

(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
2013年2月14日(14.02.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/021704 A1

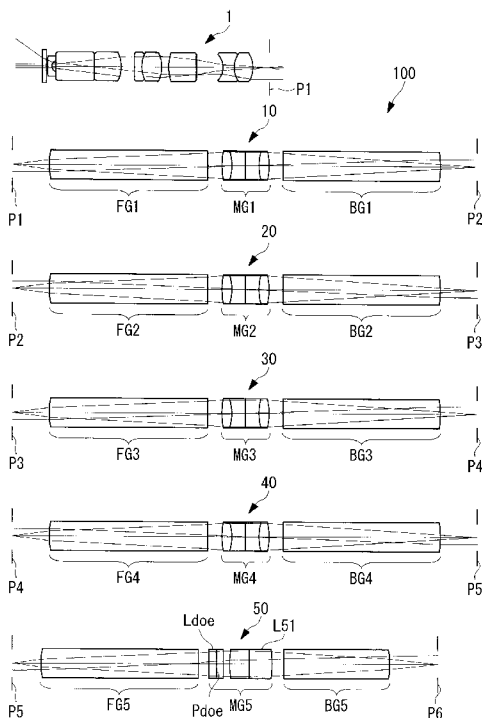
- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) G02B 13/24 (2006.01)
A61B 1/00 (2006.01) G02B 23/26 (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/062590
- (22) 国際出願日: 2012年5月17日(17.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-173074 2011年8月8日(08.08.2011) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): オリ
ンパスメディカルシステムズ株式会社(OLYM
PUS MEDICAL SYSTEMS CORP.) [JP/JP]; 〒
1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 井上 貴博
(INOUE, Takahiro) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区
幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ
ンパスメディカ
ルシステムズ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 上田 邦生, 外(UEDA, Kunio et al.); 〒
2208137 神奈川県横浜市西区みなとみらい2ー
2ー1 横浜ランドマークタワー37F
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, 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, KM, 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, 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, ML, MR,
NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: RIGID SCOPE OPTICAL ASSEMBLY AND RIGID ENDOSCOPE

(54) 発明の名称: 硬性鏡用光学系および硬性内視鏡

[図1]



(57) Abstract: An objective of the present invention is to obtain a clear and bright optical image wherein a secondary spectrum is corrected well. Provided is a rigid scope optical assembly (100), comprising: an objective optical assembly (1); and at least one relay optical assembly (10-50) which is formed, in order from the entry side, from a positive fore-group (FG1-FG5), a positive mid-group (MG1-MG5), and a positive rear group (BG1-BG5), and re-forms an optical image in the exit side image forming faces (P2-P6) which is formed in the entry side image forming faces (P1-P5). A diffraction optical element (Ldoe) which is provided in the mid-group (MG5) of the one relay optical assembly (50) receives, via a diffraction face (Pdoe), a light beam, in which axial color astigmatism between two wavelengths is corrected by other optical assemblies (10-40), and corrects axial color astigmatism of another wavelength which is included in the light beam.

(57) 要約: 2次スペクトルが良好に補正され鮮明で明るい光
学像を得る。対物光学系(1)と、入射側から順に正の前群
(FG1からFG5)、中群(MG1からMG5)および後
群(BG1からBG5)からなり、入射側の結像面(P1か
らP5)に結像された光学像を出射側の結像面(P2からP
6)に再結像する少なくとも1つのリレー光学系(10から
50)とを備え、一のリレー光学系(50)の中群(MG
5)に備えられた回折光学素子(Ldoe)は、他の光学系
(10から40)によって2つの波長間の軸上色収差が補正
された光束が回折面Pdoeに入射され、光束に含まれる他
の1つの波長の軸上色収差を補正する硬性鏡用光学系(10
0)を提供する。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 硬性鏡用光学系および硬性内視鏡

技術分野

[0001] 本発明は、硬性鏡用光学系および硬性内視鏡に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、硬性内視鏡に備えられる光学系の軸上色収差を補正する手段として、一般的な接合レンズの他に回折光学素子が利用されている（例えば、特許文献 1 参照。）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開平 8－2 9 6 7 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、特許文献 1 の光学系の場合、回折光学素子によって 2 波長間の軸上色収差は補正されるが、これらの波長以外の波長の軸上色収差は補正されずにいわゆる 2 次スペクトルとして残存してしまうという問題がある。また、レンズ構成が簡素であるために光学性能が低いという問題がある。すなわち、回折面に対して光束が斜めに入射することにより回折効率の低下とフレアの発生とが招かれる、NA（開口数）を十分に大きく確保することができない、回折面のパワー配分を大きくせざるを得ず 2 次スペクトルの過剰補正により負の 2 次スペクトルが発生する等の問題がある。

[0005] 本発明は、上述した事情に鑑みてなされたものであって、2 次スペクトルが良好に補正され鮮明で明るい光学像を得ることができる硬性鏡用光学系および硬性内視鏡を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本発明は以下の手段を提供する。

本発明の第 1 の態様は、対物光学系と、入射側から順に正の前群、中群お

よび後群からなり、入射側の第1の結像面に結像された光学像を出射側の第2の結像面に再結像する少なくとも1つのリレー光学系とを備え、一のリレー光学系における前記中群が、回折面を有する回折光学素子を備え、該回折光学素子は、該回折光学素子を除く他の光学系によって少なくとも2つの波長間の軸上色収差が補正された光束が前記回折面に入射され、前記光束に含まれる他の1つの波長の軸上色収差を補正する硬性鏡用光学系である。

[0007] 本発明の第1の態様によれば、対物光学系等によって第1の結像面に結像された光束は正のパワーを有する前群、中群および後群によって第2の結像面に再結像される。この場合に、一のリレー光学系の中群が備える回折光学素子には、他の光学系によって2波長間、例えば、青色および赤色に対応する波長間の軸上色収差が補正された光束が入射される。入射された光束は、既に補正された2つの波長に対する他の色、例えば、緑色に対応する波長の軸上色収差が回折面の回折作用によって補正された後に後第2の結像面に結像される。他の光学系とは、例えば、対物光学系、他のリレー光学系、または、他のレンズ群である。

[0008] したがって、一のリレー光学系の第2の結像面において2次スペクトルが良好に補正された光学像を得ることができる。また、3群構成とすることにより、NAの確保が容易となり明るい光学像を得ることができ、また、回折面のパワーを小さく抑えることができる。また、前群によって光束が略平行光束となって回折面に入射するので、フレアの発生を防止して鮮明な光学像を得ることができる。さらに、回折面の位置において軸上の光束と軸外の光束とが重畳した状態となるので、倍率色収差および色コマ収差の発生を防ぐことができる。

[0009] 上記の第1の態様においては、前記リレー光学系が、下式(1)および(2)を満足することが好ましい。

$$(1) \quad 3L_f < L_{fdoe}$$

$$(2) \quad 3L_b < L_{bdoe}$$

ただし、前記一のリレー光学系の L_f は前記第1の結像面から前記前群の

最も入射側の面までの距離、 $L_{f d o e}$ は前記一のリレー光学系の前記第1の結像面から前記回折面までの距離、 L_b は前記後群の最も出射側の面から前記第2の結像面までの距離、 $L_{b d o e}$ は前記一のリレー光学系の前記回折面から前記第2の結像面までの距離である。

[0010] 式(1)および(2)は、リレー光学系における回折面の位置を規定している。すなわち、前群の最も入射側の面および後群の最も出射側の面から十分に離れた位置に回折面を配置することにより、回折面に入射する光束がより平行な状態となる。これにより、回折面におけるフレアの発生をさらに確実に防ぐことができる。 $L_{f d o e}$ および $L_{b d o e}$ がそれぞれ L_f または L_B の3倍以下の場合、回折面に入射する光束を十分に平行光束とすることが難しく、フレアの発生および回折効率の低下を招く可能性がある。

[0011] 上記第1の態様においては、前記一のリレー光学系が、下式(3)を満足することが好ましい。

$$(3) \quad 0.5 < f_{d o e} / (f_f + f_m + f_b) < 10$$

ただし、 $f_{d o e}$ は前記回折光学素子の焦点距離、 f_f は前記一のリレー光学系の前記前群の焦点距離、 f_m は前記一のリレー光学系の前記中群の焦点距離、 f_b は前記一のリレー光学系の前記後群の焦点距離である。

[0012] 式(3)は、一のリレー光学系全体のパワーに対する回折光学素子のパワーを規定している。すなわち、回折光学素子の相対的なパワーを適切な範囲とすることにより、軸上色収差を過不足なく補正することができ、また、回折面に形成される回折格子のピッチを加工に適した大きさとすることができる。式(3)の値が0.5以下の場合、回折面のパワー配分が大きくなって負の2次スペクトルが発生し、また、回折格子のピッチが小さくなって加工が困難となる。一方、式(3)の値が10以上の場合、2次スペクトルを十分に補正することができず、また、回折面のピッチが大きくなることにより有効径内の回折格子本数が少なくなり回折効率が低下する。

[0013] 上記第1の態様においては、前記一のリレー光学系または／および他のリレー光学系が、少なくとも1つの接合光学系を含むこととしてもよい。

本発明の第2の態様は、上記いずれかに記載の硬性鏡用光学系を備える硬性内視鏡である。

発明の効果

[0014] 本発明によれば、2次スペクトルが良好に補正され鮮明で明るい光学像を得ることができるという効果を奏する。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の一実施形態に係る硬性鏡用光学系の全体構成図である。

