

(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
2016年8月25日(25.08.2016)

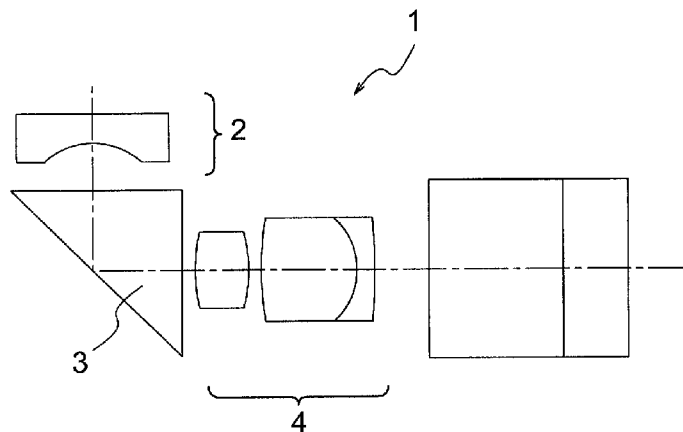


(10) 国際公開番号
WO 2016/132613 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/04 (2006.01) G02B 23/26 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/082288
 - (22) 国際出願日: 2015年11月17日(17.11.2015)
 - (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 2015-031361 2015年2月20日(20.02.2015) JP
 - (71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 高杉芳治 (TAKASUGI Yoshiharu); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 斎藤圭介, 外 (SAITO Keisuke et al.); 〒1010051 東京都千代田区神田神保町1-4-1-3 駿河台下MKビル6階 Tokyo (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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: OBLIQUE-VIEW OBJECTIVE OPTICAL SYSTEM AND OBLIQUE-VIEW ENDOSCOPE EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称: 斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡



(57) Abstract: An oblique-view objective optical system is constituted by a front lens group GF composed of a negative lens, an optical path conversion element P, a stop S, and a rear lens group GR with a positive refractive power in order from an object side. The rear lens group GR is composed of a positive lens L2 and a cemented lens with a positive refractive power. The cemented lens is constituted by a positive lens L3 and a negative lens L4 in order from the object side. The oblique-view objective optical system satisfies the following conditional expressions (1), (2), and (3): $-2.0 < f_F / f < -1.3$ (1) $1.7 < f_R / f < 2.7$ (2) $0.63 < |f_F / f_R| < 0.88$ (3) Where f_F represents the focal distance of the front lens group; f_R represents the focal distance of the rear lens group; and f represents the focal distance of the whole oblique-view objective optical system.

(57) 要約: 斜視対物光学系は、物体側から順に、負レンズからなる前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正の屈折力を有する後側レンズ群GRと、から構成され、後側レンズ群GRは、正レンズL2と、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、接合レンズは、物体側から順に、正レンズL3と負レンズL4とで構成され、以下の条件式(1)、(2)、(3)を満足する。 $-2.0 < f_F / f < -1.3$ (1) $1.7 < f_R / f < 2.7$ (2) $0.63 < |f_F / f_R| < 0.88$ (3) ただし、 f_F は、前側レンズ群の焦点距離、 f_R は、後側レンズ群の焦点距離、 f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、である。



WO 2016/132613 A1

明 細 書

発明の名称：斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡

技術分野

[0001] 本発明は、光路変換素子を具備した斜視対物光学系及びそれを備えた斜視用内視鏡に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、CCD (Charge Coupled Devices) やC-MOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 等の撮像素子では、微細化技術の進歩によって、画素の微細化と素子自体の小型化が進んでいる。特に最近では、非常に微細な画素を持つ撮像素子、例えば、画素ピッチが約2～3 μm という撮像素子が製造されてきている。このように、近年の撮像素子は、以前に比べて多画素で小型になってきている。

[0003] また、光学系のレンズ外径や全長を小型化すると、光学系から出射する光線を、撮像素子の受光面に対して垂直に入射させることが困難になる。この場合、光線は受光面に対して斜めに入射する（以下、「斜入射」という）。そのため、近年のCCDやC-MOS等の撮像素子は、受光面への最適な光線の入射が斜入射であることを前提として設計されている。このように、近年の撮像素子は斜入射特性を有している。

[0004] 多画素で小型な撮像素子を内視鏡に用いることで、画像の高画質化と内視鏡の細径化が可能になる。それに伴って、内視鏡用の対物光学系には、高性能で小型の対物光学系が求められることになる。高性能な光学系とは、例えば、分解能が高く、収差が良好に補正されている光学系である。

[0005] 内視鏡用の対物光学系の一つに、斜視対物光学系がある。斜視対物光学系では、前方視、側方視又は後方視が行われる。

[0006] 図1は、従来の斜視対物光学系の例である。斜視対物光学系1は、側方視を行う斜視対物光学系である。斜視対物光学系1は、前側レンズ群2、プリズム3及び後側レンズ群4で構成されている。斜視対物光学系1では、プリ

ズム3によって、前側レンズ群2の光軸と後側レンズ群4の光軸とが直交した状態になっている。

[0007] 図2は、従来の斜視対物光学系の別の例である。斜視対物光学系5は、前方視を行う斜視対物光学系である。斜視対物光学系5は、前側レンズ群6、プリズム7及び後側レンズ群8で構成されている。斜視対物光学系5では、プリズム7によって、前側レンズ群6の光軸と後側レンズ群8の光軸とが交差した状態（ただし、直交状態ではない）になっている。

[0008] 図1や図2に示すように、斜視対物光学系では、大きな硝路長の光路変換素子が光学系中に配置される。そのため、特に斜視対物光学系では、光路変換素子、例えばプリズムを配置するための大きなスペースが必要となる。その結果、斜視対物光学系では、直視の対物光学系に比べて光学系の全長が長くなる。このように、斜視対物光学系は、直視の対物光学系に比べて大型になる傾向があるため、斜視対物光学系には一層の小型化が要求される。特許文献1～5には、斜視対物光学系が開示されている。

[0009] 特許文献1に開示された斜視対物光学系は、前群発散レンズ系と、後群収斂レンズ系と、で構成されている。この斜視対物光学系は、イメージファイバに用いられることを前提とした光学系である。そのため、この斜視対物光学系では、斜視対物光学系から出射する光線を、ファイバの入射端面に対してほぼ垂直に入射できるようにしている。

[0010] 特許文献2に開示された斜視対物光学系は、1枚の負レンズからなる第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、で構成されている。この斜視対物光学系では、色収差補正のために、第1レンズ群の負レンズとプリズムに、分散が小さい硝材（アッペ数が大きい硝材）が用いられている。

[0011] 特許文献3に開示された斜視対物光学系は、負の焦点距離を有する前群と、正の焦点距離を有する後群と、で構成されている。

[0012] 特許文献4に開示された斜視対物光学系は、負の屈折力の単レンズからなる第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、で構成されている。この斜視対物光学系では、第3レン

ズ群を、物体側から順に、負レンズと正レンズからなる接合レンズで構成している。このようにすることで、テレセントリック性を確保している。すなわち、特許文献4に開示された斜視対物光学系では、斜視対物光学系から出射する光線を、CCDの受光面に対してほぼ垂直に入射できるようにしている。

[0013] 特許文献5に開示された斜視対物光学系は、負の第1群と、正の第2群と、から構成されている。

[0014] ところで、斜視対物光学系や直視の対物光学系では、光学系は枠部材によって保持されている。光学系は、組立時に、枠部材を介して組立用の治工具に取り付けられる。また、組立てられた後の光学系は、枠部材を介して内視鏡先端部へ組込まれる。そのため、枠部材の嵌合部については、ある程度の長さを確保する必要がある。

[0015] 図3は、斜視対物光学系の枠部材の例である。斜視対物光学系9は、側方視を行う斜視対物光学系である。斜視対物光学系9は、前側レンズ群10、プリズム11及び後側レンズ群12で構成されている。斜視対物光学系9では、プリズム11における1回の反射によって、前側レンズ群10の光軸と後側レンズ群12の光軸とが直交した状態になっている。

[0016] 斜視対物光学系9では、前側レンズ群10とプリズム11が枠部材13で保持され、後側レンズ群12が枠部材14で保持されている。また、撮像素子15が枠部材16で保持されている。

[0017] 図4と図5は、斜視対物光学系の枠部材の別の例である。斜視対物光学系17や斜視対物光学系18は、前方視を行う斜視対物光学系である。斜視対物光学系17や斜視対物光学系18では、プリズムにおける2回の反射によって、前側レンズ群の光軸と後側レンズ群の光軸とが交差した状態になっている。斜視対物光学系17では2つの枠部材が用いられ、斜視対物光学系18では3つの枠部材が用いられている。

先行技術文献

特許文献

[0018] 特許文献1：特開昭51-62053号公報

特許文献2：特許3385090号公報

特許文献3：特許3574484号公報

特許文献4：特許4439184号公報

特許文献5：特許4814746号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0019] 特許文献1に開示された斜視対物光学系は光学系全体が大きく、また、光学性能も不十分である。そのため、特許文献1に開示された斜視対物光学系を、多画素で小型なCCD等の撮像素子への適用が可能な斜視対物光学系、すなわち、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系に適用することはできない。

[0020] また、特許文献2に開示された斜視対物光学系では、色収差補正のために、第1レンズ群の負レンズとプリズムの各々に、低屈折率の硝材が用いられている。この場合、特に、明るさ絞りよりも物体側の空気換算長が長くなる。その結果、負レンズの外径やプリズムの外径が大きくなってしまふ。そのため、特許文献2に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

[0021] また、特許文献3に開示された斜視対物光学系では、バックフォーカスが長いこと光学系全体が大型化してしまふ。また、前群における負レンズの焦点距離が短いので、前群の負の屈折力が大きい。しかしながら、バックフォーカスが長いこと、接合レンズの焦点距離が長くなっている。このように、光学系全体での屈折力のバランスが悪いため、光学性能が十分ではない。そのため、特許文献3に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

[0022] また、特許文献4に開示された斜視対物光学系では、テレセントリック性が確保されている。しかしながら、近年の撮像素子は斜入射特性を有しているため、光学系においてテレセントリック性が確保されている必要が無い。

特許文献4に開示された斜視対物光学系では、斜視対物光学系から出射する光線の角度は、撮像素子の斜入射特性を満足する角度からむしろ乖離してしまう。その結果、画像の周辺部に、明るさのムラや色のムラが生じてしまう。そのため、特許文献4に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

[0023] また、特許文献5に開示された斜視対物光学系では、画角が大きいため、第1群の焦点距離が短くなっている（第1群の負屈折力が大きくなっている）。一方、フィルタ類を配置するためには、光学系の全長とバックフォーカスを長くする必要があるので、第2群の焦点距離が長くなっている（第2群の正屈折力が小さくなっている）。これだと、負屈折力と正屈折力のバランスが崩れてしまうので、像面湾曲及び非点収差が発生してしまう。さらに、特許文献5に開示された斜視対物光学系では、像高が高いため、第2群のレンズ外径も大きくなっている。そのため、特許文献5に開示された斜視対物光学系を、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系へ適用することはできない。

[0024] 以上のように、特許文献1～5に開示された斜視対物光学系では、高性能化と小型化に対応した斜視対物光学系を実現することは難しい。

[0025] また、図3に示すように、枠部材13と枠部材14は、嵌合部13aと嵌合部14aとで接続されている。斜視対物光学系9の組立時、枠部材13と枠部材14は、各々治工具によって保持される。そして、両者の相対位置が調整された後、固定される。

[0026] ここで、斜視対物光学系9が小型になると、枠部材13と枠部材14も短くなる。枠部材13と枠部材14が短くなり過ぎると、枠部材13を保持する治工具と枠部材14を保持する治工具とが干渉してしまう。そのため、斜視対物光学系9の組立てができなくなる。

[0027] また、斜視対物光学系9が小型になると、嵌合部13aの長さや嵌合部14aの長さを、各々十分に確保することが困難になる。この場合、枠部材13と枠部材14を、予め決められた状態に保つことが困難になる。そのため

、斜視対物光学系 9 を精度良く組立てることができない。

[0028] 枠部材 14 と枠部材 16 は、嵌合部 14b と嵌合部 16a とで接続されている。斜視対物光学系 9 が小型になると、枠部材 14 と枠部材 16 についても上述の問題が生じる。

[0029] また、斜視対物光学系 9 は、枠部材 13 の嵌合部 13b を介して内視鏡先端部へ組込まれる。斜視対物光学系 9 が小型になると、嵌合部 13b の長さを十分に確保することが困難になる。この場合、内視鏡先端部に対して、枠部材 13 を予め決められた状態に保つことが困難になる。そのため、斜視対物光学系 9 を内視鏡先端部に精度良く取り付けることができない。

[0030] また、図 4 と図 5 に示すように、斜視対物光学系 17 では 2 つの枠部材が用いられ、斜視対物光学系 18 では 3 つの枠部材が用いられている。よって、これらの斜視対物光学系においても、上述の問題が生じる。

[0031] 本発明は、このような問題点に鑑みてなされたものであり、組立てや内視鏡先端部への取り付けを高精度且つ容易に行えと共に、高性能で小型な斜視対物光学系を提供することを目的とする。また、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を提供する。

課題を解決するための手段

[0032] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の斜視対物光学系は、

物体側から順に、負レンズからなる前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、から構成され、

後側レンズ群は、正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、

接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、

以下の条件式 (1)、(2)、(3) を満足する。

$$-2.0 < f_F / f < -1.3 \quad (1)$$

$$1.7 < f_R / f < 2.7 \quad (2)$$

$$0.63 < |f_F / f_R| < 0.88 \quad (3)$$

ただし、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

- [0033] また、本発明の斜視用内視鏡は、
上記の斜視対物光学系を備えることを特徴とする。

発明の効果

- [0034] 本発明によれば、組立てや内視鏡先端部への取り付けを高精度且つ容易に行えたと共に、高性能で小型な斜視対物光学系を実現することができる。また、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0035] [図1]従来の斜視対物光学系を示す図である。
[図2]従来の別の斜視対物光学系を示す図である。
[図3]斜視対物光学系の枠部材を示す図である。
[図4]斜視対物光学系の別の枠部材を示す図である。
[図5]斜視対物光学系の別の枠部材を示す図である。
[図6]本実施例に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、プリズムを示す図である。
[図7]実施例1に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。
[図8]実施例2に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。
[図9]実施例3に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ

れ示す収差図である。

[図10]実施例4に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図11]実施例5に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図12]実施例6に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図13]実施例7に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図14]実施例8に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図15]実施例9に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図16]実施例10に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図17]実施例11に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図18]実施例12に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図19]実施例13に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図20]実施例14に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図21]実施例15に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と、球面収差(SA)、非点収差(AS)、歪曲収差(DT)及び倍率色収差(CC)をそれぞれ示す収差図である。

[図22]内視鏡装置の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0036] 以下、本実施形態に係る斜視対物光学系について、図面を用いて、このような構成をとった理由と作用を説明する。なお、以下の実施形態に係る斜視対物光学系によりこの発明が限定されるものではない。

[0037] 本実施形態の斜視対物光学系は、物体側から順に、負レンズからなる前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、から構成され、後側レンズ群は、正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズとで構成されている。

[0038] 明るさ絞りの近傍、すなわち、明るさ絞りの物体側又は明るさ絞りの像側に光路変換素子を配置することで、光路変換素子における光線高を低く抑えることができる。その結果、光路変換素子のサイズを小さくできる。

[0039] しかしながら、明るさ絞りよりも像側に光路変換素子を配置すると、明るさ絞りから像面までの距離は、少なくとも光路変換素子の硝路長分だけ長くなってしまふ。そうすると、斜視対物光学系から出射する光線は、撮像素子の受光面に対してほぼ垂直になる。そのため、斜視対物光学系から出射する光線の角度は、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にならない。その結果、画像の周辺部に、明るさのムラや色のムラが発生してしまふ。

- [0040] また、斜視対物光学系の組立てでは、ピント調整を行う。そのため、無理に撮像素子の斜入射特性を満足させようとする、ピント調整に必要な間隔が不足する。また、斜入射特性に合わせて無理に光線を曲げることになるので、収差が発生してしまう。その結果、著しく光学性能が低下してしまう。
- [0041] そこで、本実施形態に係る斜視対物光学系では、明るさ絞りよりも物体側に光路変換素子を配置している。これにより、明るさ絞りから像面までの距離を短くできるので、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることが、比較的容易に行える。
- [0042] 更に、明るさ絞りよりも物体側では硝路長が長くなる。そのため、前側レンズ群を保持する枠部材の長さを、適切に確保することができる。その結果、斜視対物光学系の組立てや、斜視対物光学系の内視鏡先端部への取り付けを、高精度で容易に行うことができる。
- [0043] 接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズとで構成されていることが望ましい。このようにすることで、斜視対物光学系を小型化することができる。また、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることができる。
- [0044] 接合レンズを、物体側から順に、負レンズと正レンズとで構成すると、接合レンズにおける光線高が高くなってしまうので、レンズの外径が大きくなる。そのため、レンズの加工性が悪くなる。また、斜視対物光学系全体としても外径が大きくなってしまう。
- [0045] 更に、像側に配置した正レンズの作用によって光線が曲げられるため、斜視対物光学系から出射する光線が、撮像素子の受光面に対してほぼ垂直になる。その結果、斜視対物光学系から出射する光線の角度を、撮像素子の斜入射特性を満足する角度にすることが難しくなる。無理に斜入射特性を満足する角度にしようとする、接合レンズ面で光線が大きく曲げられるので収差が発生する。そのため、光学性能が劣化してしまう。
- [0046] 本実施形態の斜視対物光学系は、上記の構成を備えると共に、以下の条件式（１）、（２）を満足する。

$$-2.0 < f_F / f < -1.3 \quad (1)$$

$$1.7 < f_R / f < 2.7 \quad (2)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0047] 条件式(1)は、前側レンズ群の焦点距離を規定した条件式である。

[0048] 条件式(1)の下限値を下回ると、前側レンズ群の屈折力が小さくなるため、斜視対物光学系の画角が小さくなる。この状態で大きな画角を確保しようとする、前側レンズ群の負レンズ(以下、「前側負レンズ」という)から明るさ絞りまでの距離が長くなってしまふ。そうすると、前側負レンズから明るさ絞りまでの間の光線高が高くなるため、前側負レンズが大型化すると共に、光学系全体が大型化してしまふ。

[0049] 条件式(1)の上限値を上回ると、前側レンズ群の屈折力が大きくなるため、斜視対物光学系の画角が大きくなる。画角が大きくなると、レンズを通過する光線の高さが高くなるためレンズ外径が大きくなってしまふ。更に、画角が大きくなることで観察画像の周辺部が暗くなってしまふ。画像周辺部を明るくするためには更に照明光を明るくしなければならないが、そうすると照明光学系の大型化を招いてしまふ。いずれも内視鏡の細径化には好ましくない。

