

(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2005-31638

(P2005-31638A)

(43) 公開日 平成17年2月3日(2005.2.3)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 13/18

F I

G02B 13/18

テーマコード (参考)

2H087

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2004-165529 (P2004-165529)	(71) 出願人	000000376
(22) 出願日	平成16年6月3日 (2004.6.3)		オリンパス株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2003-170906 (P2003-170906)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
(32) 優先日	平成15年6月16日 (2003.6.16)	(74) 代理人	100065824
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		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43番2号
			オリンパス株式会社内
		Fターム(参考)	2H087 KA02 KA03 LA01 PA04 PA17
			PB04 QA03 QA06 QA07 QA17
			QA21 QA26 QA32 QA34 QA42
			QA45 RA05 RA12 RA13 RA32
			RA44 UA01

(54) 【発明の名称】 結像光学系及びそれを用いた電子機器

(57) 【要約】

【課題】 低コスト化、広画角化、高性能化、小型化を同時に満たす結像光学系を提供する。

【解決手段】 物体側から順に、第1レンズとしての物体側に凹面を向けた負レンズL1と、第2レンズとしての両面が凸面の正レンズL2と、明るさ絞りSと、第3レンズとしての像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、第4レンズとしての正レンズL4を配置して構成されている。

第4レンズL4の物体側の面と像側の面は、夫々、周辺に向かって曲率が小さくなっていく非球面で構成され、以下の条件式を満足する。

$$0.05 < \phi m / \phi p < 0.90$$

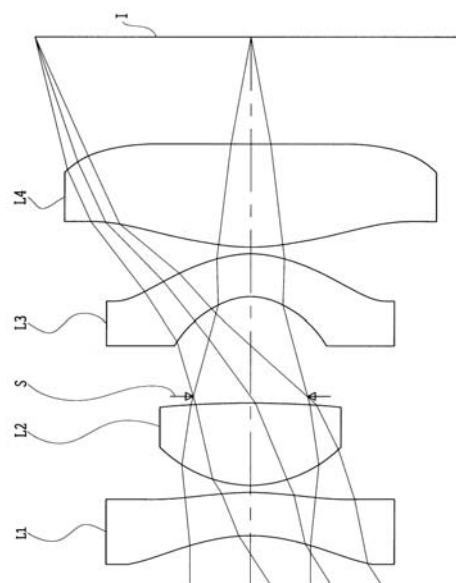
但し、 ϕm は最大光線高の位置におけるレンズのパワー、 ϕp は近軸におけるレンズのパワーである。

また、次の条件式を満足する。

$$-2.0 < r1f / f < -0.1$$

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

【選択図】 図1



【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凹面を向けた負レンズと、第 2 レンズとしての両面が凸面の正レンズと、明るさ絞りと、第 3 レンズとしての像側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、第 4 レンズとしての正レンズを配置して構成したことを特徴とする結像光学系。

【請求項 2】

前記第 4 レンズの物体側の面と像側の面は、夫々、周辺に向かって曲率が小さくなっていく非球面で構成され、以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の結像光学系。

$$0.05 < \phi_m / \phi_p < 0.90$$

但し、 ϕ_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、 ϕ_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 3】

次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の結像光学系。

$$-2.0 < r_{1f} / f < -0.1$$

但し、 r_{1f} 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 4】

前記結像光学系の開放 F ナンバーを F_{no} 、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請求項 1 に記載の結像光学系。

$$0.30 [1/\mu m] < F_{no} / P [\mu m] < 2.50 [1/\mu m]$$

【請求項 5】

前記結像光学系の全長を T_L 、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を M_L としたとき、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。

$$0.02 < M_L / T_L < 0.15$$

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 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】

【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。

【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

10

20

30

40

50

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、正負正のトリプレットの物体側にメニスカスレンズを付加して、性能と生産性を向上させた光学系が提案されている。このようなレンズタイプの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が知られている。

【特許文献1】特開平11-030745号公報

【特許文献2】特開平11-084234号公報

【特許文献3】特開2000-171697号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0005】

しかし、特許文献1に記載されている光学系は、第1レンズが像側に凹面の負メニスカスとして構成されている。そのため、第1レンズの入射側の面パワーは正であり、広角にするためには第1レンズの像側の凹パワーを強くする必要がある。従って、諸収差が発生しやすくなるため、現状は全画角が40度程度である。

また、レンズ外形も大きくなるため、小型化には向いていない。

【0006】

また、特許文献2に記載されている光学系は、第1レンズが物体側に凹面の負メニスカスとして構成されている。従って、レンズ外形も小さく、画角も48度程度と多少広がっている。しかし、前絞りのため、光学系の対称性が悪く、ディストーションや倍率の色収差が発生してしまっている。

20

【0007】

また、特許文献3に記載されている光学系は、第1レンズが物体側に凹面の正メニスカスとして構成されている。このように、第1レンズが正レンズであること、第3レンズの両側が凹面であることから、コマ収差が発生し、全画角28度と狭角な光学系である。

【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、その目的は低コスト化、広画角化、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。

【課題を解決するための手段】

【0009】

30

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凹面を向けた負レンズと、第2レンズとしての両面が凸面の正レンズと、明るさ絞りと、第3レンズとしての像側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、第4レンズとしての正レンズを配置して構成したことを特徴とする。

【0010】

また、本発明による結像光学系は、前記第4レンズの物体側の面と像側の面は、夫々、周辺に向かって曲率が小さくなっていく非球面で構成され、以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.05 < \phi_m / \phi_p < 0.90$$

但し、 ϕ_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、 ϕ_p は近軸における前記レンズのパワーである。

40

【0011】

また、本発明による結像光学系は、次の条件式を満たすことを特徴とする。

$$-2.0 < r_{1f} / f < -0.1$$

但し、 r_{1f} は第1レンズの物体側の曲率半径、 f は光学系全系の焦点距離である。

【0012】

また、本発明による結像光学系は、前記結像光学系の開放Fナンバーを F_{no} 、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。

$$0.30 [1/\mu m] < F_{no} / P [\mu m] < 2.50 [1/\mu m]$$

【0013】

50

また、本発明による結像光学系は、前記結像光学系の全長を $T L$ 、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を $M L$ としたとき、次の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.02 < M L / T L < 0.15$$

【0014】

また、本発明による電子機器は、上記の結像光学系を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

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。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

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、前記のような第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、光学系が大型化するのは避けられない。

20

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。

【0017】

また、第1レンズとしての負レンズは、物体側に凹面を持つメニスカスレンズとした。このように構成することにより、最も物体側の面が負パワーとなるため、広角な結像光学系を達成することができる。

【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配置することが望ましい。

30

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。

40

【0019】

また、本発明の結像光学系では、第3レンズを、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズとした。このようにすれば、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、無偏心時の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である。

【0020】

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レンズの物体側の面と像側の面を、夫々、周辺に向かって曲率が小さくなっていく非球面と、大きくなっていく非球面とで構成することにより、

50

周辺の光線における撮像素子への光線入射角度を小さくすることを可能としている。これは、第4レンズへの入射光線と射出光線とがなす角度、すなわち偏角が最小となる形状である。従って、収差の発生を抑えつつ、上記制約条件を満足することが可能となっている。

従って、次の条件式(1)を満足することが重要である。

$$0.05 < \phi_m / \phi_p < 0.90 \quad \dots (1)$$

ここで、 ϕ_m は最大光線高の位置における第4レンズのパワー、 ϕ_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 ϕ_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 ξ としたとき、 $\phi_m = \tan \xi / H_m$ で与えられるものである。 10

