

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6230518号

(P6230518)

(45) 発行日 平成29年11月15日(2017.11.15)

(24) 登録日 平成29年10月27日(2017.10.27)

(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 6 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2014-216370 (P2014-216370)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成26年10月23日(2014.10.23)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2016-85282 (P2016-85282A)		東京都八王子市石川町2951番地
(43) 公開日	平成28年5月19日(2016.5.19)	(74) 代理人	100123962
審査請求日	平成28年12月2日(2016.12.2)		弁理士 斎藤 圭介
		(74) 代理人	100120204
			弁理士 平山 巖
		(72) 発明者	河西 研
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパスメディカルシステムズ株式会社内
		審査官	森内 正明
		(56) 参考文献	国際公開第2013/021744 (W O, A 1)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡対物光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側から順に、

負の屈折力を持つ第1レンズ群と、正の屈折力を持つ第2レンズ群と、正の屈折力を持つ第3レンズ群と、からなり、前記第1レンズ群は、像側に凹面を向けた平凹レンズと、負メニスカスレンズと、からなり、前記第2レンズ群は、物体側正レンズと、明るさ絞りと、像側正レンズと、からなり、

前記物体側正レンズと前記像側正レンズは、共に平凸レンズであるか、又は、共にメニスカスレンズであり、

前記物体側正レンズは、物体側に凸面を向けて配置されると共に、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さく、

前記像側正レンズは、像側に凸面を向けて配置されると共に、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さく、

前記第3レンズ群は、少なくとも1つの接合レンズを含み、

以下の条件式(1)を満足することを特徴とする内視鏡対物光学系。

$$1.8 < f_{12} / f_{11} < 13.5 \quad (1)$$

ここで、

 f_{11} は、前記平凹レンズの焦点距離、 f_{12} は、前記負メニスカスレンズの焦点距離、

である。

【請求項 2】

以下の条件式 (2) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡対物光学系。

$$0.7 < f_{21} / f_{22} < 3.8 \quad (2)$$

ここで、

f_{21} は、前記物体側正レンズの焦点距離、

f_{22} は、前記像側正レンズの焦点距離、

である。

【請求項 3】

前記物体側正レンズと前記像側正レンズは、共に平凸レンズであることを特徴とする請求項 2 に記載の内視鏡対物光学系。 10

【請求項 4】

以下の条件式 (3) を満足することを特徴とする請求項 3 に記載の内視鏡対物光学系。

$$0.35 < |f_1| / f_2 < 0.57 \quad (3)$$

ここで、

f_1 は、前記第 1 レンズ群の焦点距離、

f_2 は、前記第 2 レンズ群の焦点距離、

である。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群における接合レンズの数は 1 つであり、 20

以下の条件式 (4)、(5) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡対物光学系。

$$3.5 < v_{3Cp} - v_{3Cn} \quad (4)$$

$$1.7 < n_{3Cp} \quad (5)$$

ここで、

v_{3Cp} は、前記接合レンズの正レンズのアッベ数、

v_{3Cn} は、前記接合レンズの負レンズのアッベ数、

n_{3Cp} は、前記接合レンズの正レンズの e 線基準の屈折率、

である。

【請求項 6】 30

前記第 3 群レンズは、物体側に凸面を向けた平凸レンズを有し、

前記平凸レンズは最も像側に配置され、

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする請求項 5 に記載の内視鏡対物光学系。

$$f_{31} / f < 1.3 \quad (6)$$

ここで、

f_{31} は、前記平凸レンズの焦点距離、

f は、前記内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】 40

【0001】

本発明は対物光学系、特に、視野が広く高い解像力を有する内視鏡対物光学系に関する。

【背景技術】

【0002】

医療分野の電子内視鏡では、処置や診断に関する技能が高度化している。技能の高度化が進むと、検査での病変の見落としを防止することがより重要になってくる。このようなことから、電子内視鏡の光学系には、広い視野を持つこと、例えば 160° を超える画角を持つことが要求される。

【0003】

また、より微小な病変の発見や検出を可能とする為に、電子内視鏡に対して、高画質化のニーズが年々高まっている。このようなニーズに応える為に、小型でありながら高画素、例えば、数十万の画素数を持つ撮像素子が電子内視鏡に搭載されるようになってきた。このようなことから、電子内視鏡の光学系には、高い解像力を持つことが要求される。

【 0 0 0 4 】

また、電子内視鏡は生体内に挿入する機器であることから、挿入部の小型化が必須となる。電子内視鏡の光学系は挿入部に搭載されるため、電子内視鏡の光学系には、レンズの小型化や光学系の全長の短縮が必須となる。

【 0 0 0 5 】

このような要求に対応した光学系として、特許文献 1 ～ 4 に開示された対物光学系がある。

10

【 0 0 0 6 】

特許文献 1 に開示された対物光学系は、物体側から順に、像側に凹面を向けた平凹レンズと、物体側に凸面を向けた平凸レンズと、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた平凸レンズと、接合レンズからなる。

【 0 0 0 7 】

特許文献 2 に開示された対物光学系は、物体側から順に、像側に凹面を向けた平凹レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、像側に凸面を向けた平凸レンズと、接合レンズからなる。

【 0 0 0 8 】

20

特許文献 3 に開示された対物光学系は、物体側から順に、像側に凹面を向けた平凹レンズと、負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、明るさ絞りと、両凸正レンズと、接合レンズからなる。

【 0 0 0 9 】

特許文献 4 に開示された対物光学系は、物体側から順に、像側に凹面を向けた平凹レンズと、負メニスカスレンズと、両凸正レンズと、明るさ絞りと、両凸正レンズと、接合レンズからなる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 0 】

30

【 特許文献 1 】 特許 4 2 4 5 9 8 5 号公報

【 特許文献 2 】 特許 4 6 9 5 6 6 2 号公報

【 特許文献 3 】 特許 4 9 3 4 2 3 3 号公報

【 特許文献 4 】 特開平 8 - 2 3 4 1 0 0 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 1 】

特許文献 1 に開示された対物光学系は、画角が十分に広い光学系とは言えない。また、光学系の組み立てでは、保持部材の所定の位置でレンズを保持する。このとき、組み立て誤差、例えば、実際に保持された位置と所定の位置との差が生じる場合がある。特許文献 1 に開示された対物光学系では、第 1 レンズの負屈折力が大きい為に、組み立て誤差に対する収差の変動（以下、「誤差感度」という）が大きくなる。そのため、高い解像力を有する光学系を容易に実現することが難しい。

40

【 0 0 1 2 】

特許文献 2 に開示された光学系では、明るさ絞り（開口絞り）の近傍に第 2 レンズが配置されているが、明るさ絞り側のレンズ面の曲率半径が大きい。レンズ面の曲率半径が大きい場合、そのレンズ面の加工性が非常に悪くなる。レンズ面の加工性が悪いと、レンズ面の加工誤差に対して収差が大きく変動する。

【 0 0 1 3 】

特に、明るさ絞りの近傍のレンズ面では、軸上光束と軸外光束がほぼ同じ位置を通過す

50

る。そのため、加工誤差が大きいと、軸上収差と軸外収差が共に悪化する。加工誤差を小さくしようとする加工時間が増大するため、製造コストが増大する。このようなことから、特許文献 2 に開示された光学系では、低コストで高い解像力を有する光学系を実現することが難しい。

【 0 0 1 4 】

特許文献 3 に開示された光学系は、F ナンバーが十分に小さい光学系とは言えない。そのため、特許文献 3 に開示された光学系は、高解像な対物光学系とは言い難い。

【 0 0 1 5 】

特許文献 4 に開示された光学系では、第 1 レンズの物体側面が球面になっている。第 1 レンズの物体側のレンズ面が球面だと、このレンズ面が破損しやすい。さらに、このレンズ面の周辺部に水滴が溜まり易くなるので、観察可能な範囲が狭くなってしまう。また、レンズの加工コストも上昇する。

【 0 0 1 6 】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、小型でありながら、視野が広く高い解像力を有する内視鏡対物光学系を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 7 】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、以下の手段を提供する。