[図2]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の対物光学系を示すレンズ断面図である。

[図3]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の第1のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図4]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の第2のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図5]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の第3のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図6]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の第4のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図7]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の第5のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図8]本発明の実施例1に係る硬性鏡用光学系の軸上色収差図である。

[図9]本発明の実施例2に係る硬性鏡用光学系の対物光学系を示すレンズ断面図である。

[図10]本発明の実施例2に係る硬性鏡用光学系の第5のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図11]本発明の実施例2に係る硬性鏡用光学系の軸上色収差図である。

[図12]本発明の実施例3に係る硬性鏡用光学系の第5のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図13]本発明の実施例3に係る硬性鏡用光学系の軸上色収差図である。

[図14]本発明の実施例4に係る硬性鏡用光学系の第5のリレー光学系を示すレンズ断面図である。

[図15]本発明の実施例4に係る硬性鏡用光学系の軸上色収差図である。

発明を実施するための形態

[0016] 以下に、本発明の一実施形態に係る硬性鏡用光学系100について図1を参照して説明する。

本実施形態に係る硬性鏡用光学系100は、図1に示されるように、対物光学系1と、第1から第5のリレー光学系10、20、30、40、50とからなる。硬性鏡用光学系100は、対物光学系1を先端側に向けて硬性の直筒状の鏡筒内に收容され、対物光学系1によって集光され結像された物体の光学像を第1から第5のリレー光学系10から50によって結像を繰り返しながら伝達するものである。第5のリレー光学系50によって結像された光学像は図示しない接眼光学系によって観察されることができる。

[0017] なお、対物光学系1および第1から第5のリレー光学系10から50は同一の直線状の光軸上に配置されるものであるが、図1においては紙面の都合上、光軸を各結像面P1からP5において分割して各光学系1、10、20、30、40、50を配列している。

[0018] 対物光学系1は、物体（図示略）からの光を集光して1次結像面P1に結像する。

第1から第5のリレー光学系10、20、30、40、50はそれぞれ、入射側から順に正の前群FG1からFG5と、正の中群MG1からMG5と、正の後群BG1からBG5とからなる。

[0019] 具体的には、前群FG1からFG5は、入射側に凸面を向けた1つの平凸レンズからなる。

後群BG1からBG5は、出射側に凸面を向けた1つの平凸レンズからなる。

第1から第4のリレー光学系10、20、30、40の中群MG1、MG2、MG3、MG4はそれぞれ両凸形状の接合レンズからなる。第5のリレ

一光学系（一のリレー光学系）50の中群MG5は後述する回折光学素子Ldoeと両凸形状の接合レンズL51とからなる。

[0020] このように構成されたりレー光学系10, 20, 30, 40, 50はそれぞれ、直前段の1次から5次結像面（第1の結像面）P1からP5に結像された光学像を直後段の2次から6次結像面（第2の結像面）P2からP6に結像することにより、1次結像面P1の光学像を6次結像面P6まで略1倍の光学倍率でリレーする。

[0021] ここで、第1から第4のリレー光学系10, 20, 30, 40が備える接合レンズ（接合光学系）は、低分散の凸レンズと高分散の凹レンズとから構成され、入射された光束に含まれる2つの所定の波長間、好ましくは、赤色に対応するC線（波長656.3nm）と青色に対応するF線（波長486.1nm）との間の軸上色収差を補正する。

[0022] 第5のリレー光学系50が備える回折光学素子Ldoeは積層型である。すなわち、回折光学素子Ldoeは、屈折率およびアッペ数が互いに異なる啃材からなるとともに一方の面が回折面Pdoeである2つの光学素子が、回折面Pdoe同士接合されてなる。回折光学素子Ldoeは、第1から第4のリレー光学系10, 20, 30, 40において2波長間の軸上色収差が補正された光束に含まれるもう1つの波長、好ましくは、C線とF線との間の緑色に対応するe線（546.1nm）の軸上色収差を補正する。

[0023] ここで、第5のリレー光学系50は、下式（1）、（2）、（3）を満足している。

$$(1) \quad 3L_f < L_{fdoe}$$

$$(2) \quad 3L_b < L_{bdoe}$$

$$(3) \quad 0.5 < f_{doe} / (f_f + f_m + f_b) < 1.0$$

ただし、 L_f は5次結像面（第1の結像面）から前群FG5の最も入射側の面までの距離、 L_{fdoe} は5次結像面から回折面Pdoeまでの距離、 L_b は後群BG5の最も出射側の面から6次結像面（第2の結像面）までの距離、 L_{bdoe} は回折面Pdoeから6次結像面までの距離、 f_{doe} は

回折光学素子L d o eの焦点距離、 f_f は前群F G 5の焦点距離、 f_m は中群M G 5の焦点距離、 f_b は後群B G 5の焦点距離である。

[0024] このように構成された硬性鏡用光学系100によれば、第1から第4のリレー光学系10, 20, 30, 40において残存した2次スペクトルが、第5のリレー光学系50が備える回折光学素子L d o eによって補正される。これにより、6次結像面P6において可視領域全体にわたって軸上色収差が良好に補正された光学像を得ることができる。

[0025] また、式(1)および式(2)により、回折面P d o eが、第5のリレー光学系50内において前群F G 5の平凸レンズの入射側面および後群B G 5の平凸レンズの出射側面から十分に離れた位置に配置されているので、回折面P d o eに入射する光束が略平行光束となる。これにより、回折面P d o eにおいて高い回折効率が得られるとともにフレアの発生を防ぐことができる。さらに、回折面P d o eの位置においては軸上の光束と軸外の光束とが重なるので、倍率色収差および色コマ収差の発生を防ぐことができる。

[0026] また、第5のリレー光学系50における回折面P d o eの相対的なパワーを式(3)によって規定される大きさとするにより、回折光学素子L d o eによって2次スペクトルを過不足なく補正することができ、また、回折面P d o eに形成される回折格子のピッチの大きさを、加工性および回折効率の良好な大きさとすることができる。また、回折光学素子L d o eを両凸形状の接合レンズ51と組み合わせて中群M G 5を構成することにより、回折光学素子L d o eのパワー配分を小さく済ますことができる。

実施例

[0027] 次に、上述した本発明の一実施形態に係る硬性鏡用光学系の実施例1から4について、図2から図15を参照して以下に説明する。

なお、各実施例に記載のレンズデータにおいて r は曲率半径、 d は面間隔、 n_e はe線に対する屈折率、 ν_d はd線に対するアッベ数を示している。明るさ絞りに相当する面番号にSを付し、回折面に相当する面番号にPを付している。また、レンズデータおよび添付のレンズ断面図においてIMGは

像面を示している。非球面については、レンズデータの面番号に*を示し、次式で定義される非球面形状の近軸曲率半径 r 、円錐係数 k 、非球面系数 A_i ($i = 2, 4, 6, 8, 10$) を非球面データに示す。なお、次式は、光軸方向を z 、光軸に直交する方向を y にとっている。

$$z = (y^2 / r) / [1 + \{1 - (1 + k) (y / r)^2\}^{1/2}] \\ + A_2 y^2 + A_4 y^4 + A_6 y^6 + A_8 y^8 + A_{10} y^{10}$$

[0028] また、回折面は、高屈折率法に基づき、等価のウルトラハイ インデックス レンズ（屈折率が極めて大きい屈折型レンズ）の非球面形状として表記される。回折面に形成された回折格子のピッチ d とウルトラハイ インデックス レンズの非球面形状との間には、次式の関係が成立する。

$$d = m \lambda / [(n - 1) \{c h / (1 - c^2 (1 + k) h^2)^{1/2} \\ + 2 A_2 h + 4 A_4 h^3 + 6 A_6 h^5 + 8 A_8 h^7 + 10 A_{10} h^9 + \dots\}]$$

ただし、 h は光線高、 m は回折次数である。

[0029] [実施例 1]

本発明の実施例 1 に係る硬性鏡用光学系は、図 2 から図 7 に示されるように、物体側から順に対物光学系と第 1 から第 5 のリレー光学系とを備えている。

第 1 から第 4 のリレー光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた平凸レンズからなる正の前群と、接合レンズからなる正の中群と、像側に凸面を向けた平凸レンズからなる正の後群とからなる。第 5 のリレー光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた平凸レンズからなる正の前群と、回折光学素子と接合レンズとからなる正の中群と、像側に凸面を向けた平凸レンズからなる正の後群とからなる。本実施例に係る硬性鏡用光学系のレンズデータは下記の通りである。

