

(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2012-103721
(P2012-103721A)

(43) 公開日 平成24年5月31日 (2012.5.31)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
G O 2 B	13/04	(2006.01)	G O 2 B	13/04	D	2 H 0 4 0		
G O 2 B	23/26	(2006.01)	G O 2 B	23/26	C	2 H 0 8 7		
G O 2 B	13/18	(2006.01)	G O 2 B	13/18		4 C 1 6 1		
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	3 0 0 Y			

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2012-1514 (P2012-1514)	(71) 出願人	304050923
(22) 出願日	平成24年1月6日 (2012.1.6)		オリンパスメディカルシステムズ株式会社
(62) 分割の表示	特願2007-330440 (P2007-330440) の分割		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
原出願日	平成19年12月21日 (2007.12.21)	(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)	2H040 CA23 2H087 KA10 LA03 PA04 PA18 PB05 QA02 QA07 QA17 QA21 QA25 QA37 QA41 QA45 RA05 RA13 RA32 RA42 RA43 4C161 FF40 NN01 PP11

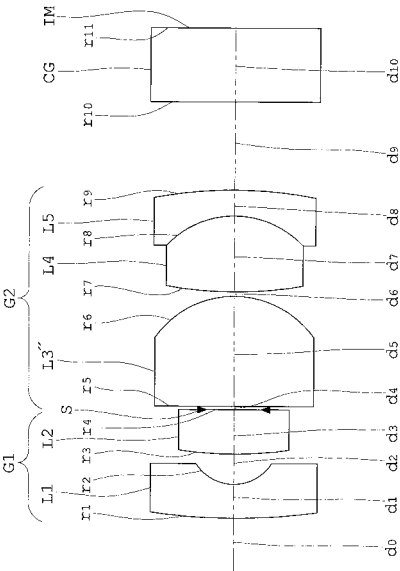
(54) 【発明の名称】 内視鏡用対物レンズ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】画角のバラツキ小、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、G2を有し、群G1が物体側に凸の負メニスカス第1レンズ、正の第2レンズからなり、群G2が中心から周辺へ向けて曲率が緩くなる非球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。 $-2 < S F < -0.90$ 、 $0.65 < D / (f \times \sin \theta) < 0.940$ 、 $0.86 < (D_1 + D_2 - f_1) / (2 \times f_3) < 1.13$ S F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 $(R_2 + R_1) / (R_2 - R_1)$ 。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7



【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、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。 10

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

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

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

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。

【請求項 2】 20

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。

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

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 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。

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

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。 30

【請求項 4】

次の条件式(4')を満足す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。

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

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】 40

【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 50

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)

10

【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。

$$Bf' > 1, 5f' \quad \dots (51)$$

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

$$v_2 < 45.0 \quad \dots (53)$$

$$v_3 > 50.0 \quad \dots (54)$$

$$v_4 > 50.0 \quad \dots (55)$$

20

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。

30

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

$$n_2 > 1.60 \quad v_2 < 45.0 \quad \dots (62)$$

$$n_3 > 1.60 \quad v_3 > 50.0 \quad \dots (63)$$

$$v_4 < 40.0 \quad \dots (64)$$

$$n_5 > 1.60 \quad v_5 > 50.0 \quad \dots (65)$$

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、 v_2, v_3, v_4, v_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。

40

【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ったため、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。

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。

50

【 0 0 0 7 】

本発明は、上記従来の課題に鑑みてなされたものであり、画角のバ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】

【 0 0 0 8 】

上記目的を達成するため、本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。

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

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

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

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。

【 0 0 0 9 】

また、本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。

【 0 0 1 0 】

また、本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。

【 0 0 1 1 】

また、本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】

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、画角のバ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】

【 0 0 1 3 】

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。

本発明に対する参考発明としての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、画角のバ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。

【0014】

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。

【0015】

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。

【0016】

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。

【0017】

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。

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。

【0018】

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。

【 0 0 1 9 】

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、 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。

【 0 0 2 0 】

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。

10

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。

【 0 0 2 1 】

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、画角のバ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。