[0050] 更に、前側レンズ群の屈折力が大きくなると、前側負レンズの曲率半径が小さくなるため、レンズの加工が難しくなる。更に、前側負レンズの屈折力が大きくなることで、特に、レンズが偏心した場合に光学性能の劣化が大きくなる。その結果、安定した光学性能をもつ斜視対物光学系を実現することが困難になる。

[0051] 条件式(2)は、後側レンズ群の焦点距離を規定した条件式である。

[0052] 条件式(2)の下限値を下回ると、後側レンズ群の屈折力が大きくなるた

め、像位置が後側レンズ群に近づき過ぎてしまう。そうすると、ピント調整に必要な間隔が狭くなってしまうので、ピント調整に必要な間隔が不足する。そのため、遠点側の深度が、本来必要とする深度よりも浅くなる。

[0053] 更に、後側レンズ群の屈折力が大きくなると、後側レンズ群を構成する各レンズの屈折力も大きくなる。この場合、各レンズの曲率半径が小さくなるので、レンズの加工が難しくなる。

[0054] 条件式（２）の上限値を上回ると、後側レンズ群の屈折力が小さくなるため、像位置が後側レンズ群から離れ過ぎてしまう。この場合、明るさ絞りから像位置までの硝路長が長くなるので、光学系全体が大型化する。

[0055] 条件式（１）と条件式（２）を満足することによって、本実施形態に係る斜視対物光学系では、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力とのバランスを最適にすることができる。その結果、諸収差が良好に補正された斜視対物光学系を実現することができる。

[0056] 条件式（１）に代えて、以下の条件式（１'）を満足することが好ましい。

$$-1.9 < f_F / f < -1.4 \quad (1')$$

条件式（２）に代えて、以下の条件式（２'）を満足することが好ましい。

$$1.8 < f_R / f < 2.5 \quad (2')$$

[0057] 更に、本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式（３）を満足する。

$$0.63 < |f_F / f_R| < 0.88 \quad (3)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

である。

[0058] 条件式（３）は、前側レンズ群の焦点距離と後側レンズ群の焦点距離の比を規定した条件式である。条件式（３）を満足することで、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力のバランスを最適にすることができる。その

結果、諸収差が良好に補正された斜視対物光学系を実現することができる。

[0059] 条件式(3)の下限値を下回ると、前側レンズ群の焦点距離が短くなる(前側レンズ群の屈折力が大きくなる)。そのため、斜視対物光学系の画角が大きくなる。画角が大きくなると、レンズを通過する光線の高さが高くなるためレンズ外径が大きくなってしまふ。更に、画角が大きくなることで観察画像の周辺部が暗くなってしまふ。画像周辺部を明るくするためには更に照明光を明るくしなければならないが、そうすると照明光学系の大型化を招いてしまふ。いずれも内視鏡の細径化には好ましくない。

[0060] 更に、前側負レンズの屈折力が、後側レンズ群の正の屈折力よりも大きくなる。そのため、負の屈折力の影響を受ける収差を、後側レンズ群で十分に補正することができない。その結果、正方向に像面湾曲が生じる。

[0061] 更に、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力とのバランスが悪くなる。この場合、非点収差の発生量が大きくなるので、特に、子午線方向の像面が大きく正方向に傾いてしまふ。そのため、レンズが偏心した場合に、画像に片ボケが発生しやすくなる。特に、近点観察時に、画像の周辺部が著しくボケてしまふ虞がある。

[0062] 条件式(3)の上限値を上回ると、前側レンズ群の焦点距離が長くなる(前側レンズ群の屈折力が小さくなる)。そのため、斜視対物光学系の画角が小さくなる。

[0063] 更に、前側負レンズの屈折力が、後側レンズ群の正の屈折力よりも小さくなる。そのため、後側レンズ群による補正が、負の屈折力の影響を受ける収差に対して過剰になる。その結果、負方向に大きな像面湾曲が生じる。

[0064] 更に、前側レンズ群の屈折力と後側レンズ群の屈折力とのバランスが悪くなる。この場合、非点収差の発生量が大きくなるので、特に、子午線方向の像面が大きく負方向に傾いてしまふ。そのため、レンズが偏心した場合に、画像に片ボケが発生しやすくなる。特に、遠点観察時に、画像の周辺部が著しくボケてしまふ虞がある。

[0065] また、本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(4)、(5)を満

足することが好ましい。

$$2. \quad 4 < D1 / f < 4.4 \quad (4)$$

$$1. \quad 1 < D2 / f < 1.7 \quad (5)$$

ここで、

D1は、前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

D2は、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、

fは、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0066] 条件式(4)は前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長を規定した条件式である。例えば、後述の実施例1では、D1は以下の式で求まる。

$$D1 = d2 + d3 / n3 + d4 + d5 / n5$$

[0067] 条件式(4)の下限値を下回ると、最適な外径形状の光路変換素子を配置するためのスペースを十分に確保することが難しくなる。そのため、光路変換素子で、光線のけられが発生する。また、光路変換素子の光学面以外に光線が入射することで、画像にフレアが発生する虞がある。

[0068] また、前側レンズ群を保持する枠部材の長さを、適切に確保することが難しくなる。この場合、組立用の治工具に枠部材を安定的に保持することができなくなる。そのため、斜視対物光学系の組立てやピント調整を、高精度に行うことが難しくなる。更に、斜視対物光学系の内視鏡先端部への取り付けと固定を、高精度に行うことが難しくなる。

[0069] 条件式(4)の上限値を上回ると、光路変換素子を配置するためのスペースを十分に確保できるが、前側負レンズから明るさ絞りまでの光路長が長くなりすぎる。この場合、前側負レンズにおける光線高が高くなるので、前側負レンズの外径が大きくなる。これに伴って、斜視対物光学系が大型化する。更に、斜視対物光学系の大型化に伴って、それを搭載する内視鏡の外径も大きくなる。

[0070] 条件式（５）は後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長を規定した条件式である。ここで、最終レンズは屈折力を有するレンズを意味する。よって、カラーフィルタ等の平行平板フィルタやパワーレスレンズは、最終レンズではない。例えば、後述の実施例１では、 $D2$ は以下の式で求まる。

$$D2 = d14 + d15 / n15 + d16 / n16 + d17 / n17$$

[0071] 条件式（５）の下限値を下回ると、最終レンズから像面までの間隔が狭くなり過ぎる。この場合、撮像素子と斜視対物光学系との間隔が狭くなり過ぎるので、斜視対物光学系の組立時に十分なピント調整が行えない。そのため、遠点側の深度が、本来必要とする深度よりも浅くなる。

[0072] 条件式（５）の上限値を上回ると、最終レンズから像面までの距離を十分に確保できるため、斜視対物光学系の組立時のピント調整はできる。しかしながら、最終レンズから像面までの距離が長くなり過ぎるため、撮像素子の位置が斜視対物光学系から離れ過ぎてしまう。その結果、斜視対物光学系を内視鏡先端部に取り付けた時に、斜視対物光学系と撮像素子（以下、「撮像系」という）が、他の部材と干渉しやすくなる。この干渉を避けるためには、内視鏡内の撮像系の周囲にクリアランスを設ける必要がある。そうすると、内視鏡先端部全体が大型化してしまう。

[0073] 条件式（４）に代えて、以下の条件式（４'）を満足することが好ましい。

$$2.4 < D1 / f < 4.2 \quad (4')$$

条件式（５）に代えて、以下の条件式（５'）を満足することが好ましい。

$$1.1 < D2 / f < 1.6 \quad (5')$$

[0074] また、本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式（６）を満足することが好ましい。

$$1.7 < D1 / D2 < 3.1 \quad (6)$$

ここで、

D 1 は、前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

D 2 は、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、である。

[0075] 条件式 (6) は、前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長と、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長と、の比を規定した条件式である。条件式 (6) を満足することで、2つの空気換算長のバランスを最適にすることができる。その結果、特に、撮像系のサイズを最適にすることができる。

[0076] 条件式 (6) の下限値を下回ると、前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長が短くなり過ぎる。この場合、枠部材を組立用の治工具で保持しにくくなるので、組立性が悪くなる。

[0077] 条件式 (6) の上限値を上回ると、枠部材が大型化する。特に、前側レンズ群を保持する枠部材の大型化を招くため、内視鏡先端部の外径が大きくなる。

[0078] また、本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式 (7) を満足することが好ましい。

$$1. \quad 5 < f_3 / f_2 < 3.1 \quad (7)$$

ここで、

f_2 は、後側レンズ群の正レンズの焦点距離、

f_3 は、後側レンズ群の接合レンズの焦点距離、

である。

[0079] 条件式 (7) は後側レンズ群の正レンズの焦点距離と後側レンズ群の接合レンズの焦点距離を規定した条件式である。条件式 (7) を満足することで、正レンズの屈折力と接合レンズの屈折力とのバランスを最適にすることができる。

[0080] 条件式 (7) の下限値を下回ると、接合レンズの焦点距離が短くなるので、後側レンズ群における正の屈折力が大きくなる、この場合、像位置が後側

レンズ群に近づき過ぎてしまう。そのため、ピント調整に必要な間隔が不足する。その結果、遠点側の深度が、本来必要とする深度よりも浅くなる。また、像の周辺部においてコマ収差の発生量が大きくなるので、光学性能が低下する。

[0081] 更に、特に、後側レンズ群において、正レンズ全体の屈折力と負レンズ全体の屈折力とのバランスが崩れる。その結果、軸上色収差と倍率色収差が発生する。そのため、光学性能が低下する。

[0082] 条件式（7）の上限値を上回ると、接合レンズの焦点距離が長くなるので、後側レンズ群における正の屈折力が小さくなる。この場合、像位置が後側レンズ群から離れ過ぎてしまう。そのため、光学系の全長が長くなる。また、像の周辺部においてコマ収差の発生量が大きくなるので、光学性能が低下する。

[0083] 更に、特に、後側レンズ群において、正レンズ全体の屈折力と負レンズ全体の屈折力のバランスが崩れる。その結果、軸上色収差と倍率色収差が発生する。そのため、光学性能が低下する。

[0084] また、本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式（8）を満足することが好ましい。

$$1. \quad 1 < |R_c| / f < 2. \quad 1 \quad (8)$$

ここで、

R_c は、後側レンズ群の接合レンズの接合面の曲率半径、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0085] 条件式（8）の下限値を下回ると、接合レンズの接合面の曲率半径が小さくなる。この場合、接合レンズの正レンズでは縁肉が少なくなってしまう、また、接合レンズの負レンズでは球欠面が深くなってしまふ。そのため、レンズの加工性が悪くなる。

[0086] 条件式（8）の上限値を上回ると、接合レンズの接合面の曲率半径が大きくなる。この場合、接合面の屈折力が小さくなるので、色収差の補正が困難

になる。

[0087] 条件式(8)では、 R_0 を絶対値で規定しているが、 R_0 の値は負の値であることが望ましい。

[0088] また、本実施形態の斜視対物光学系は、以下の条件式(9)を満足することが好ましい。

$$-17^\circ < TW < 0^\circ \quad (9)$$

ここで、

TW は、最大像高時の像面への光線入射角度、である。

[0089] 条件式(9)を満足することで、後側レンズ群における光線高を低く抑えることができる。そのため、後側レンズ群におけるレンズの外径を小さくできる。加えて、枠部材も含めた状態で後側レンズ群を小型化できる。

[0090] なお、 TW は、最大像高に到達する主光線と光軸に平行な軸とのなす角度である。角度の正負は、最大像高に到達する主光線が光軸に対して徐々に離れて入射する場合を負とする。また、 TW は、媒質が空気中のときの角度である。

[0091] 条件式(9)に代えて、以下の条件式(9')を満足することが好ましい。

$$-12^\circ \leq TW \leq -5^\circ \quad (9')$$

[0092] また、本実施形態の斜視対物光学系では、光路変換素子は、プリズム又はミラーであることが好ましい。

[0093] また、本実施形態の斜視対物光学系では、光路変換素子に、高屈折率硝材を使用することができる。

[0094] 上述のように、本実施形態に係る斜視対物光学系では、明るさ絞りよりも物体側に光路変換素子を配置している。この構成により、前側レンズ群を保持する枠部材の長さを、適切に確保することができている。ただし、この構成では、特に、前側負レンズにおいて光線高が高くなるので、前側負レンズの外径が大きくなりやすい。

- [0095] そこで、光路変換素子に、高屈折率硝材を使用することが好ましい。このようにすることで、光路変換素子の空気換算長を短くできるので、前側負レンズにおける光線高を低く抑えることができる。
- [0096] また、本実施形態の斜視対物光学系では、接合レンズの正レンズに低分散硝材を使用し、接合レンズの負レンズに高分散硝材を使用することができる。
- [0097] 一般に、高屈折率硝材のアッペ数はあまり大きくないため、高屈折率硝材では分散が大きくなる。そのため、光路変換素子に高屈折率硝材を使用することで光路変換素子の空気換算長を短くできても、色収差への影響は残る。
- [0098] このようなことから、接合レンズの正レンズに低分散硝材を使用し、接合レンズの負レンズに高分散硝材を使用することが好ましい。特に、接合レンズの負レンズには、異常分散性を持つ硝材を用いると良い。このようにすることで、色収差を良好に補正することができる。更に、斜視対物光学系全体での諸収差を、バランスの取れた状態にすることができる。
- [0099] また、斜視対物光学系の画角は、主に前側負レンズの屈折力によって決まる。前側負レンズと明るさ絞りとの間には、硝路長の長い光路変換素子が配置されるので、前側負レンズにおける光線高が高くなる。そのため、負レンズの外径が大きくなって、対物光学系も大型化する。しかし、一方、前側負レンズの曲率半径が大きくなるため、前側負レンズが偏心しても片ボケなどが生じにくくなって、光学性能が低下しにくくなる。このため、レンズ外径だけでなく、レンズ偏心による光学性能への影響も考慮して、明るさ絞りから物体側の構成を最適な構成にする必要がある。
- [0100] また、本実施形態の斜視用内視鏡は、上述の斜視対物光学系を備えることを特徴とする。
- [0101] 本実施形態の斜視対物光学系は、小型で高性能な斜視対物光学系である。よって、このような斜視対物光学系を備えることで、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を実現することができる。

- [0102] また、本実施形態の斜視対物光学系は、内視鏡装置に用いることができる。内視鏡装置は、本実施形態の斜視対物光学系と、撮像素子と、を少なくとも備える。
- [0103] 実施例の説明に先立って、本実施例の斜視対物光学系の概要について説明する。各実施例における斜視対物光学系の断面構成を示す図では、光路変換素子は、プリズムを展開した図として示されている。そのため、光路変換素子は、平行平板として描かれている。
- [0104] 展開されていない状態のプリズムの例を図6に示す。図6(a)はプリズムを展開しない状態で描いたときのレンズ断面図である。ここでは、本実施例の斜視対物光学系として、実施例1の斜視対物光学系が例示されている。本実施例の斜視対物光学系は、プリズムPを介して配置された前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとを有し、開口絞りSはプリズムPと後側レンズ群GRとの間に配置されている。
- [0105] すなわち、本実施例の斜視対物光学系は、プリズムPの物体側に前側レンズ群GFが配置され、プリズムPの像側に後側レンズ群GRが配置されている。前側レンズ群GFは負の屈折力を有し、負の屈折力のレンズL1から構成されている。後側レンズ群GRは正の屈折力を有し、正の屈折力のレンズL2と、正の屈折力のレンズL3と負の屈折力のレンズL4を順次接合してなる正の屈折力の接合レンズから構成されている。
- [0106] 平行平板として描かれたプリズムPを1回反射型のプリズムとして構成すれば、図6(a)に示すように、90度側方観察が可能な側方視用対物光学系を構成することができる。また、プリズムの反射面を45度以外の角度に設定にすれば、45度以外の前方視や後方視などの対物光学系が構成できる。また、2回反射型のプリズムとして構成すれば、45度の前方視用対物光学系を構成することもできる。
- [0107] 更に、プリズムPは、複数のプリズムによって構成することも可能である。図6(b)には、2つのプリズムで側方視ができる構成が示され、図6(c)には、2つのプリズムで前方視ができる構成が示されている。

- [0108] また、プリズムPの硝材には、屈折率が1.8以上の高屈折率硝材を用いることが好ましい。このようにすることで、プリズムでの空気換算長を短くすることができる。
- [0109] 負レンズL1の硝材をサファイアとしても良い。サファイアは硬度が非常に高い材料なので、外部からの衝撃に強い。よって、物体側のレンズ面に傷が付きにくい。サファイアを用いることで、画像への傷の映り込みや、傷によるフレア発生が起こりにくくなる。なお、負レンズの硝材は、サファイアに限られない。負レンズL1に高硬度の結晶材料を用いれば、レンズの表面に傷が付きにくくなる。
- [0110] 本実施例の斜視対物光学系では、2つの正レンズが用いられている。どちらの正レンズも、両凸形状を有している。低分散硝材では屈折率が低くなるために、低分散硝材を正レンズに用いると、レンズ面の曲率半径が小さくなってしまふ。そのため、レンズのコバ厚を十分に確保できなくという問題や、有効口径に対して余裕を持ったレンズ外径を確保できなくなるという問題が生じやすい。そこで、レンズの加工性を考慮すると、正レンズの曲率半径が小さくなり過ぎないようにすることが好ましい。このようなことから、屈折率が1.7以上の高屈折率硝材を、正レンズL2と正レンズL3の少なくとも一方に用いると良い。
- [0111] 正レンズL2を両凸レンズで構成する場合、物体側面と像側面は、曲率半径の絶対値が等しい面（以下、「等R面」という）にすることが好ましい。このようにすると、レンズの前後の判別が不要なため組立てがし易い。
- [0112] 正レンズL2を両凸レンズで構成する場合、物体側面の曲率半径の絶対値を、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きくしても良い。このようにすると、収差補正が容易に行える。
- [0113] また、撮像素子の画素ピッチが小さくなってくると、これに対応して色収差も小さく抑える必要がある。これに対応するために、接合レンズを構成する負レンズL4には、屈折率が1.9以上で、アッペ数が25以下の高分散硝材を用いることが好ましい。このようにすることで、色収差の補正を良好

