

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5652347号  
(P5652347)

(45) 発行日 平成27年1月14日(2015.1.14)

(24) 登録日 平成26年11月28日(2014.11.28)

(51) Int. Cl. F 1  
**GO 2 B 13/00 (2006.01)** GO 2 B 13/00  
**GO 2 B 13/18 (2006.01)** GO 2 B 13/18

請求項の数 13 (全 27 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2011-146007 (P2011-146007)                  (22) 出願日 平成23年6月30日 (2011.6.30)                  (65) 公開番号 特開2013-11824 (P2013-11824A)                  (43) 公開日 平成25年1月17日 (2013.1.17)                  審査請求日 平成26年3月17日 (2014.3.17)</p>	<p>(73) 特許権者 000001270                  コニカミノルタ株式会社                  東京都千代田区丸の内二丁目7番2号                  (74) 代理人 100109221                  弁理士 福田 充広                  (72) 発明者 佐野 永悟                  東京都八王子市石川町2970番地 コニ                  カミノルタオプト株式会社内                    審査官 森内 正明</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

固体撮像素子の光電変換部に被写体像を結像させるための撮像レンズであって、物体側より順に、

- 正の屈折力を有し物体側に凸面を向けた第1レンズと、
- 負の屈折力を有し物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズと、
- 像側面に非球面形状を有する第3レンズと、
- 正の屈折力を有し像側に凸面を向けた第4レンズと、
- 負の屈折力を有し像側に凹面を向けた第5レンズと、から実質的になり、
- 前記第5レンズの像側面は、非球面形状であり、光軸との交点以外の位置に変曲点を有し、

10

以下の条件式を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$-0.003 < f / r_6 < 0.003 \quad \dots (1)$$

$$0 < (SAG6P / f) \times 1000 < 10.0 \quad \dots (2)$$

ただし、

- f : 前記撮像レンズ全系の焦点距離
- r<sub>6</sub> : 前記第3レンズ像側面の曲率半径
- SAG6P : 前記第3レンズ像側面の軸上光束が通過する領域での最大サグ量

【請求項2】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の撮像レンズ。

20

$$0 < |P_3| / P < 0.60 \quad \dots (3)$$

ただし、

$P_3$  : 前記第3レンズの屈折力  
 $P$  : 前記撮像レンズ全系の屈折力

【請求項3】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1及び2のいずれか1項に記載の撮像レンズ。

$$0.05 < d_{34} / f < 0.20 \quad \dots (4)$$

ただし、

$d_{34}$  : 前記第3レンズと前記第4レンズの軸上の空気間隔  
 $f$  : 前記撮像レンズ全系の焦点距離

10

【請求項4】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から3までのいずれか1項に記載の撮像レンズ。

$$-2.0 < Pair_{23} / P < -0.6 \quad \dots (5)$$

ただし、

$P$  : 前記撮像レンズ全系の屈折力  
 $Pair_{23}$  : 前記第2レンズの像側面と前記第3レンズの物体側面とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力であり、また、屈折力とは焦点距離の逆数であり、前記  $Pair_{23}$  は、下記の(6)式で求めることができる。

20

$$Pair_{23} = \frac{1-n_2}{r_4} + \frac{n_3-1}{r_5} - \frac{(1-n_2)(n_3-1) \times d_{23}}{r_4 \times r_5} \quad \dots (6)$$

ただし、

$n_2$  : 前記第2レンズのd線に対する屈折率  
 $n_3$  : 前記第3レンズのd線に対する屈折率  
 $r_4$  : 前記第2レンズ像側面の曲率半径  
 $r_5$  : 前記第3レンズ物体側面の曲率半径  
 $d_{23}$  : 前記第2レンズと第3レンズの軸上の空気間隔

【請求項5】

30

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から4までのいずれか1項に記載の撮像レンズ。

$$1.0 < (r_7 + r_8) / (r_7 - r_8) < 4.0 \quad \dots (7)$$

ただし、

$r_7$  : 前記第4レンズ物体側面の曲率半径  
 $r_8$  : 前記第4レンズ像側面の曲率半径

【請求項6】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項1から5までのいずれか1項に記載の撮像レンズ。

$$-1.2 < Pair_{34} / P < 0 \quad \dots (8)$$

40

ただし、

$P$  : 前記撮像レンズ全系の屈折力  
 $Pair_{34}$  : 前記第3レンズの像側面と前記第4レンズの物体側面とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力であり、また、屈折力とは焦点距離の逆数であり、前記  $Pair_{34}$  は、下記の(9)式で求めることができる。

$$Pair_{34} = \frac{1-n_3}{r_6} + \frac{n_4-1}{r_7} - \frac{(1-n_3)(n_4-1) \times d_{34}}{r_6 \times r_7} \quad \dots (9)$$

ただし、

$n_3$  : 前記第3レンズのd線に対する屈折率

50

$n_4$  : 前記第 4 レンズの  $d$  線に対する屈折率

$r_6$  : 前記第 3 レンズ像側面の曲率半径

$r_7$  : 前記第 4 レンズ物体側面の曲率半径

$d_{34}$  : 前記第 3 レンズと前記第 4 レンズの軸上の空気間隔

【請求項 7】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 6 までのいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$0.4 < \text{Pair}_{12} / P < 1.5 \quad \dots (10)$$

ただし、

$P$  : 前記撮像レンズ全系の屈折力

10

$\text{Pair}_{12}$  : 前記第 1 レンズの像側面と前記第 2 レンズの物体側面とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力であり、また、屈折力とは焦点距離の逆数であり、前記  $\text{Pair}_{12}$  は、下記の (11) 式で求めることができる。

$$\text{Pair}_{12} = \frac{1-n_1}{r_2} + \frac{n_2-1}{r_3} - \frac{(1-n_1)(n_2-1) \times d_{12}}{r_2 \times r_3} \quad \dots (11)$$

ただし、

$n_1$  : 前記第 1 レンズの  $d$  線に対する屈折率

$n_2$  : 前記第 2 レンズの  $d$  線に対する屈折率

$r_2$  : 前記第 1 レンズ像側面の曲率半径

20

$r_3$  : 前記第 2 レンズ物体側面の曲率半径

$d_{12}$  : 前記第 1 レンズと前記第 2 レンズの軸上の空気間隔

【請求項 8】

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 までのいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$0.4 < f_{34} / f < 0.7 \quad \dots (12)$$

ただし、

$f_{34}$  : 前記第 3 レンズと前記第 4 レンズの合成焦点距離

$f$  : 前記撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 9】

30

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 までのいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$1.0 < f_{123} / f < 1.6 \quad \dots (13)$$

ただし、

$f_{123}$  : 前記第 1 レンズから前記第 3 レンズまでの合成焦点距離

$f$  : 前記撮像レンズ全系の焦点距離

【請求項 10】

前記第 3 レンズは正の屈折力を有することを特徴とする請求項 1 から 9 までのいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

【請求項 11】

40

以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 から 10 までのいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

$$1.5 < 2 < 3.1 \quad \dots (14)$$

$$1.5 < 3 < 3.1 \quad \dots (15)$$

ただし、

2 : 前記第 2 レンズのアッベ数

3 : 前記第 3 レンズのアッベ数

【請求項 12】

前記第 3 レンズの像側面は最周辺部で負の屈折力を有することを特徴とする請求項 11 に記載の撮像レンズ。

50

**【請求項 13】**

実質的にパワーを持たないレンズをさらに有することを特徴とする請求項 1 から 12 までのいずれか 1 項に記載の撮像レンズ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、CCD型イメージセンサあるいはCMOS型イメージセンサ等の固体撮像素子を組み込んだ撮像装置用の小型の撮像レンズに関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、CCD (Charge Coupled Device) 型イメージセンサあるいはCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 型イメージセンサ等の固体撮像素子を用いた撮像素子の高性能化、小型化に伴い、撮像装置を備えた携帯電話や携帯情報端末が普及しつつある。また、これらの撮像装置に搭載される撮像レンズには、さらなる小型化、高性能化への要求が高まっている。このような用途の撮像レンズとしては、3枚あるいは4枚構成のレンズに比べ高性能化が可能であると言うことで、5枚構成の撮像レンズが提案されている。

**【0003】**

この5枚構成の撮像レンズとして、物体側より順に正の屈折力を有する第1レンズ、負の屈折力を有する第2レンズ、正の屈折力を有する第3レンズ、負の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有する第5レンズで構成された撮像レンズが開示されている（例えば特許文献1）。

**【0004】**

また、物体側より順に負の屈折力を有する第1レンズ、正の屈折力を有する第2レンズ、負の屈折力を有する第3レンズ、正の屈折力を有する第4レンズ、負の屈折力を有する第5レンズで構成された撮像レンズが開示されている（例えば特許文献2）。

**【0005】**

しかしながら、上記特許文献1に記載の撮像レンズは、第1レンズから第3レンズで全系の屈折力のほとんどを担っており、第4レンズ及び第5レンズは屈折力の弱い像面補正レンズとしての効果しかなく、したがって収差補正が不十分で、さらにレンズ全長を短縮すると、性能の劣化による撮像素子の高画素化に対応が困難となる問題がある。

**【0006】**

また、上記特許文献2に記載の撮像レンズは、第1レンズと第2レンズで構成される前群が球面系で構成されているため、球面収差やコマ収差の補正が不十分で良好な性能を確保できない。また、前群と、第3レンズ以降の後群とがともに正の屈折力を有する構成のため、後群が負の屈折力を有するテレフォトタイプのような構成に比べ、光学系の主点位置が像側になりバックフォーカスが長くなるため、小型化には不利なタイプである。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0007】**

【特許文献1】特開2007-264180号公報

【特許文献2】特開2007-279282号公報

**【発明の概要】****【0008】**

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、従来タイプより小型でありながらも、諸収差が良好に補正された、5枚構成の撮像レンズを提供することを目的とする。

