

(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2012-242581

(P2012-242581A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
<b>G02B 13/04 (2006.01)</b>	G02B 13/04	2H087
<b>G02B 13/18 (2006.01)</b>	G02B 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2011-112140 (P2011-112140)	(71) 出願人	000006633
(22) 出願日	平成23年5月19日 (2011.5.19)		京セラ株式会社
			京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
		(72) 発明者	大原 直人
			東京都世田谷区玉川台2-14-9 東京
			用賀事業所内
		(72) 発明者	小石 知文
			東京都世田谷区玉川台2-14-9 東京
			用賀事業所内
		Fターム(参考)	2H087 KA01 LA03 PA04 PA05 PA17
			PB04 PB05 QA02 QA05 QA07
			QA17 QA22 QA25 QA34 QA41
			QA45 QA46 RA05 RA12 RA13
			RA32 RA42 UA01

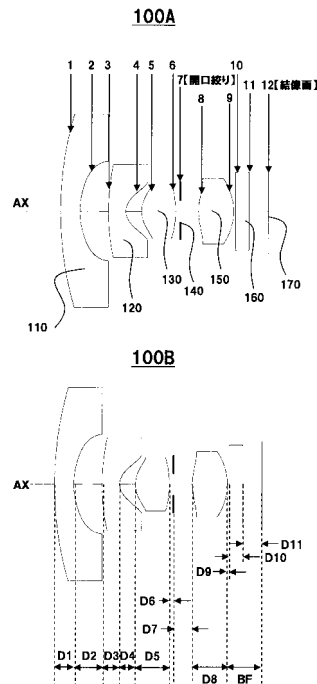
(54) 【発明の名称】 撮像レンズ

(57) 【要約】

【課題】収差を良好に補正し、小型、且つ安価でありながら優れた光学性能を持つ、広角撮像レンズを得る。

【解決手段】物体側から順に、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカス第1レンズと、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカス第2レンズと、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し物体側の面が非球面をなす両凸第3レンズと、開口絞りと、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し両面が非球面となる両凸第4レンズよりなり、前記第1レンズ乃至前記第4レンズを樹脂材料により形成し、前記第1レンズの撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを強く、前記第2レンズの撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ前記第3レンズの物体側面は光線有効径において球面とした場合よりも正のパワーを弱くする。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

物体側から順に、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカス第 1 レンズと、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカス第 2 レンズと、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し物体側の面が非球面をなす両凸第 3 レンズと、開口絞りと、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し両面が非球面となる両凸第 4 レンズよりなり、

前記第 1 レンズ乃至前記第 4 レンズを樹脂材料により形成し、前記第 1 レンズの撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを強く、前記第 2 レンズの撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ前記第 3 レンズの物体側面は光線有効径において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしたことを特徴とする撮像レンズ。

10

## 【請求項 2】

前記第 1 レンズを構成する材料の d 線に対するアッペ数が 5.0 以上に、前記第 2 レンズを構成する材料の d 線に対するアッペ数が 5.0 以上に、前記第 3 レンズを構成する材料の d 線に対するアッペ数が 4.0 以下に、前記第 4 レンズを構成する材料の d 線に対するアッペ数が 5.0 以上に、それぞれ設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の撮像レンズ。

## 【請求項 3】

前記第 1 レンズの物体側面から撮像素子までの距離を L (mm) とし、前記第 1 レンズの物体側面において光線が通過する最大径 (mm) とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の撮像レンズ。

20

$$0.8 < \text{径} / L < 1.4 \quad \dots (1)$$

## 【請求項 4】

d 線における前記第 1 レンズと前記第 2 レンズの合算焦点距離を f<sub>12</sub> (mm) とし、光学系の焦点距離を f (mm) とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の撮像レンズ。

$$0.8 < |f_{12} / f| < 1.0 \quad \dots (2)$$

## 【請求項 5】

d 線における前記第 3 レンズと前記第 4 レンズの合算焦点距離を f<sub>34</sub> (mm) とし、光学系の焦点距離を f (mm) とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の撮像レンズ。

30

$$1.5 < |f_{34} / f| < 3.5 \quad \dots (3)$$

## 【請求項 6】

撮像面での最大水平位置に入射する光線の全画角を 2W とする時、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の撮像レンズ。

$$2W > 130 \text{ (deg)} \quad \dots (4)$$

## 【請求項 7】

撮像面での最大水平位置に入射する光線の全画角を 2W とし、撮像面での最大垂直位置に入射する光線の全画角を 2V とする時、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかに記載の撮像レンズ。

40

$$1.2 < 2W / 2V < 1.4 \quad \dots (5)$$

## 【請求項 8】

d 線における前記第 1 レンズの焦点距離を f<sub>1</sub> (mm)、d 線における前記第 2 レンズの焦点距離を f<sub>2</sub> (mm)、d 線における前記第 3 レンズの焦点距離を f<sub>3</sub> (mm)、d 線における前記第 4 レンズの焦点距離を f<sub>4</sub> (mm) とし、光学系の焦点距離を f (mm) とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の撮像レンズ。

$$4.0 < |f_1 / f| < 8.0 \quad \dots (6)$$

$$1.0 < |f_2 / f| < 2.0 \quad \dots (7)$$

$$1.3 < |f_3 / f| < 2.5 \quad \dots (8)$$

50

$$1.8 < |f_4 / f| < 3.0 \quad \dots (9)$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、車載用カメラ等、固体撮像素子を備えた撮像装置に用いられる単焦点で広角の撮像レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

車載用カメラに用いられる撮像レンズには、広画角を確保しながら画面中心と比べて画面周辺部の視認性を要求される事が多い為、画面周辺の像倍率を大きく結像性能が良いことが要求される。また、搭載スペースが限られることが多いなどから小型で軽量であることが要求される。

10

【0003】

これらの要望に対応し得る可能性がある単焦点の広角撮像レンズとして、下記の特許文献1が提案されている。しかしながら、この特許文献1に記載される単焦点レンズでは、設計上高い結像性能を持たせるために、非球面を多用しガラスレンズ1枚、樹脂レンズが3枚と材質のバランスが悪く、製造や実使用上で問題が発生してしまう。製造上の課題として、第1ガラスレンズの撮像側面の曲率がきつくなり、歩留まりの低下を招く。

【0004】

また、実使用上の課題として、第一に性能保証温度に問題がある。車に搭載するカメラモジュールとなると低温から高温まで幅広い温度領域において性能を満足することを要求される。しかしながら下記特許文献1においては、前述の通りガラスレンズと樹脂レンズのパワーバランスが悪い事から性能を保証できる温度領域が狭くなる。理由は、ガラスレンズに比べて樹脂レンズは、温度による化学的変化、物理的変化が大きいため、温度変化に伴い設計から形状が乖離してくるからである。

20

【0005】

さらに、第二の課題として、ゴーストフレアの問題である。下記特許文献1においては、パワー配置によって第2レンズ物体側面が凹面に設定されている。これは、倍率の色収差を補正する為に凹面となっているのだが、広角レンズにおいてゴーストフレアを発生させる要因となりやすい。第2レンズの物体側面で反射した光が、第1レンズの撮像側面に反射して撮像面に届いてしまうからである。これは、実使用上、夜間の対向車のヘッドライト等がレンズの面反射によって、ゴーストとなって撮像面に映る。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2010-54646号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記の点に鑑みて成されたものであり、目的とするのは、樹脂レンズ4枚構成によって高い光学性能を持ちつつ、画面周辺部を大きく写し、レンズの形状、非球面の形状等を適切に設定することにより小型、薄型の広角撮像レンズを提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するため本発明の撮像レンズは、物体側から順に、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカス第1レンズと、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカス第2レンズと、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し物体側の面が非球面をなす両凸第3レンズと、開口絞りと、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し両面が非球面となる両凸第4レンズよりなり、前記第1レンズ乃至前記第4レンズを樹脂材料により形成し、前記第1レ

