

(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2019-39961

(P2019-39961A)

(43) 公開日 平成31年3月14日(2019.3.14)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 1/111 (2015.01)	GO2B 1/111	2H087
GO2B 13/00 (2006.01)	GO2B 13/00	2K009
GO2B 15/163 (2006.01)	GO2B 15/163	
GO2B 13/02 (2006.01)	GO2B 13/02	

審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-159626 (P2017-159626)
 (22) 出願日 平成29年8月22日 (2017.8.22)

(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 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 文晴
 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

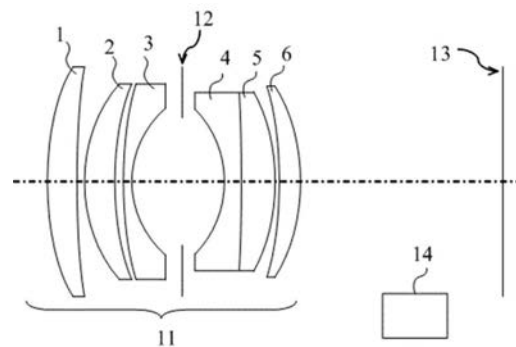
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射防止膜を有する光学系および光学装置

(57) 【要約】

【課題】 結像面に対し少なくとも一部のレンズが結像面に対して移動する機構を有する光学系において、フレアやゴーストなどの有害光の発生を抑制した高品位な光学系、光学装置を提供すること

【解決手段】 光学系(11)は、複数の光学素子(1~6)と、該複数の光学素子のうち少なくとも一つを移動させる機構(14)とを有し、前記複数の光学素子のうち少なくとも一つ(21)は、反射防止膜(22)が設けられた光学面を備え、前記反射防止膜は、鎖状シリカを含む第1の層(24)と、該第1の層と前記光学面との間に設けられた第2の層(23)とを有し、該第2の層は、互いに異なる材料から成る2層以上の誘電体層を含む、3層以上18層以下の誘電体層で構成される。



【選択図】 図1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

複数の光学素子と、
該複数の光学素子のうち少なくとも一つを移動させる機構とを有し、
前記複数の光学素子のうち少なくとも一つは、反射防止膜が設けられた光学面を備え、
前記反射防止膜は、鎖状シリカを含む第 1 の層と、該第 1 の層と前記光学面との間に設けられた第 2 の層とを有し、
該第 2 の層は、互いに異なる材料から成る 2 層以上の誘電体層を含む、3 層以上 18 層以下の誘電体層で構成されることを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記機構は、合焦、変倍、防振のうち少なくとも一つを行うための機構であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

【請求項 3】

前記第 1 の層は、前記反射防止膜の最表層であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記鎖状シリカにおけるシリカ粒子の平均粒径は、5 nm 以上 40 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記鎖状シリカの平均長さは、20 nm 以上 300 nm 以下であることを特徴とする請求項 4 に記載の光学系。

【請求項 6】

前記第 1 の層の膜厚は、70 nm 以上 280 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記第 1 の層の波長 550 nm における屈折率は、1.10 以上 1.28 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 8】

前記第 1 の層は、前記鎖状シリカのみからなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 9】

前記第 1 の層は、前記鎖状シリカおよびバインダーからなることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 10】

絞りを有し、
該絞りよりも物体側に配置された正の曲率半径を有する 3 面以上の光学面と、
前記絞りよりも像側に配置された負の曲率半径を有する 3 面以上の光学面を有し、
前記絞りよりも物体側に配置された正の曲率半径を有する 3 面以上の光学面乃至は前記絞りよりも像側に配置された負の曲率半径を有する 3 面以上の光学面のうちいずれか 1 面以上の光学面に、前記反射防止膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 11】

前記複数の光学素子は、6 個以上の光学素子からなることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 12】

前記反射防止膜は、変倍の際に移動する光学素子のうちの 1 面に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 13】

前記反射防止膜は、防振の際に移動する光学素子のうちの 1 面に形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の光学系。

10

20

30

40

50

【請求項 14】

前記機構は、前記反射防止膜が設けられた光学面を備える光学素子を移動させることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 15】

前記反射防止膜は、波長 430 nm から 670 nm の範囲で、
入射角 0 から 60° の光線に対する反射率が 5.0% 以下であり、
入射角が 0 から 45° の光線に対する反射率が 1.0% 以下、であり、
入射角が 0° の光線に対する反射率が 0.2% 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 16】

前記反射防止膜において、前記第 1 の層の波長 550 nm における屈折率は、1.11 以上 1.26 以下であり、
前記反射防止膜の膜厚は、105 nm 以上 140 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 15 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 17】

