

(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
2018年10月4日(04.10.2018)



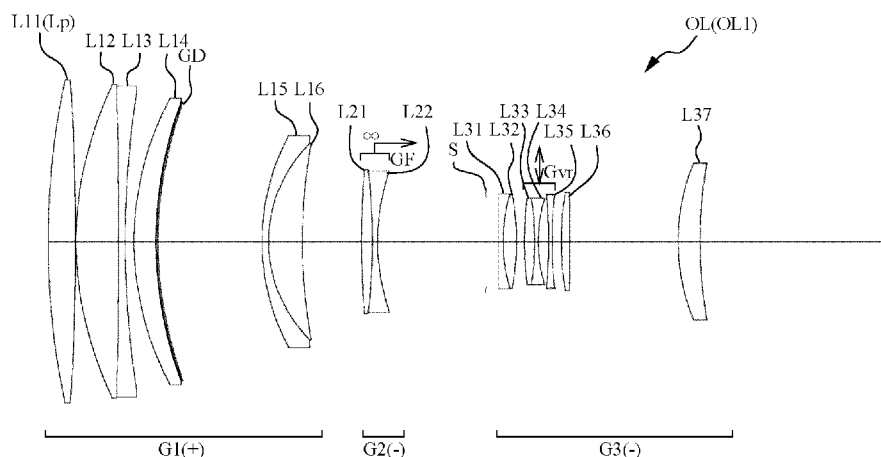
(10) 国際公開番号

WO 2018/180359 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/02 (2006.01) *G02B 15/167* (2006.01)
G02B 13/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/009159
- (22) 国際出願日: 2018年3月9日(09.03.2018)
- (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 2017-062544 2017年3月28日(28.03.2017) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 三輪 哲史 (MIWA Satoshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 簀本 洋 (YABUMOTO Hiroshi); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 保坂 丈世 (HOSAKA Joyo); 〒1020082 東京都千代田区一番町9-20-505 シェラ・クレアーレ特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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.

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, OPTICAL DEVICE, AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器及び光学系の製造方法



(57) Abstract: [Problem] To provide an optical system having excellent imaging performance, an optical device, and a method for manufacturing an optical system. [Solution] An optical system OL for use in an optical device such as a camera 1 includes a diffractive optical element GD and a specific lens Lp that is formed from at least one crystalline glass. The specific lens Lp satisfies the conditions of the following expression: $\theta_g F_p + 0.0017 \times v_{dp} < 0.730$ Where $\theta_g F_p$ represents the partial dispersion ratio of the specific lens Lp as the medium and v_{dp} represents Abbe number for D line of the specific lens Lp as the medium.

(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))

(57) 要約: 【課題】良好な結像性能を有する光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供する。【解決手段】カメラ1等の光学機器に用いられる光学系OLは、回折光学素子GDと、少なくとも一つの、結晶性ガラスから形成されたレンズである特定レンズLpと、を有する。また、特定レンズLpは、次式の条件を満足する。 $\theta_g F_p + 0.0017 \times v_{dp} < 0.730$ 但し、 $\theta_g F_p$: 特定レンズLpの媒質の部分分散比 v_{dp} : 特定レンズLpの媒質のd線に対するアッペ数

明 細 書

発明の名称：光学系、光学機器及び光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、光学機器及び光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、回折光学素子を用いて小型化された光学系が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。しかしながら、特許文献 1 に記載の光学系は、さらなる光学性能の向上が要望されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2013-092575 号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第一の態様に係る光学系は、回折光学素子と、少なくとも一つの、結晶性ガラスから形成されたレンズと、を有する。

[0005] 本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、回折光学素子を配置するステップと、少なくとも一つの、結晶性ガラスから形成されたレンズを配置するステップと、を有する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]第 1 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図2]第 1 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図3]第 2 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図4]第 2 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図5]第 3 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図6]第 3 実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図7]第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図8]第4実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図9]第5実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図10]第5実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図11]第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図12]第6実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図13]第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図14]第7実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図15]第8実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図16]第8実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図であって、（a）は広角端状態を示し、（b）は望遠端状態を示す。

[図17]第9実施例に係る光学系の無限遠合焦状態におけるレンズ構成を示す断面図である。

[図18]第9実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。

[図19]上記光学系を搭載するカメラの断面図である。

[図20]上記光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

[0008] 本実施形態に係る光学系OLは、図1に示すように、回折光学素子GDと、少なくとも1つの、結晶性ガラスから形成されたレンズ（以下、「特定レンズLp」と呼ぶ）と、を有して構成されている。また、回折光学素子GD及び特定レンズLpは、開口絞りSよりも物体側に配置されている。なお、レンズとは、単レンズ又は接合レンズを構成する各々のレンズをいう。

[0009] 本実施形態に係る光学系OLにおいて、特定レンズL_pは、以下に示す条件式(1)を満足することが望ましい。

$$[0010] \quad \theta_{gFp} + 0.0017 \times \nu_{dp} < 0.730 \quad (1)$$

但し、

θ_{gFp} : 特定レンズL_pの媒質の部分分散比

ν_{dp} : 特定レンズL_pの媒質のd線に対するアッペ数

[0011] ここで、g線、d線、F線及びC線における屈折率をそれぞれ n_g 、 n_d 、 n_F 、 n_C とすると、d線に対するアッペ数 ν_d は次式(a)で定義され、部分分散比 θ_{gF} は次式(b)で定義される。

$$[0012] \quad \nu_d = (n_d - 1) / (n_F - n_C) \quad (a)$$

$$\theta_{gF} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) \quad (b)$$

[0013] 条件式(1)は、特定レンズL_pに使われている硝材(媒質)の部分分散比と分散の範囲を規定している。これにより、軸上と倍率の2次色収差を良好に補正することができる。この条件式(1)の上限値を上回ると、軸上の2次色収差の補正が過剰となるため好ましくない。なお、条件式(1)の効果を確実にするために、条件式(1)の上限値を0.710、更に0.670、0.660、0.650とすることがより望ましい。

[0014] また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、特定レンズL_pは、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

$$[0015] \quad n_{dp} < 1.48 \quad (2)$$

但し、

n_{dp} : 特定レンズL_pの媒質のd線に対する屈折率

[0016] 条件式(2)は、特定レンズL_pに使われている硝材(媒質)の屈折率の範囲を規定している。これにより、像面湾曲を良好に補正することができる。この条件式(2)の上限値を上回ると、像面湾曲の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(2)の効果を確実にするために、条件式(2)の上限値を1.47、更に1.46とすることがより望ましい。

[0017] また、本実施形態に係る光学系OLにおいて、特定レンズL_pは、以下に

示す条件式（３）を満足することが望ましい。

$$[0018] \quad \nu d p < 97.0 \quad (3)$$

但し、

$\nu d p$ ：特定レンズ L_p の媒質の d 線に対するアッペ数

[0019] 条件式（３）は、特定レンズ L_p に使われている硝材（媒質）の分散の範囲を規定している。これにより、軸上色収差を良好に補正することができる。この条件式（３）の上限値を上回ると、軸上色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（３）の効果を確実にするために、条件式（３）の上限値を 96.0 、更に 90.0 、 80.0 、 75.0 、 70.0 にすることがより望ましい。

[0020] また、本実施形態に係る光学系 OL において、回折光学素子 GD は、以下に示す条件式（４）を満足することが望ましい。

$$[0021] \quad 0.40 < TLpf / TL < 1.00 \quad (4)$$

但し、

TL ：無限遠合焦状態における光学系 OL の全長

$TLpf$ ：無限遠合焦状態における像面から回折光学素子 GD の回折光学面までの光軸上の距離

[0022] 条件式（４）は、光学系 OL の全長に対する、像面から回折光学素子の回折光学面までの光軸上の距離の比を規定している。これにより、軸上２次色収差を良好に補正することができる。この条件式（４）の上限値を上回ると、軸上２次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（４）の効果を確実にするために、条件式（４）の上限値を 0.95 、更に 0.92 にすることがより望ましい。また、条件式（４）の下限値を下回ると、倍率２次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（４）の効果を確実にするために、条件式（４）の下限値を 0.50 、更に 0.70 にすることがより望ましい。

[0023] また、本実施形態に係る光学系 OL は、以下に示す条件式（５）を満足することが望ましい。

$$[0024] \quad 0.50^\circ < \omega < 6.00^\circ \quad (5)$$

但し、

ω : 無限遠合焦状態における光学系OLの半画角

[0025] 条件式(5)は、光学系OLにおける最適な値を規定する条件である。この条件式(5)を満足することにより、コマ収差、歪曲収差、像面湾曲などの諸収差を良好に補正することができる。なお、この条件式(5)の効果を確実にするために、条件式(5)の上限値を 5.80° 、更に 5.60° にすることがより望ましい。また、この条件式(5)の効果を確実にするために、条件式(5)の下限値を 0.60° 、更に 0.70° にすることがより望ましい。

[0026] また、本実施形態に係る光学系OLは、回折光学素子GDよりも物体側に、少なくとも一つの特定レンズLpを有することが望ましい。これにより、球面収差と軸上2次色収差を良好に補正することができる。

[0027] また、本実施形態に係る光学系OLは、回折光学素子GDよりも物体側に少なくとも一つの負レンズを有することが望ましい。これにより、球面収差と軸上2次色収差を同時に良好に補正することができる。

[0028] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(6)を満足することが望ましい。

$$[0029] \quad 0.20 < f_p / f < 1.50 \quad (6)$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における光学系OLの焦点距離

f_p : 特定レンズLpの焦点距離(特定レンズLpが複数ある場合は、焦点距離の最も短い特定レンズLpの焦点距離)

[0030] 条件式(6)は、無限遠合焦状態における光学系OLの焦点距離に対する特定レンズLpの焦点距離の比を規定している。これにより、球面収差と軸上2次色収差を同時に良好に補正することができる。この条件式(6)の上限値を上回ると、倍率2次色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(6)の効果を確実にするために、条件式(6)の上限値を1.

1.0、更に1.05にすることがより望ましい。また、条件式(6)の下限値を下回ると、軸上2次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(6)の効果を確実にするために、条件式(6)の下限値を0.30、更に0.35とすることがより望ましい。

[0031] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(7)を満足することが望ましい。

$$[0032] \quad 0.00 < f / f_{pf} < 0.10 \quad (7)$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における光学系OLの焦点距離

f_{pf} : 回折光学素子GDの回折光学面の焦点距離

[0033] 条件式(7)は、光学系OLの焦点距離に対する、回折光学素子GDの焦点距離の比を規定している。これにより、軸上2次色収差を良好に補正することができる。この条件式(7)の上限値を上回ると、軸上2次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(7)の効果を確実にするために、条件式(7)の上限値を0.09、更に0.08、更に0.06とすることがより望ましい。また、条件式(7)の下限値を下回ると、倍率2次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(7)の効果を確実にするために、条件式(7)の下限値を0.01、更に0.02とすることがより望ましい。

[0034] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(8)を満足することが望ましい。

$$[0035] \quad 0.30 < TL / f < 1.50 \quad (8)$$

但し、

TL : 無限遠合焦状態における光学系OLの全長

f : 無限遠合焦状態における光学系OLの焦点距離

[0036] 条件式(8)は、光学系OLの全長に対する、光学系OLの焦点距離の比を規定している。これにより、軸上2次色収差を良好に補正することができる。この条件式(8)の上限値を上回ると、軸上2次色収差の補正が困難に

なるため好ましくない。なお、条件式（８）の効果を確実にするために、条件式（８）の上限値を１．３０、更に１．２０、更に１．１０にすることがより望ましい。また、条件式（８）の下限値を下回ると、倍率２次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（８）の効果を確実にするために、条件式（８）の下限値を０．４０、更に０．４５とすることがより望ましい。

[0037] また、本実施形態に係る光学系ＯＬは、回折光学素子ＧＤよりも物体側に、少なくとも二つの特定レンズＬ_pを有することが望ましい。これにより、球面収差と軸上２次色収差を良好に補正することができる。

[0038] また、本実施形態に係る光学系ＯＬは、物体側から順に、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、負の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、第３レンズ群Ｇ３と、を有し、第２レンズ群Ｇ２は、光軸に沿って移動させることで合焦を行う合焦群Ｇ_fであることが望ましい。これにより、アクチュエーターによる自動合焦時に、迅速な駆動を達成できるとともに、近距離合焦時の球面収差、像面湾曲を良好に補正できる。

[0039] また、本実施形態に係る光学系ＯＬにおいて、特定レンズＬ_pは、合焦群Ｇ_fよりも物体側に配置されることが望ましい。これにより、軸上２次色収差を良好に補正することができる。

[0040] また、本実施形態に係る光学系ＯＬにおいて、合焦群Ｇ_fは、無限遠から近距離物体へ合焦する際に像側へ移動することが望ましい。これにより、近距離合焦時の球面収差と軸上色収差を良好に補正することができる。

[0041] また、本実施形態に係る光学系ＯＬにおいて、合焦群Ｇ_fは、正レンズ成分を少なくとも一つ有することが望ましい。これにより、近距離合焦時の軸上色収差を良好に補正することができる。

[0042] また、本実施形態に係る光学系ＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群Ｇ_vを有することが望ましい。これにより、手ブレ等で振動した場合の光軸のずれを補正することができる。

[0043] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(9)を満足することが望ましい。

$$[0044] \quad 0.15 < (-f_2) / f < 0.70 \quad (9)$$

但し、

f：無限遠合焦状態における光学系OLの焦点距離

f₂：第2レンズ群G₂の焦点距離

[0045] 条件式(9)は、光学系OLの焦点距離に対する、第2レンズ群G₂の焦点距離の比を規定している。これにより、倍率2次色収差を良好に補正することができる。この条件式(9)の上限値を上回ると、第2レンズ群G₂である合焦群G_fの重量が増え、軽量化のため屈折率の低い硝材を使うと、コマ収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(9)の効果を確実にするために、条件式(9)の上限値を0.60、更に0.50にすることがより望ましい。また、条件式(9)の下限値を下回ると、倍率2次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式(9)の効果を確実にするために、条件式(9)の下限値を0.20、更に0.25にすることがより望ましい。

[0046] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(10)を満足することが望ましい。

$$[0047] \quad 0.20 < f_1 / f < 0.55 \quad (10)$$

但し、

f：無限遠合焦状態における光学系OLの焦点距離

f₁：第1レンズ群G₁の焦点距離

[0048] 条件式(10)は、光学系OLの全長に対する、第1レンズ群G₁の焦点距離の比を規定している。これにより、球面収差を良好に補正することができる。この条件式(10)の上限値を上回ると、光学系OLが大型化するため、小型化のためレンズを削減すると球面収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、この条件式(10)の効果を確実にするために、条件式(10)の上限値を0.50、更に0.45とすることがより望ましい。また

、条件式（１０）の下限値を下回ると、コマ収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（１０）の効果を確実にするために、条件式（１０）の下限値を０．２５、更に０．３０とすることがより望ましい。

[0049] また、本実施形態に係る光学系ＯＬは、以下に示す条件式（１１）を満足することが望ましい。

$$[0050] \quad 0.00 < f_p / f_1 < 4.00 \quad (11)$$

但し、

f_p ：特定レンズ L_p の焦点距離（特定レンズ L_p が複数ある場合は、焦点距離の最も短い特定レンズ L_p の焦点距離）

f_1 ：第１レンズ群 G_1 の焦点距離

[0051] 条件式（１１）は、第１レンズ群 G_1 の焦点距離に対する、特定レンズ L_p の焦点距離の比を規定している。これにより、軸上２次色収差を良好に補正することができる。この条件式（１１）の上限値を上回ると、軸上２次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（１１）の効果を確実にするために、条件式（１１）の上限値を３．５０、更に３．００とすることがより望ましい。また、条件式（１１）の下限値を下回ると、倍率２次色収差の補正が困難になるため好ましくない。なお、条件式（１１）の効果を確実にするために、条件式（１１）の下限値を０．５０、更に１．００とすることがより望ましい。

[0052] また、本実施形態に係る光学系ＯＬにおいて、特定レンズ L_p は、主成分を二酸化ケイ素（ SiO_2 ）又はフッ化カルシウム（ CaF_2 ）で構成する結晶材であることが望ましい。これにより、量産時の軸上色収差のバラつきを小さく抑えつつ２次色収差を補正するという効果を発揮させることができる。

[0053] 本実施形態における光学系ＯＬにおいて、結晶性ガラスとは、透過波長領域が広く、低屈折率、低分散率である結晶性のガラスのことを示す。その結晶性ガラスの代表的な結晶材として、光学レンズには石英や蛍石が採用される。

