

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4828689号

(P4828689)

(45) 発行日 平成23年11月30日(2011.11.30)

(24) 登録日 平成23年9月22日(2011.9.22)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 21/06 (2006.01)

G O 2 B 21/06

請求項の数 2 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-278026 (P2000-278026)  
 (22) 出願日 平成12年9月13日(2000.9.13)  
 (65) 公開番号 特開2002-90635 (P2002-90635A)  
 (43) 公開日 平成14年3月27日(2002.3.27)  
 審査請求日 平成19年9月12日(2007.9.12)

(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 100075867  
 弁理士 向 寛二  
 (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 森内 正明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と物体面との間に配置されていて、光源側より、コレクター光源系と、光路に対し挿脱可能なレンズ系と、正の焦点距離を有するレンズ系とを少なくとも含んでおり、前記コレクター光学系が、前記光源からの光を輪带状に反射する反射手段を少なくとも含んでいて前記光源からの光を第1の集光位置に集光するものであり、前記正の焦点距離を有するレンズ系と前記光路に対し挿脱可能に配置されたレンズ系の各々の前側焦点位置が前記コレクター光学系による集光位置に略一致するように配置され、前記光路に挿脱可能なレンズ系を光路に挿入した時、光源よりの光が集光する第2の集光位置近傍に光拡散手段が配置され、前記光路に対し挿脱可能なレンズ系を光路から外した時には前記光拡散手段も光路から外されるように構成した照明光学系。

【請求項 2】

同一光路上で第1の照明形態と第2の照明形態のいずれか一方を形成する照明光学系であって、前記第1の照明形態と前記第2の照明形態は光路上に、光源と、前記光源からの光を輪带状に反射する反射部材を少なくとも含み前記光源からの光を第1の集光位置に集光させるコレクタ - 光学系と、正の焦点距離を有するレンズ系を備え、前記第1の照明形態は、前記正の焦点距離を有するレンズ系が前記第1の集光位置に前側焦点位置が略一致するように配置され、前記第2の照明形態は、光拡散部材と、前記光源と前記正の焦点距離を有するレンズ系との間に配置される変換レンズ系とを備え、前記変換レンズ系は前記第1の集光位置に前側焦点位置が略一致するように配置され、前記光拡散部材が前記正の

10

20

焦点位置を有するレンズ系と前記変換レンズ系によって光が集光する第２の集光位置に配置されている照明光学系。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光源よりの光を輪帯状に反射する部材を有する照明光学系で、輪帯状光束を使用する場合と均一照明として使用する場合に対応でき、両者を切り換え可能にした照明光学系に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

光源からの照明光を効率よく利用するためランプと反射部材とを組み合わせた照明光学系は、従来より数多く知られている。このような照明光学系のように、ランプと反射部材とを組み合わせた光学系は、ランプ自体が影になるために中心部分が中抜けになり、均一な照明ができない。

【０００３】

特開平９－１５２５５３号公報に記載されている光学系は、ランプよりの光を反射部材により集光させた光を錐体状光屈折素子にて光の方位角を変えその後ホログラム拡散素子により拡散させ、最終的に均一化を図ろうとした光学系である。

【０００４】

また、特開平６－２１６００８号公報に記載された光学系は、フライアイレンズにより光源の像を多数形成することにより、見掛け上大きな２次光源とし、これをステッパ用投影レンズの瞳位置に投影することによって、ケーラー照明を行ない、均一な照明を行なうようにしたものである。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】

顕微鏡照明等においては、複数の検鏡を切り換え行なうことがある。例えば均一な照明が求められる明視野観察と、輪帯状光束により観察光学系の開口数より大きな角度により照明して観察を行なう暗視野観察とを切り換え行なわれる。