【0021】

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。

【0022】

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。

$$0.20 < \phi_m / \phi_p < 0.80 \quad \dots (1')$$

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。 20

$$0.40 < \phi_m / \phi_p < 0.70 \quad \dots (1'')$$

【0023】

さらに、画角を大きくとるためには、最も物体側の入射面を適度に負パワーにする必要がある。従って、第1レンズの曲率半径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(2)を満足するのが良い。

$$-2.0 < r_{1f} / f < -0.1 \quad \dots (2)$$

但し、 r_{1f} は第1レンズの物体側の曲率半径、 f は光学系全系の焦点距離である。

【0024】

この条件式(2)の上限値を上回ると、第1面のパワーが大きくなりすぎて、第1面で発生する球面収差の補正が困難となる。また、主点位置が像面側に移動するため、結像光学系の全長が長くなり、小型化を達成できなくなる。 30

一方、条件式(2)の下限値を下回ると、第1面のパワーが小さくなりすぎて、広角な光学系を達成できなくなる。

【0025】

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。

$$-1.0 < r_{1f} / f < -0.2 \quad \dots (2')$$

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。

$$-0.5 < r_{1f} / f < -0.4 \quad \dots (2'')$$

【0026】

また、本発明の光学系は、第1レンズと第2レンズの合成パワーを強い正のパワー配置にし、第3レンズと第4レンズの合成パワーを弱い正のパワー配置又は負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、全長と性能をバランス良く達成させる為には、次の条件式(3)を満たすのが良い。 40

$$0.3 < f_{12} / f < 2.0 \quad \dots (3)$$

但し、 f_{12} は第1レンズと第2レンズの合成焦点距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

【0027】

この条件式(3)の上限値を上回ると、第1レンズと第2レンズの合成パワーが小さくなるので、全長短縮に不利である。

一方、条件式(3)の下限値を下回ると、第1レンズと第2レンズの合成パワーが大き 50

くなる。そのため、それに伴い第3レンズと第4レンズの合成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。

【0028】

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。

$$0.4 < f_{12} / f < 1.5 \quad \dots (3')$$

さらに、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。

$$0.6 < f_{12} / f < 1.0 \quad \dots (3'')$$

【0029】

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 10
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。しか
しながら、結像光学系の全長が大きくなってしまふ。

そのため、本発明の結像光学系は、次の条件式(4)を満たすのが良い。

$$0.5 < EXP / f < 2.5 \quad \dots (4)$$

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。

【0030】

この条件式(4)の上限値を上回ると、全長が大きくなってしまふ。

一方、条件式(4)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 20
辺部の明るさが低下してしまふ。

【0031】

なお、より好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(4')を満たすのが良い。

$$0.8 < EXP / f < 1.8 \quad \dots (4')$$

さらに、好ましくは、本発明の結像光学系は、次の条件式(4'')を満たすのが良い。

$$1.0 < EXP / f < 1.4 \quad \dots (4'')$$

【0032】

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 製造コストが安価になり好ましい。

さらに、本発明の第3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 30
、軽量化及び製造コストが安価になり好ましい。

【0033】

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。

$$0.30 [1/\mu m] < Fno / P [\mu m] < 2.50 [1/\mu m] \quad \dots (5)$$

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。 40

【0034】

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。

$$0.45 [1/\mu m] < Fno / P [\mu m] < 2.00 [1/\mu m] \quad \dots (5')$$

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。

$$0.55 [1/\mu m] < Fno / P [\mu m] < 1.18 [1/\mu m] \quad \dots (5'')$$

【0035】

また、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。

$$0.02 < ML / TL < 0.15 \quad \dots (6)$$

この条件式の上限を上回ると、全長に対して、プラスチックレンズにおける最小軸上肉 50

厚が大きすぎることになる。そのために、ガラスレンズの中心肉厚が十分に確保できず、ガラスレンズの加工性が悪化してしまう。他方、下限を下回ると、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。

【0036】

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。

$$0.04 < ML / TL < 0.12 \quad \dots (6')$$

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。

$$0.06 < ML / TL < 0.10 \quad \dots (6'')$$

10

【0037】

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】

【0038】

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、負レンズL1と、正レンズL2と、明るさ絞りSと、負レンズL3と、正レンズL4とで構成されている。図1中、Iは撮像面である。

20

負レンズL1は、第1レンズである。この負レンズL1は、物体側に凹面を向けている。正レンズL2は、第2レンズである。この正レンズL2は、物体側に凸面を向けている。負レンズL3は、第3レンズである。この負レンズ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。

また、非球面は、負レンズL1の両面、正レンズL2の両面、負レンズL3の両面、正レンズL4の両面に設けられている。

【0039】

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レンズ及び第3レンズはポリカーボネート、第2レンズ及び第4レンズはポリオレフィン系のゼオネックス（登録商標）である。

30

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。

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。

$$x = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k)(y/r)^2\}^{1/2}] + ay^4 + by^6 + cy^8 + dy^{10} + \dots$$

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

40

焦点距離：4.60mm、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	非球面[1]	0.60	1.5839	30.2
2	非球面[2]	0.10		
3	非球面[3]	1.16	1.5256	56.4
4	非球面[4]	0.10		
5	絞り面	1.40		
6	非球面[5]	0.60	1.5839	30.2

50

7	非球面 [6]	0.10		
8	非球面 [7]	1.45	1.5256	56.4
9	非球面 [8]	1.50		

像 面 ∞

【 0 0 4 0 】

非球面 [1]

曲率半径 -1.98

$$k = -6.6125 \times 10^{+0}$$

$$a = 5.0058 \times 10^{-3} \quad b = -2.2899 \times 10^{-4}$$

非球面 [2]

曲率半径 -4.21

$$k = -3.1662 \times 10^{+1}$$

$$a = 1.1680 \times 10^{-2} \quad b = 1.2381 \times 10^{-3}$$

非球面 [3]

曲率半径 1.53

$$k = -7.8565 \times 10^{-1}$$

$$a = -8.1871 \times 10^{-3} \quad b = 5.1768 \times 10^{-3}$$

非球面 [4]

曲率半径 -13.60

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

$$a = -5.6706 \times 10^{-3} \quad b = 2.5375 \times 10^{-3}$$

非球面 [5]

曲率半径 -0.85

$$k = -5.3523 \times 10^{-1}$$

$$a = 1.3584 \times 10^{-1} \quad b = -1.6922 \times 10^{-2}$$

非球面 [6]

曲率半径 -1.68

$$k = -6.4443 \times 10^{-1}$$

$$a = 2.1914 \times 10^{-2} \quad b = 6.1057 \times 10^{-3}$$

非球面 [7]

曲率半径 2.82

$$k = -1.2661 \times 10^{+1}$$

$$a = 2.1744 \times 10^{-3} \quad b = -1.2013 \times 10^{-3}$$

非球面 [8]

曲率半径 -479.44

$$k = -1.8617 \times 10^{+11}$$

$$a = 1.4787 \times 10^{-3} \quad b = -1.5746 \times 10^{-3}$$

【 0 0 4 1 】

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。 40

第 2 実施例の結像光学系は、物体側から順に、負レンズ L 1 と、正レンズ L 2 と、明る
さ絞り S と、負レンズ L 3 と、正レンズ L 4 とで構成されている。図 3 中、I は撮像素子
の撮像面である。

負レンズ L 1 は、第 1 レンズである。この負レンズ L 1 は、物体側に凹面を向けている
。正レンズ L 2 は、第 2 レンズである。この正レンズ L 2 は、物体側に凸面を向けている
。負レンズ L 3 は、第 3 レンズである。この負レンズ 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。

また、非球面は、負レンズ L 1 の両面、正レンズ L 2 の両面、負レンズ L 3 の両面、正
レンズ L 4 の両面に設けられている。 50

【 0 0 4 2 】

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 2 レンズがガラス、第 1 レンズ、第 3 レンズ及び第 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 1 レンズと第 3 レンズがポリカーボネート、第 4 レンズはポリオレフィン系のゼオネックス(登録商標)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。

数値データ 2

焦点距離 : 4 . 7 0 mm、F no (開放 F ナンバー) : 2 . 8、像高 : 3 . 0 mm

半画角 : 3 2 °

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]	0.57	1.5839	30.2
2	非球面 [2]	0.10		
3	非球面 [3]	1.11	1.5638	60.6
4	非球面 [4]	0.12		
5	絞り面	1.40		
6	非球面 [5]	0.50	1.5839	30.2
7	非球面 [6]	0.13		
8	非球面 [7]	1.57	1.5256	56.4
9	非球面 [8]	1.51		

