

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5558058号
(P5558058)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月13日(2014.6.13)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 13/04 (2006.01)
G02B 23/26 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)G02B 13/04
G02B 23/26
A61B 1/00D
C
300Y

請求項の数 13 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2009-213542 (P2009-213542)
 (22) 出願日 平成21年9月15日 (2009.9.15)
 (65) 公開番号 特開2010-97208 (P2010-97208A)
 (43) 公開日 平成22年4月30日 (2010.4.30)
 審査請求日 平成24年4月10日 (2012.4.10)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-240676 (P2008-240676)
 (32) 優先日 平成20年9月19日 (2008.9.19)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 304050923
 オリンパスメディカルシステムズ株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100076233
 弁理士 伊藤 進
 (72) 発明者 高杉 芳治
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパスメディカルシステムズ株式会社内
 (72) 発明者 秋山 大輔
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパスメディカルシステムズ株式会社内
 審査官 殿岡 雅仁

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】斜視用内視鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

撮像素子と、
 正の屈折力を有する前群レンズ群と、
 前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、
 前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群
 と、からなる対物光学系を具備し、

前記対物光学系の前記前群レンズ群と前記後群レンズ群とのレンズ間隔を d 、前記対物
 光学系の全系の焦点距離を f 、最大像高を IH としたときに、

$(1.1 < d/f < 2.1)$ 、かつ、 $(1.4 < d/IH < 3.0)$ であるこ
 とを特徴とする斜視用内視鏡。

【請求項2】

撮像素子と、
 正の屈折力を有する前群レンズ群と、
 前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、
 前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群
 と、からなる対物光学系を具備し、
 前記対物光学系のレンズ第1面から前記視野方向変換素子の物体側面までのレンズ間隔
 を D_1 、前記視野方向変換素子の像側面から像面までのレンズ間隔を D_2 、前記対物光学
 系の全系の焦点距離を f としたときに、

10

20

(1 . 4 < D 1 / f < 3 . 1)かつ(2 . 0 < D 2 / f < 3 . 9)であることを特徴とする斜視用内視鏡。

【請求項 3】

前記対物光学系のレンズ第1面から前記視野方向変換素子の物体側面までのレンズ間隔をD1、前記視野方向変換素子の像側面から像面までのレンズ間隔をD2としたときに、(0 . 4 < D 1 / D 2 < 1 . 0)であることを特徴とする請求項2に記載の斜視用内視鏡。

【請求項 4】

撮像素子と、

正の屈折力を有する前群レンズ群と、

10

前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、

前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群と、からなる対物光学系を具備し、

前記前群レンズ群の焦点距離をG1f、前記後群レンズ群の焦点距離をG2f、前記対物光学系の全系の焦点距離をfとしたときに、

(1 . 5 < G 1 f / f < 6 . 0)かつ(3 . 0 < G 2 f / f < 6 . 0)であることを特徴とする斜視用内視鏡。

【請求項 5】

前記前群レンズ群の焦点距離をG1f、前記後群レンズ群の焦点距離をG2f、前記対物光学系の全系の焦点距離をfとしたときに、

20

(0 . 3 < G 1 f / G 2 f < 2 . 0)であることを特徴とする請求項4に記載の斜視用内視鏡。

【請求項 6】

撮像素子と、

正の屈折力を有する前群レンズ群と、

前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、

前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群と、からなる対物光学系を具備し、

前記前群レンズ群は、少なくとも負レンズを含む負レンズ群と正レンズを含む正レンズ群とを有し、

30

前記前群レンズ群中の前記負レンズ群の焦点距離をf1、前記前群レンズ群中の前記正レンズ群の焦点距離をf2、前記対物光学系の全系の焦点距離をfとしたときに、

(0 . 5 < | f 1 | / f < 1 . 1)かつ(1 . 3 < f 2 / f < 2 . 8)であることを特徴とする斜視用内視鏡。

【請求項 7】

前記前群レンズ群を有する第1のレンズユニットが配置された第1のレンズユニット枠と、前記後群レンズ群を有する第2のレンズユニットが配置された第2のレンズユニット枠と、を更に具備し、

前記第1のレンズユニットが、前記第2のレンズユニットに対し相対的に偏芯可能であることを特徴とする請求項1、請求項2、請求項4、又は請求項6に記載の斜視用内視鏡。

40

【請求項 8】

前記第1のレンズユニットまたは前記第2のレンズユニットの少なくともいずれかが、他のレンズユニットに対して回転、シフトもしくはチルトのいずれか、またはこれらのいずれかの組み合わせ動作による光学調整が可能であることを特徴とする請求項7に記載の斜視用内視鏡。

【請求項 9】

前記撮像素子を有する第3のレンズユニットが配置された第3のレンズユニット枠と、を更に具備し、

前記第1のレンズユニットと前記第2のレンズユニットと前記第3のレンズユニットの少なくともいずれかが、他のレンズユニットに対し相対的に偏芯可能であることを特徴と

50

する請求項 8 に記載の斜視用内視鏡。

【請求項 10】

前記第 1 のレンズユニットと前記第 2 のレンズユニットと前記第 3 のレンズユニットの少なくともいずれかが、他のレンズユニットに対して回転、シフトもしくはチルトのいずれか、またはこれらのいずれかの組み合わせ動作による光学調整が可能であることを特徴とする請求項 9 に記載の斜視用内視鏡。

【請求項 11】

前記対物光学系よりも前記斜視用内視鏡の基端部側に配置された照明光学系を更に具備することを特徴とする請求項 1、請求項 2、請求項 4、又は請求項 6 に記載の斜視用内視鏡。

10

【請求項 12】

斜視角を 1、照明角を 2 としたときに、
(0° 1 20°) かつ (0° 2 25°) であることを特徴とする請求項 1 に記載の斜視用内視鏡。

【請求項 13】

前記対物光学系の光軸と前記照明光学系の光軸との間隔を L としたときに、
(3 mm L 5 mm) であることを特徴とする請求項 13 または請求項 11 又は請求項 12 に記載の斜視用内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、斜視用内視鏡に関し、特に視野方向変換素子を具備した斜視用内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

内視鏡には視野方向が内視鏡の長手方向とは異なる斜視用内視鏡（以下「斜視内視鏡」ともいい、単に「内視鏡」という場合には斜視内視鏡を意味する。）がある。なお斜視内視鏡には視野方向が内視鏡の長手方向に直交する側視内視鏡と、先端方向に傾けた前方斜視内視鏡と、基端部方向に傾けた後方斜視内視鏡がある。斜視内視鏡の先端部に配設された対物光学系（以下「対物系」という）は、視野方向を内視鏡の長手方向から所定の方向に変換するために、反射作用／屈折作用を有する視野方向変換素子を有している。

30

【0003】

例えば、図 1 および図 2 に示す従来の斜視内視鏡の対物系 102 は平凹レンズである負の第 1 レンズ L1 の直後に視野方向変換素子としてプリズム P を配置している（特開平 7-294806 号公報、特開 2004-226722 号公報）。斜視対物系は直視対物系よりも全長が長く、プリズム P の前側の光線高が上り易いので、プリズム P および第 1 レンズ L1 が大型化しやすい。なお、以下の対物系の説明において「前（front）」は観察する物体側を、「後（rear）」は撮像素子側を意味する。

【0004】

次に図 3 に示すように直視対物系 202 では対物系中に光学フィルター FL1、FL2 を配置することができる（例えば、特開平 10-113329 号公報）。しかし、斜視用対物系 102 では対物系中に光学フィルターを配置すると視野方向変換素子を配置するスペースがなくなってしまうため、光学フィルターを配置することは容易ではなかった。すなわち単にレンズ間隔を長く設定すると対物系 102 の全長が長くなりかつ外径も大きくなってしまう。また従来の光学フィルターを有する直視対物系 202 の構成は斜視内視鏡用としては最適なレンズ構成ではないため、斜視内視鏡の対物系 102 にそのまま使用することはできなかった。

40

【0005】

また、内視鏡には、より太径の鉗子チャンネルを内蔵することが求められている。内視鏡の外径の太径化を防止しながら、これを実現するためには、対物系および照明光学系（

50

以下、「照明系」ともいう) 3 (図7参照)の小型化が必要である。

【0006】

また、後方斜視内視鏡の場合、処置性向上のために、視野中心方向を示す斜視角(1:図14参照)が15°と大きい光学仕様、または、視野範囲を示す画角は100°を超える広角化した光学仕様が求められることがある。しかし前記光学仕様では、ノズル4、内視鏡の先端フードまたは鉗子起上台6等が視野内に入ることにより、視野の一部が欠ける、いわゆる視野けられが発生しやすい(図12参照)。視野けられの発生防止には、鉗子起上台6などと対物系との設置間隔を長くすることが効果的ではあるが、先端部が大型化し内視鏡の挿入性および操作性などに悪影響が出てくる。このため視野けられの発生を防止しつつ先端部5の大型化も防止するためには、特に対物系2の第1レンズL1の光線高を下げて、レンズ径を小さくすることが必要である。10

【0007】

また、図4に示すように、斜視用内視鏡の対物系102では、プリズムPより後方の撮像素子であるCCD20側のレンズユニット枠(以下、「レンズ枠」ともいう。)の強度を確保するためには、ある程度の厚い枠厚が必要である。なお、以下、長手方向断面図とは内視鏡の長手方向または光軸に平行な方向または光軸に沿った方向の断面模式図であり、これに対して長手垂直方向断面図とは長手方向等と直交する方向の断面模式図である。

【0008】

ここで従来の撮像素子では撮像素子および対物系102が大きいため、レンズおよびプリズムPの大きさは主に光線高との関係にもとづいて決めれば、レンズユニット枠の設計においても問題はなかった。しかし撮像素子の小型化および高画素化をはかりつつ内視鏡の細径化を実現するためには、対物系の小径化が必要である。しかし対物系を小径化するとレンズユニット枠の強度を確保できない。レンズユニット枠の強度を確保するためにはレンズユニット枠の設計において第1レンズL1とプリズムPと間のレンズ間隔を長くすることが要求されるため、この結果、プリズムPおよび第1レンズL1が大型化してしまう。すると、レンズおよびプリズムPの光線高が上ってしまうため、鉗子起上台6等による視野けられが発生しやすい。20

【0009】

また、図5に示すように斜視内視鏡101のCCD20の直前にプリズムPを設けて光軸を折り曲げる対物系102を配置したり(特開平8-76028号公報)、図6および図7に示すように、プリズムPを使わずに直視対物系202を傾けて配置したりする(特開2005-287851号公報、特開平5-113541号公報)ことも可能である。しかし斜視内視鏡は対物系および撮像素子周りの構造を含めた撮像系全長が長いため、先端部5の細径化は容易ではなかった。30

【0010】

なお、図7においては後述する照明系3を構成するライトガイドLGおよび凹レンズである照明レンズCLも図示している。また以下、位置等を説明する図においては、対物系を第1レンズL1のみで、照明系3を凹レンズCLのみで示すことがある。そして特に記載がない図は長手方向断面図であり、先端部方向を矢印(DE)で、基端部方向を矢印(PE)で示す。また照明系および対物系をまとめて光学系ということがある。40

【0011】

以上の説明のように先端部5の細径化には対物系全長を短くしなければならない。しかし全長の短い対物系は、レンズ構成枚数が少ないために光学性能が低下したり、色調および画質補正用の光学フィルターの配置スペースが確保できなったりするために、撮像素子の小型化および高画素化に対して光学性能的に十分に対応することは容易ではなかった。

【0012】

更に、斜視内視鏡の対物系ではプリズムPを有するため、レンズの偏芯の影響だけでなく、プリズムPの光路長または角度ばらつきの影響、およびレンズユニット枠への組み付け時のばらつきの影響を受けて偏角等が発生しやすい。そのため、斜視対物系では直視対物系とは異なり組立時に偏角等の光学調整をおこなう必要がある。50

【0013】

通常、斜視用内視鏡でよく用いられる対物系のレンズ構成は、上述のようにプリズムPの前側に負レンズである第1レンズL1を配置している。このレンズ構成では、図9に示すように、第1レンズL1と第1レンズL1を保持するレンズ枠Fとの間に調整用の隙間を設け、この隙間内で第1レンズL1を光軸Z1に垂直な方向に移動させて偏角等の光学調整、すなわち偏芯調整をおこなう。

【0014】

そして、光学調整後に調整用の隙間に接着剤を充填して第1レンズL1をレンズ枠Fに固定する。しかし、外部環境の熱の影響または内視鏡消毒時の薬液の影響等により、第1レンズL1と接着剤との間で剥離が生じることがある。剥離が発生すると剥離部分から外部の湿気が浸入して、レンズ内面に水蒸気が結露して曇ることで観察画像が見えにくい。前記結露改善のために調整用の隙間をなくすと光学調整ができないので対物系2の性能ばらつきが大きい。

10

【0015】

対物系の性能ばらつきを小さくするためには、レンズおよびレンズ枠F等の光学部品の加工精度を高精度化する必要があるが、高精度部品の量産は容易ではない。また調整用の隙間がないと組立作業が難しい。更に、撮像素子の小型化および高画素化に対応して高性能化した光学性能の部品のばらつきを低減するためには、加工精度は更に高精度が要求される。また、負レンズである第1レンズL1は他のレンズと比べて屈折力（パワー）が強く、微調整がしにくい。

20

【0016】

また、第1レンズL1を偏芯調整することで他の光学性能の大幅な劣化を生じることもある。特に斜視対物系の場合、視野けられの発生を防ぐために、視野方向のばらつきが小さく一定範囲内になるように偏芯調整すると、それにより「片ぼけ」が生じてしまうことがある。逆に片ぼけを防ぐように調整すると、視野方向のばらつきが大きくなり画角のばらつきおよび視野けられが発生しやすい。

【0017】

また、対物系の第1レンズL1が大型化すると、対物系と照明系との間隔が長くので、照明系が観察視野周辺部まで明るく均一に照明することが難しい。特に近接観察時には照明系が観察視野内を十分に照明できずに視野周辺部が暗くなってしまう。

30

【0018】

更に、観察能向上のために観察視野、すなわち対物系の画角を広角化した場合には、照明系が視野範囲内を十分に照明することができます難しくなるので、観察視野周辺部が暗くなってしまうことがある。

【0019】

ここで従来の斜視内視鏡101の先端部は、図7または図8に示すような構成になっている。そして観察深度範囲内で視野の全範囲をバランス良く照明するための先端部5における光学部品等のレイアウトに関しては例えば特開2005-287851号公報および特開平5-113541号公報に記載されている。

【0020】

しかし、先端DE側から照明系3、対物系102の順に配置した従来の斜視内視鏡101では、図10に示すように、照明系3の照明角 θ_2 を対物系102の斜視角 θ_1 以上にしなければ、視野範囲内を全体にわたってバランス良く照明することができない。特に近接観察時には、図10においてUPで示す画面（視野）の上側方向が照明しにくくなってしまう。このように従来の斜視内視鏡101では配光が悪くなり画面の周辺部が暗くなってしまうことがある。近接観察時の配光を良くするには、対物系102と照明系3との間隔を狭くすることが必要であるが、レンズユニット枠の構造により、その実現は難しい。斜視角 θ_1 を 15° のように大きくする場合および、観察視野を画角 $110^\circ \sim 120^\circ$ と広角化した場合には、視野内を良好に照明することは更に難しい。

40

50

【0021】

また、特に後方斜視内視鏡では、視野方向近くにノズル4および鉗子起上台6が配置されるので、構造的に視野けられが発生しやすく、斜視角1を大きくしたり観察範囲を広角化したりすると、更に視野けられが発生しやすい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0022】

【特許文献1】特開平7-294806号公報

【特許文献2】特開2004-226722号公報

【特許文献3】特開平10-113329号公報

10

【特許文献4】特開平8-76028号公報

【特許文献5】特開2005-287851号公報

【特許文献6】特開平5-113541号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0023】

本発明は、対物系が小径化した斜視用内視鏡を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0024】

上記目的を達成すべく、本発明の実施形態の斜視用内視鏡は、撮像素子と、正の屈折力(パワー)を有する前群レンズ群と、前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力(パワー)を有する後群レンズ群と、からなる対物光学系を具備し、前記対物光学系の前記前群レンズ群と前記後群レンズ群とのレンズ間隔をd、前記対物光学系の全系の焦点距離をf、最大像高をIHとしたときに、 $(1.1 < d/f < 2.1)$ 、かつ、 $(1.4 < d/IH < 3.0)$ である。

20

また別の実施形態の斜視用内視鏡は、撮像素子と、正の屈折力を有する前群レンズ群と、前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群と、からなる対物光学系を具備し、前記対物光学系のレンズ第1面から前記視野方向変換素子の物体側面までのレンズ間隔をD1、前記視野方向変換素子の像側面から像面までのレンズ間隔をD2、前記対物光学系の全系の焦点距離をfとしたときに、 $(1.4 < D1/f < 3.1)$ かつ $(2.0 < D2/f < 3.9)$ である。

30

別の実施形態の斜視用内視鏡は、撮像素子と、正の屈折力を有する前群レンズ群と、前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群と、からなる対物光学系を具備し、前記前群レンズ群の焦点距離をG1f、前記後群レンズ群の焦点距離をG2f、前記対物光学系の全系の焦点距離をfとしたときに、 $(1.5 < G1f/f < 6.0)$ かつ $(3.0 < G2f/f < 6.0)$ である。

40

別の実施形態の斜視用内視鏡は、撮像素子と、正の屈折力を有する前群レンズ群と、前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子と、前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群と、からなる対物光学系を具備し、前記前群レンズ群は、少なくとも負レンズを含む負レンズ群と正レンズを含む正レンズ群とを有し、前記前群レンズ群中の前記負レンズ群の焦点距離をf1、前記前群レンズ群中の前記正レンズ群の焦点距離をf2、前記対物光学系の全系の焦点距離をfとしたときに、 $(0.5 < |f1|/f < 1.1)$ かつ $(1.3 < f2/f < 2.8)$ である。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、対物系が小径化した斜視用内視鏡を提供することができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】従来の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図2】従来の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図3】従来の内視鏡の直視対物系の光学構成を示す図である。

【図4】従来の側視内視鏡の対物系の一構造例を示す長手方向断面図である。

【図5】撮像素子の直前にプリズムを配置して光軸を折り曲げるよう構成した従来の側視内視鏡の対物系を示す長手垂直方向断面図である。

【図6】直視光学系を傾けて配置した従来の側視内視鏡を示す長手垂直方向断面図である。

【図7】従来の斜視内視鏡の対物系および照明系の光学配置を示す図である。

【図8】従来の斜視内視鏡の対物系および照明系の光学配置を示す図である。

【図9】従来の内視鏡における対物系の第1レンズのレンズ枠内における光学調整を示す説明図である。

【図10】従来の斜視内視鏡の対物系の視野範囲と照明系の照明範囲との関係を示す説明図である。

【図11】本発明の実施例1の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図12】本発明の斜視内視鏡の先端部の上面模式図である。

