

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-227380

(P2011-227380A)

(43) 公開日 平成23年11月10日(2011.11.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04 D	2H087
A61B 1/00 (2006.01)	A61B 1/00 300Y	4C061
A61B 1/04 (2006.01)	A61B 1/04 370	4C161

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2010-98816 (P2010-98816)
 (22) 出願日 平成22年4月22日 (2010.4.22)

(71) 出願人 306037311
 富士フイルム株式会社
 東京都港区西麻布2丁目26番30号
 (74) 代理人 100073184
 弁理士 柳田 征史
 (74) 代理人 100090468
 弁理士 佐久間 剛
 (72) 発明者 宮野 俊
 埼玉県さいたま市北区植竹町1丁目324
 番地 フジノン株式会社内
 Fターム(参考) 2H087 KA10 LA03 NA14 PA04 PA18
 PA19 PB05 PB06 QA01 QA02
 QA07 QA17 QA18 QA21 QA22
 QA25 QA26 QA37 QA41 QA45
 RA32 RA41 UA06

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物レンズおよび撮像装置

(57) 【要約】

【課題】内視鏡用対物レンズにおいて、広い波長域で良好に使用可能なものとする。

【解決手段】内視鏡用対物レンズは、下記条件式(1)を満たすように構成されている。内視鏡用対物レンズは、絞りより像側に接合レンズを含む4群5枚構成、あるいは、絞りより物体側および像側に接合レンズを含む4群6枚構成とすることができる。

$$|h - C| / f < 2 \dots (1)$$

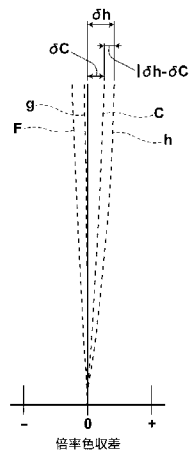
ただし、

h : 最大半画角におけるd線に対するh線の倍率色収差量(単位はμm)

C : 最大半画角におけるd線に対するC線の倍率色収差量(単位はμm)

f : 全系の焦点距離(単位はmm)

【選択図】図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下記条件式 (1) を満たすことを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

$$| h - C | / f < 2 \quad (1)$$

ただし、

h : 最大半画角における d 線に対する h 線の倍率色収差量 (単位は μm)

C : 最大半画角における d 線に対する C 線の倍率色収差量 (単位は μm)

f : 全系の焦点距離 (単位は mm)

【請求項 2】

前記内視鏡用対物レンズが、物体側から順に、物体側に平面を有する平凹レンズもしくは物体側に凸面を有する負メニスカスレンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる第 1 の接合レンズと、絞りと、像側に凸面を有する正レンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ第 2 の接合レンズとが配列された 4 群 6 枚構成であることを特徴とする請求項 1 記載の内視鏡用対物レンズ。

10

【請求項 3】

下記条件式 (2) を満たすことを特徴とする請求項 2 記載の内視鏡用対物レンズ。

【数 1】

$$\frac{f \times (P \theta_{1hg} / N \theta_{1hg})}{|R_{1C}|} - \frac{f^2 \times (N \theta_{2hg} / P \theta_{2hg})}{|R_{2C}| \times (Bf + d / n)} < 0.55 \quad (2)$$

20

ただし、

N_{1hg} : 前記第 1 の接合レンズ中の前記負レンズの h 線と g 線間の部分分散比

P_{1hg} : 前記第 1 の接合レンズ中の前記正レンズの h 線と g 線間の部分分散比

R_{1C} : 前記第 1 の接合レンズの接合面の曲率半径

N_{2hg} : 前記第 2 の接合レンズ中の前記負レンズの h 線と g 線間の部分分散比

P_{2hg} : 前記第 2 の接合レンズ中の前記正レンズの h 線と g 線間の部分分散比

R_{2C} : 前記第 2 の接合レンズの接合面の曲率半径

Bf : 全系のバックフォーカス

d : 最も像側のレンズの中心厚

n : 最も像側のレンズの d 線における屈折率

30

【請求項 4】

前記内視鏡用対物レンズが、物体側から順に、像側に凹面を有する負レンズと、物体側に凸面を有する正レンズと、絞りと、像側に凸面を有する正レンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ接合レンズとが配列された 4 群 5 枚構成であることを特徴とする請求項 1 記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項 5】

下記条件式 (3) を満たすことを特徴とする請求項 4 記載の内視鏡用対物レンズ。

40

【数 2】

$$\frac{f^2 \times (N \theta_{hg} / P \theta_{hg})}{|R_C| \times (Bf + d / n)} \geq 0.45 \quad (3)$$

ただし、

N_{hg} : 前記接合レンズ中の前記負レンズの h 線と g 線間の部分分散比

P_{hg} : 前記接合レンズ中の前記正レンズの h 線と g 線間の部分分散比

R_C : 前記接合レンズの接合面の曲率半径

Bf : 全系のバックフォーカス

50

d : 最も像側のレンズの中心厚

n : 最も像側のレンズの d 線における屈折率

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の内視鏡用対物レンズを備えたことを特徴とする撮像装置。

【請求項 7】

前記内視鏡用対物レンズの像面に配置される撮像素子をさらに備え、
下記条件式 (4) を満たすことを特徴とする請求項 6 記載の撮像装置。

$$|h - C| < 3 \times P \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

P : 前記撮像素子の画素の配列のピッチ (単位は μm)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡用対物レンズおよび撮像装置に関し、より詳しくは、広い波長域において使用可能な内視鏡用対物レンズ、および該内視鏡用対物レンズを備えた撮像装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、内視鏡用の対物レンズを使用する時の照明光源として水銀灯が用いられている。水銀灯は、波長 404.7 nm (h 線)、波長 435.8 nm (g 線)、波長 546.1 nm (e 線)、波長 577.0 nm、波長 579.1 nm の輝線スペクトルからなる緑がかった青白色の光を放射し、さらに波長 253.7 nm、波長 365.0 nm (i 線) の紫外域の光も放射する。ただし、大半の光学用材質の i 線に対する透過率は低いため、通常の光学系ではこの紫外域の光は無視することができる。

【0003】

可視域での光学用材質の屈折率は、短波長側 (青) で高く、長波長側 (赤) で低いので、色収差の補正を行っていない結像光学系では赤色の光よりも青色の光に対する焦点距離の方が短くなる。そこで通常は、正レンズと負レンズにアッペ数の異なる種々の材質を用いて色収差の補正を行うようにしている。通常多用されている d 線 (波長 587.6 nm) に対するアッペ数 d は、d 線における屈折率 n_d と、F 線 (波長 486.1 nm) における屈折率 n_F と、C 線 (波長 656.3 nm) における屈折率 n_C を用いて、 $d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ で表される。可視域用の光学系を設計する際は、一般には d 線基準で、F 線、C 線に対して色収差の補正をすることが多い。

【0004】

例えば、本願の発明者は、アッペ数の異なる正レンズと負レンズを組み合わせ可視域の色収差補正が良好に行われた光学系として、下記特許文献 1 ~ 3 に記載のものを考案している。特に、特許文献 2 においては、正レンズと負レンズのアッペ数の差を用いた所定の条件式を満たすように構成することにより、良好に倍率色収差を補正できることを開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2008 - 257108 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 152210 号公報

【特許文献 3】特願 2009 - 130377 号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで近年では、医療分野の診断等において波長 400 nm 付近の光を利用する機会

10

20

30

40

50

が増えてきている。そのため、このような診断において、d線基準でF線、C線に対して色収差を補正した従来の光学系より更に短波長まで色収差を補正した光学系が求められるようになってきている。

【0007】

図25、図26を参照しながら、倍率色収差の補正について詳しく説明する。d線、F線、C線の三色に注目して、d線基準でのF線、C線の画角に伴う倍率色収差を見ると、一般には図25に示すように、C線についてはプラス側にふれ（オーバーの状態）、F線についてはマイナス側にふれる（アンダーの状態）傾向がある。なお、図25の縦軸は画角であり、横軸はd線を基準とした倍率色収差量であり、縦軸の最大値は最大半画角に対応しており、d線基準でのF線、C線の倍率色収差をそれぞれF、Cという符号を付して模式的に破線で示している。

10

【0008】

図25に示すような状態から補正を行い、d線に対する倍率色収差のプラス、マイナスの量を減らしていく場合、図26に示すように、F線の倍率色収差が最大半画角になる途中でプラス側に転じ、最大半画角ではC線のものと同程度の量になるまで補正することが多い。なお、図26は模式図であり、その図示方法は図25のものと同様である。ただ図26に示す程度にまで補正すると、短波長側は波長に対する色収差の変化量が激しいため、F線よりさらに短波長であるg線、h線の倍率色収差は、図26の符号g or hを付した破線で示すように、d線に対して大幅にプラスの値となってしまう。これでは、色ごとに像の大きさが異なって見え、像の鮮明度や解像性を低下させてしまう。

