

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5170616号
(P5170616)

(45) 発行日 平成25年3月27日 (2013. 3. 27)

(24) 登録日 平成25年1月11日 (2013. 1. 11)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 13/00 (2006. 01)

G O 2 B 13/00

G O 2 B 13/18 (2006. 01)

G O 2 B 13/18

G O 2 B 1/11 (2006. 01)

G O 2 B 1/10

A

請求項の数 15 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2007-112515 (P2007-112515)
 (22) 出願日 平成19年4月23日 (2007. 4. 23)
 (65) 公開番号 特開2008-268613 (P2008-268613A)
 (43) 公開日 平成20年11月6日 (2008. 11. 6)
 審査請求日 平成22年4月2日 (2010. 4. 2)

(73) 特許権者 000004112
 株式会社ニコン
 東京都千代田区有楽町 1 丁目 1 2 番 1 号
 (74) 代理人 100092897
 弁理士 大西 正悟
 (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 泉水 隆之
 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
 審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広角レンズ、撮像装置、および広角レンズの合焦方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、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 レンズ群とを備え、

前記第 1 レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ、および正レンズを含む前群を有し、前記前群中には、少なくとも 1 つの非球面が設けられており、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第 1 レンズ群が固定されるとともに、前記第 2 レンズ群が光軸に沿って移動するように構成され、

前記第 1 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 層含むように構成され、

前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を $D2$ としたとき、次式

$$D2 / f < 0.90$$

の条件を満足し、

前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を $D12$ としたとき、次式

$$0.50 < D12 / f < 1.50$$

の条件を満足することを特徴とする広角レンズ。

【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 に記載の広角レンズ。

【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、次式

$$n_d < 1.30$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の広角レンズ。

【請求項 4】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、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 レンズ群とを備え、

前記第 1 レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ、および正レンズを含む前群を有し、前記前群中には、少なくとも 1 つの非球面が設けられており、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第 1 レンズ群が固定されるとともに、前記第 2 レンズ群が光軸に沿って移動するように構成され、

前記第 1 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 層含むように構成され、

前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_2 としたとき、次式

$$D_2 / f < 0.90$$

の条件を満足し、

前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_{12} としたとき、次式

$$0.50 < D_{12} / f < 1.50$$

の条件を満足することを特徴とする広角レンズ。

【請求項 5】

前記反射防止膜は多層膜であり、

前記屈折率が 1.30 以下となる層は、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 4 に記載の広角レンズ。

【請求項 6】

前記反射防止膜を有する前記光学面が前記開口絞りに対して凹面であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 7】

前記反射防止膜を有する前記光学面は、前記第 2 負メニスカスレンズの物体側の面であることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 8】

前記反射防止膜を有する前記光学面は、前記第 1 負メニスカスレンズの像側の面であることを特徴とする請求項 1 から請求項 7 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 9】

前記第 2 レンズ群は、5 枚以下のレンズで構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 10】

前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、次式

$$2.50 < f_1 / f < 30.00$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第 2 レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、次式

$$0.70 < f_1 / f_2 < 13.00$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 0 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 1 2】

前記第 2 レンズ群は、複数の正レンズと、複数の負レンズとを有しており、前記複数の正レンズにおける分散値の平均と前記複数の負レンズにおける分散値の平均との差を 2 としたとき、次式

$$36.00 < \quad 2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 1 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 1 3】

前記第 1 レンズ群は、前記前群の像側に配設された後群を有しており、前記前群の焦点距離を f_{1a} とし、前記後群の焦点距離を f_{1b} としたとき、次式

$$0.25 < (-f_{1a}) / f_{1b} < 2.00$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 1 から請求項 1 2 のうちいずれか一項に記載の広角レンズ。

【請求項 1 4】

物体の像を所定の面上に結像させる広角レンズを備えた撮像装置において、前記広角レンズが請求項 1 から請求項 1 3 のうちいずれか一項に記載の広角レンズであることを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 5】

光軸に沿って物体側から順に並んだ、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 レンズ群とを備えて構成された広角レンズの合焦方法において、

前記第 1 レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ、および正レンズを含む前群を有し、前記前群中には、少なくとも 1 つの非球面が設けられており、

無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第 1 レンズ群を固定するとともに、前記第 2 レンズ群を光軸に沿って移動させるように構成し、

前記第 1 レンズ群における光学面のうち少なくとも 1 面に反射防止膜を設け、前記反射防止膜が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 層含むように構成し、

前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_2 としたとき、次式

$$D_2 / f < 0.90$$

の条件を満足し、

前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_{12} としたとき、次式

$$0.50 < D_{12} / f < 1.50$$

の条件を満足するようにしたことを特徴とする広角レンズの合焦方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、広角レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、焦点距離に比して大きなバックフォーカスを有する広角レンズとして、負レンズ

10

20

30

40

50

群が先行する所謂レトロフォーカス型（逆望遠型）の広角レンズが知られている（例えば、特許文献 1 を参照）。また近年、このような広角レンズに対しては、光学性能を損なう大きな要因の一つである収差性能だけではなく、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 2 を参照）。

【特許文献 1】特開昭 49 - 121527 号公報

【特許文献 2】特開 2000 - 356704 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0003】

一般に、レトロフォーカス型の広角レンズのレンズ配置は、物体側から順に負レンズ群と正レンズ群とを配置することで全体として非対称となっているため、諸収差が多量に発生し、諸収差補正が困難であるという問題があった。そしてこの問題のみでなく、フォーカシングによる収差変動が増大し、全物体距離範囲にわたって高い光学性能を実現することが非常に困難であるという問題もあった。

【0004】

また、近年、写真用カメラやビデオカメラ等に用いられる撮影レンズには、カメラ本体の小型化に伴いレンズ系全体の小型化が要望されている。しかしながら、レトロフォーカス型のレンズで、大きな撮影画角を維持しながら前玉レンズ径の縮小化を図りつつレンズ系全体の小型化を図ろうとすれば、諸収差が著しく多量に発生してしまうこととなり、高い光学性能を実現するためには、レンズ枚数を増加しなければならず、レンズ系全体が大型化してしまうという問題があった。それと同時に、このような広角レンズにおける前玉レンズの光学面からは、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もあった。

20

【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、小型でありながらフォーカシング時の収差変動が小さく高い光学性能を有するとともに、ゴーストやフレアをより低減させた広角レンズ、撮像装置、および広角レンズの合焦方法を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的達成のため、本発明に係る広角レンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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 レンズ群とを備え、前記第 1 レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ、および正レンズを含む前群を有し、前記前群中には、少なくとも 1 つの非球面が設けられており、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第 1 レンズ群が固定されるとともに、前記第 2 レンズ群が光軸に沿って移動するように構成され、前記第 1 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 層含むように構成され、前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_2 としたとき、次式

40

$D_2 / f < 0.90$ の条件を満足し、前記第 1 レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第 2 レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_{12} としたとき、次式

$$0.50 < D_{12} / f < 1.50$$

の条件を満足する。

【0007】

なお、上述の発明において、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

50

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が好ましい。

【0008】

また、上述の発明において、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、次式

$$n_d = 1.30$$

の条件を満足することが好ましい。

【0009】

また、本発明に係る広角レンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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レンズ群とを備え、前記第1レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第1負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第2負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第3負メニスカスレンズ、および正レンズを含む前群を有し、前記前群中には、少なくとも1つの非球面が設けられており、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第1レンズ群が固定されるとともに、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するように構成され、前記第1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層含むように構成され、前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_2 としたとき、次式

$$D_2 / f < 0.90$$

の条件を満足し、前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_{12} としたとき、次式

$$0.50 < D_{12} / f < 1.50$$

の条件を満足する。

【0010】

なお、上述の発明において、前記反射防止膜は多層膜であり、前記屈折率が1.30以下となる層は、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が好ましい。

【0011】

また、上述の各発明において、前記反射防止膜を有する前記光学面が前記開口絞りに対して凹面であることが好ましい。

また、上述の各発明において、前記反射防止膜を有する前記光学面は、前記第2負メニスカスレンズの物体側の面であることが好ましい。

また、上述の各発明において、前記反射防止膜を有する前記光学面は、前記第1負メニスカスレンズの像側の面であることが好ましい。

【0013】

また、上述の各発明において、前記第2レンズ群は、5枚以下のレンズで構成されていることが好ましい。

【0014】

また、上述の各発明において、前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、次式

$$2.50 < f_1 / f < 30.00$$

の条件を満足することが好ましい。

【0015】

また、上述の各発明において、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 とし、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 としたとき、次式

$$0.70 < f_1 / f_2 < 13.00$$

の条件を満足することが好ましい。

【0016】

また、上述の各発明において、前記第2レンズ群は、複数の正レンズと、複数の負レンズとを有しており、前記複数の正レンズにおける分散値の平均と前記複数の負レンズにお

10

20

30

40

50

ける分散値の平均との差を 2 としたとき、次式

$$3.6 < \frac{0.0}{2}$$

の条件を満足することが好ましい。

【0017】

また、上述の各発明において、前記第1レンズ群は、前記前群の像側に配設された後群を有しており、前記前群の焦点距離を f_{1a} とし、前記後群の焦点距離を f_{1b} としたとき、次式

$$0.25 < (-f_{1a}) / f_{1b} < 2.00$$

の条件を満足することが好ましい。

【0018】

また、本発明に係る撮像装置は、物体の像を所定の面上に結像させる広角レンズを備えた撮像装置において、前記広角レンズが各発明に係る広角レンズであることを特徴とする。

【0019】

また、本発明に係る合焦方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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レンズ群とを備えて構成された広角レンズの合焦方法において、前記第1レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第1負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第2負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた第3負メニスカスレンズ、および正レンズを含む前群を有し、前記前群中には、少なくとも1つの非球面が設けられており、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、前記第1レンズ群を固定するとともに、前記第2レンズ群を光軸に沿って移動させるように構成し、前記第1レンズ群における光学面のうち少なくとも1面に反射防止膜を設け、前記反射防止膜が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層含むように構成し、前記広角レンズ全系の焦点距離を f とし、前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_2 としたとき、次式

$$D_2 / f < 0.90$$

の条件を満足し、前記第1レンズ群の最も像側のレンズ面と前記第2レンズ群の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_{12} としたとき、次式

$$0.50 < D_{12} / f < 1.50$$

の条件を満足する。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、小型でありながらフォーカシング時の収差変動が小さく高い光学性能を得ることができるとともに、ゴーストやフレアをより低減させることが可能になる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、本願の好ましい実施形態について図を参照しながら説明する。本願に係る広角レンズを備えた一眼レフカメラCAMが図16に示されている。この一眼レフカメラCAMは、広角レンズWLと、クイックリターンミラーMと、撮影用の撮像素子CCDと、焦点板Fと、ペンタプリズムPと、接眼レンズELとを有して構成される。なお、クイックリターンミラーM、撮像素子CCD、焦点板F、ペンタプリズムP、および接眼レンズELはカメラ本体Bに内蔵され、広角レンズWLはカメラ本体Bに着脱可能に取り付けられる。

