

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5690354号
(P5690354)

(45) 発行日 平成27年3月25日 (2015. 3. 25)

(24) 登録日 平成27年2月6日 (2015. 2. 6)

(51) Int. Cl.

F 1

G 0 2 B 13/00 (2006. 01)
G 0 2 B 23/24 (2006. 01)
A 6 1 B 1/00 (2006. 01)
A 6 1 B 1/04 (2006. 01)

G O 2 B 13/00
 G O 2 B 23/24 A
 G O 2 B 23/24 B
 A 6 1 B 1/00 3 0 0 Y
 A 6 1 B 1/04 3 7 2

請求項の数 5 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2012-540821 (P2012-540821)
 (86) (22) 出願日 平成23年10月21日 (2011. 10. 21)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2011/074292
 (87) 国際公開番号 W02012/057021
 (87) 国際公開日 平成24年5月3日 (2012. 5. 3)
 審査請求日 平成26年2月3日 (2014. 2. 3)
 (31) 優先権主張番号 特願2010-238619 (P2010-238619)
 (32) 優先日 平成22年10月25日 (2010. 10. 25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100075281
 弁理士 小林 和憲
 (72) 発明者 宮野 俊
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 富士フイルム株式会社内
 審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 撮像光学系及び撮像装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 4】

物体側から順に、負の第1レンズ群、正の第2レンズ群、正の第3レンズ群、負の第4レンズ群からなる撮像光学系において、

前記第2レンズ群と第3レンズ群との間に絞りが設けられ、最大像高を $I H$ 、光学系全体のレンズ厚み $s u m$ とバックフォーカス長との和を光学系全長 $T L$ 、前記最大像高 $I H$ に対する主光線の、最も物体側の面における入射高さを $h F$ 、最も像面側の面における出射高さを $h R$ 、第1レンズ群の焦点距離を $f 1$ としたとき、以下の (1) ~ (5) 式を満たすことを特徴とする撮像光学系。

$$\begin{aligned} 2.00 < T L / I H < 3.00 & \dots (1) \\ 0.37 < h F / I H < 0.5 & \dots (2) \\ 0.37 < h R / I H < 0.5 & \dots (3) \\ 3.5 < | f 1 / I H | < 4.5 & \dots (4) \\ 1.8 < s u m / I H < 2.1 & \dots (5) \end{aligned}$$

【請求項 5】

請求の範囲第4項記載の撮像光学系において、

前記第1レンズ群が像面側に凹面を向けた単レンズ、前記第4レンズ群が物体側に凹面を向けた単レンズであり、前記第2レンズ群または第3レンズ群の少なくともいずれかが1枚の正レンズと1枚の負レンズとを貼り合わせた接合レンズである撮像光学系。

【請求項 6】

10

20

請求の範囲第4項または第5項いずれか記載の撮像光学系と、この撮像光学系の結像面に配置されたイメージセンサとを備え、

前記イメージセンサが裏面照射型CMOSセンサまたは有機CMOSセンサである撮像装置。

【請求項7】

請求の範囲第6項記載の撮像装置において、

体腔内を撮像する内視鏡の先端部に組み込まれた撮像装置。

【請求項8】

請求の範囲第4項記載の撮像光学系において、

$$2.211 < TL / IH < 3.00$$

である撮像光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像素子とともに用いられる広角系の撮像光学系に関し、詳しくは、最大像高に比べて外径を小さくし、かつ全長も短くした撮像光学系、さらにこの撮像光学系をイメージセンサとともに用いた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

CCD型あるいはCMOS型のイメージセンサを用いた各種の撮像装置が知られている。監視あるいは観察用途の撮像装置には、広角系の撮像光学系が多く利用される。また、携帯電話機などの携帯端末に内蔵される撮像装置や、内視鏡の先端部に組み込まれる撮像装置にはコンパクト化も必須の条件となる。例えば内視鏡では、挿入時における患者への負担を軽減するために、経口タイプのほかに経鼻タイプも実用化されている。そして、経口タイプのものでも先端挿入部の外径が9mm前後、経鼻タイプのものでは6mm未満まで細系化が進められ、これに伴って先端部に内蔵される撮像装置の小型化も不可欠になっている。

【0003】

内視鏡の先端部には一般に長さが20～30mm程度の円筒状の硬性部が設けられている。この先端硬性部の後端側に屈曲自在な湾曲部が設けられ、アングルノブを操作して先端硬性部の向きを変えることができる。この先端硬性部の内部に前述のイメージセンサと撮像光学系からなる撮像装置が組み込まれ、先端硬性部に設けられた対物窓を通して観察部位の画像が撮像される。先端硬性部には、さらにライトガイドファイバ、送気・送水チューブ、また鉗子チューブなどの各々の端部が連結され、それぞれ対応して設けられた開口を通して観察部位に照明を与え、対物窓の水洗や乾燥を行い、また適切な処置具により患部の治療やサンプル採取を行うことができるようになっている。

【0004】

先端硬性部が長くなると、挿入時における患者への負担が増すだけでなく、狭い体腔内では可撓管部の屈曲操作に制約が加わる。このため、先端硬性部は細径化だけでなく短くすることも重要で、その内部の主要構成要素である撮像装置をできるだけ細く、かつ軸方向長さも短くする必要がある。例えば特許文献1で知られる内視鏡用の撮像光学系は、イメージセンサで撮像を行うことを前提に設計されている。この撮像光学系は、結像面の周辺部で主光線が斜めに入射することを許容し、撮像光学系自体の厚みを3.5～4.7mmに抑え、また撮像光学系の最前面から結像面までの全長を4.2～5.5mmに抑えながらも、画角(2ω)が略100°～118°の広角化が図られている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特公平6-48327号公報

【発明の概要】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

広角系の撮像光学系では絞りの前後で光線が広がるため、撮像光学系中の物体に最も近い入射面と、像面に最も近い出射面で光線が光軸から大きく離れる。したがって、撮像光学系の外径は物体に最も近いレンズ、または像面に最も近いレンズの外径に応じて決まるから、撮像光学系の細径化のためにはこれらのレンズの外径を小さく抑えることが必要になる。また、内視鏡先端部のように非常に限られた小さなスペースに撮像装置を組み込む場合には、できるだけサイズの大きいイメージセンサを利用し、撮像光学系にはイメージセンサの有効画面サイズと同等のイメージサイズをもつものが用いられる。そして、細径化を保ちつつ画像品質を高めるには、撮像光学系の外径もイメージサイズを越えない範囲で大きくすることが有利である。

10

【0007】

以上の観点からは、特許文献1で知られる撮像光学系は、イメージサイズに相当する最大像高に対して外径が大きく、また光学系全体のレンズ厚（レンズ部分の光軸方向長さ）も大きいので細径化及び短縮化を要する最近の内視鏡には適していない。こうした事情は内視鏡に限らず、携帯電話機に代表される薄型の携帯情報端末（PDA: Personal Digital Assistants）等に組み込まれる撮像装置にも共通する。

【0008】

本発明は上記背景を考慮してなされたもので、その目的は、必要とされるイメージサイズに対して最前面から結像面までの長さを短く抑え、かつ外径についてもイメージサイズに対して適切な範囲に収めた撮像光学系を提供し、またこの撮像光学系をイメージセンサと組み合わせた撮像装置を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の撮像光学系は、物体側から順に、負の第1レンズ群、正の第2レンズ群、正の第3レンズ群、負の第4レンズ群から構成され、第2レンズ群と第3レンズ群との間に絞りが設けられ、絞りを挟んで凹凸・凸凹の対称形に構成される。そして、最大像高をIH、光学系全体のレンズ厚sumとバックフォーカス長との和を光学系全長TL、前記最大像高IHに対する主光線の、最も物体側の面における入射高さをhF、最も像面側の面における出射高さをhR、第1レンズ群の焦点距離をf1としたとき、以下の(1)～(5)式を満たすことが特徴である。

30

$$2.00 < TL / IH < 3.00 \quad \dots (1)$$

$$0.37 < hF / IH < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$0.37 < hR / IH < 0.5 \quad \dots (3)$$

$$3.5 < |f1 / IH| < 4.5 \quad \dots (4)$$

$$1.8 < sum / IH < 2.1 \quad \dots (5)$$

【0010】

上記(1)～(5)式により、物体側の最前面から結像面までの光学系全長を短くし、最も物体側の第1レンズ群に入射する主光線の高さと最も像側の第4レンズ群から出射する主光線の高さとを最大像高に対して適切な範囲に収め、かつ同等の高さにそろえて撮像光学系の外径を抑えることができ、色収差を良好に補正する上で有利になる。また、各種収差を補正する上では、上記(1)式の下限値を2.211にすることが望ましい。