**【0009】**

ここで、小型の撮像レンズの尺度であるが、本発明では下式を満たすレベルの小型化を目指している。この範囲を満たすことで、撮像装置全体の小型軽量化が可能となる。

10

20

30

40

50

$$L / 2 Y < 1 . 0 0 \quad \cdot \cdot \cdot ( 2 0 )$$

ただし、

L : 撮像レンズ全系の最も物体側のレンズ面から像側焦点までの光軸上の距離

2 Y : 固体撮像素子の撮像面对角線長 ( 固体撮像素子の矩形実効画素領域の対角線長 )

【 0 0 1 0 】

ここで、像側焦点とは撮像レンズに光軸と平行な平行光線が入射した場合の像点をいう。なお、撮像レンズの最も像側の面と像側焦点位置との間に、光学的ローパスフィルタ、赤外線カットフィルタ、または固体撮像素子パッケージのシールガラス等の平行平板が配置される場合には、平行平板部分は空気換算距離としたうえで上記 L の値を計算するものとする。また、より望ましくは下式の範囲が良い。

$$L / 2 Y < 0 . 9 0 \quad \cdot \cdot \cdot ( 2 0 )'$$

【 0 0 1 1 】

本発明に係る撮像レンズは、固体撮像素子の光電変換部に被写体像を結像させるための撮像レンズであって、物体側より順に、正の屈折力を有し物体側に凸面を向けた第 1 レンズと、負の屈折力を有し物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 2 レンズと、像側面に非球面形状を有する第 3 レンズと、正の屈折力を有し像側に凸面を向けた第 4 レンズと、負の屈折力を有し像側に凹面を向けた第 5 レンズとからなる。ここで、「からなる」とは「実質的にからなる」の意である。第 5 レンズの像側面は、非球面形状であり、光軸との交点以外の位置に変曲点を有し、本撮像レンズは、以下の条件式を満足する。

$$- 0 . 0 0 3 < f / r 6 < 0 . 0 0 3 \quad \cdot \cdot \cdot ( 1 )$$

$$0 < ( S A G 6 P / f ) \times 1 0 0 0 < 1 0 . 0 \quad \cdot \cdot \cdot ( 2 )$$

ただし、

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

r 6 : 第 3 レンズ像側面の曲率半径

S A G 6 P : 第 3 レンズ像側面の軸上光束が通過する領域での最大サグ量

【 0 0 1 2 】

本発明に係る撮像レンズの基本構成は、上記のように正の屈折力を有し物体側に凸面を向けた第 1 レンズ、負の屈折力を有し物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第 2 レンズ、像側面に非球面形状を有する第 3 レンズ、正の屈折力を有し像側に凸面を向けた第 4 レンズ、及び負の屈折力を有し像側に凹面を向けた第 5 レンズ、からなるというものである。物体側より順に、第 1 レンズ、第 2 レンズ、第 3 レンズ、及び第 4 レンズからなる正レンズ群と、負の第 5 レンズとを配置する、いわゆるテレフォトタイプのこのレンズ構成は、撮像レンズ全長の小型化には有利な構成である。

【 0 0 1 3 】

さらに、5 枚構成のうち 2 枚以上を負レンズとすることで、発散作用を有する面を多くしてベッツバール和の補正を容易とし、画面周辺部まで良好な結像性能を確保した撮像レンズを得ることが可能となる。さらに第 2 レンズをメニスカス形状とすることで、撮像レンズ全系の合成主点位置をより物体側へ配置し、かつ第 2 レンズの像側面を強い発散面とすることができ、コマ収差や歪曲収差を補正しやすくしている。

【 0 0 1 4 】

また、最も像側に配置された第 5 レンズの像側面を非球面とすることで、画面周辺部の諸収差を良好に補正することができる。さらに、光軸との交点以外の位置に変曲点を有する非球面形状とすることで、像側光束のテレセントリック特性が確保しやすくなる。ここで、「変曲点」とは有効半径内でのレンズ断面形状の曲線において、非球面頂点の接平面が光軸と垂直な平面となるような非球面上の点のことである。

【 0 0 1 5 】

本発明での第 3 レンズの効果について詳細に説明する。本発明において、第 3 レンズは近軸パワーを弱く設定しており、第 2 レンズ又は第 4 レンズの収差補正を間接的に補う効果を持たせている。具体的には、比較的近軸パワーの強い第 2 レンズと第 4 レンズとによって、画面中心部での収差補正を行い、第 3 レンズは画面周辺部での像面湾曲や歪曲収差

10

20

30

40

50

の微修正にのみ寄与するような構成としている。一般的には、近軸パワーが強くなるに従い、製造誤差発生時の性能劣化は大きくなっていくため、収差補正に寄与しない第3レンズの中心付近のパワーはできるだけ小さく抑えることが望ましい。また、あまりパワーを持たない第3レンズに大きなサグ量を持たせないようにすることで、第2レンズや第4レンズとのクリアランスを適度に確保しつつ、撮像レンズ全長を短縮化することができる。

【0016】

以上のようなことを実現するために、第3レンズに関しては、条件式(1)と条件式(2)を満足するものとしている。第3レンズ像側面の曲率半径を条件式(1)の範囲に設定しつつ、第3レンズの像側面の中心付近のサグ量を条件式(2)の範囲に設定することで、第3レンズ像側面の中心付近のパワーを小さく抑え、誤差発生時の性能劣化を小さくすることができる。一方で、第3レンズ像側面は非球面形状を有しているため、周辺部ではパワーを持ち、画面周辺部での良好な収差補正を行うことができる。なお、条件式(2)の上限を上回らないようにすることで、レンズ周辺部のサグ量が大きくなることを防止し、レンズ前後のクリアランスを大きく取る必要がなくなり、撮像レンズ全長の短縮化を容易にしている。一方、条件式(2)の下限を下回らないようにすることで、画面周辺部での収差補正を比較的良好なものとするすることができる。

10

【0017】

以上のことから、条件式(1)と条件式(2)との範囲を満足することによって、画面中心部から周辺部まで良好な収差補正を行いつつ、製造誤差発生時の画面中心部の性能劣化を最小限とし、さらに光学全長の短い撮像レンズを得ることが可能となる。

20

【0018】

また、上述のような観点から、より望ましくは、値  $f/r_6$ 、値  $SAG_6P/f$  を下式の範囲とする。

$$-0.002 < f/r_6 < 0.002 \quad \dots (1)'$$

$$0 < (SAG_6P/f) \times 1000 < 9.0 \quad \dots (2)'$$

【0019】

本発明の具体的な態様又は側面では、上記撮像レンズにおいて、以下の条件式を満足する。

$$0 < |P_3|/P < 0.60 \quad \dots (3)$$

ただし、

$P_3$  : 第3レンズの屈折力

$P$  : 撮像レンズ全系の屈折力

30

【0020】

条件式(3)は第3レンズの屈折力を適切に設定し、撮像レンズ全長の短縮と収差補正とを両立させ、製造誤差発生時の性能劣化を最小限に抑えるための条件式である。第3レンズの屈折力を条件式(3)の範囲に設定することで、第3レンズの屈折力が強くなりすぎず、撮像レンズ全長を短縮することができ、製造誤差発生時の性能劣化を小さくすることができる。また前述の通り、第3レンズは少なくとも像側面は非球面形状を有しているため、第3レンズの近軸屈折力を強くしなくても、画面周辺部の収差補正を良好に行うことができる。より望ましくは、値  $|P_3|/P$  を下式の範囲とする。

40

$$0 < |P_3|/P < 0.5 \quad \dots (3)'$$

【0021】

本発明の具体的な別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$0.05 < d_{34}/f < 0.20 \quad \dots (4)$$

ただし、

$d_{34}$  : 第3レンズと第4レンズの軸上の空気間隔

$f$  : 撮像レンズ全系の焦点距離

【0022】

条件式(4)の上限を下回ることによって、第3レンズと第4レンズとの間隔が大きくなりすぎることがなく、結果として撮像レンズ全長の短縮化を行うことができる。一方、条件式

50

(4) の下限を上回ること、第3レンズと第4レンズのクリアランスを適度に維持することができ、ゴーストやフレアなどを防止するための遮光部材を挿入するためのスペースを確保することができる。値  $d_{34}/f$  については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$0.05 < d_{34}/f < 0.15 \quad \dots (4)'$$

【0023】

本発明の具体的なさらに別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$-2.0 < \text{Pair}_{23}/P < -0.6 \quad \dots (5)$$

ただし、

P : 撮像レンズ全系の屈折力

$\text{Pair}_{23}$  : 第2レンズの像側面と第3レンズの物体側面とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力であり、また、屈折力とは焦点距離の逆数であり、上記  $\text{Pair}_{23}$  は、下記の(6)式で求めることができる。

$$\text{Pair}_{23} = \frac{1-n_2}{r_4} + \frac{n_3-1}{r_5} - \frac{(1-n_2)(n_3-1) \times d_{23}}{r_4 \times r_5} \quad \dots (6)$$

ただし、

$n_2$  : 第2レンズのd線に対する屈折率

$n_3$  : 第3レンズのd線に対する屈折率

$r_4$  : 第2レンズ像側面の曲率半径

$r_5$  : 第3レンズ物体側面の曲率半径

$d_{23}$  : 第2レンズと第3レンズの軸上の空気間隔

【0024】

条件式(5)は第2レンズの像側面と第3レンズの物体側面で形成される空気レンズの屈折力を適切に設定するための条件式である。条件式(5)の上限を下回ること、空気レンズによる負の屈折力を適度に維持できるためペッツバル和が大きくなりすぎず、像面を平坦にすることができ、色収差も良好に補正することができる。一方、条件式(5)の下限を上回ると空気レンズによる負の屈折力が強くなりすぎないので、第2レンズの像側面と第3レンズの物体側面との曲率半径を大きくでき、レンズの加工性がよくなる。さらに、軸外で第2レンズの像側面と第3レンズの物体側面とが離れるので、軸上間隔を大きくしなくても第2レンズと第3レンズとの間にゴースト等の不要光を防止するための遮光部材を挿入するためのスペースの確保が容易となる。値  $\text{Pair}_{23}/P$  については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$-1.9 < \text{Pair}_{23}/P < -0.7 \quad \dots (5)'$$

【0025】

本発明の具体的な別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$1.0 < (r_7 + r_8) / (r_7 - r_8) < 4.0 \quad \dots (7)$$

ただし、

$r_7$  : 第4レンズ物体側面の曲率半径

$r_8$  : 第4レンズ像側面の曲率半径

【0026】

条件式(7)は第4レンズのシェーピングファクターを適切に設定するための条件式である。撮像レンズ全長の短縮化を行おうとすると、主点位置を物体側に移動する必要があるため、第1レンズなどの正レンズの屈折力が強くなり、全系の焦点距離が短くなる傾向がある。それに対し、条件式(7)の下限値を上回ること、第4レンズが強いメニスカス形状になり、軸外を通る光線の上側マージナル光線と下側マージナル光線との入射角の差を抑え、コマ収差を効率的に補正でき、かつ正の屈折力を持つ第4レンズの主点位置を像側に移動させることができるので、全系の焦点距離を長くすることができる。一方で、条件式(7)の上限値を下回ることによって、像側面の曲率半径の増大による像面湾曲等の高次収差の発生を抑えることができる。値  $(r_7 + r_8) / (r_7 - r_8)$  については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$1.0 < (r7 + r8) / (r7 - r8) < 3.5 \quad \dots (7)'$$