50

レンズの撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを強く、前記第2レンズの撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ前記第3レンズの物体側面は光線有効径において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしたことを特徴とする。

【0009】

さらに好ましくは、前記第1レンズを構成する材料のd線に対するアッペ数が50以上に、前記第2レンズを構成する材料のd線に対するアッペ数が50以上に、前記第3レンズを構成する材料のd線に対するアッペ数が40以下に、前記第4レンズを構成する材料のd線に対するアッペ数が50以上に、それぞれ設定されることを特徴とする。

【0010】

さらに好ましくは、前記第1レンズの物体側面から撮像素子までの距離をL (mm)とし、前記第1レンズの物体側面において光線が通過する最大径 (mm)とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする。

【0011】

$$0.8 < \text{径} / L < 1.4 \quad \dots (1)$$

さらに好ましくは、d線における前記第1レンズと前記第2レンズの合算焦点距離をf12 (mm)とし、光学系の焦点距離をf (mm)とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする。

【0012】

$$0.8 < |f_{12} / f| < 1.0 \quad \dots (2)$$

さらに好ましくは、d線における前記第3レンズと前記第4レンズの合算焦点距離をf34 (mm)とし、光学系の焦点距離をf (mm)とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする。

【0013】

$$1.5 < |f_{34} / f| < 3.5 \quad \dots (3)$$

さらに好ましくは、撮像面での最大水平位置に入射する光線の全画角を2Wとする時、以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0014】

$$2W > 130 \text{ (deg)} \quad \dots (4)$$

さらに好ましくは、撮像面での最大水平位置に入射する光線の全画角を2Wとし、撮像面での最大垂直位置に入射する光線の全画角を2Vとする時、以下の条件式を満足することを特徴とする。

【0015】

$$1.2 < 2W / 2V < 1.4 \quad \dots (5)$$

さらに好ましくは、d線における前記第1レンズの焦点距離をf1 (mm)、d線における前記第2レンズの焦点距離をf2 (mm)、d線における前記第3レンズの焦点距離をf3 (mm)、d線における前記第4レンズの焦点距離をf4 (mm)とし、光学系の焦点距離をf (mm)とする時、下記の条件式を満足することを特徴とする。

【0016】

$$4.0 < |f_1 / f| < 8.0 \quad \dots (6)$$

$$1.0 < |f_2 / f| < 2.0 \quad \dots (7)$$

$$1.3 < |f_3 / f| < 2.5 \quad \dots (8)$$

$$1.8 < |f_4 / f| < 3.0 \quad \dots (9)$$

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、4枚構成によって高い光学性能を持ちつつ、レンズの形状、非球面の形状等を適切に設定することにより小型、薄型で周辺が大きく写る広角撮像レンズを提供することである。その結果、監視カメラや車載用カメラに搭載可能なコンパクトな広角撮像レンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 8 】

【図 1】本実施形態の撮像レンズのレンズ構成を示す図である。

【図 2】本実施形態の実施例 1 におけるレンズ系の基本構成を示す図である。

【図 3】本実施形態の実施例 1 における球面収差、および非点収差を示す収差図である。

【図 4】本実施形態の実施例 1 における球面形状と非球面形状との変異量と径方向の関係を示す図である。

【図 5】図 4 における非球面の変異イメージを示す図である。

【図 6】本実施形態の実施例 2 におけるレンズ系の基本構成を示す図である。

【図 7】本実施形態の実施例 2 における球面収差、および非点収差を示す収差図である。

【図 8】本実施形態の実施例 2 における球面形状と非球面形状との変異量と径方向の関係を示す図である。 10

【図 9】図 8 における非球面の変異イメージを示す図である。

【図 10】本実施形態の実施例 3 におけるレンズ系の基本構成を示す図である。

【図 11】本実施形態の実施例 3 における球面収差、および非点収差を示す収差図である。

【図 12】本実施形態の実施例 3 における球面形状と非球面形状との変異量と径方向の関係を示す図である。

【図 13】図 12 における非球面の変異イメージを示す図である。

【図 14】本実施形態の実施例 4 におけるレンズ系の基本構成を示す図である。

【図 15】本実施形態の実施例 4 における球面収差、および非点収差を示す収差図である 20

【図 16】本実施形態の実施例 4 における球面形状と非球面形状との変異量と径方向の関係を示す図である。

【図 17】図 16 における非球面の変異イメージを示す図である。

【図 18】本実施形態の実施例 5 におけるレンズ系の基本構成を示す図である。

【図 19】本実施形態の実施例 5 における球面収差、および非点収差を示す収差図である。

【図 20】本実施形態の実施例 5 における球面形状と非球面形状との変異量と径方向の関係を示す図である。

【図 21】図 20 における非球面の変異イメージを示す図である。 30

【発明を実施するための形態】

## 【 0 0 1 9 】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を詳細に説明する。図 1 に実施の形態の撮像レンズ構成をそれぞれ光学断面で示す。これらの実施形態は、図 1 の 1 0 0 A に示すように、物体側から順に、第 1 レンズ 1 1 0、第 2 レンズ 1 2 0、第 3 レンズ 1 3 0、開口絞り 1 4 0、第 4 レンズ 1 5 0、I R C F ないしカバーガラス 1 6 0、C C D (Charge Coupled Device) や C M O S (Complementary Metal-Oxide Semiconductor device) 等の撮像素子 1 7 0 が配置される 4 枚構成の撮像レンズ 1 0 0 である。

## 【 0 0 2 0 】

そして、第 1 レンズ 1 1 0 は、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカスレンズであり、第 2 レンズ 1 2 0 は、物体側に凸面を向け負の屈折力を有し撮像側の面が非球面をなすメニスカスレンズであり、第 3 レンズ 1 3 0 は、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し物体側の面が非球面をなす両凸レンズであり、第 4 レンズ 1 5 0 は、物体側と撮像側の面に凸面を向け正の屈折力を有し両面が非球面となる両凸レンズである。 40

## 【 0 0 2 1 】

また、全レンズを樹脂材料により形成している。このように、全レンズを樹脂材料で形成することにより、軽量化や低コスト化が実現できるとともに、非球面形状の作製が容易となる。特に、第 3 レンズ 1 3 0 を高分散の材料で形成することにより、結果として倍率の色収差を良好に補正することが可能となる。さらには、鏡筒も樹脂とすることで環境変 50

化にも強くする事が可能となる。例えば、低温時、鏡筒は線膨張係数から収縮する事が分かる。このとき、レンズがガラスだと鏡筒に応力が加わりクラック等が発生する懸念がある。逆に、高温時、同じく線膨張係数から鏡筒が膨張する事が分かる。このとき、レンズと鏡筒の間に隙間が発生しレンズの保持ができなくなる懸念がある。

【 0 0 2 2 】

さらに、第1レンズ110の撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを強く、第2レンズ120の撮像側面は光線有効径において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ第3レンズ130の物体側面は光線有効径において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしている。

