

(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4日(04.07.2024)



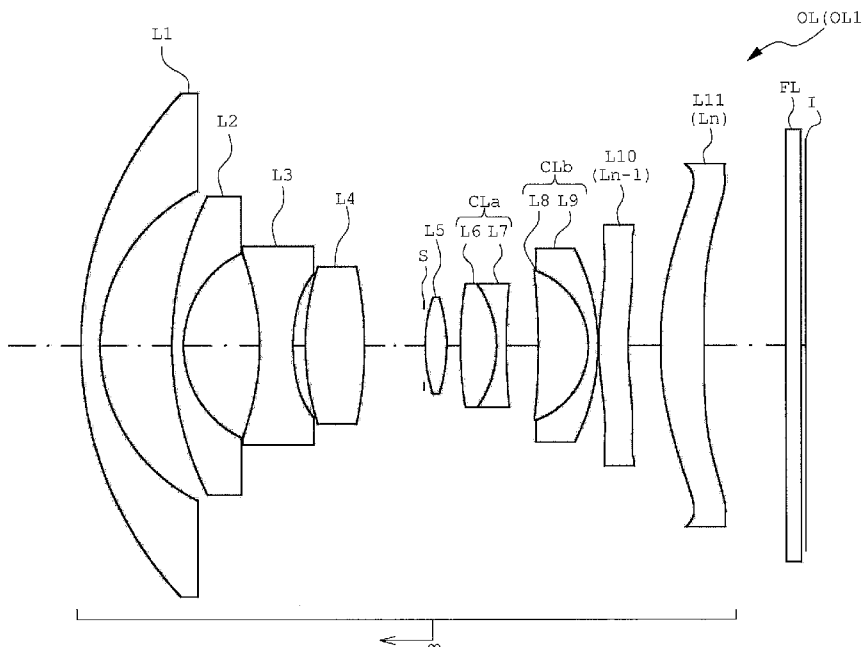
(10) 国際公開番号

WO 2024/142829 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/04 (2006.01) *G02B 13/18* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/043829
- (22) 国際出願日: 2023年12月7日(07.12.2023)
- (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 2022-208569 2022年12月26日(26.12.2022) 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: 伊藤 智希 (ITO Tomoki); 〒1086290 東京都港区港南二丁目15番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 保坂 丈世 (HOSAKA Joyo); 〒1070052 東京都港区赤坂9-1-7-347 シエラ・クレアーレ特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, 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,

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

(54) 発明の名称: 光学系、光学機器及び光学系の製造方法



(57) Abstract: Provided are: an optical system which achieves miniaturization, low weight, and favorable optical performance; an optical device; and an optical system manufacturing method. An optical system OL, which is mounted in an optical device such as a camera 1, comprises the following in order from the object side: a first negative meniscus lens L1 the protruding surface of which faces the object side and which has a negative refractive power; a second negative meniscus lens L2 the protruding surface of which faces the object side and which has a negative refractive power; a third

[続葉有]



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))

biconcave negative lens L3 having a negative refractive power; and at least one lens (e.g., a biconvex positive lens L4). The optical system is configured to satisfy a condition based on a prescribed conditional formula.

(57) 要約: 小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させた光学系、光学機器及びこの光学系の製造方法を提供する。カメラ1等の光学機器に搭載される光学系OLは、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズL2と、負の屈折力を有する第三両凹負レンズL3と、少なくとも1枚のレンズ(例えば、両凸正レンズL4)とからなり、所定の条件式による条件を満足するように構成される。

明 細 書

発明の名称：光学系、光学機器及び光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、光学機器及び光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、広画角で小型な光学系が提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。しかしながら、特許文献 1 は、小型化・軽量化と良好な光学性能との両立が要望されているという課題があった。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特開 2020-056995 号公報

発明の概要

[0004] 本発明の第一の態様に係る光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも 1 枚のレンズとからなり、次式の条件を満足する。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$0.10 < R12 / (-fL1) < 0.80$$

但し、

ω ：前記光学系の半画角

$fL1$ ：前記第一負メニスカスレンズの焦点距離

$R12$ ：前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[0005] 本発明の第二の態様に係る光学系は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも 1 枚のレンズとからなり、次式の条件を満足する

。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$1.80 < R12/D12 < 3.00$$

但し、

ω : 前記光学系の半画角

D12 : 前記第一負メニスカスレンズと前記第二負メニスカスレンズとの間の軸上空気間隔

R12 : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[0006] 本発明の第一の態様に係る光学系の製造方法は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも1枚のレンズとからなる光学系の製造方法であって、次式の条件を満足するように配置する。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$0.10 < R12/(-fL1) < 0.80$$

但し、

ω : 前記光学系の半画角

fL1 : 前記第一負メニスカスレンズの焦点距離

R12 : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[0007] 本発明の第二の態様に係る光学系の製造方法は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも1枚のレンズとからなる光学系の製造方法であって、次式の条件を満足するように配置する。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$1.80 < R12/D12 < 3.00$$

但し、

ω : 前記光学系の半画角

D 1 2 : 前記第一負メニスカスレンズと前記第二負メニスカスレンズとの間の軸上空気間隔

R 1 2 : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第1実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時のレンズ構成を示す断面図である。

[図2]第1実施例に係る光学系の無限遠物体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無限遠物体合焦時のレンズ構成を示す断面図である。

[図4]第2実施例に係る光学系の無限遠物体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無限遠物体合焦時のレンズ構成を示す断面図である。

[図6]第3実施例に係る光学系の無限遠物体合焦時の諸収差図である。

[図7]上記光学系を搭載するカメラの断面図である。

[図8]上記光学系の製造方法を説明するためのフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、好ましい実施形態について図面を参照して説明する。

[0010] (第1の実施形態)

第1の実施形態に係る光学系OLは、図1に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズL2と、負の屈折力を有する第三両凹負レンズL3と、少なくとも1枚のレンズとを有して構成されている。このように構成することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。

[0011] また、第1の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(1)を満足することが望ましい。

[0012] $90.0^\circ < \omega$ (1)

但し、

ω : 光学系OLの半画角

[0013] 条件式(1)は、光学系OLの半画角を規定するものである。この条件式(1)を満足することにより魚眼レンズとして必要な画角を得ることができる。なお、条件式(1)の効果を確実なものとするために、条件式(1)の下限値を 95.0° 、更に 100.0° とすることがより望ましい。また、この条件式(1)の効果を確実なものとするために、条件式(1)の上限値を 120.0° ($\omega < 120.0^\circ$)、更に 110.0° とすることがより望ましい。

[0014] また、第1の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(2)を満足することが望ましい。

$$[0015] \quad 0.10 < R12 / (-fL1) < 0.80 \quad (2)$$

但し、

$fL1$: 第一負メニスカスレンズL1の焦点距離

$R12$: 第一負メニスカスレンズL1の像面側のレンズ面の曲率半径

[0016] 条件式(2)は、第一負メニスカスレンズL1の焦点距離に対する第一負メニスカスレンズL1の像面側のレンズ面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式(2)を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式(2)の下限値を下回ると、光学系OL全体が大型化してしまい、また、軸上色収差及び倍率色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(2)の効果を確実なものとするために、条件式(2)の下限値を 0.15 、 0.25 、 0.35 、更に 0.40 とすることがより望ましい。また、条件式(2)の上限値を上回ると、球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(2)の効果を確実なものとするために、条件式(2)の上限値を 0.75 、 0.65 、 0.55 、更に 0.50 とすることがより望ましい。

[0017] (第2の実施形態)

第2の実施形態に係る光学系OLは、図1に示すように、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズL1と

、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズL 2と、負の屈折力を有する第三両凹負レンズL 3と、少なくとも1枚のレンズとを有して構成されている。このように構成することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。

[0018] また、第2の実施形態に係る光学系OLは、上述した条件式(1)を満足することが望ましい。この条件式(1)を満足することによる効果等は、上述した通りである。

[0019] また、第2の実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(3)を満足することが望ましい。

[0020] $1.80 < R12/D12 < 3.00$ (3)

但し、

D12：第一負メニスカスレンズL 1と第二負メニスカスレンズL 2との間の軸上空気間隔

R12：第一負メニスカスレンズL 1の像面側のレンズ面の曲率半径

[0021] 条件式(3)は、第一負メニスカスレンズL 1と第二負メニスカスレンズL 2との間の軸上空気間隔に対する第一負メニスカスレンズL 1の像面側のレンズ面の曲率半径の比を規定するものである。条件式(3)を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式(3)の下限値を下回ると、像面湾曲及び非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(3)の効果を確実なものとするために、条件式(3)の下限値を1.90、更に2.00とすることがより望ましい。また、条件式(3)の上限値を上回ると、像面湾曲及び非点収差の補正が不足してしまうため好ましくない。なお、条件式(3)の効果を確実なものとするために、条件式(3)の上限値を2.80、2.65、更に2.50とすることがより望ましい。

[0022] (第1の実施形態及び第2の実施形態について)

また、第1の実施形態及び第2の実施形態(以下「本実施形態」と呼ぶ)に係る光学系OLは、以下に示す条件式(4)を満足することが望ましい。

$$[0023] \quad \phi 12 / R 12 < 1.90 \quad (4)$$

但し、

R 12 : 第一負メニスカスレンズ L 1 の像面側のレンズ面の曲率半径

$\phi 12$: 第一負メニスカスレンズ L 1 の像面側のレンズ面の有効径

[0024] 条件式 (4) は、第一負メニスカスレンズ L 1 の像面側のレンズ面の曲率半径に対する第一負メニスカスレンズ L 1 の像面側のレンズ面の有効径の比を規定している。この条件式 (4) を満足することにより、光学系 O L の小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式 (4) の上限値を上回ると、小型化は容易になるが倍率色収差の補正が困難となり、またレンズの加工が困難となり、更に製造誤差による結像性能の低下が著しくなるため好ましくない。なお、条件式 (4) の効果を確実なものとするために、条件式 (4) の上限値を 1.88、1.85、更に 1.83 とすることがより望ましい。また、この条件式 (4) の効果を確実なものとするために、条件式 (4) の下限値を 1.60 ($1.60 < \phi 12 / R 12$)、更に 1.70 とすることがより望ましい。

