

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5973240号
(P5973240)

(45) 発行日 平成28年8月23日(2016.8.23)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/00 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)G02B 13/00
G02B 13/18

請求項の数 8 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2012-123474 (P2012-123474)
(22) 出願日	平成24年5月30日 (2012.5.30)
(65) 公開番号	特開2013-250330 (P2013-250330A)
(43) 公開日	平成25年12月12日 (2013.12.12)
審査請求日	平成27年6月1日 (2015.6.1)

(73) 特許権者	391014055 カンタツ株式会社 栃木県矢板市片岡1150番地23
(74) 代理人	110002181 特許業務法人IP-FOCUS
(74) 代理人	100091694 弁理士 中村 守
(72) 発明者	鈴木 久則 福島県須賀川市横山町88番地 カンタツ 株式会社 須賀川工場内
(72) 発明者	関根 幸男 福島県須賀川市横山町88番地 カンタツ 株式会社 須賀川工場内

審査官 殿岡 雅仁

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】

固体撮像素子用の撮像レンズであって、物体側から像側に向かって順に、開口絞りと、光軸近傍で物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第1レンズと、光軸近傍で像側に凸面を向けた正の屈折力を有する第2レンズと、光軸近傍で像側に凸面を向けた正の屈折力を有する第3レンズと、光軸近傍で像側に凹面を向けた負の屈折力を有する第4レンズとで構成し、すべてのレンズ面を非球面で形成し、すべてのレンズがプラスチック材料で構成され、前記第1レンズの像側の面から前記第2レンズの像側の面のうち、少なくとも一つの面を回折光学面で形成し、前記正の屈折力を有する3枚のレンズのうち、少なくとも1枚が以下の条件式(1)を満足し、かつ以下の条件式(3)を満足することを特徴とする撮像レンズ。

$$(1) 1.58 < N_{d,i}$$

$$(3) 0.7 < f_1 / f_0 . 947$$

ただし、

 $N_{d,i}$: i番目の正レンズのd線における屈折率 f_1 : 第1レンズの焦点距離 f : 全系の焦点距離

【請求項 2】

以下の条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$(2) 0.7 < TTL / (2IH) < 0.9$$

10

20

ただし、

T T L : フィルタを取り外した際の、第1レンズの物体側から撮像面までの光軸上の距離

I H : 最大像高

【請求項3】

以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$(4) 0.40 < r_1 / f < 1.0$$

ただし、

r₁ : 第1レンズの物体側の面の曲率半径

f : 全系の焦点距離

【請求項4】

10

以下の条件式(5)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$(5) 0.6 < f_{123} / f < 0.9$$

ただし、

f₁₂₃ : 第1レンズ、第2レンズ、第3レンズの合成焦点距離

f : 全系の焦点距離

【請求項5】

前記第4レンズの物体側の面及び像側の面には、光軸上以外の位置に変極点を有することを特徴とする請求項1に記載の撮像レンズ。

【請求項6】

20

以下の条件式(6)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$(6) 0.6 < d / T T L < 0.8$$

ただし、

d : 第1レンズの物体側の面から第4レンズの像側の面までの光軸上の距離

T T L : フィルタを取り外した際の、第1レンズの物体側から撮像面までの光軸上の距離

【請求項7】

以下の条件式(7)を満足することを特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$(7) 0.02 < T_{12} / d < 0.20$$

ただし、T₁₂ : 第1レンズの像側の面と第2レンズの物体側の面との光軸上の距離

d : 第1レンズの物体側の面から第4レンズの像側の面までの光軸上の距離

【請求項8】

30

以下の条件式(9)を満足する事を特徴とする請求項1記載の撮像レンズ。

$$(9) 1 \leq D_n \leq 20$$

ただし、

D_n : 回折格子輪帯数(整数)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、小型の撮像装置に使用されるC C DセンサやC-M O Sセンサの固体撮像素子上に被写体の像を結像させる撮像レンズに関し、特に、小型化、薄型化が進む携帯電話機やスマートフォンなどの携帯端末、及びP D A (P e r s o n a l D i g i t a l A s s i s t a n c e)、さらには、ゲーム機やP C等の情報端末に搭載される撮像装置に内蔵される4枚のレンズから成る撮像レンズに関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

近年、特に撮像装置を備えた携帯端末の市場は益々拡大する状況にある。これら携帯端末は、ほとんどの製品にカメラ機能が付加されるようになった。そして、そのカメラ性能は、今やデジタルスチルカメラに匹敵するほどの高画素タイプが主流になってきている。また、携帯端末の利便性、デザイン性などの理由から、特に薄型化の要求が強まっており、内蔵する撮像装置の小型化、薄型化への要求も当然厳しくなってきている。このような高画素の撮像素子を用いた撮像装置に組み込まれる撮像レンズに対しても、更なる高解像

50

度化、小型化、薄型化とともに、明るいレンズ系（すなわち、小さなF値）が求められている。同時に、広範囲な被写体の像を撮影可能な、広い画角に対応することも強く望まれている。

【0003】

従来、撮像装置を備えた携帯端末に採用される撮像レンズは2枚構成や3枚構成がサイズ、コストの面で有利なため、広く採用されてきた。しかし、近年の高性能化の流れに適応するため、比較的高性能化が可能な4枚構成の撮像レンズも多く提案されている。しかし、構成枚数を増やせば高画素化への対応は可能になるものの、小型化、薄型化に十分対応した撮像レンズを得ることは困難であった。

【0004】

従来の4枚のレンズ構成として、物体側より順に、正の第1レンズ、負の第2レンズ、正の第3レンズ、そして収差補正用の第4レンズとで構成されるものが多く提案されている。このレンズ構成は、色収差を補正するために、正のパワーを有する第1レンズにはアッペ数の大きい低分散材料を用い、負のパワーを有する第2レンズにはアッペ数の小さい高分散材を用いることで色収差の補正を行うものが多い。しかし、負のパワーを有するレンズの存在は光軸方向の距離を短縮しにくいため、色収差の良好な補正は可能でも、撮像レンズの薄型化への要求に十分適応することには課題があった。

例えば、特許文献1には物体側から順に、物体側が凸面の正の屈折力を有する第1レンズと、開口絞りと、両面が非球面で負の屈折力を有する第2レンズと、物体側が凹面のメニスカス形状または両凸形状であり、両面が非球面の正の屈折力を有する第3レンズと、両凹形状で両面が非球面であり、負の屈折力を有する第4レンズとからなり、第4レンズの像側の面には変極点を有し、開口絞りから撮像面までの光軸上の距離と、光学全長との比の最大値を規定した撮像レンズが開示されている。この撮像レンズは、第1レンズの屈折力を強め、第4レンズの物体側を凹面とすることにより、光学系の像側主点を撮像面から遠ざけることで光学全長の短縮化を図っている。

