

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6693814号
(P6693814)

(45) 発行日 令和2年5月13日(2020.5.13)

(24) 登録日 令和2年4月20日(2020.4.20)

(51) Int.Cl.

G 0 2 B 13/04 (2006.01)

F I

G O 2 B 13/04

D

請求項の数 6 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2016-115924 (P2016-115924)
 (22) 出願日 平成28年6月10日 (2016.6.10)
 (65) 公開番号 特開2017-219783 (P2017-219783A)
 (43) 公開日 平成29年12月14日 (2017.12.14)
 審査請求日 平成31年3月22日 (2019.3.22)

(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2951番地
 (74) 代理人 100123962
 弁理士 斎藤 圭介
 (72) 発明者 曾根 伸彦
 東京都八王子市石川町2951番地 オリ
 ンパス株式会社内

審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡対物光学系及び内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負レンズ1枚からなる第1群と、明るさ絞りを有する正の第2群と、少なくとも2個の接合レンズを有する正の第3群と、から構成され、前記第2群のみを移動させることによりフォーカシングさせ、

以下の条件式(1)を満たす内視鏡対物光学系。

$$2 < |f_{3R} / f_{3L}| < 16 \quad (1)$$

ここで、

f_{3L} は、前記第3群の前記接合レンズのうち、最も物体側の前記接合レンズの焦点距離、

f_{3R} は、前記第3群の前記接合レンズのうち、最も像面側の前記接合レンズの焦点距離、

である。

【請求項 2】

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

$$2 < f_2 / L_{13} < 10 \quad (2)$$

ここで、

f_2 は、前記第2群の焦点距離、

L_{13} は、前記第1群の前記負レンズの像側面から、前記第3群の最も物体側のレンズ面までの間隔、

である。

【請求項 3】

以下の条件式 (3)、(4) を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内視鏡対物光学系。

$$1.0 < R / L < 3.0 \quad (3)$$

$$3.5 < R \quad (4)$$

ここで、

L は、前記第 3 群の前記接合レンズのうち、最も物体側の前記接合レンズを構成する正レンズと負レンズのアップ数差、

R は、前記第 3 群の前記接合レンズのうち、最も像面側の前記接合レンズを構成する正レンズと負レンズのアップ数差、

である。

【請求項 4】

前記第 3 群は、物体側から順に、正の接合レンズと、正の単レンズと、接合レンズと、により構成されていることを特徴とする請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載の内視鏡対物光学系。

【請求項 5】

以下の条件式 (5) を満たすことを特徴とする請求項 1 から 4 の何れか 1 項に記載の内視鏡対物光学系。

$$0.55 < |f_1 / f_3| < 0.75 \quad (5)$$

ここで、

f₁ は、前記第 1 群の焦点距離、

f₃ は、前記第 3 群の焦点距離、

である。

【請求項 6】

請求項 1 から 5 の何れか 1 項に記載の内視鏡対物光学系を備える内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡対物光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

例えば、経鼻内視鏡においては、スコープとして細径とすることが望まれている。このため、経鼻内視鏡に搭載される対物光学系は小型であることが望ましい。しかしながら、昨今、細径を要求される経鼻内視鏡においても、高画質は勿論のこと、フォーカス機能を搭載し、より観察性能を向上させたいという市場ニーズが高くなっている。フォーカス機能を有する内視鏡対物光学系は、例えば、特許文献 1、2、3 に提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2008 - 107391 号公報

【特許文献 2】国際公開第 10 / 137238 号

【特許文献 3】特開 2004 - 21158 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1、2、3 において提案されている対物光学系は、フォーカス機能を有してはいるが、光学系の全長や外径を小さくすることは十分ではない。

【0005】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、全長や外径が小さく、良好な光学性能

10

20

30

40

50

を有し、かつ、フォーカシング機構（レンズ可動機構）を搭載可能な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】

【0006】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る内視鏡対物光学系は、物体側から順に、負レンズ1枚からなる第1群と、明るさ絞りを有する正の第2群と、少なくとも2個の接合レンズを有する正の第3群と、から構成され、第2群のみを移動させることによりフォーカシングさせ、

以下の条件式（1）を満たすことを特徴とする。

$$2 < |f_{3R} / f_{3L}| < 16 \quad (1)$$

ここで、

f_{3L} は、第3群の接合レンズのうち、最も物体側の接合レンズの焦点距離、

f_{3R} は、第3群の接合レンズのうち、最も像面側の接合レンズの焦点距離、

である。

また、本発明の少なくとも幾つかの実施形態に係る内視鏡は、上述の内視鏡対物光学系を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明は、全長や外径が小さく、良好な光学性能を有し、かつ、レンズ可動機構を搭載可能な内視鏡対物光学系を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【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）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態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を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

【図3】実施例1の球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）及び倍率色収差（CC）をそれぞれ示す収差図である。

【図4】本発明の実施例2に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

【図5】実施例2の球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）及び倍率色収差（CC）をそれぞれ示す収差図である。

【図6】本発明の実施例3に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

【図7】実施例3の球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）及び倍率色収差（CC）をそれぞれ示す収差図である。

【図8】本発明の実施例4に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

【図9】実施例4の球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）及び倍率色収差（CC）をそれぞれ示す収差図である。

【図10】本発明の実施例5に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

【図11】実施例5の球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）及び倍率色収差（CC）をそれぞれ示す収差図である。

【図12】本発明の実施例6に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

【図13】実施例6の球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）及び倍率色収差（CC）をそれぞれ示す収差図である。

【図14】本発明の実施例7に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、（a）は通常観察状態における断面図、（b）は近接観察状態における断面図である。

10

20

30

40

50

【図 1 5】実施例 7 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

【図 1 6】本発明の実施例 8 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【図 1 7】実施例 8 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

【図 1 8】本発明の実施例 9 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【図 1 9】実施例 9 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

10

【図 2 0】本発明の実施例 1 0 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【図 2 1】実施例 1 0 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

【図 2 2】本発明の実施例 1 1 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【図 2 3】実施例 1 1 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

【図 2 4】本発明の実施例 1 2 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

20

【図 2 5】実施例 1 2 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

【図 2 6】本発明の実施例 1 3 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【図 2 7】実施例 1 3 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

【図 2 8】本発明の実施例 1 4 に係る内視鏡対物光学系の断面構成を示す図であり、(a) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【図 2 9】実施例 1 4 の球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T) 及び倍率色収差 (C C) をそれぞれ示す収差図である。

30

【 0 0 0 9 】

以下に、実施形態に係る内視鏡対物光学系を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態により、この発明が限定されるものではない。

【 0 0 1 0 】

図 1 は、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) は通常観察状態における断面図、(b) は近接観察状態における断面図である。

【 0 0 1 1 】

本実施形態は、物体側から順に、1 枚の負レンズ L 1 からなる第 1 群 G 1 と、明るさ絞り S を有する正の第 2 群 G 2 と、少なくとも 2 個以上の接合レンズ C L 1、C L 2 を有する正の第 3 群 G 3 と、から構成され、第 2 群 G 2 のみを可動させることにより、フォーカシングさせることを特徴とする。

40

【 0 0 1 2 】

以下、本実施形態において、このような構成をとった理由と作用を説明する。レンズを小型にしつつ、かつ、レンズ可動群を構成するためには、光学系の全長に対して、レンズ可動群の前後に大きい面間隔が必要となる。さらに、レンズ全長を小さくするためには、レンズ枚数はできるだけ少なくしなければならない。

【 0 0 1 3 】

それを達成するために、第 1 群 G 1 はレンズ 1 枚の構成、第 2 群 G 2 を可動群として、前後に大きめの面間隔を構成した。しかしながら、この構成にしてしまうと、第 1 群 G 1、第 2 群 G 2 で発生した収差がそのまま残ってしまう。

50

【0014】

そこで、第3群G3を少なくとも接合レンズを2つ以上用いる構成とし、1枚の接合レンズの果たす役割としては、球面収差補正に特化させることとし、もう一方の接合レンズの果たす役割として、色収差補正に特化させる。この構成を取ることで、径や全長の制約が大きい中でも、収差性能の良好な内視鏡対物光学系を達成することが可能である。

【0015】

また、本実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(1)を満たすことが望ましい。

$$2 < |f_{3R} / f_{3L}| < 16 \quad (1)$$

ここで、

f_{3L} は、第3群G3の接合レンズのうち、最も物体側の接合レンズCL1の焦点距離、

f_{3R} は、第3群G3の接合レンズのうち、最も像面側の接合レンズCL2の焦点距離である。

【0016】

以下、本実施形態において、このような構成をとった理由と作用を説明する。第3群G3の接合レンズCL1、CL2の役割を十分に発揮するためには、各々の接合レンズのパワー(屈折力)配分のバランスを取ることが重要である。

【0017】

本構成においては、第3群G3の最も物体側に配置した接合レンズCL1を球面収差補正に特化させるため、パワーの強いレンズとしている。

【0018】

また、最も像面側に配置した接合レンズCL2を色収差補正に特化させるため、パワーの弱いレンズとした。上記のみを考慮するのであれば、片方の接合レンズのパワーを上げ、片方のパワーを下げればよいだけであるが、実際には、球面補正特化のレンズにおいても、小さいながら色収差補正も行われているし、また逆も行われている。