【0027】

本発明の具体的なさらに別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$-1.2 < \text{Pair}34 / P < 0 \quad \dots (8)$$

ただし、

P：撮像レンズ全系の屈折力

Pair34：第3レンズの像側面と第4レンズの物体側面とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力であり、また、屈折力とは焦点距離の逆数であり、上記Pair34は、下記の(9)式で求めることができる。

$$\text{Pair}34 = \frac{1-n3}{r6} + \frac{n4-1}{r7} - \frac{(1-n3)(n4-1) \times d34}{r6 \times r7} \quad \dots (9)$$

10

ただし、

n3：第3レンズのd線に対する屈折率

n4：第4レンズのd線に対する屈折率

r6：第3レンズ像側面の曲率半径

r7：第4レンズ物体側面の曲率半径

d34：第3レンズと第4レンズの軸上の空気間隔

【0028】

条件式(8)の値が下限を上回ることによって、空気レンズの負の屈折力が強くなりすぎず、歪曲収差やコマ収差を小さく抑えることができる。一方、上限を下回ることによって、適度に負の屈折力を維持することができ、第2レンズの負の屈折力を補うことで、ペッツパル和を小さくして像面性を良好にすることができる。また、値Pair34/Pについては、より望ましくは下式の範囲とする。

$$-1.1 < \text{Pair}34 / P < 0 \quad \dots (8)'$$

20

【0029】

本発明の具体的なさらに別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$0.4 < \text{Pair}12 / P < 1.5 \quad \dots (10)$$

ただし、

P：撮像レンズ全系の屈折力

Pair12：第1レンズの像側面と第2レンズの物体側面とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力であり、また、屈折力とは焦点距離の逆数であり、上記Pair12は、下記の(11)式で求めることができる。

$$\text{Pair}12 = \frac{1-n1}{r2} + \frac{n2-1}{r3} - \frac{(1-n1)(n2-1) \times d12}{r2 \times r3} \quad \dots (11)$$

30

ただし、

n1：第1レンズのd線に対する屈折率

n2：第2レンズのd線に対する屈折率

r2：第1レンズ像側面の曲率半径

r3：第2レンズ物体側面の曲率半径

d12：第1レンズと第2レンズの軸上の空気間隔

40

【0030】

条件式(10)は、第1レンズと第2レンズの間の空気レンズの屈折力を適切にし、収差補正を適切にするための条件式である。条件式(10)の値が上限を下回ることによって、空気レンズの屈折力が強くなることによってペッツパル和が大きくなり過ぎてしまうことを防ぎ、像面を平坦に保つことができる。一方、条件式(10)の値が下限を上回ることによって、空気レンズの屈折力が大きくなり、第1レンズから第4レンズの合成レンズの主点位置が物体側へ移動するため、第1レンズから第4レンズの合成レンズと第5レンズの間隔dを大きくすることができ、結果としてレンズ全長Lの短縮につながる、値Pair1

50

2 / P については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$0.45 < \text{Pair } 12 / P < 1.4 \quad \dots (10)'$$

【0031】

本発明の具体的なさらに別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$0.4 < f_{34} / f < 0.7 \quad \dots (12)$$

ただし、

$f_{34}$  : 第3レンズと第4レンズの合成焦点距離

$f$  : 撮像レンズ全系の焦点距離

【0032】

条件式(12)は第3レンズと第4レンズとの合成焦点距離を適切に設定するための条件式である。条件式(12)の値が下限を上回ることによって、第3レンズと第4レンズとの合成屈折力が強くなりすぎず、撮像レンズ全系の主点位置をより物体側へ配置することができるため、撮像レンズ全長を短縮することができる。また、第4レンズで発生するコマ収差や像面湾曲を小さく抑えることができる。一方、上限を下回ることによって、第3レンズと第4レンズとの合成屈折力を適度に維持することができ、第2レンズで跳ね上げられた周辺光束をスムーズに第5レンズに導くことができるようになるため、像側テレセントリック特性が確保しやすくなる。値  $f_{34} / f$  については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$0.45 < f_{34} / f < 0.7 \quad \dots (12)'$$

【0033】

本発明の具体的なさらに別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$1.0 < f_{123} / f < 1.6 \quad \dots (13)$$

ただし、

$f_{123}$  : 第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離

$f$  : 撮像レンズ全系の焦点距離

【0034】

条件式(13)の下限を上回ることによって、第1レンズから第3レンズまでの合成焦点距離が短くなりすぎることがなくなり、第1レンズから第3レンズまでの中でもパワーが大きくなりがちな第1レンズや第2レンズで発生する諸収差を抑制することができる。一方、条件式(13)の上限を下回ることによって、第1レンズから第3レンズまでの合成パワーを適度に維持することができ、撮像レンズ全長の短縮化を行うことができる。値  $f_{123} / f$  については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$1.1 < f_{123} / f < 1.5 \quad \dots (13)'$$

【0035】

本発明の具体的なさらに別の側面では、第3レンズは正の屈折力を有する。第3レンズを正レンズとすることによって、正の第4レンズの効果を分担することができ、良好な収差補正を行うことができる。

【0036】

本発明の具体的なさらに別の側面では、以下の条件式を満足する。

$$1.5 < 2 < 31 \quad \dots (14)$$

$$1.5 < 3 < 31 \quad \dots (15)$$

ただし、

2 : 第2レンズのアッベ数

3 : 第3レンズのアッベ数

【0037】

条件式(14)、(15)は第2レンズと第3レンズとのアッベ数を適切に設定し、軸上と軸外の色収差を良好に補正するための条件式である。負の第2レンズについては、正の第1レンズとの関係で条件式(14)のような範囲となり比較的分散の大きな材料が使用されるのが一般的であるが、軸上色収差を良好に補正することができる反面、第2レンズの像側面が強い発散面であるため、周辺の光線が大きく跳ね上げられ、周辺での倍率色収差が大きくなってしまいう傾向がある。そのため、第3レンズにも比較的分散の大きな材

10

20

30

40

50

料を使用することで、第2レンズで発生した周辺の倍率色収差を第3レンズで補正することが可能となる。また、第3レンズは比較的屈折力が弱いレンズであるため、比較的分散の大きな材料を使用しても軸上の色収差が過補正になることなく軸外の色収差を良好に補正することが可能である。

【0038】

そこで、条件式(15)の値が下限を下回ってしまうと、第2レンズで発生した倍率色収差を第3レンズで補正しきれず、結果的に倍率色収差が大きくなってしまう。一方、上限を上回ることによって、倍率色収差は小さく抑えることができるが、軸上色収差が補正不十分となってしまふ。値2、値3については、より望ましくは下式の範囲とする。

$$1.5 < 2 < 2.7 \quad \dots (14)'$$

$$1.5 < 3 < 2.7 \quad \dots (15)'$$

10

【0039】

本発明の具体的なさらに別の側面では、第3レンズの像側面は最周辺部で負の屈折力を有する。第3レンズの像側面の最周辺部が負の屈折力を有することで、第2レンズの周辺部の跳ね上げ作用を第3レンズと分担することができ、第2レンズで極端に跳ね上げる必要がなくなるため、像面湾曲や歪曲収差の補正に有利となる。なお、第3レンズの像側面の最周辺部とは、結像面の対角位置に結像する光束が通過する領域を意味する。

【0040】

本発明の具体的なさらに別の側面では、実質的にパワーを持たないレンズをさらに有する。

20

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】本発明の一実施形態の撮像レンズであって、実施例1の撮像レンズの断面図である。

【図2】(A)~(E)は、第1実施例の撮像レンズの収差図である。

【図3】実施例2の撮像レンズの断面図である。

【図4】(A)~(E)は、第2実施例の撮像レンズの収差図である。

【図5】実施例3の撮像レンズの断面図である。

【図6】(A)~(E)は、第3実施例の撮像レンズの収差図である。

【図7】実施例4の撮像レンズの断面図である。

30

【図8】(A)~(E)は、第4実施例の撮像レンズの収差図である。

【図9】実施例5の撮像レンズの断面図である。

【図10】(A)~(E)は、第5実施例の撮像レンズの収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0042】

以下、図1等を参照して、本発明の一実施形態の撮像レンズについて説明する。なお、図1で例示した撮像レンズ10は、後述する実施例1の撮像レンズ11と同一の構成となっている。

【0043】

図1に示すように、実施形態の撮像レンズ10は、固体撮像素子の光電変換部20に被写体像を結像させるためのものであって、物体側より順に、正の屈折力を有し物体側に凸面を向けた第1レンズL1と、負の屈折力を有し物体側に凸面を向けたメニスカス形状の第2レンズL2と、像側面に非球面形状を有する第3レンズL3と、正の屈折力を有し像側に凸面を向けた第4レンズL4と、負の屈折力を有し像側に凹面を向けた第5レンズL5とを備える。ここで、第5レンズL5の像側面D52は、非球面形状であり、光軸OAとの交点以外の位置に変曲点IPを有する。なお、例えば第1レンズL1の入射側すなわち物体側には、開口絞りSが配置されている。また、第5レンズL5の射出側すなわち像側には、平行平板Fと、固体撮像素子の光電変換部20とが配置されており、光電変換部20の撮像面I上には、撮像レンズ10による結像が行われる。

40

【0044】

50

より具体的説明すると、第1レンズL1は、両凸の非球面レンズである。第2レンズL2は、入射側すなわち物体側が凸で像側が凹の非球面メニスカスレンズである。第3レンズL3は、近軸域において物体側が比較的低い凸で像側が平坦な非球面凸平レンズであり、最周辺部で負の屈折力を有する。第4レンズL4は、近軸域において物体側が凹で像側が凸の非球面メニスカスレンズである。第5レンズL5は、近軸域において両凹の非球面レンズである。平行平板Fは、光学的ローパスフィルタや、IRカットフィルタ、光電変換部20のシールガラス等を想定したものである。

【0045】

この撮像レンズ10は、いわゆるテレフォトタイプのレンズ構成となっており、撮像レンズ10全長の小型化にとって有利である。さらに、5枚のレンズL1~L5のうち少なくとも2枚のレンズL2, L5を負レンズとすることで、画面周辺部まで良好な結像性能を確保した撮像レンズ10を得ることが可能となる。さらに第2レンズL2をメニスカス形状とすることで、撮像レンズ全系の合成主点位置をより物体側へ配置し、コマ収差や歪曲収差を補正しやすくしている。また、最も撮像面I側に配置された第5レンズL5の像側面D52を非球面とすることで、画面周辺部での諸収差を良好に補正することができるとともに、光軸OAとの交点以外の位置に変曲点IPを有するものとする。像側光束のテレセントリック特性が確保しやすくなる。