【図13】本発明の斜視内視鏡の対物系の視野範囲と照明系の照明範囲との関係を示す説明図である。

【図14】本発明の斜視内視鏡の対物系の視野方向と照明系の照明方向との関係を示す説明図である。

【図15】本発明の斜視内視鏡の対物系の視野方向と照明系の照明方向との関係を示す説明図である。

【図16】照明レンズをライトガイド等の照明光源に対してシフトする場合の説明図である。

【図17】照明レンズをライトガイド等の照明光源に対してチルトする場合の説明図である。

【図18】実施例1の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図19】実施例1を後方斜視光学系として構成した場合の配置図である。

【図20】実施例1を前方斜視光学系として構成した場合の配置図である。

【図21】実施例2の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図22】実施例2の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図23】実施例3の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図24】実施例3の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図25】実施例4の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図26】実施例4の斜視内視鏡の対物系の具体的な配置図である。

【図27】実施例4の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図28】実施例5の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図29】実施例5の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図30】実施例6の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図31】実施例6の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図32】実施例7の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図33】実施例7の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図34】実施例8の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図35】実施例8の斜視内視鏡の対物系を側視光学系として構成した場合の配置図である。

【図36】実施例8の斜視内視鏡の対物系を後方斜視光学系として構成した場合の配置図である。

【図37】実施例8の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

10

20

30

40

50

【図38】実施例9の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図39】実施例9の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図40】実施例10の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図41】実施例10の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図42】実施例11の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図43】実施例11の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図44】実施例12の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図45】実施例12の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図46】実施例13の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図47】は実施例13の斜視内視鏡の対物系の収差図である。 10

【図48】各実施例における各条件式の値を示した表である。

【図49】前群レンズ群を一体化した光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図50】視野方向変換素子と後群レンズ群とを一体化した後群レンズユニットと、前群レンズユニットとを組み合わせた光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図51】前群レンズユニットと後群レンズユニットの固定方法を示す光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図52】前群レンズユニットを後群レンズユニットに対しておこなうシフト調整を説明するための光軸に沿う断面構造を説明する図である。 20

【図53】前群レンズユニットを後群レンズユニットに対しておこなうチルト調整を説明するための光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図54】前群レンズユニットを後群レンズユニットに対しておこなうチルト調整の具体例を示す光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図55】前群レンズユニットに対して、後群レンズユニットをシフトまたは回転させて調整をおこなう場合の光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図56】本発明の斜視内視鏡の対物系と照明系の配置を示す説明図である。

【図57】本発明の斜視内視鏡の対物系と照明系の配置を示す説明図である。

【図58】本発明の斜視内視鏡の照明系の構成例を示す説明図である。

【図59】本発明の斜視内視鏡の照明系の構成例を示す説明図である。

【図60】実施例21の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図61】実施例21の斜視内視鏡の対物系の収差図である。 30

【図62】実施例22の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図63】実施例22の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図64】実施例23の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図65】実施例23の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図66】実施例24の斜視内視鏡の対物系の光学構成を示す図である。

【図67】実施例24の斜視内視鏡の対物系の収差図である。

【図68】第3レンズユニットのシフト調整を説明するための光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図69】第3レンズユニットのチルト調整を説明するための光軸に沿う断面構造を説明する図である。 40

【図70】第3レンズユニットのチルト調整を説明するための光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図71】は第3レンズユニットの光軸に沿う断面構造を説明する図である。

【図72】各実施例における各条件式の値を示した表である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下、本発明の実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。図11は本発明にかかる斜視用内視鏡1の対物光学系2の一例を示す。対物系2は、物体10側(前側)から順に配置された、正の屈折力(パワー)を有する前群レンズ群G1と、視野方向変換素子であるプリズムPと、正の屈折力(パワー)を有する後群レンズ群G2とを具 50

備する。対物系 2 は正の屈折力を有する前群レンズ群 G 1 と正の屈折力を有する後群レンズ群 G 2 との間にプリズム P を配置することにより、プリズム P の前側にあるレンズの間隔をより長く設定することができる。このため対物系 2 は撮像素子である C C D 2 0 の小型化に対応してレンズが小型になっても、十分な強度を有するレンズ枠が可能となる。なお視野方向変換素子としてミラーを用いてもよい。またレンズ群は 1 個のレンズにより構成されていてもよい。

【 0 0 2 8 】

更に、従来の対物系ではプリズム P の後側（撮像素子側）に配置される明るさ絞り（以下「絞り」ともいう。）S を、対物系 2 ではプリズム P の前側に配置している。このため対物系 2 は、第 1 レンズ L 1 から絞り S までの距離を従来の対物系よりも短くすることができる、前群レンズ群 G 1 の光線高を下げるため、レンズ外径を小さくすることができる。

【 0 0 2 9 】

更に、本発明の対物系 2 は、下記の条件式（1）および（2）を満足するように構成されている。

$$1.1 < d / f < 2.1 \quad (1)$$

$$1.4 < d / IH < 3.0 \quad (2)$$

ただし、d は前群レンズ群 G 1 と後群レンズ群 G 2 とのレンズ間隔、f は全系（全対物光学系）の焦点距離、IH は最大像高を示す。例えば、図 11 においては、 $d = d_6 + d_7 + d_8 / n_8 + d_9$ である。

【 0 0 3 0 】

上記条件式（1）および（2）は、プリズム P を組み込むために必要な前群レンズ群 G 1 と後群レンズ群 G 2 との間のレンズ間隔を規定しており、条件式（1）は対物系 2 の全系の焦点距離に対するものであり、条件式（2）は像高に対するものである。レンズ間隔 d は空気換算長で示し、媒質の屈折率としては e 線（波長 546.07 nm）に対する数値を用いる。

【 0 0 3 1 】

上記各条件式の下限値以下では、対物系 2 に必要な大きさの視野方向変換素子が配置できないし、視野方向変換素子そのものが作成できない。また、上記各条件式の上限値以上では、前群レンズ群 G 1 と後群レンズ群 G 2 が離れすぎて対物系全体が長く、また各レンズの径も大きく、先端部 5 が太いため好ましくない。

【 0 0 3 2 】

プリズム P の入射側および出射側の大きさ、すなわち外形の寸法は通過する光線の光線高によって決まるが、通常は最大像高と同等以下である。プリズム P は、光軸を折り曲げたときに、入射側および出射側の必要な大きさが確保できなければならない。実際には、加工および組立などのばらつきを考慮して、プリズム P の外径は光線高よりも余裕を持って大きくしておく。対物系 2 の焦点距離および像高によって、対物系 2 の光線高が変わり、必要なプリズム P の光路長も影響を受けるので、上記条件式（1）および（2）を満たすことが好ましい。

【 0 0 3 3 】

なお、更なる広角化および撮像素子の更なる小型化に対応するためには、対物系 2 は下記条件式（1A）および（2A）を満足することが、より好ましい。

$$1.2 < d / f < 2.0 \quad (1A)$$

$$1.5 < d / IH < 2.7 \quad (2A)$$

【 0 0 3 4 】

また、本発明のように対物系 2 の中間部にプリズム P を配置して光軸 Z 1 を折り曲げた場合、プリズム P の配置が重要である。特に、プリズム P の前側のレンズ間隔は、プリズム P の外径寸法および先端部 5 の外径に大きく影響するために、レンズ間隔の最適化が必要である。そのために、下記の条件式（3）および（4）を満足することが好ましい。

$$1.4 < D_1 / f < 3.1 \quad (3)$$

$$2.0 < D_2 / f < 3.9 \quad (4)$$

10

20

30

40

50

【0035】

ただし、D1は対物系2のレンズ第1面からプリズムPの物体側面までのレンズ間隔、D2はプリズムPの像側面から像面までのレンズ間隔、fは対物系2の全系の焦点距離であり、D1、D2は空気換算長である。

【0036】

条件式(3)および(4)は、それぞれプリズムPの前側レンズ間隔と後側レンズ間隔を規定した式であり、各レンズ群のレンズ間隔の構成バランスを規定している。条件式(3)の下限値以下では、前群レンズ群G1およびレンズユニット枠を作成することができない。また、条件式(3)の上限値以上では、前群レンズ群G1が大きくなつて対物系2が大型化し、内視鏡外径が太い。条件式(4)の下限値以下では、後側レンズ間隔が短く、レンズ厚が薄くなりレンズの加工および組立が難しく、更に組立時のピント調整に要する間隔が不足する。また、条件式(4)の上限値以上では、後群レンズ群G2が長いため、先端部5の硬質部分の長さが長く内視鏡1の操作性が悪くなる。

10

【0037】

なお、更なる広角化および撮像素子の小型化への対応を考えると、対物系2は下記の条件式(3A)および(4A)を満足することが好ましい。

$$1.6 < D1/f < 2.8 \quad (3A)$$

$$2.3 < D2/f < 3.6 \quad (4A)$$

【0038】

更に、この場合の各レンズ間隔D1およびD2のバランスとしては、対物系2は下記の条件式(5)の範囲になるのが好ましい。

$$0.4 < D1/D2 < 1.0 \quad (5)$$

20

【0039】

条件式(5)の下限値以下では、前群レンズ群G1を小型化することはできるが、前群レンズ群G1のレンズ間隔が短く、強度のあるレンズユニット枠の作成が難しい。条件式(5)の上限値以上では、前群レンズ群G1が大型化し、先端部5が太い。

【0040】

そして本発明の対物系2は、視野方向変換素子であるプリズムPを介した、前群レンズ群G1の正レンズ群と後群レンズ群G2の正レンズ群とを有する。また、前群レンズ群G1の正レンズ群は、負レンズと正レンズとを含んでいるため屈折力配分が良好であり、収差補正上効果的である。また、対物系2は、前群レンズ群G1が複数のレンズを有するため、プリズムPの前側のレンズ間隔を適度に長くすることができるほか、後群レンズ群G2のレンズ枚数を少なくすることができる。絞りSは、前群レンズ群G1の正レンズ群内に配置され、特に、前群レンズ群G1の後側または前群レンズ群G1を構成する第1レンズL1である負レンズと第2レンズL2である正レンズとの間に配置される。

30

【0041】

上記配置の対物系2は、プリズムPの前側の前群レンズ群G1のレンズ間隔は従来の対物系よりも長いが、前群レンズ群G1の第1レンズL1から絞りSまでの間隔は、プリズムPの後側に絞りを配置する従来の対物系よりも短い。そのため、対物系2では、プリズムP以降のレンズ外径は光線高が少し上がるが前群レンズ群が光線高を下げるため、外径が小さい。対物系2は、先端DE側のレンズ外径が小さいので、先端部5における対物系2の配置の自由度が増すために、鉗子起上台6による視野けられを低減したり、対物系2と照明系3との配置距離を近づけることにより近接観察時の照明むらを低減したりすることができる。

40

【0042】

なお、対物系2の後群レンズ群G2は、正レンズと負レンズを貼り合わせた接合レンズで構成すると、色収差補正上、効果的である。

【0043】

また、対物系2の前群レンズ群G1と後群レンズ群G2は、下記の条件式(6)および(7)を満足することが好ましい。

50

$$\begin{array}{ll} 1.5 < G_1 f / f < 6.0 & (6) \\ 3.0 < G_2 f / f < 6.0 & (7) \end{array}$$

【0044】

ただし、 $G_1 f$ は前群レンズ群 G_1 の焦点距離、 $G_2 f$ は後群レンズ群 G_2 の焦点距離、 f は対物系 2 の全系の焦点距離である。

【0045】

条件式 (6) および (7) は、光路長の大きなプリズム P を介して配置される前群レンズ群 G_1 と後群レンズ群 G_2 との屈折力構成に関し、条件式 (6) は前群レンズ群 G_1 、条件式 (7) は後群レンズ群 G_2 に関するものである。条件式 (6) の下限値以下では、前群レンズ群 G_1 の屈折力が強くなりすぎて、球面収差およびコマ収差などが補正しにくい。また、バックフォーカスが短くなって、十分なピント調整量が確保できない。また、条件式 (6) の上限値以上では、前群レンズ群 G_1 のレンズ外径が大きく先端部 5 が太い。また、バックフォーカスが長いため対物系全体が大型化する。条件式 (7) の下限値以下では、後群レンズ群 G_2 の屈折力が強く球面収差およびコマ収差などが補正しにくい。またバックフォーカスが短く十分なピント調整量が確保できない。また、条件式 (7) の上限値以上では、後群レンズ群 G_2 のレンズ外径の大型化およびバックフォーカスの長尺化により、対物系全体が大型化する。

【0046】

この場合、更に、対物系 2 は下記の条件式 (8) を満足することが好ましい。

$$0.3 < G_1 f / G_2 f < 2.0 \quad (8)$$

【0047】

条件式 (8) は、前群レンズ群 G_1 と後群レンズ群 G_2 の屈折力配分に関して更に規定するものである。条件式 (8) の下限値以下では、前群レンズ群 G_1 の屈折力が強く球面収差およびコマ収差などが補正しにくい。また、バックフォーカスが短く十分なピント調整量が確保できない。また、前記上限値以上では、前群レンズ群 G_1 のレンズ外径が大きく先端部 5 が太い。また、バックフォーカスが長く対物系 2 全体が大型化する。

【0048】

また、対物系 2 の前群レンズ群 G_1 に配置される負レンズ群と正レンズ群は、下記の条件式 (9) および (10) を満足することが好ましい。

$$0.5 < |f_1| / f < 1.1 \quad (9)$$

$$1.3 < f_2 / f < 2.8 \quad (10)$$

【0049】

ただし、 f_1 は前群レンズ群 G_1 中の負レンズ群の焦点距離、 f_2 は前群レンズ群 G_1 中の正レンズ群の焦点距離、 f は対物系 2 の全系の焦点距離である。

【0050】

条件式 (9) の下限値以下では、負レンズ群の屈折力が強く収差補正がしにくい。更に、曲率半径が小さくレンズ加工性が悪い。また、条件式 (9) の上限値以上では、負レンズ群の屈折力が弱くレンズ外径が大型化し、更に他のレンズとの間隔が広がるため、内視鏡 1 が大型化する。条件式 (10) の下限値以下では、正レンズ群の屈折力が強く球面収差およびコマ収差が大きい。また、各レンズの屈折力が強くレンズ加工性が悪い。また、条件式 (10) の上限値以上では、正レンズ群の屈折力が弱く視野方向変換素子および後群レンズ群 G_2 の外径が大きくなったり、後群レンズ群 G_2 のレンズ間隔が長くなったりして、先端部 5 が大型化する。更に、球面収差およびコマ収差が補正しづらい。

【0051】

なお、更なる広角化および撮像素子の小型化への対応を考えると、対物系 2 は下記の条件式 (9A) および (10A) を満足すると更に好ましい。

$$0.65 < |f_1| / f < 1.0 \quad (9A)$$

$$1.5 < f_2 / f < 2.5 \quad (10A)$$

【0052】

また本発明の内視鏡 1 の対物系 2 は、鏡枠内にレンズ等の光学素子を配置した複数のレ

10

20

30

40

50

ンズユニット、すなわち第1のレンズユニットU1と第2のレンズユニットU2とから構成され、各レンズユニットの相対位置が変化可能である。このため、従来は調整用に必要であった先端レンズ（第1レンズL1）とそれを保持するレンズ枠Fとの間の隙間がないため、先端レンズ周りからの湿気が浸入しにくいので、レンズ内の曇りの発生を防ぐことができる。更に、プリズムおよびレンズの部品のばらつきおよび組立のばらつきの偏芯調整としては、従来の調整方法に替わり、視野方向変換素子であるプリズムPの前側に配置した正の前群レンズ群を一つのレンズユニット（第1のレンズユニット）とした上で、第1のレンズユニットと他のレンズユニット（第2のレンズユニット）とを相対的に偏芯可能であるため、容易に光学調整をおこなうことができる。

【0053】

10

本発明の対物系2の前群レンズ群G1を負レンズと正レンズとで構成する場合、この負レンズとこの正レンズとは共に屈折力が強いが、これらのレンズを第1のレンズユニットU1として一体的に偏芯することにより、一つのレンズ要素を個別に偏芯調整するよりも光学性能の劣化を防ぐことができる。更に対物系2は絞りSも含めてレンズユニット化して調整することにより、すなわち、対物系2の中でも特にレンズ屈折力の強い前群レンズ群G1と絞りSとを同時に偏芯することができる。このため対物系2では透過する光線の回転対称性が崩れないので、光学性能の低下を防止することができる。なお、各説明図では1次元の調整を図示しているが、実際には3次元の調整をおこなう。

【0054】

20

更に図12および図13に示すように、斜視内視鏡1の先端部5は、先端DE側から順に、ノズル4と、対物系2と、照明系3とを配置したレイアウトである。このため特に後方斜視内視鏡の場合には、図10に示す従来の内視鏡では照明しにくい画面の上側領域に対して、図13に示すように画面の上側方向（UP）から照明できるので、観察画面内をむらなく明るくすることができる。

【0055】

なお近接観察に重点を置いた配置では、対物系2と照明系3とを離して配置するため、画面下側の明るさが不足する場合がある。この場合には、照明光の照明方向が少し対物系側に向くようにすると画面内の明るさのバランスがとれる。

【0056】

30

なお、ノズル4は対物系2と照明系3との間に配置すると、対物系2と照明系3とが離れてしまうため、均一に照明できず明るさむらが生じてしまう。明るさむらの発生を防止するためには対物系2と照明系3とを近接して配置し、ノズル4は対物系2よりも先端DE側に配置することが好ましい。更に前記配置では、鉗子起上台6の根元部分と対物系2とが離れるので、視野けられを低減できる。なおノズル4を照明系3側に配置すると、ノズル4が対物系2側から離れてしまうために、レンズを洗浄する機能が劣ってしまう。ここでノズル4を対物系2の側方、すなわち図12において紙面の上下方向、に配置することもできる。しかし先端部5の外径が太くなるので、長手方向に配置することが好ましい。

【0057】

40

次に、対物系2の広角化、先端部5の細径化、および鉗子チャンネル径の大径化などに対応しながら、観察深度範囲内において視野周辺部まで十分な明るさを確保し、また、鉗子起上台6等による視野けられを防止するための先端部5の配置に関する条件について検討する。

