(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7626199号
(P7626199)

(45)発行日　令和7年2月4日(2025.2.4)

(24)登録日　令和7年1月27日(2025.1.27)

(51)国際特許分類

Ｇ０２Ｂ	*21/02*	*(2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	21/02
Ｇ０２Ｂ	*13/00*	*(2006.01)*	Ｇ０２Ｂ	13/00

ＦＩ

請求項の数　16　（全27頁）

(21)出願番号　特願2023-510675(P2023-510675)
(86)(22)出願日　令和4年2月25日(2022.2.25)
(86)国際出願番号　PCT/JP2022/007908
(87)国際公開番号　WO2022/209483
(87)国際公開日　令和4年10月6日(2022.10.6)
審査請求日　令和5年9月22日(2023.9.22)
(31)優先権主張番号　特願2021-57545(P2021-57545)
(32)優先日　令和3年3月30日(2021.3.30)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都品川区西大井一丁目５番２０号
(74)代理人　100113549
弁理士　鈴木 守
(74)代理人　100115808
弁理士　加藤 真司
(74)代理人　100092897
弁理士　大西 正悟
(74)代理人　100157417
弁理士　並木 敏章
(72)発明者　▲高▼木 英嗣
東京都港区港南二丁目１５番３号 株式会社ニコン内
審査官　瀬戸 息吹

最終頁に続く

(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)【特許請求の範囲】

【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つの正レンズの３つのレンズからなり、

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し、

ｖｄＡ＜４０

但し、ｖｄＡ：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズのアッベ数

さらに以下の条件式を満足する顕微鏡対物レンズ。

０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄＡ＋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

θＡ＝（ｎｇＡ－ｎＦＡ）／（ｎＦＡ－ｎＣＡ）

【請求項２】

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＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄＡ＋０．０１７）

【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または２に記載の顕微鏡対物レンズ。
０＜ｖｄＸ－ｖｄＡ
０＜（θＡ－θＸ）／（ｖｄＡ－ｖｄＸ）×（ｖｄＰ－ｖｄＸ）＋θＸ－θＰ
但し、ｖｄＸ：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
ｖｄＰ：前記第３レンズ群の前記正レンズのアッベ数
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４】
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３に記載の顕微鏡対物レンズ。
０＜（θＡ－θＸ）／（ｖｄＡ－ｖｄＸ）×（ｖｄＰ－ｖｄＸ）＋θＸ－θＰ－０．０１５
【請求項５】
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１～４のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
【請求項６】
以下の条件式を満足する請求項５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７】
前記第２レンズ群は、正の屈折力を有する請求項１～６のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
【請求項８】
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１～７のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
ｖｄ２Ｐ＜３５
但し、ｖｄ２Ｐ：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９】
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１～７のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
ｖｄ２Ｐ＜３５
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）
但し、ｖｄ２Ｐ：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１～７のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
ｖｄ２Ｐ＜３５
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）
但し、ｖｄ２Ｐ：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１～７のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
ｖｄ２Ｐ＜３５
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）
但し、ｖｄ２Ｐ：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１～１１のいずれか一項に記載の顕微鏡対物レンズ。
【請求項１３】
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。
ｖｄ２Ｐ＜３５
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）
但し、ｖｄ２Ｐ：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１４】
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１３に記載の顕微鏡対物レンズ。

ｖｄＡ＜４０
但し、ｖｄＡ：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１５】
請求項１～１４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１６】
請求項１～１４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。
【発明の詳細な説明】
【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】
【文献】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つの正レンズの３つのレンズからなり、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し、
ｖｄＡ＜４０
但し、ｖｄＡ：前記第３レンズ群の前記所定の負レンズのアッベ数
さらに以下の条件式を満足する。
０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄＡ＋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
θＡ＝（ｎｇＡ－ｎＦＡ）／（ｎＦＡ－ｎＣＡ）
【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。
ｖｄ２Ｐ＜３５
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）
但し、ｖｄ２Ｐ：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）