【０００６】

即ち、明視野観察の場合、光源よりの光をコンデンサーレンズ等の前側焦点位置（瞳位置）に投影してケーラー照明を行なう。また、一層均一な照明を行なうために、光路中に光拡散手段やフライアイレンズ等を配置することが多い。一方暗視野観察の場合、例えば図１０に示すような暗視野対物レンズを用いて光源からの光を輪帯状の平行光とし、これを対物レンズのレンズと外枠との間から導入して対物レンズの先端付近で、ミラー等によって物体面に集光するクリティカル照明が行なわれる。

【０００７】

前記従来例の特開平９－１５２５５３号公報に記載されている照明光学系を顕微鏡照明に適用する場合、ターゲット位置と顕微鏡コンデンサーレンズの瞳位置とを合わせれば、明視野のケーラー照明を実現することができる。しかし、この従来例は、輪帯照明を行ない得るものではなく、またクリティカル照明を行なえるものではなく、そのため複数の検鏡に対応し得る照明光学系を構成できない。

【０００８】

また、前記従来例のうち、特開平６－２１６００８号公報に開示されている照明光学系を顕微鏡照明に適用する場合、そのまま明視野のケーラー照明を実現できる。しかし、輪帯状照明として使用し得る手段を有しておらず、またクリティカル照明にするための手段も示されておらず、したがって複数の検鏡に対応する照明光学系になし得ない。

【０００９】

本発明は、ケーラー照明やクリティカル照明等の様々な観察法においても最適な状態にて照明し得るように容易に切り換え得る照明光学系を提供するものである。

【００１０】

10

20

30

40

50

**【課題を解決するための手段】**

本発明の照明光学系は、光源と物体面との間に配置されていて、光源側より、コレクター光学系と、光路に対し挿脱可能なレンズ系と、正の焦点距離を有するレンズ系とを少なくとも含んでおり、前記コレクター光学系が、前記光源からの光を輪带状に反射する反射手段を少なくとも含んでいて前記光源からの光を第1の集光位置に集光するものであり、前記正の焦点距離を有するレンズ系と前記光路に対し挿脱可能に配置されたレンズ系の各々の前側焦点位置が前記コレクター光学系による集光位置に略一致するように配置され、前記光路に挿脱可能なレンズ系を光路に挿入した時、光源よりの光が集光する第2の集光位置近傍に光拡散手段が配置され、前記光路に対し挿脱可能なレンズ系を光路から外した時には前記光拡散手段も光路から外されるように構成したことを特徴とする。

10

**【0011】**

即ち、本発明の照明光学系は、例えば図1に示し後に詳細に説明する第1の実施の形態の照明光学系のような構成のもので、光源1とコレクター光学系2と光路に対し挿脱可能なレンズ系（凹レンズ3）と、正の焦点距離のレンズ系（凸レンズ4）とよりなり、第2の集光位置6に光拡散手段5が配置されていて、図1（A）のように光路に対して挿脱可能なレンズ系（凹レンズ3）が光路中に挿入されている時は光拡散手段5も光路中に配置され、また図1（B）のように、光路に対して挿脱可能なレンズ系（凹レンズ3）が光路から外される時は光拡散手段5も光路から外される。

**【0012】**

このような照明光学系において、（B）に示すようにレンズ系3が光路から外されている場合、図示するようにコレクター光学系2によって第1の集光位置6に集光した光は、正の焦点距離を有するレンズ系4の前側焦点位置が前記の第1の集光位置に略一致しているので、略平行光束で射出する。光源からの光は、コレクター光学系の反射手段にて輪带状に反射されるので、この略平行な光束も輪帯光束になる。そのため例えば図10に示すように暗視野対物に導くことにより暗視野照明にすることができる。

20

**【0013】**

また、図1（A）のようにコレクター光学系2と正の焦点距離を有するレンズ系4との間の光路中に光路に対し挿脱可能なレンズ系3を挿入した時は、この挿脱可能なレンズ系の前側焦点位置と第1の集光位置とが略等しいため、光路から挿脱可能なレンズ系を射出する光束が略平行な光束になり、その後この光束は正の焦点距離を有するレンズ系4により第2の集光位置に集光される。

