

(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2014-174207

(P2014-174207A)

(43) 公開日 平成26年9月22日(2014.9.22)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
GO2B	1/11	(2006.01)	GO2B	1/10	A	2H087
GO2B	3/00	(2006.01)	GO2B	3/00	Z	2K009
GO2B	13/04	(2006.01)	GO2B	13/04		

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-44284 (P2013-44284)
 (22) 出願日 平成25年3月6日 (2013.3.6)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 天野 佐代子
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 (72) 発明者 内田 和枝
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
 (72) 発明者 桃木 和彦
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

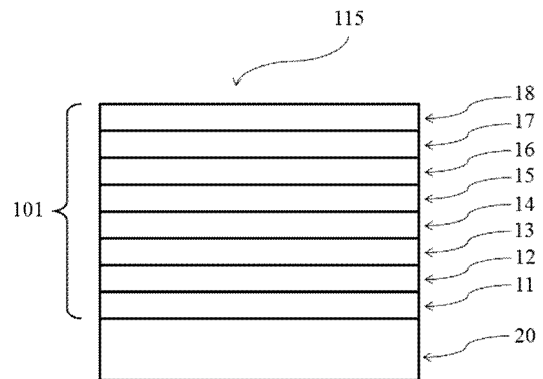
(54) 【発明の名称】 反射防止膜およびそれを有する光学素子並びに光学系

(57) 【要約】

【課題】 種々の屈折率の基板に対して、高性能な反射防止性能を有し、ゴーストやフレアの発生を低減できる反射防止膜およびそれを有する光学素子並びに光学系を提供する。

【解決手段】 屈折率が n_s の基板の上に 8 層を積層した反射防止膜であって、基準波長 λ_0 を 587.6 nm 、 $1.40 n_s \lambda_0$ とし、第 1 層の屈折率を n_1 、光学膜厚を d_1 、第 2 層の屈折率を n_2 、光学膜厚を d_2 、第 3 層の屈折率を n_3 、光学膜厚を d_3 、第 4 層の屈折率を n_4 、光学膜厚を d_4 、第 5 層の屈折率を n_5 、光学膜厚を d_5 、第 6 層の屈折率を n_6 、光学膜厚を d_6 、第 7 層の屈折率を n_7 、光学膜厚を d_7 、第 8 層の屈折率を n_8 、光学膜厚を d_8 とするとき、夫々を所定範囲内の条件を満たし、かつ、 n_1 、 n_3 、 n_5 の平均屈折率を n_M 、 n_2 、 n_4 、 n_6 の平均屈折率を n_H とするとき、 $n_H - n_M = 0.67$ とする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

屈折率が n_s の基板の上に設けられ、基板側より順に第 1 層、第 2 層、第 3 層、第 4 層、第 5 層、第 6 層、第 7 層、第 8 層を積層した反射防止膜であって、

基準波長を 587.6 nm 、 $1.40 n_s$ 2.15 とし、

前記第 1 層の屈折率を n_1 、光学膜厚を d_1 (nm)、

前記第 2 層の屈折率を n_2 、光学膜厚を d_2 (nm)、

前記第 3 層の屈折率を n_3 、光学膜厚を d_3 (nm)、

前記第 4 層の屈折率を n_4 、光学膜厚を d_4 (nm)、

前記第 5 層の屈折率を n_5 、光学膜厚を d_5 (nm)、

前記第 6 層の屈折率を n_6 、光学膜厚を d_6 (nm)、

前記第 7 層の屈折率を n_7 、光学膜厚を d_7 (nm)

前記第 8 層の屈折率を n_8 、光学膜厚を d_8 (nm) とするとき、

$1.40 n_1$ 1.85 、 5 nm d_1 150 nm 、

$1.75 n_2$ 2.35 、 20 nm d_2 100 nm 、

$1.40 n_3$ 1.85 、 10 nm d_3 90 nm 、

$1.75 n_4$ 2.35 、 100 nm d_4 300 nm 、

$1.40 n_5$ 1.85 、 10 nm d_5 90 nm 、

$1.75 n_6$ 2.35 、 20 nm d_6 100 nm 、

$1.40 n_7$ 1.70 、 5 nm d_7 50 nm 、

$1.05 n_8$ 1.32 、 90 nm d_8 160 nm

を満たし、

かつ、 n_1 、 n_3 、 n_5 の平均屈折率を n_M 、 n_2 、 n_4 、 n_6 の平均屈折率を n_H とするとき、

$n_H - n_M$ 0.67 であることを特徴とする反射防止膜。

【請求項 2】

$n_1 < n_2$ 、かつ、 $n_6 > n_7 > n_8$ であ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】

$n_8 < n_1$ であることを特徴とする請求項 2 に記載の反射防止膜。

【請求項 4】

$n_1 < n_2 > n_3 < n_4 > n_5 > n_6 > n_7 > n_8$ であることを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の反射防止膜。

【請求項 5】

$n_1 = n_3 = n_5 < n_2 = n_4 = n_6$ であることを特徴とする請求項 4 に記載の反射防止膜。

【請求項 6】

前記第 1 層、前記第 3 層、前記第 5 層は同じ材料であり、前記第 2 層、前記第 4 層、前記第 6 層は同じ材料であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 7】