【0058】

図14に示すように、内視鏡1では先端DE側から順に第1レンズL1を有する対物系2と照明レンズCLを有する照明系3とを配置する。そして、対物系2の中心（光軸）と照明系3の中心（光軸）との間隔をL、対物系2の視野方向（光軸と内視鏡の長手方向に垂直な方向とのなす角度）である斜視角を1、照明系3の照明方向（LGバンドルまたはLEDなどの発光体の中心部から出射して照明光学系を透過した光線の光軸と、内視鏡の長手方向に垂直な方向とのなす角度）を2、対物系2の視野方向（光軸）と照明系3

50

の照明方向（光軸）との交点を C P、対物系 2（照明系 3）の第 1 面から交点 C P までの距離を D とすると、下記の式（11）の関係が成り立つ。

$$L = D (\tan 1 + \tan 2) \quad (11)$$

【0059】

従って、照明系 3 の照明角 $\angle 2$ は、 $\angle 2 = \tan^{-1}(L / D - \tan 1)$ となる。

【0060】

対物系 2 の視野方向は照明系 3 側を向いており、照明系 3 の照明方向は対物系 2 側を向いている。対物系 2 の視野方向を照明するように照明系 3 の照明方向を設定すれば、観察画面内の明るさを均一に照明することができる。距離 D を対物系 2 のベスト位置に設定しておけば、被写界深度内の近点から遠点の全範囲で明るさのバランスをとることができ。また、近接時の視差（パララックス）の影響を少なくするために、間隔 L は小さいことが好ましいが、対物系 2 および照明系 3 の各レンズ外径以下に小さくすることはできない。本発明のレンズ構成は対物系 2 のレンズ外径の小径化、特に第 1 レンズ L 1 の小径化を実現するために間隔 L を小さくすることに効果的である。そのために、視野方向変換素子を用いた場合でも、本発明の対物系 2 では、3 mm $\leq L \leq 5$ mm の範囲での配置が可能である。

【0061】

ここで近接観察をしない内視鏡 1 の場合は、照明系 3 の照明方向が内視鏡の長手方向に對して垂直な方向、すなわち $\angle 2 = 0$ （図 15 参照）であっても、明るさのバランスは実用上問題ない。この場合、前記式（11）は下記の式（12）となる。

$$L = D \tan 1 \quad (12)$$

【0062】

従って、斜視角 $\angle 1$ と、間隔 L と、距離 D との関係は、下記式（13）のようになる。

$$\angle 1 = \tan^{-1}(L / D) \quad (13)$$

【0063】

$L = 4$ mm、 $D = 15$ mm の場合、対物系 2 の斜視角 $\angle 1$ が 14.9° 以下の範囲であれば、問題ない明るさのバランスを得ることができる。しかし、より近接観察をする場合は、これでは観察視野内を均一に照明することができないので、照明方向を対物系 2 側に向けた方がよい。通常の場合、照明系 3 の配光範囲が広いので、例えば物体 10 に対して 5 mm 以下の距離まで先端部 5 が接近しなければ、対物系 2 と照明系 3 との間隔に起因するパララックスの影響は気にしなくて良い。従って、通常観察では、対物系 2 の視野方向と照明系 3 の照明方向は、略一致させても問題はない。

【0064】

なお、視野方向について考えると、斜視角 $\angle 1$ の大きさは下記の式（14）の範囲となる。

$$0^\circ \leq \angle 1 \leq 20^\circ \quad (14)$$

なお、 $\angle 1 = 0$ の場合が側視用内視鏡の側視対物系である。

【0065】

距離 D は対物系 2 のベスト距離付近に設定しておけば、対物系 2 の被写界深度範囲において、略均一な画像の明るさ、すなわち問題のない明るさのバランスを得ることが可能である。そのため、距離 D は下記の式（15）の範囲であることが好ましい。

$$10 \text{ mm} \leq D \leq 20 \text{ mm} \quad (15)$$

【0066】

ただし、近接観察を重視する場合には、5 mm $\leq D \leq 15$ mm の範囲に設定すると更に好ましい。この場合、観察状況にもよるが、照明系 3 の照明角 $\angle 2$ は、 $0^\circ \leq \angle 2 \leq 25^\circ$ の範囲に設定しておくことが好ましい。

【0067】

なお、斜視対物系の場合に、先端レンズ（第 1 レンズ）を非対称形状、例えば、くさび形状にして、レンズの屈折作用により斜視角 $\angle 1$ を発生させると、観察範囲の画面上下方

10

20

30

40

50

向のバランスが大きく変わるので、画面上下方向を均一に照明することが難しくなる。そのため、斜視角 θ_1 が例えば 5° と小さい場合を除いて、レンズは非対称形状としないことが好ましい。

【0068】

また、照明系3の照明角 θ_2 を 0° 以外の方向に設定する方法には、照明レンズCLを偏芯する、すなわちシフトする方法(図16参照)と、ライトガイド等の照明光源を偏芯する、すなわちチルトする方法(図17参照)とがある。チルト量およびシフト量は、調整をおこなうことが出来るようにしてよい。照明系3がライトガイドLGを有する場合は、従来例(図10)に示すようにライトガイドLGの先端部を斜めにカットすることで照明角 θ_2 を設定することも可能である。

10

【0069】

LED (Light Emitted Diode) のような発光素子を照明光源として使用する場合にも、照明レンズCLまたは発光素子の偏芯調整によって照明角 θ_2 を変えることが可能である。

また、本実施例の対物系2では対物系中に光学フィルターを配置することが容易である。

【0070】

以下、実施例にもとづき、本発明の斜視内視鏡1の対物系2について説明する。なお以下、構成要素を示す符号は、実施例ごとに符号の末尾にアルファベット1文字を加えて区別することがある。

【0071】

20

実施例1

図11に示すように、本実施例の斜視内視鏡1Aの対物系2Aは、視野方向変換素子としてのプリズムPを間に介した正の前群レンズ群G1と正の後群レンズ群G2とを具備し、更に前群レンズ群G1とプリズムPとの間に絞りSを具備する。なお図11等の対物系の構成を示す光軸に沿う断面図において、符号rは構成要素の曲面を、符号dは光軸上の面間隔(各光学部材の肉厚又は空気間隔)を示しており、光軸Z1を直線として表示している。

【0072】

すなわち、対物系2Aでは、プリズムPの前側(図面左側)には、負の屈折力を有する第1レンズL1と正の屈折力を有する第2レンズL2から構成される正の屈折力を有する前群レンズ群G1が、後側(図面右側)には、接合レンズから構成される正の屈折力を有する後群レンズ群G2が配置されている。なお後群レンズ群G2は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズから成っている。

30

【0073】

絞りSをプリズムPAの前側に配置し、前群レンズ群G1の光線高を下げてレンズ外径を小さくしているため、第1レンズL1は小径である。また、対物系2Aは、絞りSの前側に負レンズと正レンズとを配置しているため、前群レンズ群G1の屈折力バランスがとりやすく、球面収差およびコマ収差などの収差が小さい。

【0074】

次に、実施例1の光学系を構成する光学部材の数値データ等を示す。数値データ中、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(e)は各光学部材のe線に対する屈折率、(e)は各光学部材のe線に対するアッベ数、fは対物系2Aの全系の焦点距離、IHは像高、Wは半画角、G1fは前群レンズ群G1の焦点距離、G2fは後群レンズ群G2の焦点距離を表している。r、dおよびfの単位はmmであり、fは1mmに規格化している。

40

なお、これらの記号は、後述の他の実施例の数値データ等においても共通に使用されている。

【0075】

実施例1の数値データは、下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3705	1.88814	40.53	
2	0.6910	0.5309	1.		
3	∞	0.3828	1.51564	74.74	
4	∞	0.1030	1.		
5	∞	1.3585	1.75844	52.08	
6	-1.4841	0.2452	1.		
7(絞り)	∞	0.0370	1.		10
8	∞	2.1612	1.88815	40.52	
9	∞	0.0988	1.		
10	3.2326	1.1431	1.75844	52.08	
11	-1.2185	0.4322	1.85504	23.59	
12	-7.0932	1.1081	1.		
13	∞	0.7410	1.51825	63.94	
14	∞	0.0123	1.52233	52.71	
15	∞	0.4940	1.50700	63.00	20
16	∞				

【 0 0 7 6 】

$f = 1$ 、 $I\ H = 0.783$ 、 $W = 49.585^\circ$

$d / f = 1.526$

$d / I\ H = 1.949$

$D\ 1 / f = 2.138$

$D\ 2 / f = 2.914$

$D\ 1 / D\ 2 = 0.734$

$| f\ 1 | / f = 0.778$

$f\ 2 / f = 1.957$

$G\ 1\ f / f = 3.170$

$G\ 2\ f / f = 3.775$

$G\ 1\ f / G\ 2\ f = 0.840$

【 0 0 7 7 】

図18は、本実施例の対物系2Aの収差図である。図18(A)は球面収差を示している。図18の中央の2つの収差図(図18(B)と図18(C))は、基準波長e線に対するS(サジタル)とM(メリジオナル)を示している。図18(B)と図18(C)において、Sは実線で示し、Mは破線で示す。図18(D)は歪曲収差を示している。また図18(A)にはFナンバ-(FNO)の値を、図18(B)および図18(D)には画角(2)を示す。球面収差、コマ収差、および非点収差の横軸の単位はmmであり、歪曲収差の横軸の単位は%である。また符号(A)~(E)は測定波長を示しており、それぞれ(A)656.27nm:C線、(B)587.56nm:d線、(C)546.07nm:e線、(D)486.13nm:F線、(E)435.83nm:g線である。なお以下の収差図においても同様である。

【 0 0 7 8 】

ここで図19は、本実施例にかかる後方斜視角15°用のプリズムPA1を有する後方斜視光学系である対物系2A1の具体的な配置例であり、図20は、本実施例にかかる前方斜視角45°用のプリズムPA2を有する前方斜視光学系である対物系2A2の具体的な配置例である。

30

40

50

【0079】

実施例2

図21は、実施例2の斜視内視鏡1Bの対物系2Bの構成を示している。本実施例の対物系2Bの構成は、実施例1の対物系2Aと類似しているため、実施例1と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例の対物系2Bでは、視野方向変換素子であるプリズムPBの材料として、屈折率約2.1以上の高屈折材料を用いている。高屈折材料を用いることにより、プリズムPBの空気換算長が短く、プリズムPBを配置するための実質的なスペースが小さい。図22は、本実施例の対物系2Bの収差図である。

【0080】

実施例2の数値データは下記のとおりである。

面No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3716	1.88814	40.53	
2	0.7025	0.5326	1.		
3	∞	0.3840	1.51564	74.74	
4	∞	0.1641	1.		
5	15.9787	1.3625	1.75844	52.08	
6	-1.5099	0.1858	1.		
7(絞り)	∞	0.0372	1.		20
8	∞	2.1675	2.19048	32.77	
9	∞	0.1261	1.		
10	3.4178	1.1310	1.75844	52.08	
11	-1.2825	0.3512	1.85504	23.59	
12	-8.5328	1.0351	1.		
13	∞	0.7432	1.51825	63.94	
14	∞	0.0124	1.52233	52.71	
15	∞	0.4954	1.50700	63.00	30
16	∞				

【0081】

$$f = 1, I_H = 0.785, W = 49.601^\circ$$

$$d / f = 1.338$$

$$d / I_H = 1.704$$

$$D_1 / f = 2.145$$

$$D_2 / f = 2.820$$

$$D_1 / D_2 = 0.761$$

$$|f_1| / f = 0.791$$

$$f_2 / f = 1.882$$

$$G_1 f / f = 2.517$$

$$G_2 f / f = 4.162$$

$$G_1 f / G_2 f = 0.605$$

【0082】

実施例3

図23は、実施例3の斜視内視鏡1Cの対物系2Cの光学構成を示している。本実施例の構成は、実施例1の対物系2Aと類似しているので、実施例1と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例では、第1レンズL1Cをサファイア結晶材で構成している。サファイアの屈折率は1.8とやや低いものの、硬度が高くレンズ外表面に傷が

10

20

30

40

50

つきにくいというメリットがある。特に、外径が数mmと小さいレンズを使用している内視鏡では、小さい傷でも画像むら、またはフレアの原因となるなど画質に悪影響を及ぼすことがある。しかし高硬度材を利用した斜視内視鏡1Cでは前記悪影響は発生しにくい。図24は、本実施例の対物系2Cの収差図である。

【0083】

実施例3の数値データは下記のとおりである。

面No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3641	1.77077	72.04	10
2	0.6675	0.5218	1.		
3	∞	0.3762	1.51564	74.74	
4	∞	0.0607	1.		
5	∞	1.3349	1.59143	60.88	
6	-1.2954	0.2157	1.		
7(絞り)	∞	0.0364	1.		
8	∞	2.1237	1.88815	40.52	
9	∞	0.0971	1.		
10	2.6636	1.1205	1.75844	52.08	20
11	-1.1386	0.4717	1.85504	23.59	
12	-6.7746	1.1286	1.		
13	∞	0.7281	1.51825	63.94	
14	∞	0.0121	1.52233	52.71	
15	∞	0.4854	1.50700	63.00	
16	∞				

【0084】

$f = 1$ 、 $I_H = 0.769$ 、 $W = 49.084^\circ$

$d / f = 1.474$

30

$d / I_H = 1.917$

$D_1 / f = 2.127$

$D_2 / f = 2.927$

$D_1 / D_2 = 0.727$

$|f_1| / f = 0.866$

$f_2 / f = 2.190$

$G_1 f / f = 5.494$

$G_2 f / f = 3.208$

$G_1 f / G_2 f = 1.712$

【0085】

40

実施例4

図25は、実施例4の斜視内視鏡1Dの対物系2Dの光学構成を示している。本実施例の対物系2Dの基本的構成は、実施例1の対物系2Aと類似しているので、実施例1と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例の対物系2Dは、撮像素子の直前にも光路長の大きなプリズムPPを配置しており、具体的には図26に示すような構成である。本構成は、撮像素子が大きく、内視鏡の長手方向に垂直に撮像素子が配置しにくい場合および、ライトガイドLGの配置の関係等で先端部5内にスペース(図26の右側部分)を設ける必要がある場合に効果的である。図27は、本実施例の対物系2Dの収差図である。

【0086】

50

実施例 4 の数値データは下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3696	1.88814	40.53	
2	0.7874	0.5298	1.		
3	∞	0.3819	1.51564	74.74	
4	∞	0.1848	1.		
5	∞	1.4783	1.75844	52.08	
6	-1.6703	0.0616	1.		10
7(絞り)	∞	0.0370	1.		
8	∞	2.3408	1.88815	40.52	
9	∞	0.0740	1.		
10	4.9517	1.0472	1.75844	52.08	
11	-1.1284	0.3080	1.85504	23.59	
12	-3.5450	0.5914	1.		
13	∞	2.0943	1.51825	63.93	
14	∞	0.0123	1.52233	52.71	
15	∞	0.4928	1.50700	63.00	
16	∞				

【 0 0 8 7 】

$f = 1$ 、 $I\ H = 0.781$ 、 $W = 48.881^\circ$

$d / f = 1.412$

$d / I\ H = 1.808$

$D\ 1 / f = 2.102$

$D\ 2 / f = 3.141$

$D\ 1 / D\ 2 = 0.669$

$|f\ 1| / f = 0.887$

$f\ 2 / f = 2.202$

$G\ 1\ f / f = 3.973$

$G\ 2\ f / f = 3.430$

$G\ 1\ f / G\ 2\ f = 1.158$

【 0 0 8 8 】

実施例 5

図 2 8 は、実施例 5 の斜視内視鏡 1 E の対物系 2 E の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 E の基本的構成は、実施例 1 の対物系 2 A と類似しているので、実施例 1 と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例では、撮像素子の直前に平凸レンズのフィールドレンズ F L が配置されている。特に、撮像素子の特性として素子受光部への光線入射特性が規定されている場合、所望の光線入射角にするために本構成は効果的である。図 2 9 は、本実施例の対物系 2 E の収差図である。

【 0 0 8 9 】

実施例 5 の数値データは下記のとおりである。

10

20

30

40

面 No	r	d	n(e)	ν (e)	
1	∞	0.3711	1.88814	40.53	
2	0.7245	0.5318	1.		
3	∞	0.3834	1.51564	74.74	
4	∞	0.1713	1.		
5	∞	1.3606	1.75844	52.08	
6	-1.5452	0.1855	1.		
7(絞り)	∞	0.0371	1.		10
8	∞	2.1646	2.19048	32.77	
9	∞	0.0989	1.		
10	3.9340	1.1733	1.75844	52.08	
11	-1.2470	0.4329	1.85504	23.59	
12	-7.2735	1.3977	1.		
13	3.8701	0.7421	1.51825	63.94	
14	∞	0.0124	1.52233	52.71	
15	∞	0.4948	1.50700	63.00	
16	∞				20

【 0 0 9 0 】

$f = 1$ 、 $I\ H = 0.784$ 、 $W = 49.537^\circ$

$d / f = 1.310$

$d / I\ H = 1.670$

$D\ 1 / f = 2.149$

$D\ 2 / f = 3.222$

$D\ 1 / D\ 2 = 0.667$

$|f\ 1| / f = 0.816$

$f\ 2 / f = 2.037$

$G\ 1\ f / f = 3.270$

$G\ 2\ f / f = 3.389$

$G\ 1\ f / G\ 2\ f = 0.965$

【 0 0 9 1 】

実施例 6

図 3 0 は、実施例 6 の斜視内視鏡 1 F の対物系 2 F の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 F の基本的構成は、実施例 1 の対物系 2 A と類似しているので、実施例 1 と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例の対物系 2 F は、後群レンズ群 G 2 が正レンズ単体で構成されている。対物系 2 F は、レンズ構成枚数が少ないため、対物系 2 F がコンパクトであり、特に視野方向変換素子であるプリズム P よりも後側のレンズ長が短い。ただし、対物系 2 F は後群レンズ群 G 2 が負レンズまたは接合レンズで構成されていないため、色収差が補正しにくい。このため対物系 2 F は撮像素子の画素数が少なく、色収差の影響が画質への表れにくい場合に使用することが好ましい。図 3 1 は、本実施例の対物系 2 F の収差図である。

【 0 0 9 2 】

実施例 6 の数値データは下記のとおりである。

10

30

40

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3714	1.88814	40.53	
2	0.6713	0.5323	1.		
3	∞	0.3838	1.51564	74.74	
4	∞	0.1898	1.		
5	7.1542	1.3618	1.75844	52.08	
6	-1.4385	0.1857	1.		
7(絞り)	∞	0.0371	1.		10
8	∞	2.1665	1.88815	40.52	
9	∞	0.1149	1.		
10	5.9887	0.9904	1.75844	52.08	
11	-9.5806	1.0488	1.		
12	∞	0.7428	1.51825	63.94	
13	∞	0.0124	1.52233	52.71	
14	∞	0.4952	1.50700	63.00	
15	∞				20