[0054] 以下、本実施形態に係る光学系ＯＬの製造方法の概略を、図２０を参照し

て説明する。まず、回折光学素子GD及び少なくとも一つの、結晶性ガラスから形成されたレンズである特定レンズL_pを準備し（ステップS100）、回折光学素子GDを配置し（ステップS200）、特定レンズL_pを配置する（ステップS300）。

[0055] なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

[0056] 次に、本実施形態に係る光学系OLを備えた光学機器であるカメラを図19に基づいて説明する。このカメラ1は、撮影レンズ2として本実施形態に係る光学系OLを備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメラ1において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ2で集光されて、不図示のOLPF（Optical low pass filter：光学ローパスフィルタ）を介して撮像部3の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部3に設けられた光電変換素子により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ1に設けられたEVF（Electronic view finder：電子ビューファインダ）4に表示される。これにより撮影者は、EVF4を介して被写体を観察することができる。

[0057] また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部3により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ1による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る光学系OLを搭載した場合でも、上記カメラ1と同様の効果を奏することができる。

[0058] なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

[0059] 本実施形態では、3群構成の光学系OLを示したが、以上の構成条件等は

、4群、5群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像面側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。具体的には、最も像面側に、変倍時又は合焦時に像面に対する位置を固定されたレンズ群を追加した構成が考えられる。また、レンズ群とは、変倍時又は合焦時に変化する空気間隔で分離された、少なくとも1枚のレンズを有する部分を示す。また、レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

[0060] また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦群としても良い。この場合、合焦群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。特に、第2レンズ群G2の少なくとも一部を合焦群とし、その他のレンズは合焦時に像面に対する位置を固定とするのが好ましい。モータにかかる負荷を考慮すると、合焦群は単レンズ又は1つのレンズ成分から構成するのが好ましい。

[0061] また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振群としてもよい。特に、第3レンズ群G3の少なくとも一部を防振群とするのが好ましい。

[0062] また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されても構わない。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工及び組立調整が容易になり、加工及び組立調整の誤差による光学性能の劣化を防げるので好ましい。また、像面がずれた場合でも描写性能の劣化が少ないので好ましい。レンズ面が非球面の場合、非球面は、研削加工による非球面、ガラスを型で非球面形状に形成したガラスモールド非球面、ガラスの表面に樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面のいずれの非球面でも構わない。また、レンズ面は回折面としてもよく、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）或いはプラスチックレンズとしてもよい。

[0063] 開口絞りSは、合焦群より像側に配置されるのが好ましいが、開口絞りと

しての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

[0064] さらに、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。

[0065] 以上のような構成とすると、良好な結像性能を有する光学系、光学機器及び光学系の製造方法を提供することができる。

実施例

[0066] 以下、各実施例を図面に基づいて説明する。なお、図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15及び図17は、各実施例に係る光学系OL（OL1～OL9）の構成及び屈折率配分を示す断面図である。なお、第8実施例の構成を示す図15の断面図の下部には、広角端状態（W）から望遠端状態（T）に変倍する際の各レンズ群G1～G6の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

[0067] 各実施例において、回折光学面の位相形状 ϕ は、次式（c）によって表される。

$$[0068] \quad \phi(h, n) = (2\pi / (n \times \lambda_0)) \times (C_2 h^2 + C_4 h^4) \quad (c)$$

但し、

h ：光軸に対する垂直方向の高さ

n ：回折光の次数

λ_0 ：設計波長

C_i ：位相係数（ $i = 2, 4$ ）

[0069] また、任意の波長 λ 、任意の回折次数 m に対する式（c）で表される回折光学面の屈折力 ϕ_D は、最も低次の位相係数 C_2 を用いて、次式（d）のように表される。

$$[0070] \quad \phi_D(\lambda, n) = -2 \times C_2 \times n \times \lambda / \lambda_0 \quad (d)$$

[0071] なお、各実施例の表中において、回折光学面には面番号の右側に*印を付している。

[0072] また、第2実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし

、高さ y における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r とし、円錐定数を K とし、 n 次の非球面係数を A_n としたとき、以下の式（e）で表される。なお、以降の実施例において、

$$[0073] \quad S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 \quad (e)$$

[0074] なお、第2実施例において、2次の非球面係数 A_2 は0である。また、第2実施例の表中において、非球面には面番号の右側に**印を付している。

[0075] また、各実施例において、「 $E - n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

[0076] [第1実施例]

図1は、第1実施例に係る光学系OL1の構成を示す図である。この光学系OL1は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0077] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、両凸正レンズL11、両凸正レンズL12と両凹負レンズL13とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向け、像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL14、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズL21と両凹負レンズL22とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に、物体側に凸面をむけた負メニスカスレンズL31と両凸正レンズL32とを接合した接合正レンズ、両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL35、両凸正レンズL36、及び、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL37で構成されている。こ

の光学系OL1において、特定レンズLpは、両凸正レンズL11である。

[0078] また、第1実施例に係る光学系OL1は、第3レンズ群G3内の両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL35を防振群Gvrとし、この防振群Gvrを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL1の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0079] 以下の表1に、光学系OL1の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元に示すfは全系の焦点距離、FNOはFナンバー、 ω は半画角[°]、及び、TLは全長の値であって、無限遠合焦状態を表している。ここで、全長TLは、最も物体側のレンズ面（第1面）から像面Iまでの光軸上の距離を示している。また、レンズデータにおける第1欄mは、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序（面番号）を、第2欄rは、各レンズ面の曲率半径を、第3欄dは、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を、第4欄vd及び第5欄ndは、d線（ $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対するアッベ数及び屈折率を、第6欄 $\theta_g F$ は部分分散比を示している。また、曲率半径0.0000は平面を示し、空気の屈折率1.00000は省略してある。なお、レンズ群焦点距離は第1～第3レンズ群G1～G3各々の始面の番号と焦点距離を示している。

[0080] ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離f、曲率半径r、面間隔d、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

[0081] （表1）第1実施例

[全体諸元]

f = 294.09654

FNO = 4.08255

ω = 4.15846

T L = 192.75596

[レンズデータ]

m	r	d	ν d	n d	θ g F
物面	∞	D0			
1	179.2200	6.2902	67.81	1.458440	0.5277
2	-570.1507	0.1000			
3	81.1870	9.7743	82.57	1.497820	0.5386
4	-1361.3167	1.5000	41.51	1.575010	0.5765
5	227.9138	2.0000			
6	69.3917	5.0000	63.88	1.516800	0.5360
7	91.4300	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
8*	91.4300	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
9	91.4300	23.8212			
10	51.3435	1.5000	35.25	1.910822	0.5822
11	31.5258	7.7472	70.32	1.487490	0.5291
12	122.7186	D1			
13	217.1933	2.5000	36.40	1.620040	0.5878
14	-143.3666	1.2000	55.52	1.696800	0.5430
15	49.3948	D2			
16	0.0000	2.8100			開口絞り
17	994.4024	1.1000	35.25	1.910822	0.5822
18	39.6934	2.9869	41.51	1.575010	0.5765
19	-65.4310	1.9000			
20	85.9716	2.3300	28.38	1.728250	0.6069
21	-62.3367	0.8500	54.61	1.729160	0.5443
22	35.9820	2.3300			
23	-117.6448	0.8000	54.61	1.729160	0.5443
24	98.1231	2.1300			

25	70.7263	1.9452	47.35	1.788000	0.5559
26	-652.9898	24.7984			
27	47.5181	5.0000	70.32	1.487490	0.5291
28	102.0337	BF			
像面	∞				

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	102.4
第2レンズ群	13	-85.5
第3レンズ群	16	-300.6

[0082] この光学系OL1において、第8面は回折光学面である。以下の表2に回折光学面データ、すなわち設計波長 λ_0 、次数 n 並びに各位相係数 C_2 、 C_4 の値を示す。

[0083] (表2)

[回折光学面データ]

m	λ_0	n	C_2	C_4
8	587.6	1.0	-4.07752E-05	-4.17277E-09

[0084] また、この光学系OL1において、物体と第1レンズ群G1との軸上空気間隔 D_0 、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔 D_1 、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔 D_2 、及び、バックフォーカスBFは、合焦に際して変化する。次の表3に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。なお、 D_0 は光学系OL1の最も物体側の面（第1面）から物体までの距離を示し、 f は焦点距離、 β は倍率を示し、バックフォーカスBFは、最も像面側の光学面（第28面）から像面Iまでの光軸上の距離（空気換算長）を示している（この説明は、以降の実施例においても同様である）。

[0085] (表3)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	294.09654	—
β	—	-0.24484
D_0	∞	1207.2562
D_1	13.53953	26.91791
D_2	24.88061	11.50223
B_F	43.42236	43.66559

[0086] 次の表4に、この光学系OL1における各条件式対応値を示す。なお、条件式(6)及び(11)の特定レンズLpは両凸正レンズL11である。

[0087] (表4)

[条件式対応値]

$$(1) \theta_{gFp} + 0.0017 \times \nu_{dp} = 0.64$$

$$(2) n_{dp} = 1.46$$

$$(3) \nu_{dp} = 67.8$$

$$(4) TL_{pf} / TL = 0.871$$

$$(5) \omega = 4.158^\circ$$

$$(6) f_p / f = 1.01$$

$$(7) f / f_{pf} = 0.024$$

$$(8) TL / f = 0.66$$

$$(9) (-f_2) / f = 0.29$$

$$(10) f_1 / f = 0.35$$

$$(11) f_p / f_1 = 2.91$$

[0088] このように、この光学系OL1は、上記条件式(1)～(11)を満足している。

[0089] この光学系OL1の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図2に示す。各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーの値を示し、非点収差図及び歪曲収差図では像高

の最大値を示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$)、FはF線 ($\lambda = 486.1 \text{ nm}$)、CはC線 ($\lambda = 656.3 \text{ nm}$)をそれぞれ示す。非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。また、以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この光学系OL1は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0090] [第2実施例]

図3は、第2実施例に係る光学系OL2の構成を示す図である。この光学系OL2は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0091] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、両凸正レンズL11、物体側に凸面を向けた平凸正レンズL12と物体側に平面を向けた平凹形状であって、像側のレンズが非球面形状に形成された非球面負レンズL13とを接合した接合正レンズ、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL14と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL15との接合面に、2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された回折光学面で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズL21と両凹負レンズL22とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に、物体側に凸面をむけた負メニスカスレンズL31と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32とを接合した接合負レンズ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL35、両凸正レンズL36、両凸正レンズL37と両凹負レンズL38とを接合した接合正レンズ、及び、両凹負レンズL39と両凸

正レンズL 3 1 0とを接合した接合負レンズで構成されている。この光学系O L 2において、特定レンズL pは、両凸正レンズL 1 1である。

[0092] また、第2実施例に係る光学系O L 2は、第3レンズ群G 3内の正メニスカスレンズL 3 3と両凹負レンズL 3 4とを接合した接合負レンズ、及び、負メニスカスレンズL 3 5を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系O L 2の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0093] 以下の表5に、光学系O L 2の諸元の値を掲げる。

[0094] (表5) 第2実施例

[全体諸元]

$$f = 391.70138$$

$$F N O = 4.08000$$

$$\omega = 3.12484$$

$$T L = 259.31861$$

[レンズデータ]

m	r	d	νd	n d	$\theta g F$
物面	∞	D0			
1	132.1045	15.0000	67.81	1.458440	0.5277
2	-3997.9810	0.1000			
3	80.5634	20.0000	82.57	1.497820	0.5386
4	0.0000	5.0000	44.46	1.612660	0.5640
5**	217.1244	22.2724			
6	79.6948	2.6000	40.66	1.883000	0.5668
7	40.7985	0.1000	40.66	1.883000	0.5668
8*	40.7985	0.1000	70.32	1.487490	0.5291
9	40.7985	12.9000	70.32	1.487490	0.5291
10	218.1060	D1			
11	165.1266	5.0000	33.72	1.647690	0.5930

12	-353.3925	2.0000	50.27	1.719990	0.5527	
13	72.3838	D2				
14	0.0000	4.6833				開口絞り
15	82.0212	3.0000	46.59	1.816000	0.5567	
16	30.9460	4.5000	58.82	1.518230	0.5449	
17	107.8431	5.0000				
18	-136.2658	3.0000	36.40	1.620040	0.5878	
19	-42.2848	2.0000	82.57	1.497820	0.5386	
20	55.7038	1.5000				
21	4913.5124	1.2000	67.90	1.593190	0.5440	
22	64.6092	5.0000				
23	49.0265	8.0000	70.32	1.487490	0.5291	
24	-1148.2154	14.1234				
25	66.5966	10.0000	29.35	1.716230	0.5988	
26	-36.9570	2.0000	46.59	1.816000	0.5567	
27	590.1475	1.5997				
28	-132.0620	2.0000	22.74	1.808090	0.6287	
29	61.4838	8.0000	40.98	1.581440	0.5763	
30	-72.5175	BF				
像面		∞				

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	139.1
第2レンズ群	9	-164.9
第3レンズ群	13	-220.1

[0095] この光学系OL2において、第7面は回折光学面である。以下の表6に回折光学面データを示す。また、この光学系OL2において、第5面は非球面形状に形成されている。以下の表6に、非球面のデータ、すなわち円錐定数

K 及び各非球面定数 A4～A8 の値を示す。

[0096] (表 6)

[回折光学面データ]

m	λ_0	n	C2	C4
8	486.1	1.0	-4.34022E-05	-8.23574E-09

[非球面データ]

m	K	A4	A6
5	1.0000	5.12132E-08	-2.38098E-12

[0097] また、この光学系 O L 2 において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上空気間隔 D 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、及び、バックフォーカス B F は、合焦に際して変化する。次の表 7 に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0098] (表 7)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	391.70138	—
β	—	-0.17681
D 0	∞	2240.0000
D 1	5.00000	20.20240
D 2	49.92762	34.72523
B F	43.42236	43.66559

[0099] 次の表 8 に、この光学系 O L 2 における各条件式対応値を示す。なお、条件式 (6) 及び (11) の特定レンズ L p は両凸正レンズ L 11 である。

[0100] (表 8)

[条件式対応値]

$$(1) \theta_{gFp} + 0.0017 \times \nu_{dp} = 0.64$$

$$(2) n_{dp} = 1.46$$

- (3) $\nu d p = 67.8$
- (4) $TL p f / TL = 0.749$
- (5) $\omega = 3.125^\circ$
- (6) $f p / f = 0.71$
- (7) $f / f p f = 0.034$
- (8) $TL / f = 0.66$
- (9) $(-f_2) / f = 0.42$
- (10) $f_1 / f = 0.36$
- (11) $f p / f_1 = 2.01$

[0101] このように、この光学系OL2は、上記条件式(1)～(11)を満足している。

[0102] この光学系OL2の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図4に示す。これらの各収差図より、この光学系OL2は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0103] [第3実施例]

図5は、第3実施例に係る光学系OL3の構成を示す図である。この光学系OL3は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0104] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL11、両凸正レンズL12と両凹負レンズL13とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向け、像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL14、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16とを接合した接合負レンズで構成されている。

また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズL21と両凹負レンズL22を接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL35、両凸レンズL36と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL37とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL38と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL39とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL310と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL311とを接合した接合正レンズで構成されている。この光学系OL3において、特定レンズLpは、正メニスカスレンズL11及び両凸正レンズL12である。

[0105] また、第3実施例に係る光学系OL3は、第3レンズ群G3内の両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL35を防振群Gvrとし、この防振群Gvrを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL3の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0106] 以下の表9に、光学系OL3の諸元の値を掲げる。

[0107] (表9) 第3実施例

[全体諸元]

$$f = 391.55683$$

$$FNO = 5.76338$$

$$\omega = 3.12572$$

$$TL = 229.31850$$

[レンズデータ]

m	r	d	ν_d	n _d	$\theta_g F$
物面	∞	D0			
1	87.2177	9.3393	67.81	1.458440	0.5277
2	4383.2112	0.2500			