30

**【0014】**

この第2の集光位置近傍には光拡散手段5が配置されているため、この光拡散手段5の拡散作用によりある角度範囲内に拡がる比較的均一な光束になる。

**【0015】**

この拡散手段より発する拡散光を2次光源とした照明系を構成することにより明視野照明を行なうことができる。

**【0016】**

以上のように、本発明の照明光学系は、光路に対し挿脱可能なレンズ系と光拡散手段とを光路に挿入することにより明視野照明となり、また光路より外すことにより暗視野照明となり、上記レンズ系と光拡散手段の挿脱によって明視野と暗視野の切り換えが可能である。

40

**【0017】**

また、本発明の照明光学系において、正の焦点距離を有するレンズ系を切り換え可能かまたは焦点距離可変な構成にしてもよい。

**【0018】**

暗視野観察においては、観察対物レンズが変わると観察に必要な開口数が変化し、これに応じて照明側の開口数を変化させる必要がある。また、顕微鏡位相差観察を行なう場合も輪帯照明が用いられる。この場合も観察対物が変わると照明系の開口数が変化するので、照明系の開口数を可変にする必要がある。そして照明系の開口数は、輪带状光束の径を

50

変化させることにより変化させ得る。また輪帯の径は、光束を略平行にするレンズの焦点距離が長くなると径は大きくなり、焦点距離が短くなると径は小さくなる。したがって、正の焦点距離を有するレンズ系が焦点距離の異なるものに切り換え可能であるかあるいは焦点距離が可変であるようにすることにより、輪帯の径を変化させえることができ、その結果、照明の開口数を変化させることができる。ここで、レンズ系の切り換えにより焦点距離を切り換える場合、レンズ系全体を切り換えてもまたレンズ系中の一部のレンズを切り換えてもよい。

【 0 0 1 9 】

更に、本発明は、同一光路上で第 1 の照明形態と第 2 の照明形態のいずれか一方を形成する照明光学系であって、前記第 1 の照明形態と前記第 2 の照明形態は光路上に、光源と、前記光源からの光を輪帯状に反射する反射部材を少なくとも含み前記光源からの光を第 1 の集光位置に集光させるコレクタ - 光学系と、正の焦点距離を有するレンズ系を備え、前記第 1 の照明形態は、前記正の焦点距離を有するレンズ系が前記第 1 の集光位置に前側焦点位置が略一致するように配置され、前記第 2 の照明形態は、光拡散部材と、前記光源と前記正の焦点距離を有するレンズ系との間に配置される変換レンズ系とを備え、前記変換レンズ系は前記第 1 の集光位置に前側焦点位置が略一致するように配置され、前記光拡散部材が前記正の焦点位置を有するレンズ系と前記変換レンズ系によって光が集光する第 2 の集光位置に配置されている照明光学系である。

【 0 0 2 0 】

【発明の実施の形態】

次に本発明の照明光学系の実施の形態について述べる。

【 0 0 2 1 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施の形態の照明光学系の構成を示すもので、この第 1 の実施の形態は、本発明の照明光学系の一例である。つまり図 1 に示すように、光源 1 と、コレクター光学系 2 と、光路に対し挿脱可能に構成されたレンズ系 3 と、正の焦点距離を有するレンズ系 4 とにて構成されている。また、コレクター光学系 2 は光源 1 からの光を輪帯状に反射する反射手段である楕円反射鏡 2 a を有し、このコレクター光学系 2 により光源 1 よりの光を第 1 の集光位置 6 に集光する。また正の焦点距離を有するレンズ系 4 と光路に対し挿脱可能なレンズ系 3 の前側焦点位置がコレクター光学系 2 による第 1 の集光位置に一致するように配置され、図 1 ( A ) に示すようにレンズ系 4 を光路中に挿入した時には、光源からの光を集光する第 2 の集光位置 7 に光拡散手段 5 が配置され、また図 1 ( B ) のようにレンズ系 3 が光路より外された時には光拡散手段 5 も光路から外されるように構成されている。