[0030] このように構成された硬性鏡用光学系の軸上色収差図を図 8 に示す。本実施例の硬性鏡用光学系によれば、第 1 から第 4 のリレー光学系が備える接合レンズによって C 線 (C-line) と F 線 (F-line) との間の軸上色収差を補正し、第 5 のリレー光学系が備える回折光学素子によって残りの

e線 (e - l i n e) の軸上色収差を補正することができる。

[0031] レンズデータ

面番号	r	d	n e	ν d
1	∞	0. 1 8 8 6	1. 7 7 0 6 6	7 1. 7 9
2	∞	0. 0 6 1 3		
3 *	2 2. 2 2 5 6	0. 2 3 5 8	1. 7 9 1 9 0	2 5. 7 6
4	0. 3 3 2 0	0. 1 8 4 4		
5	∞	1. 9 5 2 5	1. 8 8 8 1 4	4 0. 7 8
6	∞	1. 3 2 0 5	1. 8 8 8 1 5	4 0. 7 6
7	-2. 0 4 4 0	0. 6 7 9 1		
8	7 1. 5 6 3 3	0. 3 6 3 1	1. 8 3 9 3 2	3 7. 1 6
9	1. 8 9 6 3	1. 0 1 4 0	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3
1 0	-1. 8 9 6 3	0. 3 5 8 4		
1 1	3. 0 3 7 3	1. 3 7 7 1	1. 7 3 2 3 4	5 4. 6 8
1 2	-1 1 5. 0 8 2 6	1. 3 2 0 5		
1 3	-0. 9 8 3 3	0. 5 5 6 5	1. 8 5 5 0 4	2 3. 7 8
1 4	1. 3 9 6 0	0. 9 3 8 5	1. 7 3 2 3 4	5 4. 6 8
1 5	-1. 3 9 6 0	0. 8 3 4 8		
1 6	∞	2. 4 4 2 9	1. 0 0 0 0 0	
1 7	4. 9 1 4 7	1 0. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
1 8	∞	0. 9 2 9 1		
1 9	4. 6 6 0 0	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
2 0	-2. 4 6 6 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
2 1	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
2 2 S	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
2 3	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
2 4	2. 4 6 6 5	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
2 5	-4. 6 6 0 0	0. 9 2 9 1		

26		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
27	-4. 9147		2. 4429		
28		∞	2. 4429		
29	4. 9147		10. 2057	1. 59143	61. 14
30		∞	0. 9291		
31	4. 6600		0. 6320	1. 69661	53. 21
32	-2. 4665		0. 0024	1. 51203	60. 00
33	-2. 4625		0. 8890	1. 83945	42. 72
34		∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
35	2. 4625		0. 0024	1. 51203	60. 00
36	2. 4665		0. 6320	1. 69661	53. 21
37	-4. 6600		0. 9291		
38		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
39	-4. 9147		2. 4429		
40		∞	2. 4429		
41	4. 9147		10. 2057	1. 59143	61. 14
42		∞	0. 9291		
43	4. 6600		0. 6320	1. 69661	53. 21
44	-2. 4665		0. 0024	1. 51203	60. 00
45	-2. 4625		0. 8890	1. 83945	42. 72
46		∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
47	2. 4625		0. 0024	1. 51203	60. 00
48	2. 4665		0. 6320	1. 69661	53. 21
49	-4. 6600		0. 9291		
50		∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
51	-4. 9147		2. 4429		
52		∞	2. 4429		
53	4. 9147		10. 2057	1. 59143	61. 14

5 4	∞	0. 9 2 9 1			
5 5	4. 6 6 0 0	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
5 6	-2. 4 6 6 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
5 7	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
5 8	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
5 9	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
6 0	2. 4 6 6 5	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
6 1	-4. 6 6 0 0	0. 9 2 9 1			
6 2	∞	1 0. 2 0 5 7	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
6 3	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 2 9			
6 4	∞	1. 8 5 3 4			
6 5	3. 3 5 3 9	1 0. 1 3 9 6	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
6 6	∞	0. 6 9 8 0			
6 7	∞	0. 4 7 1 6	1. 6 4 6 4 0	2 3. 4 0	
6 8 P	4 5 3 4 7. 1 8 1 1	0. 0 0 0 0	9 3 0. 0 0 0 0 0		
-3. 4 5					
6 9	∞	0. 4 7 1 6	1. 7 0 4 5 5	3 6. 4 0	
7 0	∞	0. 3 8 6 7			
7 1	8. 2 9 5 6	1. 2 7 3 4	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1	
7 2	∞	0. 0 1 4 1			
7 3	∞	1. 4 6 2 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1	
7 4	-1 0. 6 0 6 7	0. 7 4 9 9			
7 5	∞	6. 9 0 4 4	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3	
7 6	-1 1. 0 8 7 0	3. 1 6 3 6			
I M G	∞	0. 0 0 0 0			

[0032] 非球面データ

第3面

k = 0. 0 0 0 0

 $A_2 = 0$

$$A_4 = 9.36E-01 \quad A_6 = -1.84E+00$$

$$A_8 = 3.91E+00 \quad A_{10} = 0.00E+00$$

第68面

$$k = 24.0663 \quad A_2 = 0$$

$$A_4 = -2.30E-06 \quad A_6 = 5.64E-07$$

$$A_8 = 1.88E-06 \quad A_{10} = -7.55E-07$$

[0033] 各種データ

物体距離 14.1832

焦点距離 -1

像高 0.665

F n o. 5.76

視野角 70.71°

[0034] 〔実施例2〕

本発明の実施例2に係る硬性鏡用光学系は、図9および図10に示されるように、対物光学系（面番号1から15）および第5のリレー光学系（面番号65から78）のレンズ構成において実施例1の硬性鏡用光学系と主に異なる。第5のリレー光学系において回折光学素子は2つの接合レンズによって光軸方向に挟まれている。第1から第4のリレー光学系のレンズ構成は実施例1の硬性鏡用光学系と略同一であるのでその図示を省略する。本実施例に係る硬性鏡用光学系のレンズデータは下記の通りである。

このように構成された硬性鏡用光学系の軸上色収差図を図11に示す。本実施例の硬性鏡用光学系によれば、第1から第4のリレー光学系が備える接合レンズによってC線（C-line）とF線（F-line）との間の軸上色収差を補正し、第5のリレー光学系が備える回折光学素子によって残りのe線（e-line）の軸上色収差を補正することができる。

[0035] レンズデータ

面番号	r	d	n _e	ν _d
1	∞	0.1886	1.77066	71.79

2	∞	0. 0 6 1 3			
3 * 2 2.	2 2 5 8	0. 2 3 5 8	1. 7 9 1 9 0	2 5. 7 6	
4	0. 3 3 1 5	0. 1 8 4 4			
5	∞	1. 9 5 2 5	1. 8 8 8 1 4	4 0. 7 8	
6	∞	1. 1 9 3 6	1. 8 8 8 1 5	4 0. 7 6	
7	-1. 8 6 9 9	0. 2 2 9 4			
8 - 2 0.	4 7 1 0	0. 7 2 9 2	1. 8 3 9 3 2	3 7. 1 6	
9	1. 9 5 0 5	1. 0 4 6 8	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3	
1 0	-2. 1 4 3 5	0. 4 3 6 9			
1 1	3. 6 5 1 0	1. 2 5 1 7	1. 7 3 2 3 4	5 4. 6 8	
1 2	-4. 8 4 3 4	1. 2 1 6 2			
1 3	-1. 1 5 9 5	0. 8 7 7 2	1. 8 5 5 0 4	2 3. 7 8	
1 4	1. 6 1 9 4	1. 1 1 5 4	1. 7 3 2 3 4	5 4. 6 8	
1 5	-1. 8 3 6 9	1. 0 3 9 9			
1 6	∞	2. 4 4 3 0			
1 7	4. 9 1 4 7	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
1 8	∞	0. 9 2 9 1			
1 9	4. 6 6 0 1	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
2 0	-2. 4 6 6 6	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
2 1	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
2 2 S	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
2 3	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
2 4	2. 4 6 6 6	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
2 5	-4. 6 6 0 1	0. 9 2 9 1			
2 6	∞	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
2 7	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 3 0			
2 8	∞	2. 4 4 3 0			
2 9	4. 9 1 4 7	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	

3 0	∞	0. 9 2 9 1			
3 1	4. 6 6 0 1	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
3 2	-2. 4 6 6 6	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
3 3	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
3 4	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
3 5	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
3 6	2. 4 6 6 6	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
3 7	-4. 6 6 0 1	0. 9 2 9 1			
3 8	∞	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
3 9	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 3 0			
4 0	∞	2. 4 4 3 0			
4 1	4. 9 1 4 7	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
4 2	∞	0. 9 2 9 1			
4 3	4. 6 6 0 1	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
4 4	-2. 4 6 6 6	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
4 5	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
4 6	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	
4 7	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
4 8	2. 4 6 6 6	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
4 9	-4. 6 6 0 1	0. 9 2 9 1			
5 0	∞	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
5 1	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 3 0			
5 2	∞	2. 4 4 3 0			
5 3	4. 9 1 4 7	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
5 4	∞	0. 9 2 9 1			
5 5	4. 6 6 0 1	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
5 6	-2. 4 6 6 6	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0	
5 7	-2. 4 6 2 5	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2	

5 8	∞	0. 8 8 9 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 2
5 9	2. 4 6 2 5	0. 0 0 2 4	1. 5 1 2 0 3	6 0. 0 0
6 0	2. 4 6 6 6	0. 6 3 2 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
6 1	-4. 6 6 0 1	0. 9 2 9 1		
6 2	∞	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
6 3	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 3 0		
6 4	∞	1. 8 8 6 5		
6 5	3. 7 1 9 0	9. 4 1 2 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
6 6	∞	1. 4 3 5 3		
6 7	8. 8 4 8 8	0. 5 6 6 6	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
6 8	1 5. 2 7 6 1	0. 7 7 5 9	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1
6 9	∞	0. 0 1 4 1		
7 0	∞	0. 4 7 1 6	1. 6 4 6 4 0	2 3. 4 0
7 1 P	5 6 8 7 7. 3 6 2 1	0. 0 0 0 0	9 3 0. 0 0 0 0 0	
-3. 4 5				
7 2	∞	0. 4 7 1 6	1. 7 0 4 5 5	3 6. 4 0
7 3	∞	0. 0 1 4 1		
7 4	∞	0. 7 7 5 9	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1
7 5	-1 5. 2 7 6 1	0. 5 6 6 6	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
7 6	-8. 8 4 8 8	1. 2 1 0 0		
7 7	∞	6. 6 0 2 6	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3
7 8	-7. 9 2 7 2	3. 7 8 7 1		
I M G	∞	0. 0 0 0 0		

