

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5455472号
(P5455472)

(45) 発行日 平成26年3月26日 (2014. 3. 26)

(24) 登録日 平成26年1月17日 (2014. 1. 17)

(51) Int. Cl. F I
G O 2 B 13/04 (2006. 01) G O 2 B 13/04 D
G O 2 B 13/18 (2006. 01) G O 2 B 13/18
A 6 1 B 1/00 (2006. 01) A 6 1 B 1/00 3 O O Y

請求項の数 5 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-160289 (P2009-160289)
 (22) 出願日 平成21年7月6日 (2009. 7. 6)
 (65) 公開番号 特開2011-13647 (P2011-13647A)
 (43) 公開日 平成23年1月20日 (2011. 1. 20)
 審査請求日 平成24年5月8日 (2012. 5. 8)

(73) 特許権者 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
 (72) 発明者 那須 幸子
 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
 審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物レンズ、及び内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負のパワーを持つ前群レンズ、絞り、正のパワーを持つ後群レンズが配置された構成であり、

前記前群レンズは、

物体側から順に、負の前群側レンズ、正の前群側レンズが配置された構成であり、

前記後群レンズは、

物体側から順に、正の後群側レンズ、接合レンズが配置された構成であり、

前記接合レンズは、

物体側から順に、負のレンズ、正のレンズが配置された構成であり、

前記前群レンズの焦点距離を f_F (単位: mm) と定義し、前記前群レンズと前記後群レンズとの合成焦点距離を f (単位: mm) と定義し、前記正の後群側レンズの焦点距離を $f_{R P}$ (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式

$$- 4 . 5 \leq f_F / f \leq - 2 . 0$$

$$1 . 5 \leq f_{R P} / f \leq 2 . 5$$

を満たし、

前記正の前群側レンズの物体側の面から前記絞りの面までの空気換算距離を D_F (単位

：mm)と定義し、該絞りの面から前記正の後群側レンズの像側の面までの空気換算距離を D_R (単位：mm)と定義した場合に、次の条件式

$$0.2 < D_F / D_R < 0.5$$

を満たし、

前記正の後群側レンズは、

物体側の面が平面又は凹面に、像側の面が凸面に形成され、

前記接合レンズにおける負のレンズは、

物体側の面が凸面に形成された負メニスカスレンズである、

内視鏡用対物レンズ。

【請求項2】

前記正の前群側レンズの物体側の面が非球面に形成された凸面であって、該正の前群側レンズの焦点距離を f_{FP} (単位：mm)と定義した場合に、次の条件式

$$-1.5 < f_{FP} / f_F < -0.5$$

を満たす、

請求項1に記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項3】

前記正の後群側レンズの像側の面が非球面に形成された凸面であり、次の条件式

$$-0.9 < f_{RP} / f_F < -0.4$$

を満たす、

請求項1又は請求項2に記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項4】

前記負の前群側レンズは、

像側の面が凹面に形成され、

前記正の前群側レンズは、

物体側の面が凸面に、像側の面が平面に形成された、

請求項1から請求項3の何れか一項に記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項5】

視野角が 130° 以上である、

請求項1から請求項4の何れか一項に記載の内視鏡用対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、医師が患者の体腔内を診断する際に使用する内視鏡、及び該内視鏡の先端部に組み込まれた内視鏡用対物レンズに関連し、詳しくは、小型かつ広視野角でありつつも、製造誤差や組立誤差による視野角変化及び像面湾曲変化が良好に抑えられた内視鏡用対物レンズ、及び内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

医師が患者の体腔内を診断する際に使用する機器として医療用内視鏡(ファイバースコープ、電子スコープ)が一般的に知られている。この種の医療用内視鏡の先端部は、挿入部が患者の体腔内や微少な隙間に円滑に挿入されるように小型に設計されている。医療用内視鏡の先端部には種々の部品が内蔵されている。先端部の設計上可能な最小外形寸法は、内視鏡用対物レンズ等の寸法の大きい内蔵部品によって実質的に規定される。従って、先端部を小型化させるため、内視鏡用対物レンズを少ない枚数の小型レンズで構成して内視鏡用対物レンズ自体を小型に設計することが望まれる。

【0003】

また、内視鏡用対物レンズは、観察視野を広範にして病変部を発見し易くするため、広視野角に設計されている。特に、胃等の広い範囲の診断に適した消化器系用内視鏡においては、視野角が非常に広く設計されている。しかし、光学レンズにおいては、一般に、視野角を広くするほど像面湾曲が二乗に比例して大きくなり、画質を劣化させる問題がある

10

20

30

40

50

。正確な診断に供される高品質の画像を得るため、内視鏡用対物レンズには、小型化でありつつも高い光学性能が要求される。

【0004】

ところで、光学レンズを加工する際に生じる製造誤差は、光学レンズの設計寸法の大小に拘わらず基本的には変わらない。そのため、光学レンズが小型であるほど製造誤差に対する光学性能の変化が顕著に現れる。同様に、組立誤差による光学性能の変化も光学ユニットが小型であるほど顕著に現れる。この種の光学性能の変化については、内視鏡用対物レンズが枚数の少ない構成であってレンズ一枚当たりのパワー負担を大きくせざるを得ない点からも不利に作用する。すなわち、高い光学性能を発揮させるためには、内視鏡用対物レンズを構成する各光学レンズを高精度に加工して且つ位置決めする必要がある。

10

【0005】

小型かつ広視野角な内視鏡用対物レンズにおいては、特に、製造誤差や組立誤差による視野角変化や像面湾曲変化が問題視される。高い光学性能を達成するためには、例えば厳格な公差管理を行って製造誤差の少ない光学レンズ又は光学レンズ周辺の部品（例えばレンズ保持枠）を製造する製造管理上の対策が考えられる。しかし、この場合、歩留まりの低下や製造単価の増加等の弊害が生じる。また、小型な光学レンズにおいては、誤差発生量の把握及び管理が技術上難しい問題もある。そのため、厳格な公差管理による対策は、安易には採用できない。

【0006】

内視鏡用対物レンズの具体的構成例は、特許文献1～6等に記載されている。特許文献1～6に記載の内視鏡用対物レンズにおいては、小型かつ広視野角に設計した代償として生じる諸収差を補正する試みがされている。しかし、各特許文献に記載の内視鏡用対物レンズの構成では、製造誤差や組立誤差による視野角変化及び像面湾曲変化が十分に抑えられておらず、實際上、厳正な公差管理を行わなければ良好な光学性能を達成することが難しい。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【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】

【0008】

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、小型かつ広視野角でありつつも、製造誤差や組立誤差による視野角変化及び像面湾曲変化を良好に抑えた内視鏡用対物レンズ、及び内視鏡を提供することである。

40

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の課題を解決する本発明の一形態に係る内視鏡用対物レンズは、絞りを挟んで配置された負のパワーを持つ前群レンズと正のパワーを持つ後群レンズとを有する。このうち前群レンズは、物体側から順に、少なくとも負の前群側レンズ、正の前群側レンズを有する。絞りを挟んで後段に配置された後群レンズは、物体側から順に、少なくとも正の後群側レンズ、負のレンズと正のレンズとを接合した接合レンズを有する。かかる内視鏡用対物レンズは、小型かつ広視野角でありつつも、製造誤差や組立誤差による視野角変化及び像面湾曲変化を抑えるべく、前群レンズの焦点距離を f_F (単位: mm) と定義し、前群レンズと後群レンズとの合成焦点距離を f (単位: mm) と定義し、正の後群側レンズの

50

焦点距離を f_{RP} (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (1) 及び (2)

$$-4.5 < f_F / f - 2.0 \dots (1)$$

$$1.5 < f_{RP} / f < 2.5 \dots (2)$$

を満たすように構成されている。

【0010】

条件式 (1) の上限を超える場合、前群レンズが低倍率に設計されるため、前群レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化は抑えられる。しかし、正の前群側レンズと正の後群側レンズとの間隔変化に伴う後群レンズの倍率変化が抑制できず視野角変化が大きくなるため、仕様を満足する視野角が保障されない。

