

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5567225号
(P5567225)

(45) 発行日 平成26年8月6日 (2014.8.6)

(24) 登録日 平成26年6月27日 (2014.6.27)

(51) Int.Cl. F 1
GO 2 B 13/04 (2006.01)
GO 2 B 23/24 (2006.01)
A 6 1 B 1/00 (2006.01)

請求項の数 15 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-542842 (P2013-542842)
(86) (22) 出願日 平成24年11月7日 (2012.11.7)
(86) 国際出願番号 PCT/JP2012/007125
(87) 国際公開番号 W02013/069266
(87) 国際公開日 平成25年5月16日 (2013.5.16)
審査請求日 平成26年4月25日 (2014.4.25)
(31) 優先権主張番号 特願2011-245363 (P2011-245363)
(32) 優先日 平成23年11月9日 (2011.11.9)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

早期審査対象出願

(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2番30号
(74) 代理人 100073184
弁理士 柳田 征史
(74) 代理人 100090468
弁理士 佐久間 剛
(72) 発明者 山本 力
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
(72) 発明者 石井 良明
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 堀井 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物レンズおよび内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、負の屈折力を有する第3レンズ群と、正の屈折力を有する第4レンズ群との実質的に4つのレンズ群からなり、

最遠点物体から最至近物体への焦点合わせの際に、前記第1レンズ群は固定されており、前記第2レンズ群および前記第3レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されており、

前記第3レンズ群は、正レンズおよび負レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズからなり、該接合レンズの接合面は物体側に凹面を向けていることを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

【請求項 2】

下記条件式(1)を満足することを特徴とする請求項1記載の内視鏡用対物レンズ。

$$0 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1)$$

ただし、

v_n : 前記接合レンズを構成する負レンズのd線に対するアッベ数

v_p : 前記接合レンズを構成する正レンズのd線に対するアッベ数

【請求項 3】

下記条件式(2)を満足することを特徴とする請求項1または2記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-2.0 < 1 / (P_c \times f_w) < 0 \quad \cdots \quad (2)$$

ただし、

P_c ：前記接合レンズの接合面の屈折力

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 4】

下記条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-5 < f_{G3} / f_w < -1.2 \quad \cdots \quad (3)$$

ただし、

f_{G3} ：前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 5】

下記条件式 (4) を満足することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$1.5 < b_f / f_w < 5.0 \quad \cdots \quad (4)$$

ただし、

b_f ：全系のバックフォーカス（空気換算距離）

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 6】

下記条件式 (5) を満足することを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$1.2 \leq f_t / f_w \quad \cdots \quad (5)$$

ただし、

f_t ：最至近物体に合焦時の全系の焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群が、負の屈折力を有する単レンズと、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズとを有することを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項 8】

前記第 1 レンズ群が、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズを有し、

下記条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-2.0 < f_{23} / f_w < 0 \quad \cdots \quad (6)$$

ただし、

f_{23} ：前記第 1 レンズ群が有する前記接合レンズの焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 9】

下記条件式 (1B) を満足することを特徴とする請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$5 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1B)$$

ただし、

v_n ：前記接合レンズを構成する負レンズの d 線に対するアッベ数

v_p ：前記接合レンズを構成する正レンズの d 線に対するアッベ数

【請求項 10】

下記条件式 (2B) を満足することを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-1.0 < 1 / (P_c \times f_w) < -2 \quad \cdots \quad (2B)$$

ただし、

P_c ：前記接合レンズの接合面の屈折力

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 1 1】

下記条件式 (3 A) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 0 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-4 < f_{G3} / f_w < -1.5 \quad \cdots \quad (3 A)$$

ただし、

f_{G3} ：前記第 3 レンズ群の焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 1 2】

下記条件式 (4 B) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 1 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$2.0 < b_f / f_w < 3.0 \quad \cdots \quad (4 B)$$

ただし、

b_f ：全系のバックフォーカス（空気換算距離）

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 1 3】

下記条件式 (5 B) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 2 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$1.4 \leq f_t / f_w \quad \cdots \quad (5 B)$$

ただし、

f_t ：最至近物体に合焦時の全系の焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 1 4】

前記第 1 レンズ群が、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズを有し、

下記条件式 (6 A) を満足することを特徴とする請求項 1 から 1 3 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-1.5 < f_{23} / f_w < -1.5 \quad \cdots \quad (6 A)$$

ただし、

f_{23} ：前記第 1 レンズ群が有する前記接合レンズの焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【請求項 1 5】

請求項 1 から 1 4 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物レンズを備え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、内視鏡用対物レンズおよび内視鏡に関し、より詳しくは、系内の一部のレンズ群を移動させることにより最遠点物体から最至近物体へ焦点合わせを行う内視鏡用対物レンズ、および該内視鏡用対物レンズを備えた内視鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

内視鏡では、広い範囲を全体的に観察したいという要望と、全体的な観察において発見された患部等を部分的に詳細に観察したいという要望があり、従前の多くは、被写界深度の深い固定焦点レンズを用いることによりこのような要望に対応していた。ところが、内視鏡の流れとして、高画素化・広角化の傾向があることや、内視鏡で撮像した画像を取り込んだの解析や観察が行われることから、さらなる画質の向上が望まれるようになった。

【0003】

このような状況を鑑み、内視鏡の使用状態として、全体的な観察に適した遠点側観察状態（ワイド）と、部分的な観察に適した至近側拡大観察状態（テレ）との切換え使用が可能な内視鏡対物レンズが用いられるようになった。その従来例として、例えば下記特許文

10

20

30

40

50

献 1 ～ 3 に記載の対物レンズが知られている。

【 0 0 0 4 】

特許文献 1 には、負・正・負・正の順にパワー配列された 4 群構成からなり、そのうちの第 3 群のみを移動させることで上記切換えを行う対物レンズが記載されている。下記特許文献 2 には、負・正・負・正の順にパワー配列された 4 群構成からなり、そのうちの第 3 レンズ群と、第 2 レンズ群もしくは第 4 レンズ群のいずれか一方とを移動させることで上記切換えを行う対物レンズが記載されている。下記特許文献 3 には、正・負・正の順にパワー配列された 3 群構成からなり、そのうちの第 2 群のみを移動させることで上記切換えを行う対物レンズが記載されている。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【 0 0 0 5 】

【特許文献 1】特許番号第 2 8 7 6 2 5 2 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 1 － 9 1 8 3 2 号公報

【特許文献 3】特開 2 0 0 9 － 2 9 4 4 9 6 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

