

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7118615号

(P7118615)

(45)発行日 令和4年8月16日(2022.8.16)

(24)登録日 令和4年8月5日(2022.8.5)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B 1/111(2015.01)

G 0 2 B 1/111

B 3 2 B 7/023(2019.01)

B 3 2 B 7/023

B 3 2 B 9/00 (2006.01)

B 3 2 B 9/00

A

G 0 2 B 3/00 (2006.01)

G 0 2 B 3/00

Z

G 0 2 B 15/167(2006.01)

G 0 2 B 15/167

請求項の数 16 (全21頁)

(21)出願番号 特願2017-198157(P2017-198157)

(22)出願日 平成29年10月12日(2017.10.12)

(65)公開番号 特開2019-74547(P2019-74547A)

(43)公開日 令和1年5月16日(2019.5.16)

審査請求日 令和2年10月6日(2020.10.6)

(73)特許権者 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 100110412

弁理士 藤元 亮輔

(74)代理人 100104628

弁理士 水本 敦也

(74)代理人 100121614

弁理士 平山 倫也

(72)発明者 奥野 丈晴

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

審査官 横川 美穂

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学素子、光学系および撮像装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の基材と、

該複数の基材を互いに接合する接着剤とを有する光学素子であって、
 該光学素子の入射面と出射面の少なくとも一方には、第1層を含む反射防止膜が設けられており、

前記第1層は、 0.5 mg/cm^3 以上 5.0 mg/cm^3 以下のアルコールを含み、
 該アルコールは、エーテル結合とエステル結合の少なくとも一方を有し、炭素数が4から7であって、かつ分岐構造を持つアルコールであり、

波長 550 nm の光に対する前記第1層の屈折率は、 1.1 以上 1.3 以下であることを特徴とする光学素子。

【請求項2】

前記反射防止膜は下地層を含み、前記第1層は該下地層の上に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】

前記下地層は、誘電体薄膜層を含んでいることを特徴とする請求項2に記載の光学素子。

【請求項4】

前記下地層の表面は、JIS K 5600に規定される鉛筆硬度試験において、B以上の硬度を有することを特徴とする請求項2又は3に記載の光学素子。

【請求項5】

10

20

前記下地層は、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、酸化ニオブ、窒化珪素、酸窒化珪素、酸化チタン、酸化セリウム、酸化ハフニウム、酸化アルミニウム、酸化珪素、および弗化マグネシウムのうち2つ以上を含むことを特徴とする請求項2から4の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項6】

前記第1層は、空間充填率が25%以上85%以下の多孔質材料を含むことを特徴とする請求項1から5の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項7】

前記多孔質材料は、酸化珪素または弗化マグネシウムの何れかを含むことを特徴とする請求項6に記載の光学素子。

10

【請求項8】

前記多孔質材料は、平均粒径が5nm以上40nm以下の酸化珪素を主成分とする粒子が複数個連結した二次粒子とシロキサン結合を含むバインダーを含有することを特徴とする請求項6または7に記載の光学素子。

【請求項9】

前記アルコールは、1-プロポキシ-2-プロパノール、1-エトキシ-2-プロパノール、2-イソプロポキシエタノール、3-メトキシ-1-ブタノール、1-メトキシ-2-プロパノール、1-ブトキシ-2-プロパノール、乳酸メチル、および乳酸エチルの少なくとも何れかを含むことを特徴とする請求項1から8の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項10】

前記アルコールは、1-プロポキシ-2-プロパノールおよび乳酸エチルを含むことを特徴とする請求項1から9の何れか一項に記載の光学素子。

20

【請求項11】

前記第1層中の前記アルコールの含有量は、 1.0 mg/cm^3 以上 2.8 mg/cm^3 であることを特徴とする請求項1から10の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項12】

前記接着剤は、アクリル系、エポキシ系、またはポリエンポリチオール系の何れかであることを特徴とする請求項1から11の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項13】

前記複数の基材は、第1の基材と第2の基材とを含み、
前記第1の基材の材料の線膨張係数を $1(\times 10^{-7}\text{ K}^{-1})$ 、前記第2の基材の材料の線膨張係数を $2(\times 10^{-7}\text{ K}^{-1})$ 、前記第1及び第2の基材の接合面の外径を $c(\text{mm})$ としたとき、

30

$2.0 \times 10^2 \leq c \times |1 - 2| \leq 2.0 \times 10^4$
なる条件式を満足することを特徴とする請求項1から12の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項14】

$5.0 \times 10^2 \leq c \times |1 - 2| \leq 1.0 \times 10^4$
なる条件式を満足することを特徴とする請求項13に記載の光学素子。

【請求項15】

請求項1から14の何れか一項に記載の光学素子と、
該光学素子を保持する保持部材とを有することを特徴とする光学系。

40

【請求項16】

請求項1から14の何れか一項に記載の光学素子を有する光学系と、
該光学系によって形成された像を受光する撮像素子とを有することを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射防止膜を有する光学素子、光学系および撮像装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

従来、カメラ用レンズなどの光学系に使用される光学素子の表面には、入射光の光量損失低減や反射に起因するフレアやゴーストなどの不要光抑制のために、反射防止膜が設けられている。特許文献 1 には、ナノポーラスシリカ膜による低屈折率層を有する反射防止膜が開示されている。

【 0 0 0 3 】

カメラ用レンズなどの光学系には、複数のレンズが接着剤によって貼り合わされた接合レンズが用いられることがある。特許文献 2 には、接合レンズに湿式法を用いた反射防止膜を形成する方法が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 1 2 - 0 7 8 5 9 7 号公報

特開 2 0 1 2 - 0 0 2 8 8 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 で開示された方法を用いて接合レンズに湿式膜を形成する場合、湿式膜コート後の高温での乾燥および熱処理により、接合に使用した接着剤に黄変などの透過率変化などの変質が発生してしまう。また、2つのレンズを形成する各硝材に線膨張係数の差がある場合、接着剤の剥離、レンズの変形（歪み）、またはレンズ割れなどが発生してしまう。

20

【 0 0 0 6 】

また、特許文献 2 には、湿式法によって膜を形成する際、塗工液によってレンズ接合面の接着剤が溶解することを防止するためのレンズや治工具の形状が開示されているが、塗工液の成分や塗工後の熱処理などについては記載されていない。

【 0 0 0 7 】

本発明は、接着剤の変質や剥離を防止するとともに、光学性能の劣化を抑制可能な、反射防止膜を有する光学素子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】

【 0 0 0 8 】

30

本発明の一側面としての光学素子は、複数の基材と、該複数の基材を互いに接合する接着剤とを有する光学素子であって、該光学素子の入射面と出射面の少なくとも一方には、第 1 層を含む反射防止膜が設けられており、前記第 1 層は、 0.5 mg/cm^3 以上 5.0 mg/cm^3 以下のアルコールを含み、該アルコールは、エーテル結合とエステル結合の少なくとも一方を有し、炭素数が 4 から 7 であって、かつ分岐構造を持つアルコールであり、波長 550 nm の光に対する前記第 1 層の屈折率は、 1.1 以上 1.3 以下であることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、接着剤の変質や剥離を防止するとともに、光学性能の劣化を抑制可能な、反射防止膜を有する光学素子を提供することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の実施形態に係る光学素子の一例である接合レンズの断面図である。

【図 2】反射防止膜の模式断面図である。

【図 3】低屈折率層の模式図である。

【図 4】鎖状粒子の模式図である。

【図 5】実施例 1 の接合レンズの断面図である。

【図 6】実施例 1 の低屈折率層の電子顕微鏡写真である。

【図 7】実施例 1 の反射防止膜の反射率特性を示すグラフである。

50

【図 8】実施例 2 の接合レンズの断面図である。

【図 9】実施例 2 の反射防止膜の反射率特性を示すグラフである。

【図 10】実施例 3 の接合レンズの断面図である。

【図 11】実施例 3 の反射防止膜の反射率特性を示すグラフである。

【図 12】実施例 4 の光学系の断面図である。

【図 13】実施例 4 の反射防止膜の反射率特性を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。各図において、同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。