[0025] また、本実施形態に係る光学系 O L は、以下に示す条件式 (5) を満足することが望ましい。

$$[0026] \quad \phi 22 / R 22 < 1.90 \quad (5)$$

但し、

R 22 : 第二負メニスカスレンズ L 2 の像面側のレンズ面の曲率半径

$\phi 22$: 第二負メニスカスレンズ L 2 の像面側のレンズ面の有効径

[0027] 条件式 (5) は、第二負メニスカスレンズ L 2 の像面側のレンズ面の曲率半径に対する第二負メニスカスレンズ L 2 の像面側のレンズ面の有効径の比を規定するものである。この条件式 (5) を満足することにより、光学系 O L の小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式 (5) の上限値を上回ると、小型化は容易になるが倍率色収差の補正が困難となり、またレンズの加工が困難となり、更に製造誤差による結像性能の低下が著しくなるため好ましくない。なお、条件式 (5) の効果を確実なもの

とするために、条件式（５）の上限値を１．８８、１．８５、更に１．８３とすることがより望ましい。また、この条件式（５）の効果を確実なものとするために、条件式（５）の下限値を１．６０（ $1.60 < \phi 22 / R 22$ ）、更に１．７０とすることがより望ましい。

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

$$[0029] \quad 7.50 < R12 / DL1 < 11.00 \quad (6)$$

但し、

DL1：第一負メニスカスレンズＬ１の光軸上の厚さ

R12：第一負メニスカスレンズＬ１の像面側のレンズ面の曲率半径

[0030] 条件式（６）は、第一負メニスカスレンズＬ１の光軸上の厚さに対する第一負メニスカスレンズＬ１の像面側のレンズ面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式（６）を満足することにより、光学系ＯＬの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式（６）の下限値を下回ると、像面湾曲及び非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式（６）の効果を確実なものとするために、条件式（６）の下限値を８．００、８．５０、更に８．８０とすることがより望ましい。また、条件式（６）の上限値を上回ると、光学系ＯＬ全体が大型化してしまい、また、この影響を緩和するために第一負メニスカスレンズＬ１の物体側のレンズ面の曲率半径を小さくすると非点収差および像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式（６）の効果を確実なものとするために、条件式（６）の上限値を１０．５０、１０．００、更に９．５０とすることがより望ましい。

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

$$[0032] \quad -3.50 < (R12 + R11) / (R12 - R11) < -2.00 \quad (7)$$

但し、

R 1 1 : 第一負メニスカスレンズ L 1 の物体側のレンズ面の曲率半径

R 1 2 : 第一負メニスカスレンズ L 1 の像面側のレンズ面の曲率半径

[0033] 条件式 (7) は、第一負メニスカスレンズ L 1 のシェイプファクターを規定するものである。この条件式 (7) を満足することにより、光学系 O L の小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式 (7) の下限値を下回ると、球面収差、コマ収差及び像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式 (7) の効果を確実なものとするために、条件式 (7) の下限値を -3.40 、 -3.25 、更に -3.00 とすることがより望ましい。また、条件式 (7) の上限値を上回ると、魚眼レンズに必要な歪曲量を得ることが困難となるため好ましくない。なお、条件式 (7) の効果を確実なものとするために、条件式 (7) の上限値を -2.20 、 -2.35 、更に -2.50 とすることがより望ましい。

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

$$[0035] \quad 0.20 < R22 / (-fL2) < 0.80 \quad (8)$$

但し、

f L 2 : 第二負メニスカスレンズ L 2 の焦点距離

R 2 2 : 第二負メニスカスレンズ L 2 の像面側のレンズ面の曲率半径

[0036] 条件式 (8) は、第二負メニスカスレンズ L 2 の焦点距離に対する第二負メニスカスレンズ L 2 の像面側のレンズ面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式 (8) を満足することにより、光学系 O L の小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式 (8) の下限値を下回ると、光学系 O L 全体が大型化してしまい、また軸上色収差及び倍率色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式 (8) の効果を確実なものとするために、条件式 (8) の下限値を 0.30 、 0.40 、更に 0.50 とすることがより望ましい。また、条件式 (8) の上限値を上回ると、球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式 (8) の効果を確実なものとするために、条件式 (8) の上限値を 0.75 、 0.7

0、更に0.65とすることがより望ましい。

[0037] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(9)を満足することが望ましい。

$$[0038] \quad 6.50 < R22/DL2 < 12.00 \quad (9)$$

但し、

DL2：第二負メニスカスレンズL2の光軸上の厚さ

R22：第二負メニスカスレンズL2の像面側のレンズ面の曲率半径

[0039] 条件式(9)は、第二負メニスカスレンズL2の光軸上の厚さに対する第二負メニスカスレンズL2の像面側のレンズ面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式(9)を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式(9)の下限値を下回ると、像面湾曲及び非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(9)の効果を確実なものとするために、条件式(9)の下限値を7.00、7.50、更に8.00とすることがより望ましい。また、条件式(9)の上限値を上回ると、光学系OL全体が大型化してしまい、また、この影響を緩和するために第二負メニスカスレンズL2の物体側のレンズ面の曲率半径を小さくすると非点収差および像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(9)の効果を確実なものとするために、条件式(9)の上限値を11.50、11.00、10.50、更に10.00とすることがより望ましい。

[0040] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(10)を満足することが望ましい。

$$[0041] \quad -2.50 < (R22 + R21) / (R22 - R21) < -1.00 \quad (10)$$

但し、

R21：第二負メニスカスレンズL2の物体側のレンズ面の曲率半径

R22：第二負メニスカスレンズL2の像面側のレンズ面の曲率半径

[0042] 条件式(10)は、第二負メニスカスレンズL2のシェイプファクターを

規定するものである。この条件式（１０）を満足することにより、光学系ＯＬの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式（１０）の下限値を下回ると、球面収差、コマ収差及び像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式（１０）の効果を確実なものとするために、条件式（１０）の下限値を−２．４０、−２．２５、−２．１０、更に−２．００とすることがより望ましい。また、条件式（１０）の上限値を上回ると、魚眼レンズに必要な歪曲量を得ることが困難となるため好ましくない。なお、条件式（１０）の効果を確実なものとするために、条件式（１０）の上限値を−１．１０、−１．２０、−１．３０、更に−１．４０とすることがより望ましい。

[0043] また、本実施形態に係る光学系ＯＬは、以下に示す条件式（１１）を満足することが望ましい。

$$[0044] \quad 0.80 < R22/D23 < 2.00 \quad (11)$$

但し、

D23：第二負メニスカスレンズＬ２と第三両凹負レンズＬ３との間の軸上空気間隔

R22：第二負メニスカスレンズＬ２の像面側のレンズ面の曲率半径

[0045] 条件式（１１）は、第二負メニスカスレンズＬ２と第三両凹負レンズＬ３との間の軸上空気間隔に対する第二負メニスカスレンズＬ２の像面側のレンズ面の曲率半径の比を規定するものである。この条件式（１１）を満足することにより、光学系ＯＬの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式（１１）の下限値を下回ると、像面湾曲及び非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式（１１）の効果を確実なものとするために、条件式（１１）の下限値を０．９０、０．９５、１．００、更に１．０５とすることがより望ましい。また、条件式（１１）の上限値を上回ると、像面湾曲及び非点収差の補正が不足してしまうため好ましくない。なお、条件式（１１）の効果を確実なものとするために、条件式（１１）の上限値を１．８０、１．６５、１．５０、更に１．４０とすること

がより望ましい。

[0046] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(12)を満足することが望ましい。

$$[0047] \quad 2.00 < TL/Y_{max} < 5.00 \quad (12)$$

但し、

Y_{max} : 光学系OLの最大像高

TL : 光学系OLの無限遠合焦状態における光学全長(空気換算長)

[0048] 条件式(12)は、光学系OLの最大像高に対する無限遠合焦状態における光学全長(空気換算長)の比を規定するものである。この条件式(12)を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式(12)の下限値を下回ると、球面収差やコマ収差等の諸収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(12)の効果を確実なものとするために、条件式(12)の下限値を2.25、2.50、2.75、更に3.00とすることがより望ましい。また、条件式(12)の上限値を上回ると、光学系OL全体が大型化してしまうため好ましくない。なお、条件式(12)の効果を確実なものとするために、条件式(12)の上限値を4.75、4.50、4.25、4.00、更に3.80とすることがより望ましい。

[0049] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(13)を満足することが望ましい。

$$[0050] \quad 1.75 < (nd1 + nd2) / 2 < 1.95 \quad (13)$$

但し、

$nd1$: 第一負メニスカスレンズL1の媒質のd線に対する屈折率

$nd2$: 第二負メニスカスレンズL2の媒質のd線に対する屈折率

[0051] 条件式(13)は、第一負メニスカスレンズL1及び第二負メニスカスレンズL2の媒質のd線に対する屈折率の平均値を規定するものである。この条件式(13)を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式(13)の下限値を下回る

と、第一負メニスカスレンズL1及び第二負メニスカスレンズL2の媒質のd線に対する屈折率が低くなり、像面湾曲、非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(13)の効果を確実なものとするために、条件式(13)の下限値を1.78、更に1.80とすることがより望ましい。また、条件式(13)の上限値を上回ると、適切なペッツバル和が得られず非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(13)の効果を確実なものとするために、条件式(13)の上限値を1.94、1.92、更に1.90とすることがより望ましい。