上記特許文献 1、2 に記載の従来例は、移動するレンズ群が単レンズからなるものが大半であり、このようなレンズ系では、レンズ移動による収差変動、特に色収差の変動を補正しきれない。上記分野のレンズ系の色収差補正は、移動するレンズ群のうち負レンズ群による影響が大きく、レンズ移動による色収差の変動を抑制するためには、移動するレンズを接合レンズにすることが好ましい。これらの事情から、移動する負レンズ群に接合レンズを持たせた構成が考えられる。

20

【 0 0 0 7 】

上記特許文献 1 の実施例 8 と上記特許文献 3 の実施例 3 では、移動する負レンズ群に正レンズと負レンズを物体側からこの順に接合した接合レンズを使用している。しかしながら、これらはともに移動するレンズ群が 1 つのみであり、レンズ移動による色収差の変動を十分補正できていない。

【 0 0 0 8 】

30

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、拡大観察効果を得ることができ、収差変動、特に色収差の変動が少なく、良好に収差補正された内視鏡用対物レンズ、および該内視鏡用対物レンズを備えた内視鏡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】

【 0 0 0 9 】

本発明の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群との実質的に 4 つのレンズ群からなり、最遠点物体から最至近物体への焦点合わせの際に、第 1 レンズ群は固定されており、第 2 レンズ群および第 3 レンズ群が光軸に沿って移動するように構成されており、第 3 レンズ群は、正レンズおよび負レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズからなり、該接合レンズの接合面は物体側に凹面を向けていることを特徴とするものである。

40

【 0 0 1 0 】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式 (1) を満足することが好ましく、下記条件式 (1 A) を満たすことがより好ましく、下記条件式 (1 B) を満たすことがさらにより好ましい。

$$0 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1)$$

$$3 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1 A)$$

$$5 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1 B)$$

ただし、

50

v_n ：前記接合レンズを構成する負レンズの d 線に対するアッベ数

v_p ：前記接合レンズを構成する正レンズの d 線に対するアッベ数

【0011】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式 (2) を満足することが好ましく、下記条件式 (2A) を満たすことがより好ましく、下記条件式 (2B) を満たすことがさらにより好ましい。

$$-2.0 < 1 / (P_c \times f_w) < 0 \quad \cdots \quad (2)$$

$$-1.5 < 1 / (P_c \times f_w) < -1 \quad \cdots \quad (2A)$$

$$-1.0 < 1 / (P_c \times f_w) < -2 \quad \cdots \quad (2B)$$

ただし、

P_c ：前記接合レンズの接合面の屈折力

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【0012】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式 (3) を満足することが好ましく、下記条件式 (3A) を満たすことがより好ましい。

$$-5 < f_{G3} / f_w < -1.2 \quad \cdots \quad (3)$$

$$-4 < f_{G3} / f_w < -1.5 \quad \cdots \quad (3A)$$

ただし、

f_{G3} ：第3レンズ群の焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【0013】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式 (4) を満足することが好ましく、下記条件式 (4A) を満たすことがより好ましく、下記条件式 (4B) を満たすことがさらにより好ましい。

$$1.5 < b_f / f_w < 5.0 \quad \cdots \quad (4)$$

$$2.0 < b_f / f_w < 4.0 \quad \cdots \quad (4A)$$

$$2.0 < b_f / f_w < 3.0 \quad \cdots \quad (4B)$$

ただし、

b_f ：全系のバックフォーカス（空気換算距離）

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【0014】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式 (5) を満足することが好ましく、下記条件式 (5A) を満たすことがより好ましく、下記条件式 (5B) を満たすことがさらにより好ましい。

$$1.2 \leq f_t / f_w \quad \cdots \quad (5)$$

$$1.3 \leq f_t / f_w \quad \cdots \quad (5A)$$

$$1.4 \leq f_t / f_w \quad \cdots \quad (5B)$$

ただし、

f_t ：最至近物体に合焦時の全系の焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【0015】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、第1レンズ群が、負の屈折力を有する単レンズと、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズとを有することが好ましい。

【0016】

本発明の内視鏡用対物レンズにおいては、第1レンズ群 G_1 が、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを有し、下記条件式 (6) を満足することが好ましく、下記条件式 (6A) を満たすことがより好ましい。

$$-2.0 < f_{23} / f_w < 0 \quad \cdots \quad (6)$$

$$-1.5 < f_{23} / f_w < -1.5 \quad \cdots \quad (6A)$$

ただし、

10

20

30

40

50

f_{23} ：最も物体側のレンズ群が有する接合レンズの焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

【0017】

なお、「最遠点」とは、観察対象とする物体側の距離範囲のうち最も遠い地点を意味し、「最至近」とは、観察対象とする物体側の距離範囲のうち最も近い地点を意味する。

【0018】

なお、上記「レンズ群」とは、必ずしも複数のレンズから構成されるものだけでなく、1枚のレンズのみで構成されるものも含むものとする。

【0019】

なお、「単レンズ」とは、接合されていない1枚のレンズからなるものを意味する。

10

【0020】

なお、上述した各レンズや各レンズ群が有する屈折力の符号は、非球面レンズを含むものについては近軸領域で考えるものとする。

【0021】

なお、上記「～実質的に4つのレンズ群からなり」の「実質的に」とは、構成要素として挙げたレンズ群以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りやカバーガラス等レンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子等を含んでもよいことを意図するものである。

【0022】

本発明の内視鏡は、上記記載の本発明の内視鏡用対物レンズを備えたことを特徴とするものである。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明の内視鏡用対物レンズは、負、正、負、正の順にパワー配列された4群構成において、最遠点物体から最至近物体へ焦点合わせの際に少なくとも正の第2レンズ群および負の第3レンズ群の2つのレンズ群を移動させるようにし、第3レンズ群の構成を好適に設定しているため、拡大観察効果を得ることができ、レンズ移動による収差変動、特に色収差の変動を少なくすることができ、良好に収差補正されたものとすることができる。

【0024】

本発明の内視鏡は、本発明の内視鏡用対物レンズを備えたものであるため、拡大観察効果を得ることができ、遠点側観察状態から至近側拡大観察状態への移行においても収差変動、特に色収差の変動が少なく、良好な観察像を得ることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の実施例1の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

