

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5687572号
(P5687572)

(45) 発行日 平成27年3月18日 (2015. 3. 18)

(24) 登録日 平成27年1月30日 (2015.1.30)

(51) Int. Cl.	F 1					
G 0 2 B	13/04	(2006.01)	G 0 2 B	13/04	D	
G 0 2 B	23/26	(2006.01)	G 0 2 B	23/26	C	
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B	1/00	3 0 0 Y	

請求項の数 6 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2011-132569 (P2011-132569)	(73) 特許権者	000000376
(22) 出願日	平成23年6月14日 (2011. 6. 14)		オリンパス株式会社
(65) 公開番号	特開2013-3267 (P2013-3267A)		東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4 3番2号
(43) 公開日	平成25年1月7日 (2013. 1. 7)	(74) 代理人	110001405
審査請求日	平成26年4月18日 (2014. 4. 18)		特許業務法人篠原国際特許事務所
		(72) 発明者	荒川 正樹
			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
		審査官	森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学系及びそれを備えた内視鏡装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、
前記前群が、前記前群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、

以下の条件式を全て満足することを特徴とする結像光学系。

$$\begin{matrix} 3.0 & | & d_p - d_n & | \\ 0.1 & & y_{pn} / y_i & & 0.7 \\ -0.4 & & f_g / f & & -0.1 \end{matrix}$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

【請求項 2】

物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、
前記後群が、前記後群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、

以下の条件式を全て満足することを特徴とする結像光学系。

$$\begin{matrix} 4.0 & | & d_p - d_n & | \\ 0.6 & & y_{pn} / y_i & & 1.2 \end{matrix}$$

$$-0.6 \quad f_g / f \quad -0.1$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

【請求項3】

物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記後群が、前記後群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、

以下の条件式を全て満足することを特徴とする結像光学系。

$$\begin{array}{ccc|ccc} 40 & & | & d_p - d_n & & \\ 0.1 & & & y_{pn} / y_i & & 0.6 \\ 0.1 & & & f_g / f & & 1 \end{array}$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

【請求項4】

前記前群が、前記前群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有することを特徴とする請求項2又は3に記載の結像光学系。

【請求項5】

前記レンズペアにおける前記正レンズと前記負レンズとが接合されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の結像光学系。

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれか1項に記載の結像光学系を備えていることを特徴とする内視鏡装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被写界深度を深くするための画像処理を行う撮影装置に適した結像光学系、及び、それを備えた内視鏡装置に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、取得した画像に画像処理を施し、被写界深度を拡大する方法が開示されている。この特許文献1に記載されている画像処理方法は、結像光学系では波長によって透過する光の焦点距離が異なること、すなわち、色収差が発生することを利用する方法である。具体的には、所定の領域内において、2つ以上の色を取得し、それらの色のうち解像力(鮮鋭度)の低い色を回復させるように画像処理を行っている。

【0003】

そして、その特許文献1に記載されている画像処理方法の実施をするための装置に用いられる結像光学系としては、例えば、特許文献2に記載の結像光学系のように、十分な軸上色収差が発生するものが好ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特表2008-532449号公報

【特許文献2】特開2006-141711

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

10

20

30

40

50

しかし、特許文献1に記載されている画像処理方法において、その画像処理を行う上で必要とされる色収差は軸上色収差のみであり、倍率色収差は必要ではない。

【0006】

ところが、特許文献2に記載されているような一般的な結像光学系は、軸上色収差とともに、倍率色収差が発生してしまう。

【0007】

そのため、特許文献1に記載されている画像処理方法を実施するための装置に、特許文献2に記載されているような結像光学系を用いると、軸上色収差とともに発生した倍率色収差により、画質が劣化してしまうという問題があった。特に、その装置に、画素ピッチの狭い高画素のイメージセンサーを用いる場合、画角が大きくなるほど色が滲み、画像の劣化が激しくなってしまうという問題があった。

10

【0008】

本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、倍率色収差の発生を抑えつつ、軸上色収差を十分に発生させることのできる結像光学系及びそれを用いた内視鏡装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記の目的を達成するために、本発明の結像光学系は、物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記前群が、前記前群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、以下の条件式を全て満足することを特徴とする。

20

$$\begin{array}{r} 3.0 \\ 0.1 \\ -0.4 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} d_p - d_n \\ y_{pn} / y_i \\ f_g / f \end{array} \right| \quad \begin{array}{r} 0.7 \\ 0.1 \end{array}$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

【0010】

また、上記の目的を達成するために、本発明の結像光学系は、物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記後群が、前記後群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、以下の条件式を全て満足することを特徴とする。

30

$$\begin{array}{r} 4.0 \\ 0.6 \\ -0.6 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} d_p - d_n \\ y_{pn} / y_i \\ f_g / f \end{array} \right| \quad \begin{array}{r} 1.2 \\ 0.1 \end{array}$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

40

【0011】

また、上記の目的を達成するために、本発明の結像光学系は、物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記後群が、前記後群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、以下の条件式を全て満足することを特徴とする。

$$\begin{array}{r} 4.0 \\ 0.1 \\ 0.1 \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} d_p - d_n \\ y_{pn} / y_i \\ f_g / f \end{array} \right| \quad \begin{array}{r} 0.6 \\ 1 \end{array}$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長54

50

6 nmの光（e線）を基準とした場合における波長435 nmの光（g線）の軸上色収差、fは波長546 nmの光（e線）における全系の焦点距離である。

【0013】

また、本発明の結像光学系は、前記前群と前記後群のそれぞれに、前記前群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有することが好ましい。

【0014】

また、本発明の結像光学系は、前記レンズペアにおける前記正レンズと前記負レンズとが接合されていることが好ましい。

【0015】

また、上記の目的を達成するために、本発明の内視鏡装置は、上記いずれかの結像光学系を備えていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、倍率色収差の発生を抑えつつ、軸上色収差を十分に発生させることのできる結像光学系及びそれを用いた内視鏡装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の結像光学系のデフォーカス方向のMTFを示す図である。

【図2】従来の結像光学系のデフォーカス方向のMTFを示す図である。

【図3】実施例1に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図4】図3に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図5】図3に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図6】実施例2に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図7】図6に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図8】図6に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図9】実施例3に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図10】図9に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図11】図9に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図12】実施例4に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図13】図12に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図14】図12に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図15】実施例5に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図16】図15に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図17】図15に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図18】実施例6に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図19】図18に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図20】図18に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図21】実施例7に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

10

20

30

40

50

【図22】図21に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図23】図21に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図24】実施例8に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図25】図24に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図26】図24に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図27】実施例9に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

10

【図28】図27に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図29】図27に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図30】実施例10に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図31】図30に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図32】図30に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図33】実施例11に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

20

【図34】図33に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図35】図33に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図36】実施例12に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

【図37】図36に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図38】図36に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図39】実施例13に係る結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。

30

【図40】図39に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。

【図41】図39に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【図42】本発明の結像光学系を備えた内視鏡装置の全体図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本発明の結像光学系及びそれを用いた内視鏡装置の実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果を説明する。なお、本発明の作用効果を具体的に説明するに際しては、本発明の実施形態についても具体的な例を示して説明することになる。しかし、それらの例示される態様は、後述する実施例の場合と同様に、あくまでも本発明に含まれる態様のうちの一部に過ぎず、実際には、数多くのバリエーションが存在する。したがって、本発明は、それらの例示される態様に限定されるものではない。

40

【0019】

本発明の結像光学系は、物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記前群が、前記前群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、以下の条件式を全て満足することを特徴とする。

$$\begin{array}{lcl}
 3.0 & | & d_p - d_n | \quad \dots (1-1) \\
 0.1 & y_{pn} / y_i & 0.7 \quad \dots (2-1) \\
 -0.4 & f_g / f & -0.1 \quad \dots (3-1)
 \end{array}$$

50

ただし、 d_p は前記正レンズのアッペ数、 d_n は前記負レンズのアッペ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

【0020】

このように、前群に、前群中で最も像側に正レンズと負レンズとからなるレンズペアを配置した場合、上記の条件式(1-1)、(2-1)、(3-1)の全てを同時に満足させることにより、この結像光学系では、倍率色収差の発生を抑えつつ、補正不足な状態の軸上色収差を得ることができる。

【0021】

この結像光学系は、条件式(1-1)及び(2-1)を満足するように構成しているため、倍率色収差を効果的に補正することができる。そのため、条件式(3-1)の範囲内の軸上色収差を発生させたとしても、画質の劣化を招かない。