にすることができる。

- [0114] 一方、接合レンズを構成する正レンズL3には、なるべくアッペ数の大きい低分散の硝材を用いるのが良い。例えば、アッペ数50以上の硝材を、正レンズL3に用いることが好ましい。
- [0115] また、接合レンズを像面に近い位置に配置することで、接合レンズを通過する光線高が高くなる。光線高が高い位置に接合レンズが位置することで、倍率色収差を良好に補正することができる。このように、接合レンズを像面に近い位置に配置することは、特に倍率色収差の補正に有効である。
- [0116] また、本実施例の斜視対物光学系に設けられたプリズム以外の平行平板は、例えば、赤外線カットフィルタや、色温度変換フィルタである。これらのフィルタは、CCDなどの撮像素子の感度補正に用いられる。
- [0117] また、レーザーカットフィルタや特殊機能フィルタを、斜視対物光学系に配置してもよい。レーザーカットフィルタとしては、例えば、YAGレーザや半導体レーザ等のレーザ光をカットするためのフィルタがある。特殊機能フィルタとしては、例えば、特定波長域の光線をカットするノッチフィルタがある。
- [0118] また、光学フィルタには、吸収型のフィルタ、反射型のフィルタ、もしくはそれらの複合型を用いても良い。また、光学フィルタの表面には反射防止膜が施されていてもよい。
- [0119] 更に、プリズムの透過面に、赤外線カット特性またはレーザ光カット特性を有する干渉膜を設けることも可能である。
- [0120] また、本実施例の斜視対物光学系の像面側に配置している平行平板フィルタは、撮像素子に用いるガラスリッドとカバーガラスである。カバーガラスの側面と表面を枠部材で保持することで、撮像素子が枠部材内に固定される。
- [0121] 更に、負レンズL1に近接してフィルタF1を設けることで、負レンズL1の像面側に形成される空気層の体積を小さくすることができる。その結果、レンズ面の結露による曇りの影響を低減することができる。

- [0122] 更に、負レンズL1とフィルタF1とを接合しても良く、また、両者をはんだ等で気密封止しても良い。このようにすることで、より効果的に曇りの発生を防止することができる。
- [0123] また、本実施例の斜視対物光学系のレンズ枚数は4枚と少ないが、結像性能は良好である。このように、少ないレンズ枚数で対物光学系を構成できるので、コストの低減ができる。
- [0124] 更に、本実施例の斜視対物光学系では、従来の斜視対物光学系と比べて、空気間隔が狭くなっているため、光学系全体が小型になっている。
- [0125] 以下、実施例について説明する。各収差図において、横軸は収差量を表している。球面収差、非点収差及び倍率収差については、収差量の単位はmmである。また、歪曲収差については、収差量の単位は%である。また、IHは像高で単位はmm、FNOはFナンバーである。また、収差曲線の波長の単位はnmである。
- [0126] (実施例1)
- 実施例1に係る斜視対物光学系について説明する。図7は、実施例1に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。
- [0127] 実施例1の斜視対物光学系は、図7(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。
- [0128] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。
- [0129] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。
- [0130] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されて

いる。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0131] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

[0132] (実施例2)

実施例2に係る斜視対物光学系について説明する。図8は、実施例2に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0133] 実施例2の斜視対物光学系は、図8(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0134] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0135] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0136] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0137] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズ

L 3と負メニスカスレンズL 4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL 2の物体側面の曲率半径の絶対値は、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群GRには、フィルタF 2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF 2は、両凸正レンズL 2と接合レンズとの間に配置されている。

[0138] (実施例3)

実施例3に係る斜視対物光学系について説明する。図9は、実施例3に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0139] 実施例3の斜視対物光学系は、図9(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0140] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL 1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF 1が配置されている。フィルタF 1は、平凹負レンズL 1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0141] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0142] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0143] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL 2と、両凸正レンズL 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4と、からなる。ここで、両凸正レンズL 3と負メニスカスレンズL 4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL 2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには、フィルタF 2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF 2は、両凸正レンズL 2と接合レンズとの間に配置されている。

。

[0144] (実施例4)

実施例4に係る斜視対物光学系について説明する。図10は、実施例4に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0145] 実施例4の斜視対物光学系は、図10(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0146] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0147] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0148] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0149] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

。

[0150] (実施例5)

実施例5に係る斜視対物光学系について説明する。図11は、実施例5に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ

断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0151] 実施例5の斜視対物光学系は、図11(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0152] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0153] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0154] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0155] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

[0156] (実施例6)

実施例6に係る斜視対物光学系について説明する。図12は、実施例6に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0157] 実施例6の斜視対物光学系は、図12(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、

正屈折力の後側レンズ群G Rと、からなる。

[0158] 前側レンズ群G Fは、物体側が平面である平凹負レンズL 1からなる。また、前側レンズ群G Fには、フィルタF 1が配置されている。フィルタF 1は、平凹負レンズL 1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0159] 光路変換素子Pは、前側レンズ群G Fと後側レンズ群G Rの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1. 8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0160] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群G Rとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0161] 後側レンズ群G Rは、両凸正レンズL 2と、両凸正レンズL 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4と、からなる。ここで、両凸正レンズL 3と負メニスカスレンズL 4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL 2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群G Rには、フィルタF 2、ガラスリッドG L及びカバーガラスC Gが配置されている。フィルタF 2は、両凸正レンズL 2と接合レンズとの間に配置されている。

[0162] (実施例7)

実施例7に係る斜視対物光学系について説明する。図13は、実施例7に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0163] 実施例7の斜視対物光学系は、図13(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群G Fと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群G Rと、からなる。

[0164] 前側レンズ群G Fは、物体側が平面である平凹負レンズL 1からなる。また、前側レンズ群G Fには、フィルタF 1が配置されている。フィルタF 1は、平凹負レンズL 1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0165] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0166] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0167] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

[0168] (実施例8)

実施例8に係る斜視対物光学系について説明する。図14は、実施例8に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0169] 実施例8の斜視対物光学系は、図14(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0170] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。平凹負レンズL1にはサファイアが用いられている。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0171] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0172] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側に設けられている。

[0173] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の物体側の曲率半径の絶対値は、像側の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

[0174] (実施例9)

実施例9に係る斜視対物光学系について説明する。図15は、実施例9に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0175] 実施例9の斜視対物光学系は、図15(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0176] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0177] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0178] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側に設けられている。

[0179] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に

凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには、ガラスリッドGLとカバーガラスCGが配置されている。

[0180] 本実施例に係る斜視対物光学系では、光学フィルタとしての機能はフィルタF1に集約されている。よって、斜視対物光学系に配置されている光学フィルタは1枚だけである。

[0181] (実施例10)

実施例10に係る斜視対物光学系について説明する。図16は、実施例10に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0182] 実施例10の斜視対物光学系は、図16(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0183] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0184] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0185] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0186] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の両面は、等R面になっている。後側レンズ群GRには

、フィルタF 2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF 2は、両凸正レンズL 2と接合レンズとの間に配置されている。

[0187] (実施例1 1)

実施例1 1に係る斜視対物光学系について説明する。図1 7は、実施例1 1に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0188] 実施例1 1の斜視対物光学系は、図1 7(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0189] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL 1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF 1が配置されている。フィルタF 1は、平凹負レンズL 1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0190] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1. 8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0191] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0192] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL 2と、両凸正レンズL 3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 4と、からなる。ここで、両凸正レンズL 3と負メニスカスレンズL 4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL 2の物体側面の曲率半径の絶対値は、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群GRには、フィルタF 2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF 2は、両凸正レンズL 2と接合レンズとの間に配置されている。

[0193] (実施例1 2)

実施例 1 2 に係る斜視対物光学系について説明する。図 1 8 は、実施例 1 2 に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a) はレンズ断面、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T)、(e) は倍率色収差 (C C) を示す。

[0194] 実施例 1 2 の斜視対物光学系は、図 1 8 (a) に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正屈折力の後側レンズ群 G R と、からなる。

[0195] 前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。また、前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 が配置されている。フィルタ F 1 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。

[0196] 光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R の間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。プリズムには屈折率が 1. 8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0197] 明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

[0198] 後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 2 の物体側面の曲率半径の絶対値は、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群 G R には、フィルタ F 2、ガラスリッド G L 及びカバーガラス C G が配置されている。フィルタ F 2 は、両凸正レンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

[0199] (実施例 1 3)

実施例 1 3 に係る斜視対物光学系について説明する。図 1 9 は、実施例 1 3 に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a) はレンズ断面、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T)、(e) は倍率色収差 (C C) を示す。

[0200] 実施例 1 3 の斜視対物光学系は、図 1 9 (a) に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正屈折力の後側レンズ群 G R と、からなる。

[0201] 前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。また、前側レンズ群 G F には、フィルタ F 1 が配置されている。フィルタ F 1 は、平凹負レンズ L 1 と光路変換素子 P との間に配置されている。

[0202] 光路変換素子 P は、前側レンズ群 G F と後側レンズ群 G R の間に配置されている。光路変換素子 P はプリズムである。プリズムには屈折率が 1. 8 以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0203] 明るさ絞り S は、光路変換素子 P と後側レンズ群 G R との間に配置されている。より具体的には、明るさ絞り S は、光路変換素子 P の像側面に設けられている。

[0204] 後側レンズ群 G R は、両凸正レンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 4 と、からなる。ここで、両凸正レンズ L 3 と負メニスカスレンズ L 4 とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズ L 2 の物体側面の曲率半径の絶対値は、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群 G R には、フィルタ F 2、ガラスリッド G L 及びカバーガラス C G が配置されている。フィルタ F 2 は、両凸正レンズ L 2 と接合レンズとの間に配置されている。

[0205] (実施例 1 4)

実施例 1 4 に係る斜視対物光学系について説明する。図 2 0 は、実施例 1 4 に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a) はレンズ断面、(b) は球面収差 (S A)、(c) は非点収差 (A S)、(d) は歪曲収差 (D T)、(e) は倍率色収差 (C C) を示す。

[0206] 実施例 1 4 の斜視対物光学系は、図 2 0 (a) に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群 G F と、光路変換素子 P と、明るさ絞り S と、正屈折力の後側レンズ群 G R と、からなる。

[0207] 前側レンズ群 G F は、物体側が平面である平凹負レンズ L 1 からなる。ま

た、前側レンズ群GFには、フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0208] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.5程度の低屈折率硝材が用いられている。

[0209] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0210] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、平凹負レンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と平凹負レンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の物体側面の曲率半径の絶対値は、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

[0211] 本実施例に係る斜視対物光学系では、プリズムに低屈折率硝材が用いられている。そのため、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRとの間隔（空気換算長）を広くして、プリズムが配置できるようにする必要がある。ただし、低屈折率硝材は、高屈折率硝材よりも低分散である。そのため、接合レンズにアッベ数が20未満の高屈折率で異常分散な硝材を用いなくても、色収差の補正が可能である。本実施例では、平凹負レンズL4に、屈折率が1.8程度、アッベ数が22程度の硝材を使用している。

[0212] また、光路変換素子（プリズム）に低屈折率硝材を使用すると、高屈折率硝材の場合と比べて前側レンズ群と後側レンズ群との間隔が長くなるため、負レンズの外径が大型化しやすくなる。しかしながら、本実施例に係る斜視対物光学系では光路変換素子を短く構成したため、前側レンズ群のレンズ径は他の実施例と同程度の径になっている。

[0213] また、接合レンズの両凸正レンズL3と平凹負レンズL4の屈折率差は約

0.07と小さい。また、平凹負レンズL4の像側面は、平面で構成されている。そのため、レンズの加工性が良く、組立時のレンズの前後の判別もし易い。

[0214] (実施例15)

実施例15に係る斜視対物光学系について説明する。図21は、実施例15に係る斜視対物光学系の断面構成を示す図と収差図であって、(a)はレンズ断面、(b)は球面収差(SA)、(c)は非点収差(AS)、(d)は歪曲収差(DT)、(e)は倍率色収差(CC)を示す。

[0215] 実施例15の斜視対物光学系は、図21(a)に示すように、物体側から順に、負屈折力の前側レンズ群GFと、光路変換素子Pと、明るさ絞りSと、正屈折力の後側レンズ群GRと、からなる。

[0216] 前側レンズ群GFは、物体側が平面である平凹負レンズL1からなる。また、前側レンズ群GFには、フィルタF1が配置されている。フィルタF1は、平凹負レンズL1と光路変換素子Pとの間に配置されている。

[0217] 光路変換素子Pは、前側レンズ群GFと後側レンズ群GRの間に配置されている。光路変換素子Pはプリズムである。プリズムには屈折率が1.8以上の高屈折率硝材が用いられている。

[0218] 明るさ絞りSは、光路変換素子Pと後側レンズ群GRとの間に配置されている。より具体的には、明るさ絞りSは、光路変換素子Pの像側面に設けられている。

[0219] 後側レンズ群GRは、両凸正レンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、からなる。ここで、両凸正レンズL3と負メニスカスレンズL4とで、正屈折力の接合レンズを形成している。両凸正レンズL2の物体側面の曲率半径の絶対値は、像側面の曲率半径の絶対値よりも大きい。後側レンズ群GRには、フィルタF2、ガラスリッドGL及びカバーガラスCGが配置されている。フィルタF2は、両凸正レンズL2と接合レンズとの間に配置されている。

[0220] 本実施例に係る斜視対物光学系では、画角を120度というように広角化

しているが、プリズムに屈折率が1.8以上の高屈折率硝材を用いることで、平凹負レンズL1の像側面の曲率半径（絶対値）が小さくならないようにしている。また、Fナンバーが3.6程度というように、明るく高性能な斜視対物光学系になっている。

[0221] 以上説明したように、各実施例の斜視対物光学系は、プリズムの物体側に配置された前側レンズ群と、プリズムの像側に配置された後側レンズ群と、前側レンズ群は負の屈折力を有すると共に、負の屈折力のレンズから構成され、後側レンズ群は正の屈折力を有すると共に、正の屈折力のレンズと正の屈折力を有する接合レンズとから構成され、接合レンズは、正の屈折力のレンズと負の屈折力のレンズを順次接合してなり、開口絞りをプリズムと後群レンズ群との間に具備する。

[0222] 各実施例の斜視対物光学系は、撮像素子の小型化および多画素化に対応して光学性能を向上させた最適なレンズ構成を有し、この構成によって、内視鏡先端部の細径化にも寄与し得る。更に、各実施例の斜視対物光学系は、各条件式を満足しているため、諸収差が良好に補正されている。

[0223] 以下に、上記各実施例の数値データを示す。記号は、 r は各面の曲率半径、 d は各光学部材の肉厚または空気間隔、 n_d は各光学部材の d 線に対する屈折率、 ν_d は各光学部材の d 線に対するアッペ数、 f は斜視対物光学系の全系の焦点距離、 l_H は像高、 ω は半画角、 f_F は前側レンズ群の焦点距離、 f_R は後側レンズ群の焦点距離、 D_1 は前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、 D_2 は後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、 R_c は後側レンズ群の接合レンズの接合面の曲率半径、 f_2 は後側レンズ群の正レンズの焦点距離、 f_3 は後側レンズ群の接合レンズの焦点距離、 TW は最大像高時の像面への光線入射角度を表している。また、 r 、 d 、 l_H 、空気換算長および各焦点距の単位は mm である。また、 f は $1mm$ に規格化されている。

[0224] 数値実施例1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5824	1.88300	40.76
2	1.3715	0.9318		
3	∞	0.5824	1.51633	64.14
4	∞	0.0582		
5	∞	3.3735	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.1893		
8	3.9034	1.2667	1.75500	52.32
9	-3.9034	0.0874		
10	∞	0.8736	1.52100	65.13
11	∞	0.1165		
12	2.4271	1.6452	1.58913	61.14
13	-1.5608	0.4368	1.92286	18.90
14	-18.2083	0.6471		
15	∞	0.4805	1.88300	40.76
16	∞	0.0146	1.51300	64.00
17	∞	0.5824	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H	0.754
ω	46.963
F n o	5.585

[0225] 数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5849	1.88300	40.76
2	1.3488	0.9358		
3	∞	0.5849	1.51633	64.14
4	∞	0.0585		
5	∞	3.3878	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.1901		
8	4.7265	1.1067	1.72916	54.68
9	-3.3389	0.0731		
10	∞	0.8773	1.52100	65.13
11	∞	0.1024		
12	2.5638	1.9281	1.58913	61.14
13	-1.6295	0.4533	1.92286	18.90
14	-17.7766	0.5258		
15	∞	0.4825	1.51633	64.14
16	∞	0.0146	1.51300	64.00
17	∞	0.5849	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H	0.757
ω	47.49
F n o	5.337

[0226] 数值実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5774	1.88300	40.76
2	1.2959	0.9238		
3	∞	0.5774	1.51633	64.14
4	∞	0.0577		
5	∞	3.3446	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.1877		
8	4.2060	1.2820	1.77250	49.60
9	-4.2060	0.0866		
10	∞	0.8661	1.52100	65.13
11	∞	0.1155		
12	2.2312	1.6570	1.58913	61.14
13	-1.4930	0.4330	1.92286	18.90
14	-25.0484	0.6461		
15	∞	0.5774	1.51633	64.14
16	∞	0.0144	1.51300	64.00
17	∞	0.5774	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H	0.748
ω	46.852

F n o 5.382

[0227] 数值実施例 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5574	1.88300	40.76
2	1.4786	0.8083		
3	∞	0.5574	1.51633	64.14
4	∞	0.0557		
5	∞	3.2290	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2508		
8	3.4826	1.3936	1.72916	54.68
9	-3.4826	0.1394		
10	∞	0.4320	1.51401	75.26
11	∞	0.1394		
12	2.6785	1.2542	1.51633	64.15
13	-1.6389	0.3763	1.92286	18.90
14	-4.6881	0.7878		
15	∞	0.5574	1.51633	64.14
16	∞	0.0139	1.51300	53.00
17	∞	0.5574	1.50510	63.26
18	0			

(像面)

各種データ

I H 0.715

ω 44.041

F n o 3.582

[0228] 数值実施例 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5574	1.88300	40.76
2	1.4786	0.8083		
3	∞	0.5574	1.51633	64.14
4	∞	0.0557		
5	∞	3.2290	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2508		
8	3.4826	1.3936	1.72916	54.68
9	-3.4826	0.1394		
10	∞	0.4320	1.51401	75.26
11	∞	0.1394		
12	2.6785	1.2542	1.51633	64.15
13	-1.6389	0.3763	1.92286	18.90
14	-4.6881	0.7921		
15	∞	0.5574	1.51633	64.14
16	∞	0.0139	1.50808	63.26
17	∞	0.5574	1.52275	55.29
18	0			

(像面)

各種データ

I H 0.739

ω 45.823

F n o 3.582

[0229] 数值実施例6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
1	∞	0.6039	1.88300	40.76
2	1.3977	0.9902		
3	∞	0.6039	1.51633	64.14
4	∞	0.0604		
5	∞	3.4984	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2202		
8	4.1101	1.3586	1.75500	52.32
9	-4.1101	0.0906		
10	∞	0.9059	1.52100	65.13
11	∞	0.1208		
12	2.4546	1.6388	1.58913	61.14
13	-1.6488	0.4530	1.92286	18.90
14	-15.7302	0.6285		
15	∞	0.5285	1.51633	64.14
16	∞	0.0151	1.51300	64.00
17	∞	0.6039	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H	0.782
ω	49.682
F n o	3.919