【0011】

条件式 (1) の下限を下回る場合には、正の前群側レンズと正の後群側レンズとの間隔変化に伴う後群レンズの倍率変化が抑えられるため、視野角変化が小さい。しかし、前群レンズの倍率を大きく設定せざるを得なくなり、前群レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が抑えられない。

【0012】

条件式 (2) の上限を超える場合、正の後群側レンズのパワー負担が軽減されるため、正の後群側レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化は抑えられる。しかし、前群レンズの倍率を大きく設定せざるを得なくなり、前群レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が抑えられない。別の側面によれば、前群レンズの焦点距離 f_F を長く設定せざるを得なくなり、正の前群側レンズと正の後群側レンズとの間隔が必然的に広がる。当該間隔が広い条件下で内視鏡用対物レンズの全長を抑えて小型化するには、射出瞳距離を短く設定しなければならず、バックフォーカスの確保が難しい。

【0013】

条件式 (2) の下限を下回る場合には、正の後群側レンズにパワーを過度に負担させることとなり、正の後群側レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が抑えられない。また、正の前群側レンズと正の後群側レンズとの間隔が狭く設定された結果全長が抑えられるものの、前群レンズ側でパワーを過度に負担させなければならぬため、前群レンズで発生するコマ収差及び歪曲収差を良好に補正することが難しい。

【0014】

本発明に係る内視鏡用対物レンズは、像面湾曲変化をより一層抑えるべく、正の前群側レンズの物体側の面が非球面に形成された凸面であって、該正の前群側レンズの焦点距離を f_{FP} (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (3)

$$-1.5 < f_{FP} / f_F - 0.5 \dots (3)$$

を満たすように構成されてもよい。

【0015】

条件式 (3) の上限を超える場合、正の前群側レンズの物体側の面にパワーを過度に負担させざるを得ないため、正の前群側レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化を抑えることが難しい。

【0016】

条件式 (3) の下限を下回る場合には、負の前群側レンズにパワーを過度に負担させることとなり、前群レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が大きくなる。また、正の前群側レンズのパワーが弱くなる結果、後群レンズの倍率を大きく設定せざるを得ないため、正の前群側レンズと正の後群側レンズとの間隔変化に伴う全系の焦点距離 f が変化しやすくなる。すなわち、視野角変化が大きくなる。

【0017】

本発明に係る内視鏡用対物レンズは、像面湾曲変化をより一層抑えるべく、正の後群側レンズの像側の面が非球面に形成された凸面であって、該正の後群側レンズの焦点距離を f_{RP} (単位: mm) と定義した場合に、次の条件式 (4)

$$-0.9 < f_{RP} / f_F - 0.4 \dots (4)$$

を満たすように構成されてもよい。

10

20

30

40

50

【0018】

条件式(4)の上限を超える場合、正の後群側レンズにパワーを過度に負担させることとなり、正の後群側レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が抑え難くなる。また、正の後群側レンズのパワー増加に伴って射出瞳距離が短くなり、バックフォーカスの確保が困難になる。射出瞳距離を確保するためには、例えば接合レンズの接合面の曲率を強く設定する必要があり、接合レンズ(特に正のレンズ)の加工が難しい問題がある。

【0019】

条件式(4)の下限を下回る場合には、前群レンズ側でパワーを負担させざるを得ないため、前群レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が抑え難くなる。また、後群レンズの倍率を大きく設定せざるを得なくなり、正の前群側レンズと正の後群側レンズとの間隔変化に伴う後群レンズの倍率変化が大きい。後群レンズの倍率変化が大きく発生して、内視鏡用対物レンズの視野角が大きく変化する。

10

【0020】

ここで、負の前群側レンズは、像側の面が凹面に形成され、正の前群側レンズは、物体側の面が凸面に、像側の面が平面に形成されてもよい。正の前群側レンズの像側の面を平面形状とすることにより、視野角変化がより一層抑えられるようになる。

【0021】

正の後群側レンズは、物体側の面が平面又は凹面に、像側の面が凸面に形成されてもよい。また、接合レンズにおける負のレンズは、物体側の面が凸面に形成された負メニスカスレンズとしてもよい。

20

【0022】

本発明に係る内視鏡用対物レンズは、像面湾曲変化を抑えることで増加するコマ収差や歪曲収差等を抑えるべく、正の前群側レンズの物体側の面から絞りの面までの空気換算距離を D_F (単位: mm)と定義し、該絞りの面から正の後群側レンズの像側の面までの空気換算距離を D_R (単位: mm)と定義した場合に、次の条件式(5)

$$0.2 < D_F / D_R < 0.5 \dots (5)$$

を満たすように構成されてもよい。

【0023】

条件式(5)の上限を超える場合、正の前群側レンズへの入射光線高が高くなり過ぎて、コマ収差のコントロールが難しくなる。また、正の前群側レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化が抑え難くなる。

30

【0024】

条件式(5)の下限を下回る場合、正の後群側レンズへの入射光線高が高くなり過ぎるため、歪曲収差補正に配慮しつつ、正の後群側レンズ又は前群レンズの取付位置誤差に起因する像面湾曲変化を抑えることが難しくなる。

【0025】

本発明に係る内視鏡用対物レンズは、視野角が例えば 130° 以上である。

【発明の効果】

【0026】

このように本発明によれば、小型かつ広視野角でありつつも、製造誤差や組立誤差による視野角変化及び像面湾曲変化が良好に抑えられた内視鏡用対物レンズ、及び内視鏡が提供される。

40

【図面の簡単な説明】

【0027】

【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)の内視鏡用対物レンズ及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。

【図3】本発明の実施例1の内視鏡用対物レンズの球面収差及び軸上色収差を示す図である。

【図4】本発明の実施例1の内視鏡用対物レンズの倍率色収差を示す図である。

50

【図 5】本発明の実施例 1 の内視鏡用対物レンズの非点収差を示す図である。

【図 6】本発明の実施例 1 の内視鏡用対物レンズの歪曲収差を示す図である。

【図 7】本発明の実施例 2 の内視鏡用対物レンズ及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。

【図 8】本発明の実施例 2 の内視鏡用対物レンズの球面収差及び軸上色収差を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 2 の内視鏡用対物レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 10】本発明の実施例 2 の内視鏡用対物レンズの非点収差を示す図である。

【図 11】本発明の実施例 2 の内視鏡用対物レンズの歪曲収差を示す図である。

【図 12】本発明の実施例 3 の内視鏡用対物レンズ及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。

10

【図 13】本発明の実施例 3 の内視鏡用対物レンズの球面収差及び軸上色収差を示す図である。

【図 14】本発明の実施例 3 の内視鏡用対物レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 15】本発明の実施例 3 の内視鏡用対物レンズの非点収差を示す図である。

【図 16】本発明の実施例 3 の内視鏡用対物レンズの歪曲収差を示す図である。

【図 17】本発明の実施例 4 の内視鏡用対物レンズ及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。

【図 18】本発明の実施例 4 の内視鏡用対物レンズの球面収差及び軸上色収差を示す図である。

20

【図 19】本発明の実施例 4 の内視鏡用対物レンズの倍率色収差を示す図である。

【図 20】本発明の実施例 4 の内視鏡用対物レンズの非点収差を示す図である。

【図 21】本発明の実施例 4 の内視鏡用対物レンズの歪曲収差を示す図である。

【図 22】本発明の実施形態において抑制されるべき像面湾曲変化を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態の電子スコープ、及び該電子スコープに組み込まれた内視鏡用対物レンズについて説明する。

【0029】

30

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、可撓管によって外装された挿入可撓部 11 を有している。挿入可撓部 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挿入先端部 12 が連結されている。挿入可撓部 11 と挿入先端部 12 との連結箇所は、挿入可撓部 11 の基端に連結された手元操作部 13 からの遠隔操作によって屈曲自在に構成されている。挿入先端部 12 の方向が上記遠隔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。

【0030】

挿入先端部 12 の樹脂製筐体の内部には、内視鏡用対物レンズ 100 (図 1 中斜線で示されたブロック) が組み込まれている。内視鏡用対物レンズ 100 は、撮影領域中の被写体の画像データを採取するため、被写体からの散乱光を固体撮像素子 (図示省略) の受光面上に結像させる。