10

【0046】

特に、近軸パワーの弱い第3レンズL3は、撮像面I周辺部での像面湾曲や歪曲収差の微修正にのみ寄与し、比較的近軸パワーの強い第2レンズと第4レンズによって、画面中心部での収差補正を行うようにしている。これにより、製造誤差発生時の性能劣化を抑えつつ撮像レンズ10の全長を短縮化することができる。さらに、第3レンズL3の像側面D32は、最周辺部で負の屈折力を有する。これにより、第2レンズL2の周辺部の跳ね上げ作用を第3レンズL3と分担することができ、第2レンズL2で光束を極端に跳ね上げる必要がなくなるため、像面湾曲や歪曲収差の補正に有利となる。

20

【0047】

以上の撮像レンズ10は、既に説明した条件式(1)及び(2)

$$-0.003 < f / r_6 < 0.003 \quad \dots (1)$$

$$0 < (SAG6P / f) \times 1000 < 10.0 \quad \dots (2)$$

を満足する。ここで、fは、撮像レンズ10全系の焦点距離であり、r6は、第3レンズL3像側面D32の曲率半径であり、SAG6Pは、第3レンズL3像側面の軸上光束が通過する領域での最大サグ量である。

30

【0048】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(1)及び(2)をより制限した下式(1)'及び(2)'

$$-0.002 < f / r_6 < 0.002 \quad \dots (1)'$$

$$0 < (SAG6P / f) \times 1000 < 9.0 \quad \dots (2)'$$

を満足するものとする。

【0049】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(3)

40

$$0 < |P_3| / P < 0.60 \quad \dots (3)$$

を満足する。ここで、P3は、第3レンズL3の屈折力であり、Pは、撮像レンズ10全系の屈折力である。

【0050】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(3)をより制限した下式(3)'

$$0 < |P_3| / P < 0.5 \quad \dots (3)'$$

を満足する。

【0051】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条

50

件式(4)

$$0.05 < d_{34} / f < 0.20 \quad \dots (4)$$

を満足する。ここで、 $d_{34}$ は、第3レンズL3と第4レンズL4の光軸OA上の空気間隔である。

【0052】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(4)をより制限した下式(4)'

$$0.05 < d_{34} / f < 0.15 \quad \dots (4)'$$

を満足する。

【0053】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(5)

$$-2.0 < \text{Pair}_{23} / P < -0.6 \quad \dots (5)$$

を満足する。ここで、 $\text{Pair}_{23}$ は、第2レンズL2の像側面D22と第3レンズL3の物体側面D31とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力である。

【0054】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(5)をより制限した下式(5)'

$$-1.9 < \text{Pair}_{23} / P < -0.7 \quad \dots (5)'$$

を満足する。

【0055】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(7)

$$1.0 < (r_7 + r_8) / (r_7 - r_8) < 4.0 \quad \dots (7)$$

を満足する。ここで、 $r_7$ は、第4レンズL4の物体側面D41の曲率半径であり、 $r_8$ は、第4レンズL4の像側面D42の曲率半径である。

【0056】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(7)をより制限した下式(7)'

$$1.0 < (r_7 + r_8) / (r_7 - r_8) < 3.5 \quad \dots (7)'$$

を満足する。

【0057】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(8)

$$-1.2 < \text{Pair}_{34} / P < 0 \quad \dots (8)$$

を満足する。ここで、 $\text{Pair}_{34}$ は、第3レンズL3の像側面D32と第4レンズL4の物体側面D42とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力である。

【0058】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(8)をより制限した下式(8)'

$$-1.1 < \text{Pair}_{34} / P < 0 \quad \dots (8)'$$

を満足する。

【0059】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式

$$0.4 < \text{Pair}_{12} / P < 1.5 \quad \dots (10)$$

を満足する。ここで、 $\text{Pair}_{12}$ は、第1レンズL1の像側面D12と第2レンズL2の物体側面D21とにより形成されるいわゆる空気レンズの屈折力である。

【0060】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(10)をより制限した下式(10)

$$0.45 < \text{Pair}_{12} / P < 1.4 \quad \dots (10)'$$

を満足する。

【0061】

10

20

30

40

50

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(12)

$$0.4 < f_{34} / f < 0.7 \quad \dots (12)$$

を満足する。ここで、 $f_{34}$ は、第3レンズL3と第4レンズL4の合成焦点距離である。

【0062】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(12)をより制限した下式(12)

$$0.45 < f_{34} / f < 0.7 \quad \dots (12)'$$

を満足する。

10

【0063】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(13)

$$1.0 < f_{123} / f < 1.6 \quad \dots (13)$$

を満足する。ここで、 $f_{123}$ は、第1レンズL1から第3レンズL3までの合成焦点距離である。

【0064】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(13)をより制限した下式(13)

$$1.1 < f_{123} / f < 1.5 \quad \dots (13)'$$

を満足する。

20

【0065】

実施形態の撮像レンズ10は、上記条件式(1)及び(2)に加えて、既に説明した条件式(14)及び(15)

$$1.5 < \frac{2}{3} < 3.1 \quad \dots (14)$$

$$1.5 < \frac{3}{3} < 3.1 \quad \dots (15)$$

を満足する。ここで、 $\frac{2}{3}$ は、第2レンズL2のアッベ数であり、 $\frac{3}{3}$ は、第3レンズL3のアッベ数である。

【0066】

撮像レンズ10は、より望ましくは、上記条件式(14)及び(15)をより制限した下式(14)'及び(15)'

$$1.5 < \frac{2}{2} < 2.7 \quad \dots (14)'$$

$$1.5 < \frac{3}{2} < 2.7 \quad \dots (15)'$$

を満足する。

30

【0067】

以上の撮像レンズ10を構成する5枚のレンズL1~L5は、全てプラスチック材料で形成されている。この場合、曲率半径や外径の小さなレンズL1~L5であっても安価な大量生産が可能となる。また、プラスチックレンズは、プレス温度を低くできることから、成形金型の損耗を抑えることができ、その結果、成形金型の交換回数やメンテナンス回数を減少させ、コスト低減を図ることができる。

40

【実施例】

【0068】

以下、本発明の撮像レンズの具体的な実施例について説明する。各実施例に使用する記号は下記の通りである。

f : 撮像レンズ全系の焦点距離

f B : バックフォーカス

F : Fナンバー

2 Y : 固体撮像素子の撮像面对角線長

E N T P : 入射瞳位置(第1面から入射瞳位置までの距離)

E X T P : 射出瞳位置(撮像面から射出瞳位置までの距離)

50

- H 1 : 前側主点位置 (第 1 面から前側主点位置までの距離)  
 H 2 : 後側主点位置 (最終面から後側主点位置までの距離)  
 R : 曲率半径  
 D : 軸上面間隔  
 N d : レンズ材料の d 線に対する屈折率  
 d : レンズ材料のアッベ数

各実施例において、各面番号の後に「\*」が記載されている面が非球面形状を有する面であり、非球面の形状は、面の頂点を原点とし、光軸 O A 方向に X 軸をとり、光軸 O A と垂直方向の高さを h として以下の「数 1」で表す。

【数 1】

$$X = \frac{h^2/R}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2/R^2}} + \sum A_i h^i$$

10

ただし、

- A i : i 次の非球面係数  
 R : 曲率半径  
 K : 円錐定数

【0069】

〔実施例 1〕

実施例 1 の撮像レンズの全体諸元を以下に示す。

- f = 4 . 3 2 m m  
 f B = 0 . 4 m m  
 F = 2 . 4  
 2 Y = 5 . 7 1 2 m m  
 E N T P = 0 m m  
 E X T P = - 2 . 9 8 m m  
 H 1 = - 1 . 2 1 m m  
 H 2 = - 3 . 9 2 m m

20

【0070】

実施例 1 のレンズ面のデータを以下の表 1 に示す。

〔表 1〕

面番号	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1(絞り)		-0.16			0.90
2*	1.699	0.63	1.54470	56.2	0.95
3*	-12.145	0.05			0.95
4*	3.731	0.28	1.63470	23.9	0.96
5*	1.483	0.62			0.95
6*	111.675	0.29	1.63470	23.9	1.12
7*		0.36			1.26
8*	-6.238	0.84	1.54470	56.2	2.00
9*	-1.174	0.28			2.20
10*	-8.341	0.45	1.53050	55.7	2.26
11*	1.499	0.64			2.53
12		0.30	1.51630	64.1	3.00
13					3.00

30

40

実施例 1 のレンズ面の非球面係数を以下に示す。

第 2 面

K=0.44504E-01, A4=0.40998E-02, A6=0.37944E-02, A8=-0.50547E-02,

50

A10=0.42441E-02

第3面

K=0.18502E+02, A4=0.28661E-01, A6=0.58087E-01, A8=-0.10185E+00,  
A10=0.49818E-01

第4面

K=-0.29604E+02, A4=-0.59078E-01, A6=0.18979E+00, A8=-0.25797E+00,  
A10=0.15802E+00, A12=-0.34719E-01

第5面

K=-0.54222E+01, A4=0.21660E-01, A6=0.10204E+00, A8=-0.94379E-01,  
A10=0.49368E-01

10

第6面

K=-0.30000E+02, A4=-0.12010E+00, A6=-0.25758E-01, A8=0.53737E-01,  
A10=0.28385E-01, A12=-0.22037E-01, A14=-0.30444E-04

第7面

K=0.99872E+01, A4=-0.10811E+00, A6=0.11791E-01, A8=0.42148E-02,  
A10=0.30776E-01, A12=-0.11369E-01, A14=-0.46603E-03

第8面

K=0.82457E+01, A4=0.34187E-02, A6=0.24714E-01, A8=-0.53839E-02,  
A10=-0.40527E-03, A12=0.16230E-03

第9面

20

K=-0.42354E+01, A4=-0.50200E-01, A6=0.52215E-01, A8=-0.11400E-01,  
A10=0.46422E-03, A12=0.40043E-04

第10面

K=0.56545E+01, A4=-0.37571E-01, A6=0.75089E-02, A8=0.13211E-02  
A10=-0.27060E-03, A12=-0.11663E-04, A14=0.24727E-05

第11面

K=-0.89122E+01, A4=-0.59091E-01, A6=0.16009E-01, A8=-0.35250E-02  
A10=0.44081E-03, A12=-0.24547E-04, A14=0.35000E-06

なお、上記表1及びこれ以降(表3、5、7、9の面データ等)において、10のべき乗数(例えば $2.5 \times 10^{-0.2}$ )を、記号E(例えば $2.5E-0.2$ )を用いて表すものとする。

