

(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
2016年7月28日(28.07.2016)



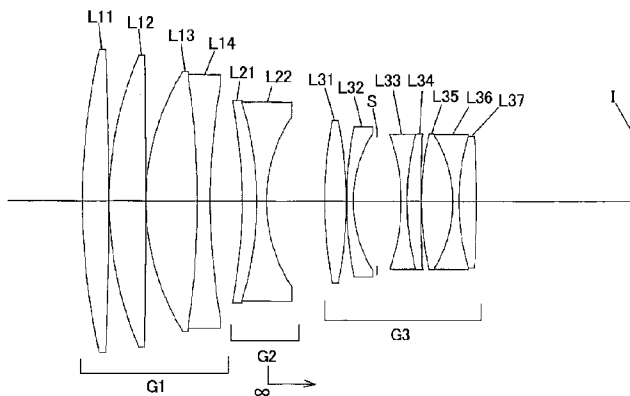
(10) 国際公開番号
WO 2016/117652 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 13/00 (2006.01) G02B 13/18 (2006.01)
G02B 1/11 (2015.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/051724
 - (22) 国際出願日: 2016年1月21日(21.01.2016)
 - (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 2015-011654 2015年1月23日(23.01.2015) 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: 山下 雅史(YAMASHITA, Masashi); 〒
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: 永井 冬紀, 外(NAGAI, Fuyuki et al.); 〒
1080075 東京都港区港南一丁目6番41号 品
川クリスタルスクエア 901 永井特許事務
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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US,
UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユー
ラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: OPTICAL SYSTEM, OPTICAL DEVICE COMPRISING SAME, AND METHOD FOR PRODUCING OPTICAL SYSTEM

(54) 発明の名称: 光学系、この光学系を有する光学機器、及び、光学系の製造方法

【図1】



(57) Abstract: This optical system comprises, in order from the object side along the optical axis, a first lens group having a positive refractive power, a second lens group having a negative refractive power, and a third lens group having a negative refractive power. When focusing from an object at infinity to a nearby object, the second lens group moves along the optical axis and the following conditional expression is satisfied: $1.00 < f/(-f2) < 2.40$, wherein f is the focal length of the optical system during infinity focus and $f2$ is the focal length of the second lens group.

(57) 要約: 光学系は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、第2レンズ群が光軸に沿って移動し、以下の条件式を満足する。
1. $0.0 < f / (-f2) < 2.40$
0、但し、 f : 光学系の無限遠合焦時の焦点距離、 $f2$: 第2レンズ群の焦点距離。

WO 2016/117652 A1



明 細 書

発明の名称：

光学系、この光学系を有する光学機器、及び、光学系の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光学系、この光学系を有する光学機器、及び、光学系の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、写真用カメラ、電子スチルカメラ、ビデオカメラ等に適した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：日本国特開2013-033178号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 近年の撮像素子の高画素化に伴い、色収差をはじめとした諸収差が良好に補正された光学系が望まれている。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明の第1の態様によると、光学系は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動し、以下の条件式を満足する。

$$1. \quad 0.0 < f / (-f_2) < 2.40$$

但し、

f：前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₂：前記第2レンズ群の焦点距離

本発明の第2の態様によると、第1の態様の光学系において、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

本発明の第3の態様によると、光学系は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動し、以下の条件式を満足する。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

本発明の第4の態様によると、第1から第3のいずれかの態様の光学系において、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.80 < f_1 / (-f_2) < 1.45$$

但し、

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

本発明の第5の態様によると、第1から第4のいずれかの態様の光学系において、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$1.11 < f_1 / f_3 < 1.50$$

但し、

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

f₃ : 前記第3レンズ群の焦点距離

本発明の第6の態様によると、本発明の第1から第5の態様の光学系にお

いて、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$0.70 < (-f_2) / f_3 < 1.50$$

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

本発明の第7の態様によると、本発明の第1から第6の態様の光学系において、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$1.20 < TL / f_1 < 2.05$$

但し、

TL : 前記光学系の全長

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

本発明の第8の態様によると、本発明の第1から第7の態様の光学系において、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$1.50 < TL / (-f_2) < 3.10$$

但し、

TL : 前記光学系の全長

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

本発明の第9の態様によると、第1から第8の態様の光学系において、以下の条件式を満足することが好ましい。

$$63.00 < \nu_p$$

但し、

ν_p : 前記第1レンズ群に含まれる全ての正レンズのアッペ数の平均値

本発明の第10の態様によると、第1から第9のいずれかの態様の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第1レンズ群は、固定であることが好ましい。

本発明の第11の態様によると、第1から第10のいずれかの態様の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第3レンズ群は、固定であることが好ましい。

本発明の第12の態様によると、第1から第11のいずれかの態様の光学系において、前記第1レンズ群は、接合レンズを有し、前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズからなることが好ましい。

本発明の第13の態様によると、第1から第12のいずれかの態様の光学系において、前記第3レンズ群中に開口絞りを有することが好ましい。

本発明の第14の態様によると、第1から第13のいずれかの態様の光学系において、光学系は、開口絞りを有し、前記開口絞りの物体側に隣り合うレンズ面は物体側に凸の形状をしたレンズ面であり、前記開口絞りの像側に隣り合うレンズ面は像側に凸の形状をしたレンズ面であることが好ましい。

本発明の第15の態様によると、第1から第14のいずれかの態様の光学系において、前記第3レンズ群は、最も物体側から順に隣り合って配置された正レンズと負レンズとを有することが好ましい。

本発明の第16の態様によると、第1から第15のいずれかの態様の光学系において、前記第2レンズ群は、接合レンズを有し、前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズからなり、前記第2レンズ群は、前記接合レンズで構成されている、又は、物体側から順に、負レンズと前記接合レンズとで構成されていることが好ましい。

本発明の第17の態様によると、第1から第16のいずれかの態様の光学系において、前記第3レンズ群は、少なくとも一つの非球面を有することが好ましい。

本発明の第18の態様によると、第1から第17のいずれかの態様の光学系において、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動することが好ましい。

本発明の第19の態様によると、第1から第18のいずれかの態様の光学系において、前記第1レンズ群から前記第3レンズ群における光学面のうちの少なくとも1面に反射防止膜が設けられており、前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むことが好ましい。

本発明の第20の態様によると、第19の態様の光学系において、前記ウ

ェットプロセスを用いて形成された層のd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率をndとしたとき、ndが1.30以下であることが好ましい。

本発明の第21の態様によると、光学機器は、第1から第20のいずれかの態様の光学系を備える。

本発明の第22の態様によると、光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにし、以下の条件式を満足するようにする。

$$1.00 < f / (-f_2) < 2.40$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

本発明の第23の態様によると、第22の態様の光学系の製造方法において、前記第1レンズ群から前記第3レンズ群における光学面のうちの少なくとも1面に反射防止膜が設けることを含み、前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むことが好ましい。

本発明の第24の態様によると、光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにし、以下の条件式を満足するようにする。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

図面の簡単な説明

- [0006] [図1]本願の第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図2]本願の第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。
- [図3]本願の第1実施例に係る光学系の至近撮影距離状態における諸収差図である。
- [図4]本願の第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図5]本願の第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。
- [図6]本願の第2実施例に係る光学系の至近撮影距離状態における諸収差図である。
- [図7]本願の第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す断面図である。
- [図8]本願の第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における諸収差図である。
- [図9]本願の第3実施例に係る光学系の至近撮影距離状態における諸収差図である。
- [図10]本願の光学系を搭載した一眼レフカメラの断面図である。
- [図11]本願の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。
- [図12]本願の光学系の他の製造方法を説明するためのフローチャートである。
- [図13]反射防止膜の層構造の一例を示す説明図である。
- [図14]反射防止膜の分光特性を示すグラフである。
- [図15]変形例に係る反射防止膜の分光特性を示すグラフである。
- [図16]変形例に係る反射防止膜の分光特性の入射角度依存性を示すグラフである。
- [図17]従来技術で作成した反射防止膜の分光特性を示すグラフである。
- [図18]従来技術で作成した反射防止膜の分光特性の入射角度依存性を示すグラフである。

発明を実施するための形態

[0007] 以下、本願の実施形態に係る光学系、光学機器、光学系の製造方法について説明する。本実施形態の光学系は光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動する。

[0008] 上述のように本実施形態の光学系は、第2レンズ群を合焦レンズ群として光軸方向へ移動させて無限遠物体から近距離物体への合焦を行うことにより、合焦時の収差変動を小さくすることができる。また、合焦レンズ群の軽量化を図ることができ、これによって高速な合焦を行うことが可能となる。

[0009] 本実施形態の光学系は、以下の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$1. 00 < f / (-f_2) < 2.40 \quad (1)$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0010] 上記条件式(1)は、本実施形態の光学系の無限遠合焦時の焦点距離と、第2レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式(1)を満足することにより、球面収差や像面湾曲を良好に補正し、光学系の全長が大きくなるのを防止することができる。

[0011] 条件式(1)の下限を下回ると、第2レンズ群の屈折力が小さくなるため、球面収差が補正不足になり、像面湾曲も十分に補正することが困難になり好ましくない。また、合焦レンズ群である第2レンズ群の合焦の際の移動量が大きくなり、光学系の全長が大きくなってしまいうため好ましくない。なお、条件式(1)の下限値を1.15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、条件式(1)の下限値を1.30に設定することで、本願の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0012] 一方、条件式(1)の上限を上回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差が補正過剰になり、像面湾曲も補正することが困難になってしまい好ましくない。なお、条件式(1)の上限値を2.20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事ができる。また、条件式（１）の上限値を２．００に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとする事ができる。

[0013] 以上の構成により、比較的焦点距離が長く F ナンバーの小さい光学系において、無限遠から近距離物点まで優れた光学性能を実現することができる。

[0014] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（２）を満足することが望ましい。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60 \quad (2)$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₁ : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

[0015] 上記条件式（２）は、本実施形態の光学系全体の焦点距離と第 1 レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（２）を満足することにより、光学系の全長が大きくなることを防止し、像面湾曲やコマ収差を良好に補正することができる。

[0016] 条件式（２）の下限を下回ると、第 1 レンズ群の屈折力が小さくなるため、光学系の全長が増大し、さらに、周辺光量を確保することが困難になってしまい好ましくない。また、光学系の全長を短縮するために第 3 レンズ群の屈折力を大きくすれば、球面収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。なお、条件式（２）の下限値を 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事ができる。また、条件式（２）の下限値を 1.00 に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとする事ができる。

[0017] 一方、条件式（２）の上限を上回ると、第 1 レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差やコマ収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまい好ましくない。なお、条件式（２）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事ができる。また、条件式（２）の上限値を 1.35 に設定することで、本願の効果を更に確実なものとする事ができる。

することができる。

[0018] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（3）を満足することが望ましい。

$$0.80 < f_1 / (-f_2) < 1.45 \quad (3)$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0019] 上記条件式（3）は、本実施形態の第1レンズ群の焦点距離と第2レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（3）を満足することにより、球面収差や像面湾曲を良好に補正し、光学系の全長が大きくなるのを防止することができる。

[0020] 条件式（3）の下限を下回ると、第2レンズ群の屈折力が小さくなるため、球面収差が補正不足になり、像面湾曲も十分に補正することが困難となってしまう好ましくない。また、合焦レンズ群である第2レンズ群の合焦時の移動量が大きくなり、光学系の全長が大きくなってしまいうため好ましくない。なお、条件式（3）の下限値を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することができる。また、条件式（3）の下限値を1.00に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0021] 一方、条件式（3）の上限を上回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差が補正過剰になり、像面湾曲も補正することが困難になってしまう好ましくない。なお、条件式（3）の上限値を1.44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することができる。また、条件式（3）の上限値を1.42に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0022] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（4）を満足することが望ましい。

$$1.11 < f_1 / f_3 < 1.50 \quad (4)$$

但し、

f 1 : 前記第 1 レンズ群の焦点距離

f 3 : 前記第 3 レンズ群の焦点距離

[0023] 上記条件式 (4) は、本実施形態の第 1 レンズ群の焦点距離と第 3 レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式 (4) を満足することにより、光学系の全長が大きくなるのを防止し、像面湾曲やコマ収差を良好に補正することができる。

[0024] 条件式 (4) の上限を上回ると、第 1 レンズ群の屈折力が小さくなるため、光学系の全長が増大し、さらに周辺光量を確保することが困難になってしまい好ましくない。また、光学系の全長を短縮するために第 3 レンズ群の屈折力を大きくすれば、球面収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。なお、条件式 (4) の上限値を 1.40 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することができる。また、条件式 (4) の上限値を 1.30 に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0025] 条件式 (4) の下限を下回ると、第 1 レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差やコマ収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまい好ましくない。なお、条件式 (4) の下限値を 1.115 に設定することで、本願の効果をより確実なものとするすることができる。

[0026] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式 (5) を満足することが望ましい。

$$0.70 < (-f 2) / f 3 < 1.50 \quad (5)$$

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

[0027] 上記条件式 (5) は、本願の第 2 レンズ群の焦点距離と第 3 レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式 (5) を満足することにより、球面収差や像面湾曲を良好に補正し、光学系の全長が大き

くなることを防止することができる。

[0028] 条件式(5)の上限を上回ると、第2レンズ群の屈折力が小さくなるため、球面収差が補正不足になり、像面湾曲も十分に補正することが困難となってしまう好ましくない。また、合焦レンズ群である第2レンズ群の合焦時の移動量が大きくなり、光学系の全長が大きくなってしまいうため好ましくない。なお、条件式(5)の上限値を1.35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することができる。また、条件式(5)の上限値を1.20に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0029] 一方、条件式(5)の下限を下回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差が補正過剰になり、像面湾曲も補正することが困難になってしまう好ましくない。なお、条件式(5)の下限値を0.75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することができる。また、条件式(5)の下限値を0.80に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0030] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式(6)を満足することが望ましい。

$$1.20 < TL / f_1 < 2.05 \quad (6)$$

但し、

TL：前記光学系の全長

f₁：前記第1レンズ群の焦点距離

[0031] 上記条件式(6)は、本実施形態の光学系の全長と第1レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式(6)を満足することにより、光学系の全長が大きくなることを防止し、像面湾曲やコマ収差を良好に補正することができる。

[0032] 条件式(6)の下限を下回ると、第1レンズ群の屈折力が小さくなるため、光学系の全長が増大し、さらに、周辺光量を確保することが困難になってしまう好ましくない。また、光学系の全長を短縮するために第3レンズ群の