【0022】

広角レンズWLは、不図示の被写体（物体）の像を撮像素子CCD上もしくは焦点板F上に結像する。クイックリターンミラーMは、広角レンズWLを通る光軸に対して45度の角度で挿入されており、通常時（撮影待機状態）には、広角レンズWLを通った被写体からの光を反射して焦点板F上に結像させ、シャッターリリース時にはミラーアップ状態となって跳ね上がり、広角レンズWLを通った被写体からの光が撮像素子CCD上に結像

10

20

30

40

50

するようになっている。すなわち、撮像素子 C C D と焦点板 F とは、光学的に共役な位置に配設される。

【 0 0 2 3 】

ペンタプリズム P は、広角レンズ W L によって結像された焦点板 F 上の被写体像（倒立像）を上下左右反転して正立像にし、接眼レンズ E L は、ペンタプリズム P により正立像となった被写体像をアイポイント（図示せず）上に結像させる。これにより、広角レンズ W L によって焦点板 F 上に結像された被写体像を接眼レンズ E L により観察することができる。

【 0 0 2 4 】

このような一眼レフカメラ C A M において、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 M がミラーアップ状態となって光路外へ退避し、被写体からの光は広角レンズ W L を通って撮像素子 C C D へ到達する。これにより、被写体からの光は、当該撮像素子 C C D によって撮像されて、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、撮影者は一眼レフカメラ C A M による被写体の撮影を行うことができる。

【 0 0 2 5 】

ところで、広角レンズ W L は、例えば図 1 に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とを備えて構成される。第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 と、正レンズ L 1 4 とからなる前群 G f を有し、この前群 G f 中には、少なくとも 1 つの非球面が設けられている。

【 0 0 2 6 】

そして、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第 1 レンズ群 G 1 が固定されるとともに、第 2 レンズ群 G 2 が光軸に沿って移動するように構成され、さらに、第 1 レンズ群 G 1 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て、当該反射防止膜はウェットプロセス（詳細は後述する）を用いて形成された層を少なくとも 1 層含むように構成されている。

【 0 0 2 7 】

一般に、レトロフォーカス型の広角レンズは、バックフォーカスを確保する必要があること、また後玉レンズ径に制限があることによって、大きな入射角度で入射した軸外光束（主光線）を小さな射出角度で射出して所定の像高に結像させることとなる。また一般に、レンズ配置が対称型の広角レンズは、バックフォーカスを確保する必要があるため、軸外光束を大きな入射角度で入射させ、さらに大きな射出角度で射出する構成とすることができる。このため、主に物体側のレンズ群（第 1 レンズ群）で軸外光束の光軸に対する角度を小さくする必要がある。

【 0 0 2 8 】

また一般に、あるレンズ面に対する入射角度が大きいほど収差が多量に発生するため、レトロフォーカス型の広角レンズにおける物体側のレンズ群には、極端に入射角度が大きくなるレンズ面を配置することは好ましくなく、言い換えれば、レンズに大きな屈折力を持たせないことが望ましい。

【 0 0 2 9 】

そこで、本実施形態の広角レンズ W L は、軸外光束を徐々に屈折させて少しずつ射出角度を小さくするため、第 1 レンズ群 G 1 中に負レンズを少なくとも 3 つと正レンズとを配置している。そしてこの 3 つの負レンズを、開口絞りに向かってアブラナティック面すなわち負メニスカスレンズとすることによって、各レンズ面において入射角度や射出角度が極端に大きくならないようにすることができる。これにより、本実施形態の広角レンズ W L は、画角の広い範囲にわたって無理なく収差補正を行うことが可能となる。

【 0 0 3 0 】

しかしながら、第1レンズ群G1における上述した負メニスカスレンズのみでは、レトロフォーカス型の広角レンズにおいて問題となる歪曲収差を補正することができない。したがって、これを解決するためには、当該負メニスカスレンズの少なくとも1つのレンズ面を、レンズ周辺へ向かって収斂度が増加する形状の非球面とすることが効果的であり、また同様に、歪曲収差を補正する正レンズを配置することで生じる前玉レンズ径の増大を、前記非球面で解消できるため有利である。

【0031】

また、レトロフォーカス型の広角レンズにおいて、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、レンズ全体を繰り出す所謂全体繰り出し方式を採用すれば、像面湾曲が著しくプラス側に変化してしまう。このため、本実施形態の広角レンズWLでは、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、像面湾曲の変動を少なくするべくレンズ系の一部の間隔が狭くなるように変化させるフローティング方式を採用し、これをさらに発展させて、合焦時に第1レンズ群G1を固定し、口径の小さな第2レンズ群G2のみで合焦を行う構成としている。これにより、像面湾曲の変動が少なくなり、またフォーカシング重量（合焦時に駆動するレンズの重量）が軽くなるため、より迅速なフォーカシングを行うことが可能となる。

10

【0032】

さらに、第1レンズ群G1における光学面のうち少なくとも1面に反射防止膜を設け、この反射防止膜が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層含むように構成することで、ゴーストやフレアをより低減させることが可能になる。このようにして、大きなバックフォーカスと、大きな撮影画角と、小さなFナンバーとを有し、前玉レンズ径の縮小化を図りながらレンズ系全体の小型化が図られており、迅速なフォーカシングが可能で、かつフォーカシング時の収差変動が小さく、画面全体にわたって諸収差を良好に補正可能で、低ゴースト、低フレアの高い光学性能を有した広角レンズ、および広角レンズの合焦方法を提供することが可能になる。

20

【0033】

また、反射防止膜が多層膜であるとき、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側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、光の反射をより小さ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させることができる。

30

【0034】

また、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、光の反射をより小さ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させることができる。

【0035】

また、反射防止膜が設けられる光学面は、開口絞りSに対して凹面であることが好ましい。このようにすれば、開口絞りSに対して凹面にゴーストが発生し易いため、ゴーストやフレアを効果的に低減させることができる。

【0036】

なお、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）屈折率が1.30以下となる層を少なくとも1層含むようにしてもよい。このようにしても、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。なおこのとき、屈折率が1.30以下となる層は、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。また、反射防止膜が設けられる光学面は、開口絞りSに対して凹面であることが好ましい。

40

【0037】

また、広角レンズ全系の焦点距離を f とし、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面と第2レンズ群G2の最も像側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_2 としたとき、次の条件式(1)で表される条件を満足することが好ましい。

50

【 0 0 3 8 】

$$D2 / f < 1.00 \dots (1)$$

【 0 0 3 9 】

条件式(1)は、フォーカシングのための移動空間を確保し、より近距離の物体まで良好な光学性能でフォーカシングできるための最適範囲を設定したものである。条件式(1)を満足することにより、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離を小さく、すなわち第2レンズ群G2全体のいわゆる総厚を薄くして小型化が達成できる。このため、フォーカシングのための移動空間を十分に確保できることから、より近距離の物体までフォーカシングすることができ、また、フォーカシングレンズ群の嵌合長を確保できるため、フォーカシング時においてコマ収差等の諸収差の変動が少ない良好な光学性能を得ることができるので好ましい。また、小型化によってフォーカシングレンズ駆動の負荷を軽減できるため、迅速なフォーカシングを行うことができるので好ましい。

10

【 0 0 4 0 】

条件式(1)の上限値を上回る条件である場合、フォーカシングレンズ群が大型化し、フォーカシングのための移動空間を十分に確保することができず、より近距離の物体までフォーカシングすることができなくなり、また、フォーカシング時におけるコマ収差等の諸収差の変動が大きくなり良好な光学性能を得ることができなくなるので好ましくない。また、大型化によってフォーカシングレンズ駆動の負荷が増大し、迅速なフォーカシングを行うことができなくなるので好ましくない。なお、条件式(1)の上限値を0.90に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。

20

【 0 0 4 1 】

また、第2レンズ群G2は、5枚以下のレンズで構成されていることが好ましい。これにより、第2レンズ群G2を小型の構成にすることができ、嵌合長を確保できるため、フォーカシング時におけるコマ収差等の諸収差の変動が少ない良好な光学性能を得ることができるので好ましい。また、小型化によってフォーカシングレンズ駆動の負荷を軽減できるため、迅速なフォーカシングを行うことができるので好ましい。第2レンズ群G2のレンズ枚数が5枚を越えると、フォーカシングレンズ群が大型化し、フォーカシング時におけるコマ収差等の諸収差の変動が大きくなり良好な光学性能を得ることができなくなるので好ましくない。また、大型化によってフォーカシングレンズ駆動の負荷が増大し、迅速なフォーカシングを行うことができなくなるので好ましくない。