【 0 0 2 3 】

これにより、ゴースト発生を緩和し、最適に非球面を適用する事で諸収差を良好に補正する効果がある。さらには、レンズの偏肉を緩和する事ができる。偏肉とは、レンズの厚みの偏り具合を示す。例えば、第2レンズ120において有効径でのパワーを弱くすることで有効径での厚みを薄くすることができる。第3レンズ130においても同等である。中心のパワーを有効径まで維持したばあい有効径部で厚みが増しウエルドの発生や、複屈折が発生し結像性能に悪影響を与える。

【 0 0 2 4 】

また、第1レンズ110を構成する材料のd線に対するアッペ数が50以上に、第2レンズ120を構成する材料のd線に対するアッペ数が50以上に、第3レンズ130を構成する材料のd線に対するアッペ数が40以下に、第4レンズ150を構成する材料のd

【 0 0 2 5 】

これにより、開口絞り140よりも物体側にある負レンズの第1レンズ110と第2レンズ120と開口絞り140よりも撮像側にある正レンズの第4レンズ150を構成する材料のd線に対するアッペ数が大きいほど、第1レンズ110および第2レンズ120、第4レンズ150で発生する倍率色収差が小さくなる。また同じく開口絞り140よりも物体側にある正レンズの第3レンズ130を構成する材料のd線に対するアッペ数が小さいほど倍率の色収差を良好に補正できる。

【 0 0 2 6 】

また、第1レンズ110の物体側面から撮像素子までの距離をL (mm)とし、第1レンズ110の物体側面において撮像素子170の水平端に到達する光線が通過する最大径 (mm)とする時、下記の条件式を満足する。

【 0 0 2 7 】

$$0.8 < L / \text{径} < 1.4 \quad \dots (1)$$

このような条件式(1)を満たすように設計することで、小型、小径のカメラモジュールを実現する事が可能となる。広角レンズにおいて、光学全長は、第1レンズ110の径に相関がある。焦点距離が同等の場合、第1レンズ110の径と光学全長を伸ばせば、収差の補正は容易となり高い光学性能を確保する事ができる。逆に第1レンズ110の径と光学全長を短くしていくと、収差補正が困難となり品質の低下を招く事となる。ここで、径と全長をパラメータとしているのは、前述したとおり両者には強い相関があり各々の個別の小型が困難だからである。換言すれば、径一定で全長を短く、全長一定で径を小さくする事は、小型化に適切ではない。上記式を満足する設計とすることで高い光学性能を維持したまま、小型化を可能とすることができる。

【 0 0 2 8 】

また、d線における第1レンズ110と第2レンズ120の合算焦点距離をf12 (mm)とし、光学系(撮像レンズ100)の焦点距離をf (mm)とする時、下記の条件式を満足する。

【 0 0 2 9 】

$$0.8 < |f12 / f| < 1.0 \quad \dots (2)$$

上記条件式(2)を満たすように設計することで、広角レンズのパワーバランスを最適

10

20

30

40

50

にする事が可能となる。第1レンズ110と第2レンズ120の合算焦点距離を、光学径の焦点距離にあわせる事で第3レンズ130と第4レンズ150の交換のみで焦点距離の変化、換言すれば画角を変化させる事が可能となる。第3レンズ130と第4レンズ150の変化のみで画角を変える光学系を実現するには上記条件式(2)を満足する必要がある。

【0030】

また、d線における第3レンズ130と第4レンズ150の合算焦点距離を $f_{34}$ (mm)とし、光学系の焦点距離を $f$ (mm)とする時、下記の条件式を満足する。

【0031】

$$1.5 < |f_{34} / f| < 3.5 \quad \dots (3)$$

上記条件式(3)を満たすように設計することで、上記条件式(2)も関わるが、第3レンズ130と第4レンズ150の合算焦点距離が上記条件式(3)を満足するエリアで変えることで画角を変動させることが可能となる。

【0032】

また、撮像面での最大水平位置に入射する光線の全画角を $2W$ とし、撮像面での最大垂直位置に入射する光線の全画角を $2V$ とする時、以下の条件式を満足する。

【0033】

$$2W > 130 \text{ (deg)} \quad \dots (4)$$

$$1.2 < 2W / 2V < 1.4 \quad \dots (5)$$

上記条件式(4)あるいは条件式(5)を満たすように設計することで、画面周辺部の物体を大きく写すことが可能となる。上記条件式(4)については、まず撮像レンズ100としては車載用カメラを想定していて、車載カメラにおいて死角となる広い角度が見える必要がある。上記条件式(5)については、周辺部を大きくするために垂直画角は上記式を満足するエリアになければならない。垂直画角が小さいと周辺倍率としては、有利だが高い光学性能を維持することが困難となる。特に倍率色収差の補正が困難となり周辺の像性能が劣化する傾向にある。逆に垂直画角が大きいと周辺が小さく写り本特許の目的となる周辺の視認性が低下する事となる。

【0034】

また、d線における第1レンズ110の焦点距離を $f_1$ (mm)、d線における第2レンズ120の焦点距離を $f_2$ (mm)、d線における第3レンズ130の焦点距離を $f_3$ (mm)、d線における第4レンズ150の焦点距離を $f_4$ (mm)とし、光学系の焦点距離を $f$ (mm)とする時、下記の条件式を満足する。

【0035】

$$4.0 < |f_1 / f| < 8.0 \quad \dots (6)$$

$$1.0 < |f_2 / f| < 2.0 \quad \dots (7)$$

$$1.3 < |f_3 / f| < 2.5 \quad \dots (8)$$

$$1.8 < |f_4 / f| < 3.0 \quad \dots (9)$$

このような条件を満たすように設計することで、上述の条件を同時に満たす光学系を実現する事が可能となる。上記条件式(6)の下限値を超えると、負の屈折力が大きくなり、倍率の色収差の補正は容易となるが、第1レンズ110の像側面の曲率が小さくなりすぎてしまい、製造が難しくなる。上限値を超えると、第1レンズ110の物体側面の曲率が小さくなるために有効径が大きくなり、レンズ系の小型化が難しくなるとともに、広い画角を得るために必要な負の屈折力を第2レンズ120の像側面のみで補うことになり、曲率が小さくなりすぎてしまう。

【0036】

上記条件式(7)の下限値を超えると負の屈折力が強くなるために第2レンズ120の像側面の曲率が小さくなりすぎてしまう。また、それに伴って第3レンズ130の物体側面の曲率も小さくなりすぎてしまうために、製造が難しくなる。上限値を超えると、負の屈折力が不足するために倍率の色収差の補正が困難になる。

【0037】

10

20

30

40

50

上記条件式(8)の上限値を超えると、正の屈折力が不足するために倍率の色収差の補正が困難になる。下限値を超えると第3レンズ130の物体側面の曲率が小さくなりすぎてしまうために、製造が難しくなる。

【0038】

第4レンズ150の、特に像側面は収差の補正を大きく行なっているため、上記条件式(9)の上限値を超えると、正の屈折力が小さくなりすぎて、緒収差の補正が困難になる。逆に下限値を超えると、第4レンズ150の像側面の曲率が小さくなりすぎてしまうために、製造が難しくなる。

【0039】

なお、図1の100Aに示すように、物体側より入射した光は、第1レンズ110の物体側R1面1、撮像面側R2面2、第2レンズ120の物体側R3面3、撮像面側R4面4、第3レンズ130の物体側R5面5、撮像面側R6面6、開口絞り140の面7、第4レンズ150の物体側R7面8、撮像面側R8面9、カバーガラス160の物体側R9面10、撮像面側R10面11を順次通過し撮像素子170の結像面12へと集光される。

