

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6576289号
(P6576289)

(45) 発行日 令和1年9月18日(2019.9.18)

(24) 登録日 令和1年8月30日(2019.8.30)

(51) Int.Cl.		F 1	
G 0 2 B	13/04	(2006.01)	G 0 2 B 13/04 D
G 0 2 B	23/26	(2006.01)	G 0 2 B 23/26 C
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B 1/00 7 3 1

請求項の数 19 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-74867 (P2016-74867)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成28年4月4日 (2016.4.4)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2017-187563 (P2017-187563A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成29年10月12日 (2017.10.12)	(74) 代理人	110001519
審査請求日	平成30年7月26日 (2018.7.26)		特許業務法人太陽国際特許事務所
		(72) 発明者	井上 和紀
			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	殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物光学系および内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、

前記前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第1レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも1つの平行平面部材とから実質的になり、

前記後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第2レンズと、負の屈折力を有する第3レンズと、正の屈折力を有する第4レンズとから実質的になり、

前記第3レンズと前記第4レンズは接合されて接合レンズを構成し、該接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、

下記条件式(1)および(2)を満足することを特徴とする内視鏡用対物光学系。

$$0.02 < f / f_c < 0.10 \quad (1)$$

$$0.51 < f / f_2 < 0.75 \quad (2)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f_c：前記接合レンズの焦点距離f₂：前記第2レンズの焦点距離

【請求項 2】

物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の

10

20

屈折力を有する後群とから実質的になり、

前記前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第1レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも1つの平行平面部材とから実質的になり、

前記後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第2レンズと、負の屈折力を有する第3レンズと、正の屈折力を有する第4レンズとから実質的になり、

前記第3レンズと前記第4レンズは接合されて接合レンズを構成し、該接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、

下記条件式(1)および(10)を満足することを特徴とする内視鏡用対物光学系。

$$0.02 < f / f_c < 0.10 \quad (1)$$

$$0.10 < Nd_3 - Nd_4 < 0.15 \quad (10)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_c : 前記接合レンズの焦点距離

Nd_3 : 前記第3レンズのd線に対する屈折率

Nd_4 : 前記第4レンズのd線に対する屈折率

【請求項3】

物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、

前記前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第1レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも1つの平行平面部材とから実質的になり、

前記後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第2レンズと、負の屈折力を有する第3レンズと、正の屈折力を有する第4レンズとから実質的になり、

前記第3レンズと前記第4レンズは接合されて接合レンズを構成し、該接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、

下記条件式(1-1)を満足することを特徴とする内視鏡用対物光学系。

$$0.04 < f / f_c < 0.08 \quad (1-1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_c : 前記接合レンズの焦点距離

【請求項4】

下記条件式(3)を満足する請求項1から3のいずれか1項記載の内視鏡用対物光学系。

$$-0.83 < f / f_1 < -0.61 \quad (3)$$

ただし、

f_1 : 前記第1レンズの焦点距離

【請求項5】

下記条件式(4)を満足する請求項1から4のいずれか1項記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.49 < f / f_r < 0.74 \quad (4)$$

ただし、

f_r : 前記後群の焦点距離

【請求項6】

下記条件式(5)を満足する請求項1から5のいずれか1項記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.55 < \max |IH / LR_i| < 0.90 \quad (5)$$

ただし、

IH : 最大像高

LR_i : i を1~7の整数とした場合の物体側から i 番目のレンズ面の曲率半径

10

20

30

40

50

$\max |IH / LR_i|$: 全系の $|IH / LR_i|$ の最大値

【請求項 7】

下記条件式 (6) を満足する請求項 1 から 6 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物光学系

。

$$0.19 < ave |IH / LR_i| < 0.32 \quad (6)$$

ただし、

IH : 最大像高

LR_i : i を 1 ~ 7 の整数とした場合の物体側から i 番目のレンズ面の曲率半径

$ave |IH / LR_i|$: 全系の $|IH / LR_i|$ の平均値

【請求項 8】

下記条件式 (7) を満足する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物光学系

。

$$1.79 < \min Ndp < 1.98 \quad (7)$$

ただし、

$\min Ndp$: 全系の正レンズの d 線に対する屈折率の最小値

【請求項 9】

下記条件式 (8) を満足する請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物光学系

。

$$1.82 < ave Ndp < 1.98 \quad (8)$$

ただし、

$ave Ndp$: 全系の正レンズの d 線に対する屈折率の平均値

【請求項 10】

下記条件式 (9) を満足する請求項 1 から 9 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物光学系

。

$$0.30 < f / Rc < 0.60 \quad (9)$$

ただし、

Rc : 前記接合レンズの接合面の曲率半径

【請求項 11】

下記条件式 (2-1) を満足する請求項 1 記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.53 < f / f_2 < 0.73 \quad (2-1)$$

【請求項 12】

下記条件式 (3-1) を満足する請求項 4 記載の内視鏡用対物光学系。

$$-0.80 < f / f_1 < -0.64 \quad (3-1)$$

【請求項 13】

下記条件式 (4-1) を満足する請求項 5 記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.53 < f / f_r < 0.70 \quad (4-1)$$

【請求項 14】

下記条件式 (5-1) を満足する請求項 6 記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.60 < \max |IH / LR_i| < 0.85 \quad (5-1)$$

【請求項 15】

下記条件式 (6-1) を満足する請求項 7 記載の内視鏡用対物光学系。

$$0.20 < ave |IH / LR_i| < 0.31 \quad (6-1)$$

【請求項 16】

下記条件式 (7-1) を満足する請求項 8 記載の内視鏡用対物光学系。

$$1.81 < \min Ndp < 1.95 \quad (7-1)$$

【請求項 17】

下記条件式 (8-1) を満足する請求項 9 記載の内視鏡用対物光学系。

$$1.84 < ave Ndp < 1.96 \quad (8-1)$$

【請求項 18】

下記条件式 (9-1) を満足する請求項 10 記載の内視鏡用対物光学系。

10

20

30

40

50

$$0.33 < f / R_c < 0.57 \quad (9-1)$$

【請求項 19】

請求項 1 から 18 のいずれか 1 項記載の内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡用対物光学系およびこの内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡に関するものである。

