

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6071511号
(P6071511)

(45) 発行日 平成29年2月1日(2017.2.1)

(24) 登録日 平成29年1月13日(2017.1.13)

(51) Int.Cl.

G02B 21/02 (2006.01)

F 1

G 02 B 21/02

A

請求項の数 4 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2012-271025 (P2012-271025)
 (22) 出願日 平成24年12月12日 (2012.12.12)
 (65) 公開番号 特開2013-178483 (P2013-178483A)
 (43) 公開日 平成25年9月9日 (2013.9.9)
 審査請求日 平成27年12月4日 (2015.12.4)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-18988 (P2012-18988)
 (32) 優先日 平成24年1月31日 (2012.1.31)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都八王子市石川町2951番地
 (74) 代理人 100123962
 弁理士 斎藤 圭介
 (74) 代理人 100120204
 弁理士 平山 巍
 (72) 発明者 鈴木 良政
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内
 (72) 発明者 梶谷 和男
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ
 リンパス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】顕微鏡対物レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

顕微鏡対物レンズであって、
 少なくとも3枚のレンズを含み、
 前記顕微鏡対物レンズを構成するレンズは、全て単レンズであり、
前記顕微鏡対物レンズを構成する全てのレンズのd線に対する屈折率は1.7以下であ
り、

以下の条件式(1)、(2)を満足し、

以下の式(5)で算出されるPDを有することを特徴とする顕微鏡対物レンズ。

$$0.14 \leq N_A < 0.4 \quad (1)$$

$$3 \text{ mm} < D / N_A < 50 \text{ mm} \quad (2)$$

$$PD = 4.5 + 1.5m \quad (5)$$

ここで、

N Aは、前記顕微鏡対物レンズの物体側の開口数、

Dは、前記顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、

PDは、前記顕微鏡対物レンズの同焦点距離で単位はmm、mは-1、0、1、2、3、又は4、

である。

【請求項 2】

以下の条件式(3)を満足することを特徴とする請求項1に記載の顕微鏡対物レンズ。

10

20

$$0.5 < D / A D < 7 \quad (3)$$

ここで、

D は、前記顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、

A D は、前記顕微鏡対物レンズの各レンズ間の空気間隔の総和、
である。

【請求項 3】

以下の条件式(4)を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の顕微鏡対物レンズ。

$$0.2 < D / f < 2 \quad (4)$$

ここで、

10

D は、前記顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、

f は、前記顕微鏡対物レンズ全系の焦点距離、

である。

【請求項 4】

前記顕微鏡対物レンズは顕微鏡対物レンズユニットに収容され、前記顕微鏡対物レンズユニットは、観察装置に着脱可能な着脱部を有することを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載の顕微鏡対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は顕微鏡対物レンズに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、顕微鏡対物レンズでは、倍率が高い顕微鏡対物レンズほど、多くのレンズが使用されている。一方、倍率が低い顕微鏡対物レンズでは、倍率が高い顕微鏡対物レンズほどではないものの、やはり多くのレンズが使用されている。

【0003】

例えば、特許文献1には、8枚のレンズで構成された顕微鏡対物レンズが開示されている。この顕微鏡対物レンズは、倍率が4倍、NA(開口数)が0.16、焦点距離が45mmの顕微鏡対物レンズである。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-65023号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1の顕微鏡対物レンズでは、レンズの総肉厚は約28mmとなっている。そのため、光が顕微鏡対物レンズを通過する際、少なからず光量の損失が生じてしまう。

40

【0006】

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、光量の損失が少ない顕微鏡対物レンズを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明の顕微鏡対物レンズは、少なくとも3枚のレンズを含み、顕微鏡対物レンズを構成するレンズは、全て単レンズであり、顕微鏡対物レンズを構成する全てのレンズのd線に対する屈折率は1.7以下であり、以下の条件式(1)、(2)を満足し、以下の式(5)で算出されるPDを有することを特徴とする。

50

$$\frac{0.14}{3\text{ mm} < D / N A < 50\text{ mm}} \quad (1')$$

$$P D = 4.5 + 1.5m \quad (2)$$

$$P D = 4.5 + 1.5m \quad (5)$$

ここで、

N A は、顕微鏡対物レンズの物体側の開口数、

D は、顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、

P D は、顕微鏡対物レンズの同焦点距離で単位はmm、mは -1、0、1、2、3、又は4、

である。

【発明の効果】

10

【0008】

本発明によれば、光量の損失が少ない顕微鏡対物レンズを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本発明の実施例1の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図2】(a)～(d)は、実施例1の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図3】本発明の実施例2の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図4】(a)～(d)は、実施例2の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図5】本発明の実施例3の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図6】(a)～(d)は、実施例3の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図7】本発明の実施例4の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図8】(a)～(d)は、実施例4の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図9】本発明の実施例5の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図10】(a)～(d)は、実施例5の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図11】本発明の実施例6の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図12】(a)～(d)は、実施例6の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図13】本発明の実施例7の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図14】(a)～(d)、実施例7の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図15】本発明の実施例8の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図16】(a)～(d)は、実施例8の顕微鏡対物レンズの収差図である。

30

【図17】本発明の実施例9の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図18】(a)～(d)は、実施例9の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図19】本発明の実施例10の顕微鏡対物レンズのレンズ断面図である。

【図20】(a)～(d)は、実施例10の顕微鏡対物レンズの収差図である。

【図21】結像レンズの断面図である。

【図22】本発明の実施例1の顕微鏡対物レンズと結像レンズを組み合わせたときのレンズ断面図である。

【図23】顕微鏡対物レンズユニットの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

40

以下に、本発明にかかる顕微鏡対物レンズの実施形態及び実施例を、図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態及び実施例によりこの発明が限定されるものではない。

以下の説明において、物体側とは試料側のことをいう。

【0011】

本実施形態の顕微鏡対物レンズは、以下の条件式(1)、(2)を満足することを特徴とする。更に、本実施形態の顕微鏡対物レンズは、少なくとも3枚のレンズを含む共に、後述の式(5)で算出されるP D を有する。

$$0.05 < N A < 0.4 \quad (1)$$

$$3\text{ mm} < D / N A < 50\text{ mm} \quad (2)$$

50

ここで、
 N A は、顕微鏡対物レンズの物体側の開口数、
 D は、顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、
 である。

【0012】

条件式(2)は、顕微鏡対物レンズの物体側の開口数N Aと顕微鏡対物レンズの総肉厚Dの関係を定める条件式であり、条件式(1)は条件式(2)におけるN Aの範囲を規定する条件である。

条件式(2)の下限を下回ると、総肉厚Dに対してN Aが大きすぎるため、収差が大きくなり解像度が低くなる。 10

条件式(2)の上限を上回ると、総肉厚が厚い(Dが大きい)ため顕微鏡対物レンズで吸収される光量が多くなり、これにより透過率が低下する。

【0013】

条件式(1)に代えて、以下の条件式(1')を満足するとよい。

$$0.1 < N A < 0.3 \quad (1')$$

【0014】

さらに好ましくは、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1'')を満足するとよい。

$$0.15 < N A < 0.25 \quad (1'')$$

また、条件式(1)に代えて、以下の条件式(1''')を満足するのが良い。 20

$$0.14 \leq N A < 0.4 \quad (1''')$$

【0015】

条件式(2)に代えて、以下の条件式(2')を満足するとよい。

$$4 \text{ mm} < D / N A < 30 \text{ mm} \quad (2')$$

【0016】

さらに好ましくは、条件式(2)に代えて、以下の条件式(2'')を満足するとよい。

$$5 \text{ mm} < D / N A < 22 \text{ mm} \quad (2'')$$

また、条件式(1')の上限値又は下限値を、条件式(1)、(1'')の上限値又は下限値としても良いし、条件式(1'')の上限値又は下限値を、条件式(1)、(1')の上限値又は下限値としても良い。 30

