

(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
2024年7月11日(11.07.2024)



(10) 国際公開番号

WO 2024/147268 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 13/00 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2023/044790

(22) 国際出願日: 2023年12月14日(14.12.2023)

(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 2023-000837 2023年1月6日(06.01.2023) 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: 村谷 真美 (MURATANI, Mami); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3

号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 山本 浩史 (YAMAMOTO, Hiroshi); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 栗林 知憲 (KURIBAYASHI, Tomonori); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 小野 拓郎 (ONO, Takuro); 〒1086290 東京都港区港南2丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

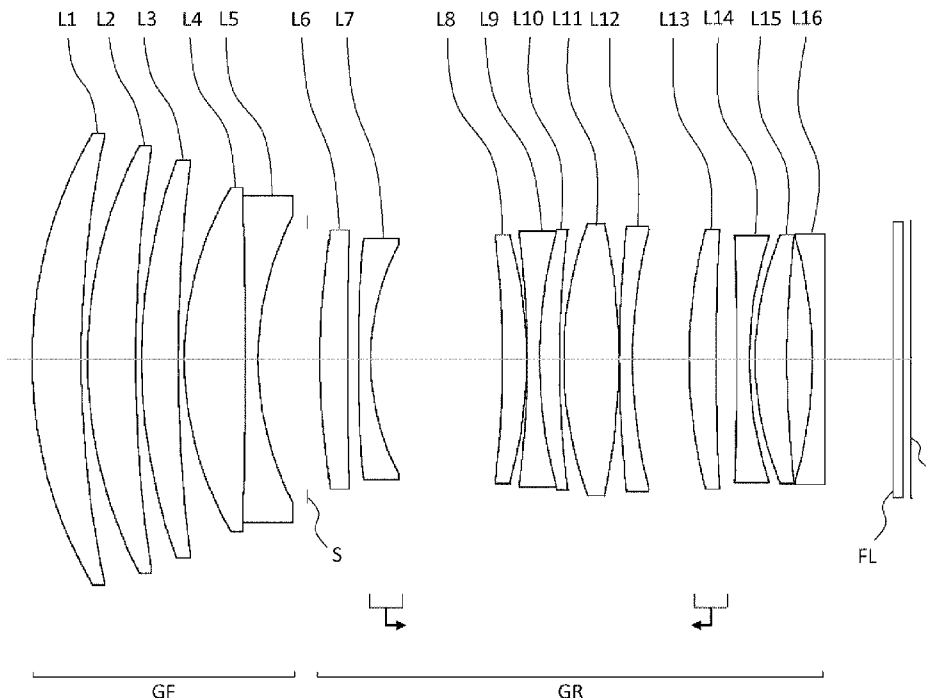
(74) 代理人: 青木 篤, 外 (AOKI, Atsushi et al.); 〒1050001 東京都港区虎ノ門一丁目23番1号 虎ノ門ヒルズ森タワー 青和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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,

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

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器、交換レンズおよび光学系の製造方法

図1



(57) Abstract: This optical system that has, in order from the object side, a front group having positive refractive power, an aperture stop, and a rear group, is configured so as to satisfy the following conditional expressions: (1) $0.10 < ff/|fr| < 1.50$; (2) $0.13 < tr/TL < 0.45$; and (3) $0.50 < f/TL < 1.20$, where ff is the focal length of the front group, fr is the focal length of the rear group, tr is the sum of the center thicknesses of lenses included in the rear group, TL is the total length of the optical system, and f is the focal length of the optical system.

CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

- (57) 要約: 物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、開口絞りと、後群とを有する光学系を、以下の条件式とともに満足するように構成する。 (1) $0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$ (2) $0.13 < t_r / TL < 0.45$ (3) $0.50 < f / TL < 1.20$ 但し、 f_f は前群の焦点距離であり、 f_r は後群の焦点距離であり、 t_r は後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和であり、 TL は光学系の全長であり、 f は光学系の焦点距離である。

明 細 書

発明の名称：

光学系、光学機器、交換レンズおよび光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本開示は、光学系、光学機器、交換レンズおよび光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等の光学機器に使用される光学系が提案されている（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：国際公開第2019/187633号

発明の概要

[0004] 本開示の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、開口絞りと、後群とを有し、以下の条件式をともに満足する。

$$0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$$

$$0.13 < t_r / TL < 0.45$$

$$0.50 < f / TL < 1.20$$

但し、

f_f : 前群の焦点距離

f_r : 後群の焦点距離

t_r : 後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 光学系の全長

f : 光学系の焦点距離

[0005] 本開示の光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、開口絞りと、後群とを有する光学系を、以下の条件式をともに満足するよう構成することを含む。

$$0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$$

$$0.13 < t_r / TL < 0.45$$

$$0.50 < f / TL < 1.20$$

但し、

f_f : 前群の焦点距離

f_r : 後群の焦点距離

t_r : 後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 光学系の全長

f : 光学系の焦点距離

図面の簡単な説明

[0006] [図1]無限遠物体合焦時の第1実施例の光学系の断面図である。

[図2]第1実施例の光学系の諸収差図である。

[図3]無限遠物体合焦時の第2実施例の光学系の断面図である。

[図4]第2実施例の光学系の諸収差図である。

[図5]無限遠物体合焦時の第3実施例の光学系の断面図である。

[図6]第3実施例の光学系の諸収差図である。

[図7]無限遠物体合焦時の第4実施例の光学系の断面図である。

[図8]第4実施例の光学系の諸収差図である。

[図9]無限遠物体合焦時の第5実施例の光学系の断面図である。

[図10]第5実施例の光学系の諸収差図である。

[図11]無限遠物体合焦時の第6実施例の光学系の断面図である。

[図12]第6実施例の光学系の諸収差図である。

[図13]無限遠物体合焦時の第7実施例の光学系の断面図である。

[図14]第7実施例の光学系の諸収差図である。

[図15]無限遠物体合焦時の第8実施例の光学系の断面図である。

[図16]第8実施例の光学系の諸収差図である。

[図17]無限遠物体合焦時の第9実施例の光学系の断面図である。

[図18]第9実施例の光学系の諸収差図である。

[図19]無限遠物体合焦時の第10実施例の光学系の断面図である。

[図20]第10実施例の光学系の諸収差図である。

[図21]本実施形態の光学系を備えたカメラの模式図である。

[図22]本実施形態の光学系の製造方法の概略を示す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、本願の実施形態の光学系、光学機器および光学系の製造方法について説明する。

[0008] 本実施形態の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、開口絞りと、後群とを有し、以下の条件式とともに満足する。

$$(1) \quad 0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$$

$$(2) \quad 0.13 < t_r / TL < 0.45$$

$$(3) \quad 0.50 < f / TL < 1.20$$

但し、

f_f : 前群の焦点距離

f_r : 後群の焦点距離

t_r : 後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 光学系の全長

f : 光学系の焦点距離

[0009] 本実施形態の光学系は、前群が正の屈折力を有することにより、主点を物体側にできるため、焦点距離に対して全長を短くできる。

[0010] 条件式(1)は、前群の焦点距離と後群の焦点距離との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式(1)を満足することで、光学系の大型化を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0011] 本実施形態の光学系において条件式(1)の値が上限値を上回ると、前群の屈折力が強くなりすぎ、高次の球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差が発生し、諸収差の適切な補正が困難となる。

[0012] 本実施形態の光学系では、条件式(1)の上限値を1.50に設定するこ

とで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１）の上限値を１．４０、１．３０、１．２０、１．１０、さらに１．００に設定することが好ましい。

[0013] また、本実施形態の光学系において条件式（１）の値が下限値を下回ると、前群の屈折力が弱くなりすぎ、光学系の全長が長くなるとともにレンズ径が大きくなり、光学系が大型化する。

[0014] 本実施形態の光学系では、条件式（１）の下限値を０．１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１）の下限値を０．１５、０．１９、さらに０．４０に設定することが好ましい。

[0015] 条件式（２）は、後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和と光学系の全長との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（２）を満足することで、光学系の大型化および重量の増大を抑制することができる。

[0016] 本実施形態の光学系において条件式（２）の値が上限値を上回ると、レンズ厚さが増えるため、光学系の重量が増大する。

[0017] 本実施形態の光学系では、条件式（２）の上限値を０．４５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の上限値を０．４０、０．３５、さらに０．３０に設定することが好ましい。

[0018] また、本実施形態の光学系において条件式（２）の値が下限値を下回ると、光学系の全長が長くなり、光学系が大型化する。

[0019] 本実施形態の光学系では、条件式（２）の下限値を０．１３に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（２）の下限値を０．１４、０．１５、０．１６、さらに０．１７に設定することが好ましい。

[0020] 条件式（３）は、光学系の焦点距離と光学系の全長との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（３）を満足することで、光学系の大型化を抑

制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0021] 本実施形態の光学系において条件式（３）の値が上限値を上回ると、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差の適切な補正が困難となる。

[0022] 本実施形態の光学系では、条件式（３）の上限値を１．２０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（３）の上限値を１．１５、１．１０、１．０５、さらに１．００に設定することが好ましい。

[0023] また、本実施形態の光学系において条件式（３）の値が下限値を下回ると、光学系の全長が長くなり、光学系が大型化する。

[0024] 本実施形態の光学系では、条件式（３）の下限値を０．５０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（３）の下限値を０．５５、０．６０、０．６５、０．７０、さらに０．８０に設定することが好ましい。

[0025] 本実施形態の光学系は、条件式（１）、条件式（２）、条件式（３）をともに満足することで、光学系の大型化および重量の増大を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0026] また、本実施形態の光学系では、後群は負の屈折力を有することが好ましい。

[0027] 本実施形態の光学系では、このような構成を有することにより、光学系の全長を短くするとともに、球面収差を適切に補正することができる。

[0028] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(4) \quad 0.05 < f_{Pr} / |f_r| < 0.70$$

但し、

f_{Pr} : 後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レン

ズP_rの焦点距離

[0029] 条件式(4)は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP_rの焦点距離と後群の焦点距離との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式(4)を満足することで、光学系の大型化を抑制しつつ、コマ収差・像面湾曲をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0030] 本実施形態の光学系において条件式(4)の値が上限値を上回ると、後群の屈折力が弱くなりすぎ、光学系の全長が長くなるとともにレンズ径が大きくなり、光学系が大型化する。

[0031] 本実施形態の光学系では、条件式(4)の上限値を0.70に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の上限値を0.65、0.60、さらに0.40に設定することが好ましい。

[0032] また、本実施形態の光学系において条件式(4)の値が下限値を下回ると、単レンズP_rの屈折力が強くなりすぎ、高次のコマ収差・像面湾曲が発生し、諸収差の適切な補正が困難となる。

[0033] 本実施形態の光学系では、条件式(4)の下限値を0.05に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(4)の下限値を0.06、0.07、0.08、0.09、0.10、さらに0.20に設定することが好ましい。

[0034] また、本実施形態の光学系は、合焦時に移動する少なくとも一つの合焦群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(5) \quad 0.05 < f_{P f o i} / |f_r| < 0.50$$

但し、

$f_{P f o i}$: 少なくとも一つの合焦群のうち最も物体側に配置された合焦群G_{f o}よりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP_{f o i}の焦点距離

[0035] 条件式(5)は、単レンズP_{f o i}の焦点距離と後群の焦点距離との比を

規定する。本実施形態の光学系は、条件式（５）を満足することで、光学系の大型化を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲の発生を抑えることができる。

[0036] 本実施形態の光学系において条件式（５）の値が上限値を上回ると、単レンズ $f_{P f o i}$ の屈折力が弱くなりすぎ、光学系の全長が長くなる。

[0037] 本実施形態の光学系では、条件式（５）の上限値を 0.70 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（５）の上限値を 0.65、0.60、さらに 0.40 に設定することが好ましい。

[0038] また、本実施形態の光学系において条件式（５）の値が下限値を下回ると、単レンズ $P f o i$ の屈折力が強くなりすぎ、球面収差・コマ収差・像面湾曲をはじめとする諸収差の適切な補正が困難となる。

[0039] 本実施形態の光学系では、条件式（５）の下限値を 0.05 に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（５）の下限値を 0.06、0.07、0.08、0.09、0.10、さらに 0.20 に設定することが好ましい。

[0040] また、本実施形態の光学系は、合焦時に移動する少なくとも一つの合焦群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(6) \quad 0.25 < f_{P f o i} / f < 0.55$$

[0041] 条件式（６）は、単レンズ $P f o i$ の焦点距離と光学系の焦点距離との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（６）を満足することで、光学系の大型化を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲の発生を抑えることができる。

[0042] 本実施形態の光学系において条件式（６）の値が上限値を上回ると、単レンズ $P f o i$ の屈折力が弱くなりすぎ、光学系の全長が長くなるとともにレンズ径が大きくなり、光学系が大型化する。また、条件式（６）の値が上限値を上回ると、球面収差・コマ収差・像面湾曲をはじめとする諸収差の適切

な補正が困難となる。

[0043] 本実施形態の光学系では、条件式（６）の上限値を０．５５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（６）の上限値を０．５０、０．４８、０．４６、さらに０．４０に設定することが好ましい。

[0044] また、本実施形態の光学系において条件式（６）の値が下限値を下回ると、単レンズＰｆｏｉの屈折力が強くなりすぎ、球面収差・コマ収差・像面湾曲をはじめとする諸収差の適切な補正が困難となる。

[0045] 本実施形態の光学系では、条件式（６）の下限値を０．２５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（６）の下限値を０．２８、０．３０、さらに０．３１に設定することが好ましい。

[0046] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(7) \quad 0.05 < Da/Bf < 1.10$$

但し、

Da : 最も像面側に配置されたレンズLi1の物体側のレンズ面と、レンズLi1の物体側に隣り合って配置されたレンズLi2の像面側のレンズ面との間の、無限遠合焦時における光軸上の距離

Bf : 空気換算長でのバックフォーカス

[0047] 条件式（７）は、レンズLi1の物体側のレンズ面とレンズLi2の像面側のレンズ面との無限遠合焦時における光軸上の距離と光学系の空気換算長におけるバックフォーカスとの比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（７）を満足することで、像面湾曲・コマ収差・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0048] 本実施形態の光学系において条件式（７）の値が上限値を上回ると、像面湾曲およびコマ収差の適切な補正が困難となる。

[0049] 本実施形態の光学系では、条件式（７）の上限値を１．１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実

施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の上限値を１．０５、さらに１．００に設定することが好ましい。

[0050] また、本実施形態の光学系において条件式（７）の値が下限値を下回ると、像面湾曲および歪曲収差の適切な補正が困難となる。

[0051] 本実施形態の光学系では、条件式（７）の下限値を０．０５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（７）の下限値を０．０６、さらに０．０７に設定することが好ましい。

[0052] また、本実施形態の光学系では、後群は、合焦時に移動する少なくとも１つの合焦群を含む複数のレンズ群を有し、複数のレンズ群は、合焦時に互いの間隔が変化し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(8) \quad 0.30 < tGi / Da < 9.00$$

但し、

tGi : 複数のレンズ群のうち最も像側に配置されるレンズ群 Gi に含まれるレンズのそれぞれの光軸上の長さの和

[0053] 条件式（８）は、レンズ群 Gi に含まれるレンズの光軸上の長さの和と、レンズ L_{i1} の物体側のレンズ面とレンズ L_{i2} の像面側のレンズ面との間の無限遠合焦時における光軸上の距離との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（８）を満足することで、光学系の重量の増大を抑制しつつ、像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0054] 本実施形態の光学系において条件式（８）の値が上限値を上回ると、レンズ群 Gi のレンズ厚みが大きくなりすぎ、光学系の重量が増大する。

[0055] 本実施形態の光学系では、条件式（８）の上限値を９．００に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（８）の上限値を８．５０、８．００、７．８０、７．６０、さらに３．００に設定することが好ましい。

[0056] また、本実施形態の光学系において条件式（８）の値が下限値を下回ると

、像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差の適切な補正が困難となる。

[0057] 本実施形態の光学系では、条件式（８）の下限値を０．３０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（８）の下限値を０．３２、０．３４、０．６０、１．００、さらに１．５０に設定することが好ましい。

[0058] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(9) \quad 0.40 < D1 / TL < 0.85$$

但し、

$D1$: 最も物体側のレンズ面と、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ P_r の物体側の面との間の無限遠合焦時における光軸上の距離

[0059] 条件式（９）は、最も物体側のレンズ面と単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間の無限遠合焦時における光軸上の距離と、光学系の全長との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（９）を満足することで、光学系の大型化を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0060] 本実施形態の光学系において条件式（９）の値が上限値を上回ると、最も物体側のレンズ面と単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間における屈折力が弱くなりすぎ、レンズ径が増大し、光学系が大型化する。

[0061] 本実施形態の光学系では、条件式（９）の上限値を０．８５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（９）の上限値を０．８４、０．８２、さらに０．８０に設定することが好ましい。

[0062] また、本実施形態の光学系において条件式（９）の値が下限値を下回ると、最も物体側のレンズ面と単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間における屈折力が強くなりすぎ、高次の球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差が発生し、諸収差の適切な補正が困難となる。

[0063] 本実施形態の光学系では、条件式（９）の下限値を０．４０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（９）の下限値を０．４５、さらに０．５０に設定することが好ましい。

[0064] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(10) \quad 0.10 < D2/TL < 0.80$$

但し、

$D2$: 開口絞りと、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間の光軸上の距離

[0065] 条件式（１０）は、開口絞りと単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間の光軸上の距離と、光学系の全長との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（１０）を満足することで、光学系の大型化を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0066] 本実施形態の光学系において条件式（１０）の値が上限値を上回ると、開口絞りと単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間における屈折力が弱くなりすぎ、レンズ径が増大し、光学系が大型化する。

[0067] 本実施形態の光学系では、条件式（１０）の上限値を０．８０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１０）の上限値を０．７０、０．６０、０．５０、０．４０、さらに０．３６に設定することが好ましい。

[0068] また、本実施形態の光学系において条件式（１０）の値が下限値を下回ると、開口絞りと単レンズ P_r の物体側のレンズ面との間における屈折力が強くなりすぎ、高次の球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差が発生し、諸収差の適切な補正が困難となる。

[0069] 本実施形態の光学系では、条件式（１０）の下限値を０．１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本

実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１０）の下限値を０．１１、０．１２、さらに０．１３に設定することが好ましい。

[0070] また、本実施形態の光学系は、合焦時に移動する少なくとも一つの合焦群を有し、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$(11) \quad 0.25 < |f_{fo}| / f < 0.90$$

但し、

f_{fo} : 少なくとも一つの合焦群のうち最も物体側に配置される合焦群 G_{fo} の焦点距離

[0071] 条件式（１１）は、最も物体側に配置される合焦群 G_{fo} の焦点距離と光学系の焦点距離との比を規定する。本実施形態の光学系は、条件式（１１）を満足することで、光学系の全長の増大を抑制しつつ、球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0072] 本実施形態の光学系において条件式（１１）の値が上限値を上回ると、合焦の際の球面収差・コマ収差・像面湾曲・歪曲収差をはじめとする諸収差の変動を抑制することが困難となる。

