

(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2009-139480

(P2009-139480A)

(43) 公開日 平成21年6月25日(2009.6.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 23/26 (2006.01)	G02B 23/26 C	2H040
G02B 17/08 (2006.01)	G02B 17/08 A	2H087
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	4C061
A61B 1/00 (2006.01)	A61B 1/00 320B	
	A61B 1/00 300Y	
審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 29 頁)		

(21) 出願番号	特願2007-313633 (P2007-313633)	(71) 出願人	000000376
(22) 出願日	平成19年12月4日 (2007.12.4)		オリンパス株式会社
			東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
		(74) 代理人	100139103
			弁理士 小山 卓志
		(74) 代理人	100097777
			弁理士 荏澤 弘
		(74) 代理人	100139114
			弁理士 田中 貞嗣
		(74) 代理人	100088041
			弁理士 阿部 龍吉
		(74) 代理人	100092495
			弁理士 蛭川 昌信
		(74) 代理人	100095120
			弁理士 内田 亘彦

最終頁に続く

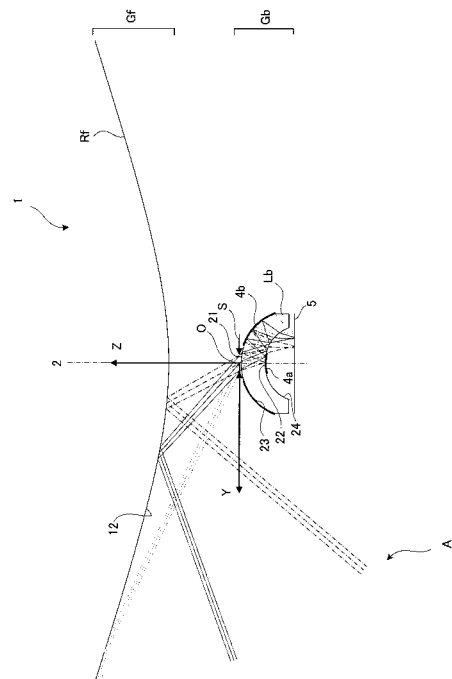
(54) 【発明の名称】 光学系及びそれを用いた内視鏡

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】簡単な構成で広い観察画角を撮像素子上に撮像することが可能であり、小型で安価な光学系及びそれを用いた内視鏡を提供する。

【解決手段】後群透明媒体 L b に入射する光束は、順光線追跡の順に、開口 S を通り、後群第 1 透過面 2 1 を経て後群透明媒体 L b 内に入り、後群第 1 反射面 2 2 で像面 5 と反対側に反射され、後群第 2 反射面 2 3 で像面 5 側に反射され、後群第 2 透過面 2 4 を経て後群透明媒体 L b から像面 5 側に外へ出る略 Z 字状の第 1 光路 A を構成し、第 1 光路 A の少なくとも後群第 1 反射面 2 2 と後群第 2 反射面 2 3 の間は、中心軸 2 に対して片側のみで構成され、第 1 光路 A 中に中間像が結像されることなく、中心軸 2 周りの物点を開口 S 近傍で中心軸 2 と 1 回交差して反対側に結像し、全体として像面 5 に円環状に結像され、後群 G b の反射面のうち少なくとも 1 面は、中心軸上で不連続な回転対称な面で構成されている。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも 1 つの反射面を含む前群と、後群と、前記前群と前記後群の間に配置された開口とを有し、中心軸を含む断面内で、前記中心軸の周りで回転対称な光学系において、前記後群は、前記開口の像面側に配置され、屈折率が 1 より大きい後群透明媒体を有し、前記後群透明媒体は、前記開口近傍の前記中心軸上に配置された後群第 1 透過面と、前記後群第 1 透過面より像面側に配置され、像面側に凹面を向けた後群第 1 反射面と、前記後群第 1 反射面より像面と反対側に配置され、像面側に凹面を向けた後群第 2 反射面と、前記後群第 2 反射面より像面側に配置された後群第 2 透過面と、を有し、前記後群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記開口を通り、前記後群第 1 透過面を経て前記後群透明媒体内に入り、前記後群第 1 反射面で像面と反対側に反射され、前記後群第 2 反射面で像面側に反射され、前記後群第 2 透過面を経て前記後群透明媒体から像面側に外へ出る略 Z 字状の第 1 光路を構成し、前記第 1 光路の少なくとも前記後群第 1 反射面と前記後群第 2 反射面の間は、前記中心軸に対して片側のみで構成され、前記第 1 光路中に中間像が結像されることなく、前記中心軸周りの物点を前記開口近傍で前記中心軸と 1 回交差して反対側に結像し、全体として像面に円環状に結像され、前記後群の反射面のうち少なくとも 1 面は、中心軸上で不連続な回転対称な面で構成されていることを特徴とする光学系。

10

【請求項 2】

前記後群の反射面のうち少なくとも 1 面は、中心軸上で不連続な任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光学系。

20

【請求項 3】

前記後群の反射面のうち少なくとも 1 面は、奇数次項を含む任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形状される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光学系。

【請求項 4】

前記後群第 1 反射面は、全反射作用と、反射コーティングにより反射するように構成され、前記反射コーティングは前記後群第 1 反射面の中心軸近傍のみに施されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の光学系。

30

【請求項 5】

前記後群第 1 透過面と前記後群第 2 反射面は、前記後群透明媒体の物体側に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 6】

前記後群第 1 透過面と前記後群第 2 反射面は、同一位置同一形状からなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 7】

前記後群第 1 反射面と前記後群第 2 透過面は、前記後群透明媒体の像面側に配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 8】

前記後群第 1 反射面と前記後群第 2 透過面は、同一位置同一形状からなることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかに記載の光学系。

40

【請求項 9】

前記前群は、中心軸の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体を有し、前記前群透明媒体は、前群第 1 透過面と、前記前群第 1 透過面より像面側に配置された前群第 1 反射面と、前記前群第 1 反射面より像面と反対側に配置された前群第 2 反射面と、前記前群第 2 反射面より像面側に配置された前群第 2 透過面と、を有し、前記前群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記前群第 1 透過面を経て前記前群透明媒体内に入り、中心軸と交差した後、前記前群第 1 反射面で像面と反対側に反射され、中心軸と交差することなく、前記前群第 2 反射面で像面側に反射され、前記前群第 2 透過面を経て前

50

記前群透明媒体から像面側に外へ出る光路を構成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 10】

前記前群は、中心軸の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体を有し、前記前群透明媒体は、前群第 1 透過面と、前記前群第 1 透過面より像面側に配置された前群第 1 反射面と、前記前群第 1 反射面より像面と反対側に配置された前群第 2 反射面と、前記前群第 2 反射面より像面側に配置された前群第 2 透過面と、を有し、前記前群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記前群第 1 透過面を経て前記前群透明媒体内に入り、中心軸と交差した後、前記前群第 1 反射面で像面と反対側に反射され、再度中心軸と交差した後、前記前群第 2 反射面で像面側に反射され、前記前群第 2 透過面を経て前記前群透明媒体から像面側に外へ出る光路を構成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光学系。

10

【請求項 11】

前記前群は、中心軸の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体を有し、前記前群透明媒体は、前群第 1 透過面と、前記前群第 1 透過面より像面と反対側に配置された前群第 1 反射面と、前記前群第 1 反射面より像面側に配置された前群第 2 透過面と、を有し、前記前群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記前群第 1 透過面を経て前記前群透明媒体内に入り、中心軸と交差した後、前記前群第 1 反射面で像面側に反射され、前記前群第 2 透過面を経て前記前群透明媒体から像面側に外へ出る光路を構成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の光学系。

20

【請求項 12】

最大像高を $I_{\max}$ 、前記後群の外径を D とするとき、

$$0.5 < D / (2 \times I_{\max}) < 1.0 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 13】

最大像高を $I_{\max}$ 、前記開口から前記像面までの距離を L とするとき、

$$0.5 < L / (2 \times I_{\max}) < 1.0 \quad \dots (2)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 12 のいずれかに記載の光学系。

30

【請求項 14】

後群第 1 反射面の曲率を R_1 、後群第 2 反射面の曲率を R_2 とするとき、

$$0.2 < R_1 / R_2 < 5 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 13 のいずれかに記載の光学系。

【請求項 15】

後群第 1 反射面の曲率を R_1 、後群第 2 反射面の曲率を R_2 とするとき、

$$0.5 < R_1 / R_2 < 2 \quad \dots (3)'$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 13 のいずれかに記載の光学系。

40

【請求項 16】

請求項 1 乃至請求項 15 のいずれかに記載の光学系を用いた内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光学系及びそれを用いた内視鏡に関し、特に、回転対称軸周りの映像を撮像素子に円環状の映像として結像する機能を有する結像光学系又は投影光学系に関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

従来、2面の球面又は放物面鏡を組み合わせた光学系があった。

【特許文献1】特許第3382683号公報

【特許文献2】特許第3212784号公報

【特許文献3】特公昭62-52842号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、どの特許文献に記載された光学系も、小型な構成で、且つ、高画角の映像を得ることはできなかった。

【0004】

10

本発明は、従来技術のこのような状況に鑑みてなされたものであり、その目的は、簡単な構成で広い観察画角を撮像素子上に撮像することが可能であり、小型で安価な光学系及びそれを用いた内視鏡を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記目的を達成する本発明の光学系は、少なくとも1つの反射面を含む前群と、後群と、前記前群と前記後群の間に配置された開口とを有し、中心軸を含む断面内で、前記中心軸の周りで回転対称な光学系において、前記後群は、前記開口の像面側に配置され、屈折率が1より大きい後群透明媒体を有し、前記後群透明媒体は、前記開口近傍の前記中心軸上に配置された後群第1透過面と、前記後群第1透過面より像面側に配置され、像面側に凹面を向けた後群第1反射面と、前記後群第1反射面より像面と反対側に配置され、像面側に凹面を向けた後群第2反射面と、前記後群第2反射面より像面側に配置された後群第2透過面と、を有し、前記後群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記開口を通り、前記後群第1透過面を経て前記後群透明媒体内に入り、前記後群第1反射面で像面と反対側に反射され、前記後群第2反射面で像面側に反射され、前記後群第2透過面を経て前記後群透明媒体から像面側に外へ出る略Z字状の第1光路を構成し、前記第1光路の少なくとも前記後群第1反射面と前記後群第2反射面の間は、前記中心軸に対して片側のみで構成され、前記第1光路中に中間像が結像されることなく、前記中心軸周りの物点を前記開口近傍で前記中心軸と1回交差して反対側に結像し、全体として像面に円環状に結像され、前記後群の反射面のうち少なくとも1面は、中心軸上で不連続な回転対称な面で構成されていることを特徴とする。

20

30

【0006】

また、前記後群の反射面のうち少なくとも1面は、中心軸上で不連続な任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形成される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする。

【0007】

また、前記後群の反射面のうち少なくとも1面は、奇数次項を含む任意形状の線分を中心軸の周りで回転させて形状される拡張回転自由曲面で構成されていることを特徴とする。

【0008】

40

また、前記後群第1反射面は、全反射作用と、反射コーティングにより反射するように構成され、前記反射コーティングは前記後群第1反射面の中心軸近傍のみに施されていることを特徴とする。