20

【0009】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、広い波長域で良好に使用可能な内視鏡用対物レンズ、該内視鏡用対物レンズを備えた撮像装置を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の内視鏡用対物レンズは、下記条件式(1)を満たすことを特徴とするものである。

$$|h - C| / f < 2 \quad (1)$$

ただし、

h：最大半画角におけるd線に対するh線の倍率色収差量（単位は μm ）

C：最大半画角におけるd線に対するC線の倍率色収差量（単位は μm ）

f：全系の焦点距離（単位はmm）

30

【0011】

なお、「最大半画角」は、対物レンズの仕様、あるいは対物レンズが適用される系の仕様により決めることができる。例えば、対物レンズがその像面に配置される撮像素子と組み合わせて使用されるときには、この撮像素子の撮像面の寸法に基づいて最大半画角を決めるようにしてもよい。

【0012】

本発明の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、物体側に平面を有する平凹レンズもしくは物体側に凸面を有する負メニスカスレンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる第1の接合レンズと、絞りと、像側に凸面を有する正レンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ第2の接合レンズとが配列された4群6枚構成としてもよい。

40

【0013】

本発明の内視鏡用対物レンズが上記4群6枚構成を採る場合は、下記条件式(2)を満たすことが好ましい。

【数 1】

$$\frac{f \times (P \theta_{1h_g} / N \theta_{1h_g})}{|R_{1c}|} - \frac{f^2 \times (N \theta_{2h_g} / P \theta_{2h_g})}{|R_{2c}| \times (Bf + d / n)} < 0.55 \quad (2)$$

ただし、

N_{1h_g} : 第 1 の接合レンズ中の負レンズの h 線と g 線間の部分分散比P_{1h_g} : 第 1 の接合レンズ中の正レンズの h 線と g 線間の部分分散比R_{1c} : 第 1 の接合レンズの接合面の曲率半径N_{2h_g} : 第 2 の接合レンズ中の負レンズの h 線と g 線間の部分分散比 10P_{2h_g} : 第 2 の接合レンズ中の正レンズの h 線と g 線間の部分分散比R_{2c} : 第 2 の接合レンズの接合面の曲率半径

Bf : 全系のバックフォーカス

d : 最も像側のレンズの中心厚

n : 最も像側のレンズの d 線における屈折率

【0014】

または、本発明の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、像側に凹面を有する負レンズと、物体側に凸面を有する正レンズと、絞りと、像側に凸面を有する正レンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ接合レンズとが配列された 4 群 5 枚構成としてもよい。

20

【0015】

本発明の内視鏡用対物レンズが上記 4 群 5 枚構成を採る場合は、下記条件式 (3) を満たすことが好ましい。

【数 2】

$$\frac{f^2 \times (N \theta_{hg} / P \theta_{hg})}{|R_c| \times (Bf + d / n)} \geq 0.45 \quad (3)$$

ただし、

N_{hg} : 接合レンズ中の負レンズの h 線と g 線間の部分分散比 30P_{hg} : 接合レンズ中の正レンズの h 線と g 線間の部分分散比R_c : 接合レンズの接合面の曲率半径

Bf : 全系のバックフォーカス

d : 最も像側のレンズの中心厚

n : 最も像側のレンズの d 線における屈折率

【0016】

なお、h 線と g 線間の部分分散比とは、レンズの h 線における屈折率を n_h とし、g 線における屈折率を n_g とし、F 線における屈折率を n_F とし、C 線における屈折率を n_C としたとき、(n_h - n_g) / (n_F - n_C) で表されるものである。

40

【0017】

なお、上記 4 群 5 枚構成、上記 4 群 6 枚構成において述べた各レンズの符号、面形状は、当該レンズが非球面レンズの場合は近軸領域におけるものとする。また、上記条件式 (2)、(3) で用いられるバックフォーカスは、空気換算長を用いるものとする。

【0018】

本発明の撮像装置は、上記記載の本発明の内視鏡用対物レンズを備えたことを特徴とするものである。

【0019】

本発明の撮像装置において、内視鏡用対物レンズの像面に配置される撮像素子をさらに備える場合には、下記条件式 (4) を満たすことが好ましい。

$$|h - C| < 3 \times P \dots (4)$$

50

ただし、

P：撮像素子の画素の配列のピッチ（単位は μm ）

【0020】

なお、撮像素子の画素の配列のピッチが水平方向と垂直方向で異なる場合は例えば、下記のようにPを決めてもよい。

$$P = (PH \times PV)^{1/2}$$

ただし、

PH：撮像素子の水平方向画素ピッチ

PV：撮像素子の垂直方向画素ピッチ

【0021】

なお、特に断りの無い限り本明細書における「倍率色収差が小さい」、「倍率色収差が大きい」とはそれぞれ、倍率色収差量の絶対値が小さい、大きいことを意味するものである。

【発明の効果】

【0022】

本発明の内視鏡用対物レンズによれば、条件式(1)を満たすように構成しているため、F線よりも短波長のh線の倍率色収差を抑制することができ、近年需要が増加している波長400nm付近の光にも対応可能となり、従来一般的な可視域用の内視鏡用対物レンズよりも広い波長域で良好に使用可能となる。

【0023】

本発明の撮像装置によれば、本発明の内視鏡用対物レンズを備えているため、近年需要が増加している波長400nm付近の光にも対応可能となり、従来一般的な可視域用の内視鏡用対物レンズを用いた場合よりも広い波長域で良好に使用可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】本発明の実施形態にかかる対物レンズの倍率色収差を説明するための図

【図2】本発明の実施例1の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図3】本発明の実施例2の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図4】本発明の実施例3の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図5】本発明の実施例4の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図6】本発明の実施例5の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図7】本発明の実施例1の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

【図8】本発明の実施例2の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

【図9】本発明の実施例3の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

【図10】本発明の実施例4の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

【図11】本発明の実施例5の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

【図12】比較例1の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図13】比較例2の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図14】比較例3の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図15】比較例4の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図16】比較例5の対物レンズの構成および光路を示す断面図

【図17】比較例1の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

【図18】比較例2の対物レンズの各収差図であり、(A)は球面収差図、(B)は非点収差図、(C)は歪曲収差図、(D)は倍率色収差図

10

20

30

40

50

【図 19】比較例 3 の対物レンズの各収差図であり、(A) は球面収差図、(B) は非点収差図、(C) は歪曲収差図、(D) は倍率色収差図

【図 20】比較例 4 の対物レンズの各収差図であり、(A) は球面収差図、(B) は非点収差図、(C) は歪曲収差図、(D) は倍率色収差図

【図 21】比較例 5 の対物レンズの各収差図であり、(A) は球面収差図、(B) は非点収差図、(C) は歪曲収差図、(D) は倍率色収差図

【図 22】本発明の実施例 1 ~ 5 と比較例 1 ~ 5 の倍率色収差量を示す図

【図 23】本発明の実施形態にかかる内視鏡の概略構成を示す図

【図 24】内視鏡の先端硬質部の要部断面図

【図 25】一般的な倍率色収差の傾向を模式的に示す図

10

【図 26】従来の色収差補正を説明するための倍率色収差図

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら詳細に説明する。図 1 は、本発明の一実施形態にかかる対物レンズの倍率色収差図であり、横軸は d 線 (波長 587.6 nm) を基準とした倍率色収差量であり、縦軸は画角であり、縦軸の最大値は最大半画角に対応する。図 1 では、d 線を基準としたときの h 線 (波長 404.7 nm)、g 線 (波長 435.8 nm)、F 線 (波長 486.1 nm)、C 線 (波長 656.3 nm) についての倍率色収差をそれぞれ h、g、F、C という符号を付して破線で示している。なお、図 1 に示す倍率色収差は一例であり、本発明の対物レンズの倍率色収差は図 1 に示すものに

20

限定されない。

【0026】

本実施形態の対物レンズは、h 線と C 線に着目したものであり、下記条件式 (1) を満たすように構成されている。

$$|h - C| / f < 2 \quad (1)$$

ただし、

h : 最大半画角における d 線に対する h 線の倍率色収差量 (単位は μm)

C : 最大半画角における d 線に対する C 線の倍率色収差量 (単位は μm)

f : 全系の焦点距離 (単位は mm)

【0027】

従来、可視域用の対物レンズは d 線基準で F 線、C 線に対して色収差補正したものが多く、このような従来のレンズでは、課題の項で述べたように d 線基準の g 線、h 線の倍率色収差が大きくなるという不具合があった。この点を考慮し、本実施形態の対物レンズは、F 線 (波長 486.1 nm) の代わりにより波長の短い h 線 (波長 404.7 nm) を用いて色収差補正を行ったものである。

30

【0028】

上記条件式 (1) を満たすことにより、h 線と C 線の間の波長についても倍率色収差を抑制することが可能になる。例えば図 1 に示すように、h と C をプラス側の小さな値にしながら上記条件式 (1) を満たすように収差補正した場合には、d 線に対する F 線の倍率色収差はマイナス側の小さな値、d 線に対する g 線の倍率色収差はプラスまたはマイナスの小さな値をとりやすく、結果として広い波長域において倍率色収差を小さくすることが可能になる。

40

【0029】

このように構成された本実施形態の対物レンズによれば、従来一般的な可視域用対物レンズが対応していた波長域に加え、近年需要が増加している波長 400 nm 付近の波長域も含めた広い波長域で良好な色収差補正を確保することができ、このような広い波長域で良好に使用可能となる。波長 400 nm 付近の光は近年医療分野等で応用が進められている分光画像の取得に用いられることが多いため、有用である。