【0005】

また、特許文献2には物体側から順に、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、第4レンズは少なくとも1面が非球面であり、第4レンズの近軸領域のパワーと最大光線高のパワーとの比、および第3レンズと第4レンズのアッペ数の差を適切な範囲に設定した撮像レンズが開示されている。この撮像レンズは、第1レンズの物体側の面に強い正のパワーを持たせたメニスカス形状として第1レンズの像側主点を物体側へ移動させるとともに、第4レンズの像側の面を凹面にすることによって光学全長の短縮化を図っている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】United States Patent U.S. 7,826,149,
B2

【特許文献2】特開2004-341512号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献1において、光学全長(TTL)と最大像高(IH)との比(TTL/(2IH))は0.9前後であり、比較的小型化が実現されている。しかし、特許文献1に開示された撮像レンズが採用したパワー構成と面構成で更なる薄型化を実現しようとすると、各レンズの中心厚やエッチ厚の確保が困難となり、特に各レンズを射出成型によって製造する場合、樹脂が充填されにくいという事態が生じてしまう。この撮像レンズを光学全長と最大像高との比を小さく維持したまま、例えば1/5インチ以下程度の小型の撮像素子

に適応させることは構造上不可能である。また、特許文献2において、光学全長と最大像高の比($TTL / (2IH)$)は1.17程度、光学全長は7mm程度と長く、十分な小型化が実現されているとは言えない。また、半画角が33°程度であり、広角化が図られているとはいえない。

【0008】

本発明は、上述した課題に鑑みてなされたものであり、4枚レンズ構成でありながら小型化、薄型化が可能で、且つF値が小さく、諸収差が良好に補正され、比較的広画角でさらには低コスト化にも対応可能な撮像レンズを提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明による撮像レンズは、4枚レンズ構成であり、物体側から像側に向かって順に、開口絞りと、光軸近傍で物体側に凸面を向けた正の屈折力を有する第1レンズと、光軸近傍で像側に凸面を向けた正の屈折力を有する第2レンズと、光軸近傍で像側に凸面を向けた正の屈折力を有する第3レンズと、光軸近傍で像側に凹面を向けた負の屈折力を有する第4レンズとで構成され、すべてのレンズをプラスチック材料で構成し、すべてのレンズ面を非球面で形成し、第1レンズの像側の面から第2レンズの像側の面のうち、少なくとも一つの面に回折光学面を形成し、正の屈折力を有する3枚のレンズのうち、少なくとも1枚が以下の条件式(1)を満足するよう構成した。

$$(1) 1.58 < N_{di}$$

ただし、

N_{di} : i番目の正レンズのd線における屈折率

【0010】

本発明の撮像レンズは第1レンズ、第2レンズ、第3レンズのパワーを正にすることにより各レンズ間距離を短縮し、第4レンズのパワーを光軸近傍で負にすることにより光学全長の短縮化とバックフォーカスの確保を容易にしている。また、すべてのレンズをプラスチック材料で構成することで高い量産性と低コスト化を図り、さらにすべてのレンズ面に適切な非球面形状を形成することで諸収差の良好な補正を図っている。また、本発明の撮像レンズは第1レンズの像側の面から第2レンズの像側の面のうち、少なくとも一つの面に回折光学面を形成している。回折光学面は、光路差関数で定義される光路差を発生させるレリーフによって構成されるものである。通常のガラス材料のe線におけるアッペ数は25から80なのに対して、回折光学面のe線のアッペ数は約-3.3と逆符号でおよそ一桁大きな分散を示す性質がある。回折光学面を適切な面に形成することで、アッペ数の小さな負のパワーのレンズを配置することなく、良好な色収差の補正と光学全長の短縮化との両立を実現している。

【0011】

開口絞りは第1レンズの物体側に配置している。レンズ系の最も物体側に開口絞りを配置することで、射出瞳位置を像面から離すことができるため、撮像素子への光線入射角度を抑制することが容易になり、像側の良好なテレセントリック性を得ることができる。

【0012】

条件式(1)は正の屈折力を有する3枚のレンズのうち、少なくとも1枚のレンズの屈折率を適切な範囲に規定するものであり、比較的高屈折率のプラスチック材料を1枚使用することで、各レンズのエッジ厚を確保しながら光学全長の短縮化を可能にする。

【0013】

また、本発明の撮像レンズは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$(2) 0.7 < TTL / (2IH) < 0.9$$

ただし、

TTL: フィルタを取り外した際の、第1レンズの物体側の面から撮像面までの光軸上の距離

IH: 最大像高

【0014】

10

20

30

40

50

条件式(2)は光学全長と最大像高の比の範囲を規定するものである。条件式(2)の値が上限値を上回ると最大像高に対する光学全長が長くなるため、各レンズに採用する形狀の自由度が高くなつて性能を向上させやすくはなるが、光学全長の短縮化に不利になる。一方、条件式(2)の値が下限値を下回ると、最大像高に対する光学全長が短くなりすぎ、製造可能なレンズ厚の確保が困難になるとともに、非球面形状を含む各レンズ形狀の自由度が減少するため良好な諸収差を補正する為のレンズ構成が採りにくくなる。

【0015】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$(3) 0.7 < f_1 / f < 1.1$$

ただし、

f_1 : 第1レンズの焦点距離

f : 全系の焦点距離

【0016】

条件式(3)は全系の焦点距離と第1レンズの焦点距離との比を適切な範囲に規定するものであり、光学全長の短縮化と良好な収差補正を行うための条件である。条件式(3)の値が上限値を上回ると第1レンズの正のパワーが相対的に弱くなるため、光学全長の短縮化を維持するためには第2レンズ、または第3レンズの正のパワーを強くする必要があるが、その場合第2レンズ、または第3レンズのエッヂ厚の確保が困難になり加工性に問題が生ずる。一方、条件式(3)の値が下限値を下回ると、反対に第1レンズのエッヂ厚の確保が困難になるとともに、第1レンズの正のパワーが強くなり、球面収差が増大するため好ましくない。

【0017】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$(4) 0.40 < r_1 / f < 1.0$$

ただし、

r_1 : 第1レンズの物体側の面の曲率半径

f : 全系の焦点距離

【0018】

条件式(4)は全系の焦点距離と第1レンズの物体側の面の曲率半径との比を適切な範囲に規定するものである。条件式(4)の値が上限値を上回ると第1レンズの物体側の面の正のパワーが弱くなり、第1レンズとしての正のパワーを維持しようとすると、像側の面に強い凸面が必要になるが、その場合第1レンズの像側主点位置が像側に移動するため、光学全長の短縮化が困難になる。一方、条件式(4)の値が下限値を下回ると第1レンズの物体側の面の正のパワーが強くなり過ぎ、高次の球面収差やコマ収差を抑制することが困難になるとともに、レンズのエッヂ厚の確保が困難となり、加工性が悪くなる。

【0019】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$(5) 0.6 < f_{123} / f < 0.9$$