【0009】

また、前記後群第1透過面と前記後群第2反射面は、前記透明媒体の物体側に配置されていることを特徴とする。

【0010】

また、前記後群第1透過面と前記後群第2反射面は、同一位置同一形状からなることを特徴とする。

【0011】

50

また、前記後群第 1 反射面と前記後群第 2 透過面は、前記透明媒体の像面側に配置されていることを特徴とする。

【0012】

また、前記後群第 1 反射面と前記後群第 2 透過面は、同一位置同一形状からなることを特徴とする。

【0013】

また、前記前群は、中心軸の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体を有し、前記前群透明媒体は、前群第 1 透過面と、前記前群第 1 透過面より像面側に配置された前群第 1 反射面と、前記前群第 1 反射面より像面と反対側に配置された前群第 2 反射面と、前記前群第 2 反射面より像面側に配置された前群第 2 透過面と、を有し、前記前群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記前群第 1 透過面を経て前記前群透明媒体内に入り、中心軸と交差した後、前記前群第 1 反射面で像面と反対側に反射され、中心軸と交差することなく、前記前群第 2 反射面で像面側に反射され、前記前群第 2 透過面を経て前記前群透明媒体から像面側に外へ出る光路を構成することを特徴とする。

【0014】

また、前記前群は、中心軸の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体を有し、前記前群透明媒体は、前群第 1 透過面と、前記前群第 1 透過面より像面側に配置された前群第 1 反射面と、前記前群第 1 反射面より像面と反対側に配置された前群第 2 反射面と、前記前群第 2 反射面より像面側に配置された前群第 2 透過面と、を有し、前記前群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記前群第 1 透過面を経て前記前群透明媒体内に入り、中心軸と交差した後、前記前群第 1 反射面で像面と反対側に反射され、再度中心軸と交差した後、前記前群第 2 反射面で像面側に反射され、前記前群第 2 透過面を経て前記前群透明媒体から像面側に外へ出る光路を構成することを特徴とする。

【0015】

また、前記前群は、中心軸の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体を有し、前記前群透明媒体は、前群第 1 透過面と、前記前群第 1 透過面より像面と反対側に配置された前群第 1 反射面と、前記前群第 1 反射面より像面側に配置された前群第 2 透過面と、を有し、前記前群透明媒体に入射する光束は、順光線追跡の順に、前記前群第 1 透過面を経て前記前群透明媒体内に入り、中心軸と交差した後、前記前群第 1 反射面で像面側に反射され、前記前群第 2 透過面を経て前記前群透明媒体から像面側に外へ出る光路を構成することを特徴とする。

【0016】

また、最大像高を $I_{\max}$ 、後群の外径を D とするとき、

$$0.5 < D / (2 \times I_{\max}) < 1.0 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0017】

また、最大像高を $I_{\max}$ 、前記開口から前記像面までの距離を L とするとき、

$$0.5 < L / (2 \times I_{\max}) < 1.0 \quad \dots (2)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0018】

また、第 1 反射面の曲率を R_1 、第 2 反射面の曲率を R_2 とするとき、

$$0.2 < R_1 / R_2 < 5 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0019】

また、第 1 反射面の曲率を R_1 、第 2 反射面の曲率を R_2 とするとき、

$$0.5 < R_1 / R_2 < 2 \quad \dots (3)'$$

なる条件を満足することを特徴とする。

【0020】

さらに、上記目的を達成する本発明は、前記光学系を用いた内視鏡であることを特徴とする。

【発明の効果】

【0021】

以上の本発明の光学系においては、簡単な構成で広い画角を観察又は広い画角に映像を投影することが可能な小型で収差が良好に補正された解像力の良い光学系を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

以下、実施例に基づいて本発明の光学系について説明する。

【0023】

図3は、後述する実施例1の光学系1の中心軸（回転対称軸）2に沿ってとった断面図である。なお、以下の説明は、結像光学系として説明するが、光路を逆にとって投影光学系として用いることもできる。

10

【0024】

本発明に係る光学系1は、中心軸2に対して回転対称で、少なくとも1つの反射面を含む前群Gfと、開口Sと、後群Gbとからなり、中間像を光路中に形成することなく像を形成又は投影する光学系1である。

【0025】

実施例1の光学系1は、少なくとも1つの反射面を含む前群Gfと、後群Gbと、前群Gfと後群Gbの間に配置された開口Sとを有し、中心軸2を含む断面内で、中心軸2の周りで回転対称な光学系1において、後群Gbは、開口Sの像面5側に配置され、屈折率が1より大きい後群透明媒体としての後1群透明媒体Lbを有し、後1群透明媒体Lbは、開口S近傍の中心軸2上に配置された後群第1透過面としての後1群第1透過面21と、後1群第1透過面21より像面側に配置され、像面側に凹面を向けた後群第1反射面としての後1群第1反射面22と、後1群第1反射面22より像面と反対側に配置され、像面側に凹面を向けた後群第2反射面としての後1群第2反射面23と、後1群第2反射面23より像面側に配置された後群第2透過面としての後1群第2透過面24と、を有し、後1群第1透過面21、後1群第1反射面22、後1群第2反射面23及び後1群第2透過面24は、曲面からなり、透明媒体Lに入射する光束は、順光線追跡の順に、開口Sを通り、後1群第1透過面21を経て透明媒体L内に入り、後1群第1反射面22で像面5と反対側に反射され、後1群第2反射面23で像面5側に反射され、後1群第2透過面24を経て透明媒体Lから像面5側に外へ出る略Z字状の第1光路Aを構成し、第1光路Aの少なくとも後1群第1反射面22と後1群第2反射面23の間は、中心軸2に対して片側のみで構成され、第1光路A中に中間像が結像されることなく、中心軸2周りの物点を開口S近傍で中心軸2と1回交差して反対側に結像し、全体として像面5に円環状に結像され、後群の反射面のうち少なくとも1面は、中心軸上で不連続な回転対称な面で構成されている。

20

30

【0026】

中心軸2上の物体側から光路順で、開口S及びその近傍に配置された後1群第1透過面21、後1群第1反射面22、後1群第2反射面23、後1群第2透過面24の順に配置され、後1群第1反射面22と後1群第2反射面23は共に像側に凹面を向け配置されていることが重要である。

40

【0027】

開口Sは物体側の後1群第1透過面21近傍にあることが重要で、開口Sを本発明の後1群透明媒体Lbの像側に配置すると、非点収差が大きく発生しフラットな像を形成することが出来なくなる。また、射出主光線傾角が大きくなってしまい、テレセン性が悪くなる。さらに、後1群第1透過面21と後1群第2反射面23の有効径の干渉が起き、画角を大きく取ることが出来なくなってしまう。

【0028】

次に、透過面の間に反射面を配置することにより、反射面を内部反射面で構成することにより、像面湾曲などの収差の発生を少なくすることが可能となる。また、後1群第1反

50

射面 2 2 に当る光線の傾きが空気中より小さくなりなるので、広画角にも良い結果をもたらす。

【 0 0 2 9 】

さらに、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 反射面 2 3 は像側に凹面を向けていることが重要である。

【 0 0 3 0 】

この配置により物体側から光路順に負、正のパワー配置になり、所謂レトロフォーカス構成にすることが可能となり、広画角化が可能となる。また、この配置により光学系の主点を物体側に配置することが可能となり、F バックを取ることが可能となる。

【 0 0 3 1 】

さらに、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 反射面 2 3 の間の光路は回転対称軸を跨ぐことなく片側で構成されていることが重要である。

【 0 0 3 2 】

回転対称軸と光路が跨ぐことは、サジタル断面で中間結像することを意味し、光路長が長くなってしまい、光学系の大型化を招いてしまう。

【 0 0 3 3 】

さらに、Z 字光路になっていることが重要である。

【 0 0 3 4 】

Z 字光路をとることにより、各面での反射角を小さくすることが可能となり、偏心収差の発生を少なくすることが可能となる。また、開口から入射する光束が比較的低い（回転対称軸に近い）うちに後 1 群第 1 反射面 2 2 に当てる事が可能となり、後 1 群第 1 反射面 2 2 の強い負のパワーを持たせても、収差の発生を少なくすることが可能となる。

【 0 0 3 5 】

さらに、光路途中で中間像を形成しないように構成することが重要である。

【 0 0 3 6 】

光路途中で結像させると、光束径を小さくすることが可能であるが、本発明のように光学系の全長を短く出来ることが特徴の光学系においては、中間像を形成すると光学系の全長が長くなってしまい、光学系を小型にすることが不可能になってしまう。

【 0 0 3 7 】

また、中心軸 2 周りの物点を開口 S 近傍で中心軸 2 と 1 回交差して反対側に結像するように構成することが重要である。

【 0 0 3 8 】

物体からの光束は、中心軸 2 上の開口 S を通過すると同時に中心軸 2 と 1 回交差して、物体とは反対側に入射する。そこで、各反射面で反射され結像されるが、物体と中心軸 2 に対して同一側に結像する構成をとると、結像されるまでにもう一度中心軸 2 と交差する必要がある。サジタル断面では中心軸 2 上の開口 S を通過した光束が再び中心軸 2 と交差することは、開口 S の像を作ることを意味し、短い光学系全長のなかで、開口 S の像を再結像すると射出瞳が像近傍に出来てしまい、テレセン性をよくすることが出来なくなってしまう。また、そのための余分なパワーを光路中に設ける必要が生じ、光学系の大型化を招くこととなってしまう。

【 0 0 3 9 】

次に、像面 5 は円環状の平面の像面であることが重要である。

【 0 0 4 0 】

円環状の平面の像にすることにより、一つの平面の撮像素子又は表示素子により撮像又は投影することが可能となる。

【 0 0 4 1 】

また、後群 G b の反射面のうち少なくとも 1 面は、中心軸上で不連続な回転対称な面で構成することが重要である。

【 0 0 4 2 】

円環状に形成される像の大きさを任意にする自由度が増え、撮像光学系の場合には撮像

10

20

30

40

50

素子を有効に使用することが可能となる。また、投影光学系の場合は表示素子の画素を有効に投影することが可能となる。

【 0 0 4 3 】

さらに好ましくは、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 反射面 2 3 のうち少なくとも 1 面は、対称面を持たない任意形状の線分を中心軸 2 の周りで回転させて形成される回転対称な拡張回転自由曲面で構成することが重要である。

【 0 0 4 4 】

偏心光学系で光学系を構成すると、必ず偏心収差が発生する。この偏心収差の発生を少なくしたり、小さく補正することが可能となる。

【 0 0 4 5 】

さらに好ましくは、奇数次項を含む任意形状の線分であることが望ましい。

【 0 0 4 6 】

この奇数次項により周辺光路 A の画面周辺部分の歪の補正や像面の傾きを補正することが可能となる。

【 0 0 4 7 】

さらに、後 1 群第 1 反射面 2 2 は画角の広い光線は全反射により反射するように構成し、画角中心付近の後 1 群第 1 反射面 2 2 で全反射しない入射角の光線を反射させるように、後 1 群第 1 反射面 2 2 の中心部に反射コーティング 4 a することが好ましい。これにより画角中心部の映像も撮像することが可能となる。さらに後 1 群第 1 反射面 2 2 周辺部は全反射するために、この部分は反射コーティングを行わないことが望ましい。これにより中心部分の光線が光学系から射出するのを妨げることがなくなる。

