

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4937780号
(P4937780)

(45) 発行日 平成24年5月23日 (2012.5.23)

(24) 登録日 平成24年3月2日 (2012.3.2)

(51) Int.Cl. F 1
G 0 2 B 13/04 (2006.01) G 0 2 B 13/04 D

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2007-31677 (P2007-31677)	(73) 特許権者	306037311
(22) 出願日	平成19年2月13日 (2007.2.13)		富士フイルム株式会社
(65) 公開番号	特開2007-334291 (P2007-334291A)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(43) 公開日	平成19年12月27日 (2007.12.27)	(74) 代理人	100109656
審査請求日	平成21年9月17日 (2009.9.17)		弁理士 三反崎 泰司
(31) 優先権主張番号	特願2006-36582 (P2006-36582)	(72) 発明者	宮野 俊
(32) 優先日	平成18年2月14日 (2006.2.14)		埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		番地 フジノン株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願2006-140242 (P2006-140242)		
(32) 優先日	平成18年5月19日 (2006.5.19)	審査官	森内 正明
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、前群発散レンズ系と、明るさ絞りと、後群収束レンズ系とからなり、
全系のバックフォーカスが全系の合成焦点距離の2.5倍よりも長い内視鏡用対物レンズ
であって、

前記前群発散レンズ系が、像面側の面が凹面とされた1枚の負の第1レンズからなり、
前記後群収束レンズ系が、物体側から順に、凸面を像面側に向けた正のメニスカス形状
の第2レンズと、いずれか一方が正レンズで構成されるとともに他方が負レンズで構成さ
れた第3レンズおよび第4レンズからなる接合レンズとが配設されてなり、

かつ、下記条件式を満足するように構成されている

ことを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

$$|v_3 - v_4| \times f^2 / \{ |R_A| \cdot (Bf + D_A / n_4) \} \geq 9 \dots (1)$$

ただし、

f：全系の合成焦点距離

Bf：全系のバックフォーカス

 v_3 ：第3レンズのアッベ数 v_4 ：第4レンズのアッベ数 R_A ：第3レンズと第4レンズとの接合面の曲率半径 D_A ：第4レンズの中心厚 n_4 ：第4レンズの屈折率

10

20

とする。

【請求項 2】

前記接合レンズにおける負レンズのアップ数を v_2 として下記条件式を満足する

$$v_2 < 2.2 \dots\dots (2)$$

ことを特徴とする請求項 1 に記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項 3】

さらに下記条件式を満足する

ことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の内視鏡用対物レンズ。

$$1.2 < 4 \times |v_3 - v_4| \times f^2 / \{ |R_A| \cdot (Bf + D_A / n_4) \} < 9 \dots\dots (1)'$$

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡の先端部に設けられる対物レンズに関し、特に、その像面側に光路変換プリズムが配置されるような長いバックフォーカスを有する光学系に対応可能な内視鏡用対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来より、先端部において、CCD (Charge Coupled Device) などの固体撮像素子を長手方向に対し平行に配置した構成の内視鏡が知られている。図 23 はその内視鏡における対物光学系の概略を示している。図 23 に示したように、固体撮像素子 200 が内視鏡の先端部において軸方向 (長手方向) Z に対し平行に配置されている。そして、その対物レンズ 100 と固体撮像素子 200 との間にカバーガラス 101 を介して光路変換プリズム 102 が挿入配置されるようになっている。対物レンズ 100 の光軸 Z1 は、光路変換プリズム 102 によって、固体撮像素子 200 の方向に略 90 度折り曲げられる。この光路変換プリズム 102 の大きさはイメージサイズで決まり、光路変換プリズム 102 が挿入配置される対物レンズ 100 の最終面から結像位置 P までの距離 (ほぼ、バックフォーカスと同等) を十分に確保しておく必要がある。このため、全系の焦点距離に比べてバックフォーカスの長い対物レンズが必要とされている。しかしながら、内視鏡用の対物レンズは、その広角化の要請に伴い、イメージサイズが同一でも焦点距離は短くなる傾向にあり、十分なバックフォーカスを得ることは困難であった。この点に関し、本願出願人は、特許文献 1 において、全系の合成焦点距離 f に比べてバックフォーカスが十分長い 3 群 4 枚構成の内視鏡用対物レンズを提案している。

20

30

【特許文献 1】特開 2005 - 148508 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

一方、内視鏡用対物レンズは被写界深度を深くするために F 値の暗いものが多く、球面収差やコマ収差が画質を決める重要な要因となることは少なく、画質劣化の大きな要因として倍率色収差が挙げられる。特に近年では、固体撮像素子の高密度化が進み、画素数が増大するにつれ、倍率色収差の十分な補正が必要とされている。倍率色収差を補正するには、絞より離れた位置に倍率色収差補正を担う光学部材が配置されていることが好ましい。特に絞より像側では、結像面に近い位置に倍率色収差補正を担う光学部材が配置されているほど、その効果がより顕著である。しかしながら、バックフォーカスの長いレンズ系においては、結像面に近い位置に光学部材が存在せず、倍率色収差の補正は容易ではなかった。特許文献 1 に記載の内視鏡用対物レンズは、十分なバックフォーカスを有しているものの、倍率色収差の補正の点でまだ改善の余地がある。