【0019】

そのため、条件式(1)を満たすことが望ましい。条件式(1)は、 f_{3R} 、 f_{3L} の適切な比に関する。

【0020】

条件式(1)の下限値を下回ると、物体側に配置したレンズのパワーが弱くなり、球面収差補正が十分に出来ない、あるいは、色収差を過剰に補正してしまう、

【0021】

条件式(1)の上限値を上回ると、色収差補正が十分に出来ない、あるいは、球面収差を過剰に補正してしまう。

【0022】

また、本実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(2)を満たすことが望ましい。

$$2 < f_2 / L_{13} < 10 \quad (2)$$

ここで、

f_2 は、第2群G2の焦点距離、

L_{13} は、第1群G1のレンズから、第3群G3の最も物体側のレンズ面までの間隔、である。

【0023】

以下、本実施形態において、このような構成をとった理由と作用を説明する。第2群G2は、フォーカスをするために、ある程度のパワーを設ける必要がある。ここで、強いパワーにしてしまうと、諸収差が大きく発生し、補正が困難となる。そのため、収差の感度を低減しつつも、十分なレンズ移動量を確保する必要がある。

【0024】

そのために、条件式(2)を満たすことが要求される。条件式(2)は、 f_2 、 L_{13} の適切な比に関する。

【0025】

条件式(2)の下限値を下回ると、第2群G2の収差感度が大きくなり、第3群G3での収差補正が困難になる、

【0026】

条件式(2)の上限値を上回ると、収差感度が小さくなり、収差補正は容易になるが、十分なレンズストロークを設けにくくなる。

【0027】

また、本実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式(3)、(4)を満たすことが望ましい。

$$1.0 < R/L < 3.0 \quad (3)$$

$$3.5 < R \quad (4)$$

ここで、

L は、第3群G3の接合レンズのうち、最も物体側の接合レンズCL1を構成する正レンズと負レンズのアッベ数差、

R は、第3群G3の接合レンズのうち、最も像面側の接合レンズCL2を構成する正レンズと負レンズのアッベ数差、である。

【0028】

以下、本実施形態において、このような構成をとった理由と作用を説明する。第3群G3の構成において、色収差補正を十分に行うためには、条件式(1)に加え、条件式(3)、(4)を満たすことが望ましい。条件式(3)は、 R 、 L の適切な比に関する。条件式(4)は、適切な R の範囲に関する。

【0029】

第3群G3において、最も像面側の接合レンズCL2のアッベ数差を大きくすることで色収差補正を良好に行うことが出来るが、上述したように、最も物体面側の接合レンズCL1においても、小さいながら色収差補正が成されている。

【0030】

そのため、各接合レンズCL1、CL2のアッベ数差を制御することにより、色収差を良好に補正する。条件式(4)を満たさない場合、そもそも色収差補正の感度を十分に設けることが出来ない。

【0031】

さらに条件式(3)を満たすことが望ましいが、条件式(3)の下限値を下回ると、最も物体面側の接合レンズで過剰な色収差補正が起こってしまう。条件式(3)の上限値を上回ると、最も像面側の接合レンズCL2で過剰な色収差補正が起こってしまうため好ましくない。

【0032】

また、本実施形態の好ましい態様によれば、第3群G3は、物体側から順に、正の接合レンズCL1と、正の単レンズL5と、接合レンズCL2と、により構成されていることが望ましい。

【0033】

以下、本実施形態において、このような構成をとった理由と作用を説明する。本構成においては、第3群G3に諸収差の補正を行い、そのために、2つ以上の接合レンズCL1、CL2を設けて収差補正を行っている。

【0034】

しかしながら、1枚の負レンズL1から成る第1群G1のパワーが大きくなると、第3群G3の接合レンズCL1、CL2における球面収差補正、色収差補正のどちらかが過剰に補正され、片方が十分に補正しきれない、あるいは、双方が十分に補正しきれないという問題がある。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

そこで、球面収差補正、あるいは色収差補正を特化させるのではなく、各々を平均的に補正するような単レンズ L 5 を各々の接合レンズ C L 1、C L 2 の間に入れ込むことにより、収差補正の天秤となる役割を果たし、良好な収差補正を実現することが出来る。

【 0 0 3 6 】

また、本実施形態の好ましい態様によれば、以下の条件式 (5) を満たすことが望ましい。

$$0.55 < |f_1 / f_3| < 0.75 \quad (5)$$

ここで、

f 1 は、第 1 群 G 1 の焦点距離、

f 3 は、第 3 群 G 3 の焦点距離、

である。

【 0 0 3 7 】

以下、本実施形態において、このような構成をとった理由と作用を説明する。本構成においては、第 1 群 G 1 で発生する収差を全て第 3 群 G 3 で吸収する構成である。そのため、第 1 群 G 1 のパワーと第 3 群 G 3 のパワー比を適切に設定する必要があり、条件式 (5) を満たすことが望ましい。

【 0 0 3 8 】

条件式 (5) の下限値を下回ると、球面収差が十分に補正されず、良好な画像が得られない。

条件式 (5) の上限値を上回ると、球面収差は良好に補正されるが、非点収差が大きく発生する。非点収差が発生すると、中心と周辺での画像の見え方が変わり、良好な画像取得が困難になるため好ましくない。

【 0 0 3 9 】

(実施例 1)

実施例 1 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 2 (a) は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態 (遠距離物点) における断面図、図 2 (b) は近接観察状態 (近距離物点) における断面図である。

【 0 0 4 0 】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 群 G 3 と、を有している。

【 0 0 4 1 】

第 1 群 G 1 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズ L 1 を有する。第 2 群 G 2 は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、明るさ絞り S と、平行平板 F 1 と、を有する。第 3 群 G 3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、像側に平面を向けた平凸正レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凹負レンズ L 7 と、を有する。

【 0 0 4 2 】

正レンズ L 3 と、負メニスカスレンズ L 4 と、は接合されて接合レンズ C L 1 を構成する。正レンズ L 6 と、負レンズ L 7 と、は接合されて接合レンズ C L 2 を構成する。

【 0 0 4 3 】

平行平板 F 1 は、赤外吸収フィルタの物体側に、Y A G レーザカットのコーティング、像側に L D レーザカットのコーティングを施している。このように、平行平板 F 1 は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【 0 0 4 4 】

また、不図示の撮像素子の撮像面 I においては、撮像素子にキズなどが入ることを防止するための平行平板 (カバーガラス) C G 2 を貼り付けている。さらに、撮像素子の中心と光軸 A X 中心の軸を出すための芯だし用のカバーガラス C G 1 を平行平板 C G 2 に貼り合わせている。カバーガラス C G 1 は、像側に平面を向けた平凸形状を有する。なお、カ

10

20

30

40

50

パーガラスCG1の形状は、後述する実施例のように平行平板とすることもできる。これらの構成は他の実施例においても同様である。

【0045】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図2(a))から近接観察状態(図2(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0046】

図3(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

図3(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

これら、諸収差図は、656.27nm(C線)、587.56nm(d線)及び435.84nm(g線)の各波長について示されている。また、各図中、"Fno"はFナンバー、" "は半画角を示す。以下、収差図に関しては、同様である。

【0047】

(実施例2)

実施例2に係る内視鏡対物光学系について説明する。図4(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図4(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0048】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0049】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、明るさ絞りSと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL4と、像側に凸を向けた負メニスカスレンズL5と、平行平板F1と、両凸正レンズL6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7と、を有する。カバーガラスCG1は、像側に平面を向けた平凸形状を有する。

【0050】

正レンズL4と、負メニスカスレンズL5と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL6と、負メニスカスレンズL7と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0051】

平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0052】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図4(a))から近接観察状態(図4(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0053】

図5(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

図5(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

【0054】

(実施例3)

実施例3に係る内視鏡対物光学系について説明する。図6(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図6(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0055】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0056】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、平行平板F1と、明るさ絞りSと、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3と、像側に凸を向けた負メニスカスレンズL4と、両凸正レンズL5と、像側に平面を向けた凹平負レンズL6と、を有する。カバーガラスCG1は、平行平板である。

【0057】

正レンズL3と、負メニスカスレンズL4と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL5と、負レンズL6と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0058】

平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0059】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図6(a))から近接観察状態(図6(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0060】

図7(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

図7(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

【0061】

(実施例4)

実施例4に係る内視鏡対物光学系について説明する。図8(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図8(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0062】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0063】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、明るさ絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL4と、像側に凸を向けた正メニスカスレンズL5と、両凸正レンズL6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7と、を有する。カバーガラスCG1は、平行平板である。

【0064】

正レンズL4と、負メニスカスレンズL5と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL6と、負メニスカスレンズL7と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0065】

平行平板F1は、第3群G3の像側に配置されている。平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0066】

さらに、第2群G2は、通常観察状態（図8（a））から近接観察状態（図8（b））へフォーカシングするに際して、像（像面I）側に移動する。

【0067】

図9（a）、（b）、（c）、（d）は、本実施例の通常観察状態における球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）を示す。

図9（e）、（f）、（g）、（h）は、本実施例の近接観察状態における球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）を示す。

【0068】

（実施例5）

実施例5に係る内視鏡対物光学系について説明する。図10（a）は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態（遠距離物点）における断面図、図10（b）は近接観察状態（近距離物点）における断面図である。

【0069】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0070】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、明るさ絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、像側に平面を向けた平凸正レンズL4と、物体側に平面を向けた平凸正レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凹負レンズL7と、を有する。カバーガラスCG1は、像側に平面を向けた平凸形状を有する。

【0071】

正レンズL4と、正レンズL5と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL6と、負レンズL7と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0072】