屈折力を大きくすれば、球面収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。なお、条件式（６）の下限値を１．４０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、条件式（６）の下限値を１．６０に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0033] 一方、条件式（６）の上限を上回ると、第１レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差やコマ収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまい好ましくない。なお、条件式（６）の上限値を２．０３に設定することで、本願の効果をより確実なものとするすることができる。また、条件式（６）の上限値を２．００に設定することで、本願の効果を更に確実なものとするすることができる。

[0034] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式（７）を満足することが望ましい。

$$1.50 < TL / (-f2) < 3.10 \quad (7)$$

但し、

TL：前記光学系の全長

f2：前記第２レンズ群の焦点距離

[0035] 上記条件式（７）は、本実施形態の光学系の全長と第２レンズ群の焦点距離を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式（７）を満足することにより、光学系の全長が大きくなることを防止し、像面湾曲やコマ収差を良好に補正することができる。

[0036] 条件式（７）の下限を下回ると、第２レンズ群の屈折力が小さくなるため、光学系の全長が増大し、さらに、周辺光量を確保することが困難になってしまうため好ましくない。また、光学系の全長を短縮するために第３レンズ群の屈折力を大きくすれば、球面収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまうため好ましくない。なお、条件式（７）の下限値を１．７０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することができる。また、条件式（７）の下限値を１．９０に設定することで、本願の効果を更に

確実なものとする事ができる。

[0037] 一方、条件式(7)の上限を上回ると、第2レンズ群の屈折力が大きくなるため、球面収差やコマ収差や像面湾曲を補正することが困難になってしまい好ましくない。なお、条件式(7)の上限値を3.00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事ができる。また、条件式(7)の上限値を2.90に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとする事ができる。

[0038] また、本実施形態の光学系は、以下の条件式(8)を満足することが望ましい。

$$63.00 < \nu_p \quad (8)$$

但し、

ν_p : 前記第1レンズ群に含まれる全ての正レンズのアッベ数の平均値

[0039] 上記条件式(8)は、本実施形態の第1レンズ群に含まれる全ての正レンズのアッベ数の平均値を規定するものである。本実施形態の光学系は、条件式(8)を満足することにより、軸上色収差を良好に補正することができる。

[0040] 条件式(8)の下限を下回ると、軸上色収差を良好に補正することが困難となってしまいうため好ましくない。なお、条件式(8)の下限値を65.00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事ができる。また、条件式(8)の下限値を70.0に設定することで、本実施形態の効果を更に確実なものとする事ができる。

[0041] また、本実施形態の光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第1レンズ群が、固定であることが望ましい。この構成により、第1レンズ群と第2レンズ群の両方が移動する場合と比べて合焦レンズ群の小型化が図れ、また、多くの合焦レンズ群が移動する際の誤差によって生じるコマ収差等の諸収差の発生を少なくすることができる。

[0042] また、本実施形態の光学系は、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第3レンズ群が、固定であることが望ましい。この構成により、第2

レンズ群と第3レンズ群の両方が移動する場合と比べて合焦レンズ群の小型化が図れ、また、多くの合焦レンズ群が移動する際の誤差によって生じるコマ収差等の諸収差の発生を少なくすることができる。

[0043] また、本実施形態の光学系は、前記第1レンズ群が、接合レンズを有し、前記接合レンズが、物体側から順に、正レンズと負レンズからなることが望ましい。この構成により、球面収差並びに軸上色収差を良好に補正することができる。

[0044] また、本実施形態の光学系は、前記第3レンズ群中に開口絞りを有することが望ましい。この構成により、像面湾曲や非点収差を良好に補正することができる。

[0045] また、本実施形態の光学系は、開口絞りを有し、前記開口絞りの物体側に隣り合うレンズ面は物体側に凸の形状をしたレンズ面であり、前記開口絞りの像側に隣り合うレンズ面は像側に凸の形状をしたレンズ面であることが望ましい。この構成により、球面収差や像面湾曲や非点収差を良好に補正することができる。

[0046] また、本実施形態の光学系は、前記第3レンズ群が、最も物体側から順に隣り合って配置された正レンズと負レンズとを有することが望ましい。この構成により、球面収差を良好に補正することができる。

[0047] また、本実施形態の光学系は、前記第2レンズ群が、接合レンズを有し、前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズからなり、前記第2レンズ群は、前記接合レンズで構成されている、又は、物体側から順に、負レンズと前記接合レンズとで構成されていることが望ましい。この構成により、小型で軸上色収差を良好に補正した光学系を実現することができる。また、この構成により、合焦時の球面収差の変動を小さくすることができる。

[0048] また、本実施形態の光学系は、前記第3レンズ群が、少なくとも一つの非球面を有することが望ましい。この構成により、コマ収差を良好に補正することができる。

- [0049] また、本実施形態の光学系は、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動することが望ましい。この構成により、手ぶれ等によって生じる像ぶれの補正（防振）を行うことができる。そして、像ぶれ補正時の収差変動を小さくすることができる。
- [0050] また、本実施形態の光学系は、前記第1レンズ群から前記第3レンズ群における光学面のうちの少なくとも1面に反射防止膜が設けられており、前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むことが望ましい。この構成により、本実施形態の光学系は、物体からの光が光学面で反射されることによって生じるゴーストやフレアをより低減させることができ、高い結像性能を達成することができる。
- [0051] また、本実施形態の光学系は、前記ウェットプロセスを用いて形成された層のd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_d としたとき、 n_d が1.30以下であることが望ましい。この構成により、空気との屈折率差を小さくすることができるため、光の反射をより小さくすることが可能になり、ゴーストやフレアをさらに低減させることができる。
- [0052] なお、本実施形態の光学系における反射防止膜は、ウェットプロセスに限られず、ドライプロセス等によって形成してもよい。この場合、反射防止膜は屈折率が1.30以下となる層を少なくとも1層含むようにすることが好ましい。この構成により、反射防止膜をドライプロセス等によって形成した場合でも、反射防止膜をウェットプロセスによって形成した場合と同様の効果を得ることができる。なお、屈折率が1.30以下となる層は、多層膜を構成する層のうちの最も表面側の層であることが好ましい。
- [0053] 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、ゴーストやフレアをより低減させ、像ぶれ補正時の収差変動を良好に抑えた光学機器を実現することができる。
- [0054] 本実施形態の光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにし、

所定の条件式である以下の条件式(1)を満足するようにする。

$$1. \quad 0.0 < f / (-f_2) < 2.40 \quad (1)$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0055] 斯かる本実施形態の光学系の製造方法により、無限遠物点から近距離物点まで優れた光学性能を有する光学系を製造することができる。

[0056] また、本願の別の実施形態の光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、

無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにし、

所定の条件式である以下の条件式(2)を満足するようにする。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60 \quad (2)$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

[0057] 斯かる本実施形態の光学系の製造方法により、無限遠物点から近距離物点まで優れた光学性能を有する光学系を製造することができる。

[0058] 以下、本願の数値実施例に係る光学系を添付図面に基づいて説明する。

[0059] (第1実施例)

図1は、本願の第1実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[0060] 本実施例に係る光学系は、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、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から構成される。

- [0061] 正の屈折力を有する第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14とを接合してなる接合レンズからなる。
- [0062] 負の屈折力を有する第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21と両凹形状の負レンズL22とを接合してなる接合レンズからなる。
- [0063] 正の屈折力を有する第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL33と物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL34との接合レンズと、両凸形状の正レンズL35と両凹形状の負レンズL36と両凸形状の正レンズL37とを接合してなる接合レンズとからなる。
- [0064] 本実施例に係る光学系では、第3レンズ群G3の最も像側面（面番号22）が非球面である。
- [0065] 本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3が像面に対して固定され、第2レンズ群G2全体が光軸に沿って像側へ移動し、これによって無限遠物体から近距離物体への合焦が行われる。
- [0066] 本実施例に係る光学系では、負レンズL33と正メニスカスレンズL34からなり、開口絞りSの像側に隣り合って配置された接合レンズが、防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含む様に移動し、これによって像ぶれの補正を行うことができる。
- [0067] 本実施例に係る光学系では、正レンズL35と負レンズL36と正レンズL37とからなり最も像側に配置された接合レンズのうち最も物体側レンズ面（面番号19）にウエットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むように構成された反射防止膜が形成されている。
- [0068] 下記の表1に、本第1実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。
- [0069] この表1の[全体諸元]において、「f」は焦点距離、「FNO」はFナンバー、「 2ω 」は画角（単位：「°」）、「Y」は像高、「TL」は光学系

の全長、「B f」はバックフォーカスを表している。なお、全長TLは、この光学系の最も物体側のレンズ面（第1面）から像面までの光軸上の距離を示し、バックフォーカスB fは、この光学系の最も像側のレンズ面（第22面）から像面までの光軸上の距離を表している。

[0070] また、[面データ]において、「面番号」は光軸に沿った物体側から数えた光学面の順序、「r」は各光学面の曲率半径、「d」は面間隔（第n面（nは整数）と第n+1面との間隔）、「n d」はd線に対する屈折率、「ν d」はd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対するアッベ数を示している。また、「物面」は物体面、「（絞りS）」は開口絞りS、「可変」は可変の面間隔を示している。曲率半径 $r = \infty$ は平面を示し、空気の屈折率 $n d = 1.00000$ は省略してある。非球面には面番号の右側に「*」を付している。

[0071] また、[レンズ群焦点距離]には、各レンズ群のうち最も物体側の面の面番号（始面）および各レンズ群の焦点距離を示している。

[0072] [非球面データ]には、[面データ]に示した非球面について、その形状を次式で表した場合の円錐定数と非球面係数を示す。なお、「E-n」は「 $\times 10^{-n}$ 」を示し、例えば、「1.234E-05」は、「 1.234×10^{-5} 」を示す。2次の非球面係数A2は0である。

$$X(y) = (y^2/r) / [1 + [1 - \kappa (y^2/r^2)]^{1/2}] + A4 \times y^4 + A6 \times y^6 + A8 \times y^8 + A10 \times y^{10}$$

ここで、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「 κ 」とし、n次の非球面係数を「An」とする。

[0073] [可変間隔データ]において、「f」は全系の焦点距離を、「β」は物体と像間の結像倍率を、「Di」（但し、iは整数）は、第i面の可変の面間隔を示している。また、「無限遠」は無限遠合焦状態を、「至近」は至近撮影距離状態を示している。なお、D0は物体から第1面までの距離を示している。

[0074] 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。

[0075] (表 1)

[全体諸元]

$$f = 102.128$$

$$FNO = 1.449$$

$$2\omega = 23.891$$

$$Y = 21.60$$

$$TL = 146.818$$

$$Bf = 41.301$$

[面データ]

面番号	r	d	n_d	ν_d
物面	∞	∞		
1	176.41170	7.081	1.59349	67.00
2	-997.05190	0.100		
3	96.85690	9.766	1.49782	82.57
4	-2499.53100	0.100		
5	64.16290	13.758	1.49782	82.57
6	-222.06850	3.500	1.73800	32.26
7	171.04680	可変		
8	-136.08080	4.000	1.80809	22.74
9	-85.91600	2.500	1.48749	70.32
10	40.41360	可変		
11	121.43430	5.687	1.72916	54.61
12	-106.55980	0.100		

13	97.96380	1.800	1.61505	35.73
14	33.61330	6.326		
15(絞りS)	∞	6.526		
16	-52.40880	1.600	1.59238	35.86
17	71.14860	3.733	1.72916	54.61
18	478.61380	0.100		
19	80.79100	8.330	1.75596	49.76
20	-33.83920	1.600	1.58128	37.40
21	61.41580	4.724	1.89799	34.84
22*	-225.35840	BF		
像面	∞			

[レンズ群焦点距離]

群	始面	焦点距離
1	1	81.118
2	8	-69.336
3	11	72.558

[非球面データ]

	κ	A4	A6	A8	A10
第22面	1	9.931E-07	-1.978E-09	8.134E-12	-1.116E-14

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
f又は β	102.128	-0.136倍
D7	8.522	18.522
D10	15.664	5.664

[条件式対応値]

- (1) $f / (-f_2) = 1.47$
- (2) $f / f_1 = 1.26$
- (3) $f_1 / (-f_2) = 1.17$

- (4) $f_1 / f_3 = 1.12$
- (5) $(-f_2) / f_3 = 0.96$
- (6) $TL / f_1 = 1.81$
- (7) $TL / (-f_2) = 2.12$
- (8) $\nu_P = 77.38$

[0076] このように、第1実施例に係る光学系は、上記条件式(1)～(8)を全て満足している。

[0077] 図2に、第1実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差、及び、コマ収差の諸収差図を示す。また、図3に、撮影倍率 $\beta = -0.136$ で近距離合焦した状態における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差、及び、コマ収差の諸収差図を示す。各収差図において、「FNO」はFナンバーを、「Y」は像高を、それぞれ示している。また、各収差図において、「d」はd線(波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$)、及び、「g」はg線(波長 $\lambda = 435.8 \text{ nm}$)に対する収差を表している。また、非点収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリジオナル像面を示している。なお、この収差図の説明は以降の実施例においても同様である。

[0078] この図2、図3に示す各収差図から明らかなように、第1実施例に係る光学系では諸収差が良好に補正されており、高い光学性能を有していることが分かる。

[0079] (第2実施例)

図4は、本願の第2実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[0080] 本実施例に係る光学系は、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、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から構成される。

[0081] 正の屈折力を有する第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と、両凸形状の正レンズL13と両凹形状の負レンズL14とを接合してなる接合レンズからなる。

[0082] 負の屈折力を有する第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL21と両凹形状の負レンズL22とを接合してなる接合レンズからなる。

[0083] 正の屈折力を有する第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL32と、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL33と両凸形状の正レンズL34とを接合してなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL35と両凹形状の負レンズとを接合してなる接合レンズと、両凸形状の正レンズL37からなる。

[0084] 本実施例に係る光学系では、第3レンズ群G3の最も像側面（面番号23）が非球面である。

[0085] 本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3が像面に対して固定され、第2レンズ群G2全体が光軸に沿って像側へ移動し、これによって無限遠物体から近距離物体への合焦が行われる。

[0086] 本実施例に係る光学系では、負レンズL33と正レンズL34からなり、開口絞りSの像側に隣り合って配置された接合レンズが、防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含む様に移動し、これによって像ぶれの補正を行うことができる。

[0087] 本実施例に係る光学系では、最も像側の正レンズL37の物体側レンズ面（面番号22）と正レンズL37の物体側に隣り合って配置された負レンズL36の像側レンズ面（面番号21）とにウエットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含むように構成された反射防止膜が形成されている。