ただし、

f_{123} : 第1レンズ、第2レンズ、第3レンズの合成焦点距離

f : 全系の焦点距離

【0020】

条件式(5)は全系の焦点距離と第1レンズ、第2レンズ、第3レンズの合成焦点距離との比を適切な範囲に規定するものである。条件式(5)の値が上限値を上回ると、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズの合成パワーが弱くなり過ぎ、光学全長の短縮化が困難になる。一方、条件式(5)の値が下限値を下回ると、第1レンズ、第2レンズ、第3レンズの合成パワーが強くなり過ぎるため、第4レンズの負のパワーを強くせざるを得なくなるが、その場合、全像高に対する良好な収差補正が困難になつてしまふ。

【0021】

また、本発明の第4レンズは物体側の面および像側の面に、光軸上以外の位置に変極点

10

20

30

40

50

を有することが望ましい。第4レンズの物体側の面および像側の面に光軸上以外の位置に変極点を持たせる事で、光学全長の変化に合わせた歪曲収差の良好な補正と撮像素子への光線入射角度の抑制が可能になる。なお、変極点とは接平面が光軸と垂直に交わる非球面上の点を意味するものとする。

【0022】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$(6) \quad 0.6 < d / T T L < 0.8$$

ただし、

d : 第1レンズの物体側の面から第4レンズの像側の面までの光軸上の距離

$T T L$: フィルタを取り外した際の、第1レンズの物体側の面から撮像面までの光軸上の距離

10

【0023】

条件式(6)は適切なバックフォーカスを確保しながら、諸収差の増大を抑制するための条件であり、条件式(6)の値が上限値を上回る場合、バックフォーカスが確保できず、IRカットフィルタ等の配置ができない事態が生ずる。一方、条件式(6)の値が下限値を下回る場合は、バックフォーカスの値が過剰になり、製造可能なレンズ厚の確保が困難になることに加えて、諸収差が増大するため好ましくない。

【0024】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$(7) \quad 0.02 < T 12 / d < 0.20$$

20

ただし、

$T 12$: 第1レンズの像側の面と第2レンズの物体側の面との光軸上の距離

d : 第1レンズの物体側の面から第4レンズの像側の面までの光軸上の距離

【0025】

条件式(7)は第1レンズの物体側の面から第4レンズの像側の面までの光軸上の距離と第1レンズの像側の面から第2レンズの物体側の面までの光軸上の距離との比を適切な範囲に規定するものである。条件式(7)の値が上限値を上回ると第1レンズと第2レンズの中心厚を小さくしなければならず、加工性の悪いレンズ形状になり易い。一方、条件式(7)の値が下限値を下回ると、第1レンズと第2レンズの中心厚は確保しやすくなるが、第1レンズと第2レンズとの光軸上の空気間隔やエッヂ部の空気間隔が小さくなり過ぎ、組み込み後に第1レンズと第2レンズが接触する恐れが生ずる。

30

【0026】

また、本発明の撮像レンズは第1レンズ、第2レンズ、第3レンズ、第4レンズについて、以下の条件式(8)を満足する事が望ましい。

$$(8) \quad 0.6 < T i e / T i < 1.3$$

ただし、

$T i$: i番目のレンズの中心厚

$T i e$: i番目のレンズのエッヂ厚

【0027】

40

条件式(8)は各レンズの中心厚とエッヂ厚との比の範囲を適切な範囲に規定するものである。プラスチックレンズの成形時における材料の流動性を考慮すると、出来るだけレンズ厚は中心からエッヂに至るまで厚みに差がない事が望ましい。条件式(8)の値が上限値、下限値の範囲内であれば、流動性が悪くなったり、ヒケの発生等、成形時の問題を回避しやすくなる。

【0028】

また、本発明の撮像レンズは以下の条件式(9)を満足する事が望ましい。

$$(9) \quad 1 \leq D n \leq 20$$

ただし、

$D n$: 回折格子の輪帯数(整数)

50

【0029】

条件式(9)は第1レンズの像側の面から第2レンズの像側の面のうち、少なくとも一つの面に形成された回折光学面の輪帯数を適切な範囲に規定するものであり、輪帯数を20以下にすることによって、各輪帯のエッヂ部で発生する乱反射の増加を抑え、レンズ性能に有害なゴーストやフレアを抑制しやすくなる。

【発明の効果】

【0030】

本発明により、小型化、薄型化に対応した、諸収差が良好に補正され、比較的広画角で明るい撮像レンズを得ることが出来る。

10

また、全てのレンズをプラスチック材料で構成することによって、大量生産に向いた、低コスト化が可能な撮像レンズを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】実施例1の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図2】実施例1の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図3】実施例2の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図4】実施例2の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図5】実施例3の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図6】実施例3の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

20

【図7】実施例4の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図8】実施例4の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図9】実施例5の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図10】実施例5の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【図11】実施例6の撮像レンズの概略構成を示す図である。

【図12】実施例6の撮像レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

以下に、本発明に係る実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。図1、図3、図5、図7、図9、図11はそれぞれ、本実施形態の実施例1～6に係る撮像レンズの概略構成図を示している。図1に示されるように、実施例1の撮像レンズは物体側から像側に向かって順に、開口絞りST、光軸Xの近傍で物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するメニスカス形状の第1レンズL1、光軸Xの近傍で像側に凸面を向けた正の屈折力を有するメニスカス形状の第2レンズL2、光軸Xの近傍で像側に凸面を向けた正の屈折力を有するメニスカス形状の第3レンズL3、光軸Xの近傍で像側に凹面を向けた負の屈折力を有するメニスカス形状の第4レンズL4とで構成されている。すべてのレンズ面は非球面で形成されており、回折光学面DOEは第1レンズL1の像側の面r2に形成されている。なお、回折光学面DEOは第1レンズL1の像側の面r2から第2レンズL2の像側の面r4のうち、少なくとも一つの面に形成すればよい。第1レンズL1は高屈折率のポリカーボネート系の材料を、第2レンズL2、第3レンズL3、第4レンズL4には低分散のオレフィン系の材料を用いている。また、第4レンズL4と像面IMとの間にはフィルタIRが配置されている。なお、このフィルタIRは省略することが可能である。また、光軸上の距離を算出する際はフィルタを取り外したときの値を採用するものとする。

30

【0033】

なお、第1レンズL1は物体側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズであれば良く、例えば両面が凸面であってもかまわない。また、第2レンズL2は像側に凸面を向けた正の屈折力を有するレンズであれば良く、例えば両面が凸面であってもかまわない。

【0034】

また、すべてのレンズ面は非球面で形成されており、これらのレンズ面に採用する非球

40

50

面形状は光軸方向の軸をZ、光軸に直交する方向の高さをH、円錐係数をk、非球面係数をA₄、A₆、A₈、A₁₀、A₁₂、A₁₄、A₁₆としたとき数1により表わされる。また、回折光学面の光路差関数は数2で表わされる。

