

(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2015-108744

(P2015-108744A)

(43) 公開日 平成27年6月11日(2015.6.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 13/04 (2006.01)	G02B 13/04 D	2H040
G02B 13/18 (2006.01)	G02B 13/18	2H042
G02B 23/24 (2006.01)	G02B 23/24 B	2H059
G02B 5/04 (2006.01)	G02B 5/04 A	2H087
G03B 35/08 (2006.01)	G03B 35/08	4C161
審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全 39 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-251844 (P2013-251844)
 (22) 出願日 平成25年12月5日 (2013.12.5)

(71) 出願人 000000376
 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 100145920
 弁理士 森川 聡
 (72) 発明者 研野 孝吉
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内

最終頁に続く

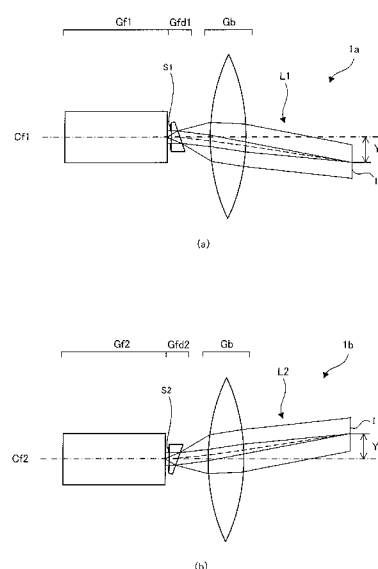
(54) 【発明の名称】 立体撮像光学系、立体撮像装置及び内視鏡

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】立体観察が可能な立体撮像光学系、立体撮像装置及び内視鏡を提供する。

【解決手段】物体側から、第1前群中心軸C f 1を中心とする第1前群G f 1及び第2前群中心軸C f 2を中心とする第2前群G f 2を有する前群G f と、第1前群G f 1及び第2前群G f 2のうち少なくとも一方の像面側に配置される前偏向群G f dと、前群G f 及び前偏向群G f dの像面側に配置され単一の後群中心軸を有する後群G bとを備え、第1光束L 1は少なくとも第1前群G f 1及び後群G bを通過して像面Iに入射し、2光束L 2は少なくとも第2前群G f 2及び後群G bを通過して像面Iに入射し、第1光束及び第2光束のうち少なくとも一方は前偏向群G f dを通過し、前偏向群G f dは、第1光束L 1及び第2光束L 2を、第1前群中心軸C f 1と第2前群中心軸C f 2を含む面に対して直交し、且つ後群中心軸を含む断面に投影した場合に、互いに異なる方向に偏向する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

物体側から像面側へ順に、
第 1 前群中心軸を中心とする第 1 前群及び前記第 1 前群中心軸に並列する第 2 前群中心軸を中心とする第 2 前群を有する前群と、
前記第 1 前群及び前記第 2 前群のうち少なくとも一方の像面側に配置される前偏向群と

、
前記前群及び前記前偏向群の像面側に配置され、単一の後群中心軸を有する後群と、
を備え、

物体から射出した第 1 光束は、少なくとも前記第 1 前群及び前記後群を通過して像面に
入射し、

物体から射出した第 2 光束は、少なくとも前記第 2 前群及び前記後群を通過して像面に
入射し、

前記第 1 光束及び前記第 2 光束のうち少なくとも一方は、前記前偏向群を通過し、
前記前偏向群は、前記第 1 光束及び前記第 2 光束を、前記第 1 前群中心軸と前記第 2 前群中心軸を含む面に対して直交し、且つ、前記後群中心軸を含む断面に投影した場合に、互いに異なる方向となるように偏向することを特徴とする立体撮像光学系。

【請求項 2】

前記前偏向群は、前記第 1 前群の像面側に配置される第 1 前偏向群及び前記第 2 前群の
像面側に配置される第 2 前偏向群を有し、

物体から射出した前記第 1 光束は、少なくとも前記第 1 前群、前記第 1 前偏向群、及び
前記後群を通過し、

物体から射出した前記第 2 光束は、少なくとも前記第 2 前群、前記第 2 前偏向群、及び
前記後群を通過し、

前記前偏向群は、前記第 1 光束及び前記第 2 光束を前記断面に投影した場合に、前記後群中心軸から互いに離れる方向へ偏向する

請求項 1 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 3】

前記前偏向群は、前記第 1 光束及び前記第 2 光束を前記断面に投影した場合に、前記後群中心軸に対して対称な方向へ偏向する

請求項 2 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 4】

前記第 1 前群及び前記第 2 前群は、それぞれ前記第 1 光束及び前記第 2 光束の一部が通過する第 1 絞り及び第 2 絞りを有し、

前記前偏向群は、前記第 1 絞り及び前記第 2 絞りの少なくとも一方に隣接して配置される

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 つに記載の立体撮像光学系。

【請求項 5】

以下の条件式 (1) を満足する

請求項 4 に記載の立体撮像光学系。

$$0 < d / f < 5$$

(1)

ただし、

d は、前記前偏向群から前記絞りまでの距離、

f は、光学系全系の焦点距離、

である。

【請求項 6】

前記第 1 前群中心軸と前記第 2 前群中心軸の間隔は、前記像面での前記第 1 光束の中心と前記像面での前記第 2 光束の中心の間隔より広い

請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 つに記載の立体撮像光学系。

【請求項 7】

前記後群と前記像面の間に配置され、前記第 1 光束及び前記第 2 光束を偏向する後偏向群を有し、

前記後偏向群は、前記後群を通過した後の前記第 1 光束及び前記第 2 光束を前記後群中心軸に軸対称に偏向し、前記第 1 光束及び前記第 2 光束の前記像面への入射角が垂直に近くなるように偏向する

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 つに記載の立体撮像光学系。

【請求項 8】

前記後偏向群は、前記第 1 光束を偏向する第 1 後偏向群と、前記第 2 光束を偏向する第 2 後偏向群と、を含む

請求項 7 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 9】

前記後偏向群は、楔形プリズム状の光学素子を含む

請求項 7 又は 8 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 10】

前記後偏向群は、回折光学素子を含む

請求項 7 又は 8 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 11】

前記後偏向群は、曲面を有する光学素子を含む

請求項 7 又は 8 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 12】

前記前偏向群は、色消し可能な前偏向部材を含む

請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 つに記載の立体撮像光学系。

【請求項 13】

前記前偏向部材は、アッペ数の異なる 2 つの楔形プリズム状の光学素子を含む

請求項 12 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 14】

前記前偏向部材は、単一の楔形プリズム状の光学素子と回折光学素子を含む

請求項 12 に記載の立体撮像光学系。

【請求項 15】

請求項 1 乃至 14 のいずれか 1 つに記載の立体撮像光学系と、

前記像面に配置され、複数の画素を有する撮像素子と、
を備える

ことを特徴とする立体撮像装置。

【請求項 16】

前記撮像素子は、単一の素子からなる

請求項 15 に記載の立体撮像装置。

【請求項 17】

前記偏向群で発生する色収差を電子的に補正する画像処理部を備える

請求項 15 又は 16 に記載の立体撮像装置。

【請求項 18】

請求項 15 乃至 17 のいずれか 1 つに記載の立体撮像装置を備える

ことを特徴とする内視鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、立体観察が可能な立体撮像光学系、立体撮像装置及び内視鏡に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、視差の異なる 2 つの画像を、立体視をするために同一の平面内に結像する光学系

10

20

30

40

50

として、特許文献 1 及び 2 に記載された技術が開示されている。

【0003】

特許文献 1 に記載の技術は、物体側が 2 光軸で、像側が 1 光軸の光学系で構成したものである。また、特許文献 2 に記載の技術は、物体から像まで 2 光軸で構成し、プリズムで左右の光軸を上下に配置した撮像光学系を通過させ、撮像面側のプリズムで像中心の間隔を短くして撮像面を上下に配置したものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 5096 号公報

10

【特許文献 2】国際公開 2011 / 049195 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、立体観察が可能な立体撮像光学系、立体撮像装置及び内視鏡を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明にかかる一実施形態である立体撮像光学系は、
物体側から像面側へ順に、

20

第 1 前群中心軸を中心とする第 1 前群及び前記第 1 前群中心軸に並列する第 2 前群中心軸を中心とする第 2 前群を有する前群と、

前記第 1 前群及び前記第 2 前群のうち少なくとも一方の像面側に配置される前偏向群と、

前記前群及び前記前偏向群の像面側に配置され、単一の後群中心軸を有する後群と、
を備え、

物体から射出した第 1 光束は、少なくとも前記第 1 前群及び前記後群を通過して像面に入射し、

物体から射出した第 2 光束は、少なくとも前記第 2 前群及び前記後群を通過して像面に入射し、

30

前記第 1 光束及び前記第 2 光束のうち少なくとも一方は、前記前偏向群を通過し、

前記前偏向群は、前記第 1 光束及び前記第 2 光束を、前記第 1 前群中心軸と前記第 2 前群中心軸を含む面に対して直交し、且つ、前記後群中心軸を含む断面に投影した場合に、互いに異なる方向となるように偏向する

ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明にかかる一実施形態によれば、立体観察が可能な立体撮像光学系、立体撮像装置及び内視鏡を提供することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

40

【0008】

【図 1】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の光学系中心軸に沿って一方向から見た断面図である。

【図 2】図 1 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

【図 3】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の前偏向群の概念図である。

【図 4】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の像面の概念図である。

【図 5】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の焦点距離を示す概念図である。

【図 6】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の偏向群から絞りまでの距離を示す図である。

50

【図 7】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の光学系中心軸に沿って一方向から見た断面図である。

【図 8】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の後偏向群の例を示す図である。

【図 9】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の回折光学素子の例を示す図である。

【図 10】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の 2 つの楔形プリズム状光学素子を示す図である。

【図 11】本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の楔プリズムと回折光学素子を示す図である。

【図 12】実施例 1 の立体撮像光学系の中心軸 C に沿った断面図である。

【図 13】図 12 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

10

【図 14】実施例 1 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 15】実施例 1 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 16】実施例 2 の立体撮像光学系の中心軸に沿った断面図である。

【図 17】実施例 2 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 18】実施例 2 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 19】実施例 3 の立体撮像光学系の中心軸に沿った断面図である。

【図 20】実施例 3 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 21】実施例 3 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 22】実施例 4 の立体撮像光学系の中心軸に沿った断面図である。

20

【図 23】図 22 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

【図 24】実施例 4 の立体撮像光学系の右光路の横収差図である。

【図 25】実施例 4 の立体撮像光学系の右光路の横収差図である。

【図 26】実施例 4 の立体撮像光学系の左光路の横収差図である。

【図 27】実施例 5 の立体撮像光学系の中心軸に沿った断面図である。

【図 28】図 27 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

【図 29】実施例 6 の立体撮像光学系の中心軸 C に沿った断面図である。

【図 30】図 29 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

30

【図 31】実施例 6 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 32】実施例 6 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 33】実施例 7 の立体撮像光学系の中心軸 C に沿った断面図である。

【図 34】図 33 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

【図 35】実施例 7 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 36】実施例 7 の立体撮像光学系の横収差図である。

【図 37】本実施形態にかかる立体撮像光学系を用いた硬性内視鏡の一例を示す図である。

40

【図 38】本実施形態にかかる立体撮像光学系を用いた軟性内視鏡の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本実施形態の立体撮像光学系 1 について説明する。

【0010】

観察者が数ミリから百ミリ程度の物点距離で立体視をする場合、違和感なく自然に観察できる立体映像を得るためには、通常、両眼観察で作業をする視差量を与えることが好ましい。例えば、眼幅 6 cm の観察者が 50 mm 離れて立体視をする時の輻輳角は約 7° になる。したがって、眼幅 6 cm の観察者が 20 mm 離れて拡大観察する立体撮像光学系では、約 7

50

°の輻輳角を得るために、光軸間隔を2.4mm程度に近づける必要がある。そのため、単純に撮像光学系を2つ並べることで立体撮像できない。また、左右の撮像領域をプリズムで上下に配置すると、プリズムを複数配置しなければならず、大型の光学系となってしまう。

【0011】

そこで、本実施形態では、小型で高解像であり、水平画角が広い立体像を得ることが可能な立体撮像光学系を提供する。

【0012】

図1は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の光学系中心軸に沿って一方向から見た断面図である。図2は、図1に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。図2(a)は、第1の光束の光路、図2(b)は、第2の光束の光路を示す。図3は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の前偏向群の概念図である。図4は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の像面の概念図である。

【0013】

本実施形態の立体撮像光学系1は、物体側から像面側へ順に、第1前群中心軸Cf1を中心とする第1前群Gf1及び第1前群中心軸Cf1に並列する第2前群中心軸Cf2を中心とする第2前群Gf2を有する前群Gfと、第1前群Gf1及び第2前群Gf2のうち少なくとも一方の像面I側に配置される前偏向群Gfdと、前群Gf及び前偏向群Gfdの像面I側に配置され、単一の後群中心軸Cbを有する後群Gbと、を備え、物体から射出した第1光束L1は、少なくとも第1前群Gf1及び後群Gbを通過して像面Iに入射し、物体から射出した第2光束L2は、少なくとも第2前群Gf2及び後群Gbを通過して像面Iに入射し、前偏向群Gfdは、第1光束L1及び第2光束L2を、第1前群中心軸Cf1と第2前群中心軸Cf2を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸Cbを含む断面に投影した場合に、互いに異なる方向となるように偏向することが好ましい。なお、本実施形態において偏向とは、屈折作用によって偏向させるものとする。

【0014】

本実施形態の立体撮像光学系1は、水平画角の広い左右の映像を小さい撮像領域に効率よく撮像させるために、上下方向に偏向したものである。そのために、前偏向群Gfdは、2つの前群Gfを通過した2つの光束L1, L2のうち少なくとも1つを異なる方向に偏向し、単一の後群Gbに入射させて結像させる。

【0015】

前群Gfが、第1前群中心軸Cf1を中心とする第1前群Gf1及び第1前群中心軸Cf1に並列する第2前群中心軸Cf2を中心とする第2前群Gf2を有するものとした理由は、前群Gfが単一の中心軸の場合、入射瞳を2つに分割して立体像を得なければならず、観察画角を広くしようとすると入射瞳が偏心して配置されているために、回転非対称な像歪みが大きく発生し、立体視ができなくなるからである。また、分割する入射瞳を単一の中心軸の前群Gfに配置するため、前群Gfの外径が大きくなってしまからである。