[0073] 本実施形態の光学系では、条件式（１１）の上限値を０．９０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１１）の上限値を０．８５、さらに０．８０に設定することが好ましい。

[0074] また、本実施形態の光学系において条件式（１１）の値が下限値を下回ると、最も物体側に配置される合焦群の屈折力が弱くなりすぎ、合焦時の合焦群の移動量が増加するため光学系の全長が増大する。

[0075] 本実施形態の光学系では、条件式（１１）の下限値を０．２５に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（１１）の下限値を０．２６、０．２８、０．３０、０．３１、さらに０．３２に設定することが好ましい。

[0076] また、本実施形態の光学系において、前群は、以下の条件式をともに満足する少なくとも一つの正レンズP fを有することが好ましい。

$$(12) \quad 1.60 < n_{dP f}$$

$$(13) \quad \nu_{dP f} < 31.00$$

$$(14) \quad 0.01 < \theta_{gFP f} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dP f})$$

但し、

$n_{dP f}$: 正レンズP fのd線に対する屈折率

$\nu_{dP f}$: 正レンズP fのd線を基準とするアッペ数

$\theta_{gFP f}$: 正レンズP fの部分分散比であり、正レンズP fのg線に対する屈折率を $n_{gP f}$ とし、正レンズP fのF線に対する屈折率を $n_{FP f}$ とし、正レンズP fのC線に対する屈折率を $n_{CP f}$ としたとき、次式で定義される。

$$\theta_{gFP f} = (n_{gP f} - n_{FP f}) / (n_{FP f} - n_{CP f})$$

[0077] 本実施形態の光学系は、前群に少なくとも一つの正レンズP fを有することで、軸上色収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0078] 本実施形態の光学系は、正レンズP fについての条件式(12)の値を下限值より大きくすることで、高次収差の発生を抑えることができる。

[0079] 本実施形態の光学系では、条件式(12)の下限値を1.60に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(12)の下限値を1.62、1.64、さらに1.66に設定することが好ましい。

[0080] 本実施形態の光学系は、正レンズP fについての条件式(13)の値を上限值より小さくすることで、軸上色収差の2次分散を良好に補正することができる。

[0081] 本実施形態の光学系では、条件式(13)の上限値を31.00に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本実施形態の効果をより確実にするために、条件式(13)の上限値を29

、50、28.00、さらに27.50に設定することが好ましい。

[0082] 本実施形態の光学系は、正レンズP fについての条件式(14)の値を下
限値より大きくすることで、軸上色収差の2次分散を良好に補正することが
できる。

[0083] 本実施形態の光学系では、条件式(14)の下限値を0.01に設定する
ことで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、本
実施形態の効果をより確実にするために、条件式(14)の下限値を0.0
15、0.02、さらに0.025に設定することが好ましい。

[0084] また、本実施形態の光学系において、前群は、以下の条件式をともに満足
する少なくとも一つの負レンズN fを有することが好ましい。

$$(15) \quad 1.85 < n_{dNf}$$

$$(16) \quad \nu_{dNf} < 26.00$$

$$(17) \quad \theta_{gFNf} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{dNf}) < 0.015$$

但し、

n_{dNf} : 負レンズN fのd線に対する屈折率

ν_{dNf} : 負レンズN fのd線を基準とするアッペ数

θ_{gFNf} : 負レンズN fの部分分散比であり、負レンズN fのg線
に対する屈折率を n_{gNf} とし、負レンズN fのF線に対する屈折率を n_{FNf}
とし、負レンズN fのC線に対する屈折率を n_{CNf} としたとき、次式
で定義される。

$$\theta_{gFNf} = (n_{gNf} - n_{FNf}) / (n_{FNf} - n_{CNf})$$

[0085] 本実施形態の光学系は、前群に少なくとも一つの負レンズN fを有するこ
とで、軸上色収差をはじめとする諸収差を適切に補正することができる。

[0086] 本実施形態の光学系は、負レンズN fについての条件式(15)の値を下
限値より大きくすることで、高次収差の発生を抑えることができる。

[0087] 本実施形態の光学系では、条件式(15)の下限値を1.85に設定する
ことで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0088] 本実施形態の光学系は、負レンズN f についての条件式（16）の値を上
限値より小さくすることで、軸上色収差の2次分散を良好に補正することが
できる。

[0089] 本実施形態の光学系では、条件式（16）の上限値を26.00に設定す
ることで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、
本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（16）の上限値を25
.80、25.50、さらに25.20に設定することが好ましい。

[0090] 本実施形態の光学系は、負レンズN f についての条件式（17）の値を上
限値より小さくすることで、軸上色収差の2次分散を良好に補正することが
できる。

[0091] 本実施形態の光学系では、条件式（17）の上限値を0.015に設定す
ることで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。また、
本実施形態の効果をより確実にするために、条件式（17）の上限値を0.
013、0.012、さらに0.01に設定することが好ましい。

[0092] 以上の構成により、小型で良好な光学性能を有する光学系を実現するこ
とができる。

[0093] 本実施形態の光学機器は、上述した構成の光学系を備えている。これによ
り、小型で良好な光学性能を有する光学機器を実現することができる。

[0094] 本実施形態の交換レンズは、上述した構成の光学系を備えている。これに
より、小型で良好な光学性能を有する交換レンズを実現することができる。

[0095] 本実施形態の光学系の製造方法は、物体側から順に、正の屈折力を有する
前群と、開口絞りと、後群とを有する光学系を、以下の条件式とともに満足
するよう構成することを含む。

$$(1) \quad 0.10 < f f / |f r| < 1.50$$

$$(2) \quad 0.13 < t r / T L < 0.45$$

$$(3) \quad 0.50 < f / T L < 1.20$$

但し、

f f : 前群の焦点距離

f_r : 後群の焦点距離

t_r : 後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 光学系の全長

f : 光学系の焦点距離

[0096] このような光学系の製造方法により、小型で良好な光学性能を有する光学系を製造することができる。

[0097] (数値実施例)

以下、本願の実施例を図面に基づいて説明する。

[0098] (第1実施例)

図1は、無限遠物体合焦時の第1実施例の光学系の断面図である。

[0099] 本実施例の光学系は、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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。

[0100] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL3と、両凸形状の正レンズL4と両凹形状の負レンズL5との接合負レンズと、開口絞りSと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL6とからなる。

[0101] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL7からなる。

[0102] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL8と、両凹形状の負レンズL9と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL10との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL11と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL12とからなる。

[0103] 第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL13からなる。

- [0104] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL 1 4と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 1 5と、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL 1 6とからなる。
- [0105] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。
- [0106] 本実施例の光学系と像面Iとの間には、フィルタFLが配置されている。
- [0107] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G 2は物体側から像面側に移動され、第4レンズ群G 4は像面側から物体側に移動される。
- [0108] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 1から負レンズL 5までは前群に該当し、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 6、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5は後群に該当する。第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G iに該当する。
- [0109] 本実施例の光学系において、正レンズL 1 1は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o iに該当する。負レンズL 1 6は最も像面側に配置されたレンズL i 1に該当し、正レンズL 1 5はレンズL i 1の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2に該当する。正レンズL 1は前群が有する正レンズP fに該当し、負レンズL 5は前群が有する負レンズN fに該当する。
- [0110] 以下の表1に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。
- [0111] [全体諸元]において、fは光学系全系の焦点距離、ffは前群の焦点距離、frは後群の焦点距離、TLは最も物体側のレンズ面から像面までの距離、Bfは光学系の空気換算長でのバックフォーカス、FN0は光学系のF値、Yは最大像高

を示す。

[0112] [レンズ諸元]において、mは物体側から数えた光学面の順番、rは曲率半径、dは面間隔、ndはd線（波長587.6nm）に対する屈折率、 νd はd線に対するアッペ数を示す。曲率半径 $r=\infty$ は平面を示している。また、[レンズ諸元]において、「*」の付された光学面は非球面であることを示している。

[0113] [非球面データ]において、mは非球面データに対応する光学面、Kは円錐定数、A4-A10は非球面係数を示す。

[0114] 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Anとしたとき、以下の式（a）で表される。なお、各実施例において、2次の非球面係数A2は0である。また、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

$$[0115] \quad (a) \quad S(y) = (y^2/r) / \{ 1 + (1-K \times y^2/r^2)^{1/2} \} \\ + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10}$$

[0116] 表1に記載される焦点距離f、曲率半径r、およびその他の長さの単位は「mm」である。しかし、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ため、これに限られるものではない。

[0117] 以上に述べた表1の符号は、後述する他の実施例の表においても同様に使用される。

[0118] （表1）

[全体諸元]

f	132.30
ff	113.43
fr	-227.10
TL	147.45
Bf	13.89
FN0	1.85
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν_d
1)	73.0739	8.2580	1.66382	27.35
2)	173.9425	1.0000		
3)	75.0000	8.0959	1.49782	82.57
4)	226.5221	1.0000		
5)	94.0000	6.1837	1.49782	82.57
6)	255.7300	1.0000		
7)	55.0000	10.2480	1.49782	82.57
8)	-766.4853	2.1000	1.85451	25.15
9)	50.0250	8.2444		
10)	∞	2.1000		(開口絞り)
*11)	105.9598	4.7000	1.51680	64.14
12)	853.5480	D12		
13)	221.6993	2.1000	1.69680	55.52
14)	39.4223	D14		
15)	-164.4380	4.0545	1.80809	22.74
16)	-75.4132	0.1000		
17)	-160.7346	2.1000	1.85451	25.15
18)	80.4120	3.2958	1.59319	67.90
19)	157.8647	0.7213		
20)	64.0655	9.2661	1.80440	39.61
21)	-101.7863	0.1000		
22)	195.9905	2.2000	1.83481	42.73
23)	83.1844	D23		
24)	85.1050	4.4549	1.85883	30.00
25)	380.6074	D25		
26)	-542.5119	2.1000	1.78590	44.17

27)	62.2755	1.0000		
28)	51.4253	5.3074	1.84666	23.78
29)	162.7875	4.3017		
30)	-70.4474	2.1000	1.81600	46.59
31)	-2372.9554	11.4681		
32)	∞	1.6000	1.51680	64.14
33)	∞	1.3712		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
11)	1.0000	-1.741E-06	-1.130E-10	-2.868E-14	9.211E-17

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	89.30
G2	13	-69.14
G3	15	116.43
G4	24	126.75
G5	26	-71.11

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.749	15.346
D14	22.105	8.507
D23	9.528	3.345
D25	3.500	9.684

[0119] 図2は、第1実施例の光学系の諸収差図である。

[0120] 各収差図において、FN0はF値、Aは像高をそれぞれ示す。詳細には、球面収差図では最大口径に対応するF値の値を示し、非点収差図およ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、gはg線（波長435.8nm）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。後述する他の実施例の諸収差図においても、本実施例の諸収差図と同様の符号を使用する。

[0121] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0122] (第2実施例)

図3は、無限遠物体合焦時の第2実施例の光学系の断面図である。

[0123] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りS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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。

[0124] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL3と、両凸形状の正レンズL4と両凹形状の負レンズL5との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL6とからなる。

[0125] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL7からなる。

[0126] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL8と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL9との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL10と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL11とからなる。

[0127] 第4レンズ群G4は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL12からなる。

[0128] 第5レンズ群G5は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL13と両凸形状の正レンズL14との接合正レンズと、両凹形状の負レンズL15とからなる。

[0129] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

- [0130] 本実施例の光学系と像面 I との間には、フィルタ FL が配置されている。
- [0131] 本実施例の光学系は、第 2 レンズ群 G 2 および第 4 レンズ群 G 4 を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第 2 レンズ群 G 2 は物体側から像面側に移動され、第 4 レンズ群 G 4 は像面側から物体側に移動される。
- [0132] 本実施例の光学系において、第 1 レンズ群 G 1 は前群に該当し、第 2 レンズ群 G 2、第 3 レンズ群 G 3、第 4 レンズ群 G 4、および第 5 レンズ群 G 5 は後群に該当する。第 2 レンズ群 G 2 および第 4 レンズ群 G 4 は合焦時に移動する合焦群に該当する。第 2 レンズ群 G 2 は最も物体側に配置された合焦群 G f o に該当する。第 5 レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群 G i に該当する。
- [0133] 本実施例の光学系において、正レンズ L 1 0 は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ P r、および、合焦群 G f o よりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ P f o i に該当する。負レンズ L 1 5 は最も像面側に配置されたレンズ L i 1 に該当し、正レンズ L 1 4 はレンズ L i 1 の物体側に隣り合って配置されたレンズ L i 2 に該当する。正レンズ L 1 は前群が有する正レンズ P f に該当し、負レンズ L 5 は前群が有する負レンズ N f に該当する。
- [0134] 以下の表 2 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。
- [0135] (表 2)

[全体諸元]

f	132.30
ff	84.98
fr	-99.98
TL	144.99
Bf	15.36
FN0	1.85
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d
1)	71.4223	9.3392	1.66382	27.35
2)	212.8546	0.2000		
3)	82.3011	6.8153	1.49782	82.57
4)	189.8030	4.0179		
5)	67.8053	6.4147	1.49782	82.57
6)	146.3981	0.2000		
7)	50.4121	9.6499	1.49782	82.57
8)	-3183.7228	1.2000	1.85451	25.15
9)	43.4640	6.7260		
*10)	98.1806	4.1632	1.51680	64.14
11)	-1338.1241	1.6925		
12)	∞	D12		(開口絞り)
13)	187.4183	1.2000	1.69680	55.52
14)	37.4569	D14		
15)	-331.5883	1.2000	1.8466623.80	
16)	72.4584	3.6449	1.59319	67.90
17)	187.4042	4.2922		
18)	72.7147	9.0000	1.68376	37.64
19)	-83.4441	0.2000		
20)	85.5767	1.5000	2.00069	25.46
21)	60.8156	D21		
22)	85.9402	4.5000	1.95000	29.37
23)	390.8660	D23		
24)	229.3158	1.2000	1.88300	40.69
25)	41.6420	8.5000	1.85451	25.15
26)	-188.3950	5.3350		

*27)	-58.0337	1.2000	1.79526	45.25
28)	127.2294	D28		
29)	∞	1.6000	1.51680	63.88
30)	∞	1.0000		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
10)	1.0000	-1.415E-06	1.034E-10	-6.229E-13	6.524E-16
27)	1.0000	2.317E-06	2.412E-10	-4.722E-12	5.079E-15

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	84.98
G2	13	-67.40
G3	15	220.38
G4	22	115.13
G5	24	-89.30

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	3.000	15.000
D14	19.761	7.761
D21	10.199	3.077
D23	3.934	11.057
D28	13.303	13.340

[0136] 図4は、第2実施例の光学系の諸収差図である。

[0137] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0138] (第3実施例)

図5は、無限遠物体合焦時の第3実施例の光学系の断面図である。

[0139] 本実施例の光学系は、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、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、正の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 とを有している。

[0140] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 2 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 3 と、両凸形状の正レンズ L 4 と両凹形状の負レンズ L 5 との接合負レンズと、開口絞り S と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 6 とからなる。

[0141] 第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 7 からなる。

[0142] 第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 8 と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 9 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズ L 10 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 11 とからなる。

[0143] 第 4 レンズ群 G 4 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 12 からなる。

[0144] 第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 13 と両凸形状の正レンズ L 14 との接合正レンズと、両凹形状の負レンズ L 15 とからなる。

[0145] 像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0146] 本実施例の光学系と像面 I との間には、フィルタ FL が配置されている。

[0147] 本実施例の光学系は、第 2 レンズ群 G 2 および第 4 レンズ群 G 4 を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第 2 レンズ群 G 2 は物体側から像面側に移動され、第 4 レンズ群 G 4 は像面側から物体側に移動される。

[0148] 本実施例の光学系において、第 1 レンズ群 G 1 のうちの正レンズ L 1 から負レンズ L 5 までは前群に該当し、第 1 レンズ群 G 1 のうちの正レンズ L 6

、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5は後群に該当する。第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G i に該当する。

[0149] 本実施例の光学系において、正レンズL 1 0は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o i に該当する。負レンズL 1 5は最も像面側に配置されたレンズL i 1 に該当し、正レンズL 1 4はレンズL i 1 の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2 に該当する。正レンズL 1 は前群が有する正レンズP f に該当し、負レンズL 5は前群が有する負レンズN f に該当する。

[0150] 以下の表3に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0151] (表3)

[全体諸元]

f	132.30
ff	112.47
fr	-196.89
TL	145.00
Bf	15.00
FN0	1.84
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d
1)	71.7601	8.8107	1.66382	27.35
2)	184.7948	0.2000		
3)	86.2502	7.1330	1.49782	82.57
4)	237.5854	3.4700		

5)	69.0966	6.7579	1.49782	82.57	
6)	167.1912	0.2000			
7)	53.2464	9.4720	1.49782	82.57	
8)	-1820.1966	1.2000	1.85451	25.15	
9)	47.3137	7.6169			
10)	∞	3.0000			(開口絞り)
11)	92.4608	3.6037	1.51680	64.14	
12)	557.2232	D12			
13)	146.6010	1.2000	1.69680	55.52	
14)	38.6158	D14			
15)	-234.1612	1.2000	1.85451	25.15	
16)	77.2640	3.4308	1.59319	67.90	
17)	165.0443	3.3299			
18)	82.1496	9.0000	1.73800	32.33	
19)	-78.9827	0.2000			
20)	90.3107	1.5000	1.90200	25.26	
21)	67.5653	D21			
22)	87.9013	4.5000	1.83481	42.73	
23)	437.5569	D23			
24)	191.2552	1.2000	1.88300	40.69	
25)	40.4406	7.5029	1.85451	25.15	
26)	-998.5745	5.2026			
27)	-66.7707	1.5000	1.79526	45.25	
28)	135.3380	D28			
29)	∞	1.6000	1.51680	63.88	
30)	∞	1.0000			

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
---	---	----	----	----	-----

11)	1.0000	-1.618E-06	1.005E-10	-9.102E-13	1.027E-15
27)	1.0000	1.794E-06	3.511E-10	-4.194E-12	4.714E-15

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	87.05
G2	13	-75.58
G3	15	188.31
G4	22	131.00
G5	24	-81.36

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.500	14.150
D14	20.677	8.026
D21	11.687	2.799
D23	4.359	13.247
D28	12.949	12.967

[0152] 図6は、第3実施例の光学系の諸収差図である。

[0153] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0154] (第4実施例)

図7は、無限遠物体合焦時の第4実施例の光学系の断面図である。

[0155] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りS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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。

[0156] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL3と、両凸形状の

正レンズL 4 と両凹形状の負レンズL 5 との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 6 とからなる。

[0157] 第2レンズ群G 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 7 からなる。

[0158] 第3レンズ群G 3 は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL 8 と、両凹形状の負レンズL 9 と、両凹形状の負レンズL 10 と、両凸形状の正レンズL 11 とからなる。