前記反射防止膜は、入射角度 0 度において波長 400 nm から 700 nm の最大反射率が 0.2% 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 8】

前記反射防止膜は、入射角度 0 度において波長 400 nm から 700 nm の最大反射率が 0.15% 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 9】

前記第 8 層は、中空微粒子を含む層であることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか

10

20

30

40

50

1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 10】

前記中空微粒子が、酸化シリコンもしくはフッ化マグネシウムから成ることを特徴とする請求項 9 に記載の反射防止膜。

【請求項 11】

前記第 7 層は、 SiO_2 を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 12】

前記第 2 層は、チタン、タンタル、ジルコニア、クロム、ニオブ、セリウム、ハフニウム、イットリウムの内のいずれかの酸化物の単体もしくは前記酸化物の混合物から成ることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

10

【請求項 13】

前記第 1 層、前記第 2 層、前記第 3 層、前記第 4 層、前記第 5 層、前記第 6 層、前記第 7 層は、無機系膜であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 14】

前記第 1 層、前記第 2 層、前記第 3 層、前記第 4 層、前記第 5 層、前記第 6 層、前記第 7 層は、真空蒸着法もしくはスパッタ法により成膜され、前記第 8 層は、ゾルゲル法で作製されることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の反射防止膜。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 項に記載の前記反射防止膜を基板面としての光学面上に付与した光学素子。

20

【請求項 16】

請求項 15 に記載の前記光学素子を有する光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射防止膜、およびそれを有する光学素子並びに光学系に関するものである。

【背景技術】

30

【0002】

従来、ビデオカメラ、写真カメラ、テレビカメラ等の撮影レンズに代表される結像光学系に用いられる光学部材には、両面或いは片面に透過光量を上げると共に、不要光によるゴースト、フレアを回避するための反射防止膜が施されている。これらの反射防止膜の製法には、蒸着法やスパッタ法の真空成膜法や、ディップコート、スピンコート等の湿式成膜法が用いられている。近年、ビデオカメラやテレビカメラは HD などの高精細化に伴い、また写真カメラは高画質化に伴い、高性能な反射防止膜が必要とされている。

【0003】

一般的に、反射防止膜は、より多くの層を重ねる程、反射防止効果が高い膜を作ることが可能となる。そして、高性能な反射防止機能を得るためには、反射防止膜の最表層（空気と接する最上層）として、屈折率の低いことが必要である。この屈折率の低い層を形成するための材料として、 SiO_2 （シリカ）や MgF_2 （フッ化マグネシウム）等の無機系材料、シリコン樹脂や非晶質のフッ素樹脂などの有機材料を用いることが知られている。

40

【0004】

特許文献 1 には、8 層構造による最表層（最上層）にフッ化マグネシウムを形成した反射防止膜が提案されている。そして、反射率を低く抑えるために、シリカやフッ化マグネシウムの層内に空隙を形成することが知られる。

【0005】

また、特許文献 2 には、基板側より第 1 層乃至第 7 層（真空蒸着法による物理成膜）を

50

形成し、その上層に最上層（湿式法により形成され、屈折率を1.23程度まで下げたナノ多孔質膜）を形成した8層構造の反射防止膜が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-221465号公報

【特許文献2】特開2010-250069号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、上述の特許文献1に開示された従来技術では、屈折率が異なるすべての層で光学膜厚がすべて125nmとされるが、屈折率を安定して制御することが困難であることから、光学膜厚のバラツキが出易く、反射防止性能の劣化につながり易い。

【0008】

また、上述の特許文献2に開示された従来技術では、反射防止膜が基板側から Ta_2O_5 、 MgF_2 の交互層で構成され、最表層（最上層）が MgF_2 、その下層が Ta_2O_5 となる。しかしながら、 MgF_2 から成る最表層（最上層）を膜厚ムラ制御のし易いスパッタ法で成膜することは困難なことから、材料構成として好ましくないものとなる。また、 MgF_2 から成る最表層（最上層）を湿式法で形成する場合には、 MgF_2 の最表層（最上層）と Ta_2O_5 の下層との濡れ性が良くなく、膜の外観に支障が生じてしまう。

【0009】

本発明の目的は、種々の屈折率の基板に対して、高性能な反射防止性能を有し、ゴーストやフレアの発生を低減できる反射防止膜およびそれを有する光学素子並びに光学系を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するために、本発明に係る反射防止膜は、屈折率が n_s の基板の上に設けられ、基板側より順に第1層、第2層、第3層、第4層、第5層、第6層、第7層、第8層を積層した反射防止膜であって、

基準波長を587.6nm、 $1.40 < n_s < 2.15$ とし、

前記第1層の屈折率を n_1 、光学膜厚を d_1 (nm)、

前記第2層の屈折率を n_2 、光学膜厚を d_2 (nm)、

前記第3層の屈折率を n_3 、光学膜厚を d_3 (nm)、

前記第4層の屈折率を n_4 、光学膜厚を d_4 (nm)、

前記第5層の屈折率を n_5 、光学膜厚を d_5 (nm)、

前記第6層の屈折率を n_6 、光学膜厚を d_6 (nm)、

前記第7層の屈折率を n_7 、光学膜厚を d_7 (nm)

