(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年10月6日(06.10.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/209483 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 21/02 (2006.01) *G02B 13/00* (2006.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2022/007908

(22) 国際出願日： 2022年2月25日(25.02.2022)

(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 2021-057545 2021年3月30日(30.03.2021) 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).

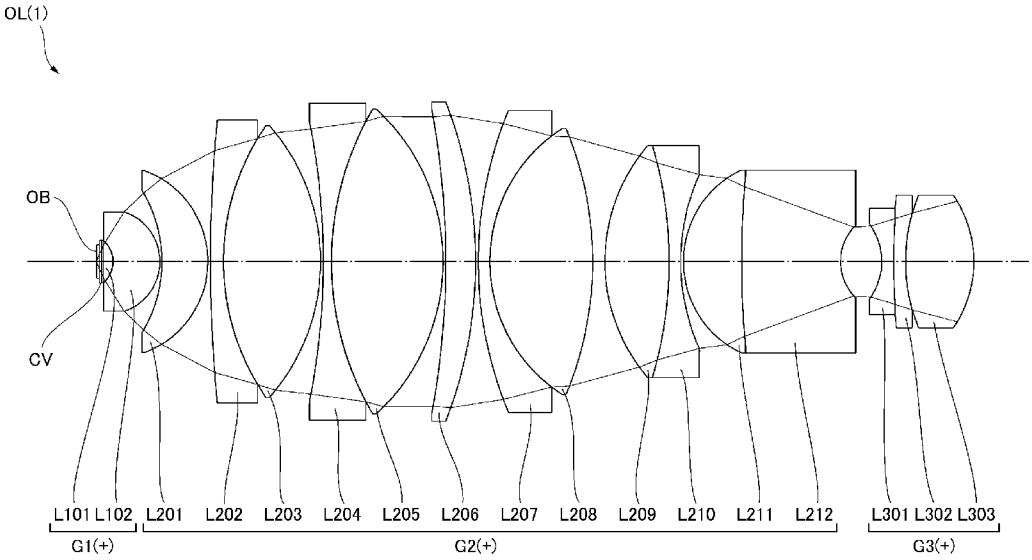
(72) 発明者: ▲高▼木 英嗣 (**TAKAGI, Hidetsugu**); 〒1086290 東京都港区港南二丁目１５番３号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大西 正悟，外 (**OHNISHI, Shogo** et al.); 〒1700013 東京都豊島区東池袋３－２０－３、東池袋ＳＳビル１階 大西国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) **Title:** MICROSCOPE OBJECTIVE LENS, MICROSCOPE OPTICAL SYSTEM, AND MICROSCOPE DEVICE

(54) 発明の名称： 顕微鏡対物レンズ、顕微鏡光学系、および顕微鏡装置



(57) **Abstract:** A microscope objective lens (OL) comprises a first lens group (G1) having positive refractive power, a second lens group (G2) having a concave surface facing the image side, and a third lens group (G3) having a concave surface facing the object side, which are arranged in order from the object side along an optical axis. The first lens group (G1) comprises one lens component having positive refractive power, the third lens group (G3) comprises three or more lenses including two negative lenses and one positive lens, and at least one predetermined negative lens out of the two

WO 2022/209483 A1

［続葉有］

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

negative lenses satisfies the following conditional expression. vdA < 40 where vdA is the Abbe number of the predetermined negative lens of the third lens group (G3).

(57) 要約:顕微鏡対物レンズ(ＯＬ)が、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群(Ｇ１)と、像側に凹面を向けた第２レンズ群(Ｇ２)と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群(Ｇ３)とからなり、第１レンズ群(Ｇ１)は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分からなり、第３レンズ群(Ｇ３)は、２つの負レンズと、１つの正レンズとを含む３つ以上のレンズからなり、２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、以下の条件式を満足する。νｄＡ＜４０但し、νｄＡ:第３レンズ群(Ｇ３)の所定の負レンズのアッベ数

明　細　書

発明の名称 ：

顕微鏡対物レンズ、顕微鏡光学系、および顕微鏡装置

技術分野

[0001] 本発明は、顕微鏡対物レンズ、顕微鏡光学系、および顕微鏡装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、倍率が高くて開口数が大きい顕微鏡用の対物レンズが種々提案されている（例えば、特許文献１を参照）。このような対物レンズでは、倍率色収差をはじめとする諸収差を良好に補正することが求められている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第８９８８７８０号明細書

発明の概要

[0004] 第１の本発明に係る顕微鏡対物レンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群と、像側に凹面を向けた第２レンズ群と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群とからなり、前記第１レンズ群は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分からなり、前記第３レンズ群は、２つの負レンズと、１つの正レンズとを含む３つ以上のレンズからなり、前記２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、以下の条件式を満足する。

$\nu dA < 40$

但し、νdA：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズのアッベ数

[0005] 第２の本発明に係る顕微鏡対物レンズは、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群と、像側に凹面を向けた第２レンズ群と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群とからなり、前記第１レンズ群は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分からなり、前記第２レンズ群は、以

下の条件式を満足する所定の正レンズを有する。

$\nu d2P < 35$

$0 < \theta 2P - (0.6438 - 0.001682 \times \nu d2P + 0.008)$

但し、$\nu d2P$：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズのアッベ数

$\theta 2P$：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズの部分分散比であり、前記所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P)$

[0006] 本発明に係る顕微鏡光学系は、上述の顕微鏡対物レンズと、前記顕微鏡対物レンズからの光を集光する第２対物レンズとを備える。

[0007] 本発明に係る顕微鏡装置は、上述の顕微鏡対物レンズを備える。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの構成を示す断面図である。

[図2]第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差図である。

[図3]第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの色収差図である。

[図4]第１実施例に係る顕微鏡対物レンズのコマ収差図である。

[図5]第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの構成を示す断面図である。

[図6]第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差図である。

[図7]第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの色収差図である。

[図8]第２実施例に係る顕微鏡対物レンズのコマ収差図である。

[図9]第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの構成を示す断面図である。

[図10]第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差図である。

[図11]第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの色収差図である。

[図12]第３実施例に係る顕微鏡対物レンズのコマ収差図である。

[図13]第２対物レンズの構成を示す断面図である。

[図14]顕微鏡装置の一例である共焦点蛍光顕微鏡を示す概略構成図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明に係る好ましい実施形態について説明する。まず、各実施形態に係る顕微鏡対物レンズを備えた顕微鏡光学系および共焦点蛍光顕微鏡（顕微鏡装置）を図１４に基づいて説明する。図１４に示すように、共焦点蛍光顕微鏡１は、ステージ１０と、光源２０と、照明光学系３０と、顕微鏡光学系４０と、検出部５０とを有して構成される。以降の説明において、共焦点蛍光顕微鏡１の顕微鏡対物レンズの光軸方向に延びる座標軸をｚ軸とする。また、このｚ軸と垂直な面内において互いに直交する方向に延びる座標軸をそれぞれｘ軸およびｙ軸とする。

[0010] ステージ１０上には、例えば、スライドガラス（図示せず）とカバーガラス（図示せず）との間に保持された試料ＳＡが載置される。また、ステージ１０上には、浸液とともに試料容器（図示せず）に収容された試料ＳＡが載置されてもよい。試料ＳＡは、蛍光色素などの蛍光物質を含む。試料ＳＡは、例えば、予め蛍光染色された細胞等である。ステージ１０の近傍に、ステージ駆動部１１が設けられる。ステージ駆動部１１は、ステージ１０をｚ軸に沿って移動させる。

[0011] 光源２０は、所定の波長帯の励起光を発生させる。光源２０として、例えば、所定の波長帯のレーザー光（励起光）を出射させることが可能なレーザー光源等が用いられる。所定の波長帯は、蛍光物質を含む試料ＳＡを励起させることが可能な波長帯に設定される。光源２０から出射した励起光は、照明光学系３０に入射する。

[0012] 照明光学系３０は、光源２０から出射した励起光によって、ステージ１０上の試料ＳＡを照明する。照明光学系３０は、光源２０側から試料ＳＡ側へ向かう順に、コリメータレンズ３１と、ビームスプリッタ３３と、スキャナ３４とを備える。また、照明光学系３０は、顕微鏡光学系４０の顕微鏡対物レンズＯＬを含む。コリメータレンズ３１は、光源２０から出射した励起光を平行光にする。

[0013] ビームスプリッタ３３は、光源２０からの励起光が反射し、かつ試料ＳＡ

からの蛍光が透過する特性を有する。ビームスプリッタ３３は、光源２０からの励起光をステージ１０上の試料ＳＡに向けて反射させる。ビームスプリッタ３３は、試料ＳＡで発生した蛍光を検出部５０に向けて透過させる。ビームスプリッタ３３とコリメータレンズ３１との間に、光源２０からの励起光を透過させる励起フィルター３２が配設される。ビームスプリッタ３３と顕微鏡光学系４０の第２対物レンズＩＬとの間に、試料ＳＡからの蛍光を透過させる蛍光フィルター３５が配設される。

[0014] スキャナ３４は、ｘ方向とｙ方向との２方向において、光源２０からの励起光で試料ＳＡを走査する。スキャナ３４として、例えば、ガルバノスキャナや、レゾナントスキャナ等が用いられる。

[0015] 顕微鏡光学系４０は、試料ＳＡで発生した蛍光を集光する。顕微鏡光学系４０は、試料ＳＡ側から検出部５０側へ向かう順に、顕微鏡対物レンズＯＬと、第２対物レンズＩＬとを備える。また、顕微鏡光学系４０は、顕微鏡対物レンズＯＬと第２対物レンズＩＬとの間に配置された、スキャナ３４と、ビームスプリッタ３３とを含む。顕微鏡対物レンズＯＬは、試料ＳＡが載置されるステージ１０の上方に対向して配置される。顕微鏡対物レンズＯＬは、光源２０からの励起光を集光してステージ１０上の試料ＳＡに照射する。また、顕微鏡対物レンズＯＬは、試料ＳＡで発生した蛍光を受光して平行光にする。第２対物レンズＩＬは、顕微鏡対物レンズＯＬからの蛍光（平行光）を集光する。

[0016] 検出部５０は、顕微鏡光学系４０を介して、試料ＳＡで発生した蛍光を検出する。検出部５０として、例えば、光電子増倍管が用いられる。顕微鏡光学系４０と検出部５０との間に、ピンホール４５が設けられる。ピンホール４５は、顕微鏡対物レンズＯＬの試料ＳＡ側の焦点位置と共役な位置に配置される。ピンホール４５は、顕微鏡対物レンズＯＬの焦点面（顕微鏡対物レンズＯＬの焦点位置を通る顕微鏡対物レンズＯＬの光軸と垂直な面）または、当該焦点面から所定のずれ許容範囲内で光軸方向にずれた面からの光のみを通過させ、他の光を遮光する。

[0017] 以上のように構成される共焦点蛍光顕微鏡１において、光源２０から出射した励起光は、コリメータレンズ３１を透過して平行光となる。コリメータレンズ３１を透過した励起光は、励起フィルター３２を通ってビームスプリッタ３３に入射する。ビームスプリッタ３３に入射した励起光は、当該ビームスプリッタ３３で反射してスキャナ３４に入射する。スキャナ３４は、ｘ方向とｙ方向との２方向において、スキャナ３４に入射した励起光で試料ＳＡを走査する。スキャナ３４に入射した励起光は、スキャナ３４を通って顕微鏡対物レンズＯＬを透過し、顕微鏡対物レンズＯＬの焦点面に集光される。試料ＳＡにおいて励起光が集光される部分（すなわち、顕微鏡対物レンズＯＬの焦点面と重なる部分）は、スキャナ３４によりｘ方向とｙ方向との２方向において２次元的に走査される。これにより、照明光学系３０は、光源２０から出射した励起光によって、ステージ１０上の試料ＳＡを照明する。

[0018] 励起光の照射によって、試料ＳＡに含まれる蛍光物質が励起されて蛍光が出射する。試料ＳＡからの蛍光は、顕微鏡対物レンズＯＬを透過して平行光となる。顕微鏡対物レンズＯＬを透過した蛍光は、スキャナ３４を通ってビームスプリッタ３３に入射する。ビームスプリッタ３３に入射した蛍光は、当該ビームスプリッタ３３を透過して蛍光フィルター３５に達する。蛍光フィルター３５に達した蛍光は、蛍光フィルター３５を通って第２対物レンズＩＬを透過し、顕微鏡対物レンズＯＬの焦点位置と共役な位置に集光される。顕微鏡対物レンズＯＬの焦点位置と共役な位置に集光された蛍光は、ピンホール４５を通過して検出部５０に入射する。

[0019] 検出部５０は、検出部５０に入射した光（蛍光）の光電変換を行い、光の検出信号として、その光の光量（明るさ）に対応するデータを生成する。検出部５０は、生成したデータを不図示の制御部へ出力する。なお、制御部は、検出部５０から入力されたデータを１画素分のデータとして、これをスキャナ３４による２次元的な走査と同期して並べる処理を行うことで、複数画素分のデータが２次元で（２方向で）並ぶ１つの画像データを生成する。このようにして、制御部は、試料ＳＡの画像を取得することが可能である。

[0020] 本実施形態に係る顕微鏡装置の一例として、共焦点蛍光顕微鏡１について説明したが、これに限られるものではない。例えば、本実施形態に係る顕微鏡装置は、共焦点顕微鏡や、多光子励起顕微鏡、超解像顕微鏡等であってもよい。また、共焦点蛍光顕微鏡１は、正立顕微鏡であってもよく、倒立顕微鏡であってもよい。

[0021] 次に、第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズについて説明する。第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬの一例として、図１に示す顕微鏡対物レンズＯＬ（１）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、像側に凹面を向けた第２レンズ群Ｇ２と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群Ｇ３とから構成される。第１レンズ群Ｇ１は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分から構成される。第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズと、１つの正レンズとを含む３つ以上のレンズから構成される。なお、各実施形態において、レンズ成分は、単レンズ又は接合レンズを示すものである。また、図１等において、物体ＯＢは物体面を示す。

[0022] 上記構成の下、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズ（Ｌ３０２）は、以下の条件式（１）を満足する。

$$\nu dA < 40 \quad \cdots (1)$$

但し、νｄＡ：第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズのアッベ数

[0023] 第１実施形態によれば、倍率色収差をはじめとする諸収差が良好に補正された顕微鏡対物レンズ、並びにこの顕微鏡対物レンズを備えた顕微鏡光学系および顕微鏡装置を得ることが可能になる。第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬは、図５に示す光学系ＯＬ（２）でも良く、図９に示す光学系ＯＬ（３）でも良い。

[0024] 条件式（１）は、第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズのアッベ数について、適切な範囲を規定するものである。条件式（１）を満足することで、倍率色収差の補正において、１次の色消しを良好に行うことができる。

[0025] 条件式（１）の対応値が上限値を上回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（１）の上限値を、３５、３３、３２、さらに３０に設