20

【 0 0 2 2 】

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 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。

30

【 0 0 2 3 】

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。

40

【 0 0 2 4 】

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

50

る。

【 0 0 2 5 】

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。

10

【 0 0 2 6 】

なお、好ましくは、次の条件式(4')を満足するのがよい。

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

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。

【 0 0 2 7 】

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は本発明の参考例としての実施例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。

20

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G1と、後群レンズ群G2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L3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L3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、内視鏡処置で使用す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。

30

40

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

50

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。

【 0 0 2 8 】

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 とで構成されている。

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 2 9 】

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			20
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	30
10	-1.4184	0.3665	1.93429	18.90	
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

バックフォーカス -0.11402

40

【 0 0 3 0 】

実施例 2

図 3 は本発明の参考例としての実施例 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 G 1 と、後群レンズ群 G 2 を有して構成されている。図 3 中、C G はカバーガラス、I M は像面である。

50

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。

【 0 0 3 1 】

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	∞	7.7000			
1	8.2676	0.4606	1.88815	40.76	10
2	0.6968	0.5510			
3	5.3127	0.7344	1.73234	54.68	
4 (絞り)	∞	0.0322			
5	∞	1.5530	1.81078	40.88	
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			20
12 (像面)	∞	0			

各種データ

焦点距離	1.00005
F ナンバー	6.5017
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

【 0 0 3 2 】

実施例 3

図 5 は本発明の参考例としての実施例 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、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 3 3 】

実施例 3 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上述した参考発明としての本第一の発明の範囲内であり、非球面を使わなくてもよい範囲である。また、実施例 3 の内視鏡用対物レンズは、実施例 2 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 2 と実施例 3 は非常に似たものである。

ここで、実施例 2 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 3 と、実施例 3 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 5 とを比較すると

10

20

30

40

50

、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3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本第一の発明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、本第一の発明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3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本第一の発明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。

10

【0034】

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。

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。

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

但し、 c は頂点の曲率、 k は円錐係数、 A_2 は2次非球面係数、 A_4 は4次非球面係数、 A_6 は6次非球面係数、 A_8 は8次非球面係数、 A_{10} は10次非球面係数、 A_{12} は12次非球面係数、 A_{14} は14次非球面係数、 A_{16} は16次非球面係数、 A_{18} は18次非球面係数、 A_{20} 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。

20

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3

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	7.8792	0.4581	1.88815	40.76
2	0.6923	0.5480		
3	6.0626	0.8222	1.81078	40.88
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		

30

40

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

50

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 3 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G1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3の内視鏡用対物レンズのように、第3レンズL3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。

【 0 0 3 6 】

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G1と、後群レンズ群G2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。

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。

【 0 0 3 7 】

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	∞	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		

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 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 1.00015

Fナンバー 6.2473

画角 64.83589°

像高 1.052

レンズ全長 6.6641

バックフォーカス -0.11291

【0038】

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9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、像側が非球面である両凸形状の第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。

【0039】

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	∞	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

10

20

30

40

50

11 ∞ 0
 12 (像面) ∞ 0

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 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 1.00000

10

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 4 0 】

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。

20

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 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 4 1 】

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。

30

数値実施例 6

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	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		

40

非球面データ

第 6 面

K = 0

50

$A_2 = 0.0000E+00$, $A_4 = 1.6773E-02$, $A_6 = 1.4371E-02$, $A_8 = 1.1602E-02$, $A_{10} = 0.0000E+00$, $A_{12} = 0.0000E+00$, $A_{14} = 0.0000E+00$, $A_{16} = 0.0000E+00$, $A_{18} = 0.0000E+00$, $A_{20} = 0.0000E+00$

各種データ

焦点距離 1.00000
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

10

【 0 0 4 2 】

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 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。

20

【 0 0 4 3 】

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	∞	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		