本発明の一態様は、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群と、からなり、第 1 レンズ群は、像側に凹面を向けた平凹レンズと、負メニスカスレンズと、からなり、第 2 レンズ群は、物体側正レンズと、明るさ絞りと、像側正レンズと、からなり、物体側正レンズと像側正レンズは、共に平凸レンズであるか、又は、共にメニスカスレンズであり、物体側正レンズは、物体側に凸面を向けて配置されると共に、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さく、像側正レンズは、像側に凸面を向けて配置されると共に、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さく、第 3 レンズ群は、少なくとも 1 つの接合レンズを含み、以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする内視鏡対物光学系である。

$$1.8 < f_{12} / f_{11} < 13.5 \quad (1)$$

ここで、

f_{11} は、平凹レンズの焦点距離、

f_{12} は、負メニスカスレンズの焦点距離、

である。

【 0 0 1 8 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

$$0.7 < f_{21} / f_{22} < 3.8 \quad (2)$$

ここで、

f_{21} は、物体側正レンズの焦点距離、

f_{22} は、像側正レンズの焦点距離、

である。

【 0 0 1 9 】

また、本発明の好ましい態様によれば、物体側正レンズと像側正レンズは、共に平凸レンズであることが望ましい。

【 0 0 2 0 】

また、本発明の好ましい態様によれば、以下の条件式 (3) を満足することが望ましい。

$$0.35 < |f_1| / f_2 < 0.57 \quad (3)$$

ここで、

f_1 は、第 1 レンズ群の焦点距離、

f_2 は、第 2 レンズ群の焦点距離、

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の好ましい態様によれば、第 3 レンズ群における接合レンズの数は 1 つであり、以下の条件式 (4)、(5) を満足することが望ましい。

$$3.5 < v_{3cp} - v_{3cn} \quad (4)$$

$$1.7 < n_{3p} \quad (5)$$

ここで、

v_{3cp} は、接合レンズの正レンズのアッベ数、

v_{3cn} は、接合レンズの負レンズのアッベ数、

n_{3p} は、接合レンズの正レンズの e 線基準の屈折率、

である。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の好ましい態様によれば、第 3 群レンズは、物体側に凸面を向けた平凸レンズを有し、平凸レンズは最も像側に配置され、以下の条件式 (6) を満足することが望ましい。

$$f_{31} / f < 1.3 \quad (6)$$

ここで、

f_{31} は、平凸レンズの焦点距離、

f は、内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

である。

【発明の効果】

【 0 0 2 3 】

本発明の一実施形態に係る内視鏡対物光学系は、小型でありながら、視野が広く高い解像力を有するという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

【図 1】本発明の一実施形態に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は第 1 実施形態の内視鏡対物光学系における断面図、(b) は第 2 実施形態の内視鏡対物光学系における断面図である。

【図 2】本発明の実施例 1 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 3】本発明の実施例 2 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 4】本発明の実施例 3 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 5】本発明の実施例 4 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 6】本発明の実施例 5 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 7】本発明の実施例 6 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 8】本発明の実施例 7 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す。

【図 9】本発明の実施例 8 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (SA)、(c) は非点収差 (AS)、(d) は歪曲収差 (DT) 及び倍率色収差 (CC) をそれぞれ示す。

【図 10】本発明の実施例 9 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (SA)、(c) は非点収差 (AS)、(d) は歪曲収差 (DT) 及び倍率色収差 (CC) をそれぞれ示す。

【図 11】本発明の実施例 10 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (SA)、(c) は非点収差 (AS)、(d) は歪曲収差 (DT) 及び倍率色収差 (CC) をそれぞれ示す。

【図 12】本発明の実施例 11 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (SA)、(c) は非点収差 (AS)、(d) は歪曲収差 (DT) 及び倍率色収差 (CC) をそれぞれ示す。

【図 13】本発明の実施例 12 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (SA)、(c) は非点収差 (AS)、(d) は歪曲収差 (DT) 及び倍率色収差 (CC) をそれぞれ示す。

【図 14】本発明の実施例 13 に係る内視鏡対物光学系の断面構成と収差図を示す図であり、(a) は断面図、(b) は球面収差 (SA)、(c) は非点収差 (AS)、(d) は歪曲収差 (DT) 及び倍率色収差 (CC) をそれぞれ示す。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本実施形態に係る内視鏡対物光学系について、図面を用いて、このような構成をとった理由と作用を説明する。なお、以下の実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0026】

図 1 は、本実施形態に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図である。ここで、(a) は、第 1 実施形態に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図、(b) は、第 2 実施形態に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図である。

【0027】

本実施形態に係る内視鏡対物光学系（以下、「対物光学系」という）は電子内視鏡、特に、撮像素子の画素数が多く、広い範囲を観察できる電子内視鏡の対物光学系に適した光学系である。

【0028】

広い範囲を観察できるようにするために、本実施形態に係る対物光学系では、前群の屈折力を負屈折力、後群の屈折力を正屈折力にしている。これにより、対物光学系の構成が、レトロフォーカス型の構成となるので、広い視野を確保することができる。より具体的には、前群を負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G1 で構成し、後群を正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G2 と正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G3 とで構成している。

【0029】

第 1 レンズ群 G1 は、全体として負の屈折力を持つ。第 1 レンズ群 G1 は、物体側から順に、像側に凹面を向けた平凹レンズ L1 と、負メニスカスレンズ L2 とからなる。広い視野を確保するためには、光学系の画角を広くする必要がある。画角を広くするためには、第 1 レンズ群 G1 の負の屈折力を大きくすれば良い。ただし、負の屈折力を大きくすると、収差が発生し易くなると共に、誤差感度が大きくなる。

【0030】

そこで、本実施形態に係る対物光学系では、第 1 レンズ群 G1 に平凹レンズ L1 と、負メニスカスレンズ L2 を用いることで、負の屈折力を 2 つのレンズに分散させている。負の屈折力を 2 つのレンズに分散させることで、第 1 レンズ群 G1 での収差の発生を抑制することができる。その結果、第 1 レンズ群 G1 における誤差感度を低減することができる。

【0031】

10

20

30

40

50

平凹レンズL1は、像側に凹面を向けて配置されている。この場合、レンズの物体側面が平面になっているので、レンズ面の破損を低減することができる。また、レンズ面の周辺部に水滴が溜まりにくくなるので、観察可能な範囲が狭まることのない。すなわち、本来対物光学系が持つ視野を、余すところなく観察に使用することができる。

【0032】

また、負メニスカスレンズL2は、正の屈折作用を持つレンズ面を持っている。そこで、正の屈折作用を持つレンズ面を使って、負メニスカスレンズL2を通過する軸外光の高さを下げることができる。また、これにより、負メニスカスレンズL2に入射する軸外光の高さも下がるので、平凹レンズL1を通過する軸外光の高さについても下げることができる。よって、平凹レンズL1の外径を小さくすることができる。その結果、光学系の画角を広く保った状態で、第1レンズ群G1の外径を全体的に小さくすることができる。

10

【0033】

第1実施形態に係る対物光学系では、負メニスカスレンズL2は物体側に凸面を向けて配置されている。また、第2実施形態に係る対物光学系では、負メニスカスレンズL2は像側に凸面を向けて配置されている。このように、負メニスカスレンズL2は凸面をどちらに向けて配置しても良い。凸面を物体側に向けて配置することで、球面収差やコマ収差の補正が容易となる。また、歪曲収差の発生を抑制できる。凸面を像側に向けることで、非点収差の補正に有効となる。

【0034】

第2レンズ群G2は、全体として正の屈折力を有する。第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側正レンズL3と、像側正レンズL4と、からなる。そして、物体側正レンズL3から像側正レンズL4までの間に、明るさ絞りSが配置されている。このようにすると、明るさ絞りSを挟んで屈折力が対称となるように光学系が構成されるため、コマ収差や非点収差を良好に補正することができる。

20

【0035】

また、物体側正レンズL3と像側正レンズL4との間には、フィルタFが配置されている。フィルタFは、例えば、赤外カットフィルターである。フィルタFは、撮像素子で撮像した画像の色補正の為に用いられる。

【0036】

物体側正レンズL3は、物体側に凸面を向けて配置されている。像側正レンズL4は、像側に凸面を向けて配置されている。また、曲率半径の絶対値で比較すると、物体側正レンズL3では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。像側正レンズL4では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。このように、レンズ形状についても対称性が高まるため、コマ収差や非点収差を更に良好に補正することができる。

30

【0037】

また、物体側正レンズL3の像側面と像側正レンズL4の物体側面は、各々平面になっている。ただし、物体側正レンズL3の像側面と像側正レンズL4の物体側面は、各々平面でなくても良い。

【0038】

第3レンズ群G3は、全体として正の屈折力を有する。第3レンズ群G3は、少なくとも1つの接合レンズを含む。接合レンズは、正レンズL5と負レンズL6とからなる。少なくとも1つの接合レンズを含むことで、主に、球面収差とコマ収差を良好に補正することができる。