平行平板F1は、第3群G3の像側に配置されている。平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0073】

さらに、第2群G2は、通常観察状態（図10（a））から近接観察状態（図10（b））へフォーカシングするに際して、像（像面I）側に移動する。

【0074】

図11（a）、（b）、（c）、（d）は、本実施例の通常観察状態における球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）を示す。

図11（e）、（f）、（g）、（h）は、本実施例の近接観察状態における球面収差（SA）、非点収差（AS）、歪曲収差（DT）、倍率色収差（CC）を示す。

【0075】

（実施例6）

実施例6に係る内視鏡対物光学系について説明する。図12（a）は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態（遠距離物点）における断面図、図12（b）は近接観察状態（近距離物点）における断面図である。

【0076】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0077】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第

10

20

30

40

50

2群G2は、物体側から順に、像側に平面を向けた平凸正レンズL2と、平行平板F1と、明るさ絞りSと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL4と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と、像側に平面を向けた平凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、両凹負レンズL8と、を有する。カバーガラスCG1は、平行平板である。

【0078】

正レンズL4と、負メニスレンズL5と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL7と、負レンズL8と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0079】

平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

10

【0080】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図12(a))から近接観察状態(図12(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0081】

図13(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

図13(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

20

【0082】

(実施例7)

実施例7に係る内視鏡対物光学系について説明する。図14(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図14(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0083】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0084】

30

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、明るさ絞りSと、物体側に平面を向けた平凹負レンズL3と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL4と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL5と、両凸正レンズL6と、両凸正レンズL7と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL8と、を有する。カバーガラスCG1は、平行平板である。

【0085】

正レンズL4と、負メニスレンズL5と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL7と、負メニスレンズL8と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0086】

40

平行平板F1は、第3群G3の像側に配置されている。平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0087】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図14(a))から近接観察状態(図14(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0088】

図15(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差

50

(S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す。

図 1 5 (e)、(f)、(g)、(h) は、本実施例の近接観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す。

【 0 0 8 9 】

(実施例 8)

実施例 8 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 1 6 (a) は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態 (遠距離物点) における断面図、図 1 6 (b) は近接観察状態 (近距離物点) における断面図である。

【 0 0 9 0 】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 群 G 3 と、を有している。

【 0 0 9 1 】

第 1 群 G 1 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズ L 1 を有する。第 2 群 G 2 は、物体側から順に、像側に平面を向けた平凸正レンズ L 2 と、明るさ絞り S と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、を有する。第 3 群 G 3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 4 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 と、像側に平面を向けた平凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凹負レンズ L 8 と、を有する。カバーガラス C G 1 は、平行平板である。

【 0 0 9 2 】

正レンズ L 4 と、負メニスカスレンズ L 5 と、は接合されて接合レンズ C L 1 を構成する。正レンズ L 7 と、負レンズ L 8 と、は接合されて接合レンズ C L 2 を構成する。

【 0 0 9 3 】

平行平板 F 1 は、第 3 群 G 3 の像側に配置されている。平行平板 F 1 は、赤外吸収フィルタの物体側に、Y A G レーザーカットのコーティング、像側に L D レーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板 F 1 は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【 0 0 9 4 】

さらに、第 2 群 G 2 は、通常観察状態 (図 1 6 (a)) から近接観察状態 (図 1 6 (b)) ヘフォーカシングするに際して、像 (像面 I) 側に移動する。

【 0 0 9 5 】

図 1 7 (a)、(b)、(c)、(d) は、本実施例の通常観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す。

図 1 7 (e)、(f)、(g)、(h) は、本実施例の近接観察状態における球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、倍率色収差 (C C) を示す。

【 0 0 9 6 】

(実施例 9)

実施例 9 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 1 8 (a) は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態 (遠距離物点) における断面図、図 1 8 (b) は近接観察状態 (近距離物点) における断面図である。

【 0 0 9 7 】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 群 G 3 と、を有している。

【 0 0 9 8 】

第 1 群 G 1 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズ L 1 を有する。第 2 群 G 2 は、物体側から順に、明るさ絞り S と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、を有する。第 3 群 G 3 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凹負レンズ L 7 と、を有する。カバーガラス C G 1 は、平行平板である。

10

20

30

40

50

【0099】

正レンズL3と、負メニスレンズL4と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。
正レンズL6と、負レンズL7と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0100】

平行平板F1は、第3群G3の像側に配置されている。平行平板F1は、第3群G3の像側に配置されている。第3群G3の像側に配置されている。赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0101】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図18(a))から近接観察状態(図18(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0102】

図19(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

図19(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

【0103】

(実施例10)

実施例10に係る内視鏡対物光学系について説明する。図20(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図20(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0104】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

【0105】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、明るさ絞りSと、平行平板F1と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、物体側に平面を向けた平凸正レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凹負レンズL7と、を有する。カバーガラスCG1は、像側に平面を向けた平凸形状を有する。

【0106】

正レンズL3と、負メニスレンズL4と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。
正レンズL6と、負レンズL7と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

【0107】

平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0108】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図20(a))から近接観察状態(図20(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0109】

図21(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

図21(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

【0110】

(実施例11)

10

20

30

40

50

実施例 1 1 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 2 2 (a) は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態 (遠距離物点) における断面図、図 2 2 (b) は近接観察状態 (近距離物点) における断面図である。

【 0 1 1 1 】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 群 G 3 と、を有している。

【 0 1 1 2 】

第 1 群 G 1 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズ L 1 を有する。第 2 群 G 2 は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、明るさ絞り S と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、を有する。第 3 群 G 3 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 7 と、を有する。カバーガラス C G 1 は、像側に平面を向けた平凸形状を有する。

10

【 0 1 1 3 】

正メニスカスレンズ L 4 と、正レンズ L 5 と、は接合されて接合レンズ C L 1 を構成する。正レンズ L 6 と、負メニスカスレンズ L 7 と、は接合されて接合レンズ C L 2 を構成する。

【 0 1 1 4 】

平行平板 F 1 は、第 3 群 G 3 の像側に配置されている。平行平板 F 1 は、赤外吸収フィルタの物体側に、Y A G レーザーカットのコーティング、像側に L D レーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板 F 1 は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

20

【 0 1 1 5 】

さらに、第 2 群 G 2 は、通常観察状態 (図 2 2 a) から近接観察状態 (図 2 2 (b)) ヘフォーカシングするに際して、像 (像面 I) 側に移動する。

【 0 1 1 6 】

図 2 3 (a) 、 (b) 、 (c) 、 (d) は、本実施例の通常観察状態における球面収差 (S A) 、非点収差 (A S) 、歪曲収差 (D T) 、倍率色収差 (C C) を示す。

図 2 3 (e) 、 (f) 、 (g) 、 (h) は、本実施例の近接観察状態における球面収差 (S A) 、非点収差 (A S) 、歪曲収差 (D T) 、倍率色収差 (C C) を示す。

30

【 0 1 1 7 】

(実施例 1 2)

実施例 1 2 に係る内視鏡対物光学系について説明する。図 2 4 (a) は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態 (遠距離物点) における断面図、図 2 4 (b) は近接観察状態 (近距離物点) における断面図である。

【 0 1 1 8 】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第 1 群 G 1 と、正屈折力を有する第 2 群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 群 G 3 と、を有している。

【 0 1 1 9 】

第 1 群 G 1 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズ L 1 を有する。第 2 群 G 2 は、物体側から順に、像面に平面を向けた平凸正レンズ L 2 と、明るさ絞り S と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、を有する。第 3 群 G 3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 4 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凹負レンズ L 8 と、を有する。カバーガラス C G 1 は、平行平板である。

40

【 0 1 2 0 】

正レンズ L 4 と、負メニスカスレンズ L 5 と、は接合されて接合レンズ C L 1 を構成する。正レンズ L 7 と、負レンズ L 8 と、は接合されて接合レンズ C L 2 を構成する。

【 0 1 2 1 】

50

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図24a))から近接観察状態(図24(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0122】

なお、像面に平面を向けた平凸正レンズL2は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、像面に平面を向けた平凸正レンズL2は、諸収差を補正し、且つ、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0123】

図25(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

10

図25(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

【0124】

(実施例13)

実施例13に係る内視鏡対物光学系について説明する。図26(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図26(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0125】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2群G2と、正屈折力を有する第3群G3と、を有している。

20

【0126】

第1群G1は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズL1を有する。第2群G2は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、明るさ絞りSと、平行平板F1と、を有する。第3群G3は、物体側から順に、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、像側に平面を向けた平凸正レンズL5と、両凸正レンズL6と、両凹負レンズL7と、を有する。カバーガラスCG1は、像側に平面を向けた平凸形状を有する。

【0127】

正レンズL3と、負メニスカスレンズL4と、は接合されて接合レンズCL1を構成する。正レンズL6と、負レンズL7と、は接合されて接合レンズCL2を構成する。

30

【0128】

平行平板F1は、赤外吸収フィルタの物体側に、YAGレーザーカットのコーティング、像側にLDレーザーカットのコーティングを施している。このように、平行平板F1は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【0129】

さらに、第2群G2は、通常観察状態(図26a))から近接観察状態(図26(b))へフォーカシングするに際して、像(像面I)側に移動する。

【0130】

図27(a)、(b)、(c)、(d)は、本実施例の通常観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

40

図27(e)、(f)、(g)、(h)は、本実施例の近接観察状態における球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)、倍率色収差(CC)を示す。

