

(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2009-151191

(P2009-151191A)

(43) 公開日 平成21年7月9日(2009.7.9)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)
GO2B	13/04	(2006.01)	GO2B 13/04	D 2H087
GO2B	13/18	(2006.01)	GO2B 13/18	4C061
A61B	1/00	(2006.01)	A61B 1/00	300Y

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2007-330440 (P2007-330440)
 (22) 出願日 平成19年12月21日 (2007.12.21)

(71) 出願人 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 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 笹本 勉
 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
 Fターム(参考) 2H087 KA10 LA03 PA04 PA18 PB05
 QA02 QA07 QA12 QA21 QA25
 QA37 QA41 QA45 RA05 RA13
 RA32 RA42 RA43
 4C061 FF40 JJ06

(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物レンズ

(57) 【要約】

【課題】 画角のバラツキを小さく、収差を充分補正、小型化可能な内視鏡用対物レンズの提供。

【解決手段】 絞りSを挟みレンズ群G1、レンズ群G2を有し、群G1が物体側に凸面の負メニスカス第1レンズ、正の第2レンズからなり、群G2が曲率半径の小さな面を像側へ向けた正の第3レンズ、正の第4レンズと負の第5レンズとの接合レンズからなり、次式を満たす。

$$-2 < SF < -0.9$$

$$0.94 < D / (f \times \sin \theta) < 1.7$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13$$

SFは第1レンズシェイプファクターで物体、像側曲率半径R1、R2で $(R2 + R1) / (R2 - R1)$ 。Dは第1レンズ像側面頂～絞り空気換算距離、fは全系合成焦点距離、 θ は半画角、D₁は第1レンズ物体側面頂～絞り実測定距離、D₂は絞り～第3レンズ像側面空気換算距離、f₁は第1レンズ焦点距離、f₃は第3レンズ焦点距離。

【選択図】 図1

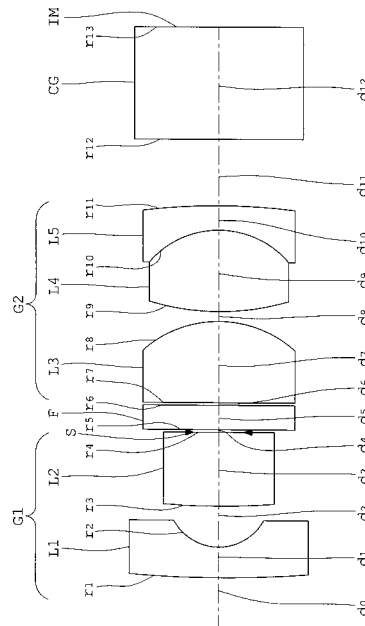


図1 実施例

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

明るさ絞りを挟んで前群レンズ群と後群レンズ群とを有し、

前記前群レンズ群が、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 1 レンズと、正の屈折力を持つ第 2 レンズとからなり、

前記後群レンズ群が、曲率半径の小さな面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第 3 レンズと、正の屈折力を持つ第 4 レンズと、負の屈折力を持つ第 5 レンズとからなり、

前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとが接合され、且つ、

次の条件式(1)~(3)を満足することを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

$$-2 < SF < -0.9 \quad \dots(1) \quad 10$$

$$0.94 < D / (f \times \sin \theta) < 1.7 \quad \dots(2)$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13 \quad \dots(3)$$

但し、SF は第 1 レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R₁、像側の曲率半径を R₂ としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。D は第 1 レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離（空気換算長）、f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角、D₁ は第 1 レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、D₂ は明るさ絞りから第 3 レンズの像側の面までの距離（空気換算長）、f₁ は第 1 レンズの焦点距離、f₃ は第 3 レンズの焦点距離である。

【請求項 2】

次の条件式(1')を満足する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。

$$-1.5 < SF < -1.0 \quad \dots(1') \quad 20$$

但し、SF は第 1 レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R₁、像側の曲率半径を R₂ としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。

【請求項 3】

次の条件式(3')を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の内視鏡用対物レンズ。

$$0.90 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.06 \quad \dots(3') \quad 30$$

但し、D₁ は第 1 レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、D₂ は明るさ絞りから第 3 レンズの像側の面までの距離（空気換算長）、f₁ は第 1 レンズの焦点距離、f₃ は第 3 レンズの焦点距離である。

【請求項 4】

前記第 3 レンズは、その中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球面からなる面を像側へ向けた正の屈折力を持つレンズであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の内視鏡用対物レンズ。

【請求項 5】

明るさ絞りを挟んで前群レンズ群と後群レンズ群とを有し、

前記前群レンズ群が、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 1 レンズと、正の屈折力を持つ第 2 レンズとからなり、

前記後群レンズ群が、その中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球面からなる面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第 3 レンズと、正の屈折力を持つ第 4 レンズと、負の屈折力を持つ第 5 レンズとからなり、

前記第 4 レンズと前記第 5 レンズとが接合され、且つ、

次の条件式(1)、(4)、(3)を満足することを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

$$-2 < SF < -0.9 \quad \dots(1) \quad 40$$

$$0.65 < D / (f \times \sin \theta) < 0.94 \quad \dots(4)$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13 \quad \dots(3)$$

但し、SF は第 1 レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R₁、像側の曲率半径を R₂ としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。D は第 1 レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離（空気換算長）、f は全

系の合成焦点距離、 θ は半画角、 D_1 は第 1 レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第 3 レンズの像側の面までの距離（空気換算長）、 f_1 は第 1 レンズの焦点距離、 f_3 は第 3 レンズの焦点距離である。

【請求項 6】

次の条件式(1')を満足することを特徴とする請求項 5 に記載の内視鏡用対物レンズ。

$$-1.5 < SF < -1.0 \quad \dots(1')$$

但し、 SF は第 1 レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。

【請求項 7】

次の条件式(3')を満足することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の内視鏡用対物レンズ。

$$0.90 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.06 \quad \dots(3')$$

但し、 D_1 は第 1 レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第 3 レンズの像側の面までの距離（空気換算長）、 f_1 は第 1 レンズの焦点距離、 f_3 は第 3 レンズの焦点距離である。

【請求項 8】

次の条件式(4')を満足することを特徴とする請求項 5 ~ 7 のいずれかに記載の内視鏡用対物レンズ。

$$0.8 < D / (f \times \sin \theta) < 0.94 \quad \dots(4')$$

但し、 D は第 1 レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離（空気換算長）、 f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角である。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、内視鏡に使用される対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、医療の分野における患者の体内の治療・診断等、外部から観察することが難しい部位の観察に内視鏡が用いられている。近年、経鼻内視鏡に代表されるような内視鏡の細径化が求められており、内視鏡に用いる対物レンズにもその外径の小型化が望まれている。

【0003】

従来、内視鏡に用いる対物レンズは非常に画角が大きいため、一般的に、対物レンズの最も物体側に平凹レンズを使ったレトロフォーカスタイプのレンズが多く採用されている。この種のレトロフォーカスタイプのレンズ系において、対物レンズを小さく設計する方法としては、最も物体側の平凹レンズに強い負のパワーを持たせる方法がある。しかし、第 1 面を平面で構成すると画角のパラツキが大きくなるという問題がある。また、レトロフォーカスタイプにおいて、前群負レンズ群のパワーを大きくし、仕様を保とうとすれば、必然的に後群の凸パワーを大きくしなければならない。

しかるに、従来、第 1 面を曲面で構成した内視鏡用対物レンズとして、例えば、次の特許文献 1、2 に開示されたものがある。

【特許文献 1】特開平 08 - 334688 号公報

【特許文献 2】特開平 02 - 188709 号公報（第 2 図）

【0004】

特許文献 1 に記載の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、負の屈折力を持つメニスカス形状の第 1 レンズと、平凸形状の第 2 レンズと、絞りと、平凸形状の第 3 レンズと、両凸形状の第 4 レンズを配置し、所定の条件式(51) ~ (55)を満足するように構成されており、第 1 面が凸面となっている。

$$B f' > 1.5 f' \quad \dots(51)$$

10

20

30

40

50

$$1.80 < D / r_2 < 2.40 \quad \dots (52)$$

$$r_2 < 45.0 \quad \dots (53)$$

$$r_3 > 50.0 \quad \dots (54)$$

$$r_4 > 50.0 \quad \dots (55)$$

但し、 Bf' はバックフォーカス、 f' はこの光学系全体の焦点距離、 r_2 は第1レンズの像側の曲率半径、 D は「 $d_2 + (d_3 / n_2) + d_4$ 」の値を示し、 d_2 は第1レンズと第2レンズとの空気間隔、 d_3 は第2レンズの中心厚、 d_4 は第2レンズと絞りとの空気間隔、 n_2 は第2レンズの屈折率である。

【0005】

また、特許文献2に記載の内視鏡用対物レンズは、物体側より順に、像側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズと、曲率半径の大きい面を像側へ向けた正の屈折力を持つメニスカス形状の第2レンズと、明るさ絞りと、曲率半径の大きい面を物体側へ向けた両凸形状の第3レンズと、全体で正の屈折力を有する第4接合レンズを配置し、所定の条件式(61)~(65)を満足するように構成されており、第1面が凸面となっている。

10

$$0.60 < |f_1 / f| < 0.70 \quad \dots (61)$$

$$n_2 > 1.60 \quad r_2 < 45.0 \quad \dots (62)$$

$$n_3 > 1.60 \quad r_3 > 50.0 \quad \dots (63)$$

$$r_4 < 40.0 \quad \dots (64)$$

$$n_5 > 1.60 \quad r_5 > 50.0 \quad \dots (65)$$

20

但し、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f は全系の合成焦点距離、 n_2, n_3, n_5 は第2レンズ、第3レンズ、第4接合レンズの凸レンズに使用されている硝材の d 線に対する屈折率、 r_2, r_3, r_4, r_5 は第2レンズ、第3レンズ、第4接合レンズの凹レンズ、第4接合レンズの凸レンズに使用されている硝材のアッペ数である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、特許文献1に記載の内視鏡用対物レンズでは、第一レンズをメニスカス形状とすることにより、凹レンズとしてのパワーは小さくなる。これでは画角が小さくなってしまいうため、第一レンズと明るさ絞りの距離を大きくとることにより、画角が小さくなった分を吸収する構成となっている。つまり、レンズが巨大化してしまい、近年の細径化が求められている内視鏡には適さない。

30

また、特許文献2に記載の内視鏡用対物レンズでは、像面湾曲やコマ収差の補正ができず画質が悪くなり、微小な細部を観察する内視鏡に実用できない。

【0007】

本発明は、上記従来課題に鑑みてなされたものであり、画角のパラッキを小さくしながら、収差を十分に補正して良好な画質を得ることができ、且つ、小型化することが可能な内視鏡用対物レンズ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】

【0008】

上記目的を達成するため、本第一の発明による内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りを挟んで前群レンズ群と後群レンズ群とを有し、前記前群レンズ群が、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を持つ第2レンズとからなり、前記後群レンズ群が、曲率半径の小さな面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第3レンズと、正の屈折力を持つ第4レンズと、負の屈折力を持つ第5レンズとからなり、前記第4レンズと前記第5レンズとが接合され、且つ、次の条件式(1)~(3)を満足することを特徴としている。

$$-2 < SF < -0.9 \quad \dots (1)$$

$$0.94 < D / (f \times \sin \theta) < 1.7 \quad \dots (2)$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13 \quad \dots (3)$$

40

50

但し、 SF は第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。 D は第1レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離(空気換算長)、 f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角、 D_1 は第1レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第3レンズの像側の面までの距離(空気換算長)、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離である。

【0009】

また、本第一の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、次の条件式(1')を満足するのが好ましい。

$$-1.5 < SF < -1.0 \quad \dots(1')$$

10

但し、 SF は第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。

【0010】

また、本第一の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、次の条件式(3')を満足するのが好ましい。

$$0.90 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.06 \quad \dots(3')$$

但し、 D_1 は第1レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第3レンズの像側の面までの距離(空気換算長)、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離である。

20

【0011】

また、本第一の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、前記第3レンズは、その中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球面からなる面を像側へ向けた正の屈折力を持つレンズであるのが好ましい。

【0012】

また、本第二の発明による内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りを挟んで前群レンズ群と後群レンズ群とを有し、前記前群レンズ群が、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を持つ第2レンズとからなり、前記後群レンズ群が、その中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球面からなる面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第3レンズと、正の屈折力を持つ第4レンズと、負の屈折力を持つ第5レンズとからなり、前記第4レンズと前記第5レンズとが接合され、且つ、次の条件式(1)、(4)、(3)を満足することを特徴としている。

30

$$-2 < SF < -0.9 \quad \dots(1)$$

$$0.65 < D / (f \times \sin \theta) < 0.94 \quad \dots(4)$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13 \quad \dots(3)$$