40

【0011】

また、第1レンズ群を像側に凹面を向けた単レンズ、第4レンズ群を物体側に凹面を向けた単レンズとし、第2レンズ群と第3レンズ群との少なくとも一方については、一枚の正レンズと一枚の負レンズとを貼り合わせた接合レンズで構成することが、他の収差を抑えながら色収差を良好に補正することができ、具体的な実施形態として望ましい。さらに本発明は、上述の撮像光学系を裏面照射型CMOSセンサあるいは有機CMOSセンサのように、入射面への主光線の入射角が30°を越えても光電変換効率が大きく低下することのないイメージセンサと組み合わせた撮像装置として効果的に適用することができ、特

50

に体腔内を撮像する内視鏡の先端部に組み込まれる撮像装置に有効である。

【発明の効果】

【0012】

本発明の撮像光学系は、画角が100°を越える広角系であっても外径及び光学系の全長が共に小さく抑えられ、また色収差を含む諸収差が良好に補正され鮮明な画像の撮影が可能となるから、内視鏡の先端部や携帯型の情報端末機器に内蔵される撮像装置に効果的に用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本発明の撮像装置が組み込まれた内視鏡先端部の要部断面図である。

10

【図2A】有機CMOSイメージセンサの概略断面図である。

【図2B】裏面照射型CMOSイメージセンサの概略断面図である。

【図2C】表面照射型CMOSイメージセンサの内部構造を示す概念図である。

【図3】イメージセンサの光電変換効率を示す特性図である。

【図4】赤外カットフィルタの分光透過特性を示すグラフである。

【図5】本発明光学系の実施例1を示すレンズ構成図である。

【図6】実施例1の収差図である。

【図7】本発明光学系の実施例2を示すレンズ構成図である。

【図8】実施例2の収差図である。

【図9】本発明光学系の実施例3を示すレンズ構成図である。

20

【図10】実施例3の収差図である。

【図11】本発明光学系の実施例4を示すレンズ構成図である。

【図12】実施例4の収差図である。

【図13】本発明光学系の実施例5を示すレンズ構成図である。

【図14】実施例5の収差図である。

【図15】本発明光学系の実施例6を示すレンズ構成図である。

【図16】実施例6の収差図である。

【図17】本発明光学系の実施例7を示すレンズ構成図である。

【図18】実施例7の収差図である。

【図19】本発明光学系の実施例8を示すレンズ構成図である。

30

【図20】実施例8の収差図である。

【図21】本発明光学系の実施例9を示すレンズ構成図である。

【図22】実施例9の収差図である。

【図23】本発明光学系の実施例10を示すレンズ構成図である。

【図24】実施例10の収差図である。

【図25】比較例1を示すレンズ構成図である。

【図26】比較例1の収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

内視鏡の先端硬性部の概略断面を示す図1において、ステンレスなどの金属でつくられた円柱状の先端硬性部2の所要部には軸方向に貫通する穴が形成され、それぞれの穴には撮像装置3、ライトガイド4の先端、鉗子パイプ5の先端が固定されている。先端硬性部2の先端面を覆うようにキャップ6が固定され、キャップ6には先端硬性部2の穴に連通する開口が設けられている。開口7は撮像装置3の前面を露呈させる撮影窓となり、同様にライトガイド4の前面を露呈させる開口は照明窓となっている。また、送水パイプの前方にある開口にはノズル8が組み込まれ、撮像装置3の前面に洗浄水を吹きつけて洗浄することができるようにしている。

40

【0015】

先端硬性部2の後端側には接続リング9を介して節輪構造部10が連結されている。詳細な図示は省略したが、内視鏡の手元操作部からの操作力がワイヤを通じて連結リング9

50

まで伝達され、周知のようにその操作方向に応じて節輪構造部 10 が屈曲し、先端硬性部 2 の向きを自在に変えることができるようにしている。先端硬性部 2 , 連結リング 9、節輪構造部 10 の表面は柔軟な防水性の被覆カバー 11 で覆われている。

【0016】

撮像装置 3 は、金属製の鏡筒本体 12 と、その内部に組み込まれた撮像光学系 15 とイメージセンサ 16 とから構成されている。鏡筒本体 12 は先端硬性部 2 に形成された穴を密封するように固定されている。鏡筒本体 12 の背面に露呈した接続端子群には同軸ケーブル 17 から引き出された信号線が接続され、それぞれイメージセンサ 16 を駆動するための駆動信号やイメージセンサ 16 から得られる撮像信号などの伝送に用いられる。

【0017】

撮像装置 3 は、撮像光学系 15 の光軸 15 a に対してイメージセンサ 16 の入射面が垂直となった直視型で構成されている。撮像光学系 15 の最終面から出射する光線は、結像面（イメージセンサ 16 の入射面と一致する）に対して様々な角度で入射する。主光線で比較すれば、結像面の中央部に入射する主光線の入射角よりも結像面の周辺部に入射する主光線の入射角が大きくなる。なお、撮像光学系 15 の最終面から出射した光線をプリズムで屈曲させた後にイメージセンサ 16 に入射させる、いわゆる側視型の撮像装置でもこれらの事情は全く共通する。イメージセンサ 16 には CCD 型または CMOS 型のものを用いることができるが、消費電力や製造コストなどの点で CMOS 型のものが多く用いられている。

【0018】

本実施形態では、イメージセンサ 16 として有機光電変換膜で光電変換を行う CMOS イメージセンサ（以下、有機 CMOS センサという）が用いられている。この有機 CMOS センサは、例えば「FUJIFILM RESERCH & DEVELOPMENT」(No.55-2010)などで知られ、図 2 A に示す概略構造をもつ。比較のために、図 2 B に裏面照射型（背面照射型）CMOS イメージセンサの概略構造を、図 2 C に表面照射型の CMOS イメージセンサの概略構造を示す。これらの図では共通する構成部分には同符号が付されている。

【0019】

マイクロカラーフィルタ層 18 は、青色（B 光）透過フィルタと緑色（G 光）透過フィルタと赤色（R 光）透過フィルタとをベイヤー配列などの所定パターンで配列したもので、図中の P が一画素分のピクセルに相当する。有機 CMOS センサは読み出し回路（図示省略）が設けられた半導体基板 19 の上方に配線層 20 を設け、その上方に画素電極 21、有機光電変換膜 22、透明な対向電極 23 を有する構造である。配線層 20 は、画素電極 24 を介して画素単位に得られる撮像信号を読み出すためのスイッチング回路や増幅回路などの回路網を含む。これらの回路は配線層 20 中に設けられた接続部 25 によって電氣的に接続される。対向電極 23 の上方には透明な保護層 26 が形成され、その上に前述したマイクロカラーフィルタ層 18 が積層されている。

【0020】

図 2 B の裏面照射型 CMOS イメージセンサでは、半導体基板 19 中にシリコンフォトダイオードからなる光電変換部 28 が画素ごとに設けられ、その上方にパッシベーション膜 29、マイクロカラーフィルタ層 18 を積層した構造となっている。さらに、マイクロカラーフィルタ層 18 を画素単位でマイクロレンズで覆うように、マイクロレンズアレイ 30 が重ねられる。撮像信号を画素単位で読み出すスイッチング回路等を含む配線層 20 は、光電変換部 28 の下方（光の入射面とは反対側）に設けられている。

【0021】

図 2 C に示す表面照射型 CMOS イメージセンサでは、半導体基板 19 中にシリコンフォトダイオードからなる光電変換部 28 が設けられる。光電変換部 28 の上に配線層 20、パッシベーション絶縁膜 29、マイクロカラーフィルタ層 18 が設けられ、マイクロカラーフィルタ層 18 を画素単位で個々のマイクロレンズで覆うように、マイクロレンズアレイ 30 が重ねられている。

【0022】

図 2 A 及び図 2 B から分るように、有機 CMOS センサと裏面照射型 CMOS イメージセンサでは、光電変換のための受光面となる有機光電変換膜 22 あるいは光電変換部 28 の上面が配線層 20 の上方に位置している。このため、光の入射面となる最表面に接近して受光面が設けられるのに対し、図 2 C に示す表面照射型 CMOS イメージセンサでは受光面となる光電変換部 28 の上面が配線層 20 の下方に位置する。また、有機 CMOS センサでは光電変換部として機能する有機光電変換膜の厚みが $0.5\ \mu\text{m}$ であるのに対し、裏面照射型 CMOS イメージセンサおよび表面照射型 CMOS イメージセンサではシリコンフォトダイオードからなる光電変換部の深さ方向の厚みが $5\ \mu\text{m}$ 程度である。

【0023】

光電変換部の受光面を配線層 20 の上方に位置させることにより、表面照射型 CMOS イメージセンサと比較して、有機 CMOS センサ及び裏面照射型 CMOS イメージセンサは入射光束の損失が少なく感度が向上する。また、入射光が受光面に達する前に配線層 20 で蹴られるのを避けることができるため、光線が角度をもって入射した場合の感度劣化を抑えることができる。さらに、光電変換作用をもつ有機光電変換膜 22 あるいは光電変換部 28 の深さ方向の厚み T が薄くなれば、マイクロカラーフィルタ層 18 を垂直に透過してきた入射光はもとより、斜めに透過してきた入射光も隣接する画素の光電変換部 28 への漏光を抑えることができるようになり、混色の発生を改善することが可能となる。

