

(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2012-168245

(P2012-168245A)

(43) 公開日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/00 (2006.01)	G O 2 B 13/00	2 H 0 4 O
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G O 2 B 23/26 C	2 H 0 8 7
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 3 O O Y	4 C 0 6 1
		4 C 1 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2011-27091 (P2011-27091)
 (22) 出願日 平成23年2月10日 (2011.2.10)

(71) 出願人 000113263
 H O Y A 株式会社
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号
 (74) 代理人 100078880
 弁理士 松岡 修平
 (74) 代理人 100148895
 弁理士 荒木 佳幸
 (74) 代理人 100169856
 弁理士 尾山 栄啓
 (72) 発明者 藤井 宏明
 東京都新宿区中落合2丁目7番5号 H O
 Y A 株式会社内
 Fターム(参考) 2H040 CA23

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用光学系、及び内視鏡

(57) 【要約】

【課題】シェーディングによる周辺光量不足を抑えるのに好適な内視鏡用光学系を提供すること。

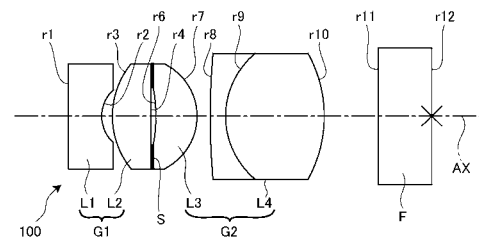
【解決手段】絞りを挟んで前群と後群が物体側から順に配置され、前群が、物体側から順に、負レンズ、正レンズを有し、後群が、物体側から順に、正レンズ、接合レンズを有する内視鏡光学系であって、全系の焦点距離を f (単位: mm) と定義し、像面から射出瞳までの距離 (但し、像面より物体側にマイナスの符号をとる。) を $E X$ (単位: mm) と定義し、後群の焦点距離を f_2 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (1)、(2)

$$-1.0 < E X / f < -0.6 \cdots (1)$$

$$1.15 < f_2 / f < 1.35 \cdots (2)$$

を満たす構成とする。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

絞りを挟んで前群と後群が物体側から順に配置され、
 前記前群は、物体側から順に、負レンズ、正レンズを有し、
 前記後群は、物体側から順に、正レンズ、接合レンズを有し、
 全系の焦点距離を f (単位: mm) と定義し、像面から射出瞳までの距離 (但し、像面より物体側にマイナスの符号をとる。) を EX (単位: mm) と定義し、前記後群の焦点距離を f_2 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (1)、(2)

$$-1.0 < EX / f < -0.6 \cdots (1)$$

$$1.15 < f_2 / f < 1.35 \cdots (2)$$

を満たすことを特徴とする内視鏡用光学系。

10

【請求項 2】

前記接合レンズの焦点距離を f_c (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (3)

$$2 < f_c / f_2 < 3.2 \cdots (3)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 に記載の内視鏡用光学系。

【請求項 3】

前記前群の焦点距離を f_1 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (4)

$$-2.5 < f_1 / f < -1.2 \cdots (4)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 又は請求項 2 に記載の内視鏡用光学系。

【請求項 4】

前記接合レンズの物体側面の曲率半径を R_8 (単位: mm) と定義し、該接合レンズの像側面の曲率半径を R_{10} (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (5)

$$-0.5 < R_{10} / |R_8| < 0 \cdots (5)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の内視鏡用光学系。

20

【請求項 5】

前記接合レンズの物体側面の曲率半径を R_8 (単位: mm) と定義し、該接合レンズの像側面の曲率半径を R_{10} (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (6)

$$|R_8| / R_{10} < -2 \cdots (6)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の内視鏡用光学系。

30

【請求項 6】

前記後群の正レンズは物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズであり、

前記後群の正レンズの焦点距離を f_{21} (単位: mm) と定義し、該後群の正レンズの物体側面の曲率半径を R_6 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (7)、(8)

$$1.3 < f_{21} / f < 1.8 \cdots (7)$$

$$-1 < f / R_6 < -0.3 \cdots (8)$$

を満たすことを特徴とする、請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の内視鏡用光学系。

40

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 の何れか一項に記載の内視鏡用光学系を挿入部可撓管の先端に搭載したことを特徴とする内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、体腔内観察に適した光学性能を有する内視鏡光学系、及び該内視鏡光学系が組み込まれた内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野において、患者の体腔内を観察するための機器として、電子内視鏡が一般に知

50

られ、実用に供されている。この種の内視鏡の具体的構成例は、特許文献 1 ～ 6 に記載されている。特許文献 1 ～ 6 に記載の内視鏡は、4 群 5 枚構成の内視鏡用光学系を有している。

【0003】

内視鏡は体腔内挿入時の患者の負担を軽減するため、外径が細く設計されている。特許文献 1 ～ 6 においては内視鏡外径を抑えるため、内視鏡用光学系の射出瞳距離を短くして内視鏡用光学系を小径に設計している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 2 - 293709 号公報

【特許文献 2】特開平 6 - 308381 号公報

【特許文献 3】特開平 8 - 122632 号公報

【特許文献 4】特開 2004 - 61763 号公報

【特許文献 5】特開 2004 - 354888 号公報

【特許文献 6】特開 2007 - 249189 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 ～ 6 に記載の内視鏡用光学系は、画素数の少ない撮像素子での使用を想定している。しかし、近年、メガピクセル等の多画素撮像素子を搭載した電子スコープが実用化されている。

【0006】

メガピクセル等の多画素撮像素子を搭載する電子スコープでは、個々の画素サイズが小さく受光効率が低い。そのため、特許文献 1 ～ 6 に記載の内視鏡用光学系を適用した場合、撮像素子周辺部への光線入射角度が大きいため、シェーディングによる周辺光量不足が大きい。マイクロレンズアレイを実装した撮像素子であってもシェーディングを十分に抑制することは難しい。但し、マイクロレンズアレイの精度を向上させればシェーディングを十分に抑制できる可能性がある。しかし、生産技術面や製造コスト面等を考えると、マイクロレンズアレイの精度を向上させてシェーディングを抑制するという対応は安易には採用することができない。

【0007】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、シェーディングによる周辺光量不足を抑えるのに好適な内視鏡用光学系、及び該内視鏡用光学系を有する内視鏡を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る内視鏡用光学系は、絞りを挟んで前群と後群が物体側から順に配置されている。前群は、物体側から順に、負レンズ、正レンズを有している。後群は、物体側から順に、正レンズ、接合レンズを有している。本発明に係る内視鏡用光学系は、全系の焦点距離を f (単位: mm) と定義し、像面から射出瞳までの距離 (但し、像面より物体側にマイナスの符号をとる。) を EX (単位: mm) と定義し、後群の焦点距離を f_2 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (1)、(2)

$$-1.0 < EX / f < -0.6 \cdots (1)$$

$$1.15 < f_2 / f < 1.35 \cdots (2)$$

を満たすことを特徴とする。

【0009】

条件式 (1)、(2) が同時に満たされると、広視野角な内視鏡用光学系を体腔内の微細構造を観察するのに必要な光学性能を確保しつつ外径の小さい内視鏡への搭載に適した寸法に抑えて設計することができる。特に、射出瞳距離 EX を確保することで結像面に対