【0016】

後群Gbが単一の後群中心軸Cbを有する理由は、撮像領域を隣接して配置するためである。もし後群Gbを2つの中心軸で構成すると、レンズ枠を含めた光学系の外径が撮像領域よりも大きくなってしまい、隣接して2つの中心軸の後群Gbを配置しても左右の像が離れて結像してしまい、両眼を含めた撮像領域が広がってしまう。

【0017】

本実施形態の前偏向群Gfdは、前群Gfと後群Gbの間に配置され、第1光束L1及び第2光束L2を、第1前群中心軸Cf1と第2前群中心軸Cf2を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸Cbを含む断面に投影した場合に、互いに異なる方向へ偏向するように配置する。例えば、図3に示すように、前偏向群Gfdは、楔形プリズム状の光学素子を含むことが好ましい。

【0018】

第 1 前群 G f 1 及び第 2 前群 G f 2 から射出した第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 は、前偏向群 G f d により、第 1 前群中心軸 C f 1 と第 2 前群中心軸 C f 2 を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C b を含む断面に投影した場合に、互いに異なる方向へ偏向され、後群 G b を経て像面 I に結像する。

【 0 0 1 9 】

したがって、第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 を像面 I の任意の位置にそれぞれ結像させることが可能となり、撮像領域を効率良く使用することができ、小型で高解像であり、水平画角が広い立体像を得ることが可能な立体撮像光学系を提供することが可能となる。

【 0 0 2 0 】

なお、前偏向群 G f d は、第 1 前偏向群 G f d 1 及び第 2 前偏向群 G f d 2 のうち、少なくともいずれか一つを配置すればよい。

【 0 0 2 1 】

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、前偏向群 G f d は、第 1 前群 G f 1 の像面 I 側に配置される第 1 前偏向群 G f d 1 及び第 2 前群 G f 2 の像面 I 側に配置される第 2 前偏向群 G f d 2 を有し、物体から射出した第 1 光束 L 1 は、少なくとも第 1 前群 G f 1、第 1 前偏向群 G f d 1、及び後群 G b を通過し、物体から射出した第 2 光束 L 2 は、少なくとも第 2 前群 G f 2、第 2 前偏向群 G f d 2、及び後群 G b を通過し、前偏向群 G f d が第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 を、第 1 前群中心軸 C f 1 と第 2 前群中心軸 C f 2 を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C b を含む断面に投影した場合に、後群中心軸 G b から互いに離れる方向へ偏向することが好ましい。

【 0 0 2 2 】

このような構成によって、後群 G b の収差補正の負担を減らすことが可能となる。また、各光束 L 1、L 2 をそれぞれ別々に偏向調節することが可能となる。なお、第 1 前偏向群 G f d 1 と第 2 前偏向群 G f d 2 は、一体に形成してもよい。

【 0 0 2 3 】

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、前偏向群 G f d が第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 を、第 1 前群中心軸 C f 1 と第 2 前群中心軸 C f 2 を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C b を含む断面に投影した場合に、後群中心軸 C b に対して対称な方向へ偏向することが好ましい。

【 0 0 2 4 】

このような構成によって、図 4 に示すように、前群 G f に対して左右方向に並列に入射した第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 による撮像領域 I 1、I 2 を、上下方向に並べて像面 I に対して効率的に配置することが可能となる。なお、上下方向に並べた撮像領域 I 1、I 2 は、離間させてもよい。離間させた場合、一方の撮像領域から漏れ出る光束が他方の撮像領域に混ざってしまうことを抑制することが可能となる。

【 0 0 2 5 】

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、第 1 前群 G f 1 及び第 2 前群 G f 2 は、それぞれ第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 の一部が通過する第 1 絞り S 1 及び第 2 絞り S 2 を有し、前偏向群 G f d は、第 1 絞り S 1 及び第 2 絞り S 2 の少なくとも一方に隣接して配置されることが好ましい。

【 0 0 2 6 】

第 1 前偏向群 G f d 1 及び第 2 前偏向群 G f d 2 をそれぞれ第 1 絞り S 1 及び第 2 絞り S 2 に隣接して配置することによって、第 1 前偏向群 G f d 1 及び第 2 前偏向群 G f d 2 を小型に構成することが可能となる。また、第 1 光束 L 1 と第 2 光束 L 2 の干渉が少なくなり、広画角の映像を得ることが可能となる。

【 0 0 2 7 】

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、以下の条件式 (1) を満足することが好ましい。

$$0 < d / f < 5$$

(1)

ただし、

10

20

30

40

50

d は、前偏向群 G f d から絞り S までの距離、
f は、光学系全系の焦点距離、
である。

【0028】

図5は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の焦点距離を示す概念図である。図6は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の偏向群から絞りまでの距離を示す図である。

【0029】

本実施形態では、図5に示すように、立体撮像光学系1の全系の焦点距離をfとする。立体撮像光学系1が偏心光学系の場合には、偏心を取り除いて、無限遠から並行光束を立体撮像光学系1に入射させ、立体撮像光学系1に入射した軸上マージナル光線L1'が、光学系1を通過後に射出され、仮想的に屈曲する位置Aから像面Iまでの距離をこの光学系1の焦点距離fとする。

10

【0030】

また、本実施形態では、図6に示すように、立体撮像光学系1の前偏向群G f d から絞りSまでの距離をdとする。距離dを規定する前偏向群G f dの基準となる位置は、例えば、第1前群中心軸C f 1と前偏向群G f dの最も像側の面との交点Bとする。

【0031】

条件式(1)の上限を上回ると、広画角な立体観察像を得ることができない。

【0032】

なお、本実施形態の立体撮像光学系1は、以下の条件式(1')を満足することがさらに好ましい。

20

$$0 < d / f < 3 \quad (1')$$

【0033】

条件式(1')を満足することで、広画角な立体観察像を得ることが可能となる。

【0034】

また、本実施形態では、第1前群中心軸C f 1と第2前群中心軸C f 2の間隔、言い換えれば、射出瞳の間隔は、像面Iでの第1光束L1の中心と像面Iでの第2光束L2の中心の間隔より広いことが好ましい。

【0035】

30

すなわち、図1に示した第1前群中心軸C f 1と光学系全体の中心軸Cの間隔X1及び第2前群中心軸C f 2と光学系全体の中心軸Cの間隔X2の和X1 + X2は、図2に示した像面Iでの第1光束L1の中心と光学系全体の中心軸Cの間隔Y1及び像面Iでの第2光束L2の中心と光学系全体の中心軸Cの間隔Y2の和Y1 + Y2よりも広いことが好ましい。

【0036】

このような構成とすることにより、光学系全体を小型化することが可能となる。

【0037】

図7は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の光学系中心軸に沿って一方向から見た断面図である。

40

【0038】

また、本実施形態では、図7に示すように、後群Gbと像面Iの間に配置され、第1光束L1及び第2光束L2を偏向する後偏向群Gb dを有し、後偏向群Gb dは、後群Gbを通過した後の第1光束L1及び第2光束L2を後群中心軸Cbに軸対称に偏向し、第1光束L1及び第2光束L2の像面Iへの入射角が垂直に近くなるように偏向することが好ましい。

【0039】

像面Iへの入射角が垂直に近くなるように偏向することにより、入射角特性を持つ高解像で高感度な撮像素子に対応することが可能となる。

【0040】

50

また、本実施形態では、後偏向群 $G b d$ は、第 1 光束 $L 1$ を偏向する第 1 後偏向群 $G b d 1$ と、第 2 光束 $L 2$ を偏向する第 2 後偏向群 $G b d 2$ と、を含むことが好ましい。

【0041】

図 8 は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の後偏向群の例を示す図である。

【0042】

図 8 に示すように、後偏向群 $G b d$ はが第 1 後偏向群 $G b d 1$ と第 2 後偏向群 $G b d 2$ を含むことによって、各光束をそれぞれ別々に偏向調節することが可能となる。なお、第 1 後偏向群 $G b d 1$ と第 2 後偏向群 $G b d 2$ は、別体に形成してもよいし、図 8 に示すように、一体に形成してもよい。

【0043】

また、本実施形態では、後偏向群 $G b d$ は、楔形プリズム状の光学素子を含むことが好ましい。

【0044】

後偏向群 $G b d$ は、楔形プリズム状の光学素子を平面で構成することが可能となり、後偏向群 $G b d$ を容易に作製することが可能となる。

【0045】

また、本実施形態では、後偏向群 $G b d$ は、回折光学素子を含むことが好ましい。

【0046】

図 9 は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の回折光学素子の例を示す図である。

【0047】

図 9 に示すように、回折光学素子 $d a$ は、任意の形状でよい。このように、後偏向群 $G b d$ が回折光学素子 $d a$ を含むことによって、像面の傾きとコマ収差の発生を低減できると共に、光学系をさらに小型化することが可能となる。

【0048】

また、本実施形態では、後偏向群 $G b d$ は、曲面を有する光学素子を含むことが好ましい。

【0049】

後偏向群 $G b d$ が曲面を有する光学素子を含むことによって、像面に入射する光線の角度をより自由に設定することが可能となる。また、後群を射出した後に各像高の主光線を平行に射出するテレセントリックな配置になると同時に像面湾曲を改善することが可能となる。なお、曲面は、球面、トーリック面、アナモルフィック面、又は自由曲面でよい。

【0050】

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、前偏向群 $G f d$ は、色消し可能な偏向部材を含むことが好ましい。

【0051】

色消し可能な偏向部材を用いることによって、色収差の発生を抑制し、解像力を向上させることが可能となる。

【0052】

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、偏向部材は、アッペ数の異なる 2 つの楔形プリズム状光学素子 $d b 1$, $d b 2$ を含むことが好ましい。

【0053】

図 10 は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の 2 つの楔形プリズム状光学素子を示す図である。

【0054】

図 10 に示すように、2 つの楔形プリズム状光学素子 $d b 1$, $d b 2$ は、接合されて用いられることが好ましい。アッペ数の異なる 2 つの楔形プリズム状光学素子 $d b 1$, $d b 2$ を用いることによって、色収差の発生を抑制し、解像力を向上させることが可能となる。

【0055】

10

20

30

40

50

また、本実施形態の立体撮像光学系 1 では、偏向部材は、単一の楔形プリズム状光学素子 d b と回折光学素子 d a を含むことが好ましい。

【 0 0 5 6 】

図 1 1 は、本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の楔プリズムと回折光学素子を示す図である。

【 0 0 5 7 】

図 1 1 に示すように、単一の楔形プリズム状光学素子 d b と回折光学素子 d a は、接合されて用いられることが好ましい。また、図 9 に示したように、回折光学素子 d a は、任意の形状でよい。

【 0 0 5 8 】

単一の楔形プリズム状光学素子 d b と回折光学素子 d a を用いることによって、色収差の発生を抑制し、解像力を向上させることが可能となると共に、立体撮像光学系の全長を短くすることが可能となる。

【 0 0 5 9 】

なお、偏向部材を楔形プリズム状光学素子で構成した場合、前群 G f と後群 G b との間は、平行光束にすることが好ましい。平行光束とは、像位置が無限大であって、軸上マージナル光線が中心軸と平行になることである。前群 G f と後群 G b との間で、平行光束にすることによって、楔形プリズム状光学素子で発生するコマ収差を抑制することが可能となる。

【 0 0 6 0 】

さらに、後群 G b の少なくとも 1 つのレンズは、後群中心軸 C b 方向に移動可能にしてもよい。このように、後群 G b の少なくとも 1 つのレンズを後群中心軸 C b 方向に移動可能とすることで、高画素の撮像素子に対してフォーカシング機能で対応することが可能となる。

【 0 0 6 1 】

さらに、前偏向群 G f d 及び後偏向群 G b d は、自由曲面を有する偏向部材を用いてもよい。自由曲面を用いることによって、後群 G b の収差補正の負担が軽減され、解像力の高い撮像が可能となる。

【 0 0 6 2 】

本実施形態で用いられる自由曲面 F F S の形状は、以下の式 (a) で定義されるものである。なお、その定義式の Z が自由曲面 F F S の Z 軸となる。なお、データの記載されていない係数項は 0 である。

【 0 0 6 3 】

$$Z = (r^2 / R) / [1 + \sqrt{ \{ 1 - (1 + k) (r / R)^2 \} }] \\ + \sum_{j=1}^{66} C_j X^m Y^n \cdots (a)$$

ここで、(a) 式の第 1 項は球面項、第 2 項は自由曲面項である。

また、球面項中、

R : 頂点の曲率半径

k : コーニック定数 (円錐定数)

$r = \sqrt{ (X^2 + Y^2) }$

である。

【 0 0 6 4 】

自由曲面項は、

$$\sum_{j=1}^{66} C_j X^m Y^n \\ = C_1 \\ + C_2 X + C_3 Y$$

10

20

30

40

50

$$\begin{aligned}
& + C_4 X^2 + C_5 X Y + C_6 Y^2 \\
& + C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 X Y^2 + C_{10} Y^3 \\
& + C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} X Y^3 + C_{15} Y^4 \\
& + C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} X Y^4 \\
& + C_{21} Y^5 \\
& + C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\
& + C_{27} X Y^5 + C_{28} Y^6 \\
& + C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\
& + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} X Y^6 + C_{36} Y^7 \\
& \dots
\end{aligned}$$

10

ただし、 C_j (j は 1 以上の整数) は係数である。

【0065】

また、上記定義式 (a) は、前述のように 1 つの例として示したものであり、本発明の自由曲面は、回転非対称な面を用いることで偏心により発生する回転非対称な収差を補正し、同時に製作性も向上させるということが特徴であり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【0066】

以下に、本実施形態にかかる光学系 1 の実施例 1 ~ 7 を説明する。なお、実施例 1 ~ 4、6 及び 7 の数値データは、後述する。実施例 5 の数値データは、省略する。

【0067】

座標系は、面ごとに定義される。その面が定義される座標系の原点 O から各中心軸で像面に向かう方向を Z 軸正方向とする。また、同じ面上で第 2 前群中心軸 C f 2 から第 1 前群中心軸 C f 1 へ向かう方向を X 軸正方向とする。さらに、Y 軸正方向は、右手系の座標系で定義する。