前記鎖状シリカにおけるシリカ粒子の平均粒径は、5 nm 以上 25 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 16 のうちいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 18】

前記鎖状シリカにおけるシリカ粒子の平均粒径は、5 nm 以上 15 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 17 のうちいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 19】

前記鎖状シリカにおけるシリカ粒子の平均粒径は、5 nm 以上 10 nm 未満であることを特徴とする請求項 1 乃至 18 のうちいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 20】

前記第 1 の層は、その表面または層内にフッ素樹脂を形成または含有していることを特徴とする請求項 1 乃至 19 のいずれか一項に記載の光学系。

【請求項 21】

請求項 1 乃至 20 のうちいずれか一項に記載の光学系と、
該光学系からの光を受光する撮像素子とを有することを特徴とする光学装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、光学系、光学装置に関する。特に、結像面に対して移動する機構を有する光学系であって、少なくとも一面の光学面に酸化ケイ素微粒子が数個から数十個鎖状に連なった粒子を有する反射防止膜を用いた光学系、光学装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年の光学系は、カメラの高画質化やズーム倍率、明るさなどのスペック向上に伴い、レンズ枚数が増加してきており、その結果として、レンズ表面の反射に起因するフレアやゴーストなどの有害光が発生しやすい。とりわけズーム倍率の大きな光学系では、変倍に伴いレンズが大きく移動するレンズ群を有するため、特定の倍率で有害光が発生しやすい。

【0003】

有害光を抑制する手段として、従来からレンズ表面には反射防止膜が設けられ、最表面に低屈折率材料を用いることで反射防止性能を向上した反射防止膜が提案されている。

【0004】

特許文献 1 には、1～7 層の誘電体薄膜層の上に中空シリカ粒子を含有する低屈折率層を形成することで、高性能を実現した反射防止膜が提案されている。しかし特許文献 1 の中空シリカ粒子は、平均粒径 5 nm 以上 100 nm 以下であれば良いと記載されているのみである。

10

20

30

40

50

【0005】

また、特許文献2にも、同じく中空シリカ微粒子を用いた反射防止膜が開示されている。特許文献2では、実施例において具体的に、触媒化成工業(株)製の平均粒子径60nmの中空シリカ微粒子を用いた旨の記載がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2015-222450号公報

【特許文献2】特開2004-258267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、中空シリカ微粒子は、シリカ(SiO₂)の外殻に内包された空気からなるカプセル状の粒子であるため、屈折率を維持して粒子径を小さくするためには、外殻も同時に薄くする必要があり、例えば粒径を40nm以下とするのは困難である。

【0008】

また、特許文献1の図2~4、特許文献2の図2、3には、中空微粒子が規則的かつ最密に積層された図が記載されている。しかしながら、曲率を有するレンズ表面上に規則的に配列することは難しく、また、できたとしても不連続な値となり、任意の膜厚が設定できない、という課題が発生する。粒子をバインダーなどの材料に含有させて用いた場合は、任意の膜厚が設定できる可能性もあるが、粒子が存在しない領域、すなわち屈折率の高い領域が存在することになり、低屈折率膜の効果が低減してしまう。

【0009】

また、特許文献2の図4に記載されているように、粒径60nmの粒子が不規則に配列して表面凹凸を形成した場合、入射光が散乱しフレアが増大する、という課題も発生する。

【0010】

このような状況を鑑みて本発明は、結像面に対し少なくとも一部のレンズが結像面に対して移動する機構を有する光学系において、有害光の発生を抑制した高品位な光学系、光学装置を提供すること、を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一側面としての光学系は、複数の光学素子と、該複数の光学素子のうち少なくとも一つを移動させる機構とを有し、前記複数の光学素子のうち少なくとも一つは、反射防止膜が設けられた光学面を備え、前記反射防止膜は、鎖状シリカを含む第1の層と、該第1の層と前記光学面との間に設けられた第2の層とを有し、該第2の層は、互いに異なる材料から成る2層以上の誘電体層を含む、3層以上18層以下の誘電体層で構成されることを特徴とする。

【0012】

本発明の他の目的及び特徴は、以下の実施例において説明される。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、結像面に対し少なくとも一部のレンズが結像面に対して移動する機構を有する光学系において、フレアやゴーストなどの有害光の発生を抑制した高品位な光学系、光学装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の光学系(一例)の断面図。