40

【0039】

また、第3レンズ群G3は、更にレンズを備えていて良い。図1(a)に示すように、第1実施形態に係る対物光学系では、第3レンズ群G3は接合レンズ以外に平凸レンズL7を備えている。平凸レンズL7は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸レンズL7を設けることで、より広い視野を確保することができる。平凸レンズL7は、カバーガラスCGに接合されている。カバーガラスCGは撮像素子に設けられているので、平凸

50

レンズ L 7 は撮像素子の位置決めに利用される。

【 0 0 4 0 】

一方、図 1 (b) に示すように、第 2 実施形態に係る対物光学系では、第 3 レンズ群 G 3 は接合レンズ以外にレンズを備えていない。図 1 (b) では、平行平板 P L がカバーガラス C G に接合されている。カバーガラス C G は撮像素子に設けられているので、平行平板 P L は撮像素子の位置決めに利用される。

【 0 0 4 1 】

そして、本実施形態に係る対物光学系は、以下の条件式 (1) を満足する。

$$1.8 < f_{12} / f_{11} < 13.5 \quad (1)$$

ここで、

f_{11} は、平凹レンズ L 1 の焦点距離、

f_{12} は、負メニスカスレンズ L 2 の焦点距離、

である。

【 0 0 4 2 】

条件式 (1) は、第 1 レンズ群 G 1 を構成するレンズの屈折力に関する条件式である。条件式 (1) を満足することで、広い視野と高い解像力を確保することができる。

【 0 0 4 3 】

条件式 (1) の上限値を上回ると、平凹レンズ L 1 の凹面における屈折力が過大になる。この場合、誤差感度が大きくなるため、高い解像力を有する光学系を容易に実現することが難しくなる。また、画質劣化へ影響が大となる。また、平凹レンズ L 1 の凹面における加工性が悪くなる。

【 0 0 4 4 】

条件式 (1) の下限値を下回ると、平凹レンズ L 1 の凹面における屈折力が過小になる。この場合、広い視野を確保することができない。

【 0 0 4 5 】

また、本実施形態に係る対物光学系は、以下の条件式 (2) を満足することが望ましい。

$$0.7 < f_{21} / f_{22} < 3.8 \quad (2)$$

ここで、

f_{21} は、物体側正レンズ L 3 の焦点距離、

f_{22} は、像側正レンズ L 4 の焦点距離、

である。

【 0 0 4 6 】

条件式 (2) は、第 2 レンズ群 G 2 を構成するレンズの屈折力に関する条件式である。条件式 (2) を満足することで、球面収差と倍率色収差の良好な補正と適切なバックフォーカスの確保とを両立させることができる。

【 0 0 4 7 】

条件式 (2) の上限値を上回ると、物体側正レンズ L 3 の屈折力が小さくなる。この場合、第 2 レンズ群 G 2 における正の屈折作用は、明るさ絞り S よりも物体側で小さくなり、明るさ絞り S よりも像側で大きくなる。そのため、球面収差が補正不足になる。また、倍率色収差が補正不足になる。

【 0 0 4 8 】

条件式 (2) の下限値を下回ると、物体側正レンズ L 3 の屈折力が大きくなる。この場合、正の屈折作用は、明るさ絞り S よりも物体側で大きくなり、明るさ絞り S よりも像側で小さくなる。そのため、バックフォーカスが短くなる。光学系の組み立て時にピント調整を行うが、バックフォーカスが短いと、このピント調整に必要な間隔を確保することができなくなる。

【 0 0 4 9 】

また、本実施形態に係る対物光学系では、物体側正レンズ L 3 と像側正レンズ L 4 は、共に平凸レンズであることが望ましい。

【 0 0 5 0 】

このようにすると、物体側正レンズ L 3 の像側面と像側正レンズ L 4 の物体側面が、共に平面になる。その結果、2つの平面が明るさ絞り S の近傍に位置する。ここで、平面は球面に比べて、高い加工精度で形成できる。2つの平面が明るさ絞り S の近傍に位置するので、明るさ絞り S の近傍に加工精度の高いレンズ面が位置することになる。上述のように、明るさ絞り S の近傍のレンズ面では、軸上光束と軸外光束がほぼ同じ位置を通過する。本実施形態に係る対物光学系では、これらのレンズ面の加工精度を高くすることができるので、軸上収差の悪化と軸外収差の悪化を抑制することができる。

【 0 0 5 1 】

また、光学系の組み立てでは、保持枠にレンズを落とし込む作業がある。ここで、レンズの形状が平凸の場合、平面側でレンズを保持することができるので、保持した時にレンズの傾きが発生しにくくなる。このように、レンズの形状を平凸にすることには、組み立て誤差による画質劣化を抑制できるという利点がある。

【 0 0 5 2 】

また、昨今の撮像素子の小型化に対応するために、対物光学系も小型化が進んでいる。小型化した対物光学系では、レンズの外径は $\phi 1 \text{ mm}$ 程度の極小径となることがある。このような極小径のレンズにおいて、レンズの両面に曲率を設けることは、研磨の難易度を上げることになる。研磨の難易度の上昇は、加工コストの上昇を招くので好ましくない。本実施形態に係る対物光学系では、加工コストを低減することができる。

【 0 0 5 3 】

また、レンズの加工では、光学芯を取らなくてはならない。ここで、レンズの両面を加工すると、芯取りに必要な領域（取り代）をより多く取らねばならない。その結果、レンズの厚肉化、ひいては光学全長の増大を招く。このようなことから、レンズの両面に曲率を設けることは好ましくない。本実施形態に係る対物光学系では、レンズの厚肉化や光学全長の増大を抑制することができる。

【 0 0 5 4 】

また、本実施形態に係る対物光学系は、以下の条件式（3）を満足することが望ましい。

$$0.35 < |f_1| / f_2 < 0.57 \quad (3)$$

ここで、

f_1 は、第1レンズ群 G 1 の焦点距離、

f_2 は、第2レンズ群 G 2 の焦点距離、

である。

【 0 0 5 5 】

条件式（3）は、第1レンズ群 G 1 の屈折力と第2レンズ群 G 2 の屈折力に関する条件式である。条件式（3）を満足することで、小型な光学系でありながら、広い視野を確保することができる。

【 0 0 5 6 】

条件式（3）の上限値を上回ると、バックフォーカスが短くなる。そのため、光学系の組み立て時のピント調整に必要な間隔を取ることができなくなる。また、広い視野を確保することが困難になる。

【 0 0 5 7 】

条件式（3）の下限値を下回ると、第2レンズ群 G 2 の屈折力が小さくなる。この場合、第1レンズ群 G 1 と明るさ絞り S との間隔を大きくしないと、広い視野を確保することができない。しかしながら、第1レンズ群 G 1 と明るさ絞り S との間隔を大きくすると、平凹レンズ L 1 の外径が大きくなる。また、バックフォーカスが長くなるので、光学系の全長が長くなる。このように、小型化が必須の内視鏡対物光学系では、条件式（3）の下限値を下回るとは好ましくない。

【 0 0 5 8 】

また、本実施形態に係る対物光学系では、第3レンズ群 G 3 における接合レンズの数は

10

20

30

40

50

1つであり、以下の条件式(4)、(5)を満足することが望ましい。

$$3.5 < v_{3Cp} - v_{3Cn} \quad (4)$$

$$1.7 < n_{3Cp} \quad (5)$$

ここで、

v_{3Cp} は、接合レンズの正レンズL5のアッベ数、

v_{3Cn} は、接合レンズの負レンズL6のアッベ数、

n_{3Cp} は、接合レンズの正レンズL5のe線基準の屈折率、

である。

【0059】

条件式(4)は、第3レンズ群G3の接合レンズに関する条件式である。条件式(4)の下限値を下回ると、軸上色収差と倍率色収差が共に補正不足になる。よって、条件式(4)の下限値を下回することは好ましくない。

10

【0060】

条件式(5)は、第3レンズ群G3の接合レンズの正レンズL5に関する条件式である。条件式(5)の下限値を下回ると、正レンズL5の空気接触面の曲率半径が小さくなるので、球面収差の発生量が増大する。更に、接合面の曲率半径が大きくなるので、球面収差とコマ収差の補正効果が小さくなる。その結果、光学系全体で、球面収差とコマ収差が共に補正不足した状態になる。よって、条件式(5)の下限値を下回することは好ましくない。

【0061】

20

また、本実施形態に係る対物光学系では、第3レンズ群G3は、物体側に凸面を向けた平凸レンズL7を有し、平凸レンズL7は最も像側に配置され、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$f_{31} / f < 1.3 \quad (6)$$

