

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4245851号
(P4245851)

(45) 発行日 平成21年4月2日(2009.4.2)

(24) 登録日 平成21年1月16日(2009.1.16)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 B 21/02 (2006.01)

G O 2 B 21/02 Z

G O 2 B 21/00 (2006.01)

G O 2 B 21/00

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-76726 (P2002-76726)
 (22) 出願日 平成14年3月19日(2002.3.19)
 (65) 公開番号 特開2003-270541 (P2003-270541A)
 (43) 公開日 平成15年9月25日(2003.9.25)
 審査請求日 平成17年2月23日(2005.2.23)

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 西田 浩幸
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内
 審査官 原田 英信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ、対物レンズの組合せ、及び対物レンズを用いた光学系の調整方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも第1の対物レンズと第2の対物レンズとを備え、
 前記第1の対物レンズが、レンズ系のみで構成され、
 前記第2の対物レンズが、レンズ系と、該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、かつ、前記指標部材を、前記第2の対物レンズの前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置して構成され、
前記第2の対物レンズにおける前記基準位置を示す指標位置に対応する位置を特定し、当該位置において所定の収差状態となるように前記第1の対物レンズを調整することを特徴とする対物レンズの組合せ。

【請求項 2】

レンズ系と該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、かつ、前記指標部材を、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置して構成された対物レンズを、撮像装置を有する装置に装着し、前記基準位置を示す指標の像を前記撮像装置で撮像する過程と、

撮像された画像における前記基準位置を示す指標の位置を算出して該位置を記憶する過程と、

所定の光学系を前記対物レンズと交換して前記撮像装置を有する装置に装着し、該光学系の収差を測定する過程と、

該測定に基づいて前記記憶した位置に対応する位置において所定の収差状態となるよう

に、前記光学系を調整する過程とを備えていることを特徴とする光学系の調整方法。

【請求項 3】

レンズ系と、該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、前記指標部材が、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置され、

前記対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面に対して垂直に平行光束を入射させたときの集光位置と、前記基準位置を示す指標とが一致するように、前記指標部材が前記取付基準面に対して位置決めされていることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 4】

レンズ系と、該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、前記指標部材が、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置され、

前記対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面に対して垂直な軸を回転軸として前記対物レンズを回転させたときに、前記対物レンズを介して形成される前記基準位置を示す指標の像が常に同じ位置に位置するように、前記指標部材が位置決めされていることを特徴とする対物レンズ。

【請求項 5】

前記第 2 の対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面から前記指標部材までの距離が、前記第 1 の対物レンズの同焦距離よりも短いことを特徴とする請求項 1 に記載の対物レンズの組合せ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する利用分野】

本発明は、対物レンズ、対物レンズの組合せ、及び対物レンズを用いた光学系の調整方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

光学系を構成する各レンズが一本の軸に対して偏心していない場合、すなわち理想光学系の場合、収差が最小になるのは軸上である。そして、理想光学系の場合、軸上の位置は視野の中心と一致する。したがって、理想光学系では、微細な標本の観察や測定は視野の中心で行えばよいことになる。

ところが、実際の光学系では、各レンズが微妙にあるいは僅かに偏心している場合が多い。これは、レンズやレンズ枠が公差を有しているからである。そのため、実際の光学系では、軸上の位置と視野の中心とが完全に一致することは稀である。

【0003】

そこで、実際の光学系では、光学系の組立時や組立後に、各レンズの偏心を極力小さくするための調整が行われる。

例えば、対物レンズの組立における一つの調整方法として、ピンホール標本を用いる方法がある。この方法では、ピンホールの像が視野全体でほぼ同じ形状になるような調整を行う。あるいは、焦点位置の前後でピンホール標本を動かしてデフォーカスさせ、このときのピンホールのボケ具合が対称になるような調整を行う。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記調整方法では、収差の量や分布形状を測定しているわけではない。そのため、上記調整方法では、対物レンズ全体としての収差を最小にすることができたとしても、その収差が最小となる位置が視野内のどの位置にあるかを認識することができない。その結果、例えば、種類及び倍率が同じ複数の対物レンズを上記調整方法で夫々調整下としても、各々の対物レンズで像の見え方や測定値が微妙に異なるといった問題が生じる。

【0005】

また、対物レンズに加えて、結像レンズやリレーレンズを介して観察や測定を行うように構成された光学系の場合には、仮に、対物レンズについては軸上の位置と視野の中心とが

10

20

30

40

50

一致していたとしても、結像レンズやリレーレンズの偏心により軸上の位置と視野の中心とがずれてしまう。その結果、光学系全体としては、軸上の位置と視野の中心とが一致しなくなる。しかも、軸上の位置が認識できないため、軸上の位置と視野の中心とを一致させることはできない。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、光学系の軸上の位置が視野内のどの位置にあるかを認識することが可能な対物レンズを提供することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