20

【0068】

図 1 2 は、実施例 1 の立体撮像光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。図 1 3 は、図 1 2 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。図 1 4 及び図 1 5 は、実施例 1 の立体撮像光学系 1 の横収差図である。

【0069】

横収差図において、中央に示された角度は、(垂直方向の画角)を示し、その画角における Y 方向 (メリジオナル方向) 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、X 軸正方向を向いて右回りの角度を意味する。以下、実施例 1 ~ 4、6 及び 7 の横収差図に関して同様である。実施例 5 の横収差図は、省略する。

30

【0070】

実施例 1 の立体撮像光学系 1 は、図 1 2 及び図 1 3 に示すように、物体側から像側へ順に、第 1 前群中心軸 C f 1 を光軸とする第 1 前群 G f 1、及び、第 1 前群中心軸 C f 1 と並列に配置された第 2 前群中心軸 C f 2 を光軸とする第 2 前群 G f 2 を有する前群 G f と、第 1 前群中心軸 C f 1 が交差する第 1 前偏向群 G f d 1、及び、第 2 前群中心軸 C f 2 が交差する第 2 前偏向群 G f d 2 を有する前偏向群 G f d と、単一の後群中心軸 C b を有する後群 G b と、を備える。

40

【0071】

第 1 前群 G f 1 及び第 2 前群 G f 2 を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0072】

第 1 前群 G f 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 1₁と、両凸正レンズ L f 1₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 1₃の接合レンズ S U f 1₁と、両凹負レンズ L f 1₄と両凸正レンズ L f 1₅の接合レンズ S U f 1₂と、第 1 絞り S 1 と、を備えることが好ましい。

【0073】

第 1 前偏向群 G f d 1 は、楔形プリズム状光学素子 L f d 1₁からなる。第 1 前偏向群

50

G f d 1 は、第 1 絞り S 1 に隣接して配置される。

【 0 0 7 4 】

第 2 前群 G f 2 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 2₁と、両凸正レンズ L f 2₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 2₃の接合レンズ S U f 2₁と、両凹負レンズ L f 2₄と両凸正レンズ L f 2₅の接合レンズ S U f 2₂と、第 2 絞り S 2 と、を備えることが好ましい。

【 0 0 7 5 】

第 2 前偏向群 G f d 2 は、楔形プリズム状光学素子 L f d 2₁からなる。第 2 前偏向群 G f d 2 は、第 2 絞り S 2 に隣接して配置される。

【 0 0 7 6 】

後群 G b は、両凸正レンズ L b₁と、両凹負レンズ L b₂と両凸正レンズ L b₃の接合レンズ S U b₁と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L b₄と、を備える。

【 0 0 7 7 】

また、像面 I の手前には、フィルタ F を配置する。

【 0 0 7 8 】

第 1 物体面から第 1 前群 G f 1 に入射した第 1 光束 L 1 は、負メニスカスレンズ L f 1₁、接合レンズ S U f 1₁、接合レンズ S U f 1₂、及び、第 1 絞り S 1、を通過して、第 1 前群 G f 1 を射出し、その後、第 1 前偏向群 G f d 1 を経て、後群 G b に入射する。

【 0 0 7 9 】

第 2 物体面から第 2 前群 G f 2 に入射した第 2 光束 L 2 は、負メニスカスレンズ L f 2₁、接合レンズ S U f 2₁、接合レンズ S U f 2₂、及び、第 2 絞り S 2、を通過して、第 2 前群 G f 2 を射出し、その後、第 2 前偏向群 G f d 2 を経て、後群 G b に入射する。

【 0 0 8 0 】

後群 G b に入射した第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 は、それぞれ両凸正レンズ L b₁、接合レンズ S U b₁、正メニスカスレンズ L b₄、及び、フィルタ F を通過して像面 I に入射する。

【 0 0 8 1 】

実施例 1 の立体撮像光学系 1 の前偏向群 G f d は、第 1 光束 L 1 及び第 2 光束 L 2 を第 1 前群中心軸 C f 1 と第 2 前群中心軸 C f 2 を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C b を含む断面に投影した場合に、後群中心軸 C b に対して離間しながら対称な方向へ偏向させる。

【 0 0 8 2 】

図 1 6 は、実施例 2 の立体撮像光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。図 1 7 及び図 1 8 は、実施例 2 の立体撮像光学系 1 の横収差図である。

【 0 0 8 3 】

実施例 2 の立体撮像光学系 1 は、図 1 6 に示すように、物体側から像側へ順に、第 1 前群中心軸 C f 1 を光軸とする第 1 前群 G f 1、及び、第 1 前群中心軸 C f 1 と並列に配置された第 2 前群中心軸 C f 2 を光軸とする第 2 前群 G f 2 を有する前群 G f と、第 1 前群中心軸 C f 1 が交差する第 1 前偏向群 G f d 1、及び、第 2 前群中心軸 C f 2 が交差する第 2 前偏向群 G f d 2 を有する前偏向群 G f d と、単一の後群中心軸 C b を有する後群 G b と、を備える。

【 0 0 8 4 】

第 1 前群 G f 1 及び第 2 前群 G f 2 を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【 0 0 8 5 】

第 1 前群 G f 1 は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 1₁と、両凸正レンズ L f 1₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L f 1₃の接合レンズ S U f 1₁と、両凹負レンズ L f 1₄と両凸正レンズ L f 1₅の接合レンズ S U f 1₂と、第 1 絞り S 1 と、を備えることが好ましい。

【 0 0 8 6 】

10

20

30

40

50

第1前偏向群G f d 1は、楔形プリズム状光学素子L f d 1₁からなる。第1前偏向群G f d 1は、第1絞りS 1に隣接して配置される。

【0087】

第2前群G f 2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 2₁と、両凸正レンズL f 2₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 2₃の接合レンズS U f 2₁と、両凹負レンズL f 2₄と両凸正レンズL f 2₅の接合レンズS U f 2₂と、第2絞りS 2と、を備えることが好ましい。

【0088】

第2前偏向群G f d 2は、楔形プリズム状光学素子L f d 2₁からなる。第2前偏向群G f d 2は、第2絞りS 2に隣接して配置される。

10

【0089】

後群G bは、両凸正レンズL b₁と、両凹負レンズL b₂と両凸正レンズL b₃の接合レンズS U b₁と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL b₄と、を備える。

【0090】

また、像面Iの手前には、フィルタFを配置する。

【0091】

第1物体面から第1前群G f 1に入射した第1光束L 1は、負メニスカスレンズL f 1₁、接合レンズS U f 1₁、接合レンズS U f 1₂、及び、第1絞りS 1、を通過して、第1前群G f 1を射出し、その後、第1前偏向群G f d 1を経て、後群G bに入射する。

【0092】

20

第2物体面から第2前群G f 2に入射した第2光束L 2は、負メニスカスレンズL f 2₁、接合レンズS U f 2₁、接合レンズS U f 2₂、及び、第2絞りS 2、を通過して、第2前群G f 2を射出し、その後、第2前偏向群G f d 2を経て、後群G bに入射する。

【0093】

後群G bに入射した第1光束L 1及び第2光束L 2は、それぞれ両凸正レンズL b₁、接合レンズS U b₁、正メニスカスレンズL b₄、及び、フィルタFを通過して像面Iに入射する。

【0094】

実施例2の立体撮像光学系1の前偏向群G f dは、第1光束L 1及び第2光束L 2を第1前群中心軸C f 1と第2前群中心軸C f 2を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸C bを含む断面に投影した場合に、後群中心軸C bに対して離間しながら対称な方向へ偏向させる。

30

【0095】

図19は、実施例3の立体撮像光学系1の中心軸Cに沿った断面図である。図20及び図21は、実施例3の立体撮像光学系1の横収差図である。

【0096】

実施例3の立体撮像光学系1は、図19に示すように、物体側から像側へ順に、第1前群中心軸C f 1を光軸とする第1前群G f 1、及び、第1前群中心軸C f 1と並列に配置された第2前群中心軸C f 2を光軸とする第2前群G f 2を有する前群G f と、第1前群中心軸C f 1が交差する第1前偏向群G f d 1、及び、第2前群中心軸C f 2が交差する第2前偏向群G f d 2を有する前偏向群G f d と、単一の後群中心軸C bを有する後群G bと、を備える。

40

【0097】

第1前群G f 1及び第2前群G f 2を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0098】

第1前群G f 1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 1₁と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズL f 1₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズL f 1₃の接合レンズS U f 1₁と、両凹負レンズL f 1₄と両凸正レンズL f 1₅の接合レンズS U f 1₂と、第1絞りS 1と、を備えることが好ましい。

50

【0099】

第1前偏向群Gfd1は、楔形プリズム状光学素子Lf d 1₁からなる。第1前偏向群Gfd1は、第1絞りS1に隣接して配置される。

【0100】

第2前群Gf2は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf 2₁と、像面側に凸面を向けた正メニスカスレンズLf 2₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf 2₃の接合レンズSuf 2₁と、両凹負レンズLf 2₄と両凸正レンズLf 2₅の接合レンズSuf 2₂と、第2絞りS2と、を備えることが好ましい。

【0101】

第2前偏向群Gfd2は、楔形プリズム状光学素子Lf d 2₁からなる。第2前偏向群Gfd2は、第2絞りS2に隣接して配置される。

10

【0102】

後群Gbは、両凸正レンズLb₁と、両凹負レンズLb₂と両凸正レンズLb₃の接合レンズSuf 2₁と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズLb₄と、を備える。

【0103】

また、像面Iの手前には、フィルタFを配置する。

【0104】

第1物体面から第1前群Gf1に入射した第1光束L1は、負メニスカスレンズLf 1₁、接合レンズSuf 1₁、接合レンズSuf 1₂、及び、第1絞りS1、を通過して、第1前群Gf1を射出し、その後、第1前偏向群Gfd1を経て、後群Gbに入射する。

20

【0105】

第2物体面から第2前群Gf2に入射した第2光束L2は、負メニスカスレンズLf 2₁、接合レンズSuf 2₁、接合レンズSuf 2₂、及び、第2絞りS2、を通過して、第2前群Gf2を射出し、その後、第2前偏向群Gfd2を経て、後群Gbに入射する。

【0106】

後群Gbに入射した第1光束L1及び第2光束L2は、それぞれ両凸正レンズLb₁、接合レンズSuf 2₁、正メニスカスレンズLb₄、及び、フィルタFを通過して像面Iに入射する。

【0107】

実施例3の立体撮像光学系1の前偏向群Gfdは、第1光束L1及び第2光束L2を第1前群中心軸Cf1と第2前群中心軸Cf2を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸Cbを含む断面に投影した場合に、後群中心軸Cbに対して離間しながら対称な方向へ偏向させる。

30

【0108】

図22は、実施例4の立体撮像光学系1の中心軸Cに沿った断面図である。図23は、図22に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。図24及び図25は、実施例4の立体撮像光学系1の右光路の横収差図である。図26は、実施例4の立体撮像光学系1の左光路の横収差図である。

【0109】

実施例4の立体撮像光学系1は、図22及び図23に示すように、物体側から像側へ順に、第1前群中心軸Cf1を光軸とする第1前群Gf1、及び、第1前群中心軸Cf1と並列に配置された第2前群中心軸Cf2を光軸とする第2前群Gf2を有する前群Gfと、第2前群中心軸Cf2が交差する前偏向群Gfdと、単一の後群中心軸Cbを有する後群Gbと、を備える。

40

【0110】

第1前群Gf1及び第2前群Gf2を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0111】

第1前群Gf1は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf 1₁と、両凸正レンズLf 1₂と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズLf 1₃の接合レンズSuf 1₁と

50

、両凹負レンズ $L f 1_4$ と両凸正レンズ $L f 1_5$ の接合レンズ $S U f 1_2$ と、第 1 絞り $S 1$ と、を備えることが好ましい。

【0112】

第 2 前群 $G f 2$ は、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L f 2_1$ と、両凸正レンズ $L f 2_2$ と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L f 2_3$ の接合レンズ $S U f 2_1$ と、両凹負レンズ $L f 2_4$ と両凸正レンズ $L f 2_5$ の接合レンズ $S U f 2_2$ と、平板 $L f 2_6$ と、第 2 絞り $S 2$ と、を備えることが好ましい。

【0113】

前偏向群 $G f d$ は、楔形プリズム状光学素子 $L f d_1$ からなる。前偏向群 $G f d$ は、第 1 絞り $S 1$ に隣接して配置される。

10

【0114】

後群 $G b$ は、両凸正レンズ $L b_1$ と、両凹負レンズ $L b_2$ と両凸正レンズ $L b_3$ の接合レンズ $S U b_1$ と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ $L b_4$ と、を備える。

【0115】

また、像面 I の手前には、フィルタ F を配置する。

【0116】

第 1 物体面から第 1 前群 $G f 1$ に入射した第 1 光束 $L 1$ は、負メニスカスレンズ $L f 1_1$ 、接合レンズ $S U f 1_1$ 、接合レンズ $S U f 1_2$ 、第 1 絞り $S 1$ 、を通過して、第 1 前群 $G f 1$ を射出し、その後、前偏向群 $G f d$ を経て、後群 $G b$ に入射する。

【0117】

第 2 物体面から第 2 前群 $G f 2$ に入射した第 2 光束 $L 2$ は、負メニスカスレンズ $L f 2_1$ 、接合レンズ $S U f 2_1$ 、接合レンズ $S U f 2_2$ 、及び、第 2 絞り $S 2$ 、及び、平板 $L f 2_6$ 、を通過して、第 2 前群 $G f 2$ を射出し、その後、後群 $G b$ に入射する。

20

【0118】

後群 $G b$ に入射した第 1 光束 $L 1$ 及び第 2 光束 $L 2$ は、それぞれ両凸正レンズ $L b_1$ 、接合レンズ $S U b_1$ 、正メニスカスレンズ $L b_4$ 、及び、フィルタ F を通過して像面 I に入射する。