【図2】本発明の光学系に適用される反射防止膜の模式断面図。

【図3】本発明の反射防止膜に用いられる微粒子の模式図。

10

20

30

40

50

【図4】本発明実施例1の光学系の断面図。

【図5】本発明実施例1の光学系に適用される反射防止膜の分光反射率特性。

【図6】本発明実施例2の光学系の断面図。

【図7】本発明実施例2の光学系に適用される反射防止膜の分光反射率特性。

【図8】本発明実施例3の光学系の断面図。

【図9】本発明実施例3の光学系に適用される反射防止膜の分光反射率特性。

【図10】本発明実施例1～3のいずれかの光学系を備える光学装置のブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

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。

10

【0016】

本発明の光学系は、合焦、変倍、防振のいずれかあるいはすべての機能を発現するために、少なくとも一つのレンズが結像面に対し移動する機構14を有している。図1は、本発明の光学系の一例であり、光学系11は、6個の光学素子(レンズ1～6)から構成されており、すべてのレンズが像面に対して移動することで、合焦を行うタイプの撮影レンズである。

【0017】

また、本発明の光学系は、少なくとも1面のレンズ面に反射防止膜が形成されている。図2は、本発明に用いる反射防止膜の模式断面図である。図2において、21は光学素子基板(レンズ)であり、表面近傍を拡大表示している。模式的に平面としているが、レンズ面(曲面)でも良い。

20

【0018】

22は本発明に用いられる反射防止膜であり、下地層23(第2の層)と最表面に形成された低屈折率層24(第1の層)とからなる。

【0019】

下地層23は、単層ないし多層の誘電体薄膜層(誘電体層)である。

【0020】

低屈折率層24は、直径が5～40nmのシリカ(酸化珪素)粒子(もしくは、シリカを主成分とする粒子)が数個から数十個連なり、20nm～300nmの平均長さを持った鎖状粒子(鎖状シリカ)を有する、膜厚が70～280nmの薄膜層である。また、低屈折率層24は、鎖状粒子のみでも良いが、鎖状粒子が樹脂やシリカ系などのバインダーで固められた膜であってもよい。低屈折率層24は、波長550nmにおける屈折率が、1.10～1.28の範囲の値を有している。

30

【0021】

図3は、低屈折率層24が含有する鎖状粒子の模式図である。図3に示した鎖状粒子は、本発明の反射防止膜における低屈折率層24に用いられる以前の、材料段階の図である。鎖状粒子を構成する粒子は、平均粒径(平均直径)Dが5～40nmのシリカ粒子であり、それが数個から数十個連結した形状となっている。シリカ粒子の粒径は必ずしも均一である必要はなく、例えば10～15nmの範囲や、18～25nmの範囲といったように、あるばらつき範囲を持っていても差し支えない。また粒子は完全に球状である必要もなく、歪んでいても構わない。

40

【0022】

本発明に使用する低屈折率膜は、例えば、このような鎖状粒子を液体(溶媒やバインダー材料)に添加したものを塗布することで形成することができる。塗布方法としては、スピンコート法やディップコート法、スプレーコート法など、あらゆる湿式塗布法が適用可能であるが、曲率を有するレンズ表面に均一な膜厚で形成する観点から、スピンコート法が好ましい。

【0023】

また通常のシリカは、1.4～1.5程度の屈折率を有しているが、本発明に使用する鎖状粒子は、粒子自体がナノオーダーのサイズであることや、ポーラスな状態であること

50

から屈折率が低い状態となっている。そのため、樹脂や無機物からなるバインダーで固めた場合でも、膜としての屈折率が1.10～1.28の範囲を実現できる。

【0024】

さらに平均粒径Dが40nm以下、すなわち可視光の最短波長の10分の1程度のオーダーである。そのため、粒子がランダムに積層されていたり、表面に粒子の凹凸が形成された場合でも、散乱や回折などによる不要光はほとんど発生しない。

【0025】

鎖状粒子の平均粒径Dは、40nm以下であれば問題ないが、25nm以下であることがより望ましく、15nm以下であるとさらに良いが、10nmより小さいとさらに好ましい。

【0026】

従って、本発明に使用する反射防止膜22は、散乱によるフレアを発生させることがなく、粒径が40nm以上のサイズの粒子を使用する場合に比べ、膜厚も任意の値に調整可能である。

【0027】

また、低屈折率層24は、波長550nmにおける屈折率が、1.11以上1.26以下であることがより好ましく、さらに、反射防止膜22の膜厚は、105nm以上140nm以下であることがより好ましい。