ここで、

f_{31} は、平凸レンズL7の焦点距離、

f は、内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0062】

本実施形態に係る対物光学系では、第3レンズ群G3は、平凸レンズL7を有することが好ましい。この平凸レンズL7は、物体側に凸面を向けた状態で、最も像の近くに配置されていることが好ましい。このようにすることで、平凸レンズL7は視野レンズとして機能する。また、像の近傍に配置され視野レンズL7を有することで、より広い視野を確保することができる。すなわち、光学系を超広画角な光学系にすることができる。また、視野レンズを備えることは、光学系の全長の短縮や、非点収差の補正に有効である。

30

【0063】

条件式(6)は、第3レンズ群G3の平凸レンズL7の焦点距離と対物光学系全系の焦点距離に関する条件式である。条件式(6)の上限値を上回ると、非点収差が補正過剰になる。よって、条件式(6)の上限値を上回ることが好ましくない。また、レンズ形状の観点では、平凸レンズL7における曲率半径が小さくなり過ぎるので、レンズの加工性の悪化を招いてしまう。

40

【0064】

また、本実施形態に係る対物光学系は、以下の条件式(7)を満足することが望ましい。

$$|f_{11}| / f < 2.1 \quad (7)$$

ここで、

f_{11} は、平凹レンズL1の焦点距離、

f は、内視鏡対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0065】

50

条件式(7)は、内視鏡対物光学系全系の焦点距離に対する平凹レンズL1の焦点距離の比に関する条件式である。

【0066】

条件式(7)の上限値を上回ると、平凹レンズL1における負の屈折作用が小さくなる。この場合、それを補うために負メニスカスレンズL2の負の屈折作用が大きくなる。その結果、負メニスカスレンズL2の物体側のレンズ面での光線の高さが上がる。これに伴って、平凹レンズL1の物体側のレンズ面での光線の高さも上がるので、平凹レンズL1の外径の増大を招く。よって、条件式(7)の上限値を上回るとは好ましくない。

【0067】

また、本実施形態に係る対物光学系は、以下の条件式(8)を満足することが望ましい 10

$$1.72 < n_{21} < 1.85 \quad (8)$$

ここで、

n_{21} は、物体側正レンズL3のe線基準の屈折率、
である。

【0068】

条件式(8)は、物体側正レンズL3のe線基準の屈折率に関する条件式である。条件式(8)の下限値を下回ると、物体側正レンズL3の物体側のレンズ面における球面収差が補正不足となる。よって、条件式(8)の下限値を下回るとは好ましくない。

【0069】

また、本実施形態に係る対物光学系は、以下の条件式(9)を満足することが望ましい 20

$$0.5 < PZ_{2n} / PZ_{1n} < 1.2 \quad (9)$$

ここで、

$$PZ_{1n} = (n_1 - 1) / (n_1 \times r_{1n}),$$

$$PZ_{2n} = (n_2 - 1) / (n_2 \times |r_{2n}|),$$

n_1 は、平凹レンズL1のe線基準の屈折率、

r_{1n} は、平凹レンズL1における負の屈折力を有するレンズ面の曲率半径、

n_2 は、負メニスカスレンズL2のe線基準の屈折率、

r_{2n} は、負メニスカスレンズL2における負の屈折力を有するレンズ面の曲率半径、 30
である。

【0070】

条件式(9)は、第1レンズ群G1を構成する各レンズの負の屈折作用の比率に関する条件式である。

【0071】

条件式(9)の上限値を上回ると、負メニスカスレンズL2の軸外光線に対する負の屈折作用が大きくなる。そのため、像面湾曲が補正過剰になる。このようなことから、条件式(9)の上限値を上回るとは好ましくない。

【0072】

条件式(9)の下限値を下回ると、負メニスカスレンズL2による像面湾曲の補正効果が小さくなる。この場合、適切な像面の平坦性を保つことが困難になる。同時に、平凹レンズL1での光線高が高くなるので、平凹レンズL1の大径化を招いてしまう。このようなことから、条件式(9)の下限値を下回るとは好ましくない。 40

【0073】

また、本実施形態に係る対物光学系では、接合レンズの接合面は負の屈折力を有することが望ましい。

【0074】

このようにすることで、球面収差とコマ収差を良好に補正することができる。

【0075】

(実施例1)

実施例 1 に係る対物光学系について説明する。図 2 (a) は、実施例 1 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 1 の対物光学系は、図 2 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

【 0 0 7 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 0 7 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

10

【 0 0 7 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

20

【 0 0 7 9 】

図 2 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 1 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 0 8 0 】

(実施例 2)

実施例 2 に係る対物光学系について説明する。図 3 (a) は、実施例 2 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 2 の対物光学系は、図 3 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

30

【 0 0 8 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 0 8 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

40

【 0 0 8 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

【 0 0 8 4 】

図 3 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 2 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

50

【 0 0 8 5 】

(実施例 3)

実施例 3 に係る対物光学系について説明する。図 4 (a) は、実施例 3 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 3 の対物光学系は、図 4 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

【 0 0 8 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 0 8 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

【 0 0 8 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

【 0 0 8 9 】

図 4 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 3 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 0 9 0 】

(実施例 4)

実施例 4 に係る対物光学系について説明する。図 5 (a) は、実施例 4 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 4 の対物光学系は、図 5 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

【 0 0 9 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 0 9 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

【 0 0 9 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

【 0 0 9 4 】

図 5 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 4 に係る対物光学系にお

10

20

30

40

50

ける球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 0 9 5 】

(実施例 5)

実施例 5 に係る対物光学系について説明する。図 6 (a) は、実施例 5 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 5 の対物光学系は、図 6 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

【 0 0 9 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

10

【 0 0 9 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

【 0 0 9 8 】

20

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

【 0 0 9 9 】

図 6 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 5 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 1 0 0 】

(実施例 6)

30

実施例 6 に係る対物光学系について説明する。図 7 (a) は、実施例 6 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 6 の対物光学系は、図 7 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

【 0 1 0 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 1 0 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

40

【 0 1 0 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、両凹負レンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と両凹負レンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

50

【 0 1 0 4 】

図 7 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 6 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 1 0 5 】

(実施例 7)

実施例 7 に係る対物光学系について説明する。図 8 (a) は、実施例 7 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 7 の対物光学系は、図 8 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

10

【 0 1 0 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 1 0 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、フィルタ F の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

20

【 0 1 0 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、両凹負レンズ L 6 と、平凸正レンズ L 7 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と両凹負レンズ L 6 とは接合されている。平凸正レンズ L 7 は視野レンズであって、物体側に凸面を向けて配置されている。また、平凸正レンズ L 7 はカバーガラス C G と接合されている。

【 0 1 0 9 】

図 8 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 7 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 1 1 0 】

(実施例 8)

実施例 8 に係る対物光学系について説明する。図 9 (a) は、実施例 8 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 8 の対物光学系は、図 9 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

30

【 0 1 1 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 1 1 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、平凸正レンズ L 3 の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

40

【 0 1 1 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。

50

【 0 1 1 4 】

図 9 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 8 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 1 1 5 】

(実施例 9)

実施例 9 に係る対物光学系について説明する。図 1 0 (a) は、実施例 9 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 9 の対物光学系は、図 1 0 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

10

【 0 1 1 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 1 1 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、フィルタ F の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

20

【 0 1 1 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。

【 0 1 1 9 】

図 1 0 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 9 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 1 2 0 】

(実施例 1 0)

実施例 1 0 に係る対物光学系について説明する。図 1 1 (a) は、実施例 1 0 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 1 0 の対物光学系は、図 1 1 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

30

【 0 1 2 1 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 1 2 2 】

第 2 レンズ群 G 2 は、平凸正レンズ L 3 と、平凸正レンズ L 4 と、からなる。平凸正レンズ L 3 は、物体側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 4 は、像側に凸面を向けて配置されている。平凸正レンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。平凸正レンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、平凸正レンズ L 3 と平凸正レンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、フィルタ F の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

40

【 0 1 2 3 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。

【 0 1 2 4 】

図 1 1 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 1 0 に係る対物光学系

50

における球面収差（ SA ）、非点収差（ AS ）、歪曲収差（ DT ）、倍率色収差（ CC ）の収差図である。

【0125】

（実施例11）

実施例11に係る対物光学系について説明する。図12（a）は、実施例11に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例11の対物光学系は、図12（a）に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群 $G1$ と、正の屈折力を持つ第2レンズ群 $G2$ と、正の屈折力を持つ第3レンズ群 $G3$ と、からなる。

【0126】

第1レンズ群 $G1$ は、平凹負レンズ $L1$ と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L2$ と、からなる。平凹負レンズ $L1$ は、像側に凹面を向けて配置されている。