【図2】本発明の実施例2の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

【図3】本発明の実施例3の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

【図4】本発明の実施例4の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

【図5】図5(A)～図5(H)は本発明の実施例1の内視鏡用対物レンズの各収差図

【図6】図6(A)～図6(H)は本発明の実施例2の内視鏡用対物レンズの各収差図

40

【図7】図7(A)～図7(H)は本発明の実施例3の内視鏡用対物レンズの各収差図

【図8】図8(A)～図8(H)は本発明の実施例4の内視鏡用対物レンズの各収差図

【図9】本発明の実施形態にかかる内視鏡の概略構成を示す図

【図10】内視鏡の先端硬質部の要部断面図

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図1に、本発明の一実施形態にかかる内視鏡用対物レンズの光軸Zを含む断面における構成を示す。この図1に示す構成例は、後述の実施例1のレンズ構成に対応している。図1においては左側が物体側、右側が像側である。

50

【0027】

本実施形態の内視鏡用対物レンズは、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4との実質的に4つのレンズ群からなり、最遠点物体から最至近物体への焦点合わせの際に、第1レンズ群G1は固定されており、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3が光軸Zに沿って移動するように構成されている。

【0028】

図1の上段に最遠点物体に合焦しているとき（以下、最遠点観察状態ともいう）のレンズ構成を示し、図1の下段に最至近物体に合焦しているとき（以下、最至近観察状態ともいう）のレンズ構成を示す。また、図1には最遠点観察状態から最至近観察状態へ焦点合

10

【0029】

図1に示す例では、第1レンズ群G1は、物体側から順に、負のレンズL1、負のレンズL2と正のレンズL3が接合された接合レンズからなる。第2レンズ群G2は、1枚の正のレンズL4からなる。第3レンズ群G3は、物体側から順に、正のレンズL5と負のレンズL6が接合された接合レンズからなる。第4レンズ群G4は、物体側から順に、正のレンズL7、正のレンズL8と負のレンズL9が接合された接合レンズからなる。

【0030】

なお、図1には、開口絞りStが第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間に配置され、レンズL1とレンズL2の間にフィルタ等を想定した平行平板状の光学部材P1が配置され、第4レンズ群G4の像側には光路変換プリズム、フィルタ、カバーガラス等を想定した平行平板状の光学部材P2、P3が配置された例を示している。ただし、開口絞りSt、光学部材P1、P2、P3はいずれも本発明の内視鏡用対物レンズに必須の構成ではない。またこの例では、光学部材P3の像側の面の位置が内視鏡用対物レンズの像面の位置と一致しているが、像面の位置は必ずしもこの例に限定されない。

20

【0031】

本実施形態の内視鏡用対物レンズは、上記焦点合わせの際に第1レンズ群G1は固定されている。これは内視鏡では、対物レンズを保護部材無しで内視鏡に搭載し、最も物体側のレンズに光学窓の機能を兼備させることが多く、その場合は気密性を保持するために最も物体側のレンズは可動となるように構成できないことによる。

30

【0032】

図1に示す例の内視鏡用対物レンズは、焦点合わせの際に、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3が移動する。負レンズ群と正レンズ群が移動するように構成することで、レンズ移動による収差変動、特に色収差の変動を良好に抑制することができる。また、焦点合わせの際に移動するレンズ群を2つ以上とした場合は、各レンズ群の移動距離に対する合焦速度の設定の自由度を高くすることができ、使用者の使い勝手の良いものとすることができる。

【0033】

なお、焦点合わせの際に、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3に加え、第4レンズ群G4も移動するように構成してもよい。このようにした場合は、上述したレンズ移動による収差変動の抑制、各レンズ群の移動距離に対する合焦速度の設定の自由度の向上という効果をより高いものとすることができる。

40

【0034】

ただし、コンパクト性が強く望まれる内視鏡用対物レンズにおいては、レンズ群の移動機構の簡素化も重要であり、例えば、物体側から順に、負、正、負、正のパワー配列からなる4群構成では、焦点合わせの際に移動するレンズ群は、正、負レンズ群各々1つの計2つのレンズ群とすることで、レンズ群の移動機構の簡素化を図りながら、上記のレンズ移動による収差変動の抑制、各レンズ群の移動距離に対する合焦速度の設定の自由度の向上を得ることができる。そして移動する正レンズ群としては、移動機構の簡素化のために

50

は第4レンズ群G4よりも比較的少ないレンズ枚数で構成しやすい第2レンズ群G2を選択することが好ましい。

【0035】

レンズ移動による収差変動、特に色収差の変動は、移動するレンズ群のうち負レンズ群による影響が大きい。そこで本実施形態では、この移動する負レンズ群である第3レンズ群G3の構成を好適に設定している。すなわち、第3レンズ群G3は正レンズおよび負レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズからなり、該接合レンズの接合面は物体側に凹面を向けているように構成される。移動する負レンズ群を接合レンズからなるように構成することで、レンズ移動による色収差の変動の抑制を行うことができる。

【0036】

また、内視鏡では、全系の最も物体側のレンズは広角化のためにパワーの強い負レンズになるため、移動する負レンズ群に含まれる負レンズを用いて接合レンズを形成する場合、物体側から正レンズ、負レンズの順となるように接合することでレンズ系全体の収差補正に有利となる。

【0037】

さらに、この移動する負レンズ群の接合レンズの接合面を物体側に凹面を向けた形状とすることで、小型化を図りながら負のパワーを有する接合面での収差補正を効果的にを行い、レンズ系全体の収差補正に有利となる。

【0038】

本実施形態の内視鏡用対物レンズは、下記条件式(1)～(5)のいずれか、または任意の組合せを満足することが好ましい。

$$0 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1)$$

$$-2.0 < 1 / (P_c \times f_w) < 0 \quad \cdots \quad (2)$$

$$-5 < f_{G3} / f_w < -1.2 \quad \cdots \quad (3)$$

$$1.5 < b_f / f_w < 5.0 \quad \cdots \quad (4)$$

$$1.2 \leq f_t / f_w \quad \cdots \quad (5)$$

ただし、

v_n ：第3レンズ群の接合レンズを構成する負レンズのd線に対するアッベ数

v_p ：第3レンズ群の接合レンズを構成する正レンズのd線に対するアッベ数

P_c ：第3レンズ群の接合レンズの接合面の屈折力

f_{G3} ：第3レンズ群の焦点距離

b_f ：全系のバックフォーカス（空気換算距離）

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

f_t ：最至近物体に合焦時の全系の焦点距離

【0039】

条件式(1)は、第3レンズ群G3の接合レンズを構成する材質の分散特性に関するものである。条件式(1)の下限を下回ると、レンズ移動による色収差の変動が大きくなる。条件式(1)を満たすことで、レンズ移動による色収差の変動を良好に抑制することができる。