[0036] 非球面データ

第3面

k = 0

 $A_2 = 0$ $A_4 = 9. 3 6 E - 0 1$ $A_6 = -1. 8 4 E + 0 0$ $A_8 = 3. 9 1 E + 0 0$ $A_{10} = 0. 0 0 E + 0 0$

第 7 1 面

$$k = 3.5108$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -2.95E-06$$

$$A_6 = 1.55E-06$$

$$A_8 = 0.00E+00$$

$$A_{10} = 0.00E+00$$

[0037] 各種データ

物体距離 14.1485

焦点距離 -1

像高 0.665

F n o. 5.7568

視野角 70.1°

[0038] [実施例 3]

本発明の実施例 3 に係る硬性鏡用光学系は、図 12 に示されるように、第 5 のリレー光学系（面番号 65 から 78）のレンズ構成において実施例 2 の硬性鏡用光学系と主に異なっている。対物光学系および第 1 から第 4 のリレー光学系のレンズ構成は実施例 2 の硬性鏡用光学系と略同一であるのでその図示を省略する。本実施例に係る硬性鏡用光学系のレンズデータは下記の通りである。

このように構成された硬性鏡用光学系の軸上色収差図を図 13 に示す。本実施例の硬性鏡用光学系によれば、第 1 から第 4 のリレー光学系が備える接合レンズによって C 線（C-line）と F 線（F-line）との間の軸上色収差を補正し、第 5 のリレー光学系が備える回折光学素子によって残りの e 線（e-line）の軸上色収差を補正することができる。

[0039] レンズデータ

面番号	r	d	n _e	ν _d
1	∞	0.1886	1.77066	71.79
2	∞	0.0613		
3*2	2.2258	0.2358	1.79190	25.76
4	0.3315	0.1844		

5	∞	1. 9525	1. 88814	40. 78
6	∞	1. 1936	1. 88815	40. 76
7	-1. 8699	0. 2294		
8	-20. 4710	0. 7292	1. 83932	37. 16
9	1. 9505	1. 0468	1. 48915	70. 23
10	-2. 1435	0. 4369		
11	3. 6510	1. 2517	1. 73234	54. 68
12	-4. 8434	1. 2162		
13	-1. 1595	0. 8772	1. 85504	23. 78
14	1. 6194	1. 1154	1. 73234	54. 68
15	-1. 8369	1. 0399		
16	∞	2. 4430		
17	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
18	∞	0. 9291		
19	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
20	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00
21	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
22 S	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
23	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
24	2. 4666	0. 6320	1. 69661	53. 21
25	-4. 6601	0. 9291		
26	∞	10. 2058	1. 59143	61. 14
27	-4. 9147	2. 4430		
28	∞	2. 4430		
29	4. 9147	10. 2058	1. 59143	61. 14
30	∞	0. 9291		
31	4. 6601	0. 6320	1. 69661	53. 21
32	-2. 4666	0. 0024	1. 51203	60. 00

3 3	-2.	4 6 2 5	0.	8 8 9 0	1.	8 3 9 4 5	4 2.	7 2
3 4		∞	0.	8 8 9 0	1.	8 3 9 4 5	4 2.	7 2
3 5	2.	4 6 2 5	0.	0 0 2 4	1.	5 1 2 0 3	6 0.	0 0
3 6	2.	4 6 6 6	0.	6 3 2 0	1.	6 9 6 6 1	5 3.	2 1
3 7	-4.	6 6 0 1	0.	9 2 9 1				
3 8		∞	1 0.	2 0 5 8	1.	5 9 1 4 3	6 1.	1 4
3 9	-4.	9 1 4 7	2.	4 4 3 0				
4 0		∞	2.	4 4 3 0				
4 1	4.	9 1 4 7	1 0.	2 0 5 8	1.	5 9 1 4 3	6 1.	1 4
4 2		∞	0.	9 2 9 1				
4 3	4.	6 6 0 1	0.	6 3 2 0	1.	6 9 6 6 1	5 3.	2 1
4 4	-2.	4 6 6 6	0.	0 0 2 4	1.	5 1 2 0 3	6 0.	0 0
4 5	-2.	4 6 2 5	0.	8 8 9 0	1.	8 3 9 4 5	4 2.	7 2
4 6		∞	0.	8 8 9 0	1.	8 3 9 4 5	4 2.	7 2
4 7	2.	4 6 2 5	0.	0 0 2 4	1.	5 1 2 0 3	6 0.	0 0
4 8	2.	4 6 6 6	0.	6 3 2 0	1.	6 9 6 6 1	5 3.	2 1
4 9	-4.	6 6 0 1	0.	9 2 9 1				
5 0		∞	1 0.	2 0 5 8	1.	5 9 1 4 3	6 1.	1 4
5 1	-4.	9 1 4 7	2.	4 4 3 0				
5 2		∞	2.	4 4 3 0				
5 3	4.	9 1 4 7	1 0.	2 0 5 8	1.	5 9 1 4 3	6 1.	1 4
5 4		∞	0.	9 2 9 1				
5 5	4.	6 6 0 1	0.	6 3 2 0	1.	6 9 6 6 1	5 3.	2 1
5 6	-2.	4 6 6 6	0.	0 0 2 4	1.	5 1 2 0 3	6 0.	0 0
5 7	-2.	4 6 2 5	0.	8 8 9 0	1.	8 3 9 4 5	4 2.	7 2
5 8		∞	0.	8 8 9 0	1.	8 3 9 4 5	4 2.	7 2
5 9	2.	4 6 2 5	0.	0 0 2 4	1.	5 1 2 0 3	6 0.	0 0
6 0	2.	4 6 6 6	0.	6 3 2 0	1.	6 9 6 6 1	5 3.	2 1

6 1	-4. 6 6 0 1	0. 9 2 9 1			
6 2	∞	1 0. 2 0 5 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
6 3	-4. 9 1 4 7	2. 4 4 3 0			
6 4	∞	1. 8 8 6 5			
6 5	3. 7 1 9 0	9. 4 1 2 8	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4	
6 6	∞	1. 4 1 3 5			
6 7	4. 7 4 9 3	0. 5 3 3 3	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
6 8	-2. 6 9 3 3	0. 7 4 4 7	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1	
6 9	∞	0. 0 1 4 1			
7 0	∞	0. 4 7 1 6	1. 6 4 6 4 0	2 3. 4 0	
7 1 P	2 3 1 9 8 4. 5 6 1 1	0. 0 0 0 0	9 3 0. 0 0 0 0 0		
-3. 4 5					
7 2	∞	0. 4 7 1 6	1. 7 0 4 5 5	3 6. 4 0	
7 3	∞	0. 0 1 4 1			
7 4	∞	0. 7 4 4 7	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1	
7 5	2. 6 9 3 3	0. 5 3 3 3	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1	
7 6	-4. 7 4 9 3	1. 1 6 1 0			
7 7	∞	6. 6 0 2 6	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3	
7 8	-7. 9 2 7 2	3. 8 2 4 1			
I M G	∞	0. 0 0 0 0			

[0040] 非球面データ

第3面

$$k = 0. 0 0 0 0$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = 9. 3 6 E - 0 1$$

$$A_6 = -1. 8 4 E + 0 0$$

$$A_8 = 3. 9 1 E + 0 0$$

$$A_{10} = 0. 0 0 E + 0 0$$

第71面

$$k = 3. 5 1 1 2$$

$$A_2 = 0$$

$$A_4 = -3. 1 9 E - 0 6$$

$$A_6 = 2. 5 0 E - 0 6$$

$$A_8 = 0.00E+00$$

$$A_{10} = 0.00E+00$$

[0041] 各種データ

物体距離	14.1485
焦点距離	-1
像高	0.665
F n o.	5.7568
視野角	69.98°

[0042] [実施例4]

本発明の実施例4に係る硬性鏡用光学系は、図14に示されるように、第5のリレー光学系（面番号65から78）のレンズ構成において実施例2の硬性鏡用光学系と主に異なっている。対物光学系および第1から第4のリレー光学系の構成は実施例2の硬性鏡用光学系と略同一であるのでその図示を省略する。本実施例に係る硬性鏡用光学系のレンズデータは下記の通りである。

このように構成された硬性鏡用光学系の軸上色収差図を図15に示す。本実施例の硬性鏡用光学系によれば、第1から第4のリレー光学系が備える接合レンズによってC線（C-line）とF線（F-line）との間の軸上色収差を補正し、第5のリレー光学系が備える回折光学素子によって残りのe線（e-line）の軸上色収差を補正することができる。

[0043] レンズデータ

面番号	r	d	n _e	ν _d
1	∞	0.1886	1.77066	71.79
2	∞	0.0613		
3*2	2.2256	0.2358	1.79190	25.76
4	0.3315	0.1844		
5	∞	1.9525	1.88814	40.78
6	∞	1.1936	1.88815	40.76
7	-1.8699	0.2294		