前記第8層の屈折率を n_8 、光学膜厚を d_8 (nm)とするとき、

$1.40 < n_1 < 1.85$ 、 $5 < d_1 < 150$ nm、

$1.75 < n_2 < 2.35$ 、 $20 < d_2 < 100$ nm、

$1.40 < n_3 < 1.85$ 、 $10 < d_3 < 90$ nm、

$1.75 < n_4 < 2.35$ 、 $100 < d_4 < 300$ nm、

$1.40 < n_5 < 1.85$ 、 $10 < d_5 < 90$ nm、

$1.75 < n_6 < 2.35$ 、 $20 < d_6 < 100$ nm、

$1.40 < n_7 < 1.70$ 、 $5 < d_7 < 50$ nm、

$1.05 < n_8 < 1.32$ 、 $90 < d_8 < 160$ nm

を満たし、かつ、 n_1 、 n_3 、 n_5 の平均屈折率を n_M 、 n_2 、 n_4 、 n_6 の平均屈折率を n_H とするとき、 $n_H - n_M > 0.67$ であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

10

20

30

40

50

本発明によれば、種々の屈折率を持つ基板に対して、高性能な反射防止性能を有し、ゴーストやフレアの発生を低減できる反射防止膜およびそれを有する光学素子並びに光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の実施形態に係る反射防止膜の略図である。

【図 2】実施例 1 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 3】実施例 2 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 4】実施例 3 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 5】実施例 4 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 6】実施例 5 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 7】実施例 6 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 8】実施例 7 の反射防止膜を用いた光学素子の反射率特性を示す図である。

【図 9】本発明の実施形態に係る反射防止膜を付与した光学素子としてのレンズ、およびそれを有する光学系を示す概略図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

以下に、本発明の好ましい実施の形態を、添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【 0 0 1 4 】

(光学素子および光学系)

図 9 に、本発明の実施形態に係る反射防止膜を付与した光学素子としてのレンズ、およびそれを有する光学系としての撮像光学系（結像光学系）を示す。この撮像光学系は、デジタルカメラ、ビデオカメラおよび交換レンズなどの光学機器に用いられる。図 9 において、103 は撮像面であり、CCD センサ又は CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）が配置される。102 は絞り、G101 から G111 は光学素子としてのレンズである。これらのレンズのうち、入射面及び射出面の少なくとも一方に、後述する反射防止膜が付与されている。図 9 に示す撮像光学系の数値実施例を表 1 に示す。

【 0 0 1 5 】

【表 1】

f=	24.4	FNo=	1.45	$\omega=$	41.4°
r01=	60.187	d01=	2.80	n1=	1.69680
r02=	30.193	d02=	6.19	v1=	55.5
r03=	59.602	d03=	2.30	n2=	1.69680
r04=	91.983	d04=	6.55	v2=	55.5
r05=	194.761	d05=	4.53	n3=	1.67790
r06=	-97.779	d06=	3.68	v3=	55.3
r07=	80.907	d07=	2.80	n4=	1.84666
r08=	666.220	d08=	1.70	v4=	23.9
r09=	23.755	d09=	11.64	n5=	1.49700
r10=	31.225	d10=	7.37	v5=	81.6
r11=	-57.233	d11=	0.15	n6=	1.80400
r12=	-409.276	d12=	1.89	v6=	46.6
r13=	39.492	d13=	5.04	n7=	1.71736
r14=	∞	d14=	8.18	v7=	29.5
r15=	-16.104	d15=	1.50	n8=	1.80518
r16=	2532.956	d09=	3.47	v8=	25.4
r17=	-34.039	d10=	0.15	n9=	1.83481
r18=	-190.746	d11=	7.01	v9=	42.7
r19=	-23.481	d12=	0.15	n10=	1.61800
r20=	-74.015	d13=	5.10	v10=	63.4
r21=	-29.342			n11=	1.77250
				v11=	49.6

【 0 0 1 6 】

ここで、r は面の曲率半径、d は面間隔、n は屈折率、v はアッペ数を示す。

【0017】

(反射防止膜)

図1は、本発明の実施形態に係る反射防止膜の略図を示す。反射防止101は8層膜からなり、基板20に対して、基板側より順に第1層(層11)、第2層(層12)、第3層(層13)、第4層(層14)、第5層(層15)、第6層(層16)、第7層(層17)、第8層(層18)の薄膜を積層したものである。

【0018】

本実施形態に係る反射防止膜は、基準波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ (d線)で、広範囲な基板(屈折率が1.40乃至2.15)に対し、0度入射(垂直入射)で400nmから700nmの可視波長域で最大反射率が0.2%以下の高性能な反射防止性能を有する。より好ましくは0.15%以下の高性能な反射防止性能を有する。そして、本実施形態に係る反射防止膜により、ゴーストやフレアの発生を低減できる。