10

【0012】

図 1 は、本発明の実施形態に係る光学素子の一例である接合レンズ 10 の断面図である。接合レンズ 10 は、凹メニスカスレンズ（基材）11 と凸メニスカスレンズ（基材）21 とが接合面 31 で接着剤により貼り合わされた光学素子である。接着剤は、アクリル系、エポキシ系、またはポリエンポリチオール系のいずれかであればよい。本実施形態では、光入射面 11a に誘電体薄膜層から構成される通常の反射防止膜 12 が形成されており、光出射面 21b に本発明の反射防止膜 22 が形成されている。

【0013】

図 2 は、反射防止膜 22 の模式断面図である。図 2 では、簡単のため、光出射面 21b を平面で示している。反射防止膜 22 は、単層または多層の誘電体薄膜層を含む下地層 23 と、下地層 23 の上に形成されている低屈折率層（第 1 層）24 と、を有する。本実施形態では、低屈折率層 24 は、反射防止膜 22 の最表面に形成されている。

20

【0014】

下地層 23 は、凸メニスカスレンズ 21 の屈折率に応じて、単層または多層の誘電体薄膜層を含む。単層の場合、低屈折率層 24 の屈折率に凸メニスカスレンズ 21 の屈折率を乗じた値の平方根に近い値の屈折率を有する誘電体薄膜層を、特に反射率を下げる必要のある波長の 4 分の 1 の光学膜厚（物理膜厚×屈折率）となるように形成すればよい。多層の場合、高屈折率層と中屈折率層とを適宜組み合わせさせて誘電体薄膜層を形成すればよい。高屈折率層として、酸化ジルコニウム、酸化タンタル、酸化ニオブ、窒化珪素、酸窒化珪素、酸化チタン、酸化セリウムおよび酸化ハフニウムなどを単体または混合して使用することができる。中屈折率層として、酸化アルミニウム、酸化珪素、酸窒化珪素および弗化マグネシウムなどを適宜用いればよい。一般的には、酸化珪素や弗化マグネシウムは低屈折率層として扱われていることが多い。しかしながら、本実施形態では、1.1 以上 1.3 以下の屈折率を有する低屈折率層 24 を使用するため、1.45 程度の屈折率を有する酸化珪素や 1.38 程度の屈折率を有する弗化マグネシウムも中屈折率層として使用することができる。

30

【0015】

下地層 23 は、真空蒸着法やスパッタリング法などの物理成膜法で形成されることが好ましいが、本発明はこれに限定されない。例えば、下地層 23 は、ゾル-ゲル法などのウェット法や CVD (Chemical Vapor Deposition) 法などの化学気相成膜法で形成されてもよい。ただし、これらの方法を用いて形成する場合、下地層 23 は、接合面の接着剤にダメージを与えない 80 度以下、好ましくは 40 度以下、さらに好ましくは 20 ~ 25 度で形成できる膜である必要がある。また、下地層 23 の表面は、JIS K 5600 に規定される鉛筆硬度試験において、B 以上、好ましくは H 以上、さらに好ましくは 2H 以上の表面硬度を有する。

40

【0016】

低屈折率層 24 は、エーテル結合とエステル結合の少なくとも一方を有し炭素数が 4 から 7 の分岐構造を持つアルコールを 0.5 mg/cm³ 以上 5.0 mg/cm³ の範囲で含み、波長 550 nm の光に対して 1.1 以上 1.3 以下の屈折率を有する。また、低屈折率層 24 は、空間充填率が 25 ~ 85 % の多孔質材料を含んでおり、低屈折率層 24 の

50

表面は、J I S K 5 6 0 0に規定される鉛筆硬度試験において、2 B以下の表面硬度を有する。低屈折率層2 4の表面には、撥水性、撥油性または親水性などの機能を付与してもよい。例えば、フッ素含有塗料やシリコン塗料などを、真空蒸着法、スパッタリング法またはC V D法などを用いて光学的な影響を与えない数n m程度以下の膜厚で付与すればよい。

【0 0 1 7】

以下、図3を参照して、低屈折率層2 4に含まれる多孔質材料について説明する。図3は、低屈折率層2 4の模式図である。本実施形態では、多孔質材料は、平均粒径Dが5 n m以上4 0 n m以下の酸化珪素を主成分とする粒子が複数個（数個から数十個）連結した二次粒子と、シロキサン結合を含むバインダーとを含有する。本実施形態では、二次粒子として、平均粒径Dが5 n m以上4 0 n m以下のシリカ微粒子が複数個連結した鎖状粒子4 1が用いられている。なお、鎖状粒子の代わりに、中空シリカ微粒子やフッ化マグネシウム粒子などを用いてもよい。しかしながら、本発明の効果を十分に発揮する観点および粒子自体の製造容易性から、鎖状粒子のように、粒子が複数個屈曲して連結した二次粒子を用いることが好ましい。また、平均粒径とは、平均フェレ径である。平均フェレ径は、透過電子顕微鏡像によって観察したものを画像処理によって測定することができる。

10

【0 0 1 8】

鎖状粒子4 1と別の鎖状粒子4 1との間には空隙4 2が形成されており、鎖状粒子4 1同士は少なくとも一部がバインダー4 3で結合されている。また、鎖状粒子4 1の表面にはエステル結合を有し炭素数が4 から7の分岐構造を持つアルコール4 4が配位しており、鎖状粒子4 1間のスペーサーとして機能している。

20

【0 0 1 9】

低屈折率層2 4は、空隙4 2、すなわち屈折率が1 . 0である空気を含有しているため、空隙4 2が無い状態の膜よりも屈折率が小さい。空隙4 2の低屈折率層2 4中の体積比率は、1 5 ~ 7 5 %であることが好ましい。したがって、鎖状粒子4 1、バインダー4 3およびアルコール4 4を、これらの空間充填率が2 5 ~ 8 5 %となるように、調整すればよい。空間充填率が2 5 %以下になると、低屈折率層2 4は、屈折率が1 . 1以下と低くなりすぎ、優れた反射防止特性を実現できない上、強度が著しく低下し、環境信頼性が不足した膜になってしまう。また、8 5 %以上になると、低屈折率層2 4は、屈折率が1 . 3以上となり、優れた反射防止特性を実現できない。屈折率および強度・環境信頼性を両立する観点から、好ましくは空間充填率を3 5 ~ 7 5 %となるように調整すればよく、さらに好ましくは4 5 ~ 6 5 %となるように調整すればよい。

30

【0 0 2 0】

接着剤で接合した後の光学素子表面（本実施形態では、光出射面2 1 b）に低屈折率層2 4を形成するためには、膜形成時に高温に加熱することなく成膜する必要がある。本実施形態では、アルコール4 4を鎖状粒子4 1に配位させることで、所望の空隙比率を得ることができるとともに、高温加熱なしでの膜形成を実現することができる。

【0 0 2 1】

以下の説明では、「エーテル結合またはエステル結合を有し炭素数が4 から7の分岐構造を持つアルコール」を「C 4 - 7分岐構造アルコール」と表記する。本実施形態では、鎖状粒子4 1、バインダー4 3およびC 4 - 7分岐構造アルコール4 4を含有する分散液を光出射面2 1 b上に塗布すると、7 0 ~ 2 8 0 n mの膜厚であれば室温（2 0 ~ 2 5 度程度）で2 時間程度放置すると低屈折率層2 4が完成する。ここで、「完成」とは、完成後の膜を6 0 度程度の高温環境に放置しても特性変動が実用上支障のない範囲内であることをいう。「実用上支障のない範囲」とは、低屈折率膜の膜厚および屈折率の変動が数%以内であることを意味する。

40

【0 0 2 2】

本実施形態では、膜としての強度を高めるために、バインダー4 3が鎖状粒子4 1間の接点部分にシロキサン結合を形成し、鎖状粒子4 1同士を結合している。バインダー4 3は、シランアルコキシ加水分解縮合物から成るバインダー4 3を形成するために必要な成