定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0026] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズは、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、以下の条件式（２）および条件式（３）を満足することが望ましい。

０＜νｄＸ－νｄＡ　・・・（２）

０＜（θＡ－θＸ）／（νｄＡ－νｄＸ）×（νｄＰ－νｄＸ）＋θＸ－θＰ　・・・（３）

但し、νｄＸ：第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち他方の負レンズのアッベ数

νｄＰ：第３レンズ群Ｇ３の正レンズのアッベ数

θＡ：第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズの部分分散比であり、所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

θＡ＝（ｎｇＡ－ｎＦＡ）／（ｎＦＡ－ｎＣＡ）

θＸ：第３レンズ群Ｇ３の他方の負レンズの部分分散比であり、他方の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＸとし、他方の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＸとし、他方の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＸとしたとき、次式で定義される

θＸ＝（ｎｇＸ－ｎＦＸ）／（ｎＦＸ－ｎＣＸ）

θＰ：第３レンズ群Ｇ３の正レンズの部分分散比であり、正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＰとし、正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＰとし、正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＰとしたとき、次式で定義される

θＰ＝（ｎｇＰ－ｎＦＰ）／（ｎＦＰ－ｎＣＰ）

[0027] 条件式（２）は、第３レンズ群Ｇ３における、所定の負レンズのアッベ数と、他方の負レンズのアッベ数との適切な関係を規定するものである。条件

式（３）は、第３レンズ群Ｇ３における、所定の負レンズの部分分散比およびアッベ数と、他方の負レンズの部分分散比およびアッベ数と、正レンズの部分分散比およびアッベ数との適切な関係を規定するものである。条件式（２）および条件式（３）を満足することで、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0028] 条件式（２）の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（２）の下限値を、３、５、８、さらに１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0029] 条件式（３）の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（３）の下限値を０．０１に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0030] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズは、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、以下の条件式（２）および条件式（４）を満足するようにしてもよい。

$0 < \nu dX - \nu dA \quad \cdots (2)$

$0 < (\theta A - \theta X) / (\nu dA - \nu dX) \times (\nu dP - \nu dX) + \theta X - \theta P - 0.015 \quad \cdots (4)$

但し、νｄＸ：第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち他方の負レンズのアッベ数

νｄＰ：第３レンズ群Ｇ３の正レンズのアッベ数

θＡ：第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズの部分分散比であり、所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA)$

θＸ：第３レンズ群Ｇ３の他方の負レンズの部分分散比であり、他方の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＸとし、他方の負レンズのＦ線に

対する屈折率をｎＦＸとし、他方の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＸとしたとき、次式で定義される

$\theta X = (ngX - nFX) / (nFX - nCX)$

θP：第３レンズ群Ｇ３の正レンズの部分分散比であり、正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＰとし、正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＰとし、正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＰとしたとき、次式で定義される

$\theta P = (ngP - nFP) / (nFP - nCP)$

[0031] 条件式（２）は、前述したように、第３レンズ群Ｇ３における、所定の負レンズのアッベ数と、他方の負レンズのアッベ数との適切な関係を規定するものである。条件式（４）は、第３レンズ群Ｇ３における、所定の負レンズの部分分散比およびアッベ数と、他方の負レンズの部分分散比およびアッベ数と、正レンズの部分分散比およびアッベ数との適切な関係を規定するものである。条件式（２）および条件式（４）を満足することで、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0032] 条件式（２）の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（２）の下限値を、３、５、８、さらに１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0033] 条件式（４）の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（４）の下限値を０．００１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。

[0034] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、以下の条件式（５）を満足することが望ましい。

$0 < \theta A - (0.6438 - 0.001682 \times \nu dA + 0.007)$ ・・・（５）

但し、θA：第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズの部分分散比であり、所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、所定の負レンズのＦ線に

対する屈折率をｎＦＡとし、所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

θＡ＝（ｎｇＡ－ｎＦＡ）／（ｎＦＡ－ｎＣＡ）

[0035] 条件式（５）は、第３レンズ群Ｇ３における、所定の負レンズのアッベ数と部分分散比との適切な関係を規定するものである。条件式（５）を満足することで、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0036] 条件式（５）の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（５）の下限値を０．０１に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0037] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、以下の条件式（６）を満足するようにしてもよい。

０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄＡ＋０．０１７）

・・・（６）

但し、θＡ：第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズの部分分散比であり、所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

θＡ＝（ｎｇＡ－ｎＦＡ）／（ｎＦＡ－ｎＣＡ）

[0038] 条件式（６）は、第３レンズ群Ｇ３における、所定の負レンズのアッベ数と部分分散比との適切な関係を規定するものである。条件式（６）を満足することで、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0039] 条件式（６）の対応値が下限値を下回ると、倍率色収差を補正することが困難になる。条件式（６）の下限値を０．００５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。

[0040] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３の所定の負レンズは、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち一方の負レン

ズであり、２つの負レンズのうち他方の負レンズは、所定の負レンズよりも物体側で第３レンズ群Ｇ３の最も物体側に配置されることが望ましい。これにより、軸外のコマ収差を良好に補正することができる。

[0041] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、以下の条件式（７）を満足することが望ましい。

１．６８＜ｎｄＸ　・・・（７）

但し、ｎｄＸ：第３レンズ群Ｇ３の他方の負レンズのｄ線に対する屈折率

[0042] 条件式（７）は、第３レンズ群Ｇ３の他方の負レンズのｄ線に対する屈折率について、適切な範囲を規定するものである。条件式（７）を満足することで、軸外のコマ収差を良好に補正することができる。

[0043] 条件式（７）の対応値が下限値を下回ると、軸外のコマ収差を補正することが困難になる。条件式（７）の下限値を１．６９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。

[0044] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２は、正の屈折力を有することが望ましい。これにより、球面収差と軸上色収差を良好に補正することができる。

[0045] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２は、以下の条件式（８）を満足する所定の正レンズを有することが望ましい。

νｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）

但し、νｄ２Ｐ：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数

[0046] 条件式（８）は、第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数について、適切な範囲を規定するものである。なお、各実施形態において、所定の正レンズは、ガラスレンズであることが望ましい。条件式（８）を満足することで、軸上色収差を良好に補正することができる。

[0047] 条件式（８）の対応値が上限値を上回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（８）の上限値を３３、さらに３０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0048] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２は

、第２レンズ群Ｇ２のうち最も光軸から離れた光線が通り、以下の条件式（８）および条件式（９）を満足する所定の正レンズを有することが望ましい。

$\nu d2P < 35$ ・・・（８）

$0 < \theta 2P - (0.6438 - 0.001682 \times \nu d2P + 0.008)$ ・・・（９）

但し、$\nu d2P$：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数

$\theta 2P$：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズの部分分散比であり、所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P)$

[0049] 条件式（８）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数について、適切な範囲を規定するものである。条件式（９）は、第２レンズ群Ｇ２における、所定の正レンズのアッベ数と部分分散比との適切な関係を規定するものである。条件式（８）および条件式（９）を満足することで、軸上色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0050] 条件式（８）の対応値が上限値を上回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（８）の上限値を３３、さらに３０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0051] 条件式（９）の対応値が下限値を下回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（９）の下限値を０．００１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。

[0052] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２は、第２レンズ群Ｇ２のうち最も光軸から離れた光線が通る正レンズと、当該最も光軸から離れた光線が通る正レンズよりも物体側に配置され、以下の条件式（８）および条件式（９）を満足する所定の正レンズとを有してもよい

。

νｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）

０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄ２Ｐ＋０．００８）　・・・（９）

但し、νｄ２Ｐ：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数

θ２Ｐ：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズの部分分散比であり、所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

θ２Ｐ＝（ｎｇ２Ｐ－ｎＦ２Ｐ）／（ｎＦ２Ｐ－ｎＣ２Ｐ）

[0053] 条件式（８）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数について、適切な範囲を規定するものである。条件式（９）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２における、所定の正レンズのアッベ数と部分分散比との適切な関係を規定するものである。条件式（８）および条件式（９）を満足することで、軸上色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0054] 条件式（８）の対応値が上限値を上回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（８）の上限値を３３、さらに３０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0055] 条件式（９）の対応値が下限値を下回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（９）の下限値を０．００１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。

[0056] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２は、第２レンズ群Ｇ２のうち最も光軸から離れた光線が通る正レンズと、当該最も光軸から離れた光線が通る正レンズよりも像側に配置され、以下の条件式（８）および条件式（９）を満足する所定の正レンズとを有してもよい。

νｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）

０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄ２Ｐ＋０．００８

）　・・・（９）

但し、νｄ２Ｐ：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数

θ２Ｐ：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズの部分分散比であり、所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

θ２Ｐ＝（ｎｇ２Ｐ－ｎＦ２Ｐ）／（ｎＦ２Ｐ－ｎＣ２Ｐ）

[0057] 条件式（８）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数について、適切な範囲を規定するものである。条件式（９）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２における、所定の正レンズのアッベ数と部分分散比との適切な関係を規定するものである。条件式（８）および条件式（９）を満足することで、軸上色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0058] 条件式（８）の対応値が上限値を上回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（８）の上限値を３３、さらに３０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0059] 条件式（９）の対応値が下限値を下回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（９）の下限値を０．００１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。

[0060] 第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１のレンズ成分は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズを含む接合レンズであることが望ましい。これにより、像面湾曲を良好に補正することができる。なお、第１レンズ群Ｇ１のレンズ成分は、接合レンズに限らず、単レンズであってもよい。

[0061] 次に、第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズについて説明する。第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズは、第１実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬと同様の構成であるため、第１実施形態と同一の符号を付して説明する。第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬの一例として、図１に示す顕微鏡対

物レンズＯＬ（１）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、像側に凹面を向けた第２レンズ群Ｇ２と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群Ｇ３とから構成される。第１レンズ群Ｇ１は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分から構成される。

[0062] 上記構成の下、第２レンズ群Ｇ２は、以下の条件式（８）および条件式（９）を満足する所定の正レンズを有する。

$\nu d2P < 35$ ・・・（８）

$0 < \theta 2P - (0.6438 - 0.001682 \times \nu d2P + 0.008)$ ・・・（９）

但し、$\nu d2P$：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数

$\theta 2P$：第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズの部分分散比であり、所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P)$

[0063] 第２実施形態によれば、倍率色収差をはじめとする諸収差が良好に補正された顕微鏡対物レンズ、並びにこの顕微鏡対物レンズを備えた顕微鏡光学系および顕微鏡装置を得ることが可能になる。第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬは、図５に示す光学系ＯＬ（２）でも良く、図９に示す光学系ＯＬ（３）でも良い。

[0064] 条件式（８）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２の所定の正レンズのアッベ数について、適切な範囲を規定するものである。条件式（９）は、前述したように、第２レンズ群Ｇ２における、所定の正レンズのアッベ数と部分分散比との適切な関係を規定するものである。条件式（８）および条件式（９）を満足することで、軸上色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。

[0065] 条件式（８）の対応値が上限値を上回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（８）の上限値を３３、さらに３０に設定することで、

本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0066] 条件式（９）の対応値が下限値を下回ると、軸上色収差を補正することが困難になる。条件式（９）の下限値を０．００１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。

[0067] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズを有し、２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、前述の条件式（１）を満足することが望ましい。条件式（１）を満足することで、第１実施形態の場合と同様に、倍率色収差の補正において、１次の色消しを良好に行うことができる。また、条件式（１）の上限値を、３５、３３、３２、さらに３０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0068] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズと、１つの正レンズとを含む３つ以上のレンズから構成され、前述の条件式（１）等を満足する所定の負レンズは、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、前述の条件式（２）および条件式（３）を満足することが望ましい。条件式（２）および条件式（３）を満足することで、第１実施形態の場合と同様に、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。また、条件式（２）の下限値を、３、５、８、さらに１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。条件式（３）の下限値を０．０１に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0069] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズと、１つの正レンズとを含む３つ以上のレンズから構成され、前述の条件式（１）等を満足する所定の負レンズは、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、前述の条件式（２）および条件式（４）を満足するようにしてもよい。条件式（２）および条件式（４）を満足することで、第１実施形態の場合と同様に、倍率色収差の補正にお

いて、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。また、条件式（２）の下限値を３、５、８、さらに１０に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。条件式（４）の下限値を０．０１に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0070] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズを有し、２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、前述の条件式（５）を満足することが望ましい。条件式（５）を満足することで、第１実施形態の場合と同様に、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。また、条件式（５）の下限値を０．０１に設定することで、本実施形態の効果をより確実なものとすることができる。

[0071] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズを有し、２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、前述の条件式（６）を満足するようにしてもよい。条件式（６）を満足することで、第１実施形態の場合と同様に、倍率色収差の補正において、１次の色消しに加え、２次スペクトルを良好に補正することができる。また、条件式（６）の下限値を０．００５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。

[0072] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第３レンズ群Ｇ３は、２つの負レンズを有し、前述の条件式（１）等を満足する所定の負レンズは、第３レンズ群Ｇ３の２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、２つの負レンズのうち他方の負レンズは、所定の負レンズよりも物体側で第３レンズ群Ｇ３の最も物体側に配置されることが望ましい。これにより、軸外のコマ収差を良好に補正することができる。

[0073] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、前述の条件式（７）を満足することが望ましい。条件式（７）を満足することで、第１実施形態の場合と同様に、軸外のコマ収差を良好に補正することができる。また、条

件式（７）の下限値を１．６９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。

[0074] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第２レンズ群Ｇ２は、正の屈折力を有することが望ましい。これにより、球面収差と軸上色収差を良好に補正することができる。

[0075] 第２実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬにおいて、第１レンズ群Ｇ１のレンズ成分は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズを含む接合レンズであることが望ましい。これにより、像面湾曲を良好に補正することができる。なお、第１レンズ群Ｇ１のレンズ成分は、接合レンズに限らず、単レンズであってもよい。

実施例

[0076] 以下、各実施形態に係る顕微鏡対物レンズＯＬの実施例を図面に基づいて説明する。図１、図５、図９は、第１～第３実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ｛ＯＬ（１）～ＯＬ（３）｝の構成を示す光路図である。これら図１、図５、図９において、各レンズ群を符号Ｇと数字（もしくはアルファベット）の組み合わせにより、各レンズを符号Ｌと数字（もしくはアルファベット）の組み合わせにより、それぞれ表している。この場合において、符号、数字の種類および数が大きくなって煩雑化するのを防止するため、実施例毎にそれぞれ独立して符号と数字の組み合わせを用いてレンズ等を表している。このため、実施例間で同一の符号と数字の組み合わせが用いられていても、同一の構成であることを意味するものでは無い。