[0230] 数値実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.6047	1.88300	40.76
2	1.4045	0.9860		
3	∞	0.6047	1.51633	64.14
4	∞	0.0605		
5	∞	3.5027	1.80610	40.92
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2150		
8	4.1478	1.3511	1.75500	52.32
9	-4.1478	0.0907		
10	∞	0.9070	1.52100	65.13
11	∞	0.1209		
12	2.4738	1.6527	1.58913	61.14
13	-1.6436	0.4535	1.92286	18.90
14	-16.3751	0.6376		
15	∞	0.5291	1.51633	64.14
16	∞	0.0151	1.51300	64.00
17	∞	0.6047	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H 0.783

 ω 49.783

F n o 3.963

[0231] 数値実施例 8

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.6025	1.76820	71.79
2	1.2469	0.9706		
3	∞	0.6025	1.51633	64.14
4	∞	0.0603		
5	∞	3.4902	1.80610	40.92
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2007		
8	4.3747	0.8191	1.75500	52.32
9	-3.9694	0.0904		
10	∞	0.9038	1.52100	65.13
11	∞	0.1205		
12	2.3851	1.6115	1.58913	61.14
13	-1.6658	0.4519	1.92286	18.90
14	-17.1437	0.6244		
15	∞	0.5272	1.51633	64.14
16	∞	0.0151	1.51300	64.00
17	∞	0.6025	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H 0.78
 ω 49.868
 F n o 3.914

[0232] 数値実施例 9

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.6063	1.88300	40.76
2	1.4043	0.7963		
3	∞	0.9094	1.52100	65.13
4	∞	0.0606		
5	∞	3.5118	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2215		
8	4.1211	1.3238	1.75500	52.32
9	-4.1211	0.8039		
10	2.4518	1.6393	1.58913	61.14
11	-1.6490	0.4547	1.92286	18.90
12	-15.6642	0.6244		
13	∞	0.5305	1.51633	64.14
14	∞	0.0152	1.51300	64.00
15	∞	0.6063	1.61062	50.49
16	0			

(像面)

各種データ

I H 0.785

 ω 49.819

F n o 3.902

[0233] 数値実施例 10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.7091	1.88300	40.76
2	1.5748	1.2402		
3	∞	0.7091	1.51633	64.14
4	∞	0.0709		
5	∞	4.1075	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.3344		
8	4.7563	1.4638	1.75500	52.32
9	-4.7563	0.1064		
10	∞	1.0636	1.52100	65.13
11	∞	0.1418		
12	2.6909	1.7969	1.58913	61.14
13	-2.0324	0.5318	1.92286	18.90
14	-12.6152	0.6184		
15	∞	0.6205	1.88300	40.76
16	∞	0.0177	1.51300	64.00
17	∞	0.7091	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H 0.775

 ω 49.712

F n o 4.826

[0234] 数値実施例 1 1

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.7151	1.88300	40.76
2	1.6305	1.2317		
3	∞	0.7151	1.51633	64.14
4	∞	0.0715		
5	∞	4.1421	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2647		
8	5.3567	1.0020	1.75500	52.32
9	-4.4586	0.1073		
10	∞	1.0726	1.52100	65.13
11	∞	0.1430		
12	3.4196	1.9581	1.72916	54.68
13	-1.6984	0.5363	1.92286	18.90
14	-15.0024	0.6204		
15	∞	0.6257	1.88300	40.76
16	∞	0.0179	1.51300	64.00
17	∞	0.7151	1.61062	50.49

18 0

(像面)

各種データ

I H 0.781

 ω 49.83

F n o 4.686

[0235] 数值実施例 1 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	ν d
1	∞	0.7148	1.88300	40.76
2	1.6360	1.2338		
3	∞	0.7148	1.51633	64.14
4	∞	0.0715		
5	∞	4.1406	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.2616		
8	5.7330	0.9374	1.78590	44.20
9	-4.5891	0.1072		
10	∞	1.0722	1.52100	65.13
11	∞	0.1430		
12	3.3805	1.9484	1.72916	54.68
13	-1.6935	0.5361	1.92286	18.90
14	-14.9347	0.6272		
15	∞	0.6255	1.88300	40.76
16	∞	0.0179	1.51300	64.00

17	∞	0.7148	1.61062	50.49
----	----------	--------	---------	-------

18	0			
----	---	--	--	--

(像面)

各種データ

I H	0.781
-----	-------

ω	49.8
----------	------

F n o	4.679
-------	-------

[0236] 数值実施例 1 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5257	1.88300	40.76
2	1.3088	0.7804		
3	∞	0.5257	1.51633	64.14
4	∞	0.0526		
5	∞	3.0450	1.80610	40.92
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.0848		
8	3.7410	1.1367	1.75500	52.32
9	-3.5359	0.0789		
10	∞	0.7885	1.52100	65.13
11	∞	0.1051		
12	2.3989	1.5316	1.58913	61.14
13	-1.2564	0.4164	1.80810	22.76
14	-33.5075	0.6417		
15	∞	0.4600	1.51633	64.14

16	∞	0.0131	1.51300	64.00
17	∞	0.5257	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H	0.769
ω	47.829
F n o	4.29

[0237] 数値実施例 1 4

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.5392	1.88300	40.76
2	1.4109	0.7483		
3	∞	0.5392	1.51633	64.14
4	∞	0.0539		
5	∞	3.1230	1.51633	64.14
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.0809		
8	4.7542	1.4154	1.77250	49.60
9	-3.7982	0.0809		
10	∞	0.8087	1.52100	65.13
11	∞	0.1078		
12	3.4342	1.7847	1.72916	54.68
13	-1.1903	0.5256	1.80810	22.76
14	∞	0.7540		

15	∞	0.4718	1.51633	64.14
16	∞	0.0135	1.51300	64.00
17	∞	0.5392	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H 0.789

 ω 49.83

F n o 4.282

[0238] 数値実施例 1 5

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	νd
1	∞	0.6803	1.88300	40.76
2	1.5386	1.1825		
3	∞	0.6803	1.51633	64.14
4	∞	0.0680		
5	∞	3.9405	1.88300	40.76
6	∞	0		
7(絞り)	∞	0.3052		
8	5.2193	1.3688	1.77250	49.60
9	-4.3467	0.1020		
10	∞	1.0204	1.52100	65.13
11	∞	0.1361		
12	2.5755	1.6909	1.58913	61.14
13	-2.0613	0.5201	1.95906	17.47

14	-13.8236	0.6296		
15	∞	0.5952	1.51633	64.14
16	∞	0.0170	1.51300	64.00
17	∞	0.6803	1.61062	50.49
18	0			

(像面)

各種データ

I H	0.881
ω	59.74
F n o	3.569

[0239] 以下、実施例1～実施例15に係る対物光学系における条件式(1)～(9)の数値を示す。

	実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5
(1) f_F/f	-1.553	-1.528	-1.468	-1.675	-1.675
(2) f_R/f	2.062	2.056	2.069	2.108	2.108
(3) $ f_F/f_R $	-0.753	-0.743	-0.709	-0.794	-0.794
(4) $D1/f$	3.166	3.179	3.139	2.946	2.946
(5) $D2/f$	1.274	1.217	1.395	1.535	1.535
(6) $D1/D2$	2.486	2.613	2.25	1.92	1.92
(7) f_3/f_2	3.008	2.962	2.681	2.55	2.55
(8) $ R_c /f$	1.561	1.629	1.493	1.639	1.639
(9) TW	-10.032	-10.411	-10	-7.365	-7.59

	実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10
(1) f_F/f	-1.583	-1.591	-1.623	-1.59	-1.783
(2) f_R/f	2.163	2.179	2.08	2.16	2.457
(3) $ f_F/f_R $	-0.732	-0.73	-0.78	-0.736	-0.726

(4)D1/f	3.307	3.385	3.361	3.320	3.96
(5)D2/f	1.362	1.372	1.356	1.361	1.4
(6)D1/D2	2.428	2.467	2.478	2.440	2.829
(7) f_3/f_2	2.612	2.673	2.555	2.601	1.996
(8) $ R_c /f$	1.649	1.644	1.666	1.649	2.032
(9)TW	-9.433	-9.563	-10.863	-9.529	-7.277

	实施例 1 1	实施例 1 2	实施例 1 3	实施例 1 4	实施例 1 5
(1) f_F/f	-1.847	-1.853	-1.482	-1.598	-1.742
(2) f_R/f	2.395	2.382	1.927	2.159	2.37
(3) $ f_F/f_R $	-0.771	-0.778	-0.769	-0.74	-0.735
(4)D1/f	3.975	3.976	2.866	3.217	3.792
(5)D2/f	1.408	1.415	1.28	1.409	1.456
(6)D1/D2	2.822	2.81	2.239	2.284	2.605
(7) f_3/f_2	1.733	1.705	2.973	2.115	2.125
(8) $ R_c /f$	1.698	1.693	1.256	1.19	2.061
(9)TW	-8.003	-8.17	-11.235	-9.216	-8.876

	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5
f	1	1	1	1	1
f_F	-1.553	-1.528	-1.468	-1.675	-1.675
f_R	2.062	2.056	2.069	2.108	2.108
D1	3.166	3.179	3.139	2.946	2.946
D2	1.274	1.217	1.395	1.535	1.535
f_2	2.779	2.848	2.916	2.608	2.608
f_3	8.358	8.438	7.818	6.652	6.652
R_c	-1.561	-1.629	-1.493	-1.639	-1.639

	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
f	1	1	1	1	1
f_F	-1.583	-1.591	-1.623	-1.59	-1.783
f_R	2.163	2.179	2.08	2.16	2.457
D1	3.307	3.385	3.361	3.320	3.96
D2	1.362	1.372	1.356	1.361	1.4
f_2	2.93	2.954	2.878	2.932	3.373
f_3	7.655	7.896	7.355	7.625	6.734
R_c	-1.649	-1.644	-1.666	-1.649	-2.032

	実施例 11	実施例 12	実施例 13	実施例 14	実施例 15
f	1	1	1	1	1
f_F	-1.847	-1.853	-1.482	-1.598	-1.742
f_R	2.395	2.382	1.927	2.159	2.37
D1	3.975	3.976	2.866	3.217	3.792
D2	1.408	1.415	1.28	1.409	1.456
f_2	3.371	3.378	2.581	2.946	3.274
f_3	5.841	5.758	7.673	6.229	6.957
R_c	-1.698	-1.693	-1.256	-1.19	-2.061

[0240] 図 22 は、本実施形態の斜視対物光学系を用いた内視鏡装置の構成例である。内視鏡装置 20 は、斜視用内視鏡 21（以下、「内視鏡 21」という）と、ビデオプロセッサ 22 と、モニタ 23 と、を備える。内視鏡 21 は、挿入部 21a と信号ケーブル 21b とを備える。挿入部 21a 先端には、斜視対物光学系 24 が配置されている。斜視対物光学系 24 は、ここでは、前方視観察用の斜視対物光学系である。この斜視対物光学系 24 には、実施例 1 ~ 15 のいずれかの斜視対物光学系が用いられる。

[0241] また、ここでは図示していないが、この斜視対物光学系 24 の近傍には、被写体 25 を照明するための照明光学系が配置されている。この照明光学系

は、光源と、照明光学素子と、光ファイバーバンドルと、を有する。光源としては、例えば、発光ダイオード（LED：Light Emitting Diode）やレーザーダイオード（LD：Laser Diode）の発光素子がある。照明光学素子としては、例えば、レンズ素子がある。レンズ素子は、照明光を拡散又は集光する機能を備えている。光ファイバーバンドルは、照明光を内視鏡21に伝送する。

[0242] また、内視鏡21は信号ケーブル21bを介して、ビデオプロセッサ22に接続されている。斜視対物光学系24によって結像された被写体25の像は、撮像素子で撮像される。撮像された被写体25の像は、ビデオプロセッサ22に内蔵された電気回路系によって映像信号に変換される。映像信号に基づいて、モニタ23上に被写体の画像26が表示される。

[0243] なお、このビデオプロセッサ22の内部には、LED等の光源を駆動する電気回路系が設けられている。

[0244] また、LEDやLDなどの発光素子を内視鏡21内に設けることで、内視鏡21の外部に光源を設ける必要がなくなる。さらに、これら発光素子を内視鏡21の先端部に設けることで、照明光を伝送する光ファイバーバンドルを設ける必要がなくなる。

[0245] さらに、光源については、キセノンランプやハロゲンランプ等を用いても良い。また、内視鏡装置20では、光源を内蔵した光源装置がビデオプロセッサ22と一体になっている。しかしながら、光源装置はビデオプロセッサ22と別体に構成されていても良い。この場合、光源装置とビデオプロセッサ22は、内視鏡21と各々接続されることになる。

[0246] 以上の説明のように、本発明の斜視対物光学系によれば、組立性や内視鏡先端部への取り付け性を向上しながらも、多画素化と小型化がされた撮像素子に最適な高性能で小型な斜視対物光学系を提供することができる。更に、本発明の斜視対物光学系を用いることにより、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡を提供することができる。

[0247] 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、その趣旨を逸脱しない範囲で、これら実施形態の構成を適宜組合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。

[0248] (付記)

なお、これらの実施例から以下の構成の発明が導かれる。

(付記項 1)

物体側から順に、負レンズからなる前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、から構成され、

後側レンズ群は、正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、

接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、

以下の条件式 (1)、(2)、(3) を満足することを特徴とする斜視対物光学系。

$$-2.0 < f_F / f < -1.3 \quad (1)$$

$$1.7 < f_R / f < 2.7 \quad (2)$$

$$0.63 < |f_F / f_R| < 0.88 \quad (3)$$

ここで、

f_F は、前側レンズ群の焦点距離、

f_R は、後側レンズ群の焦点距離、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0249] (付記項 2)

以下の条件式 (4)、(5) を満足することを特徴とする付記項 1 に記載の斜視対物光学系。

$$2.4 < D1 / f < 4.4 \quad (4)$$

$$1.1 < D2 / f < 1.7 \quad (5)$$

ここで、

$D1$ は、前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算

長、

D_2 は、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0250] (付記項 3)

以下の条件式 (6) を満足することを特徴とする付記項 1 又は付記項 2 に記載の斜視対物光学系。

$$1. \quad 7 < D_1 / D_2 < 3.1 \quad (6)$$

ここで、

D_1 は、前側レンズ群の負レンズの像側面から明るさ絞りまでの空気換算長、

D_2 は、後側レンズ群の最終レンズの像側面から像面までの空気換算長、
である。

[0251] (付記項 4)

以下の条件式 (7) を満足することを特徴とする付記項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の斜視対物光学系。

$$1. \quad 5 < f_3 / f_2 < 3.1 \quad (7)$$

ここで、

f_2 は、後側レンズ群の正レンズの焦点距離、

f_3 は、後側レンズ群の接合レンズの焦点距離、

である。

[0252] (付記項 5)

以下の条件式 (8) を満足することを特徴とする付記項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の斜視対物光学系。

$$1. \quad 1 < |R_c| / f < 2.1 \quad (8)$$

ここで、

R_c は、後側レンズ群の接合レンズの接合面の曲率半径、

f は、斜視対物光学系全系の焦点距離、

である。

[0253] (付記項 6)

以下の条件式 (9) を満足することを特徴とする付記項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の斜視対物光学系。

$$-17^\circ < TW < 0^\circ \quad (9)$$

ここで、

TW は、最大像高時の像面への光線入射角度、
である。

[0254] (付記項 7)

付記項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の斜視対物光学系を備えることを特徴とする斜視用内視鏡。

産業上の利用可能性

[0255] 以上のように、本発明は、組立てや内視鏡先端部への取り付けを高精度且つ容易に行えると共に、高性能で小型な斜視対物光学系に有用である。また、高画質の画像が得られると共に、細径化された先端部を有する斜視用内視鏡に有用である。

符号の説明

- [0256] GF 前側レンズ群
GR 後側レンズ群
L1、L2、L3、L4 レンズ
S 明るさ絞り
P プリズム
F1、F2 フィルタ
GL ガラスリッド
CG カバーガラス
I 像面
1、5、9 斜視対物光学系
2、6、10 前側レンズ群

- 3、7、11 プリズム
- 4、8、12 後側レンズ群
- 13、14、16 枠部材
- 13a、13b、14a、14b、16a 嵌合部
- 15 撮像素子
- 17、18 斜視対物光学系
- 20 内視鏡装置
- 21 斜視用内視鏡
- 22 ビデオプロセッサ
- 23 モニタ
- 24 斜視対物光学系
- 25 被写体
- 26 被写体の画像

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、負レンズからなる前側レンズ群と、光路変換素子と、明るさ絞りと、正の屈折力を有する後側レンズ群と、から構成され、

