

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4712318号
(P4712318)

(45) 発行日 平成23年6月29日(2011.6.29)

(24) 登録日 平成23年4月1日(2011.4.1)

(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 4 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2004-165528 (P2004-165528)
 (22) 出願日 平成16年6月3日(2004.6.3)
 (65) 公開番号 特開2005-25174 (P2005-25174A)
 (43) 公開日 平成17年1月27日(2005.1.27)
 審査請求日 平成19年5月21日(2007.5.21)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-166330 (P2003-166330)
 (32) 優先日 平成15年6月11日(2003.6.11)
 (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 下村 一石

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系及びそれを用いた電子機器

(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レンズとしての物体側に凹面を向けた負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レンズと、第4レンズとしての両面が凸面の正レンズを配置して構成し、

前記第4レンズは少なくとも一つの非球面を有し、

次の条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

$$1.0 < m/p < 50.0$$

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。

【請求項 2】

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。

$$0.3 < f_1/f < 2.0$$

但し、 f_1 は前記第1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。

【請求項 3】

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レンズとしての物体側に凹面を向けた負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レンズと、第4レンズとしての両面が凸面の正レンズを配置して構成し、

前記第 1 レンズ、前記第 2 レンズ、前記第 3 レンズ及び前記第 4 レンズのうち一部のレンズはプラスチックレンズであり、

次の条件式を満足することを特徴とする結像光学系。

$$0.03 < ML / TL < 0.15$$

但し、TL は前記結像光学系の全長、ML は前記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である。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 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】

10

【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、携帯型コンピュータや携帯電話等に搭載される撮像ユニットでは特に小型、軽量化が求められている。

20

【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～3 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とすると、面数が少ないため、一面一面の非球面量が大きくなる。従って、偏心感度が大きくなり、製造上困難となってしまう。

【0004】

これらの問題を考慮したものとしては、正負正のトリプレットの像側に正レンズを付加して構成し、性能と生産性を向上させた光学系が提案されている。このようなタイプの結像光学系の従来例としては、次の特許文献 1 及び 2 に記載された光学系が知られている。

30

【特許文献 1】特開平 8 - 286108 号公報

【特許文献 2】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】

【0005】

しかし、特許文献 1 に記載されている全ての実施例の光学系では、第 4 レンズが像側に凹面を向けたメニスカスレンズとして構成されている。そのため、第 4 レンズの像側の面は負パワーとなり、この面において各像高の主光線は発散する。その結果、撮像素子に入射する角度が非常に大きくなってしまふ。このため、特許文献 1 に記載の光学系は、例えば CCD などのような固体撮像素子には向いていない。

40

【0006】

また、特許文献 2 に記載されている光学系では、第 1 レンズは両面が凸面のレンズであり、第 2 レンズは両面が凹面のレンズであることから、コマ収差が発生し易く、従って半画角 20 度と狭角な光学系である。また、偏心時の画質の劣化量も大きく、ゆえに高精度な組立精度が要求され、製造コストがかかってしまふ。

【0007】

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、高画角化、高性能化、小型化を同時に満たす結像光学系を提供することである。

50

【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レンズとしての物体側に凹面を向けた負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レンズと、第4レンズとしての両面が凸面の正レンズを配置して構成し、前記第4レンズは少なくとも一つの非球面を有し、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$1.0 < m/p < 50.0$$

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

なお、本発明による結像光学系は、次の条件式を満足することが好ましい。

$$0.3 < f_1/f < 2.0$$

但し、f₁は前記第1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。

【0012】

また、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レンズとしての物体側に凹面を向けた負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レンズと、第4レンズとしての両面が凸面の正レンズを配置して構成し、前記第1レンズ、前記第2レンズ、前記第3レンズ及び前記第4レンズのうち一部のレンズはプラスチックレンズであり、次の条件式を満足することを特徴とする。

20

$$0.03 < ML/TL < 0.15$$

但し、TLは前記結像光学系の全長、MLは前記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である。

【0013】

また、上記目的を達成するため、本発明による電子機器は、上記いずれかの結像光学系を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0014】

以上述べたように、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。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

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レンズ、第2レンズ、第3レンズ及び第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、結像光学系が大型化するのは避けられない。

40

また、本明細書の背景技術において述べたように、結像光学系を3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歪曲の低減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。

【0016】

また、本発明では、第1レンズを物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズで構成した。このようにすると、第1レンズの主点位置が物体側に移動するので、全長短縮に寄与する。

【0017】

50

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配置することが望ましい。

また、広角な光学系は、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2レンズと第3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、全長が小さく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。

10

【0018】

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メニスカスレンズで、第2レンズを物体側に凹面を向けた負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のなす角度、すなわち偏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。

【0019】

また、本発明における第4レンズは、撮像素子への光線入射角度を小さくするために重要なレンズである。そこで、第4レンズのパワーについて、中心に比べて周辺のパワーを大きくすることで、像高が高い光線を内側に大きく曲げて撮像素子への入射角を緩和させている。

20

しかし、光線を大きく曲げると収差が発生し易くなる。そのため、本発明の第4レンズに少なくとも一つの非球面を設けて、周辺の光線における撮像素子への光線入射および射出角度が小さくなる形状にすれば、偏角を限りなく小さくすることができる。その結果、周辺のパワーを大きくしつつも収差の発生を押さえることが可能となる。

従って、本発明の結像光学系では、以下の条件式(1)を満足することが重要である。

$$1.0 < m / p < 50.0 \quad \dots (1)$$

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。

30

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。

【0020】

条件式(1)の上限値を上回ると、レンズ周辺のパワーが大きくなりすぎて、像面への光線入射角の補正が過剰となってしまう。

一方、条件式(1)の下限値を下回ると、レンズ周辺のパワーが小さくなりすぎて、像面への光線入射角の補正が不十分となってしまう。

【0021】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(1')を満足するのが良い。

40

$$1.1 < m / p < 30.0 \quad \dots (1')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(1'')を満足するのが良い。

$$1.2 < m / p < 20.0 \quad \dots (1'')$$

【0022】

また、本発明の結像光学系では、第1レンズのパワーを強い正パワーのパワー配置とし、第2レンズ、第3レンズ及び第4レンズの合成パワーを弱い正パワーのパワー配置にすることで、結像光学系全長を小さくしている。そのため、このタイプのパワー配置に対して、光学系全長と性能をバランスよく達成させるためには、次の条件式(2)を満足するのが好ましい。

$$0.3 < f_1 / f < 2.0 \quad \dots (2)$$

50

但し、 f_1 は第 1 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。

【0023】

条件式(2)の上限値を上回ると、第 1 レンズのパワーが小さくなってしまい、結像光学系の全長を短縮するのに不利である。

一方、条件式(2)の下限値を下回ると、第 1 レンズの正パワーが大きくなる。よって、それに伴い第 2 レンズ、第 3 レンズ及び第 4 レンズのパワーも負側に強くしなければならぬ。その結果、各レンズで発生する収差が増大し、性能を確保するのが困難となる。

【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。

$$0.5 < f_1 / f < 1.5 \quad \dots (2')$$

10

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。

$$0.7 < f_1 / f < 1.0 \quad \dots (2'')$$

【0025】

また、本発明の結像光学系は、偏心時の性能劣化量を小さくするために、以下の条件式(3)及び(4)を満足することが重要である。

$$-8.0 < r_{1r} / r_{2f} < -0.5 \quad \dots (3)$$

$$0.01 < r_{2r} / r_{3f} < 3.0 \quad \dots (4)$$

但し、 r_{1r} は第 1 レンズの像側の曲率半径、 r_{2f} は第 2 レンズの物体側の曲率半径、 r_{2r} は第 2 レンズの像側の曲率半径、 r_{3f} は第 3 レンズの物体側の曲率半径である。