但し、 SF は第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。 D は第1レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離(空気換算長)、 f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角、 D_1 は第1レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第3レンズの像側の面までの距離(空気換算長)、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離である。

40

【0013】

また、本第二の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、次の条件式(1')を満足するのが好ましい。

$$-1.5 < SF < -1.0 \quad \dots(1')$$

但し、 SF は第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。

【0014】

また、本第二の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、次の条件式(3')を満足するのが

50

好ましい。

$$0.90 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.06 \quad \dots(3')$$

但し、 D_1 は第1レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第3レンズの像側の面までの距離(空気換算長)、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離である。

【0015】

また、本第二の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、次の条件式(4')を満足するのが好ましい。

$$0.8 < D / (f \times \sin \theta) < 0.94 \quad \dots(4')$$

但し、 D は第1レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離(空気換算長)、 f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角である。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、画角のパラツキを小さくしながら、収差を十分に補正して良好な画質を得ることができ、且つ、小型化することが可能な内視鏡用対物レンズが得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

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。

本第一の発明の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りを挟んで前群レンズ群と後群レンズ群とを有し、前記前群レンズ群が、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を持つ第2レンズとからなり、前記後群レンズ群が、曲率半径の小さな面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第3レンズと、正の屈折力を持つ第4レンズと、負の屈折力を持つ第5レンズとからなり、前記第4レンズと前記第5レンズとが接合されている。

第1レンズを物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状にすれば、第1面が平面ではなく曲面となるので、画角のパラツキを極力小さくすることができ、また、被写界深度を大きくとることができる。

【0018】

ここで、本第一の発明の内視鏡用対物レンズは、次の条件式(1)~(3)を満足する。

$$-2 < SF < -0.9 \quad \dots(1)$$

$$0.94 < D / (f \times \sin \theta) < 1.7 \quad \dots(2)$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13 \quad \dots(3)$$

但し、 SF は第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。 D は第1レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離(空気換算長)、 f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角、 D_1 は第1レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第3レンズの像側の面までの距離(空気換算長)、 f_1 は第1レンズの焦点距離、 f_3 は第3レンズの焦点距離である。

【0019】

条件式(1)の上限値を上回ると、第1面が平面に近づきすぎて、第1レンズをメニスカス形状にするメリットが得られない。

一方、条件式(1)の下限値を下回ると、第1レンズの負のパワーが小さくなり、画角を広く保つことができなくなる。ここで、特許文献1のように明るさ絞りに対し、第1レンズを離せば画角を広く保つことができるが、それでは上述したようにレンズが巨大化してしまい、近年の細径化が求められている内視鏡には適さない。また、第1レンズの負のパワーが小さくなった条件で、画角を広く保つためには、後群の、そして全体の焦点距離を決める上で重要な役割をしている第3レンズのパワーを大きくする必要があり、それでは、第3レンズのパワーが大きくなり過ぎて、レンズの加工性が非常に悪くなるとともに収差の補正が難しくなる。

【0020】

10

20

30

40

50

なお、好ましくは、次の条件式(1')を満足するのがよい。

$$-1.5 < SF < -1.0 \quad \dots(1')$$

但し、SFは第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径をR1、像側の曲率半径をR2としたとき、 $SF = (R2 + R1) / (R2 - R1)$ で示される値である。

【0021】

条件式(1)や(1')の範囲にある第1凹レンズのパワーが小さくなっている条件のもとで、条件式(2)の下限値を下回り、かつレンズが巨大化することを防ぎ、内視鏡に求められる画角を得ようとした場合、必然的に第3レンズのパワーが大きくなり、像面湾曲やコマ収差を補正できなくなる。

10

一方、条件式(2)の上限値を上回ると、第1凹レンズのパワーが小さくなっている条件で内視鏡に求められる画角を得ようとするれば、特許文献1のように第1レンズが大きくなり過ぎて、近年の細径化が求められている内視鏡には使えない。

【0022】

条件式(1)や(1')の範囲内にあり、かつ条件式(2)の範囲内にある状態で条件式(3)の下限値を下回ると、第3レンズ面の曲率が強くなり、その上で前群と後群において収差を補正しようとした場合、像面湾曲や球面収差、コマ収差を補正できなくなる。

一方、条件式(3)の上限値を上回ると、第3レンズの曲率が弱くなり過ぎて、レンズが巨大化してしまうと同時に、像面湾曲が補正過剰となり補正が難しくなる。

【0023】

20

なお、好ましくは、次の条件式(3')を満足するのがよい。

$$0.90 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.06 \quad \dots(3')$$

但し、D₁は第1レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、D₂は明るさ絞りから第3レンズの像側の面までの距離(空気換算長)、f₁は第1レンズの焦点距離、f₃は第3レンズの焦点距離である。

【0024】

また、本第一の発明の内視鏡用対物レンズにおいては、前記第3レンズは、その中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球面からなる面を像側へ向けた正の屈折力を持つレンズであるのが好ましい。

このようにすると、第4レンズと第5レンズの接合面の曲率を緩くすることができ、加工性が良くなる。

30

【0025】

また、本第二の発明の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りを挟んで前群レンズ群と後群レンズ群とを有し、前記前群レンズ群が、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズと、正の屈折力を持つ第2レンズとからなり、前記後群レンズ群が、その中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球面からなる面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第3レンズと、正の屈折力を持つ第4レンズと、負の屈折力を持つ第5レンズとからなり、前記第4レンズと前記第5レンズとが接合されている。

第1レンズを物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状にすれば、第1面が平面ではないので、画角のパラツキを極力小さくすることができ、また、被写界深度を大きくとることができる。

40

【0026】

ここで、本第二の発明の内視鏡用対物レンズは、次の条件式(1)、(4)、(3)を満足している。

$$-2 < SF < -0.9 \quad \dots(1)$$

$$0.65 < D / (f \times \sin \theta) < 0.94 \quad \dots(4)$$

$$0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13 \quad \dots(3)$$

但し、SFは第1レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径をR1、像側の曲率半径をR2としたとき、 $SF = (R2 + R1) / (R2 - R1)$ で示される値である。Dは第1レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離(空気換算長)、fは全

50

系の合成焦点距離、 θ は半画角、 D_1 は第 1 レンズの物体側の面の面頂から明るさ絞りまでの実測定距離、 D_2 は明るさ絞りから第 3 レンズの像側の面までの距離（空気換算長）、 f_1 は第 1 レンズの焦点距離、 f_3 は第 3 レンズの焦点距離である。

【0027】

条件式(1)の上限値を上回ると、第 1 面が平面に近づきすぎて、第 1 レンズをメニスカス形状にするメリットが得られない。

一方、条件式(1)の下限値を下回ると、第 1 レンズの負のパワーが小さくなり、画角を広く保つことができなくなる。ここで、特許文献 1 のように明るさ絞りに対し、第 1 レンズを離せば画角を広く保つことができるが、それでは上述したようにレンズが巨大化してしまい、近年の細径化が求められている内視鏡には適さない。また、第 1 レンズの負のパワーが小さくなった条件で、画角を広く保つためには、後群の、そして全体の焦点距離を決める上で重要な役割をしている第 3 レンズのパワーを大きくする必要があり、それでは、第 3 レンズのパワーが大きくなり過ぎて、レンズの加工性が非常に悪くなるとともに収差の補正が難しくなる。

10

【0028】

なお、好ましくは、次の条件式(1')を満足するのがよい。

$$-1.5 < SF < -1.0 \quad \dots(1')$$

但し、 SF は第 1 レンズのシェイプファクターであり、物体側の曲率半径を R_1 、像側の曲率半径を R_2 としたとき、 $SF = (R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ で示される値である。

20

【0029】

条件式(1)や(1')の範囲にある第 1 凹レンズのパワーが小さくなっている条件のもとで、条件式(4)の下限値を下回り、かつレンズが巨大化することを防ぎ、内視鏡に求められる画角を得ようとした場合、必然的に第 3 レンズのパワーが非常に大きくなり、球面レンズのみでは加工性が悪くなり、像面湾曲の補正もできなくなるため、非球面レンズが必要となるが、たとえば、第 3 レンズのレンズ面を非球面で構成しても収差補正が困難となる。

一方、条件式(4)の上限値を上回ると、第 1 凹レンズのパワーが小さくなっている条件で内視鏡に求められる画角を得ようとするれば、やはり第 3 レンズにはある程度大きなパワーが必要となるが、条件式(2)を満たす場合には、本第一の発明となり、非球面レンズを必ずしも必要としなくても像面湾曲やコマ収差の補正ができるようになる。

30

【0030】

なお、好ましくは、次の条件式(4')を満足するのがよい。

$$0.8 < D / (f \times \sin \theta) < 0.94 \quad \dots(4')$$

但し、 D は第 1 レンズの像側の面の面頂から明るさ絞りまでの距離（空気換算長）、 f は全系の合成焦点距離、 θ は半画角である。

【0031】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

実施例 1

図 1 は本発明の実施例 1 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 2 は実施例 1 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

40

実施例 1 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S とフィルタ F を挟んで、前群レンズ群 G_1 と、後群レンズ群 G_2 を有して構成されている。図 1 中、 CG はカバーガラス、 IM は像面である。

ここで、フィルタ F は、赤外カットフィルタである。実施例 1 の内視鏡用対物レンズでは、第 3 レンズ L_3 における中肉厚が比較的厚くなる一部を赤外フィルタに置き換え、置き換えた赤外フィルタが第 3 レンズ L_3 と明るさ絞り S の間に位置するようにして、対物光学系に挿入したものである。また、この赤外カットフィルタのレンズ面には、内視鏡処置で使用されるレーザー処置のため、 YAG レーザーカットコートが一方の片面に施されている。また、もう一方の片面に YAG レーザーカットコートを追加しても、あるいは LD

50

レーザーカットコートを施しても、あるいは他の機能性コートを施しても良い。また、両面に機能性コートを施してもよく、また単にマルチコートのような反射防止コートでも良い。このように、図1に示す実施例1の内視鏡用対物レンズにおいては、赤外カットフィルタを挿入したが、他の機能性フィルタを挿入しても良い。例えば、赤外カットフィルタの代わりに色フィルタを挿入し、内視鏡画像の色再現性に変化を与えてもよい。また、図1に示す実施例1の内視鏡用対物レンズでは、第3レンズL3における中肉厚が厚くなる一部を赤外カットフィルタ1枚に置き換えて、第3レンズL3と明るさ絞りSの間に挿入しているが、第3レンズL3の加工性が許す限りの範囲で2枚、3枚というように複数枚の赤外カットフィルタを第3レンズL3と明るさ絞りSの間に挿入しても良いし、異なる機能を持たせたフィルタを2枚、3枚というように複数枚挿入してもよい。例えば、赤外

10

カットフィルタとノッチフィルタを同時に挿入してもよいし、また、例えば、赤外カットフィルタ1枚、色フィルタ1枚、ノッチフィルタ1枚などを同時に挿入しても問題ない。もちろん、機能性フィルタであればどのようなフィルタでも置き換えができる。

また、図1に示す実施例1の内視鏡用対物レンズでは、第3レンズL3における中肉厚の一部をフィルタに置き換えたが、第2レンズL2における中肉厚の一部をフィルタに置き換えて第2レンズL2と明るさ絞りSの間に挿入してもよいし、加工性の許す範囲で数枚のフィルタを対物レンズ内部に挿入してもよい。また無理にレンズにおける中肉厚の一部をフィルタに置き換えなくても、フィルタを前群レンズ群G1と後群レンズ群G2の間及びその前後に挿入することができれば、その範囲においてフィルタをどこに挿入してもよい。これらフィルタについての配置、構成は、本発明のすべての実施例において成り立つ。

20

【0032】

前群レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズL1と、物体側が凸面で像側が平面の平凸形状の第2レンズL2とで構成されている。

後群レンズ群G2は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が凸面の平凸形状の第3レンズL3と、両凸形状の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第5レンズL5とで構成されている。第4レンズL4と第5レンズL5は接合されている。

【0033】

次に、実施例1の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

なお、図1に示したレンズ断面図における r_1 、 r_2 、……及び d_1 、 d_2 、……の数字は、以下の数値データにおける面番号の数字1、2、……に対応する。また、以下の数値データにおいて、屈折率及びアッペ数は、e線における値である。これらは、他の実施例において共通である。

数値実施例1

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		8.0000		
1	16.1898	0.4642	1.88815	40.76
2	0.8149	0.6108		
3	8.5567	1.1240	1.81078	40.88
4(絞り)		0.0421		
5		0.3665	1.51965	75.00
6		0.0313		
7		1.2339	1.81078	40.88
8	-1.7861	0.1344		
9	3.3987	1.2217	1.72341	50.23
10	-1.4184	0.3665	1.93429	18.90

40

50

11	-9.6782	1.0079		
12		1.6700	1.51825	64.14
13		0		
14 (像面)		0		
各種データ				
焦点距離	0.99997			
Fナンバー	6.7904			
画角	80.73700°			
像高	1.114			
レンズ全長	8.2733			10
バックフォーカス	-0.11402			