[0052] また、本実施形態に係る光学系OLは、以下に示す条件式(14)を満足することが望ましい。

$$[0053] \quad 30.0 < (\nu d 1 + \nu d 2) / 2 < 45.0 \quad (14)$$

但し、

$\nu d 1$: 第一負メニスカスレンズL1の媒質のd線に対するアッペ数

$\nu d 2$: 第二負メニスカスレンズL2の媒質のd線に対するアッペ数

[0054] 条件式(14)は、第一負メニスカスレンズL1及び第二負メニスカスレンズL2の媒質のd線に対するアッペ数の平均値を規定するものである。この条件式(14)を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式(14)の下限値を下回ると、第一負メニスカスレンズL1及び第二負メニスカスレンズL2で発生する色収差を他のレンズで補正できなくなってしまうため好ましくない。なお、条件式(14)の効果を確実なものとするために、条件式(14)の下限値を31.5、32.5、34.0、更に34.5とすることがより望ましい。また、条件式(14)の上限値を上回ると、第一負メニスカスレンズL1及び第二負メニスカスレンズL2の媒質のアッペ数が小さくなり、像面湾曲、非点収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式(14)の効果を確実なものとするために、条件式(14)の上限値を43.0、41.5、40.0、更に38.0とすることがより望ましい。

[0055] また、本実施形態に係る光学系OLは、絞り(開口絞りS)と、絞りの物

体側又は像面側に隣接して配置された正レンズ（例えば、図１であれば、両凸正レンズL４及び両凸正レンズL５）と、を有することが望ましい。このように構成することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。

[0056] また、本実施形態に係る光学系OLは、絞り（開口絞りS）を有し、以下に示す条件式（１５）を満足することが望ましい。

$$[0057] \quad -0.80 < f/f_a < 0.10 \quad (15)$$

但し、

f_a : 絞り（開口絞りS）より像面側の接合レンズのうち、最も物体側に配置された接合レンズCLaの焦点距離

f : 光学系OLの無限遠合焦状態における全系の焦点距離

[0058] 条件式（１５）は、絞り（開口絞りS）より像面側の接合レンズのうち、最も物体側に配置された接合レンズCLaの焦点距離に対する無限遠合焦状態における全系の焦点距離の比を規定するものである。この条件式（１５）を満足することにより、光学系OLの小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式（１５）の下限値を下回ると軸上色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式（１５）の効果を確実なものとするために、条件式（１５）の下限値を -0.75 、 -0.70 、 -0.65 、更に -0.60 とすることがより望ましい。また、条件式（１５）の上限値を上回ると、球面収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式（１５）の効果を確実なものとするために、条件式（１５）の上限値を 0.05 、 0.01 、 -0.01 、 -0.05 、 -0.10 、 -0.15 、 -0.20 、 -0.25 、更に -0.28 とすることがより望ましい。

[0059] また、本実施形態に係る光学系OLは、絞り（開口絞りS）を有し、以下に示す条件式（１６）を満足することが望ましい。

$$[0060] \quad -0.30 < f/f_b < 0.30 \quad (16)$$

但し、

f_b : 絞り（開口絞り S）より像面側の接合レンズのうち、物体側から 2 番目の接合レンズ CL_b の焦点距離

f : 光学系 OL の無限遠合焦状態における全系の焦点距離

[0061] 条件式 (16) は、絞り（開口絞り S）より像面側の接合レンズのうち、物体側から 2 番目の接合レンズ CL_b の焦点距離に対する無限遠合焦状態における全系の焦点距離の比を規定するものである。この条件式 (16) を満足することにより、光学系 OL の小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。条件式 (16) の下限値を下回ると倍率色収差の補正が困難となるため好ましくない。なお、この条件式 (16) の効果を確実なものとするために、条件式 (16) の下限値を -0.25 、 -0.20 、 -0.15 、更に -0.10 とすることがより望ましい。また、条件式 (16) の上限値を上回ると、コマ収差及び像面湾曲の補正が困難となるため好ましくない。なお、条件式 (16) の効果を確実なものとするために、条件式 (16) の上限値を 0.25 、 0.20 、 0.15 、更に 0.10 とすることがより望ましい。

[0062] また、本実施形態に係る光学系 OL において、最も像面側に配置されたレンズ L_n は、少なくとも一つのレンズ面が曲率反転のある非球面であることが望ましい。また、最も像面側に配置されたレンズ L_n の物体側に隣接して配置されたレンズ L_{n-1} は、少なくとも一つのレンズ面が曲率反転のある非球面であることが望ましい。このように構成することにより、光学系 OL の小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させることができる。

[0063] なお、以上で説明した条件及び構成は、それぞれが上述した効果を発揮するものであり、全ての条件及び構成を満たすものに限定されることはなく、いずれかの条件又は構成、或いは、いずれかの条件又は構成の組み合わせを満たすものでも、上述した効果を得ることが可能である。

[0064] 次に、本実施形態に係る光学系 OL を備えた光学機器であるカメラを図 7 に基づいて説明する。このカメラ 1 は、撮影レンズ 2 として本実施形態に係る光学系 OL を備えたレンズ交換式の所謂ミラーレスカメラである。本カメ

ラ 1 において、不図示の物体（被写体）からの光は、撮影レンズ 2 で集光されて、不図示の O L P F（Optical low pass filter：光学ローパスフィルター）を介して撮像部 3 の撮像面上に被写体像を形成する。そして、撮像部 3 に設けられた光電変換素子（撮像素子）により被写体像が光電変換されて被写体の画像が生成される。この画像は、カメラ 1 に設けられた E V F（Electronic view finder：電子ビューファインダー） 4 に表示される。これにより撮影者は、E V F 4 を介して被写体を観察することができる。

[0065] また、撮影者によって不図示のリリースボタンが押されると、撮像部 3 により光電変換された画像が不図示のメモリに記憶される。このようにして、撮影者は本カメラ 1 による被写体の撮影を行うことができる。なお、本実施形態では、ミラーレスカメラの例を説明したが、カメラ本体にクイックリターンミラーを有しファインダー光学系により被写体を観察する一眼レフタイプのカメラに本実施形態に係る光学系 O L を搭載した場合でも、上記カメラ 1 と同様の効果を奏することができる。

[0066] なお、以下に記載の内容は、光学性能を損なわない範囲で適宜採用可能である。

[0067] 本実施形態では、9 個又は 10 個のレンズ成分で構成される光学系 O L を示したが、以上の構成条件等は、8 個以下、又は 11 個以上のレンズ成分の構成にも適用可能である。なお、レンズ成分とは、単レンズ又は複数のレンズが接合された接合レンズをいう。

[0068] また、単独または複数のレンズ群、または部分レンズ群を光軸方向に移動させて、無限遠物体から近距離物体への合焦を行う合焦群としても良い。この場合、合焦群はオートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等の）モータ駆動にも適している。

[0069] また、レンズ群または部分レンズ群を光軸に直交方向の変位成分を持つように移動させ、または、光軸を含む面内方向に回転移動（揺動）させて、手振れによって生じる像ブレを補正する防振群としてもよい。

[0070] また、レンズ面は、球面または平面で形成されても、非球面で形成されて

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

[0071] 開口絞りSは、光学系OLの光軸方向の中央付近に配置されるのが好ましいが、開口絞りとしての部材を設けずに、レンズの枠でその役割を代用してもよい。

[0072] さらに、各レンズ面には、フレアやゴーストを軽減し高コントラストの高い光学性能を達成するために、広い波長域で高い透過率を有する反射防止膜を施してもよい。

[0073] 以下、本実施形態に係る光学系OLの製造方法の概略を、図8を参照して説明する。まず、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズL2と、負の屈折力を有する第三両凹負レンズL3と、少なくとも1枚のレンズとを準備する（ステップS100）。そして、各レンズを、所定の条件（例えば、第1の実施形態であれば上述した条件式（1）及び（2）、第2の実施形態であれば条件式（1）及び（3）等）を満足するように配置する（ステップS200）。

[0074] 以上より、小型化・軽量化と良好な光学性能とを両立させた光学系、光学機器及びこの光学系の製造方法を提供することができる。

実施例

[0075] 以下、各実施例を図面に基づいて説明する。なお、図1、図3及び図5は、各実施例に係る光学系OL（OL1～OL3）の構成を示す断面図である。また、これらの断面図の下部には、無限遠物体（ ∞ ）から近距離物体に合

焦する際の合焦群の光軸に沿った移動方向が矢印で示されている。

[0076] 各実施例において、非球面は、光軸に垂直な方向の高さを y とし、高さ y における各非球面の頂点の接平面から各非球面までの光軸に沿った距離（サグ量）を $S(y)$ とし、基準球面の曲率半径（近軸曲率半径）を r とし、円錐定数を K とし、 n 次の非球面係数を A_n としたとき、以下の式（a）で表される。なお、以降の実施例において、「 $e-n$ 」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示す。

$$[0077] \quad S(y) = (y^2/r) / \{1 + (1 - K \times y^2/r^2)^{1/2}\} \\ + A_4 \times y^4 + A_6 \times y^6 + A_8 \times y^8 + A_{10} \times y^{10} + A_{12} \times y^{12} \quad (a)$$

[0078] なお、各実施例において、2 次の非球面係数 A_2 は 0 である。また、各実施例の表中において、非球面には面番号の右側に * 印を付している。

[0079] [第 1 実施例]