【0022】

なお、条件式(1-1)に代わり、次の条件式(1-1)'、(1-1)"のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 3.5 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \dots (1-1)' \\ 4.0 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \dots (1-1)'' \end{array}$$

【0023】

また、条件式(2-1)に代わり、次の条件式(2-1)'、(2-1)"のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 0.2 \quad y_{pn}/y_i \quad 0.6 \quad \dots (2-1)' \\ 0.25 \quad y_{pn}/y_i \quad 0.55 \quad \dots (2-1)'' \end{array}$$

また、条件式(2-1)'の上限値又は下限値を、条件式(2-1)の上限値又は下限値としても良いし、条件式(2-1)"の上限値又は下限値を、条件式(2-1)、(2-1)'の上限値又は下限値としても良い。

【0024】

さらに、条件式(3-1)に代わり、次の条件式(3-1)'、(3-1)"のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} -0.35 \quad f_g/f \quad -0.13 \quad \dots (3-1)' \\ -0.30 \quad f_g/f \quad -0.15 \quad \dots (3-1)'' \end{array}$$

また、条件式(3-1)'の上限値又は下限値を、条件式(3-1)の上限値又は下限値としても良いし、条件式(3-1)"の上限値又は下限値を、条件式(3-1)、(3-1)'の上限値又は下限値としても良い。

【0025】

ここで、図1及び図2を用いて、被写界深度を拡大するための画像処理に対するこの結像光学系と従来の結像光学系との適応性を比較する。

【0026】

なお、図1は、この結像光学系のデフォーカス方向(ピントずれ量)のMTF(結像性能)を示す図である。図2は、従来の結像光学系のデフォーカス方向のMTFを示す図である。また、図1及び図2において、縦軸はMTF、横軸はデフォーカス量である。

【0027】

これらの図からもわかるように、この結像光学系(図1)は、従来の結像光学系(図2)と比較して、色ごとのMTFピーク値が大きく異なっている。つまり、MTFが10%を切る位置を深度端とした場合、その位置が色ごとに大きく異なっている。

【0028】

特許文献1に記載されているような被写界深度を拡大するための画像処理方法は、解像力(鮮鋭度)の高い色の情報に基づいて、解像力(鮮鋭度)の低い色の回復処理を行うというものである。そのため、この画像処理を行った場合、被写界深度は解像力(鮮鋭度)の高い色の深度端の位置に応じて拡大されることになる。

10

20

30

40

50

【0029】

したがって、特許文献1に記載されているような画像処理を行う装置には、従来の結像光学系を用いるよりもこの結像光学系を用いる方が、大きく被写界深度を拡大させることができ、また、倍率色収差の増大による画質の劣化も抑えることができる。

【0030】

また、本発明の結像光学系は、物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記後群が、前記後群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、以下の条件式を全て満足することを特徴とする。

$$\begin{array}{l} 4.0 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \dots (1-2) \\ 0.6 \quad y_{pn} / y_i \quad 1.2 \quad \dots (2-2) \\ -0.6 \quad f_g / f \quad -0.1 \quad \dots (3-2) \end{array} \quad 10$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長546nmの光(e線)を基準とした場合における波長435nmの光(g線)の軸上色収差、 f は波長546nmの光(e線)における全系の焦点距離である。

【0031】

このように、後群に、後群中で最も像側に正レンズと負レンズとからなるレンズペアを配置した場合には、上記の条件式(1-2)、(2-2)、(3-2)の全てを同時に満足させることにより、この結像光学系では、倍率色収差の発生を抑えつつ、補正不足な状態の軸上色収差を得ることができる。

【0032】

なお、条件式(1-2)に代わり、次の条件式(1-2)'、(1-2)"のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 4.5 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \dots (1-2)' \\ 5.0 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \dots (1-2)'' \end{array}$$

【0033】

また、条件式(2-2)に代わり、次の条件式(2-2)'、(2-2)"のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 0.7 \quad y_{pn} / y_i \quad 1.1 \quad \dots (2-2)' \\ 0.8 \quad y_{pn} / y_i \quad 1.05 \quad \dots (2-2)'' \end{array} \quad 30$$

また、条件式(2-2)'の上限値又は下限値を、条件式(2-2)の上限値又は下限値としても良いし、条件式(2-2)"の上限値又は下限値を、条件式(2-2)、(2-2)'の上限値又は下限値としても良い。

【0034】

さらに、条件式(3-2)に代わり、次の条件式(3-2)'、(3-2)"のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} -0.5 \quad f_g / f \quad -0.13 \quad \dots (3-2)' \\ -0.45 \quad f_g / f \quad -0.15 \quad \dots (3-2)'' \end{array}$$

また、条件式(3-2)'の上限値又は下限値を、条件式(3-2)の上限値又は下限値としても良いし、条件式(3-2)"の上限値又は下限値を、条件式(3-2)、(3-2)'の上限値又は下限値としても良い。

【0035】

また、本発明の結像光学系は、物体側から順に、前群と、絞りと、後群と、からなる結像光学系において、前記後群が、前記後群中で最も像側に正レンズと負レンズが並んで配置されたレンズペアを有し、以下の条件式を全て満足することを特徴とする。

$$\begin{array}{l} 4.0 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \dots (1-3) \\ 0.1 \quad y_{pn} / y_i \quad 0.6 \quad \dots (2-3) \\ 0.1 \quad f_g / f \quad 1 \quad \dots (3-3) \end{array} \quad 40$$

ただし、 d_p は前記正レンズのアッベ数、 d_n は前記負レンズのアッベ数、 y_{pn} は前記正レンズ又は前記負レンズにおける主光線の最大光線高、 y_i は像高、 f_g は波長54

6 nmの光 (e 線) を基準とした場合における波長 4 3 5 nmの光 (g 線) の軸上色収差、 f は波長 5 4 6 nmの光 (e 線) における全系の焦点距離である。

【 0 0 3 6 】

このように、後群に、後群中で最も像側に正レンズと負レンズとからなるレンズペアを配置した場合には、上記の条件式 (1 - 3) 、 (2 - 3) 、 (3 - 3) の全てを同時に満足させることにより、この結像光学系では、倍率色収差の発生を抑えつつ、補正過剰な状態の軸上色収差を得ることができる。

【 0 0 3 7 】

なお、条件式 (1 - 3) に代わり、次の条件式 (1 - 3) ' 、 (1 - 3) " のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 50 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \cdots (1-3)' \\ 55 \quad | \quad d_p - d_n | \quad \cdots (1-3)'' \end{array}$$

【 0 0 3 8 】

また、条件式 (2 - 3) に代わり、次の条件式 (2 - 3) ' 、 (2 - 3) " のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 0.2 \quad y_{pn} / y_i \quad 0.55 \quad \cdots (2-3)' \\ 0.25 \quad y_{pn} / y_i \quad 0.5 \quad \cdots (2-3)'' \end{array}$$

また、条件式 (2 - 3) ' の上限値又は下限値を、条件式 (2 - 3) の上限値又は下限値としても良いし、条件式 (2 - 3) " の上限値又は下限値を、条件式 (2 - 3) 、 (2 - 3) ' の上限値又は下限値としても良い。

【 0 0 3 9 】

さらに、条件式 (3 - 3) に代わり、次の条件式 (3 - 3) ' 、 (3 - 3) " のいずれかを満足するように構成するとさらに好ましい。

$$\begin{array}{l} 0.13 \quad f_g / f \quad 0.95 \quad \cdots (3-3)' \\ 0.15 \quad f_g / f \quad 0.9 \quad \cdots (3-3)'' \end{array}$$

また、条件式 (3 - 3) ' の上限値又は下限値を、条件式 (3 - 3) の上限値又は下限値としても良いし、条件式 (3 - 3) " の上限値又は下限値を、条件式 (3 - 3) 、 (3 - 3) ' の上限値又は下限値としても良い。

【 0 0 4 2 】

また、本発明の結像光学系は、前記レンズペアにおける前記正レンズと前記負レンズとが接合されていることが好ましい。

【 0 0 4 3 】

レンズペアを構成する正レンズと負レンズとを接合して接合レンズとすることにより、その接合面を全反射することのない曲率の大きな面とすることができるため、倍率色収差を効果的に補正することができる。

【 0 0 4 4 】

また、本発明の内視鏡装置は、上記いずれかの発明の結像光学系を備えていることを特徴とする。

【 0 0 4 5 】

一般に、内視鏡装置においては、被写界深度の大きい画像を取得することが好ましい。そのため、被写界深度を拡大する手段として特許文献 1 に記載されているような画像処理方法を用いる場合には、上記いずれかの結像光学系を用いると良い。また、この結像光学系はレトロフォーカスタイプの光学系とし得るため小型化が容易であり、その点においても、内視鏡装置に好適である。