【実施例1】

【0028】

図4は、本発明実施例1の光学系の断面図である。

【0029】

光学系11は、6個のレンズから構成されており、すべてのレンズが像面に対して移動することで、合焦を行うタイプの光学系である。

【0030】

12は開口絞りであり、13は結像面（撮像素子（イメージセンサ）ないしはフィルム）である。

【0031】

本実施例の光学系は、入射光の一部が第4レンズ20bの物体側面で反射し、その反射光が第3レンズ20aの像側面で再度反射することで、不要光（ゴースト）となって像面に到達する場合がある。レンズの設計段階において、収差性能を維持しつつ、各レンズの硝材、曲率半径、面間隔を見直すことで、不要光を像面から逸らしたり、大きなスポット径に発散させることで、写真として実害のない状態に制御することは、ある程度可能である。

【0032】

しかしながら、特定の合焦位置では問題なくても、至近から無限まで合焦のためにレンズが移動する過程において、像面に到達する光束の状態が変化し、フレアやゴースト光となってしまう場合がある。とくに近年、従来は静止画像のみを撮影していたデジタル一眼レフカメラなどで、動画（ムービー）撮影する機能が普及してきている。静止画像を撮影する場合は、ファインダーや液晶画面で画像を確認しながら撮影すれば、撮影者がフレアやゴーストを回避することができた。しかし、動画撮影において合焦や変倍、防振機能によって不意にゴーストが現れる場合、瞬時に対処することは困難である。

【0033】

さらにデジタルカメラの新しい機能として、HDR撮影（High Dynamic Range撮影）なども普及してきており、露出量が多い、すなわちフレアやゴーストの出やすい画像を撮影する確率が高くなってきている。したがって、近年のカメラ用レンズはフレアやゴーストを防止する対策が従来よりも高度に求められている。

【0034】

ここで、フレアとは像面に到達する不要光が比較的広く分布して像面に到達した場合に発生し、撮影した写真全体に、もやがかかったような状態を指す。ゴーストとは像面に到

10

20

30

40

50

達する光束が比較的狭い領域に収束することで発生する不要光であり、反射したレンズ面の反射分光特性に起因する色味が発現している場合が多い。

【0035】

そこで本実施例の光学系は、第3レンズ20aの像側面(図中破線で示す)に、平均粒径Dが18~25nmの鎖状シリカ粒子(日産化学工業株式会社製スノーテックス)を用い、屈折率1.252、膜厚115.0nmの低屈折率層を有する反射防止膜を形成した。

【0036】

本実施例に使用した反射防止膜の膜設計値を表1に、反射率特性を図5に示す。

【0037】

表1に示したとおり、第3レンズは株式会社オハラ製のS-TIM25からなるレンズであり、下地層は、真空蒸着で形成したアルミナ(Al_2O_3)およびジルコニア(ZrO_2)を交互に6層形成した誘電体薄膜層である。

【0038】

図5は横軸を波長、縦軸を反射率とした分光反射率特性であるが、(a)は縦軸のフルスケールが5%となっており、(b)はフルスケールを1%に拡大したものである。図5を見て分かるとおり、可視域全域で入射角30°の光線に対してはほぼ0.1%以下、入射角45°の光線に対しても0.5%以下という高い反射防止性能を実現している。

【0039】

また、平均粒径25nm以下の鎖状シリカ粒子を用いたことで散乱などの有害光も発生しない。

【0040】

そのため、本実施例の光学系は合焦時にレンズが像面に対して移動しても、フレアやゴーストの発生を良好に抑制した高品位な光学系を実現している。

【0041】

本実施例1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良い。

【0042】

【表1】

No.	n(550nm)	d(nm)	備考
7	1.252	115.0	低屈折率層
6	2.038	19.0	下地層
5	1.651	42.0	
4	2.038	65.1	
3	1.651	26.7	
2	2.038	21.7	
1	1.651	169.0	
基板	1.677	—	S-TIM25

【実施例2】

【0043】

図6は、本発明実施例2の光学系の断面図である。

【0044】

光学系11は、ズームレンズであり、物体側より順に正の屈折力の第1レンズ群(L1)、負の屈折力の第2レンズ群(L2)、正の屈折力の第3レンズ群(L3)そして正の

屈折力の第4レンズ群(L4)の4つのレンズ群を有している。広角端から望遠端へのズームングにおいては、第1レンズ群と第2レンズ群の間隔が広く、第2レンズ群と第3レンズ群の間隔が狭くなるように、第2レンズ群と第3レンズ群とが光軸上を移動する。

【0045】

また、前記第1レンズ群は物体側より正の屈折力の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の第1bレンズ群(L1b)とで構成されている。そして、無限遠物体から至近距離物体へのフォーカシングに際しては、前記第1bレンズ群を物体側に光軸上移動させて行う光学系である。