前記後側レンズ群は、正レンズと、正の屈折力を有する接合レンズと、からなり、

前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズとで構成され、

以下の条件式（１）、（２）、（３）を満足することを特徴とする斜視対物光学系。

$$-2.0 < f_F / f < -1.3 \quad (1)$$

$$1.7 < f_R / f < 2.7 \quad (2)$$

$$0.63 < |f_F / f_R| < 0.88 \quad (3)$$

ここで、

f_F は、前記前側レンズ群の焦点距離、

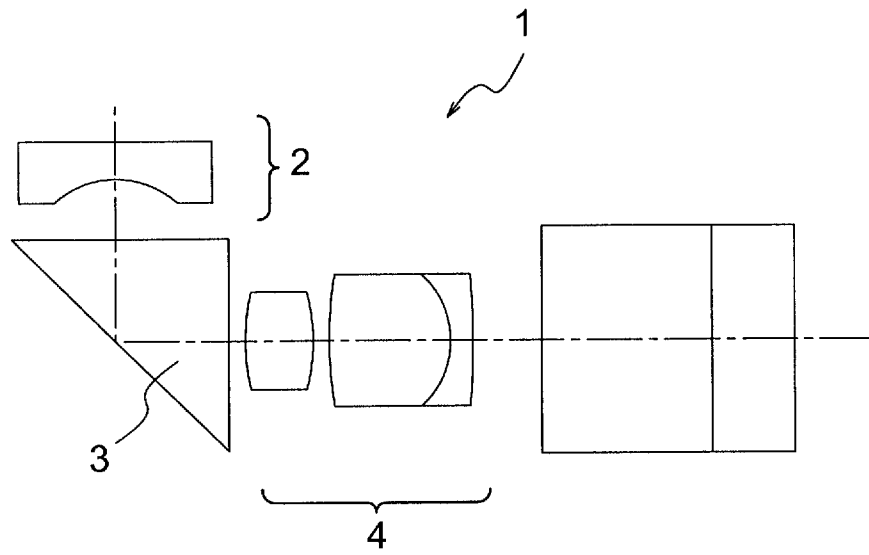
f_R は、前記後側レンズ群の焦点距離、

f は、前記斜視対物光学系全系の焦点距離、

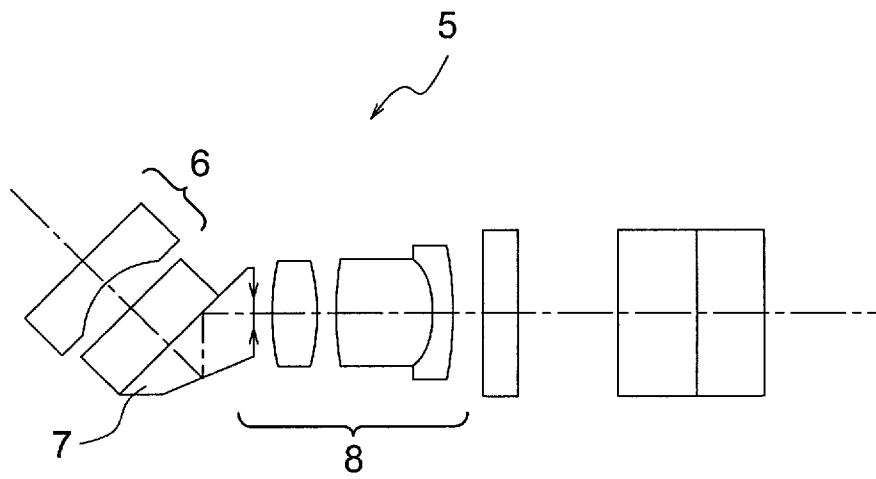
である。

[請求項2] 請求項1に記載の斜視対物光学系を備えることを特徴とする斜視用内視鏡。

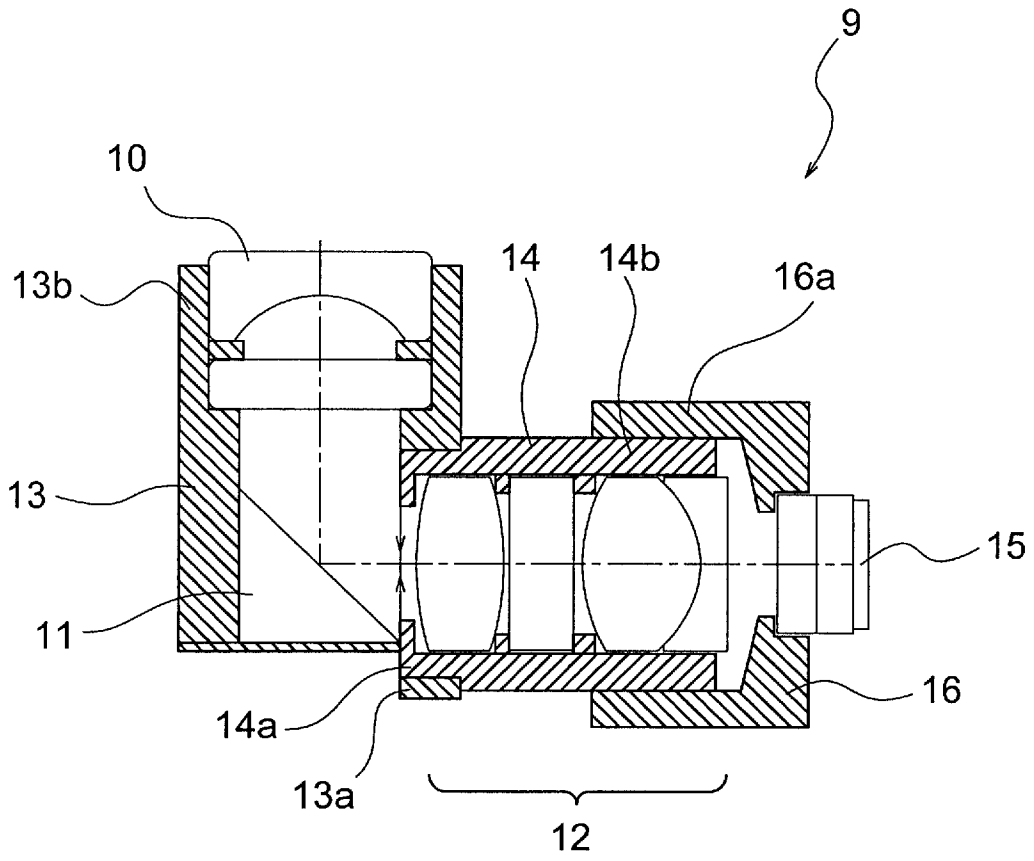
[図1]



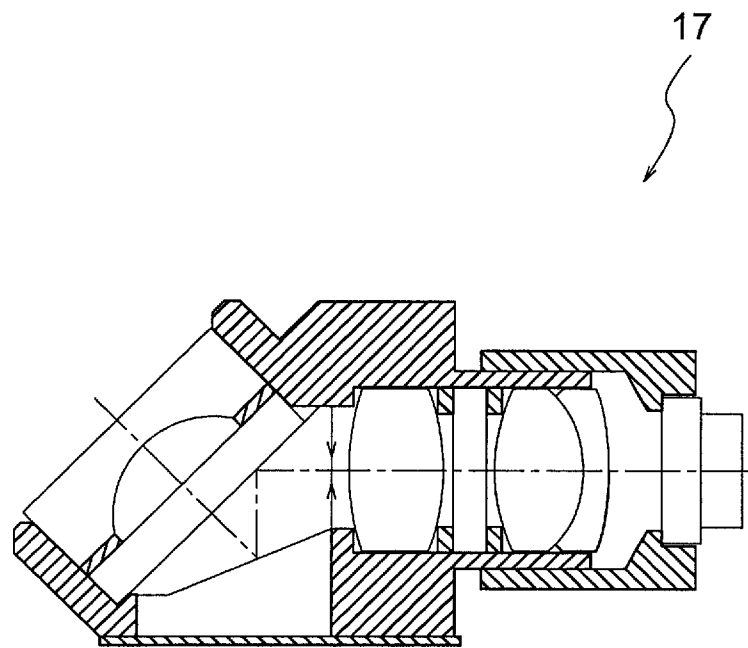
[図2]



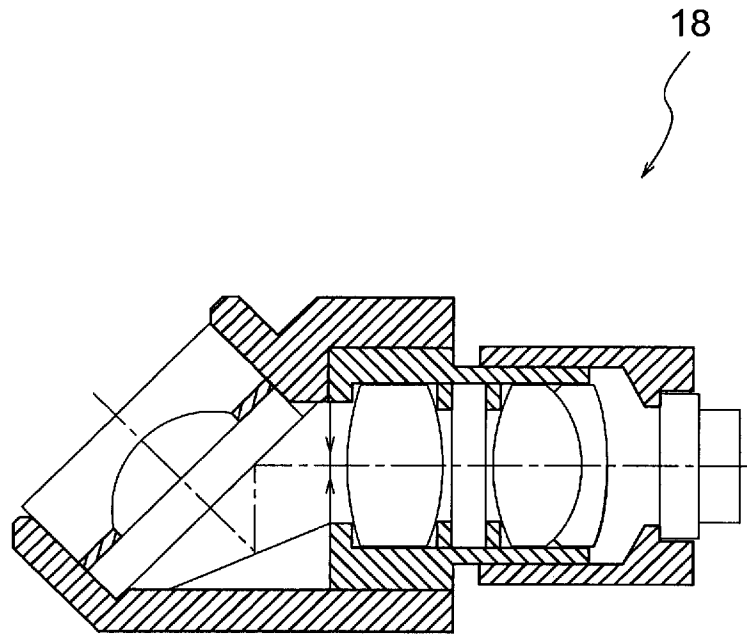
[図3]



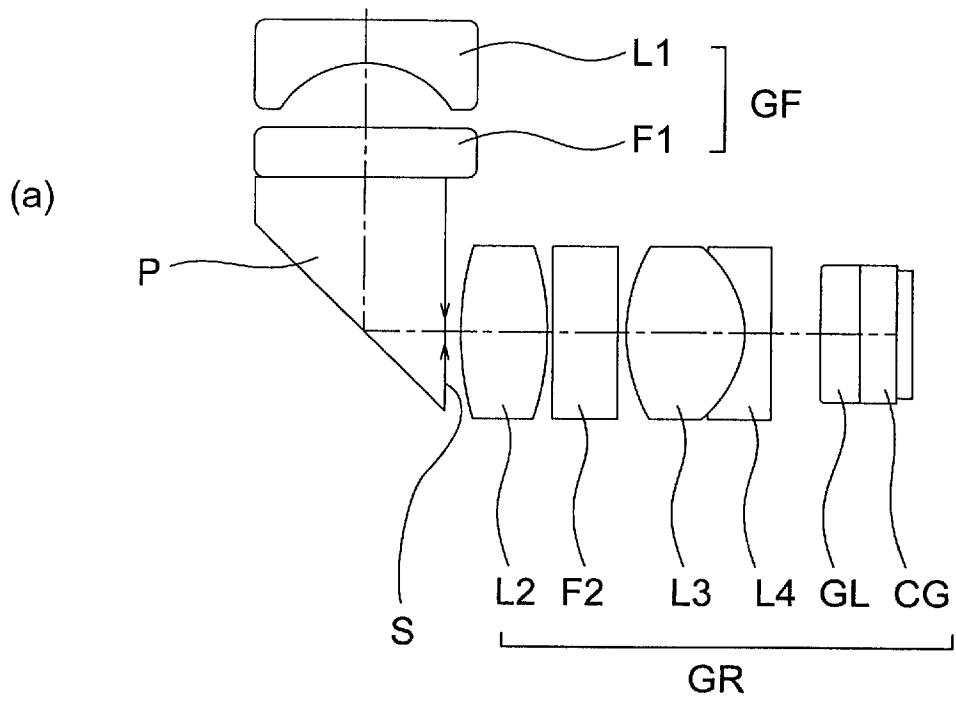
[図4]



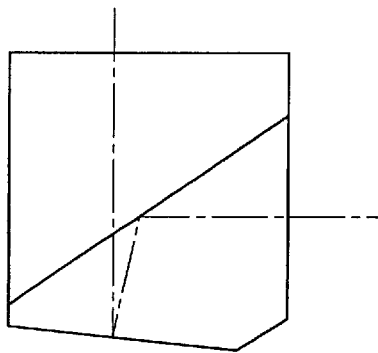
[図5]



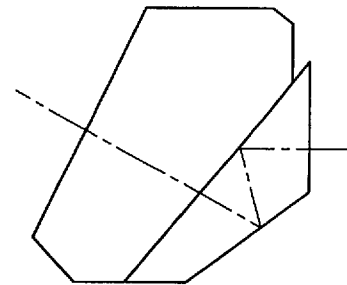
[図6]



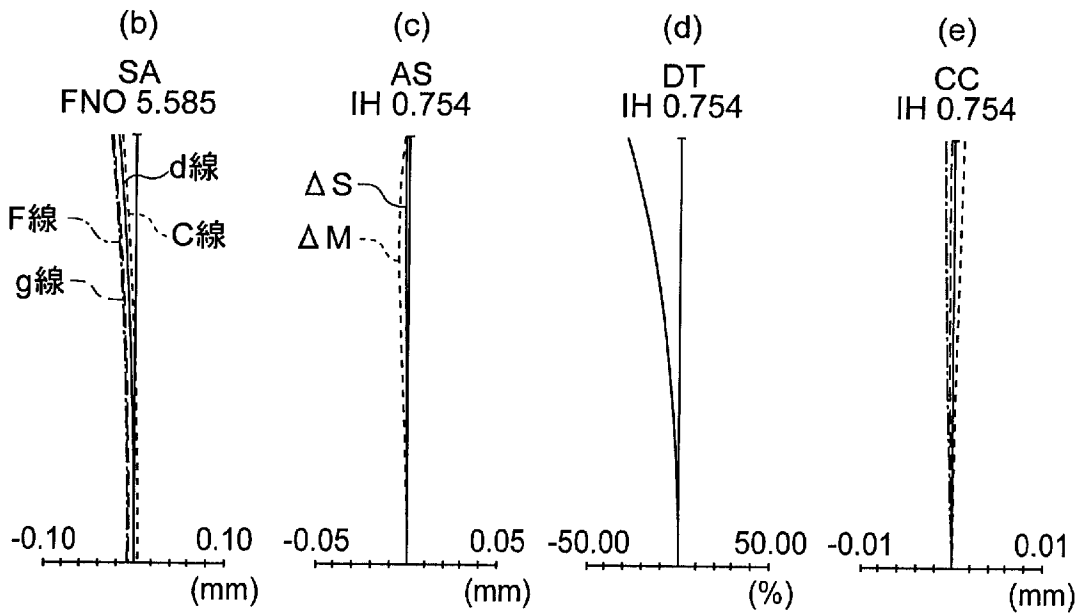
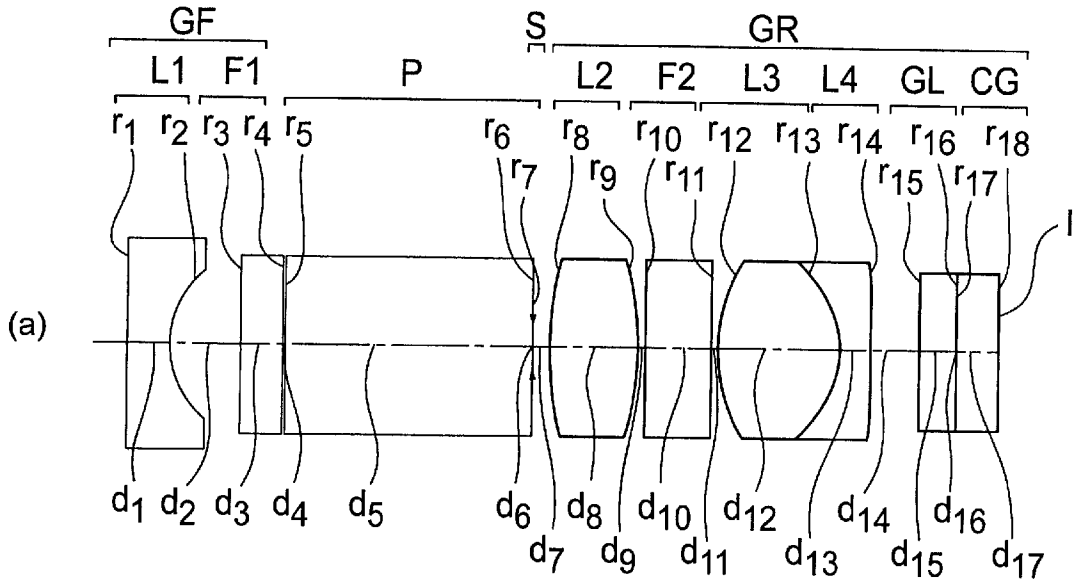
(b)



(c)

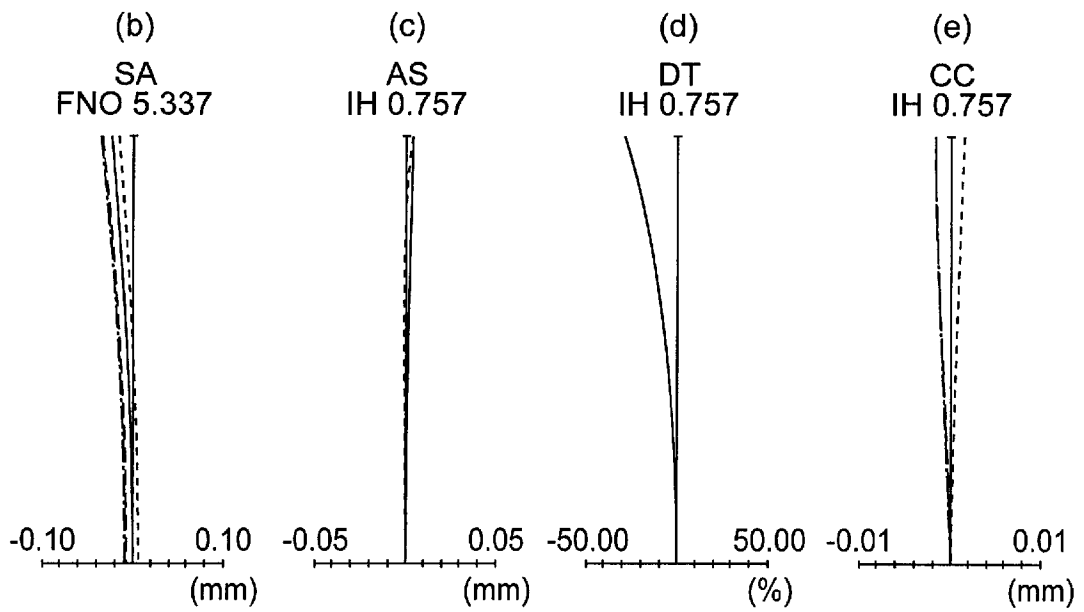
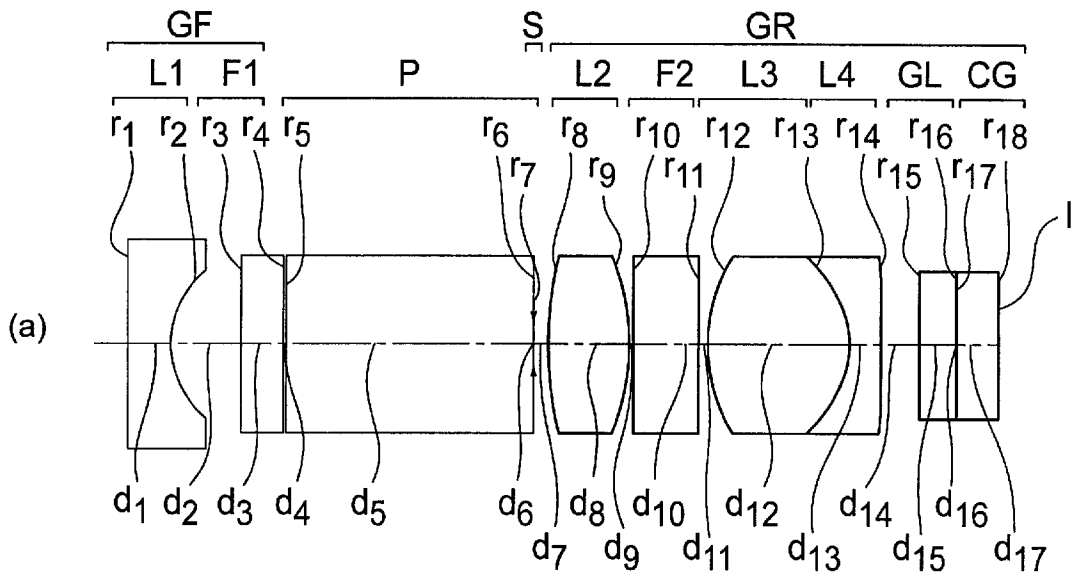


[図7]