【0093】

$f = 1$ 、 $I\ H = 0.785$ 、 $W = 49.539^\circ$

$d / f = 1.485$

$d / I\ H = 1.892$

$D\ 1 / f = 2.169$

$D\ 2 / f = 2.553$

$D\ 1 / D\ 2 = 0.850$

$|f\ 1| / f = 0.756$

$f\ 2 / f = 1.695$

$G\ 1\ f / f = 1.759$

$G\ 2\ f / f = 4.996$

$G\ 1\ f / G\ 2\ f = 0.352$

30

【0094】

実施例 7

図32は、実施例7の斜視内視鏡1Gの対物系2Gの光学構成を示している。本実施例の対物系2Gの基本的構成は、実施例1の対物系2Aと類似しているので、実施例1と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例の対物系2Gでは、実施例5の対物系2Eと同様に、撮像素子の直前には平凸レンズよりなるフィールドレンズFLが配置されている。更に対物系2Gは、後群レンズ群G2が負レンズまたは接合レンズを含んでいないため、実施例6の対物系2Fと同様に色収差を補正しにくい。しかし対物系2Gは対物系全体がコンパクトである。図33は、本実施例の対物系2Gの収差図である。

40

【0095】

実施例7の数値データは下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3712	1.88814	40.53	
2	0.6878	0.5321	1.		
3	∞	0.3836	1.51564	74.74	
4	∞	0.1856	1.		
5	5.9268	1.3612	1.75844	52.08	
6	-1.4510	0.1856	1.		
7(絞り)	∞	0.0371	1.		10
8	∞	2.1656	1.88815	40.52	
9	∞	0.0875	1.		
10	5.1500	0.9731	1.48915	70.04	
11	-8.3062	1.0271	1.		
12	3.4615	0.7425	1.51825	63.94	
13	∞	0.0124	1.52233	52.71	
14	∞	0.4950	1.50700	63.00	
15	∞				20

【0096】

$f = 1$ 、 $I_H = 0.785$ 、 $W = 49.566^\circ$

$d/f = 1.457$

$d/I_H = 1.857$

$D_1/f = 2.164$

$D_2/f = 2.594$

$D_1/D_2 = 0.834$

$|f_1|/f = 0.774$

$f_2/f = 1.670$

$G_1 f/f = 1.721$

$G_2 f/f = 3.738$

$G_1 f/G_2 f = 0.461$

30

【0097】

実施例 8

図34は、実施例8の斜視内視鏡1Hの対物系2Hの光学構成を示している。本実施例の対物系2Hの基本的構成は、実施例1の対物系2Aと類似しているので、実施例1と同様の部材には同一符号を用い説明を省略する。本実施例の対物系2Hでは、前群レンズ群G1を構成する負レンズと同じく前群レンズ群G1を構成する正レンズとの間に絞りSHが配置されている。本実施例の対物系2Hでは絞りSHが第1レンズL1である負レンズの近くに配置されている。このため対物系2Hは特に第1レンズL1の光線高を下げることができ、レンズ外径を小さくすることができる。そのため対物系2Hは視野けられを低減することができる。

40

【0098】

図35は、視野方向変換素子であるプリズムPHAを側視観察用に構成した側視光学系の対物系2HAの配置図であり、図36は、後方斜視角度15°用にプリズムPHBを構成した後方斜視光学系の対物系2HBの配置図である。図37は本実施例の対物系2Hの収差図である。

【0099】

実施例8の数値データは下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3679	1.88814	40.53	
2	0.6410	0.6499	1.		
3	∞	0.3801	1.51564	74.74	
4(絞り)	∞	0.0368	1.		
5	∞	0.1226	1.		
6	-5.6549	0.8640	1.75844	52.08	
7	-1.2481	0.0981	1.		10
8	∞	2.6117	1.88815	40.52	
9	∞	0.0491	1.		
10	3.4943	1.1649	1.75844	52.08	
11	-1.2326	0.4292	1.85504	23.59	
12	-6.8473	1.3243	1.		
13	∞	0.7357	1.51825	63.94	
14	∞	0.0123	1.52233	52.71	
15	∞	0.4905	1.50700	63.00	
16	∞				20

【0 1 0 0】

$f = 1$ 、 $I_H = 0.777$ 、 $W = 49.574^\circ$

$d / f = 1.530$

$d / I_H = 1.969$

$D_1 / f = 1.844$

$D_2 / f = 3.085$

$D_1 / D_2 = 0.598$

$|f_1| / f = 0.722$

$f_2 / f = 1.947$

$G_1 f / f = 3.377$

$G_2 f / f = 3.960$

$G_1 f / G_2 f = 0.853$

【0 1 0 1】

実施例 9

図 3 8 は、実施例 9 の斜視内視鏡 1 I の対物系 2 I の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 I は、実施例 8 の対物系 2 H と類似したレンズ構成であるが、プリズム P I の材料として屈折率 2 以上の高屈折材料を用いている点で異なる。本実施例の対物系 2 I はプリズム P I の空気換算長が短い。図 3 9 は本実施例の対物系 2 I の光学系の収差図である。

【0 1 0 2】

実施例 9 の数値データは下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3684	1.88814	40.53	
2	0.6404	0.6508	1.		
3	∞	0.3806	1.51564	74.74	
4(絞り)	∞	0.0368	1.		
5	∞	0.1228	1.		
6	-5.9280	0.8901	1.79012	43.95	
7	-1.2946	0.0982	1.		10
8	∞	2.6154	2.01169	28.07	
9	∞	0.0491	1.		
10	3.5546	1.1665	1.75844	52.08	
11	-1.2183	0.4298	1.85504	23.59	
12	-7.0474	1.3261	1.		
13	∞	0.7367	1.51825	63.94	
14	∞	0.0123	1.52233	52.71	
15	∞	0.4912	1.50700	63.00	
16	∞				20

【0 1 0 3】

$f = 1$ 、 $I_H = 0.778$ 、 $W = 49.591^\circ$

$d / f = 1.447$

$d / I_H = 1.859$

$D_1 / f = 1.852$

$D_2 / f = 3.089$

$D_1 / D_2 = 0.599$

$|f_1| / f = 0.721$

$f_2 / f = 1.932$

$G_1 f / f = 3.192$

$G_2 f / f = 4.076$

$G_1 f / G_2 f = 0.783$

30

【0 1 0 4】

実施例 1 0

図 4 0 は、実施例 1 0 の斜視内視鏡 1 J の対物系 2 J の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 J は、実施例 8 の対物系 2 H および実施例 9 の対物系 2 I と類似したレンズ構成であるが、プリズム P J の材料として屈折率約 2.1 以上の高屈折率の結晶材料を用いている点で異なる。本実施例の対物系 2 J は、かかる高屈折率材料を用いているため、プリズム P J の空気換算長が短い。なお屈折率 1.9 以上の通常の光学ガラスではアッベ数が 30 未満と分散が非常に大きい。しかし、透明な結晶材料の中には屈折率 1.9 以上でも、アッベ数 30 以上の材料があり、このような材料を用いることは色補正などに効果的である。図 4 1 は本実施例の対物系 2 J の収差図である。

40

【0 1 0 5】

実施例 1 0 の数値データは下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3690	1.88814	40.53	
2	0.6367	0.6520	1.		
3	∞	0.3813	1.51564	74.74	
4(絞り)	∞	0.0369	1.		
5	∞	0.1230	1.		
6	-6.2483	0.8764	1.79012	43.95	
7	-1.2891	0.0984	1.		10
8	∞	2.6201	2.19048	32.77	
9	∞	0.0492	1.		
10	3.6183	1.1686	1.75844	52.08	
11	-1.1863	0.4305	1.85504	23.59	
12	-7.0333	1.3285	1.		
13	∞	0.7381	1.51825	63.94	
14	∞	0.0123	1.52233	52.71	
15	∞	0.4920	1.50700	63.00	
16	∞				20

【 0 1 0 6 】

$f = 1$ 、 $I\ H = 0.78$ 、 $W = 49.619^\circ$

$d / f = 1.344$

$d / I\ H = 1.723$

$D\ 1 / f = 1.847$

$D\ 2 / f = 3.095$

$D\ 1 / D\ 2 = 0.597$

$|f\ 1| / f = 0.717$

$f\ 2 / f = 1.907$

$G\ 1\ f / f = 3.067$

$G\ 2\ f / f = 4.163$

$G\ 1\ f / G\ 2\ f = 0.737$

【 0 1 0 7 】

実施例 1 1

図 4 2 は、実施例 1 1 の斜視内視鏡 1 K の対物系 2 K の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 K は実施例 8 の対物系 2 H と類似しているが、後群レンズ群 G 2 を構成する接合レンズが、物体側から負レンズ、正レンズの配置で構成されている点で、異なる。図 4 3 は本実施例の対物系 2 K の収差図である。

【 0 1 0 8 】

実施例 1 1 の数値データは下記のとおりである。

30

40

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3707	1.88814	40.53	
2	0.6688	0.6550	1.		
3	∞	0.3831	1.51564	74.74	
4(絞り)	∞	0.0371	1.		
5	∞	0.1145	1.		
6	-4.0227	0.8650	1.79012	43.95	
7	-1.2341	0.0989	1.		10
8	∞	2.6320	1.88815	40.52	
9	∞	0.0495	1.		
10	3.2080	0.3089	1.85504	23.59	
11	1.1366	1.1739	1.75844	52.08	
12	-9.0093	1.3346	1.		
13	∞	0.7414	1.51825	63.94	
14	∞	0.0124	1.52233	52.71	
15	∞	0.4943	1.50700	63.00	
16	∞				20

【 0 1 0 9 】

$f = 1$ 、 $I_H = 0.783$ 、 $W 49.558^\circ$

$d / f = 1.542$

$d / I_H = 1.969$

$D_1 / f = 1.838$

$D_2 / f = 3.043$

$D_1 / D_2 = 0.604$

$|f_1| / f = 0.753$

$f_2 / f = 1.982$

$G_1 f / f = 3.364$

$G_2 f / f = 3.916$

$G_1 f / G_2 f = 0.859$

【 0 1 1 0 】

実施例 1 2

図 4 4 は、実施例 1 2 の斜視内視鏡 1 L の対物系 2 L の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 L は、実施例 8 の対物系 2 H と類似のレンズ構成において、画角 2 を 110° と広角化したもので、広範囲観察が可能である。図 4 5 は本実施例の対物系 2 L の収差図である。

【 0 1 1 1 】

実施例 1 2 の数値データは下記のとおりである。

30

40

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.3952	1.88814	40.53	
2	0.6755	0.7825	1.		
3	∞	0.4084	1.51564	74.74	
4(絞り)	∞	0.0395	1.		
5	∞	0.0865	1.		
6	-5.6238	0.9162	1.75844	52.08	
7	-1.3473	0.1054	1.		10
8	∞	2.8058	1.88815	40.52	
9	∞	0.0527	1.		
10	3.6308	1.1771	1.75844	52.08	
11	-1.3689	0.4016	1.85504	23.59	
12	-6.7441	1.4203	1.		
13	∞	0.7904	1.51825	63.94	
14	∞	0.0132	1.52233	52.71	
15	∞	0.5269	1.50700	63.00	
16	∞				20

【 0 1 1 2 】

$f = 1$ 、 $I\ H = 0.835$ 、 $W 55.028^\circ$

$d / f = 1.644$

$d / I\ H = 1.969$

$D\ 1 / f = 2.014$

$D\ 2 / f = 3.238$

$D\ 1 / D\ 2 = 0.622$

$|f\ 1| / f = 0.761$

$f\ 2 / f = 2.138$

$G\ 1\ f / f = 3.807$

$G\ 2\ f / f = 3.950$

$G\ 1\ f / G\ 2\ f = 0.964$

【 0 1 1 3 】

実施例 1 3

図 4 6 は、実施例 1 3 の斜視内視鏡 1 M の対物系 2 M の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 M は、実施例 1 の対物系 2 A と類似のレンズ構成において、画角を 120° と広角化したもので、広範囲を一度に観察できる。図 4 7 は対物系 2 M の光学系の収差図である。

【 0 1 1 4 】

実施例 1 3 の数値データは下記のとおりである。

30
40

面 No	r	d	n(e)	$\nu(e)$	
1	∞	0.4136	1.88814	40.53	
2	0.7920	0.5928	1.		
3	∞	0.4274	1.51564	74.74	
4	∞	0.2757	1.		
5	∞	1.5164	1.75844	52.08	
6	-1.7444	0.2757	1.		
7(絞り)	∞	0.0414	1.		10
8	∞	2.4125	1.88815	40.52	
9	∞	0.1103	1.		
10	2.9333	1.1029	1.75844	52.08	
11	-1.3716	0.5514	1.85504	23.59	
12	-11.2103	1.0094	1.		
13	∞	0.8271	1.51825	63.94	
14	∞	0.0138	1.52233	52.71	
15	∞	0.5514	1.50700	63.00	
16	∞				20

【0 1 1 5】

$f = 1$ 、 $I_H = 0.874$ 、 $W = 59.128^\circ$

$d / f = 1.705$

$d / I_H = 1.951$

$D_1 / f = 2.549$

$D_2 / f = 2.964$

$D_1 / D_2 = 0.860$

$|f_1| / f = 0.892$

$f_2 / f = 2.300$

$G_1 f / f = 3.392$

$G_2 f / f = 3.862$

$G_1 f / G_2 f = 0.878$

30

【0 1 1 6】

各条件式の各実施例に対する値を図4.8に示す。

【0 1 1 7】

以上の説明のように上記各実施例の斜視内視鏡1の対物系2は、正の屈折力を有する前群レンズ群G1と、前群レンズ群G1のCCD20側に配置されたプリズムPと、プリズムPのCCD20側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群G2とを具備する。対物系2は、CCD20の小型化および高画素化に対応して観察性能を向上させた最適なレンズ構成で、先端部5の細径化に寄与し得る。更に対物系2は、図4.8に示すように各条件式を満足しているため、諸収差がよく補正されている。

40

【0 1 1 8】

次に、本発明による斜視内視鏡1の対物系2の組立調整についての実施例を説明する。

【0 1 1 9】

実施例1.4

図4.9および図5.0に示すように、斜視用の対物系2Nは、視野方向変換素子であるプリズムPより前側の前群レンズ群G1と、プリズムPより後の後群レンズ群G2とを有する。前群レンズ群G1は一つのレンズユニット枠(第1のレンズユニット枠)F1内に配置され一体の前群レンズユニットU1となっている。そして、図5.0に示すように、主に

50

プリズム P と後群レンズ群 G 2 を一体に構成した後群レンズユニット U 2 が配置されたレンズユニット枠（第 2 のレンズユニット枠）F 2 内に、更に前群レンズユニット U 1 を配置するように、対物系 2 N は構成されている。

【 0 1 2 0 】

図 5 0 に示すように、対物系 2 N は、レンズユニット枠 F 2 に対して、レンズユニット枠 F 1 を相対的に移動できるように構成、すなわち、後群レンズユニット U 2 に対して、前群レンズユニット U 1 を偏芯調整、特に回転調整できるように構成されている。このため、前群レンズユニット U 1 で発生するレンズ偏芯量と、プリズム P より後の後群レンズ群 G 2 で発生するレンズ偏芯量とのバランスをとることができ、それにより対物系全体の偏芯調整をおこなうことができる。前記偏芯調整により対物系 2 N は、特に偏角の調整、画角の調整および片ぼけ調整をおこなうことができる。偏芯調整後は、前群レンズユニット U 1 のレンズユニット枠 F 1 とそれを支える後群レンズユニット U 2 のレンズユニット枠 F 2 との隙間に接着剤を充填して固定と同時に外部からの湿気進入を防止するために封止する。

10

【 0 1 2 1 】

なお、図 5 1 に示す対物系 2 P のように、接着剤の替わりに、後群レンズユニット U 2 のレンズユニット枠 F 2 に取り付けた調整ネジ S W によって前群レンズユニット U 1 のレンズユニット枠 F 1 を固定するようにしても良い。対物系 2 P のような調整ネジ S W による後述の調整は調整し易い。偏芯調整後は、前群レンズユニット U 1 のレンズユニット枠 F 1 とそれを支える後群レンズユニット U 2 のレンズユニット枠 F 2 との間に接着剤等の封止材を充填して封止する。なおレンズユニットを回転により調整する場合には、前群レンズユニット U 1 内のレンズ偏芯量が小さいと、大きく回転しても所定の値内になるように調整できないことがある。この場合には、前群レンズユニット U 1 全体を偏芯させて調整をおこなう。

20

【 0 1 2 2 】

実施例 1 5

図 5 2 に示すように、本実施例の対物系 2 Q では、前群レンズユニット U 1 のレンズユニット枠 F 1 を保持する外枠のレンズユニット枠 F 2 と前群レンズユニット U 1 のレンズユニット枠 F 1 との間に隙間 G を有し、前群レンズユニット U 1 ごと後群レンズユニット U 2 との相対位置を変化させて偏芯調整できる。図 5 2 は、前群レンズユニット U 1 を後群レンズユニット U 2 に対して、光軸 Z 1 に対して垂直な方向に移動するシフト調整の例を示している。この場合、前群レンズユニット U 1 を垂直に保持する調整治具（不図示）を使用すれば、作業し易い。偏芯調整後、レンズユニット枠 F 1 とレンズユニット枠 F 2 との隙間 G に接着剤を充填して固定し封止する。調整用の隙間 G の大きさは、斜視用の対物系 2 Q として予測されるレンズのばらつき量を基に算出された必要な偏芯調整量から決定すればよい。

30

【 0 1 2 3 】

なお、対物系 2 Q ではレンズユニット U 1 とレンズユニット U 2 との間にも接着剤で封止された調整用の隙間 G がある。しかし金属製のレンズユニット枠 F 1 、 F 2 と接着剤との間では、剥離は生じにくいため、外部からの湿気浸入による対物系の曇りは発生しにくい。また、前群レンズ群 G 1 とレンズユニット枠 F 1 との間は隙間がないので、その間からの外部の湿気の浸入は生じにくいため、対物系 2 Q の曇りは発生しにくい。