【0046】

本実施例の設計値およびズームングの際のレンズ面間隔を、数値実施例1に示す。

10

【0047】

本実施例の光学系では、ズームングの際に第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が困難である。そこで本実施例の光学系においては、第5レンズ20aの像側面(図中破線で示す)に平均粒径Dが10~15nmの鎖状シリカ粒子(日産化学工業株式会社製スノーテックス)を用い、屈折率1.202、膜厚122.3nmの低屈折率層を有する反射防止膜を形成した。

【0048】

本実施例に使用した反射防止膜の膜設計値を表2に、分光反射率特性を図7に示す。

【0049】

20

表2に示したように、第5レンズは株式会社オハラ製のS-LAH65Vからなるレンズであり、下地層は、真空蒸着で形成したアルミナ(Al_2O_3)および5酸化タンタル(Ta_2O_5)を交互に6層形成した誘電体薄膜層である。

【0050】

図7を見て分かるとおり、可視域全域で入射角0~30°の光線に対してはほぼ0.1%以下、入射角45°の光線に対しては0.5%以下、入射角60°の光線に対しては2.5%以下という高い反射防止性能を実現している。

【0051】

また、平均粒径15nm以下の鎖状シリカ粒子を用いたことで散乱などの有害光も発生しない。

30

【0052】

そのため、本実施例の光学系はズームングの際にレンズが像面に対して移動しても、フレアやゴーストの発生を良好に抑制した高品位な光学系を実現することができる。

【0053】

なお、本実施例では、第5レンズ20aの像側面に反射防止膜を形成しているが、絞り12よりも物体側に配置された正の曲率半径を有する3面以上のレンズ面と、絞り12よりも像側に配置された負の曲率半径を有する3面以上のレンズ面があればよく、これらレンズ面のうちいずれか1面以上に反射防止膜が形成されていけばよい。

【0054】

ここで、あるレンズ面の曲率半径が正とは、その曲率中心が像側にある場合をいい、あるレンズ面の曲率半径が負とは、その曲率中心が物体側にある場合をいう。

40

[数値実施例1]

(a)

f = 72.04 ~ 194.61 [mm]		Fno. = 4.1 ~ 4.1		2 ω = 33.4 ~ 12.7°			
R 1 =	154.199	D 1 =	3.70	N 1 =	1.487490	ν 1 =	70.2
R 2 =	439.052	D 2 =	13.58				
R 3 =	101.882	D 3 =	2.10	N 2 =	1.721507	ν 2 =	29.2
R 4 =	59.950	D 4 =	0.06				
R 5 =	60.744	D 5 =	5.85	N 3 =	1.496999	ν 3 =	81.5
R 6 =	354.564	D 6 =	0.15				
R 7 =	84.761	D 7 =	5.00	N 4 =	1.496999	ν 4 =	81.5
R 8 =	-1942.711	D 8 =	可変				
R 9 =	-209.243	D 9 =	1.40	N 5 =	1.804000	ν 5 =	46.6
R10 =	36.605	D10 =	4.00				
R11 =	-74.331	D11 =	1.40	N 6 =	1.516330	ν 6 =	64.1
R12 =	37.493	D12 =	3.90	N 7 =	1.846658	ν 7 =	23.9
R13 =	∞	D13 =	1.42	N 8 =		ν 8 =	
R14 =	-63.504	D14 =	1.40		1.749497		35.3
R15 =	-164.753	D15 =	可変				
R16 =	193.017	D16 =	5.80	N 9 =	1.622992	ν 9 =	58.2
R17 =	-29.975	D17 =	1.50	N10 =	1.762001	ν 10 =	40.1
R18 =	-67.214	D18 =	可変				
R19 =	絞り	D19 =	1.20				
R20 =	38.745	D20 =	4.80	N11 =	1.603112	ν 11 =	60.6
R21 =	-656.147	D21 =	0.20				
R22 =	36.505	D22 =	5.00	N12 =	1.496999	ν 12 =	81.5
R23 =	-153.290	D23 =	1.94	N13 =	1.806098	ν 13 =	40.9
R24 =	36.711	D24 =	32.60				
R25 =	-771.749	D25 =	3.50	N14 =	1.603112	ν 14 =	60.6
R26 =	-62.378	D26 =	8.66				
R27 =	-27.517	D27 =	1.60	N15 =	1.696797	ν 15 =	55.5
R28 =	-62.646	D28 =	0.15				
R29 =	111.026	D29 =	3.00	N16 =	1.592701	ν 16 =	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。

ν はアッベ数。

(b)

可変間隔 \ 焦点距離	焦点距離		
	72.04	118.41	194.61
D 8=	1.90	24.24	38.67
D 15=	28.62	19.02	1.85
D 18=	15.40	2.65	5.39

