

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6173648号
(P6173648)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 13/04 (2006.01)

G O 2 B 13/04 D

G O 2 B 23/26 (2006.01)

G O 2 B 23/26 C

A 6 1 B 1/00 (2006.01)

A 6 1 B 1/00 7 3 1

請求項の数 9 (全 85 頁)

(21) 出願番号 特願2017-517129 (P2017-517129)
 (86) (22) 出願日 平成28年10月25日(2016.10.25)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2016/081574
 審査請求日 平成29年3月29日(2017.3.29)
 (31) 優先権主張番号 特願2015-243128 (P2015-243128)
 (32) 優先日 平成27年12月14日(2015.12.14)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(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
 (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

審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(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) 【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、第1レンズと、第2レンズと、からなり、

前記後側レンズ群は、第3レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、

前記第1レンズは、像面側に凹面を向けた負レンズからなり、

前記第2レンズは、像面側に凸面を向けた単レンズ、もしくは接合レンズからなり、

前記第3レンズは、正レンズからなり、

前記後側レンズ群に含まれる前記接合レンズは、両凸レンズからなる正レンズと、メニ
 スカス形状の負レンズと、からなり、

以下の条件式(1)乃至(3)を満足することを特徴とする斜視対物光学系。

$$1.6 < D1 / f < 4.7 \quad (1)$$

$$1.0 < D2 / f < 3.3 \quad (2)$$

$$9.0 < L / f < 31.0 \quad (3)$$

ただし、

D1は、前記前側レンズ群の最も像面側に位置するレンズの像側面から前記明るさ絞り
 までの空気換算長、

D2は、前記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、

Lは、前記斜視対物光学系の全長、

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】

以下の条件式 (4) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の斜視対物光学系。

$$1.0 < D1 / D2 < 2.5 \quad (4)$$

ただし、

$D1$ は、前記前側レンズ群の最も像面側に位置するレンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

$D2$ は、前記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、
である。

10

【請求項 3】

以下の条件式 (5)、(6) を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の斜視対物光学系。

$$1.6 < |fF / f| < 4.5 \quad (5)$$

$$1.9 < fR / f < 5.3 \quad (6)$$

ただし、

fF は、前記前側レンズ群の焦点距離、

fR は、前記後側レンズ群の焦点距離、

f は、前記斜視対物光学系全系の焦点距離、
である。

20

【請求項 4】

以下の条件式 (7)、(8) を満足することを特徴とする請求項 2 に記載の斜視対物光学系。

$$1.2 < |f1 / f| < 4.5 \quad (7)$$

$$0.001 < |f1 / f2| < 0.9 \quad (8)$$

ただし、

$f1$ は、前記第 1 レンズの焦点距離、

$f2$ は、前記第 2 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。

30

【請求項 5】

前記第 2 レンズは正の屈折力を有し、以下の条件式 (7') を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の斜視対物光学系。

$$1.2 < |f1 / f| < 2.4 \quad (7')$$

ただし、

$f1$ は、前記第 1 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 6】

前記第 2 レンズは負の屈折力を有し、以下の条件式 (7'') を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の斜視対物光学系。

40

$$1.9 < |f1 / f| < 4.5 \quad (7'')$$

ただし、

$f1$ は、前記第 1 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 7】

前記第 2 レンズは正の屈折力を有し、下記条件式 (8') を満足することを特徴とする請求項 4 に記載の斜視対物光学系。

$$0.02 < |f1 / f2| < 0.22 \quad (8')$$

50

ただし、
 f_1 は、前記第 1 レンズの焦点距離、
 f_2 は、前記第 2 レンズの焦点距離、
 である。

【請求項 8】

前記第 2 レンズは接合レンズであり、以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の斜視対物光学系。

$$|n_d(L_2 f) - n_d(L_2 b)| \leq 0.1 \quad (9)$$

ただし、
 $n_d(L_2 f)$ は、前記第 2 レンズの接合レンズにおける物体側レンズの屈折率、
 $n_d(L_2 b)$ は、前記第 2 レンズの接合レンズにおける像面側レンズの屈折率、
 である。

【請求項 9】

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と、光学系のレンズ枚数

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。

【 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。

20

【 0 0 1 2 】

特許文献 1 から 3 には、斜視対物光学系が開示されている。また、特許文献 4 から 9 には直視対物光学系が開示されている。

【 0 0 1 3 】

特許文献 1 には、斜視対物光学系と直視対物光学系が開示されている。斜視対物光学系は、負の単レンズから成る前群発散レンズ系と、後群収収レンズ系と、その間に配置されたプリズムと、で構成されている。直視対物光学系にはプリズムが配置されていない。そのため、直視対物光学系では、前群発散レンズ系と後群収収レンズ系が離れた状態（レンズ間隔が広い状態）で配置されている。

30

【 0 0 1 4 】

また、これらの対物光学系は、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。

【 0 0 1 5 】

特許文献 2 に関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、反射部材のプリズムと、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、から構成されている。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。

40

【 0 0 1 6 】

特許文献 3 に関示された斜視対物光学系は、正の屈折力の前群レンズ群と、視野方向変換素子のプリズムと、正の屈折力の後群レンズ群と、で構成されている。前群レンズ群は、負レンズと、正レンズと、からなる。後群レンズ群は、接合レンズからなる。

【 0 0 1 7 】

特許文献 4 に関示された対物光学系は、直視対物光学系である。この直視対物光学系は、負の屈折力の第 1 レンズ群と、負の屈折力の第 2 レンズ群と、正の屈折力の第 3 レンズ

50

群と、正の屈折力の第 4 レンズ群と、で構成されている。

【 0 0 1 8 】

特許文献 5 に開示された対物光学系は直視対物光学系である。この直視対物光学系は、負レンズの第 1 群と、正の単レンズの第 2 群と、後群と、で構成されている。後群は、正の単レンズと、正レンズと負レンズの接合レンズと、からなる。

【 0 0 1 9 】

特許文献 6 に開示された対物光学系は直視対物光学系であり、負レンズと、正のメニスカスレンズもしくは正の屈折力の接合レンズと、正レンズと、接合レンズと、で構成されている。

【 0 0 2 0 】

10

特許文献 7 に開示された対物光学系は直視対物光学系である。この直視対物光学系は、負の屈折力の前群と、正の屈折力の後群と、で構成されている。前群は、負レンズと、屈折力の弱いレンズ群と、からなる。後群は、正レンズと、接合レンズと、からなる。

【 0 0 2 1 】

特許文献 8 に開示された対物光学系では、像面側に硝路長の長い光路変換プリズムが配置されている。しかしながら、この対物光学系は、直視対物光学系である。この直視対物光学系は、2 枚の負レンズから成る前群発散レンズ系と、後群収束レンズと、で構成されている。

【 0 0 2 2 】

特許文献 9 に開示された対物光学系では、像面側に硝路長の長い光路変換プリズムが配置されている。しかしながら、この対物光学系は、直視対物光学系である。この直視対物光学系は、負の第 1 レンズと、第 2 レンズと第 3 レンズを接合した正の接合レンズと、正の第 4 レンズと、正の第 5 レンズと負の第 6 レンズを接合した正の接合レンズと、で構成されている。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 2 3 】

【 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 5 5 5 8 0 5 8 号公報

30

【 特許文献 4 】 特開平 1 0 - 1 1 1 4 5 4 号公報

【 特許文献 5 】 特許 3 3 5 9 0 9 2 号公報

【 特許文献 6 】 国際公開第 2 0 1 2 / 0 0 8 3 1 2 号

【 特許文献 7 】 特許 4 5 5 6 3 8 2 号公報

【 特許文献 8 】 特開平 1 0 - 2 6 0 3 4 8 号公報

【 特許文献 9 】 特許 4 2 6 5 9 0 9 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 4 】

特許文献 1 に開示された斜視対物光学系は、光学系全体が大きい。また、光学系の F ナンバーは小さいものの、色収差等の収差量はかなり大きい。そのため、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。また、直視対物光学系には、プリズムを配置するのに十分なレンズ間隔はない。また、この直視対物光学系も、斜視対物光学系の場合と同様に、光学性能が不足している。

40

【 0 0 2 5 】

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 6 】

また、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

50

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。そのため、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う。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。

【0027】

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。

【0028】

また、特許文献3に開示された斜視対物光学系では、光学系を上述のように構成することで、前群及び後群のレンズ外径の小径化と全長の短縮化を図っている。しかし、この対物光学系はFナンバーが大きい。そのため、Fナンバーを小さくすると、光束径が大きくなって収差の発生量が著しく増大する。その結果、光学性能が低下する。このように、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。

10

【0029】

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。

【0030】

また、特許文献4に開示された対物光学系は直視対物光学系である。この対物光学系では、第2レンズ群と第3レンズ群のレンズ間隔が大きいため、プリズムを配置することが可能である。また、Fナンバーも小さい。しかし、収差図をみれば分かるように、収差量が大きいので光学性能は十分とは言えない。よって、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。

20

【0031】

更に、物体側に位置するレンズ群のレンズ外径が大きい。そのため、プリズムを配置すると、光学系が大型化してしまう。特に内視鏡用の対物光学系には、小型化が要求される。よって、光学系内にプリズムを配置すると、内視鏡用の対物光学系として適さない光学系になってしまう。

【0032】

そのため、特許文献4に開示された対物光学系を、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。

30

【0033】

また、特許文献5に開示された対物光学系には、光学系内にプリズムを配置するスペースがない。また、Fナンバーが大きく、しかも収差量も大きいため、光学性能は十分とは言えない。すなわち、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。

【0034】

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。

【0035】

また、特許文献6に開示された対物光学系には、光学系内にプリズムを配置するスペースがない。また、Fナンバーが大きく、しかも収差量も大きいため、光学性能は十分とは言えない。すなわち、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。

40

【0036】

そのため、特許文献6に開示された対物光学系を、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。

【0037】

また、特許文献7に開示された対物光学系には、光学系内にプリズムを配置するスペースがない。また、Fナンバーは小さいが、収差量が大きいため、光学性能は十分とは言えない。すなわち、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。

50

【 0 0 3 8 】

そのため、特許文献 7 に開示された対物光学系を、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 3 9 】

また、特許文献 8 に開示された対物光学系には、光学系内にプリズムを配置するスペースがない。また、F ナンバーが大きく、しかも収差量も大きいため、光学性能は十分とは言えない。すなわち、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。

【 0 0 4 0 】

さらに、像面側に光路変換用プリズムが設けてあるために、プリズムよりも前側に配置されたレンズ長が非常に長い。そのため、この直視対物光学系を斜視系対物光学系として用いた場合、前方斜視や後方斜視といったスコープ外径が太くなってしまう。

10

【 0 0 4 1 】

そのため、特許文献 8 に開示された対物光学系を、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 4 2 】

また、特許文献 9 に開示された対物光学系には、光学系内にプリズムを配置するスペースがない。また、F ナンバーが大きく、しかも収差量も大きいため、光学性能は十分とは言えない。すなわち、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。

20

【 0 0 4 3 】

さらに、像面側に光路変換用プリズムが設けてあるために、プリズムよりも前側に配置されたレンズ長が非常に長い。そのため、この直視対物光学系を斜視対物光学系として用いた場合、前方斜視や後方斜視といったスコープ外径が太くなってしまう。

【 0 0 4 4 】

そのため、特許文献 9 に開示された対物光学系を、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 4 5 】

以上のように、特許文献 1 から 9 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。

30

【 0 0 4 6 】

本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、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。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 4 7 】

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、第 1 レンズと、第 2 レンズと、からなり、
後側レンズ群は、第 3 レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、
第 1 レンズは、像面側に凹面を向けた負レンズからなり、
第 2 レンズは、像面側に凸面を向けた単レンズ、もしくは接合レンズからなり、
第 3 レンズは、正レンズからなり、
後側レンズ群に含まれる接合レンズは、両凸レンズからなる正レンズと、メニスカス形状の負レンズと、からなり、

40

以下の条件式 (1) 乃至 (3) を満足することを特徴とする。

$$1.6 < D1 / f < 4.7 \quad (1)$$

$$1.0 < D2 / f < 3.3 \quad (2)$$

$$9.0 < L / f < 31.0 \quad (3)$$

50

ただし、

D 1 は、前側レンズ群の最も像面側に位置する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、

L は、斜視対物光学系の全長、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、
である。

【 0 0 4 8 】

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。

10

【発明の効果】

【 0 0 4 9 】

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。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 0 】

【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。

20

【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。

【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。

30

【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。

【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。

40

【図 24】実施例 20 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 25】実施例 21 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 26】実施例 22 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 27】実施例 23 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 28】実施例 24 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 29】実施例 25 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 30】実施例 26 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 31】実施例 27 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 32】実施例 28 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 33】実施例 29 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。

50

【図 3 4】実施例 3 0 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 3 5】実施例 3 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 3 6】実施例 3 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 3 7】実施例 3 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。

【図 3 8】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】

【0051】

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。

10

【0052】

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、第 1 レンズと、第 2 レンズと、からなり、後側レンズ群は、第 3 レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、第 1 レンズは、像面側に凹面を向けた負レンズからなり、第 2 レンズは、像面側に凸面を向けた単レンズ、もしくは接合レンズからなり、第 3 レンズは、正レンズからなり、接合レンズは、両凸レンズからなる正レンズと、メニスカス形状の負レンズと、からなる。

【0053】

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。

20

【0054】

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ふ。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。

【0055】

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と、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。以下の説明における「ピント調整」は、組立時のピント調整を意味する。

30

【0056】

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。

【0057】

しかし、明るさ絞りから像面までの距離をあまり短くすると、ピント調整に必要な間隔が不足する。更に、明るさ絞りから像面までの間に、各種の光学素子が配置できなくなる。各種の光学素子は、レンズや光路変換素子以外の光学素子である。各種の光学素子は、例えば、赤外カットフィルター、色温度変換フィルター、レーザーカットフィルター及び撮像素子に設けられたカバーガラスである。

40

【0058】

明るさ絞りから像面までの間に各種の光学素子を配置できない場合、各種の光学素子は明るさ絞りよりも物体側に配置することになる。しかしながら、このようにすると、明るさ絞りよりも物体側に配置されたレンズ系の長さが長くなる。そのため、このレンズ系における光線高が高くなるので、レンズ外径が大きくなってしまふ。その結果、対物光学系

50

全体が大型化してしまう。

【 0 0 5 9 】

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すると共に、明るさ絞りから像面までの距離が短くなりすぎないようにしている。そのため、明るさ絞りの像面側に各種の光学素子を配置することができる。これにより、明るさ絞りの両側に、レンズ、光路変換素子及び各種の光学素子をバランスよく配置できる。その結果、対物光学系の大型化を抑えることができる。

【 0 0 6 0 】

上述のように、画素ピッチの小さな撮像素子に用いる対物光学系では、光学系のFナンバーは小さくしなければならない。しかしながら、Fナンバーが小さくなると、対物光学系の開口が大きくなる。この場合、光学系の開口の大きさに関する収差、特に球面収差やコマ収差が大きくなる。その結果、光学系の結像性能が著しく低下する。

10

【 0 0 6 1 】

さらに、画素ピッチの小さい撮像素子に用いるためには、光学系は高性能な光学系でなくてはならない。そのため、球面収差、コマ収差及び色収差等については、各収差の発生量が小さくなるように補正する必要がある。

【 0 0 6 2 】

また、内視鏡用の対物光学系は、小型で画角が広く、焦点距離に比べてバックフォーカスが長い光学系である。そのため、内視鏡用の対物光学系では、レトロフォーカスタイプの構成が採用されることが多い。レトロフォーカスタイプの構成では、屈折力の配列が、物体側から順に、負の屈折力、正の屈折力となっている。

20

【 0 0 6 3 】

特に広角化のためには、物体側の負の屈折力を大きくする必要がある。しかしながら、広角化のために物体側の負の屈折力を大きくすると収差が発生する。しかも、発生した収差の影響は大きい。

【 0 0 6 4 】

通常は、像面側の正の屈折力を調整することで、収差バランスが、物体側の負の屈折力を大きくする前の収差バランスと同様になるようにしている。しかしながら、光学系をより高性能な光学系にしようとする、レンズ構成（レンズ枚数）を増やして、より良好な収差補正を行うことが必要となる。

30

【 0 0 6 5 】

このとき、負レンズの近傍の像面側にレンズを配置する。このようにすることで、物体側の負の屈折力を大きくすることで収差が発生しても、その収差の影響を低減することができる。

【 0 0 6 6 】

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、負の屈折力を有する前側レンズ群が配置されている。前側レンズ群は、第1レンズと、第2レンズと、からなる。また、明るさ絞りよりも像面側に、正の屈折力を有する後側レンズ群が配置されている。後側レンズ群は、第3レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなる。

【 0 0 6 7 】

第1レンズは負レンズで、第3レンズは正レンズである。よって、第1レンズと第3レンズとで、レトロフォーカスタイプの構成が実現されている。

40

【 0 0 6 8 】

第1レンズは最も物体側に位置している。内視鏡に用いられる対物光学系では、第1レンズの物体側面が平面であることが多い。以下の（Ⅰ）、（Ⅱ）が主な理由である。（Ⅰ）レンズ面の破損の確率を低くすることができる。（Ⅱ）レンズ面の周辺部に水滴が溜まりにくくなるので、観察範囲が狭まることが無い。

【 0 0 6 9 】

内視鏡用の対物光学系では、広範囲を観察するために画角を大きくする必要がある。そのため、第1レンズを屈折力の大きな負レンズで構成する必要がある。第1レンズの

50

物体側面を平面にすると、負の屈折力を得るには、第2レンズの像側面は、像面側に凹面を向けた面になる。また、大きな負の屈折力を得るには、第2レンズの像側面は非常に屈折力の大きなレンズ面、すなわち、曲率半径の小さなレンズ面になる。