40

【0004】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたもので、その目的は、像面側に光路変換プリズムを挿入配置することが可能な十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、倍率色収差を良好に補正することができるようにした内視鏡用対物レンズを提供することにある。

50

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明による内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、前群発散レンズ系と、明るさ絞りと、後群収束レンズ系とからなり、全系のバックフォーカスが全系の合成焦点距離の2.5倍よりも長い内視鏡用対物レンズであって、前群発散レンズ系が、像面側の面が凹面とされた1枚の負の第1レンズからなり、後群収束レンズ系が、物体側から順に、凸面を像面側に向けた正のメニスカス形状の第2レンズと、いずれか一方が正レンズで構成されるとともに他方が負レンズで構成された第3レンズおよび第4レンズからなる接合レンズとが配設されてなり、かつ、下記条件式を満足するように構成されているものである。

$$|v_3 - v_4| \times f^2 / \{ |R_A| \cdot (Bf + D_A / n_4) \} \geq 9 \quad \dots \dots (1)$$

10

ただし、 f は全系の合成焦点距離、 Bf は全系のバックフォーカス、 v_3 は第3レンズのアッペ数、 v_4 は第4レンズのアッペ数、 R_A は第3レンズと第4レンズとの接合面の曲率半径、 D_A は第4レンズの中心厚、 n_4 は第4レンズの屈折率とする。

本発明による内視鏡用対物レンズは、下記条件式を満足することが好ましい。

$$1.2 \leq |v_3 - v_4| \times f^2 / \{ |R_A| \cdot (Bf + D_A / n_4) \} \leq 9 \quad \dots \dots (1)'$$

【0006】

本発明による内視鏡用対物レンズでは、像面側に倍率色収差補正を担う光学部材として接合レンズを配置し、その接合レンズに関し条件式(1)を満足することで、像面側に光路変換プリズムを挿入配置することが可能な十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、倍率色収差が良好に補正される。

20

【0007】

本発明による内視鏡用対物レンズにおいて、接合レンズにおける負レンズのアッペ数を v_1 として下記条件式を満足することが好ましい。これにより、倍率色収差の補正をさらにし易くなる。

$$v_1 < 2.2 \quad \dots \dots (2)$$

【発明の効果】

【0008】

本発明の内視鏡用対物レンズによれば、物体側から順に、前群発散レンズ系と、明るさ絞りと、後群収束レンズ系とからなり、全系のバックフォーカスを全系の合成焦点距離の2.5倍よりも長くした内視鏡用対物レンズであって、後群収束レンズ系の最も像面側に倍率色収差補正を担う光学部材として接合レンズを配置し、かつ、その接合レンズに関し条件式(1)を満足するようにしたので、像面側に光路変換プリズムを挿入配置することが可能な十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、倍率色収差を良好に補正することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

図1は、本発明の一実施の形態に係る内視鏡用対物レンズの第1の構成例を示している。この構成例は、後述の第1の数値実施例(図7)のレンズ構成に対応している。図2は、第2の構成例を示している。この構成例は、後述の第2の数値実施例(図8)のレンズ構成に対応している。図3は、第3の構成例を示している。この構成例は、後述の第3の数値実施例(図9)のレンズ構成に対応している。図4は、第4の構成例を示している。この構成例は、後述の第4の数値実施例(図10)のレンズ構成に対応している。図5は、第5の構成例を示している。この構成例は、後述の第5の数値実施例(図11)のレンズ構成に対応している。図6は、第6の構成例を示している。この構成例は、後述の第6の数値実施例(図12)のレンズ構成に対応している。図1ないし図6において、符号 R_i は、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像面側(結像側)に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目の面の曲率半径を示す。符号 D_i は、 i 番目の面と $i+1$ 番目の面との光軸 Z_1 上の面間隔を示す。なお、各構成例共に基本的な構成は同じなので、以下では図1に示した第1の構成例を基本にして説明する。