像 面 ∞

【 0 0 4 3 】

非球面 [1]

曲率半径 -2.17

$k = -5.4830 \times 10^{+0}$

$a = 5.4850 \times 10^{-3}$ $b = -3.7580 \times 10^{-4}$

非球面 [2]

曲率半径 -3.84

$k = -1.7676 \times 10^{+1}$

$a = 1.1300 \times 10^{-2}$ $b = 5.0718 \times 10^{-4}$

非球面 [3]

曲率半径 1.78

$k = -6.5980 \times 10^{-1}$

$a = 1.8055 \times 10^{-3}$ $b = 1.0376 \times 10^{-3}$

非球面 [4]

曲率半径 -21.79

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

$a = -6.0840 \times 10^{-3}$ $b = 1.3710 \times 10^{-3}$

非球面 [5]

曲率半径 -0.78

$k = -6.7942 \times 10^{-1}$

$a = 2.0946 \times 10^{-1}$ $b = -3.1537 \times 10^{-2}$

非球面 [6]

曲率半径 -1.41

$k = -5.9597 \times 10^{-1}$

$a = 8.1044 \times 10^{-2}$ $b = 1.9496 \times 10^{-3}$

非球面 [7]

曲率半径 2.84

$k = -1.1550 \times 10^{+1}$

10

20

30

40

50

$$a = 8.5124 \times 10^{-4} \quad b = -4.2973 \times 10^{-4}$$

非球面 [8]

曲率半径 3093.92

$$k = -1.8617 \times 10^{+11}$$

$$a = -2.2936 \times 10^{-3} \quad b = -7.7612 \times 10^{-4}$$

【 0 0 4 4 】

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、負レンズ L 1 と、正レンズ L 2 と、明るさ絞り S と、負レンズ L 3 と、正レンズ L 4 とで構成されている。図 5 中、I は撮像素子の撮像面である。

負レンズ L 1 は、第 1 レンズである。この負レンズ L 1 は、物体側に凹面を向けている。正レンズ L 2 は、第 2 レンズである。この正レンズ L 2 は、物体側に凸面を向けている。負レンズ L 3 は、第 3 レンズである。この負レンズ 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。

また、非球面は、負レンズ L 1 の両面、正レンズ L 2 の両面、負レンズ L 3 の両面、正レンズ L 4 の両面に設けられている。

【 0 0 4 5 】

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 2 レンズがガラス、第 1 レンズ、第 3 レンズ及び第 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 1 レンズと第 3 レンズはポリカーボネート、第 4 レンズはポリオレフィン系のゼオネックス(登録商標)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：4.50 mm、F no (開放 F ナンバー)：2.4、像高：3.0 mm

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]	0.54	1.5839	30.2
2	非球面 [2]	0.10		
3	非球面 [3]	1.17	1.5831	59.4
4	非球面 [4]	0.10		
5	絞り面	1.40		
6	非球面 [5]	0.50	1.5839	30.2
7	非球面 [6]	0.10		
8	非球面 [7]	1.60	1.5256	56.4
9	非球面 [8]	1.51		

像面 ∞

【 0 0 4 6 】

非球面 [1]

曲率半径 -1.98

$$k = -5.2208 \times 10^{+0}$$

$$a = 4.9683 \times 10^{-3} \quad b = -2.4715 \times 10^{-4}$$

非球面 [2]

曲率半径 -3.52

$$k = -1.5791 \times 10^{+1}$$

$$a = 1.0573 \times 10^{-2} \quad b = 9.5080 \times 10^{-4}$$

非球面 [3]

曲率半径 1.87

$$k = -7.7309 \times 10^{-1}$$

$$a = -1.2989 \times 10^{-3} \quad b = 2.9344 \times 10^{-3}$$

非球面 [4]

曲率半径 -16.09

$$k = 0 \times 10^0$$

$$a = -4.3582 \times 10^{-3} \quad b = 1.5427 \times 10^{-3}$$

非球面 [5]

曲率半径 -0.80

$$k = -6.0512 \times 10^{-1}$$

$$a = 2.7115 \times 10^{-1} \quad b = -8.9567 \times 10^{-2} \quad c = 6.1312 \times 10^{-2}$$

非球面 [6]

曲率半径 -1.52

$$k = -3.1053 \times 10^{-1}$$

$$a = 6.6032 \times 10^{-2} \quad b = 1.3722 \times 10^{-2}$$

非球面 [7]

曲率半径 2.37

$$k = -1.2635 \times 10^{-1}$$

$$a = 1.2704 \times 10^{-3} \quad b = -4.5089 \times 10^{-4}$$

非球面 [8]

曲率半径 473.74

$$k = -1.8617 \times 10^{-11}$$

$$a = -2.1569 \times 10^{-3} \quad b = -7.7102 \times 10^{-4}$$

【 0 0 4 7 】

第 4 実施例

図 7 は本発明の結像光学系の第 4 実施例であって、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、負レンズ L 1 と、正レンズ L 2 と、明るさ絞り S と、負レンズ L 3 と、正レンズ L 4 とで構成されている。図 7 中、I は撮像素子の撮像面である。

負レンズ L 1 は、第 1 レンズである。この負レンズ L 1 は、物体側に凹面を向けている。正レンズ L 2 は、第 2 レンズである。この正レンズ L 2 は、物体側に凸面を向けている。負レンズ L 3 は、第 3 レンズである。この負レンズ 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。

また、非球面は、負レンズ L 1 の両面、正レンズ L 2 の両面、負レンズ L 3 の両面、正レンズ L 4 の両面に設けられている。

【 0 0 4 8 】

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 レンズ及び第 2 レンズがガラス、第 3 レンズ及び第 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 レンズはポリカーボネート、第 4 レンズはポリオレフィン系のゼオネックス(登録商標)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：4.34 mm、F no (開放 F ナンバー)：2.0、像高：3.0 mm

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]	0.54	1.5839	30.2
2	非球面 [2]	0.10		

10

20

30

40

50

3	非球面 [3]	1.17	1.5831	59.4
4	非球面 [4]	0.10		
5	絞り面	1.40		
6	非球面 [5]	0.50	1.5839	30.2
7	非球面 [6]	0.10		
8	非球面 [7]	1.60	1.5256	56.4
9	非球面 [8]	1.51		

像面 ∞

【0049】

非球面 [1]

10

曲率半径 -1.98

$$k = -5.2208 \times 10^{+0}$$

$$a = 4.9683 \times 10^{-3} \quad b = -2.4715 \times 10^{-4}$$

非球面 [2]

曲率半径 -3.52

$$k = -1.5791 \times 10^{+1}$$

$$a = 1.0573 \times 10^{-2} \quad b = 9.5080 \times 10^{-4}$$

非球面 [3]

曲率半径 1.87

$$k = -7.7309 \times 10^{-1}$$

$$a = -1.2989 \times 10^{-3} \quad b = 2.9344 \times 10^{-3}$$

20

非球面 [4]

曲率半径 -16.09

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

$$a = -4.3582 \times 10^{-3} \quad b = 1.5427 \times 10^{-3}$$

非球面 [5]

曲率半径 -0.80

$$k = -6.0512 \times 10^{-1}$$

$$a = 2.7115 \times 10^{-1} \quad b = -8.9567 \times 10^{-2} \quad c = 6.1312 \times 10^{-2}$$

30

非球面 [6]

曲率半径 -1.52

$$k = -3.1053 \times 10^{-1}$$

$$a = 6.6032 \times 10^{-2} \quad b = 1.3722 \times 10^{-2}$$

非球面 [7]

曲率半径 2.37

$$k = -1.2635 \times 10^{+1}$$

$$a = 1.2704 \times 10^{-3} \quad b = -4.5089 \times 10^{-4}$$

非球面 [8]

