

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-8024

(P2019-8024A)

(43) 公開日 平成31年1月17日(2019.1.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 0 2 B 13/04 (2006.01)	G O 2 B 13/04	2 H 0 4 0
G 0 2 B 23/26 (2006.01)	G O 2 B 23/26 C	2 H 0 8 7
A 6 1 B 1/00 (2006.01)	A 6 1 B 1/00 7 3 1	4 C 1 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 54 頁)

(21) 出願番号	特願2017-121400 (P2017-121400)	(71) 出願人	000000376
(22) 出願日	平成29年6月21日 (2017. 6. 21)		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
		(74) 代理人	100120204
			弁理士 平山 巖
		(72) 発明者	高杉 芳治
			東京都八王子市石川町2951番地 オリ
			ンパス株式会社内
		F ターム (参考)	2H040 CA23 CA24
			2H087 KA10 LA03 PA03 PA18 PB04
			QA01 QA06 QA07 QA18 QA21
			QA25 QA37 QA39 QA41 QA45
			RA32 RA41 RA43
			4C161 BB03 FF40

(54) 【発明の名称】 斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡

(57) 【要約】

【課題】高性能で小型な斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡を提供すること。

【解決手段】斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、からなり、前側レンズ群は前側負レンズからなり、後側レンズ群は、後側正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、以下の条件式(1)を満足する。

$$4.0 < f_2 / f < 12.0 \quad (1)$$

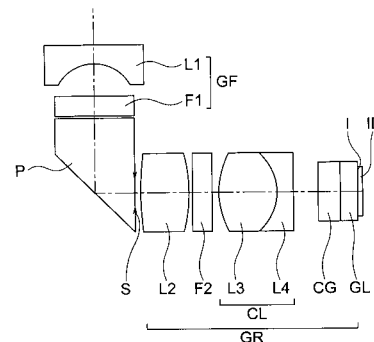
ここで、

f_2 は、後側正レンズの焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、からなり、
前記前側レンズ群は前側負レンズからなり、
前記後側レンズ群は、後側正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、
以下の条件式 (1) を満足することを特徴とする斜視対物光学系。

$$4.0 < f_2 / f < 12.0 \quad (1)$$

ただし、

f_2 は、前記後側正レンズの焦点距離、

f は、前記斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の斜視対物光学系を備えることを特徴とする斜視用内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光路変換素子を具備した斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡に関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、CCD (Charge Coupled Devices) や C-MOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子では、微細化技術の進歩によって、画素の微細化と素子自体の小型化が進んでいる。特に最近では、非常に微細な画素を持つ撮像素子、例えば、画素ピッチが約 1 ~ 2 μm という撮像素子が製造されてきている。このように、近年の撮像素子は、以前に比べて更なる多画素で小型になってきている。

【0003】

また、対物光学系のレンズ外径や全長を小型化すると、対物光学系から出射する光線を、撮像素子の受光面に対して、垂直に入射させることが困難になる。この場合、光線は受光面に対して斜めに入射する (以下、斜入射という)。このため、近年の CCD や C-MOS 等の撮像素子は、受光面への最適な光線の入射が斜入射であることを前提として設計されている。このように、近年の撮像素子は斜入射特性を有している。

【0004】

多画素で小型な撮像素子を内視鏡に用いることで、画像の高画質化と内視鏡の細径化が可能になる。それに伴って、内視鏡用の対物光学系には、高性能で小型の対物光学系が求められることになる。高性能な光学系とは、例えば、分解能が高く、収差が良好に補正されている光学系である。

【0005】

画素ピッチが約 1 μm 近くまで小さくなると、光学系の F ナンバーが大きい場合には、回折の影響を受けて光学性能が低下してしまう。そのため、画素ピッチの小さい撮像素子に使用する光学系は、F ナンバーが小さい光学系でなければならない。しかし、F ナンバーが小さくなると、光学系を通過する光束の径が太くなる。そのため、F ナンバーを小さくすると、収差補正を良好に行うことが難しくなる。

【0006】

画素ピッチの小さい撮像素子に使用する光学系では、画素ピッチの狭小化に合わせて、各収差について、その発生量が非常に小さくなるように補正されていなければならない。例えば横収差量で言えば、収差量は画素ピッチの数倍レベル、すなわち数 μm 程度、あるいは精々 10 μm 以下にしておかなければならない。

【0007】

このようなレベルまで光学系の収差を良好に補正しようとする、光学系のレンズ枚数

10

20

30

40

50

が多くなってしまう。ところが、レンズ枚数をやたら増やすと、光学系全長が長くなってしまふ。更に、光学系全長が長くなると、レンズを通過する光線の高さも高くなるため、レンズ外径も大型化してしまふ。内視鏡では、小型の光学系が要求される。そのため、レンズ枚数の増加を極力抑えながら、内視鏡に適用できるサイズと高い結像性能が確保されているように、対物光学系を構成しなければならない。

【 0 0 0 8 】

また、内視鏡用の対物光学系の一つに、斜視対物光学系がある。斜視対物光学系では、前方視、側方視又は後方視が行われる。

【 0 0 0 9 】

図 1 は、従来の斜視対物光学系の例である。斜視対物光学系 1 は、側方視を行う斜視対物光学系である。斜視対物光学系 1 は、前側レンズ群 2、プリズム 3 及び後側レンズ群 4 で構成されている。斜視対物光学系 1 では、プリズム 3 によって、前側レンズ群 2 の光軸と後側レンズ群 4 の光軸とが直交した状態になっている。

10

【 0 0 1 0 】

図 2 は、従来の斜視対物光学系の別の例である。斜視対物光学系 5 は、前方視を行う斜視対物光学系である。斜視対物光学系 5 は、前側レンズ群 6、プリズム 7 及び後側レンズ群 8 で構成されている。斜視対物光学系 5 では、プリズム 7 によって、前側レンズ群 6 の光軸と後側レンズ群 8 の光軸とが交差した状態になっている。ただし、2 つの光軸は直交した状態にはなっていない。

20

【 0 0 1 1 】

図 1 や図 2 に示すように、斜視対物光学系では、大きな硝路長の光路変換素子が光学系中に配置される。そのため、特に斜視対物光学系では、光路変換素子、例えばプリズムを配置するための大きなスペースが必要となる。その結果、斜視対物光学系では、直視の対物光学系に比べて光学系の全長が長くなる。このように、斜視対物光学系は、直視の対物光学系に比べて大型になる傾向があるため、斜視対物光学系には一層の小型化が要求される。

【 0 0 1 2 】

特許文献 1 から 6 には、斜視対物光学系が開示されている。

【 0 0 1 3 】

特許文献 1 に開示された斜視対物光学系は、前群発散レンズ系と、後群収斂レンズ系と、で構成されている。この斜視対物光学系は、イメージファイバーに用いられることを前提とした光学系である。そのため、これらの対物光学系では、対物光学系から出射する光線を、ファイバーの入射端面に対してほぼ垂直に入射できるようにしている。

30

【 0 0 1 4 】

特許文献 2 に開示された斜視対物光学系は、1 枚の負レンズからなる第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、で構成されている。この斜視対物光学系では、色収差補正のために、第 1 レンズ群の負レンズとプリズムに、分散が小さい硝材（アッペ数が大きい硝材）が用いられている。

【 0 0 1 5 】

特許文献 3 に開示された斜視対物光学系は、負の焦点距離を有する前群と、正の焦点距離を有する後群と、で構成されている。

40

【 0 0 1 6 】

特許文献 4 に開示された斜視対物光学系は、負の屈折力の単レンズからなる第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、で構成されている。

【 0 0 1 7 】

この斜視対物光学系では、第 3 レンズ群を、物体側から順に、負レンズと正レンズとからなる接合レンズで構成している。このようにすることで、テレセントリック性を確保している。すなわち、特許文献 4 に開示された斜視対物光学系では、斜視対物光学系から出射する光線を、撮像素子の受光面に対してほぼ垂直に入射できるようにしている。

50

【 0 0 1 8 】

特許文献 5 に開示された斜視対物光学系は、負の第 1 群と、正の第 2 群と、から構成されている。

【 0 0 1 9 】

特許文献 6 に開示された斜視対物光学系は、負レンズからなる前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、から構成されている。後側レンズ群は、正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなる。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 2 0 】

10

【 特許文献 1 】 特開昭 5 1 - 6 2 0 5 3 号公報

【 特許文献 2 】 特許 3 3 8 5 0 9 0 号公報

【 特許文献 3 】 特許 3 5 7 4 4 8 4 号公報

【 特許文献 4 】 特許 4 4 3 9 1 8 4 号公報

【 特許文献 5 】 特許 4 8 1 4 7 4 6 号公報

【 特許文献 6 】 特許 6 0 0 1 2 2 7 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 1 】

特許文献 1 に開示された斜視対物光学系では、光学系全体が大きく、また、光学性能も不十分である。

20

【 0 0 2 2 】

そのため、特許文献 1 に開示された斜視対物光学系や直視対物光学系を、多画素で小さな CCD 等の撮像素子への適用が可能な斜視対物光学系、すなわち、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系に適用することはできない。

【 0 0 2 3 】

特許文献 2 に開示された斜視対物光学系では、色収差補正のために、第 1 レンズ群の負レンズとプリズムの各々に、低屈折率の硝材が用いられている。この場合、特に、明るさ絞りよりも物体側の空気換算長が長くなる。その結果、負レンズの外径やプリズムの外径が大きくなってしまふ。さらに、F ナンバーも大きいので、画素ピッチの小さな撮像素子に用いるには、光学性能が不足している。

30

【 0 0 2 4 】

そのため、特許文献 2 に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

【 0 0 2 5 】

特許文献 3 に開示された斜視対物光学系では、バックフォーカスが長い光学系全体が大きい。

【 0 0 2 6 】

また、前群における負レンズの焦点距離が小さいので、前群の負の屈折力が大きい。一方、後群では、長いバックフォーカスを確保するために、接合レンズの焦点距離が長くなっている。そのため、後群の正の屈折力が小さい。2 つのレンズ群で構成されている光学系の場合、負屈折力と正屈折力とのバランスが崩れると、諸収差が大きく発生する。このように、特許文献 3 に開示された斜視対物光学系では、光学系全体での屈折力のバランスが悪いため、光学性能が十分ではない。

40

【 0 0 2 7 】

そのため、特許文献 3 に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

【 0 0 2 8 】

特許文献 4 に開示された斜視対物光学系では、テレセントリック性が確保されている。しかしながら、近年の撮像素子は斜入射特性を有しているので、光学系においてテレセン

50

トリック性が確保されている必要が無い。特許文献４に開示された斜視対物光学系では、斜視対物光学系から出射する光線の角度は、撮像素子の斜入射特性を満足する角度からむしろ乖離してしまう。その結果、画像の周辺部に、明るさのムラや色のムラが生じてしまう。

【００２９】

そのため、特許文献４に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

【００３０】

特許文献５に開示された斜視対物光学系では、フィルタ類を配置するために、光学系の全長とバックフォーカスとが長くなっている。そのため光学系全体が大きい。

10

【００３１】

また、画角が大きいので、第１群の焦点距離が小さくなっている（第１群の負の屈折力が大きくなっている）。一方、上述のように、光学系の全長とバックフォーカスが長いので、第２群の焦点距離が長くなっている（第２群の正の屈折力が小さくなっている）。２つのレンズ群で構成されている光学系の場合、負屈折力と正屈折力とのバランスが崩れると、像面湾曲及び非点収差が発生してしまう。さらに、特許文献５に開示された斜視対物光学系では、像高が高いので、第２群のレンズの外径も大きくなっている。

【００３２】

そのため、特許文献５に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

20

【００３３】

特許文献６に開示された斜視対物光学系は、Ｆナンバーが３．６程度の光学系である。特許文献６に開示された各実施例の斜視対物光学系では、全体的にＦナンバーが大きいいため、撮像素子の画素の微細化に伴う回折の影響を受けやすい。よって、特許文献６に開示された斜視対物光学系を、画素ピッチの小さい撮像素子と共に使用することは困難である。

【００３４】

また、撮像素子の小型化に伴って、対物光学系の像高も小さくなる。特許文献６に開示された斜視対物光学系では、像高が小さくなると光学系の画角は小さくなってしまう。また、内視鏡の場合はより広い範囲を観察したいという要望があるが、特許文献６に開示された斜視対物光学系では、観察範囲の広角化は成し得ない。

30

【００３５】

そのため、特許文献６に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

【００３６】

以上のように、特許文献１から６に開示された対物光学系では、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系を実現することは難しい。

【００３７】

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、高性能で小型な斜視対物光学系を提供することを目的とする。また、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を提供する。

40

【課題を解決するための手段】

【００３８】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、からなり、前側レンズ群は前側負レンズからなり、後側レンズ群は、後側正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、以下の条件式（１）を満足することを特徴とする。

$$4.0 < f_2 / f < 12.0 \quad (1)$$

50

ここで、

f_2 は、後側正レンズの焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0039】

また、本発明の斜視用内視鏡は、上記の斜視対物光学系を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0040】

本発明によれば、高性能で小型な斜視対物光学系を実現することができる。また、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0041】

【図1】従来の斜視対物光学系を示す図である。

【図2】従来の別の斜視対物光学系を示す図である。

【図3】本実施形態の斜視対物光学系の断面構成を示す図である。

【図4】プリズムを示す図である。

【図5】実施例1に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図6】実施例2に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図7】実施例3に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

20

【図8】実施例4に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図9】実施例5に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図10】実施例6に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図11】実施例7に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図12】実施例8に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図13】実施例9に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図14】実施例10に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図15】実施例11に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図16】実施例12に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図17】実施例13に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

30

【図18】実施例14に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図19】実施例15に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図20】実施例16に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図21】実施例17に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図22】実施例18に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図23】実施例19に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図である。

【図24】内視鏡装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0042】

以下、本実施形態に係る斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡について、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、以下の実施形態に係る斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡によりこの発明が限定されるものではない。

40

【0043】

本実施形態の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、からなり、前側レンズ群は前側負レンズからなり、後側レンズ群は、後側正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなる。

【0044】

明るさ絞りの近傍、すなわち、明るさ絞りの物体側又は明るさ絞りの像側に光路変換素

50

子を配置することで、光路変換素子における光線高を低く抑えることができる。その結果、光路変換素子のサイズを小さくできる。

【0045】

しかしながら、明るさ絞りよりも像側に光路変換素子を配置すると、明るさ絞りから像面までの距離は、少なくとも光路変換素子の硝路長以上に長くなってしまう。そうすると、斜視対物光学系から出射する光線は、撮像素子の受光面に対してほぼ垂直になる。そのため、斜視対物光学系から出射する光線の角度は、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にならない。その結果、画像の周辺部に、明るさのムラや色のムラが発生してしまう。