また、本発明は、所定の収差状態となる視野内の位置が所定の光学系でほぼ一致するように調整することが可能な対物レンズ、及びそれをを用いた光学系の調整方法を提供することを目的とする。

10

【 0 0 0 8 】

また、本発明は、観察あるいは測定に用いる対物レンズにおいて、所定の収差状態となる視野内の位置を、使用者が確認することが可能な対物レンズの組合せを提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本第 1 の発明による対物レンズの組合せは、少なくとも第 1 の対物レンズと第 2 の対物レンズとを備え、前記第 1 の対物レンズが、レンズ系のみで構成され、前記第 2 の対物レンズが、レンズ系と、該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、かつ、前記指標部材を、前記第 2 の対物レンズの前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置して構成され、前記第 2 の対物レンズにおける前記基準位置を示す指標位置に対応する位置を特定し、当該位置において所定の収差状態となるように前記第 1 の対物レンズを調整することを特徴とする。

20

【 0 0 1 1 】

また、本第 2 の発明による対物レンズを用いた光学系の調整方法は、レンズ系と該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、かつ、前記指標部材を、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置して構成された対物レンズを、撮像装置を有する装置に装着し、前記基準位置を示す指標の像を前記撮像装置で撮像する過程と、撮像された画像における前記基準位置を示す指標の位置を算出して該位置を記憶する過程と、所定の光学系を前記対物レンズと交換して前記撮像装置を有する装置に装着し、該光学系の収差を測定する過程と、該測定に基づいて前記記憶した位置に対応する位置において所定の収差状態となるように、前記光学系を調整する過程とを備えていることを特徴とする。

30

また、本第 3 の発明による対物レンズは、レンズ系と、該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、前記指標部材が、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置され、前記対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面に対して垂直に平行光束を入射させたときの集光位置と、前記基準位置を示す指標とが一致するように、前記指標部材が前記取付基準面に対して位置決めされていることを特徴とする。

40

また、本第 4 の発明による対物レンズは、レンズ系と、該レンズ系の軸上位置に対応する基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、前記指標部材が、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置され、前記対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面に対して垂直な軸を回転軸として前記対物レンズを回転させたときに、前記対物レンズを介して形成される前記基準位置を示す指標の像が常に同じ位置に位置するように、前記指標部材が位置決めされていることを特徴とする。

更に、本第 5 の発明による対物レンズの組合せは、前記第 2 の対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面から前記指標部材までの距離が、前記第 1 の対物レンズの同焦距離よりも短いことを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

50

【発明の実施の形態】

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果について説明する。

対物レンズの前側焦点位置は、無限遠対物レンズでは物体面（標本面）の位置にある。
本第4の発明及び本第5の発明に関連する発明の対物レンズは、対物レンズの前側焦点位置又はその近傍に、基準位置を示す指標（以下、基準指標と呼ぶ）を備えた指標部材を取り付けて一体化したもの（以下、基準対物レンズと呼ぶ。）である。

【0013】

なお、本第4の発明及び本第5の発明に関連する発明において、前記指標部材は、対物レンズの前側焦点位置に取り付けるのが望ましいが、視野内での位置が特定できれば、前側焦点位置から多少ずれて像がぼける位置、例えば焦点深度が数倍程度ずれる位置に取り付けてもよい。

10

【0014】

また、本第4の発明において、前記基準指標を座標として機能する模様（パターン）で形成し、視野内での所望の点の位置が特定可能となっているのが望ましい。

視野内における所望の位置を基準指標として特定できるようにすれば、より具体的に基準位置を標準化することができる。

【0015】

また、本第5の発明において、前記対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面に対して垂直な平行光束を入射させたときの集光位置と、前記基準指標の位置とが視野内で一致するように、前記指標部材が位置決めされているのが望ましい。

20

このようにすれば、ユーザは基準対物レンズを所望の光学系に取り付けることにより、該光学系における軸上の位置が視野内のどの位置にあるかを認識することができる。

【0016】

基準指標は、光学的に意味を持つ点に定めることが望ましい。この光学的に意味を持つ点の一つとして軸上位置がある。それは、一般的に軸上位置で収差が最も小さいからである。

対物レンズにおいて基準位置を軸上に選んだ場合、基準位置を決める基礎となり得る部位は取付基準面である。無限遠対物レンズが理想的に作られている場合には、取付基準面に対し垂直に平行光束を入射させたとき、平行光束が標本面における視野の中心に集光するはずである。そして、視野の中心が軸上に一致する。他方、無限遠対物レンズが理想的に作られていない場合には、この集光点は標本面における視野の中心に位置するとは限らない。しかしながら、取付基準面に対し垂直に入射させた平行光束が集光する位置は軸上と考えて良い。よって、平行光束が集光する位置を基準、すなわち基準指標の位置とすれば、容易に軸上位置を特定することができる。