50

分を含む溶液を、鎖状粒子 4 1 が溶媒に分散した溶液に混合して用いることができる。また、中実粒子が鎖状につながった粒子が溶媒に分散した溶液を塗布し、粒子を配列させた後、バインダー 4 3 を形成するために必要な成分を含む溶液を塗布してもよい。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、溶媒として、C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 を用いている。これにより、C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 の分岐構造による立体障害によって、付着した粒子表面に水酸基への溶媒の配位を抑え、粒子表面の水酸基の一部を残すことができる。また、C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 は、スペーサーとなり、鎖状粒子 4 1 間の空隙 4 2 を広げる働きをする。鎖状粒子 4 1 は、図 4 に示されるように、複数個のシリカ微粒子が屈曲して連結している構造を有する。そのため、シリカ微粒子同士の接点付近に C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 を存在させることで、空隙 4 2 を広げる効果が得られる。

10

【 0 0 2 4 】

屈折率を下げる、すなわち、空隙 4 2 の低屈折率層 2 4 中の体積比率を増加させるには、スペーサーとなる C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 の鎖長を長くするほうがよい。しかしながら、鎖長を長くすると、溶媒の沸点が上昇し、粒子と配位していない溶媒を気化させるために高温加熱が必要になってしまう。逆に、鎖長を短くしすぎると、空隙 4 2 の割合が少なくなり、屈折率が上昇してしまう。また、スピンコート法などのウェット法で膜を形成する際、光学素子表面上に塗り広がる前に部分的に乾燥が始まるため、均一な膜形成ができなくなってしまう。そうした観点から、炭素数が 4 から 7 の分岐構造を持つアルコールが好ましく、炭素数が 5 から 6 の分岐構造を持つアルコールがさらに好ましい。

20

【 0 0 2 5 】

エーテル結合またはエステル結合の構造によっても、空隙 4 2 を広げる効果は変化する。エーテル結合またはエステル結合の少なくとも一方を有するアルコールを用いると、エーテル結合またはエステル結合に含まれる酸素の非共有電子対と粒子表面の水酸基との水素結合によってスペーサーの効果が高まる。そのため、可視光において散乱の少ない低屈折率膜を形成することができる。

【 0 0 2 6 】

C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 は、1 - プロポキシ - 2 - プロパノール、1 - エトキシ - 2 - プロパノール、2 - イソプロポキシエタノール、3 - メトキシ - 1 - ブタノール、1 - メトキシ - 2 - プロパノール、1 - ブトキシ - 2 - プロパノール、乳酸メチル、乳酸エチルの少なくともいずれかを含む。

30

【 0 0 2 7 】

低屈折率層 2 4 は、C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 を、 0.5 mg/cm^3 以上 5.0 mg/cm^3 以下の範囲で含んでいることが好ましく、 1.0 mg/cm^3 以上 2.8 mg/cm^3 以下の範囲で含んでいることがより好ましい。C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 の量が 0.5 mg/cm^3 より少ないと、低屈折率層 2 4 が収縮し、屈折率が高くなってしまふ。一方、C 4 - 7 分岐構造アルコール 4 4 の量が 5.0 mg/cm^3 より多いと、溶媒自体によって屈折率が下がらなくなってしまう。

【 0 0 2 8 】

以上説明したように、本発明によれば、高温加熱することなく、波長 550 nm の光に対して 1.1 以上 1.3 以下の屈折率を有する低屈折率層を形成することができる。本実施形態の低屈折率層 2 4 は、 $20 \sim 25$ 度程度の環境下で 2 時間程度放置することで形成されるため、接合レンズだけでなく、接合されたプリズム、プラスチックレンズおよびフィルムなどに形成することも可能である。なお、短時間で低屈折率層 2 4 を形成するために、光学素子表面に影響を与えない範囲内で加熱してもよい。

40

【 0 0 2 9 】

また、接着剤の剥離、レンズの変形およびレンズ割れなどの発生を抑制するために、第 1 レンズと第 2 レンズとが接着剤により貼り合わされた接合レンズは、第 1 レンズの材料の線膨張係数を $\alpha_1 (\times 10^{-7} \text{ K}^{-1})$ 、第 2 レンズの材料の線膨張係数を $\alpha_2 (\times 10^{-7} \text{ K}^{-1})$ 、接合面の外径を $c (\text{mm})$ としたとき、以下の条件式を満足すること

50

が好ましい。

【0030】

$$2.0 \times 10^2 \quad c \times | \quad 1 - \quad 2 | \quad 2.0 \times 10^4 \quad (1)$$

さらに好ましくは、以下の条件式を満足すればよい。

【0031】

$$5.0 \times 10^2 \quad c \times | \quad 1 - \quad 2 | \quad 1.0 \times 10^4 \quad (2)$$

【実施例1】

【0032】

図5は、本実施例の接合レンズ110の断面図である。接合レンズ110は、両凸レンズ111と凹メニスカスレンズ121とが接合面131で接着剤により貼り合わされた光学素子である。両凸レンズ111は、d線（波長587.56nm）での屈折率ndが1.497である株式会社オハラ製S-FPL51で形成されている。凹メニスカスレンズ121は、d線での屈折率ndが1.804である株式会社オハラ製S-LAH65Vで形成されている。接合面131の外径は、30.0mmである。本実施例では、接合レンズ110の光入射面111aに誘電体多層膜から構成される通常の反射防止膜112が形成され、接合レンズ110の光出射面121bに本発明の反射防止膜122が形成されている。反射防止膜122の設計値は、表1に示されている。

【0033】

以下、接合レンズ110の製造方法の一例について説明する。まず、両凸レンズ111および凹メニスカスレンズ121の光学面（光入射面・光出射面）を研磨し、一般的にコバと呼ばれるレンズ外周部分を心取り加工する。

【0034】

次に、両凸レンズ111の光入射面111aに反射防止膜112を形成する。なお、両凸レンズ111の光出射面（接合面131と同一面）に、誘電体薄膜層を設ける必要はない。これは、両凸レンズ111の屈折率が接合に用いられる接着剤の屈折率と近い値であり、界面での反射率が十分に小さいためである。

【0035】

次に、凹メニスカスレンズ121の光入射面（接合面131と同一面）に膜厚83.5nmの酸化アルミニウム層（屈折率1.65）を形成した後、光出射面121bに本発明の反射防止膜122に含まれる下地層を真空蒸着法で形成する。本実施例では、下地層は、表1に示されるように、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムが交互に8層形成された誘電体薄膜層である。なお、本実施例では、下地層を真空蒸着法で形成したが、本発明はこれに限定されず、スパッタリング法やウェット法を用いてもよい。また、膜材料についても酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムを用いたが、本発明はこれに限定されない。

【0036】

次に、両凸レンズ111と凹メニスカスレンズ121を接着剤（デンカ株式会社製のポリエン・ポリオール系接着剤OP-1045K）で接合する。具体的には、凹メニスカスレンズ121の光出射面121bを下向きに配置した状態で、接合面131に接着剤を滴下し、両凸レンズ111を位置合わせしながら適正位置に押し付けて配置した後、UV光を照射して接着剤を硬化させる。接着剤の厚さは、1～100μmであればよく、好ましくは3～20μmであればよい。本実施例では、接着剤の厚さは7μm程度である。また、本実施例の接着剤の硬化後の屈折率は、1.52である。なお、本実施例では、接着剤としてデンカ株式会社製のポリエン・ポリオール系接着剤OP-1045Kが用いられるが、本発明はこれに限定されない。

【0037】

接着剤は、厚さと面積から算出される必要量を滴下し、接合面131に完全に均一に広げることができればよいが、そのような制御は実質困難である。そのため、必要量よりも多量の接着剤を滴下し、接合面131の外周部（コバ）にはみ出した余剰分を除去する必要がある。除去方法としては、硬化前または硬化後、有機溶剤などを染み込ませた不織布や紙製のウエス（ワイパー）などで拭き取る作業が一般的である。反射防止膜122の最

