

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6296803号
(P6296803)

(45) 発行日 平成30年3月20日(2018.3.20)

(24) 登録日 平成30年3月2日(2018.3.2)

(51) Int.Cl.

G02B 13/04 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)

F 1

G02B 13/04
G02B 13/18

C

請求項の数 12 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-9267 (P2014-9267)
(22) 出願日	平成26年1月22日 (2014.1.22)
(65) 公開番号	特開2015-138120 (P2015-138120A)
(43) 公開日	平成27年7月30日 (2015.7.30)
審査請求日	平成29年1月19日 (2017.1.19)

(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(74) 代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(72) 発明者	行田 裕一 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内

審査官 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学系及びそれを有する撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第2レンズ群は、最も像側に配置された正の屈折力のレンズL24と、前記レンズL24の物体側に空気間隔を隔てて配置され、非球面形状のレンズ面を有するレンズL23とを有しており、

前記レンズL24の焦点距離をf24、前記レンズL24の材料の屈折率をn24、前記レンズL23の焦点距離をf23、全系の焦点距離をf、無限遠にフォーカスしているときのバックフォーカスをBFとするとき、

$$\begin{aligned} 0.60 &< f_{24} / f < 1.00 \\ 1.60 &< n_{24} < 2.00 \\ 2.5 &< |f_{23} / f| \\ 1.10 &< BF / f < 2.00 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 2】

前記光学系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Dとするとき、

$$0.50 < D / f < 1.50$$

なる条件式を満足することを特徴する請求項1に記載の光学系。

10

20

【請求項 3】

前記レンズL24の材料のアッベ数を24とするとき、

$$35 < 24$$

なる条件式を満足することを特徴する請求項1または2に記載の光学系。

【請求項 4】

前記レンズL23はプラスチック材料よりなることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の光学系。

【請求項 5】

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズL21、正の屈折力のレンズL22、前記レンズL23、前記レンズL24より構成されることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光学系。 10

【請求項 6】

前記第1レンズ群は負の屈折力を有することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載の光学系。

【請求項 7】

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負レンズ、像側に凸面を向けた正レンズ、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズ、像側に凸面を向けた正レンズより構成されることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光学系。 20

【請求項 8】

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負レンズ、像側に凸面を向けた正レンズ、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズ、像側に凸面を向けた正レンズより構成されることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載の光学系。 30

【請求項 9】

物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズL21、正の屈折力のレンズL22、非球面形状のレンズ面を有するレンズL23、正の屈折力のレンズL24より構成され、

前記レンズL23と前記レンズL24は空気間隔を隔てて配置されており、

前記レンズL24の焦点距離をf24、前記レンズL24の材料の屈折率をn24、前記レンズL23の焦点距離をf23、全系の焦点距離をfとするとき、

$$0.60 < f24 / f < 1.00$$

$$1.60 < n24 < 2.00$$

$$2.5 < |f23 / f|$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 10】

物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負レン

ズ、像側に凸面を向けた正レンズ、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズ L 2 3、像側に凸面を向けた正レンズ L 2 4より構成され、

前記レンズ L 2 3と前記正レンズ L 2 4は空気間隔を隔てて配置されており、

前記レンズ L 2 4の焦点距離を f 2 4、前記レンズ L 2 4の材料の屈折率を n 2 4、前記レンズ L 2 3の焦点距離を f 2 3、全系の焦点距離を f とするとき、

$$0.60 < f 2 4 / f < 1.00$$

$$1.60 < n 2 4 < 2.00$$

$$2.5 < | f 2 3 / f |$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 1 1】

物体側から像側へ順に配置された、第 1 レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第 2 レンズ群より構成される光学系において、

前記第 1 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記第 2 レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負レンズ、像側に凸面を向けた正レンズ、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズ L 2 3、像側に凸面を向けた正レンズ L 2 4より構成され、

前記レンズ L 2 3と前記正レンズ L 2 4は空気間隔を隔てて配置されており、

前記レンズ L 2 4の焦点距離を f 2 4、前記レンズ L 2 4の材料の屈折率を n 2 4、前記レンズ L 2 3の焦点距離を f 2 3、全系の焦点距離を f とするとき、

$$0.60 < f 2 4 / f < 1.00$$

$$1.60 < n 2 4 < 2.00$$

$$2.5 < | f 2 3 / f |$$

なる条件式を満足することを特徴とする光学系。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至 1 1 のいずれか 1 項に記載の光学系と、該光学系によって形成される像を受光する光電変換素子とを備えることを特徴とする撮像装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、光学系に関し、例えば銀塩フィルム用カメラ、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、監視用カメラ、TV カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系に好適なものである。

【背景技術】

【0 0 0 2】

撮像装置に用いられる光学系は、高解像度で、携帯性が良く、小型で、広画角であることが要求されている。また、最も像側のレンズ面と撮像面との間にローパスフィルターや色補正フィルター等の各種光学素子が配置されることから、比較的長いバックフォーカスを有すること等が要求されている。光学系の焦点距離に対して同等程度またはそれ以上の長いバックフォーカスを有する光学系として、例えば、ガウス型、レトロフォーカス型、それらを変形した変形型等のいくつかの光学系が知られている（特許文献 1、特許文献 2）。

【0 0 0 3】

特許文献 1 では、物体側から像側へ順に、正の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第 2 レンズ群で構成した光学系を開示している。特許文献 2 では、物体側から像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、開口絞りを有する正の屈折力の第 2 レンズ群で構成したレトロフォーカス型の光学系（広角レンズ）を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【0004】