20

【0026】

条件式(3)及び(4)の範囲内であれば、上記第 1 レンズ、第 2 レンズ及び第 3 レンズの偏角を小さくすることができる。このようにすると、レンズの相対偏心による性能劣化を抑制することが可能となる。

加えて、条件式(3)及び(4)の上限値を上回ると、第 1 レンズと第 2 レンズの物体側のパワーが強くなりすぎてしまう。その結果、これらの面で発生する球面収差やコマ収差を他の面で補正することが困難になる。

一方、条件式(3)及び(4)の下限値を下回ると、第 1 レンズと第 2 レンズの像側のパワーが強くなりすぎてしまう。その結果、これらの面で発生する球面収差やコマ収差を他の面で補正することが困難になる。

30

【0027】

なお、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(3')及び(4')を満足するのが良い。

$$-6.0 < r_{1r} / r_{2f} < -1.0 \quad \dots (3')$$

$$0.03 < r_{2r} / r_{3f} < 1.5 \quad \dots (4')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(3'')及び(4'')を満足するのが良い。

$$-4.0 < r_{1r} / r_{2f} < -1.5 \quad \dots (3'')$$

$$0.05 < r_{2r} / r_{3f} < 1.2 \quad \dots (4'')$$

【0028】

40

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、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(5)を満足するのが好ましい。

$$0.5 < EXP / f < 2.5 \quad \dots (5)$$

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

【0029】

条件式(5)の上限値を上回ると、全長が大きくなってしまう。

50

一方、条件式(5)の下限値を下回ると、CCDへの入射角が大きくなりすぎて、画像周辺部の明るさが低下してしまう。

【0030】

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

$$0.7 < EXP / f < 1.8 \quad \dots (5')$$

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

$$0.9 < EXP / f < 1.3 \quad \dots (5'')$$

【0031】

また、本発明の第4レンズとしての正レンズをプラスチックで構成すると、軽量化及び製作コストが安価になり好ましい。

さらに、本発明の第2レンズとしての負メニスカスレンズをプラスチックで構成すると、軽量化及び製作コストが安価になり好ましい。

【0032】

また、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、次の条件式を満足することを特徴とするのが良い。

$$0.30 [1/\mu m] < Fno / P [\mu m] < 2.50 [1/\mu m] \quad \dots (6)$$

この条件式の上限を上回ると、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。他方、下限を下回ると、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。

【0033】

なお、本発明の結像光学系は、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.40 [1/\mu m] < Fno / P [\mu m] < 2.00 [1/\mu m] \quad \dots (6')$$

なお、本発明の結像光学系は、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$0.50 [1/\mu m] < Fno / P [\mu m] < 1.50 [1/\mu m] \quad \dots (6'')$$

【0034】

また、前記第1レンズ、前記第2レンズ、前記第3レンズおよび前記第4レンズのうち一部のレンズはプラスチックレンズであり、結像光学系の全長をTL、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、次の条件式を満足するのが良い。

$$0.02 < ML / TL < 0.15 \quad \dots (7)$$

この条件式の上限を上回ると、結像光学系の全長に対して、結像光学系に含まれるプラスチックレンズの最小軸上肉厚が大きすぎることになる。そのため、そのプラスチックレンズとともに配置されるガラスレンズの中心肉厚に対して必要な間隔を、結像光学系中に十分に確保できず、そのガラスレンズを非常に薄く加工しなければならなくなってしまう。他方、下限を下回ると、結像光学系に含まれるプラスチックレンズの最小軸上肉厚が小さ過ぎるため、成型時にプラスチック樹脂を成型型にスムーズに注入しにくくなってしまう。その結果、応力がかかって複屈折が生じたりして、成型に時間がかかり、生産性が悪化してしまう。

【0035】

なお、本発明の結像光学系は、次の条件式を満たすのが、より良い。

$$0.05 < ML / TL < 0.11 \quad \dots (7')$$

なお、本発明の結像光学系は、次の条件式を満たすのが、更に良い。

$$0.07 < ML / TL < 0.09 \quad \dots (7'')$$

【0036】

また、電子機器は、上記の結像光学系を備えるのが好ましい。

【実施例】

【0037】

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 L 1 と、明るさ絞り S と、負メニスカスレンズ L 2 と、正メニスカスレンズ L 3 と、正レンズ L 4 とで構成されている。また、上記各レンズにおける全ての屈折面は、非球面で構成されている。図 1 中、I は撮像素子の撮像面である。

正メニスカスレンズ L 1 は、第 1 レンズである。この正メニスカスレンズ L 1 は、物体側に凸面を向けている。負メニスカスレンズ L 2 は、第 2 レンズである。この負メニスカスレンズ L 2 は、物体側に凹面を向けている。正メニスカスレンズ L 3 は、第 3 レンズである。この正メニスカスレンズ L 3 は、像側に凸面を向けている。正レンズ L 4 は、第 4

10

【 0 0 3 8 】

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 L 1、第 3 レンズ L 3 及び第 4 レンズ L 4 はポリオレフィン系のゼオネックス、第 2 レンズ L 2 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、3 0 0 万画素（画素間隔 $P = 2.4 \mu m$ ）の撮像素子が配置されている。

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

20

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y / r)^2\}^{1/2}] + a y^4 + b y^6 + c y^8 + d y^{10} + \dots$$

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：4.60 mm、F no（開放 F ナンバー）：3.5、像高：3.0 mm、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	非球面[1]	0.98	1.5091	56.2
2	非球面[2]	0.12		
3	絞り面	0.53		
4	非球面[3]	0.50	1.5839	30.2
5	非球面[4]	0.05		
6	非球面[5]	0.98	1.5091	56.2
7	非球面[6]	0.05		
8	非球面[7]	2.64	1.5091	56.2
9	非球面[8]	0.60		

30

像 面

【 0 0 3 9 】

非球面[1]

40

曲率半径 1.33

$$k = 7.5798 \times 10^{-2}$$

$$a = 6.8323 \times 10^{-3} \quad b = 7.0011 \times 10^{-3}$$

非球面[2]

曲率半径 3.30

$$k = 1.6269 \times 10^{+1}$$

$$a = -4.4165 \times 10^{-2} \quad b = -5.1535 \times 10^{-2} \quad c = -1.3163 \times 10^{-1}$$

$$d = -4.6932 \times 10^{-3}$$

非球面[3]

曲率半径 -0.90

50

$$k = -7.8922 \times 10^{-1}$$

$$a = -1.0535 \times 10^{-1} \quad b = -4.6823 \times 10^{-3} \quad c = 4.6585 \times 10^{-2}$$

$$d = -9.9136 \times 10^{-1}$$

非球面[4]

曲率半径 -1.23

$$k = -1.4014 \times 10^{+0}$$

$$a = -5.8390 \times 10^{-4} \quad b = 1.8702 \times 10^{-2}$$

非球面[5]

曲率半径 -10.36

$$k = 1.6053 \times 10^{+1}$$

$$a = 1.3798 \times 10^{-4} \quad b = -2.5576 \times 10^{-2} \quad c = 1.6382 \times 10^{-2}$$

$$d = -3.1037 \times 10^{-3}$$

非球面[6]

曲率半径 -4.45

$$k = -4.9016 \times 10^{+0}$$

$$a = -3.0400 \times 10^{-2} \quad b = 1.7725 \times 10^{-3}$$

非球面[7]

曲率半径 500.00

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

$$a = 1.2022 \times 10^{-2} \quad b = -7.0126 \times 10^{-4}$$

非球面[8]

曲率半径 -9.84

$$k = -5.9318 \times 10^{+8}$$

$$a = 3.3798 \times 10^{-3} \quad b = -7.3468 \times 10^{-4}$$

【 0 0 4 0 】

第2実施例

図3は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、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、正レンズL4とで構成されている。また、上記各レンズにおける全ての屈折面は、非球面で構成されている。図3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。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、物体側に凹面を向けている。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。正レンズL4は、第4レンズである。この正レンズL4は、両面が凸面である。