[0077] 以下に表１～表３を示すが、この内、表１は第１実施例、表２は第２実施例、表３は第３実施例における各諸元データを示す表である。各実施例では収差特性の算出対象として、ｄ線（波長λ＝587.6nm）、Ｃ線（波長λ＝656.3nm）、Ｆ線（波長λ＝486.1nm）を選んでいる。

[0078] ［全体諸元］の表において、βは、顕微鏡対物レンズの倍率を示す。ｆは、顕微鏡対物レンズの焦点距離を示す。ＮＡは、顕微鏡対物レンズの物体側開口数を示す。ＷＤは、作動距離（ワーキングディスタンス）であり、（カ

バーガラスの厚さの分を除いた）物体から顕微鏡対物レンズにおける最も物体側のレンズ面（後述の第１面）までの光軸上の距離を示す。νｄＡは、第３レンズ群の所定の負レンズのアッベ数を示す。θＡは、第３レンズ群の所定の負レンズの部分分散比を示す。νｄＸは、第３レンズ群の他方の負レンズのアッベ数を示す。θＸは、第３レンズ群の他方の負レンズの部分分散比を示す。νｄＰは、第３レンズ群の正レンズのアッベ数を示す。θＰは、第３レンズ群の正レンズの部分分散比を示す。νｄ２Ｐは、第２レンズ群の所定の正レンズのアッベ数を示す。θ２Ｐは、第２レンズ群の所定の正レンズの部分分散比を示す。

[0079] ［レンズデータ］の表において、面番号は物体側からのレンズ面の順序を示し、Ｒは各面番号に対応する曲率半径（物体側に凸のレンズ面の場合を正の値としている）、Ｄは各面番号に対応する光軸上のレンズ厚もしくは空気間隔、ｎｄは各面番号に対応する光学材料のｄ線（波長λ＝587.6nm）に対する屈折率、νｄは各面番号に対応する光学材料のｄ線を基準とするアッベ数、Ｈは各面番号に対応するレンズ面における最も光軸から離れた光線と光軸との間の距離、θｇＦは各面番号に対応する光学部材の材料の部分分散比をそれぞれ示す。曲率半径の「∞」は平面又は開口を示す。また、空気の屈折率ｎｄ＝1.00000の記載は省略している。

[0080] 光学部材の材料のｇ線（波長λ＝435.8nm）に対する屈折率をｎｇとし、光学部材の材料のＦ線（波長λ＝486.1nm）に対する屈折率をｎＦとし、光学部材の材料のＣ線（波長λ＝656.3nm）に対する屈折率をｎＣとする。このとき、光学部材の材料の部分分散比θｇＦは次式（Ａ）で定義される。

[0081] θｇＦ＝（ｎｇ－ｎＦ）／（ｎＦ－ｎＣ） …（Ａ）

[0082] ［レンズ群データ］の表には、各レンズ群のそれぞれの始面（最も物体側の面）と焦点距離を示す。

[0083] 以下、全ての諸元値において、掲載されている焦点距離ｆ、曲率半径Ｒ、面間隔Ｄ、その他の長さ等は、特記のない場合一般に「ｍｍ」が使われるが、光学系は比例拡大又は比例縮小しても同等の光学性能が得られるので、こ

れに限られるものではない。

[0084] ここまでの表の説明は全ての実施例において共通であり、以下での重複する説明は省略する。

[0085] （第１実施例）

第１実施例について、図１～図４および表１を用いて説明する。図１は、第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの構成を示す光路図である。第１実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ（１）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、像側に凹面を向けた正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、物体側に凹面を向けた正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成される。第１実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ（１）の先端部と物体ＯＢを覆うカバーガラスＣＶとの間は、浸液（オイル）で満たされている。カバーガラスＣＶと物体ＯＢとの間も、浸液（オイル）で満たされている。なお、浸液のｄ線（波長λ＝587.6nm）に対する屈折率は１．３９８４７とする。カバーガラスＣＶのｄ線に対する屈折率は１．５２４３９とする。

[0086] 第１レンズ群Ｇ１は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズＬ１０１と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１０２とが接合された正の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0087] 第２レンズ群Ｇ２は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ２０１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２０２と両凸形状の正レンズＬ２０３とが接合された接合レンズと、両凹形状の負レンズＬ２０４と両凸形状の正レンズＬ２０５とが接合された接合レンズと、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ２０６と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２０７と両凸形状の正レンズＬ２０８とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズＬ２０９と両凹形状の負レンズＬ２１０とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２１１と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２１２とが接合された接合レンズと、から構成される。第２レンズ群Ｇ２の

正メニスカスレンズＬ２０６は、第２レンズ群Ｇ２のうち最も光軸から離れた光線が通る、前述の所定の正レンズに該当する。

[0088] 第３レンズ群Ｇ３は、光軸に沿って物体側から順に、両凹形状の負レンズＬ３０１と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ３０２と両凸形状の正レンズＬ３０３とが接合された接合レンズから構成される。第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズＬ３０２は、前述の所定の負レンズに該当する。第３レンズ群Ｇ３の負レンズＬ３０１は、前述の他の負レンズに該当する。第３レンズ群Ｇ３の正レンズＬ３０３は、前述の正レンズに該当する。

[0089] なお、第２レンズ群Ｇ２における少なくとも３つのレンズ成分（単レンズ又は接合レンズ）を光軸に沿って移動させることで、カバーガラスＣＶの厚さに応じて第２レンズ群Ｇ２における各レンズ成分同士の空気間隔を変化させることができるように構成される。第２レンズ群Ｇ２において光軸に沿って移動可能なレンズ成分は、所謂補正環として機能し、カバーガラスＣＶの厚さに応じて変化する収差を補正することができる。

[0090] 以下の表１に、第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸元の値を掲げる。なお、第１面は物体面（ＯＢ）である。

[0091]（表１）

［全体諸元］

β＝60倍

ｆ＝3.34

ＮＡ＝1.30　　ＷＤ＝0.33

νｄＡ＝27.35　　θＡ＝0.6319

νｄＸ＝48.10　　θＸ＝0.5603

νｄＰ＝29.84　　θＰ＝0.6017

νｄ２Ｐ＝28.69　　θ２Ｐ＝0.6065

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	νｄ	Ｈ	θｇＦ
1	∞	0.23	1.39847	51.24		

2	∞	0.17	1.52439	54.28		
3	∞	0.10	1.39847	51.24		
4	∞	0.70	1.45850	67.85		
5	-2.033	3.44	1.95375	32.33		
6	-3.746	0.15				
7	-9.727	3.36	1.49782	82.57	4.92	
8	-6.923	0.20			5.96	
9	103.938	0.95	1.55298	55.07	7.98	
10	16.911	7.11	1.49782	82.57	8.85	
11	-14.628	0.20			9.26	
12	-50.850	0.60	1.67300	38.26	9.54	
13	21.429	8.17	1.43385	95.25	10.09	
14	-14.740	0.20			10.45	
15	-58.693	2.18	1.79504	28.69	10.41	0.6065
16	-31.348	0.20			10.51	
17	27.743	0.85	1.74320	49.26	9.92	
18	11.280	7.53	1.43385	95.25	9.03	
19	-24.461	0.90			8.96	
20	12.668	4.70	1.43425	94.77	7.59	
21	-29.055	0.85	1.73211	46.18	7.07	
22	15.117	0.20			6.25	
23	7.224	4.26	1.43425	94.77	5.98	
24	68.128	7.24	1.85026	32.35	5.38	
25	3.610	3.01			2.47	
26	-4.497	0.90	1.70000	48.10		0.5603
27	74.320	0.85	1.66382	27.35		0.6319
28	12.514	5.00	1.80000	29.84		0.6017
29	-8.336	—				

［レンズ群データ］

群	始面	焦点距離
G1	4	8.32
G2	7	4.34
G3	26	159.75

[0092] 図２は、第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差（球面収差、像面湾曲、および歪曲収差）を示す図である。図３は、第１実施例に係る顕微鏡対物レンズの倍率色収差（横色収差）を示す図である。図４は、第１実施例に係る顕微鏡対物レンズのコマ収差（メリジオナルコマ収差およびサジタルコマ収差）を示す図である。なお、各収差図は、顕微鏡対物レンズに第２対物レンズを組み合わせた状態での諸収差を示す。図２～図４の各収差図において、ｄはｄ線（波長λ＝587.6nm）、ＣはＣ線（波長λ＝656.3nm）、ＦはＦ線（波長λ＝486.1nm）に対する諸収差をそれぞれ示す。球面収差図において、縦軸は入射瞳半径の最大値を１として規格化して示した値を示し、横軸は各光線における収差の値［ｍｍ］を示す。像面湾曲を示す収差図において、実線は各波長に対するメリジオナル像面を示し、破線は各波長に対するサジタル像面を示す。また、像面湾曲を示す収差図において、縦軸は像高［ｍｍ］を示し、横軸は収差の値［ｍｍ］を示す。歪曲収差図（ディストーション）において、縦軸は像高［ｍｍ］を示し、横軸は収差の割合を百分率（％値）で示す。倍率色収差を示す収差図において、縦軸は像高［ｍｍ］を示し、横軸は収差の値［ｍｍ］を示す。各コマ収差図は、像高比ＲＦＨ（Relative Field Height）が０．００～１．００のときの収差の値を示す。なお、以下に示す各実施例の収差図においても、本実施例と同様の符号を用い、重複する説明は省略する。

[0093] 各収差図より、第１実施例に係る顕微鏡対物レンズは、倍率色収差をはじめとする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。

[0094] （第２実施例）

第２実施例について、図５～図８および表２を用いて説明する。図５は、第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの構成を示す光路図である。第２実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ（２）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、像側に凹面を向けた正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、物体側に凹面を向けた正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成される。第２実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ（２）の先端部と物体ＯＢを覆うカバーガラスＣＶとの間は、浸液（オイル）で満たされている。カバーガラスＣＶと物体ＯＢとの間も、浸液（オイル）で満たされている。なお、浸液のｄ線（波長λ＝587.6nm）に対する屈折率は１．３９８５とする。カバーガラスＣＶのｄ線に対する屈折率は１．５２４４とする。

[0095] 第１レンズ群Ｇ１は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズＬ１０１と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１０２とが接合された正の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0096] 第２レンズ群Ｇ２は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ２０１と、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ２０２と両凹形状の負レンズＬ２０３と両凸形状の正レンズＬ２０４とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２０５と両凸形状の正レンズＬ２０６が接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２０７と両凸形状の正レンズＬ２０８とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズＬ２０９と両凹形状の負レンズＬ２１０とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２１１と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２１２とが接合された接合レンズと、から構成される。第２レンズ群Ｇ２の正メニスカスレンズＬ２０２は、第２レンズ群Ｇ２のうち最も光軸から離れた光線が通る正レンズＬ２０６よりも物体側に配置された、前述の所定の正レンズに該当する。

[0097] 第３レンズ群Ｇ３は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に凹面を向け

た負メニスカスレンズＬ３０１と物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ３０２と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３０３とが接合された接合レンズから構成される。第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズＬ３０３は、前述の所定の負レンズに該当する。第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズＬ３０１は、前述の他の負レンズに該当する。第３レンズ群Ｇ３の正メニスカスレンズＬ３０２は、前述の正レンズに該当する。

[0098] なお、第２レンズ群Ｇ２における少なくとも３つのレンズ成分（単レンズ又は接合レンズ）を光軸に沿って移動させることで、カバーガラスＣＶの厚さに応じて第２レンズ群Ｇ２における各レンズ成分同士の空気間隔を変化させることができるように構成される。第２レンズ群Ｇ２において光軸に沿って移動可能なレンズ成分は、所謂補正環として機能し、カバーガラスＣＶの厚さに応じて変化する収差を補正することができる。

[0099] 以下の表２に、第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸元の値を掲げる。なお、第１面は物体面（ＯＢ）である。

[0100] （表２）

［全体諸元］

β＝60倍

ｆ＝3.35

ＮＡ＝1.30　　ＷＤ＝0.33

νｄＡ＝27.35　　θＡ＝0.6319

νｄＸ＝40.69　　θＸ＝0.5672

νｄＰ＝24.80　　θＰ＝0.6122

νｄ２Ｐ＝27.35　　θ２Ｐ＝0.6319

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	νｄ	Ｈ	θｇＦ
1	∞	0.23	1.3985	51.24		
2	∞	0.17	1.5244	54.28		
3	∞	0.10	1.3985	51.24		

4	∞	0.71	1.4585	67.85		
5	-1.950	4.09	1.9538	32.33		
6	-4.018	0.20				
7	-17.836	3.19	1.4978	82.57	5.78	
8	-9.123	0.20			6.61	
9	-74.406	1.60	1.6638	27.35	7.80	0.6319
10	-47.667	1.00	1.6127	44.46	8.19	
11	20.763	7.53	1.4978	82.57	9.42	
12	-14.741	0.20			9.97	
13	94.360	0.60	1.6730	38.26	10.81	
14	25.009	8.17	1.4339	95.25	10.96	
15	-16.828	0.20			11.18	
16	25.329	1.00	1.7432	49.26	10.11	
17	10.896	8.10	1.4339	95.25	9.08	
18	-22.754	0.65			8.99	
19	13.846	6.26	1.4339	95.25	7.55	
20	-19.624	1.00	1.7321	46.18	6.36	
21	14.492	0.20			5.57	
22	6.131	4.44	1.4978	82.57	5.30	
23	155.535	3.11	1.8061	33.34	4.53	
24	3.579	4.38			2.71	
25	-5.941	1.00	1.8830	40.69		0.5672
26	-20.799	4.45	1.8548	24.80		0.6122
27	-4.874	1.00	1.6638	27.35		0.6319
28	-10.618	—				

[レンズ群データ]

群	始面	焦点距離
G1	4	9.12

G2	7	5.33
G3	25	541.14

[0101] 図６は、第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差（球面収差、像面湾曲、および歪曲収差）を示す図である。図７は、第２実施例に係る顕微鏡対物レンズの倍率色収差（横色収差）を示す図である。図８は、第２実施例に係る顕微鏡対物レンズのコマ収差（メリジオナルコマ収差およびサジタルコマ収差）を示す図である。各収差図より、第２実施例に係る顕微鏡対物レンズは、倍率色収差をはじめとする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。

[0102] （第３実施例）

第３実施例について、図９～図１２および表３を用いて説明する。図９は、第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの構成を示す光路図である。第３実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ（３）は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群Ｇ１と、像側に凹面を向けた正の屈折力を有する第２レンズ群Ｇ２と、物体側に凹面を向けた負の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３とから構成される。第３実施例に係る顕微鏡対物レンズＯＬ（３）の先端部と物体ＯＢを覆うカバーガラスＣＶとの間は、浸液（オイル）で満たされている。カバーガラスＣＶと物体ＯＢとの間も、浸液（オイル）で満たされている。なお、浸液のｄ線（波長λ＝587.6nm）に対する屈折率は１．３９８５とする。カバーガラスＣＶのｄ線に対する屈折率は１．５２４４とする。