10

20

30

40

50

表面に多孔質で硬度が低い（鉛筆硬度が 2 B 以下である）膜が形成されていると、拭き取り作業の際の接触や溶剤の付着により、反射率の特性が変動したり、傷や汚れが発生したりしてしまう。本実施例では、接合工程の際の反射防止膜 1 2 2 の最表面は、下地層の最表面である。そのため、下地層の最表面は、鉛筆硬度が B 以上、好ましくは H 以上、さらに好ましくは 2 H 以上の表面硬度を有しているといよい。本実施例では、下地層の最表面は 2 H 以上の鉛筆硬度を有する酸化ジルコニウム層であり、拭き取りや洗浄で傷や外観不良が発生することはない。

【 0 0 3 8 】

接合工程の完了後、下地層の上に低屈折率層を形成する。以下、本実施例の低屈折率層に用いた鎖状粒子を含有する分散液について説明する。

【 0 0 3 9 】

本実施例では、分散液の調整において、鎖状粒子の IPA 分散液（日産化学工業株式会社製 IPA - S T - U P（登録商標）；固形分濃度 1 5 w t %）を使用した。IPA 分散液をエバポレーターで溶媒の 2 - プロパノールを 1 - プロポキシ - 2 - プロパノール（シグマ製）に置換することで、鎖状粒子の 1 - プロポキシ - 2 - プロパノール分散液（固形分濃度 1 7 w t %）を作製した。触媒の比率は 2 - プロパノール：1 - プロポキシ - 2 - プロパノール = 7 . 5 : 9 2 . 5 であった。

【 0 0 4 0 】

テトラエトキシシラン（TEOS またはケイ酸エチルともいう、東京家政工業株式会社製）1 8 . 5 g と、触媒水として、TEOS に対して 1 0 当量の 0 . 1 w t % ホスフィン酸 1 6 . 0 g とを添加し、2 0 度の水浴中で 6 0 分混合攪拌してバインダー溶液を作製した。鎖状粒子の 1 - プロポキシ - 2 - プロパノール分散液 2 5 1 . 3 g にバインダーを形成するために必要な成分が酸化物換算で 0 . 5 w t % に相当するバインダー溶液を 3 2 . 8 g 添加した。その後、鎖状粒子の固形分濃度を酸化物換算で 4 . 3 w t % にするために 1 - プロポキシ - 2 - プロパノールを 1 7 4 . 5 g、乳酸エチル 5 4 6 . 5 g を添加し、6 0 分攪拌し、1 - プロポキシ - 2 - プロパノール：乳酸エチル = 4 0 : 6 0 とした。

【 0 0 4 1 】

続いて、接合レンズ 1 1 0 の光出射面 1 2 1 b を上にしてスピンコーターに設置し、上記分散液を 0 . 2 m l 滴下し、4 0 0 0 r p m で 2 0 秒間スピンコートした。その後、室温 2 3 度のクリーンルーム雰囲気中で 2 時間放置することで、接合レンズ 1 1 0 が完成した。

【 0 0 4 2 】

両凸レンズ 1 1 1 の硝材の線膨張係数 α_1 は $1 3 1 [\times 1 0^{-7} K^{-1}]$ であり、凹メニスカスレンズ 1 2 1 の硝材の線膨張係数 α_2 は $6 0 [\times 1 0^{-7} K^{-1}]$ である。接合レンズ 1 1 0 は、大きな線膨張係差を有するが、熱処理を行うことなく低屈折率層を形成できるため、接着剤の剥離やレンズ割れを防止可能であるとともに、応力によるレンズ面精度の悪化などの不具合がなく、優れた反射防止性能を有することができる。

【 0 0 4 3 】

なお、本発明者らは、経験上、線膨張係数差が $3 0 [\times 1 0^{-7} K^{-1}]$ 以上であると 8 0 度処理によって剥離や割れなどの不具合が発生することを知見している。また、線膨張係数差が $6 0 [\times 1 0^{-7} K^{-1}]$ 以上であると、4 0 度程度の温度でも面精度悪化などの不具合が発生することも知見している。当然、レンズの外径や厚さなどの形状、硝材の脆性などによって不具合の程度は変化するが、おおむね上述の値が目安である。

【 0 0 4 4 】

以下、シリコン基板上に反射防止膜が形成された光学素子の評価結果について説明する。反射防止膜の最表面には、上述した分散液を用いて低屈折率層が形成されている。図 6 は、低屈折率層の走査型透過電子顕微鏡写真を示している。図 6 において、低屈折率層の表面が黒くなっているのは、電子線を照射しても構造が破壊しないように処理を行ったためである。屈曲して連結した鎖状粒子同士の間には、空隙（図 6 で白く見える部位）が形成されている。また、低屈折率層を分光エリブソメーター（J . A . W o o l l a m 社製）

10

20

30

40

50

で評価したところ、低屈折率層の屈折率は 1.238 であった。

【0045】

シリカ、すなわち酸化珪素は、一般的に 1.45 程度の屈折率を有する。粒子およびバインダーもほぼ酸化珪素で形成されていることを考慮すると、低屈折率層の空間充填率は 55.1% 程度である。また、低屈折率層の表面硬度は、2B 以下であった。

【0046】

また、サーモサイエンティフィック社製ヘッドスペースTRIPLUS300、マスペクトログラフィーLSQ-LT、ガスクロマトグラフィーTRAC GC ULTRA、フロンティアラボ社製Ultra Alloyシリーズ（型式：UA+-5）のカラムを用いて、低屈折率層中の溶媒残存量およびバインダー量を測定した。測定条件は、ヘッドスペースのオープン加熱温度160度、平衡時間30分、パージタイム3分、マスペクトログラフィーのイオン源の温度220度、ガスクロマトグラフィーの注入口の加熱温度200度とした。また、オープンの加熱条件は、初期40度で1分保持、5.0度/minで200度まで昇温し、200度で10分保持、20.0度/minで320度まで昇温し、320度で5分保持とした。

【0047】

10mlのサンプル管に作製した基板を内部標準としてナフタレンを0.15wt%添加したクロロホルム溶液とともに封入し、測定した。反射防止膜を形成した光学素子の膜厚とシリコン基板の面積から1cm³あたりの低屈折率層中の溶媒残存量を計算した。

【0048】

溶媒残存量は、ナフタレンを0.15wt%添加したクロロホルム溶液に、検出する溶媒ごとにナフタレンを0.15wt%添加したクロロホルム溶液に対して0.13wt%、0.23wt%、0.35wt%、0.62wt%となるように添加し、溶媒の検量線を作製した。

【0049】

バインダー量はナフタレンを0.15wt%添加したクロロホルム溶液にエチルシリケートを加水分解縮合した5量体を、ナフタレンを0.15wt%添加したクロロホルム溶液に対して0.06wt%、0.15wt%、0.27wt%、0.40wt%となるように添加し、エチルシリケートを加水分解縮合した5量体の検量線を作製した。GC-MSで得られたエチルシリケートの加水分解縮合物は4量体から8量体までのピーク面積を総和し、エチルシリケートを加水分解縮合した5量体としてバインダー量を評価した。エチルシリケートを加水分解縮合した5量体は、エチルシリケート40（コルコート株式会社製）を使用した。

【0050】

以上のように評価した結果、低屈折率層中の溶媒残存量は2.4mg/cm³、バインダー量は0.5wt%であった。

【0051】

低屈折率層のエーテル結合またはエステル結合の少なくとも一方を有し炭素数が4から7の分岐構造を持つアルコールの含有量（溶媒残存量）が0.5mg/cm³以上5.0mg/cm³となるように、上述の分散液を調整することが好ましい。これにより、高温処理することなく、波長550nmの光に対して1.1以上1.3以下の屈折率を有する低屈折率層を形成することができる。また、含有量が1.0mg/cm³以上2.8mg/cm³となるように分散液を調整することで、高い反射防止性能と環境信頼性などを両立した、波長550nmの光に対して1.20以上1.26以下の屈折率を有する低屈折率層を形成することができる。