10

【0040】

また、図1の100Bに示すように、第1レンズ110の厚さとなるR1面1とR2面2間の距離をD1、第1レンズ110のR2面2と第2レンズ120のR3面3までの距離をD2、第2レンズ120の厚さとなるR3面3とR4面4間の距離をD3、第2レンズ120のR4面4と第3レンズ130のR5面5間の距離をD4、第3レンズ130の厚さとなるR5面5とR6面6間の距離をD5、第3レンズ130のR6面6と開口絞り140の面7までの距離をD6、開口絞り140の面7と第4レンズ150のR8面8間の距離をD7、第4レンズ150の厚さとなるR8面8とR9面9間の距離をD8、第4レンズ150のR9面9とカバーガラス160の物体側R9面10間の距離をD9、カバーガラス160の厚さとなるR9面10とR10面11間の距離をD10、カバーガラス160のR10面11と結像面12間の距離をD11とする。

20

【0041】

ここで、各レンズの少なくとも一面は非球面形状が形成される。非球面形状を持つことにより、収差補正が容易となり、小型でありながら良好な解像性能を得ることが可能となる。

30

【0042】

なお、以下の数値実施例の中で記載されるレンズの非球面の形状は、物体側から撮像面側へ向かう方向を正とし、kを円錐係数、A、B、C、Dを非球面係数、rを中心曲率半径としたとき次式で表される。hは光線の高さ、cは中心曲率半径の逆数をそれぞれ表している。ただし、Zは面頂点に対する接平面からの深さを、Aは4次の非球面係数を、Bは6次の非球面係数を、Cは8次の非球面係数を、Dは10次の非球面係数をそれぞれ表している。

【0043】

【数1】

**非球面方程式**

$$Z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10}$$

40

【0044】

以下に、撮像レンズ100(100A、100B)の具体的な数値による実施例1~5を示す。実施例1~5の数値において、焦点距離、Fナンバー、水平画角、垂直画角、像高、レンズ全長、バックフォーカス(BF)は次の表1に記載の通りである。また、同じく実施例1~5の数値において、条件式(1)~(9)の数値データは、次の表2に記載

50

の値になる。

【0045】

なお、実施例1～5を示す図面である、図2、図5、図6、図9、図10、図13、図14、図17、図18、および図21に示す符号101乃至106は、図1に示す撮像レンズ100と同様の構成であるために、各構成要件の符号、面符号、距離符号の記載を省略するものとする。また、図7、図11、図15、および図19は、図3に示すc線、d線、およびg線の記載と同様であるために、記載を省略するものとする。また、実施例1～5においては、全レンズを樹脂材料で形成した。

【0046】

【表1】

10

### 各種データ

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
焦点距離f(d線)[mm]	1.360	1.360	1.360	1.360	0.935
Fno	2.40	2.41	2.42	2.44	2.46
水平画角2W[°]	132.00	132.00	132.00	132.00	150.00
垂直画角2V[°]	97.18	98.20	96.74	96.98	120.00
像高[mm]	2.240	2.240	2.240	2.240	2.240
レンズ全長L[mm]	10.76	10.88	10.00	9.76	11.30
バックフォーカスbf[mm]	1.800	1.800	1.800	1.800	1.880

20

【0047】

【表2】

### 条件式

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1): $\phi/L$	0.929	0.842	0.880	1.324	0.972
(2): $ f_{12}/f $	0.890	0.888	0.866	0.873	0.899
(3): $ f_{34}/f $	2.097	2.165	1.936	1.843	3.289
(4): 2W	132.00	132.00	132.00	132.00	150.00
(5): 2V	97.18	98.20	96.74	96.98	120.00
(6): $ f_1/f $	7.127	6.698	5.220	4.276	6.347
(7): $ f_2/f $	1.222	1.246	1.301	1.428	1.495
(8): $ f_3/f $	1.536	1.551	1.452	1.459	2.213
(9): $ f_4/f $	2.070	2.085	1.955	1.971	2.752

30

40

【0048】

<実施例1>

実施の形態1における撮像レンズ101の基本構成は図2に示され、各数値データ(設定値)は表3、表4、表5に、球面収差、および非点収差を示す収差図は図3にそれぞれ示される。図3は、実施例1において、左が球面収差を、右が非点収差をそれぞれ示している。縦収差図の縦軸は、瞳径を1に正規化したもので、非点収差図の縦軸は半画角を表し、実線Mはメリジオナル像面の値、破線Sはサジタル像面の値をそれぞれ示している

50

。図3からわかるように、実施例1によれば、球面、非点の諸収差が良好に補正され、結像性能に優れた撮像レンズ101が得られる。

【0049】

この実施例1における撮像レンズ101は、第1レンズ110にアクリル相当の材料を用いた場合の最適パワー配置と非球面形状を示した実施例となる。

【0050】

図2に示すように、第1レンズ110は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第2レンズ120は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第3レンズ130は平凸形状、開口絞り140の像側に配置される第4レンズ150は両側に凸面を向けた両凸形状を有する。各レンズはそれぞれ非球面を有する。

10

【0051】

表4は、実施例1における撮像レンズ101の各面番号に対応した絞り、各レンズの曲率半径R、間隔D、屈折率Nd、および分散値dを示している。表5は、所定面の非球面係数を示している。

【0052】

【表3】

#### 各種データ

焦点距離f(mm)	1.360
Fナンバー	2.4
水平面角 $\theta 1(^{\circ})$	132.0
垂直面角 $\theta 2(^{\circ})$	97.18
レンズ全長(mm)	10.76
バックフォーカス(mm)	1.8

20

【0053】

【表4】

30

#### 面データ[単位 mm]

面番号i	曲率半径R		間隔D		屈折率N		分散値v	
物体面		$\infty$		$\infty$				
1	R1	18	D1	1	N1	1.4892	v1	55.3
2	R2	3.7	D2	1.48				
3	R3	11.8	D3	0.9	N2	1.5304	v2	56.2
4	R4	0.8	D4	0.82				
5	R5	1.5	D5	1.75	N3	1.6142	v3	26.0
6	R6	-4.94	D6	0.2				
7[絞り]		$\infty$	D7	0.99				
8	R7	2.85	D8	1.82	N4	1.5304	v4	56.2
9	R8	-2.45	D9	0.1				
10	R9	$\infty$	D10	0.7	N5	1.5163	v5	64.1
11	R10	$\infty$	D11	1				
像面		$\infty$						

40

50

【 0 0 5 4 】

【 表 5 】

## 非球面係数

	K	A	B	C	D
R3	1.042	-0.01188	0.0010638		
R5	-0.8143	0.0168	-0.06355		
R6	-3.183	0.08926	-0.03891		
R9	1.552	-0.07112	0.0176	-0.00545	
R10	-10	-0.02318	0.0006753		

10

【 0 0 5 5 】

図 4 は、第 1 レンズ 1 1 0 の像側面、第 2 レンズ 1 2 0 の像側面、第 3 レンズ 1 3 0 の物体側面の非球面の状態を示す図である。なお、SAG は光軸方向の変異量となり、縦方向である径方向、および横方向である SAG のいずれも単位は「mm」である。図 4 に示すように、第 1 レンズ 1 1 0 の撮像面側非球面を光線有効径（径方向 2.6 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを強く、第 2 レンズ 1 2 0 の撮像面側非球面は光線有効径（径方向 1.5 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ第 3 レンズ 1 3 0 の物体側非球面は光線有効径（径方向 1.4 mm 近傍）において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしている。図 4 において、有効径を一点鎖にて示す。