10

【0019】

1) 屈折率

基準波長 λ を 587.6 nm 、基板20の屈折率を n_s ($1.40 < n_s < 2.15$) として、鋭意検討した結果、本実施形態に係る反射防止膜では、各層が以下の屈折率を備える。即ち、第1層の屈折率 n_1 は $1.40 < n_1 < 1.85$ 、第2層の屈折率 n_2 は $1.75 < n_2 < 2.35$ 、第3層の屈折率 n_3 は $1.40 < n_3 < 1.85$ である。また、第4層の屈折率 n_4 は $1.75 < n_4 < 2.35$ 、第5層の屈折率 n_5 は $1.40 < n_5 < 1.85$ 、第6層の屈折率 n_6 は $1.75 < n_6 < 2.35$ 、第7層の屈折率 n_7 は $1.40 < n_7 < 1.70$ である。また、第8層の屈折率 n_8 は $1.05 < n_8 < 1.32$ である。

20

【0020】

第1層(層11)は基板20と接しており、基板20の屈折率の影響を受け易く、層11の屈折率 n_1 と、層12の屈折率 n_2 を、 $n_1 < n_2$ となる様に設定することが好ましい。また、 n_1 、 n_3 、 n_5 の平均屈折率を n_M とし、 n_2 、 n_4 、 n_6 の平均屈折率を n_H としたとき、 $n_H - n_M = 0.67$ になることが好ましい。これにより、特性の感度を低く抑えることができる。

【0021】

さらに、各層の屈折率は、以下の条件式(1)を満たすことが好ましい。

30

【0022】

$$n_2 > n_3 < n_4 > n_5 < n_6 > n_7 > n_8 \cdots (1)$$

これは、結果的に以下の条件式(1')として表される。

【0023】

$$n_1 < n_2 > n_3 < n_4 > n_5 < n_6 > n_7 > n_8 \cdots (1')$$

即ち、第2層の屈折率は、第1層の屈折率と第3層の屈折率よりも高く、第3層の屈折率は、第2層の屈折率と第4層の屈折率よりも低く、また、第5層の屈折率は、第4層の屈折率と第6層の屈折率よりも低い。また、第7層の屈折率は、第6層の屈折率より低い一方、第8層の屈折率より高い関係で設定することが好ましい。また、最も空気115側の最上層である第8層18は、空気の屈折率との差を小さくして反射率を低くするため、屈折率を小さく設定することが好ましい($n_8 < n_1$)。

40

【0024】

2) 光学膜厚

鋭意検討した結果、本実施形態に係る反射防止膜では、各層が以下の光学膜厚を備える。即ち、第1層の光学膜厚 d_1 は $5 \text{ nm} < d_1 < 150 \text{ nm}$ 、第2層の光学膜厚 d_2 は $20 \text{ nm} < d_2 < 100 \text{ nm}$ 、第3層の光学膜厚 d_3 は $10 \text{ nm} < d_3 < 90 \text{ nm}$ である。また、第4層の光学膜厚 d_4 は $100 \text{ nm} < d_4 < 300 \text{ nm}$ 、第5層の光学膜厚 d_5 は $10 \text{ nm} < d_5 < 90 \text{ nm}$ 、第6層の光学膜厚 d_6 は $20 \text{ nm} < d_6 < 100 \text{ nm}$ 、第7層の光学膜厚 d_7 は $5 \text{ nm} < d_7 < 50 \text{ nm}$ である。また、第8層の光学膜厚 d_8 は $90 \text{ nm} < d_8 < 160 \text{ nm}$ である。

50

【0025】

第1層から第8層までの光学膜厚は、上記設定した範囲を外れると、波長帯域が狭くなる、リップルの高さが大きくなる等、反射防止性能の劣化や角度特性の劣化につながるため、上記設定した範囲であることが望ましい。

【0026】

3) 材料および製法

第8層以外の7層である層11乃至層17は、無機系膜(シリカ(SiO_2))、五酸化タantal(Ta_2O_5)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、フッ化マグネシウム(MgF_2)等)から成る。製法としては、成膜の簡便さから真空蒸着法もしくはスパッタ法により成膜されることが望ましい。

10

【0027】

また、層17は、 SiO_2 (シリカ)を主成分とする膜であることが望ましい。これは、後述の最上層である層18がゾルゲル法により作製されるため、その下層(層17)に濡れ性の高いシリカを用いることで、密着性を高めることができるからである。

【0028】

また、層12は、チタン、タantal、ジルコニア、クロム、ニオブ、セリウム、ハフニウム、イットリウムの酸化物の単体乃至は混合物の層からなることが望ましい。

【0029】

最も空気115側の最上層である第8層(層18)は、屈折率を下げる必要があるため、 SiO_2 、 MgF_2 のような屈折率の低いものが好ましい。さらに屈折率を低いものにするため、第8層18の主成分は中空微粒子であることが好ましい。主成分とは、少なくとも光学特性が主成分とみなされた材質の純粋物質と同一とみなせる程度まで該物質が主体となって構成されていることを意味している。

20

【0030】

ここで、酸化シリコンもしくはフッ化マグネシウムからなる中空微粒子は、バインダーにより結合する。内部に空隙を有するため、空隙に含まれる空気(屈折率1.0)によって屈折率を1.2~1.3に下げることができる。空孔は単孔、多孔どちらでも良く適宜選択することができる。さらに、中空微粒子の内部に空隙があることで、空隙に水分や不純物の吸着を防ぐことができる。このため、耐環境性が良くなり、屈折率変化のない安定した特性を得ることができる。