10

20

30

40

50

する入射角が抑えられるため、例えばメガピクセル等の多画素撮像素子に結像させる場合もシェーディングによる周辺光量不足が少ない。また、結像面に対する入射角を抑えつつもテレセントリック光学系にしないことにより、内視鏡用光学系が小径に抑えられる。

【0010】

本発明に係る内視鏡用光学系は、結像面に近い側の光学面にパワーを持たせて射出瞳距離 $E X$ をより一層好適に確保するため、接合レンズの焦点距離を f_c (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (3)

$$2 < f_c / f_2 < 3.2 \cdots (3)$$

を満たす構成としてもよい。

【0011】

本発明に係る内視鏡用光学系は、コマ収差や色収差等の諸収差をより一層良好に補正するため、前群の焦点距離を f_1 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (4)

$$-2.5 < f_1 / f < -1.2 \cdots (4)$$

を満たす構成としてもよい。

【0012】

本発明に係る内視鏡用光学系は、射出瞳距離 $E X$ をより一層好適に確保するため、接合レンズの物体側面の曲率半径を R_8 (単位: mm) と定義し、該接合レンズの像側面の曲率半径を R_{10} (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (5) 又は (6)

$$-0.5 < R_{10} / |R_8| < 0 \cdots (5)$$

$$|R_8| / R_{10} < -2 \cdots (6)$$

を満たす構成としてもよい。

【0013】

本発明に係る内視鏡用光学系は、コマ収差や非点収差等の諸収差をより一層良好に補正するため、後群の正レンズが物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズであり、後群の正レンズの焦点距離を f_{21} (単位: mm) と定義し、該後群の正レンズの物体側面の曲率半径を R_6 (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (7)、(8)

$$1.3 < f_{21} / f < 1.8 \cdots (7)$$

$$-1 < f / R_6 < -0.3 \cdots (8)$$

を満たす構成としてもよい。

【0014】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る内視鏡は、上記内視鏡用光学系を挿入部可撓管の先端に搭載したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

本発明によれば、シェーディングによる周辺光量不足を抑えるのに好適な内視鏡用光学系、及び該内視鏡用光学系を有する内視鏡が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明の実施形態の電子スコープの外観を示す外観図である。

【図2】本発明の実施形態(実施例1)の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図3】本発明の実施例1の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図4】本発明の実施例2の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図5】本発明の実施例2の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図6】本発明の実施例3の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図7】本発明の実施例3の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図8】本発明の実施例4の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

10

20

30

40

50

【図 9】本発明の実施例 4 の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図 10】本発明の実施例 5 の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図 11】本発明の実施例 5 の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図 12】本発明の実施例 6 の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図 13】本発明の実施例 6 の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図 14】本発明の実施例 7 の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図 15】本発明の実施例 7 の内視鏡用光学系の各種収差図である。

10

【図 16】比較例 1 の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図 17】比較例 1 の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【図 18】比較例 2 の内視鏡用光学系及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。

【図 19】比較例 2 の内視鏡用光学系の各種収差図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態の内視鏡用光学系、及び内視鏡用光学系を有する電子スコープについて説明する。

20

【0018】

図 1 は、本実施形態の電子スコープ 1 の外観を示す外観図である。図 1 に示されるように、電子スコープ 1 は、可撓性を有するシース（外皮）11a によって外装された挿入部可撓管（以下、単に「可撓管」と記す。）11 を有している。可撓管 11 の先端には、硬質性を有する樹脂製筐体によって外装された先端部 12 が連結されている。可撓管 11 と先端部 12 との連結箇所にある湾曲部 14 は、可撓管 11 の基端に連結された手元操作部 13 からの遠隔操作（具体的には、湾曲操作ノブ 13a の回転操作）によって屈曲自在に構成されている。この屈曲機構は、一般的な電子スコープに組み込まれている周知の機構であり、湾曲操作ノブ 13a の回転操作に連動した操作ワイヤの牽引によって湾曲部 14 を屈曲させるように構成されている。先端部 12 の方向が上記操作による屈曲動作に応じて変わることにより、電子スコープ 1 による撮影領域が移動する。

30

【0019】

先端部 12 の樹脂製筐体の内部には、内視鏡用光学系 100（図 1 中斜線で示されたブロック）が組み込まれている。内視鏡用光学系 100 は、撮影領域中の被写体の画像データを採取するため、被写体からの反射光を固体撮像素子（図示省略）の受光面上に結像させる。固体撮像素子には、例えば CCD（Charge Coupled Device）イメージセンサ、CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）イメージセンサが想定される。

【0020】

本実施形態の電子スコープ 1 は、例えば下部消化器の観察を想定して設計されている。そのため、内視鏡用光学系 100 の視野角が狭い場合は、病変部等の見落としが懸念される。そこで、本実施形態では、いわゆる一般的なデジタルスチルカメラよりも広視野、例えば 120° 以上の視野角を想定している。

40

【0021】

図 2 は、本発明の実施例 1（詳しくは後述）の内視鏡用光学系 100 及びその後段に配置された光学部品の配置を示す断面図である。図 2 を参照しつつ、本実施形態の内視鏡用光学系 100 について詳細に説明する。

【0022】

内視鏡用光学系 100 は、図 2 に示されるように、物体（被写体）側から順に前群 G1、後群 G2 を少なくとも有している。より詳細には、絞り S よりも物体側に配置された光学レンズ群が前群 G1 を構成し、絞り S よりも像側に配置された光学レンズ群が後群 G2

50

を構成する。各群 G 1、G 2 を構成する各光学レンズは、内視鏡用光学系 1 0 0 の光軸 A X を中心とした回転対称形状を有している。後群 G 2 の後段には、固体撮像素子の受光面全面を覆うフィルタ類 F が配置されている。フィルタ類 F は、色補正フィルタやカバーガラスなど複数の層を含む。本明細書及び図面においては、説明の便宜上、フィルタ類 F は単層で表現する。

【0023】

上記において「少なくとも有している」としたのは、本発明の技術的思想の範囲において、別の光学素子を追加する構成例もあり得るからである。例えば、本発明に係る内視鏡用光学系に対して光学性能に実質的に寄与しない平行平板を追加する構成例や、本発明に係る内視鏡用光学系の構成及び効果を維持しつつ別の光学素子を付加する構成例が想定される。前群 G 1、後群 G 2 の説明においても、同様の理由で「少なくとも有している」と表現している。