[0088] 以下の表2に、本第2実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

[0089] (表2)

[全体諸元]

$$f = 102.643$$

$$FNO = 1.441$$

$$2\omega = 23.836$$

$$Y = 21.60$$

$$TL = 156.819$$

$$Bf = 44.626$$

[面データ]

面番号	r	d	nd	νd
物面	∞	∞		
1	232.74460	5.460	1.59349	67.00
2	-941.72040	0.100		
3	99.95980	9.402	1.49782	82.57
4	-635.59410	0.100		
5	67.81170	13.106	1.49782	82.57
6	-170.83160	3.500	1.64769	33.72
7	136.65740	可変		
8	-132.42720	4.400	1.80809	22.74
9	-82.87930	2.500	1.48749	70.32
10	43.90050	可変		
11	76.67630	6.700	1.74397	44.85
12	-145.75050	0.100		
13	365.29930	1.800	1.51742	52.20
14	35.15610	7.500		
15(絞りS)	∞	5.022		
16	-52.41160	1.800	1.60482	34.33
17	48.32170	8.500	1.76457	48.44
18	-99.22310	0.100		
19	302.91470	7.000	1.72916	54.61
20	-46.57540	1.800	1.61532	33.18
21	63.20750	2.000		
22	63.50280	6.000	1.90265	35.72

23* -264.53160 BF

像面 ∞

[レンズ群焦点距離]

群	始面	焦点距離
1	1	87.792
2	8	-74.149
3	11	72.509

[非球面データ]

	κ	A4	A6	A8	A10
第23面 1		2.199E-07	-4.073E-11	-2.713E-13	4.702E-16

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
f又は β	102.643	-0.141倍
D7	8.654	20.317
D10	16.649	4.986

[条件式対応値]

- (1) $f / (-f_2) = 1.38$
- (2) $f / f_1 = 1.17$
- (3) $f_1 / (-f_2) = 1.18$
- (4) $f_1 / f_3 = 1.21$
- (5) $(-f_2) / f_3 = 1.02$
- (6) $TL / f_1 = 1.79$
- (7) $TL / (-f_2) = 2.11$
- (8) $\nu_P = 77.38$

[0090] このように、第2実施例に係る光学系は、上記条件式(1)～(8)を全て満足している。

[0091] 図5に、第2実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差、及び、コマ収差の諸収差図を示す。また、

図6に、撮影倍率 $\beta = -0.141$ で近距離合焦した状態における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差、及び、コマ収差の諸収差図を示す。この図5、図6に示す各収差図から明らかなように、この第2実施例に係る光学系では、諸収差が良好に補正されており、高い光学性能を有していることが分かる。

[0092] (第3実施例)

図7は、本願の第3実施例に係る光学系のレンズ構成を示す図である。

[0093] 本実施例に係る光学系は、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、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から構成される。

[0094] 正の屈折力を有する第1レンズ群G1は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL11と、両凸形状の正レンズL12と両凹形状の負レンズL13とを接合してなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL14からなる。

[0095] 負の屈折力を有する第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凹形状の負レンズL21と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズL22と両凹形状の負レンズL23とを接合してなる接合レンズからなる。

[0096] 正の屈折力を有する第3レンズ群G3は、物体側から順に、両凸形状の正レンズL31と両凹形状の負レンズL32とを接合してなる接合レンズと、開口絞りSと、両凹形状の負レンズL33と両凸形状の正レンズL34とを接合してなる接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL35と両凸形状の正レンズL36とを接合してなる接合レンズからなる。

[0097] 本実施例に係る光学系では、第3レンズ群G3の最も像側面（面番号22）が非球面である。

[0098] 本実施例に係る光学系では、第1レンズ群G1および第3レンズ群G3が像面に対して固定され、第2レンズ群G2全体が光軸に沿って像側へ移動し、これによって無限遠物体から近距離物体への合焦が行われる。

[0099] 本実施例に係る光学系では、負レンズL33と正レンズL34からなり、

開口絞り S の像側に隣り合って配置された接合レンズが防振レンズ群として光軸と直交する方向の成分を含む様に移動し、これによって像ぶれの補正を行うことができる。

[0100] 本実施例に係る光学系では、負レンズ L 3 5 と正レンズ L 3 6 とからなり最も像側に配置された接合レンズの最も物体側レンズ面（面番号 2 0）にウエットプロセスを用いて形成された層を少なくとも 1 層含むように構成された反射防止膜が形成されている。

[0101] 以下の表 3 に、本第 3 実施例に係る光学系の諸元の値を掲げる。

（表 3）

[全体諸元]

$$f = 102.618$$

$$F N O = 1.440$$

$$2 \omega = 23.596$$

$$Y = 21.60$$

$$T L = 164.819$$

$$B f = 47.774$$

[面データ]

面番号	r	d	n d	νd
物面	∞	∞		
1	198.29690	7.671	1.59349	67.00
2	-268.67610	0.100		
3	91.70170	13.288	1.49782	82.57
4	-128.83920	3.500	1.64769	33.72
5	203.55460	0.100		
6	79.79810	8.164	1.49782	82.57
7	1937.33200	可変		
8	-194.71540	2.500	1.71999	50.27
9	117.67630	3.032		

10	-1433.39560	5.200	1.80809	22.74
11	-76.31750	2.500	1.51742	52.20
12	53.75550	可変		
13	49.94100	11.096	1.88462	36.82
14	-83.51650	1.800	1.63199	34.05
15	37.73780	7.500		
16(絞りS)	∞	7.600		
17	-40.81280	1.800	1.69044	27.44
18	99.54650	8.500	1.72916	54.61
19	-55.04360	0.100		
20	285.10750	1.800	1.55390	42.19
21	41.90420	8.500	1.80733	43.13
22*	-158.99830	BF		

像面

 ∞

[レンズ群焦点距離]

群	始面	焦点距離
1	1	83.797
2	8	-59.773
3	11	69.892

[非球面データ]

	κ	A4	A6	A8	A10
第22面	1	9.463E-07	3.760E-10	-7.363E-13	1.038E-15

[可変間隔データ]

	無限遠	至近
f又は β	102.643	-0.144倍
D7	7.857	17.857
D12	14.437	4.437

[条件式対応値]

- (1) $f / (-f_2) = 1.72$
- (2) $f / f_1 = 1.22$
- (3) $f_1 / (-f_2) = 1.40$
- (4) $f_1 / f_3 = 1.20$
- (5) $(-f_2) / f_3 = 0.86$
- (6) $TL / f_1 = 1.97$
- (7) $TL / (-f_2) = 2.76$
- (8) $\nu_P = 77.38$

[0102] このように、第3実施例に係る光学系は、上記条件式(1)～(8)を全て満たしている。

[0103] 図8に、第3実施例に係る光学系の無限遠合焦状態における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差、及び、コマ収差の諸収差図を示す。また、図9に、撮影倍率 $\beta = -0.144$ で近距離合焦した状態における球面収差、非点収差、歪曲収差、倍率色収差、及び、コマ収差の諸収差図を示す。この図8、図9に示す各収差図から明らかなように、この第3実施例に係る光学系では、諸収差が良好に補正されており、高い光学性能を有していることが分かる。

[0104] 以上に示した第1実施例から第3実施例までの各実施例の条件式対応値を、参照のため、以下の表4に示す。

[0105] (表4)

条件式	第1実施例	第2実施例	第3実施例
(1) $f / (-f_2)$	1.47	1.38	1.72
(2) f / f_1	1.26	1.17	1.22
(3) $f_1 / (-f_2)$	1.17	1.18	1.40
(4) f_1 / f_3	1.12	1.21	1.20
(5) $(-f_2) / f_3$	0.96	1.02	0.86
(6) TL / f_1	1.81	1.79	1.97
(7) $TL / (-f_2)$	2.12	2.11	2.76

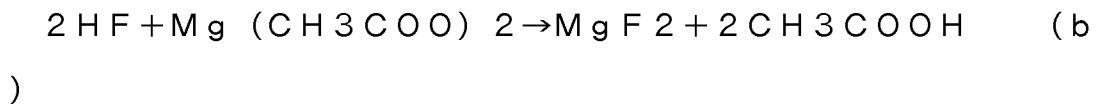
(8) ッP 77.38 77.38 77.38

[0106] ここで、本願の実施形態に係る光学系に用いられる反射防止膜（多層広帯域反射防止膜とも言う）について説明する。図13は、反射防止膜の膜構成の一例を示す図である。この反射防止膜101は7層からなり、レンズ等の光学部材102の光学面に形成される。第1層101aは真空蒸着法で蒸着された酸化アルミニウムで形成されている。また、この第1層101aの上に更に真空蒸着法で蒸着された酸化チタンと酸化ジルコニウムの混合物からなる第2層101bが形成される。さらに、この第2層101bの上に真空蒸着法で蒸着された酸化アルミニウムからなる第3層101cが形成され、この第3層101cの上に真空蒸着法で蒸着された酸化チタンと酸化ジルコニウムの混合物からなる第4層101dが形成される。またさらに、この第4層101dの上に真空蒸着法で蒸着された酸化アルミニウムからなる第5層101eが形成され、この第5層101eの上に真空蒸着法で蒸着された酸化チタンと酸化ジルコニウムの混合物からなる第6層101fが形成される。

[0107] そして、このようにして形成された第6層101fの上に、ウェットプロセスによりフッ化マグネシウムとシリカの混合物からなる第7層101gが形成されて本実施形態の反射防止膜101が形成される。第7層101gの形成には、ウェットプロセスの一種であるゾルーゲル法を用いている。ゾルーゲル法とは、原料を混合することにより得られたゾルを、加水分解・重縮合反応などにより流動性のないゲルとし、このゲルを加熱・分解して生成物を得る方法であり、光学薄膜の作製においては、光学部材の光学面上に光学薄膜材料ゾルを塗布し、乾燥固化によりゲル膜とすることで膜を生成することができる。なお、ウェットプロセスとして、ゾルーゲル法に限らず、ゲル状態を経ないで固体膜を得る方法を用いるようにしてもよい。

[0108] このように、この反射防止膜101の第1層101a～第6層101fまではドライプロセスである電子ビーム蒸着により形成され、最上層である第7層101gは、フッ酸／酢酸マグネシウム法で調製したゾル液を用いるウ

エットプロセスにより以下の手順で形成されている。まず、予めレンズ成膜面（上述の光学部材102の光学面）に真空蒸着装置を用いて第1層101aとなる酸化アルミニウム層、第2層101bとなる酸化チタン-酸化ジルコニウム混合層、第3層101cとなる酸化アルミニウム層、第4層101dとなる酸化チタン-酸化ジルコニウム混合層、第5層101eとなる酸化アルミニウム層、第6層101fとなる酸化チタン-酸化ジルコニウム混合層を順に形成する。そして、蒸着装置より光学部材102を取り出した後、フッ酸/酢酸マグネシウム法により調製したゾル液にシリコンアルコキシドを加えたものをスピコート法により塗布することにより、第7層101gとなるフッ化マグネシウムとシリカの混合物からなる層を形成する。フッ酸/酢酸マグネシウム法によって調製される際の反応式を以下の式（b）に示す。



この成膜に用いたゾル液は、原料混合後、オートクレーブで140℃、24時間高温加圧熟成処理を施した後、成膜に用いられる。この光学部材102は、第7層101gの成膜終了後、大気中で160℃、1時間加熱処理して完成される。このようなゾルゲル法を用いることにより、大きさが数nmから数十nmの粒子が空隙を残して堆積することにより第7層101gが形成される。

[0109] このようにして形成された反射防止膜101を有する光学部材の光学的性能について図14に示す分光特性を用いて説明する。

[0110] 本実施形態に係る反射防止膜を有する光学部材（レンズ）は、以下の表5に示す条件で形成されている。ここで表5は、基準波長を λ とし、基板（光学部材）の屈折率が1.62、1.74及び1.85について反射防止膜101の各層101a（第1層）～101g（第7層）の光学膜厚をそれぞれ求めたものである。なお、表5では、酸化アルミニウムをAl₂O₃、酸化チタンと酸化ジルコニウム混合物をZrO₂+TiO₂、フッ化マグネシウムとシリカの混

合物をMgF₂+SiO₂とそれぞれ表している。

[0111] (表5)

	物質	屈折率	光学膜厚	光学膜厚	光学膜厚
媒質	空気	1			
第7層	MgF ₂ +SiO ₂	1.26	0.268λ	0.271λ	0.269λ
第6層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.057λ	0.054λ	0.059λ
第5層	Al ₂ O ₃	1.65	0.171λ	0.178λ	0.162λ
第4層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.127λ	0.13λ	0.158λ
第3層	Al ₂ O ₃	1.65	0.122λ	0.107λ	0.08λ
第2層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.059λ	0.075λ	0.105λ
第1層	Al ₂ O ₃	1.65	0.257λ	0.03λ	0.03λ
基板の屈折率			1.62	1.74	1.85

[0112] 図14は、表5において基準波長λを550nmとして反射防止膜101の各層の光学膜厚を設計した光学部材に光線が垂直入射する時の分光特性を表している。

[0113] 図14から、基準波長λを550nmで設計した反射防止膜101を有する光学部材は、光線の波長が420nm~720nmの全域で反射率を0.2%以下に抑えられることが判る。また、表5において基準波長λをd線（波長587.6nm）として各光学膜厚を設計した反射防止膜101を有する光学部材でも、その分光特性にはほとんど影響せず、図14に示す基準波長λが550nmの場合とほぼ同等の分光特性を有する。

[0114] 次に、本反射防止膜の変形例について説明する。この反射防止膜は5層からなり、表5と同様、以下の表6で示される条件で基準波長λに対する各層の光学膜厚が設計される。本変形例では、第5層の形成に前述のゾルーゲル法を用いている。

[0115] (表6)

	物質	屈折率	光学膜厚	光学膜厚
媒質	空気	1		

第5層	MgF2+SiO2	1.26	0.275λ	0.269λ
第4層	ZrO2+TiO2	2.12	0.045λ	0.043λ
第3層	Al2O3	1.65	0.212λ	0.217λ
第2層	ZrO2+TiO2	2.12	0.077λ	0.066λ
第1層	Al2O3	1.65	0.288λ	0.290λ
基板の屈折率		1.46	1.52	

