

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4658511号
(P4658511)

(45) 発行日 平成23年3月23日 (2011.3.23)

(24) 登録日 平成23年1月7日 (2011.1.7)

(51) Int.Cl.

F I

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

請求項の数 7 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2004-126792 (P2004-126792)
 (22) 出願日 平成16年4月22日 (2004.4.22)
 (65) 公開番号 特開2004-341512 (P2004-341512A)
 (43) 公開日 平成16年12月2日 (2004.12.2)
 審査請求日 平成19年4月20日 (2007.4.20)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-118532 (P2003-118532)
 (32) 優先日 平成15年4月23日 (2003.4.23)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 天内 隆裕
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパス株式会社内

審査官 吉川 陽吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系、それを備えた撮像装置及び電子機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、第2レンズとしての像側に凸面を向けたメニスカスレンズと、第3レンズとしての像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、第4レンズとしての負レンズを配置して構成され、

前記第4レンズの少なくとも1面が非球面であり、次の条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

$$-0.5 < m/p < 0$$

但し、 m は最大光線高の位置における前記第4レンズのパワー、 p は近軸における前記第4レンズのパワーである。

10

【請求項 2】

前記第3レンズと前記第4レンズがプラスチックで構成され、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の結像光学系。

$$15.0 < 3 - 4 < 40.0$$

但し、 3 は前記第3レンズのアッベ数、 4 は前記第4レンズのアッベ数である。

【請求項 3】

前記結像光学系の開放FナンバーをFno、前記撮像素子の画素間隔をPとすると、次の条件式を満足することを特徴とする請求項1に記載の結像光学系を備えた撮像装置。

$$0.40 [1/\mu m] < Fno/P [\mu m] < 2.20 [1/\mu m]$$

20

【請求項 4】

次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 に記載の結像光学系。

$$0.1 < r1f/f < 2.0$$

但し、 $r1f$ は前記第 1 レンズの物体側の曲率半径、 f は前記結像光学系全系の焦点距離である。

【請求項 5】

次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 に記載の結像光学系。

$$0.5 < f123/|f4| < 3.0$$

$$1.0 < f/|f4| < 5.0$$

但し、 $f123$ は前記第 1 レンズと前記第 2 レンズと前記第 3 レンズの合成焦点距離、 $f4$ は前記第 4 レンズの焦点距離、 f は前記結像光学系全系の焦点距離である。

10

【請求項 6】

次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 に記載の結像光学系。

$$0 < f1/f234 < 3.0$$

但し、 $f1$ は前記第 1 レンズの焦点距離、 $f234$ は前記第 2 レンズと前記第 3 レンズと前記第 4 レンズの合成焦点距離である。

【請求項 7】

請求項 1、2、4～6 のいずれかに記載の結像光学系を備えた電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は CCD や CMOS などの固体撮像素子等と組み合わせて用いられる結像光学系に関し、例えばデジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコンに搭載される小型カメラ、監視カメラ等に利用できる結像光学系に関するものである。また、この結像光学系を用いた、デジタルスチルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話やパソコン等の電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、銀塩フィルムに代わり、CCD や CMOS のような固体撮像素子を用いて被写体を撮影するようにした電子カメラが普及してきている。このような電子カメラのうち、携

30

【0003】

このような撮像ユニットに用いる結像光学系としては、従来、レンズ枚数を 1 枚～2 枚で構成したものがある。しかしながら、屈折面数が足りないため、軸上色収差と像面湾曲が両立せず高い性能は望めない。また、非球面形状をとることで、この問題を回避しよう

【0004】

一方、このような撮像ユニットに CCD 等の撮像素子を用いる場合、結像レンズ系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で入射すると、マイクロレンズの集光性能が十分に発揮されない。そのため、画像の明るさが画像中央部と画像周辺部で極端に変化するという現象が生じてしまう。この現象は CCD 等の撮像素子への入射角、つまり射出瞳位置に関係する。そのため、明るさ絞りの位置と、明るさ絞りと像面の間の光学系が非常に重要である。つまり、像面から極力離れた位置に絞りを配置することが望ましい。しかしながら、明るさ絞りと物体の間に光学系が存在しないと、パワー配置の対称性が悪くなる。その結果、ディストーションや倍率の色収差が発生してしまう。

40

【0005】

これらの問題を考慮したものとしては、4 枚のレンズを用いた構成がある。この構成では、物体側から第 1 レンズの前や、第 1 レンズと第 2 レンズの間に絞りを配置させている。このようなタイプの結像光学系の従来例としては、次の各特許文献に記載された光学系

50

が知られている。

【特許文献 1】特開昭 57 - 38409 号公報

【特許文献 2】特開昭 58 - 57106 号公報

【特許文献 3】特開昭 59 - 34508 号公報

【特許文献 4】特開平 9 - 258100 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献 1、3、4 に記載されている光学系では、第 2 レンズとしての負レンズはいずれも両凹形状である。また、特許文献 2 に記載されている光学系では、第 3 レンズとしての正レンズが両凸形状である。そのため、これらの光学系では、いずれも絞り中心を向いていない屈折面が存在する。

10

【0007】

しかるに、このような絞り中心を向いていない屈折面が存在する構成では、レンズ間で偏心があると、その面での光線の入射位置と角度が大きく変化する。その結果、性能が著しく劣化する。言い換えると、高い光学性能を確保するためには、非常に高い組立精度が要求されるということである。このため、これらの特許文献に記載の光学系では、組立工数が増加し、低コストを達成することは困難である。

【0008】

また、特許文献 1、2、3 に記載されている光学系では、いわゆるシェーディングの考慮がされていない。そのため、撮像素子への周辺部における入射角度が大きく、中心に比べて周辺における明るさが不足している。

20

【0009】

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、その目的は低コスト化、高性能化、小型化を同時に満たす結像光学系、それを備えた撮像装置及び電子機器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため、本発明による結像光学系は、物体側から順に、第 1 レンズとしての物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、第 2 レンズとしての像側に凸面を向けたメニスカスレンズと、第 3 レンズとしての像側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、第 4 レンズとしての負レンズを配置して構成され、前記第 4 レンズの少なくとも 1 面が非球面であり、次の条件式(1)を満足することを特徴としている。

30

$$-0.5 < m/p < 0 \quad \dots(1)$$

但し、 m は最大光線高の位置における前記第 4 レンズのパワー、 p は近軸における前記第 4 レンズのパワーである。

【0012】

また、本発明の結像光学系においては、前記第 3 レンズと前記第 4 レンズがプラスチックで構成され、次の条件式(2)を満足するのが好ましい。

$$15.0 < 3 - 4 < 40.0 \quad \dots(2)$$

40

但し、 3 は前記第 3 レンズのアッベ数、 4 は前記第 4 レンズのアッベ数である。

【0013】

また、本発明による結像光学系を備えた撮像装置は、前記結像光学系の開放 F ナンバーを Fno 、撮像素子の画素間隔を P とするとき、次の条件式(8)を満足することを特徴としている。

$$0.40 [1/\mu m] < Fno/P [\mu m] < 2.20 [1/\mu m] \quad \dots(8)$$

【0014】

また、本発明の結像光学系においては、次の条件式(3)を満足するのが好ましい。

$$0.1 < r1f/f < 2.0 \quad \dots(3)$$

但し、 $r1f$ は前記第 1 レンズの物体側の曲率半径、 f は前記結像光学系全系の焦点距

50

離である。

また、本発明の結像光学系においては、次の条件式(4)、(5)を満足するのが好ましい。

$$0.5 < f_{123} / |f_4| < 3.0 \quad \dots (4)$$

$$1.0 < f / |f_4| < 5.0 \quad \dots (5)$$

但し、 f_{123} は前記第1レンズと前記第2レンズと前記第3レンズの合成焦点距離、 f_4 は前記第4レンズの焦点距離、 f は前記結像光学系全系の焦点距離である。