[0103] 第１レンズ群Ｇ１は、光軸に沿って物体側から順に、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズＬ１０１と物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ１０２とが接合された正の屈折力を有する接合レンズから構成される。

[0104] 第２レンズ群Ｇ２は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズＬ２０１と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２０２と両凸形状の正レンズＬ２０３とが接合された接合レンズと、両凹形状の負レンズＬ２０４と両凸形状の正レンズＬ２０５とが接合さ

れた接合レンズと、両凸形状の正レンズＬ２０６と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２０７と両凸形状の正レンズＬ２０８とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズＬ２０９と両凹形状の負レンズＬ２１０とが接合された接合レンズと、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズＬ２１１と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズＬ２１２とが接合された接合レンズと、から構成される。第２レンズ群Ｇ２の正レンズＬ２０６は、第２レンズ群Ｇ２のうち最も光軸から離れた光線が通る正レンズＬ２０５よりも像側に配置された、前述の所定の正レンズに該当する。

[0105] 第３レンズ群Ｇ３は、光軸に沿って物体側から順に並んだ、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズＬ３０１と、両凹形状の負レンズＬ３０２と両凸形状の正レンズＬ３０３とが接合された接合レンズと、から構成される。第３レンズ群Ｇ３の負レンズＬ３０２は、前述の所定の負レンズに該当する。第３レンズ群Ｇ３の負メニスカスレンズＬ３０１は、前述の他の負レンズに該当する。第３レンズ群Ｇ３の正レンズＬ３０３は、前述の正レンズに該当する。

[0106] なお、第２レンズ群Ｇ２における少なくとも３つのレンズ成分（単レンズ又は接合レンズ）を光軸に沿って移動させることで、カバーガラスＣＶの厚さに応じて第２レンズ群Ｇ２における各レンズ成分同士の空気間隔を変化させることができるように構成される。第２レンズ群Ｇ２において光軸に沿って移動可能なレンズ成分は、所謂補正環として機能し、カバーガラスＣＶの厚さに応じて変化する収差を補正することができる。

[0107] 以下の表３に、第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸元の値を掲げる。なお、第１面は物体面（ＯＢ）である。

[0108] （表３）

［全体諸元］

β＝60倍

ｆ＝3.33

ＮＡ＝1.30　　ＷＤ＝0.33

νｄＡ＝24.71　　θＡ＝0.6291

νｄＸ＝48.10　　θＸ＝0.5603

νｄＰ＝24.80　　θＰ＝0.6122

νｄ２Ｐ＝28.69　　θ２Ｐ＝0.6065

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	νｄ	Ｈ	θｇＦ
1	∞	0.23	1.3985	51.24		
2	∞	0.17	1.5244	54.28		
3	∞	0.10	1.3985	51.24		
4	∞	0.70	1.4585	67.85		
5	-1.981	3.57	1.9538	32.33		
6	-3.764	0.15				
7	-9.331	3.35	1.4978	82.57	4.93	
8	-6.865	0.20			5.96	
9	52.128	0.95	1.5530	55.07	8.08	
10	14.586	7.56	1.4978	82.57	8.83	
11	-14.801	0.20			9.21	
12	-42.665	0.60	1.6730	38.26	9.32	
13	20.427	7.79	1.4339	95.25	9.80	
14	-14.842	0.20			10.12	
15	150.000	2.24	1.7950	28.69	10.01	0.6065
16	-82.523	0.20			9.96	
17	32.209	1.00	1.7432	49.26	9.55	
18	10.837	7.56	1.4339	95.25	8.65	
19	-19.992	0.90			8.61	
20	19.684	4.11	1.4343	94.77	7.40	
21	-18.502	1.00	1.7321	46.18	6.98	
22	31.936	0.20			6.45	

23	7.227	4.32	1.4343	94.77	6.03	
24	50.673	6.84	1.8503	32.35	5.39	
25	3.661	2.82			2.50	
26	-5.314	0.90	1.7000	48.10		0.5603
27	-20.000	0.40				
28	-9.741	1.00	1.7558	24.71		0.6291
29	11.123	5.00	1.8548	24.80		0.6122
30	-8.575	—				

［レンズ群データ］

群	始面	焦点距離
G1	4	8.32
G2	7	4.73
G3	26	-305.23

[0109] 図１０は、第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差（球面収差、像面湾曲、および歪曲収差）を示す図である。図１１は、第３実施例に係る顕微鏡対物レンズの倍率色収差（横色収差）を示す図である。図１２は、第３実施例に係る顕微鏡対物レンズのコマ収差（メリジオナルコマ収差およびサジタルコマ収差）を示す図である。各収差図より、第３実施例に係る顕微鏡対物レンズは、倍率色収差をはじめとする諸収差が良好に補正され、優れた結像性能を有していることがわかる。

[0110] 各実施例に係る顕微鏡対物レンズは、無限遠補正型のレンズであるため、顕微鏡対物レンズからの光を集光する第２対物レンズと組み合わせて使用される。そこで、顕微鏡対物レンズと組み合わせて使用される第２対物レンズの一例について、図１３および表４を用いて説明する。図１３は、各実施例に係る顕微鏡対物レンズと組み合わせて使用される第２対物レンズの構成を示す光路図である。各実施例に係る顕微鏡対物レンズの諸収差図は、この第２対物レンズと組み合わせて使用したときのものである。図１３に示す第２対物レンズＩＬは、物体側から順に並んだ、両凸形状の正レンズＬ５１と両

凹形状の負レンズＬ５２とが接合された接合レンズと、両凸形状の正レンズＬ５３と両凹形状の負レンズＬ５４とが接合された接合レンズと、から構成される。第２対物レンズＩＬは、各実施例に係る顕微鏡対物レンズの像側に配置される。また、図１３に、第２対物レンズＩＬの入射瞳面Ｐｕを示す。

[0111] 以下の表４に、第２対物レンズの諸元の値を掲げる。なお、［全体諸元］の表において、ｆ´は、第２対物レンズの焦点距離を示す。［レンズデータ］の表において、面番号、Ｒ、Ｄ、ｎｄ、およびνｄは、前述の表１～表３の説明で示したものと同じである。

[0112] （表４）

［全体諸元］

ｆ´＝200

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	νｄ
1	75.043	5.100	1.62280	57.03
2	-75.043	2.000	1.74950	35.19
3	1600.580	7.500		
4	50.256	5.100	1.66755	41.96
5	-84.541	1.800	1.61266	44.40
6	36.911	―		

[0113] 次に、［条件式対応値］の表を下記に示す。この表には、各条件式（１）～（９）に対応する値を、全実施例（第１～第３実施例）について纏めて示す。

条件式（１） νｄＡ＜４０

条件式（２） ０＜νｄＸ－νｄＡ

条件式（３） ０＜（θＡ－θＸ）／（νｄＡ－νｄＸ）×（νｄＰ－νｄＸ）＋θＸ－θＰ

条件式（４） ０＜（θＡ－θＸ）／（νｄＡ－νｄＸ）×（νｄＰ－νｄＸ）＋θＸ－θＰ－０．０１５

条件式（５）　０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄＡ＋０．００７）

条件式（６）　０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄＡ＋０．０１７）

条件式（７）　１．６８＜ｎｄＸ

条件式（８）　νｄ２Ｐ＜３５

条件式（９）　０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄ２Ｐ＋０．００８）

[0114] ［条件式対応値］

条件式	第１実施例	第２実施例	第３実施例
（１）	27.35	27.35	24.71
（２）	20.75	13.34	23.39
（３）	0.0216	0.0321	0.0166
（４）	0.0066	0.0171	0.0016
（５）	0.0271	0.0271	0.0199
（６）	0.0171	0.0171	0.0099
（７）	1.7000	1.8830	1.7000
（８）	28.69	27.35	28.69
（９）	0.0030	0.0261	0.0030

[0115] 上記各実施例によれば、倍率色収差をはじめとする諸収差が良好に補正された顕微鏡対物レンズを実現することができる。

[0116] ここで、上記各実施例は本実施形態の一具体例を示しているものであり、本実施形態はこれらに限定されるものではない。

符号の説明

[0117] Ｇ１　第１レンズ群　　Ｇ２　第２レンズ群

Ｇ３　第３レンズ群

請求の範囲

[請求項1] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群と、像側に凹面を向けた第２レンズ群と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群とからなり、

前記第１レンズ群は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分からなり、

前記第３レンズ群は、２つの負レンズと、１つの正レンズとを含む３つ以上のレンズからなり、

前記２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、以下の条件式を満足する顕微鏡対物レンズ。

$\nu dA < 40$

但し、νdA：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズのアッベ数

[請求項2] 前記第３レンズ群の前記所定の負レンズは、前記第３レンズ群の前記２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、

以下の条件式を満足する請求項１に記載の顕微鏡対物レンズ。

$0 < \nu dX - \nu dA$

$0 < (\theta A - \theta X) / (\nu dA - \nu dX) \times (\nu dP - \nu dX) + \theta X - \theta P$

但し、νdX：前記第３レンズ群の前記２つの負レンズのうち他方の負レンズのアッベ数

νdP：前記第３レンズ群の前記正レンズのアッベ数

θA：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズの部分分散比であり、前記所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、前記所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、前記所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA)$

θX：前記第３レンズ群の前記他方の負レンズの部分分散比であり、前記他方の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＸとし、前

記他方の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＸとし、前記他方の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＸとしたとき、次式で定義される

θＸ＝（ｎｇＸ－ｎＦＸ）／（ｎＦＸ－ｎＣＸ）

θＰ：前記第３レンズ群の前記正レンズの部分分散比であり、前記正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＰとし、前記正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＰとし、前記正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＰとしたとき、次式で定義される

θＰ＝（ｎｇＰ－ｎＦＰ）／（ｎＦＰ－ｎＣＰ）

[請求項3] 前記第３レンズ群の前記所定の負レンズは、前記第３レンズ群の前記２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、

以下の条件式を満足する請求項１に記載の顕微鏡対物レンズ。

０＜νｄＸ－νｄＡ

０＜（θＡ－θＸ）／（νｄＡ－νｄＸ）×（νｄＰ－νｄＸ）＋θＸ－θＰ－０．０１５

但し、νｄＸ：前記第３レンズ群の前記２つの負レンズのうち他方の負レンズのアッベ数

νｄＰ：前記第３レンズ群の前記正レンズのアッベ数

θＡ：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズの部分分散比であり、前記所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、前記所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、前記所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

θＡ＝（ｎｇＡ－ｎＦＡ）／（ｎＦＡ－ｎＣＡ）

θＸ：前記第３レンズ群の前記他方の負レンズの部分分散比であり、前記他方の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＸとし、前記他方の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＸとし、前記他方の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＸとしたとき、次式で定義される

θＸ＝（ｎｇＸ－ｎＦＸ）／（ｎＦＸ－ｎＣＸ）

θＰ：前記第３レンズ群の前記正レンズの部分分散比であり

、前記正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＰとし、前記正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＰとし、前記正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＰとしたとき、次式で定義される

$\theta P = (ngP - nFP) / (nFP - nCP)$

[請求項4] 以下の条件式を満足する請求項１～３のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

$0 < \theta A - (0.6438 - 0.001682 \times \nu dA + 0.007)$

但し、θＡ：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズの部分分散比であり、前記所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、前記所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、前記所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA)$

[請求項5] 以下の条件式を満足する請求項１～３のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

$0 < \theta A - (0.6438 - 0.001682 \times \nu dA + 0.017)$

但し、θＡ：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズの部分分散比であり、前記所定の負レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇＡとし、前記所定の負レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦＡとし、前記所定の負レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣＡとしたとき、次式で定義される

$\theta A = (ngA - nFA) / (nFA - nCA)$

[請求項6] 前記第３レンズ群の前記所定の負レンズは、前記第３レンズ群の前記２つの負レンズのうち一方の負レンズであり、

前記２つの負レンズのうち他方の負レンズは、前記所定の負レンズよりも物体側で前記第３レンズ群の最も物体側に配置される請求項１～５のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

[請求項7] 以下の条件式を満足する請求項６に記載の顕微鏡対物レンズ。

１．６８＜ｎｄＸ

但し、ｎｄＸ：前記第３レンズ群の前記他方の負レンズのｄ線に対する屈折率

[請求項8] 前記第２レンズ群は、正の屈折力を有する請求項１～７のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

[請求項9] 前記第２レンズ群は、以下の条件式を満足する所定の正レンズを有する請求項１～８のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

νｄ２Ｐ＜３５

但し、νｄ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズのアッベ数

[請求項10] 前記第２レンズ群は、前記第２レンズ群のうち最も光軸から離れた光線が通り、以下の条件式を満足する所定の正レンズを有する請求項１～８のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

νｄ２Ｐ＜３５

０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄ２Ｐ＋０．００８）

但し、νｄ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズのアッベ数

θ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズの部分分散比であり、前記所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

θ２Ｐ＝（ｎｇ２Ｐ－ｎＦ２Ｐ）／（ｎＦ２Ｐ－ｎＣ２Ｐ）

[請求項11] 前記第２レンズ群は、前記第２レンズ群のうち最も光軸から離れた光線が通る正レンズと、

前記最も光軸から離れた光線が通る正レンズよりも物体側に配置され、以下の条件式を満足する所定の正レンズとを有する請求項１～８

のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

νｄ２Ｐ＜３５

０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄ２Ｐ＋０．００８）

但し、νｄ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズのアッベ数

θ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズの部分分散比であり、前記所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

θ２Ｐ＝（ｎｇ２Ｐ－ｎＦ２Ｐ）／（ｎＦ２Ｐ－ｎＣ２Ｐ）

[請求項12] 前記第２レンズ群は、前記第２レンズ群のうち最も光軸から離れた光線が通る正レンズと、

前記最も光軸から離れた光線が通る正レンズよりも像側に配置され、以下の条件式を満足する所定の正レンズとを有する請求項１～８のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

νｄ２Ｐ＜３５

０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×νｄ２Ｐ＋０．００８）

但し、νｄ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズのアッベ数

θ２Ｐ：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズの部分分散比であり、前記所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

θ２Ｐ＝（ｎｇ２Ｐ－ｎＦ２Ｐ）／（ｎＦ２Ｐ－ｎＣ２Ｐ）

[請求項13] 前記第１レンズ群の前記レンズ成分は、物体側に平面を向けた平凸形状の正レンズを含む接合レンズである請求項１～１２のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。

[請求項14] 光軸に沿って物体側から順に並んだ、正の屈折力を有する第１レンズ群と、像側に凹面を向けた第２レンズ群と、物体側に凹面を向けた第３レンズ群とからなり、