8	-20.4708	0.7292	1.83932	37.16
9	1.9504	1.0468	1.48915	70.23
10	-2.1435	0.4369		
11	3.6510	1.2517	1.73234	54.68
12	-4.8433	1.2162		
13	-1.1595	0.8772	1.85504	23.78
14	1.6194	1.1154	1.73234	54.68
15	-1.8368	1.0399		
16	∞	2.4429		
17	4.9147	10.2057	1.59143	61.14
18	∞	0.9291		
19	4.6600	0.6320	1.69661	53.21
20	-2.4665	0.0024	1.51203	60.00
21	-2.4625	0.8890	1.83945	42.72
22 S	∞	0.8890	1.83945	42.72
23	2.4625	0.0024	1.51203	60.00
24	2.4665	0.6320	1.69661	53.21
25	-4.6600	0.9291		
26	∞	10.2057	1.59143	61.14
27	-4.9147	2.4429		
28	∞	2.4429		
29	4.9147	10.2057	1.59143	61.14
30	∞	0.9291		
31	4.6600	0.6320	1.69661	53.21
32	-2.4665	0.0024	1.51203	60.00
33	-2.4625	0.8890	1.83945	42.72
34	∞	0.8890	1.83945	42.72
35	2.4625	0.0024	1.51203	60.00

36	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21
37	-4. 6600	0. 9291		
38	∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
39	-4. 9147	2. 4429		
40	∞	2. 4429		
41	4. 9147	10. 2057	1. 59143	61. 14
42	∞	0. 9291		
43	4. 6600	0. 6320	1. 69661	53. 21
44	-2. 4665	0. 0024	1. 51203	60. 00
45	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
46	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
47	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
48	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21
49	-4. 6600	0. 9291		
50	∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
51	-4. 9147	2. 4429		
52	∞	2. 4429		
53	4. 9147	10. 2057	1. 59143	61. 14
54	∞	0. 9291		
55	4. 6600	0. 6320	1. 69661	53. 21
56	-2. 4665	0. 0024	1. 51203	60. 00
57	-2. 4625	0. 8890	1. 83945	42. 72
58	∞	0. 8890	1. 83945	42. 72
59	2. 4625	0. 0024	1. 51203	60. 00
60	2. 4665	0. 6320	1. 69661	53. 21
61	-4. 6600	0. 9291		
62	∞	10. 2057	1. 59143	61. 14
63	-4. 9147	2. 4429		

6 4	∞	4. 0 0 0 0		
6 5	3. 1 9 7 3	7. 0 0 0 0	1. 5 9 1 4 3	6 1. 1 4
6 6	∞	1. 6 2 1 0		
6 7	-6. 9 7 8 8	0. 5 2 0 2	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
6 8	1. 6 0 0 1	0. 9 0 8 0	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1
6 9	∞	0. 0 1 4 1		
7 0	∞	0. 4 7 1 6	1. 6 4 6 4 0	2 3. 4 0
7 1 P	1 2 1 3 8. 3 8 0 7	0. 0 0 0 0	9 3 0. 0 0 0 0 0	
-3. 4 5				
7 2	∞	0. 4 7 1 6	1. 7 0 4 5 5	3 6. 4 0
7 3	∞	0. 0 1 4 1		
7 4	∞	0. 9 0 3 9	1. 8 3 9 4 5	4 2. 7 1
7 5	-1. 4 2 8 9	0. 5 1 9 0	1. 6 9 6 6 1	5 3. 2 1
7 6	3 1. 4 2 9 2	1. 3 0 0 0		
7 7	∞	4. 9 2 2 3	1. 4 8 9 1 5	7 0. 2 3
7 8	-5. 7 9 0 0	3. 1 2 2 3		
I M G	∞	0. 0 0 0 0		

[0044] 非球面データ

第3面

$k = 0. 0 0 0 0$	$A_2 = 0$
$A_4 = 9. 3 6 E - 0 1$	$A_6 = -1. 8 4 E + 0 0$
$A_8 = 3. 9 1 E + 0 0$	$A_{10} = 0. 0 0 E + 0 0$

第71面

$k = 0. 0 0 E + 0 0$	$A_2 = 0$
$A_4 = -3. 6 4 E - 0 5$	$A_6 = 3. 6 5 E - 0 6$
$A_8 = 0. 0 0 E + 0 0$	$A_{10} = 0. 0 0 E + 0 0$

[0045] 各種データ

物体距離	1 4. 1 4 8 3
------	--------------

焦点距離 − 1
 像高 0. 6 6 5
 F n o. 5. 7 5 6 8
 視野角 6 9. 5 1 °

[0046] 上記の実施例 1 から 4 に係る硬性鏡用光学系が備える第 5 のリレー光学系の条件式 (1), (2), (3) の各パラメータの値は表 1 に示される通りである。

[0047] [表1]

条件式		実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4
(1)	3Lf	5. 560	5. 660	5. 660	12. 000
	Lfdoe	13. 163	14. 563	14. 476	14. 535
(2)	3Lb	9. 491	11. 361	11. 472	9. 367
	Lbdoe	14. 426	13. 428	13. 351	11. 253
(3)	fdoe	48. 827	61. 241	249. 784	13. 070
	ff	5. 670	6. 288	6. 288	5. 406
	fm	5. 433	5. 763	5. 763	6. 712
	fb	22. 666	16. 206	16. 206	11. 837
	fdoe/(ff+fm+fb)	1. 446	2. 167	8. 840	0. 546

符号の説明

[0048] 1 対物光学系

1 0, 2 0, 3 0, 4 0, 5 0 リレー光学系

1 0 0 硬性鏡用光学系

B G 1, B G 2, B G 3, B G 4, B G 5 後群

M G 1, M G 2, M G 3, M G 4, M G 5 中群

F G 1, F G 2, F G 3, F G 4, F G 5 前群

L d o e 回折光学素子

P 1, P 2, P 3, P 4, P 5, P 6 結像面

P d o e 回折面

請求の範囲

[請求項1]

対物光学系と、

入射側から順に正の前群、中群および後群からなり、入射側の第1の結像面に結像された光学像を出射側の第2の結像面に再結像する少なくとも1つのリレー光学系とを備え、

一のリレー光学系における前記中群が、回折面を有する回折光学素子を備え、

該回折光学素子は、該回折光学素子を除く他の光学系によって少なくとも2つの波長間の軸上色収差が補正された光束が前記回折面に入射され、前記光束に含まれる他の1つの波長の軸上色収差を補正する硬性鏡用光学系。

[請求項2]

前記リレー光学系が、下式(1)および(2)を満足する請求項1に記載の硬性鏡用光学系。

$$(1) \quad 3L_f < L_{fdoe}$$

$$(2) \quad 3L_b < L_{bdoe}$$

ただし、

L_f : 前記一のリレー光学系の前記第1の結像面から前記前群の最も入射側の面までの距離、

L_{fdoe} : 前記一のリレー光学系の前記第1の結像面から前記回折面までの距離、

L_b : 前記一のリレー光学系の前記後群の最も出射側の面から前記第2の結像面までの距離、

L_{bdoe} : 前記回折面から前記第2の結像面までの距離である。

[請求項3]