【背景技術】

10

【0002】

従来、医療分野において先端部分に撮像装置が内蔵された長尺の挿入部を被検者の口または鼻から挿入して体腔内を撮像する挿入型の内視鏡が普及している。このような内視鏡に使用可能な対物光学系としては、例えば下記特許文献 1～3 に記載のものがある。特許文献 1～3 には、物体側から順に、負の屈折力を有するレンズ群と、開口絞りと、正の屈折力を有するレンズ群とを備えたレンズ系が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特許第 4439184 号公報

20

【特許文献 2】特許第 3851417 号公報

【特許文献 3】特許第 3574484 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

病変の発見率を向上させるため内視鏡用対物光学系には広範囲を観察可能な広角の光学系であることが求められる。広角の光学系は歪曲収差が大きくなりやすいが、近年では結像領域周辺部でも歪みが少ない画像が求められるようになってきている。しかしながら、特許文献 1～3 に記載の内視鏡用対物光学系は歪曲収差が大きいため、上記要求に十分応えることが難しい。

30

【0005】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、広角でありながら、歪曲収差が低減され、良好な光学性能を実現可能な内視鏡用対物光学系、およびこの内視鏡用対物光学系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】

【0006】

本発明の第 1 の内視鏡用対物光学系は、物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第 1 レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも 1 つの平行平面部材とから実質的になり、後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第 2 レンズと、負の屈折力を有する第 3 レンズと、正の屈折力を有する第 4 レンズとから実質的になり、第 3 レンズと第 4 レンズは接合されて接合レンズを構成し、この接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、下記条件式 (1) および (2) を満足することを特徴とする。

40

$$0.02 < f / f_c < 0.10 \quad (1)$$

$$0.51 < f / f_2 < 0.75 \quad (2)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_c : 接合レンズの焦点距離

50

f 2 : 第 2 レンズの焦点距離

本発明の第 2 の内視鏡用対物光学系は、物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第 1 レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも 1 つの平行平面部材とから実質的になり、後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第 2 レンズと、負の屈折力を有する第 3 レンズと、正の屈折力を有する第 4 レンズとから実質的になり、第 3 レンズと第 4 レンズは接合されて接合レンズを構成し、この接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、下記条件式 (1) および (1 0) を満足することを特徴とする。

$$0.02 < f / f_c < 0.10 \quad (1)$$

$$0.10 < Nd_3 - Nd_4 < 0.15 \quad (10)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f c : 接合レンズの焦点距離

N d 3 : 第 3 レンズの d 線に対する屈折率

N d 4 : 第 4 レンズの d 線に対する屈折率

本発明の第 3 の内視鏡用対物光学系は、物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群と、開口絞りと、全体として正の屈折力を有する後群とから実質的になり、前群が、物体側から順に、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負の屈折力を有する第 1 レンズと、入射面および出射面が光軸に垂直な少なくとも 1 つの平行平面部材とから実質的になり、後群が、物体側から順に、正の屈折力を有する第 2 レンズと、負の屈折力を有する第 3 レンズと、正の屈折力を有する第 4 レンズとから実質的になり、第 3 レンズと第 4 レンズは接合されて接合レンズを構成し、この接合レンズの接合面は像側に凹面を向けており、下記条件式 (1 - 1) を満足することを特徴とする。

$$0.04 < f / f_c < 0.08 \quad (1-1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f c : 接合レンズの焦点距離

以下では、本発明の第 1、第 2、および第 3 の内視鏡用対物光学系を総括して本発明の内視鏡用対物光学系と称する。

【 0 0 0 7 】

本発明の内視鏡用対物光学系においては、下記条件式 (3) ~ (9) および (2 - 1) ~ (9 - 1) のうちの少なくとも 1 つを満足することが好ましい。

$$-0.83 < f / f_1 < -0.61 \quad (3)$$

$$0.49 < f / f_r < 0.74 \quad (4)$$

$$0.55 < \max |IH / LR_i| < 0.90 \quad (5)$$

$$0.19 < \text{ave} |IH / LR_i| < 0.32 \quad (6)$$

$$1.79 < \min Nd_p < 1.98 \quad (7)$$

$$1.82 < \text{ave} Nd_p < 1.98 \quad (8)$$

$$0.30 < f / R_c < 0.60 \quad (9)$$

$$0.53 < f / f_2 < 0.73 \quad (2-1)$$

$$-0.80 < f / f_1 < -0.64 \quad (3-1)$$

$$0.53 < f / f_r < 0.70 \quad (4-1)$$

$$0.60 < \max |IH / LR_i| < 0.85 \quad (5-1)$$

$$0.20 < \text{ave} |IH / LR_i| < 0.31 \quad (6-1)$$

$$1.81 < \min Nd_p < 1.95 \quad (7-1)$$

$$1.84 < \text{ave} Nd_p < 1.96 \quad (8-1)$$

$$0.33 < f/Rc < 0.57 \quad (9-1)$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_2 : 第2レンズの焦点距離

f_1 : 第1レンズの焦点距離

f_r : 後群の焦点距離

I_H : 最大像高

LR_i : i を 1 ~ 7 の整数とした場合の物体側から i 番目のレンズ面の曲率半径

$\max |I_H / LR_i|$: 全系の $|I_H / LR_i|$ の最大値

$\text{ave} |I_H / LR_i|$: 全系の $|I_H / LR_i|$ の平均値

$\min Nd_p$: 全系の正レンズの d 線に対する屈折率の最小値

$\text{ave} Nd_p$: 全系の正レンズの d 線に対する屈折率の平均値

Rc : 接合レンズの接合面の曲率半径

【0008】

本発明の内視鏡は、本発明の内視鏡用対物光学系を備えたものである。

【0009】

なお、上記の「～から実質的になり」とは、構成要素として挙げたもの以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りおよび／またはカバーガラス等のレンズ以外の光学要素、レンズフランジ、および／またはレンズパレル等を含んでもよいことを意図するものである。