【 0 0 2 2 】

このように、図 1 ( A ) においては光拡散手段 5 が配置されることにより、これより発する拡散光が 2 次光源となり通常の照明系を構成し、また図 1 ( B ) においては、レンズ系 4 を射出する光束が輪帯状の平行光束となり、輪帯状の照明が可能になる。

【 0 0 2 3 】

このように第 1 の実施の形態によれば、凹レンズよりなるレンズ系 3 と光拡散手段 5 とを光路に対して挿脱することにより図 1 において ( A ) と ( B ) に示す照明を切り換え行なうことが可能である。つまり、例えば明視野照明と暗視野照明の両方を切り換えて行なうことが可能である。

【 0 0 2 4 】

図 2 は本発明の照明光学系の第 2 の実施の形態を示すものである。

【 0 0 2 5 】

この第 2 の実施の形態は、図 2 に示すように光路に対し挿脱可能であるレンズ系 8 として 1 枚の凸レンズを用いたもので、この 1 枚の凸レンズよりなるレンズ系 8 をその前側焦点位置がコレクター光学系 2 による第 1 の集光位置と略一致するように配置したもので、その他の点は第 1 の実施の形態と実質上同じである。

【 0 0 2 6 】

この第 2 の実施の形態において、凸レンズよりなるレンズ系 8 と光拡散手段 5 とを光路より外すことによって、図 1 ( B ) に示す構成と同じになる。したがって、この第 2 の実施の形態の照明光学系において、レンズ系 8 と光拡散手段 5 とを光路に対して挿脱することにより図 1 の ( A )、( B ) と同様な切り換えが可能である。

【 0 0 2 7 】

本発明の第 3 の実施の形態は、コレクター光学系として、放物面ミラーと凸レンズにて構成したもので、その他の構成は第 1、第 2 の実施の形態の照明光学系と基本的に同じである。

【 0 0 2 8 】

図 3 は前記の放物面鏡と凸レンズよりなるコレクター光学系のみを示す。図において、2 b は放物ミラー、2 c は凸レンズで、これらによりコレクター光学系 2 を構成し、このコレクター光学系 2 により光源 1 より光は第 1 の集光位置に集光される。そしてこの第 1 の集光位置に前側焦点位置が一致するように凸レンズよりなるレンズ系 4 が配置されており、第 1 の実施の形態における図 1 ( B ) と実質上同様の構成になる。これに図 1 ( A ) に示すレンズ系 3 と光拡散手段 5 あるいは図 2 に示すレンズ系 8 と光拡散手段 5 とが光路中に挿入されることにより図 1 ( A ) あるいは図 2 に示すものと実質上同じ構成になる。

10

【 0 0 2 9 】

本発明の第 4 の実施の形態は、第 1 ~ 第 3 の実施の形態の照明光学系において、正の焦点距離を有するレンズ系を図 4 に示すようなズームレンズにしたものである。

20

【 0 0 3 0 】

このズームレンズは、正レンズの第 1 群 4 a と負レンズの第 2 群 4 b と正レンズの第 3 群 4 c とよりなり、これらレンズ群 4 a、4 b、4 c を図示するように移動させてレンズ系 4 の焦点距離を変化させ得るようにした。このようにレンズ系の焦点距離を変化させて、レンズ系を射出する輪帯状光束の径を変化させることを可能にし、これにより観察光学系等に合わせて輪帯状光束の径を変え得るようにした。