【0119】

実施例 4 の立体撮像光学系 1 の前偏向群 $G f d$ は、第 1 光束 $L 1$ 及び第 2 光束 $L 2$ を第 1 前群中心軸 $C f 1$ と第 2 前群中心軸 $C f 2$ を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 $C b$ を含む断面に投影した場合に、前偏向群 $G f d$ を通過した第 1 光束 $L 1$ は後群中心軸 $C b$ に対して離間するように偏向させ、第 2 光束 $L 2$ は前偏向群 $G f d$ を通過しないから偏向されない。したがって、第 1 光束 $L 1$ と第 2 光束 $L 2$ は互いに異なる方向となる。

30

【0120】

図 27 は、実施例 5 の立体撮像光学系 1 の中心軸 C に沿った断面図である。図 28 は、図 27 に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。

【0121】

実施例 5 の立体撮像光学系 1 は、図 27 及び図 28 に示すように、物体側から像側へ順に、第 1 前群中心軸 $C f 1$ を光軸とする第 1 前群 $G f 1$ 、及び、第 1 前群中心軸 $C f 1$ と並列に配置された第 2 前群中心軸 $C f 2$ を光軸とする第 2 前群 $G f 2$ を有する前群 $G f$ と、第 1 前群中心軸 $C f 1$ が交差する第 1 前偏向群 $G f d 1$ 、及び、第 2 前群中心軸 $C f 2$ が交差する第 2 前偏向群 $G f d 2$ を有する前偏向群 $G f d$ と、単一の後群中心軸 $C b$ を有する後群 $G b$ と、を備える。

40

【0122】

第 1 前群 $G f 1$ 及び第 2 前群 $G f 2$ を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0123】

第 1 前群 $G f 1$ は、物体側に平面を向けた平凹レンズ $L f 1_1$ と、物体側に平面を向けた平凹レンズ $L f 1_2$ と両凸正レンズ $L f 1_3$ の接合レンズ $S U f 1_1$ と、両凸正レンズ L

50

f_{14} と像面側に平面を向けた平凹レンズ L_{f15} の接合レンズ S_{uf12} と、第1絞り S_1 と、物体側に平面を向けた平凹レンズ L_{f16} と両凸正レンズ L_{f17} の接合レンズ S_{uf13} と、を備えることが好ましい。

【0124】

第1前偏向群 G_{fd1} は、楔形プリズム状光学素子 L_{fd11} と、楔形プリズム状光学素子 L_{fd12} と、からなる。各楔形プリズム状光学素子 L_{fd11} 、 L_{fd12} は、アッベ数が異なり、色消し可能である。各楔形プリズム状光学素子 L_{fd11} 、 L_{fd12} が前群 G_f の2つの中心軸 C_{f1} 、 C_{f2} を含む面内でも偏向作用を有し、後群 G_b への収差補正の負担を減らすことが可能となる。

【0125】

第2前群 G_{f2} は、物体側に平面を向けた平凹レンズ L_{f21} と、物体側に平面を向けた平凹レンズ L_{f22} と両凸正レンズ L_{f23} の接合レンズ S_{uf21} と、両凸正レンズ L_{f24} と像面側に平面を向けた平凹レンズ L_{f25} の接合レンズ S_{uf22} と、第2絞り S_2 と、物体側に平面を向けた平凹レンズ L_{f26} と両凸正レンズ L_{f27} の接合レンズ S_{uf23} と、を備えることが好ましい。

【0126】

第2前偏向群 G_{fd2} は、楔形プリズム状光学素子 L_{fd21} と、楔形プリズム状光学素子 L_{fd22} と、からなる。各楔形プリズム状光学素子 L_{fd21} 、 L_{fd22} は、アッベ数が異なり、色消し可能である。各楔形プリズム状光学素子 L_{fd21} 、 L_{fd22} が前群 G_f の2つの中心軸 C_{f1} 、 C_{f2} を含む面内でも偏向作用を有し、後群 G_b への収差補正の負担を減らすことが可能となる。

【0127】

後群 G_b は、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{b1} と、両凹負レンズ L_{b2} と両凸正レンズ L_{b3} の接合レンズ S_{ub1} と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{b4} と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{b5} と、を備える。

【0128】

また、像面 I の手前には、フィルタ F を配置する。

【0129】

第1物体面から第1前群 G_{f1} に入射した第1光束 L_1 は、平凹レンズ L_{f21} 、接合レンズ S_{uf11} 、接合レンズ S_{uf12} 、第1絞り S_1 、及び接合レンズ S_{uf13} を通過して、第1前群 G_{f1} を射出し、第1前偏向群 G_{fd1} を経て、後群 G_b に入射する。

【0130】

第2物体面から第2前群 G_{f2} に入射した第2光束 L_2 は、平凹レンズ L_{f21} 、接合レンズ S_{uf21} 、接合レンズ S_{uf22} 、第2絞り S_2 、及び接合レンズ S_{uf23} を通過して、第2前群 G_{f2} を射出し、第2前偏向群 G_{fd2} を経て、後群 G_b に入射する。

【0131】

後群 G_b に入射した第1光束 L_1 及び第2光束 L_2 は、それぞれ正メニスカスレンズ L_{b1} 、接合レンズ S_{ub1} 、正メニスカスレンズ L_{b4} 、正メニスカスレンズ L_{b5} 、及び、フィルタ F を通過して像面 I に入射する。

【0132】

実施例5の立体撮像光学系1の前偏向群 G_{fd} は、第1光束 L_1 及び第2光束 L_2 を第1前群中心軸 C_{f1} と第2前群中心軸 C_{f2} を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C_b を含む断面に投影した場合に、後群中心軸 C_b に対して離間しながら対称な方向へ偏向させる。

【0133】

図29は、実施例6の立体撮像光学系1の中心軸 C に沿った断面図である。図30は、図29に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。図31及び図32は、実施例6の立体撮像光学系1の横収差図である。

【0134】

実施例6の立体撮像光学系1は、図29及び図30に示すように、物体側から像側へ順

10

20

30

40

50

に、第 1 前群中心軸 $C f 1$ を光軸とする第 1 前群 $G f 1$ 、及び、第 1 前群中心軸 $C f 1$ と並列に配置された第 2 前群中心軸 $C f 2$ を光軸とする第 2 前群 $G f 2$ を有する前群 $G f$ と、第 1 前群中心軸 $C f 1$ が交差する第 1 前偏向群 $G f d 1$ 、及び、第 2 前群中心軸 $C f 2$ が交差する第 2 前偏向群 $G f d 2$ を有する前偏向群 $G f d$ と、単一の後群中心軸 $C b$ を有する後群 $G b$ と、後群 $G b$ と像面の間に配置され、第 1 前群中心軸 $C f 1$ と第 2 前群中心軸 $C f 2$ を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 $C b$ を含む断面で、後群中心軸 $C b$ に直交する方向に異なる位置に配置される第 1 後偏向群 $G b d 1$ 、及び、第 2 後偏向群 $G b d 2$ を有する後偏向群 $G b d$ と、を備える。

【0135】

第 1 前群 $G f 1$ 及び第 2 前群 $G f 2$ を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。 10

【0136】

第 1 前群 $G f 1$ は、物体側に平面を向けた平凹レンズ $L f 1_1$ と、両凸正レンズ $L f 1_2$ と両凹負レンズ $L f 1_3$ の接合レンズ $S U f 1_1$ と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L f 1_4$ と両凸正レンズ $L f 1_5$ の接合レンズ $S U f 1_2$ と、第 1 絞り $S 1$ と、を備えることが好ましい。

【0137】

第 1 前偏向群 $G f d 1$ は、楔形プリズム状光学素子 $L f d 1_1$ と、楔形プリズム状光学素子 $L f d 1_2$ と、からなる。各楔形プリズム状光学素子 $L f d 1_1$ 、 $L f d 1_2$ は、アッベ数が異なり、色消し可能である。 20

【0138】

第 2 前群 $G f 2$ は、物体側に平面を向けた平凹レンズ $L f 2_1$ と、両凸正レンズ $L f 2_2$ と両凹負レンズ $L f 2_3$ の接合レンズ $S U f 2_1$ と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ $L f 2_4$ と両凸正レンズ $L f 2_5$ の接合レンズ $S U f 2_2$ と、第 2 絞り $S 2$ と、を備えることが好ましい。

【0139】

第 2 前偏向群 $G f d 2$ は、楔形プリズム状光学素子 $L f d 2_1$ と、楔形プリズム状光学素子 $L f d 2_2$ と、からなる。各楔形プリズム状光学素子 $L f d 2_1$ 、 $L f d 2_2$ は、アッベ数が異なり、色消し可能である。

【0140】

後群 $G b$ は、両凸正レンズ $L b_1$ と両凹負レンズ $L b_2$ の接合レンズ $S U b_1$ と、両凸正レンズ $L b_3$ と、を備える。 30

【0141】

第 1 後偏向群 $G b d 1$ は、楔形プリズム状光学素子 $L b d 1$ からなる。

【0142】

第 2 後偏向群 $G b d 2$ は、楔形プリズム状光学素子 $L b d 2$ からなる。

【0143】

楔形プリズム状光学素子 $L b d 1$ と楔形プリズム状光学素子 $L b d 2$ は、別々の素子ではなく、一体に形成してもよい。

【0144】

図示しない第 1 物体面から第 1 前群 $G f 1$ に入射した第 1 光束 $L 1$ は、平凹レンズ $L f 1_1$ 、接合レンズ $S U f 1_1$ 、接合レンズ $S U f 1_2$ 、及び第 1 絞り $S 1$ を通過して、第 1 前群 $G f 1$ を射出し、第 1 前偏向群 $G f d 1$ を経て、後群 $G b$ に入射する。 40

【0145】

図示しない第 2 物体面から第 2 前群 $G f 2$ に入射した第 2 光束 $L 2$ は、平凹レンズ $L f 2_1$ 、接合レンズ $S U f 2_1$ 、接合レンズ $S U f 2_2$ 、及び第 2 絞り $S 2$ を通過して、第 2 前群 $G f 2$ を射出し、第 2 前偏向群 $G f d 2$ を経て、後群 $G b$ に入射する。

【0146】

後群 $G b$ に入射した第 1 光束 $L 1$ 及び第 2 光束 $L 2$ は、それぞれ接合レンズ $S U b_1$ 及び両凸正レンズ $L b_3$ を通過して、後偏向群 $G b d$ に入射する。 50

【0147】

後偏向群 G_{bd} に入射した第1光束 L_1 及び第2光束 L_2 は、それぞれ第1後偏向群 G_{bd1} の楔形プリズム状光学素子 L_{bd1} 及び第2後偏向群 G_{bd2} の楔形プリズム状光学素子 L_{bd2} を通過して、像面 I に入射する。

【0148】

実施例6の立体撮像光学系1の前偏向群 G_{fd} は、第1光束 L_1 及び第2光束 L_2 を第1前群中心軸 C_{f1} と第2前群中心軸 C_{f2} を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C_b を含む断面に投影した場合に、後群中心軸 C_b に対して離間しながら対称な方向へ偏向させる。

【0149】

実施例6の立体撮像光学系1の後偏向群 G_{bd} は、後群 G_b を通過した後の第1光束 L_1 及び第2光束 L_2 を後群中心軸 C_b に軸対称に偏向し、第1光束 L_1 及び第2光束 L_2 の像面 I への入射角が垂直に近くなるように偏向する。

【0150】

図33は、実施例7の立体撮像光学系1の中心軸 C に沿った断面図である。図34は、図33に直交する方向から見た本発明に係る一実施形態の立体撮像光学系の断面図である。図35及び図36は、実施例7の立体撮像光学系1の横収差図である。

【0151】

実施例7の立体撮像光学系1は、図33及び図34に示すように、物体側から像側へ順に、第1前群中心軸 C_{f1} を光軸とする第1前群 G_{f1} 、及び、第1前群中心軸 C_{f1} と並列に配置された第2前群中心軸 C_{f2} を光軸とする第2前群 G_{f2} を有する前群 G_f と、第1前群中心軸 C_{f1} が交差する第1前偏向群 G_{fd1} 、及び、第2前群中心軸 C_{f2} が交差する第2前偏向群 G_{fd2} を有する前偏向群 G_{fd} と、単一の後群中心軸 C_b を有する後群 G_b と、後群 G_b と像面 I の間に配置され、第1前群中心軸 C_{f1} と第2前群中心軸 C_{f2} を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 C_b を含む断面で、後群中心軸 C_b に直交する方向に異なる位置に配置される第1後偏向群 G_{bd1} 、及び、第2後偏向群 G_{bd2} を有する後偏向群 G_{bd} と、を備える。

【0152】

第1前群 G_{f1} 及び第2前群 G_{f2} を並列に配置することにより、立体観察が可能となる。

【0153】

第1前群 G_{f1} は、物体側に平面を向けた平凹レンズ L_{f1_1} と、両凸正レンズ L_{f1_2} と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{f1_3} の接合レンズ S_{uf1_1} と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{f1_4} と両凸正レンズ L_{f1_5} の接合レンズ S_{uf1_2} と、第1絞り S_1 と、を備えることが好ましい。

【0154】

第1前偏向群 G_{fd1} は、楔形プリズム状光学素子 L_{fd1_1} と、楔形プリズム状光学素子 L_{fd1_2} と、からなる。各楔形プリズム状光学素子 L_{fd1_1} 、 L_{fd1_2} は、アッベ数が異なり、色消し可能である。

【0155】

第2前群 G_{f2} は、物体側に平面を向けた平凹レンズ L_{f2_1} と、両凸正レンズ L_{f2_2} と像面側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{f2_3} の接合レンズ S_{uf2_1} と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{f2_4} と両凸正レンズ L_{f2_5} の接合レンズ S_{uf2_2} と、第2絞り S_2 と、を備えることが好ましい。

【0156】

第2前偏向群 G_{fd2} は、楔形プリズム状光学素子 L_{fd2_1} と、楔形プリズム状光学素子 L_{fd2_2} と、からなる。各楔形プリズム状光学素子 L_{fd2_1} 、 L_{fd2_2} は、アッベ数が異なり、色消し可能である。