【0046】

また、斜視対物光学系の組立てでは、ピント調整を行う。そのため、無理に撮像素子の斜入射特性を満足させようとする、ピント調整に必要な間隔が不足する。また、斜入射特性に合わせて無理に光線を曲げることになるので、収差が発生してしまう。その結果、著しく光学性能が低下してしまう。

【0047】

そこで、本実施形態に係る斜視対物光学系では、明るさ絞りよりも物体側に光路変換素子を配置している。これにより、明るさ絞りから像面までの距離を短くできるので、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることが、比較的容易に行える。

【0048】

更に、明るさ絞りよりも物体側に光路変換素子を配置することで、明るさ絞りよりも物体側では硝路長が長くなる。そのため、前側レンズ群を保持する枠部材の長さを、適切に確保することができる。その結果、斜視対物光学系の組立てや、斜視対物光学系の内視鏡先端部への取り付けを、高精度で容易に行うことができる。

【0049】

また、広範囲の観察のためには、光学系を広角化する必要がある。広角化を行うと、主に、最も物体側に位置する負レンズの屈折力が大きくなる。この負レンズは、像側に凹面を向けた平凹レンズや像側に凹面を向けたメニスカスレンズで構成される。

【0050】

この負レンズの屈折力が大きくなると、平凹レンズの像側面の曲率半径や、メニスカスレンズの像側面の曲率半径が小さくなる。この曲率半径があまり小さくなると、レンズの加工性が悪くなる。

【0051】

また、平凹レンズやメニスカスレンズは、対物枠で保持される。この場合、加工誤差による偏心や組み立て誤差による偏心が、対物枠とレンズとの間に生じる。レンズの屈折力が大きくなると、レンズの偏心によって光学性能が著しく低下してしまう。

【0052】

レンズの偏心による光学性能の低下を小さくするには、レンズの加工精度や対物枠の加工精度を今まで以上に厳しくすれば良い。しかしながら、加工精度を高くしてレンズの偏心量を抑えることは、部品の加工性がかなり悪くなるし、部品精度を上げてレンズと枠の外径クリアランスがなくなると、枠内にレンズが入りにくくなって組立作業性も悪くなる。

【0053】

特に撮像素子の画素ピッチが小さくなると、レンズの偏心による光学性能の劣化も顕著になる。そのため、レンズの偏心による光学性能への影響が少なくなるように、光学系を構成することが必要になる。

【0054】

本実施形態の斜視対物光学系でも、光学系を広角化のために、物体側に前側負レンズが配置されている。ただし、前側負レンズと明るさ絞りとの間に、光路変換素子が配置されている。そのため、前側負レンズと明るさ絞りとの間隔を広くすることができる。

【0055】

10

20

30

40

50

前側負レンズと明るさ絞りとの間隔を広げて、両者を離すと、前側負レンズでの光線高が高くなるため、前側負レンズの径はやや大きくなる。しかしながら、両者を離すことで、前側負レンズの屈折力の増大を抑えることができる。このように、本実施形態の斜視対物光学系では、前側負レンズの屈折力の増大が抑えられるので、レンズの偏心による光学性能の低下を小さくすることができる。

【0056】

接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズとで構成されていることが望ましい。このようにすることで、斜視対物光学系を小型化することができる。また、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることができる。

10

【0057】

接合レンズを、物体側から順に、負レンズと正レンズとで構成すると、接合レンズにおける光線高が高くなってしまうので、レンズの外径が大きくなる。そのため、レンズの加工性が悪くなる。また、斜視対物光学系全体としても外径が大きくなってしまう。

【0058】

更に、像側に配置した正レンズの作用によって光線が曲げられるため、斜視対物光学系から出射する光線が、撮像素子の受光面に対してほぼ垂直になる。その結果、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることが難しくなる。無理に斜入射特性を満足する角度にしようとする、接合レンズ面で光線が大きく曲げられるので収差が発生する。そのため、光学性能が劣化してしまう。

20

【0059】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(1)を満足する。

$$4 \cdot 0 < f_2 / f < 12 \cdot 0 \quad (1)$$

ここで、

f_2 は、後側正レンズの焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0060】

条件式(1)は、後側正レンズの焦点距離を規定した条件式である。

【0061】

条件式(1)の下限値を下回ると、後側正レンズの焦点距離が小さくなり過ぎる。この場合、像位置が後群レンズ群に近づき過ぎてしまうため、ピント調整に必要な間隔がなくなってしまう。

30

【0062】

また、像面における光線の斜入射角度も大きくなり過ぎる。そのため、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることができない。

【0063】

また、後側正レンズの屈折力が大きくなり過ぎるので、後側正レンズによって光線が大きく曲げられてしまう。この場合、球面収差が補正過剰となり、また、コマ収差も大きくなる。そのため、光学性能が低下してしまう。

40

【0064】

条件式(1)の上限値を上回ると、後側正レンズの焦点距離が大きくなり過ぎる。この場合、像位置が後群レンズ群から離れるので、ピント調整に必要な間隔は確保できる。しかしながら、調整間隔が大きくなり過ぎるので、光学系の全長が長くなってしまう。そのため、光学系が大型化してしまう。

【0065】

また、像面への斜入射角度も小さくなり過ぎる。そのため、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることができない。

【0066】

50

また、後側正レンズの屈折力が小さくなり過ぎるので、後側正レンズによって光線があまり曲げられなくなってしまう。この場合、球面収差が補正不足となり、また、コマ収差も大きくなる。そのため、光学性能が低下してしまう。

【0067】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(2)を満足することが好ましい。

$$0.4 < f_3 / f_2 < 1.5 \quad (2)$$

ここで、

f_2 は、後側正レンズの焦点距離、

f_3 は、接合レンズの焦点距離、

である。

10

【0068】

条件式(2)は、後側正レンズの焦点距離と接合レンズの焦点距離とを規定した条件式である。

【0069】

条件式(2)を満足することで、後側正レンズの屈折力と接合レンズの屈折力とのバランスを最適にすることができる。

【0070】

条件式(2)の下限値を下回ると、後側正レンズに対して接合レンズの焦点距離が小さくなり過ぎるので、後側レンズ群における正の屈折力が大きくなり過ぎる。この場合、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまうため、ピント調整に必要な間隔が狭くなってしまう。すなわち、ピント調整に必要な間隔が不足する。さらに、画角が大きくなって前側レンズ群が大型化してしまう。

20

【0071】

また、物体側における合焦範囲については、斜視対物光学系の用途に応じて、好ましい範囲と、光学系に対する好ましい位置(好ましい近点の位置、又は好ましい遠点の位置)と、が予め決まっている。実際には、好ましい範囲よりも多少広い範囲が、合焦範囲として確保されている。このようにすると、好ましい範囲に対して、実際に確保される合焦範囲に多少の余裕を持たせることができる。

【0072】

画素ピッチが小さい撮像素子に使用する光学系のFナンバーは小さくする必要があるため、従来の光学系の場合と比べて好ましい範囲は狭くなる。この場合も、実際に確保される合焦範囲を、好ましい範囲よりも多少広くすることで好ましい範囲をカバーすることができる。しかしながら、Fナンバーが小さい光学系では、このようにしても、実際に確保される合焦範囲において、好ましい範囲に対して十分な余裕を得ることが難しい。

30

【0073】

そのため、実際に確保される合焦範囲の近点の位置が好ましい位置よりも光学系に少し近くなるだけで、遠点側の範囲が不足してしまい、遠点に位置する物体をピントの合った状態で観察できなくなる。また、実際に確保される合焦範囲の遠点の位置が好ましい位置よりも光学系から少し遠くなるだけで、逆に近点側の範囲が不足してしまい、近点に位置する物体をピントの合った状態で観察できなくなる。

40

【0074】

また、合焦範囲を広げるために光学系のFナンバーを大きくすることは、光学系の回折影響によって画質劣化するためできない。さらに、合焦範囲を広げるために光学系の焦点距離を小さくすることは、光学系の画角が大きくなって前側レンズ群の大型化を招いてしまう。

【0075】

条件式(2)の下限値を下回ると、実際に確保される合焦範囲の位置が、好ましい位置よりも斜視対物光学系から遠ざかる。この場合、実際に確保される合焦範囲の近点の位置が、好ましい近点の位置よりも、斜視対物光学系から遠ざかる。そのため、好ましい近点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

50

【 0 0 7 6 】

更に、像の周辺部においてコマ収差がマイナス方向に大きく発生してしまう。そのため、光学性能が低下する。

【 0 0 7 7 】

また、例えば、接合レンズが正レンズと負レンズを有する場合、特に、後側レンズ群における正レンズ全体の屈折力と負レンズ全体の屈折力のバランスが崩れる。その結果、軸上色収差と倍率色収差が発生する。そのため、光学性能が低下する。画素ピッチが小さい撮像素子と共に使用する場合、光学性能の低下への影響は著しい。

【 0 0 7 8 】

また、接合レンズの焦点距離が小さくなり過ぎる。すなわち、接合レンズの屈折力が大きくなり過ぎる。この場合、レンズ面の曲率半径が小さくなるので、接合レンズを構成するレンズの加工が難しくなる。接合レンズが正レンズと負レンズを有する場合、正レンズの加工と負レンズの加工が、共に難しくなる。

10

【 0 0 7 9 】

条件式(2)の上限値を上回ると、接合レンズの焦点距離が長くなり過ぎるので、後側レンズ群における正の屈折力が小さくなり過ぎる。この場合、像位置が後側レンズ群から離れ過ぎてしまうため、明るさ絞りから像位置までの硝路長が長くなる。その結果、光学系の全長が長くなってしまう。また、光学系全体が大型化する。

【 0 0 8 0 】

さらに、画角が小さくなるので、光学系の観察範囲が狭くなる。また、斜視対物光学系全系の焦点距離が大きくなるので、合焦範囲が狭くなってしまう。

20

【 0 0 8 1 】

また、実際に確保される合焦範囲の位置が、好ましい位置よりも斜視対物光学系に近づく。この場合、実際に確保される合焦範囲の遠点の位置が、好ましい遠点の位置よりも、斜視対物光学系に近づく。そのため、好ましい遠点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

【 0 0 8 2 】

また、像の周辺部においてコマ収差がプラス方向に大きく発生してしまう。そのため、光学性能が低下する。

【 0 0 8 3 】

また、例えば、接合レンズが正レンズと負レンズを有する場合、特に、後側レンズ群における正レンズ全体の屈折力と負レンズ全体の屈折力のバランスが崩れる。その結果、軸上色収差と倍率色収差が発生する。そのため、光学性能が低下する。画素ピッチが小さい撮像素子と共に使用する場合、光学性能の低下への影響は著しい。

30

【 0 0 8 4 】

また、後側正レンズの焦点距離が小さくなり過ぎる。すなわち、後側正レンズの屈折力が大きくなり過ぎる。この場合、レンズ面の曲率半径が小さくなるので、後側正レンズの加工が難しくなる。

【 0 0 8 5 】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

40

$$2.3 < f_R / f < 3.8 \quad (3)$$

ここで、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 8 6 】

条件式(3)は、後側レンズ群の焦点距離を規定した条件式である。

【 0 0 8 7 】

条件式(3)の下限値を下回ると、後側レンズ群における正の屈折力が大きくなり過ぎる。この場合、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまうため、ピント調整に必要な間

50

隔が狭くなってしまう。すなわち、ピント調整に必要な間隔が不足する。

【0088】

また、合焦範囲の位置が、好ましい範囲の位置よりも斜視対物光学系から遠ざかる。この場合、合焦範囲の近点の位置が、好ましい範囲の近点の位置よりも、斜視対物光学系から遠ざかる。そのため、好ましい範囲の近点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

【0089】

更に、後側レンズ群の屈折力が大きくなり過ぎると、後側レンズ群を構成する正レンズの屈折力も大きくなる。この場合、レンズ面の曲率半径が小さくなるので、後側レンズ群を構成するレンズの加工が難しくなる。

【0090】

条件式(3)の上限値を上回ると、後側レンズ群における正の屈折力が小さくなり過ぎる。この場合、像位置が後側レンズ群から離れ過ぎてしまうため、明るさ絞りから像位置までの硝路長が長くなる。その結果、光学系の全長が長くなってしまふ。また、光学系全体が大型化する。

【0091】

また、合焦範囲の位置が、好ましい範囲の位置よりも斜視対物光学系に近づく。この場合、合焦範囲の遠点の位置が、好ましい範囲の遠点の位置よりも、斜視対物光学系に近づく。そのため、好ましい範囲の遠点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

【0092】

また、像の周辺部においてコマ収差がプラス方向に大きく発生してしまう。そのため、光学性能が低下する。

【0093】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。

$$-2.8 < f_F / f < -1.5 \quad (4)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0094】

条件式(4)は、前側レンズ群の焦点距離を規定した条件式である。

【0095】

条件式(4)の上限値を上回ると、前側レンズ群の屈折力が大きくなるため、斜視対物光学系の画角が大きくなる。画角が大きくなると、前側レンズ群における光線高が高くなるため、前側レンズ群を構成するレンズの外径が大きくなってしまふ。

【0096】

更に、画角が大きくなることで、像の周辺部が暗くなってしまふ。この場合、撮像素子による撮像で得た観察画像でも、周辺部が暗くなってしまふ。画像周辺部を明るくするためには、観察範囲の周辺部を照明する照明光を、更に明るくしなければならない。そうすると、照明光学系の大型化を招いてしまふ。

【0097】

前側レンズ群は、前側負レンズからなる。よって、前側レンズ群の屈折力が大きくなると、前側負レンズの屈折力が大きくなる。この場合、特に、前側負レンズで、レンズ面の曲率半径が小さくなるため、前側負レンズの加工が難しくなる。

【0098】

更に、前側負レンズの屈折力が大きくなると、前側負レンズで発生する収差が大きくなるので、光学系全体の収差が悪化する。前側負レンズで発生する収差を補正するためには、前側レンズ群を構成するレンズの枚数を多くする必要がある。しかしながら、レンズの枚数を増やすと光学系が大型化してしまふ。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 9 】

このように、条件式(4)の上限値を上回ると、斜視対物光学系の大型化や、照明光学系の大型化を招いてしまう。斜視対物光学系は、照明光学系と共に内視鏡の先端部に配置される。よって、条件式(4)の上限値を上回るとは、内視鏡の先端部の細径化にとって好ましくない。

【 0 1 0 0 】

更に、前側負レンズの屈折力が大きくなると、特に、前側負レンズが偏心した場合に光学性能の劣化が大きくなる。その結果、安定した光学性能をもつ斜視対物光学系を実現することが困難になる。