3	120.0972	9.4694	67.81	1.458440	0.5277
4	-221.6786	2.5000	44.46	1.612660	0.5640
5	184.6248	2.5000			
6	92.2025	5.7081	64.13	1.516800	0.5357
7	205.1554	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
8*	205.1554	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
9	205.1554	14.9945			
10	56.8204	2.0000	42.73	1.834810	0.5648
11	33.3208	10.3062	70.32	1.487490	0.5291
12	97.1405	D1			
13	134.4152	3.4151	33.72	1.647690	0.5930
14	-380.9586	1.7000	50.27	1.719990	0.5527
15	69.3195	D2			
16	0.0000	3.0000			
17	186.9207	3.0000	46.59	1.816000	0.5567
18	22.9833	4.2254	58.82	1.518230	0.5449
19	334.1726	4.7815			
20	325.7828	3.6000	25.45	1.805180	0.6157
21	-105.8775	1.5000	67.90	1.593190	0.5440
22	54.7317	4.0000			
23	-234.4716	1.5000	67.90	1.593190	0.5440
24	71.7788	4.0000			
25	36.1881	6.9901	39.21	1.595510	0.5806
26	-24.2948	2.0000	82.57	1.497820	0.5386
27	-100.0266	5.0000			
28	-94.0793	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
29	21.6430	4.1037	44.46	1.612660	0.5640
30	44.4968	3.1261			

開口絞り

31	36.2253	10.8162	39.21	1.595510	0.5806
32	-23.2887	2.0000	22.74	1.808090	0.6287
33	-84.8031	BF			

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	120.2
第2レンズ群	13	-178.4
第3レンズ群	17	-73.4

[0108] この光学系OL3において、第8面は回折光学面である。以下の表10に回折光学面データを示す。

[0109] (表10)

[回折光学面データ]

m	$\lambda 0$	n	C2	C4
8	587.6	1.0	-5.00000E-05	3.00000E-10

[0110] また、この光学系OL3において、物体と第1レンズ群G1との軸上空気間隔D0、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D2、及び、バックフォーカスBFは、合焦に際して変化する。次の表11に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0111] (表11)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	391.55683	—
β	—	-0.22229
D0	∞	1770.0000
D1	10.30015	27.23152
D2	43.51142	26.63006

B F 43.71216 43.71217

[0112] 次の表 1 2 に、この光学系 O L 3 における各条件式対応値を示す。なお、条件式 (6) 及び (1 1) の特定レンズ L p は正メニスカスレンズ L 1 1 及び両凸正レンズ L 1 2 である。

[0113] (表 1 2)

[条件式対応値]

$$(1) \theta_{g F p} + 0.0017 \times \nu_{d p} = 0.64$$

$$(2) n_{d p} = 1.46$$

$$(3) \nu_{d p} = 67.8$$

$$(4) T L p f / T L = 0.845$$

$$(5) \omega = 3.126^{\circ}$$

$$(6) f_p / f = 0.44$$

$$(7) f / f_{p f} = 0.039$$

$$(8) T L / f = 0.59$$

$$(9) (-f_2) / f = 0.46$$

$$(10) f_1 / f = 0.31$$

$$(11) f_p / f_1 = 1.43$$

[0114] このように、この光学系 O L 3 は、上記条件式 (1) ~ (1 1) を満足している。

[0115] この光学系 O L 3 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 6 に示す。これらの各収差図より、この光学系 O L 3 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0116] [第 4 実施例]

図 7 は、第 4 実施例に係る光学系 O L 4 の構成を示す図である。この光学系 O L 4 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、負の屈折力を有する第 2 レンズ群 G 2 と、開口絞り S と、負の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第 2 レ

レンズ群G 2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群G fとしている。

[0117] 第1レンズ群G 1は、物体側より順に、両凸正レンズL 1 1、両凸正レンズL 1 2、両凹負レンズL 1 3、物体側に凸面を向け像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL 1 4、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 1 5と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 1 6とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G 2は、物体側より順に、両凸正レンズL 2 1と両凹負レンズL 2 2とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G 3は、物体側より順に、両凹負レンズL 3 1と両凸正レンズL 3 2とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL 3 3と両凹負レンズL 3 4とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL 3 5、両凸正レンズL 3 6と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 7とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL 3 8と両凸正レンズL 3 9とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL 3 10と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 11とを接合した接合正レンズで構成されている。この光学系OL 4において、特定レンズL pは、両凸正レンズL 1 1及び両凸正レンズL 1 2である。

[0118] また、第4実施例に係る光学系OL 4は、第3レンズ群G 3内の両凸正レンズL 3 3と両凹負レンズL 3 4とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL 3 5を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL 4の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0119] 以下の表1 3に、光学系OL 4の諸元の値を掲げる。

[0120] (表1 3) 第4実施例

[全体諸元]

f = 489.82327

F N O = 5.78086

$$\omega = 2.51213$$

$$TL = 279.32359$$

[レンズデータ]

m	r	d	ν d	n d	θ g F
物面	∞	D0			
1	204.8068	9.1948	67.81	1.458440	0.5277
2	-3533.1639	0.1000			
3	111.8695	15.9913	67.81	1.458440	0.5277
4	-311.7558	2.5000			
5	-309.5538	3.3400	44.46	1.612660	0.5640
6	435.5169	6.9234			
7	93.5593	9.5000	64.13	1.516800	0.5356
8	182.0193	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
9*	182.0193	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
10	182.0193	12.7961			
11	104.4147	3.0786	40.66	1.883000	0.5668
12	48.8390	9.5535	82.57	1.497820	0.5386
13	186.1971	D1			
14	269.1019	3.0854	32.18	1.672700	0.5973
15	-331.7517	2.0000	50.27	1.719990	0.5527
16	83.6409	D2			
17	0.0000	4.6833			
18	-151.5099	1.3000	46.59	1.816000	0.5567
19	56.8694	4.2649	58.82	1.518230	0.5449
20	-56.8694	13.6031			
21	55.0331	3.6000	36.40	1.620040	0.5878
22	-66.6260	1.4032	82.57	1.497820	0.5386
23	34.1372	3.0000			

開口絞り

24	-93.6757	1.3000	67.90	1.593190	0.5440
25	55.0638	5.0000			
26	35.3875	6.5475	40.98	1.581440	0.5763
27	-28.9590	1.5000	82.57	1.497820	0.5386
28	-7177.8637	10.0000			
29	-47.3374	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
30	37.1029	4.7800	44.46	1.612660	0.5640
31	-115.4992	0.5000			
32	71.4039	7.6921	40.98	1.581440	0.5763
33	-25.4510	2.0000	22.74	1.808090	0.6287
34	-103.0667	BF			

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	162.4
第2レンズ群	14	-161.6
第3レンズ群	18	-120.6

[0121] この光学系OL4において、第9面は回折光学面である。以下の表14に回折光学面データを示す。

[0122] (表14)

[回折光学面データ]

m	λ_0	n	C2	C4
9	587.6	1.0	-4.06169E-05	3.00000E-10

[0123] また、この光学系OL4において、物体と第1レンズ群G1との軸上空気間隔D0、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D2、及び、バックフォーカスBFは、合焦に際して変化する。次の表15に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0124] (表 1 5)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	489.82327	—
β	—	-0.18048
D 0	∞	2719.9994
D 1	32.86181	49.68961
D 2	28.05274	11.32494
B F	66.67169	66.69529

[0125] 次の表 1 6 に、この光学系 O L 4 における各条件式対応値を示す。なお、条件式 (6) 及び (1 1) の特定レンズ L p は両凸正レンズ L 1 1 及び両凸正レンズ L 1 2 である。

[0126] (表 1 6)

[条件式対応値]

- (1) $\theta_{g F p} + 0.0017 \times \nu_{d p} = 0.64$
- (2) $n_{d p} = 1.46$
- (3) $\nu_{d p} = 67.8$
- (4) $T L p f / T L = 0.829$
- (5) $\omega = 2.512^\circ$
- (6) $f_p / f = 0.37$
- (7) $f / f_{p f} = 0.040$
- (8) $T L / f = 0.57$
- (9) $(-f_2) / f = 0.33$
- (10) $f_1 / f = 0.33$
- (11) $f_p / f_1 = 1.12$

[0127] このように、この光学系 O L 4 は、上記条件式 (1) ~ (1 1) を満足している。

[0128] この光学系 O L 4 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪

曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図8に示す。これらの各収差図より、この光学系OL4は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0129] [第5実施例]

図9は、第5実施例に係る光学系OL5の構成を示す図である。この光学系OL5は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0130] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、両凸正レンズL11、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12、両凸正レンズL13、物体側に凸面を向け像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL14、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL21と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL22とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL31と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL32とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL35、両凸正レンズL36と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL37とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL38と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL39とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL310と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL311とを接合した接合正レンズで構成されている。この光学系OL5において、特定レンズLpは、両凸正レンズL11及び両凸正レンズL13である。

[0131] また、第5実施例に係る光学系OL5は、第3レンズ群G3内の両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL35を防振群Gvrとし、この防振群Gvrを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL5の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0132] 以下の表17に、光学系OL5の諸元の値を掲げる。

[0133] (表17) 第5実施例

[全体諸元]

$$f = 488.59872$$

$$FNO = 5.76786$$

$$\omega = 2.50598$$

$$TL = 279.31876$$

[レンズデータ]

m	r	d	νd	n d	$\theta g F$
物面	∞	D0			
1	222.9609	10.0000	67.81	1.458440	0.5277
2	-435.6133	15.0000			
3	-174.9681	3.3400	44.46	1.612660	0.5640
4	-664.9959	0.1000			
5	134.3167	12.0000	67.81	1.458440	0.5277
6	-390.8474	0.1000			
7	73.6380	9.0000	64.13	1.516800	0.5356
8	176.1958	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
9*	176.1958	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
10	176.1958	26.0240			
11	155.5870	2.7000	40.66	1.883000	0.5668
12	41.1378	11.0000	70.32	1.487490	0.5291
13	443.3927	D1			

14	137.8302	3.5000	33.72	1.647690	0.5930	
15	1091.1076	2.0000	46.59	1.816000	0.5647	
16	73.0993	D2				
17	0.0000	4.5000				開口絞り
18	69.2796	3.0000	46.59	1.816000	0.5567	
19	31.6488	4.5000	58.82	1.518230	0.5449	
20	98.3205	5.0000				
21	84.0035	4.0000	36.40	1.620040	0.5878	
22	-94.0505	2.0000	82.57	1.497820	0.5386	
23	46.2212	3.0000				
24	-151.1635	1.2000	67.90	1.593190	0.5440	
25	63.9888	5.0000				
26	51.2529	8.0000	34.59	1.638326	0.5868	
27	-40.2777	3.0000	82.57	1.497820	0.5386	
28	-419.5901	10.0000				
29	-77.4353	2.0000	46.59	1.816000	0.5567	
30	27.2888	5.0000	44.46	1.612660	0.5640	
31	83.8874	0.5000				
32	46.0842	8.0000	65.04	1.496840	0.5342	
33	-40.4871	2.0000	22.74	1.808090	0.6287	
34	-66.2472	BF				
像面	∞					

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	163.0
第2レンズ群	14	-162.9
第3レンズ群	18	-118.5

[0134] この光学系OL5において、第9面は回折光学面である。以下の表18に

回折光学面データを示す。

[0135] (表 1 8)

[回折光学面データ]

m	$\lambda 0$	n	C 2	C 4
9	587.6	1.0	-4.50000E-05	3.00000E-10

[0136] また、この光学系 O L 5 において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上空気間隔 D 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、及び、バックフォーカス B F は、合焦に際して変化する。次の表 1 9 に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0137] (表 1 9)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	488.59872	—
β	—	-0.18050
D 0	∞	2719.9994
D 1	16.16533	33.07460
D 2	35.18924	18.27997
B F	62.00019	62.00019

[0138] 次の表 2 0 に、この光学系 O L 5 における各条件式対応値を示す。なお、条件式 (6) 及び (1 1) の特定レンズ L p は両凸正レンズ L 1 1 及び両凸正レンズ L 1 3 である。

[0139] (表 2 0)

[条件式対応値]

- (1) $\theta g F p + 0.0017 \times \nu d p = 0.64$
- (2) $n d p = 1.46$
- (3) $\nu d p = 67.8$
- (4) $T L p f / T L = 0.822$

$$(5) \quad \omega = 2.506^\circ$$

$$(6) \quad f_p / f = 0.45$$

$$(7) \quad f / f_p f = 0.044$$

$$(8) \quad TL / f = 0.57$$

$$(9) \quad (-f_2) / f = 0.33$$

$$(10) \quad f_1 / f = 0.33$$

$$(11) \quad f_p / f_1 = 1.35$$

[0140] このように、この光学系OL5は、上記条件式(1)～(11)を満足している。

[0141] この光学系OL5の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図10に示す。これらの各収差図より、この光学系OL5は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0142] [第6実施例]

図11は、第6実施例に係る光学系OL6の構成を示す図である。この光学系OL6は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0143] 第1レンズ群G1は物体側より順に、両凸正レンズL11、両凸正レンズL12と両凹負レンズL13とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向け像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL14、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズL21と両凹負レンズL22とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順

に、両凹負レンズL 3 1 と両凸正レンズL 3 2 とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL 3 3 と両凹負レンズL 3 4 とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL 3 5、両凸正レンズL 3 6 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 7 とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL 3 8 と両凸正レンズL 3 9 とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL 3 1 0 と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 3 1 1 とを接合した接合正レンズで構成されている。この光学系OL 6 において、特定レンズL p は、両凸正レンズL 1 1 及び両凸正レンズL 1 2 である。

[0144] また、第6実施例に係る光学系OL 6 は、第3レンズ群G 3 内の両凸正レンズL 3 3 と両凹負レンズL 3 4 とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL 3 5 を防振群G v r とし、この防振群G v r を光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL 6 の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0145] 以下の表2 1 に、光学系OL 6 の諸元の値を掲げる。

[0146] (表2 1) 第6実施例

[全体諸元]

$$f = 587.61216$$

$$FNO = 5.77779$$

$$\omega = 2.09733$$

$$TL = 332.31886$$

[レンズデータ]

m	r	d	νd	n d	$\theta g F$
物面	∞	D0			
1	324.2990	12.0000	67.81	1.458440	0.5277
2	-433.6786	3.0000			
3	172.1224	16.0000	67.81	1.458440	0.5277
4	-331.2587	5.0000	44.46	1.612660	0.564
5	235.0595	5.0000			

6	99.5891	15.0000	64.13	1.516800	0.5356	
7	231.2035	0.2000	33.36	1.527800	0.6291	
8*	231.2035	0.3000	49.98	1.557147	0.5688	
9	231.2035	40.0000				
10	80.5292	4.0000	40.66	1.883000	0.5668	
11	47.4250	12.0049	70.32	1.487490	0.5291	
12	136.8492	D1				
13	245.0048	4.0428	33.72	1.647690	0.593	
14	-225.7583	3.0000	50.27	1.719990	0.5527	
15	84.8341	D2				
16	0.0000	4.6833				開口絞り
17	-485.6445	3.0000	46.59	1.816000	0.5567	
18	47.9692	4.2775	58.82	1.518230	0.5449	
19	-70.4059	5.0000				
20	60.1829	4.4075	36.40	1.620040	0.5878	
21	-80.3943	2.0000	82.57	1.497820	0.5386	
22	35.8054	4.0000				
23	-102.3684	1.2000	67.90	1.593190	0.544	
24	56.7764	5.0000				
25	36.9282	8.3851	41.51	1.575010	0.5765	
26	-32.0701	3.0000	82.57	1.497820	0.5386	
27	-405.6941	8.2456				
28	-61.4811	2.0000	46.59	1.816000	0.5567	
29	32.1605	4.8352	44.46	1.612660	0.564	
30	-3472.8990	0.5000				
31	62.0741	7.8089	40.98	1.581440	0.5763	
32	-27.0299	3.0000	22.74	1.808090	0.6287	
33	-98.6660	BF				

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	197.5
第2レンズ群	13	-164.7
第3レンズ群	17	-137.5

[0147] この光学系OL6において、第8面は回折光学面である。以下の表22に回折光学面データを示す。

[0148] (表22)

[回折光学面データ]

m	λ_0	n	C2	C4
8	587.6	1.0	-3.60956E-05	-2.00647E-12

[0149] また、この光学系OL6において、物体と第1レンズ群G1との軸上空気間隔D0、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との軸上空気間隔D1、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との軸上空気間隔D2、及び、バックフォーカスBFは、合焦に際して変化する。次の表23に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0150] (表23)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	587.61216	—
β	—	-0.15998
D0	∞	3666.9991
D1	29.66812	46.79181
D2	45.78410	28.72041
BF	65.97569	65.97568

[0151] 次の表24に、この光学系OL6における各条件式対応値を示す。なお、条件式(6)及び(11)の特定レンズLpは両凸正レンズL11及び両凸

正レンズL 1 2である。

[0152] (表 2 4)