曲率半径 473.74

$$k = -1.8617 \times 10^{+11}$$

$$a = -2.1569 \times 10^{-3} \quad b = -7.7102 \times 10^{-4}$$

40

【0050】

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。

【0051】

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

50

さ絞り以外にフレア絞りを配置しても良い。このフレア絞りは、第1レンズの前、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。

【0052】

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。

【0053】

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させても良い。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よい。

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。

【0054】

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	0.50	0.63	0.52	0.45
$r1f/f$	-0.43	-0.46	-0.44	-0.43
$f12/f$	0.77	0.78	0.83	0.88
EXP/f	1.16	1.12	1.19	1.26
$Fno/P[1/\mu m]$	0.78	1.17	0.80	0.56
ML/TL	0.09	0.07	0.07	0.07

【0055】

図9(a)及び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前側斜視図及び後側斜視図である。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。

【0056】

図10(a)及び10(b)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及び同側面図である。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

10

20

30

40

50

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。入力ダイアル 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映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。

10

【0057】

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。

【0058】

(1) 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の結像光学系。

$$0.3 < f_{12} / f < 2.0$$

但し、 f_{12} は第 1 レンズと第 2 レンズの合成焦点距離、 f は結像光学系全系の焦点距離である。

20

【0059】

(2) 次の条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の結像光学系。

$$0.5 < EXP / f < 2.5$$

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

【0060】

(3) 前記第 4 レンズとしての正レンズはプラスチックからなることを特徴とする請求項 1 乃至 5、上記 (1) (2) のいずれかに記載の結像光学系。

【0061】

30

(4) 前記第 3 レンズとしての負メニスカスレンズはプラスチックからなることを特徴とする請求項 1 乃至 5、上記 (1) ~ (3) のいずれかに記載の結像光学系。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【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。

40

【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。

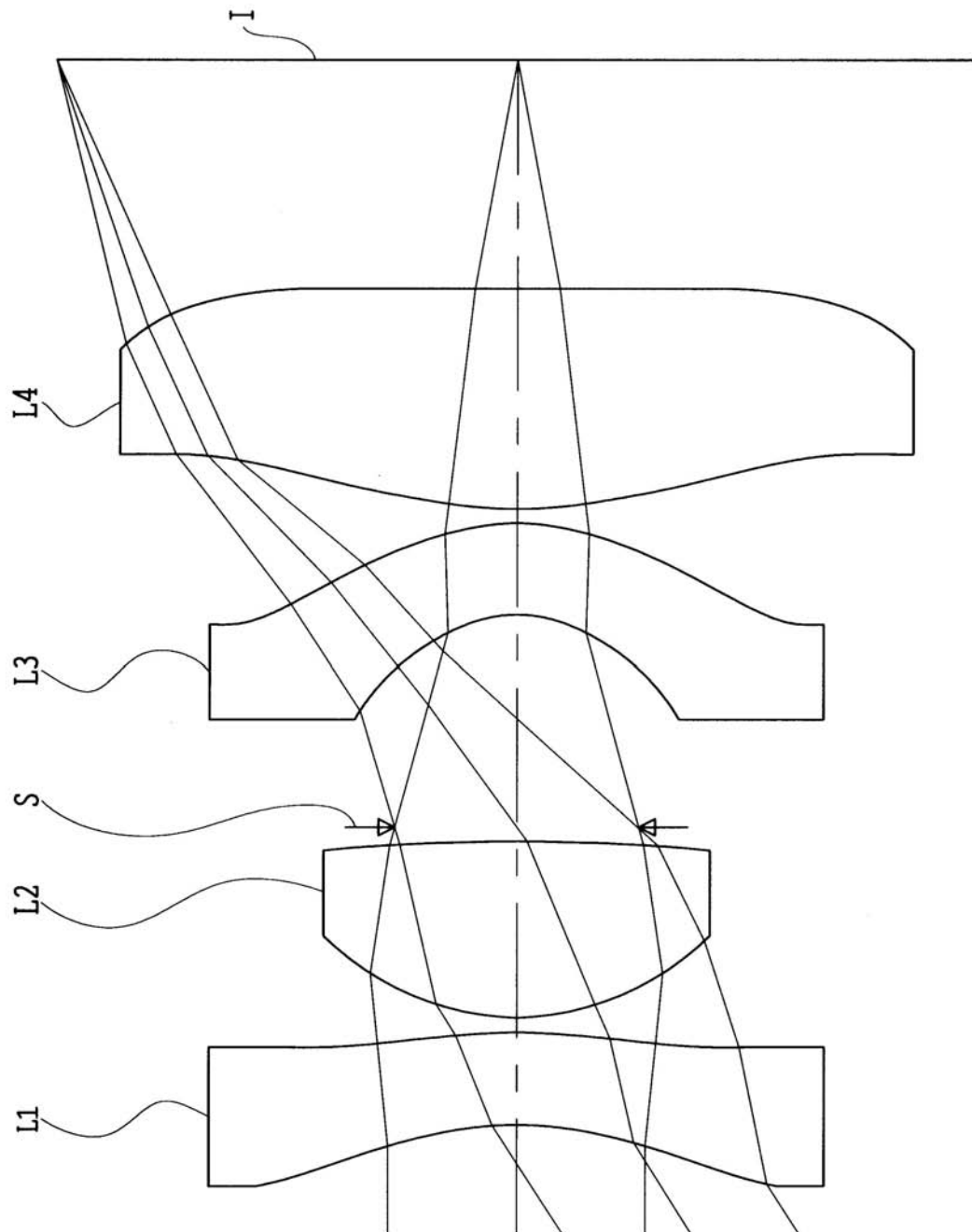
50

【符号の説明】

【0063】

L 1	第 1 レンズ	
L 2	第 2 レンズ	
L 3	第 3 レンズ	
L 4	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	10
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	20
1 5	アンテナ	
1 6	撮影光路	

【図 1】

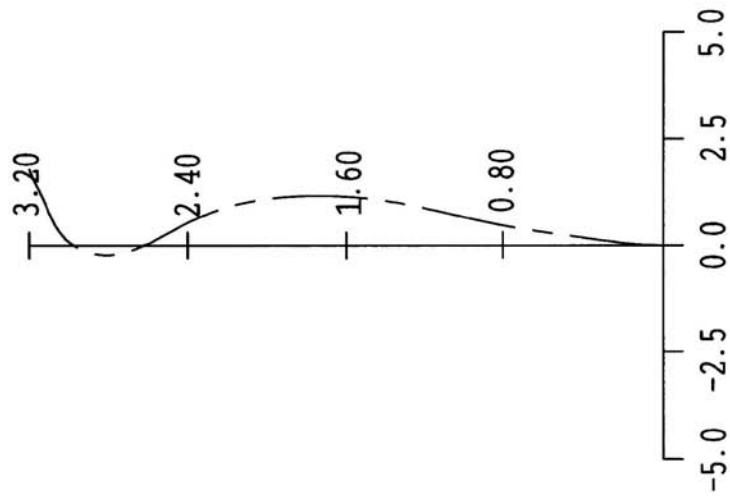
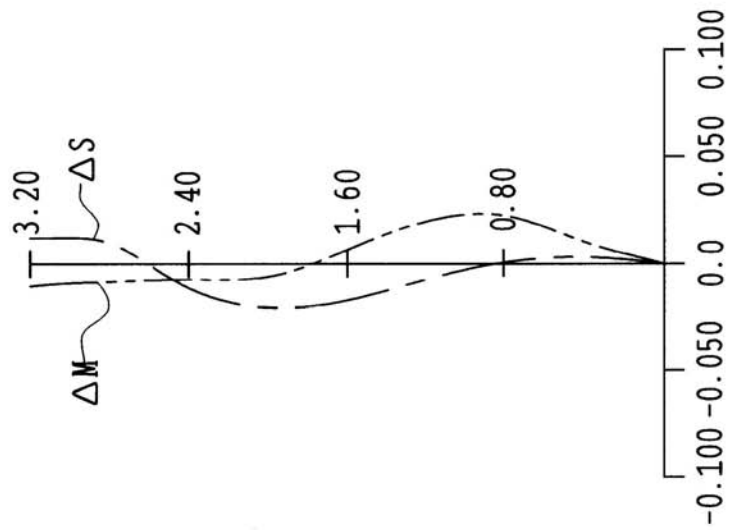
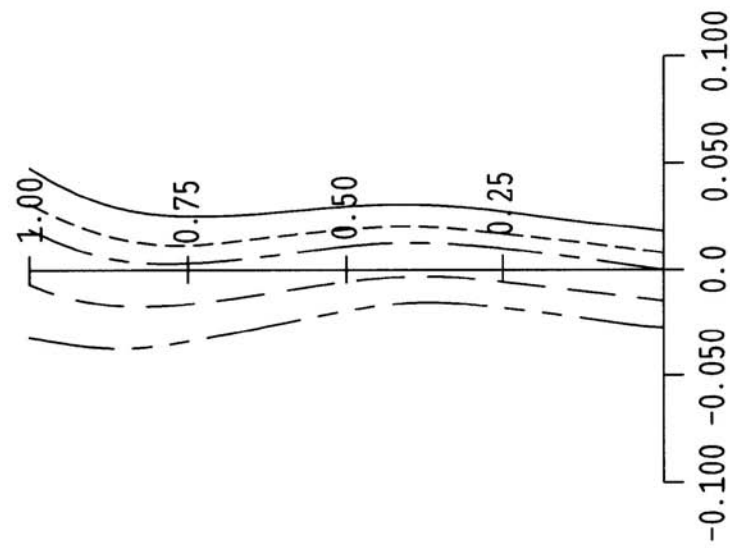