【0030】

本発明の実施形態にかかる対物レンズは例えば以下に述べる第 1 の態様、または第 2 の

50

態様のレンズ構成を採用することができる。第1の態様の構成例を図2～5に示し、第2の態様の構成例を図6に示す。図2～図6に示す構成例はそれぞれ後述の実施例1～実施例5の対物レンズに対応する。

【0031】

なお、図2～図6においては図の左側が物体側、右側が像側であり、軸上光束2と、最大半画角に対応する軸外光束3も合わせて示している。図2～図6で図示される開口絞りStは形状や大きさを表すものではなく、光軸Z上の位置を示すものである。対物レンズを撮像装置に適用する際には撮像装置の構成に応じてカバーガラスや各種フィルタ、プリズム等を設けることが好ましく、図2～図6では最も像側のレンズの像側にこれらを想定した平行平板状の光学部材PPを配置し、この光学部材PPの像側の面に結像位置Pが位置するように構成した例を示している。

10

【0032】

第1の態様は、物体側から順に、物体側に平面を有する平凹レンズもしくは物体側に凸面を有する負メニスカスレンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる第1の接合レンズと、絞りと、像側に凸面を有する正レンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ第2の接合レンズとが配列された4群6枚構成である。

【0033】

図2に示す構成例は、光軸Zに沿って物体側から像側へ向かって順に、負メニスカスレンズである第1レンズL21と、平凸レンズである第2レンズL22および平凹レンズである第3レンズL23の貼り合わせからなる第1の接合レンズと、開口絞りStと、平凸レンズである第4レンズL24と、両凸レンズである第5レンズL25および負メニスカスレンズである第6レンズL26の貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ第2の接合レンズとが配列されてなる。

20

【0034】

図3に示す構成例は、光軸Zに沿って物体側から像側へ向かって順に、平凹レンズである第1レンズL21と、負メニスカスレンズである第2レンズL22および平凸レンズである第3レンズL23の貼り合わせからなる第1の接合レンズと、開口絞りStと、平凸レンズである第4レンズL24と、両凸レンズである第5レンズL25および負メニスカスレンズである第6レンズL26の貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ第2の接合レンズとが配列されてなる。

30

【0035】

図4、図5に示す構成例は、光軸Zに沿って物体側から像側へ向かって順に、負メニスカスレンズである第1レンズL21と、負メニスカスレンズである第2レンズL22および平凸レンズである第3レンズL23の貼り合わせからなる第1の接合レンズと、開口絞りStと、平凸レンズである第4レンズL24と、両凸レンズである第5レンズL25および負メニスカスレンズである第6レンズL26の貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ第2の接合レンズとが配列されてなる。

【0036】

第1の態様では正負のレンズからなる接合レンズを開口絞りStの物体側および像側の両方に配置することで、倍率色収差の補正に非常に有利な構成となっている。第1の態様における第2の接合レンズについては、正負のレンズで構成されていればよいが、図2～図5に示す例のように、物体側から正レンズ、負レンズの順に配列した構成とした方が倍率色収差の良好な補正により有効となる。

40

【0037】

また、最も物体側に配置されるレンズを物体側に平面を有する平凹レンズもしくは物体側に凸面を有する負メニスカスレンズとすることで、広い画角の確保に有利となる。対物レンズが保護部材なしで使用される場合は、最も物体側に配置されるレンズは外部に露出される可能性があるため、ゴミや液体等が滞留しにくい形状にすることが好ましく、物体

50

側の面は平面または凸面とすることが好ましく、さらにコストを重視する場合は平面とすることが好ましい。

【0038】

開口絞りStをレンズ系の中央付近に配置することでレンズ径の小型化を図ることができる。上記第1の態様のレンズ構成を採用することで、小型に構成しながら広い画角と長いバックフォーカスを確保しつつ倍率色収差を含めた諸収差が良好に補正されたレンズ系を実現することが容易になる。

【0039】

本対物レンズが第1の態様の4群6枚構成を採る場合は、さらに下記条件式(2)を満たすことが好ましい。

【0040】

【数3】

$$\frac{f \times (P\theta_{1hg} / N\theta_{1hg})}{|R_{1c}|} - \frac{f^2 \times (N\theta_{2hg} / P\theta_{2hg})}{|R_{2c}| \times (Bf + d / n)} < 0.55 \quad (2)$$

ただし、

N_{1hg} : 第1の接合レンズ中の負レンズのh線とg線間の部分分散比

P_{1hg} : 第1の接合レンズ中の正レンズのh線とg線間の部分分散比

R_{1c} : 第1の接合レンズの接合面の曲率半径

N_{2hg} : 第2の接合レンズ中の負レンズのh線とg線間の部分分散比

P_{2hg} : 第2の接合レンズ中の正レンズのh線とg線間の部分分散比

R_{2c} : 第2の接合レンズの接合面の曲率半径

Bf : 全系のバックフォーカス

d : 最も像側のレンズの中心厚

n : 最も像側のレンズのd線における屈折率

【0041】

ここで、h線とg線間の部分分散比とは、レンズのh線における屈折率を n_h とし、g線における屈折率を n_g とし、F線における屈折率を n_F とし、C線における屈折率を n_C としたとき、 $(n_h - n_g) / (n_F - n_C)$ で表されるものである。前述したアッペ数の定義 $d = (n_d - 1) / (n_F - n_C)$ と比較すると、この部分分散比はh線とg線の屈折率の差である部分分散を分子としているのが特徴である。

【0042】

波長による屈折率の変化は材質により異なり、短波長側ではより顕著に表れるため、より短波長側での色収差補正が必要とされる場合、アッペ数だけではなく、短波長側の部分分散比を考慮することが好ましい。このような観点から上記条件式(2)は、h線とg線間の部分分散比と接合面に着目して、短波長領域の倍率色収差の好適な補正度合いを規定するものである。

【0043】

ここで、条件式(2)の第1項、第2項をそれぞれF、Rとおく。F、Rは下式(2A)、(2B)のように変形することができる。

【0044】

【数4】

$$F\theta = \frac{f \times (P\theta_{1hg} / N\theta_{1hg})}{|R_{1c}|} = \frac{(P\theta_{1hg} / N\theta_{1hg})}{\frac{|R_{1c}|}{f}} \quad (2A)$$

【0045】

10

20

30

40

【数 5】

$$R_{\theta} = \frac{f^2 \times (N_{\theta_{2hg}} / P_{\theta_{2hg}})}{|R_{2c}| \times (Bf+d/n)} = \frac{(N_{\theta_{2hg}} / P_{\theta_{2hg}})}{\frac{|R_{2c}|}{f} \times \frac{(Bf+d/n)}{f}} \quad (2B)$$

【0046】

条件式(2)のFの項は、開口絞りStより物体側の第1の接合レンズに関するものであり、条件式(2A)からわかるように、この接合レンズを構成する正レンズと負レンズの部分分散比の比からなる第1の成分と、接合面の曲率半径の絶対値を焦点距離で規格化した第2の成分とに分けて考えることができる。これら第1、第2の成分は、開口絞りStより物体側に配置された接合レンズの短波長領域の倍率色収差の補正に有利な2つの条件を示している。第1の態様のレンズ構成においては、倍率色収差の補正は、第1の成分が小さく、第2の成分が大きい方が有利となる。

【0047】

条件式(2)のRの項は、開口絞りStより像側の後群収束系の第2の接合レンズに関するものであり、条件式(2B)からわかるように、この接合レンズを構成する負レンズと正レンズの部分分散比の比からなる第3の成分と、接合面の曲率半径の絶対値を焦点距離で規格化した第4の成分と、全系のバックフォーカスと最も像側のレンズの光軸上の空気換算長との和、すなわち接合面から結像面までの距離、を焦点距離で規格化した第5の成分とに分けて考えることができる。

【0048】

なお、開口絞りStより物体側の第1の接合レンズと像側の第2の接合レンズでは、倍率色収差の補正に関して逆の作用を有するため、第1の成分と第3の成分における正負レンズの分子分母は逆となり、また、条件式(2)の左辺ではこのFとRの差を求めるとしている。

【0049】

これら第3～第5の成分は、開口絞りStより像側に配置された接合レンズの短波長領域の倍率色収差の補正に有利な3つの条件を示している。第1の態様のレンズ構成においては、倍率色収差の補正は、第3の成分が大きく、第4の成分が小さく、第5の成分が小さいほど有利である。

【0050】

一般に、倍率色収差を補正するには、開口絞りSt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、特に開口絞りStより像側では、結像面に近い位置に配置されているほどその効果がより顕著である。しかし、フィルタやプリズム等を配置するために長いバックフォーカスが必要とされるレンズ系においては、結像面に近い位置に倍率色収差補正用の光学部材を配置できず、倍率色収差の補正は容易ではなかった。本実施形態の対物レンズによれば、条件式(2)を満たすように構成することで、実用上十分な長さのバックフォーカスを保ったまま、広い波長域で良好に倍率色収差を保つことが可能になる。

【0051】

次に、第2の態様について説明する。第2の態様は、物体側から順に、像側に凹面を有する負レンズと、物体側に凸面を有する正レンズと、絞りと、像側に凸面を有する正レンズと、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる全体で正の屈折力を持つ接合レンズとが配列された4群5枚構成である。