30

【 0 0 4 2 】

また、広角レンズ全系の焦点距離を f とし、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 とし、第1レンズ群G1の最も像側のレンズ面と第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面との間の光軸上の距離を D_{12} としたとき、次の条件式(2)および(3)で表される条件を満足することが好ましい。

【 0 0 4 3 】

$$2.50 < f_1 / f < 30.00 \dots (2)$$

$$0.30 < D_{12} / f < 1.50 \dots (3)$$

【 0 0 4 4 】

条件式(2)は、本実施形態の広角レンズWLにおいて、第1レンズ群G1の焦点距離を規定し、バックフォーカスを大きくしつつ諸収差を良好に補正するための条件式である。なお、条件式(2)における符号 f 、 f_1 、および後述する各条件式における符号 D_{12} 、 f_2 、 f_{1a} 、 f_{1b} の値は、いずれも無限遠物体合焦時における値である。条件式(2)の上限値を上回って第1レンズ群G1の焦点距離が大きくなり過ぎると、光線の収斂作用が小さくなり、バックフォーカスの確保には有利である。しかしながら、歪曲収差が大きく発生してしまい、これを第2レンズ群G2によって補正することが困難になってしまう。

40

【 0 0 4 5 】

一方、条件式(2)の下限値を下回って第1レンズ群G1の焦点距離が小さくなり過ぎ

50

ると、光線の収斂作用が大きくなり、十分なバックフォーカスを確保することが困難になってしまう。そしてこれを補うために第2レンズ群G2の焦点距離を大きくしなければならず、これに伴い第2レンズ群G2の合焦移動量が増大してしまうため、諸収差の変動が大きくなってしまふ。なお、条件式(2)の上限値を25.00に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。また、条件式(2)の下限値を3.00に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。

【0046】

条件式(3)は、本実施形態の広角レンズWLにおいて、無限遠物体合焦時の第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間隔を規定し、第1レンズ群G1を固定として第2レンズ群G2によって良好なフォーカシングを行うための条件式である。条件式(3)の上限値を上回って前記間隔が大きくなりすぎると、無限遠物体から近距離物体への合焦時の第2レンズ群G2の移動スペースを十分に確保することはできない。しかしながら、バックフォーカスを確保することが困難となって第2レンズ群G2の総厚を薄くせざるを得なくなるため、諸収差、特にコマ収差を十分に補正することができなくなってしまう。

【0047】

一方、条件式(3)の下限値を下回って前記間隔が小さくなりすぎると、無限遠物体から近距離物体への合焦時の第2レンズ群G2の移動スペースを十分に確保することができなくなってしまう。このため、第2レンズ群G2の屈折力を大きくしなければならなくなり、これにより主に球面収差が悪化することとなってしまう。なお、条件式(3)の上限値を1.00に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。また、条件式(3)の下限値を0.50に設定すれば、本願の効果をより発揮することができ、さらに、条件式(3)の下限値を0.60に設定すれば、本願の効果を最大限に発揮することができる。

【0048】

また、第1レンズ群G1の焦点距離を f_1 とし、第2レンズ群G2の焦点距離を f_2 としたとき、次の条件式(4)で表される条件を満足することが好ましい。

$$0.70 < f_1 / f_2 < 13.00 \quad \dots (4)$$

【0049】

条件式(4)は、本実施形態の広角レンズWLにおいて、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2の焦点距離の比を規定し、合焦時の収差変動を少なくすることと十分なバックフォーカスを確保することとの両立を実現するための条件式である。条件式(4)の上限値を上回って第2レンズ群G2の屈折力が大きくなり過ぎると、球面収差が悪化してしまう。

【0050】

一方、条件式(4)の下限値を下回って第2レンズ群G2の屈折力が小さくなり過ぎると、合焦時の第2レンズ群G2の移動量が増大し、第1レンズ群G1の大型化を回避するために、第1レンズ群G1を構成するレンズの枚数を減らすことを余儀なくされ、主に画角収差(歪曲収差及び非点収差)が悪化することとなってしまう。なお、条件式(4)の上限値を10.00に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。また、条件式(4)の下限値を1.00に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。

【0051】

また、第2レンズ群G2は、複数の正レンズと、複数の負レンズとを有しており、複数の正レンズにおける分散値の平均と複数の負レンズにおける分散値の平均との差を2としたとき、次の条件式(5)で表される条件を満足することが好ましい。

【0052】

$$36.00 < \quad 2 \quad \dots (5)$$

【0053】

条件式(5)は、本実施形態の広角レンズWLにおいて、第2レンズ群G2を構成する各レンズの分散値を規定する条件式である。条件式(5)の下限値を下回る条件である場合、第2レンズ群G2による色収差の補正が不足し、特に倍率色収差が悪化することとな

10

20

30

40

50

ってしまう。なお、条件式(5)の下限値を37.50に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。

【0054】

また、第1レンズ群G1は、前群Gfおよび前群Gfの像側に配設された後群Grを有しており、前群Gfの焦点距離をf1aとし、後群Grの焦点距離をf1bとしたとき、次の条件式(6)で表される条件を満足することが好ましい。

【0055】

$$0.25 < (-f1a) / f1b < 2.00 \quad \dots (6)$$

【0056】

条件式(6)は、本実施形態の広角レンズWLにおいて、前群Gfの負の屈折力を規定し、第1レンズ群G1内におけるレトロフォーカスの度合いを規定する条件式である。条件式(6)の上限値を上回って相対的に後群Grの焦点距離が小さくなり過ぎると、球面収差やコマ収差が悪化することになってしまう。

【0057】

一方、条件式(6)の下限値を下回って相対的に前群Gfの焦点距離が小さくなり過ぎると、歪曲収差や非点収差等の軸外収差が悪化することになってしまう。なお、条件式(6)の上限値を1.30に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。また、条件式(6)の下限値を0.35に設定すれば、本願の効果をより発揮することができる。

【0058】

また、本実施形態の広角レンズWLにおいて、第2レンズ群G2は、本質的に正の屈折力を有し、該第2レンズ群G2を通過するランド光束(像高0に達する光線のうちで最も光軸から離れた光線をランド光線という。)の光軸からの高さが、第1レンズ群G1よりも高い。このため、球面収差の補正が不足し、また輪帯球面収差の補正も不足しやすい。そこで、本実施形態の広角レンズWLでは、第2レンズ群G2内に接合面を設けることで、球面収差を補正すると同時に、コマ収差、さらには軸上色収差と倍率色収差を良好に補正している。

【0059】

また、本実施形態の一眼レフカメラ(撮像装置)CAMは、上述した構成の広角レンズWLを備えている。これにより、大きなバックフォーカスと、大きな撮影画角と、小さなFナンバーとを有し、前玉レンズ径の縮小化を図りながらレンズ系全体の小型化が図られており、迅速なフォーカシングが可能で、かつフォーカシング時の収差変動が小さく、画面全体にわたって諸収差を良好に補正可能で、低ゴースト、低フレアの高い光学性能を有した一眼レフカメラ(撮像装置)を実現することができる。

【実施例】

【0060】

以下、本願の各実施例を添付図面に基づいて説明する。なお、以下に述べる第1～第4実施例は本願に係る広角レンズの実施例であるが、これらの広角レンズに設けられる反射防止膜の詳細については、各実施例の後に別途説明する。

【0061】

(第1実施例)

以下、本願の第1実施例について説明する。図1は、第1実施例に係る広角レンズのレンズ構成図である。第1実施例に係る広角レンズWLは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、全体として正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、全体として正の屈折力を有する第2レンズ群G2とから構成されている。

【0062】

第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群Gfと、当該前群Gfの像側に配設された後群Grとから構成される。前群Gfは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けるとともに像側のレンズ面が非球面である第1負メニスカスレンズL11と、物体側に凸面を向けた第2負メニスカスレンズL12と、物体側に凸

10

20

30

40

50

面を向けた第3負メニスカスレンズL13と、両凸形状の正レンズL14とから構成され、第2負メニスカスレンズL12における物体側のレンズ面に反射防止膜が設けられる。後群Grは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズL15と、両凸形状の正レンズL16および像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL17からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL18および両凸形状の正レンズL19からなる接合レンズとから構成される。

【0063】

第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズL21と、両凹形状の負レンズL22および両凸形状の正レンズL23からなる接合レンズと、像側に凸面を向けるとともに像側のレンズ面が非球面である正メニスカスレンズL24とから構成される。

10

【0064】

このようなレンズ構成の下、本実施例に係る広角レンズWLは、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第1レンズ群G1はその位置が固定され、第2レンズ群G2は光軸に沿って移動する。なおこのとき、開口絞りSは、第2レンズ群G2と一体的に移動する。また、本実施例に係る広角レンズWLにおいて、フォーカシングレンズの駆動は、手動、又はDCモータ、超音波モータ、ステッピングモータ等の各種モータによって行われる。

【0065】

以下に示す表1～表4は、第1～第4実施例における諸元の値をそれぞれ掲げた表である。各表の[全体諸元]において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、2は画角(単位:度)をそれぞれ示している。また、[レンズデータ]において、面番号は物体側から数えたレンズ面の順番を、rはレンズ面の曲率半径を、dは面間隔を、ndはd線(波長=587.6nm)に対する屈折率を、dはd線(波長=587.6nm)に対するアッペ数をそれぞれ示している。