【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。

ｖｄＡ＜４０　・・・（１）

但し、ｖｄＡ：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＜ｖｄＸ－ｖｄＡ　・・・（２）

０＜（θＡ－θＸ）／（ｖｄＡ－ｖｄＸ）×（ｖｄＰ－ｖｄＸ）＋θＸ－θＰ　・・・（３）

但し、ｖｄＸ：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

ｖｄＰ：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＜ｖｄＸ－ｖｄＡ　・・・（２）

０＜（θＡ－θＸ）／（ｖｄＡ－ｖｄＸ）×（ｖｄＰ－ｖｄＸ）＋θＸ－θＰ－０．０１５　・・・（４）

但し、ｖｄＸ：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

ｖｄＰ：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）

【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＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄＡ＋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×ｖｄＡ＋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。
　ｖｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）
　但し、ｖｄ２Ｐ：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。
　ｖｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）
　０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）　・・・（９）
　但し、ｖｄ２Ｐ：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）
【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。
ｖｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）　・・・（９）
但し、ｖｄ２Ｐ：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。
ｖｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）　・・・（９）
但し、ｖｄ２Ｐ：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。
ｖｄ２Ｐ＜３５　・・・（８）
０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋０．００８）　・・・（９）
但し、ｖｄ２Ｐ：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）
【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。ｖｄＡ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。ｖｄＸ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。ｖｄＰ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。ｖｄ２Ｐ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、ｖｄ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
ｖｄＡ＝27.35　　θＡ＝0.6319
ｖｄＸ＝48.10　　θＸ＝0.5603
ｖｄＰ＝29.84　　θＰ＝0.6017
ｖｄ２Ｐ＝28.69　　θ２Ｐ＝0.6065

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	ｖｄ	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
ｖｄＡ＝27.35	θＡ＝0.6319
ｖｄＸ＝40.69	θＸ＝0.5672
ｖｄＰ＝24.80	θＰ＝0.6122
ｖｄ２Ｐ＝27.35	θ２Ｐ＝0.6319

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	ｖｄ	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
ｖｄＡ＝24.71　　θＡ＝0.6291
ｖｄＸ＝48.10　　θＸ＝0.5603
ｖｄＰ＝24.80　　θＰ＝0.6122
ｖｄ２Ｐ＝28.69　　θ２Ｐ＝0.6065

［レンズデータ］

面番号	Ｒ	Ｄ	ｎｄ	ｖｄ	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ｖｄ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）　ｖｄＡ＜４０

条件式（２）　０＜ｖｄＸ－ｖｄＡ

条件式（３）　０＜（θＡ－θＸ）／（ｖｄＡ－ｖｄＸ）×（ｖｄＰ－ｖｄＸ）＋θＸ－θＰ

条件式（４）　０＜（θＡ－θＸ）／（ｖｄＡ－ｖｄＸ）×（ｖｄＰ－ｖｄＸ）＋θＸ－θＰ－０．０１５
条件式（５）　０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄＡ＋０．００７）
条件式（６）　０＜θＡ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄＡ＋０．０１７）
条件式（７）　１．６８＜ｎｄＸ
条件式（８）　ｖｄ２Ｐ＜３５
条件式（９）　０＜θ２Ｐ－（０．６４３８－０．００１６８２×ｖｄ２Ｐ＋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。