10

【0024】

前群 G 1 は、負のパワーを持つレンズ群であり、物体側から順に、負レンズ L 1、正レンズ L 2 を少なくとも有している。

【0025】

後群 G 2 は、正のパワーを持つレンズ群であり、物体側から順に、正レンズ L 3、正負の各レンズを接合した接合レンズ L 4 を少なくとも有している。

【0026】

以下において、説明の便宜上、各光学部品の物体側の面、像側の面をそれぞれ、第一面、第二面と記す。絞り S は、光軸 A X を中心とした所定の円形開口を有する板状部材、又は前群 G 1 の絞り S に最も近いレンズ面（図 2 の構成例においては、正レンズ L 2 の第二面 r 4）であって光軸 A X を中心とした所定の円形領域以外にコーティングされた遮光膜である。絞り S の厚みは、内視鏡用光学系 1 0 0 を構成する各光学レンズの厚みと比べて非常に薄く、内視鏡用光学系 1 0 0 の光学性能を計算する上で無視しても差し支えない。そのため、本明細書においては、絞り S の厚みを 0 とみなして説明を進める。

20

【0027】

内視鏡用光学系 1 0 0 は、全系の焦点距離を f （単位：mm）と定義し、像面から内視鏡用光学系 1 0 0 の射出瞳までの射出瞳距離を $E X$ （単位：mm）と定義し、後群 G 2 の焦点距離を f_2 （単位：mm）と定義した場合に、次の条件式（1）、（2）

30

$$-1.0 < E X / f < -0.6 \cdots (1)$$

$$1.15 < f_2 / f < 1.35 \cdots (2)$$

を満たすように構成されている。なお、像面は固体撮像素子の受光面であり、図 2 中、フィルタ類 F の第二面 r 1 2 と実質的に同位置の面である。射出瞳距離 $E X$ は、像面より物体側に伸び、マイナスの符号をとる。

【0028】

条件式（1）の上限を上回ると射出瞳距離 $E X$ が短いため、固体撮像素子の受光面に対する入射角が大きく、シェーディングによる周辺光量不足が大きい。特に、メガピクセル等の多画素撮像素子では個々の画素サイズが小さく受光効率が低いため、マイクロレンズアレイによるシェーディング抑制効果が小さく周辺光量不足が大きい。なお、本実施形態では、固体撮像素子が微細なチップであることから、固体撮像素子の受光面とマイクロレンズアレイの光軸方向の位置を実質的に同じ位置とする。

40

【0029】

条件式（1）の下限を下回ると、広視野角な（例えば 120° 以上の）電子スコープ 1 において体腔内の微細構造を観察するのに必要な光学性能を確保するため、接合レンズ L 4 のレンズ径を大きく設計する必要がある。そのため、外径の小さい先端部 1 2 への搭載が難しい。

【0030】

正のパワーを持つ後群が絞り近傍に配置されている光学系においては、一般に、後群の前側焦点位置は絞りよりも物体側に位置している。そのため、後群のパワーが弱くなる（

50

焦点距離が長くなる)と正の倍率が小さくなり、射出瞳距離が短くなる。条件式(2)の上限を上回ると、後群G2のパワーが弱く正の倍率が小さいため射出瞳距離EXが短くなり、シェーディングによる周辺光量不足が大きい。

【0031】

条件式(2)の下限を下回ると、体腔内観察に必要な光学性能の確保のため接合レンズL4のレンズ径を大きく設計する必要がある。接合レンズL4の大径化に伴い像面湾曲(特にメリディオナル像面の湾曲)が大きく発生するため、全像高での非点収差の補正が難しい。

【0032】

条件式(1)、(2)が同時に満たされると、広視野角な内視鏡用光学系100を体腔内の微細構造を観察するのに必要な光学性能を確保しつつ外径の小さい先端部12への搭載に適した寸法に抑えて設計することができる。特に、射出瞳距離EXを確保することで結像面に対する入射角が抑えられるため、例えばメガピクセル等の多画素撮像素子に結像させる場合もシェーディングによる周辺光量不足が少ない。また、結像面に対する入射角を抑えつつもテレセントリック光学系にしないことにより、内視鏡用光学系100が小径に抑えられる。

10

【0033】

内視鏡用光学系100は、更に、結像面に近い側の光学面にパワーを持たせて射出瞳距離EXをより一層好適に確保するため、接合レンズL4の焦点距離を f_c (単位:mm)と定義した場合に、次の条件式(3)

20

$$2 < f_c / f_2 < 3.2 \cdots (3)$$

を満たすように構成されている。

【0034】

正のパワーを持つ後群が絞り近傍に配置されている光学系においては、一般に、後群内で最も像側に配置されたレンズのパワーが弱くなると、後群の前側主点位置が物体側(絞りに近い側)へ近付くため正の倍率が小さくなり、射出瞳距離が短くなる。条件式(3)の上限を上回ると、接合レンズL4のパワーが弱く正の倍率が小さいため射出瞳距離EXが短くなり、シェーディングによる周辺光量不足が大きい。

【0035】

条件式(3)の下限を下回ると、接合レンズL4のパワーが強クレンズ面の曲率が大きいため、先端部12に収まる寸法の(つまり外径の小さい)接合レンズL4ではコバ厚の確保が難しい。また、接合レンズL4のパワーが強すぎて、組立誤差(偏心)による収差性能の劣化(特にメリディオナル像面の湾曲に伴う非点収差の発生)が大きい。

30

【0036】

内視鏡用光学系100は、更に、コマ収差や色収差等の諸収差をより一層良好に補正するため、前群G1の焦点距離を f_1 (単位:mm)と定義した場合に、次の条件式(4)

$$-2.5 < f_1 / f < -1.2 \cdots (4)$$

を満たすように構成されている。

【0037】

条件式(4)の上限を上回ると、前群G1の負のパワーが大きいため、体腔内観察に必要な広視野角設計を試みるとコマ収差や色収差等の諸収差を良好に補正するのが難しい。また、後群G2の倍率を高く設定せざるを得ないため、組立時の前群G1と後群G2との群間隔の誤差に伴う後群G2の倍率変化を抑えることが難しい。更には後群G2の倍率変化に伴う視野角変化も大きくなるため、仕様を満足する安定した視野角の保証が難しい。

40

【0038】

条件式(4)の下限を下回ると、内視鏡用光学系100の各光学レンズの外径を抑えて設計することが難しく、外径の小さい先端部12への搭載に不向きである。また、前群G1の倍率を高く設定せざるを得ないため、前群G1が光軸AXに対して偏心して組み付けられた際の像面倒れが大きく、観察視野周辺で画質劣化が生じやすい。なお、像面倒れは、理想的には光軸を基準に対称に残存する像面湾曲が、結像レンズの組立時の偏心量及び

50

偏心方向に依存して光軸を基準に非対称に残存する現象をいう。

【0039】

内視鏡用光学系100は、更に、射出瞳距離EXをより一層好適に確保するため、接合レンズL4の第一面r8の曲率半径を R_8 （単位：mm）と定義し、接合レンズL4の第二面r10の曲率半径を R_{10} （単位：mm）と定義した場合に、次の条件式（5）又は（6）

$$-0.5 < R_{10} / |R_8| < 0 \dots (5)$$

$$|R_8| / R_{10} < -2 \dots (6)$$

を満たすように構成されている。

【0040】

条件式（5）の上限を上回ると、後群G2の最も像側に位置する第二面r10が凹面となり射出瞳距離EXが短くなるため、シェーディングによる周辺光量不足が大きくなる。

【0041】

条件式（5）の下限を下回る又は条件式（6）の上限を上回ると、接合レンズL4のパワーが弱く正の倍率が小さいため射出瞳距離EXが短くなり、シェーディングによる周辺光量不足が大きい。