【0015】

また、本発明の結像光学系においては、次の条件式(6)を満足するのが好ましい。

$$0 < f_1 / f_{234} < 3.0 \quad \dots (6)$$

但し、 f_1 は前記第1レンズの焦点距離、 f_{234} は前記第2レンズと前記第3レンズと前記第4レンズの合成焦点距離である。

また、本発明による電子機器は、上記本発明のいずれかの結像光学系を備えていることを特徴としている。

【発明の効果】

【0016】

本発明の結像光学系によれば、製造誤差に対する性能劣化が少なく、小型化しても高性能な結像光学系を得ることができる。また、小型化しても高性能な電子機器を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

実施例の説明に先立ち、本発明のように構成した理由及び本発明の作用効果について説明する。

まず、結像光学系を構成するレンズ枚数について説明する。本発明の結像光学系は、性能と小型化を考慮して、上記のような第1、第2、第3、第4レンズの4枚レンズで構成した。ここで、結像光学系を構成するレンズの枚数を5枚以上にすれば、さらに性能が向上するのは明らかである。しかしながら、レンズが1枚増えると、レンズの厚さ、レンズの間隔、枠のスペースがその分増大し、光学系が大型化するのを避けられない。

また、本明細書の従来技術において述べたように、結像光学系を2枚以下のレンズで構成したのでは、軸上色収差の低減と像面湾曲の低減との両立が困難である。仮に、非球面を多用して性能を確保したとしても、偏心感度が大きくなり、製造上困難である。従って、本発明のように、結像光学系を4枚のレンズで構成するのが性能、大きさともに最適である。

【0018】

次に、結像光学系を用いるユニットに、例えばCCDのような撮像素子を用いたとする。この場合、良好な集光性能を維持するためには、撮像素子への光線入射角度を小さくする必要がある。そこで、明るさ絞りを、像面から遠い位置に配置することが望ましい。あるいは明るさ絞りの像を、像面から遠い位置に形成することが望ましい。

また、広角な光学系においては、画面周辺部のディストーション及び倍率色収差の発生を低減させる必要がある。そのためには、光学系のパワー配置が対称になる位置に、明るさ絞りを配置させることが望ましい。

上記二つの理由から、本発明の結像光学系では、上記のように明るさ絞りの位置を第1レンズと第2レンズとの間に配置した。すなわち、本発明の結像光学系は、広角とテレセントリック性を重視した光学系として構成されている。

【0019】

また、本発明の結像光学系では、第1レンズを、物体側に正パワーの強い曲面を持つメニスカスレンズとした。このようにすると、第1レンズの主点位置を物体側に移動させることができ、全長短縮に有利となる。

また、本発明の結像光学系では、第1レンズを物体側に凸面を向けた正パワーを有するメニスカスレンズで、第2レンズ、第3レンズとともに像側に凸面を向けたメニスカスレンズで構成した。このように構成すれば、入射光線と射出光線とのなす角度、すなわち偏

10

20

30

40

50

角を小さく保つことができ、各屈折面における収差の発生量を極力小さくすることができる。また、無偏心時における収差の発生量が小さいため、レンズの相対偏心時における性能変動についても極力小さくすることが可能となる。

【0020】

上述のように、本発明の結像光学系では、光学系の全長を小さくするために、第4レンズを負パワーのパワー配置として構成した。しかし、広角な光学系において、最も像側のレンズが負パワーであると、次のような不都合が生じる。例えば、シェーディングを避けるために、入射角度が限定されるようなCCDを撮像素子として用いたとする。この場合、光線高が高い位置で、光線入射角度を小さくすることが出来なくなる。

そこで、最も像面側のレンズにおいて、少なくとも1面を非球面とする。そして、レンズ中心のパワーは負であっても、レンズ周辺のパワーを正にすれば、光線高の大きい位置での光線を光軸側に大きく屈折させることができる。その結果、像面への光線入射角度を小さくすることが可能となる。

ゆえに、本発明の結像光学系では、前記最も像面側のレンズである第4レンズにおいて、次の条件式(1)を満足することが重要である。

$$-0.5 < m/p < 0 \quad \dots(1)$$

但し、 m は最大光線高の位置における第4レンズのパワー、 p は近軸における第4レンズのパワーである。

ここで、最大光線高の位置におけるレンズのパワー m を次のように定義するものとする。第4レンズのレンズ最大光線高 H_m に、物体側の無限遠方から平行光線を入射させ、レンズ通過後の傾き角を θ としたとき、 $m = \tan \theta / H_m$ で与えられるものである。

【0021】

条件式(1)の下限値を下回ると、近軸のパワーが弱くなりすぎて全長が長くなってしまふ。もしくは、周辺の正パワーが大きくなりすぎ、著しく周辺性能が劣化してしまう。

一方、条件式(1)の上限値を上回ると、第4レンズ周辺の正パワーが小さくなりすぎ、像面への光線入射角の補正が不十分となってしまう。

【0023】

さらに、本発明の結像光学系を構成するレンズとして、プラスチックレンズを用いる。このようにすると、ガラスで構成した場合に比べて生産性が飛躍的に向上する。また、レンズ有効径の外側において、レンズ保持部材を設ける。そして、レンズ同士を嵌合させるようにすると、組立時の工数を削減でき低コスト化の面で有利である。

また、本発明の結像光学系では、第3レンズと第4レンズをプラスチックで構成し、次の条件式(2)を満足することが、第1レンズ、第2レンズで発生した色収差を補正するために重要である。

$$15.0 < 3 - 4 < 40.0 \quad \dots(2)$$

但し、 3 は第3レンズのアッベ数、 4 は第4レンズのアッベ数である。

条件式(2)の上限値を上回ると、第1レンズ、第2レンズで発生した色収差の補正が過剰となる。

一方、条件式(2)の下限値を下回ると、第1レンズ、第2レンズで発生した色収差の補正が不足となる。

【0024】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(2')を満足するのが良い。

$$20.0 < 3 - 4 < 35.0 \quad \dots(2')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(2'')を満足するのが良い。

$$24.0 < 3 - 4 < 29.0 \quad \dots(2'')$$

【0025】

また、結像光学系において、結像光学系の全長を小さくするためには、結像光学系全系の主点位置を物体側寄りに配置させることが必要である。従って、第1レンズのパワーが重要となってくる。そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(3)を満足するのが好ましい。