40

【0031】

内視鏡用対物レンズ 100 は、挿入先端部 12 の樹脂製筐体内の限られたスペースに組み込み可能であるように小型に設計されている。また、内視鏡用対物レンズ 100 は、観察視野を広範にして病変部を発見し易くするため、例えば 100° (「内視鏡用対物レンズ 100 の光軸 AX (図 2 等参照) を基準に $\pm 50^\circ$ 」と同義である。) 以上の視野角に設計されている。電子スコープ 1 が例えば消化器系用内視鏡である場合、内視鏡用対物レンズ 100 は、当該視野角が 130° 以上、好適な例としては 140° 前後となるように設計される。

50

【0032】

図2は、本発明の実施例1（詳しくは後述）の内視鏡用対物レンズ100及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。次においては、図2を利用して、本発明の実施形態の内視鏡用対物レンズ100について詳細に説明することとする。

【0033】

図2に示されるように、内視鏡用対物レンズ100中の所定位置には絞りAが配置されている。本明細書中、絞りAより物体側に配置されたレンズ群が前群レンズ L_F と定義され、絞りAより像側に配置されたレンズ群が後群レンズ L_R と定義される。

【0034】

内視鏡用対物レンズ100は、物体（被写体）側から順に、前群レンズ L_F 、後群レンズ L_R を有している。前群レンズ L_F は、物体側から順に、像側に凹面を向けた負レンズ L_1 、物体側に凸面を向けた正レンズ L_2 を有している。前群レンズ L_F は、内視鏡用対物レンズ100の広視野角化、つまり広範囲に亘る被写体を取り込むため、全体として負のパワーを有している。

【0035】

後群レンズ L_R は、絞りAを挟んで前群レンズ L_F の後段に配置されており、物体側から順に、像側に凸面を向けた正レンズ L_3 、負レンズ L_4 と正レンズ L_5 とを接合した接合レンズ CL を有している。後群レンズ L_R は、前群レンズ L_F によって取り込まれた広範囲に亘る被写体を固体撮像素子の受光面上で結像させるため、全体として正のパワーを有している。

【0036】

なお、ここに説明された前群レンズ L_F 、後群レンズ L_R を構成する各光学レンズは、内視鏡用対物レンズ100の光軸 AX を中心として回転対称な形状を有している。後群レンズ L_R の後段には、固体撮像素子用の色補正フィルタ F が配置されている。色補正フィルタ F は、固体撮像素子を保護するカバーガラス CG に接着されている。

【0037】

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。また、図2に示されるように、負レンズ L_1 の第一面、第二面に符号 r_{11} 、 r_{12} をそれぞれ付す。同様に、正レンズ L_2 の第一面、第二面に符号 r_{21} 、 r_{22} を、正レンズ L_3 の第一面、第二面に符号 r_{31} 、 r_{32} を、接合レンズ CL の第一面、接合面、第二面に符号 r_{CL1} 、 r_{CL2} 、 r_{CL3} を、色補正フィルタ F の第一面に符号 r_F を、色補正フィルタ F とカバーガラス CG との接着面に符号 r_{AS} を、カバーガラス CG の第二面に符号 r_{CG} を、それぞれ付す。また、絞りAの面（位置）に符号 r_A を付す。

【0038】

絞りAは、光軸 AX を中心とした所定の円形開口を有する板状部材、又は正レンズ L_2 の第二面 r_{22} 上であって光軸 AX 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層である。絞りAの厚みは、負レンズ L_1 や正レンズ L_2 等の各光学レンズの厚みと比べて非常に薄く、内視鏡用対物レンズ100の光学性能を計算する上で無視しても差し支えない。また、内視鏡用対物レンズ100の全長 L （単位：mm）の設計寸法を決める上でも実質的に影響を及ぼさない。そのため、本明細書においては、絞りAの厚みを0とみなして説明を進める。なお、全長 L は、図2に示されるように、負レンズ L_1 の第一面 r_{11} から接合レンズ CL の第二面 r_{CL3} までの距離と定義される。

【0039】

内視鏡用対物レンズ100を小型化させるためには、前群レンズ L_F と後群レンズ L_R との群間隔 D （単位：mm）を短く設定して、全長 L を縮めることが好適である。ここで、群間隔 D は、正レンズ L_2 の第二面 r_{22} と正レンズ L_3 の第一面 r_{31} との距離と定義される。群間隔 D を縮めるためには、特定のレンズ（例えば正レンズ L_3 ）にパワーを負担させて、絞りAに入射（又は絞りAから射出）される光線の角度を大きく設定する必要がある。しかし、その代償として、パワーの強いレンズに厚み誤差や組立誤差があると

10

20

30

40

50

き、当該光線の角度変化が大きく、より一層の視野角変化又は像面湾曲変化として現れる。組立誤差に関しては、特に、光軸AXに対する前群レンズ L_F 又は後群レンズ L_R の軸ずれが生じた際に像面湾曲変化が大きく発生することが懸念される。

【0040】

ここで、図22(a)、図22(b)に、本実施形態において抑制されるべき像面湾曲変化を説明するための図を示す。図22(a)は像面湾曲が発生した状態を、図22(b)は像面湾曲が完全に抑えられている状態を、それぞれ示す。図22(a)又は図22(b)中符号IP、FC、Pはそれぞれ、理想的な像面、収差補正された一般的な結像レンズによる湾曲した像面、像面湾曲が完全に抑えられた理想的な結像レンズによる像面を示す。像面Pは、像面IPと一致している。

10

【0041】

図22(a)に示されるように、像面湾曲は、一般に、収差補正されたレンズであっても完全には除去されない。しかし、収差補正されたレンズにおいては、残存する像面湾曲量が許容量T以下に抑えられているため、仕様を満たす周辺解像度が得られることとなる。

【0042】

図22(b)中符号P'は、像面湾曲が完全に抑えられた理想的な結像レンズが基準位置(ここでは光軸AX)に対して偏心して組み付けられた場合の像面を示す。図22(b)に示されるように、像面P'は、結像レンズの組立時の偏心量及び偏心方向に依存して光軸AXを基準に傾く。結像レンズの組立誤差が大きい場合には、像面P'と理想的な像面IPとのずれ量が一部の周辺領域において許容量Tを上回り、解像度が劣化する。

20

【0043】

図22(a)中符号FC'は、収差補正された一般的な結像レンズが基準位置(ここでは光軸AX)に対して偏心して組み付けられた場合の像面を示す。この場合、像面湾曲は、全体としての発生量こそ組立誤差の無い状態(像面FC)と比べて実質的に変わらないものの、図22(b)の像面P'の場合と同じように、結像レンズの組立時の偏心量及び偏心方向に依存して光軸AXを基準に非対称に残存することとなる。その結果として、図22(a)に示されるように、一部の周辺領域において許容量Tを超える像面湾曲が残存して、当該領域の解像度を劣化させることが問題視されている。以下、説明の便宜上、光軸を基準に非対称に残存するように変化した像面湾曲を「偏心像面湾曲」と記す。小型かつ広視野角な内視鏡用対物レンズの製品分野においては、公差管理等の製造管理面での負担をかけることなく、偏心像面湾曲を如何にして抑えるかが大きな課題とされてきた。

30

【0044】

そこで、内視鏡用対物レンズ100は、前群レンズ L_F の焦点距離を f_F (単位: mm)と定義し、全系の(前群レンズ L_F と後群レンズ L_R の合成)焦点距離を f (単位: mm)と定義し、後群レンズ L_R 中の絞りAに最も近いレンズ、すなわち正レンズ L_3 の焦点距離を f_{RP} (単位: mm)と定義した場合に、次の条件式(1)及び(2)を満たすように構成されている。

$$-4.5 \leq f_F / f \leq -2.0 \dots (1)$$

$$1.5 \leq f_{RP} / f \leq 2.5 \dots (2)$$

40

【0045】

条件式(1)は、前群レンズ L_F の焦点距離 f_F と全系の焦点距離 f との比を規定している。

【0046】

条件式(1)の上限を超える場合、前群レンズ L_F が低倍率に設計されるため、前群レンズ L_F の偏心に起因する偏心像面湾曲は抑えられる。しかし、絞りA前後のレンズ(正レンズ L_2 又は L_3)の組立誤差又は厚み誤差に起因した群間隔Dの変化に伴う後群レンズ L_R の倍率変化が抑制できず視野角変化が大きくなるため、仕様を満足する視野角が保障されない。