【0024】

一方、図 2 B に示す裏面照射型 CMOS センサでは、混色の発生を防ぐために、斜めに入射してきた光がマイクロカラーフィルタ層 18 にできるだけ垂直に入射するようにマイクロレンズアレイ 30 を利用せざるを得ない。これに対し、図 2 A の有機 CMOS センサでは光電変換の受光面となる有機光電変換膜 22 の上面がマイクロカラーフィルタ層 18 に近接していることからマイクロレンズアレイ 30 を省略しても混色が生じにくい。

【0025】

また、図 2 B、図 2 C に示す裏面照射型あるいは表面照射型 CMOS イメージセンサでは、適切なマイクロレンズアレイ 30 を用いた場合でもマイクロカラーフィルタ層 18 の法線に対して 30° 以上の角度で入射してきた光線は、該当画素の光電変換部 28 に入射する割合が激減する。図 3 はその様子を相対感度で表したもので、光線の入射角 0° が垂直入射に相当する。図 3 に符号 M3 で示す感度特性が従来の表面照射型 CMOS イメージセンサのもので、光線の入射角が $\pm 20^\circ$ 程度になると垂直入射と比較して 35% 程度にまで低下し、 $\pm 30^\circ$ がほぼ限界となっている。

【0026】

符号 M2 で示す感度特性が裏面照射型 CMOS イメージセンサのものである。光線の入射角が $\pm 20^\circ$ 程度になると垂直入射と比較して感度は低下するものの、50% 程度の感度は確保され、 $\pm 30^\circ$ でも 25% 程度の感度があり表面入射型 CMOS イメージセンサよりも優れている。さらに、有機 CMOS センサは符号 M1 で示す感度特性を有し、理論限界となるコサインカーブ M0 とほぼ同等のレベルまで高い感度特性を示し、実用的には $\pm 45^\circ$ 近辺でも十分な感度を示していることが分かる。これは、上述の如く有機光電変換膜が光の入射面に接近し、かつ、その厚みが薄いという特長に依るものである。

【0027】

上述のように、有機 CMOS センサの感度特性は裏面照射型 CMOS イメージセンサよりも格段に優れており、かつ表面照射型 CMOS イメージセンサに対しては圧倒的に優れている。感度特性としては有機 CMOS センサが最も優れてはいるが、実用的には入射角 $\pm 30^\circ$ の光線に対する相対的な感度が、垂直入射に対して 20% を上回る感度特性があればよい。したがって、本発明の撮像装置 3 のイメージセンサ 16 として裏面照射型 CMOS イメージセンサを用いることも可能である。これらのイメージセンサを用いることにより、結像面への主光線の最大入射角に対する制約が緩和されることになるため撮像光学系 15 の設計がしやすくなる。そして、イメージサイズに適した範囲内の光学系の細化及び全長の短縮化、諸収差を抑えて高い結像性能を保つ上で有利となる。

【0028】

また、従来型のＣＭＯＳイメージセンサは赤外領域にも感度を有するため、赤外カットフィルタを光学系内に組み込むのが一般となっている。一般的な多層膜を用いた赤外カットフィルタは、例えば図４に符号Ｔ０で示すように、垂直入射光に対する透過率の半値が６５０ｎｍ程度に設定された分光透過特性をもつ。ところが、斜め入射光に対しては波長シフトを生じ、２０°入射ではＴ１、３０°入射ではＴ２、４０°入射ではＴ３と透過特性が変化する。したがって、入射角が小さい画面中央部分と入射角が大きくなる画面周辺部とで色味が変わる色シェーディングの問題が生じる。この色シェーディングの観点からも、従来型のＣＭＯＳイメージセンサでは結像面の周辺部に入射する主光線の入射角の最大値を２５°～３０°に抑えておく必要があった。

【００２９】

10

この点、有機ＣＭＯＳイメージセンサは、赤外領域での感度特性を図４に破線で示すように著しく低下させることが可能であり、必ずしも赤外カットフィルタを光学系中に組み込まなくても使用可能である。赤外カットフィルタを用いなければ結像面への光線の入射角の相違に伴う色シェーディングの問題も解消され、製造コストも抑えることができるようになり、撮像装置３のイメージセンサ１６には有機ＣＭＯＳセンサを用いるのが最適である。

【００３０】

撮像光学系１５は鏡筒本体１２にイメージセンサ１６とともに組み込まれ、先端硬性部２に設けられている穴に嵌め込んで固定される。イメージセンサ１６は、その光入射面が撮像光学系１５の結像面と一致するように鏡筒本体１２に組み込まれており、撮像光学系１５によって結像される被写体像を撮像する。なお、撮像光学系１５によって有効に結像される被写体像の最大像高（光軸１５ａからの距離）は１．５ｍｍとなっている。

20

【００３１】

先端硬性部２をコンパクトにまとめることができるように、鏡筒本体１２に組み込まれる撮像光学系１５の外径は少なくともイメージセンサ１６の外形輪郭内に収められる。また、全体的なレンズ厚みあるいは撮像光学系１５の最前面から結像面までの距離も短く、しかも画像の品質も損なわれないようにレンズ構成が工夫されている。このようなレンズ構成としては、基本的には物体側から順に、負の第１レンズ群、正の第２レンズ群、正の第３レンズ群、負の第４レンズ群を配置するのが好適である。

【００３２】

30

そして、結像面における最大像高をＩＨ、光学系全系のレンズ厚みと最終面から結像面までのバックフォーカス長との和である光学系全長をＴＬ、最大像高ＩＨに対する主光線の、最も物体側の面における光軸１５ａからの入射高さをｈＦ、最も像側の面における出射高さをｈＲとしたとき、次の（１）～（３）式を満たすことによって光学系全体のコンパクト化を図っている。

$$2.00 < TL / IH < 3.00 \quad \dots (1)$$

$$0.37 < hF / IH < 0.5 \quad \dots (2)$$

$$0.37 < hR / IH < 0.5 \quad \dots (3)$$

【００３３】

上記（１）式は、最前面のレンズの入射面から結像面までの全長ＴＬの適切な範囲を示す。上記（２）式は、結像面における最大像高となる位置に向かう主光線が最初のレンズに入射するときの光軸１５ａからの高さの適切な範囲を示し、上記（３）式は、結像面における最大像高となる位置に向かう主光線が最後のレンズから出射するときの光軸１５ａからの高さの適切な範囲を示す。これらの範囲は結像面における最大像高で規格化され、最大像高１ｍｍの場合における撮像光学系全長と、最大像高１ｍｍの結像が得られるときの最大像高位置に向かう主光線の撮像光学系への入射高さ及び出射高さの適切な値の範囲を表す。

40

【００３４】

上記（１）式の上限を越えると光学系全長のコンパクト化が不十分となり、下限を下回ると各種収差の補正が難しくなる。上記（２）、（３）式は、第１レンズ群、第４レン

50

ズ群の外径を規制するファクタに相当する。これらの上限を越えると最大像高に対して外径が大きくなり過ぎてコンパクト化に不利であり、下限を下回る場合には外径が小さくなり過ぎて光学面の面精度に厳しさが要求され、各レンズの製造コストが高くなりやすい。

【 0 0 3 5 】

さらに、上記撮像光学系 3 の第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間に絞りを設け、絞りを中心にパワー配分を対称にして色収差の補正を容易にし、また第 1 レンズ群の焦点距離を f_1 としたとき、

$$3.5 < |f_1 / IH| < 4.5 \cdots (4)$$

を満たすようにすることも有効である。上記 (4) 式の上限を越えると第 1 レンズ群の負のパワーが弱過ぎて広角化を図る場合には小型化が難しくなり、逆に下限を下回ると負のパワーが強過ぎて収差補正、特に像面倒れの補正が困難になる。

10

【 0 0 3 6 】

また、第 1 レンズ群の物体側の面から第 4 レンズ群の像側の面までのレンズ厚みを sum としたとき、

$$1.8 < sum / IH < 2.1 \cdots (5)$$

を満たすことも効果的である。上記 (5) 式の上限を越えるとレンズ厚みが大きくなり過ぎて光学系全長を十分に短くすることができず、逆に下限を越えると非点収差の補正が難しくなる。さらに、色収差の補正を含め、各種の収差補正を考慮すれば、絞りを挟んで設けられている正パワーの第 2 レンズ群あるいは第 3 レンズ群の少なくとも一方は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズで構成することが望ましい。

20

【 0 0 3 7 】

以下、撮像光学系 3 の具体的な実施例 1 ~ 10 のそれぞれについて、光学系データ、レンズ構成図、収差図を参照しながら説明する。レンズ構成を示す各図面においては、物体側から順に配列された第 1 レンズ群、第 2 レンズ群、絞り、第 3 レンズ群、第 4 レンズ群にそれぞれ G_1 , G_2 , G_3 , G_4 の符号を付し、絞りは符号 S で、結像面は符号 IP で示している。各実施例とも、第 1 群レンズからのパワー配分が凹、凸、凸、凹であり、絞り S が第 2 レンズ群と第 3 レンズ群との間に設けられた対称形となっている。また、第 2 レンズ群または第 3 レンズ群が接合レンズで構成された実施例については、接合された単レンズの個々には G_{2a} , G_{2b} 、または G_{3a} , G_{3b} の符号を付した。なお、第 1 レンズ群 G_1 及び第 4 レンズ群 G_4 は単レンズで構成しているが、その少なくとも一方を接合レンズで構成してもよい。