【 図 2 】

球面収差
半画角 = 33°

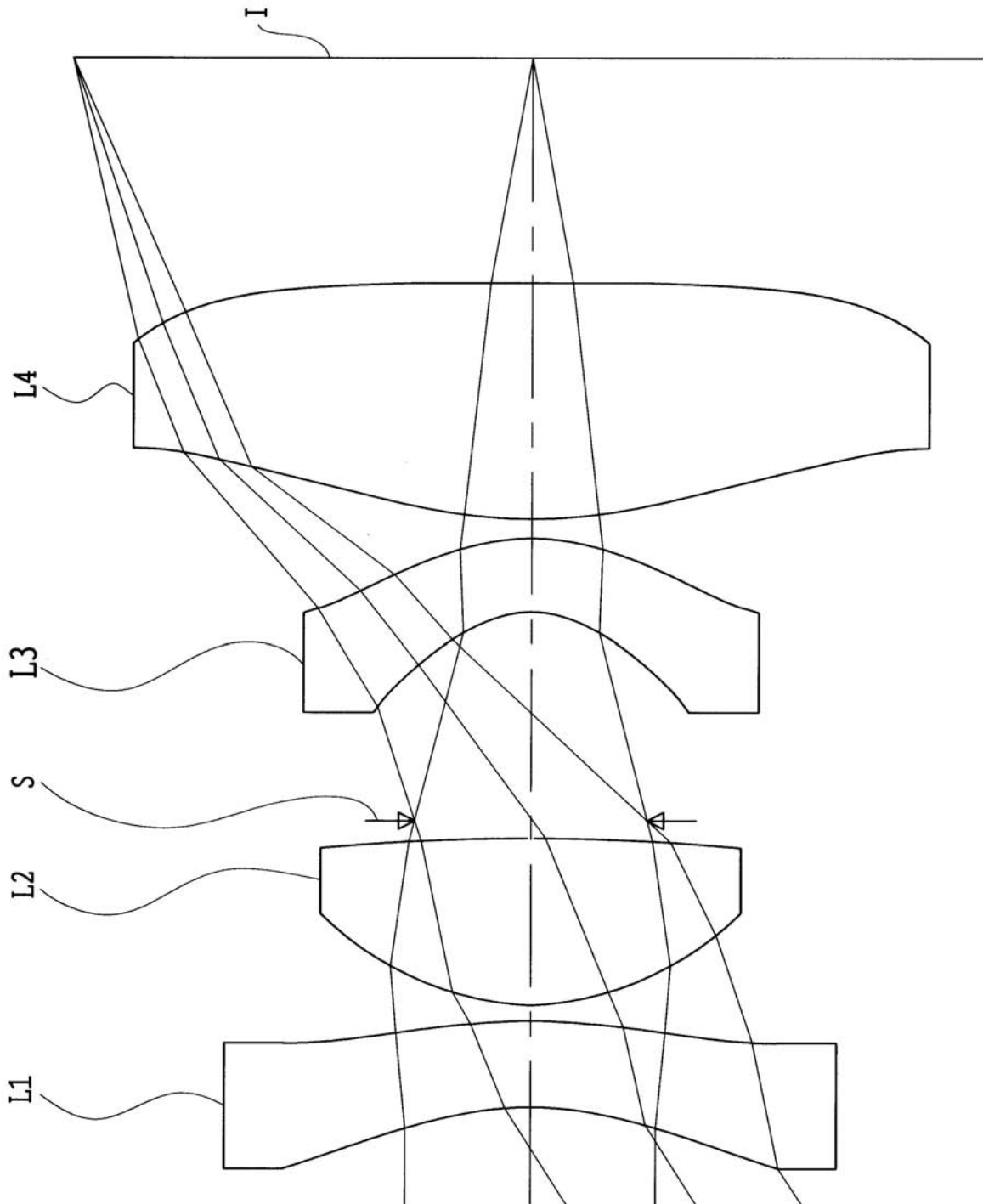
非点収差
像高 = 3.0 mm

歪曲収差
像高 = 3.0 mm



—	656.2700 nm
- - -	587.5600 nm
- · -	546.0700 nm
· · ·	486.1300 nm
- - -	435.8400 nm