【0047】

50

条件式(1)の下限を下回る場合には、群間隔Dの変化に伴う後群レンズL_Rの倍率変化が抑えられるため、視野角変化が小さい。しかし、前群レンズL_Fの倍率を大きく設定せざるを得なくなり、前群レンズL_Fの偏心に起因する偏心像面湾曲が抑えられない。

【0048】

条件式(2)は、正レンズL₃の焦点距離f_{Rp}と全系の焦点距離fとの比を規定している。

【0049】

条件式(2)の上限を超える場合、正レンズL₃のパワー負担が軽減されるため、レンズL₃の偏心に起因する偏心像面湾曲は抑えられる。しかし、前群レンズL_Fの倍率を大きく設定せざるを得なくなり、前群レンズL_Fの偏心に起因する偏心像面湾曲が抑えられない。別の側面によれば、前群レンズL_Fの焦点距離f_Fを長く設定せざるを得なくなり、群間隔Dが必然的に広くなる。群間隔Dが広い条件下で全長Lを抑えるには、射出瞳距離を短く設定しなければならず、バックフォーカスの確保が難しい。

【0050】

条件式(2)の下限を下回る場合には、正レンズL₃にパワーを過度に負担させることとなり、レンズL₃の偏心に起因する偏心像面湾曲が抑えられない。また、群間隔Dが狭く設定された結果全長Lが抑えられるものの、前群レンズL_F側でパワーを過度に負担させなければならないため、前群レンズL_Fで発生するコマ収差及び歪曲収差を良好に補正することが難しい。

【0051】

条件式(1)、(2)が同時に満たされると、前群レンズL_Fを低倍率に設計しつつも正レンズL₃のパワーを弱く設定できるため、組立偏心誤差発生時の偏心像面湾曲が良好に抑えられる。また、群間隔Dの変化に伴う後群レンズL_Rの倍率変化が抑えられて、内視鏡用対物レンズ100の視野角変化が生じ難くなる。更に、前群レンズL_Fの焦点距離f_Fが短く設定されるため、群間隔Dを短くして全長Lが抑えられる。

【0052】

内視鏡用対物レンズ100は、視野角変化を抑えるべく、ある程度のパワーを正レンズL₂に負担させざるを得ないため、前群レンズL_F側で発生する諸収差が懸念される。諸収差を補正して内視鏡用対物レンズ100の光学性能をより一層向上させるためには、前群レンズL_Fの各レンズ面のうち少なくとも一面を非球面形状にすることが望ましい。本実施形態において、前群レンズL_Fのうち非球面形状に形成されるべき最適なレンズ面は、正レンズL₂(言い換えると、前群レンズL_F中の絞りAに最も近いレンズ)の第一面r₂₁である。第一面r₂₁は、具体的には、正レンズL₂の光軸から離れるほどパワーが強くなり、有効口径におけるサグ量が近軸の曲率半径を持つ球面に対し0.2~0.4%程度増加する値であるように設計されている。かかる非球面形状により、正レンズL₂で発生するコマ収差が良好に補正される。それと同時に、歪曲収差が過剰補正されないため、像面照度比の低下が有効に避けられる。更に、倍率色収差も過剰補正されないため、周辺解像度の劣化が効果的に抑えられる。

【0053】

なお、非球面形状は、例えば光軸からの高さがh(単位:mm)となる非球面上の座標点の該非球面の光軸上での接平面からの距離(サグ量)をX(h)と定義し、非球面の光軸上での曲率(1/r(但し、r(単位:mm)は曲率半径))をCと定義し、円錐係数をκと定義し、4次以上の偶数次の非球面係数をA_{2i}(ただしiは2以上の整数)と定義した場合に、次の式で表すことができる。

【数1】

$$X(h) = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (\kappa + 1)C^2h^2}} + \sum_{i=2} A_{2i}h^{2i}$$

【0054】

内視鏡用対物レンズ100は、上記の通り正レンズL2の第一面r21が非球面に形成されており、正レンズL2の焦点距離を f_{FP} （単位：mm）と定義した場合に、次の条件式(3)を満たすように構成されている。

$$-1.5 < f_{FP} / f_F < 0.5 \dots (3)$$

【0055】

条件式(3)は、正レンズL2の焦点距離 f_{FP} と前群レンズL_Fの焦点距離 f_F との比を規定している。条件式(3)が満たされるとき、正レンズL2の第一面r21のパワー負担が軽減されるため、正レンズL2の偏心に起因する偏心像面湾曲が抑えられる。

【0056】

条件式(3)の上限を超える場合、正レンズL2の第一面r21にパワーを過度に負担させざるを得ないため、正レンズL2の偏心に起因する偏心像面湾曲を抑えることが難しい。

10

【0057】

条件式(3)の下限を下回る場合には、負レンズL1にパワーを過度に負担させることとなり、前群レンズL_Fの偏心に起因する偏心像面湾曲が大きくなる。また、正レンズL2のパワーが弱くなる結果、後群レンズL_Rの倍率を大きく設定せざるを得ないため、群間隔Dの変化に伴う全系の焦点距離fが変化しやすくなる。すなわち、視野角変化が大きくなる。

【0058】

内視鏡用対物レンズ100は、偏心像面湾曲を抑えるべく、ある程度のパワーを正レンズL3に負担させざるを得ないため、後群レンズL_R側で発生する諸収差が懸念される。諸収差を補正して内視鏡用対物レンズ100の光学性能をより一層向上させるためには、後群レンズL_Rの各レンズ面のうち少なくとも一面を非球面形状にすることが望ましい。本実施形態において、後群レンズL_Rのうち非球面形状に形成されるべき最適なレンズ面は、正レンズL3（言い換えると、後群レンズL_R中の絞りAに最も近いレンズ）の第二面r32である。第二面r32は、具体的には、正レンズL3の光軸から離れるほどパワーが弱く（曲率半径が大きく）なり、有効口径におけるサグ量が近軸の曲率半径を持つ球面に対して0.3～1.4%程度減少する値であるように設計されている。かかる非球面形状により、正レンズL3で発生する球面収差が補正されると共に、正レンズL3の偏心に起因する偏心像面湾曲を抑えつつ歪曲収差の過剰補正が有効に避けられる。なお、第二面r32の非球面の形状も上記数1に示す数式などで規定できる。

20

【0059】

内視鏡用対物レンズ100は、上記の通り正レンズL3の第二面r32が非球面に形成されており、正レンズL3の焦点距離を f_{RP} （単位：mm）と定義した場合に、次の条件式(4)を満たすように構成されている。

$$-0.9 < f_{RP} / f_F < 0.4 \dots (4)$$

【0060】

条件式(4)は、正レンズL3の焦点距離 f_{RP} と前群レンズL_Fの焦点距離 f_F との比を規定している。条件式(4)が満たされるとき、正レンズL3のパワー負担が軽減されるため、正レンズL3の偏心に起因する偏心像面湾曲がより一層抑えられる。更に、前群レンズL_F側のパワー負担が軽減されるため、前群レンズL_Fの偏心に起因する偏心像面湾曲もより一層抑えられる。

30

40

【0061】

条件式(4)の上限を超える場合、正レンズL3にパワーを過度に負担させることとなり、正レンズL3の偏心に起因する偏心像面湾曲が抑え難くなる。また、正レンズL3のパワー増加に伴って射出瞳距離が短くなり、バックフォーカスの確保が困難になる。射出瞳距離を確保するためには、例えば接合レンズCLの接合面rCL2の曲率を強く設定する必要があり、接合レンズCL、特に、正レンズL5の加工が難しい問題がある。

【0062】

条件式(4)の下限を下回る場合には、前群レンズL_F側でパワーを負担させざるを得

50

ないため、前群レンズ L_F の偏心に起因する偏心像面湾曲が抑え難くなる。また、後群レンズ L_R の倍率を大きく設定せざるを得なくなり、正レンズ L_3 等の厚み誤差に起因した群間隔 D の変化に伴う後群レンズ L_R の倍率変化が大きい。後群レンズ L_R の倍率変化が大きく発生して、内視鏡用対物レンズ100の視野角が大きく変化する。