【0052】

図5に示す構成例は、光軸Zに沿って物体側から像側へ向かって順に、平凹レンズである第1レンズL11と、物体側に凸面を有する平凸レンズである第2レンズL12と、開口絞りStと、像側に凸面を有する正メニスカスレンズである第3レンズL13と、両凸レンズである第4レンズL14および負メニスカスレンズである第5レンズL15の貼り

合わせからなる全体で正の屈折力を持つ接合レンズとが配列されてなる。

【 0 0 5 3 】

最も物体側に配置される第 1 レンズ L 1 1 は、広角化と長いバックフォーカスの確保のために負レンズとすることが好ましく、また、第 1 の態様において述べたようにその物体側の面は凸面または平面とすることが好ましいことから、第 1 レンズ L 1 1 の像側の面は凹面となる。図 5 に示すように第 1 レンズ L 1 1 を像側に凹面を有する平凹レンズとすることで、広角化、長いバックフォーカス、低コスト化を図ることができる。

【 0 0 5 4 】

この第 2 の態様の対物レンズも、正レンズおよび負レンズの貼り合わせもしくは負レンズおよび正レンズの貼り合わせからなる接合レンズを備えることで色収差の補正に有利となる。また、開口絞り S t をレンズ系の中央付近に配置することでレンズ径の小型化を図ることができる。上記第 2 の態様のレンズ構成を採用することで、小型に構成しながら広い画角と長いバックフォーカスを確保しつつ倍率色収差を含めた諸収差が良好に補正されたレンズ系を実現することが容易になる。

10

【 0 0 5 5 】

本対物レンズが第 2 の態様の 4 群 5 枚構成を採る場合は、さらに下記条件式 (3) を満たすことが好ましい。

【 数 6 】

$$\frac{f^2 \times (N\theta_{hg} / P\theta_{hg})}{|R_c| \times (Bf + d / n)} \geq 0.45 \quad (3)$$

20

ただし、

N_{hg} : 接合レンズ中の負レンズの h 線と g 線間の部分分散比

P_{hg} : 接合レンズ中の正レンズの h 線と g 線間の部分分散比

R_c : 接合レンズの接合面の曲率半径

Bf : 全系のバックフォーカス

d : 最も像側のレンズの中心厚

n : 最も像側のレンズの d 線における屈折率

【 0 0 5 6 】

条件式 (3) は、前述の条件式 (2) と同様に、開口絞り S t より像側の接合レンズを構成する正レンズと負レンズの h 線と g 線間の部分分散比と接合面に着目して、短波長領域の倍率色収差の好適な補正度合いを規定するものである。条件式 (3) は以下の式 (3 A) のように変形することができる。

30

【 数 7 】

$$\frac{(N\theta_{hg} / P\theta_{hg})}{\frac{|R_c|}{f} \times \frac{(Bf + d / n)}{f}} \geq 0.45 \quad (3A)$$

40

【 0 0 5 7 】

条件式 (3 A) からわかるように、条件式 (3) の左辺は、接合レンズを構成する負レンズと正レンズの部分分散比の比からなる第 6 の成分と、接合面の曲率半径の絶対値を焦点距離で規格化した第 7 の成分と、全系のバックフォーカスと最も像側のレンズの光軸上の空気換算長との和、すなわち接合面から結像面までの距離、を焦点距離で規格化した第 8 の成分とに分けて考えることができる。

【 0 0 5 8 】

これら第 6 ~ 第 8 の成分は、開口絞り S t より像側に配置された接合レンズの短波長領域の倍率色収差の補正に有利な 3 つの条件を示している。第 2 の態様のレンズ構成においては、倍率色収差の補正は、第 6 の成分が大きく、第 7 の成分が小さく、第 8 の成分が小

50

さいほど有利である。条件式(3)を満たすように構成することで、実用上十分な長さのバックフォーカスを保ったまま、広い波長域で良好に倍率色収差を保つことが可能になる。

【0059】

上述した本実施形態の対物レンズは、例えば内視鏡用の対物レンズとして適用可能である。内視鏡用の対物レンズなど、画角の大きな対物レンズや被写界深度を深くするためにFナンバーを大きくしている対物レンズでは、球面収差やコマ収差が画質を決める重要な要因となるのではなく倍率色収差が画質劣化の大きな要因となることがある。倍率色収差は、画像周辺部に行くほど顕著に表れるため、画像周辺部の画質を向上させるためには、倍率色収差を良好に補正することが非常に有効である。

10

【0060】

本実施形態の対物レンズが、該対物レンズの像面に配置される撮像素子とともに撮像装置に適用される際には、下記条件式(4)を満たすことが好ましい。

$$|h - C| < 3 \times P \quad \dots \quad (4)$$

ただし、

h：最大半画角におけるd線に対するh線の倍率色収差量(単位は μm)

C：最大半画角におけるd線に対するC線の倍率色収差量(単位は μm)

P：撮像素子の画素の配列のピッチ(単位は μm)

【0061】

ここで、撮像素子が矩形の場合には、矩形の対角線の半分の長さを最大像高とし、この最大像高に対応する画角を最大半画角と定めることができる。

20

【0062】

条件式(4)を満たすように撮像素子の画素ピッチに留意して対物レンズを構成することで、近年高画素化が進んでいる撮像素子にも対応可能となり、像の鮮明度や解像性の向上を図ることができる。また、像の画質向上のために従来行われてきた電氣的な補正の負担を軽減することも可能になる。

【0063】

対物レンズが保護部材なしで内視鏡や車載用カメラ等の撮像装置に搭載される場合、最も物体側に配置されるレンズは、体液、洗浄液、直射日光、風雨、油脂等にさらされることになる。したがって、この材質には、耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高いものを用いることが好ましく、例えば、日本光学硝子工業会が定める粉末耐水性、粉末耐酸性規格の減量率ランク、表面法耐候性ランクが1のものを用いることが好ましい。

30

【0064】

次に、本発明の対物レンズの数値実施例について説明する。実施例1~5の対物レンズのレンズ断面図はそれぞれ図2~図6に示したものである。実施例1~4が4群6枚構成、実施例5が4群5枚構成である。

【0065】

実施例1~5の対物レンズのレンズデータをそれぞれ表1~表5に示す。各実施例のレンズデータの表において、 S_i の欄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i番目($i = 1, 2, 3, \dots$)の面番号を示し、 R_i の欄はi番目の面の曲率半径を示し、 D_i の欄はi番目の面と $i + 1$ 番目の面との光軸Z上の面間隔を示し、 N_{d_j} の欄は最も物体側の光学要素を1番目として像側に向かうに従い順次増加するj番目($j = 1, 2, 3, \dots$)の光学要素のd線に対する屈折率を示し、 d_j の欄はj番目の光学要素のd線に対するアッペ数を示し、 h, g_j の欄はj番目の光学要素のh線とg線間の部分分散比を示している。

40

【0066】

なお、レンズデータには、開口絞り S_t および光学部材PPも含めて示しており、開口絞り S_t に対応する面の面番号の欄には(開口絞り)という語句も記載している。また、各レンズデータの欄外下には焦点距離とF値をそれぞれ $f, F_{no.}$ として記載している。

50

【 0 0 6 7 】

曲率半径の符号は、物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。レンズデータにおける曲率半径および面間隔の単位としては、「mm」を用いているが、これは一例であり、光学系は比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、他の適当な単位を用いることもできる。なお、本明細書に記載の表の数値は所定の桁でまるめたものである。

【 0 0 6 8 】

【表 1】

実施例1

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	5.738	0.250	1.88300	40.80	0.480
2	0.500	0.280			
3	∞	0.640	1.80518	25.42	0.557
4	-0.832	0.450	1.80440	39.59	0.492
5	∞	0.000			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	0.530	1.51680	64.20	0.441
8	-0.832	0.260			
9	5.151	0.860	1.62041	60.30	0.448
10	-0.703	0.340	1.92286	18.90	0.615
11	-1.250	0.492			
12	∞	2.100	1.55920	53.90	0.463
13	∞				

f=0.675 Fno.=4.53

10

20

【 0 0 6 9 】

【表 2】

実施例2

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	∞	0.350	1.88300	40.80	0.480
2	0.703	0.404			
3	8.985	0.300	1.80400	46.57	0.469
4	1.471	0.850	1.84666	23.78	0.565
5	∞	0.000			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	0.790	1.62041	60.30	0.448
8	-1.250	0.100			
9	6.723	0.900	1.62041	60.30	0.448
10	-0.892	0.360	1.92286	18.90	0.615
11	-1.661	0.603			
12	∞	2.700	1.55920	53.90	0.463
13	∞				

f=0.914 Fno.=6.09

30

40

【 0 0 7 0 】

【表 3】

実施例3

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	5.208	0.350	1.88300	40.80	0.480
2	0.864	0.424			
3	6.174	0.420	1.83481	42.71	0.479
4	1.250	1.200	1.80518	25.42	0.557
5	∞	0.000			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	0.821	1.62041	60.30	0.448
8	-1.314	0.100			
9	14.330	1.000	1.62041	60.30	0.448
10	-1.250	0.380	1.92286	18.90	0.615
11	-2.317	0.460			
12	∞	3.200	1.51680	64.20	0.463
13	∞				