【 0 0 4 6 】

以下に、本発明の結像光学系の実施例及び本発明の結像光学系を用いた内視鏡装置について図面を参照しながら説明する。

【 0 0 4 7 】

なお、光学系断面図の r_1 、 r_2 、 \cdots 及び d_1 、 d_2 、 \cdots において下付き文字として示した数字は、数値データにおける面番号 1、2、 \cdots に対応している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 8 】

また、数値データにおいては、 s は面番号、 r は各面の曲率半径、 d は面間隔、 $n d$ は d 線（波長 5 8 7 . 5 6 n m）における屈折率、 d は d 線におけるアッペ数をそれぞれ示している。

【 実施例 1 】

【 0 0 4 9 】

以下に、図 3 ~ 図 5 を用いて、実施例 1 に係る結像光学系について詳細に説明する。

【 0 0 5 0 】

なお、図 3 は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図 4 は、図 3 に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図 5 は、図 3 に示した結像光学系の収差図であり、(a) は球面収差、(b) は像面湾曲収差、(c) は歪曲収差、(d) は倍率色収差を示している。

10

【 0 0 5 1 】

図 3 及び図 4 に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群 F G と、絞り S と、後群 R G とからなり、これらは光軸 $L c$ 上に配置されている。

【 0 0 5 2 】

前群 F G は、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズ L_1 と、平レンズであるレンズ L_2 と、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズである L_3 と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L_4 とにより構成されている。なお、レンズ L_3 とレンズ L_4 とが、負レンズと正レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズ L_3 とレンズ L_4 とは接合されている。

20

【 0 0 5 3 】

後群 R G は、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L_5 と、正の屈折力を持ち物体側に凸面を向けた平凸レンズであるレンズ L_6 とにより構成されている。

【 0 0 5 4 】

数値データ 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
s	r	d	$n d$	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.444	1.15		
3		0.31	1.51633	64.14
4		0.20		
5		0.81	1.51633	64.14
6	5.020	1.60	1.84666	23.78
7	-3.423	0.90		
8 (絞り)		0.35		
9	14.280	1.40	1.72916	54.68
10	-10.484	2.42		
11	3.301	1.40	1.61800	63.33
12		0.73		

30

【 0 0 5 5 】

各種データ

レンズペアの負レンズのアッペ数 d_p	:	64.140
レンズペアの正レンズのアッペ数 d_n	:	23.780
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	0.766
像高 y_i	:	1.500
e 線を基準とした場合の g 線の軸上色収差 f_g	:	-0.236

40

50

全系の焦点距離 f (mm) : 1.497

【0056】

条件式

$$\begin{aligned}
 (1-1) \quad 3.0 & \quad |d_p - d_n| & : & 40.360 \\
 (2-1) \quad 0.1 & \quad y_{pn} / y_i & 0.7 & : & 0.511 \\
 (3-1) \quad -0.4 & \quad f_g / f & -0.1 & : & -0.158
 \end{aligned}$$

【実施例2】

【0057】

以下に、図6～図8を用いて、実施例2に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0058】

10

なお、図6は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図7は、図6に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図8は、図6に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0059】

図6及び図7に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0060】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL1と、平レンズであるレンズL2と、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるL3と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL4とにより構成されている。なお、レンズL3とレンズL4とが、負レンズと正レンズとからなるレンズペアとなっている。

20

【0061】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL5と、正の屈折力を持ち物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL6とにより構成されている。

【0062】

数値データ2

単位 mm

30

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	nd	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.427	1.03		
3		0.31	1.51633	64.14
4		0.20		
5		0.50	1.51633	64.14
6	4.866	0.20		
7	4.760	2.35	1.84666	23.78
8	-3.872	0.70		
9(絞り)		0.39		
10	5.924	0.65	1.72916	54.68
11	-230.883	3.15		
12	2.866	0.80	1.61800	63.33
13	11.660	0.81		

40

【0063】

各種データ

レンズペアの負レンズのアッペ数 d_p : 64.140
 レンズペアの正レンズのアッペ数 d_n : 23.780

50

レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn} : 0.755
 像高 y_i : 1.500
 e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g : -0.248
 全系の焦点距離 f (mm) : 1.500

【0064】

条件式

$(1-1) \quad 3.0 \quad | \quad d_p - d_n \quad | \quad : \quad 40.360$
 $(2-1) \quad 0.1 \quad y_{pn} / y_i \quad 0.7 \quad : \quad 0.503$
 $(3-1) \quad -0.4 \quad f_g / f \quad -0.1 \quad : \quad -0.165$

【実施例3】

【0065】

以下に、図9～図11を用いて、実施例3に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0066】

なお、図9は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図10は、図9に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図11は、図9に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0067】

図9及び図10に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0068】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、負の屈折力を持つ両凹レンズであるL₃と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₄とにより構成されている。なお、レンズL₃とレンズL₄とが、負レンズと正レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₃とレンズL₄とは接合されている。

【0069】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₅と、正の屈折力を持ち物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₆とにより構成されている。

【0070】

数値データ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
s	r	d	nd	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.680	1.15		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.42		
5	-7.211	0.56	1.49700	81.54
6	4.780	0.83	1.92286	18.90
7	-3.600	0.62		
8(絞り)		2.35		
9	24.437	0.42	1.77250	49.60
10	-14.827	1.61		
11	2.525	0.83	1.49700	81.54
12	11.074	1.28		

【0071】

各種データ

10

20

30

40

50

レンズペアの <u>負</u> レンズのアップベ数 d_p	:	81.540
レンズペアの <u>正</u> レンズのアップベ数 d_n	:	18.900
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	0.478
像高 y_i	:	1.500
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	-0.436
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.500

【0072】

条件式

(1-1)	30	$d_p - d_n$:	62.640	
(2-1)	0.1	y_{pn} / y_i	0.7	:	0.318
(3-1)	-0.4	f_g / f	-0.1	:	-0.291

10

【実施例4】

【0073】

以下に、図12～図14を用いて、実施例4に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0074】

なお、図12は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図13は、図12に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図14は、図12に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

20

【0075】

図12及び図13に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0076】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるL₃と、負の屈折力を持つ両凹レンズであるレンズL₄とにより構成されている。なお、レンズL₃とレンズL₄とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₃とレンズL₄とは接合されている。

【0077】

後群RGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₅と、正の屈折力を持ち物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₆とにより構成されている。

30

【0078】

数値データ4

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アップベ数
s	r	d	nd	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.652	1.15		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.83		
5	3.535	0.50	1.92286	18.90
6	-4.330	0.48	1.49700	81.54
7	6.373	0.37		
8(絞り)		1.67		
9	4.327	1.23	1.77250	49.60
10	13.590	1.38		
11	2.601	0.70	1.49700	81.54

40

50

12 13.251 0.94

【 0 0 7 9 】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッベ数 d_p : 18.900
 レンズペアの負レンズのアッベ数 d_n : 81.540
 レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn} : 0.405
 像高 y_i : 1.500
 e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g : -0.416
 全系の焦点距離 f (mm) : 1.501

【 0 0 8 0 】

条件式

(1 - 1) 3 0 | $d_p - d_n$ | : 62.640
 (2 - 1) 0 . 1 y_{pn} / y_i 0 . 7 : 0.270
 (3 - 1) - 0 . 4 f_g / f - 0 . 1 : -0.277

【実施例5】

【 0 0 8 1 】

以下に、図15～図17を用いて、実施例5に係る結像光学系について詳細に説明する。

【 0 0 8 2 】

なお、図15は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図16は、図15に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図17は、図15に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【 0 0 8 3 】

図15及び図16に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【 0 0 8 4 】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、正の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるL₃とにより構成されている。

【 0 0 8 5 】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₄と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₅と、負の屈折力を持つ両凹レンズであるレンズL₆とにより構成されている。なお、レンズL₅とレンズL₆とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₅とレンズL₆とは接合されている。

【 0 0 8 6 】

数値データ5

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
s	r	d	nd	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.240	1.55		
3		0.31	1.51633	64.14
4		0.60		
5	-31.409	1.59	1.84666	23.78
6	-3.028	0.39		
7(絞り)		0.92		
8	6.010	0.60	1.77250	49.60
9	-67.508	3.00		

10

20

30

40

50

10	3.187	0.89	1.49700	81.54
11	-2.676	0.30	1.84666	23.78
12	20.151	1.00		

【0087】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッベ数 d_p	:	81.540	
レンズペアの負レンズのアッベ数 d_n	:	23.780	
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	1.244	
像高 y_i	:	1.500	
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	-0.291	
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.500	