30

【 0 0 3 8 】

光学系データは、物体側から順に付した面番号ごとに曲率半径 r , 面間隔 d を mm 単位で示し、また画角 (°) 及び出射角 (°) 以外の数値も同様に mm 単位で示されている。収差図にあっては、球面収差図の符号 F , d , C はそれぞれ F 線 (486.1 nm)、 d 線 (587.6 nm)、 C 線 (656.3 nm) の波長光に対する収差特性を示し、非点収差図の符号 s , t は、それぞれサジタル、タンジェンシャルの収差特性を示す。なお、バック長 BL は、物体距離が無限遠のときのレンズ最終面から結像面までの距離を表す。

【 0 0 3 9 】

また、一般の光学系と比較して内視鏡用の光学系は物体距離を短い状態にして用いるのが通常である。内視鏡の観察に適した所定の物体距離に光学系の最適ピント位置を合わせるために、イメージセンサを後方に移動して実際の結像面は後方にずらされ、したがって内視鏡用の光学系はバック長を物体距離無限遠の場合よりも長くした状態で用いられる。物体距離が短くなるほど結像面の後方へのずらし量は大きくなるが、そのおよその値は焦点距離の二乗を物体距離で割ったものとなる。各実施例の収差図は、物体距離 10 mm のものを示している。

40

【 0 0 4 0 】

光学系の全長 TL 、結像面の最大像高位置に入射する主光線の、第 1 レンズ群の入射面における入射位置の光軸からの高さを表す最前面入射高 h_F と、第 4 レンズ群の出射面における出射位置の光軸からの高さを表す最終面出射高 h_R 、第 1 レンズ群の焦点距離 f_1

50

の絶対値 $|f_1|$ 、さらに第1レンズ群の最前面から第4レンズ群の最終面までのレンズ厚 sum についてはそれぞれ最大像高 IH で規格化した値も示しており、これらについては「*TL」のように「*」を付して示した。

【0041】

[実施例1]

図5に示すレンズ構成をもち、光学系データは表1のとおりである。表1に挙げた最前面入射高 hF 、最終面出射高 hR 及び最大像高 IH は、図5に例示のようにそれぞれ光軸15aからの高さを表している。

【0042】

【表1】

面番号	r	d	nd	νd	
1	4.000	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f_1 -0.621
2	0.465	0.170			第2群焦点距離 f_2 0.641
3	0.667	0.680	1.83481	42.71	第3群焦点距離 f_3 3.122
4	-0.667	0.260	1.80518	25.42	第4群焦点距離 f_4 -1.404
5	-1.000	0.000			前群焦点距離 fF 0.989
6	絞り	0.030			最前面～絞りの距離 1.410
7	0.000	0.680	1.83481	42.71	後群焦点距離 fR -2.677
8	-0.667	0.260	1.80518	25.42	絞り～最終面の距離 1.440
9	-2.900	0.170			
10	-0.675	0.300	1.88300	40.80	
11	-1.790				

焦点距離 $[f]$	1.257	像高で規格化した値	
バック長 $[BL]$	0.501	*TL	2.234
レンズ厚 $[sum]$	2.850	* hF	0.399
全長 $[TL]$	3.351	* hR	0.423
画角 $[2\omega](^\circ)$	108.5	* $ f_1 $	0.414
射出角 $[2\delta](^\circ)$	95.5	* sum	1.900
最前面入射高 $[hF]$	0.598		
最終面出射高 $[hR]$	0.635		
最大像高 $[IH]$	1.500		

【0043】

この実施例1の光学系は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3に、それぞれ物体側から順に正レンズG2aと負レンズG2bとの接合レンズ、正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられ、全体として4群6枚構成となっている。最大像高 IH の1.500mmに対し、第1レンズ群G1の最前面から結像面IPまでの全長TLが3.351mm、レンズ厚 sum が2.850mm、最前面入射高 hF が0.598mm、最終面出射高 hR が0.635mmであるから、撮像光学系15の外径を決める第1レンズ群G1、第4レンズ群G4の計算上の外径は1.5mmもあれば十分である。

【0044】

したがって、 3×3 mm程度のイメージセンサ16の画面サイズに比して撮像光学系15の外径は十分に小さくなり、鏡筒本体12への組み込み適性や、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3を含めた各レンズ群の製造適性などから有効径の外側にコバ部分を設けて実際の外径が大きくなることを考慮しても、内視鏡の先端硬性部2に組み込まれる広角系の撮像装置3に好適に用いることができる。

【0045】

全長TL、最前面入射高 hF 、最終面出射高 hR 、レンズ厚 sum の値をそれぞれ最大像高 IH で規格化した「*TL」、「* hF 」、「* hR 」、「* sum 」の各値は、前掲した(1)式、(2)式、(3)式、(5)式の条件を満たす。また、第1レンズ群G1の焦点距離 f_1 を最大像高 IH で規格化した「* $|f_1|$ 」の値も式(4)の範囲内であるから、 137° の画角 2ω を確保しながらも、図6に示すように諸収差が良好に補正

10

20

30

40

50

された撮像光学系が得られる。そして、内視鏡だけでなく広画角が要求される各種撮像装置の光学系に広く用いることができる。

【 0 0 4 6 】

[実施例 2]

図 7 に示す 4 群 5 枚のレンズ構成を有し、その光学系データは次の表 2 に、収差特性は図 8 に示すとおりである。

【 0 0 4 7 】

【表 2】

面番号	r	d	nd	νd				
1	3.850	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1	-0.634		10
2	0.471	0.170			第2群焦点距離 f2	0.645		
3	0.667	0.940	1.83481	42.71	第3群焦点距離 f3	3.212		
4	-1.000	0.000			第4群焦点距離 f4	-1.805		
5	絞り	0.030			前群焦点距離 fF	0.992		
6	0.000	0.680	1.83481	42.71	最前面～絞りの距離	1.410		
7	-0.667	0.260	1.80518	25.42	後群焦点距離 fR	-4.151		
8	-2.997	0.170			絞り～最終面の距離	1.440		
9	-0.672	0.300	1.88300	40.80				
10	-1.405							
					焦点距離[f]	1.191	像高で規格化した値	20
					バック長[BL]	0.466	*TL	2.211
					レンズ厚[sum]	2.85	*hF	0.443
					全長[TL]	3.316	*hR	0.446
					画角[2ω](°)	119.6	* f1	0.423
					射出角[2δ](°)	93.3	*sum	1.900
					最前面入射高[hF]	0.665		
					最終面出射高[hR]	0.669		
					最大像高[IH]	1.500		

【 0 0 4 8 】

この光学系は、第 3 レンズ群 G 3 に正レンズ G 3 a と負レンズ G 3 b との接合レンズが用いられ、全体として 4 群 5 枚構成となっている。最大像高 IH の 1.5 mm に対し、光学系全長 TL が 3.316 mm、レンズ厚 sum が 2.85 mm、最前面入射高 hF が 0.665 mm、最終面出射高 hR が 0.669 mm である。よって、先の実施例 1 と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長 TL、最前面入射高 hF、最終面出射高 hR、レンズ厚 sum の値をそれぞれ最大像高 IH で規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、諸収差も良好に補正することができる。

【 0 0 4 9 】

[実施例 3]

図 9 に示す 4 群 5 枚のレンズ構成をもち、その光学系データは次の表 3 に、収差特性は図 10 に示すとおりである。

【 0 0 5 0 】

【表 3】

面番号	r	d	nd	ν d	
1	0.000	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.593
2	0.524	0.180			第2群焦点距離 f2 0.785
3	0.893	0.950	1.83481	42.71	第3群焦点距離 f3 1.117
4	-1.272	0.000			第4群焦点距離 f4 -1.063
5	絞り	0.030			前群焦点距離 fF 1.827
6	4.425	0.680	1.83481	42.71	最前面～絞りの距離 1.430
7	-0.375	0.260	1.80518	25.42	後群焦点距離 fR 7.552
8	-1.135	0.160			絞り～最終面の距離 1.430
9	-0.613	0.300	1.88300	40.80	
10	-2.173				

10

焦点距離[f]	1.209	像高で規格化した値	
バック長 [BL]	0.88	*TL	2.493
レンズ厚[sum]	2.86	*hF	0.398
全長[TL]	3.74	*hR	0.369
画角[2 ω](°)	137.6	* f1	0.395
射出角[2 δ](°)	81.3	*sum	1.907
最前面入射高[hF]	0.597		
最終面出射高[hR]	0.553		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0051】