f=1.255 Fno.=6.16

【 0 0 7 1 】

【表 4】

実施例4

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	5.000	0.400	1.88300	40.80	0.480
2	0.926	0.520			
3	18.29	0.400	1.83481	42.71	0.479
4	1.709	0.960	1.84666	23.78	0.565
5	∞	0.000			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	1.290	1.62041	60.30	0.448
8	-1.489	0.100			
9	15.910	1.482	1.62041	60.30	0.448
10	-1.382	0.400	1.84666	23.78	0.565
11	-3.103	0.687			
12	∞	4.000	1.55920	53.90	0.463
13	∞				

f=1.579 Fno.=7.16

【 0 0 7 2 】

【表 5】

実施例5

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	∞	0.350	1.88300	40.80	0.480
2	0.703	0.331			
3	4.165	0.980	1.92286	18.90	0.615
4	∞	0.000			
5(開口絞り)	∞	0.085			
6	-3.647	0.890	1.71300	53.90	0.454
7	-1.175	0.100			
8	3.191	0.910	1.62041	60.30	0.448
9	-1.125	0.350	1.92286	18.90	0.615
10	-2.277	0.331			
11	∞	2.700	1.55920	53.90	0.463
12	∞				

f=0.922 Fno.=6.60

10

20

30

40

50

【0073】

図7(A)～図7(D)にそれぞれ実施例1の対物レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差(倍率色収差)の各収差図を示す。球面収差、非点収差、歪曲収差の各収差図には、d線についての収差を示す。非点収差図にはサジタル方向の収差を実線で、タンジェンシャル方向の収差を点線で示している。倍率色収差図には、d線を基準としたときのh線、g線、F線、C線についての収差をそれぞれh、g、F、Cという符号を付して破線で示している。球面収差図のFno.はF値を意味し、その他の収差図の θ は半画角を意味する。

【0074】

同様に、図8(A)～図8(D)、図9(A)～図9(D)、図10(A)～図10(D)、図11(A)～図11(D)に、実施例2～5の対物レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション)、倍率色収差(倍率色収差)の各収差図を示す。各収差図からわかるように、上記実施例1～実施例5は各収差が良好に補正されている。

10

【0075】

次に、比較例の対物レンズについて説明する。比較例1～5の対物レンズは上述した条件式(1)を満たさないものである。比較例1～5の対物レンズの断面図を図12～16に示す。図12～図16の図示方法は基本的に図2～図6のものと同様であり、軸上光束2、最大半画角に対応する軸外光束3、光学部材PPも合わせて示している。

【0076】

比較例1～3が4群6枚構成、比較例4、5が4群5枚構成である。比較例1の対物レンズは、物体側から順に、負メニスカス形状の第1レンズL21'と、正の第2レンズL22'および負の第3レンズL23'の貼り合わせからなる第1の接合レンズと、開口絞りStと、正の第4レンズL24'と、正の第5レンズL25'および負の第6レンズL26'の貼り合わせからなる第2の接合レンズとが配列されてなる。

20

【0077】

比較例2の対物レンズは、物体側から順に、平凹レンズである第1レンズL21'と、負の第2レンズL22'および正の第3レンズL23'の貼り合わせからなる第1の接合レンズと、開口絞りStと、正の第4レンズL24'と、正の第5レンズL25'および負の第6レンズL26'の貼り合わせからなる第2の接合レンズとが配列されてなる。比較例3の対物レンズは、物体側から順に、平凹レンズである第1レンズL21'と、負の第2レンズL22'および正の第3レンズL23'の貼り合わせからなる第1の接合レンズと、開口絞りStと、正の第4レンズL24'と、負の第5レンズL25'および正の第6レンズL26'の貼り合わせからなる第2の接合レンズとが配列されてなる。

30

【0078】

比較例4の対物レンズは、物体側から順に、負メニスカス形状の第1レンズL11'と、正の第2レンズL12'と、開口絞りStと、正の第3レンズL13'と、正の第4レンズL14'および負の第5レンズL15'の貼り合わせからなる接合レンズとが配列されてなる。比較例5の対物レンズは、物体側から順に、負メニスカス形状の第1レンズL11'と、正の第2レンズL12'と、開口絞りStと、正の第3レンズL13'と、負の第4レンズL14'および正の第5レンズL15'の貼り合わせからなる接合レンズとが配列されてなる。

40

【0079】

上記比較例1～5の対物レンズのレンズデータをそれぞれ表6～表10に示す。表6～表10の記号の意味は、前述の実施例1～5のレンズデータのものと同様である。

【0080】

【表 6】

比較例1

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	5.002	0.350	1.88300	40.80	0.480
2	0.892	0.458			
3	9.958	0.910	1.80518	25.42	0.557
4	-1.382	0.400	1.83481	42.71	0.479
5	∞	0.000			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	1.190	1.62041	60.30	0.448
8	-1.426	0.100			
9	∞	1.500	1.62041	60.30	0.448
10	-1.304	0.370	1.92286	18.90	0.615
11	-2.382	0.779			
12	∞	4.000	1.55920	53.90	0.463
13	∞				

f=1.544 Fno.=8.16

【 0 0 8 1 】

【表 7】

比較例2

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	∞	0.350	1.88300	40.80	0.480
2	0.778	0.545			
3	∞	0.350	1.83481	42.71	0.479
4	0.953	0.890	1.84666	23.78	0.565
5	9.553	0.016			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	0.980	1.62041	60.30	0.448
8	-1.304	0.100			
9	5.675	0.890	1.62041	60.30	0.448
10	-0.892	0.360	1.92286	18.90	0.615
11	-1.594	0.885			
12	∞	2.250	1.55920	53.90	0.463
13	∞				

f=0.763 Fno.=5.04

【 0 0 8 2 】

【表 8】

比較例3

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	∞	0.300	1.88300	40.80	0.480
2	0.580	0.345			
3	∞	0.300	1.83481	42.71	0.479
4	0.892	0.800	1.84666	23.78	0.565
5	∞	0.000			
6(開口絞り)	∞	0.035			
7	∞	0.600	1.62041	60.30	0.448
8	-1.175	0.180			
9	2.277	0.350	1.92286	18.90	0.615
10	1.022	0.750	1.62041	60.30	0.448
11	-1.742	0.507			
12	∞	2.100	1.55920	53.90	0.463
13	∞				

f=0.711 Fno.=4.55

10

20

30

40

50

【 0 0 8 3 】

【 表 9 】

比較例4

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	6.667	0.350	1.88300	40.80	0.480
2	0.607	0.280			
3	4.393	0.910	1.92286	18.90	0.615
4	∞	0.000			
5(開口絞り)	∞	0.095			
6	-2.815	0.855	1.71300	53.90	0.454
7	-1.038	0.100			
8	3.099	0.900	1.62041	60.30	0.448
9	-1.111	0.350	1.92286	18.90	0.615
10	-2.199	0.287			
11	∞	2.500	1.55920	53.90	0.463
12	∞				

f=0.869 Fno.=5.43

10

【 0 0 8 4 】

【 表 1 0 】

比較例5

Si (面番号)	ri (曲率半径)	di (面間隔)	ndj (屈折率)	ν dj (アッベ数)	θ h,gj (部分分散比)
1	7.777	0.400	1.88300	40.80	0.480
2	0.578	0.280			
3	6.300	1.120	1.92286	18.90	0.615
4	∞	0.000			
5(開口絞り)	∞	0.081			
6	-3.924	0.602	1.71300	53.90	0.454
7	-1.120	0.100			
8	2.350	0.360	1.92286	18.90	0.615
9	1.157	0.900	1.62041	60.30	0.448
10	-2.180	0.302			
11	∞	2.500	1.55920	53.90	0.463
12	∞				

f=0.856 Fno.=5.08

20

30

【 0 0 8 5 】

図 1 7 (A) ~ 図 1 7 (D)、図 1 8 (A) ~ 図 1 8 (D)、図 1 9 (A) ~ 図 1 9 (D)、図 2 0 (A) ~ 図 2 0 (D)、図 2 1 (A) ~ 図 2 1 (D) にそれぞれ上記比較例 1 ~ 5 の対物レンズの球面収差、非点収差、歪曲収差 (ディストーション)、倍率色収差 (倍率色収差) の各収差図を示す。比較例 1 ~ 5 の収差図の図示方法は、前述の実施例 1 ~ 5 の収差図のものと同様である。

【 0 0 8 6 】

表 1 1 に、上記実施例 1 ~ 5 および上記比較例 1 ~ 5 の d 線基準での各波長についての倍率色収差量 (単位は μm) と、焦点距離 (単位は mm) を示す。また、表 1 2 に、上記実施例 1 ~ 5 および上記比較例 1 ~ 5 の d 線基準での各波長についての倍率色収差量 (単位は μm) を各対物レンズの焦点距離 (単位は mm) で規格化した値と、 $(h - C) / f$ の値を示す。 $(h - C) / f$ の値の絶対値をとったものが条件式 (1) の左辺に対応する。表 1 1、表 1 2 とともに各波長の上には対応する輝線スペクトル名を記載している。