【0034】

実施例2

図3は本発明の実施例2にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図4は実施例2の光学系における球面収差、コマ収差(メリジオナル光線)、コマ収差(サジタル光線)像面湾曲を示すグラフである。

実施例2の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りSを挟んで、前群レンズ群G1と、後群レンズ群G2を有して構成されている。図3中、Fはフィルタ、CGはカバーガラス、IMは像面である。

前群レンズ群G1、後群レンズ群G2の基本的なレンズ構成は、実施例1と略同じである。なお、実施例2においては、赤外カットフィルタFを後群レンズ群G2よりも後ろへ配置したものである。実施例1において述べたように、フィルタは前群レンズ群G1と後群レンズ群G2の間及びその前後であればどこに配置してもよい。また、カバーガラスCGへフィルタFを接合してもかまわないし、2枚、3枚と重ねて配置してもよい。

【0035】

次に、実施例2の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例2

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
物体面		8.0115			
1	8.2528	0.4798	1.88815	40.76	
2	0.8636	0.9430			
3	11.6095	0.9842	1.81078	40.88	
4(絞り)		0.0343			
5		1.6667	1.81078	40.88	
6	-1.8605	0.1230			
7	4.3282	1.2672	1.73234	54.68	
8	-1.4322	0.3814	1.93429	18.90	
9	-6.5205	0.1722			40
10		0.3814	1.51965	75.00	
11		0.5905			
12		1.6874	1.51825	64.14	
13		0			
14(像面)		0			
各種データ					
焦点距離	1.00000				
Fナンバー	4.8768				
画角	81.05950°				
像高	1.180				50

レンズ全長 8.7114
バックフォーカス -0.11046

【0036】

実施例 3

図 5 は本発明の実施例 3 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 6 は実施例 3 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 3 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 5 中、CG はカバーガラス、IM は像面である。

前群レンズ群 G 1、後群レンズ群 G 2 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

【0037】

次に、実施例 3 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 3

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		8.0000		
1	8.2457	0.4794	1.88815	40.76
2	0.9159	1.1266		
3	10.1774	0.9834	1.81078	40.88
4 (絞り)		0.0344		
5		1.6414	1.77621	49.60
6	-1.9307	0.1229		
7	4.2535	1.2661	1.73234	54.68
8	-1.4731	0.3811	1.93429	18.90
9	-6.2573	1.0100		
10		1.6900	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

各種データ

焦点距離 1.00000
F ナンバー 4.7924
画角 80.85183°
像高 1.179
レンズ全長 8.7353
バックフォーカス -0.10950

【0038】

実施例 4

図 7 は本発明の実施例 4 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 8 は実施例 4 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 4 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 7 中、CG はカバーガラス、IM は像面である。

前群レンズ群 G 1、後群レンズ群 G 2 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

【0039】

次に、実施例 4 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 4

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
物体面		7.7000			
1	8.2676	0.4606	1.88815	40.76	
2	0.6968	0.5510			
3	5.3127	0.7344	1.73234	54.68	
4 (絞リ)		0.0322			
5		1.5530	1.81078	40.88	10
6	-1.5718	0.1181			
7	3.8580	1.2165	1.73234	54.68	
8	-1.2105	0.3662	1.93429	18.90	
9	-6.1306	0.9170			
10		1.6200	1.51825	64.14	
11		0			
12 (像面)		0			

各種データ

焦点距離	1.00005				
Fナンバー	6.5017				20
画角	75.31034°				
像高	1.133				
レンズ全長	7.5691				
バックフォーカス	-0.12059				

【0040】

実施例 5

図9は本発明の実施例5にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図10は実施例5の光学系における球面収差、コマ収差(メリジオナル光線)、コマ収差(サジタル光線)像面湾曲を示すグラフである。

実施例5の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞リSを挟んで、前群レンズ群G1と、後群レンズ群G2を有して構成されている。図9中、CGはカバーガラス、IMは像面である。

前群レンズ群G1、後群レンズ群G2の基本的なレンズ構成は、実施例1と略同じである。

【0041】

次に、実施例5の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 5

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数	
物体面		7.4000			40
1	8.0022	0.4458	1.88815	40.76	
2	0.6745	0.4762			
3	5.0367	0.7469	1.82017	46.62	
4 (絞リ)		0.0114			
5		1.5253	1.79012	44.20	
6	-1.4595	0.1143			
7	3.7835	1.1775	1.73234	54.68	
8	-1.1593	0.3544	1.93429	18.90	
9	-5.9687	0.8900			50

10	1.5600	1.51825	64.14
11	0		
12 (像面)	0		
各種データ			
焦点距離	1.00000		
F ナンバー	6.7582		
画角	70.55860 °		
像高	1.096		
レンズ全長	7.3018		
バックフォーカス	-0.12226		

10

【 0 0 4 2 】

実施例 6

図 1 1 は本発明の実施例 6 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 1 2 は実施例 6 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 6 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 1 1 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1、後群レンズ群 G 2 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

20

【 0 0 4 3 】

次に、実施例 6 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 6

単位：m m

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		7.4000		
1	34.3018	0.4459	1.88815	40.76
2	0.8496	0.6935		
3	5.3201	0.9291	1.83932	37.16
4 (絞り)		0.0288		
5		1.5768	1.81078	40.88
6	-1.7172	0.1143		
7	4.1479	1.1777	1.73234	54.68
8	-1.2969	0.3545	1.93429	18.90
9	-6.0600	0.9500		
10		1.5600	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

30

各種データ

焦点距離	1.00000
F ナンバー	5.4873
画角	77.31892 °
像高	1.080
レンズ全長	7.8307
バックフォーカス	-0.12327

40

【 0 0 4 4 】

実施例 7

図 1 3 は本発明の実施例 7 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 1 4 は実施例 7 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収

50

差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 7 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 1 3 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 1 レンズ L 1 と、両凸形状の第 2 レンズ L 2 ' とで構成されている。

後群レンズ群 G 2 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

【 0 0 4 5 】

次に、実施例 7 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 7

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
物体面		7.8000		
1	13.0938	0.4642	1.88815	40.76
2	0.8419	0.7220		
3	21.1224	0.9523	1.81078	40.88
4	-7.1625	0.1071		
5 (絞り)		0.0311		
6		1.7138	1.81078	40.88
7	-1.8911	0.1190		
8	4.4723	1.2261	1.73234	54.68
9	-1.3127	0.3690	1.93429	18.90
10	-6.3088	0.9900		
11		1.6200	1.51825	64.14
12		0		
13 (像面)		0		

各種データ

焦点距離	1.00001
F ナンバー	6.2735
画角	80.89075 °
像高	1.142
レンズ全長	8.3146
バックフォーカス	-0.11599

【 0 0 4 6 】

実施例 8

図 1 5 は本発明の実施例 8 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 1 6 は実施例 8 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 8 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 1 5 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、両凸形状の第 3 レンズ L 3 ' と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

【 0 0 4 7 】

次に、実施例 8 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 8

10

20

30

40

50

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
物体面		8.0000		
1	8.2281	0.4784	1.88815	40.76
2	0.7437	0.6336		
3	18.3990	0.9813	1.81078	40.88
4(絞り)		0.0736		
5	11.4280	1.5260	1.83922	37.16
6	-1.7904	0.1227		
7	4.2883	1.2373	1.69661	53.21
8	-1.2965	0.3803	1.93429	18.90
9	-5.0135	0.9700		
10		1.7053	1.51825	64.14
11		0		
12(像面)		0		

各種データ

焦点距離	1.00000
Fナンバー	6.2386
画角	73.89616°
像高	1.117
レンズ全長	8.1084
バックフォーカス	-0.10476

【0048】

実施例9

図17は本発明の実施例9にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図18は実施例9の光学系における球面収差、コマ収差(メリジオナル光線)、コマ収差(サジタル光線)像面湾曲を示すグラフである。

実施例9の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りSを挟んで、前群レンズ群G1と、後群レンズ群G2を有して構成されている。図17中、CGはカバーガラス、IMは像面である。

前群レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第1レンズL1と、両凸形状の第2レンズL2'とで構成されている。

後群レンズ群G2は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、両凸形状の第3レンズL3'と、両凸形状の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第5レンズL5とで構成されている。第4レンズL4と第5レンズL5は接合されている。ここで例えば、カバーガラスCGは、接合レンズとの空気間隔と合わせた空気換算長分が一定であれば像面の移動はない。このため、いずれの実施例の内視鏡用対物レンズにおいても、カバーガラスCGを厚くして、その分、接合レンズとの空気間隔を短くしてもよいし、または、その逆でもよい。また、カバーガラスCGをプリズムに置き換え、光路を変更し、結像面を光軸に対して曲げてよい。

【0049】

次に、実施例9の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例9

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
物体面		8.0000		
1	8.0788	0.4697	1.88815	40.76
2	0.7513	0.5966		

3	37.9360	1.0292	1.93429	18.90
4	-20.8171	0.0843		
5 (絞リ)		0.0723		
6	16.5048	1.4805	1.81078	40.88
7	-1.7275	0.1204		
8	5.0185	1.2405	1.68082	55.34
9	-1.1734	0.3734	1.85504	23.78
10	-4.8178	0.9778		
11		1.7298	1.51825	64.14
12		0		
13 (像面)		0		
各種データ				
焦点距離	1.00000			
Fナンバー	7.0606			
画角	77.22502°			
像高	1.155			
レンズ全長	8.1744			
バックフォーカス	-0.10896			

【0050】

実施例10

図19は本発明の実施例10にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図20は実施例10の光学系における球面収差、コマ収差(メリジオナル光線)、コマ収差(サジタル光線)像面湾曲を示すグラフである。

実施例10の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞リSを挟んで、前群レンズ群G1と、後群レンズ群G2を有して構成されている。図19中、CGはカバーガラス、IMは像面である。

前群レンズ群G1の基本的なレンズ構成は、実施例1と略同じである。

後群レンズ群G2は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、両凸形状の第3レンズL3と、両凸形状の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第5レンズL5とで構成されている。第4レンズL4と第5レンズL5は接合されている。

【0051】

次に、実施例10の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例10

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
物体面		7.5000		
1	7.8275	0.4551	1.88815	40.76
2	0.7076	0.5327		
3	10.2259	0.9734	1.88815	40.76
4 (絞リ)		0.1050		
5	11.7457	1.3614	1.74706	27.79
6	-1.5076	0.1167		
7	4.3255	1.2019	1.73234	54.68
8	-1.1669	0.3618	1.93429	18.90
9	-5.4787	0.9800		
10		1.5889	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

各種データ

焦点距離	1.00000
Fナンバー	6.4817
画角	71.80277°
像高	1.110
レンズ全長	7.6768
バックフォーカス	-0.11514

【0052】

実施例11

図21は本発明の実施例11にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図22は実施例11の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例11の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞りSを挟んで、前群レンズ群G1と、後群レンズ群G2を有して構成されている。図21中、CGはカバーガラス、IMは像面である。

前群レンズ群G1の基本的なレンズ構成は、実施例1と略同じである。

後群レンズ群G2は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第3レンズL3と、両凸形状の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第5レンズL5とで構成されている。第4レンズL4と第5レンズL5は接合されている。

【0053】

実施例11の内視鏡用対物レンズは、後に示す表1を見ると分かるように、条件式パラメータの値が請求項1の範囲内であり、非球面を使わなくてもよい範囲である。また、実施例11の内視鏡用対物レンズは、実施例4の内視鏡用対物レンズと条件式パラメータの値を比較した場合、非常に似かよった値を示し、また、画角もほぼ同じ仕様となっている。つまり、内視鏡用対物レンズの仕様としては、実施例4と実施例11は非常に似たものである。

ここで、実施例4の内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である図7と、実施例11の内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である図21とを比較すると、接合された第4レンズL4の像側の曲率Rに大きな違いがあり、非球面レンズを導入した実施例11の内視鏡用対物レンズのほうが、第4レンズL4の像側の曲率を大きくでき、第4レンズL4の加工性を大きく改善していることが分かる。このように、条件式パラメータの値が請求項1の範囲において非球面レンズは必ずしも必要ではないが、レンズの加工性改善等の生産性を考慮した場合には、請求項1の範囲に条件式パラメータの値があっても非球面を導入することのメリットを見出すことができる。実施例11の内視鏡用対物レンズにおいては、条件式パラメータの値は請求項1の範囲でありながら、非球面レンズを導入することにより第4レンズL4の像側の曲率の加工性を改善することができた。なお、非球面レンズを用いることによる加工性改善等の効果は、接合レンズだけに限られるものではなく、他の球面レンズに対しても有効である。