【0010】

なお、上記のレンズ群の屈折力の符号、レンズの屈折力の符号、レンズ面の形状、およびレンズ面の曲率半径は、非球面が含まれているものは近軸領域で考えることとする。また、上記の条件式の値は全て d 線（波長 587.6 nm）を基準としたものである。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、物体側から順に、負の前群と、開口絞りと、正の後群とからなるレンズ系において、前群および後群の構成を好適に設定し、所定の条件式を満足するようにしているため、広角でありながら、歪曲収差が低減され、良好な光学性能を実現可能な内視鏡用対物光学系、およびこの内視鏡用対物光学系を備えた内視鏡を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の一実施形態に係る内視鏡用対物光学系の構成と光路を示す断面図であり、本発明の実施例1に対応する断面図である。

【図2】本発明の実施例2の内視鏡用対物光学系の構成と光路を示す断面図である。

【図3】本発明の実施例3の内視鏡用対物光学系の構成と光路を示す断面図である。

【図4】本発明の実施例1の内視鏡用対物光学系の各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図5】本発明の実施例2の内視鏡用対物光学系の各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図6】本発明の実施例3の内視鏡用対物光学系の各収差図であり、左から順に、球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差を示す。

【図7】本発明の実施形態に係る内視鏡の概略構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

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は、本発明の一実施形態に係る内視鏡用対物光学系のレンズ構成と光路を示す断面図である。この構成例は、後述する実施例1に対応している。図1では、左側が物体側、右側が像側であり、光路は軸上光束2および最大画角の軸外光束3について示し、最大の半画角（最大全画角の

10

20

30

40

50

半値) ω も図示している。

【0014】

この内視鏡用対物光学系は、光軸 Z に沿って物体側から像側へ向かって順に、全体として負の屈折力を有する前群 GF と、開口絞り St と、全体として正の屈折力を有する後群 GR とから実質的になる。このように物体側から順に負レンズ群、正レンズ群を配置することでレトロフォーカスタイプの屈折力配置となるため、バックフォーカスを確保しながら広角化を図ることができる。

【0015】

なお、図 1 に示す開口絞り St は必ずしも大きさおよび / または形状を表すものではなく、光軸 Z 上の位置を示すものである。また、図 1 ではレンズ系と像面 Sim との間にフィルタ 4 とプリズム 5 を配置した例を示しているが、本発明においてはフィルタ 4 および / またはプリズム 5 を省略した構成も可能である。プリズム 5 は光路を折り曲げる機能を有するものでよく、その場合は屈曲光路となるが、理解を容易にするため図 1 では光路を展開した状態を想定して直線状の光路を示している。

【0016】

前群 GF は、物体側から順に、負の屈折力を有する第 1 レンズ L 1 と、入射面および出射面が内視鏡用対物光学系の光軸 Z に垂直な少なくとも 1 つの平行平面部材 P 1 とからなるように構成される。

【0017】

第 1 レンズ L 1 は、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さくなるように構成されている。このような形状とすることで像面湾曲を抑えることが容易となり広角化に有利となる。

【0018】

内視鏡用対物光学系が平行平面部材 P 1 を含み、この平行平面部材 P 1 を開口絞り St より物体側に配置した構成とすることで、周辺画角の光線が第 1 レンズ L 1 の物体側の面と交わる点の光軸 Z からの高さを低くすることができ、第 1 レンズ L 1 の小径化に有利となる。平行平面部材 P 1 は上記作用を持ちながら近軸屈折力が無いため、偏心した場合に光学性能に与える影響はレンズに比べ小さい。具体的には、平行平面部材 P 1 は、平行偏心しても像の劣化が生じることは無く、傾き誤差の許容量をレンズに比べ大きくすることができる。このため、組み立てが容易となり、良好な光学性能の実現に貢献できる。なお、「平行偏心」とは光軸 Z に垂直な方向の移動を意味し、「傾き誤差」の「傾き」とは光軸 Z を含む断面内での回転を意味する。

【0019】

図 1 の平行平面部材 P 1 は入射面と出射面とが平行な平行平板から構成されている。必要に応じ、平行平面部材 P 1 にフィルタ機能を持たせる構成としてもよい。なお、前群 GF が有する平行平面部材はプリズムであってもよい。平行平面部材をプリズムで構成し、このプリズム内部で光軸が折り曲げられる場合は、この内部での折り曲げは考慮せず折り曲げられた光路を折り曲げることなく直線状に展開したときに入射面と出射面とが平行になっていればよい。ただし、平行平面部材の内部の屈折率分布は実質的に均質であることが好ましい。

【0020】

図 1 では前群 GF が 1 つのみの平行平面部材 P 1 を有する例を示しているが、前群 GF が有する平行平面部材の数は任意に選択可能である。例えば、同一材料からなる複数の平行平面部材がある場合、これらの厚みの総和と同一の厚みを有し同一材料からなる 1 つの平行平面部材と、上記複数の平行平面部材とは表面反射を無視すれば幾何光学的には同様の作用を奏するため、平行平面部材の枚数および厚さは適宜変更することができる。また、前群 GF は互いに異なる材料からなる複数の平行平面部材を有する構成としてもよい。