[0159] 第4レンズ群G 4 は、両凸形状の正レンズL 12 からなる。

[0160] 第5レンズ群G 5 は、両凹形状の負レンズL 13 からなる。

[0161] 像面I 上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0162] 本実施例の光学系と像面I との間には、フィルタFLが配置されている。

[0163] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G 2 および第4レンズ群G 4 を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G 2 は物体側から像面側に移動され、第4レンズ群G 4 は像面側から物体側に移動される。

[0164] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G 1 は前群に該当し、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5 は後群に該当する。第2レンズ群G 2 および第4レンズ群G 4 は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2 は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G iに該当する。

[0165] 本実施例の光学系において、正レンズL 11 は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o iに該当する。負レンズL 13 は最も像面側に配置されたレンズL i 1に該当し、正レンズL 12 はレンズL i 1の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2に該当する。正レンズL 1 は前群が有する正レンズP fに該当し

、負レンズL 5は前群が有する負レンズN fに該当する。

[0166] 以下の表4に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0167] (表4)

[全体諸元]

f 132.50

ff 89.44

fr -275.65

TL 145.93

Bf 27.06

FN0 1.84

Y 21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d
1)	66.3183	9.7104	1.66382	27.35
2)	165.2220	0.1000		
3)	100.0420	7.5397	1.43700	95.00
4)	483.6760	0.1000		
5)	69.7432	5.3124	1.48749	70.24
6)	105.3980	0.7647		
7)	51.1334	10.4840	1.55032	75.49
8)	-1410.8700	1.4999	1.85478	24.80
9)	43.2806	4.4516		
*10)	96.9716	4.5988	1.49782	82.56
11)	-620.9090	1.1187		
12)	∞	D12		(開口絞り)
13)	758.4980	1.4999	1.59319	67.87
14)	43.6263	D14		
15)	69.5215	6.9627	1.83400	37.18

16)	-117.7280	0.4462		
17)	-249.8720	1.4000	1.71736	29.57
18)	53.3330	6.6458		
19)	-124.6990	1.5000	1.66446	35.86
20)	89.4859	3.6246		
21)	78.8983	8.0487	1.85026	32.35
22)	-100.9890	D22		
23)	132.3330	4.1642	1.90200	25.26
24)	-628.5160	D24		
25)	-80.5301	1.5000	1.85026	32.35
26)	378.0000	25.0012		
27)	∞	1.6000	1.51680	63.80
28)	∞	1.0013		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
10)	1.0000	-1.352E-06	-3.019E-10	-2.040E-14	0.000E+00

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	89.44
G2	13	-78.09
G3	15	101.43
G4	23	121.51
G5	25	-77.96

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.900	15.168
D14	23.030	9.761
D22	7.512	3.134

D24 4.409 8.787

[0168] 図 8 は、第 4 実施例の光学系の諸収差図である。

[0169] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0170] （第 5 実施例）

図 9 は、無限遠物体合焦時の第 5 実施例の光学系の断面図である。

[0171] 本実施例の光学系は、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、正の屈折力を有する第 3 レンズ群 G 3 と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群 G 4 と、負の屈折力を有する第 5 レンズ群 G 5 とを有している。

[0172] 第 1 レンズ群 G 1 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 2 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 3 と、両凸形状の正レンズ L 4 と両凹形状の負レンズ L 5 との接合負レンズと、開口絞り S と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 6 とからなる。

[0173] 第 2 レンズ群 G 2 は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 7 からなる。

[0174] 第 3 レンズ群 G 3 は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ L 8 と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 9 と、両凸形状の正レンズ L 10 と、両凸形状の正レンズ L 11 とからなる。

[0175] 第 4 レンズ群 G 4 は、両凹形状の負レンズ L 12 からなる。

[0176] 第 5 レンズ群 G 5 は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 13 と、両凹形状の負レンズ L 14 と、両凹形状の負レンズ L 15 とからなる。

[0177] 像面 I 上には、CCD または CMOS 等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0178] 本実施例の光学系と像面 I との間には、フィルタ FL が配置されている。

[0179] 本実施例の光学系は、第 2 レンズ群 G 2 および第 4 レンズ群 G 4 を光軸に

沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は、それぞれ異なる軌道で物体側から像面側に移動される。

[0180] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 1から負レンズL 5までは前群に該当し、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 6、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5は後群に該当する。第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G i に該当する。

[0181] 本実施例の光学系において、正レンズL 1 0は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o i に該当する。負レンズL 1 5は最も像面側に配置されたレンズL i 1 に該当し、正レンズL 1 4はレンズL i 1 の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2 に該当する。正レンズL 1 は前群が有する正レンズP f に該当し、負レンズL 5は前群が有する負レンズN f に該当する。

[0182] 以下の表5に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0183] (表5)

[全体諸元]

f 132.30

ff 127.35

fr -496.37

TL 147.53

Bf 13.91

FN0 1.85

Y 21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d	
1)	72.0000	8.1143	1.66382	27.35	
2)	161.8404	1.0002			
3)	72.6315	8.1310	1.49782	82.57	
4)	199.5442	1.6725			
5)	94.0000	5.5489	1.49782	82.57	
6)	202.8688	2.1185			
7)	55.0000	9.7215	1.49782	82.57	
8)	-4288.4061	2.1000	1.85451	25.15	
9)	48.0031	8.4369			
10)	∞	2.1000			(開口絞り)
*11)	68.5824	4.7000	1.51680	64.13	
12)	441.6203	D12			
13)	157.7474	2.1000	1.72916	54.61	
14)	39.7106	D14			
15)	-202.1129	2.1000	1.85451	25.15	
16)	112.5075	2.0137			
17)	100.0000	3.5631	1.59319	67.90	
18)	208.1606	2.3956			
19)	100.0000	8.8106	1.76200	40.11	
20)	-79.7795	0.2910			
21)	250.6999	4.1838	1.86074	23.08	
22)	-393.9542	D22			
23)	-1082.0011	2.1000	1.60738	56.74	
24)	100.0000	D24			
25)	59.1913	5.3939	1.86074	23.08	
26)	207.0827	1.5307			
27)	-899.4731	2.1000	1.80400	46.60	

28)	95.4791	3.9878		
29)	-123.4835	2.1000	1.86074	23.08
30)	594.5786	11.8530		
31)	∞	1.6000	1.51680	63.88
32)	∞	1.0000		

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
11)	1.0000	-1.726E-06	-4.489E-10	-1.063E-13	-9.041E-17

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	87.22
G2	13	-73.33
G3	15	64.71
G4	23	-150.61
G5	25	-169.73

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.671	15.261
D14	21.508	7.918
D22	2.500	10.558
D24	1.058	3.000

[0184] 図10は、第5実施例の光学系の諸収差図である。

[0185] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0186] (第6実施例)

図11は、無限遠物体合焦時の第6実施例の光学系の断面図である。

[0187] 本実施例の光学系は、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G 3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G 4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G 5とを有している。

[0188] 第1レンズ群G 1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 2と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 3と、両凸形状の正レンズL 4と両凹形状の負レンズL 5との接合負レンズと、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL 6とからなる。

[0189] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 7からなる。

[0190] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL 8と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 9との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 10と、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL 11とからなる。

[0191] 第4レンズ群G 4は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズL 12からなる。

[0192] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL 13と物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL 14との接合正レンズと、物体側に凹面を向けた平凹形状の負レンズL 15とからなる。

[0193] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0194] 本実施例の光学系と像面Iとの間には、フィルタFLが配置されている。

[0195] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G 2は物体側から像面側に移動され、第4レンズ群G 4は像面側から物体側に移動される。

[0196] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 1から負レンズL 5までは前群に該当し、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 6

、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5は後群に該当する。第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G i に該当する。

[0197] 本実施例の光学系において、正レンズL 1 0は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o i に該当する。負レンズL 1 5は最も像面側に配置されたレンズL i 1 に該当し、負レンズL 1 4はレンズL i 1 の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2 に該当する。正レンズL 1 は前群が有する正レンズP f に該当し、負レンズL 5は前群が有する負レンズN f に該当する。

[0198] 以下の表6に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0199] (表6)

[全体諸元]

f	122.20
ff	112.14
fr	-177.50
TL	145.00
Bf	13.45
FN0	1.85
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d
1)	66.9113	7.1102	1.66382	27.35
2)	132.6147	3.5669		
3)	137.4634	5.1224	1.49782	82.57
4)	540.1386	0.2000		

5)	89.9080	6.7766	1.49782	82.57	
6)	613.1016	0.2000			
7)	57.3140	9.6789	1.49782	82.57	
8)	-307.5506	1.2000	1.85451	25.15	
9)	63.0143	6.3078			
10)	∞	3.0000			(開口絞り)
*11)	122.2242	4.0000	1.51680	64.13	
12)	-458.5930	D12			
13)	4486.7234	1.5000	1.59349	67.00	
14)	44.8020	D14			
15)	-430.0623	1.5000	1.85451	25.15	
16)	47.1972	2.9853	2.00100	29.12	
17)	57.6854	1.0000			
18)	63.0295	7.5095	2.00069	25.46	
19)	-194.4050	9.1686			
20)	-93.7633	6.3889	1.61800	63.34	
*21)	-43.5220	D21			
22)	∞	4.1055	1.72047	34.71	
23)	-206.0663	D23			
24)	-192.6542	6.9552	1.80518	25.45	
25)	-43.3466	1.4653	2.00069	25.46	
26)	-110.3893	3.2612			
*27)	-43.8980	1.2000	1.79526	45.25	
28)	∞	11.3953			
29)	∞	1.6000	1.51680	64.13	
30)	∞	1.0001			

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
---	---	----	----	----	-----

11)	1.0000	-1.521E-06	-1.713E-10	-2.725E-13	3.136E-16
21)	1.0000	2.328E-06	-8.987E-10	7.838E-13	-1.151E-16
27)	1.0000	7.505E-06	-5.432E-09	-6.999E-13	5.724E-15

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	81.65
G2	13	-76.26
G3	15	79.48
G4	22	286.02
G5	24	-55.59

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.500	14.388
D14	20.384	7.496
D21	10.795	1.806
D23	4.123	13.113

[0200] 図12は、第6実施例の光学系の諸収差図である。

[0201] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0202] (第7実施例)

図13は、無限遠物体合焦時の第7実施例の光学系の断面図である。

[0203] 本実施例の光学系は、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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。

[0204] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL3と、物体側に凸

面を向けたメニスカス形状の正レンズL 4と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 5との接合負レンズと、開口絞りSと、両凸形状の正レンズL 6とからなる。

[0205] 第2レンズ群G 2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 7からなる。

[0206] 第3レンズ群G 3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 8と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 9との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL 10と、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL 11とからなる。

[0207] 第4レンズ群G 4は、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL 12からなる。

[0208] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL 13と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL 14との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL 15とからなる。

[0209] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0210] 本実施例の光学系と像面Iとの間には、フィルタFLが配置されている。

[0211] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G 2は物体側から像面側に移動され、第4レンズ群G 4は像面側から物体側に移動される。

[0212] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 1から負レンズL 5までは前群に該当し、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 6、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5は後群に該当する。第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G iに該当する。

[0213] 本実施例の光学系において、正レンズL 1 0は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP_r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o iに該当する。負レンズL 1 5は最も像面側に配置されたレンズL i 1に該当し、正レンズL 1 4はレンズL i 1の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2に該当する。正レンズL 1は前群が有する正レンズP fに該当し、負レンズL 5は前群が有する負レンズN fに該当する。

[0214] 以下の表 7 に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0215] (表 7)

[全体諸元]

f	147.00
ff	129.17
fr	-189.05
TL	157.00
Bf	15.74
FN0	1.85
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d
1)	74.1751	10.1607	1.66382	27.35
2)	191.7895	0.2000		
3)	93.9587	6.9178	1.49782	82.57
4)	200.7834	0.2000		
5)	74.0198	7.9191	1.49782	82.57
6)	179.5298	0.2000		
7)	55.0947	11.1364	1.49782	82.57
8)	3267.0580	1.2000	1.85451	25.15
9)	47.1440	9.1892		

10)	∞	3.0000			(開口絞り)
*11)	106.1518	4.9153	1.51680	64.13	
12)	-333.2392	D12			
13)	447.5810	1.5000	1.59349	67.00	
14)	40.6656	D14			
15)	68.0477	1.5000	1.90366	31.27	
16)	31.3982	7.3704	1.59319	67.90	
17)	70.6986	14.9835			
18)	230.0945	9.0000	1.90366	31.27	
19)	-63.8675	0.2000			
20)	-125.7886	3.5000	1.51680	64.13	
*21)	-83.8591	D21			
22)	-283.7511	3.5722	1.69895	30.13	
23)	-110.1588	D23			
24)	522.5170	1.2000	1.88300	40.69	
25)	36.0701	6.0890	1.68893	31.16	
26)	121.3136	4.4693			
*27)	-217.7830	1.5000	1.85108	40.12	
28)	91.8799	13.6807			
29)	∞	1.6000	1.51680	64.13	
30)	∞	1.0000			

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
11)	1.0000	-1.573E-06	-1.204E-10	-1.440E-13	2.081E-16
21)	1.0000	4.670E-06	-4.131E-09	3.245E-12	-2.590E-15
27)	1.0000	7.294E-06	-1.088E-08	1.539E-11	-1.356E-14

[各群焦点距離データ]

群 始面 焦点距離

G1	1	88.53
G2	13	-75.47
G3	15	61.62
G4	22	255.46
G5	24	-42.70

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.500	15.236
D14	21.671	7.935
D21	5.840	1.300
D23	1.786	6.327

[0216] 図14は、第7実施例の光学系の諸収差図である。

[0217] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0218] (第8実施例)

図15は、無限遠物体合焦時の第8実施例の光学系の断面図である。

[0219] 本実施例の光学系は、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、正の屈折力を有する第4レンズ群G4と、負の屈折力を有する第5レンズ群G5とを有している。

[0220] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL2と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL3と、両凸形状の正レンズL4と両凹形状の負レンズL5との接合負レンズと、開口絞りSと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL6とからなる。

[0221] 第2レンズ群G2は、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL7からなる。

[0222] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス

形状の負レンズL 8と物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL 9との接合正レンズと、両凸形状の正レンズL 10と、両凹形状の負レンズL 11とからなる。

[0223] 第4レンズ群G 4は、物体側に凸面を向けた平凸形状の正レンズL 12からなる。

[0224] 第5レンズ群G 5は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた平凹形状の負レンズL 13と物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズL 14との接合負レンズと、両凹形状の負レンズL 15とからなる。

[0225] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0226] 本実施例の光学系と像面Iとの間には、フィルタFLが配置されている。

[0227] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G 2は物体側から像面側に移動され、第4レンズ群G 4は像面側から物体側に移動される。

[0228] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 1から負レンズL 5までは前群に該当し、第1レンズ群G 1のうちの正レンズL 6、第2レンズ群G 2、第3レンズ群G 3、第4レンズ群G 4、および第5レンズ群G 5は後群に該当する。第2レンズ群G 2および第4レンズ群G 4は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G 2は最も物体側に配置された合焦群G f oに該当する。第5レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群G iに該当する。

[0229] 本実施例の光学系において、正レンズL 10は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP r、および、合焦群G f oよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP f o iに該当する。負レンズL 15は最も像面側に配置されたレンズL i 1に該当し、正レンズL 14はレンズL i 1の物体側に隣り合って配置されたレンズL i 2に該当する。正レンズL 1は前群が有する正レンズP fに該当し

、負レンズL 5は前群が有する負レンズN fに該当する。

[0230] 以下の表8に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0231] (表8)

[全体諸元]

f 176.40

ff 134.07

fr -141.88

TL 185.00

Bf 15.26

FN0 1.85

Y 21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν d
1)	70.7992	10.3651	1.66382	27.35
2)	98.0167	4.1343		
3)	113.3096	11.6028	1.43700	95.10
4)	600.8306	17.8278		
5)	53.5822	10.2222	1.43700	95.10
6)	102.9859	0.2000		
7)	65.9776	12.1046	1.49782	82.57
8)	-209.2139	2.0000	1.85451	25.15
9)	77.6880	6.5433		
10)	∞	3.0000		(開口絞り)
*11)	68.8730	6.2390	1.51680	64.13
12)	742.5790	D12		
13)	135.0045	1.5000	1.87071	40.73
14)	35.9895	D14		
15)	-82.8618	1.5000	2.00069	25.46

16)	-232.4416	7.3438	1.51680	64.13
17)	-48.2540	0.2000		
18)	113.4417	9.0000	1.85451	25.15
19)	-79.8447	1.3545		
20)	-63.0212	1.5000	1.59319	67.90
*21)	310.8985	D21		
22)	110.8901	4.5000	1.80518	25.45
23)	∞	D23		
24)	-192.4796	1.5000	2.00069	25.46
25)	∞	4.4712	1.60342	38.03
26)	-198.8206	4.9478		
*27)	-135.4173	1.5000	1.85108	40.12
28)	116.3479	13.2022		
29)	∞	1.6000	1.51680	64.13
30)	∞	1.0000		

[非球面データ]

	m	K	A4	A6	A8	A10
11)	1.0000	-1.987E-06	-3.988E-10	-1.732E-13	2.337E-16	
21)	1.0000	-1.638E-06	-1.437E-09	-3.911E-13	3.952E-16	
27)	1.0000	1.966E-07	-5.586E-09	7.011E-12	-7.933E-15	

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	93.04
G2	13	-56.76
G3	15	110.95
G4	22	137.72
G5	24	-61.92

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D12	1.500	12.763
D14	33.230	21.967
D21	7.604	2.497
D23	3.307	8.415

[0232] 図16は、第8実施例の光学系の諸収差図である。

[0233] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0234] (第9実施例)

図17は、無限遠物体合焦時の第9実施例の光学系の断面図である。

[0235] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りS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とを有している。

[0236] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL1と、両凸形状の正レンズL2と両凹形状の負レンズL3との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL4とからなる。

[0237] 第2レンズ群G2は、両凸形状の正レンズL5と両凹形状の負レンズL6との接合負レンズからなる。

[0238] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL7と、両凹形状の負レンズL8と両凸形状の正レンズL9との接合負レンズと、物体側に平面を向けた平凸形状の負レンズL10と物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL11との接合負レンズと、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL12と、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL13とからなる。

[0239] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0240] 本実施例の光学系と像面Iとの間には、フィルタFLが配置されている。

[0241] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G2を光軸に沿って移動させることに

より合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G2は物体側から像面側に移動される。

[0242] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G1は前群に該当し、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3は後群に該当する。第2レンズ群G2は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G2は最も物体側に配置された合焦群Gfoに該当する。第3レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群Giに該当する。

[0243] 本実施例の光学系において、正レンズL7は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズPr、および、合焦群Gfoよりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズPfoiに該当する。負レンズL13は最も像面側に配置されたレンズLi1に該当し、正レンズL12はレンズLi1の物体側に隣り合って配置されたレンズLi2に該当する。

[0244] 以下の表9に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0245] (表9)