【0035】

【数1】

$$Z = \frac{\frac{H^2}{R}}{1 + \sqrt{1 - (k+1) \frac{H^2}{R^2}}} + A_4 H^4 + A_6 H^6 + A_8 H^8 + A_{10} H^{10} + A_{12} H^{12} + A_{14} H^{14} + A_{16} H^{16}$$
10

【数2】

$$P = \sum_{i=1}^7 B_{2i} Y^{2i}$$

ただし、

P : 光路差（単位：波長）

B_{2i} : 光路差関数係数 (i = 1 ~ 7)

【0036】

本実施形態の撮像レンズは以下の条件式(1)～(9)を満足する。

$$(1) 1.58 < N_{di}$$

$$(2) 0.7 < TTL / (2IH) < 0.9$$

$$(3) 0.7 < f1 / f < 1.1$$

$$(4) 0.40 < r1 / f < 1.0$$

$$(5) 0.6 < f123 / f < 0.9$$

$$(6) 0.6 < d / TTL < 0.8$$

$$(7) 0.02 < T12 / d < 0.20$$

$$(8) 0.6 < Tie/Ti < 1.3$$

$$(9) 1 \leq n \leq 20$$

ただし、

N_{di} : i番目の正レンズのd線における屈折率

TTL : フィルタを取り外した際の、第1レンズの物体側の面から撮像面までの光軸上の距離

IH : 最大像高

f₁ : 第1レンズの焦点距離

f : 全系の焦点距離

r₁ : 第1レンズの物体側の面の曲率半径

f₁₂₃ : 第1レンズ、第2レンズ、第3レンズの合成焦点距離

d : 第1レンズの物体側の面から第4レンズの像側の面までの光軸上の距離

T₁₂ : 第1レンズの像側の面と第2レンズの物体側の面との光軸上の距離

T_i : i番目のレンズの中心厚

Tie : i番目のレンズのエッジ厚

Dn : 回折格子輪帯数(整数)

【0037】

次に本実施の形態に係る撮像レンズの実施例を示す。各実施例において、fは撮像レンズ全系の焦点距離を、FN_oはFナンバーを、θは半画角を、IHは最大像高をそれぞれ示す。また、iは物体側から数えた面番号、rは曲率半径、dは光軸上のレンズ面間の距離(面間隔)、N_{di}はd線(基準波長)に対する屈折率、n_{di}はd線に対するアッベ数をそれぞれ示す。なお、非球面に関しては、面番号iの後に*(アスタリスク)の符号を付加

10

20

30

40

50

して示し、回折光学面が形成された面を D O E で示す。

【実施例 1】

【0 0 3 8】

基本的レンズデータを以下の表 1 に示す。

【表 1】

数値実施例1

単位mm

$$f = 2.176$$

$$Fno = 2.4$$

$$\omega(^{\circ}) = 38.81$$

$$IH = 1.75$$

10

面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd
1*(絞り)	1.198	0.394	1.6142	25.58
2* (DOE)	7.296	0.266		
3*	-1.194	0.280	1.5346	56.16
4*	-0.933	0.128		
5*	-0.746	0.394	1.5346	56.16
6*	-0.633	0.024		
7*	2.282	0.335	1.5346	56.16
8*	0.722	0.300		
9*	Infinity	0.300	1.5168	64.20
10*	Infinity	0.4150745		
像面	Infinity			

20

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	1.985
2	3	5.785
3	5	3.526
4	7	-2.127

30

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面
k	-3.376E+00	-9.800E+01	-5.653E-01	-1.317E-01	-1.163E+00
A4	1.634E-01	-3.131E-01	-9.108E-01	-9.159E-02	9.182E-01
A6	-7.042E-01	-1.194E+00	9.538E-01	2.478E+00	-4.064E-01
A8	1.577E+00	1.162E+00	9.959E+00	4.983E+00	5.737E+00
A10	-6.121E+00	-7.521E-01	-1.705E+01	-1.166E+01	-3.403E+01
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	3.697E+00	8.881E+01
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.147E+02
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.904E+01

10

	第6面	第7面	第8面
k	-4.503403	0	-8.430406
A4	-1.771E-01	-8.062E-01	-4.342E-01
A6	8.922E-01	5.782E-01	4.474E-01
A8	-1.768E+00	-2.649E-01	-4.770E-01
A10	1.774E+00	1.558E-01	3.795E-01
A12	2.771E+00	7.900E-02	-2.052E-01
A14	-6.669E+00	-1.263E-01	6.211E-02
A16	3.339E+00	2.255E-02	-8.228E-03

20

光路差関数係数

B1	-3.307E-02
B2	-3.094E-02
B3	1.915E-01
B4	-2.130E-01
B5	-4.551E+00
B6	2.357E+01
B7	-3.572E+01

【0039】

30

実施例1の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(9)の全てを満たしている。

【0040】

図2は実施例1の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。球面収差図には、F線(486nm)、d線(588nm)、C線(656nm)の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面S、タンジェンシャル像面Tにおける収差量をそれぞれ示している。図2に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0041】

また、光学全長TTLは2.74mmと短く、4枚構成でありながら薄型化が実現されている。さらに、F値は2.4で明るく、半画角は約38.8°で比較的広い画角が実現されている。

40

【実施例2】

【0042】

基本的レンズデータを以下の表2に示す。

【表2】
数値実施例2
単位mm

 $f = 2.167$ $Fno = 2.38$ $\omega(^{\circ}) = 38.88$ $|H| = 1.75$

面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd	
1*(絞り)	0.989	0.456	1.5346	56.16	10
2*(DOE)	5.512	0.246			
3*	-1.061	0.280	1.5346	56.16	
4*	-0.774	0.101			
5*	-0.612	0.314	1.6142	25.58	
6*	-0.664	0.020			
7*	1.855	0.404	1.5346	56.16	
8*	0.776	0.107			
9*	Infinity	0.300	1.5168	64.20	
10*	Infinity	0.6004739			20
像面	Infinity				

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	1.992
2	3	3.985
3	5	9.664
4	7	-2.859

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面
k	-1.184E+01	-2.445E+01	-6.039E-01	1.877E-01	-1.147E+00
A4	1.447E+00	-5.997E-01	-1.510E+00	-7.187E-01	1.049E+00
A6	-6.013E+00	1.261E+00	-1.537E+00	5.469E+00	2.045E+00
A8	1.935E+01	-1.316E+01	1.962E+01	-1.326E+00	-3.743E+00
A10	-3.308E+01	1.709E+01	-2.490E+01	-3.528E+00	-2.989E+01
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.116E+01	1.156E+02
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.624E+02
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	8.212E+01

