(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3690819号
(P3690819)
(45)発行日　平成17年8月31日(2005.8.31)　(24)登録日　平成17年6月24日(2005.6.24)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 17/08　G02B 17/08　A

請求項の数 9　(全 10 頁)

(21)出願番号　特願平5-16275
(22)出願日　平成5年2月3日(1993.2.3)
(65)公開番号　特開平6-230287
(43)公開日　平成6年8月19日(1994.8.19)
審査請求日　平成12年2月2日(2000.2.2)
審判番号　不服2002-21553(P2002-21553/J1)
審判請求日　平成14年11月7日(2002.11.7)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(72)発明者　石山　敏朗
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内
(72)発明者　末永　豊
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】投影光学系、それを用いた露光装置及び露光方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

物体側から順に、正の屈折力を持ち前記物体の１次像を形成する第１部分光学系と、正の屈折力を持ち前記１次像からの光により２次像を形成する第２部分光学系とを有する投影光学系において、

前記第１、第２部分光学系の少なくとも一方に配置された反射鏡と、

前記第１部分光学系の光路内に設けられ、光束の一部を制限する第１開口絞りと、

前記第２部分光学系の光路内に設けられ、前記第１開口絞りにて制限されなかった光束の残りを部分的に制限する第２開口絞りとを有することを特徴とする投影光学系。

【請求項２】

前記投影光学系は、前記物体の円弧形状の領域の２次像を形成することを形成することを特徴とする請求項１記載の投影光学系。

【請求項３】

前記開口絞りは、部分円形状の開口部を有することを特徴とする請求項１又は２記載の投影光学系。

【請求項４】

マスクパターンを感光基板に露光する露光装置において、

前記マスクパターンと前記感光基板との間の光路中に配置され、正の屈折力を持ち前記マスクパターンの１次像を形成する第１部分光学系と、

前記第１部分光学系と前記感光基板との間の光路中に配置され、正の屈折力を持ち前記

１次像からの光により２次像を形成する第２部分光学系と、
前記第１、第２部分光学系の少なくとも一方に配置された反射鏡と、
前記第１部分光学系の光路内に設けられ、光束の一部を制限する第１開口絞りと、
前記第２部分光学系の光路内に設けられ、前記第１開口絞りにて制限されなかった光束の残りを部分的に制限する第２開口絞りとを有することを特徴とする露光装置。
【請求項５】
前記第２部分光学系は、前記物体の円弧形状の領域の２次像を形成することを形成することを特徴とする請求項４記載の露光装置。
【請求項６】
前記開口絞りは、部分円形状の開口部を有することを特徴とする請求項４又は５記載の露光装置。
【請求項７】
光線を使って、マスクパターンを感光基板に露光する露光方法において、
前記光線が、前記マスクパターンと前記感光基板との間の光路中に配置され、
正の屈折力を持ち前記マスクパターンの１次像を形成すると共に、光路を制限する第１開口絞りを含む第１部分光学系を経由する工程と、
前記第１部分光学系を経由した光線が、前記感光基板と前記第１部分光学系との光路中に配置され、正の屈折力を持ち前記１次像からの光により２次像を形成すると共に、前記光路を前記第１開口絞りにて制限されなかった光束の残りを部分的に制限する第２開口絞りを含む第２部分光学系を経由する工程とを有し、
前記第１、第２部分光学系の少なくとも一方に反射鏡が配置されていることを特徴とする露光方法。
【請求項８】
前記マスクパターンと前記感光基板とを相対的に走査方向に移動させることを特徴とする請求項７記載の露光方法。
【請求項９】
前記第１、又は第２開口絞りを可変にすることで開口数を可変とする工程を有することを特徴とする請求項７記載の露光方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【産業上の利用分野】
本発明は、マスク上の回路パターンを感光基板上に投影転写するために好適な反射屈折光学系に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
従来、ＬＳＩ等の集積回路を製造する際にウェハ上のフォトレジストにマスクパターンを投影露光するために好適な光学系が例えば特開昭61-203419 号公報に開示されている。この特開昭61-203419 号公報のものは、図７に示す如く、反射面M_1 ～M_3 を有し物体Ｏの１次像I_1 を形成する第１の部分光学系K_1 と、反射面M_4 を有し、１次像I_1 からの光により縮小像（２次像）I_2 を形成する第２の部分光学系K_2 とを有するように構成される。
【０００３】
そして、このような反射屈折光学系においても、光学系の開口数の設定及び入射瞳及び射出瞳位置の設定のために、光学系内の光路を通過する光束の周縁部を制限する開口絞りを設ける必要がある。ここで、図７に示す反射屈折光学系においては、反射面M_2,M_4 の位置が開口絞りとなる、即ち、主光線が反射面M_2,M_4 にて光軸Axと交わるように構成されている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、反射面M_2,M_4 の位置に開口絞りを設けることは、反射屈折光学系の光学

設計の自由度を著しく損なう問題点があった。例えば、テレセントリック性を維持するにあたっては、入射瞳位置と射出瞳位置とを無限遠に設定するように屈折力配置を定めるが、上述の如く開口絞り位置があらかじめ定められていると、屈折力配置が一義的に定まり、良好な結像性能となる光学設計を行うことができない恐れがある。