40

50

【 0 0 1 0 】

この内視鏡用対物レンズは、内視鏡の先端部に設けられ、特に、固体撮像素子が軸方向（長手方向）に対し平行に配置された内視鏡（図 2 3 参照）の対物レンズとして好適に使用されるものである。この内視鏡用対物レンズは、光軸 Z 1 に沿って物体側から順に、全体として負の屈折力を有する前群発散レンズ系 G 1 と、明るさ絞り S t と、全体として正の屈折力を有する後群収束レンズ系 G 2 とを備えている。この内視鏡用対物レンズの像面側には、光路変換プリズム G P が配置され、さらに、この光路変換プリズム G P の像面側近傍に C C D などの固体撮像素子が配置される。光路変換プリズム G P と固体撮像素子との間には、カバーガラスなどのその他の光学部材が配置されることもある。なお、図 1 ~ 図 6 において P は結像位置を示す。図 1 ~ 図 6 では、光路変換プリズム G P を等価的に入射光軸 Z 1 と同一方向に展開し、結像位置 P が入射光軸 Z 1 と同一方向となるように図示しているが、実際には図 2 3 に示した構成例と同様に、光路変換プリズム G P によって光路が略 90 度折り曲げられるような構成となっている。

10

【 0 0 1 1 】

前群発散レンズ系 G 1 は第 1 レンズ L 1 からなり、後群収束レンズ系 G 2 は物体側から順に、第 2 レンズ L 2 と接合レンズ L 3 4 とからなる。接合レンズ L 3 4 は、第 3 レンズ L 3 および第 4 レンズ L 4 からなる。これにより、この内視鏡用対物レンズは、全体として 3 群 4 枚のレンズ構成とされている。

【 0 0 1 2 】

第 1 レンズ L 1 は、曲率半径の小さい面を像面側に向けた負レンズとなっている。第 1 レンズ L 1 は例えば、像面側の面が凹面とされ、物体側の面が平面とされた平凹レンズとされている。ただし、図 6 の第 6 の構成例では、第 1 レンズ L 1 の物体側の面が凸面とされ、負のメニスカス形状となっている。第 2 レンズ L 2 は、凸面を像面側に向けた正のメニスカス形状のレンズとされている。接合レンズ L 3 4 において、第 3 レンズ L 3 および第 4 レンズ L 4 は、いずれか一方が正レンズで構成されるとともに他方が負レンズで構成されている。図 1 の第 1 の構成例と図 3 ~ 図 6 の第 3 ~ 第 6 の構成例では、第 3 レンズ L 3 が両凸の正レンズ、第 4 レンズ L 4 が物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズとなっている。図 2 の第 2 の構成例では、第 3 レンズ L 3 が像面側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ、第 4 レンズ L 4 が両凸の正レンズとなっている。

20

【 0 0 1 3 】

この内視鏡用対物レンズは、全系のバックフォーカス B f が全系の合成焦点距離 f の 2 . 5 倍よりも長く構成されており、さらに以下の条件を満足している。

$$|v_3 - v_4| \times f^2 / \{ |R_A| \cdot (Bf + D_A / n_4) \} \geq 9 \quad \dots \dots (1)$$

ただし、 v_3 は第 3 レンズ L 3 のアッベ数、 v_4 は第 4 レンズ L 4 のアッベ数、 R_A は第 3 レンズ L 3 と第 4 レンズ L 4 との接合面の曲率半径、 D_A は第 4 レンズ L 4 の中心厚、 n_4 は第 4 レンズ L 4 の屈折率とする。

30

【 0 0 1 4 】

また、この内視鏡用対物レンズにおいて、接合レンズ L 3 4 における負レンズのアッベ数を v_2 として下記条件式を満足することが好ましい。

$$v_2 < 22 \quad \dots \dots (2)$$

40

【 0 0 1 5 】

次に、以上のように構成された内視鏡用対物レンズの作用および効果を説明する。

この内視鏡用対物レンズでは、物体側から順に、前群発散レンズ系 G 1 と、明るさ絞り S t と、後群収束レンズ系 G 2 とを備え、全系のバックフォーカス B f を全系の合成焦点距離 f の 2 . 5 倍よりも長くしたレンズ系において、明るさ絞り S t から離れた場所に、倍率色収差補正を担う光学部材として接合レンズ L 3 4 を配置し、その接合レンズ L 3 4 に関し条件式 (1) を満足することで、像面側に光路変換プリズム G P を挿入配置することが可能な十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、倍率色収差を良好に補正している。条件式 (1) は、色収差補正を担う光学部材としての接合レンズ L 3 4 における接合面の倍率色収差に対する補正の度合いを示している。条件式 (1) は、接合レンズ L 3 4

50

を構成する第3レンズL3と第4レンズL4とのアッペ数の差 $|v_3 - v_4|$ を、全系の合成焦点距離 f で規格化した接合レンズL34の接合面の曲率半径 R_A と全系のバックフォーカス Bf に第4レンズL4の空気換算長 D_A/n_4 を加えた値 $(Bf + D_A/n_4)$ とで割ったものである。条件式(1)は、第3レンズL3と第4レンズL4とのアッペ数差 $|v_3 - v_4|$ が大きく、また、接合面の曲率半径 R_A が小さく、接合面が結像位置に近いほど倍率色収差の補正に有利なことを示す。