前記第１レンズ群は、正の屈折力を有する１つのレンズ成分からなり、

前記第２レンズ群は、以下の条件式を満足する所定の正レンズを有する顕微鏡対物レンズ。

$\nu d2P < 35$

$0 < \theta 2P - (0.6438 - 0.001682 \times \nu d2P + 0.008)$

但し、$\nu d2P$：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズのアッベ数

$\theta 2P$：前記第２レンズ群の前記所定の正レンズの部分分散比であり、前記所定の正レンズのｇ線に対する屈折率をｎｇ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＦ線に対する屈折率をｎＦ２Ｐとし、前記所定の正レンズのＣ線に対する屈折率をｎＣ２Ｐとしたとき、次式で定義される

$\theta 2P = (ng2P - nF2P) / (nF2P - nC2P)$

[請求項15] 前記第３レンズ群は、２つの負レンズを有し、

前記２つの負レンズのうち少なくとも１つの所定の負レンズは、以下の条件式を満足する請求項１４に記載の顕微鏡対物レンズ。

$\nu dA < 40$

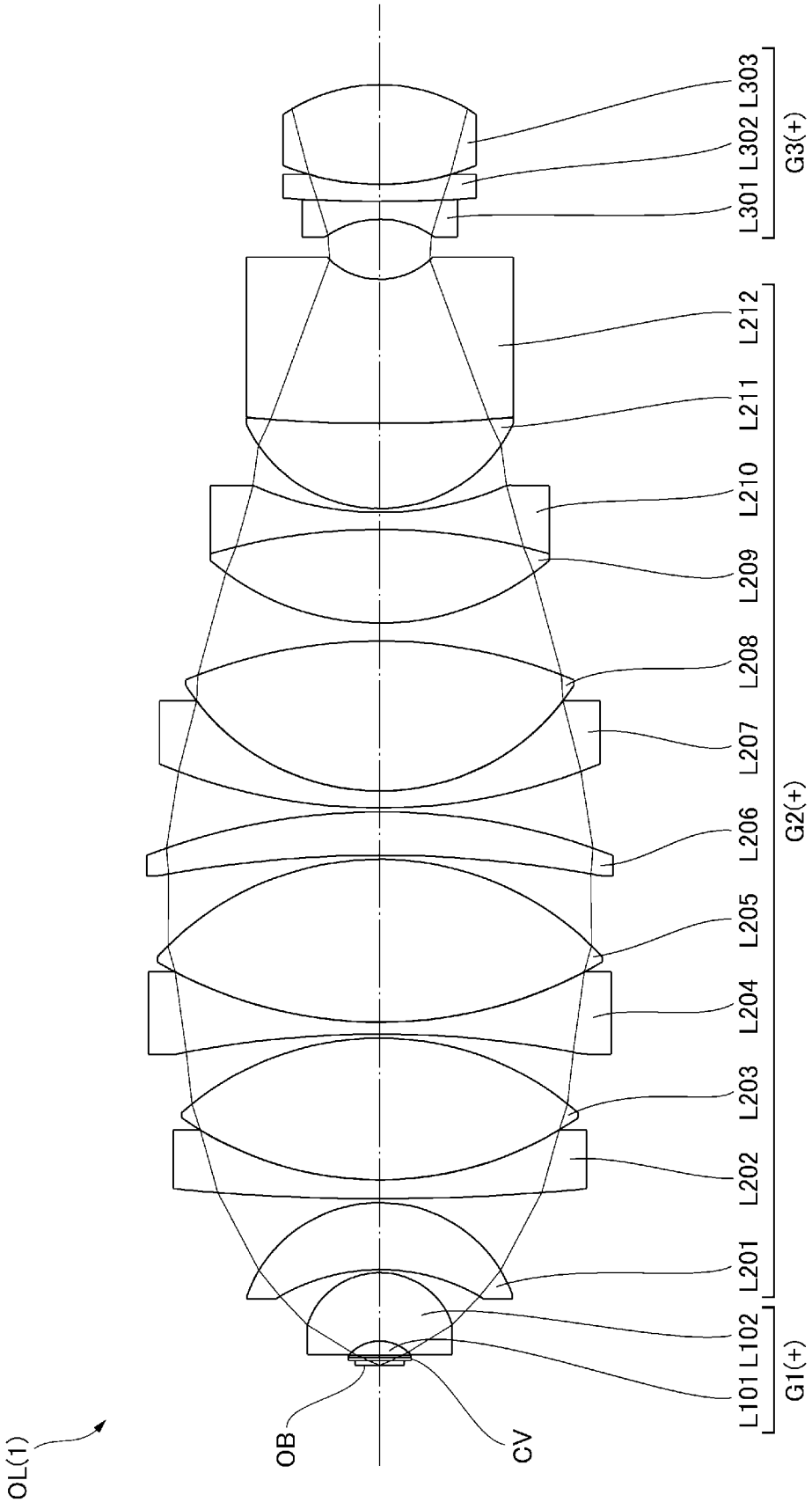
但し、νdA：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズのアッベ数

[請求項16] 請求項１～１５のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズと、前記顕微鏡対物レンズからの光を集光する第２対物レンズとを備える顕微

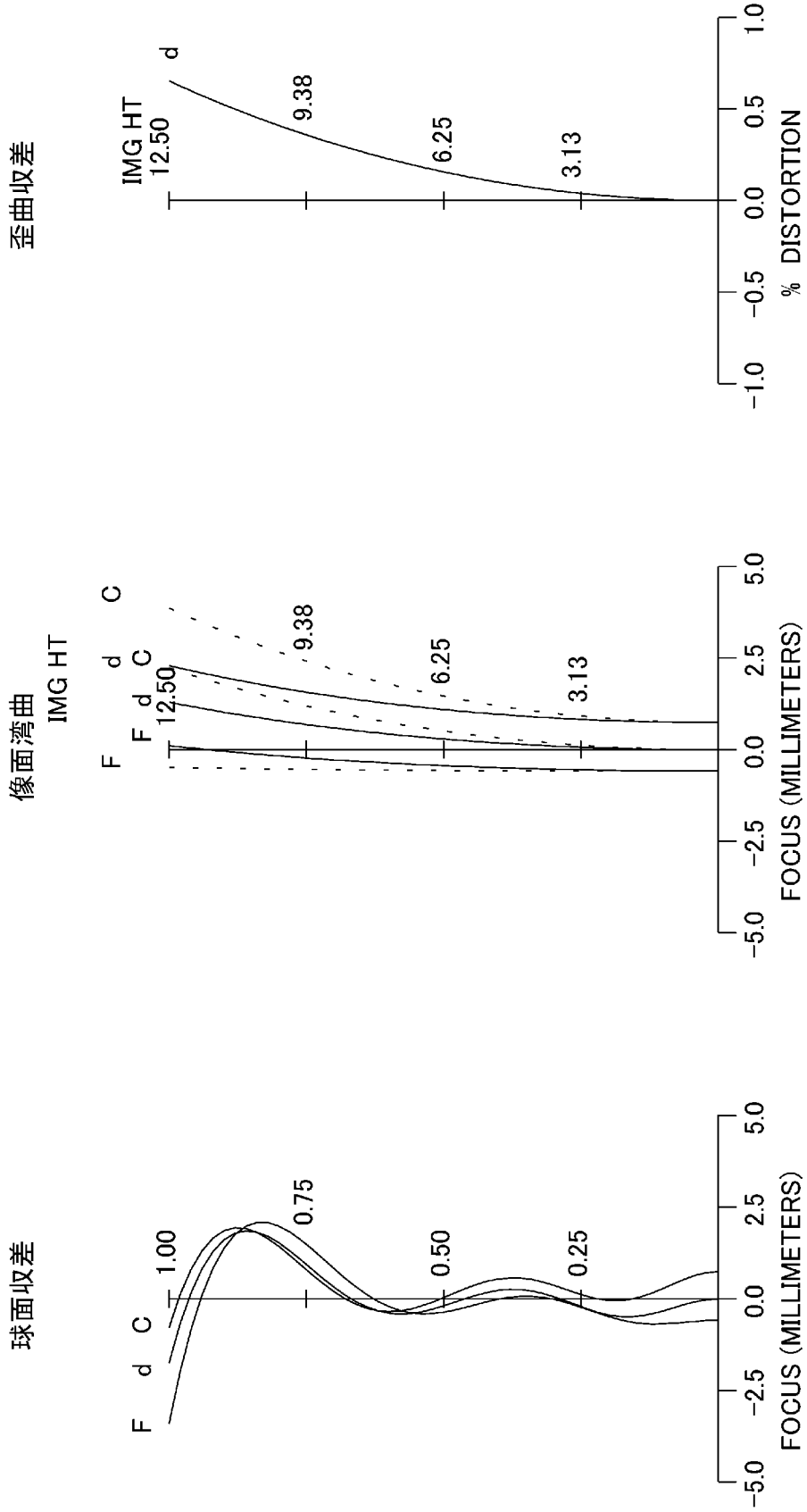
鏡光学系。

[請求項17] 請求項１～１５のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズを備える顕微鏡装置。

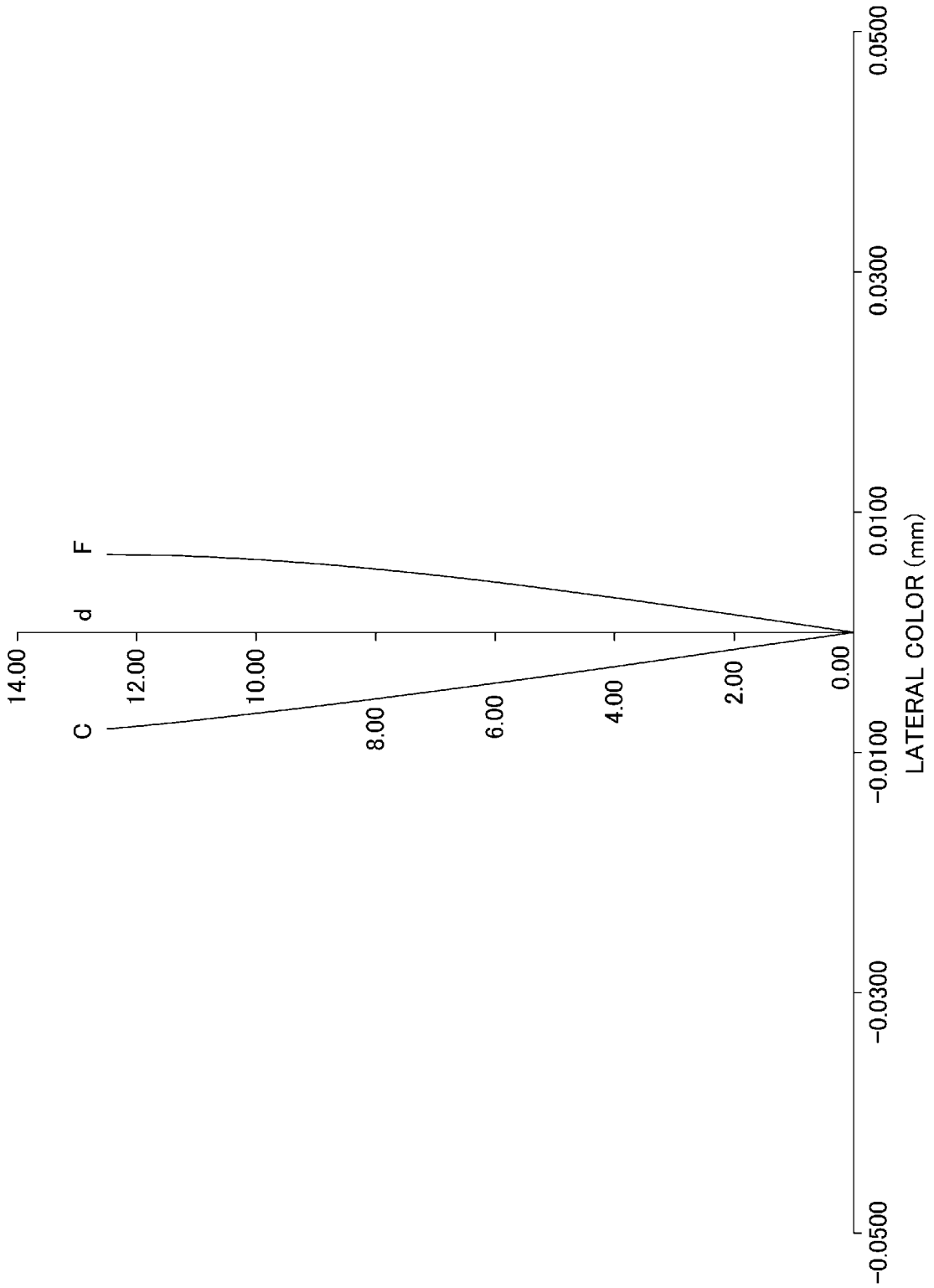
[図1]


L303
L302
L301
G3(+)
L212
L211
L210
L209
L208
L207
L206
L205
L204
L203
L202
L201
G2(+)
L102
L101
G1(+)
OB
CV
OL(1)

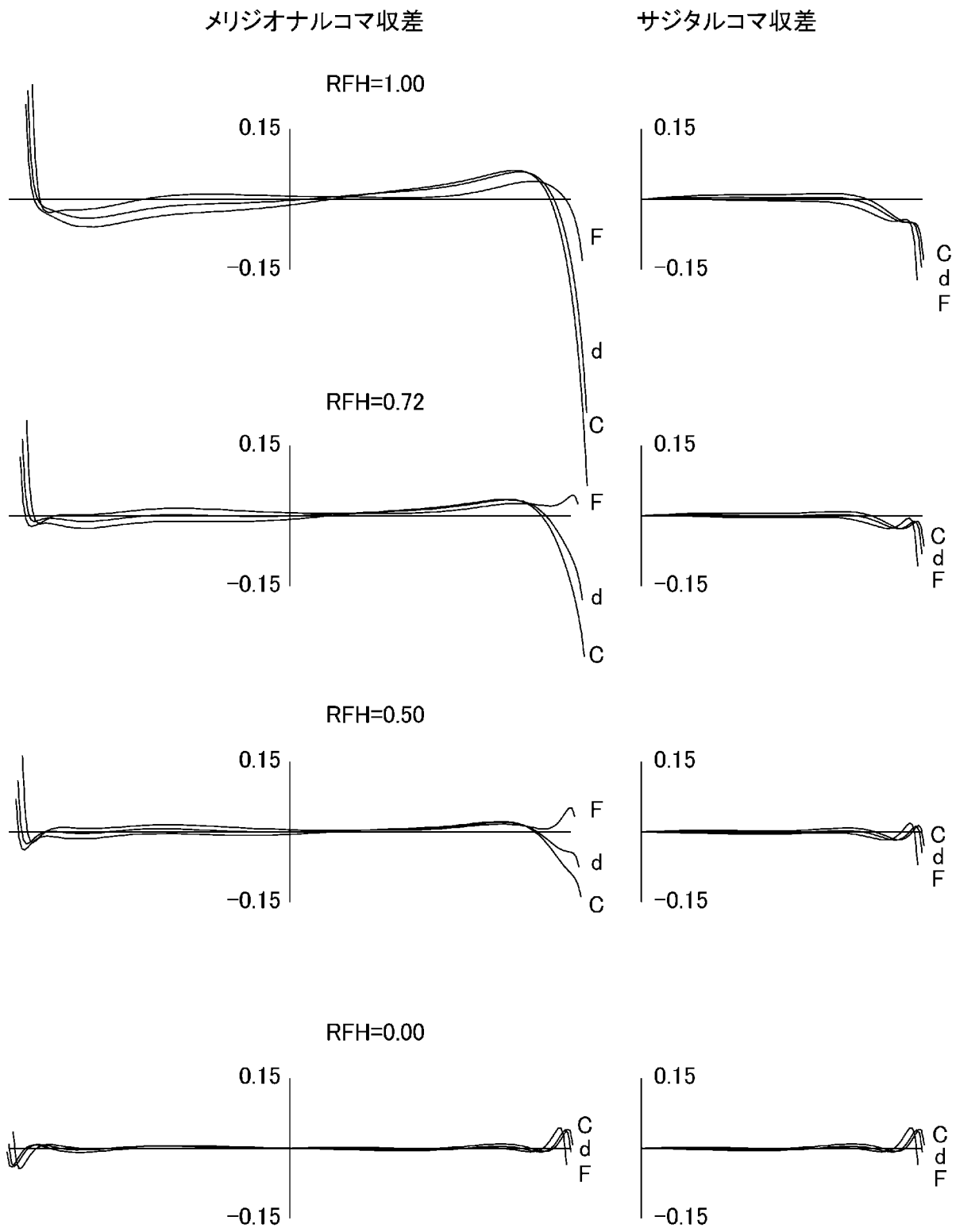
[図2]