【特許文献1】特開2009-058651号公報

【特許文献2】特開2000-235145号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

広画角の光学系として、ガウス型もしくはガウス型を変形した光学系においては、開口絞りを挟んで物体側に正の屈折力のレンズ群、像側に正の屈折力のレンズ群を配置している。この光学系では、屈折力の配置が開口絞りを中心として略対称となるため、コマ収差、歪曲収差、倍率色収差等の諸収差の補正が比較的容易である。しかしながら、球面収差、像面湾曲、非点隔差等の諸収差の補正が難しくなり、これらの諸収差を補正するためにはレンズ枚数を増加する必要がある。この結果、長いバックフォーカスを確保することが困難になり、また全系が大型化してくる傾向がある。10

【0006】

一方、レトロフォーカス型の光学系では、開口絞りを挟んで物体側に負の屈折力のレンズ群、像側に正の屈折力のレンズ群を配置している。このレトロフォーカス型の光学系では、ガウス型の光学系に比べて長いバックフォーカスを確保することが容易である。しかしながら、レトロフォーカス型の光学系では、屈折力配置が開口絞りに対して対称でないため、特に軸外収差を良好に補正することが困難となる。20

【0007】

バックフォーカスが長く、全系が小型で、広画角で、画面全体にわたり高い光学性能を得るには、光学系中の開口絞りの前後のレンズ群の屈折力やレンズ構成等を適切に設定することが重要になってくる。特に開口絞りよりも像側のレンズ群のレンズ構成や各レンズの屈折力、非球面を用いるときにはどのレンズ面を非球面形状にするか等を適切に設定することが重要になってくる。20

【0008】

本発明はバックフォーカスが長く全系が小型で広画角でありながら画面全域で高画質の画像を得るのが容易な光学系の提供を目的とする。ここでバックフォーカスが長いとは光学系の焦点距離に対して長いことをいう。好ましくは焦点距離の1.1倍以上の長さのバックフォーカスを有することを言う。30

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第2レンズ群は、最も像側に配置された正の屈折力のレンズL24と、前記レンズL24の物体側に空気間隔を隔てて配置され、非球面形状のレンズ面を有するレンズL23とを有しており、

前記レンズL24の焦点距離をf24、前記レンズL24の材料の屈折率をn24、前記レンズL23の焦点距離をf23、全系の焦点距離をf、無限遠にフォーカスしているときのバックフォーカスをBFとするとき、40

$$0.60 < f24 / f < 1.00$$

$$1.60 < n24 < 2.00$$

$$2.5 < |f23 / f|$$

$$1.10 < BF / f < 2.00$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズL21、正の屈折力のレンズL22、非球面形状のレンズ面を有するレンズL23、正の屈折力のレンズL24より構成され、50

前記レンズL23と前記レンズL24は空気間隔を隔てて配置されており、前記レンズL24の焦点距離をf24、前記レンズL24の材料の屈折率をn24、前記レンズL23の焦点距離をf23、全系の焦点距離をfとするとき、

$$\begin{aligned} &0.60 < f24 / f < 1.00 \\ &1.60 < n24 < 2.00 \\ &2.5 < |f23 / f| \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、負レンズと正レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負レンズ、像側に凸面を向けた正レンズ、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズL23、像側に凸面を向けた正レンズL24より構成され、

前記レンズL23と前記正レンズL24は空気間隔を隔てて配置されており、

前記レンズL24の焦点距離をf24、前記レンズL24の材料の屈折率をn24、前記レンズL23の焦点距離をf23、全系の焦点距離をfとするとき、

$$\begin{aligned} &0.60 < f24 / f < 1.00 \\ &1.60 < n24 < 2.00 \\ &2.5 < |f23 / f| \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

この他、本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群より構成される光学系において、

前記第1レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ、正レンズと負レンズとを接合した接合レンズより構成され、

前記第2レンズ群は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負レンズ、像側に凸面を向けた正レンズ、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズL23、像側に凸面を向けた正レンズL24より構成され、

前記レンズL23と前記正レンズL24は空気間隔を隔てて配置されており、

前記レンズL24の焦点距離をf24、前記レンズL24の材料の屈折率をn24、前記レンズL23の焦点距離をf23、全系の焦点距離をfとするとき、

$$\begin{aligned} &0.60 < f24 / f < 1.00 \\ &1.60 < n24 < 2.00 \\ &2.5 < |f23 / f| \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0010】

本発明によればバックフォーカスが長く全系が小型で広画角でありながら画面全域で高画質の画像を得るのが容易な光学系が得られる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施例1の光学系のレンズ断面図

【図2】実施例1の光学系の無限遠合焦時の縦収差図

【図3】実施例2の光学系のレンズ断面図

【図4】実施例2の光学系の無限遠合焦時の縦収差図

【図5】実施例3の光学系のレンズ断面図

【図6】実施例3の光学系の無限遠合焦時の縦収差図

【図7】本発明の撮像装置の要部概略図

10

20

30

40

50

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、本発明の光学系及びそれを有する撮像装置について説明する。本発明の光学系は、物体側から像側へ順に配置された、第1レンズ群、開口絞り、正の屈折力の第2レンズ群から構成されている。第2レンズ群の最も像側に配置されたレンズは、正の屈折力のレンズL24である。レンズL24の物体側に配置されたレンズは、非球面形状のレンズ面を有するレンズL23である。レンズL23とレンズL24とは、空気間隔をおいて配置されている。