10

20

30

40

50

$$0.1 < r1f/f < 2.0 \quad \dots(3)$$

但し、 $r1f$ は第1レンズの物体側の曲率半径、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

【0026】

条件式(3)の上限値を上回ると、第1面の曲率半径が緩くなり、正パワーの第1レンズの主点位置が像面側寄りになる。そうすると、結像光学系の全長を短縮するためには、各レンズのパワーを強くしなければならず、性能を出すのが困難となる。

一方、条件式(3)の下限値を下回ると、全長短縮には有利である。ただし、第1面で発生する球面収差の補正が困難となる。

【0027】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(3')を満足するのが良い。

$$0.2 < r1f/f < 1.2 \quad \dots(3')$$

さらに、好ましくは、次の条件式(3'')を満足するのが良い。

$$0.3 < r1f/f < 0.9 \quad \dots(3'')$$

【0028】

本発明の結像光学系は、全長を短縮するために、第1レンズと第2レンズと第3レンズの合成パワーと、第4レンズにおける負のパワーにより、テレフォトタイプの光学系となっている。そこで、次の条件式(4)、(5)を満足するのが好ましい。この条件を満足すると、このテレフォトタイプの正パワーと負パワーの配置に対して、結像光学系の全長短縮と性能確保とをバランスよく達成させることができる。

$$0.5 < f123/|f4| < 3.0 \quad \dots(4)$$

$$1.0 < f/|f4| < 5.0 \quad \dots(5)$$

但し、 $f123$ は第1レンズと第2レンズと第3レンズの合成焦点距離、 $f4$ は第4レンズの焦点距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

【0029】

条件式(4)、(5)を満足しないと、テレフォトタイプを構成する正のパワーと負のパワーとのバランスが崩れ、結像光学系の全長が増大し、或いは性能が劣化してしまう。

すなわち、条件式(4)、(5)の下限値を下回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが弱くなるので、結像光学系の全長短縮に不利となる。

一方、条件式(4)、(5)の上限値を上回ると、テレフォトタイプを構成する負のパワーが強くなりすぎ、それに伴い正のパワーも強くしなければならない。その結果、各レンズで発生する収差が増大となり、性能を確保するのが困難となる。

【0030】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(4')、(5')を満足するのが良い。

$$0.7 < f123/|f4| < 2.0 \quad \dots(4')$$

$$1.2 < f/|f4| < 4.0 \quad \dots(5')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(4'')、(5'')を満足するのが良い。

$$0.9 < f123/|f4| < 1.6 \quad \dots(4'')$$

$$1.5 < f/|f4| < 3.0 \quad \dots(5'')$$

【0031】

本発明の結像光学系では、明るさ絞りを挟んで、第1レンズと、第2、3、4レンズとが配置されている。ここで、倍率色収差やディストーションを小さくするためには、軸外光線が明るさ絞りの中心位置に対して点対称に通ることが重要となる。

そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(6)を満足するのが好ましい。

$$0 < f1/f234 < 3.0 \quad \dots(6)$$

但し、 $f1$ は第1レンズの焦点距離、 $f234$ は第2レンズと第3レンズと第4レンズの合成焦点距離である。

【0032】

条件式(6)の上限値を上回るか、或いは下限値を下回ると、倍率色収差やディストーションが補正過剰、もしくは補正不足になってしまう。その結果、いずれの場合も周辺性能が悪化する。

【0033】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(6')を満足するのが良い。

$$0.2 < f_1 / f_{234} < 1.0 \quad \dots (6')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(6'')を満足するのが良い。

$$0.4 < f_1 / f_{234} < 0.7 \quad \dots (6'')$$

【0034】

ところで、撮像素子にCCDを用いる場合、いわゆるシェーディングという現象がおき
てしまう。これは、光学系から射出された軸外光束が像面に対してあまりに大きな角度で
入射すると、画像中央部と画像周辺部で画像の明るさが変化してしまう現象である。一方、
像面に対して小さい角度で入射させると、上記シェーディングの問題は軽減されるが、
結像光学系の全長が大きくなってしまう。

そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(7)を満足するのが好ましい。

$$0.4 < EXP / f < 2.0 \quad \dots (7)$$

但し、EXPは像面からの射出瞳までの距離、fは結像光学系全系の焦点距離である。

条件式(7)の上限値を上回ると、結像光学系の全長が大きくなってしまう。

一方、条件式(7)の下限値を下回ると、CCDへの入射角が大きくなりすぎ画像周辺部の
明るさが低下してしまう。

【0035】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(7')を満足するのが良い。

$$0.6 < EXP / f < 1.5 \quad \dots (7')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(7'')を満足するのが良い。

$$0.8 < EXP / f < 1.3 \quad \dots (7'')$$

【0036】

また、本発明の結像光学系を備えた撮像装置は、結像光学系の開放FナンバーをFno、
撮像素子の画素間隔をPとすると、次の条件式(8)を満足する。

$$0.40 [1 / \mu m] < Fno / P [\mu m] < 2.20 [1 / \mu m] \quad \dots (8)$$

条件式(8)の上限値を上回ると、光学系が暗くなり過ぎる。あるいは、画素間隔が小さ
くなり過ぎることにより、1画素あたりの光量が少なくなってしまう。従って、シャッタ
ー速度が遅くなり、手ぶれを引き起こしたり、長時間露光によりノイズが増加する原因と
なる。

一方、条件式(8)の下限値を下回ると、画素間隔が大きくなり過ぎ、高画素な撮像デー
タが得られなくなる。

【0037】

なお、本発明の結像光学系を備えた撮像装置は、次の条件式(8')を満足するのがより良
い。

$$0.55 [1 / \mu m] < Fno / P [\mu m] < 1.50 [1 / \mu m] \quad \dots (8')$$

なお、本発明の結像光学系を備えた撮像装置は、次の条件式(8'')を満足するのが更に良
い。

$$0.77 [1 / \mu m] < Fno / P [\mu m] < 1.18 [1 / \mu m] \quad \dots (8'')$$

【0038】

また、結像光学系の全長をTL、結像光学系を構成するプラスチックレンズにおける最
小軸上肉厚をMLとしたとき、次の条件式(9)を満足するのが良い。

$$0.02 < ML / TL < 0.20 \quad \dots (9)$$

この条件式(9)の上限値を上回ると、小型化のために全長の短縮化が必要とされる結像
光学系の全長に対して、結像光学系を構成するプラスチックレンズにおける最小軸上肉厚
が大きすぎることになる。そのために、ガラスレンズとプラスチックレンズとを用いて結
像光学系を構成する場合、ガラスレンズの中心肉厚が十分に確保できず、ガラスレンズの

10

20

30

40

50

加工性が悪化してしまう。

一方、下限値を下回ると、結像光学系を構成するプラスチックレンズにおける最小軸上肉厚が小さ過ぎることから、成型時にプラスチック樹脂が成型型にスムーズに入り込めなくなってしまう。その結果、応力がかかって複屈折の原因になったり、成型に時間がかかり、生産性が悪化してしまう。

