(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2014 年 1 月 30 日(30.01.2014)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2014/017031 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) *G02B 23/26* (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/004087

(22) 国際出願日: 2013 年 7 月 2 日(02.07.2013)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2012-162666 2012 年 7 月 23 日(23.07.2012) JP

(71) 出願人: 富士フイルム株式会社(FUJIFILM CORPORATION) [JP/JP]; 〒1068620 東京都港区西麻布２丁目２６番３０号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 原田　恵介(HARADA, Keisuke); 〒3319624 埼玉県さいたま市北区植竹町１丁目３２４番地 富士フイルム株式会社内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 柳田　征史，外(YANAGIDA, Masashi et al.); 〒2220033 神奈川県横浜市港北区新横浜３－１８－３　新横浜ＫＳビル　７階　柳田国際特許事務所 Kanagawa (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

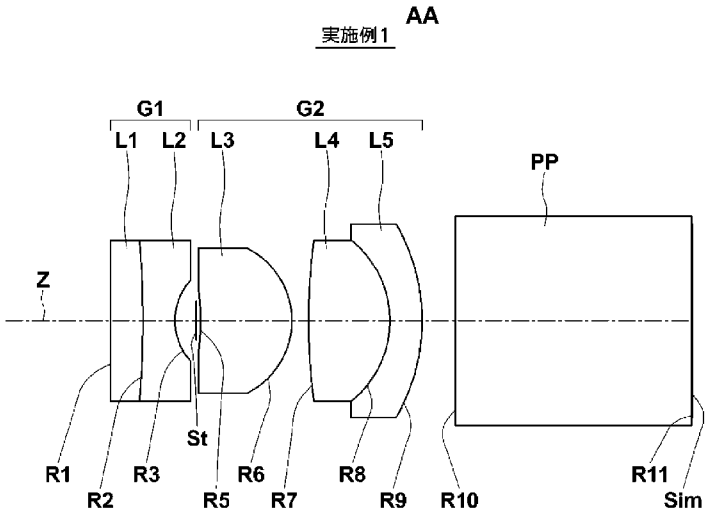
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

(54) **Title**: ENDOSCOPE OBJECTIVE LENS AND ENDOSCOPE

(54) 発明の名称 : 内視鏡用対物レンズおよび内視鏡

[図1]



AA Example

(57) **Abstract**: [Problem] To make possible reduced size, reduced diameter, and adequate correction of aberration, and to acquire a satisfactory image in an endoscope objective lens. [Solution] An endoscope objective lens comprises, in order from an object side, a negative first lens group (G1), a diaphragm, and a positive second lens group (G2). The first lens group (G1) is obtained by cementing, in order from the object side, a first lens (L1) and a second lens (L2), a concave surface of which faces the image side. The second lens group (G2) comprises, in order from the object side, a positive single-lens third lens (L3), and a cemented lens having a positive refractive power in which are cemented a fourth lens (L4) and a fifth lens (L5), either of which is a positive lens and the other is a negative lens. The Abbe numbers of the first lens (L1) and the second lens (L2) satisfy a predetermined conditional expression relating to the curvature radius of the object side and image side of the second lens (L2).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/017031 A1

【課題】内視鏡用対物レンズにおいて、小型化、細径化、色収差の十分な補正を可能とし良好な画像を取得する。 【解決手段】内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、負の第１レンズ群（Ｇ１）、絞り、正の第２レンズ群（Ｇ２）からなる。第１レンズ群（Ｇ１）は第１レンズ（Ｌ１）と像側に凹面を向けた第２レンズ（Ｌ２）を物体側から順に接合してなる。第２レンズ群（Ｇ２）は、物体側から順に、正の単レンズの第３レンズ（Ｌ３）と、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズの第４レンズ（Ｌ４）と第５レンズ（Ｌ５）が接合されて正の屈折力を持つ接合レンズとからなる。第１レンズ（Ｌ１）、第２レンズ（Ｌ２）のアッベ数と、第２レンズ（Ｌ２）の物体側、像側の面の曲率半径に関する所定の条件式を満足する。

明　細　書

発明の名称 ： 内視鏡用対物レンズおよび内視鏡

技術分野

[0001] 本発明は、内視鏡用対物レンズおよび内視鏡に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、医療分野等において胃や食道を観察するために内視鏡が用いられているが、口から挿入する経口内視鏡は、挿入の際に患者の舌の付け根や喉の内に触れることにより吐き気や不快感による苦痛を患者に与えてしまうことがある。昨今では、そういった苦痛を軽減するために、鼻から挿入できるまでに小型化された経鼻内視鏡など、小型化・細経化の施された内視鏡が用いられるようになってきている。内視鏡の小型化、細径化を考慮するにあたっては、挿入部の先端部を小さくすることが必要である。この先端部には、観察するための対物レンズ、照明部、処置具挿入口および対物レンズ表面を洗浄するための送気・送水ノズルなどが配置されている。

[0003] その中で対物レンズについては、小型化のためにレンズ枚数を減らし、全長を短くし、レンズ径も細径化する等の改良が行われている。例えば、先端部の小型化のために、絞りより物体側のレンズ構成を負レンズ１枚のみとしたものが提案されている。また、下記特許文献１、２では、絞りより物体側のレンズ構成を接合レンズのみとしたものが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開平８－１２２６３４号公報

特許文献2：特許第４３７３８１９号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記のような絞りより物体側に負レンズ１枚のみを配置した構成では、非点収差、像面湾曲のほかに、軸上色収差や倍率色収差などの

補正が不十分になりがちである。内視鏡の観察では病変部の細かい血管模様や色加減を見ることが行われる。色収差の補正不足などによる色滲みが生じると迅速かつ適正な処置を行う上で問題となるので、小型化とともに色収差の補正を十分に行うことにも配慮しなければならない。そのためには例えば、絞りの物体側と像側の両方に接合レンズを配置することが考えられる。

[0006] 上記特許文献１、２には、絞りより物体側のレンズ構成を接合レンズのみとし、絞りの物体側と像側に接合レンズを配置した構成が記載されている。これらの構成では接合レンズの材料として、特に、接合レンズを構成する負レンズの材料として比較的アッベ数の高いものを選択しているが、最もアッベ数が高いとされる低分散材料の領域まで踏み込んでおらず、最適な色収差補正にまで到達していないと考えられる。また、上記特許文献１、２に記載されている絞りより物体側に接合レンズのみを配置した構成では、この接合レンズと絞りとの間隔が大きくなっており、そのために最も物体側のレンズでの光線高が高くなり、このレンズの外径が大きくなり、細径化の障害になるという不具合があった。

[0007] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、小型化、細径化が可能で、色収差が十分に補正されて良好な画像を取得可能な内視鏡用対物レンズ、および該内視鏡用対物レンズを備えた内視鏡を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の第１の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第２レンズ群とから実質的に構成され、第１レンズ群が、第１レンズおよび像側に凹面を向けた第２レンズが物体側から順に接合された接合レンズからなり、第２レンズ群が、物体側から順に、正の単レンズである第３レンズと、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズである第４レンズおよび第５レンズが接合されて全体として正の屈折力を有する接合レンズとからなり、下記条件式（１）、（２）を満足することを特徴とするものである。

２５＜νｄ２－νｄ１＜６０　…　（１）

－１．６＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．５　…　（２）

ただし、

νｄ１：第１レンズのｄ線に関するアッベ数

νｄ２：第２レンズのｄ線に関するアッベ数

Ｒ２：第２レンズの物体側の面の曲率半径

Ｒ３：第２レンズの像側の面の曲率半径

[0009] 本発明の第１の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式（１’）、（２’）の少なくとも一方を満足することがより好ましい。

２７＜νｄ２－νｄ１＜５８　…　（１’）

－１．５＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．６　…　（２’）

[0010] 本発明の第２の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第２レンズ群とから実質的に構成され、第１レンズ群が、第１レンズおよび像側に凹面を向けた第２レンズが物体側から順に接合された接合レンズからなり、第２レンズ群が、物体側から順に、正の単レンズである第３レンズと、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズである第４レンズおよび第５レンズが接合されて全体として正の屈折力を有する接合レンズとからなり、下記条件式（３）、（４）を満足することを特徴とするものである。

１＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜３０　…　（３）

０．４０＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．６０　…　（４）

ただし、

Ｒ２：第２レンズの物体側の面の曲率半径

Ｒ３：第２レンズの像側の面の曲率半径

ＤＳ：第１レンズの物体側の面から絞りまでの光軸上の距離

ｆＧ１：第１レンズ群の焦点距離

ｆ：全系の焦点距離

[0011] 本発明の第２の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式（３’）、（４’）の少なくとも一方を満足することがより好ましい。

３＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜２５ … （３’）

０．４５＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．５５ … （４’）

[0012] 本発明の第１、第２の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式（５）を満足することが好ましく、下記条件式（５’）を満足することがより好ましい。

｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．１０ … （５）

０．０１＜｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．０８ … （５’）

ただし、

Ｄ１：第１レンズの中心厚

[0013] 本発明の第１、第２の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式（６）を満足することが好ましく、下記条件式（６’）を満足することがより好ましい。

０．８０＜Ｂｆ／ｆ＜１．３８ … （６）

１．００＜Ｂｆ／ｆ＜１．３７ … （６’）

ただし、

Ｂｆ：全系のバックフォーカス

ｆ：全系の焦点距離

[0014] 本発明の第１、第２の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式（７）を満足することが好ましく、下記条件式（７’）を満足することがより好ましい。

２０＜νｄｐ－νｄｎ＜４０ … （７）

２２＜νｄｐ－νｄｎ＜３８ … （７’）

ただし、

νｄｐ：第２レンズ群の接合レンズを構成する正レンズのｄ線に関するアッ

ベ数

νｄｎ：第２レンズ群の接合レンズを構成する負レンズのｄ線に関するアッベ数

[0015] 本発明の第１、第２の内視鏡用対物レンズにおいては、下記条件式（８）、（９）を満足することが好ましく、下記条件式（８’）、（９’）の少なくとも一方を満足することがより好ましい。

１．８５＜Ｎｄ１＜１．９２ … （８）

３５＜νｄ１＜４５ … （９）

１．８６＜Ｎｄ１＜１．９０ … （８’）

３８＜νｄ１＜４３ … （９’）

[0016] なお、上記「～実質的に構成され」の「実質的に」とは、構成要素として挙げたもの以外に、実質的にパワーを有さないレンズ、絞りやカバーガラス等レンズ以外の光学要素、レンズフランジ、レンズバレル、撮像素子等を含んでもよいことを意図するものである。また、上記「第１レンズ群が、～からなり」、「第２レンズ群が、～からなり」も同様に実質的なことを意味するものである。

[0017] なお、上記のレンズの面形状や屈折力の符号は、非球面が含まれているものについては近軸領域で考えるものとする。

[0018] なお、曲率半径の符号は、物体側に凸面を向けた形状の場合を正とし、像側に凸面を向けた形状の場合を負とすることにする。

[0019] なお、「単レンズ」とは、接合されていない１枚のレンズからなるものを意味する。

[0020] 本発明の内視鏡は、上記記載の本発明の内視鏡用対物レンズを備えたことを特徴とするものである。

発明の効果

[0021] 本発明の内視鏡用対物レンズは、５枚構成のレトロフォーカスタイプとし、絞りの物体側と像側の両方に接合レンズを配設して各レンズの構成を好適に設定し、所定の条件式を満足するようにしているため、小型化、細径化が

可能であり、軸上色収差、倍率色収差が十分に補正された良好な画像を取得することができる。

[0022] 本発明の内視鏡は、本発明の内視鏡用対物レンズを備えたものであるため、挿入部の小型化、細径化を図ることができ、色再現性が良い良好な画像を取得することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施例１の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