また、条件式(2')の上限値又は下限値を、条件式(2)、(2'')の上限値又は下限値としても良いし、条件式(2'')の上限値又は下限値を、条件式(2)、(2')の上限値又は下限値としても良い。

【0017】

また、本実施形態の顕微鏡対物レンズは、以下の条件式(3)を満足することが好ましい。

$$0.5 < D / A D < 7 \quad (3)$$

ここで、

D は、顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、 40

A D は、顕微鏡対物レンズの各レンズ間の空気間隔の総和、
 である。

【0018】

条件式(3)は、顕微鏡対物レンズの総肉厚Dと顕微鏡対物レンズの各レンズ間の空気間隔の総和A Dの関係を定める条件式である。

条件式(3)の下限を下回ると、総肉厚が薄い(Dが小さい)ため非点収差と像面湾曲の補正を両立することができなくなる。

条件式(3)の上限を上回ると、総肉厚が厚い(Dが大きい)ため透過率が低下する。

【0019】

条件式(3)に代えて、以下の条件式(3')を満足するとよい。 50

$$1 < D / A D < 5 \quad (3')$$

【0020】

さらに好ましくは、条件式(3)に代えて、以下の条件式(3'')を満足するとよい。

$$1.5 < D / A D < 3.5 \quad (3'')$$

また、条件式(3')の上限値又は下限値を、条件式(3)、(3'')の上限値又は下限値としても良いし、条件式(3'')の上限値又は下限値を、条件式(3)、(3')の上限値又は下限値としても良い。

【0021】

また、本実施形態の顕微鏡対物レンズは、以下の条件式(4)を満足することが好ましい。 10

$$0.2 < D / f < 2 \quad (4)$$

ここで、

D は、顕微鏡対物レンズの各レンズの肉厚の総肉厚、

f は、顕微鏡対物レンズ全系の焦点距離、

である。

【0022】

条件式(4)は、顕微鏡対物レンズの総肉厚 D と顕微鏡対物レンズ全系の焦点距離 f の関係を定める条件式である。 20

条件式(4)の下限を下回ると、顕微鏡対物レンズの焦点距離が長いため、高倍観察するには結像レンズの焦点距離も長くする必要がある。そのため、光学系全体が大きくなってしまう。

条件式(4)の上限を上回ると、総肉厚が厚い(D が大きい)ため顕微鏡対物レンズで吸収される光量が多くなり、これにより透過率が低下する。

【0023】

条件式(4)に代えて、以下の条件式(4')を満足するとよい。

$$0.3 < D / f < 1.3 \quad (4')$$

【0024】

さらに好ましくは、条件式(4)に代えて、以下の条件式(4'')を満足するとよい。 30

$$0.4 < D / f < 1 \quad (4'')$$

また、条件式(4')の上限値又は下限値を、条件式(4)、(4'')の上限値又は下限値としても良いし、条件式(4'')の上限値又は下限値を、条件式(4)、(4')の上限値又は下限値としても良い。

【0025】

また、本実施形態の顕微鏡対物レンズにおいて、顕微鏡対物レンズを構成するレンズは、少なくとも 2 種類の硝材からなり、レンズの d 線に対する屈折率は 1.7 以下であることが好ましい。

これにより、色収差の補正が可能となる。

また、屈折率が 1.7 以上になると、レンズ面と空気面の屈折率差が大きくなり、レンズ表面の反射率が高くなる。そのため、透過率が低下してしまう。 40

【0026】

また、本実施形態の顕微鏡対物レンズにおいて、顕微鏡対物レンズは顕微鏡対物レンズユニットに収容され、この顕微鏡対物レンズユニットは、観察装置に着脱可能な着脱部を有することが好ましい。

顕微鏡の観察範囲は、「視野数 / (結像レンズの焦点距離 / 顕微鏡対物レンズの焦点距離)」であり、着脱部を有することにより様々な種類の顕微鏡に対して着脱できる。

【0027】

また、本実施形態の顕微鏡対物レンズにおいて、顕微鏡対物レンズの同焦点距離 P D は次式(5)で算出することが好ましい。 50

$$P D = 45 + 15m \quad (5)$$

ここで、mは-1、0、1、2、3、又は4である。

また、同焦点距離 P D (単位はmm) はカバーガラスが無い場合の同焦点距離であって、カバーガラスがある場合の同焦点距離は、カバーガラスなしの場合の同焦点距離 P D に $t (n - 1 / n)$ が加わったものである。ここで、tはカバーガラスの厚さ、nはカバーガラスの屈折率である。

上式(5)で算出する同焦点距離は、既存の顕微鏡対物レンズと同じ同焦点距離であるため、本顕微鏡対物レンズが選択されたときも、常に試料にピントを合わせることができる。

【0028】

以下に、本発明に係る顕微鏡対物レンズの実施例を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【0029】

以下、本発明の顕微鏡対物レンズの実施例1～10について説明する。実施例3、7、9は参考例である。実施例1～10のレンズ断面図を、それぞれ図1、図3、図5、図7、図9、図11、図13、図15、図17、図19に示す。これらの断面図中、L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7は各レンズ、カバーガラスはCで示してある。また、図21は結像レンズの断面図、図22は、本発明の顕微鏡対物レンズと結像レンズを組み合わせたときのレンズ断面図である。図22において、OBは対物レンズ、TLは結像レンズである。

【0030】

なお、実施例1～10の顕微鏡対物レンズは、無限遠補正の顕微鏡対物レンズである。無限遠補正の顕微鏡対物レンズでは、顕微鏡対物レンズから出射する光束が平行になるので、それ自体では結像しない。そのため、この平行光束は、例えば、図21に示すような結像レンズで集光される。そして、平行光束が集光された位置に試料面の像が形成される。

【0031】

実施例1の顕微鏡対物レンズは、図1に示すように、物体側より順に、両凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、両凸正レンズL5とで構成されている。

各実施例において、第1面r1は試料面である。

【0032】

非球面は、両凹負レンズL1の両面と、正メニスカスレンズL2の両面と、正メニスカスレンズL3の両面と、負メニスカスレンズL4の両面と、両凸正レンズL5の両面との合計10面に用いている。

【0033】

実施例2の顕微鏡対物レンズは、図3に示すように、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、両凸正レンズL5とで構成されている。

【0034】

非球面は、負メニスカスレンズL1の両面と、正メニスカスレンズL2の両面と、正メニスカスレンズL3の両面と、負メニスカスレンズL4の両面と、両凸正レンズL5の両面との合計10面に用いている。

【0035】

実施例3の顕微鏡対物レンズは、図5に示すように、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL1と、両凹負レンズL2と、両凹負レンズL3と両凸正レンズL4の接合レンズと、両凸正レンズL5と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL6と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL7とで構成されている。

10

20

30

40

50

【0036】

非球面は、正メニスカスレンズL1の両面と、両凹負レンズL2の両面と、両凹負レンズL3の物体側の面と、両凸正レンズL4の像側の面と、両凸正レンズL5の両面と、正メニスカスレンズL6の両面と、負メニスカスレンズL7の両面との合計12面に用いている。

【0037】

実施例4の顕微鏡対物レンズは、図7に示すように、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3と、両凸正レンズL4とで構成されている。

【0038】

非球面は、負メニスカスレンズL1の両面と、正メニスカスレンズL2の両面と、負メニスカスレンズL3の両面との合計6面に用いている。

【0039】

実施例5の顕微鏡対物レンズは、図9に示すように、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3とで構成されている。

【0040】

非球面は、負メニスカスレンズL1の両面と、負メニスカスレンズL2の両面と、両凸正レンズL3の両面との合計6面に用いている。

【0041】

実施例6の顕微鏡対物レンズは、図11に示すように、両凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズL3と、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5とで構成されている。