【0131】

(実施例14)

実施例14に係る内視鏡対物光学系について説明する。図28(a)は、本実施例に係る内視鏡対物光学系の、通常観察状態(遠距離物点)における断面図、図28(b)は近接観察状態(近距離物点)における断面図である。

【0132】

本実施例は、物体側から順に、負屈折力を有する第1群G1と、正屈折力を有する第2

50

群 G 2 と、正屈折力を有する第 3 群 G 3 と、を有している。

【 0 1 3 3 】

第 1 群 G 1 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凹負レンズ L 1 を有する。第 2 群 G 2 は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸正レンズ L 1 と、平行平板 F 1 と、明るさ絞り S と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 3 と、を有する。第 3 群 G 3 は、物体側から順に、両凸正レンズ L 4 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 と、両凸正レンズ L 7 と、両凹負レンズ L 8 と、を有する。カバーガラス C G 1 は、平行平板である。

【 0 1 3 4 】

正レンズ L 4 と、負メニスカスレンズ L 5 と、は接合されて接合レンズ C L 1 を構成する。正レンズ L 7 と、負レンズ L 8 と、は接合されて接合レンズ C L 2 を構成する。

10

【 0 1 3 5 】

平行平板 F 1 は、赤外吸収フィルタの物体側に、Y A G レーザークットのコーティング、像側に L D レーザークットのコーティングを施している。このように、平行平板 F 1 は、諸収差性能には直接影響を与えないが、観察に不要な長波長側の光を遮断する赤外カットフィルターとして機能している。

【 0 1 3 6 】

さらに、第 2 群 G 2 は、通常観察状態（図 2 8 a ））から近接観察状態（図 2 8 （ b ））へフォーカシングするに際して、像（像面 I ）側に移動する。

【 0 1 3 7 】

20

図 2 9 （ a ））、（ b ））、（ c ））、（ d ））は、本実施例の通常観察状態における球面収差（ S A ）、非点収差（ A S ）、歪曲収差（ D T ）、倍率色収差（ C C ）を示す。

図 2 9 （ e ））、（ f ））、（ g ））、（ h ））は、本実施例の近接観察状態における球面収差（ S A ）、非点収差（ A S ）、歪曲収差（ D T ）、倍率色収差（ C C ）を示す。

【 0 1 3 8 】

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、 nd は各レンズの d 線の屈折率、 d は各レンズのアップ数である。また、 S は明るさ絞りである。

数値実施例 1

単位 mm

30

面データ

面番号

物体面

1

2

3

4

5(絞り)

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

r

d

nd

d

可変

0.25

可変

0.25

0

0.03

0.25

可変

0.6629

0.25

0.0798

0.43

0.03

0.6448

0.25

0.7872

0.45

1.883

1.95906

1.521

1.755

1.72825

1.48749

1.48749

1.95906

1.51633

40.76

17.47

65.13

52.32

28.46

70.23

70.23

17.47

64.14

40

50

17	0.3	1.5051	63.26
18(像面)			

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態	
焦点距離	0.546	0.531	
有効Fno	3.78	4.09	
画角()	65.2	69.0	
d0	16	4	
d2	1.3872	1.6372	10
d7	0.78	0.53	

その他数値

f3R	-5.04	
f3L	2.35	
f2	19.73	
L13	2.70	
R	52.76	
L	23.86	
f1	-0.78	20
f3	1.66	

【 0 1 3 9 】
数値実施例 2
単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物体面		可変			
1		0.25	1.883	40.76	30
2	0.7939	可変			
3	-0.744	0.25	1.95906	17.47	
4	-0.9028	0			
5(絞り)		0.03			
6	-3.8319	0.25	1.95906	17.47	
7	-3.1094	可変			
8	4.3993	0.5115	1.755	52.32	
9	-1.3114	0.25	1.72825	28.46	
10	-2.4982	0.06			
11		0.29	1.521	65.13	40
12		0.03			
13	1.8762	0.5651	1.48749	70.23	
14	-1.8743	0.25	1.95906	17.47	
15	-14.0844	1.2043			
16	2.5	0.45	1.51633	64.14	
17		0.3	1.5051	63.26	
18(像面)					

各種データ

通常観察状態	近接観察状態	50
--------	--------	----

焦点距離	0.544	0.524
有効Fno	3.34	3.54
画角()	66.2	71.4
d0	16	4
d2	1.528	1.778
d7	0.78	0.53

その他数値

f3R	10.62	
f3L	2.17	10
f2	34.06	
L13	2.84	
R	52.76	
L	23.86	
f1	-0.90	
f3	1.92	

【 0 1 4 0 】

数値実施例 3

単位 mm	20
-------	----

面データ

面番号	r	d	nd	d	
物体面		可変			
1		0.25	1.883	40.76	
2		可変			
3	0.7325	0.25	1.521	65.13	
4		0			
5(絞り)		0.08			
6		0.25	1.95906	17.47	30
7	-2.4192	可変			
8	-2.3737	0.6644	1.755	52.32	
9	2.5905	0.25	1.72825	28.46	
10	-2.2056	0.09			
11	-2.4438	0.8394	1.48749	70.23	
12	1.516	0.25	1.95906	17.47	
13	-1.1897	0.7			
14	-11.1363	0.45	1.51633	64.14	
15		0.3	1.5051	63.26	
16(像面)					40

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.538	0.526
有効Fno	3.25	3.53
画角()	67.7	70.4
d0	16	6
d2	1.3781	1.6281
d7	0.78	0.53

その他数値

f3R	14.79
f3L	1.80
f2	35.67
L13	2.74
R	52.76
L	23.86
f1	-0.83
f3	1.43

10

【 0 1 4 1 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.7727	可変		
3	-3.7458	0.25	1.883	40.76
4	-2.4737	0		
5(絞り)		0.03		
6	1.0761	0.25	1.95906	17.47
7	0.9288	可変		
8	2.4387	0.6997	1.58913	61.14
9	-2.2502	0.268	1.5927	35.31
10	-2.1596	0.09		
11	1.4757	0.8499	1.497	81.54
12	-1.4954	0.25	1.95906	17.47
13	-5.4826	0.03		
14		0.3	1.521	65.13
15		0.4418		
16		0.45	1.51633	64.14
17		0.01	1.51	64.05
18		0.3	1.5051	63.26
19(像面)				

20

30

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.551	0.540
有効Fno	3.38	3.64
画角()	67.7	68.6
d0	16	4
d2	1.6719	1.9219
d7	0.78	0.53

40

その他数値

f3R	4.42
f3L	2.11
f2	7.98

50

L13 2.98
 R 64.07
 L 25.83
 f1 -0.88
 f3 1.47

【 0 1 4 2 】

数値実施例 5

単位 mm

10

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.7962	可変		
3	-2.0938	0.25	1.883	40.76
4	-1.6457	0		
5(絞り)		0.03		
6	1.571	0.25	1.95906	17.47
7	1.3424	可変		
8	2.259	0.698	1.58913	61.14
9		0.5	1.5927	35.31
10	-1.9954	0.09		
11	1.334	0.8581	1.497	81.54
12	-1.3826	0.25	1.95906	17.47
13	11.6902	0.1		
14		0.3	1.521	65.13
15		0.2717		
16	2.5	0.45	1.51633	64.14
17		0.3	1.5051	63.26
18(像面)				

20

30

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.548	0.536
有効Fno	3.36	3.60
画角()	65.9	68.4
d0	16	4
d2	1.6738	1.9238
d7	0.78	0.53

40

その他数値

f3R 21.58
 f3L 2.00
 f2 9.32
 L13 2.98
 R 64.07
 L 25.83
 f1 -0.90
 f3 1.59

50

【 0 1 4 3 】

数値実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.74	可変		
3	3.301	0.3	1.72825	28.46
4		0.03		
5		0.4	1.521	65.13
6		0		
7(絞り)		0.03		
8	1.717	0.25	1.95906	17.47
9	1.354	可変		
10	2.908	0.56	1.755	52.32
11	-2.211	0.25	1.72825	28.46
12	-3.32	0.03		
13	1.762	0.39	1.48749	70.23
14		0.03		
15	1.354	0.65	1.48749	70.23
16	-2.211	0.25	1.95906	17.47
17	3.543	0.2666		
18		0.45	1.51633	64.14
19		0.3	1.5051	63.26
20(像面)				

10

20

各種データ

30

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.507	0.503
有効Fno	2.97	3.27
画角()	67.1	65.4
d0	14.5	4.32
d2	1.23	1.49
d9	0.79	0.53

その他数値

f3R	-24.06
f3L	2.16
f2	6.57
L13	3.03
R	52.76
L	23.86
f1	-0.84
f3	1.18

40

【 0 1 4 4 】

数値実施例 7

50

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.74	可変		
3	-2.3707	0.25	1.95906	17.47
4	-1.9033	0		
5(絞り)		0.03		
6		0.25	1.51633	64.14
7	7.6937	可変		
8	2.4209	0.5813	1.755	52.32
9	-3.0078	0.25	1.72825	28.46
10	-5.9576	0.03		
11	3.4041	0.3819	1.48749	70.23
12	-4.1003	0.03		
13	1.7236	0.6172	1.48749	70.23
14	-1.3518	0.25	1.95906	17.47
15	-12.6443	0.3066		
16		0.3	1.521	65.13
17		0.03		
18		0.45	1.51633	64.14
19		0.3	1.5051	63.26
20(像面)				