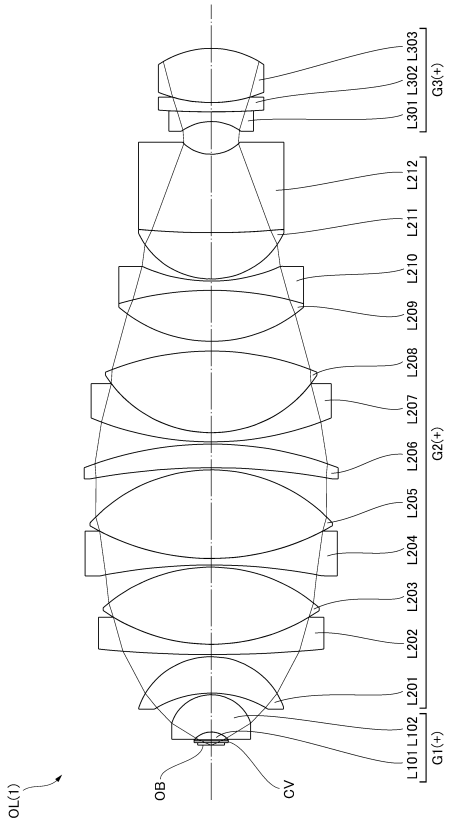
【符号の説明】

【０１１７】

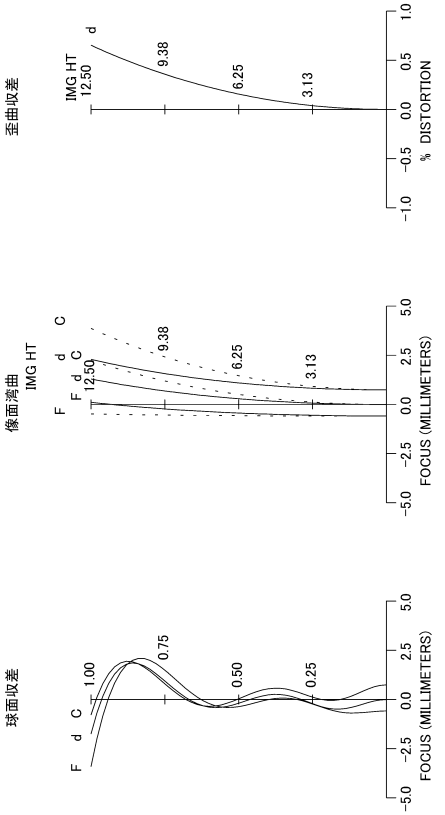
Ｇ１　第１レンズ群　　Ｇ２　第２レンズ群
Ｇ３　第３レンズ群

【図面】

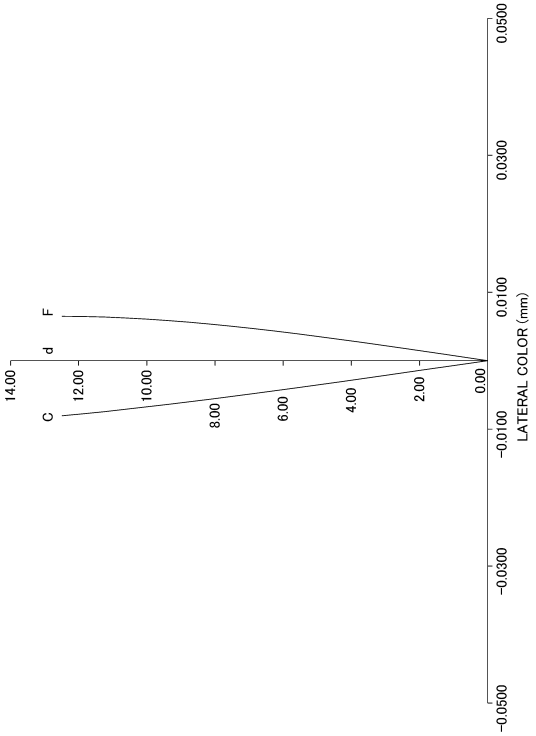
【図１】


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

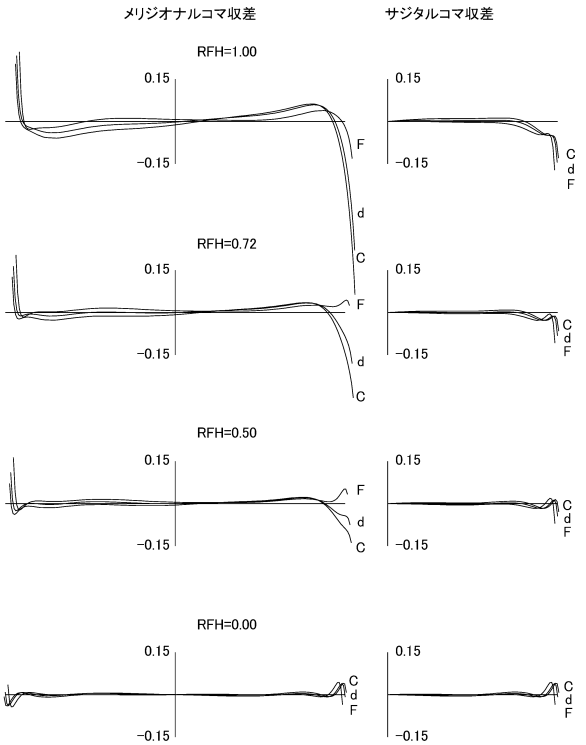
【図２】


歪曲収差
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
% DISTORTION
像面湾曲
FOCUS (MILLIMETERS)
球面収差
1.00
0.75
0.50
0.25