40

【 0 1 2 4 】

実施例 1 6

図 5 3 は、斜視用の対物系 2 R の前群レンズユニット U 1 を光軸 Z 1 に対して傾けることで、偏芯調整、特にチルト調整の例を示している。なお、チルト調整では偏芯調整量が大きいと、逆に片ぼけが発生して画質が低下するおそれもある。しかし、後群レンズユニット U 2 も含めたレンズ偏芯量を予め小さくしておけば画質低下は防ぐことができる。

【 0 1 2 5 】

チルト調整は少しの傾き量の調整で偏芯調整できるというメリットがあるが、逆に微細

50

な調整が必要となり、所望の方向に傾けるのは作業的に難しい場合もある。しかし図54の対物系2Sに示すように、レンズユニット枠F2の上下数箇所に調整ネジSWを設けて、調整ネジSWを適宜締めることにより、レンズユニットU1の微細な傾き量を調整することが可能である。なお偏芯調整後に隙間Gは封止剤の充填により封止される。

【0126】

実施例17

図55は、プリズムPを含めた後群レンズユニットU2のシフト調整により画面の上下方向を調整し、かつ、後群レンズユニットU2の回転によって画面の左右方向を調整する対物系2Tを示している。実際の調整作業では、前群レンズユニットU1を固定して、後群レンズユニットU2を移動して調整する。もちろん前群レンズユニットU1を所定の治具に固定して調整してもよい。

10

【0127】

なお、前群レンズユニットU1を回転調整した後、またはシフト調整した後に、チルト調整をおこなうようにしてもよい。対物系2Tでは複数の調整方法を併用することで、それぞれの調整量を少なくできる。

【0128】

以上の説明のように上記各実施例の斜視内視鏡1の対物系2は、前群レンズ群G1を配置する第1のレンズユニット枠F1と、後群レンズ群G2とプリズムPと第1のレンズユニット枠F1とを配置する第2のレンズユニット枠F2と、を具備し、第1のレンズユニット枠F1内に配置された第1のレンズユニットU1が、第2のレンズユニット枠F2内に配置された第2のレンズユニットU2に対し相対的に偏芯し光学調整される。このため斜視内視鏡1の対物系は性能ばらつきが小さい。また、外部の湿気が浸入して、レンズ内面に水蒸気が結露して曇ることで観察画像が見えにくくなることがない。すなわち、対物系2は内部の曇り発生を低減し、組立調整時に光学性能の劣化が少ない調整方法を実現し得る。

20

【0129】

以上の説明のように対物系2の組立調整においては、第1のレンズユニットU1または第2のレンズユニットU2が、他のレンズユニットに対して回転、シフトもしくはチルトのいずれか、またはこれらのいずれかの組み合わせ動作により調整可能である。

【0130】

30

次に、本発明の斜視内視鏡1の先端部5のレイアウトについての実施例を説明する。

実施例18

図56は、対物系2と照明系3Uとを内視鏡の先端DE側から順に配置した、言い換えば対物系2Uよりも基端PE部側に配置された照明系3Uを具備する実施例18の内視鏡1Uの先端部5Uを示す。

【0131】

斜視内視鏡1Uの対物系2Uは、平凸の負レンズ(L1)と両凸の正レンズ(L2)とを含む前群レンズ群G1と、視野方向変換素子としてのプリズムPと、接合レンズからなる後群レンズ群G2とで構成され、後群レンズ群G2の後方には撮像素子であるCCD20が設けられている。対物系2UのプリズムPは、後方斜視角(-1)が15°の構成となっている。

40

【0132】

照明系3Uは、ライトガイドLGの先端部をR状に曲げ、ライトガイドLGの先端に凹レンズである照明レンズCLを配置している。ライトガイドLGの中心から出射する光線は、照明レンズCLの中心を透過して被写体である物体10に照射される。照明系3の照明方向は、内視鏡1Uの長手方向に対して略垂直方向である。先端部5Uのレイアウトは、 $1 = 15^\circ$ 、 $2 = 0$ 、 $L = 4\text{ mm}$ 、 $D = 15\text{ mm}$ である(図14参照)。

【0133】

以上の説明のよう上記各実施例の斜視内視鏡1は、対物系2よりも基端PE部側に配置された照明光学系3を具備する。このため斜視内視鏡1は、特に、鉗子起上台6等の視

50

野けられの影響を低減し、かつ観察視野を広範囲化しても視野周辺部の明るさを確保するために良好な配光が得られる最適な内視鏡先端部を有する、光学性能の安定した処置性の良好な斜視用内視鏡である。

【0134】

実施例19

図57は、対物系2Vと照明系3Vを先端DE側から順に配置した先端部5Vを有する実施例19の内視鏡1Vを示す。本実施例の対物系2Vは実施例18の対物系2Uと同様である。照明系3Vは、照明系3Uよりも近接観察時に画面内が均一な明るさとなるよう構成されている。すなわち図57に示すように照明系3Vでは、ライトガイドLGの先端部が内視鏡1Vの長手方向に対して斜めにカットされている。これにより、ライトガイドLGの中心から出射する光線は照明レンズCLを透過して内視鏡1Vの先端DE側に向かい、内視鏡1Vの長手方向に垂直な方向に対する照明角 $\angle 2$ が 7.5° で物体10に照射される。内視鏡1Vは内視鏡1Uよりも、近接観察時に十分な視野内の明るさを確保することができる。先端部5Vのレイアウトは、 $\angle 1 = 15^\circ$ 、 $\angle 2 = 7.5^\circ$ 、 $L = 4\text{mm}$ 、 $D = 15\text{mm}$ 、 $\angle 2 = 7.5^\circ$ である(図14参照)。

【0135】

なお、対物系2のベスト距離が7mmの内視鏡1では、例えば距離5mmの近接観察をおこなう場合($L = 5\text{mm}$ 、 $\angle 1 = 15^\circ$)には、 $\angle 2 = 24^\circ$ である。このように、照明系3の照明角 $\angle 2$ は、 0° ～ 25° の範囲に設定しておくとよい。しかしながら、近接観察を重視しすぎた設計の照明系3では、遠景観察時の配光バランスが崩れる可能性があるので、注意が必要である。

【0136】

実施例20

図58は、実施例20の内視鏡1Wの照明系3Wを示している。斜視内視鏡1の照明光源としてライトガイドLGを用いる場合、ライトガイドLGの先端部を図56(実施例18)および図57(実施例19)に示すようにR状に曲げることがある。しかし曲げ角度が大きかったり、曲げの曲率半径が小さかったりすると、ライトガイドLGを構成するライトガイドファイバーが折れ易いために光量損失を招くことがある。照明系3WではライトガイドLGの先端部を曲げずに照明方向を変える照明方向変換素子であるプリズムPWを有する。このため照明系3の構成上、配置スペースが少ない場合であっても、内視鏡1Wの径方向にスペースをとらない。

【0137】

また、図59に示す実施例20の変形例の内視鏡1Xの照明系3Xは、ライトガイドLGの端面を斜めにカットして照明方向変換素子であるプリズムPXと組み合わせている。照明系3Xは照明系3Wと同様の効果を有する。

【0138】

実施例21

図60は、実施例21の斜視内視鏡1Wの対物系2Wの光学構成を示している。本実施例の対物系2Wは、プリズムPを介して配置された前群の正レンズ群(前群レンズ群G1)と後群の正レンズ群(後群レンズ群G2)とを有し、絞りSは前群レンズ群G1とプリズムPとの間に配置されている。すなわち本実施例の対物系2Wは、視野方向変換素子であるプリズムPの前側に、負の屈折力の第1レンズと正の屈折力の第2レンズとから構成される正の屈折力を有する前群レンズ群G1が配置され、プリズムPの後側に接合レンズから構成される正の屈折力を有する後群レンズ群G2が配置されている。そして後群レンズ群G2は、正レンズと負レンズとを貼り合わせた接合レンズから構成されている。

【0139】

撮像素子の画素ピッチが小さくなってくると、これに対応して色収差も小さく抑える必要がある。これに対応するために、対物系2Wでは、前群レンズ群G1および後群レンズ群G2中の正レンズに低分散ガラスを用い、接合レンズに用いた硝材の屈折率差を0.4以上と大きくしている。このため、対物系2Wでは各収差がバランスよく補正されている

10

20

30

40

50

。

【0140】

対物系2Wのレンズ枚数は接合レンズを含むため4枚と少ないが、その性能は良好である。なお、レンズ枚数を少なくすることで対物系の価格を抑えることもできる。また、対物系2Wでは、絞りSがプリズムPの前側に配置されているので、前群レンズ群G1の光線高を抑えてレンズ外径が小さい。特に第1レンズL1が小型である。また、絞りSの前側に負レンズと正レンズとを配置しているため、前群レンズ群G1の屈折力バランスがとれているため、球面収差およびコマ収差などの収差補正がしやすい。

【0141】

なお本実施例に限らないが、本発明の対物系2では、前群レンズ群G1の正レンズ（単レンズもしくは接合レンズ）は曲率半径の小さい面を後側に向け、後群レンズ群G2中の正レンズ（単レンズもしくは接合レンズ）は曲率半径の小さい面を前側に向けることが、対物系全体の屈折力バランスがとりやすく、収差補正も容易となる。

【0142】

また、CCD20などの撮像素子を有する内視鏡の場合、CCD20の後端部には抵抗およびコンデンサ等の電子部品を搭載した回路基板や電気ケーブル等が接続されるために、レンズ系（対物系）以外の部分も長いスペースを要する。これに対して、本実施例の対物系2Wでは、十分なプリズム長を確保しながら、バックフォーカスが短い。このため内視鏡先端部の硬質部の長さが短く、内視鏡の操作性や処置性がよい。図61は本実施例の対物系2Wの収差図である。

【0143】

本実施例の数値データは下記のとおりである。

面No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3455	1.88815	40.52	
2	0.6680	0.3847	1.		
3	∞	0.3455	1.52266	74.72	
4	∞	0.0461	1.		
5	1.7679	1.6355	1.48915	70.04	20
6	-1.1621	0.0346	1.		
7(絞り)	∞	0.1497	1.		
8	∞	2.5684	1.88815	40.52	
9	∞	0.1497	1.		
10	1.3372	1.2439	1.48915	70.04	
11	-1.3372	0.3455	1.93429	18.74	30
12	-3.9137	0.4018	1.		
13	∞	0.4607	1.88815	40.52	
14	∞	0.0115	1.52233	52.71	40
15	∞	0.8062	1.61350	50.20	
16	∞				

【0144】

f = 1、IH = 0.730、W = 49.730°

d / f = 1.694

d / IH = 2.321

D1 / f = 2.123

D2 / f = 2.317

10

20

30

40

50

$D_1 / D_2 = 0.917$
 $|f_1| / f = 0.752$
 $f_2 / f = 1.755$
 $G_1 f / f = 2.834$
 $G_2 f / f = 3.394$
 $G_1 f / G_2 f = 0.835$

【0145】

実施例22

図62は、実施例22の斜視内視鏡1Xの対物系2Xの光学構成を示している。本実施例の対物系2Xは実施例21の対物系2Wと同様にレンズ4枚構成である。

10

【0146】

ただし、本実施例の対物系2Xでは後群レンズ群G2の接合レンズに用いた硝材の屈折率差を0.3と小さく、比較的加工しやすい硝材を用いている。対物系2Xは接合レンズの接合面の曲率半径が約1.1と小さいが、良好な性能を実現している。図63は本実施例の対物系2Xの収差図である。

【0147】

本実施例の数値データは下記のとおりである。

面No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3574	1.88815	40.52	20
2	0.7476	0.4170	1.		
3	∞	0.3574	1.52266	74.72	
4	∞	0.5111	1.		
5	2.5745	1.2486	1.48915	70.04	
6	-1.4230	0.0357	1.		
7(絞り)	∞	0.2502	1.		
8	∞	2.4424	1.88815	40.52	
9	∞	0.1549	1.		
10	1.4765	1.2718	1.51825	63.93	
11	-1.1975	0.3596	1.85504	23.59	
12	-4.5495	0.5619	1.		
13	∞	0.4766	1.51825	63.94	
14	∞	0.0119	1.52233	52.71	
15	∞	0.8340	1.50700	63.00	
16	∞				

【0148】

$f = 1$ 、 $IH = 0.755$ 、 $W = 50.002^\circ$

40

$d / f = 1.734$

$d / IH = 2.297$

$D_1 / f = 2.476$

$D_2 / f = 2.623$

$D_1 / D_2 = 0.944$

$|f_1| / f = 0.842$

$f_2 / f = 2.088$

$G_1 f / f = 3.389$

$G_2 f / f = 3.577$

50

G 1 f / G 2 f = 0.948

【 0 1 4 9 】

実施例 2 3

図 6 4 は、実施例 2 3 の斜視内視鏡 1 Y の対物系 2 Y の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 Y は実施例 2 1 の対物系 2 W と同様にレンズ 4 枚構成である。

【 0 1 5 0 】

そして、本実施例の対物系 2 Y では第 1 レンズ L 1 以外のレンズ硝材が対物系 2 W と異なる。特に、後群レンズ群 G 2 の接合レンズに用いた硝材の屈折率差が 0.35 と大きいために、色収差が良好に補正されている。図 6 5 は本実施例の対物系 2 Y の収差図である。

10

【 0 1 5 1 】

本実施例の数値データは下記のとおりである。

面 No	r	d	n(e)	v (e)
1	∞	0.3426	1.88815	40.52
2	0.6315	0.3769	1.	
3	∞	0.3426	1.52266	74.72
4	∞	0.1142	1.	
5	1.7515	1.3784	1.51825	63.93
6	-1.2749	0.1142	1.	
7(絞り)	∞	0.1142	1.	
8	∞	2.6611	1.88815	40.52
9	∞	0.1485	1.	
10	1.2301	1.1044	1.49846	81.14
11	-1.1283	0.3391	1.85504	23.59
12	-4.5472	0.4170	1.	
13	∞	0.4568	1.51825	63.94
14	∞	0.0114	1.52233	52.71
15	∞	0.7994	1.50700	63.00
16	∞			

20

30

【 0 1 5 2 】

f = 1、IH = 0.724、W = 50.002°

d / f = 1.786

d / IH = 2.467

D 1 / f = 2.034

D 2 / f = 2.324

40

D 1 / D 2 = 0.875

| f 1 | / f = 0.711

f 2 / f = 1.686

G 1 f / f = 3.298

G 2 f / f = 3.235

G 1 f / G 2 f = 1.020

【 0 1 5 3 】

実施例 2 4

図 6 6 は、実施例 2 4 の斜視内視鏡 1 Z の対物系 2 Z の光学構成を示している。本実施例の対物系 2 Z は実施例 2 1 の対物系 2 W と同様にレンズ 4 枚構成である。

50

【0154】

ただし、本実施例の対物系2Zでは、第1レンズL1に屈折率2以上の高屈折率材料を用いている。材料を高屈折率材料としたため、第1レンズL1は曲率半径が大きくレンズ加工がしやすい。

【0155】

また、第1レンズL1に高屈折率かつ高硬度の結晶材料のような材料を用いた場合、レンズ外表面に傷が付きにくい。特に、内視鏡の場合にはレンズが小さいために小さい傷であっても画像ムラおよびフレアの原因となる。しかし第1レンズL1に高硬度材料を用いた斜視内視鏡1Zでは傷が付きにくいため良好な視野を保持できる。更に、高屈折率材料はアッペ数が低く高分散であるために、接合レンズに用いる硝材の屈折率差を0.4以上と大きくして色収差を良好に補正可能である。図67は本実施例の対物系2Zの収差図である。

【0156】

本実施例の数値データは下記のとおりである。

面No	r	d	n(e)	v(e)	
1	∞	0.3646	2.18246	32.71	
2	0.7931	0.4011	1.		
3	∞	0.3646	1.52266	74.72	
4	∞	0.1215	1.		10
5	4.3362	1.7162	1.77621	49.36	
6	-1.7401	0.1215	1.		
7(絞り)	∞	0.1215	1.		
8	∞	2.8321	1.88815	40.52	
9	∞	0.1580	1.		
10	1.7950	1.1866	1.49846	81.14	
11	-1.3543	0.3609	1.93429	18.74	
12	-2.9819	0.8599	1.		20
13	∞	0.4861	1.51825	63.94	
14	∞	0.0122	1.52233	52.71	
15	∞	0.8507	1.50700	63.00	
16	∞				

【0157】

$$f = 1, IH = 0.771, W = 49.999^\circ$$

$$d/f = 1.901$$

$$d/IH = 2.466$$

$$D1/f = 2.138$$

$$D2/f = 2.889$$

$$D1/D2 = 0.740$$

$$|f1|/f = 0.671$$

$$f2/f = 1.825$$

$$G1f/f = 3.104$$

$$G2f/f = 3.710$$

$$G1f/G2f = 0.837$$

【0158】

なお対物系2では、CCD20などの撮像素子の感度補正用として赤外線カットフィル

10

20

30

40

50

ターまたは色温度変換フィルターを第1レンズL1の後側に配置してもよい。またYAGレーザーまたは半導体レーザー等のレーザー光をカットするためのレーザーカットフィルター等の特殊機能フィルターを配置してもよい。また、プリズム面に赤外線カット特性またはレーザー光カット特性を有する干渉膜を設けることも可能である。なお、フィルターは吸収型または反射型、もしくはそれらの複合型を用いてもよいし、反射防止膜を施したフィルターを用いてもよい。

【0159】

更に、第1レンズL1に近接してフィルターを設けることで、第1レンズ像面側(後側)に形成される空気層の体積を小さくすることができるため、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。更に第1レンズL1とフィルターとを接合したり、はんだ等で気密封止するとより効果的である。10

【0160】

また、後群レンズ群G2の小型化のために、撮像素子への最大像高時の光線入射角度Wは、 $0^\circ < W < 20^\circ$ にすることが好ましい。撮像素子へ光軸側から前記範囲内で斜めに光線が入射すると、後群レンズ群G2の光線高を低く抑えることができるため、レンズ外径を小さくでき、枠部材も含めたレンズユニットを小型化できる。光線入射角度Wは 3° から 10° の範囲が特に好ましい。なお、光線入射角度Wは、最大像高時の主光線の入射角度であり、媒質は空気中のときである。

【0161】

実施例25

20

次に、図68は実施例25の斜視内視鏡1A1の対物系2A1の光学構成を示している。対物系2A1は、第1のレンズユニット枠F1と第2のレンズユニット枠F2と、第3のレンズユニット枠F3とを有しており、第3のレンズユニットU3を含めた対物系2A1の光学調整をおこなうことができる。