【0021】

第 1 レンズ L 1 は、物体側のレンズ面の曲率半径の絶対値よりも像側のレンズ面の曲率半径の絶対値が小さい負レンズであるため、第 1 レンズ L 1 の像側のレンズ面は凹面とな

10

20

30

40

50

る。第1レンズL1の像側の面のうちこの凹面より径方向外側に光軸Zに垂直な平面部を設け、図1に示すように、この平面部と第1レンズL1に隣接する平行平面部材P1とが光軸方向に当接するように構成することが好ましい。このようにした場合は、第1レンズL1の傾きが発生するのを防ぐことができ、製造誤差による性能劣化を軽減できる。

【0022】

上記のように第1レンズL1の平面部と平行平面部材P1とを当接させる場合、この平面部を周回状に設ければ第1レンズL1の像側の凹面と平行平面部材P1の物体側の面によって形成される空間を他の部材を用いずに封止して気密に保つことができる。内視鏡用対物光学系は、例えば外部に露出する第1レンズL1の物体側の面に付着した汚れを除去するための送水などによって冷却されるが、上記空間を気密とすることにより、この空間への湿気の浸入を抑制し、結露の発生を抑制することができる。

10

【0023】

また、後で詳しく述べるように内視鏡用対物光学系を分離可能な構成とした場合、前群GFが少なくとも1つの平行平面部材を有することで種々の効果を奏することができる。

【0024】

後群GRは、物体側から順に、正の屈折力を有する第2レンズL2と、負の屈折力を有する第3レンズL3と、正の屈折力を有する第4レンズL4とから実質的になり、第3レンズL3と第4レンズL4は接合されて接合レンズCEを構成する。

【0025】

正の屈折力を有する第2レンズL2により、球面収差を抑えることができる。接合レンズCEにより、倍率色収差を抑えることができる。そして、接合レンズCEをレンズ系の最も像側に配置することにより、接合レンズCEの接合面での周辺光線の高さを高くでき、倍率色収差の良好な補正が容易となる。

20

【0026】

また、この内視鏡用対物光学系では、接合レンズCEの接合面は像側に凹面を向けた形状となるように構成される。これにより、倍率色収差を抑えることに有利となる。

【0027】

第2レンズL2の物体側のレンズ面は平面としてもよく、このようにした場合は、傾き誤差の許容量を大きくすることができるため、組み立てが容易となる。また、第3レンズL3の物体側のレンズ面は平面としてもよく、このようにした場合は、傾き誤差の許容量を大きくすることができるため、組み立てが容易となる。

30

【0028】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(1)を満足するように構成される。

$$0.02 < f / f_c < 0.10 \quad (1)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f_c：接合レンズの焦点距離

【0029】

条件式(1)の下限以下にならないようにすることで、周辺画角の主光線の像面S_{im}への入射角を抑えることができ、広角化に有利となる。条件式(1)の上限以上にならないようにすることで、歪曲収差を抑えることができる。条件式(1)に関する効果をより高めるためには下記条件式(1-1)を満足することが好ましい。

40

$$0.04 < f / f_c < 0.08 \quad (1-1)$$

【0030】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.51 < f / f_2 < 0.75 \quad (2)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f₂：第2レンズの焦点距離

【0031】

50

条件式(2)を満足するように第2レンズL2の屈折力の範囲を設定することで像面湾曲を抑えることができる。条件式(2)に関する効果をより高めるためには下記条件式(2-1)を満足することが好ましい。

$$0.53 < f / f_2 < 0.73 \quad (2-1)$$

【0032】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(3)を満足することが好ましい。

$$-0.83 < f / f_1 < -0.61 \quad (3)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f₁：第1レンズの焦点距離

10

【0033】

条件式(3)の下限以下にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式(3)の上限以上にならないようにすることで、レンズ径を抑えながら画角を維持することが容易になる。条件式(3)に関する効果をより高めるためには下記条件式(3-1)を満足することが好ましい。

$$-0.80 < f / f_1 < -0.64 \quad (3-1)$$

【0034】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(4)を満足することが好ましい。

$$0.49 < f / f_r < 0.74 \quad (4)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

f_r：後群の焦点距離

20

【0035】

条件式(4)の下限以下にならないようにすることで、周辺画角の主光線の像面S_{im}への入射角を抑えることができ、広角化に有利となる。条件式(4)の上限以上にならないようにすることで、歪曲収差を抑えることができる。条件式(4)に関する効果をより高めるためには下記条件式(4-1)を満足することが好ましい。

$$0.53 < f / f_r < 0.70 \quad (4-1)$$

【0036】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(5)を満足することが好ましい。

$$0.55 < \max |IH / LR_i| < 0.90 \quad (5)$$

30

ただし、

IH：最大像高

LR_i：iを1～7の整数とした場合の物体側からi番目のレンズ面の曲率半径

max |IH / LR_i|：全系の |IH / LR_i| の最大値

【0037】

なお、上記の「LR_i」の「レンズ面」は、第1レンズL1～第4レンズL4の4つの各レンズが有する物体側のレンズ面および像側のレンズ面それぞれのことである。ただし、「LR_i」の「レンズ面」は、接合面は1つの面として扱うこととする。よって、本実施形態の内視鏡用対物光学系では「LR_i」の「レンズ面」は計7つとなる。「LR_i」の「レンズ面」に関するこれらの点は後述の条件式(6)の「LR_i」についても同様である。