【0042】

内視鏡用光学系100は、更に、コマ収差や非点収差等の諸収差をより一層良好に補正するため、図2に示されるように、正レンズL3が物体側に凹面を向けたメニスカスレンズであって、正レンズL3の焦点距離を f_{21} （単位：mm）と定義し、正レンズL3の第一面r6の曲率半径を R_6 （単位：mm）と定義した場合に、次の条件式（7）、（8）

$$1.3 < f_{21} / f < 1.8 \dots (7)$$

$$-1 < f / R_6 < -0.3 \dots (8)$$

を同時に満たすように構成されている。

【0043】

条件式（7）の上限を上回ると、正レンズL3のパワーが弱くコマ収差が増加する。具体的には、正のパワーを確保するために曲率半径を大きくすることができない正レンズL3の第二面r7（凸面）に代わり、第一面r6（凹面）の曲率半径が極端に小さくなるため、コマ収差が増加する。後群G2のパワーを維持するためには接合レンズL4のパワーを大きく設定する必要があり、組立偏心誤差による収差性能の劣化（特にメリディオナル像面の湾曲に伴う非点収差の発生）が懸念される。

【0044】

条件式（7）の下限を下回ると、正レンズL3のパワーが強すぎて良好な収差性能が得られない。具体的には、正レンズL3のパワーの増加に伴い球面収差が発生すると共に、ペッツバル和の増加により像面湾曲が大きく発生し、また、組立偏心誤差による非点収差が増加する。

【0045】

条件式（8）の上限を上回ると、正レンズL3の第一面r6（凹面）の曲率半径が大きいため、非点収差の補正が困難になる。

【0046】

条件式（8）の下限を下回ると、正レンズL3の第一面r6（凹面）の曲率半径が小さいため、正レンズL3のパワーが弱くコマ収差が増加する。

【0047】

次に、これまで説明した内視鏡用光学系100の具体的数値実施例を7例説明し、各数値実施例1～7と比較する比較例を2例説明する。各数値実施例1～7の内視鏡用光学系100及び比較例1、2の内視鏡用光学系は、図1に示される電子スコープ1の先端部12に配置されている。

【実施例1】

【0048】

10

20

30

40

50

上述したように、本発明の実施例 1 の内視鏡用光学系 100 の構成は、図 2 に示される通りである。

【0049】

本実施例 1 の内視鏡用光学系 100（及びその後段に配置された光学部品）の具体的数値構成（設計値）は、表 1 に示される。表 1 に示される面番号 NO は、絞り S に対応する面番号 5 を除き、図 2 中の面符号 r_n （ n は自然数）に対応する。表 1 において、 R （単位：mm）は光学部材の各面の曲率半径を、 D （単位：mm）は光軸 AX 上の光学部材厚又は光学部材間隔を、 $N(d)$ は d 線（波長 588nm）の屈折率を、 ν_d は d 線のアッベ数を、それぞれ示す。表 2 は、内視鏡用光学系 100 の仕様を示す。ここで示す仕様は、実効 F ナンバー、光学倍率、半画角（単位：deg）、像高（単位：mm）、バックフォーカス BF（単位：mm）、内視鏡用光学系 100 の全長（単位：mm）、全系の焦点距離 f （単位：mm）、射出瞳距離 EX（単位：mm）、前群 G1 の焦点距離 f_1 （単位：mm）、後群 G2 の焦点距離 f_2 （単位：mm）、正レンズ L3 の焦点距離 f_{21} （単位：mm）、接合レンズ L4 の焦点距離 f_c （単位：mm）である。

【0050】

【表 1】

NO	R	D	N(d)	ν_d
1	INFINITY	0.619	1.88300	40.8
2	0.682	0.199		
3	1.610	0.724	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.086		
6	-3.174	0.769	1.88300	40.8
7	-1.130	0.246		
8	14.325	0.286	1.92286	18.9
9	1.585	1.838	1.77250	49.6
10	-2.530	1.002		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

【表 2】

F ナンバー	5.700
倍率	-0.086
半画角	72.200
像高	1.210
バックフォーカス BF	0.000
レンズ全長	6.770
焦点距離 f	1.179
射出瞳距離 EX	-8.090
前群 G1 の焦点距離 f_1	-1.579
後群 G2 の焦点距離 f_2	1.523
正レンズ L3 の焦点距離 f_{21}	1.689
接合レンズ L4 の焦点距離 f_c	3.544

【0051】

図 3（a）～（d）は、本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 100 の各種収差図である。具体的には、図 3（a）は、 d 線（588nm）、 g 線（436nm）、 C 線（656nm）、 F 線（486nm）、 e 線（546nm）での球面収差及び軸上色収差を示す。図 3（b）は、 d 線、 g 線、 C 線、 F 線、 e 線での倍率色収差を示す。図 3（a）、（b）

中、実線はd線での収差を、点線はg線での収差を、一点鎖線はC線での収差を、短破線はF線での収差を、長破線はe線での収差を、それぞれ示す。図3(c)は、非点収差を示す。図3(c)中、実線はサジタル成分を、点線はメリディオナル成分を、それぞれ示す。図3(d)は、歪曲収差を示す。図3(a)~(c)の各図の縦軸は像高を、横軸は収差量を、それぞれ示す。図3(d)の縦軸は像高を、横軸は歪曲率を、それぞれ示す。なお、本実施例1の各表又は各図面についての説明は、以降の各数値実施例又は比較例で提示される各表又は各図面においても適用する。

【実施例2】

【0052】

図4は、本実施例2の内視鏡用光学系100を含む各光学部品の配置を示す断面図である。本実施例2の内視鏡用対物レンズ100は、図4に示されるように、本実施例1の内視鏡用対物レンズ100と同じ枚数構成である。図5(a)~(d)は、本実施例2の内視鏡用対物レンズ100の各種収差(球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差)図である。表3は、本実施例2の内視鏡用対物レンズ100を含む各光学部品の具体的数値構成を、表4は、本実施例2の内視鏡用対物レンズ100の仕様を、それぞれ示す。

【0053】

【表3】

NO	R	D	N(d)	ν_d
1	13.968	0.757	1.88300	40.8
2	0.975	0.303		
3	4.838	0.977	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5枚	INFINITY	0.105		
6	-2.354	1.072	1.88300	40.8
7	-1.290	0.621		
8	15.582	0.466	1.92286	18.9
9	2.140	1.503	1.77250	49.6
10	-3.338	1.710		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

【表4】

Fナンバー	5.600
倍率	-0.077
半画角	60.900
像高	1.320
バックフォーカスBF	0.000
レンズ全長	8.510
焦点距離f	1.367
射出瞳距離EX	-10.754
前群G1の焦点距離 f_1	-1.653
後群G2の焦点距離 f_2	1.813
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	2.194
接合レンズL4の焦点距離 f_0	4.544

