

(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2012-123122

(P2012-123122A)

(43) 公開日 平成24年6月28日(2012.6.28)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/04 (2006.01)	G 0 2 B 13/04	2 H 0 8 7
G 0 2 B 1/11 (2006.01)	G 0 2 B 1/10 A	2 K 0 0 9

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2010-272975 (P2010-272975)	(71) 出願人	000004112
(22) 出願日	平成22年12月7日 (2010. 12. 7)		株式会社ニコン
			東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
		(74) 代理人	100077919
			弁理士 井上 義雄
		(74) 代理人	100153899
			弁理士 相原 健一
		(72) 発明者	田中 一政
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内
		(72) 発明者	毛利 元壽
			東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
			式会社ニコン内

最終頁に続く

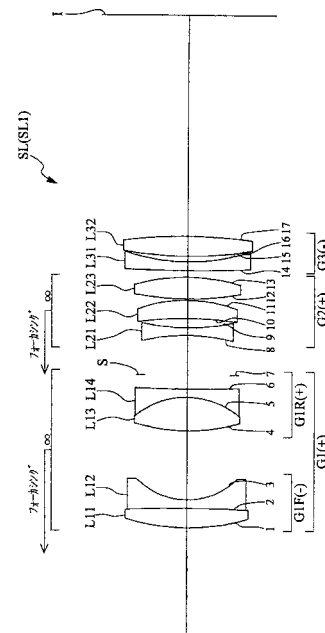
(54) 【発明の名称】 撮影レンズ、この撮影レンズを備える光学機器、及び、撮影レンズの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 光学系が単純且つ小型で、良好な結像性能を得る撮影レンズ、これを備える光学機器、撮影レンズの製造方法の提供。

【解決手段】 デジタル一眼レフカメラ1等に搭載される撮影レンズSLを、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、で構成する。無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群G1及び第2レンズ群G2が、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動する。第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、正の屈折力を有する後群G1Rとから構成し、前群G1Fは物体側より順に、正レンズL11と負レンズL12とで構成し、第1レンズ群G1から第3レンズ群G3における光学面のうち少なくとも1面にウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含む反射防止膜が設けてある。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側より順に、
 正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、
 開口絞りと、
 正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、
 負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、を有し、
 無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、前記第 1 レンズ群及び前記第 2 レンズ群が、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動し、
 前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、
 負の屈折力を有する前群と、
 正の屈折力を有する後群と、を有し、
 前記前群は、物体側より順に、正レンズと負レンズとから構成され、
 前記第 1 レンズ群から前記第 3 レンズ群における光学面のうち少なくとも 1 面に反射防止膜が設けられ、前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも 1 層含むことを特徴とする撮影レンズ。

10

【請求項 2】

前記反射防止膜は多層膜であり、
 前記ウェットプロセスを用いて形成された層は、前記多層膜を構成する層のうち最も表面側の層であることを特徴とする請求項 1 に記載の撮影レンズ。

20

【請求項 3】

前記ウェットプロセスを用いて形成された層の屈折率を n_d としたとき、 n_d は 1.30 以下であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮影レンズ。

【請求項 4】

前記反射防止膜が設けられた前記光学面は、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群の少なくとも 1 面であり、当該光学面は、開口絞りから見て凹形状の面であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

【請求項 5】

前記凹形状の面は、像面側のレンズ面であることを特徴とする請求項 4 に記載の撮影レンズ。

30

【請求項 6】

前記凹形状の面は、物体側のレンズ面であることを特徴とする請求項 4 に記載の撮影レンズ。

【請求項 7】

前記反射防止膜が設けられた前記光学面は、前記第 3 レンズ群の少なくとも 1 面であり、当該光学面は、像面から見て凹形状の面であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

【請求項 8】

前記凹形状の面は、像面側のレンズ面であることを特徴とする請求項 7 に記載の撮影レンズ。

40

【請求項 9】

前記凹形状の面は、物体側のレンズ面であることを特徴とする請求項 7 に記載の撮影レンズ。

【請求項 10】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

$$1.38 < (-f_{1F}) / f_{1R} < 3.00$$

但し、

f_{1F} ：前記前群の焦点距離、

f_{1R} ：前記後群の焦点距離。

50

【請求項 1 1】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

$$0.50 < f_{1R} / f < 1.20$$

但し、

f_{1R} ：前記後群の焦点距離、

f ：全系の無限遠合焦時の焦点距離

【請求項 1 2】

合焦に際し、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が変化することを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

10

【請求項 1 3】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

$$4.00 < (-f_3) / f_1 < 10.00$$

但し、

f_1 ：前記第 1 レンズ群の焦点距離、

f_3 ：前記第 3 レンズ群の焦点距離

【請求項 1 4】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

20

$$0.20 < d / f < 0.33$$

但し、

d ：前記前群の最も像側のレンズ面と前記後群の最も物体側のレンズ面との光軸上の空気間隔、

f ：全系の無限遠合焦時の焦点距離

【請求項 1 5】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

$$0.40 < (-f_{1Fn}) / f < 0.90$$

但し、

f_{1Fn} ：前記前群を構成する前記負レンズの焦点距離、

f ：全系の無限遠合焦時の焦点距離。

30

【請求項 1 6】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 5 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

$$0.60 < X_1 / f < 0.90$$

但し、

X_1 ：無限遠から最至近の物点に合焦する際の前記第 1 レンズ群の光軸上の移動量の絶対値、

f ：全系の無限遠合焦時の焦点距離。

40

【請求項 1 7】

以下の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 6 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

$$0.70 < X_2 / f < 0.90$$

但し、

X_2 ：無限遠から最至近の物点に合焦する際の前記第 2 レンズ群の光軸上の移動量の絶対値、

f ：全系の無限遠合焦時の焦点距離。

【請求項 1 8】

前記前群、前記後群、及び前記第 2 レンズ群の少なくとも一つの群内に、非球面レンズ

50

を有することを特徴とする請求項 1 から 17 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズ。

【請求項 19】

請求項 1 から 18 のいずれか 1 項に記載の撮影レンズを備えたことを特徴とする光学機器。

【請求項 20】

物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、を有する撮影レンズの製造方法であって、

無限遠物点から至近物点に合焦する際に、前記第 1 レンズ群及び前記第 2 レンズ群が、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動するように配置し、

10

前記第 1 レンズ群は、物体側より順に、

負の屈折力を有する前群と、

正の屈折力を有する後群と、を有し、

前記前群は物体側より順に正レンズと負レンズとから構成され、

前記第 1 レンズ群から前記第 3 レンズ群における光学面のうち少なくとも 1 面に反射防止膜が設けられ、前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも 1 層含むことを特徴とする撮影レンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、撮影レンズ、この撮影レンズを備える光学機器、及び、撮影レンズの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、無限遠物点から近距離物点まで良好な結像性能を達成する光学系には、様々なレンズタイプが提案されている。例えば、4 群構成で内焦式の光学系（例えば、特許文献 1 参照）や 2 群構成の光学系（例えば、特許文献 2 参照）などが提案されている。また近年、このような無限遠物点から近距離物点まで良好な結像性能を達成する光学系に対しては、収差性能だけではなく、光学性能を損なう要因の一つであるゴーストやフレアに関する要求も厳しさを増しており、そのためレンズ面に施される反射防止膜にもより高い性能が要求され、要求に応えるべく多層膜設計技術や多層膜成膜技術も進歩を続けている（例えば、特許文献 3 参照）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2009-63715 号公報

【特許文献 2】特開 2007-86308 号公報

【特許文献 3】特開 2000-35670 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

しかしながら、4 群構成では群数が多いため光学系が大型化し易い。また、2 群構成では光学系は小型化し易いが、合焦に必要な移動量が大きくなるという問題があった。それと同時に、このような撮影レンズにおける光学面からは、ゴーストやフレアとなる反射光が発生しやすいという問題があった。

【0005】

本発明はこのような問題に鑑みてなされたものであり、光学系を小型化しつつ、ゴーストやフレアをより低減させ、無限遠物点から近距離物点まで良好な結像性能を得ることが可能な撮影レンズ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】

50

【0006】

前記課題を解決するために、本発明は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、を有し、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群及び第2レンズ群が、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動し、第1レンズ群は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群と、を有し、前群は物体側より順に、正レンズと負レンズとから構成され、第1レンズ群から第3レンズ群における光学面のうち少なくとも1面に反射防止膜が設けられ、反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むことを特徴とする撮影レンズを提供する。

【0007】

また、本発明は、前記撮影レンズを備えたことを特徴とする光学機器を提供する。

【0008】

また、本発明は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、を有する撮影レンズの製造方法であって、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群及び第2レンズ群が、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動するように配置し、第1レンズ群は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群と、を有し、前群は物体側より順に正レンズと負レンズとから構成され、第1レンズ群から第3レンズ群における光学面のうち少なくとも1面に反射防止膜が設けられ、反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むことを特徴とする撮影レンズの製造方法を提供する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、光学系を小型化しつつ、ゴーストやフレアをより低減させ、無限遠物点から近距離物点まで良好な結像性能を得ることができる撮影レンズと、この撮影レンズを備えた光学機器及びこの撮影レンズの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1実施例にかかる撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図2】第1実施例にかかる撮影レンズの諸収差図であり、(a)は無無限遠合焦状態の諸収差図、(b)は最至近撮影距離状態の諸収差図である。

【図3】第1実施例にかかる撮影レンズの構成を示す断面図であって、入射した光線が第1番目のゴースト発生面と第2番目のゴースト発生面で反射する様子の一例を説明する図である。

【図4】第2実施例にかかる撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図5】第2実施例にかかる撮影レンズの諸収差図であり、(a)は無無限遠合焦状態の諸収差図、(b)は最至近撮影距離状態の諸収差図である。

【図6】第3実施例にかかる撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図7】第3実施例にかかる撮影レンズの諸収差図であり、(a)は無無限遠合焦状態の諸収差図、(b)は最至近撮影距離状態の諸収差図である。

【図8】第4実施例にかかる撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図9】第4実施例にかかる撮影レンズの諸収差図であり、(a)は無無限遠合焦状態の諸収差図、(b)は最至近撮影距離状態の諸収差図である。

【図10】第5実施例にかかる撮影レンズの構成を示す断面図である。

【図11】第5実施例にかかる撮影レンズの諸収差図であり、(a)は無無限遠合焦状態の諸収差図、(b)は最至近撮影距離状態の諸収差図である。

【図12】本実施形態にかかる撮影レンズを搭載するデジタル一眼レフカメラの断面図を示す。

【図13】本実施形態にかかる撮影レンズの製造方法を説明するためのフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 4】 反射防止膜の層構造の一例を示す説明図である。