【0070】

屈折力の大きなレンズ面では光線が大きく曲げられるため、どうしても大きな収差が発生してしまう。特に、Fナンバーが小さくなると、レンズを通過する光束径が大きくなる。光束径が大きくなると、光学系を通過する光線の高さも高くなる。その結果、収差の発生量が増大する。このように、第1レンズの負の屈折力を大きくしたときの収差への影響は、画角を広くするほど、また、Fナンバーを小さくするほど顕著になる。

【0071】

そこで、前側レンズ群に第2レンズを配置することで、第1レンズの負の屈折力の増大による収差への影響を低減している。具体的には、第1レンズの像面側の近傍に、第1レンズと対向するように、第2レンズを配置する。

【0072】

更に、第2レンズは、像面側に凸面を向けて配置する。第1レンズの像側面は、像面側に凹面を向けたレンズ面である。そこで、第1レンズの像側面に対向して、第2レンズを像面側に凸面を向けるように配置する。第2レンズでは、2つのレンズ面のうちの少なくとも一方のレンズ面が、凸形状のレンズ面になっている。この凸形状のレンズ面が像面側のレンズ面となるように、第2レンズを配置すれば良い。

【0073】

このようにすることで、第1レンズの像側面による光線の曲がり方と逆方向に、光線を曲げることができる。その結果、諸収差を良好に補正することができる。よって、このようなレンズ配置は、収差補正上有効である。

【0074】

以上のように、本実施形態の斜視対物光学系では、第1レンズは、像面側に凹面を向けて配置され、第2レンズはこの凹面とは逆向き、すなわち像面側に凸面を向けて配置されている。このように、夫々逆方向に光線を曲げる作用を有するレンズ面を設けることで、収差を良好に補正している。

【0075】

また、後側レンズ群中に構成される接合レンズは、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。

【0076】

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いうので、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いう。

【0077】

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すると、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。

【0078】

本実施形態の斜視対物光学系は、上記の構成を備えると共に、以下の条件式(1)乃至(3)を満足する。

$$1.6 < D1 / f < 4.7 \quad (1)$$

$$1.0 < D2 / f < 3.3 \quad (2)$$

$$9.0 < L / f < 31.0 \quad (3)$$

ただし、

10

20

30

40

50

D 1 は、前側レンズ群の最も像面側に位置する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、

L は、斜視対物光学系の全長、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【 0 0 7 9 】

条件式 (1)、(2)、(3) は、斜視対物光学系の具体的な長さに関して規定したものである。これらの条件式は、特に、内視鏡先端部 (以下、「先端部という」) の細径化や小型化のために必要な斜視対物光学系に関する条件式である。

10

【 0 0 8 0 】

条件式 (1) は、前側レンズ群の最も像面側に位置する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、D 1 は以下の式で求まる。

$$D 1 = d 4 + d 5 / n 5 + d 6$$

【 0 0 8 1 】

条件式 (1) 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。

20

【 0 0 8 2 】

また、前側レンズ群の全長が短くなる。組立時、対物光学系の前側レンズ群は、治工具によって保持される。前側レンズ群の全長が短くなると、治工具によって保持する部分が少なくなってしまう。そのため、治工具に光学系を安定的に保持できなくなって、組立やピント調整などを高精度に行うことが難しくなる。更に、撮像系の内視鏡先端部への取り付けと固定も、高精度に行うことが難しくなる。

【 0 0 8 3 】

条件式 (1) 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、第 1 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、第 1 レンズにおける光線高が高くなるので、第 1 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。

30

【 0 0 8 4 】

条件式 (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を規定した条件式である。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。

$$D 2 = d 1 4 + d 1 5 / n 1 5 + d 1 6 / n 1 6 + d 1 7 / n 1 7 + d 1 8$$

【 0 0 8 5 】

条件式 (2) 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。

40

【 0 0 8 6 】

条件式 (2) 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、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、対物光学系が大型化してしまう。

【 0 0 8 7 】

更に、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、先端部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、先端部全体

50

が大型化してしまう。

【 0 0 8 8 】

条件式 (3) は、斜視対物光学系の全長を規定した条件式である。条件式 (3) は、光学系の高性能化と小型化とのバランスを図りながら、斜視対物光学系の全長を最適化するための条件式である。

【 0 0 8 9 】

内視鏡の小型化には、対物光学系の小型化が必要である。条件式 (3) の下限値を下回ると、光学系の全長が短くなりすぎるため、適切な外径の光路変換素子を配置するスペースが確保できなくなる。また、対物光学系の全長が短くなりすぎると、良好な光学性能を確保するために必要なレンズを配置できなくなる。また、ピント調整に必要な間隔の確保も難しくなるので、所望の被写界深度を得られなくなってしまう。

10

【 0 0 9 0 】

条件式 (3) の上限値を上回ると、光路変換素子やレンズを配置するためのスペースを十分に確保できる。しかしながら、光学系の全長が長くなるため、光学系における光線高が高くなる。その結果、レンズ外径が大きくなってしまう。また、これに伴い、先端部も大型化してしまう。

【 0 0 9 1 】

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。

$$1.0 < D1 / D2 < 2.5 \quad (4)$$

ただし、

20

D1 は、前側レンズ群の最も像面側に位置するレンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

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、である。

【 0 0 9 2 】

条件式 (4) は、前側レンズ群の最も像面側に位置するレンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長と、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と、の比を規定した条件式である。条件式 (4) を満足することで、D1 及び D2 の2つの空気換算長のバランスを最適にすることができる。その結果、光学系のサイズを最適にすることができる。

30

【 0 0 9 3 】

条件式 (4) の下限値を下回ると、前側レンズ群の最も像面側に位置するレンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長が短くなり過ぎる。そのため、最適な外径の光路変換素子を配置できなくなる。あるいは、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が長くなり過ぎる。この場合、特に後側レンズ群のレンズ外径が大型化するため、先端部が大型化してしまう。

【 0 0 9 4 】

条件式 (4) の上限値を上回ると、前側レンズ群の最も像面側に位置するレンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長が長くなり過ぎる。この場合、前側レンズ群のレンズ外径が大型化するため、先端部が大型化する。あるいは、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が短くなり過ぎる。そのため、収差補正に必要なレンズが配置できなくなる。また、ピント調整に必要な間隔が十分に確保できないので、撮像系の組立が困難になってしまう。

40

【 0 0 9 5 】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式 (5)、(6) を満足することが好ましい。

$$1.6 < |fF / f| < 4.5 \quad (5)$$

$$1.9 < fR / f < 5.3 \quad (6)$$

ただし、

fF は、前側レンズ群の焦点距離、

50

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。

【0096】

条件式(5)は、前側レンズ群の焦点距離を規定した条件式である。

【0097】

条件式(5)の下限値を下回ると、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、レンズ外径が大きくなってしまふ。更に、画角が大きくなることで、観察画像の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、更に照明光を明るくしなければならぬが、そうすると、照明光学系の大型化を招いてしまふ。いずれも先端部の細径化には好ましくない。

10

【0098】

更に、特に第1レンズの曲率半径が小さくなるため、レンズの加工が難しくなる。更に、第1レンズの屈折力が大きくなることで、光学系全体の収差が悪化する。この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。

【0099】

条件式(5)の上限値を上回ると、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。この状態で大きな画角を確保しようとする、前側レンズ群の第1レンズから明るさ絞りまでの距離が長くなってしまふ。そうすると、第1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、前側レンズが大型化すると共に、光学系全体が大型化してしまふ。

20

【0100】

条件式(6)は、後側レンズ群の焦点距離を規定した条件式である。

【0101】

条件式(6)の下限値を下回ると、後側レンズ群の屈折力が大きくなるため、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまふ。そうすると、ピント調整に必要な間隔が狭くなってしまふため、ピント調整に必要な間隔が不足する。そのため、遠点側の深度が、本来必要とする深度よりも浅くなる。

30

【0102】

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

【0103】

条件式(6)の上限値を上回ると、後側レンズ群の屈折力が小さくなるため、像位置が後側レンズ群から離れ過ぎてしまふ。この場合、明るさ絞りから像位置までの硝路長が長くなるので、光学系全体が大型化する。

【0104】

本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(7)、(8)を満足することが好ましい。

40

$$1.2 < |f_1 / f| < 4.5 \quad (7)$$

$$0.001 < |f_1 / f_2| < 0.9 \quad (8)$$

ただし、

f_1 は、第1レンズの焦点距離、

f_2 は、第2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。

【0105】

条件式(7)は、第1レンズの焦点距離を規定した条件式である。

50

【 0 1 0 6 】

条件式(7)の下限値を下回ると、第1レンズ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、前側レンズ群のレンズにおける光線高が高くなるため、レンズ外径が大きくなってしまふ。よって、条件式(7)の下限値を下回することは、先端部の細径化には好ましくない。

【 0 1 0 7 】

更に、第1レンズの曲率半径が小さくなるため、レンズの加工が難しくなる。更に、第1レンズの屈折力が大きくなることで、特に、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持つ斜視対物光学系を実現することが困難になる。

10

【 0 1 0 8 】

条件式(7)の上限値を上回ると、第1レンズ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。この状態で大きな画角を確保しようとする、第1レンズから明るさ絞りまでの距離が長くなってしまふ。そうすると、第1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、第1レンズが大型化すると共に、光学系全体が大型化してしまふ。よって、条件式(7)の上限値を上回することは、先端部の細径化には好ましくない。

【 0 1 0 9 】

条件式(8)は、第1レンズの焦点距離と第2レンズの焦点距離との比を規定した条件式である。

20

【 0 1 1 0 】

条件式(8)の下限値を下回ると、第2レンズの屈折力が小さくなるため、第2レンズによる収差補正が困難になる。この場合、球面収差の発生やコマ収差等の発生が抑えられなくなるので、高性能な光学系が達成できない。

【 0 1 1 1 】

更に、第1レンズの屈折力が大きくなるので、第1レンズの曲率半径が小さくなる。この場合、第1レンズの加工が難しくなる。また、第1レンズが偏心した場合に、光学性能が大きく低下してしまふ。

【 0 1 1 2 】

条件式(8)の上限値を上回ると、第1レンズの屈折力が小さくなるため、第1レンズの曲率半径が大きくなる。この場合、光学系の画角が小さくなると共に、第1レンズの外径が大きくなる。更に、光学系全体が大型化してしまふ。

30

【 0 1 1 3 】

本実施形態の斜視対物光学系では、第2レンズは正の屈折力を有し、以下の条件式(7')を満足することが好ましい。

$$1.2 < |f_1 / f| < 2.4 \quad (7')$$

ただし、

f_1 は、第1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。

40

【 0 1 1 4 】

前側レンズ群は負の屈折力を有している。よって、光学系の画角の大きさを決めるのは、前側レンズ群の屈折力の大きさになる。前側レンズ群は、負の屈折力を有する第1レンズと第2レンズとで構成されている。第2レンズが正の屈折力を有する場合、光学系の画角の大きさは、第1レンズの負の屈折力の大きさで決まることになる。

【 0 1 1 5 】

第2レンズが正の屈折力を有する場合と、そうでない場合とで、前側レンズ群の負の屈折力を同じにしようとする、第2レンズが正の屈折力を有する場合では、第1レンズの負の屈折力をより大きくする必要がある。また、光学系の更なる広角化にも対応しようとする、第1レンズの負の屈折力は更に大きくする必要がある。

50

【 0 1 1 6 】

このようなことから、第 2 レンズが正の屈折力を有する場合は、条件式 (7 ') を満足することが好ましい。条件式 (7 ') を満足することで、第 2 レンズが正の屈折力を有する場合であっても、広い画角を確保でき、しかも、第 2 レンズの正の屈折力によって、収差を良好に補正することができる。

【 0 1 1 7 】

本実施形態の斜視対物光学系では、第 2 レンズは負の屈折力を有し、以下の条件式 (7 ") を満足することが好ましい。

$$1.9 < |f_1 / f| < 4.5 \quad (7'')$$

ただし、

f_1 は、第 1 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 1 8 】

第 2 レンズが負の屈折力を有することで、前側レンズ群に必要な負の屈折力を、第 1 レンズと第 2 レンズとで負担することができる。そのため、第 2 レンズが負の屈折力でない場合に比べて、第 1 レンズの負の屈折力を小さくすることができる。

【 0 1 1 9 】

このようなことから、第 2 レンズが負の屈折力を有する場合は、条件式 (7 ") を満足することが好ましい。条件式 (7 ") を満足することで、第 2 レンズが負の屈折力を有する場合であっても、広い画角を確保できる。しかも、前側レンズ群を 1 枚の負レンズで構成した場合に比べると、第 1 レンズの負の屈折力を小さくすることができるので、収差の発生を抑制することができる。

【 0 1 2 0 】

本実施形態の斜視対物光学系では、第 2 レンズは正の屈折力を有し、以下の条件式 (8 ') を満足することが好ましい。

$$0.02 < |f_1 / f_2| < 0.22 \quad (8')$$

ただし、

f_1 は、第 1 レンズの焦点距離、

f_2 は、第 2 レンズの焦点距離、
である。

【 0 1 2 1 】

条件式 (8 ') は、第 1 レンズの焦点距離と第 2 レンズの焦点距離との比に関する条件式である。この条件式 (8 ') は、特に、第 1 レンズの負の屈折力と第 2 レンズの正の屈折力とのバランスに関する条件式である。

【 0 1 2 2 】

条件式 (8 ') の下限値を下回ると、第 2 レンズにおける正の屈折力が小さくなるので、収差補正の効果が小さくなる。条件式 (8 ') の上限値を上回ると、第 1 レンズにおける負の屈折力が小さくなるので、光学系の画角が小さくなってしまう。また、第 1 レンズの外径が大きくなると共に、光学系全体が大型化してしまう。

【 0 1 2 3 】

本実施形態の斜視対物光学系では、第 2 レンズは接合レンズであり、以下の条件式 (9) を満足することが好ましい。

$$|n_d(L_2 f) - n_d(L_2 b)| \leq 0.1 \quad (9)$$

ただし、

$n_d(L_2 f)$ は、第 2 レンズの接合レンズにおける物体側レンズの屈折率、

$n_d(L_2 b)$ は、第 2 レンズの接合レンズにおける像面側レンズの屈折率、
である。

【 0 1 2 4 】

撮像素子の画素ピッチが小さくなると、対物光学系の像高も小さくなっていく。そのた

10

20

30

40

50

め、軸上に集光する光束の光線高（以下、「軸上光線高」という）と最大像高の位置に集光する光束の光線高（以下、「軸外光線高」という）との差が、各レンズ面で小さくなる。このようになると、特に、軸上色収差の補正や倍率色収差の補正が困難になる。

【0125】

軸上色収差は、軸上光線高が高い位置に配置されたレンズによる影響を大きく受け、倍率色収差は、軸外光線高が高い位置に配置されたレンズによる影響を大きく受ける。そこで、軸上色収差に対する補正効果と倍率色収差に対する補正効果のどちらが大きいかを、各レンズについて確認して、夫々の硝材構成のバランスを図る。

【0126】

しかし、軸上光線高と軸外光線高が共に低くなってくると、軸上色収差に対する補正効果の大きさと倍率色収差に対する補正効果の大きさと違いが、各レンズで生じなくなる。そのため、両方の色収差を小さく抑えることが難しくなる。

【0127】

そこで、前側レンズ群と後側レンズ群の夫々に接合レンズを配置し、各レンズ群における色収差と光学系全体における色収差とを良好に補正する。上述のように、前側レンズ群では、第1レンズは、主に光学系の画角を決める役割を担っている。そのため、第2レンズを接合レンズとして、前側レンズ群における色収差を補正すれば良い。

【0128】

第2レンズと明るさ絞りとの間には光路変換素子が配置されているが、第2レンズの位置は明るさ絞りに近い。そのため、第2レンズにおける軸上光線高と軸外光線高は共に低く、両者の光線高の差もあまりない。

【0129】

このようなことから、第2レンズを接合レンズで構成する場合、正レンズの屈折率と負レンズの屈折率との差を小さくすること、すなわち、条件式(9)を満足することが良い。条件式(9)を満足することで、前側レンズ群における軸上色収差と倍率色収差とを、良好に補正することができる。

【0130】

条件式(9)の上限値を上回ると、接合レンズにおける2つのレンズの屈折率差が大きくなる。この場合、接合レンズの接合面の曲率半径が大きくなり過ぎるので、接合レンズによる色収差の補正効果が小さくなってしまう。その結果、前側レンズ群における色収差と対物光学系全体における色収差が、良好に補正できなくなってしまう。

【0131】

第2レンズは、正の屈折力を有する単レンズ、又は負の屈折力を有する単レンズで構成しても良い。

【0132】

第2レンズが正の屈折力を有する単レンズの場合、第2レンズの硝材は、高分散硝材であることが好ましい。第2レンズにおけるアッペ数を $v_d(L2)$ とすると、具体的には、 $v_d(L2)$ は50以下であればよく、45以下であればさらによい。

【0133】

また、第2レンズが負の屈折力を有する単レンズの場合、第2レンズの硝材は、低分散硝材であることが好ましい。具体的には、 $v_d(L2)$ は50以上であればよく、60以上であればさらによい。

【0134】

これらの条件を満足することで、光学系の色収差が小さくなるように色収差を補正することができる。これらの条件を満足しない場合は、光学系の色収差が良好に補正できなくなるので、高性能な対物光学系が達成できなくなる。

【0135】

また、後側レンズ群における接合レンズでは、正レンズの硝材に低分散硝材を使用し、負レンズの硝材に高分散硝材を使用することが好ましい。特に、負レンズの硝材には、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、色収差を補正することがで

10

20

30

40

50

きる。更に、対物光学系全体の収差をバランスのとれた状態にすることができる。

【0136】

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。

【0137】

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。

【0138】

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。

10

【0139】

実施例の説明に先立って、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。

【0140】

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、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、開口絞り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。

20

【0141】

すなわち、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、第1レンズL1と、第2レンズL2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、第3レンズL3と、接合レンズCLから構成されている。

【0142】

第1レンズL1は、像面側に凹面を向けた負レンズからなる。第2レンズL2は、像面側に凸面を向けた単レンズからなる。第2レンズL2は、像面側に凸面を向けた接合レンズであっても良い。第3レンズL3は、正レンズからなる。接合レンズCLは、両凸レンズからなる正レンズL4と、メニスカス形状の負レンズL5と、からなる。