30

40

非球面データ

第 6 面

K = 0

$A_2 = 0.0000E+00$, $A_4 = 1.3449E-02$, $A_6 = 1.6201E-02$, $A_8 = 2.4472E-03$, $A_{10} = 0.0000E+00$, $A_{12} = 0.0000E+00$, $A_{14} = 0.0000E+00$, $A_{16} = 0.0000E+00$, $A_{18} = 0.0000E+00$, $A_{20} = 0.0000E+00$

各種データ

焦点距離 1.00001

50

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 4 4 】

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	1.2478	0.947602
実施例 2	-1.184087	1.0078	0.907319
実施例 3	-1.192672	1.0399	0.941757
実施例 4	-1.211683	0.8097	1.049579
実施例 5	-1.213164	0.8102	0.98046
実施例 6	-1.21247	0.8094	1.05644
実施例 7	-1.18768	0.9031	0.978703

10

【産業上の利用可能性】

【 0 0 4 5 】

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。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 6 】

【図 1】本発明の参考例としての実施例 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。

【図 3】本発明の参考例としての実施例 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。

30

【図 5】本発明の参考例としての実施例 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。

【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。

40

【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）、コマ収差（サジタル光線）像面湾曲を示すグラフである。

【図 13】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 14】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。

【符号の説明】

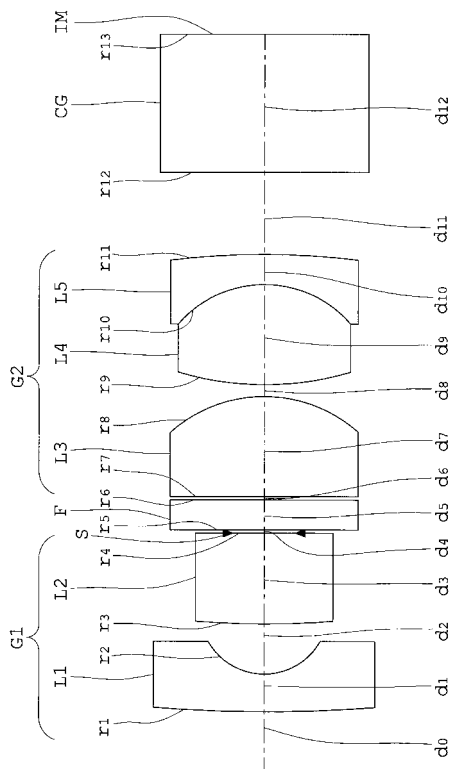
【0047】

- | | |