[0116] 図15は、表6において、基板の屈折率が1.52及び基準波長λを550nmとして各光学膜厚を設計した反射防止膜を有する光学部材に光線が垂直入射する時の分光特性を示している。図15から本変形例の反射防止膜は、光線の波長が420nm～720nmの全域で反射率が0.2%以下に抑えられることがわかる。なお、表6において基準波長λをd線（波長587.6nm）として各光学膜厚を設計した反射防止膜を有する光学部材でも、その分光特性にはほとんど影響せず、図15に示す分光特性とほぼ同等の特性を有する。

[0117] 図16は、図15に示す分光特性を有する光学部材への光線の入射角が30度、45度、60度の場合の分光特性をそれぞれ示す。なお、図15、図16には表6に示す基板の屈折率が1.46の反射防止膜を有する光学部材の分光特性が図示されていないが、基板の屈折率が1.52とほぼ同等の分光特性を有していることは言うまでもない。

[0118] また比較のため、図17に、従来の真空蒸着法などのドライプロセスのみで成膜した反射防止膜の一例を示す。図17は、表6と同じ基板の屈折率1.52に以下の表7で示される条件で構成される反射防止膜を設計した光学部材に光線が垂直入射する時の分光特性を示す。また、図18は、図17に示す分光特性を有する光学部材への光線の入射角が30度、45度、60度の場合の分光特性をそれぞれ示す。

[0119] (表7)

	物質	屈折率	光学膜厚
媒質	空気	1	

第7層	MgF2	1.39	0.243 μ m
第6層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.119 μ m
第5層	Al ₂ O ₃	1.65	0.057 μ m
第4層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.220 μ m
第3層	Al ₂ O ₃	1.65	0.064 μ m
第2層	ZrO ₂ +TiO ₂	2.12	0.057 μ m
第1層	Al ₂ O ₃	1.65	0.193 μ m

基板の屈折率 1.52

[0120] 図14～図16で示される本実施形態に係る反射防止膜を有する光学部材の分光特性を、図17および図18で示される従来例の分光特性と比較すると、本実施形態に係る反射防止膜はいずれの入射角においてもより低い反射率を有し、しかもより広い帯域で低い反射率を有することが良くわかる。

[0121] 次に、本願の第1実施例から第3実施例に、上記表5および表6に示す反射防止膜を適用した例について説明する。

[0122] 本第1実施例の光学系において、第3レンズ群G3の正レンズL35の屈折率は、表1に示すように、 $n_d = 1.75596$ であるため、正レンズL35における物体側のレンズ面に基板の屈折率が1.74に対応する反射防止膜101（表5参照）を用いることでレンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

[0123] 本第2実施例の光学系において、第3レンズ群G3の負レンズL36の屈折率は、表1に示すように、 $n_d = 1.61532$ であり、第3レンズ群G3の正レンズL37の屈折率は、 $n_d = 1.90265$ あるため、負レンズL36における像面側のレンズ面に基板の屈折率が1.62に対応する反射防止膜101（表5参照）を用い、正レンズL37における物体側のレンズ面に、基板の屈折率が1.85に対応する反射防止膜101（表5参照）を用いることで各レンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

[0124] 本第3実施例の光学系において、第3レンズ群G3の負メニスカスレンズ

L 35の屈折率は、表7に示すように、 $n_d = 1.55390$ であるため、負メニスカスレンズL 35における物体側のレンズ面に基板の屈折率が1.52に対応する反射防止膜（表6参照）を用いることでレンズ面からの反射光を少なくでき、ゴーストやフレアを低減することができる。

[0125] 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。

[0126] 実施例では、3群構成の光学系を示したが、4群等の他の群構成にも適用可能である。また、最も物体側にレンズまたはレンズ群を追加した構成や、最も像側にレンズまたはレンズ群を追加した構成でも構わない。また、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。

[0127] 単独又は複数のレンズ群、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レンズ群としても良い。前記合焦レンズ群は、オートフォーカスにも適用でき、オートフォーカス用の（超音波モータ等を用いた）モータ駆動にも適している。特に第2レンズ群を合焦レンズ群とするのが好ましい。

[0128] 開口絞りは第3レンズ群中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。

[0129] 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、手ぶれによって生じる像ぶれを補正する防振レンズ群としても良い。特に、第3レンズ群の少なくとも一部を防振レンズ群とするのが好ましい。更に、開口絞りの像側に隣り合って配置されるレンズ成分を防振レンズ群とするのが好ましい。

[0130] レンズ面は、球面または平面としても、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、又はガラスの表面に設けた樹脂を非球面形状に形成した複合型非球面でも構わない。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。

[0131] 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。

[0132] 図10に、上述の光学系を備える光学機器の一例として、一眼レフカメラ1（以後、単にカメラと記す）の略断面図を示す。このカメラ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（光学系）で集光されて、クイックリターンミラー3を介して焦点板4に結像される。そして、焦点板4に結像された光は、ペンタプリズム5中で複数回反射されて接眼レンズ6へと導かれる。これにより、撮影者は、物体（被写体）像を、接眼レンズ6を介して正立像として観察することができる。

[0133] また、撮影者によって不図示のレリーズボタンが押されると、クイックリターンミラー3が光路外へ退避し、撮影レンズ2で集光された不図示の物体（被写体）の光は撮像素子7上に被写体像を形成する。これにより、物体（被写体）からの光は、当該撮像素子7により撮像され、物体（被写体）画像として不図示のメモリに記録される。このようにして、撮影者は本カメラ1による物体（被写体）の撮影を行うことができる。なお、図10に記載のカメラ1は、撮影レンズ2を着脱可能に保持するものでも良く、撮影レンズ2と一体に成形されるものでも良い。また、カメラ1は、いわゆる一眼レフカメラでも良く、クイックリターンミラー等を有さないコンパクトカメラ若しくはミラーレスの一眼レフカメラでも良い。

[0134] ここで、本カメラ1の撮影レンズ2として上述した光学系は、その特徴的なレンズ構成によって、ゴーストやフレアをより低減させ、像ぶれ補正時の収差変動を良好に抑えている。これにより本カメラ1は、ゴーストやフレア

をより低減させ、像ぶれ補正時の収差変動を良好に抑えた撮影を実現している。

[0135] 以下、本実施形態の光学系の製造方法の概略を、図11を参照して説明する。この光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、以下のステップS1とS2を含むものである。

[0136] 無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにする（ステップS1）。

[0137] 所定の条件式である以下の条件式（1）を満足するようにする（ステップS2）。

$$1. \quad 0.0 < f / (-f_2) < 2.40 \quad (1)$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

[0138] 以上の製造方法によれば、無限遠物点から近距離物点まで優れた光学性能を有する光学系を製造することができる。

[0139] 以下、本実施形態に係る光学系の他の製造方法の概略を、図12を参照して説明する。この光学系の製造方法は、光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、以下のステップS1とS2を含むものである。

[0140] 無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにする（ステップS1）。

[0141] 所定の条件式である以下の条件式（2）を満足するようにする（ステップS2）。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60 \quad (2)$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[0142] 以上の製造方法によれば、無限遠から近距離物点まで優れた光学性能を有する光学系を製造することができる。

[0143] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願2015年第011654号(2015年1月23日出願)

符号の説明

- [0144] G1 第1レンズ群
G2 第2レンズ群
G3 第3レンズ群
S 開口絞り
I 像面
1 一眼レフカメラ
2 撮影レンズ
3 クイックリターンミラー
4 焦点板
5 ペンタプリズム
6 接眼レンズ
7 撮像素子

請求の範囲

[請求項1]

光軸に沿って物体側から順に、
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 負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、
 無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光
 軸に沿って移動し、

以下の条件式を満足する光学系。

$$1. \quad 0.0 < f / (-f_2) < 2.40$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項2]

以下の条件式を満足する請求項1に記載の光学系。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[請求項3]

光軸に沿って物体側から順に、
 正の屈折力を有する第1レンズ群と、
 負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、
 無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光
 軸に沿って移動し、

以下の条件式を満足する光学系。

$$0.80 < f / f_1 < 1.60$$

但し、

f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

[請求項4] 以下の条件式を満足する請求項1から3までのいずれか一項に記載の光学系。

$$0.80 < f_1 / (-f_2) < 1.45$$

但し、

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

[請求項5] 以下の条件式を満足する請求項1から4までのいずれか一項に記載の光学系。

$$1.11 < f_1 / f_3 < 1.50$$

但し、

f_1 : 前記第1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6] 以下の条件式を満足する請求項1から5までのいずれか一項に記載の光学系。

$$0.70 < (-f_2) / f_3 < 1.50$$

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

$$1.20 < TL / f_1 < 2.05$$

但し、

TL : 前記光学系の全長

f_1 : 前記第1レンズ群の焦点距離

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

$$1.50 < TL / (-f_2) < 3.10$$

但し、

TL : 前記光学系の全長

f₂ : 前記第2レンズ群の焦点距離

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

$$63.00 < \nu_p$$

但し、

ν_p : 前記第1レンズ群に含まれる全ての正レンズのアッベ数の平均値

[請求項10] 請求項1から9までのいずれか一項に記載の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第1レンズ群は、固定である光学系。

[請求項11] 請求項1から10までのいずれか一項に記載の光学系において、無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第3レンズ群は、固定である光学系。

[請求項12] 請求項1から11までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第1レンズ群は、接合レンズを有し、前記接合レンズは、物体側から順に、正レンズと負レンズからなる光学系。

[請求項13] 請求項1から12までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第3レンズ群中に開口絞りを有する光学系。

[請求項14] 請求項1から13までのいずれか一項に記載の光学系において、開口絞りを有し、前記開口絞りの物体側に隣り合うレンズ面は物体側に凸の形状をしたレンズ面であり、前記開口絞りの像側に隣り合うレンズ面は像側に凸の形状をしたレンズ面である光学系。

[請求項15] 請求項1から14までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第3レンズ群は、最も物体側から順に隣り合って配置された正レンズと負レンズとを有する光学系。

[請求項16] 請求項1から15までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第2レンズ群は、接合レンズを有し、前記接合レンズは、物体

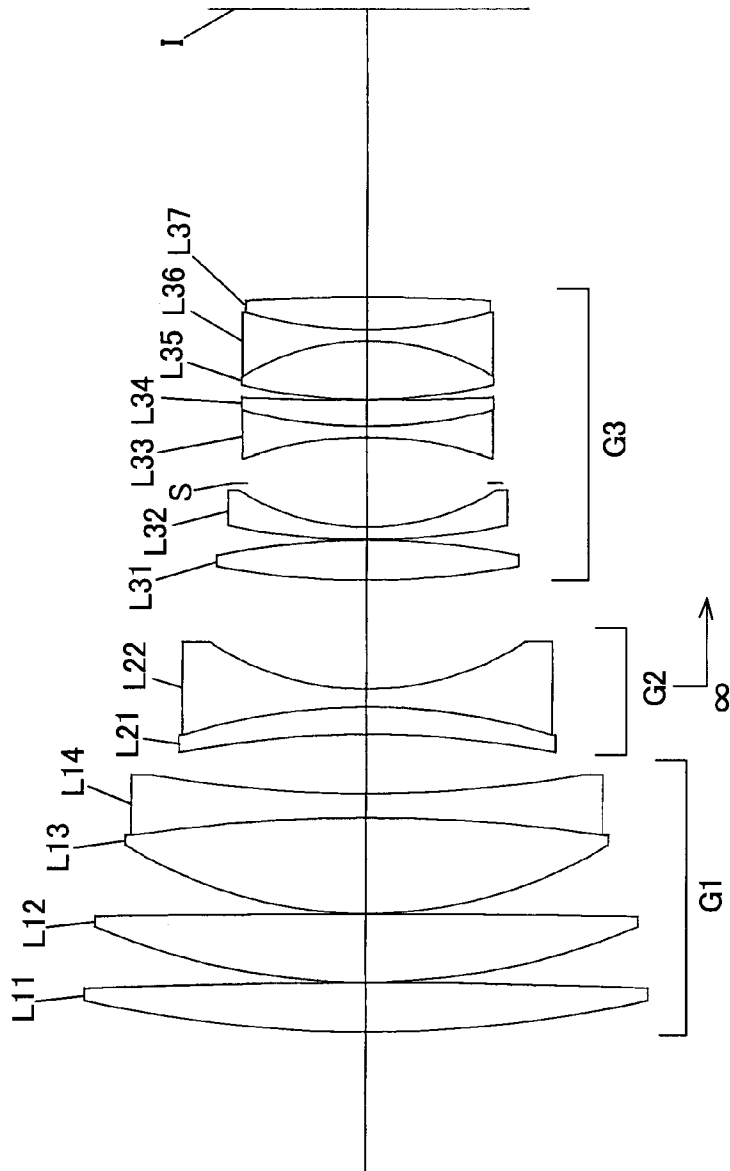
側から順に、正レンズと負レンズからなり、前記第2レンズ群は、前記接合レンズで構成されている、又は、物体側から順に、負レンズと前記接合レンズとで構成されている光学系。

- [請求項17] 請求項1から16までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第3レンズ群は、少なくとも一つの非球面を有する光学系。
- [請求項18] 請求項1から17までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第3レンズ群の少なくとも一部が光軸と直交する方向の成分を含むように移動する光学系。
- [請求項19] 請求項1から18までのいずれか一項に記載の光学系において、前記第1レンズ群から前記第3レンズ群における光学面のうちの少なくとも1面に反射防止膜が設けられており、前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含む光学系。
- [請求項20] 請求項19に記載の光学系において、前記ウェットプロセスを用いて形成された層のd線（波長 $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ）に対する屈折率を n_d としたとき、 n_d が1.30以下である光学系。
- [請求項21] 請求項1から20のいずれか一項に記載の光学系を備えた光学機器。
- [請求項22] 光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、
無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにし、
以下の条件式を満足するようにする光学系の製造方法。
$$1. \quad 0.0 < f / (-f_2) < 2.40$$
但し、
 f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離
 f_2 : 前記第2レンズ群の焦点距離

- [請求項23] 請求項22に記載の光学系の製造方法において、
前記第1レンズ群から前記第3レンズ群における光学面のうちの少なくとも1面に反射防止膜を設けることを含み、
前記反射防止膜はウェットプロセスを用いて形成された層を少なくとも1層含む光学系の製造方法。
- [請求項24] 光軸に沿って物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負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レンズ群とを有する光学系の製造方法であって、
無限遠物体から近距離物体への合焦に際し、前記第2レンズ群が光軸に沿って移動するようにし、
以下の条件式を満足するようにする光学系の製造方法。
$$0.80 < f / f_1 < 1.60$$