30

【0017】

また、本第4の発明及び本第5の発明に関連する発明において、該取付基準面に対して垂直な軸を回転軸として前記対物レンズを回転させたときに、前記対物レンズを介して形成される前記基準指標の像が常に同じ位置に位置するように、前記指標部材が位置決めされていてもよい。

【0018】

40

上述のように取付基準面に平行光束を垂直に入射させて指標部材の位置決めを行うには、平行光束を作りこれが垂直に入射しているかを検出する必要がある。しかし、垂直な軸を回転軸として対物レンズを回転させることができれば、平行光束を作って垂直に入射させる方法に比べてより簡単に指標部材の位置決めをすることができる。

【0019】

図1(a)、(b)は本発明の基準対物レンズにおいて回転機構部材を用いて指標位置を調整する方法を示す説明図である。図中、1は指標部材、2は対物レンズ、3は取付基準面、4は回転部材、5は結像レンズ、6は像面である。

図1(a)は、指標部材1上の任意の点から出た光が、対物レンズ2の取付基準面3に対し垂直に出射しない場合の様子である。この場合は、回転部材4を介して取付基準面3に対

50

して垂直な軸を回転軸として回転させると、像面 6 上で像点が円を描く。そこで、像面 6 上の像点が円を描かなくなるように調整すると、対物レンズ 2 を介して形成される像面 6 上における基準指標の像が常に同じ位置にある状態、例えば、図 1 (b) に示すような状態になる。この状態は、すなわち対物レンズ 2 の取付基準面 3 に対し垂直に光が射出していることにほかならない。なお、このとき射出する光は必ずしも平行光束である必要はなく、平行光となる成分を含む光であれば良い。また、結像レンズ 5 が偏心している場合には、描かれる円の中心が像面 6 の視野の中心からずれる。しかしながら、対物レンズ 2 を回転させたときに、像点が円を描かなければ、取付基準面 3 から光が垂直に射出している状態になっている。

【 0 0 2 0 】

10

そして、本第 4 の発明及び本第 5 の発明に関連する発明において、前記対物レンズの前記取付基準面に対して垂直に平行光束を入射させたときの集光位置と、前記基準指標の位置とのズレ量を $X1$ 、前記対物レンズを構成するレンズ系の焦点距離を f としたとき、次の条件式 (1)

$$X1 / f \quad 0 . 0 0 1 \quad \dots (1)$$

を満たすようにするのがよい。

【 0 0 2 1 】

あるいは、本第 4 の発明及び本第 5 の発明に関連する発明において、前記取付基準面に対して垂直な軸を回転軸として前記対物レンズを回転させた時に、前記基準指標が描く円の半径を $X2$ 、前記対物レンズを構成するレンズ系の焦点距離を f としたとき、次の条件式 (2)

20

$$X2 / f \quad 0 . 0 0 1 \quad \dots (2)$$

を満たすようにするのがよい。

【 0 0 2 2 】

条件式 (1)、(2) の夫々の左辺は、 $X1$ 、 $X2$ が十分に小さい場合には、対物レンズの基準点から出て取付基準面を射出する光が取付基準面に垂直な線に対してどの程度の角度傾いているかをそのまま表わすことになる。従って、この値は 0 に近ければ近い程良いが、ナノオーダーでの計測を考慮した場合には条件式 (1)、(2) の夫々の右辺の値以下であればよい。

【 0 0 2 3 】

30

そして、前記基準対物レンズを用いて、所定の光学系の性能を調整することができる。詳しくは、本第 2 の発明として上記したように、前記基準対物レンズを撮像装置を有する装置に装着し、前記基準指標の像を前記撮像装置で撮像し、撮像された画像における前記基準指標の位置を算出して該位置を記憶し、所定の光学系（例えば、指標を有していない通常の対物レンズ）を前記基準対物レンズと交換して前記装置に装着し、該光学系の収差を測定し、該測定に基づいて前記記憶した位置に対応する位置における収差が所定の収差状態となるように、前記光学系を調整するのが良い。

【 0 0 2 4 】

基準対物レンズにおける基準指標は、その点が所定の収差状態となる点でなければ意味をなさない。ここでの所定の収差状態となる点とは、収差の発生が最も少ない点や、収差の発生が対称になる対称中心を意味する。単色光の場合は収差の発生が最も少ない点が収差の発生が対称になる対称中心になるが、白色光の場合は色収差の影響を受けるので、各色のバランスや着目する収差の種類によって変わる。