この光学系は、先の実施例2と同様に第3レンズ群G3に正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられ、全体として4群5枚構成となっている。最大像高IHの1.5mmに対し、光学系全長TLが3.74mm、レンズ厚sumが2.86mm、最前面入射高hFが0.597mm、最終面出射高hRが0.553mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、

30

【0052】

[実施例4]

図11に示す4群6枚のレンズ構成をもち、その光学系データは表4に、収差特性は図12に示すとおりである。

【0053】

【表 4】

面番号	r	d	nd	νd	
1	0.000	0.280	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.579
2	0.511	0.180			第2群焦点距離 f2 0.751
3	0.923	0.600	1.80518	25.42	第3群焦点距離 f3 1.059
4	0.480	0.300	1.83481	42.71	第4群焦点距離 f4 -0.975
5	-1.124	0.000			前群焦点距離 fF 1.457
6	絞り	0.030			最前面～絞りの距離 1.360
7	0.000	0.700	1.83481	42.71	後群焦点距離 fR 20.834
8	-3.232	0.300	1.80518	25.42	絞り～最終面の距離 1.510
9	-0.860	0.180			
10	-0.655	0.300	1.92286	18.90	
11	-2.936				

10

焦点距離[f]	1.194	像高で規格化した値	
バック長[BL]	0.918	*TL	2.525
レンズ厚[sum]	2.87	*hF	0.379
全長[TL]	3.788	*hR	0.374
画角[2ω](°)	139.1	* f1	0.386
射出角[2δ](°)	80.1	*sum	1.913
最前面入射高[hF]	0.569		
最終面出射高[hR]	0.561		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0054】

この光学系は、第2レンズ群G2に負レンズG2aと正レンズG2bとの接合レンズを用い、また第3レンズ群G3には正レンズG3aと正レンズG3bとの接合レンズを用いた全体として4群6枚構成である。最大像高IHの1.5mmに対し、光学系全長TLが3.788mm、レンズ厚sumが2.87mm、最前面入射高hFが0.569mm、最終面出射高hRが0.561mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、

30

【0055】

[実施例5]

図13に示す4群5枚のレンズ構成で、光学系データは次の表5に、収差特性は図14に示すとおりである。

【0056】

【表 5】

面番号	r	d	nd	νd	
1	6.032	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.602
2	0.477	0.195			第2群焦点距離 f2 0.692
3	0.741	0.702	1.80610	40.92	第3群焦点距離 f3 5.095
4	-0.597	0.251	1.84666	23.78	第4群焦点距離 f4 -3.237
5	-0.930	0.000			前群焦点距離 fF 1.029
6	絞り	0.030			最前面～絞りの距離 1.448
7	133.500	0.800	1.75500	52.32	後群焦点距離 fR -8.265
8	-0.553	0.250	1.84666	23.78	絞り～最終面の距離 1.530
9	-2.424	0.150			
10	-0.802	0.300	1.51742	52.43	
11	-1.735				

10

焦点距離[f]	1.19	像高で規格化した値	
バック長[BL]	0.66	*TL	2.425
レンズ厚[sum]	2.978	*hF	0.453
全長[TL]	3.638	*hR	0.458
画角[2ω](°)	136.5	* f1	0.401
射出角[2δ](°)	81.3	*sum	1.985
最前面入射高[hF]	0.68		
最終面出射高[hR]	0.687		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0057】

この光学系は、第2レンズ群G2に正レンズG2aと負レンズG2bとの接合レンズが用いられ、また第3レンズ群G3にも正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられた4群6枚構成である。最大像高IHの1.5mmに対し、光学系全長TLが3.638mm、レンズ厚sumが2.978mm、最前面入射高hFが0.680mm、最終面出射高hRが0.687mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、

30

【0058】

[実施例6]

図15に示す4群6枚のレンズ構成で、その光学系データは次の表6に、また収差特性は図16に示すとおりである。

【0059】

【表 6】

面番号	r	d	nd	νd	
1	12.539	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.583
2	0.489	0.175			第2群焦点距離 f2 0.684
3	0.859	0.386	1.73800	32.26	第3群焦点距離 f3 4.578
4	0.677	0.609	1.88300	40.80	第4群焦点距離 f4 -2.756
5	-0.979	0.000			前群焦点距離 fF 0.935
6	絞り	0.030			最前面～絞りの距離 1.470
7	-7.425	0.800	1.80100	34.97	後群焦点距離 fR -5.547
8	-0.599	0.250	1.92286	18.90	絞り～最終面の距離 1.530
9	-1.864	0.150			
10	-0.807	0.300	1.64769	33.79	
11	-1.688				

10

焦点距離[f]	1.247	像高で規格化した値	
バック長[BL]	0.903	*TL	2.602
レンズ厚[sum]	3.00	*hF	0.419
全長[TL]	3.903	*hR	0.415
画角[2ω](°)	136.5	* f1	0.389
射出角[2δ](°)	73.1	*sum	2.000
最前面入射高[hF]	0.628		
最終面出射高[hR]	0.623		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0060】

この光学系は、第2レンズ群G2に負レンズG2aと正レンズG2bとの接合レンズが用いられ、また第3レンズ群G3に正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられた4群6枚構成である。最大像高IHの1.5mmに対し、光学系全長TLが3.903mm、レンズ厚sumが3.00mm、最前面入射高hFが0.628mm、最終面出射高hRが0.623mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、諸収差も良好に補正することができる。

30

【0061】

[実施例7]

図17に示す4群5枚のレンズ構成で、光学系データは次の表7に、また収差特性は図18に示すとおりである。

【0062】

【表 7】

面番号	r	d	nd	νd	
1	0.000	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.592
2	0.523	0.200			第2群焦点距離 f2 0.732
3	0.714	0.800	1.80610	40.92	第3群焦点距離 f3 1.427
4	-1.706	0.000			第4群焦点距離 f4 -1.763
5	絞り	0.030			前群焦点距離 fF 2.036
6	2.780	0.352	1.84666	23.78	最前面～絞りの距離 1.300
7	0.600	0.683	1.77030	47.40	後群焦点距離 fR 4.378
8	-1.299	0.165			絞り～最終面の距離 1.530
9	-0.686	0.300	1.67300	38.15	
10	-1.913				

10

焦点距離[f]	1.211	像高で規格化した値	
バック長[BL]	0.734	*TL	2.376
レンズ厚[sum]	2.83	*hF	0.387
全長[TL]	3.564	*hR	0.442
画角[2 ω](°)	136.3	* f1	0.395
射出角[2 δ](°)	79.6	*sum	1.887
最前面入射高[hF]	0.581		
最終面出射高[hR]	0.663		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0063】

この光学系は、第3レンズ群G3に正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられ、全体として4群5枚構成となっている。最大像高IHの1.5mmに対し、光学系全長TLが3.564mm、レンズ厚sumが2.83mm、最前面入射高hFが0.581mm、最終面出射高hRが0.663mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、諸収差も良好に補正することができる。

30

【0064】

[実施例8]

図19に示す4群5枚のレンズ構成をもち、その光学系データは次の表8に、収差特性は図20に示すとおりである。

【0065】

【表 8】

面番号	r	d	nd	νd	
1	9.605	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.565
2	0.467	0.200			第2群焦点距離 f2 0.688
3	0.782	0.900	1.80400	46.57	第3群焦点距離 f3 4.737
4	-0.922	0.000			第4群焦点距離 f4 -3.699
5	絞り	0.030			前群焦点距離 fF 1.058
6	0.000	0.800	1.72000	50.23	最前面～絞りの距離 1.400
7	-0.600	0.266	1.92286	20.88	後群焦点距離 fR -12.895
8	-1.759	0.173			絞り～最終面の距離 1.569
9	-0.818	0.300	1.58144	40.75	
10	-1.498				

10

焦点距離[f]	1.241	像高で規格化した値	
バック長[BL]	0.862	*TL	2.554
レンズ厚[sum]	2.969	*hF	0.416
全長[TL]	3.831	*hR	0.439
画角[2ω](°)	137.9	* f1	0.376
射出角[2δ](°)	71.3	*sum	1.979
最前面入射高[hF]	0.624		
最終面出射高[hR]	0.659		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0066】

この光学系は、第3レンズ群G3に正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられ、全体として4群5枚構成となっている。最大像高IHの1.5mmに対し、光学系全長TLが3.831mm、レンズ厚sumが2.969mm、最前面入射高hFが0.624mm、最終面出射高hRが0.659mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、諸収差も良好に補正することができる。

30

【0067】

[実施例9]

図21に示す4群6枚のレンズ構成をもち、その光学系データは次の表9に、各種の収差特性は図22に示すとおりである。

【0068】

【表 9】

面番号	r	d	nd	νd	
1	9.814	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.565
2	0.468	0.161			第2群焦点距離 f2 0.702
3	1.054	0.795	1.91082	35.25	第3群焦点距離 f3 3.657
4	-0.579	0.268	1.92286	20.88	第4群焦点距離 f4 -2.378
5	-0.841	0.000			前群焦点距離 fF 0.905
6	絞り	0.030			最前面～絞りの距離 1.524
7	-4.258	0.724	1.75501	51.16	後群焦点距離 fR -5.147
8	-0.556	0.250	1.92286	20.88	絞り～最終面の距離 1.475
9	-1.356	0.171			
10	-0.955	0.300	1.58144	40.75	
11	-3.443				