40

【0038】

条件式(5)の下限以下にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式(5)の上限以上にならないようにすることで、レンズの平行偏心の許容量および傾き誤差の許容量を大きくすることができ、組み立てが容易となり、良好な光学性能の実現に貢献できる。条件式(5)に関する効果をより高めるためには下記条件式(5-1)を満足することが好ましい。

$$0.60 < \max |IH / LR_i| < 0.85 \quad (5-1)$$

【0039】

50

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(6)を満足することが好ましい。

$$0.19 < \text{ave} | \text{IH} / \text{LRi} | < 0.32 \quad (6)$$

ただし、

IH：最大像高

LRi：iを1～7の整数とした場合の物体側からi番目のレンズ面の曲率半径

ave | IH / LRi |：全系の | IH / LRi | の平均値

【0040】

条件式(6)の下限以下にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式(6)の上限以上にならないようにすることで、レンズの平行偏心の許容量および傾き誤差の許容量を大きくすることができ、組み立てが容易となり、良好な光学性能の実現に貢献できる。条件式(6)に関する効果をより高めるためには下記条件式(6-1)

$$0.20 < \text{ave} | \text{IH} / \text{LRi} | < 0.31 \quad (6-1)$$

【0041】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(7)を満足することが好ましい。

$$1.79 < \text{min Nd p} < 1.98 \quad (7)$$

ただし、

min Nd p：全系の正レンズのd線に対する屈折率の最小値

【0042】

条件式(7)の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式(7)の上限以上にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式(7)に関する効果をより高めるためには下記条件式(7-1)を満足することが好ましい。

$$1.81 < \text{min Nd p} < 1.95 \quad (7-1)$$

【0043】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(8)を満足することが好ましい。

$$1.82 < \text{ave Nd p} < 1.98 \quad (8)$$

ただし、

ave Nd p：全系の正レンズのd線に対する屈折率の平均値

【0044】

条件式(8)の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式(8)の上限以上にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式(8)に関する効果をより高めるためには下記条件式(8-1)を満足することが好ましい。

$$1.84 < \text{ave Nd p} < 1.96 \quad (8-1)$$

【0045】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(9)を満足することが好ましい。

$$0.30 < f / R c < 0.60 \quad (9)$$

ただし、

f：全系の焦点距離

Rc：接合レンズの接合面の曲率半径

【0046】

条件式(9)の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式(9)の上限以上にならないようにすることで、非点収差を抑えることができる。条件式(9)に関する効果をより高めるためには下記条件式(9-1)を満足することが好ましい。

$$0.33 < f / R c < 0.57 \quad (9-1)$$

【0047】

また、この内視鏡用対物光学系は、下記条件式(10)を満足することが好ましい。

$$0.10 < Nd3 - Nd4 < 0.15 \quad (10)$$

ただし、

$Nd3$: 第 3 レンズの d 線に対する屈折率

$Nd4$: 第 4 レンズの d 線に対する屈折率

【0048】

条件式 (10) の下限以下にならないようにすることで、球面収差を抑えることができる。条件式 (10) の上限以上にならないようにすることで、像面湾曲を抑えることができる。条件式 (10) に関する効果をより高めるためには下記条件式 (10-1) を満足することが好ましい。

$$0.11 < Nd3 - Nd4 < 0.14 \quad (10-1)$$

【0049】

なお、この内視鏡用対物光学系は、第 1 レンズ $L1$ および平行平面部材 $P1$ が、平行平面部材 $P1$ より像側の光学部材に対して分離可能なように構成してもよい。すなわち図 1 の例においては、前群 GF が、開口絞り St および後群 GR に対して分離可能なように構成してもよい。その場合は、前群 GF を固定する鏡筒と、開口絞り St および後群 GR を固定する鏡筒とを別部材で構成し、これら 2 つの鏡筒を溶剤、熱、または光といった外部刺激によって解体可能な接着剤で接着することに構成可能である。このような分離可能な構成を採ることで、第 1 レンズ $L1$ に汚損や破損が生じた場合には、上記接着剤を解体除去して第 1 レンズ $L1$ が含まれる鏡筒を一体的に交換することが可能である。

【0050】

最も物体側に配置されて外部に露出する第 1 レンズ $L1$ は、使用に伴って汚損し、また破損する可能性がある。第 1 レンズ $L1$ に汚損や破損が生じた場合に、内視鏡用対物光学系が分離不能に一体に構成されているものでは内視鏡用対物光学系全体の交換となり、修理費用が嵩む。これに対し、上記構成のように物体側の一部の光学部材のみが交換可能に構成された内視鏡用対物光学系では、交換にかかる費用を抑えることができる。

【0051】

上記のような分離可能な構成を採った場合、前群 GF が平行平面部材 $P1$ を有することで、平行平面部材 $P1$ により前群 GF をその像側で封止することが可能なため、分離した際に取り扱いが容易になり、ゴミや汚れ等を除去して清掃することが容易になる。

【0052】

なお、前群 GF は複数の平行平面部材を有していてもよく、その場合は、第 1 レンズ $L1$ および最も物体側の平行平面部材が、物体側から 2 番目の平行平面部材とそれより像側の光学部材に対して分離可能なように構成することが好ましい。これにより、物体側から 2 番目の平行平面部材により、この 2 番目の平行平面部材以降の像側の光学部材をその物体側で封止することが可能なため、同様に分離した際に取り扱いが容易になり、メンテナンスが容易になる。

【0053】

以上述べた好ましい構成および可能な構成は、任意の組合せが可能であり、要求される仕様に応じて適宜選択的に採用されることが好ましい。本実施形態によれば、広角でありながら、歪曲収差を含む諸収差が抑えられて良好な光学性能を有する内視鏡用対物光学系を実現することができる。なお、ここでいう広角とは、最大全画角が 100° 以上のことを意味する。

【0054】

次に、本発明の内視鏡用対物光学系の数値実施例について説明する。

[実施例 1]