※ 単位 : mm

【 0 0 5 5 】

10

20

30

40

【表 2】

No.	n (550nm)	d (nm)	備考
7	1.202	122.3	低屈折率層
6	2.127	11.1	下地層
5	1.651	54.9	
4	2.127	63.2	
3	1.651	19.4	
2	2.127	27.3	
1	1.651	163.0	
基板	1.808	—	S-LAH65V

10

【実施例 3】

【0056】

図 8 は、本発明実施例 3 の光学系の断面図である。

【0057】

20

光学系 11 は、望遠レンズであり、図中 IS で示したレンズ群が光軸垂直方向に偏心することで、防振（手振れ補正）する機構を備えた光学系である。

【0058】

本実施例の光学設計値を数値実施例 2 に示す。

【0059】

本実施例のような光学系では、防振機能が作動した際、IS で示したレンズ群内のレンズ面の反射によって発生するゴーストも撮影画像内で移動することになる。ゴースト光は通常、レンズ中心と光源位置を結んだ 2 点の延長線上に一列に配列する。

【0060】

しかし、IS 機構によりレンズが偏心した場合、その延長線上から外れることになり、著しく目立ち、撮影画像の品位を低下させる。また、動画撮影時に IS 機能が作動し続けた場合、撮影した映像内でゴーストが動き続けることとなり、この場合も非常に目立つばかりでなく、撮影した映像の品位を低下させてしまう。

30

【0061】

そこで本実施例の光学系においては、第 12 レンズ 20 a 物体側面（図中破線で示す）に平均粒径 D が 8 ~ 12 nm の鎖状シリカ粒子を用い、屈折率 1.112、膜厚 123.0 nm の低屈折率層を有する反射防止膜を形成した。

【0062】

本実施例に使用した反射防止膜の膜設計値を表 3 に、分光反射率特性を図 9 に示す。

【0063】

40

表 3 に示したように、第 12 レンズは株式会社オハラ製の S-LAH60 からなるレンズであり、下地層は、真空蒸着で形成したアルミナ (Al_2O_3)、5 酸化タンタル (Ta_2O_5)、シリカ (SiO_2) からなる合計 6 層の誘電体薄膜層を形成した。

【0064】

図 9 を見て分かるとおり、可視域全域で入射角 0 ~ 30° の光線に対してはほぼ 0.2% 以下、入射角 45° の光線に対してはほぼ 0.6% 以下、入射角 60° の光線に対してはほぼ 3.0% 以下という高い反射防止性能を実現している。

【0065】

また、平均粒径 12 nm 以下の鎖状シリカ粒子を用いたことで散乱などの有害光も発生しない。

50

【 0 0 6 6 】

そのため、本実施例の光学系は防振の際にレンズが像面に対して移動しても、フレアやゴーストの発生を良好に抑制した高品位な光学系を実現することができる。

【 0 0 6 7 】

実施例 1 ~ 3 では、光学系を示したが、それぞれデジタルカメラなどに用いることで、高品位な画像が取得可能な光学系を備えた光学装置 1 0 (撮像装置) を実現できる (図 1 0)。

【 0 0 6 8 】

また、実施例 1 ~ 3 では、下地層として 6 層からなる誘電体薄膜層を用いたが、本発明はこれに限定されず、3 ~ 1 8 層の範囲で任意に設定可能である。

10

【 0 0 6 9 】

さらに、実施例 1 ~ 3 では、光学系中のそれぞれ 1 面に低屈折率層を有する反射防止膜を形成したが、本発明はこれに限定されず、複数の面に適用することができる。

【 0 0 7 0 】

本発明に用いた反射防止膜は、平均粒径が 4 0 n m 以下の鎖状シリカ粒子を用いたことで、散乱や回折などの不要光が発生しないため、複数面に用いても光学系、光学装置への悪影響がない。

【 0 0 7 1 】

本発明に用いた低屈折率層は、ポーラス (多孔質) な材料によって低屈折率を実現している。そのため、空隙中に水分や油分が吸着すると、性能悪化の原因となる。そうした懸念がある状況で用いられる場合は、表面ないし膜中にフッ素樹脂を形成、含有させると良い。

20

[数 値 実 施 例 2]