【図 3】

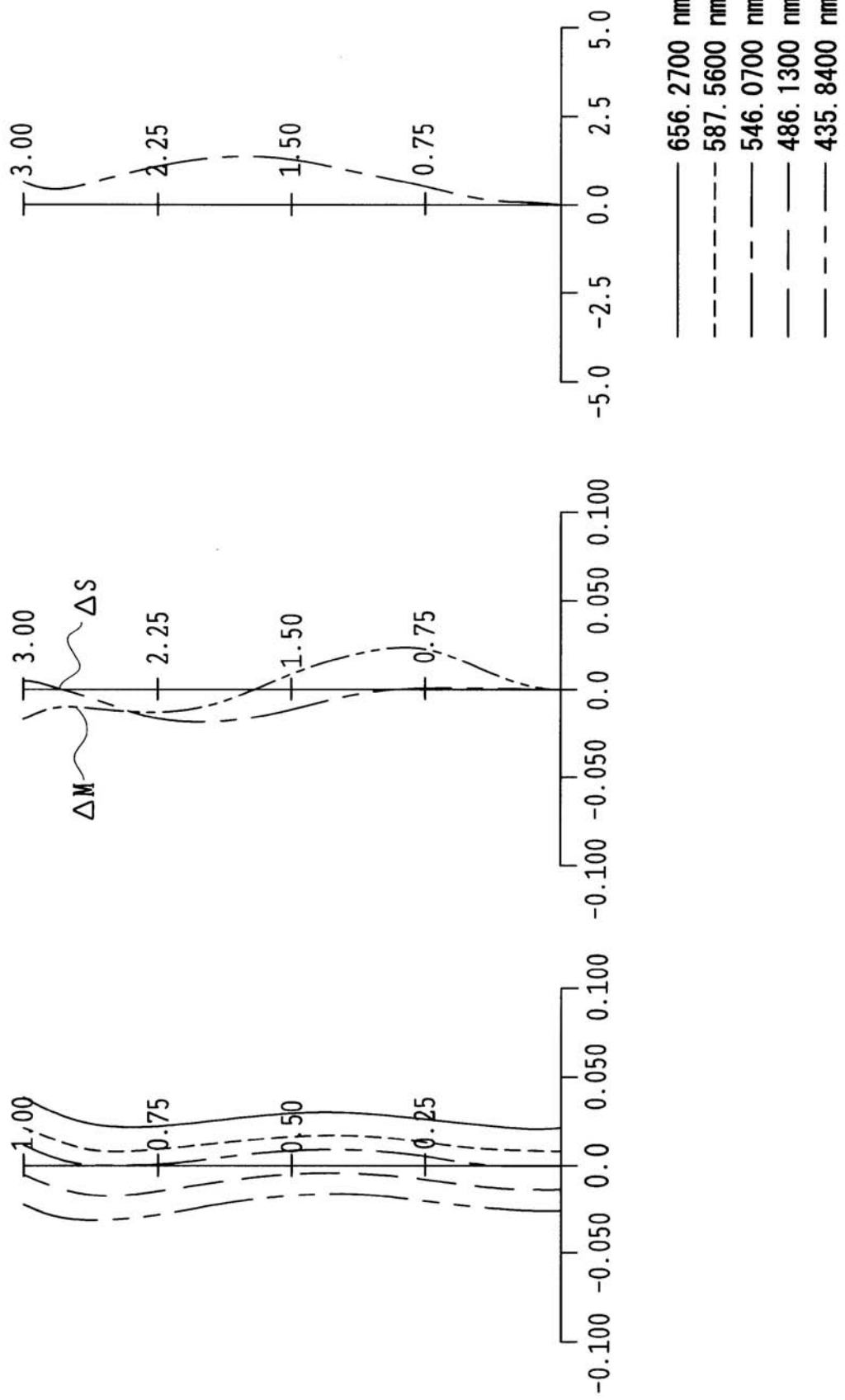


【 図 4 】

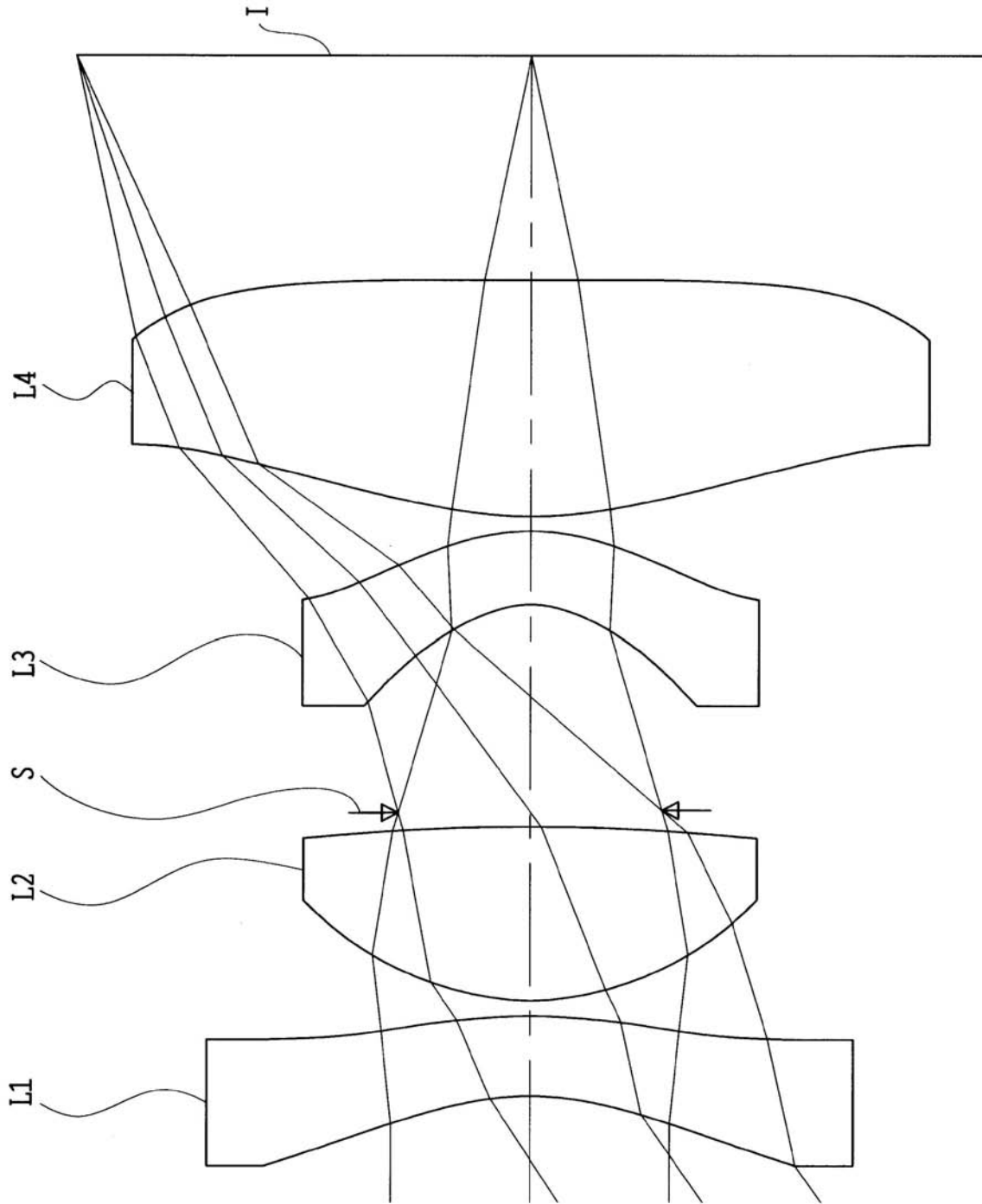
球面収差
半面角 = 32°

非点収差
像高 = 3.0 mm

歪曲収差
像高 = 3.0 mm



【図 5】

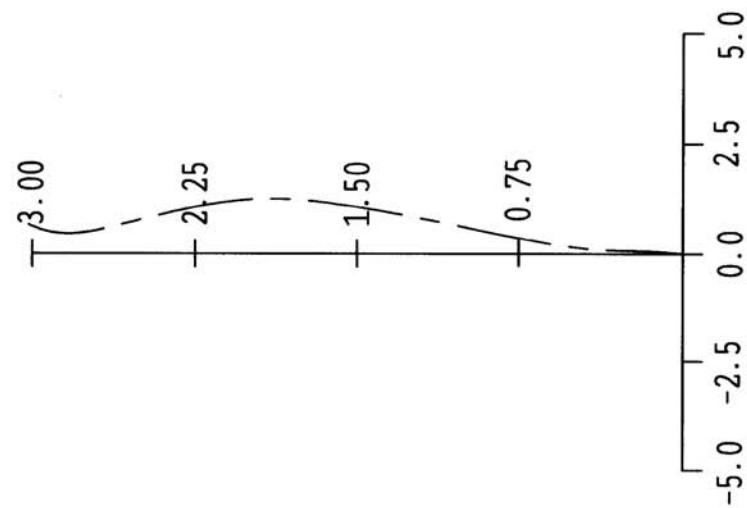
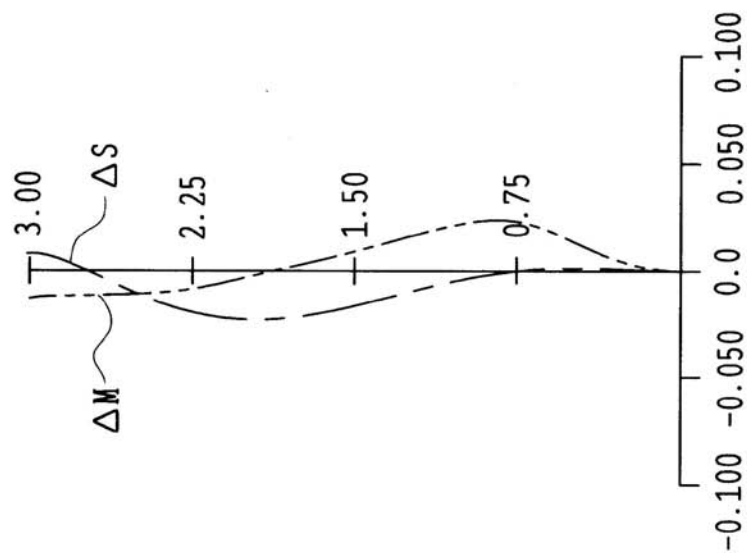
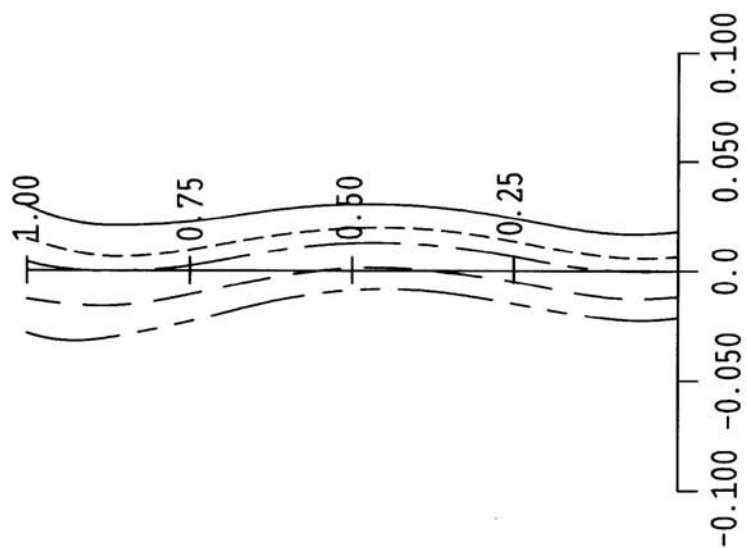