【実施例3】

【0054】

図 6 は、本実施例 3 の内視鏡用光学系 100 を含む各光学部品の配置を示す断面図である。本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 は、図 6 に示されるように、本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 100 と同じ枚数構成である。図 7 (a) ~ (d) は、本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 の各種収差 (球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差) 図である。表 5 は、本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 を含む各光学部品の具体的数値構成を、表 6 は、本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 の仕様を、それぞれ示す。

【 0 0 5 5 】

【 表 5 】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.623	1.88300	40.8
2	0.877	0.195		
3	2.735	0.974	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5 絞	INFINITY	0.088		
6	-1.851	0.653	1.88300	40.8
7	-0.983	0.458		
8	-23.602	0.390	1.92286	18.9
9	2.159	1.266	1.77250	49.6
10	-2.159	1.392		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

10

20

【 表 6 】

Fナンバー	8.500
倍率	-0.132
半画角	64.900
像高	1.170
バックフォーカスBF	0.000
レンズ全長	7.040
焦点距離f	1.195
射出瞳距離EX	-8.159
前群G1の焦点距離 f_1	-1.570
後群G2の焦点距離 f_2	1.559
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	1.755
接合レンズL4の焦点距離 f_e	3.580

30

【 実施例 4 】

【 0 0 5 6 】

図 8 は、本実施例 4 の内視鏡用光学系 100 を含む各光学部品の配置を示す断面図である。本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 100 は、図 8 に示されるように、本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 100 と同じ枚数構成である。図 9 (a) ~ (d) は、本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 100 の各種収差 (球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差) 図である。表 7 は、本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 100 を含む各光学部品の具体的数値構成を、表 8 は、本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 100 の仕様を、それぞれ示す。

40

【 0 0 5 7 】

【表 7】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.717	1.88300	40.8
2	1.174	0.235		
3	3.842	1.198	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.101		
6	-3.119	1.243	1.88300	40.8
7	-1.344	0.538		
8	INFINITY	0.448	1.92286	18.9
9	2.304	1.512	1.81600	46.6
10	-3.648	1.432		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

10

【表 8】

Fナンバー	8.100
倍率	-0.080
半面角	62.200
像高	1.300
バックフォーカスBF	0.000
レンズ全長	8.420
焦点距離f	1.370
射出瞳距離EX	-10.312
前群G1の焦点距離 f_1	-2.029
後群G2の焦点距離 f_2	1.806
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	2.013
接合レンズL4の焦点距離 f_0	5.378

20

30

【実施例 5】

【0058】

図10は、本実施例5の内視鏡用光学系100を含む各光学部品の配置を示す断面図である。本実施例5の内視鏡用対物レンズ100は、図10に示されるように、本実施例1の内視鏡用対物レンズ100と同じ枚数構成である。図11(a)～(d)は、本実施例5の内視鏡用対物レンズ100の各種収差(球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差)図である。表9は、本実施例5の内視鏡用対物レンズ100を含む各光学部品の具体的数値構成を、表10は、本実施例5の内視鏡用対物レンズ100の仕様を、それぞれ示す。

【0059】

40

【表 9】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.652	1.88300	40.8
2	0.864	0.178		
3	2.650	0.814	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.088		
6	-2.973	0.963	1.88300	40.8
7	-1.152	0.385		
8	11.676	0.389	1.92286	18.9
9	1.752	1.460	1.77250	49.6
10	-3.066	1.103		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

10

【表 10】

Fナンバー	6.000
倍率	-0.129
半画角	72.400
像高	1.240
バックフォーカスBF	0.000
レンズ全長	7.030
焦点距離f	1.192
射出瞳距離EX	-8.129
前群G1の焦点距離 f_1	-1.552
後群G2の焦点距離 f_2	1.497
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	1.707
接合レンズL4の焦点距離 f_0	4.105

20

【実施例 6】

30

【0060】

図12は、本実施例6の内視鏡用光学系100を含む各光学部品の配置を示す断面図である。本実施例6の内視鏡用対物レンズ100は、図12に示されるように、本実施例1の内視鏡用対物レンズ100と同じ枚数構成である。図13(a)～(d)は、本実施例6の内視鏡用対物レンズ100の各種収差(球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差)図である。表11は、本実施例6の内視鏡用対物レンズ100を含む各光学部品の具体的数値構成を、表12は、本実施例6の内視鏡用対物レンズ100の仕様を、それぞれ示す。

【0061】

【表 1 1】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.650	1.88300	40.8
2	0.937	0.196		
3	2.301	0.764	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.090		
6	-3.720	1.407	1.88300	40.8
7	-1.480	0.050		
8	-75.371	0.903	1.77250	49.6
9	-1.206	0.300	1.92286	18.9
10	-2.534	1.708		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

10

【表 1 2】

Fナンバー	4.800
倍率	-0.065
半画角	70.300
像高	1.250
バックフォーカスBF	0.000
レンズ全長	7.070
焦点距離f	1.239
射出瞳距離EX	-8.322
前群G1の焦点距離 f_1	-1.976
後群G2の焦点距離 f_2	1.527
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	2.151
接合レンズL4の焦点距離 f_0	4.198

20

【実施例 7】

30

【0062】

図14は、本実施例7の内視鏡用光学系100を含む各光学部品の配置を示す断面図である。本実施例7の内視鏡用対物レンズ100は、図14に示されるように、本実施例1の内視鏡用対物レンズ100と同じ枚数構成である。図15(a)～(d)は、本実施例7の内視鏡用対物レンズ100の各種収差(球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差)図である。表13は、本実施例7の内視鏡用対物レンズ100を含む各光学部品の具体的数値構成を、表14は、本実施例7の内視鏡用対物レンズ100の仕様を、それぞれ示す。

【0063】

【表 1 3】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.687	1.88300	40.8
2	1.071	0.210		
3	1.947	0.981	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.095		
6	-1.397	0.846	1.88300	40.8
7	-1.007	0.354		
8	-5.635	0.317	1.92286	18.9
9	2.355	1.586	1.88300	40.8
10	-2.347	1.470		
11	INFINITY	1.000	1.51633	64.1
12	INFINITY	-		

10

【表 1 4】

Fナンバー	11.100
倍率	-0.064
半面角	69.000
像高	1.310
バックフォーカスBF	0.000
レンズ全長	7.550
焦点距離f	1.322
射出瞳距離EX	-12.199
前群G1の焦点距離 f_1	-3.182
後群G2の焦点距離 f_2	1.669
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	2.025
接合レンズL4の焦点距離 f_0	3.806

20

【0064】

30

(比較例1)