【0013】

図1は本発明の実施例1のレンズ断面図である。図2は実施例1の無限遠に合焦したときの縦収差図である。図3は本発明の実施例2のレンズ断面図である。図4は実施例2の無限遠に合焦したときの縦収差図である。図5は本発明の実施例3のレンズ断面図である。図6は実施例3の無限遠に合焦したときの縦収差図である。図7は本発明の光学系を備えるカメラ（撮像装置）の概略図である。

10

【0014】

各実施例の光学系は、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置に用いられる撮像光学系として好適なものである。レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。尚、各実施例の光学系をプロジェクターなどの投射レンズとして用いても良い。このときは左方がスクリーン側、右方が被投射画像側となる。レンズ断面図において、OLは光学系である。光学系OLは開口絞りSPを挟んで物体側に正又は負の屈折力の第1レンズ群G1と像側に正の屈折力の第2レンズ群G2を有する構成よりなっている。

20

【0015】

IPは像面であり、デジタルビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際にはCCDセンサやCMOSセンサなどの固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面に相当し、銀塩フィルム用カメラのときはフィルム面に相当する。OAは光学系OLの光軸である。

【0016】

それぞれの縦収差図は、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲、倍率色収差を表している。球面収差を示す図において、実線のdはd線（587.6nm）、二点鎖線のgはg線（435.8nm）を表している。また、非点収差を示す図において、実線のSはd線のサジタル方向S、破線のMはd線のメリディオナル方向Mを表している。また、歪曲を示す図は、d線における歪曲を表している。倍率色収差はd線に対するg線について表している。FnoはFナンバー、は撮影画角の半画角（度）を示す。

30

【0017】

各実施例の光学系は、物体側から像側へ順に、第1レンズ群G1と、開口絞りSPと、正の屈折力の第2レンズ群G2で構成される。開口絞りSPを挟むように、物体側に第1レンズ群G1が配置され、像側に第2レンズ群G2が配置されている。

【0018】

第1レンズ群G1の物体側に開口絞りが配置された光学系（前絞り光学系）においては、第2レンズ群G2の有効径が増大してくる。また、第2レンズ群G2の像側に開口絞りが配置された光学系（後絞り光学系）では、第1レンズ群G1の有効径が増大してくる。これに対して開口絞りを挟むように、物体側と像側に各々レンズ群を配置する構成では光学系の小型化が容易になる。

40

【0019】

また、開口絞りの物体側と像側にレンズ群を配置すると、開口絞りの物体側と像側のレンズ群のパワー配置に関する自由度が増す。このため、前絞り光学系や後絞り光学系に対して、像面湾曲や歪曲収差等の諸収差を補正するのが容易になる。

【0020】

従って、各実施例の光学系においては、物体側から像側へ順に、第1レンズ群G1と、

50

開口絞り SP と、正の屈折力の第 2 レンズ群 G 2 で構成している。これにより全系の小型化を図りつつ、かつ、良好な光学性能を得ている。

【0021】

各実施例の光学系における第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へ順に、負の屈折力のレンズ L 2 1、正の屈折力のレンズ L 2 2、像側又は物体側のレンズ面が非球面形状のレンズ L 2 3、正の屈折力のレンズ L 2 4 により構成される。最も像側に正の屈折力のレンズ L 2 4 を配置することで、長いバックフォーカスを確保している。レンズ L 2 3 の焦点距離を f_{23} 、レンズ L 2 4 の焦点距離を f_{24} とする。また、レンズ L 2 4 の材料の d 線に対する屈折率を n_{24} とする。更に、光学系 OL の全系の焦点距離を f とする。

【0022】

このとき、

$$0.60 < f_{24} / f < 1.00 \quad \dots (1)$$

$$1.60 < n_{24} < 2.00 \quad \dots (2)$$

$$2.5 < |f_{23} / f| \quad \dots (3)$$

なる条件式を満足している。なお、 $|A|$ は数式 A の絶対値を表している。

【0023】

次に各条件式の技術的な意味について説明する。条件式(1)は、光学系 OL 内で最も像側に配置されたレンズ L 2 4 の正の屈折力に関する。レンズ L 2 4 の焦点距離を、全系の焦点距離で割って規格化した値で示してある。この条件式(1)を満足することで、全系の小型化を図りつつ、良好な光学性能を得ている。

【0024】

条件式(1)が下限値を下回ると、レンズ総厚を小さくすることが容易となる。更に高い光学性能を維持したまま長いバックフォーカスを確保するのが困難になる。具体的には、球面収差がレンズ L 2 4 において補正不足となり、結像性能が低下してくる。また、ペツツバール和が正の方向に大きくなり、像面湾曲および非点隔差が増大する。

【0025】

条件式(1)が上限値を上回って、レンズ L 2 4 の屈折力が弱くなると、レンズ L 2 3 およびレンズ L 2 4 における瞳近軸光線の入射高を高くすることが困難となる。この結果、レンズ L 2 3 の非球面で像面湾曲や非点隔差を補正するのが困難になる。また、ペツツバール和が正の方向に増大するのを軽減するためには、第 2 レンズ群 G 2 内のレンズ L 2 1 の材料の屈折率を小さくせざるを得なくなる。このため、開口絞り SP における軸上光線の入射高が高くなり、開口絞り SP の開口径が大きくなる。

【0026】

一般的な光学系においては、開口絞り SP の開口径を可変にするため、開口絞り SP の外部には駆動機構を有する場合が多く、開口絞り SP の開口径が大きくなると、光学系の小型化が困難になる。特許文献 2 で開示されている光学系では、最も像側に配置された正レンズの屈折力が弱いために、像面湾曲をはじめとする収差を良好に補正することが難しい。これに対して本発明の各実施例の光学系は、最も像側に配置されたレンズ L 2 4 の屈折力に関する条件式(1)を満たすことによって、収差を良好に補正している。