【0063】

正レンズ L_2 の第二面 r_{22} は、正レンズ L_2 の厚み変化に起因する後群レンズ L_R の倍率変化、つまり視野角変化をより一層抑えるべく、平面形状を有している。

【0064】

正レンズ L_3 の第一面 r_{31} は、平面又は凹面の何れかの面形状を有している。第一面 r_{31} を平面形状とした場合には、正レンズ L_3 等の厚み誤差に起因した群間隔 D の変化に伴う後群レンズ L_R の倍率変化、つまり、視野角変化をより一層抑える効果が得られて好適である。第一面 r_{31} を凹面とした場合には、軸外光線の角度変化が小さくなるため、偏心に起因する偏心像面湾曲の発生を抑えられる。

【0065】

負レンズ L_4 は、第一面 r_{C1} が凸面状に形成された負メニスカスレンズである。かかる場合、軸外光線の角度変化が小さくなるため、負レンズ L_4 の偏心に起因する偏心像面湾曲が抑えられる。更に、負メニスカスレンズと正レンズとを接合したことで、全長 L の増加を抑えつつも色収差が良好に補正されることとなる。

【0066】

内視鏡用対物レンズ100は、正レンズ L_2 の第一面 r_{21} から絞りAの絞り面 r_A までの空気換算距離を D_F （単位：mm）と定義し、絞り面 r_A から正レンズ L_3 の第二面 r_{32} までの空気換算距離を D_R （単位：mm）と定義した場合に、次の条件式（5）を満たすように構成されている。

$$0.2 \leq D_F / D_R \leq 0.5 \quad \dots (5)$$

【0067】

条件式（5）は、絞りAの位置を規定している。条件式（5）が満たされるとき、正レンズ L_2 又は L_3 の偏心に起因する偏心像面湾曲を抑えつつ、正レンズ L_2 又は L_3 への入射光線高が抑えられるため、歪曲収差を過剰補正することなく、正レンズ L_2 のパワーに起因して発生するコマ収差を良好に補正することができる。

【0068】

条件式（5）の上限を超える場合、正レンズ L_2 への入射光線高が高くなり過ぎて、コマ収差のコントロールが難しくなると共に、正レンズ L_2 の偏心に起因する偏心像面湾曲が抑え難くなる。

【0069】

条件式（5）の下限を下回る場合、正レンズ L_3 への入射光線高が高くなり過ぎるため、歪曲収差補正に配慮しつつ、正レンズ L_3 又は前群レンズ L_F の偏心に起因する偏心像面湾曲を抑えることが難しくなる。

【0070】

次に、これまで説明された内視鏡用対物レンズ100の具体的数値実施例を4例説明する。各数値実施例1～4は、図1に示される電子スコープ1の挿入先端部12に配置されている。各数値実施例1～4の内視鏡用対物レンズ100の共通仕様、具体的には、FナンバーFNo、全系の焦点距離 f （単位：mm）、光学倍率 m は、次に表す通りである。

FNo：5.6

f ：1.000

m ：-0.080

なお、半視野角（単位：deg）及び像高 y （単位：mm）は実施例毎に異なるため、各実施例の構成とともに示す。

【実施例1】

【0071】

上述したように、本発明の実施例1の内視鏡用対物レンズ100の構成は、図2に示さ

れる通りである。本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 (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 において、 r (単位 : m) は光学部材の各面の曲率半径を、 d (単位 : mm) は光軸 $A X$ 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、 d は d 線のアッペ数を、それぞれ示す。なお、非球面素子における r は、光軸 $A X$ 上での曲率半径を示す。また、表 1 中、負レンズ $L 1$ の第一面 $r 1 1$ 、第二面 $r 1 2$ にそれぞれ、面番号 1、2 を付す。正レンズ $L 2$ の第一面 $r 2 1$ 、第二面 $r 2 2$ にそれぞれ、面番号 3、4 を付す。絞り A の面 $r A$ に面番号 5 を付す。正レンズ $L 3$ の第一面 $r 3 1$ 、第二面 $r 3 2$ にそれぞれ、面番号 6、7 を付す。接合レンズ $C L$ の第一面 $r C L 1$ 、接合面 $r C L 2$ 、第二面 $r C L 3$ にそれぞれ、面番号 8、9、10 を付す。色補正フィルタの第一面 $r F$ 、色補正フィルタ F とカバーガラス $C G$ との接着面 $r A S$ 、カバーガラス $C G$ の第二面 $r C G$ にそれぞれ、面番号 11、12、13 を付す。

10

【 0 0 7 2 】

: 7 0 . 1

y : 1 . 0 6

(表 1)

面番号	r	d	N_d	d
1		0.522	1.88300	40.8
2	0.846	0.705	-	-
3	1.918	0.442	1.86400	40.6
4		0.000	-	-
5 (絞り)		0.560	-	-
6		0.624	1.86400	40.6
7	-1.862	0.275	-	-
8	4.049	0.248	1.92286	18.9
9	1.164	0.900	1.77250	49.6
10	-8.260	0.598	-	-
11		0.828	1.51633	64.2
12		0.248	1.51000	64.1
13		-	-	-

20

30

【 0 0 7 3 】

正レンズ $L 2$ の第一面 $r 2 1$ 及び正レンズ $L 3$ の第二面 $r 3 2$ は非球面である。各面の非球面形状を規定する円錐係数 と非球面係数 A_4 、 A_6 、 A_8 、 \dots (何れも設計値) は表 2 に示される。なお、各表における表記 E は、10 を基数、 E の右の数字を指数とする累乗を表している。

【 0 0 7 4 】

(表 2)

面番号 3 = 0.000 $A_4= 0.8779E-01$ $A_6= 0.1387E+01$ $A_8=-0.7834E+01$

面番号 7 = 0.000 $A_4= 0.3655E-01$ $A_6=-0.2360E-01$ $A_8=0.2326E-01$

【 0 0 7 5 】

40

図 3 ~ 図 6 は、本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 の各種収差図である。具体的には、図 3 は、 d 線、 g 線、 C 線での球面収差及び軸上色収差を示す。図 4 は、 d 線、 g 線、 C 線での倍率色収差を示す。図 3、4 中、実線は d 線での収差を、破線は g 線での収差を、一点鎖線は C 線での収差を、それぞれ示す。図 5 は、非点収差を示す。図 5 中、実線はサジタル成分を、破線はメリディオナル成分を、それぞれ示す。図 6 は、歪曲収差を示す。図 3 ~ 図 5 の各図の縦軸は像高を、横軸は収差量を、それぞれ示す。また、図 6 の縦軸は像高を、横軸は像の歪み量を、それぞれ示す。本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 は、図 3 ~ 図 6 に示されるように、各種収差が良好に補正されていることが分かる。なお、本実施例 1 の各図表についての説明は、他の数値実施例で提示される各図表においても適用される。

50

【実施例 2】

【0076】

次に、本発明の実施例 2 について説明する。図 7 は、本実施例 2 の内視鏡用対物レンズ 100 及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。表 3 は、本実施例 2 の内視鏡用対物レンズ 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) を、表 4 は、本実施例 2 の第一面 r 2 1、第二面 r 3 2 の非球面形状を規定する各係数 (設計値) を、それぞれ示す。図 8 は、本実施例 2 の内視鏡用対物レンズ 100 の球面収差及び軸上色収差を、図 9 は、倍率色収差を、図 10 は、非点収差を、図 11 は、歪曲収差を、それぞれ示す。本実施例 2 の内視鏡用対物レンズ 100 は、図 8 ~ 図 11 に示されるように、各種収差が良好に補正されていることが分かる。

10

【0077】

: 70.0

y : 1.05

(表 3)

面番号	r	d	Nd	d
1		0.520	1.88300	40.8
2	0.886	0.613	-	-
3	1.890	0.506	1.86400	40.6
4		0.000	-	-
5(絞り)		0.065	-	-
6	-2.737	1.072	1.86400	40.6
7	-1.236	0.570	-	-
8	7.434	0.248	1.92286	18.9
9	1.268	0.892	1.77250	49.6
10	-3.687	0.606	-	-
11		0.825	1.51633	64.2
12		0.248	1.51000	64.1
13		-	-	-