【0054】

次に、実施例11の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

なお、以下の数値データの中において示される回転対称な非球面は次式の定義にしたがって示してある。

$$Z = c h^2 / [1 + \{ 1 - (1 + k) c^2 h^2 \}] + A_2 h^2 + A_4 h^4 + A_6 h^6 + A_8 h^8 + A_{10} h^{10} + A_{12} h^{12} + A_{14} h^{14} + A_{16} h^{16} + A_{18} h^{18} + A_{20} h^{20} \dots$$

但し、cは頂点の曲率、kは円錐係数、A2は2次非球面係数、A4は4次非球面係数、A6は6次非球面係数、A8は8次非球面係数、A10は10次非球面係数、A12は12次非球面係数、A14は14次非球面係数、A16は16次非球面係数、A18は18次非球面係数、A20は20次非球面係数である。また、hは光軸からの距離であり、

光軸に対し垂直な面における水平方向を x 、垂直方向を y としたとき $h^2 = x^2 + y^2$ で示される。

この非球面の定義式は、以下の各実施例においても共通である。

数値実施例 1 1

単位：mm

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数	
物体面		8.0000			
1	7.8792	0.4581	1.88815	40.76	
2	0.6923	0.5480			
3	6.0626	0.8222	1.81078	40.88	10
4 (絞り)		0.0355			
5		1.5495	1.81078	40.88	
6 (非球面)	-1.5499	0.1175			
7	4.2882	1.2098	1.73234	54.68	
8	-1.4682	0.3641	1.93429	18.90	
9	-7.1899	1.3600			
10		1.0000	1.51825	64.14	
11		0			
12 (像面)		0			

非球面データ

第 6 面

$K = 0$

$A_2 = 0.0000E+00$, $A_4 = 6.1204E-03$, $A_6 = 4.1123E-03$, $A_8 = 1.3460E-02$, $A_{10} = 0.0000E+00$, $A_{12} = 0.0000E+00$, $A_{14} = 0.0000E+00$, $A_{16} = 0.0000E+00$, $A_{18} = 0.0000E+00$, $A_{20} = 0.0000E+00$

各種データ

焦点距離 1.00005

F ナンバー 6.3276

画角 74.48333 °

像高 1.130

レンズ全長 7.4647

バックフォーカス -0.11359

【 0 0 5 5 】

ここで、同じ内視鏡用対物レンズの仕様（例えば、画角が同じ）を考えた場合、仮に、第 1 レンズが負のメニスカス形状をしておらず、従来、多くの内視鏡用対物レンズで採用されているような平凹レンズである場合には、曲率半径の小さな面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第 3 レンズの像側の曲率半径は小さくする必要がない。

これに対し、本願発明の目的にあるように、内視鏡用対物レンズにおける重要な課題としての画角のバラツキを小さくするため、内視鏡用対物レンズにおける前群レンズ群 G 1 の最も物体側のレンズを、負の屈折力を持つメニスカス形状にしながら（条件式(1)や(1')を満足し）、レンズを大きくすることなく（条件式(2)を満足し）、内視鏡用対物レンズとして使える画角を保つには、曲率半径の小さな面を像側へ向けた正の屈折力を持つ第 3 レンズにはある程度強いパワーが必要となり、第 3 レンズの像側の曲率半径は仕様から小さくなる。

そのような構成は、収差補正の観点でみた場合、第 3 レンズの曲率半径の小さな面における影響が大きく、像面湾曲の補正が特に難しい。このようなことから、第 3 レンズの曲率半径の小さな面に非球面を導入する場合には、中心から周辺へ向けて曲率半径が緩くなるようにすることが必要となる。つまり、この実施例 1 1 の内視鏡用対物レンズのように、第 3 レンズ L 3 の曲率半径の小さな面に非球面を導入したときの各次の非球面係数は必ず 0 以上となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 6 】

実施例 1 2

図 2 3 は本発明の実施例 1 2 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 2 4 は実施例 1 2 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 1 2 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 2 3 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第 3 レンズ L 3 と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

【 0 0 5 7 】

次に、実施例 1 2 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 1 2

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数	
物体面		8.0000			20
1	8.2183	0.4778	1.88815	40.76	
2	0.7498	0.6328			
3	9.5986	0.9801	1.81078	40.88	
4 (絞り)		0.0251			
5		1.5696	1.76651	40.10	
6 (非球面)	-1.5933	0.1225			
7	4.2057	1.2619	1.73234	54.68	
8	-1.5314	0.3798	1.93429	18.90	
9	-7.0266	1.0700			
10		1.5786	1.51825	64.14	30
11		0			
12 (像面)		0			

非球面データ

第 6 面

K = 0

A 2 = 0.0000E+00, A 4 = 5.7922E-03, A 6 = 0.0000E+00, A 8 = 9.0000E-03, A 1 0 = 0.0000E+00, A 1 2 = 0.0000E+00, A 1 4 = 0.0000E+00, A 1 6 = 0.0000E+00, A 1 8 = 0.0000E+00, A 2 0 = 0.0000E+00

各種データ

焦点距離	0.99998	40
F ナンバー	5.9335	
画角	80.18501 °	
像高	1.170	
レンズ全長	8.0982	
バックフォーカス	-0.10591	

【 0 0 5 8 】

実施例 1 2 の内視鏡用対物レンズにおいては、4 次と 8 次の非球面係数を使っているが、ともに 0 以上である。この実施例のように、4 次と 8 次のみ非球面係数のみ、あるいは 4 次と 6 次の非球面係数のみ、あるいは 4 次の非球面係数のみを使う等することで収差が補正でき、且つ、それらの非球面係数は常に 0 以上となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 9 】

実施例 1 3

図 2 5 は本発明の実施例 1 3 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 2 6 は実施例 1 3 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 1 3 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 2 5 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第 3 レンズ L 3 ” と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

10

【 0 0 6 0 】

実施例 1 3 の内視鏡用対物レンズにおいては、条件式(4)、(4')のパラメータ値が小さいため、第 3 レンズ L 3 ” には非常に大きなパワーが必要となり、第 3 レンズ L 3 ” に非球面を導入しているが、非球面を導入している目的は実施例 1 1 や実施例 1 2 の内視鏡用対物レンズと同じである。なお、実施例 1 3 の内視鏡用対物レンズは、円錐係数 k のみで非球面を構成した例であり、その場合、非球面は必ず $-1 < k < 0$ となる楕円面となる。実施例 1 3 の内視鏡用対物レンズでは、円錐係数 k のみで構成したが、このレンズの円錐係数 k を 0 とし、非球面係数のみ使っても収差補正可能である。その場合、非球面係数をすべて 0 以上の所定値とすれば、実施例 1 1 や実施例 1 2 の内視鏡用対物レンズと同様の収差補正効果が得られる。

20

【 0 0 6 1 】

次に、実施例 1 3 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 1 3

単位：m m

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
物体面		8.7000		
1	3.7278	0.4970	1.88815	40.76
2	0.7042	0.6337		
3	14.9842	0.6213	1.81078	40.88
4 (絞リ)		0.0124		
5		1.6521	1.81078	40.88
6 (非球面)	-1.4337	0.0621		
7	4.6868	1.1432	1.73234	54.68
8	-1.4911	0.3728	1.93429	18.90
9	-7.1683	0.7400		
10		1.7000	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

30

40

非球面データ

第 6 面

K = -0.3600

A 2 = 0.0000E+00, A 4 = 0.0000E+00, A 6 = 0.0000E+00, A 8 = 0.0000E+00, A 1 0 = 0.0000E+00, A 1 2 = 0.0000E+00, A 1 4 = 0.0000E+00, A 1 6 = 0.0000E+00, A 1 8 = 0.0000E+00, A 2 0 = 0.0000E+00

各種データ

焦点距離 1.00000

50

F ナンバー 6.1311
 画角 68.20224 °
 像高 1.153
 レンズ全長 7.4347
 バックフォーカス -0.09923

【 0 0 6 2 】

実施例 1 4

図 2 7 は本発明の実施例 1 4 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 2 8 は実施例 1 4 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

10

実施例 1 4 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 2 7 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第 3 レンズ L 3 と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

非球面を導入している目的についてはすでに述べた通りであり、実施例 1 4 の内視鏡用対物レンズにおいては、4 次と 6 次、8 次の非球面係数を使っているが、ともに 0 以上である。

20

【 0 0 6 3 】

次に、実施例 1 4 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 1 4

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		8.0000		
1	6.8003	0.4534	1.88815	40.76
2	0.6509	0.4200		
3	5.2720	0.6053	1.93429	18.90
4 (絞り)		0.0322		
5		1.5013	1.81078	40.88
6 (非球面)	-1.3006	0.0567		
7	4.8259	1.0427	1.73234	54.68
8	-1.3601	0.3400	1.93429	18.90
9	-7.0908	1.2114		
10		1.0011	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

30

40

非球面データ

第 6 面

K = 0

A 2 = 0.000E+00 , A 4 = 1.9581E-02 , A 6 = 1.7765E-02 , A 8 = 1.4906E-02 , A 1 0 = 0.0000E+00 , A 1 2 = 0.0000E+00 , A 1 4 = 0.0000E+00 , A 1 6 = 0.0000E+00 , A 1 8 = 0.0000E+00 , A 2 0 = 0.0000E+00

各種データ

焦点距離 1.00015
 F ナンバー 6.2473
 画角 64.83589 °

50

像高 1.052
 レンズ全長 6.6641
 バックフォーカス -0.11291

【 0 0 6 4 】

実施例 1 5

図 2 9 は本発明の実施例 1 5 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 3 0 は実施例 1 5 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 1 5 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 2 9 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

10

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、像側が非球面である両凸形状の第 3 レンズ L 3 と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

【 0 0 6 5 】

次に、実施例 1 5 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 1 5

単位：mm

20

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		8.0000		
1	6.8097	0.4540	1.88815	40.76
2	0.6559	0.4210		
3	5.9889	0.5675	1.81078	40.88
4 (絞り)		0.1248		
5	9.0796	1.4294	1.81078	40.88
6 (非球面)	-1.33314	0.0567		
7	5.1625	1.0441	1.73234	54.68
8	-1.3619	0.3405	1.93429	18.90
9	-8.5160	0.7870		
10		1.5500	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

30

非球面データ

第 6 面

K = 0

A 2 = 0.0000E+00, A 4 = 2.3222E-02, A 6 = 2.6517E-02, A 8 = 7.8886E-03, A 1 0 = 0.0000E+00, A 1 2 = 0.0000E+00, A 1 4 = 0.0000E+00, A 1 6 = 0.0000E+00, A 1 8 = 0.0000E+00, A 2 0 = 0.0000E+00

40

各種データ

焦点距離 1.00000
 F ナンバー 4.9693
 画角 65.01851 °
 像高 1.053
 レンズ全長 6.7751
 バックフォーカス -0.10902

【 0 0 6 6 】

実施例 1 6

50

図 3 1 は本発明の実施例 1 6 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 3 2 は実施例 1 6 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 1 6 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 3 1 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第 3 レンズ L 3 と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

10

【 0 0 6 7 】

次に、実施例 1 6 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 1 6

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		8.0000		
1	6.8112	0.4541	1.88815	40.76
2	0.6541	0.4208		
3	4.9128	0.6063	1.93429	18.90
4 (絞り)		0.0257		
5		1.4911	1.81078	40.88
6 (非球面)	-1.3125	0.0568		
7	5.2503	1.0444	1.73234	54.68
8	-1.1352	0.3266	1.85504	23.78
9	-7.2330	0.8300		
10		1.5491	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

20

30

非球面データ

第 6 面

K = 0

A 2 = 0.0000E+00, A 4 = 1.6773E-02, A 6 = 1.4371E-02, A 8 = 1.1602E-02, A 1 0 = 0.0000E+00, A 1 2 = 0.0000E+00, A 1 4 = 0.0000E+00, A 1 6 = 0.0000E+00, A 1 8 = 0.0000E+00, A 2 0 = 0.0000E+00

各種データ

焦点距離 1.00000

F ナンバー 4.9069

画角 65.11309 °

像高 1.053

レンズ全長 6.8048

バックフォーカス -0.10818

40

【 0 0 6 8 】

実施例 1 7

図 3 3 は本発明の実施例 1 7 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 3 4 は実施例 1 7 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

実施例 1 7 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 3 3 中、C G はカバーガラス、I M は像面で

50

ある。

前群レンズ群 G 1 の基本的なレンズ構成は、実施例 1 と略同じである。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第 3 レンズ L 3 と、両凸形状の第 4 レンズ L 4 と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ L 5 とで構成されている。第 4 レンズ L 4 と第 5 レンズ L 5 は接合されている。

【 0 0 6 9 】

次に、実施例 1 7 の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例 1 7

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
物体面		8.5000		
1	8.5688	0.4896	1.88815	40.76
2	0.7351	0.5413		
3	5.1986	0.6270	1.85504	23.78
4 (絞り)		0.0314		
5		1.5836	1.81078	40.88
6 (非球面)	-1.4484	0.0612		
7	4.8629	1.1262	1.73234	54.68
8	-1.4689	0.3672	1.93429	18.90
9	-6.3545	0.7500		
10		1.6500	1.51825	64.14
11		0		
12 (像面)		0		