【 0 0 7 2 】

$f = 294.99$ [mm] $F_{no.} = 2.9$ $2\omega = 8.38^\circ$

R 1 =	285.181	D 1 =	10.70	N 1 =	1.487490	ν 1 =	70.2
R 2 =	-365.280	D 2 =	45.00				
R 3 =	77.200	D 3 =	19.00	N 2 =	1.433870	ν 2 =	95.1
R 4 =	-201.628	D 4 =	0.12				
R 5 =	-211.919	D 5 =	3.10	N 3 =	1.654120	ν 3 =	39.7
R 6 =	185.490	D 6 =	0.74				
R 7 =	68.270	D 7 =	9.50	N 4 =	1.433870	ν 4 =	95.1
R 8 =	241.309	D 8 =	4.51				
R 9 =	49.323	D 9 =	5.00	N 5 =	1.516330	ν 5 =	64.1
R10 =	36.974	D10 =	18.45				
R11 =	-366.928	D11 =	4.05	N 6 =	1.922860	ν 6 =	18.9
R12 =	-98.774	D12 =	2.40	N 7 =	1.749500	ν 7 =	35.3
R13 =	101.913	D13 =	29.58				
R14 =	絞り	D14 =	5.56				
R15 =	153.525	D15 =	1.33	N 8 =	1.846660	ν 8 =	23.8
R16 =	52.297	D16 =	5.67	N 9 =	1.651600	ν 9 =	58.5
R17 =	-178.690	D17 =	10.22				
R18 =	80.489	D18 =	3.59	N10 =	1.846660	ν 10 =	23.8
R19 =	-117.581	D19 =	1.80	N11 =	1.729160	ν 11 =	54.7
R20 =	38.409	D20 =	5.45				
R21 =	-114.990	D21 =	1.70	N12 =	1.834000	ν 12 =	37.2
R22 =	105.792	D22 =	4.62				
R23 =	83.144	D23 =	3.75	N13 =	1.805180	ν 13 =	25.4
R24 =	-362.882	D24 =	3.23				
R25 =	118.635	D25 =	5.83	N14 =	1.749500	ν 14 =	35.3
R26 =	-68.316	D26 =	1.61	N15 =	1.922860	ν 15 =	18.9
R27 =	-658.596	D27 =	6.39				
R28 =	∞	D28 =	2.00	N16 =	1.516000	ν 16 =	64.1
R29 =	∞						

10

20

30

※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。

ν はアッベ数。

【 0 0 7 3 】

【表 3】

No.	n (550nm)	d (nm)	備考
7	1.112	123.0	低屈折率層
6	1.487	59.1	下地層
5	1.651	45.7	
4	2.127	40.8	
3	1.651	25.2	
2	2.127	29.4	
1	1.651	164.1	
基板	1.839	—	S-LAH60

10

【0074】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、複数の実施例のそれぞれの少なくとも一部を組み合わせもよい。

20

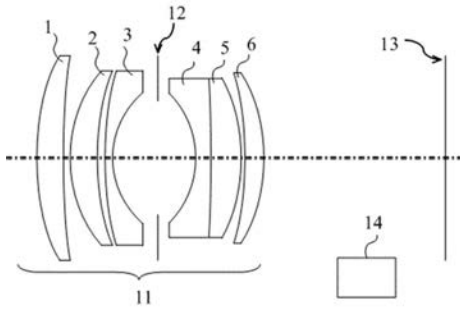
【符号の説明】

【0075】

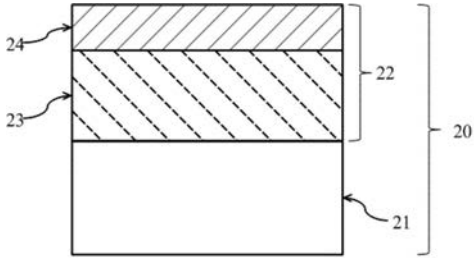
- 1 1 光学系
- 1 3 結像面（撮像素子）
- 2 0 光学素子
- 2 1 基板（レンズ）
- 2 2 反射防止膜
- 2 3 下地層（第2の層）
- 2 4 低屈折率層（第1の層）