20

【 0 0 5 6 】

図 5 は、図 4 の非球面の変異イメージを示す図であり、第 1 レンズ 1 1 0、第 2 レンズ 1 2 0、および第 3 レンズ 1 3 0 の点線が図 4 で示す球面形状に基づく形状であり、実線が図 4 で示す非球面形状に基づく形状であり、矢印は球面形状から実際の非球面形状の変異の方向を示したものである。なお、実施例 2 ~ 5 の図 9、図 13、図 17、および図 21 も同様である。

【 0 0 5 7 】

&lt; 実施例 2 &gt;

実施の形態 2 における撮像レンズ 1 0 2 の基本構成は図 6 に示され、各数値データ（設定値）は表 6、表 7、表 8 に、球面収差、および非点収差を示す収差図は図 7 にそれぞれ示される。図 7 は、実施例 2 において、左が球面収差を、右が非点収差をそれぞれ示している。縦収差図の縦軸は、瞳径を 1 に正規化したもので、非点収差図の縦軸は半画角を表し、実線 M はメリジオナル像面の値、破線 S はサジタル像面の値をそれぞれ示している。図 7 からわかるように、実施例 2 によれば、球面、非点の諸収差が良好に補正され、結像性能に優れた撮像レンズ 1 0 2 が得られる。

30

【 0 0 5 8 】

この実施例 2 における撮像レンズ 1 0 2 は、第 1 レンズ 1 1 0 に COP（シクロオレフィンポリマー）相当の材料を用いた場合の最適パワー配置と非球面形状を示した実施例となる。

40

【 0 0 5 9 】

図 6 に示すように、第 1 レンズ 1 1 0 は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第 2 レンズ 1 2 0 は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第 3 レンズ 1 3 0 は平凸形状、開口絞り 1 4 0 の像側に配置される第 4 レンズ 1 5 0 は両側に凸面を向けた両凸形状を有する。各レンズはそれぞれ非球面を有する。

【 0 0 6 0 】

表 7 は、実施例 2 における撮像レンズ 1 0 2 の各面番号に対応した絞り、各レンズの曲率半径 R、間隔 D、屈折率 N<sub>d</sub>、および分散値 d を示している。表 8 は、所定面の非球面係数を示している。

50

【 0 0 6 1 】

【 表 6 】

## 各種データ

焦点距離f(mm)	1.360
Fナンバー	2.41
水平画角 $\theta 1(^{\circ})$	132.0
垂直画角 $\theta 2(^{\circ})$	97.2
レンズ全長(mm)	10.88
バックフォーカス(mm)	1.8

10

【 0 0 6 2 】

【 表 7 】

## 面データ[単位 mm]

面番号i	曲率半径R		間隔D		屈折率N		分散値v	
物体面		$\infty$		$\infty$				
1	R1	18	D1	1	N1	1.5304	v 1	56.2
2	R2	3.74	D2	1.5				
3	R3	11.9	D3	0.9	N2	1.5304	v 2	56.2
4	R4	0.815	D4	0.81				
5	R5	1.52	D5	1.8	N3	1.6142	v 3	26.0
6	R6	-4.83	D6	0.25				
7[絞り]		$\infty$	D7	1.0				
8	R7	2.82	D8	1.82	N4	1.5304	v 4	56.2
9	R8	-2.51	D9	0.1				
10	R9	$\infty$	D10	0.7	N5	1.5163	v 5	64.1
11	R10	$\infty$	D11	1				
像面		$\infty$						

20

30

【 0 0 6 3 】

【 表 8 】

## 非球面係数

	K	A	B	C	D
R3	0.96	-0.00895	0.00076425		
R5	-0.8467	0.01586	-0.0453		
R6	-2.9	0.0741	-0.0282		
R9	1.408	-0.0622	0.015	-0.00429	
R10	-10	-0.02064	0.001461		

40

50

## 【 0 0 6 4 】

図 8 は、第 1 レンズ 1 1 0 の像側面、第 2 レンズ 1 2 0 の像側面、第 3 レンズ 1 3 0 の物体側面の非球面の状態を示す図である。なお、縦方向である径方向、および横方向である S A G のいずれも単位は「mm」である。図 8 に示すように、第 1 レンズ 1 1 0 の撮像面側非球面を光線有効径（径方向 2.6 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを強く、第 2 レンズ 1 2 0 の撮像面側非球面は光線有効径（径方向 1.5 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ第 3 レンズ 1 3 0 の物体側非球面は光線有効径（径方向 1.5 mm 近傍）において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしている。図 8 において、有効径を一点鎖にて示す。

## 【 0 0 6 5 】

図 9 は、図 8 の非球面の変異イメージを示す図である。

## 【 0 0 6 6 】

## &lt; 実施例 3 &gt;

実施の形態 3 における撮像レンズ 1 0 3 の基本構成は図 1 0 に示され、各数値データ（設定値）は表 9、表 1 0、表 1 1 に、球面収差、および非点収差を示す収差図は図 1 1 にそれぞれ示される。図 1 1 は、実施例 3 において、左が球面収差を、右が非点収差をそれぞれ示している。縦収差図の縦軸は、瞳径を 1 に正規化したもので、非点収差図の縦軸は半画角を表し、実線 M はメリジオナル像面の値、破線 S はサジタル像面の値をそれぞれ示している。図 1 1 からわかるように、実施例 3 によれば、球面、非点の諸収差が良好に補正され、結像性能に優れた撮像レンズ 1 0 3 が得られる。

## 【 0 0 6 7 】

この実施例 3 における撮像レンズ 1 0 3 は、第 1 レンズ 1 1 0 の有効径を小さくした場合の実施例となる。

## 【 0 0 6 8 】

図 1 0 に示すように、第 1 レンズ 1 1 0 は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第 2 レンズ 1 2 0 は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第 3 レンズ 1 3 0 は平凸形状、開口絞り 1 4 0 の像側に配置される第 4 レンズ 1 5 0 は両側に凸面を向けた両凸形状を有する。各レンズはそれぞれ非球面を有する。

## 【 0 0 6 9 】

表 1 0 は、実施例 3 における撮像レンズ 1 0 3 の各面番号に対応した絞り、各レンズの曲率半径 R、間隔 D、屈折率 N d、および分散値  $d$  を示している。表 1 1 は、所定面の非球面係数を示している。

## 【 0 0 7 0 】

## 【 表 9 】

## 各種データ

焦点距離 f (mm)	1.360
F ナンバー	2.42
水平画角 $\theta 1 (^{\circ})$	132.0
垂直画角 $\theta 2 (^{\circ})$	96.74
レンズ全長 (mm)	10.00
バックフォーカス (mm)	1.8

## 【 0 0 7 1 】

10

20

30

40

【表 1 0】

## 面データ【単位 mm】

面番号i	曲率半径R		間隔D		屈折率N		分散値v	
物体面		∞		∞				
1	R1	18	D1	1	N1	1.4892	v1	55.3
2	R2	2.87	D2	1.216				
3	R3	6.68	D3	0.9	N2	1.5304	v2	56.2
4	R4	0.785	D4	0.65				
5	R5	1.448	D5	1.529	N3	1.6142	v3	26.0
6	R6	∞	D6	0.05				
7【絞り】		∞	D7	1.04				
8	R7	2.8	D8	1.81	N4	1.5304	v4	56.2
9	R8	-2.21	D9	0.1				
10	R9	∞	D10	0.7	N5	1.5163	v5	64.1
11	R10	∞	D11	1				
像面		∞						