10

焦点距離[f]	1.249	像高で規格化した値	
バック長[BL]	1.101	*TL	2.733
レンズ厚[sum]	3.00	*hF	0.415
全長[TL]	4.10	*hR	0.387
画角[2ω](°)	137.5	* f1	0.377
射出角[2δ](°)	70.2	*sum	2.000
最前面入射高[hF]	0.622		
最終面出射高[hR]	0.580		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0069】

この光学系は、第2レンズ群G2に正レンズG2aと負レンズG2bとの接合レンズが用いられ、また第3レンズ群G3にも正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられた4群6枚構成である。最大像高IHの1.50mmに対し、光学系全長TLが4.10mm、レンズ厚sumが3.00mm、最前面入射高hFが0.622mm、最終面出射高hRが0.580mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、諸収差も良好に補正することができる。

30

【0070】

[実施例10]

図23に示す4群6枚のレンズ構成をもち、その光学系データは次の表10に、また各種の収差特性は図24に示すとおりである。

【0071】

【表 10】

面番号	r	d	nd	νd	
1	17.339	0.300	1.88300	40.80	第1群焦点距離 f1 -0.596
2	0.507	0.168			第2群焦点距離 f2 0.730
3	0.838	0.800	1.83400	37.34	第3群焦点距離 f3 29.651
4	-0.600	0.250	1.92286	20.88	第4群焦点距離 f4 -10.519
5	-0.899	0.000			前群焦点距離 fF 1.053
6	絞り	0.030			最前面～絞りの距離 1.518
7	-6.690	0.752	1.61772	49.81	後群焦点距離 fR -13.768
8	-0.600	0.250	1.92286	20.88	絞り～最終面の距離 1.482
9	-1.580	0.150			
10	-6.732	0.300	1.64000	60.08	
11	0.000				

10

焦点距離[f]	1.272	像高で規格化した値	
バック長[BL]	1.045	*TL	2.697
レンズ厚[sum]	3.00	*hF	0.431
全長[TL]	4.045	*hR	0.435
画角[2 ω](°)	137.6	* f1	0.398
射出角[2 δ](°)	70	*sum	2.000
最前面入射高[hF]	0.646		
最終面出射高[hR]	0.652		
最大像高[IH]	1.500		

20

【0072】

この光学系は、第2レンズ群G2に正レンズG2aと負レンズG2bとの接合レンズが用いられ、また第3レンズ群G3にも正レンズG3aと負レンズG3bとの接合レンズが用いられた4群6枚構成である。最大像高IHの1.50mmに対し、光学系全長TLが4.045mm、レンズ厚sumが3.00mm、最前面入射高hFが0.646mm、最終面出射高hRが0.652mmである。よって、これまでの実施例と同様に全長及び外径が適切な範囲に収まり、内視鏡の観察光学系に適した広角系の撮像光学系を得ることができる。全長TL、最前面入射高hF、最終面出射高hR、レンズ厚sumの値をそれぞれ最大像高IHで規格化した「*TL」、「*hF」、「*hR」、「*|f1|」、「*sum」の各値もそれぞれ前掲した(1)～(5)式の条件を満たし、イメージサイズに対して十分に小型化された撮像光学系が得られ、諸収差も良好に補正することができる。

30

【0073】

なお、図25は比較例1を示すもので、これは先行技術文献として挙げた特公平6-48327号公報に記載された実施例1の光学系である。この比較例1は、上述してきた本発明の実施例1～10と同様、物体側から順に配列された第1レンズ群G1、第2レンズ群G2、第3レンズ群G3、第4レンズ群G4が凹凸凸凹のパワー配分をもつ4群構成である点、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間に絞りSが設けられている点で共通する。また、この比較例1の撮像光学系の収差特性は図26のとおりである。

40

【0074】

図25に示す比較例1の主要な光学系データを次の表11に示す。同表中、比較例2～7として挙げた光学系データは、上記公報に実施例2～7として記載された撮像光学系のものである。

【0075】

【表 1 1】

	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7
焦点距離 [f]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.003	1.00
バック長[BL]	0.668	0.419	0.277	0.377	0.384	0.671	0.801
レンズ厚[sum] [*sum]	3.617 [3.6026]	3.982 [3.2904]	3.924 [3.2936]	3.694 [3.6607]	4.069 [3.6870]	4.574 [4.170]	4.657 [4.1801]
全長[TL] [*TL]	4.285 [4.268]	4.401 [3.637]	4.201 [3.526]	4.071 [4.034]	4.453 [4.035]	5.245 [4.782]	5.458 [4.899]
画角 $2\omega(^{\circ})$	117.1	115.6	114.9	117.7	101.7	98.6	99.4
射出角 $2\delta(^{\circ})$	52.7	79.2	78.6	52.3	60.5	48.3	46.1
最前面入射高[hF] [*hF]	0.882 [0.878]	1.174 [0.970]	1.02 [0.856]	0.91 [0.902]	0.97 [0.879]	1.165 [1.062]	1.235 [1.109]
最終面出射高[hR] [*hR]	0.560 [0.558]	0.676 [0.559]	0.779 [0.654]	0.723 [0.716]	0.683 [0.619]	0.642 [0.585]	0.642 [0.576]
最大像高[IH]	1.004	1.2102	1.1914	1.009	1.1036	1.0969	1.1141

10

20

【0076】

表 1 1 から分かるとおり、最大像高 IH が 1.004 ~ 1.2102 の範囲で一定していないが、最大像高 IH が本発明各実施例の最大像高 1.500 に比して低いのに対し、光学系の全長 TL、レンズ厚 sum、最前面入射高 hF、最終面 hR の値がいずれも本発明各実施例のものよりも大きい。したがってこれらの撮像光学系は、イメージサイズに対し、全長 TL、レンズ厚 sum がともに長く、外径もかなり大きくなっており、コンパクト化の点では不十分であることが分かる。

30

【0077】

さらに、上記表 1 1 には各光学データを最大像高 IH で規格化した値を [] 中に示している。比較例 1 ~ 7 の規格化されたこれらの値をみると「*TL」の値は 3.526 ~ 4.782 の範囲で (1) 式を満たしておらず、結像面サイズに対して光学系全長の短縮化が不十分であることが分かる。また、「*hF」の値はいずれも 0.85 以上であり、(2) 式を満たしていない。「*hR」の値は最小のものが 0.558 であり、(3) 式の条件は満たされないものの、その上限をわずかに越えただけで第 4 レンズ群 G 4 の外径については小さくすることができる。しかし、この場合の「*hF」の値が 0.878 であるから、第 1 レンズ群 G 1 についてはその外径を十分に小さくすることができず、撮像光学系全体の細径化を図ることはできない。同様に「*sum」の値も 3.29 を越える大きな値で (5) 式は満たされておらず、レンズ厚みの薄型化が不十分である。

40

【0078】

さらに、本発明の撮像光学系の特徴は射出角 2δ が大きいことにも現れている。各表の光学データ中に挙げた射出角 2δ は、第 4 レンズ群 G 4 の像側の面から光軸 15a に関して対称に出射する一対の主光線、特に、結像面 IP において光軸 15a に関して対称に位置する最大像高位置のそれぞれに向かって出射する一対の主光線の相互がなす角度を意味している。したがって、一の最大像高位置に向かう主光線が光軸 15a との間になす角度、すなわち結像面 IP 上の最大像高位置に入射する主光線の入射角は δ となり、この入射角 δ がイメージセンサ 16 に入射する主光線の最大入射角となる。

【0079】

50

先に述べたとおり、イメージセンサ 16 に入射する主光線の入射角が大きくなるとイメージセンサ 16 の光電変換効率は低下してくるが、有機 CMOS センサをイメージセンサ 16 に用いることによって、主光線の入射角に対する制約が大幅に緩和される。したがって本発明の各実施例にみられるように、最大像高位置に入射する主光線の最大入射角 δ を $35^\circ \sim 47.75^\circ$ の範囲まで広げても実用化することが可能となる。もちろん、イメージセンサ 16 への主光線の最大入射角 δ を小さめに抑えておけば、有機 CMOS センサに代えて裏面照射型 CMOS センサを用いることもできる。この点、比較例 1 ~ 7 の大半は主光線の最大入射角 δ が $23^\circ \sim 30^\circ$ と小さく抑えられ、撮像光学系を設計する上で

【 0 0 8 0 】

10

以上、各面に球面のみを用いた実施例 1 ~ 10 にしたがって本発明について説明してきたが、本発明の撮像光学系は一面あるいは複数の面に非球面を用いて構成することも可能である。また、内視鏡の先端硬性部に内蔵される撮像光学系だけでなく、携帯電話機などの携帯情報端末はもとより、イメージサイズに比して小型化が要求される定置式の監視カメラや車載用カメラにも本発明の撮像光学系は等しく適用することができる。さらに、本発明は上記特徴を備えた撮像光学系を各種のイメージセンサと一体化した撮像装置として実施することも可能である。