【０００５】

また、反射面以外の位置に開口絞りを設けることも考えられるが、反射屈折光学系においては、反射面によって光路が折り返されているため、開口絞り位置にて光束が重なり合うことが多い。このとき、単一の開口絞りにて光束の全ての周縁部を制限すると、他の光束（反射面にて折り返された光束）を遮光してしまう問題点がある。

【０００６】

そこで、本発明は、光学設計上の自由度の高い投影光学系を提供することを第１の目的とする。また、本発明は、複数の光路が重なる位置に開口絞りを配置できる投影光学系を提供することを第２の目的とする。さらに、これらの投影光学系を使った露光装置および方法を提供することを第３の目的とする。

【０００７】

【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、本発明による投影光学系は、以下の構成を有する。例えば図１に示すごとく、物体側から順に、正の屈折力を持ち物体Ｏの１次像$Ｉ_1$を形成する第１部分光学系$Ｋ_1$と、正の屈折力を持ち１次像からの光により２次像$Ｉ_2$を形成する第２部分光学系$Ｋ_2$とを有する投影光学系は、第１部分光学系の光路内に少なくとも１つの開口絞り$Ｓ_1$を設けると共に、第２部分光学系の光路内に少なくとも１つの開口絞り$Ｓ_2$を設けるように構成される。

第２発明による投影光学系は、第１位置に配置され物体面Ｍａからの光束の一部を制限する第１開口絞り$Ｓ_1$と、第１位置とは異なる第２位置に配置され第１開口絞り$Ｓ_1$で制限されなかった光束を制限する第２開口絞り$Ｓ_2$とを有するように構成される。

また、第３発明による露光装置は、マスクパターンＰＡを感光基板に露光する露光装置において、マスクパターンＰＡと感光基板との間の光路中に配置され正の屈折力を持ちマスクパターンＰＡの１次像$Ｉ_1$を形成する第１部分光学系$Ｋ_1$と、第１部分光学系$Ｋ_1$と感光基板との間の光路中に配置され正の屈折力を持ち１次像$Ｉ_1$からの光により２次像$Ｉ_2$を形成する第２部分光学系$Ｋ_2$と、第１、第２部分光学系の少なくとも一方に配置された反射鏡と、第１部分光学系$Ｋ_1$の光路内に設けられ光束を制限する第１開口絞り$Ｓ_1$と、第２部分光学系$Ｋ_2$の光路内に設けられ前記光束を制限する第２開口絞り$Ｓ_2$とで構成される。

また、第４発明による露光装置は、第１位置に配置されマスクパターンＰＡからの光束の一部を制限する第１開口絞り$Ｓ_1$と、第１位置とは異なる第２位置に配置され第１開口絞り$Ｓ_1$で制限されなかった光束を制限する第２開口絞り$Ｓ_2$とで構成される。

【０００８】

【作用】

上述の如き構成により、投影光学系の光路の物理的な配置の自由度がある箇所に開口絞りを配置して光束の一部を制限し、前記開口絞りとは異なる開口絞りを別の位置に配置して、前記開口絞りにて制限されなかった光束の残りを部分的に制限することにより、配置の制約なしに、投影光学系全体として開口絞りの作用を達成することができる。これにより、投影光学系の光学設計上の自由度が上がるばかりか、この投影光学系を製作する上での空間的な余裕を持たせることができる。

【０００９】

また、互いに異なる開口径を有する開口絞りをそれぞれ交換可能に設けるか、開口径を変化させる構成にすれば、投影光学系の開口数を変化させることができる。また、かかる投影光学系を使った露光装置、方法では、投影性能が向上しているため回路パターンを正確に感光基板に露光できる。

【００１０】

【実施例】

以下、図面を参照して、本発明による実施例を説明する。図１は、本発明による反射屈折光学系を投影露光装置の投影光学系に適用した例の構成と光路とを示す図である。なお、図１において、物体面Ｏを照明するための照明光学系は図示省略している。そして、図２に示す如く、物体面ＯとしてのマスクＭａには、所定の回路パターン領域ＰＡが形成されており、このマスクＭａと、図示なき照明光学系による円弧形状の照明領域ＬＡとを走査方向に相対的に移動させて照明する。このとき、図１の２次像I_2には、円弧形状の２次像が形成され、この２次像が形成される位置に、走査方向に可動な感光基板を設ければ、走査露光、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式の投影露光を実現することができる。

【００１１】

ここで、図２に戻って、円弧形状の照明領域ＬＡは、反射屈折光学系の光軸（光軸Ax_1）を中心とする所定の半径ｒの円弧と、光軸Ax_1から所定の幅ａ（スリット幅ａ）だけずれた点Ax_1'を中心とする半径ｒの円弧と、間隔ｂ（スリット長ｂ）の直線とで囲まれる領域となる。なお、円弧状の照明領域としては、光軸Ax_1を中心とする同心円状の領域も考えられるが、スキャン露光する際の露光量が光軸Ax_3と軸外とで異なるため望ましくない。