30

【0143】

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4(a)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、図4(b)に示すように、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、図4(b)に示すように、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。

【0144】

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(c)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(d)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。

40

【0145】

また、プリズムPの硝材に高屈折率硝材を用いることで、プリズムでの空気換算長を短くすることができる。プリズムでの空気換算長が短くなると、前側レンズ群における光線高が高くなることを抑えることができるので、レンズの小型化ができる。しかし、高屈折率硝材では分散が大きいので、プリズムによる色収差が発生しやすい。そのため、レンズによる補正で、光学系全体での収差発生量の増加を抑える必要がある。

【0146】

一方、プリズムPの硝材に低屈折率硝材を用いた場合、低屈折率硝材では分散が小さいので、プリズムによる色収差が発生しにくい。ただし、プリズムでの空気換算長が長くな

50

るため、前側レンズ群における光線高が高くなりがちである。この場合、プリズムより物体側に2枚のレンズを配置することで、前側レンズ群における光線高を低く抑えることができる。このようにすることで、前側レンズ群のレンズ外径の増大が抑えられる。

【0147】

斜視対物光学系を高性能な対物光学系とするには、色収差についても非常に小さくなるように補正しなければならない。しかしながら、上述のように、プリズムの硝材については、特定の硝材に限定されない。そのため、どのような硝材をプリズムに用いても、小型で高性能な対物光学系の構成が可能である。

【0148】

第1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きにくくなる。

【0149】

第1レンズL1の硝材は、サファイアに限られない。第1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。

【0150】

斜視対物光学系の後側レンズ群では、2つの正レンズが用いられている。高屈折率硝材を正レンズの硝材に用いると、レンズ面の曲率半径を大きくできる。この場合、レンズのコバ厚を適切に確保しつつ、レンズの小型化を図ることができる。しかし、高屈折率硝材は分散が大きいので、色収差が発生しやすい。

【0151】

低屈折率硝材を正レンズの硝材に用いると、正レンズの曲率半径が小さくなる。この場合、適切なコバ厚を確保するために、正レンズの中心厚を大きくすることになる。しかしながら、中心厚をあまり大きくすると、後側レンズ群のレンズ長が長くなる。その結果、ピント調整に必要な間隔が不足すると共に、レンズ系の大型化を招いてしまう。

【0152】

撮像素子の画素ピッチが非常に小さくなってくると、色収差を非常に小さく抑える必要がある。そのため、屈折率は小さくなるが、正レンズの硝材には、高屈折率硝材を用いるより、むしろ色収差の低減に有利な低分散硝材を用いる方がよい。

【0153】

色収差を十分に補正するためには、第3レンズL3の硝材と正レンズL4の硝材の両方に、例えばアップベ数が50以上の硝材を用いることが好ましい。あるいは、第3レンズL3と正レンズL4の少なくともどちらか一方の硝材に、アップベ数が60以上の硝材を用いることが好ましい。

【0154】

このように、正レンズの加工性に加えて、光学系全体の高性能化及び小型化を満足させることは非常に難しい。しかしながら、本実施形態の斜視対物光学系では、光学系を最適に構成することで、加工性に優れ、高性能化及び小型化が達成された斜視対物光学系を実現している。

【0155】

また、第3レンズL3の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すると、収差補正がしやすい。

【0156】

また、正レンズL4の硝材には、屈折率が1.9以上で、アップベ数が25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。

【0157】

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

10

20

30

40

50

することは、特に倍率色収差の補正に有効である。

【0158】

また、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。

【0159】

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レーザや半導体レーザ等のレーザ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。

10

【0160】

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。

【0161】

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。

【0162】

また、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、撮像素子に用いるカバーガラスCGとガラスリッドGL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。そして、斜視対物光学系の像面Iが撮像素子の受光面位置である。

20

【0163】

また、第1レンズL1に近接してフィルタを設けて、第1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。

【0164】

更に、第1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。

【0165】

また、接合レンズを1枚として数えると、斜視対物光学系のレンズ枚数は4枚となっている。斜視対物光学系のFナンバーが小さく、しかもレンズ枚数は4枚と少ないが、結像性能は良好である。

30

【0166】

更に、斜視対物光学系では、各レンズ間隔も最小となるように、レンズを密に配置している。そのため、光学系全体を小型にすることができている。

【0167】

図面について説明する。実施例1乃至33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はガラスリッドを表している。

【0168】

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。

40

【0169】

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。

【0170】

以下、各実施例について説明する。

【0171】

50

(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 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。

【0172】

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【0173】

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。

10

【0174】

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。

【0175】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。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 ~ 33 についても同様である。

【0176】

20

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【0177】

レンズ、プリズム及びカバーガラスに用いられる硝材のデータを以下に示す。各パラメータの意味は以下の通りである。また、「1.9」は 1.9 以上を表している。実施例 2 ~ 33 についても同様である。

n d : d 線における屈折率

v d : アッベ数

H R I : 高屈折率硝材

L R I : 低屈折率硝材

30

H D : 高分散硝材

L D : 低分散硝材

H R I - H D : 高屈折率、高分散硝材

H R I - L D : 高屈折率、低分散硝材

L R I - L D : 低屈折率、低分散硝材

【0178】

	n d	v d	
レンズ L 1	1.88		H R I
レンズ L 2	1.62	35	
プリズム	1.88		H R I
レンズ L 3	1.62	53	
レンズ L 4	1.51	64	L D
レンズ L 5	1.9	18	H R I - H D
カバーガラス C G	1.88		H R I

40

【0179】

実施例 1 では、全画角は 100 度となっている。

【0180】

(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 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S

50

と、正の屈折力を有する後側レンズ群 G R と、からなる。

【 0 1 8 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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 1 8 2 】

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。

【 0 1 8 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。

10

【 0 1 8 4 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 1 8 5 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 1 8 6 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	4 0	
プリズム	1 . 7 6	7 1	H R I - L D
レンズ L 3	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

20

【 0 1 8 7 】

実施例 2 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 1 8 8 】

30

(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 1 8 9 】

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 1 9 0 】

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。

40

【 0 1 9 1 】

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 1 9 2 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 1 9 3 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置

50

されている。フィルタ F 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 1 9 4 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	4 0	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 3	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

10

【 0 1 9 5 】

実施例 3 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 1 9 6 】

(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。

【 0 1 9 7 】

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

20

【 0 1 9 8 】

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。

【 0 1 9 9 】

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 0 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

30

【 0 2 0 1 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 0 2 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 3	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 4	1 . 4 8	7 0	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

40

【 0 2 0 3 】

実施例 4 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 0 4 】

(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 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。

50

【 0 2 0 5 】

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 0 6 】

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。

【 0 2 0 7 】

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 8 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 0 9 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 1 0 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 3	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

【 0 2 1 1 】

実施例 5 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 1 2 】

(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 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 1 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 と、両凸正レンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 1 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。

【 0 2 1 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 1 6 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 1 7 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 1 8 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 3	1 . 6 1	5 4	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

【 0 2 1 9 】

10

実施例 6 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 2 0 】

(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 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 2 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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 2 2 】

20

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。

【 0 2 2 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 2 2 4 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

30

【 0 2 2 5 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 2 6 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 3	1 . 6 1	5 4	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

40

【 0 2 2 7 】

実施例 7 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 2 8 】

(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 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 2 9 】

50

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 3 0 】

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。

【 0 2 3 1 】

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 3 2 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 3 3 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 3 4 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 3	1 . 6 1	5 4	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

【 0 2 3 5 】

実施例 8 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 3 6 】

(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 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 3 7 】

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 3 8 】

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。

【 0 2 3 9 】

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 4 0 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 4 1 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。高屈折率硝材をカバーガラスに用いることで、ピント調整に必要な間隔を狭めることなく

10

20

30

40

50

、斜視対物光学系を構成できる。

【 0 2 4 2 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	
プリズム	1 . 8 8	4 0	H R I
レンズ L 3	1 . 6 1	5 4	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

10

【 0 2 4 3 】

実施例 9 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 4 4 】

(実施例 1 0)

実施例 1 0 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 0 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 4 5 】

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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

20

【 0 2 4 6 】

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。

【 0 2 4 7 】

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 4 8 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

30

【 0 2 4 9 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 5 0 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	4 1	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I
レンズ L 3	1 . 6 2	5 3	L D
レンズ L 4	1 . 7 5	5 2	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

40

【 0 2 5 1 】

実施例 1 0 では、全画角は 1 2 0 度となっている。例えば実施例 1 と比べると、実施例 1 0 では、画角がより広がっている。

【 0 2 5 2 】

(実施例 1 1)

実施例 1 1 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞

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 5 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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 5 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。

【 0 2 5 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。

10

【 0 2 5 6 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 5 7 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 5 8 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7	4 1	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I
レンズ L 3	1 . 6 2	5 3	L D
レンズ L 4	1 . 7 5	5 2	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

20

【 0 2 5 9 】

実施例 1 1 では、画角は 1 4 0 度となっている。実施例 1 1 のレンズ構成は実施例 1 0 のレンズ構成と同様であるが、実施例 1 0 と比べると、実施例 1 1 では、画角が更に広く

30

なっている。

【 0 2 6 0 】

(実施例 1 2)

実施例 1 2 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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 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 6 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 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 2 6 2 】

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。

40

【 0 2 6 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 2 6 4 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

50

【 0 2 6 5 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 6 6 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7	4 1	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 3	1 . 6 2	5 3	L D
レンズ L 4	1 . 7 5	5 2	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

10

【 0 2 6 7 】

実施例 1 2 では、画角は 1 4 0 度となっている。実施例 1 2 のレンズ構成は実施例 1 0 のレンズ構成と同様であるが、実施例 1 0 と比べると、実施例 1 2 では、画角が更に広くなっている。

【 0 2 6 8 】

(実施例 1 3)

実施例 1 3 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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

20

【 0 2 6 9 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 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 7 0 】

平凹負レンズ L 1 には、サファイアからなる結晶材料が用いられている。サファイアは固いため、レンズ表面に傷が付きにくく、また外部衝撃にも強いので割れにくい。

【 0 2 7 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。

30

【 0 2 7 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 7 3 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

40

【 0 2 7 4 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 7 5 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 7 6		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 8 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 5 8	6 1	L D

50

レンズ L 5	1 . 7 2	5 4	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

【 0 2 7 6 】

実施例 1 3 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 7 7 】

(実施例 1 4)

実施例 1 4 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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。

10

【 0 2 7 8 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 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 7 9 】

平凹負レンズ L 1 には、サファイアからなる結晶材料が用いられている。サファイアは固いため、レンズ表面に傷が付きにくく、また外部衝撃にも強いので割れにくい。

【 0 2 8 0 】

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。

20

【 0 2 8 1 】

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 8 2 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 8 3 】

30

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 8 4 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 7 6		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 7 2	5 4	L D
レンズ L 5	1 . 7 2	5 4	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

40

【 0 2 8 5 】

実施例 1 4 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 2 8 6 】

(実施例 1 5)

実施例 1 5 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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 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 8 7 】

50

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 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 8 8 】

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。

【 0 2 8 9 】

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 0 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 2 9 1 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 2 9 2 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 7 4	4 9	
レンズ L 5	1 . 7 2	5 4	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

20

【 0 2 9 3 】

実施例 1 5 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

30

【 0 2 9 4 】

(実施例 1 6)

実施例 1 6 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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 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 9 5 】

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 と、両凹負レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、からなる。ここで、両凹負レンズ L 2 と両凸正レンズ L 3 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 6 】

平凹負レンズ L 1 には、サファイアからなる結晶材料が用いられている。サファイアは固いため、レンズ表面に傷が付きにくく、また外部衝撃にも強く割れにくい。

40

【 0 2 9 7 】

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。

【 0 2 9 8 】

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 9 9 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた

50

負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 0 0 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 0 1 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 8	4 0	
プリズム	1 . 8 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 7 1	4 7	H R I
レンズ L 5	1 . 7 2	5 4	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

【 0 3 0 2 】

実施例 1 6 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 3 0 3 】

(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 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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 3 0 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。

【 0 3 0 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。

【 0 3 0 7 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 0 8 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 0 9 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 4	4 5	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 5	1 . 7 5	5 2	H R I

レンズ L 6 1 . 9 1 8 H R I - H D
 カバーガラス C G 1 . 8 8 H R I
 【 0 3 1 0 】

実施例 1 7 では、全画角は 1 2 0 度となっている。例えば実施例 1 3 と比べると、実施例 1 7 では、画角がより広がっている。

【 0 3 1 1 】

(実施例 1 8)

実施例 1 8 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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 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。

10

【 0 3 1 2 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 3 1 3 】

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。

【 0 3 1 4 】

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。

20

【 0 3 1 5 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 1 6 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 1 7 】

30

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 4	4 5	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 5	1 . 7 5	5 2	H R I
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

【 0 3 1 8 】

40

実施例 1 8 では、画角は 1 4 0 度となっている。実施例 1 8 のレンズ構成は実施例 1 7 のレンズ構成と同様であるが、実施例 1 7 と比べると、実施例 1 8 では、画角が更に広がっている。

【 0 3 1 9 】

(実施例 1 9)

実施例 1 9 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 1 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 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 2 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 と、両凹負レンズ L 2 と、

50

両凸正レンズ L 3 と、からなる。ここで、両凹負レンズ L 2 と両凸正レンズ L 3 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 3 2 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。

【 0 3 2 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 2 3 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 2 4 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 2 5 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 4	4 5	
プリズム	1 . 8 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 5	1 . 7 5	5 2	H R I
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

【 0 3 2 6 】

実施例 1 9 では、全画角が 1 5 0 度となっている。実施例 1 8 と比べると、実施例 1 9 では、画角が更に広がっている。

【 0 3 2 7 】

(実施例 2 0)

実施例 2 0 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 0 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 2 8 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 3 2 9 】

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。

【 0 3 3 0 】

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 3 1 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 3 2 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、カバーガラス C G 及びガラスリッド G L が配置

10

20

30

40

50

されている。フィルタ F 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 3 3 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 4 8	7 0	L R I - L D
プリズム	1 . 8 8	4 0	H R I
レンズ L 3	1 . 5 3	5 9	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

10

【 0 3 3 4 】

実施例 2 0 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 3 3 5 】

(実施例 2 1)

実施例 2 1 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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 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 3 6 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

20

【 0 3 3 7 】

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。

【 0 3 3 8 】

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 3 9 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

30

【 0 3 4 0 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 4 1 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 4 8	7 0	L R I - L D
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 3	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

40

【 0 3 4 2 】

実施例 2 1 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 3 4 3 】

(実施例 2 2)

実施例 2 2 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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 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。

50

【 0 3 4 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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 3 4 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。

【 0 3 4 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。

【 0 3 4 7 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 4 8 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 4 9 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 3	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1	6 4	L R I

【 0 3 5 0 】

実施例 2 2 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 3 5 1 】

(実施例 2 3)

実施例 2 3 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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 3 5 2 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 3 5 3 】

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。

【 0 3 5 4 】

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 5 5 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 5 6 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 5 7 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 3	1 . 6 2	5 8	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1	6 4	L R I

【 0 3 5 8 】

10

実施例 2 3 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 3 5 9 】

(実施例 2 4)

実施例 2 4 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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。

【 0 3 6 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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 3 6 1 】

20

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。

【 0 3 6 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 6 3 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

30

【 0 3 6 4 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 6 5 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 4 8	7 0	L R I - L D
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 3	1 . 5 6	6 0	L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8	4 0	H R I

40

【 0 3 6 6 】

実施例 2 4 では、全画角は 1 1 9 . 6 度となっている。例えば実施例 2 0 と比べると、実施例 2 4 では、画角がより広がっている。

【 0 3 6 7 】

(実施例 2 5)

実施例 2 5 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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 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。

50

【 0 3 6 8 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、からなる。

【 0 3 6 9 】

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。

【 0 3 7 0 】

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 7 1 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 7 2 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 7 3 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 3	1 . 6 2	5 8	L D
レンズ L 4	1 . 5 4	5 9	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1	6 4	L R I

【 0 3 7 4 】

実施例 2 5 では、全画角は 1 4 0 度となっている。実施例 2 4 と比べると、実施例 2 5 では、画角が更に広がっている。

【 0 3 7 5 】

(実施例 2 6)

実施例 2 6 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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 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 7 6 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 3 7 7 】

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。

【 0 3 7 8 】

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 7 9 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 8 0 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 8 1 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1		L R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 4	1 . 7 2	5 4	H R I - L D
レンズ L 5	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

10

【 0 3 8 2 】

実施例 2 6 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 3 8 3 】

(実施例 2 7)

実施例 2 7 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 2 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。

20

【 0 3 8 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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 3 8 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。

【 0 3 8 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。

30

【 0 3 8 7 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 3 8 8 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 3 8 9 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 4	1 . 7 2	5 4	H R I - L D
レンズ L 5	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

40

【 0 3 9 0 】

50

実施例 27 では、全画角は 100 度となっている。

【0391】

(実施例 28)

実施例 28 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 28 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。

【0392】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

10

【0393】

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。

【0394】

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。

【0395】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

20

【0396】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【0397】

	n d	v d	
レンズ L 1	1.88		H R I
レンズ L 2	1.58	61	
レンズ L 3	1.53	48	
プリズム	1.51	64	L R I - L D
レンズ L 4	1.72	54	H R I - L D
レンズ L 5	1.72	54	L D
レンズ L 6	1.9	18	H R I - H D
カバーガラス C G	1.51		L R I

30

【0398】

実施例 28 では、全画角は 100 度となっている。

【0399】

(実施例 29)

実施例 29 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 29 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

【0400】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【0401】

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。

50

【 0 4 0 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 4 0 3 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 4 0 4 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

10

【 0 4 0 5 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 4	1 . 7 2	5 4	H R I - L D
レンズ L 5	1 . 7 5	5 2	H R I - L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