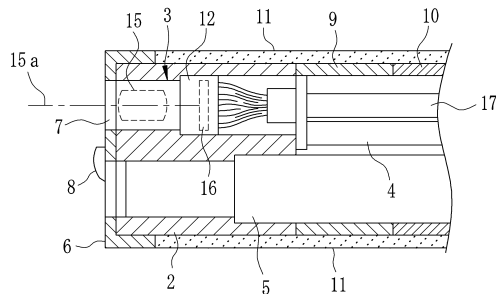
【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

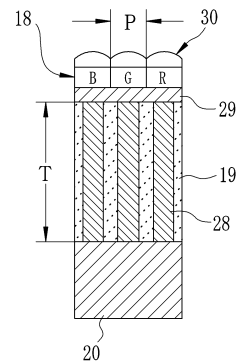
- 2 先端硬性部
- 15 撮像光学系
- 16 イメージセンサ

20

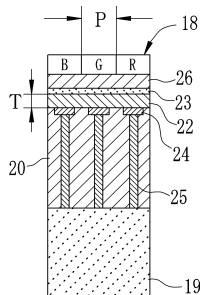
【 図 1 】



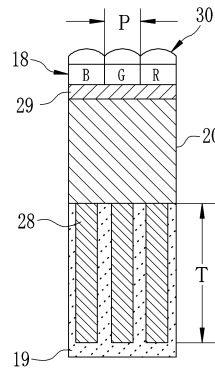
【 図 2 B 】



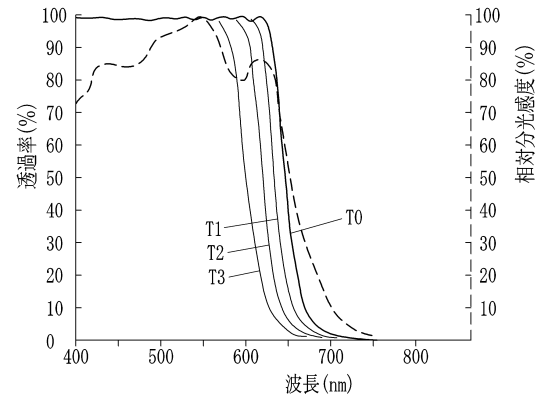
【 図 2 A 】



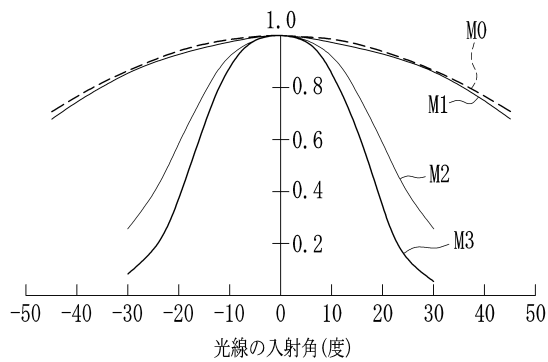
【図 2 C】



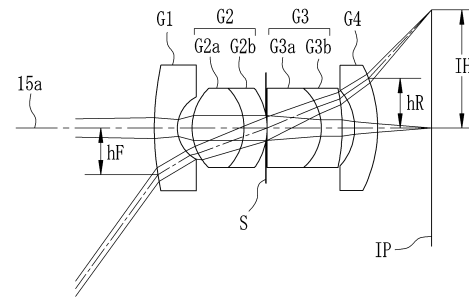
【図 4】



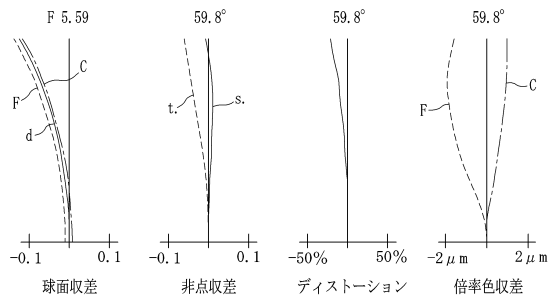
【図 3】



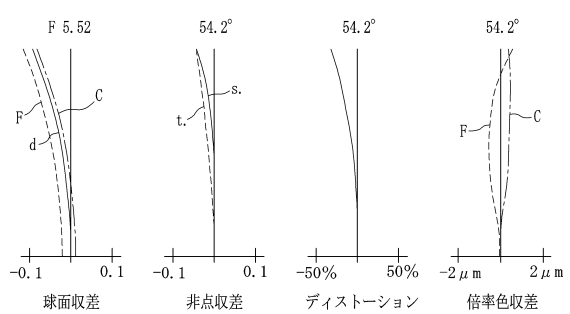
【図 5】



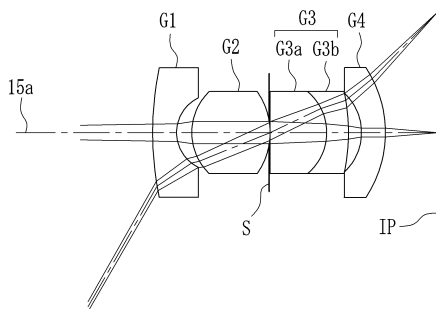
【図 6】



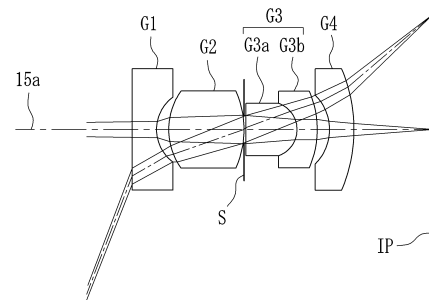
【図 8】



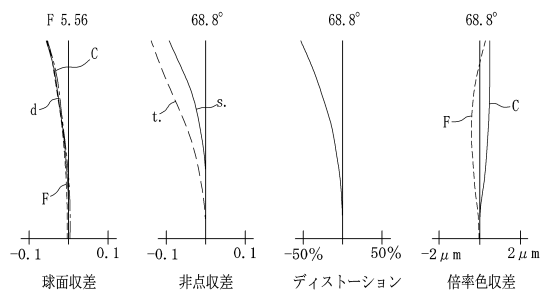
【図 7】



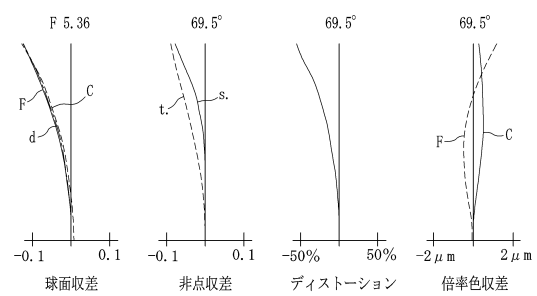
【図 9】



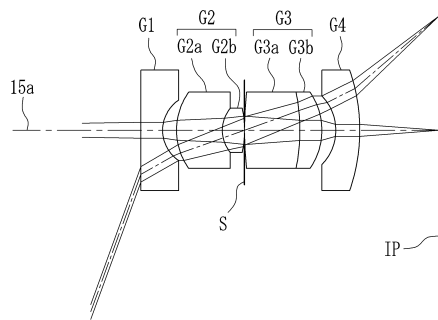
【図 10】



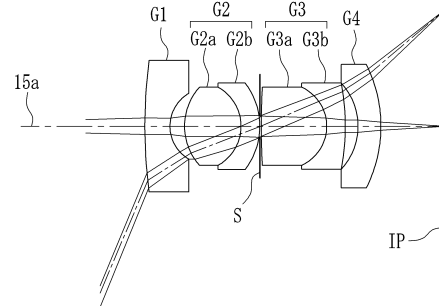
【図 12】



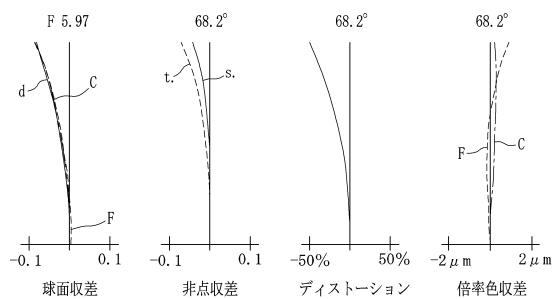
【図 11】



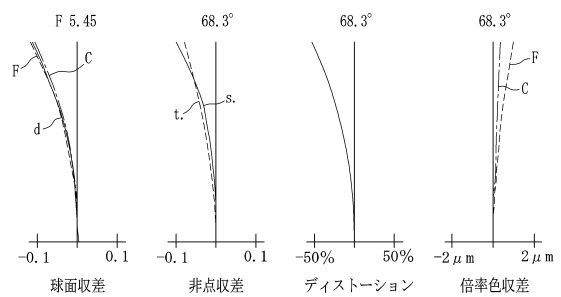
【図 13】



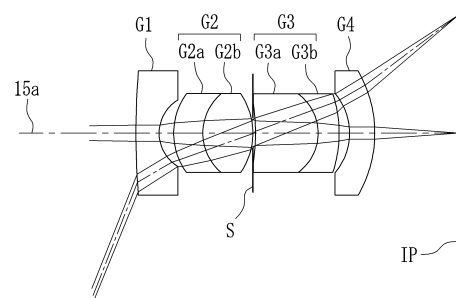
【図 14】



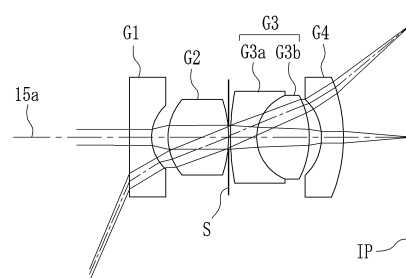
【図 16】



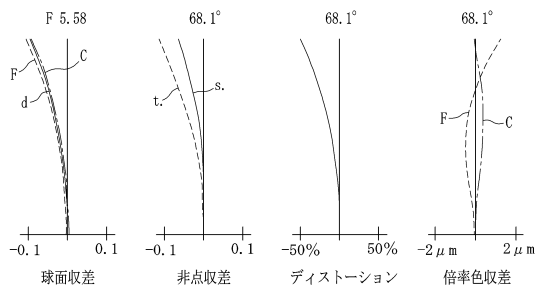
【図 15】



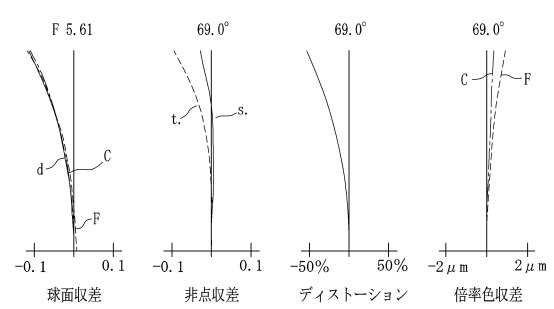
【図 17】



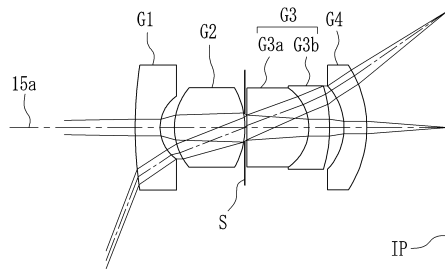
【図 18】



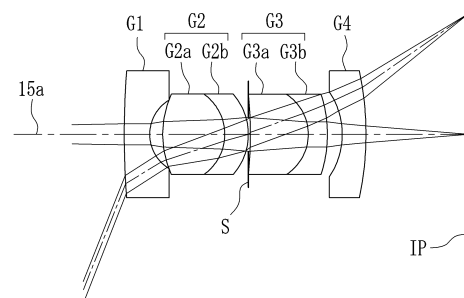
【図 20】



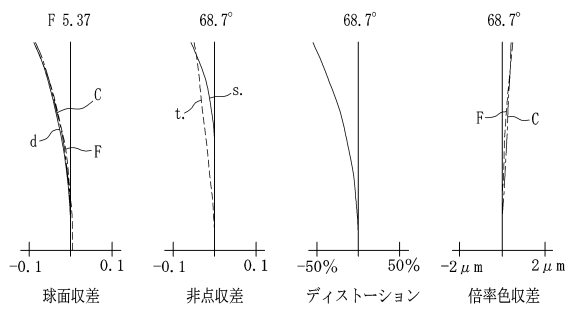
【図 19】



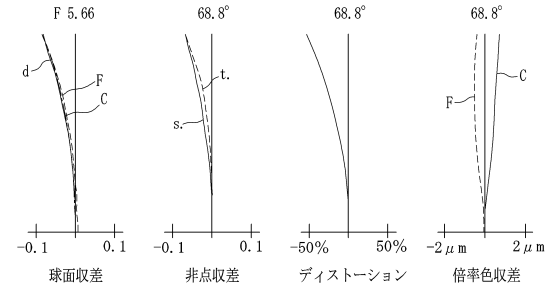
【図 21】



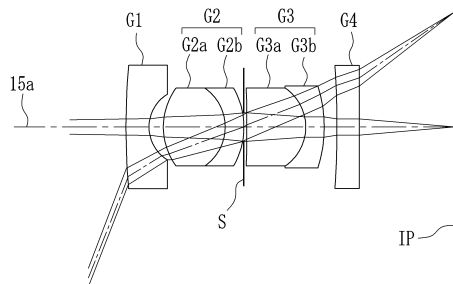
【図 22】



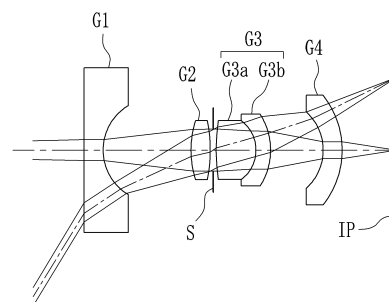
【図 24】



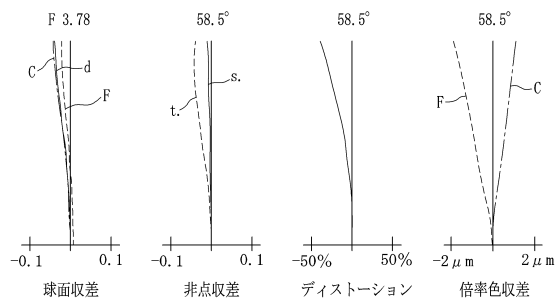
【図 23】



【図 25】



【図 26】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平4 - 3 3 5 6 0 9 (J P , A)
特開2 0 0 8 - 1 1 6 8 7 7 (J P , A)
特開平8 - 3 1 3 8 0 3 (J P , A)
特開2 0 0 9 - 4 7 9 4 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4