10

20

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.488	0.476
有効Fno	3.08	3.33
画角()	67.0	70.1
d0	14.5	4.5
d2	1.484	1.734
d7	0.78	0.53

30

その他数値

f3R	23.75
f3L	2.36
f2	17.72
L13	2.79
R	52.76
L	23.86
f1	-0.84
f3	1.39

40

【 0 1 4 5 】

数値実施例 8

単位 mm

面データ

50

面番号 物体面	r	d 可変	nd	d	
1		0.25	1.883	40.76	
2	0.74	可変			
3	4.7197	0.25	1.95906	17.47	
4		0			
5(絞り)		0.03			
6	2.7357	0.25	1.95906	17.47	
7	1.9796	可変			
8	3.627	0.5557	1.755	52.32	10
9	-1.6079	0.25	1.72825	28.46	
10	-3.1485	0.03			
11	1.8635	0.3519	1.48749	70.23	
12		0.2595			
13	1.3795	0.596	1.48749	70.23	
14	-2.0598	0.25	1.95906	17.47	
15	5.5927	0.05			
16		0.3	1.521	65.13	
17		0.03			
18		0.45	1.51633	64.14	20
19		0.3	1.5051	63.26	
20(像面)					

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態	
焦点距離	0.499	0.491	
有効Fno	3.11	3.40	
画角()	66.6	67.4	
d0	14.5	4.5	
d2	1.5159	1.7659	30
d7	0.78	0.53	

その他数値

f3R	76.43	
f3L	2.31	
f2	9.33	
L13	2.83	
R	52.76	
L	23.86	40
f1	-0.84	
f3	1.26	

【 0 1 4 6 】

数値実施例 9

単位 mm

面データ

面番号 物体面	r	d 可変	nd	d	
------------	---	---------	----	---	--

1		0.25	1.883	40.76	
2	0.7136	可変			
3(絞り)		0.03			
4	1.0966	0.25	1.51633	64.14	
5	1.13	可変			
6		0.6495	1.6968	55.53	
7	-2.6028	0.25	1.84666	23.78	
8	-2.5096	0.03			
9	1.8975	0.504	1.48749	70.23	
10	-4.2056	0.03			10
11	1.5142	0.7998	1.57135	52.95	
12	-2.0785	0.25	1.95906	17.47	
13	2.4247	0.2956			
14		0.3	1.521	65.13	
15		0.03			
16		0.45	1.51633	64.14	
17		0.3	1.5051	63.26	
18(像面)					
各種データ					20
	通常観察状態	近接観察状態			
焦点距離	0.494	0.495			
有効Fno	3.22	3.57			
画角()	68.6	67.6			
d0	14.5	8.95			
d2	1.5871	1.8371			
d5	0.78	0.53			
その他数値					30
f3R	-12.27				
f3L	3.54				
f2	20.24				
L13	2.65				
R	35.48				
L	31.75				
f1	-0.81				
f3	1.26				
【 0 1 4 7 】					
数値実施例 1 0					40
単位 mm					
面データ					
面番号	r	d	nd	d	
物体面		可変			
1		0.25	1.883	40.76	
2	0.7192	可変			
3	-1.9027	0.25	1.95906	17.47	
4	-1.8912	0			
5(絞り)		0.03			50

6		0.25	1.521	65.13
7		可変		
8	3.9803	0.6627	1.755	52.32
9	-2.2502	0.25	1.62004	36.26
10	-2.9877	0.0783		
11	2.4266	0.43	1.48749	70.23
12		0.03		
13	1.8329	0.8387	1.497	81.54
14	-1.6266	0.25	1.95906	17.47
15	4.8855	0.5797		
16	2.22	0.45	1.51633	64.14
17		0.3	1.5051	63.26
18(像面)				

10

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.540	0.528
有効Fno	3.41	3.71
画角()	66.3	69.4
d0	16	5.22
d2	1.3617	1.6117
d7	0.78	0.53

20

その他数値

f3R	-7.38
f3L	2.32
f2	28.00
L13	2.67
R	64.07
L	16.06
f1	-0.81
f3	1.59

30

【 0 1 4 8 】

数値実施例 1 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.7002	可変		
3	-1.6408	0.25	1.883	40.76
4	-1.4096	0		
5(絞り)		0.03		
6	1.64	0.25	1.95906	17.47
7	1.4213	可変		
8	2.0388	0.6605	1.56883	56.36
9	5.8073	0.5	1.5927	35.31
10	-2.2622	0.09		

40

50

11	1.4669	0.8274	1.497	81.54
12	-1.2763	0.25	1.95906	17.47
13	-8.1746	0.5463		
14		0.3	1.521	65.13
15		0.03		
16	3.6194	0.45	1.51633	64.14
17		0.3	1.5051	63.26
18(像面)				

各種データ

10

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.552	0.539
有効Fno	3.33	3.62
画角()	65.4	67.9
d0	16	3.61
d2	1.3903	1.6403
d7	0.78	0.53

その他数値

20

f3R	7.18
f3L	2.04
f2	9.78
L13	2.70
R	64.07
L	21.05
f1	-0.79
f3	1.62

【0149】

数値実施例12

30

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.7033	可変		
3	4.0521	0.25	1.521	65.13
4		0		
5(絞り)		0.03		
6	0.9342	0.25	1.95906	17.47
7	0.8073	可変		
8	34.0497	0.6623	1.788	47.37
9	-1.4657	0.25	1.69895	30.13
10	-3.5091	0.03		
11	1.8582	0.5124	1.48749	70.23
12	-4.3261	0.03		
13	1.3211	0.8092	1.497	81.54
14	-2.5128	0.25	1.95906	17.47
15	7.217	0.2934		

40

50

16	0.45	1.51633	64.14
17	0.3	1.5051	63.26
18(像面)			

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.457	0.455
有効Fno	3.46	3.84
画角()	67.2	65.3
d0	14.5	4.5
d2	1.3623	1.6123
d7	0.78	0.53

10

その他数値

f3R	7.83
f3L	3.59
f2	7.02
L13	2.67
R	64.07
L	17.24
f1	-0.80
f3	1.19

20

【 0 1 5 0 】

数値実施例 1 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.6695	可変		
3	-2.3615	0.25	1.95906	17.47
4	-2.3481	0		
5(絞り)		0.03		
6		0.25	1.521	65.13
7		可変		
8	15.3307	0.6704	1.755	52.32
9	-1.7977	0.25	1.72825	28.46
10	-2.3221	0.0799		
11	1.9806	0.43	1.48749	70.23
12		0.03		
13	1.4367	0.8197	1.48749	70.23
14	-2.9756	0.25	1.95906	17.47
15	2.0646	0.3212		
16	1.7688	0.7	1.51633	64.14
17		0.3	1.5051	63.26
18(像面)				

30

40

各種データ

50

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.440	0.433
有効Fno	3.03	3.32
画角()	66.7	69.0
d0	16	5.9
d2	1.3801	1.6301
d7	0.78	0.53

その他数値

f3R	-6.46	10
f3L	2.71	
f2	42.60	
L13	2.69	
R	52.76	
L	23.86	
f1	-0.76	
f3	1.40	

【 0 1 5 1 】

数値実施例 1 4

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
物体面		可変		
1		0.25	1.883	40.76
2	0.74	可変		
3	3.8327	0.3	1.72825	28.46
4		0.03		
5		0.4	1.521	65.13
6		0		
7(絞り)		0.03		
8	1.5474	0.25	1.95906	17.47
9	1.2589	可変		
10	3.4686	0.5576	1.755	52.32
11	-2.1971	0.25	1.72825	28.46
12	-3.1268	0.03		
13	1.7753	0.4109	1.48749	70.23
14	-16.6469	0.03		
15	1.3669	0.7113	1.48749	70.23
16	-2.4408	0.25	1.95906	17.47
17	2.75	0.2456		
18		0.45	1.51633	64.14
19		0.3	1.5051	63.26
20(像面)				

各種データ

	通常観察状態	近接観察状態
焦点距離	0.503	0.500
有効Fno	3.00	3.32

50

画角 ()	68.0	66.0
d0	14.5	4.95
d2	1.2492	1.5092
d9	0.79	0.53

その他数値

f3R	-11.89
f3L	2.28
f2	7.44
L13	3.05
R	52.76
L	23.86
f1	-0.84
f3	1.16

10

【 0 1 5 2 】

以下、各実施例における条件式対応値を示す。

- (1) | f 3 R / f 3 L |
 (2) f 2 / L 1 3
 (3) R / L
 (4) R
 (5) | f 1 / f 3 |

20

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
(1)	2.15	4.88	8.20	2.09	10.78
(2)	7.32	12.00	13.03	2.68	3.12
(3)	2.21	2.21	2.21	2.48	2.48
(4)	52.8	52.8	52.8	64.1	64.1
(5)	0.47	0.47	0.58	0.60	0.57

30

条件式	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 1 0
(1)	11.15	10.06	33.04	3.46	3.17
(2)	2.17	6.34	3.30	7.65	10.48
(3)	2.21	2.21	2.21	1.12	3.99
(4)	52.8	52.8	52.8	35.5	64.1
(5)	0.71	0.60	0.67	0.64	0.51

条件式	実施例 1 1	実施例 1 2	実施例 1 3	実施例 1 4
(1)	3.52	2.18	2.38	5.21
(2)	3.62	2.63	15.83	2.44
(3)	3.04	3.72	2.21	2.21
(4)	64.1	64.1	52.8	52.8
(5)	0.49	0.67	0.54	0.72