図 1 は、第 1 実施例に係る光学系 OL 1 の構成を示している。この光学系 OL 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負レンズ（第一負メニスカスレンズ）L 1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ（第二負メニスカスレンズ）L 2、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凹形状の負レンズ（第三両凹負レンズ）L 3、両凸形状の正レンズ L 4、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズ L 5、両凸形状の正レンズ L 6 と両凹形状の負レンズ L 7 とを接合した接合負レンズ CL a、物体側に凹面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 8 と物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ L 9 とを接合した接合負レンズ CL b、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ L 10（ L_{n-1} ）、及び、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズ L 11（ L_n ）で構成されている。なお、正レンズ L 10（ L_{n-1} ）の物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面、並びに、正レンズ L 11（ L_n ）の物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面は曲率反転のある非球面である。

[0080] また、開口絞り S は、正レンズ L 4 と正レンズ L 5 との間に配置されてい

る。また、最も像面側の正レンズ L_{11} (L_n) と像面 I との間に光学フィルター FL が配置されている。

[0081] また、この光学系 OL_1 は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、全体が物体側へ移動する。

[0082] 以下の表1に、光学系 OL_1 の諸元の値を掲げる。この表1において、全体諸元に示す f は全系の焦点距離、 FNo はFナンバー、 ω は半画角 $[\circ]$ 、 Y_{max} は最大像高、 TL は光学全長、及び、 Bf はバックフォーカスであって、無限遠合焦時の値を表している。ここで、バックフォーカス Bf は、最も像面側のレンズ面（第22面）から像面 I までの光軸上の距離の空気換算長を示している。また、光学全長 TL は、最も物体側のレンズ面（第1面）から最も像面側のレンズ面（第22面）までの光軸上の距離に、バックフォーカスの空気換算長を加えた長さを示している。また、レンズデータにおける第1欄 m は、光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序（面番号）を、第2欄 r は、各レンズ面の曲率半径を、第3欄 d は、各光学面から次の光学面までの光軸上の距離（面間隔）を、第4欄 nd 及び第5欄 νd は、 d 線 ($\lambda = 587.6\text{ nm}$) に対する屈折率及びアッペ数を、第6欄 ip は変曲点の位置を示している。なお、変曲点の位置は、曲率反転のある非球面に対して、その曲率が反転する位置を光軸に垂直な方向の高さとして示す。また、曲率半径 ∞ は平面を示し、空気の屈折率 1.000000 は省略してある。

[0083] ここで、以下の全ての諸元値において掲載されている焦点距離 f 、曲率半径 r 、面間隔 d 、その他長さの単位は一般に「mm」が使われるが、光学系は、比例拡大または比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、これに限られるものではない。また、これらの符号の説明及び諸元表の説明は以降の実施例においても同様である。

[0084] (表1) 第1実施例

[全体諸元]

f = 10.184

$$F N o = 4.08$$
$$\omega = 108.1$$
$$Y m a x = 21.630$$
$$T L (\text{空気換算長}) = 75.604$$
$$B f (\text{空気換算長}) = 10.185$$

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d	i p
物面	∞				
1	38.8086	2.0000	1.846660	23.80	
2	18.1489	7.5089			
3	34.8073	1.2000	1.804000	46.60	
4	10.7528	7.9956			
5*	-24.4955	3.4882	1.516800	64.13	
6*	17.7105	1.3476			
7	26.8728	6.2548	1.846660	23.80	
8	-41.7098	6.2175			
9	∞	0.1000			開口絞り S
10*	16.1802	2.2961	1.516800	64.13	
11*	-15.4891	1.4138			
12	39.9385	3.8403	1.516800	64.13	
13	-11.1383	1.0000	1.846660	23.80	
14	63.9809	3.3773			
15	-72.2609	5.2297	1.516800	64.13	
16	-8.3676	1.0000	1.804000	46.60	
17	-22.2128	0.1010			
18*	28.8319	3.0944	1.536497	55.98	5.0
19*	35.9760	3.3991			4.7
20*	36.7332	4.5549	1.536497	55.98	14.3

21*	-925.9246	8.6297		14.4
22	∞	1.6000	1.516800	64.13
23	∞	0.5000		
像面	∞			

[0085] この光学系OL1において、第5面、第6面、第10面、第11面、第18面、第19面、第20面及び第21面は非球面形状に形成されている。次の表2に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A12の値を示す。

[0086] (表2)

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
5	0.382	1.953e-05	1.097e-07	1.814e-10	-4.272e-12	0.000e-00
6	1.963	6.745e-05	6.621e-07	-4.961e-09	5.269e-11	0.000e-00
10	0.000	1.872e-05	1.106e-07	-6.243e-09	3.857e-10	0.000e-00
11	0.000	5.263e-05	-2.331e-07	2.395e-08	-2.410e-10	0.000e-00
18	-0.695	-1.261e-04	4.100e-07	-7.949e-09	4.776e-11	0.000e-00
19	1.410	-1.184e-04	2.742e-07	-4.418e-09	3.123e-11	0.000e-00
20	0.000	3.542e-05	-4.594e-07	1.939e-09	-3.017e-12	0.000e-00
21	0.000	9.243e-05	-4.616e-07	1.417e-09	-2.044e-12	0.000e-00

[0087] この光学系OL1の無限遠合焦時における球面収差図、非点収差図及びコ

マ収差図を図2に示す。各収差図において、FNoはFナンバー、Aは半画角をそれぞれ示す。なお、球面収差図では最大口径に対応するFナンバーの値を示し、非点収差図では半画角の最大値を示し、コマ収差図では各半画角の値を示す。dはd線 ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、gはg線 ($\lambda = 435.8 \text{ nm}$) をそれぞれ示す。また、非点収差図において、実線はサジタル像面、破線はメリディオナル像面をそれぞれ示す。また、以降に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用いる。これらの各収差図より、この光学系OL1は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0088] [第2実施例]

図3は、第2実施例に係る光学系OL2の構成を示している。この光学系OL2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（第一負メニスカスレンズ）L1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ（第二負メニスカスレンズ）L2、像面側のレンズ面に非球面が形成された両凹形状の負レンズ（第三両凹負レンズ）L3、両凸形状の正レンズL4、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL5、両凸形状の正レンズL6と両凹形状の負レンズL7とを接合した接合負レンズCLa、両凸形状の正レンズL8と物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL9とを接合した接合正レンズCLb、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL10 (Ln-1)、及び、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL11 (Ln) で構成されている。なお、負レンズL3は、ガラス製レンズ本体の像面側のレンズ面に樹脂層が設けられて非球面が形成されている複合型のレンズである。また、正レンズL10 (Ln-1) の像面側のレンズ面、並びに、正レンズL11 (Ln) の物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面は曲率反転のある非球面である。

[0089] また、開口絞りSは、正レンズL4と正レンズL5との間に配置されてい

る。また、最も像面側の正レンズL 1 1 (L n) と像面 I との間に光学フィルター F L が配置されている。

[0090] また、この光学系 O L 1 は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、負レンズ L 2、負レンズ L 3 及び正レンズ L 4 が物体側へ移動する。

[0091] 以下の表 3 に、光学系 O L 2 の諸元の値を掲げる。

[0092] (表 3) 第 2 実施例

[全体諸元]

f	=	10.800
F N o	=	4.31
ω	=	108.2
Y m a x	=	21.630
T L (空気換算長)	=	75.681
B f (空気換算長)	=	13.589

[レンズデータ]

m	r	d	n d	ν d	i p
物面	∞				
1	38.4930	2.0000	1.846660	23.80	
2	18.1994	7.7453			
3	31.3266	1.2000	1.804000	46.60	
4	10.1212	7.4845			
5	-28.2828	1.8745	1.516800	64.13	
6	13.5367	0.3000	1.517417	52.43	
7*	16.0189	1.1415			
8	23.1082	4.1597	1.846660	23.80	
9	-1133.8574	6.4898			
10	∞	0.1000			開口絞り S
11*	13.8921	5.2227	1.516800	64.13	
12*	-17.8409	2.4747			

13	15.8353	5.4988	1.516800	64.13	
14	-9.4885	1.0000	1.850260	32.35	
15	23.3720	0.9227			
16	53.5359	5.6247	1.516800	64.13	
17	-10.7038	1.0000	1.850260	32.35	
18	-37.2536	1.5633			
19*	28.3105	4.1472	1.536497	55.98	
20*	-73.6320	0.5924			11.4
21*	38.4645	1.5494	1.536497	55.98	15.3
22*	37.9324	12.0345			13.1
23	∞	1.6000	1.516800	64.13	
24	∞	0.5000			
像面	∞				

[0093] この光学系OL2において、第7面、第11面、第12面、第19面、第20面、第21面及び第22面は非球面形状に形成されている。次の表4に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A12の値を示す。

[0094] (表4)

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
7	0.000	5.864e-05	4.236e-07	1.341e-09	4.009e-11	0.000e-00
11	0.000	-2.348e-06	4.229e-07	-1.794e-08	4.158e-10	0.000e-00
12	0.000	4.274e-05	5.241e-07	-1.154e-08	2.520e-10	0.000e-00
19	0.000	-4.102e-05	-5.807e-08	6.132e-10	-1.064e-12	0.000e-00

20	0.000	-3.901e-05	3.288e-07	2.259e-10	-1.272e-12	0.000e-00
21	0.000	6.497e-06	-1.613e-07	9.567e-10	-1.754e-12	0.000e-00
22	0.000	8.431e-05	-7.162e-07	2.374e-09	-3.132e-12	0.000e-00

[0095] この光学系OL2の無限遠合焦時における球面収差図、非点収差図及びコマ収差図を図4に示す。これらの各収差図より、この光学系OL2は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0096] [第3実施例]