【 0 0 4 8 】

さらに、後 1 群第 1 透過面 2 1 と後 1 群第 2 反射面 2 3 は透明媒体 L の物体側に近接して配置することが好ましい。

【 0 0 4 9 】

光学系光路長を長く取りつつ全長を短くする為に必要な構成であり、Z 字状の折り返し光路を長く取りつつ光学系の外径を小さくすることが可能となる。また、物体からの光束を後 1 群第 2 反射面 2 3 が邪魔することが少なくなり、広画角の光学系を構成することが可能となる。

【 0 0 5 0 】

さらに、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 透過面 2 4 は透明媒体 L の像面 5 側に近接して配置することが好ましい。

【 0 0 5 1 】

本構成も前記構成と同様に、光学系光路長を長く取りつつ全長を短くする為に必要な構成であり、Z 字の折り返し光路を長く取りつつ光学系の外径を小さくすることが可能となる。また、光学系を射出して像面に向かう光束を後 1 群第 1 反射面 2 2 が邪魔することが少なくなり、円環状の撮像エリアを広く取ることが可能となる。

【 0 0 5 2 】

さらに、後 1 群第 2 反射面 2 3 は周辺部に反射コーティング 4 b を行うことが望ましく、中心部分は後 1 群第 1 透過面 2 1 又は開口 S を配置する関係から、反射コーティングしないことが望ましい。

【 0 0 5 3 】

さらに好ましくは、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 透過面 2 4 を同一場所、同一形状で構成することが好ましい。この構成により、後 1 群第 1 反射面 2 2 に部分的に全反射を使うことが可能となり光学系の画角を広く取れる。

【 0 0 5 4 】

さらに好ましくは、後 1 群第 1 透過面 2 1 と後 1 群第 2 反射面 2 3 を同一場所、同一形状で構成することが望ましい。この構成により、加工性がよくなる。

【 0 0 5 5 】

また、前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体 L

10

20

30

40

50

f を有し、前群透明媒体 L f は、光路順に、前群第 1 透過面 1 1 と、前群第 1 透過面 1 1 と中心軸 2 を挟んで反対側で像面 5 側に配置された前群第 1 反射面 1 2 と、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 2 に対して同じ側で前群第 1 反射面 1 2 より像面 5 と反対側に配置された前群第 2 反射面 1 3 と、前群第 2 反射面 1 3 より像面 5 側に配置された前群第 2 透過面 1 4 と、を有し、前群透明媒体 L f に入射する光束は、順光線追跡の順に、前群第 1 透過面 1 1 を経て前群透明媒体 L f 内に入り、前群第 1 反射面 1 2 で像面 5 と反対側に反射され、前群第 2 反射面 1 3 で像面 5 側に反射され、前群第 2 透過面 1 4 を経て前群透明媒体 L f から像面 5 側に外へ出る光路を構成することが好ましい。

【0056】

また、前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体 L f を有し、前群透明媒体 L f は、光路順に、前群第 1 透過面 1 1 と、前群第 1 透過面 1 1 と中心軸 2 を挟んで反対側で像面 5 側に配置された前群第 1 反射面 1 2 と、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 2 に対して反対側で前群第 1 反射面 1 2 より像面 5 と反対側に配置された前群第 2 反射面 1 3 と、前群第 2 反射面 1 3 より像面 5 側に配置された前群第 2 透過面 1 4 と、を有し、前群透明媒体 L f に入射する光束は、順光線追跡の順に、前群第 1 透過面 1 1 を経て前群透明媒体 L f 内に入り、前群第 1 反射面 1 2 で像面 5 と反対側に反射され、前群第 2 反射面 1 3 で像面 5 側に反射され、前群第 2 透過面 1 4 を経て前群透明媒体 L f から像面 5 側に外へ出る光路を構成することが好ましい。

【0057】

また、前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体 L f を有し、前群透明媒体 L f は、光路順に、前群第 1 透過面 1 1 と、前群第 1 透過面 1 1 と中心軸 2 を挟んで反対側で像面 5 と反対側に配置された前群第 1 反射面 1 2 と、前群第 1 反射面 1 2 より像面 5 側に配置された前群第 2 透過面 1 4 と、を有し、前群透明媒体 L f に入射する光束は、順光線追跡の順に、前群第 1 透過面 1 1 を経て前群透明媒体 L f 内に入り、前群第 1 反射面 1 2 で像面側に反射され、前群第 2 透過面 1 4 を経て前群透明媒体 L f から像面 5 側に外へ出る光路を構成することが好ましい。

【0058】

また、最大像高を $I_{\max}$ 、前記透明媒体の外径を D とするとき、

$$0.5 < D / (2 \times I_{\max}) < 1.0 \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0059】

条件式 (1) は、下限を超えるとテレセン性が悪くなり特に CCD 等の撮像素子を利用して撮像する場合に周辺光量不足を起こす。上限を超えると光学系の外径が大きくなりすぎ光学系が大型になってしまう。

【0060】

また、最大像高を $I_{\max}$ 、前記開口から前記像面までの距離を L とするとき、

$$0.5 < L / (2 \times I_{\max}) < 1.0 \quad \dots (2)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0061】

条件式 (2) は、像高に対する光学系全長を規定するものであり、下限を超えるとやはりテレセン性が悪くなり周辺光量不足を起こす。上限を超えると全長が長くなりすぎ、小型の光学系を構成することはできない。

【0062】

また、後 1 群第 1 反射面 2 2 の曲率を R_1 、後 1 群第 2 反射面 2 3 の曲率を R_2 とするとき、

$$0.2 < R_1 / R_2 < 5 \quad \dots (3)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0063】

条件式 (3) は、二つの反射面のパワーの比を規定しているものであり、下限を超えると、後 1 群第 1 反射面 2 2 の曲率半径が小さくなり、後 1 群第 2 反射面 2 3 の正のパワー

10

20

30

40

50

に比べて、後 1 群第 1 反射面 2 2 の負のパワーが大きくなり光学系の全長を短くすることが出来ない。上限を超えると、後 1 群第 2 反射面 2 3 の曲率が小さくなり後 1 群第 2 反射面 2 3 の正のパワーが大きくなりすぎ、物体側に凸の像面湾曲が大きく発生する。

【 0 0 6 4 】

さらに、後 1 群第 1 反射面 2 2 の曲率を R_1 、後 1 群第 2 反射面 2 3 の曲率を R_2 とするとき、

$$0.5 < R_1 / R_2 < 2 \quad \dots (3)'$$

なる条件を満足することが望ましい。

【 0 0 6 5 】

なお、すべての実施例の球面で構成されている面は、非球面で構成することも可能である。また、像側の平行平面は撮像素子保護用のものであり、無くても良い。

10

【 0 0 6 6 】

以下に、本発明の光学系の実施例 1 ~ 5 を説明する。これら光学系の構成パラメータは後記する。

【 0 0 6 7 】

座標系は、順光線追跡において、例えば図 1 に示すように、絞り面 S が中心軸 2 と交差する点を偏心光学面の原点 O とし、中心軸 2 に直交する方向を Y 軸方向とし、図 1 の紙面内を Y - Z 平面とする。そして、図 1 の像面 5 側の方向を Z 軸正方向とし、Y 軸、Z 軸と右手直交座標系を構成する軸を X 軸正方向とする。なお、Z 軸の方向は、各実施例において異なるので、各実施例に対応した図の矢印 Z に従うものとする。

20

【 0 0 6 8 】

偏心面については、その面が定義される座標系の上記光学系 1 の原点 O からの偏心量 (X 軸方向、Y 軸方向、Z 軸方向をそれぞれ X, Y, Z) と、光学系 1 の原点 O に定義される座標系の X 軸、Y 軸、Z 軸それぞれを中心とする各面を定義する座標系の傾き角 (それぞれ α , β , γ (°)) とが与えられている。その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正は Z 軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の α , β , γ の回転のさせ方は、各面を定義する座標系を光学系の原点に定義される座標系のまず X 軸の回りで反時計回りに α 回転させ、次に、その回転した新たな座標系の Y 軸の回りで反時計回りに β 回転させ、次いで、その回転した別の新たな座標系の Z 軸の回りで時計回りに γ 回転させるものである。

30

【 0 0 6 9 】

また、各実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には面間隔が与えられており、その他、面の曲率半径、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

【 0 0 7 0 】

また、後記の構成パラメータ中にデータの記載されていない非球面に関する項は 0 である。屈折率、アッペ数については、d 線 (波長 587.56 nm) に対するものを表記してある。長さの単位は mm である。各面の偏心は、上記のように、基準面からの偏心量で表わす。

【 0 0 7 1 】

40

なお、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k) Y^2 / R^2\}^{1/2}] + a Y^4 + b Y^6 + c Y^8 + d Y^{10} + \dots \dots (a)$$

ただし、Z を軸とし、Y を軸と垂直な方向にとる。ここで、R は近軸曲率半径、k は円錐定数、a、b、c、d、... はそれぞれ 4 次、6 次、8 次、10 次の非球面係数である。この定義式の Z 軸が回転対称非球面の軸となる。

【 0 0 7 2 】

また、拡張回転自由曲面は、以下の定義で与えられる回転対称面である。

【 0 0 7 3 】

50

まず、図 2 に示すように、Y - Z 座標面上で原点を通る下記の曲線 (b) が定められる。

【 0 0 7 4 】

$$Z = (Y^2 / R Y) / [1 + \{1 - (C_1 + 1) Y^2 / R Y^2\}^{1/2}] \\ + C_2 Y + C_3 Y^2 + C_4 Y^3 + C_5 Y^4 + C_6 Y^5 + C_7 Y^6 \\ + \dots + C_{21} Y^{20} + \dots + C_{n+1} Y^n + \dots \quad \dots (b)$$

次いで、この曲線 (b) を X 軸正方向を向いて左回りを正として角度 θ (°) 回転した曲線 F (Y) が定められる。この曲線 F (Y) も Y - Z 座標面上で原点を通る。

【 0 0 7 5 】

10

その曲線 F (Y) を Y 正方向に距離 R (負のときは Y 負方向) だけ平行移動し、その後に Z 軸の周りでその平行移動した曲線を回転させてできる回転対称面を拡張回転自由曲面とする。

【 0 0 7 6 】

その結果、拡張回転自由曲面は Y - Z 面内で自由曲面 (自由曲線) になり、X - Y 面内で半径 | R | の円になる。

【 0 0 7 7 】

この定義から Z 軸が拡張回転自由曲面の軸 (回転対称軸) となる。

【 0 0 7 8 】

ここで、R Y は Y - Z 断面での球面項の曲率半径、 C_1 は円錐定数、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 ... はそれぞれ 1 次、2 次、3 次、4 次 ... の非球面係数である。

20

【 0 0 7 9 】

なお、Z 軸を中心軸に持つ円錐面は拡張回転自由曲面の 1 つとして与えられ、 $R Y = \infty$ 、 C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 、 C_5 、... = 0 とし、 θ = (円錐面の傾き角)、 R = (X - Z 面内での底面の半径) として与えられる。

【 0 0 8 0 】

実施例 1 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 3 に示す。また、この実施例の光学系全体の横収差図を図 4 に示す。この横収差図において、中央に示された角度は、(水平方向画角、垂直方向の画角) を示し、その画角における Y 方向 (メリジナル方向) と X 方向 (サジタル方向) の横収差を示す。なお、マイナスの画角は、水平方向画角については、Y 軸正方向を向いて右回りの角度、垂直方向画角については、X 軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、同じ。