【0027】

このように条件式(1)を満足することにより、全系の小型化を図りつつ、高い光学性能を得ている。

【0028】

条件式(2)は、光学系 OL 内で最も像側に配置されたレンズ L 2 4 の材料の屈折率に関する。この条件式(2)を満足することで、全系の小型化を図りつつ良好な光学性能を得ている。条件式(2)が下限値を下回ると、ペツツバール和が正の方向に大きくなるため、アンダー側の像面湾曲が増大し、結像性能が劣化してくる。また、特定の屈折力を得るために必要なレンズ厚が大きくなるため、光学系の小型化が困難になる。

【0029】

条件式(2)が上限値を上回ると、レンズ L 2 4 において光線が大きく曲げられるため

10

20

30

40

50

、瞳近軸光線の入射高が高くなり、コマ収差が増大する。加えて、材料の屈折率が大きくなると低分散の硝材を得ることが困難になり、倍率色収差を良好に補正することが困難になり、結像性能が劣化してくる。なお、ここで硝材とは、光学ガラスに限定されるものではなく、光学プラスチックなどの樹脂材料、光学ガラスと樹脂材料とを複合した材料等を含む。

【0030】

このように条件式(2)を満足することにより、全系の小型化を図りつつ高い光学性能を得ている。

【0031】

条件式(3)は、光学系OL内で像側から2番目のレンズL23の屈折力に関する。この条件式(3)を満足することで、良好な光学性能を得ている。レンズL23は非球面形状のレンズ面を有する非球面レンズである。非球面形状のレンズによって主に球面収差および像面湾曲を良好に補正している。プラスチック材料を使用した非球面レンズは、温度や湿度などの環境変化による光学特性の変化が大きい。このため、屈折力が大きいと、環境変化による光学特性の変化も大きくなり、良好な光学性能を維持することが困難になる。

10

【0032】

また、材料に光学ガラスを使用した非球面レンズにおいては、加工の際にレンズ中心部に圧力がかかり、結果としてレンズ内に屈折率分布が生じる場合がある。このため近軸領域での屈折力が大きいと、屈折率分布が生じた際の光学特性が大きく変化してくる。

20

【0033】

つまり、条件式(3)が下限値を下回ると、レンズL23の屈折力が大きくなるため、環境変化もしくは加工の際の屈折率変化による光学特性が大きく変化して、良好な光学特性を維持することが困難になる。このように条件式(3)を満足することにより、高い光学性能を得ている。

【0034】

次に、各実施例において、レンズL23を非球面レンズとすることの効果を述べる。一般的に、球面収差を良好に補正するためには軸上近軸光線の入射高が高いことが好ましい。加えて、像面湾曲を良好に補正するためには瞳近軸光線の入射高が高いことが好ましい。従って、軸上近軸光線と瞳近軸光線のいずれの入射高も高い位置に配置されているレンズに非球面を備えると、これらの収差の補正が容易になる。つまり、非球面とすることで諸収差を良好に補正することができる。各実施例においてはレンズL23もしくはレンズL24となる。

30

【0035】

その他、上述したように、長いバックフォーカスを確保するためには光学系の最終レンズ面が正の屈折力を持つことが好ましい。加えて、条件式(3)のところで述べたように、非球面レンズの屈折力は小さい方が好ましい。これらの条件を全て勘案すれば、各実施例のように、レンズL23を屈折力の小さい非球面レンズとし、レンズL24を所定量の屈折力のある正レンズとすることが好ましい。なお、レンズL23は、材料に光学ガラスを使用しても構わないし、プラスチック材料を用いても良い。この他、ガラス材料と樹脂材料を複合した材料であっても構わない。

40

【0036】

更に好ましくは、条件式(1)乃至(3)の数値範囲を、以下の如くとするのが良い。

$$\begin{array}{ll} 0.70 < f_{24} / f < 0.90 & \cdots (1a) \\ 1.65 < n_{24} < 1.80 & \cdots (2a) \\ 4.0 < |f_{23} / f| & \cdots (3a) \end{array}$$

以上のように、各実施例によれば、全系の小型化を図りつつ、十分な長さのバックフォーカスを確保し、かつ、像面湾曲や色収差をはじめとする諸収差が良好に補正された、高い光学性能を有する光学系を得ることができる。

【0037】

50

次に、各実施例において、より好ましい条件について説明する。第1レンズ群G1は負の屈折力であるのが良い。開口絞りSPの物体側にある第1レンズ群G1が負の屈折力であり、像側にある第2レンズ群G2が、正の屈折力である、いわゆるレトロフォーカス型の光学系であると、長いバックフォーカスを確保するのが容易となる。

【0038】

更に好ましくは、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。各実施例においてフォーカシングは光学系全体を移動させて行っている。光学系OLの無限遠物点に合焦時のバックフォーカスをBFとする。ここでバックフォーカスBFは最も像側のレンズ面から像面までの空気換算としたときの距離である。光学系OLのレンズ総厚（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Dとする。ただし、光学系の最も像側もしくは最も物体側に挿入され、実質的に屈折力を持たない面は、レンズ総厚には含めない。10