10

【0088】

条件式

(1-2)	40	$d_p - d_n$:	57.760	
(2-2)	0.6	y_{pn} / y_i	1.2	:	0.829
(3-2)	-0.6	f_g / f	-0.1	:	-0.194

【実施例6】

【0089】

以下に、図18～図20を用いて、実施例6に係る結像光学系について詳細に説明する。

20

【0090】

なお、図18は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図19は、図18に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図20は、図18に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0091】

図18及び図19に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0092】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるL₃とにより構成されている。

30

【0093】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₄と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₅と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₆とにより構成されている。なお、レンズL₅とレンズL₆とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。

【0094】

数値データ6

単位 mm

40

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
s	r	d	nd	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.327	1.06		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.57		
5	21.973	0.56	1.84666	23.78
6	-3.207	1.23		
7(絞り)		1.04		

50

8	8.574	0.60	1.77250	49.60
9	-120.617	2.34		
10	4.063	0.81	1.49700	81.54
11	-3.742	0.25		
12	-2.826	0.52	1.84666	23.78
13	-3.669	0.79		

【0095】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッベ数 d_p	:	81.540	
レンズペアの負レンズのアッベ数 d_n	:	23.780	10
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	1.482	
像高 y_i	:	1.500	
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	-0.271	
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.501	

【0096】

条件式

(1-2)	40	$d_p - d_n$:	57.760	
(2-2)	0.6	y_{pn} / y_i	1.2	:	0.988
(3-2)	-0.6	f_g / f	-0.1	:	-0.181

【実施例7】

【0097】

以下に、図21～図23を用いて、実施例7に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0098】

なお、図21は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図22は、図21に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図23は、図21に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0099】

図21及び図22に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0100】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるL₃とにより構成されている。

【0101】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₄と、負の屈折力を持ち物体側に凸面を向けたメニスカスレンズL₅と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₆とにより構成されている。なお、レンズL₅とレンズL₆とが、負レンズと正レンズとからなるレンズペアとなっている。

【0102】

数値データ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
s	r	d	nd	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.326	1.06		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.57		

10

20

30

40

50

5	12.633	0.66	1.84666	23.78
6	-3.583	1.36		
7 (絞 り)		0.85		
8	8.814	0.60	1.77250	49.60
9	-62.617	2.23		
10	3.383	0.52	1.84666	23.78
11	2.647	0.25		
12	4.068	0.88	1.49700	81.54
13	-3.820	0.88		

【 0 1 0 3 】

10

各種データ

レンズペアの正レンズのアッペ数 d_p	:	81.540
レンズペアの負レンズのアッペ数 d_n	:	23.780
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	1.409
像高 y_i	:	1.500
e 線を基準とした場合の g 線の軸上色収差 f_g	:	-0.275
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.501

【 0 1 0 4 】

条件式

(1 - 2)	4 0	$d_p - d_n$:	57.760	
(2 - 2)	0 . 6	y_{pn} / y_i	1 . 2	:	0.939
(3 - 2)	- 0 . 6	f_g / f	- 0 . 1	:	-0.183

20

【 実施例 8 】

【 0 1 0 5 】

以下に、図 2 4 ~ 図 2 6 を用いて、実施例 8 に係る結像光学系について詳細に説明する。

【 0 1 0 6 】

なお、図 2 4 は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図 2 5 は、図 2 4 に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図 2 6 は、図 2 4 に示した結像光学系の収差図であり、(a) は球面収差、(b) は像面湾曲収差、(c) は歪曲収差、(d) は倍率色収差を示している。

30

【 0 1 0 7 】

図 2 4 及び図 2 5 に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群 F G と、絞り S と、後群 R G とからなり、これらは光軸 L c 上に配置されている。

【 0 1 0 8 】

前群 F G は、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズ L₁ と、平レンズであるレンズ L₂ と、正の屈折力を持つ両凸レンズである L₃ とにより構成されている。

【 0 1 0 9 】

後群 R G は、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズ L₄ と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L₅ と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズ L₆ とにより構成されている。なお、レンズ L₅ とレンズ L₆ とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズ L₅ とレンズ L₆ とは接合されている。

40

【 0 1 1 0 】

数値データ 8

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	n d	d

50

1		0.50	1.88300	40.76
2	1.467	1.10		
3		0.31	1.51633	64.14
4		2.22		
5	2.722	0.77	1.92286	18.90
6	-3.567	0.10		
7 (絞り)		0.33		
8	-1.633	1.22	1.77250	49.60
9	-5.682	2.06		
10	3.019	1.50	1.49700	81.54
11	-1.810	0.68	1.92286	18.90
12	-3.039	1.10		

10

【0111】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッベ数 d_p	:	81.540
レンズペアの負レンズのアッベ数 d_n	:	18.900
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	1.537
像高 y_i	:	1.500
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	-0.608
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.501

20

【0112】

条件式

(1-2)	40	$d_p - d_n$:	62.640	
(2-2)	0.6	y_{pn} / y_i	1.2	:	1.025
(3-2)	-0.6	f_g / f	-0.1	:	-0.405

【実施例9】

【0113】

以下に、図27～図29を用いて、実施例9に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0114】

30

なお、図27は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図28は、図27に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図29は、図27に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0115】

図27及び図28に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0116】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるL₃とにより構成されている。

40

【0117】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₄と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₅と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₆とにより構成されている。なお、レンズL₅とレンズL₆とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₅とレンズL₆とは接合されている。

【0118】

数値データ9

単位 mm

50

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッベ数
s	r	d	n d	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	2.910	0.99		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.58		
5	-1.439	0.63	1.84666	23.78
6	-10.597	0.32		
7 (絞り)		0.34		
8	3.187	1.57	1.69680	55.53
9	-2.719	0.10		
10	3.210	0.93	1.49700	81.54
11	-1.514	0.40	1.84666	23.78
12	-6.662	4.77		

10

【0119】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッベ数 d_p	:	81.540	
レンズペアの負レンズのアッベ数 d_n	:	23.780	
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	0.592	20
像高 y_i	:	1.500	
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	0.326	
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.583	

【0120】

条件式

(1 - 3)	40	$d_p - d_n$:	57.760	
(2 - 3)	0.1	y_{pn} / y_i	0.6	:	0.395
(3 - 3)	0.1	f_g / f	1	:	0.206

【実施例10】

【0121】

30

以下に、図30～図32を用いて、実施例10に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0122】

なお、図30は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図31は、図30に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図32は、図30に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0123】

図30及び図31に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

40

【0124】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるL₃とにより構成されている。

【0125】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₄と、負の屈折力を持ち物体側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₅と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₆とにより構成されている。なお、レンズL₅とレンズL₆とが、負レンズと正レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₅とレンズL₆とは接合されている。

50

【 0 1 2 6 】

数値データ 1 0

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	n d	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.659	0.99		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.04		
5	-2.737	1.14	1.84666	23.78
6	-6.321	0.28		
7 (絞り)		0.29		
8	3.767	0.52	1.69680	55.53
9	-4.756	0.22		
10	2.748	0.40	1.84666	23.78
11	1.125	0.66	1.49700	81.54
12	-5.461	4.53		

10

【 0 1 2 7 】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッペ数 d_p	:	81.540
レンズペアの負レンズのアッペ数 d_n	:	23.780
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	0.393
像高 y_i	:	1.500
e 線を基準とした場合の g 線の軸上色収差 f_g	:	0.231
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.502

20

【 0 1 2 8 】

条件式

(1 - 3)	4 0	$d_p - d_n$:	57.760	
(2 - 3)	0 . 1	y_{pn} / y_i	0 . 6	:	0.262
(3 - 3)	0 . 1	f_g / f	1	:	0.154

30

【 実施例 1 1 】

【 0 1 2 9 】

以下に、図 3 3 ~ 図 3 5 を用いて、実施例 1 1 に係る結像光学系について詳細に説明する。

【 0 1 3 0 】

なお、図 3 3 は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図 3 4 は、図 3 3 に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図 3 5 は、図 3 3 に示した結像光学系の収差図であり、(a) は球面収差、(b) は像面湾曲収差、(c) は歪曲収差、(d) は倍率色収差を示している。

40

【 0 1 3 1 】

図 3 3 及び図 3 4 に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群 F G と、絞り S と、後群 R G とからなり、これらは光軸 L c 上に配置されている。

【 0 1 3 2 】

前群 F G は、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズ L_1 と、平レンズであるレンズ L_2 と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズである L_3 とにより構成されている。