30

【 0 0 8 1 】

本実施例は、光学系 1 の中心軸 2 に同心に回転対称な屈折率が 1 より大きい後群透明媒体 L b の透過面及び反射面を、光路内で一部共通に使用する拡張回転自由曲面で構成し、該後群透明媒体 L b の前に前群反射体 R f を配置した例である。

【 0 0 8 2 】

光学系 1 は、前群 G f と、後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とからなる。

前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な前群反射体 R f からなる。前群反射体 R f は、非球面からなる像面 5 側に凸の前群第 1 反射面 1 2 を有する。

40

【 0 0 8 3 】

後 1 群 G b 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後 1 群透明媒体 L b からなる。後 1 群透明媒体 L b は、中心軸 2 上で像面側に凹面を向けた非球面からなる後 1 群第 1 透過面 2 1 と、後 1 群第 1 透過面 2 1 に対して像側に形成され、一部を反射コーティング 4 a し、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後 1 群第 1 反射面 2 2 と、後 1 群第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、反射コーティング 4 b し、像面側に凹面を向けた正のパワーをもつ非球面からなる後 1 群第 2 反射面 2 3 と、後 1 群第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後 1 群第 2 透過面 2 4 と、を有する。後 1 群第

50

1 透過面 2 1 と後 1 群第 2 反射面 2 3 は、同一位置同一形状からなり、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 透過面 2 4 は、同一位置同一形状からなる。

【0084】

光学系 1 は、光路 A を形成する。光路 A において、光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群反射体 R f の前群第 1 反射面 1 2 と、前群反射体 R f と後 1 群透明媒体 L b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とを経て、後 1 群透明媒体 L b 内に入る。後 1 群透明媒体 L b では、後 1 群第 1 透過面 2 1 を経て入り、後 1 群第 1 反射面 2 2 で一部が反射コーティング 4 a、一部が全反射により像面 5 と反対側に反射され、後 1 群第 2 反射面 2 3 で反射コーティング 4 b により像面 5 側に反射され、後 1 群第 2 透過面 2 4 を経て後 1 群透明媒体 L b から外に出る略 Z 字状の光路を有する。その後、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

10

【0085】

この実施例 1 の仕様は、

全系の画角	60.00° × 360°
後群の画角	28.59° ~ 64.75°
後群の入射瞳孔径	φ 1.00mm
像の大きさ	φ 2.00mm ~ φ 3.74mm

である。

【0086】

実施例 2 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 5 に示す。また、この実施例の光学系全体の横収差図を図 6 に示す。

20

【0087】

本実施例は、光学系 1 の中心軸 2 に同心に回転対称な屈折率が 1 より大きい後 1 群透明媒体 L b の透過面及び反射面を、光路内で一部共通に使用する拡張回転自由曲面で構成し、該後 1 群透明媒体 L b の前群 G f として前群透明媒体 L f を配置した例である。

【0088】

光学系 1 は、前群 G f と、後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とからなり、後群 G b は、後 1 群 G b 1 と後 2 群 G b 2 からなる。

【0089】

前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体 L f からなる。前群透明媒体 L f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい樹脂等からなり、遠方からの光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 1 透過面 1 1 と、前群第 1 透過面 1 1 と中心軸 2 を挟んで反対側で前群第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置されていて、前群第 1 透過面 1 1 から入射した光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 1 反射面 1 2 と、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 2 に対して同じ側で前群第 1 反射面 1 2 より像面 5 と反対側に配置され、前群第 1 反射面 1 2 で反射された光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 2 反射面 1 3 と、後群 G b に面していて、前群第 2 反射面 1 3 で反射された光束が入射し球面からなる前群第 2 透過面 1 4 と、を有する。

30

【0090】

後 1 群 G b 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後 1 群透明媒体 L b からなる。後 1 群透明媒体 L b は、中心軸 2 上で像面側に凹面を向けた球面からなる後 1 群第 1 透過面 2 1 と、後 1 群第 1 透過面 2 1 に対して像側に形成され、一部を反射コーティング 4 a し、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後 1 群第 1 反射面 2 2 と、後 1 群第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、反射コーティング 4 b し、像面側に凹面を向けた正のパワーをもつ球面からなる後 1 群第 2 反射面 2 3 と、後 1 群第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後 1 群第 2 透過面 2 4 と、を有する。後 1 群第 1 透過面 2 1 と後 1 群第 2 反射面 2 3 は、同一位置同一形状からなり、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 透過面 2 4 は、同一位置同一形状からなる。

40

【0091】

50

後 2 群 G b 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後 2 群カバーガラス C b 2 からなる。後 2 群カバーガラス C b 2 は、平行平板からなり、後 2 群第 1 透過面 3 1 と、後 2 群第 1 透過面 3 1 に対して像側に形成される後 2 群第 2 透過面 3 2 とを有する。

【 0 0 9 2 】

光学系 1 は、光路 A を形成する。光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群透明媒体 L f の前群第 1 透過面 1 1 を経て、中心軸 2 を横切って前群第 1 透過面 1 1 と反対側の前群第 1 反射面 1 2 で後群 G b から離れるように反射されて、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 2 に対して同じ側で後群 G b からより離れた側に位置している前群第 2 反射面 1 3 で後群 G b 方向へ再度反射され、射出面の前群第 2 透過面 1 4 を経て前群透明媒体 L f から外に出る。

10

【 0 0 9 3 】

その後、前群透明媒体 L f と後 1 群透明媒体 L b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とを経て後 1 群透明媒体 L b 内に入る。後 1 群透明媒体 L b では、後 1 群第 1 透過面 2 1 を経て入り、後 1 群第 1 反射面 2 2 で一部が反射コーティング 4 a、一部が全反射により像面 5 と反対側に反射され、後 1 群第 2 反射面 2 3 で反射コーティング 4 b により像面 5 側に反射され、後 1 群第 2 透過面 2 4 を経て後 1 群透明媒体 L b から外に出る略 Z 字状の光路を有する。その後、後 2 群カバーガラス C b 2 の後 2 群第 1 透過面 3 1 と後 2 群第 2 透過面 3 2 を経て、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

20

【 0 0 9 4 】

この実施例 2 の仕様は、

全系の画角	50.00 ° × 360 °
後群の画角	25.22 ° ~ 61.94 °
入射瞳孔	φ 1.00mm
像の大きさ	φ 3.87mm ~ φ 7.84mm

である。

【 0 0 9 5 】

実施例 3 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 7 に示す。また、この実施例の光学系全体の横収差図を図 8 に示す。

30

【 0 0 9 6 】

本実施例は、光学系 1 の中心軸 2 に同心に回転対称な屈折率が 1 より大きい後群透明媒体 L b の透過面及び反射面を、光路内で一部共通に使用する拡張回転自由曲面で構成し、該後群透明媒体 L b の前群 G f として前群透明媒体 L f を配置した例である。

【 0 0 9 7 】

光学系 1 は、前群 G f と、後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とからなり、後群 G b は、第 1 群 G 1 と第 2 群 G 2 からなる。

【 0 0 9 8 】

前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体 L f からなる。前群透明媒体 L f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい樹脂等からなり、遠方からの光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 1 透過面 1 1 と、前群第 1 透過面 1 1 と中心軸 2 を挟んで反対側で前群第 1 透過面 1 1 より像面 5 側に配置されていて、前群第 1 透過面 1 1 から入射した光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 1 反射面 1 2 と、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 1 を挟んで反対側で前群第 1 反射面 1 2 より像面 5 と反対側に配置され、前群第 1 反射面 1 2 で反射された光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 2 反射面 1 3 と、中心軸 2 上で後群 G b に面していて前群第 2 反射面 1 3 より像面 5 側に配置され、前群第 2 反射面 1 3 で反射された光束が入射し球面からなる前群第 2 透過面 1 4 とからなる。

40

【 0 0 9 9 】

後 1 群 G b 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後 1 群透明媒体 L

50

b からなる。後 1 群透明媒体 L b は、中心軸 2 上で像面側に凹面を向けた球面からなる後 1 群第 1 透過面 2 1 と、後 1 群第 1 透過面 2 1 に対して像側に形成され、一部を反射コーティング 4 a し、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後 1 群第 1 反射面 2 2 と、後 1 群第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、反射コーティング 4 b し、像面側に凹面を向けた正のパワーをもつ球面からなる後 1 群第 2 反射面 2 3 と、後 1 群第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後 1 群第 2 透過面 2 4 と、を有する。後 1 群第 1 透過面 2 1 と後 1 群第 2 反射面 2 3 は、同一位置同一形状からなり、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 透過面 2 4 は、同一位置同一形状からなる。

【0100】

後 2 群 G b 2 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後 2 群カバーガラス C b 2 からなる。後 2 群カバーガラス C b 2 は、平行平板からなり、後 2 群第 1 透過面 3 1 と、後 2 群第 1 透過面 3 1 に対して像側に形成される後 2 群第 2 透過面 3 2 とを有する。

【0101】

光学系 1 は、光路 A を形成する。光路 A において、光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群第 1 透過面 1 1 を経て前群透明媒体 L f 内に入り、中心軸 2 を横切って前群第 1 透過面 1 1 と反対側の前群第 1 反射面 1 2 で後群 G b から離れるように像面 5 と反対側に反射され、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 2 に対して反対側で後群 G b からより離れた側に位置している前群第 2 反射面 1 3 で像面 5 側に反射され、射出面の前群第 2 透過面 1 4 を経て前群透明媒体 L f から外に出る。

【0102】

その後、前群透明媒体 L f と後 1 群透明媒体 L b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とを経て、後 1 群透明媒体 L b 内に入る。後 1 群透明媒体 L b では、後 1 群第 1 透過面 2 1 を経て入り、後 1 群第 1 反射面 2 2 で一部が反射コーティング 4 a、他部が全反射により像面 5 と反対側に反射され、後 1 群第 2 反射面 2 3 で反射コーティング 4 b により像面 5 側に反射され、後 1 群第 2 透過面 2 4 を経て後 1 群透明媒体 L b から外に出る略 Z 字状の光路を有する。その後、後 2 群カバーガラス C b 2 の後 2 群第 1 透過面 3 1 と後 2 群第 2 透過面 3 2 を経て、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

【0103】

この実施例 3 の仕様は、

全系の画角	80.00° × 360°
後群の画角	37.93° ~ 58.17°
入射瞳径	φ 1.00mm
像の大きさ	φ 4.60mm ~ φ 7.20mm

である。

【0104】

実施例 4 の光学系 1 の中心軸 2 に沿ってとった断面図を図 9 に示す。また、この実施例の光学系全体の横収差図を図 10 に示す。

【0105】

本実施例は、光学系 1 の中心軸 2 に同心に回転対称な屈折率が 1 より大きい後群透明媒体 L b の透過面及び反射面を、光路内で一部共通に使用する球面で構成し、該後群透明媒体 L b の前群 G f として前群透明媒体 L f を配置した例である。

【0106】

光学系 1 は、前群 G f と、後群 G b と、前群 G f と後群 G b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とからなる。

【0107】

前群 G f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい前群透明媒体 L f からなる。前群透明媒体 L f は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい樹脂等か

10

20

30

40

50

らなり、遠方からの光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第1透過面11と、前群第1透過面11と中心軸2を挟んで反対側で前群第1透過面11より像面5と反対側に配置されていて、前群第1透過面11から入射した光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第1反射面12と、後群Gbに面して中心軸2上で前群第1反射面12より像面5側に配置され、前群第1反射面12で反射された光束が入射し球面からなる前群第2透過面14とからなる。