20

【 0 4 0 6 】

実施例 2 9 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 4 0 7 】

(実施例 3 0)

実施例 3 0 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 3 0 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 4 0 8 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

30

【 0 4 0 9 】

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。

【 0 4 1 0 】

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 4 1 1 】

40

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 4 1 2 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 4 1 3 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I

50

レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 7 2	5 4	H R I - L D
レンズ L 5	1 . 7 5	5 2	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

【 0 4 1 4 】

実施例 3 0 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 4 1 5 】

10

(実施例 3 1)

実施例 3 1 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 3 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 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 4 1 6 】

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 と、像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 2 と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 3 と、からなる。ここで、負メニスカスレンズ L 2 と正メニスカスレンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 4 1 7 】

20

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。

【 0 4 1 8 】

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 4 1 9 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

30

【 0 4 2 0 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 4 2 1 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 3	4 8	
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 4	1 . 4 8	7 0	L D
レンズ L 5	1 . 5 8	6 1	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

40

【 0 4 2 2 】

実施例 3 1 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 4 2 3 】

(実施例 3 2)

実施例 3 2 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 3 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 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。

50

【 0 4 2 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 と、両凹負レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、からなる。ここで、両凹負レンズ L 2 と両凸正レンズ L 3 とで、負の屈折力を有する接合レンズを形成している。

【 0 4 2 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。

【 0 4 2 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 4 2 7 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 4 と、両凸正レンズ L 5 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 6 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 5 と負メニスカスレンズ L 6 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 4 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 4 2 8 】

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 4 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 4 2 9 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 5 8	6 1	
レンズ L 3	1 . 5 9	3 9	
プリズム	1 . 8 8	4 0	H R I
レンズ L 4	1 . 7 1	4 7	H R I - L D
レンズ L 5	1 . 7 2	5 4	L D
レンズ L 6	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 8 8		H R I

20

【 0 4 3 0 】

実施例 3 2 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

30

【 0 4 3 1 】

(実施例 3 3)

実施例 3 3 に係る斜視対物光学系について説明する。実施例 3 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 4 3 2 】

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 と、物体側が平面である平凸正レンズ L 2 と、からなる。

【 0 4 3 3 】

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。

40

【 0 4 3 4 】

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 4 3 5 】

後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 3 と、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、からなる。ここで、両凸正レンズ L 4 と負メニスカスレンズ L 5 とで、正の屈折力を有する接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 3 は、像面側に曲率半径の小さな面を向けている。

【 0 4 3 6 】

50

後側レンズ群 G R には、フィルタ F 1、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 1 は、両凸正レンズ L 3 と接合レンズとの間に配置されている。

【 0 4 3 7 】

	n d	v d	
レンズ L 1	1 . 8 8		H R I
レンズ L 2	1 . 7 4	2 7	H R I
プリズム	1 . 5 1	6 4	L R I - L D
レンズ L 3	1 . 6 1	5 4	H R I - L D
レンズ L 4	1 . 5 1	6 4	L D
レンズ L 5	1 . 9	1 8	H R I - H D
カバーガラス C G	1 . 5 1		L R I

10

【 0 4 3 8 】

実施例 3 3 では、全画角は 1 0 0 度となっている。

【 0 4 3 9 】

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、像面側に凹面を向けた負の屈折力を有するレンズと、像面側に凸面を向けた単レンズもしくは接合レンズと、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、正の屈折力を有するレンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、から構成され、接合レンズは、正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズを順次接合してなり、開口絞りをプリズムと後側レンズ群との間に具備する。

20

【 0 4 4 0 】

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。

【 0 4 4 1 】

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、n d は各光学部材の d 線に対する屈折率、v 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、I H は像高、 ω は半画角、F n o は F ナンバー、f は対物光学系の全系の焦点距離、D 1 は前側レンズ群の最も像面側に位置する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、L は対物光学系の全長、f F は前側レンズ群の焦点距離、f R は後側の焦点距離、v d (L 2) は第 2 レンズのアッペ数である。また、r、d、I H、空気換算長、対物光学系の全長および各焦点距離の単位は mm である。また、f は 1 mm に規格化されている。

30

【 0 4 4 2 】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

40

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5062	1.88300	40.76
2	1.3194	0.7749		
3	-69.5360	1.0234	1.62588	35.70
4	-4.4939	0.2531		
5	∞	3.0374	1.88300	40.76
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3037		
8	8.7102	0.8155	1.62230	53.17
9	-2.8173	0.0943		

50

10	∞	0.6750	1.49400	75.00
11	∞	0.1687		
12	1.6635	1.3899	1.51633	64.14
13	-1.7043	0.5062	1.92286	18.90
14	-12.2064	0.6059		
15	∞	0.5062	1.88300	40.76
16	∞	0.0169	1.51300	64.00
17	∞	0.5906	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

10

各種データ

I H	0.766
ω	49.93
F n o	2.935
f	1

D 1	1.866
D 2	1.278
L	11.268
f F	2.43
f R	2.149
f 1	1.494
v d (L 2)	35.7

【 0 4 4 3 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5192	1.88300	40.76
2	1.2301	1.2236		
3	-2.4328	0.6352	1.58144	40.75
4	-2.0468	0.2596		
5	∞	3.1153	1.76820	71.79
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3115		
8	7.8933	0.8839	1.58913	61.14
9	-3.3555	0.0967		
10	∞	0.6923	1.49400	75.00
11	∞	0.1731		
12	2.0108	2.0624	1.51633	64.14
13	-1.4835	0.5192	1.92286	18.90
14	-7.0564	0.7632		
15	∞	0.5192	1.88300	40.76
16	∞	0.0173	1.51300	64.00
17	∞	0.6058	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

30

40

各種データ

50

I H 0.786
 ω 49.901
 F n o 2.913
 f 1

D 1 2.021
 D 2 1.453
 L 12.398
 | f F | 2
 f R 2.476
 | f 1 | 1.393
 v d (L 2) 40.75

【 0 4 4 4 】

数値実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5183	1.88300	40.76
2	1.2902	1.0754		
3	-2.7566	0.7775	1.58144	40.75
4	-2.3756	0.2592		
5	∞	3.1100	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞リ)	∞	0.3110		
8	7.8819	0.8621	1.58913	61.14
9	-3.4604	0.0966		
10	∞	0.6911	1.49400	75.00
11	∞	0.1728		
12	1.9654	2.0894	1.51633	64.14
13	-1.4850	0.5183	1.92286	18.90
14	-8.2062	0.7483		
15	∞	0.5183	1.88300	40.76
16	∞	0.0173	1.51300	64.00
17	∞	0.6047	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.784
 ω 49.912
 F n o 2.959
 f 1

D 1 2.31
 D 2 1.437
 L 12.37
 | f F | 2.003
 f R 2.473
 | f 1 | 1.461
 v d (L 2) 40.75

10

20

30

40

50

【 0 4 4 5 】

数値実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5139	1.88300	40.76
2	1.3854	0.8379		
3	-6.3453	1.1330	1.74077	27.79
4	-3.8981	0.1713		
5	∞	3.0835	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3083		
8	7.6238	0.8543	1.51633	64.14
9	-2.9335	0.0958		
10	∞	0.6852	1.49400	75.00
11	∞	0.1713		
12	1.8790	1.8426	1.48749	70.23
13	-1.5314	0.5139	1.92286	18.90
14	-4.1089	0.7559		
15	∞	0.5139	1.88300	40.76
16	∞	0.0171	1.51300	64.00
17	∞	0.5996	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.778
ω	49.914
F n o	2.969
f	1

D 1	2.205
D 2	1.439
L	12.098
f F	2.359
f R	2.469
f 1	1.569
v d (L 2)	27.79

【 0 4 4 6 】

数値実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5716	1.88300	40.76
2	1.4865	1.3095		
3	-5.4021	0.7246	1.74077	27.79
4	-3.8365	0.2858		
5	∞	3.4293	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3429		

10

20

30

40

50

8	8.0445	1.0374	1.58913	61.14
9	-3.6908	0.1065		
10	∞	0.7621	1.49400	75.00
11	∞	0.1905		
12	2.0697	1.8351	1.51633	64.14
13	-1.7932	0.5716	1.92286	18.90
14	-6.0848	0.7025		
15	∞	0.6287	1.51633	64.14
16	∞	0.0191	1.51300	64.00
17	∞	0.6668	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

10

(像面)

各種データ

I H	0.77
ω	49.885
F n o	2.954
f	1

D 1	2.547
D 2	1.573
L	13.184
f F	2.341
f R	2.622
f 1	1.683
v d (L 2)	27.79

20

【 0 4 4 7 】

数値実施例 6

単位 mm

面データ

30

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5570	1.88300	40.76
2	1.4967	1.3302		
3	27.8259	0.6536	1.74077	27.79
4	-9.9577	0.2785		
5	∞	3.3419	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3342		
8	17.6150	0.8477	1.61405	54.99
9	-3.1277	0.1038		
10	∞	0.7427	1.49400	75.00
11	∞	0.1857		
12	1.7287	1.6032	1.51633	64.14
13	-1.7376	0.5570	1.92286	18.90
14	-8.7562	0.6416		
15	∞	0.5570	1.51633	64.14
16	∞	0.0186	1.51300	64.00
17	∞	0.6498	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

40

(像面)

50

各種データ

I H 0.75
 ω 49.917
 F n o 2.805
 f 1

D 1 2.482
 D 2 1.453
 L 12.402
 | f F | 2.535
 f R 2.406
 | f 1 | 1.695
 v d (L 2) 27.79

【 0 4 4 8 】

数値実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5612	1.88300	40.76
2	1.4828	0.7761		
3	-81.7714	1.2159	1.74077	27.79
4	-7.2782	0.2806		
5	∞	3.3672	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3367		
8	10.1814	0.8947	1.61405	54.99
9	-3.2206	0.1046		
10	∞	0.7483	1.49400	75.00
11	∞	0.1871		
12	1.7951	1.5299	1.51633	64.14
13	-1.8511	0.5612	1.92286	18.90
14	-8.4511	0.6480		
15	∞	0.5612	1.51633	64.14
16	∞	0.0187	1.51300	64.00
17	∞	0.6547	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.756
 ω 49.91
 F n o 2.748
 f 1

D 1 2.501
 D 2 1.466
 L 12.446
 | f F | 2.4
 f R 2.376

| f 1 | 1.679
 v d (L 2) 27.79
 【 0 4 4 9 】

数値実施例 8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5648	1.88300	40.76
2	1.4260	0.7849		
3	-50.1550	1.2236	1.74077	27.79
4	-6.3567	0.2824		
5	∞	3.3885	1.80610	40.92
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3389		
8	9.9395	0.8913	1.61405	54.99
9	-3.0645	0.1052		
10	∞	0.7530	1.49400	75.00
11	∞	0.1883		
12	1.8206	1.4188	1.51633	64.14
13	-1.9127	0.5648	1.92286	18.90
14	-7.5390	0.6575		
15	∞	0.5648	1.51633	64.14
16	∞	0.0188	1.51300	64.00
17	∞	0.6589	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.761
 ω 49.928
 F n o 2.785
 f 1

D 1 2.159
 D 2 1.48
 L 12.404
 | f F | 2.407
 f R 2.336
 | f 1 | 1.615
 v d (L 2) 27.79

【 0 4 5 0 】

数値実施例 9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5652	1.88300	40.76
2	1.4209	0.7867		
3	-43.7553	1.2247	1.74077	27.79
4	-5.8565	0.2826		
5	∞	3.3913	1.88300	40.76

6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3391		
8	9.2500	0.8969	1.61405	54.99
9	-3.0400	0.1053		
10	∞	0.7536	1.49400	75.00
11	∞	0.1884		
12	1.7914	1.3681	1.51633	64.14
13	-1.9111	0.5652	1.92286	18.90
14	-7.8580	0.6773		
15	∞	0.5652	1.88300	40.76
16	∞	0.0188	1.51300	64.00
17	∞	0.6594	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

10

各種データ

I H	0.761
ω	49.932
F n o	2.884
f	1

20

D 1	2.084
D 2	1.428
L	12.388
f F	2.495
f R	2.307
f 1	1.609
v d (L 2)	27.79

【 0 4 5 1 】

数値実施例 1 0

30

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.6524	1.88300	40.76
2	1.6794	1.5882		
3	-4.3655	0.8310	1.70154	41.24
4	-3.7554	0.2175		
5	∞	3.9145	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3915		
8	9.6178	0.9462	1.62230	53.17
9	-4.9574	0.1087		
10	∞	0.8699	1.49400	75.00
11	∞	0.2175		
12	3.2222	2.5044	1.75500	52.32
13	-1.7773	0.6524	1.92286	18.90
14	-13.5540	0.6209		
15	∞	0.6524	1.51633	64.14
16	∞	0.0217	1.51300	64.00
17	∞	0.7612	1.50510	63.26

40

50

18 ∞ 0.0000
(像面)

各種データ

I H 0.879
 ω 59.849
F n o 2.847
f 1

D 1 2.799
D 2 1.571
L 14.95
| f F | 2.481
f R 2.805
| f 1 | 1.902
v d (L 2) 41.24

【 0 4 5 2 】

数値実施例 1 1

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.7039	1.88300	40.76
2	1.7723	1.8532		
3	-4.1698	0.7591	1.70154	41.24
4	-3.6874	0.2346		
5	∞	4.2234	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.4223		
8	10.7127	1.1361	1.62230	53.17
9	-5.2256	0.1173		
10	∞	0.9385	1.49400	75.00
11	∞	0.2346		
12	3.1601	2.6022	1.75500	52.32
13	-1.8834	0.7039	1.92286	18.90
14	-21.7315	0.5068		
15	∞	0.7039	1.51633	64.14
16	∞	0.0235	1.51300	64.00
17	∞	0.8212	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.948
 ω 69.755
F n o 2.977
f 1

D 1 3.02
D 2 1.532
L 15.985

10

20

30

40

50

| f F | 2.59
 f R 2.907
 | f 1 | 2.007
 v d (L 2) 41.24
 【 0 4 5 3 】

数値実施例 1 2

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.7058	1.88300	40.76
2	1.7114	1.8865		
3	-4.3112	0.7460	1.70154	41.24
4	-3.7270	0.2353		
5	∞	4.2349	1.80610	40.92
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.4235		
8	10.3467	1.1767	1.62230	53.17
9	-4.8423	0.1176		
10	∞	0.9411	1.49400	75.00
11	∞	0.2353		
12	3.1648	2.5823	1.75500	52.32
13	-1.8865	0.7058	1.92286	18.90
14	-20.6467	0.5212		
15	∞	0.7058	1.88300	40.76
16	∞	0.0235	1.51300	64.00
17	∞	0.8235	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.951
 ω 69.779
 F n o 2.891
 f 1

D 1 2.58
 D 2 1.459
 L 16.065
 | f F | 2.522
 f R 2.839
 | f 1 | 1.938
 v d (L 2) 41.24

【 0 4 5 4 】

数値実施例 1 3

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9676	1.76820	71.79
2	1.5597	2.1057		
3	-3.1361	0.8064	1.58913	61.14

4	-5.1221	1.1289	1.53172	48.84
5	-2.7614	0.0599		
6	∞	5.8059	1.80610	40.92
7	∞	0.0000		
8(絞リ)	∞	0.5806		
9	70.8526	1.4477	1.58913	61.14
10	-5.1448	0.2580		
11	∞	1.2902	1.49400	75.00
12	∞	0.0968		
13	4.0515	2.5531	1.72916	54.68
14	-2.7894	0.9676	1.92286	18.90
15	-9.9702	0.8135		
16	∞	0.9676	1.88300	40.76
17	∞	0.0323	1.51300	64.00
18	∞	1.1289	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.764
ω	49.988
F n o	2.91
f	1

D 1	3.275
D 2	2.099
L	21.011
f F	4.01
f R	3.668
f 1	2.03

【 0 4 5 5 】

数値実施例 1 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9733	1.76820	71.79
2	1.4955	1.7058		
3	-2.9530	0.8111	1.58913	61.14
4	-9.2593	1.4600	1.53172	48.84
5	-2.7583	0.0768		
6	∞	5.8399	1.80610	40.92
7	∞	0.0000		
8(絞リ)	∞	0.5840		
9	188.4216	1.7096	1.72916	54.68
10	-6.3042	0.2596		
11	∞	1.2978	1.49400	75.00
12	∞	0.0973		
13	4.0875	2.6251	1.72916	54.68
14	-2.7601	1.0382	1.92286	18.90
15	-10.8193	0.8820		

10

20

30

40

50

16	∞	0.9733	1.88300	40.76
17	∞	0.0324	1.51300	64.00
18	∞	1.1355	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.769
ω	50
F n o	2.978
f	1

10

D 1	3.31
D 2	2.175
L	21.502
f F	3.788
f R	3.754
f 1	1.947

【 0 4 5 6 】

数値実施例 1 5

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9810	1.88300	40.76
2	1.5515	1.6149		
3	-3.2685	0.8175	1.58913	61.14
4	-11.3393	1.4716	1.53172	48.84
5	-2.7957	0.0942		
6	∞	5.8863	1.80610	40.92
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5886		
9	142.1161	1.7757	1.74320	49.34
10	-6.5604	0.2616		
11	∞	1.3081	1.49400	75.00
12	∞	0.0981		
13	4.2497	2.7058	1.72916	54.68
14	-2.7222	1.0465	1.92286	18.90
15	-11.1714	1.0170		
16	∞	0.9810	1.88300	40.76
17	∞	0.0327	1.51300	64.00
18	∞	1.1446	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

30

40

(像面)