10

	第6面	第7面	第8面
k	-2.982E+00	0.000E+00	-8.684E+00
A4	4.699E-01	-8.578E-01	-3.889E-01
A6	-6.013E-01	7.406E-01	3.957E-01
A8	1.259E+00	-2.569E-01	-4.142E-01
A10	-9.095E-01	7.335E-02	3.217E-01
A12	-1.258E+00	-6.093E-02	-1.673E-01
A14	2.040E+00	1.971E-02	4.694E-02
A16	-8.016E-01	3.873E-04	-4.928E-03

20

光路差関数係数

B1	-2.468E-02
B2	1.841E-01
B3	-2.498E+00
B4	1.881E+01
B5	-7.993E+01
B6	1.843E+02
B7	-1.790E+02

【0043】

30

実施例2の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(9)の全てを満たしている。

【0044】

図4は実施例2の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。球面収差図には、F線(486nm)、d線(588nm)、C線(656nm)の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面S、タンジェンシャル像面Tにおける収差量をそれぞれ示している。図4に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0045】

40

また、光学全長TTLは2.74mmと短く、4枚構成でありながら薄型化が実現されている。さらに、F値は2.38で明るく、半画角は約38.9°で比較的広い画角が実現されている。

【実施例3】

【0046】

基本的レンズデータを以下の表3に示す。

【表3】
数値実施例3
単位mm

 $f = 2.197$ $Fno = 2.406$ $\omega(^{\circ}) = 38.58$ $|H| = 1.75$

面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd	
1*(絞り)	1.195	0.393	1.6142	25.58	10
2*(DOE)	7.206	0.273			
3*	-1.192	0.284	1.5346	56.16	
4*	-0.967	0.115			
5*	-0.808	0.404	1.5346	56.16	
6*	-0.638	0.021			
7*	2.261	0.327	1.5346	56.16	
8*	0.693	0.200			
9*	Infinity	0.300	1.5168	64.20	
10*	Infinity	0.5384453			20
像面	Infinity				

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.000
2	3	6.624
3	5	3.084
4	7	-2.009

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面	
k	-3.294E+00	-9.196E+01	-7.717E-01	-8.775E-02	-1.036E+00	
A4	1.637E-01	-3.026E-01	-8.903E-01	-8.448E-02	8.928E-01	
A6	-7.110E-01	-1.098E+00	8.907E-01	2.410E+00	-3.769E-01	
A8	1.836E+00	1.236E+00	9.771E+00	4.711E+00	5.783E+00	
A10	-6.696E+00	-2.260E+00	-1.853E+01	-1.195E+01	-3.409E+01	
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.572E+00	8.893E+01	
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.149E+02	10
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.905E+01	
	第6面	第7面	第8面			
k	-4.803E+00	0.000E+00	-8.166E+00			
A4	-1.784E-01	-7.974E-01	-4.300E-01			
A6	8.872E-01	5.831E-01	4.431E-01			
A8	-1.775E+00	-2.643E-01	-4.713E-01			
A10	1.773E+00	1.526E-01	3.788E-01			
A12	2.783E+00	7.531E-02	-2.069E-01			
A14	-6.639E+00	-1.308E-01	6.192E-02			
A16	3.306E+00	2.834E-02	-7.671E-03			20

光路差関数係数

B1	-3.072E-02
B2	-2.894E-02
B3	1.616E-01
B4	-1.314E-01
B5	-4.373E+00
B6	2.322E+01
B7	-3.691E+01

実施例 3 の撮像レンズは、表 7 に示すように条件式(1)～(9)の全てを満たしている。

【0047】

図 6 は実施例 3 の撮像レンズについて、球面収差 (mm)、非点収差 (mm)、歪曲収差 (%) を示したものである。球面収差図には、F 線 (486 nm)、d 線 (588 nm)、C 線 (656 nm) の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面 S、タンジェンシャル像面 T における収差量をそれぞれ示している。図 6 に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0048】

また、光学全長 TTL は 2.75 mm と短く、4 枚構成でありながら薄型化が実現されている。さらに、F 値は 2.41 で明るく、半画角は約 38.6° で比較的広い画角が実現されている。

【実施例 4】

【0049】

基本的レンズデータを以下の表 4 に示す。

【表4】
数値実施例4
単位mm

 $f = 2.241$ $Fno = 2.31278$ $\omega(^{\circ}) = 38.37$ $|H| = 1.75$

面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd	
1*(絞り)	0.992	0.448	1.5346	56.16	10
2*(DOE)	5.322	0.272			
3*	-1.003	0.280	1.6142	25.58	
4*	-0.809	0.063			
5*	-0.764	0.415	1.5346	56.16	
6*	-0.560	0.020			
7*	2.036	0.280	1.5346	56.16	
8*	0.536	0.150			
9*	Infinity	0.300	1.5168	64.20	
10*	Infinity	0.6077948			20
像面	Infinity				

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	1.961
2	3	4.358
3	5	2.289
4	7	-1.450

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面	
k	-2.855E+00	-8.918E+01	1.431E+00	2.400E-01	-4.350E+00	
A4	3.766E-01	-7.239E-01	-7.851E-01	5.170E-01	1.100E+00	
A6	-1.146E+00	2.211E+00	-5.390E-01	-2.273E-01	-3.277E+00	
A8	4.772E+00	-1.419E+01	1.389E+01	7.138E+00	1.171E+01	
A10	-1.319E+01	1.845E+01	-1.308E+01	-6.749E+00	-3.667E+01	
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	5.836E+00	7.500E+01	
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-8.643E+01	
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.144E+01	10
	第6面	第7面	第8面			
k	-5.097E+00	0.000E+00	-7.203E+00			
A4	6.482E-02	-1.093E+00	-5.667E-01			
A6	-4.437E-01	8.970E-01	6.772E-01			
A8	1.214E+00	-2.797E-01	-6.964E-01			
A10	-4.502E-01	1.935E-01	4.959E-01			
A12	5.473E-01	-1.037E-02	-2.143E-01			
A14	-2.153E+00	-1.985E-01	3.820E-02			
A16	1.340E+00	9.265E-02	1.011E-03			20

光路差関数係数

B1	-2.999E-02
B2	2.671E-01
B3	-2.202E+00
B4	1.110E+01
B5	-3.188E+01
B6	5.813E+01
B7	-5.821E+01

【0050】

30

実施例4の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(9)の全てを満たしている。

【0051】

図8は実施例4の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。球面収差図には、F線(486nm)、d線(588nm)、C線(656nm)の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面S、タンジェンシャル像面Tにおける収差量をそれぞれ示している。図8に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0052】

また、光学全長TTLは2.74mmと短く、4枚構成でありながら薄型化が実現されている。さらに、F値は2.31で明るく、半画角は約38.4°で比較的広い画角が実現されている。