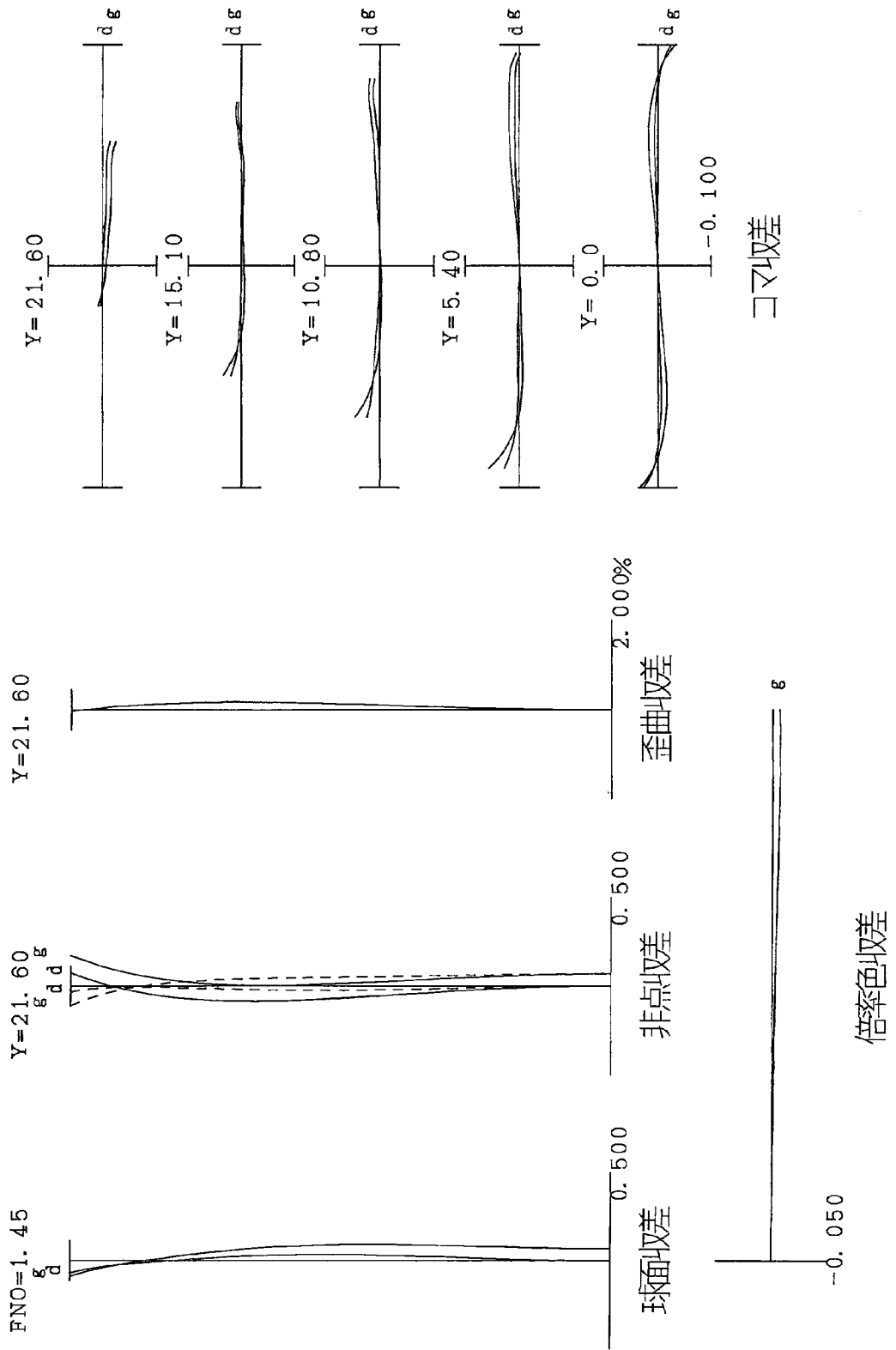
但し、
f : 前記光学系の無限遠合焦時の焦点距離
f₁ : 前記第1レンズ群の焦点距離