40

【 0 0 2 5 】

組立調整が終わった対物レンズの性能をユーザの要求に合わせて測定し、所定の収差状態になっている点を求めてその位置に基準指標がくるようにしても本発明の目的を達成することはできる。しかしながら、この方法では、視野全体から所定の収差状態になっている 1 点を見つけなければならず、非常な困難を伴う。これに対して、組立調整の前に基準指標の位置をまず決めておき、この点が所定の収差状態となるように対物レンズを調整すれば、このような困難は生じない。

50

【 0 0 2 6 】

そこで、組立調整を行う治具等に撮像装置を備えておき、まず基準対物レンズをその治具に取付けて、前記基準指標の像を撮像装置で撮像する。そして、撮像された画像における前記基準指標の位置を記憶させる。次に、基準対物レンズを所望の光学系（ここでは対物レンズとする）に交換する。このとき治具側の取付基準面は変わらない。よって、先に記憶させておいた画像における基準指標の位置に対応する位置において、所定の収差状態となるように調整することで、基準対物レンズの基準指標の位置と対物レンズの所定の収差状態となる位置とを共役になるようにすることができる。この共役関係は、基準対物レンズおよび調整された対物レンズの取付基準面が同じである限り保たれるので、対物レンズ以外の（即ち、調整対象でない）光学部材の影響を受けない。つまり、対物レンズがユーザのもとで任意の光学系に取付けられるものであっても、基準対物レンズをその光学系に取り付けることができれば、まず基準対物レンズをその光学系に取付けて像面に投影された基準指標の像を撮像装置で撮像してその指標の位置を記憶し、その後使用する対物レンズを基準対物レンズと交換して取り付け、記憶させた画像における基準位置を示す指標の位置に対応する位置における収差が所定の収差状態となるように調整すればよい。そしてこの作業は、基準対物レンズとユーザが使用する対物レンズとを交換するだけの時間で足り、容易に行うことができる。

10

【 0 0 2 7 】

次に、本第 1 の発明として上記したように、本第 4 の発明及び本第 5 の発明に関連する発明の基準対物レンズとレンズ系のみで構成された対物レンズとで対物レンズの組合せとし、その組合せにおいて、該基準対物レンズの前記基準指標の位置に対応する位置を特定し、当該位置において所定の収差状態となるように、レンズ系のみで構成された対物レンズを調整するように機能的に関連付けられているのが良い。

20

【 0 0 2 8 】

本第 1 の発明によれば、基準対物レンズの基準指標の点と共役な対物レンズの物体面上の点が機能的に関連付けられていることが保証されていて、これらがセットとなっているため、ユーザはいつでも機能的に関連づけられた点を認識することができる。また、別の光学系に対物レンズを組合せた場合においても機能的に関連づけられた点を容易に認識することができるようになる。

【 0 0 2 9 】

そして、上述した本第 2 の発明による調整方法を用いて、基準対物レンズに組合せる対物レンズの調整がなされていれば、調整時の状態が一定状態に保証されるので、品質の信頼性がより高まる。

30

【 0 0 3 0 】

さらに、本第 4 の発明及び本第 5 の発明に関連する発明においては、基準対物レンズの取付基準面から指標部材までの距離が、基準対物レンズに組合せる対物レンズの同焦点距離よりも短くなっているのが良い。

ユーザが基準対物レンズと、基準対物レンズに組合せる対物レンズとの切換えを行う場合、実際の装置では、電動機構等を介して切換えるように構成されていることが多い。そして、通常は、その切換え動作と同時に、切換えた対物レンズについての標本のピント位置調整も電動機構等を介して行われる。その際に基準対物レンズの取付基準面から指標部材までの距離が、基準対物レンズに組合せる対物レンズの同焦点距離よりも長い場合、標本を退避させない状態のまま誤って基準対物レンズに切換えると、基準対物レンズが標本に当たって標本を破損してしまう恐れがある。対物レンズを手動で切換える場合は、ユーザは対物レンズが標本に当たる前に気づいて止めることができるが、電動の場合は、気づいたときにはすでに対物レンズが標本に当たっていたということがよくある。従って、基準対物レンズの取付基準面から指標部材までの距離が、基準対物レンズに組合せる対物レンズの同焦点距離よりも短くなるように構成すれば、対物レンズの切換えによる標本の破損を防止できる。

40

【 0 0 3 1 】

50

また、基準対物レンズの焦点距離は、基準対物レンズに組合せる対物レンズの焦点距離と同じか又は長くなるようにするのが良い。

上述のように、基準指標の標本面上でのずれ量 X_1 , X_2 を焦点距離 f で割ったものが、指標部材上の基準点から出た光が対物レンズの取付基準面を出るときの角度に対応する。ここで、この角度誤差を一定として考えた場合、 X_1 , X_2 の許容量は焦点距離に比例する。つまり焦点距離 f が2倍になれば X_1 , X_2 も2倍になり、焦点距離 f が半分になれば、 X_1 , X_2 も半分になる。