各種データ

I H	0.775
ω	50
F n o	2.943
f	1

50

D 1 3.353
 D 2 2.32
 L 21.825
 | f F | 3.528
 f R 3.874
 | f 1 | 1.757

【 0 4 5 7 】

数値実施例 1 6

単位 m m

面データ

10

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9763	1.88300	40.76
2	1.8323	1.7507		
3	-3.5431	0.8136	1.58913	61.14
4	36.3604	1.3440	1.58144	40.75
5	-3.7537	0.0911		
6	∞	5.8579	1.88300	40.76
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5858		
9	255.3489	2.2080	1.71700	47.92
10	-6.0825	0.2604		
11	∞	1.3018	1.49400	75.00
12	∞	0.0976		
13	4.0474	2.8067	1.72916	54.68
14	-2.6506	0.9763	1.92286	18.90
15	-10.7949	1.0357		
16	∞	0.9763	1.88300	40.76
17	∞	0.0325	1.51300	64.00
18	∞	1.1390	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

20

(像面)

30

各種データ

I H 0.771
 ω 49.999
 F n o 2.81
 f 1

D 1 3.202
 D 2 2.333
 L 22.254
 | f F | 2.968
 f R 3.737
 | f 1 | 2.075

【 0 4 5 8 】

数値実施例 1 7

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	1.0922	1.88300	40.76

40

50

2	1.6793	2.3721		
3	-3.0453	0.9102	1.58913	61.14
4	-12.8380	1.3271	1.54814	45.79
5	-3.0049	0.0236		
6	∞	6.5535	1.80610	40.92
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.6553		
9	35.1593	1.9478	1.58913	61.14
10	-7.7012	0.2913		
11	∞	1.4563	1.49400	75.00
12	∞	0.1092		
13	4.4231	3.7637	1.75500	52.32
14	-2.6317	1.0922	1.92286	18.90
15	-13.0401	0.7946		
16	∞	1.0922	1.88300	40.76
17	∞	0.0364	1.51300	64.00
18	∞	1.2743	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

10

20

各種データ

I H	0.863
ω	60
F n o	2.936
f	1

D 1	3.652
D 2	2.245
L	24.792
f F	3.419
f R	4.327
f 1	1.902

30

【 0 4 5 9 】

数値実施例 1 8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	1.1926	1.88300	40.76
2	1.8627	2.4500		
3	-3.0179	0.9938	1.58913	61.14
4	-27.9725	1.2403	1.54814	45.79
5	-3.1399	0.1988		
6	∞	7.1554	1.80610	40.92
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.7155		
9	21.1481	2.4670	1.58913	61.14
10	-8.1016	0.3180		
11	∞	1.5901	1.49400	75.00
12	∞	0.1193		
13	4.9099	3.5777	1.75500	52.32

40

50

14	-2.6387	1.1131	1.92286	18.90
15	-9.5801	0.8340		
16	∞	1.1926	1.88300	40.76
17	∞	0.0398	1.51300	64.00
18	∞	1.3913	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.942
ω	70.033
F n o	2.797
f	1

10

D 1	4.161
D 2	2.418
L	26.589
f F	3.424
f R	4.491
f 1	2.11

20

【 0 4 6 0 】

数値実施例 1 9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	1.2193	1.88300	40.76
2	1.8883	2.5516		
3	-2.8986	1.0161	1.58913	61.14
4	68.5175	1.2912	1.54814	45.79
5	-3.2174	0.2032		
6	∞	7.3158	1.88300	40.76
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.7316		
9	24.1646	2.6992	1.58913	61.14
10	-8.6042	0.3251		
11	∞	1.6257	1.49400	75.00
12	∞	0.1219		
13	5.3247	3.8611	1.75500	52.32
14	-2.7178	1.2193	1.92286	18.90
15	-8.4132	1.0584		
16	∞	1.2193	1.88300	40.76
17	∞	0.0406	1.51300	64.00
18	∞	1.4225	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

30

40

(像面)

各種データ

I H	0.963
ω	75
F n o	2.972

50

f 1

D 1 4.088

D 2 2.678

L 27.922

| f F | 3.206

f R 4.737

| f 1 | 2.139

【 0 4 6 1 】

数値実施例 2 0

10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5057	1.51633	64.14
2	1.1020	0.8409		
3	-2.8069	0.9920	1.48749	70.23
4	-3.4857	0.2529		
5	∞	3.0343	1.88300	40.76
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3034		
8	8.0661	0.8963	1.53996	59.46
9	-2.7079	0.0942		
10	∞	0.6743	1.49400	75.00
11	∞	0.1686		
12	1.9196	1.7549	1.51633	64.14
13	-1.5319	0.5057	1.92286	18.90
14	-3.8070	0.6942		
15	∞	0.5057	1.88300	40.76
16	∞	0.0169	1.51300	64.00
17	∞	0.5900	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

20

30

(像面)

各種データ

I H 0.765

ω 49.95

F n o 2.91

f 1

D 1 1.864

D 2 1.366

L 11.83

| f F | 2.225

f R 2.293

| f 1 | 2.134

v d (L 2) 70.23

40

【 0 4 6 2 】

数値実施例 2 1

単位 mm

面データ

50

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.4976	1.51633	64.14
2	1.1610	1.2278		
3	-1.7619	0.6556	1.48749	70.23
4	-2.0605	0.1659		
5	∞	2.9858	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.2986		
8	6.4367	0.8348	1.51633	64.14
9	-3.0351	0.0927		
10	∞	0.6635	1.49400	75.00
11	∞	0.1659		
12	1.8818	1.8151	1.51633	64.14
13	-1.4895	0.4976	1.92286	18.90
14	-4.0348	0.6762		
15	∞	0.4976	1.88300	40.76
16	∞	0.0166	1.51300	64.00
17	∞	0.5806	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		
(像面)				

10

20

各種データ

I H	0.753
ω	49.946
F n o	2.973
f	1

D 1	2.135
D 2	1.337
L	11.672
f F	2.405
f R	2.356
f 1	2.249
v d (L 2)	70.23

30

【 0 4 6 3 】

数値実施例 2 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5602	1.51633	64.14
2	1.1547	1.0724		
3	-1.9181	0.9124	1.51633	64.14
4	-2.2743	0.2801		
5	∞	3.3614	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3361		
8	7.1862	0.9594	1.58913	61.14
9	-3.5738	0.1044		
10	∞	0.7470	1.49400	75.00
11	∞	0.1867		

40

50

12	1.8467	1.4511	1.51633	64.14
13	-1.8306	0.5602	1.92286	18.90
14	-7.1502	0.6907		
15	∞	0.6163	1.51633	64.14
16	∞	0.0187	1.51300	64.00
17	∞	0.6536	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

10

I H	0.754
ω	50.424
F n o	3.226
f	1

D 1	2.497
D 2	1.544
L	12.511
f F	2.538
f R	2.458
f 1	2.236
v d (L 2)	64.14

【 0 4 6 4 】

数値実施例 2 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5584	1.51633	64.14
2	1.2161	1.1444		
3	-2.2766	0.8457	1.51633	64.14
4	-2.6096	0.2792		
5	∞	3.3502	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3350		
8	7.4115	0.9358	1.62299	58.16
9	-3.6548	0.1040		
10	∞	0.7445	1.49400	75.00
11	∞	0.1861		
12	1.9692	1.4314	1.51633	64.14
13	-1.8620	0.5584	1.92286	18.90
14	-5.3473	0.6787		
15	∞	0.6142	1.51633	64.14
16	∞	0.0186	1.51300	64.00
17	∞	0.6514	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.752
ω	49.927

50

F n o 2.89
f 1

D 1 2.489
D 2 1.529
L 12.436
| f F | 2.607
f R 2.434
| f 1 | 2.355
v d (L 2) 64.14

10

【 0 4 6 5 】

数値実施例 2 4

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9985	1.51633	64.14
2	2.0780	2.1397		
3	-2.1807	1.6323	1.48749	70.23
4	-21.4579	0.3328		
5	∞	5.9913	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞リ)	∞	0.5991		
8	14.6278	2.4643	1.56384	60.67
9	-5.6190	0.1664		
10	∞	1.3314	1.49400	75.00
11	∞	0.3328		
12	3.0359	2.6436	1.51633	64.14
13	-2.7137	0.9985	1.92286	18.90
14	-6.3416	1.6851		
15	∞	0.9985	1.88300	40.76
16	∞	0.0333	1.51300	64.00
17	∞	1.1650	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

20

30

(像面)

各種データ

I H 0.789
 ω 59.815
F n o 2.952
f 1

40

D 1 4.284
D 2 3.011
L 23.513
| f F | 1.847
f R 4.107
| f 1 | 4.025
v d (L 2) 70.23

【 0 4 6 6 】

数値実施例 2 5

50

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.6620	1.51825	64.14
2	1.4171	1.6872		
3	-2.3903	0.8845	1.51825	64.14
4	-3.5608	0.1103		
5	∞	3.9719	1.51825	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3972		
8	10.9867	1.0974	1.62555	58.16
9	-4.2262	0.1233		
10	∞	0.8826	1.49557	75.00
11	∞	0.2207		
12	2.3035	1.8323	1.54212	59.46
13	-1.9842	0.6620	1.93429	18.90
14	-4.7958	0.7844		
15	∞	0.7282	1.51825	64.14
16	∞	0.0221	1.51500	64.00
17	∞	0.7723	1.50700	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

10

20

各種データ

I H	0.891
ω	70
F n o	2.91
f	1

D 1	2.726
D 2	1.791
L	14.838
f F	2.38
f R	2.781
f 1	2.734
v d (L 2)	64.14

【 0 4 6 7 】

数値実施例 2 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9231	1.51633	64.14
2	1.6681	1.8315		
3	-2.2544	0.9231	1.58913	61.14
4	-10.7875	0.9231	1.53172	48.84
5	-3.7817	0.1099		
6	∞	5.5388	1.51633	64.14
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5539		
9	25.5699	1.9391	1.72916	54.68

40

50

10	-5.9517	0.4000		
11	∞	1.2308	1.49400	75.00
12	∞	0.0923		
13	3.0306	2.5105	1.58913	61.14
14	-2.8577	0.9231	1.92286	18.90
15	-7.6560	0.5475		
16	∞	1.0154	1.51633	64.14
17	∞	0.0308	1.51300	64.00
18	∞	1.0770	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

10

(像面)

各種データ

I H	0.729
ω	49.996
F n o	2.489
f	1

D 1	3.763
D 2	1.953
L	20.57
f F	2.707
f R	3.526
f 1	3.231

20

【 0 4 6 8 】

数値実施例 2 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9372	1.88300	40.76
2	2.4472	1.9660		
3	-1.9633	0.7810	1.58913	61.14
4	-22.1376	1.0934	1.53172	48.84
5	-3.5969	0.0708		
6	∞	5.6232	1.51633	64.14
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5623		
9	10.4450	2.4566	1.72916	54.68
10	-9.4629	0.2499		
11	∞	1.2496	1.49400	75.00
12	∞	0.0937		
13	3.5658	2.9714	1.58913	61.14
14	-2.4471	0.7810	1.92286	18.90
15	-6.4505	1.1303		
16	∞	0.9372	1.51633	64.14
17	∞	0.0312	1.51300	64.00
18	∞	1.0934	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

30

40

(像面)

50

各種データ

I H 0.74
 ω 50.005
 F n o 2.895
 f 1

D 1 3.779
 D 2 2.495
 L 22.028
 | f F | 2.172
 f R 4.01
 | f 1 | 2.772

【 0 4 6 9 】

数値実施例 2 8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9703	1.88300	40.76
2	1.9374	1.9951		
3	-2.7169	0.8086	1.58913	61.14
4	-14.7411	1.1320	1.53172	48.84
5	-3.4923	0.0855		
6	∞	5.8217	1.51633	64.14
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5822		
9	21.2486	2.1947	1.72916	54.68
10	-8.2644	0.2587		
11	∞	1.2937	1.49400	75.00
12	∞	0.0970		
13	4.5944	3.4743	1.72916	54.68
14	-2.6083	0.8086	1.92286	18.90
15	-10.2363	1.1721		
16	∞	0.9703	1.51633	64.14
17	∞	0.0323	1.51300	64.00
18	∞	1.1320	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.767
 ω 50.001
 F n o 2.851
 f 1

D 1 3.925
 D 2 2.585
 L 22.829
 | f F | 2.465
 f R 4.099
 | f 1 | 2.194

10

20

30

40

50

【 0 4 7 0 】

数値実施例 2 9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9732	1.88300	40.76
2	1.9571	1.9435		
3	-2.9974	0.8110	1.58913	61.14
4	-13.7469	1.1355	1.53172	48.84
5	-3.4767	0.0935		
6	∞	5.8395	1.51633	64.14
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5839		
9	55.9845	2.7878	1.72916	54.68
10	-7.3251	0.2595		
11	∞	1.2977	1.49400	75.00
12	∞	0.0973		
13	4.6802	3.6626	1.75500	52.32
14	-2.6170	0.8110	1.92286	18.90
15	-10.9745	1.1821		
16	∞	0.9732	1.88300	40.76
17	∞	0.0324	1.51300	64.00
18	∞	1.1355	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.769
ω	50
F n o	2.697
f	1

D 1	3.945
D 2	2.475
L	23.619
f F	2.721
f R	4.079
f 1	2.216

【 0 4 7 1 】

数値実施例 3 0

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9725	1.88300	40.76
2	1.9111	1.9861		
3	-2.9855	0.8104	1.58913	61.14
4	-14.5063	1.1345	1.53172	48.84
5	-3.5537	0.0903		
6	∞	5.8347	1.80610	40.92
7	∞	0.0000		

10

20

30

40

50

8(絞り)	∞	0.5835		
9	51.3462	2.8547	1.72916	54.68
10	-7.0255	0.2593		
11	∞	1.2966	1.49400	75.00
12	∞	0.0972		
13	4.6055	3.5917	1.75500	52.32
14	-2.6216	0.8104	1.92286	18.90
15	-11.2717	1.1627		
16	∞	0.9725	1.88300	40.76
17	∞	0.0324	1.51300	64.00
18	∞	1.1345	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H	0.768
ω	50
F n o	2.868
f	1

D 1	3.321
D 2	2.454
L	23.624
f F	2.577
f R	3.998
f 1	2.164

【 0 4 7 2 】

数値実施例 3 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9226	1.51633	64.14
2	1.7069	1.7909		
3	-2.1879	0.7689	1.58913	61.14
4	-23.0503	1.0764	1.53172	48.84
5	-3.7068	0.1922		
6	∞	5.5357	1.51633	64.14
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5536		
9	15.9443	1.8848	1.48749	70.23
10	-4.1174	0.2460		
11	∞	1.2302	1.49400	75.00
12	∞	0.0923		
13	3.0881	2.5677	1.58913	61.14
14	-2.6929	0.7689	1.92286	18.90
15	-7.3328	0.7351		
16	∞	0.9226	1.51633	64.14
17	∞	0.0308	1.51300	64.00
18	∞	1.0764	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

10

20

30

40

50

(像面)

各種データ

I H 0.729
 ω 50
 F n o 2.968
 f 1

D 1 3.843
 D 2 2.079
 L 20.395
 | f F | 2.702
 f R 3.528
 | f 1 | 3.306

【 0 4 7 3 】

数値実施例 3 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.9737	1.88300	40.76
2	1.9496	1.7057		
3	-4.0191	0.8114	1.58913	61.14
4	8.4542	1.3523	1.59551	39.24
5	-4.9365	0.0951		
6	∞	5.8420	1.88300	40.76
7	∞	0.0000		
8(絞り)	∞	0.5842		
9	67.4510	2.5304	1.71700	47.92
10	-6.2916	0.2596		
11	∞	1.2982	1.49400	75.00
12	∞	0.0974		
13	3.9748	2.8533	1.72916	54.68
14	-2.6289	0.9737	1.92286	18.90
15	-11.2155	1.0871		
16	∞	0.9737	1.88300	40.76
17	∞	0.0325	1.51300	64.00
18	∞	1.1359	1.50510	63.26
19	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.769
 ω 50
 F n o 2.789
 f 1

D 1 3.198
 D 2 2.38
 L 22.606
 | f F | 2.627

10

20

30

40

50

f R 3.722
| f 1 | 2.208

【 0 4 7 4 】

数値実施例 3 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	v d
1	∞	0.5611	1.88300	40.76
2	1.4627	0.7714		
3	∞	1.2157	1.74077	27.79
4	-7.7008	0.2806		
5	∞	3.3666	1.51633	64.14
6	∞	0.0000		
7(絞り)	∞	0.3367		
8	10.1391	0.8213	1.61405	54.99
9	-3.0652	0.1046		
10	∞	0.7481	1.49400	75.00
11	∞	0.1870		
12	1.7777	1.5695	1.51633	64.14
13	-1.8580	0.5611	1.92286	18.90
14	-11.7188	0.5528		
15	∞	0.5611	1.51633	64.14
16	∞	0.0187	1.51300	64.00
17	∞	0.6546	1.50510	63.26
18	∞	0.0000		

(像面)

各種データ

I H 0.756
 ω 49.904
F n o 2.764
f 1

D 1 2.501
D 2 1.37
L 12.311
| f F | 2.369
f R 2.327
| f 1 | 1.657
v d (L 2) 27.79

【 0 4 7 5 】

次に、各実施例における条件式の値を以下に掲げる。なお、- (ハイフン) は該当する構成がないことを示す。

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1) D1/f	1.866	2.021	2.31	2.205
(2) D2/f	1.278	1.453	1.437	1.439
(3) L/f	11.268	12.398	12.37	12.098
(4) D1/D2	1.46	1.391	1.608	1.533
(5) f F / f	2.43	2	2.003	2.359
(6) f R / f	2.149	2.476	2.473	2.469

10

20

30

40

50

(7) f1/f	1.494	1.393	1.461	1.569
(8) f1/f2	0.196	0.101	0.087	0.138
(9) nd(L2f) - nd(L2b)	-	-	-	-

	实施例 5	实施例 6	实施例 7	实施例 8
(1) D1/f	2.547	2.482	2.501	2.159
(2) D2/f	1.573	1.453	1.466	1.48
(3) L/f	13.184	12.402	12.446	12.404
(4) D1/D2	1.62	1.709	1.707	1.458
(5) fF/f	2.341	2.535	2.4	2.407
(6) fR/f	2.622	2.406	2.376	2.336
(7) f1/f	1.683	1.695	1.679	1.615
(8) f1/f2	0.113	0.17	0.157	0.166
(9) nd(L2f) - nd(L2b)	-	-	-	-

