

(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
2022年4月7日(07.04.2022)



(10) 国際公開番号

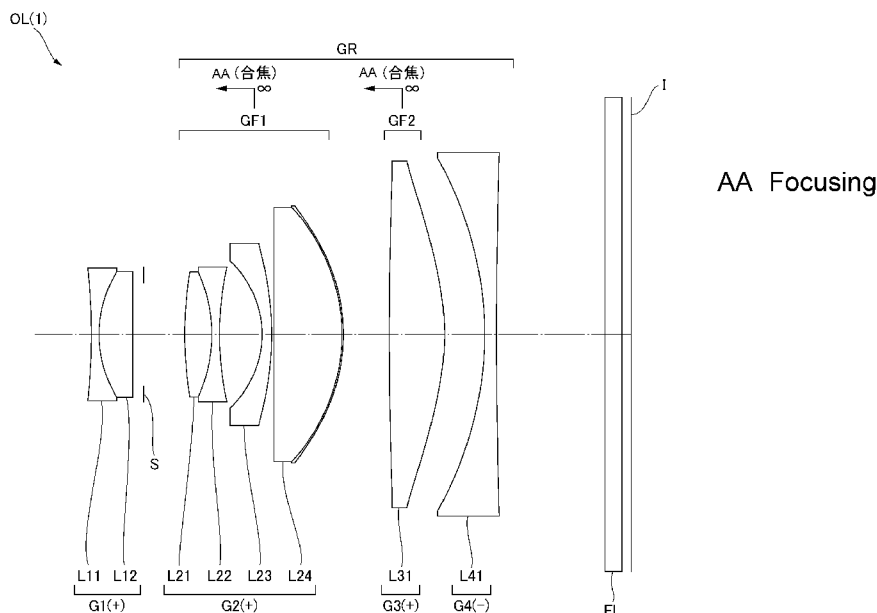
WO 2022/071249 A1

- (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/JP2021/035454
- (22) 国際出願日: 2021年9月27日(27.09.2021)
- (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 2020-164402 2020年9月30日(30.09.2020) 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: 嶋田 俊之 (SHIMADA, Toshiyuki); 〒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: 大西 正悟, 外(OHNISHI, Shogo et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋3-20-3、東池袋SSビル1階 大西国際特許事務所 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, IT, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

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

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器、および光学系の製造方法

【図1】



(57) Abstract: An optical system (OL) comprises a first lens group (G1) having positive refractive power, an aperture stop (S), and a rear group (GR) that are arranged in order from the object side along an optical axis, the rear group (GR) comprising a first focusing lens group (GF1) that moves along the optical axis during focusing, and a second focusing lens group (GF2) that is disposed closer to the image side than the first focusing lens group (GF1) and moves along the optical axis during focusing, and the optical system satisfies the following conditional expression. $0.03 < D1/TL < 0.25$ where

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,
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, 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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

D1 is a distance on the optical axis from a lens surface closest to the object side to a lens surface closest to the image side in the first lens group (G1), and TL is the entire length of the optical system (OL).

(57) 要約：光学系 (OL) は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群 (G1) と、開口絞り (S) と、後続群 (GR) とを有し、後続群 (GR) は、合焦の際に光軸に沿って移動する第1合焦レンズ群 (GF1) と、第1合焦レンズ群 (GF1) より像側に配置されて合焦の際に光軸に沿って移動する第2合焦レンズ群 (GF2) とを有し、以下の条件式を満足する。 $0.03 < D1 / TL < 0.25$ 但し、D1：第1レンズ群 (G1) における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離 TL：光学系 (OL) の全長

明 細 書

発明の名称：光学系、光学機器、およ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、および光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、小型で広い画角を有する単焦点の光学系が提案されている（例えば、特許文献1を参照）。このような光学系では、光学系の焦点距離に対して全長が長くなっていた。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2013-190742号公報

発明の概要

[0004] 第1の本発明に係る光学系は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、後続群とを有し、前記後続群は、合焦の際に光軸に沿って移動する第1合焦レンズ群と、前記第1合焦レンズ群より像側に配置されて合焦の際に光軸に沿って移動する第2合焦レンズ群とを有し、以下の条件式を満足する。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25$$

但し、D1：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

[0005] 第2の本発明に係る光学系は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0006] 第3の本発明に係る光学系は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の

屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸に沿って移動し、以下の条件式を満足する。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25$$

但し、D1：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

[0007] 本発明に係る光学機器は、上記光学系を備えて構成される。

[0008] 第1の本発明に係る光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、後続群とを有する光学系の製造方法であって、前記後続群は、合焦の際に光軸に沿って移動する第1合焦レンズ群と、前記第1合焦レンズ群より像側に配置されて合焦の際に光軸に沿って移動する第2合焦レンズ群とを有し、以下の条件式を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25$$

但し、D1：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL：前記光学系の全長

[0009] 第2の本発明に係る光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

[0010] 第3の本発明に係る光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸に沿って移動し、以下の条件式を満足するように、

レンズ鏡筒内に各レンズを配置する。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25$$

但し、 $D1$ ：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL ：前記光学系の全長

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図2]図2(A)、図2(B)はそれぞれ、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時、最短撮影距離合焦時の諸収差図である。

[図3]第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図4]図4(A)、図4(B)はそれぞれ、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時、最短撮影距離合焦時の諸収差図である。

[図5]第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図6]図6(A)、図6(B)はそれぞれ、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時、最短撮影距離合焦時の諸収差図である。

[図7]第4実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[図8]図8(A)、図8(B)はそれぞれ、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時、最短撮影距離合焦時の諸収差図である。

[図9]各実施形態に係る光学系を備えたカメラの構成を示す図である。

[図10]第1実施形態に係る光学系の製造方法を示すフローチャートである。

[図11]第2実施形態に係る光学系の製造方法を示すフローチャートである。

[図12]第3実施形態に係る光学系の製造方法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

[0012] 以下、本発明に係る好ましい実施形態について説明する。まず、各実施形態に係る光学系を備えたカメラ（光学機器）を図9に基づいて説明する。このカメラ1は、図9に示すように、本体2と、本体2に装着される撮影レンズ3により構成される。本体2は、撮像素子4と、デジタルカメラの動作を制御する本体制御部（不図示）と、液晶画面5とを備える。撮影レンズ3は

、複数のレンズ群からなる光学系OLと、各レンズ群の位置を制御するレンズ位置制御機構（不図示）とを備える。レンズ位置制御機構は、レンズ群の位置を検出するセンサと、レンズ群を光軸に沿って前後に移動させるモータと、モータを駆動する制御回路などにより構成される。

[0013] 被写体からの光は、撮影レンズ3の光学系OLにより集光されて、撮像素子4の像面1上に到達する。像面1に到達した被写体からの光は、撮像素子4により光電変換され、デジタル画像データとして不図示のメモリに記録される。メモリに記録されたデジタル画像データは、ユーザの操作に応じて液晶画面5に表示することが可能である。なお、このカメラは、ミラーレスカメラでも、クイックリターンミラーを有した一眼レフタイプのカメラであっても良い。また、図9に示す光学系OLは、光学系を模式的に示したものであり、光学系OLのレンズ構成はこの構成に限定されるものではない。

[0014] 次に、第1実施形態に係る光学系について説明する。第1実施形態に係る光学系OLの一例としての光学系OL(1)は、図1に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、後続群GRとを有して構成される。後続群GRは、合焦の際に光軸に沿って移動する第1合焦レンズ群GF1と、第1合焦レンズ群GF1より像側に配置されて合焦の際に光軸に沿って移動する第2合焦レンズ群GF2とを有して構成される。なお、合焦の際、第1合焦レンズ群GF1と第2合焦レンズ群GF2とが光軸に沿って異なる移動量で移動することが望ましい。

[0015] 上記構成の下、第1実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(1)を満足する。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25 \quad \dots (1)$$

但し、D1：第1レンズ群G1における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL：光学系OLの全長

[0016] 第1実施形態によれば、光学系の焦点距離に対して全長が短くなり、小型

でありながら良好な光学性能を有した光学系、およびこの光学系を備えた光学機器を得ることが可能になる。第1実施形態に係る光学系OLは、図3に示す光学系OL(2)でもよく、図5に示す光学系OL(3)でもよく、図7に示す光学系OL(4)でもよい。

[0017] 条件式(1)は、第1レンズ群G1における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離と、光学系OLの全長との適切な関係を規定するものである。条件式(1)を満足することで、光学系を小型化しつつ、像面(撮像素子)に対する射出瞳位置を最適化することができる。

[0018] 条件式(1)の対応値が下限値を下回ると、第1レンズ群G1が薄くなりすぎるため、色収差や非点隔差を補正することが困難になる。また、第1レンズ群G1を構成するレンズの縁厚および中心厚が薄くなりすぎるため、レンズの製造が困難になる。条件式(1)の下限値を0.05、さらに0.07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。

[0019] 条件式(1)の対応値が上限値を上回ると、射出瞳位置を像面(撮像素子)から遠くすることが困難になる。射出瞳位置を像面(撮像素子)から遠くしようとすると、像面湾曲を補正することが困難になる。条件式(1)の上限値を0.22、さらに0.20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。

[0020] 第1実施形態に係る光学系OLにおいて、後続群GRは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正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、第2レンズ群G2が第1合焦レンズ群GF1であり、第3レンズ群G3が第2合焦レンズ群GF2であることが望ましい。さらに、後続群GRは、第3レンズ群G3の像側に並んで配置された負の屈折力を有する第4レンズ群G4を有することが望ましい。これにより、光学系の焦点距離に対して全長が短くなり、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系を得ることができる。

[0021] 次に、第2実施形態に係る光学系について説明する。第2実施形態に係る

光学系OLの一例としての光学系OL(1)は、図1に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正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とを有して構成される。合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。

[0022] 第2実施形態によれば、光学系の焦点距離に対して全長が短くなり、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系、およびこの光学系を備えた光学機器を得ることが可能になる。第2実施形態に係る光学系OLは、図3に示す光学系OL(2)でもよく、図5に示す光学系OL(3)でもよく、図7に示す光学系OL(4)でもよい。第2実施形態に係る光学系OLは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置された開口絞りSを有することが望ましい。

[0023] 第2実施形態に係る光学系OLは、前述の条件式(1)を満足することが望ましい。条件式(1)を満足することで、第1実施形態の場合と同様に、光学系を小型化しつつ、像面(撮像素子)に対する射出瞳位置を最適化することができる。また、条件式(1)の下限値を0.05、さらに0.07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。条件式(1)の上限値を0.22、さらに0.20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。

[0024] 次に、第3実施形態に係る光学系について説明する。第3実施形態に係る光学系OLの一例としての光学系OL(1)は、図1に示すように、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正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とを有して構成される。合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とが光軸に沿って移動する。なお、合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するが望ましい。

[0025] 上記構成の下、第3実施形態に係る光学系OLは、前述の条件式(1)を満足する。第3実施形態によれば、光学系の焦点距離に対して全長が短くな

り、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系、およびこの光学系を備えた光学機器を得ることが可能になる。第3実施形態に係る光学系OLは、図3に示す光学系OL(2)でもよく、図5に示す光学系OL(3)でもよく、図7に示す光学系OL(4)でもよい。第3実施形態に係る光学系OLは、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との間に配置された開口絞りSを有することが望ましい。

[0026] また、条件式(1)を満足することで、第1実施形態の場合と同様に、光学系を小型化しつつ、像面(撮像素子)に対する射出瞳位置を最適化することができる。また、条件式(1)の下限値を0.05、さらに0.07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。条件式(1)の上限値を0.22、さらに0.20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。

[0027] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(2)を満足することが望ましい。

$$1.20 < (-f_4) / f < 2.00 \quad \dots (2)$$

但し、 f_4 ：第4レンズ群G4の焦点距離

f ：光学系OLの焦点距離

[0028] 条件式(2)は、第4レンズ群G4の屈折力について適切な範囲を規定するものである。条件式(2)を満足することで、倍率色収差や歪曲収差、像面湾曲を良好に補正することができる。

[0029] 条件式(2)の対応値が下限値を下回ると、第4レンズ群G4の屈折力が強くなりすぎるため、倍率色収差や歪曲収差を補正することが困難になる。また、射出瞳位置を像面(撮像素子)から遠くすることが困難になる。条件式(2)の下限値を1.40、さらに1.50に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0030] 条件式(2)の対応値が上限値を上回ると、第4レンズ群G4の屈折力が弱くなりすぎるため、像面湾曲を補正することが困難になる。条件式(2)の上限値を1.85、さらに1.80に設定することで、各実施形態の効果

をより確実なものとすることができる。

[0031] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$1.10 < \beta_4 < 1.40 \quad \cdots (3)$$

但し、 β_4 ：無限遠合焦時の第4レンズ群G4の横倍率

[0032] 条件式(3)は、第4レンズ群G4の横倍率について適切な範囲を規定するものである。条件式(3)を満足することで、光学系を小型化しつつ、良好な光学性能を得ることができる。