[条件式対応値]

$$(1) \theta_{gfp} + 0.0017 \times \nu_{dp} = 0.64$$

$$(2) n_{dp} = 1.46$$

$$(3) \nu_{dp} = 67.8$$

$$(4) TL_{pf} / TL = 0.831$$

$$(5) \omega = 2.097^\circ$$

$$(6) f_p / f = 0.42$$

$$(7) f / f_{pf} = 0.042$$

$$(8) TL / f = 0.57$$

$$(9) (-f_2) / f = 0.28$$

$$(10) f_1 / f = 0.34$$

$$(11) f_p / f_1 = 1.26$$

[0153] このように、この光学系OL 6は、上記条件式(1)～(11)を満足している。

[0154] この光学系OL 6の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図12に示す。これらの各収差図より、この光学系OL 6は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0155] [第7実施例]

図13は、第7実施例に係る光学系OL 7の構成を示す図である。この光学系OL 7は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0156] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、両凸正レンズL11、両凸正レン

ズ L_{12} と両凹負レンズ L_{13} とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向け像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズ L_{14} 、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{15} と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{16} とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズ L_{21} と両凹負レンズ L_{22} とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に、両凹負レンズ L_{31} と両凸正レンズ L_{32} とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズ L_{33} 、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{34} と両凹負レンズ L_{35} とを接合した接合負レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{36} 、両凸正レンズ L_{37} と両凹負レンズ L_{38} とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズ L_{39} と両凹負レンズ L_{310} とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズ L_{311} と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{312} の接合負レンズ、及び、両凸正レンズ L_{313} と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L_{314} の接合正レンズで構成されている。この光学系OL7において、特定レンズ L_p は、両凸正レンズ L_{11} 及び両凸正レンズ L_{12} である。

[0157] また、第7実施例に係る光学系OL7は、第3レンズ群G3内の両凹負レンズ L_{33} 、及び、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L_{34} と両凹負レンズ L_{35} とを接合した接合負レンズを防振群Gvrとし、この防振群Gvrを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL7の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0158] 以下の表25に、光学系OL7の諸元の値を掲げる。

[0159] (表25) 第7実施例

[全体諸元]

$f = 782.77561$

$FNO = 8.16266$

$$\omega = 1.56482$$

$$TL = 359.32092$$

[レンズデータ]

m	r	d	ν d	n d	θ g F
物面	∞	D0			
1	226.9255	10.7424	67.81	1.458440	0.5277
2	-989.7333	0.1000			
3	181.3998	13.2172	67.81	1.458440	0.5277
4	-505.3613	3.3400	44.46	1.612660	0.5640
5	664.5070	0.1000			
6	118.8290	9.5000	64.13	1.516800	0.5356
7	466.4563	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
8*	466.4563	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
9	466.4563	40.0000			
10	393.8512	2.7000	40.66	1.883000	0.5668
11	65.0393	9.6422	70.32	1.487490	0.5291
12	419.9596	D1			
13	2126.1623	3.5000	33.72	1.647690	0.5930
14	-571.9841	2.0000	50.27	1.719990	0.5527
15	187.7815	D2			
16	0.0000	4.6833			開口絞り
17	-154.0354	3.0000	46.59	1.816000	0.5567
18	54.7996	4.5000	58.82	1.518230	0.5449
19	-56.1218	7.6832			
20	-207.4904	2.0000	67.90	1.593190	0.5440
21	125.8893	1.5000			
22	-335.4755	5.0000	36.40	1.620040	0.5878
23	-41.8379	2.0000	82.57	1.497820	0.5386

24	83.1108	5.0000			
25	31.7152	7.0000	70.32	1.487490	0.5291
26	161.1729	12.4523			
27	57.8643	6.0000	41.51	1.575010	0.5765
28	-40.8391	2.0000	82.57	1.497820	0.5386
29	27.8758	0.4145			
30	32.9458	7.0000	44.46	1.612660	0.5640
31	-25.2871	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
32	12183.2050	6.1961			
33	-60.4074	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
34	21.2687	5.0000	44.46	1.612660	0.5640
35	59.8801	1.0000			
36	35.8476	10.0000	40.98	1.581440	0.5763
37	-27.2356	2.0000	22.74	1.808090	0.6287
38	-129.6802	BF			

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	245.5
第2レンズ群	13	-273.8
第3レンズ群	17	-81.3

[0160] この光学系OL7において、第8面は回折光学面である。以下の表26に回折光学面データを示す。

[0161] (表26)

[回折光学面データ]

m	λ_0	n	C2	C4
8	587.6	1.0	-3.36077E-05	3.32320E-10

[0162] また、この光学系OL7において、物体と第1レンズ群G1との軸上空気

間隔D 0、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔D 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔D 2、及び、バックフォーカスB Fは、合焦に際して変化する。次の表2 7に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0163] (表2 7)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	782.77561	—
β	—	-0.17047
D 0	∞	4640.0001
D 1	34.81055	59.45586
D 2	59.84762	35.20231
B F	70.89135	70.89057

[0164] 次の表2 8に、この光学系O L 7における各条件式対応値を示す。なお、条件式(6)及び(1 1)の特定レンズL pは両凸正レンズL 1 1及び両凸正レンズL 1 2である。

[0165] (表2 8)

[条件式対応値]

- (1) $\theta_{g F p} + 0.0017 \times \nu_{d p} = 0.64$
- (2) $n_{d p} = 1.46$
- (3) $\nu_{d p} = 67.8$
- (4) $T L_{p f} / T L = 0.896$
- (5) $\omega = 1.565^\circ$
- (6) $f_p / f = 0.37$
- (7) $f / f_{p f} = 0.053$
- (8) $T L / f = 0.46$
- (9) $(-f_2) / f = 0.35$
- (10) $f_1 / f = 0.31$

$$(11) \quad f_p / f_1 = 1.20$$

[0166] このように、この光学系OL7は、上記条件式(1)～(11)を満足している。

[0167] この光学系OL7の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図14に示す。これらの各収差図より、この光学系OL7は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0168] [第8実施例]

図15は、第8実施例に係る光学系OL8の構成を示す図である。この光学系OL8は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4と、正の屈折力を有する第5レンズ群G5と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第6レンズ群G6と、を備え、広角端状態から望遠端状態に変倍する際に、第4レンズ群G4及び第5レンズ群G5をそれぞれ光軸に沿って像側に移動させ、また、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0169] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL11、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL12と両凸正レンズL13とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL14、及び、物体側に凸面を向け像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL15で構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凹負レンズL21、及び、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL22と両凹負レンズL23とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群は、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL31で構成されている。また、第4レンズ群G4は、物体側より順に、両凹負レンズL41、両凸正レンズL42と両凹負レンズL42とを接合した接合負レンズ、及び、像側に凸面を向けた負

メニスカスレンズL 4 3で構成されている。また、第5レンズ群G 5は、物体側より順に、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 5 1、及び、両凸正レンズL 5 2と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 5 3とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第6レンズ群G 6は、物体側より順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 6 1と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6 2とを接合した接合正レンズ、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6 3、両凸正レンズL 6 4と両凹負レンズL 6 5とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL 6 6と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL 6 7、両凸正レンズL 6 8と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL 6 9とを接合した接合正レンズ、及び、フィルターF Lで構成されている。この光学系O L 8において、特定レンズL pは、両凸正レンズL 1 3及び両凸正レンズL 1 4である。

[0170] また、第8実施例に係る光学系O L 8は、第6レンズ群G 6内の両凸正レンズL 6 4と両凹負レンズL 6 5とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL 6 6を防振群G v rとし、この防振群G v rを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系O L 8の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0171] 以下の表2 9に、光学系O L 8の諸元の値を掲げる。

[0172] (表2 9) 第8実施例

[全体諸元]

変倍状態	広角端	望遠端
f	= 204.00513	~ 391.93795
F N O	= 4.21502	~ 4.21590
ω	= 6.00919	~ 3.11657
T L	= 399.31863	~ 399.31855

[レンズデータ]

m	r	d	ν d	n d	θ g F
物面	∞	D0			

1	2000.2500	4.0000	64.11	1.516800	0.5357
2	1998.7500	1.9000			
3	565.8356	5.3000	28.69	1.795040	0.6065
4	135.0772	14.0000	67.81	1.458440	0.5277
5	-470.8531	0.2730			
6	143.9670	11.0000	67.81	1.458440	0.5277
7	-925.6578	0.1560			
8	147.6091	9.5000	63.88	1.516800	0.5360
9	596.6127	0.2000	33.43	1.527793	0.6331
10*	730.7648	0.2000	49.78	1.557095	0.5627
11	618.3970	D1			
12	-271.6692	2.9000	47.35	1.788000	0.5559
13	127.4240	9.0000			
14	-774.9650	4.0000	23.78	1.846660	0.6204
15	-145.0491	2.9000	65.46	1.603001	0.5405
16	905.9351	D2			
17	-213.9412	5.4000	39.58	1.804398	0.5728
18	-100.7028	D3			
19	-864.5308	1.9000	55.52	1.696797	0.5432
20	108.8847	2.0540			
21	792.4622	4.5000	23.78	1.846660	0.6204
22	-82.8503	1.9000	60.09	1.639999	0.5376
23	114.7210	3.9430			
24	-70.6181	1.9000	60.09	1.639999	0.5376
25	-1030.5263	D4			
26	-400.0133	3.5000	65.46	1.603001	0.5405
27	-124.8088	0.5000			
28	166.2045	6.0000	65.46	1.603001	0.5405

29	-68.2288	1.9000	28.54	1.795040	0.6074
30	-168.6990	D5			
31	0.0000	1.0000			開口絞り
32	78.8152	2.0000	33.89	1.803840	0.5907
33	57.6163	4.5000	65.46	1.603001	0.5405
34	745.7267	0.1000			
35	81.7625	4.0000	65.46	1.603001	0.5405
36	162.6622	24.4126			
37	947.9766	3.3000	23.78	1.846660	0.6204
38	-61.3213	1.6000	52.67	1.741000	0.5460
39	71.8066	4.5000			
40	-469.5278	1.6000	52.67	1.741000	0.5460
41	97.9742	4.8121			
42	-845.7711	4.0000	82.51	1.497820	0.5390
43	-74.5393	0.1000			
44	75.8394	6.5000	60.09	1.639999	0.5376
45	-47.8671	1.7000	23.78	1.846660	0.6204
46	-1001.2225	10.6680			
47	0.0000	2.0000	64.11	1.516800	0.5357
48	0.0000	BF			

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	158.8
第2レンズ群	12	-108.9
第3レンズ群	17	231.6
第4レンズ群	19	-54.5
第5レンズ群	26	113.6

第 6 レンズ群 32 167.0

[0173] この光学系 O L 8 において、第 10 面は回折光学面である。以下の表 30 に回折光学面データを示す。

[0174] (表 30)

[回折光学面データ]

m	$\lambda 0$	n	C2	C4
10	587.5	1.0	-3.03990E-05	8.05326E-10

[0175] また、この光学系 O L 8 において、物体と第 1 レンズ群 G 1 との軸上空気間隔 D 0、第 1 レンズ群 G 1 と第 2 レンズ群 G 2 との軸上空気間隔 D 1、第 2 レンズ群 G 2 と第 3 レンズ群 G 3 との軸上空気間隔 D 2、第 3 レンズ群 G 3 と第 4 レンズ群 G 4 との軸上空気間隔 D 3、第 4 レンズ群 G 4 と第 5 レンズ群 G 5 との軸上空気間隔 D 4、第 5 レンズ群 G 5 と第 6 レンズ群 G 6 との軸上空気間隔 D 5、及び、バックフォーカス B F は、変倍及び合焦に際して変化する。次の表 31 に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態の各々での広角端状態及び望遠端状態における可変間隔を示す。

[0176] (表 31)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠		近距離	
変倍状態	広角端	望遠端	広角端	望遠端
f	204.00513	391.93795	—	—
β	—	—	-0.13660	-0.26243
D 0	0.0000	0.0000	1599.9999	1600.0001
D 1	52.66350	52.66350	70.20331	70.20331
D 2	20.90246	20.90246	3.36266	3.36266
D 3	4.30381	58.23908	4.30381	58.23908
D 4	27.53863	2.51376	27.53863	2.51376
D 5	35.09215	6.18176	35.09215	6.18176
B F	83.19937	83.19928	83.19941	83.19942

[0177] 次の表 3 2 に、この光学系 O L 8 における各条件式対応値を示す。なお、条件式 (6) 及び (11) の特定レンズ L p は両凸正レンズ L 13 及び両凸正レンズ L 14 である。また、この第 8 実施例の光学系 O L 8 のような、変倍により焦点距離が変化する多焦点レンズの場合は、条件式 (4) ~ (10) における無限遠合焦状態の値は、望遠端状態における無限遠合焦状態の値である。

[0178] (表 3 2)

[条件式対応値]

$$(1) \theta_{gfp} + 0.0017 \times \nu_{dp} = 0.64$$

$$(2) n_{dp} = 1.46$$

$$(3) \nu_{dp} = 67.8$$

$$(4) TL_{pf} / TL = 0.884$$

$$(5) \omega = 3.117^\circ$$

$$(6) f_p / f = 0.59$$

$$(7) f / f_{pf} = 0.024$$

$$(8) TL / f = 1.02$$

$$(9) (-f_2) / f = 0.28$$

$$(10) f_1 / f = 0.41$$

$$(11) f_p / f_1 = 1.45$$

[0179] このように、この光学系 O L 8 は、上記条件式 (1) ~ (11) を満足している。

[0180] この光学系 O L 8 の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図 16 に示す。これらの各収差図より、この光学系 O L 8 は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0181] [第 9 実施例]

図 17 は、第 9 実施例に係る光学系 O L 9 の構成を示す図である。この光学系 O L 9 は、物体側から順に、正の屈折力を有する第 1 レンズ群 G 1 と、

負の屈折力を有する第2レンズ群G2と、開口絞りSと、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、無限遠から近距離物体へ合焦する際に、第2レンズ群G2を光軸に沿って像側に移動させて合焦を行う合焦群Gfとしている。

[0182] 第1レンズ群G1は、物体側より順に、両凸正レンズL11、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL12、両凹負レンズL13、物体側に凸面を向け像側のレンズ面に2種類の異なる材料を用いた密着複層型の回折光学素子GDが形成された正メニスカスレンズL14、及び、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL15と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL16とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側より順に、両凸正レンズL21と両凹負レンズL22とを接合した接合負レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3は、物体側より順に、両凹負レンズL31と両凸正レンズL32とを接合した接合負レンズ、両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、両凹負レンズL35、両凸正レンズL36と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL37とを接合した接合正レンズ、両凹負レンズL38と両凸正レンズL39とを接合した接合負レンズ、及び、両凸正レンズL310と像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL311とを接合した接合正レンズで構成されている。また、第3レンズ群G3と像面Iとの間にフィルターFLが配置されている。この光学系OL9において、特定レンズLpは、正メニスカスレンズL12である。

[0183] また、第9実施例に係る光学系OL9は、第3レンズ群G3内の両凸正レンズL33と両凹負レンズL34とを接合した接合負レンズ、及び、両凹負レンズL35を防振群Gvrとし、この防振群Gvrを光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動させることにより、光学系OL9の振動等に起因する像位置の変更が補正されるように構成されている。

[0184] 以下の表33に、光学系OL9の諸元の値を掲げる。

[0185] (表33) 第9実施例

[全体諸元]

$f = 489.69305$

$FNO = 5.77468$

$\omega = 2.51316$

$TL = 280.00580$

[レンズデータ]

m	r	d	νd	n d	$\theta g F$
物面	∞	D0			
1	154.7170	13.3423	70.32	1.487490	0.5291
2	-373.7948	0.1000			
3	108.5916	10.2732	95.23	1.433848	0.5386
4	276.4409	4.3514			
5	-648.1452	3.3400	38.03	1.603420	0.5835
6	1153.8182	16.2602			
7	93.5593	9.5000	64.13	1.516800	0.5356
8	182.0193	0.2000	33.36	1.527800	0.6291
9*	182.0193	0.3000	49.98	1.557147	0.5688
10	182.0193	7.4326			
11	164.0558	3.7389	40.66	1.883000	0.5668
12	50.6798	9.2324	71.34	1.569076	0.5453
13	225.4712	D1			
14	472.5163	3.5000	32.18	1.672700	0.5973
15	-320.2508	2.0000	50.27	1.719990	0.5527
16	94.1514	D2			
17	0.0000	4.6833			
18	-204.5990	1.3000	46.59	1.816000	0.5567
19	48.1309	3.9393	58.82	1.518230	0.5449
20	-53.1763	8.5000			