【図 1 5】 反射防止膜の分光特性を示すグラフである。

【図 1 6】 変形例に係る反射防止膜の分光特性を示すグラフである。

【図 1 7】 変形例に係る反射防止膜の、分光特性の入射角度依存性を示すグラフである。

【図 1 8】 従来技術で作成した反射防止膜の分光特性を示すグラフである。

【図 1 9】 従来技術で作成した反射防止膜の、分光特性の入射角度依存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、本願の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。まず、本実施形態にかかる撮影レンズ SL は、物体側より順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群とを有する。第 1 レンズ群は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群と、正の屈折力を有する後群とを有し、前群は、物体側より順に、正レンズと負レンズとを有している。

【0012】

そして、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、合焦レンズ群である第 1 レンズ群及び第 2 レンズ群を、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動させる。本実施形態に係る撮影レンズは、3 群構成で全長の小型化を図り、第 1 レンズ群と第 2 レンズ群とを独立に移動させることで、無限遠物点から近距離物点まで高い結像性能を得ることができる。また、合焦する際正の屈折力の 2 つのレンズ群を独立に移動させるため、各レンズ群の移動量を抑えつつ良好な結像性能を得ることができる。

また、第 1 レンズ群には、物体側に負の屈折力を有する前群を、像面側に正の屈折力を有する後群を配置することにより、物体と第 1 レンズ群との間隔を大きくすることができ、無限遠物点から近距離物点まで合焦する際の歪曲収差を良好に補正することができる。本実施形態にかかる撮影レンズは、前群を正レンズと負レンズとの 2 枚構成としたことで、無限遠物点から近距離物点までの合焦において、主に正レンズでコマ収差を補正し、負レンズで歪曲収差を補正して、良好な結像性能を達成することができる。

【0013】

また、本実施形態にかかる撮影レンズの第 1 レンズ群から第 3 レンズ群における光学面のうち少なくとも 1 面に反射防止膜が設けられ、この反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも 1 層含んでいる。このように構成することで、本実施形態にかかる撮影レンズは、物体からの光が光学面で反射されて生じるゴーストやフレアを低減することができ、高い結像性能を達成することができる。

【0014】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜は多層膜であり、前記ウェットプロセスを用いて形成された層は、多層膜を構成する層のうち最も表面の層であることが好ましい。このようにすれば、空気との屈折率差を小さくすることができるため、光の反射をより少なくすることが可能になり、ゴーストやフレアをさらに低減することができる。

【0015】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記ウェットプロセスを用いて形成された層の屈折率を n_d としたとき、屈折率 n_d が 1.30 以下であることが好ましい。このようにすれば、空気との屈折率差を小さくすることができるため、光の反射をより少なくすることが可能になり、ゴーストやフレアをさらに低減することができる。

【0016】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜が設けられた前記光学面は、前記第 1 レンズ群と第 2 レンズ群の少なくとも 1 面であり、当該光学面は、開口絞りから見て凹形状の面であることが好ましい。開口絞りから見て凹形状のレンズ面でゴーストが発生し易いため、このような面に反射防止膜を形成することでゴーストやフレアを効果的に低減することができる。

10

20

30

40

50

【0017】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜が設けられた前記凹形状の面は、像面側のレンズ面であることが好ましい。開口絞りから見て凹形状のレンズ面にゴーストが発生し易いため、このような面に反射防止膜を形成することでゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

【0018】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜が設けられた前記凹形状の面は、物体側のレンズ面であることが好ましい。開口絞りから見て凹形状のレンズ面にゴーストが発生し易いため、このような面に反射防止膜を形成することでゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

10

【0019】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜が設けられた前記光学面は、前記第3レンズ群の少なくとも1面であり、当該光学面は、像面から見て凹形状の面であることが好ましい。像面から見て凹形状のレンズ面にゴーストが発生し易いため、このようにすれば、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

【0020】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜が設けられた前記像面から見て凹形状の面は、像面側のレンズ面であることが好ましい。像面から見て凹形状のレンズ面にゴーストが発生し易いため、このような面に反射防止膜を形成することでゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

20

【0021】

また、本実施形態にかかる撮影レンズでは、前記反射防止膜が設けられた前記像面から見て凹形状の面は、物体側のレンズ面であることが好ましい。像面から見て凹形状のレンズ面にゴーストが発生し易いため、このような面に反射防止膜を形成することでゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

【0022】

なお、本実施形態にかかる撮影レンズでは、反射防止膜は、ウェットプロセスに限らず、ドライプロセス等により形成しても良い。この際、反射防止膜は屈折率が1.30以下となる層を少なくとも1層含むようにすることが好ましい。反射防止膜が、屈折率が1.30以下となる層を少なくとも1層含むようにすることで、反射防止膜をドライプロセス等で形成しても、ウェットプロセスを用いた場合と同様の効果を得ることができる。なおこの時、屈折率が1.30以下になる層は、多層膜を構成する層のうち最も表面側の層であることが好ましい。

30

【0023】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 1.38 < (-f1F) / f1R < 3.00$$

但し、 $f1F$ は前群の焦点距離、 $f1R$ は後群の焦点距離である。

【0024】

条件式(1)は、第1レンズ群の前群の焦点距離と、後群の焦点距離の比について、その適正な範囲を規定した条件式である。条件式(1)を満足することにより、近距離撮影時における物体とレンズまでの距離を大きくすることができ、歪曲収差等の諸収差を良好に補正することができる。

40

第1レンズ群は、前群、後群の屈折力配置を負正構成として、最も物体側に負の屈折力の前群を配置することにより、近距離撮影時において第1レンズ群を物体側に繰り出した際、物体と負の屈折力を有する前群との距離を大きくすることができるようになっている。

条件式(1)の上限値を上回ると、第1レンズ群での負の屈折力が弱まるため球面収差と像面湾曲は良好に補正できるが、近距離撮影時において物体とレンズまでの距離が短くなるとともに、負の歪曲収差が発生する。負の歪曲収差は特に至近距離撮影時において大きくなるので、結像性能上好ましくない。

50

なお、条件式(1)の上限値を2.80にすることにより、歪曲収差をより良好に補正して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(1)の上限値を2.50にすることにより、歪曲収差をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式(1)の下限値を下回ると、前群の屈折力が強くなり、第1レンズ群での負の屈折力が強まるため、無限遠物点から近距離物点まで合焦する際、球面収差と像面湾曲が補正不足になり、結像性能上好ましくない。

なお、条件式(1)の下限値を1.40にすることにより、球面収差と像面湾曲をより良好に補正して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(1)の下限値を1.45にすることにより、球面収差と像面湾曲をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

10

【0025】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) \quad 0.50 < f1R/f < 1.20$$

但し、 $f1R$ は後群の焦点距離、 f は全系の無限遠合焦時の焦点距離である。

【0026】

条件式(2)は、第1レンズ群の後群の焦点距離を、撮影レンズ全系の焦点距離で規定した条件式である。条件式(2)を満足することで、近距離撮影時に発生する球面収差を良好に補正して、無限遠物点から近距離物点まで高い結像性能を確保することができる。

20

条件式(2)の上限値を上回ると、後群の屈折力が弱くなり、近距離撮影時に発生する球面収差が補正不足になる。

なお、条件式(2)の上限値を1.15にすることにより、近距離撮影時に発生する球面収差をより良好に補正でき、本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(2)の上限値を1.10にすることにより、近距離撮影時に発生する球面収差をさらに良好に補正でき、本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式(2)の下限値を下回ると、後群の屈折力が強まり、近距離撮影時に発生する球面収差が過剰補正になってしまう。

なお、条件式(2)の下限値を0.55にすることにより、近距離撮影時に発生する球面収差をより良好に補正でき、本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(2)の下限値を0.57にすることにより、近距離撮影時に発生する球面収差をさらに良好に補正でき、本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

30

【0027】

また、本実施形態にかかる撮影レンズは、合焦に際し、第1レンズ群と第2レンズ群との間隔が変化することが望ましい。この構成により、近距離物点への合焦時の像面湾曲を改善することができる。

【0028】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) \quad 4.00 < (-f3)/f1 < 10.00$$

但し、 $f1$ は第1レンズ群の焦点距離、 $f3$ は第3レンズ群の焦点距離である。

40

【0029】

条件式(3)は、第1レンズ群の焦点距離と第3レンズ群の焦点距離との比について、その適正な範囲を規定した条件式である。条件式(3)を満足することにより、無限遠物点から近距離物点において、合焦レンズ群で発生する像面湾曲を第3レンズ群で良好に補正することができる。

条件式(3)の上限値を上回ると、第3レンズ群の屈折力が弱まり、像面湾曲を良好に補正できなくなる。特に、至近距離撮影時において像面湾曲を良好に補正するため、この条件式(3)を満足することが望ましい。

なお、条件式(3)の上限値を9.50にすることにより、像面湾曲をより良好に補正

50

して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(3)の上限値を9.00にすることにより、像面湾曲をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式(3)の下限値を下回ると、第3レンズ群の屈折力が強まり、像面湾曲を良好に補正できなくなる。

なお、条件式(3)の下限値を0.405にすることにより、像面湾曲をより良好に補正して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(3)の下限値を0.410にすることにより、像面湾曲をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

【0030】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$(4) \quad 0.20 < d/f < 0.33$$

但し、 d は前群の最も像側のレンズ面と後群の最も物体側のレンズ面との光軸上の空気間隔、 f は全系の無限遠合焦時の焦点距離である。

【0031】

条件式(4)は、第1レンズ群の前群と後群との光軸上の空気間隔を、撮影レンズ全系の焦点距離で規定した条件式である。条件式(4)を満足することにより、全系を小型化しつつ、像面湾曲と歪曲収差を良好に補正することができる。

条件式(4)の上限値を上回ると、全系が大型化する。また、歪曲収差が悪化する。

なお、条件式(4)の上限値を0.320にすることにより、全系をより小型化できるとともに、歪曲収差をより良好に補正して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(4)の上限値を0.315にすることにより、全系をさらに小型化できるとともに、歪曲収差をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式(4)の下限値を下回ると、像面湾曲が悪化する。

なお、条件式(4)の下限値を0.250にすることにより、像面湾曲をより良好に補正して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(4)の下限値を0.280にすることにより、像面湾曲をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

【0032】

また、本実施形態にかかる撮影レンズは、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) \quad 0.40 < (-f1Fn)/f < 0.90$$

但し、 $f1Fn$ は第1レンズ群の前群を構成する負レンズの焦点距離、 f は全系の無限遠合焦時の焦点距離である。

【0033】

条件式(5)は、第1レンズ群の前群を構成する負レンズの焦点距離と、全系の無限遠合焦時の焦点距離の比について、その適正な範囲を規定した条件式である。条件式(5)を満足することにより、第1レンズ群の前群を2枚構成として諸収差を良好に補正することができる。