20

【0066】

さらに、[レンズデータ]中の非球面には、*印を付して曲率半径rの欄に近軸曲率半径を示し、および各非球面係数は[非球面データ]の欄に記載する。[非球面データ]に示される非球面は、光軸に垂直な方向の高さyにおける各非球面の頂点の接平面から光軸方向に沿った距離(サグ量)をX(y)とし、基準球面の曲率半径(近軸曲率半径)をrとし、円錐係数をとし、n次(n=4, 6, 8, 10, 12)の非球面係数をCnとしたとき、以下の非球面式で表される。なお、0(ゼロ)となる非球面係数はその記載を省略している。

30

【0067】

$$X(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - x y^2 / r^2)^{1/2} \} + C4 \times y^4 + C6 \times y^6 + C8 \times y^8 + C10 \times y^{10} + C12 \times y^{12}$$

【0068】

また、[レンズデータ]および[可変間隔データ]において、は撮影倍率を、B・Fはバックフォーカスをそれぞれ示す。また、[条件対応値]には、各条件式の値を示す。なお、曲率半径「r=0.0000」(もしくは、「r=」)は平面を示し、空気の屈折率nd=1.000000は記載を省略している。

40

【0069】

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f、曲率半径r、その他の長さの単位は、特記の無い場合一般に「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。なお、これらの記号の説明は、以降の他の実施例においても同様とする。

【0070】

下の表1に、第1実施例における各諸元を示す。なお、表1における面番号1～24は、図1における面1～24と対応している。

【0071】

(表1)

50

[全体諸元]

f = 24.6247

F N O = 3.6

2 = 101

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					
1	44.5890	2.5451	1.804000	46.58	
2 *	18.1996	7.1548			
3	34.2392	1.9000	1.785900	44.20	10
4	20.1842	5.3994			
5	40.2830	1.4000	1.846660	23.78	
6	27.4397	8.2301			
7	73.5927	5.2273	1.647690	33.79	
8	- 61.8011	1.1114			
9	- 40.7165	1.5264	1.497000	81.60	
1 0	32.3777	0.7682			
1 1	44.8121	7.7994	1.548140	45.79	
1 2	- 26.0180	2.9973	1.806100	40.94	
1 3	- 168.3155	0.1000			20
1 4	49.8685	1.6168	1.804000	46.58	
1 5	27.1315	6.3541	1.548140	45.79	
1 6	- 31.5874	D 1 6			
1 7	開口絞り	7.0438			
1 8	33.0817	10.0751	1.497000	81.60	
1 9	- 35.4241	0.2254			
2 0	- 55.1034	1.2000	1.834000	37.17	
2 1	26.0656	5.4164	1.497000	81.60	
2 2	- 69.1727	0.6000			
2 3	- 110.7003	3.1719	1.516330	64.14	30
2 4 *	- 45.9845	B . F			

像面

[非球面データ]

面 番 号		C 4	C 6	C 8
2	-1.00000	$+9.44230 \times 10^{-6}$	$+1.74360 \times 10^{-9}$	$+4.05660 \times 10^{-11}$
2 4	0.00000	$+1.01520 \times 10^{-5}$	$+1.68300 \times 10^{-8}$	-1.82820×10^{-11}
面 番 号		C 10	C 12	
2		-9.91430×10^{-14}	$+0.11557 \times 10^{-15}$	
2 4		$+9.95310 \times 10^{-14}$		

[可変間隔データ]

f 又は	24.6247	-1/30x	-1/10x
D 1 6	14.119	13.296	11.654
B . F	56.000	56.823	58.465

[条件対応値]

条件式 (1)	D 2 / f = 0.840
条件式 (2)	f 1 / f = 23.59
条件式 (3)	D 1 2 / f = 0.86
条件式 (4)	f 1 / f 2 = 8.47
条件式 (5)	2 = 38.62
条件式 (6)	(- f 1 a) / f 1 b = 0.41

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

このように本実施例では、上記条件式 (1) ~ (6) が全て満たされていることが分かる。

【 0 0 7 3 】

図 2 (a) は第 1 実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、図 2 (b) は撮影倍率 $= - 1 / 3 0$ のときの諸収差図であり、図 2 (c) は撮影倍率 $= - 1 / 1 0$ のときの諸収差図である。各収差図において、F N O は F ナンバーを、N A は開口数を、Y は像高をそれぞれ示している。また、d は d 線 (波長 $= 5 8 7 . 6 \text{ nm}$) の収差曲線を示しており、g は g 線 (波長 $= 4 3 5 . 8 \text{ nm}$) の収差曲線を示している。

10

【 0 0 7 4 】

そして、非点収差図および歪曲収差図においては、像高 Y の最大値を示している。また、非点収差図においては、実線はサジタル像面を示し、破線はメリジオナル像面を示している。また、コマ収差図は、各像高におけるコマ収差をそれぞれ表している。なお、これらの記号の説明は、以降の他の実施例においても同様とする。そして、図 2 (a)、図 2 (b)、および図 2 (c) の各収差図から明らかなように、第 1 実施例に係る広角レンズは、全物体距離範囲にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 7 5 】

(第 2 実施例)

20

以下、本願の第 2 実施例について説明する。図 3 は、第 2 実施例に係る広角レンズのレンズ構成図である。第 2 実施例に係る広角レンズ W L は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とから構成されている。

【 0 0 7 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群 G f と、当該前群 G f の像側に配設された後群 G r とから構成される。前群 G f は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 と、両凸形状の正レンズ L 1 4 とから構成され、第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 における像側のレンズ面および、第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 における物体側のレンズ面に反射防止膜が設けられる。なお、第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 は、いずれも像側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

30

【 0 0 7 7 】

後群 G r は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズ L 1 5 と、両凸形状の正レンズ L 1 6 および像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 7 からなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 8 および両凸形状の正レンズ L 1 9 からなる接合レンズとから構成される。

【 0 0 7 8 】

40

第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 および両凸形状の正レンズ L 2 3 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けるとともに像側のレンズ面が非球面である正メニスカスレンズ L 2 4 とから構成される。

【 0 0 7 9 】

このようなレンズ構成の下、本実施例に係る広角レンズ W L は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第 1 レンズ群 G 1 はその位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は光軸に沿って移動する。なおこのとき、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 と一体的に移動する。また、本実施例に係る広角レンズ W L において、フォーカシングレンズの駆動は、手動、又は D C モータ、超音波モータ、ステッピングモータ等の各種モータによって行われる。

50

【 0 0 8 0 】

下の表 2 に、第 2 実施例における各諸元を示す。なお、表 2 における面番号 1 ~ 2 6 は、図 3 における面 1 ~ 2 6 と対応している。

【 0 0 8 1 】

(表 2)

[全体諸元]

$$f = 24.6209$$

$$FNO = 3.6$$

$$2 = 101$$

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	51.3085	2.3000	1.804000	46.58
2	23.3997	0.2000	1.553890	38.09
3 *	17.9290	5.7000		
4	35.3343	1.9000	1.801000	34.96
5	19.4911	6.0000		
6	45.0079	1.4000	1.583130	59.38
7	28.3075	0.1000	1.553890	38.09
8 *	26.4860	7.3000		
9	50.5648	7.5000	1.581440	40.75
1 0	- 36.7513	0.9000		
1 1	- 35.7288	1.5500	1.497000	81.61
1 2	30.3482	0.7500		
1 3	41.6778	9.0000	1.548140	45.79
1 4	- 25.7030	1.2000	1.806100	40.94
1 5	- 564.5828	0.2000		
1 6	49.3653	1.5000	1.804000	46.58
1 7	26.3180	10.0000	1.548140	45.79
1 8	- 31.7447	D 1 8		
1 9	開口絞り	6.5426		
2 0	34.7596	9.3000	1.497000	81.61
2 1	- 34.7596	0.2500		
2 2	- 54.5882	1.2000	1.834000	37.17
2 3	26.7220	5.4000	1.497000	81.61
2 4	- 70.0880	0.8000		
2 5	- 84.7454	3.3000	1.516330	64.14
2 6 *	- 40.1302	B . F		

像面

[非球面データ]

面番号	C 4	C 6	C 8
3	-1.00000	-4.13510×10^{-7}	-6.54140×10^{-9}
8	-1.00000	$+1.11340 \times 10^{-5}$	-1.45900×10^{-8}
2 6	0.00000	$+9.31650 \times 10^{-6}$	$+1.97700 \times 10^{-8}$
面番号	C 10	C 12	
3	-1.52710×10^{-13}	$+0.22759 \times 10^{-15}$	
8	$+2.41080 \times 10^{-14}$	-0.97211×10^{-15}	
2 6	$+1.60590 \times 10^{-13}$		

[可変間隔データ]

$$f \text{ 又は } 24.64209 \quad -1/30x \quad -1/10x$$

D 1 8	11.681	10.857	9.213
B . F	56.500	57.324	58.968

[条件対応値]

- 条件式 (1) $D 2 / f = 0.822$
 条件式 (2) $f 1 / f = 16.40$
 条件式 (3) $D 1 2 / f = 0.74$
 条件式 (4) $f 1 / f 2 = 5.82$
 条件式 (5) $2 = 38.62$
 条件式 (6) $(- f 1 a) / f 1 b = 0.59$

【 0 0 8 2 】

10

このように本実施例では、上記条件式 (1) ~ (6) が全て満たされていることが分かる。

【 0 0 8 3 】

図 4 (a) は第 2 実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、図 4 (b) は撮影倍率 $= - 1 / 3 0$ のときの諸収差図であり、図 4 (c) は撮影倍率 $= - 1 / 1 0$ のときの諸収差図である。そして、図 4 (a)、図 4 (b)、および図 4 (c) の各収差図から明らかなように、第 2 実施例に係る広角レンズは、全物体距離範囲にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 8 4 】