40

【 0 1 5 3 】

なお、上述の内視鏡光学系は、複数の構成を同時に満足してもよい。このようにすることが、良好な内視鏡を得る上で好ましい。また、好ましい構成の組み合わせは任意である。また、各条件式について、より限定した条件式の数値範囲の上限値あるいは下限値のみを限定しても構わない。

50

【 0 1 5 4 】

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。

【産業上の利用可能性】

【 0 1 5 5 】

以上のように、本発明は、全長や外径が小さく、良好な光学性能を有し、かつ、レンズ可動機構を搭載可能な内視鏡対物光学系に有用である。

【符号の説明】

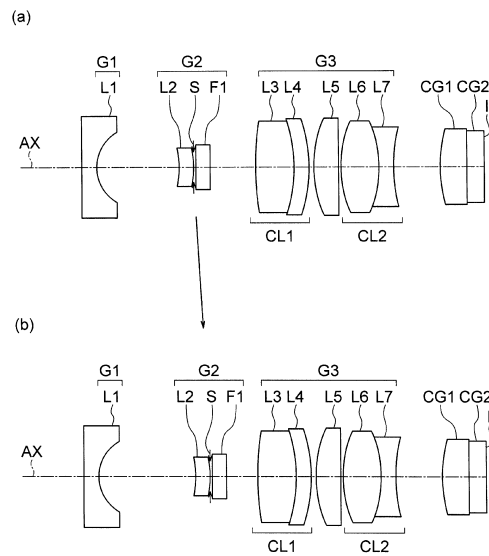
【 0 1 5 6 】

- G 1 第 1 群
 G 2 第 2 群
 G 3 第 3 群
 L 1 - L 7 レンズ
 F 1、C G 1、C G 2 平行平板
 S 明るさ絞り
 C L 1、C L 2 接合レンズ
 I 像面（撮像面）
 A X 光軸