【0162】

図68に示すように、第3のレンズユニットU3は、対物レンズの構成部品である平行フィルターFL3と、平行フィルターFL3を介して第3レンズユニット枠F3に取り付けられたCCD20とを有する。そして、第3レンズユニット枠F3と第2レンズユニット枠F2とは勘合している。この勘合部に所定の調整用隙間、すなわち、クリアランスを設けてあるために、対物系2A1においては第3レンズユニットU3と他のレンズユニットU1、U2との光軸Z1直交方向のシフト調整が容易にできる。なお、調整後、調整用隙間には接着剤が充填され固定される。30

【0163】

すなわち公知の対物系のレンズユニット枠の勘合部の隙間は $30\mu\text{m}$ 未満と小さいが、対物系2A1においては偏角調整をおこなうために必要な隙間、例えば $50\sim100\mu\text{m}$ の隙間が設けられている。この第3レンズユニットU3全体を移動するシフト調整は、撮像系の偏角調整に有効であり、他の光学性能への影響がない。

【0164】

なお上記では第3レンズユニットU3単独のシフト調整について説明したが、第3レンズユニットU3のシフト調整と、例えば第1レンズユニットU1の回転調整もしくはチルト調整、または第2レンズユニットU2のシフト調整などを組み合わせて調整してもよい。40

【0165】

実施例26

図69は実施例26の斜視内視鏡1A2の対物系2A2の光学構成を示している。対物系2A2は実施例25の対物系2A1と類似した構成であるが、第3レンズユニットU3は他のレンズユニットU1、U2に対してチルト調整ができる。

【0166】

対物系2A1におけるシフト調整、例えば偏角調整をおこなうためには比較的大きな調整用隙間が必要な場合がある。しかし隙間が大きいと、枠同士を接着固定するための接着

50

材の充填がやりにくかったり充填作業時間がかかることがある。これに対して、第3レンズユニットU3をチルト調整する場合では、隙間はシフト調整の場合のように大きくする必要はない。これは、枠勘合部を基準にしてチルトするので、この勘合部から離れた位置に配置された撮像素子の撮像面中心位置を大きくずらすことができるためである。ただしチルト調整により撮像面が大きく傾き過ぎると、画像周辺がぼけて画質が低下するので注意が必要である。

【0167】

なお、ここでは、主に第3レンズユニットU3のチルト調整について説明したが、第3レンズユニットU3のチルト調整と、例えば第1レンズユニットU1の回転調整もしくはチルト調整、または第2レンズユニットU2のシフト調整などを組み合わせて調整してもよい。

10

【0168】

実施例27

図70は実施例27の斜視内視鏡1A3の対物系2A3の光学構成を示している。対物系2A3は実施例26の対物系2A2と類似した構成であるが、第2レンズユニットU2と第3レンズユニットU3との枠勘合部形状が、よりチルト調整がしやすい構造である。すなわち、第2レンズユニット枠F2の勘合部の外径形状が凸形状である。

【0169】

このため、対物系2A3においては、第2レンズユニット枠F2と第3レンズユニット枠F3とはしっかりと勘合しつつも、レンズユニットのチルト調整がしやすい。第2レンズユニット枠F2の凸形状は、光学調整のために必要なチルト量が得られるように設定すればよい。また前記構造とは逆に、第3レンズユニット枠F3の枠勘合部の内径形状を凸形状として第2レンズユニット枠F2の枠部材外径部と勘合させてもよいし、一方を凸形状、他方を凹形状としてもよい。

20

【0170】

内視鏡の場合、撮像素子を含むレンズユニットによりピント調整をおこなうことが多いため、ピント調整と偏芯調整を同時におこなうには、安定的に作業ができるという利点がある。

【0171】

また、実施例5(図28)および実施例7(図32)のようにCCD20の近傍にレンズが配置されている場合、第3レンズユニットU3は、例えば図71に示すような屈折力のレンズL13とCCD20とを有する。この場合でも、第3レンズユニットU3のシフト調整およびチルト調整をおこなうとよい。ただし、第3レンズユニットU3が屈折力を有するレンズL13を含む場合には、実施例25または実施例26の場合と違って、画質の低下にも注意しながら光学調整をおこなう必要がある。他のレンズユニットによる調整と併せて第3レンズユニットU3の調整をバランスよくおこなうことで画質低下を少なくできる。

30

【0172】

以上の説明のように、第3のレンズユニットU3と他のレンズユニット(第1のレンズユニットU1と第2のレンズユニットU2との少なくともいすれか)とを相対的に偏芯可能である斜視用内視鏡では容易に光学調整をおこなうことができる。更に第1のレンズユニットU1と第2のレンズユニットU2と第3のレンズユニットU3の少なくともいすれかが、他のレンズユニットに対し相対的に偏芯可能である斜視内視鏡は容易に光学調整をおこなうことができる。

40

【0173】

なお、上記説明の斜視光学系では、プリズムPを有する第2レンズユニットU2および撮像素子を有する第3レンズユニットU3には上下左右の方向異方性があるので、レンズユニットの回転調整はできない。更に、例えばプリズムPが第1レンズユニットU1に含まれる場合には、第1レンズユニットU1の回転調整はできない。そのため、レンズユニット同士のシフト調整およびチルト調整を中心として組立調整する。

50

【0174】

なお、図72は各実施例における各条件式の値を示した表である。

【0175】

以上説明したように、本発明による斜視内視鏡1は、下記の特徴を有する。

ただし、対物光学系2の前群レンズ群G1と後群レンズ群G2とのレンズ間隔をd、対物光学系2の全系の焦点距離をf、最大像高をIH、対物光学系2のレンズ第1面から視野方向変換素子の物体側面までのレンズ間隔をD1、視野方向変換素子の像側面から像面(撮像素子の光検出面)までのレンズ間隔をD2、前群レンズ群G1の焦点距離をG1f、後群レンズ群G2の焦点距離をG2f、前群レンズ群中の負レンズ群の焦点距離をf1、前群レンズ群中の正レンズ群の焦点距離をf2、対物光学系2の視野方向、すなわち内視鏡長手方向に垂直な方向と対物光学系2の光軸とのなす角度である斜視角をθ1、照明光学系3の照明方向、すなわち発光体の中心部から出射する光線が照明光学系3を透過後に、内視鏡長手方向に垂直な方向とのなす角度である照明角をθ2、対物光学系2の中心すなわち光軸と照明光学系3の中心すなわち光軸との間隔をLとする。

【0176】

(1) 斜視内視鏡は以下を具備する。撮像素子；正の屈折力を有する前群レンズ群；前記前群レンズ群の前記撮像素子側に配置された視野方向変換素子；前記視野方向変換素子の前記撮像素子側に配置された正の屈折力を有する後群レンズ群。

【0177】

(2) 上記(1)に記載の斜視内視鏡であって、

前記前群レンズ群を有する第1のレンズユニットが配置された第1のレンズユニット枠と、前記後群レンズ群を有する第2のレンズユニットを配置された第2のレンズユニット枠と、を更に具備し、前記第1のレンズユニット枠を前記第2のレンズユニット枠に対し相対的に移動することにより、前記第1のレンズユニットが前記第2のレンズユニットに対し相対的に偏芯可能である。

【0178】

(3) 上記(1)または(2)に記載の斜視内視鏡であって、前記対物光学系よりも前記斜視内視鏡の基端部側に配置された照明光学系を更に具備する。

【0179】

(4) 上記(1)から(3)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、前記視野方向変換素子がプリズムである。

【0180】

(5) 上記(1)から(4)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(1.1 < d/f < 2.1)かつ、(1.4 < d/IH < 3.0)、である。

【0181】

(6) 上記(1)から(5)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(1.2 < d/f < 2.0)かつ(1.5 < d/IH < 2.7)である。

これにより、対物光学系2の更なる広角化および撮像素子の小型化への対応がしやすい。

【0182】

(7) 上記(1)から(6)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(1.4 < D1/f < 3.1)かつ(2.0 < D2/f < 3.9)である。

上記条件式は、前群レンズ群G1、後群レンズ群G2のレンズ間隔の構成バランスを示しており、レンズ外径および全系の長さを最適化している。

【0183】

(8) 上記(1)から(6)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(1.6 < D1/f < 2.8)かつ(2.3 < D2/f < 3.6)である。

これにより、対物光学系2の更なる広角化および撮像素子の小型化への対応がしやすい。

【0184】

10

20

30

40

50

(9) 上記(1)から(8)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(0.4 < D1 / D2 < 1.0)である。

この条件式は、視野方向変換素子の前群および後群を構成するのに必要なレンズ間隔比に関するもので、この条件を満足することにより、先端部5を大径化せずに構成できる。

【0185】

(10) 上記(1)から(9)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(1.5 < G1f / f < 6.0)かつ(3.0 < G2f / f < 6.0)である。

これにより、前記対物光学系2の外径および全長を小型に構成しつつ、光学性能を確保することができる。

【0186】

10

(11) 上記(1)から(10)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、(0.3 < G1f / G2f < 2.0)である。

この条件式は、前群レンズ群G1と後群レンズ群G2の屈折力配分に関するもので、対物光学系2の外径および全長を小型に構成しつつ、光学性能を確保することができる。

【0187】

(12) 上記(1)から(11)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、前記前群レンズ群は、少なくとも負レンズを含む負レンズ群と正レンズを含む正レンズ群とを有する。

【0188】

(13) 上記(1)から上記(12)に記載の斜視内視鏡であって、(0.5 < |f1| / f < 1.1)かつ(1.3 < f2 / f < 2.8)である。

20

これにより、レンズの加工性および光学性能を良好に保つことができる。

【0189】

(14) 上記(1)から上記(12)に記載の斜視内視鏡であって、(0.65 < |f1| / f < 1.0)かつ(1.5 < f2 / f < 2.5)である。

これにより、レンズの加工性および光学性能を更に良好に保つことができる。

【0190】

(15) 上記(1)から(14)のいずれか1項に記載の斜視内視鏡であって、前記前群レンズ群内に配置された明るさ絞りを有する。

【0191】

30

(16) 上記(2)に記載の斜視内視鏡であって、前記第1のレンズユニット内に前記前群レンズ群と明るさ絞りとが一体的に構成されている。

【0192】

(17) 上記(2)または(16)に記載の斜視内視鏡であって、前記第1のレンズユニットが、前記第2のレンズユニットに対して回転、シフトもしくはチルトのいずれか、またはこれらのいずれかの組み合わせ動作により調整可能である。

【0193】

(18) 上記(3)に記載の斜視内視鏡であって、(0° ~ 20°)かつ(0° ~ 25°)である。

これにより、前記対物光学系2の視野方向に対して、照明光学系3の照明方向を最適化することができ、均一な明るさの画像を得ることができる。

40

【0194】

(19) 上記(3)に記載の斜視内視鏡であって、(3mm ~ 5mm)である。

前記対物光学系と照明光学系を前記範囲内に配設することで、特に近接観察時のパララクスの影響を少なくすることができ、観察範囲内で均一な明るさの画像を得ることができる。

【0195】

以上の説明のように本発明によれば、CCD20などの撮像素子の小型化および高画素化に対応しながらレンズ枠の強度を確保しつつ、観察性能の向上した斜視内視鏡用として最適な小型のレンズ構成を提供することができ、先端部5が細径化した斜視用内視鏡1を

50

提供することができる。

【0196】

また、本発明によれば、対物光学系2の先端レンズ(第1レンズL1)とレンズ枠Fとを隙間なく固定することにより、対物光学系2内の曇りの発生を防ぐことができ、かつ、新規構造の調整方法を実施することが可能な構造を有する、光学性能の安定した斜視用内視鏡1を提供することができる。

【0197】

また、本発明によれば、観察性能の向上と処置性向上とに対応しながら、鉗子起上台6等による視野けられの影響を低減し、かつ観察視野を広範囲化しても視野周辺部まで十分な照明光を照射できる、すなわち視野周辺部まで明るい良好な配光の斜視用内視鏡1を提供することができる。