実施例 1 の内視鏡用対物光学系のレンズ構成と光路は図 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。表 1 に実施例 1 の内視鏡用対物光学系の基本レンズデータを示す。表 1 の Si の欄には最も物体側の構成要素の物体側の面を 1 番目として像側に向かうに従い順次増加するように構成要素の面に面番号を付した場合の i 番目 ($i = 1, 2, 3, \dots$) の面番号を示し、 Ri の欄には i 番目の面の曲率半径を示し、 Di の欄には i 番目の面と $i + 1$ 番目の面との光軸 Z 上の

10

20

30

40

50

面間隔を示す。表 1 の $N d j$ の欄には最も物体側の構成要素を 1 番目として像側に向かうに従い順次増加する j 番目 ($j = 1, 2, 3, \dots$) の構成要素の d 線 (波長 587.6 nm) に関する屈折率を示し、 $\nu d j$ の欄には j 番目の構成要素の d 線基準のアッペ数を示す。

【0055】

曲率半径の符号は、物体側に凸面を向けた面形状のものを正とし、像側に凸面を向けた面形状のものを負としている。表 1 には開口絞り $S t$ 、フィルタ 4、およびプリズム 5 も合わせて示している。表 1 では、開口絞り $S t$ に相当する面の面番号の欄には面番号と ($S t$) という語句を記載している。 $D i$ の最下欄の値は表中の最も像側の面と像面 $S i m$ との間隔である。

10

【0056】

表 1 の枠外上部には、全系の焦点距離 f 、F ナンバー $F N o .$ 、最大全画角 2ω 、物体距離 (第 1 レンズ $L 1$ の物体側のレンズ面から物体までの光軸上の距離) $O B$ 、および最大像高 $I H$ を d 線基準で示す。表 1 の $D i$ の最下欄の値、および後述の収差図は、物体距離が表 1 に示す値の場合のものである。

【0057】

各表のデータにおいて、角度の単位には度を用い、長さの単位には mm を用いているが、光学系は比例拡大または比例縮小しても使用可能なため他の適当な単位を用いることも可能である。また、以下に示す各表では所定の桁で丸められた数値を記載している。

【0058】

20

【表 1】

実施例 1

$f=0.32$, $F N o.=4.25$, $2\omega=117.2$, $O B=4$, $I H=0.295$

$S i$	$R i$	$D i$	$N d j$	$\nu d j$
1	∞	0.1500	1.88299	40.78
2	0.3600	0.1255		
3	∞	0.4800	1.91082	35.25
4	∞	0.0350		
5($S t$)	∞	0.0000		
6	∞	0.4800	1.90043	37.37
7	-0.4500	0.1000		
8	∞	0.1500	1.95906	17.47
9	0.5800	0.2800	1.83481	42.72
10	-1.9950	0.1000		
11	∞	0.1500	1.85150	40.78
12	∞	0.1000		
13	∞	0.4000	1.51633	64.14
14	∞	0.0535		

30

40

【0059】

図 4 に左から順に、実施例 1 の内視鏡用対物光学系の球面収差、非点収差、歪曲収差 (ディストーション)、および倍率色収差 (倍率の色収差) の各収差図を示す。球面収差図では、 d 線 (波長 587.6 nm)、 C 線 (波長 656.3 nm)、および F 線 (波長 486.1 nm) に関する収差をそれぞれ実線、長破線、および短破線で示す。非点収差図では、サジタル方向の d 線に関する収差を実線で示し、タンジェンシャル方向の d 線に関する収差を短破線で示す。歪曲収差図では d 線に関する収差を実線で示す。倍率色収差図では、 C 線、および F 線に関する収差をそれぞれ長破線、および短破線で示す。球面収差図の $F N o .$ は F ナンバーを意味し、その他の収差図の ω は半画角を意味する。

【0060】

50

上記の実施例 1 の構成例に関する説明で述べた図示方法、各データの記号、意味、および記載方法は、特に断りがない限り以下の実施例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。

【 0 0 6 1 】

[実施例 2]

実施例 2 の内視鏡用対物光学系について、レンズ構成図と光路を図 2 に示し、基本レンズデータを表 2 に示し、各収差図を図 5 に示す。

【 0 0 6 2 】

【表 2】

実施例 2

$f=0.32$, $FNo.=4.25$, $2\omega=118.8$, $OB=4$, $IH=0.295$

Si	Ri	Di	Ndj	ν_{dj}
1	∞	0.0300	1.95375	32.32
2	0.4000	0.0930		
3	∞	0.8000	1.94595	17.98
4	∞	0.2320		
5(St)	∞	0.0000		
6	∞	0.3113	1.88100	40.14
7	-0.5263	0.2670		
8	∞	0.2507	1.94595	17.98
9	0.6667	0.2100	1.81600	46.57
10	-2.2675	0.1000		
11	∞	0.1500	1.85150	40.78
12	∞	0.0600		
13	∞	0.4000	1.51633	64.14
14	∞	0.0711		

【 0 0 6 3 】

[実施例 3]

実施例 3 の内視鏡用対物光学系について、レンズ構成図と光路を図 3 に示し、基本レンズデータを表 3 に示し、各収差図を図 6 に示す。

【 0 0 6 4 】

10

20

30

【表 3】
実施例3

$f=0.32$, $FNo.=4.25$, $2\omega=117.4$, $OB=4$, $IH=0.295$

Si	Ri	Di	Ndj	ν dj
1	∞	0.0300	1.90043	37.37
2	0.4444	0.0845		
3	∞	0.8000	2.00178	19.32
4	∞	0.1145		
5(St)	∞	0.0000		
6	∞	0.5164	1.91082	35.25
7	-0.5128	0.1759		
8	∞	0.1800	2.00178	19.32
9	0.6329	0.2100	1.88300	40.76
10	-2.5000	0.1000		
11	∞	0.1500	1.85150	40.78
12	∞	0.0700		
13	∞	0.4000	1.51633	64.14
14	∞	0.0619		