30

【0071】

実施例1の単レンズデータを以下の表2に示す。

〔表2〕

レンズ	始面	焦点距離(mm)
1	2	2.781
2	4	-4.076
3	6	175.952
4	8	2.508
5	10	-2.357

40

【0072】

図1は、実施例1の撮像レンズ11の断面図でもある。つまり、撮像レンズ11は、第1レンズL1と、第2レンズL2と、第3レンズL3と、第4レンズL4と、第5レンズL5とを備える。全てのレンズL1~L5は、プラスチック材料から形成されている。第1レンズL1の物体側には、開口絞りSが配置され、第5レンズL5と撮像面Iとの間には、平行平板Fが配置されている。

【0073】

図2(A)~2(C)は、実施例1の撮像レンズ11の収差図(球面収差、非点収差、歪曲収差)を示し、図2(D)及び2(E)は、実施例1の撮像レンズ11のメリディオ

50

ナルコマ収差を示している。

【 0 0 7 4 】

〔 実施例 2 〕

実施例 2 の撮像レンズの全体諸元を以下に示す。

$f = 5 \text{ mm}$

$f B = 0.8 \text{ mm}$

$F = 2.47$

$2 Y = 7.8 \text{ mm}$

$E N T P = 0 \text{ mm}$

$E X T P = -5.04 \text{ mm}$

$H 1 = 0.72 \text{ mm}$

$H 2 = -4.2 \text{ mm}$

【 0 0 7 5 】

実施例 2 のレンズ面のデータを以下の表 3 に示す。

〔 表 3 〕

面番号	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1(絞り)		0.05			1.01
2*	9.101	0.67	1.54470	56.2	1.03
3*	-4.063	0.34			1.22
4*	5.307	0.40	1.63200	23.4	1.52
5*	2.253	0.50			1.67
6*	5.575	0.61	1.54470	56.2	1.86
7*		0.72			1.92
8*	-2.710	1.12	1.54470	56.2	2.14
9*	-1.338	0.05			2.27
10*	3.628	0.99	1.58300	30.0	2.83
11*	1.321	0.83			3.47
12		0.48	1.51630	64.1	3.69
13					3.79

実施例 2 の非球面係数を以下に示す。

第2面

$K=-0.30000E+02$ ,  $A4=-0.21046E-01$ ,  $A6=-0.59261E-02$ ,  $A8=-0.25609E-02$ ,  
 $A10=-0.31303E-02$ ,  $A12=0.28389E-02$ ,  $A14=-0.93068E-03$

第3面

$K=0.76859E+01$ ,  $A4=0.16319E-02$ ,  $A6=-0.58503E-02$ ,  $A8=0.41599E-02$ ,  
 $A10=-0.14967E-02$ ,  $A12=-0.98328E-03$ ,  $A14=0.11189E-02$

第4面

$K=0.29008E+01$ ,  $A4=-0.40187E-01$ ,  $A6=0.22047E-01$ ,  $A8=-0.94282E-02$ ,  
 $A10=-0.10801E-02$ ,  $A12=0.21430E-02$ ,  $A14=-0.45436E-03$

第5面

$K=-0.61508E+01$ ,  $A4=-0.75627E-02$ ,  $A6=0.12510E-01$ ,  $A8=-0.67476E-02$ ,  
 $A10=0.24239E-03$ ,  $A12=0.66842E-03$ ,  $A14=-0.13584E-03$

第6面

$K=-0.30000E+02$ ,  $A4=-0.14877E-01$ ,  $A6=-0.27320E-03$ ,  $A8=-0.33863E-03$ ,  
 $A10=0.10124E-02$ ,  $A12=-0.13701E-03$ ,  $A14=-0.59364E-05$

第7面

$K=0.30000E+02$ ,  $A4=-0.22175E-01$ ,  $A6=0.29966E-02$ ,  $A8=-0.52952E-03$ ,  
 $A10=-0.35092E-04$ ,  $A12=0.26557E-03$ ,  $A14=-0.44412E-04$

第8面

10

20

30

40

50

$K=-0.35482E+00$ ,  $A4=0.16556E-01$ ,  $A6=-0.21707E-02$ ,  $A8=0.12279E-02$ ,  
 $A10=0.11271E-03$ ,  $A12=-0.58785E-04$ ,  $A14=0.37705E-05$

第9面

$K=-0.30815E+01$ ,  $A4=-0.35070E-01$ ,  $A6=0.85999E-02$ ,  $A8=-0.11712E-02$ ,  
 $A10=0.13724E-03$ ,  $A12=0.65754E-05$ ,  $A14=-0.13827E-05$

第10面

$K=-0.65419E+01$ ,  $A4=-0.24540E-01$ ,  $A6=0.24743E-02$ ,  $A8=-0.14964E-03$ ,  
 $A10=-0.39197E-04$ ,  $A12=0.78227E-05$ ,  $A14=-0.34789E-06$

第11面

$K=-0.47059E+01$ ,  $A4=-0.17153E-01$ ,  $A6=0.23176E-02$ ,  $A8=-0.32126E-03$ ,  
 $A10=0.27414E-04$ ,  $A12=-0.13129E-05$ ,  $A14=0.27412E-07$

10

【 0 0 7 6 】

実施例 2 の単レンズデータを以下の表 4 に示す。

〔表 4〕

レンズ	始面	焦点距離(mm)
1	2	5.251
2	4	-6.528
3	6	10.234
4	8	3.768
5	10	-4.233

20

【 0 0 7 7 】

図 3 は実施例 2 のレンズの断面図である。撮像レンズ 1 2 は、第 1 レンズ L 1 と、第 2 レンズ L 2 と、第 3 レンズ L 3 と、第 4 レンズ L 4 と、第 5 レンズ L 5 とを備える。全てのレンズ L 1 ~ L 5 は、プラスチック材料から形成されている。第 1 レンズ L 1 と第 2 レンズ L 2 との間には、開口絞り S が配置され、第 5 レンズ L 5 と撮像面 I との間には、平行平板 F が配置されている。

【 0 0 7 8 】

図 4 ( A ) ~ 4 ( C ) は、実施例 2 の撮像レンズ 1 2 の収差図 ( 球面収差、非点収差、歪曲収差 ) を示し、図 4 ( D ) 及び 4 ( E ) は、実施例 2 の撮像レンズ 1 2 のメリディオナルコマ収差を示している。

30

【 0 0 7 9 】

〔実施例 3〕

実施例 3 の撮像レンズの全体諸元を以下に示す。

$f = 3.77 \text{ mm}$

$f B = 0.31 \text{ mm}$

$F = 2.22$

$2 Y = 5.744 \text{ mm}$

$E N T P = 0.45 \text{ mm}$

$E X T P = -2.68 \text{ mm}$

$H 1 = -0.54 \text{ mm}$

$H 2 = -3.46 \text{ mm}$

40

【 0 0 8 0 】

実施例 3 のレンズ面のデータを以下の表 5 に示す。

〔表 5〕

面番号	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1		0.00			1.24
2*	2.059	0.62	1.54470	56.2	1.05
3*	-8.895	0.00			0.87
4(絞り)		0.13			0.78
5*	5.481	0.30	1.63200	23.4	0.83

50

6*	1.777	0.38			0.91
7*	7.286	0.55	1.54470	56.2	1.07
8*		0.46			1.26
9*	-4.382	0.74	1.54470	56.2	1.49
10*	-0.949	0.07			1.68
11*	11.478	0.63	1.54470	56.2	2.16
12*	0.934	0.70			2.53
13		0.15	1.51630	64.1	2.74
14					2.77

10

実施例 3 の非球面係数を以下に示す。

第2面

$K=-0.11904E+00$ ,  $A4=-0.54113E-02$ ,  $A6=-0.72751E-02$ ,  $A8=-0.10323E-03$ ,  
 $A10=-0.10448E-01$ ,  $A12=0.80181E-02$ ,  $A14=-0.96657E-02$

第3面

$K=-0.50000E+02$ ,  $A4=0.23385E-01$ ,  $A6=-0.28146E-01$ ,  $A8=-0.62676E-02$ ,  
 $A10=-0.17296E-01$ ,  $A12=-0.90549E-02$ ,  $A14=0.13679E-01$

第5面

$K=0.18031E+02$ ,  $A4=-0.45742E-01$ ,  $A6=0.68627E-01$ ,  $A8=-0.83478E-01$ ,  
 $A10=-0.14043E-01$ ,  $A12=-0.69179E-02$ ,  $A14=0.36816E-01$

20

第6面

$K=-0.68533E+01$ ,  $A4=0.47024E-01$ ,  $A6=0.42894E-01$ ,  $A8=-0.45330E-01$ ,  
 $A10=0.10815E-01$ ,  $A12=-0.22690E-01$ ,  $A14=0.23264E-01$

第7面

$K=-0.50000E+02$ ,  $A4=-0.74717E-01$ ,  $A6=-0.95274E-02$ ,  $A8=0.12960E-01$ ,  
 $A10=0.49737E-02$ ,  $A12=0.57102E-02$ ,  $A14=-0.25782E-02$

第8面

$K=-0.50000E+02$ ,  $A4=-0.69091E-01$ ,  $A6=-0.18568E-01$ ,  $A8=-0.64327E-02$ ,  
 $A10=0.26898E-02$ ,  $A12=0.16055E-02$ ,  $A14=0.13501E-02$

第9面

$K=-0.17394E+01$ ,  $A4=0.17210E-01$ ,  $A6=-0.12689E-01$ ,  $A8=-0.17110E-02$ ,  
 $A10=-0.41842E-02$ ,  $A12=0.37911E-03$ ,  $A14=0.68450E-03$

30

第10面

$K=-0.40110E+01$ ,  $A4=-0.58146E-01$ ,  $A6=0.46928E-01$ ,  $A8=-0.10916E-01$ ,  
 $A10=-0.49232E-03$ ,  $A12=-0.15936E-03$ ,  $A14=0.17116E-03$

第11面

$K=0.18490E+02$ ,  $A4=-0.69341E-01$ ,  $A6=0.14933E-01$ ,  $A8=-0.47869E-03$ ,  
 $A10=-0.46085E-03$ ,  $A12=0.12694E-03$ ,  $A14=-0.10880E-04$

第12面

$K=-0.60972E+01$ ,  $A4=-0.46248E-01$ ,  $A6=0.13074E-01$ ,  $A8=-0.31341E-02$ ,  
 $A10=0.35538E-03$ ,  $A12=-0.12274E-04$ ,  $A14=-0.19232E-06$