10

【0127】

第2レンズ群 $G2$ は、両凸正レンズ $L3$ と、両凸正レンズ $L4$ と、からなる。両凸正レンズ $L3$ では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。両凸正レンズ $L4$ では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、両凸正レンズ $L3$ と両凸正レンズ $L4$ との間に、フィルタ F が配置されている。また、フィルタ F の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

【0128】

第3レンズ群 $G3$ は、両凸正レンズ $L5$ と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L6$ と、からなる。ここで、両凸正レンズ $L5$ と負メニスカスレンズ $L6$ とは接合されている。

20

【0129】

図12（b）、（c）、（d）及び（e）は、それぞれ、実施例11に係る対物光学系における球面収差（ SA ）、非点収差（ AS ）、歪曲収差（ DT ）、倍率色収差（ CC ）の収差図である。

【0130】

（実施例12）

実施例12に係る対物光学系について説明する。図13（a）は、実施例12に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例12の対物光学系は、図13（a）に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第1レンズ群 $G1$ と、正の屈折力を持つ第2レンズ群 $G2$ と、正の屈折力を持つ第3レンズ群 $G3$ と、からなる。

30

【0131】

第1レンズ群 $G1$ は、平凹負レンズ $L1$ と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L2$ と、からなる。平凹負レンズ $L1$ は、像側に凹面を向けて配置されている。

【0132】

第2レンズ群 $G2$ は、両凸正レンズ $L3$ と、両凸正レンズ $L4$ と、からなる。両凸正レンズ $L3$ では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。両凸正レンズ $L4$ では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、両凸正レンズ $L3$ と両凸正レンズ $L4$ との間に、フィルタ F が配置されている。また、フィルタ F の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

40

【0133】

第3レンズ群 $G3$ は、両凸正レンズ $L5$ と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L6$ と、からなる。ここで、両凸正レンズ $L5$ と負メニスカスレンズ $L6$ とは接合されている。

【0134】

図13（b）、（c）、（d）及び（e）は、それぞれ、実施例12に係る対物光学系における球面収差（ SA ）、非点収差（ AS ）、歪曲収差（ DT ）、倍率色収差（ CC ）の収差図である。

【0135】

（実施例13）

50

実施例 13 に係る対物光学系について説明する。図 14 (a) は、実施例 13 に係る対物光学系のレンズ断面図である。実施例 13 の対物光学系は、図 14 (a) に示すように、物体側から順に、負の屈折力を持つ第 1 レンズ群 G 1 と、正の屈折力を持つ第 2 レンズ群 G 2 と、正の屈折力を持つ第 3 レンズ群 G 3 と、からなる。

【 0 1 3 6 】

第 1 レンズ群 G 1 は、平凹負レンズ L 1 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。平凹負レンズ L 1 は、像側に凹面を向けて配置されている。

【 0 1 3 7 】

第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 と、からなる。正メニスカスレンズ L 3 では、物体側面の曲率半径が像側面の曲率半径よりも小さくなっている。正メニスカスレンズ L 4 では、像側の曲率半径が物体側面の曲率半径よりも小さくなっている。また、正メニスカスレンズ L 3 と正メニスカスレンズ L 4 との間に、フィルタ F が配置されている。また、フィルタ F の像側面に、明るさ絞り S が設けられている。

【 0 1 3 8 】

第 3 レンズ群 G 3 は、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とは接合されている。

【 0 1 3 9 】

図 14 (b)、(c)、(d) 及び (e) は、それぞれ、実施例 13 に係る対物光学系における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) の収差図である。

【 0 1 4 0 】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。記号は、 r は各レンズ面の曲率半径、 d は各レンズ面間の間隔、 n_e は各レンズの e 線の屈折率、 v_d は各レンズのアッベ数、 F_n は F ナンバー、 ω は半画角、 I_H は像高、である。

【 0 1 4 1 】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	n_e	v_d
1	∞	0.25	1.88815	40.76
2	0.6328	0.2		
3	1.867	0.356	1.48915	70.23
4	0.5959	0.2		
5	1.6949	0.41	1.7231	29.52
6	∞	0		
7(明るさ絞り)	∞	0.03		
8	∞	0.4	1.515	75
9	∞	0.03		
10	∞	0.45	1.88815	40.76
11	-1.1467	0.03		
12	1.5866	0.82	1.73234	54.68
13	-0.8064	0.3	1.97189	17.47
14	-52.4599	0.198		
15	1.3132	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			

10

20

30

40

50

像面	∞				
各種データ					
焦点距離	0.415				
物点距離	11.2				
F n o .	2.915				
I H	0.429				
$\omega (^\circ)$	160.0				
【 0 1 4 2 】					
数値実施例 2					10
単位	mm				

面データ					
面番号	r	d	ne	v d	
1	∞	0.25	1.88815	40.76	
2	0.6198	0.275			
3	1.38	0.413	1.5343	48.84	
4	0.6966	0.227			
5	4.663	0.664	1.93429	18.9	
6	∞	0			20
7(明るさ絞り)	∞	0.03			
8	∞	0.3	1.515	75	
9	∞	0.03			
10	∞	0.419	1.83932	37.16	
11	-1.1143	0.03			
12	1.6609	0.817	1.73234	54.68	
13	-0.9198	0.399	1.97189	17.47	
14	-18.2103	0.315			
15	1.7448	0.5	1.51825	64.14	
16	∞	0.01	1.515	64	30
17	∞	0.35	1.507	63.26	
18	∞				
像面	∞				

各種データ					
焦点距離	0.418				
物点距離	11.2				
F n o .	2.94				
I H	0.429				
$\omega (^\circ)$	160.0				40
【 0 1 4 3 】					
数値実施例 3					
単位	mm				

面データ					
面番号	r	d	ne	v d	
1	∞	0.25	1.88815	40.76	
2	0.6178	0.323			
3	1.6928	0.439	1.73234	54.68	
4	0.9789	0.295			50

5	3.637	0.411	1.93429	18.9
6	∞	0		
7(明るさ絞り)	∞	0.03		
8	∞	0.4	1.515	75
9	∞	0.03		
10	∞	0.459	1.83945	42.71
11	-1.2393	0.03		
12	1.6166	0.837	1.73234	54.68
13	-0.9242	0.321	1.97189	17.47
14	-12.1888	0.322		
15	1.6906	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

10

各種データ

焦点距離	0.422
物点距離	11.2
F n o .	2.961
I H	0.429
$\omega (^\circ)$	160.1

20

【 0 1 4 4 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.88815	40.76
2	0.6085	0.362		
3	1.8682	0.362	1.81264	25.42
4	1.0598	0.265		
5	2.5	0.496	1.93429	18.90
6	∞	0		
7(明るさ絞り)	∞	0.03		
8	∞	0.4	1.515	75
9	∞	0.03		
10	∞	0.428	1.88815	40.76
11	-1.3117	0.03		
12	1.5375	0.704	1.73234	54.68
13	-0.8602	0.354	1.93429	18.9
14	-21.7837	0.26		
15	2.0296	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

30

40

各種データ

焦点距離	0.420
------	-------

50

物点距離 11.2
 F n o . 2.952
 I H 0.429
 ω (°) 160.2

【 0 1 4 5 】

数値実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	v d	
1	∞	0.25	1.88815	40.76	10
2	0.6684	0.463			
3	1.4293	0.36	1.51825	64.14	
4	0.6962	0.194			
5	2.75	0.613	1.93429	18.9	
6	∞	0			
7(明るさ絞り)	∞	0.03			
8	∞	0.4	1.515	75	
9	∞	0.03			
10	∞	0.4	1.88815	40.76	20
11	-1.1931	0.03			
12	1.5942	0.653	1.73234	54.68	
13	-0.9583	0.31	1.97189	17.47	
14	-48.6744	0.297			
15	2.6189	0.5	1.51825	64.14	
16	∞	0.01	1.515	64	
17	∞	0.35	1.507	63.26	
18	∞				
像面	∞				

30

各種データ

焦点距離 0.418
 物点距離 11.2
 F n o . 2.928
 I H 0.429
 ω (°) 159.5

【 0 1 4 6 】

数値実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	v d	
1	∞	0.25	1.88815	40.76	40
2	0.6314	0.214			
3	1.8806	0.356	1.48915	70.23	
4	0.606	0.199			
5	1.8028	0.41	1.80642	34.97	
6	∞	0			
7(明るさ絞り)	∞	0.03			
8	∞	0.4	1.515	75	

50

9	∞	0.03		
10	∞	0.438	1.83932	37.16
11	-1.0807	0.03		
12	1.6274	0.82	1.73234	54.68
13	-0.764	0.3	1.97189	17.47
14	52.1498	0.266		
15	1.4356	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