図5は、第3実施例に係る光学系OL3の構成を示している。この光学系OL3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（第一負メニスカスレンズ）L1、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ（第二負メニスカスレンズ）L2、両凹形状の負レンズ（第三両凹負レンズ）L3、両凸形状の正レンズL4、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズL5、両凸形状の正レンズL6、両凸形状の正レンズL7と両凹形状の負レンズL8とを接合した接合負レンズCLa、両凸形状の正レンズL9と物体側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズL10とを接合した接合負レンズCLb、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL11（Ln-1）、及び、物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面が非球面形状に形成された両凸形状の正レンズL12（Ln）で構成されている。なお、正レンズL11（Ln-1）の物体側のレンズ面、並びに、正レンズL12（Ln）の物体側のレンズ面及び像面側のレンズ面は曲率反転のある非球面である。

[0097] また、開口絞りSは、正レンズL5と正レンズL6との間に配置されている。また、最も像面側の正レンズL12（Ln）と像面Iとの間に光学フィルターFLが配置されている。

[0098] また、この光学系OL3は、無限遠物体から近距離物体への合焦の際に、負レンズL3及び正レンズL4が像面側へ移動する。

[0099] 以下の表5に、光学系OL3の諸元の値を掲げる。

[0100] (表5) 第3実施例

[全体諸元]

f	=	10.320
FNo	=	4.10
ω	=	108.2
Ymax	=	21.630
TL(空気換算長)	=	80.453
Bf(空気換算長)	=	9.555

[レンズデータ]

m	r	d	nd	ν d	ip
物面	∞				
1	38.1536	2.0000	2.000690	25.46	
2	18.7162	8.8900			
3	64.8953	1.2000	1.772500	49.62	
4	11.6510	10.7371			
5	-22.3206	1.1044	1.772500	49.62	
6	81.7597	0.1000			
7	56.6242	7.6127	1.850260	32.35	
8	-25.9653	3.6583			
9*	12.0383	1.9489	1.647690	33.72	
10*	14.5775	4.1023			
11	∞	1.3075			開口絞りS
12	20.1343	3.3377	1.563840	60.71	
13	-14.2563	0.1559			
14	21.0384	4.5506	1.487490	70.32	

15	-10.4332	1.0000	1.850260	32.35	
16	16.6449	1.0524			
17	47.3014	4.7935	1.487490	70.32	
18	-9.9926	1.0000	1.850260	32.35	
19	-39.8171	3.8396			
20*	46.6429	4.3398	1.536497	55.98	10.2
21*	-89.6813	2.4988			
22*	87.3093	1.6690	1.536497	55.98	7.1
23*	-330.4666	8.0000			8.7
24	∞	1.6000	1.516800	64.13	
25	∞	0.5000			
像面	∞				

[0101] この光学系OL3において、第9面、第10面、第20面、第21面、第22面及び第23面は非球面形状に形成されている。次の表6に、非球面のデータ、すなわち円錐定数K及び各非球面定数A4～A12の値を示す。

[0102] (表6)

[非球面データ]

m	K	A4	A6	A8	A10	A12
9	0.000	-9.573e-06	1.487e-07	-3.046e-08	-3.922e-10	1.654e-2
2						
10	0.000	8.932e-05	2.650e-06	-9.717e-08	5.604e-10	-7.248e-2
3						
20	0.000	-3.454e-06	2.602e-07	-2.664e-09	7.746e-12	-1.048e-1
4						
21	0.000	-2.187e-05	1.976e-07	1.281e-09	-1.957e-11	5.433e-1
4						
22	0.000	1.165e-04	-1.656e-06	7.400e-09	-1.612e-11	1.530e-1
4						

23 0.000 2.077e-04 -2.071e-06 9.243e-09 -2.025e-11 1.649e-14

[0103] この光学系OL3の無限遠合焦時における球面収差図、非点収差図及びコマ収差図を図6に示す。これらの各収差図より、この光学系OL3は諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0104] [条件式対応値]

第1実施例～第3実施例における条件式(1)～(16)の対応値を以下の表7に示す。

[0105] (表7)

- (1) ω
- (2) $R12 / (-fL1)$
- (3) $R12 / D12$
- (4) $\phi12 / R12$
- (5) $\phi22 / R22$
- (6) $R12 / DL1$
- (7) $(R12 + R11) / (R12 - R11)$
- (8) $R22 / (-fL2)$
- (9) $R22 / DL2$
- (10) $(R22 + R21) / (R22 - R21)$
- (11) $R22 / D23$
- (12) TL / Y_{max}
- (13) $(nd1 + nd2) / 2$
- (14) $(\nu d1 + \nu d2) / 2$
- (15) f / f_a
- (16) f / f_b

	第1実施例	第2実施例	第3実施例
fL1	-42.137	-42.702	-38.704
fL2	-19.793	-19.078	-18.565

ϕ 1 2	32.666	32.759	33.696
ϕ 2 2	19.353	18.262	20.987
f a	-34.945	-32.903	-17.591
f b	-228.098	533.836	-258.987
(1)	108.1	108.2	108.2
(2)	0.431	0.426	0.484
(3)	2.417	2.350	2.105
(4)	1.800	1.800	1.800
(5)	1.800	1.804	1.801
(6)	9.074	9.100	9.358
(7)	-2.757	-2.794	-2.926
(8)	0.543	0.531	0.628
(9)	8.961	8.434	9.709
(1 0)	-1.894	-1.955	-1.438
(1 1)	1.345	1.352	1.085
(1 2)	3.495	3.499	3.720
(1 3)	1.825	1.825	1.887
(1 4)	35.200	35.200	37.540
(1 5)	-0.291	-0.328	-0.587
(1 6)	-0.045	0.020	-0.040

符号の説明

- [0106] 1 カメラ（光学機器） OL（OL 1～OL 3） 光学系
L 1 第一負メニスカスレンズ L 2 第二負メニスカスレンズ
L 3 第三両凹負レンズ S 開口絞り（絞り）

請求の範囲

[請求項1] 物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも1枚のレンズとからなり、

次式の条件を満足する光学系。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$0.10 < R12 / (-fL1) < 0.80$$

但し、

ω : 前記光学系の半画角

$fL1$: 前記第一負メニスカスレンズの焦点距離

$R12$: 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項2] 物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも1枚のレンズとからなり、

次式の条件を満足する光学系。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$1.80 < R12 / D12 < 3.00$$

但し、

ω : 前記光学系の半画角

$D12$: 前記第一負メニスカスレンズと前記第二負メニスカスレンズとの間の軸上空気間隔

$R12$: 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項3] 次式の条件を満足する請求項1または2に記載の光学系。

$$\phi12 / R12 < 1.90$$

但し、

R_{12} : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

ϕ_{12} : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の有効径

[請求項4] 次式の条件を満足する請求項1～3のいずれか一項に記載の光学系。

$$\phi_{22} / R_{22} < 1.90$$

但し、

R_{22} : 前記第二負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

ϕ_{22} : 前記第二負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の有効径

[請求項5] 次式の条件を満足する請求項1～4のいずれか一項に記載の光学系。

$$7.50 < R_{12} / DL1 < 11.00$$

但し、

$DL1$: 前記第一負メニスカスレンズの光軸上の厚さ

R_{12} : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項6] 次式の条件を満足する請求項1～5のいずれか一項に記載の光学系。

$$-3.50 < (R_{12} + R_{11}) / (R_{12} - R_{11}) < -2.00$$

但し、

R_{11} : 前記第一負メニスカスレンズの物体側のレンズ面の曲率半径

R_{12} : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項7] 次式の条件を満足する請求項1～6のいずれか一項に記載の光学系

。

$$0.20 < R22 / (-fL2) < 0.80$$

但し、

$fL2$: 前記第二負メニスカスレンズの焦点距離

$R22$: 前記第二負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項8] 次式の条件を満足する請求項1～7のいずれか一項に記載の光学系

。

$$6.50 < R22 / DL2 < 12.00$$

但し、

$DL2$: 前記第二負メニスカスレンズの光軸上の厚さ

$R22$: 前記第二負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項9] 次式の条件を満足する請求項1～8のいずれか一項に記載の光学系

。

$$-2.50 < (R22 + R21) / (R22 - R21) < -1.00$$

但し、

$R21$: 前記第二負メニスカスレンズの物体側のレンズ面の曲率半径

$R22$: 前記第二負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項10] 次式の条件を満足する請求項1～9のいずれか一項に記載の光学系

。

$$0.80 < R22 / D23 < 2.00$$

但し、

$D23$: 前記第二負メニスカスレンズと前記第三両凹負レンズとの間の軸上空気間隔

R 2 2 : 前記第二負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

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

$$2.00 < TL/Y_{max} < 5.00$$

但し、

Y_{max} : 前記光学系の最大像高

TL : 前記光学系の無限遠合焦状態における光学全長

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

$$1.75 < (nd1 + nd2) / 2 < 1.95$$

但し、

$nd1$: 前記第一負メニスカスレンズの媒質のd線に対する屈折率

$nd2$: 前記第二負メニスカスレンズの媒質のd線に対する屈折率

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

$$30.0 < (\nu d1 + \nu d2) / 2 < 45.0$$

但し、

$\nu d1$: 前記第一負メニスカスレンズの媒質のd線に対するアッベ数

$\nu d2$: 前記第二負メニスカスレンズの媒質のd線に対するアッベ数

[請求項14] 絞りと、前記絞りの物体側又は像面側に隣接して配置された正レンズと、を有する請求項1～13のいずれか一項に記載の光学系。

[請求項15] 絞りを有し、

次式の条件を満足する請求項1～14のいずれか一項に記載の光学系。

$$-0.80 < f/f_a < 0.10$$

但し、

f_a : 前記絞りより像面側の接合レンズのうち、最も物体側に配置された接合レンズの焦点距離

f : 前記光学系の無限遠合焦状態における全系の焦点距離

[請求項16]