40

【 0 0 8 1 】

実施例 3 の単レンズデータを以下の表 6 に示す。

〔表 6〕

レンズ	始面	焦点距離 (mm)
1	2	3.132
2	5	-4.296
3	7	13.376
4	9	2.067
5	11	-1.908

50

## 【 0 0 8 2 】

図5は実施例3のレンズの断面図である。撮像レンズ13は、第1レンズL1と、第2レンズL2と、第3レンズL3と、第4レンズL4と、第5レンズL5とを備える。全てのレンズL1～L5は、プラスチック材料から形成されている。第1レンズL1の物体側には、開口絞りSが配置され、第5レンズL5と撮像面Iとの間には、平行平板Fが配置されている。

## 【 0 0 8 3 】

図6(A)～6(C)は、実施例3の撮像レンズ13の収差図(球面収差、非点収差、歪曲収差)を示し、図6(D)及び6(E)は、実施例3の撮像レンズ13のメリディオナルコマ収差を示している。

10

## 【 0 0 8 4 】

〔実施例4〕

実施例4の撮像レンズの全体諸元を以下に示す。

$$f = 3.39 \text{ mm}$$

$$f_B = 0.31 \text{ mm}$$

$$F = 1.94$$

$$2Y = 5.02 \text{ mm}$$

$$ENTP = 0 \text{ mm}$$

$$EXTP = -2.27 \text{ mm}$$

$$H1 = -1.07 \text{ mm}$$

$$H2 = -3.09 \text{ mm}$$

20

## 【 0 0 8 5 】

実施例4のレンズ面のデータを以下の表7に示す。

〔表7〕

面番号	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1(絞り)		-0.07			0.87
2*	1.724	0.59	1.54470	56.2	0.89
3*	-5.539	0.05			0.88
4*	4.603	0.25	1.63470	23.9	0.87
5*	1.492	0.43			0.90
6*	8.788	0.56	1.54470	56.2	1.08
7*		0.35			1.21
8*	-16.552	0.63	1.54470	56.2	1.37
9*	-0.900	0.09			1.66
10*	-5.883	0.49	1.53050	55.7	2.04
11*	0.894	0.47			2.36
12		0.15	1.51630	64.1	2.60
13					2.60

30

実施例4の非球面係数を以下に示す。

40

第2面

$K=-0.21236E+00$ ,  $A4=-0.69579E-02$ ,  $A6=-0.47742E-02$ ,  $A8=-0.66241E-01$ ,  
 $A10=0.10041E+00$ ,  $A12=-0.92154E-01$

第3面

$K=0.48802E+01$ ,  $A4=0.34072E-01$ ,  $A6=0.27625E-01$ ,  $A8=-0.14466E+00$ ,  
 $A10=0.42430E-01$

第4面

$K=-0.24698E+02$ ,  $A4=-0.10653E+00$ ,  $A6=0.35385E+00$ ,  $A8=-0.48130E+00$ ,  
 $A10=0.22107E+00$

第5面

50

$K=-0.83808E+01$ ,  $A4=0.84670E-01$ ,  $A6=0.24345E-01$ ,  $A8=0.10482E+00$ ,  
 $A10=-0.23970E+00$ ,  $A12=0.13839E+00$

第6面

$K=-0.48263E+02$ ,  $A4=-0.10178E+00$ ,  $A6=0.22540E-01$ ,  $A8=0.22669E-01$ ,  
 $A10=-0.27843E-01$ ,  $A12=0.61956E-01$ ,  $A14=-0.27408E-01$

第7面

$K=0.00000$ ,  $A4=-0.11552E+00$ ,  $A6=-0.18539E-01$ ,  $A8=0.33212E-02$ ,  
 $A10=0.22281E-01$ ,  $A12=-0.28294E-01$ ,  $A14=0.20043E-01$ ,  $A16=-0.14261E-03$

第8面

$K=-0.80000E+02$ ,  $A4=-0.14537E-01$ ,  $A6=-0.27643E-01$ ,  $A8=0.60866E-02$ ,  
 $A10=-0.14501E-01$ ,  $A12=0.43076E-02$ ,  $A14=0.57007E-03$ ,  $A16=-0.15732E-03$

10

第9面

$K=-0.49592E+01$ ,  $A4=-0.55012E-01$ ,  $A6=0.89105E-01$ ,  $A8=-0.34348E-01$ ,  
 $A10=0.16050E-03$ ,  $A12=0.13061E-02$ ,  $A14=0.26622E-03$ ,  $A16=-0.11430E-03$

第10面

$K=0.24032E+01$ ,  $A4=-0.86481E-01$ ,  $A6=0.39750E-01$ ,  $A8=0.12003E-02$ ,  
 $A10=-0.23367E-02$ ,  $A12=-0.44502E-04$ ,  $A14=0.13134E-03$ ,  $A16=-0.14493E-04$

第11面

$K=-0.69525E+01$ ,  $A4=-0.84373E-01$ ,  $A6=0.36473E-01$ ,  $A8=-0.10941E-01$ ,  
 $A10=0.14582E-02$ ,  $A12=-0.16153E-04$ ,  $A14=-0.12307E-04$ ,  $A16=0.73443E-06$

20

【 0 0 8 6 】

実施例 4 の単レンズデータを以下の表 8 に示す。

〔表 8〕

レンズ	始面	焦点距離(mm)
1	2	2.485
2	4	-3.590
3	6	16.134
4	8	1.724
5	10	-1.427

【 0 0 8 7 】

図 7 は実施例 4 のレンズの断面図である。撮像レンズ 1 4 は、第 1 レンズ L 1 と、第 2 レンズ L 2 と、第 3 レンズ L 3 と、第 4 レンズ L 4 と、第 5 レンズ L 5 とを備える。全てのレンズ L 1 ~ L 5 は、プラスチック材料から形成されている。第 1 レンズ L 1 の物体側には、開口絞り S が配置され、第 5 レンズ L 5 と撮像面 I との間には、平行平板 F が配置されている。

30

【 0 0 8 8 】

図 8 ( A ) ~ 8 ( C ) は、実施例 4 の撮像レンズ 1 4 の収差図 ( 球面収差、非点収差、歪曲収差 ) を示し、図 8 ( D ) 及び 8 ( E ) は、実施例 4 の撮像レンズ 1 4 のメリディオナルコマ収差を示している。

【 0 0 8 9 】

〔実施例 5〕

実施例 5 の撮像レンズの全体諸元を以下に示す。

$f = 4 . 0 4 \text{ mm}$

$f B = 0 . 5 \text{ mm}$

$F = 2 . 4$

$2 Y = 6 . 4 9 6 \text{ mm}$

$E N T P = 0 \text{ mm}$

$E X T P = - 2 . 4 \text{ mm}$

$H 1 = - 1 . 5 9 \text{ mm}$

$H 2 = - 3 . 5 4 \text{ mm}$

40

50

## 【 0 0 9 0 】

実施例 5 のレンズ面のデータを以下の表 9 に示す。

〔 表 9 〕

面番号	R(mm)	D(mm)	Nd	d	有効半径(mm)
1(絞り)		-0.02			0.84
2*	1.881	0.61	1.54470	56.2	0.90
3*	-15.300	0.05			0.95
4*	7.253	0.28	1.63470	23.9	0.98
5*	2.112	0.37			1.01
6*	6.648	0.52	1.54470	56.2	1.20
7*		0.56			1.25
8*	75.809	0.81	1.54470	56.2	1.63
9*	-1.034	0.20			2.03
10*	-1.419	0.42	1.53180	56.0	2.27
11*	1.832	0.46			2.67
12		0.11	1.51630	64.1	3.30
13					3.30

実施例 5 の非球面係数を以下に示す。

## 第2面

$K=-0.40727E+00$ ,  $A4=-0.44823E-02$ ,  $A6=0.20164E-02$ ,  $A8=-0.55172E-01$ ,  
 $A10=0.59655E-01$ ,  $A12=-0.44215E-01$

## 第3面

$K=-0.30000E+02$ ,  $A4=-0.21465E-01$ ,  $A6=0.11882E-01$ ,  $A8=-0.91243E-01$ ,  
 $A10=0.39866E-01$

## 第4面

$K=-0.27166E+02$ ,  $A4=-0.58247E-01$ ,  $A6=0.12451E+00$ ,  $A8=-0.18171E+00$ ,  
 $A10=0.97402E-01$

## 第5面

$K=-0.93951E+01$ ,  $A4=0.49348E-01$ ,  $A6=0.23325E-01$ ,  $A8=0.70558E-02$ ,  
 $A10=-0.30175E-01$ ,  $A12=0.21252E-01$

## 第6面

$K=-0.16010E+02$ ,  $A4=-0.75681E-01$ ,  $A6=0.27752E-01$ ,  $A8=-0.14664E-01$ ,  
 $A10=0.17377E-01$ ,  $A12=0.16911E-01$ ,  $A14=-0.96134E-02$

## 第7面

$K=0.00000$ ,  $A4=-0.87570E-01$ ,  $A6=0.71198E-02$ ,  $A8=-0.46120E-02$ ,  
 $A10=0.45812E-02$ ,  $A12=0.26648E-02$ ,  $A14=0.23086E-02$ ,  $A16=0.13075E-03$

## 第8面

$K=-0.30000E+02$ ,  $A4=-0.60395E-01$ ,  $A6=0.45548E-02$ ,  $A8=0.34199E-02$ ,  
 $A10=-0.78718E-02$ ,  $A12=0.97665E-03$ ,  $A14=0.14678E-02$ ,  $A16=-0.35112E-03$

## 第9面

$K=-0.43352E+01$ ,  $A4=-0.52627E-01$ ,  $A6=0.40367E-01$ ,  $A8=-0.62722E-02$ ,  
 $A10=-0.48695E-03$ ,  $A12=0.97082E-04$ ,  $A14=0.32418E-04$ ,  $A16=-0.68061E-05$

## 第10面

$K=-0.56728E+01$ ,  $A4=-0.51415E-01$ ,  $A6=0.16543E-01$ ,  $A8=0.49346E-03$ ,  
 $A10=-0.34015E-03$ ,  $A12=-0.25670E-04$ ,  $A14=0.59281E-05$ ,  $A16=0.20149E-07$

## 第11面

$K=-0.16857E+02$ ,  $A4=-0.28576E-01$ ,  $A6=0.53054E-02$ ,  $A8=-0.12916E-02$ ,  
 $A10=0.16671E-03$ ,  $A12=-0.64299E-05$ ,  $A14=-0.14109E-05$ ,  $A16=0.16230E-06$