【0039】

レンズL24の材料のアップベ数を24とする。このとき、次の条件式のうち1以上を満足するのが良い。

$$1.10 < BF / f < 2.00 \quad \dots (4)$$

$$0.50 < D / f < 1.50 \quad \dots (5)$$

$$35 < 24 \quad \dots (6)$$

次に各条件式の技術的意味について説明する。条件式(4)は光学系OLのバックフォーカスに関する。条件式(4)はバックフォーカスを全系の焦点距離で規格化したものである。条件式(4)の上限を超えてバックフォーカスが長くなると、光学系は強いレトロフォーカス型の屈折力配置にする必要がある。この結果、第1レンズ群G1の負の屈折力を強くするか、もしくは、第2レンズ群G2の正の屈折力を強くする必要がある。20

【0040】

こうした屈折力配置を実現するためには、各レンズの屈折力の絶対値を大きくする必要がある。そうすると、レンズ総厚を維持したままでは球面収差や像面湾曲をはじめとする諸収差を補正することが困難となる。諸収差を補正して高い光学性能を得ようとすると、光学系が大型になってしまふ。

【0041】

条件式(4)の下限は、十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ広画角化を図るために必要な条件である。条件式(4)の条件式を満たすようにバックフォーカスの長さを設定することによって、高い光学性能を有しつつ、全系の小型化を図っている。30

【0042】

条件式(5)は光学系OLのレンズ総厚に関する。条件式(5)はレンズ総厚を焦点距離で規格化して示している。条件式(5)の下限を超えると、レンズ総厚が薄くなりすぎ、光学性能を良好に保つことが困難となる。また条件式(5)の上限を超えると、逆にレンズ総厚が厚くなりすぎて全系が大型化してくる。

【0043】

条件式(6)は、光学系OL内で最も像側に配置されたレンズL24の材料の分散に関する。この条件式(6)を満足することで、良好な光学性能の光学系が容易に得られる。条件式(6)の下限値を下回ると、レンズL24の材料の分散が大きくなり、倍率色収差が多く発生し、結像性能が低下してくる。このように条件式(6)を満足することにより、高い光学性能の光学系を得ている。40

【0044】

更に好ましくは条件式(4)乃至(6)の数値範囲を次の如く設定するのが良い。

$$1.20 < BF / f < 1.80 \quad \dots (4a)$$

$$0.80 < D / f < 1.30 \quad \dots (5a)$$

$$45 < 24 \quad \dots (6a)$$

次に、各実施例の光学系の特徴について説明する。

【0045】

10

20

30

40

50

[実施例1]

図1の実施例1の光学系OLについて説明する。以下、本実施例及び他の実施例において長さに関する値は後述する数値実施例をmm単位で表したときである。実施例1の光学系OLは焦点距離24.00mm、画角(撮影画角)2が59.3°(半画角が29.6°)である。図1の光学系OLは、物体側から像側へ順に、合成焦点距離が-45.07mmの負の屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りSP、合成焦点距離が20.42mmの正の屈折力の第2レンズ群G2よりなっている。

[0046]

第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ(正レンズ)L11、負の屈折力のレンズ(負レンズ)L12、負の屈折力のレンズ(負レンズ)L13と正の屈折力のレンズ(正レンズ)L14とが接合された全体として負の屈折力の接合レンズLp1より構成されている。

[0047]

第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズL21と正の屈折力のレンズL22とが接合された全体として負の屈折力の接合レンズLp2、正の屈折力のレンズL23、正の屈折力のレンズL24より構成されている。レンズL23の焦点距離は3696.81mmであり、また、像側のレンズ面は非球面形状である。レンズL23の材料はプラスチック材料である。レンズL24の焦点距離は21.20mmである。

[0048]

本実施例の光学系OLにおいて、条件式(1)で示されるレンズL24の焦点距離f24と全系の焦点距離fの比は0.883である。条件式(3)で示されるレンズL23の焦点距離f23と全系の焦点距離fの比の絶対値は154.034である。また、条件式(4)で示されるバックフォーカスBFと全系の焦点距離fの比は1.479である。条件式(5)で示される全系のレンズ総厚Dと全系の焦点距離fの比は1.125である。

[0049]

本実施例の光学系OLでは上記のように、レンズL23とレンズL24の屈折力、レンズL24の材料の屈折率とアッベ数等を適切に設定している。これにより、像面特性および色収差を良好に保ち、かつ、光学系の小型化、各レンズの製造誤差や環境変動による敏感度も低減している。また、バックフォーカスBFは35.49mmであり、クイックリターンミラーを有する一眼レフカメラ(撮像装置)に十分適用できる長さを有している。

[0050]

このように、本実施形の光学系OLはレンズ総厚Dが27.00mmと非常に小型でありながら、図2の収差図から分かるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差、色収差等が良好に補正された高い光学性能を有している。

[0051]

[実施例2]

図3の実施例2の光学系OLについて説明する。実施例2の光学系OLは焦点距離28.00mm、画角(撮影画角)2が52.0°(半画角が26.0°)である。図3の光学系OLは、物体側から像側へ順に、合成焦点距離が-114.60mmの負の屈折力の第1レンズ群G1、開口絞りSP、合成焦点距離が24.24mmの正の屈折力の第2レンズ群G2よりなっている。

[0052]

第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズL11、負の屈折力のレンズL12、正の屈折力のレンズL13と負の屈折力のレンズL14とが接合された全体として負の屈折力の接合レンズLp1より構成されている。

[0053]

第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズL21と、正の屈折力のレンズL22とが接合された全体として負の屈折力の接合レンズLp2、正の屈折力のレンズL23、正の屈折力の第24レンズL24より構成されている。レン