【 0 1 0 1 】

条件式(4)の下限値を下回ると、前側レンズ群の屈折力が小さくなるため、斜視対物光学系の画角が小さくなる。この状態で画角を大きくするためには、前側負レンズから明るさ絞りまでの距離を長くしなくてはならない。そうすると、前側負レンズから明るさ絞りまでの間の光線高が高くなるため、前側レンズ群が大型化すると共に、光学系全体が大型化してしまう。

【 0 1 0 2 】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(5)を満足することが好ましい。

$$4.0 < f_3 / f < 8.0 \quad (5)$$

ここで、

f_3 は、接合レンズの焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 1 0 3 】

条件式(5)は、接合レンズの焦点距離を規定した条件式である。

【 0 1 0 4 】

条件式(5)の下限値を下回ると、接合レンズの焦点距離が小さくなり過ぎる。すなわち、接合レンズの正の屈折力が大きくなり過ぎる。この場合、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまうため、ピント調整に必要な間隔が狭くなってしまう。すなわち、ピント調整に必要な間隔が不足する。

【 0 1 0 5 】

また、合焦範囲の位置が、好ましい範囲の位置よりも斜視対物光学系から遠ざかる。この場合、合焦範囲の近点の位置が、好ましい範囲の近点の位置よりも、斜視対物光学系から遠ざかる。そのため、好ましい範囲の近点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

【 0 1 0 6 】

更に、像の周辺部においてコマ収差がマイナス方向に大きく発生してしまう。そのため、光学性能が低下する。

【 0 1 0 7 】

また、例えば、接合レンズが正レンズと負レンズを有する場合、特に、後側レンズ群における正レンズ全体の屈折力と負レンズ全体の屈折力のバランスが崩れる。その結果、軸上色収差と倍率色収差が発生する。そのため、光学性能が低下する。画素ピッチが小さい撮像素子と共に使用する場合、光学性能の低下への影響は著しい。

【 0 1 0 8 】

また、接合レンズの屈折力が大きくなり過ぎると、レンズ面の曲率半径が小さくなるので、接合レンズを構成するレンズの加工が難しくなる。接合レンズが正レンズと負レンズを有する場合、正レンズの加工と負レンズの加工が、共に難しくなる。

【 0 1 0 9 】

条件式(5)の上限値を上回ると、接合レンズの焦点距離が長くなり過ぎる。すなわち、接合レンズの正の屈折力が小さくなり過ぎる。この場合、像位置が後側レンズ群から離れ過ぎてしまうため、明るさ絞りから像位置までの硝路長が長くなる。その結果、光学系

10

20

30

40

50

の全長が長くなってしまふ。また、光学系全体が大型化する。

【0110】

また、合焦範囲の位置が、好ましい範囲の位置よりも斜視対物光学系に近づく。この場合、合焦範囲の遠点の位置が、好ましい範囲の遠点の位置よりも、斜視対物光学系に近づく。そのため、好ましい範囲の遠点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

【0111】

また、像の周辺部においてコマ収差がプラス方向に大きく発生してしまふ。そのため、光学性能が低下する。

【0112】

接合レンズが正レンズと負レンズを有する場合、特に、後側レンズ群における正レンズ全体の屈折力と負レンズ全体の屈折力のバランスが崩れる。その結果、軸上色収差と倍率色収差が発生する。そのため、光学性能が低下する。撮像素子の画素ピッチが小さい撮像素子と共に使用する場合、光学性能の低下への影響は著しい。

【0113】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(6)を満足することが好ましい。

$$3.5 < D1 / f < 8.0 \quad (6)$$

ここで、

D1は、前側負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

fは、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0114】

条件式(6)は、前側負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長を規定した条件式である。例えば、後述の実施例1では、D1は以下の式で求まる。

$$D1 = d2 + d3 / n3 + d4 + d5 / n5 + d6$$

【0115】

条件式(6)の下限値を下回ると、最適な外径形状の光路変換素子を配置するためのスペースを十分に確保することが難しくなる。そのため、光路変換素子で、光線のけられが発生する。また、光路変換素子の光学面以外に光線が入射することで、画像にフレアが発生する虞がある。

【0116】

また、前側レンズ群を保持する枠部材の長さを、適切に確保することが難しくなる。この場合、組立用の治工具に枠部材を安定的に保持することができなくなる。そのため、斜視対物光学系の組立てやピント調整を、高精度に行うことが難しくなる。更に、斜視対物光学系の内視鏡先端部への取り付けと固定を、高精度に行うことが難しくなる。

【0117】

条件式(6)の上限値を上回ると、光路変換素子を配置するためのスペースを十分に確保できるが、前側負レンズから明るさ絞りまでの硝路長が長くなりすぎる。この場合、前側負レンズにおける光線高が高くなるので、前側負レンズの外径が大きくなる。これに伴って、斜視対物光学系が大型化する。更に、斜視対物光学系の大型化に伴って、それを搭載する内視鏡の外径も大きくなる。

【0118】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(7)を満足することが好ましい。

$$1.5 < D2 / f < 2.5 \quad (7)$$

ここで、

D2は、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、

fは、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0119】

条件式(7)は後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長を規定し

10

20

30

40

50

た条件式である。ここで、最終レンズは屈折力を有するレンズを意味する。よって、カラーフィルタ等の平行平板フィルタやパワーレスレンズは、最終レンズではない。例えば、後述の実施例 1 では、 D_2 は以下の式で求まる。

$$D_2 = d_{14} + d_{15} / n_{15} + d_{16} / n_{16} + d_{17} / n_{17} + d_{18} / n_{18} + d_{19}$$

【0120】

条件式 (7) の下限値を下回ると、最終レンズから像面までの間隔が狭くなり過ぎる。この場合、撮像素子と斜視対物光学系との間隔が狭くなり過ぎるので、斜視対物光学系の組立時に十分なピント調整が行えない。

【0121】

また、合焦範囲の位置が、好ましい範囲の位置よりも斜視対物光学系に近づく。この場合、合焦範囲の遠点の位置が、好ましい範囲の遠点の位置よりも、斜視対物光学系に近づく。そのため、好ましい範囲の遠点に位置する物体を、ピントの合った状態で結像することが困難になる。

【0122】

条件式 (7) の上限値を上回ると、最終レンズから像面までの距離を十分に確保できるため、斜視対物光学系の組立時のピント調整はできる。しかしながら、最終レンズから像面までの距離が長くなり過ぎるため、撮像素子の位置が斜視対物光学系から離れ過ぎてしまう。その結果、斜視対物光学系を内視鏡先端部に取り付けた時に、斜視対物光学系と撮像素子 (以下、「撮像系」という) が、他の部材と干渉しやすくなる。この干渉を避けるためには、内視鏡内の撮像系の周囲にクリアランスを設ける必要がある。そうすると、内視鏡先端部全体が大型化してしまう。

【0123】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式 (8) を満足することが好ましい。

$$-0.9 < f_F / f_R < -0.5 \quad (8)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

である。

【0124】

条件式 (8) は、前側レンズ群の焦点距離と後側レンズ群の焦点距離の比を規定した条件式である。条件式 (8) を満足することで、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力のバランスを最適にすることができる。その結果、諸収差が良好に補正された斜視対物光学系を実現することができる。

【0125】

条件式 (8) の上限値を上回ると、前側レンズ群の焦点距離が小さくなる。すなわち、前側レンズ群の屈折力が大きくなる。そのため、斜視対物光学系の画角が大きくなる。画角が大きくなると、レンズを通過する光線の高さが高くなるため、前側レンズ群を構成するレンズの外径が大きくなってしまう。

【0126】

更に、画角が大きくなることで、像の周辺部が暗くなってしまう。この場合、撮像素子による撮像で得た観察画像でも、周辺部が暗くなってしまう。画像周辺部を明るくするためには、観察範囲の周辺部を照明する照明光を、更に明るくしなければならない。そうすると照明光学系の大型化を招いてしまう。

【0127】

このように、条件式 (8) の上限値を上回ると、斜視対物光学系の大型化や、照明光学系の大型化を招いてしまう。斜視対物光学系や照明光学系は、内視鏡の先端部に配置される。よって、条件式 (8) の上限値を上回るとは、内視鏡の細径化には好ましくない。

【0128】

前側レンズ群は、前側負レンズからなるので、前側レンズ群の屈折力が大きくなると、

10

20

30

40

50

前側負レンズの屈折力が大きくなる。この場合、前側負レンズの屈折力が、後側レンズ群の正の屈折力よりも大きくなる。そのため、負の屈折力の影響を受ける収差を、後側レンズ群で十分に補正することができない。その結果、正方向に像面湾曲が生じる。

【0129】

更に、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力とのバランスが悪くなる。この場合、非点収差の発生量が大きくなるので、特に、子午線方向の像面が大きく正方向に傾いてしまう。そのため、レンズが偏心した場合に、像に片ボケが発生しやすくなる。特に、近点観察時に、像の周辺部が著しくボケてしまう虞がある。

【0130】

また、撮像素子による撮像で得た観察画像でも、片ボケが発生しやすくなる。特に、近点観察時に、観察画像の周辺部が著しくボケてしまう虞がある。

10

【0131】

条件式(8)の下限値を下回ると、前側レンズ群の焦点距離が長くなる。すなわち、前側レンズ群の屈折力が小さくなる。そのため、斜視対物光学系の画角が小さくなる。

【0132】

更に、前側負レンズの屈折力が、後側レンズ群の正の屈折力よりも小さくなる。そのため、後側レンズ群による補正が、負の屈折力の影響を受ける収差に対して過剰になる。その結果、負方向に大きな像面湾曲が生じる。

【0133】

更に、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力とのバランスが悪くなる。この場合、非点収差の発生量が大きくなるので、特に、子午線方向の像面が大きく負方向に傾いてしまう。そのため、レンズが偏心した場合に、像に片ボケが発生しやすくなる。特に、遠点観察時に、像の周辺部が著しくボケてしまう虞がある。

20

【0134】

また、撮像素子による撮像で得た観察画像でも、片ボケが発生しやすくなる。特に、遠点観察時に、観察画像の周辺部が著しくボケてしまう虞がある。

【0135】

本実施形態の斜視対物光学系では、後側正レンズは、像側に曲率半径の小さい面を向けており、接合レンズは、物体側に曲率半径の小さい面を向けており、以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

30

$$0.4 < |R3 / R2| < 0.85 \quad (9)$$

ここで、

R2は、後側正レンズの像側面の曲率半径、

R3は、接合レンズの物体側面の曲率半径、

である。

【0136】

条件式(9)は、後側正レンズの像側面の曲率半径と接合レンズの物体側面の曲率半径を規定した条件式である。条件式(9)を満足することで、後側正レンズの像側面の屈折力と接合レンズの物体側面の屈折力とのバランスを最適にすることができる。

【0137】

条件式(9)の下限値を下回ると、接合レンズの物体側面の曲率半径が小さくなり過ぎるため、この面を通過する光線が大きく曲げられてしまう。この場合、像面への光線入射角度が小さくなる。そのため、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることができない。その結果、撮像素子への光線の入射効率が悪くなるので、画像の周辺部が暗くなってしまう。

40

【0138】

また、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまうため、ピント調整に必要な間隔が不足してしまう。

【0139】

条件式(9)の上限値を上回ると、後側正レンズの像側面の曲率半径が小さくなり過ぎ

50

るため、この面を通過する光線が大きく曲げられてしまう。この場合、像面への光線入射角度が小さくなる。そのため、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることができない。その結果、撮像素子への光線の入射効率が悪くなるので、画像の周辺部が暗くなってしまう。

【0140】

更に、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまうため、ピント調整に必要な間隔が不足してしまう。

【0141】

また、本実施形態の斜視対物光学系では、光路変換素子は、プリズム又はミラーであることが好ましい。

【0142】

また、本実施形態の斜視対物光学系では、光路変換素子に、高屈折率硝材を使用することができる。

【0143】

上述のように、本実施形態の斜視対物光学系では、明るさ絞りよりも物体側に光路変換素子を配置している。ただし、この構成では、明るさ絞りよりも像側に光路変換素子を配置する場合に比べると、前側負レンズから明るさ絞りまでの硝路長が長くなる。この場合、特に、前側負レンズにおいて光線高が高くなるので、前側負レンズの外径が大きくなりやすい。

【0144】

そこで、光路変換素子に、高屈折率硝材を使用することが好ましい。このようにすると、光路変換素子の空気換算長を小さくできるので、前側負レンズから明るさ絞りまでの硝路長が短くなる。この場合、前側負レンズにおける光線高を低く抑えることができるので、前側負レンズの外径を小さくすることができる。

【0145】

しかし、光路変換素子に使用する硝材の屈折率は、単純に高くすることはできない。斜視対物光学系では、より広い範囲を観察できることが望まれている。この要望に応えるためには、光学系を広角化する必要がある。光学系の画角は、主に物体側に位置する負レンズの屈折力によって決まる。そのため、本実施形態の斜視対物光学系において広い画角を確保しようとする、前側負レンズの屈折力が大きくなる。

【0146】

前側負レンズの屈折力が大きくなると、前側負レンズの像側面の曲率半径が小さくなって、レンズ加工性が悪くなる。また、前側負レンズは対物枠で保持される。前側負レンズの屈折力が大きくなると、対物枠と前側負レンズとの偏心による偏角や片ボケが大きくなるので、偏角による光学性能への影響や、片ボケによる光学性能への影響が大きくなる。

【0147】

そのため、本実施形態の斜視対物光学系では、前側負レンズから明るさ絞りまでの硝路長を少し長くして、前側負レンズの屈折力をやや弱くしている。上述のように、前側負レンズから明るさ絞りまでの硝路長には、光路変換素子の空気換算長、すなわち、光路変換素子に使用する硝材の屈折率が影響する。よって、光路変換素子に使用する硝材の屈折率の設定では、前側負レンズの屈折力を考慮する必要がある。

【0148】

このように、光路変換素子に使用する硝材の屈折率は、前側負レンズ外径だけでなく、前側負レンズの屈折力（レンズの偏心による光学性能への影響）も考慮して、適切に設定する必要がある。本実施形態の斜視対物光学系では、前側負レンズ外径や前側負レンズの屈折力を考慮して、前側負レンズから明るさ絞りまでの硝路長が最適となるような高い屈折率を持つ硝材を、光路変換素子に使用している。

【0149】

また、本実施形態の斜視対物光学系では、接合レンズの正レンズに低分散硝材を使用し、接合レンズの負レンズに高分散硝材を使用することができる。

【0150】

一般に、高屈折率硝材のアップベ数はあまり大きくないため、高屈折率硝材では分散が大きくなる。そのため、光路変換素子に高屈折率硝材を使用することで光路変換素子の空気換算長を小さくできても、色収差への影響は残る。