【 0 0 3 1 】

第 5 の実施の形態は、第 1 ~ 第 3 の実施の形態の照明光学系の正の焦点距離のレンズ系 4 を複数のレンズにて構成し、その一部のレンズを光路に対して挿脱可能にしたものである。つまりこの実施の形態の照明光学系の正の焦点距離のレンズ系は例えば図 5 に示すように正レンズ 4 d と正レンズ 4 e と負レンズ 4 f の 3 枚のレンズにて構成し、そのうちの正レンズ 4 e と負レンズ 4 f とを挿脱可能にしたものである。これによって、図 5 ( A ) に示すように正レンズ 4 e と負レンズ 4 f が光路外に外された時と、( B ) に示すようにこれら正レンズ 4 e、負レンズ 4 f を光路中に挿入した時とでこのレンズ系を射出する光束の径が変化する。つまり正の焦点距離のレンズ系の一部のレンズである正レンズと負レンズを挿脱することにより、このレンズ系を射出する光束の径を切り換えることができる。

30

【 0 0 3 2 】

次の本発明の照明光学系の参考例 1 は、図 6 に示すような構成の光学系で、光源 1 とコレクター光学系 2 と中間光学系 1 0 とコンデンサー光学系 1 1 より構成されている。ここでコレクター光学系 2 は第 1 の実施の形態等と同様の構成であり、このコレクター光学系 2 による第 1 の集光位置に前側焦点位置が略一致するように中間光学系が配置され第 1 の集光位置と物体面が共役になるように中間光学系 1 0 とコンデンサー光学系 1 1 とが配置され、これら中間光学系 1 0、コンデンサー光学系 1 1 を通して物体面 1 2 を照明するように構成されている。これにより、輪帯状光束で、クリティカル照明を可能にしている。

40

【 0 0 3 3 】

図 7 は本発明の参考例 2 を示すものである。この参考例 2 の照明光学系は、参考例 1 と実質上同じ構成の照明光学系で、中間光学系 1 0 を構成する三つの正のレンズ群 1 0 a、1 0 b、1 0 c のうちの 2 番目の正レンズ群 1 0 b を他の正レンズ群 1 0 d と交換し得る構成にした。これにより交換前の図 6 に示す時と交換後の図 7 に示す時とで中間光学系を

50

射出する輪帯状の光束の径を切り換え得るようにしたのが参考例 2である。

【0034】

この参考例 2のように中間光学系 10 の第 2 のレンズ群 10 b の交換の代わりに中間光学系の第 1 のレンズ群 10 a をズームレンズにすることによっても中間光学系を射出する輪帯状の光束の径を変化させることが可能である。また上記の手段を組み合わせたものでもよい。同様に第 3 のレンズ群 10 c の交換によって輪帯光束の径を切り換えてもよい。

【0035】

本発明の参考例 3は、光源と、コレクター光学系と、中間光学系と、コンデンサー光学系よりなる照明光学系で、図 8 に示すようにコレクター光学系 2 と中間光学系 10 の間にその前側焦点位置が第 1 の集光位置に一致するように凹レンズからなるレンズ系 3 を配置し、これにより光源 1 より光が第 2 の集光位置に集光するようにしたもので、この第 2 の集光位置に光拡散手段 5 を配置するようにしたものである。また、前記第 2 の集光位置は、コンデンサー光学系 11 の前側焦点位置と共役になり、それによってケーラー照明が行なえるようにしたものである。この第 2 の集光位置に配置された光拡散手段により拡散される光の拡散角度が前述の条件つまり下記条件を満足するようにして、中抜けが解消され、必要な照明範囲を均一な光にて照明し得るようにしたものである。

10

【0036】

次に第 6 の実施形態は、前記の参考例 3の照明光学系において、凹レンズよりなるレンズ系 3 と光拡散手段 5 とを光路に対して挿脱可能な構成にしたものである。つまり図 9 (A) に示すように凹レンズよりなるレンズ系 3 と光拡散手段 5 とを光路から外した状態と図 9 (B) に示すように前記レンズ系 3 と光拡散手段 5 とを光路中に挿入した状態とに切り換え可能にした。これにより (A) の均一なケーラー照明と (B) の輪帯状のクリティカル照明との切り換えが可能になる。