【0040】

レンズ移動による色収差の変動をより良好に抑制するためには、下記条件式(1A)を満たすことがより好ましく、下記条件式(1B)を満たすことがさらに好ましい。

$$3 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1A)$$

$$5 < v_n - v_p \quad \cdots \quad (1B)$$

【0041】

条件式(2)は、全系に対する第3レンズ群G3の接合面のパワー比に関するものである。条件式(2)の下限を下回っても上限を上回っても、レンズ移動による色収差の変動が大きくなる。条件式(2)を満たすことで、レンズ移動による色収差の変動を良好に抑制することができる。

【0042】

レンズ移動による色収差の変動をより良好に抑制するためには、下記条件式(2A)を満たすことがより好ましく、下記条件式(2B)を満たすことがさらに好ましい。

$$-1.5 < 1 / (P_c \times f_w) < -1 \quad \dots \quad (2A)$$

$$-1.0 < 1 / (P_c \times f_w) < -2 \quad \dots \quad (2B)$$

【0043】

条件式(3)は、全系に対する第3レンズ群G3のパワー比に関するものである。条件式(3)の下限を下回ると、第3レンズ群G3の移動量が增大してレンズ系の大型化につながる。条件式(3)の上限を上回ると、良好な収差補正が困難になる。条件式(3)を満たすことで、内視鏡用対物レンズに望まれるコンパクト性を維持しつつ、良好に収差補正することが可能になる。

【0044】

より小型化とより良好な収差補正のためには、下記条件式(3A)を満たすことがより好ましい。

$$-4 < f_{G3} / f_w < -1.5 \quad \dots \quad (3A)$$

【0045】

条件式(4)は、バックフォーカスと全系の焦点距離の比に関するものである。近年主流となっている電子内視鏡では、内視鏡用対物レンズと撮像素子の間に光学ローパスフィルタや赤外線カットフィルタ等の各種フィルタが配置されることがある。また、後述するように撮像素子の撮像面が内視鏡の挿入部の長軸方向と平行に配置されるタイプの内視鏡では一般に、内視鏡用対物レンズと撮像素子との間に光路の方向を変換するためのプリズム等の光路変換部材が挿入配置されるため、十分な長さのバックフォーカスが必要となる。条件式(4)の下限を下回ると、各種フィルタや光路変換部材等を配置するための十分な長さのバックフォーカスを確保することが困難になる。条件式(4)の上限を上回ると、光学系全長が長くなり、光学系の大型化につながる。条件式(4)を満たすことで、十分長いバックフォーカスを確保しつつ、光学系の大型化を防止することができる。

【0046】

なお、より長いバックフォーカスと光学系のより小型化のためには、下記条件式(4A)を満たすことがより好ましく、下記条件式(4B)を満たすことがさらに好ましい。

$$2.0 < b_f / f_w < 4.0 \quad \dots \quad (4A)$$

$$2.0 < b_f / f_w < 3.0 \quad \dots \quad (4B)$$

【0047】

条件式(5)の f_t / f_w は、拡大率を示すものであり、条件式(5)の下限を下回ると、拡大率の低下を招き、高い拡大観察効果が得られなくなる。条件式(5)を満たすことで、高い拡大観察効果を得ることが可能となる。

【0048】

なお、より高い拡大観察効果を得るためには、下記条件式(5A)を満たすことがより好ましく、下記条件式(5B)を満たすことがさらに好ましい。

$$1.3 \leq f_t / f_w \quad \dots \quad (5A)$$

$$1.4 \leq f_t / f_w \quad \dots \quad (5B)$$

【0049】

また、本実施形態の内視鏡用対物レンズは、最も物体側の第1レンズ群G1が、負の屈折力を有する単レンズと、負レンズおよび正レンズが接合された接合レンズとを有することが好ましい。これは以下の事情による。内視鏡用対物レンズの最も物体側のレンズは広角化のために強い負のパワーを持つことが多いため単レンズにするのが好ましい。また、焦点合わせの際に移動するレンズ群があることから個々のレンズ群で色収差補正がなされていることが好ましく、特に光線高が高い第1レンズ群G1では色収差補正のために接合レンズを有することが好ましい。

【0050】

なお、第1レンズ群G1が負の屈折力を有する単レンズと、負レンズおよび正レンズが

10

20

30

40

50

接合された接合レンズとを有する場合、図1に示す例のように物体側から順に、負の単レンズ、負レンズおよび正レンズが物体側からこの順に接合された接合レンズとした場合、広角化に有利となる。

【0051】

第1レンズ群G1が、負レンズと正レンズが接合された接合レンズを有する場合、下記条件式(6)を満足することが好ましい。

$$-2.0 < f_{23} / f_w < 0 \quad \cdots \quad (6)$$

ただし、

f_{23} ：最も物体側のレンズ群が有する接合レンズの焦点距離

f_w ：最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離

10

【0052】

条件式(6)は、第1レンズ群G1が有する接合レンズのパワー比に関するものである。条件式(6)の下限を下回ると、良好な収差補正が困難になる。条件式(6)の上限を上回ると、十分な長さのバックフォーカスの確保が困難になる。条件式(6)を満たすことで、十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、良好に収差補正することが可能になる。

【0053】

なお、より長いバックフォーカスとより良好な収差補正のためには、下記条件式(6A)を満たすことがより好ましい。

$$-1.5 < f_{23} / f_w < -1.5 \quad \cdots \quad (6A)$$

20

【0054】

なお、内視鏡用対物レンズが保護部材なしで内視鏡に搭載される場合、最も物体側のレンズは、体液、洗浄液、直射日光、油脂等にさらされることになる。したがって、このレンズの材質には、耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高いものを用いることが好ましく、例えば、日本光学硝子工業会が定める粉末耐水性、粉末耐酸性規格の減量率ランク、表面法耐候性ランクが1のものを用いることが好ましい。

【0055】

次に、本発明の内視鏡用対物レンズの数値実施例について説明する。

【0056】

[実施例1]

30

実施例1の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図1に示したものであり、その図示方法については上述したとおりであるので、ここでは重複説明を省略する。

【0057】

実施例1の内視鏡用対物レンズの概略構成は以下のようになっている。すなわち、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1、正の屈折力を有する第2レンズ群G2、負の屈折力を有する第3レンズ群G3、正の屈折力を有する第4レンズ群G4の4つのレンズ群が配列されてなり、最遠点物体から最至近物体への焦点合わせの際に、第2レンズ群G2が物体側へ、第3レンズ群G3が像側へそれぞれ光軸Zに沿って移動するように構成されている。開口絞りStが第2レンズ群G2と第3レンズ群G3の間に配置されている。