【0016】

通常、色収差の補正が不十分な結像レンズにおいては、短波長における焦点距離が長波長の焦点距離よりも短いので、軸上色収差と倍率色収差共に短波長が基準波長に比べマイナス(アンダー)となる。ここで倍率色収差のアンダーを補正する場合、明るさ絞りStより後方では、正レンズのアッペ数は大きく、負レンズのアッペ数は小さくすると良い。そこで、上記条件式(2)を満足するように接合レンズL34の負レンズのアッペ数は小さくすることが好ましい。これにより、倍率色収差の補正をさらにし易くなる。

【0017】

以上説明したように、本実施の形態に係る内視鏡用対物レンズによれば、物体側から順に、前群発散レンズ系G1と、明るさ絞りStと、後群収束レンズ系G2とを備え、全系のバックフォーカス Bf を全系の合成焦点距離 f の2.5倍よりも長くしたレンズ系において、後群収束レンズ系G2の最も像面側に倍率色収差補正を担う光学部材として接合レンズL34を配置し、かつ、その接合レンズL34に関し条件式(1)を満足するようにしたので、像面側に光路変換プリズムGPを挿入配置することが可能な十分な長さのバックフォーカスを確保しつつ、倍率色収差を良好に補正することができる。

【0018】

なお、以上の説明では、全系のバックフォーカス Bf が全系の合成焦点距離 f の2.5倍よりも長いレンズ系であるとしているが、バックフォーカス Bf が長ければ大きな光路変換プリズムGPを挿入でき、この場合、有効光束に対して、プリズムサイズを大きくできるので、ゴーストやフレアの発生を抑えるのに有利である。また、プリズムサイズを大きくしない場合には、最終レンズと光路変換プリズムGPとの間に十分な間隔を確保でき、必要に応じて、フィルタの挿入などが容易に行えるという利点がある。これらの利点を十分に得たい場合には、全系のバックフォーカス Bf が全系の合成焦点距離 f の3倍以上であることが望ましい。

【実施例】

【0019】

次に、本実施の形態に係る内視鏡用対物レンズの具体的な数値実施例について説明する。以下では、第1～第6の数値実施例をまとめて説明する。

【0020】

図7は実施例1に係る内視鏡用対物レンズの基本的なレンズデータを示している。この実施例1に係る内視鏡用対物レンズの基本的なレンズ構成は、既に図1を参照して説明したとおりである。図7に示したレンズデータにおける面番号 S_i の欄には、最も物体側の構成要素の面を1番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付した i 番目($i = 1 \sim 10$)の面の番号を示している。曲率半径 R_i の欄には、図1において付した符号 R_i に対応させて、物体側から i 番目の面の曲率半径の値(mm)を示す。面間隔 D_i の欄についても、同様に物体側から i 番目の面 S_i と $i+1$ 番目の面 S_{i+1} との光軸上の間隔(mm)を示す。 nd_j は、隣り合うレンズ面間の d 線(波長 587.6nm)に対する屈折率の値を示す。 vd_j の欄には、物体側から j 番目($j = 1 \sim 5$)の光学要素の d 線に対するアッペ数の値を示す。なお、曲率半径 R_i と面間隔 D_i の数値は、全系の合成焦点距離 f が 0.5mm となるように規格化してある。

【0021】

以上の実施例1に係る内視鏡用対物レンズと同様にして、実施例2に係る内視鏡用対物レンズの基本的なレンズデータを図8に示す。実施例2に係る内視鏡用対物レンズの基本的なレンズ構成は、既に図2を参照して説明したとおりである。また同様にして、実施例

10

20

30

40

50

3ないし実施例6に係る内視鏡用対物レンズの基本的なレンズデータをそれぞれ、図9～図12に示す。実施例3ないし実施例6に係る内視鏡用対物レンズの基本的なレンズ構成はそれぞれ、既に図3～図6を参照して説明したとおりである。なお、実施例2ないし実施例6についても、実施例1と同様に、曲率半径 R_i と面間隔 D_i の数値は、全系の合成焦点距離 f が0.5mmとなるように規格化してある。

【0022】

図13には、その他の諸データとして、各実施例の対物レンズにおけるイメージサイズ、被写体距離、画角、バックフォーカス Bf 、最外画角での倍率色収差の値(F 線- C 線)および上記条件式の値を示す。なお、 C 線は波長656.27nm、 F 線は波長486.13nmである。図13から分かるように、各実施例の値が、各条件式の数値範囲内となっている。また各実施例について全系のバックフォーカス Bf が全系の合成焦点距離 f の2.5倍よりも長くなっている。特に、実施例1ないし実施例3では、全系のバックフォーカス Bf が全系の合成焦点距離 f の3倍よりも長くなっている。なお、各条件式における v_3 、 v_4 、 v および n_4 は d 線を基準波長とした値で計算している。

