反射防止膜の特性ばらつきを小さくすることができることがわかった。

【0062】

40

次に、実施例2を用いて、高温多湿試験を行った。実験条件は、温度60°、湿度90%、実験時間240時間とした。試験後、剥離やクラック等の外観異常は見られなかった。これにより、高信頼性の反射防止膜付き光学部材を得ることができた。

【産業上の利用可能性】

【0063】

本発明の反射防止膜付き光学部材を、車載カメラ用等のガラスレンズに好ましく適用することができる。

【符号の説明】

【0064】

1：反射防止膜付き光学部材

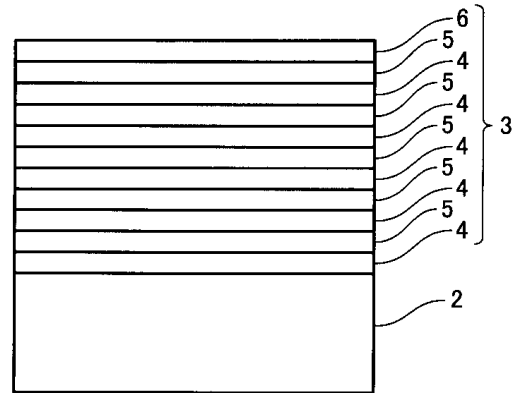
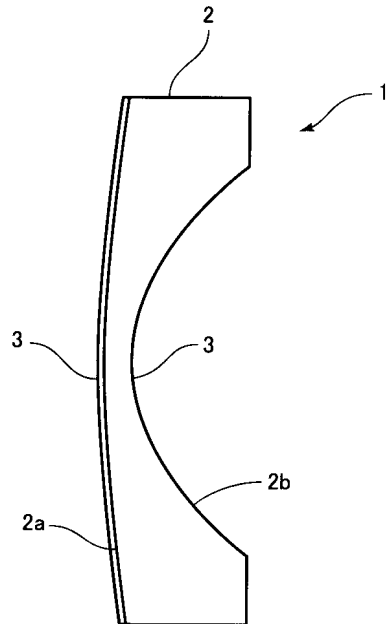
50

2 : 基材
3 : 反射防止膜
4 : 低屈折率層
5 : 高屈折率層
6 : 最表面層

【圖面】

【 図 1 】

【 図 2 】

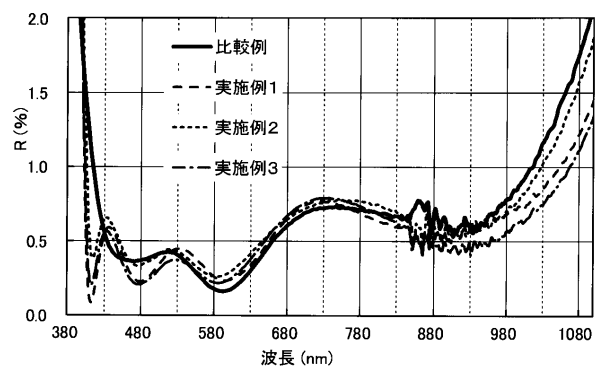


10

20

30

【 図 3 】



40

50

フロントページの続き

- 東京都新宿区西新宿六丁目 1 0 番 1 号 H O Y A 株式会社内
- (72)発明者 速水 俊治
- 東京都新宿区西新宿六丁目 1 0 番 1 号 H O Y A 株式会社内
- 合議体
- 審判長 里村 利光
- 審判官 関根 洋之
- 審判官 河原 正
- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 3 3 8 3 6 6 (J P , A)
- 特開 2 0 0 4 - 1 6 3 5 4 9 (J P , A)
- 国際公開第 2 0 1 2 / 1 6 9 3 9 3 (W O , A 1)
- 特開 2 0 1 0 - 1 4 0 0 0 8 (J P , A)
- 特開 2 0 0 4 - 6 1 8 7 9 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G02B 1/115
- G02B 3/00
- C23C 14/06