【 0 1 3 3 】

後群 R G は、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L_4 と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L_5 と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニ

50

スカスレンズであるレンズ L_6 とにより構成されている。なお、レンズ L_5 とレンズ L_6 とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。

【0134】

数値データ1.1

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	n d	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	2.109	0.99		
3		0.31	1.51633	64.14
4		1.78		
5	-3.248	0.65	1.84666	23.78
6	-9.385	0.52		
7 (絞り)		0.14		
8	2.955	1.53	1.69680	55.53
9	-4.246	0.10		
10	2.875	0.62	1.49700	81.54
11	-1.433	0.15		
12	-1.208	0.81	1.92286	18.90
13	-3.974	3.69		

10

20

【0135】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッペ数 d_p	:	81.540
レンズペアの負レンズのアッペ数 d_n	:	18.900
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	0.597
像高 y_i	:	1.500
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	0.291
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.519

30

【0136】

条件式

(1-3) 4.0	$d_p - d_n$:	62.640	
(2-3) 0.1	y_{pn} / y_i	0.6	:	0.398
(3-3) 0.1	f_g / f	1	:	0.194

【実施例1.2】

【0137】

以下に、図3.6～図3.8を用いて、実施例1.2に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0138】

なお、図3.6は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図3.7は、図3.6に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図3.8は、図3.6に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は像面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

40

【0139】

図3.6及び図3.7に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0140】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズ L_1 と、平レンズであるレンズ L_2 と、正の屈折力を持つ両凸レンズである L_3 と、負の屈折力を持つ両凹レンズである L_4 とにより構成されている。なお、レンズ L_3 とレン

50

ズ L_4 とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズ L_3 とレンズ L_4 とは接合されている。

【0141】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L_5 と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズ L_6 と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズ L_7 とにより構成されている。なお、レンズ L_6 とレンズ L_7 とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズ L_6 とレンズ L_7 とは接合されている。

【0142】

数値データ12

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	n d	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.955	0.86		
3		0.31	1.51633	64.14
4		2.07		
5	18.048	1.47	1.72916	54.68
6	-0.919	0.30	1.92286	18.90
7	9.546	0.05		
8(絞り)		0.62		
9	2.238	0.66	1.69680	55.53
10	-2.864	0.10		
11	2.821	1.17	1.49700	81.54
12	-0.986	0.30	1.84666	23.78
13	-23.210	3.73		

【0143】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッペ数 d_p	:	81.540
レンズペアの負レンズのアッペ数 d_n	:	23.780
レンズペアにおける主光線の最大光線高 y_{pn}	:	0.488
像高 y_i	:	1.500
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差 f_g	:	1.331
全系の焦点距離 f (mm)	:	1.500

【0144】

条件式

(1-3)	40	$ d_p - d_n $:	57.760	
(2-3)	0.1	y_{pn} / y_i	0.6	:	0.325
(3-3)	0.1	f_g / f	1	:	0.887

【実施例13】

【0145】

以下に、図39～図41を用いて、実施例13に係る結像光学系について詳細に説明する。

【0146】

なお、図39は、この結像光学系の構成及び光路を示す光軸に沿う断面図である。図40は、図39に示した結像光学系を構成するレンズの詳細を示す光軸に沿う断面図である。図41は、図39に示した結像光学系の収差図であり、(a)は球面収差、(b)は曲面湾曲収差、(c)は歪曲収差、(d)は倍率色収差を示している。

【0147】

10

20

30

40

50

図39及び図40に示すように、この結像光学系は、物体側から順に、前群FGと、絞りSと、後群RGとからなり、これらは光軸Lc上に配置されている。

【0148】

前群FGは、物体側から順に、負の屈折力を持ち像側に凹面を向けた平凹レンズであるレンズL₁と、平レンズであるレンズL₂と、正の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるL₃と、負の屈折力を持つ両凹レンズであるL₄とにより構成されている。なお、レンズL₃とレンズL₄とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₃とレンズL₄とは接合されている。

【0149】

後群RGは、物体側から順に、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₅と、正の屈折力を持つ両凸レンズであるレンズL₆と、負の屈折力を持ち像側に凸面を向けたメニスカスレンズであるレンズL₇とにより構成されている。なお、レンズL₆とレンズL₇とが、正レンズと負レンズとからなるレンズペアとなっている。また、レンズL₆とレンズL₇とは接合されている。

【0150】

数値データ13

単位 mm

面データ

面番号	曲率半径	面間隔	屈折率	アッペ数
s	r	d	n d	d
1		0.50	1.88300	40.76
2	1.942	1.18		
3		0.31	1.51633	64.14
4		0.38		
5	-13.726	1.46	1.71999	50.23
6	-0.909	0.44	1.92286	18.90
7	30.100	0.11		
8(絞り)		0.35		
9	3.949	1.11	1.69680	55.53
10	-2.395	0.68		
11	2.664	1.03	1.49700	81.54
12	-1.441	0.40	1.84666	23.78
13	-7.200	3.83		

【0151】

各種データ

レンズペアの正レンズのアッペ数	d _p	:	81.540
レンズペアの負レンズのアッペ数	d _n	:	23.780
レンズペアにおける主光線の最大光線高	y _{pn}	:	0.694
像高	y _i	:	1.500
e線を基準とした場合のg線の軸上色収差	f _g	:	0.731
全系の焦点距離	f (mm)	:	1.519

【0152】

条件式

(1-3)	40	d _p - d _n	:	57.760	
(2-3)	0.1	y _{pn} / y _i	0.6	:	0.463
(3-3)	0.1	f _g / f	1	:	0.481

【0153】

なお、本発明の結像光学系は、図42に示すような内視鏡装置に用いても良い。なお、この内視鏡装置は、患者の体内へ挿入するための挿入部1と、内視鏡操作部2と、内部に光源ユニットと画像処理ユニットを備えた制御ユニット3と、制御ユニット3から出力さ

10

20

30

40

50

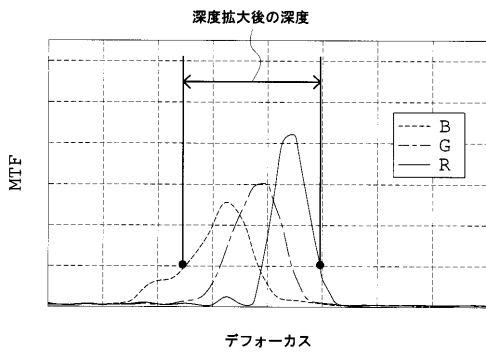
れた画像を表示するモニター 4 とからなる。そして、挿入部 1 1 は、その先端部 1 a に、本発明の内視鏡用結像光学系を備えている。

【符号の説明】

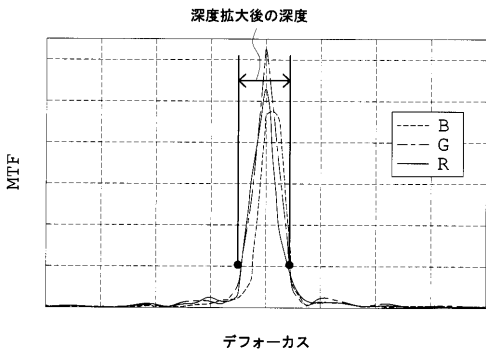
【 0 1 5 4 】

- F G 前群
- R G 後群
- L C 光軸
- L₁、L₂、L₃、L₄、L₅、L₆、L₇ レンズ
- S 絞り
- 1 挿入部
- 1 a 先端部
- 2 内視鏡操作部
- 3 制御ユニット
- 4 モニター