【0032】

このことを踏まえて基準対物レンズの焦点距離が基準対物レンズに組合せる対物レンズの焦点距離よりも長い方が有利となる理由を説明する。

基準対物レンズが所定の角度誤差を持っていたとする。この角度誤差はそのまま基準対物レンズに組合せる対物レンズに引き継がれることになる。その際、角度誤差が同じで組み合わせ対物レンズの焦点距離が短いということは、標本面で換算したときのずれ量も同じ割合で小さくなる。このことから、基準対物レンズの焦点距離を基準対物レンズに組合せる対物レンズの焦点距離よりも長くしておけば、基準対物レンズの指標上の基準点位置にある程度の角度誤差が残存していたとしても、基準対物レンズに組合せる対物レンズを取付けた場合の標本面上に換算したときのずれ量を焦点距離の比率の分小さくすることができる。したがって、基準対物レンズの焦点距離を基準対物レンズに組合せる対物レンズの焦点距離よりも長くするのが望ましい。

しかしながら、基準対物レンズに組合せる対物レンズの倍率が小さい場合等それほど高い精度が要求されない場合には、基準対物レンズの焦点距離を基準対物レンズに組合せる対物レンズの焦点距離と同じにしても良い。

【0033】

さらに、本第4の発明及び本第5の発明に関連する発明の基準対物レンズを用いて、結像光学系とリレー光学系とを備えた光学系の調整を行うようにしても良い。

詳しくは、本第4の発明及び本第5の発明に関連する発明の基準対物レンズを、結像光学系とリレー光学系を備えた光学系とともに、撮像装置を有する装置に装着し、基準対物レンズ、結像光学系とリレー光学系によって形成された前記基準指標の像を前記撮像装置で撮像し、撮像された画像の中心と前記基準指標の像位置とのずれ、あるいは前記撮像装置の撮像面の中心位置と前記基準指標の像位置とのずれ量を算出して該位置を記憶し、結像光学系とリレー光学系とを備えた光学系を前記対物レンズと交換して前記撮像装置を有する装置に装着し、該光学系の収差を測定し、該測定に基づいて前記記憶した位置に対応する位置における収差が所定の収差状態となるように、前記結像光学系とリレー光学系の少なくとも一方を調整する。

このように、基準対物レンズの指標上の基準点に着目すれば、基準対物レンズに組合せる対物レンズ以外の光学系の調整を行うことも可能である。例えば、基準対物レンズの指標上の基準点に着目し、これが像面上の視野中心にくるようにユーザが結像光学系やリレー光学系を調整すれば、光学系全体としての性能をよりよいものとすることも可能となる。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

第1実施例

図2は本発明の第1実施例にかかる基準対物レンズの概略構成図、図3(a)~(c)は本発明の基準対物レンズに用いる指標部材に備わる指標の構成例を示す説明図である。

本実施例の基準対物レンズ10は、対物レンズ2の前側焦点位置に指標部材1が取付けられて構成されている。指標部材1は、図3(a)~(c)に示すような基準位指標を備えている。

指標部材1の側面には、少なくとも3方向に調整ピン7が設けられている(なお、図2では便宜上、調整ピン7が1つ示されている)。これにより、指標部材1は、ネジを介して

調整ピン7を操作することで、対物レンズ2の前側焦点面内を押動させられて所望の位置に位置調整できるようになっている。

【0035】

なお、指標部材1は、平行平板の表面に、基準指標として図3(a)に示すように点状の印が施されているものであっても良いし、図3(b)に示すように十字線が施されているものでも良い。さらに、図3(c)に示すように格子線が刻まれているものであっても良い。格子線で指標を形成した場合には、ターゲットとする基準点の位置を座標として読み取ることができる。

また、指標部材1は、ガラス基板などの透過部材に指標を描いた透過照明用のものであっても良いし、金属表面やミラー部材等の表面に指標を描いた落射照明用のものであっても良い。

【0036】

第2実施例

図4は本発明の第2実施例にかかる対物レンズの組合せを示す説明図で、(a)は基準対物レンズに組合せる対物レンズ、(b)は基準対物レンズを示している。本実施例の基準対物レンズに組合せる対物レンズ11は、レンズ系のみを有し指標部材を備えていない通常一般の対物レンズとして構成されている。倍率は100倍、焦点距離は1.8mmとなっている。また、同焦点距離は45mmとなっている。