40

【 0 0 8 7 】

【表 1 1】

	d線基準の倍率色収差量 (μm)						焦点距離 (mm)
	h線	g線	F線	e線	d線	C線	
	404.7nm	435.8nm	486.1nm	546.1nm	587.6nm	656.3nm	
実施例1	0.84	-0.60	-1.07	-0.56	0.00	1.03	0.675
実施例2	2.01	-0.08	-0.95	-0.57	0.00	1.12	0.914
実施例3	3.21	-0.21	-1.61	-0.95	0.00	1.82	1.255
実施例4	1.20	-1.94	-2.79	-1.42	0.00	2.56	1.579
実施例5	2.10	-0.25	-1.20	-0.69	0.00	1.32	0.922
比較例1	10.80	4.04	0.02	-0.58	0.00	1.64	1.544
比較例2	3.88	1.35	-0.13	-0.28	0.00	0.74	0.763
比較例3	4.31	1.88	0.28	-0.11	0.00	0.47	0.711
比較例4	-0.01	-2.05	-2.30	-1.10	0.00	1.87	0.869
比較例5	-2.15	-3.02	-2.57	-1.12	0.00	1.81	0.856

10

【0088】

【表 1 2】

	焦点距離で規格化したd線基準の倍率色収差量 (μm)						$(\delta h - \delta C)/f$
	h線	g線	F線	e線	d線	C線	
	404.7nm	435.8nm	486.1nm	546.1nm	587.6nm	656.3nm	
実施例1	1.24	-0.89	-1.58	-0.84	0.00	1.53	-0.29
実施例2	2.20	-0.08	-1.04	-0.63	0.00	1.22	0.98
実施例3	2.55	-0.17	-1.28	-0.76	0.00	1.45	1.10
実施例4	0.76	-1.23	-1.76	-0.90	0.00	1.62	-0.86
実施例5	2.27	-0.27	-1.30	-0.75	0.00	1.43	0.85
比較例1	6.99	2.62	0.01	-0.38	0.00	1.06	5.94
比較例2	5.09	1.77	-0.16	-0.37	0.00	0.97	4.12
比較例3	6.07	2.65	0.40	-0.16	0.00	0.67	5.40
比較例4	-0.02	-2.36	-2.65	-1.26	0.00	2.15	-2.17
比較例5	-2.52	-3.52	-3.00	-1.31	0.00	2.12	-4.63

20

【0089】

30

図 2 2 に、表 1 2 の実施例 1 ~ 5 および上記比較例 1 ~ 5 の数値をグラフ化したものを示す。図 2 2 の横軸は波長であり、縦軸は d 線基準での各波長についての倍率色収差量 (単位は μm) を各対物レンズの焦点距離 (単位は mm) で規格化した値である。図 2 2 から、約 400 nm ~ 650 nm の広い波長域において、実施例 1 ~ 5 は倍率色収差が小さく抑えられているのに対し、比較例 1 ~ 5 は大きくなっていることがわかる。比較例 1 ~ 3 は補正過剰、比較例 4 はやや補正不足、比較例 5 は補正不足の様相を示している。

【0090】

表 1 3、表 1 4 にそれぞれ、上記実施例 1 ~ 5、上記比較例 1 ~ 5 の各種データを示す。表 1 3、表 1 4 のデータは、d 線を基準としたものであり、長さの単位は全て mm であり、角度の単位は度である。

40

【0091】

【表 1 3】

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
構成枚数	4群6枚	4群6枚	4群6枚	4群6枚	4群5枚
前群接合	凸凹接合	凹凸接合	凹凸接合	凹凸接合	—
後群接合	凸凹接合	凸凹接合	凸凹接合	凸凹接合	凸凹接合
物体距離	10.00	10.00	10.00	15.00	10.00
物体面曲率半径	∞	∞	10.00	15.00	∞
焦点距離	0.675	0.914	1.255	1.579	0.922
バックフォーカス	1.795	2.255	2.420	3.093	1.981
F値	4.53	6.09	6.16	7.16	6.60
最大像高	0.70	0.90	1.45	1.75	0.90
最大半画角	67.8	67.4	70.1	66.0	67.4
条件式(1)対応値	0.29	0.98	1.10	0.86	0.85
$F\theta$	0.92	0.75	1.17	1.09	—
$R\theta$	0.45	0.53	0.66	0.69	—
条件式(2)対応値	0.47	0.22	0.51	0.40	—
条件式(3)対応値	—	—	—	—	0.48

10

【0092】

【表 1 4】

	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4	比較例5
構成枚数	4群6枚	4群6枚	4群6枚	4群5枚	4群5枚
前群接合	凸凹接合	凹凸接合	凹凸接合	—	—
後群接合	凸凹接合	凸凹接合	凹凸接合	凸凹接合	凹凸接合
物体距離	15.00	10.00	10.00	10.00	10.00
物体面曲率半径	15.00	∞	∞	∞	∞
焦点距離	1.544	0.763	0.711	0.869	0.856
バックフォーカス	3.191	2.273	1.805	1.819	1.835
F値	8.16	5.04	4.55	5.43	5.08
最大像高	1.75	0.75	0.70	1.00	1.00
最大半画角	68.2	69.1	67.3	81.4	82.3
条件式(1)対応値	5.94	4.12	5.40	2.17	4.63
$F\theta$	1.30	0.94	0.94	—	—
$R\theta$	0.74	0.36	0.30	—	—
条件式(2)対応値	0.56	0.58	0.64	—	—
条件式(3)対応値	—	—	—	0.47	0.42

20

30

【0093】

表 1 3、表 1 4 に記載の語句について説明する。「構成枚数」の欄には全系を構成するレンズ群とレンズ枚数を示している。「前群接合」の欄には開口絞り S t より物体側の接合レンズを構成する 2 枚のレンズのパワーの符号と配列順を示し、「後群接合」の欄には開口絞り S t より像側の接合レンズを構成する 2 枚のレンズのパワーの符号と配列順を示し、例えば「凸凹接合」は物体側から順に正レンズと負レンズが配列されて接合された接合レンズを意味し、「凹凸接合」は物体側から順に負レンズと正レンズが配列されて接合された接合レンズを意味する。

40

【0094】

「バックフォーカス」の欄には、最も像側のレンズの像側の面から像面までの光軸上の空気換算長を記載している。「物体距離」の欄には最も物体側のレンズ面から物体までの光軸方向の距離、「物体面曲率半径」の欄には物体面の曲率半径、「最大像高」の欄には最大の像高、「最大半画角」の欄には最大の半画角を示しており、いずれも設計仕様に基

50

づく値を示している。

【0095】

「条件式(1)対応値」、 F 、 R 、「条件式(2)対応値」、「条件式(3)対応値」の欄にはそれぞれ、条件式(1)の左辺、 F 、 R 、条件式(2)の左辺、条件式(3)の左辺に対応する値を示している。

【0096】

上述した本発明の実施形態にかかる対物レンズは、内視鏡用対物レンズとして好適に使用可能である。次に、本発明の実施形態にかかる対物レンズが搭載される撮像装置の一例である内視鏡について、図23、図24を参照しながら説明する。図23は、内視鏡の概略的な構成図であり、図24は内視鏡の先端硬質部の要部断面図である。

10

【0097】

図23に示す内視鏡100は、主として、操作部102と、挿入部104と、ユニバーサルコード106を引き出すコネクタ部(不図示)を備える。操作部102の先端側には、患者の体内に挿入される挿入部104が連結され、操作部102の基端側からは、光源装置等と接続するためのコネクタ部に接続するためのユニバーサルコード106が引き出されている。

【0098】

挿入部104の大半は挿入経路に沿って任意の方向に曲がる軟性部107であり、この軟性部107の先端には、湾曲部108が連結される。湾曲部108は、先端硬質部110を所望の方向に向けるために設けられるものであり、操作部102に設けられた湾曲走査ノブ109を回動させることにより湾曲操作が可能となっている。湾曲部108の先端には、先端硬質部110が連結されている。

20

【0099】

図24に示すように、先端硬質部110の内部には本実施形態にかかる対物レンズ1が配設される。なお、図24の断面図は、対物レンズ1の光軸Zを含む断面におけるものであり、図24に示す対物レンズ1は、レンズ形状を示すものではなく、概念的に図示されたものである。対物レンズ1の像側には光路を90度折り曲げるための光路変換プリズム5が配置され、光路変換プリズム5の像側の面には撮像素子10が接合されている。撮像素子10の撮像面は対物レンズ1の像面に一致するように配置されており、対物レンズ1と撮像素子10は上述した条件式(4)を満たすように構成されている。図24に示す構成では、光路変換プリズム5を用いて光路を折り曲げて撮像素子10を配置することにより、先端硬質部110の下半分に直視型の観察光学系を構成し、先端硬質部110の上半分に処置具挿通チャンネル11を構成し、細径の挿入部内に多数の要素を配設するようにしている。

30

【0100】

以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッペ数等の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

【0101】

例えば、上述した条件式(2)、(3)ではh線とg線間の部分分散比を用いているが、対物レンズの用途に応じて、h線とg線の部分分散比の代わりに任意の2つの波長間の部分分散比を用いて所定の限界値を満足するように構成してもよい。短波長領域で補正が必要とされる場合には、d線より短い波長域における任意の2つの輝線の間部分分散比を用いてもよく、逆に長波長領域で補正が必要とされる場合には、d線より長い波長域における任意の2つの輝線の間部分分散比を用いてもよい。