【 0 0 4 1 】

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。

第2実施例では、第1レンズL1がガラス、第2レンズL2、第3レンズL3及び第4レンズL4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L3と第4レンズL4はポリオレフィン系のゼオネックス、第2レンズL2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 $P = 3.0 \mu\text{m}$ ）の撮像素子が配置されている。

数値データ2

焦点距離：4.70mm、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

10

20

30

40

50

1	非球面[1]	1.01	1.6779	55.3	
2	非球面[2]	0.21			
3	絞り面	0.43			
4	非球面[3]	0.50	1.5839	30.2	
5	非球面[4]	0.10			
6	非球面[5]	0.78	1.5091	56.2	
7	非球面[6]	0.10			
8	非球面[7]	1.63	1.5091	56.2	
9	非球面[8]	1.38			
像 面					10
【 0 0 4 2 】					
非球面[1]					
曲率半径 1.78					
$k = 2.0971 \times 10^{-1}$					
$a = 2.3654 \times 10^{-3} \quad b = 3.1037 \times 10^{-3}$					
非球面[2]					
曲率半径 3.57					
$k = 4.8780 \times 10^{+0}$					
$a = 3.2966 \times 10^{-3} \quad b = -1.5751 \times 10^{-2}$					
非球面[3]					20
曲率半径 -1.72					
$k = -1.4015 \times 10^{+0}$					
$a = -3.6868 \times 10^{-2} \quad b = -5.6464 \times 10^{-3} \quad c = -6.7915 \times 10^{-2}$					
非球面[4]					
曲率半径 -2.24					
$k = -2.4168 \times 10^{+0}$					
$a = 3.7716 \times 10^{-2} \quad b = -1.2219 \times 10^{-2}$					
非球面[5]					
曲率半径 -4.40					
$k = 1.0107 \times 10^{+1}$					30
$a = 3.0421 \times 10^{-2} \quad b = -9.2829 \times 10^{-3}$					
非球面[6]					
曲率半径 -2.87					
$k = -2.5874 \times 10^{+0}$					
$a = -1.6234 \times 10^{-2} \quad b = 2.9518 \times 10^{-3}$					
非球面[7]					
曲率半径 300.00					
$k = -3.5486 \times 10^{+19}$					
$a = 4.6389 \times 10^{-4} \quad b = -1.5500 \times 10^{-5}$					
非球面[8]					40
曲率半径 -84.94					
$k = -5.9318 \times 10^{+8}$					
$a = -4.9294 \times 10^{-3} \quad b = -1.4313 \times 10^{-3}$					

【 0 0 4 3 】

第3実施例

図5は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、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、負メニスカスレンズL2と、正メニスカスレンズL3と、正レンズL4とで構成されている。また、上記各レンズにおける全ての屈折面は、非球面で構成されている。図5

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。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、物体側に凹面を向けている。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。正レンズL4は、第4レンズである。この正レンズL4は、両面が凸面である。

【0044】

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、第1レンズL1と第3レンズL3がガラス、第2レンズL2と第4レンズL4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4レンズL4はポリオレフィン系のゼオネックス、第2レンズL2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3

焦点距離：4.50mm、Fno（開放Fナンバー）：3.2、像高：3.0mm、半画角：34°

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	非球面[1]	0.97	1.6779	55.3
2	非球面[2]	0.20		
3	絞り面	0.52		
4	非球面[3]	0.50	1.5839	30.2
5	非球面[4]	0.10		
6	非球面[5]	1.09	1.5091	56.2
7	非球面[6]	0.10		
8	非球面[7]	1.91	1.5091	56.2
9	非球面[8]	0.79		

像面

【0045】

非球面[1]

曲率半径 1.63

$$k = 1.8093 \times 10^{-1}$$

$$a = 4.5318 \times 10^{-3} \quad b = 4.1201 \times 10^{-3}$$

非球面[2]

曲率半径 2.86

$$k = 3.9847 \times 10^{+0}$$

$$a = 9.5441 \times 10^{-4} \quad b = -2.8751 \times 10^{-2}$$

非球面[3]

曲率半径 -1.05

$$k = -4.4472 \times 10^{-1}$$

$$a = -7.1775 \times 10^{-2} \quad b = 7.1040 \times 10^{-2} \quad c = -1.6964 \times 10^{-1}$$

非球面[4]

曲率半径 -1.26

$$k = -7.4056 \times 10^{-1}$$

$$a = 1.0694 \times 10^{-2} \quad b = 4.1614 \times 10^{-2}$$

非球面[5]

曲率半径 -19.08

$$k = 2.2912 \times 10^{+1}$$

$$a = 1.3407 \times 10^{-2} \quad b = -1.4085 \times 10^{-3}$$

非球面[6]

10

20

30

40

50

曲率半径 -6.50

$$k = 3.1891 \times 10^{+0}$$

$$a = -1.7929 \times 10^{-2} \quad b = 2.3492 \times 10^{-3}$$

非球面[7]

曲率半径 300.00

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

$$a = 1.5087 \times 10^{-3} \quad b = -1.4407 \times 10^{-4}$$

非球面[8]

曲率半径 -20.64

$$k = -5.9318 \times 10^{+8}$$

$$a = -1.0964 \times 10^{-3} \quad b = -6.6442 \times 10^{-4}$$

【 0 0 4 6 】

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 L 1 と、明るさ絞り S と、負メニスカスレンズ L 2 と、正メニスカスレンズ L 3 と、正レンズ L 4 とで構成されている。また、上記各レンズにおける全ての屈折面は、非球面で構成されている。図 7 中、I は撮像素子の撮像面である。

正メニスカスレンズ L 1 は、第 1 レンズである。この正メニスカスレンズ L 1 は、物体側に凸面を向けている。負メニスカスレンズ L 2 は、第 2 レンズである。この負メニスカスレンズ L 2 は、物体側に凹面を向けている。正メニスカスレンズ L 3 は、第 3 レンズである。この正メニスカスレンズ L 3 は、像側に凸面を向けている。正レンズ L 4 は、第 4 レンズである。この正レンズ L 4 は、両面が凸面である。

【 0 0 4 7 】

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 L 1 と第 3 レンズ L 3 がガラス、第 2 レンズ L 2 と第 4 レンズ L 4 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 4 レンズ L 4 はポリオレフィン系のゼオネックス、第 2 レンズ L 2 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、1 3 0 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：4.90 mm、Fno（開放 F ナンバー）：2.4、像高：3.0 mm、
半画角：31°

面番号	曲率半径	面（又は空気）間隔	屈折率	アッベ数
-----	------	-----------	-----	------

物体面

1	非球面[1]	1.22	1.5831	59.4
2	非球面[2]	0.23		
3	絞り面	0.40		
4	非球面[3]	0.50	1.5839	30.2
5	非球面[4]	0.11		
6	非球面[5]	0.87	1.8061	40.9
7	非球面[6]	0.10		
8	非球面[7]	1.50	1.5091	56.2
9	非球面[8]	1.73		

像 面

【 0 0 4 8 】

非球面[1]

曲率半径 1.82

$$k = 3.5885 \times 10^{-1}$$

10

20

30

40

50

$$a = -1.1794 \times 10^{-3} \quad b = 5.3463 \times 10^{-4}$$

非球面[2]

曲率半径 4.06

$$k = 5.2264 \times 10^{+0}$$

$$a = 1.1141 \times 10^{-2} \quad b = 1.0771 \times 10^{-3}$$

非球面[3]

曲率半径 -2.28

$$k = -2.0296 \times 10^{+0}$$

$$a = -3.0425 \times 10^{-2} \quad b = -8.3232 \times 10^{-3} \quad c = -3.7680 \times 10^{-2}$$

非球面[4]

曲率半径 -7.13

$$k = -4.1823 \times 10^{+1}$$

$$a = 4.7941 \times 10^{-2} \quad b = -1.5400 \times 10^{-2}$$

非球面[5]