10

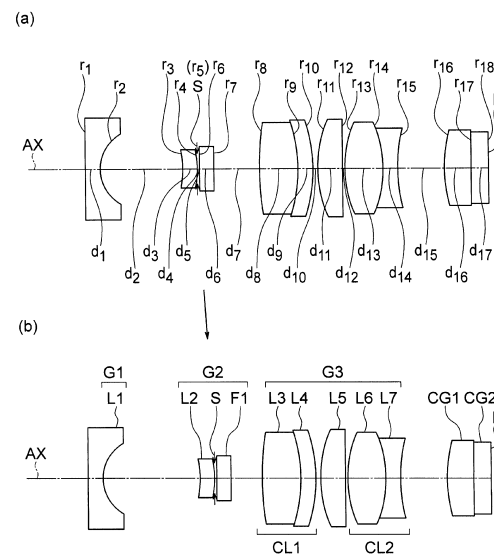
20

【図 1】



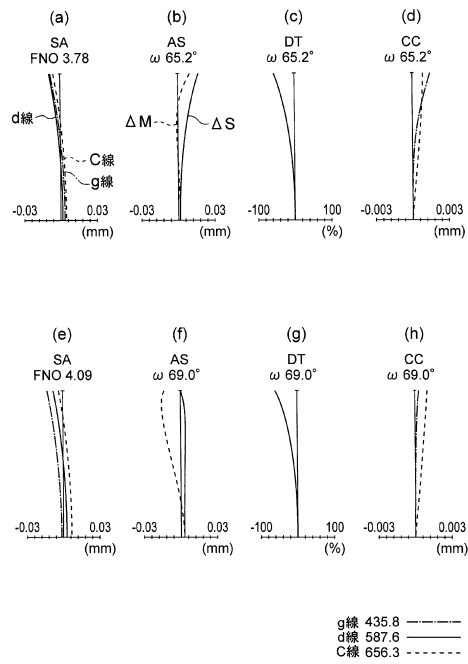
【図 2】

実施例1



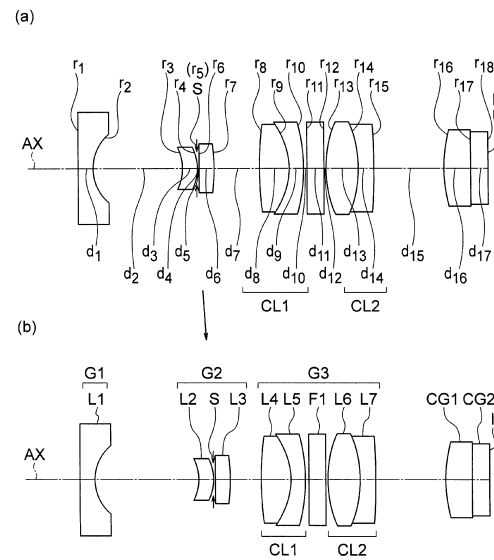
【図 3】

実施例1



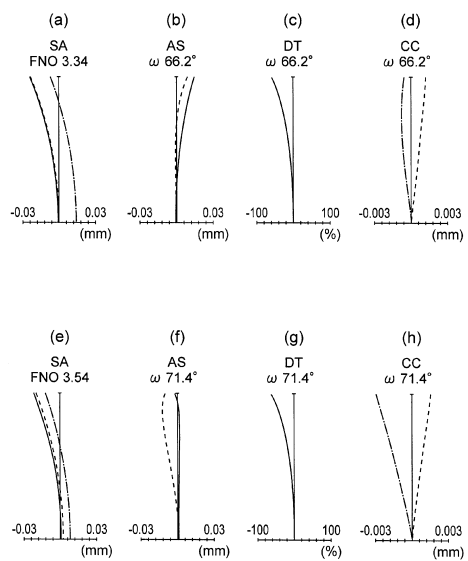
【図 4】

実施例2



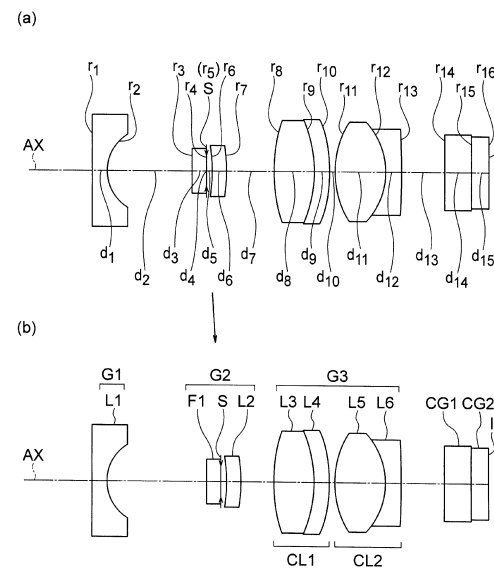
【図 5】

実施例2



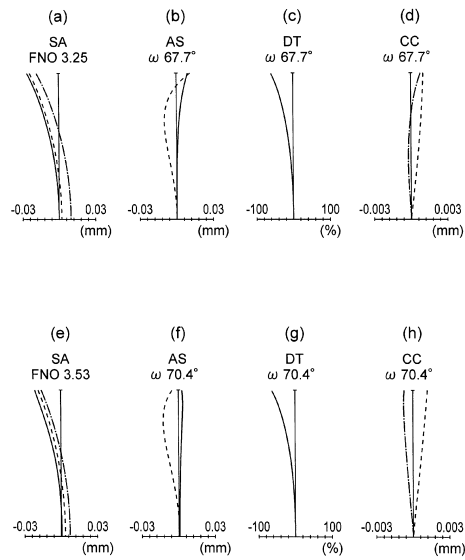
【図 6】

実施例3



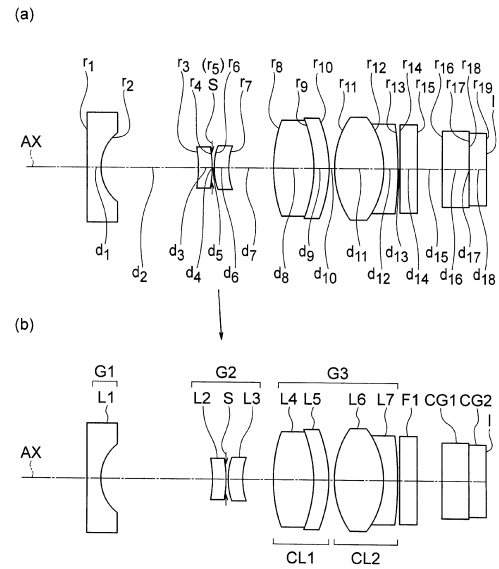
【図 7】

実施例3



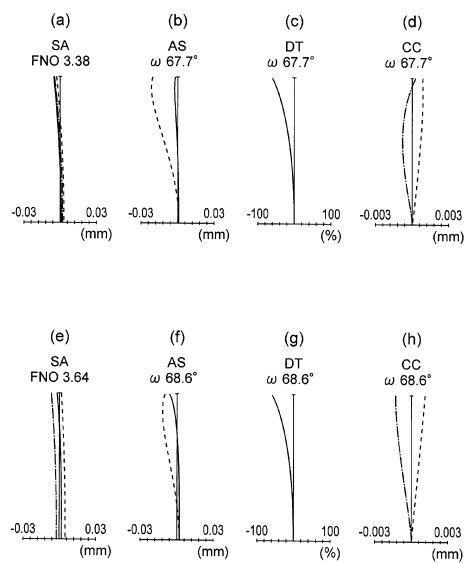
【図 8】

実施例4



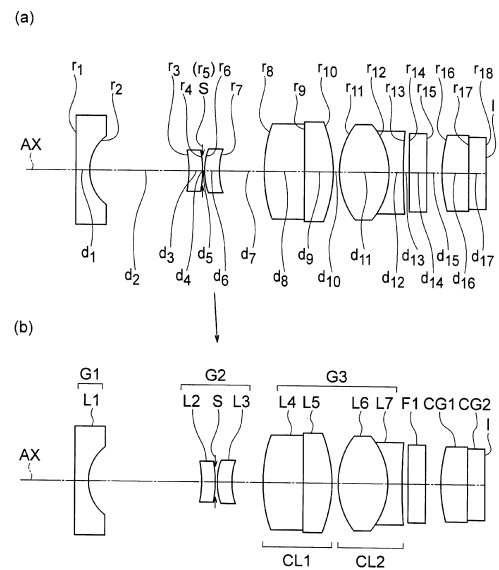
【図 9】

実施例4



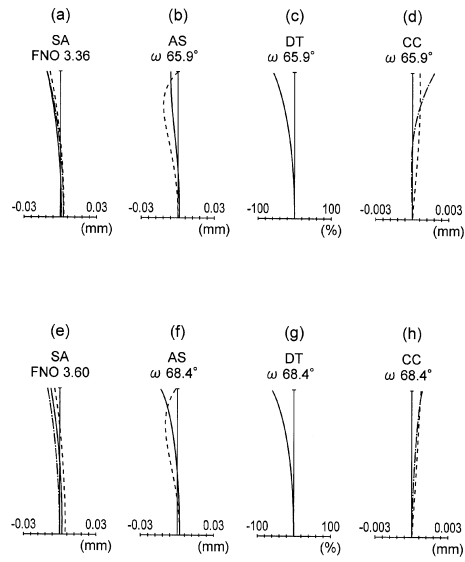
【図 10】

実施例5



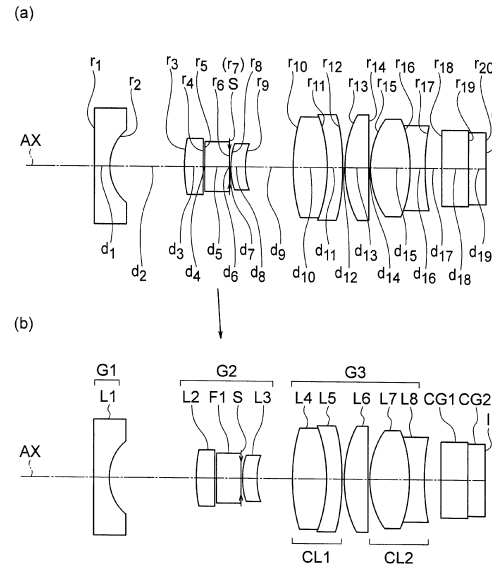
【図 1 1】

実施例5



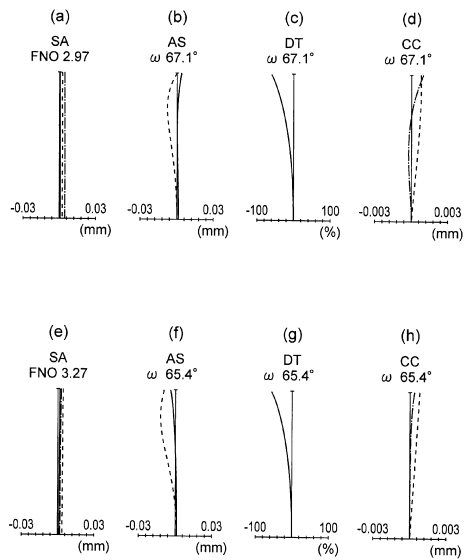
【図 1 2】

実施例6



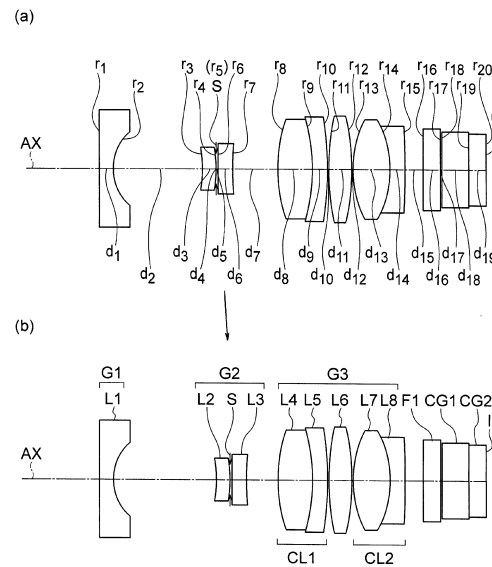
【図 1 3】

実施例6



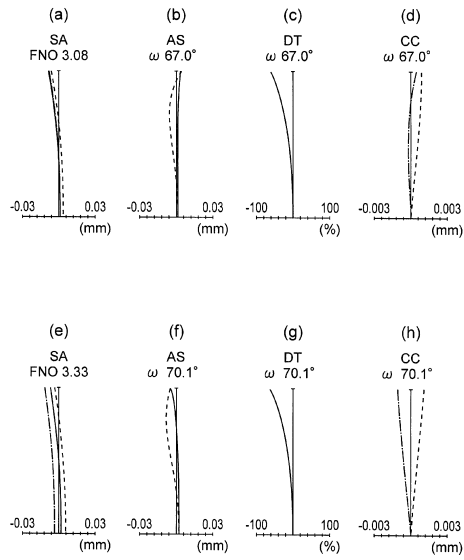
【図 1 4】

実施例7



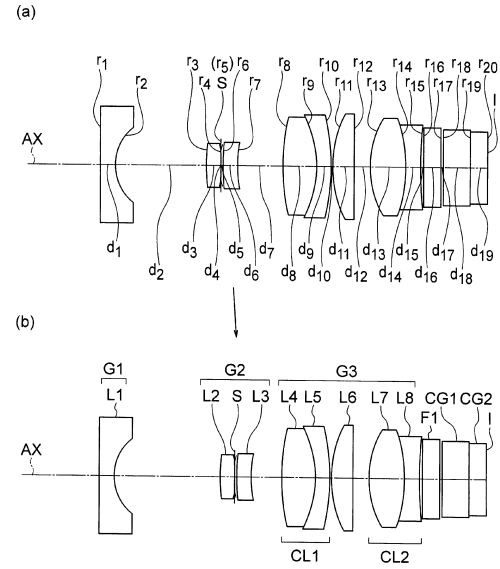
【図 15】

実施例7



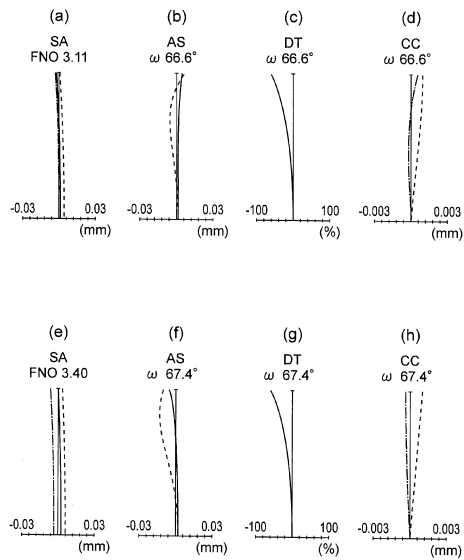
【図 16】

実施例8



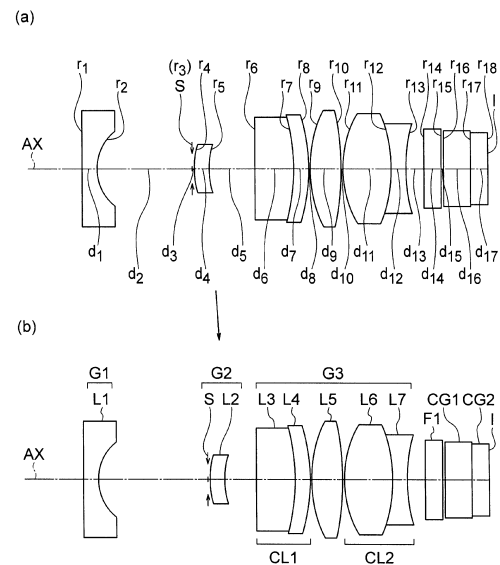
【図 17】

実施例8



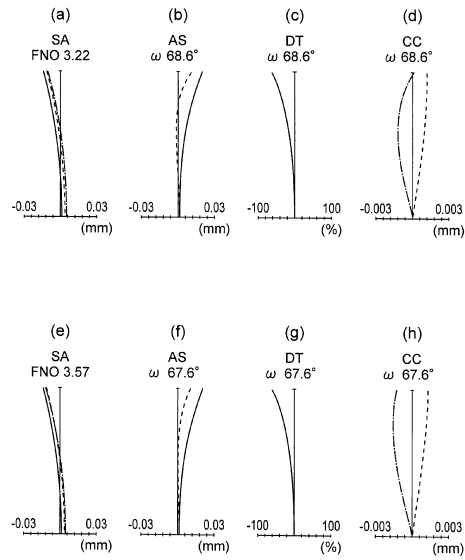
【図 18】

実施例9