专利名称(译)	成像光学系统和成像设备		
公开(公告)号	JP5690354B2	公开(公告)日	2015-03-25
申请号	JP2012540821	申请日	2011-10-21
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	宮野俊		
发明人	宮野 俊		
IPC分类号	G02B13/00 G02B23/24 A61B1/00 A61B1/04		
CPC分类号	G02B9/58 A61B1/00096 G02B13/04 G02B13/06 G02B23/243 G02B23/2484 G03B17/00 G03B37/005		
FI分类号	G02B13/00 G02B23/24.A G02B23/24.B A61B1/00.300.Y A61B1/04.372		
代理人(译)	小林和典		
审查员(译)	荣信原田		
优先权	2010238619 2010-10-25 JP		
其他公开文献	JPWO2012057021A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)		比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5	比較例6	比較例7
摘要：提供一种成像光学系统，其从物体侧具有粗糙和凹凸的功率分布，并且相对于图像尺寸相对紧凑。从物体侧开始，第一透镜组（G1）由单个负透镜，第二透镜组（G2），其中单个正透镜（G2a）和单个负透镜（G2b）连接，膜片（S）组成成像光学系统由第三透镜组（G3）和第四透镜组（G4）构成，第三透镜组（G3）连接单个正透镜（G3a）和单个负透镜（G3b），第四透镜组（G4）包括单个负透镜。IH是成像表面上的最大图像高度（IP），hF是当朝向成像表面（IP）上的最大图像高度位置行进的主光线入射在第一透镜组（G1）上时的入射高度，并且是相同的主光线假设透镜单元G4从第四透镜单元G4发射光的发射高度是hR，则满足 $0.37 < hF / IH < 0.5$ 和 $0.37 < hR / IH < 0.5$ 。	焦点距離 [f]	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.003	1.00
	バック長[BL]	0.668	0.419	0.277	0.377	0.384	0.671	0.801
	レンズ厚[sum] [*sum]	3.617 [3.6026]	3.982 [3.2904]	3.924 [3.2936]	3.694 [3.6607]	4.069 [3.6870]	4.574 [4.170]	4.657 [4.1801]
	全長[TL] [*TL]	4.285 [4.268]	4.401 [3.637]	4.201 [3.526]	4.071 [4.034]	4.453 [4.035]	5.245 [4.782]	5.458 [4.899]
	画角[2ω](°)	117.1	115.6	114.9	117.7	101.7	98.6	99.4
	射出角[2δ](°)	52.7	79.2	78.6	52.3	60.5	48.3	46.1
	最前面入射高[hF] [*hF]	0.882 [0.878]	1.174 [0.970]	1.02 [0.856]	0.91 [0.902]	0.97 [0.879]	1.165 [1.062]	1.235 [1.109]
	最終面射出高[hR] [*hR]	0.560 [0.558]	0.676 [0.559]	0.779 [0.654]	0.723 [0.716]	0.683 [0.619]	0.642 [0.585]	0.642 [0.576]
	最大像高[IH]	1.004	1.2102	1.1914	1.009	1.1036	1.0969	1.1141