10

20

30

40

50

ズ L 2 3 の焦点距離は 2 6 1 4 . 1 0 mm であり、また、像側のレンズ面は非球面形状である。レンズ L 2 3 の材料はプラスチック材料である。レンズ L 2 4 の焦点距離は 2 3 . 0 6 mm である。

【 0 0 5 4 】

本実施例の光学系 O L において、条件式(1)で示されるレンズ L 2 4 の焦点距離 f_{24} と全系の焦点距離 f の比は 0 . 8 2 4 である。条件式(3)で示されるレンズ L 2 3 の焦点距離 f_{23} と全系の焦点距離 f の比の絶対値は 9 3 . 3 6 1 である。また、条件式(4)で示されるバックフォーカス B F と全系の焦点距離 f の比は 1 . 2 6 8 である。条件式(5)で示されるレンズ総厚 D と全系の焦点距離 f の比は 0 . 8 9 3 である。

【 0 0 5 5 】

本実施例の光学系 O L では、上記のように、レンズ L 2 3 とレンズ L 2 4 の屈折力、レンズ L 2 4 の材料の屈折率とアッベ数等を適切に設定している。これにより像面特性および色収差を良好に保ち、かつ、光学系の小型化、各レンズの製造誤差や環境変動による敏感度も低減している。また、バックフォーカス B F は 3 5 . 5 0 mm であり、クイックリターンミラーを有する一眼レフカメラ（撮像装置）に十分適用できる長さを有している。

【 0 0 5 6 】

このように、本実施形の光学系 O L はレンズ総厚 D が 2 5 . 0 0 mm と非常に小型でありながら、図 4 の収差図から分かるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差、色収差等が良好に補正された高い光学性能を有している。

【 0 0 5 7 】

[実施例 3]

図 5 の実施例 3 の光学系 O L について説明する。実施例 3 の光学系 O L は焦点距離 2 4 . 9 9 mm 、画角（撮影画角） 2 \angle が 5 7 . 3 ° （半画角 \angle が 2 8 . 7 ° ）である。図 5 の光学系 O L は、物体側から像側へ順に、合成焦点距離が - 5 9 . 9 4 mm の負の屈折力の第 1 レンズ群 G 1 、開口絞り S P 、合成焦点距離が 2 1 . 5 7 mm の正の屈折力の第 2 レンズ群 G 2 よりなっている。

【 0 0 5 8 】

第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から像側へ順に配置された、正の屈折力のレンズ L 1 1 、負の屈折力のレンズ L 1 2 、負の屈折力のレンズ L 1 3 と正の屈折力のレンズ L 1 4 とが接合された全体として負の屈折力の接合レンズ L p 1 より構成されている。第 2 レンズ群 G 2 は、物体側から像側へ順に配置された、負の屈折力のレンズ L 2 1 、正の屈折力の第 2 2 レンズ L 2 2 、負の屈折力のレンズ L 2 3 と、焦点距離が 2 0 . 3 1 mm の正の屈折力のレンズ L 2 4 より構成されている。レンズ L 2 3 の焦点距離は 1 6 3 9 . 8 8 mm であり、また、物体側のレンズ面は非球面形状である。レンズ L 2 3 の材料はプラスチック材料である。

【 0 0 5 9 】

本実施例の光学系 O L において、条件式(1)で示されるレンズ L 2 4 の焦点距離 f_{24} と全系の焦点距離 f の比は 0 . 8 1 3 である。条件式(3)で示されるレンズ L 2 3 の焦点距離 f_{23} と全系の焦点距離 f の比の絶対値は 6 5 . 6 2 1 である。また、条件式(4)で示されるバックフォーカス B F と全系の焦点距離 f の比は 1 . 4 2 7 である。条件式(5)で示されるレンズ総厚 D と全系の焦点距離 f の比は 1 . 2 0 1 である。

【 0 0 6 0 】

本実施例の光学系 O L では、上記のように、レンズ L 2 3 とレンズ L 2 4 の屈折力、レンズ L 2 4 の材料の屈折率とアッベ数等を適切に設定している。これにより像面特性および色収差を良好に保ち、かつ、光学系の小型化、各レンズの製造誤差や環境変動による敏感度も低減している。また、バックフォーカス B F は 3 5 . 6 6 mm であり、クイックリターンミラーを有する一眼レフカメラ（撮像装置）に十分適用できる長さを有している。

【 0 0 6 1 】

このように、本実施形の光学系 O L はレンズ総厚 D が 3 0 . 0 1 mm と非常に小型でありながら、図 6 の収差図から分かるように球面収差、像面湾曲、歪曲収差、色収差等が良

10

20

30

40

50

好に補正された高い光学性能を有している。

【0062】

尚、各実施例において更に好ましい各レンズ群のレンズ構成は次のとおりである。第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL11、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負の屈折力のレンズL12より構成されている。更に、負の屈折力のレンズL13と正の屈折力のレンズL14とを接合した接合レンズより構成されている。

【0063】

第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負の屈折力のレンズL21、像側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL22より構成されている。
10 更に、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズL23、像側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL24より構成されることである。

【0064】

この他、第1レンズ群G1は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL11、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負の屈折力のレンズL12より構成されている。更に正の屈折力のレンズL13と負の屈折力のレンズL14とを接合した接合レンズより構成されている。第2レンズ群G2は、物体側から像側へ順に配置された、物体側に凹面を向けた負の屈折力のレンズL21、像側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL22、非球面形状のレンズ面を含む正又は負の屈折力のレンズL23より構成されている。
20 更に像側に凸面を向けた正の屈折力のレンズL24より構成されることである。