【0151】

このようなことから、接合レンズの正レンズに低分散硝材を使用し、接合レンズの負レンズに高分散硝材を使用することが好ましい。特に、接合レンズの負レンズには、異常分散性を持つ硝材を用いると良い。このようにすることで、色収差を良好に補正することができる。更に、斜視対物光学系全体での諸収差を、バランスの取れた状態にすることができる。

10

【0152】

色収差を良好に補正するためには、特に、接合レンズの正レンズにはアップベ数60以上の硝材を用い、負レンズにはアップベ数20以下の硝材を用いることが好ましい。

【0153】

また、本実施形態の斜視用内視鏡は、上述の斜視対物光学系を備えることを特徴とする。

【0154】

本実施形態の斜視対物光学系は、小型で高性能な斜視対物光学系である。よって、このような斜視対物光学系を備えることで、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を実現することができる。

20

【0155】

また、本実施形態の斜視対物光学系は、内視鏡装置に用いることができる。内視鏡装置は、本実施形態の斜視対物光学系と、撮像素子と、を少なくとも備える。

【0156】

実施例の説明に先立って、本実施形態の斜視対物光学系の概要について説明する。各実施例のレンズ断面図では、光路変換素子は、プリズムを展開した図として示されている。そのため、光路変換素子は、平行平板として描かれている。本実施形態の斜視対物光学系の説明では、展開されていない状態のプリズムを用いる。

【0157】

展開されていない状態のプリズムの例を図3に示す。図3はプリズムを展開しない状態で描いたときのレンズ断面図である。ここでは、本実施形態の斜視対物光学系として、実施例1の斜視対物光学系が例示されている。斜視対物光学系は、プリズムPを介して配置された前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとを有し、明るさ絞りSはプリズムPと後側レンズ群GRとの間に配置されている。

30

【0158】

すなわち、本実施形態の斜視対物光学系には、プリズムPの物体側に前側レンズ群GFが配置され、プリズムPの像側に後側レンズ群GRが配置されている。前側レンズ群GFは負の屈折力を有し、前側負レンズL1から構成されている。後側レンズ群GRは正の屈折力を有し、後側正レンズL2と、正の屈折力を有する接合レンズCLから構成されている。接合レンズCLでは、正レンズL3と負レンズL4とが、順次接合されている。

40

【0159】

平行平板として描かれたプリズムPを1回反射型のプリズムとして構成すれば、図3に示すように、90度側方観察が可能な側方視用対物光学系を構成することができる。また、プリズムの反射面を45度以外の角度に設定にすれば、45度以外の前方視や後方視などの対物光学系が構成できる。また、2回反射型のプリズムとして構成すれば、45度の前方視用対物光学系を構成することもできる。

【0160】

更に、プリズムPは、複数のプリズムによって構成することも可能である。図4(a)には、2つのプリズムで側方視ができる構成が示され、図4(b)には、2つのプリズムで前方視ができる構成が示されている。

50

【0161】

また、プリズムPの硝材には、高屈折率硝材を使用することが好ましい。このようにすると、プリズムPの空気換算長を小さくすることができるので、広い画角を確保しつつ、前側負レンズL1の外形と屈折力を、共に小さくすることができる。

【0162】

プリズムPの硝材に、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材を用いることで、プリズムPの空気換算長をより小さくすることができる。しかし、高屈折率硝材はアッペ数が小さいので、色分散効果が大きい。そのため、プリズムPによる色分散効果が大きくなる。

【0163】

一方、低屈折率硝材はアッペ数が大きいので、色分散効果が小さく抑えられる。プリズムPの硝材に、屈折率が1.5程度の低屈折率硝材を用いることで、プリズムPによる色分散効果を抑えることができる。しかし、プリズムPの空気換算長が小さくなるので、前側負レンズL1から明るさ絞りSまでの硝路長が実質的に短くなる。その結果、前側負レンズL1の屈折力が大きくなる。

【0164】

前側負レンズL1の屈折力が大きくなると、対物枠と前側負レンズL1との偏心による性能劣化が生じやすくなる。一方、前側負レンズL1の屈折力を小さくすると、前側負レンズの偏心による影響を抑えられるが、前側負レンズL1の外径が大きくなる。したがって、必要な光学性能を満足しつつ、前側負レンズL1の外径や前側負レンズL1の偏心の影響なども考慮して、斜視対物光学系全体を構成することが必要である。

【0165】

前側負レンズL1の硝材をサファイアとしても良い。サファイアは硬度が非常に高い材料なので、外部からの衝撃に強い。よって、物体側のレンズ面に傷が付きにくい。サファイアを用いることで、画像への傷の映り込みや、傷によるフレア発生が起こりにくくなる。

【0166】

なお、前側負レンズL1の硝材は、サファイアに限られない。前側負レンズL1に高硬度の結晶材料を用いれば、レンズの表面に傷が付きにくくなる。

【0167】

本実施例の斜視対物光学系の後側レンズ群には、後側正レンズL2が用いられている。図3では、後側正レンズL2に、両凸正レンズが用いられている。低分散硝材では屈折率が低くなるため、低分散硝材を後側正レンズL2に用いると、レンズ面の曲率半径が小さくなってしまう。そのため、レンズのコバ厚を十分に確保できないという問題や、有効口径に対して余裕を持ったレンズ外径を確保できなくなるという問題が生じやすい。

【0168】

そこで、レンズの加工性を考慮すると、後側正レンズL2において、レンズ面の曲率半径が小さくなり過ぎないようにすることが好ましい。このようなことから、屈折率が1.6以上の硝材を、後側正レンズL2に用いると良い。

【0169】

後側正レンズL2を両凸レンズで構成する場合、物体側面の曲率半径の絶対値を、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きくしても良い。このようにすると、収差補正が容易に行える。

【0170】

また、撮像素子の画素ピッチが小さくなってくると、色収差も小さく抑える必要がある。これに対応するために、接合レンズCLを構成する負レンズL4には、屈折率が1.9以上で、アッペ数が2.5以下の高分散硝材を用いることが好ましい。このようにすることで、色収差の補正を良好にすることができる。

【0171】

一方、接合レンズCLを構成する正レンズL3には、なるべくアッペ数の大きい低分散硝材を用いるのが良い。例えば、アッペ数4.5以上の硝材を、正レンズL3に用いること

が好ましい。

【0172】

また、接合レンズCLを像面に近い位置に配置することで、接合レンズCLを通過する光線の高さが高くなる。光線高が高い位置に接合レンズCLを位置することで、倍率色収差を良好に補正することができる。このように、接合レンズCLを像面に近い位置に配置することは、特に倍率色収差の補正に有効である。

【0173】

また、本実施例の斜視対物光学系に設けられたプリズム以外の平行平板は、例えば、赤外線カットフィルタや、色温度変換フィルタである。これらのフィルタは、CCDなどの撮像素子の感度補正や色補正に用いられる。

【0174】

また、レーザーカットフィルタや特殊機能フィルタを、斜視対物光学系に配置してもよい。レーザーカットフィルタとしては、例えば、YAGレーザーや半導体レーザー等のレーザー光をカットするためのフィルタがある。特殊機能フィルタとしては、例えば、特定波長域の光線をカットするノッチフィルタがある。

【0175】

また、光学フィルタには、吸収型のフィルタ、反射型のフィルタ、もしくはそれらの複合型を用いても良い。また、反射防止膜を施したフィルタを用いてもよい。

【0176】

更に、プリズムの透過面に、赤外線カット特性またはレーザー光カット特性を有する干渉膜を設けることも可能である。

【0177】

また、本実施例の斜視対物光学系の像面側に配置している平行平板フィルタは、撮像素子に用いるガラスリッドGLと、その前側に設けられるカバーガラスCGである。カバーガラスCGの側面や表面を枠部材で保持することで、撮像素子が枠部材内に固定される。

【0178】

なお、小型化のために、このカバーガラスCGを設けずにガラスリッドGLを直接保持することもできる。

【0179】

また、斜視対物光学系の像面Iと撮像素子IDの受光面とが一致するように構成される。

【0180】

更に、前側負レンズL1に近接してフィルタを設けて、前側負レンズL1の像面側に形成される空気層の体積を小さくすることができる。その結果、レンズ面の結露による曇りの影響を低減することができる。

【0181】

更に、前側負レンズL1とフィルタとを接合しても良く、また、両者をはんだ等で気密封止しても良い。このようにすることで、より効果的に曇りを防止することができる。

【0182】

本実施例の斜視対物光学系のレンズ枚数は4枚と少ないが、結像性能は良好である。このように、本実施例の斜視対物光学系では、少ないレンズ枚数で対物光学系を構成できるので、コストの低減ができる。

【0183】

更に、本実施例の斜視対物光学系では、従来の斜視対物光学系と比べて、空気間隔が狭くなっているので、光学系全体が小型になっている。

【0184】

図面について説明する。実施例1乃至19の各図面において、(a)は斜視対物光学系の断面図を示している。Pはプリズムを表し、F1はフィルタを示し、CGはカバーガラスを示し、GLはガラスリッドを示し、Iは像面を表している。

【0185】

収差図について説明する。(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示している。

【0186】

各収差図において、横軸は収差量を表している。球面収差、非点収差及び倍率収差については、収差量の単位はmmである。また、歪曲収差については、収差量の単位は%である。また、IHは像高で単位はmm、FnoはFナンバーである。また、収差曲線の波長の単位はnmである。

【0187】

以下、各実施例について説明する。

【0188】

10

(実施例1)

実施例1に係る斜視対物光学系について説明する。実施例1の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0189】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0190】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

20

【0191】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0192】

後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0193】

両凸正レンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。レンズ面の曲率半径の大小の比較は、絶対値で行っている。実施例2~19についても同様である。

30

【0194】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

【0195】

(実施例2)

実施例2に係る斜視対物光学系について説明する。実施例2の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

40

【0196】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0197】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0198】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

50

【 0 1 9 9 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 2 0 0 】

両凸正レンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【 0 2 0 1 】

前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 が配置されている。フィルタ F 1 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 G R には、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置されている。

10

【 0 2 0 2 】

(実施例 3)

実施例 3 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 3 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

【 0 2 0 3 】

前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【 0 2 0 4 】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1 . 8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

20

【 0 2 0 5 】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

【 0 2 0 6 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 2 0 7 】

30

両凸正レンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【 0 2 0 8 】

前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 が配置されている。フィルタ F 1 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 G R には、フィルタ F 2 、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置されている。フィルタ F 2 は、両凸正レンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 0 9 】

(実施例 4)

実施例 4 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 4 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

40

【 0 2 1 0 】

前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【 0 2 1 1 】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1 . 8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

【 0 2 1 2 】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具

50

体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

【0213】

後側レンズ群 GR は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0214】

両凸正レンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0215】

前側レンズ群 GF には、フィルタ F 1 が配置されている。フィルタ F 1 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 GR には、フィルタ F 2、カバーガラス CG 及びガラスリッド GL が配置されている。フィルタ F 2 は、両凸正レンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

10

【0216】

(実施例 5)

実施例 5 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 5 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 GF と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 GR と、からなる。

【0217】

前側レンズ群 GF は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

20

【0218】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 GF と後側レンズ群 GR との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1.8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0219】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 GR との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

【0220】

後側レンズ群 GR は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、両凹負レンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と両凹負レンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

30

【0221】

正メニスカスレンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0222】

前側レンズ群 GF には、フィルタ F 1 が配置されている。フィルタ F 1 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 GR には、フィルタ F 2、カバーガラス CG 及びガラスリッド GL が配置されている。フィルタ F 2 は、正メニスカスレンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

40

【0223】

(実施例 6)

実施例 6 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 6 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 GF と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 GR と、からなる。

【0224】

前側レンズ群 GF は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【0225】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 GF と後側レンズ群 GR との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1.8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

50

【0226】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0227】

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0228】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

10

【0229】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

【0230】

(実施例7)

実施例7に係る斜視対物光学系について説明する。実施例7の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0231】

20

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0232】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0233】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0234】

後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

30

【0235】

両凸正レンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0236】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

【0237】

40

(実施例8)

実施例8に係る斜視対物光学系について説明する。実施例8の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0238】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0239】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

50

【0240】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0241】

後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0242】

両凸正レンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

10

【0243】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

【0244】

(実施例9)

実施例9に係る斜視対物光学系について説明する。実施例9の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0245】

20

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0246】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0247】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0248】

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、両凹負レンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と両凹負レンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

30

【0249】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0250】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

【0251】

40

(実施例10)

実施例10に係る斜視対物光学系について説明する。実施例10の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0252】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0253】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

50

【0254】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0255】

後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0256】

両凸正レンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

10

【0257】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

【0258】

(実施例11)

実施例11に係る斜視対物光学系について説明する。実施例11の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0259】

20

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0260】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.5程度の低屈折率硝材が用いられている。アッペ数は60以上と大きいので、プリズムによる色分散効果は高屈折率硝材よりも抑えられている。

【0261】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0262】

30

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0263】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0264】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

40

【0265】

(実施例12)

実施例12に係る斜視対物光学系について説明する。実施例12の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0266】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0267】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.5程度の低屈折率硝

50

材が用いられている。アッペ数は60以上と大きいので、プリズムによる色分散効果は高屈折率硝材よりも抑えられている。

【0268】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0269】

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0270】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0271】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。

【0272】

(実施例13)

実施例13に係る斜視対物光学系について説明する。実施例13の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0273】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0274】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.5程度の低屈折率硝材が用いられている。アッペ数は60以上と大きいので、プリズムによる色分散効果は高屈折率硝材よりも抑えられている。

【0275】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0276】

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0277】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0278】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。フィルタF2は、正メニスカスレンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

【0279】

(実施例14)

実施例14に係る斜視対物光学系について説明する。実施例14の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0280】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

10

20

30

40

50

【0281】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.5程度の低屈折率硝材が用いられている。アッペ数は60以上と大きいので、プリズムによる色分散効果は高屈折率硝材よりも抑えられている。

【0282】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0283】

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0284】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0285】

前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。フィルタF2は、正メニスカスレンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

【0286】

(実施例15)

実施例15に係る斜視対物光学系について説明する。実施例15の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、からなる。

【0287】

前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。

【0288】

光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。光路変換素子Pには、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0289】

明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

【0290】

後側レンズ群GRは、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、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、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0291】

正メニスカスレンズL2は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0292】

前側レンズ群GFには、フィルタF1とフィルタF2が配置されている。フィルタF1とフィルタF2は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。後側レンズ群GRには、フィルタF3、カバーガラスCG及びガラスリッドGLが配置されている。フィルタF3は、正メニスカスレンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

【0293】

(実施例16)

実施例16に係る斜視対物光学系について説明する。実施例16の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞