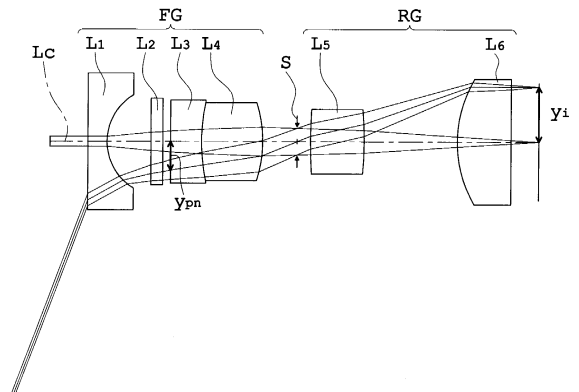
【 図 1 】



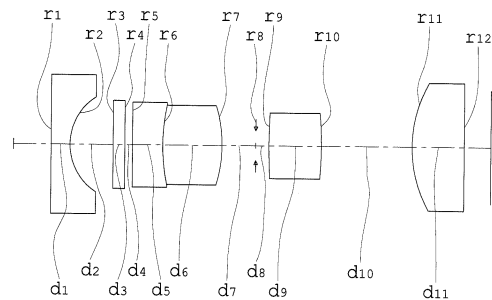
【 図 2 】



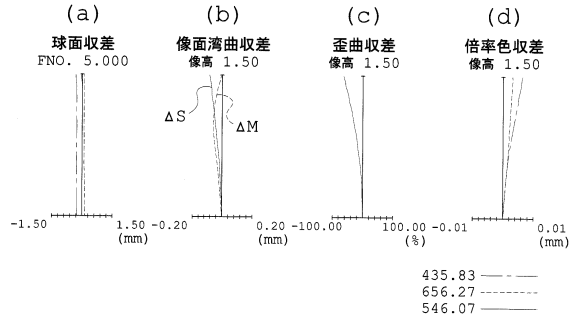
【 図 3 】



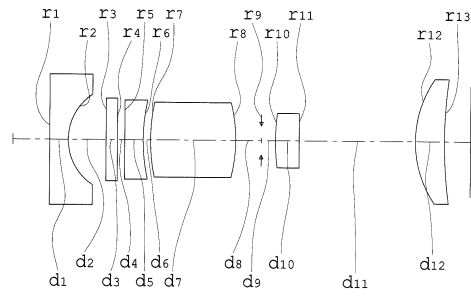
【 図 4 】



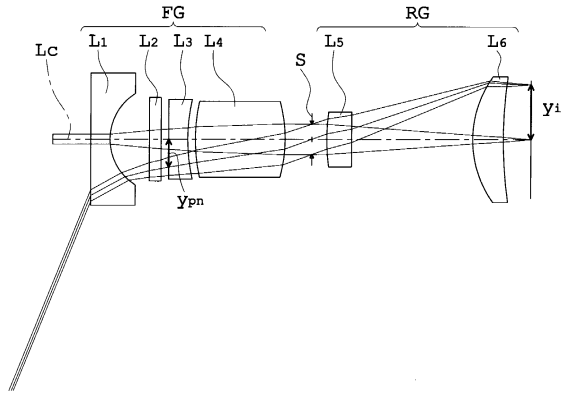
【 図 5 】



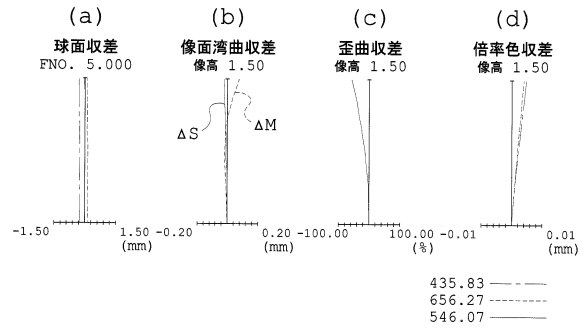
【 図 7 】



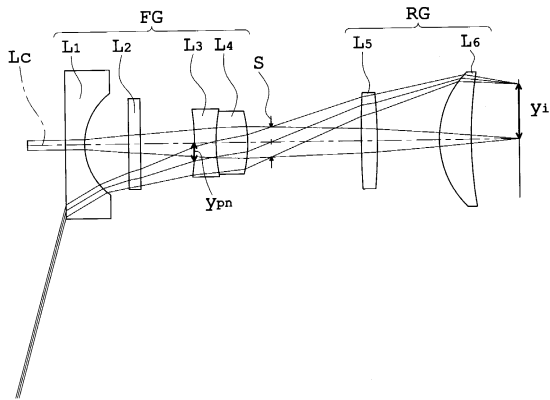
【 図 6 】



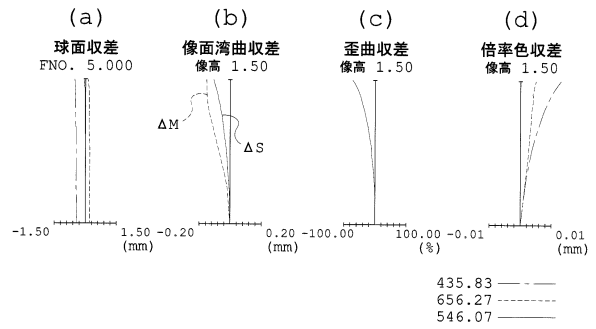
【 図 8 】



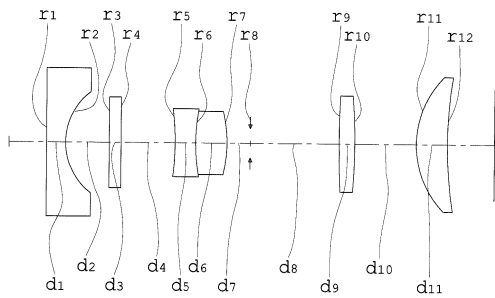
【 図 9 】



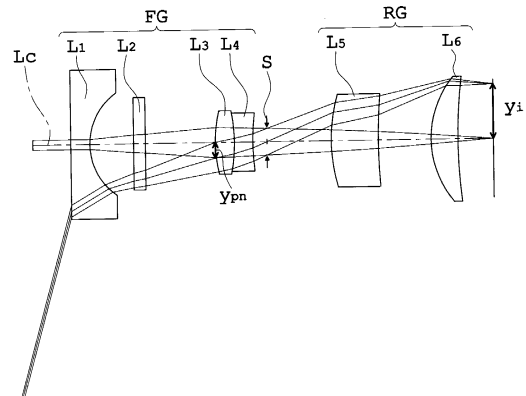
【 図 1 1 】



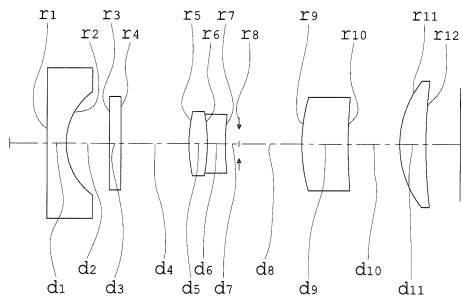
【 図 1 0 】



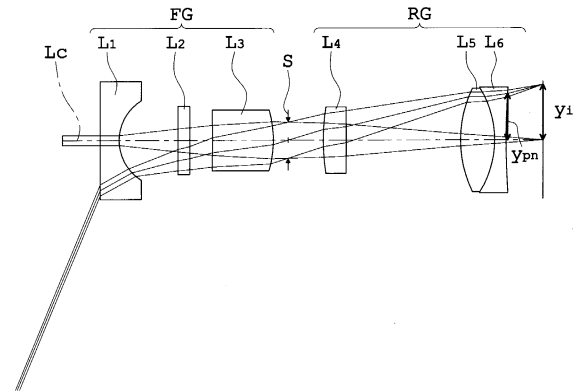
【 図 1 2 】



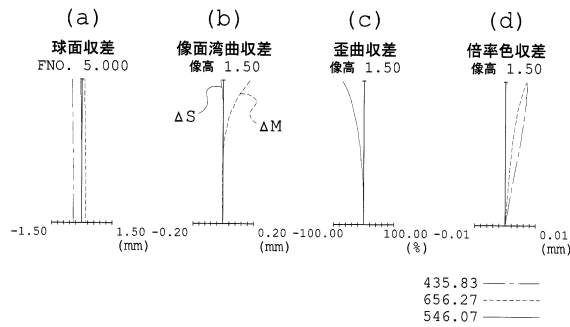
【图 13】



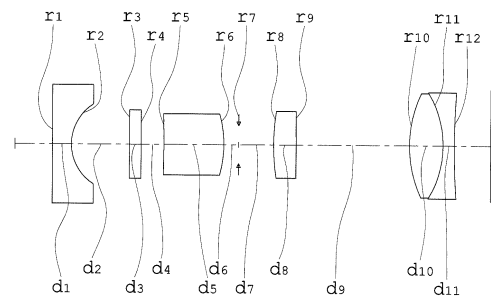
【图 15】



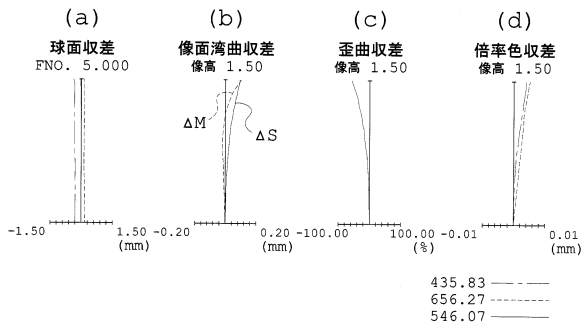
【图 14】