【0157】

後群 G_b は、両凸正レンズ L_{b_1} と両凹負レンズ L_{b_2} の接合レンズ S_{ub_1} と、両凸正

10

20

30

40

50

レンズ Lb_3 と、を備える。

【0158】

第1後偏向群 $Gbd1$ は、平板の物体面側を鋸歯形状化した回折光学素子 $Lbd1$ からなる。

【0159】

第2後偏向群 $Gbd2$ は、平板の物体面側を鋸歯形状化した回折光学素子 $Lbd2$ からなる。

【0160】

楔形プリズム状光学素子 $Lbd1$ と楔形プリズム状光学素子 $Lbd2$ は、別々の素子ではなく、一体に形成してもよい。

【0161】

第1物体面から第1前群 $Gf1$ に入射した第1光束 $L1$ は、平凹レンズ $Lf2_1$ 、接合レンズ $Suf1_1$ 、接合レンズ $Suf1_2$ 、及び第1絞り $S1$ を通過して、第1前群 $Gf1$ を射出し、第1前偏向群 $Gfd1$ を経て、後群 Gb に入射する。

【0162】

第2物体面から第2前群 $Gf2$ に入射した第2光束 $L2$ は、平凹レンズ $Lf2_1$ 、接合レンズ $Suf2_1$ 、接合レンズ $Suf2_2$ 、及び第2絞り $S2$ を通過して、第2前群 $Gf2$ を射出し、第2前偏向群 $Gfd2$ を経て、後群 Gb に入射する。

【0163】

後群 Gb に入射した第1光束 $L1$ 及び第2光束 $L2$ は、それぞれ接合レンズ SUb_1 及び両凸正レンズ Lb_3 を通過して、後偏向群 Gbd に入射する。

【0164】

後偏向群 Gbd に入射した第1光束 $L1$ 及び第2光束 $L2$ は、それぞれ第1後偏向群 $Gbd1$ の回折光学素子 $Lbd1$ 及び第2後偏向群 $Gbd2$ の回折光学素子 $Lbd2$ を通過して、像面 I に入射する。

【0165】

実施例7の立体撮像光学系1の前偏向群 Gfd は、第1光束 $L1$ 及び第2光束 $L2$ を第1前群中心軸 $Cf1$ と第2前群中心軸 $Cf2$ を含む面に対して直交し、且つ、後群中心軸 Cb を含む断面に投影した場合に、後群中心軸 Cb に対して離間しながら対称な方向へ偏向させる。

【0166】

実施例7の立体撮像光学系1の後偏向群 Gbd は、後群 Gb を通過した後の第1光束 $L1$ 及び第2光束 $L2$ を後群中心軸 Cb に軸対称に偏向し、第1光束 $L1$ 及び第2光束 $L2$ の像面 I への入射角が垂直に近くなるように偏向する。

【0167】

なお、実施例1～7に示した前偏向群 Gfd 及び後偏向群 Gbd のどの面においても、任意の球面、非球面、アナモルフィック面、又は自由曲面等を用いてもよい。前偏向群 Gfd 及び後偏向群 Gbd をこのような面で構成することによって、効果的に収差補正することが可能となる。

【0168】

以下に、上記実施例1～実施例4、6及び7の構成パラメータを示す。実施例1～4、6及び7の構成パラメータは、第1光束の光路を示している。

【0169】

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、アッベ数が慣用法に従って与えられている。

【0170】

偏心面については、その面が定義される座標系の原点 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、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

10

20

30

40

50

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。

【0171】

屈折率、アッベ数については、d線（波長587.56nm）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。曲率半径に記載する“ ∞ ”は、無限大であることを示している。

10

【0172】

非球面データには、面データ中、非球面形状としたレンズ面に関するデータが示されている。非球面形状は、zを光の進行方向を正とした光軸とし、yを光軸と直交する方向にとると下記の式にて表される。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + K) \cdot (y / r)^2\}^{1/2}] + A4y^4 + A6y^6 + A8y^8 + A10y^{10} \dots$$

【0173】

ただし、rは近軸曲率半径、Kは円錐係数、A4、A6、A8はそれぞれ4次、6次、8次の非球面係数である。なお、記号“e”は、それに続く数値が10を底にもつ、べき指数であることを示している。例えば「1.0e-5」は「 1.0×10^{-5} 」であることを意味している。

20

【0174】

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	∞	100.000			
1	非球面[1]	0.600		1.8830	40.7
2	非球面[2]	1.066			
3	26.845	1.000		1.9229	18.9
4	-1.428	0.400		1.8830	40.7
5	-7.449	0.966			
6	-12.279	0.300		1.9229	18.9
7	3.471	0.800		1.4875	70.2
8	-1.709	0.075			
9	絞り面	0.000			
10	∞	0.500		1.4875	70.2
11	∞	0.300	偏心(1)		
12	∞	0.000	偏心(2)		
13	6.487	1.200		1.8830	40.7
14	-29.393	0.421			
15	-5.655	0.600		1.9229	18.9
16	75.749	1.400		1.8830	40.7
17	-6.615	2.232			
18	3.235	1.400		1.8903	33.4
19	11.056	0.611			
20	∞	0.750		1.5163	64.1
21	∞	0.100			
像面	∞		偏心(3)		

30

40

r 4.208
k -3.1711e+000

非球面 [2]

r 0.877
k -5.5206e-001

偏 心 [1]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	12.000	β	0.000	γ	0.000

10

偏 心 [2]

X	-1.500	Y	0.000	Z	0.000
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [3]

X	0.000	Y	-0.420	Z	0.000
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

仕様

基線長（入射瞳間隔） 3mm
画角（対角） 90°
絞り径 $\phi 1.0\text{mm}$
像の大きさ $\phi 2.17\text{mm}(1.92 \times 1.08)$
焦点距離 1.29
有効Fno 3.94
【 0 1 7 5 】
実施例 2

20

面番号	曲率半径	面間隔	偏 心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	100.000			
1	非球面 [1]	0.600		1.8830	40.7
2	非球面 [2]	0.904			
3	519.737	1.000		1.9229	18.9
4	-1.493	0.400		1.8830	40.7
5	-8.396	1.236			
6	絞り面	0.100			
7	-18.475	0.300		1.9229	18.9
8	4.639	0.800		1.4875	70.2
9	-1.890	0.100			
10	∞	0.500		1.4875	70.2
11	∞	0.300	偏 心 (1)		
12	∞	0.000	偏 心 (2)		
13	6.088	1.200		1.8830	40.7
14	-60.708	0.561			
15	-6.409	0.600		1.9229	18.9
16	20.191	1.400		1.8830	40.7
17	-7.575	2.100			
18	3.091	1.600		1.8921	32.0
19	10.903	0.448			

30

40

50

20	∞	0.750	1.5163	64.1
21	∞	0.100		
像 面	∞		偏 心 (3)	

非球面 [1]

r 4.038
k -2.2135e+000

非球面 [2]

r 0.920
k -5.3147e-001

10

偏 心 [1]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	12.070	β	0.000	γ	0.000

偏 心 [2]

X	-1.500	Y	0.000	Z	0.000
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

20

偏 心 [3]

X	0.000	Y	-0.420	Z	0.000
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

仕様

基線長 (入射瞳間隔) 3mm
画角 (対角) 90 °
絞り径 ϕ 1.0mm
像の大きさ ϕ 2.17mm (1.92 × 1.08)
焦点距離 1.29
有効Fno 3.33

30

【 0 1 7 6 】

実施例 3

面 番 号	曲 率 半 径	面 間 隔	偏 心	屈 折 率	ア ッ ペ 数
物 体 面	∞	100.000			
1	非球面 [1]	0.600		1.8830	40.7
2	非球面 [2]	0.974			
3	-486.159	1.000		1.9229	18.9
4	-1.281	0.400		1.8830	40.7
5	-5.917	0.942			
6	-12.817	0.300		1.9229	18.9
7	3.314	0.800		1.4875	70.2
8	-1.675	0.100			
9	∞	0.500		1.4875	70.2
10	∞	0.300	偏 心 (1)		
11	絞 り 面	0.000			
12	∞	0.000	偏 心 (2)		
13	6.676	1.200		1.8830	40.7
14	-33.664	0.668			

40

50

15	-5.594	0.600	1.9229	18.9
16	30.538	1.400	1.8830	40.7
17	-6.542	2.282		
18	3.236	1.600	1.8943	30.4
19	12.049	0.483		
20	∞	0.750	1.5163	64.1
21	∞	0.100		
像 面	∞			

偏 心 (3)

非 球 面 [1]

10

r 4.175
k -3.2958e+000

非 球 面 [2]

r 0.837
k -5.3767e-001

偏 心 [1]

X	0.00	Y	0.00	Z	0.00
α	11.68	β	0.00	γ	0.00

20

偏 心 [2]

X	-1.50	Y	0.00	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

偏 心 [3]

X	0.00	Y	-0.42	Z	0.00
α	0.00	β	0.00	γ	0.00

仕 様

30

基線長 (入射瞳間隔) 3mm
画角 (対角) 90 °
絞り径 ϕ 1.0mm
像の大きさ ϕ 2.17mm (1.92 × 1.08)
焦点距離 1.29
有効Fno 3.85
【 0 1 7 7 】
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	∞	100.000			
1	非 球 面 [1]	0.600		1.8830	40.7
2	非 球 面 [2]	1.066			
3	26.845	1.000		1.9229	18.9
4	-1.428	0.400		1.8830	40.7
5	-7.449	0.966			
6	-12.279	0.300		1.9229	18.9
7	3.471	0.800		1.4875	70.2
8	-1.709	0.075			
9	絞 り 面	0.000			

50

10	∞	0.500	1.4875	70.2	
11	∞	0.300 偏 心 (1)			
12	∞	0.000 偏 心 (2)			
13	6.487	1.200	1.8830	40.7	
14	-29.393	0.421			
15	-5.655	0.600	1.9229	18.9	
16	75.749	1.400	1.8830	40.7	
17	-6.615	2.232			
18	3.235	1.400	1.8903	33.4	
19	11.056	0.611			10
20	∞	0.750	1.5163	64.1	
21	∞	0.100			
像 面	∞	偏 心 (3)			

非球面 [1]

r 4.208
k -3.1711e+000

非球面 [2]

r 0.877
k -5.5206e-001

第 1 光 束 の 光 路 偏 心 [1]
X 0.000 Y 0.000 Z 0.000
 α 0.000 β 0.000 γ 0.000

第 2 光 束 の 光 路 偏 心 [1]
X 0.000 Y 0.000 Z 0.000
 α 22.400 β 0.000 γ 0.000

偏 心 [2]

X -1.500 Y 0.000 Z 0.000
 α 0.000 β 0.000 γ 0.000

第 1 光 束 の 光 路 偏 心 [3]
X 0.000 Y 0.000 Z 0.000
 α 0.000 β 0.000 γ 0.000

第 2 光 束 の 光 路 偏 心 [3]
X 0.000 Y -0.830 Z 0.000
 α 0.000 β 0.000 γ 0.000

仕 様

基線長 (入射瞳間隔) 3mm
画角 (対角) 90 °
絞り径 ϕ 1.0mm
像の大きさ ϕ 2.17mm (1.92 × 1.08)
焦点距離 1.29
有効Fno 3.94

【 0 1 7 8 】

実施例 6

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数	
物体面	∞	15.000				
1	∞	0.500		1.8830	40.7	
2	非球面 [1]	0.146				
3	1.578	1.000		1.6923	26.0	
4	-0.701	0.400		1.8830	40.7	
5	48.345	1.066				
6	5.635	0.400		1.8911	32.8	10
7	1.442	1.000		1.6682	52.9	
8	-1.759	0.050				
9	絞り面	0.050				
10	∞	0.500		1.7172	24.7	
11	∞	0.600	偏心 (1)	1.8303	42.8	
12	∞	0.200	偏心 (2)			
13	∞	0.000	偏心 (3)			
14	2.608	2.000		1.8214	43.2	
15	-3.428	0.500		1.9018	26.2	
16	1.541	1.188				20
17	3.009	1.200		1.8830	40.7	
18	-7.744	0.600				
19	∞	0.500	偏心 (4)	1.8830	40.7	
20	∞	0.100				
像面	∞		偏心 (5)			

非球面 [1]

曲率半径	0.650	
k	-1.0275e+000	
a	1.6281e-002	30

偏心 [1]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	-10.000	β	0.000	γ	0.000

偏心 [2]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	6.259	β	6.391	γ	0.000

偏心 [3]

X	-1.100	Y	0.000	Z	0.000
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

偏心 [4]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	0.000	β	10.417	γ	0.000

偏心 [5]

X	0.000	Y	-0.500	Z	0.000
α	0.000	β	0.000	γ	0.000

40

50

仕様

基線長（入射瞳間隔） 2.2mm

画角（対角） 90°

絞り径 $\phi 1.2\text{mm}$ 像の大きさ $\phi 1.47\text{mm}(1.28 \times 0.72)$

焦点距離 1.07

有効Fno 3.85

【 0 1 7 9 】

実施例 7

10

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	15.000			
1	∞	0.500		1.8830	40.7
2	非球面[1]	0.146			
3	1.594	1.000		1.6592	28.1
4	-0.793	0.400		1.8830	40.7
5	-4.141	1.066			
6	7.965	0.400		1.8830	40.7
7	1.641	1.000		1.6229	43.5
8	-1.734	0.050			
9	絞り面	0.050			
10	∞	0.500		1.7172	24.7
11	∞	0.600	偏心(1)	1.8303	42.8
12	∞	0.200	偏心(2)		
13	∞	0.000	偏心(3)		
14	3.097	2.000		1.8830	40.7
15	-2.923	0.500		1.9229	18.9
16	2.243	1.515			
17	2.202	1.200		1.9105	22.5
18	17.968	0.273			
19	回折面[1]	0.500		1.8830	40.7
20	∞	0.100			
像面	∞		偏心(4)		

20

30

非球面[1]

曲率半径 0.620

k -9.8312e-001

a -2.5404e-002

40

偏心[1]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	-10.000	β	0.000	γ	0.000

偏心[2]

X	0.000	Y	0.000	Z	0.000
α	7.301	β	6.367	γ	0.000

偏心[3]

X	-1.100	Y	0.000	Z	0.000
---	--------	---	-------	---	-------

50

α 0.000 β 0.000 γ 0.000

偏心[4]

X 0.000 Y -0.500 Z 0.000
 α 0.000 β 0.000 γ 0.000

回折面[1]