球面収差
F d C
1.00
0.75
0.50
0.25
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
FOCUS (MILLIMETERS)
像面湾曲
IMG HT
F d C
12.50
9.38
6.25
3.13
-5.0 -2.5 0.0 2.5 5.0
FOCUS (MILLIMETERS)
歪曲収差
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
d
-1.0 -0.5 0.0 0.5 1.0
% DISTORTION

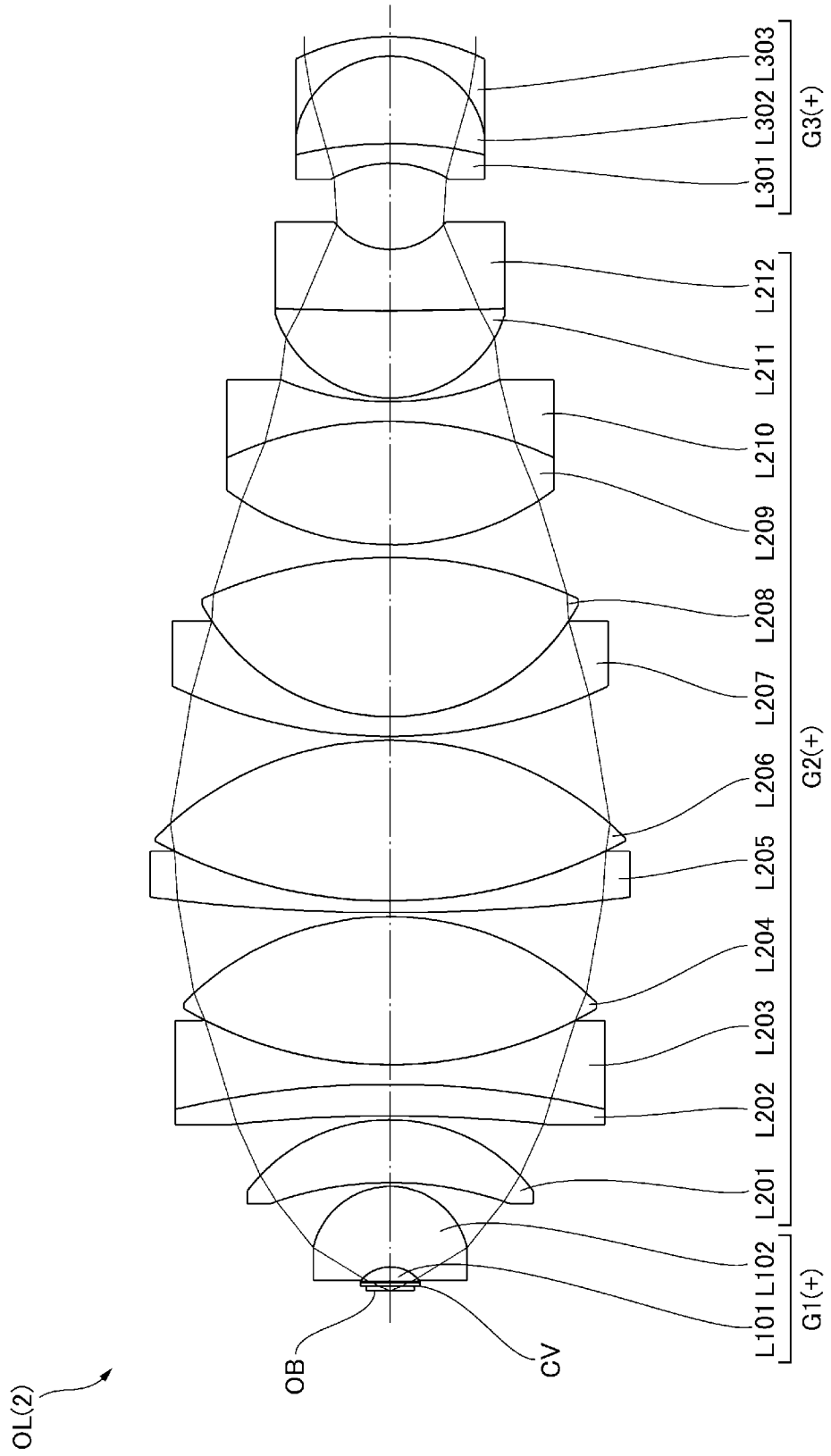
[図3]


F
d
C
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0.0500
0.0300
0.0100
-0.0100
-0.0300
-0.0500
LATERAL COLOR (mm)

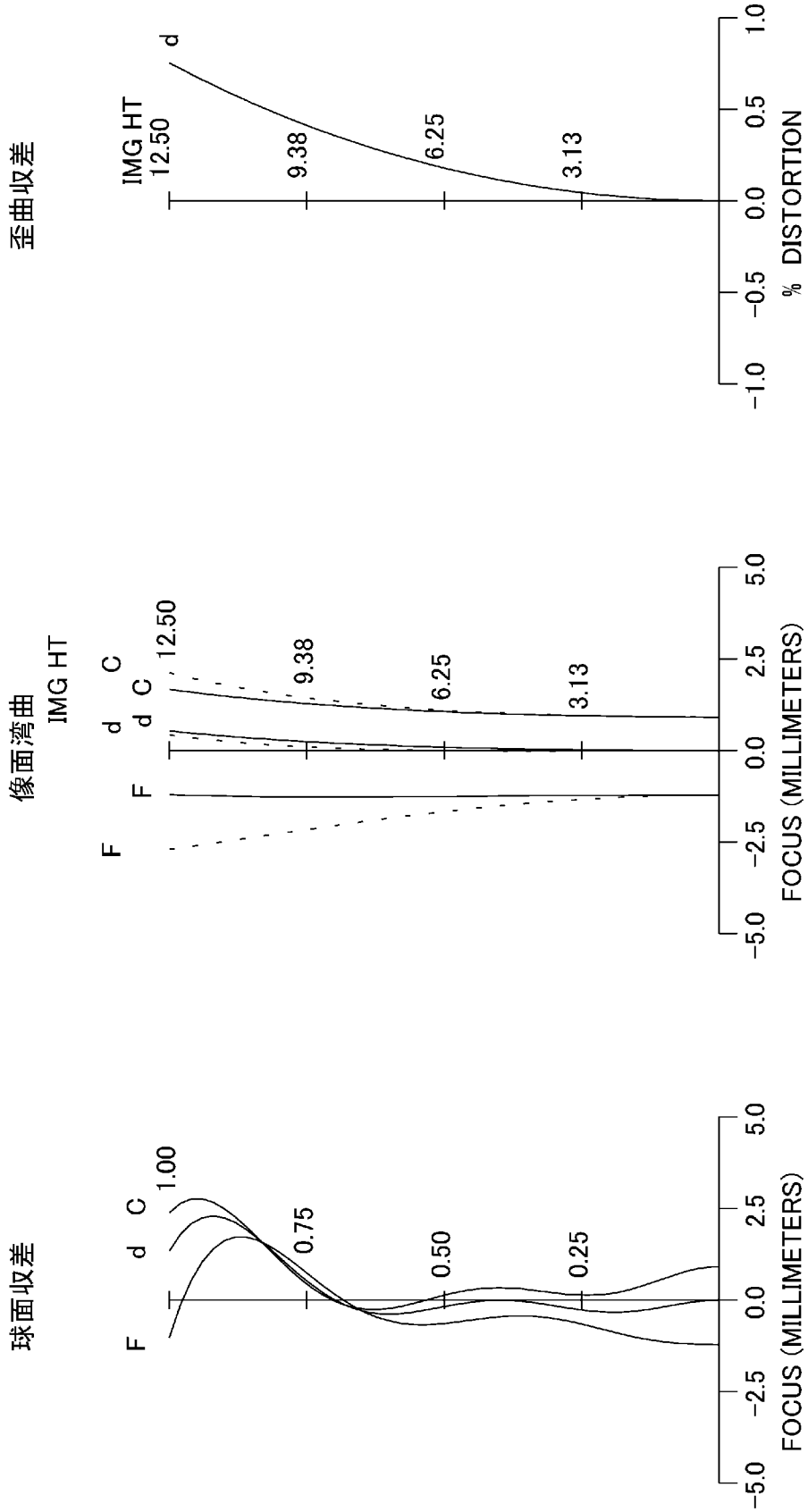
[図4]


メリジオナルコマ収差
サジタルコマ収差
RFH=1.00
RFH=0.72
RFH=0.50
RFH=0.00
0.15
−0.15
F
d
C

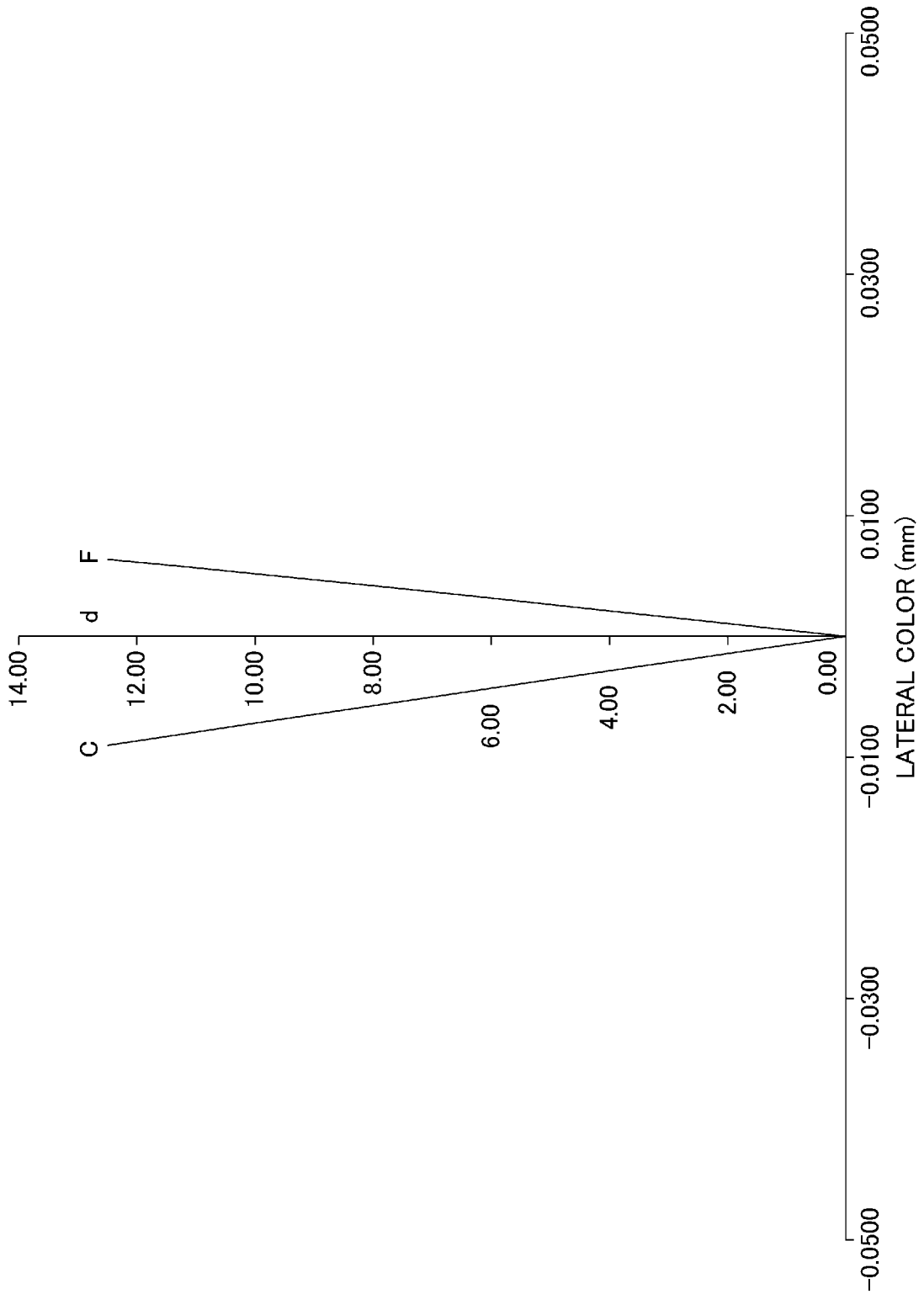
[図5]


OL(2)
OB
CV
L101
L102
G1(+)
L201
L202
L203
L204
L205
L206
L207
L208
L209
L210
L211
L212
G2(+)
L301
L302
L303
G3(+)