条件式(5)の上限値を上回ると、第1レンズ群の負の屈折力が弱まるため、像面湾曲と歪曲収差を良好に補正できない。

なお、条件式(5)の上限値を0.89にすることにより、像面湾曲と歪曲収差をより良好に補正して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式(5)の上限値を0.88にすることにより、像面湾曲と歪曲収差をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式(5)の下限値を下回ると、第1レンズ群の負の屈折力が強くなるため、像面湾曲を良好に補正できない。

なお、条件式(5)の下限値を0.45にすることにより、像面湾曲をより良好に補正

10

20

30

40

50

して本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式（５）の下限値を 0.48 にすることにより、像面湾曲をさらに良好に補正して本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

【0034】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、以下の条件式（６）を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.60 < X1/f < 0.90$$

但し、 $X1$ は無限遠から最至近の物点に合焦する際の第 1 レンズ群の光軸上の移動量の絶対値、 f は全系の無限遠合焦時の焦点距離である。

【0035】

条件式（６）は、無限遠から最至近の物点に合焦する際の第 1 レンズ群の光軸上の移動量の絶対値を、無限遠合焦時における撮影レンズ全系の焦点距離で規定した条件式である。条件式（６）を満足することにより、無限遠から最至近の物点に合焦する際の第 1 レンズ群の光軸上の移動量を適切にすることができる。

条件式（６）の上限値を上回ると、像面湾曲等の諸収差の発生量は小さくなるが、第 1 レンズ群の移動量が大きくなり、光学系が大型化する。

なお、条件式（６）の上限値を 0.88 にすることにより、像面湾曲等の諸収差の発生量を抑えつつ第 1 レンズ群の移動量をより適切にでき、本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式（６）の上限値を 0.85 にすることにより、像面湾曲等の諸収差の発生量を抑えつつ第 1 レンズ群の移動量をさらに適切にでき、本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式（６）の下限値を下回ると、光学系の小型化はできるが、第 1 レンズ群の屈折力が強まり像面湾曲等の諸収差が発生し易くなる。

なお、条件式（６）の下限値を 0.65 にすることにより、光学系を小型化しつつ像面湾曲等の諸収差をより良好に補正でき、本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式（６）の下限値を 0.70 にすることにより、光学系を小型化しつつ像面湾曲等の諸収差をさらに良好に補正でき、本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

【0036】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、以下の条件式（７）を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.70 < X2/f < 0.90$$

但し、 $X2$ は無限遠から最至近の物点に合焦する際の第 2 レンズ群の光軸上の移動量の絶対値、 f は全系の無限遠合焦時の焦点距離である。

【0037】

条件式（７）は、無限遠から最至近の物点に合焦する際の第 2 レンズ群の光軸上の移動量の絶対値を、無限遠合焦時における撮影レンズ全系の焦点距離で規定した条件式である。条件式（７）を満足することにより、無限遠から最至近の物点に合焦する際の第 2 レンズ群の光軸上の移動量を適切にすることができる。

条件式（７）の上限値を上回ると、像面湾曲等の諸収差の発生量は小さくなるが、第 2 レンズ群の移動量が大きくなり、光学系が大型化する。

なお、条件式（７）の上限値を 0.88 にすることにより、像面湾曲等の諸収差の発生量を抑えつつ光学系をより小型化できるとともに第 2 レンズ群の移動量をより適切にでき、本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式（７）の上限値を 0.85 にすることにより、像面湾曲等の諸収差の発生量を抑えつつ光学系をさらに小型化できるとともに第 2 レンズ群の移動量をさらに適切にでき、本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

条件式（７）の下限値を下回ると、光学系の小型化はできるが、第 2 レンズ群の屈折力が強まり像面湾曲等の諸収差が発生し易くなる。

なお、条件式（７）の下限値を 0.71 にすることにより、光学系を小型化しつつ像面

10

20

30

40

50

湾曲等の諸収差をより良好に補正でき、本実施形態の効果をより確実にすることができる。また、条件式（７）の下限値を０．７２にすることにより光学系を小型化しつつ像面湾曲等の諸収差をさらに良好に補正でき、本実施形態の効果をさらに確実にすることができる。

【００３８】

また、本実施形態に係る撮影レンズは、第１レンズ群の前群、後群、及び第２レンズ群のうち少なくとも一つの群内に、非球面レンズを有することが望ましい。第１レンズ群の前群に非球面レンズを有すると、無限遠物点から近距離物点まで合焦する際のコマ収差と歪曲収差を良好に補正することができる。また、第１レンズ群の後群の正レンズや第２レンズ群に非球面レンズを有すると、無限遠物点から近距離物点まで合焦する際の球面収差を良好に補正することができる。

10

【００３９】

図１２に、後述する第１実施例で示す撮影レンズＳＬを備える光学機器として、デジタル一眼レフカメラ１（以後、単にカメラと記す）の略断面図を示す。このカメラ１において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ２（撮影レンズＳＬ）で集光されて、クイックリターンミラー３を介して焦点板４に結像される。そして、焦点板４に結像された光は、ペンタプリズム５中で複数回反射されて接眼レンズ６へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を接眼レンズ６を介して正立像として観察することができる。

【００４０】

また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、クイックリターンミラー３が光路外へ退避し、撮影レンズ２で集光された不図示の物体（被写体）の光は撮像素子７上に被写体像を形成する。これにより、物体（被写体）からの光は、当該撮像素子７により撮像され、物体（被写体）画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ１による物体（被写体）の撮影を行うことができる。なお、図１２に記載のカメラ１は、撮影レンズＳＬを着脱可能に保持するものでも良く、撮影レンズＳＬと一体に成形されるものでも良い。また、カメラ１は、いわゆる一眼レフカメラでも良く、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラでも良い。また、カメラ１には、上述の第１実施例に限らず他の実施例の撮影レンズを装着することができる。

20

【００４１】

以下、本実施形態に係る撮影レンズＳＬの製造方法の概略を、図１３を参照して説明する。まず、各レンズを配置してレンズ群をそれぞれ準備する（ステップＳ１００）。具体的に、本実施形態では、例えば後述する第１実施例の場合、第１レンズ群Ｇ１の前群Ｇ１Ｆは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１１と両凹形状の負レンズＬ１２との接合レンズを配置して構成し、第１レンズ群Ｇ１の後群Ｇ１Ｒは、物体側から順に、両凸形状の正レンズＬ１３と両凹形状の負レンズＬ１４との接合レンズを配置して構成する。また、第２レンズ群Ｇ２は、物体側より順に、両凹形状の負レンズＬ２１と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２２と、両凸形状の正レンズＬ２３とを配置して構成する。また、第３レンズ群Ｇ３は、物体側より順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３１と、両凸形状の正レンズＬ３２とを配置して構成する。また、開口絞りＳは、第１レンズ群Ｇ１の後群Ｇ１Ｒと第２レンズ群Ｇ２との間に配置して構成する。このようにして準備した各レンズ群を鏡筒に配置して撮影レンズＳＬを製造する。

30

40

【００４２】

このとき、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２とが、それぞれ独立して光軸上を物体側に移動するように配置する（ステップＳ２００）。以上により、本実施形態にかかる撮影レンズの製造が完了する。

【００４３】

（実施例）

以下、本実施形態にかかる各実施例を、添付図面に基づいて説明する。図１、図４、図６、図８及び図１０に、撮影レンズＳＬ１～ＳＬ５の構成を示す。

50

(第1実施例)

第1実施例に係る撮影レンズSL1は、図1に示すように、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。そして、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2（合焦レンズ群）とが、それぞれ独立して光軸上を物体側に繰り出すことにより有限距離物体に合焦する。

第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、正の屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。前群G1Fは、物体側より順に、両凸形状の正レンズL11と両凹形状の負レンズL12との接合レンズから構成されている。なお、接合レンズは正メニスカスレンズと負メニスカスレンズとを接合した構成とすることも可能である。両凹形状の負レンズL12は、像面側の面を物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい曲率半径の絶対値を有する面で構成することにより、無限遠物点から近距離物点までのコマ収差と歪曲収差を補正している。後群G1Rは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14との接合レンズから構成されている。このように、第1レンズ群G1における物体側に負レンズ群である前群G1Fを配置することにより、合焦において第1レンズ群G1を繰り出した際の物体と両凸形状の正レンズL11との間隔が長くなるようにしている。

【0044】

第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凹形状の負レンズL21と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23の3枚から構成されている。第1レンズ群G1は正の屈折力を有するため、物体からの光束は収束して第2レンズ群G2に到達する。このため、第2レンズ群G2における物体側に両凹形状の負レンズL21を配置して、一旦光束を発散させる。そして、その負レンズL21の像側に正メニスカスレンズL22と両凸形状の正レンズL23とを配置することにより、球面収差やコマ収差を良好に補正している。

【0045】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成され、長いバックフォーカスを確保するとともに像面湾曲を補正している。なお、第3レンズ群G3は、物体側から順に、正レンズと負レンズとの配置にしても良い。

【0046】

また、開口絞りSは、第1レンズ群G1の後群G1Rと第2レンズ群G2との間に配置されている。なお、開口絞りSは、第1レンズ群G1の前群G1Fと後群G1Rとの間に配置することも可能である。また、第2レンズ群G2に開口絞りSを配置することも可能である。

【0047】

本第1実施例では、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22における像面側のレンズ面と、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL31における物体側のレンズ面に後述する反射防止膜が形成されている。

【0048】

以下の表1に、第1実施例にかかる撮影レンズSL1の諸元の値を掲げる。この表1の（各種データ）において、fは全系の無限遠合焦時の焦点距離を、FNOはFナンバーを、 ω は半画角（単位は「°」）を、Yは像高を、TLは光学系全長を、Bfはバックフォーカスをそれぞれ表している。また、（レンズ面データ）において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、面間隔は各光学面から次の光学面までの光軸上の間隔を、屈折率及びアッペ数はそれぞれd線（ $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する値を示している。

【0049】

また、（可変間隔データ）には、第1実施例に係る撮影レンズSL1の無限遠合焦状態、中間撮影距離状態（撮影倍率0.5倍状態）、及び、至近撮影距離状態（撮影倍率—

10

20

30

40

50

1. 0倍状態)における可変間隔を示す。また、 d_0 は物体と第1レンズ群G1との軸上空気間隔、 d_1 は第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔、及び、 d_2 は第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔をそれぞれ表し、 d_0 、 d_1 及び d_2 は変倍に際して変化する。

【0050】

また、(条件式対応値)において、 f_{1F} は前群G1Fの焦点距離を、 f_{1R} は後群G1Rの焦点距離を、 f は全系の無限遠合焦時の焦点距離を、 f_1 は第1レンズ群G1の焦点距離を、 f_3 は第3レンズ群G3の焦点距離を、 f_{1Fn} は第1レンズ群G1の前群G1Fを構成する負レンズL12の焦点距離を、 X_1 、 X_2 は無限遠から最至近の物点に合焦する際の第1レンズ群G1及び第2レンズ群G2の光軸上の移動量の絶対値を、それぞれ表している。以降の実施例においても、特にことわりのない場合は、この符号の説明は同様である。