20

【0037】

本発明の照明光学系は以上述べたような構成のもので、特許請求の範囲に記載するもののほか下記の各項に記載する照明光学系も本発明の目的を達成し得る。

【0038】

(1) 特許請求の範囲の請求項 1 に記載されている照明光学系で、正の焦点距離を有するレンズ系が他のレンズ系と切り換え可能であるかあるいは焦点距離可変のレンズ系であることを特徴とする照明光学系。

30

【0039】

(2) 同一光路上で第 1 の照明形態と第 2 の照明形態のいずれか一方を形成する照明光学系であって、前記第 1 の照明形態と前記第 2 の照明形態は光路上に、光源と、前記光源からの光を輪帯状に反射する反射部材を少なくとも含み前記光源からの光を第 1 の集光位置に集光させるコレクター光学系と、正の焦点距離を有するレンズ系を備え、前記第 1 の照明形態は、前記正の焦点距離を有するレンズ系が前記第 1 の集光位置に前側焦点位置が略一致するように配置され、前記第 2 の照明形態は、光拡散部材と、前記光源と前記正の焦点距離を有するレンズ系との間に配置される変換レンズ系とを備え、前記変換レンズ系は前記第 1 の集光位置に前側焦点位置が略一致するように配置され、前記光拡散部材が前記正の焦点距離を有するレンズ系と前記変換レンズ系によって光が集光する第 2 の集光位置に配置されている照明光学系。

40

【0040】

【発明の効果】

本発明の照明光学系によれば、ケーラー照明やクリティカル照明等の様々な観察法において用いられる照明が切り換え行ない得、しかも最適な状態にて行ない得るもので、また切り換えが極めて容易である等の効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態を示す図

【図 2】 本発明の第 2 の実施の形態を示す図

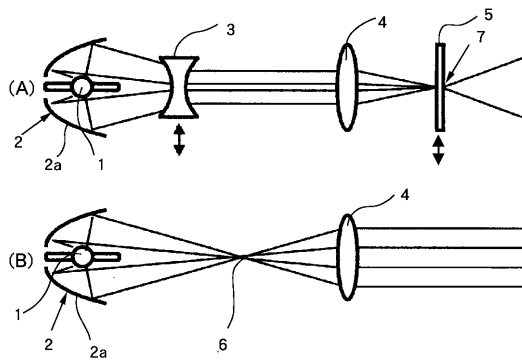
50

- 【図 3】 本発明の第 3 の実施の形態を示す図  
 【図 4】 本発明の第 4 の実施の形態を示す図  
 【図 5】 本発明の第 5 の実施の形態を示す図  
 【図 6】 本発明の参考例 1を示す図  
 【図 7】 本発明の参考例 2を示す図  
 【図 8】 本発明の参考例 3を示す図  
 【図 9】 本発明の第 6 の実施の形態を示す図  
 【図 10】 暗視野対物レンズの構成を示す図  
 【図 11】 光拡散手段における拡散角度の説明図  
 【符号の説明】

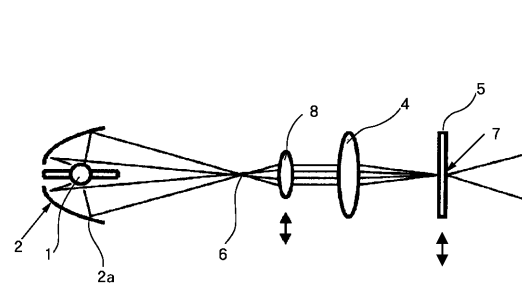
10

- 1 光源  
 2 コレクター光学系  
 3 挿脱可能なレンズ系  
 4 正の焦点距離のレンズ系  
 5 光拡散手段  
 8 挿脱可能なレンズ系  
 10 中間光学系  
 11 コンデンサー光学系