絞りを有し、

次式の条件を満足する請求項1～15のいずれか一項に記載の光学系。

$$-0.30 < f/f_b < 0.30$$

但し、

f_b : 前記絞りより像面側の接合レンズのうち、物体側から2番目の接合レンズの焦点距離

f : 前記光学系の無限遠合焦状態における全系の焦点距離

[請求項17]

請求項1～16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18]

物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少なくとも1枚のレンズとからなる光学系の製造方法であって、

次式の条件を満足するように配置する光学系の製造方法。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$0.10 < R_{12}/(-f_{L1}) < 0.80$$

但し、

ω : 前記光学系の半画角

f_{L1} : 前記第一負メニスカスレンズの焦点距離

R_{12} : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

[請求項19]

物体側から順に、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第一負メニスカスレンズと、物体側に凸面を向けた負の屈折力を有する第二負メニスカスレンズと、負の屈折力を有する第三両凹負レンズと、少

なくとも1枚のレンズとからなる光学系の製造方法であって、
次式の条件を満足するように配置する光学系の製造方法。

$$90.0^\circ < \omega$$

$$1.80 < R12/D12 < 3.00$$

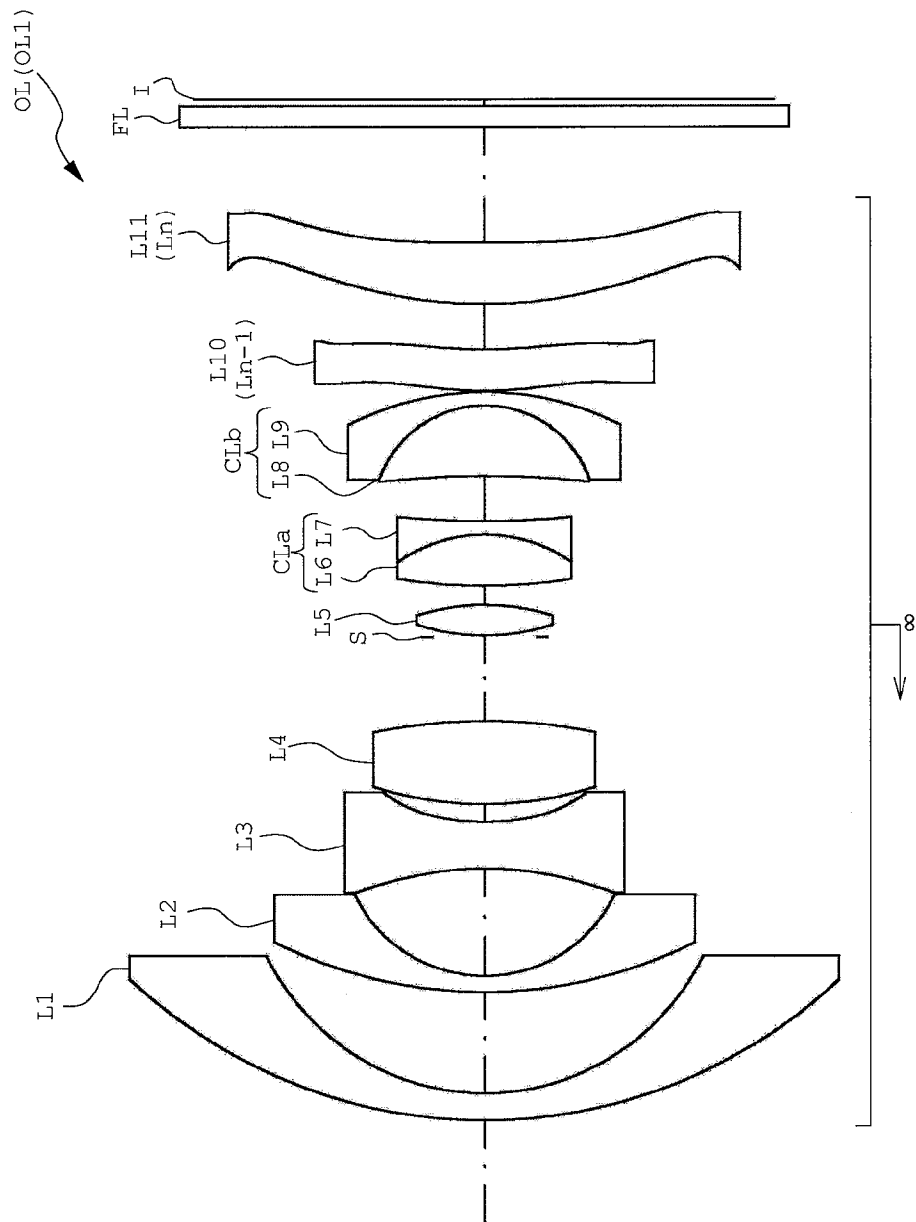
但し、

ω : 前記光学系の半画角

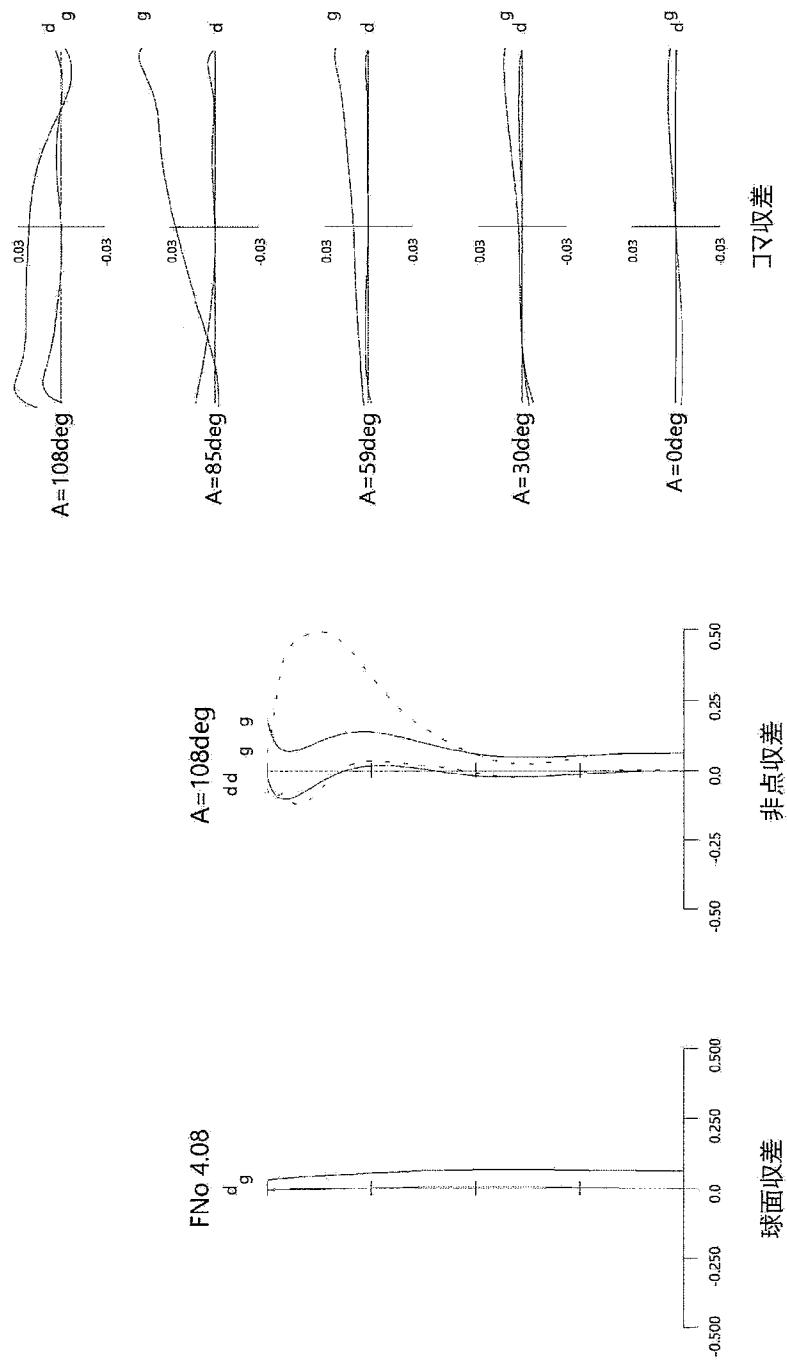
D12 : 前記第一負メニスカスレンズと前記第二負メニスカスレンズとの間の軸上空気間隔