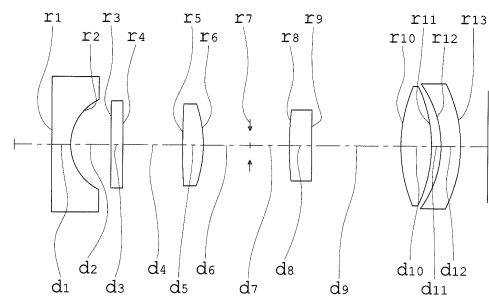
【图 16】



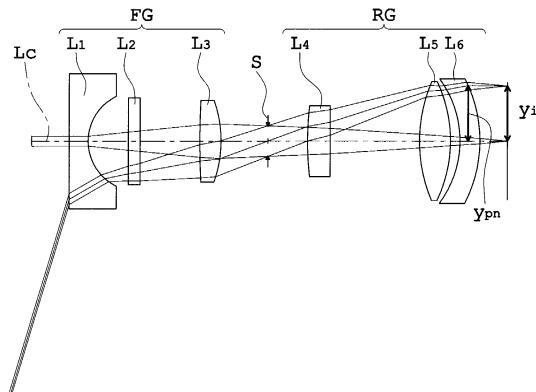
【图 17】



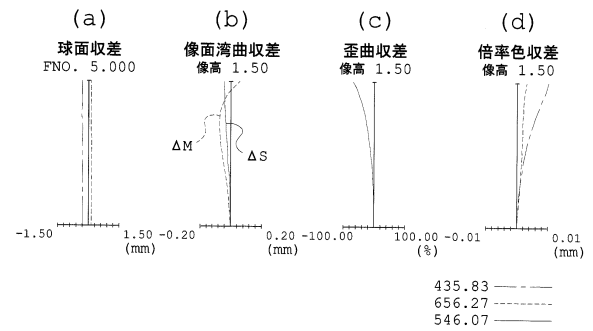
【图 19】



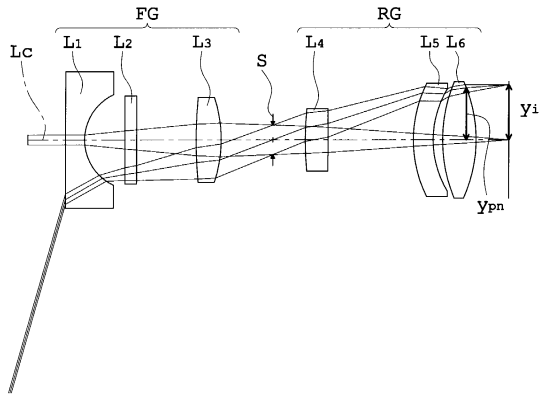
【图 18】



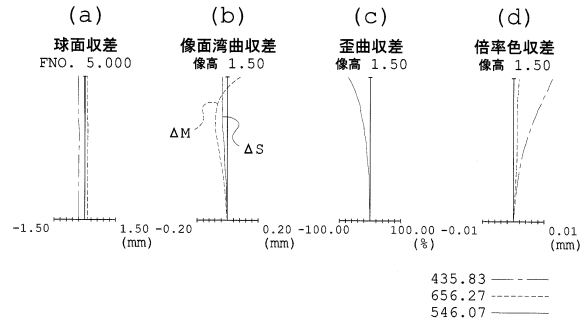
【图 20】



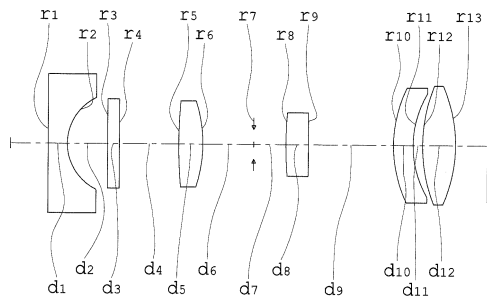
【 図 2 1 】



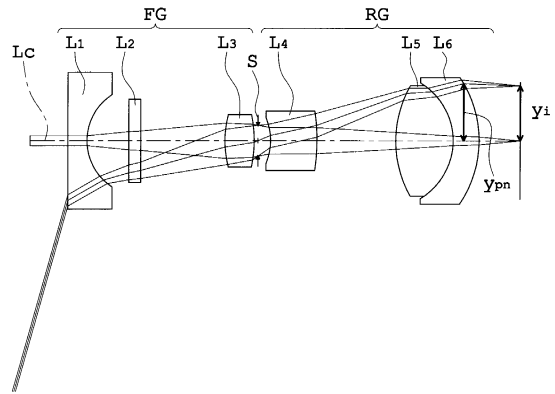
【 図 2 3 】



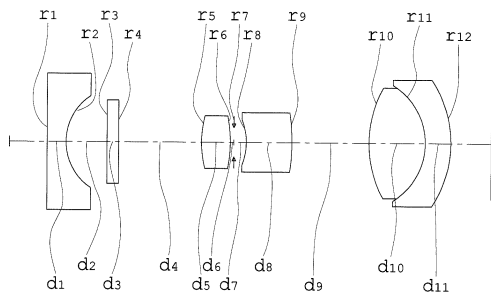
【 図 2 2 】



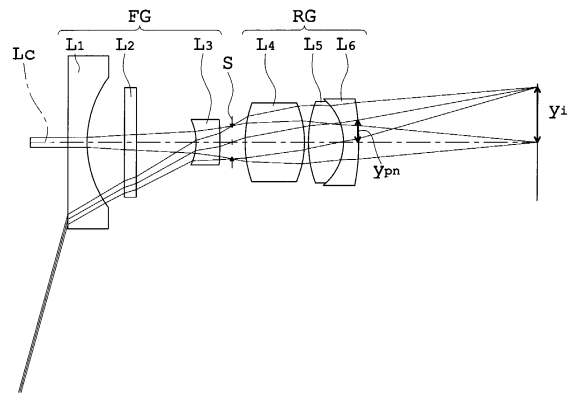
【 図 2 4 】



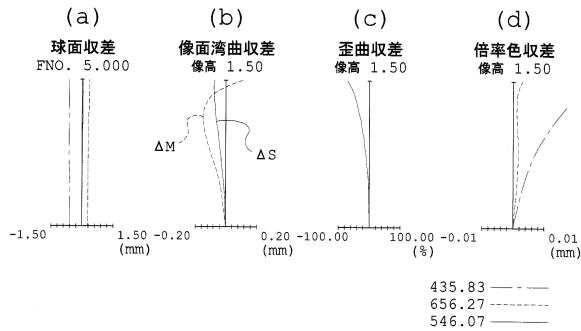
【 図 2 5 】



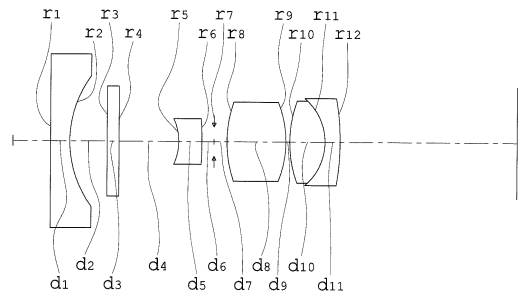
【 図 2 7 】



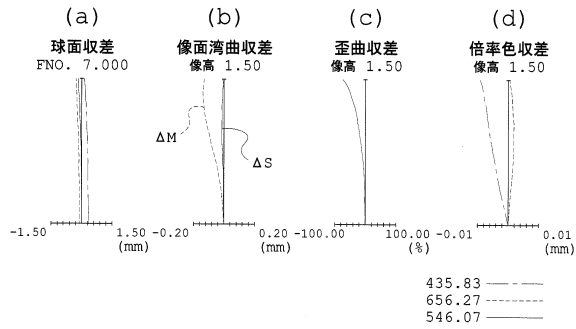
【 図 2 6 】



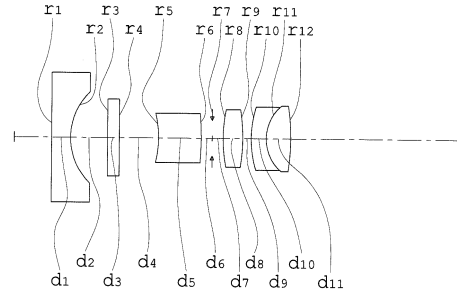
【 図 2 8 】



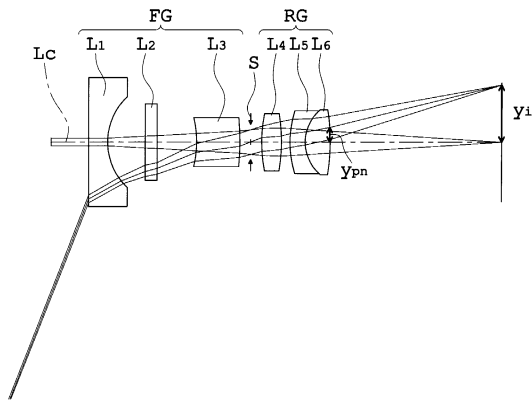
【图 29】



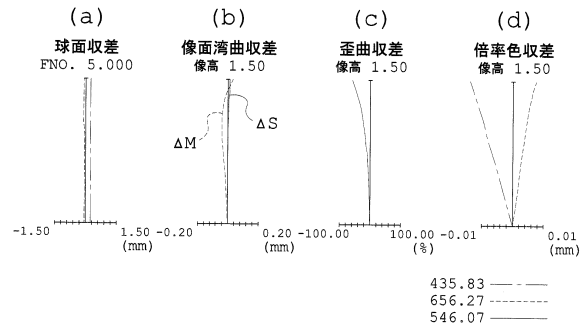
【图 31】