[全体諸元]

f	85.60
ff	78.29
fr	-407.18
TL	124.99
Bf	12.15
FN0	1.85
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	ν_d
1)	103.0990	7.3719	1.88300	40.76
2)	-644.1714	0.1000		
3)	57.9469	9.9769	1.49782	82.57

4)	-128.1989	1.4547	2.00330	28.27	
5)	151.9669	7.1394			
6)	645.1565	10.0790	1.72916	54.67	
7)	-201.8099	1.4626			
8)	∞	D8			(開口絞り)
9)	375.9531	4.9280	1.66382	27.35	
10)	-47.1085	1.2000	1.71700	47.93	
11)	42.5578	D11			
12)	76.0025	8.7829	1.76385	48.49	
13)	-56.0181	0.1000			
14)	-61.6864	1.2000	1.69895	30.13	
15)	40.7957	9.2671	1.81600	46.62	
16)	-118.5713	1.4000			
17)	∞	1.2000	1.63980	34.47	
18)	28.7079	4.2638	1.80810	22.76	
19)	39.6858	3.5350			
20)	55.4388	6.2285	1.88300	40.76	
21)	213.8631	12.1281			
22)	-36.6968	1.2000	1.60342	38.03	
23)	-124.2980	10.0960			
24)	∞	1.6000	1.51680	63.88	
25)	∞	1.0000			

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	78.29
G2	9	-62.08
G3	12	70.49

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D8	1.200	10.964
D11	18.074	8.310

[0246] 図18は、第9実施例の光学系の諸収差図である。

[0247] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0248] (第10実施例)

図19は、無限遠物体合焦時の第10実施例の光学系の断面図である。

[0249] 本実施例の光学系は、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、負の屈折力を有する第3レンズ群G3とを有している。

[0250] 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL1と、両凸形状の正レンズL2と両凹形状の負レンズL3との接合負レンズと、両凸形状の正レンズL4と両凹形状の負レンズL5との接合負レンズとからなる。

[0251] 第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL6と、両凸形状の正レンズL7と、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズL8と、両凹形状の負レンズL9と両凸形状の正レンズL10との接合正レンズとからなる。

[0252] 第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズL11と、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL12とからなる。

[0253] 像面I上には、CCDまたはCMOS等から構成された撮像素子（不図示）が配置されている。

[0254] 本実施例の光学系と像面Iとの間には、フィルタFLが配置されている。

[0255] 本実施例の光学系は、第2レンズ群G2を光軸に沿って移動させることにより合焦を行う。無限遠に合焦している状態から近距離物体に合焦させる場合、第2レンズ群G2は像面側から物体側に移動される。

[0256] 本実施例の光学系において、第1レンズ群G1は前群に該当し、第2レンズ群G2および第3レンズ群G3は後群に該当する。第2レンズ群G2は合焦時に移動する合焦群に該当する。第2レンズ群G2は最も物体側に配置された合焦群Gfoに該当する。第3レンズ群は最も像側に配置されるレンズ群Giに該当する。

[0257] 本実施例の光学系において、正レンズL7は、後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズPrに該当する。負レンズL12は最も像面側に配置されたレンズLi1に該当し、正レンズL11はレンズLi1の物体側に隣り合って配置されたレンズLi2に該当する。

[0258] 以下の表10に、本実施例の光学系の諸元の値を掲げる。

[0259] (表10)

[全体諸元]

f	100.00
ff	136.41
TL	120.00
Bf	13.15
FN0	1.85
Y	21.70

[レンズ諸元]

m	r	d	nd	νd
1)	57.7694	10.0024	1.59282	68.62
2)	400.0000	7.3758		
3)	41.5755	11.6144	1.49782	82.57
4)	-164.2951	1.2000	1.73800	32.33
5)	48.8315	2.2015		
6)	69.3936	8.4881	1.80810	22.76
7)	-54.7343	1.2000	1.74077	27.79
8)	49.8276	4.9417		

9)	∞	14.8014			(開口絞り)
10)	-124.6523	1.2000	1.73800	32.33	
11)	111.4500	0.1000			
12)	35.2246	10.0000	1.90366	31.34	
13)	-335.2341	0.9386			
*14)	57.8259	1.2000	2.00178	19.32	
15)	35.2792	7.8204			
16)	-55.7086	1.2964	1.68893	31.07	
17)	78.8211	7.7550	1.88300	40.76	
18)	-51.1472	5.5324			
19)	-43.8291	6.4320	1.98613	16.48	
20)	-39.3902	1.0000			
*21)	-33.3333	1.2000	1.58913	61.25	
22)	-114.3133	11.1000			
23)	∞	1.6000	1.51680	63.88	
24)	∞	1.0000			

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10
14)	1.0000	-7.051E-06	-4.487E-09	-9.846E-12	1.986E-14
21)	1.0000	8.649E-07	3.345E-09	1.111E-12	-7.577E-15

[各群焦点距離データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	136.41
G2	10	79.30
G3	19	-111.58

[可変間隔データ]

	無限遠合焦時	近距離合焦時
D9	14.801	2.270

D18 5.532 18.064

[0260] 図20は、第10実施例の光学系の諸収差図である。

[0261] 各収差図より、本実施例の光学系は、諸収差を適切に補正し、高い光学性能を有していることがわかる。

[0262] 上記各実施例によれば、小型で良好な光学性能を有する光学系を実現することができる。

[0263] 以下に、各実施例の条件式対応値を示す。

[0264] TLは光学系の全長であり、fは光学系の焦点距離であり、Bfは空気換算長でのバックフォーカスである。ffは前群の焦点距離であり、frは後群の焦点距離である。fPrは単レンズP_rの焦点距離であり、fPfo1は単レンズP_{f o i}の焦点距離であり、ffoは合焦群G_{f o}の焦点距離である。

[0265] trは後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和であり、tGiはレンズ群G_iに含まれるレンズのそれぞれの光軸上の長さの和である。DaはL_{i 1}の物体側のレンズ面とレンズL_{i 2}の像面側のレンズ面との間の、無限遠合焦時における光軸上の距離である。D1は最も物体側のレンズ面と単レンズP_rの物体側の面との間の無限遠合焦時における光軸上の距離であり、D2は開口絞りと単レンズP_rの物体側のレンズ面との間の光軸上の距離である。

[0266] ndPfは正レンズP_fのd線に対する屈折率であり、 ν dPfは正レンズP_fのd線を基準とするアッベ数であり、 θ FPfは正レンズP_fの部分分散比である。ndNfは負レンズN_fのd線に対する屈折率であり、 ν dNfは負レンズN_fのd線を基準とするアッベ数であり、 θ FNfは負レンズN_fの部分分散比である。

[0267] [条件式対応値]

条件式	第1	第2	第3	第4
第5				
(1) $ff/ fr $	0.499	0.850	0.571	0.324
0.257				
(2) tr/TL	0.283	0.220	0.239	0.172

0.252				
(3) f/TL	0.897	0.912	0.912	0.908
0.897				
(4) fPr/ fr	0.221	0.582	0.284	0.193
0.120				
(5) fPfoi/ fr	0.221	0.582	0.284	0.193
0.120				
(6) fPfoi/f	0.379	0.440	0.422	0.401
0.450				
(7) Da/Bf	0.310	0.347	0.347	0.163
0.287				
(8) tGi/Da	2.210	2.043	1.961	0.340
2.406				
(9) D1/TL	0.605	0.576	0.571	0.635
0.603				
(10) D2/TL	0.292	0.228	0.262	0.322
0.286				
(11) ffo /f	0.523	0.509	0.571	0.589
0.554				
(12) ndPf	1.664	1.664	1.664	1.664
1.664				
(13) ν dPf	27.350	27.350	27.350	27.350
27.350				
(14) θ FPf-(0.6415-0.00162*ν dPf)	0.035	0.035	0.035	0.035
0.035				
(15) ndNf	1.855	1.855	1.855	1.855
1.855				
(16) ν dNf	25.150	25.150	25.150	24.800

25.150				
(17) $\theta \text{FNf} - (0.6415 - 0.00162 * \nu \text{dNf})$	0.010	0.010	0.010	0.011
0.010				
[0268] 条件式	第6	第7	第8	第9
第10				
(1) $\text{ff}/ \text{fr} $	0.632	0.683	0.945	0.192
0.688				
(2) tr/TL	0.260	0.256	0.211	0.306
0.242				
(3) f/TL	0.843	0.936	0.954	0.685
0.833				
(4) $\text{fPr}/ \text{fr} $	0.272	0.297	0.395	0.107
0.180				
(5) $\text{fPfoi}/ \text{fr} $	0.272	0.297	0.395	0.107
0.180				
(6) fPfoi/f	0.395	0.382	0.318	0.508
0.357				
(7) Da/Bf	0.242	0.284	0.324	0.998
0.076				
(8) tGi/Da	2.950	1.967	1.510	2.650
7.632				
(9) $\text{D1}/\text{TL}$	0.524	0.660	0.700	0.504
0.526				
(10) $\text{D2}/\text{TL}$	0.247	0.359	0.295	0.203
0.134				
(11) $ \text{ffo} /\text{f}$	0.624	0.513	0.322	0.725
0.793				
(12) ndPf	1.664	1.664	1.664	-

1.808				
(13) ν dPf	27.350	27.350	27.350	-
22.760				
(14) θ FPf-(0.6415-0.00162* ν dPf)	0.035	0.035	0.035	-
0.026				
(15) ndNf	1.855	1.855	1.855	-
-				
(16) ν dNf	25.150	25.150	25.150	-
-				
(17) θ FNf-(0.6415-0.00162* ν dNf)	0.010	0.010	0.010	-
-				

[0269] 上記各実施例は、本発明の一具体例を示しているものであり、本発明はこれらに限定されない。以下の内容は、本願の実施形態の光学系の光学性能を損なわない範囲で適宜採用することが可能である。

[0270] 本実施形態の光学系は、最も像面側のレンズ面と像面との間に、フィルタなどの光学部材を有していなくてもよい。

[0271] 本実施形態の光学系は、光軸に垂直な方向の成分を持つように移動されることにより手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群を有していてもよい。防振レンズ群は、レンズ群であってよく、レンズ群に含まれる1以上のレンズ成分からなる部分レンズ群であってもよい。「レンズ成分」とは、単レンズ、あるいは2枚以上の単レンズを接合してなる接合レンズをいう。

[0272] 本実施形態の光学系において、レンズ面は、球面または平面で形成されていてもよく、非球面で形成されていてもよい。レンズ面が球面または平面の場合、レンズ加工および組立調整が容易となり、加工およ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、レンズ面が球面または平面の場合、像面がずれたときの描写性能の劣化が少ないので好ましい。

[0273] レンズ面が非球面の場合において、非球面は、ガラスの研削加工または非

球面形状を有する型を用いたガラスモールドにより形成されてもよく、ガラスの表面に接合された樹脂の表面に形成されてもよい。また、本実施形態の光学系において、レンズ面は回折面としてもよく、レンズは屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）またはプラスチックレンズとしてもよい。

[0274] 次に、本実施形態の光学系を備えたカメラを、図21に基づいて説明する。

図21は、本実施形態の光学系を備えたカメラの模式図である。

[0275] カメラ1は、光学機器の一例であり、撮影レンズ2として上記第1実施例に係る光学系を備えた交換レンズを有する、レンズ交換式のいわゆるミラーレスカメラである。

[0276] 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、撮像素子3に到達する。撮像素子3は、被写体からの光を画像データに変換する。画像データは、電子ビューファインダ4に表示される。これにより、アイポイントEPに眼を位置させた撮影者は、被写体を観察することができる。

[0277] 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、画像データは不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者はカメラ1による被写体の撮影を行うことができる。

[0278] ここで、カメラ1に撮影レンズ2として搭載した上記第1実施例の光学系は、小型で良好な光学性能を有する光学系である。したがって、カメラ1は小型で良好な光学性能を実現することができる。なお、上記第2―第10実施例の光学系を撮影レンズ2として搭載したカメラを構成しても、カメラ1と同様の効果を奏することができる。

[0279] 最後に、本実施形態の光学系の製造方法の概略を、図22に基づいて説明する。

[0280] 図22は本実施形態の光学系の製造方法の概略を示すフローチャートである。図22に示す本実施形態の光学系の製造方法は、以下のステップS11―S12を含む。

[0281] ステップS 1 1 : 前群と、開口絞りSと、後群とを準備する。

[0282] ステップS 1 2 : 光学系が以下の条件式とともに満足するようにする。

$$(1) \quad 0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$$

$$(2) \quad 0.13 < t_r / TL < 0.45$$

$$(3) \quad 0.50 < f / TL < 1.20$$

但し、

f_f : 前群の焦点距離

f_r : 後群の焦点距離

t_r : 後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 光学系の全長

f : 光学系の焦点距離

[0283] 本実施形態の光学系の製造方法によれば、小型で良好な結像性能を有する光学系を製造することができる。

[0284] 当業者は、本開示の精神および範囲から外れることなく、種々の変更、置換および修正をこれに加えることが可能であることを理解されたい。

符号の説明

- [0285] S 開口絞り
I 像面
1 カメラ
2 撮影レンズ
3 撮像素子

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、開口絞りと、後群とを有し、

以下の条件式をともに満足する光学系。

$$0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$$

$$0.13 < t_r / TL < 0.45$$

$$0.50 < f / TL < 1.20$$

但し、

f_f : 前記前群の焦点距離

f_r : 前記後群の焦点距離

t_r : 前記後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 前記光学系の全長

f : 前記光学系の焦点距離

[請求項2] 前記後群は負の屈折力を有する請求項1に記載の光学系。

[請求項3] 以下の条件式を満足する請求項1または請求項2に記載の光学系。

$$0.05 < f_{Pr} / |f_r| < 0.70$$

但し、

f_{Pr} : 前記後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ P_r の焦点距離

[請求項4] 合焦時に移動する少なくとも一つの合焦群を有し、

以下の条件式を満足する請求項1－3のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.05 < f_{Pfoi} / |f_r| < 0.70$$

但し、

f_{Pfoi} : 前記少なくとも一つの合焦群のうち最も物体側に配置された合焦群 G_{fo} よりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ P_{foi} の焦点距離

[請求項5] 合焦時に移動する少なくとも一つの合焦群を有し、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 4 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.25 < f_{P f o i} / f < 0.55$$

但し、

$f_{P f o i}$: 前記少なくとも一つの合焦群のうち最も物体側に配置された合焦群 $G f o$ よりも像面側に配置される両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズ $P f o i$ の焦点距離

[請求項6] 以下の条件式を満足する請求項 1 - 5 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.05 < D a / B f < 1.10$$

但し、

$D a$: 最も像面側に配置されたレンズ $L i 1$ の物体側のレンズ面と、前記レンズ $L i 1$ の物体側に隣り合って配置されたレンズ $L i 2$ の像面側のレンズ面との間の、無限遠合焦時における光軸上の距離

$B f$: 空気換算長でのバックフォーカス

[請求項7] 前記後群は、合焦時に移動する少なくとも 1 つの合焦群を含む複数のレンズ群を有し、

前記複数のレンズ群は、合焦時に互いの間隔が変化し、

以下の条件式を満足する請求項 1 - 6 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.30 < t G i / D a < 9.00$$

但し、

$t G i$: 前記複数のレンズ群のうち最も像側に配置されるレンズ群 $G i$ に含まれるレンズのそれぞれの光軸上の長さの和

$D a$: 最も像面側に配置されたレンズ $L i 1$ の物体側のレンズ面と、前記レンズ $L i 1$ の物体側に隣り合って配置されたレンズ $L i 2$ の像面側のレンズ面との間の、無限遠合焦時における光軸上の距離

[請求項8] 以下の条件式を満足する請求項 1 - 7 のいずれか一項に記載の光学

系。

$$0.40 < D1/TL < 0.85$$

但し、

D1 : 最も物体側のレンズ面と、前記後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP_rの物体側の面との間の無限遠合焦時における光軸上の距離

[請求項9] 以下の条件式を満足する請求項1－8のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.10 < D2/TL < 0.80$$

但し、

D2 : 前記開口絞りと、前記後群内の両凸形状の単レンズのうち最も屈折力の強い単レンズP_rの物体側のレンズ面との間の光軸上の距離

[請求項10] 合焦時に移動する少なくとも一つの合焦群を有し、
以下の条件式を満足する請求項1－9のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.25 < |ffo|/f < 0.90$$

但し、

ffo : 前記少なくとも一つの合焦群のうち最も物体側に配置される合焦群G_{fo}の焦点距離

[請求項11] 前記前群は、以下の条件式をともに満足する少なくとも一つの正レンズP_fを有する請求項1－10のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.60 < ndPf$$

$$\nu dPf < 31.00$$

$$0.01 < \theta gFPf - (0.6415 - 0.00162 \times \nu dPf)$$

但し、

ndPf : 前記正レンズP_fのd線に対する屈折率

$\nu_d P f$: 前記正レンズ $P f$ の d 線を基準とするアッベ数

$\theta_{g F P f}$: 前記正レンズ $P f$ の部分分散比であり、前記正レンズ $P f$ の g 線に対する屈折率を $n_{g P f}$ とし、前記正レンズ $P f$ の F 線に対する屈折率を $n_{F P f}$ とし、前記正レンズ $P f$ の C 線に対する屈折率を $n_{C P f}$ としたとき、次式で定義される。

$$\theta_{g F P f} = (n_{g P f} - n_{F P f}) / (n_{F P f} - n_{C P f})$$

[請求項12] 前記前群は、以下の条件式をともに満足する少なくとも一つの負レンズ $N f$ を有する請求項 1 - 11 のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.85 < n_{d N f}$$

$$\nu_{d N f} < 26.00$$

$$\theta_{g F N f} - (0.6415 - 0.00162 \times \nu_{d N f}) < 0.015$$

但し、

$n_{d N f}$: 前記負レンズ $N f$ の d 線に対する屈折率

$\nu_{d N f}$: 前記負レンズ $N f$ の d 線を基準とするアッベ数

$\theta_{g F N f}$: 前記負レンズ $N f$ の部分分散比であり、前記負レンズ $N f$ の g 線に対する屈折率を $n_{g N f}$ とし、前記負レンズ $N f$ の F 線に対する屈折率を $n_{F N f}$ とし、前記負レンズ $N f$ の C 線に対する屈折率を $n_{C N f}$ としたとき、次式で定義される。

$$\theta_{g F N f} = (n_{g N f} - n_{F N f}) / (n_{F N f} - n_{C N f})$$

[請求項13] 請求項 1 - 12 のいずれか一項に記載の光学系を備える光学機器。

[請求項14] 請求項 1 - 12 のいずれか一項に記載の光学系を備える交換レンズ。

[請求項15] 物体側から順に、正の屈折力を有する前群と、開口絞りと、後群とを有する光学系を、

以下の条件式をともに満足するよう構成する光学系の製造方法。

$$0.10 < f_f / |f_r| < 1.50$$

$$0.13 < t_r / TL < 0.45$$

$$0.50 < f / TL < 1.20$$

但し、

f_f : 前記前群の焦点距離

f_r : 前記後群の焦点距離

t_r : 前記後群に含まれるレンズのそれぞれの中心厚の和

TL : 前記光学系の全長

f : 前記光学系の焦点距離

[図1]