10

【0051】

なお、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離、曲率半径、面間隔、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。尚、曲率半径「 ∞ 」は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。なお、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様であり、以降の実施例における説明を省略する。

【0052】

(表1) 第1実施例

20

(各種データ)

F.NO = 2.887
 $f = 40$
 $\omega = 20.479$
 $Y = 15.00$
 $TL = 92.518$
 $Bf = 39.818$

(レンズ面データ)

30

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
物面	∞			
1	39.6938	3.5	1.743997	44.79
2	-216.2230	1.5	1.516330	64.14
3	13.1290	12.5		
4	34.1159	6.1	1.699998	48.08
5	-14.9811	1.5	1.581439	40.75
6	265.8581	2.5		
7(絞りS)	∞	(d1)		
8	-33.7748	1.4	1.740769	27.79
9	41.5423	1.7		
10	-60.0662	3.3	1.651597	58.55
11	-26.1423	0.2		
12	54.7001	3.9	1.740999	52.64
13	-34.9008	(d2)		
14	229.2568	1.6	1.772499	49.60
15	37.7106	1.0		
16	70.8279	3.6	1.548141	45.78
17	-91.4184	39.8		
像面	∞			

40

50

(可変間隔データ)

	無限遠	中間撮影距離	至近撮影距離
d0	∞	78.087	38.206
d1	7.200	6.688	7.253
d2	1.200	16.234	31.200

(条件式対応値)

(1) $(-f_1 F) / f_1 R = 1.49$

(2) $f_1 R / f = 0.966$

(3) $(-f_3) / f_1 = 4.38$

(4) $d / f = 0.313$

(5) $(-f_1 F_n) / f = 0.60$

(6) $X_1 / f = 0.751$

(7) $X_2 / f = 0.750$

【0053】

図2に、第1実施例にかかる撮影レンズSL1の諸収差図を示し、(a)は無無限遠合焦状態の諸収差図であり、(b)は最至近撮影距離状態の諸収差図である。各収差図において、非点収差図中の実線はサジタル像面を、破線はメリディオナル像面を示し、FNOはFナンバーを、NAは最至近撮影距離状態での物体側のNAを、Yは像高を表す。また、各収差図中でd、gはそれぞれd線($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、g線($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)における収差を表す。これらの各収差図から明らかなように、第1実施例では、各レンズ群とも非常に少ない枚数で構成しているにも関わらず、無限遠物点から近距離物点まで各収差とも良好に補正されていることが分かる。また、歪曲収差の変動も小さいことがわかる。

【0054】

図3は、第1実施例の撮影レンズSL1において、物体側から入射した光線BMによりゴーストが発生する状態を示している。図3において、物体側からの光線BMが図示のように撮影レンズSL1に入射すると、負メニスカスレンズL31における物体側のレンズ面(第1番目のゴースト発生面でありその面番号は14)で反射し、その反射光は正メニスカスレンズL22における像側のレンズ面(第2番目のゴースト発生面でありその面番号は11)で再度反射して像面Iに到達し、ゴーストを発生させてしまう。なお、第1番目のゴースト発生面(面番号14)は像面から見て凹形状のレンズ面であり、第2番目のゴースト発生面(面番号11)は開口絞りから見て凹形状のレンズ面である。このような面に、より広い波長範囲で広入射角に対応した反射防止膜を形成することで、ゴーストを効果的に低減することができる。

【0055】

(第2実施例)

図4は、第2実施例に係る撮影レンズSL2の構成を示す図である。第2実施例に係る撮影レンズSL2は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。そして、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2(合焦レンズ群)とが、それぞれ独立して光軸上を物体側に繰り出すことにより有限距離物体に合焦する。

第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、正の屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。前群G1Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11と、像面に対して凹面を向け像面側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい負メニスカスレンズL12とから構成され、負の屈折力を確保しつつ、コマ収差や歪曲収差を良好に補正している。後群G1Rは、物体側より順に、両凸形状の正レンズL13と物体側の面の曲率半径の絶対値が像

10

20

30

40

50

側の面の曲率半径の絶対値より小さい両凹形状の負レンズL 1 4との接合レンズから構成され、強い正の屈折力を確保しつつ、接合レンズを用いることにより球面収差や軸上の色収差を補正している。

【0056】

第2レンズ群G 2は、物体側から順に、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL 2 1と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 2 2と、両凸形状の正レンズL 2 3の3枚から構成されている。第1レンズ群G 1は正の屈折力を有するため、物体からの光束は収束して第2レンズ群G 2に到達する。このため、第2レンズ群G 2における物体側には両凹形状の負レンズL 2 1を配置して、一旦光束を発散させる。そして、負レンズL 2 1の像側に正メニスカスレンズL 2 2と両凸形状の正レンズL 2 3とを配置することにより、球面収差やコマ収差を良好に補正している。

10

【0057】

第3レンズ群G 3は、物体側から順に、像面側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい両凹形状の負レンズL 3 1と、両凸形状の正レンズL 3 2とから構成され、長いバックフォーカスを確保するとともに像面湾曲を補正している。

【0058】

本第2実施例では、第3レンズ群G 3の両凹形状の負レンズL 3 1における像面側のレンズ面と、第3レンズ群G 3の両凸形状の正レンズL 3 2における物体側のレンズ面に後述する反射防止膜が形成されている。

【0059】

以下の表2に、第2実施例の諸元の値を掲げる。

20

【0060】

(表2) 第2実施例

(各種データ)

F.NO = 2.887

f = 40

ω = 20.479

Y = 15.00

T L = 92.122

B f = 39.818

30

(レンズ面データ)

面番号 曲率半径 面間隔 屈折率 アッベ数

物面	∞			
1	34.4867	3.4	1.805181	25.42
2	52.7011	0.3		
3	29.4779	1.9	1.743997	44.79
4	13.3614	12.5		
5	36.4689	6.1	1.772499	49.60
6	-17.2077	1.5	1.548141	45.78
7	118.9407	(d1)		
8(絞りS)	∞	7.2		
9	-25.3642	1.4	1.740769	27.79
10	44.3873	1.7		
11	-58.1179	3.3	1.651597	58.55
12	-23.8313	0.2		
13	56.5111	3.9	1.740999	52.64
14	-33.0293	(d2)		
15	-707.1640	1.6	1.772499	49.60

40

50

16	38.5522	0.8		
17	58.7991	3.0	1.548141	45.78
18	-64.8622	39.8		
像面	∞			

(可変間隔データ)

	無限遠	中間撮影距離	至近撮影距離
d0	∞	77.315	37.556
d1	2.404	1.780	2.335
d2	1.100	16.186	31.100

10

(条件式対応値)

$$(1) \quad (-f_1 F) / f_1 R = 1.63$$

$$(2) \quad f_1 R / f = 0.768$$

$$(3) \quad (-f_3) / f_1 = 5.43$$

$$(4) \quad d / f = 0.313$$

$$(5) \quad (-f_1 F_n) / f = 0.86$$

$$(6) \quad X_1 / f = 0.748$$

$$(7) \quad X_2 / f = 0.750$$

【0061】

20

図5に、第2実施例にかかる撮影レンズSL2の諸収差図を示し、(a)は無有限遠合焦状態の諸収差図であり、(b)は最至近撮影距離状態での諸収差図である。これらの各収差図から明らかなように、第2実施例では、各レンズ群とも非常に少ない枚数で構成しているにも関わらず、無限遠から近距離物点まで各収差とも良好に補正されていることが分かる。また、歪曲収差の変動も小さいことがわかる。

【0062】

(第3実施例)

図6は、第3実施例に係る撮影レンズSL3の構成を示す図である。第3実施例に係る撮影レンズSL3は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。そして、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2(合焦レンズ群)とが、それぞれ独立して光軸上を物体側に繰り出すことにより有限距離物体に合焦する。

30

第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、正の屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。前群G1Fは、物体側から順に、物体側の面の曲率半径の絶対値が像側の面の曲率半径の絶対値より小さい両凸形状の正レンズL11と、像面側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい両凹形状の負レンズL12とから構成されており、負の屈折力を確保しつつ、コマ収差や歪曲収差を良好に補正している。後群G1Rは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL13と物体側に凹面を向け物体側の面の曲率半径の絶対値が像面側の面の曲率半径の絶対値より小さい負メニスカスレンズL14との接合レンズから構成されており、強い正の屈折力を確保しつつ、接合レンズを用いることにより球面収差や軸上の色収差を補正している。

40

【0063】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL21と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23の3枚から構成されている。第1レンズ群G1は正の屈折力を有するため、物体からの光束は収束して第2レンズ群G2に到達する。このため、第2レンズ群G2における物体側には両凹形状の負レンズL21を配置して、一旦光束を発散させる。そして、負レンズL21の像側に正メニスカスレンズL22と両凸形状の正レンズL23とを配置することにより、球面収差やコマ収差を良好に補正している。

50

【0064】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、像面側に凹面を向け像面側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい負メニスカスレンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成され、長いバックフォーカスを確保するとともに像面湾曲を補正している。

【0065】

本第3実施例では、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22における像面側のレンズ面と、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL31における物体側のレンズ面に後述する反射防止膜が形成されている。

【0066】

以下の表3に、第3実施例の諸元の値を掲げる。

【0067】

(表3) 第3実施例

(各種データ)

F.NO = 2.892

f = 45

ω = 18.456

Y = 15.00

TL = 92.908

Bf = 38.500

(レンズ面データ)

面番号 曲率半径 面間隔 屈折率 アッベ数

物面 ∞

1 34.8272 3.4 1.805181 25.42

2 -1179.9200 0.8

3 -155.4560 1.9 1.698947 30.13

4 16.7393 13.0

5 30.1013 6.1 1.743997 44.79

6 -21.1253 1.5 1.581439 40.75

7 -84.6331 (d1)

8(絞りS) ∞ 7.2

9 -21.7172 1.4 1.740769 27.79

10 41.7635 2.0

11 -37.1989 3.3 1.651597 58.55

12 -22.6795 0.2

13 74.3167 3.9 1.740999 52.64

14 -32.1787 (d2)

15 290.1463 1.6 1.772499 49.60

16 25.4736 0.8

17 26.4901 3.8 1.548141 45.78

18 -153.8880 38.5

像面 ∞

(可変間隔データ)