[0033] 条件式(3)の対応値が下限値を下回ると、光学系が大型化すると同時に、像面湾曲を補正することが困難になる。条件式(3)の下限値を1.17に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0034] 条件式(3)の対応値が上限値を上回ると、像面湾曲や歪曲収差の補正が困難になる。条件式(3)の上限値を1.35に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0035] 第1～第3実施形態に係る光学系OLにおいて、第4レンズ群G4は、1枚の負レンズからなり、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$28.0 < \nu_{d41} < 45.0 \quad \cdots (4)$$

但し、 ν_{d41} ：第4レンズ群G4の負レンズのd線を基準とするアッペ数

[0036] 条件式(4)は、第4レンズ群G4を構成する負レンズのアッペ数について適切な範囲を規定するものである。条件式(4)を満足することで、倍率色収差を良好に補正することができる。

[0037] 条件式(4)の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差の補正が過剰となる。条件式(4)の下限値を30.0、さらに32.0に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0038] 条件式(4)の対応値が上限値を上回ると、倍率色収差の補正が不足となる。条件式(4)の上限値を43.0、さらに41.0に設定することで、

各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0039] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.50 < f_2 / f_3 < 2.00 \quad \dots (5)$$

但し、 f_2 ：第2レンズ群G2の焦点距離

f_3 ：第3レンズ群G3の焦点距離

[0040] 条件式(5)は、第2レンズ群G2の焦点距離と、第3レンズ群G3の焦点距離との適切な関係を規定するものである。条件式(5)を満足することで、非点隔差や像面湾曲を良好に補正することができる。

[0041] 条件式(5)の対応値が下限値を下回ると、第3レンズ群G3の屈折力が弱くなりすぎるため、非点隔差を補正することが困難になる。条件式(5)の下限値を0.60、さらに0.70に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0042] 条件式(5)の対応値が上限値を上回ると、第3レンズ群G3の屈折力が強くなりすぎるため、像面湾曲を補正することが困難になる。条件式(5)の上限値を1.90、さらに1.80に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0043] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$0.04 < d_{23} / TL < 0.11 \quad \dots (6)$$

但し、 d_{23} ：無限遠合焦時の第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との光軸上の間隔

TL：光学系OLの全長

[0044] 条件式(6)は、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との光軸上の間隔と、光学系OLの全長との適切な関係を規定するものである。条件式(6)を満足することで、合焦に必要な各レンズ群の移動スペースを確保するとともに、至近距離合焦時においても良好な光学性能を得ることができる。

[0045] 条件式(6)の対応値が下限値を下回ると、合焦に必要な各レンズ群の移

動スペースが不足する上、至近距離合焦時の非点収差の補正が困難になる。

条件式（６）の下限値を０．０５に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0046] 条件式（６）の対応値が上限値を上回ると、至近距離合焦時のコマ収差の補正が困難になる。条件式（６）の上限値を０．１０に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0047] 第１～第３実施形態に係る光学系ＯＬは、以下の条件式（７）を満足することが望ましい。

$$0.60 < d_{23} / d_{12} < 1.00 \quad \dots (7)$$

但し、 d_{23} ：無限遠合焦時の第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との光軸上の間隔

d_{12} ：無限遠合焦時の第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との光軸上の間隔

[0048] 条件式（７）は、第２レンズ群Ｇ２と第３レンズ群Ｇ３との光軸上の間隔と、第１レンズ群Ｇ１と第２レンズ群Ｇ２との光軸上の間隔との適切な関係を規定するものである。条件式（７）を満足することで、合焦に必要な各レンズ群の移動スペースを確保するとともに、至近距離合焦時においても良好な光学性能を得ることができる。

[0049] 条件式（７）の対応値が下限値を下回ると、至近距離合焦時の非点収差の補正が困難になる。条件式（７）の下限値を０．６７に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0050] 条件式（７）の対応値が上限値を上回ると、至近距離合焦時のコマ収差の補正が困難になる。条件式（７）の上限値を０．９２に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0051] 第１～第３実施形態に係る光学系ＯＬは、以下の条件式（８）を満足することが望ましい。

$$0.10 < \beta_2 / \beta_3 < 0.90 \quad \dots (8)$$

但し、 β_2 ：無限遠合焦時の第２レンズ群Ｇ２の横倍率

$\beta 3$: 無限遠合焦時の第3レンズ群G3の横倍率

[0052] 条件式(8)は、第2レンズ群G2の横倍率と、第3レンズ群G3の横倍率との適切な関係を規定するものである。条件式(8)を満足することで、至近距離合焦時においても良好な光学性能を得ることができる。

[0053] 条件式(8)の対応値が下限値を下回ると、至近距離合焦時の非点収差の補正が困難になる。条件式(8)の下限値を0.18に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0054] 条件式(8)の対応値が上限値を上回ると、至近距離合焦時のコマ収差の補正が困難になる。条件式(8)の上限値を0.80に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0055] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(9)を満足することが望ましい。

$$0.015 < \{\beta 2 + (1/\beta 2)\}^{-2} < 0.170 \quad \dots (9)$$

但し、 $\beta 2$: 無限遠合焦時の第2レンズ群G2の横倍率

[0056] 条件式(9)は、第2レンズ群G2の横倍率について適切な範囲を規定するものである。条件式(9)を満足することで、無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に至るまでの第2レンズ群の移動量を少なくすることができ、レンズの小型化が可能になるとともに、良好な光学性能を得ることができる。

[0057] 条件式(9)の対応値が下限値を下回ると、球面収差および軸上色収差の補正が困難になる。条件式(9)の下限値を0.020に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0058] 条件式(9)の対応値が上限値を上回ると、無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に至るまでの第2レンズ群の移動量が大きくなり、レンズが大型化するとともに、非点収差の補正が困難になる。条件式(9)の上限値を0.150に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0059] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(10)を満足することが望ましい。

$$0.100 < \{\beta_3 + (1/\beta_3)\}^{-2} < 0.250 \quad \dots (10)$$

但し、 β_3 ：無限遠合焦時の第3レンズ群G3の横倍率

[0060] 条件式(10)は、第3レンズ群G3の横倍率について適切な範囲を規定するものである。条件式(10)を満足することで、無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に至るまでの第3レンズ群の移動量を少なくすることができ、レンズの小型化が可能になるとともに、良好な光学性能を得ることができる。

[0061] 条件式(10)の対応値が下限値を下回ると、像面湾曲や非点収差の補正が困難になる。条件式(10)の下限値を0.160に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0062] 条件式(10)の対応値が上限値を上回ると、無限遠合焦状態から至近距離合焦状態に至るまでの第3レンズ群の移動量が大きくなり、レンズが大型化するとともに、非点収差の補正が困難になる。条件式(10)の上限値を0.230に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0063] 第1～第3実施形態に係る光学系OLにおいて、第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1正レンズと、第1負レンズと、第2負レンズと、第2正レンズとからなることが望ましい。また、第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1正レンズおよび第1負レンズからなる正レンズ成分と、第2負レンズと、第2正レンズとからなることが望ましい。これにより、軸上色収差、球面収差、コマ収差、非点隔差等を良好に補正しつつ、ペッツバール和を適切に低減させ像面湾曲を良好に補正することができる。

[0064] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(11)を満足することが望ましい。

$$0.00 < N_{21} - N_{22} < 0.40 \quad \dots (11)$$

但し、 N_{21} ：第2レンズ群G2の第1正レンズのd線に対する屈折率

N_{22} ：第2レンズ群G2の第1負レンズのd線に対する屈折率

[0065] 条件式(11)は、第2レンズ群G2における第1正レンズの屈折率と第1負レンズの屈折率との差について適切な範囲を規定するものである。条件式(11)を満足することで、像面湾曲や球面収差を良好に補正することができる。

[0066] 条件式(11)の対応値が下限値を下回ると、像面湾曲を補正することが困難になる。条件式(11)の下限値を0.10、さらに0.15に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0067] 条件式(11)の対応値が上限値を上回ると、球面収差を補正することが困難になる。条件式(11)の上限値を0.35、さらに0.30に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0068] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(12)を満足することが望ましい。

$$N_{21} > 1.90 \quad \dots (12)$$

但し、 N_{21} ：第2レンズ群G2の第1正レンズのd線に対する屈折率

[0069] 条件式(12)は、第2レンズ群G2における第1正レンズの屈折率について適切な範囲を規定するものである。条件式(12)を満足することで、球面収差やコマ収差を悪化させることなくペッツバル和を低減し、像面湾曲を良好に補正することができる。

[0070] 条件式(12)の対応値が下限値を下回ると、ペッツバル和が増大し、像面湾曲の補正が困難になる。条件式(12)の下限値を1.95に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0071] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(13)を満足することが望ましい。

$$25.0 < \nu_{d21} < 35.0 \quad \dots (13)$$

但し、 ν_{d21} ：第2レンズ群G2の第1正レンズのd線を基準とするアッペ数

[0072] 条件式(13)は、第2レンズ群G2における第1正レンズのアッペ数について適切な範囲を規定するものである。条件式(13)を満足することで

、軸上色収差を良好に補正することができる。

[0073] 条件式(13)の対応値が下限値を下回ると、軸上色収差が補正不足となり、良好な補正が困難になる。条件式(13)の下限値を28.0に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0074] 条件式(13)の対応値が上限値を上回ると、軸上色収差が補正過剰となり、良好な補正が困難になる。条件式(13)の上限値を31.0に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0075] 第1～第3実施形態に係る光学系OLにおいて、第3レンズ群G3は、1枚の正レンズを有することが望ましい。これにより、光学系を小型化しつつ、像面湾曲を良好に補正することができる。

[0076] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(14)を満足することが望ましい。

$$-1.20 < (R31 + R32) / (R32 - R31) < 0.00 \quad \cdots (14)$$

但し、R31：第3レンズ群G3の正レンズにおける物体側のレンズ面の近軸曲率半径

R32：第3レンズ群G3の正レンズにおける像側のレンズ面の近軸曲率半径

[0077] 条件式(14)は、第3レンズ群G3を構成する正レンズのシェイプファクターについて適切な範囲を規定するものである。条件式(14)を満足することで、球面収差と非点収差を良好に補正することができる。

[0078] 条件式(14)の対応値が下限値を下回ると、球面収差の補正が困難になる。条件式(14)の下限値を-1.05に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0079] 条件式(14)の対応値が上限値を上回ると、非点収差の補正が困難になる。条件式(14)の上限値を-0.10に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0080] 第1～第3実施形態に係る光学系OLは、以下の条件式(15)を満足す

ることが望ましい。

$$0.00 < f / f_1 < 0.70 \quad \cdots (15)$$

但し、 f ：光学系OLの焦点距離

f_1 ：第1レンズ群G1の焦点距離

[0081] 条件式(15)は、第1レンズ群G1の屈折力について適切な範囲を規定するものである。条件式(15)を満足することで、球面収差や、像面湾曲および非点隔差を良好に補正することができる。

[0082] 条件式(15)の対応値が下限値を下回ると、球面収差を補正することが困難になる。条件式(15)の下限値を0.10、さらに0.13に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0083] 条件式(15)の対応値が上限値を上回ると、像面湾曲および非点隔差を補正することが困難になる。条件式(15)の上限値を0.50、さらに0.35に設定することで、各実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0084] 第1～第3実施形態に係る光学系OLにおいて、第1レンズ群G1は、少なくとも2つのレンズからなることが望ましい。これにより、軸上色収差、球面収差、コマ収差を良好に補正することができる。

[0085] 第1～第3実施形態に係る光学系OLにおいて、第1レンズ群G1は、最も物体側に配置された負レンズを有することが望ましい。これにより、非点収差を良好に補正することができる。

[0086] 続いて、図10を参照しながら、第1実施形態に係る光学系OLの製造方法について概説する。まず、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、開口絞りSと、後続群GRとを配置する(ステップST1)。次に、後続群GRに、合焦の際に光軸に沿って移動する第1合焦レンズ群GF1と、第1合焦レンズ群GF1より像側で合焦の際に光軸に沿って移動する第2合焦レンズ群とを配置する(ステップST2)。そして、少なくとも上記条件式(1)を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する(ステップST3)。このような製造方法によれば、光学系の焦

点距離に対して全長が短くなり、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系を製造することが可能になる。

[0087] 続いて、図11を参照しながら、第2実施形態に係る光学系OLの製造方法について概説する。まず、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正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とを配置する（ステップST11）。そして、合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する（ステップST12）。このような製造方法によれば、光学系の焦点距離に対して全長が短くなり、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系を製造することが可能になる。

[0088] 続いて、図12を参照しながら、第3実施形態に係る光学系OLの製造方法について概説する。まず、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正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とを配置する（ステップST21）。次に、合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とが光軸に沿って移動するように構成する（ステップST22）。そして、少なくとも上記条件式（1）を満足するように、レンズ鏡筒内に各レンズを配置する（ステップST23）。このような製造方法によれば、光学系の焦点距離に対して全長が短くなり、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系を製造することが可能になる。