10

【0198】

本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変えない範囲において、種々の変更、改変等ができる。

【符号の説明】

【0199】

1 ... 斜視用内視鏡

20

2 ... 対物光学系

3 ... 照明光学系

4 ... ノズル

5 ... 先端部

101 ... 斜視内視鏡

102 ... 斜視用対物系

202 ... 直視対物系

F ... レンズ枠

F L ... フィールドレンズ

G ... 隙間

G1 ... 前群レンズ群

G2 ... 後群レンズ群

30

L G ... ライトガイド

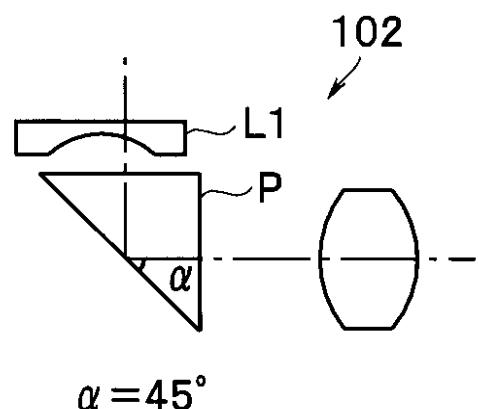
P ... プリズム

S W ... 調整ネジ

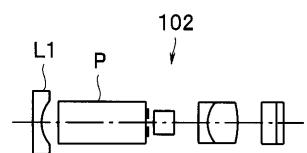
U1、U2、U3 ... レンズユニット

Z1 ... 光軸

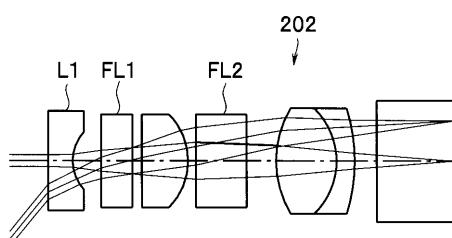
【図1】



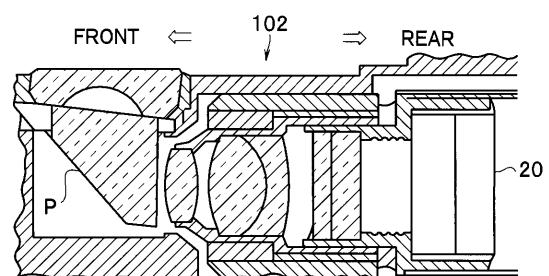
【図2】



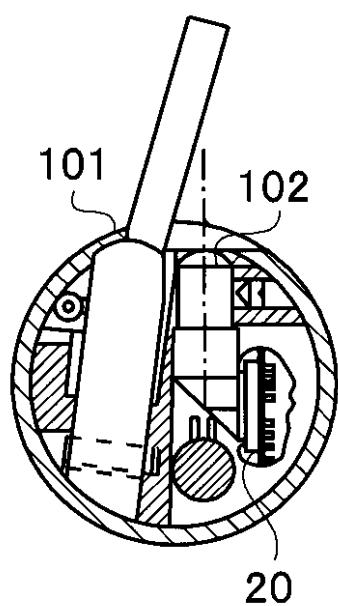
【図3】



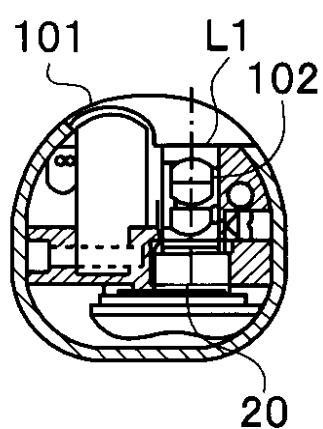
【図4】



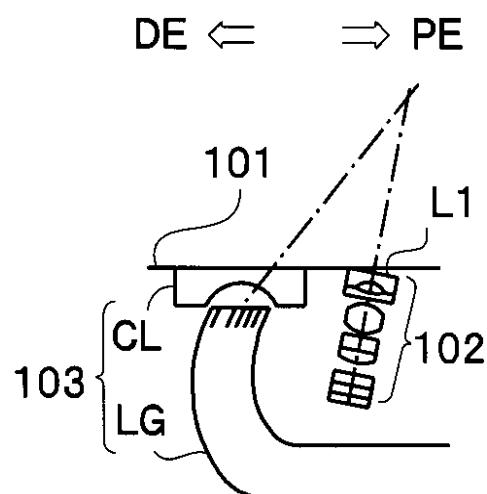
【図5】



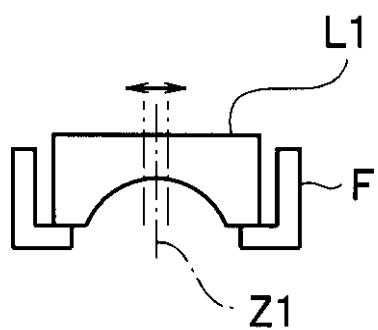
【図6】



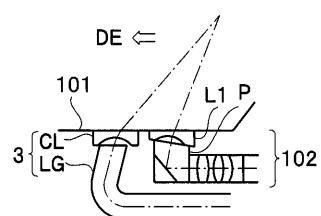
【図7】



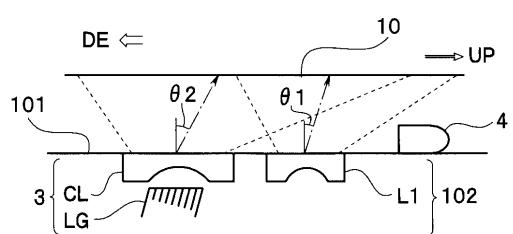
【図9】



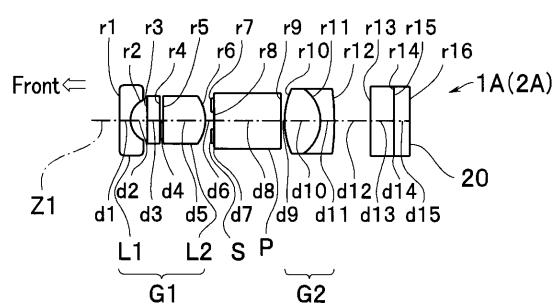
【図8】



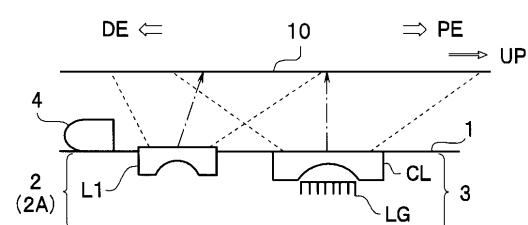
【図10】



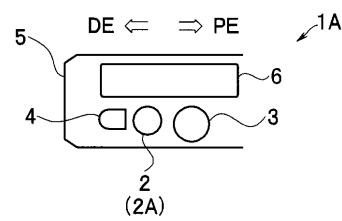
【図11】



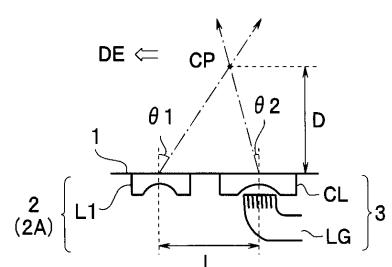
【図13】



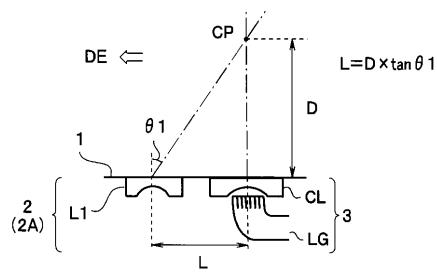
【図12】



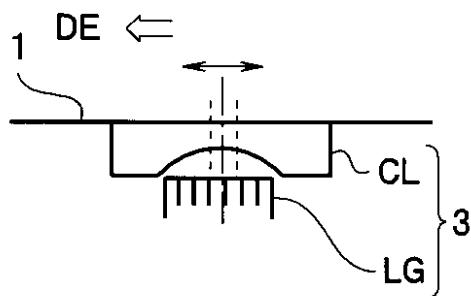
【図14】



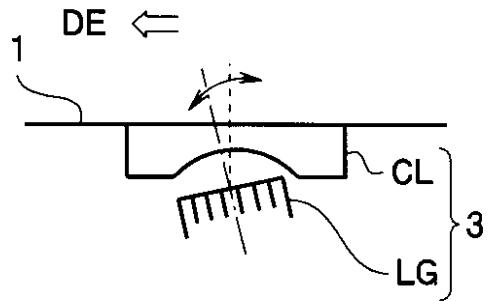
【図15】



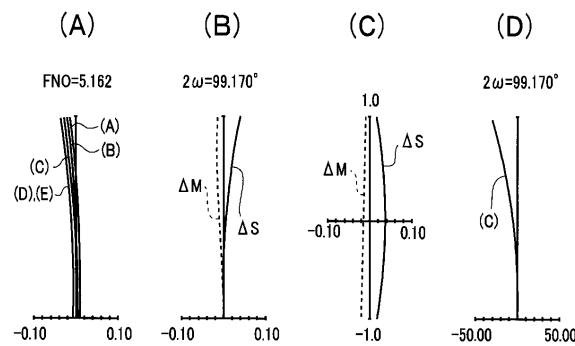
【図16】



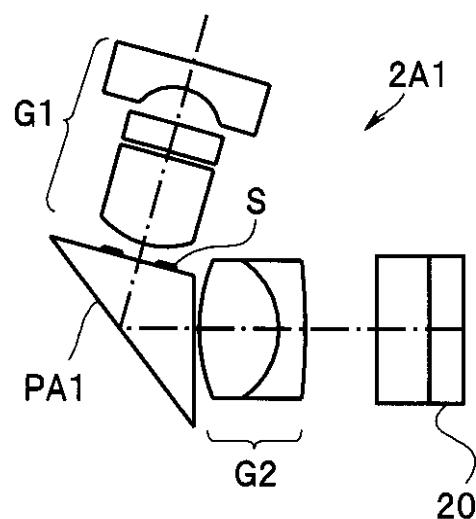
【図17】



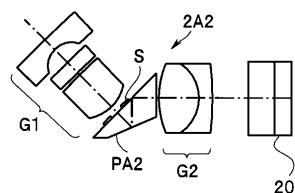
【図18】



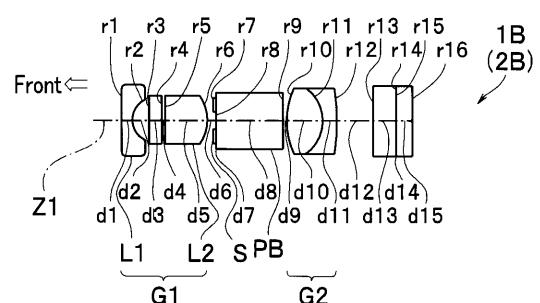
【図19】



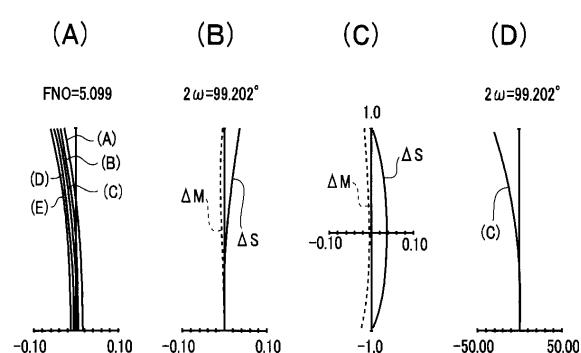
【図20】



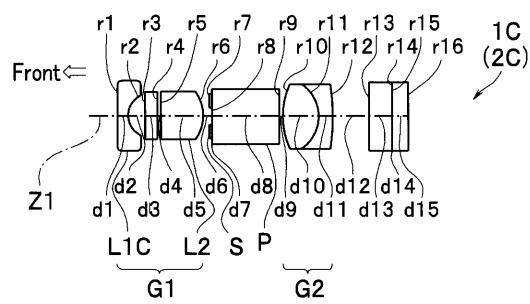
【図21】



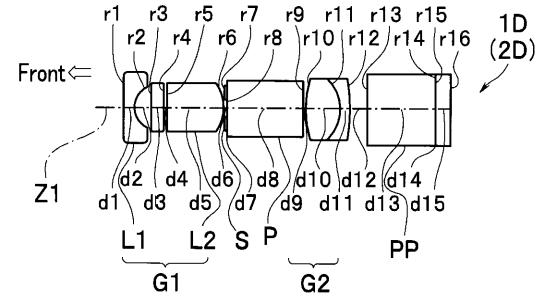
【図22】



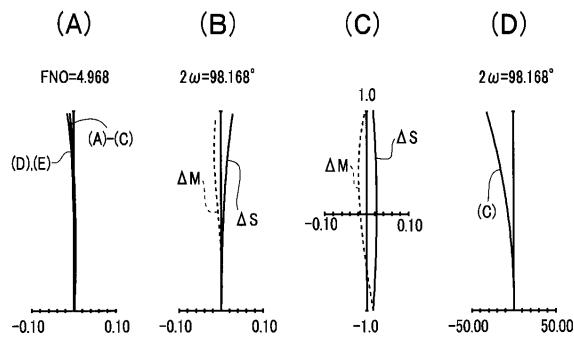
【図23】



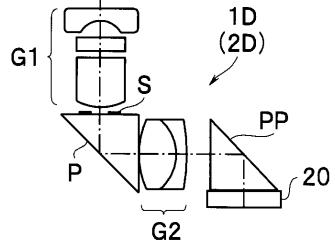
【図25】



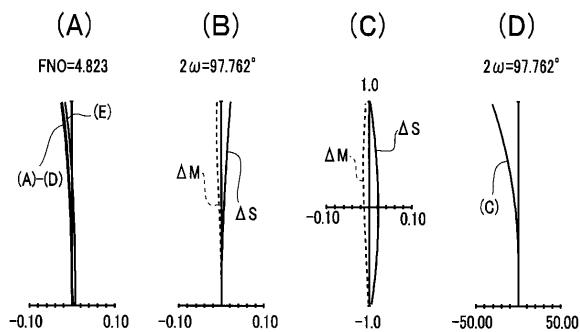
【図24】



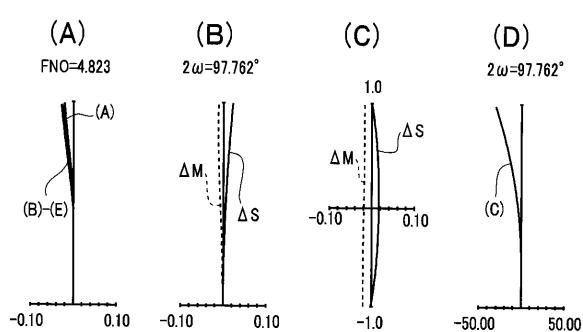
【図26】



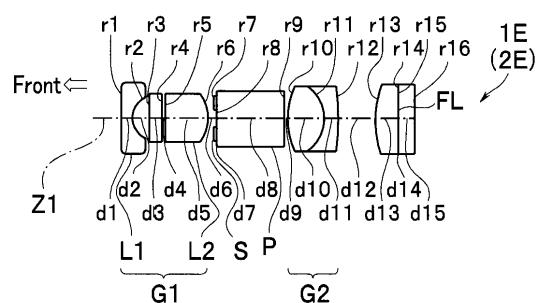
【図27】



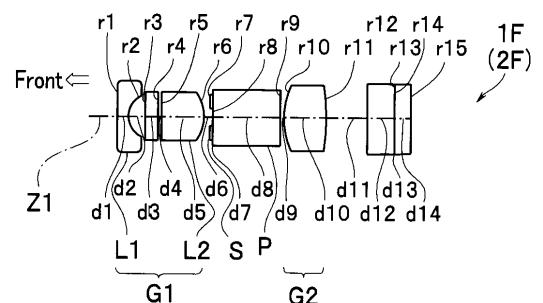
【図29】



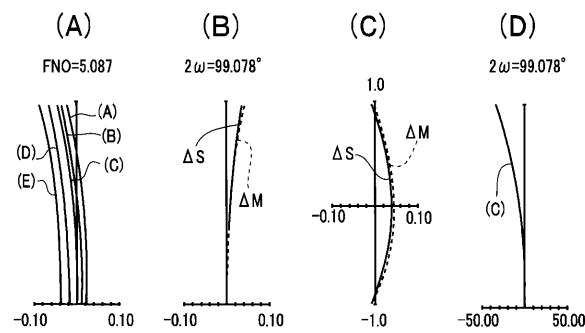
【図28】



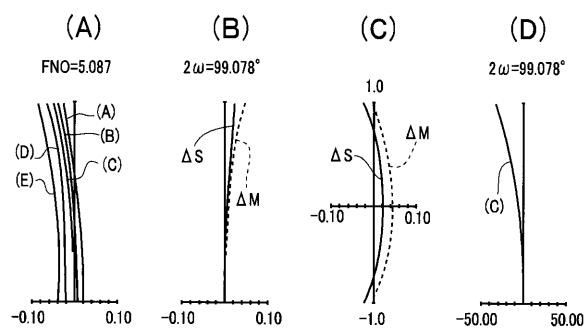
【図30】



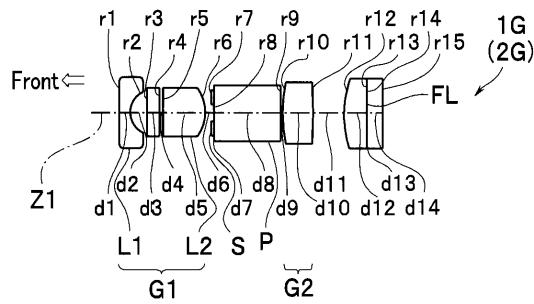
【図31】



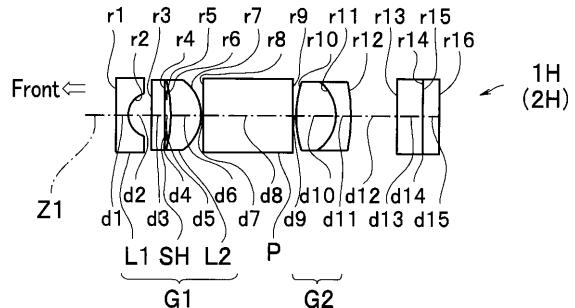
【図33】



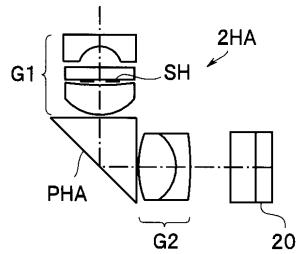
【図32】



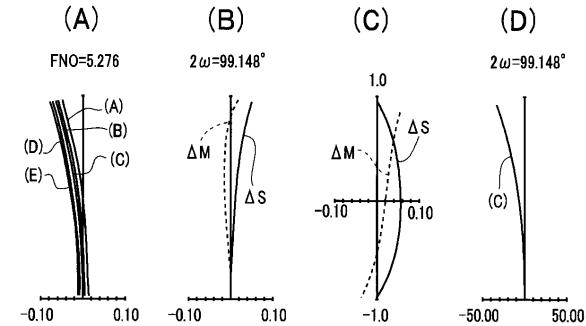
【図34】



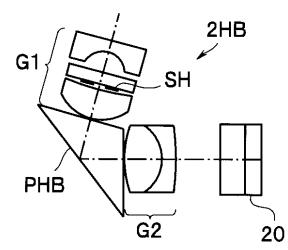
【図35】



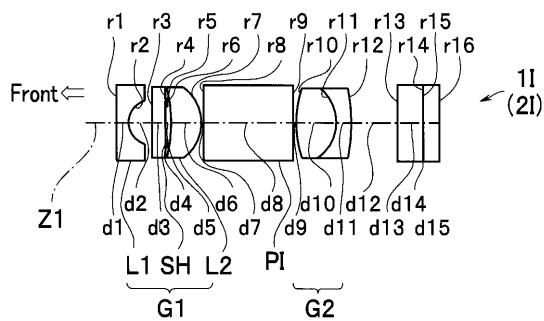
【図37】



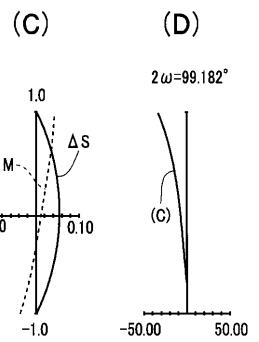
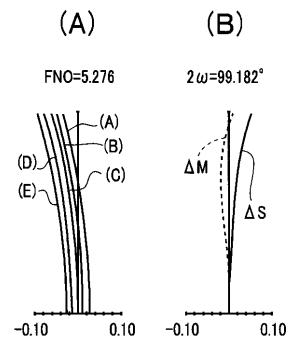
【図36】



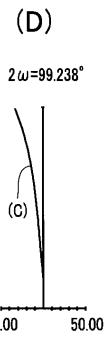
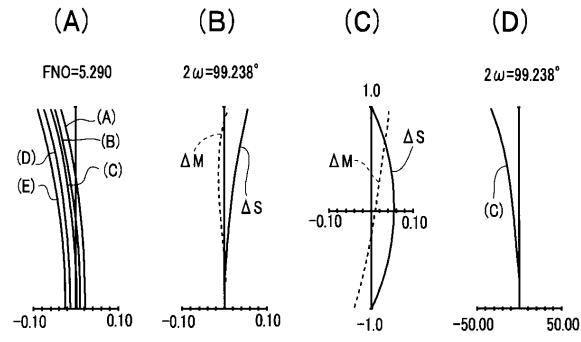
【図38】



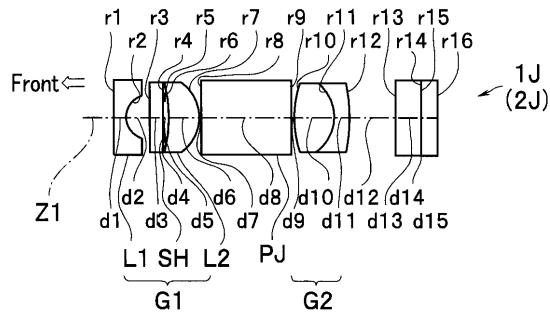
【図39】



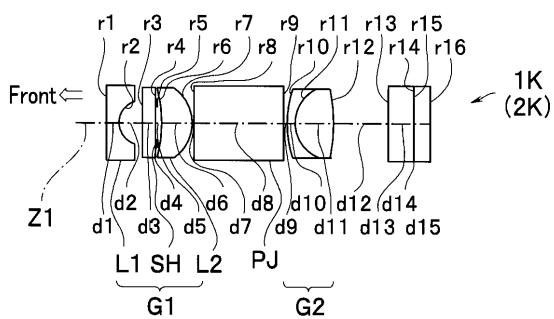
【図41】



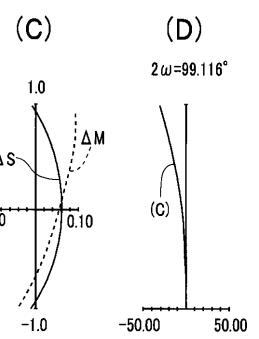
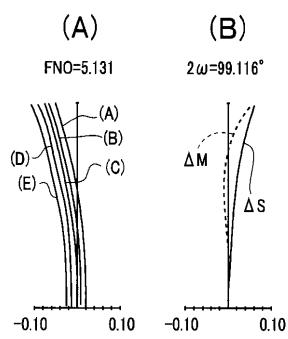
【図40】



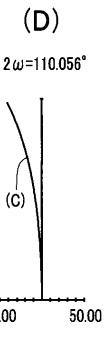
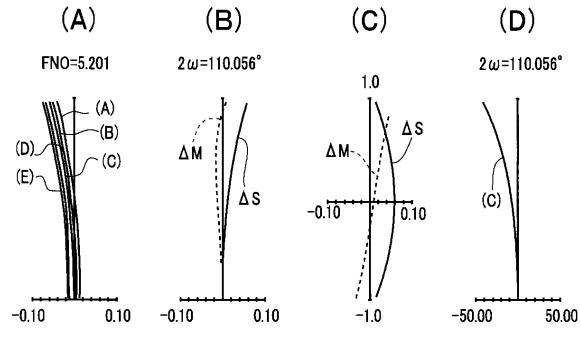
【図42】