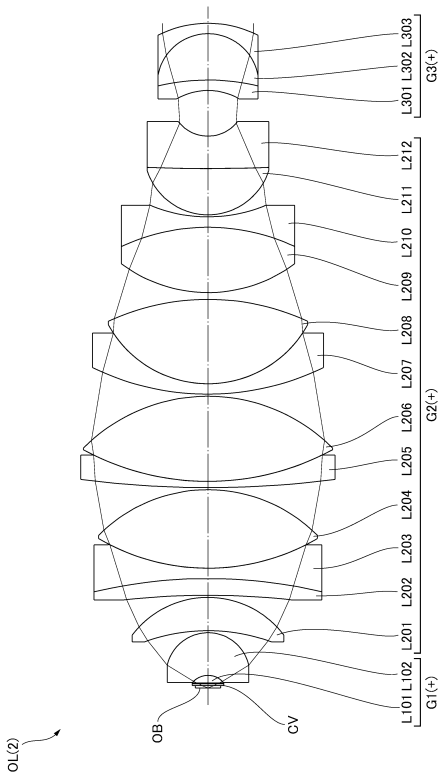
【図３】


LATERAL COLOR (mm)
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00

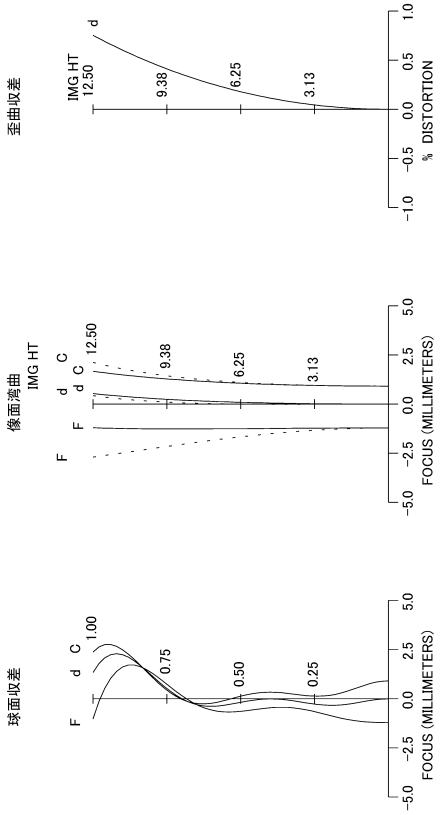
【図４】


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

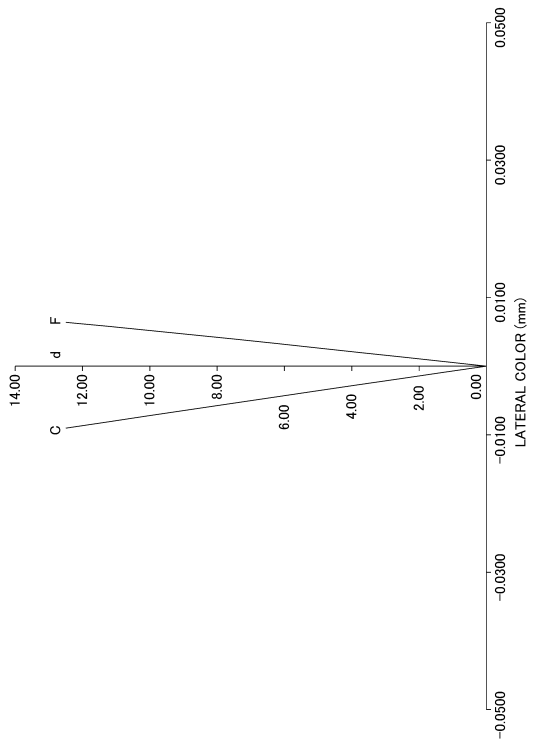
【図５】


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

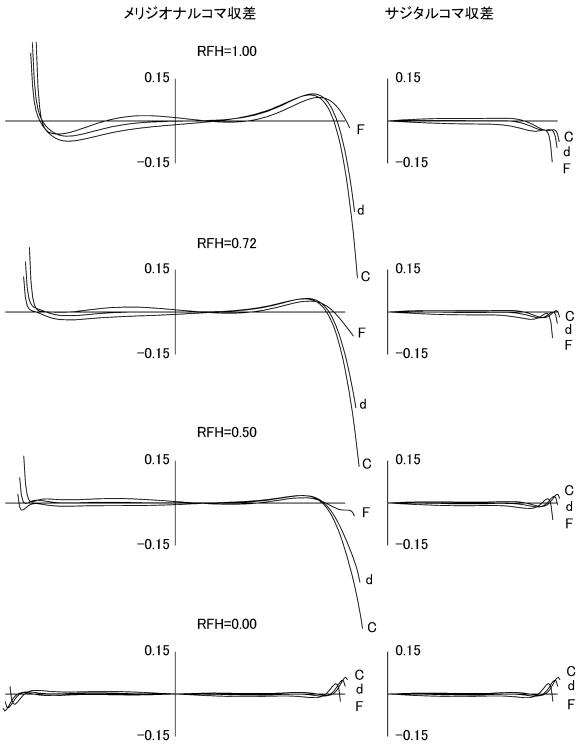
【図６】


歪曲収差
IMG HT
12.50
9.38
6.25
3.13
% DISTORTION
像面湾曲
FOCUS (MILLIMETERS)
球面収差
1.00
0.75
0.50
0.25