実施例

[0089] 以下、各実施形態の実施例に係る光学系OLを図面に基づいて説明する。図1、図3、図5、図7は、第1～第4実施例に係る光学系OL {OL(1)～OL(4)}の構成及び屈折力配分を示す断面図である。第1～第4実施例に係る光学系OL(1)～OL(4)の断面図では、無限遠から近距離物体へ合焦する際の各レンズ群の光軸に沿った移動方向を矢印で示している。

- [0090] これら図1、図3、図5、図7において、各レンズ群を符号Gと数字の組み合わせにより、各レンズを符号Lと数字の組み合わせにより、それぞれ表している。この場合において、符号、数字の種類および数が大きくなって煩雑化するのを防止するため、実施例毎にそれぞれ独立して符号と数字の組み合わせを用いてレンズ群等を表している。このため、実施例間で同一の符号と数字の組み合わせが用いられていても、同一の構成であることを意味するものではない。
- [0091] 以下に表1～表4を示すが、この内、表1は第1実施例、表2は第2実施例、表3は第3実施例、表4は第4実施例における各諸元データを示す表である。各実施例では収差特性の算出対象として、d線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）、g線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）を選んでいる。
- [0092] [全体諸元]の表において、fはレンズ全系の焦点距離、FNOはFナンバー、 ω は半画角（最大入射角、単位は「°」）、Yは像高を示す。TLは光軸上でのレンズ最前面からレンズ最終面までの距離にBFを加えた距離を示し、BFは光軸上でのレンズ最終面から像面Iまでの距離（バックフォーカス）を示す。また、BFaはバックフォーカスの空気換算長を示す。また、[全体諸元]の表において、 $\beta 2$ は、無限遠合焦時の第2レンズ群の横倍率を示す。 $\beta 3$ は、無限遠合焦時の第3レンズ群の横倍率を示す。 $\beta 4$ は、無限遠合焦時の第4レンズ群の横倍率を示す。
- [0093] [レンズ諸元]の表において、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からの光学面の順序を示し、Rは各光学面の曲率半径（曲率中心が像側に位置する面を正の値としている）、Dは各光学面から次の光学面（又は像面）までの光軸上の距離である面間隔、ndは光学部材の材料のd線に対する屈折率、 νd は光学部材の材料のd線を基準とするアッペ数をそれぞれ示す。曲率半径の「 ∞ 」は平面又は開口を、（絞りS）は開口絞りSをそれぞれ示す。空気の屈折率 $nd = 1.00000$ の記載は省略している。光学面が非球面である場合には面番号に*印を付して、曲率半径Rの欄には近軸曲率半径を示している。

[0094] 「非球面データ」の表には、「レンズ諸元」に示した非球面について、その形状を次式（A）で示す。ここで、 y は光軸と垂直な方向の高さを、 $X(y)$ は高さ y における非球面の頂点の接平面から当該非球面までの光軸方向に沿った距離（サグ量）を、 R は基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を、 κ は円錐定数を、 A_i は第 i 次の非球面係数を示す。「E-n」は、「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。例えば、 $1.234E-05=1.234 \times 10^{-5}$ である。なお、2次の非球面係数 A_2 は0であり、その記載を省略している。

$$[0095] \quad X(y) = (y^2/R) / \{1 + (1 - \kappa \times y^2/R^2)^{1/2}\} + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} + A_{14} \times y^{14} \dots (A)$$

[0096] 「可変間隔データ」の表には、「レンズ諸元」の表において面間隔が（ D_i ）となっている面番号 i での面間隔を示す。「可変間隔データ」の表において、 f はレンズ全系の焦点距離を、 β は撮影倍率をそれぞれ示す。 D_0 は物体から光学系の最も物体側のレンズ面までの距離を示す。なお、無限遠は無限遠物体への合焦時を、近距離は近距離物体（最短撮影距離物体）への合焦時をそれぞれ示す。

[0097] 「レンズ群データ」の表には、各レンズ群のそれぞれの始面（最も物体側の面）と焦点距離を示す。

[0098] 以下、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 、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「mm」が使われるが、光学系は比例拡大又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。

[0099] ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

[0100] （第1実施例）

第1実施例について、図1～図2および表1を用いて説明する。図1は、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図である。第1実施例に係る光学系OL（1）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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とから構成される。無限遠物体から近距離物体（最短撮影距離物体）への合焦の際、第2レンズ群G 2と第3レンズ群G 3とが光軸に沿って異なる移動量で物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G 1、開口絞りS、および第4レンズ群G 4は、像面Iに対して位置が固定される。各レンズ群記号に付けている符号（+）もしくは（-）は各レンズ群の屈折力を示し、このことは以下の全ての実施例でも同様である。

[0101] 本実施例では、第2レンズ群G 2と、第3レンズ群G 3と、第4レンズ群G 4とが、全体として正の屈折力を有する後続群G Rを構成する。また、第2レンズ群G 2が後続群G Rにおける第1合焦レンズ群G F 1に該当する。第3レンズ群G 3が後続群G Rにおける第2合焦レンズ群G F 2に該当する。

[0102] 第1レンズ群G 1は、物体側から順に、負レンズL 1 1と正レンズL 1 2とが接合された正の屈折力を有する接合レンズから構成される。すなわち、第1レンズ群G 1は、1つのレンズ成分から構成される。正レンズL 1 2は、像側のレンズ面が非球面である。

[0103] 第2レンズ群G 2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1正レンズL 2 1と第1負レンズL 2 2とが接合された正の屈折力を有する接合レンズと、第2負レンズL 2 3と、第2正レンズL 2 4とから構成される。第2正レンズL 2 4は、ガラス製レンズ本体の像側の面に樹脂層が設けられて構成されるハイブリッド型のレンズである。樹脂層の像側の面が非球面であり、第2正レンズL 2 4は複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」において、面番号10がレンズ本体の物体側の面、面番号11がレンズ本体の像側の面および樹脂層の物体側の面（両者が接合する面）、面番号12が樹脂層の像側の面を示す。

[0104] 第3レンズ群G 3は、1枚の正レンズ3 1から構成される。正レンズ3 1は、像側のレンズ面が非球面である。

[0105] 第4レンズ群G4は、1枚の負レンズ41から構成される。第4レンズ群G4の像側に、像面Iが配置される。第4レンズ群G4と像面Iとの間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFLが配設されている。光学フィルターFLとして、例えば、NCフィルター（ニュートラルカラーフィルター）や、カラーフィルター、偏光フィルター、NDフィルター（減光フィルター）、IRカットフィルター（赤外線カットフィルター）、UVカットフィルター（紫外線カットフィルター）等が用いられる。なお、後述する第2～第4実施例に記載の光学フィルターFLについても同様である。また、像面Iには、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示せず）が配置される。

[0106] 以下の表1に、第1実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0107] (表1)

[全体諸元]

$$f = 28.819$$

$$FNO = 2.867$$

$$\omega = 37.317$$

$$Y = 21.700$$

$$TL = 50.000$$

$$Bf = 0.860$$

$$Bfa = 11.955$$

$$\beta_2 = 0.441$$

$$\beta_3 = 0.571$$

$$\beta_4 = 1.266$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n_d	ν_d
物体面	∞			
1	-60.48802	0.700	1.59270	35.27
2	11.61464	3.100	1.85135	40.13

3*	561.56916	1.000		
4	∞	(D4)		(絞り S)
5	35.50000	2.500	2.00100	29.12
6	-14.64116	0.700	1.72825	28.38
7	30.24772	3.950		
8	-9.76003	0.900	1.84666	23.80
9	-30.93498	0.200		
10	∞	6.300	1.77250	49.62
11	-17.91507	0.100	1.56093	36.64
12*	-17.00000	(D12)		
13	414.76419	5.100	1.80139	45.46
14*	-27.47335	(D14)		
15	-34.00000	1.100	1.67270	32.19
16	500.00000	10.040		
17	∞	1.600	1.51680	63.88
18	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

第3面

$\kappa=1.00000E+00$, $A4=1.25556E-05$, $A6=1.12657E-07$, $A8=0.00000E+00$

$A10=-5.00000E-12$, $A12=0.00000E+00$, $A14=0.00000E+00$

第12面

$\kappa=1.00000E+00$, $A4=2.16700E-05$, $A6=-5.98193E-08$, $A8=8.79250E-10$

$A10=-1.62238E-12$, $A12=4.08020E-15$, $A14=0.00000E+00$

第14面

$\kappa=1.00000E+00$, $A4=1.90302E-05$, $A6=5.11786E-08$, $A8=-1.22839E-10$

$A10=1.54556E-13$, $A12=-5.38110E-17$, $A14=0.00000E+00$

[可変間隔データ]

	無限遠	近距離
	$f = 28.819$	$\beta = -0.196$
D0	∞	140.000
D4	3.850	2.550
D12	4.300	1.296
D14	3.700	8.004

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	90.286
G2	5	57.993
G3	13	32.318
G4	15	-47.285

[0108] 図2 (A) は、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図2 (B) は、第1実施例に係る光学系の最短撮影距離合焦時の諸収差図である。無限遠合焦時の各収差図において、FNOはFナンバー、Yは像高をそれぞれ示す。最短撮影距離合焦時の各収差図において、NAは開口数、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ナンバーまたは開口数の値を示し、非点収差図および歪曲収差図では像高の最大値をそれぞれ示し、コマ収差図では各像高の値を示す。dはd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）、gはg線（波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ）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。なお、以下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、重複する説明は省略する。

[0109] 各諸収差図より、第1実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から最短撮影距離合焦時までの全域において、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。

[0110] (第2実施例)

第2実施例について、図3～図4および表2を用いて説明する。図3は、

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図である。第2実施例に係る光学系OL(2)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、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とから構成される。無限遠物体から近距離物体(最短撮影距離物体)への合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とが光軸に沿って異なる移動量で物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、開口絞りS、および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。

[0111] 本実施例では、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とが、全体として正の屈折力を有する後続群GRを構成する。また、第2レンズ群G2が後続群GRにおける第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が後続群GRにおける第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0112] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL11と、正レンズL12とから構成される。

[0113] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1正レンズL21と第1負レンズL22とが接合された正の屈折力を有する接合レンズと、第2負レンズL23と、第2正レンズL24とから構成される。第2正レンズL24は、ガラス製レンズ本体の像側の面に樹脂層が設けられて構成されるハイブリッド型のレンズである。樹脂層の像側の面が非球面であり、第2正レンズL24は複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」において、面番号11がレンズ本体の物体側の面、面番号12がレンズ本体の像側の面および樹脂層の物体側の面(両者が接合する面)、面番号13が樹脂層の像側の面を示す。

[0114] 第3レンズ群G3は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズ31と、正レンズ32とから構成される。負レンズ31は、両側のレンズ面が非球面である。

[0115] 第4レンズ群G4は、1枚の負レンズ41から構成される。第4レンズ群G4の像側に、像面Iが配置される。第4レンズ群G4と像面Iの間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFLが配設されている。また、像面Iには、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示せず）が配置される。

[0116] 以下の表2に、第2実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0117] (表2)

[全体諸元]

$$f = 28.824$$

$$FNO = 2.909$$

$$\omega = 38.029$$

$$Y = 21.700$$

$$TL = 54.610$$

$$Bf = 0.860$$

$$Bfa = 13.138$$

$$\beta_2 = 0.163$$

$$\beta_3 = 0.721$$

$$\beta_4 = 1.310$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n _d	ν _d
物体面	∞			
1	-67.65263	0.800	1.53172	48.78
2	18.07229	1.030		
3	19.61204	2.300	1.80400	46.60
4	∞	1.000		
5	∞	(D5)		(絞りS)
6	39.03942	3.000	2.00100	29.12
7	-14.01800	0.700	1.80518	25.45

8	44.52125	3.457		
9	-11.08066	0.900	1.80809	22.74
10	-29.93301	0.150		
11	∞	6.550	1.80400	46.60
12	-17.50329	0.140	1.56093	36.64
13*	-16.27553	(D13)		
14*	-26.85154	2.000	1.53113	55.73
15*	-28.96313	0.200		
16	∞	4.500	1.80400	46.60
17	-36.85132	(D17)		
18	-34.46648	1.200	1.64769	33.73
19	173.14403	11.223		
20	∞	1.600	1.51680	63.88
21	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

第13面

$\kappa=1.00000E+00$, $A4=2.85655E-05$, $A6=-1.38279E-08$, $A8=5.79289E-10$
 $A10=9.06875E-13$, $A12=-2.25760E-15$, $A14=1.33070E-17$

第14面

$\kappa=1.00000E+00$, $A4=2.41081E-05$, $A6=9.24872E-08$, $A8=-6.64821E-10$
 $A10=1.30136E-12$, $A12=8.89760E-16$, $A14=0.00000E+00$