[図2]本発明の実施例２の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

[図3]本発明の実施例３の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

[図4]本発明の実施例４の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

[図5]本発明の実施例５の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

[図6]本発明の実施例６の内視鏡用対物レンズの構成を示す断面図

[図7]図７（Ａ）～図７（Ｄ）は本発明の実施例１の内視鏡用対物レンズの各収差図

[図8]図８（Ａ）～図８（Ｄ）は本発明の実施例２の内視鏡用対物レンズの各収差図

[図9]図９（Ａ）～図９（Ｄ）は本発明の実施例３の内視鏡用対物レンズの各収差図

[図10]図１０（Ａ）～図１０（Ｄ）は本発明の実施例４の内視鏡用対物レンズの各収差図

[図11]図１１（Ａ）～図１１（Ｄ）は本発明の実施例５の内視鏡用対物レンズの各収差図

[図12]図１２（Ａ）～図１２（Ｄ）は本発明の実施例６の内視鏡用対物レンズの各収差図

[図13]本発明の実施形態にかかる内視鏡の概略構成を示す図

[図14]本発明の実施形態にかかる内視鏡の挿入部の先端面の平面図

[図15]本発明の実施形態にかかる内視鏡の先端部の要部断面図

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施形態について図面を参照して詳細に説明する。図１に、本発明の一実施形態にかかる内視鏡用対物レンズの光軸Ｚを含む断面における構成を示す。図１に示す構成例は、後述の実施例１のレンズ構成に対応している。また、図２～図６に、本発明の実施形態にかかる内視鏡用対物レンズの別の構成を示す。図２～図６に示す構成例は、後述の実施例２～６のレンズ構成に対応している。図１においては左側が物体側、右側が像側であり、符号Ｒｉは、最も物体側の構成要素の面を１番目として、像側に向かうに従い順次増加するようにして符号を付したｉ番目の面の曲率半径を示す。図１～図６に示す例の基本構成や図示方法は同じため、以下では主に図１に示す構成例を代表的に参照しながら説明する。

[0025] 本実施形態の内視鏡用対物レンズは、光軸Ｚに沿って物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、開口絞りＳｔと、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２とから実質的に構成される。第１レンズ群Ｇ１は、第１レンズＬ１および像側に凹面を向けた第２レンズＬ２が物体側からこの順に接合された接合レンズからなる。第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、正の単レンズである第３レンズＬ３と、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズである第４レンズＬ４および第５レンズＬ５が接合されて全体として正の屈折力を有する接合レンズとからなる。以上の構成が本実施形態の内視鏡用対物レンズの基本構成となる。

[0026] なお、図１の第２レンズ群Ｇ２と像面Ｓｉｍの間の平行平面板状の光学部材ＰＰは、光路を折り曲げるための光路変換プリズム、フィルタ、カバーガラス等を想定したものである。光路変換プリズムを用いた場合は屈曲光路となるが、理解を容易にするために図１では光路を展開した図を示している。

[0027] 本実施形態の内視鏡用対物レンズでは、物体側から順に、負レンズ群、正レンズ群の屈折力配置とすることでレトロフォーカスタイプのレンズ系となり、内視鏡に要求される広角の視野角に好適に対応可能な光学系となる。また、５枚構成とし、開口絞りＳｔの物体側と像側の両方に接合レンズを配置することで、レンズ枚数を極力減らして小型化を図りながら、色収差の良好

な補正も可能となる。

[0028] 第１レンズ群Ｇ１を２枚のレンズを接合した接合レンズのみからなるようにすることで、レンズ枚数を抑えながら軸上色収差の補正を良好に行うことができる。

[0029] 第１レンズ群Ｇ１の接合レンズについては、正の屈折力を有する第１レンズＬ１と負の屈折力を有する第２レンズＬ２を接合したものでもよく、あるいは、負の屈折力を有する第１レンズＬ１と負の屈折力を有する第２レンズＬ２を接合したものでもよい。第１レンズＬ１が正レンズの場合には、内視鏡に好適な広角の光学系となるように第１レンズ群Ｇ１の負の屈折力を確保するために、第２レンズＬ２は両凹レンズとすることが好ましい。第１レンズＬ１が負レンズの場合には、第２レンズＬ２は負メニスカスレンズとしてもよく、このようにした場合は広角化と良好な収差補正を図る上で有利となる。

[0030] また、全系の最も物体側に位置することになる第１レンズＬ１の物体側の面は、内視鏡用対物レンズが内視鏡に搭載されて使用されたときに、この面に液体等の付着物の残留を防止、軽減するために平面または凸面とすることが好ましい。

[0031] 第２レンズＬ２の像側の面は凹面となるように構成される。細径化のために第１レンズＬ１での光線高を抑えるには第１レンズ群Ｇ１と開口絞りＳｔとの間隔を狭くすることが好ましいが、この間隔を狭くすると、内視鏡用対物レンズのような広角の光学系では、第２レンズＬ２の像側の面を射出して開口絞りＳｔに向かう軸外光線と光軸Ｚとのなす角が大きくなる。そこで、第２レンズＬ２の像側のレンズ面を凹面とすることで、凸面や平面とした場合よりもこの面での光線の屈折角を小さくすることができ、この面で発生する収差を小さくすることができる。

[0032] 上記事情から具体的には例えば、第１レンズ群Ｇ１としては、平凸レンズの第１レンズＬ１と両凹レンズの第２レンズＬ２の接合レンズ、あるいは平凹レンズの第１レンズＬ１と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第

２レンズＬ２の接合レンズ、または物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第１レンズＬ１と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第２レンズＬ２の接合レンズ等の構成を採用することができる。

[0033] 第３レンズＬ３は、負の第１レンズ群Ｇ１、開口絞りＳｔに続いて配置されるレンズであり、このレンズに正の屈折力を持たせることで、光路変換プリズム等を配置可能な十分長いバックフォーカスを確保しながら、像面Ｓｉｍへ光線を導くことができる。第３レンズＬ３は、例えば、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズとすることができ、このようにした場合は、第３レンズＬ３の物体側の面を凸面や平面とした場合よりも第３レンズＬ３の物体側の面で発生する収差量を小さくすることができる。

[0034] 第２レンズ群Ｇ２は正レンズと負レンズを接合した接合レンズを有することで、色収差の良好な補正を行うことができる。

[0035] なお、図１には、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズとして、正の屈折力を有する第４レンズＬ４と負の屈折力を有する第５レンズＬ５とを物体側からこの順に接合した例を示しているが、代わりに、負の屈折力を有する第４レンズＬ４と正の屈折力を有する第５レンズＬ５とを物体側からこの順に接合した構成としてもよい。

[0036] ただし、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズを、負レンズと正レンズを物体側からこの順に接合した構成とすると、像側に進行する光束を考えたとき、この接合レンズにおいて負レンズで発散作用を受けた光束が正レンズに入射するため、正負の順を逆にした構成に比べてこの正レンズでの光線高が高くなって外径が大きくなり、細径化に不利である。

[0037] また、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズを、負レンズと正レンズを物体側からこの順に接合した構成では、正負の順を逆にした構成に比べて、この接合レンズの正レンズがより像側に位置するため、この正レンズでの光線高が高くなって外径が大きくなり、細径化に不利である。さらに、通常、正レンズは外径が大きくなるに従い縁肉（コバ厚）が小さくなるので、縁肉を確保するために中心厚を大きくする必要が生じる虞があり、光軸方向の小型化を図

る上でも懸念材料となる。

[0038] 上記事情から、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズは、図１に示すように物体側から順に、正レンズ、負レンズとした方が小型化、細径化を図る上で有利である。より詳しくは、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズとしては、例えば、両凸レンズの第４レンズＬ４と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズの第５レンズを接合したものとすることができる。

[0039] 本実施形態の内視鏡用対物レンズは、さらに下記条件式（１）～（９）のいずれか１つまたは任意の組合せを満足することが好ましい。

[0040] ２５＜νｄ２－νｄ１＜６０ … （１）

－１．６＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．５ … （２）

１＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜３０ … （３）

０．４０＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．６０ … （４）

｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．１０ … （５）

０．８０＜Ｂｆ／ｆ＜１．３８ … （６）

２０＜νｄｐ－νｄｎ＜４０ … （７）

１．８５＜Ｎｄ１＜１．９２ … （８）

３５＜νｄ１＜４５ … （９）

ただし、

νｄ１：第１レンズのｄ線に関するアッベ数

νｄ２：第２レンズのｄ線に関するアッベ数

Ｒ２：第２レンズの物体側の面の曲率半径

Ｒ３：第２レンズの像側の面の曲率半径

ＤＳ：第１レンズの物体側の面から開口絞りまでの光軸上の距離

ｆＧ１：第１レンズ群の焦点距離

ｆ：全系の焦点距離

Ｄ１：第１レンズの中心厚

Ｂｆ：全系のバックフォーカス

νｄｐ：第２レンズ群の接合レンズを構成する正レンズのｄ線に関するアッベ数

νｄｎ：第２レンズ群の接合レンズを構成する負レンズのｄ線に関するアッベ数

Ｎｄ１：第１レンズのｄ線に関する屈折率

νｄ１：第１レンズのｄ線に関するアッベ数

[0041] 上記条件式の作用効果について以下に説明する。条件式（１）は、開口絞りＳｔの物体側直前に配置される接合レンズを構成する２つのレンズのアッベ数の差に関する式である。開口絞りＳｔから近く光線高が低い部分の構成は軸上色収差に与える影響が大きいため、開口絞りＳｔに近い接合レンズでその構成材料のアッベ数の調整を行うことが好ましい。条件式（１）の上限以上になると、軸上色収差が補正不足となる。条件式（１）の下限以下になると、軸上色収差が補正過剰となる。条件式（１）を満足することで、軸上色収差の良好な補正が可能となる。この効果をさらに高めるためには下記条件式（１’）を満足することがより好ましく、下記条件式（１’’）を満足することがさらにより好ましい。

２７＜νｄ２－νｄ１＜５８ … （１’）

２９＜νｄ２－νｄ１＜５５ … （１’’）

[0042] 条件式（１）を満足することで、第２レンズのＬ２の材料を低分散材料の領域まで踏み込んで使用することができ、最適な色収差補正を行うことが可能になる。また、条件式（１）を満足するように第１レンズ群Ｇ１の接合レンズを構成する２つのレンズのアッベ数の差を大きくすることで、この接合レンズの接合面の曲率半径の絶対値を大きくすることができる。第１レンズ群Ｇ１が正レンズを有する場合は、この接合面の曲率半径の絶対値が大きい方が、第１レンズ群Ｇ１の正レンズの縁肉（コバ厚）確保のために中心厚を厚くする必要性が低減するため、条件式（１）を満足することで第１レンズ群Ｇ１の光軸方向の薄型化に貢献することができる。

[0043] 条件式（２）は、第２レンズＬ２の形状に関する式であり、また、第１レ

ンズ群Ｇ１の接合面と第１レンズ群Ｇ１の最も像側の面の形状に関する式でもある。条件式（２）の上限以上になると、軸上色収差が補正過剰となり、倍率色収差が補正不足となる。条件式（２）の下限以下になると、軸上色収差が補正不足となり、倍率色収差が補正過剰となる。条件式（２）を満足することで、色収差の良好な補正が可能となる。これらの効果をさらに高めるためには下記条件式（２’）を満足することがより好ましく、下記条件式（２’’）を満足することがさらにより好ましい。

－１．５＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．６　…　（２’）

－１．４＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．７　…　（２’’）

[0044] また、条件式（２）を満足することで、第２レンズＬ２を両凹レンズまたは像側に凹面を向けた負メニスカスレンズとしつつ、第１レンズ群Ｇ１の接合面の曲率半径の絶対値よりも第１レンズ群Ｇ１の最も像側の面の曲率半径の絶対値を小さくすることができ、これにより、第１レンズ群Ｇ１と開口絞りＳｔとの間隔を狭くすることが容易になる。この間隔を狭くすることで第１レンズ群Ｇ１における光線高を低くすることができ、細径化に有利となる。

[0045] 条件式（３）も、第２レンズＬ２の形状に関する式であり、また、第１レンズ群Ｇ１の接合面と第１レンズ群Ｇ１の最も像側の面の形状に関する式でもある。条件式（３）の上限以上になると、軸上色収差が補正過剰となり、倍率色収差が補正不足となり、像面湾曲が発生して像面湾曲がオーバー傾向になる。条件式（３）の下限以下になると、軸上色収差が補正不足となり、倍率色収差が補正過剰となり、像面湾曲が発生して像面湾曲がアンダー傾向になる。条件式（３）を満足することで、色収差および像面湾曲の良好な補正が可能となる。これらの効果をさらに高めるためには下記条件式（３’）を満足することがより好ましく、下記条件式（３’’）を満足することがさらにより好ましい。

３＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜２５　…　（３’）

６＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜２０　…　（３’’）

[0046] また、条件式（３）を満足することで、第１レンズ群Ｇ１の接合面の曲率半径の絶対値よりも第１レンズ群Ｇ１の最も像側の面の曲率半径の絶対値を小さくすることができ、条件式（２）の説明で述べたように、細径化に有利となる。

[0047] 条件式（４）は、入射瞳位置に関するものである。条件式（４）の上限以上になると、第１レンズＬ１の物体側の面から入射瞳位置までの距離が長くなり、第１レンズＬ１の外径が大きくなる。条件式（４）の下限以下になると、画角が小さくなり、内視鏡用対物レンズに要求される広角な構成を実現できなくなる。条件式（４）を満足することで、内視鏡用対物レンズに要求される細径化および広角の構成を実現することができる。これらの効果をさらに高めるためには下記条件式（４’）を満足することがより好ましく、下記条件式（４’’）を満足することがさらにより好ましい。

０．４５＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．５５　…　（４’）

０．４８＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．５３　…　（４’’）

[0048] 条件式（５）は、第１レンズＬ１の光軸上の厚みと第１レンズＬ１の像側の面の曲率半径に関するものである。条件式（５）の上限以上になると、レンズ系の全長が長くなり、第１レンズＬ１の外径が大きくなり、小型化および細径化に反する。条件式（５）を満足することで、小型化および細径化に寄与することができる。

[0049] 条件式（５）の対応値はさらに下記条件式（５’）を満足することがより好ましく、下記条件式（５’’）を満足することがさらにより好ましい。

０．０１＜｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．０８　…　（５’）

０．０２≦｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．０７　…　（５’’）

[0050] 条件式（５’）の上限を満足することで、条件式（５）の上限を満足した

場合に比べて小型化および細径化により寄与することができる。条件式（５’）の下限以下になると、軸上色収差を十分に補正することが困難になる。条件式（５’）を満足することで、小型化、細径化、軸上色収差の補正に有利となる。下記条件式（５’’）を満足することで、これらの効果をさらに高めることができる。

[0051] 条件式（６）は、バックフォーカス比に関するものである。条件式（６）の上限以上になると、レンズ系の全長が長くなる。条件式（６）の下限以下になると、光路変換プリズム等を配置することが困難になる。条件式（６）を満足することで、小型化を図りつつ光路変換プリズム等を配置可能な十分なバックフォーカスを確保することができる。これらの効果をさらに高めるためには下記条件式（６’）を満足することがより好ましく、下記条件式（６’’）を満足することがさらにより好ましい。

１．００＜Ｂｆ／ｆ＜１．３７ … （６’）

１．２０＜Ｂｆ／ｆ＜１．３５ … （６’’）

[0052] 条件式（７）は、第２レンズ群Ｇ２の接合レンズを構成する正レンズと負レンズのアッベ数の差に関する式である。開口絞りＳｔから遠く光線高が高い部分の構成は倍率色収差に与える影響が大きいため、開口絞りＳｔから遠い接合レンズでその構成材料のアッベ数の調整を行うことが好ましい。条件式（７）の上限以上になると、倍率色収差が補正過剰となる。条件式（７）の下限以下になると、倍率色収差が補正不足となる。条件式（７）を満足することで、倍率色収差の良好な補正が可能となる。この効果をさらに高めるためには下記条件式（７’）を満足することがより好ましく、下記条件式（７’’）を満足することがさらにより好ましい。

２２＜νｄｐ－νｄｎ＜３８ … （７’）

２３＜νｄｐ－νｄｎ＜３６ … （７’’）

[0053] 条件式（８）は、第１レンズＬ１の屈折率に関する式である。第１レンズＬ１は内視鏡用対物レンズの中で最も物体側に配置されるため、その材料には生体適合性が求められることがある。また、現在使用可能な光学材料は概

略的には屈折率が高くなるとアッベ数が小さくなる傾向にある。条件式（８）の上限以上になると、生体適合性を有し光学材料として使用可能な材料を用いて諸収差を補正しようとすると材料選択性が悪くなり、諸収差を十分に補正することができなくなる。条件式（８）の下限以下になると、内視鏡用対物レンズに要求される広角な構成を実現することが困難になる。条件式（８）を満足することで、生体適合性の良い材料を用いて良好に収差補正しつつ、広角の構成を実現することができる。この効果をさらに高めるためには下記条件式（８’）を満足することがより好ましく、下記条件式（８’’）を満足することがさらにより好ましい。

１．８６＜Ｎｄ１＜１．９０　…　（８’）

１．８８＜Ｎｄ１＜１．８９　…　（８’’）

[0054] 条件式（９）は、第１レンズＬ１のアッベ数に関する式である。条件式（９）の上限以上になると、軸上色収差が補正過剰となる。条件式（９）の下限以下になると、色分散が抑えられず、無視できない量の色収差が発生する。条件式（９）を満足することで、色収差を良好に補正することができる。この効果をさらに高めるためには下記条件式（９’）を満足することがより好ましく、下記条件式（９’’）を満足することがさらにより好ましい。

３８＜νｄ１＜４３　…　（９’）

４０＜νｄ１＜４２　…　（９’’）

[0055] また、条件式（８）、（９）を同時に満足することで、生体適合性の良い材料を用いて広角の構成としながら、諸収差、特に色収差を良好に補正することができる。

[0056] 上述した好ましい構成や条件式は内視鏡用対物レンズに要求される事項に応じて適宜選択するようにしてもよい。例えば、以下に述べる２つの態様を好ましい例として挙げることができる。

[0057] 第１の態様は、上述した基本構成を有し、条件式（１）、（２）を満足するものである。第２の態様は、上述した基本構成を有し、条件式（３）、（４）を満足するものである。なお、第１の態様において、さらに条件式（１

）、（２）以外の上述した他の条件式を満足するように構成してもよく、また、第２の態様において、さらに条件式（３）、（４）以外の上述した他の条件式を満足するように構成してもよい。

[0058] なお、内視鏡用対物レンズが保護部材なしで内視鏡に搭載される場合、最も物体側のレンズは、体液、洗浄液、直射日光、油脂等にさらされることになる。したがって、このレンズの材料には、耐水性、耐候性、耐酸性、耐薬品性等が高いものを用いることが好ましく、例えば、日本光学硝子工業会が定める粉末耐水性、粉末耐酸性規格の減量率ランク、表面法耐候性ランクが１のものを用いることが好ましい。

[0059] 次に、本発明の内視鏡用対物レンズの数値実施例について説明する。

[0060] ［実施例１］

実施例１の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図１に示したものであり、その図示方法については上述したとおりであるので、ここでは重複説明を省略する。

[0061] 実施例１の内視鏡用対物レンズの概略構成は以下のようになっている。実施例１の内視鏡用対物レンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、開口絞りＳｔと、正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２とが配列されてなる。第１レンズ群Ｇ１は、物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸レンズである第１レンズＬ１と、両凹レンズである第２レンズＬ２とからなる。第１レンズＬ１と第２レンズＬ２は接合されている。第２レンズ群Ｇ２は、物体側から順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズである第３レンズと、両凸レンズである第４レンズＬ４と、物体側に凹面を向けた第５レンズＬ５とからなる。第３レンズＬ３は接合されていない単レンズである。第４レンズＬ４と第５レンズＬ５は接合されている。第１レンズＬ１～第５レンズＬ５全て球面レンズである。

[0062] 表１に実施例１の内視鏡用対物レンズの基本レンズデータ、諸元を示す。基本レンズデータの表のＳｉの欄は最も物体側の構成要素の面を１番目として像側に向かうに従い順次増加するｉ番目（ｉ＝１、２、３、…）の面番号

を示し、Ｒｉの欄はｉ番目の面の曲率半径を示し、Ｄｉの欄はｉ番目の面とｉ＋１番目の面との光軸Ｚ上の面間隔を示し、Ｎｄｊの欄は最も物体側の光学要素を１番目として像側に向かうに従い順次増加するｊ番目（ｊ＝１、２、３、…）の光学要素のｄ線（波長５８７．５６ｎｍ）に関する屈折率を示し、νｄｊの欄はｊ番目の光学要素のｄ線に関するアッベ数を示す。

[0063] 曲率半径の符号は、面形状が物体側に凸の場合を正、像側に凸の場合を負としている。面間隔の最下欄の値は、表に示す最も像側の面と像面との間の光軸Ｚ上の面間隔である。なお、基本レンズデータには、開口絞りＳｔおよび光学部材ＰＰも含めて示しており、開口絞りＳｔに対応する面の面番号の欄には面番号とともに（Ｓｔ）を記入している。

[0064] 諸元の表の値は、ｄ線に関するものである。諸元の表には焦点距離ｆ、バックフォーカスＢｆ、Ｆ値Ｆｎｏ．、全画角２ω（単位は度）を示す。

[0065] 表１の数値の長さの単位としては「ｍｍ」を用いているが、これは一例であり、光学系は比例拡大または比例縮小しても使用可能なため、他の適当な単位を用いることもできる。なお、表１には、所定の桁でまるめた値を示している。表１の基本レンズデータの値は、物体距離（第１レンズＬ１の物体側の面から物体までの距離）が８．７６ｍｍのときのものである。

[0066] [表1]

実施例1

基本レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.29	1.88299	40.80
2	-8.5932	0.29	1.43875	94.93
3	0.5537	0.19		
4(St)	∞	0.04		
5	-2.2260	0.82	1.65160	58.55
6	-0.7387	0.15		
7	5.5249	0.73	1.72916	54.68
8	-0.9407	0.29	2.00272	19.32
9	-1.7629	0.30		
10	∞	2.12	1.88299	40.80
11	∞	0.01		

諸元（d線）

f	1.0078
Bf	1.3352
Fno.	3.24
2ω[°]	115.8

[0067] 図７（Ａ）～図７（Ｄ）にそれぞれ、実施例１の内視鏡用対物レンズの球

面収差、非点収差、歪曲収差（ディストーション）、倍率色収差（倍率の色収差）の各収差図を示す。球面収差、非点収差、歪曲収差の各収差図には、ｄ線を基準波長とした収差を示すが、球面収差図にはＣ線（波長６５６．２７ｎｍ）、ｇ線（波長４３５．８４ｎｍ）、ｈ線（波長４０４．６６ｎｍ）についての収差も示している。非点収差図ではサジタル方向、タンジェンシャル方向に関する収差をそれぞれ実線、破線で示している。倍率色収差図ではＣ線、ｇ線、ｈ線についての収差を示している。球面収差図のＦｎｏ．はＦ値を意味し、その他の収差図のωは半画角を意味する。図７（Ａ）～図７（Ｄ）に示す収差図は、物体距離が８．７６ｍｍのときのものである。

[0068] 上記の実施例１のものに関する図示方法、各種データの記号、意味、記載方法は、特に断りがない限り以下の実施例のものについても同様であるため、以下では重複説明を省略する。

[0069] ［実施例２］

実施例２の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図２に示したものである。実施例２の内視鏡用対物レンズは、実施例１のものと略同様の構成とされている。表２に実施例２の内視鏡用対物レンズの基本レンズデータ、諸元を示す。図８（Ａ）～図８（Ｄ）に実施例２の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。表２の基本レンズデータの値、図８（Ａ）～図８（Ｄ）の各収差図は、物体距離が８．７８ｍｍのときのものである。

[0070] [表2]

実施例2

基本レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.29	1.88299	40.80
2	-4.8793	0.29	1.49700	81.54
3	0.7216	0.18		
4(St)	∞	0.03		
5	-2.5011	1.09	1.75500	52.32
6	-0.8846	0.15		
7	13.8783	0.73	1.83481	42.73
8	-0.9427	0.29	2.00272	19.32
9	-2.0629	0.28		
10	∞	2.12	1.88299	40.80
11	∞	0.00		