開口絞り

21	55.0000	3.6941	36.40	1.620040	0.5878
22	-61.1341	1.3000	82.57	1.497820	0.5386
23	33.8909	3.0000			
24	-88.8675	1.3000	67.90	1.593190	0.5440
25	51.7717	5.0000			
26	33.6232	6.8287	40.98	1.581440	0.5763
27	-28.5039	1.5000	82.57	1.497820	0.5386
28	-1208.1355	9.8572			
29	-43.7623	2.0000	46.59	1.816000	0.5567
30	33.7661	5.0145	44.46	1.612660	0.5640
31	-112.8242	0.5000			
32	64.9271	7.8784	40.98	1.581440	0.5763
33	-25.3083	2.0000	22.74	1.808090	0.6287
34	-105.9897	65.6394			
35	0.0000	2.0000	63.88	1.516800	0.5360
36	0.0000	0.0000			

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

レンズ群	始面	焦点距離
第1レンズ群	1	165.3
第2レンズ群	14	-157.8
第3レンズ群	18	-129.9

[0186] この光学系OL9において、第9面は回折光学面である。以下の表34に回折光学面データを示す。

[0187] (表34)

[回折光学面データ]

m	λ_0	n	C2	C4
9	587.6	1.0	-3.90000E-05	3.40226E-10

[0188] また、この光学系OL 9において、物体と第1レンズ群G 1との軸上空気間隔D 0、第1レンズ群G 1と第2レンズ群G 2との軸上空気間隔D 1、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3との軸上空気間隔D 2、及び、フィルターFLと像面Iとの軸上空気間隔BFは、合焦に際して変化する。次の表35に、無限遠合焦状態及び近距離合焦状態における可変間隔を示す。

[0189] (表35)

[可変間隔データ]

合焦状態	無限遠	近距離
f	489.69305	—
β	—	-0.18117
D 0	∞	2720.0000
D 1	27.23120	44.04470
D 2	33.26880	16.55530
B F	0.00000	0.02760

[0190] 次の表36に、この光学系OL 9における各条件式対応値を示す。なお、条件式(6)及び(11)の特定レンズL pは正メニスカスレンズL 12である。

[0191] (表36)

[条件式対応値]

- (1) $\theta_{gfp} + 0.0017 \times \nu_{dp} = 0.70$
- (2) $n_{dp} = 1.43$
- (3) $\nu_{dp} = 95.23$
- (4) $TL_{pf} / TL = 0.795$
- (5) $\omega = 2.513^\circ$
- (6) $f_p / f = 0.82$
- (7) $f / f_{pf} = 0.038$
- (8) $TL / f = 0.57$
- (9) $(-f_2) / f = 0.32$

$$(10) f_1 / f = 0.34$$

$$(11) f_p / f_1 = 2.44$$

[0192] このように、この光学系OL9は、上記条件式(1)～(11)を満足している。

[0193] この光学系OL9の無限遠合焦状態における球面収差図、非点収差図、歪曲収差図、倍率色収差図及びコマ収差図を図18に示す。これらの各収差図より、この光学系OL9は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

符号の説明

[0194] 1 カメラ（光学機器） OL (OL1～OL9) 光学系
G1 第1レンズ群 G2 第2レンズ群 (Gf 合焦群)
G3 第3レンズ群 Gvr 防振群
GD 回折光学素子 Lp 特定レンズ S 開口絞り

請求の範囲

- [請求項1] 回折光学素子と、
少なくとも一つの、結晶性ガラスから形成されたレンズと、を有する光学系。
- [請求項2] 前記レンズは、次式の条件を満足する請求項1に記載の光学系。

$$\theta_{gFp} + 0.0017 \times \nu_{dp} < 0.730$$
 但し、
 θ_{gFp} : 前記レンズの媒質の部分分散比
 ν_{dp} : 前記レンズの媒質のd線に対するアッペ数
- [請求項3] 次式の条件を満足する請求項1または2に記載の光学系。

$$n_{dp} < 1.48$$
 但し、
 n_{dp} : 前記レンズの媒質のd線に対する屈折率
- [請求項4] 次式の条件を満足する請求項1～3のいずれか一項に記載の光学系。

$$\nu_{dp} < 97.0$$
 但し、
 ν_{dp} : 前記レンズの媒質のd線に対するアッペ数
- [請求項5] 前記レンズは、次式の条件を満足する請求項1～4のいずれか一項に記載の光学系。

$$\theta_{gFp} + 0.0017 \times \nu_{dp} < 0.670$$
 但し、
 θ_{gFp} : 前記レンズの媒質の部分分散比
 ν_{dp} : 前記レンズの媒質のd線に対するアッペ数
- [請求項6] 次式の条件を満足する請求項1～5のいずれか一項に記載の光学系。

$$\nu_{dp} < 80.0$$
 但し、

$\nu d p$: 前記レンズの媒質の d 線に対するアッペ数

[請求項7] 次式の条件を満足する請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の光学系

。

$$0.40 < TLpf / TL < 1.00$$

但し、

TL : 無限遠合焦状態における当該光学系の全長

$TLpf$: 無限遠合焦状態における像面から回折光学素子の回折光学面までの光軸上の距離

[請求項8] 次式の条件を満足する請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の光学系

。

$$0.50^\circ < \omega < 6.00^\circ$$

但し、

ω : 無限遠合焦状態における当該光学系の半画角

[請求項9] 前記回折光学素子よりも物体側に、少なくとも一つの前記レンズを有する請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項10] 前記回折光学素子よりも物体側に少なくとも一つの負レンズを有する請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項11] 次式の条件を満足する請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.20 < fp / f < 1.50$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における当該光学系の焦点距離

fp : 前記レンズの焦点距離（前記レンズが複数ある場合は、焦点距離の最も短い前記レンズの焦点距離）

[請求項12] 次式の条件を満足する請求項 1 ～ 11 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00 < f / fpf < 0.10$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における当該光学系の焦点距離

$f_p f$: 前記回折光学素子の回折光学面の焦点距離

[請求項13] 次式の条件を満足する請求項1～12のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.30 < TL/f < 1.50$$

但し、

TL : 無限遠合焦状態における当該光学系の全長

f : 無限遠合焦状態における当該光学系の焦点距離

[請求項14] 前記回折光学素子よりも物体側に、少なくとも二つの前記レンズを有する請求項1～13のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項15] 物体側から順に、
正の屈折力を有する第1レンズ群と、
負の屈折力を有する第2レンズ群と、
第3レンズ群と、を有し、
前記第2レンズ群は、光軸に沿って移動させることで合焦を行う合焦群である請求項1～14のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項16] 前記レンズは、前記合焦群よりも物体側に配置される請求項15に記載の光学系。

[請求項17] 前記合焦群は、無限遠から近距離物体へ合焦する際に像側へ移動する請求項15または16に記載の光学系。

[請求項18] 前記合焦群は、正レンズ成分を少なくとも一つ有する請求項15～17のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項19] 前記第3レンズ群は、光軸と直交する方向の変位成分を持つように移動する防振群を有する請求項15～18のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項20] 次式の条件を満足する請求項15～19のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.15 < (-f_2)/f < 0.70$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における当該光学系の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項21] 次式の条件を満足する請求項15～19のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.20 < f_1 / f < 0.55$$

但し、

f : 無限遠合焦状態における当該光学系の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[請求項22] 次式の条件を満足する請求項15～21のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00 < f_p / f_1 < 4.00$$

但し、

f_p : 前記レンズの焦点距離（前記レンズが複数ある場合は、焦点距離の最も短い前記レンズの焦点距離）

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[請求項23] 前記レンズは、主成分を二酸化ケイ素（ SiO_2 ）で構成する結晶材である請求項1～22のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項24] 請求項1～23のいずれか一項に記載の光学系を有する光学機器。

[請求項25] 回折光学素子を配置するステップと、
少なくとも一つの、結晶性ガラスから形成されたレンズを配置するステップと、を有する光学系の製造方法。

[請求項26] 前記レンズは、最も物体側に配置される請求項1に記載の光学系。

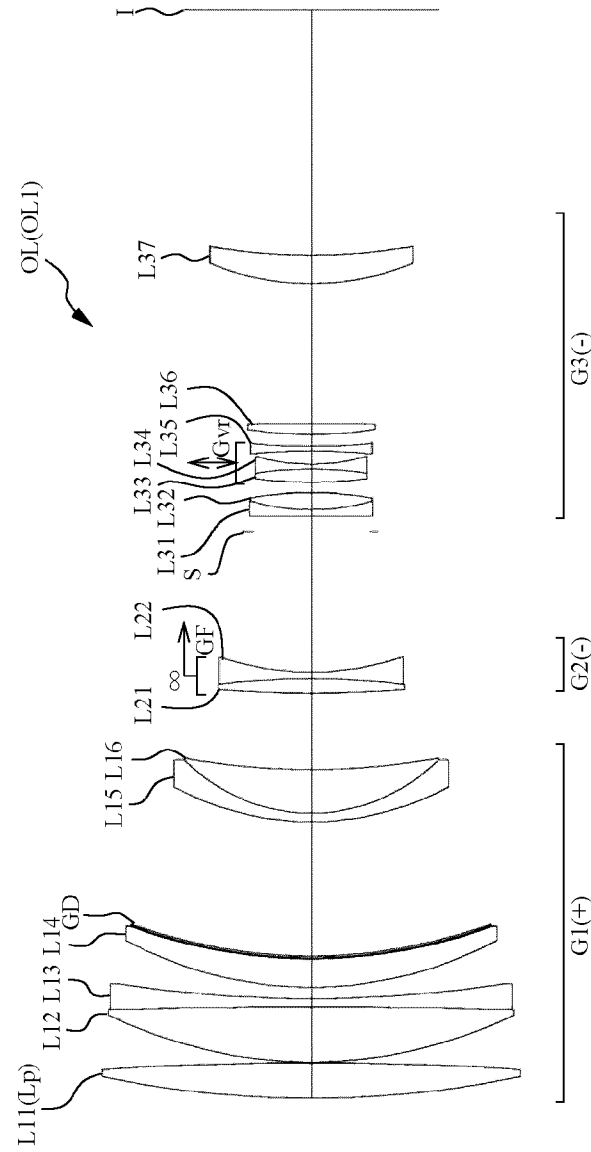
[請求項27] 前記レンズを複数配置する際は、前記レンズの間にその他のレンズを含まない請求項1に記載の光学系。

[請求項28] 前記回折光学素子は、前記回折光学素子が配置されるレンズの像面側に配置される請求項1に記載の光学系。

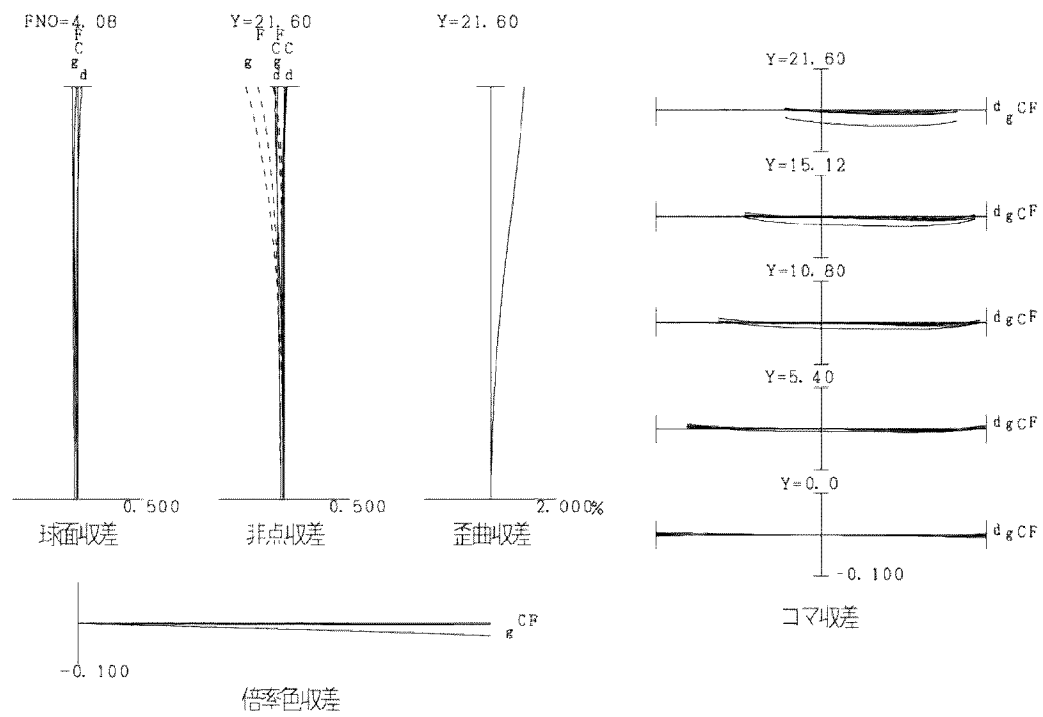
[請求項29] 前記レンズと前記回折光学素子が配置されるレンズとは隣接して配

置される請求項 28 に記載の光学系。

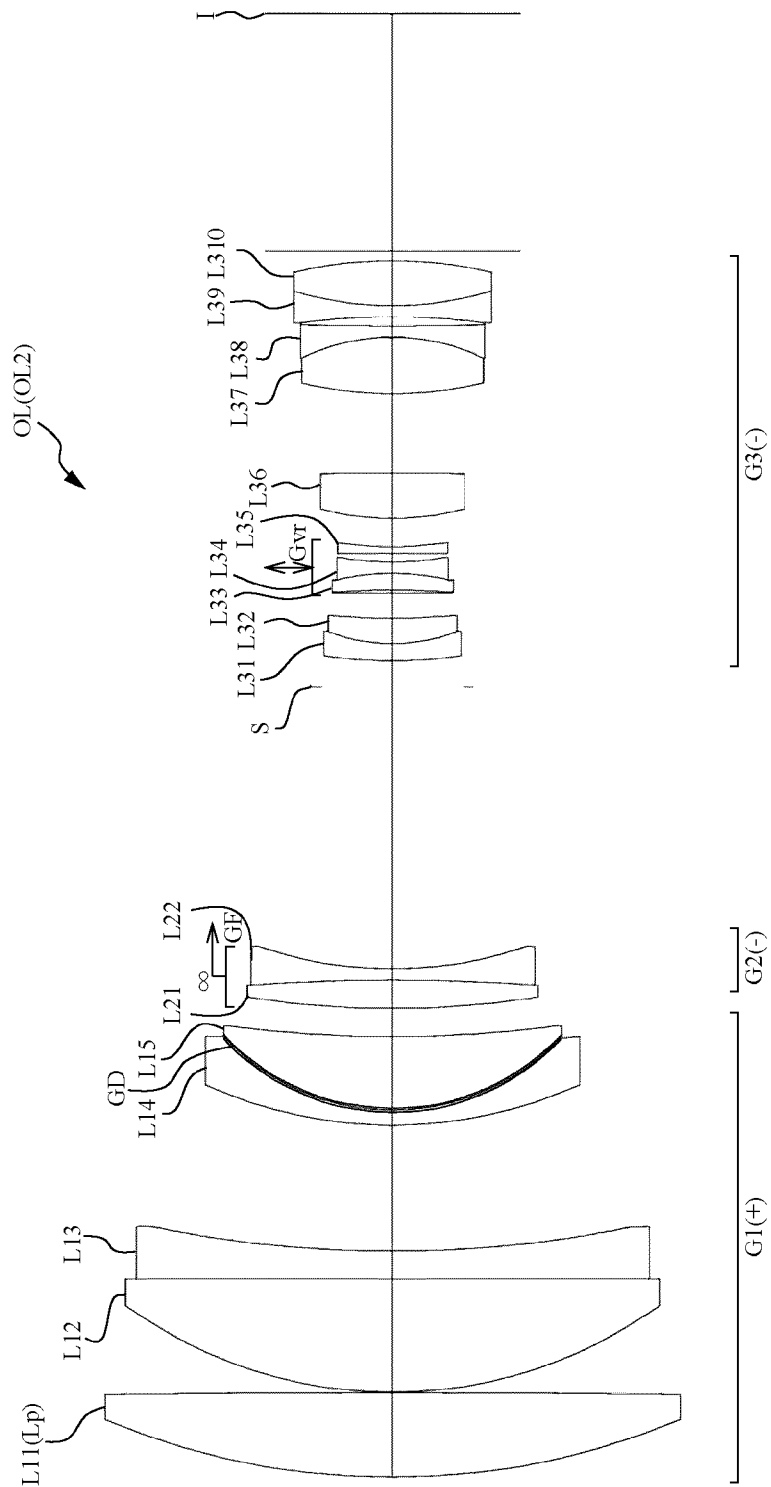
[図1]