10

20

【0072】

【表 1 1】

## 非球面係数

	K	A	B	C	D
R3	0.7645	-0.02343	0.002849		
R5	-0.7242	0.09008	-0.16747		
R6	-3.4255	0.14439	-0.08584		
R9	1.098	-0.0717	0.018732	-0.0052166	
R10	-10	-0.02589	0.0016318		

30

40

【0073】

図12は、第1レンズ110の像側面、第2レンズ120の像側面、第3レンズ130の物体側面の非球面の状態を示す図である。なお、縦方向である径方向、および横方向であるSAGのいずれも単位は「mm」である。図12に示すように、第1レンズ110の撮像面側非球面を光線有効径（径方向2.2mm近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを強く、第2レンズ120の撮像面側非球面は光線有効径（径方向1.2mm近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ第3レンズ130の物体側非球面は光線有効径（径方向1.1mm近傍）において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしている。図12において、有効径を一点鎖にて示す。

【0074】

図13は、図12の非球面の変異イメージを示す図である。

【0075】

&lt;実施例4&gt;

実施の形態4における撮像レンズ104の基本構成は図14に示され、各数値データ（設定値）は表12、表13、表14に、球面収差、および非点収差を示す収差図は図15

50

にそれぞれ示される。図15は、実施例4において、左が球面収差を、右が非点収差をそれぞれ示している。縦収差図の縦軸は、瞳径を1に正規化したもので、非点収差図の縦軸は半画角  $\theta$  を表し、実線Mはメリジオナル像面の値、破線Sはサジタル像面の値をそれぞれ示している。図15からわかるように、実施例4によれば、球面、非点の諸収差が良好に補正され、結像性能に優れた撮像レンズ104が得られる。

【0076】

この実施例3における撮像レンズ104は、第1レンズ110の有効径を大きくした場合の実施例となる。

【0077】

図14に示すように、第1レンズ110は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第2レンズ120は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第3レンズ130は平凸形状、開口絞り140の像側に配置される第4レンズ150は両側に凸面を向けた両凸形状を有する。各レンズはそれぞれ非球面を有する。

10

【0078】

表13は、実施例4における撮像レンズ104の各面番号に対応した絞り、各レンズの曲率半径R、間隔D、屈折率Nd、および分散値  $\nu_d$  を示している。表14は、所定面の非球面係数を示している。

【0079】

【表12】

20

#### 各種データ

焦点距離f(mm)	1.360
Fナンバー	2.44
水平画角 $\theta 1(^{\circ})$	132.0
垂直画角 $\theta 2(^{\circ})$	96.98
レンズ全長(mm)	9.76
バックフォーカス(mm)	1.8

30

【0080】

【表 1 3】

## 面データ[単位 mm]

面番号i	曲率半径R		間隔D		屈折率N		分散値v	
物体面		$\infty$		$\infty$				
1	R1	18	D1	1	N1	1.5304	v 1	56.2
2	R2	2.585	D2	1.1				
3	R3	4.71	D3	0.9	N2	1.5304	v 2	56.2
4	R4	0.79	D4	0.65				
5	R5	1.482	D5	1.43	N3	1.6142	v 3	26.0
6	R6	-4.33	D6	0.05				
7[絞り]		$\infty$	D7	1.03				
8	R7	2.75	D8	1.8	N4	1.5304	v 4	56.2
9	R8	-2.28	D9	0.1				
10	R9	$\infty$	D10	0.7	N5	1.5163	v 5	64.1
11	R10	$\infty$	D11	1				
像面		$\infty$						

10

20

【 0 0 8 1】

【表 1 4】

## 非球面係数

	K	A	B	C	D
R3	0.5788	-0.0276	0.003904		
R5	-0.70414	0.12366	-0.19441		
R6	-3.110	0.13952	-0.08705		
R9	0.082225	-0.0689	0.02018	-0.005329	
R10	-10	-0.02195	0.00016747		

30

【 0 0 8 2】

図 1 6 は、第 1 レンズ 1 1 0 の像側面、第 2 レンズ 1 2 0 の像側面、第 3 レンズ 1 3 0 の物体側面の非球面の状態を示す図である。なお、縦方向である径方向、および横方向である S A G のいずれも単位は「mm」である。図 1 6 に示すように、第 1 レンズ 1 1 0 の撮像面側非球面を光線有効径（径方向 2 . 0 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを強く、第 2 レンズ 1 2 0 の撮像面側非球面は光線有効径（径方向 1 . 2 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ第 3 レンズ 1 3 0 の物体側非球面は光線有効径（径方向 1 . 1 mm 近傍）において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしている。図 1 6 において、有効径を一点鎖にて示す。

40

【 0 0 8 3】

図 1 7 は、図 1 6 の非球面の変異イメージを示す図である。

【 0 0 8 4】

&lt; 実施例 5 &gt;

実施の形態 5 における撮像レンズ 1 0 5 の基本構成は図 1 8 に示され、各数値データ（

50

設定値)は表15、表16、表17に、球面収差、および非点収差を示す収差図は図19にそれぞれ示される。図19は、実施例5において、左が球面収差を、右が非点収差をそれぞれ示している。縦収差図の縦軸は、瞳径を1に正規化したもので、非点収差図の縦軸は半画角を表し、実線Mはメリジオナル像面の値、破線Sはサジタル像面の値をそれぞれ示している。図19からわかるように、実施例5によれば、球面、非点の諸収差が良好に補正され、結像性能に優れた撮像レンズ105が得られる。

【0085】

この実施例5における撮像レンズ105は、水平画角を150度相当に広げた実施例となる。

【0086】

図18に示すように、第1レンズ110は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第2レンズ120は物体側に凸面を向けたメニスカス形状、第3レンズ130は平凸形状、開口絞り140の像側に配置される第4レンズ150は両側に凸面を向けた両凸形状を有する。各レンズはそれぞれ非球面を有する。

【0087】

表16は、実施例5における撮像レンズ105の各面番号に対応した絞り、各レンズの曲率半径R、間隔D、屈折率Nd、および分散値dを示している。表17は、所定面の非球面係数を示している。

【0088】

【表15】

10

20

#### 各種データ

焦点距離f(mm)	0.935
Fナンバー	2.46
水平画角 $\theta 1(^{\circ})$	150.0
垂直画角 $\theta 2(^{\circ})$	120.0
レンズ全長(mm)	11.3
バックフォーカス(mm)	1.88

30

【0089】

【表 16】

## 面データ[単位 mm]

面番号i	曲率半径R		間隔D		屈折率N		分散値v	
物体面		$\infty$		$\infty$				
1	R1	13.6	D1	0.9	N1	1.5304	v1	56.2
2	R2	2.5	D2	2				
3	R3	7.72	D3	0.9	N2	1.5304	v2	56.2
4	R4	0.65	D4	0.796				
5	R5	1.6275	D5	1.8	N3	1.6142	v3	26.0
6	R6	-3.355	D6	0				
7[絞切]		$\infty$	D7	1.25				
8	R7	2.99	D8	1.77	N4	1.5304	v4	56.2
9	R8	-2	D9	0.18				
10	R9	$\infty$	D10	0.7	N5	1.5163	v5	64.1
11	R10	$\infty$	D11	1				
像面		$\infty$						