【0042】

非球面は、両凹負レンズL1の両面と、正メニスカスレンズL2の両面と、正メニスカスレンズL3の両面と、両凹負レンズL4の両面と、両凸正レンズL5の両面との合計10面に用いている。

【0043】

実施例7の顕微鏡対物レンズは、図13に示すように、両凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3との接合レンズと、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5とで構成されている。

【0044】

非球面は、両凹負レンズL1の両面と、正メニスカスレンズL2の物体側の面と、正メニスカスレンズL2と負メニスカスレンズL3との接合面と、負メニスカスレンズL3の像側の面と、両凹負レンズL4の両面と、両凸正レンズL5の両面との合計9面に用いている。

【0045】

実施例8の顕微鏡対物レンズは、図15に示すように、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と、両凸正レンズL3と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズL4と、両凸正レンズL5とで構成されている。

【0046】

非球面は、負メニスカスレンズL1の両面と、正メニスカスレンズL2の両面と、両凸正レンズL3の両面と、負メニスカスレンズL4の両面と、両凸正レンズL5の両面との合計10面に用いている。

【0047】

実施例9の顕微鏡対物レンズは、図17に示すように、両凹負レンズL1と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズL2と物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズL3との接合レンズと、両凹負レンズL4と、両凸正レンズL5とで構成されている。

【0048】

10

20

30

40

50

非球面は、両凹負レンズ L 1 の両面と、正メニスカスレンズ L 2 の物体側の面と、正メニスカスレンズ L 2 と負メニスカスレンズ L 3との接合面と、負メニスカスレンズ L 3の像側の面と、両凹負レンズ L 4 の両面と、両凸正レンズ L 5 の両面との合計 9 面に用いている。

【 0 0 4 9 】

実施例 1 0 の顕微鏡対物レンズは、図 1 9 に示すように、両凹負レンズ L 1 と、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 2 と、両凸正レンズ L 3 と、像側に凸面を向けた正メニスカスレンズ L 4 と、両凹負レンズ L 5 と、両凸正レンズ L 6 とで構成されている。

【 0 0 5 0 】

非球面は、両凹負レンズ L 1 の両面と、正メニスカスレンズ L 2 の両面と、両凸正レンズ L 3 の両面と、正メニスカスレンズ L 4 の両面と、両凹負レンズ L 5 の両面と、両凸正レンズ L 6 の両面との合計 1 2 面に用いている。 10

【 0 0 5 1 】

結像レンズは、図 2 1 に示すように、両凸レンズ L 1 1 と、像側に凸面を向けた負メニスカスレンズ L 1 2 と、両凸レンズ L 1 3 と、両凹負レンズ L 1 4 とで構成されている。両凸レンズ L 1 1 と負メニスカスレンズ L 1 2 とが接合されている。また、両凸レンズ L 1 3 と両凹負レンズ L 1 4 とが接合されている。

【 0 0 5 2 】

以下に、上記各実施例の数値データを示す。記号は上記の外、 r は各レンズ面の曲率半径、 d は各レンズ面間の間隔、 n d は各レンズの d 線の屈折率、 d は各レンズのアッペ数である。また、焦点距離は全系の焦点距離、 N A は物体側の開口数、 W D は作動距離である。 20

【 0 0 5 3 】

また、非球面形状は、 x を光の進行方向を正とした光軸とし、 y を光軸と直交する方向にとると、下記の式にて表される。

$$x = (y^2 / R) / [1 + \{1 - (k + 1)(y / R)^2\}^{1/2}] \\ + a y^4 + b y^6 + c y^8 + d y^{10} + e y^{12} + f y^{14} + g y^{16}$$

ただし、 R は近軸曲率半径、 k は円錐係数、 a、 b、 c、 d、 e、 f、 g はそれぞれ 4 次、 6 次、 8 次、 10 次、 12 次、 14 次、 16 次の非球面係数である。また、非球面係数において、「 e - n 」(n は整数) は、「 1 0 ^ - n 」を示している。 30

【 0 0 5 4 】

数値実施例 1

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1
2		0.93		
3*	-39.28	0.41	1.5307	55.7
4*	1.58	0.55		
5*	1.08	0.69	1.5307	55.7
6*	1.16	0.31		
7*	1.27	0.55	1.5307	55.7
8*	2.82	0.63		
9*	-2.01	0.33	1.6349	23.9
10*	-7.77	0.04		
11*	8.27	0.70	1.5307	55.7
12*	-1.74			

40

50

非球面データ

第3面

$k=1.5000e+001$

$a=1.5292e-002, b=-2.6082e-003, c=6.9681e-004, d=-3.0641e-005$

第4面

$k=-8.1764e-001$

$a=-7.7369e-002, b=1.0338e-002, c=1.0829e-004, d=-9.8389e-005$

第5面

$k=-1.2590e+000$

$a=-1.7655e-002, b=-2.5790e-003$

第6面

$k=-8.6895e-001$

$a=-1.0585e-001, b=1.7929e-002, c=1.6927e-003$

第7面

$k=-1.5753e+000$

$a=-4.1155e-002, b=1.4678e-002$

第8面

$k=1.3514e+000$

$a=1.7655e-002, b=-3.3527e-003$

第9面

$k=1.5046e+000$

$a=5.3763e-002, b=-2.9705e-002, c=-6.9808e-004$

第10面

$k=3.5929e+000$

$a=3.4244e-002, b=-3.2268e-002, c=-2.1329e-003$

第11面

$k=-5.0000e+000$

$a=-1.3838e-002, b=-5.7848e-004, c=4.1265e-004$

第12面

$k=-1.1539e+000$

$a=-2.5780e-002, b=-2.2360e-003, c=3.7672e-003$

焦点距離 4.5

N A 0.17

W D 0.93

最大像高 0.28

【0 0 5 5】

数值実施例2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1(物面)		0.17	1.5163	64.1
2		1.10		
3*	9.58	0.37	1.5337	55.9
4*	1.20	0.63		
5*	1.43	0.66	1.5446	56.0
6*	4.75	0.31		
7*	6.27	0.61	1.5446	56.0

10

20

30

40

50

8*	55.42	0.69		
9*	-2.22	0.43	1.6142	25.6
10*	-10.83	0.06		
11*	15.52	0.72	1.5337	55.9
12*	-1.93			

非球面データ

第3面

k=-2.2071e+002

a=1.3211e-002, b=-8.2349e-004, c=2.0830e-004, d=-4.7133e-006, e=-1.0299e-006,
f=8.7247e-008, g=-9.5085e-010

10

第4面

k=-1.6336e+000

a=-2.8064e-002, b=2.8170e-003, c=-2.0563e-004, d=-1.9198e-005, e=2.9801e-006,
f=-4.5050e-008, g=1.3259e-008

第5面

k=-5.7921e-001

a=-1.0702e-002, b=-2.5916e-002, c=4.2975e-003, d=-3.7653e-004, e=-1.4533e-005,
f=-1.4245e-006, g=7.7289e-007

20

第6面

k=2.4836e-001

a=3.2573e-002, b=-3.3138e-002, c=2.5668e-002, d=-5.7221e-003, e=3.0196e-004,
f=-1.5543e-005, g=-1.2315e-005

第7面

k=-3.9383e+000

a=-6.7509e-003, b=2.0564e-002, c=3.5887e-003, d=-3.0518e-003, e=-4.9395e-005,
f=-9.4424e-006, g=1.4299e-006

第8面

k=-3.8964e+002

a=1.0676e-002, b=1.1249e-002, c=-9.4845e-003, d=1.2875e-003, e=-6.1447e-005,
f=-5.6834e-005, g=1.0704e-004