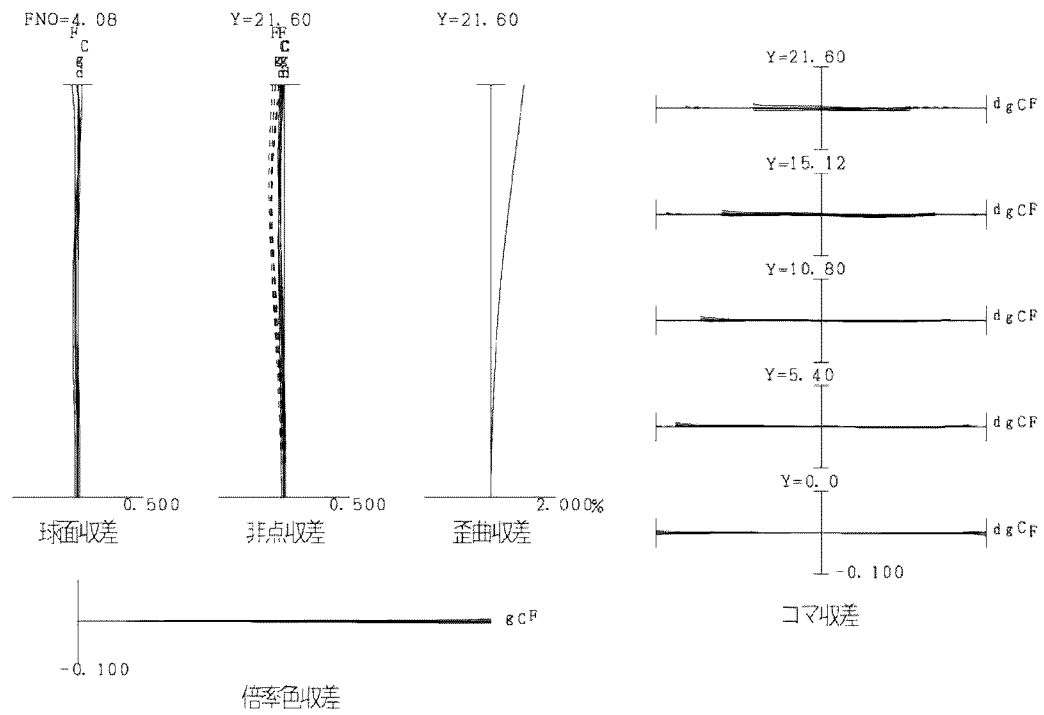
[図2]



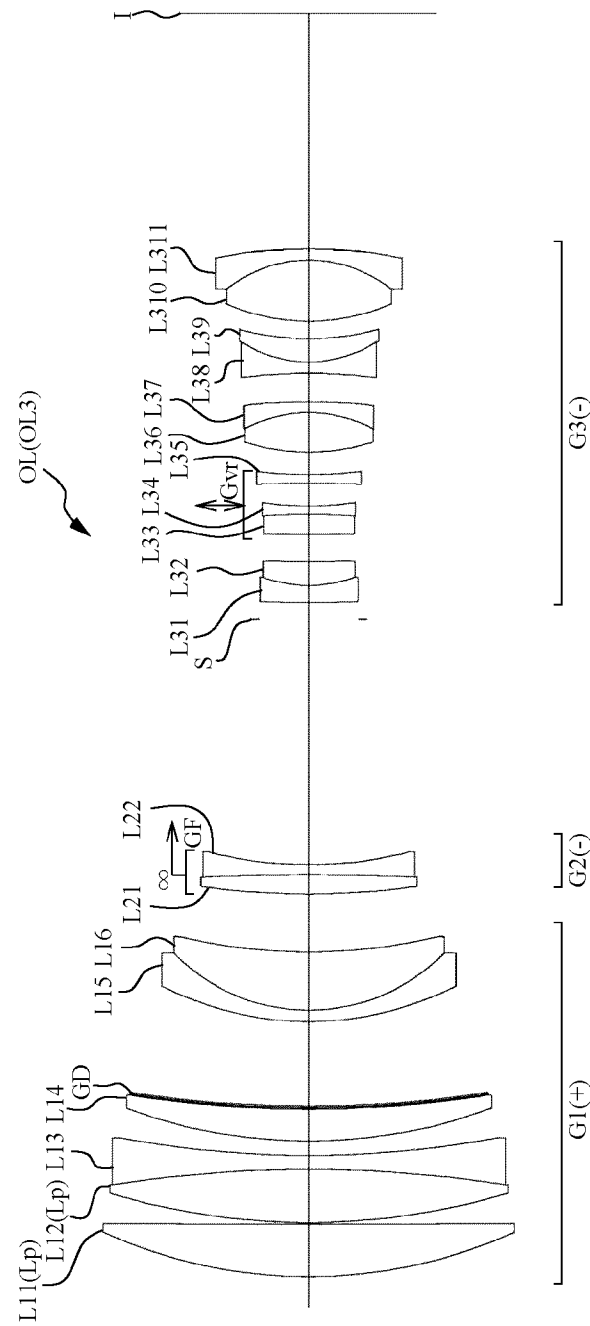
[図3]



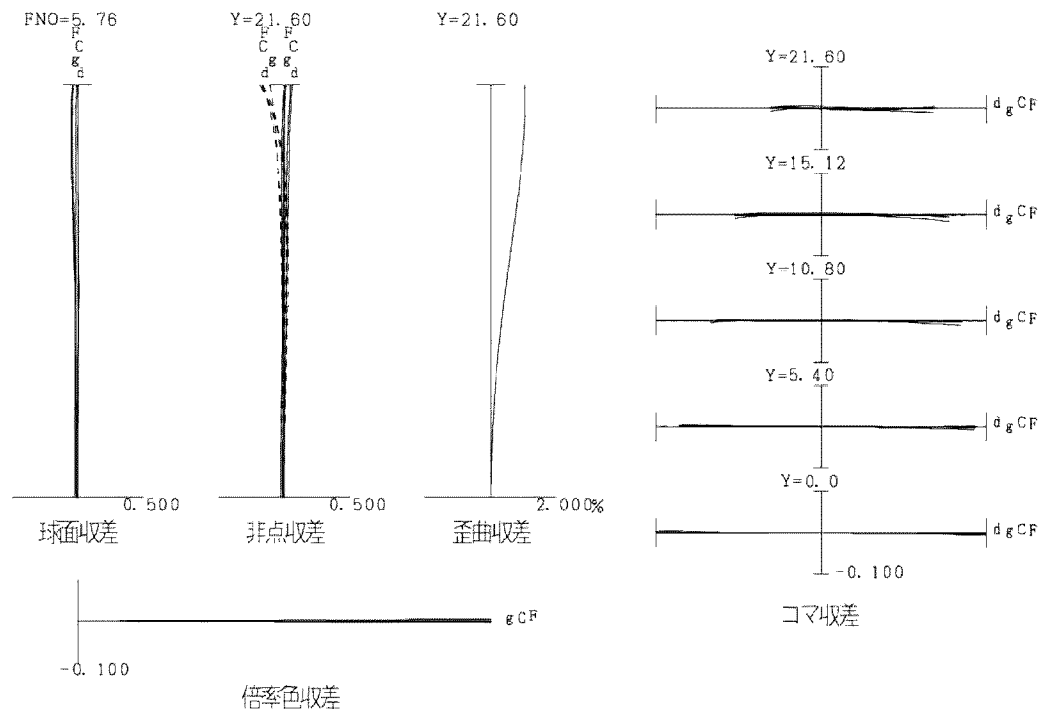
[図4]



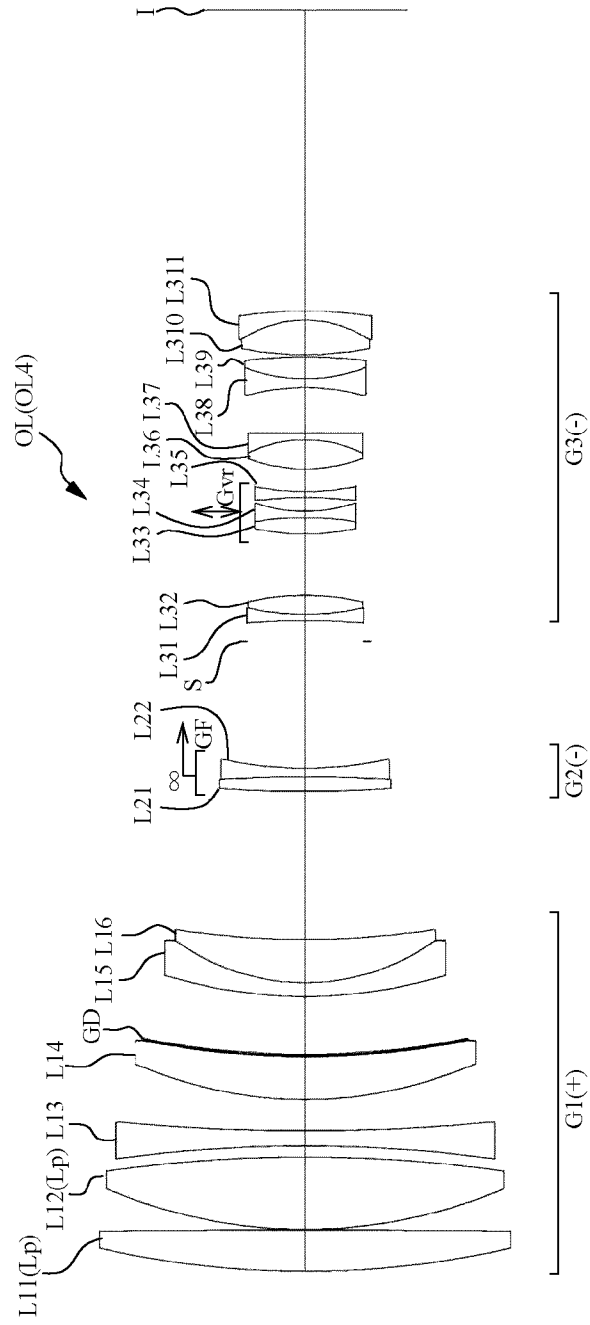
[図5]



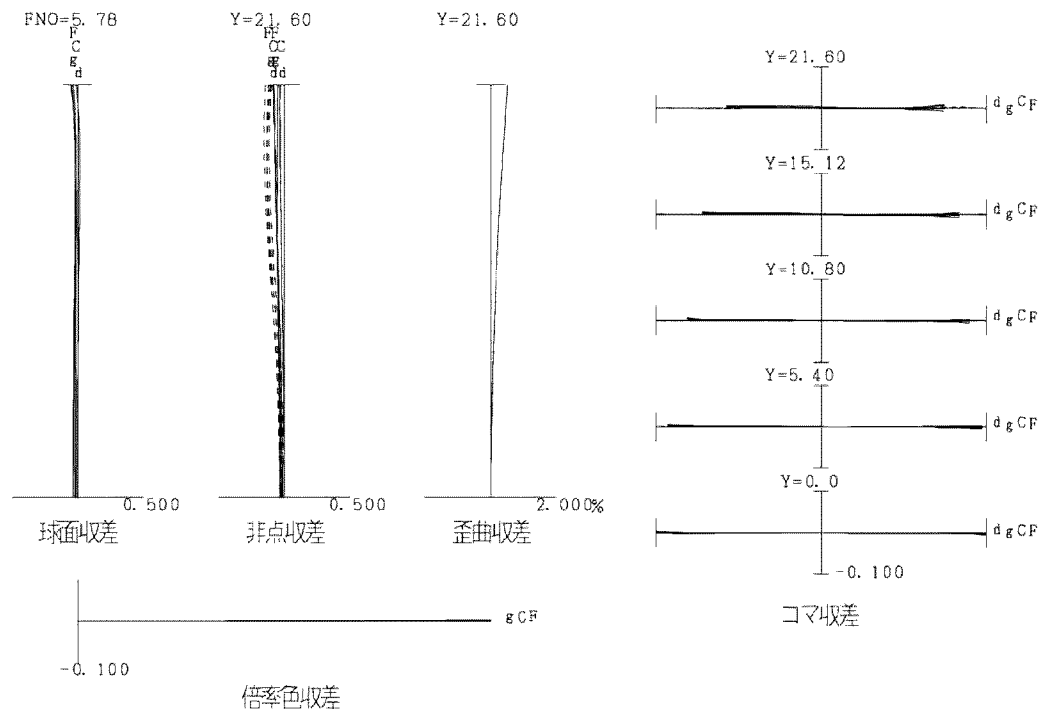
[図6]



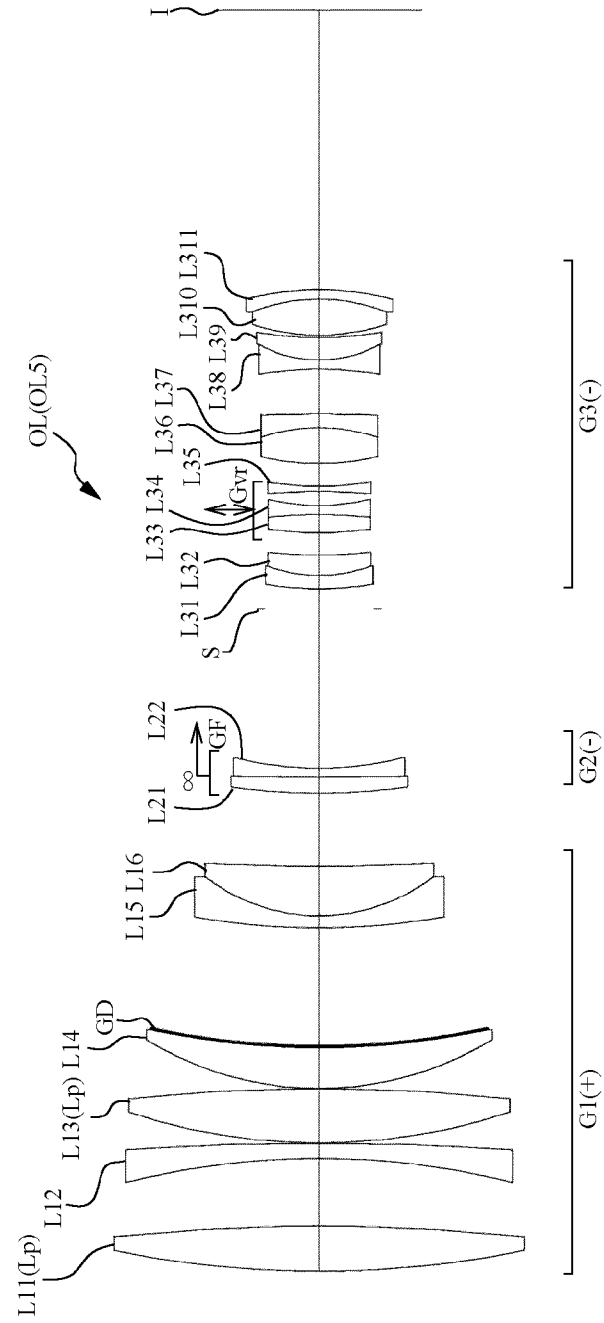
[図7]



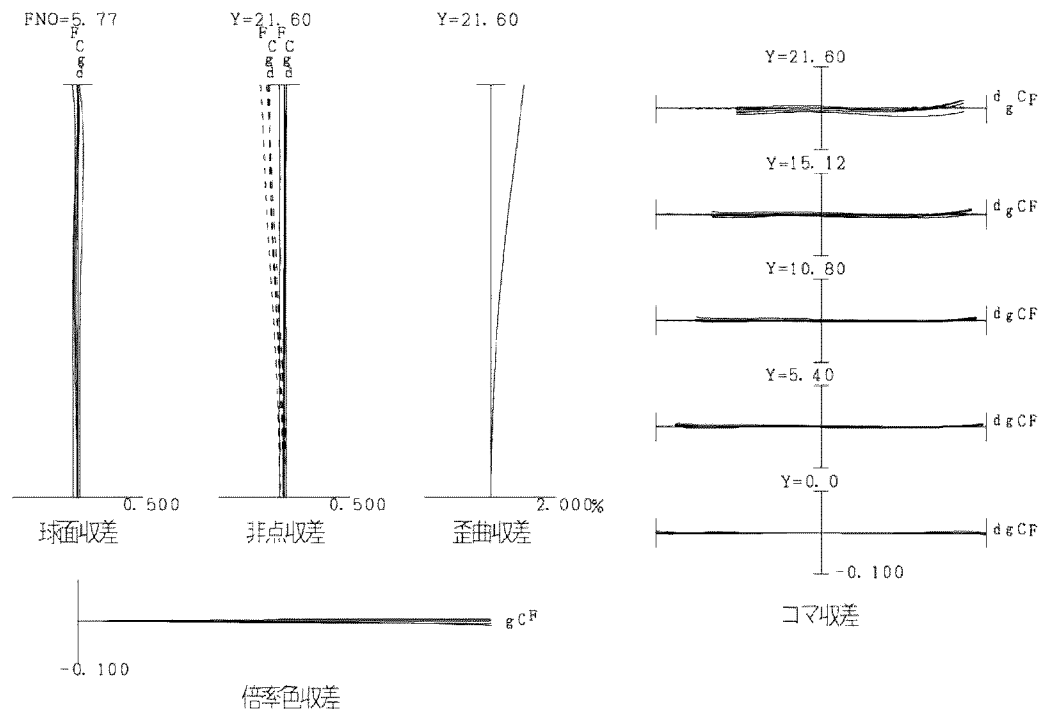
[図8]