基準対物レンズ10は、第1実施例で示したと同様に構成されている。倍率は10倍、焦点距離は18mmとなっている。また、取付基準面から指標部材1までの距離は約40mmとなっている。

【0037】

また、基準対物レンズ10の方が基準対物レンズに組合せる対物レンズ11よりも短く構成されている。このため、本実施例の対物レンズの組合せによれば、基準対物レンズに組合せる対物レンズ11において標本にピン트가合っている際に、誤って基準対物レンズ10に切り換えてしまったとしても標本にぶつかってしまうことがない。

また、基準対物レンズ10に取付けた指標部材1の基準指標は、図3(b)に示した十字線のものを用いている。この場合、十字線のクロスポイントの位置決め精度としては、10倍された像面上で10μm程度は出すことができる。

本実施例では、像面上で10μmであるから指標上では $X1$ (又は $X2$) = $1\mu m = 0.001mm$ の精度で出ていることになる。焦点距離は $f = 18mm$ であるから、 $0.001 / 18 = 0.00006$ となり条件式(1) (又は(2))を満たしている。

【0038】

上述のように、基準対物レンズに組合せる対物レンズ11の焦点距離は1.8mmであり、基準対物レンズ10の焦点距離の1/10であるから、基準対物レンズに組合せる対物レンズ11の標本面上において機能的に関連づけられた点の位置決め精度は1μmの1/10で100nmとなる。100nm程度の精度で機能的に関連づけられた点(例えば、収差の発生が最も小さい点)が位置決めできれば、その近傍にてサブミクロン程度の大きさの線幅を測定することを考えれば、基準対物レンズに組合せる対物レンズ11の性能を十分に生かした計測をすることができる。

【0039】

第3実施例

図5は本発明の第3実施例にかかる基準対物レンズに取り付ける指標部材の位置調整に用いる構成を示す説明図である。

本実施例では、レーザ光源ユニット8から出た光をビームエクスパンダ光学系9を介して拡大された平行光束とし、平行光束が基準対物レンズ10の取付基準面3に対し垂直に入射するようになっている。

基準対物レンズ10は、第1実施例で示したと同様に構成されている。

そして、本実施例の構成を用いて、基準対物レンズ10の取付基準面3に対して垂直に入射した光が指標部材1上に集光した位置に図3(b)に示す十字線のクロスポイント等が来

10

20

30

40

50

るように指標部材 1 の位置を調整する。

【 0 0 4 0 】

第 4 実施例

図 6 は本発明の第 4 実施例にかかる基準対物レンズを用いた光学系の調整方法に用いる装置の構成を示す説明図である。

本実施例の装置では、白色光源ランプユニット 18 から出た光が投光管 12 を経て基準対物レンズ 10 へ導かれるようになっている。基準対物レンズ 10 の指標部材 1 上で反射した光は、基準対物レンズ 10 および結像レンズユニット 13 を経て CCD 14 の撮像面上に指標の像を投影するようになっている。さらに、CCD 14 で撮像された画像はパーソナルコンピュータ (PC) 15 に取り込まれ、モニター 16 上に表示されるようになっている。なお図中、17 は顕微鏡本体である。

10

【 0 0 4 1 】

基準対物レンズ 10 は、高精度回転機構部材 4 に取付けられており、取付基準面 3 に対して垂直な軸を回転軸として、基準対物レンズ 10 の取付基準面 3 が傾かないように回転できるようにになっている。

また、高精度回転機構部材 4 により基準対物レンズ 10 を回転させたときに、CCD 14 で撮像された基準指標の像 (例えば十字線のクロスポイント) が描く円の中心が PC 15 で計算され、その位置が記憶されるようになっている。そして、この記憶させた位置に、例えば、十字線のクロスポイントがくるように基準対物レンズ 10 の指標部材 1 の位置を調整することができるようになっている。

20

【 0 0 4 2 】

本実施例では、十字線のクロスポイントの位置決め精度は、基準対物レンズ 10 を構成する対物レンズが 10 倍のものであるとして、10 μ m 程度となっている。

本実施例で示した調整方法によれば、例えば第 2 実施例で示した対物レンズの組合せは、まず、基準対物レンズ 10 の指標位置の調整がなされ、その後、基準対物レンズ 10 を基準対物レンズに組合せる対物レンズ 11 に交換して取付けて、PC 15 に記憶させた位置に対応する位置に対して所定の収差状態となるように性能調整をすることにより実現できる。

【 0 0 4 3 】

なお、本実施例では、高精度回転機構部材 4 を介して基準対物レンズ 10 を回転させたときに、CCD 14 で撮像された基準指標の像 (例えば、十字線のクロスポイント) が描く円の中心を PC 15 を介して記憶させたが、若干これよりも精度は劣ってもよいような場合には、この位置を直接モニター 16 上にペン等で印をつけることによって記憶させてもよい。