曲率半径 -7.16

$$k = 1.9967 \times 10^{+1}$$

$$a = 2.7582 \times 10^{-2} \quad b = -1.7023 \times 10^{-4}$$

非球面[6]

曲率半径 -2.79

$$k = -6.1217 \times 10^{+0}$$

$$a = -2.7227 \times 10^{-2} \quad b = 6.7906 \times 10^{-3}$$

非球面[7]

曲率半径 300.00

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

$$a = 3.5355 \times 10^{-3} \quad b = -1.1022 \times 10^{-4}$$

非球面[8]

曲率半径 -247.18

$$k = -5.9318 \times 10^{+8}$$

$$a = -6.7287 \times 10^{-3} \quad b = -7.6835 \times 10^{-4}$$

【 0 0 4 9 】

なお、本発明の上記各実施例では少なくとも一部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。

【 0 0 5 0 】

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レンズの物体側)、第1レンズと第2レンズとの間、第2レンズと明るさ絞りとの間、明るさ絞りと第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。

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でも良いし、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良い。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。

【 0 0 5 1 】

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良い。

【 0 0 5 2 】

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。

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や監視カメラ等の光学装置にも適している。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。

【 0 0 5 3 】

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

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
ϕ_m/ϕ_p	1.31	9.13	2.09	18.87
$f1/f$	0.81	0.91	0.94	0.96
$r1r/r2f$	-3.69	-2.08	-2.72	-1.78
$r2r/r3f$	0.12	0.51	0.07	1.00
EXP/f	1.20	0.94	1.04	0.98
$Fno/P[1/\mu m]$	1.46	0.93	1.07	0.67
ML/TL	0.078	0.081	0.081	0.075

【 0 0 5 4 】

図9(a)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9(b)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はシャッター釦、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釦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。

【 0 0 5 5 】

図10(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10(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。

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、通信相手のモニターに、または、その両方に表示される。また、通信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。

【図面の簡単な説明】

【0061】

【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。

【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】(a)は、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、(b)は、同カメラの後側斜視図である。