【0039】

なお、本発明の結像光学系は、次の条件式(9')を満足するのが良い。

$$0.04 < ML / TL < 0.15 \quad \dots(9')$$

なお、本発明の結像光学系は、次の条件式(9'')を満足するのがより良い。

$$0.06 < ML / TL < 0.10 \quad \dots(9'')$$

10

【0040】

また、本発明の電子機器は、上記の結像光学系を備えている。

【実施例】

【0041】

以下、本発明の実施例を、図面を用いて説明する。

第1実施例

図1は、本発明の結像光学系の第1実施例であって、光学構成を示す光軸に沿う断面図、図2は第1実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第1実施例の結像光学系は、物体側から順に、正メニスカスレンズL1と、明るさ絞りSと、負メニスカスレンズL2と、正メニスカスレンズL3と、負レンズL4とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

20

正メニスカスレンズL1は、第1レンズである。この正メニスカスレンズL1は、物体側に凸面を向けている。負メニスカスレンズL2は、第2レンズである。この負メニスカスレンズL2は、像側に凸面を向けている。正メニスカスレンズL3は、第3レンズである。この正メニスカスレンズL3は、像側に凸面を向けている。負レンズL4は、第4レンズである。

また、非球面は、負メニスカスレンズL2の物体側の面、正メニスカスレンズL3の像側の面、負レンズL4の像側の面に設けられている。また、第4レンズL4の非球面は、レンズの中心のパワーが負で周辺のパワーが正である。

30

【0042】

次に、第1実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第1実施例では、全てのレンズがプラスチックで構成されている。用いているプラスチックは、第1レンズと第3レンズはポリオレフィン系のゼオネックス、第2レンズと第4レンズはポリカーボネートである。

また、結像光学系の像面には、1/3インチ、300万画素(画素間隔P=2.4μm)の撮像素子が配置されている。

なお、第1実施例の数値データにおいて、屈折率、アッペ数はe線におけるものである。

また、非球面形状は、光軸方向をz、光軸に直交する方向をyにとり、円錐係数をk、非球面係数をa、b、c、・・・としたとき、次の式で表される。

40

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y/r)^2\}^{1/2}] + ay^4 + by^6 + cy^8 + \dots$$

これらは、以下の各実施例においても共通である。

数値データ1

焦点距離：4.6mm、Fno(開放Fナンバー)：2.8、像高：3.0mm、

半画角：33°

面番号	曲率半径	面(又は空気)間隔	屈折率	アッペ数
物体面				

1	2.95	0.87	1.5091	56.2
---	------	------	--------	------

50

2	233.13	0.10		
3	絞り面	1.00		
4	非球面[1]	0.60	1.5839	30.2
5	-4.14	0.10		
6	-5.47	1.41	1.5091	56.2
7	非球面[2]	0.10		
8	9.20	0.70	1.5839	30.2
9	非球面[3]	0.63		
10		1.50		

像面

10

【0043】

非球面[1]

曲率半径 - 2.27

 $k = 5.8166 \times 10^{-1}$ $a = -2.9072 \times 10^{-2}$ $b = 3.2484 \times 10^{-2}$ $c = -3.8009 \times 10^{-3}$

非球面[2]

曲率半径 - 0.97

 $k = -2.9953 \times 10^{+0}$ $a = -4.7166 \times 10^{-2}$ $b = 1.0868 \times 10^{-2}$

非球面[3]

曲率半径 1.31

 $k = -7.6191 \times 10^{+0}$ $a = -6.7292 \times 10^{-3}$

【0044】

第2実施例

図3は本発明の結像光学系の第2実施例であって、光学構成を示す光軸に沿う断面図、図4は第2実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第2実施例の結像光学系は、物体側から順に、正メニスカスレンズL1と、明るさ絞りSと、負メニスカスレンズL2と、正メニスカスレンズL3と、負レンズL4とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

30

正メニスカスレンズL1は、第1レンズである。この正メニスカスレンズL1は、物体側に凸面を向けている。負メニスカスレンズL2は、第2レンズである。この負メニスカスレンズL2は、像側に凸面を向けている。正メニスカスレンズL3は、第3レンズである。この正メニスカスレンズL3は、像側に凸面を向けている。負レンズL4は、第4レンズである。

また、非球面は、負メニスカスレンズL2の物体側の面、正メニスカスレンズL3の像側の面、負レンズL4の像側の面に設けられている。また、第4レンズL4の非球面は、レンズの中心のパワーが負で周辺のパワーが正である。

【0045】

次に、第2実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

40

第2実施例では、第1レンズがガラス、第2レンズと第3レンズと第4レンズがプラスチックで構成されている。用いているプラスチックは、第3レンズはポリオレフィン系のゼオネックス、第2レンズと第4レンズはポリカーボネートである。

また、結像光学系の像面には、1/3インチ、200万画素（画素間隔 $P = 3.0 \mu m$ ）の撮像素子が配置されている。

数値データ2

焦点距離：4.6mm、Fno（開放Fナンバー）：2.8、像高：3.0mm、

半画角：33°

面番号 曲率半径 面（又は空気）間隔 屈折率 アッペ数

物体面

50

1	3.78	0.78	1.7433	49.2	
2	25.69	0.11			
3	絞り面	0.98			
4	非球面[1]	0.60	1.5839	30.2	
5	-13.16	0.08			
6	-19.41	1.50	1.5091	56.2	
7	非球面[2]	0.10			
8	10.28	0.80	1.5839	30.2	
9	非球面[3]	0.56			
10		1.50			10

像 面

【 0 0 4 6 】

非球面[1]

曲率半径 - 2.77

$k = 7.8076 \times 10^{-1}$

$a = -2.1697 \times 10^{-2}$ $b = 2.7786 \times 10^{-2}$ $c = -3.9258 \times 10^{-3}$

非球面[2]

曲率半径 - 1.05

$k = -3.0607 \times 10^{+0}$

$a = -4.1942 \times 10^{-2}$ $b = 1.0402 \times 10^{-2}$

20

非球面[3]

曲率半径 1.43

$k = -8.0802 \times 10^{+0}$

$a = -7.3101 \times 10^{-3}$

【 0 0 4 7 】

第3実施例

図5は本発明の結像光学系の第3実施例であって、光学構成を示す光軸に沿う断面図、図6は第3実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第3実施例の結像光学系は、物体側から順に、正メニスカスレンズL1'と、明るさ絞りSと、正メニスカスレンズL2'と、正メニスカスレンズL3'と、負レンズL4'とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

30

正メニスカスレンズL1'は、第1レンズである。この正メニスカスレンズL1'は、物体側に凸面を向けている。正メニスカスレンズL2'は、第2レンズである。この正メニスカスレンズL2'は、像側に凸面を向けている。正メニスカスレンズL3'は、第3レンズである。この正メニスカスレンズL3'は、像側に凸面を向けている。負レンズL4'は、第4レンズである。

また、非球面は、正メニスカスレンズL1'の両面、正メニスカスレンズL2'の両面、正メニスカスレンズL3'の両面、負レンズL4'の両面に設けられている。また、第4レンズL4の非球面は、レンズの中心のパワーが負で周辺のパワーが正である。

【 0 0 4 8 】

40

次に、第3実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第3実施例では、全てのレンズがプラスチックで構成されている。用いているプラスチックは、第1レンズと第2レンズと第3レンズはポリオレフィン系のゼオネックス、第4レンズはポリカーボネートである。