10

	实施例 9	实施例 10	实施例 11	实施例 12
(1) D1/f	2.084	2.799	3.02	2.58
(2) D2/f	1.428	1.571	1.532	1.459
(3) L/f	12.388	14.95	15.985	16.065
(4) D1/D2	1.459	1.781	1.971	1.769
(5) fF/f	2.495	2.481	2.59	2.522
(6) fR/f	2.307	2.805	2.907	2.839
(7) f1/f	1.609	1.902	2.007	1.938
(8) f1/f2	0.179	0.078	0.073	0.075
(9) nd(L2f) - nd(L2b)	-	-	-	-

20

	实施例 13	实施例 14	实施例 15	实施例 16
(1) D1/f	3.275	3.31	3.353	3.202
(2) D2/f	2.099	2.175	2.32	2.333
(3) L/f	21.011	21.502	21.825	22.254
(4) D1/D2	1.56	1.522	1.445	1.373
(5) fF/f	4.01	3.788	3.528	2.968
(6) fR/f	3.668	3.754	3.874	3.737
(7) f1/f	2.03	1.947	1.757	2.075
(8) f1/f2	0.122	0.107	0.114	0.049
(9) nd(L2f) - nd(L2b)	0.05741	0.05741	0.05741	0.00769

30

	实施例 17	实施例 18	实施例 19	实施例 20
(1) D1/f	3.652	4.161	4.088	1.864
(2) D2/f	2.245	2.418	2.678	1.366
(3) L/f	24.792	26.589	27.922	11.83
(4) D1/D2	1.626	1.721	1.527	1.365
(5) fF/f	3.419	3.424	3.206	2.225
(6) fR/f	4.327	4.491	4.737	2.293
(7) f1/f	1.902	2.11	2.139	2.134
(8) f1/f2	0.081	0.062	0.038	0.038
(9) nd(L2f) - nd(L2b)	0.04099	0.04099	0.04099	-

40

	实施例 21	实施例 22	实施例 23	实施例 24
(1) D1/f	2.135	2.497	2.489	4.284

50

(2)D2/f	1.337	1.544	1.529	3.011
(3)L/f	11.672	12.511	12.436	23.513
(4)D1/D2	1.597	1.617	1.628	1.423
(5) fF/f	2.405	2.538	2.607	1.847
(6)fR/f	2.356	2.458	2.434	4.107
(7) f1/f	2.249	2.236	2.355	4.025
(8) f1/f2	0.025	0.012	0.009	0.786
(9) nd(L2f)-nd(L2b)	-	-	-	-

	実施例 2 5	実施例 2 6	実施例 2 7	実施例 2 8	10
(1)D1/f	2.726	3.763	3.779	3.925	
(2)D2/f	1.791	1.953	2.495	2.585	
(3)L/f	14.838	20.57	22.028	22.829	
(4)D1/D2	1.522	1.927	1.514	1.518	
(5) fF/f	2.38	2.707	2.172	2.465	
(6)fR/f	2.781	3.526	4.01	4.099	
(7) f1/f	2.734	3.231	2.772	2.194	
(8) f1/f2	0.145	0.231	0.266	0.043	
(9) nd(L2f)-nd(L2b)	-	0.05741	0.05741	0.05741	20

	実施例 2 9	実施例 3 0	実施例 3 1	実施例 3 2	
(1)D1/f	3.945	3.321	3.843	3.198	
(2)D2/f	2.475	2.454	2.079	2.38	
(3)L/f	23.619	23.624	20.395	22.606	
(4)D1/D2	1.594	1.353	1.848	1.343	
(5) fF/f	2.721	2.577	2.702	2.627	
(6)fR/f	4.079	3.998	3.528	3.722	
(7) f1/f	2.216	2.164	3.306	2.208	
(8) f1/f2	0.004	0.015	0.256	0.003	
(9) nd(L2f)-nd(L2b)	0.05741	0.05741	0.05741	0.00638	30

	実施例 3 3	
(1)D1/f	2.501	
(2)D2/f	1.37	
(3)L/f	12.311	
(4)D1/D2	1.825	
(5) fF/f	2.369	
(6)fR/f	2.327	
(7) f1/f	1.657	
(8) f1/f2	0.159	40
(9) nd(L2f)-nd(L2b)	-	

【 0 4 7 6 】

図 3 8 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 から実施例 3 3 のいずれかの斜視対物光学系が用いられる。

【 0 4 7 7 】

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 21 に伝送する。

【0478】

また、内視鏡 21 は信号ケーブル 21b を介して、ビデオプロセッサ 22 に接続されている。斜視対物光学系 24 によって結像された被写体 25 の像は、撮像素子で撮像される。撮像された被写体 25 の像は、ビデオプロセッサ 22 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 23 上に被写体の画像 26 が表示される。

10

【0479】

なお、このビデオプロセッサ 22 の内部には、LED 等の光源を駆動する電気回路系が設けられている。

【0480】

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バンドルを設ける必要がなくなる。

【0481】

20

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。

【0482】

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。

【0483】

30

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。

【0484】

（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、第 1 レンズと、第 2 レンズと、からなり、

40

後側レンズ群は、第 3 レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、

第 1 レンズは、像面側に凹面を向けた負レンズからなり、

第 2 レンズは、像面側に凸面を向けた単レンズ、もしくは接合レンズからなり、

第 3 レンズは、正レンズからなり、

接合レンズは、両凸レンズからなる正レンズと、メニスカス形状の負レンズと、からなり、

以下の条件式（1）乃至（3）を満足することを特徴とする。

$$1.6 < D1 / f < 4.7 \quad (1)$$

$$1.0 < D2 / f < 3.3 \quad (2)$$

$$9.0 < L / f < 31.0 \quad (3)$$

50

ただし、

D 1 は、前側レンズ群の最も像面側に位置する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、

L は、斜視対物光学系の全長、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

【0485】

(付記項2)

以下の条件式(4)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。

10

$$1.0 < D1 / D2 < 2.5 \quad (4)$$

ただし、

D 1 は、前側レンズ群の最も像面側に位置する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、

である。

【0486】

(付記項3)

以下の条件式(5)、(6)を満足することを特徴とする付記項2に記載の斜視対物光学系。

20

$$1.6 < |fF / f| < 4.5 \quad (5)$$

$$1.9 < fR / f < 5.3 \quad (6)$$

ただし、

fF は、前側レンズ群の焦点距離、

fR 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。

【0487】

(付記項4)

以下の条件式(7)、(8)を満足することを特徴とする付記項2に記載の斜視対物光学系。

30

$$1.2 < |f1 / f| < 4.5 \quad (7)$$

$$0.001 < |f1 / f2| < 0.9 \quad (8)$$

ただし、

f 1 は、第1レンズの焦点距離、

f 2 は、第2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。

【0488】

(付記項5)

第2レンズは正の屈折力を有し、以下の条件式(7')を満足することを特徴とする付記項4に記載の斜視対物光学系。

40

$$1.2 < |f1 / f| < 2.4 \quad (7')$$

ただし、

f 1 は、第1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。

【0489】

(付記項6)

第2レンズは負の屈折力を有し、以下の条件式(7'')を満足することを特徴とする付

50

記項 4 に記載の斜視対物光学系。

$$1.9 < |f_1 / f| < 4.5 \quad (7'')$$

ただし、

f_1 は、第 1 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。

【0490】

(付記項 7)

第 2 レンズは正の屈折力を有し、下記条件式 (8') を満足することを特徴とする付記項 4 に記載の斜視対物光学系。

$$0.02 < |f_1 / f_2| < 0.22 \quad (8')$$

ただし、

f_1 は、第 1 レンズの焦点距離、

f_2 は、第 2 レンズの焦点距離、

である。

【0491】

(付記項 8)

第 2 レンズは接合レンズであり、以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする付記項 1 に記載の斜視対物光学系。

$$|nd(L_2f) - nd(L_2b)| \leq 0.1 \quad (9)$$

ただし、

$nd(L_2f)$ は、第 2 レンズの接合レンズにおける物体側レンズの屈折率、

$nd(L_2b)$ は、第 2 レンズの接合レンズにおける像面側レンズの屈折率、

である。

【0492】

(付記項 9)

付記項 1 乃至 8 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。

【産業上の利用可能性】

【0493】

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】

【0494】

G F 前側レンズ群

G R 後側レンズ群

L 1、L 2、L 3、L 4、L 5、L 6 レンズ

C L 接合レンズ

S 明るさ絞り (開口絞り)

P プリズム (光路変換素子)

F 1 フィルタ

C G カバーガラス

G L ガラスリッド

I 像面

1、5 斜視対物光学系

2、6 前側レンズ群

3、7 プリズム

4、8 後側レンズ群

20 内視鏡装置

21 斜視用内視鏡

10

20

30

40

50

- 2 2 ビデオプロセッサ
- 2 3 モニタ
- 2 4 斜視対物光学系
- 2 5 被写体
- 2 6 被写体の画像

【要約】

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。

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、からなり、前側レンズ群 G F は、第 1 レンズ L 1 と、第 2 レンズ L 2 と、からなり、後側レンズ群 G R は、第 3 レンズ L 3 と、正の屈折力を有する接合レンズ C L と、からなり、第 1 レンズ L 1 は、像面側に凹面を向けた負レンズからなり、第 2 レンズ L 2 は、像面側に凸面を向けた単レンズ、もしくは接合レンズからなり、第 3 レンズ L 3 は、正レンズからなり、接合レンズ C L は、両凸レンズからなる正レンズ L 4 と、メニスカス形状の負レンズ L 5 と、からなり、以下の条件式 (1) 乃至 (3) を満足する。

$$1.6 < D1 / f < 4.7 \quad (1)$$

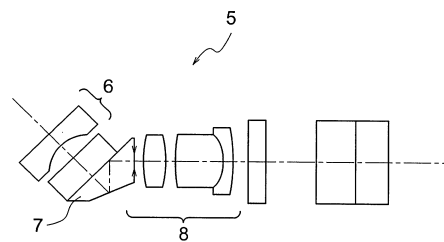
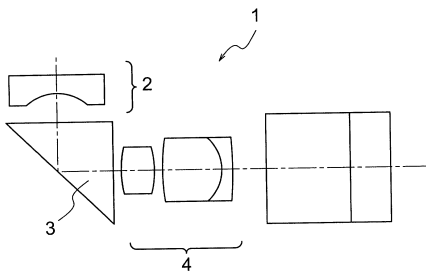
$$1.0 < D2 / f < 3.3 \quad (2)$$

$$9.0 < L / f < 31.0 \quad (3)$$

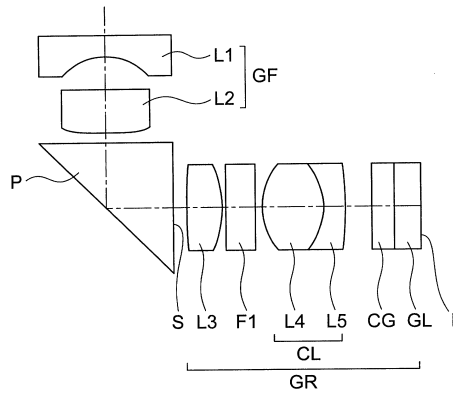
10

【図 1】

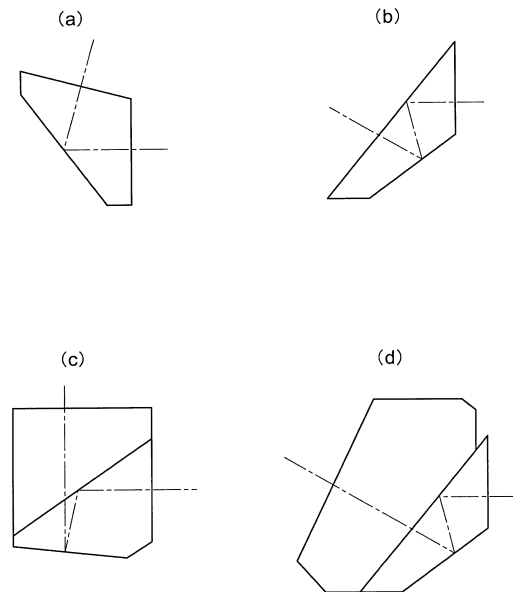
【図 2】



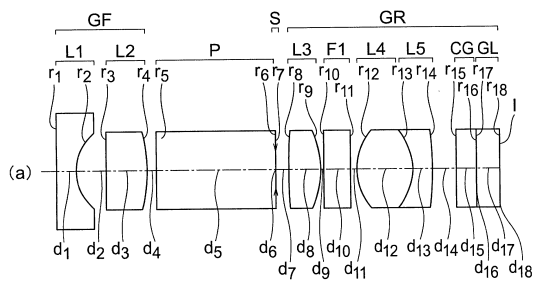
【図 3】



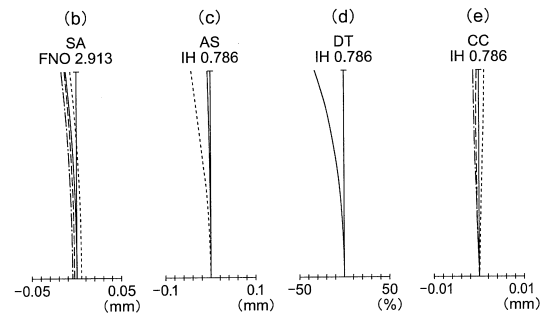
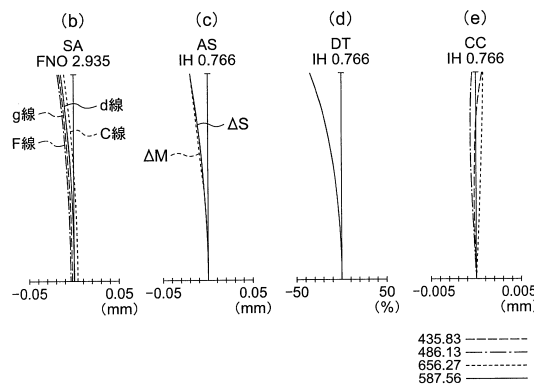
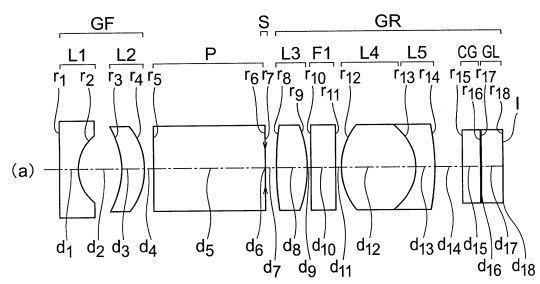
【図 4】