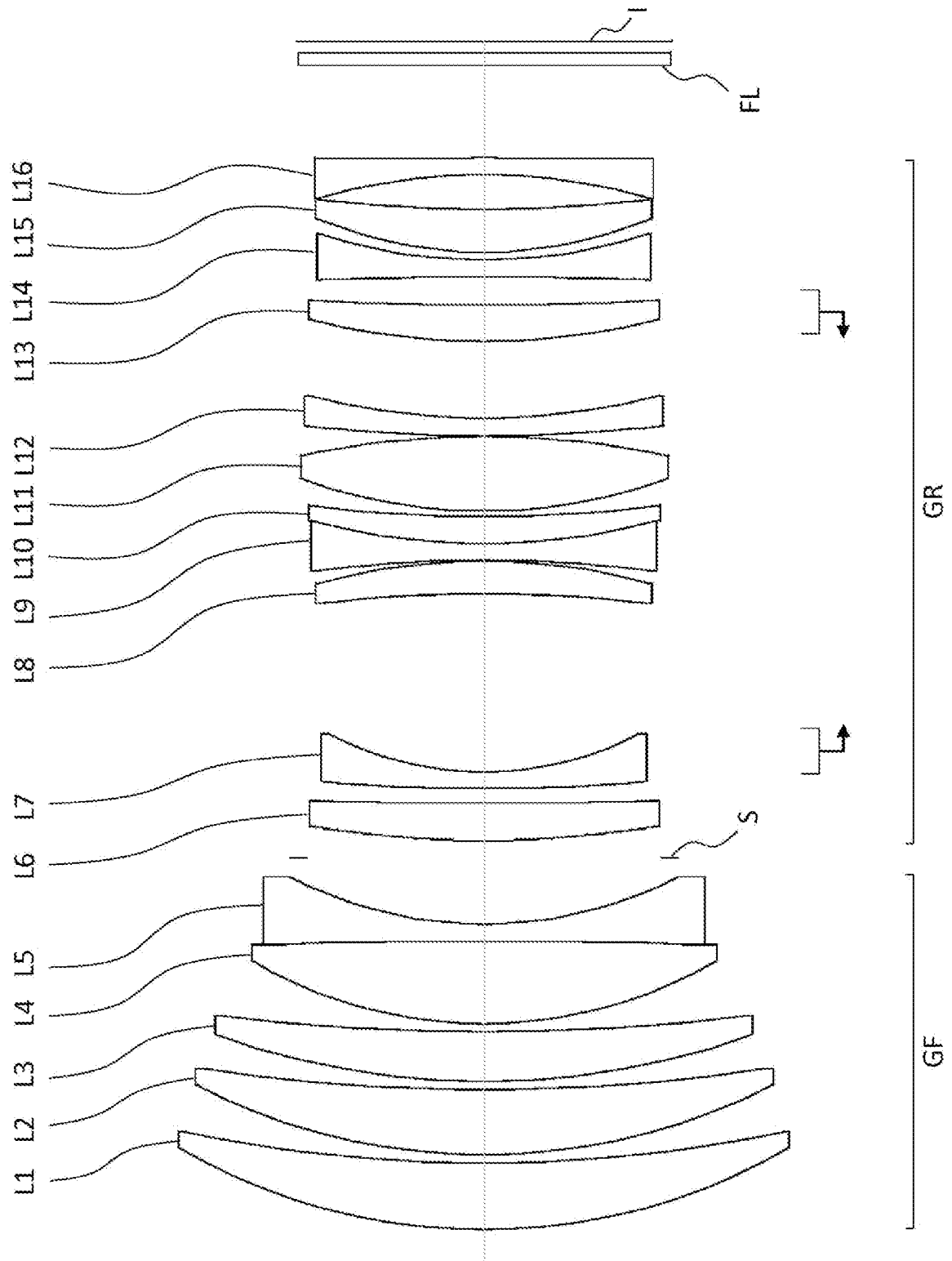
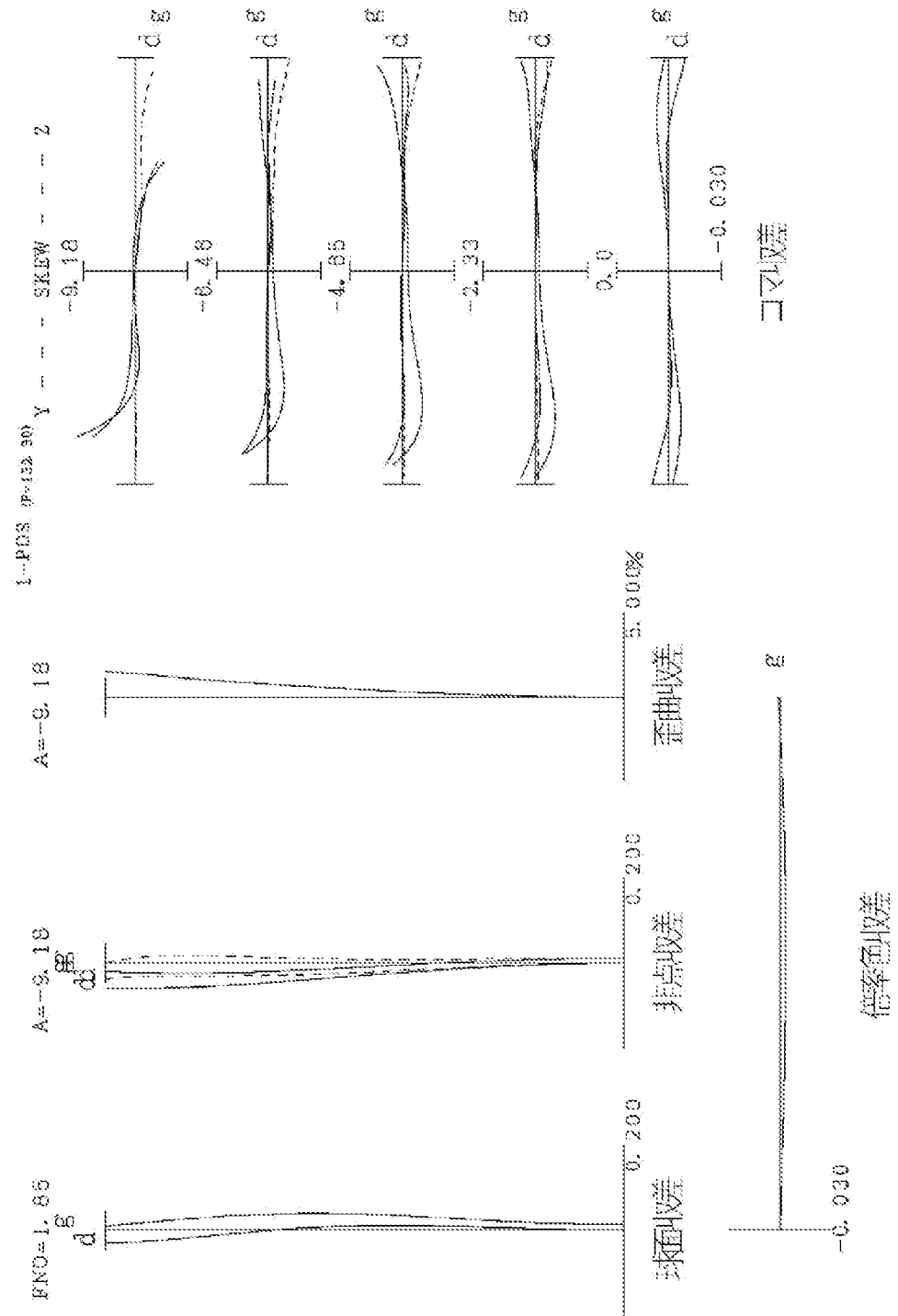
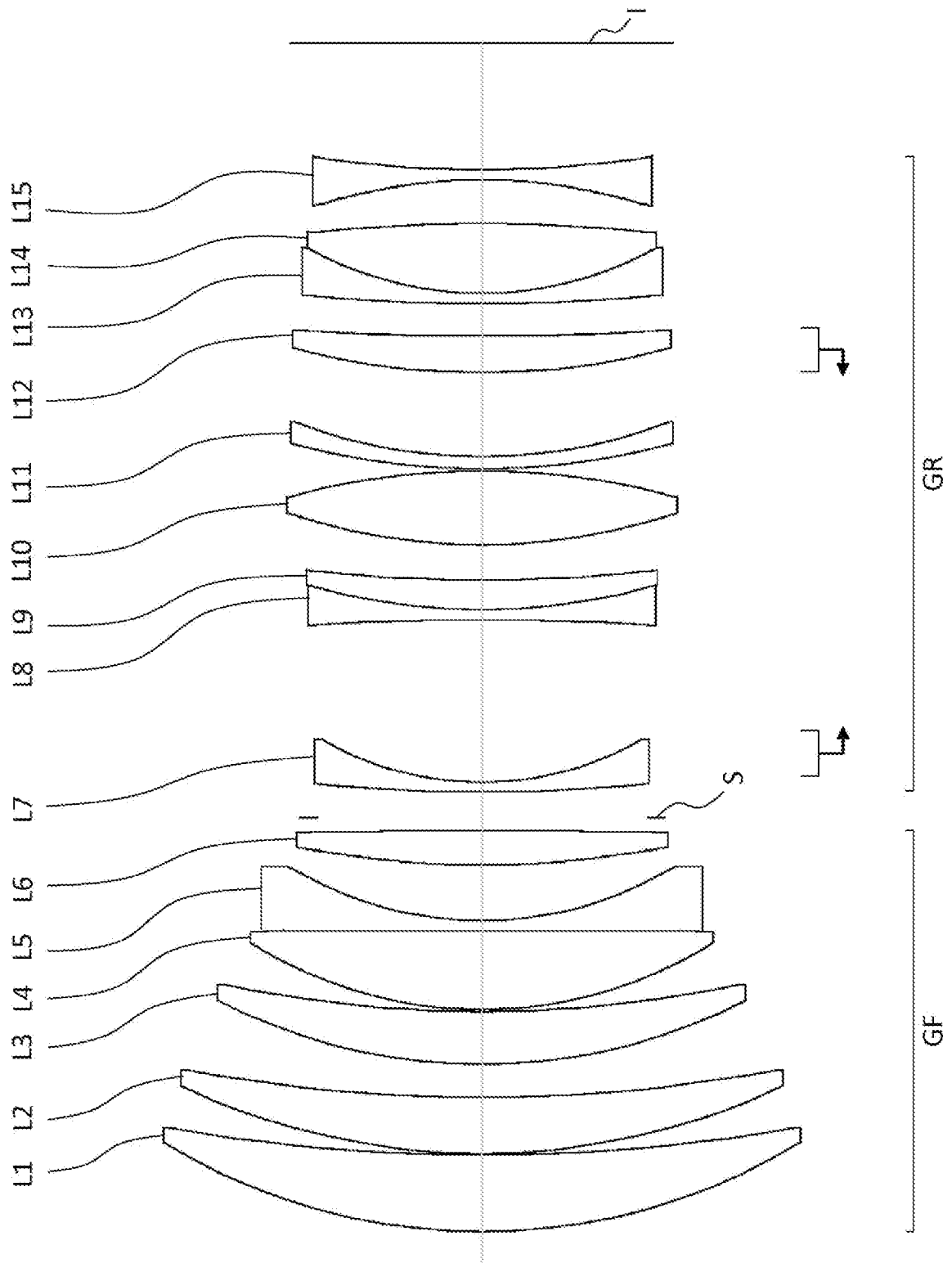


図1

[図2]



[図3]



[図4]

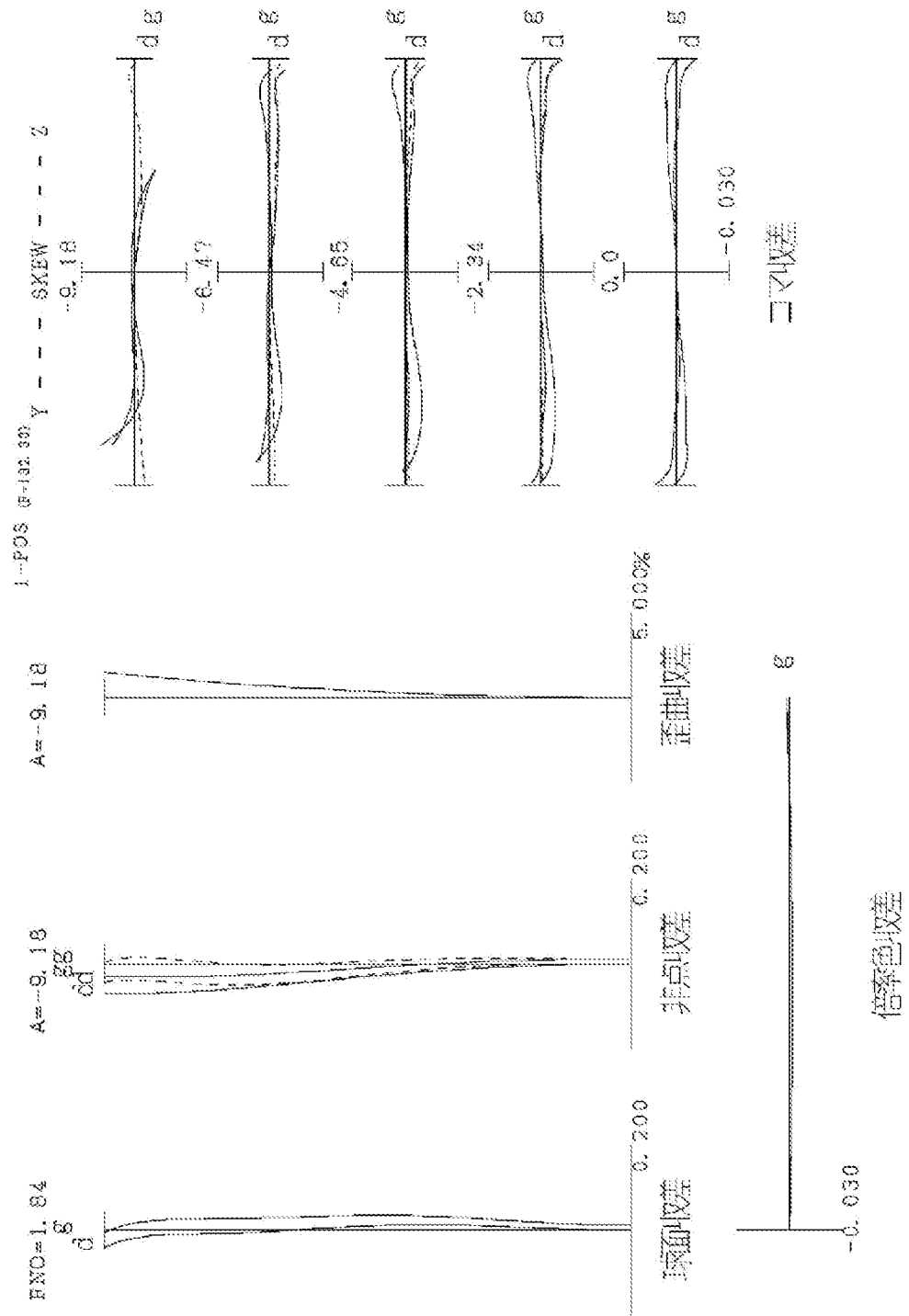
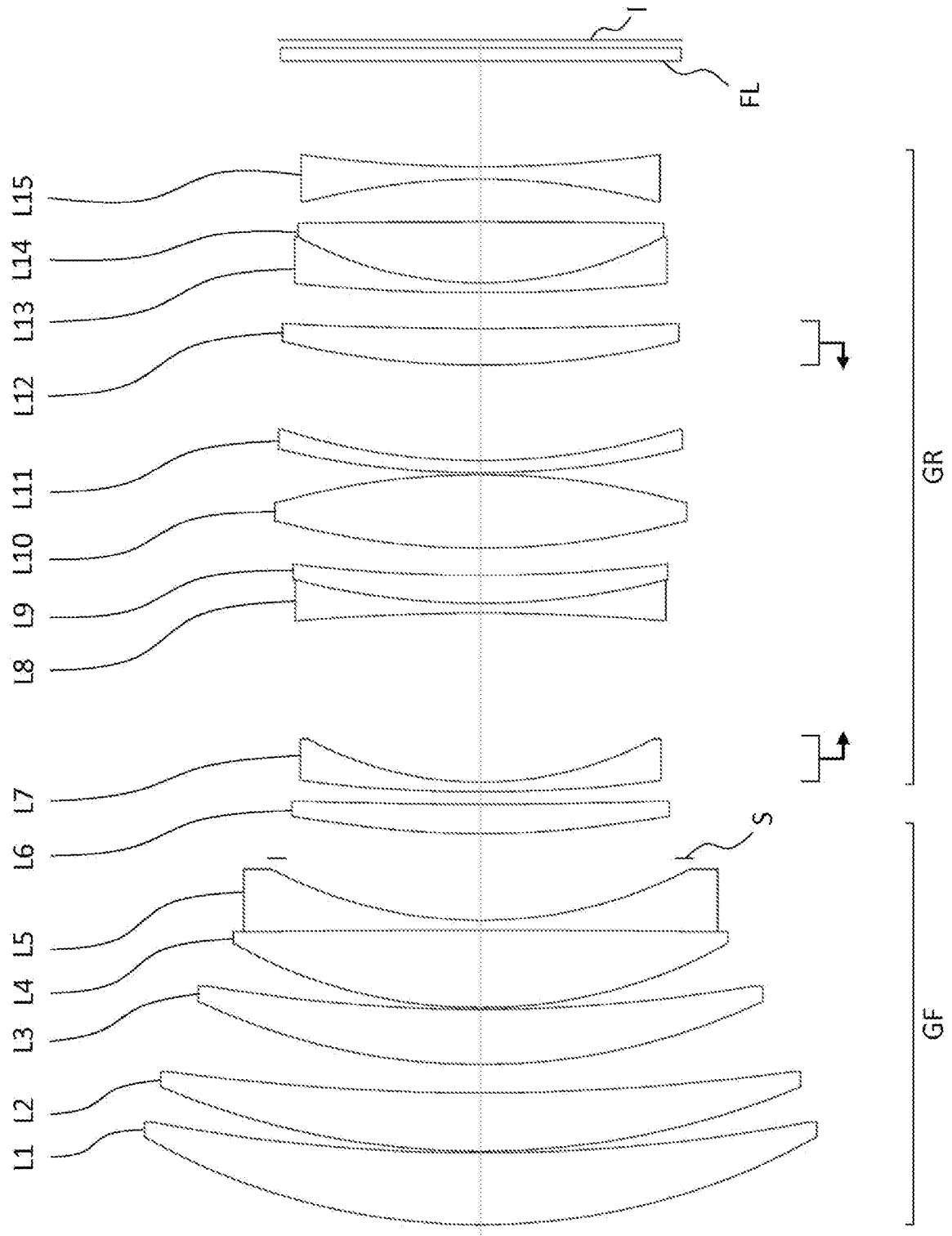