諸元（d線）

f	0.9966
Bf	1.3166
Fno.	3.06
2ω[°]	116.8

[0071] ［実施例３］

実施例３の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図３に示したものである。実施例３の内視鏡用対物レンズは、実施例１のものと略同様の構成とされている。表３に実施例３の内視鏡用対物レンズの基本レンズデータ、諸元を示す。図９（Ａ）～図９（Ｄ）に実施例３の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。表３の基本レンズデータの値、図９（Ａ）～図９（Ｄ）の各収差図は、物体距離が８．６５ｍｍのときのものである。

[0072] [表3]

実施例3
基本レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.29	1.88299	40.80
2	-14.4187	0.29	1.48749	70.23
3	0.7365	0.17		
4(St)	∞	0.04		
5	-3.7132	1.10	1.74100	52.64
6	-0.8886	0.14		
7	12.3234	0.72	1.83481	42.73
8	-0.9285	0.29	2.00272	19.32
9	-2.1694	0.27		
10	∞	2.09	1.88299	40.80
11	∞	0.01		

諸元（d線）

f	1.0067
Bf	1.2913
Fno.	3.17
2ω[°]	113.0

[0073] ［実施例４］

実施例４の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図４に示したものである。実施例４の内視鏡用対物レンズは、実施例１のものと略同様の構成とされているが、第１レンズＬ１が物体側に平面を向けた平凹レンズである点が異なる。表４に実施例４の内視鏡用対物レンズの基本レンズデータ、諸元を示す。図１０（Ａ）～図１０（Ｄ）に実施例４の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。表４の基本レンズデータの値、図１０（Ａ）～図１０（Ｄ）の各収差図は、物体距離が８．６７ｍｍのときのものである。

[0074]

[表4]

実施例4
基本レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.29	1.88299	40.80
2	4.8189	0.29	1.48749	70.23
3	0.7491	0.19		
4(St)	∞	0.00		
5	-26.5409	1.14	1.74100	52.64
6	-0.9246	0.14		
7	8.6713	0.72	1.83481	42.73
8	-0.9310	0.29	2.00272	19.32
9	-2.3960	0.22		
10	∞	2.10	1.88299	40.80
11	∞	0.01		

諸元（d線）

f	1.0059
Bf	1.2459
Fno.	3.35
2ω[°]	114.4

[0075] ［実施例５］

実施例５の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図５に示したものである。実施例５の内視鏡用対物レンズは、実施例１のものと略同様の構成とされているが、第１レンズＬ１と第２レンズＬ２がともに像側に凹面を向けた負メニスカスレンズである点が異なる。表５に実施例５の内視鏡用対物レンズの基本レンズデータ、諸元を示す。図１１（Ａ）～図１１（Ｄ）に実施例５の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。表５の基本レンズデータの値、図１１（Ａ）～図１１（Ｄ）の各収差図は、物体距離が８．８３ｍｍのときのものである。

[0076] [表5]

実施例5
基本レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	49.0707	0.29	1.88299	40.80
2	5.6821	0.29	1.49700	81.54
3	0.8153	0.20		
4(St)	∞	0.00		
5	-5.9257	1.19	1.75500	52.32
6	-0.9283	0.15		
7	9.8659	0.74	1.83481	42.73
8	-0.9477	0.29	2.00272	19.32
9	-2.3555	0.21		
10	∞	2.13	1.88299	40.80
11	∞	0.01		

諸元（d線）

f	1.0006
Bf	1.2544
Fno.	3.21
2ω[°]	118.2

[0077] ［実施例６］

実施例６の内視鏡用対物レンズのレンズ構成図は図６に示したものである。実施例６の内視鏡用対物レンズは、実施例４のものと略同様の構成とされている。表６に実施例６の内視鏡用対物レンズの基本レンズデータ、諸元を示す。図１２（Ａ）～図１２（Ｄ）に実施例６の内視鏡用対物レンズの各収差図を示す。表６の基本レンズデータの値、図１２（Ａ）～図１２（Ｄ）の各収差図は、物体距離が８．６２ｍｍのときのものである。

[0078] [表6]

実施例6

基本レンズデータ

Si	Ri	Di	Ndj	νdj
1	∞	0.29	1.88299	40.80
2	4.7887	0.29	1.48749	70.23
3	0.7497	0.19		
4(St)	∞	0.00		
5	-25.2689	1.14	1.74100	52.64
6	-0.9201	0.14		
7	9.1017	0.72	1.83481	42.73
8	-0.9252	0.29	2.00272	19.32
9	-2.3753	0.23		
10	∞	2.08	1.88299	40.80
11	∞	0.01		

諸元（d線）

f	1.0038
Bf	1.2447
Fno.	3.37
2ω[°]	113.6

[0079] 表７に、上記実施例１～６の上述した条件式（１）～（７）の対応値と、条件式（４）に関連する値である第１レンズ群Ｇ１の焦点距離ｆＧ１の値を示す。表７のデータはｄ線に関するものである。

[0080] [表7]

式番号		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	実施例6
(1)	νd2-νd1	54.13	40.74	29.43	29.43	40.74	29.43
(2)	(R3+R2)/(R3-R2)	-1.14	-1.35	-1.11	-0.73	-0.75	-0.73
(3)	|R2/R3|	15.5	6.8	19.6	6.4	7.0	6.4
(4)	|DS×fG1/(f×(DS-fG1))|	0.489	0.524	0.506	0.499	0.525	0.500
	fG1	-1.3653	-1.6692	-1.5850	-1.3454	-1.5071	-1.3453
(5)	|D1/R2|	0.034	0.059	0.020	0.060	0.051	0.061
(6)	Bf/f	1.325	1.321	1.283	1.239	1.254	1.240
(7)	νdp-νdn	35.36	23.41	23.41	23.41	23.41	23.41

[0081] 次に、本発明の内視鏡用対物レンズが適用される内視鏡の実施形態につい

て図１３～図１５を参照しながら説明する。図１３にはその内視鏡の概略的な全体構成図を示す。図１３に示す内視鏡１００は、主として、操作部１０２と、挿入部１０４と、ユニバーサルコード１０６を引き出すコネクタ部（図示せず）を備える。操作部１０２の先端側には、患者の体内に挿入される挿入部１０４が連結され、操作部１０２の基端側からは、光源装置等と接続するためのコネクタ部に接続するためのユニバーサルコード１０６が引き出されている。

[0082] 挿入部１０４の大半は挿入経路に沿って任意の方向に曲がる軟性部１０７であり、この軟性部１０７の先端には、湾曲部１０８が連結され、この湾曲部１０８の先端には、先端部１１０が順次連結されている。湾曲部１０８は、先端部１１０を所望の方向に向けるために設けられるものであり、操作部１０２に設けられた湾曲走査ノブ１０９を回動させることにより湾曲操作が可能となっている。

[0083] 図１４に、挿入部１０４の長軸方向に垂直な面での先端部１１０の先端の平面図を示す。図１５に、図１４のＡ－Ａ線断面での先端部１１０の要部断面図を示す。図１４に示すように、先端部１１０の先端面には、内視鏡用対物レンズ２の外面である観察窓３と、観察窓３の両側に配置されて照明光を照射するための２つの照明窓４と、処置具挿入口５と、送気・送水ノズル６とが設けられている。

[0084] また、図１５に示すように、先端部１１０の内部には挿入部１０４の長軸方向と平行にその光軸が配置された内視鏡用対物レンズ２と、内視鏡用対物レンズ２の像側の光路を略９０度折り曲げるための光路変換プリズム７と、その受光面が挿入部１０４の長軸方向と平行になるように光路変換プリズム７に接合された固体撮像素子８とが配置されている。

[0085] なお、図１５では内視鏡用対物レンズ２は概念的に図示されている。固体撮像素子８は、その撮像面が内視鏡用対物レンズ２の像面に一致するように配置されており、内視鏡用対物レンズ２により形成された光学像を撮像して電気信号を出力するものである。固体撮像素子８は受光面保護用のカバーガ

ラスを有するが、図１４および図１５ではカバーガラスも含めて固体撮像素子８として図示している。図１５では内視鏡用対物レンズ２による観察光学系の光軸を一点鎖線で示している。図１５に示すような光路を折り曲げた構成を採用することにより、図１４に示すように、先端部１１０の下半分に直視型の観察光学系を構成し、先端部１１０の上半分に処置具挿通チャンネル９を構成し、細径の挿入部内に多数の要素を配設することができる。

[0086] 以上、実施形態および実施例を挙げて本発明を説明したが、本発明は上記実施形態および実施例に限定されず、種々の変形が可能である。例えば、各レンズ成分の曲率半径、面間隔、屈折率、アッベ数等の値は、上記各数値実施例で示した値に限定されず、他の値をとり得るものである。

[0087] 例えば、上述の実施例の内視鏡用対物レンズは全て非球面を用いない屈折レンズにより構成されているが、本発明の内視鏡用対物レンズはこれに限定されない。本発明の内視鏡用対物レンズは、球面の屈折レンズだけでなく、非球面、ＧＲＩＮレンズ（屈折率分布レンズ）のいずれか、あるいはこれらの任意の組合せを用いて、色収差や諸収差の補正を行った構成も可能である。

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第２レンズ群とから実質的に構成され、

前記第１レンズ群が、第１レンズおよび像側に凹面を向けた第２レンズが物体側から順に接合された接合レンズからなり、

前記第２レンズ群が、物体側から順に、正の単レンズである第３レンズと、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズである第４レンズおよび第５レンズが接合されて全体として正の屈折力を有する接合レンズとからなり、

下記条件式（１）、（２）を満足することを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

２５＜νｄ２－νｄ１＜６０ … （１）

－１．６＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．５ … （２）

ただし、

νｄ１：前記第１レンズのｄ線に関するアッベ数

νｄ２：前記第２レンズのｄ線に関するアッベ数

Ｒ２：前記第２レンズの物体側の面の曲率半径

Ｒ３：前記第２レンズの像側の面の曲率半径

[請求項2] 下記条件式（１’）を満足することを特徴とする請求項１記載の内視鏡用対物レンズ。

２７＜νｄ２－νｄ１＜５８ … （１’）

[請求項3] 下記条件式（２’）を満足することを特徴とする請求項１または２記載の内視鏡用対物レンズ。

－１．５＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．６ … （２’）

[請求項4] 下記条件式（１’’）を満足することを特徴とする請求項１から３のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

２９＜νｄ２－νｄ１＜５５　…　（１’’）

[請求項5] 下記条件式（２’’）を満足することを特徴とする請求項１から４のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

－１．４＜（Ｒ３＋Ｒ２）／（Ｒ３－Ｒ２）＜－０．７　…（２’’）

[請求項6] 物体側から順に、負の屈折力を有する第１レンズ群と、絞りと、正の屈折力を有する第２レンズ群とから実質的に構成され、

前記第１レンズ群が、第１レンズおよび像側に凹面を向けた第２レンズが物体側から順に接合された接合レンズからなり、

前記第２レンズ群が、物体側から順に、正の単レンズである第３レンズと、いずれか一方が正レンズで他方が負レンズである第４レンズおよび第５レンズが接合されて全体として正の屈折力を有する接合レンズとからなり、

下記条件式（３）、（４）を満足することを特徴とする内視鏡用対物レンズ。

１＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜３０　…　（３）

０．４０＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．６０　…　（４）

ただし、

Ｒ２：前記第２レンズの物体側の面の曲率半径

Ｒ３：前記第２レンズの像側の面の曲率半径

ＤＳ：前記第１レンズの物体側の面から前記絞りまでの光軸上の距離

ｆＧ１：前記第１レンズ群の焦点距離

ｆ：全系の焦点距離

[請求項7] 下記条件式（３’）を満足することを特徴とする請求項６記載の内視鏡用対物レンズ。

３＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜２５　…　（３’）

[請求項8] 下記条件式（４’）を満足することを特徴とする請求項６または７

記載の内視鏡用対物レンズ。

０．４５＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．５５　…　（４’）

[請求項9]　下記条件式（３’’）を満足することを特徴とする請求項６から８のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

６＜｜Ｒ２／Ｒ３｜＜２０　…　（３’’）

[請求項10]　下記条件式（４’’）を満足することを特徴とする請求項６から９のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

０．４８＜｜ＤＳ×ｆＧ１／（ｆ×（ＤＳ－ｆＧ１））｜＜０．５３　…　（４’’）

[請求項11]　下記条件式（５）を満足することを特徴とする請求項１から１０のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．１０　…　（５）