30

【 0 0 4 4 】

第 5 実施例

図 7 は本発明の第 5 実施例にかかる基準対物レンズを用いた光学系の構成を示す説明図である。

本実施例では、白色光源ランプユニット 18 から出た光が投光管 12 を経て基準対物レンズ 10 へ導かれるようになっている。基準対物レンズ 10 の指標部材 1 上で反射した光は、基準対物レンズ 10 および結像レンズユニット 13 を経て CCD 14 の撮像面上に基準指標の像を投影するようになっている。また、投光管 12 と結像レンズユニット 13 の間には、光路分岐ユニット 19 が設けられている。光路分岐ユニット 19 を介して結像レンズユニット 13 とは異なる光路に分岐された光路上には、結像レンズユニット 13 とは異なる焦点距離の結像レンズユニット 20 が取付けられており、CCD 21 を介してもう一つの指標の像を撮像することができるようになっている。

40

【 0 0 4 5 】

本実施例で用いられている基準対物レンズ 10 は、第 3 実施例もしくは第 4 実施例で示された調整方法により基準指標の位置が調整されている。そして、基準対物レンズ 10 の基準指標 (例えば、十字線のクロスポイント) の像が CCD 14 の撮像中心となるように

50

結像レンズユニット１３もしくは結像レンズユニット１３中の結像レンズが調整されている。また同様に、基準対物レンズ１０の基準指標（例えば、十字線のクロスポイント）の像がＣＣＤ２１の撮像中心となるように結像レンズユニット２０もしくは結像レンズユニット２０中の結像レンズあるいは光路分岐ユニット１９内のミラーが調整されている。

【００４６】

本実施例によれば、標本の像を異なる倍率で投影することができ、どちらの像で計測した場合にも撮像中心が機能的に特徴づけられた点になっており、理想的な状態で計測を行うことができる。

なお、本実施例では、基準対物レンズ１０から出た光は結像レンズのみで結像されるようになっているが、対物レンズ１０と結像レンズとの間にリレー光学系が含まれていても良いことは言うまでも無い。

10

【００４７】

以上説明したように、本発明による対物レンズ、対物レンズの組合せ、対物レンズを用いた光学系の調整方法は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

【００５３】

(１) 撮像装置を有する調整装置に前記第２の対物レンズを装着し、前記第１の指標を前記撮像装置で撮像する過程と、撮像された画像における前記第１の指標の位置を算出して該位置を記憶する過程と、前記第２の対物レンズと前記第１の対物レンズを交換して前記第１の対物レンズの収差を測定する過程と、該測定に基づいて前記記憶した位置における収差が所定の収差状態となるように、前記第１の対物レンズを調整する過程を経て、前記第１の対物レンズが調整されていることを特徴とする請求項１に記載の対物レンズの組合せ。

20

【００５４】

(２) 前記第２の対物レンズは取付基準面を有し、該取付基準面から前記指標部材までの距離が、前記第１の対物レンズの同焦距離よりも短いことを特徴とする上記(１)に記載の対物レンズの組合せ。

【００５５】

(３) 前記第２の対物レンズの焦点距離は前記第１の対物レンズの焦点距離と同じか、または前記第１の対物レンズの焦点距離よりも長いことを特徴とする請求項１、上記(１)、(２)のいずれかに記載の対物レンズの組合せ。

30

【００５６】

(４) 対物レンズを用いて結像光学系とリレー光学系を備えた光学系を調整する調整方法であって、レンズ系と基準位置を示す指標を備えた指標部材とを有し、かつ、前記指標部材を、前記レンズ系の前側焦点位置又はその近傍に配置して構成された対物レンズを用いて、前記対物レンズ、結像光学系及び前記リレー光学系によって形成された、前記基準位置を示す指標の像を撮像装置で撮像する過程と、撮像された画像の中心と前記基準位置を示す指標の像位置とのずれ、あるいは前記撮像装置の撮像面の中心位置と前記基準位置を示す指標の像位置とのずれ量を算出する過程と、該ずれ量に基づいて前記結像光学系と前記リレー光学系の少なくとも一方を調整する過程とを備えていることを特徴とする光学系の調整方法。

40

【００５７】

(５) 前記光学系が前記指標部材を有する対物レンズとは別の対物レンズである請求項２に記載の光学系の調整方法。

【００５８】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、主にナノオーダーレベルでの計測精度が要求されるような光学系を構成もしくは使用する際の、光学系における機能的に特徴づけられた標本面内での点を、ユーザが容易に特定することができる。