【図10】(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】

【0062】

L 1 1、L 2 1、L 3 1、L 4 1 正屈折力の第1レンズ

L 1 2、L 2 2、L 3 2、L 4 2 正屈折力の第2レンズ

L 1 3、L 2 3、L 3 3、L 4 3 負屈折力の第3レンズ

L 1 4、L 2 4、L 3 4、L 4 4 正屈折力の第4レンズ

I 撮像面

S 明るさ絞り

1 撮影光学系

2 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

10 マイク部

11 スピーカ部

12 入力ダイヤル

13 モニター

14 撮影光学系

15 アンテナ

16 撮影光路

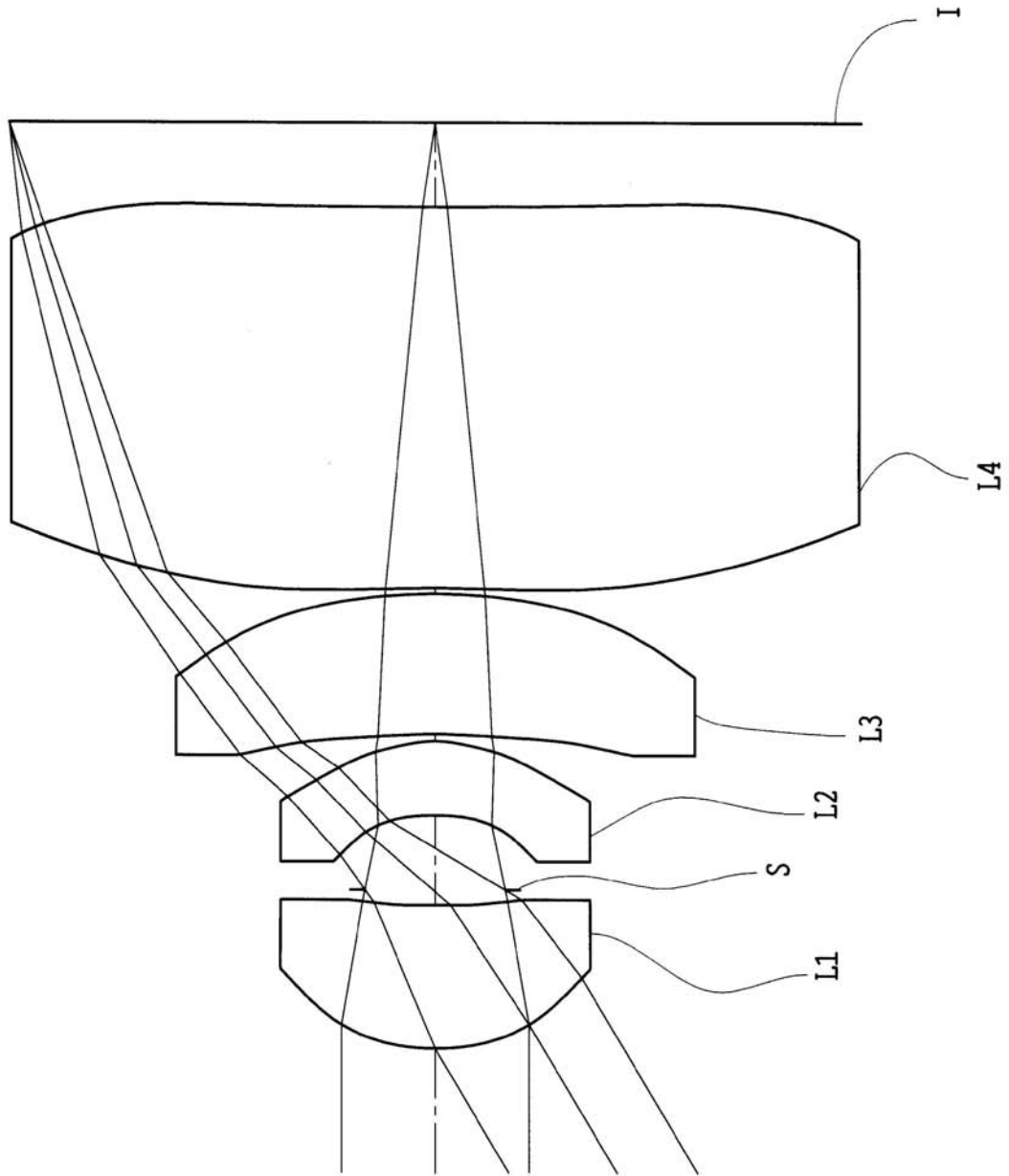
10

20

30

40