また、結像光学系の像面には、1/3インチ、130万画素（画素間隔 $P = 3.6 \mu m$ ）の撮像素子が配置されている。

数値データ3

焦点距離：4.7mm、Fno（開放Fナンバー）：2.8、像高：3.0mm、半画角：33°

面番号 曲率半径 面（又は空気）間隔 屈折率 アッペ数

50

物体面

1	非球面[1]	1.22	1.5091	56.2
2	非球面[2]	0.10		
3	絞り面	0.63		
4	非球面[3]	1.18	1.5091	56.2
5	非球面[4]	0.05		
6	非球面[5]	1.46	1.5091	56.2
7	非球面[6]	0.10		
8	非球面[7]	0.50	1.5839	30.2
9	非球面[8]	0.44		
10		1.32		

10

像 面

【 0 0 4 9 】

非球面[1]

曲率半径 1.90

$$k = -3.7539 \times 10^{-1}$$

$$a = 1.2801 \times 10^{-2} \quad b = 6.8695 \times 10^{-3}$$

非球面[2]

曲率半径 5.28

$$k = 1.5098 \times 10^{+1}$$

$$a = -3.2940 \times 10^{-3} \quad b = -2.5345 \times 10^{-2}$$

非球面[3]

曲率半径 -1.51

$$k = 1.3544 \times 10^{+0}$$

$$a = -2.1703 \times 10^{-2} \quad b = -6.3127 \times 10^{-3} \quad c = -8.1155 \times 10^{-3}$$

非球面[4]

曲率半径 -1.49

$$k = -1.2296 \times 10^{+0}$$

$$a = -3.3113 \times 10^{-3} \quad b = -1.1439 \times 10^{-2}$$

非球面[5]

曲率半径 -4.39

$$k = 1.9660 \times 10^{+0}$$

$$a = 9.3712 \times 10^{-3} \quad b = 2.7884 \times 10^{-3}$$

非球面[6]

曲率半径 -1.13

$$k = -4.0965 \times 10^{+0}$$

$$a = -3.0803 \times 10^{-2} \quad b = 5.7752 \times 10^{-3}$$

非球面[7]

曲率半径 143.88

$$k = -3.5486 \times 10^{+19}$$

$$a = -1.7624 \times 10^{-3} \quad b = 1.5002 \times 10^{-4}$$

非球面[8]

曲率半径 1.42

$$k = -9.6398 \times 10^{+0}$$

$$a = -9.4524 \times 10^{-3} \quad b = 7.8945 \times 10^{-5}$$

【 0 0 5 0 】

第4実施例

図7は本発明の結像光学系の第4実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図、図8は第4実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

第4実施例の結像光学系は、物体側から順に、正メニスカスレンズL1と、明るさ絞り

50

Sと、正メニスカスレンズL2'と、正メニスカスレンズL3'と、負レンズL4'とで構成されている。図中、Iは撮像素子の撮像面である。

正メニスカスレンズL1は、第1レンズである。この正メニスカスレンズL1は、物体側に凸面を向けている。正メニスカスレンズL2'は、第2レンズである。この正メニスカスレンズL2'は、像側に凸面を向けている。正メニスカスレンズL3'は、第3レンズである。この正メニスカスレンズL3'は、像側に凸面を向けている。負レンズL4'は、第4レンズである。

また、非球面は、正メニスカスレンズL2'の両面、正メニスカスレンズL3'の両面、負レンズL4'の両面に設けられている。また、第4レンズL4の非球面は、レンズの中心のパワーが負で周辺のパワーが正である。

10

【0051】

次に、第4実施例の結像光学系を構成する光学部材の数値データを示す。

第4実施例では、第1レンズがガラス、第2レンズと第3レンズと第4レンズがプラスチックで構成されている。用いているプラスチックは、第3レンズはポリオレフィン系のゼオネックス、第2レンズと第4レンズはポリカーボネートである。

また、結像光学系の像面には、1/3インチ、130万画素（画素間隔 $P = 3.6 \mu m$ ）の撮像素子が配置されている。

数値データ4

焦点距離：4.6mm、Fno（開放Fナンバー）：2.8、像高：3.0mm、半画角：33°

20

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッペ数
物体面				
1	3.80	0.91	1.8061	40.9
2	14.15	0.21		
3	絞り面	1.14		
4	非球面[1]	0.95	1.5091	56.2
5	非球面[2]	0.05		
6	非球面[3]	1.58	1.5091	56.2
7	非球面[4]	0.20		
8	非球面[5]	0.50	1.5839	30.2
9	非球面[6]	0.61		
10		0.88		

像面

30

【0052】

非球面[1]

曲率半径 - 2.61

$k = -6.9628 \times 10^{-1}$

$a = -2.0780 \times 10^{-2}$

$b = -2.1734 \times 10^{-2}$

$c = 1.0103 \times 10^{-2}$

非球面[2]

曲率半径 - 2.10

$k = -1.6740 \times 10^{+0}$

$a = 1.7428 \times 10^{-2}$

$b = -6.4850 \times 10^{-3}$

非球面[3]

曲率半径 - 4.06

$k = 2.2608 \times 10^{+0}$

$a = 3.0315 \times 10^{-2}$

$b = -1.4105 \times 10^{-3}$

非球面[4]

曲率半径 - 0.88

$k = -3.4614 \times 10^{+0}$

$a = -2.8465 \times 10^{-2}$

$b = 5.5681 \times 10^{-3}$

40

50

非球面[5]

曲率半径 62.03

$$k = -3.5486 \times 10^{+19}$$

$$a = -4.2958 \times 10^{-3} \quad b = 4.5975 \times 10^{-4}$$

非球面[6]

曲率半径 0.91

$$k = -6.3059 \times 10^{+0}$$

$$a = -1.3126 \times 10^{-2} \quad b = 4.0147 \times 10^{-4}$$

【0053】

なお、本発明の上記各実施例では少なくとも一部のレンズをプラスチックで構成したが、プラスチックレンズをガラスレンズで構成してもかまわない。また、例えば、上記各実施例で用いる材料よりも屈折率の高いガラスを用いれば、さらに高性能な光学系にすることが可能である。また、特殊低分散ガラスを用いれば色収差の補正にとって有効である。また、レンズをプラスチックで構成する場合には、低吸湿材料を用いることにより、環境変化による性能の劣化を軽減し得る。

10

【0054】

また、上記各実施例において、ゴースト、フレア等の不要光をカットするために、明るさ絞り以外にフレア絞りを配置しても良い。フレア絞りは、上記各実施例の第1レンズの前、第1レンズと明るさ絞りとの間、明るさ絞りと第2レンズとの間、第2レンズと第3レンズとの間、第3レンズと第4レンズとの間、第4レンズと像面との間のいずれの場所に配置しても良い。

20

このフレア絞りとしての作用を持たせるためには、枠によりフレア光線をカットする方法を採用しても良いし、別の部材を設けることによって、フレア光線をカットする方法を採用してもよい。または、フレア絞りを光学系に直接印刷したり、塗装したり、シールなどを接着することにより構成しても良い。