40

【符号の説明】

【0102】

- 1 対物レンズ
- 2 軸上光束

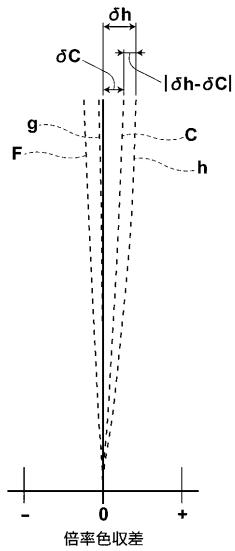
50

- 3 軸外光束
- 5 光路変換プリズム
- 10 撮像素子
- 100 内視鏡
- 102 操作部
- 104 挿入部
- 106 ユニバーサルコード
- 107 軟性部
- 108 湾曲部
- 109 湾曲走査ノブ
- 110 先端硬質部
- L11、L21 第1レンズ
- L12、L22 第2レンズ
- L13、L23 第3レンズ
- L14、L24 第4レンズ
- L15、L25 第5レンズ
- L26 第6レンズ
- P 結像位置
- PP 光学部材
- St 開口絞り
- Z 光軸

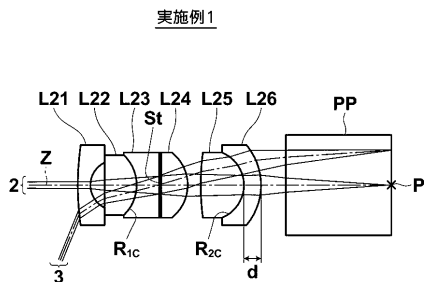
10

20

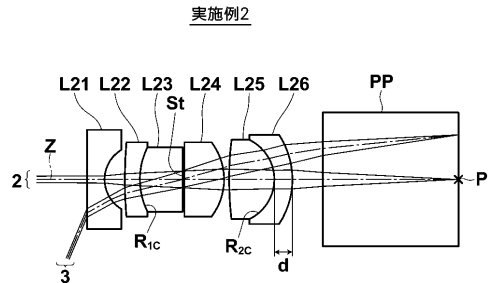
【図1】



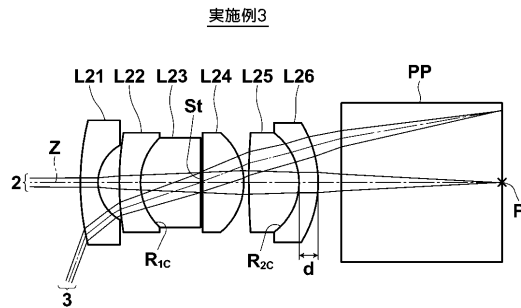
【図2】



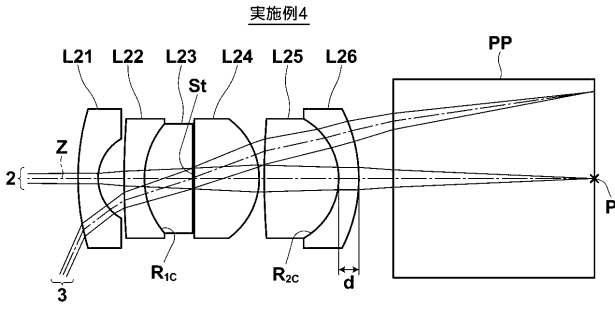
【図3】



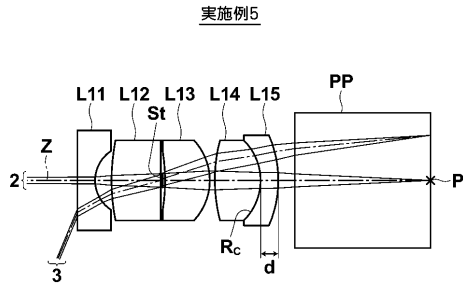
【図4】



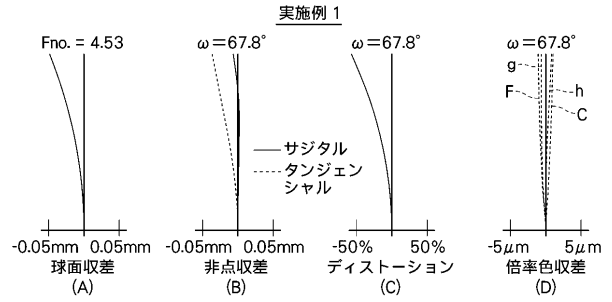
【 図 5 】



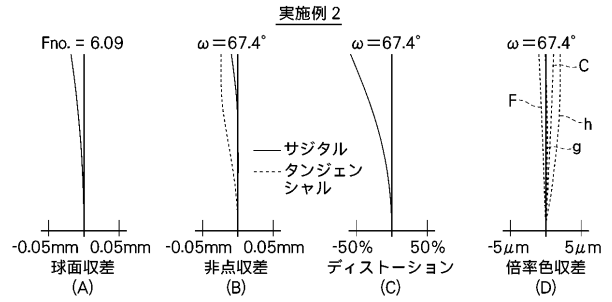
【 図 6 】



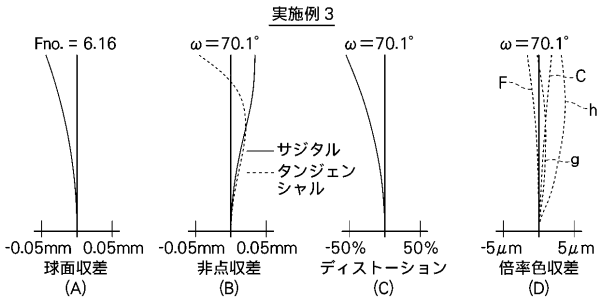
【 図 7 】



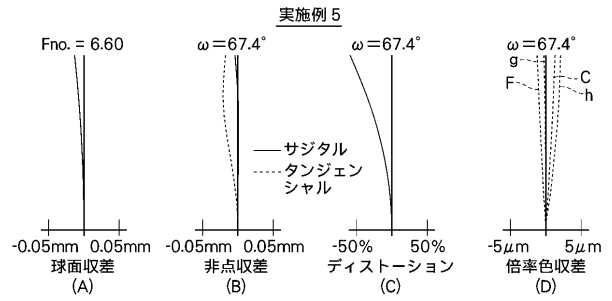
【 図 8 】



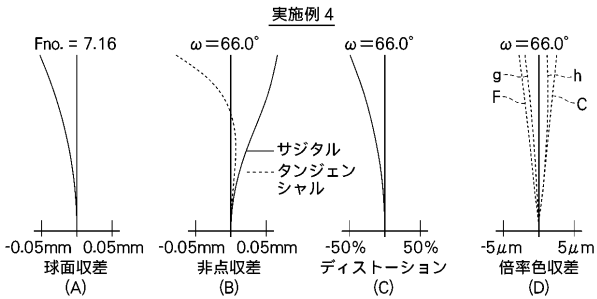
【 図 9 】



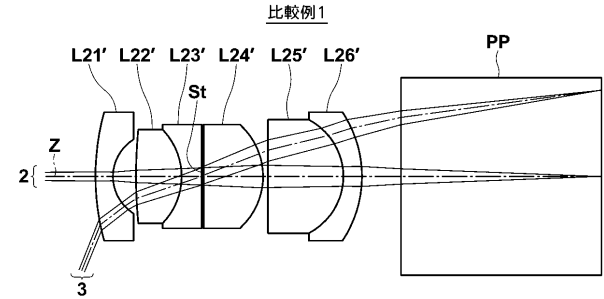
【 図 1 1 】



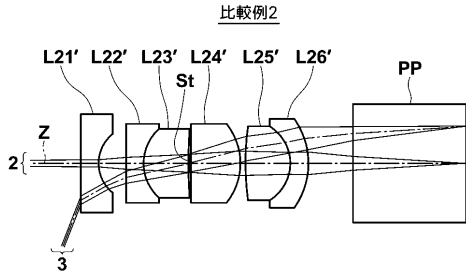
【 図 1 0 】



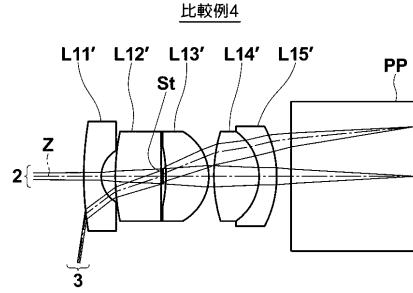
【 図 1 2 】



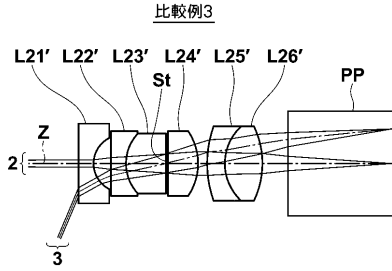
【 図 1 3 】



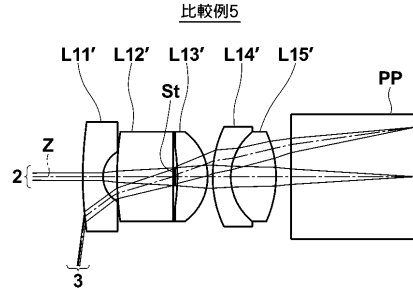
【 図 1 5 】



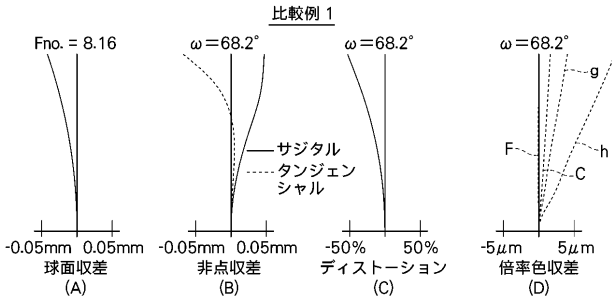
【 図 1 4 】



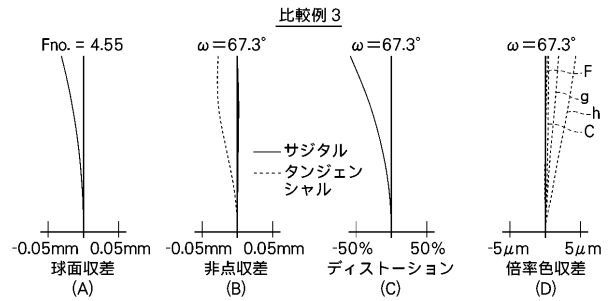
【 図 1 6 】



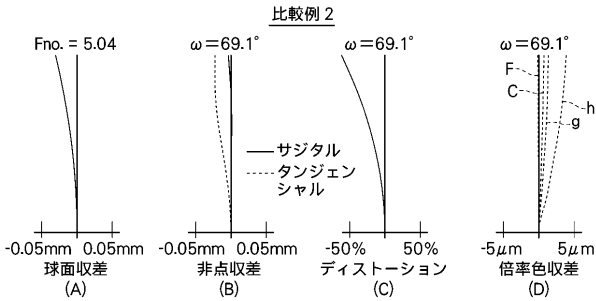
【 図 1 7 】



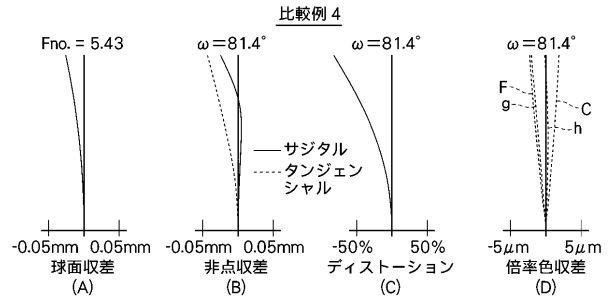
【 図 1 9 】



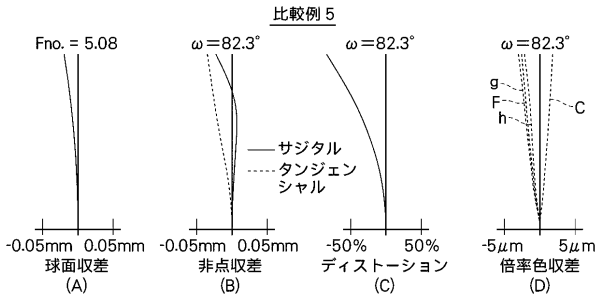
【 図 1 8 】



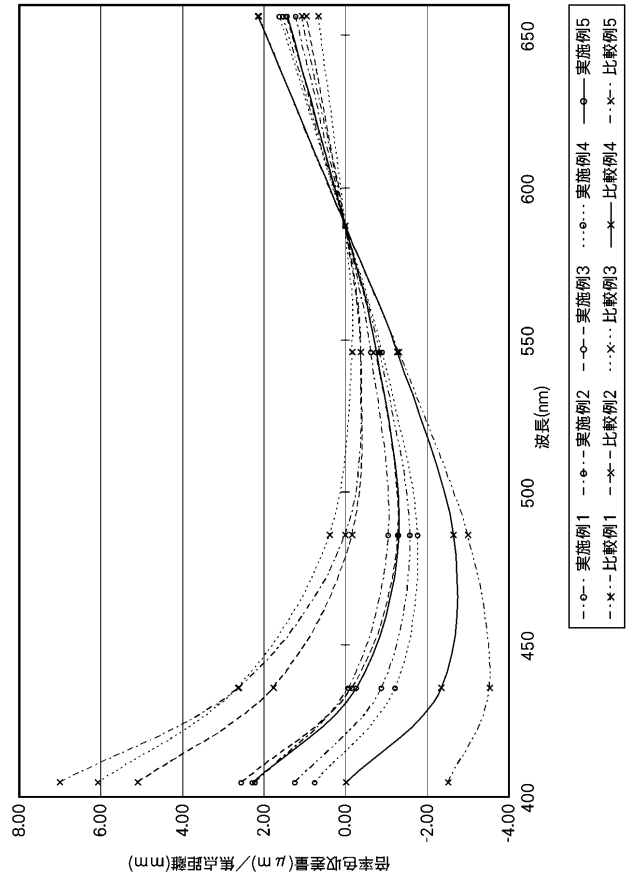
【 図 2 0 】



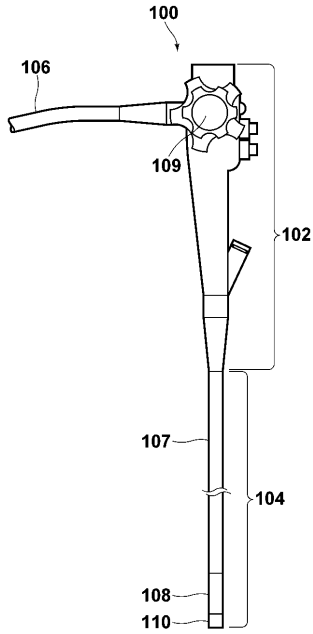