また、図 5 に示すように、物体側からの光線 B M が図示のように広角レンズ W L に入射すると、第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 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 4) で反射し、その反射光は第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 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 3) 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 4 および第 2 番目のゴースト発生面 3 はいずれも開口絞り S に対して凹面である。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させることができる。

20

【 0 0 8 5 】

(第 3 実施例)

以下、本願の第 3 実施例について説明する。図 6 は、第 3 実施例に係るズームレンズのレンズ構成図である。第 3 実施例に係る広角レンズ W L は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とから構成されている。

30

【 0 0 8 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群 G f と、当該前群 G f の像側に配設された後群 G r とから構成される。前群 G f は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 と、両凸形状の正レンズ L 1 4 とから構成され、第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 における像側のレンズ面に反射防止膜が設けられる。なお、第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 は、いずれも像側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

40

【 0 0 8 7 】

後群 G r は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズ L 1 5、両凸形状の正レンズ L 1 6、および像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 7 からなる 3 枚接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 8 および両凸形状の正レンズ L 1 9 からなる接合レンズとから構成される。

【 0 0 8 8 】

第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L 2 1 と、両凹形状の負レンズ L 2 2 および両凸形状の正レンズ L 2 3 からなる接合レンズと、

50

像側に凸面を向けるとともに像側のレンズ面が非球面である正メニスカスレンズ L 2 4 とから構成される。

【 0 0 8 9 】

このようなレンズ構成の下、本実施例に係る広角レンズ W L は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第 1 レンズ群 G 1 はその位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は光軸に沿って移動する。なおこのとき、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 と一体的に移動する。また、本実施例に係る広角レンズ W L において、フォーカシングレンズの駆動は、手動、又は D C モータ、超音波モータ、ステッピングモータ等の各種モータによって行われる。

【 0 0 9 0 】

下の表 3 に、第 3 実施例における各諸元を示す。なお、表 3 における面番号 1 ~ 2 6 は 10、図 6 における面 1 ~ 2 6 と対応している。

【 0 0 9 1 】

(表 3)

[全体諸元]

$$f = 24.69043$$

$$F N O = 3.6$$

$$2 = 101$$

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d	
物面					20
1	43.0018	2.3000	1.806100	40.94	
2	21.8991	0.2000	1.553890	38.09	
3 *	17.4502	7.6472			
4	38.0255	1.9000	1.806100	40.94	
5	18.8395	5.2852			
6	32.7413	1.4000	1.583130	59.38	
7	22.9016	0.1500	1.553890	38.09	
8 *	20.3389	5.7062			
9	103.7214	5.8047	1.581440	40.75	
1 0	- 36.4908	1.2003			30
1 1	- 40.5352	1.8000	1.497000	81.61	
1 2	33.1255	0.0000			
1 3	33.1255	7.5345	1.548140	45.79	
1 4	- 22.0402	2.1984	1.804000	46.58	
1 5	- 122.0119	0.1000			
1 6	67.8702	3.0000	1.806100	40.94	
1 7	27.7482	10.0000	1.548140	45.79	
1 8	- 27.7482	D 1 8			
1 9	開口絞り	6.9075			
2 0	35.5867	8.0994	1.497000	81.61	40
2 1	- 35.5867	0.2000			
2 2	- 63.4325	1.2000	1.834000	37.17	
2 3	24.3718	5.1949	1.497000	81.61	
2 4	- 77.3922	1.2573			
2 5	- 56.3711	3.1682	1.516330	64.14	
2 6 *	- 33.7079	B . F			

像面

[非球面データ]

面番号	C 4	C 6	C 8	
3	-1.00000	$+4.92000 \times 10^{-6}$	-1.20370×10^{-9}	$+5.07120 \times 10^{-11}$

8	-1.00000	$+1.60170 \times 10^{-5}$	-2.17020×10^{-8}	$+1.88280 \times 10^{-11}$
2 6	0.00000	$+8.82640 \times 10^{-6}$	$+2.33260 \times 10^{-8}$	-5.99580×10^{-11}
面番号		C 10	C 12	
3		-1.47630×10^{-13}	$+0.22115 \times 10^{-15}$	
8		-1.80070×10^{-13}	-0.87696×10^{-15}	
2 6		$+1.81080 \times 10^{-13}$		

[可変間隔データ]

f 又は	24.69043	-1/30x	-1/10x
D 1 8	11.746	10.910	9.246
B . F	56.500	57.336	59.000

10

[条件対応値]

条件式 (1)	$D 2 / f = 0.774$
条件式 (2)	$f 1 / f = 7.76$
条件式 (3)	$D 1 2 / f = 0.76$
条件式 (4)	$f 1 / f 2 = 2.59$
条件式 (5)	$2 = 38.62$
条件式 (6)	$(- f 1 a) / f 1 b = 0.47$

【 0 0 9 2 】

このように本実施例では、上記条件式 (1) ~ (6) が全て満たされていることが分かる。

20

【 0 0 9 3 】

図 7 (a) は第 3 実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、図 7 (b) は撮影倍率 $= - 1 / 3 0$ のときの諸収差図であり、図 7 (c) は撮影倍率 $= - 1 / 1 0$ のときの諸収差図である。そして、図 7 (a)、図 7 (b)、および図 7 (c) の各収差図から明らかなように、第 3 実施例に係る広角レンズは、全物体距離範囲にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 0 9 4 】

(第 4 実施例)

以下、本願の第 4 実施例について説明する。図 8 は、第 4 実施例に係るズームレンズのレンズ構成図である。第 4 実施例に係る広角レンズ W L は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、全体として正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、開口絞り S と、全体として正の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 とから構成されている。

30

【 0 0 9 5 】

第 1 レンズ群 G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、前群 G f と、当該前群 G f の像側に配設された後群 G r とから構成される。前群 G f は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凸面を向けた第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と、物体側に凸面を向けた第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 と、物体側に凸面を向けた第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 と、両凸形状の正レンズ L 1 4 とから構成され、第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 における両側のレンズ面、第 2 負メニスカスレンズ L 1 2 における両側のレンズ面、および第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 における両側のレンズ面に反射防止膜が設けられる。なお、第 1 負メニスカスレンズ L 1 1 と第 3 負メニスカスレンズ L 1 3 は、いずれも像側のガラスレンズ面に樹脂層を設けて非球面を形成した複合型非球面レンズである。

40

【 0 0 9 6 】

後群 G r は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凹形状の負レンズ L 1 5 と、両凸形状の正レンズ L 1 6 および両凹形状の負レンズ L 1 7 からなる接合レンズと、両凸形状の正レンズ L 1 8 および像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 9 からなる接合レンズとから構成され、負レンズ L 1 5 における像側のレンズ面に反射防止膜が設けられる。

【 0 0 9 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズ L 2 1 および像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 2 からなる接合レンズと、両凹形状の

50

負レンズ L 2 3 および両凸形状の正レンズ L 2 4 からなる接合レンズと、像側に凸面を向けるとともに像側のレンズ面が非球面である正メニスカスレンズ L 2 5 とから構成される。

【 0 0 9 8 】

このようなレンズ構成の下、本実施例に係る広角レンズ W L は、無限遠物体から近距離物体への合焦時に、第 1 レンズ群 G 1 はその位置が固定され、第 2 レンズ群 G 2 は光軸に沿って移動する。なおこのとき、開口絞り S は、第 2 レンズ群 G 2 と一体的に移動する。また、本実施例に係る広角レンズ W L において、フォーカシングレンズの駆動は、手動、又は D C モータ、超音波モータ、ステッピングモータ等の各種モータによって行われる。

【 0 0 9 9 】

下の表 4 に、第 4 実施例における各諸元を示す。なお、表 4 における面番号 1 ~ 2 7 は、図 8 における面 1 ~ 2 7 と対応している。

【 0 1 0 0 】

(表 4)

[全体諸元]

$$f = 24.60120$$

$$F N O = 3.6$$

$$2 = 101$$

[レンズデータ]

面番号	r	d	n d	d
物面				
1	58.8763	2.3000	1.804000	46.58
2	22.4479	0.2000	1.553890	38.09
3 *	17.0971	5.6174		
4	30.8722	1.9000	1.834000	37.17
5	19.1278	5.7404		
6	36.3932	1.4151	1.516330	64.14
7	23.2496	0.1500	1.553890	38.09
8 *	23.2379	4.4929		
9	38.2990	8.4533	1.581440	40.75
1 0	- 40.2014	0.5346		
1 1	- 123.6574	2.0000	1.497820	82.52
1 2	20.7771	1.6043		
1 3	33.8209	7.5020	1.581440	40.75
1 4	- 20.9268	1.4887	1.806100	40.94
1 5	66.9557	3.4604		
1 6	63.9128	6.3060	1.581440	40.75
1 7	- 16.0627	2.1385	1.805180	25.43
1 8	- 22.1168	D 1 8		
1 9	開口絞り	3.0000		
2 0	44.6388	4.5296	1.487490	70.24
2 1	- 31.0458	3.0803	1.846660	23.78
2 2	- 36.3078	0.4427		
2 3	- 62.3780	1.2000	1.834000	37.17
2 4	29.6093	4.8724	1.497820	82.52
2 5	- 84.9981	0.9000		
2 6	- 64.0280	3.5268	1.516330	64.15
2 7 *	- 31.6410	B . F		

像面

[非球面データ]

面 番 号		C 4	C 6	C 8
3	-1.00000	-3.29690×10^{-6}	$+8.79930 \times 10^{-9}$	-1.38400×10^{-11}
8	-1.00000	$+2.00230 \times 10^{-5}$	-1.43890×10^{-8}	$+7.24700 \times 10^{-11}$
2 7	0.00000	$+8.21060 \times 10^{-6}$	$+9.57030 \times 10^{-9}$	-1.04180×10^{-12}
面 番 号		C 10	C 12	
3		$+7.04010 \times 10^{-14}$	-0.66095×10^{-17}	
8		-7.17480×10^{-13}	$+0.42285 \times 10^{-15}$	
2 7		$+6.59260 \times 10^{-14}$		