ただし、

Ｄ１：前記第１レンズの中心厚

[請求項12]　下記条件式（５’）を満足することを特徴とする請求項１１記載の内視鏡用対物レンズ。

０．０１＜｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．０８　…　（５’）

[請求項13]　下記条件式（５’’）を満足することを特徴とする請求項１１記載の内視鏡用対物レンズ。

０．０２≦｜Ｄ１／Ｒ２｜＜０．０７　…　（５’’）

[請求項14]　下記条件式（６）を満足することを特徴とする請求項１から１３のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

０．８０＜Ｂｆ／ｆ＜１．３８　…　（６）

ただし、

Ｂｆ：全系のバックフォーカス

ｆ：全系の焦点距離

[請求項15]　下記条件式（６’）を満足することを特徴とする請求項１４記載の

内視鏡用対物レンズ。

１．００＜Ｂｆ／ｆ＜１．３７　…　（6’）

[請求項16] 下記条件式（6’’）を満足することを特徴とする請求項１４記載の内視鏡用対物レンズ。

１．２０＜Ｂｆ／ｆ＜１．３５　…　（6’’）

[請求項17] 下記条件式（７）を満足することを特徴とする請求項１から１６のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

２０＜νｄｐ－νｄｎ＜４０　…　（７）

ただし、

νｄｐ：前記第２レンズ群の前記接合レンズを構成する正レンズのｄ線に関するアッベ数

νｄｎ：前記第２レンズ群の前記接合レンズを構成する負レンズのｄ線に関するアッベ数

[請求項18] 下記条件式（7’）を満足することを特徴とする請求項１７記載の内視鏡用対物レンズ。

２２＜νｄｐ－νｄｎ＜３８　…　（7’）

[請求項19] 下記条件式（7’’）を満足することを特徴とする請求項１７記載の内視鏡用対物レンズ。

２３＜νｄｐ－νｄｎ＜３６　…　（7’’）

[請求項20] 下記条件式（８）、（９）を満足することを特徴とする請求項１から１９のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

１．８５＜Ｎｄ１＜１．９２　…　（８）

３５＜νｄ１＜４５　…　（９）

ただし、

Ｎｄ１：前記第１レンズのｄ線に関する屈折率

νｄ１：前記第１レンズのｄ線に関するアッベ数

[請求項21] 下記条件式（8’）を満足することを特徴とする請求項２０記載の内視鏡用対物レンズ。

１．８６＜Ｎｄ１＜１．９０　…　（8’）

[請求項22] 下記条件式（9’）を満足することを特徴とする請求項２０または２１記載の内視鏡用対物レンズ。

３８＜νｄ１＜４３　…　（9’）

[請求項23] 下記条件式（8’’）を満足することを特徴とする請求項２０から２２のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

１．８８＜Ｎｄ１＜１．８９　…　（8’’）

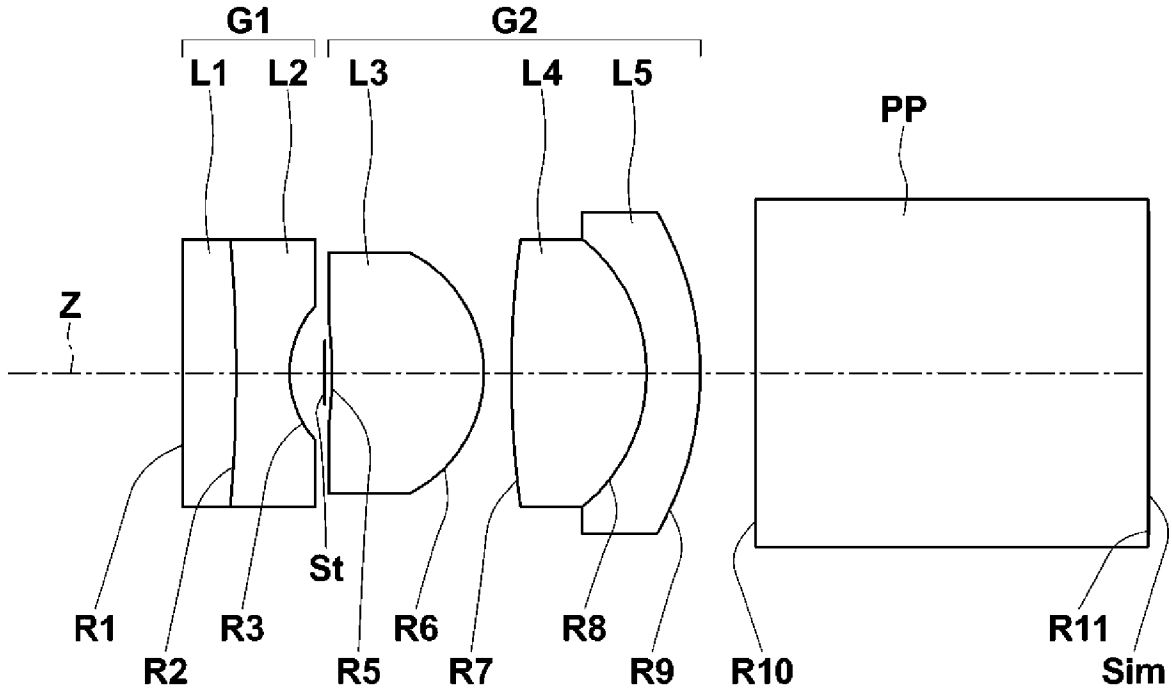
[請求項24] 下記条件式（9’’）を満足することを特徴とする請求項２０から２３のいずれか１項記載の内視鏡用対物レンズ。

４０＜νｄ１＜４２　…　（9’’）

[請求項25] 請求項１または６記載の内視鏡用対物レンズを備えたことを特徴とする内視鏡。

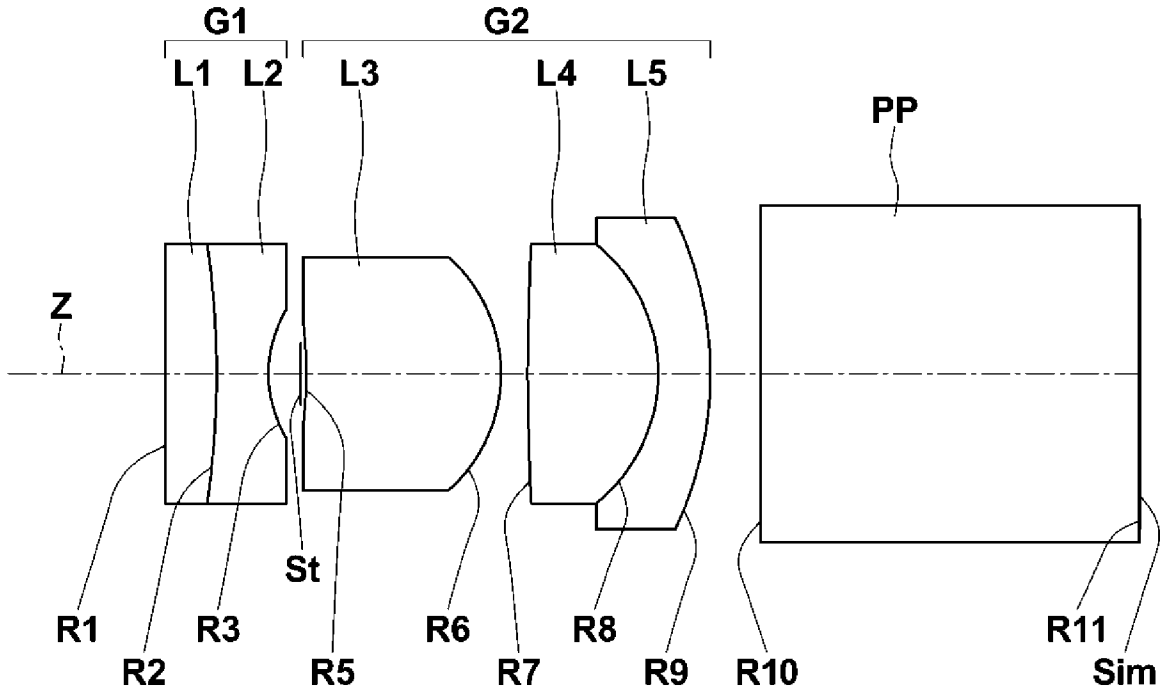
[図1]

実施例1



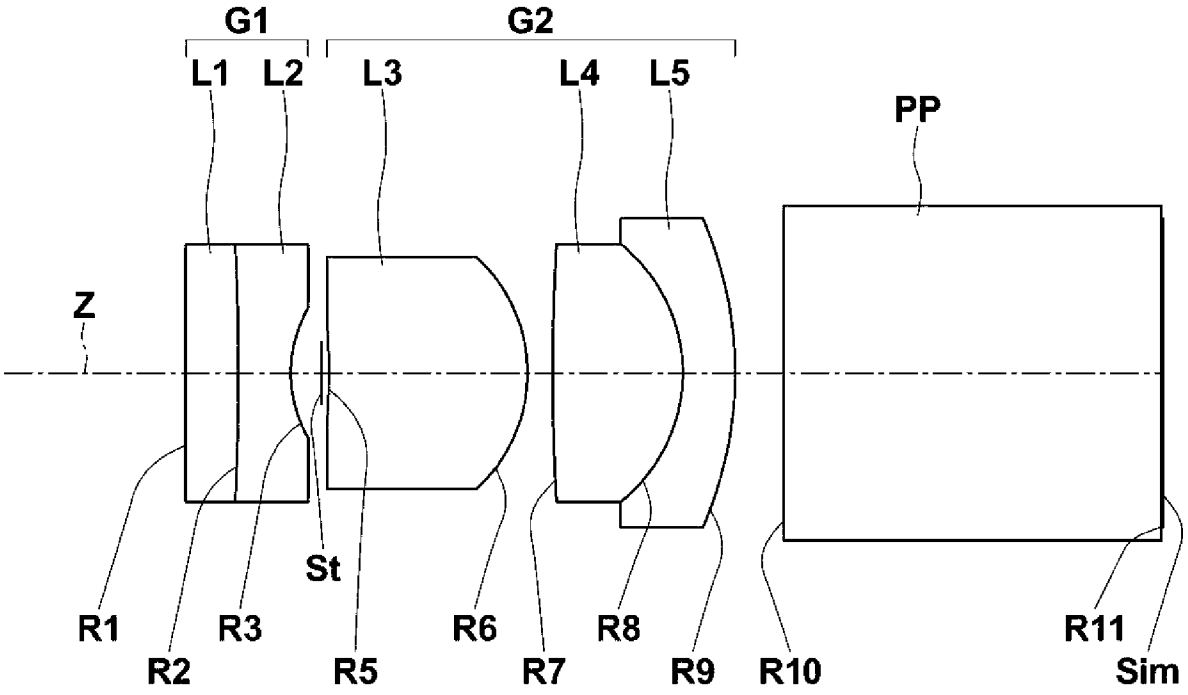
[図2]