30

【0031】

中空微粒子はバインダーにより結合する必要があるため、ゾルゲル法で作製することが好ましい。塗工方法としては特に限定されることはなく、ディップコート法、スピコート法、スプレーコート法、ロールコート法など液状塗工液の一般的な塗工方法を用いることができる。レンズのような曲面を有する基材(基板)へ膜厚を均一に成膜できる観点から、塗料をスピコートで成膜することが好ましい。塗工後は乾燥を行う。

【0032】

乾燥は乾燥機、ホットプレート、電気炉などを用いることができる。乾燥条件は、基材に影響を与えず且つ中空粒子内の有機溶媒を蒸発できる程度の温度と時間とする。一般的には300以下の温度を用いることが好ましい。塗工回数は通常1回が好ましいが、乾燥と塗工を複数回繰り返しても良い。

40

【0033】

以下に、具体的な実施例を示す。ただし、これらは例に過ぎず、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0034】

(実施例1)

本実施例では、屈折率1.40($n = 587.6 \text{ nm}$)のガラス基板の上に、反射防止膜を表2に示した膜構成(基準波長: 587.6 nm)で作製した。このとき、第1層から第7層までは真空蒸着法により成膜した。また、第8層は、 $n = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が1.25になるように、中空 SiO_2 含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整

50

した液をスピコーターで塗工し、100～250のクリーンオープンで1時間焼成した。

【0035】

図2に、波長400nmから700nm範囲での、入射角度が0度、45度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長400nmから700nmの範囲で、入射角度0度の場合における反射率は0.1%以下である。また、入射角度45度の場合であっても波長400nmから670nmの範囲で0.7%以下、波長700nmにおいても1.0%以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

【0036】

【表2】

	屈折率 ($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第8層	1.25	123.8
第7層	1.46	9.6
第6層	2.11	30.6
第5層	1.63	54.1
第4層	2.11	132.3
第3層	1.63	18.4
第2層	2.11	54.1
第1層	1.63	122.1
基板	1.42	

(実施例2)

本実施例では、屈折率1.52 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)のガラス基板の上に、表3に示した膜構成(基準波長: 587.6nm)で作製した。このとき、第1層から第7層までは真空蒸着法により成膜した。また、第8層は、 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が1.25になるように、中空SiO₂含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整した液をスピコーターで塗工し、100～250のクリーンオープンで1時間焼成した。

【0037】

図3に、波長400nmから700nm範囲での、入射角度が0度、45度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長400nmから700nmの範囲で、入射角度が0度の場合における反射率は0.1%以下である。また、入射角度が45度の場合であっても波長400nmから650nmの範囲で0.6%以下、波長700nmにおいても0.8%以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

【0038】

【表3】

	屈折率 ($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第8層	1.25	119.9
第7層	1.46	19.4
第6層	2.11	30.5
第5層	1.63	56.1
第4層	2.11	164.5
第3層	1.63	28.6
第2層	2.11	49.0
第1層	1.63	133.9
基板	1.52	

(実施例3)

本実施例では、屈折率 2.10 ($n = 587.6 \text{ nm}$) のガラス基板の上に、反射防止膜を表 4 に示した膜構成 (基準波長: 587.6 nm) で作製した。このとき、第 1 層から第 7 層までは真空蒸着法により成膜した。また、第 8 層は、 $n = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が 1.25 になるように、中空 SiO_2 含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整した液をスピコーターで塗工し、 $100 \sim 250$ のクリーンオープンで 1 時間焼成した。

【0039】

図 4 に、波長 400 nm から 700 nm 範囲での、入射角度が 0 度、45 度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長 400 nm から 700 nm の範囲で、入射角度が 0 度の場合における反射率は 0.1% 以下である。また、入射角度が 45 度の場合であっても波長 400 nm から 650 nm の範囲で 0.7% 以下、波長 700 nm においても 1.1% 以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

10

【0040】

【表 4】

	屈折率 ($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第 8 層	1.25	129.4
第 7 層	1.46	5.6
第 6 層	2.11	28.9
第 5 層	1.63	61.9
第 4 層	2.11	285.4
第 3 層	1.63	13.6
第 2 層	2.11	87.5
第 1 層	1.63	10.0
基板	2.10	

20

(実施例 4)

本実施例では、屈折率 1.61 ($n = 587.6 \text{ nm}$) のガラス基板の上に、反射防止膜を表 5 に示した膜構成 (基準波長: 587.6 nm) で作製した。このとき、第 1 層から第 7 層までは真空蒸着法により成膜した。また、第 8 層は、 $n = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が 1.18 になるように、中空 SiO_2 含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整した液をスピコーターで塗工し、 $100 \sim 250$ のクリーンオープンで 1 時間焼成した。

30

【0041】

図 5 に、波長 400 nm から 700 nm 範囲での、入射角度が 0 度、45 度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長 400 nm から 700 nm の範囲で、入射角度が 0 度の場合における反射率は 0.1% 以下である。また、入射角度が 45 度の場合であっても波長 400 nm から 700 nm の範囲で 0.9% 以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