【図面の簡単な説明】

50

【図 1】本発明の基準対物レンズにおいて回転機構部材を用いて指標位置を調整する手法を示す説明図である。

【図 2】本発明の第 1 実施例にかかる基準対物レンズの概略構成図である。

【図 3】本発明の基準対物レンズに用いる指標部材に備わる指標のパターンを示す説明図である。

【図 4】本発明の第 2 実施例にかかる対物レンズの組合せを示す説明図で、(a)は基準対物レンズに組合せる対物レンズ、(b)は基準対物レンズを示している。

【図 5】本発明の第 3 実施例にかかる基準対物レンズに取り付ける指標部材の位置調整に用いる構成を示す説明図である。

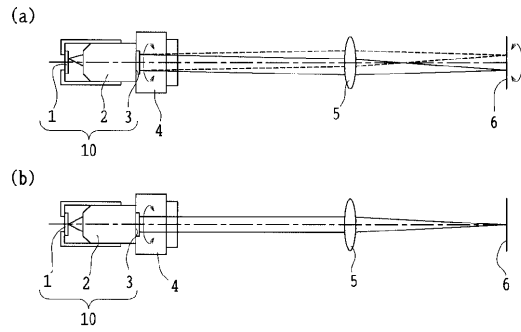
【図 6】本発明の第 4 実施例にかかる基準対物レンズを用いた光学系の調整方法に用いる装置の構成を示す説明図である。 10

【図 7】本発明の第 5 実施例にかかる基準対物レンズを用いた光学系の構成を示す説明図である。

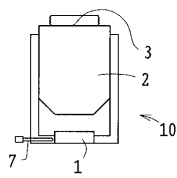
【符号の説明】

1	指標	
2	基準対物レンズを構成する対物レンズ	
3	取付基準面	
4	高精度回転機構部材	
5	結像レンズ	
6	像面	20
7	調整ピン	
8	レーザー光源ユニット	
9	ビームエクスパンダ光学系	
10	基準対物レンズ	
11	基準対物レンズに組合せる対物レンズ	
12	投光管	
13、20	結像レンズユニット	
14、21	CCD	
15	PC (パーソナルコンピュータ)	
16	モニター	30
17	顕微鏡本体	
18	白色光源ユニット	
19	光路分割ユニット	

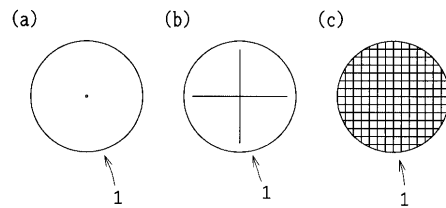
【図 1】



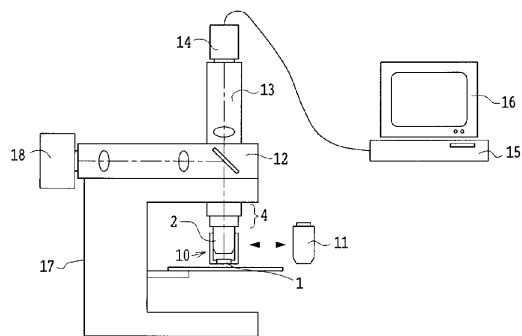
【図 2】



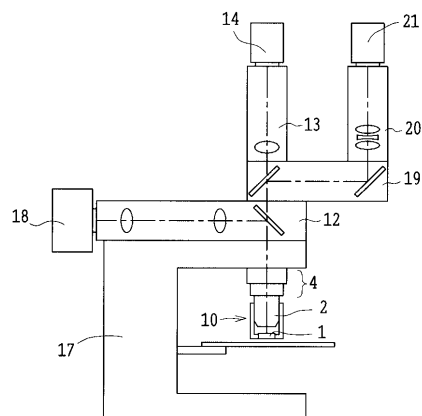
【図 3】



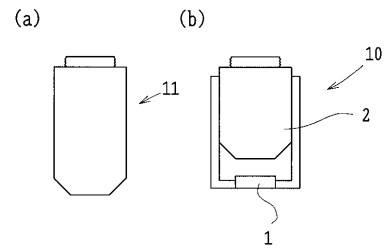
【図 6】



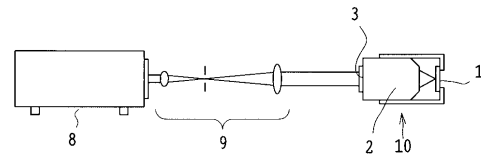
【図 7】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 8 - 1 8 4 7 3 7 (J P , A)
特公昭 6 3 - 0 2 3 5 2 4 (J P , B 1)
実開平 0 6 - 0 8 4 4 0 9 (J P , U)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
G02B 19/00-21/00
G02B 21/06-21/36