【0065】

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

【0066】

図7は本発明の光学系を有する撮像装置である一眼レフカメラの要部概略図である。図7において、10は実施例1乃至3までの光学系1を有する撮像光学系である。光学系1は保持部材である鏡筒2に保持されている。20はカメラ本体である。カメラ本体20はクイックリターンミラー3、焦点板4、ペンタダハプリズム5、接眼レンズ6等によって構成されている。
30

【0067】

クイックリターンミラー3は、撮像光学系10からの光束を上方に反射する。焦点板4は撮像光学系10の像形成位置に配置されている。ペンタダハプリズム5は焦点板4に形成された逆像を正立像に変換する。観察者は、その正立像を接眼レンズ6を介して観察する。7は感光面であり、像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子(光電変換素子)や銀塩フィルムが配置される。撮影時にはクイックリターンミラー3が光路から退避して、感光面7上に撮像光学系10によって像側形成される。

【0068】

このように本発明の光学系を一眼レフカメラ交換レンズ等の撮像装置に適用することにより、高い光学性能を有する撮像装置を実現している。尚、本発明の光学系は、デジタルカメラ・ビデオカメラ・銀塩フィルム用カメラ等の撮像装置の他に望遠鏡、双眼鏡、複写機、プロジェクター等の光学機器にも適用できる。またクイックリターンミラーのないミラーレスの一眼レフカメラにも適用することができる。
40

【0069】

以上のように各実施例によれば、小型でありながら、十分なバックフォーカスを確保し、かつ、像面湾曲や色収差をはじめとする諸収差が良好に補正された、高い撮像光学性能を有する光学系を得ることができる。

【0070】

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。
50

【0071】

以下に、実施例1乃至3に各々対応する数値実施例1乃至3を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順番を示し、 r_i は第*i*番目(第*i*面)の曲率半径、 d_i は第*i*面と第*i*+1面との間の間隔、 $n_{d,i}$ 、 d_i はそれぞれd線を基準とした屈折率、アッペ数を示す。 r_i および d_i の単位はいずれもミリである。BFはバックフォーカスである。

【0072】

また、非球面は面番号の後に、*の符号を付加して表している。非球面形状は、Xを光軸方向の面頂点からの変位量、hを光軸と垂直な方向の光軸からの高さ、rを近軸曲率半径、Kを円錐定数、B、C、D、E、Fを各次数の非球面係数とするとき、

10

【0073】

【数1】

$$X(h) = \frac{(1/r)h^2}{1 + \sqrt{1 - (1+K)(h/r)^2}} + B \cdot h^4 + C \cdot h^6 + D \cdot h^8 + E \cdot h^{10} + F \cdot h^{12}$$

【0074】

で表す。なお、各非球面係数における「E±XX」は「×10±XX」を意味している。また、前述の各条件式に関係した数値を表1に示す。更に、表2に前述の各条件式に相当する数値を示す。

【0075】

20

[数値実施例1]

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	24.778	2.45	1.77250	49.6
2	89.019	0.10		
3	14.332	1.10	1.51823	58.9
4	6.763	3.56		
5	100.025	1.53	1.80100	35.0
6	6.805	2.22	1.75520	27.5
7	68.227	2.83		
8(絞り)		3.97		
9	-10.747	1.10	1.84666	23.8
10	-49.560	2.66	1.59522	67.7
11	-10.643	0.50		
12	-125.734	1.30	1.52996	55.8
13*	-118.574	0.25		
14	-425.174	3.43	1.72916	54.7
15	-14.969	35.49		

像面

30

【0076】

非球面データ

第13面

K = 0.00000e+000, B = 4.10045e-005, C = -4.26303e-008, D = -1.06286e-009,
E = 1.03882e-011, F = 0.00000e+000

各種データ

焦点距離	24.00
レンズ総厚	27.00

40

50

BF 35.49

群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-45.07
2	9	20.42

単レンズデータ

始面	焦点距離
----	------

1	43.72	10
3	-26.00	
5	-9.18	
6	9.86	
9	-16.42	
10	22.21	
12	3696.81	
14	21.20	

【0077】

[数値実施例2]

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	15.161	2.85	1.77250	49.6
2	54.622	0.09		
3	23.214	1.09	1.48749	70.2
4	6.510	3.71		
5	-33.914	1.91	1.61340	44.3
6	-10.067	1.00	1.72916	54.7
7	-26.206	1.66		
8(絞り)		4.01		
9	-11.052	1.09	1.84666	23.8
10	-35.152	2.37	1.59522	67.7
11	-11.833	0.49		
12	-51.715	1.30	1.52996	55.8
13*	-50.288	0.29		
14	-65.935	3.14	1.72916	54.7
15	-13.666	35.50		

像面

40

【0078】

非球面データ

第13面

K = 0.00000e+000, B = 4.39387e-005, C = -8.56034e-009, D = -2.09217e-009,
E = 2.22175e-011, F = 0.00000e+000

各種データ

焦点距離	28.00
レンズ総厚	25.00
BF	35.50

50

群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-114.60
2	9	24.24

単レンズデータ

始面 焦点距離

1	26.34	
3	-18.96	10
5	22.65	
6	-23.02	
9	-19.44	
10	28.87	
12	2614.10	
14	23.06	

【0079】

[数値実施例3]