10

各種データ

焦点距離 0.452

物点距離 11.2

F n o . 3

I H 0.429

 ω (°) 129.5

【 0 1 4 7 】

数値実施例 7

単位 mm

20

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.88815	40.76
2	0.8228	0.258		
3	0.9242	0.356	1.51825	64.14
4	0.5359	0.253		
5	4.3768	0.455	1.93429	18.9
6	∞	0.03		
7	∞	0.4	1.515	75
8	∞	0		
9(明るさ絞り)	∞	0.03		
10	∞	0.733	1.88815	40.76
11	-1.1848	0.03		
12	1.5598	0.82	1.73234	54.68
13	-0.8652	0.294	1.93429	18.9
14	15.1208	0.196		
15	1.7647	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

30

40

各種データ

焦点距離 0.456

物点距離 11.2

F n o . 2.956

I H 0.429

 ω (°) 129.8

50

【 0 1 4 8 】

数値実施例 8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.88815	40.76
2	0.686	0.489		
3	1.4301	0.635	1.70442	30.13
4	0.7907	0.141		
5	2.0524	0.482	1.97189	17.47
6	∞	0		
7(明るさ絞り)	∞	0.03		
8	∞	0.4	1.515	75
9	∞	0.03		
10	∞	0.4	1.83945	42.71
11	-1.1417	0.03		
12	1.3231	0.5	1.73234	54.68
13	-1.0984	0.35	1.97189	17.47
14	-18.381	0.201		
15	∞	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

10

20

各種データ

焦点距離	0.427
物点距離	11.2
F n o .	2.955
I H	0.429
$\omega (^\circ)$	159.9

30

【 0 1 4 9 】

数値実施例 9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.88815	40.76
2	0.6514	0.716		
3	-0.7417	0.3	1.51825	64.14
4	-1.0151	0.1		
5	1.9019	0.577	1.81264	25.42
6	∞	0.03		
7	∞	0.4	1.515	75
8	∞	0		
9(明るさ絞り)	∞	0.03		
10	∞	0.545	1.88815	40.76
11	-2.7331	0.03		
12	1.3128	0.72	1.73234	54.68

40

50

13	-0.6923	0.304	1.97189	17.47
14	-2.3472	0.2		
15	∞	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

各種データ

焦点距離	0.431
物点距離	11.2
F n o .	2.986
I H	0.427
ω (°)	161.2

【 0 1 5 0 】

数値実施例 1 0

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.88815	40.76
2	0.6535	0.64		
3	-0.6781	0.301	1.5343	48.84
4	-0.9933	0.1		
5	1.8495	0.486	1.85504	23.78
6	∞	0.03		
7	∞	0.4	1.515	75
8	∞	0		
9(明るさ絞り)	∞	0.03		
10	∞	0.564	1.88815	40.76
11	-2.5753	0.03		
12	1.3542	0.606	1.73234	54.68
13	-0.6809	0.4	1.97189	17.47
14	-2.083	0.221		
15	∞	0.5	1.51825	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

20

30

各種データ

焦点距離	0.435
物点距離	11.2
F n o .	2.98
I H	0.427
ω (°)	161.8

【 0 1 5 1 】

数値実施例 1 1

単位 mm

40

50

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.883	40.76
2	0.6484	0.554		
3	-0.6701	0.3	1.53172	48.84
4	-1.0104	0.1		
5	2.2425	0.495	1.84666	23.78
6	-11.208	0.061		
7	∞	0.4	1.514	75
8	∞	0		
9(明るさ絞り)	∞	0.09		
10	23.5537	0.579	1.883	40.76
11	-2.6177	0.03		
12	1.3719	0.595	1.72916	54.68
13	-0.6748	0.4	1.95906	17.47
14	-2.1162	0.241		
15	∞	0.5	1.51633	64.14
16	∞	0.01	1.515	64
17	∞	0.35	1.507	63.26
18	∞			
像面	∞			

10

20

各種データ

焦点距離	0.438
物点距離	11.2
F n o .	3.001
I H	0.427
$\omega (^\circ)$	161.6

【 0 1 5 2 】

数値実施例 1 2

単位 mm

30

面データ

面番号	r	d	ne	v d
1	∞	0.25	1.883	40.76
2	0.6689	0.395		
3	1.4952	0.382	1.59551	39.24
4	0.7219	0.111		
5	2.4355	0.568	1.92286	18.9
6	-53.17	0.03		
7	∞	0.4	1.514	75
8	∞	0		
8(明るさ絞り)	∞	0.03		
9	4.3221	0.715	1.83481	42.71
10	-1.2634	0.03		
11	1.4058	0.536	1.72916	54.68
12	-1.0737	0.3	1.95906	17.47
13	-33.324	0.197		
14	∞	0.5	1.51633	64.14
15	∞	0.01	1.515	64

40

50

16	∞	0.35	1.507	63.26	
18	∞				
像面	∞				
各種データ					
焦点距離	0.416				
物点距離	11.2				
F n o .	3.031				
I H	0.427				
$\omega (^\circ)$	161.2				10

【 0 1 5 3 】

数値実施例 1 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	ne	v d	
1	∞	0.25	1.883	40.76	
2	0.626	0.577			
3	-0.9789	0.344	1.72916	54.68	
4	-1.3079	0.1			20
5	1.714	0.561	1.84666	23.78	
6	16.8316	0.082			
7	∞	0.4	1.514	75	
8	∞	0			
9(明るさ絞り)	∞	0.111			
10	-23.9086	0.57	1.801	34.97	
11	-2.2174	0.03			
12	1.3383	0.559	1.72916	54.68	
13	-0.735	0.4	1.95906	17.47	
14	-2.101	0.232			30
15	∞	0.5	1.51633	64.14	
16	∞	0.01	1.515	64	
17	∞	0.35	1.507	63.26	
18	∞				
像面	∞				

各種データ

焦点距離	0.430				
物点距離	11.2				
F n o .	3.016				40
I H	0.427				
$\omega (^\circ)$	161.9				

【 0 1 5 4 】

以下、実施例 1 ~ 実施例 1 3 に係る内視鏡対物光学系における条件式 (1) ~ (9) の数値を示す。

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	
(1) f_{12}/f_{11}	2.77	4.78	6.16	5.51	4.18	
(2) f_{21}/f_{22}	1.82	3.76	2.64	1.81	2.19	
(3) $ f_1 /f_2$	0.40	0.39	0.39	0.41	0.42	50

(4) $v_{3Cp} - v_{3Cn}$	37.21	37.21	37.21	35.78	37.21
(5) n_{3Cp}	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
(6) f_{31}/f	6.11	8.05	7.74	9.33	12.09
(7) $ f_{11} /f$	1.72	1.67	1.65	1.63	1.80
(8) n_{21}	1.72	1.93	1.93	1.93	1.93
(9) PZ_{2n}/PZ_{1n}	0.74	0.66	0.57	0.55	0.70

条件式	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
(1) f_{12}/f_{11}	2.83	3.87	5.51	11.58	8.14
(2) f_{21}/f_{22}	1.74	3.51	1.55	0.76	0.75
(3) $ f_1 /f_2$	0.41	0.48	0.44	0.43	0.44
(4) $v_{3Cp} - v_{3Cn}$	37.21	35.78	37.21	37.21	37.21
(5) n_{3Cp}	1.73	1.73	1.73	1.73	1.73
(6) f_{31}/f	6.12	7.46	-	-	-
(7) $ f_{11} /f$	1.57	2.03	1.81	1.70	1.69
(8) n_{21}	1.81	1.93	1.97	1.81	1.86
(9) PZ_{2n}/PZ_{1n}	0.73	1.11	0.76	0.64	0.71

10

条件式	実施例 11	実施例 12	実施例 13
(1) f_{12}/f_{11}	7.36	3.80	13.49
(2) f_{21}/f_{22}	0.83	2.03	0.73
(3) $ f_1 /f_2$	0.48	0.48	0.43
(4) $v_{3Cp} - v_{3Cn}$	37.21	37.21	37.21
(5) n_{3Cp}	1.73	1.73	1.73
(6) f_{31}/f	-	-	-
(7) $ f_{11} /f$	1.67	1.81	1.64
(8) n_{21}	1.89	1.93	1.86
(9) PZ_{2n}/PZ_{1n}	0.72	0.74	0.58

20

【0155】

以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態のみに限られるものではなく、その趣旨を逸脱しない範囲で、これら実施形態の構成を適宜組合せて構成した実施形態も本発明の範疇となるものである。