回折次数 1

ピッチ 0.003003

【0180】

上記実施例1～4、6及び7について、要素及び条件式(1)の値を下記に示しておく。また、参考として、第1前群中心軸Cf1と第2前群中心軸Cf2の間隔Dep及び後群の最大有効径Dbをあわせて示す。

【0181】

	実施例1	実施例2	実施例3
d	1.250	1.250	0.600
f	0.809	0.828	1.070
(1) d / f	1.545	1.510	0.561
Dep	3.00	3.00	3.00
Db	ϕ 5.06	ϕ 6.00	ϕ 4.66

10

20

【0182】

	実施例4	実施例6	実施例7
d	0.600	1.15	1.15
f	1.037	1.07	1.04
(1) d / f	0.579	1.07	1.11
Dep	3.00	2.20	2.20
Db	ϕ 5.29	ϕ 3.52	ϕ 3.58

【0183】

このように、本実施形態の立体撮像光学系1の各実施例は、以下の条件式(1)を満足する。

30

$$0 < d / f < 5 \quad (1)$$

ただし、

dは、前偏向群から絞りまでの距離、

fは、光学系全系の焦点距離、

である。

【0184】

また、本実施形態の立体撮像光学系1の各実施例は、第1前群中心軸Cf1と第2前群中心軸Cf2の間隔は、像面Iでの第1光束L1の中心と像面Iでの第2光束L2の中心の間隔より広い。

【0185】

40

さらに、本実施形態の立体撮像光学系1の各実施例では、後偏向群Gb dは、楔形プリズム状の光学素子、回折光学素子、及び曲面を有する光学素子のうち、少なくとも1つを含んでもよい。また後偏向群Gb dの第1後偏向群Gb d 1と第2後偏向群Gb d 2は、一体に形成してもよい。

【0186】

また、本実施形態の立体撮像光学系1の各実施例では、前偏向群Gf dは、色消し可能な前偏向部材を含んでもよい。前偏向部材は、アッペ数の異なる2つの楔形プリズム状の光学素子及び単一の楔形プリズム状の光学素子と回折光学素子のうち、少なくとも1つを含んでもよい。また前偏向群Gb dの第1前偏向群Gf d 1と第2前偏向群Gf d 2は、一体でもよい。

50

【0187】

以下に、本実施形態の立体撮像光学系1の適用例を説明する。

【0188】

図37は、本実施形態にかかる立体撮像光学系を用いた硬性内視鏡の一例を示す図である。図38は、本実施形態にかかる立体撮像光学系を用いた軟性内視鏡30の一例を示す図である。

【0189】

図37(a)は、本実施形態にかかる立体撮像光学系1を用いた立体撮像装置の概略の構成を示す。図37(b)は、硬性内視鏡20の先端に本実施形態にかかる立体撮像光学系1を取り付けて画像を立体的に撮像観察する例である。

10

【0190】

本実施形態の立体撮像装置10は、立体撮像光学系1と、像面Iに配置され、複数の画素を有する撮像素子2と、を備えることが好ましい。

【0191】

本実施形態の立体撮像装置10によれば、小型で高解像であり、水平画角が広い立体像を得ることが可能となる。

【0192】

また、本実施形態の立体撮像装置10では、撮像素子2が単一の素子からなることが好ましい。

【0193】

20

撮像素子2を単一の素子とすることにより、撮像信号を出力する配線を1つにすることができ、立体撮像装置10を小型にすることが可能となる。

【0194】

また、本実施形態の立体撮像装置10では、前述した偏向群Gfd, Gbdで発生する色収差や光学系で発生する歪みを電子的に補正する画像処理部4を備えることが好ましい。

【0195】

前述した偏向群Gdで発生する色収差や光学系で発生する歪みを電子的に補正する画像処理部4を備えることによって、高解像な映像を表示部5に立体的に表示させることが可能となる。

30

【0196】

なお、画像処理部4は、撮像素子2に入射する光線角度が大きくなる場合に発生するシェーディングを電子的に補正してもよい。

【0197】

さらに、本実施形態の硬性内視鏡20又は軟性内視鏡30は、立体撮像装置10を用いることが好ましい。

【0198】

硬性内視鏡20又は軟性内視鏡30に立体撮像装置10を用いることによって、小型で高解像な内視鏡とすることができ、低侵襲な医療機器とすることが可能となる。

【0199】

40

なお、立体撮像装置を車両に搭載する車載撮像装置として用いてもよい。例えば、自動車の前方に撮像装置の一部として本実施形態にかかる光学系を取り付けて、車内の表示装置に各光学系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り、自動車の各コーナやヘッド部のポールの頂部に撮像装置の一部として本実施形態にかかる光学系を複数取り付けて、車内の表示装置に各光学系を経て撮影された画像を、立体撮像装置10により画像処理を施して歪みを補正して同時に立体的に表示するようにしてもよい。

【0200】

以上、本発明の種々の実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態のみに限られるものではなく、それぞれの実施形態の構成を適宜変更して構成した実施形態及び

50

適宜組み合わせて構成した実施形態も本発明の範疇となるものである。

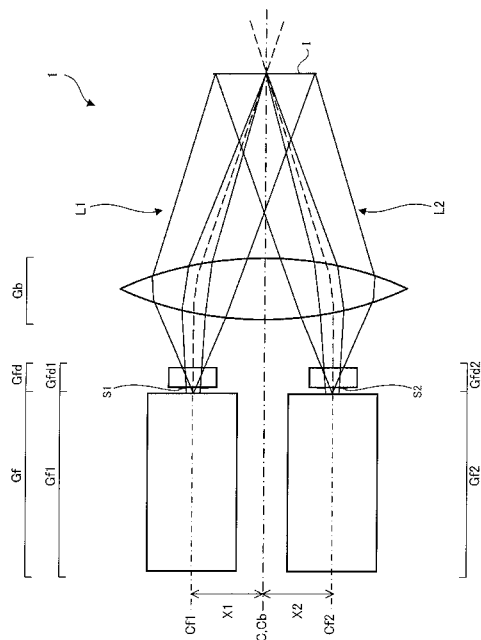
【符号の説明】

【 0 2 0 1 】

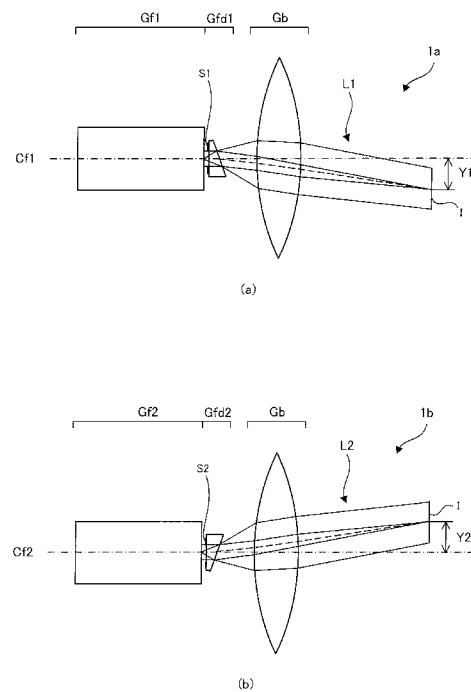
- 1 ... 立体撮像光学系
- 2 ... 撮像素子
- 3 ... 配線
- 4 ... 画像処理部
- 5 ... 表示部
- 1 0 ... 立体撮像装置
- 2 0 ... 内視鏡
- G f ... 前群
- G b ... 後群
- G d ... 偏向群
- S ... 絞り
- I ... 像面

10

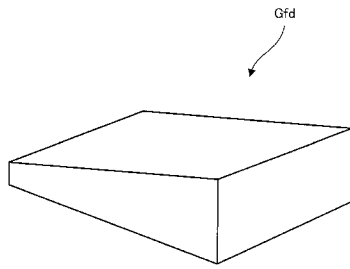
【 図 1 】



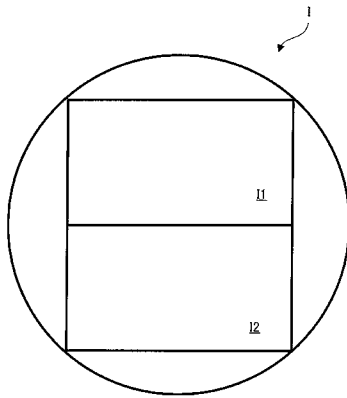
【 図 2 】



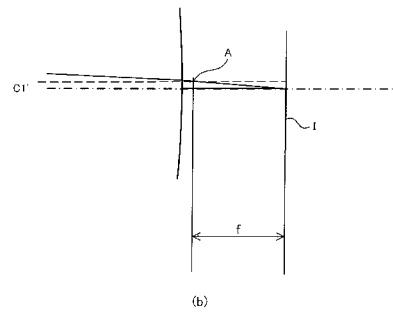
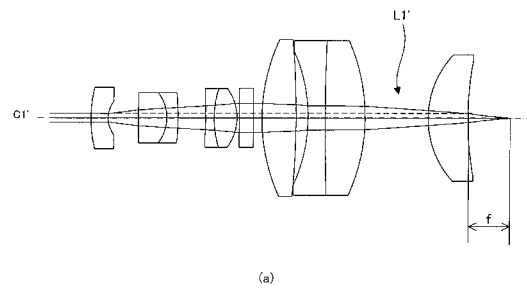
【図 3】