非球面データ

第 6 面

K = 0

A 2 = 0.0000E+00 , A 4 = 1.3449E-02 , A 6 = 1.6201E-02 , A 8 = 2.4472E-03 , A 1 0 = 0.0000E+00 , A 1 2 = 0.0000E+00 , A 1 4 = 0.0000E+00 , A 1 6 = 0.0000E+00 , A 1 8 = 0.0000E+00 , A 2 0 = 0.0000E+00

各種データ

焦点距離	1.00001
F ナンバー	6.0087
画角	76.80901 °
像高	1.150
レンズ全長	7.2276
バックフォーカス	-0.09887

【 0 0 7 0 】

実施例 1 8

図 3 5 は本発明の実施例 1 8 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図、図 3 6 は実施例 1 8 の光学系における球面収差、コマ収差 (メリジオナル光線) 、コマ収差 (サジタル光線) 像面湾曲を示すグラフである。

実施例 1 8 の内視鏡用対物レンズは、明るさ絞り S を挟んで、前群レンズ群 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 3 5 中、F 1 , F 2 はフィルタ、C G 1 , C G 2 はカバーガラス、I M は像面である。

前群レンズ群 G 1 は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 1 レンズ L 1 と、物体側が凸面で像側が平面の平凸形状の第 2 レンズ L 2 を有して構成されている。

後群レンズ群 G 2 は、曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が凸面

10

20

30

40

50

の平凸形状の第3レンズL3と、両凸形状の第4レンズL4と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第5レンズL5とで構成されている。第4レンズL4と第5レンズL5は接合されている。

【0071】

次に、実施例18の内視鏡用対物レンズを構成する光学部材の数値データを示す。

数値実施例18

単位：mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数	
物体面		10.0763			10
1	6.2316	0.2383	1.88815	40.76	
2	0.7298	0.4493			
3	5.8354	1.0961	1.93429	18.90	
4(絞り)		0.0204			
5		1.7021	1.83945	42.71	
6	-1.5523	0.0681			
7	2.3645	1.2936	1.48915	70.23	
8	-1.4515	0.2451	1.93429	18.90	
9	-4.6058	0.0681			
10		0.2111	1.51563	75.00	20
11		0.4582			
12		0.2723	1.52498	59.89	
13		0.0204			
14		0.6808	1.51825	64.14	
15		0.4425	1.50792	63.00	
16		0			
17(像面)		0			

各種データ

焦点距離	1.00000				
Fナンバー	7.8981				30
画角	81.68203°				
像高	1.198				
レンズ全長	7.2665				
バックフォーカス	-0.07295				

なお、第18実施例では、フィルタF1は、通常の白板ガラス、F2は赤外カットフィルタである。フィルタF1の物体側面にはYAGレーザーカットコートが施され、像側面にはマルチコートが施されている。また、フィルタF2の両面にはマルチコートが施されている。

また、本発明の内視鏡用対物レンズでは、例えば、第1実施例のように1枚のフィルタFを前群レンズ群G1と後群レンズ群G2との間に配置したり、第2実施例のように1枚のフィルタFを後群レンズ群G2とカバーガラスCGとの間に配置したり、第18実施例のように2枚のフィルタF1、F2を後群レンズ群G2とカバーガラスCGとの間に配置するなど、フィルタは、前群レンズ群G1と後群レンズ群G2との間、後群レンズ群の像側であれば、その配置位置及び枚数には自由度がある。

【0072】

次に、各実施例における条件式パラメータの値を表1に示す。

表1

条件式	(1) S F	(2), (4) $D/(f \times \sin \theta)$	(3) $(D_1 + D_2 - f_1)/(2 \times f_3)$
実施例 1	-1.105999	1.24944	0.947602
実施例 2	-1.233743	1.506296	0.976628
実施例 3	-1.249915	1.692644	0.953799
実施例 4	-1.184087	1.00866	0.907319
実施例 5	-1.184087	0.941111	0.916556
実施例 6	-1.050795	1.230111	0.933724
実施例 7	-1.137434	1.265177	0.912047
実施例 8	-1.198746	1.224955	1.013374
実施例 9	-1.205065	1.160536	1.007008
実施例 10	-1.198778	1.104911	1.001904
実施例 11	-1.192672	1.041117	0.941757
実施例 12	-1.20079	1.192976	0.953036
実施例 13	-1.465787	1.053014	0.991025
実施例 14	-1.211683	0.811739	1.049579
実施例 15	-1.213164	0.811068	0.98046
実施例 16	-1.21247	0.811439	1.05644
実施例 17	-1.18768	0.904733	0.978703
実施例 18	-1.265314	1.030239	0.994947

10

20

【産業上の利用可能性】

【0073】

本発明の内視鏡用対物レンズは、患者の体内の狭い管腔等、細い径の孔を内視鏡を用いて観察することが求められる医療や工業の分野に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明の実施例1にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図2】実施例1の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

30

【図3】本発明の実施例2にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図4】実施例2の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図5】本発明の実施例3にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図6】実施例3の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図7】本発明の実施例4にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

40

【図8】実施例4の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図9】本発明の実施例5にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図10】実施例5の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図11】本発明の実施例6にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図12】実施例6の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収

50

差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 1 3】本発明の実施例 7 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 1 4】実施例 7 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 1 5】本発明の実施例 8 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 1 6】実施例 8 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 1 7】本発明の実施例 9 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 1 8】実施例 9 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 1 9】本発明の実施例 1 0 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2 0】実施例 1 0 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 2 1】本発明の実施例 1 1 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2 2】実施例 1 1 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 2 3】本発明の実施例 1 2 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2 4】実施例 1 2 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 2 5】本発明の実施例 1 3 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2 6】実施例 1 3 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 2 7】本発明の実施例 1 4 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 2 8】実施例 1 4 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 2 9】本発明の実施例 1 5 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 3 0】実施例 1 5 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 3 1】本発明の実施例 1 6 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 3 2】実施例 1 6 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 3 3】本発明の実施例 1 7 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 3 4】実施例 1 7 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 3 5】本発明の実施例 1 8 にかかる内視鏡用対物レンズの構成を示す光軸に沿う断面図である。

【図 3 6】実施例 1 8 の光学系における球面収差、コマ収差（メリジオナル光線）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【符号の説明】

10

20

30

40

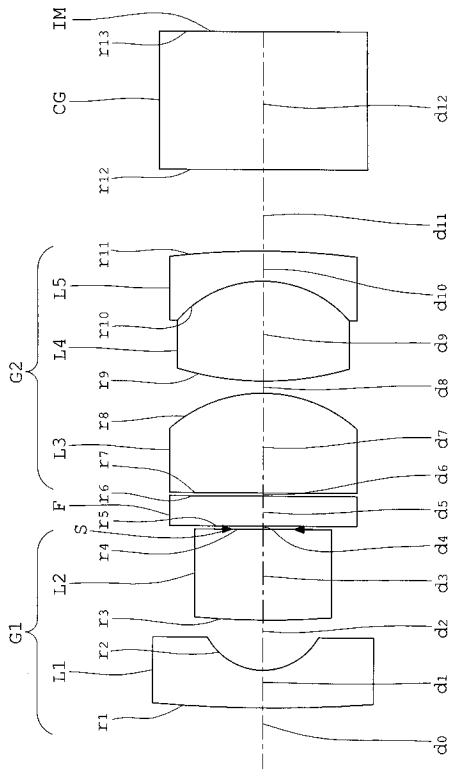
50

【 0 0 7 5 】

- G 1 前群レンズ群
- G 2 後群レンズ群
- L 1 物体側に凸面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 1 レンズ
- L 2 物体側が凸面で像側が平面の平凸形状の第 2 レンズ
- L 2 両凸形状の第 2 レンズ
- L 3 曲率半径の小さな面を像側へ向けた、物体側が平面で像側が凸面の平凸形状の第 3 レンズ
- L 3 ' 両凸形状の第 3 レンズ
- L 3 " 物体側が平面で像側が非球面の凸面の平凸形状の第 3 レンズ
- L 3 " ' 曲率半径の小さな面を像側へ向けた、像側が非球面である両凸形状の第 3 レンズ
- L 4 両凸形状の第 4 レンズ
- L 5 物体側に凹面を向けた負の屈折力を持つメニスカス形状の第 5 レンズ
- C G カバーガラス
- F フィルタ
- I M 像面
- S 明るさ絞り