【0108】

後群G1は、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい後1群透明媒体Lbからなる。後1群透明媒体Lbは、中心軸2上で像面側に凹面を向けた球面からなる後1群第1透過面21と、後1群第1透過面21に対して像側に形成され、一部を反射コーティング4aし、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後1群第1反射面22と、後1群第1反射面22に対して像面5と反対側に配置され、一部を反射コーティング4bし、像面側に凹面を向けた正のパワーをもつ球面からなる後1群第2反射面23と、後1群第2反射面23より像面5側に配置され、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ拡張回転自由曲面からなる後1群第2透過面24を有する。後1群第1透過面21と後1群第2反射面23は、同一位置同一形状からなり、後1群第1反射面22と後1群第2透過面24は、同一位置同一形状からなる。

【0109】

光学系1は、光路Aを形成する。光路Aにおいて、光学系1の物体面3から入射する光束は、前群第1透過面11を経て前群透明媒体Lf内に入り、中心軸2を横切って前群第1透過面11と反対側の前群第1反射面12で後群Gbに向かって下方へ像面5側に反射され、射出面の前群第2透過面14を経て前群透明媒体Lfから外に出る。

【0110】

その後、前群透明媒体Lfと後1群透明媒体Lbの間で中心軸2に同軸に配置された開口Sとを経て、後1群透明媒体Lb内に入る。後1群透明媒体Lbでは、後1群第1透過面21を経て入り、後1群第1反射面22で一部が反射コーティング4a、他部が全反射により像面5と反対側に反射され、後1群第2反射面23で反射コーティング4bにより像面5側に反射され、後1群第2透過面24を経て後1群透明媒体Lbから外に出る略Z字状の光路を有する。その後、像面5の中心軸2から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

【0111】

この実施例4の仕様は、

全系の画角	40.00° × 360°
後群の画角	24.45° ~ 58.38°
後群の入射瞳径	φ1.00mm
像の大きさ	φ3.58mm ~ φ7.03mm

である。

【0112】

実施例5の光学系1の中心軸2に沿ってとった断面図を図11に示す。また、この実施例の光学系全体の横収差図を図12に示す。

【0113】

本実施例は、光学系1の中心軸2に同心に回転対称な屈折率が1より大きい後群透明媒体Lbの透過面及び反射面を、光路内で一部共通に使用する球面で構成し、該後群透明媒体Lbの前に前群透明媒体Lfを配置した例である。

【0114】

光学系1は、前群Gfと、後群Gbと、前群Gfと後群Gbの間で中心軸2に同軸に配置された開口Sとからなる。

【0115】

前群Gfは、中心軸2の周りで回転対称な屈折率が1より大きい前群透明媒体Lfからなる。前群透明媒体Lfは、中心軸1の周りで回転対称な屈折率が1より大きい樹脂等か

10

20

30

40

50

らなり、遠方からの光束 2 が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 1 透過面 1 1 と、前群第 1 透過面 1 1 と中心軸 1 を挟んで反対側で前群第 1 透過面 1 1 より像面 5 と反対側に配置されていて、前群第 1 透過面 1 1 から入射した光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 1 反射面 1 2 と、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 1 を挟んで反対側で前群第 1 反射面 1 2 より像面 5 と反対側に配置され、前群第 1 反射面 1 2 で反射された光束が入射し拡張回転自由曲面からなる前群第 2 反射面 1 3 と、後群 G b に面して前群第 2 反射面 1 2 と中心軸 2 上で前群第 2 反射面 1 3 より像面 5 側に配置され、前群第 2 反射面 1 3 で反射された光束が入射し球面からなる前群第 2 透過面 1 4 とからなる。

【0116】

後 1 群 G b 1 は、中心軸 2 の周りで回転対称な屈折率が 1 より大きい後 1 群透明媒体 L b からなる。後 1 群透明媒体 L b は、中心軸 2 上で像面側に凹面を向けた球面からなる後 1 群第 1 透過面 2 1 と、後 1 群第 1 透過面 2 1 に対して像側に形成され、一部を反射コーティング 4 a し、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ後 1 群第 1 反射面 2 2 と、後 1 群第 1 反射面 2 2 に対して像面 5 と反対側に配置され、反射コーティング 4 b し、像面側に凹面を向けた正のパワーをもつ後 1 群第 2 反射面 2 3 と、後 1 群第 2 反射面 2 3 より像面 5 側に配置され、像面側に凹面を向けた負のパワーをもつ後 1 群第 2 透過面 2 4 とを有する。後 1 群第 1 透過面 2 1 と後 1 群第 2 反射面 2 3 は、同一位置同一形状からなり、後 1 群第 1 反射面 2 2 と後 1 群第 2 透過面 2 4 は、同一位置同一形状からなる。

【0117】

光学系 1 は、光路 A を形成する。光路 A において、光学系 1 の物体面 3 から入射する光束は、前群第 1 透過面 1 1 を経て前群透明媒体 L f 内に入り、中心軸 2 を横切って前群第 1 透過面 1 1 と反対側の前群第 1 反射面 1 2 で後群 G b から離れるように像面 5 と反対側に反射され、前群第 1 反射面 1 2 と中心軸 2 に対して反対側で後群 G b から離れた側に位置している前群第 2 反射面 1 3 で像面 5 側に反射され、射出面の前群第 2 透過面 1 4 を経て前群透明媒体 L f から外に出る。

【0118】

その後、前群透明媒体 L f と後 1 群透明媒体 L b の間で中心軸 2 に同軸に配置された開口 S とを経て、後 1 群透明媒体 L b 内に入る。後 1 群透明媒体 L b では、後 1 群第 1 透過面 2 1 を経て入り、後 1 群第 1 反射面 2 2 で一部が反射コーティング 4 a、一部が全反射により像面 5 と反対側に反射され、後 1 群第 2 反射面 2 3 で反射コーティング 4 b により像面 5 側に反射され、後 1 群第 2 透過面 2 4 を経て後 1 群透明媒体 L b から外に出る略 Z 字状の光路を有する。その後、像面 5 の中心軸 2 から外れた半径方向の所定位置に円環状に結像する。

【0119】

この実施例 5 の仕様は、

全系の画角 $60.00^{\circ} \times 360^{\circ}$
 後群の画角 $24.17^{\circ} \sim 55.75^{\circ}$
 後群の入射瞳径 $\phi 1.00\text{mm}$
 像の大きさ $\phi 3.84\text{mm} \sim \phi 7.53\text{mm}$

である。

【0120】

また、最大像高を $I_{\max}(\text{mm})$ 、最小像高を $I_{\min}(\text{mm})$ 、後群 G r の最大画角を $\theta_{\max}(\text{度})$ 、後群 G r の最小画角を $\theta_{\min}(\text{度})$ 、焦点距離 $F = (I_{\max} - I_{\min}) / (\theta_{\max} - \theta_{\min})$ とし、後群 G r の外径を $D(\text{mm})$ 、平行平面の保護ガラスを除いた後群 G r の全長を $L_s(\text{mm})$ 、後群第 1 反射面 2 2 の曲率を R_1 、後群第 2 反射面 2 3 の曲率を R_2 とするとき、

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
$I_{\max}$	1.87	3.92	3.54	3.51	3.77
$\theta_{\max}$	64.75	61.94	58.17	58.38	55.75
$I_{\min}$	1.00	1.93	2.30	1.79	1.92

$\theta_{\min}$	28.59	25.22	37.93	24.45	24.17
F	0.024	0.054	0.061	0.051	0.059
D	6.00	10.80	9.60	11.20	11.60
L	2.800	4.800	4.400	4.80	5.20
D (2 × I max)	1.604	1.378	1.356	1.594	1.540
L (2 × I max)	0.749	0.612	0.621	0.683	0.690
R 1	2.54	2.54	9.11	6.12	6.65
R 2	3.52	3.52	8.82	7.14	7.80
R 1 / R 2	0.72	0.72	1.03	0.86	0.85

である。

10

【 0 1 2 1 】

以下に、上記実施例 1 ～ 5 の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の “ R E ” は反射面を示す。

【 0 1 2 2 】

実施例 1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞	偏心 (1)		
1 (R E) 非球面 [1]		0.00	偏心 (2)		
2	∞ (絞り)	0.00			
3	非球面 [2]	0.00	偏心 (3)	1.8348	42.7
4 (R E) E R F S [1]		0.00	偏心 (4)	1.8348	42.7
5 (R E) 非球面 [2]		0.00	偏心 (3)	1.8348	42.7
6	E R F S [1]	3.49	偏心 (4)		
像 面	∞				

20

【 0 1 2 3 】

なお、像面に対する面間隔は、基準面 (絞り面) からの間隔とする。

【 0 1 2 4 】

E R F S [1]

R Y -2.54

θ -16.68

R -0.80

C 4 2.7077E-002

非球面 [1]

曲率半径 24.30

k -9.1220E+000

非球面 [2]

曲率半径 -3.52

k 1.4073E-001

偏心 [1]

X 0.00 Y 0.00 Z 7.19

α 110.00 β 0.00 γ 0.00

偏心 [2]

X 0.00 Y 0.00 Z 4.52

α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心 [3]

X 0.00 Y 0.00 Z -0.10

α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心 [4]

X 0.00 Y 0.00 Z -1.74

α 0.00 β 0.00 γ 0.00

40

50

【 0 1 2 5 】

実施例 2

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞	偏心 (1)		
1	E R F S [1]	0.00	偏心 (2)	1.8348	42.7
2 (R E)	E R F S [2]	0.00	偏心 (3)	1.8348	42.7
3 (R E)	E R F S [3]	0.00	偏心 (4)	1.8348	42.7
4	-18.83	0.00	偏心 (5)		
5	∞ (絞 り)	0.00			
6	8.08	0.00		1.8348	42.7
7 (R E)	E R F S [4]	0.00	偏心 (6)	1.8348	42.7
8 (R E)	8.08	0.00		1.8348	42.7
9	E R F S [4]	5.72			
10	∞	1.00		1.5163	64.1
11	∞	0.70			
像 面	∞				

10

【 0 1 2 6 】

なお、第 1 0 面に対する面間隔は、基準面 (絞り面) からの間隔とする。

【 0 1 2 7 】

20

	E R F S [1]
R Y	16.71
θ	49.59
R	-10.48
	E R F S [2]
R Y	-22.92
θ	36.92
R	8.16
C 4	-2.5709E-004
	E R F S [3]
R Y	-33.33
θ	-4.84
R	6.10
C 4	-2.9983E-003
	E R F S [4]
R Y	7.81
θ	10.99
R	-1.41
C 4	-2.9983E-003

30

偏 心 [1]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-10.53
α	75.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [2]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-13.34
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [3]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-3.87
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [4]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-14.73
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

40

50

偏心 [5]
 X 0.00 Y 0.00 Z -1.00
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏心 [6]
 X 0.00 Y 0.00 Z 3.45
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

【 0 1 2 8 】

実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
物体面	∞	∞	偏心 (1)			10
1	E R F S [1]	0.00	偏心 (2)	1.8348	42.7	
2 (R E)	E R F S [2]	0.00	偏心 (3)	1.8348	42.7	
3 (R E)	E R F S [3]	0.00	偏心 (4)	1.8348	42.7	
4	-35.10	0.00	偏心 (5)			
5	∞ (絞り)	0.00				
6	8.82	0.00	偏心 (6)	1.8348	42.7	
7 (R E)	E R F S [4]	0.00	偏心 (7)	1.8348	42.7	
8 (R E)	8.82	0.00	偏心 (6)	1.8348	42.7	
9	E R F S [4]	7.48	偏心 (7)			
10	∞	1.00		1.5163	64.1	20
11	∞	0.70				
像 面	∞					