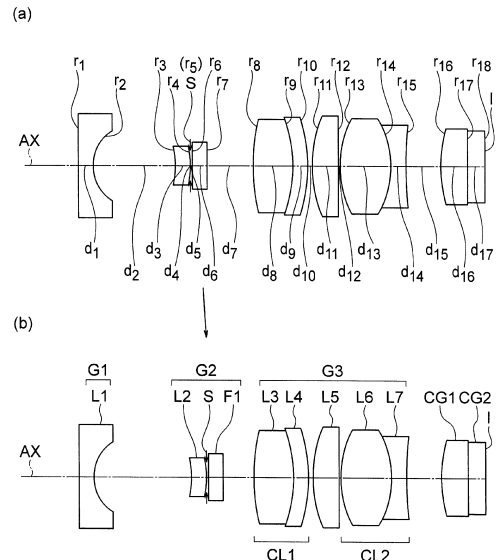
【図 19】

実施例9



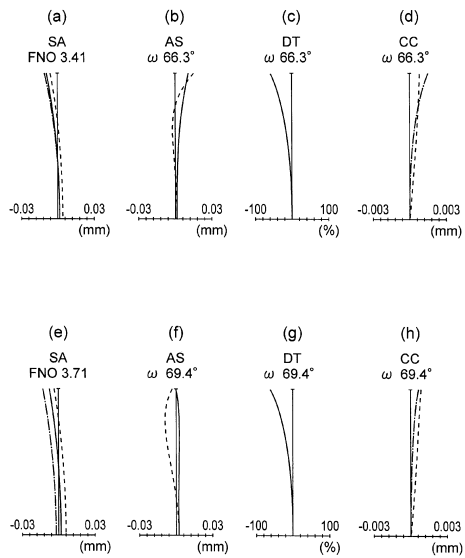
【図 20】

実施例10



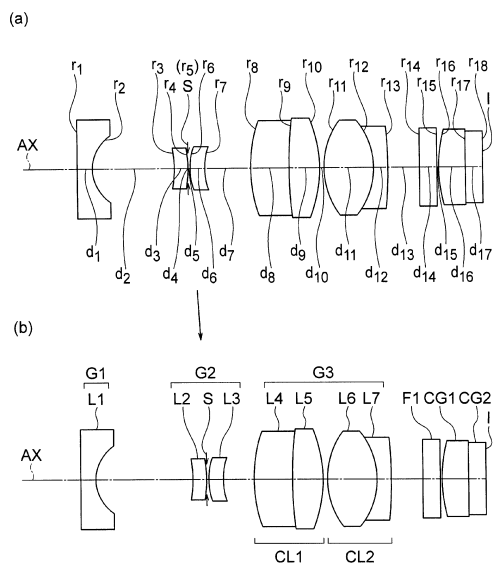
【図 21】

実施例10



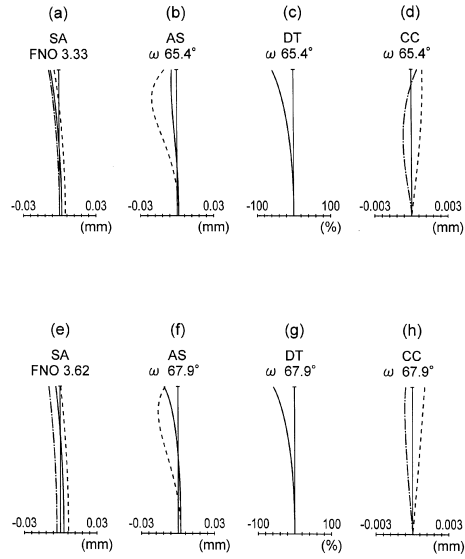
【図 22】

実施例11



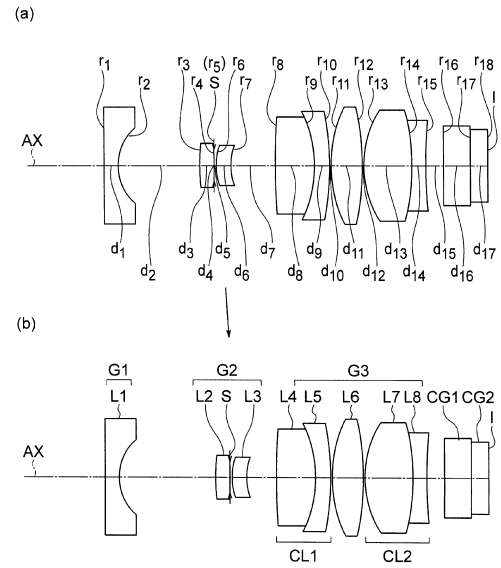
【図 23】

実施例11



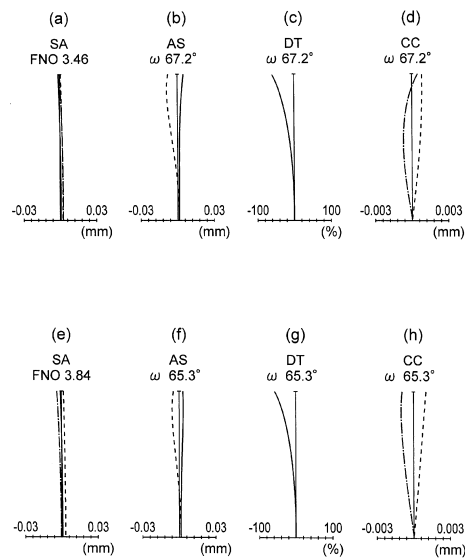
【図 24】

実施例12



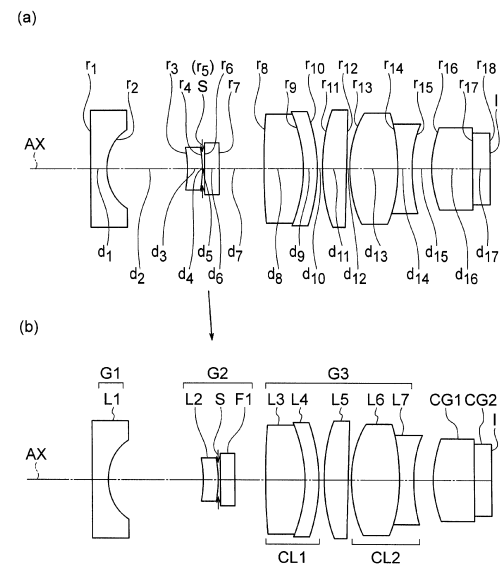
【図 25】

実施例12



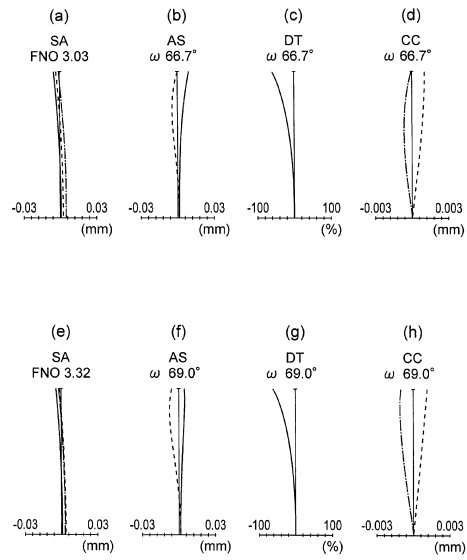
【図 26】

実施例13



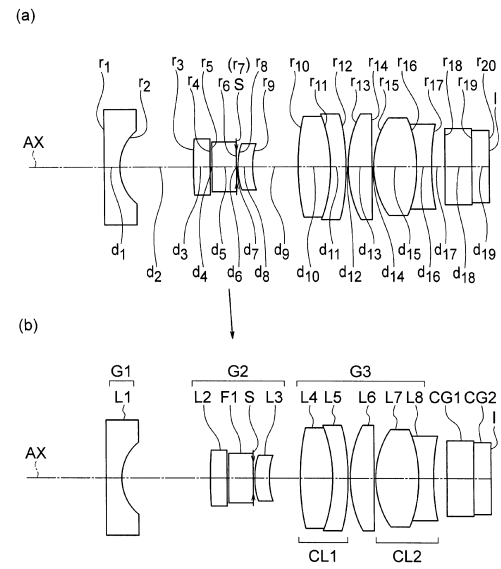
【図 27】

実施例13



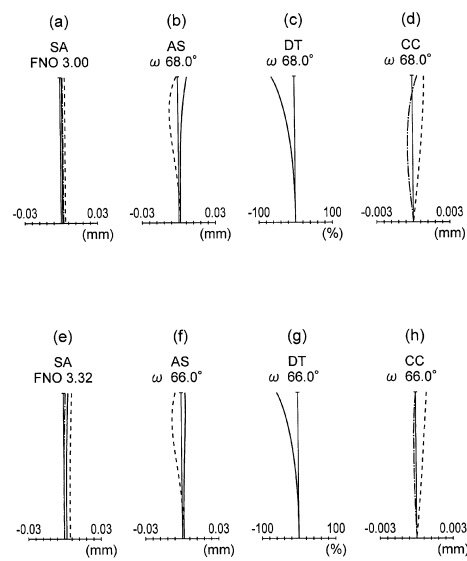
【図 28】

実施例14



【図 29】

実施例14



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2 0 0 8 - 1 0 7 3 9 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 0 / 1 1 9 6 4 0 (W O , A 1)
特開 2 0 0 4 - 0 2 1 1 5 8 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 0 4 7 9 0 9 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 1 8 0 6 1 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 1 / 0 0 8 5 2 4 6 (U S , 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