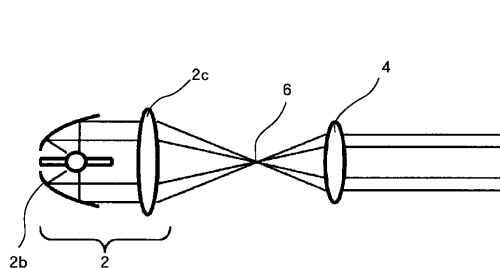
【図 1】



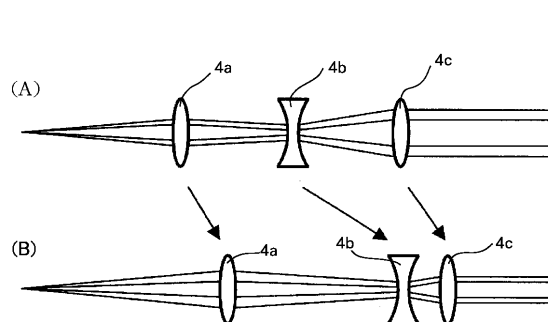
【図 2】



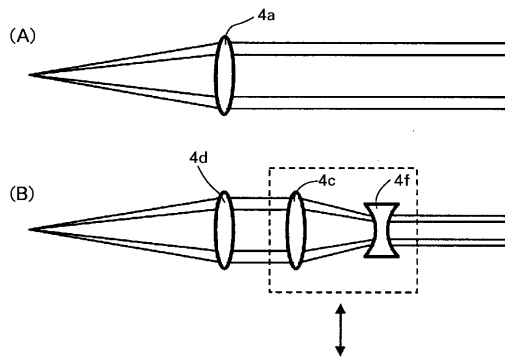
【図 3】



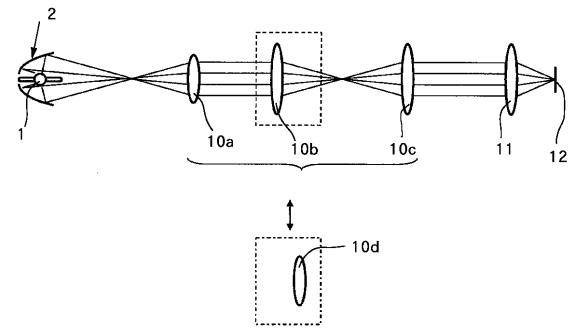
【図 4】



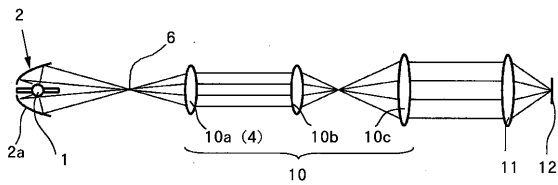
【図 5】



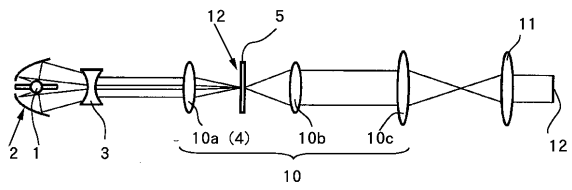
【図 7】



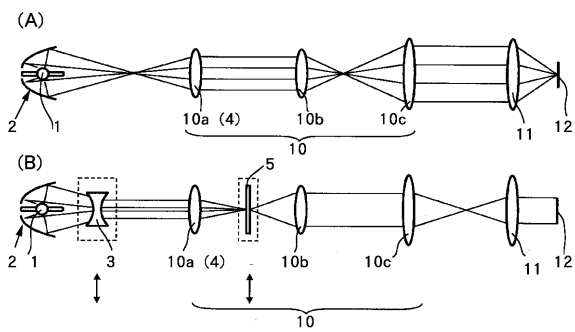
【図 6】



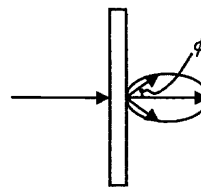
【図 8】



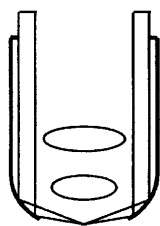
【図 9】



【図 11】



【図 10】



---

フロントページの続き

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

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