10

20

【0090】

【表 17】

## 非球面係数

	K	A	B	C	D
R3	0.1389	-0.01908	0.002987		
R4	0	0.021415	-0.0082332	0.000776	
R5	-0.8285	-0.10597	-0.06172		
R6	-6.0063	0.09210	-0.04162		
R9	-0.3155	-0.01578	0.0001676	-0.001311	
R10	-3.0077	0.052474	-0.01065		

30

【0091】

図 20 は、第 1 レンズ 110 の像側面、第 2 レンズ 120 の像側面、第 3 レンズ 130 の物体側面の非球面の状態を示す図である。なお、縦方向である径方向、および横方向である SAG のいずれも単位は「mm」である。図 20 に示すように、第 1 レンズ 110 の撮像面側非球面を光線有効径（径方向 2.4 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを強く、第 2 レンズ 120 の撮像面側非球面は光線有効径（径方向 1.2 mm 近傍）において球面とした場合よりも負のパワーを弱く、かつ第 3 レンズ 130 の物体側非球面は光線有効径（径方向 1.1 mm 近傍）において球面とした場合よりも正のパワーを弱くしている。図 20 において、有効径を一点鎖にて示す。

40

【0092】

図 21 は、図 20 の非球面の変異イメージを示す図である。

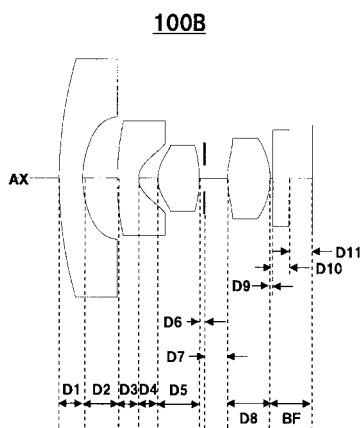
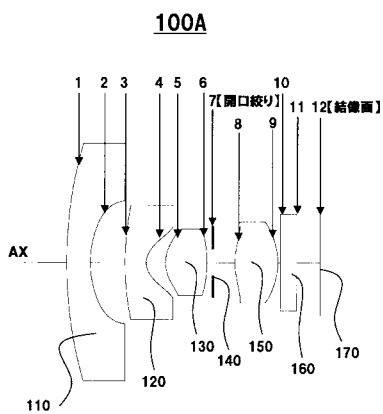
【符号の説明】

【0093】

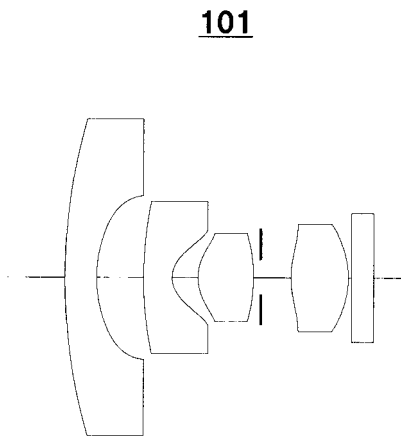
50

- 100、100A、100B、101～105：撮像レンズ
- 110：第1レンズ
- 120：第2レンズ
- 130：第3レンズ
- 140：開口絞り
- 150：第4レンズ
- 160：カバーガラス（またはIRCF）
- 170：撮像素子（または撮像面・結像面）