40

【0058】

第1レンズ群G1は、物体側から順に、負のレンズL1、負のレンズL2、正のレンズL3が配置されて構成されており、レンズL1とレンズL2の間には、フィルタ等を想定した平行平板状の光学部材P1が配置されている。レンズL2とレンズL3は接合されている。第2レンズ群G2は、1枚の正のレンズL4からなる。第3レンズ群G3は、物体側から順に、正のレンズL5、負のレンズL6が配置されて構成されている。レンズL5とレンズL6は接合されている。第4レンズ群G4は、物体側から順に、正のレンズL7、正のレンズL8、負のレンズL9が配置されて構成されている。レンズL8とレンズL9は接合されている。

【0059】

50

表 1 に、実施例 1 の内視鏡用対物レンズの詳細な構成を示す。表 1 の上段の基本レンズデータの表の S_i の欄は最も物体側の構成要素の面を 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する i 番目 ($i = 1, 2, 3, \dots$) の面番号を示し、 R_i の欄は i 番目の面の曲率半径を示し、 D_i の欄は i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との光軸 Z 上の面間隔を示し、 N_{dj} の欄は最も物体側の光学要素を 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する j 番目 ($j = 1, 2, 3, \dots$) の光学要素の d 線 (波長 587.6 nm) に対する屈折率を示し、 v_{dj} の欄は j 番目の光学要素の d 線に対するアッペ数を示す。曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。

【0060】

なお、基本レンズデータには、開口絞り S_t および光学部材 P_1 、 P_2 、 P_3 も含めて示しており、開口絞り S_t に対応する面の面番号の欄には面番号とともに (S_t) を記入している。また、焦点合わせの際に間隔が変化する、第 1 レンズ群 G_1 と第 2 レンズ群 G_2 の間隔、第 2 レンズ群 G_2 と開口絞り S_t の間隔、開口絞り S_t と第 3 レンズ群 G_3 の間隔、第 3 レンズ群 G_3 と第 4 レンズ群 G_4 の間隔の欄の右の欄にはそれぞれ (可変 1)、(可変 2)、(可変 3)、(可変 4) と記載している。

10

【0061】

表 1 の下段の表には、最遠点物体に合焦したとき、最至近物体に合焦したときそれぞれの物体距離と上記の焦点合わせの際に変化する間隔の値を (可変 1)、(可変 2)、(可変 3)、(可変 4) として示している。

【0062】

20

なお、表 1 に示す数値は、最遠点物体に合焦時の全系の焦点距離が 1 となるように規格化されたものである。また、表 1 には、所定の桁でまるめた値を示している。

【0063】

【表 1】
実施例 1

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	6.954	0.314	1.8830	40.8
2	0.873	0.483		
3	∞	0.210	1.6990	30.1
4	∞	0.402		
5	∞	0.244	1.8830	40.8
6	0.714	0.705	1.4388	94.9
7	-1.328	0.698	(可変 1)	
8	2.835	0.440	1.4875	70.2
9	-1.160	0.129	(可変 2)	
10(St)	∞	0.105	(可変 3)	
11	∞	0.489	1.7283	28.5
12	-0.666	0.210	1.8830	40.8
13	3.004	1.057	(可変 4)	
14	1.557	0.747	1.5317	48.8
15	∞	0.119		
16	2.582	1.034	1.4388	94.9
17	-1.074	0.279	1.9229	18.9
18	-2.909	0.861		
19	∞	2.235	1.5592	53.9
20	∞	0.210	1.5163	64.1
21	∞			

	最遠点	最至近
物体距離	9.43	1.29
(可変 1)	0.698	0.208
(可変 2)	0.129	0.619
(可変 3)	0.105	1.002
(可変 4)	1.057	0.160

【0064】

図 5 (A) ～図 5 (D) にそれぞれ、実施例 1 の内視鏡用対物レンズの最遠点観察状態における球面収差、非点収差、歪曲収差（ディストーション）、倍率色収差（倍率の色収差）の各収差図を示す。また、図 5 (E) ～図 5 (H) にそれぞれ、実施例 1 の内視鏡用対物レンズの最至近観察状態における球面収差、非点収差、歪曲収差（ディストーション）、倍率色収差（倍率の色収差）の各収差図を示す。

【0065】

球面収差、非点収差、歪曲収差の各収差図には、d 線を基準波長とした収差を示すが、球面収差図には C 線（波長 656.3 nm）、F 線（波長 486.1 nm）についての収差も示している。非点収差図ではサジタル方向、タンジェンシャル方向に関する収差をそれぞれ実線、破線で示している。倍率色収差図では C 線と F 線についての収差を示している。球面収差図の Fno. は F 値を意味し、その他の収差図の ω は半画角を意味する。歪曲収差は、全系の焦点距離 f 、半画角 θ （変数扱い、 $0 \leq \theta \leq \omega$ ）を用いて、理想像高の大きさを $f \times \tan \theta$ としたとき、この理想像高からのずれ量を示したものである。

【0066】

なお、実施例 1 の内視鏡用対物レンズの条件式 (1) ～ (6) の対応値は後掲の表 5 に他の実施例 2 ～ 4 のものと合わせて示す。

【0067】

上記の実施例 1 のものに関する図示方法、各種データの記号、意味、記載方法は、特に

断りがない限り以下の実施例 2～4 のものについても同様であるため、以下では重複説明を省略する。

【0068】

[実施例 2]

図 2 に、実施例 2 の内視鏡用対物レンズの最遠点観察状態と最至近観察状態のレンズ構成図を示す。実施例 2 の内視鏡用対物レンズの概略構成は実施例 1 のものと同様である。表 2 に、実施例 2 の内視鏡用対物レンズの詳細な構成を示す。図 6 (A)～図 6 (H) に、実施例 2 の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。

【0069】

【表 2】

実施例 2

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	6.341	0.314	1.8830	40.8
2	0.864	0.505		
3	∞	0.209	1.6990	30.1
4	∞	0.578		
5	∞	0.244	1.9037	31.3
6	0.739	0.567	1.4388	94.9
7	-1.547	0.659	(可変 1)	
8	3.341	0.478	1.5481	45.8
9	-1.127	0.129	(可変 2)	
10(St)	∞	0.105	(可変 3)	
11	∞	0.530	1.6990	30.1
12	-0.623	0.209	1.8830	40.8
13	4.895	1.199	(可変 4)	
14	1.699	0.735	1.4875	70.2
15	∞	0.149		
16	2.578	0.924	1.4875	70.2
17	-1.280	0.279	1.9229	18.9
18	-4.759	0.876		
19	∞	2.232	1.5592	53.9
20	∞	0.209	1.5163	64.1
21	∞			