【 0 1 2 9 】

なお、第 1 0 面に対する面間隔は、基準面 (絞り面) からの間隔とする。

【 0 1 3 0 】

	E R F S [1]					
R Y	-6.52					
θ	65.91					
R	-9.51					
	E R F S [2]					30
R Y	-17.99					
θ	51.78					
R	7.06					
C 4	-8.6892E-005					
	E R F S [3]					
R Y	6.10					
θ	36.27					
R	-7.96					
C 4	-1.1833E-004					
	E R F S [4]					40
R Y	9.11					
θ	-7.46					
R	1.52					
	偏心 [1]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-7.04	
α	45.00	β	0.00	γ	0.00	
	偏心 [2]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-16.54	
α	0.00	β	0.00	γ	0.00	
	偏心 [3]					50

X 0.00 Y 0.00 Z -4.83
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [4]
 X 0.00 Y 0.00 Z -17.96
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [5]
 X 0.00 Y 0.00 Z -0.10
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [6]
 X 0.00 Y 0.00 Z 0.10
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [7]
 X 0.00 Y 0.00 Z 3.36
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

10

【 0 1 3 1 】

実施例 4

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	∞	∞	偏 心 (1)		
1	E R F S [1]	0.00	偏 心 (2)	1.5163	64.1
2 (R E)	E R F S [2]	0.00	偏 心 (3)	1.5163	64.1
3	-10.32	0.00	偏 心 (4)		
4	∞ (絞 り)	0.10			
7	-7.14	0.00	偏 心 (5)	1.8348	42.7
8 (R E)	E R F S [3]	0.00	偏 心 (6)	1.8348	42.7
9 (R E)	-7.14	0.00	偏 心 (5)	1.8348	42.7
10	E R F S [3]	10.46	偏 心 (6)		
像 面	∞				

20

【 0 1 3 2 】

なお、像面に対する面間隔は、基準面（絞り面）からの間隔とする。

【 0 1 3 3 】

30

E R F S [1]
 R Y -103.57
 θ -37.90
 R 7.54
 E R F S [2]
 R Y -15.54
 θ -47.84
 R -6.27
 C 4 -1.3391E-005
 E R F S [3]
 R Y -6.12
 θ 12.22
 R 1.28
 C 4 -6.8442E-004

40

偏 心 [1]
 X 0.00 Y 0.00 Z 7.28
 α 90.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [2]
 X 0.00 Y 0.00 Z 7.28
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

50

偏 心 [3]
 X 0.00 Y 0.00 Z 12.52
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [4]
 X 0.00 Y 0.00 Z 0.10
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [5]
 X 0.00 Y 0.00 Z -0.10
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00
 偏 心 [6]
 X 0.00 Y 0.00 Z -3.21
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

10

【 0 1 3 4 】

実施例 5

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	∞	∞	偏 心 (1)		
1	E R F S [1]	0.00	偏 心 (2)	1.8348	42.7
2 (R E)	E R F S [2]	0.00	偏 心 (3)	1.8348	42.7
3 (R E)	E R F S [3]	0.00	偏 心 (4)	1.8348	42.7
4	-8.90	0.00	偏 心 (5)		
5	∞ (絞 り)	0.00			
6	7.80	0.00	偏 心 (6)	1.8348	42.7
7 (R E)	E R F S [4]	0.00	偏 心 (7)	1.8348	42.7
8 (R E)	7.80	0.00	偏 心 (6)	1.8348	42.7
9	E R F S [4]	9.17	偏 心 (7)		

20

像 面 ∞

【 0 1 3 5 】

なお、像面に対する面間隔は、基準面（絞り面）からの間隔とする。

【 0 1 3 6 】

E R F S [1]
 R Y 23.83
 θ 86.23
 R -6.34
 E R F S [2]
 R Y -10.98
 θ 89.44
 R 7.00
 C 4 -7.3871E-006
 E R F S [3]
 R Y 8.19
 θ 44.74
 R -5.11
 C 4 -1.0158E-005
 E R F S [4]
 R Y 6.65
 θ -12.28
 R 1.40
 C 4 2.2383E-004
 偏 心 [1]
 X 0.00 Y 0.00 Z -9.82

30

40

50

α	135.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [2]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-3.48
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [3]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-8.43
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [4]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-13.20
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [5]					
X	0.00	Y	0.00	Z	-0.10
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [6]					
X	0.00	Y	0.00	Z	0.10
α	0.00	β	0.00	γ	0.00
偏 心 [7]					
X	0.00	Y	0.00	Z	3.51
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

10

【 0 1 3 7 】

20

図 1 3 は、本実施例の画像と撮像素子の配置例を示す。図 1 3 (a) は、画面比が 1 6 : 9 の撮像素子を使用した例である。上下方向の画像は使用しない場合、光路 A の画像 A 1 の左右の位置に撮像素子 5 0 の大きさを合致させると好ましい。図 1 3 (b) は、画面比が 4 : 3 の撮像素子 5 0 を使用し、上下方向の映像は使用しない場合を示す。図 1 3 (c) は、画面比が 4 : 3 の撮像素子 5 0 を使用し、光路 A での画像 A 1 に撮像素子 5 0 の大きさを合致させた例である。このように、配置をすると、光路 A の画像 A 1 をすべて撮像することができる。

以下に、本発明の光学系 1 の適用例として、撮影光学系 1 0 1 又は投影光学系 1 0 2 の使用例を説明する。図 1 4 は、内視鏡先端の撮影光学系として本発明による撮影光学系 1 0 1 を用いた例を示すための図であり、図 1 4 (a) は、硬性内視鏡 1 1 0 の先端 1 0 1 に本発明による撮影光学系を取り付けて画像を撮像観察する例である。図 1 4 (b) にその先端の概略の構成を示す。本発明によるパノラマ撮影光学系 1 0 1 の入射面 1 1 の周囲には円周方向に伸びる開口 1 0 6 を有するケーシング等からなるフレア絞り 1 0 7 が配置され、フレア光が入射するのを防止している。また、図 1 4 (c) は、軟性電子内視鏡 1 1 3 の先端に本発明によるパノラマ撮影光学系 1 0 1 を同様に取り付けて、表示装置 1 1 4 に撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して表示するようにした例である。

30

【 0 1 3 8 】

図 1 5 は、カプセル内視鏡 1 2 0 に本発明による撮影光学系 1 0 1 を取り付けて 3 6 0 ° 全方位の画像を撮像観察する例である。本発明による撮影光学系 1 0 1 の光路 A に対応した円周方向に伸びる開口 1 0 6 を有するケーシング等には、前群 G f の前群第 1 反射面 1 2 の像面 5 と反対側にフレア絞り 1 0 7 が形成され、フレア光が入射するのを防止している。

40

【 0 1 3 9 】

図 1 3 及び図 1 4 に示すように、内視鏡に撮影光学系 1 0 1 を用いることにより、撮影光学系 1 0 1 の後方の画像を撮像観察することができ、従来と異なる角度から様々な部位を撮像観察することができる。

【 0 1 4 0 】

図 1 6 (a) は、自動車 1 3 0 の前方に撮影光学系として本発明による撮影光学系 1 0 1 を取り付けて、車内の表示装置に各撮影光学系 1 0 1 を経て撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して同時に表示するようにした例を示す図であり、図 1 6 (b) は

50

、自動車 130 の各コーナやヘッド部のボールの頂部に撮影光学系として本発明による撮影光学系 101 を複数取り付けて、車内の表示装置に各撮影光学系 101 を経て撮影された画像を、画像処理を施して歪みを補正して同時に表示するようにした例を示す図である。この場合、図 13 (a) に示したように、光路 A の画像 A1 の左右の位置に撮像素子 50 の大きさを合致させると、左右の画像が広く撮像でき、好ましい。

【0141】

また、図 17 は、投影装置 140 の投影光学系として本発明による投影光学系 102 を用い、その像面 5 に配置した表示素子にパノラマ画像を表示し、投影光学系 102 を通して 360° 全方位に配置したスクリーン 141 に 360° 全方位画像を投影表示する例である。

10

【0142】

さらに、図 18 は、建物 150 の外部に本発明による撮影光学系 101 を用いた撮影装置 151 を取り付け、屋内に本発明による撮影光学系 101 を用いた投影装置 151 を配置し、撮影装置 151 で撮像された映像を電線 152 を介して投影装置 140 に送るように接続している。このような配置において、屋外の 360° 全方位の被写体 P を、撮影光学系 101 を経て撮影装置 151 で撮影し、その映像信号を電線 152 を介して投影装置 140 に送り、像面に配置した表示素子にその映像を表示して、投影光学系 102 を通して屋内の壁面等に被写体 P の映像 P' を投影表示するようにしている例である。

【図面の簡単な説明】

【0143】

20

【図 1】本発明の実施例 1 の光学系の座標系を説明するための図である。

【図 2】拡張回転自由曲面の原理を示す図である。

【図 3】本発明の実施例 1 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 4】実施例 1 の光学系全体の横収差図を示す図である。

【図 5】本発明の実施例 2 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 6】実施例 2 の光学系全体の横収差図を示す図である。

【図 7】本発明の実施例 3 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 8】実施例 3 の光学系全体の横収差図を示す図である。

【図 9】本発明の実施例 4 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 10】実施例 4 の光学系全体の横収差図を示す図である。