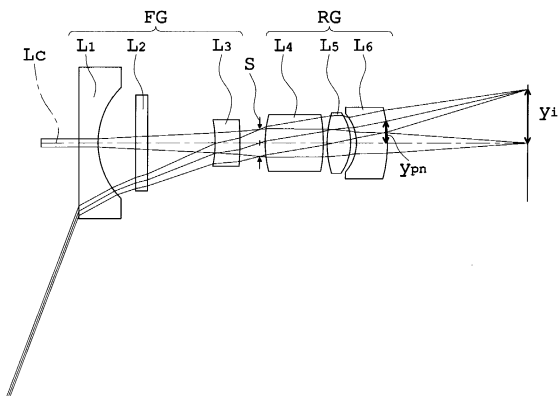
【图 30】



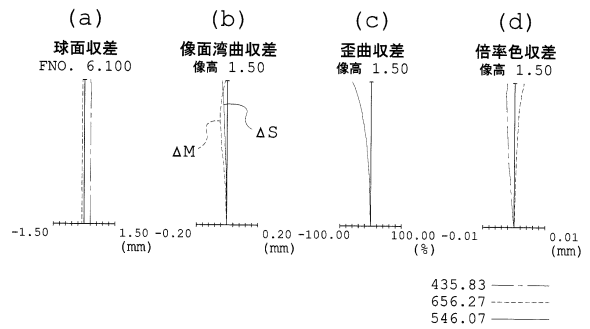
【图 32】



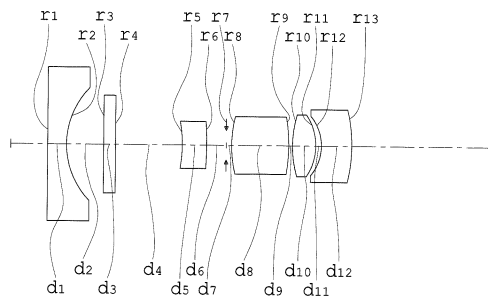
【图 33】



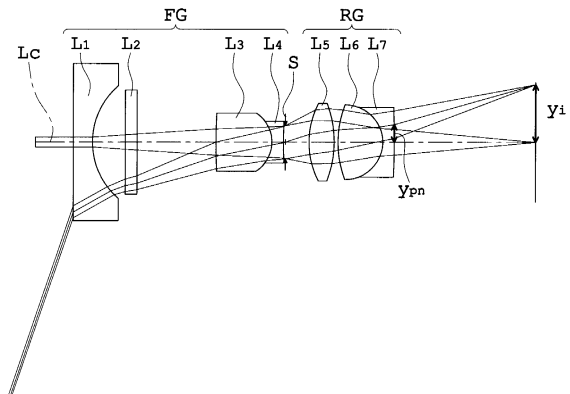
【图 35】



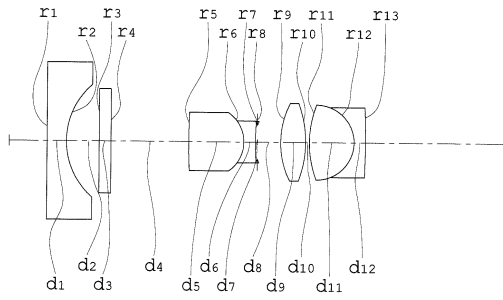
【图 34】



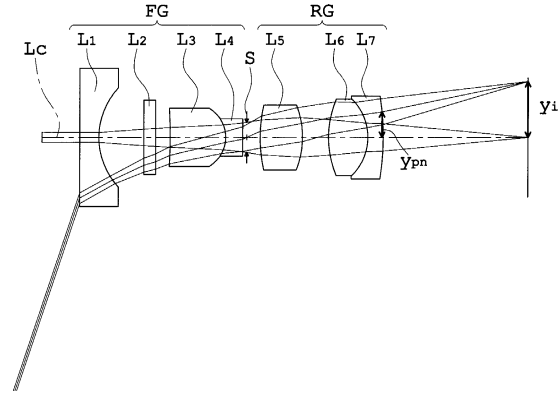
【图 36】



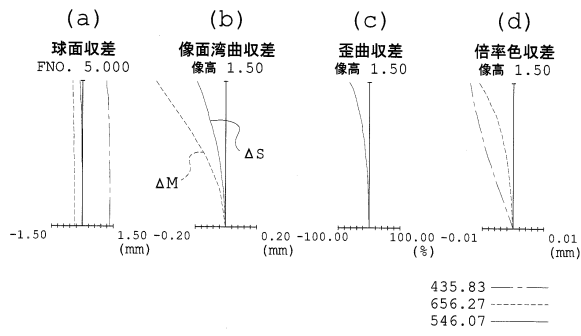
【图 37】



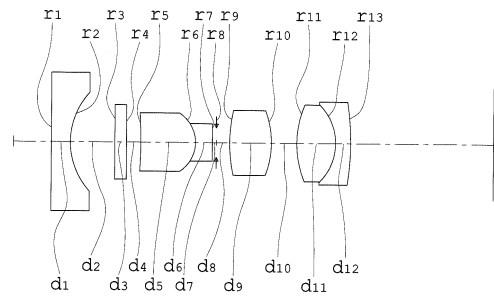
【图 39】



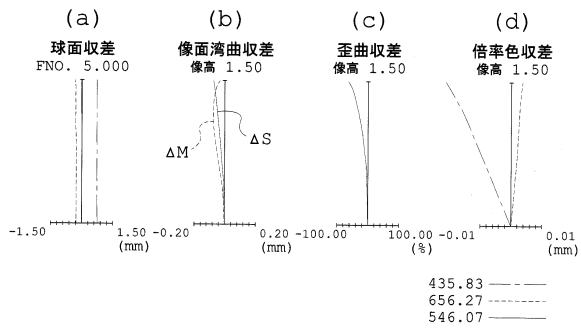
【图 38】



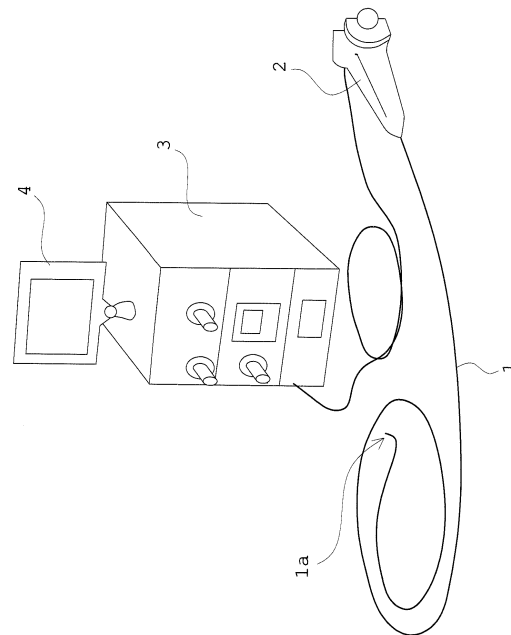
【图 40】



【图 41】



【图 42】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-97652(JP,A)
特開2004-337346(JP,A)
特開2011-34106(JP,A)
特開2008-224842(JP,A)
特開昭60-203910(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B	9/00	-	17/08
G02B	21/02	-	21/04
G02B	23/24	-	23/26
G02G	25/00	-	25/04
A61B	1/00	-	1/32