【図1】



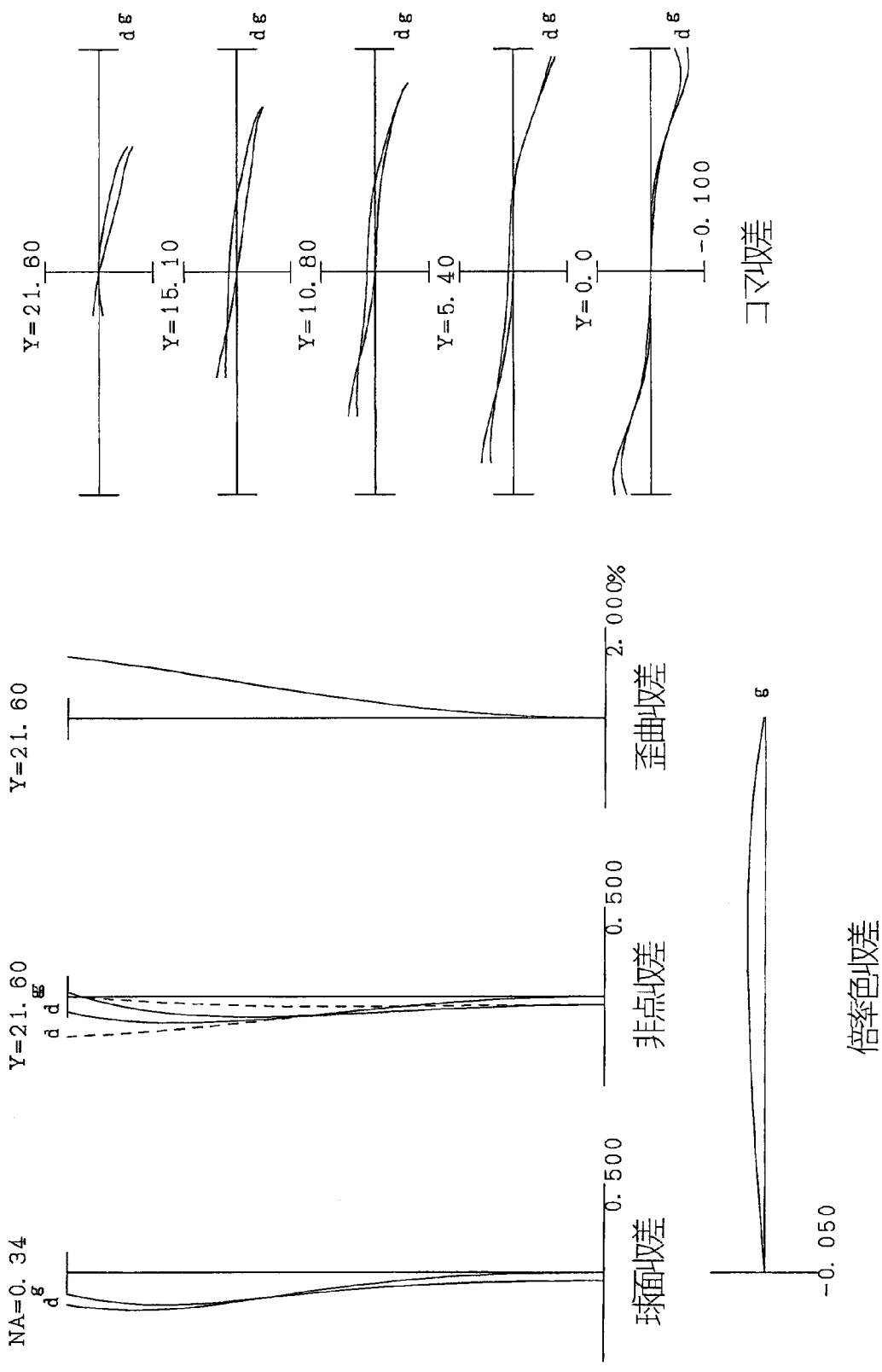
【図1】

【図2】



【図2】

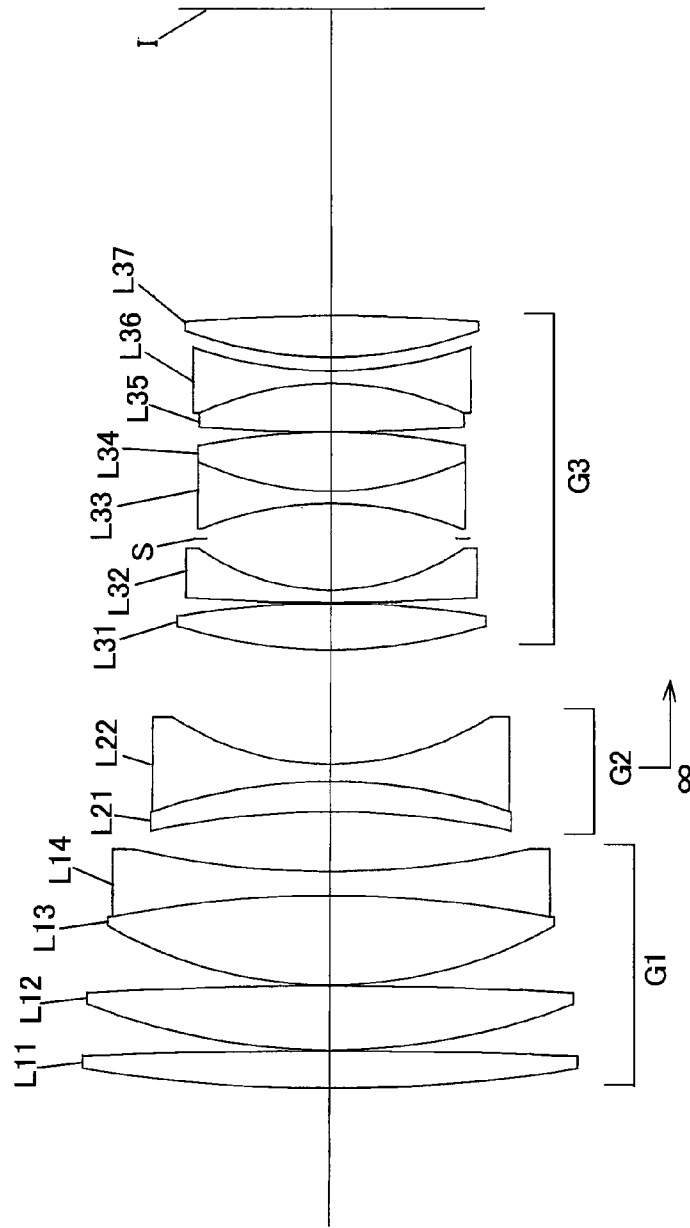
【図3】



【図3】

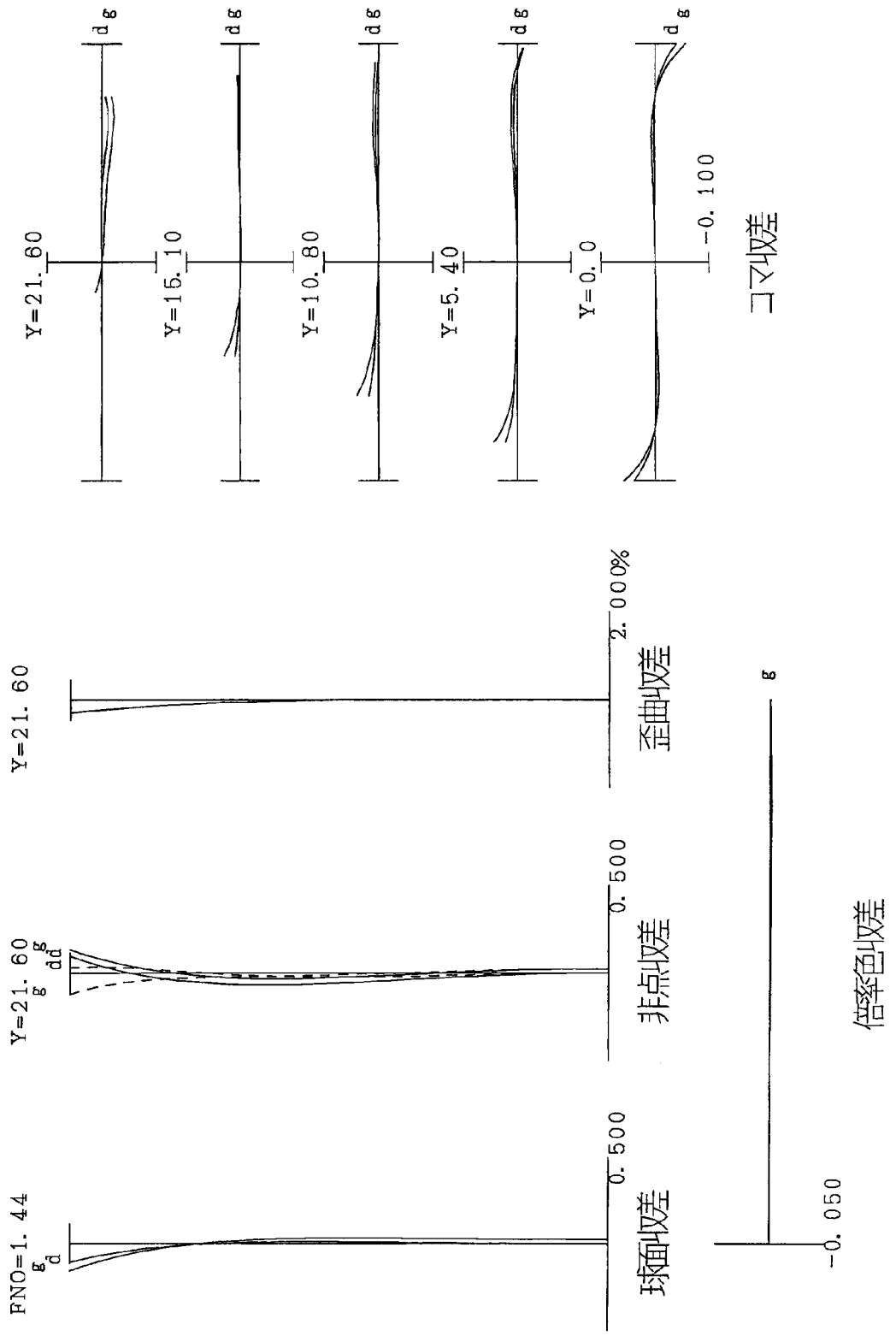
【図4】

【図4】

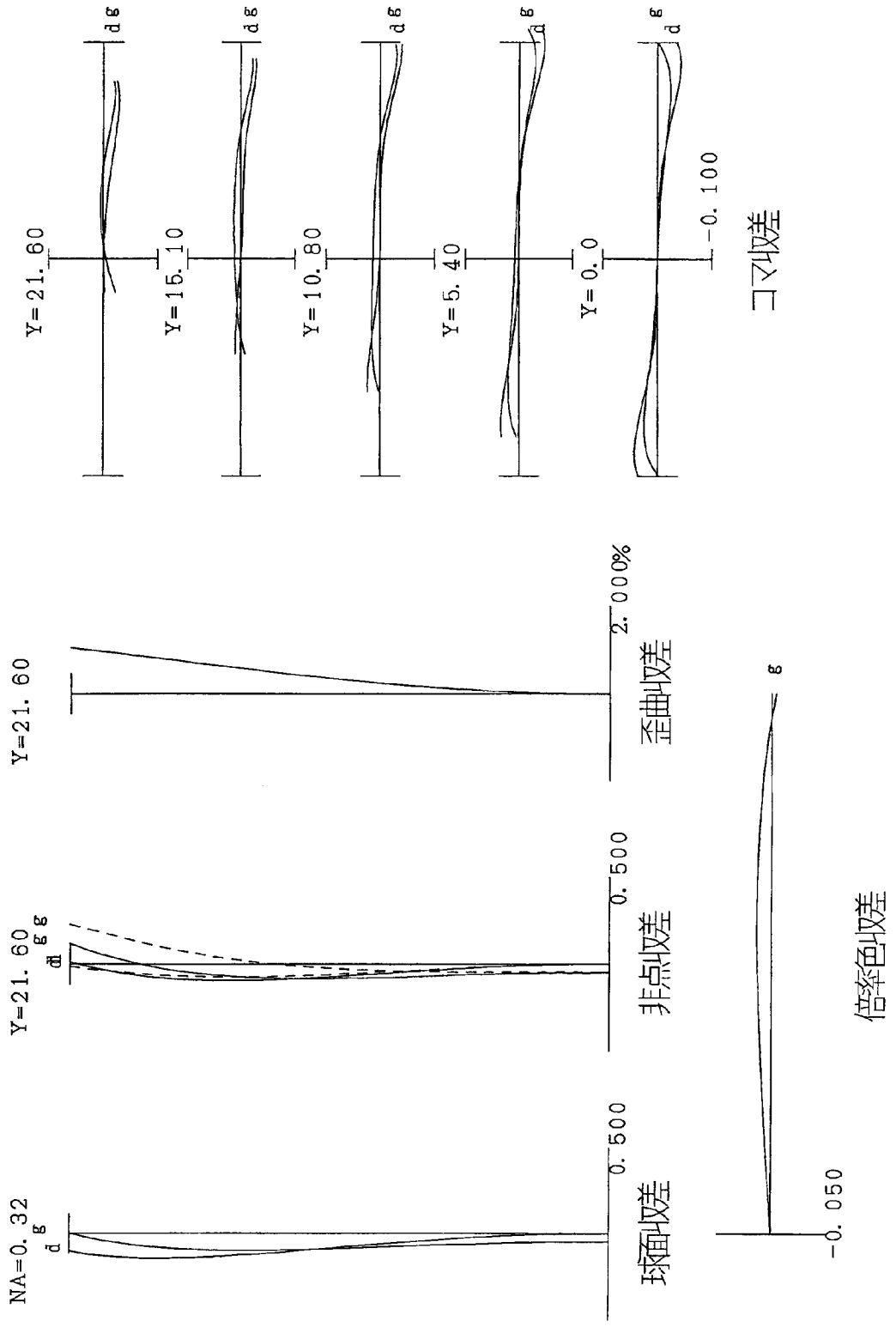


【図5】

【図5】



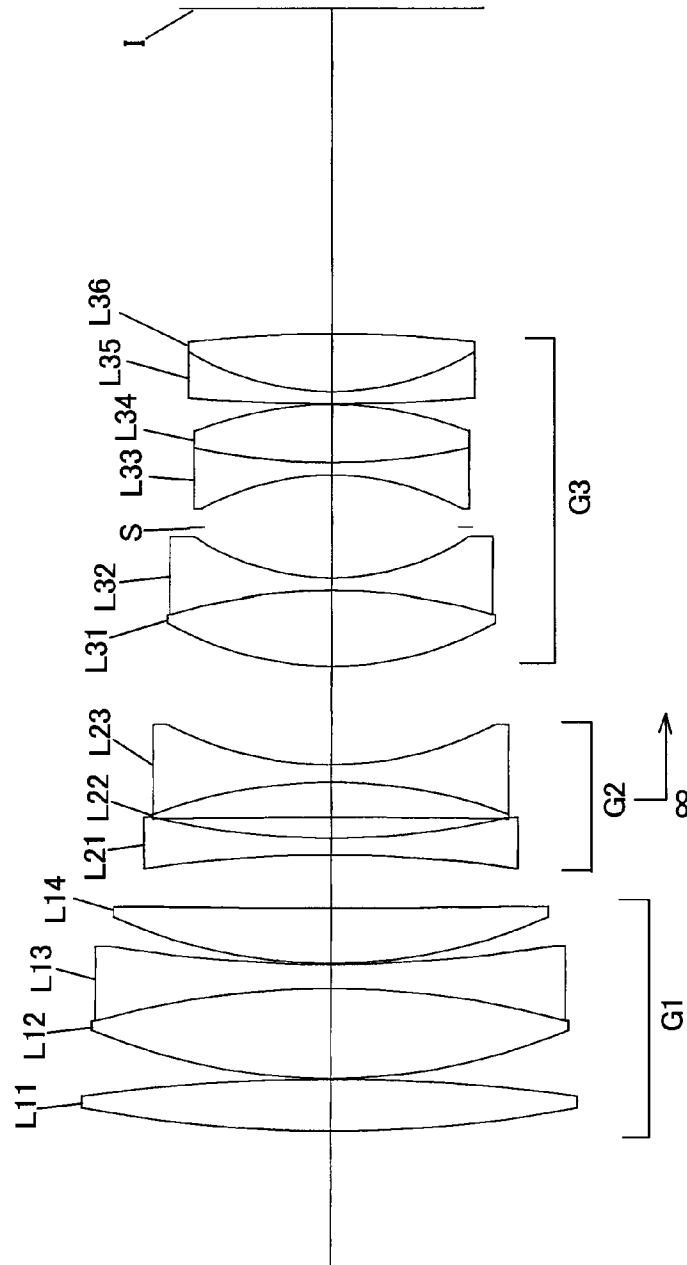
【図6】



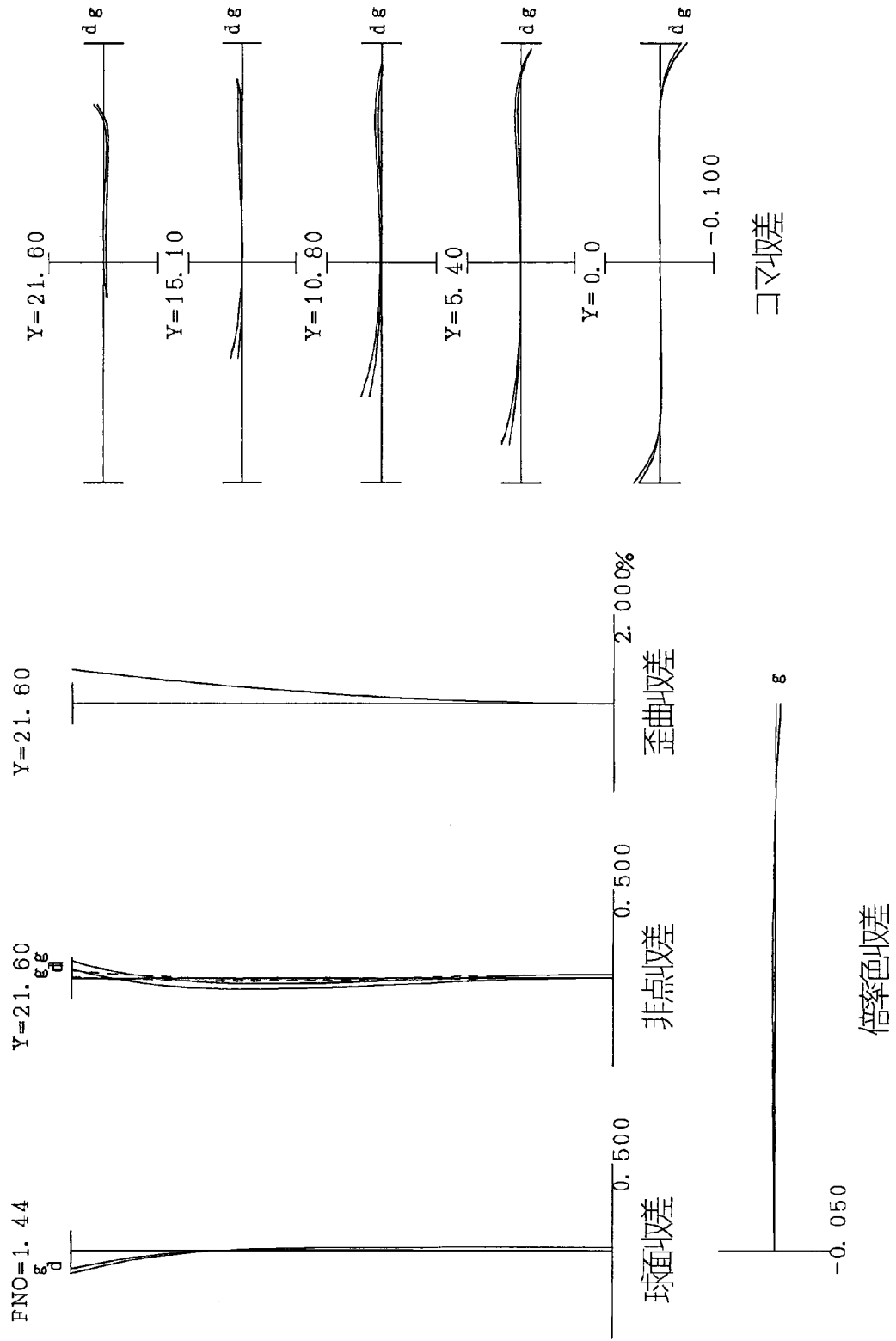
【図6】

[図7]