【0052】

図7は、横軸を波長、縦軸を反射率とした反射防止膜122の分光反射率特性を示している。図7(a)では縦軸のフルスケールが5%、図7(b)では縦軸のフルスケールが1%である。反射防止膜122は、図7に示されるように、通常のデジタルカメラに使用されるCCDやCMOSなどの撮像デバイスが実質的な感度を有する波長430~670

10

20

30

40

50

n mにおいて、高い反射防止性能を有する。具体的には、反射防止膜 1 2 2 は、入射角 0 ~ 3 0 度の光線に対してはほぼ 0 . 1 % 以下、入射角 4 5 度の光線に対してはほぼ 0 . 5 % 以下という高い反射防止性能を有する。そのため、接合レンズ 1 1 0 をカメラ用レンズなどの光学系に用いた場合、フレアやゴーストなどの不要光の発生を良好に抑制可能な高品位な光学系を実現できる。

【 0 0 5 3 】

【表 1】

No.	n (550nm)	d (nm)	備考
9	1.238	115.6	低屈折率層
8	2.038	20.1	下地層
7	1.651	39.1	
6	2.038	74.4	
5	1.651	30.6	
4	2.038	17.8	
3	1.651	108.0	
2	2.038	9.2	
1	1.651	32.2	
基板	1.808	—	S-LAH65V

【実施例 2】

【 0 0 5 4 】

図 8 は、本実施例の接合レンズ 2 1 0 の断面図である。接合レンズ 2 1 0 は、両凸レンズ 2 1 1 と両凹レンズ 2 1 2 とが接合面 2 3 1 で接着剤により貼り合わされた光学素子である。両凸レンズ 2 1 1 は、d 線での屈折率 n_d が 1 . 8 8 3 である H O Y A 株式会社製 T A F D 3 0 で形成されている。両凹レンズ 2 1 2 は、d 線での屈折率 n_d が 1 . 5 9 6 である株式会社オハラ製 S - T I M 8 で形成されている。接合面 2 3 1 の外径は、4 2 . 8 mm である。本実施例では、接合レンズ 2 1 0 の光入射面 2 1 1 a に誘電体多層膜から構成される通常の反射防止膜 2 1 2 が形成され、接合レンズ 2 1 0 の光出射面 2 2 1 b に本発明の反射防止膜 2 2 2 が形成されている。反射防止膜 2 2 2 の設計値は、表 2 に示されている。反射防止膜 2 2 2 は、真空蒸着法で形成された下地層と、下地層の上に形成されている低屈折率層とを含んでいる。本実施例では、下地層は、表 2 に示されるように、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムが交互に 6 層形成された誘電体薄膜層である。

【 0 0 5 5 】

接合レンズ 2 1 0 は、実施例 1 の接合レンズ 1 1 0 の製造方法とほぼ同じ方法により製造される。以下、本実施例の接合レンズ 2 1 0 の製造方法について、実施例 1 の接合レンズ 1 1 0 の製造方法と異なる点について説明する。

【 0 0 5 6 】

本実施例では、接着剤として、デンカ株式会社製のポリエン・ポリチオール系接着剤 O P - 1 0 5 5 H を使用した。接着剤の厚さが 1 0 μ m になるように両凸レンズ 2 1 1 と両凹レンズ 2 1 2 とを接合し、U V 光を照射した後、余剰の接着剤を拭き取り除去した。その後、レンズ外周部分（コバ）には、キヤノン化成株式会社製の内面反射防止塗料（遮光塗料）G T - 7 I I を塗布した。

【 0 0 5 7 】

本実施例の反射防止膜 2 2 2 に含まれる低屈折率層は実施例 1 とほぼ同様の方法で形成したが、溶媒などの比率は適宜調整した。両凸レンズ 2 1 1 の硝材の線膨張係数 α_1 は $66 [\times 10^{-7} \text{ K}^{-1}]$ であり、両凹レンズ 2 1 2 の硝材の線膨張係数 α_2 は $84 [\times 10^{-7} \text{ K}^{-1}]$ である。線膨張係数差が $18 [\times 10^{-7} \text{ K}^{-1}]$ と小さいため、コバに塗布した内面反射防止塗料 G T - 7 I I の硬化を兼ね、低屈折率層の形成後、対流式オーブンにより 80 度で 20 分間の乾燥を行った。また、シリコン基板上に形成された本実施例の低屈折率層の分析を行ったところ、低屈折率層中の溶媒残存量は $1.2 \text{ mg} / \text{cm}^3$ 、バインダー量は $0.7 \text{ wt} \%$ であった。

【 0 0 5 8 】

図 9 は、反射防止膜 2 2 2 の分光反射率特性を示している。反射防止膜 2 2 2 は、波長 $430 \sim 670 \text{ nm}$ において、高い反射防止機能を有する。具体的には、入射角 $0 \sim 30$ 度の光線に対してはほぼ 0.1% 以下、入射角 45 度の光線に対してはほぼ 0.5% 以下という高い反射防止性能を有する。そのため、接合レンズ 2 2 0 をカメラ用レンズなどの光学系に用いた場合、フレアやゴーストなどの不要光の発生を良好に抑制可能な高品位な光学系を実現できる。

【 0 0 5 9 】

【表 2】

No.	n (550nm)	d (nm)	備考
7	1.221	117.4	低屈折率層
6	2.038	15.4	下地層
5	1.651	47.1	
4	2.038	75.1	
3	1.651	21.4	
2	2.038	22.9	
1	1.651	78.0	
基板	1.599	—	S-TIM8

【実施例 3】

【 0 0 6 0 】

図 10 は、本実施例の接合レンズ 3 1 0 の断面図である。接合レンズ 3 1 0 は、凹メニスカスレンズ 3 1 1 と凸メニスカスレンズ 3 1 2 とが接合面 3 3 1 で接着剤により貼り合わされた光学素子である。凹メニスカスレンズ 3 1 1 は、d 線での屈折率 n_d が 1.834 である株式会社オハラ製 S - L A H 6 0 で形成されている。凸メニスカスレンズ 3 1 2 は、d 線での屈折率 n_d が 1.439 である株式会社オハラ製 S - F P L 5 3 で形成されている。接合面 3 3 1 の外径は、 84.0 mm である。本実施例では、接合レンズ 3 1 0 の光入射面 3 1 1 a に誘電体多層膜から構成される通常の反射防止膜 3 1 2 が形成され、接合レンズ 3 1 0 の光出射面 3 2 1 b に本発明の反射防止膜 3 2 2 が形成されている。反射防止膜 3 2 2 の設計値は、表 3 に示されている。反射防止膜 3 2 2 は、真空蒸着法で形成された下地層と、下地層の上に形成されている低屈折率層とを含んでいる。本実施例では、下地層は、表 3 に示されるように、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムが交互に 4 層形成された誘電体薄膜層である。

【 0 0 6 1 】

接合レンズ 3 1 0 は、実施例 1 および実施例 2 の接合レンズの製造方法とほぼ同じ方法により製造される。以下、本実施例の接合レンズ 3 1 0 の製造方法について、実施例 1 お

よび実施例 2 の接合レンズの製造方法と異なる点について説明する。

【 0 0 6 2 】

本実施例では、接着剤として、セメダイン株式会社製の二液性接着剤 1 5 6 5 を使用した。接着剤の厚さが $10\ \mu\text{m}$ になるように凹メニスカスレンズ 3 1 1 と凸メニスカスレンズ 3 1 2 とを接合し、余剰の接着剤を拭き取り除去し、室温（23 度）で 24 時間放置して接着剤を硬化させた。その後、レンズ外周部分（コバ）には、キヤノン化成株式会社製の内面反射防止塗料（遮光塗料）G T - 7 I I を塗布した。