20

【0078】

(表 4)

面番号 3	= 0.000	A4=-0.8855E-02	A6= 0.2226E+01	A8=-0.1025E+02
面番号 7	= 0.000	A4= 0.4491E-01	A6=-0.1476E+00	A8=0.2817E+00

30

【実施例 3】

【0079】

次に、本発明の実施例 3 について説明する。図 12 は、本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。表 5 は、本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 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) を、表 6 は、本実施例 3 の第一面 r 2 1、第二面 r 3 2 の非球面形状を規定する各係数 (設計値) を、それぞれ示す。図 13 は、本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 の球面収差及び軸上色収差を、図 14 は、倍率色収差を、図 15 は、非点収差を、図 16 は、歪曲収差を、それぞれ示す。本実施例 3 の内視鏡用対物レンズ 100 は、図 13 ~ 図 16 に示されるように、各種収差が良好に補正されていることが分かる。

40

【0080】

: 73.3

y : 1.08

(表 5)

面番号	r	d	Nd	d
1		0.519	1.88300	40.8
2	0.869	0.687	-	-
3	2.475	0.433	1.86400	40.6

50

4		0.000	-	-
5 (絞り)		0.534	-	-
6		0.634	1.86400	40.6
7	-1.696	0.349	-	-
8	5.607	0.412	1.92286	18.9
9	1.219	0.937	1.77250	49.6
10	-4.703	0.646	-	-
11		0.824	1.51633	64.2
12		0.247	1.51000	64.1
13		-	-	-

10

【 0 0 8 1 】

(表 6)

面番号 3 = 0.000 A4= 0.1191E+00 A6= 0.1782E+00 A8=0.0000E+00

面番号 7 = 0.000 A4= 0.4808E-01 A6=-0.4831E-01 A8=0.3964E-01

【 実施例 4 】

【 0 0 8 2 】

次に、本発明の実施例 4 について説明する。図 1 7 は、本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 及びその後段に配置された光学部品の配置を示す側面図である。表 7 は、本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 (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) を、表 8 は、本実施例 4 の第一面 r 2 1、第二面 r 3 2 の非球面形状を規定する各係数 (設計値) を、それぞれ示す。図 1 8 は、本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 の球面収差及び軸上色収差を、図 1 9 は、倍率色収差を、図 2 0 は、非点収差を、図 2 1 は、歪曲収差を、それぞれ示す。本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 1 0 0 は、図 1 8 ~ 図 2 1 に示されるように、各種収差が良好に補正されていることが分かる。

20

【 0 0 8 3 】

: 6 8 . 3

y : 1 . 0 4

(表 7)

面番号	r	d	Nd	d
1		0.522	1.88300	40.8
2	0.835	0.488	-	-
3	2.309	0.512	1.90200	25.1
4		0.000	-	-
5 (絞り)		0.549	-	-
6		0.685	1.86400	40.6
7	-1.507	0.066	-	-
8	5.063	0.295	1.92286	18.9
9	1.303	0.935	1.72916	54.7
10	-5.506	0.758	-	-
11		0.828	1.51633	64.2
12		0.248	1.51000	64.1
13		-	-	-

30

40

【 0 0 8 4 】

(表 8)

面番号 3 = 0.000 A4= 0.8716E-01 A6= 0.4206E+00 A8=0.0000E+00

面番号 7 = 0.000 A4= 0.3513E-01 A6=-0.2895E-02 A8=0.7798E-02

【 0 0 8 5 】

表 9 は、本実施例 1 ~ 4 における各条件式 (1) ~ (5) の値を示す図である。表 9 に示されるように、本実施例 1 ~ 4 の何れにおいても各条件式 (1) ~ (5) が満たされている。そのため、本実施例 1 ~ 4 の何れの内視鏡用対物レンズ 1 0 0 も、小型かつ広視野

50

角でありつつも、製造誤差や組立誤差による視野角変化及び偏心像面湾曲が良好に抑えられている。

【0086】

(表9)

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
条件式(1)	-3.82	-3.85	-2.36	-2.15
条件式(2)	2.15	1.96	1.96	1.74
条件式(3)	-0.58	-0.57	-1.21	-1.19
条件式(4)	-0.56	-0.51	-0.83	-0.81
条件式(5)	0.26	0.42	0.27	0.29

10

【0087】

次に、これまで説明された本実施例1～4の内視鏡用対物レンズ100の光学性能(製造誤差や組立誤差による視野角変化又は偏心像面湾曲による像面湾曲変化量)を検証する。検証するにあたり、特許文献6の実施例6、特許文献5の実施例3の各内視鏡用対物レンズを比較例として挙げる。以下、説明の便宜上、特許文献6の実施例6を比較例1と、特許文献5の実施例3を比較例2と、それぞれ記す。比較例1は本実施例2との比較検証に、比較例2は本実施例3との比較検証に、それぞれ用いる。

【0088】

表10は、比較例1、2における各条件式(1)～(5)の値を示す図である。表10に示されるように、比較例1においては条件式(2)及び(4)～(5)が満たされておらず、比較例2においては各条件式(1)～(5)が満たされていない。

20

【0089】

(表10)

	比較例 1	比較例 2
条件式(1)	-2.02	-1.73
条件式(2)	3.34	2.80
条件式(3)	-0.87	-2.25
条件式(4)	-1.66	-1.61
条件式(5)	0.86	1.17

【0090】

本実施例2、比較例1の各内視鏡用対物レンズにおいて、絞り前後のレンズの光軸上の各レンズ厚、絞り前後のレンズ間隔の何れかに+0.1mmの誤差が生じた場合の視野角変化を考える。本実施例2において正レンズL2のレンズ厚、正レンズL3のレンズ厚、群間隔Dに+0.1mmの誤差が生じた場合、最大像高における視野角変化量はそれぞれ、0.2°、3.4°、0.5°である。このように、本実施例2の内視鏡用対物レンズ100は、視野角変化量が何れの場合も小さく(0.1mmの上記誤差に対して4.0°未満に、また、正レンズL2厚、正レンズL3厚、群間隔Dの各々の+0.1mmの誤差に対する視野角変化量の平均値が2.0°未満に)抑えられており、高い光学性能が保障される。なかでも、正レンズL2の厚み誤差、群間隔Dの誤差による視野角変化は非常に小さく抑えられており、製造誤差に対する許容度が高い。なお、JIS規格に規定される一般的な水準を考慮すると、内視鏡分野において必要な光学性能を保障するためには、視野角変化量を±15%以下に抑えることが望ましい。本実施例2によれば、内視鏡用対物レンズ100全系の視野角変化量は、正レンズL2厚、正レンズL3厚、群間隔Dの各々において0.1mmの誤差に対する視野角変化量を4.0°に抑えることにより、JIS規格で規定される上記水準に対して十分に小さく抑えられている。

30

40

【0091】

比較例1において絞り前段のレンズの厚み、絞り後段のレンズの厚み、絞り前後のレンズ間隔に+0.1mmの誤差が生じた場合、最大像高における視野角変化量はそれぞれ、1.5°、6.3°、3.3°である。このように、比較例1の内視鏡用対物レンズは、各誤差に対する視野角変化量が本実施例2の内視鏡用対物レンズ100に対して総じて大

50

きい。そのため、内視鏡用対物レンズ全系の視野角変化量が抑えられず、仕様を満足する視野角の保障が難しい。また、絞り前後のレンズ間隔に誤差が生じた場合の視野角変化量が 4.0° 以上の値であり、視野角変化に及ぼす影響が大きい。

【0092】

本実施例2、比較例1の各内視鏡用対物レンズにおいて、絞り前後のレンズの取付位置が設計上の位置に対して全系の光軸に直交する方向に 0.01mm 偏心した場合の像面湾曲変化量を考える。本実施例2において正レンズL2の取付位置、正レンズL3の取付位置が上記の通り偏心した場合、最大像高における像面湾曲変化量(図22に示される最大像高での像面FCとFC'との差)はそれぞれ、 $4\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ である。このように、本実施例2の内視鏡用対物レンズ100は、像面湾曲変化量が何れの場合も小さく(0.01mm の上記偏心に対して $6\mu\text{m}$ 以下に)抑えられており、高い光学性能が保障される。なお、内視鏡分野において必要な光学性能を保障するためには、上記の通り、像面湾曲変化量を 0.01mm の上記偏心に対して $6\mu\text{m}$ 以下に抑えることが一般的と考えられている。