	最遠点	最至近
物体距離	9.42	1.29
(可変 1)	0.659	0.170
(可変 2)	0.129	0.618
(可変 3)	0.105	1.136
(可変 4)	1.199	0.167

【0070】

[実施例 3]

図 3 に、実施例 3 の内視鏡用対物レンズの最遠点観察状態と最至近観察状態のレンズ構成図を示す。実施例 3 の内視鏡用対物レンズの概略構成は実施例 1 のものと同様である。表 3 に、実施例 3 の内視鏡用対物レンズの詳細な構成を示す。図 7 (A)～図 7 (H) に、実施例 3 の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。

【0071】

【表 3】
実施例3

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	7.285	0.328	1.8830	40.8
2	0.821	0.469		
3	∞	0.219	1.6889	31.1
4	∞	0.157		
5	-8.811	0.255	1.9108	35.3
6	0.855	0.885	1.4388	94.9
7	-1.102	0.957	(可変1)	
8	3.929	0.483	1.4875	70.2
9	-1.343	0.135	(可変2)	
10(St)	∞	0.109	(可変3)	
11	∞	0.548	1.8052	25.4
12	-0.602	0.219	1.9108	35.3
13	3.112	1.195	(可変4)	
14	1.563	0.985	1.5182	58.9
15	-8.442	0.145		
16	4.482	0.910	1.4388	94.9
17	-1.060	0.291	1.9229	18.9
18	-2.966	0.892		
19	∞	2.331	1.5592	53.9
20	∞	0.219	1.5163	64.1
21	∞			

	最遠点	最至近
物体距離	9.83	1.35
(可変1)	0.957	0.211
(可変2)	0.135	0.880
(可変3)	0.109	0.948
(可変4)	1.195	0.356

【0072】

[実施例4]

図4に、実施例4の内視鏡用対物レンズの最遠点観察状態と最至近観察状態のレンズ構成図を示す。実施例4の内視鏡用対物レンズの概略構成は実施例1のものと同様である。表4に、実施例4の内視鏡用対物レンズの詳細な構成を示す。図8(A)～図8(H)に、実施例4の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。

【0073】

【表 4】

実施例4

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	∞	0.305	1.8830	40.8
2	0.915	0.378		
3	∞	0.203	1.7174	29.5
4	∞	0.383		
5	∞	0.237	1.8830	40.8
6	0.776	0.733	1.4388	94.9
7	-1.203	0.748	(可変1)	
8	2.788	0.446	1.4970	81.5
9	-1.256	0.125	(可変2)	
10(St)	∞	0.102	(可変3)	
11	∞	0.523	1.7552	27.5
12	-0.600	0.203	1.8830	40.8
13	2.604	0.857	(可変4)	
14	1.413	0.722	1.5182	58.9
15	∞	0.257		
16	2.778	0.881	1.4388	94.9
17	-0.968	0.271	1.9229	18.9
18	-2.404	0.837		
19	∞	2.169	1.5592	53.9
20	∞	0.203	1.5163	64.1
21	∞			

	最遠点	最至近
物体距離	10.51	1.25
(可変1)	0.748	0.199
(可変2)	0.125	0.675
(可変3)	0.102	0.777
(可変4)	0.857	0.181

【0074】

表5に、上記実施例1～4の上述した条件式(1)～(6)の対応値を示す。実施例1～4は全て条件式(1)～(6)を満たしている。表5のデータは基準波長をd線としたものである。

【0075】

【表5】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4
条件式(1) $\nu_n - \nu_p$	12.3	10.6	9.8	13.3
条件式(2) $1/(P_c \times f_w)$	-4.30	-3.39	-5.70	-4.69
条件式(3) f_{G3} / f_w	-1.87	-2.08	-2.11	-1.79
条件式(4) bf / f_w	2.33	2.35	2.26	2.44
条件式(5) ft / f_w	1.52	1.52	1.58	1.47
条件式(6) f_{23} / f_w	-5.23	-3.64	-10.29	-9.89

【0076】

次に、本発明の内視鏡用対物レンズが適用される内視鏡の実施形態について図9、図10を参照しながら説明する。図9に示す内視鏡100は、主として、操作部102と、挿入部104と、ユニバーサルコード106を引き出すコネクタ部(図示せず)を備える。

操作部 102 の先端側には、患者の体内に挿入される挿入部 104 が連結され、操作部 102 の基端側からは、光源装置等と接続するためのコネクタ部に接続するためのユニバーサルコード 106 が引き出されている。

【0077】

挿入部 104 の大半は挿入経路に沿って任意の方向に曲がる軟性部 107 であり、この軟性部 107 の先端には、湾曲部 108 が連結され、この湾曲部 108 の先端には、先端硬質部 110 が順次連結されている。湾曲部 108 は、先端硬質部 110 を所望の方向に向けるために設けられるものであり、操作部 102 に設けられた湾曲操作ノブ 109 を回動させることにより湾曲操作が可能となっている。

【0078】

図 10 に先端硬質部 110 の要部断面図を示す。図 10 に示すように、先端硬質部 110 の内部には本実施形態にかかる内視鏡用対物レンズ 1 が配設される。なお、図 10 は、内視鏡用対物レンズ 1 の光軸 Z を含む断面におけるものであり、図 10 では内視鏡用対物レンズ 1 は概念的に図示されている。内視鏡用対物レンズ 1 の像側には光路を 90 度折り曲げるための光路変換プリズム 5 が配置され、光路変換プリズム 5 の像側の面には撮像素子 10 が接合されている。撮像素子 10 は、その撮像面が内視鏡用対物レンズ 1 の像面に一致するように配置されており、内視鏡用対物レンズ 1 により形成された光学像を撮像して電気信号を出力するものである。図 10 に示すような光路を折り曲げた構成を採用することにより、先端硬質部 110 の下半分に直視型の観察光学系を構成し、先端硬質部 110 の上半分に処置具挿通チャンネル 11 を構成し、細径の挿入部内に多数の要素を配設することができる。

【0079】

以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、フッベ数等の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