【0023】

図13には、本実施の形態に係る内視鏡用対物レンズに対する比較例の内視鏡用対物レンズについての値も示す。比較例の内視鏡用対物レンズは、各条件式の値から外れ、また倍率色収差の値が各実施例の値に比べて大きくなっている。ここで、比較例の内視鏡用対物レンズの構成を図20に示す。また、比較例の内視鏡用対物レンズの基本的なレンズデータを図21に示す。符号は本実施の形態に係る内視鏡用対物レンズに対応する部分に同一の記号を付している。この比較例は、上記特許文献1(特開平2005-148508号公報)に実施例2として記載されているものである。なお、この比較例についても、曲率半径 R_i と面間隔 D_i の数値は、全系の合成焦点距離 f が0.5mmとなるように規格化してある。

【0024】

図14(A)～図14(D)はそれぞれ、実施例1に係る内視鏡用対物レンズにおける球面収差、非点収差、ディストーション(歪曲収差)、および倍率色収差を示している。各収差図には、 d 線を基準波長とした収差を示す。球面収差は、 C 線および F 線についての収差も示す。倍率色収差は C 線および F 線について示す。 FNO は F 値、 ω は半画角を示す。

【0025】

同様にして、実施例2に係る内視鏡用対物レンズについての諸収差を図15(A)～図15(D)に、実施例3に係る内視鏡用対物レンズについての諸収差を図16(A)～図16(D)に、実施例4に係る内視鏡用対物レンズについての諸収差を図17(A)～図17(D)に、実施例5に係る内視鏡用対物レンズについての諸収差を図18(A)～図18(D)に、実施例6に係る内視鏡用対物レンズについての諸収差を図19(A)～図19(D)に示す。さらに、図20および図21に示した比較例の内視鏡用対物レンズについての諸収差を図22(A)～図22(D)に示す。

【0026】

以上の各数値データおよび各収差図から分かるように、各実施例について、比較例の内視鏡用対物レンズに比べて特に倍率色収差が良好に補正された内視鏡用対物レンズが実現できている。

【0027】

なお、本発明は、上記実施の形態および各実施例に限定されず種々の変形実施が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔および屈折率の値などは、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得る。

【図面の簡単な説明】

【0028】

【図1】本発明の実施例1に係る内視鏡用対物レンズに対応するレンズ断面図である。

【図2】本発明の実施例2に係る内視鏡用対物レンズに対応するレンズ断面図である。

【図 3】本発明の実施例 3 に係る内視鏡用対物レンズに対応するレンズ断面図である。

【図 4】本発明の実施例 4 に係る内視鏡用対物レンズに対応するレンズ断面図である。

【図 5】本発明の実施例 5 に係る内視鏡用対物レンズに対応するレンズ断面図である。

【図 6】本発明の実施例 6 に係る内視鏡用対物レンズに対応するレンズ断面図である。

【図 7】本発明の実施例 1 に係る内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 8】本発明の実施例 2 に係る内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 9】本発明の実施例 3 に係る内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 10】本発明の実施例 4 に係る内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 11】本発明の実施例 5 に係る内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 12】本発明の実施例 6 に係る内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 13】その他の諸データを各実施例についてまとめて示した図である。

【図 14】本発明の実施例 1 に係る内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 15】本発明の実施例 2 に係る内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 16】本発明の実施例 3 に係る内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 17】本発明の実施例 4 に係る内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 18】本発明の実施例 5 に係る内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 19】本発明の実施例 6 に係る内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 20】本発明に対する比較例の内視鏡用対物レンズの構成を示すレンズ断面図である。

【図 21】本発明に対する比較例の内視鏡用対物レンズのレンズデータを示す図である。

【図 22】本発明に対する比較例の内視鏡用対物レンズの諸収差を示す収差図であり、(A) は球面収差、(B) は非点収差、(C) はディストーション、(D) は倍率色収差を示す。

【図 23】従来の内視鏡における対物光学系の概略を示す構成図である。

【符号の説明】

【0029】

G 1 ... 前群発散レンズ系、G 2 ... 後群収束レンズ系、G P ... 光路変換プリズム、L 1 ... 第 1 レンズ、L 2 ... 第 2 レンズ、L 3 ... 第 3 レンズ、L 4 ... 第 4 レンズ、L 3 4 ... 接合レンズ、S t ... 明るさ絞り、R i ... 物体側から第 i 番目のレンズ面の曲率半径、D i ... 物体側から第 i 番目と第 i + 1 番目のレンズ面との面間隔、Z 1 ... 光軸。