30

第9面

k=1.4272e+000

a=4.1289e-002, b=-1.6301e-002, c=1.4390e-002, d=-6.2550e-004, e=1.3290e-003,
f=4.5438e-004, g=-1.6981e-003

第10面

k=-1.5658e+002

a=-1.4678e-002, b=3.2408e-002, c=-2.5992e-002, d=5.0919e-003, e=2.6945e-003,
f=4.2757e-003, g=-2.9207e-003

40

第11面

k=-3.8871e+002

a=-3.3433e-002, b=1.6018e-002, c=-1.8520e-002, d=-1.1819e-003, e=-3.7513e-003,
f=-4.9674e-003, g=3.2479e-003

第12面

k=2.6646e-001

a=-4.1496e-003, b=3.6642e-003, c=-9.0048e-003, d=-9.5081e-005, e=5.1015e-004,
f=4.2305e-004, g=-1.9400e-003

焦点距離 5.0

N A 0.21

50

W D 1.10
最大像高 0.30

【 0 0 5 6 】

数值実施例 3

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1	10
2		0.70			
3*	4.72	0.82	1.8211	24.1	
4*	13.45	1.50			
5*	-50.02	0.42	1.7738	47.2	
6*	4.61	0.96			
7*	-4.75	0.49	1.8211	24.1	
8	6.10	0.64	1.8514	40.1	
9*	-5.58	0.19			
10*	41.52	0.86	1.5920	67.0	
11*	-2.03	3.67			20
12*	-5.26	0.67	2.1022	16.8	
13*	-3.32	0.53			
14*	-2.44	0.51	1.9027	31.0	
15*	-27.74				

非球面データ

第 3 面

k=-2.7220e+000

a=-1.4425e-002, b=3.8809e-003, c=-2.9335e-004

第 4 面

30

k=-1.3940e+000

a=-6.1447e-003, b=1.6318e-003, c=-1.5337e-004

第 5 面

k=-4.0363e+004

a=-2.8314e-002, b=1.7695e-002, c=-1.5017e-003

第 6 面

k=-3.1120e+000

a=-4.0760e-003, b=8.6040e-003, c=6.9363e-003

第 7 面

k=-3.2788e+001

40

a=-8.5977e-002, b=6.6520e-003, c=-1.5895e-002

第 9 面

k=4.8450e+000

a=1.1716e-003, b=-1.2806e-002, c=4.5774e-003

第 10 面

k=-7.9163e+002

a=1.3920e-002, b=-1.2687e-002, c=3.0654e-003

第 11 面

k=-9.8900e-001

a=-3.0943e-003, b=-1.0238e-003, c=-5.9130e-004

50

第 1 2 面

$k = -2.1342e+001$

$a = 5.9690e-003, b = -9.0805e-004, c = -9.3268e-005$

第 1 3 面

$k = -6.6050e+000$

$a = 4.5399e-003, b = -2.7820e-003, c = 1.4599e-004$

第 1 4 面

$k = 8.6000e-002$

$a = 8.1220e-003, b = -4.8231e-003, c = 1.1973e-003$

第 1 5 面

$k = -2.2449e+002$

$a = -7.5280e-003, b = 1.7458e-003, c = -9.3967e-005$

10

焦点距離 3.5

N A 0.16

W D 0.7

最大像高 0.21

【 0 0 5 7 】

数値実施例 4

20

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1
2		1.41		
3*	-1.09	0.59	1.5247	56.4
4*	-15.96	0.10		
5*	1.04	0.91	1.5247	56.4
6*	3.91	0.78		
7*	-3.17	0.37	1.6070	27.6
8*	-26.96	0.20		
9	20.00	0.69	1.4845	70.2
10	-1.70			

30

非球面データ

第 3 面

$k = -6.9786e+000$

$a = 6.3761e-002, b = -1.8935e-002, c = 5.0398e-003, d = -7.1260e-004, e = 4.5015e-005$

第 4 面

40

$k = 3.1388e+001$

$a = 7.7831e-002, b = -1.9566e-002, c = 8.0390e-004, d = 3.7556e-004, e = -4.4489e-005$

第 5 面

$k = -4.3135e+000$

$a = 5.7351e-002, b = -3.6453e-002, c = 1.7406e-002, d = -7.9964e-003, e = 1.1960e-003$

第 6 面

$k = -1.8788e+001$

$a = 1.9904e-002, b = 1.9157e-002, c = -1.0712e-002, d = 6.1387e-003$

第 7 面

$k = -3.1804e+000$

50

a=-1.0317e-002, b=8.5494e-003, c=-1.5358e-002, d=-1.1944e-003, e=-4.1261e-003

第 8 面

k=0.0000e+000

a=2.6155e-002, b=2.1272e-002, c=-3.8343e-002

焦点距離 4.5

N A 0.17

W D 1.41

最大像高 0.28

10

【 0 0 5 8 】

数値実施例 5

単位 m m

面データ

面番号	r	d	nd	d
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1
2		1.39		
3*	-1.95	0.78	1.5300	56.2
4*	-2.35	0.56		
5*	1.31	0.44	1.5750	39.0
6*	0.81	0.42		
7*	6.59	0.81	1.5300	56.2
8*	-1.61			

20

非球面データ

第 3 面

k=-1.0449e+001

a=5.5882e-002, b=-1.3350e-002, c=2.6973e-003, d=-1.0012e-004

30

第 4 面

k=-1.6403e+001

a=6.9137e-002, b=-3.4070e-002, c=1.1627e-002, d=-1.5912e-003

第 5 面

k=-9.3960e-001

a=-3.6455e-002, b=-3.0444e-001, c=3.8188e-003, d=6.7536e-002

第 6 面

k=-9.7480e-001

a=9.8250e-002, b=-3.8374e-001, c=3.9960e-001, d=-1.0609e-001

第 7 面

k=-1.0445e+000

40

a=1.8012e-001, b=1.3582e-001, c=8.8920e-002, d=-1.5580e-002

第 8 面

k=2.8889e-001

a=5.2987e-002, b=-3.7558e-002, c=2.3123e-001, d=5.2485e-003

焦点距離 4

N A 0.14

W D 1.39

最大像高 0.24

50

【 0 0 5 9 】

数値実施例 6

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1	
2		0.79			
3*	-0.90	0.38	1.5346	56.2	
4*	4.23	0.24			10
5*	0.77	0.48	1.5346	56.2	
6*	3.40	0.49			
7*	-14.41	0.31	1.5346	56.2	
8*	-2.73	0.13			
9*	-2.47	0.27	1.6142	25.6	
10*	11.08	0.04			
11*	10.28	0.42	1.5346	56.2	
12*	-1.54				

非球面データ

20

第 3 面

 $k = -7.2952e+000$ $a = 8.2593e-002, b = -3.8628e-002, c = 1.1216e-002, d = -1.6482e-003,$
 $e = 9.3301e-005, f = 9.1826e-007$

第 4 面

 $k = -8.4623e+001$ $a = 1.0703e-001, b = -4.8837e-002, c = 3.2315e-003, d = 1.2418e-003,$
 $e = -3.7604e-005, f = -2.2653e-005$

第 5 面

 $k = -3.5235e+000$

30

 $a = 7.4952e-002, b = -1.0607e-001, c = -3.4672e-002, d = 5.2016e-002,$
 $e = -1.0626e-002$

第 6 面

 $k = -9.7572e+000$ $a = 2.0008e-002, b = -2.0028e-002, c = 6.8054e-004, d = 7.8958e-002,$
 $e = -3.9562e-002$

第 7 面

 $k = 3.7214e-001$ $a = 1.0621e-001, b = -9.4595e-003, c = 2.0391e-001, d = -3.1096e-001$

第 8 面

40

 $k = -4.5023e+001$ $a = -1.1555e-002, b = 1.8757e-001, c = -3.8287e-001, d = 1.5204e-001$