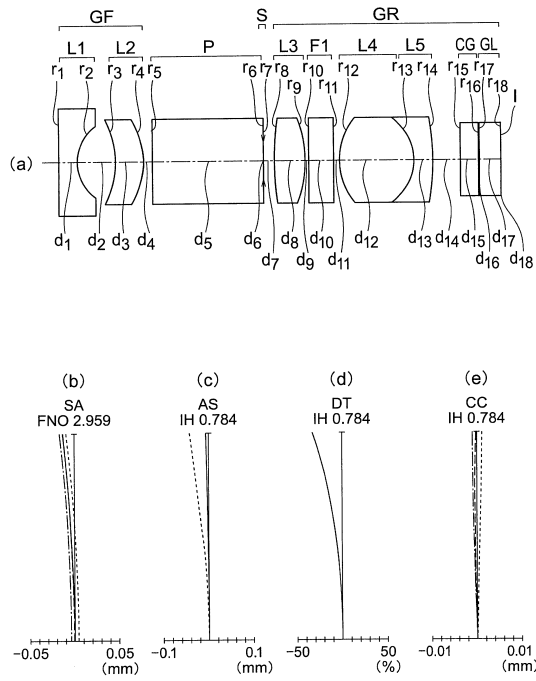
【図 5】



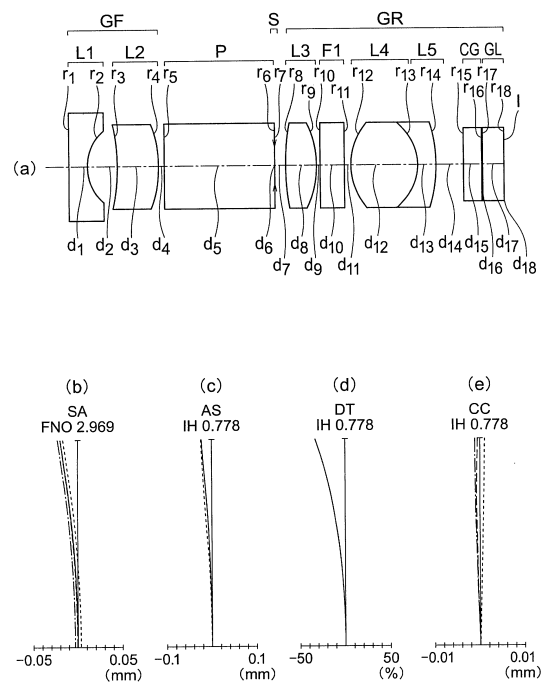
【図 6】



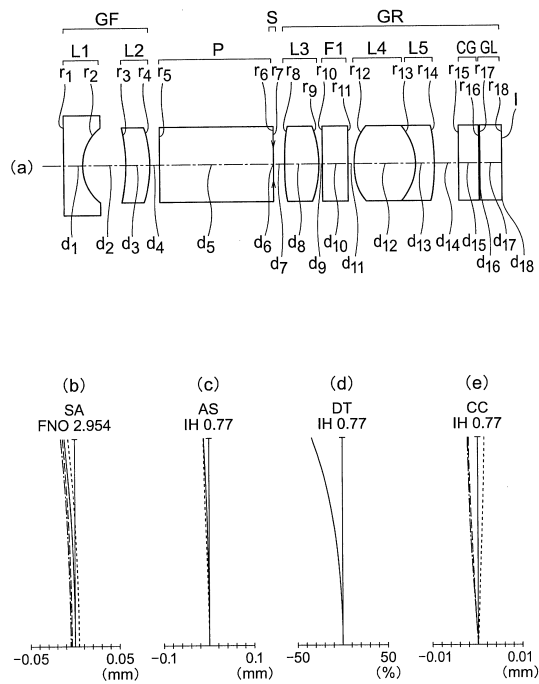
【図 7】



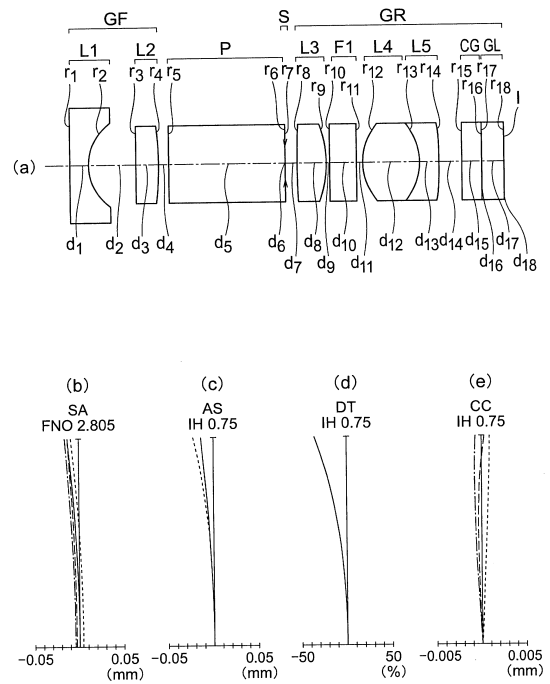
【図 8】



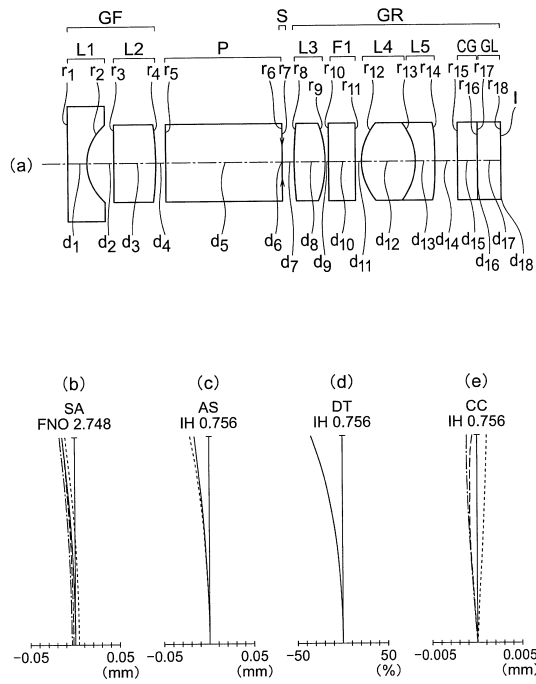
【図 9】



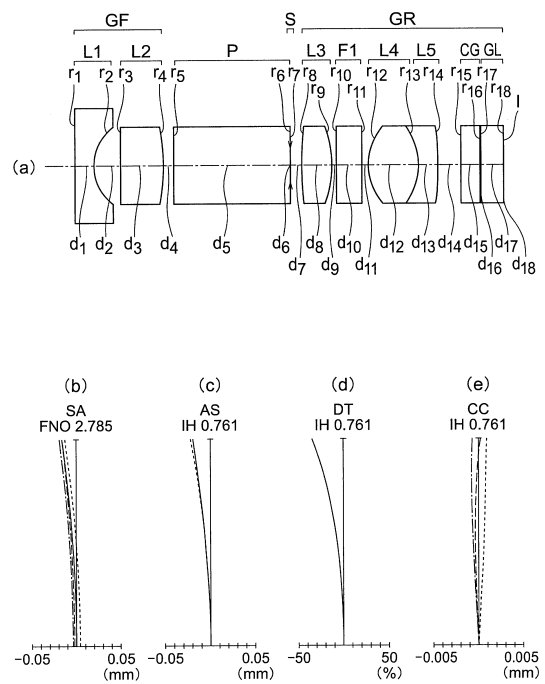
【図 10】



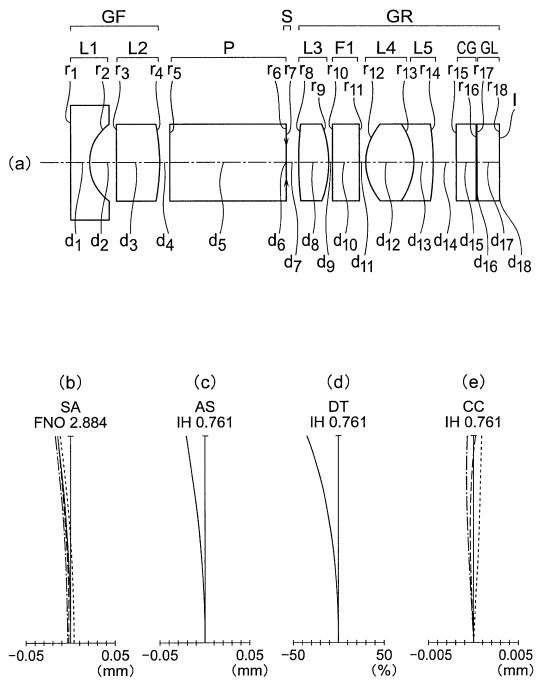
【図 1 1】



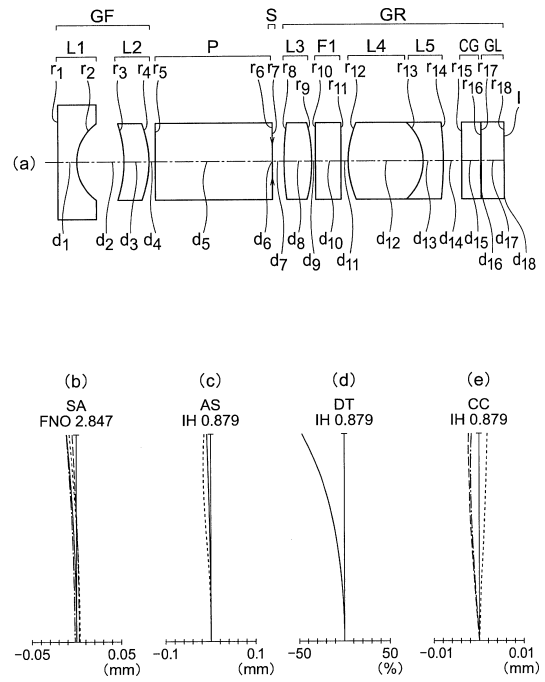
【図 1 2】



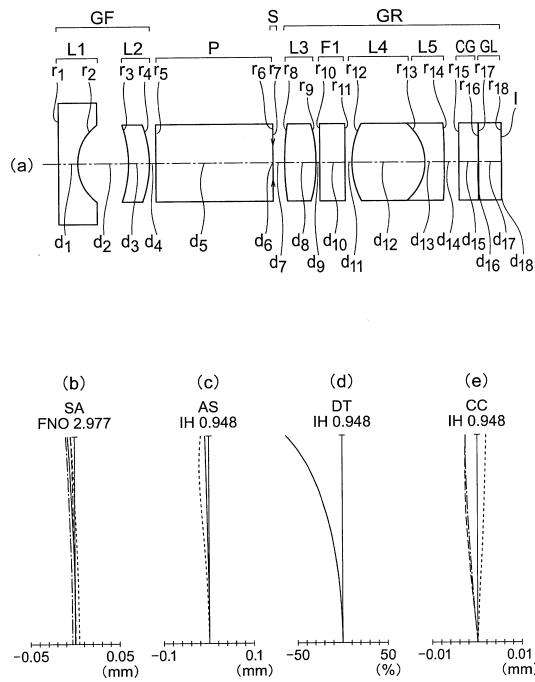
【図 1 3】



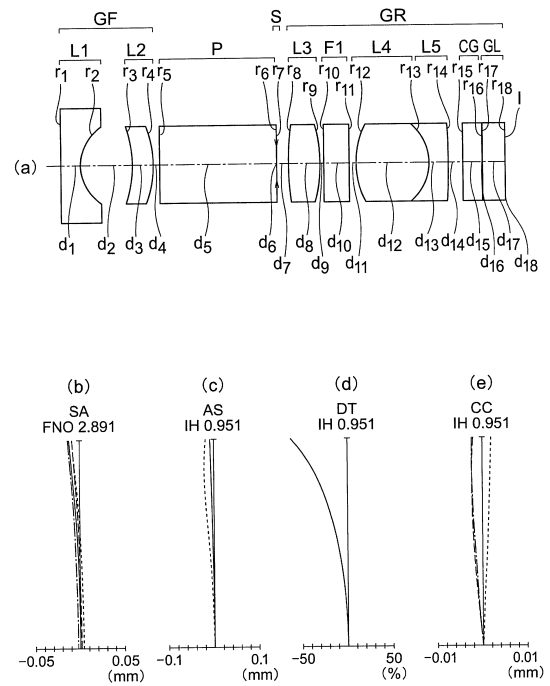
【図 1 4】



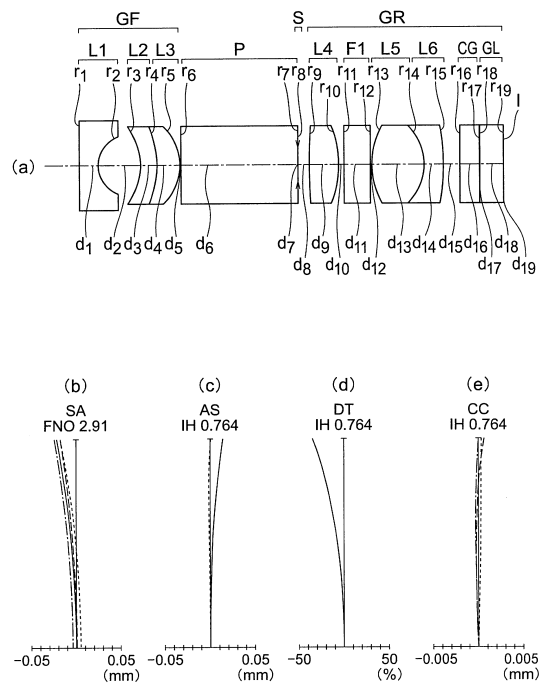
【図 15】



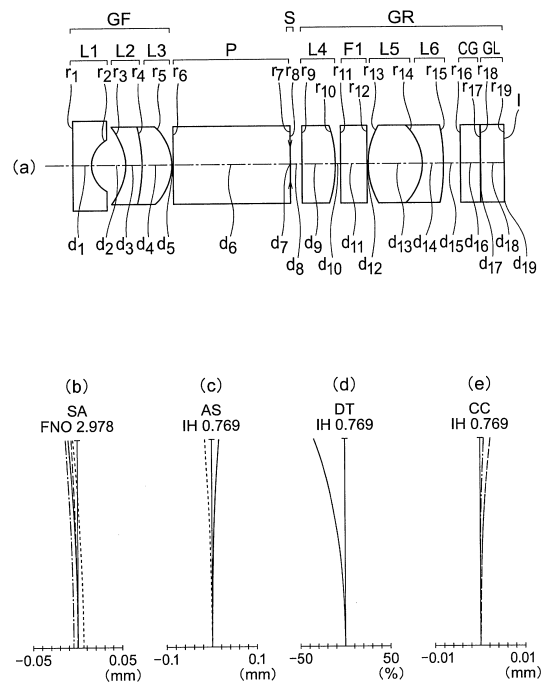
【図 16】



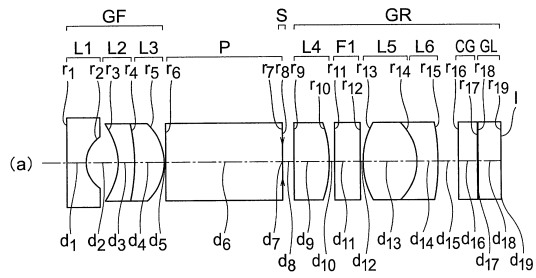
【図 17】



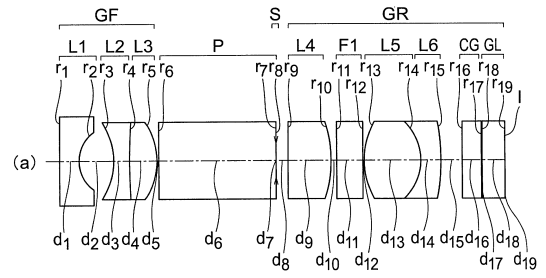
【図 18】



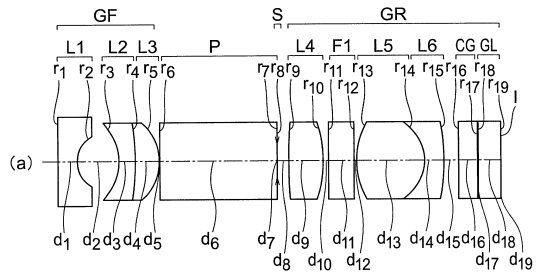
【図 19】



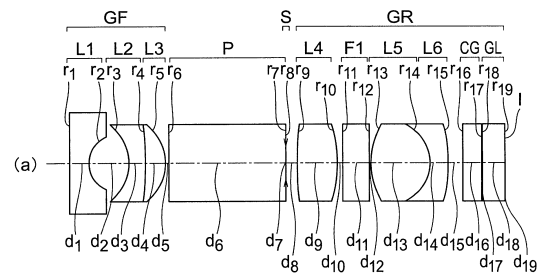
【図 20】



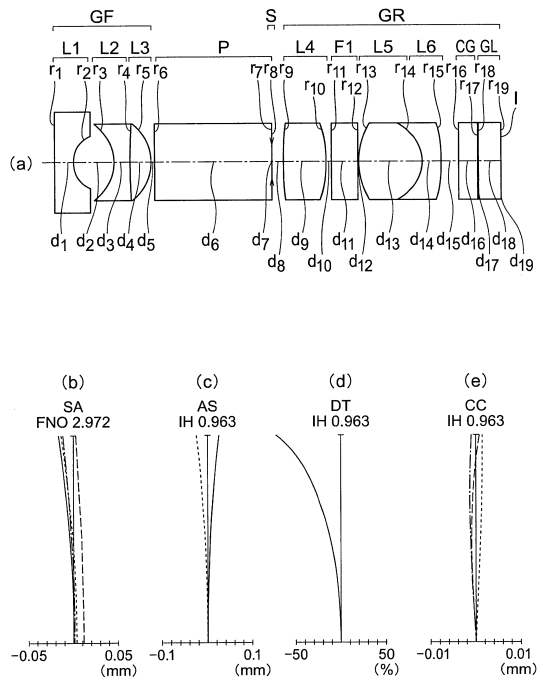
【図 21】



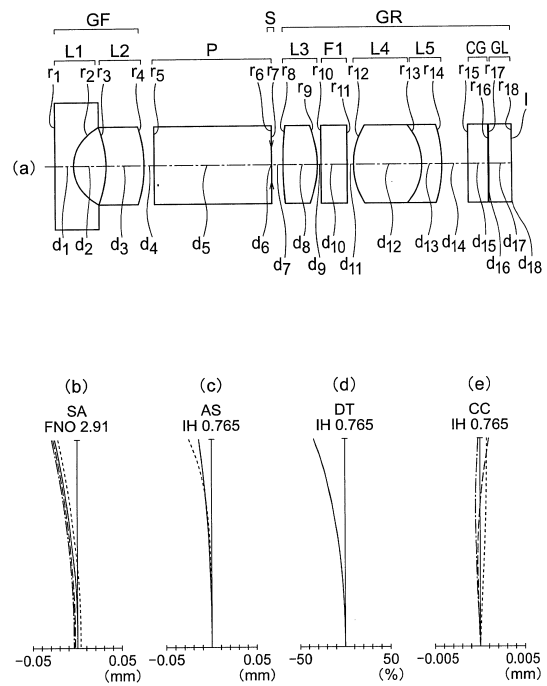
【図 22】



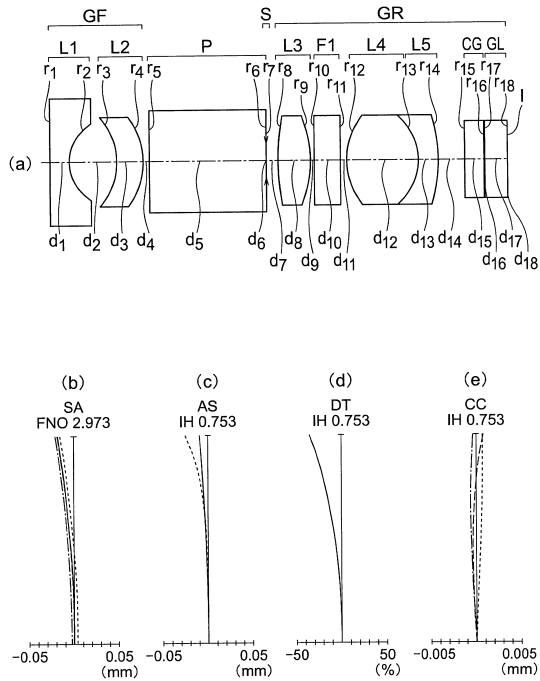
【図 2 3】



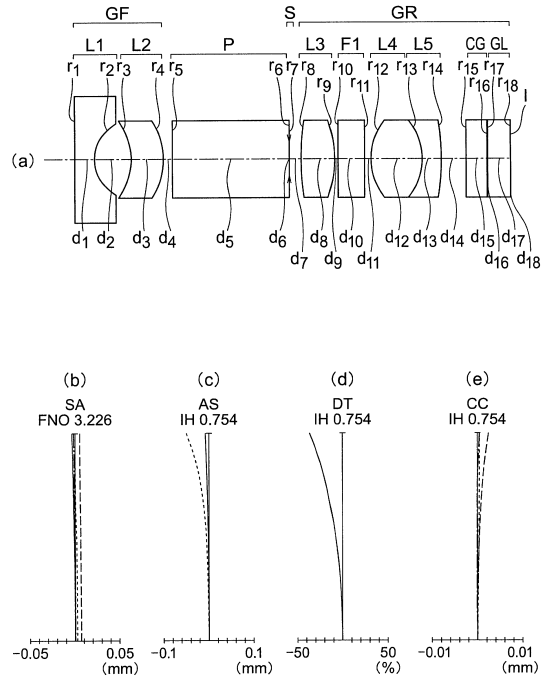
【図 2 4】



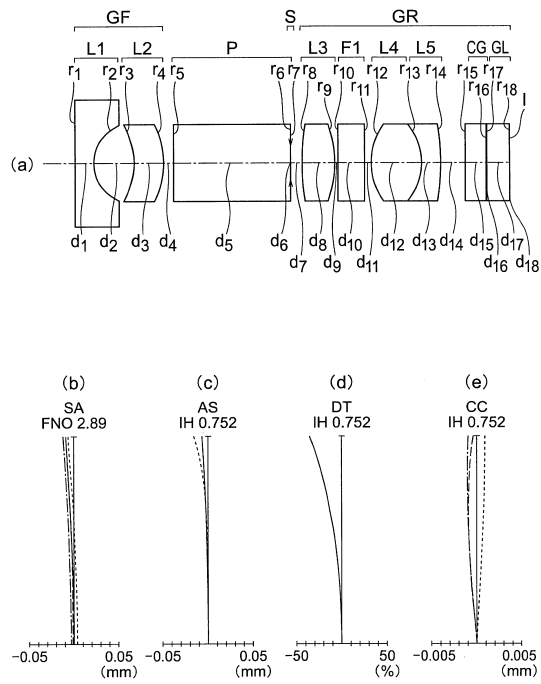
【図 2 5】



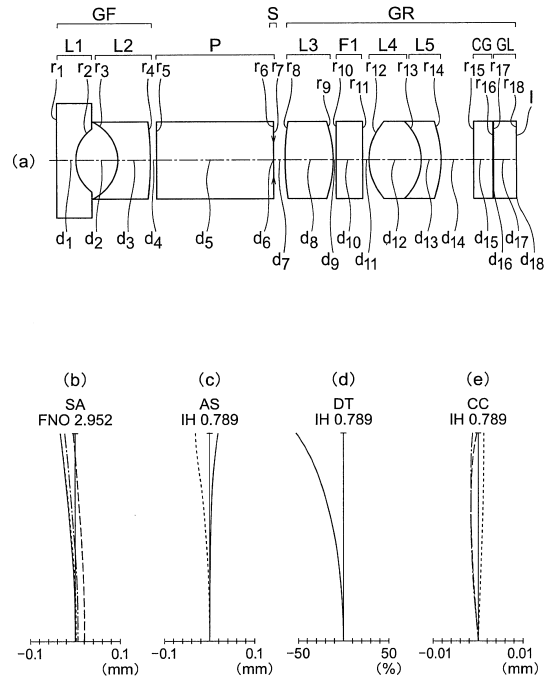
【図 2 6】



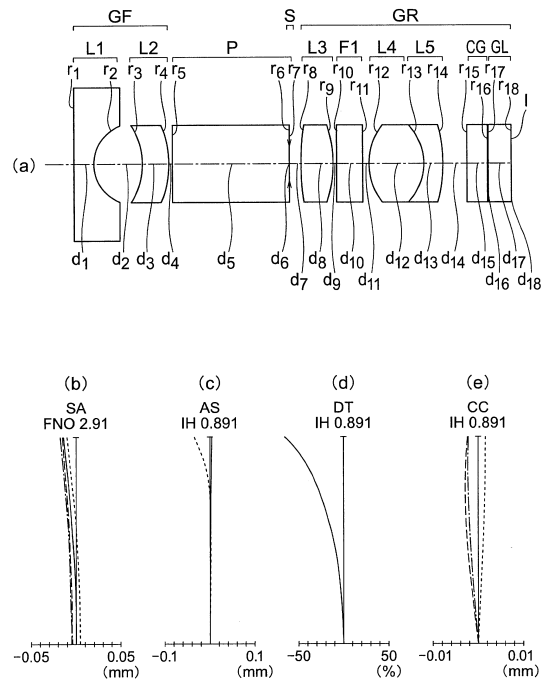
【図 27】



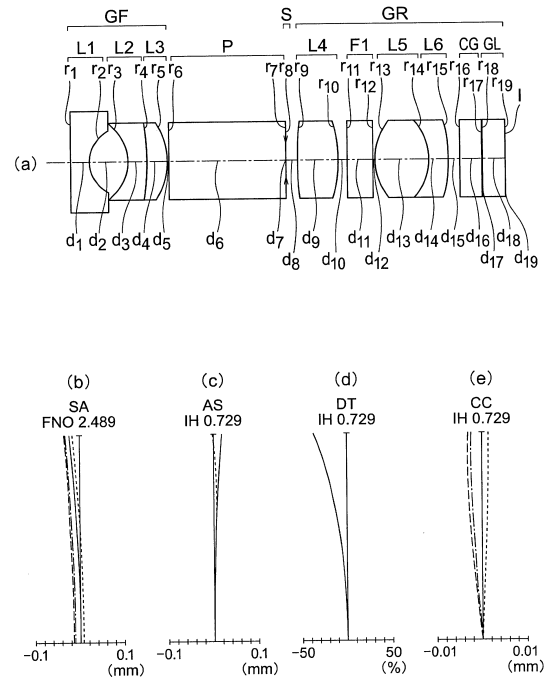
【図 28】



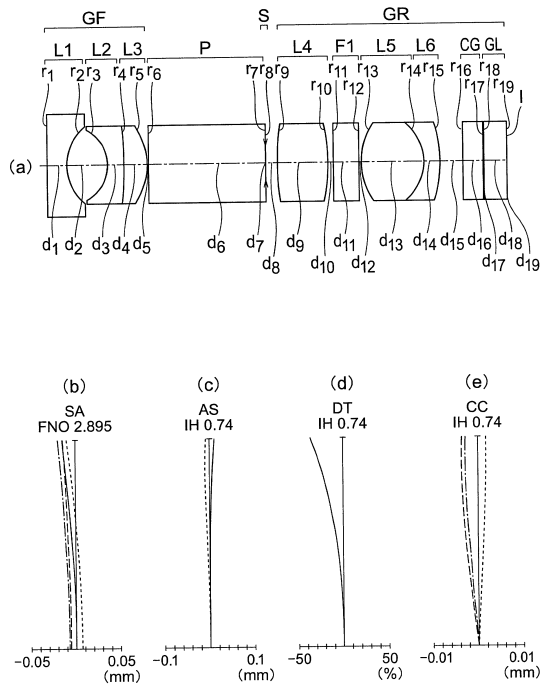
【図 29】



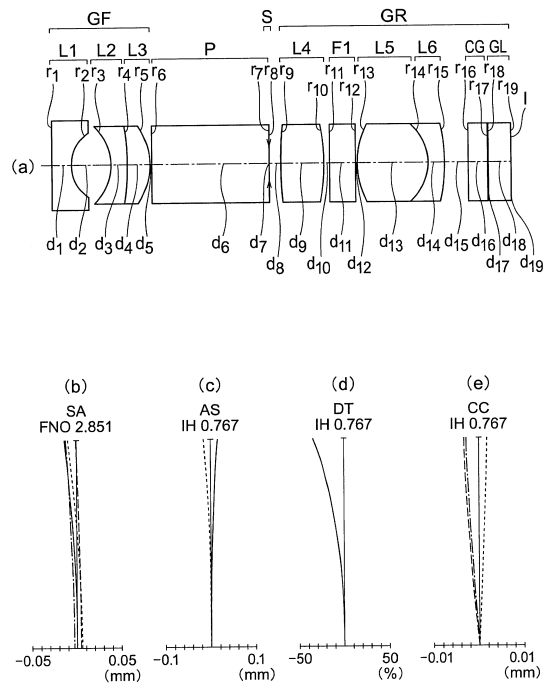
【図 30】



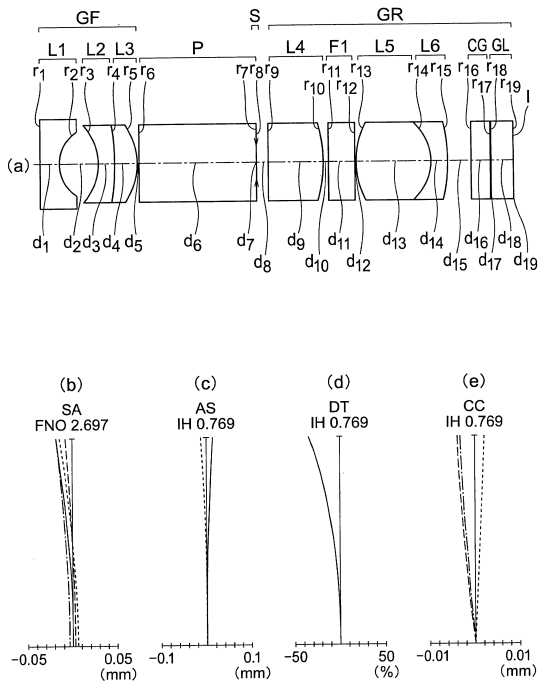
【図 3 1】



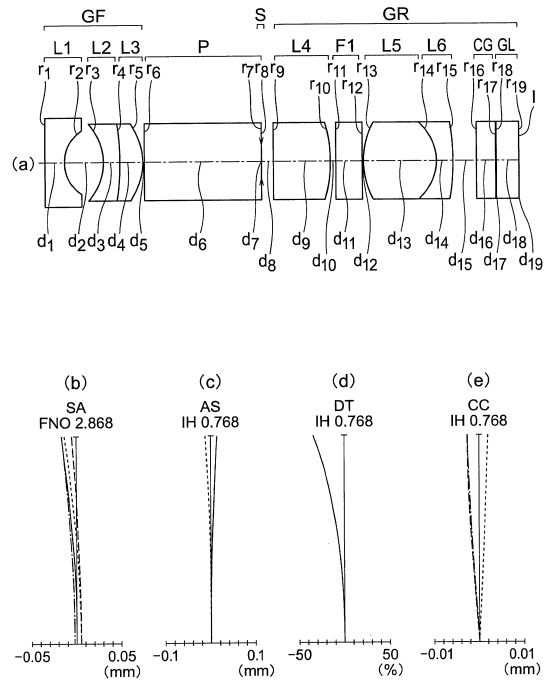
【図 3 2】



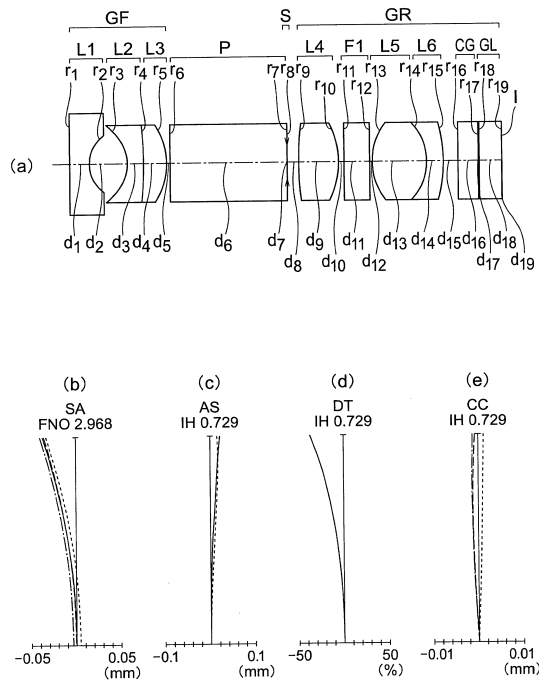
【図 3 3】



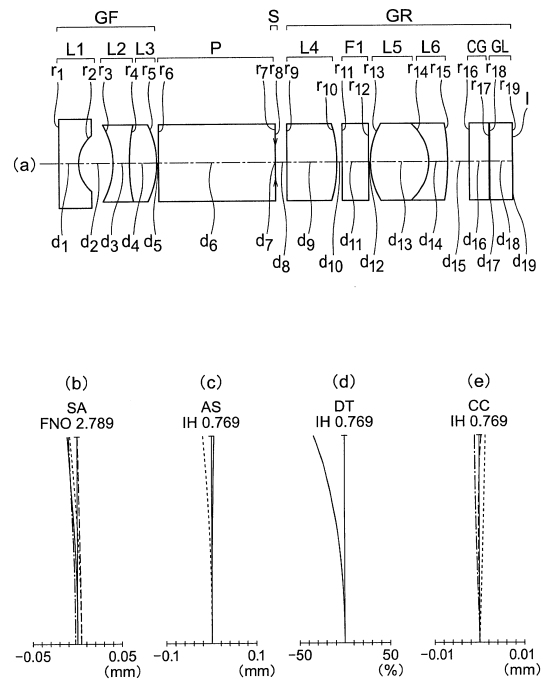
【図 3 4】



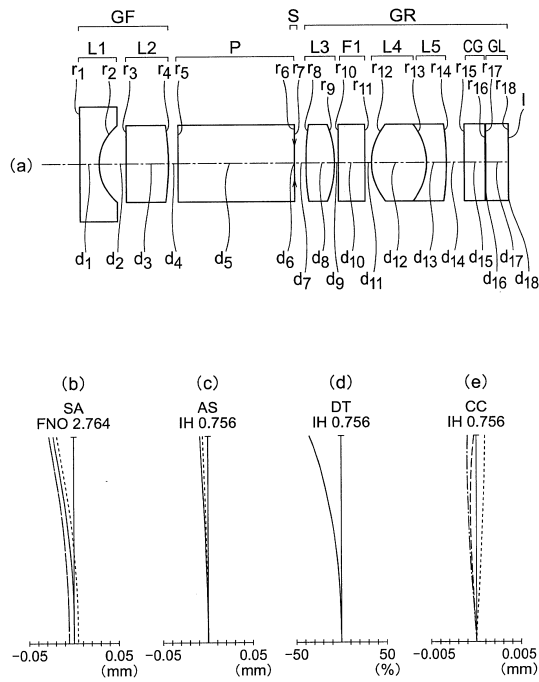
【図 35】



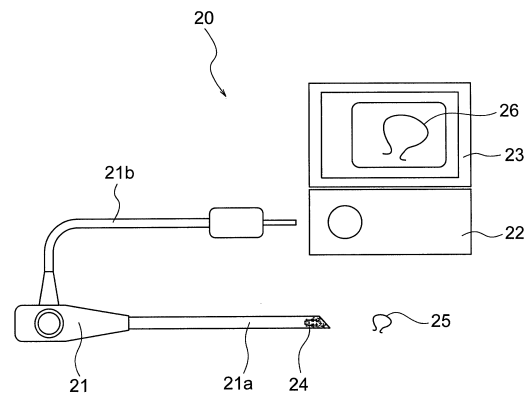
【図 36】



【図 37】



【図 38】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 2010 - 097208 (JP, A)
特開平 09 - 010170 (JP, A)
国際公開第 2011 / 145505 (WO, A1)
国際公開第 2013 / 042456 (WO, A1)