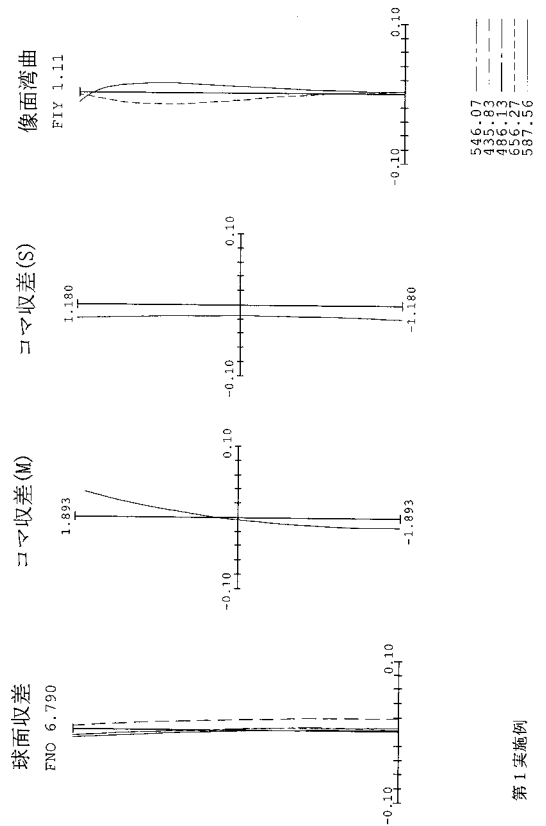
10

【 図 1 】



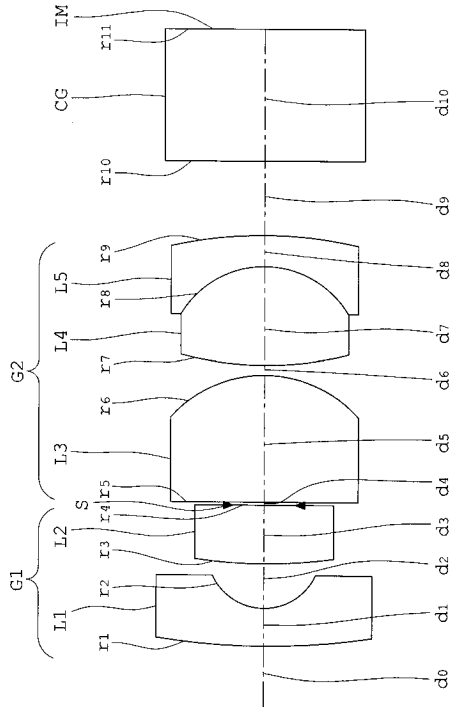
【 図 2 】

第 1 実施例



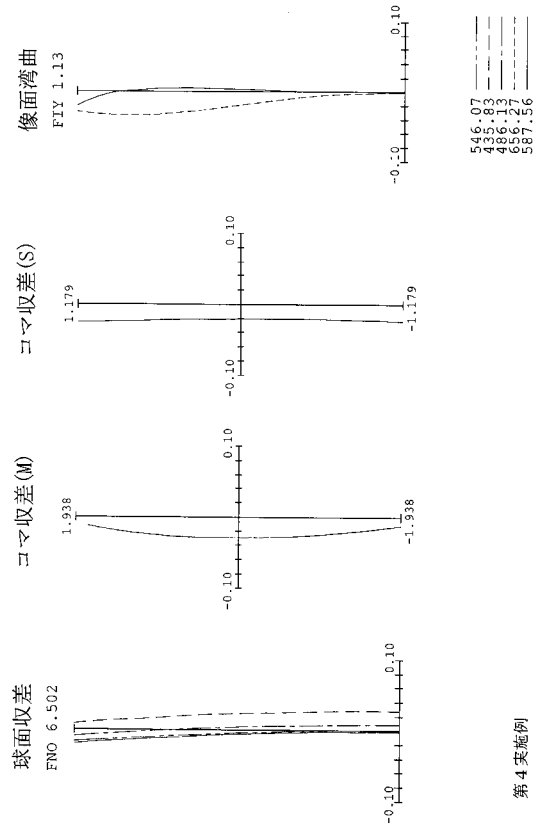
第 1 実施例

【 図 7 】



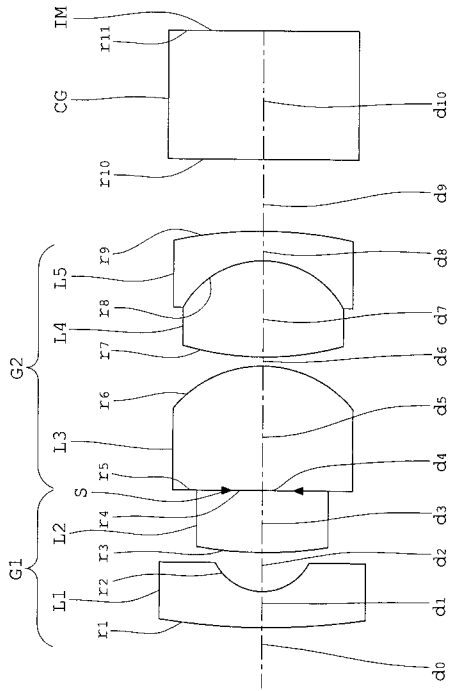
第 4 実施例

【 図 8 】



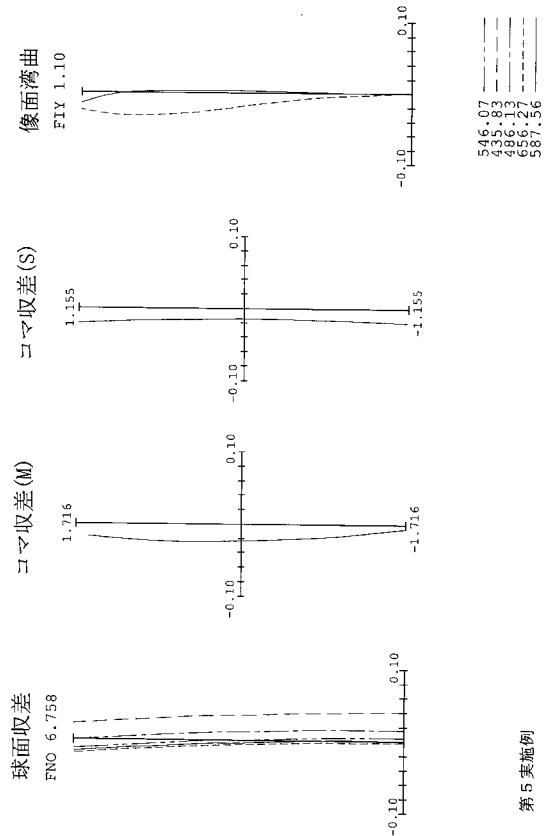
第 4 実施例

【 図 9 】



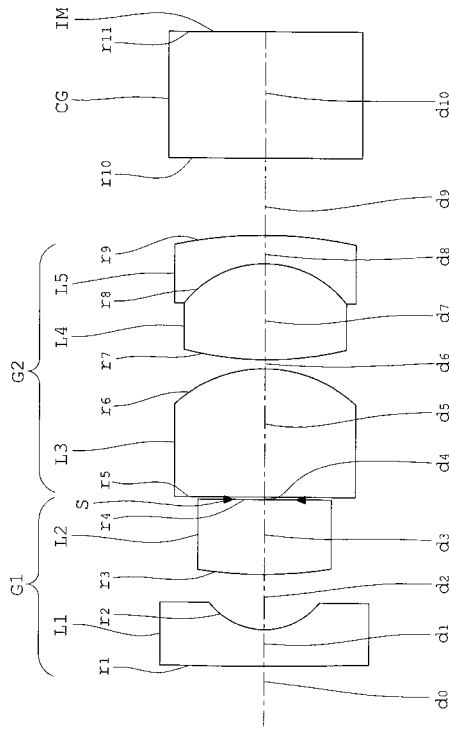
第 5 実施例

【 図 10 】



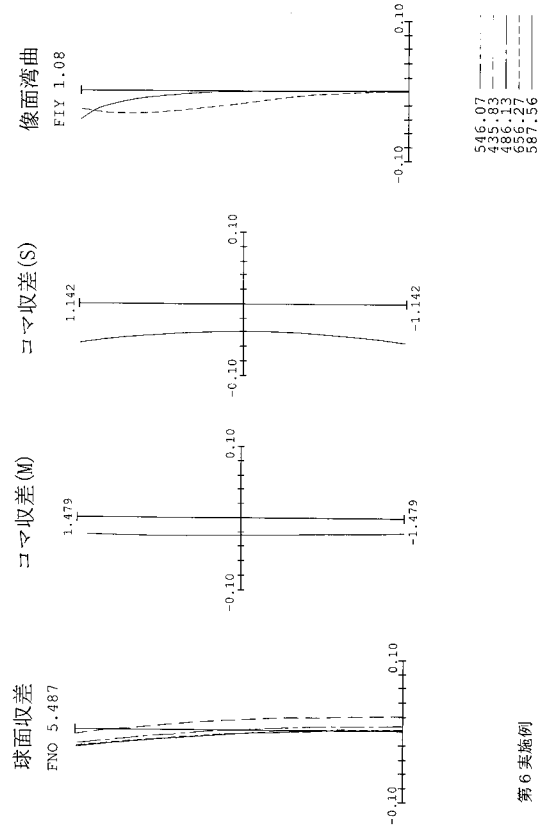
第 5 実施例

【図 1 1】



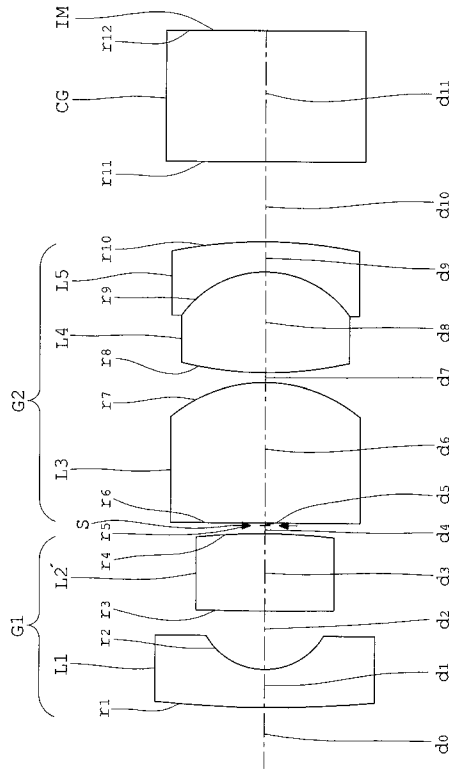
第 6 実施例

【図 1 2】



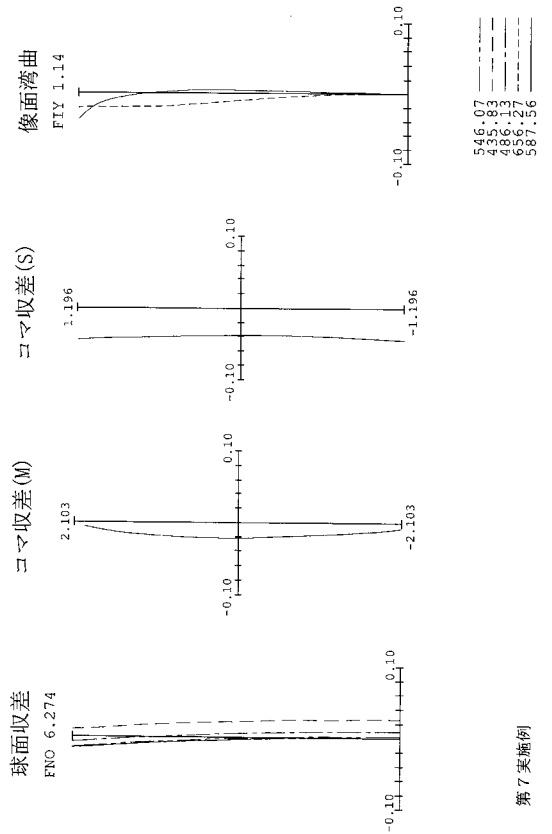
第 6 実施例

【図 1 3】



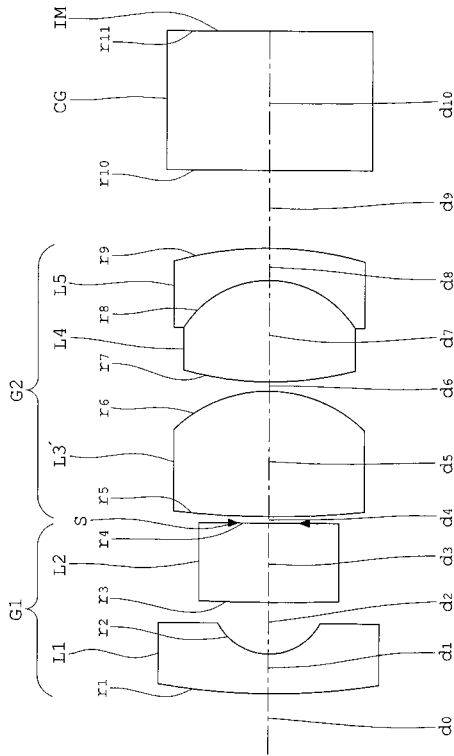
第 7 実施例

【図 1 4】



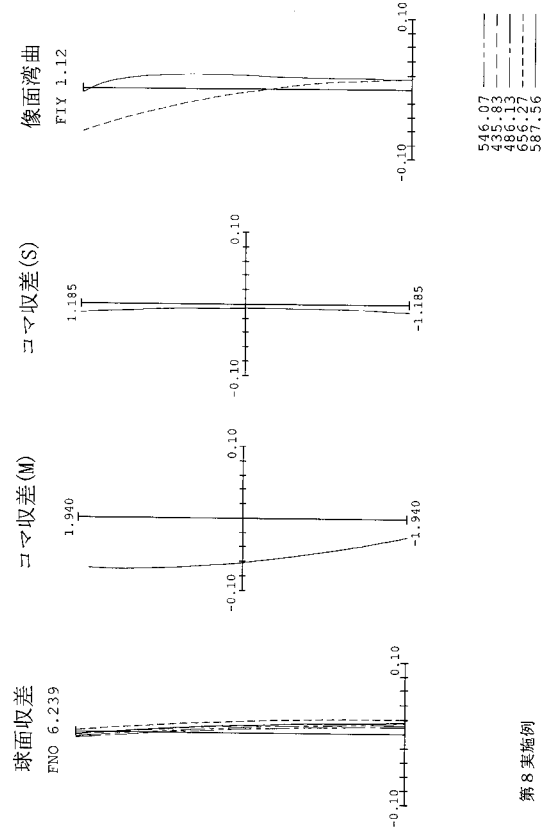
第 7 実施例

【 図 1 5 】



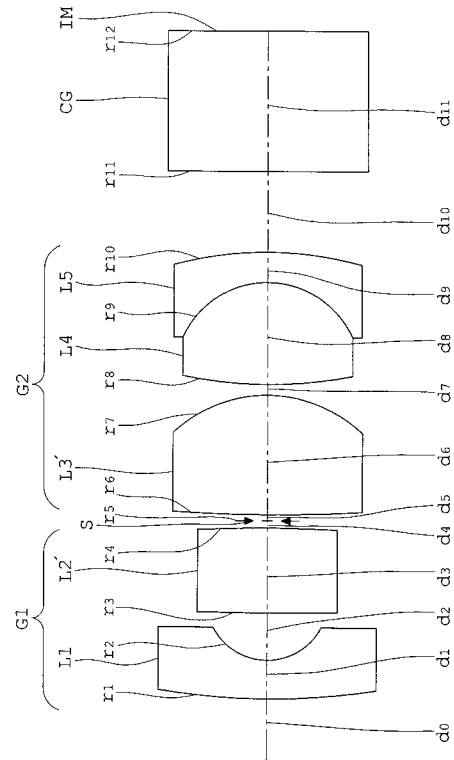
第 8 実施例

【 図 1 6 】



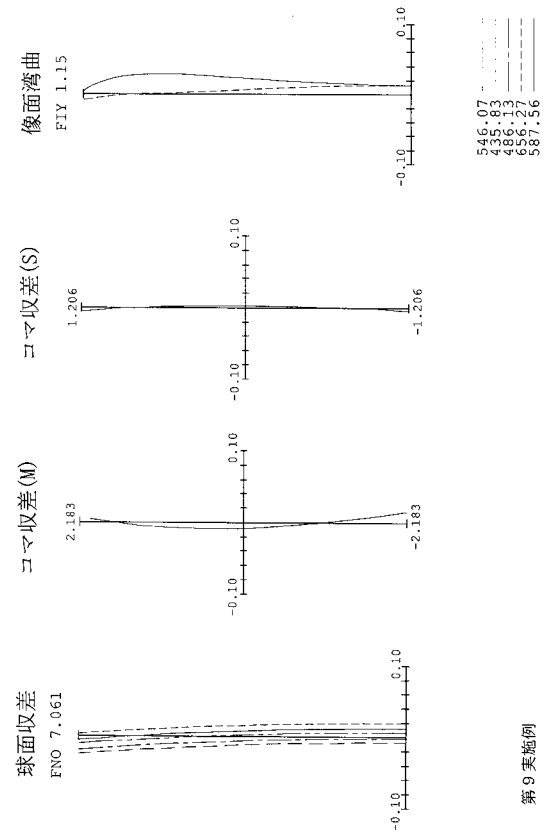
第 8 実施例

【 図 1 7 】



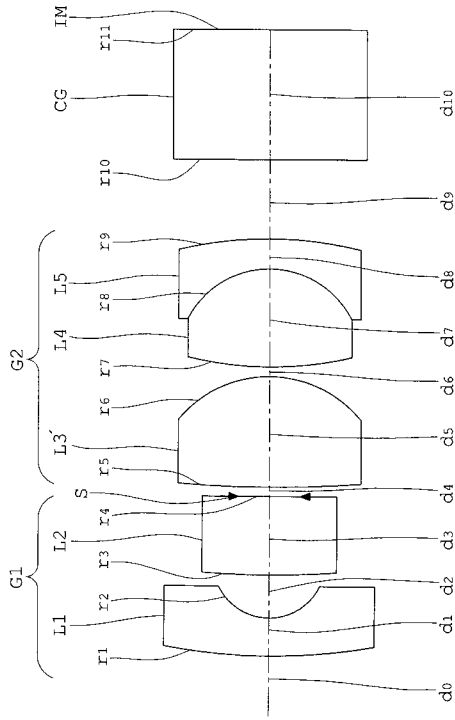
第 9 実施例

【 図 1 8 】



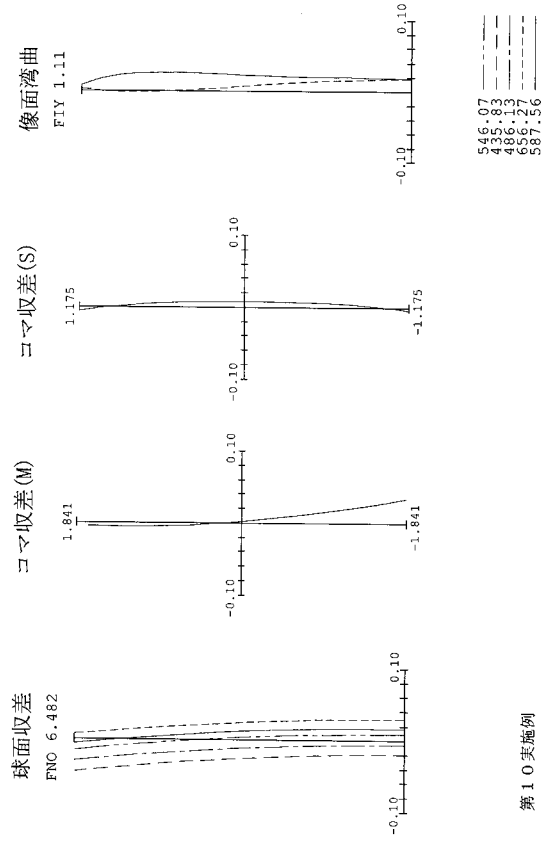
第 9 実施例

【 図 1 9 】



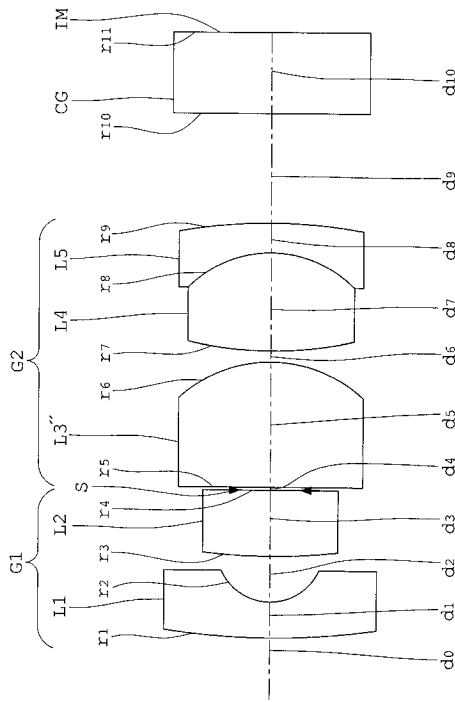