第 9 面

 $k = -3.7611e+001$ $a = -2.0245e-001, b = -2.3268e-002, c = 1.2746e-001, d = 1.1058e-001,$
 $e = -2.3861e-001$

第 10 面

 $k = -2.1643e+002$ $a = 2.1911e-002, b = -5.4176e-001, c = 1.3602e+000, d = -1.2114e+000$

第 11 面

50

k=-9.6108e+002
 a=1.5497e-001, b=-4.0951e-001, c=1.0064e+000, d=-6.0425e-001
 第 1 面
 k=-1.4896e+000
 a=-5.4856e-003, b=8.9888e-002, c=-1.2373e-001, d=4.2339e-001

焦点距離	3	
N A	0.21	
W D	0.79	
最大像高	0.18	10

【 0 0 6 0 】

数值実施例 7

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d	
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1	
2		1.28			
3*	-2.83	0.51	1.5337	55.9	20
4*	4.41	0.68			
5*	1.62	0.67	1.5240	50.4	
6*	5.16	0.62	1.6170	27.2	
7*	4.79	0.82			
8*	-3.80	0.35	1.6142	25.6	
9*	59.08	0.08			
10*	6.36	1.22	1.5337	60.9	
11*	-2.35				

非球面データ

30

第 3 面

k=-1.2054e+001
 a=2.1887e-002, b=-2.7506e-003, c=3.8796e-004, d=-1.9352e-005,
 e=8.2592e-009, f=1.3377e-008

第 4 面

k=0.0000e+000
 a=6.8448e-003, b=3.3012e-004, c=-3.2337e-004, d=1.9812e-005

第 5 面

k=-2.1483e+000
 a=2.7806e-004, b=6.8437e-003, c=-2.0949e-003, d=1.9903e-004

40

第 6 面

k=-1.4101e-001
 a=-1.3732e-003, b=2.5922e-003, c=5.7859e-004, d=-2.7593e-005

第 7 面

k=1.0316e+001
 a=6.9840e-003, b=3.6586e-004, c=-1.4058e-003, d=1.0346e-003

第 8 面

k=4.3350e+000
 a=-2.6018e-003, b=1.0618e-003, c=4.4617e-004, d=-1.6020e-003,
 e=1.4011e-004

50

第 9 面

$k=2.1330e-003$

$a=3.5192e-003, b=1.8813e-003, c=4.8401e-004, d=-4.2478e-004$

第 10 面

$k=1.8617e+000$

$a=1.0490e-002, b=7.5218e-003, c=2.1415e-003, d=1.0498e-003$

第 11 面

$k=-9.0499e-001$

$a=-1.2710e-003, b=5.2158e-004, c=1.3057e-003, d=1.9679e-003$

10

焦点距離 5.5

N A 0.18

W D 1.28

最大像高 0.34

【 0 0 6 1 】

数値実施例 8

単位 mm

面データ

20

面番号	r	d	nd	d
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1
2		0.59		
3*	10.95	0.79	1.5307	55.7
4*	1.69	0.69		
5*	1.67	0.34	1.6035	28.2
6*	2.67	0.42		
7*	19.62	0.34	1.6035	28.2
8*	-19.55	0.27		
9*	-1.42	0.32	1.6349	23.9
10*	-5.84	0.06		
11*	6.06	0.54	1.5307	55.7
12*	-1.42			

非球面データ

第 3 面

$k=-6.3632e+002$

$a=2.2479e-002, b=1.6472e-003, c=4.9949e-004, d=-7.5157e-005$

第 4 面

$k=-1.1119e+000$

40

$a=-6.1610e-002, b=7.8423e-003, c=-7.2282e-004, d=4.7832e-005$

第 5 面

$k=3.3226e-001$

$a=-6.5088e-002, b=-2.7263e-002, c=5.5793e-003, d=-2.7152e-003$

第 6 面

$k=9.1460e-001$

$a=4.9709e-002, b=7.5524e-002, c=3.0336e-003, d=2.8298e-002$

第 7 面

$k=1.0177e+002$

$a=7.2606e-002, b=9.2291e-002, c=-1.2539e-001, d=-4.5273e-002$

50

第 8 面

$k=4.1914e+001$

$a=8.2723e-002, b=6.5511e-002, c=-3.3606e-001, d=1.9090e-001$

第 9 面

$k=-9.1829e-002$

$a=1.7279e-001, b=-3.0575e-001, c=2.8927e-001, d=-1.9949e-001$

第 10 面

$k=-1.7463e+002$

$a=-5.1617e-002, b=6.2326e-002, c=-1.6727e-001, d=4.5229e-002$

第 11 面

10

$k=-1.1751e+001$

$a=-7.9690e-002, b=1.0223e-001, c=-1.2552e-001, d=-5.6534e-003$

第 12 面

$k=-1.1700e-001$

$a=1.2533e-003, b=7.2215e-003, c=2.6487e-002, d=-3.5646e-002$

焦点距離 4.3

N A 0.20

W D 0.59

最大像高 0.26

20

【 0 0 6 2 】

数値実施例 9

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1
2		1.04		
3*	-1.58	0.50	1.5337	55.9
4*	6.32	0.32		
5*	1.13	0.53	1.5240	50.4
6*	5.38	0.40	1.6170	27.2
7*	4.14	0.63		
8*	-2.88	0.35	1.6142	25.6
9*	14377.94	0.05		
10*	5.97	1.08	1.5337	55.9
11*	-1.86			

30

非球面データ

40

第 3 面

$k=-9.4343e+000$

$a=5.5641e-002, b=-1.3690e-002, c=3.1786e-003, d=-2.7276e-004,$
 $e=-9.7009e-007, f=9.6475e-007,$

第 4 面

$k=0.0000e+000$

$a=5.0196e-002, b=-5.2961e-003, c=-2.4022e-003, d=3.5040e-004,$

第 5 面

$k=-3.4281e+000$

$a=6.3824e-002, b=-1.0565e-002, c=3.1794e-003, d=-2.3892e-003$

50

第 6 面

$k=1.2640e+001$

$a=-6.4902e-003, b=1.7414e-002, c=1.8720e-002, d=-1.2693e-002$

第 7 面

$k=1.1806e+001$

$a=2.5099e-003, b=2.1903e-002, c=-8.9325e-003, d=8.0857e-004$

第 8 面

$k=-6.3806e-001$

$a=-1.5003e-003, b=7.3876e-004, c=4.2816e-003, d=-1.8874e-002,$
 $e=5.0296e-003$

10

第 9 面

$k=-1.0000e-006$

$a=6.1011e-002, b=1.7715e-002, c=-1.8570e-002, d=-1.7626e-003$

第 10 面

$k=-1.1323e+000$

$a=4.7125e-002, b=2.1068e-002, c=-9.0519e-003, d=6.5676e-003$

第 11 面

$k=-6.0790e-001$

$a=-5.3781e-003, b=1.3085e-002, c=-1.9077e-002, d=1.8726e-002$

20

焦点距離 4.2

N A 0.24

W D 1.04

最大像高 0.26

【 0 0 6 3 】

数値実施例 10

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1 (物面)		0.17	1.5163	64.1
2		0.89		
3*	-0.90	0.38	1.5346	56.2
4*	4.23	0.24		
5*	0.77	0.48	1.5346	56.2
6*	3.40	0.10		
7*	8.35	0.25	1.5346	56.2
8*	-10.21	0.19		
9*	-8.16	0.31	1.5346	56.2
10*	-4.37	0.13		
11*	-2.47	0.27	1.6142	25.6
12*	11.08	0.04		
13*	10.28	0.42	1.5346	56.2
14*	-1.54			