第15面

$\kappa=1.00000E+00$, $A4=3.97489E-05$, $A6=2.41498E-07$, $A8=-1.14609E-09$
 $A10=2.49848E-12$, $A12=-2.3864E-15$, $A14=0.00000E+00$

[可変間隔データ]

無限遠

近距離

$f=28.824$

$\beta=-0.203$

D0	∞	135.390
D5	4.850	3.169
D13	4.450	1.339
D17	3.700	8.492

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	187.243
G2	6	34.689
G3	14	46.577
G4	18	-44.279

[0118] 図4（A）は、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図4（B）は、第2実施例に係る光学系の最短撮影距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第2実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から最短撮影距離合焦時までの全域において、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。

[0119] （第3実施例）

第3実施例について、図5～図6および表3を用いて説明する。図5は、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図である。第3実施例に係る光学系OL（3）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、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とから構成される。無限遠物体から近距離物体（最短撮影距離物体）への合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とが光軸に沿って異なる移動量で物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、開口絞りS、および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。

[0120] 本実施例では、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とが、全体として正の屈折力を有する後続群GRを構成する。また、第

2 レンズ群G 2 が後続群G Rにおける第1 合焦レンズ群G F 1 に該当する。
第3 レンズ群G 3 が後続群G Rにおける第2 合焦レンズ群G F 2 に該当する。
。

[0121] 第1 レンズ群G 1 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1 負レンズL 1 1 と、第2 負レンズL 1 2 と、正レンズL 1 3 と第3 負レンズL 1 4 とが接合された正の屈折力を有する接合レンズとから構成される。第2 負レンズL 1 2 は、両側のレンズ面が非球面である。

[0122] 第2 レンズ群G 2 は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1 正レンズL 2 1 と第1 負レンズL 2 2 とが接合された正の屈折力を有する接合レンズと、第2 負レンズL 2 3 と、第2 正レンズL 2 4 とから構成される。第2 正レンズL 2 4 は、像側のレンズ面が非球面である。

[0123] 第3 レンズ群G 3 は、1 枚の正レンズ3 1 から構成される。正レンズ3 1 は、像側のレンズ面が非球面である。

[0124] 第4 レンズ群G 4 は、1 枚の負レンズ4 1 から構成される。第4 レンズ群G 4 の像側に、像面I が配置される。第4 レンズ群G 4 と像面I との間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFL が配設されている。また、像面I には、CCD やCMOS 等から構成された撮像素子（図示せず）が配置される。

[0125] 以下の表3 に、第3 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0126] (表3)

[全体諸元]

$$f = 28.805$$

$$FNO = 2.067$$

$$\omega = 37.270$$

$$Y = 21.700$$

$$TL = 59.500$$

$$Bf = 0.800$$

$$Bfa = 11.855$$

$$\beta_2 = 0.427$$

$$\beta_3 = 0.565$$

$$\beta_4 = 1.245$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	40.41078	1.000	1.48749	70.31
2	16.22403	3.600		
3*	-70.24185	1.300	1.82115	24.06
4*	148.16663	0.200		
5	20.51937	4.000	1.88300	40.66
6	-32.92528	1.100	1.59270	35.27
7	65.09547	2.000		
8	∞	(D8)		(絞り S)
9	44.75110	3.300	2.00100	29.12
10	-20.22294	0.800	1.75520	27.57
11	61.74745	4.400		
12	-12.31509	0.900	1.84666	23.80
13	-49.27479	0.200		
14	-1190.54970	6.300	1.76802	49.23
15*	-19.49783	(D15)		
16	76.50071	4.700	1.77377	47.18
17*	-42.68869	(D17)		
18	-34.74758	1.200	1.64769	33.73
19	714.84773	10.000		
20	∞	1.600	1.51680	63.88
21	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

第3面

$$\kappa = 1.00000E+00, A4 = -3.81302E-05, A6 = 1.79518E-07, A8 = 0.00000E+00$$

$$A10 = 0.00000E+00, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$$

第4面

$$\kappa = 1.00000E+00, A4 = -2.32360E-05, A6 = 2.17814E-07, A8 = 2.83578E-10$$

$$A10 = 0.00000E+00, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$$

第15面

$$\kappa = 1.00000E+00, A4 = -3.48371E-06, A6 = 1.39242E-08, A8 = 1.83753E-10$$

$$A10 = 2.97697E-13, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$$

第17面

$$\kappa = 1.00000E+00, A4 = 2.81807E-05, A6 = -1.57952E-08, A8 = 4.54301E-11$$

$$A10 = -1.20045E-13, A12 = 0.00000E+00, A14 = 0.00000E+00$$

[可変間隔データ]

	無限遠	近距離
	$f = 28.805$	$\beta = -0.124$
D0	∞	220.500
D8	4.000	3.015
D15	3.500	1.629
D17	4.600	7.456

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	95.848
G2	9	63.426
G3	16	36.030
G4	18	-51.129

[0127] 図6(A)は、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。
図6(B)は、第3実施例に係る光学系の最短撮影距離合焦時の諸収差図

である。各諸収差図より、第3実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から最短撮影距離合焦時までの全域において、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。

[0128] (第4実施例)

第4実施例について、図7～図8および表4を用いて説明する。図7は、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図である。第4実施例に係る光学系OL(4)は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、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、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とから構成される。無限遠物体から近距離物体(最短撮影距離物体)への合焦の際、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3とが光軸に沿って異なる移動量で物体側へ移動し、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する。なお、合焦の際、第1レンズ群G1、開口絞りS、および第4レンズ群G4は、像面Iに対して位置が固定される。

[0129] 本実施例では、第2レンズ群G2と、第3レンズ群G3と、第4レンズ群G4とが、全体として正の屈折力を有する後続群GRを構成する。また、第2レンズ群G2が後続群GRにおける第1合焦レンズ群GF1に該当する。第3レンズ群G3が後続群GRにおける第2合焦レンズ群GF2に該当する。

[0130] 第1レンズ群G1は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、負レンズL11と、正レンズL12とから構成される。正レンズL12は、ガラス製レンズ本体の像側の面に樹脂層が設けられて構成されるハイブリッド型のレンズである。樹脂層の像側の面が非球面であり、正レンズL12は複合型の非球面レンズである。後述の「レンズ諸元」において、面番号3がレンズ本体の物体側の面、面番号4がレンズ本体の像側の面および樹脂層の物体側の面(両者が接合する面)、面番号5が樹脂層の像側の面を示す。

[0131] 第2レンズ群G2は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1正レンズL21と第1負レンズL22とが接合された正の屈折力を有する接合レンズ

と、第2負レンズL 2 3と、第2正レンズL 2 4とから構成される。第2正レンズL 2 4は、像側のレンズ面が非球面である。

[0132] 第3レンズ群G 3は、1枚の正レンズ3 1から構成される。正レンズ3 1は、像側のレンズ面が非球面である。

[0133] 第4レンズ群G 4は、1枚の負レンズ4 1から構成される。第4レンズ群G 4の像側に、像面Iが配置される。第4レンズ群G 4と像面Iの間には、抜き差し交換可能な光学フィルターFLが配設されている。また、像面Iには、CCDやCMOS等から構成された撮像素子（図示せず）が配置される。

[0134] 以下の表4に、第4実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0135] (表4)

[全体諸元]

$$f = 28.802$$

$$FNO = 2.861$$

$$\omega = 37.036$$

$$Y = 21.700$$

$$TL = 50.042$$

$$Bf = 0.860$$

$$Bfa = 11.697$$

$$\beta 2 = 0.406$$

$$\beta 3 = 0.679$$

$$\beta 4 = 1.248$$

[レンズ諸元]

面番号	R	D	n d	ν d
物体面	∞			
1	-33.60557	0.900	1.59270	35.27
2	24.37821	0.300		
3	21.36640	2.400	1.84850	43.79

4	-64.21743	0.100	1.56093	36.64
5*	-64.21743	1.000		
6	∞	(D6)		(絞り S)
7	48.57194	2.700	2.00100	29.12
8	-16.54854	0.700	1.71736	29.57
9	50.38696	3.800		
10	-11.12244	1.000	1.80809	22.74
11	-43.70934	0.200		
12	-628.97652	7.000	1.75501	51.15
13*	-16.56020	(D13)		
14	326.40430	3.900	1.76802	49.23
15*	-38.59856	(D15)		
16	-23.79495	1.000	1.58144	40.98
17	-129.23419	9.782		
18	∞	1.600	1.51680	63.88
19	∞	BF		
像面	∞			

[非球面データ]

第 5 面

$\kappa=5.65120\text{E}+00$, $A4=1.32957\text{E}-05$, $A6=3.71890\text{E}-08$, $A8=0.00000\text{E}+00$

$A10=0.00000\text{E}+00$, $A12=0.00000\text{E}+00$, $A14=0.00000\text{E}+00$

第 1 3 面

$\kappa=-5.67700\text{E}-01$, $A4=-1.05001\text{E}-05$, $A6=-8.81582\text{E}-08$, $A8=4.96402\text{E}-10$

$A10=-7.84585\text{E}-13$, $A12=0.00000\text{E}+00$, $A14=0.00000\text{E}+00$

第 1 5 面

$\kappa=1.00000\text{E}+00$, $A4=1.63200\text{E}-05$, $A6=5.26856\text{E}-08$, $A8=-1.38087\text{E}-10$

$A10=2.83555\text{E}-13$, $A12=0.00000\text{E}+00$, $A14=0.00000\text{E}+00$

[可変間隔データ]

	無限遠	近距離
	$f = 28.802$	$\beta = -0.199$
D0	∞	139.958
D6	4.100	2.428
D13	4.300	0.956
D15	4.400	9.416

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	1	83.642
G2	7	47.380
G3	14	45.152
G4	16	-50.335

[0136] 図8（A）は、第4実施例に係る光学系の無限遠合焦時の諸収差図である。図8（B）は、第4実施例に係る光学系の最短撮影距離合焦時の諸収差図である。各諸収差図より、第4実施例に係る光学系は、無限遠合焦時から最短撮影距離合焦時までの全域において、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。

[0137] 次に、[条件式対応値]の表を下記に示す。この表には、各条件式（1）～（15）に対応する値を、全実施例（第1～第4実施例）について纏めて示す。

条件式（1）	$0.03 < D1 / TL < 0.25$
条件式（2）	$1.20 < (-f4) / f < 2.00$
条件式（3）	$1.10 < \beta4 < 1.40$
条件式（4）	$28.0 < \nu d41 < 45.0$
条件式（5）	$0.50 < f2 / f3 < 2.00$
条件式（6）	$0.04 < d23 / TL < 0.11$
条件式（7）	$0.60 < d23 / d12 < 1.00$
条件式（8）	$0.10 < \beta2 / \beta3 < 0.90$

- 条件式 (9) $0.015 < \{\beta_2 + (1/\beta_2)\}^{-2} < 0.170$
- 条件式 (10) $0.100 < \{\beta_3 + (1/\beta_3)\}^{-2} < 0.250$
- 条件式 (11) $0.00 < N_{21} - N_{22} < 0.40$
- 条件式 (12) $N_{21} > 1.90$
- 条件式 (13) $25.0 < \nu_{d21} < 35.0$
- 条件式 (14) $-1.20 < (R_{31} + R_{32}) / (R_{32} - R_{31}) < 0.00$
- 条件式 (15) $0.00 < f / f_1 < 0.70$

[0138] [条件式対応値]

条件式	第1実施例	第2実施例	第3実施例	第4実施例
(1)	0.076	0.076	0.188	0.074
(2)	1.641	1.536	1.775	1.748
(3)	1.266	1.310	1.245	1.248
(4)	32.190	33.730	33.730	40.980
(5)	1.794	0.745	1.760	1.049
(6)	0.086	0.081	0.059	0.086
(7)	0.887	0.761	0.700	0.843
(8)	0.772	0.226	0.756	0.598
(9)	0.136	0.025	0.130	0.122
(10)	0.186	0.225	0.183	0.216
(11)	0.273	0.196	0.246	0.284
(12)	2.001	2.001	2.001	2.001
(13)	29.120	29.120	29.120	29.120
(14)	-0.876	-1.000	-0.284	-0.789
(15)	0.319	0.154	0.301	0.344

[0139] 上記各実施例によれば、光学系の焦点距離に対して全長が短くなり、小型でありながら良好な光学性能を有した光学系を実現することができる。

[0140] 上記各実施例は本願発明の一具体例を示しているものであり、本願発明は

これらに限定されるものではない。

[0141] 以下の内容は、本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。

[0142] 本実施形態の光学系の実施例として4群構成のものを示したが、本願はこれに限られず、その他の群構成（例えば、5群等）の変倍光学系を構成することもできる。具体的には、本実施形態の光学系の最も物体側や最も像面側にレンズ又はレンズ群を追加した構成でも構わない。なお、レンズ群とは、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。