【0080】

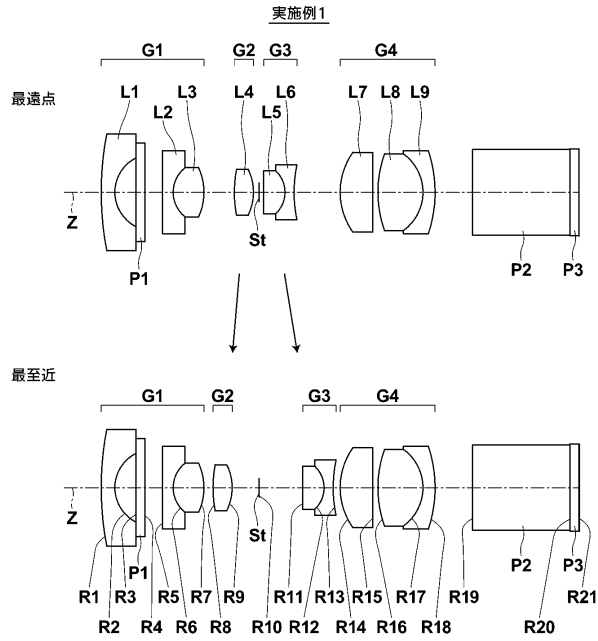
例えば、上述の実施例の内視鏡用対物レンズは全て非球面を用いない屈折レンズにより構成されているが、本発明の内視鏡用対物レンズはこれに限定されない。本発明の内視鏡用対物レンズは、球面の屈折レンズだけでなく、非球面、GRIN レンズ（屈折率分布レンズ）、回折光学素子のいずれか、あるいはこれらの任意の組合せを用いて、色収差や諸収差の補正を行った構成も可能である。