40

【実施例5】

【0053】

基本的レンズデータを以下の表5に示す。

【表5】

数値実施例5

単位mm

$f = 2.195$

$Fno = 2.4$

$\omega(^{\circ}) = 38.60$

$lH = 1.75$

面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd	
絞り	Infinity	-0.03			10
1*	1.807	0.401	1.6142	25.58	
2* (DOE)	-13.933	0.022			
3*	11.000	0.280	1.5346	56.16	
4*	-428.412	0.229			
5*	-0.710	0.329	1.5346	56.16	
6*	-0.752	0.146			
7*	2.392	0.420	1.5346	56.16	
8*	1.187	0.100			
9*	Infinity	0.300	1.5168	64.20	20
10*	Infinity	0.610197			
像面	Infinity				

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離	
1	1	2.000	
2	3	20.000	
3	5	13.576	
4	7	-5.006	

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面	
k	-1.240E+01	9.800E+01	3.460E+01	-9.900E+01	-6.909E-01	
A4	1.149E-01	-1.213E+00	1.055E-01	2.131E-01	6.384E-01	
A6	-1.495E+00	3.795E+00	-4.176E+00	-1.885E+00	-2.243E+00	
A8	3.099E+00	-1.321E+01	1.165E+01	5.094E+00	2.810E+01	
A10	-7.216E+00	1.921E+01	-5.908E+00	-7.469E+00	-7.625E+01	
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	4.826E+00	2.501E+01	
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	1.888E+02	
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-2.492E+02	10
	第6面	第7面	第8面			
k	-2.760E+00	0.000E+00	-9.373E+00			
A4	-3.663E-01	-1.005E+00	-4.562E-01			
A6	1.705E+00	1.096E+00	4.507E-01			
A8	2.009E+00	-9.708E-02	-4.970E-01			
A10	2.748E+00	-1.505E+00	5.699E-01			
A12	-1.204E+01	-4.383E-01	-6.683E-01			
A14	3.390E+00	3.993E+00	4.601E-01			
A16	-1.839E+00	-2.422E+00	-1.320E-01			20

光路差関数係数

B1	-5.990E-02
B2	5.743E-01
B3	-4.600E+00
B4	1.632E+01
B5	-2.295E+01
B6	5.230E+00
B7	1.876E+00

【0054】

30

実施例5の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(9)の全てを満たしている。

【0055】

図10は実施例5の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。球面収差図には、F線(486nm)、d線(588nm)、C線(656nm)の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面S、タンジェンシャル像面Tにおける収差量をそれぞれ示している。図10に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0056】

また、光学全長TTLは2.75mmと短く、4枚構成でありながら薄型化が実現されている。さらに、F値は2.40で明るく、半画角は約38.6°で比較的広い画角が実現されている。

【実施例6】

【0057】

基本的レンズデータを以下の表6に示す。

40

【表6】
数値実施例6
単位mm

 $f = 2.113$ $Fno = 2.4$ $\omega(^{\circ}) = 39.58$ $|H| = 1.75$

面データ

面番号 i (物面)	曲率半径 r Infinity	面間隔 d Infinity	屈折率 Nd	アッベ数 vd	
絞り	Infinity	-0.055			10
1*	1.134	0.441	1.5346	56.16	
2*	-17.151	0.222			
3*(DOE)	-0.944	0.280	1.5346	56.16	
4*	-0.853	0.113			
5*	-0.599	0.304	1.6142	25.58	
6*	-0.574	0.020			
7*	1.639	0.349	1.5346	56.16	
8*	0.677	0.200			
9*	Infinity	0.300	1.5168	64.20	20
10*	Infinity	0.6118825			
像面	Infinity				

単レンズデータ

レンズ	始面	焦点距離
1	1	2.000
2	3	5.440
3	5	3.932
4	7	-2.463

非球面係数

	第1面	第2面	第3面	第4面	第5面	
k	-1.127E+01	-1.358E+01	-5.897E+00	1.262E-01	-8.513E-01	
A4	9.241E-01	-5.180E-01	-1.505E+00	-7.214E-01	7.979E-01	
A6	-4.255E+00	-9.657E-01	-3.428E+00	5.540E+00	4.016E+00	
A8	1.436E+01	-3.196E+00	2.451E+01	-5.334E+00	-8.466E+00	
A10	-3.012E+01	7.231E+00	-2.600E+01	-1.161E+01	-3.742E+01	
A12	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	2.060E+01	1.366E+02	
A14	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-1.198E+02	
A16	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	0.000E+00	-7.825E+01	10
	第6面	第7面	第8面			
k	-2.609E+00	0.000E+00	-7.799E+00			
A4	2.843E-01	-8.067E-01	-3.863E-01			
A6	2.023E-01	8.322E-01	4.540E-01			
A8	9.007E-01	-5.771E-01	-4.958E-01			
A10	-3.567E+00	4.884E-02	3.441E-01			
A12	-1.262E+00	5.761E-02	-1.560E-01			
A14	9.385E+00	1.329E-01	4.194E-02			
A16	-5.151E+00	-8.137E-02	-5.928E-03			20

光路差関数係数

B1	-3.064E-02
B2	4.299E-01
B3	-5.331E+00
B4	3.281E+01
B5	-1.106E+02
B6	2.115E+02
B7	-1.882E+02

【0058】

30

実施例6の撮像レンズは、表7に示すように条件式(1)～(9)の全てを満たしている。

【0059】

図12は実施例6の撮像レンズについて、球面収差(mm)、非点収差(mm)、歪曲収差(%)を示したものである。球面収差図には、F線(486nm)、d線(588nm)、C線(656nm)の各波長に対する収差量を示している。また、非点収差図にはサジタル像面S、タンジェンシャル像面Tにおける収差量をそれぞれ示している。図12に示すように、各収差は良好に補正されていることが分かる。

【0060】

40

また、光学全長TTLは2.74mmと短く、4枚構成でありながら薄型化が実現されている。さらに、F値は2.40で明るく、半画角は約39.6°で比較的広い画角が実現されている。

【0061】

本発明の実施形態に係る撮像レンズによれば、4枚構成でありながら、回折光学面DOEの色収差補正機能を適切に応用することで負のレンズを使用することなく、色収差の補正と非常に短い光学全長TTLとの両立が図られていることがわかる。また、全てのレンズ面に適切な非球面形状を形成することで、諸収差が良好に補正されており、さらにF値は2.40程度で明るく、近年の高密度化された撮像素子に適応が可能である。また、半画角が38°以上であり広画角化を達成しているため、広範囲な被写体の像の撮影が可能である。