[0143] レンズ群または部分レンズ群を光軸に垂直な方向の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、手ブレによって生じる像ブレを補正する防振レンズ群としても良い。

[0144] 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、レンズ加工および組立調整が容易になり、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、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。

[0145] 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でも構わない。また、レンズ面は回折面としても良く、レンズを屈折率分布型レンズ（GRINレンズ）あるいはプラスチックレンズとしても良い。

[0146] 開口絞りは第1レンズ群と第2レンズ群との間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良い。

[0147] 各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し、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良い。

符号の説明

[0148] G 1 第 1 レンズ群

G 3 第 3 レンズ群

I 像面

G 2 第 2 レンズ群

G 4 第 4 レンズ群

S 開口絞り

請求の範囲

- [請求項1] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、開口絞りと、後続群とを有し、
- 前記後続群は、合焦の際に光軸に沿って移動する第1合焦レンズ群と、前記第1合焦レンズ群より像側に配置されて合焦の際に光軸に沿って移動する第2合焦レンズ群とを有し、
- 以下の条件式を満足する光学系。
- $$0.03 < D1 / TL < 0.25$$
- 但し、D1：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離
- TL：前記光学系の全長
- [請求項2] 合焦の際、前記第1合焦レンズ群と前記第2合焦レンズ群とが光軸に沿って異なる移動量で移動する請求項1に記載の光学系。
- [請求項3] 前記後続群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とを有し、
- 前記第2レンズ群が前記第1合焦レンズ群であり、
- 前記第3レンズ群が前記第2合焦レンズ群である請求項1または2に記載の光学系。
- [請求項4] 前記後続群は、前記第3レンズ群の像側に並んで配置された負の屈折力を有する第4レンズ群を有する請求項3に記載の光学系。
- [請求項5] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、
- 合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する光学系。
- [請求項6] 以下の条件式を満足する請求項5に記載の光学系。
- $$0.03 < D1 / TL < 0.25$$
- 但し、D1：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL : 前記光学系の全長

[請求項7] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有し、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸に沿って移動し、

以下の条件式を満足する光学系。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25$$

但し、D1 : 前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL : 前記光学系の全長

[請求項8] 合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化する請求項7に記載の光学系。

[請求項9] 前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に配置された開口絞りを含む請求項5～8のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項10] 以下の条件式を満足する請求項4～9のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.20 < (-f4) / f < 2.00$$

但し、f4 : 前記第4レンズ群の焦点距離

f : 前記光学系の焦点距離

[請求項11] 以下の条件式を満足する請求項4～10のいずれか一項に記載の光学系。

$$1.10 < \beta4 < 1.40$$

但し、β4 : 無限遠合焦時の前記第4レンズ群の横倍率

[請求項12] 前記第4レンズ群は、1枚の負レンズからなり、

以下の条件式を満足する請求項4～11のいずれか一項に記載の光学系。

$$28.0 < \nu d41 < 45.0$$

但し、 $\nu d 4 1$: 前記第4レンズ群の前記負レンズのd線を基準とするアッペ数

[請求項13] 以下の条件式を満足する請求項3～12のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.50 < f 2 / f 3 < 2.00$$

但し、 $f 2$: 前記第2レンズ群の焦点距離

$f 3$: 前記第3レンズ群の焦点距離

[請求項14] 以下の条件式を満足する請求項3～13のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.04 < d 2 3 / T L < 0.11$$

但し、 $d 2 3$: 無限遠合焦時の前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との光軸上の間隔

$T L$: 前記光学系の全長

[請求項15] 以下の条件式を満足する請求項3～14のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.60 < d 2 3 / d 1 2 < 1.00$$

但し、 $d 2 3$: 無限遠合焦時の前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との光軸上の間隔

$d 1 2$: 無限遠合焦時の前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との光軸上の間隔

[請求項16] 以下の条件式を満足する請求項3～15のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.10 < \beta 2 / \beta 3 < 0.90$$

但し、 $\beta 2$: 無限遠合焦時の前記第2レンズ群の横倍率

$\beta 3$: 無限遠合焦時の前記第3レンズ群の横倍率

[請求項17] 以下の条件式を満足する請求項3～16のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.015 < \{\beta 2 + (1 / \beta 2)\}^{-2} < 0.170$$

但し、 $\beta 2$ ：無限遠合焦時の前記第2レンズ群の横倍率

[請求項18] 以下の条件式を満足する請求項3～17のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.100 < \{\beta 3 + (1/\beta 3)\}^{-2} < 0.250$$

但し、 $\beta 3$ ：無限遠合焦時の前記第3レンズ群の横倍率

[請求項19] 前記第2レンズ群は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、第1正レンズと、第1負レンズと、第2負レンズと、第2正レンズとからなる請求項3～18のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項20] 以下の条件式を満足する請求項19に記載の光学系。

$$0.00 < N21 - N22 < 0.40$$

但し、 $N21$ ：前記第2レンズ群の前記第1正レンズのd線に対する屈折率

$N22$ ：前記第2レンズ群の前記第1負レンズのd線に対する屈折率

[請求項21] 以下の条件式を満足する請求項19または20に記載の光学系。

$$N21 > 1.90$$

但し、 $N21$ ：前記第2レンズ群の前記第1正レンズのd線に対する屈折率

[請求項22] 以下の条件式を満足する請求項19～21のいずれか一項に記載の光学系。

$$25.0 < \nu d21 < 35.0$$

但し、 $\nu d21$ ：前記第2レンズ群の前記第1正レンズのd線を基準とするアッペ数

[請求項23] 前記第3レンズ群は、1枚の正レンズを有する請求項3～22のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項24] 以下の条件式を満足する請求項23に記載の光学系。

$$-1.20 < (R31 + R32) / (R32 - R31) < 0.00$$

但し、 $R31$ ：前記第3レンズ群の前記正レンズにおける物体側の

レンズ面の近軸曲率半径

R 3 2 : 前記第 3 レンズ群の前記正レンズにおける像側のレンズ面の近軸曲率半径

[請求項25] 以下の条件式を満足する請求項 1 ～ 2 4 のいずれか一項に記載の光学系。

$$0.00 < f / f_1 < 0.70$$

但し、 f : 前記光学系の焦点距離

f_1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

[請求項26] 前記第 1 レンズ群は、少なくとも 2 つのレンズからなる請求項 1 ～ 2 5 のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項27] 前記第 1 レンズ群は、最も物体側に配置された負レンズを有する請求項 1 ～ 2 6 のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項28] 請求項 1 ～ 2 7 のいずれか一項に記載の光学系を備えて構成される光学機器。

[請求項29] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、開口絞りと、後続群とを有する光学系の製造方法であって、
前記後続群は、合焦の際に光軸に沿って移動する第 1 合焦レンズ群と、前記第 1 合焦レンズ群より像側に配置されて合焦の際に光軸に沿って移動する第 2 合焦レンズ群とを有し、

以下の条件式を満足するように、

レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。

$$0.03 < D_1 / TL < 0.25$$

但し、 D_1 : 前記第 1 レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL : 前記光学系の全長

[請求項30] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第 1 レンズ群と、正の屈折力を有する第 2 レンズ群と、正の屈折力を有する第 3 レンズ群と、負の屈折力を有する第 4 レンズ群とを有する光学系の

製造方法であって、

合焦の際、隣り合う各レンズ群の間隔が変化するように、
レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。

[請求項31]

光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第1レンズ群と、正の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群と、負の屈折力を有する第4レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

合焦の際、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群とが光軸に沿って移動し、

以下の条件式を満足するように、

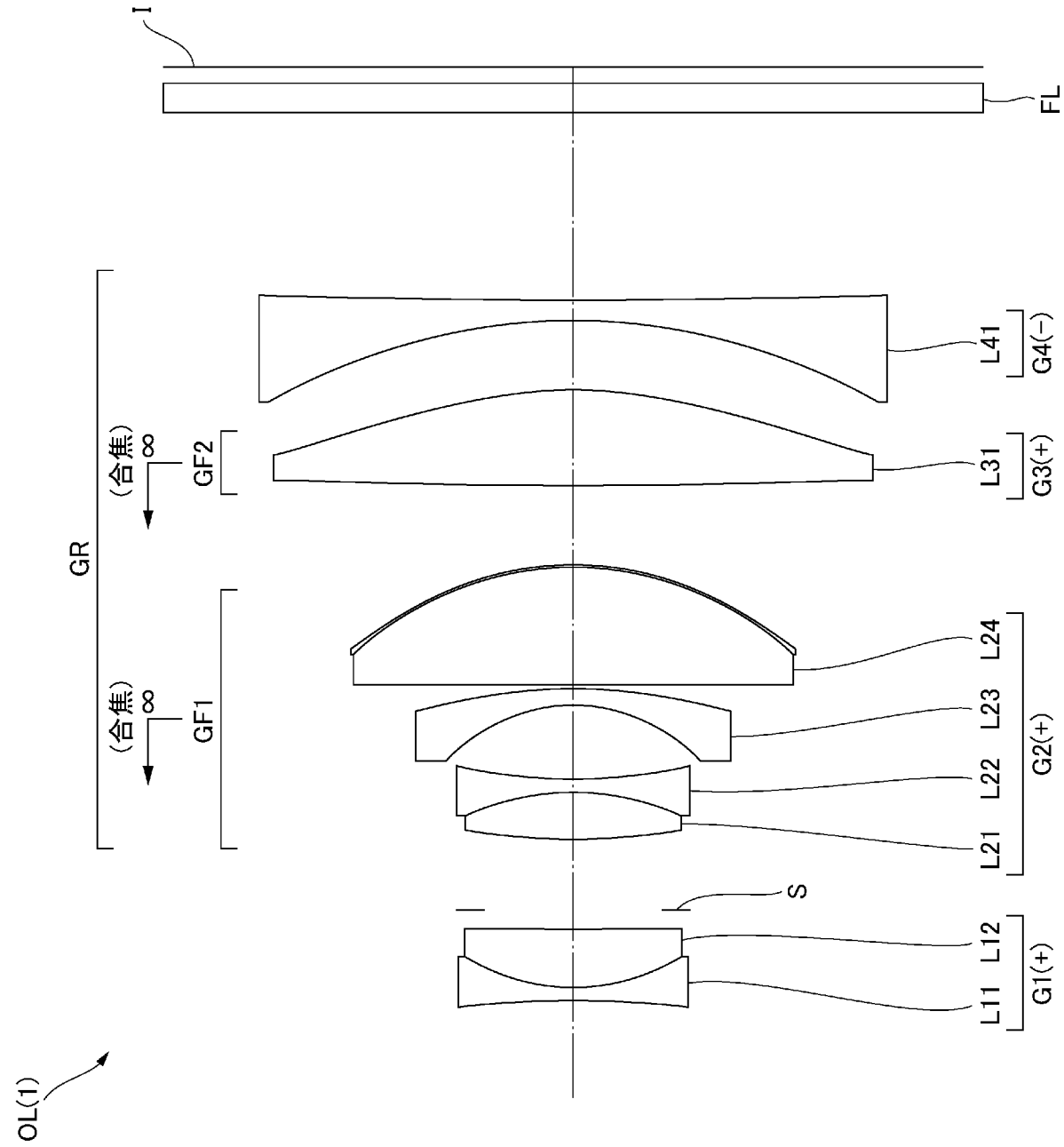
レンズ鏡筒内に各レンズを配置する光学系の製造方法。

$$0.03 < D1 / TL < 0.25$$

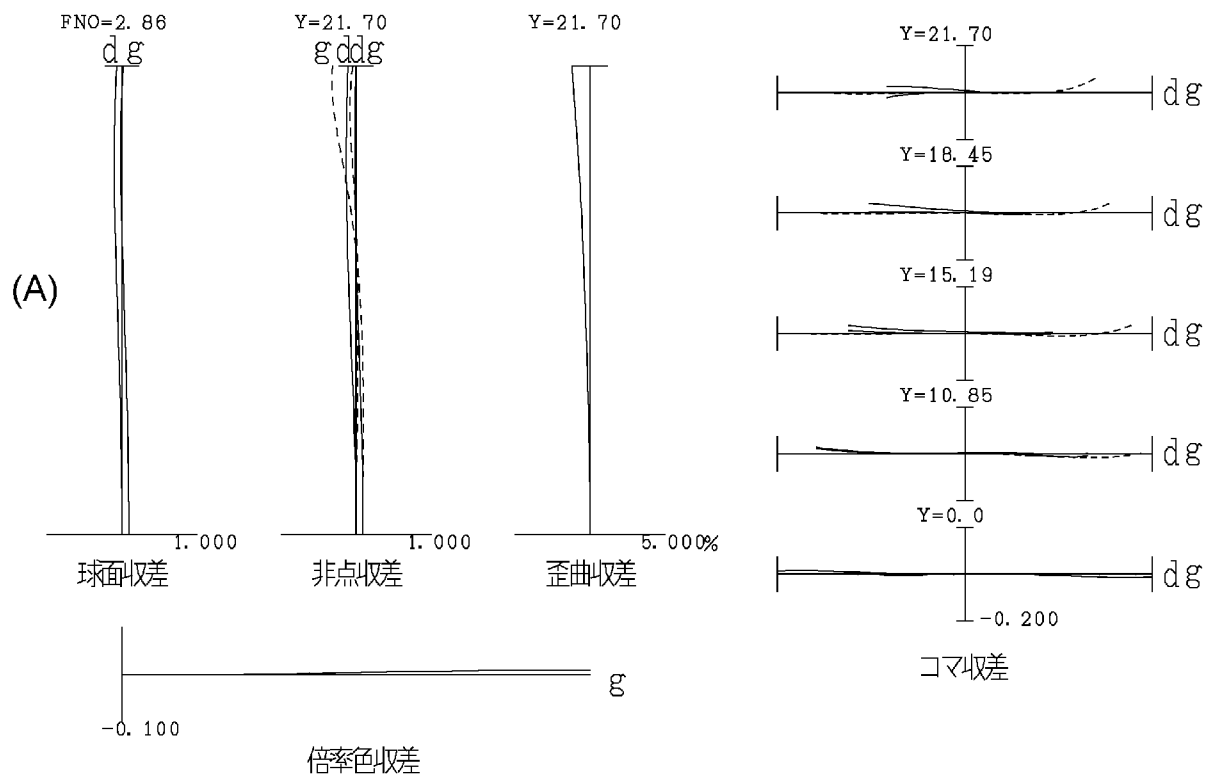
但し、 $D1$ ：前記第1レンズ群における最も物体側のレンズ面から最も像側のレンズ面までの光軸上の距離