30

【産業上の利用可能性】

【0156】

以上のように、本発明は、小型でありながら、視野が広く高い解像力を有する内視鏡対物光学系に有用である。

【符号の説明】

【0157】

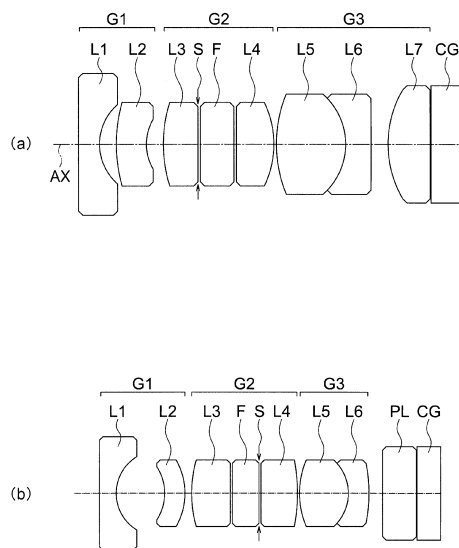
- G 1 第1レンズ群
- G 2 第2レンズ群
- G 3 第3レンズ群
- L 1 平凹レンズ
- L 2 負メニスカスレンズ
- L 3 物体側正レンズ
- L 4 像側正レンズ
- L 5 正レンズ
- L 6 負レンズ
- L 7 平凸レンズ
- S 明るさ絞り
- F フィルタ