【 0 0 6 3 】

本実施例の反射防止膜 2 2 2 に含まれる低屈折率層は、実施例 1 とほぼ同様の方法で形成した。凹メニスカスレンズ 3 1 1 の硝材の線膨張係数 α_1 は $56\ [\times 10^{-7}\text{K}^{-1}]$ であり、凸メニスカスレンズ 3 1 2 の硝材の線膨張係数 α_2 は $145\ [\times 10^{-7}\text{K}^{-1}]$ である。線膨張係数差が $89\ [\times 10^{-7}\text{K}^{-1}]$ と大きく、接合面 3 3 1 の外径も 84.0mm と大きいと、接合レンズ 3 1 0 は、40 度程度の温度でも接着剤の剥離が生じたり、レンズ面精度が悪化したりする可能性が高い。しかしながら、本発明の低屈折率層は、室温（23 度）での硬化が可能のため、剥離や面精度悪化などの不具合が発生しない。

【 0 0 6 4 】

図 1 1 は、反射防止膜 3 2 2 の分光反射率特性を示している。反射防止膜 3 2 2 は、波長 $430\sim 670\text{nm}$ において、高い反射防止機能を有する。具体的には、入射角 $0\sim 30$ 度の光線に対してはほぼ 0.1% 以下、入射角 45 度の光線に対してはほぼ 0.5% 以下という高い反射防止性能を有する。そのため、接合レンズ 3 2 0 をカメラ用レンズなどの光学系に用いた場合、フレアやゴーストなどの不要光の発生を良好に抑制可能な高品位な光学系を実現できる。

【 0 0 6 5 】

【表 3】

No.	$n(550\text{nm})$	$d(\text{nm})$	備考
5	1.238	121.5	低屈折率層
4	2.038	17.1	下地層
3	1.651	58.8	
2	2.038	35.5	
1	1.651	89.7	
基板	1.440	—	S-FPL53

【実施例 4】

【 0 0 6 6 】

図 1 2 は、本実施例の光学系 1 0 1 の断面図である。本実施例の光学系 1 0 1 は、撮像装置内に設けられている。撮像装置は、光学系 1 0 1 によって形成された像を受光する、CCD や CMOS などの撮像素子 1 0 3 を有する。なお、光学系 1 0 1 は不図示のレンズ鏡筒（保持部材）に保持され、レンズ鏡筒は撮像装置に着脱可能に取り付けられる構成であってもよい。

【 0 0 6 7 】

光学系 1 0 1 は、ズームレンズであり、物体側より順に正の屈折力を有する第 1 レンズ群 L 1、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 L 2、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 L 3、および正の屈折力を有する第 4 レンズ群 L 4 を有する。また、光学系 1 0 1 は、開口絞り 1 0 2 を有する。

【0068】

広角端から望遠端へのズーミングにおいては、第1レンズ群L1と第2レンズ群L2との間隔が広く、第2レンズ群L2と第3レンズ群L3との間隔が狭くなるように、第2レンズ群L2および第3レンズ群L3が光軸上を移動する。

【0069】

第1レンズ群L1は、物体側より正の屈折力を有する、単レンズで構成された第1aレンズ群L1aと、全体として正の屈折力を有する第1bレンズ群L1bとから構成されている。無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングにおいては、第1bレンズ群L1bが光軸上を物体側に移動する。

【0070】

本実施例の設計値およびズーミングの際のレンズ面間隔は、数値実施例1に示されている。(a)は光学系101の設計値であり、Rはレンズの曲率半径、Dは面間隔(レンズ中心厚)、Nはd線における屈折率、はアッペ数である。

【0071】

本実施例の光学系101では、ズーミングの際に第2レンズ群L2が大きく移動するため、すべての位置でフレアやゴーストを抑制するように光学設計することは困難である。特に、図中破線で示される第7レンズ像側面は、曲率半径が無限大(すなわち平面)であるため、撮像素子103の表面で反射した光が再度反射して像面に到達しやすく、ゴーストが発生しやすい面である。そこで、本実施例では、第7レンズ像側面に本発明の反射防止膜422を形成している。

【0072】

第7レンズは、第6レンズと接着剤により貼り合わされ、接合レンズ410を構成している。第6レンズは、d線での屈折率 n_d が1.516である株式会社オハラ製S-B S L7で形成されている。第7レンズは、d線での屈折率 n_d が1.847の株式会社オハラ製S-T I H 53Wで形成されている。接合レンズ410の接合面の外径は、28.4mmである。

【0073】

本実施例では、接着剤として、実施例2と同じデンカ株式会社製のポリエン・ポリチオール系接着剤OP-1055Hを使用した。接着剤の厚さが5 μ mになるように第6レンズと第7レンズとを接合し、UV光を照射した後、余剰の接着剤を拭き取り除去した。その後、レンズ外周部(コバ)には、キヤノン化成株式会社製の内面反射防止塗料(遮光塗料)GT-7IIを塗布した。本実施例では、接合レンズ410の光入射面に誘電体多層膜から構成される通常の反射防止膜が形成され、接合レンズ410の光出射面に本発明の反射防止膜422が形成されている。反射防止膜422の設計値は、表4に示されている。反射防止膜322は、真空蒸着法で形成された下地層と、下地層の上に形成されている低屈折率層とを含んでいる。本実施例では、下地層は、表4に示されるように、酸化アルミニウムと酸化ジルコニウムが交互に8層形成された誘電体薄膜層である。

【0074】

本実施例の反射防止膜422に含まれる低屈折率層は実施例1とほぼ同様の方法で形成したが、溶媒などの比率は適宜調整した。第6レンズの硝材の線膨張係数 α_1 は $72[\times 10^{-7} \text{K}^{-1}]$ であり、第7レンズの硝材の線膨張係数 α_2 は $88[\times 10^{-7} \text{K}^{-1}]$ である。線膨張係数差が $16[\times 10^{-7} \text{K}^{-1}]$ と小さいため、コバに塗布した内面反射防止塗料GT-7IIの硬化を兼ね、低屈折率層の形成後、対流式オープンにより40度で60分間の乾燥を行った。また、シリコン基板上に形成された本実施例の低屈折率層の分析を行ったところ、低屈折率層中の溶媒残存量は 1.8 mg/cm^3 、バインダー量は0.6wt%であった。

【0075】

図13は、反射防止膜422の分光反射率特性を示している。反射防止膜322は、波長430~670nmにおいて、高い反射防止機能を有する。具体的には、入射角0~30度の光線に対してはほぼ0.08%以下、入射角45度の光線に対しては0.5%以下

10

20

30

40

50

という高い反射防止性能を有する。そのため、本実施例の光学系 101 は、ズーミングの際にゴーストを発生させやすいレンズが移動しても、フレアやゴーストなどの不要光の発生を良好に抑制可能である。

【0076】

【表4】

No.	n (550nm)	d (nm)	備考
9	1.228	116.6	低屈折率層
8	2.038	18.6	下地層
7	1.651	41.7	
6	2.038	73.6	
5	1.651	29.6	
4	2.038	17.5	
3	1.651	114.7	
2	2.038	11.7	
1	1.651	29.9	
基板	1.854	—	S-TIH53W

【0077】

[数値実施例1]