|---------|--|
| 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

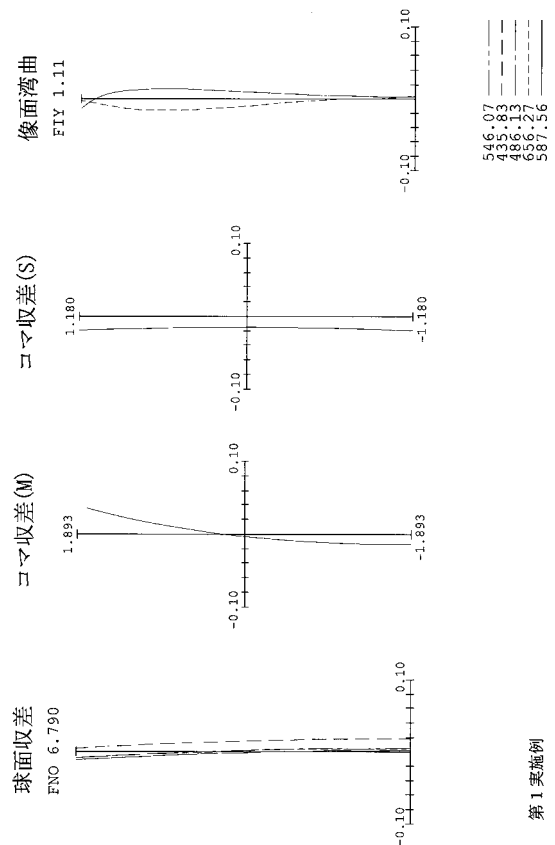
20

【図 1】



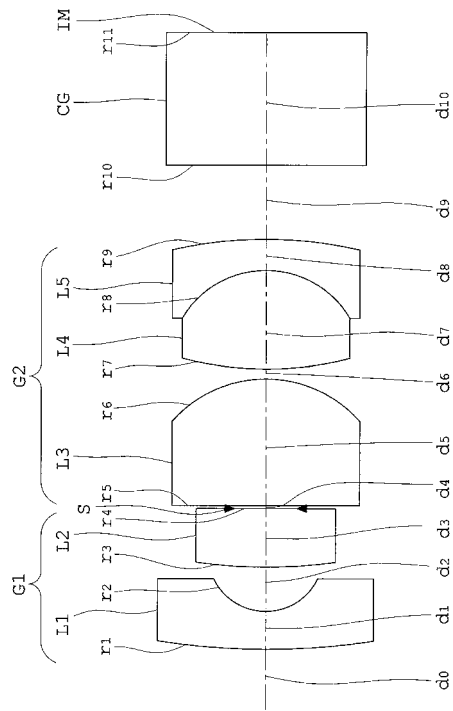
第 1 実施例

【図 2】



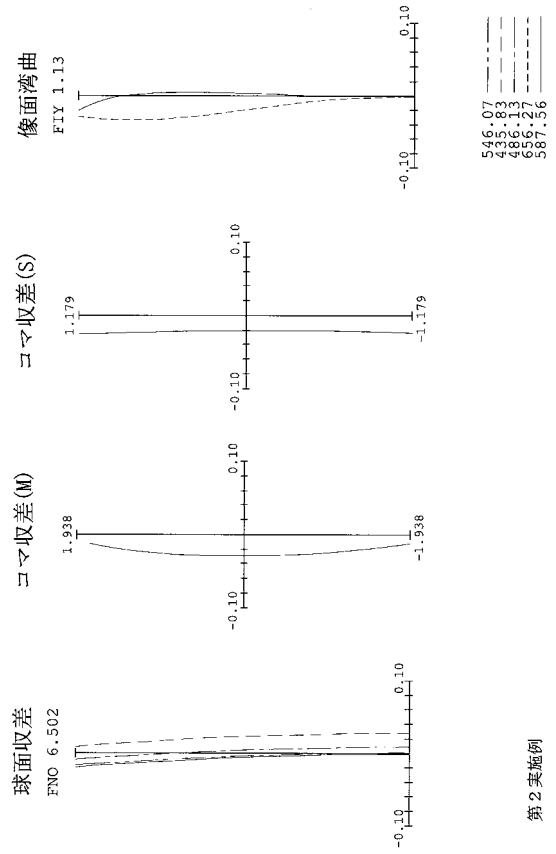
第 1 実施例

【図 3】



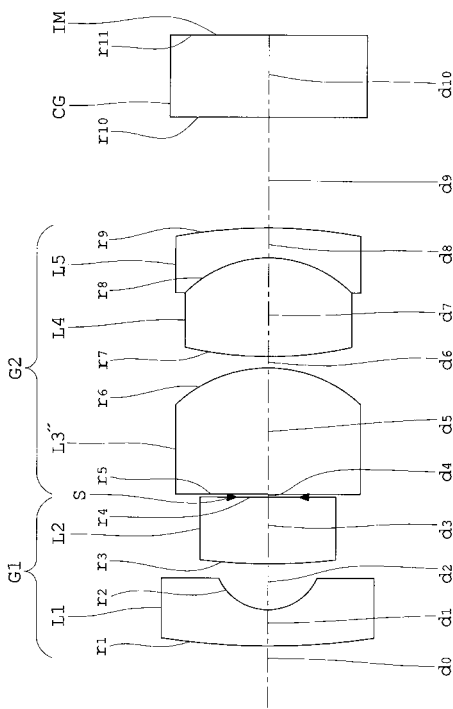
第2実施例

【図 4】



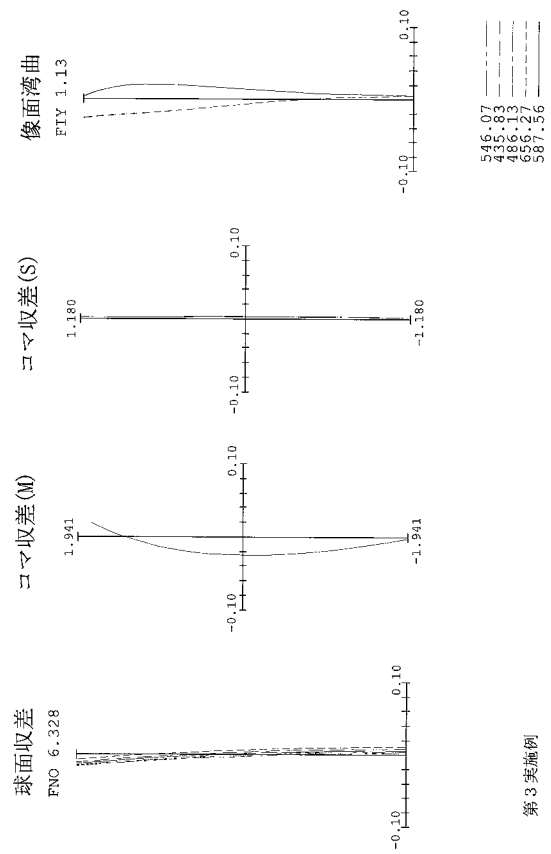
第2実施例

【図 5】



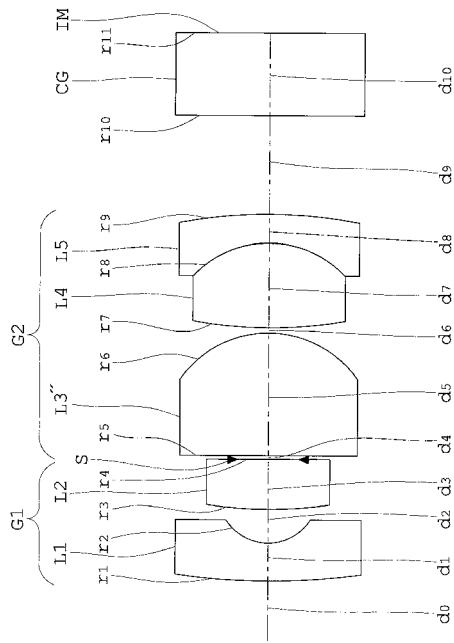
第3実施例

【図 6】