【図 6】

球面収差
半画角 = 34°

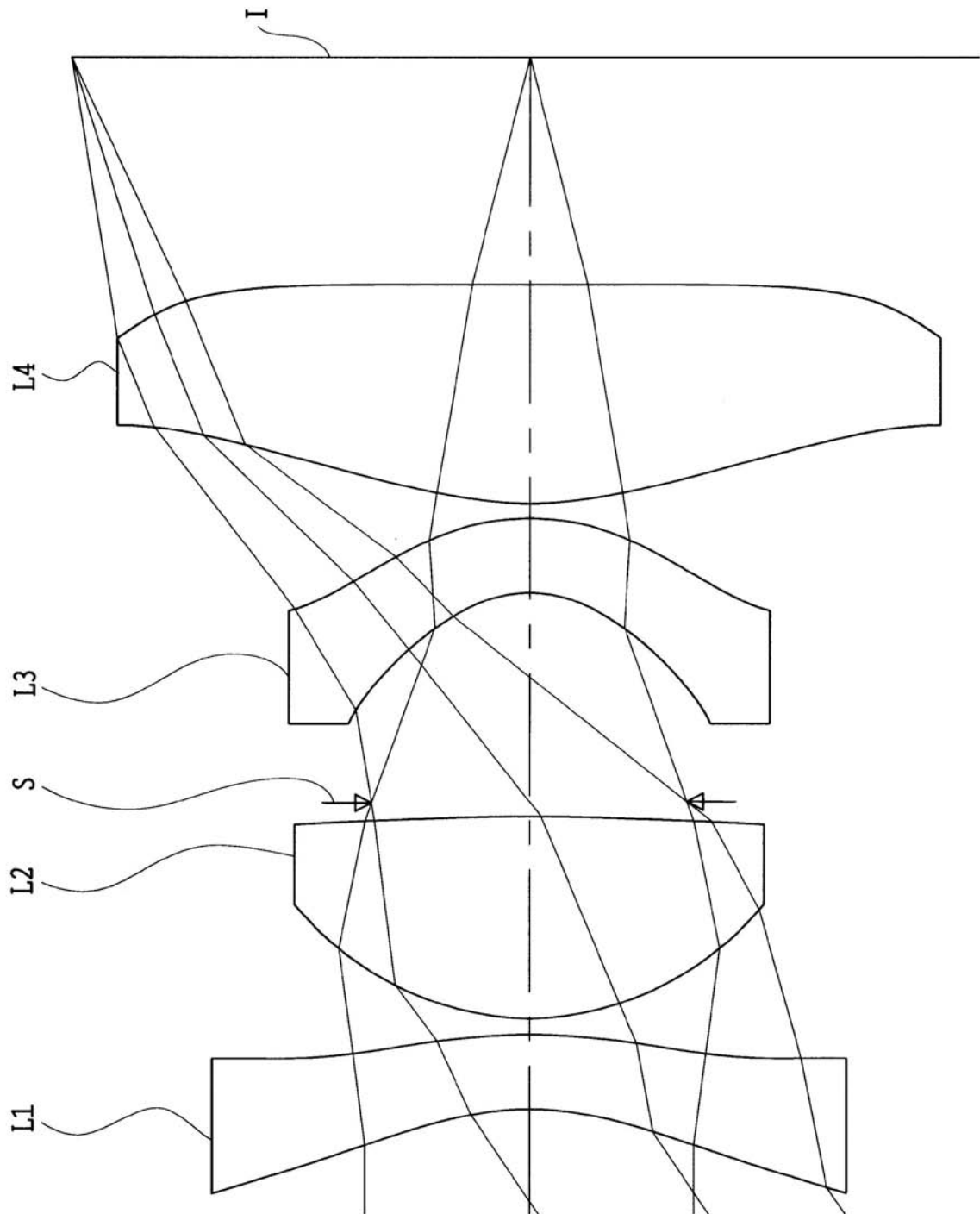
非点収差
像高 = 3.0 mm

歪曲収差
像高 = 3.0 mm



—	656.2700 nm
- - -	587.5600 nm
- . - .	546.0700 nm
- - -	486.1300 nm
- - -	435.8400 nm