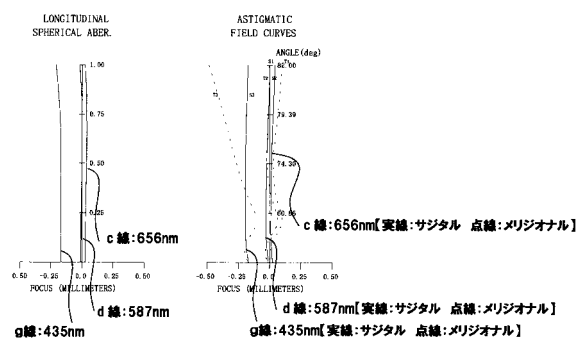
【図1】



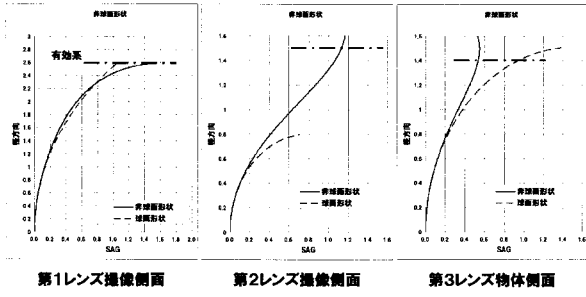
【図2】



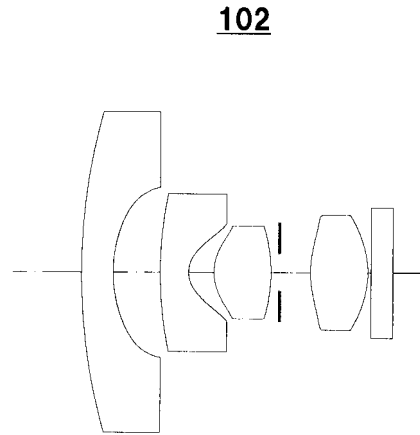
【図3】



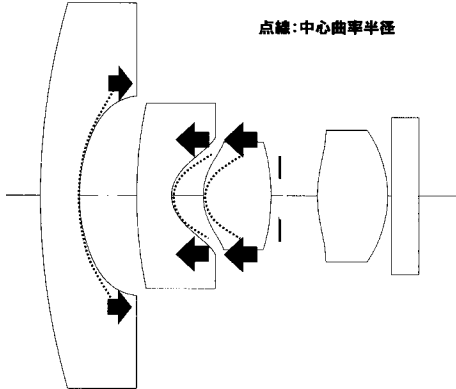
【 図 4 】



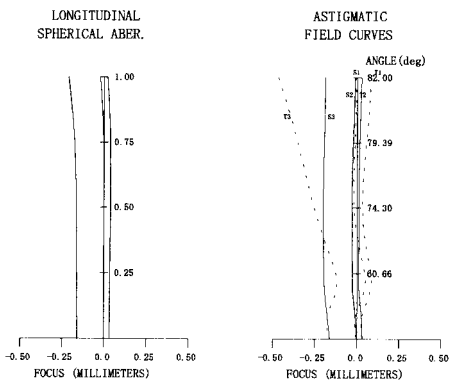
【 図 6 】



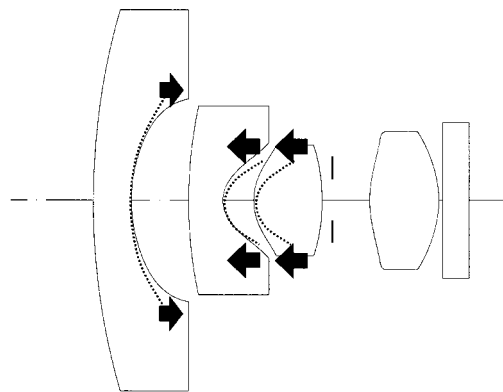
【 図 5 】



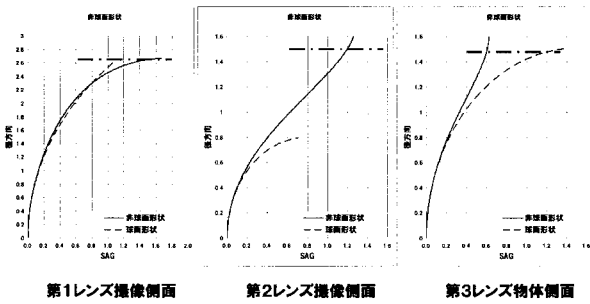
【 図 7 】



【 図 9 】

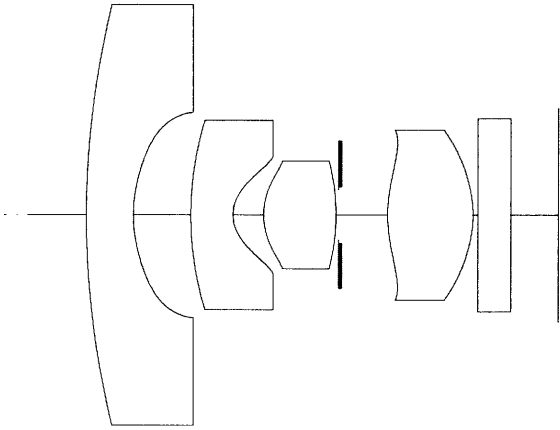


【 図 8 】

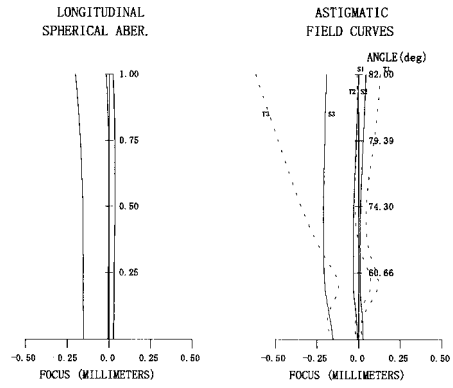


【 図 1 0 】

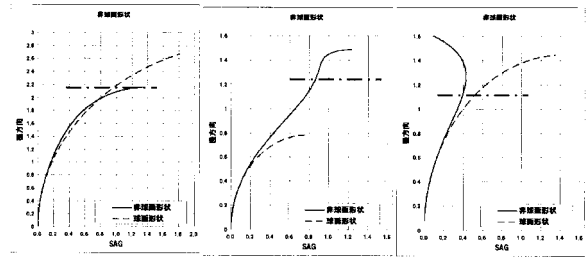
**103**



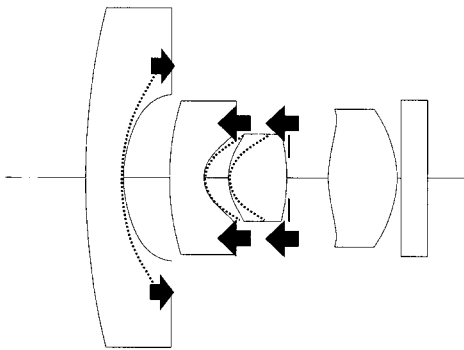
【 図 1 1 】



【 図 1 2 】

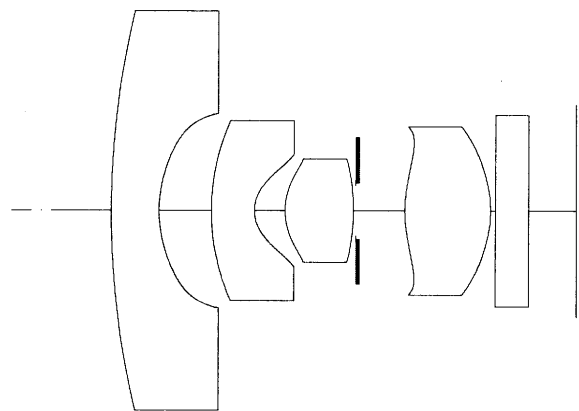


【 図 1 3 】

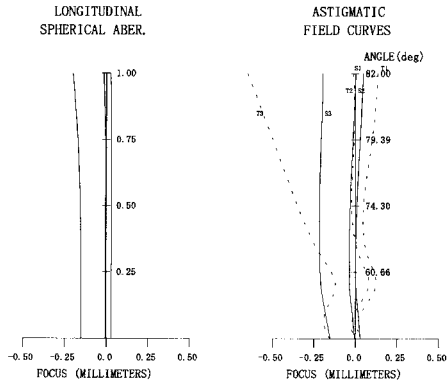


【 図 1 4 】

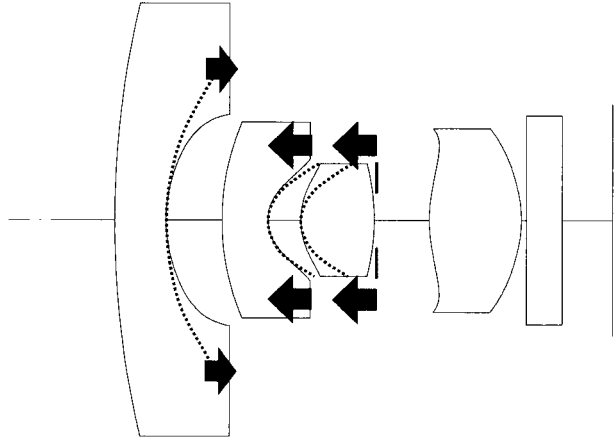
**104**



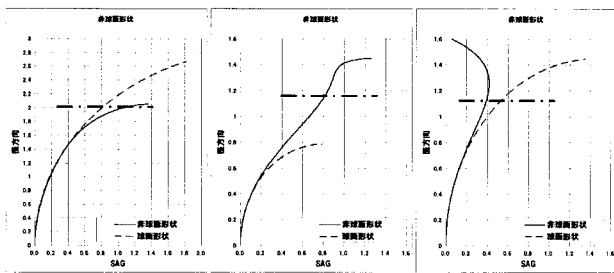
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】

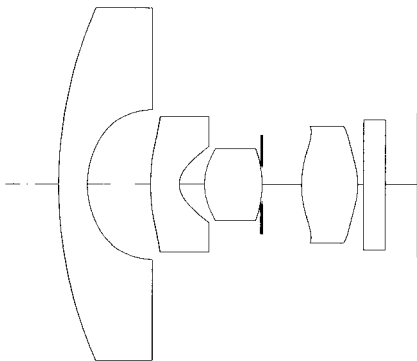


【 図 1 6 】

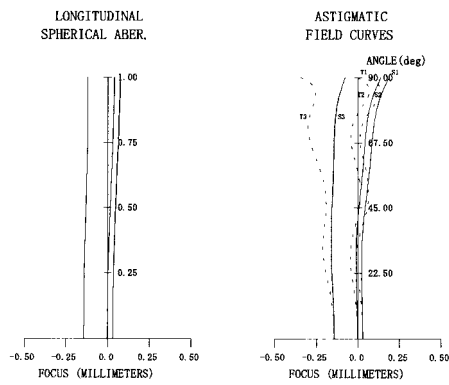


【 図 1 8 】

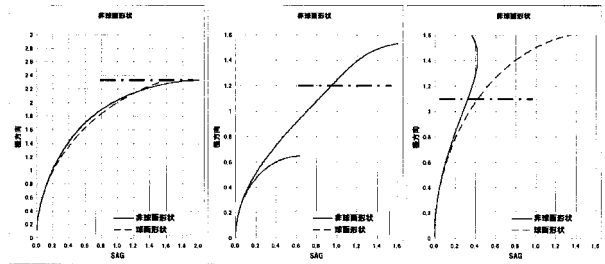
105



【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】