10

20

【 0 0 6 5 】

表 4 に、実施例 1 ~ 3 の内視鏡用対物光学系の条件式 (1) ~ (1 0) の対応値を示す。
表 4 のデータは d 線を基準としたものである。

【 0 0 6 6 】

【表 4】

式番号		実施例1	実施例2	実施例3
(1)	f/f_c	0.070	0.056	0.056
(2)	f/f_2	0.647	0.537	0.571
(3)	f/f_1	-0.793	-0.765	-0.652
(4)	f/f_r	0.651	0.534	0.578
(5)	$\max IH/LRi $	0.819	0.738	0.664
(6)	$\text{ave} IH/LRi $	0.304	0.267	0.260
(7)	$\min Ndp$	1.83481	1.81600	1.88300
(8)	$\text{ave} Ndp$	1.86762	1.84850	1.89691
(9)	f/R_c	0.557	0.481	0.508
(10)	$Nd3-Nd4$	0.12425	0.12995	0.11878

30

【 0 0 6 7 】

以上のデータからわかるように、実施例 1 ~ 3 の内視鏡用対物光学系は、全画角が 1 1 7 ° 以上あり広角のレンズ系を実現しながら、歪曲収差を含む諸収差が良好に補正されて
高い光学性能を達成している。

40

【 0 0 6 8 】

次に、本発明の内視鏡用対物光学系が適用される内視鏡の実施形態について図 7 を参照しながら説明する。図 7 にその内視鏡の概略的な全体構成図を示す。図 7 に示す内視鏡 1 0 0 は、主として、操作部 1 0 2 と、挿入部 1 0 4 と、コネクタ部（不図示）と接続されるユニバーサルコード 1 0 6 とを備える。挿入部 1 0 4 の大半は挿入経路に沿って任意の方向に曲がる軟性部 1 0 7 であり、この軟性部 1 0 7 の先端には湾曲部 1 0 8 が連結され、この湾曲部 1 0 8 の先端には先端部 1 1 0 が連結されている。湾曲部 1 0 8 は、先端部 1 1 0 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 1 0 2 に設けられた湾曲操作ノブ 1 0 9 を回動させることにより湾曲操作が可能となっている。先端部 1 1 0 の

50

内部先端に本発明の実施形態に係る内視鏡用対物光学系 1 が配設される。図 7 では内視鏡用対物光学系 1 を概略的に図示している。本実施形態の内視鏡は内視鏡用対物光学系 1 を備えているため、広角で、結像領域周辺部でも歪みが少ない良好な画像を取得することができる。

【 0 0 6 9 】

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、各レンズの曲率半径、面間隔、屈折率、およびアッペ数は、上記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。同様に、前群 G F が有する平行平板の数、厚さ、および屈折率も上記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。

10

【符号の説明】

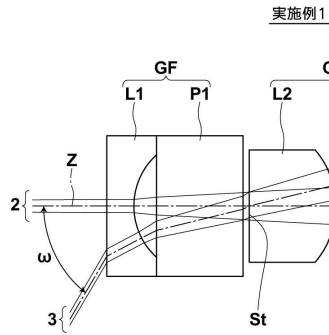
【 0 0 7 0 】

1	内視鏡用対物光学系
2	軸上光束
3	軸外光束
4	フィルタ
5	プリズム
1 0 0	内視鏡
1 0 2	操作部
1 0 4	挿入部
1 0 6	ユニバーサルコード
1 0 7	軟性部
1 0 8	湾曲部
1 0 9	湾曲操作ノブ
1 1 0	先端部
C E	接合レンズ
G F	前群
G R	後群
I H	最大像高
L 1	第 1 レンズ
L 2	第 2 レンズ
L 3	第 3 レンズ
L 4	第 4 レンズ
P 1	平行平面部材
S i m	像面
S t	開口絞り
Z	光軸
ω	半画角