50

【0062】

表7に実施例1～6の条件式(1)～(9)の値を示す。

【表7】

条件式の値

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)1.58<Nd1	1.6142(L1)	1.6142(L3)	1.6142(L1)	1.6142(L2)	1.6142(L1)	1.6142(L2)
(2)0.7<TTL/(2IH)<0.9	0.782	0.782	0.787	0.782	0.787	0.784
(3)0.7<f1/f<1.1	0.912	0.919	0.910	0.875	0.911	0.947
(4)0.40<r1/f<1.0	0.551	0.456	0.544	0.443	0.823	0.537
(5)0.6<f123/f<0.9	0.726	0.726	0.706	0.609	0.890	0.748
(6)0.6< Σd /TTL<0.8	0.666	0.665	0.660	0.650	0.664	0.630
(7)0.02<T12/ Σd <0.20	0.146	0.135	0.150	0.153	0.012	0.128
(8)0.6<Tie/Ti<1.3	L1	0.718	0.665	0.727	0.643	0.741
	L2	1.252	1.192	1.000	1.238	0.988
	L3	0.682	0.852	0.696	0.649	0.996
	L4	1.048	0.693	0.961	1.011	0.667
(9)1≤Dn≤20		18	8	17	4	18
						9

【産業上の利用可能性】

【0063】

上述したように、各実施の形態に係る4枚レンズ構成の撮像レンズを携帯電話機やスマートフォンなどの携帯端末、及びPDA(Personal Digital Assistant)、さらには、ゲーム機等に搭載される撮像装置に内蔵される光学系に適用した場合、高性能なカメラ機能の維持と撮像装置の薄型化を可能にすることができる。