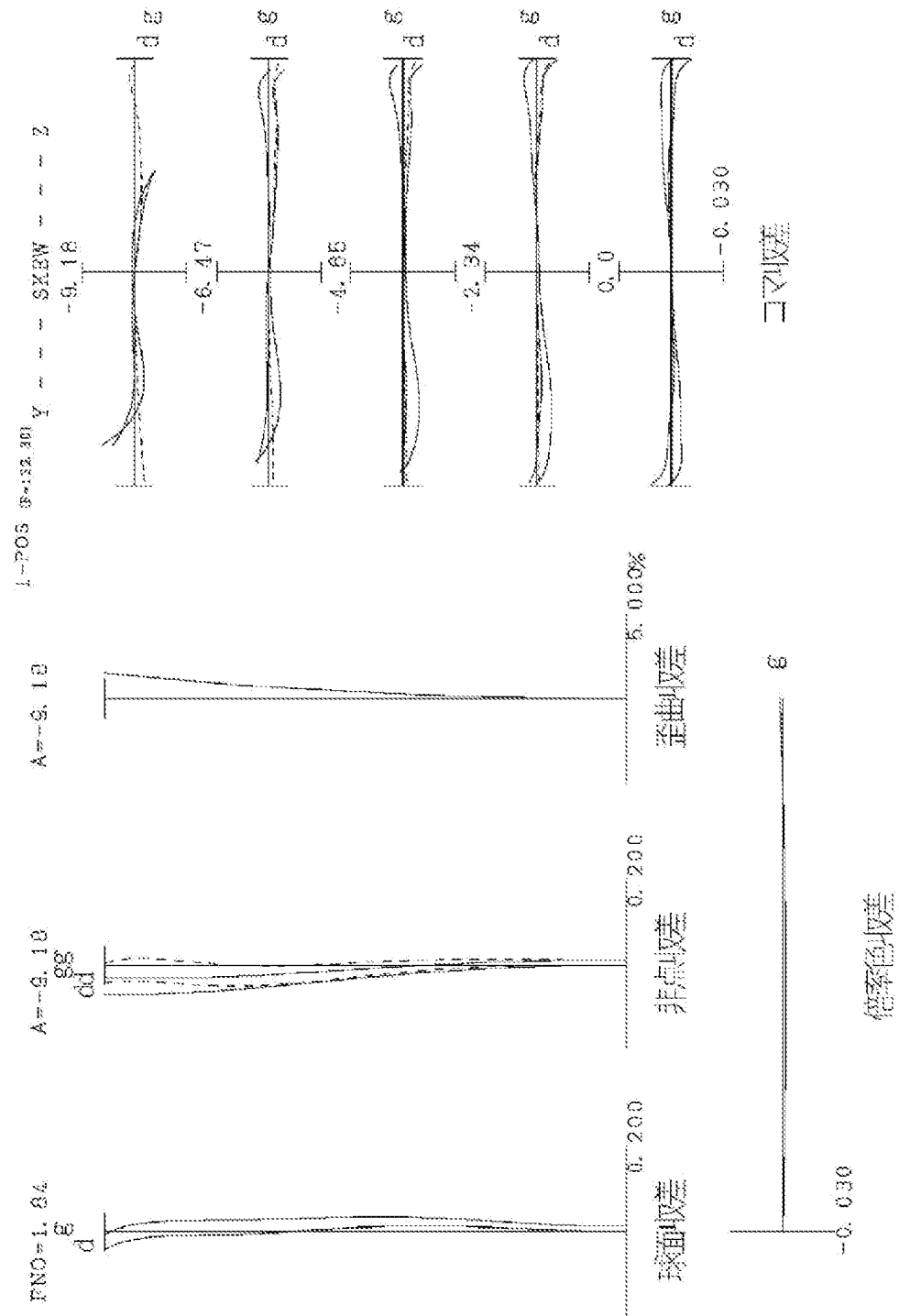
図4

[図5]



[図5]

[図6]



[図7]

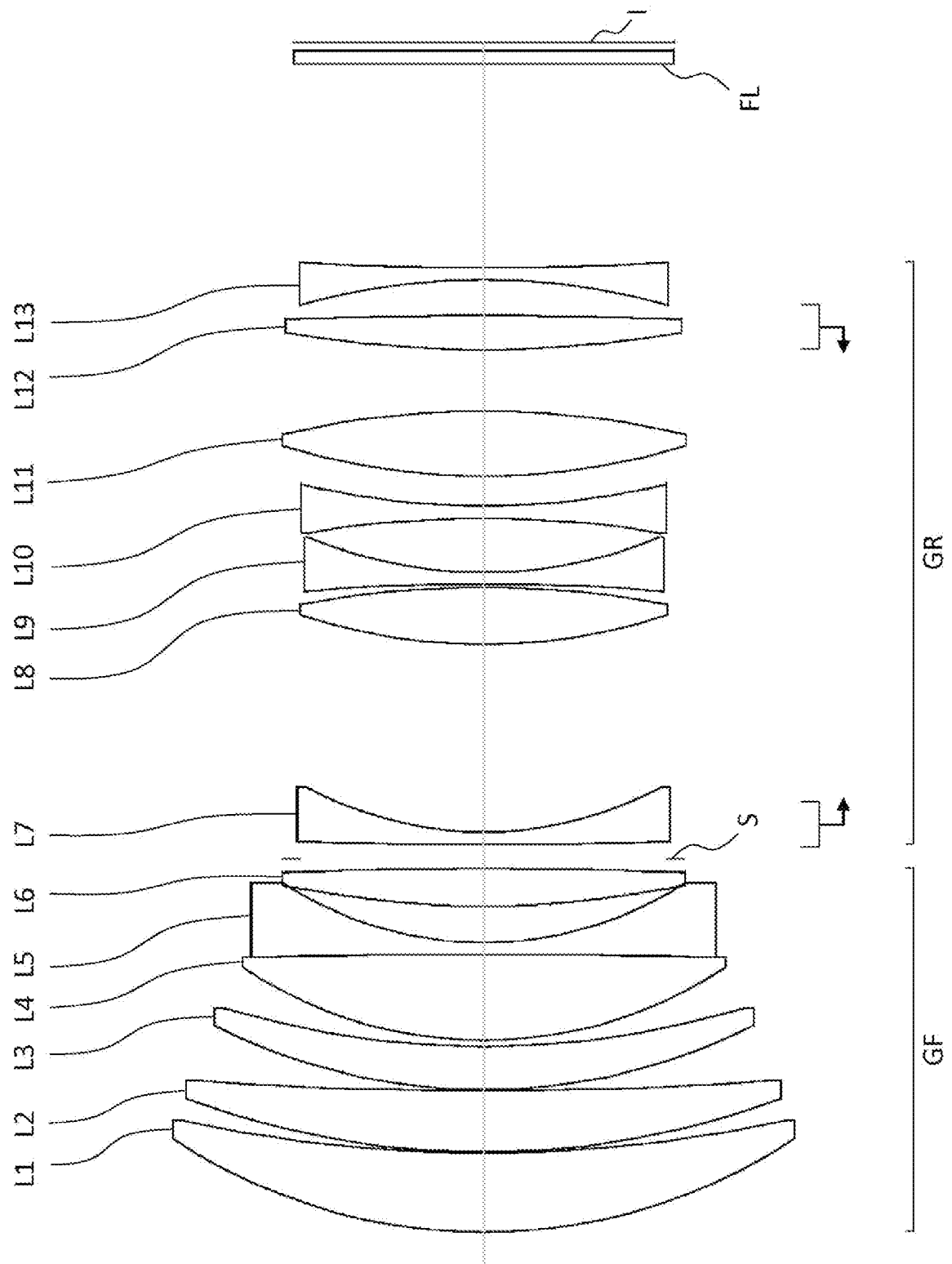
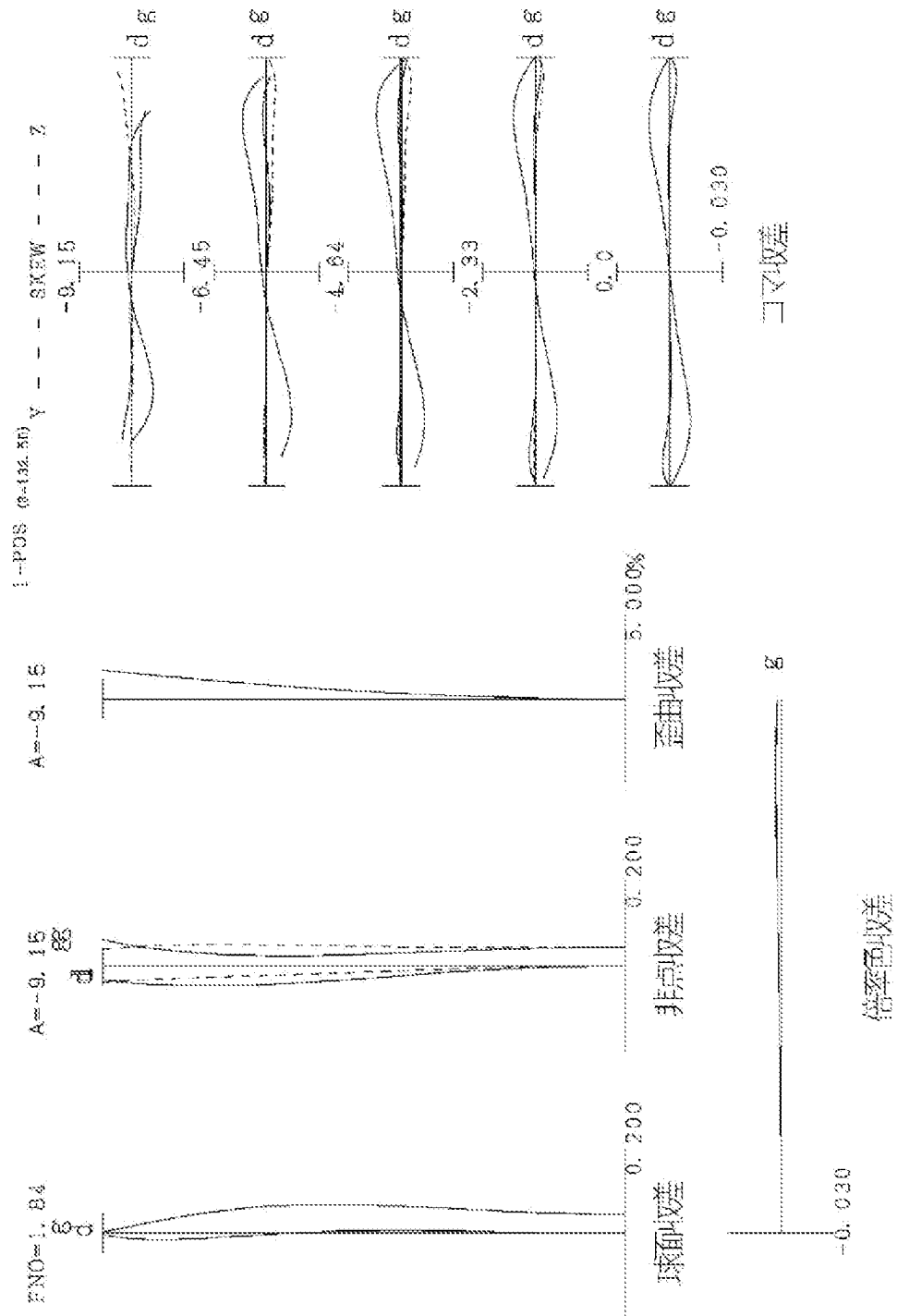


図7

[図8]



[図10]

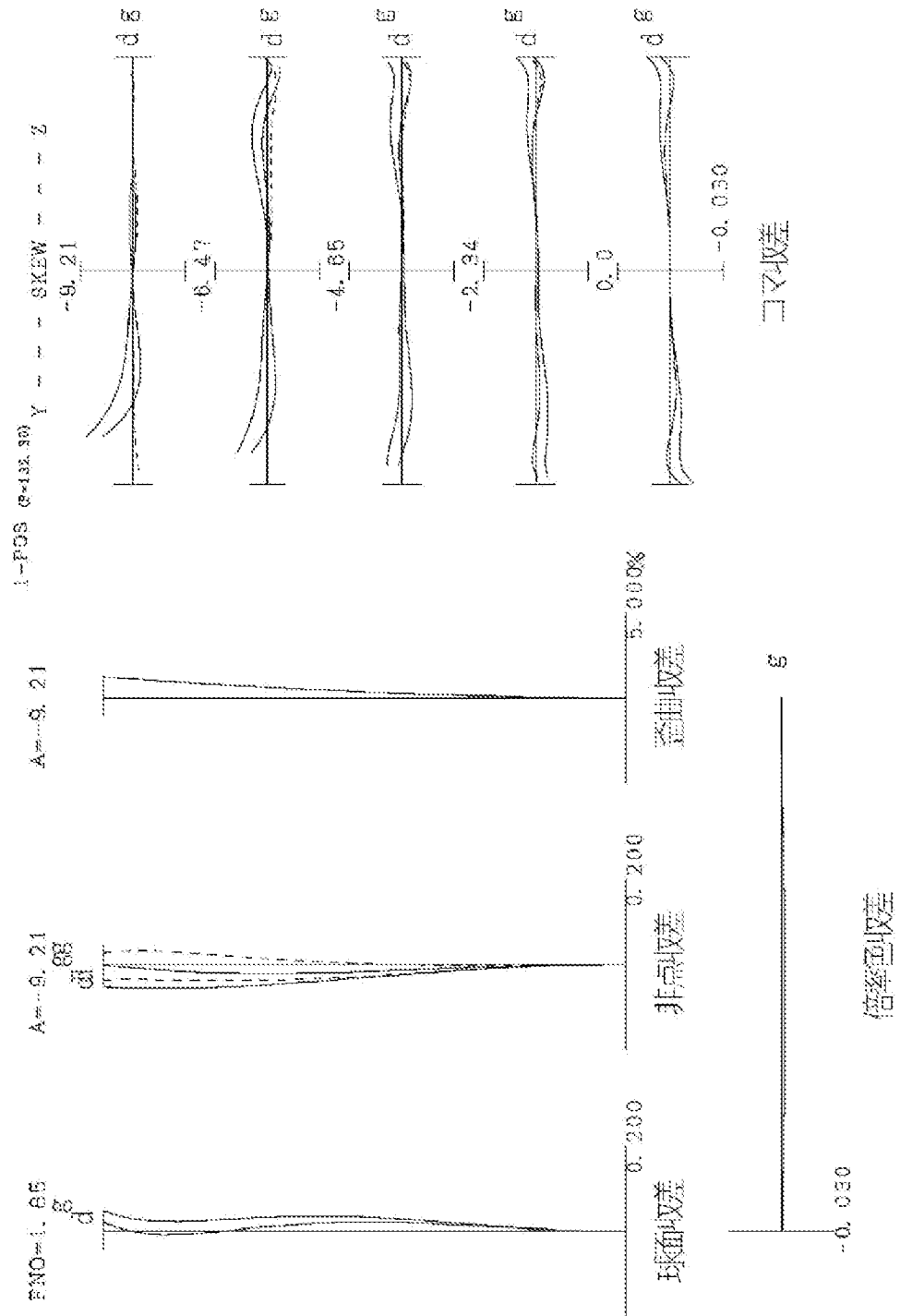


図10

[図11]

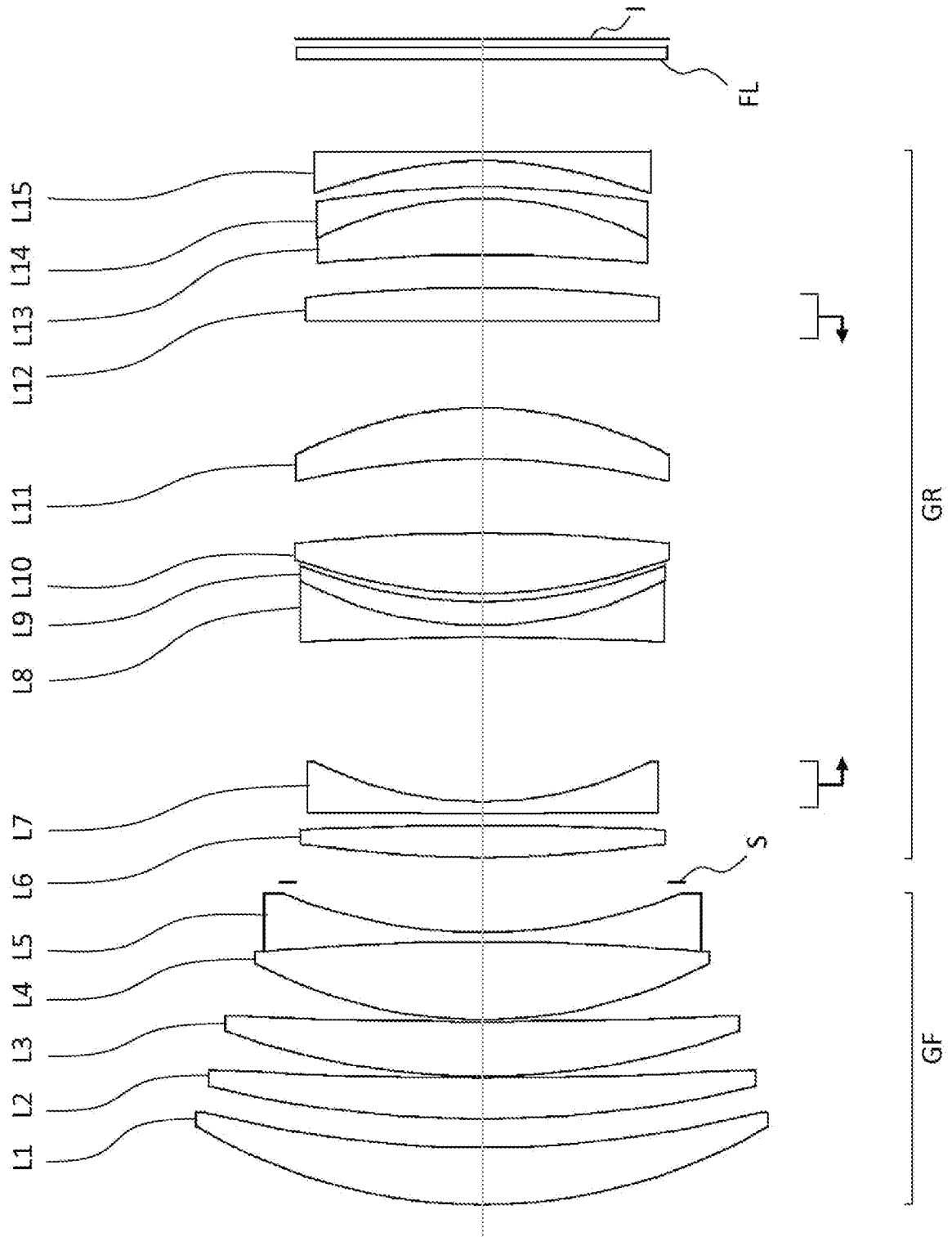


図11

[図12]