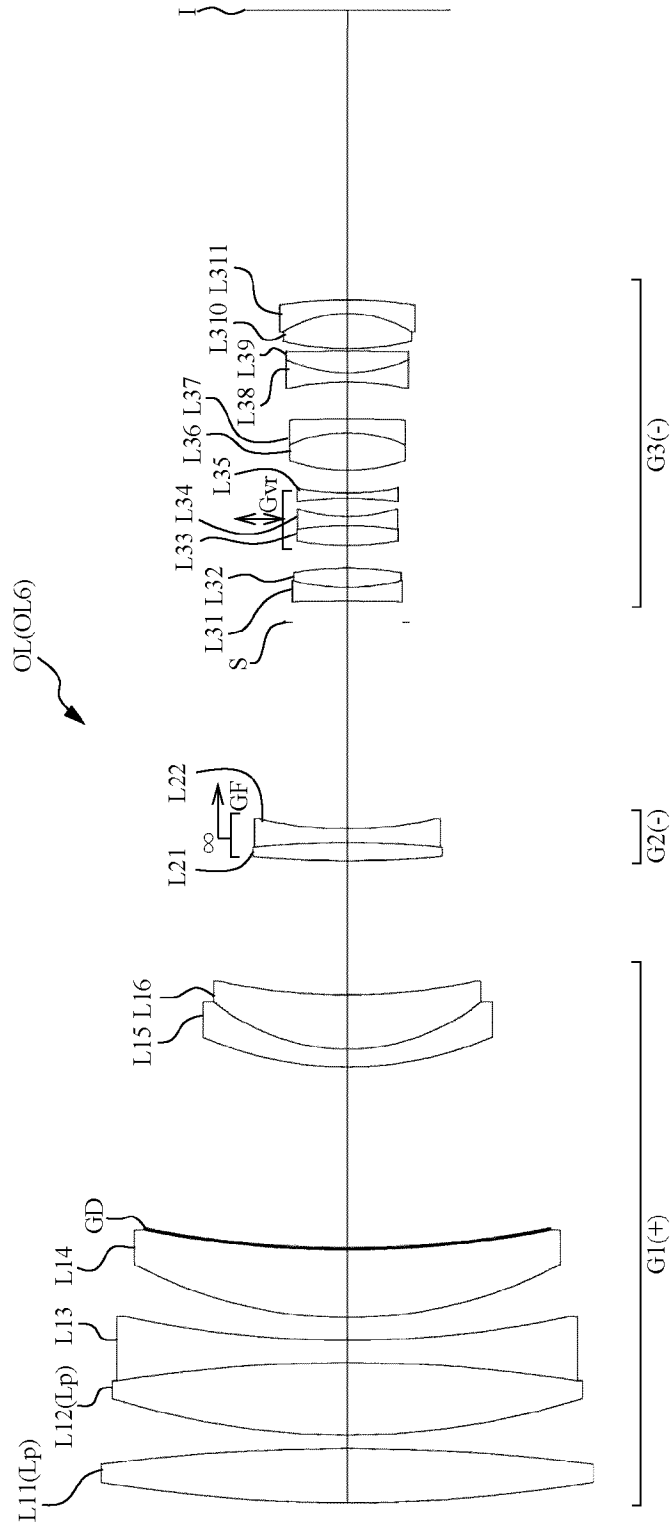
[図9]



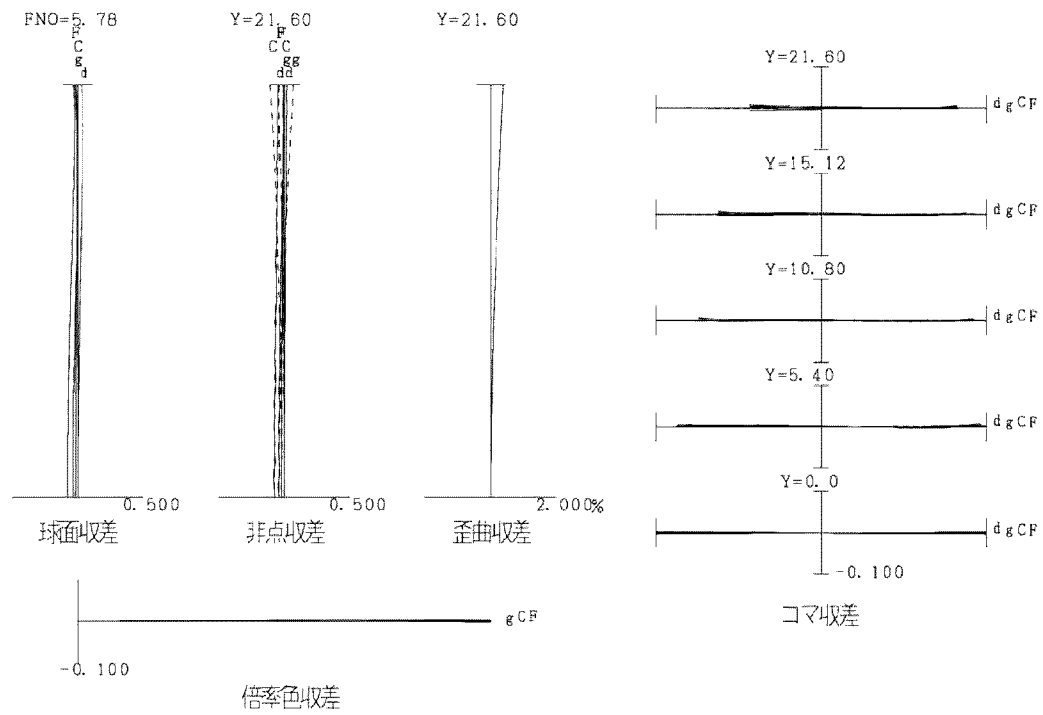
[図10]



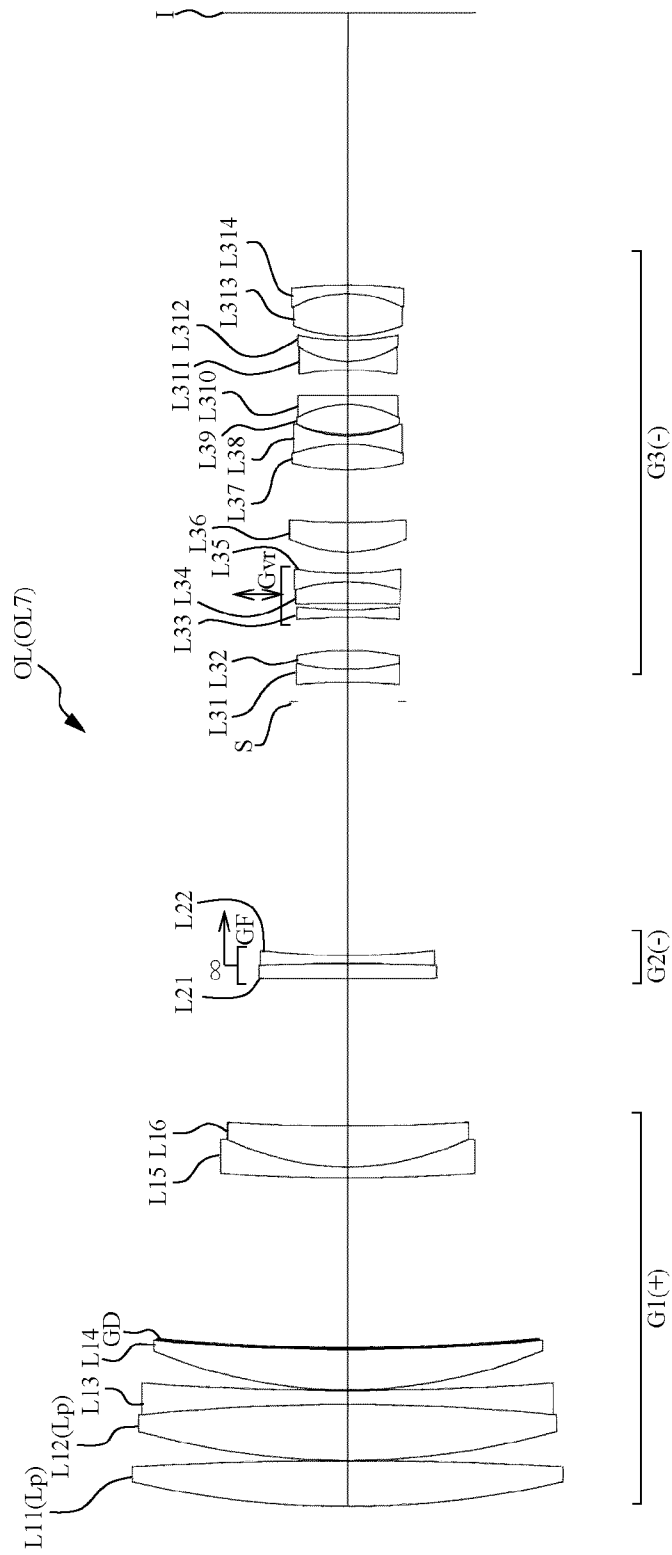
[図11]



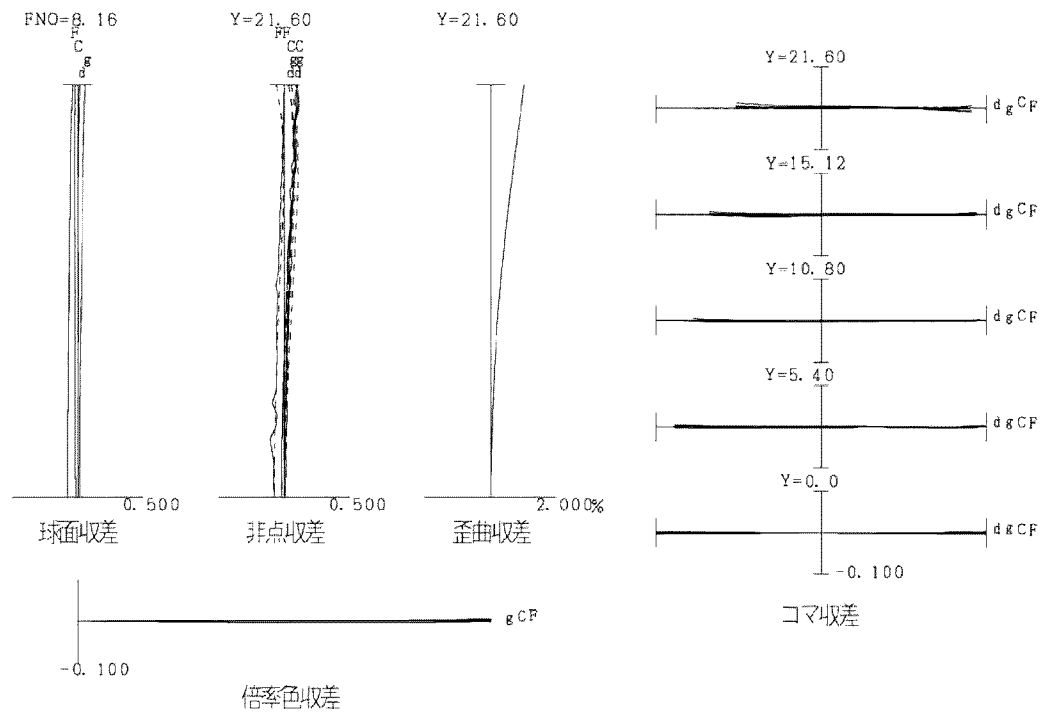
[図12]



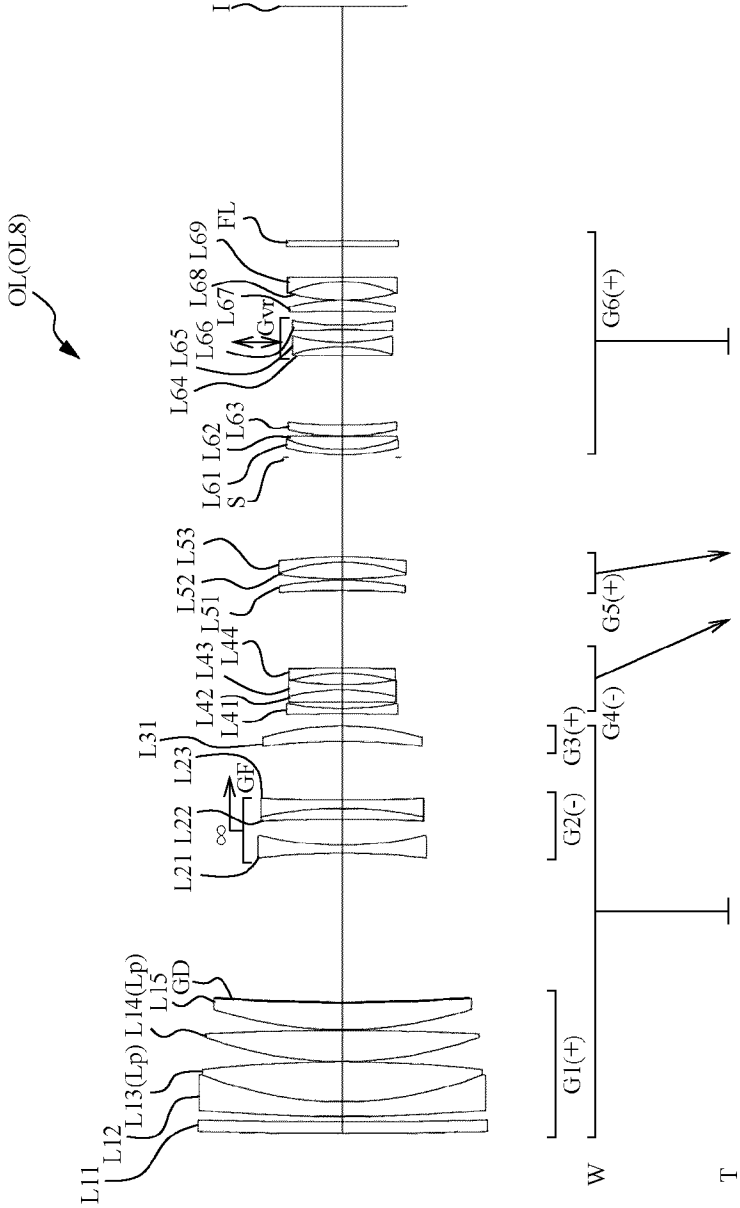
[図13]