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	nd	d
1	27.452	2.67	1.77250	49.6
2	93.179	0.09		
3	17.540	1.39	1.59522	67.7
4	8.045	7.06		
5	20.276	1.08	1.81600	46.6
6	7.851	2.05	1.71736	29.5
7	23.286	1.91		
8(絞り)	3.29			30
9	-12.481	1.01	1.84666	23.8
10	148.622	0.48		
11	-317.648	2.66	1.59522	67.7
12	-11.550	0.28		
13*	36.529	1.30	1.52996	55.8
14	34.623	0.98		
15	189.366	3.74	1.74100	52.6
16	-16.215	35.66		

像面

40

【0080】

非球面データ

第13面

K = 0.00000e+000, B = -2.25330e-005, C = 1.29321e-007, D = 1.11635e-009,
E = -1.58739e-011, F = 0.00000e+000

各種データ

焦点距離	24.99
レンズ総厚	30.01
BF	35.66

50

群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-59.94
2	9	21.57

単レンズデータ

始面 焦点距離

1	49.50
3	-26.41
5	-16.34
6	15.64
9	-13.56
11	20.07
13	-1639.88
15	20.31

10

【0081】

【表1】

	実施例1	実施例2	実施例3
f	24.00	28.00	24.99
BF	35.49	35.50	35.66
D	27.00	25.00	30.01
f23	3696.81	2614.10	-1639.88
f24	21.20	23.06	20.31
n24	1.729	1.729	1.741
v24	54.7	54.7	52.6

20

【0082】

【表2】

	条件式	実施例1	実施例2	実施例3
(1)	f24/f	0.883	0.824	0.813
(2)	n24	1.729	1.729	1.741
(3)	f23/f	154.034	93.361	65.621
(4)	BF/f	1.479	1.268	1.427
(5)	D/f	1.125	0.893	1.201
(6)	v24	54.7	54.7	52.6

30

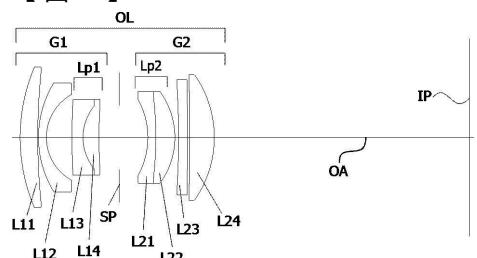
40

【符号の説明】

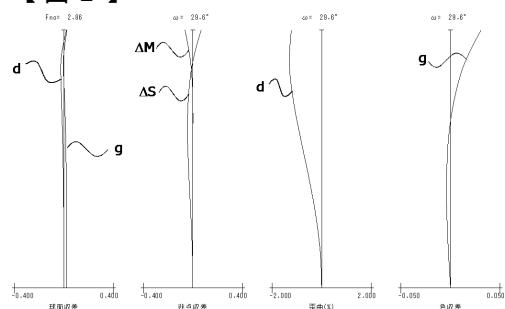
【0083】

O L	光学系	G 1	第1レンズ群	G 2	第2レンズ群
L 2 3	レンズL 2 3	L 2 4	レンズL 2 4		

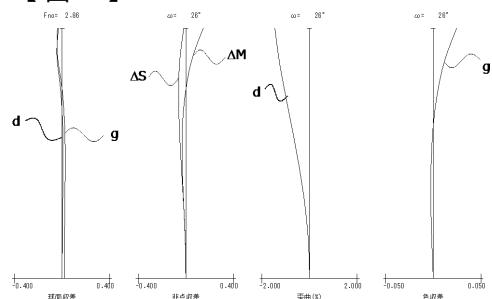
【図1】



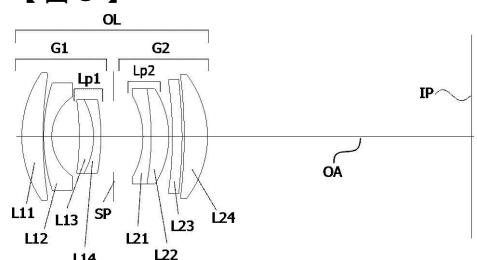
【図2】



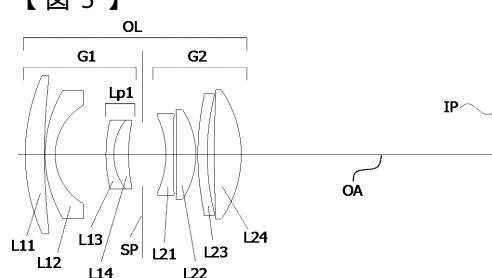
【図4】



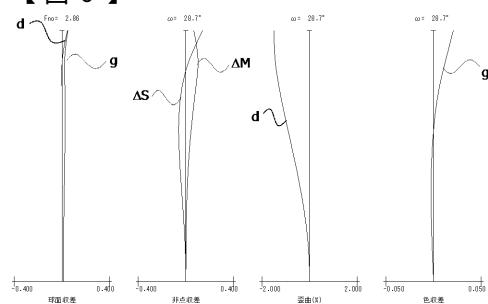
【図3】



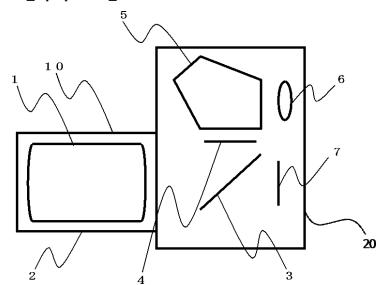
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平04-177309(JP,A)
特開2009-058872(JP,A)
特開2005-316333(JP,A)
特開2000-180723(JP,A)
特開2005-156829(JP,A)
特開2003-066332(JP,A)
特開2004-117828(JP,A)
特開2004-199000(JP,A)
特開2007-058168(JP,A)
特開2002-196241(JP,A)
特開2000-187159(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