無限遠

中間撮影距離

至近撮影距離

d0 ∞ 92.212 47.351

d1 2.406 1.874 1.653

d2 1.102 18.798 36.100

(条件式対応値)

$$(1) \quad (-f_{1F}) / f_{1R} = 1.70$$

$$(2) \quad f_{1R} / f = 0.700$$

$$(3) \quad (-f_3) / f_1 = 9.36$$

$$(4) \quad d / f = 0.289$$

$$(5) \quad (-f_{1Fn}) / f = 0.48$$

$$(6) \quad X_1 / f = 0.761$$

$$(7) \quad X_2 / f = 0.778$$

【0068】

図7に、第3実施例にかかる撮影レンズSL3の諸収差図を示し、(a)は無有限遠合焦状態の諸収差図であり、(b)は最至近撮影距離状態での諸収差図である。これらの各収差図から明らかなように、第3実施例では、各レンズ群とも非常に少ない枚数で構成しているにも関わらず、無限遠物点から近距離物点まで各収差とも良好に補正されていることが分かる。また、歪曲収差の変動も小さいことがわかる。

【0069】

(第4実施例)

図8は、第4実施例に係る撮影レンズSL4の構成を示す図である。第4実施例に係る撮影レンズSL4は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。そして、無限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2(合焦レンズ群)とが、それぞれ独立して光軸上を物体側に繰り出すことにより有限距離物体に合焦する。

第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、正の屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。前群G1Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向け物体側の面の曲率半径の絶対値が像面側の面の曲率半径の絶対値より小さい正メニスカスレンズL11と、像面側に凹面を向け像面側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい負メニスカスレンズL12とから構成されており、負の屈折力を確保しつつ、コマ収差や歪曲収差を良好に補正している。後群G1Rは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL13と物体側に凹面を向け物体側の面の曲率半径の絶対値が像面側の面の曲率半径の絶対値より小さい負メニスカスレンズL14との接合レンズから構成されており、強い正の屈折力を確保しつつ、接合レンズを用いることにより球面収差や軸上の色収差を補正している。

【0070】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、開口絞りS、両凹形状の負レンズL21と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23の3枚から構成されている。第1レンズ群G1は正の屈折力を有するため、物体からの光束は収束して第2レンズ群G2に到達する。このため、第2レンズ群G2における物体側には両凹形状の負レンズL21を配置して、一旦光束を発散させる。そして、負レンズL21の像側に正メニスカスレンズL22と両凸形状の正レンズL23とを配置することにより、球面収差やコマ収差を良好に補正している。

【0071】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、像面側の面の曲率半径の絶対値が物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい両凹形状の負レンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成され、長いバックフォーカスを確保するとともに像面湾曲を補正している。

【0072】

本第4実施例では、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL11における物体側のレンズ面と、第1レンズ群G1の両凸形状の正レンズL13における物体側のレンズ面に後述する反射防止膜が形成されている。

【0073】

10

20

30

40

50

以下の表 4 に、この第 4 実施例の諸元の値を掲げる。

【0074】

(表 4) 第 4 実施例

(各種データ)

F.NO = 2.830

f = 50

ω = 16.591

Y = 15.00

T L = 95.504

B f = 38.500

10

(レンズ面データ)

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物面	∞			

1	34.0919	3.4	1.805181	25.42
---	---------	-----	----------	-------

2	78.2611	0.8		
---	---------	-----	--	--

3	84.8565	1.9	1.698947	30.13
---	---------	-----	----------	-------

4	18.1430	14.2		
---	---------	------	--	--

5	25.7196	7.0	1.743997	44.79
---	---------	-----	----------	-------

20

6	-26.0123	1.5	1.581439	40.75
---	----------	-----	----------	-------

7	-1407.4300	(d1)		
---	------------	------	--	--

8(絞り S)	∞	7.2		
---------	----------	-----	--	--

9	-22.7294	1.4	1.728250	28.46
---	----------	-----	----------	-------

10	31.5074	2.0		
----	---------	-----	--	--

11	-38.9885	3.1	1.620411	60.29
----	----------	-----	----------	-------

12	-22.7280	0.2		
----	----------	-----	--	--

13	47.0519	3.7	1.693495	50.81
----	---------	-----	----------	-------

14	-33.1230	(d2)		
----	----------	------	--	--

15	-190.2480	1.6	1.743997	44.79
----	-----------	-----	----------	-------

30

16	26.9892	0.8		
----	---------	-----	--	--

17	28.9798	4.7	1.581439	40.75
----	---------	-----	----------	-------

18	-86.9708	38.5		
----	----------	------	--	--

像面	∞			
----	----------	--	--	--

(可変間隔データ)

	無限遠	中間撮影距離	至近撮影距離
d0	∞	102.988	53.175
d1	2.404	1.728	1.419
d2	1.100	18.846	36.100

40

(条件式対応値)

(1) $(-f_1 F) / f_1 R = 2.50$

(2) $f_1 R / f = 0.575$

(3) $(-f_3) / f_1 = 6.62$

(4) $d / f = 0.284$

(5) $(-f_1 F_n) / f = 0.67$

(6) $X_1 / f = 0.680$

(7) $X_2 / f = 0.700$

50

【0075】

図9に、第4実施例にかかる撮影レンズSL4の諸収差図を示し、(a)は無有限遠合焦状態の諸収差図であり、(b)は最至近撮影距離状態での諸収差図である。これらの各収差図から明らかなように、第4実施例では、各レンズ群とも非常に少ない枚数で構成しているにも関わらず、無有限遠物点から近距離物点まで各収差とも良好に補正されていることが分かる。また、歪曲収差の変動も小さいことがわかる。

【0076】

(第5実施例)

図10は、第5実施例に係る撮影レンズSL5の構成を示す図である。第5実施例に係る撮影レンズSL5は、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。そして、無有限遠物点から近距離物点に合焦する際に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2(合焦レンズ群)とが、それぞれ独立して光軸上を物体側に繰り出すことにより有限距離物体に合焦する。

第1レンズ群G1は、物体側より順に、負の屈折力を有する前群G1Fと、正の屈折力を有する後群G1Rとから構成されている。前群G1Fは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11と像面側に凹面を向けた負メニスカスレンズL12との接合レンズから構成されている。なお、接合レンズは両凸形状の正レンズと両凹形状の負レンズとを接合した構成とすることも可能である。負メニスカスレンズL12は、像面側の面を物体側の面の曲率半径の絶対値より小さい曲率半径の絶対値を有する面で構成することにより、無有限遠物点から近距離物点までのコマ収差と歪曲収差を補正している。後群G1Rは、物体側から順に、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14との接合レンズから構成されている。このように、第1レンズ群G1における物体側に負レンズ群である前群G1Fを配置することにより、合焦において第1レンズ群G1を繰り出した際の物体と正メニスカスレンズL11との間隔が長くなるようにしている。

【0077】

第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と、両凸形状の正レンズL23の3枚から構成されている。第1レンズ群G1は、正の屈折力を有するため、物体からの光束は収束して第2レンズ群G2に到達する。このため、第2レンズ群G2における物体側に両凹形状の負レンズL21を配置して、一旦光束を発散させる。そして、負レンズL21の像側に正メニスカスレンズL22と両凸形状の正レンズL23とを配置することにより、球面収差やコマ収差を良好に補正している。

【0078】

第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL31と、両凸形状の正レンズL32とから構成され、長いバックフォーカスを確保するとともに像面湾曲を補正している。なお、第3レンズ群G3は、物体側から順に、正レンズと負レンズとの配置にしても良い。

【0079】

また、開口絞りSは、第1レンズ群G1の後群G1Rと第2レンズ群G2との間に配置されている。なお、開口絞りSは、第1レンズ群G1の前群G1Fと後群G1Rとの間に配置することも可能である。また、第2レンズ群G2に開口絞りSを配置して構成することも可能である。

【0080】

第5実施例では、各レンズ群に非球面を導入して、結像性能の向上を達成している。具体的には、負メニスカスレンズL12の像側の面を非球面にすることにより、無有限遠から等倍までの歪曲収差の変動幅の縮小を達成している。また、両凸形状の正レンズL23の像側の面を非球面にすることにより、無有限遠から等倍までのコマ収差の変動を抑えている。また、両凹形状の負レンズL31の像側の面に非球面を導入することにより、像面湾曲を補正している。

【0081】

本第5実施例では、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL11における物体側のレンズ面と、第1レンズ群G1の両凸形状の正レンズL13における物体側のレンズ面に後述する反射防止膜が形成されている。

【0082】

以下の表5に、この第5実施例の諸元の値を掲げる。(非球面データ)において、(レンズ面データ)に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の近軸曲率半径、円錐定数、及び非球面係数を示す。

$$S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10} \quad 10$$

ここで、yを光軸に垂直な方向の高さ、S(y)を高さyにおける各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離(サグ量)、rを基準球面の曲率半径(近軸曲率半径)、κを円錐定数、Anをn次の非球面係数とする。なお、第5実施例において、2次の非球面係数A2は0である。また、以降の実施例において、「E-n」は「×10⁻ⁿ」を示す。なお、非球面には面番号の左側に*印を付している。

【0083】

(表5) 第5実施例

(各種データ)

F.NO	=	2.870	20
f	=	40	
ω	=	20.504	
Y	=	15.00	
TL	=	94.159	
Bf	=	39.819	

(レンズ面データ)

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数	
物面	∞				
1	39.0832	3.5	1.882997	40.76	30
2	289.4752	1.5	1.516330	64.14	
*3	13.0001	12.5			
4	39.0426	6.1	1.699998	48.08	
5	-14.3688	1.5	1.581439	40.75	
6	193.6469	2.5			
7(絞りS)	∞	(d1)			
8	-36.6799	1.4	1.755199	27.51	
9	46.3094	1.7			
10	-75.9583	3.3	1.729157	54.68	
11	-28.3466	0.24			40
12	54.4214	3.9	1.729157	54.68	
*13	-36.7891	(d2)			
14	-134.9520	1.6	1.804000	46.57	
*15	44.8591	1.0			
16	95.5721	3.6	1.720000	41.98	
17	-56.128	39.8			
像面	∞				

(非球面データ)

面番号	κ	A4	A6	A8	A10	50
-----	---	----	----	----	-----	----

3	1.0000	0.00000E+00	-4.37302E-09	0.00000E+00	0.00000E+00
13	1.1778	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
15	0.7665	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

(可変間隔データ)

	無限遠	中間撮影距離	至近撮影距離
d0	∞	77.055	36.881
d1	8.000	7.925	8.799
d2	2.000	16.714	31.500

10

(条件式対応値)

$$(1) \quad (-f_1 F) / f_1 R = 1.44$$

$$(2) \quad f_1 R / f = 1.091$$

$$(3) \quad (-f_3) / f_1 = 4.03$$

$$(4) \quad d / f = 0.313$$

$$(5) \quad (-f_1 F_n) / f = 0.66$$

$$(6) \quad X_1 / f = 0.757$$

$$(7) \quad X_2 / f = 0.737$$

【0084】

図11に、第5実施例にかかる撮影レンズSL5の諸収差図を示し、(a)は無有限遠合焦状態の諸収差図であり、(b)は最至近撮影距離状態での諸収差である。これらの各収差図から明らかなように、第5実施例では、各レンズ群とも非常に少ない枚数で構成しているにも関わらず、無限遠物点から近距離物点まで各収差とも良好に補正されていることが分かる。また、歪曲収差の変動も小さいことがわかる。