【 図 2 1 】



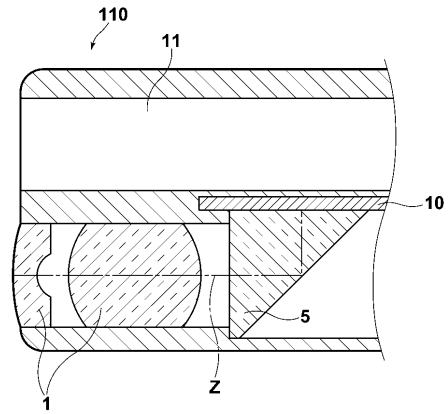
【 図 2 2 】



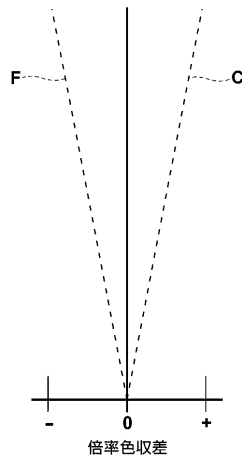
【 図 2 3 】



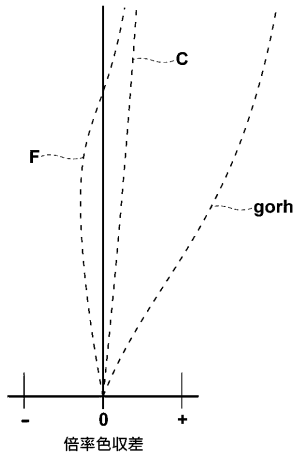
【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



【 図 2 6 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4C061 AA00 BB00 CC06 DD00 FF40 JJ06 LL02
4C161 AA00 BB00 CC06 DD00 FF40 JJ06 LL02

专利名称(译)	用于内窥镜和成像装置的物镜		
公开(公告)号	JP2011227380A	公开(公告)日	2011-11-10
申请号	JP2010098816	申请日	2010-04-22
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	宫野俊		
发明人	宫野 俊		
IPC分类号	G02B13/04 A61B1/00 A61B1/04		
FI分类号	G02B13/04.D A61B1/00.300.Y A61B1/04.370 A61B1/00.731 A61B1/04 A61B1/05		
F-TERM分类号	2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/NA14 2H087/PA04 2H087/PA18 2H087/PA19 2H087/PB05 2H087/PB06 2H087/QA01 2H087/QA02 2H087/QA07 2H087/QA17 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA26 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA45 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/UA06 4C061/AA00 4C061/BB00 4C061/CC06 4C061/DD00 4C061/FF40 4C061/JJ06 4C061/LL02 4C161/AA00 4C161/BB00 4C161/CC06 4C161/DD00 4C161/FF40 4C161/JJ06 4C161/LL02		
代理人(译)	佐久间刚		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决方案：提供一种用于内窥镜的物镜，该物镜被配置为在宽的波长范围内令人满意地可用。解决方案：用于内窥镜的物镜被配置为满足条件表达式：其中“ δh ”是相对于最大半场角处的线d的线h上的倍率色像差的量（单位： μm ），并且“ δC ”是线C上相对于线d的倍率色像差的量（单位： μm ），并且“f”是整个系统的焦距（单位： mm ）。用于内窥镜的物镜可以由四组中的五个透镜构成，其包括在相对于孔径光阑的像侧的胶合透镜，或者由在物体侧包括胶合透镜的四组六个透镜和像侧相对于孔径光阑。