30

非球面データ

第 3 面

$k=-7.2952e+000$

$a=8.2593e-002, b=-3.8628e-002, c=1.1216e-002, d=-1.6482e-003,$

50

e=9.3301e-005, f=9.1826e-007

第 4 面

k=-8.4623e+001

a=1.0703e-001, b=-4.8837e-002, c=3.2315e-003, d=1.2418e-003,
e=-3.7604e-005, f=-2.2653e-005

第 5 面

k=-3.5235e+000

a=7.4952e-002, b=-1.0607e-001, c=-3.4672e-002, d=5.2016e-002,
e=-1.0626e-002

第 6 面

k=-9.7572e+000

a=2.0008e-002, b=-2.0028e-002, c=6.8054e-004, d=7.8958e-002,
e=-3.9562e-002

第 7 面

k=1.2957e+002

a=-6.6967e-002, b=-3.9484e-001, c=-4.2037e-001, d=1.2865e+000

第 8 面

k=-1.8875e+003

a=-1.3204e-001, b=-2.6347e-001, c=-3.8328e-001, d=6.9353e-001

第 9 面

k=-1.1737e+003

a=1.5225e-001, b=8.2861e-002, c=2.6467e-001, d=-1.5780e+000

第 1 0 面

k=-1.9604e+002

a=1.4629e-001, b=3.8230e-001, c=-5.7452e-001, d=-4.8968e-001

第 1 1 面

k=-3.7611e+001

a=-2.0245e-001, b=-2.3268e-002, c=1.2746e-001, d=1.1058e-001,
e=-2.3861e-001

第 1 2 面

k=-2.1643e+002

a=2.1911e-002, b=-5.4176e-001, c=1.3602e+000, d=-1.2114e+000

第 1 3 面

k=-9.6108e+002

a=1.5497e-001, b=-4.0951e-001, c=1.0064e+000, d=-6.0425e-001

第 1 4 面

k=-1.4896e+000

a=-5.4856e-003, b=8.9888e-002, c=-1.2373e-001, d=4.2339e-001

焦点距離 3

N A 0.21

W D 0.89

最大像高 0.18

【 0 0 6 4 】

結像レンズ

単位 m m

面番号	r	d	nd	d
1	68.75	7.73	1.4875	70.2

10

20

30

40

50

2	-37.57	3.47	1.8061	40.9
3	-102.85	0.70		
4	84.31	6.02	1.8340	37.2
5	-50.71	3.03	1.6445	40.8
6	40.66			

焦点距離 180

【 0 0 6 5 】

以上の実施例 1 ~ 10 の収差図をそれぞれ図 2、図 4、図 6、図 8、図 10、図 12、図 14、図 16、図 18、図 20 に示す。各図中、" N A " は物体側の開口数を、" F I 10 Y " は最大物体高を示す。なお、実施例 1 ~ 10 の各収差図における収差は、結像レンズ側から光線を入射させた時の物体面（試料面）での収差を示している。

【 0 0 6 6 】

これらの収差図において、(a)、(b)、(c)、(d)は、それぞれ、球面収差 (S A)、非点収差 (A S)、歪曲収差 (D T)、軸外横収差 (D Y)を示す。

【 0 0 6 7 】

次に、各実施例における条件式 (1) ~ (4) の値を掲げる。

条件式	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5
-----	-------	-------	-------	-------	-------

(1)	0.17	0.21	0.16	0.17	0.14
(2)	15.8	13.3	28.3	11.0	14.5
(3)	1.75	1.65	0.64	1.73	2.07
(4)	0.60	0.56	1.26	0.42	0.51

10

条件式	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9	実施例 10
-----	-------	-------	-------	-------	--------

(1)	0.21	0.18	0.20	0.24	0.21
(2)	8.9	18.7	11.7	11.9	10.2
(3)	2.07	2.13	1.62	2.85	2.98
(4)	0.62	0.61	0.54	0.68	0.71

20

【 0 0 6 8 】

30

図 21 は、結像レンズの断面図である。図 22 は、実施例 1 の顕微鏡対物レンズと結像レンズを組み合わせたときのレンズ断面図である。

【 0 0 6 9 】

図 23 は顕微鏡対物レンズユニット 100 の断面図を示している。顕微鏡対物レンズユニット 100 は、レンズ鏡筒 L B 、レンズ鏡筒 L B の一方の端部に収容された顕微鏡対物レンズ O B 、及び、レンズ鏡筒 L B の他方の端部に形成され、観察装置に着脱可能な着脱部 M を備える。

図 23 において、P D は同焦点距離 (parfocalizing distance) である。顕微鏡対物レンズの同焦点距離 P D は、例えば、日本工業規格 (J I S) で規定されている。具体的には、カバーガラスなしの場合、同焦点距離は、 $P D = 45 + 15m$ ($m = -1, 0, 1, 2, 3, 4$) と規定されている。カバーガラスありの場合は、カバーガラスなしの場合の同焦点距離に $t (n - 1/n)$ が加わったものになる。例えば、同焦点距離が 45 mm の場合、 $P D = [45 + t (n - 1/n)]$ と規定されている。ここで、t はカバーガラスの厚さ、n はカバーガラスの屈折率である。

40

ここで、実施例 1 の顕微鏡対物レンズでは、第 1 レンズから第 5 レンズまでの長さは 4.21 mm であるから、例えば、同焦点距離が 45 mm の場合、実施例 1 の顕微鏡対物レンズの同焦点距離に占める割合は約 1 / 10 となる。このように、実施例の顕微鏡対物レンズは、従来の顕微鏡対物レンズにはないほど短い、光学系の長さを有している。なお、図 23 において、対物レンズのスケールと、この対物レンズを保持する保持部材のスケールは同じではない。

50

【産業上の利用可能性】

【0070】

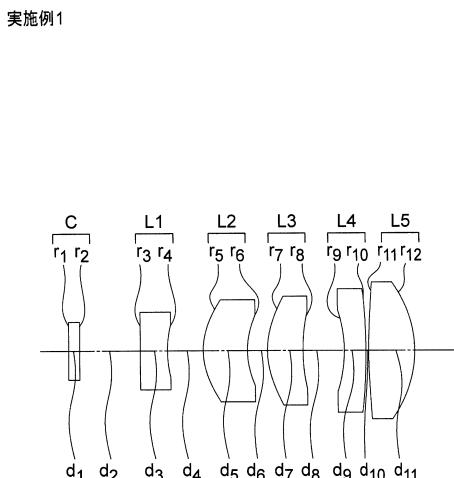
以上のように、本発明に係る顕微鏡対物レンズは、光量の損失を抑えることができる点において有用である。

【符号の説明】

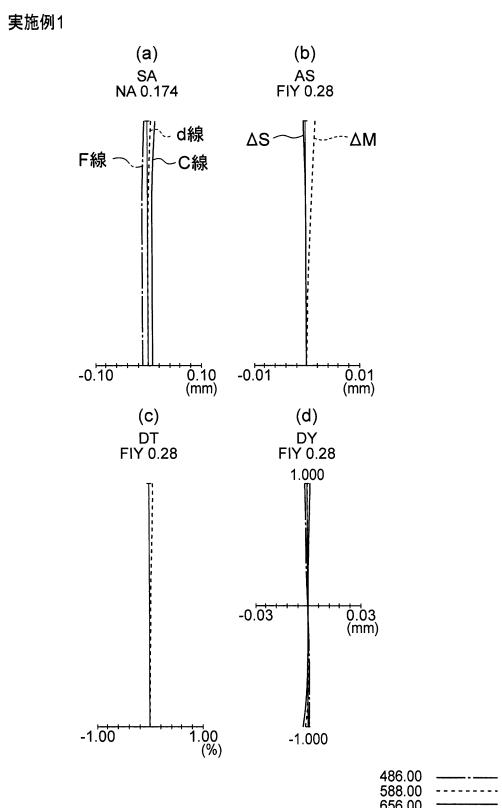
【0071】

- L 1 ~ L 7 ... 各レンズ
- L 11 ~ L 14 ... 結像レンズ
- M ... 着脱部
- C ... カバーガラス
- O B ... 顕微鏡対物レンズ
- T L ... 結像レンズ
- L B ... レンズ鏡筒
- A X ... 光軸
- P D ... 同焦点距離
- M ... 着脱部
- 100 ... 顕微鏡対物レンズユニット