【符号の説明】

【0064】

S T 開口絞り

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 R フィルタ

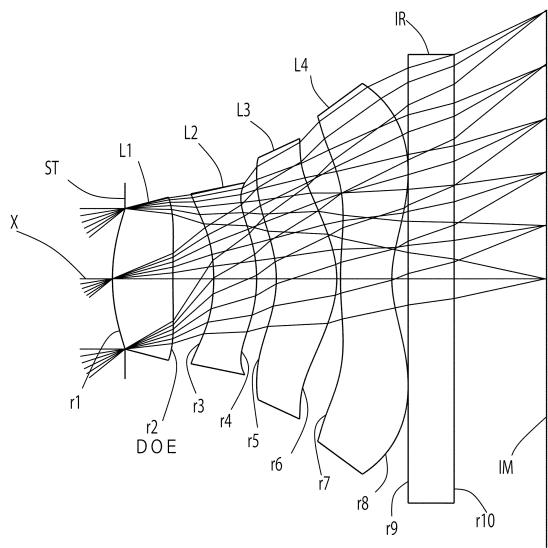
I M 撮像面

10

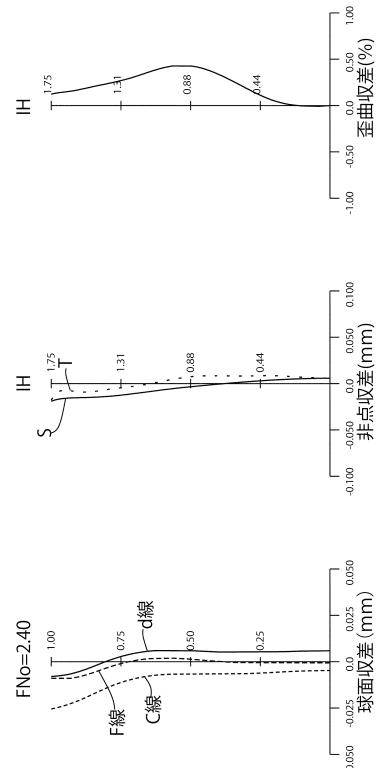
20

30

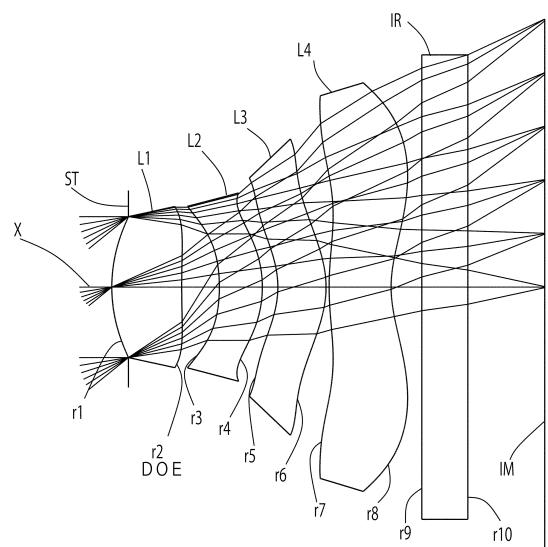
【図1】



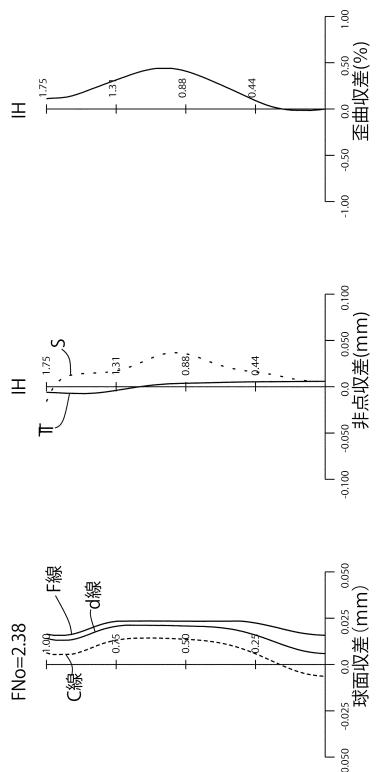
【図2】



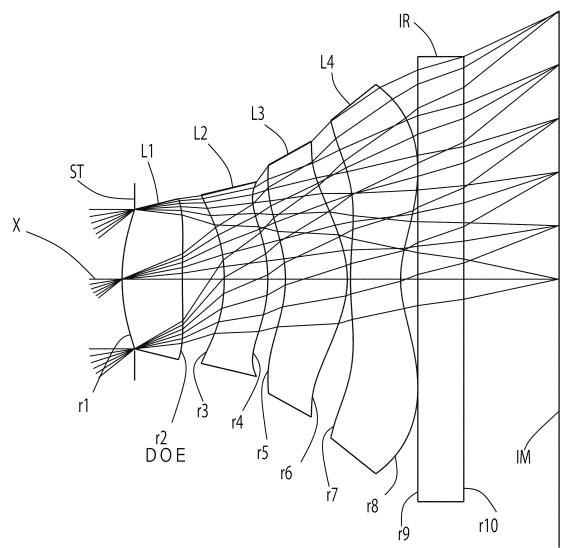
【図3】



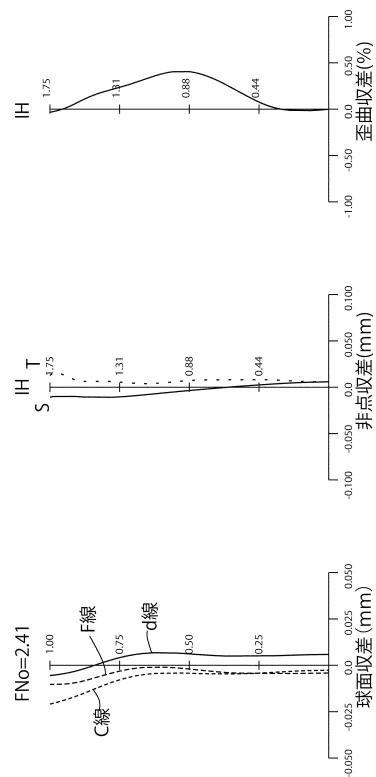
【図4】



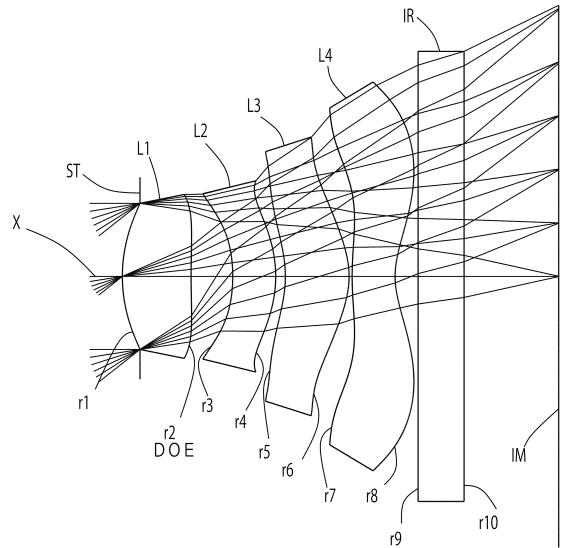
【図5】



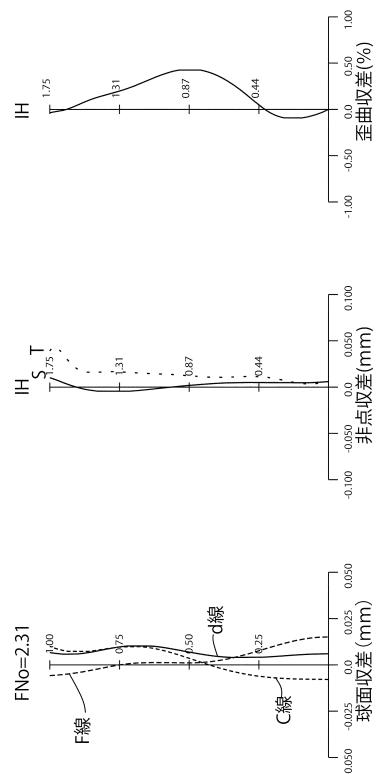
【図6】



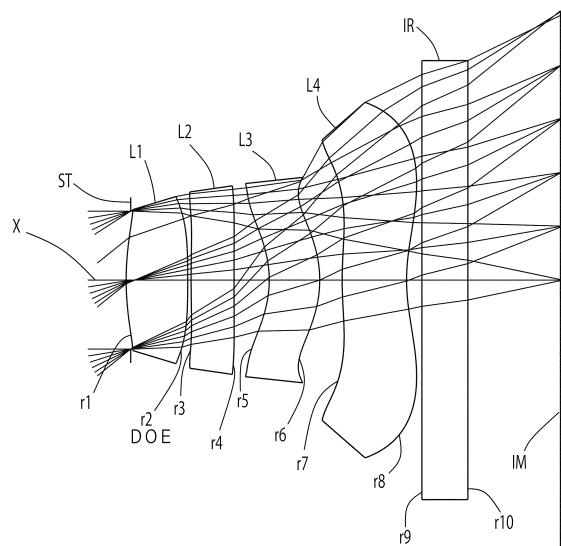
【図7】



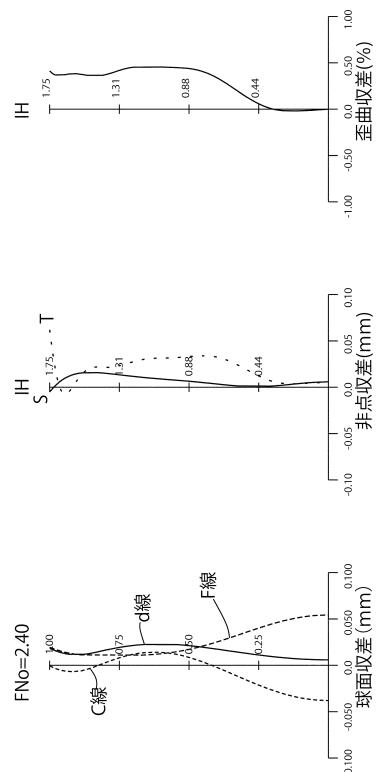
【図8】



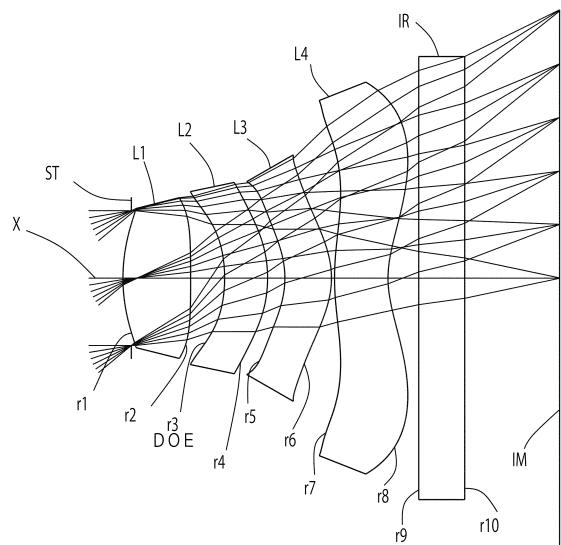
【図 9】



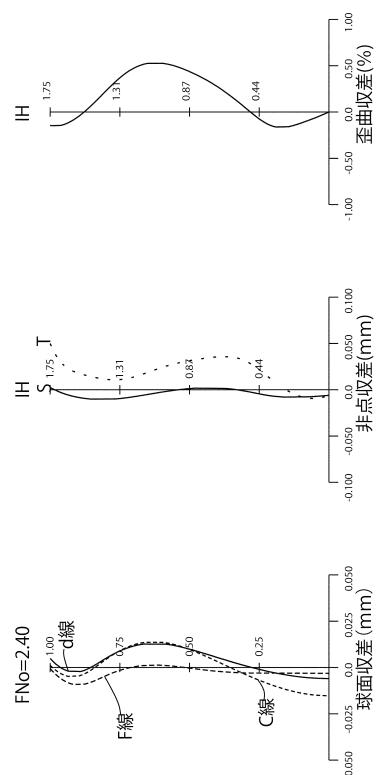
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2011/004443 (WO, A1)
中国実用新案第202171677 (CN, U)
中国実用新案第202049278 (CN, U)
特開2010-060834 (JP, A)
特開2011-112719 (JP, A)
特開2004-341512 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0327521 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B 9 / 00 - 17 / 08
G 02 B 21 / 02 - 21 / 04
G 02 B 25 / 00 - 25 / 04