[可変間隔データ]

f 又は	24.60120	-1/30x	-1/10x
D 1 8	12.000	11.120	9.376
B . F	56.500	57.379	59.123

10

[条件対応値]

- 条件式 (1) $D 2 / f = 0.754$
 条件式 (2) $f 1 / f = 3.76$
 条件式 (3) $D 1 2 / f = 0.66$
 条件式 (4) $f 1 / f 2 = 1.13$
 条件式 (5) $2 = 41.83$
 条件式 (6) $(- f 1 a) / f 1 b = 1.20$

【 0 1 0 1 】

20

このように本実施例では、上記条件式 (1) ~ (6) が全て満たされていることが分かる。

【 0 1 0 2 】

図 9 (a) は第 4 実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、図 9 (b) は撮影倍率 $= - 1 / 30$ のときの諸収差図であり、図 9 (c) は撮影倍率 $= - 1 / 10$ のときの諸収差図である。そして、図 9 (a)、図 9 (b)、および図 9 (c) の各収差図から明らかなように、第 4 実施例に係る広角レンズは、全物体距離範囲にわたって諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

【 0 1 0 3 】

ここで、第 1 ~ 第 4 実施例のズームレンズに用いられる反射防止膜について説明する。図 10 は、反射防止膜の膜構成を示す図である。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 101 a 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 101 a 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 101 b が形成される。さらに、この第 2 層 101 b 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 101 c が形成され、この第 3 層 101 c 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 101 d が形成される。またさらに、この第 4 層 101 d 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 101 e が形成され、この第 5 層 101 e 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 101 f が形成される。

30

40

【 0 1 0 4 】

そして、このようにして形成された第 6 層 101 f の上に、ウェットプロセスによりシリカとフッ化マグネシウムの混合物からなる第 7 層 101 g 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 101 g の形成には、ウェットプロセスの一種であるゾル - ゲル法を用いている。ゾル - ゲル法とは、光学部材の光学面上に光学薄膜材料ゾルを塗布し、ゲル膜を堆積させた後、液体に浸漬し、この液体の温度及び圧力を臨界状態以上にしてその液体を気化・乾燥させることにより膜を生成する製法である。なお、ウェットプロセスとして、ゾル - 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。

【 0 1 0 5 】

50

このように、この反射防止膜 101 の第 1 層 101 a ~ 第 6 層 101 f 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 101 g は、フッ酸 / 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 101 a となる酸化アルミニウム層、第 2 層 101 b となる酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合層、第 3 層 101 c となる酸化アルミニウム層、第 4 層 101 d となる酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合層、第 5 層 101 e となる酸化アルミニウム層、第 6 層 101 f 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をスピコート法により塗布することにより第 7 層 101 g となるシリカとフッ化マグネシウム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（7）に示す。

【0106】



【0107】

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 時間高温高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 101 g 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、原子または分子が数個から数十個程度集まって、大きさが数 nm から数十 nm の粒子ができ、さらに、それらの粒子が数個集まって二次粒子が形成され、それら二次粒子が堆積することにより第 7 層 101 g が形成される。

【0108】

それでは、このようにして形成された反射防止膜 101 の光学的性能について図 11 に示す分光特性を用いて説明する。なお、この図 11 は、基準波長を 550 nm としたときに、以下の表 5 で示される条件で反射防止膜 101 を設計した場合に光線が垂直入射する時の分光特性を表している。また、表 5 では、酸化アルミニウムを Al_2O_3 、酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合物を $\text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2$ 、シリカとフッ化マグネシウムの混合物を $\text{SiO}_2 + \text{MgF}_2$ と示しており、基準波長を 550 nm としたときに、基板の屈折率が 1.46、1.62、1.74、および 1.85 の 4 種類であるときのそれぞれの設計値を示している。

【0109】

（表 5）

	物質	屈折率	光学膜厚	光学膜厚	光学膜厚	光学膜厚
媒質	空気	1				
第 7 層	$\text{SiO}_2 + \text{MgF}_2$	1.26	0.275	0.268	0.271	0.269
第 6 層	$\text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2$	2.12	0.045	0.057	0.054	0.059
第 5 層	Al_2O_3	1.65	0.212	0.171	0.178	0.162
第 4 層	$\text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2$	2.12	0.077	0.127	0.13	0.158
第 3 層	Al_2O_3	1.65	0.288	0.122	0.107	0.08
第 2 層	$\text{ZrO}_2 + \text{TiO}_2$	2.12	0	0.059	0.075	0.105
第 1 層	Al_2O_3	1.65	0	0.257	0.03	0.03
基板の屈折率			1.46	1.62	1.74	1.85

【0110】

この図 11 から分かる通り、波長が 420 nm ~ 720 nm の全域で反射率が 0.2% 以下に抑えられている。

【0111】

なお、第 1 実施例のズームレンズにおいて、第 2 負メニスカスレンズ L12 の屈折率は 1.785900 であるため、第 2 負メニスカスレンズ L12 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を用いることが可能である。

【0112】

また、第 2 実施例のズームレンズにおいて、第 1 負メニスカスレンズ L11 の樹脂層の

屈折率は 1.553890 であり、第 2 負メニスカスレンズ L12 の屈折率は 1.801000 であるため、第 1 負メニスカスレンズ L11 における像側のレンズ面に、基板の屈折率が 1.52 に対応する反射防止膜を用いることが可能であり、第 2 負メニスカスレンズ L12 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を用いることが可能である。また、第 3 実施例のズームレンズにおいて、第 1 負メニスカスレンズ L11 の樹脂層の屈折率は 1.553890 であるため、第 1 負メニスカスレンズ L11 における像側のレンズ面に、基板の屈折率が 1.52 に対応する反射防止膜を用いることが可能である。

【0113】

また、第 4 実施例のズームレンズにおいて、第 1 負メニスカスレンズ L11 における物体側の層の屈折率は 1.804000 であり、像側の層（樹脂層）の屈折率は 1.553890 であるため、第 1 負メニスカスレンズ 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を用いることが可能であり、第 1 負メニスカスレンズ L11 における像側のレンズ面に、基板の屈折率が 1.52 に対応する反射防止膜を用いることが可能である。第 2 負メニスカスレンズ L12 の屈折率は 1.834000 であるため、第 2 負メニスカスレンズ L12 における両側のレンズ面に、基板の屈折率が 1.85 に対応する反射防止膜を用いることが可能である。

【0114】

第 3 負メニスカスレンズ L13 における物体側の層の屈折率は 1.516330 であり、像側の層（樹脂層）の屈折率は 1.553890 であるため、第 3 負メニスカスレンズ L13 における両側のレンズ面に、基板の屈折率が 1.52 に対応する反射防止膜を用いることが可能である。そして、負レンズ L15 の屈折率は 1.497820 であるため、負レンズ L15 における像側のレンズ面に、基板の屈折率が 1.52 に対応する反射防止膜を用いることが可能である。

【0115】

このように、本実施形態の反射防止膜を第 1 ～ 第 4 実施例のズームレンズにそれぞれ適用することで、大きなバックフォーカスと、100 度程度の撮影画角と、3.5 程度の F ナンバーとを有し、前玉レンズ径の縮小化を図りながらレンズ系全体の小型化が図られており、迅速なフォーカシングが可能で、かつフォーカシング時の収差変動が小さく、画面全体にわたって諸収差を良好に補正可能で、低ゴースト、低フレアの高い光学性能を有した広角レンズを実現することができる。

【0116】

なお、この反射防止膜 101 は平行平板の光学面に設けた光学素子として利用することも可能であるし、曲面状に形成されたレンズの光学面に設けて利用することも可能である。また、第 1 レンズ群 G1 の全面に反射防止膜を設けることとしてもよく、第 1 レンズ群 G1 における前群 Gf の全面に反射防止膜を設けることとしてもよい。ただし、反射防止膜は、第 2 負メニスカスレンズ L12 における物体側のレンズ面に設けるのが好ましく、第 1 負メニスカスレンズ L11 における像側のレンズ面に設けるのがより好ましい。

【0117】

次に、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、以下の表 6 で示される条件で構成される。なお、第 5 層の形成に、前述のゾル - ゲル法を用いている。また、表 6 では、基準波長を 550 nm としたときに、基板の屈折率が 1.52 であるときの設計値を示している。

【0118】

(表 6)

	物質	屈折率	光学的膜厚
媒質	空気	1	
第 5 層	シリカとフッ化マグネシウムの混合物	1.26	0.269
第 4 層	酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合物	2.12	0.043
第 3 層	酸化アルミニウム	1.65	0.217

第2層	酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合物	2 . 1 2	0 . 0 6 6
第1層	酸化アルミニウム	1 . 6 5	0 . 2 9 0
基板	B K 7	1 . 5 2	

【0119】

図12に、変形例の反射防止膜に光が垂直入射する時の分光特性を示す。この図12から分かる通り、波長が420nm～720nmの全域で反射率が0.2%以下に抑えられている。なお、図13に入射角が30度、45度、60度の場合の分光特性を示す。

【0120】

比較のため、図14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、以下の表7で示される条件で構成される多層広帯域反射防止膜の垂直入射時の分光特性を示す。なお、図15に入射角が30度、45度、60度の場合の分光特性を示す。

【0121】

(表7)