【図 7】

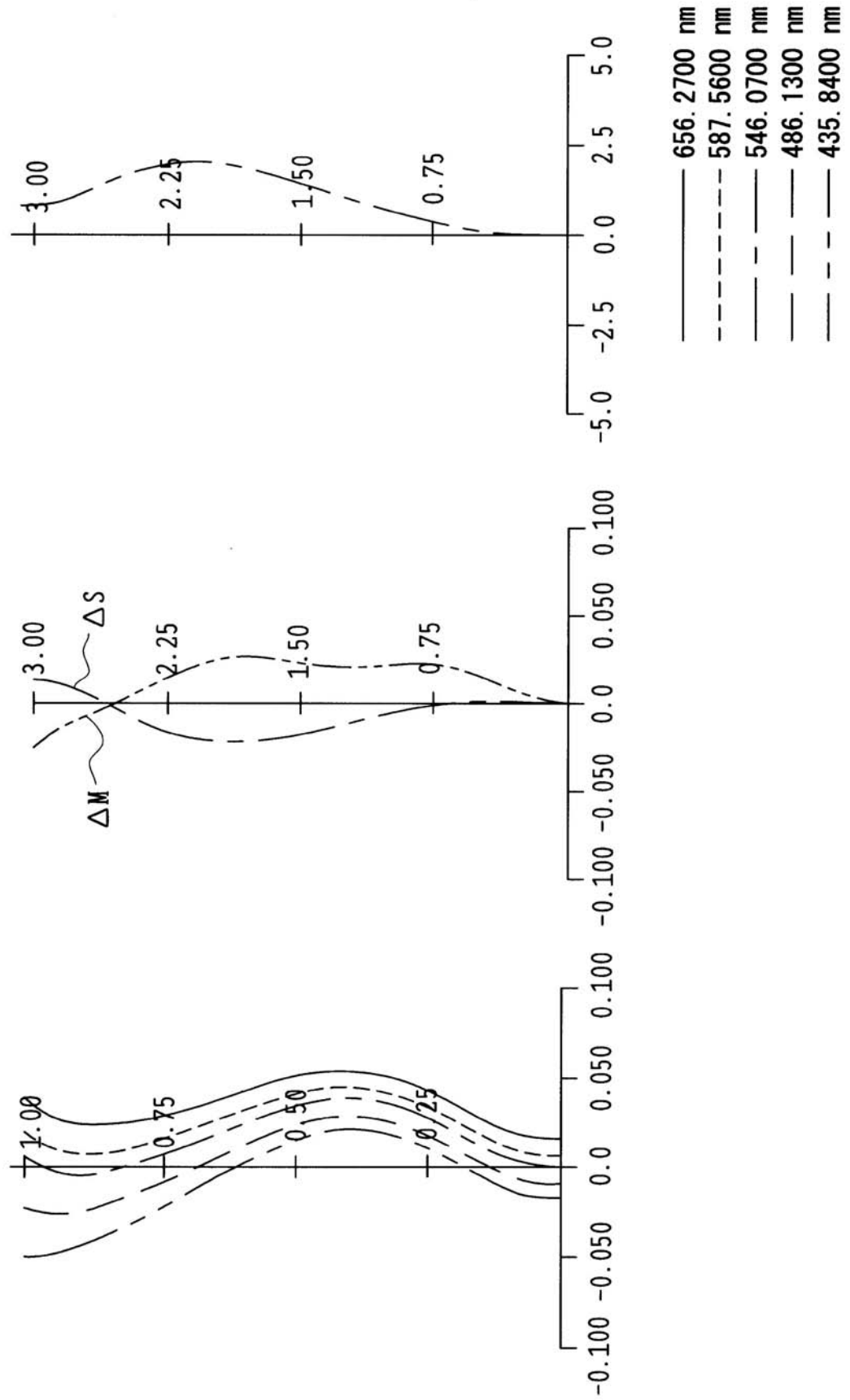


【 図 8 】

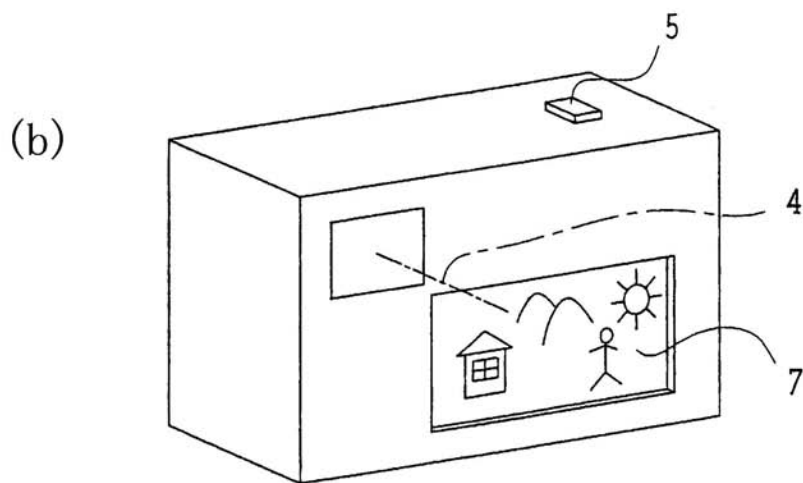
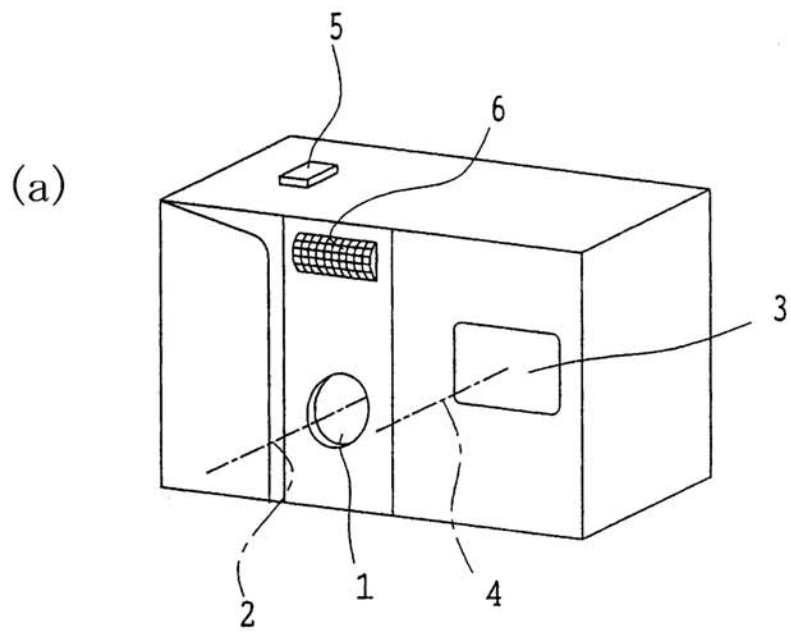
球面収差
半画角 = 34°

非点収差
像高 = 3.0 mm

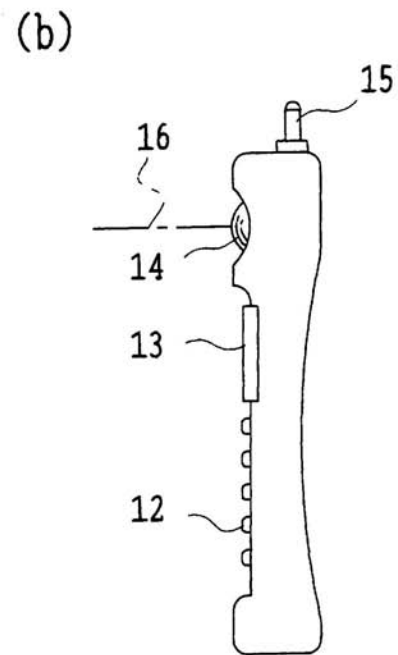
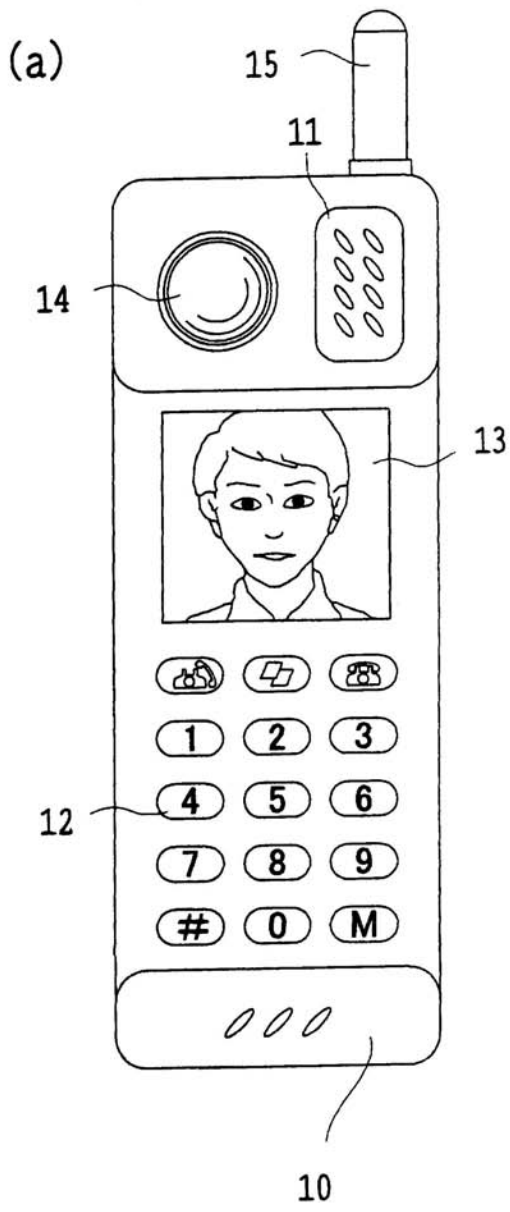
歪曲収差
像高 = 3.0 mm



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

【要約の続き】