30

【図 11】本発明の実施例 5 の光学系の中心軸に沿ってとった断面図である。

【図 12】実施例 5 の光学系全体の横収差図を示す図である。

【図 13】本発明の光学系の画像と撮像素子の配置例を示す図である。

【図 14】本発明の光学系を内視鏡先端の撮影光学系として用いた例を示す図である。

【図 15】本発明の光学系をカプセル内視鏡の撮影光学系として用いた例を示す図である。

。

【図 16】本発明の光学系を自動車の撮影光学系として用いた例を示す図である。

【図 17】本発明の光学系を投影装置の投影光学系として用いた例を示す図である。

【図 18】本発明の光学系を屋外の被写体を撮影する撮影光学系として用いた例を示す図である。

40

【符号の説明】

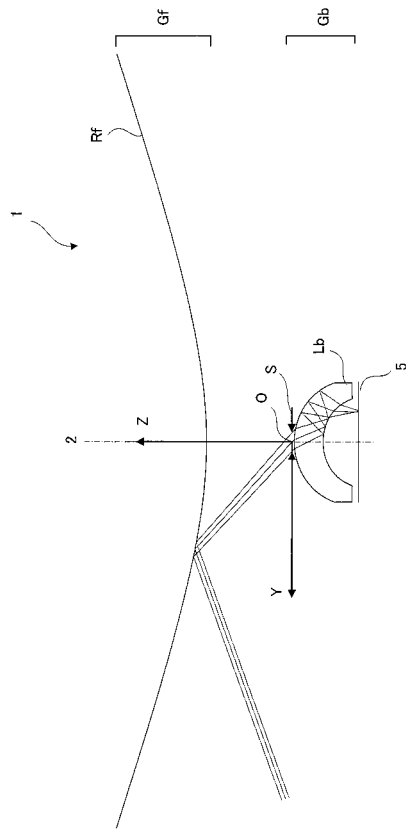
【0144】

1 ... 光学系

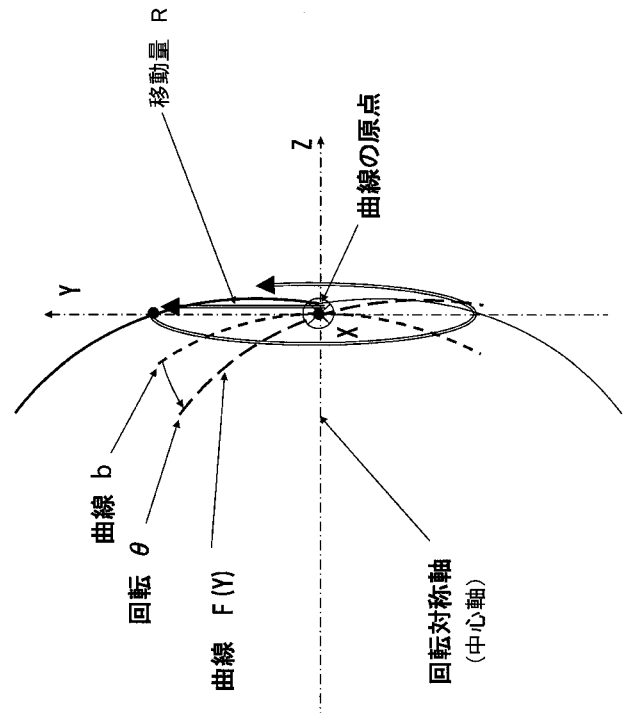
2 ... 中心軸

5 ... 像面

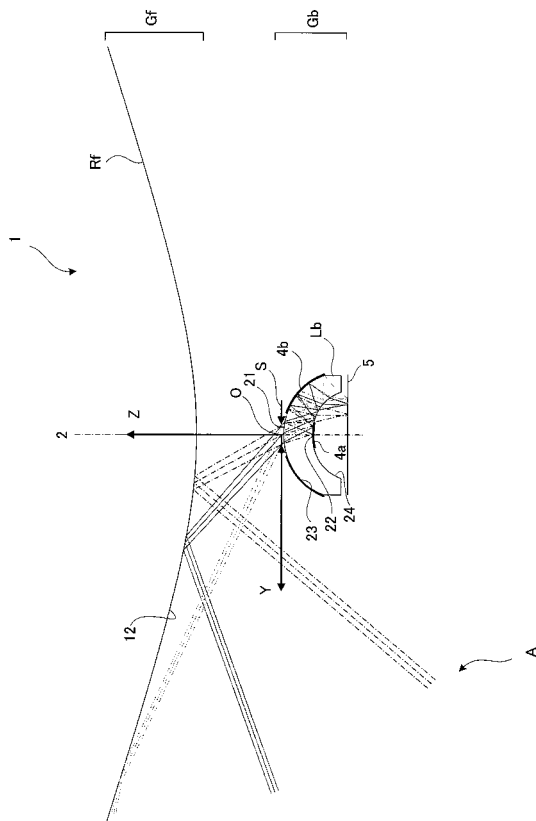
【図 1】



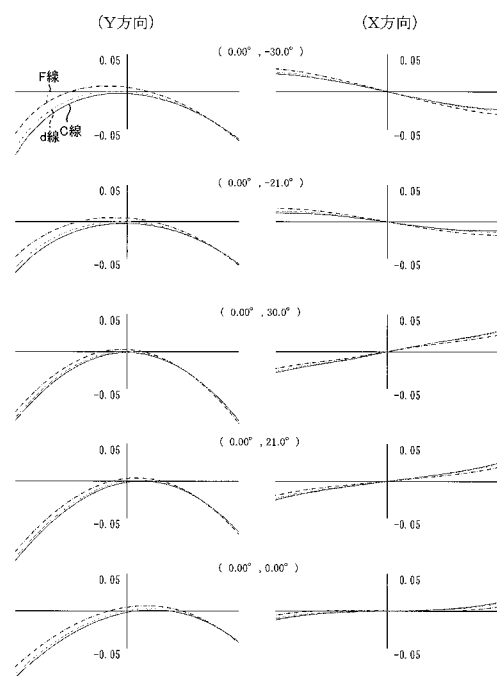
【図 2】



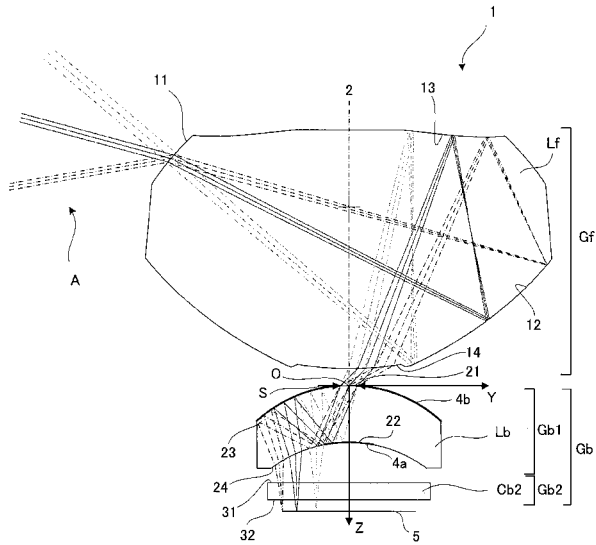
【図 3】



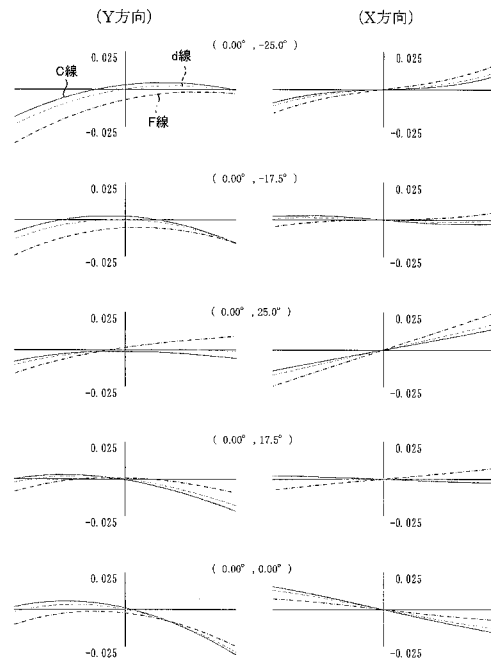
【図 4】



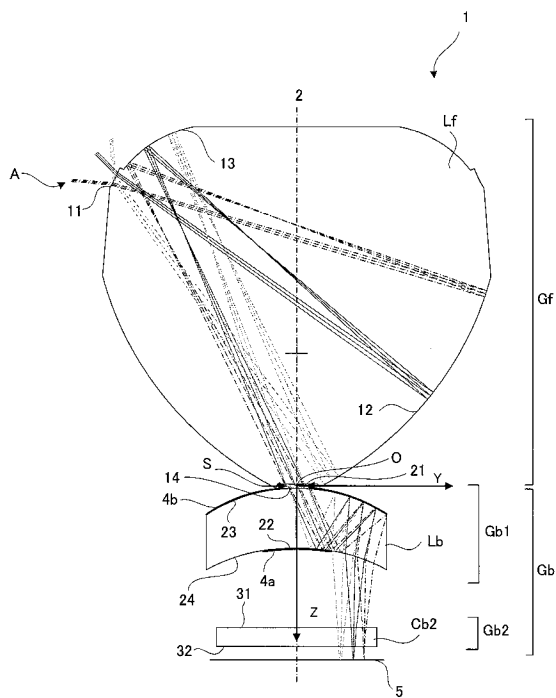
【図 5】



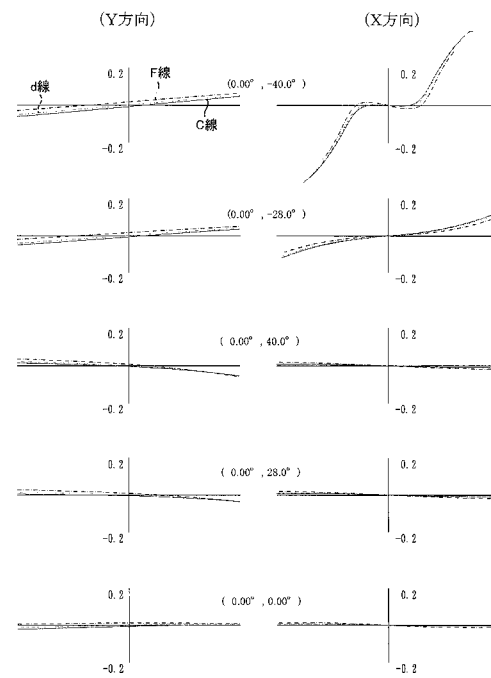
【図 6】



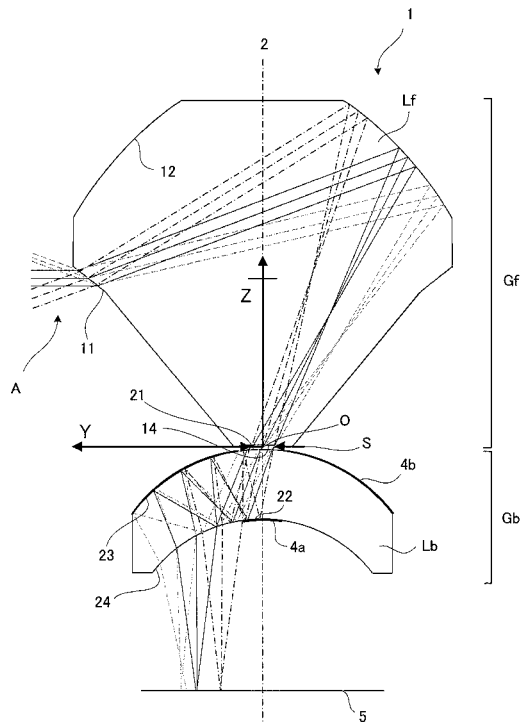
【図 7】



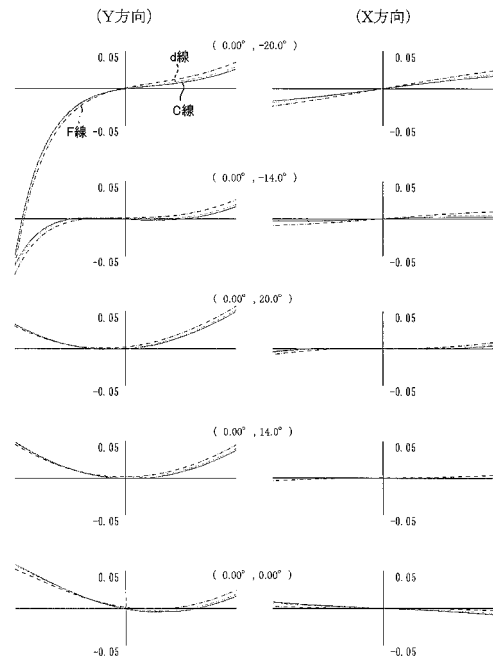
【図 8】



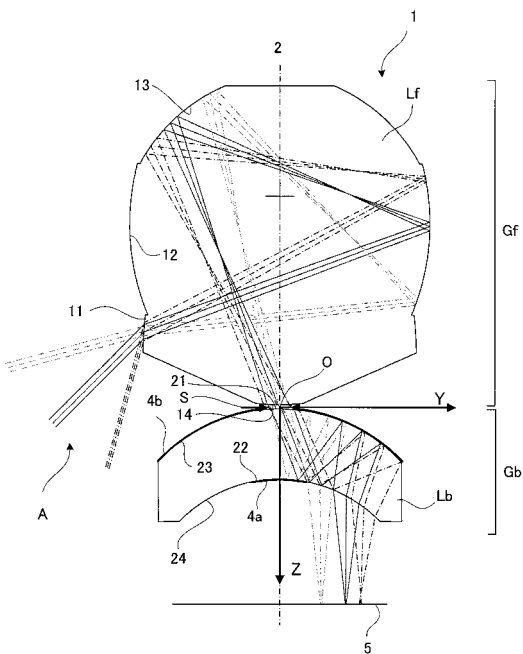
【図 9】



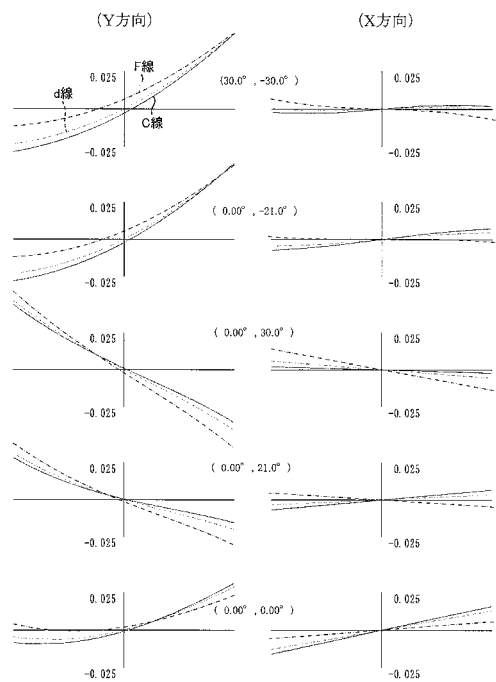
【図 10】



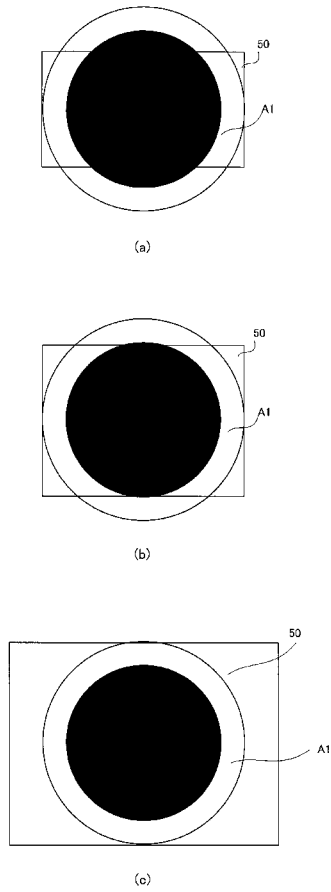
【図 11】



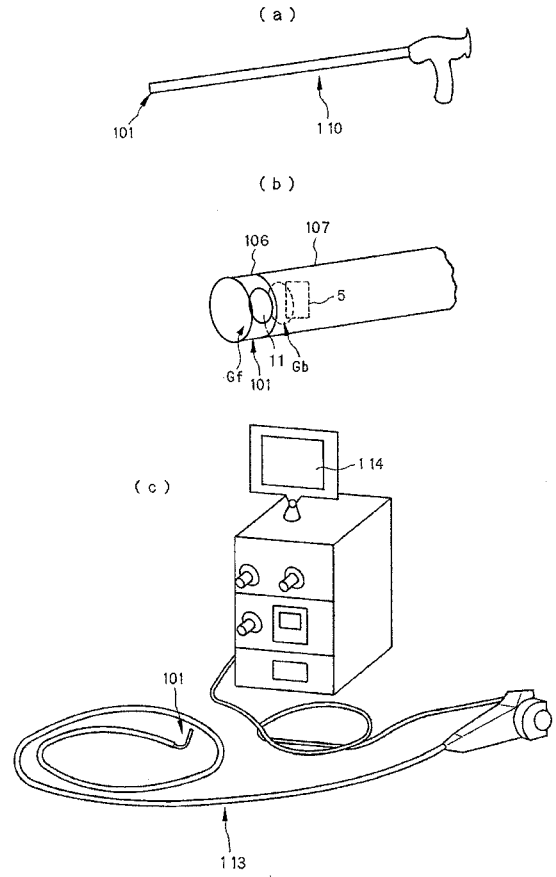
【図 12】



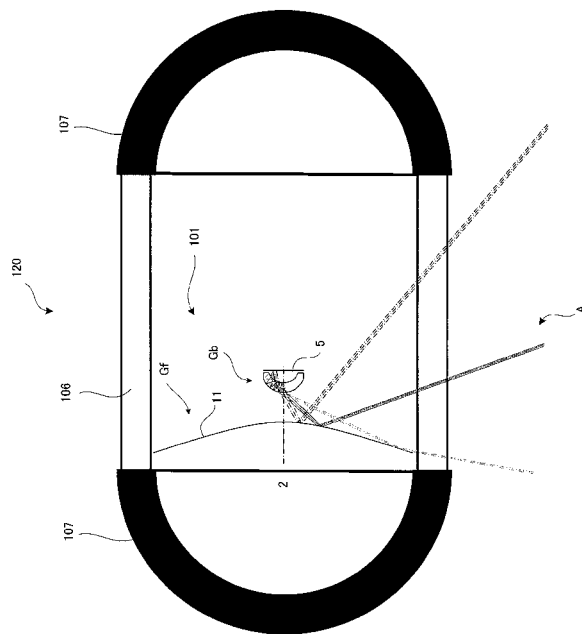
【図 13】



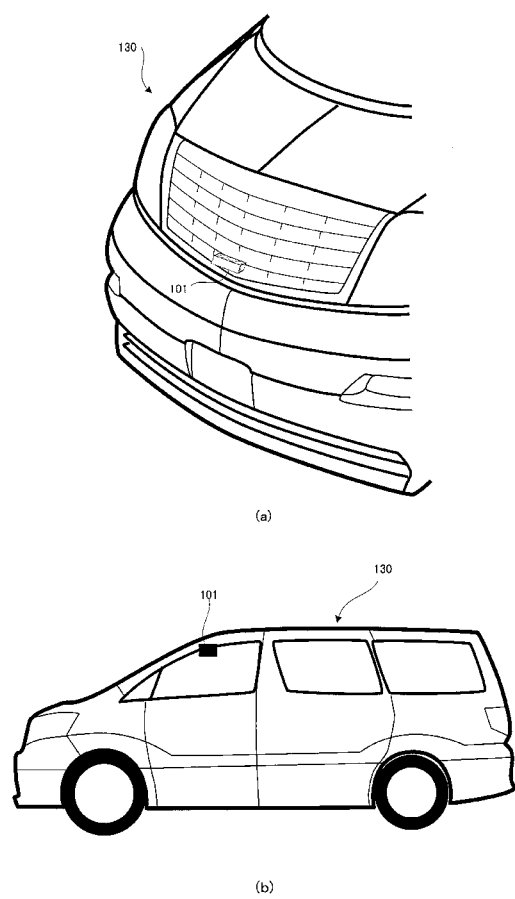
【図 14】



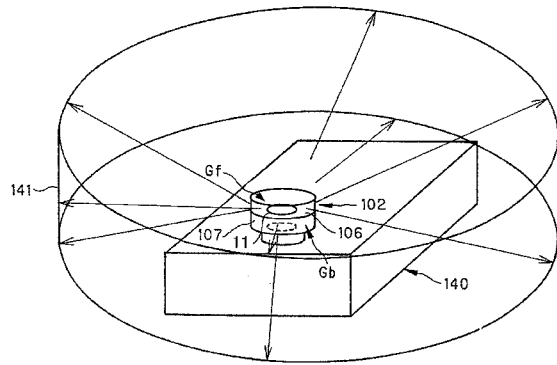
【図 15】



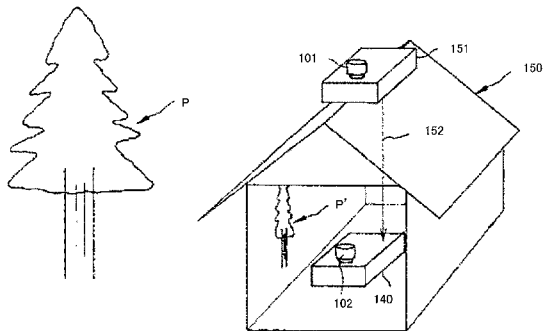
【図 16】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(74)代理人 100095980