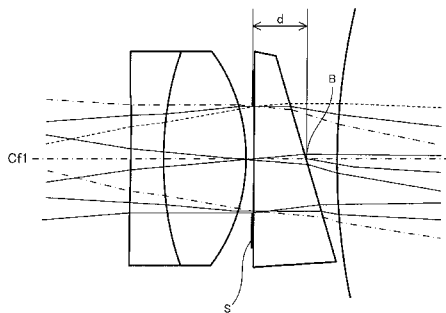
【図 4】



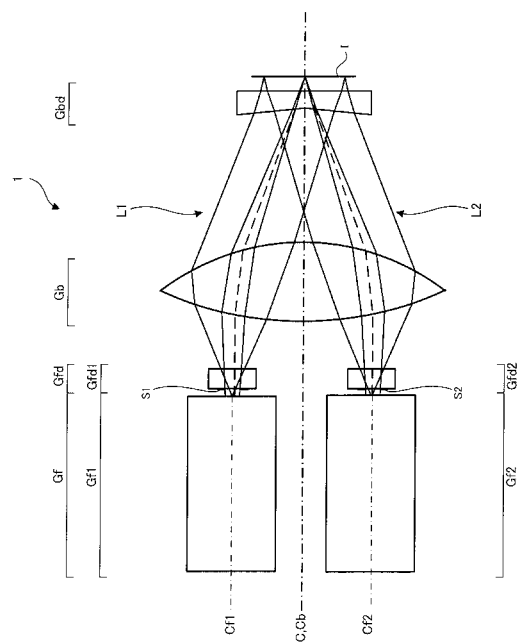
【図 5】



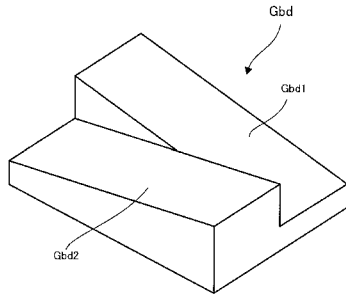
【図 6】



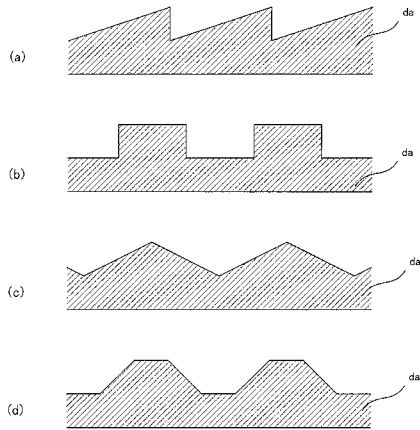
【図 7】



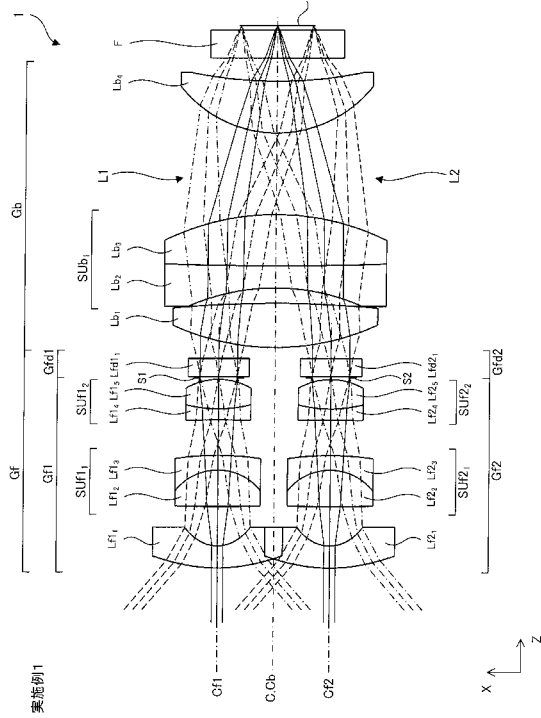
【図 8】



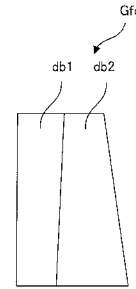
【図 9】



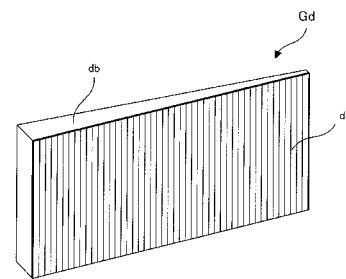
【図 12】



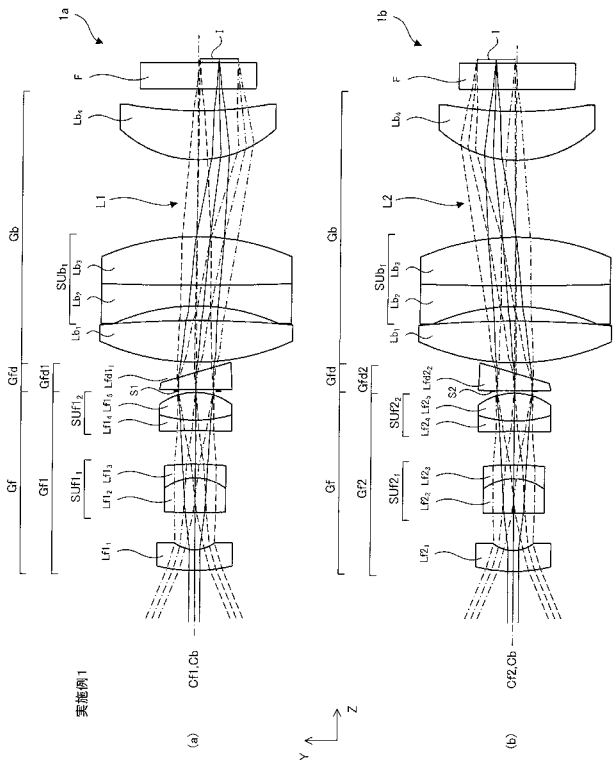
【図 10】



【図 11】

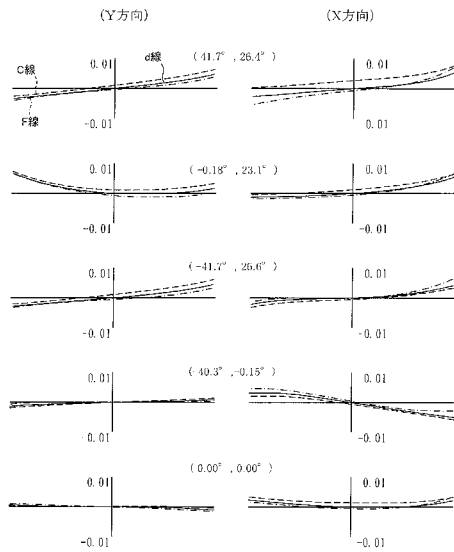


【図 13】



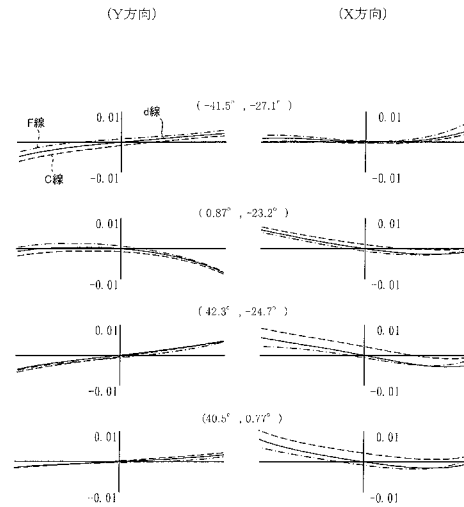
【 図 1 4 】

实施例1

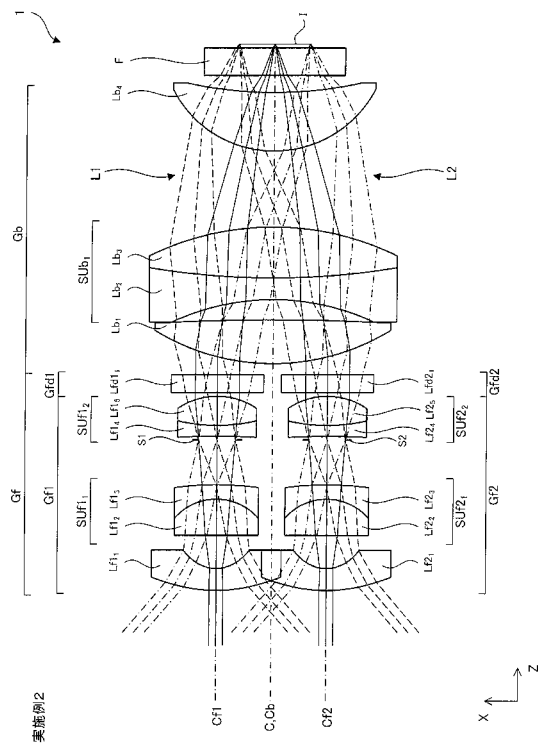


【 図 1 5 】

实施例1

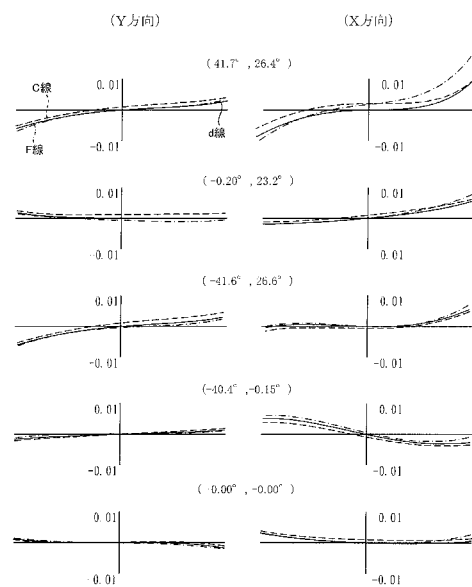


【 ㊦ 1 6 】



【 ㊦ 17 】

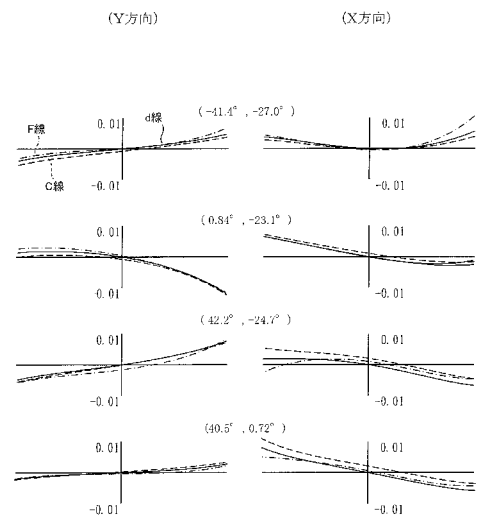
实施例2



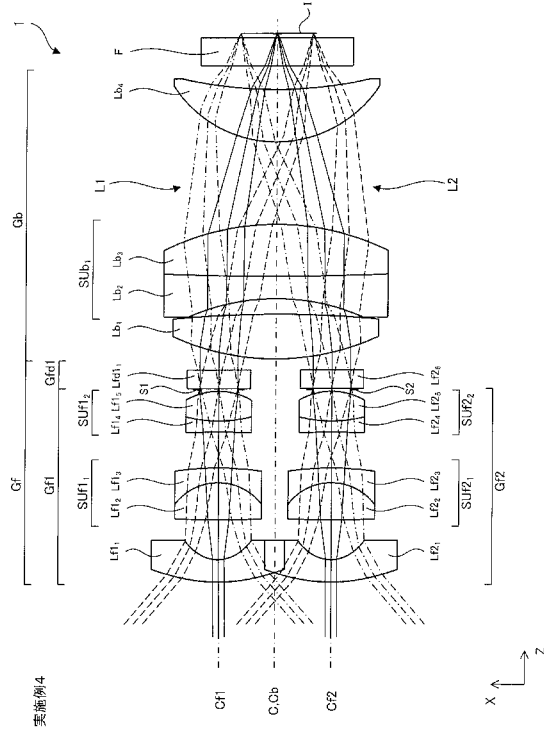
【 図 1 9 】

【 ㊦ 2 1 】

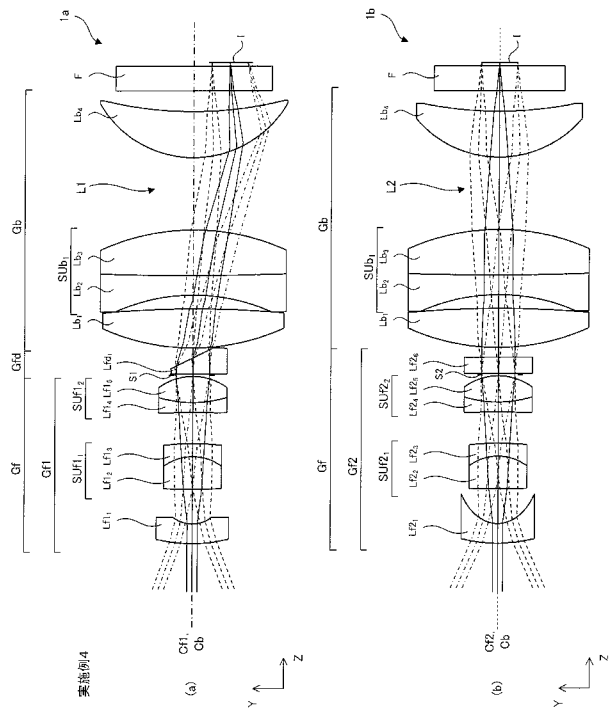
实施例3



【図 2 2】

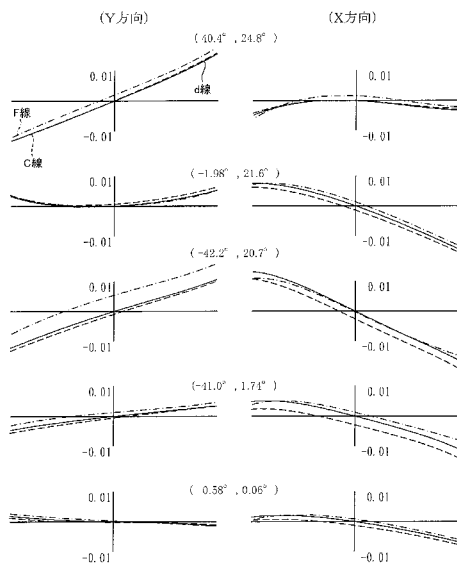


【図 2 3】



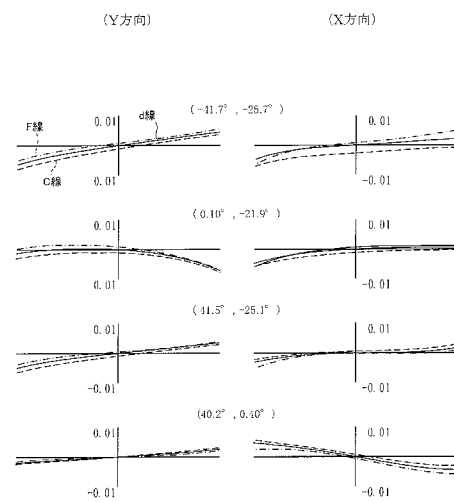
【図 2 4】

実施例4(右光路)



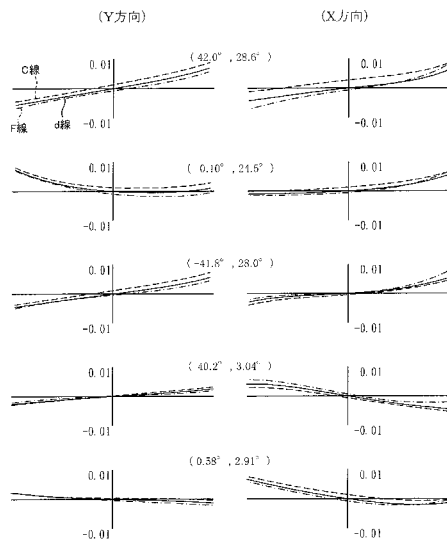
【図 2 5】

実施例4(右光路)

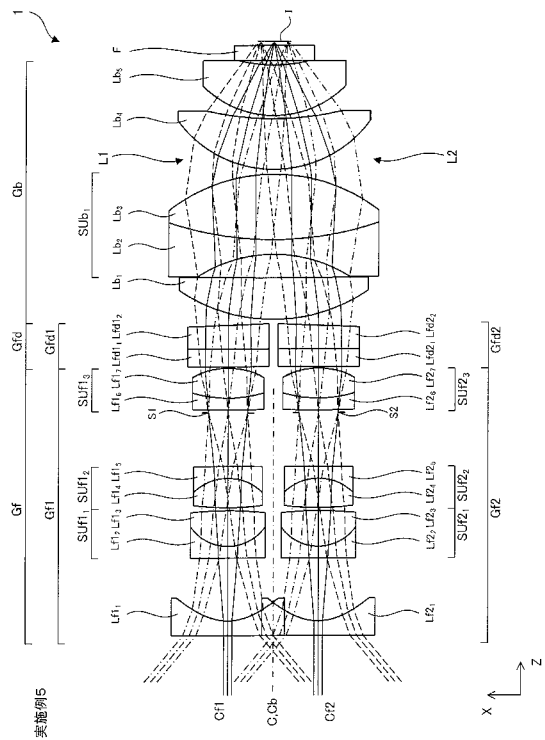


【 図 2 6 】

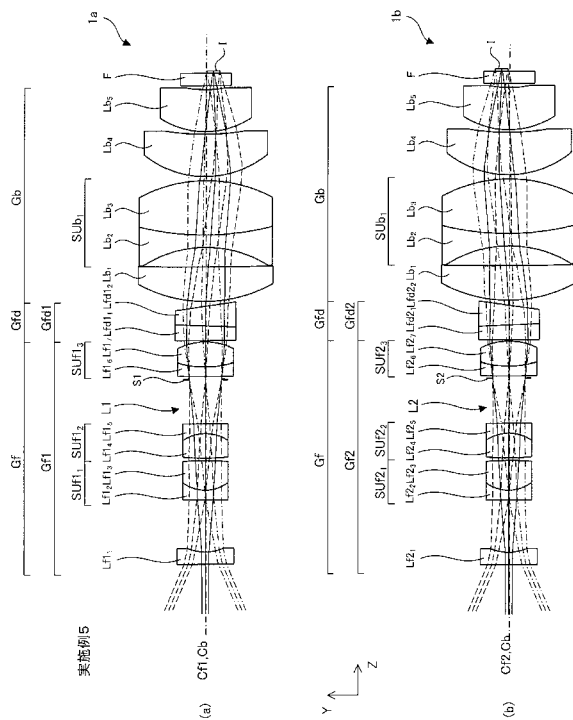
实施例4(左光路)