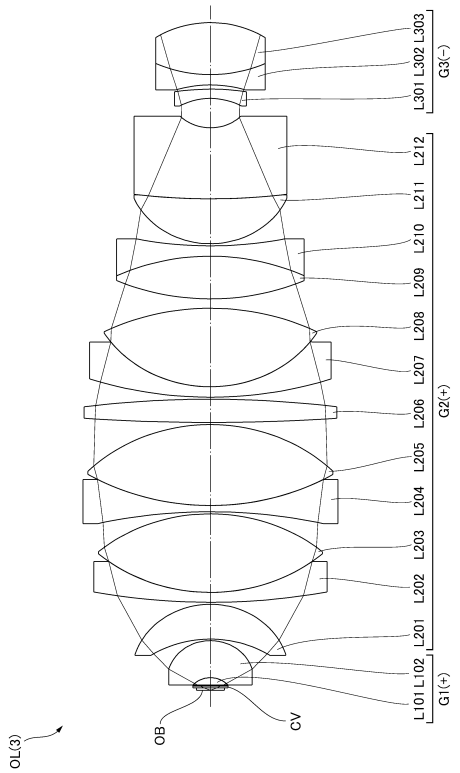
【図７】


LATERAL COLOR (mm)
14.00
12.00
10.00
8.00
6.00
4.00
2.00
0.00

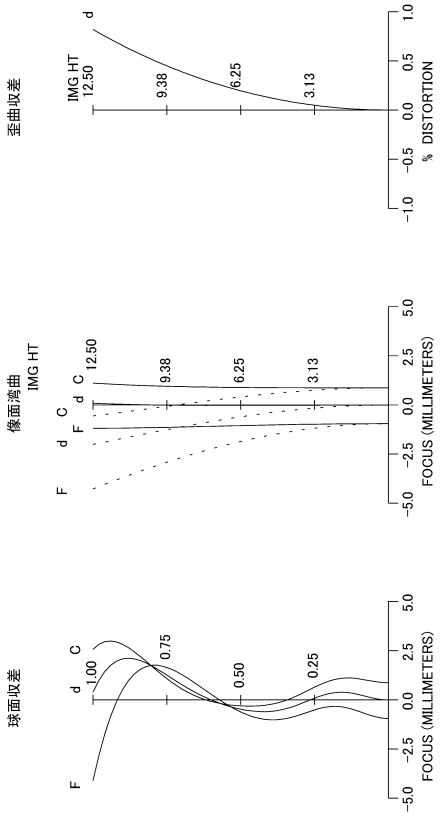
【図８】


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

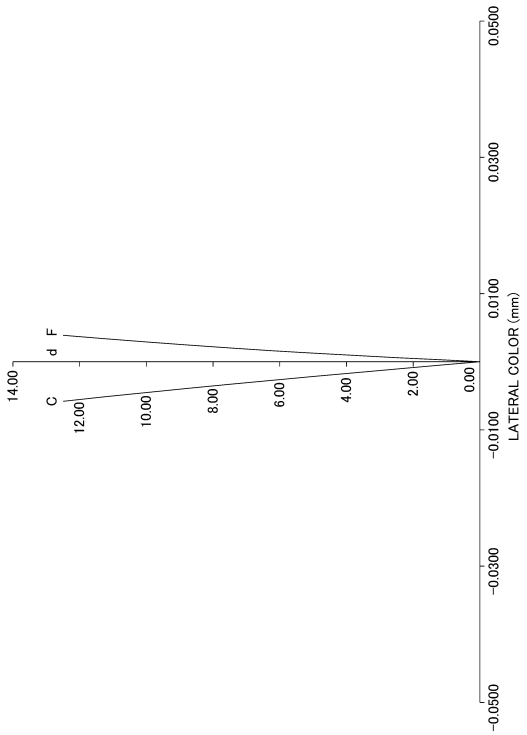
【図９】



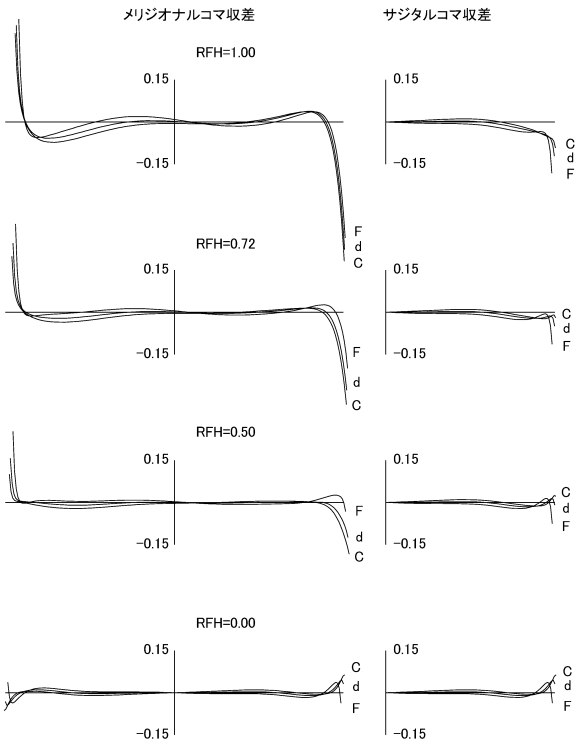
【図１０】



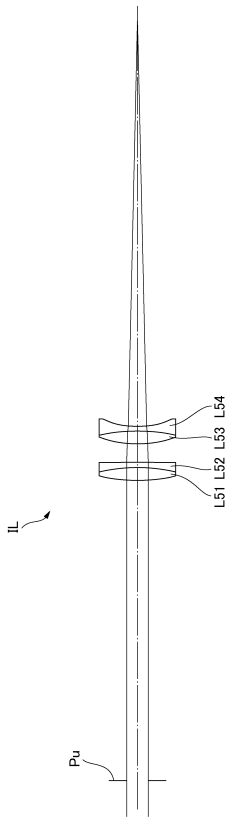
【図１１】