	物質	屈折率	光学的膜厚
媒質	空気	1	
第7層	フッ化マグネシウム	1 . 3 9	0 . 2 4 3
第6層	酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合物	2 . 1 2	0 . 1 1 9
第5層	酸化アルミニウム	1 . 6 5	0 . 0 5 7
第4層	酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合物	2 . 1 2	0 . 2 2 0
第3層	酸化アルミニウム	1 . 6 5	0 . 0 6 4
第2層	酸化チタン - 酸化ジルコニウム混合物	2 . 1 2	0 . 0 5 7
第1層	酸化アルミニウム	1 . 6 5	0 . 1 9 3
基板	B K 7	1 . 5 2	

【0122】

図12および図13で示される変形例の分光特性を、図14および図15で示される従来例の分光特性と比較すると、変形例に係る反射防止膜の反射率の低さが良くわかる。

【0123】

なお、上述の実施形態において、手ブレによって生じる像ブレを補正するために、レンズ群の一部または1つのレンズ群を防振レンズ群として光軸に対して垂直な方向へ移動させる構成としてもよい。なお、本実施形態の広角レンズWLにおいて、特に第1レンズ群G1の後群Grを防振レンズ群とすることが好ましい。

【0124】

また、本実施形態の広角レンズWLを構成するレンズのレンズ面を非球面としてもよい。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成型したガラスモールド非球面、またはガラス表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれでもよい。

【0125】

また、本実施形態の広角レンズWLは、画面全体にわたって諸収差を良好に補正可能で、低ゴースト、低フレアの光学性能の高い広角レンズであるので、いわゆるアオリレンズとして用いることが可能である。ここで、アオリレンズとは、画面の中心を通る垂直軸線に対して、光軸が画面中心以外の点を垂直に通るようにレンズを画面に平行に移動させたり、レンズ光軸を傾けたりするレンズをいう。本実施形態の広角レンズWLは、画角包括範囲が広いので、シフト・ティルト効果を十分に得ることが可能である。

【0126】

なお、上述の各実施例は本願の一具体例を示しているものであり、本願はこれらに限定されるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0127】

【図1】第1実施例に係る広角レンズのレンズ構成図である。

【図2】(a)は第1実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、

10

20

30

40

50

(b) は撮影倍率 $= -1/30$ のときの諸収差図であり、(c) は撮影倍率 $= -1/10$ のときの諸収差図である。

【図3】第2実施例に係る広角レンズのレンズ構成図である。

【図4】(a) は第2実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、(b) は撮影倍率 $= -1/30$ のときの諸収差図であり、(c) は撮影倍率 $= -1/10$ のときの諸収差図である。

【図5】第2実施例に係る広角レンズの構成図であって、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場合である。

【図6】第3実施例に係る広角レンズのレンズ構成図である。

【図7】(a) は第3実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、(b) は撮影倍率 $= -1/30$ のときの諸収差図であり、(c) は撮影倍率 $= -1/10$ のときの諸収差図である。

【図8】第4実施例に係る広角レンズのレンズ構成図である。

【図9】(a) は第4実施例に係る広角レンズにおける無限遠合焦時の諸収差図であり、(b) は撮影倍率 $= -1/30$ のときの諸収差図であり、(c) は撮影倍率 $= -1/10$ のときの諸収差図である。

【図10】反射防止膜の構造を示す説明図である。

【図11】反射防止膜の分光特性を示すグラフである。

【図12】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13】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14】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15】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16】一眼レフカメラの概略構成図である。

【符号の説明】

【0128】

C A M 一眼レフカメラ (撮像装置)