TL ：前記光学系の全長

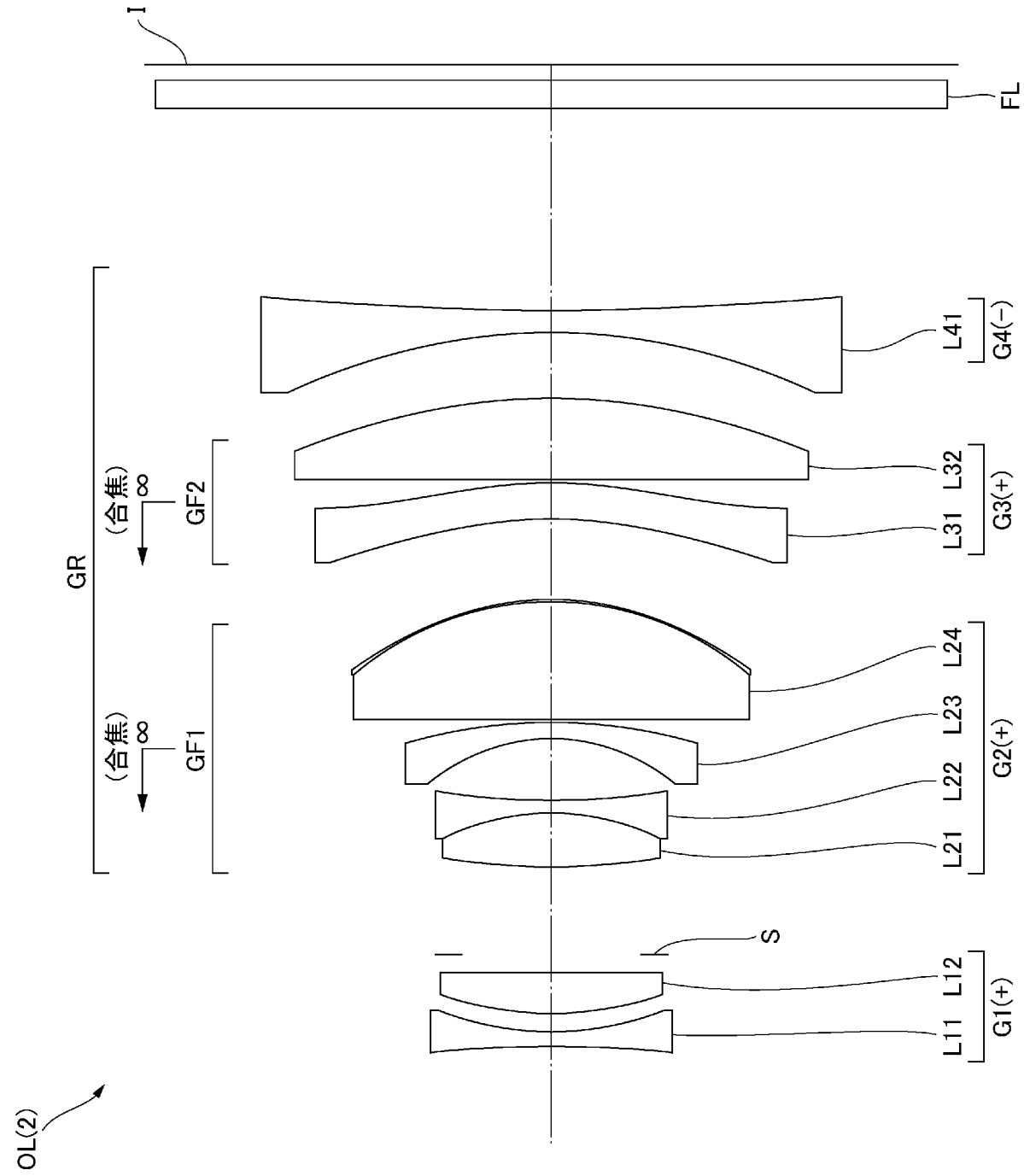
[図1]



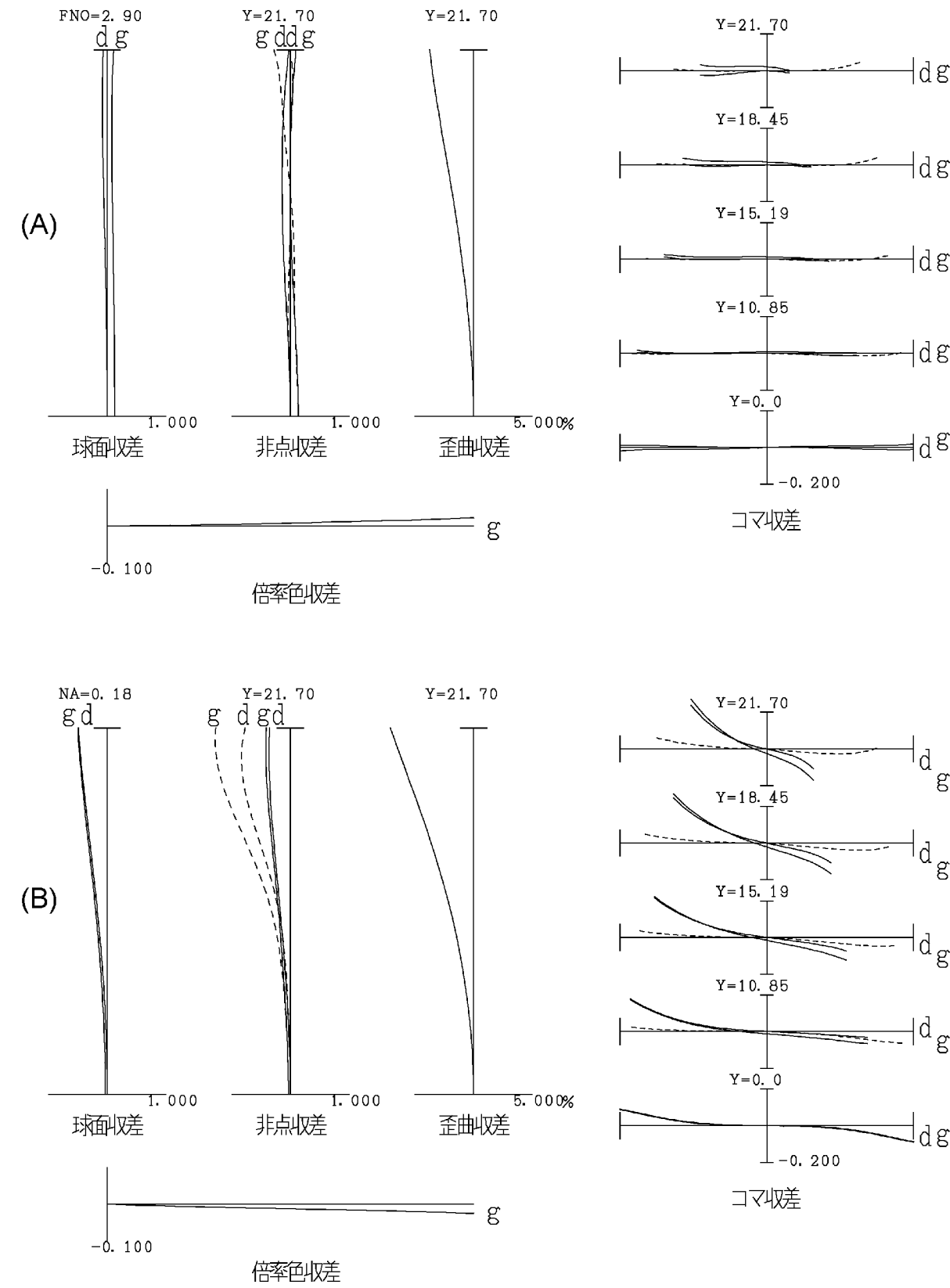
[図2]



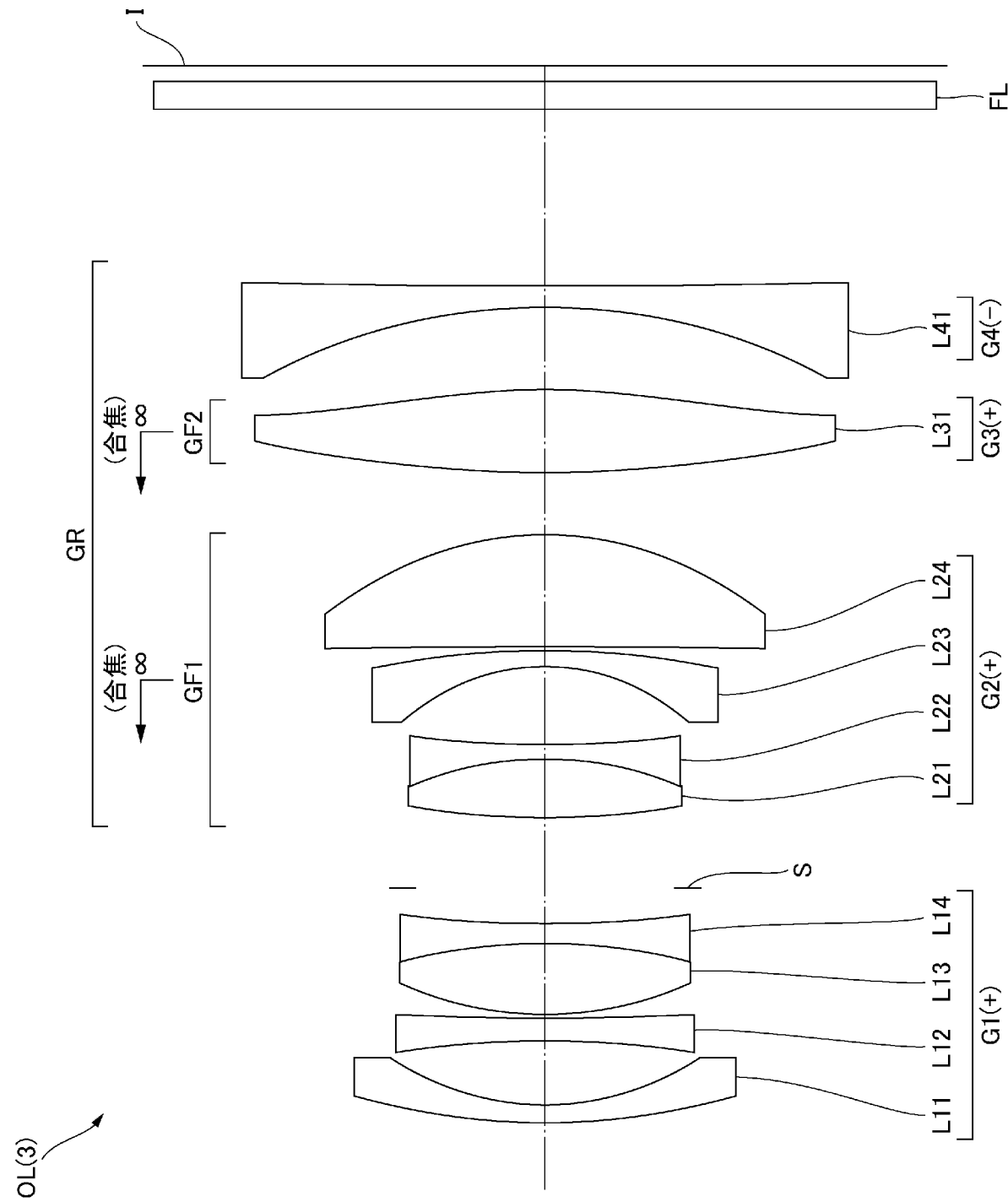
[図3]