10

20

30

40

50

り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

【 0 2 9 4 】

前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【 0 2 9 5 】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1 . 8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

【 0 2 9 6 】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

10

【 0 2 9 7 】

後側レンズ群 G R は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 2 9 8 】

正メニスカスレンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【 0 2 9 9 】

前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 とフィルタ F 2 が配置されている。フィルタ F 1 とフィルタ F 2 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 G R には、フィルタ F 3、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置されている。フィルタ F 3 は、正メニスカスレンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

20

【 0 3 0 0 】

(実施例 1 7)

実施例 1 7 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 7 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

【 0 3 0 1 】

前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【 0 3 0 2 】

30

光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1 . 8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

【 0 3 0 3 】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

【 0 3 0 4 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

40

【 0 3 0 5 】

両凸正レンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【 0 3 0 6 】

前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 とフィルタ F 2 が配置されている。フィルタ F 1 とフィルタ F 2 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 G R には、フィルタ F 3、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置されている。フィルタ F 3 は、両凸正レンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 0 7 】

(実施例 1 8)

50

実施例 18 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 18 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

【0308】

前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【0309】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1.8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0310】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

【0311】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0312】

両凸正レンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0313】

前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 とフィルタ F 2 が配置されている。フィルタ F 1 とフィルタ F 2 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 G R には、フィルタ F 3、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置されている。フィルタ F 3 は、両凸正レンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

【0314】

(実施例 19)

実施例 19 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 19 の斜視対物光学系は、物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

【0315】

前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。

【0316】

光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R との間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。光路変換素子 P には、屈折率が 1.8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

【0317】

明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

【0318】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0319】

両凸正レンズ L 2 は、像面側に曲率半径の小さい面を向けている。接合レンズは、物体面側に曲率半径の小さい面を向けている。

【0320】

前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 とフィルタ F 2 が配置されている。フィルタ F 1 とフィルタ F 2 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。後側レンズ群 G R には、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置されている。

【0321】

10

20

30

40

50

本実施例に係る斜視対物光学系では、画角を100度から140度というように広角化に対応しながら、Fナンバーが3程度というように、明るく高性能な斜視対物光学系になっている。

【0322】

以上説明したように、各実施例の斜視対物光学系は、プリズムの物体側に配置された前側レンズ群と、プリズムの像側に配置された後側レンズ群と、を有し、前側レンズ群は負の屈折力を有すると共に、前側負レンズから構成され、後側レンズ群は正の屈折力を有すると共に、後側正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、から構成され、明るさ絞りをプリズムと後側レンズ群との間に具備する。

【0323】

各実施例の斜視対物光学系は、撮像素子の小型化および多画素化に対応して光学性能を向上させた最適なレンズ構成を有し、この構成によって、内視鏡先端部の細径化にも寄与し得る。更に、各実施例の斜視対物光学系は、各条件式を満足しているため、諸収差が良好に補正されている。

【0324】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。面データにおいて、 r は各面の曲率半径、 d は各光学部材の肉厚または空気間隔、 nd は各光学部材の d 線に対する屈折率、 d は各光学部材の d 線に対するアッペ数である。各種データにおいて、 IH は像高、 θ は半画角、 Fno は斜視対物光学系のFナンバー、 f は斜視対物光学系の全系の焦点距離、 f_2 は後側正レンズの焦点距離、 f_3 は後側レンズ群の接合レンズの焦点距離、 f_R は後側レンズ群の焦点距離、 f_F は前側レンズ群の焦点距離、 D_1 は前側負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、 D_2 は後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、 R_2 は後側正レンズの像側面の曲率半径、 R_3 は接合レンズの物体側面の曲率半径を表している。また、 r 、 d 、 IH 、空気換算長および各焦点距離の単位はmm、半画角 θ の単位は $^\circ$ である。また、 f は1mmに規格化されている。

【0325】

数値実施例1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.7564	1.88300	40.76
2	1.6000	1.2668		
3		0.7564	1.51633	64.14
4		0.0756		
5		4.3816	1.88300	40.76
6		0		
7(絞り)		0.2458		
8	13.7053	1.8742	1.80440	39.59
9	-5.0830	0.1135		
10		0.7564	1.49400	75.00
11		0.2843		
12	3.4026	2.2065	1.81600	46.62
13	-1.9755	0.6178	1.92286	18.90
14	-140.6763	0.9315		
15		0.8510	1.51633	64.14
16		0.0189	1.51300	64.00
17		0.6619	1.50510	63.26
18		0		

(像面)

各種データ

I H 0.764
49.391
F n o 2.972
f 1
f 2 4.824
f R 2.678
f F -1.812
f 3 4.861
D 1 4.168
D 2 1.945

10

【 0 3 2 6 】

数値実施例 2

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.7602	1.88300	40.76
2	1.6454	1.2746		
3		0.7602	1.49400	75.00
4		0.0760		
5		4.4033	1.88300	40.76
6		0		
7(絞り)		0.2470		
8	16.6488	1.8025	1.78590	44.20
9	-4.9572	1.4197		
10	3.3971	2.2235	1.81600	46.62
11	-2.0221	0.6323	1.92286	18.90
12	-26.4408	0.8774		
13		0.8552	1.51633	64.14
14		0.0190	1.51300	64.00
15		0.6651	1.50510	63.26
16		0		

20

30

(像面)

各種データ

I H 0.768
50.061
F n o 2.91
f 1
f 2 5.046
f R 2.847
f F -1.863
f 3 4.44
D 1 4.198
D 2 1.896

40

【 0 3 2 7 】

数値実施例 3

単位 m m

50

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d	
1		0.7575	1.88300	40.76	
2	1.5860	1.1565			
3		0.7575	1.51633	64.14	
4		0.0758			
5		4.3881	1.88300	40.76	
6		0			
7(絞リ)		0.2462			10
8	14.0674	1.9849	1.83400	37.16	
9	-5.2264	0.1136			
10		0.7575	1.49400	75.00	
11		0.1337			
12	3.4747	2.0732	1.81600	46.62	
13	-2.0212	0.6210	1.92286	18.90	
14	-60.0097	1.0559			
15		0.8522	1.51633	64.14	
16		0.0189	1.51300	64.00	
17		0.6629	1.50510	63.26	20
18		0			
(像面)					

各 種 データ

I H	0.765				
	49.38				
F n o	2.841				
f	1				
f 2	4.793				
f R	2.652				30
f F	-1.796				
f 3	4.844				
D 1	4.062				
D 2	2.071				

【 0 3 2 8 】

数 値 実 施 例 4

単 位 m m

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d	
1		0.7564	1.88300	40.76	40
2	1.6000	1.2668			
3		0.7564	1.51633	64.14	
4		0.0756			
5		4.3816	1.88300	40.76	
6		0			
7(絞リ)		0.2458			
8	13.7053	1.8742	1.80440	39.59	
9	-5.0830	0.1135			
10		0.7564	1.49400	75.00	50

11		0.2843		
12	3.4026	2.2065	1.81600	46.62
13	-1.9755	0.6178	1.92286	18.90
14	-140.6763	0.9315		
15		0.8510	1.51633	64.14
16		0.0189	1.51300	64.00
17		0.6619	1.50510	63.26
18		0		

(像面)

10

各種データ

I H	0.764
	47.883
F n o	2.972
f	1
f 2	4.824
f R	2.678
f F	-1.812
f 3	4.861
D 1	4.168
D 2	1.945

20

【 0 3 2 9 】

数値実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.8608	1.88300	40.76
2	1.8052	2.0231		
3		0.8608	1.51633	64.14
4		0.0861		
5		4.9864	1.88300	40.76
6		0		
7(絞り)		0.2798		
8	-64.9586	1.8411	1.67270	32.10
9	-4.4125	0.1291		
10		0.8608	1.49400	75.00
11		0.1722		
12	3.3787	2.6010	1.81600	46.62
13	-2.1443	0.7108	1.92286	18.90
14	103.7037	1.0654		
15		0.9684	1.51633	64.14
16		0.0215	1.51300	64.00
17		0.7532	1.50510	63.26
18		0		

30

40

(像面)

各種データ

I H	0.869
	61.076

50

F n o 2.847
 f 1
 f 2 6.952
 f R 2.969
 f F -2.044
 f 3 4.907
 D 1 5.325
 D 2 2.219

【 0 3 3 0 】

数値実施例 6

単位 m m

10

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d
1		0.9488	1.88300	40.76
2	2.1759	2.8684		
3		0.9488	1.49400	75.00
4		0.0949		
5		5.4956	1.88300	40.76
6		0		
7(絞リ)		0.7828		
8	-45.4040	2.0647	1.74951	35.33
9	-6.0187	0.3321		
10	3.6104	3.6307	1.78800	47.37
11	-1.9256	0.7122	1.92286	18.90
12	-20.0410	0.8901		
13		0.8302	1.51633	64.14
14		0.0237	1.51300	64.00
15		0.8302	1.50510	63.26
16		0		

20

30

(像面)

各 種 データ

I H 0.958
 75.101
 F n o 3.094
 f 1
 f 2 9.054
 f R 3.205
 f F -2.464
 f 3 4.954
 D 1 6.517
 D 2 2.005

【 0 3 3 1 】

数値実施例 7

単位 m m

40

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d
1		0.8941	1.88300	40.76

50

2	1.8862	2.3248		
3		0.8941	1.49400	75.00
4		0.0894		
5		5.1793	1.88300	40.76
6		0		
7(絞リ)		0.7377		
8	22.3930	2.0707	1.74951	35.33
9	-6.3003	0.3129		
10	3.2036	3.0310	1.72916	54.68
11	-2.1567	0.6696	1.92286	18.90
12	-124.5527	0.9246		
13		0.7824	1.51633	64.14
14		0.0224	1.51300	64.00
15		0.7824	1.50510	63.26
16		0		
(像面)				

各種データ

I H	0.903			
	65.641			20
F n o	3.037			
f	1			
f 2	6.77			
f R	3.021			
f F	-2.136			
f 3	5.63			
D 1	5.763			
D 2	1.975			

【 0 3 3 2 】

数値実施例 8 30

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1		0.9198	1.88300	40.76	
2	2.0130	2.3894			
3		0.9198	1.49400	75.00	
4		0.0920			
5		5.3277	1.88300	40.76	
6		0			40
7(絞リ)		0.7077			
8	23.3766	2.1237	1.74951	35.33	
9	-6.3372	0.3219			
10	3.6903	3.0776	1.81600	46.62	
11	-2.2970	0.6975	1.95906	17.47	
12	-124.4099	0.9125			
13		0.8048	1.51633	64.14	
14		0.0230	1.51300	64.00	
15		0.8048	1.50510	63.26	
16		0			50

(像面)

各種データ

I H	0.929
	69.048
F n o	3.036
f	1
f 2	6.862
f R	3.037
f F	-2.28
f 3	5.362
D 1	5.926
D 2	1.993

【 0 3 3 3 】

数値実施例 9

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.9119	1.88300	40.76
2	2.0010	2.3691		
3		0.9119	1.49400	75.00
4		0.0912		
5		5.2823	1.88300	40.76
6		0		
7(絞リ)		0.7523		
8	-178.8595	2.1299	1.80100	34.97
9	-5.7106	0.3192		
10	3.4296	3.1866	1.78800	47.37
11	-2.2888	0.6954	1.95906	17.47
12	196.5563	0.9072		
13		0.7979	1.51633	64.14
14		0.0228	1.51300	64.00
15		0.7979	1.50510	63.26
16		0		

(像面)

各種データ

I H	0.921
	68.023
F n o	3.056
f	1
f 2	7.324
f R	3.01
f F	-2.266
f 3	5.462
D 1	5.876
D 2	1.979

【 0 3 3 4 】

数値実施例 1 0

10

20

30

40

50

単位 m m

面 データ

面 番号	r	d	nd	d	
1		0.9241	1.88300	40.76	
2	2.0061	2.4018			
3		0.9241	1.49400	75.00	
4		0.0924			
5		5.3528	1.88300	40.76	
6		0			10
7(絞リ)		0.6361			
8	48.2189	1.9861	1.64769	33.79	
9	-5.0829	0.3234			
10	3.6170	3.1463	1.81600	46.62	
11	-2.2574	0.6963	1.95906	17.47	
12	-326.5107	0.9252			
13		0.8086	1.51633	64.14	
14		0.0231	1.51300	64.00	
15		0.8086	1.50510	63.26	
16		0			20
(像面)					

各種 データ

I H	0.933				
	69.762				
F n o	3.04				
f	1				
f 2	7.205				
f R	3.028				
f F	-2.272				30
f 3	5.302				
D 1	5.955				
D 2	2.011				

【 0 3 3 5 】

数値実施例 1 1

単位 m m

面 データ

面 番号	r	d	nd	d	
1		0.9305	1.88300	40.76	40
2	2.2252	2.4195			
3		0.9305	1.49400	75.00	
4		0.0931			
5		5.3901	1.51633	64.14	
6		0			
7(絞リ)		0.5351			
8	-8.7194	1.2523	1.80518	25.42	
9	-4.5264	0.3257			
10	2.6229	3.2937	1.65160	58.55	
11	-1.6227	0.6967	1.95906	17.47	50

12	-6.2315	0.8410		
13		0.8142	1.51633	64.14
14		0.0233	1.51300	64.00
15		0.8142	1.50510	63.26
16		0		

(像面)

各種データ

I H	0.94
	69.739
F n o	3.045
f	1
f 2	10.316
f R	3.069
f F	-2.52
f 3	4.502
D 1	6.69
D 2	1.934

【 0 3 3 6 】

数値実施例 1 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.8813	1.88300	40.76
2	2.1197	2.2871		
3		0.8813	1.49400	75.00
4		0.0881		
5		5.1052	1.51633	64.14
6		0		
7(絞リ)		0.5068		
8	-15.7484	1.2034	1.69895	30.13
9	-4.4326	0.3085		
10	2.3055	3.0799	1.58913	61.14
11	-1.4961	0.6603	1.95906	17.47
12	-5.2306	0.7402		
13		0.7712	1.51633	64.14
14		0.0220	1.51300	64.00
15		0.7712	1.50510	63.26
16		0		

(像面)

各種データ

I H	0.89
	62.311
F n o	3.084
f	1
f 2	8.456
f R	2.974
f F	-2.401

f 3 4.647
D 1 6.332
D 2 1.776

【 0 3 3 7 】

数値実施例 1 3

単位 m m

面 データ

面 番号	r	d	nd	d	
1		0.8720	1.88300	40.76	10
2	1.9912	2.2638			
3		0.8720	1.51633	64.14	
4		0.0872			
5		5.0512	1.51633	64.14	
6		0			
7(絞リ)		0.5014			
8	-31.3613	1.1614	1.62004	36.26	20
9	-4.1050	0.1308			
10		0.8720	1.49400	75.00	
11		0.1744			
12	2.4489	3.1349	1.58913	61.14	
13	-1.6945	0.6534	1.95906	17.47	
14	-6.1436	0.7227			
15		0.7630	1.51633	64.14	
16		0.0218	1.51300	64.00	
17		0.7630	1.50510	63.26	
18		0			