40

【0042】

【表 5】

	屈折率 ($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第 8 層	1.18	126.8
第 7 層	1.46	7.2
第 6 層	1.80	24.4
第 5 層	1.46	55.5
第 4 層	1.80	242.7
第 3 層	1.46	46.4
第 2 層	1.80	48.7
第 1 層	1.46	55.6
基板	1.61	

(実施例 5)

本実施例では、屈折率 1.52 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) のガラス基板の上に、反射防止膜を表 6 に示した膜構成 (基準波長: 587.6 nm) で作製した。このとき、第 1 層から第 7 層までは真空蒸着法により成膜した。また、第 8 層は、 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が 1.28 になるように、中空 SiO_2 含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整した液をスピコーターで塗工し、 $100 \sim 250$ のクリーンオープンで 1 時間焼成した。

【0043】

図 6 に、波長 400 nm から 700 nm 範囲での、入射角度が 0 度、45 度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長 400 nm から 700 nm の範囲で、入射角度が 0 度の場合における反射率は 0.15% 以下である。また、入射角度が 45 度の場合であっても波長 400 nm から 650 nm の範囲で 0.8% 以下、波長 700 nm においても 1.5% 以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

【0044】

【表 6】

	屈折率 ($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第 8 層	1.28	128.9
第 7 層	1.46	9.6
第 6 層	1.80	73.8
第 5 層	1.46	16.5
第 4 層	1.80	171.1
第 3 層	1.46	66.0
第 2 層	1.80	31.4
第 1 層	1.46	97.5
基板	1.52	

(実施例 6)

本実施例では、屈折率 1.81 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) のガラス基板の上に、反射防止膜を表 7 に示した膜構成 (基準波長: 587.6 nm) で作製した。このとき、第 1 層から第 7 層までは真空蒸着法により成膜した。また、第 8 層は、 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が 1.28 になるように、中空 SiO_2 含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整した液をスピコーターで塗工し、 $100 \sim 250$ のクリーンオープンで 1 時間焼成した。

【0045】

図 7 に、波長 400 nm から 700 nm 範囲での、入射角度が 0 度、45 度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長 400 nm から 700 nm の範囲

で、入射角度が0度の場合における反射率は0.1%以下である。また、入射角度が45度の場合であっても波長400nmから650nmの範囲で0.7%以下、波長700nmにおいても1.1%以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

【0046】

【表7】

	屈折率($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第8層	1.28	131.3
第7層	1.63	5.6
第6層	2.30	36.4
第5層	1.63	43.8
第4層	2.30	215.2
第3層	1.63	28.8
第2層	2.30	46.6
第1層	1.63	14.3
基板	1.81	

10

(実施例7)

本実施例では、屈折率1.81($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)のガラス基板の上に、反射防止膜を表8に示した膜構成(基準波長:587.6nm)で作製した。本実施例では、第1層、第2層、第3層、第4層、第6層、更には第5層に同じ材料を用いた。このとき、第1層から第7層までは真空蒸着法により成膜した。また、第8層は、 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ での屈折率が1.30になるように、中空 SiO_2 含有の溶液にバインダー溶液を加え、混合調整した液をスピコーターで塗工し、100~250のクリーンオープンで1時間焼成した。

20

【0047】

図8に、波長400nmから700nm範囲での、入射角度が0度、45度の場合における反射率特性を示す。本実施例の反射防止膜は、波長400nmから700nmの範囲で、入射角度が0度の場合における反射率は0.1%以下である。また、入射角度が45度の場合であっても波長400nmから650nmの範囲で0.7%以下、波長700nmにおいても1.2%以下である。よって、本実施例の反射防止膜は、広帯域で反射防止効果が高い、高性能な反射防止膜であることが分かる。

30

【0048】

【表8】

	屈折率($\lambda = 587.5 \text{ nm}$)	光学膜厚 (nm)
第8層	1.30	127.5
第7層	1.46	11.8
第6層	2.30	34.2
第5層	1.80	58.7
第4層	2.30	182.0
第3層	1.80	43.7
第2層	2.30	38.2
第1層	1.80	71.5
基板	1.81	

40

(変形例)

本発明は上述した具体的実施例に限定されるものでなく、種々の変形や変更が可能である。例えば、反射防止膜を基板面としての光学面の上に付与した光学素子としてレンズを

50

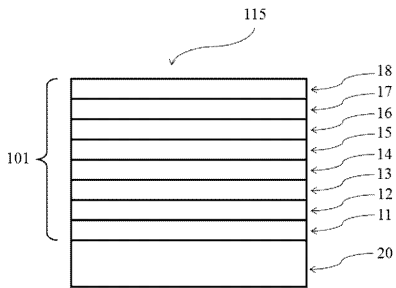
示したが、プリズムや透光フィルタなどであっても良い。

【符号の説明】

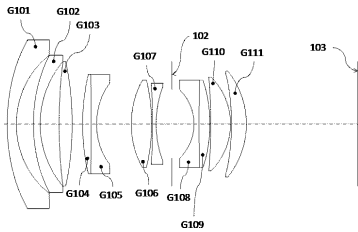
【 0 0 4 9 】

1 1・・・第1層(層1)、1 2・・・第2層(層2)、1 3・・・第3層(層3)、1 4・・・第4層(層4)、1 5・・・第5層(層5)、1 6・・・第6層(層6)、1 7・・・第7層(層7)、1 8・・・第8層(層8)、2 0・・・基板、1 0 1・・・反射防止膜