第 1 0 実施例

【 図 2 0 】



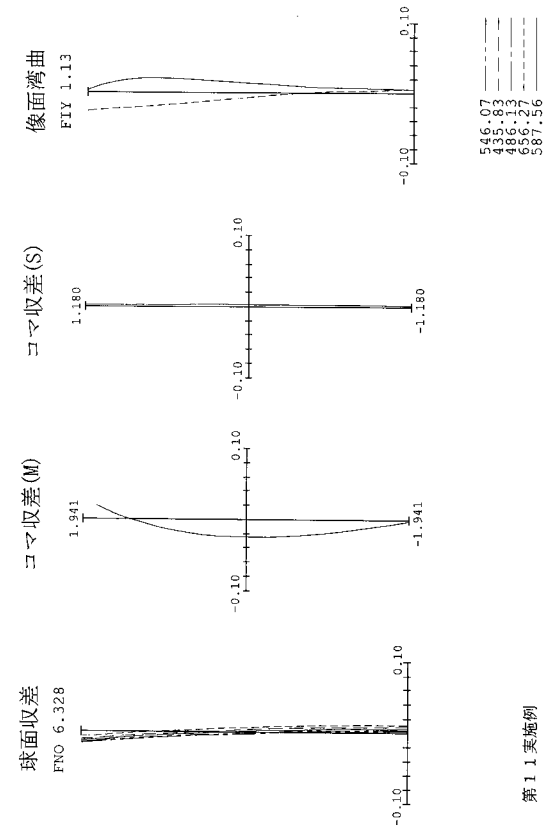
第 1 0 実施例

【 図 2 1 】



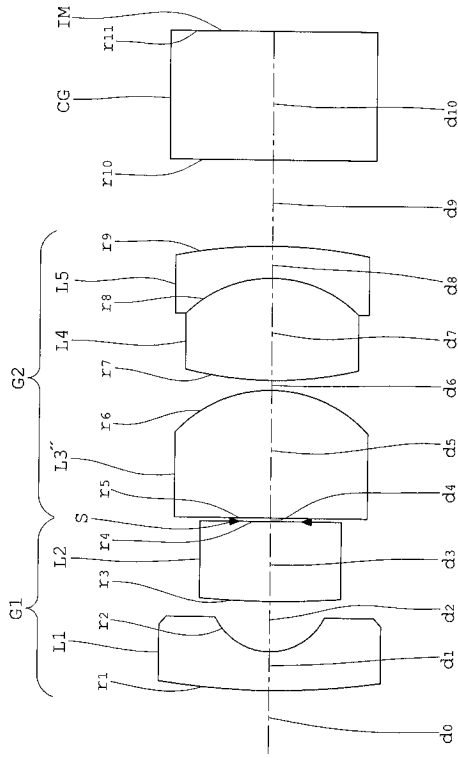
第 1 1 実施例

【 図 2 2 】

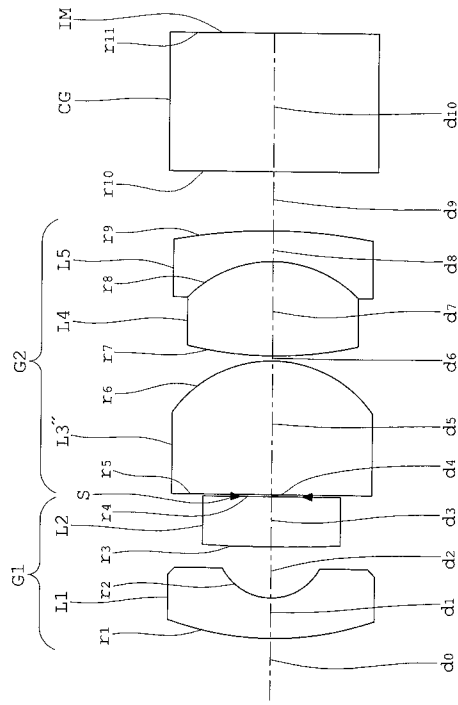


第 1 1 実施例

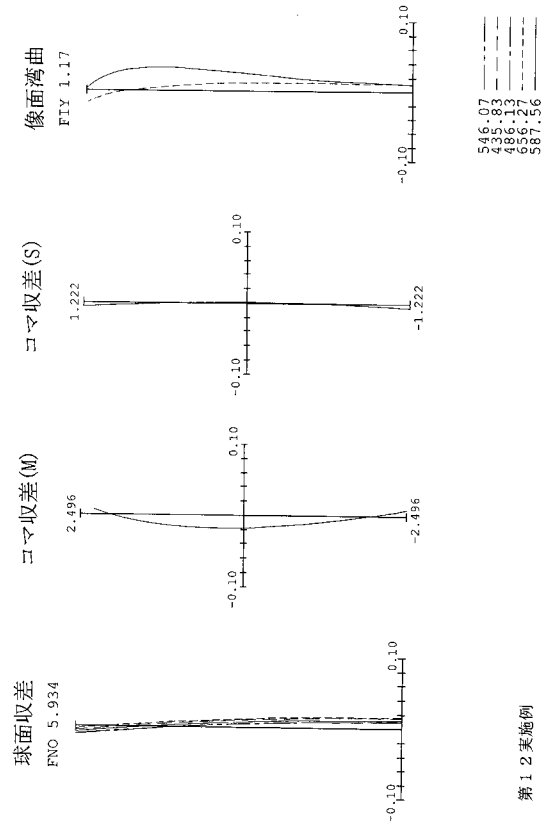
【 図 2 3 】



【 図 2 5 】

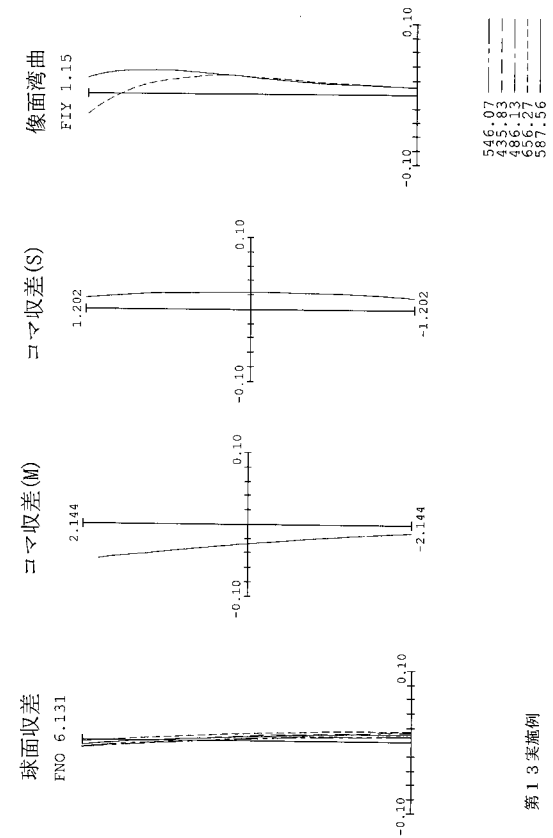


【 図 2 4 】



第 1 2 実施例

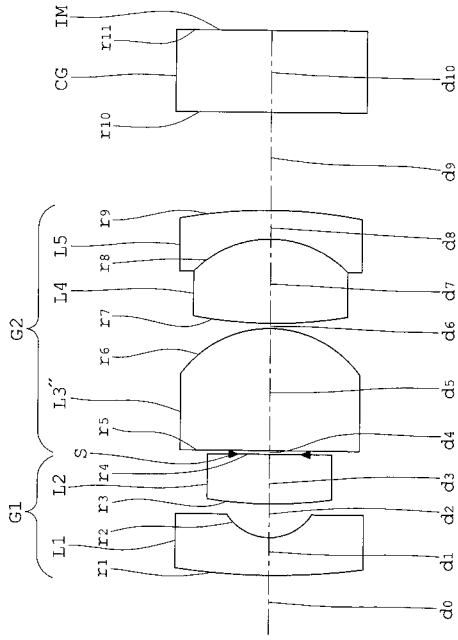
【 図 2 6 】



第 1 3 実施例

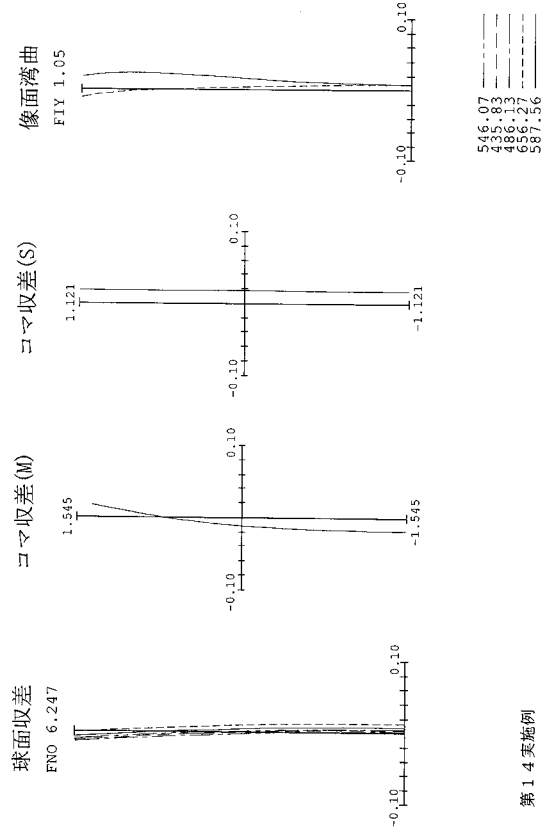
第 1 3 実施例

【 図 2 7 】



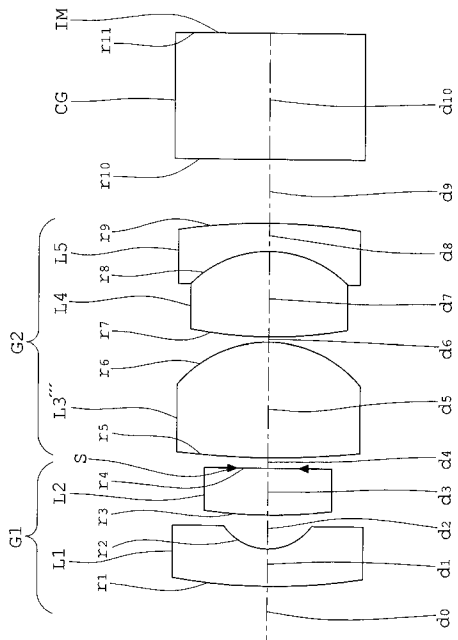
第 1 4 実施例

【 図 2 8 】



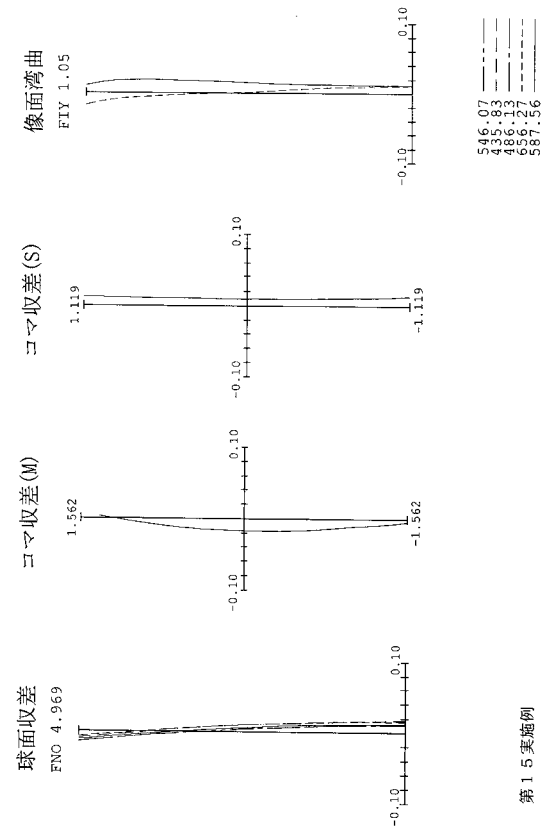
第 1 4 実施例

【 図 2 9 】



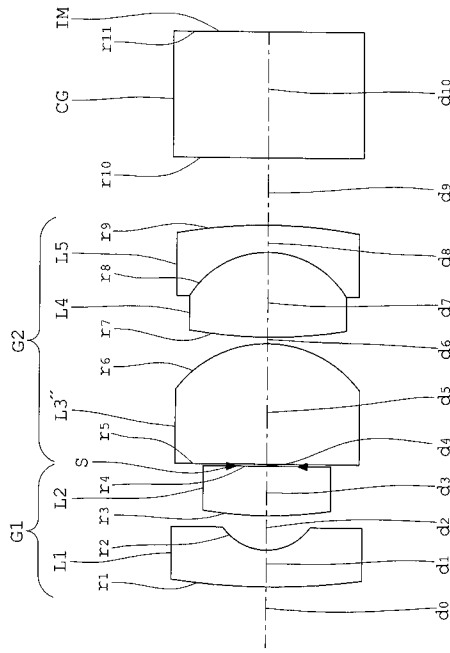
第 1 5 実施例

【 図 3 0 】



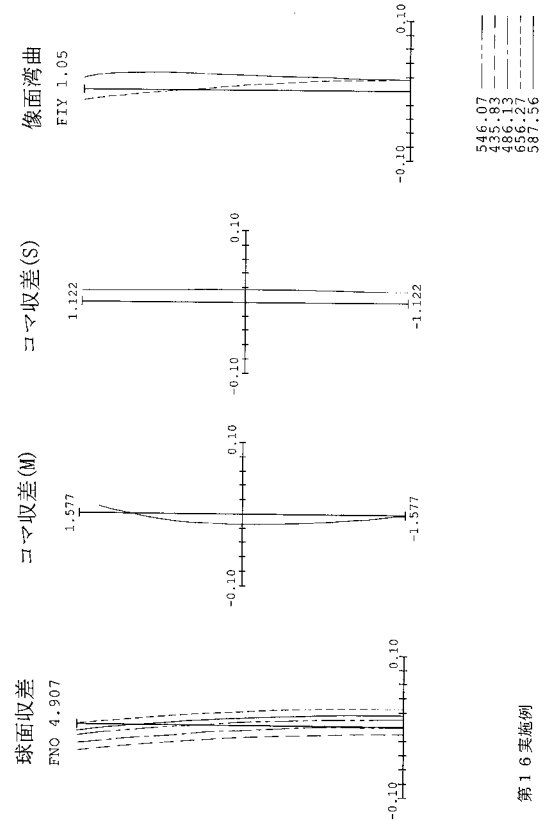
第 1 5 実施例

【 図 3 1 】



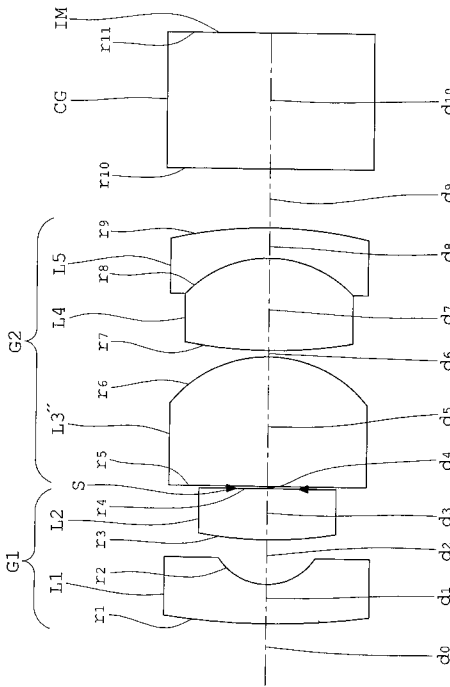
第 1 6 実施例

【 図 3 2 】



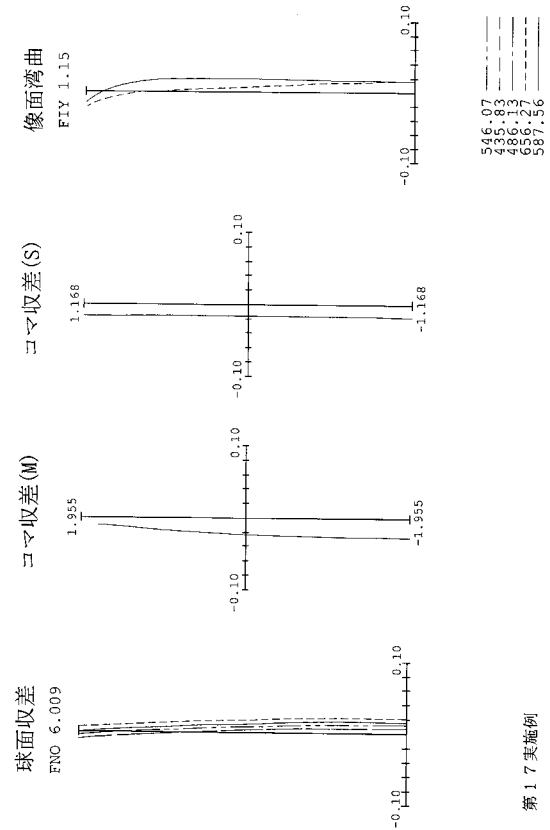
第 1 6 実施例

【 図 3 3 】



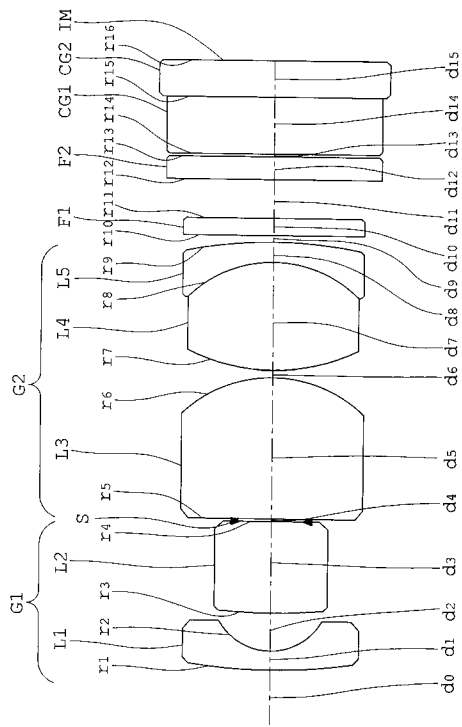
第 1 7 実施例

【 図 3 4 】