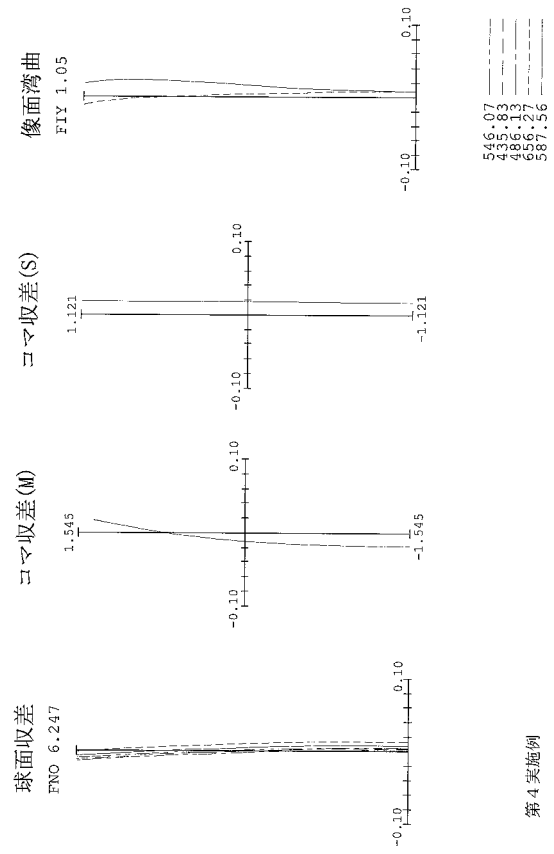
第3実施例

【図 7】



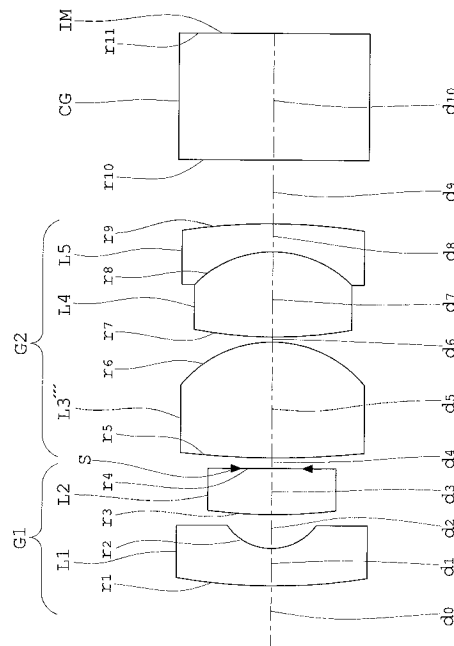
第 4 実施例

【図 8】



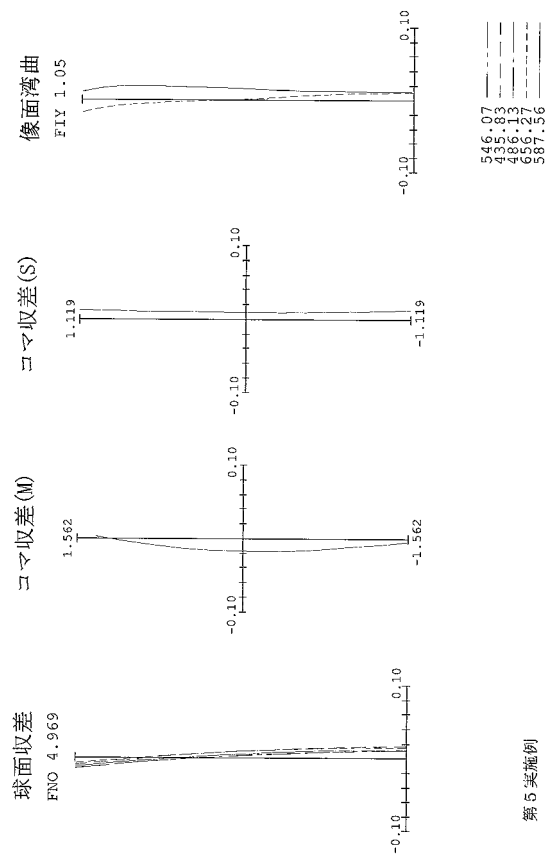
第 4 実施例

【図 9】



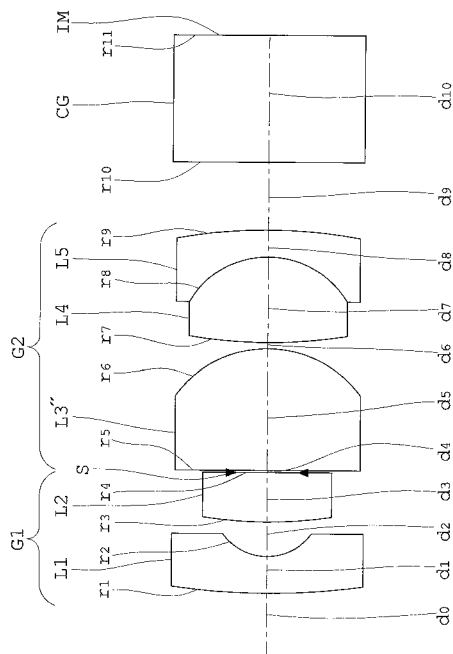
第 5 実施例

【図 10】



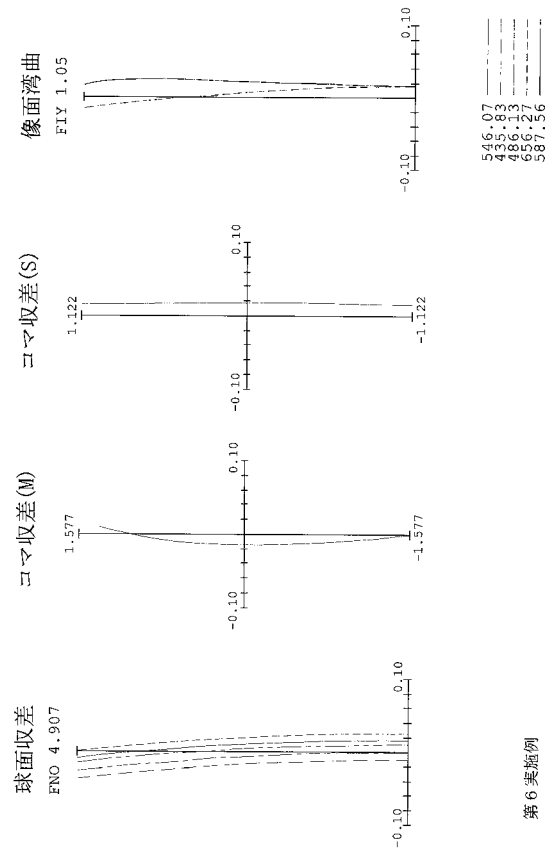
第 5 実施例

【図 1 1】



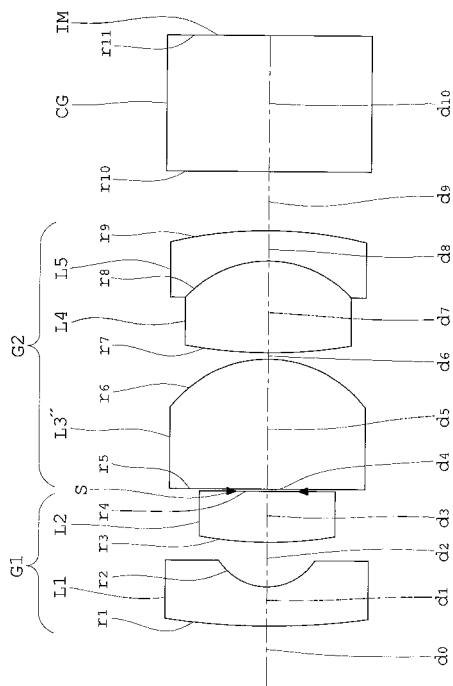
第 6 実施例

【図 1 2】



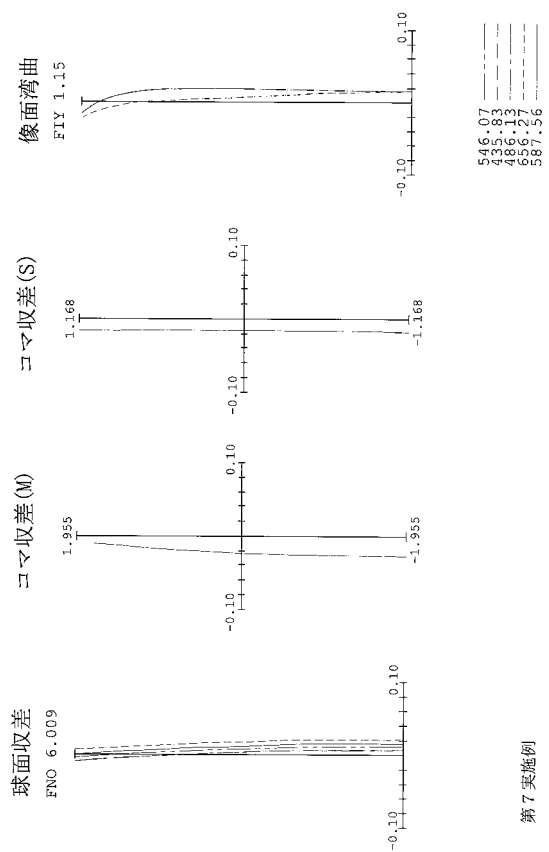
第 6 実施例

【図 1 3】



第 7 実施例

【図 1 4】



第 7 実施例