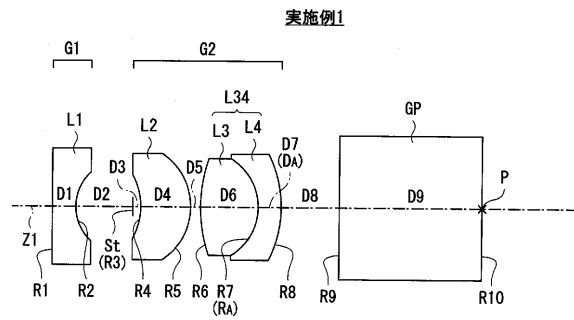
10

20

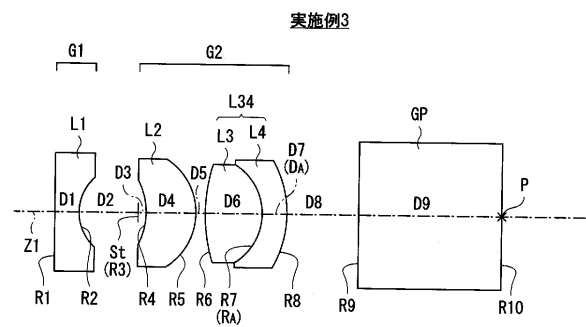
30

40

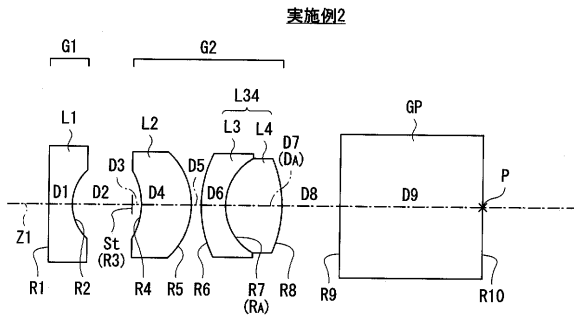
【図 1】



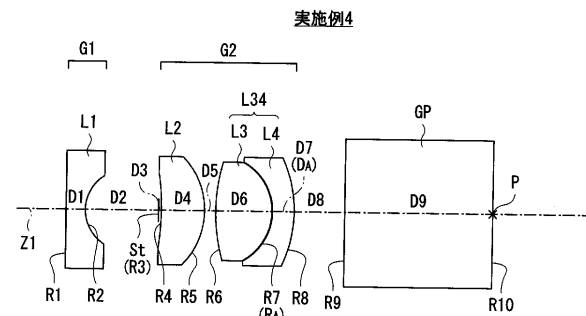
【図 3】



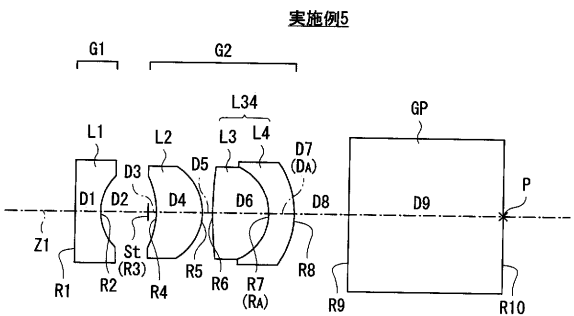
【図 2】



【図 4】



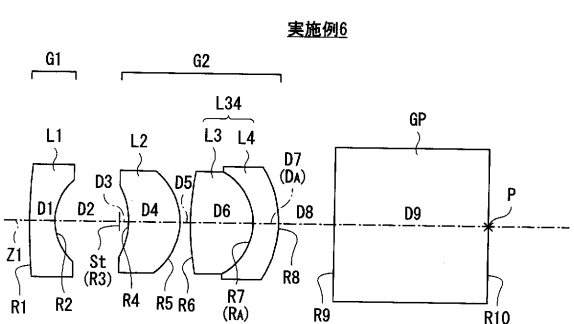
【図 5】



【図 7】

実施例1・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (アベ数)
L1	1	∞	0.2492	1.88300	40.9
	2	0.4984	0.5831		
	3	(絞り)	0.0930		
L2	4	-0.7007	0.5283	1.71300	53.9
	5	-0.6419	0.0997		
L3, L4	6	1.5889	0.5981	1.62041	60.3
	7	-0.5781	0.2492		
	8	-1.1712	0.6092		
GP	9	∞	1.5000	1.55920	53.9
	10 (IMG)	∞			

【図 6】



【図 8】

実施例2・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (アベ数)
L1	1	∞	0.2499	1.88300	40.9
	2	0.4998	0.6252		
	3	(絞り)	0.0913		
L2	4	-0.7159	0.5298	1.71300	53.9
	5	-0.7357	0.1000		
L3, L4	6	1.1582	0.2599	1.90680	21.2
	7	0.5798	0.5898		
	8	-1.3062	0.6066		
GP	9	∞	1.5000	1.55920	53.9
	10 (IMG)	∞			