W L 広角レンズ

G 1 第1レンズ群

G 2 第2レンズ群

G f 前群

G r 後群

L 1 1 第1負メニスカスレンズ

L 1 2 第2負メニスカスレンズ

L 1 3 第3負メニスカスレンズ

L 1 4 正レンズ

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

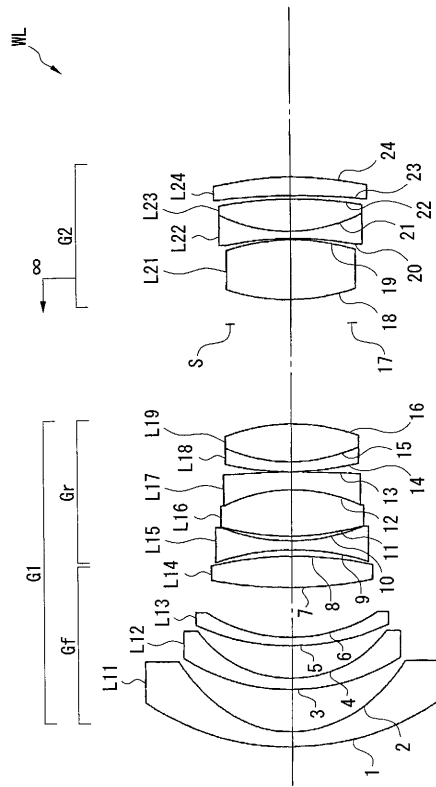
1 0 2 光学部材

10

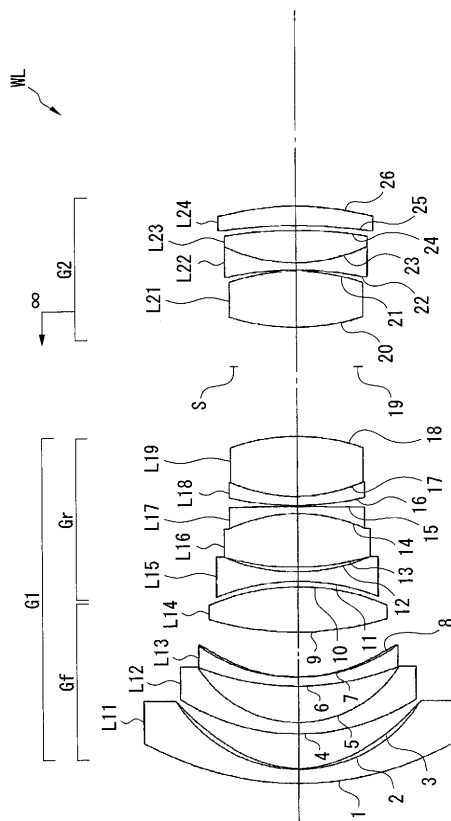
20

30

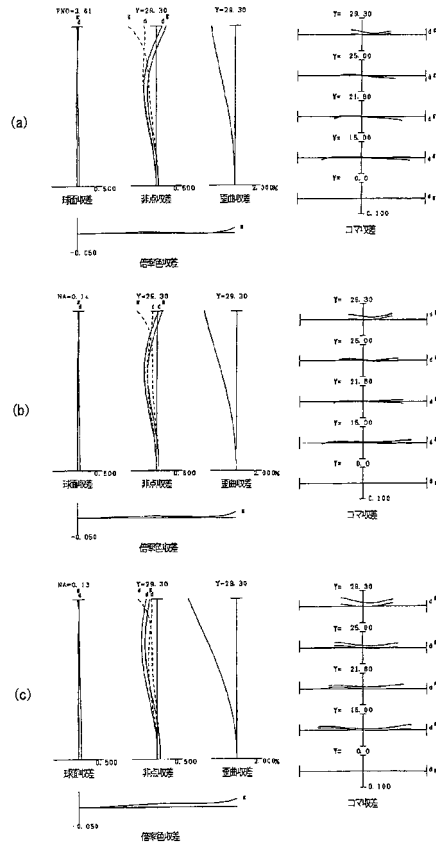
【図 1】



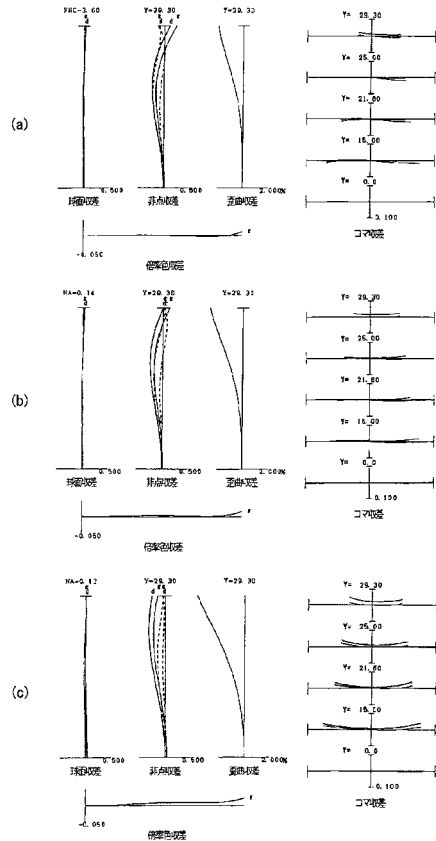
【図 3】



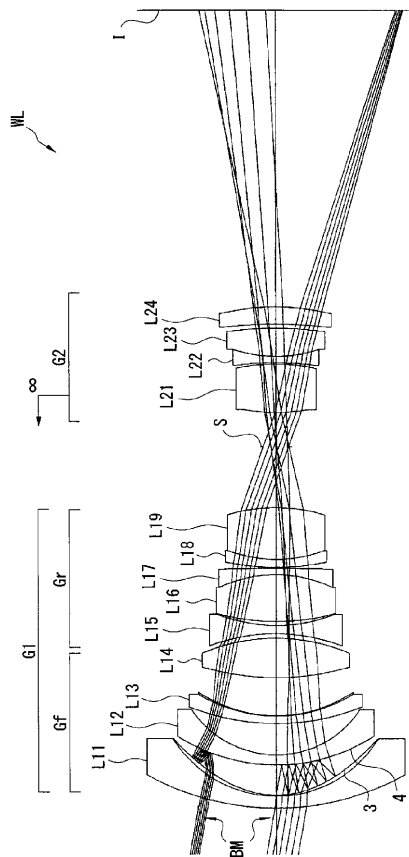
【図 2】



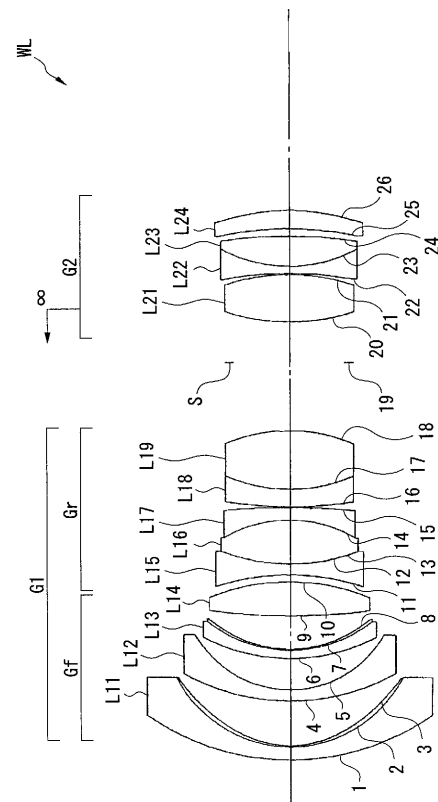
【図 4】



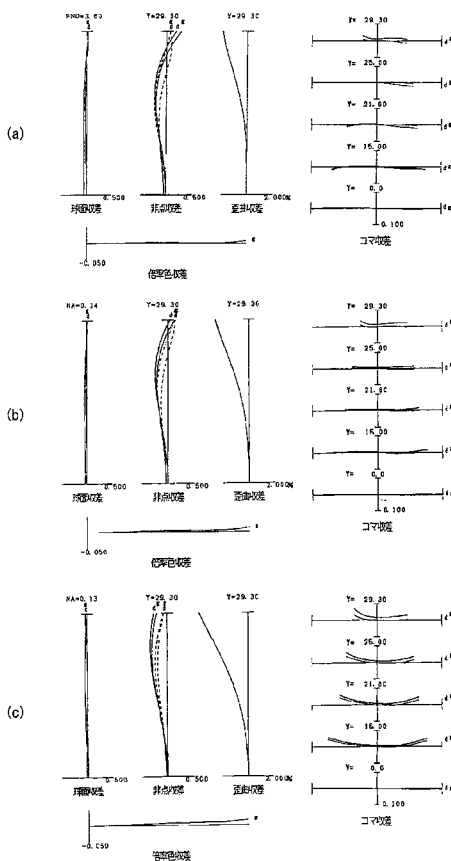
【図 5】



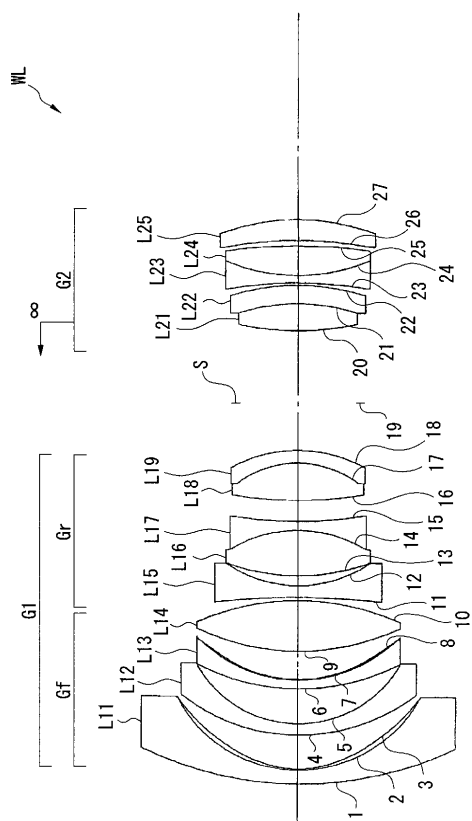
【図 6】



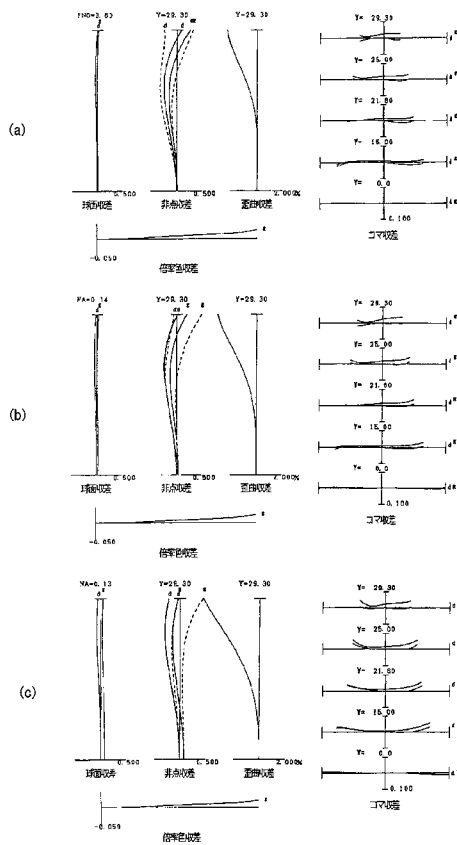
【図 7】



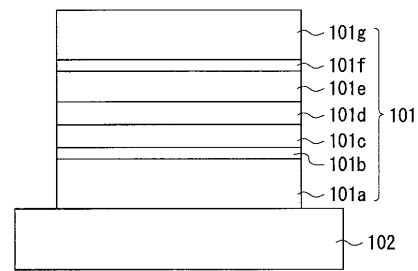
【図 8】



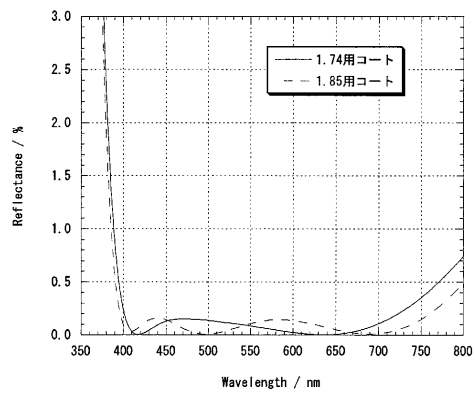
【図 9】



【図 10】

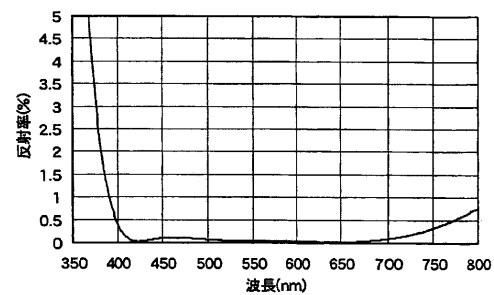


【図 11】

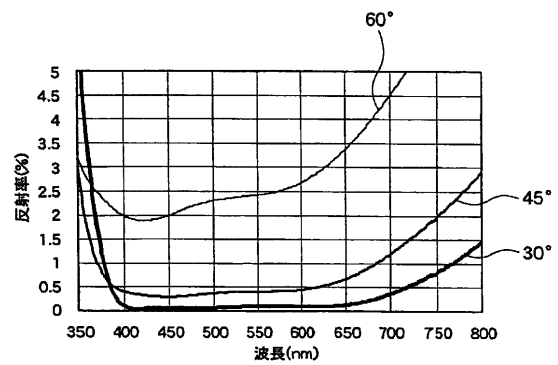


屈折率 1.79 の硝材に 1.74 用と 1.85 用のコートを適用した場合の反射特性

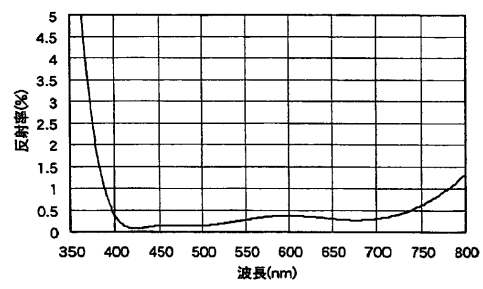
【図 12】



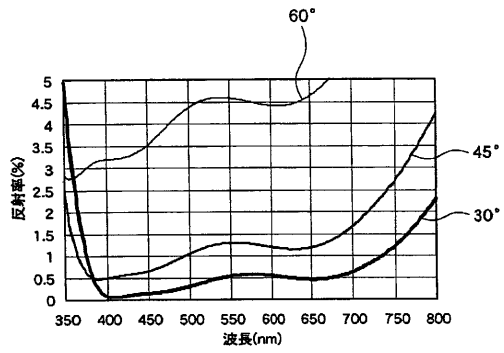
【図 13】



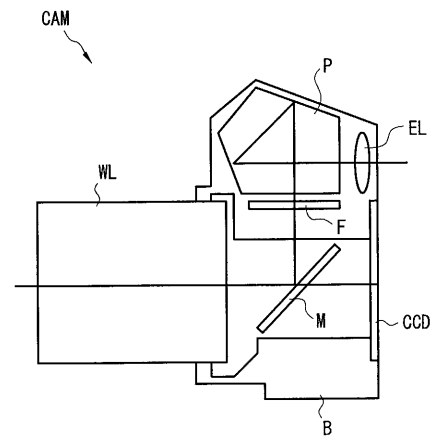
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2006/030848(WO, A1)

特開昭62-206513(JP, A)
特開2006-300972(JP, A)
特開2004-102100(JP, A)
特開2006-201526(JP, A)
特開2001-159732(JP, A)
特開昭51-047426(JP, A)
特開2004-077950(JP, A)
特開2007-094173(JP, A)
特開2008-129403(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	25/00	-	25/04