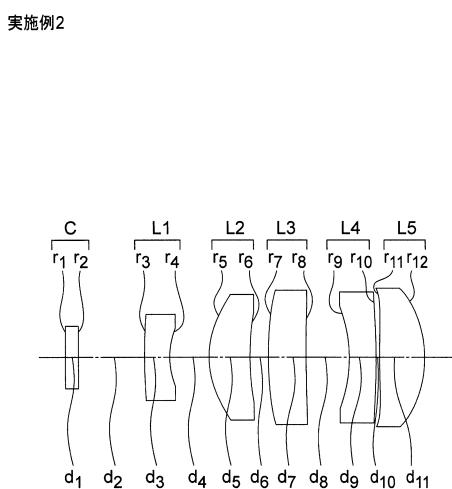
【図1】



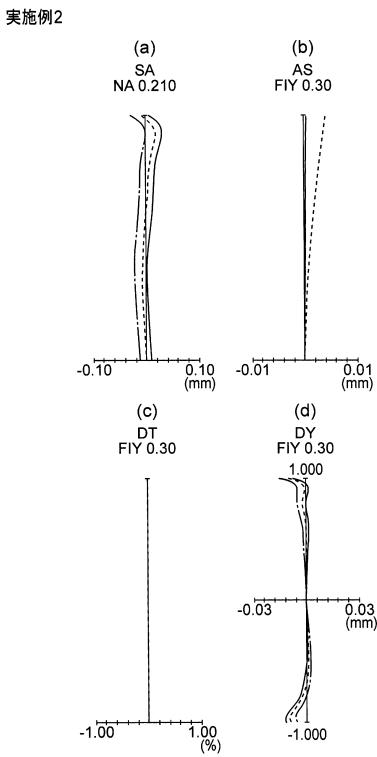
【図2】



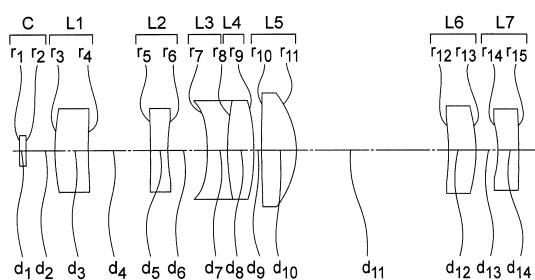
【図3】



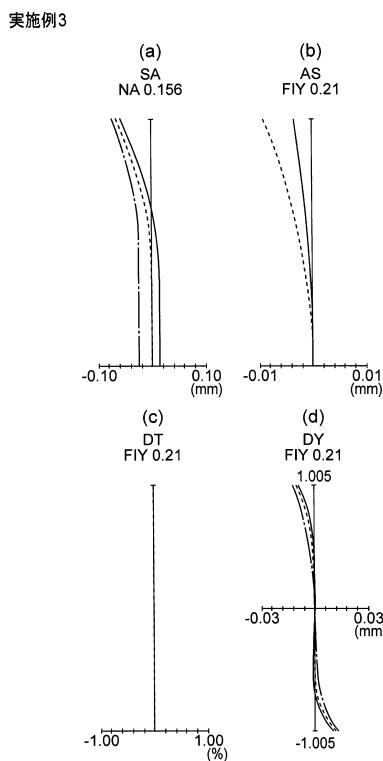
【図4】



【図5】

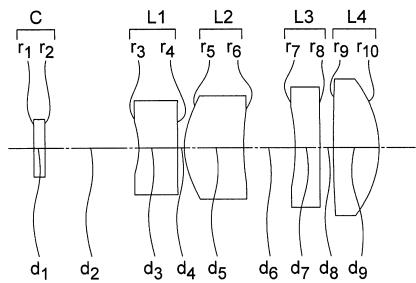


【図6】



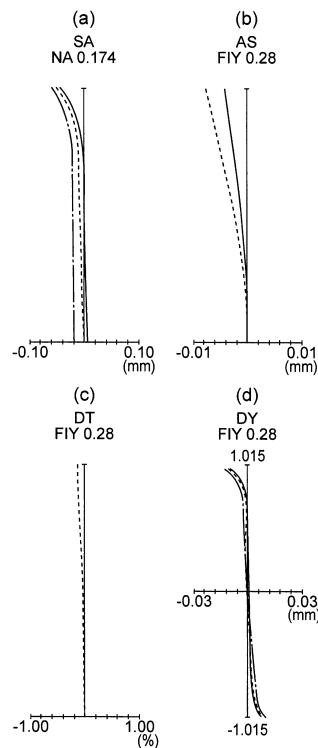
【図7】

実施例4



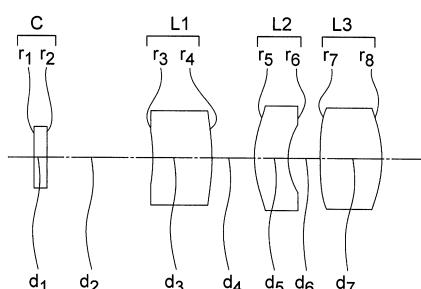
【図8】

実施例4



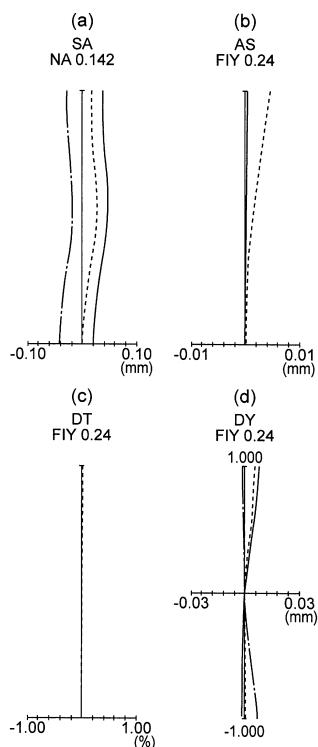
【図9】

実施例5



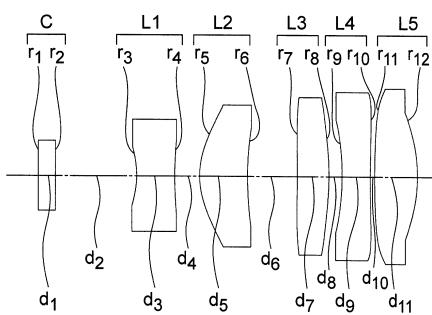
【図10】

実施例5



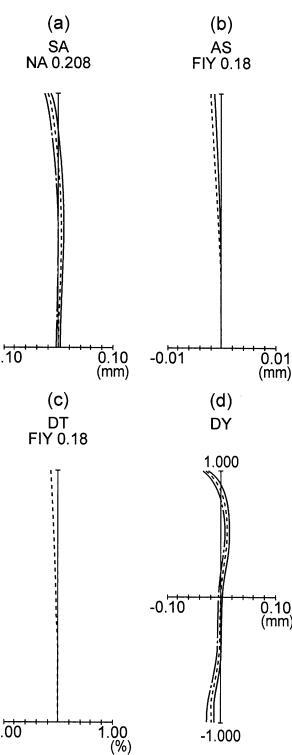
【図 1 1】

実施例6



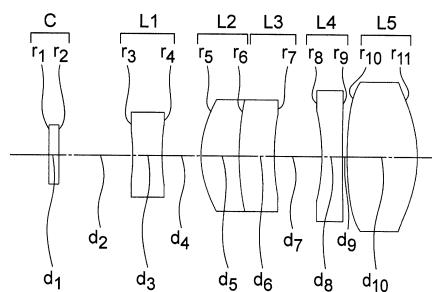
【図 1 2】

実施例6



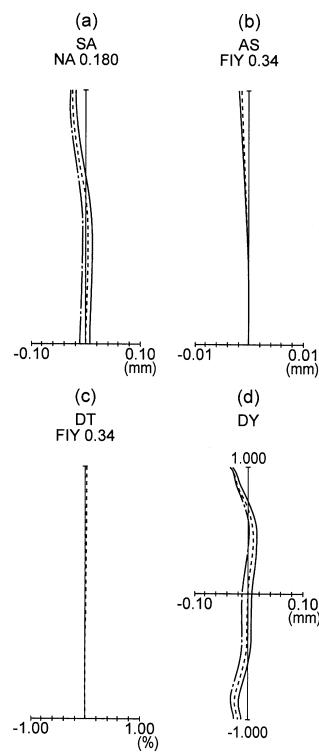
【図 1 3】

実施例7



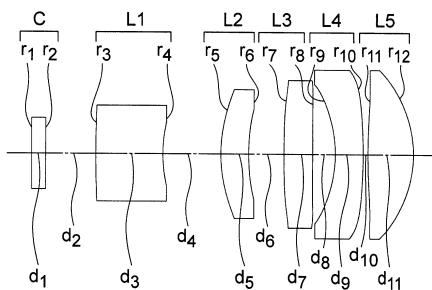
【図 1 4】

実施例7



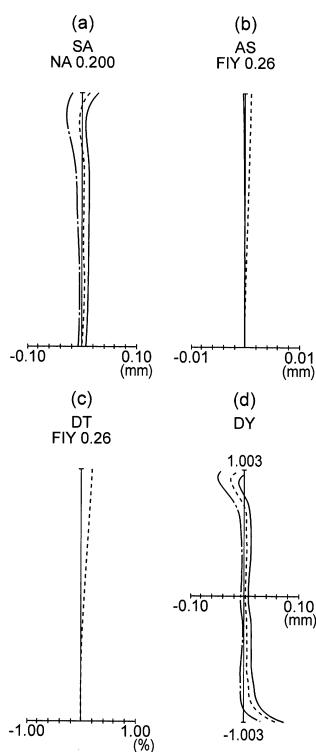
【図15】

実施例8



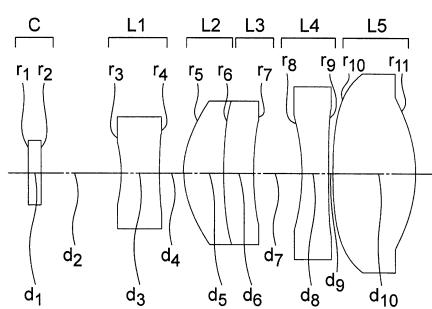