前記一のリレー光学系が、下式(3)を満足する請求項1または請求項2に記載の硬性鏡用光学系。

$$(3) \quad 0.5 < f_{doe} / (f_f + f_m + f_b) <$$

10

ただし、

f_{doe} : 前記回折光学素子の焦点距離、

f_f : 前記一のリレー光学系の前記前群の焦点距離、

f_m : 前記一のリレー光学系の前記中群の焦点距離、

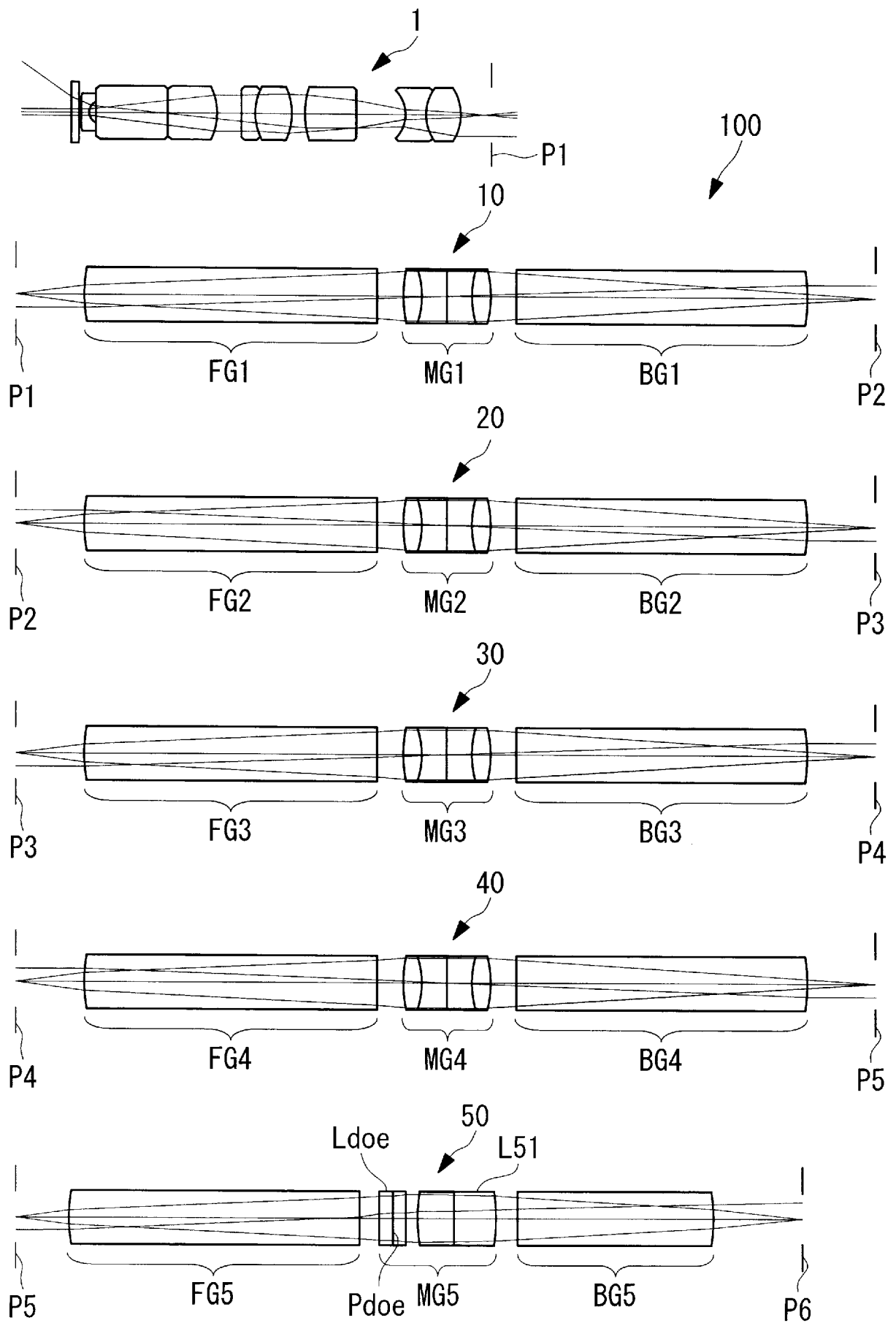
f_b : 前記一のリレー光学系の前記後群の焦点距離

である。

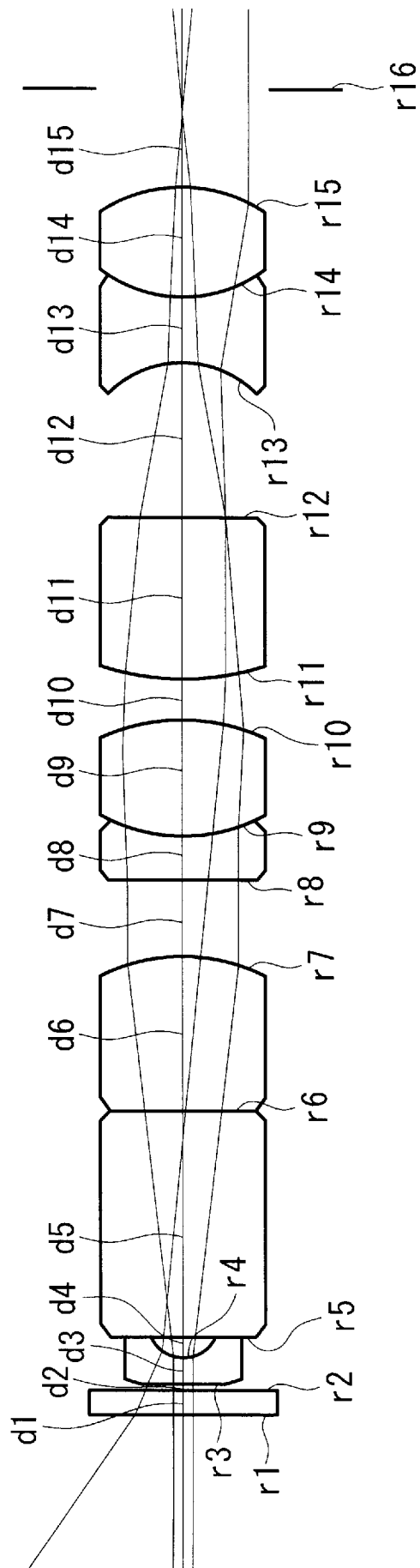
[請求項4] 前記一のリレー光学系または／および他のリレー光学系が、少なくとも1つの接合光学系を含む請求項1から請求項3のいずれかに記載の硬性鏡用光学系。

[請求項5] 請求項1から請求項4のいずれかに記載の硬性鏡用光学系を備える硬性内視鏡。

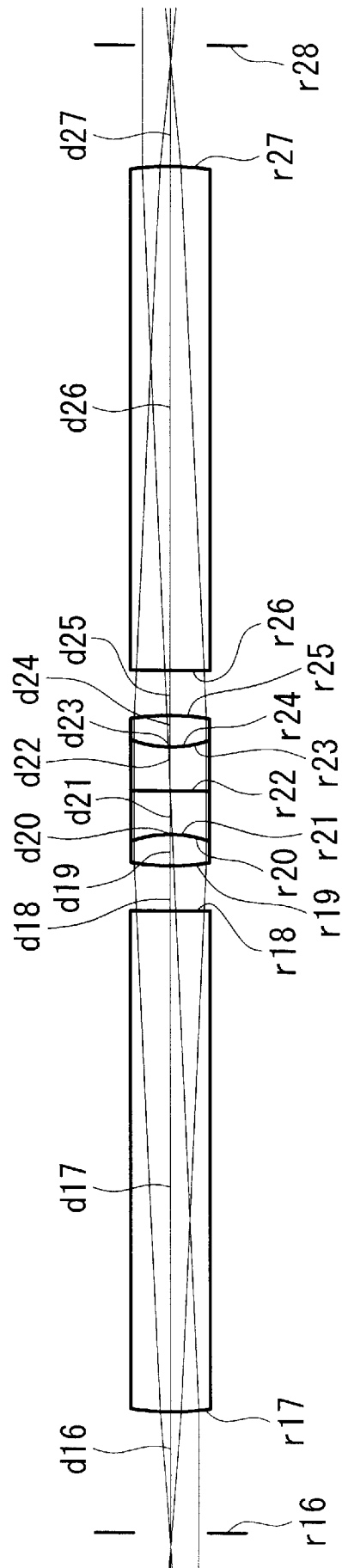
[図1]



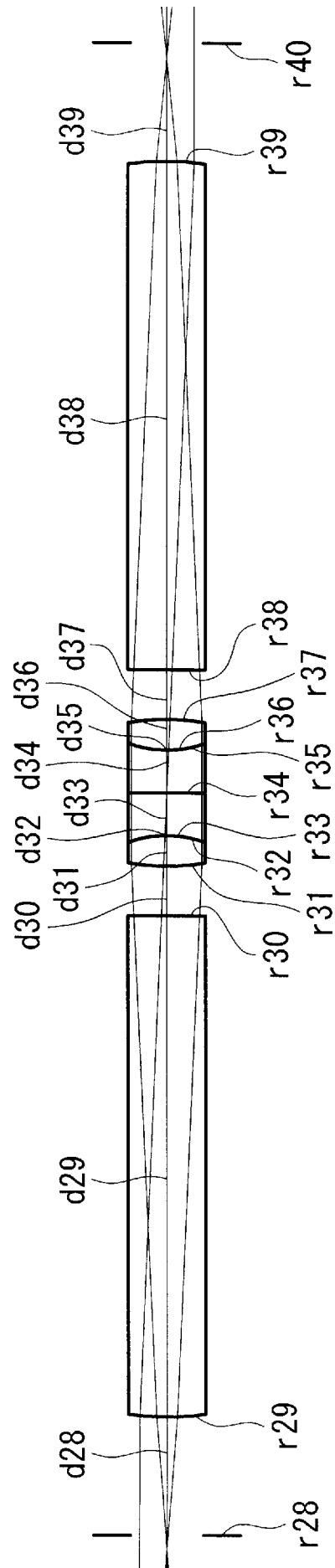
[図2]



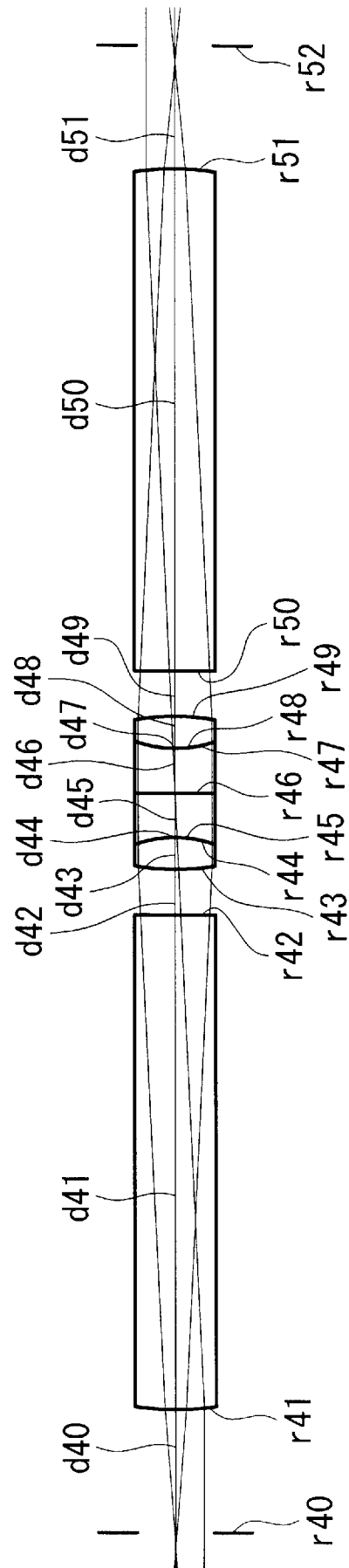
[図3]