国際公開第 2012 / 008312 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4

专利名称(译)	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	JP6173648B1	公开(公告)日	2017-08-02
申请号	JP2017517129	申请日	2016-10-25
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
当前申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	高杉芳治		
发明人	高杉 芳治		
IPC分类号	G02B13/04 G02B23/26 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00096 A61B1/00177 A61B1/00179 A61B1/00188 G02B23/243 G02B23/2469 A61B1/00174 G02B5/04 G02B23/26 H04N5/2254 H04N2005/2255		
FI分类号	G02B13/04.D G02B23/26.C A61B1/00.731		
代理人(译)	斋藤圭介 平山岩		
审查员(译)	正人Tonooka		
优先权	2015243128 2015-12-14 JP		
其他公开文献	JPWO2017104268A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供一种高性能且紧凑的斜视物镜光学系统以及包括该物镜的斜视内窥镜。斜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GF，光路转换元件P，孔径光阑S和具有正折光力的后透镜组GR。前透镜组GF由第一透镜L1和第二透镜L2构成，后透镜组GR由第三透镜L3和具有正屈光力的胶合透镜CL构成。第一透镜L1由凹面朝向像侧的负透镜构成，第二透镜L2由凸面朝向像侧的单透镜或胶合透镜构成，第三透镜L3由正透镜构成。粘合透镜CL由由双凸透镜构成的正透镜L4和弯月形负透镜L5构成，并且满足以下条件表达式(1)至(3)。1.6

(19) 日本国特許庁(JP)		(12) 特 許 公 報(B1)		(11) 特許番号 特許第6173648号 (P6173648)	
(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)		(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)			
(51) Int. Cl.		F 1			
G 0 2 B 13/04 (2006.01)		G 0 2 B 13/04 D			
G 0 2 B 23/26 (2006.01)		G 0 2 B 23/26 C			
A 6 1 B 1/00 (2006.01)		A 6 1 B 1/00 7 3 1			
請求項の数 9 (全 85 頁)					
(21) 出願番号 特願2017-517129 (P2017-517129)		(73) 特許権者 000000376			
(86) (22) 出願日 平成28年10月25日(2016.10.25)		オリンパス株式会社			
(86) 国際出願番号 PCT/JP2016/081574		東京都八王子市石川町2951番地			
審査請求日 平成29年3月29日(2017.3.29)		(74) 代理人 100123962			
(31) 優先権主張番号 特願2015-243128 (P2015-243128)		弁理士 斎藤 圭介			
(32) 優先日 平成27年12月14日(2015.12.14)		(74) 代理人 100120204			
(33) 優先権主張国 日本国(JP)		弁理士 平山 巖			
早期審査対象出願		(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			
		審査官 殿岡 聖仁			
最終頁に続く					
(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					