10

【0093】

比較例1において絞り前段のレンズの取付位置、絞り後段のレンズの取付位置が上記の通り偏心した場合、最大像高における像面湾曲変化量はそれぞれ、 $17\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ である。このように、比較例1の内視鏡用対物レンズは、像面湾曲変化量が本実施例2の内視鏡用対物レンズ100に対して総じて大きい。何れのレンズに組立誤差が生じた場合にも、像面湾曲変化量が大きいため、品質の高い画像を保障するのが難しい。

20

【0094】

本実施例3、比較例2の各内視鏡用対物レンズにおいて、絞り前後のレンズの光軸上の各レンズ厚、絞り前後のレンズ間隔の何れかに $+0.1\text{mm}$ の誤差が生じた場合の視野角変化を考える。本実施例3において正レンズL2のレンズ厚、正レンズL3のレンズ厚、群間隔Dに $+0.1\text{mm}$ の誤差が生じた場合、最大像高における視野角変化量はそれぞれ、 1.2° 、 1.2° 、 2.5° である。このように、本実施例3の内視鏡用対物レンズ100は、各々の誤差に対する視野角変化量、それらの平均値が何れも小さく(それぞれ 4.0° 未満、 2.0 未満に)抑えられており、高い光学性能が保障される。

【0095】

比較例2において絞り前段のレンズの厚み、絞り後段のレンズの厚み、絞り前後のレンズ間隔に $+0.1\text{mm}$ の誤差が生じた場合、最大像高における視野角変化量はそれぞれ、 2.4° 、 1.9° 、 4.0° である。このように、比較例2の内視鏡用対物レンズは、各誤差に対する視野角変化量が本実施例3の内視鏡用対物レンズ100に対して総じて大きい。そのため、内視鏡用対物レンズ全系の視野角変化量が抑えられず、仕様を満足する視野角の保障が難しい。また、絞り前後のレンズ間隔に誤差が生じた場合の視野角変化量が 4.0° 以上の値であり、視野角変化に及ぼす影響が大きい。

30

【0096】

本実施例3、比較例2の各内視鏡用対物レンズにおいて、絞り前後のレンズの取付位置が設計上の位置に対して全系の光軸に直交する方向に 0.01mm 偏心した場合の像面湾曲変化量を考える。本実施例3において正レンズL2の取付位置、正レンズL3の取付位置が上記の通り偏心した場合、最大像高における像面湾曲変化量はそれぞれ、 $4\mu\text{m}$ 、 $2\mu\text{m}$ である。このように、本実施例3の内視鏡用対物レンズ100は、像面湾曲変化量が何れの場合も小さく($6\mu\text{m}$ 以下に)抑えられており、高い光学性能が保障される。

40

【0097】

比較例2において絞り前段のレンズの取付位置、絞り後段のレンズの取付位置が上記の通り偏心した場合、最大像高における像面湾曲変化量はそれぞれ、 $5\mu\text{m}$ 、 $8\mu\text{m}$ である。このように、比較例2の内視鏡用対物レンズは、像面湾曲変化量が本実施例3の内視鏡用対物レンズ100に対して総じて大きい。特に、絞り後段のレンズの取付位置に誤差が生じた場合の像面湾曲変化量が大きいため、品質の高い画像を保障するのが難しい。

【0098】

50

なお、本実施例 1 の内視鏡用対物レンズ 100 において、正レンズ L 2、L 3 の光軸上の各レンズ厚、群間隔 D に + 0 . 1 mm の誤差が生じた場合の最大像高における視野角変化量はそれぞれ、0 . 3 °、0 . 2 °、0 . 5 ° である。本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 100 における同様の視野角変化量はそれぞれ、1 . 2 °、1 . 2 °、2 . 5 ° である。また、本実施例 1 において正レンズ L 2 の取付位置、正レンズ L 3 の取付位置が上記の通り偏心した場合、最大像高における像面湾曲変化量はそれぞれ、4 μ m、6 μ m である。本実施例 4 の内視鏡用対物レンズ 100 における同様の像面湾曲変化量はそれぞれ、2 μ m、6 μ m である。このように、本実施例 1、4 の何れにおいても、製造誤差や組立誤差による視野角変化又は偏心像面湾曲による像面湾曲変化量が小さく、高い光学性能が保障される。

【 0 0 9 9 】

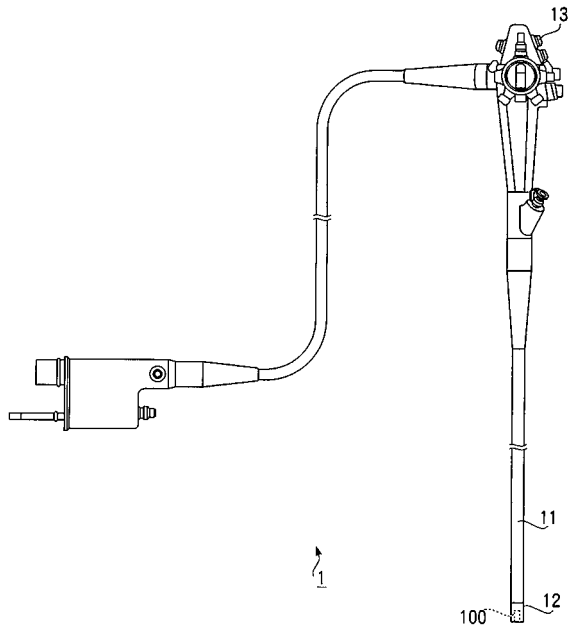
以上が本発明の実施形態の説明である。本発明は、上記の構成に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。