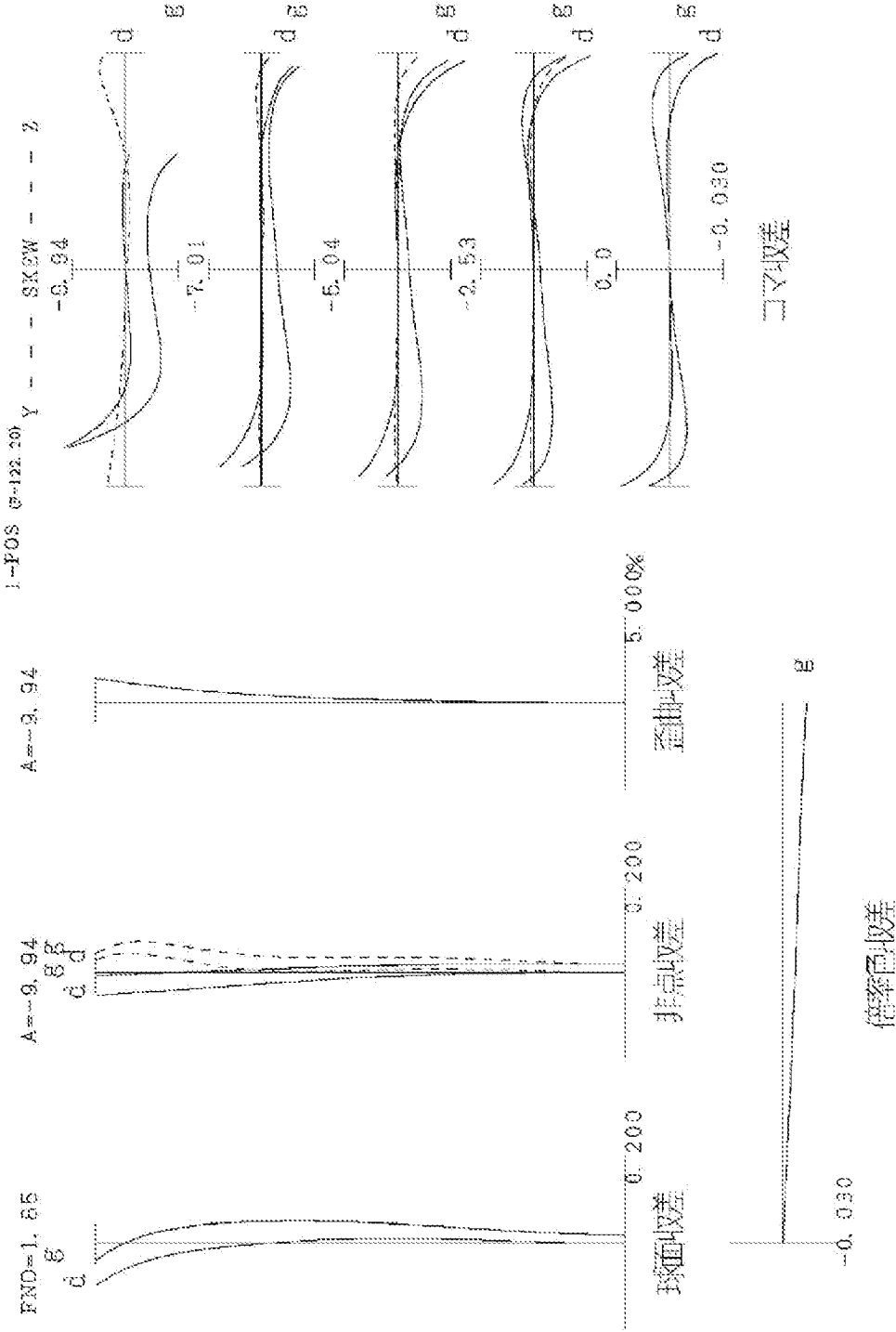
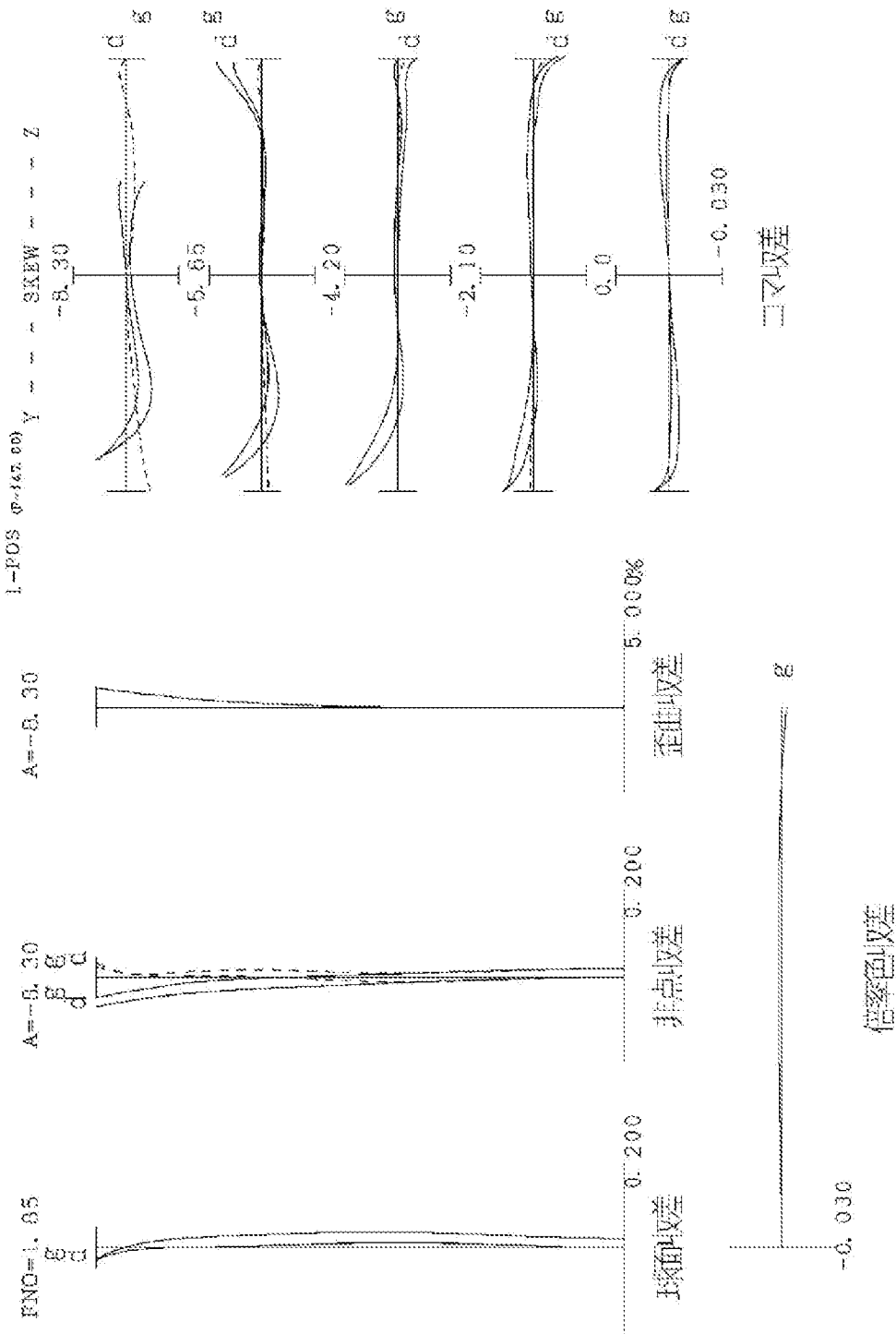


図12

[図14]



[図15]

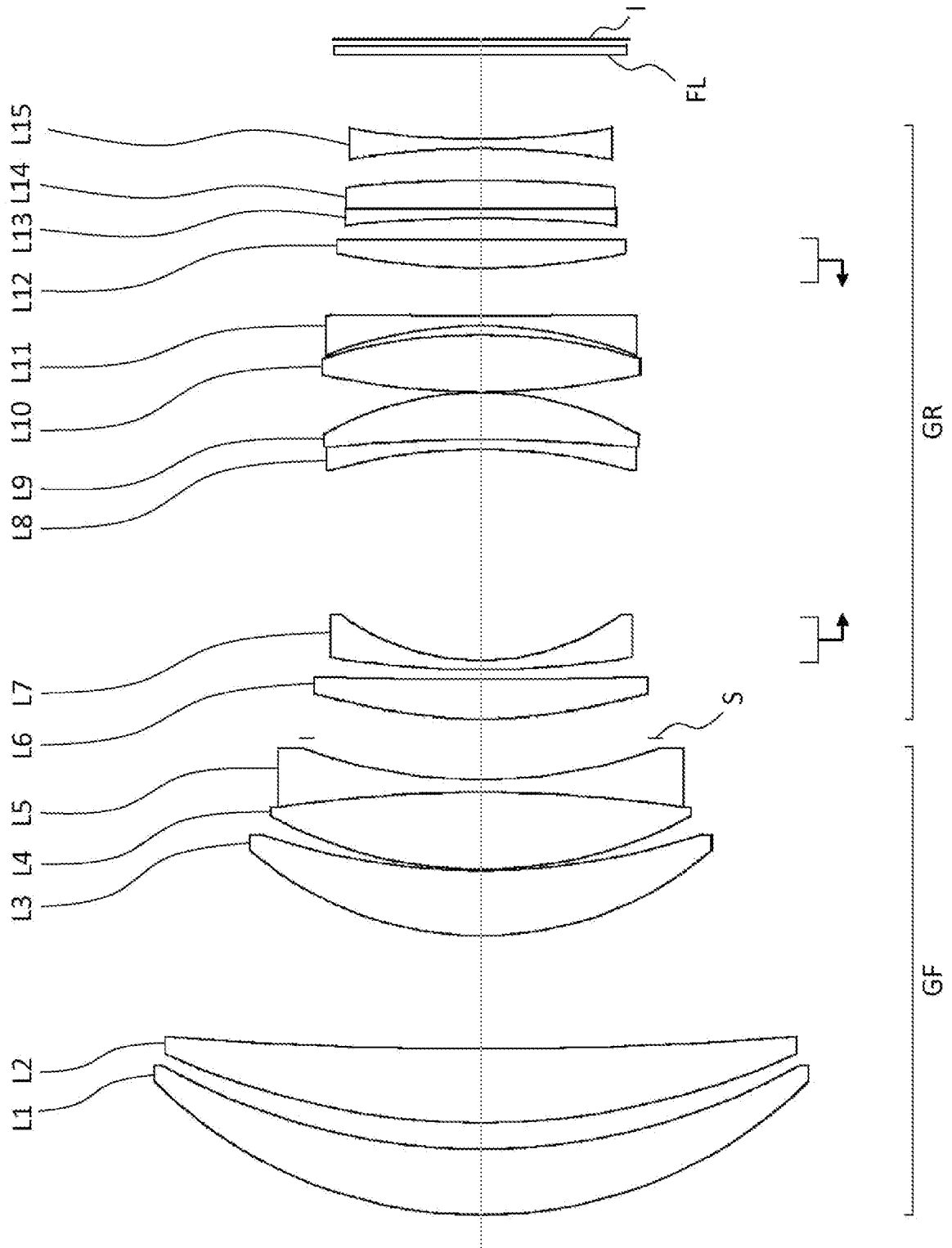
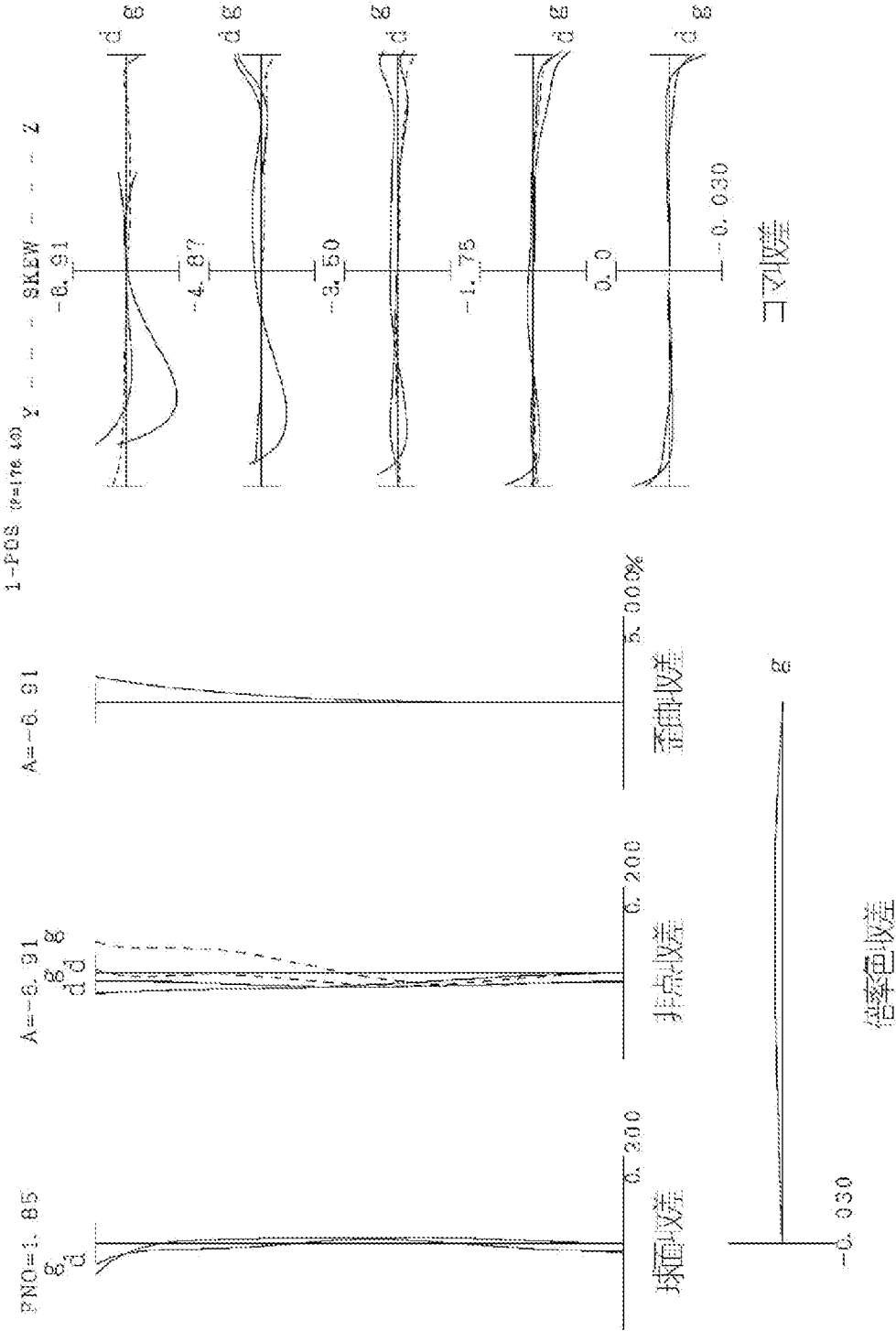


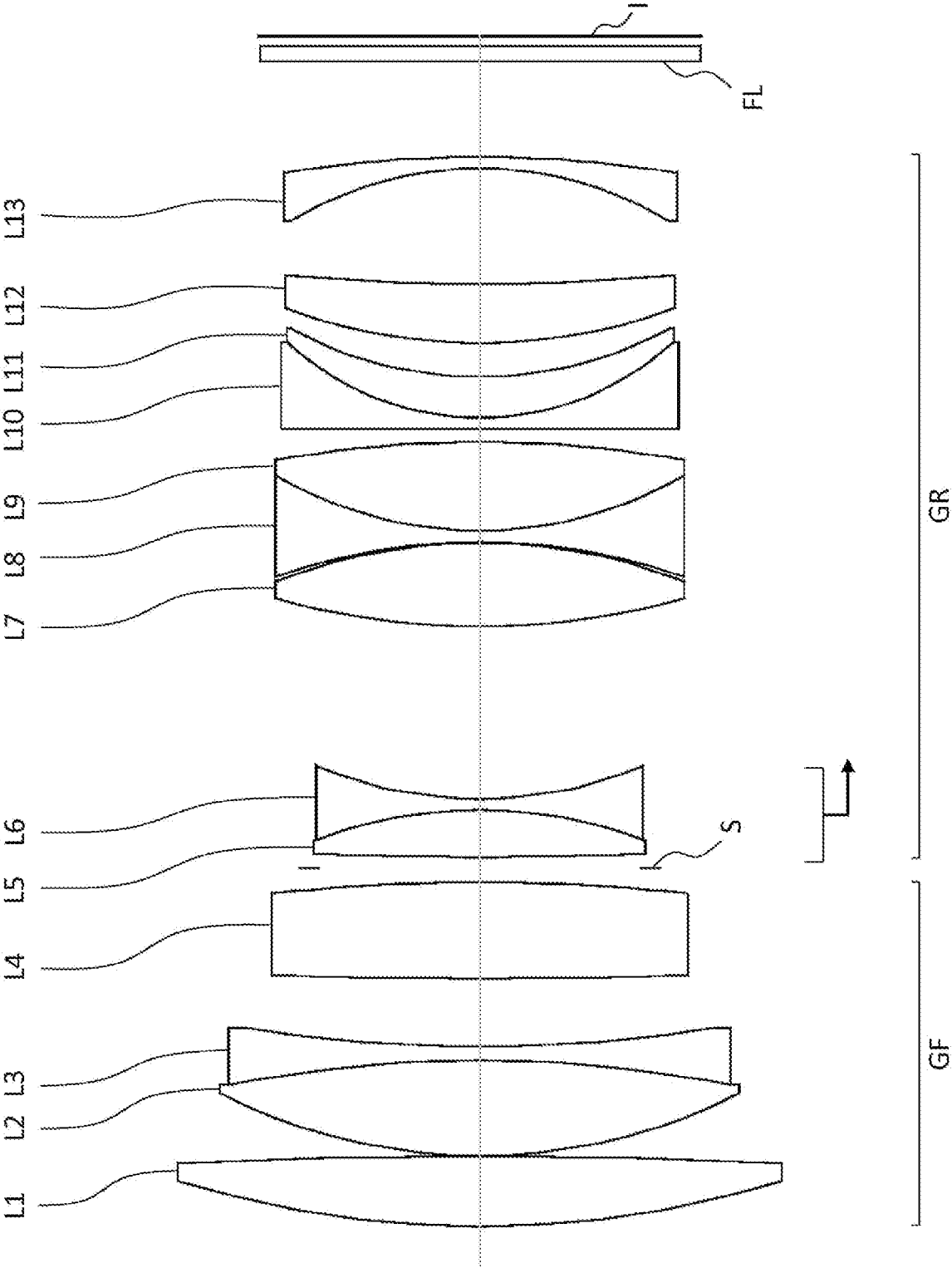
図15

[図16]