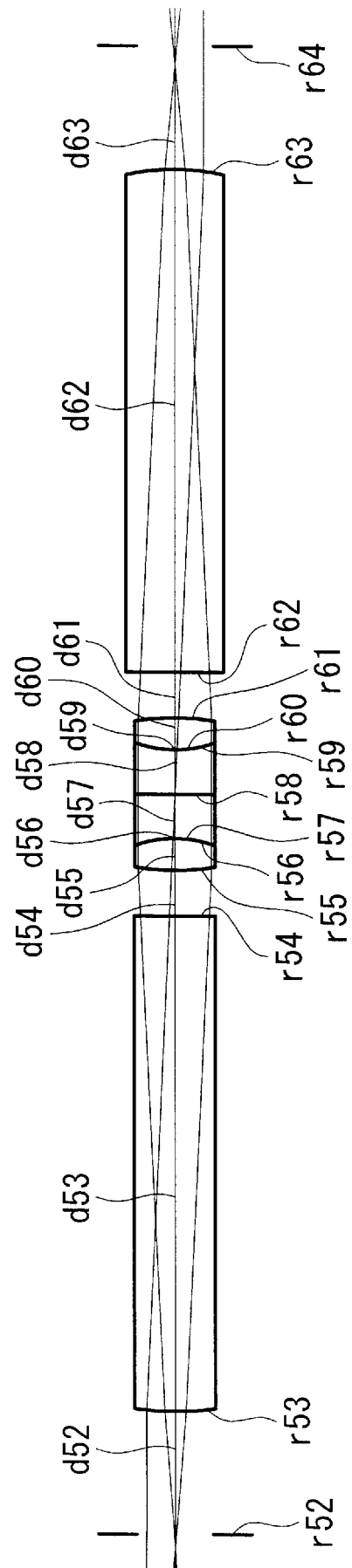
[図4]



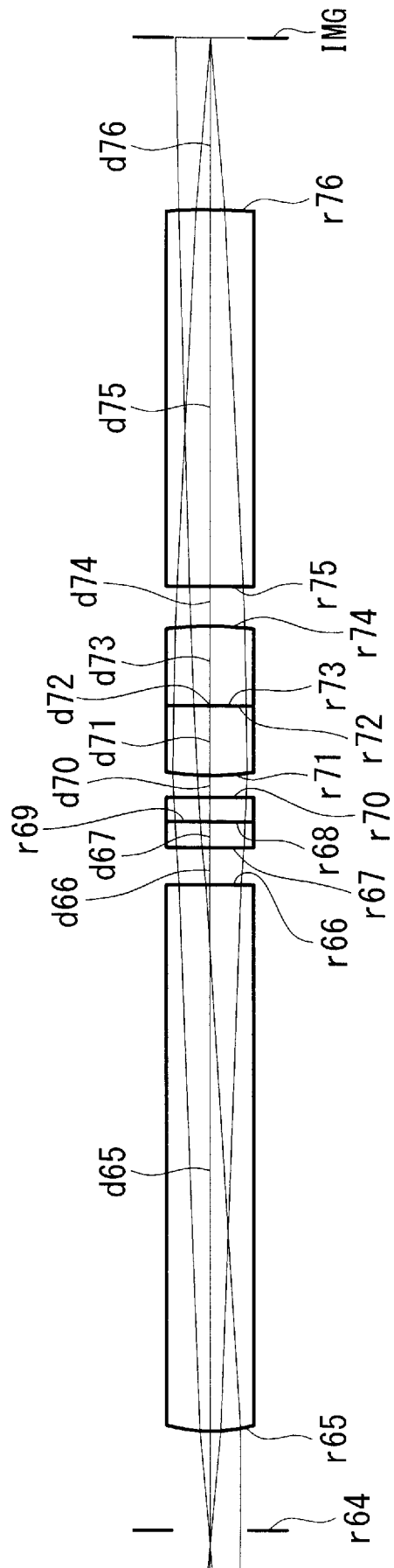
[図5]



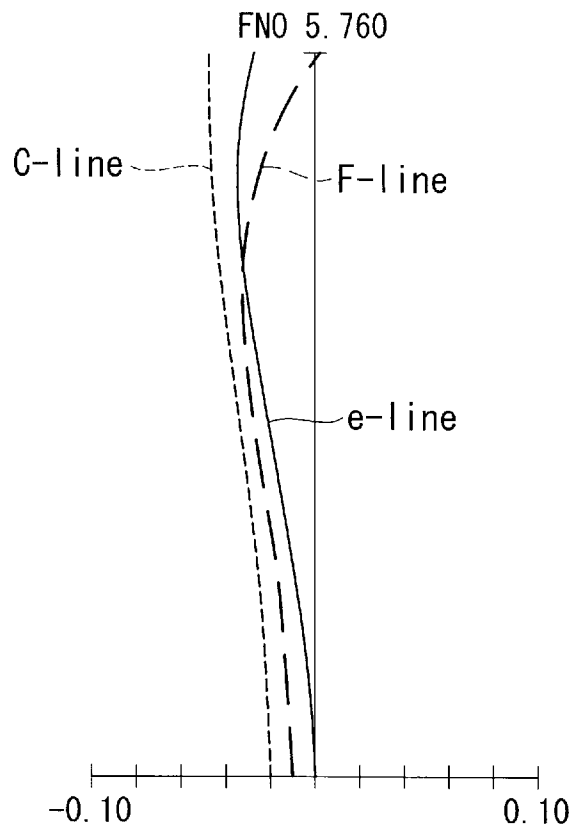
[図6]



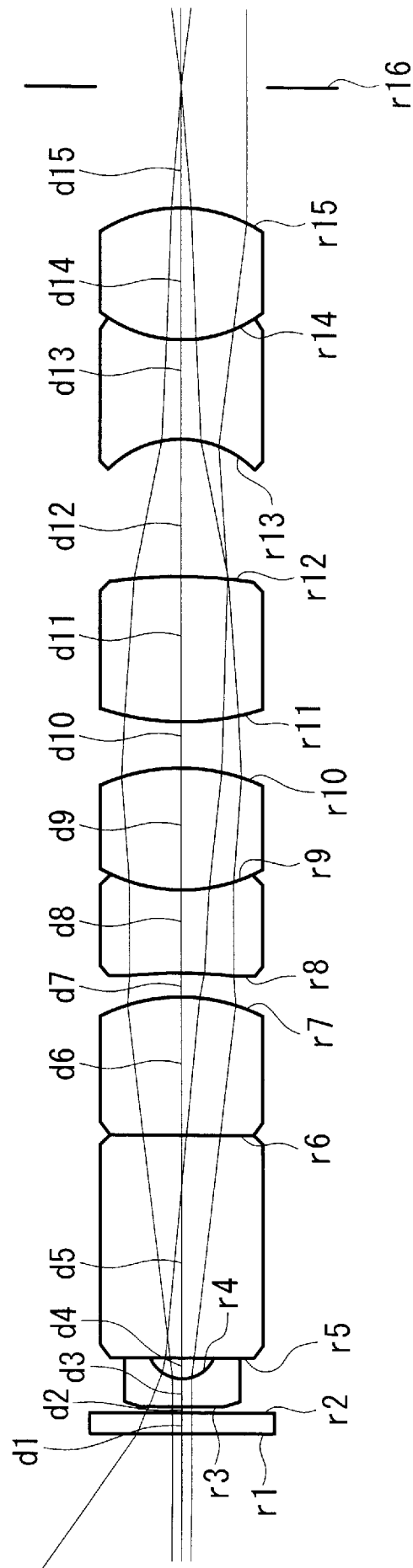
[図7]



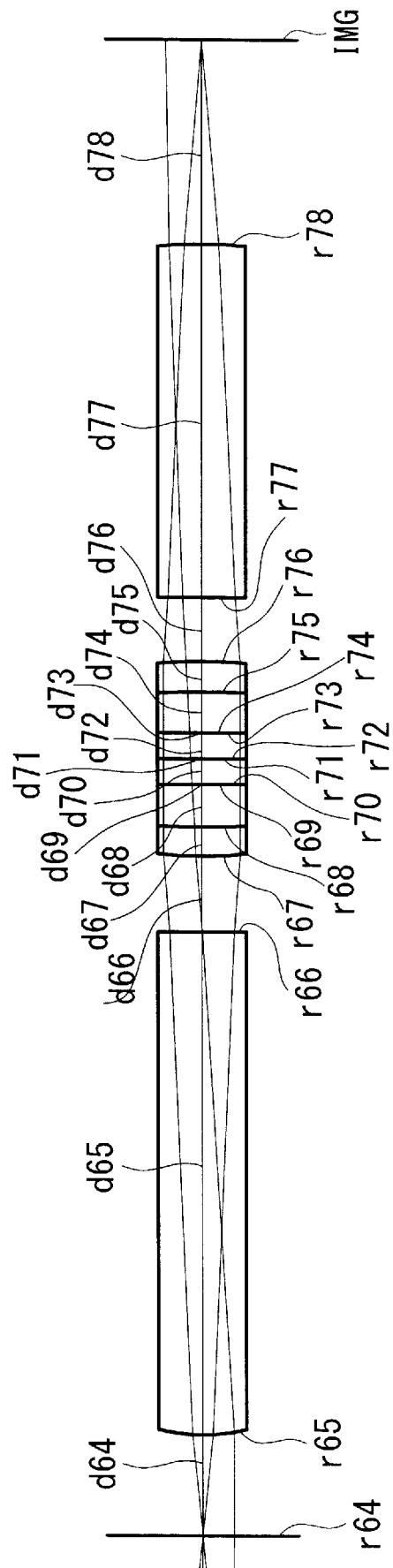
[図8]