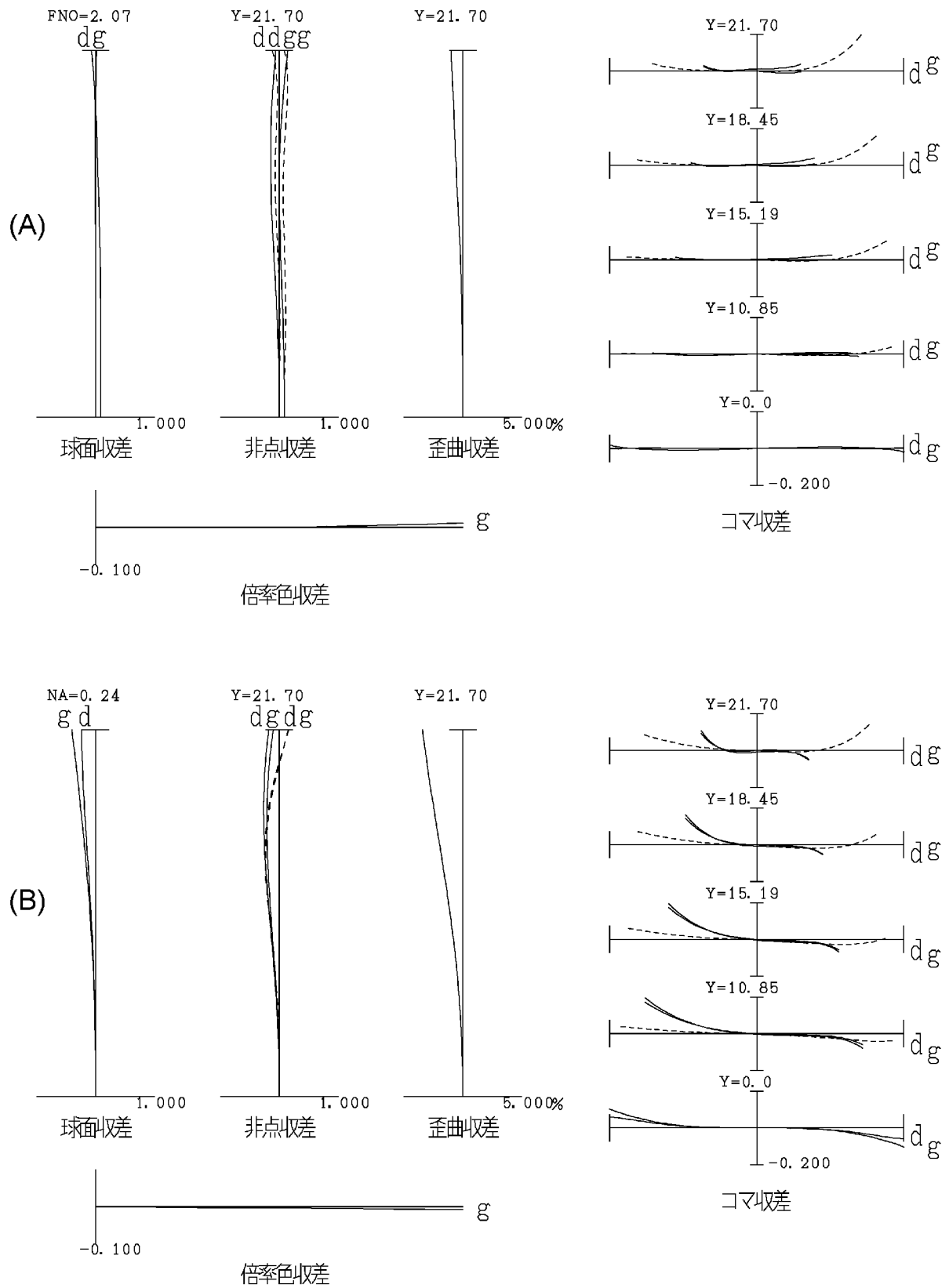
[図4]



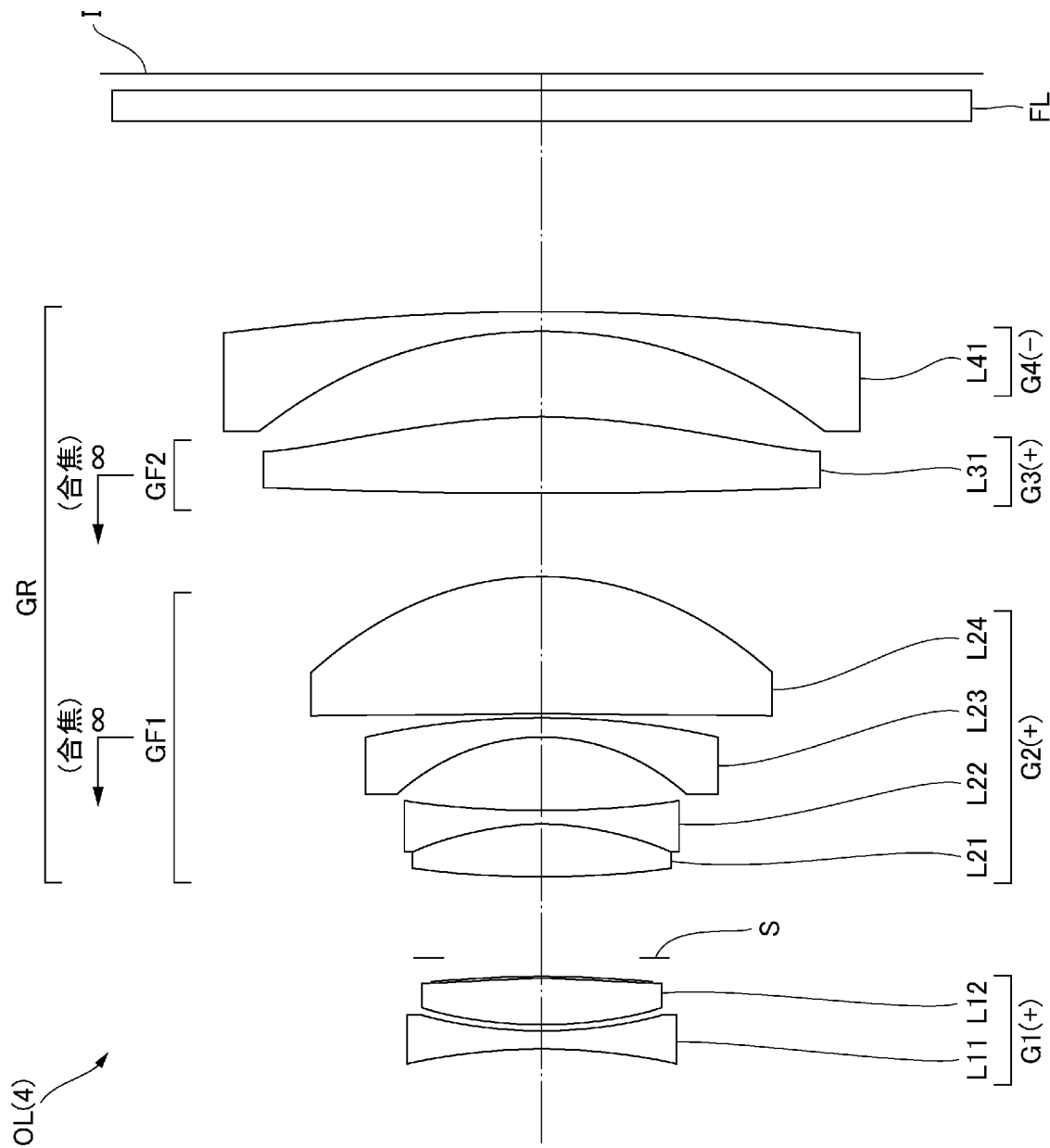
[図5]