図16は、比較例1の内視鏡用光学系100Cを含む各光学部品の配置を示す断面図である。比較例1の内視鏡用対物レンズ100Cは、図16に示されるように、本実施例1の内視鏡用対物レンズ100と同じ枚数構成である。図17(a)~(d)は、比較例1の内視鏡用対物レンズ100Cの各種収差(球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差)図である。表15は、比較例1の内視鏡用対物レンズ100Cを含む各光学部品の具体的数値構成を、表16は、比較例1の内視鏡用対物レンズ100Cの仕様を、それぞれ示す。

【0065】

【表 1 5】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.609	1.88300	40.8
2	1.793	0.102		
3	1.762	0.812	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.060		
6	-0.722	1.039	1.88300	40.8
7	-0.928	0.051		
8	-11.759	0.355	1.92286	18.9
9	2.672	1.288	1.77250	49.6
10	-1.941	1.410		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

10

【表 1 6】

Fナンバー	7.500
倍率	-0.081
半画角	74.400
像高	1.300
バックフォーカスBF	0.020
レンズ全長	6.750
焦点距離f	1.279
射出瞳距離EX	-15.998
前群G1の焦点距離 f_1	83.156
後群G2の焦点距離 f_2	1.338
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	2.703
接合レンズL4の焦点距離 f_c	3.254

20

【0066】

30

(比較例2)

図18は、比較例2の内視鏡用光学系100Cを含む各光学部品の配置を示す断面図である。比較例2の内視鏡用対物レンズ100Cは、図18に示されるように、本実施例1の内視鏡用対物レンズ100と同じ枚数構成である。図19(a)~(d)は、比較例2の内視鏡用対物レンズ100Cの各種収差(球面収差、軸上色収差、倍率色収差、非点収差、歪曲収差)図である。表17は、比較例2の内視鏡用対物レンズ100Cを含む各光学部品の具体的数値構成を、表18は、比較例2の内視鏡用対物レンズ100Cの仕様を、それぞれ示す。

【0067】

【表 17】

NO	R	D	N(d)	νd
1	INFINITY	0.305	1.88300	40.8
2	0.626	0.406		
3	1.260	0.813	1.84666	23.8
4	INFINITY	0.000		
5絞	INFINITY	0.061		
6	-30.139	0.516	1.88300	40.8
7	-1.487	0.074		
8	-7.060	0.355	1.92286	18.9
9	1.508	1.524	1.77250	49.6
10	-2.196	1.233		
11	INFINITY	1.000	1.51680	64.2
12	INFINITY	-		

10

【表 18】

Fナンバー	7.700
倍率	-0.081
半面角	72.300
像高	1.300
バックフォーカスBF	0.020
レンズ全長	6.310
焦点距離f	1.235
射出瞳距離EX	-4.950
前群G1の焦点距離 f_1	-2.836
後群G2の焦点距離 f_2	1.791
正レンズL3の焦点距離 f_{21}	1.757
接合レンズL4の焦点距離 f_0	5.056

20

【0068】

(比較検証)

30

表19は、本実施例1～7、比較例1、2の各例において、条件式(1)～(8)のそれぞれを適用したときに算出される値の一覧表である。

【0069】

【表19】

条件式	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6	実施例7	比較例1	比較例2
(1)	-6.859	-7.865	-6.831	-7.525	-6.817	-6.718	-9.231	-12.505	-4.007
(2)	1.292	1.326	1.305	1.318	1.255	1.233	1.263	1.046	1.450
(3)	2.327	2.507	2.296	2.978	2.743	2.749	2.280	2.432	2.824
(4)	-1.339	-1.209	-1.314	-1.480	-1.302	-1.595	-2.408	65.001	-2.296
(5)	-0.177	-0.214	-0.091	0.000	-0.263	-0.034	-0.416	-0.165	-0.311
(6)	-5.661	-4.669	-10.934	$-\infty$	-3.808	-29.741	-2.402	-6.057	-3.214
(7)	1.432	1.605	1.469	1.469	1.431	1.737	1.532	2.113	1.423
(8)	-0.371	-0.581	-0.645	-0.439	-0.401	-0.333	-0.946	-1.771	-0.041

40

【0070】

表19に示されるように、比較例1、2の内視鏡用光学系100Cは、条件式(1)、(2)を共に満たさない。比較例1の内視鏡用光学系100Cは、図16又は図17に示されるように、接合レンズL4のレンズ径が大きいいため、先端部12への搭載に適さないと共に像面湾曲(特にメリディオナル像面の湾曲)に伴う非点収差の発生が大きい。比較例2の内視鏡用光学系100Cは、表18に示されるように、射出瞳距離EXが短いため、特許文献1～6に記載の内視鏡用光学系と同様にシェーディングによる周辺光量不足が

50

大きい。

【 0 0 7 1 】

これに対して、本実施例 1 ～ 7 の内視鏡用光学系 1 0 0 は、表 1 9 に示されるように、条件式 (1)、(2) を同時に満たすことにより、各実施例の説明で提示した図又は表に示す通り、体腔内の微細構造を観察するのに必要な光学性能を確保しつつ外径の小さい先端部 1 2 への搭載に適した寸法に抑えられている。特に、射出瞳距離 $E X$ を確保することで結像面に対する入射角が抑えられるため、メガピクセル等の多画素撮像素子に結像させる場合もシェーディングによる周辺光量不足が少ない。

【 0 0 7 2 】

本実施例 1 ～ 7 の内視鏡用光学系 1 0 0 は、条件式 (3) ～ (8) も更に満たす。従って、本実施例 1 ～ 7 の内視鏡用光学系 1 0 0 では、条件式 (1) 及び (2) を満たすことにより奏する効果のみならず、各条件式 (3) ～ (8) に関して既述したような種々の効果も更に奏される。