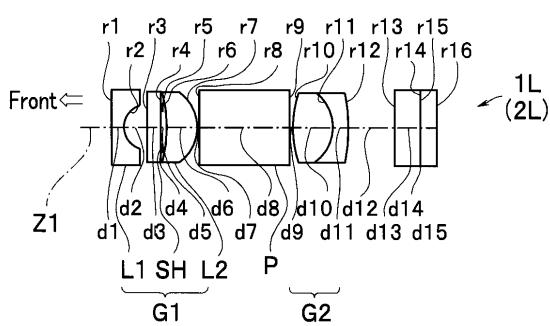
【図43】



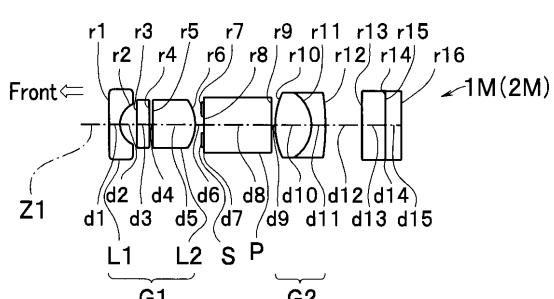
【図45】



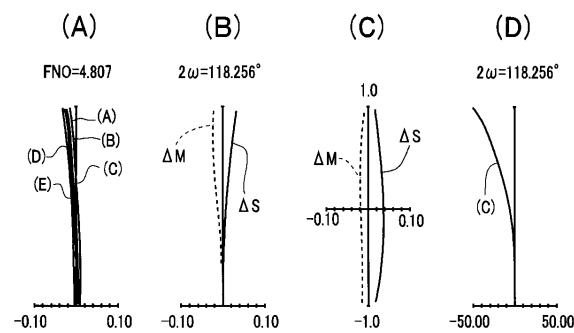
【図44】



【図46】



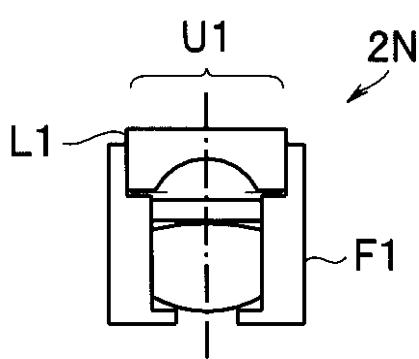
【図47】



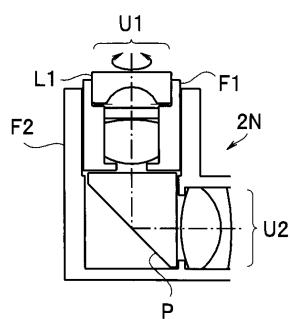
【図48】

Example	d/f	d/JH	$D1/f$	$D2/f$	$ f_1 /f$	f_2/f	$G1f/G2f$	$G1f/f$	$G2f/f$
1	1.526	1.949	2.138	2.914	0.734	0.778	1.957	3.170	3.775
2	1.338	1.704	2.145	2.820	0.761	0.791	1.882	2.517	4.162
3	1.474	1.917	2.127	2.927	0.727	0.866	2.190	5.494	3.208
4	1.412	1.808	2.102	3.141	0.669	0.887	2.202	3.973	3.430
5	1.310	1.670	2.149	3.222	0.667	0.816	2.037	3.270	3.389
6	1.485	1.882	2.169	2.553	0.850	0.756	1.695	1.759	4.996
7	1.457	1.857	2.164	2.594	0.834	0.774	1.670	1.721	3.738
8	1.530	1.969	1.844	3.085	0.598	0.722	1.947	3.377	3.960
9	1.447	1.839	1.852	3.089	0.599	0.721	1.932	3.192	4.076
10	1.344	1.773	1.847	3.095	0.597	0.717	1.907	3.067	4.163
11	1.542	1.969	1.838	3.043	0.604	0.753	1.982	3.364	3.916
12	1.644	1.969	2.014	3.238	0.622	0.761	2.138	3.807	3.950
13	1.705	1.951	2.549	2.964	0.880	0.892	2.300	3.392	3.862

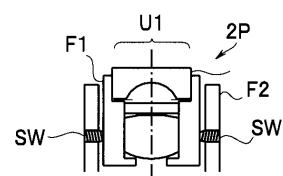
【図49】



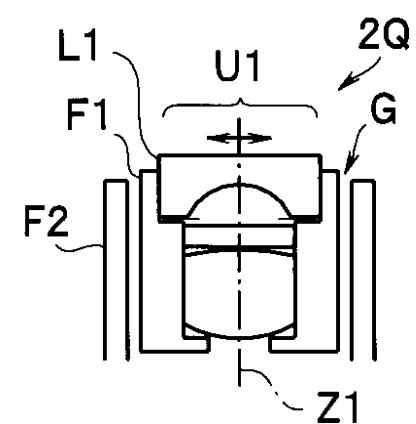
【図50】



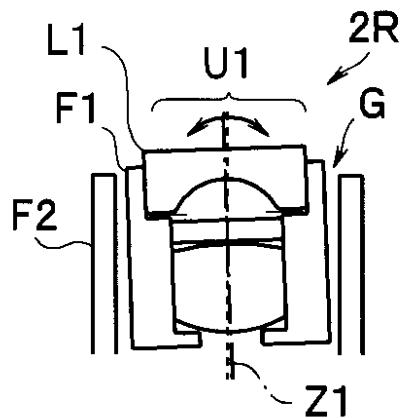
【図51】



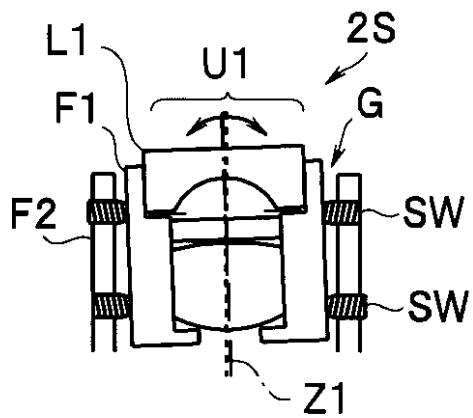
【図52】



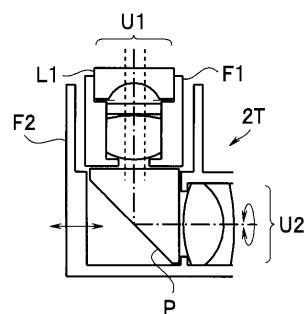
【図53】



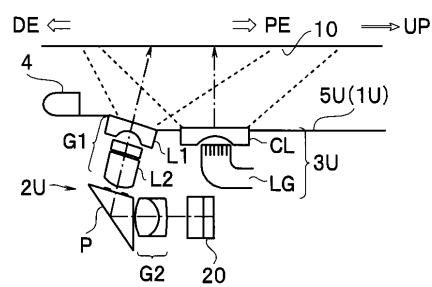
【図54】



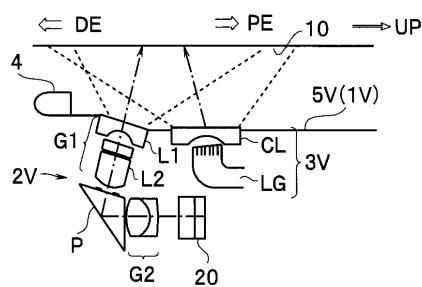
【図55】



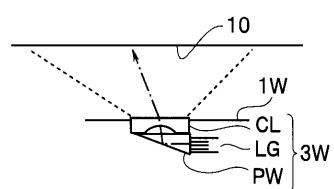
【図56】



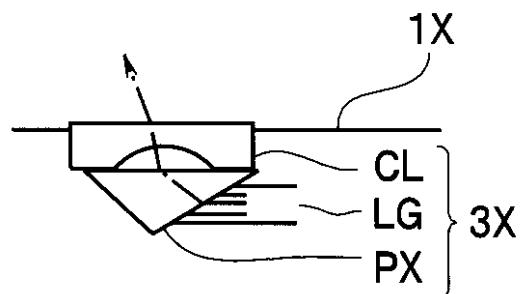
【図57】



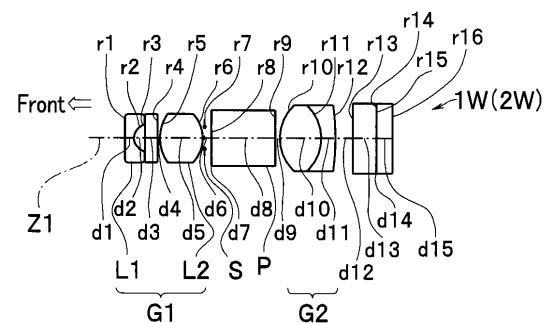
【図58】



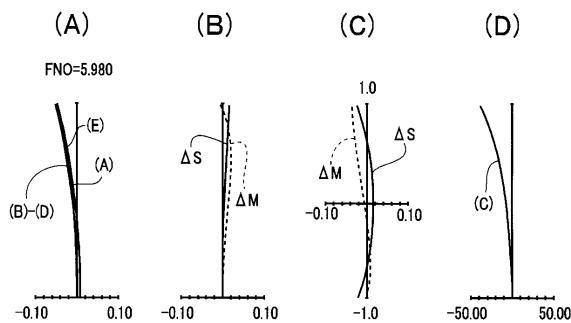
【図59】



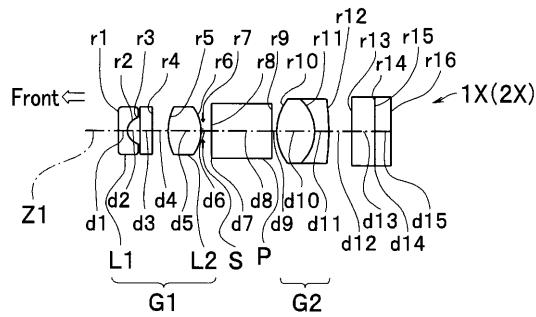
【図60】



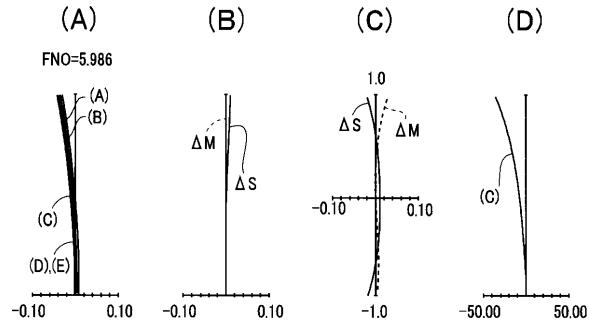
【図61】



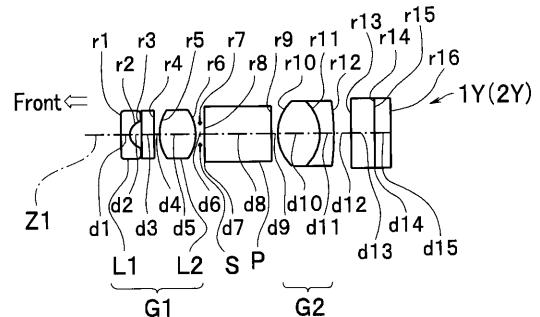
【図62】



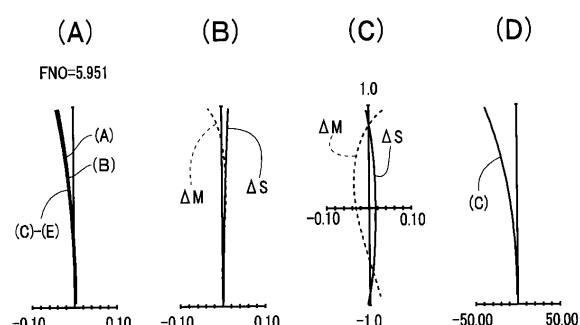
【図63】



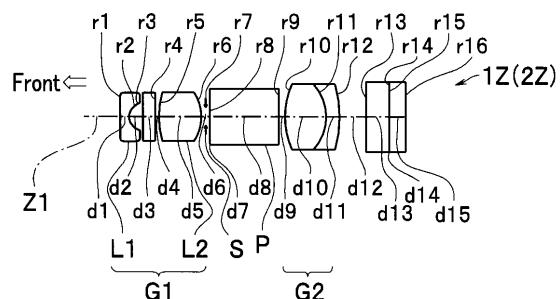
【図64】



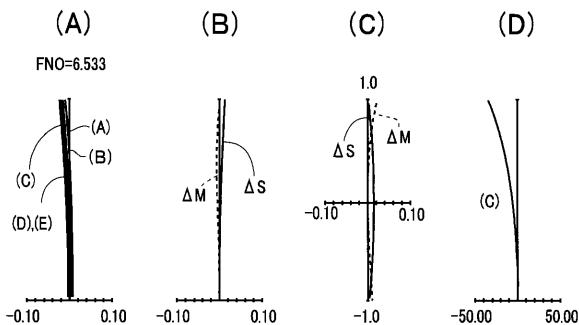
【図65】



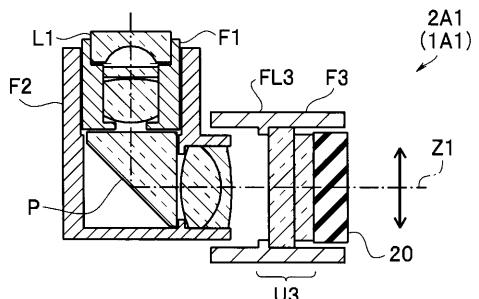
〔 四 6 6 〕



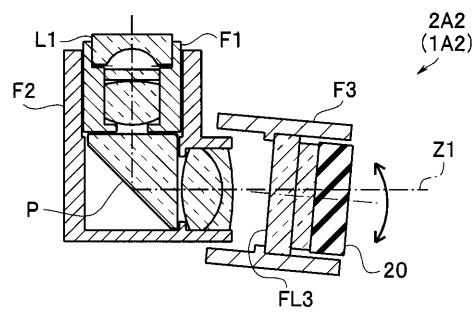
【図67】



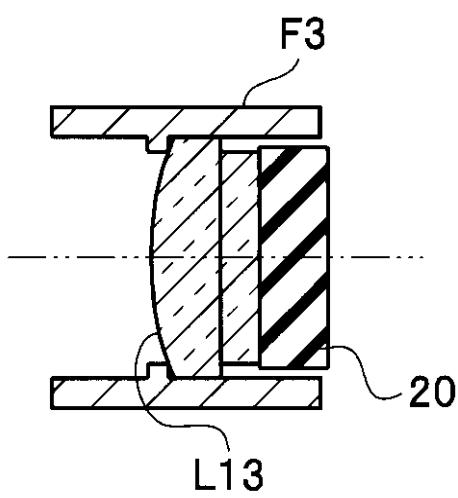
【図6-8】



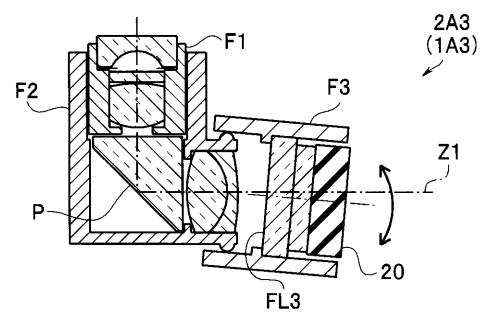
【図 6 9】



【図 7 1】



【図 7 0】



【図 7 2】

Example	d/f	d/H	D_1/f	D_2/f	D_1/D_2	$ f_1 /f$	ρ/f	G_{1f}/f	G_{2f}/f	G_{1f}/G_{2f}
21	1.694	2.321	2.123	2.317	0.917	0.752	1.755	2.834	3.394	0.835
22	1.734	2.297	2.476	2.623	0.944	0.842	2.098	3.389	3.577	0.948
23	1.786	2.467	2.034	2.324	0.875	0.711	1.636	3.288	3.235	1.020
24	1.901	2.466	2.138	2.889	0.740	0.671	1.825	3.104	3.710	0.837

フロントページの続き

(56)参考文献 実開昭63-057617(JP, U)
特開昭63-291019(JP, A)
特開2005-095432(JP, A)
特開平11-216102(JP, A)
特開昭62-065010(JP, A)
特開昭56-009712(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 02 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 02 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 02 B	2 3 / 2 4	-	2 3 / 2 6
G 02 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4
A 61 B	1 / 0 0	-	1 / 3 2

专利名称(译)	斜视用内视镜					
公开(公告)号	JP5558058B2	公开(公告)日	2014-07-23			
申请号	JP2009213542	申请日	2009-09-15			
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯医疗株式会社					
申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社					
当前申请(专利权)人(译)	オリンパスメディカルシステムズ株式会社					
[标]发明人	高杉芳治 秋山大輔					
发明人	高杉 芳治 秋山 大輔					
IPC分类号	G02B13/04 G02B23/26 A61B1/00					
CPC分类号	G02B23/243 A61B1/00177 A61B1/00179 A61B1/00183 A61B1/05 G02B7/023 G02B23/2476					
FI分类号	G02B13/04.D G02B23/26.C A61B1/00.300.Y A61B1/00.731 G02B17/08.Z					
F-TERM分类号	2H040/BA04 2H040/CA23 2H040/CA24 2H040/DA03 2H040/DA18 2H040/DA21 2H040/GA02 2H087 /KA10 2H087/LA03 2H087/NA11 2H087/PA03 2H087/PA17 2H087/PA18 2H087/PB03 2H087/PB04 2H087/QA01 2H087/QA07 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA34 2H087/QA37 2H087 /QA41 2H087/QA45 2H087/QA46 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/RA43 2H087/TA01 2H087/TA03 4C061/BB03 4C061/CC06 4C061/FF40 4C061/FF47 4C061/JJ06 4C061/LL02 4C161/BB03 4C161 /CC06 4C161/FF40 4C161/FF47 4C161/JJ06 4C161/LL02					
代理人(译)	伊藤 进					
审查员(译)	正人Tonooka					
优先权	2008240676 2008-09-19 JP					
其他公开文献	JP2010097208A					
外部链接	Espacenet					

摘要(译)

要解决的问题：提供一种用于倾斜观察的内窥镜，其中配置物镜系统以便可以减小镜片外径。解决方案：物镜系统包括：具有正屈光力的前透镜组G1；棱镜P，是视野方向转换元件；具有正屈光力的后透镜组G2，其中前透镜组G1，棱镜P和后透镜组G2从物体侧依次设置。在物镜系统中，棱镜P设置在具有正屈光力的前透镜组G1和具有正屈光力的后透镜组G2之间，以使得能够设定到棱镜P前面的透镜的更长距离。因此，目标即使随着作为图像拾取装置的CCD 20的尺寸减小而使透镜变小，系统也可以具有足够高强度的透镜框架。镜子可以用作视野方向转换元件。每个透镜组可以由一个透镜构成。

面 No	r	d	n(e)	v (e)
1	∞	0.3455	1.88815	40.52
2	0.6680	0.3847	1.	
3	∞	0.3455	1.52266	74.72
4	∞	0.0461	1.	
5	1.7679	1.6355	1.48915	70.04
6	-1.1621	0.0346	1.	
7(絞り)	∞	0.1497	1.	
8	∞	2.5684	1.88815	40.52
9	∞	0.1497	1.	
10	1.3372	1.2439	1.48915	70.04
11	-1.3372	0.3455	1.93429	18.74
12	-3.9137	0.4018	1.	
13	∞	0.4607	1.88815	40.52
14	∞	0.0115	1.52233	52.71
15	∞	0.8062	1.61350	50.20
16	∞			

【 0 1 4 4 】
f = 1、IH = 0.730、W = 49.730°
d / f = 1.694