【図16】

実施例8



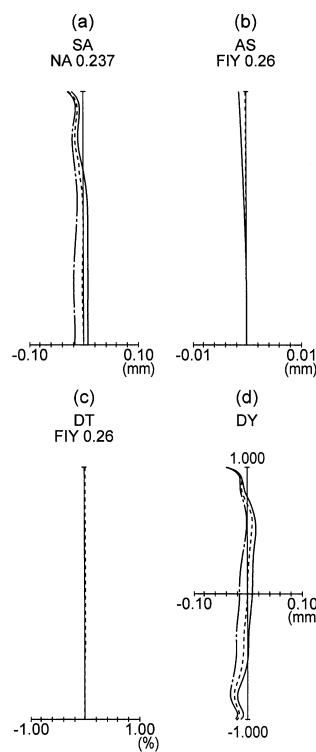
【図17】

実施例9



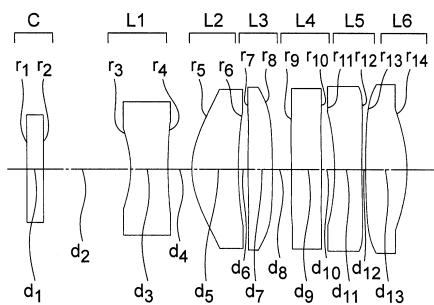
【図18】

実施例9



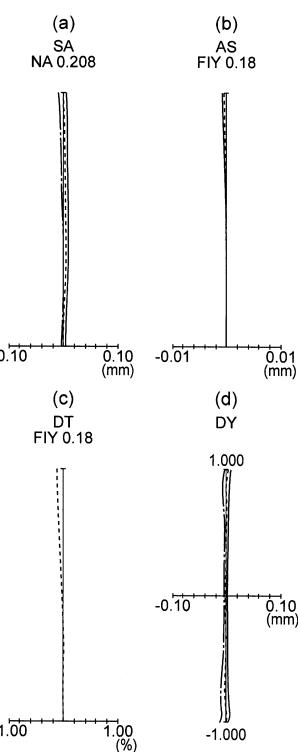
【図19】

実施例10

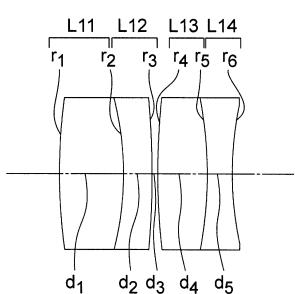


【図20】

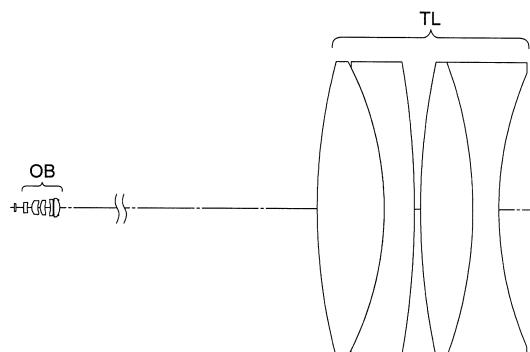
実施例10



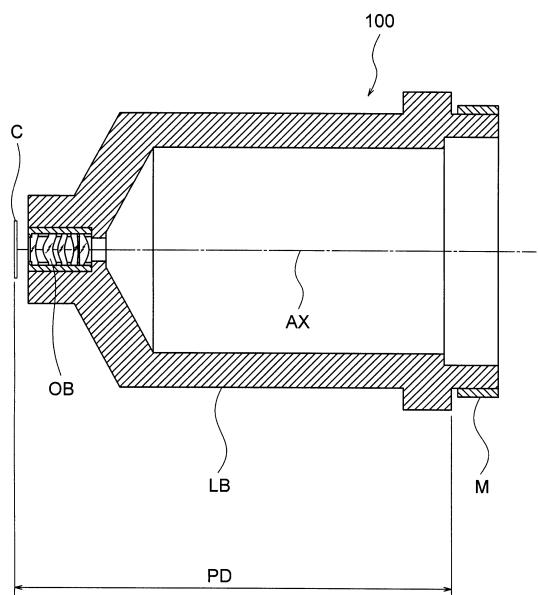
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(72)発明者 後藤 尚志

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

(72)発明者 大出 寿

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 濑戸 息吹

(56)参考文献 特開平10-293254(JP,A)

特開昭51-021837(JP,A)

特開2001-272604(JP,A)

特開昭53-094945(JP,A)

特公昭49-020235(JP,B1)

特開昭57-062016(JP,A)

特開昭49-113643(JP,A)

米国特許出願公開第2008/0247050(US,A1)

特開2007-133071(JP,A)

特開2006-065023(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 19/00 - 21/36