30

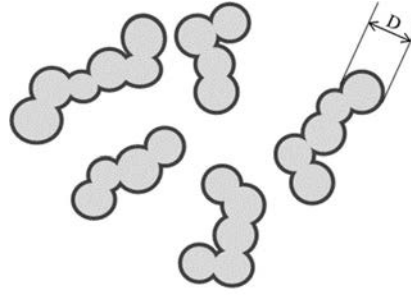
【 図 1 】



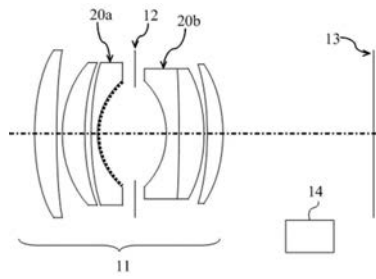
【 図 2 】



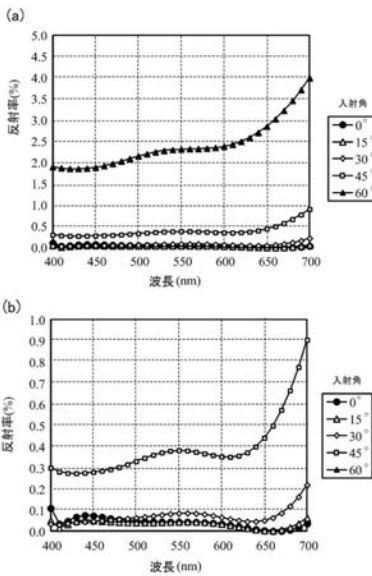
【 図 3 】



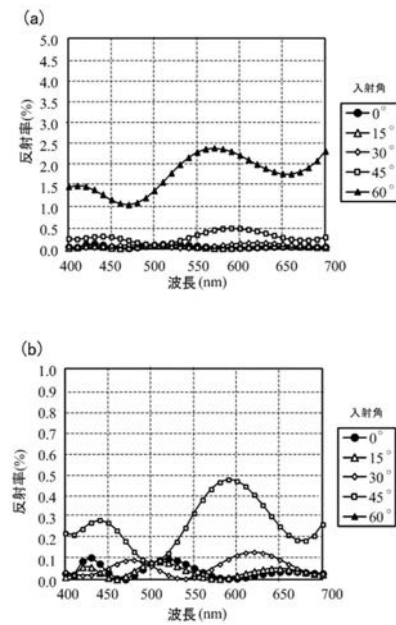
【 図 4 】



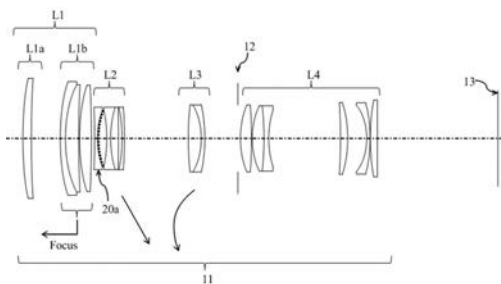
【 図 5 】



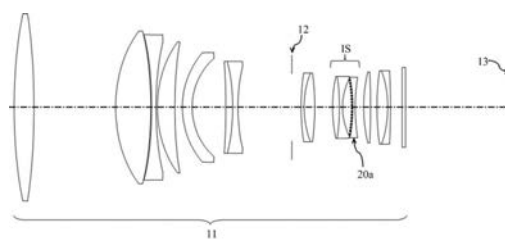
【 図 7 】



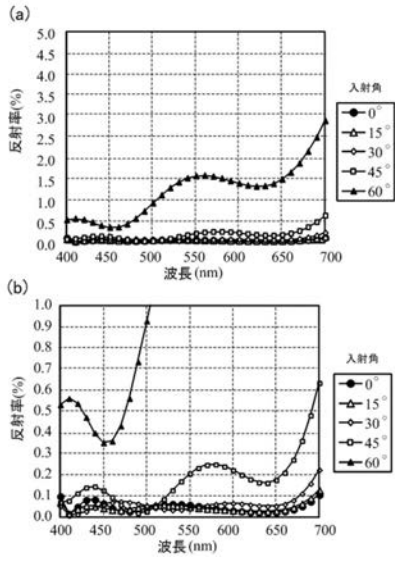
【 図 6 】



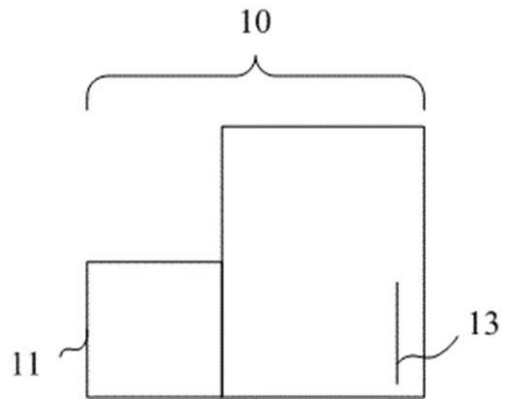
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA01 LA02 LA06 MA12 MA18 NA07 NA18 PA05 PA11 PA13
PA16 PA18 PA20 PB06 PB15 PB16 QA02 QA05 QA07 QA12
QA14 QA21 QA22 QA25 QA26 QA32 QA33 QA37 QA41 QA42
QA45 QA46 RA32 RA44 SA23 SA27 SA29 SA32 SA63 SA64
SA72 SA75 SB05 SB15 SB23 SB37
2K009 AA07 CC03 CC09 CC21 CC26