また、フレア絞りの形状は、円形、楕円形、矩形、多角形、関数曲線で囲まれる範囲等、いかなる形状でもかまわない。

また、フレア絞りを設けることによって、有害光束をカットするだけでなく画面周辺のコマフレア等の光束をカットするようにしても良い。

また、各レンズに反射防止コートを行い、ゴースト、フレアを軽減するようにしてもかまわない。その場合、マルチコートにすると効果的にゴースト、フレアを軽減できる。また、レンズ面やカバーガラスなどに、赤外カットコートを行っても良い。

30

【0055】

また、本発明の上記各実施例の結像光学系において、ピント調節を行うためにフォーカシングを行うように構成しても良い。フォーカシング方法としては、レンズ系全体の繰り出し、一部レンズの繰り出し、もしくは繰り込みのいずれを採用してもよい。

【0056】

また、本発明の上記各実施例の結像光学系において、画像周辺部の明るさ低下を、CCDのマイクロレンズをシフトすることにより軽減しても良い。例えば、各像高における光線の入射角に合わせてCCDのマイクロレンズの設計を変えても良い。また画像処理により画像周辺部の低下量を補正しても良い。

40

また、図示はしていないが、本発明の光学系は、フィルムやCCDを記録部材とするカメラ、あるいは携帯電話、携帯型情報入力端末等の光学装置に適している。よって、上記の光学系を備えた光学装置も、本発明として含まれる。

【0057】

次に、各実施例における条件式パラメータ計算値を表1に示す。

表1

	第 1 実施例	第 2 実施例	第 3 実施例	第 4 実施例
$\phi m / \phi p$	-0.11	-0.11	-0.05	-0.05
$\nu 3 \cdot \nu 4$	26.0	26.0	26.0	26.0
$r1f/f$	0.64	0.82	0.40	0.82
$f123/ f4 $	0.97	0.94	1.12	1.52
$f/ f4 $	1.72	1.57	1.92	2.94
$f/f234$	0.60	0.57	0.51	0.47
EXP/f	1.20	1.18	1.07	0.92
$Fno/P[1/\mu m]$	1.17	0.93	0.78	0.78
ML/TL	0.09	0.09	0.07	0.07

10

【 0 0 5 8 】

図 9 は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの外観を示す前側斜視図、図 10 は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだデジタルカメラの外観を示す後側斜視図である。図において、1 は撮影光路 2 を有する撮影光学系、3 はファインダー用光路 4 を有するファインダー光学系、5 はシャッター鉤、6 はフラッシュ、7 は液晶表示モニターである。また、カメラの上部に配置されたシャッター鉤 5 を押すと、それに連動して撮影光学系 1 を通して撮影が行われるようになっている。

20

【 0 0 5 9 】

図 11 (a) は撮像光学系に本発明の結像光学系を含んだ携帯電話の一例の正面図、図 11 (b) は同側面図である。図中、10 はマイク部、11 はスピーカ部、12 は入力ダイヤル、13 はモニター、14 は撮影光学系、15 は通信電波の送信と受信を行うアンテナである。マイク部 10 は操作者の声を情報として入力し、スピーカ部 11 は通話相手の声を出力する。入力ダイヤル 12 は操作者が情報を入力するのに用いられ、モニター 13 は操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を表示する。アンテナ 15 は通信電波の送信と受信を行なう。

30

撮影光学系 14 は、撮影光路 16 上に配置された本発明の結像光学系と、像を受光する撮像素子とを有し、これらは携帯電話に内蔵されている。撮像素子の前面には IR カットフィルターが設けられ、また、撮影光学系 14 の先端には該光学系を保護するためのカバーガラスが配置されている。撮像素子で受光された物体像は、携帯電話に内蔵された図示しない処理手段に入力され、電子画像としてモニター 13 に、または、通話相手のモニターに、または、その両方に表示される。また、通話相手に画像を送信する場合には、上記処理手段に含まれる信号処理機能により、撮像素子で受光された物体像の情報が送信可能な信号へ変換されるようになっている。

40

【 0 0 6 0 】

以上説明したように、本発明の結像光学系は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次のような特徴を備えている。

【 0 0 6 4 】

(1) 次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 に記載の結像光学系。

$$0.4 < EXP/f < 2.0 \quad \dots (7)$$

但し、EXP は像面から射出瞳までの距離、f は前記結像光学系全系の焦点距離である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 5 】

50

【図 1】本発明の結像光学系の第 1 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2】第 1 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

。

【図 3】本発明の結像光学系の第 2 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 4】第 2 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

。

【図 5】本発明の結像光学系の第 3 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 6】第 3 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

。

【図 7】本発明の結像光学系の第 4 実施例の光学構成を示す光軸に沿う断面図である。

10

【図 8】第 4 実施例にかかる結像光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

。

【図 9】本発明の結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す前側斜視図である。

。

【図 10】本発明の結像光学系を用いたデジタルカメラの概略構成を示す後側斜視図である。

【図 11】(a)は、本発明の結像光学系を用いた携帯電話の概略構成を示す正面図、(b)は、同側面図である。

【符号の説明】

【0066】

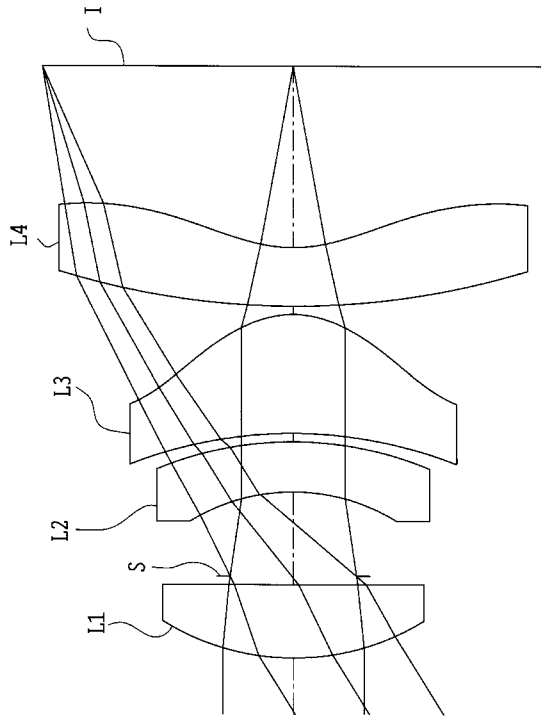
20

L 1 , L 1 '	正メニスカスレンズ (第 1 レンズ)
L 2	負メニスカスレンズ (第 2 レンズ)
L 2 '	正メニスカスレンズ (第 2 レンズ)
L 3 , L 3 '	正メニスカスレンズ (第 3 レンズ)
L 4 , L 4 '	負メニスカスレンズ (第 4 レンズ)
S	明るさ絞り
I	撮像面
1	撮影光学系
2 , 1 6	撮影光路
3	ファインダー光学系
4	ファインダー用光路
5	シャッター鉤
6	フラッシュ
7	液晶表示モニター
1 0	マイク部
1 1	スピーカ部
1 2	入力ダイヤル
1 3	モニター
1 4	撮影光学系
1 5	アンテナ