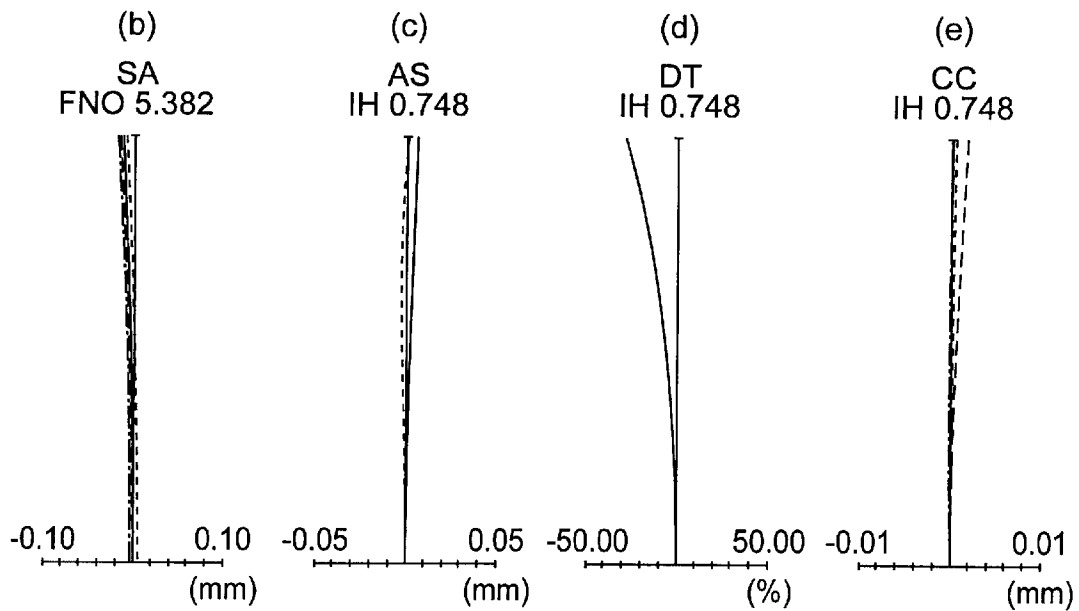
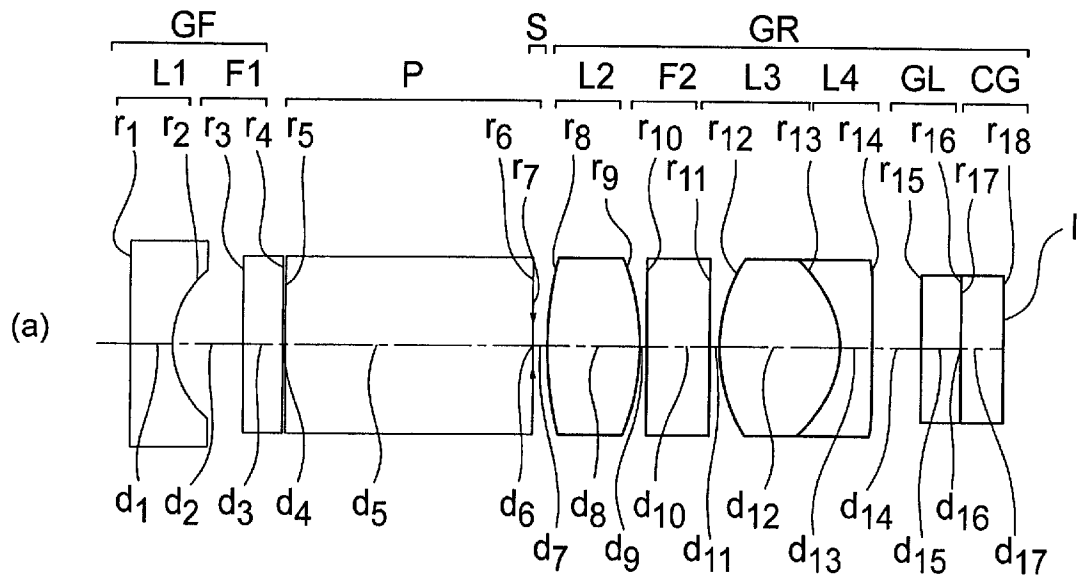


435.83 -----
 486.13 -----
 656.27 -----
 587.56 -----

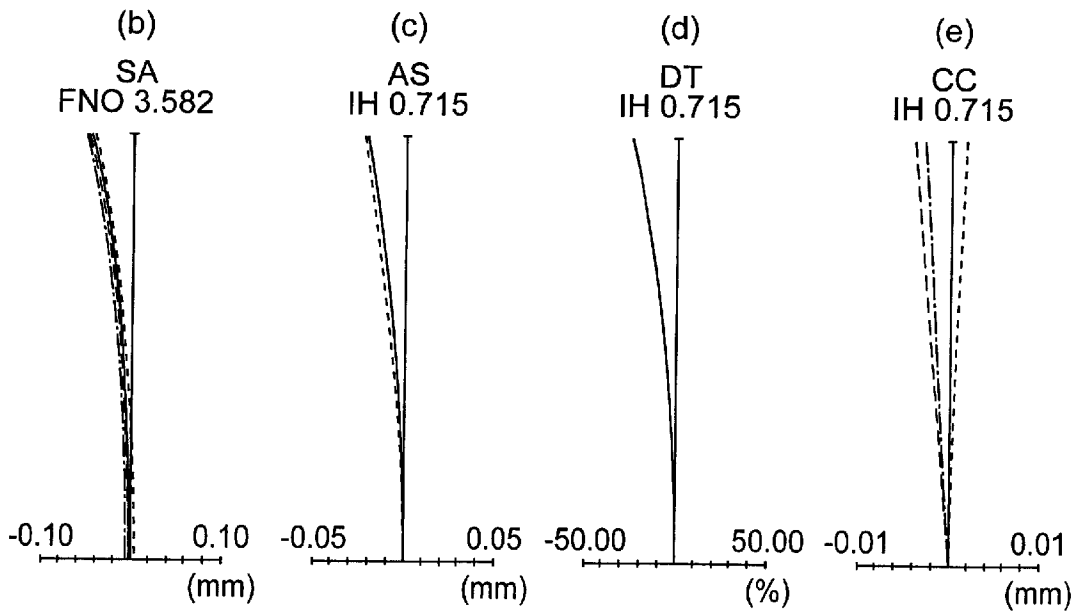
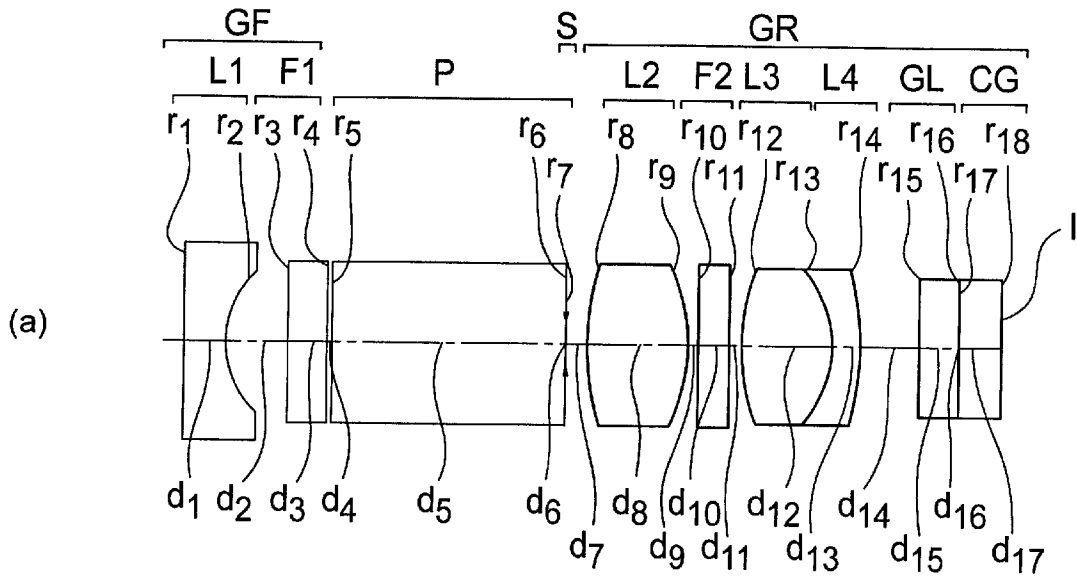
[図8]



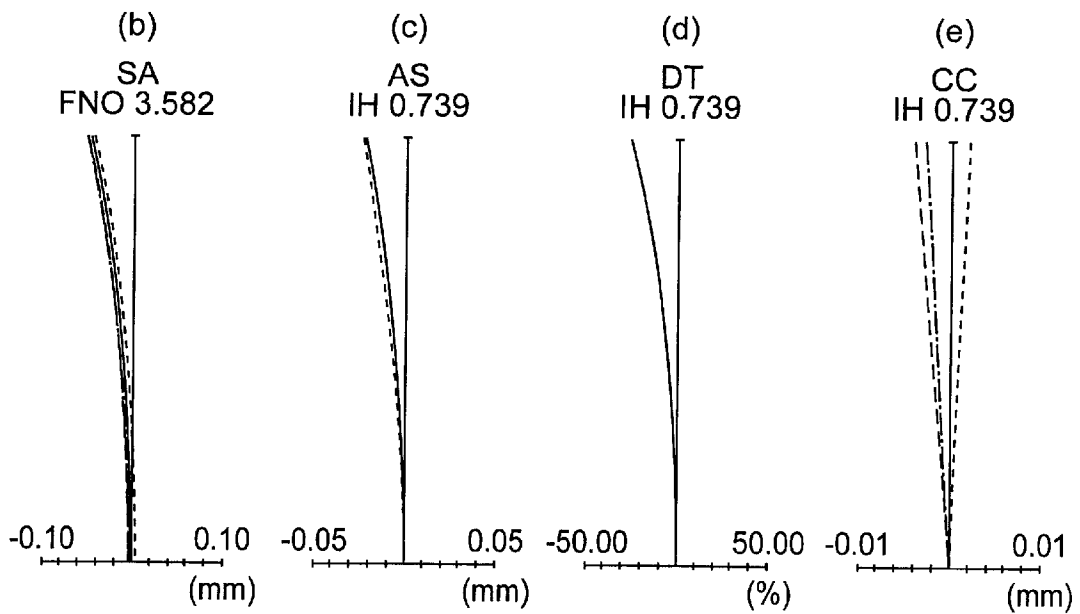
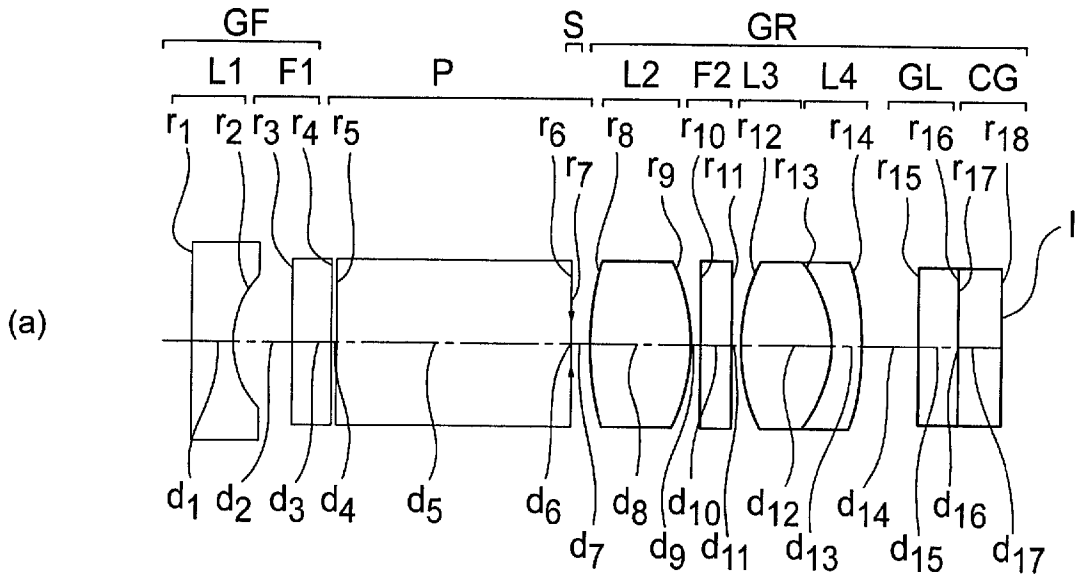
[図9]



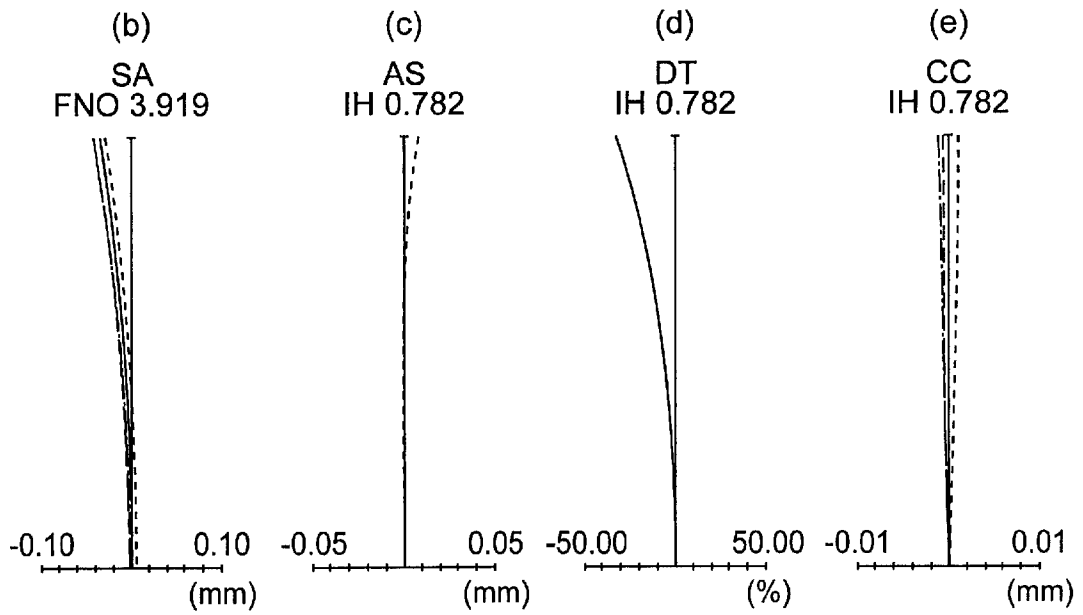
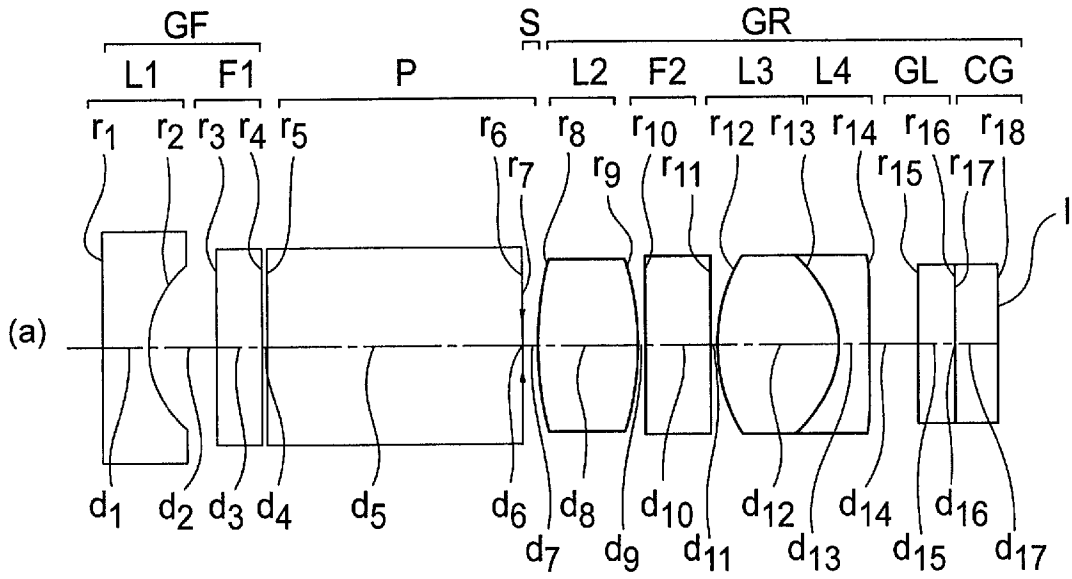
[図10]



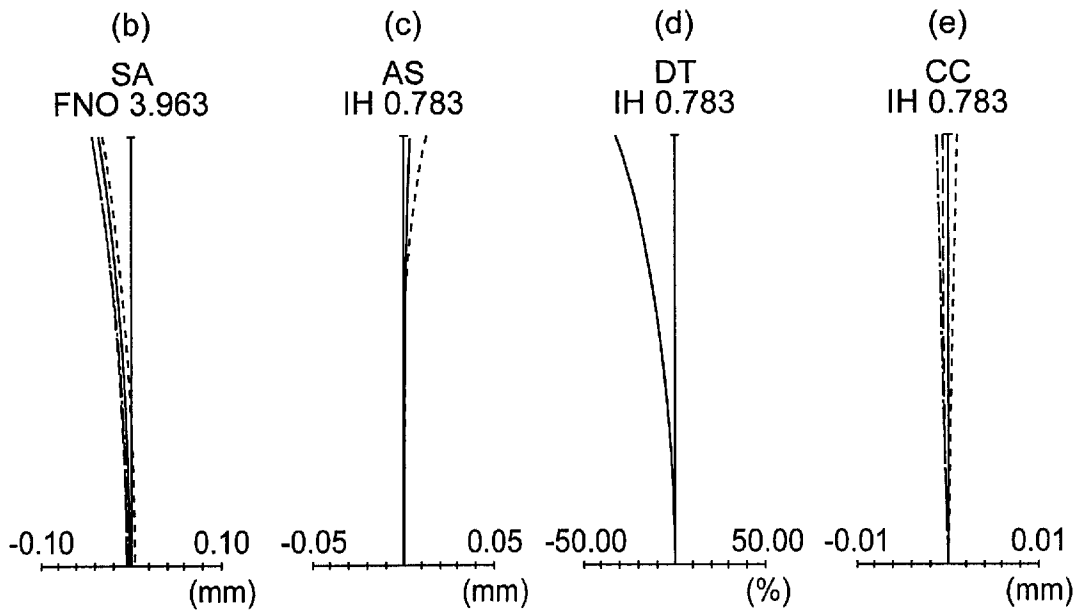
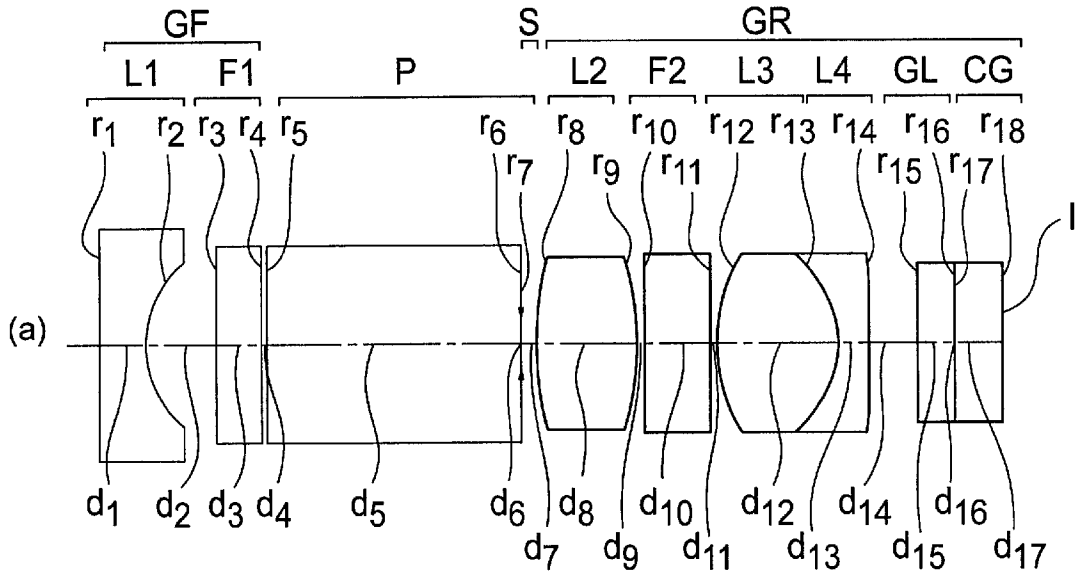
[図11]