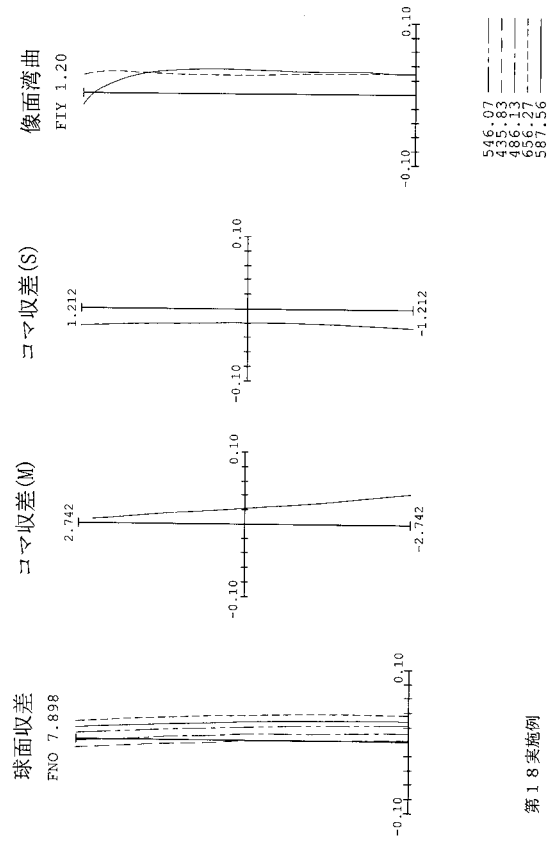
第 1 7 実施例

【 図 3 5 】



第 1 8 実施例

【 図 3 6 】



第 1 8 実施例

专利名称(译)	内窥镜物镜		
公开(公告)号	JP2009151191A	公开(公告)日	2009-07-09
申请号	JP2007330440	申请日	2007-12-21
[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		
[标]发明人	笹本 勉		
发明人	笹本 勉		
IPC分类号	G02B13/04 G02B13/18 A61B1/00		
CPC分类号	G02B13/04 G02B23/2407		
FI分类号	G02B13/04.D G02B13/18 A61B1/00.300.Y A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/PA04 2H087/PA18 2H087/PB05 2H087/QA02 2H087/QA07 2H087/QA12 2H087/QA21 2H087/QA25 2H087/QA37 2H087/QA41 2H087/QA45 2H087/RA05 2H087/RA13 2H087/RA32 2H087/RA42 2H087/RA43 4C061/FF40 4C061/JJ06 2H087/QA17 4C161/FF40 4C161/JJ06		
其他公开文献	JP4920572B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明提供一种内窥镜用物镜，其能够减小视角的变化并充分校正并减少像差。 解决方案：光圈G设置有透镜组G1和透镜组G2，组G1由在物侧凸出的负弯月形第一透镜和正第二透镜组成，组G2具有小的曲率半径。它包括指向图像侧的正第三透镜和正第四透镜和负第五透镜的胶合透镜，并且满足以下表达式。 $-2 + D2 - f1) / (2 * f3)$ 是第一透镜物体侧面顶点到停止实际测量距离，D2是第三个镜头侧空气转换距离的光圈，f1是第一个镜头焦距，f3是第三个镜头焦距。 [选图]图1