## 【 0 0 9 1 】

10

20

30

40

50

実施例 5 の単レンズデータを以下の表 10 に示す。

〔表 10〕

単レンズのデータを以下に示す。

レンズ	始面	焦点距離(mm)
1	2	3.114
2	4	-4.796
3	6	12.205
4	8	1.879
5	10	-1.439

【0092】

図 9 は実施例 5 のレンズの断面図である。撮像レンズ 15 は、第 1 レンズ L1 と、第 2 レンズ L2 と、第 3 レンズ L3 と、第 4 レンズ L4 と、第 5 レンズ L5 とを備える。全てのレンズ L1 ~ L5 は、プラスチック材料から形成されている。第 1 レンズ L1 の物体側には、開口絞り S が配置され、第 5 レンズ L5 と撮像面 I との間には、平行平板 F が配置されている。

【0093】

図 10 (A) ~ 10 (C) は、実施例 5 の撮像レンズ 15 の収差図 (球面収差、非点収差、歪曲収差) を示し、図 10 (D) 及び 10 (E) は、実施例 5 の撮像レンズ 15 のメリディオナルコマ収差を示している。

【0094】

以下の表 11 は、参考のため、各条件式 (1) ~ (5)、(7)、(8)、(12) ~ (25) に対応する各実施例 1 ~ 5 の値をまとめたものである。

〔表 11〕

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1) $f/r6$	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
(2) $(SAG6P/f)*1000$	2.69	1.45	2.12	3.75	2.57
(3) $ P3 /P$	0.02	0.49	0.28	0.21	0.33
(4) $d34/f$	0.08	0.14	0.12	0.10	0.14
(5) $Pair23/P$	-1.82	-0.84	-1.02	-1.19	-0.84
(7) $(r7+r8)/(r7-r8)$	1.46	2.95	1.55	1.12	0.97
(8) $Pair34/P$	-0.38	-1.00	-0.47	-0.11	0.03
(10) $Pair12/P$	0.93	1.24	0.66	0.80	0.50
(12) $f34/f$	0.58	0.66	0.52	0.49	0.45
(13) $f123/f$	1.28	1.40	1.35	1.27	1.14
(14) $\nu 2$	23.9	23.4	23.4	23.9	23.9
(15) $\nu 3$	23.9	56.0	56.0	56.0	56.0

【0095】

以上のように、実施形態の撮像レンズ 10 又は各実施例 1 ~ 5 の撮像レンズ 11 ~ 15 において、レンズ L1 ~ L5 は、全てプラスチック材料で形成されている。ここで、プラスチック材料は、温度変化時の屈折率変化が大きいため、第 1 レンズ L1 から第 5 レンズ L5 の全てをプラスチックレンズで構成すると、周囲温度が変化した際に、撮像レンズ 10 全系の像点位置が変動してしまう可能性が高まる。これに対し、最近では、プラスチック材料中に無機微粒子を混合させ、プラスチック材料の温度変化を小さくできることが分かってきた。詳細に説明すると、一般に透明なプラスチック材料に微粒子を混合させると、光の散乱が生じ透過率が低下するため、光学材料として使用することは困難であったが、微粒子の大きさを透過光束の波長より小さくすることにより、散乱が実質的に発生しないようにできる。プラスチック材料は、温度が上昇することにより屈折率が低下してしまうが、無機微粒子は温度が上昇すると屈折率が上昇する。そこで、これらの温度依存性を

利用して互いに打ち消しあうように作用させることにより、屈折率変化がほとんど生じないようにすることができる。具体的には、母材となるプラスチック材料に最大長が20ナノメートル以下の無機微粒子を分散させることにより、屈折率の温度依存性のきわめて低いプラスチック材料となる。例えばアクリルに酸化ニオブ( $\text{Nb}_2\text{O}_5$ )の微粒子を分散させることで、温度変化による屈折率変化を小さくすることができる。本発明において、比較的屈折力の大きな正レンズL1、または全てのレンズL1~L5に、このような無機微粒子を分散させたプラスチック材料を用いることにより、撮像レンズ10全系の温度変化時の像点位置変動を小さく抑えることが可能となる。

#### 【0096】

また近年、撮像装置を低コストに且つ大量に実装する方法として、予め半田がポッティングされた基板に対し、ICチップその他の電子部品と光学素子とを載置したままリフロー処理(加熱処理)し、半田を溶融させることにより電子部品と光学素子とを基板に同時実装するという技術が提案されている。このようなリフロー処理を用いて実装を行うためには、電子部品とともに光学素子を約200~260に加熱する必要があるが、このような高温下では、熱可塑性樹脂を用いたレンズでは熱変形し或いは変色して、その光学性能が低下してしまうという問題点がある。このような問題を解決するための方法のひとつとして、耐熱性能に優れたガラスモールドレンズを使用し、小型化と高温環境での光学性能を両立する技術が提案されているが、熱可塑性樹脂を用いたレンズよりもコストが高いため、撮像装置の低コスト化の要求に応えられないという問題があった。そこで、撮像レンズの材料にエネルギー硬化性樹脂を使用することで、ポリカーボネイト系やポリオレフィン系のような熱可塑性樹脂を用いたレンズに比べ、高温に曝されたときの光学性能の低下が小さくリフロー処理に有効であり、かつガラスモールドレンズよりも製造しやすく安価となり、撮像レンズを組み込んだ撮像装置の低コストと量産性を両立できる。なお、エネルギー硬化性樹脂とは、熱硬化性樹脂および紫外線硬化性樹脂のいずれをも指すものとする。本発明の撮像レンズ10を構成するレンズL1~L5は、上記のようなエネルギー硬化性樹脂も用いて形成してもよい。

#### 【0097】

なお、上記実施形態において、固体撮像素子に設けた光電変換部20の撮像面Iに入射する光束の主光線入射角については、撮像面Iの周辺部において必ずしも十分小さい設計になっていない。しかし、最近の技術では、光電変換部20に設けた色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイの配列の見直しによって、シェーディングを軽減することができるようになってきた。具体的には、光電変換部20の撮像面Iの画素ピッチに対し、色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイの配列のピッチをわずかに小さく設定すれば、撮像面Iの周辺部にいくほど各画素に対し色フィルタやオンチップマイクロレンズアレイが撮像レンズ10の光軸OA側へシフトするため、斜入射の光束を効率的に各画素の撮像面に導くことができる。これにより、光電変換部20で発生するシェーディングを小さく抑えることができる。上記実施例の撮像レンズ11~15は、上述の要求が緩和された分について、より小型化を目指した設計例となっている。

#### 【0098】

また、上記実施形態において、上記実施例の撮像レンズ11~15は、レンズL1~L5の5枚のレンズで構成されているが、レンズL1~L5の前後又は間に1つ以上の実質的にパワーを持たないレンズを追加することができる。