実施例2



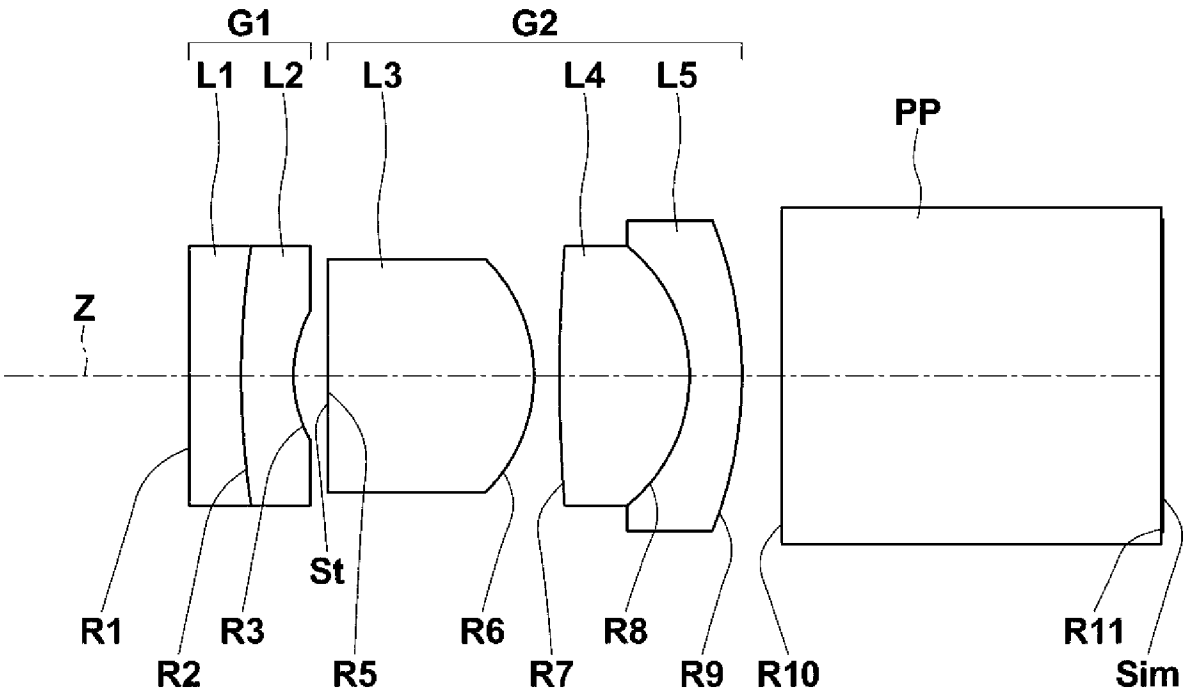
[図3]

実施例3



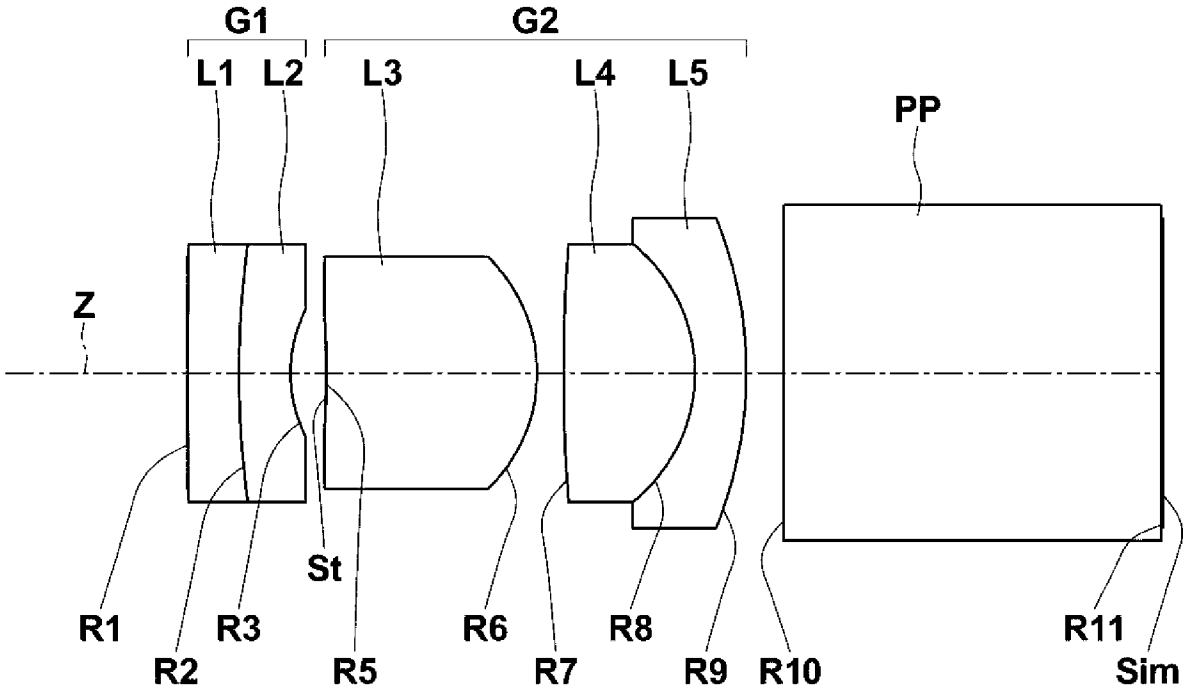
[図4]

実施例4



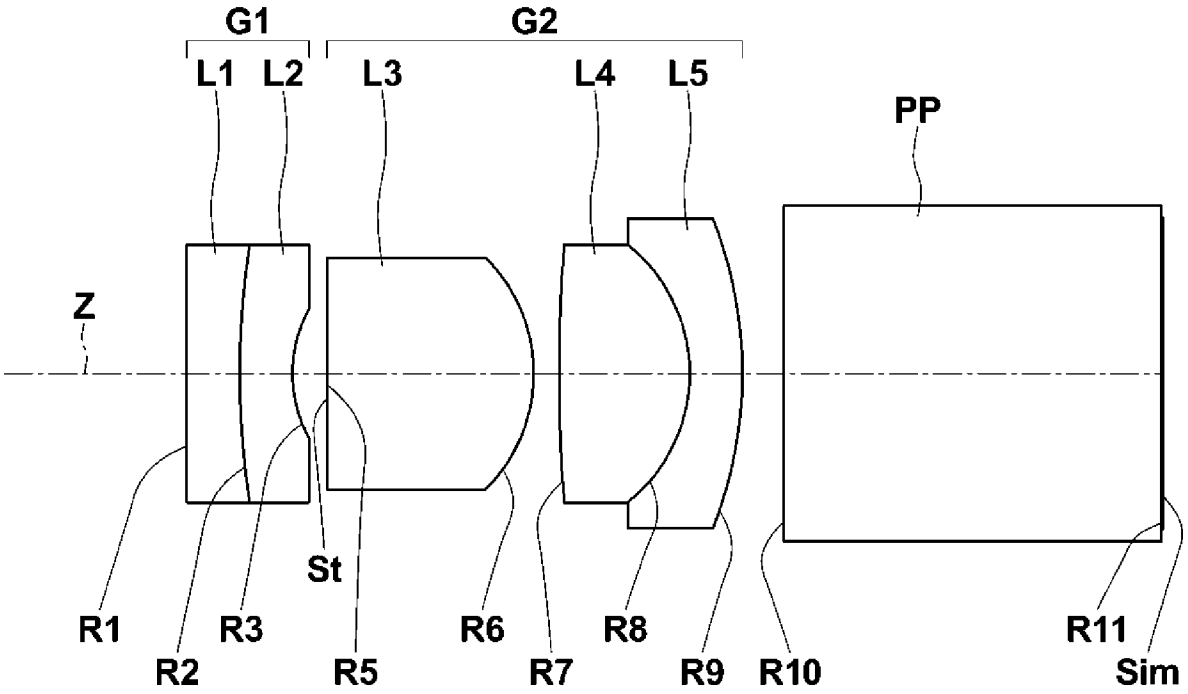
[図5]

実施例5

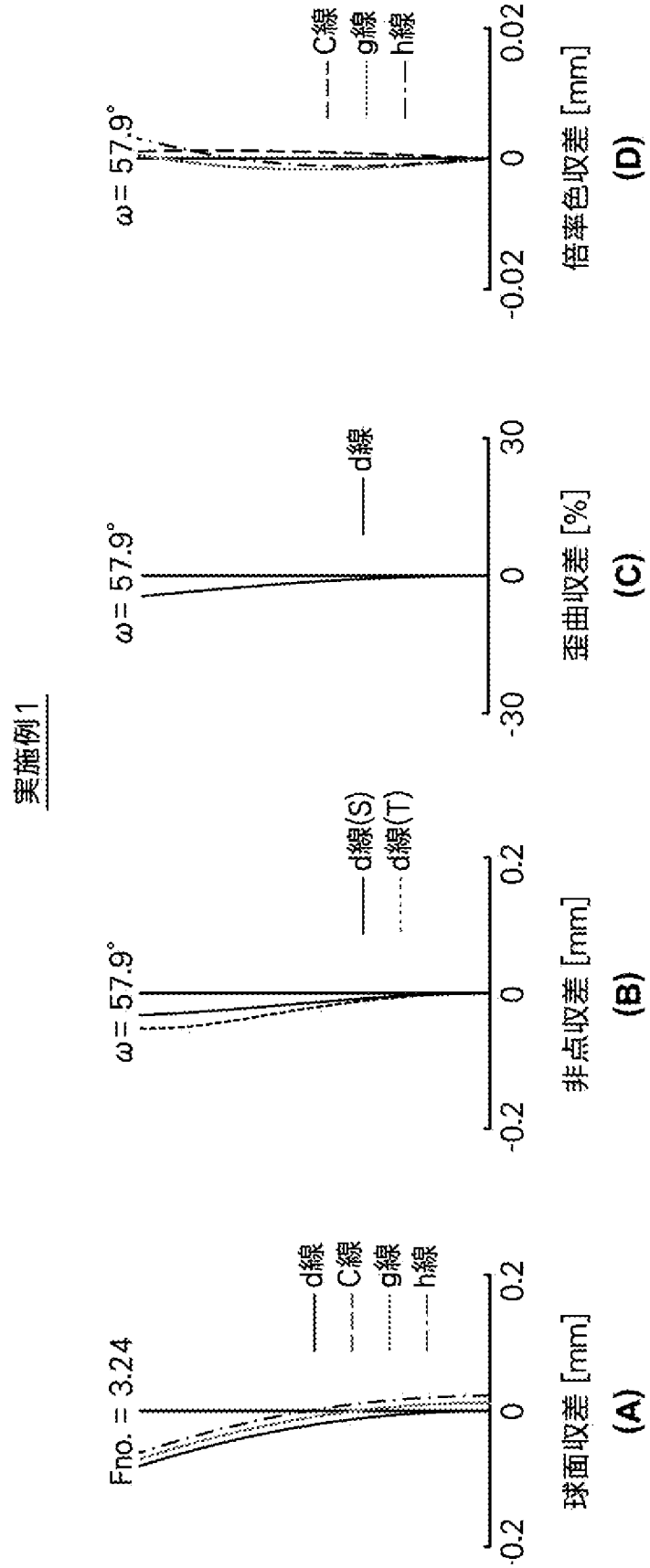


[図6]