【図 9】

実施例 3・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (γ 値 数)
L1	1	∞	0.2486	1.88300	40.9
	2	0.4972	0.6004		
	3	(絞り)	0.0910		
L2	4	-0.7114	0.5271	1.71300	53.9
	5	-0.6362	0.0994		
L3, L4	6	1.7871	0.5967	1.59240	68.3
	7	-0.5768	0.2486	1.92286	18.9
	8	-1.0701	0.7370		
GP	9	∞	1.5000	1.55920	53.9
	10 (IMG)	∞			

【図 10】

実施例 4・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (γ 値 数)
L1	1	∞	0.1915	1.88300	40.9
	2	0.4110	0.7244		
	3	(絞り)	0.0520		
L2	4	-2.4873	0.4468	1.71300	53.9
	5	-0.7736	0.1149		
L3, L4	6	1.7769	0.5808	1.62041	60.3
	7	-0.5693	0.2234	1.92286	18.9
	8	-1.2733	0.5167		
GP	9	∞	1.5000	1.55920	53.9
	10 (IMG)	∞			

【図 11】

実施例 5・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (γ 値 数)
L1	1	∞	0.2453	1.88300	40.9
	2	0.4906	0.4604		
	3	(絞り)	0.0793		
L2	4	-0.7832	0.4415	1.62041	60.3
	5	-0.5287	0.0981		
L3, L4	6	3.8355	0.5396	1.71300	53.9
	7	-0.4906	0.2453	2.14352	17.8
	8	-0.8741	0.5254		
GP	9	∞	1.5000	1.55920	53.9
	10 (IMG)	∞			

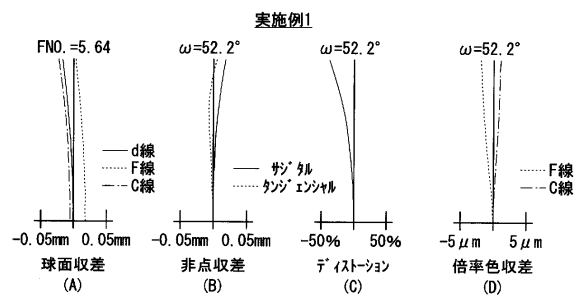
【図 12】

実施例 6・基本レンズデータ					
	Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (γ 値 数)
L1	1	5.9248	0.2469	1.88300	40.9
	2	0.5314	0.6260		
	3	(絞り)	0.0899		
L2	4	-0.709	0.4938	1.71300	53.9
	5	-0.6283	0.0988		
L3, L4	6	2.5448	0.6023	1.71300	53.9
	7	-0.5727	0.2469	2.14352	17.8
	8	-1.0177	0.5343		
GP	9	∞	1.5000	1.55920	53.9
	10 (IMG)	∞			

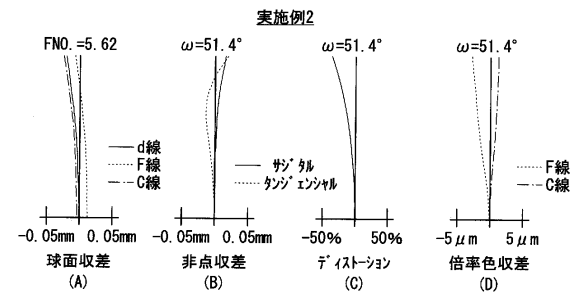
【図 13】

条件式等の値									
	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	比較例		
イマージヤス	$\phi 0.8mm$	$\phi 0.8mm$	$\phi 0.8mm$	$\phi 0.8mm$	$\phi 0.8mm$	$\phi 0.8mm$	$\phi 0.8mm$		
被写体距離	8.0mm	8.0mm	8.0mm	8.0mm	8.0mm	8.0mm	8.0mm		
画角	104° 27'	102° 49'	102° 32'	102° 49'	104° 34'	100° 50'	103° 39'		
Bf	3.083f	3.078f	3.188f	2.897f	2.915f	2.933f	3.246f		
最外面角の倍率色収差 (F線-G線)	-3.0 μm	-4.1 μm	-2.5 μm	-3.5 μm	-3.0 μm	-3.8 μm	-5.6 μm		
条件式 (1)	10.7	9.6	12.4	11.6	11.7	10.0	6.3		
$ v_3 - v_4 \times \frac{f^2}{ R_4 \cdot (Bf + D_n/n_s)}$	18.9	21.2	18.9	18.9	17.8	17.8	25.4		
条件式 (2)									