[図17]

図17



[図18]

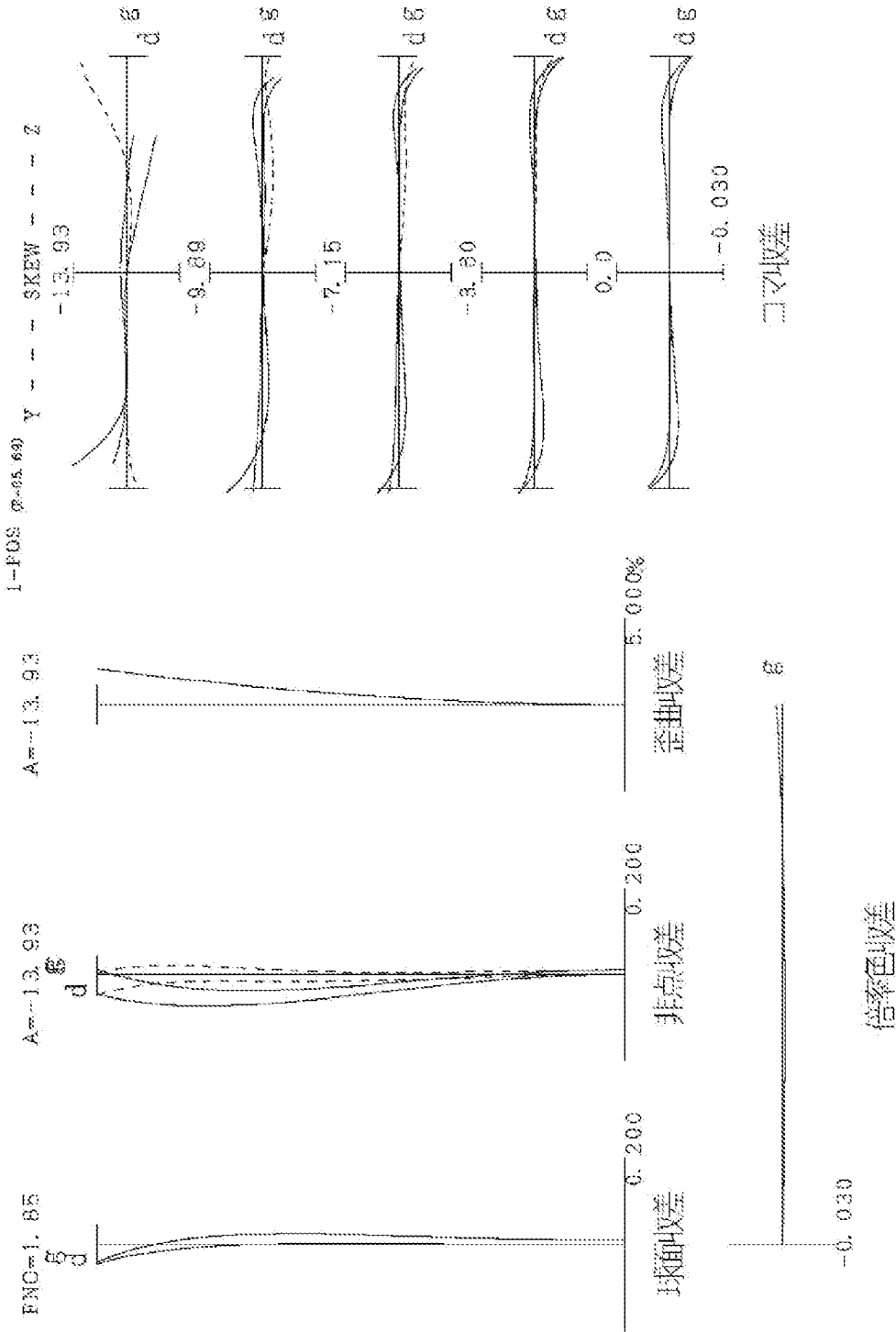
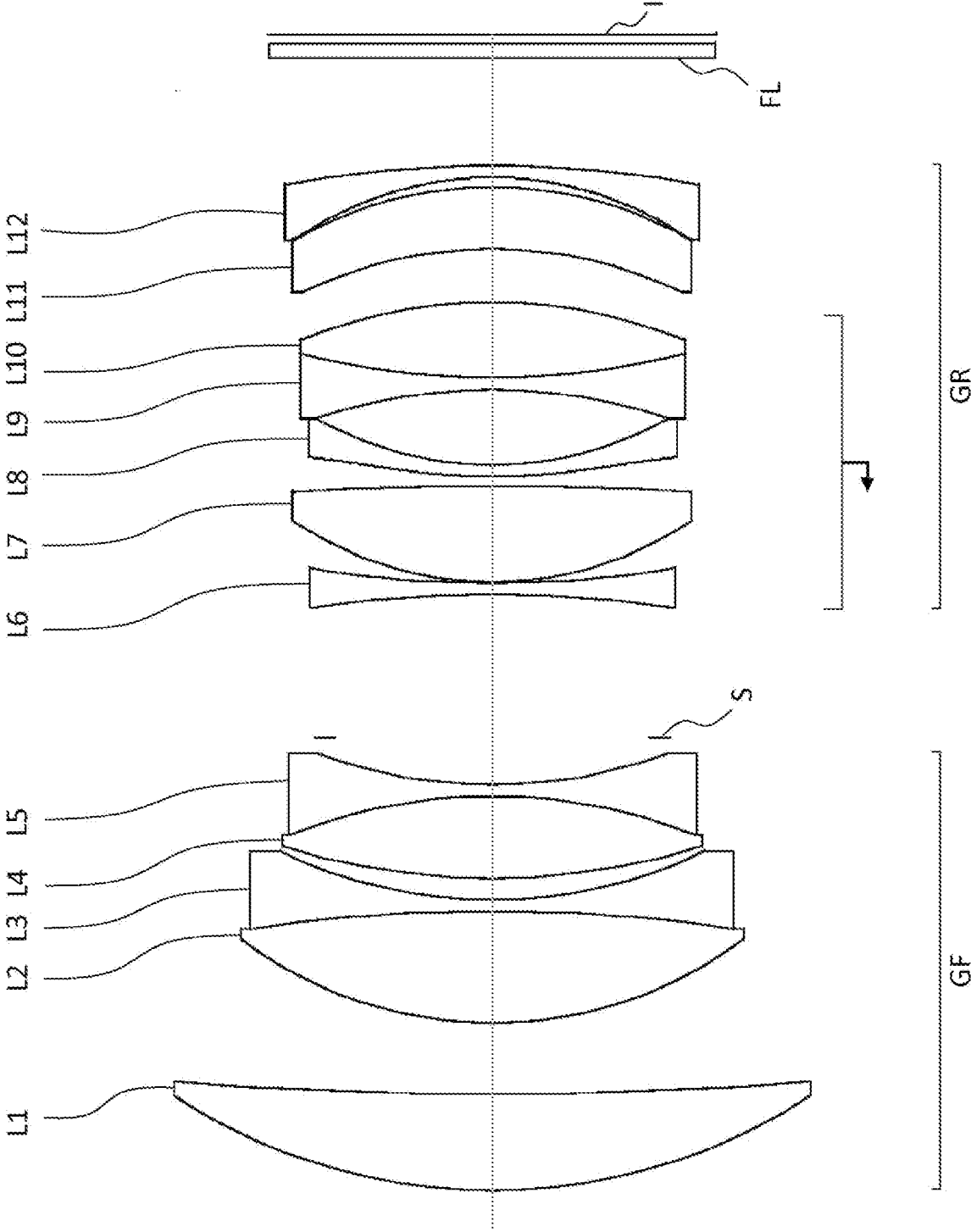


図18

[図19]

図19



[図20]

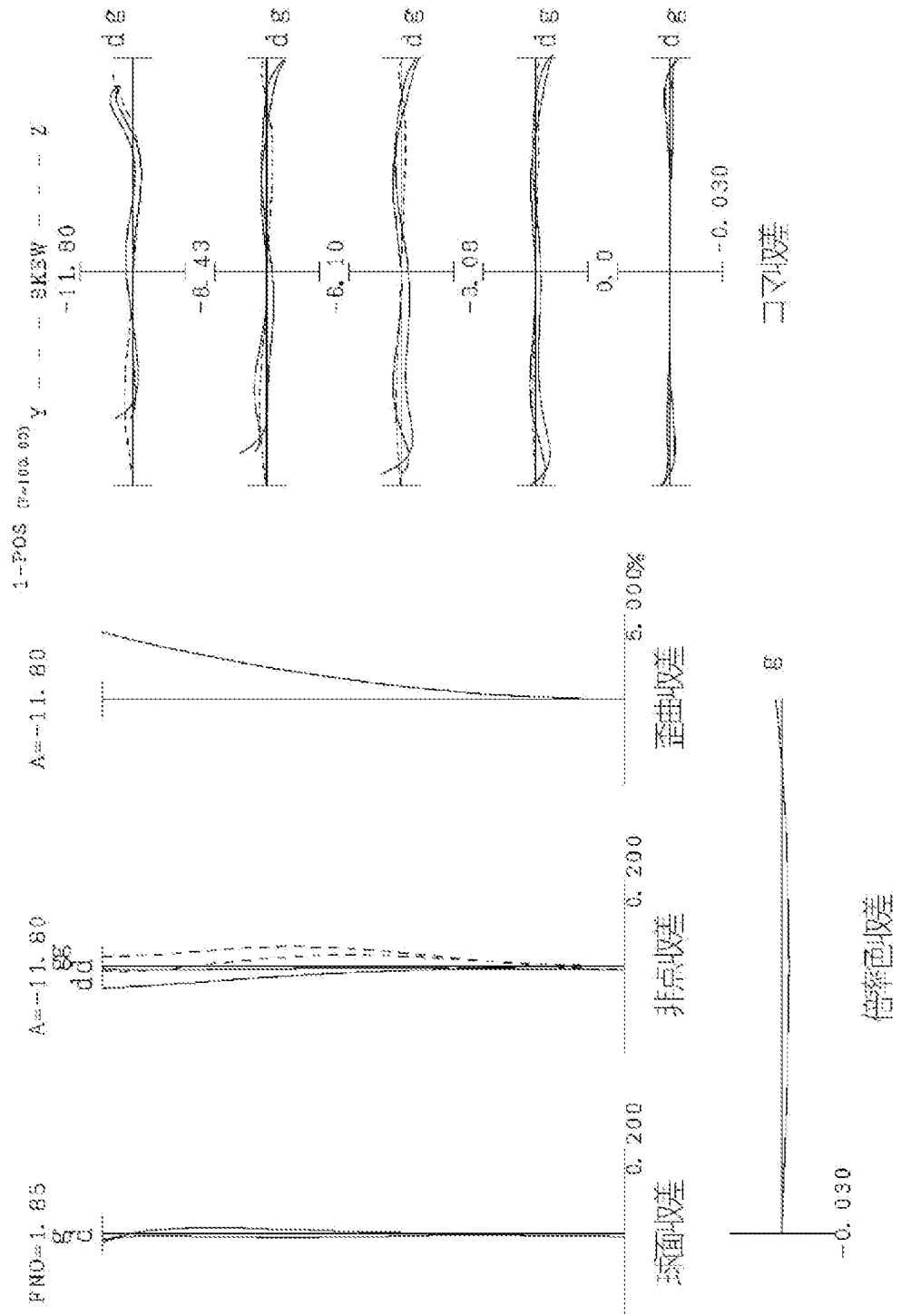
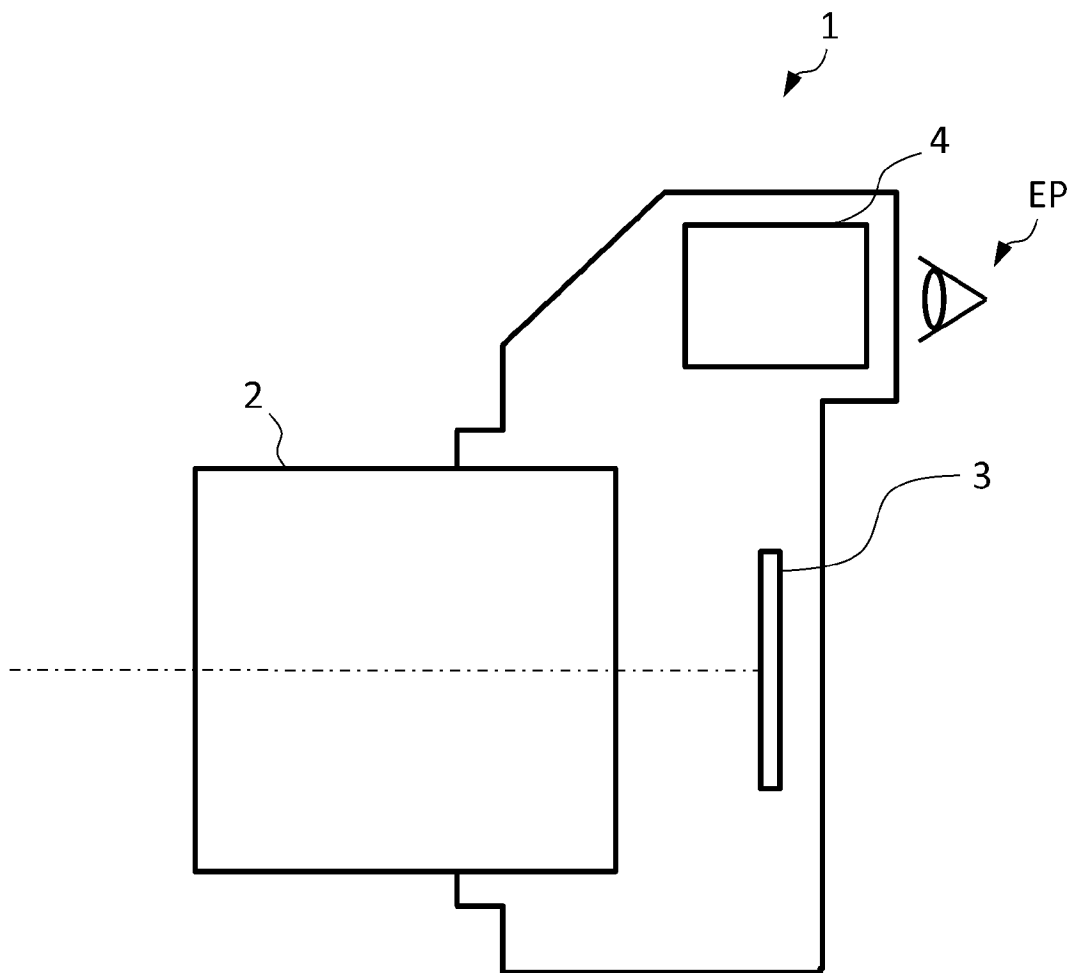


図20

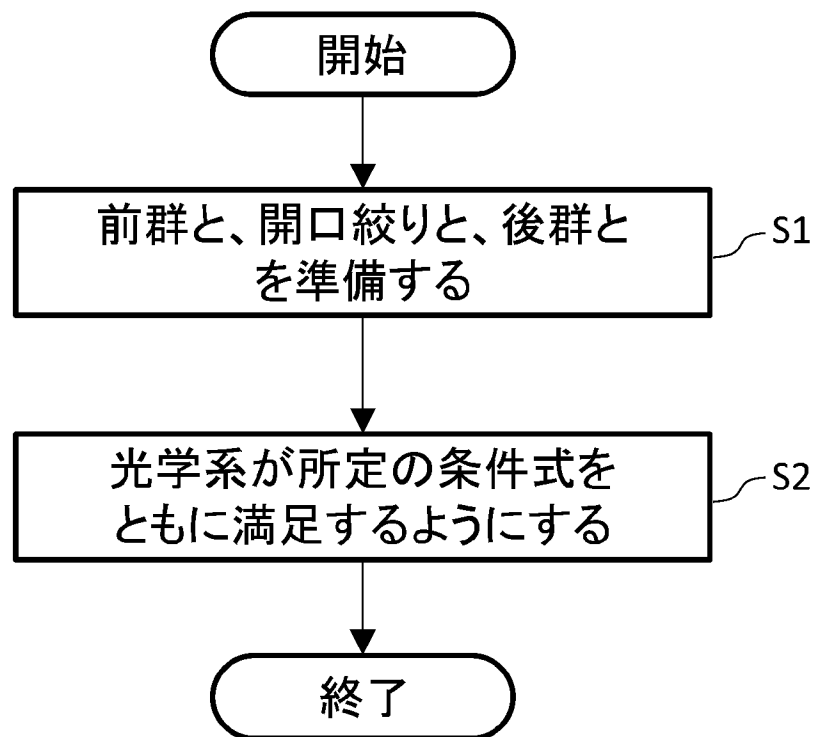
[図21]

図21



[図22]

図22



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/044790

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 13/00**(2006.01)i; **G02B 13/18**(2006.01)i

FI: G02B13/00; G02B13/18

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; G02B13/18

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 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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 2017-215493 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 07 December 2017 (2017-12-07) numerical example 11, paragraph [0017]	1-4, 8, 9, 11-15
X	JP 2020-030383 A (SIGMA CORP.) 27 February 2020 (2020-02-27) numerical example 3, paragraphs [0001], [0002]	1, 7, 10-15
X	WO 2022/009588 A1 (NIKON CORPORATION) 13 January 2022 (2022-01-13) second example, paragraph [0008]	1-10, 13-15

☐ 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

“D” document cited by the applicant in the international application

“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

29 January 2024

Date of mailing of the international search report

13 February 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/044790

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2017-215493	A	07 December 2017	US 2017/0351059 A1 numerical example 11, paragraph [0041] CN 107450165 A	
JP	2020-030383	A	27 February 2020	(Family: none)	
WO	2022/009588	A1	13 January 2022	US 2023/0236383 A1 second example, paragraph [0028] CN 115997151 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 13/00(2006.01)i; G02B 13/18(2006.01)i FI: G02B13/00; G02B13/18		
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）） G02B13/00; G02B13/18		
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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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	JP 2017-215493 A（キヤノン株式会社） 07.12.2017（2017-12-07） 数値実施例11,段落[0017]	1-4, 8, 9, 11-15
X	JP 2020-030383 A（株式会社シグマ） 27.02.2020（2020-02-27） 数値実施例3,段落[0001], [0002]	1, 7, 10-15
X	WO 2022/009588 A1（株式会社ニコン） 13.01.2022（2022-01-13） 第2実施例,段落[0008]	1-10, 13-15
☐ 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、一般的技术水準を示すもの “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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 29.01.2024	国際調査報告の発送日 13.02.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 岡田 弘 2V 8361 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/044790

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2017-215493	A	07.12.2017	US 2017/0351059 A1 Numerical Example 11, [0041] CN 107450165 A	
JP	2020-030383	A	27.02.2020	(ファミリーなし)	
WO	2022/009588	A1	13.01.2022	US 2023/0236383 A1 Second Example, [0028] CN 115997151 A	