10

20

30

40

50

(a)

f = 72.04 ~ 194.61 [mm] Fno. = 4.1 ~ 4.1 $2\omega = 33.4 \sim 12.7^\circ$

R 1 =	154.199	D 1 =	3.70	N 1 =	1.487490	v 1 =	70.2
R 2 =	439.052	D 2 =	13.58				
R 3 =	101.882	D 3 =	2.10	N 2 =	1.721507	v 2 =	29.2
R 4 =	59.950	D 4 =	0.06				
R 5 =	60.744	D 5 =	5.85	N 3 =	1.496999	v 3 =	81.5
R 6 =	354.564	D 6 =	0.15				
R 7 =	84.761	D 7 =	5.00	N 4 =	1.496999	v 4 =	81.5
R 8 =	-1942.711	D 8 =	可変				
R 9 =	-209.243	D 9 =	1.40	N 5 =	1.804000	v 5 =	46.6
R10 =	36.605	D10 =	4.00				
R11 =	-74.331	D11 =	1.40	N 6 =	1.516330	v 6 =	64.1
R12 =	37.493	D12 =	3.90	N 7 =	1.846658	v 7 =	23.9
R13 =	∞	D13 =	1.42				
R14 =	-63.504	D14 =	1.40	N 8 =	1.749497	v 8 =	35.3
R15 =	-164.753	D15 =	可変				
R16 =	193.017	D16 =	5.80	N 9 =	1.622992	v 9 =	58.2
R17 =	-29.975	D17 =	1.50	N10 =	1.762001	v10 =	40.1
R18 =	-67.214	D18 =	可変				
R19 =	絞り	D19 =	1.20				
R20 =	38.745	D20 =	4.80	N11 =	1.603112	v11 =	60.6
R21 =	-656.147	D21 =	0.20				
R22 =	36.505	D22 =	5.00	N12 =	1.496999	v12 =	81.5
R23 =	-153.290	D23 =	1.94	N13 =	1.806098	v13 =	40.9
R24 =	36.711	D24 =	32.60				
R25 =	-771.749	D25 =	3.50	N14 =	1.603112	v14 =	60.6
R26 =	-62.378	D26 =	8.66				
R27 =	-27.517	D27 =	1.60	N15 =	1.696797	v15 =	55.5
R28 =	-62.646	D28 =	0.15				
R29 =	111.026	D29 =	3.00	N16 =	1.592701	v16 =	35.5
R30 =	∞						

※曲率半径(R)および面間隔(D)の単位はmm。

屈折率(N)はd線(波長587.56nm)での値。

v はアッベ数。

(b)

焦点距離 可変間隔	72.04	118.41	194.61
D 8=	1.90	24.24	38.67
D15=	28.62	19.02	1.85
D18=	15.40	2.65	5.39

※ 単位 : mm

【 0 0 7 8 】

実施例 1 ~ 4 の接合レンズの各数値一覧は、表 5 に示されている。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

【表 5】

	第1レンズ			第2レンズ			線膨張係数差 (10^{-7}K^{-1})	接合レンズ 外径 ϕ_c (mm)	$\phi_c \times \alpha_1 - \alpha_2 $ (mm/K)
	硝材	nd	線膨張係数 $\alpha_1 (10^{-7}\text{K}^{-1})$	硝材	nd	線膨張係数 $\alpha_2 (10^{-7}\text{K}^{-1})$			
実施例1	S-FPL51	1.496	131	S-LAH65V	1.804	60	71	30.0	2.13E+03
実施例2	TAFD30	1.883	66	S-TM8	1.596	84	18	42.8	7.70E+02
実施例3	S-LAH60	1.834	56	S-FPL53	1.439	145	89	84.0	7.48E+03
実施例4	S-BSL7	1.516	72	S-TIH53W	1.847	88	16	28.4	4.54E+02

10

【0080】

実施例1～4では、2つのレンズを貼り合わせた接合レンズの例について説明したが、本発明はこれに限定されない。本発明は、3つ以上のレンズを貼り合わせた接合レンズにも適用可能である。また、実施例1～4の接合レンズでは、本発明の反射防止膜は光出射面に形成されているが、光入射面に形成されてもよい。また、実施例4の光学系では、本発明の接合レンズを1個有しているが、本発明の接合レンズを複数有していてもよい。

【0081】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

20

【符号の説明】

【0082】

- 10 接合レンズ（光学素子）
- 11 光学素子（基材）
- 21 光学素子（基材）
- 22 反射防止膜
- 23 下地層
- 24 低屈折率層（第1層）
- 44 アルコール