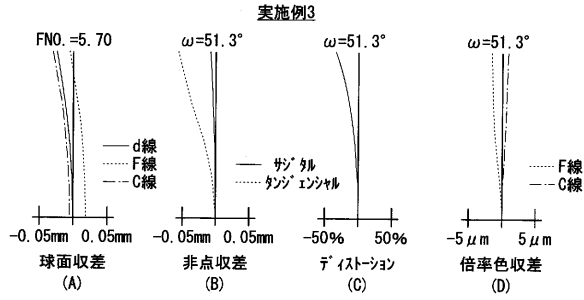
【図 14】



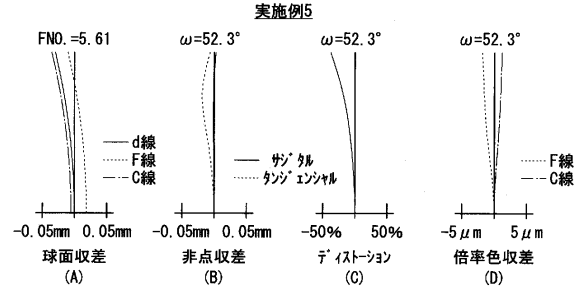
【図 15】



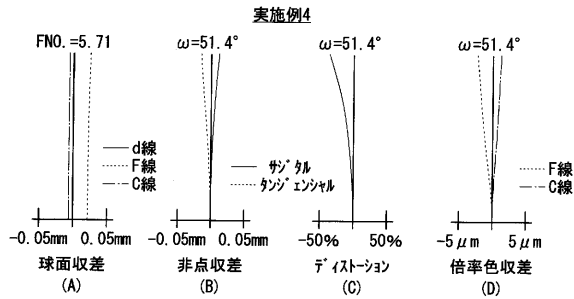
【図16】



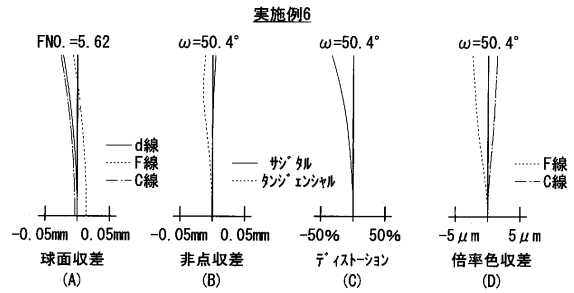
【図18】



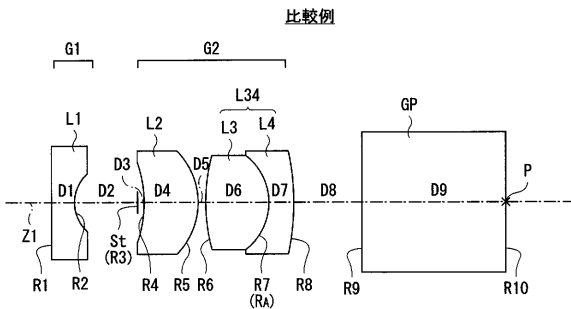
【図17】



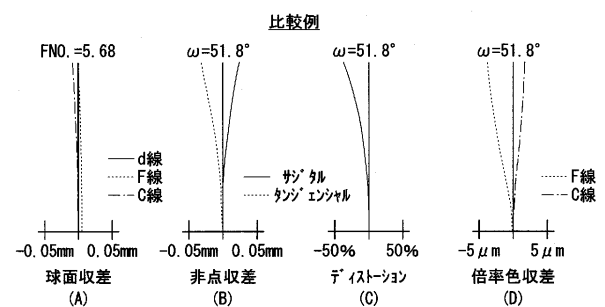
【図19】



【図20】



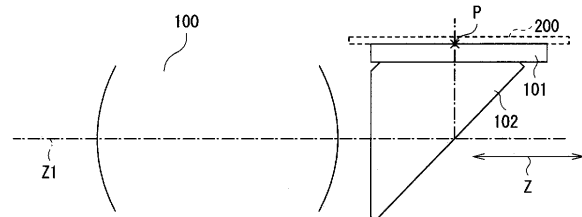
【図22】



【図21】

比較例・基本レンズデータ				
Si (面番号)	Ri (曲率半径)	Di (面間隔)	ndj (屈折率)	νdj (アベ数)
L1	1	∞	0.2209	1.88300
	2	0.3711	0.6725	40.9
	3	(絞り)	0.0666	
L2	4	-1.4986	0.5743	1.71300
	5	-0.7914	0.0884	53.9
L3, L4	6	1.8908	0.6671	1.71300
	7	-0.6212	0.2651	1.80518
	8	-2.4437	0.7275	53.9
GP	9	∞	1.5000	1.55920
	10 (IMG)	∞		

【図23】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-258611(JP,A)
特開2004-21158(JP,A)
特開2003-35867(JP,A)
特開平10-260347(JP,A)
特開2006-251272(JP,A)

(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