10

【 0 0 7 3 】

以上が本発明の実施形態の説明である。本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。

【 符号の説明 】

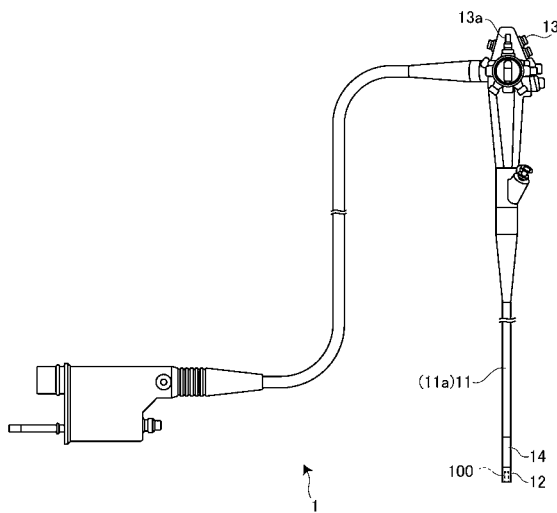
【 0 0 7 4 】

1 電子スコープ

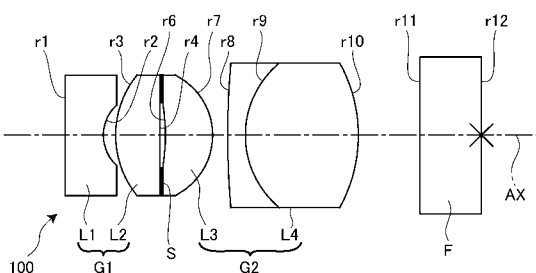
1 0 0 内視鏡用光学系

20

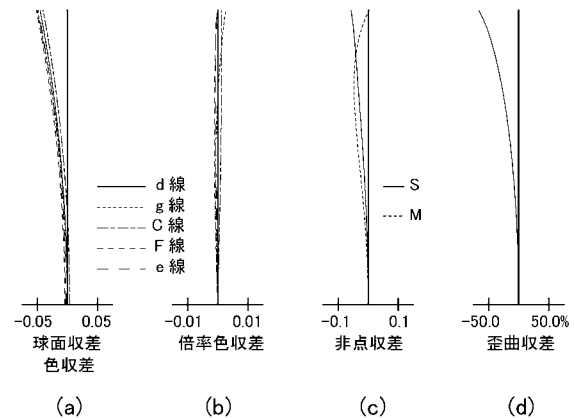
【 図 1 】



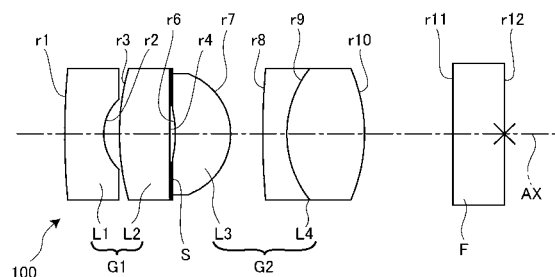
【 図 2 】



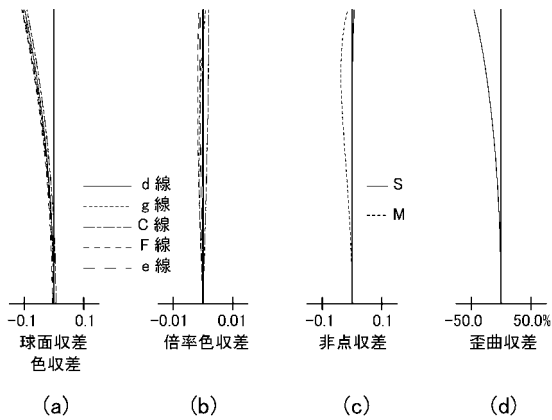
【 図 3 】



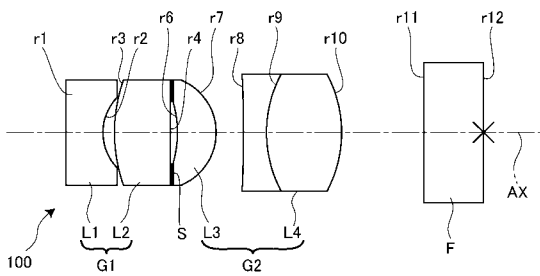
【 図 4 】



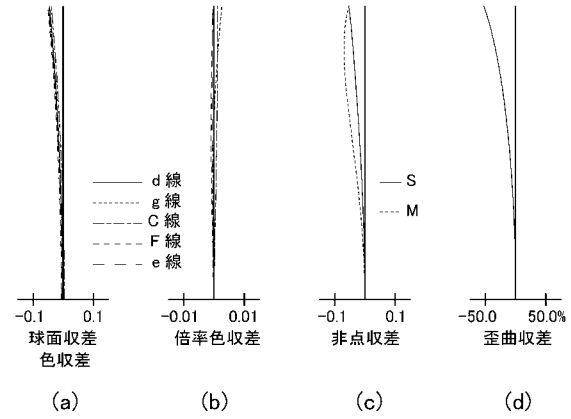
【図 5】



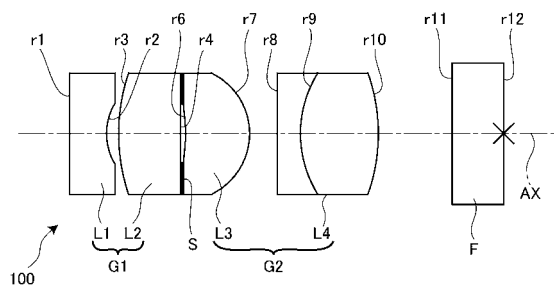
【図 6】



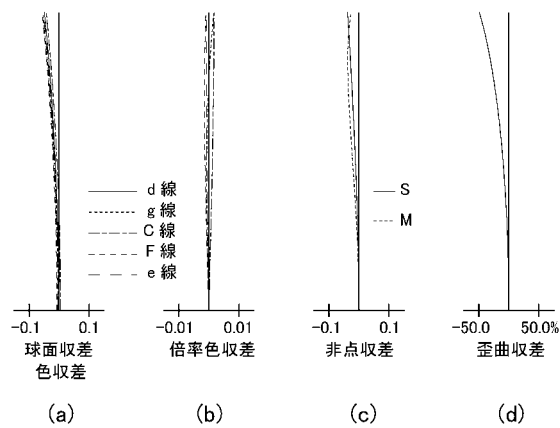
【図 7】



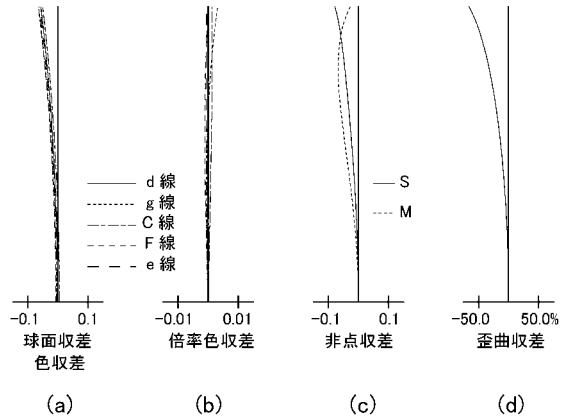
【図 8】



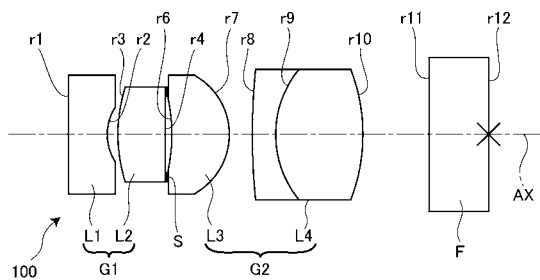
【図 9】



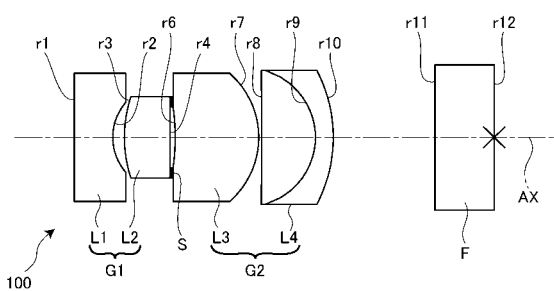
【図 1 1】



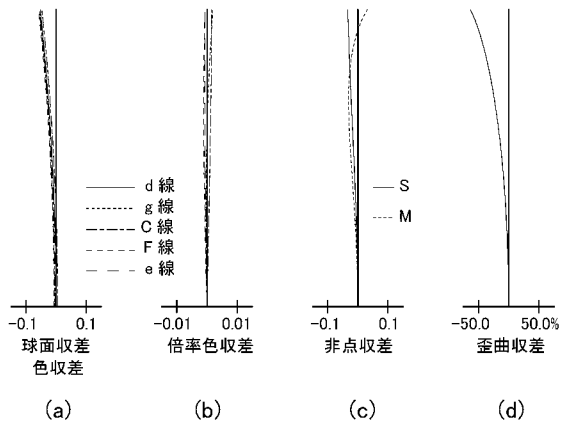
【図 1 0】



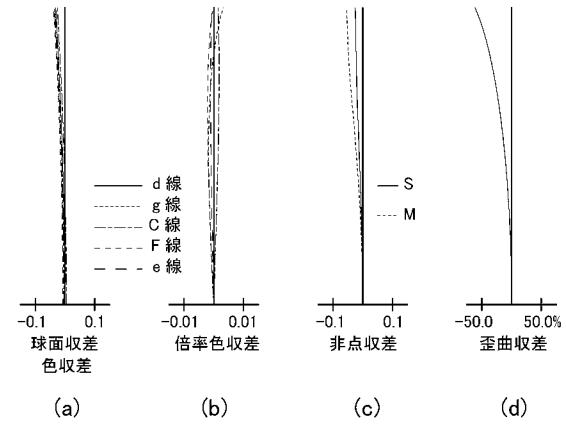
【図 1 2】



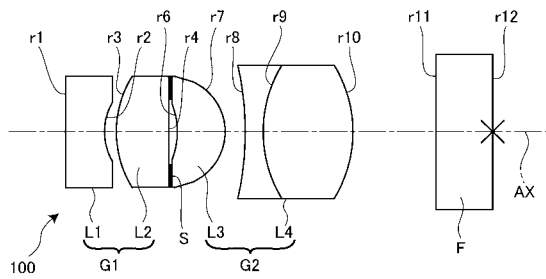
【図 13】



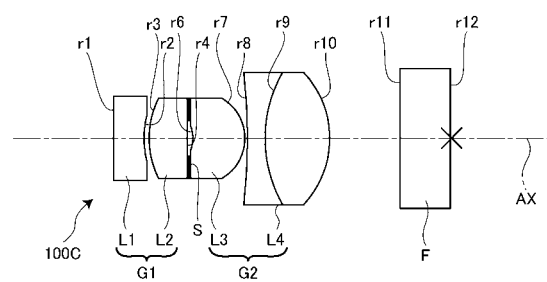
【図 15】



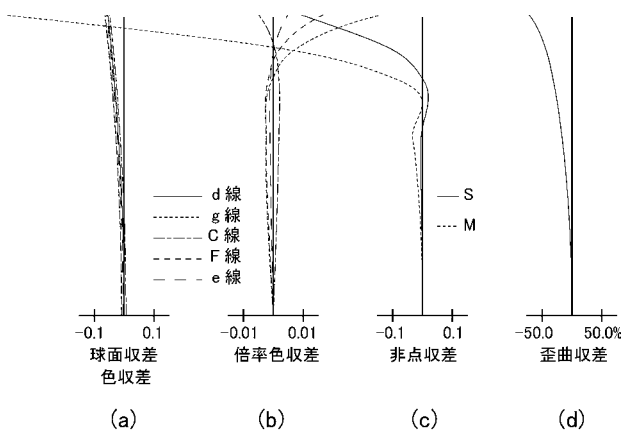
【図 14】



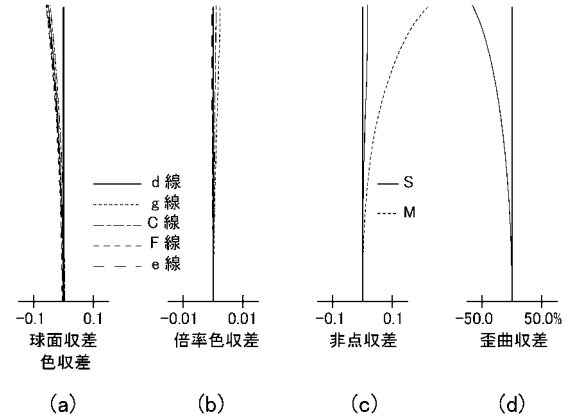
【図 16】



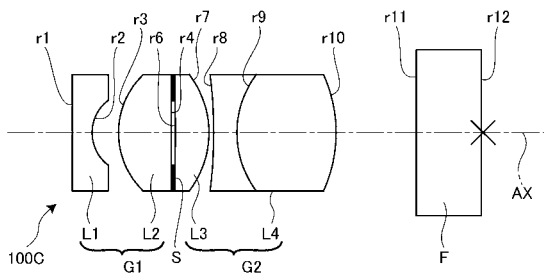
【図 17】



【図 19】



【図 18】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2H087 KA10 LA01 PA04 PA18 PB05 QA01 QA02 QA07 QA17 QA18