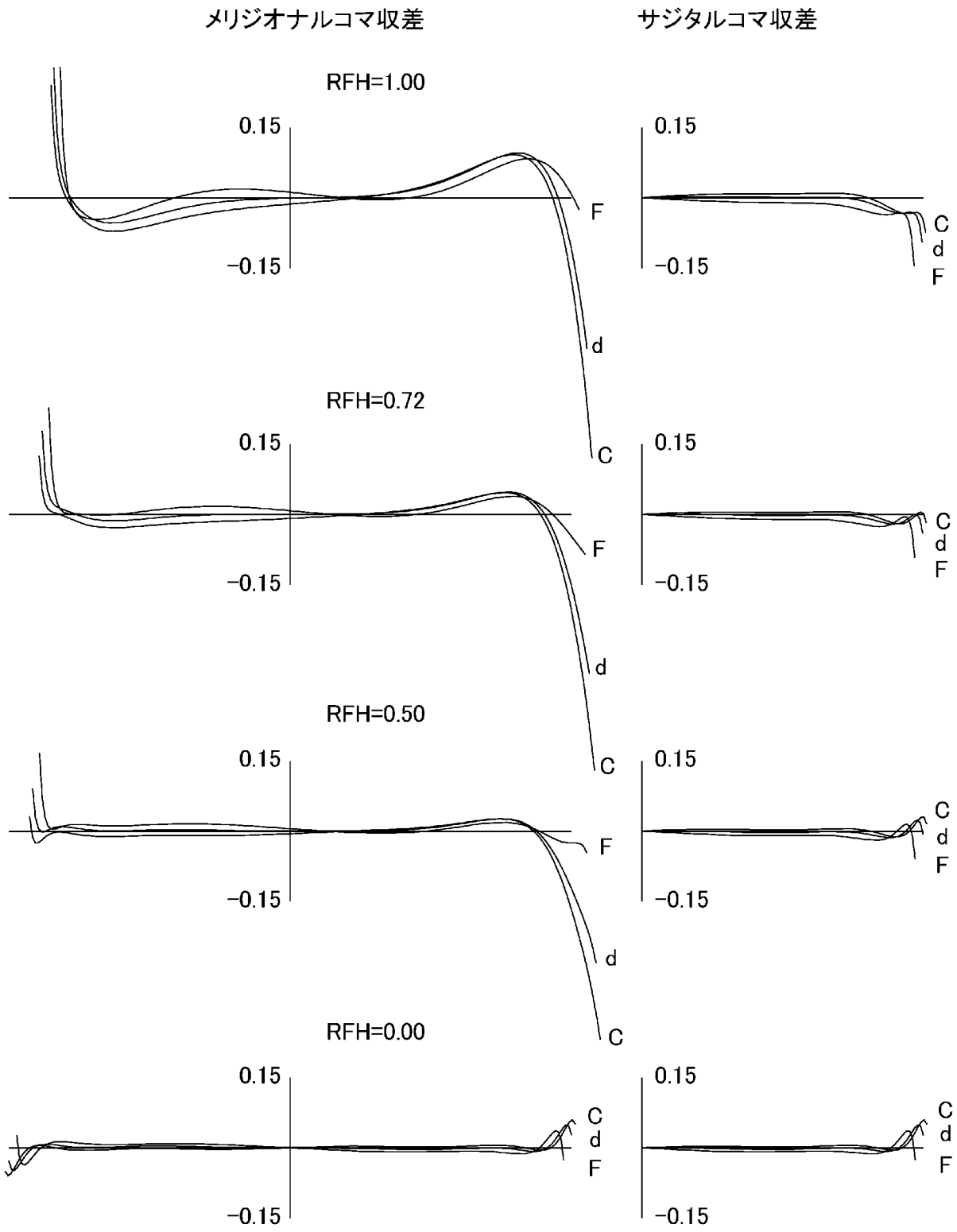
[図6]


球面収差
F
d
C
1.00
0.75
0.50
0.25
-5.0
-2.5
0.0
2.5
5.0
FOCUS (MILLIMETERS)
像面湾曲
IMG HT
F
d
C
d
C
12.50
9.38
6.25
3.13
-5.0
-2.5
0.0
2.5
5.0
FOCUS (MILLIMETERS)
歪曲収差
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
d
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
% DISTORTION

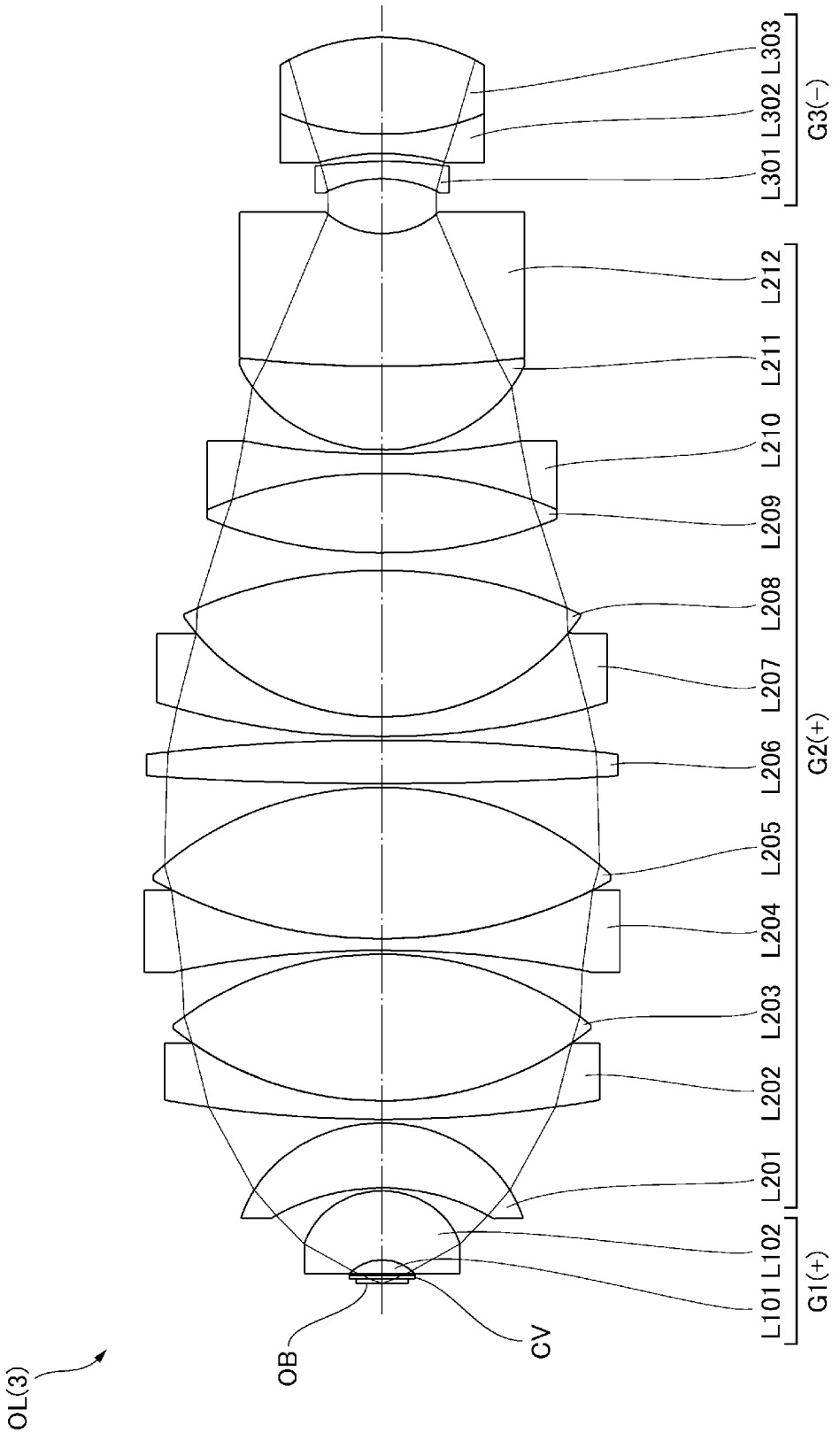
[図7]


14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
C
d
F
0.0500
0.0300
0.0100
−0.0100
−0.0300
−0.0500
LATERAL COLOR (mm)

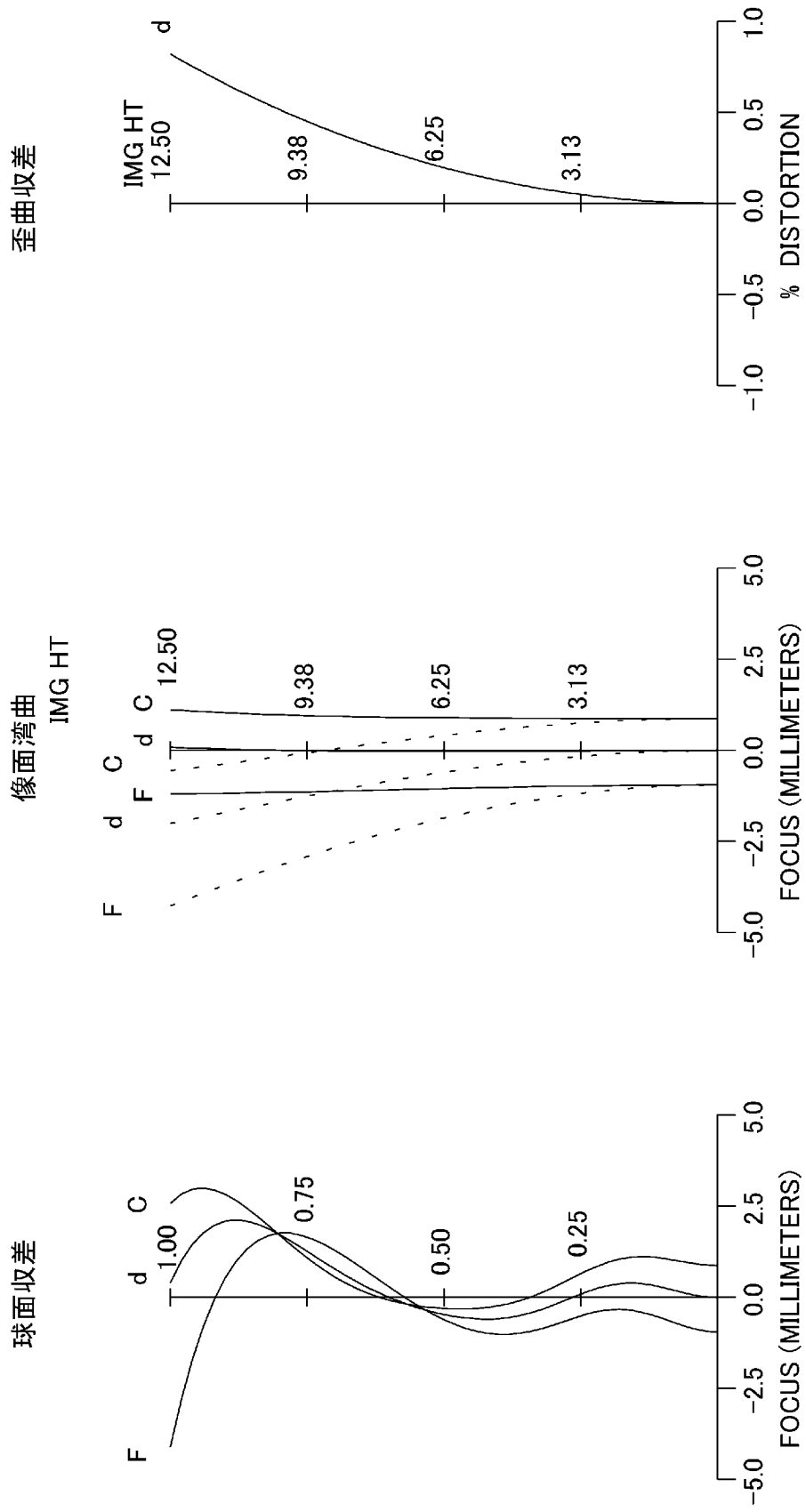
[図8]


メリジオナルコマ収差
サジタルコマ収差
RFH=1.00
RFH=0.72
RFH=0.50
RFH=0.00
0.15
−0.15
F
C
d

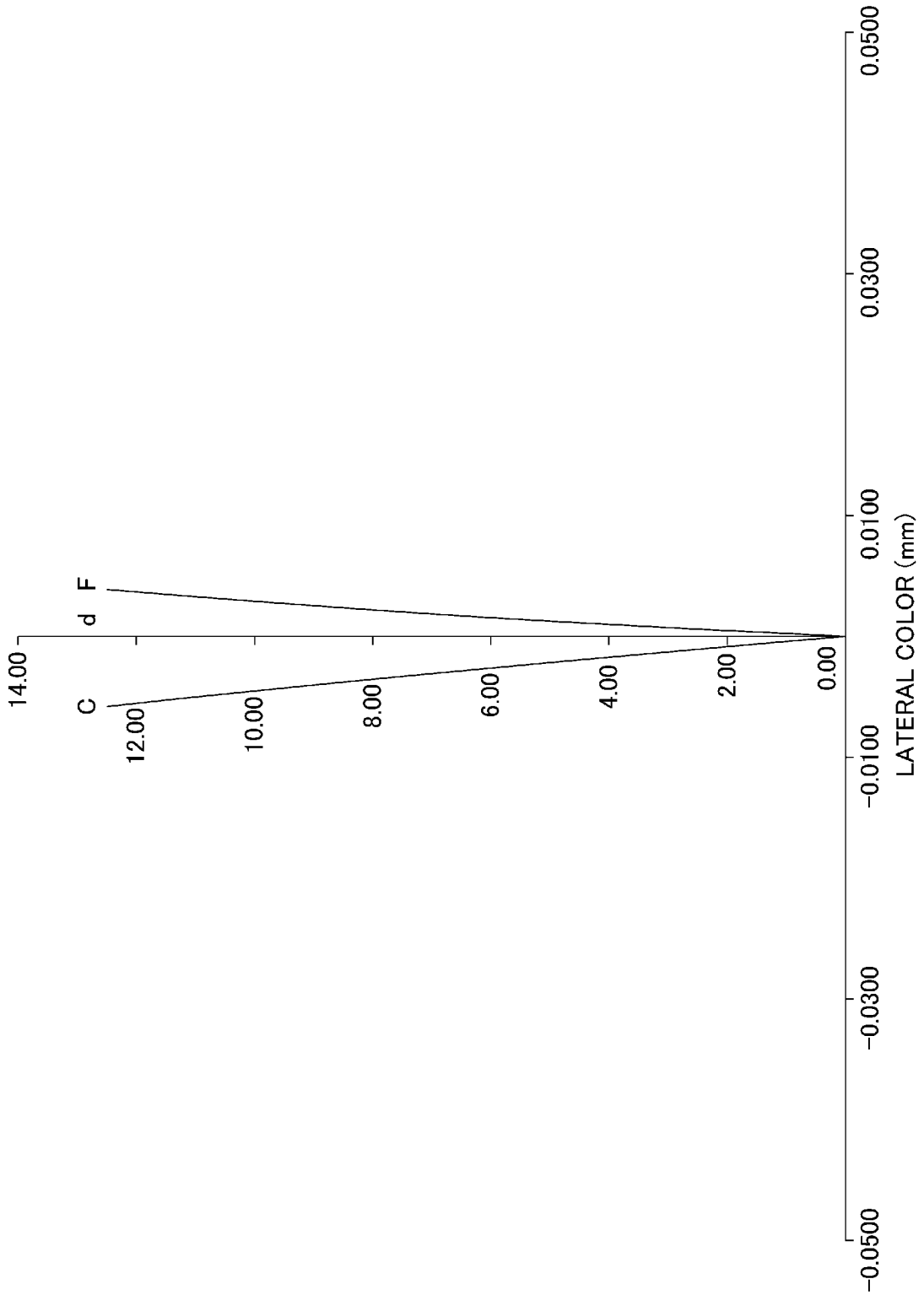
[図9]