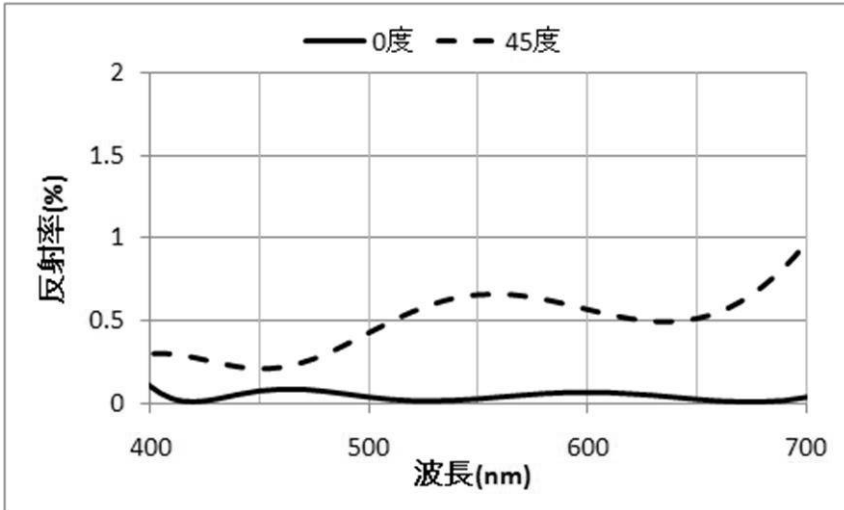
【 図 1 】



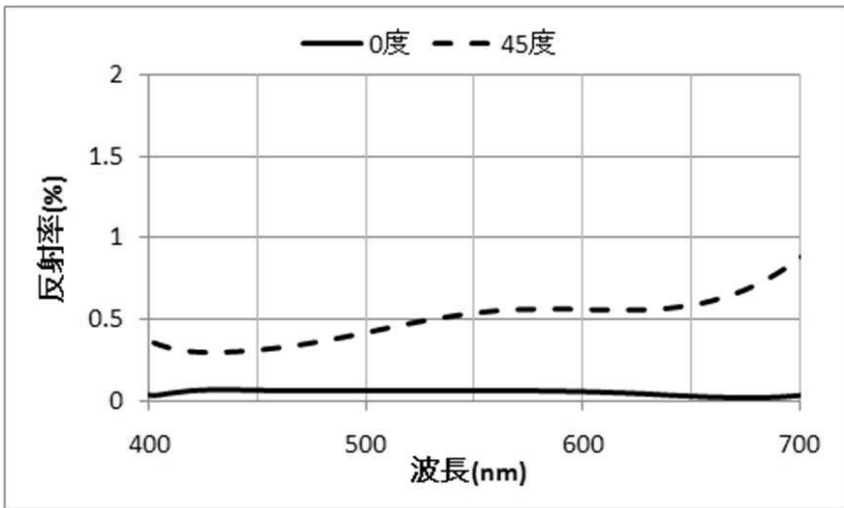
【 図 9 】



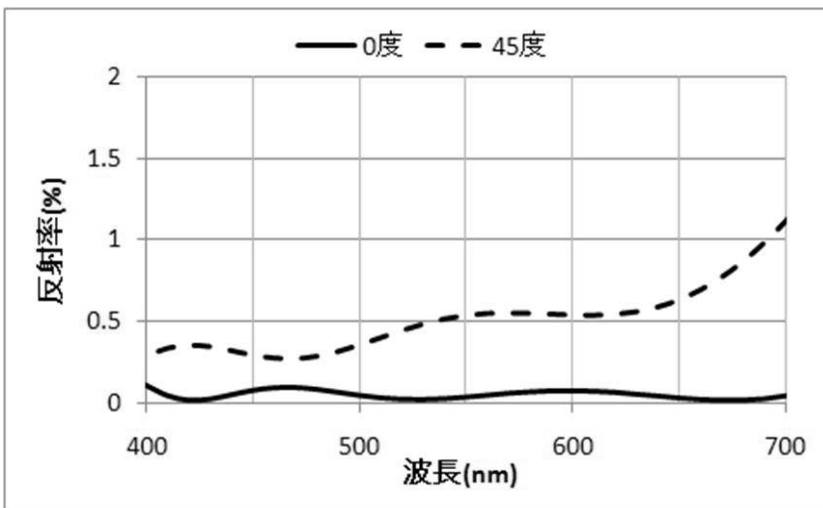
【 図 2 】



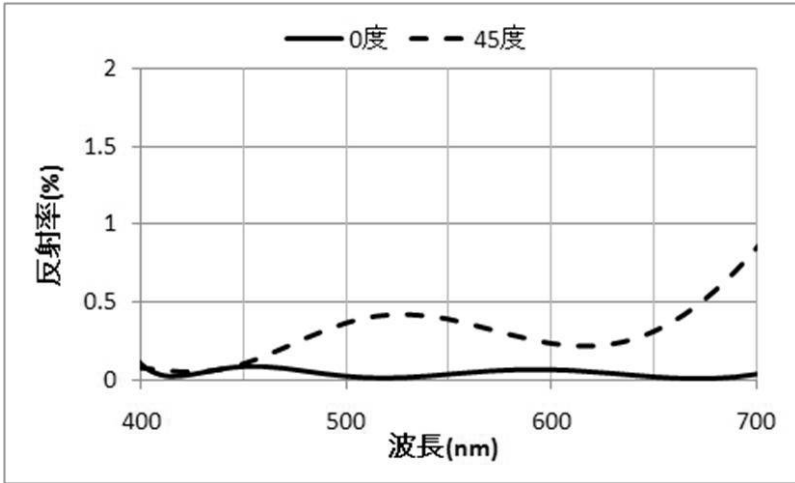
【 図 3 】



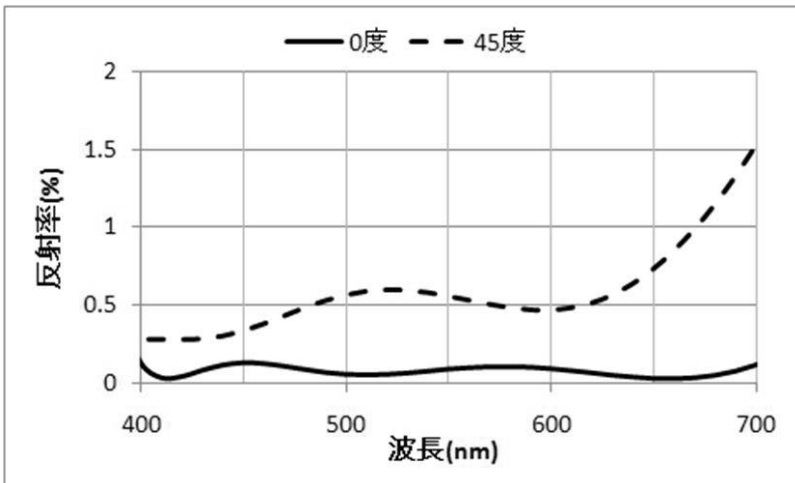
【 図 4 】