R12 : 前記第一負メニスカスレンズの像面側のレンズ面の曲率半径

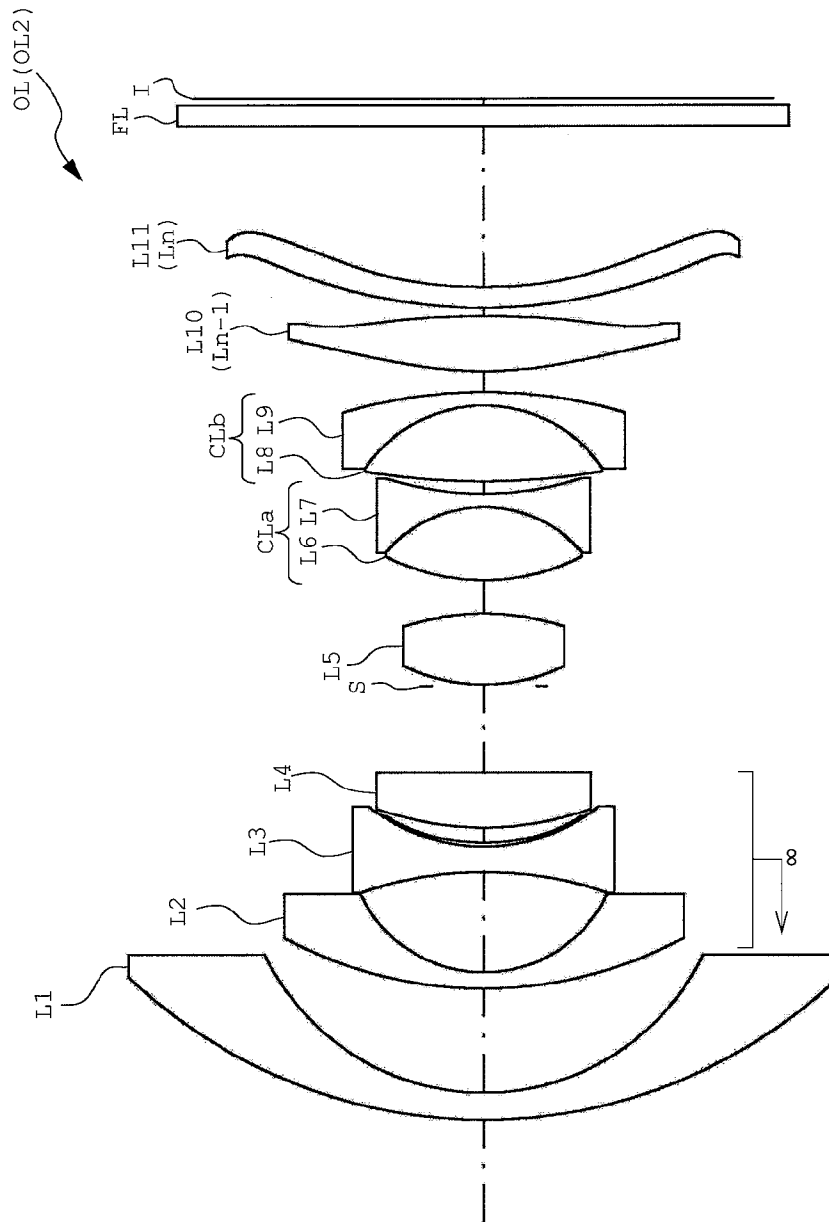
[図1]



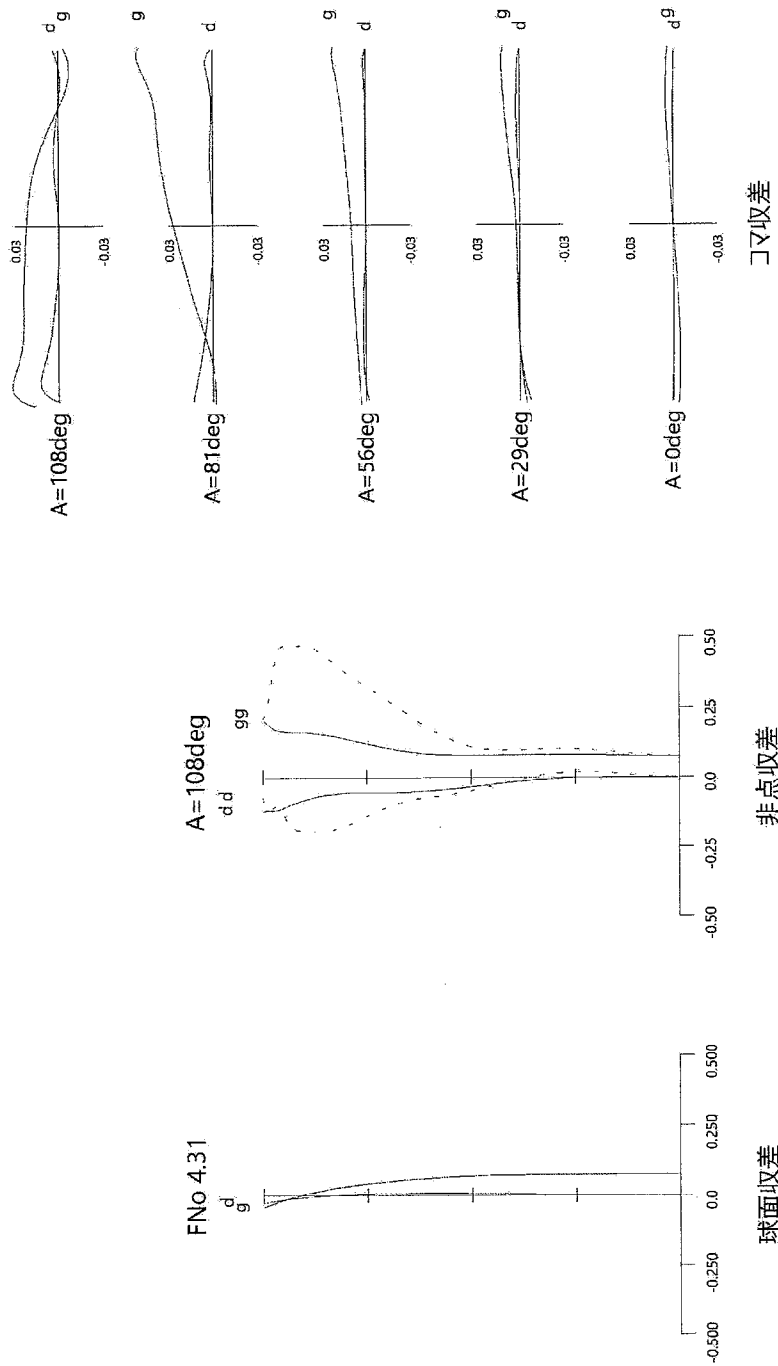
[図2]



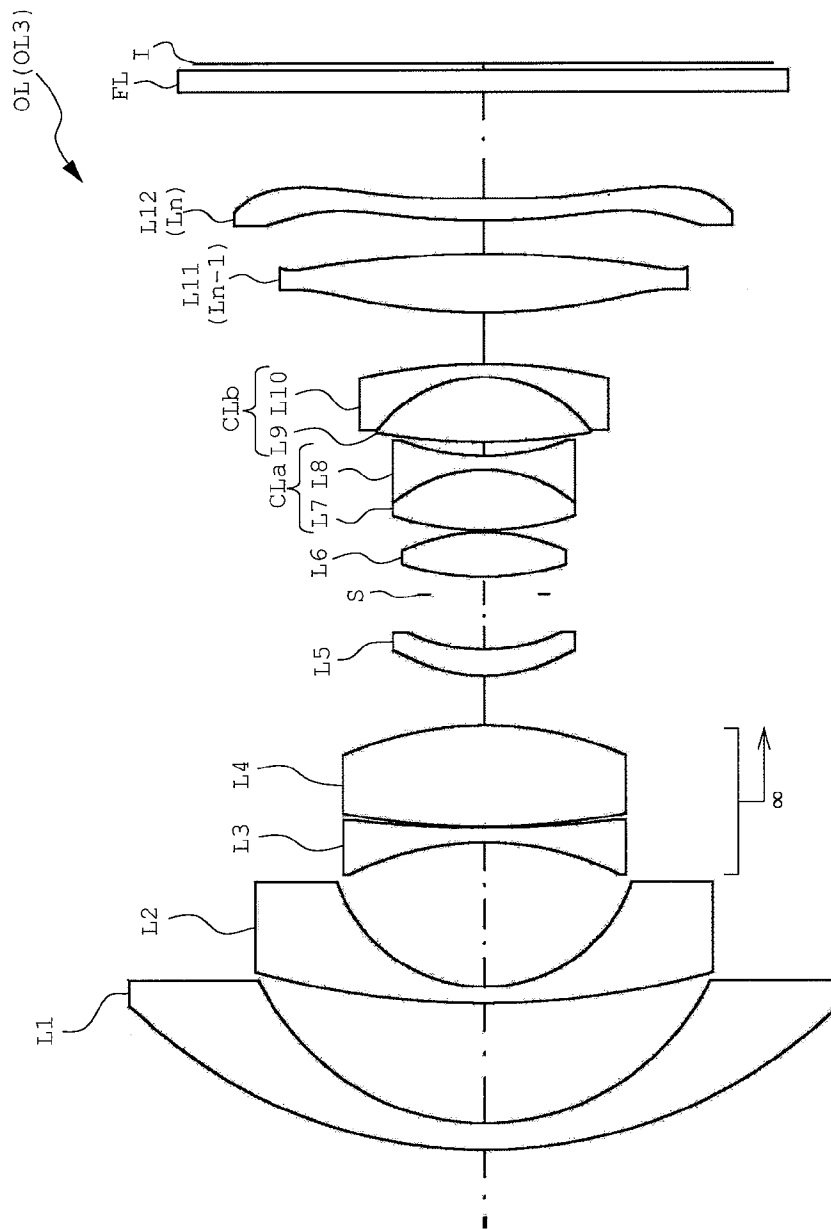
[図3]