OL(3)
OB
CV
L101
L102
L201
L202
L203
L204
L205
L206
L207
L208
L209
L210
L211
L212
L301
L302
L303
G1(+)
G2(+)
G3(−)

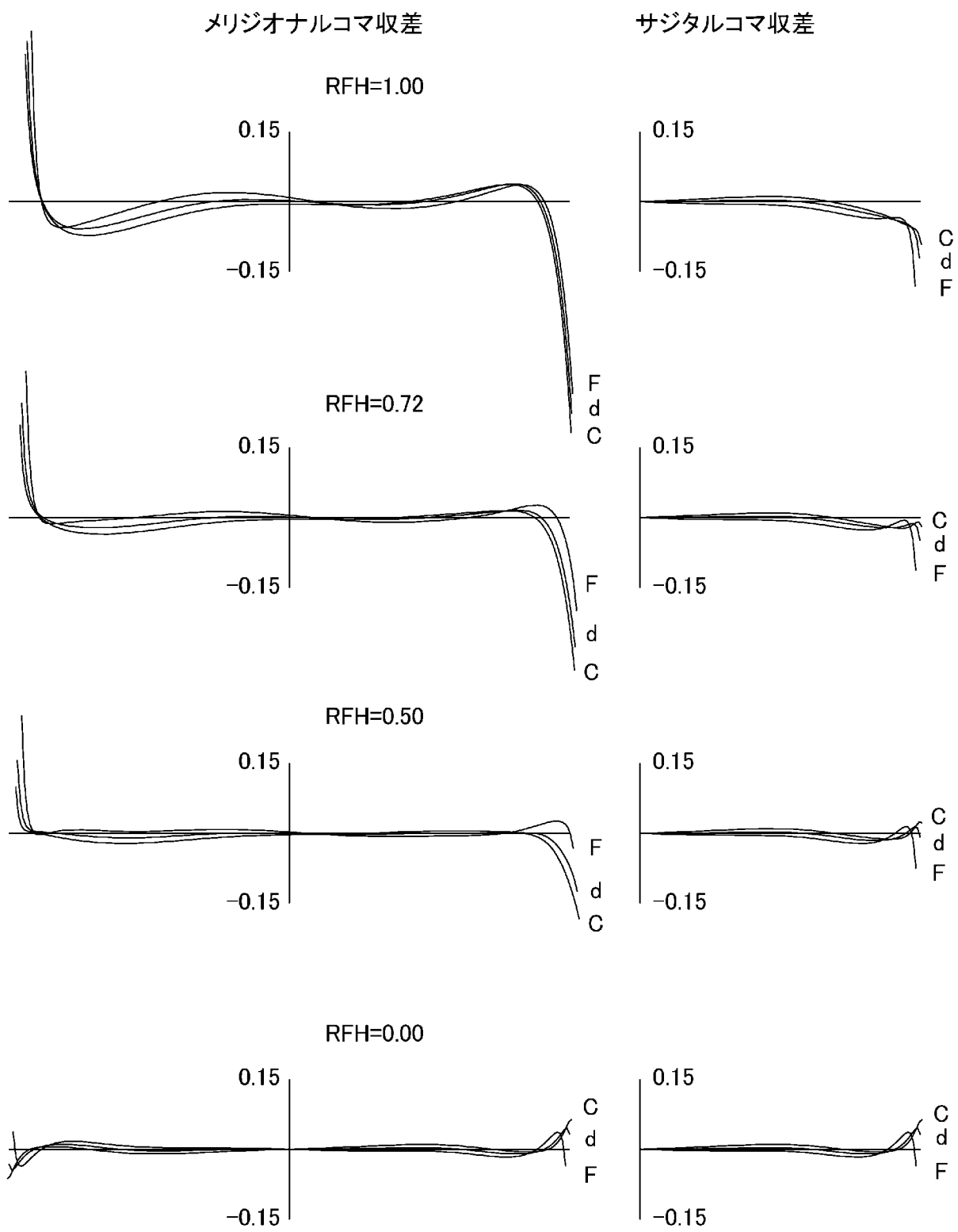
[図10]


球面収差
d
C
F
1.00
0.75
0.50
0.25
-5.0
-2.5
0.0
2.5
5.0
FOCUS (MILLIMETERS)
像面湾曲
IMG HT
d
C
F
12.50
9.38
6.25
3.13
-5.0
-2.5
0.0
2.5
5.0
FOCUS (MILLIMETERS)
歪曲収差
IMG HT
d
12.50
9.38
6.25
3.13
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
% DISTORTION

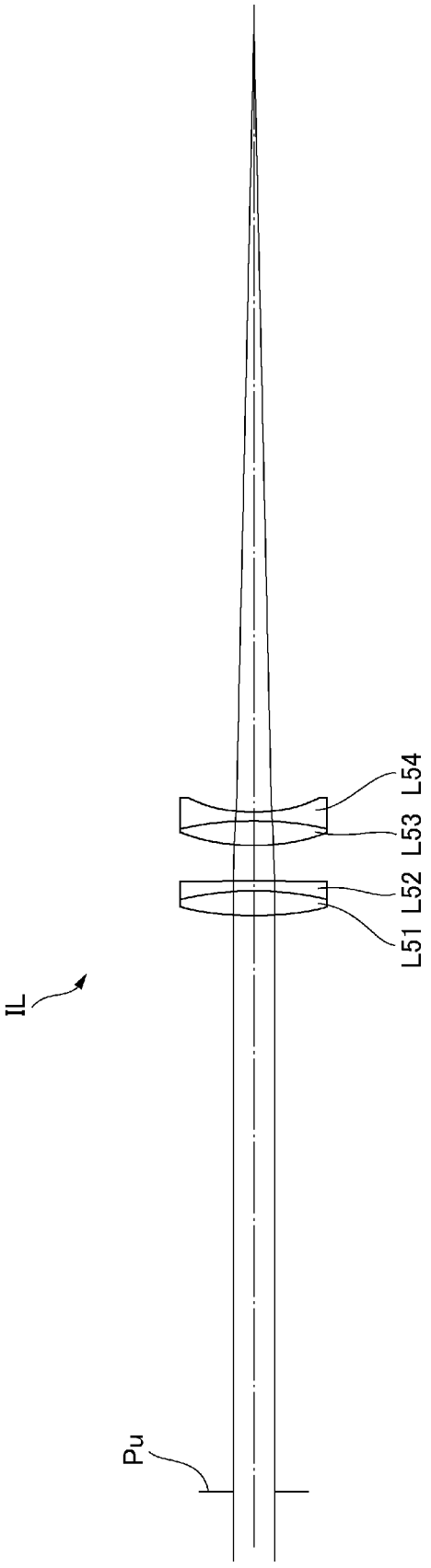
[図11]


d F
C
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00
0.0500
0.0300
0.0100
-0.0100
-0.0300
-0.0500
LATERAL COLOR (mm)

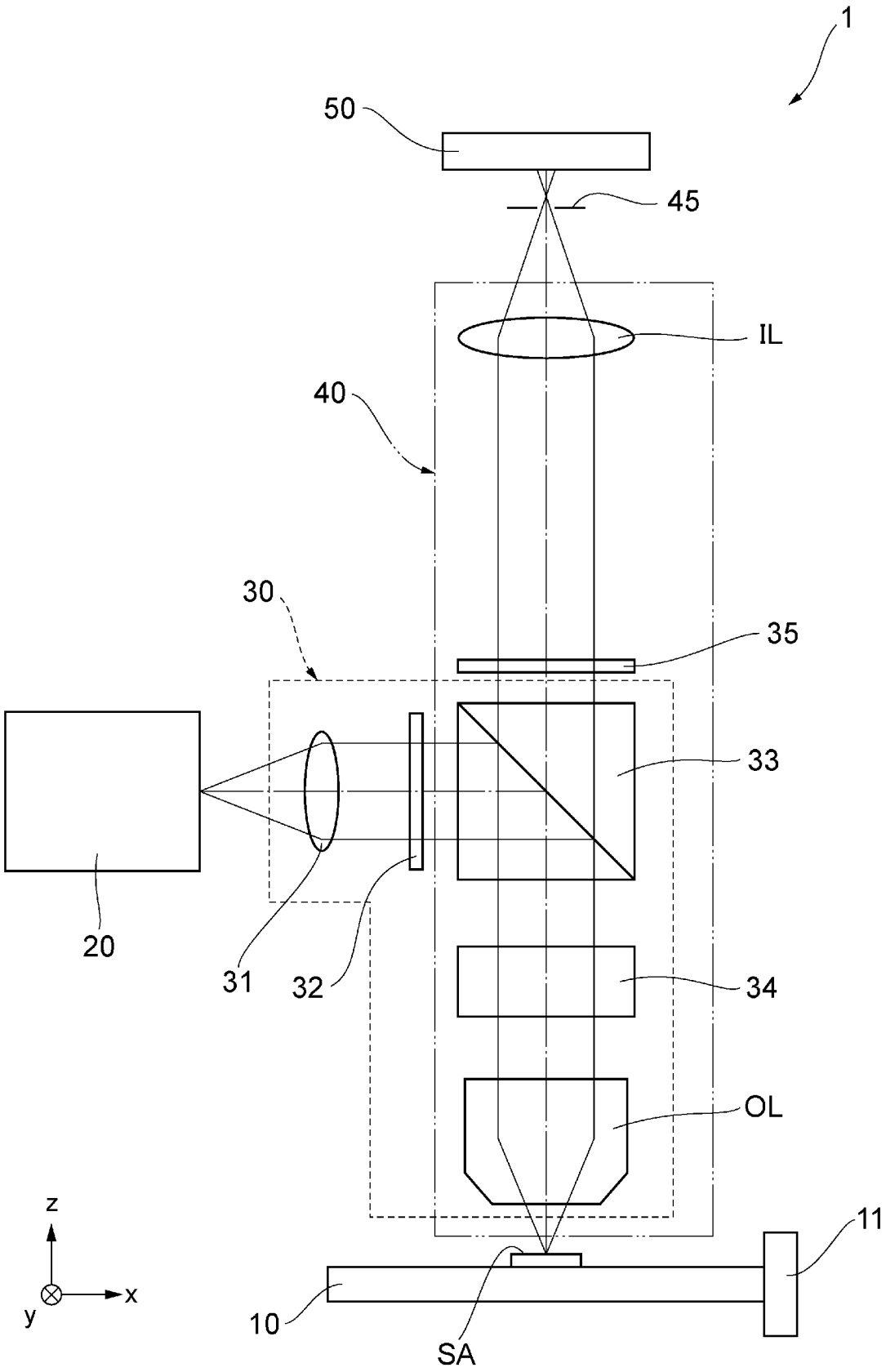
[図12]


メリジオナルコマ収差
サジタルコマ収差
RFH=1.00
RFH=0.72
RFH=0.50
RFH=0.00
0.15
−0.15
C
d
F

[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2022/007908

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 21/02(2006.01)i; ***G02B 13/00***(2006.01)i
FI: G02B21/02 A; G02B13/00

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)

G02B21/02; G02B13/00

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 1971-2022
Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017-16066 A (OLYMPUS CORP) 19 January 2017 (2017-01-19) examples 1-4	1-3, 6-17
A	examples 1-4	4-5
X	JP 2016-85335 A (OLYMPUS CORP) 19 May 2016 (2016-05-19) example 6	1-2, 6-9, 12-17
A	example 6	3-5, 10-11
X	JP 60-14215 A (OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.) 24 January 1985 (1985-01-24) examples 2-3	1-4, 6-8, 16-17
A	examples 2-3	5, 9-15
X	JP 2013-156579 A (OLYMPUS CORP) 15 August 2013 (2013-08-15) numerical example 3	1, 4-5, 16-17
A	numerical example 3	2–3, 6–15

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"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	Date of mailing of the international search report
11 May 2022	**24 May 2022**
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.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 210376860 U (DOMILIGHT OPTICS AND ELECTRONICS ENTPR CO LTD) 21 April 2020 (2020-04-21) examples 1-3	1-2, 8-9, 16-17
A	examples 1-3	3-7, 10-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2022/007908

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2017-16066 A	19 January 2017	US 2017/0010454 A1 examples 1-4	
JP 2016-85335 A	19 May 2016	US 2017/0322404 A1 example 6 US 2016/0116724 A1 example 6	
JP 60-14215 A	24 January 1985	US 4563060 A examples 2-3	
JP 2013-156579 A	15 August 2013	(Family: none)	
CN 210376860 U	21 April 2020	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2022/007908

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

G02B 21/02(2006.01)i; G02B 13/00(2006.01)i
FI: G02B21/02 A; G02B13/00

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））

G02B21/02; G02B13/00

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	１９７１－２０２２年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２２年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２２年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー*	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2017-16066 A (オリンパス株式会社) 19.01.2017 (2017-01-19) 実施例1-4	1-3, 6-17
A	実施例1-4	4-5
X	JP 2016-85335 A (オリンパス株式会社) 19.05.2016 (2016-05-19) 実施例6	1-2, 6-9, 12-17
A	実施例6	3-5, 10-11
X	JP 60-14215 A (オリンパス光学工業株式会社) 24.01.1985 (1985-01-24) 実施例2-3	1-4, 6-8, 16-17
A	実施例2-3	5, 9-15
X	JP 2013-156579 A (オリンパス株式会社) 15.08.2013 (2013-08-15) 数値実施例3	1, 4-5, 16-17
A	数値実施例3	2-3, 6-15

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☑ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー
"A" 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
"E" 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
"L" 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
"O" 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
"P" 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
"T" 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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	国際調査報告の発送日
11.05.2022	24.05.2022

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）
瀬戸　息吹 2V 5362

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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 210376860 U (DOMILIGHT OPTICS AND ELECTRONICS ENTPR CO LTD) 21.04.2020 (2020-04-21) 実施例1-3	1-2, 8-9, 16-17
A	実施例1-3	3-7, 10-15

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/JP2022/007908

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2017-16066 A	19.01.2017	US 2017/0010454 A1 実施例1-4	
JP 2016-85335 A	19.05.2016	US 2017/0322404 A1 実施例6 US 2016/0116724 A1 実施例6	
JP 60-14215 A	24.01.1985	US 4563060 A 実施例2-3	
JP 2013-156579 A	15.08.2013	（ファミリーなし）	
CN 210376860 U	21.04.2020	（ファミリーなし）	