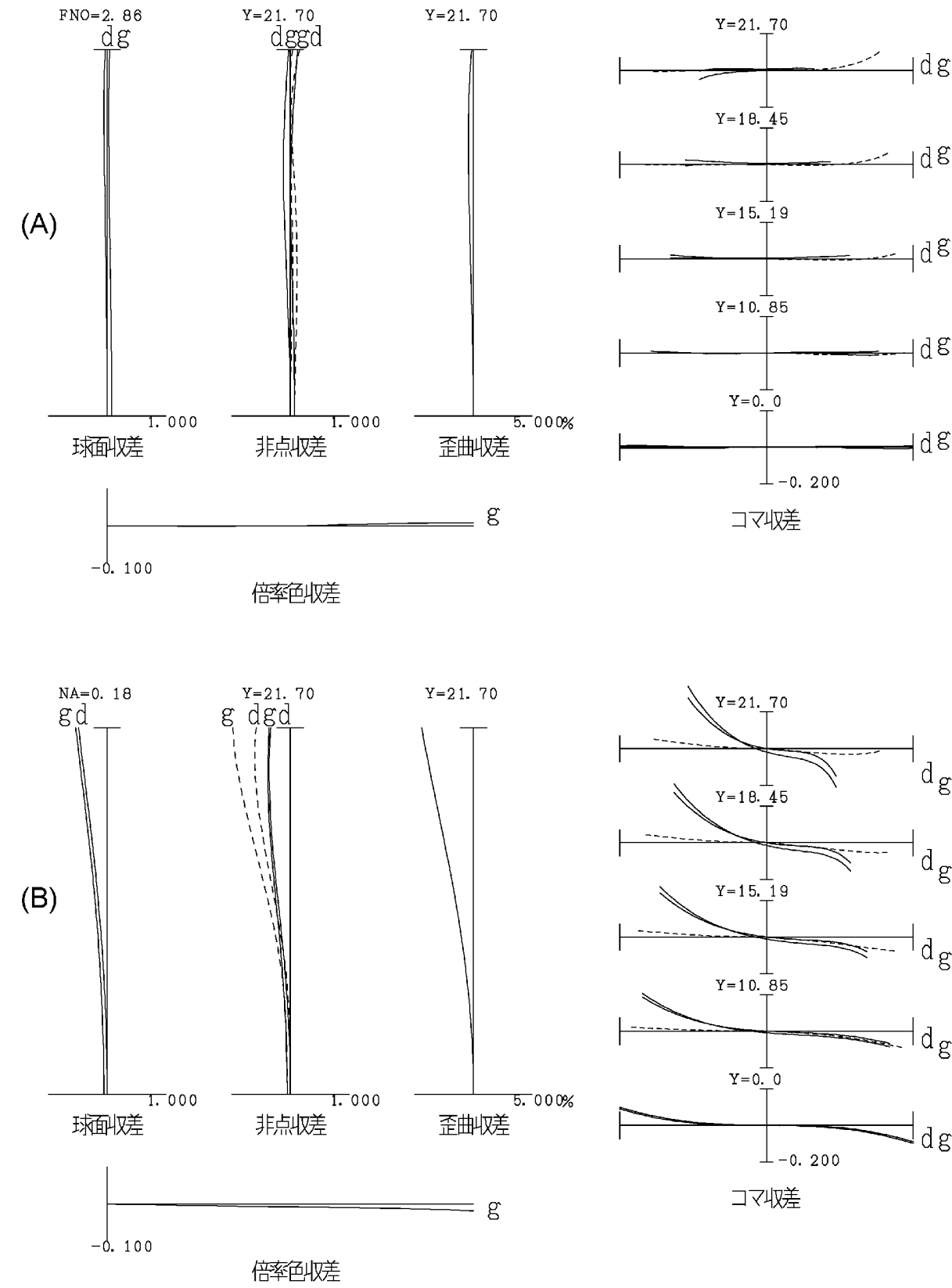
【図6】



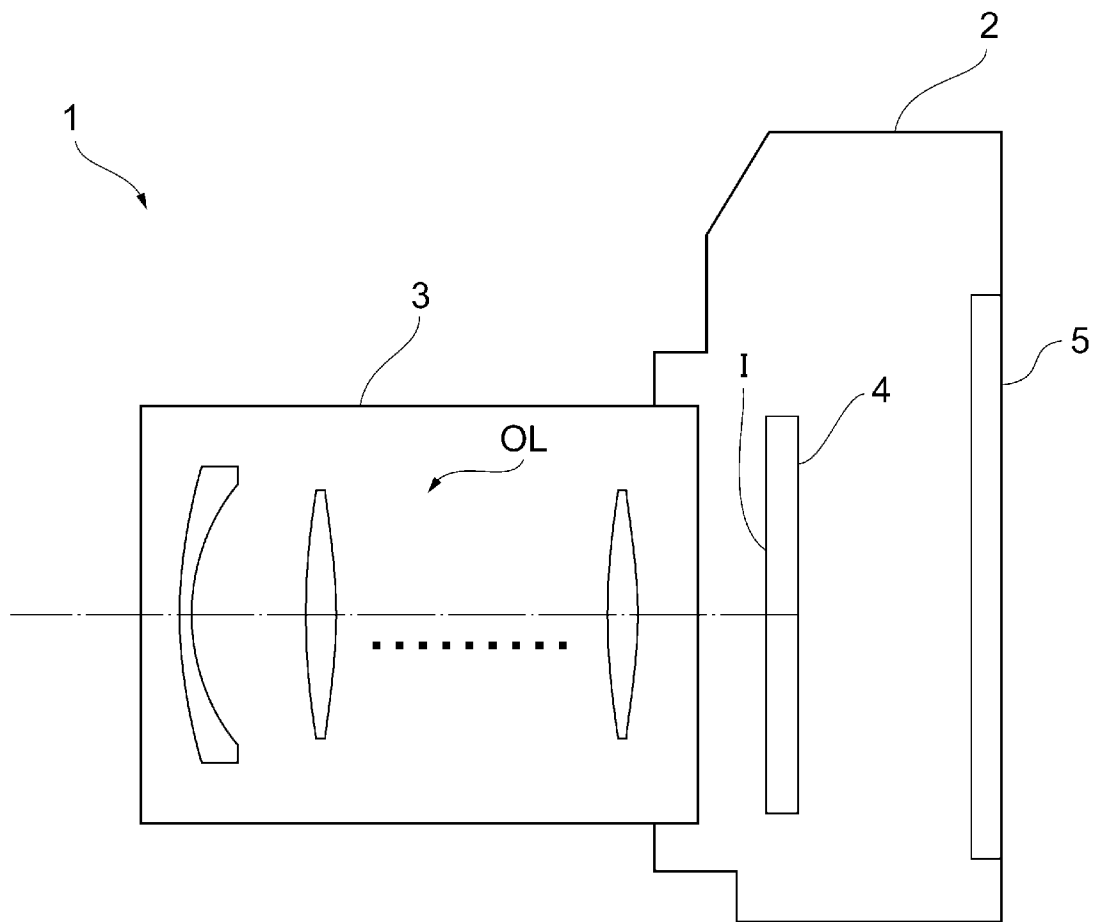
[図7]



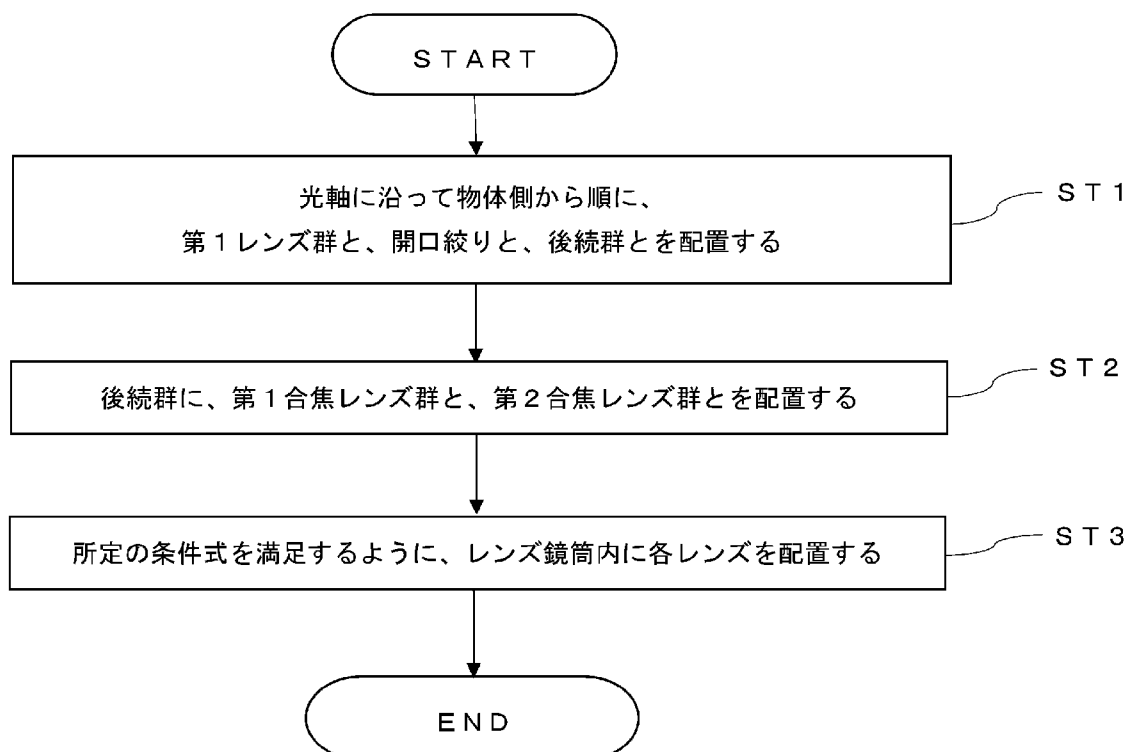
[図8]



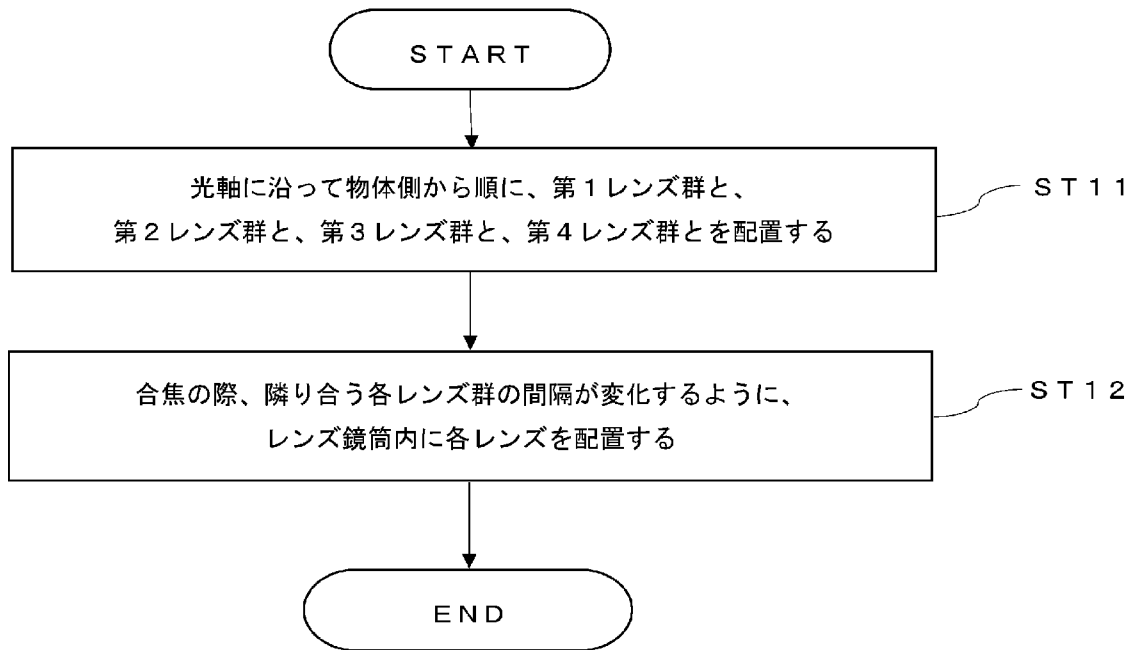
[図9]



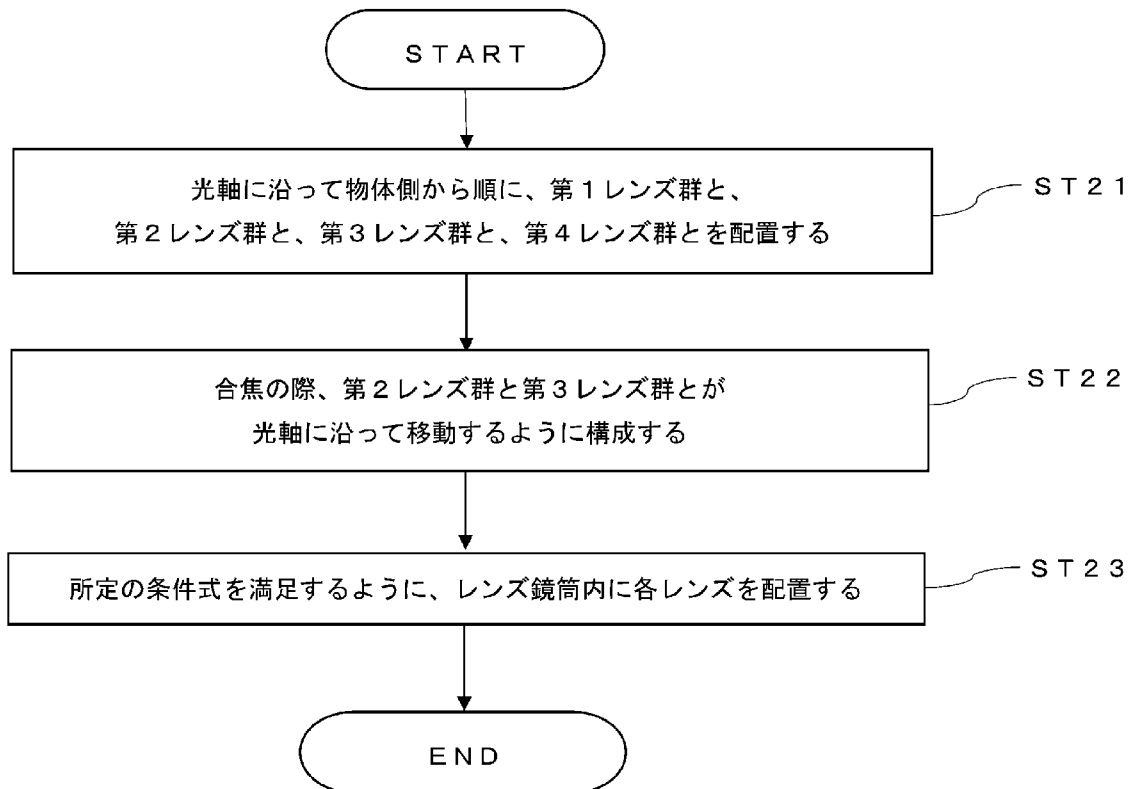
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/035454

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 1971-2021
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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	WO 2014/118865 A1 (PANASONIC CORPORATION) 07 August 2014 (2014-08-07) paragraph [0001], numerical example 3	1, 2, 26-29
A	paragraph [0001], numerical example 3	3-25, 30, 31
X	JP 9-61708 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 07 March 1997 (1997-03-07) paragraph [0006], example 1	5, 9, 11, 23-28, 30
A	paragraph [0006], example 1	1-4, 6-8, 10, 12-22, 29, 31
X	JP 58-186714 A (NIHON KOUGAKU KOGYO KK) 31 October 1983 (1983-10-31) page 1, right column, lines 2-3, example 1	1-3, 13, 16-18, 23, 25, 26, 28, 29
A	page 1, right column, lines 2-3, example 1	4-12, 14, 15, 19- 22, 24, 27, 30, 31

☐ 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

08 November 2021

Date of mailing of the international search report

30 November 2021

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/JP2021/035454

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2014/118865	A1	07 August 2014	US 2015/0312454 A1 paragraph [0003], numerical example 3 CN 104969109 A	
JP	9-61708	A	07 March 1997	US 5835286 A column 1, lines 48-54, embodiment 5	
JP	58-186714	A	31 October 1983	US 4621909 A column 1, lines 7-9	

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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年													
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	WO 2014/118865 A1（パナソニック株式会社）07.08.2014（2014 - 08 - 07） 段落[0001], 数値実施例3	1, 2, 26-29												
A	段落[0001], 数値実施例3	3-25, 30, 31												
X	JP 9-61708 A（オリンパス光学工業株式会社）07.03.1997（1997 - 03 - 07） 段落[0006], 実施例1	5, 9, 11, 23-28, 30												
A	段落[0006], 実施例1	1-4, 6-8, 10, 12-22, 29, 31												
X	JP 58-186714 A（日本光学工業株式会社）31.10.1983（1983 - 10 - 31） 第1頁右欄2-3行, 第1実施例	1-3, 13, 16-18, 23, 25, 26, 28, 29												
A	第1頁右欄2-3行, 第1実施例	4-12, 14, 15, 19- 22, 24, 27, 30, 31												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 08.11.2021		国際調査報告の発送日 30.11.2021												
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/JP2021/035454

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2014/118865	A1	07.08.2014	US 2015/0312454 A1 [0003], NUMERICAL EXAMPLE 3 CN 104969109 A	
JP	9-61708	A	07.03.1997	US 5835286 A column1 line48-54, Embodiment 5	
JP	58-186714	A	31.10.1983	US 4621909 A Column1 line7-9	