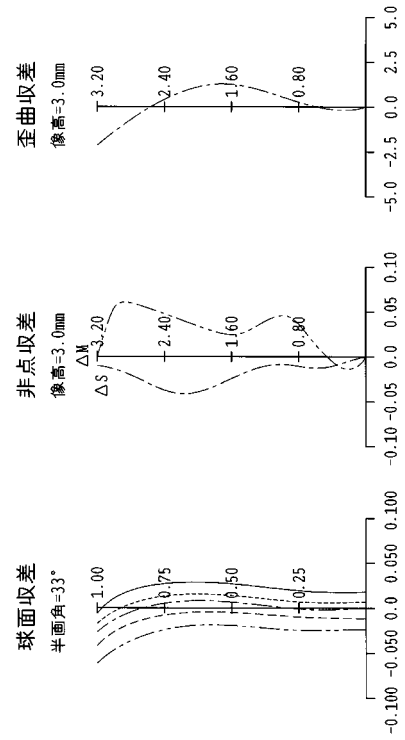
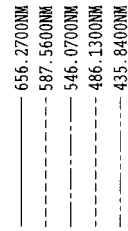
30

40

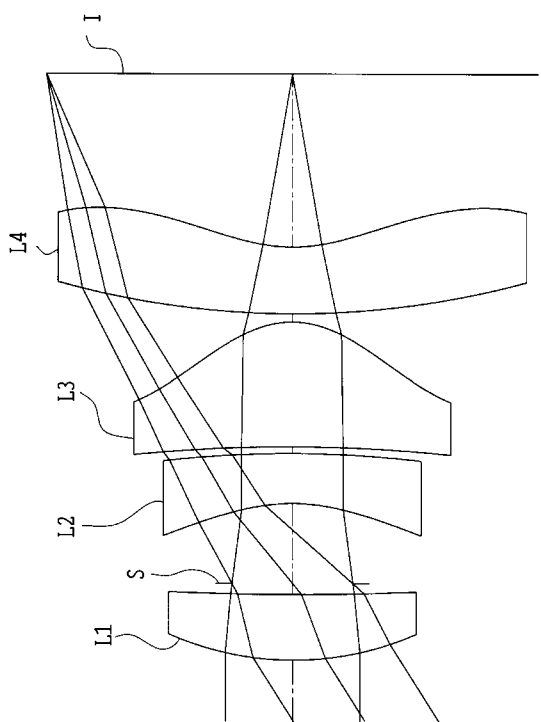
【図 1】



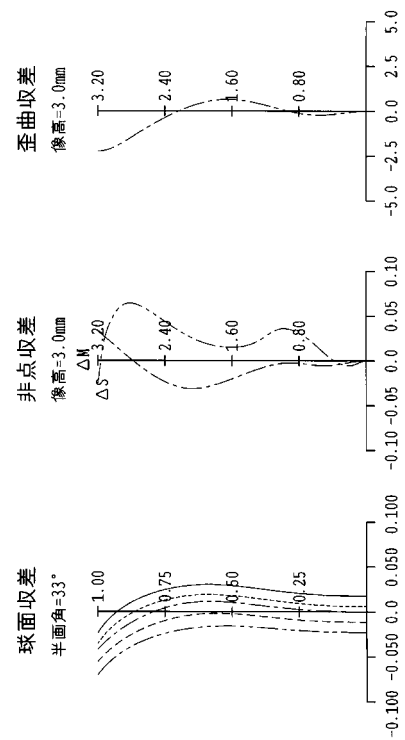
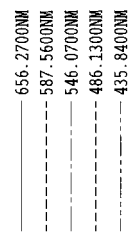
【図 2】