【図7】



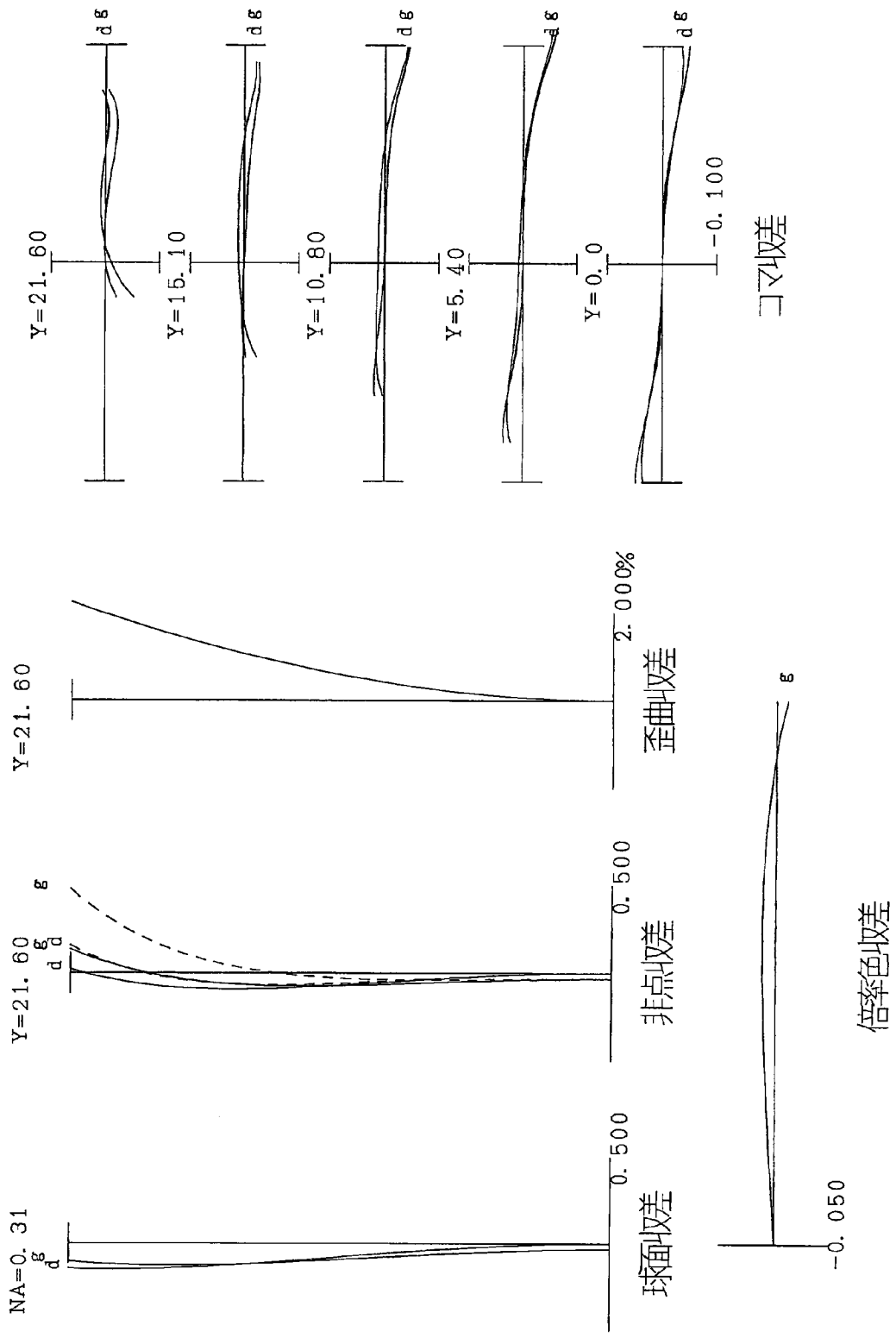
【図8】



【図8】

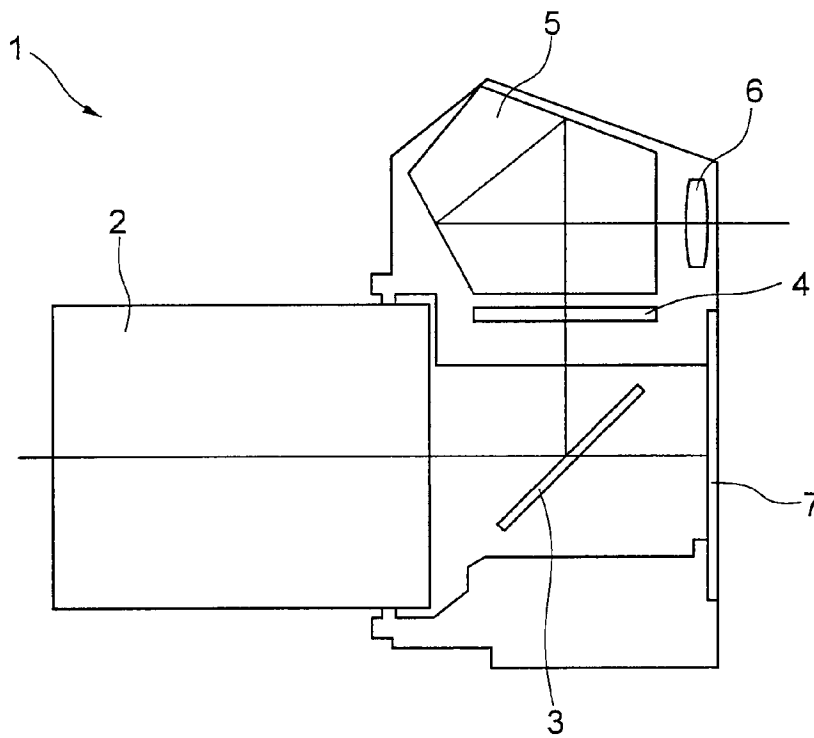
【図9】

【図9】



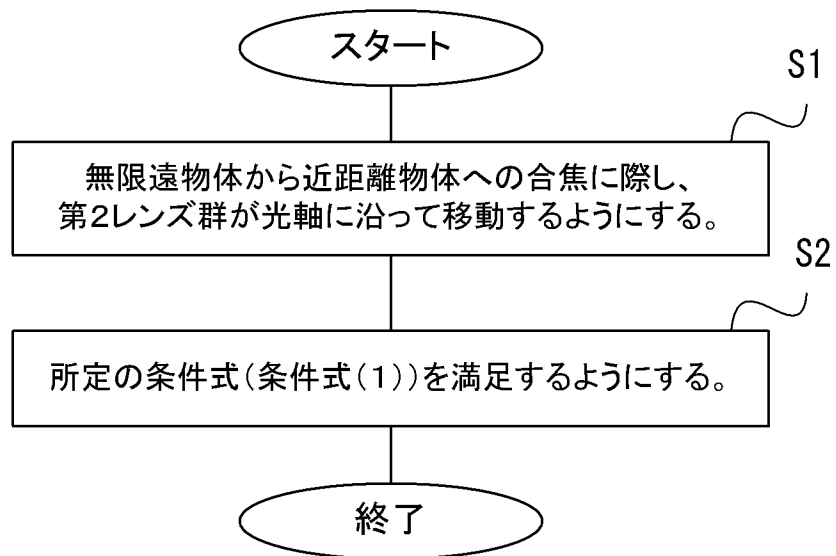
[図10]

【図10】



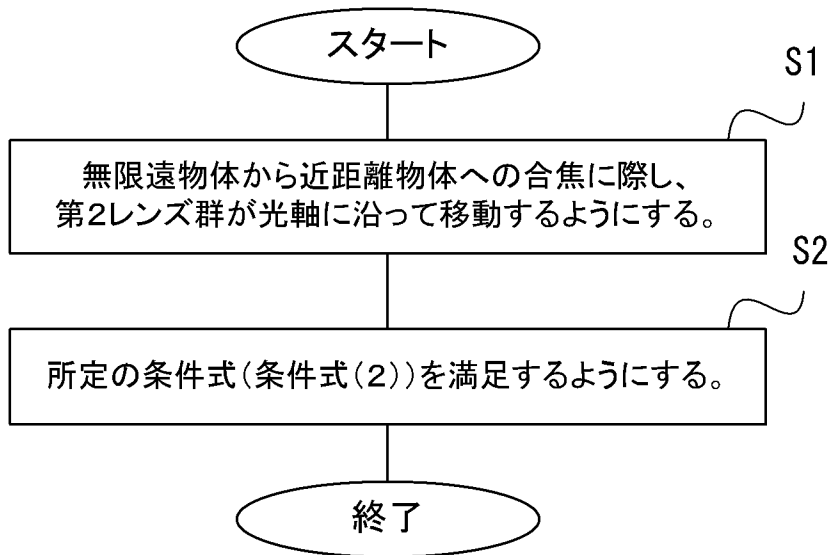
[図11]

【図11】



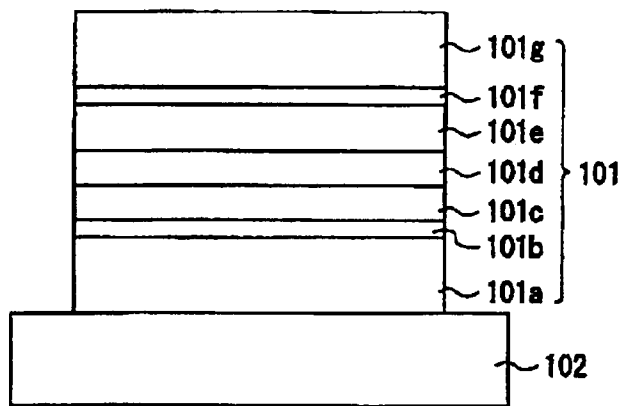
[図12]

【図12】



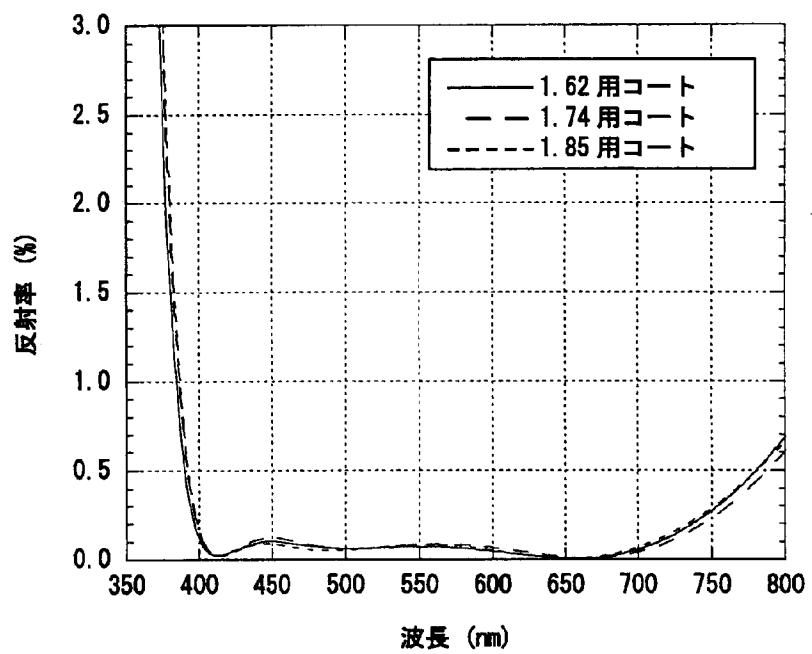
[図13]

【図13】



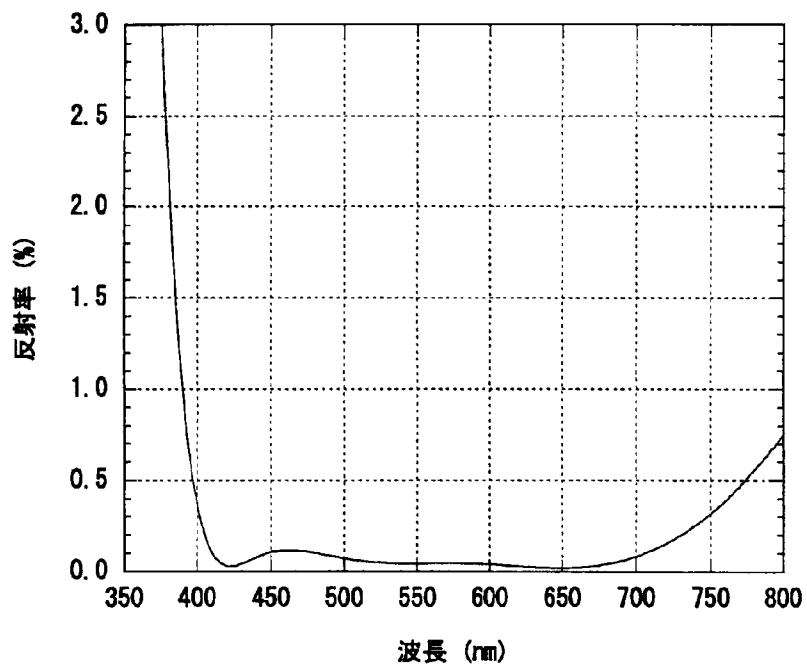
【図14】

【図14】



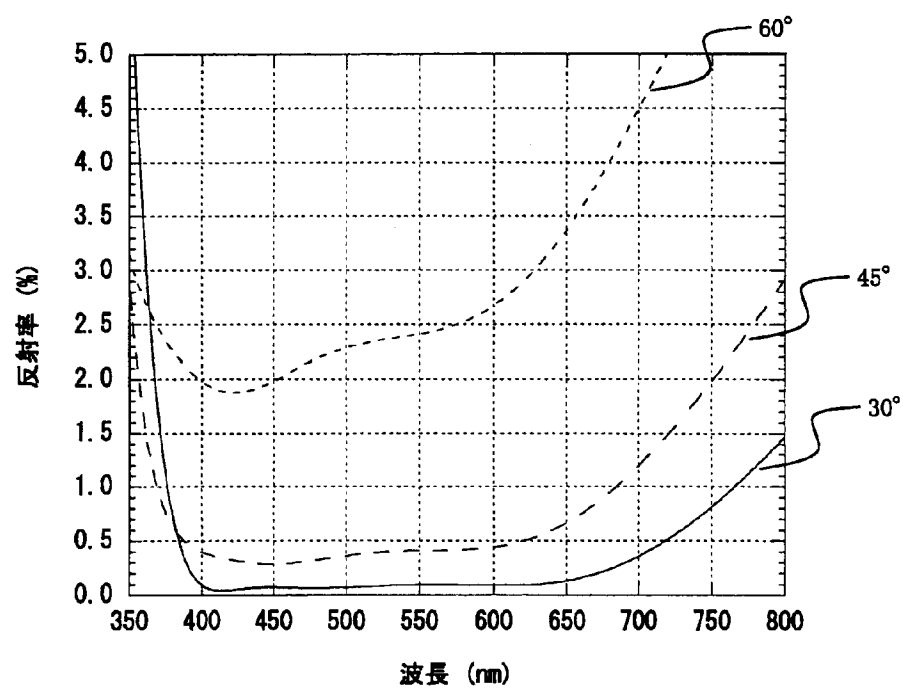
[図15]

【図15】



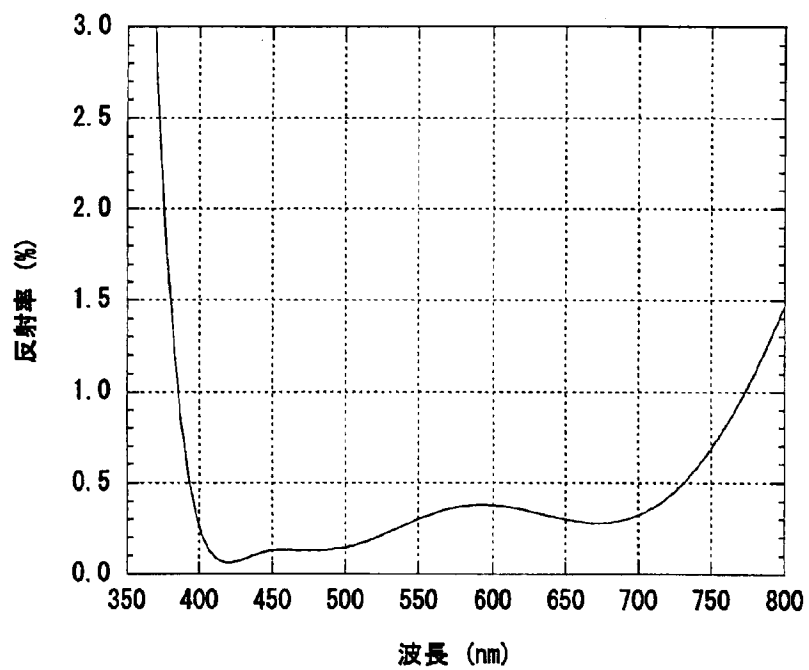
[図16]

【図16】



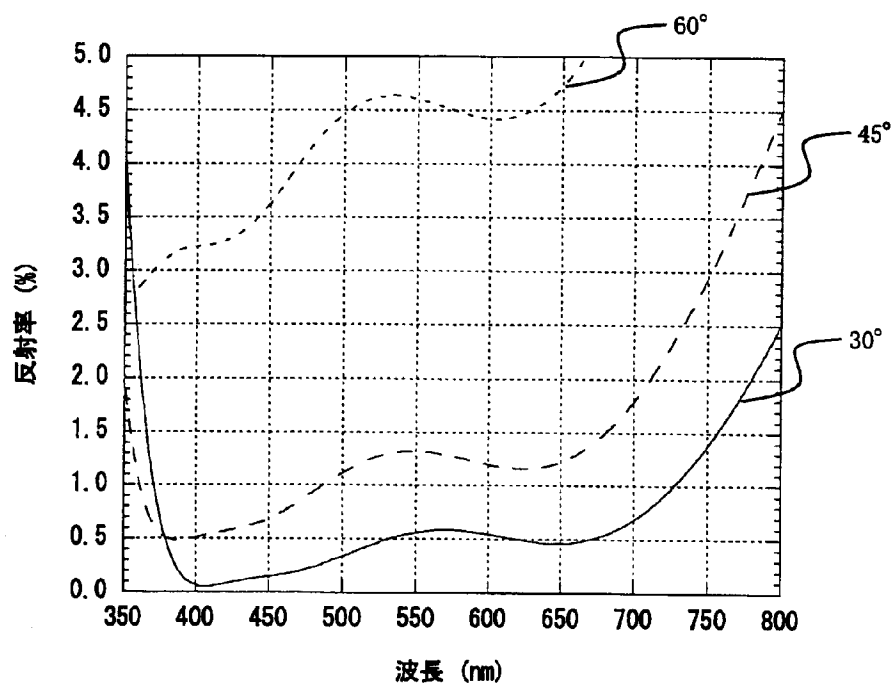
[図17]