(像面)

各種データ 30

I H 0.881
62.428
F n o 3.234
f 1
f 2 7.495
f R 3.123
f F -2.255
f 3 4.967
D 1 6.257
D 2 1.747

【 0 3 3 8 】

数値実施例 1 4

単位 m m

面 データ

面 番号	r	d	nd	d	
1		0.9185	1.88300	40.76	50
2	2.1470	2.7770			
3		0.9185	1.51633	64.14	
4		0.0919			

5		5.3206	1.51633	64.14	
6		0			
7(絞リ)		0.5282			
8	-12.6022	1.3621	1.83400	37.16	
9	-4.7377	0.1378			
10		0.9185	1.49400	75.00	
11		0.1837			
12	2.6101	3.4414	1.58913	61.14	
13	-1.7555	0.6881	1.95906	17.47	
14	-5.8965	0.7126			10
15		0.8037	1.51633	64.14	
16		0.0230	1.51300	64.00	
17		0.8037	1.50510	63.26	
18		0			
(像面)					

各種データ

I H	0.928				
	69.563				
F n o	3.034				20
f	1				
f 2	8.438				
f R	3.296				
f F	-2.432				
f 3	5.144				
D 1	6.984				
D 2	1.792				

【0339】

数値実施例15

単位 mm 30

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1		0.5780	1.88300	40.78	
2	1.5818	1.0156			
3		0.7707	1.51633	64.14	
4		0.0578			
5		1.2235	1.88300	40.76	
6		0.0963			
7		4.2697	1.88300	40.76	40
8		0			
9(絞リ)		0.4432			
10	-145.9646	1.4388	1.80400	46.58	
11	-3.9010	0.0963			
12		0.7707	1.49400	75.00	
13		0.2324			
14	2.2305	2.4741	1.49700	81.54	
15	-2.0320	0.5760	1.95906	17.47	
16	-6.5656	0.9525			
17		0.6744	1.51633	64.14	50

18	0.0193	1.51300	64.00
19	0.6744	1.50510	63.26
20	0		
(像面)			

各種データ

I H	0.865
	59.893
F n o	3.148
f	1
f 2	4.963
f R	2.802
f F	-1.791
f 3	5.951
D 1	4.595
D 2	1.858

【 0 3 4 0 】

数値実施例 1 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1		0.5925	1.88300	40.78
2	1.7485	1.2220		
3		0.7900	1.51633	64.14
4		0.0592		
5		1.2541	1.88300	40.76
6		0.0987		
7		4.3766	1.88300	40.76
8		0		
9(絞り)		0.6517		
10	12.3630	1.5498	1.75500	52.32
11	-4.7631	0.0987		
12		0.7900	1.49400	75.00
13		0.1605		
14	2.3708	2.4200	1.49700	81.54
15	-2.1423	0.5907	1.95906	17.47
16	-6.2943	0.7643		
17		0.6912	1.51633	64.14
18		0.0197	1.51300	64.00
19		0.6912	1.50510	63.26
20		0		

(像面)

各種データ

I H	0.887
	62.431
F n o	3.195
f	1
f 2	4.739

10

20

30

40

50

f R 2.874
 f F -1.98
 f 3 6.072
 D 1 4.891
 D 2 1.693

【 0 3 4 1 】

数値実施例 1 7

単位 m m

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d
1		0.5916	1.88300	40.78
2	1.7276	1.2270		
3		0.7889	1.51633	64.14
4		0.0592		
5		1.2523	1.88300	40.76
6		0.0986		
7		4.3702	1.88300	40.76
8		0		
9(絞リ)		0.6508		
10	39.0679	1.5518	1.78800	47.37
11	-4.3911	0.0986		
12		0.7889	1.49400	75.00
13		0.1581		
14	2.2894	2.6213	1.49700	81.54
15	-2.0170	0.5897	1.95906	17.47
16	-6.3239	0.7699		
17		0.6902	1.51633	64.14
18		0.0197	1.51300	64.00
19		0.6902	1.50510	63.26
20		0		

(像 面)

各 種 データ

I H 0.885
 62.38
 F n o 3.117
 f 1
 f 2 5.089
 f R 2.875
 f F -1.957
 f 3 6.036
 D 1 4.891
 D 2 1.697

【 0 3 4 2 】

数値実施例 1 8

単位 m m

面 データ

面 番 号	r	d	nd	d
-------	---	---	----	---

1		0.5897	1.88300	40.78	
2	1.7275	1.2287			
3		0.7863	1.51633	64.14	
4		0.0590			
5		1.2483	1.88300	40.76	
6		0.0983			
7		4.3562	1.88300	40.76	
8		0			
9(絞リ)		0.6487			
10	133.8224	1.6139	1.83481	42.73	10
11	-4.4275	0.0983			
12		0.7863	1.49400	75.00	
13		0.1672			
14	2.2473	2.6028	1.49700	81.54	
15	-2.0260	0.5871	1.95906	17.47	
16	-6.8495	0.7971			
17		0.6880	1.51633	64.14	
18		0.0197	1.51300	64.00	
19		0.6880	1.50510	63.26	
20		0			20
(像面)					

各種データ

I H	0.883				
	62.175				
F n o	3.123				
f	1				
f 2	5.161				
f R	2.86				
f F	-1.956				30
f 3	6.113				
D 1	4.881				
D 2	1.721				

【 0 3 4 3 】

数値実施例 1 9

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1		0.5927	1.88300	40.78	40
2	1.7277	1.2468			
3		0.7902	1.49400	75.00	
4		0.0593			
5		1.2545	1.88300	40.76	
6		0.0988			
7		4.3778	1.88300	40.76	
8		0			
9(絞リ)		0.6520			
10	101.7710	1.7446	1.88300	40.76	
11	-4.6751	0.2923			50

12	2.2477	2.6232	1.49700	81.54
13	-2.0368	0.5897	1.95906	17.47
14	-8.8045	0.8458		
15		0.6914	1.51633	64.14
16		0.0198	1.51300	64.00
17		0.6914	1.50510	63.26
18		0		

(像面)

各種データ

10

I H	0.887
	62.109
F n o	3.131
f	1
f 2	5.101
f R	2.746
f F	-1.957
f 3	6.84
D 1	4.925
D 2	1.774

20

【 0 3 4 4 】

次に、各実施例における条件式の値を以下に掲げる。

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1) f2/f	4.824	5.046	4.793	4.824
(2) f3/f2	1.008	0.88	1.011	1.008
(3) fR/f	2.678	2.847	2.652	2.678
(4) fF/f	-1.812	-1.863	-1.796	-1.812
(5) f3/f	4.861	4.44	4.844	4.861
(6) D1/f	4.168	4.198	4.062	4.168
(7) D2/f	1.945	1.896	2.071	1.945
(8) fF/fR	-0.677	-0.655	-0.677	-0.677
(9) R3/R2	0.669	0.685	0.665	0.669

30

条件式	実施例 5	実施例 6	実施例 7	実施例 8
(1) f2/f	6.952	9.054	6.77	6.862
(2) f3/f2	0.706	0.547	0.832	0.781
(3) fR/f	2.969	3.205	3.021	3.037
(4) fF/f	-2.044	-2.464	-2.136	-2.28
(5) f3/f	4.907	4.954	5.63	5.362
(6) D1/f	5.325	6.517	5.763	5.926
(7) D2/f	2.219	2.005	1.975	1.993
(8) fF/fR	-0.689	-0.769	-0.707	-0.751
(9) R3/R2	0.766	0.6	0.508	0.582

40

条件式	実施例 9	実施例 10	実施例 11	実施例 12
(1) f2/f	7.324	7.205	10.316	8.456
(2) f3/f2	0.746	0.736	0.436	0.55
(3) fR/f	3.01	3.028	3.069	2.974
(4) fF/f	-2.266	-2.272	-2.52	-2.401

50

(5) f_3/f	5.462	5.302	4.502	4.647
(6) D_1/f	5.876	5.955	6.69	6.332
(7) D_2/f	1.979	2.011	1.934	1.776
(8) f_F/f_R	-0.753	-0.75	-0.821	-0.807
(9) $ R_3/R_2 $	0.601	0.712	0.579	0.52

条件式	実施例 1 3	実施例 1 4	実施例 1 5	実施例 1 6
(1) f_2/f	7.495	8.438	4.963	4.739
(2) f_3/f_2	0.663	0.61	1.199	1.281
(3) f_R/f	3.123	3.296	2.802	2.874
(4) f_F/f	-2.255	-2.432	-1.791	-1.98
(5) f_3/f	4.967	5.144	5.951	6.072
(6) D_1/f	6.257	6.984	4.595	4.891
(7) D_2/f	1.747	1.792	1.858	1.693
(8) f_F/f_R	-0.722	-0.738	-0.639	-0.689
(9) $ R_3/R_2 $	0.597	0.551	0.572	0.498

条件式	実施例 1 7	実施例 1 8	実施例 1 9
(1) f_2/f	5.089	5.161	5.101
(2) f_3/f_2	1.186	1.184	1.341
(3) f_R/f	2.875	2.86	2.746
(4) f_F/f	-1.957	-1.956	-1.957
(5) f_3/f	6.036	6.113	6.84
(6) D_1/f	4.891	4.881	4.925
(7) D_2/f	1.697	1.721	1.774
(8) f_F/f_R	-0.68	-0.684	-0.713
(9) $ R_3/R_2 $	0.521	0.508	0.481

【 0 3 4 5 】

図 2 4 は、本実施形態の斜視対物光学系を用いた内視鏡装置の構成例である。内視鏡装置 2 0 は、斜視用内視鏡 2 1（以下、「内視鏡 2 1」という）と、ビデオプロセッサ 2 2 と、モニタ 2 3 と、を備える。内視鏡 2 1 は、挿入部 2 1 a と信号ケーブル 2 1 b とを備える。挿入部 2 1 a の先端には、斜視対物光学系 2 4 が配置されている。斜視対物光学系 2 4 は、ここでは、前方視観察用の斜視対物光学系である。この斜視対物光学系 2 4 には、実施例 1 乃至実施例 1 9 のいずれかの斜視対物光学系が用いられる。

【 0 3 4 6 】

また、ここでは図示していないが、この斜視対物光学系 2 4 の近傍には、被写体 2 5 を照明するための照明光学系が配置されている。この照明光学系は、光源と、照明光学素子と、光ファイババンドルと、を有する。光源としては、例えば、発光ダイオード（LED:Light Emitting Diode）やレーザダイオード（LD:Laser Diode）の発光素子がある。照明光学素子としては、例えば、レンズ素子がある。レンズ素子は、照明光を拡散又は集光する機能を備えている。光ファイババンドルは、照明光を内視鏡 2 1 に伝送する。

【 0 3 4 7 】

また、内視鏡 2 1 は信号ケーブル 2 1 b を介して、ビデオプロセッサ 2 2 に接続されている。斜視対物光学系 2 4 によって結像された被写体 2 5 の像は、撮像素子で撮像される。撮像された被写体 2 5 の像は、ビデオプロセッサ 2 2 に内蔵された電気回路系によって映像信号に変換される。映像信号に基づいて、モニタ 2 3 上に被写体の画像 2 6 が表示される。

【 0 3 4 8 】

なお、このビデオプロセッサ 2 2 の内部には、LED等の光源を駆動する電気回路系が

10

20

30

40

50

設けられている。

【0349】

また、LEDやLDなどの発光素子を内視鏡21内に設けることで、内視鏡21の外部に光源を設ける必要がなくなる。さらに、これら発光素子を内視鏡21の先端部に設けることで、照明光を伝送する光ファイバーバンドルを設ける必要がなくなる。

【0350】

さらに、光源については、キセノンランプやハロゲンランプ等を用いても良い。また、内視鏡装置20では、光源を内蔵した光源装置がビデオプロセッサ22と一体になっている。しかしながら、光源装置はビデオプロセッサ22と別体に構成されていても良い。この場合、光源装置とビデオプロセッサ22は、内視鏡21と各々接続されることになる。

10

【0351】

以上の説明のように、本発明の斜視対物光学系によれば、多画素化と小型化がされた撮像素子に最適な高性能で小型な斜視対物光学系を提供することができる。更に、本発明の斜視対物光学系を用いることにより、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を提供することができる。

【0352】

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。

20

【0353】

(付記)

なお、これらの実施例から以下の構成の発明が導かれる。

(付記項1)

物体側から順に、負の屈折力を有する前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、からなり、

前側レンズ群は前側負レンズからなり、

後側レンズ群は、後側正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、

以下の条件式(1)を満足することを特徴とする斜視対物光学系。

$$4.0 < f_2 / f < 12.0 \quad (1)$$

ここで、

f_2 は、後側正レンズの焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

30

【0354】

(付記項2)

以下の条件式(2)を満足することを特徴とする付記項1に記載の斜視対物光学系。

$$0.4 < f_3 / f_2 < 1.5 \quad (2)$$

ここで、

f_2 は、後側正レンズの焦点距離、

f_3 は、接合レンズの焦点距離、

である。

40

【0355】

(付記項3)

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする付記項1又は付記項2に記載の斜視対物光学系。

$$2.3 < f_R / f < 3.8 \quad (3)$$

ここで、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

50

【 0 3 5 6 】

(付記項 4)

以下の条件式 (4) を満足することを特徴とする付記項 1 乃至付記項 3 のいずれか一項に記載の斜視対物光学系。

$$-2.8 < f_F / f < -1.5 \quad (4)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 3 5 7 】

10

(付記項 5)

以下の条件式 (5) を満足することを特徴とする付記項 1 乃至付記項 4 のいずれか一項に記載の斜視対物光学系。

$$4.0 < f_3 / f < 8.0 \quad (5)$$

ここで、

f_3 は、接合レンズの焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 3 5 8 】

20

(付記項 6)

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする付記項 1 乃至付記項 5 のいずれか一項に記載の斜視対物光学系。

$$3.5 < D_1 / f < 8.0 \quad (6)$$

ここで、

D_1 は、前側負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 3 5 9 】

(付記項 7)

以下の条件式 (7) を満足することを特徴とする付記項 1 乃至付記項 6 のいずれか一項に記載の斜視対物光学系。

$$1.5 < D_2 / f < 2.5 \quad (7)$$

ここで、

D_2 は、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 3 6 0 】

(付記項 8)