10

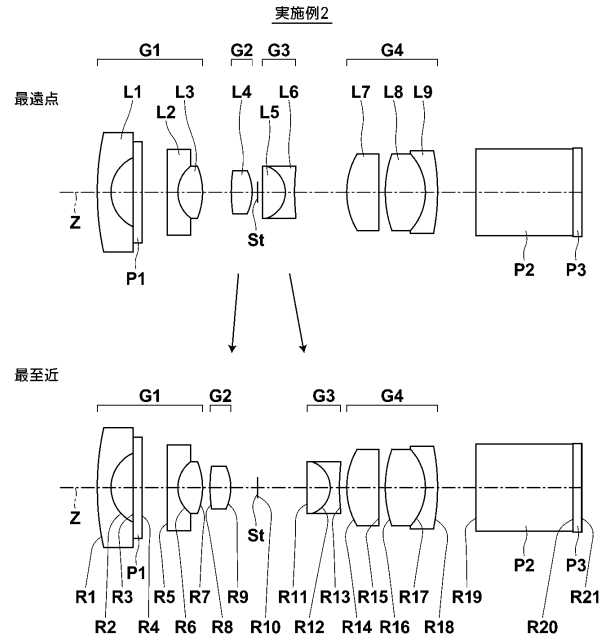
20

30

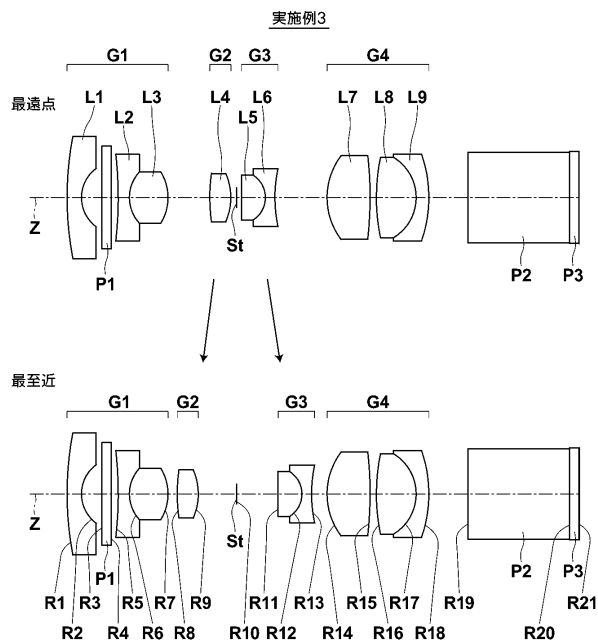
【図 1】



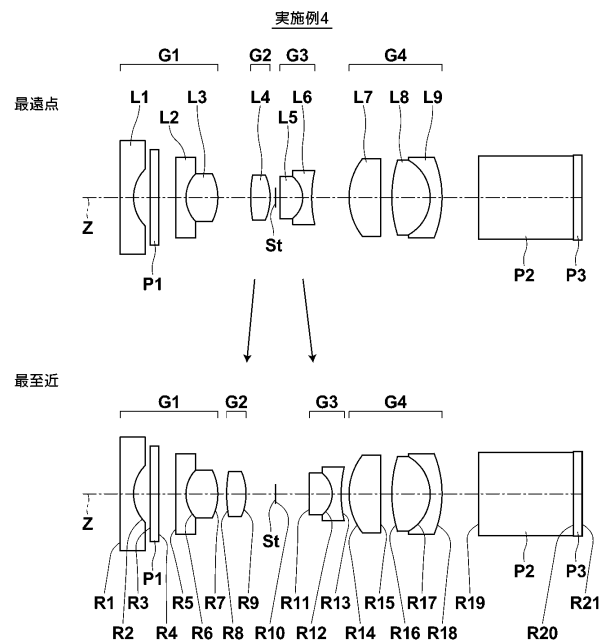
【図 2】



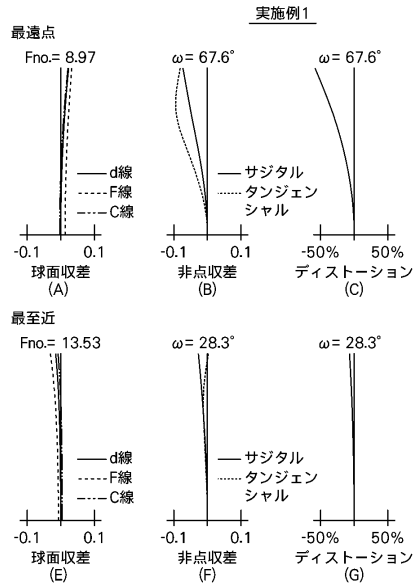
【図 3】



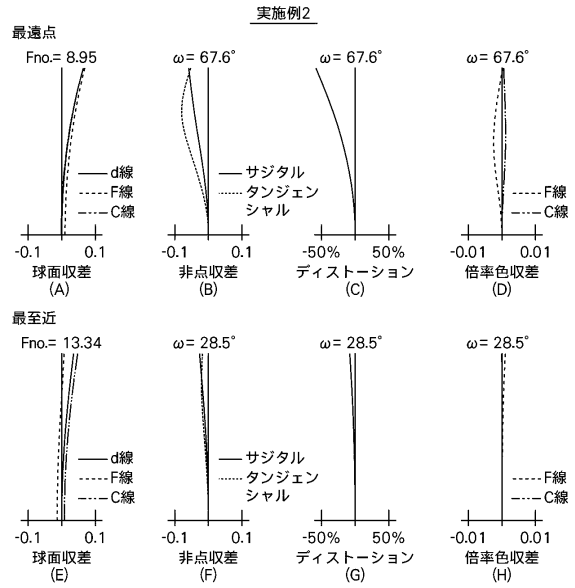
【図 4】



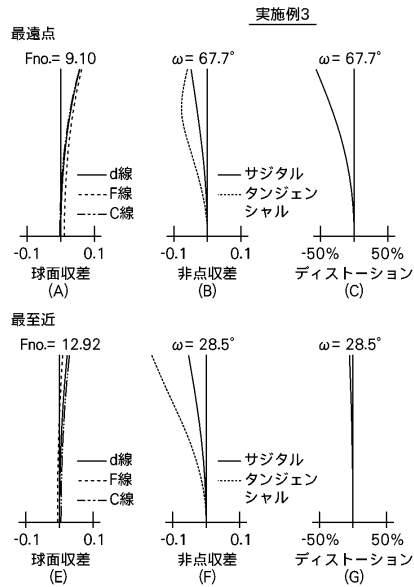
【図 5】



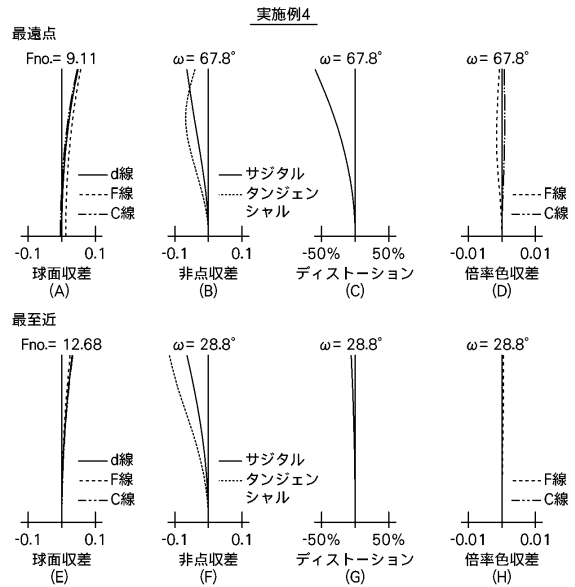
【図 6】



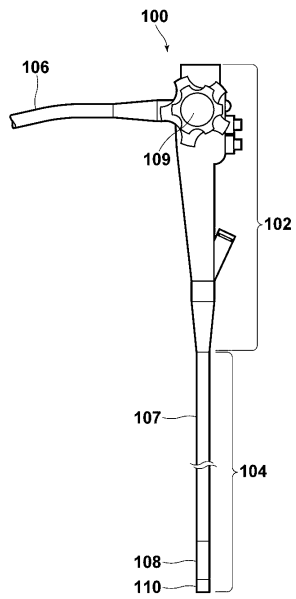
【図 7】



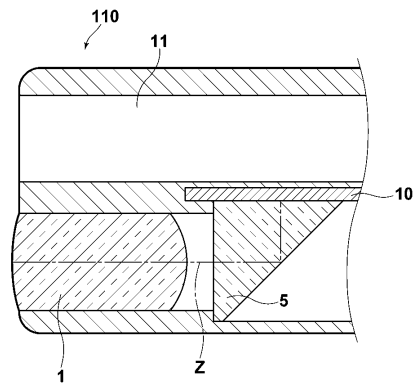
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平5-150159 (JP, A)
特開2009-198855 (JP, A)
特開2004-21158 (JP, A)
特開2000-330015 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 13/04
G02B 23/24
A61B 1/00

专利名称(译)	内窥镜和内窥镜的物镜		
公开(公告)号	JP5567225B2	公开(公告)日	2014-08-06
申请号	JP2013542842	申请日	2012-11-07
[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	山本力 石井良明		
发明人	山本 力 石井 良明		
IPC分类号	G02B13/04 G02B23/24 A61B1/00		
CPC分类号	G02B23/243 A61B1/00188 A61B1/0051 G02B13/04		
FI分类号	G02B13/04 G02B23/24 A61B1/00		
代理人(译)	佐久间刚		
审查员(译)	堀井浩二		
优先权	2011245363 2011-11-09 JP		
其他公开文献	JPWO2013069266A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

用于内窥镜的物镜可以获得放大的观察效果，减少像差波动，特别是色差的波动，并且很好地执行像差校正。解决方案：从物体侧依次排列第一透镜组（G1），第二透镜组（G2），第三透镜组（G3）和第四透镜组（G4）的物质由4个镜头组组成。在从最远点物体聚焦到最近物体时，第一透镜组（G1）固定，第二透镜组（G2）和第三透镜组（G3）沿光轴（Z）固定。移动特。第三透镜组（G3）由胶合透镜构成，其中正透镜和负透镜从物体侧依次粘合，并且该粘合透镜的粘合表面具有面向物侧的凹面。[选图]图1

实施例1

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	6.954	0.314	1.8830	40.8
2	0.873	0.483		
3	∞	0.210	1.6990	30.1
4	∞	0.402		
5	∞	0.244	1.8830	40.8
6	0.714	0.705	1.4388	94.9
7	-1.328	0.698	(可变1)	
8	2.835	0.440	1.4875	70.2
9	-1.160	0.129	(可变2)	
10(St)	∞	0.105	(可变3)	
11	∞	0.489	1.7283	28.5
12	-0.666	0.210	1.8830	40.8
13	3.004	1.057	(可变4)	
14	1.557	0.747	1.5317	48.8
15	∞	0.119		
16	2.582	1.034	1.4388	94.9
17	-1.074	0.279	1.9229	18.9
18	-2.909	0.861		
19	∞	2.235	1.5592	53.9
20	∞	0.210	1.5163	64.1
21	∞			