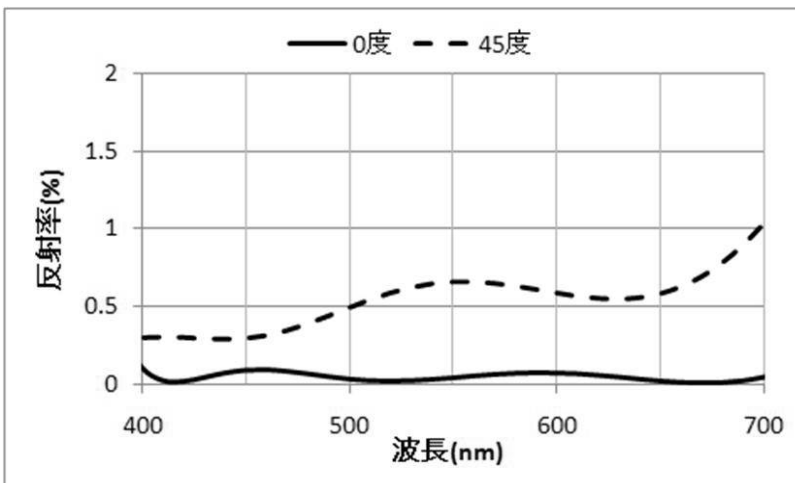
【 図 5 】



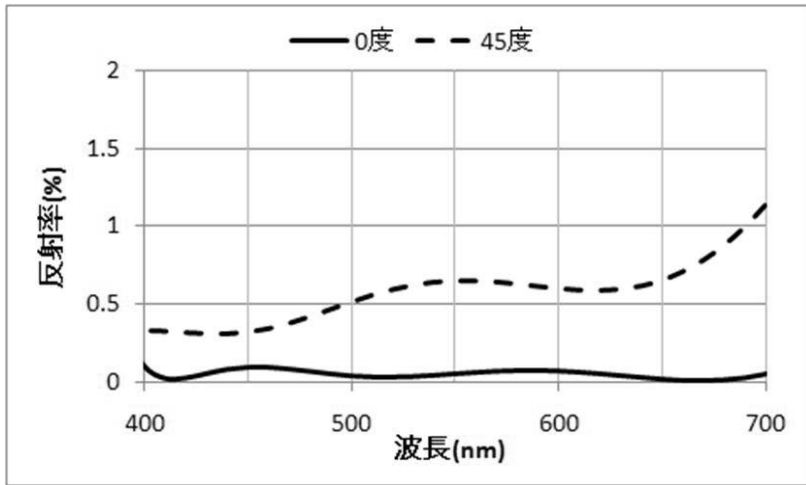
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 NA18 PA09 PA19 QA02 QA07 QA17 QA22 QA25 QA32
QA41 QA45 RA32
2K009 AA09 BB02 BB11 CC03 CC06 CC09 DD03 DD04