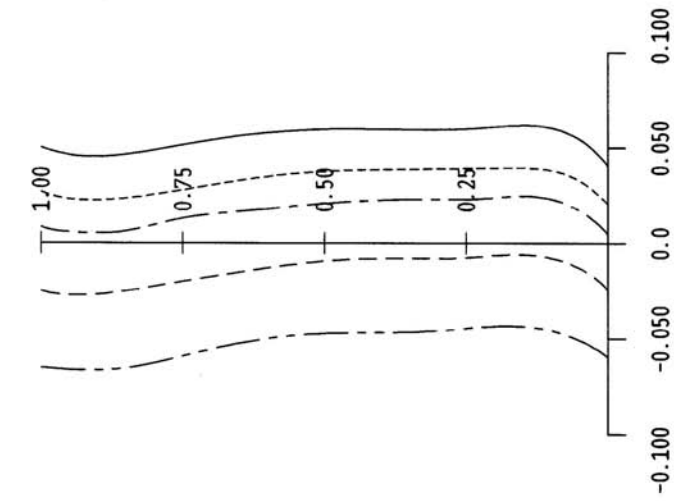
【図 1】



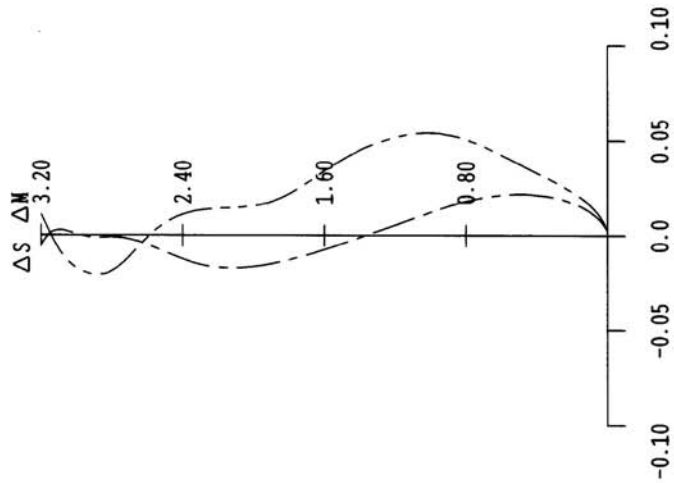
【図 2】

——	656.270nm
----	587.560nm
——	546.070nm
----	486.130nm
——	435.840nm

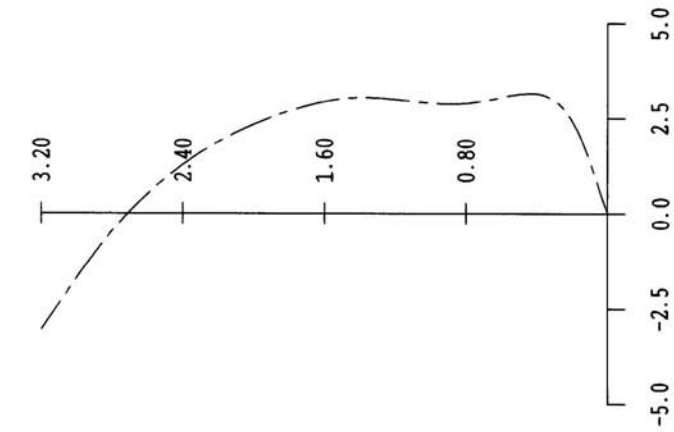
球面収差
半画角 = 33°



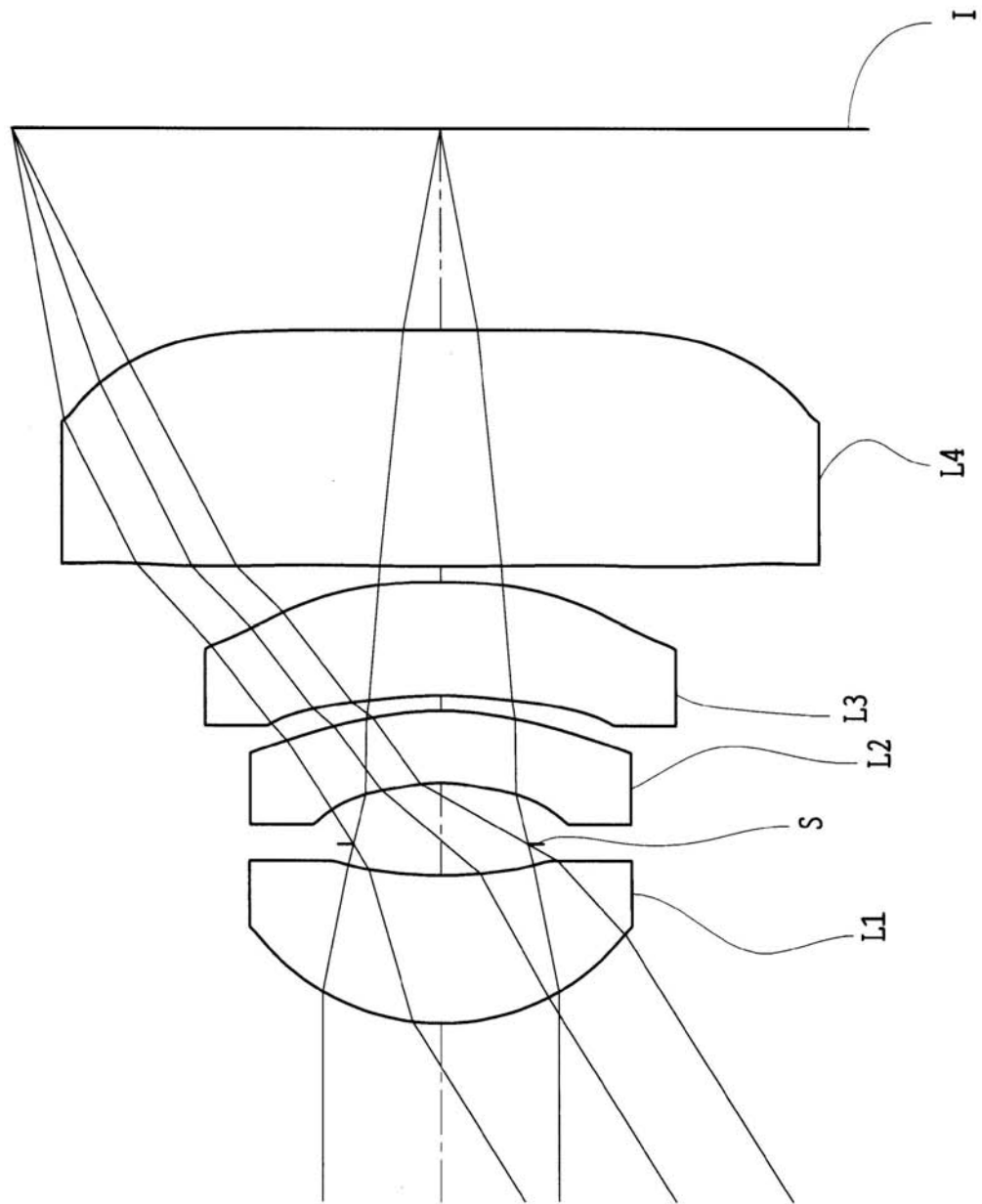
非点収差
像高 = 3.0mm



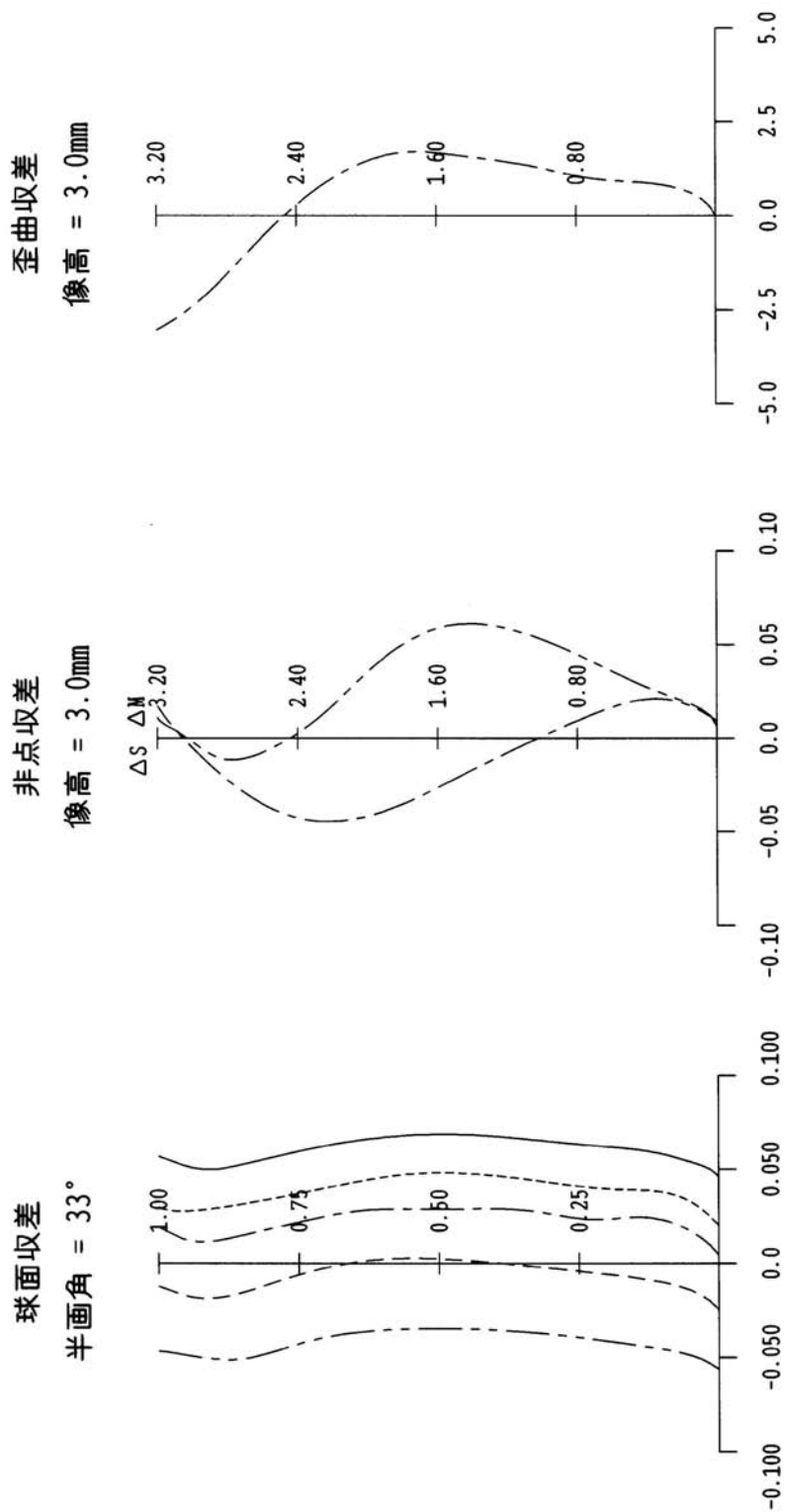
歪曲収差
像高 = 3.0mm



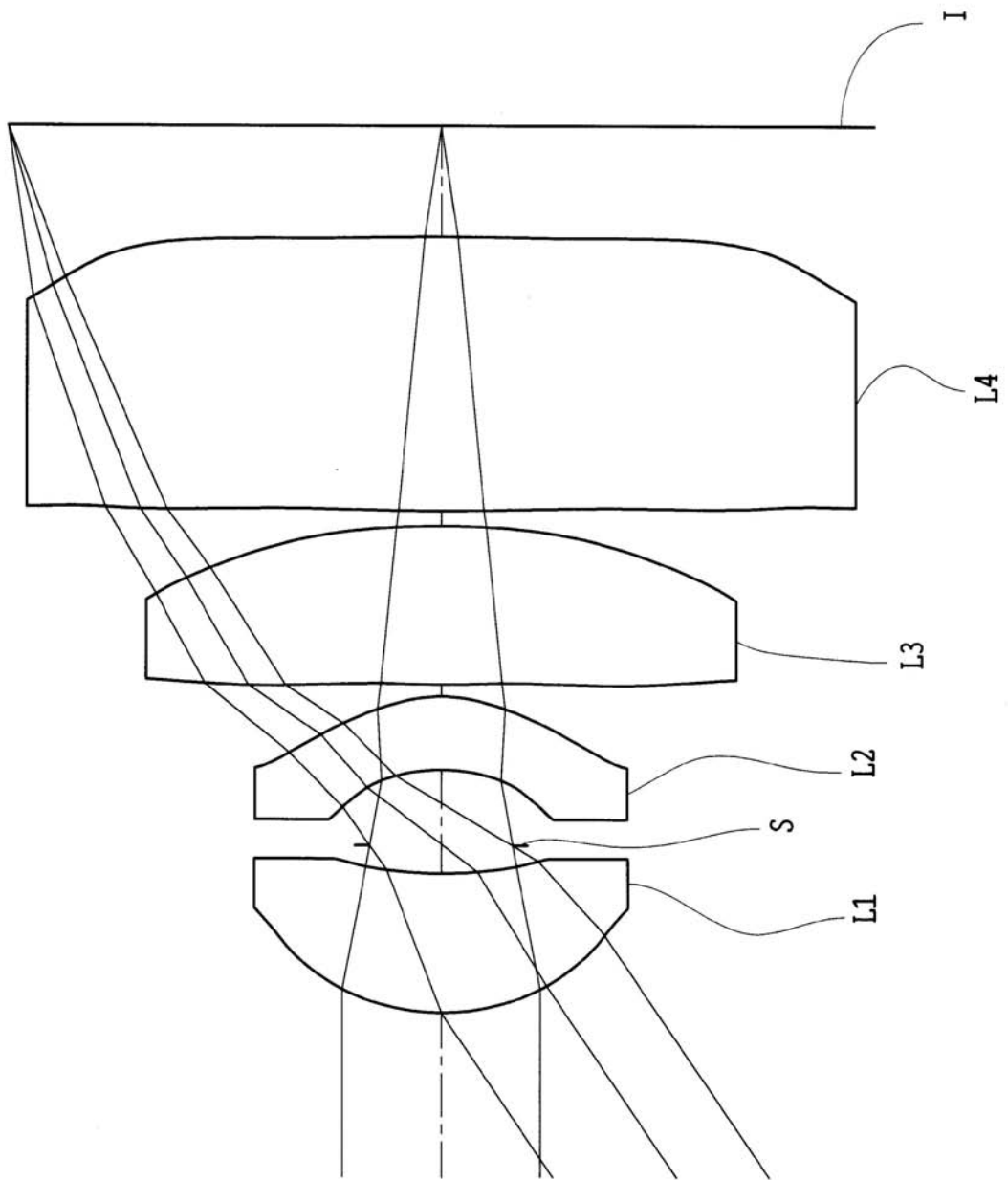
【図 3】



——	656.2700NM
- - - -	587.5600NM
——	546.0700NM