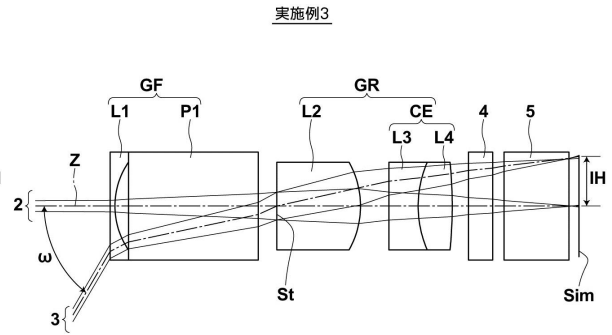
20

30

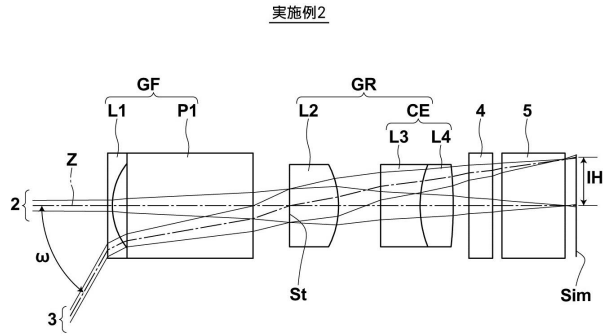
【図1】



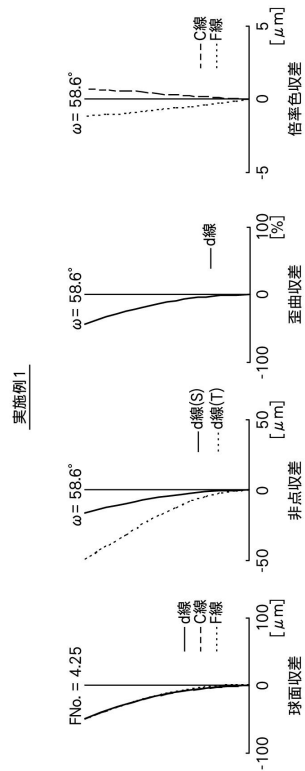
【図3】



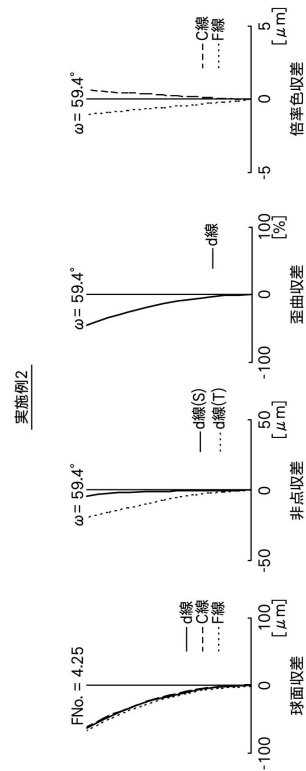
【図2】



【図4】

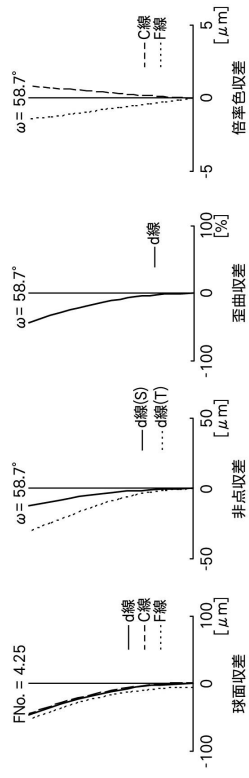


【図5】

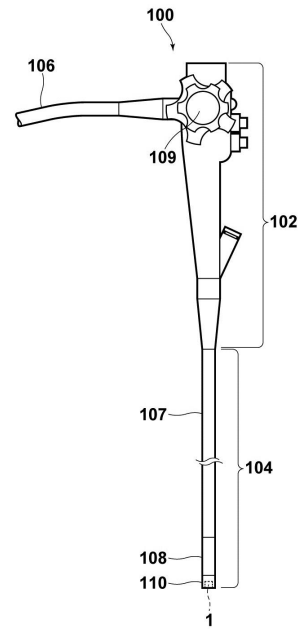


【図 6】

実施例3



【図 7】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 7 7 7 3 5 (J P , A)
特開平 0 7 - 2 1 8 8 2 7 (J P , A)
特開平 1 1 - 0 1 4 9 0 2 (J P , A)
特開 2 0 1 5 - 0 3 4 8 8 5 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 9 1 2 3 1 (J P , A)
特開平 0 8 - 1 7 9 2 2 6 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 3 / 0 7 7 1 3 9 (W O , A 1)

(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)	内窥镜物镜光学系统和内窥镜		
公开(公告)号	JP6576289B2	公开(公告)日	2019-09-18
申请号	JP2016074867	申请日	2016-04-04
[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	井上和紀		
发明人	井上 和紀		
IPC分类号	G02B13/04 G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00064 A61B1/00163 G02B13/004 G02B13/06 G02B13/18 G02B23/243 A61B1/00096 G02B7/105 G02B9/60 G02B13/04 G02B23/2415		
FI分类号	G02B13/04.D G02B23/26.C A61B1/00.731 A61B1/00.300.Y		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/CA23 2H040/CA24 2H040/DA12 2H040/DA14 2H040/DA15 2H040/DA21 2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/PA03 2H087/PA18 2H087/PB04 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA26 2H087/QA34 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/RA42 2H087/RA43 4C161/CC02 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/JJ06		
审查员(译)	正人Tonooka		
其他公开文献	JP2017187563A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

内窥镜的物镜光学系统从物体侧开始依次包括前组，孔径光阑和正后组。前组由具有像侧的透镜表面的曲率半径的绝对值小于物侧的透镜表面的曲率半径的绝对值的负的第一透镜，以及一个或多个平行的平面构件构成，该平面透镜的入射面和出射面为垂直于光轴，从物体侧开始顺序。后组由正的第二透镜和胶合透镜组成，其中负的第三透镜和正的四透镜从物侧开始依次接合在一起，并且胶合表面具有朝向像侧的凹面。满足预定条件表达式。

(19) 日本国特許庁(JP)		(12) 特 許 公 報(B2)		(11) 特許番号 特許第6576289号 (P6576289)	
(45) 発行日 令和1年9月18日(2019.9.18)				(24) 登録日 令和1年8月30日(2019.8.30)	
(51) Int. Cl.		F I			
G 0 2 B 13/04 (2006.01)		G 0 2 B 13/04		D	
G 0 2 B 23/26 (2006.01)		G 0 2 B 23/26		C	
A 6 1 B 1/00 (2006.01)		A 6 1 B 1/00		7 3 1	
請求項の数 19 (全 18 頁)					
(21) 出願番号 特願2016-74867(P2016-74867)		(73) 特許権者 306037311 富士フイルム株式会社			
(22) 出願日 平成28年4月4日(2016.4.4)		東京都港区西麻布2丁目2番30号			
(65) 公開番号 特開2017-187563(P2017-187563A)		(74) 代理人 110001519 特許業務法人太陽国際特許事務所			
(43) 公開日 平成29年10月12日(2017.10.12)		(72) 発明者 井上 和紀 埼玉県さいたま市北区榎竹町1丁目324番地 富士フイルム株式会社内			
審査請求日 平成30年7月26日(2018.7.26)		審査官 殿岡 雅仁			
最終頁に続く					
(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物光学系および内視鏡					