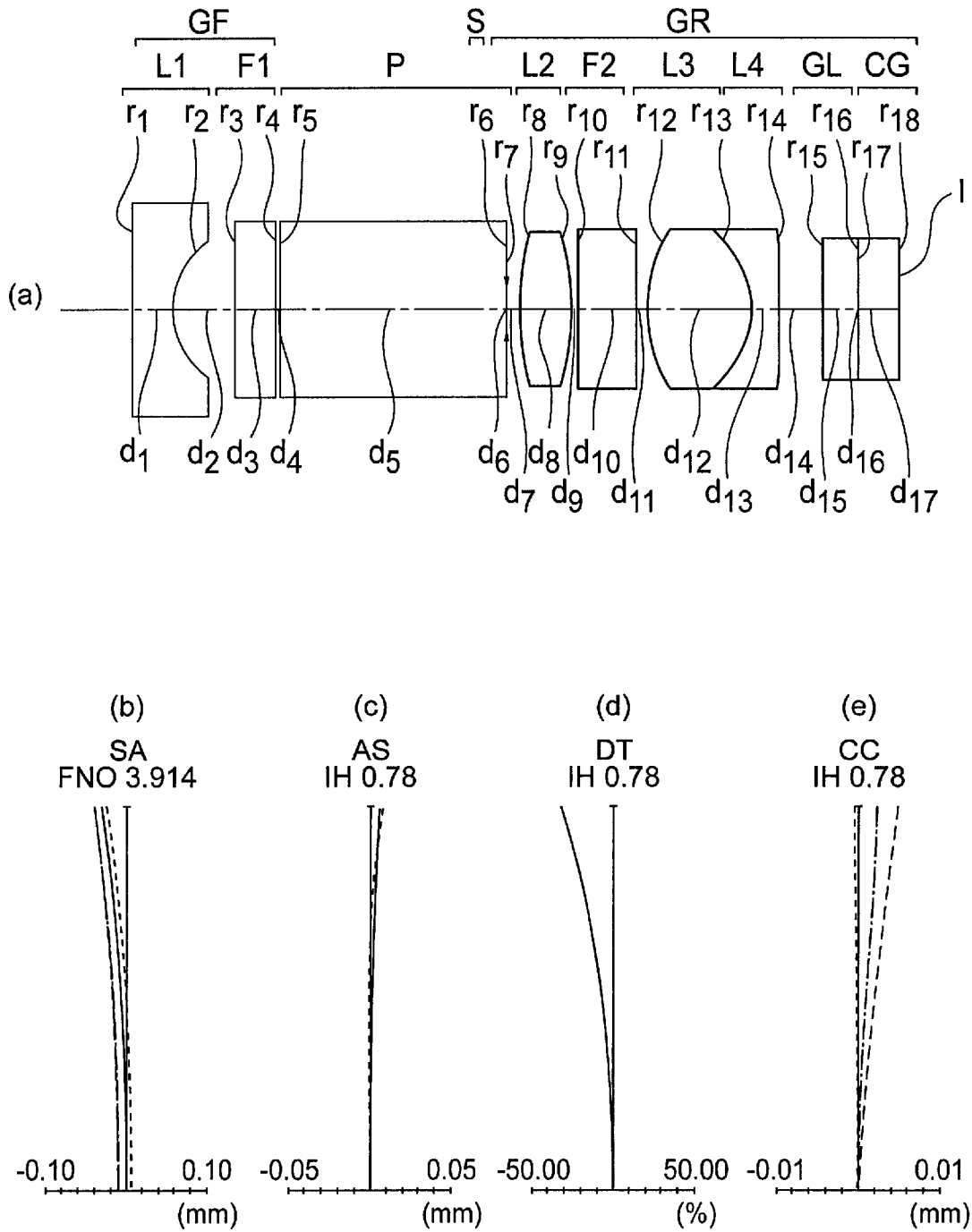
[圖12]



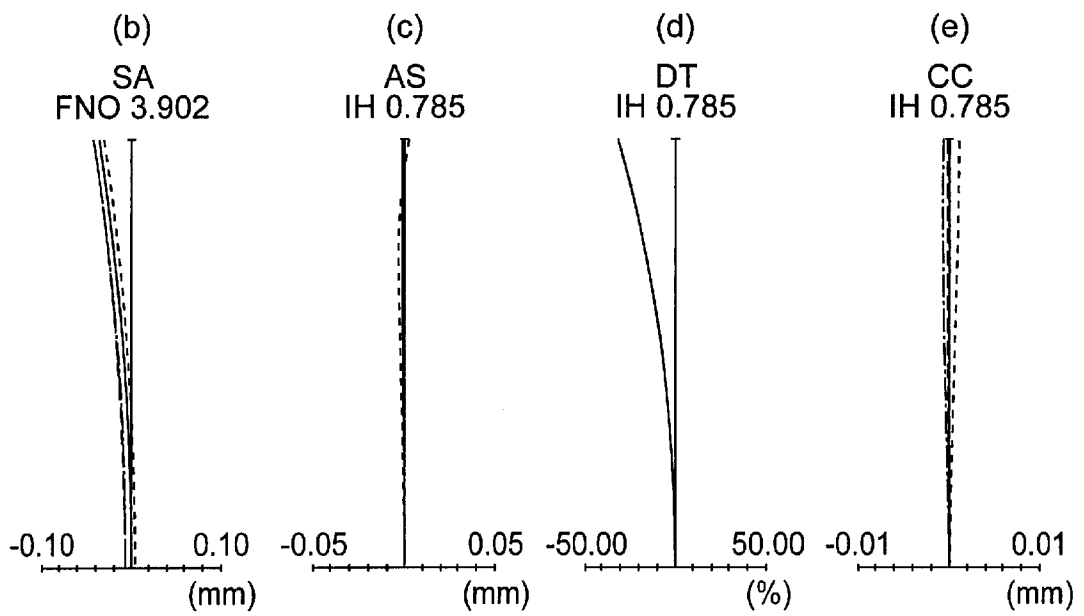
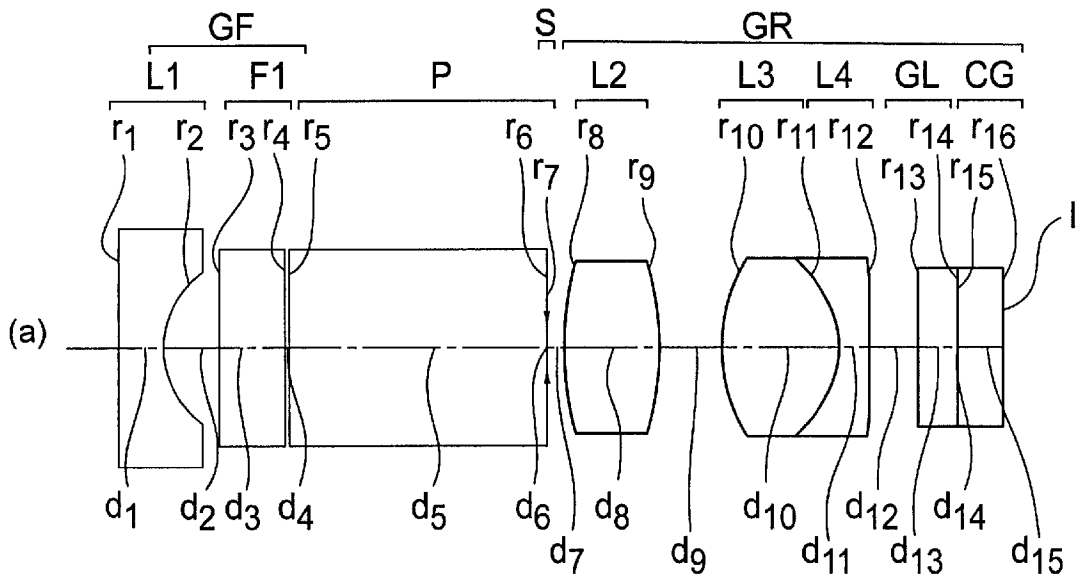
[圖13]



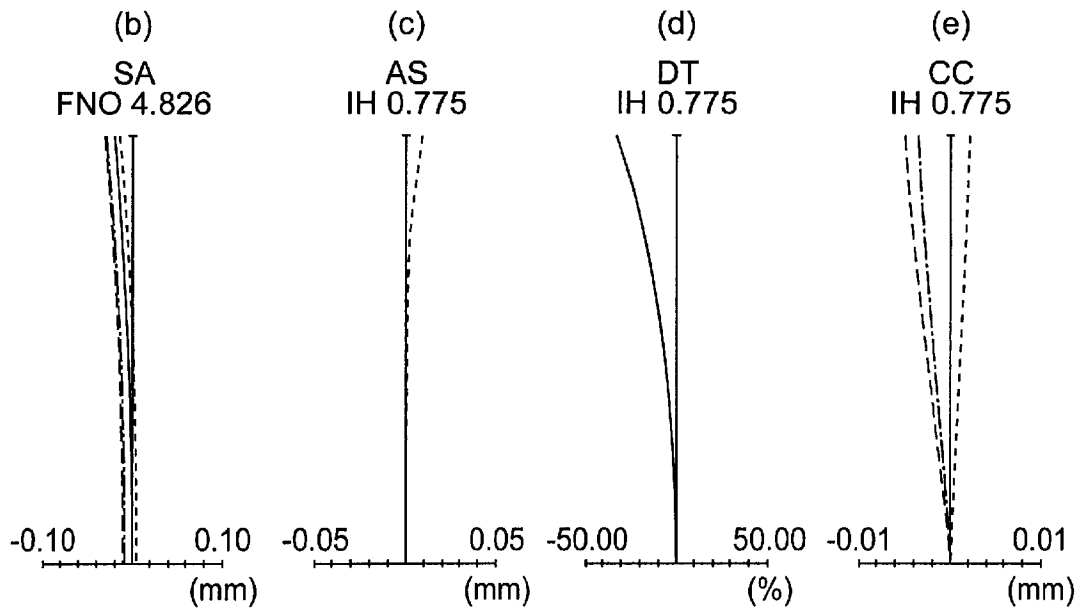
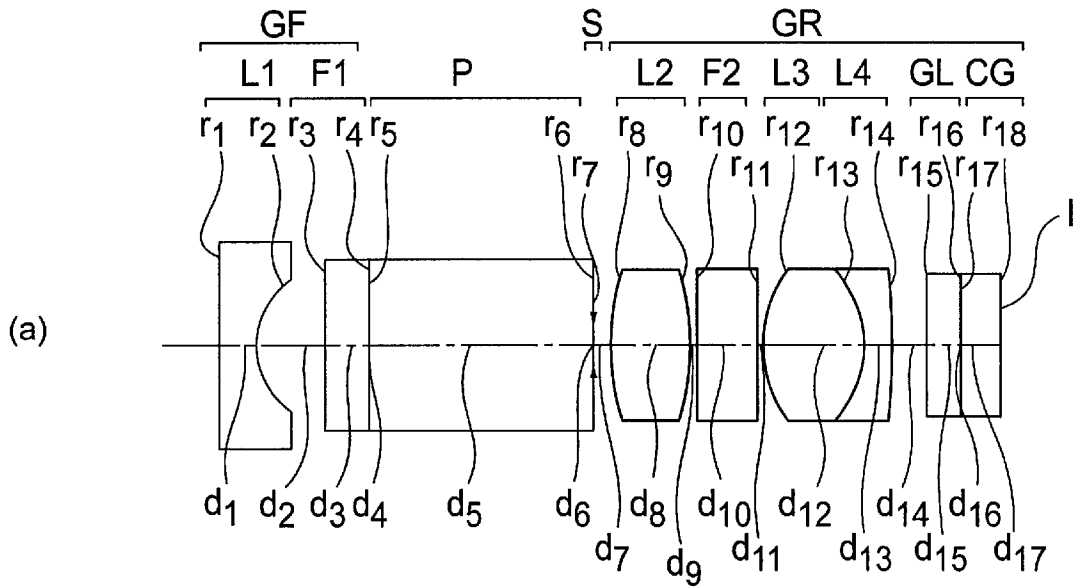
[図14]



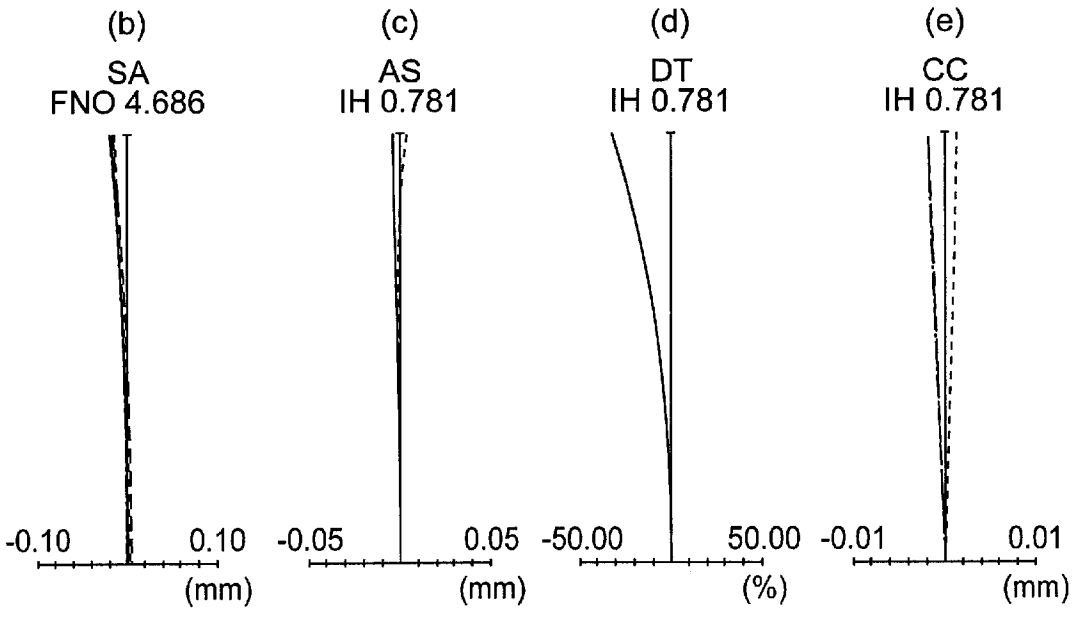
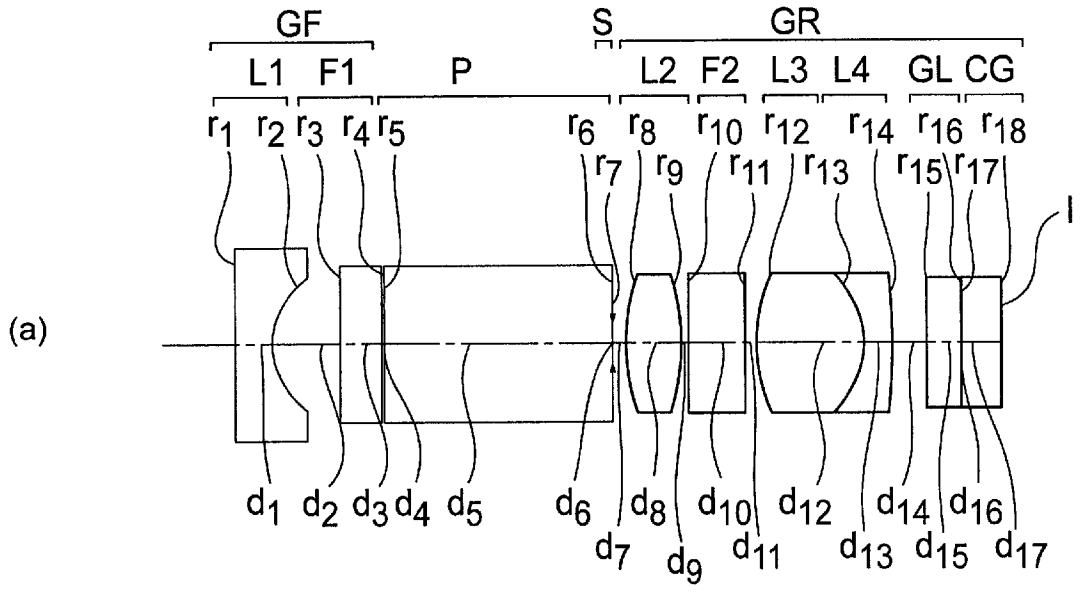
[圖15]