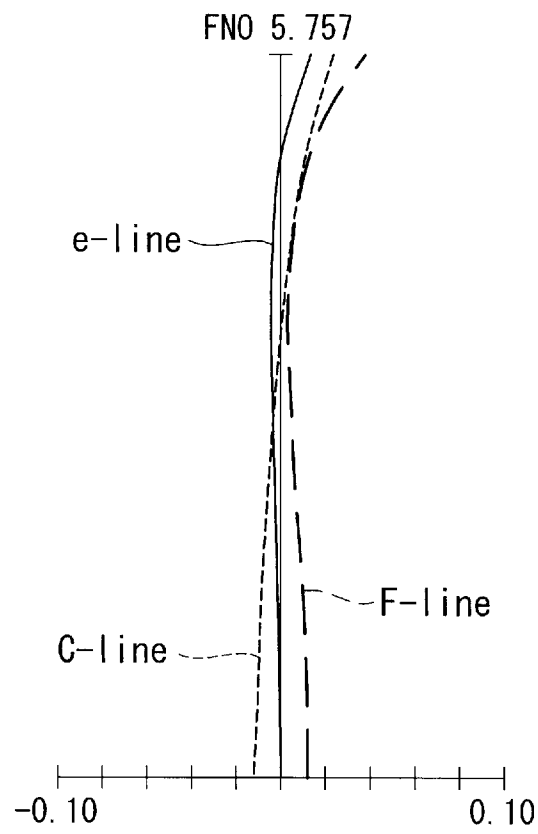
[図9]



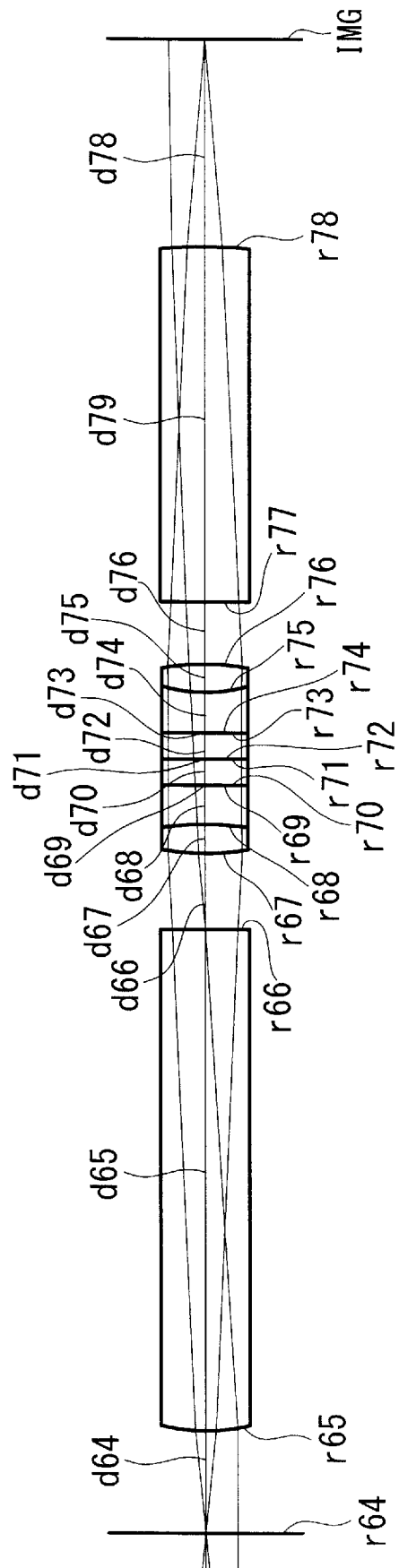
[図10]



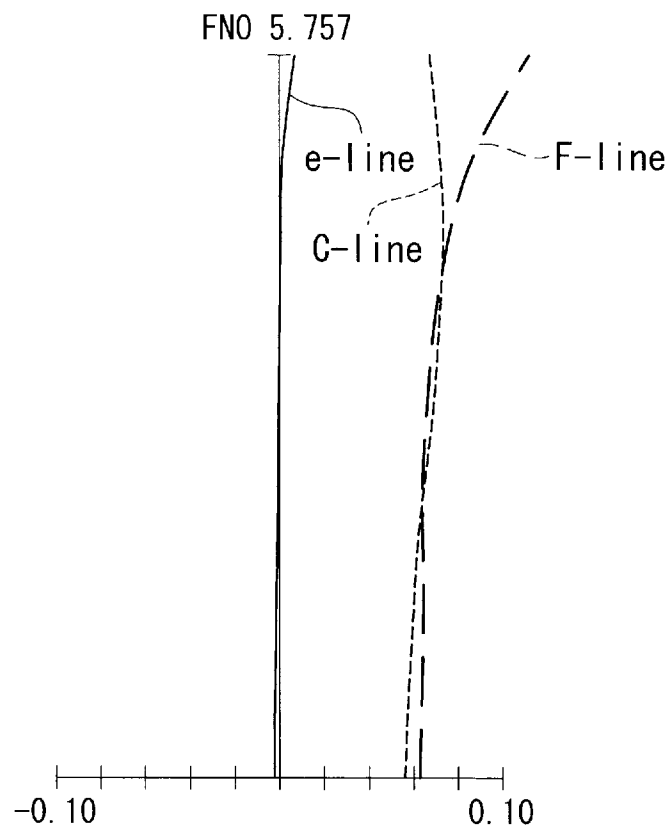
[図11]



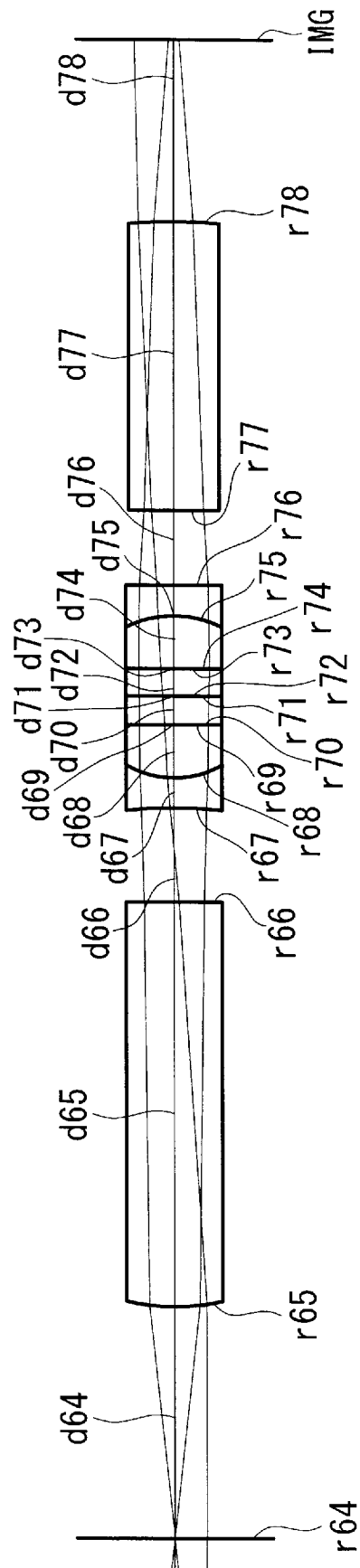
[図12]



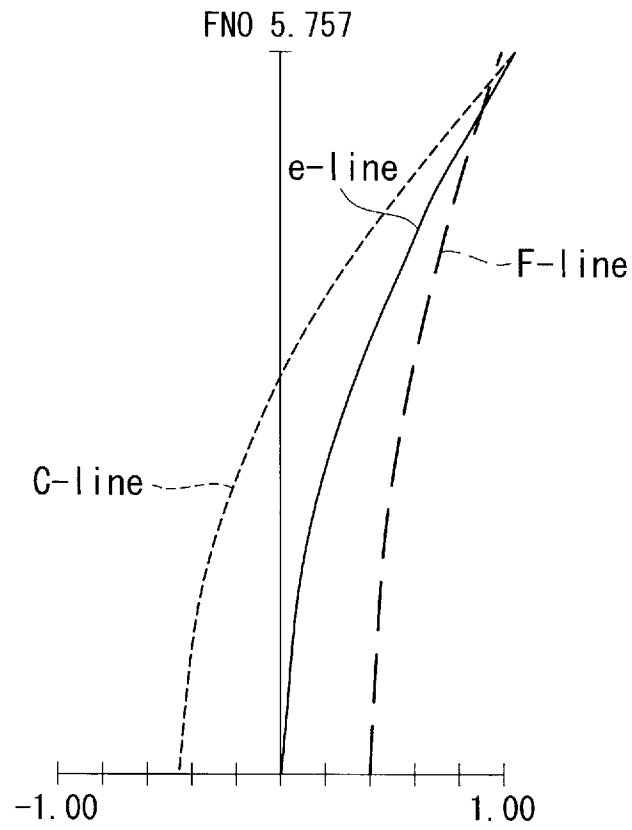
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/062590

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B13/00(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G02B13/24(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, G02B13/18, G02B13/24, 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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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.
A	JP 8-29678 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 02 February 1996 (02.02.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-5



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
13 July, 2012 (13.07.12)

Date of mailing of the international search report
24 July, 2012 (24.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G02B13/00(2006.01)i, A61B1/00(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G02B13/24(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 (I P C))

Int.Cl. G02B13/00, A61B1/00, G02B13/18, G02B13/24, 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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
A	JP 8-29678 A (オリンパス光学工業株式会社) 1996.02.02, 全文全図 (ファミリーなし)	1-5

☐ 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

1 3 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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)

堀井 康司

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

2 V

3 7 1 3