【 符号の説明 】

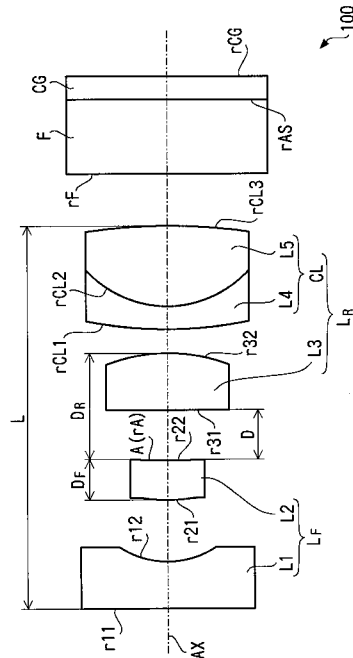
【 0 1 0 0 】

- 1 電子スコープ
- 100 内視鏡用対物レンズ

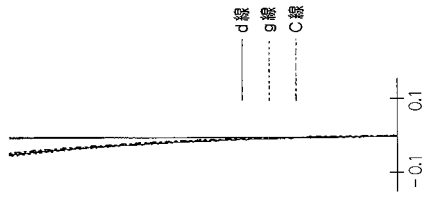
【 図 1 】



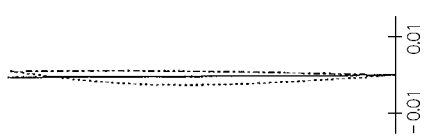
【 図 2 】



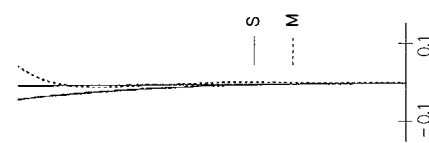
【図3】



【図4】



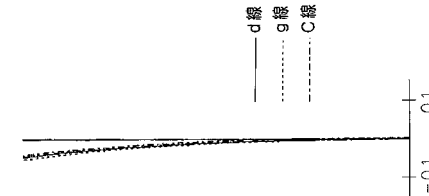
【図5】



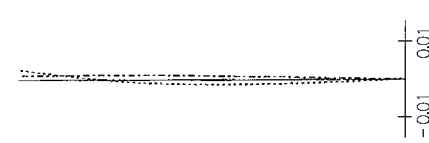
【図6】



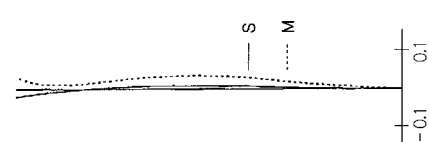
【図8】



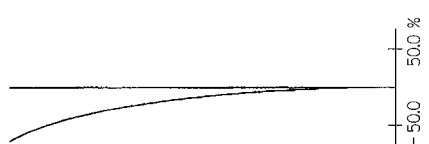
【図9】



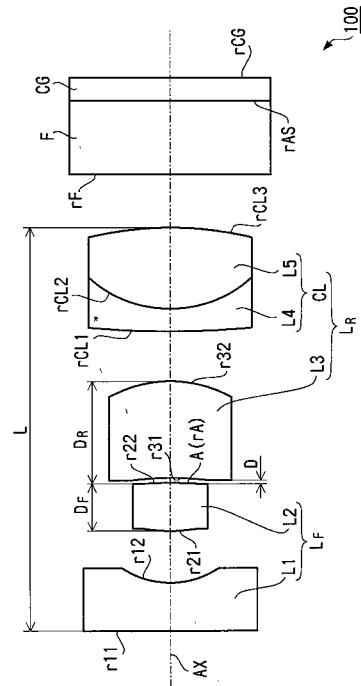
【図10】



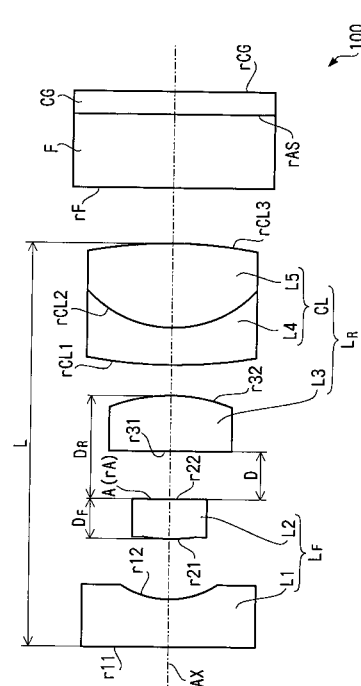
【図11】



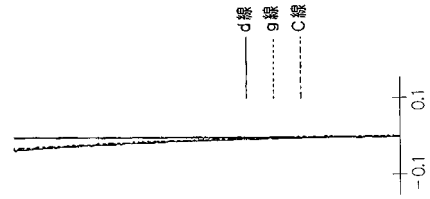
【図7】



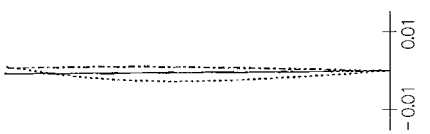
【図12】



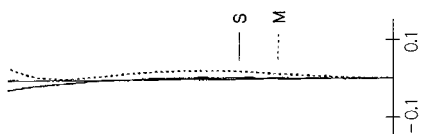
【図13】



【図14】



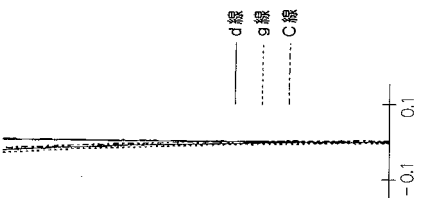
【図15】



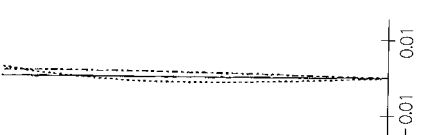
【図16】



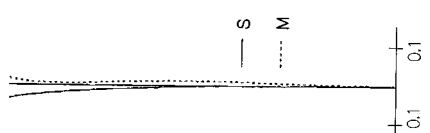
【図18】



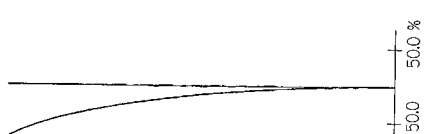
【図19】



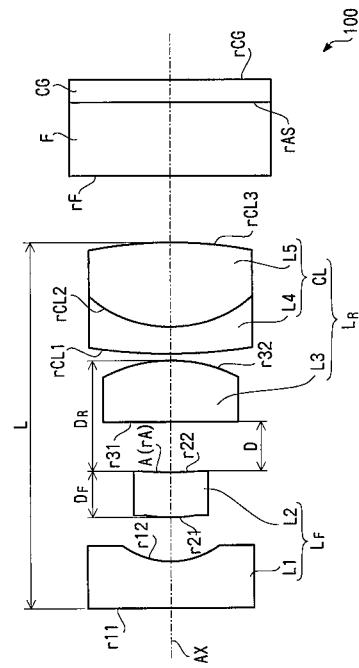
【図20】



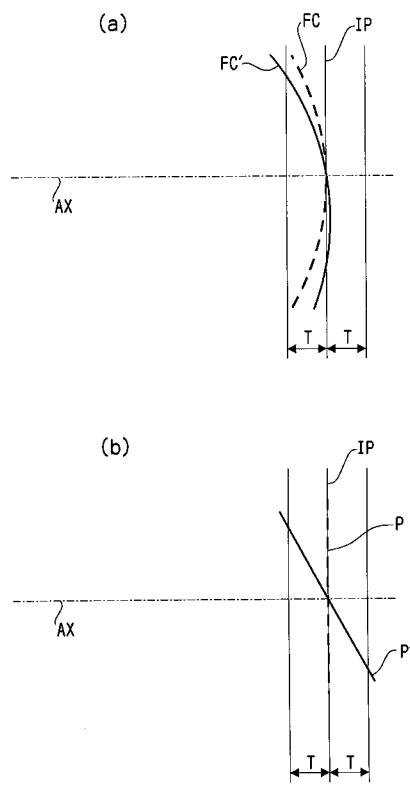
【図21】



【図17】



【図22】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2005-257912(JP,A)
特開2004-117607(JP,A)
特開2004-264638(JP,A)
特開平10-274739(JP,A)
特開2003-270533(JP,A)
特開平08-122634(JP,A)
特開2004-102211(JP,A)
特開2006-276779(JP,A)
特開2009-109576(JP,A)
特開平11-014902(JP,A)
特開平09-068648(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 9/00 - 17/08
G02B 21/02 - 21/04
G02B 25/00 - 25/04

专利名称(译)	用于内窥镜的物镜和内窥镜		
公开(公告)号	JP5455472B2	公开(公告)日	2014-03-26
申请号	JP2009160289	申请日	2009-07-06
[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		
当前申请(专利权)人(译)	HOYA株式会社		
[标]发明人	那須幸子		
发明人	那須 幸子		
IPC分类号	G02B13/04 G02B13/18 A61B1/00		
CPC分类号	G02B23/2438 G02B15/177		
FI分类号	G02B13/04.D G02B13/18 A61B1/00.300.Y A61B1/00.731 G02B21/02.A		
F-TERM分类号	2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/PA04 2H087/PA18 2H087/PB05 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA34 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA05 2H087/RA12 2H087/RA13 2H087/RA32 2H087/RA42 2H087/RA43 2H087/RA44 4C061/AA00 4C061/BB00 4C061/CC06 4C061/DD03 4C061/FF40 4C061/JJ06 4C061/LL02 4C161/AA00 4C161/BB00 4C161/CC06 4C161/DD03 4C161/FF40 4C161/JJ06 4C161/LL02		
审查员(译)	正人Tonooka		
其他公开文献	JP2011013647A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

一种用于内窥镜的物镜，包括负前透镜组和正后透镜组，其布置成使得孔径光阑位于其间，其中前透镜组至少具有前侧负透镜和前侧正透镜从物体侧按此顺序布置，并且后透镜组至少具有从物体侧依次布置的后侧正透镜和胶合透镜，胶合透镜通过将负透镜和正透镜粘合在一起而构造。物镜满足以下条件： $-4.5 < nE$ ； $fF / f < nE$ ； $-2.0 < 1.5 < nE$ ； $fRP / f < nE$ ； 2.5 ，其中 fF （单位：mm）代表前透镜组， f （单位：mm）代表前透镜组和后透镜组的总焦距， fRP （单位：mm）表示后侧正透镜的焦距。

$$X(h) = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - (k+1)C^2h^2}} + \sum_{i=2} A_{2i}h^{2i}$$