- - - -	486.1300NM
——	435.8400NM



【図 5】

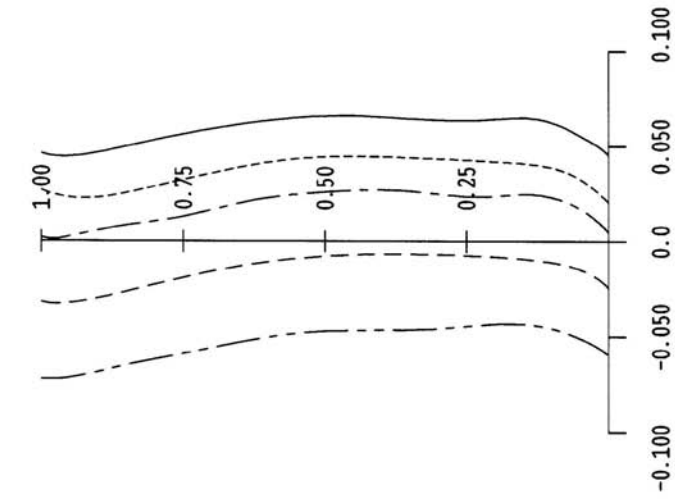


【図6】

——	656.270nm
- - - -	587.560nm
——	546.070nm
- - - -	486.130nm
——	435.840nm

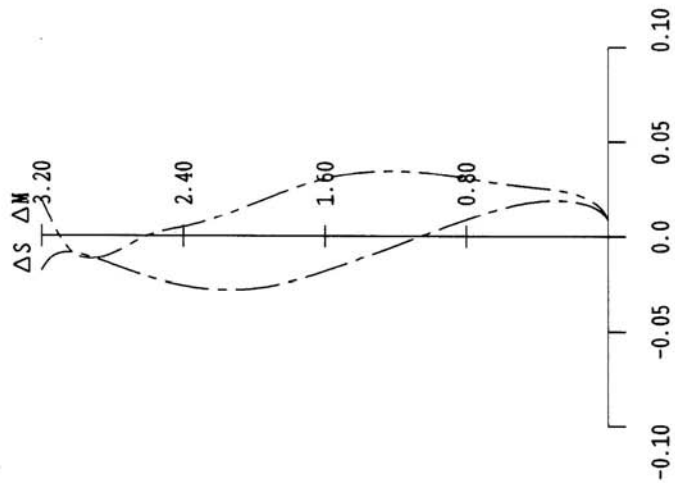
球面収差

半面角 = 34°



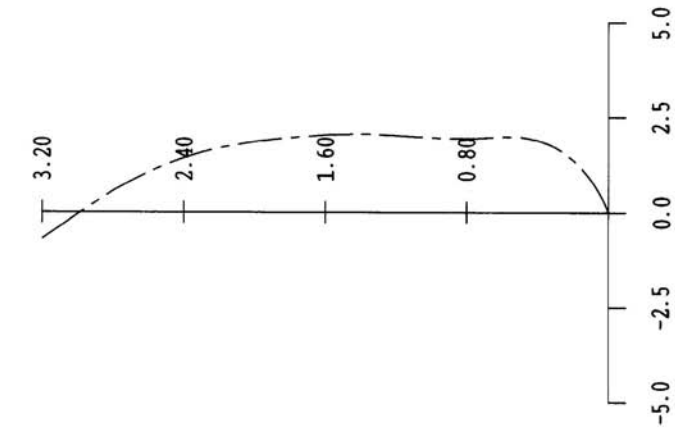
非点収差

像高 = 3.0mm

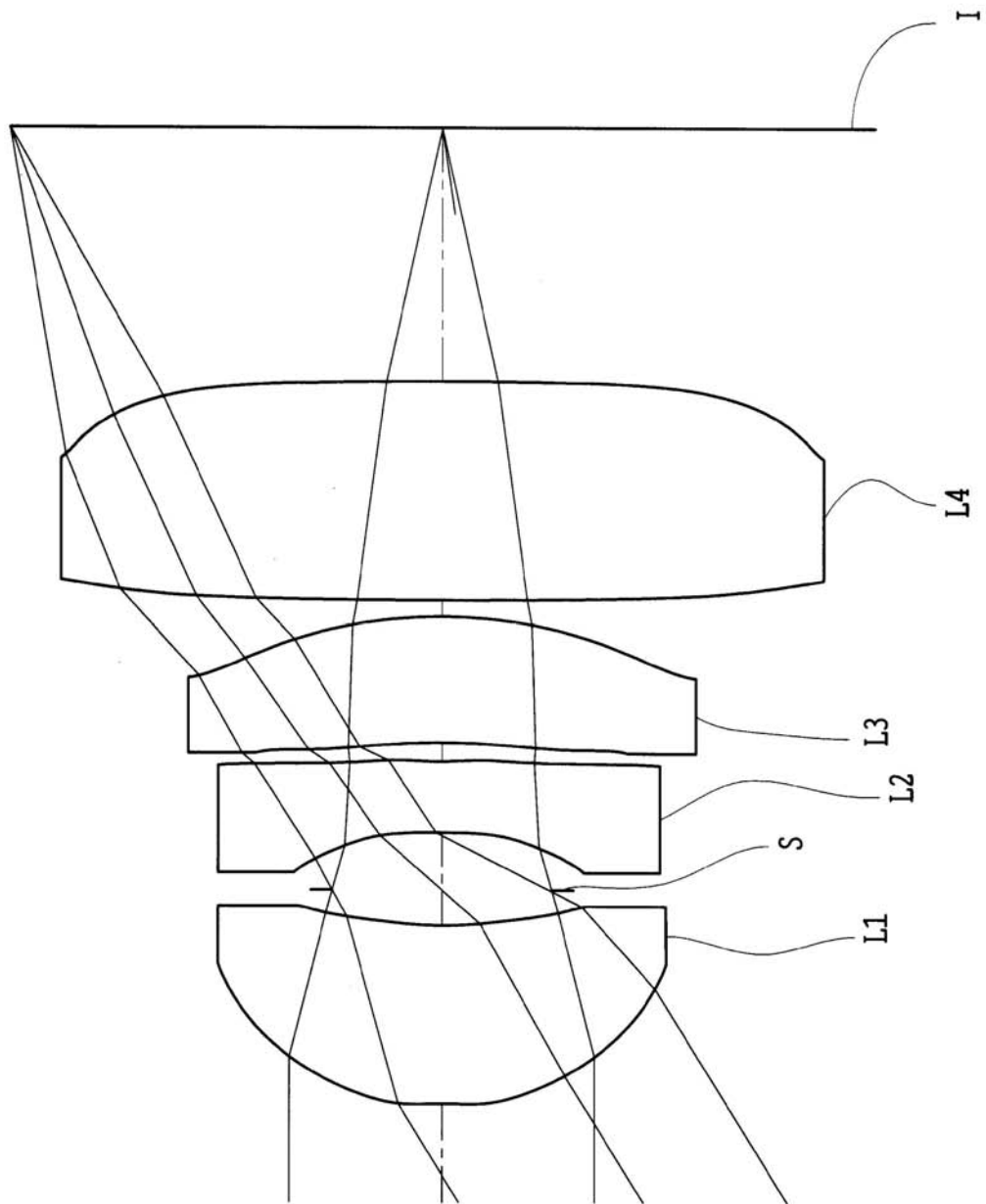


歪曲収差

像高 = 3.0mm

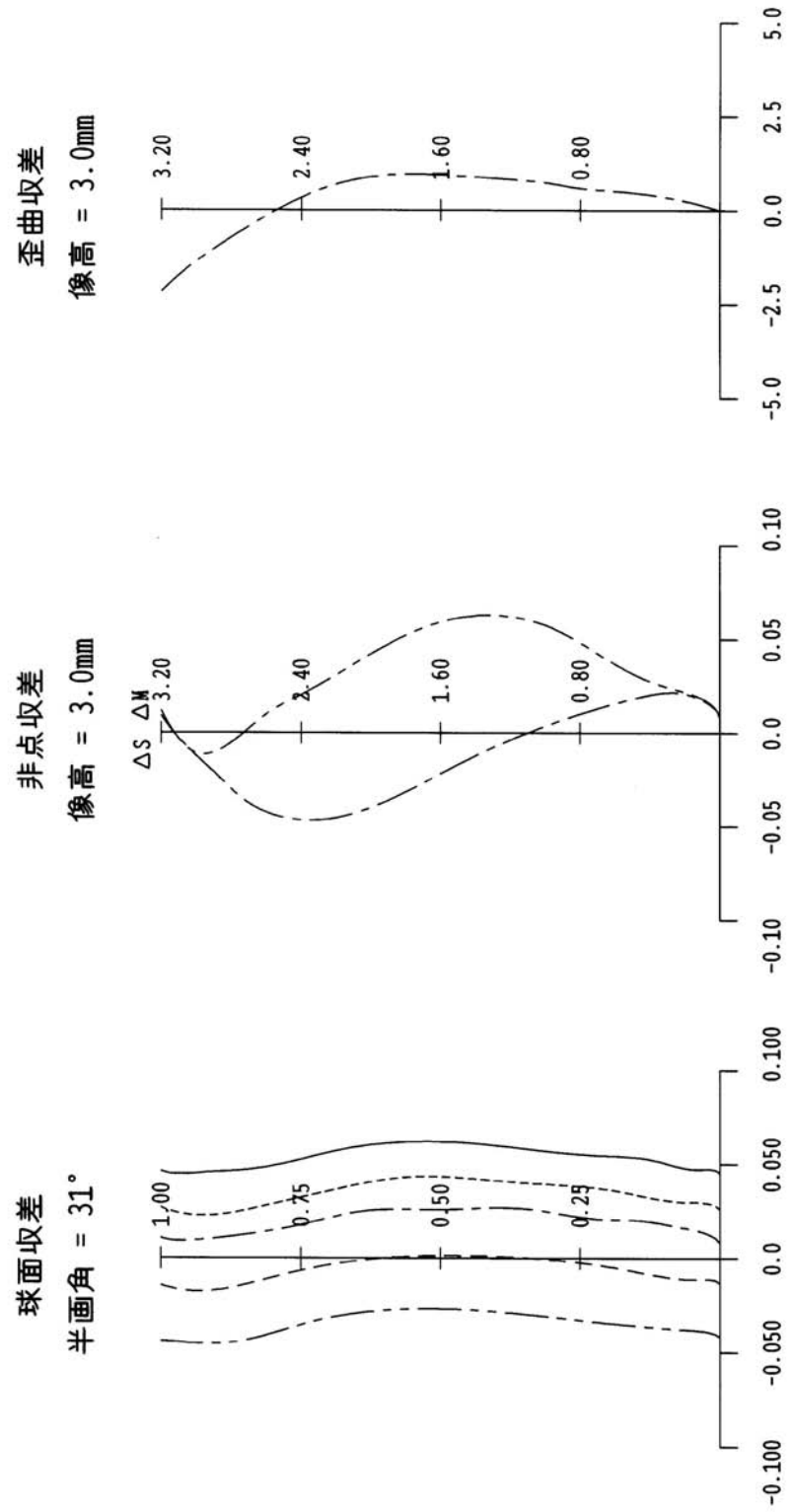


【図 7】

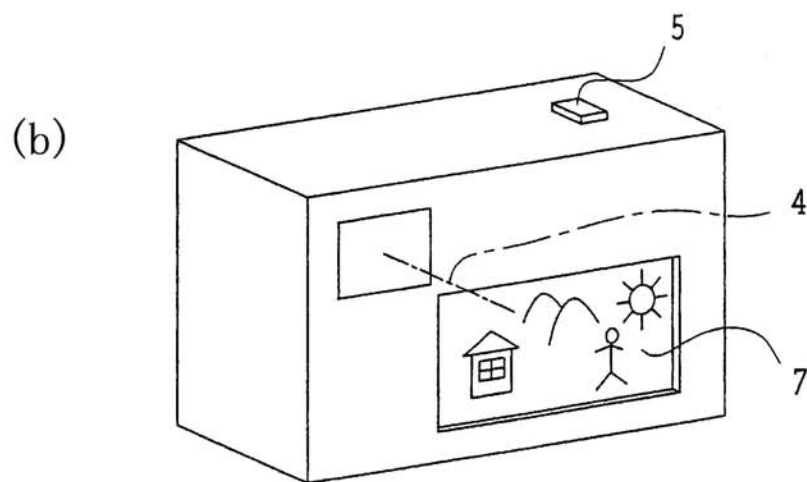