#### 【符号の説明】

#### 【0099】

10...撮像レンズ、 11-16...撮像レンズ、 20...光電変換部、 F...平行平板、 I...撮像面、 L1-L5...レンズ、 OA...光軸

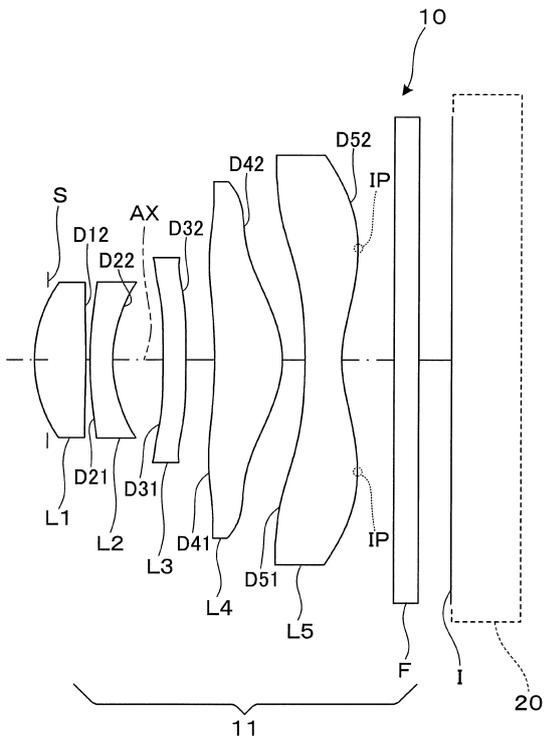
10

20

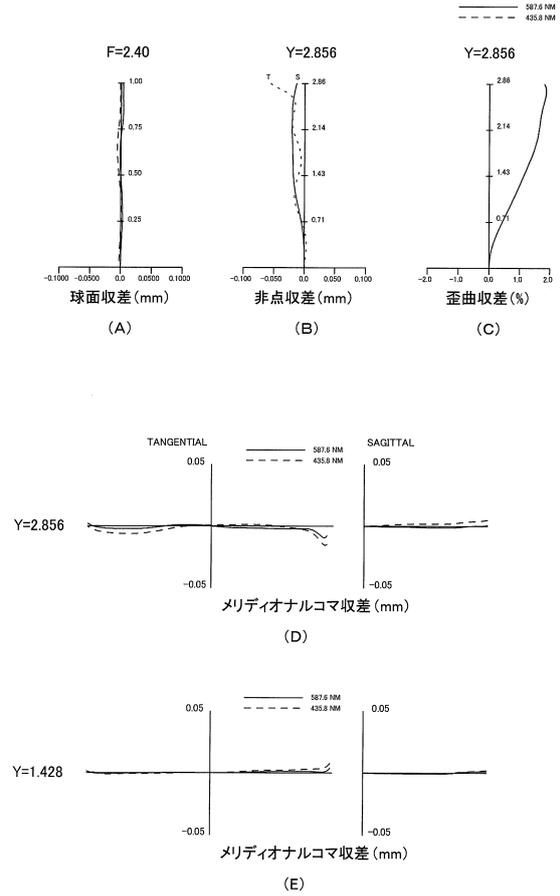
30

40

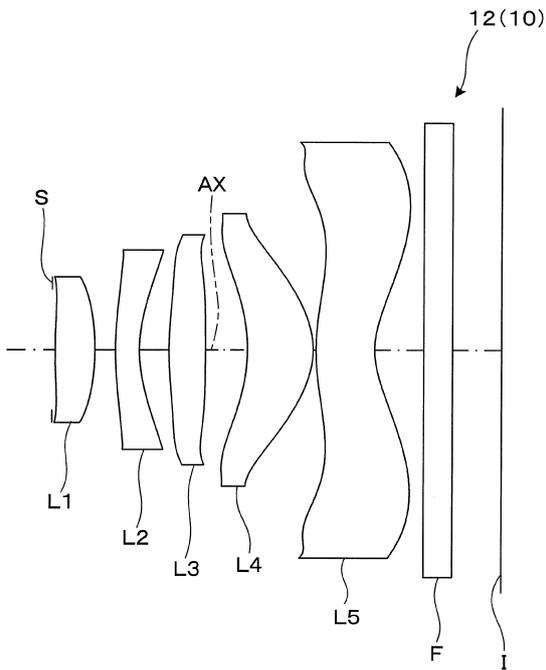
【図1】



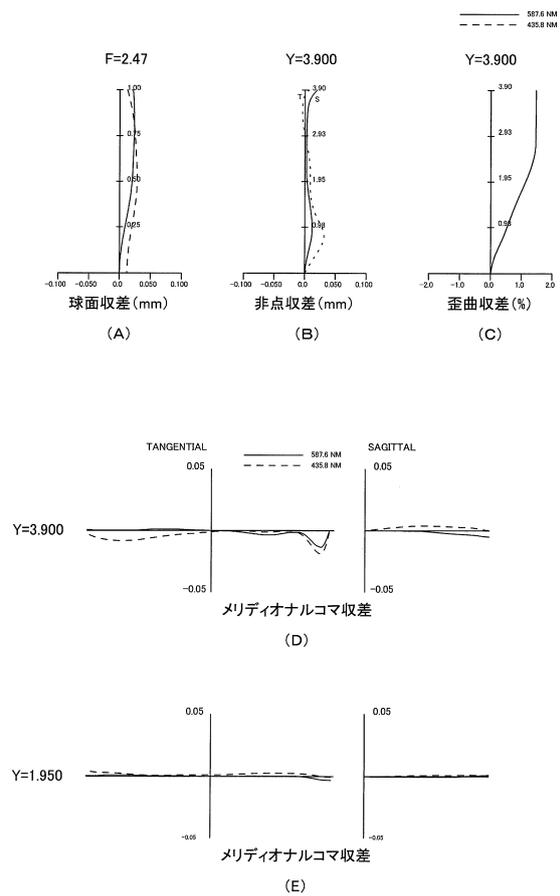
【図2】



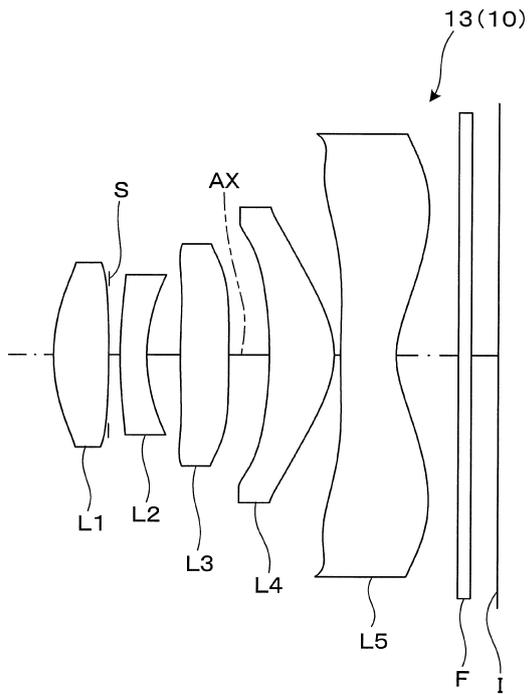
【図3】



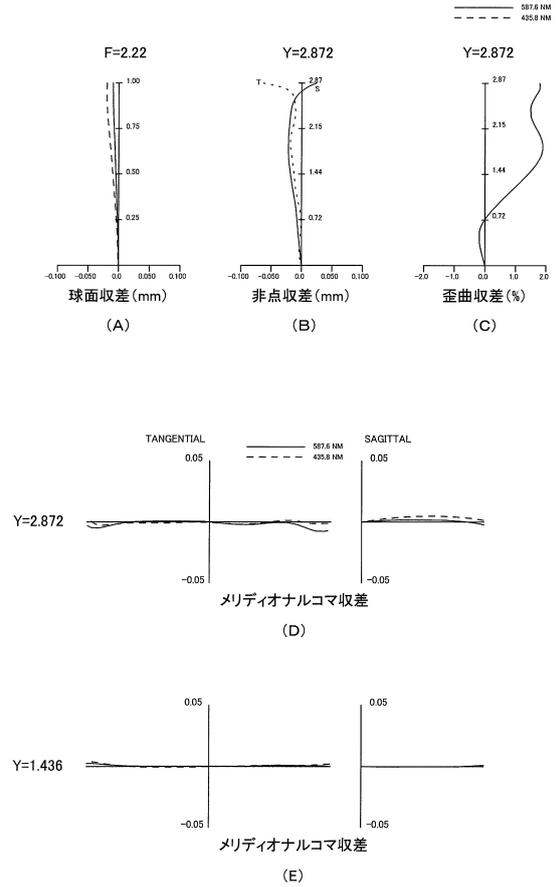
【図4】



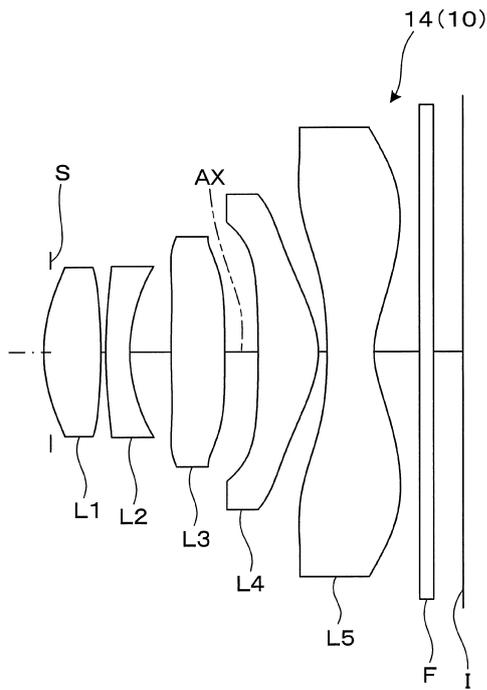
【図5】



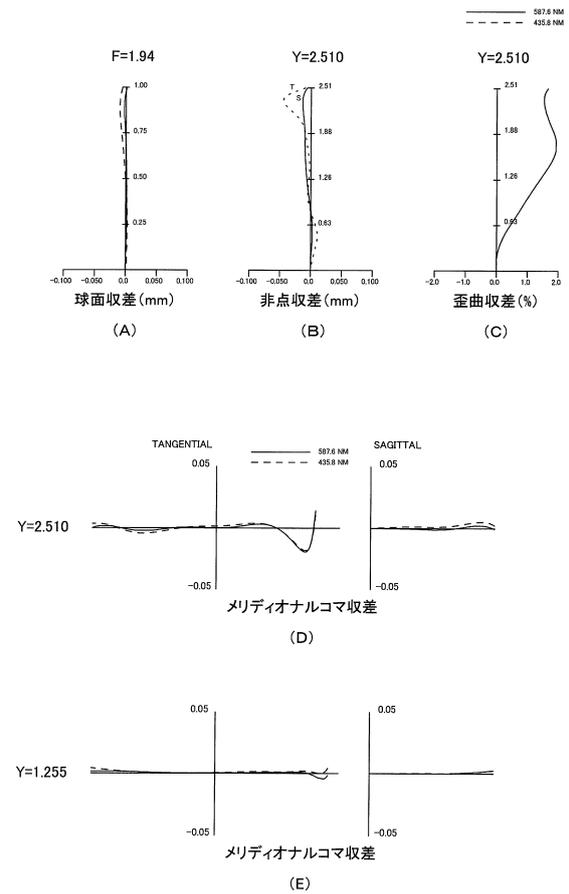
【図6】



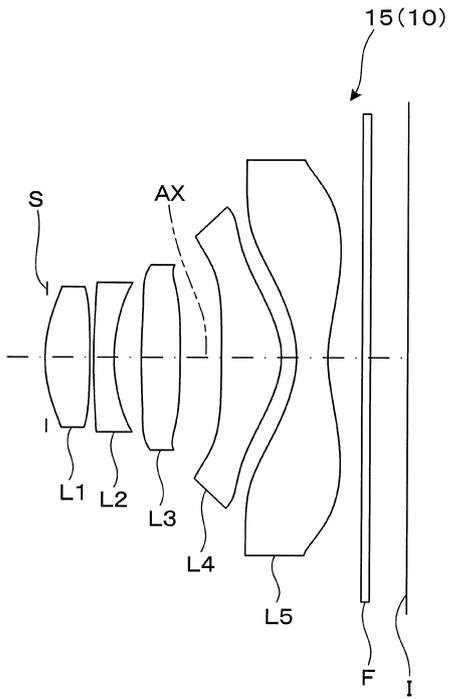
【図7】



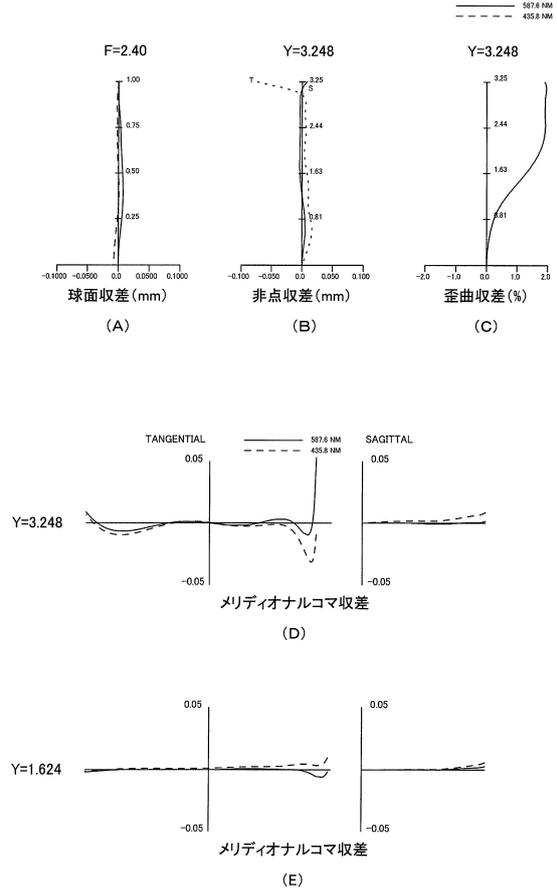
【図8】



【図9】



【図10】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 韓国公開特許第10 - 2011 - 0057625 (KR, A)

特開2011 - 95513 (JP, A)

特開2010 - 262270 (JP, A)

特開2010 - 224521 (JP, A)

特開2010 - 197665 (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