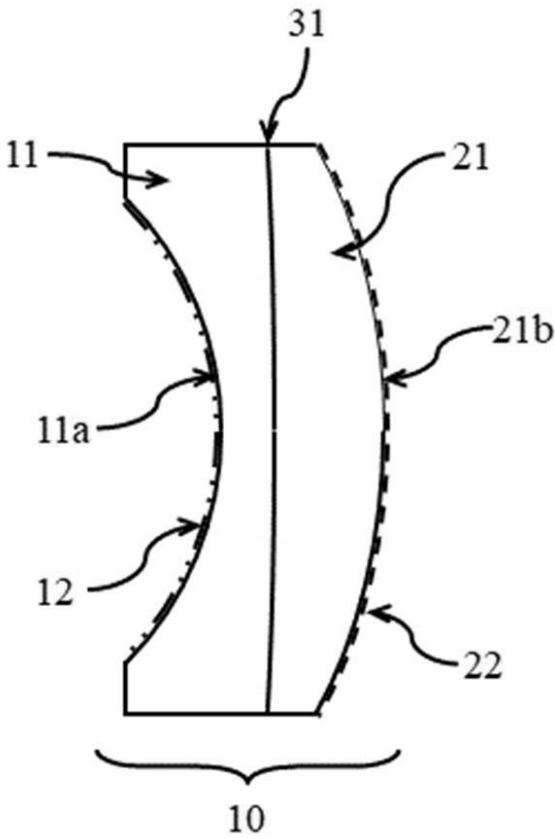
30

40

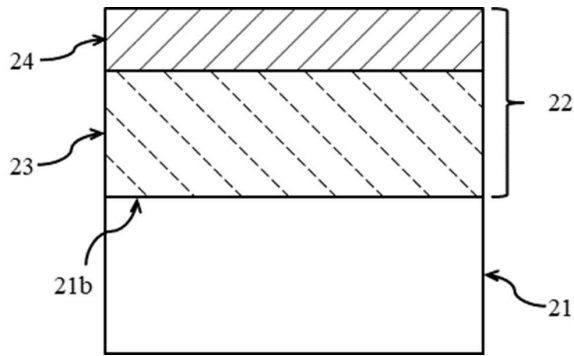
50

【図面】

【図 1】



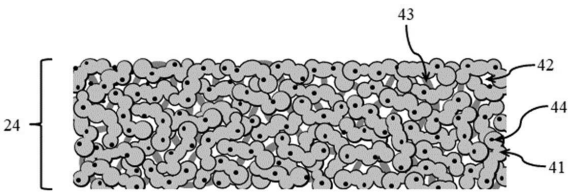
【図 2】



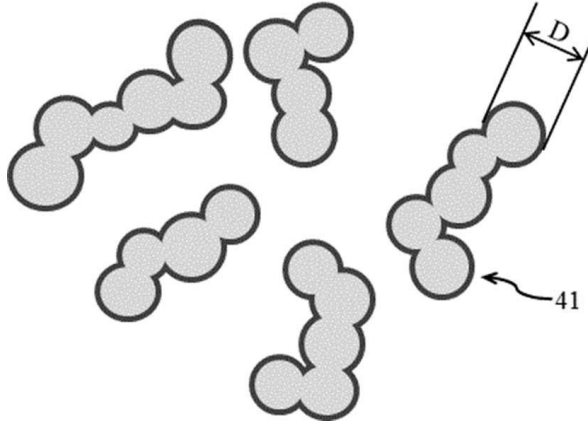
10

20

【図 3】



【図 4】

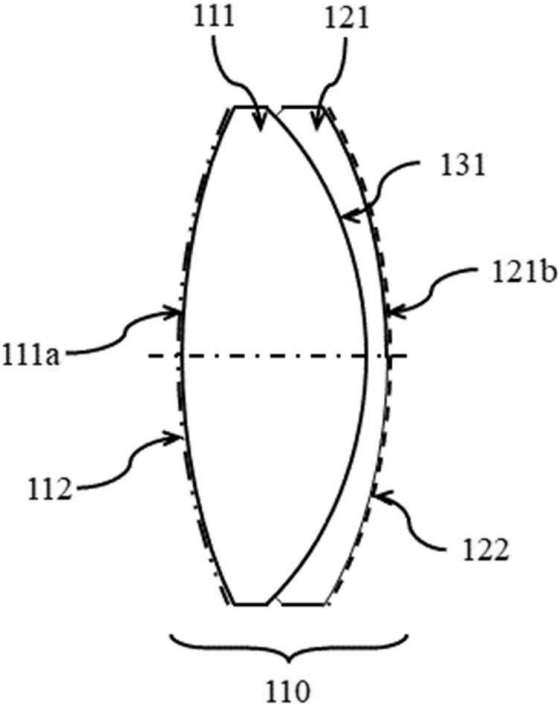


30

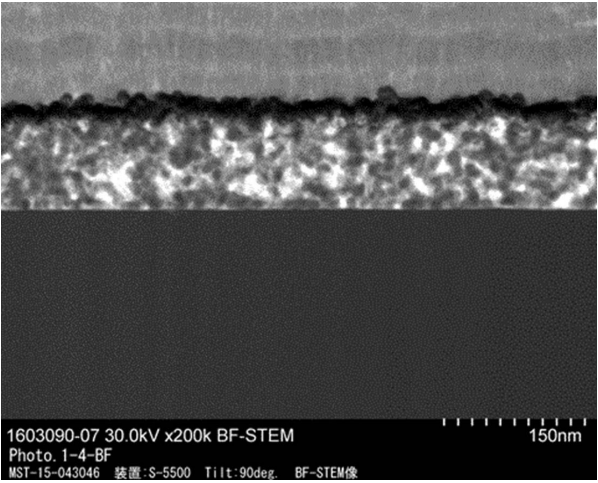
40

50

【図 5】



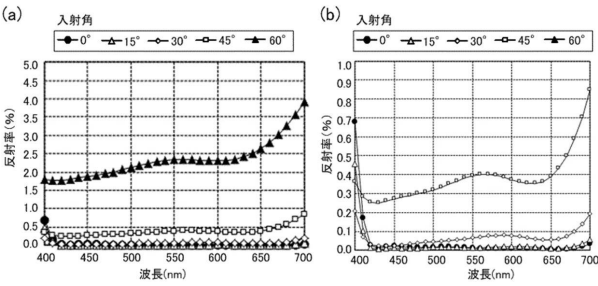
【図 6】



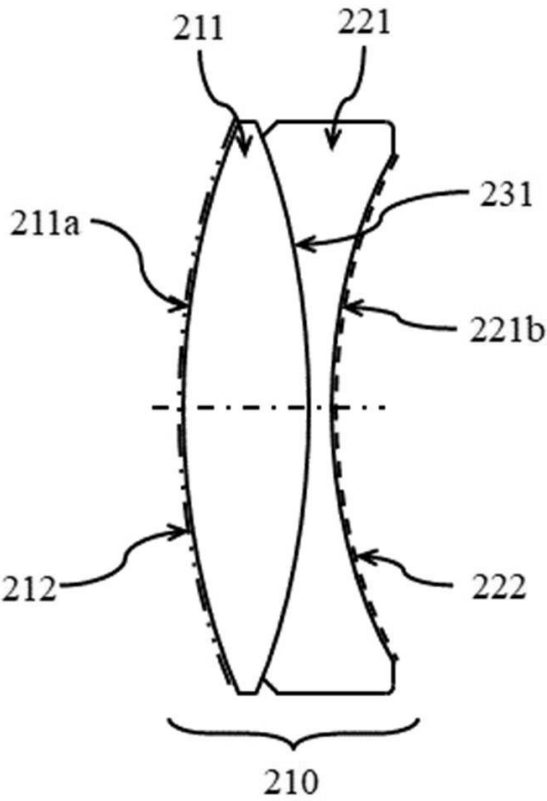
10

20

【図 7】



【図 8】

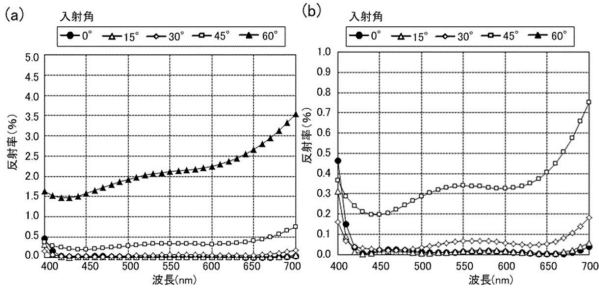


30

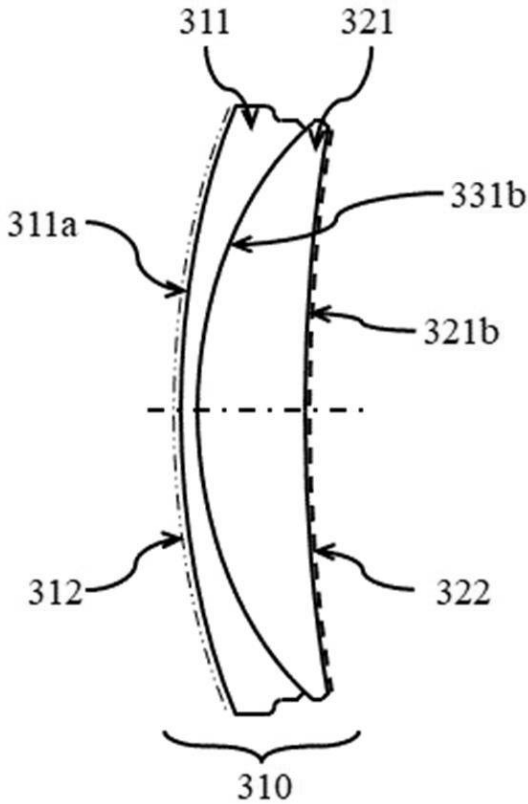
40

50

【図 9】



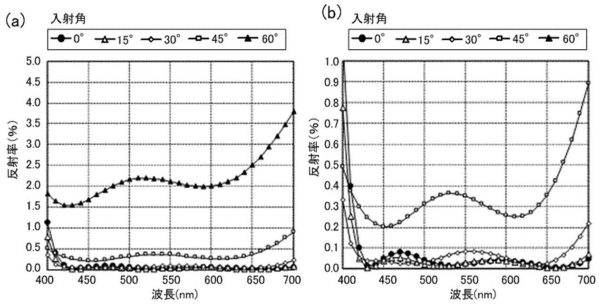
【図 10】



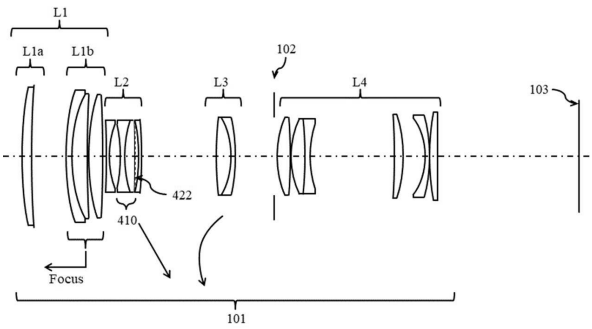
10

20

【図 11】



【図 12】

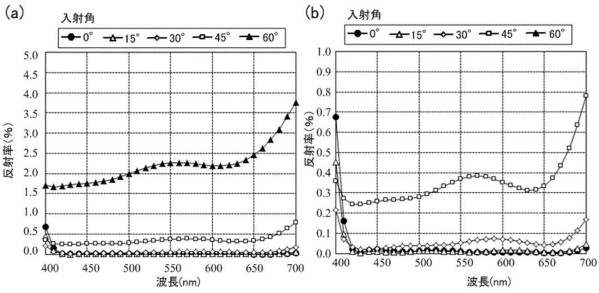


30

40

50

【図 13】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 2 2 8 7 2 8 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 1 0 8 6 4 2 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 0 6 2 4 7 9 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 1 4 0 0 3 7 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 0 9 9 9 9 (J P , A)
特開 2 0 1 7 - 1 6 7 2 7 1 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 0 8 3 2 0 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 8 8 1 0 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 9 1 7 4 1 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 0 0 8 9 0 1 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 6 8 2 8 7 (U S , A 1)
韓国公開特許第 1 0 - 2 0 0 9 - 0 1 1 4 5 1 6 (K R , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 0 2 B 1 / 1 1 1
B 3 2 B 7 / 0 2 3
B 3 2 B 9 / 0 0
G 0 2 B 3 / 0 0
G 0 2 B 1 5 / 1 6 7