20

【0085】

次に、実施形態にかかる撮影レンズSL1～SL5（以後、まとめてSLという）に用いられる反射防止膜（多層広帯域反射防止膜とも言う）について説明する。図14は、反射防止膜の膜構成の一例を示す図である。この反射防止膜101は7層からなり、レンズ等の光学部材102の光学面に形成される。第1層101aは真空蒸着法で蒸着された酸化アルミニウムで形成されている。また、この第1層101aの上に更に真空蒸着法で蒸着された酸化チタンと酸化ジルコニウムの混合物からなる第2層101bが形成される。さらに、この第2層101bの上に真空蒸着法で蒸着された酸化アルミニウムからなる第3層101cが形成され、この第3層101cの上に真空蒸着法で蒸着された酸化チタンと酸化ジルコニウムの混合物からなる第4層101dが形成される。またさらに、この第4層101dの上に真空蒸着法で蒸着された酸化アルミニウムからなる第5層101eが形成され、この第5層101eの上に真空蒸着法で蒸着された酸化チタンと酸化ジルコニウムの混合物からなる第6層101fが形成される。

30

【0086】

そして、このようにして形成された第6層101fの上に、ウェットプロセスによりフッ化マグネシウムとシリカの混合物からなる第7層101gが形成されて本実施形態の反射防止膜101が形成される。第7層101gの形成には、ウェットプロセスの一種であるゾルーゲル法を用いている。ゾルーゲル法とは、原料を混合することにより得られたゾルを、加水分解・重縮合反応などにより流動性のないゲルとし、このゲルを加熱・分解して生成物を得る方法であり、光学薄膜の作製においては、光学部材の光学面上に光学薄膜材料ゾルを塗布し、乾燥固化によりゲル膜とすることで膜を生成することができる。なお、ウェットプロセスとして、ゾルーゲル法に限らず、ゲル状態を経ないで固体膜を得る方法を用いるようにしてもよい。

40

【0087】

このように、この反射防止膜101の第1層101a～第6層101fまではドライプロセスである電子ビーム蒸着により形成され、最上層である第7層101gは、フッ酸／

50

酢酸マグネシウム法で調製したゾル液を用いるウェットプロセスにより以下の手順で形成されている。まず、予めレンズ成膜面（上述の光学部材102の光学面）に真空蒸着装置を用いて第1層101aとなる酸化アルミニウム層、第2層101bとなる酸化チタン－酸化ジルコニウム混合層、第3層101cとなる酸化アルミニウム層、第4層101dとなる酸化チタン－酸化ジルコニウム混合層、第5層101eとなる酸化アルミニウム層、第6層101fとなる酸化チタン－酸化ジルコニウム混合層を順に形成する。そして、蒸着装置より光学部材102を取り出した後、フッ酸／酢酸マグネシウム法により調製したゾル液にシリコンアルコキシドを加えたものをスピコート法により塗布することにより、第7層101gとなるフッ化マグネシウムとシリカの混合物からなる層を形成する。フッ酸／酢酸マグネシウム法によって調製される際の反応式を以下の式（b）に示す。

10

【0088】



【0089】

この成膜に用いたゾル液は、原料混合後、オートクレーブで140℃、24時間高温加圧熟成処理を施した後、成膜に用いられる。この光学部材102は、第7層101gの成膜終了後、大気中で160℃、1時間加熱処理して完成される。このようなゾル－ゲル法を用いることにより、大きさが数nmから数十nmの粒子が空隙を残して堆積することにより第7層101gが形成される。

【0090】

このようにして形成された反射防止膜101を有する光学部材の光学的性能について図15に示す分光特性を用いて説明する。

20

【0091】

本実施形態に係る反射防止膜を有する光学部材（レンズ）は、以下の表6に示す条件で形成されている。ここで表6は、基準波長をλとし、基板の屈折率（光学部材）が1.62、1.74及び1.85について反射防止膜101の各層101a（第1層）～101g（第7層）の光学膜厚をそれぞれ求めたものである。なお、表6では、酸化アルミニウムをAl2O3、酸化チタンと酸化ジルコニウム混合物をZrO2+TiO2、フッ化マグネシウムとシリカの混合物をMgF2+SiO2とそれぞれ表している。

【0092】

図15は、表6において基準波長λを550nmとして反射防止膜101の各層の光学膜厚を設計した光学部材に光線が垂直入射する時の分光特性を表している。

30

【0093】

図15から、基準波長λを550nmで設計した反射防止膜101を有する光学部材は、光線の波長が420nm～720nmの全域で反射率を0.2%以下に抑えられることが判る。また、表6において基準波長λをd線（波長587.6nm）として各光学膜厚を設計した反射防止膜101を有する光学部材でも、その分光特性にはほとんど影響せず、図15に示す基準波長λが550nmの場合とほぼ同等の分光特性を有することがわかっている。

【0094】

（表6）

40

	物質	屈折率	光学膜厚	光学膜厚	光学膜厚
媒質	空気	1			
第7層	MgF2+SiO2	1.26	0.268λ	0.271λ	0.269λ
第6層	ZrO2+TiO2	2.12	0.057λ	0.054λ	0.059λ
第5層	Al2O3	1.65	0.171λ	0.178λ	0.162λ
第4層	ZrO2+TiO2	2.12	0.127λ	0.13λ	0.158λ
第3層	Al2O3	1.65	0.122λ	0.107λ	0.08λ
第2層	ZrO2+TiO2	2.12	0.059λ	0.075λ	0.105λ
第1層	Al2O3	1.65	0.257λ	0.03λ	0.03λ
基板の屈折率			1.62	1.74	1.85

50

【0095】

次に、本反射防止膜の変形例について説明する。この反射防止膜は5層からなり、表6と同様、以下の表7で示される条件で基準波長 λ に対する各層の光学膜厚が設計される。本変形例では、第5層の形成に前述のゾルーゲル法を用いている。

【0096】

図16は、表7において、基板の屈折率が1.52及び基準波長 λ を550nmとして各光学膜厚を設計した反射防止膜を有する光学部材に光線が垂直入射する時の分光特性を示している。図16から本変形例の反射防止膜は、光線の波長が420nm～720nmの全域で反射率が0.2%以下に抑えられることがわかる。なお、表7において基準波長 λ をd線（波長587.6nm）として各光学膜厚を設計した反射防止膜を有する光学部材でも、その分光特性にはほとんど影響せず、図15に示す分光特性とほぼ同等の特性を有することがわかっている。

10

【0097】

図17は、図16に示す分光特性を有する光学部材への光線の入射角が30度、45度、60度の場合の分光特性をそれぞれ示す。なお、図16、図17には表7に示す基板の屈折率が1.46の反射防止膜を有する光学部材の分光特性が図示されていないが、基板の屈折率が1.52とほぼ同等の分光特性を有していることは言うまでもない。

【0098】

（表7）

	物質	屈折率	光学膜厚	光学膜厚
媒質	空気	1		
第5層	MgF ₂ +SiO ₂	1.26	0.275 λ	0.269 λ
第4層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.045 λ	0.043 λ
第3層	Al ₂ O ₃	1.65	0.212 λ	0.217 λ
第2層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.077 λ	0.066 λ
第1層	Al ₂ O ₃	1.65	0.288 λ	0.290 λ
基板の屈折率			1.46	1.52

20

【0099】

また比較のため、図18に、従来の真空蒸着法などのドライプロセスのみで成膜した反射防止膜の一例を示す。図18は、表7と同じ基板の屈折率1.52に以下の表8で示される条件で構成される反射防止膜を設計した光学部材に光線が垂直入射する時の分光特性を示す。また、図19は、図18に示す分光特性を有する光学部材への光線の入射角が30度、45度、60度の場合の分光特性をそれぞれ示す。

30

【0100】

（表8）

	物質	屈折率	光学膜厚
媒質	空気	1	
第7層	MgF ₂	1.39	0.243 λ
第6層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.119 λ
第5層	Al ₂ O ₃	1.65	0.057 λ
第4層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.220 λ
第3層	Al ₂ O ₃	1.65	0.064 λ
第2層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.057 λ
第1層	Al ₂ O ₃	1.65	0.193 λ
基板の屈折率			1.52

40

【0101】

図15～図17で示される本実施形態に係る反射防止膜を有する光学部材の分光特性を、図18および図19で示される従来例の分光特性と比較すると、本反射防止膜はいずれ

50

の入射角においてもより低い反射率を有し、しかもより広い帯域で低い反射率を有することが良くわかる。

【0102】

次に、前述の第1実施例から第5実施例に、上記表6、表7に示す反射防止膜を適用した例を説明する。

【0103】

本第1実施例の撮影レンズSL1において、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22の屈折率は、表1に示すように、 $nd=1.651597$ であり、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL31の屈折率は、 $nd=1.772499$ であるため、正メニスカスレンズL22における像面側のレンズ面に、基板の屈折率が1.62に対応する反射防止膜101（表6参照）を用い、負メニスカスレンズL31における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.74に対応する反射防止膜（表6参照）を用いることで、各レンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

10

【0104】

また、本第2実施例の撮影レンズSL2において、第3レンズ群G3の両凹形状の負レンズL31の屈折率は、表2に示すように、 $nd=1.772499$ であり、第3レンズ群G3の両凸形状の正レンズL32の屈折率は、 $nd=1.548141$ であるため、両凹形状の負レンズL31における像面側のレンズ面に、基板の屈折率が1.74に対応する反射防止膜101（表6参照）を用い、両凸形状の正レンズL32における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.52に対応する反射防止膜（表7参照）を用いることで、各レンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

20

【0105】

また、本第3実施例の撮影レンズSL3において、第2レンズ群G2の正メニスカスレンズL22の屈折率は、表3に示すように、 $nd=1.651597$ であり、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズL31の屈折率は、 $nd=1.772499$ であるため、正メニスカスレンズL22における像面側のレンズ面に基板の屈折率が1.62に対応する反射防止膜101（表6参照）を用い、負メニスカスレンズL31における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.74に対応する反射防止膜（表6参照）を用いることで、各レンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

【0106】

また、本第4実施例の撮影レンズSL4において、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL11の屈折率は、表4に示すように、 $nd=1.805181$ であり、第1レンズ群G1の両凸形状の正レンズL13の屈折率は、 $nd=1.743997$ であるため、正メニスカスレンズL11における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.85に対応する反射防止膜101（表6参照）を用い、両凸形状の正レンズL13における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.74に対応する反射防止膜101（表6参照）を用いることで、各レンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