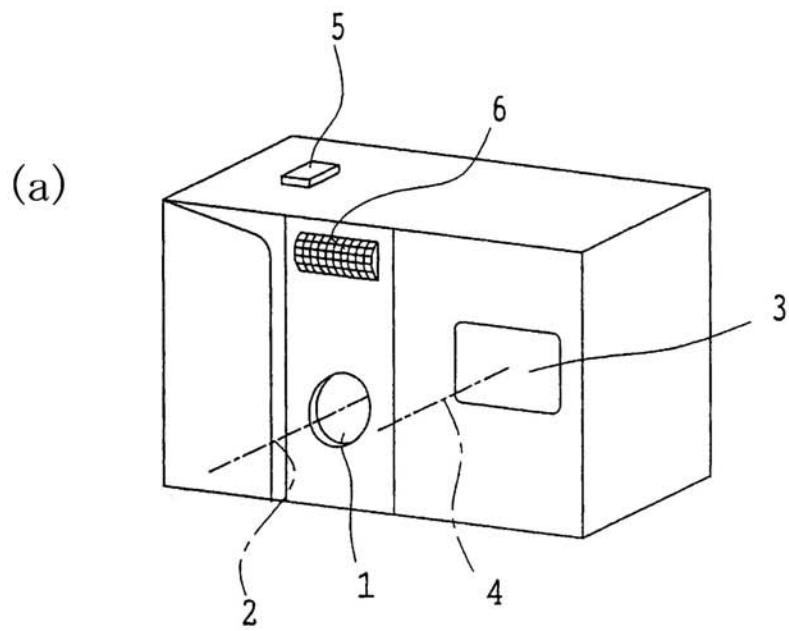


【図 8】

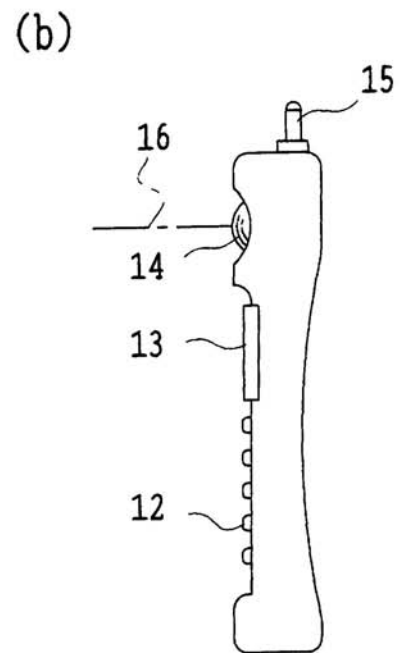
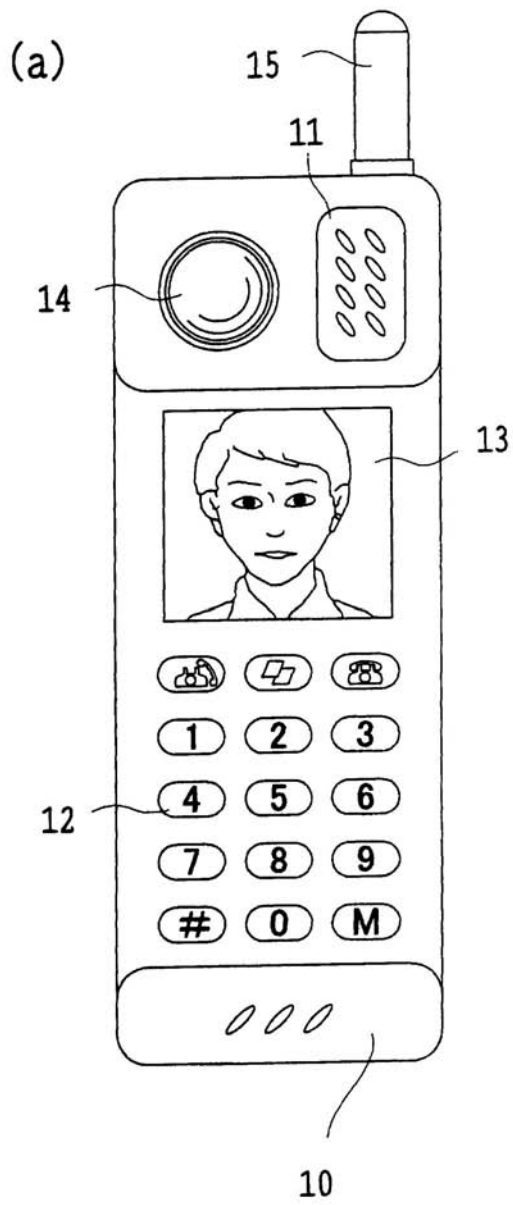
_____	656.2700NM
-----	587.5600NM
_____	546.0700NM
-----	486.1300NM
_____	435.8400NM



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-180719(JP,A)
特開平07-072385(JP,A)
特開昭63-096619(JP,A)
特開2001-133684(JP,A)
特開昭63-199312(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B21/02 - 04
G02B25/00 - 04