40

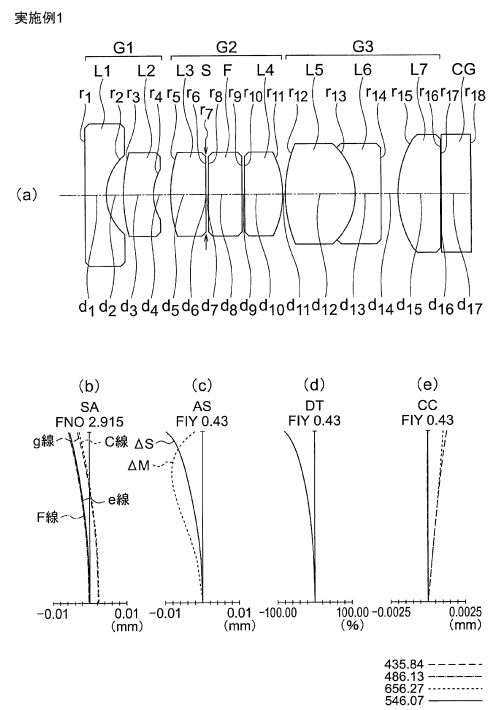
50

P L 平行平板
C G カバーガラス

【図 1】

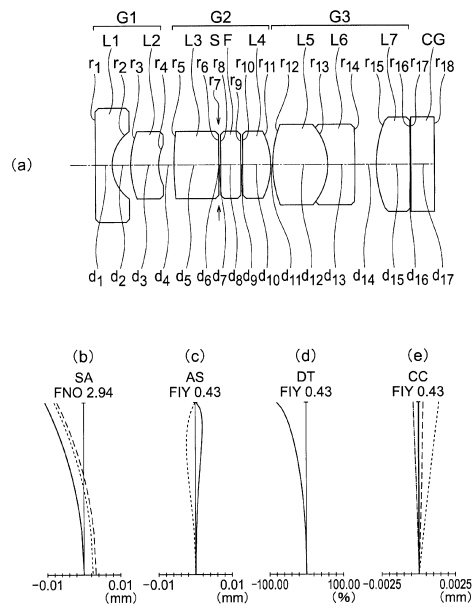


【図 2】



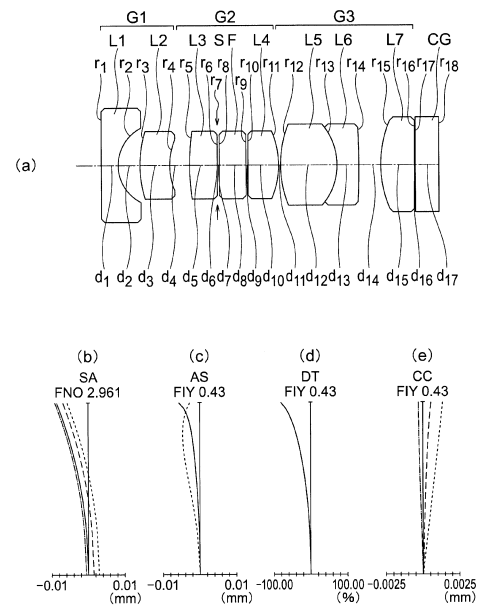
【図 3】

実施例2



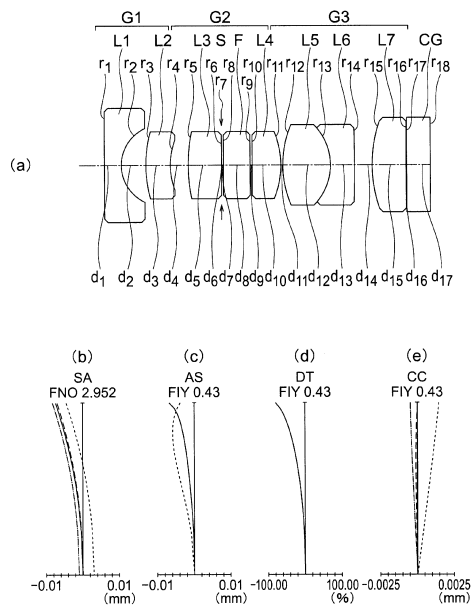
【図 4】

実施例3



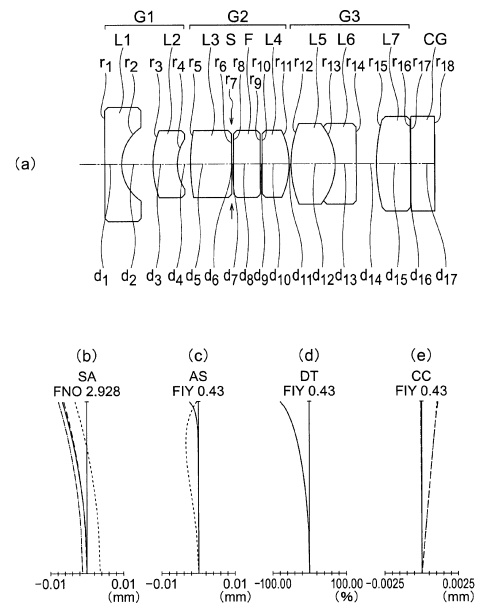
【図 5】

実施例4



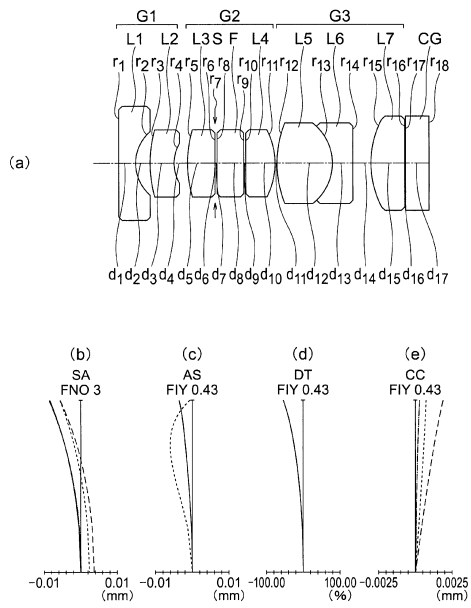
【図 6】

実施例5



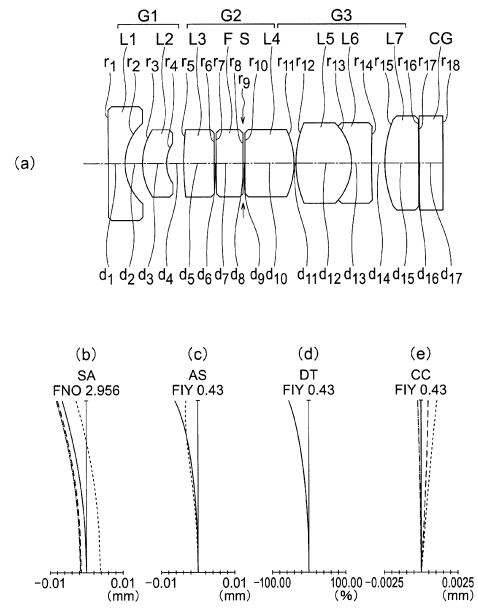
【図 7】

実施例6



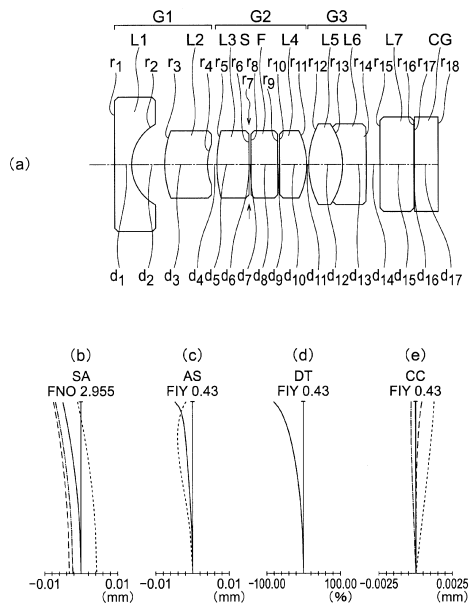
【図 8】

実施例7



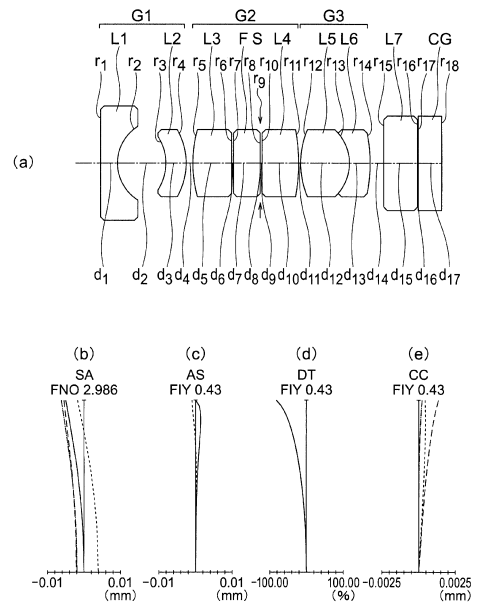
【図 9】

実施例8



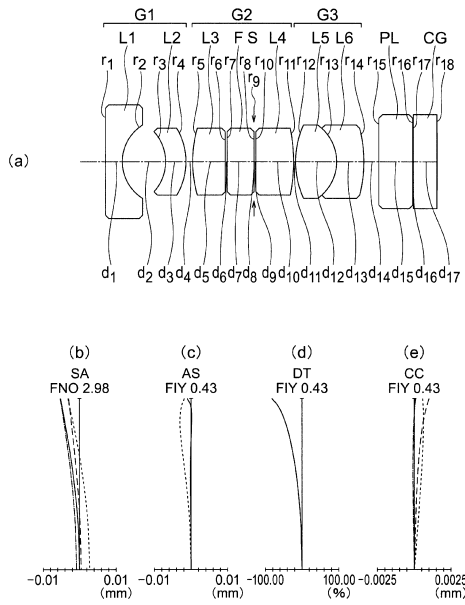
【図 10】

実施例9



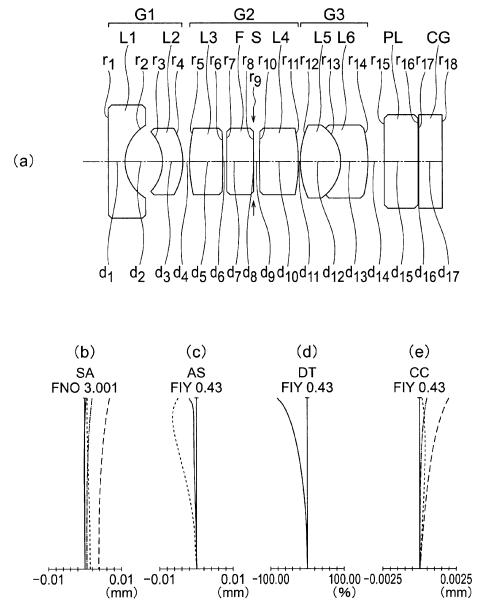
【図 1 1】

実施例10



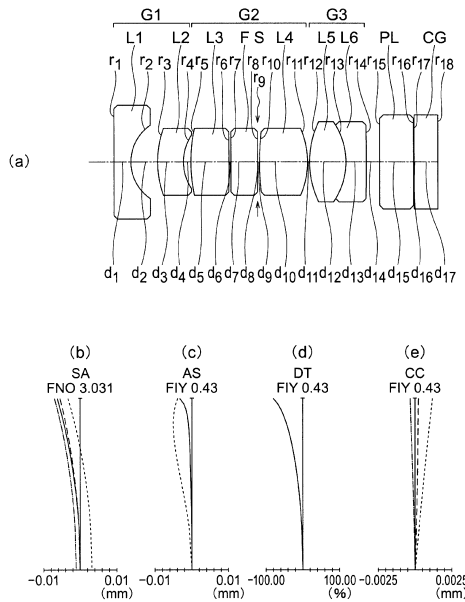
【図 1 2】

実施例11



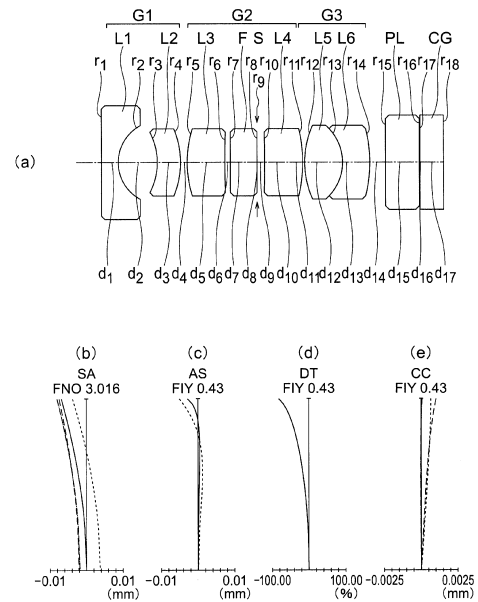
【図 1 3】

実施例12



【図 1 4】

実施例13



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

A 6 1 B	1 / 0 0	-	1 / 3 2
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 3 / 2 4	-	2 3 / 2 6
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		
公开(公告)号	JP6230518B2	公开(公告)日	2017-11-15
申请号	JP2014216370	申请日	2014-10-23
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	河西研		
发明人	河西 研		
IPC分类号	G02B13/04 G02B23/26 A61B1/00		
FI分类号	G02B13/04.D G02B23/26.C A61B1/00.731 A61B1/00.300.Y		
F-TERM分类号	2H040/CA22 2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/NA14 2H087/PA05 2H087/PA06 2H087/PA18 2H087/PB06 2H087/PB07 2H087/QA01 2H087/QA05 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA33 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/RA32 2H087/RA42 2H087/RA43 4C161/FF40		
代理人(译)	斋藤圭介 平山岩		
其他公开文献	JP2016085282A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本实用新型的目的在于提供一种结构紧凑，视野宽阔，分辨率高的内窥镜物镜光学系统。内窥镜物镜光学系统从物体侧起依次包括具有负屈光力的第一透镜组，具有正屈光力的第二透镜组，具有正屈光力的第三透镜组其中，第一透镜组包括具有面向像侧的凹面的平凹透镜和负弯月透镜，第二透镜组包括物侧正透镜一种透镜，孔径光阑，和从物体侧的正透镜制成，而被设置成与凸面朝向物体侧的图像侧的正透镜，物体侧的面的半径比图像侧表面的曲率半径小的曲率，像侧的正透镜，当被设置成与凸面朝向像侧，像侧的曲率半径大于所述物体侧表面的曲率半径，第三LES较小透镜组包括至少一个胶合透镜并满足以下条件表达式(1)。 $1.812/f11<13.5$

(19) 日本国特許庁(JP)		(12) 特 許 公 報(B2)		(11) 特許番号 特許第6230518号 (P6230518)	
(45) 発行日 平成29年11月15日(2017.11.15)		(24) 登録日 平成29年10月27日(2017.10.27)			
(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 6 (全 32 頁)					
(21) 出願番号 特願2014-216370 (P2014-216370)		(73) 特許権者 000000376 オリンパス株式会社 東京都八王子市石川町2 9 5 1 番地			
(22) 出願日 平成26年10月23日 (2014.10.23)		(74) 代理人 100123962 弁理士 斎藤 圭介			
(65) 公開番号 特開2016-85282 (P2016-85282A)		(74) 代理人 100120204 弁理士 平山 巖			
(43) 公開日 平成28年5月19日 (2016.5.19)		(72) 発明者 河西 研 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ リンパスメディカルシステムズ株式会社内			
審査請求日 平成28年12月2日 (2016.12.2)		審査官 森内 正明			
		(56) 参考文献 国際公開第2013/021744 (W O, A1)			
最終頁に続く					
(54) 【発明の名称】 内視鏡対物光学系					

(54) 【発明の名称】 内視鏡対物光学系