30

【0107】

また、本第5実施例の撮影レンズSL5において、第1レンズ群G1の正メニスカスレンズL11の屈折率は、表5に示すように、 $nd=1.882997$ であり、第1レンズ群G1の両凸レンズL13の屈折率は、 $nd=1.699998$ であるため、正メニスカスレンズL11における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.85に対応する反射防止膜101（表6参照）を用い、両凸形状の正レンズL13における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.74に対応する反射防止膜101（表6参照）を用いることで、各レンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

40

【0108】

なお、上述の実施形態において、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

【0109】

50

上述の説明及び実施例においては、3群構成を示したが、以上の構成条件等は、4群、5群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、レンズ群とは、変倍時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。

【0110】

また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸に沿って移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦レンズ群としても良い。この場合、合焦レンズ群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モーター等の）モーター駆動にも適している。特に、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2とを合焦レンズ群とするのが望ましい。

10

【0111】

レンズ群または部分レンズ群を光軸と直交方向の成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としても良い。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。

【0112】

また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を妨げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。また、レンズ面が非球面の場合、この非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

20

【0113】

開口絞りSは、後群G1Rの像面側に配置されるのが好ましいが、前群G1Fと後群G1Rとの間に配置してもよい。また、第2レンズ群G2に、開口絞りSを配置してもよい。また、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用しても良い。

【0114】

また、本実施形態に係る撮影レンズSLは、第1レンズ群G1が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を1つ有するのが好ましい。また、本実施形態に係る撮影レンズSLは、第2レンズ群G2が正のレンズ成分を2つと負のレンズ成分を1つ有するのが好ましい。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、負正正の順番にレンズ成分を、空気間隔を介在させて配置するのが好ましい。更に、本実施形態に係る撮影レンズSLは、第3レンズ群G3が正のレンズ成分を1つと負のレンズ成分を1つ有するのが好ましい。

30

【0115】

なお、本願を分かり易く説明するために実施形態の構成要件を付して説明したが、本願がこれに限定されるものではないことは言うまでもない。また、レンズデータを比例拡大、縮小しても本願の効果を得ることは可能である。

40

【0116】

以上のように、本発明によれば、ゴーストやフレアをより低減させ、単純なレンズ構成で光学系を小型化しつつ、無限遠物点から近距離物点まで良好な結像性能を得ることができる撮影レンズ、これを備えた光学機器及び製造方法を提供することができる。

【符号の説明】

【0117】

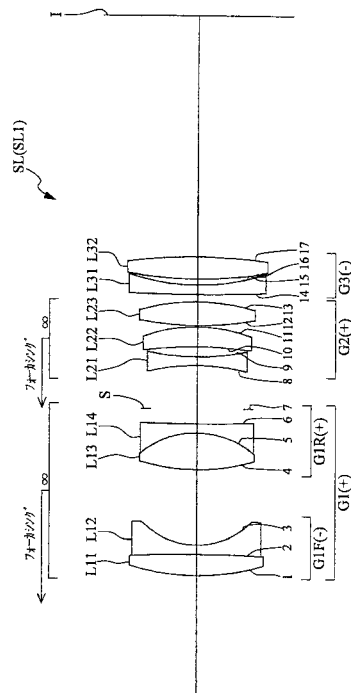
SL (SL1～SL5) 撮影レンズ
G1 第1レンズ群
G1F 前群
G1R 後群

50

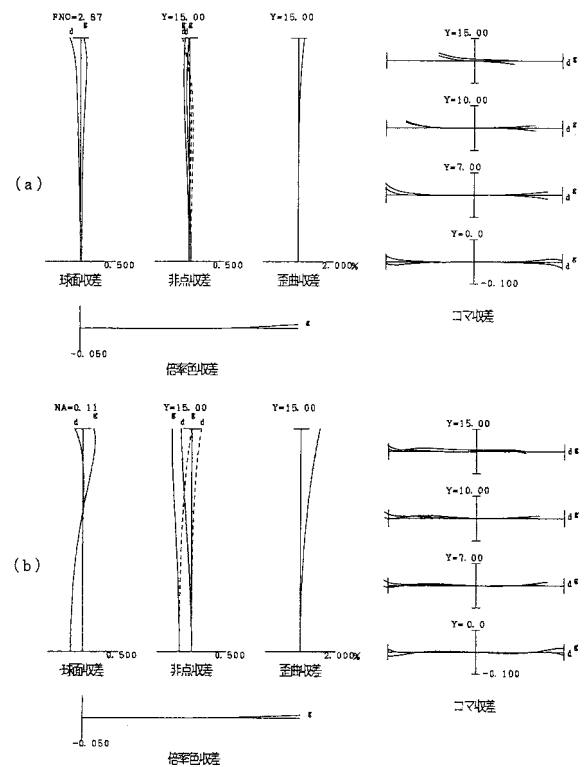
G 2	第 2 レンズ 群
G 3	第 3 レンズ 群
G 4	第 4 レンズ 群
S	開口絞り
1	デジタル一眼レフカメラ（光学機器）
1 0 1	反射防止膜
1 0 1 a	第 1 層
1 0 1 b	第 2 層
1 0 1 c	第 3 層
1 0 1 d	第 4 層
1 0 1 e	第 5 層
1 0 1 f	第 6 層
1 0 1 g	第 7 層
1 0 2	光学部材