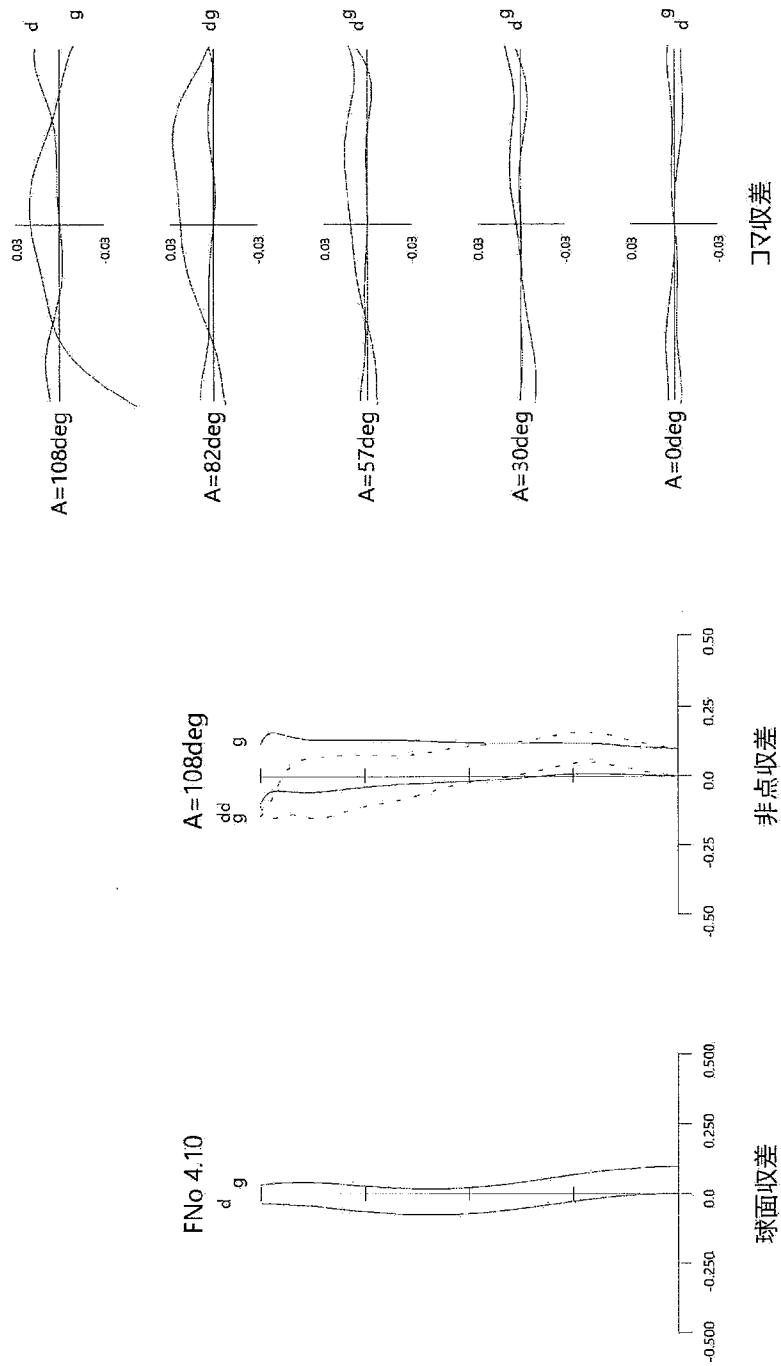
[図4]



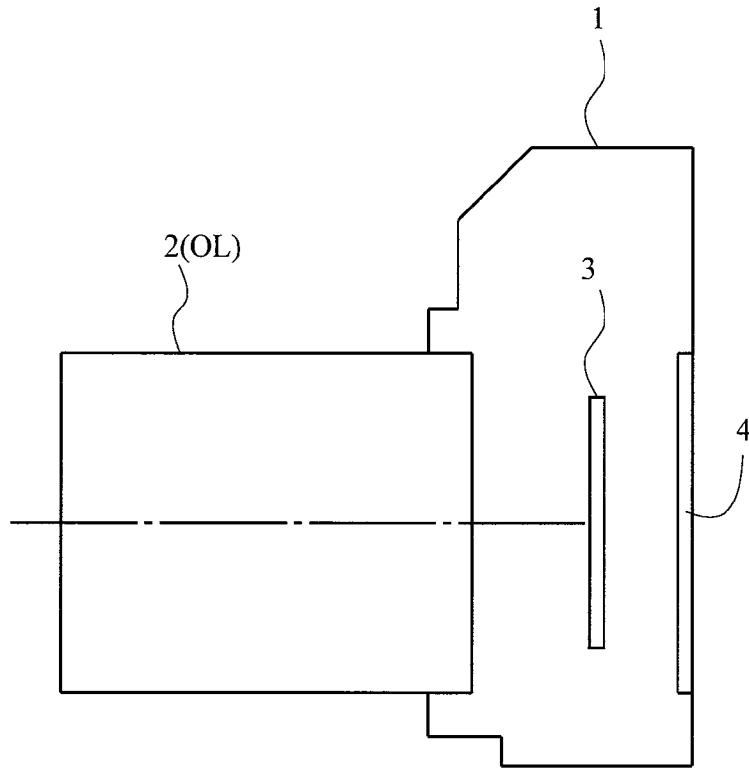
[図5]



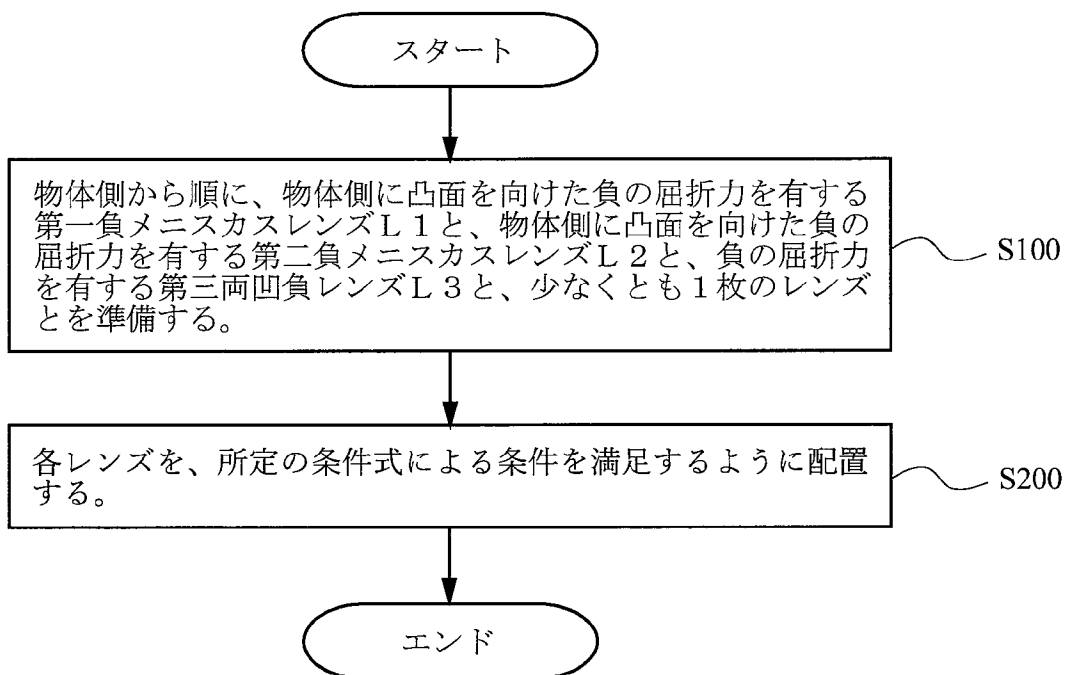
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/043829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**G02B 13/04**(2006.01)i; **G02B 13/18**(2006.01)i

FI: G02B13/04; 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)

G02B13/04; 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	CN 111929861 A (XIAMEN LEADING OPTICS CO., LTD.) 13 November 2020 (2020-11-13) examples 1-4, etc.	1-19
X	JP 2016-191790 A (FUJIFILM CORPORATION) 10 November 2016 (2016-11-10) examples 1-5, etc.	1-14, 16-19
X	CN 113933960 A (JIANGXI JINGCHAO OPTICAL CO., LTD.) 14 January 2022 (2022-01-14) examples 1-10, etc.	1-4, 6-7, 9, 11-19
X	WO 2018/189818 A1 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 18 October 2018 (2018-10-18) examples 1-4, etc.	1-4, 6-7, 9-19
X	JP 2017-015967 A (HOYA CORPORATION) 19 January 2017 (2017-01-19) example 2, etc.	1-4, 6-11, 14-15, 17-19

☐ 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

10 January 2024

Date of mailing of the international search report

23 January 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/JP2023/043829

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	111929861	A	13 November 2020	(Family: none)	
JP	2016-191790	A	10 November 2016	US 2016/0291296 A1 examples 1-5, etc. CN 106019532 A	
CN	113933960	A	14 January 2022	(Family: none)	
WO	2018/189818	A1	18 October 2018	(Family: none)	
JP	2017-015967	A	19 January 2017	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G02B 13/04(2006.01)i; G02B 13/18(2006.01)i FI: G02B13/04; 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）） G02B13/04; 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	CN 111929861 A (XIAMEN LEADING OPTICS CO., LTD.) 13.11.2020 (2020-11-13) 実施例 1-4 等	1-19
X	JP 2016-191790 A (富士フイルム株式会社) 10.11.2016 (2016-11-10) 実施例 1-5 等	1-14, 16-19
X	CN 113933960 A (JIANGXI JINGCHAO OPTICAL CO., LTD.) 14.01.2022 (2022-01-14) 実施例 1-10 等	1-4, 6-7, 9, 11-19
X	WO 2018/189818 A1 (エスゼット ディージェイアイ テクノロジー カンパニー リミテッド) 18.10.2018 (2018-10-18) 実施例 1-4 等	1-4, 6-7, 9-19
X	JP 2017-015967 A (HOYA株式会社) 19.01.2017 (2017-01-19) 実施例 2 等	1-4, 6-11, 14-15, 17-19
☐ 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、一般的な技術水準を示すもの “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 10.01.2024	国際調査報告の発送日 23.01.2024	
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） 殿岡 雅仁 2V 4748 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/JP2023/043829

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN	111929861	A	13.11.2020	(ファミリーなし)	
JP	2016-191790	A	10.11.2016	US 2016/0291296 A1	
				実施例 1 - 5 等	
				CN 106019532 A	
CN	113933960	A	14.01.2022	(ファミリーなし)	
WO	2018/189818	A1	18.10.2018	(ファミリーなし)	
JP	2017-015967	A	19.01.2017	(ファミリーなし)	