【図17】



[図18]

【図18】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051724

<p>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>G02B13/00(2006.01) i, G02B1/111(2015.01) i, G02B13/18(2006.01) i</i></p> <p>According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>																				
<p>B. FIELDS SEARCHED</p> <p>Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) <i>G02B1/10-1/18, G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04</i></p> <p>Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:33%;"><i>Jitsuyo Shinan Koho</i></td> <td style="width:33%;"><i>1922-1996</i></td> <td style="width:33%;"><i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i></td> <td style="width:33%;"><i>1996-2016</i></td> </tr> <tr> <td><i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i></td> <td><i>1971-2016</i></td> <td><i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i></td> <td><i>1994-2016</i></td> </tr> </table> </p> <p>Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)</p>			<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2016</i>	<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2016</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2016</i>										
<i>Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1922-1996</i>	<i>Jitsuyo Shinan Toroku Koho</i>	<i>1996-2016</i>																	
<i>Kokai Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1971-2016</i>	<i>Toroku Jitsuyo Shinan Koho</i>	<i>1994-2016</i>																	
<p>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:10%;">Category*</th> <th style="width:70%;">Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th style="width:20%;">Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>JP 2003-43348 A (Canon Inc.), 13 February 2003 (13.02.2003),</td> <td>1-18, 21-22, 24</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 4 (Family: none)</td> <td>19-20, 23</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>JP 53-134425 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 24 November 1978 (24.11.1978),</td> <td>1-3, 6-11, 13, 15, 17, 21-22, 24</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>entire text; all drawings; particularly,</td> <td>19-20, 23</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>examples 1 to 3 & US 4176913 A entire text; all drawings; particularly, first embodiment to third embodiment & DE 2818637 A1</td> <td>4-5, 12, 14, 16, 18</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	JP 2003-43348 A (Canon Inc.), 13 February 2003 (13.02.2003),	1-18, 21-22, 24	Y	entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 4 (Family: none)	19-20, 23	X	JP 53-134425 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 24 November 1978 (24.11.1978),	1-3, 6-11, 13, 15, 17, 21-22, 24	Y	entire text; all drawings; particularly,	19-20, 23	A	examples 1 to 3 & US 4176913 A entire text; all drawings; particularly, first embodiment to third embodiment & DE 2818637 A1	4-5, 12, 14, 16, 18
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																		
X	JP 2003-43348 A (Canon Inc.), 13 February 2003 (13.02.2003),	1-18, 21-22, 24																		
Y	entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 4 (Family: none)	19-20, 23																		
X	JP 53-134425 A (Nippon Kogaku Kogyo Kabushiki Kaisha), 24 November 1978 (24.11.1978),	1-3, 6-11, 13, 15, 17, 21-22, 24																		
Y	entire text; all drawings; particularly,	19-20, 23																		
A	examples 1 to 3 & US 4176913 A entire text; all drawings; particularly, first embodiment to third embodiment & DE 2818637 A1	4-5, 12, 14, 16, 18																		
<p><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.</p>																				
<p>* Special categories of cited documents:</p> <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </td> <td style="width:50%; vertical-align: top;"> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p> </td> </tr> </table>			<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>																
<p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“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)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>																			
<p>Date of the actual completion of the international search 15 March 2016 (15.03.16)</p>		<p>Date of mailing of the international search report 29 March 2016 (29.03.16)</p>																		
<p>Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan</p>		<p>Authorized officer</p> <p>Telephone No.</p>																		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051724

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-145584 A (Canon Inc.), 26 June 2008 (26.06.2008), entire text; all drawings; particularly, numerical example 1	1-3, 5-11, 13, 16-18, 21-22, 24
Y	(Family: none)	19-20, 23
A		4, 12, 14-15
X	JP 2013-161076 A (Sigma Corp.), 19 August 2013 (19.08.2013), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 8	1-11, 13, 15-18, 21-22, 24
Y	(Family: none)	19-20, 23
A		12, 14
X	JP 2014-123018 A (Canon Inc.), 03 July 2014 (03.07.2014), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1 to 4	1-4, 6-8, 10-11, 15-17, 21-22, 24
Y	& US 2014/0176782 A1	19-20, 23
A	entire text; all drawings; particularly, First Numerical Example to Fourth Numerical Example & US 9235025 B2 & CN 103885161 A	5, 9, 12-14, 18
X	US 2009/0262439 A1 (SAMSUNG DIGITAL IMAGING CO., LTD.), 22 October 2009 (22.10.2009), entire text; all drawings; particularly, Embodiments 1 to 4	1-11, 13-14, 16-17, 21-22, 24
Y	& US 7791824 B2 & KR 10-2009-0111221 A	19-20, 23
A	& KR 10-1446776 B1	12, 15, 18
X	JP 2013-246354 A (Sigma Corp.), 09 December 2013 (09.12.2013), entire text; all drawings; particularly, numerical examples 1, 3 to 12	1, 4, 7-11, 13, 17-18, 21-22
Y	(Family: none)	19-20, 23
A		2-3, 5-6, 12, 14-16, 24
X	JP 11-119092 A (Canon Inc.), 30 April 1999 (30.04.1999), entire text; all drawings; particularly, paragraph [0048]; numerical examples 2 to 3, 6, 13	1, 4, 7-11, 13, 15-18, 21-22
Y	& US 6115188 A	19-20, 23
A	entire text; all drawings; particularly, column 11, lines 58 to 67; Numerical Examples 2 to 3, 6, 13	2-3, 5-6, 12, 14, 24
X	US 2014/0300804 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 09 October 2014 (09.10.2014), entire text; all drawings; particularly, First Embodiment, Fourth Embodiment	1, 4, 7-11, 13, 15, 17-18, 21-22
Y	& US 9042038 B2 & KR 10-2014-0121709 A	19-20, 23
A		2-3, 5-6, 12, 14, 16, 24

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/051724

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2005-321574 A (Nikon Corp.), 17 November 2005 (17.11.2005), entire text; all drawings; particularly, example 2 & US 2005/0248857 A1 entire text; all drawings; particularly, example 2 & US 7411745 B2 & JP 4639635 B2	3, 7, 9-13, 15-18, 21, 24 19-20 1-2, 4-6, 8, 14, 22-23
X Y A	JP 7-325272 A (Nikon Corp.), 12 December 1995 (12.12.1995), entire text; all drawings; particularly, examples 1 to 2 (Family: none)	1-3, 5-11, 13-14, 17-18, 21-22, 24 19-20, 23 4, 12, 15-16
Y	WO 2006/030848 A1 (Nikon Corp.), 23 March 2006 (23.03.2006), entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0067] to [0249]; fig. 1 to 17 & US 2008/0002259 A1 entire text; all drawings; particularly, paragraphs [0083] to [0258]; fig. 1 to 17 & US 2011/0122497 A1 & US 2012/0058261 A1 & US 2015/0362633 A1 & EP 1791002 A1 & EP 2637047 A2 & EP 2990839 A1 & KR 10-2013-0044372 A & KR 10-1399273 B1 & CN 1989427 A & KR 10-2007-0050052 A & KR 10-1294551 B1 & TW I459022 B & JP 4858170 B2	19-20, 23

Subject to be covered by this search:

Concerning the lens configuration of an optical system, specified in claims 1 and 3 is an optical system "having..., and a third lens group," and concerning the lens configuration of an optical system, specified in claims 22 and 24 is a method for manufacturing an optical system "having..., and a third lens group." The inventions according to claims 1 and 3, and 22 and 24 are understood to include an optical system with another lens group further added to an optical system of a three-group configuration; however, described in the specification as a specific example of an optical system is only an optical system which comprises a first lens group having positive refractive power, a second lens group having negative refractive power, and a third lens group having positive refractive power, sequentially in that order from an object side.

Furthermore, in the technical field of optics, it is a common general knowledge that a different configuration of lenses that constitute an optical system may typically lead to a different optical performance such as aberration, and no evidence can be found to extend or generalize the contents disclosed in the specification to the extent of the inventions according to claims 1 and 3, and 22 and 24.

Further, the above-said opinion may be also applied to claims dependent on any one of claims 1, 3 and 22.

Consequently, the inventions of claims 1-24 exceed the range set forth in the description, and therefore do not comply with the requirement of the support prescribed under PCT Article 6.

Therefore, no meaningful search could be carried out on and thus no search was conducted on optical systems other than those optical systems that are constituted by a first lens group having positive refractive power, a second lens group having negative refractive power, and a third lens group having positive refractive power, sequentially in that order from an object side.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B13/00(2006.01)i, G02B1/111(2015.01)i, G02B13/18(2006.01)i		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. G02B1/10-1/18, G02B9/00-17/08, G02B21/02-21/04, G02B25/00-25/04		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2016年 日本国実用新案登録公報 1996-2016年 日本国登録実用新案公報 1994-2016年		
国際調査で利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 2003-43348 A (キヤノン株式会社) 2003.02.13, 全文、全図、特に、数値実施例1-数値実施例4 (ファミリーなし)	1-18, 21-22, 24
Y		19-20, 23
X	JP 53-134425 A (日本光学工業株式会社) 1978.11.24, 全文、全図、特に、第1実施例-第3実施例 & US 4176913 A、全文、全図、特に、first embodiment - third embodiment & DE 2818637 A1	1-3, 6-11, 13, 15, 17, 21-22, 24
Y		19-20, 23
A		4-5, 12, 14, 16
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 15.03.2016	国際調査報告の発送日 29.03.2016	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 森内 正明 電話番号 03-3581-1101 内線 3271	2V 9222

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
		, 18
X Y A	JP 2008-145584 A (キヤノン株式会社) 2008.06.26, 全文、全図、特に、数値実施例 1 (ファミリーなし)	1-3, 5-11, 13, 16-18, 21-22, 24 19-20, 23 4, 12, 14-15
X Y A	JP 2013-161076 A (株式会社シグマ) 2013.08.19, 全文、全図、特に、数値実施例 1-数値実施例 8 (ファミリーなし)	1-11, 13, 15- 18, 21-22, 24 19-20, 23 12, 14
X Y A	JP 2014-123018 A (キヤノン株式会社) 2014.07.03, 全文、全図、特に、数値実施例 1-数値実施例 4 & US 2014/0176782 A1、全文、全図、特に、First Numerical Example - Fourth Numerical Example & US 9235025 B2 & CN 103885161 A	1-4, 6-8, 10- 11, 15-17, 21- 22, 24 19-20, 23 5, 9, 12-14, 18
X Y A	US 2009/0262439 A1 (SAMSUNG DIGITAL IMAGING CO., LTD.) 2009.10.22, 全文、全図、特に、Embodiments 1-4 & US 7791824 B2 & KR 10-2009-0111221 A & KR 10-1446776 B1	1-11, 13-14, 16-17, 21-22, 24 19-20, 23 12, 15, 18
X Y A	JP 2013-246354 A (株式会社シグマ) 2013.12.09, 全文、全図、特に、数値実施例 1、数値実施例 3-数値実施例 12 (ファミリーなし)	1, 4, 7-11, 13, 17-18, 21-22 19-20, 23 2-3, 5-6, 12, 14-16, 24
X Y A	JP 11-119092 A (キヤノン株式会社) 1999.04.30, 全文、全図、特に、段落[0048]、数値実施例 2-数値実施例 3、数値実施例 6、数値実施例 13 & US 6115188 A、全文、全図、特に、第 11 欄第 58 行-第 67 行、Numerical Examples 2-3, 6, 13	1, 4, 7-11, 13, 15-18, 21-22 19-20, 23 2-3, 5-6, 12, 14, 24

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 Y A	US 2014/0300804 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2014. 10. 09, 全文、全図、特に、First Embodiment, Fourth Embodiment & US 9042038 B2 & KR 10-2014-0121709 A	1, 4, 7-11, 13, 15, 17-18, 21-22 19-20, 23 2-3, 5-6, 12, 14, 16, 24
X Y A	JP 2005-321574 A (株式会社ニコン) 2005. 11. 17, 全文、全図、特に、第2実施例 & US 2005/0248857 A1、全文、全図、特に、Example 2 & US 7411745 B2 & JP 4639635 B2	3, 7, 9-13, 15-18, 21, 24 19-20 1-2, 4-6, 8, 14, 22-23
X Y A	JP 7-325272 A (株式会社ニコン) 1995. 12. 12, 全文、全図、特に、実施例 1-実施例 2 (ファミリーなし)	1-3, 5-11, 13-14, 17-18, 21-22, 24 19-20, 23 4, 12, 15-16
Y	WO 2006/030848 A1 (株式会社ニコン) 2006. 03. 23, 全文、全図、特に、段落[0067]-[0249]、図 1-図 17 & US 2008/0002259 A1、全文、全図、特に、段落[0083]-[0258]、FIGS. 1-17 & US 2011/0122497 A1 & US 2012/0058261 A1 & US 2015/0362633 A1 & EP 1791002 A1 & EP 2637047 A2 & EP 2990839 A1 & KR 10-2013-0044372 A & KR 10-1399273 B1 & CN 1989427 A & KR 10-2007-0050052 A & KR 10-1294551 B1 & TW I459022 B & JP 4858170 B2	19-20, 23

<調査対象について>

請求項1及び3には、光学系のレンズ構成に関して、「・・・第3レンズ群とを有し、」という記載があり、また、請求項22及び24には、光学系のレンズ構成に関して、「・・・第3レンズ群とを有する」という記載があり、請求項1、3、22及び24に係る発明には、3群構成の光学系に、他のレンズ群を追加した光学系も含まれると解されるが、明細書には、光学系の具体例として、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され光学系が記載されているのみである。

そして、光学の技術分野においては、光学系を構成するレンズ構成が異なると、一般に、収差等の光学性能が異なることが技術常識であり、また、請求項1、3、22及び24に係る発明の範囲まで、明細書に開示された内容を拡張ないし一般化するための根拠も見いだせない。

また、請求項1、3、22のいずれかに従属する請求項についても同様である。

したがって、請求項1ないし24に係る発明は、明細書に記載した範囲を超えるものであり、PCT第6条に規定される裏付けに関する要件を満たしていない。

よって、物体側から順に、物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群と、負の屈折力を有する第2レンズ群と、正の屈折力を有する第3レンズ群とから構成され光学系以外の光学系については、有意義な調査を行うことができないため、調査を行わなかった。