以下の条件式 (8) を満足することを特徴とする付記項 1 乃至付記項 7 のいずれか一項に記載の斜視対物光学系。

$$-0.9 < f_F / f_R < -0.5 \quad (8)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

である。

【 0 3 6 1 】

(付記項 9)

後側正レンズは、像側に曲率半径の小さい面を向けており、

接合レンズは、物体側に曲率半径の小さい面を向けており、

以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする付記項 1 乃至付記項 8 のいずれか一項

50

に記載の斜視対物光学系。

$$0.4 < |R3 / R2| < 0.85 \quad (9)$$

ここで、

R2は、後側正レンズの像側面の曲率半径、

R3は、接合レンズの物体側面の曲率半径、

である。

【0362】

(付記項10)

付記項1乃至付記項9のいずれか一項に記載の斜視対物光学系を備えることを特徴とする斜視用内視鏡。

10

【産業上の利用可能性】

【0363】

以上のように、本発明は、高性能で小型な斜視対物光学系に有用である。また、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡に有用である。

【符号の説明】

【0364】

G F 前側レンズ群

G R 後側レンズ群

L 1、L 2、L 3、L 4 レンズ

C L 接合レンズ

20

S 明るさ絞り

P プリズム(光路変換素子)

F 1、F 2、F 3 フィルタ

C G カバーガラス

G L ガラスリッド

I 像面

I D 撮像素子

1、5 斜視対物光学系

2、6 前側レンズ群

3、7 プリズム

30

4、8 後側レンズ群

20 内視鏡装置

21 斜視用内視鏡

21a 挿入部

21b 信号ケーブル

22 ビデオプロセッサ

23 モニタ

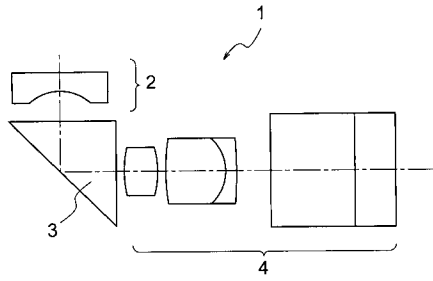
24 斜視対物光学系

25 被写体

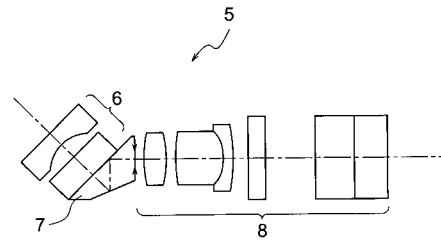
26 被写体の画像

40

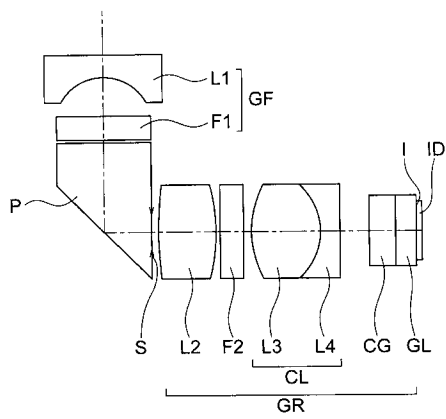
【図 1】



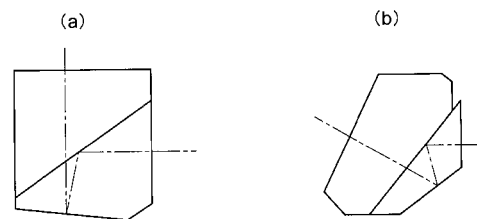
【図 2】



【図 3】

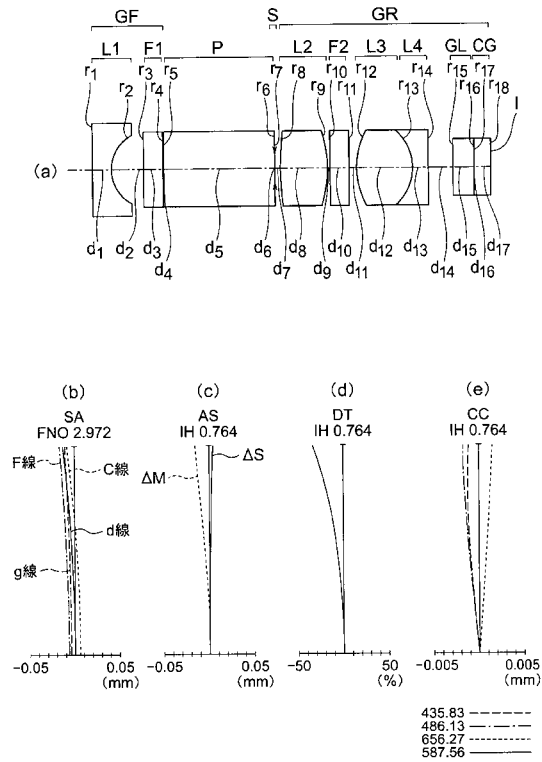


【図 4】



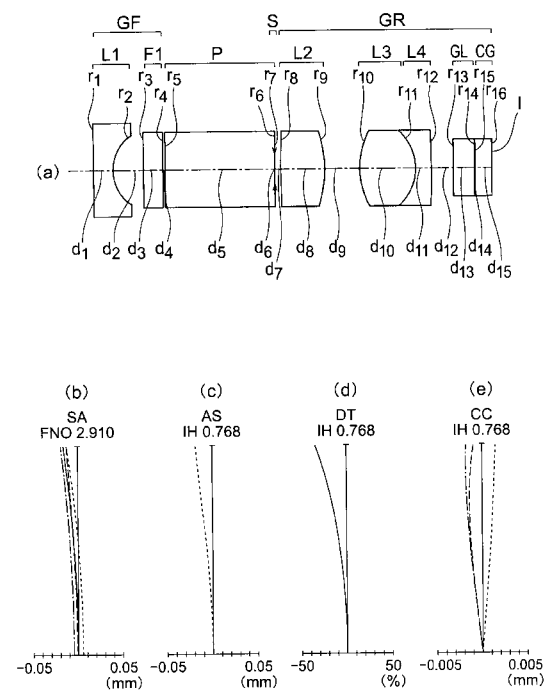
【図 5】

実施例1



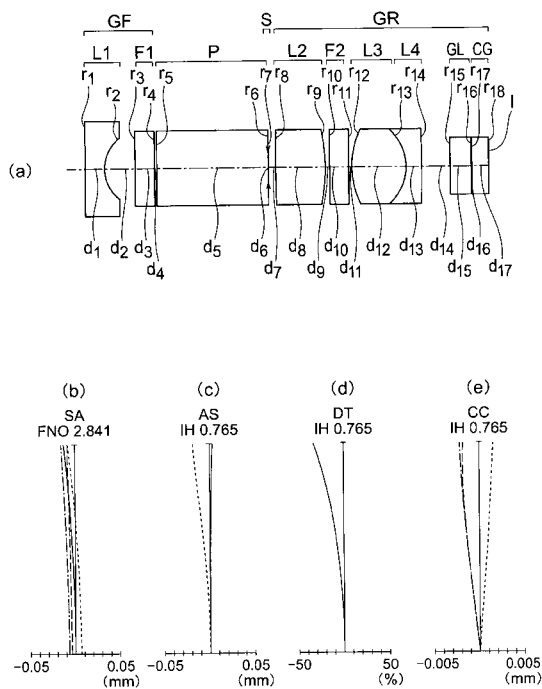
【図 6】

実施例2



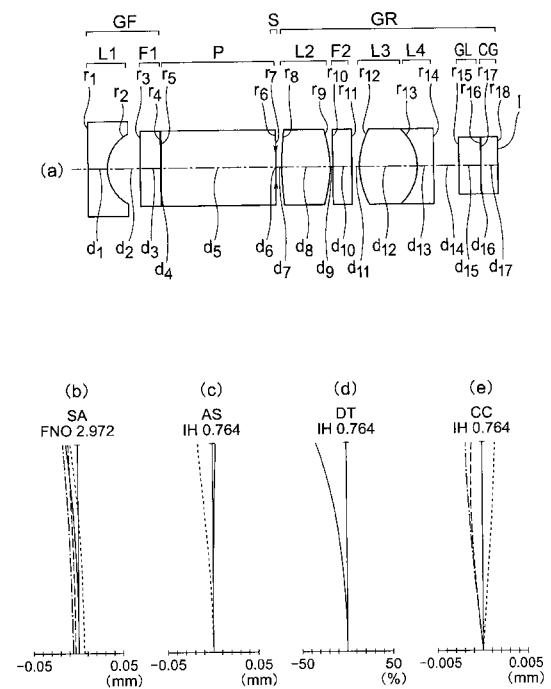
【図 7】

実施例3



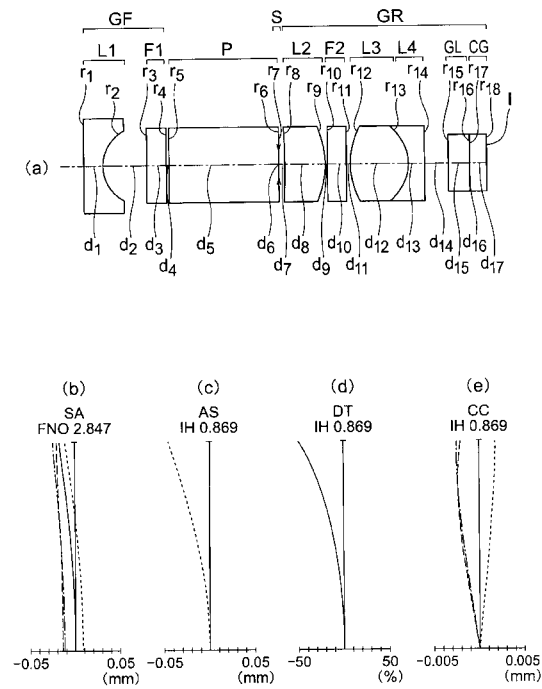
【図 8】

実施例4



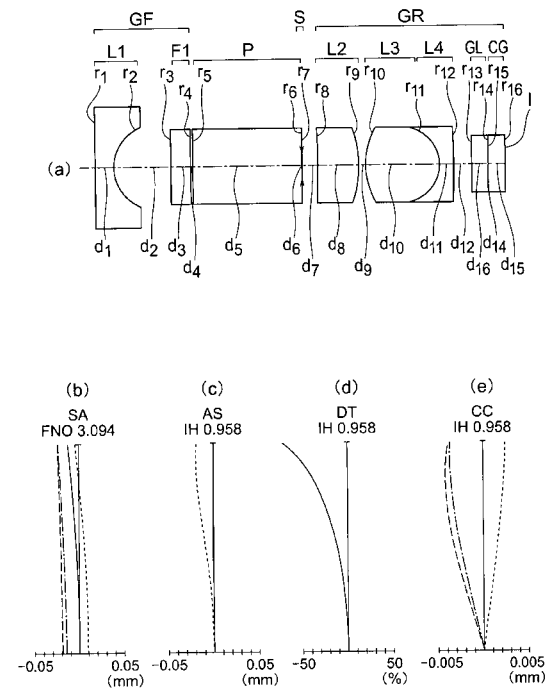
【図 9】

実施例5



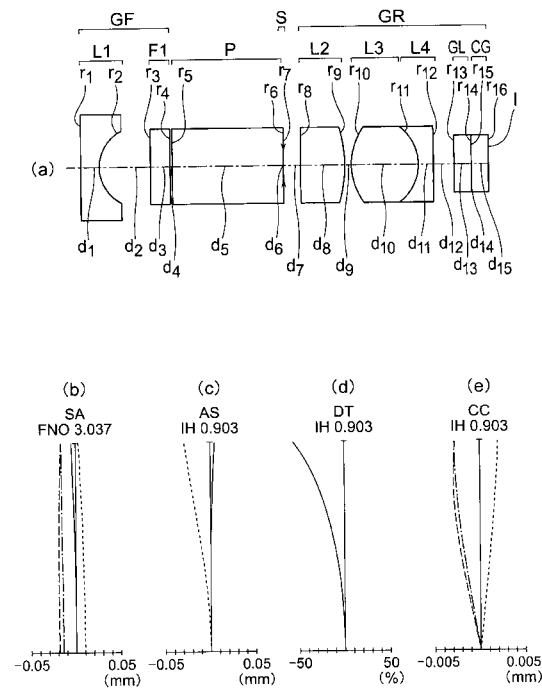
【図 10】

実施例6



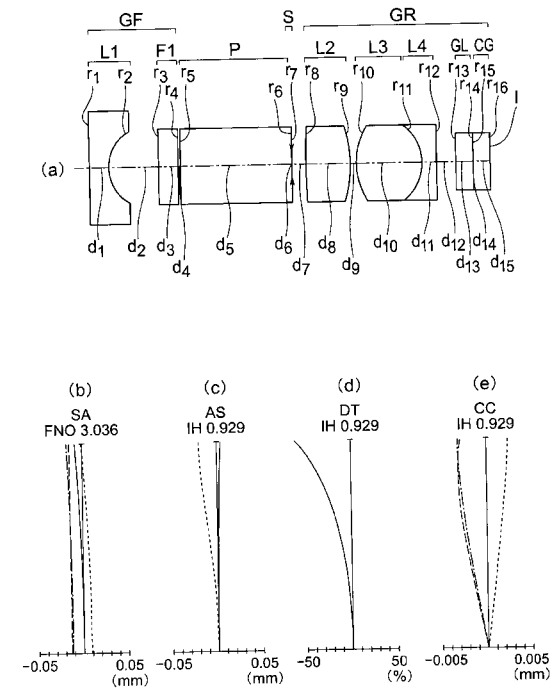