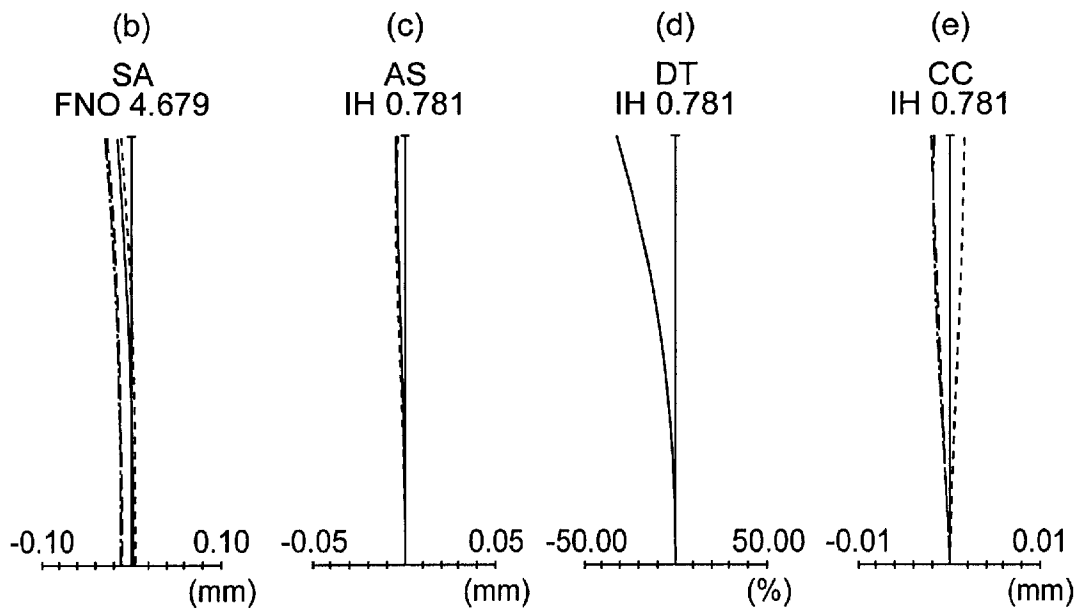
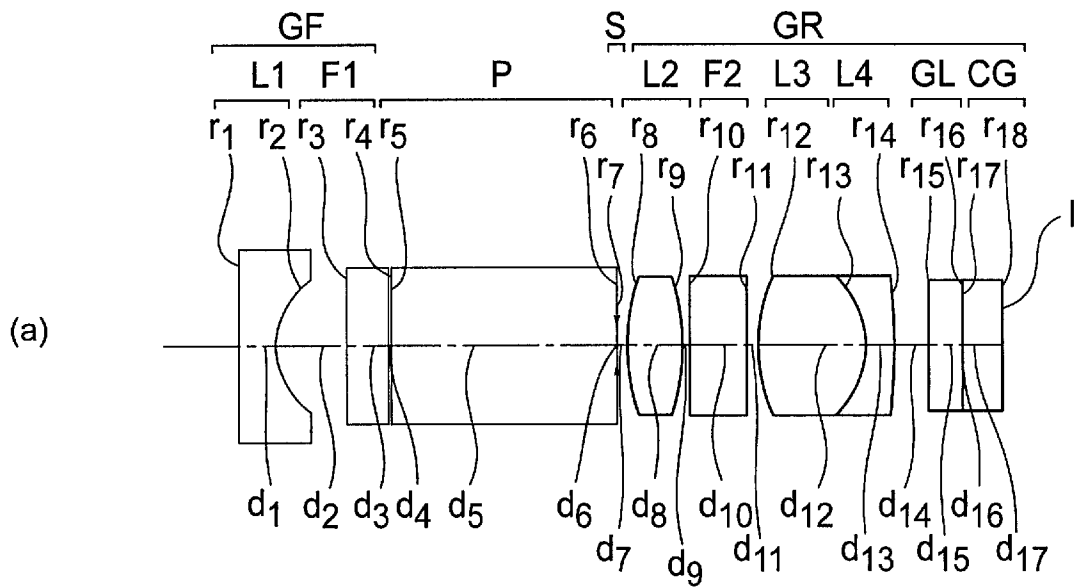
[図16]



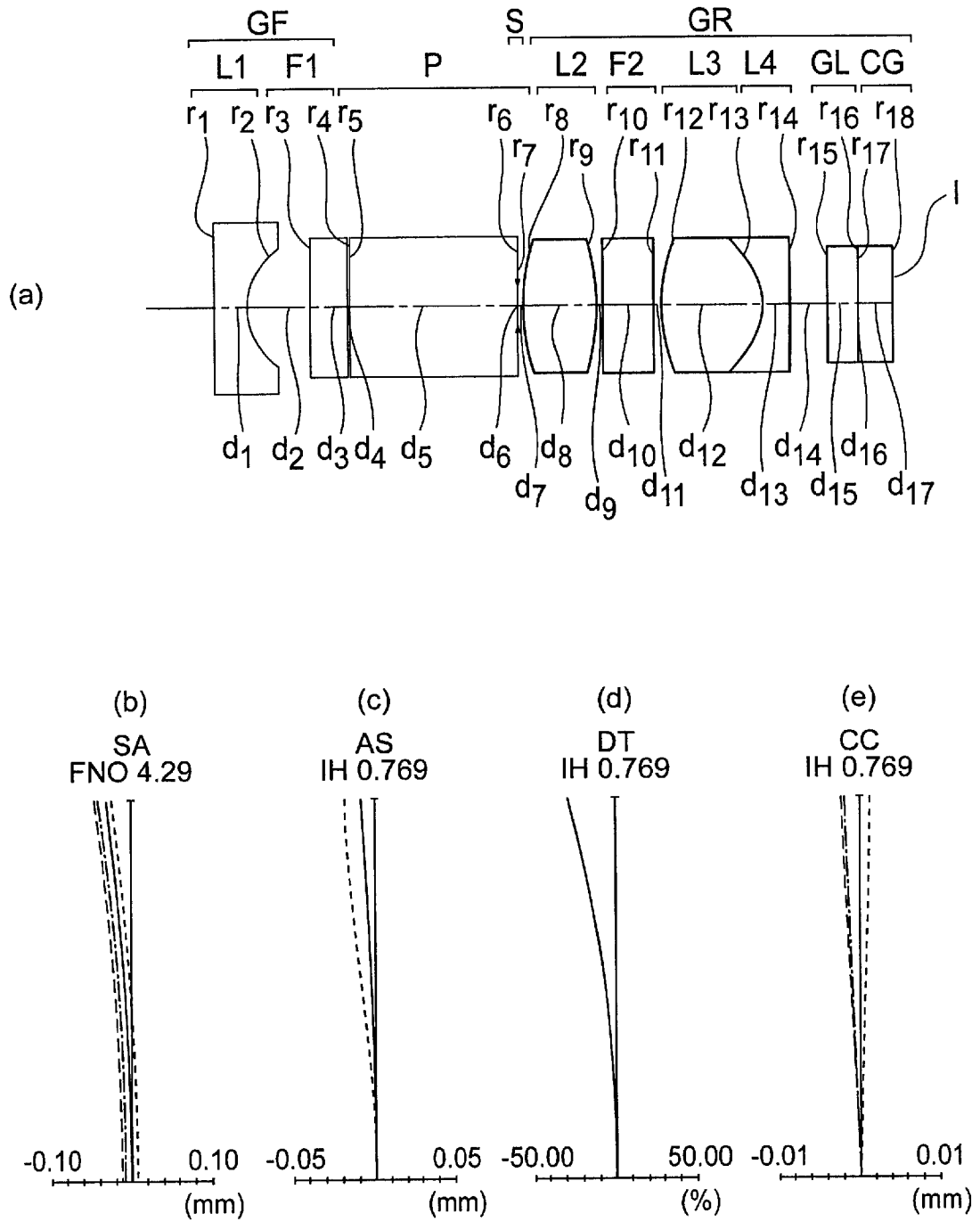
[圖17]



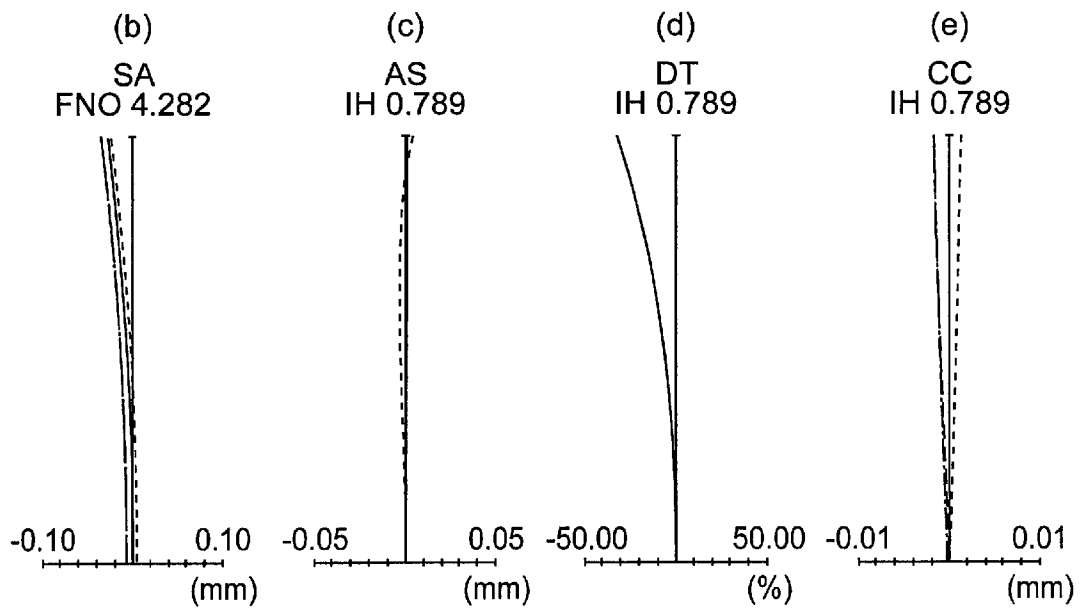
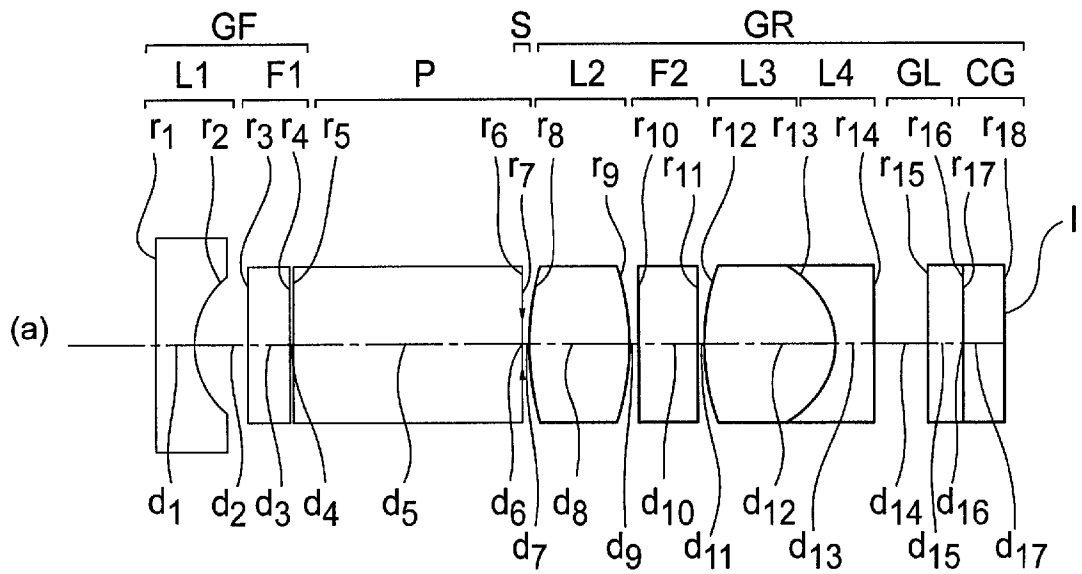
[圖18]



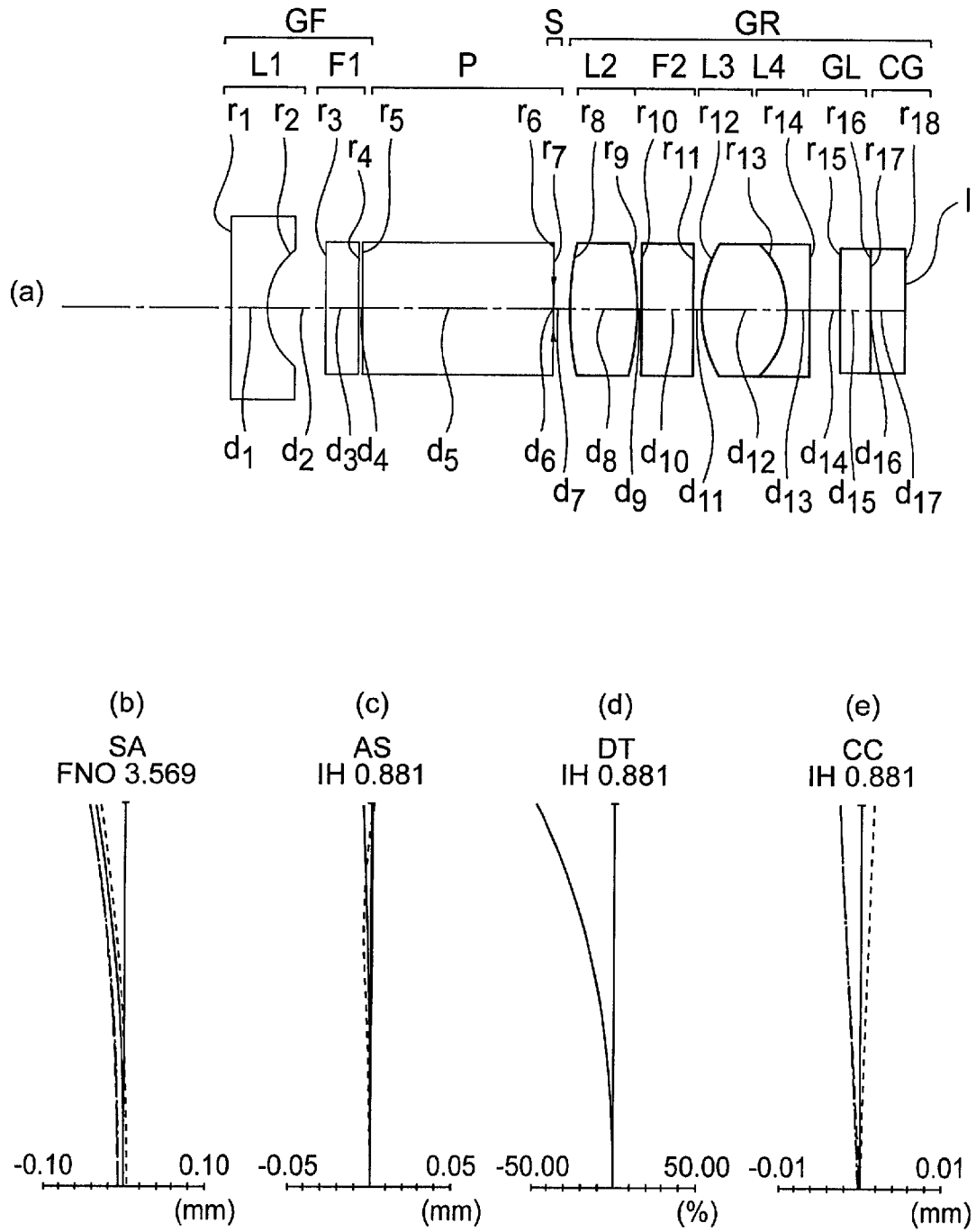
[圖19]



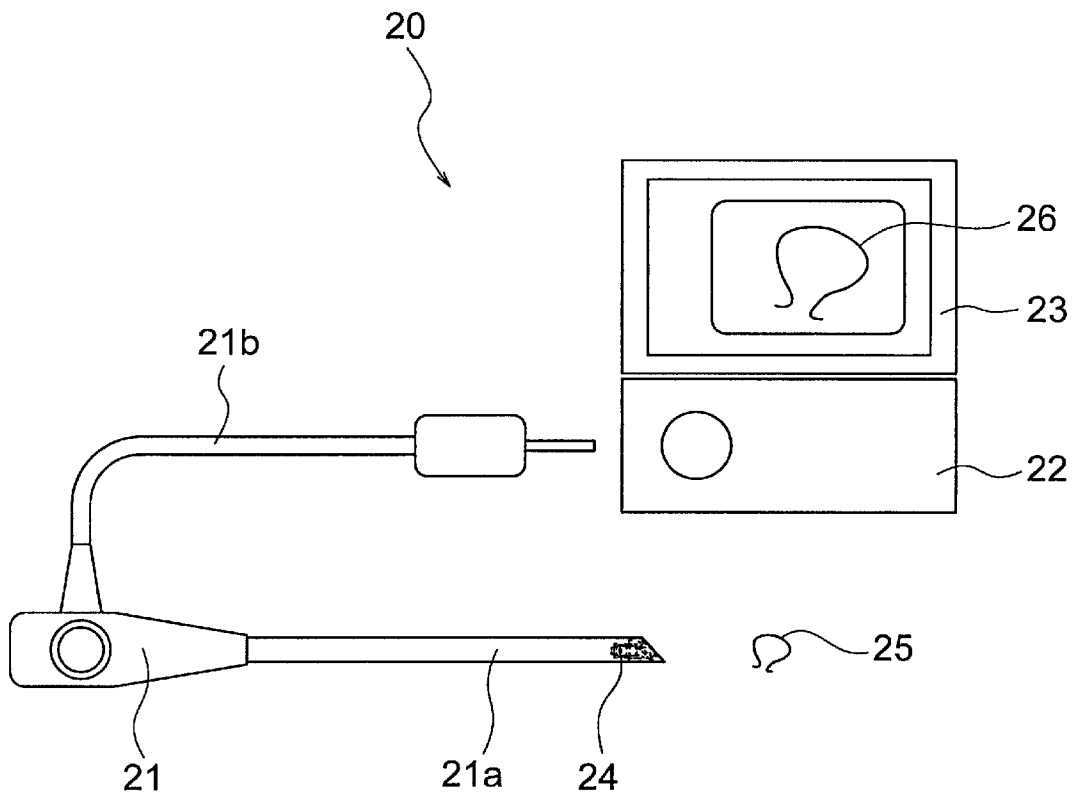
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2015/082288

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B13/04(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)
G02B13/04, 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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
Y	JP 5-288985 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 05 November 1993 (05.11.1993), paragraph [0006]; examples 1 to 2; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-2
Y	JP 8-179226 A (Asahi Optical Co., Ltd.), 12 July 1996 (12.07.1996), example 1; fig. 1 (Family: none)	1-2

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

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 25 December 2015 (25.12.15)	Date of mailing of the international search report 12 January 2016 (12.01.16)
--	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G02B13/04(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. G02B13/04, 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 1971-2015年
 日本国実用新案登録公報 1996-2015年
 日本国登録実用新案公報 1994-2015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
Y	JP 5-288985 A（オリンパス光学工業株式会社）1993. 11. 05, [0006], 実施例 1-2, 図 1-2（ファミリーなし）	1-2
Y	JP 8-179226 A（旭光学工業株式会社）1996. 07. 12, 実施例 1, 図 1 （ファミリーなし）	1-2

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	の日の後に公表された文献
「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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 25. 12. 2015	国際調査報告の発送日 12. 01. 2016
----------------------------	----------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 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） 井亀 諭 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	2V	5362
--	--	----	------