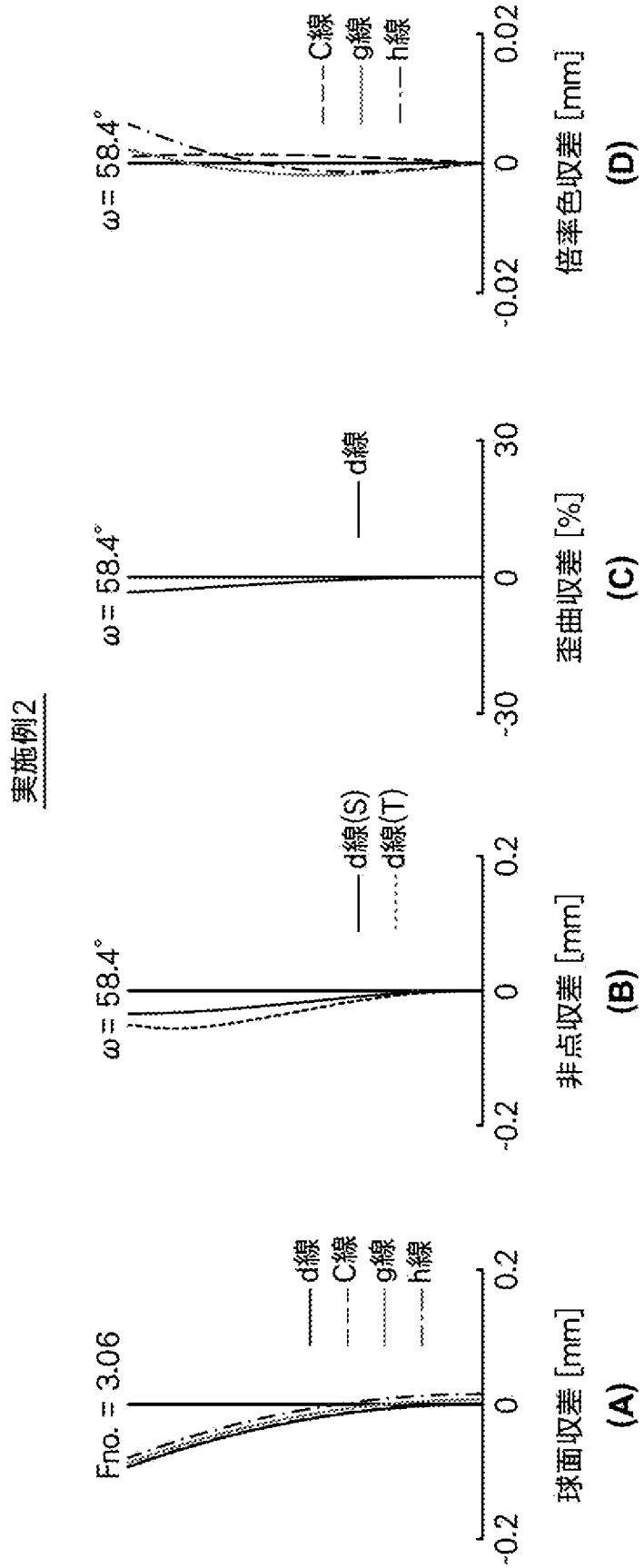
実施例6



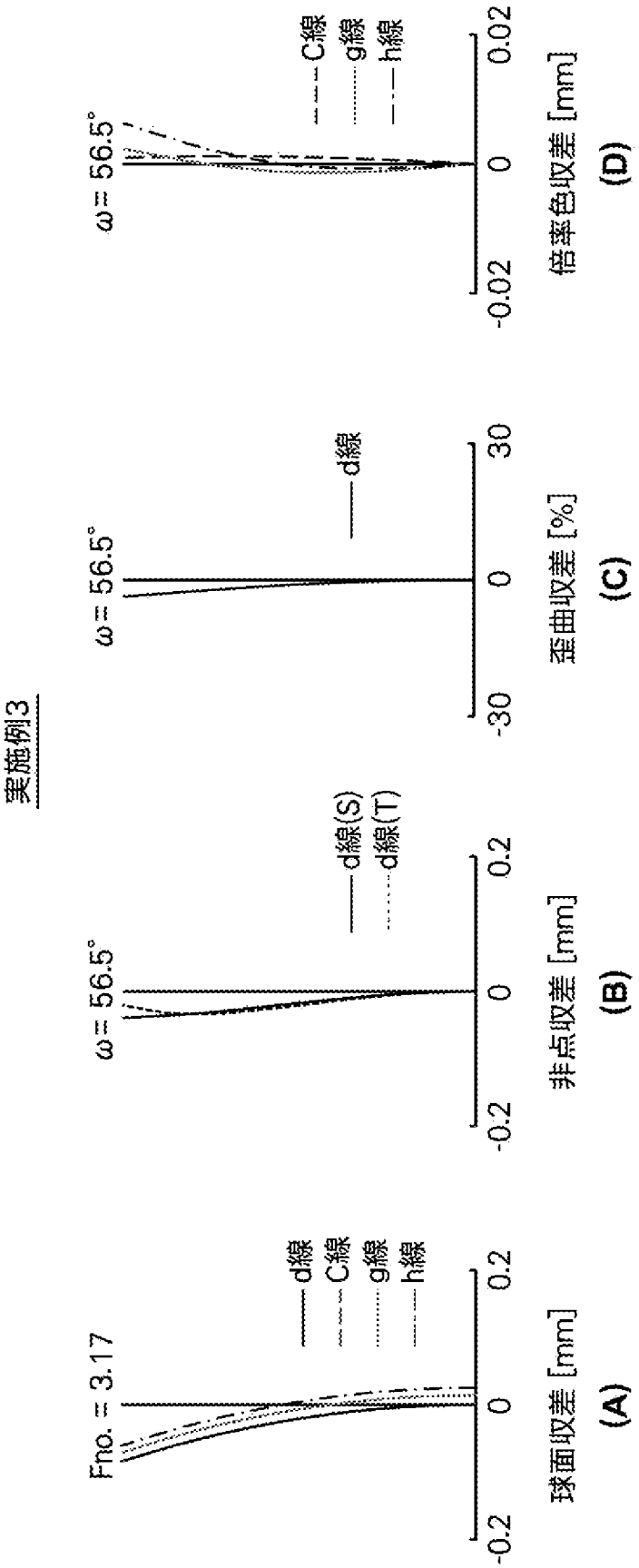
[図7]


実施例1
Fno. = 3.24
d線
C線
g線
h線
-0.2
0
0.2
球面収差 [mm]
(A)
ω = 57.9°
d線(S)
d線(T)
-0.2
0
0.2
非点収差 [mm]
(B)
ω = 57.9°
d線
-30
0
30
歪曲収差 [%]
(C)
ω = 57.9°
C線
g線
h線
-0.02
0
0.02
倍率色収差 [mm]
(D)

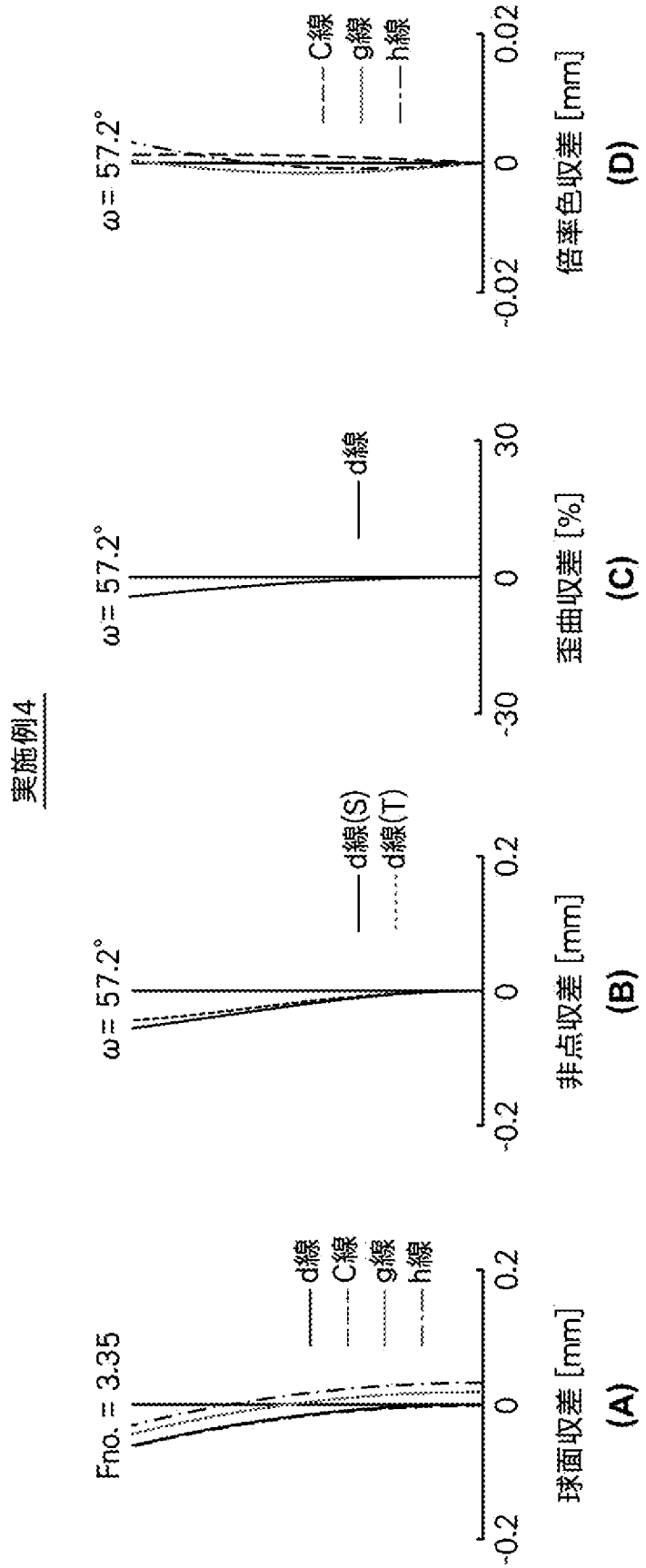
[図8]


実施例2
Fno. = 3.06
d線
C線
g線
h線
-0.2
0
0.2
球面収差 [mm]
(A)
ω = 58.4°
d線(S)
d線(T)
-0.2
0
0.2
非点収差 [mm]
(B)
ω = 58.4°
d線
-30
0
30
歪曲収差 [%]
(C)
ω = 58.4°
C線
g線
h線
-0.02
0
0.02
倍率色収差 [mm]
(D)

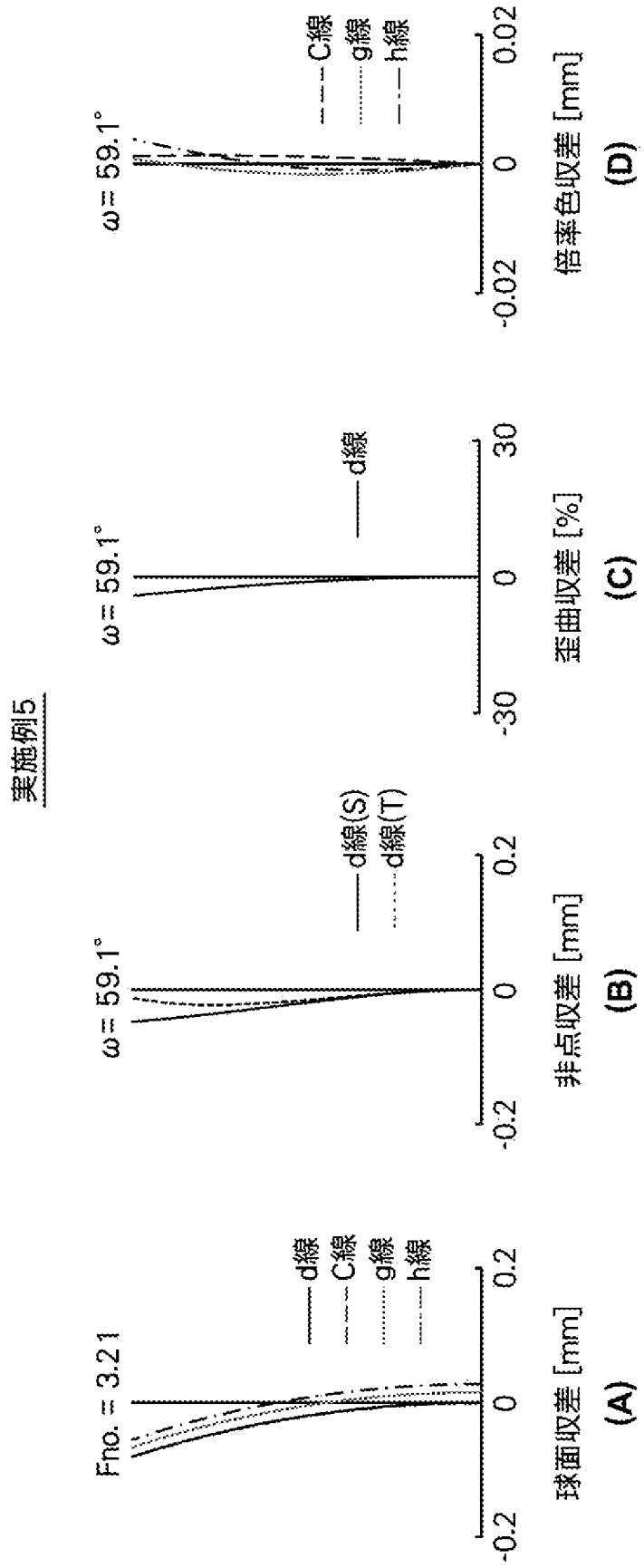
[図9]


実施例3
Fno. = 3.17
d線
C線
g線
h線
-0.2
0
0.2
球面収差 [mm]
(A)
ω = 56.5°
d線(S)
d線(T)
-0.2
0
0.2
非点収差 [mm]
(B)
ω = 56.5°
d線
-30
0
30
歪曲収差 [%]
(C)
ω = 56.5°
C線
g線
h線
-0.02
0
0.02
倍率色収差 [mm]
(D)