【図 11】

実施例7



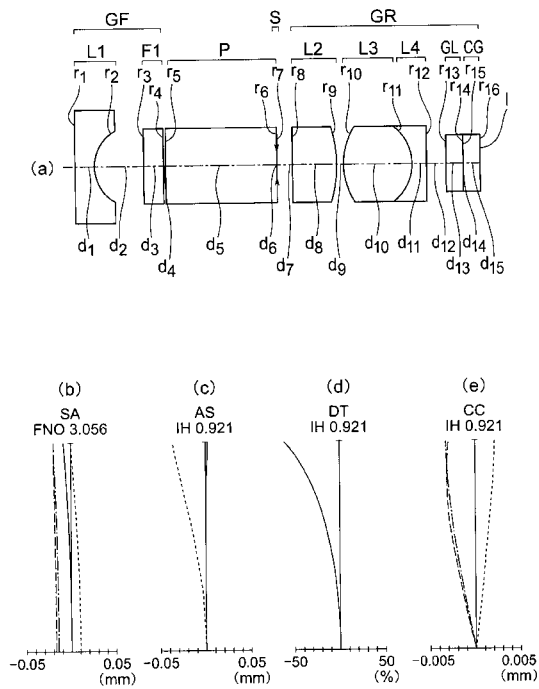
【図 12】

実施例8



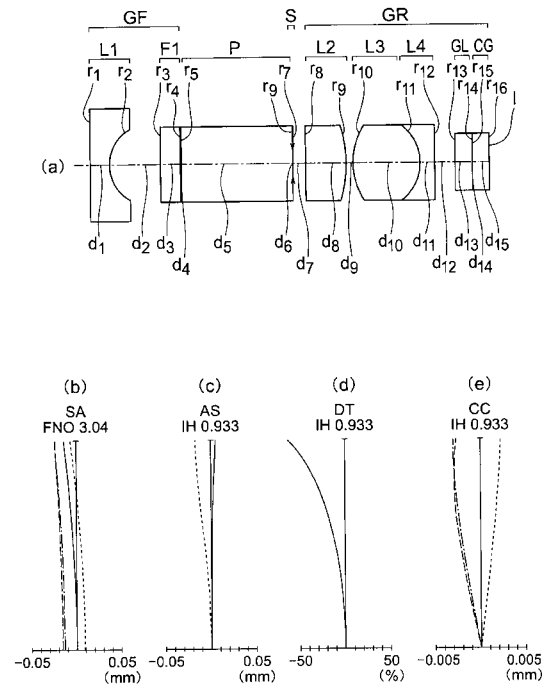
【図 13】

実施例9



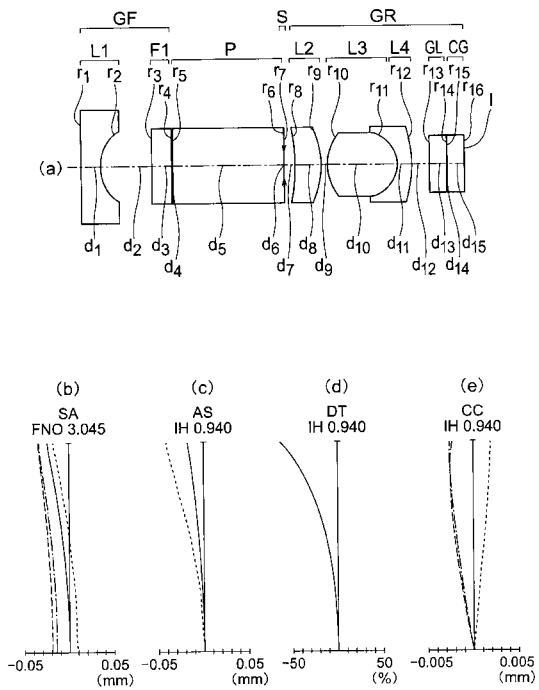
【図 14】

実施例10



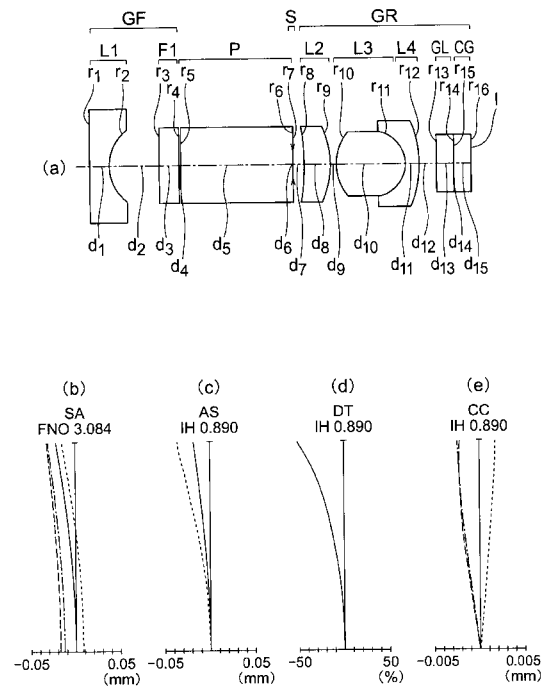
【図 15】

実施例11



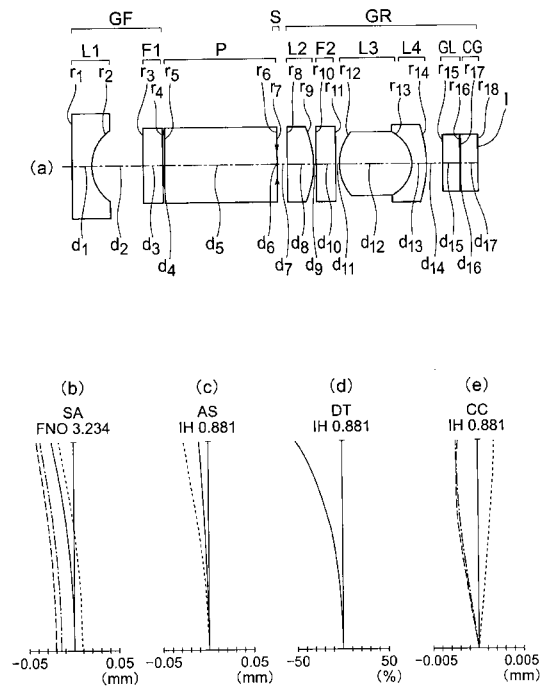
【図 16】

実施例12



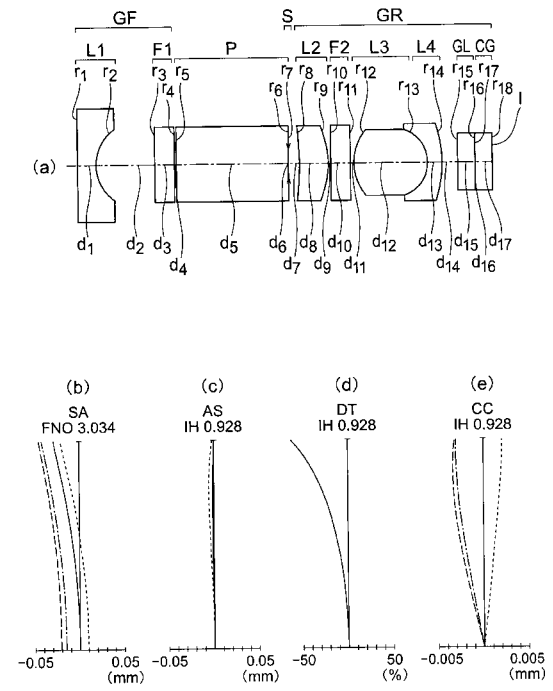
【図 17】

実施例13



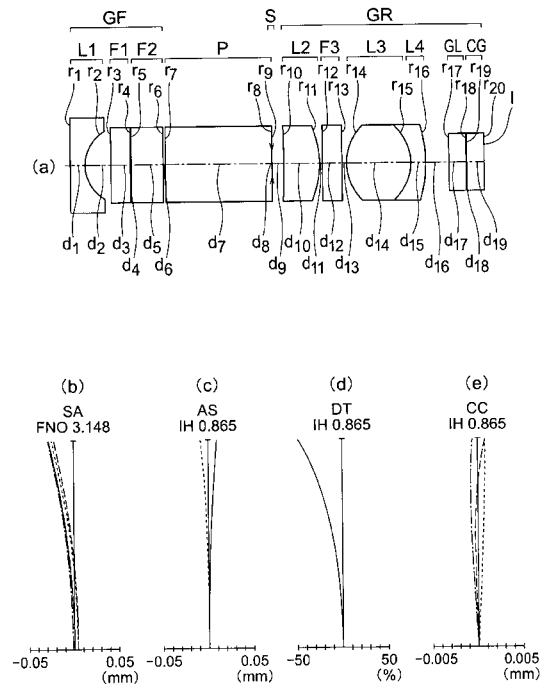
【図 18】

実施例14



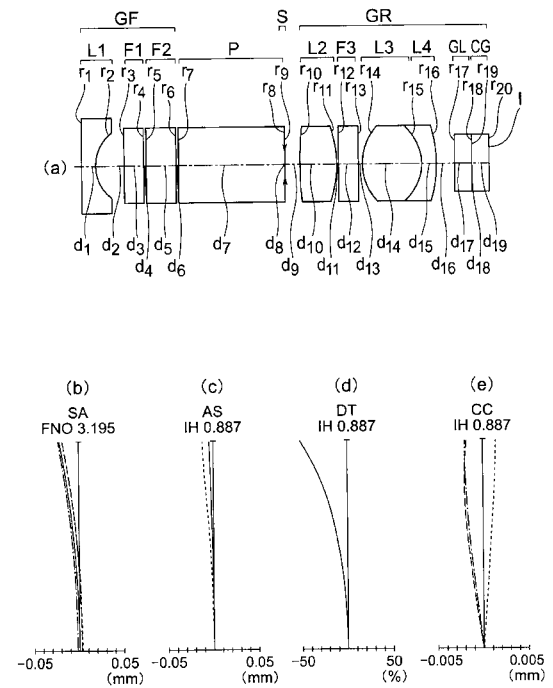
【図 19】

実施例15



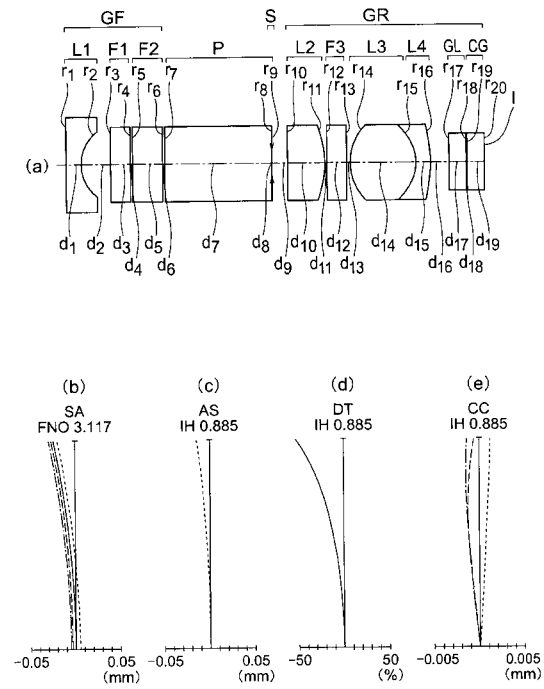
【図 20】

実施例16



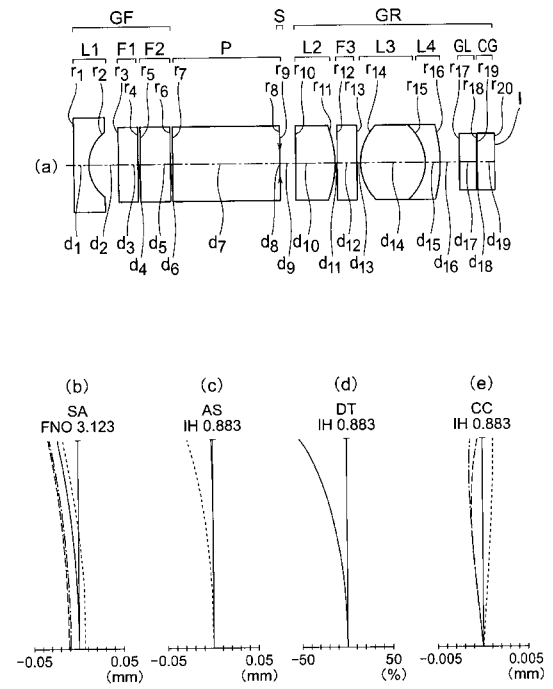
【図 2 1】

実施例17



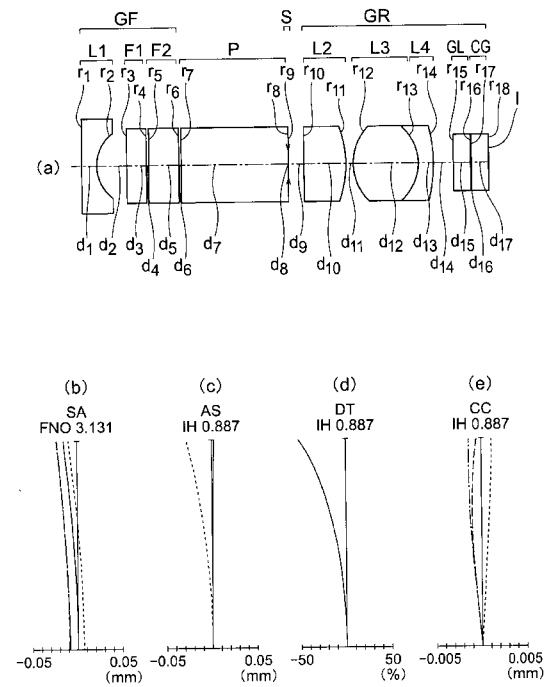
【図 2 2】

実施例18

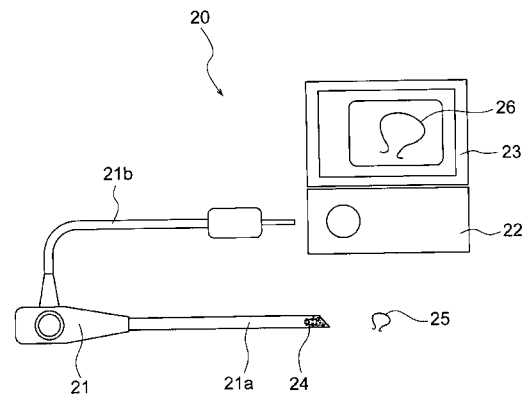


【図 2 3】

実施例19



【図 2 4】



专利名称(译)	透视倾斜物镜光学系统和倾斜内窥镜配备相同		
公开(公告)号	JP2019008024A	公开(公告)日	2019-01-17
申请号	JP2017121400	申请日	2017-06-21
[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		
[标]发明人	高杉芳治		
发明人	高杉 芳治		
IPC分类号	G02B13/04 G02B23/26 A61B1/00		
FI分类号	G02B13/04 G02B23/26.C A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/CA23 2H040/CA24 2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/PA03 2H087/PA18 2H087/PB04 2H087/QA01 2H087/QA06 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA37 2H087/QA39 2H087/QA41 2H087/QA45 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/RA43 4C161/BB03 4C161/FF40		
代理人(译)	斋藤圭介 平山岩		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供高性能和紧凑的斜视物镜光学系统，以及包括该物镜的斜视内窥镜。透视物镜光学系统从物体侧开始依次包括具有负折光力的前透镜组，光路转换元件，孔径光阑和具有正折光力的后透镜组。前透镜组包括前负透镜，后透镜组包括后正透镜和具有正屈光力的胶合透镜，并且满足以下条件表达式(1)。4.0