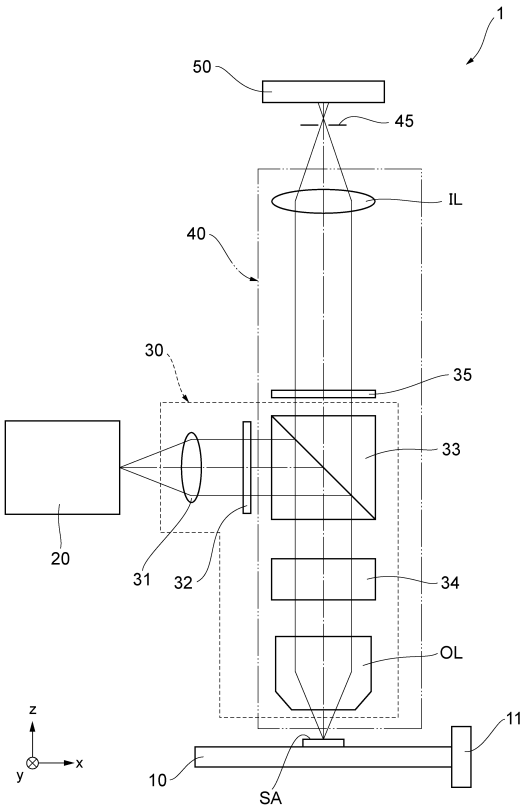
【図１２】



【図１３】


IL
L51 L52 L53 L54
Pu

【図１４】


1
50
45
IL
40
30
35
33
20
31
32
34
OL
11
10
SA
z
y
x

フロントページの続き

(56)参考文献　特開昭６０－０１４２１５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－１５６５７９（ＪＰ，Ａ）
特開２０１７－０１６０６６（ＪＰ，Ａ）
特開２０１６－０８５３３５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｇ０２Ｂ　９／００ － １７／０８
Ｇ０２Ｂ ２１／０２ － ２１／０４
Ｇ０２Ｂ ２５／００ － ２５／０４