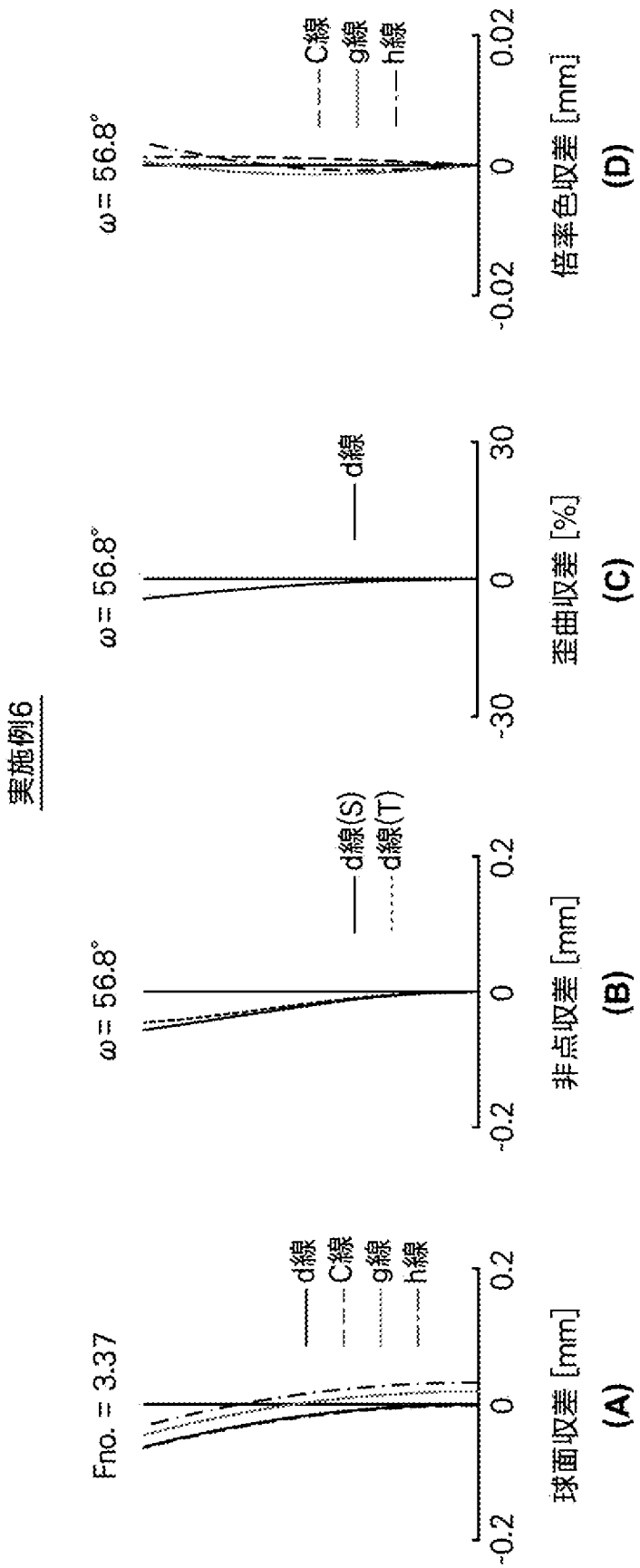
[図10]


実施例4
Fno. = 3.35
d線
C線
g線
h線
0.2
0
-0.2
球面収差 [mm]
(A)
ω = 57.2°
d線(S)
d線(T)
0.2
0
-0.2
非点収差 [mm]
(B)
ω = 57.2°
d線
30
0
-30
歪曲収差 [%]
(C)
ω = 57.2°
C線
g線
h線
0.02
0
-0.02
倍率色収差 [mm]
(D)

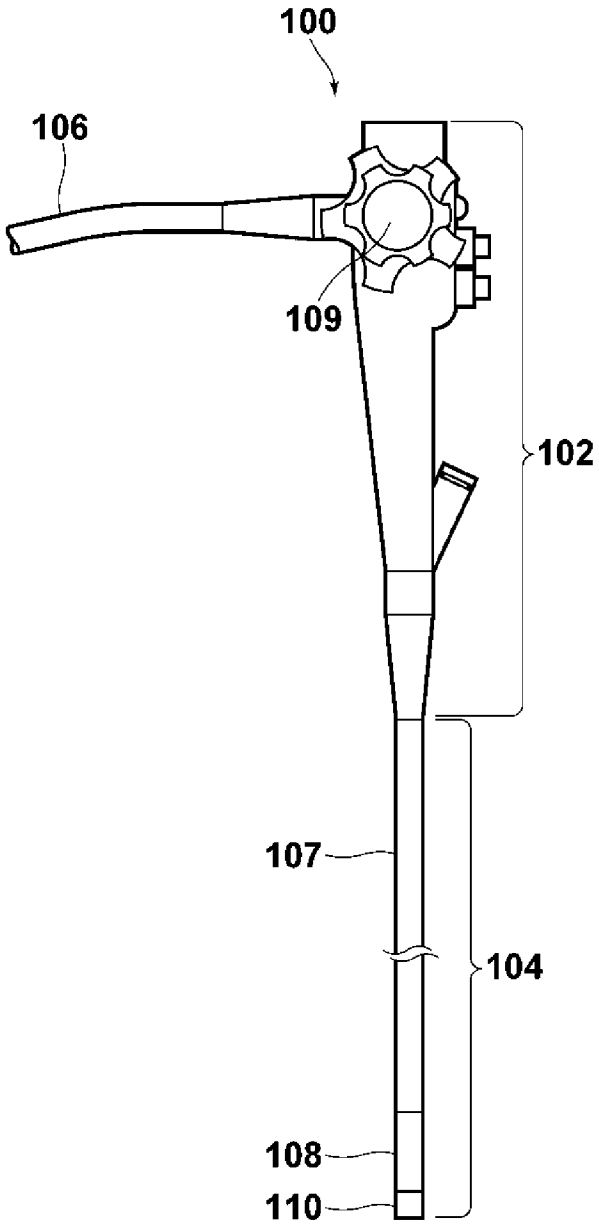
[図11]


実施例5
Fno. = 3.21
d線
C線
g線
h線
-0.2
0
0.2
球面収差 [mm]
(A)
ω = 59.1°
d線(S)
d線(T)
-0.2
0
0.2
非点収差 [mm]
(B)
ω = 59.1°
d線
-30
0
30
歪曲収差 [%]
(C)
ω = 59.1°
C線
g線
h線
-0.02
0
0.02
倍率色収差 [mm]
(D)

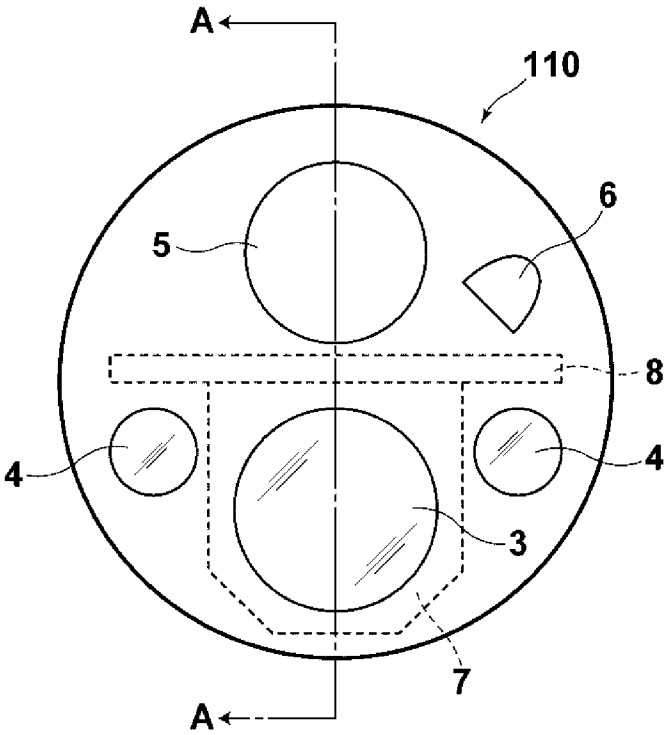
[図12]


実施例6
Fno. = 3.37
d線
C線
g線
h線
-0.2
0
0.2
球面収差 [mm]
(A)
ω = 56.8°
d線(S)
d線(T)
-0.2
0
0.2
非点収差 [mm]
(B)
ω = 56.8°
d線
-30
0
30
歪曲収差 [%]
(C)
ω = 56.8°
C線
g線
h線
-0.02
0
0.02
倍率色収差 [mm]
(D)

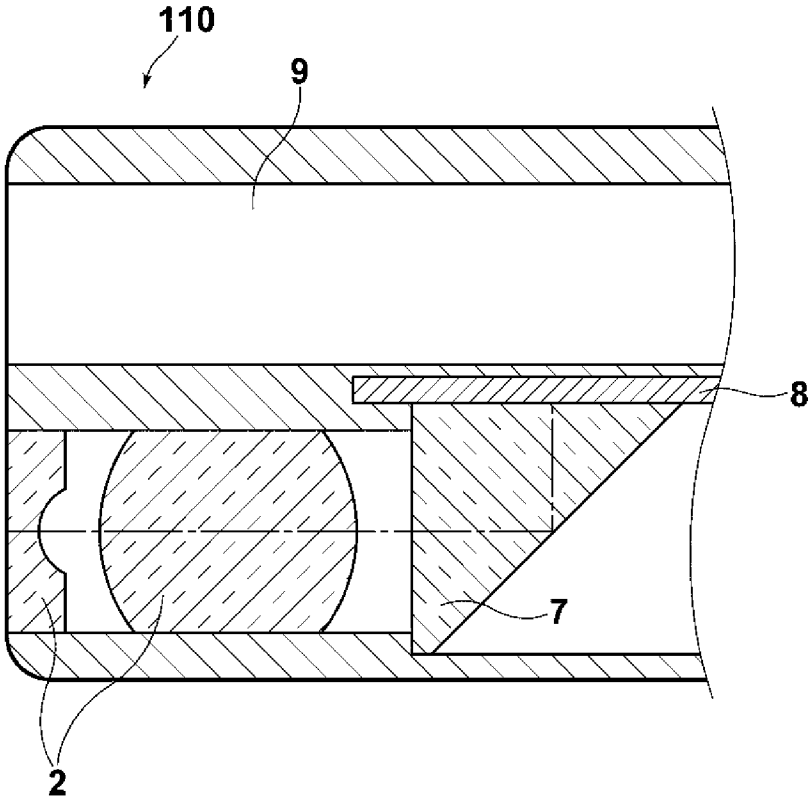
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/004087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B13/00(2006.01)i, *A61B1/00*(2006.01)i, *G02B23/26*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B13/00, A61B1/00, G02B23/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2005-257912 A (Pentax Corp.), 22 September 2005 (22.09.2005), example 4; paragraph [0025] & US 2005/0200971 A1 & JP 4373819 B2	6,8,10,17-25 1-5,7,9, 11-16
X A	JP 2000-19393 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 January 2000 (21.01.2000), example 1 (Family: none)	1,3,5,7, 11-19,25 2,4,6,8-10, 20-24
A	JP 3-126006 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 29 May 1991 (29.05.1991), example 1 & US 5270825 A	1-25

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
10 October, 2013 (10.10.13)	22 October, 2013 (22.10.13)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/004087

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-122634 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 17 May 1996 (17.05.1996), entire text; all drawings & US 5828498 A	1-25

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／００４０８７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B13/00(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B23/26(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B13/00, A61B1/00, G02B23/26

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１３年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１３年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１３年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X A	JP 2005-257912 A (ペンタックス株式会社) 2005.09.22, 実施例 4, 【0025】 & US 2005/0200971 A1 & JP 4373819 B2	6,8,10,17-25 1-5,7,9,11-16
X A	JP 2000-19393 A (松下電器産業株式会社) 2000.01.21, 実施例 1 (ファミリーなし)	1,3,5,7,11-19,25 2,4,6,8-10,20-24

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー

「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献

「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
１０．１０．２０１３	２２．１０．２０１３

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｖ　３７１３
堀井　康司
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２７１

C（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
A	JP 3-126006 A（オリンパス光学工業株式会社）1991.05.29, 実施例1 & US 5270825 A	1-25
A	JP 8-122634 A（旭光学工業株式会社）1996.05.17, 全文全図 & US 5828498 A	1-25