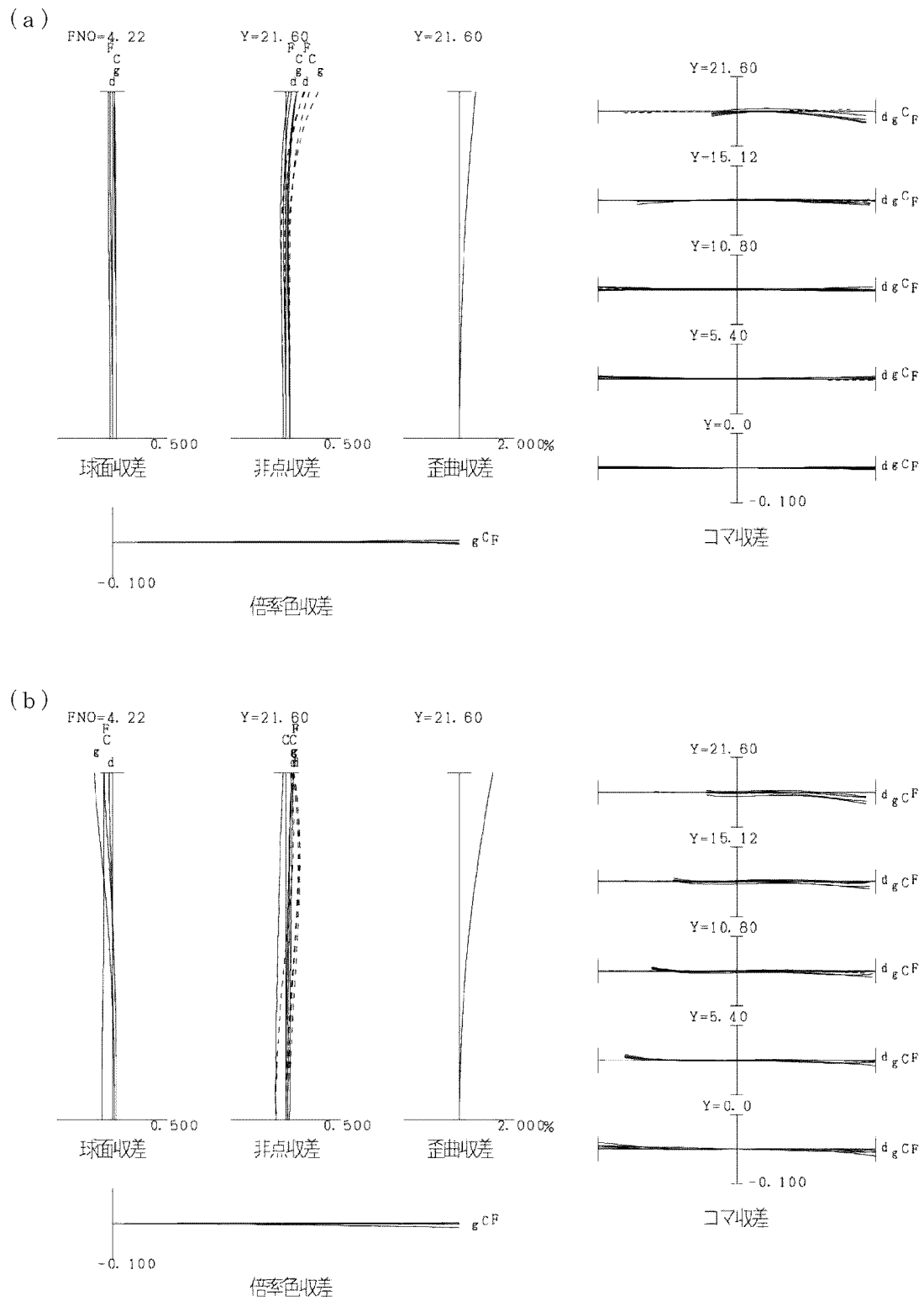
[図14]



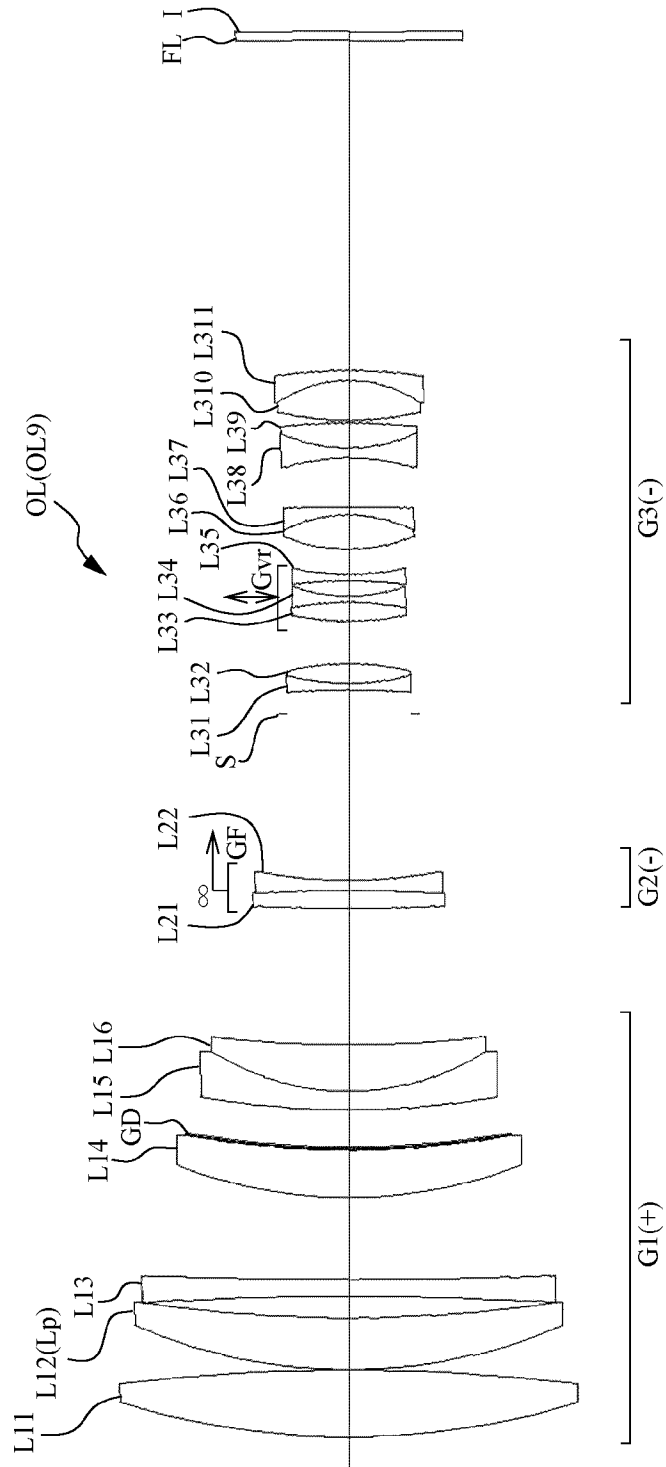
[図15]



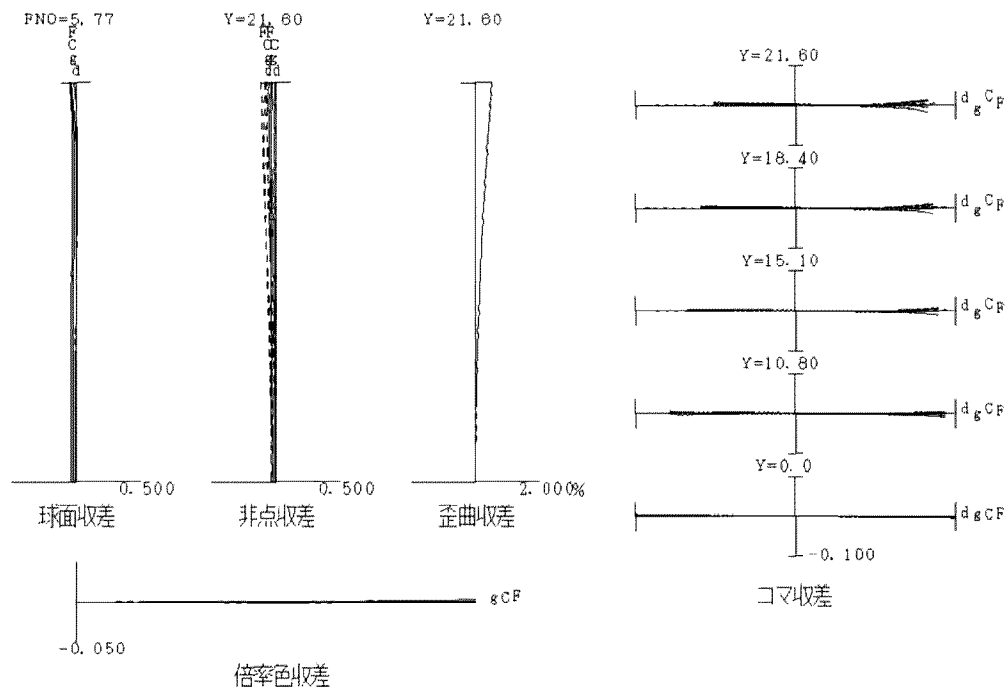
[図16]



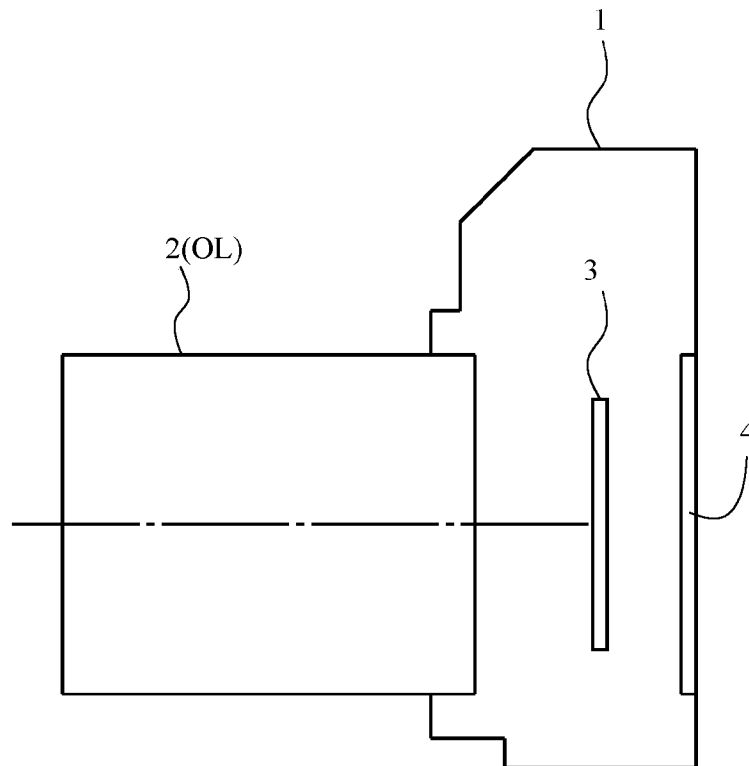
[図17]



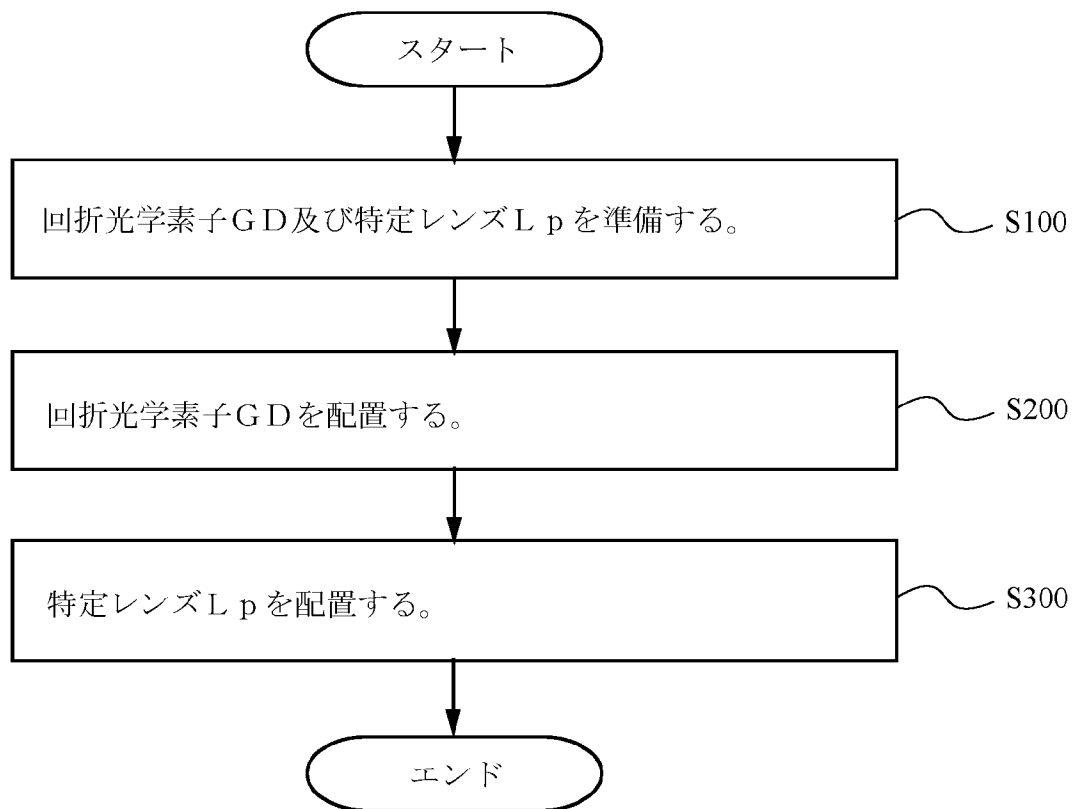
[図18]



[図19]



[図20]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/009159

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G02B13/02 (2006.01) i, G02B13/18 (2006.01) i, G02B15/167 (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)

Int.Cl. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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	JP 2013-92575 A (CANON INC.) 18 May 2013, embodiments 1-8, 10	1-4, 7-13, 15-17, 19-22, 24-25
A	& US 2013/0100337 A1, embodiments 1-8, 10 & US 8687291 B2 & JP 5822649 B2	5-6, 14, 18, 23, 26-29
X	JP 2016-218276 A (CANON INC.) 22 December 2016, embodiments 1, 3, 4	1-4, 7-17, 19-22, 24-25, 27-29
A	& US 2016/0341958 A1, embodiments 1, 3, 4	5-6, 18, 23, 26



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
31.05.2018

Date of mailing of the international search report
12.06.2018

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/009159

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2007-121440 A (CANON INC.) 17 May 2007, embodiments 1-3 & US 2007/0091467 A1, numerical examples 1-3 & US 7253973 B2 & EP 1780576 A1 & EP 1780576 B1 & KR 10-2007-0044783 A & KR 10-0823812 B1 & CN 1967308 A & CN 100417966 C & JP 4829590 B2	1-4, 7-13, 15-22, 24-25, 28 5-6, 14, 23, 26-27, 29
X A	JP 11-183800 A (CANON INC.) 09 July 1999, optical system of master lens and numerical embodiment 1 & US 6124981 A, optical system of numerical embodiment of master lens and numerical embodiment 1	1-4, 8-11, 13, 15-18, 20-22, 24-26, 28 5-7, 12, 14, 19, 23, 27, 29
X A	JP 2004-317749 A (OLYMPUS OPTICAL CO.) 11 November 2004, embodiments 1, 2 & US 2004/0252380 A1, embodiments 1, 2 & US 7042648 B2 & JP 4383080 B2	1-6, 9-10, 14, 23-29 7-8, 11-13, 15-22

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G02B13/02(2006.01)i, G02B13/18(2006.01)i, G02B15/167(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. G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 X	JP 2013-92575 A（キヤノン株式会社）2013.05.18, 実施例 1-8, 10 & US 2013/0100337 A1、Embodiments 1-8, 10 & US 8687291 B2 & JP 5822649 B2 JP 2016-218276 A（キヤノン株式会社）2016.12.22, 実施例 1, 3-4 & US 2016/0341958 A1、Embodiments 1, 3-4	1-4, 7-13, 15-17, 19-22, 24-25 5-6, 14, 18, 23, 26-29 1-4, 7-17, 19-22, 24-25, 27-29

☑ 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

31.05.2018

国際調査報告の発送日

12.06.2018

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）

森内 正明

2 V

9 2 2 2

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		5-6, 18, 23, 26
X	JP 2007-121440 A (キヤノン株式会社) 2007.05.17, 実施例 1-3 & US 2007/0091467 A1、Numerical Examples 1-3 & US 7253973 B2 & EP 1780576 A1 & EP 1780576 B1 & KR 10-2007-0044783 A & KR 10-0823812 B1 & CN 1967308 A & CN 100417966 C & JP 4829590 B2	1-4, 7-13, 15-22, 24-25, 28
A		5-6, 14, 23, 26-27, 29
X	JP 11-183800 A (キヤノン株式会社) 1999.07.09, 主レンズと数値実施例 1 の光学系 & US 6124981 A、optical system of Numerical Embodiment of Master lens and Numerical Embodiment 1	1-4, 8-11, 13, 15-18, 20-22, 24-26, 28
A		5-7, 12, 14, 19, 23, 27, 29
X	JP 2004-317749 A (オリンパス株式会社) 2004.11.11, 実施例 1-2 & US 2004/0252380 A1、Embodiments 1-2 & US 7042648 B2 & JP 4383080 B2	1-6, 9-10, 14, 23-29
A		7-8, 11-13, 15-22