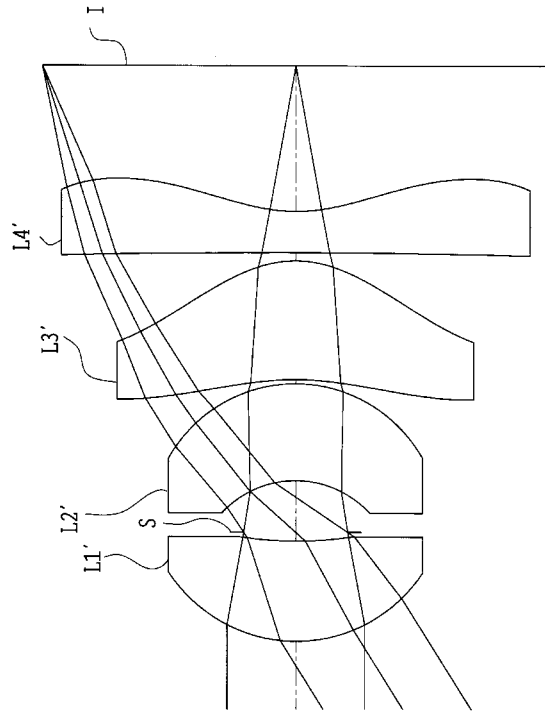
【図 3】



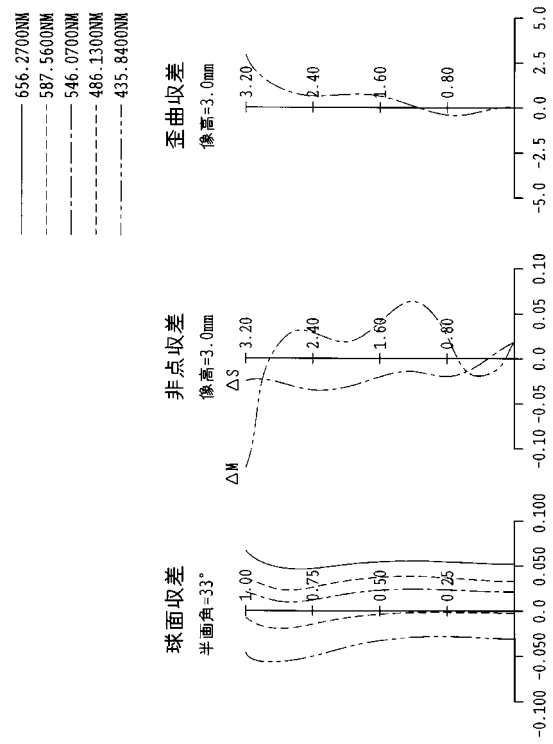
【図 4】



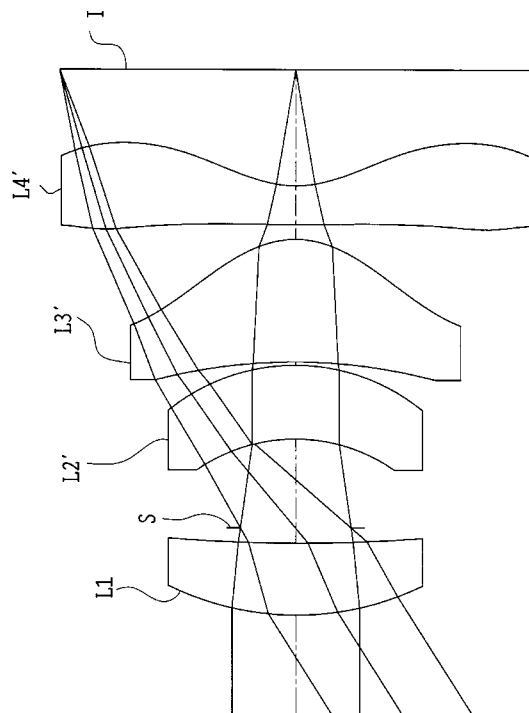
【図 5】



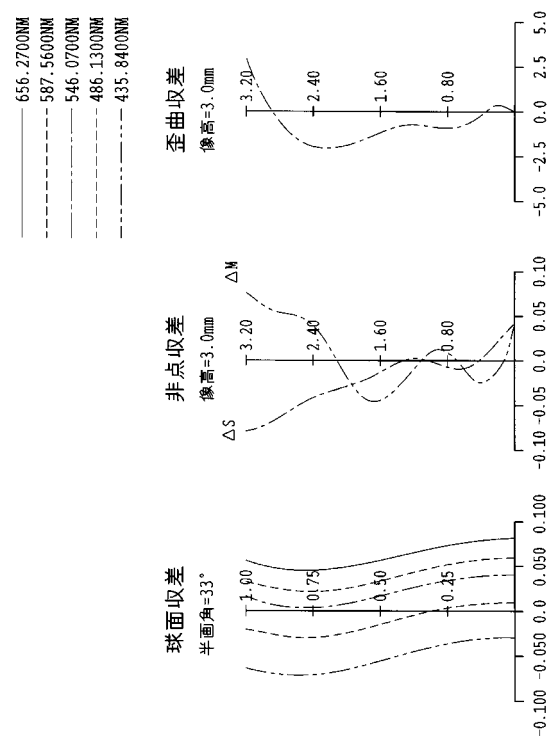
【図 6】



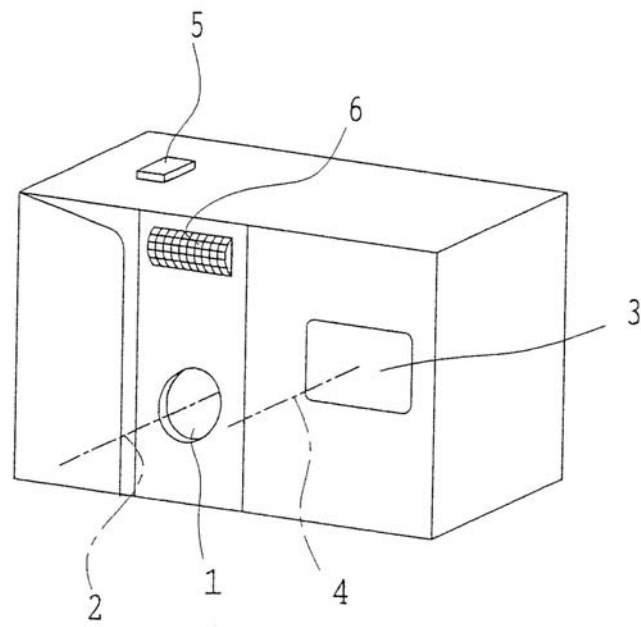
【図 7】



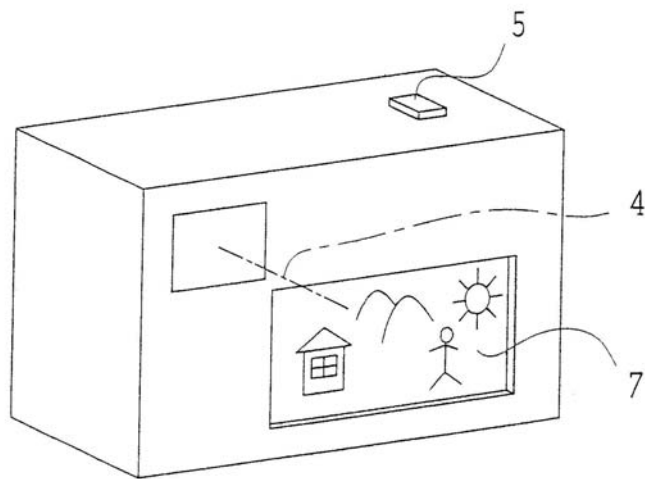
【図 8】



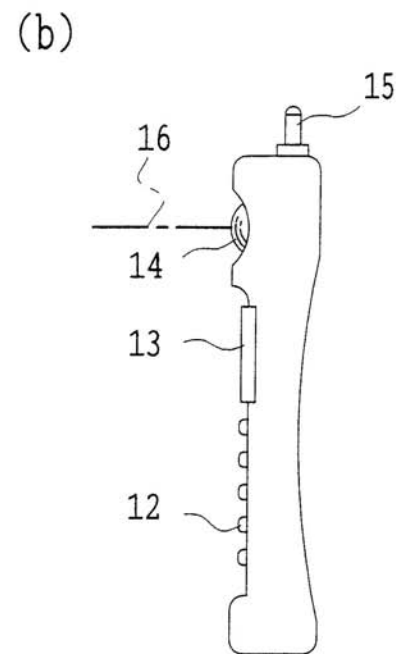
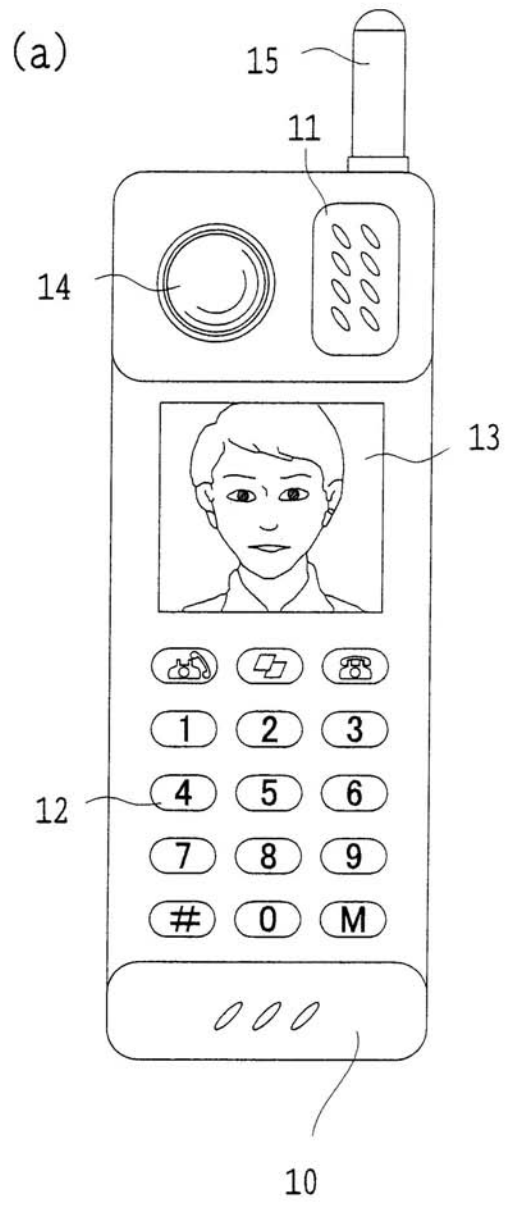
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平03-168608(JP,A)
実開平02-119629(JP,U)
特開2002-365530(JP,A)
特開平04-095912(JP,A)
特開2002-221657(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 13/00 - 13/26