QA21 QA25 QA34 QA37 QA41 QA42 QA45 RA32 RA42 RA43
RA44
4C061 CC06 FF40 FF47 LL02
4C161 CC06 FF40 FF47 LL02

专利名称(译)	内窥镜光学系统和内窥镜		
公开(公告)号	JP2012168245A	公开(公告)日	2012-09-06
申请号	JP2011027091	申请日	2011-02-10
[标]申请(专利权)人(译)	保谷股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	HOYA株式会社		
[标]发明人	藤井宏明		
发明人	藤井 宏明		
IPC分类号	G02B13/00 G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00163 G02B23/2438 A61B1/00174 G02B9/34 G02B13/0015 G02B13/04 G02B23/2423 G02B23/243		
FI分类号	G02B13/00 G02B23/26.C A61B1/00.300.Y A61B1/00.731 G02B13/04.D		
F-TERM分类号	2H040/CA23 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/PA04 2H087/PA18 2H087/PB05 2H087/QA01 2H087/QA02 2H087/QA07 2H087/QA17 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA34 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA32 2H087/RA42 2H087/RA43 2H087/RA44 4C061/CC06 4C061/FF40 4C061/FF47 4C061/LL02 4C161/CC06 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/LL02 2H087/LA03		
代理人(译)	荒木义行 尾山荣启		
其他公开文献	JP5653243B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决方案：用于内窥镜的光学系统具有前组和后组，该前组和后组以从物体侧开始的顺序布置有光圈在中间。在这种情况下，前组从物体侧依次包括负透镜和正透镜，后组从物体侧开始依次包括正透镜和胶合透镜。另外，满足 $-10 \leq f_1/f_2$ 的条件式(1)当整个系统的焦距被定义为 f (单位：mm)，从图像表面到出射光瞳的距离(当从图像表面采用负符号到物体侧)定义为 EX (单位：mm)，后组的焦距定义为 f_2 (单位：mm)。