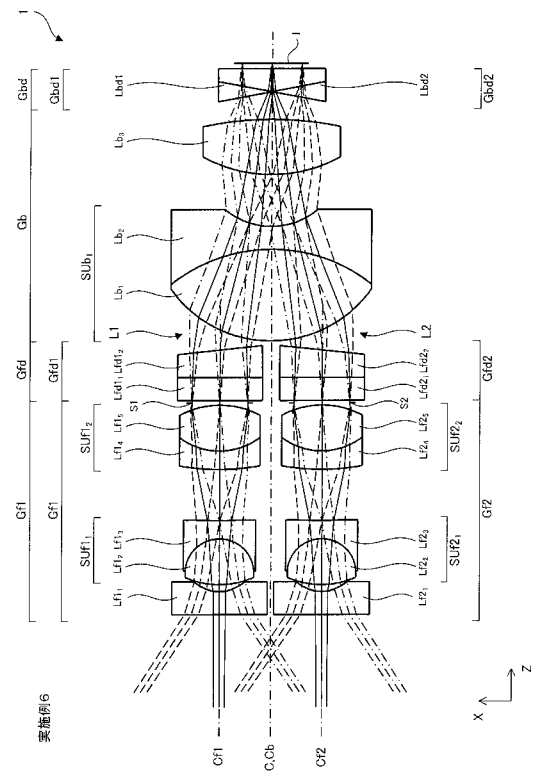
【圖 27】



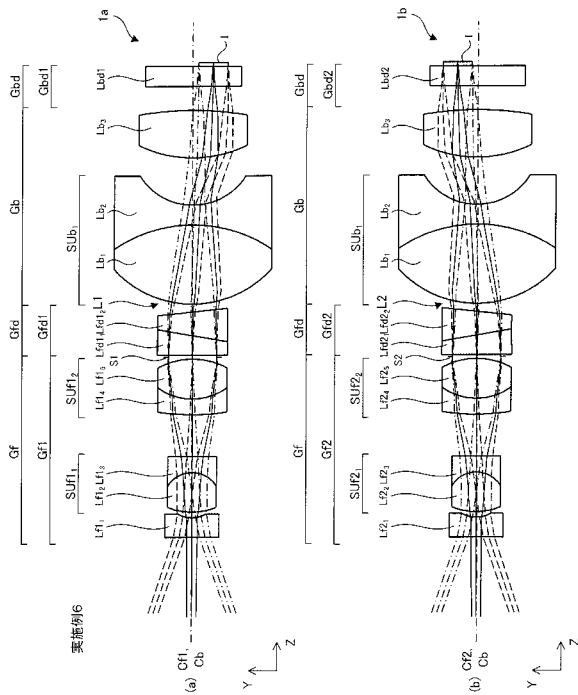
【 ㄨ 2 8 】



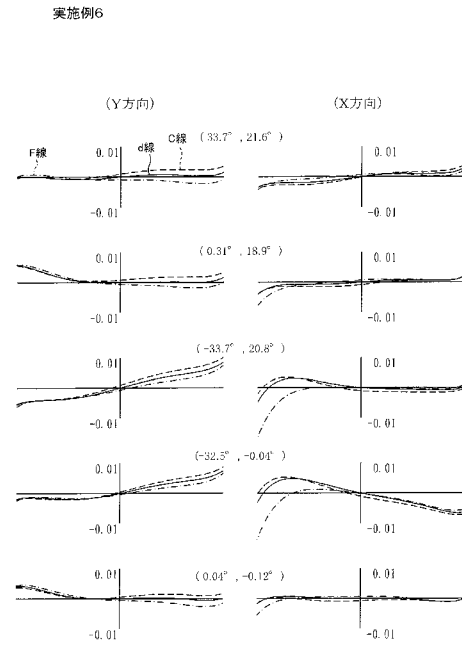
【 ㊦ 2 9 】



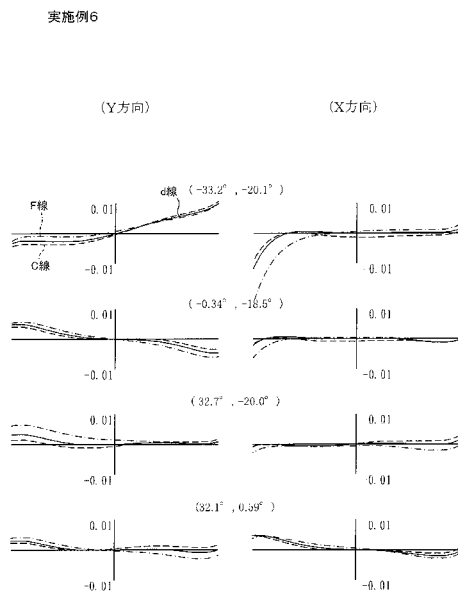
【図 30】



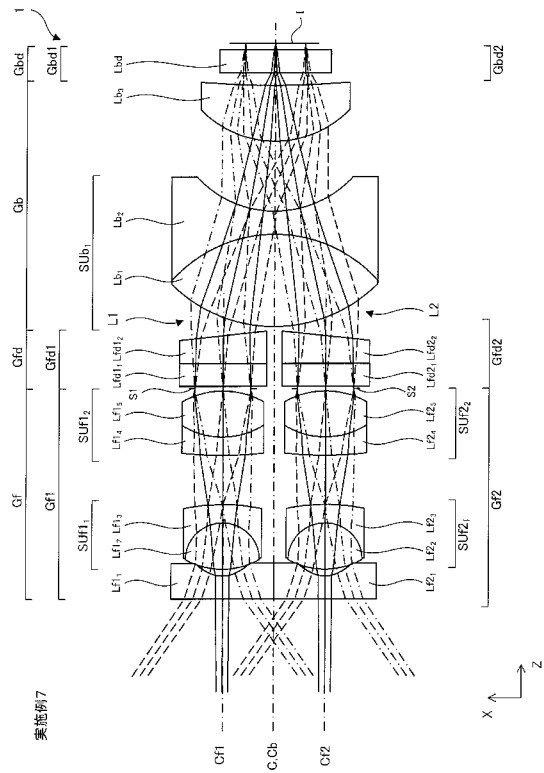
【図 31】



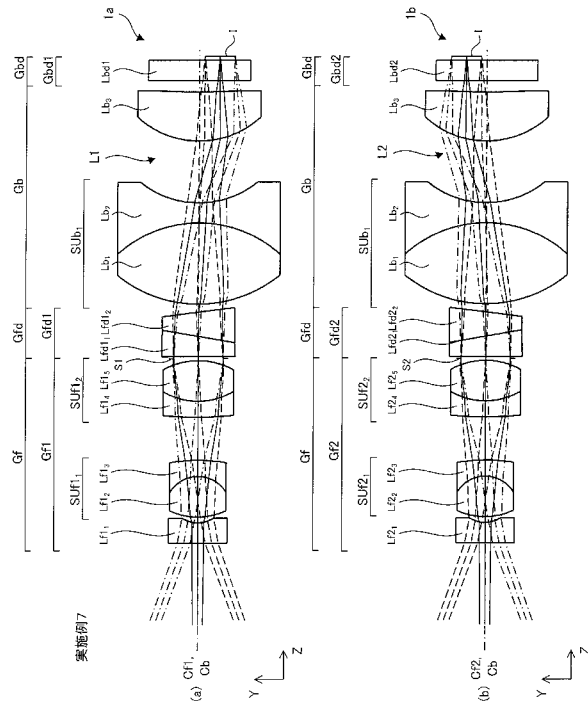
【図 32】



【図 33】

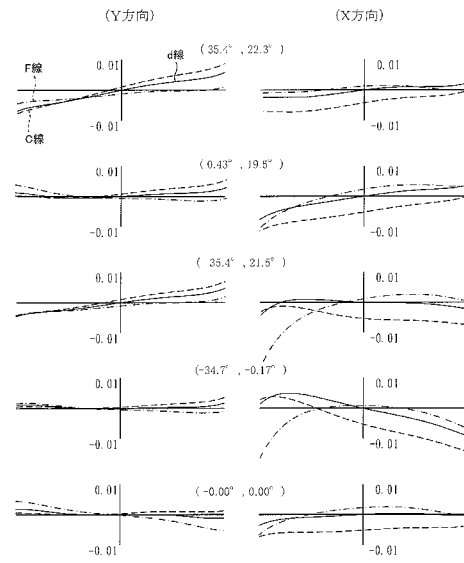


【図 3 4】



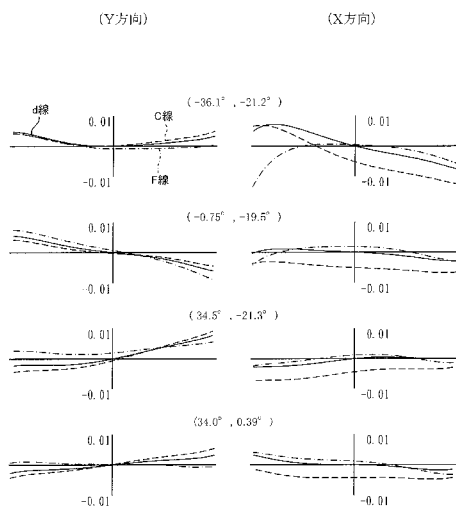
【図 3 5】

実施例7

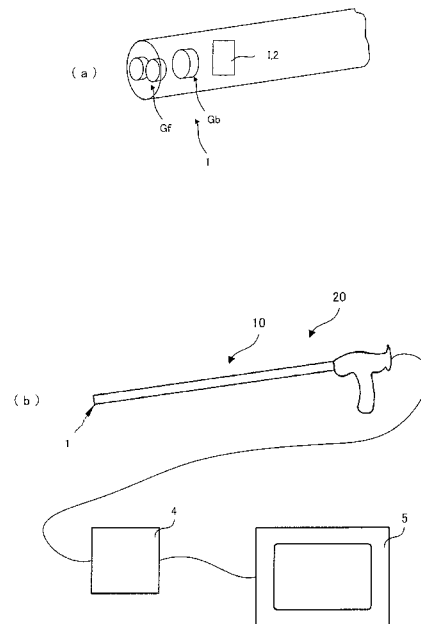


【図 3 6】

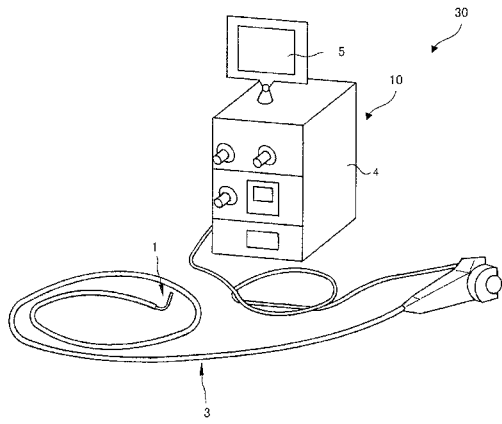
実施例7



【図 3 7】



【図 38】



 フロントページの続き

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
A 6 1 B	1/00	(2006.01)	A 6 1 B 1/00	3 0 0 D
			A 6 1 B 1/00	3 0 0 Y

F ターム(参考) 2H040 BA15 CA23 CA24 DA02 DA03 GA02
 2H042 CA14 CA17
 2H059 AA09
 2H087 KA10 LA03 LA21 NA02 PA05 PA06 PA08 PA16 PA20 PB08
 PB09 PB12 QA01 QA02 QA06 QA07 QA17 QA18 QA21 QA22
 QA25 QA26 QA32 QA34 QA41 QA42 QA45 QA46 RA06 RA12
 RA26 RA32 RA41 RA43 RA44 RA46
 4C161 AA00 BB06 CC06 DD00 FF40 HH52 HH53 JJ06 JJ11 LL02

专利名称(译)	立体成像光学系统，立体成像装置和内窥镜		
公开(公告)号	JP2015108744A	公开(公告)日	2015-06-11
申请号	JP2013251844	申请日	2013-12-05
[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	G02B13/04 G02B13/18 G02B23/24 G02B5/04 G03B35/08 A61B1/00		
CPC分类号	A61B1/00009 A61B1/00096 A61B1/00101 A61B1/00188 A61B1/00193 A61B1/05 G02B13/22 G02B23/2415 G02B23/243 G02B27/4205 G03B35/10 H04N13/204 A61B1/04 G02B13/18 G02B23/06 G02B23/2484 G02B27/0025		
FI分类号	G02B13/04.D G02B13/18 G02B23/24.B G02B5/04.A G03B35/08 A61B1/00.300.D A61B1/00.300.Y A61B1/00.522 A61B1/00.550 A61B1/00.731 G02B23/26.C		
F-TERM分类号	2H040/BA15 2H040/CA23 2H040/CA24 2H040/DA02 2H040/DA03 2H040/GA02 2H042/CA14 2H042/CA17 2H059/AA09 2H087/KA10 2H087/LA03 2H087/LA21 2H087/NA02 2H087/PA05 2H087/PA06 2H087/PA08 2H087/PA16 2H087/PA20 2H087/PB08 2H087/PB09 2H087/PB12 2H087/QA01 2H087/QA02 2H087/QA06 2H087/QA07 2H087/QA17 2H087/QA18 2H087/QA21 2H087/QA22 2H087/QA25 2H087/QA26 2H087/QA32 2H087/QA34 2H087/QA41 2H087/QA42 2H087/QA45 2H087/QA46 2H087/RA06 2H087/RA12 2H087/RA26 2H087/RA32 2H087/RA41 2H087/RA43 2H087/RA44 2H087/RA46 4C161/AA00 4C161/BB06 4C161/CC06 4C161/DD00 4C161/FF40 4C161/HH52 4C161/HH53 4C161/JJ06 4C161/JJ11 4C161/LL02		
代理人(译)	森川智		
其他公开文献	JP6150717B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供立体成像光学系统，立体成像装置和能够立体观察的内窥镜。从物体侧，具有第二前透镜组GF2围绕第一前组GF1和第二前透镜组中心轴线Cf2中围绕第一前部中心轴Cf1中的前组Gf，第一的前偏转组GFD设置在前组GF1和第二前透镜组GF2，设置在前组Gf的图像侧和前偏转单元GFD单个后组中心轴线的至少一个图像侧和一组Gb具有第一光束后L1是入射在图像平面I上通过穿过至少第一在前组GF1和后组Gb，2光束L2通过至少一个第二前透镜组GF2和后组Gb传递和入射在图像平面I上，第一光通量和第二光通量的至少一个通过前偏转组GFD，未偏转的组GFD第一光通量L1和第二光束L2，第一前部中心轴CF1和垂直于包含所述第二前透镜组中心轴线Cf2中的平面中，当投影到横截面，并且包括在后组中心轴线，偏转在不同的方向。The