弁理士 菅井 英雄

(74)代理人 100094787

弁理士 青木 健二

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 研野 孝吉

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内

F ターム(参考) 2H040 BA02 CA22 GA02

2H087 KA10 LA01 TA01 TA02 TA06

4C061 AA00 BB02 BB03 CC06 DD00 FF40 JJ06 LL02 NN01 PP11

专利名称(译)	光学系统和使用它的内窥镜		
公开(公告)号	JP2009139480A	公开(公告)日	2009-06-25
申请号	JP2007313633	申请日	2007-12-04
[标]申请(专利权)人(译)	奥林巴斯株式会社		
申请(专利权)人(译)	奥林巴斯公司		
[标]发明人	研野孝吉		
发明人	研野 孝吉		
IPC分类号	G02B23/26 G02B17/08 G02B13/18 A61B1/00		
FI分类号	G02B23/26.C G02B17/08.A G02B13/18 A61B1/00.320.B A61B1/00.300.Y A61B1/00.C A61B1/00.610 A61B1/00.731		
F-TERM分类号	2H040/BA02 2H040/CA22 2H040/GA02 2H087/KA10 2H087/LA01 2H087/TA01 2H087/TA02 2H087/TA06 4C061/AA00 4C061/BB02 4C061/BB03 4C061/CC06 4C061/DD00 4C061/FF40 4C061/JJ06 4C061/LL02 4C061/NN01 4C061/PP11 4C161/AA00 4C161/BB02 4C161/BB03 4C161/CC06 4C161/DD00 4C161/DD07 4C161/FF40 4C161/JJ06 4C161/LL02 4C161/NN01 4C161/PP11		
代理人(译)	青木健二 米泽 明		

摘要(译)

解决的问题：提供一种能够以简单的结构在图像拾取装置上拾取宽观察视角的小型且廉价的光学系统以及使用该光学系统的内窥镜。入射到后组透明介质Lb上的光束以向前光线的顺序穿过开口S，通过后组第一透射面21进入后组透明介质Lb，然后进入后组第一反射面。它在22处反射到与图像表面5相对的一侧，并在后组第二反射表面23处反射到图像表面5侧，并从后组透明介质Lb经由后组第二透射表面24出射到图像表面5侧。构成为大致呈Z字形的第一光路A出射，并且至少在第一光路A的后组第一反射面22与后组第二反射面23之间仅配置在相对于中心轴2的一侧。在没有在第一光路A中形成中间图像的情况下，围绕中心轴2的物点在光圈S附近一次与中心轴2相交并且在相反侧成像，并且整个像面5成像。后组Gb的至少一个反射表面在中心轴上形成为圆环形，并且是在中心轴上不连续的旋转对称表面。[选择图]图3