10

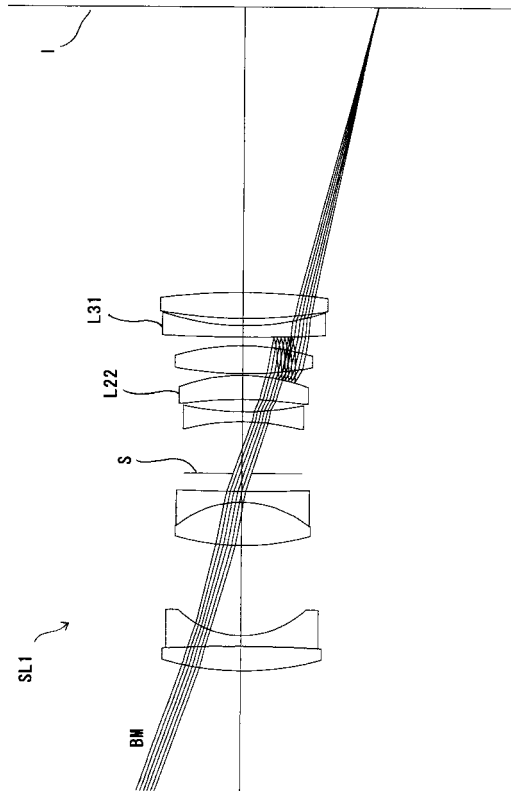
【図 1】



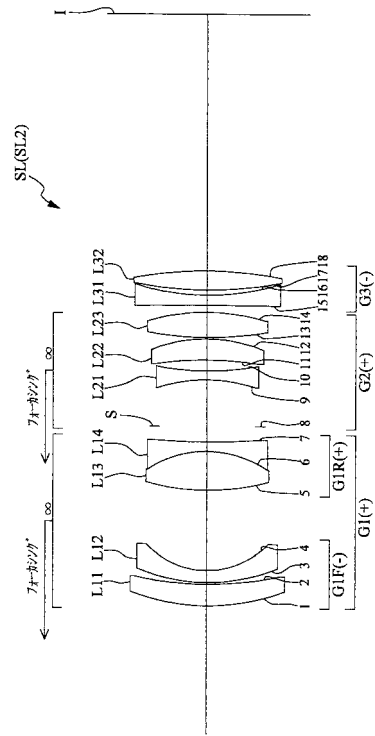
【図 2】



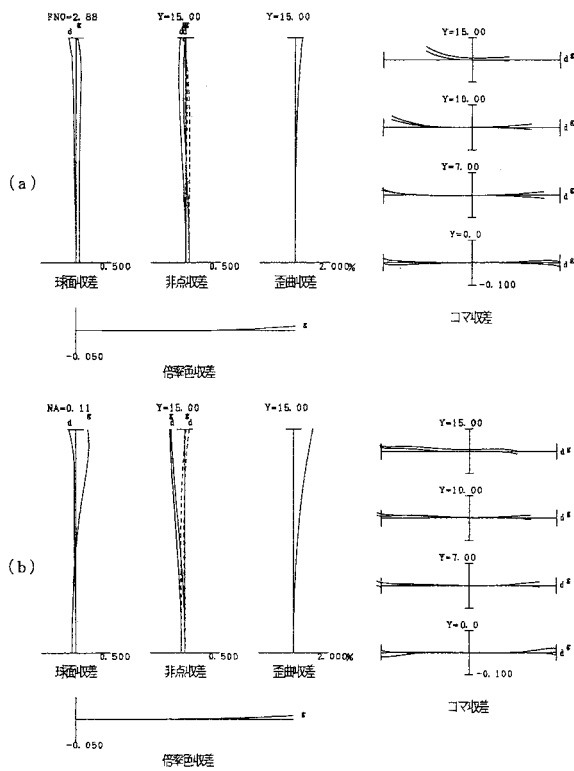
【図 3】



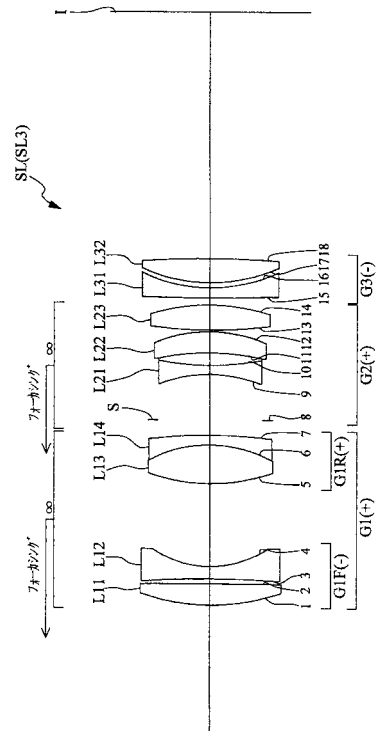
【図 4】



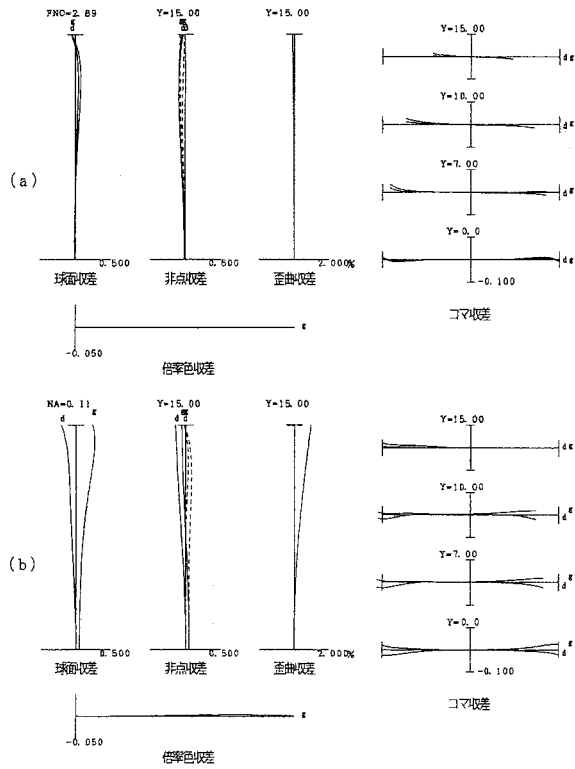
【図 5】



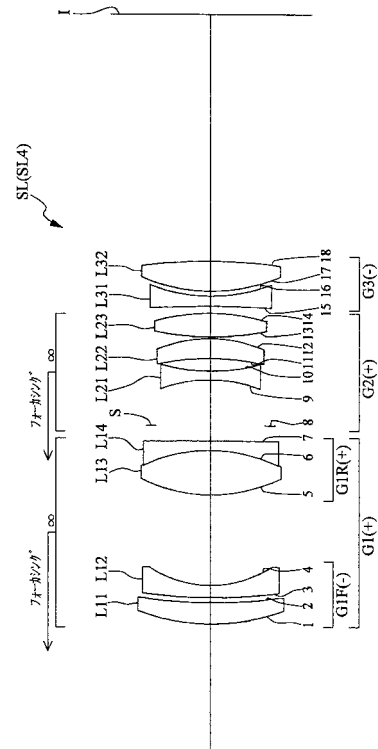
【図 6】



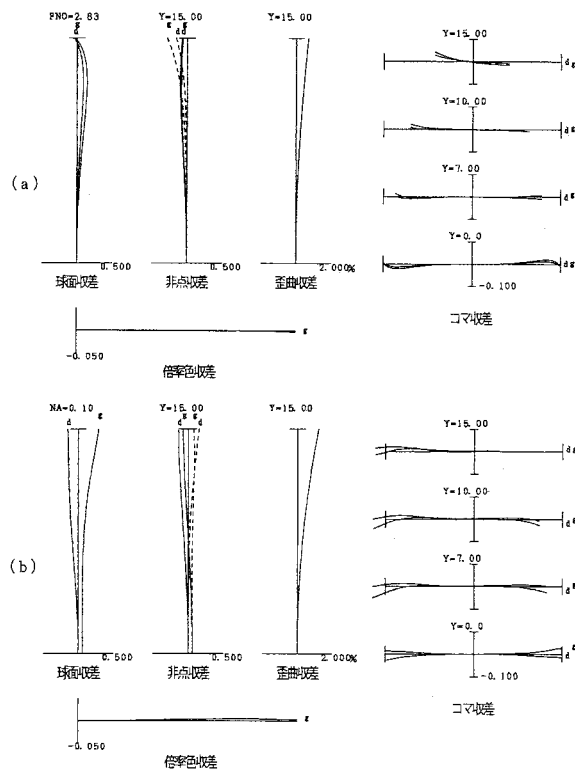
【図 7】



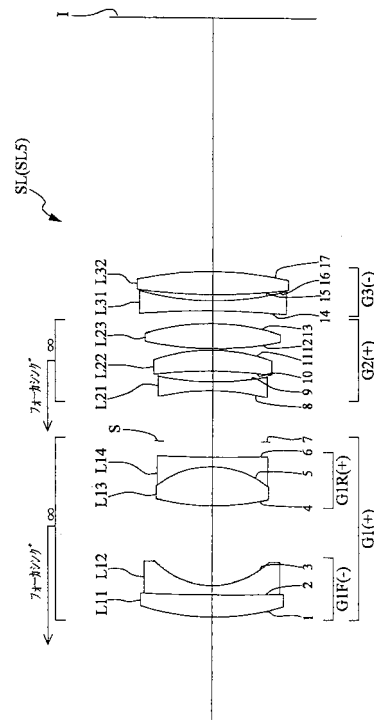
【図 8】



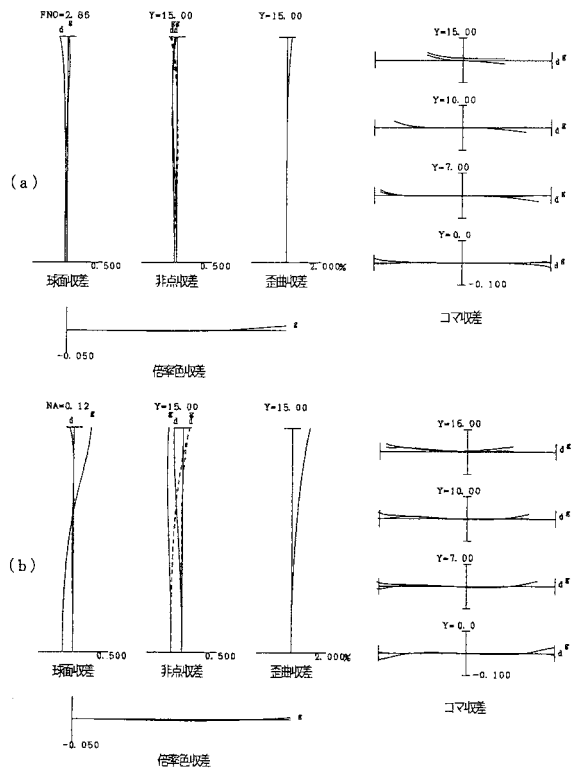
【図 9】



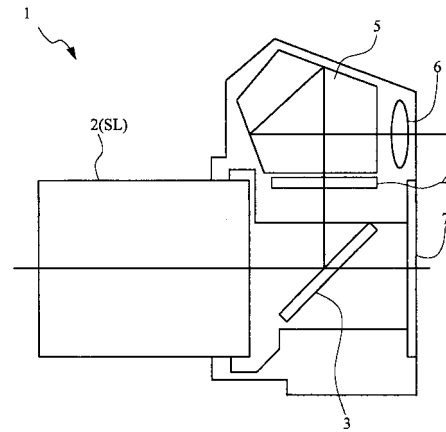
【図 10】



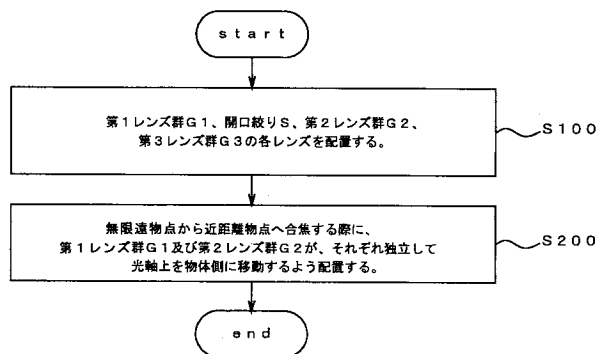
【図 1 1】



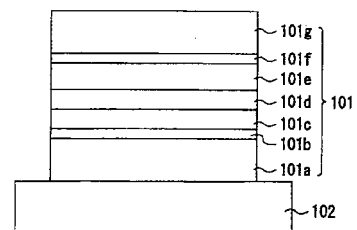
【図 1 2】



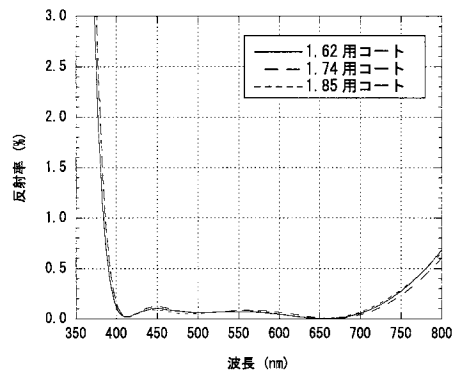
【図 1 3】



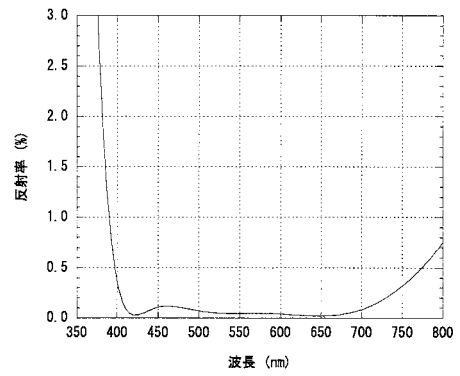
【図 1 4】



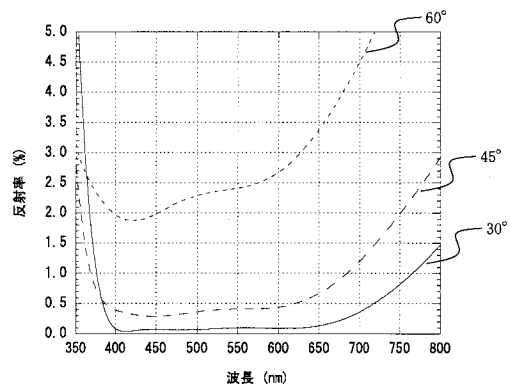
【図 15】



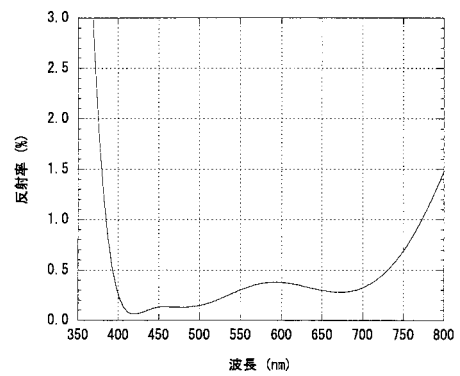
【図 16】



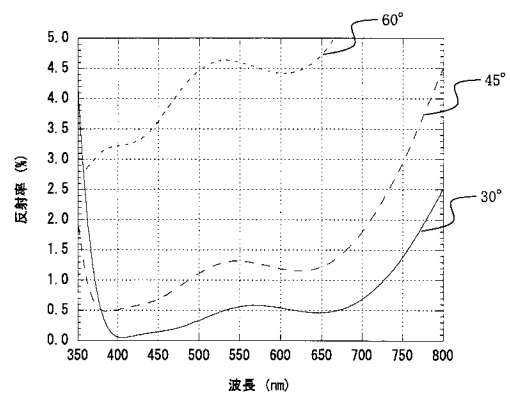
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H087 KA02 LA03 MA01 MA09 NA18 PA07 PA08 PA18 PA19 PB09
QA02 QA07 QA12 QA14 QA22 QA25 QA34 QA42 QA45 RA36
2K009 AA02 CC01 CC21 DD02 DD03