【００１２】

図１に戻って、上述の如き照明領域にて照明されたマスク面（物体面Ｏ）からの光は、光軸Ax_1に沿って配置されたレンズ成分L_1～L_3を介して、平面反射鏡MP_1にて略４５°偏向され、光軸Ax_1と垂直な光軸Ax_2に沿って配置され凹面を光線の入射側に向けた第１凹面反射鏡M_1にて反射される。そして、第１凹面反射鏡M_1の反射側に、物体面Ｏの１次像I_1を形成する。ここで、レンズ成分L_1～L_3と第１凹面反射鏡M_1とが第１部分光学系K_1を構成している。

【００１３】

そして、１次像I_1からの光は、光軸Ax_2に沿って配置されたレンズ成分L_4～L_6を介して、平面反射鏡MP_2にて略４５°偏向される。この平面反射鏡MP_2の反射側（光の射出側）には、光軸Ax_2と垂直な（光軸Ax_1と平行な）光軸Ax_3に沿って、レンズ成分L_7と第２凹面反射鏡M_2とが配置されており、平面反射鏡MP_2から射出した光は、レンズ成分L_7を介して第２凹面反射鏡M_2にて反射された後、再びレンズ成分L_7を介してレンズ成分L_8～L_{14}へ向かう。このレンズ成分L_8～L_{14}は、全体として正の屈折力を有しており、レンズ成分L_7からの光によって、１次像I_1の縮小像である２次像I_2を基板上に形成する。ここで、レンズ成分L_4～L_6、レンズ成分L_7、第２凹面反射鏡M_2及びレンズ成分L_8～L_{14}が第２部分光学系K_2を構成している。

【００１４】

さて、円弧形状の照明領域にて照明された物体面Ｏからの光束LB_1がレンズ成分L_1～L_3及び平面反射鏡MP_1を介して開口絞りS_1に達すると、その光束断面は、図３(a)に示す如くほぼ円形状となる。ここで、開口絞りS_1の位置にて光束を円形状となる如く遮光することが望ましいが、この位置においては、上述の如き光束LB_1が通過する他に、第１凹面反射鏡M_1から１次像I_1へ向かう光束LB_2が通過する。このため、円形開口部を持つ従来の開口絞りでは、光束LB_2を遮ることなく、効果的に光束LB_1を遮光することができない。

【００１５】

また、第２部分光学系K_2中の第７レンズ成分L_7から第８レンズ成分L_8へ向かう光束LB_3が開口絞りS_2の位置を通過する際に、その光束断面形状はほぼ円形状となる。ここで、開口絞りS_2の位置に、円形状の開口部を持つ遮光枠を配置することも考えられるが、図３(b)に示す如く、この位置の近傍には平面反射鏡MP_2が配置されており、空間の余裕がないため、円形状の開口部を持つ遮光枠を設けることはできない。

【００１６】

そこで、本実施例においては、反射屈折光学系の光路内の２ヶ所に、互いに異なる２つの開口絞りS_1,S_2を配置するように構成している。具体的には、図４(a)の如きほぼ半円形状の開口部を有する開口絞りS_1を第１部分光学系K_1の瞳面近傍に配置し、図４(b)

の如きほぼ半円形状の開口部を有する開口絞りS_2を第２部分光学系K_2の瞳面近傍に配置している。

【００１７】

即ち、図４(a)の如く、開口絞りS_1によって、光束LB_1の周縁部のうち、図中破線にて示す光束LB_2と重ならない領域が遮光（制限）される。この一部制限された光束LB_1が開口絞りS_2の位置に達すると光束LB_3となる。そして、図４(b)に破線にて示す如き光束LB_3の制限されない領域は、開口絞りS_2のほぼ半円形状の開口部によって遮光（制限）される。

【００１８】

なお、開口絞りS_1により制限される領域と、開口絞りS_2により制限される領域とは、多少重なることが望ましい。

ここで、本実施例における開口絞りS_1,S_2は、反射屈折光学系の物体高（光軸Ax_1からの距離）100㎜における開口数が0.45となり、かつ両側テレセントリックが達成される如く設けられている。

【００１９】

このように、本実施例によると、第１部分光学系K_1に設けられた開口絞りS_1と、第２部分光学系K_2に設けられた開口絞りS_2とによって、反射屈折光学系を通過する光束を有効に制限しているので、これらの開口絞りS_1,S_2の配置に何ら制約はない。

また、テレセントリック性を維持するための開口絞り位置に開口絞りを配置することが物理的に困難である場合でも、本実施例による反射屈折光学系においては、開口絞り位置の自由度が多いので、良好にテレセントリック性が維持できる光学設計ができる。

【００２０】

次に、図５を参照して、本発明による第２実施例を説明する。図５は、本実施例の構成及び光路を示す図である。そして、本実施例は、本発明を適用するために、米国特許4,747,678号公報の第２実施例に開示された反射屈折光学系の光路の取り回しを変更したものである。

この図５において、物体面Ｏからの光束は、光軸Ax_1に沿って配置されたレンズ成分L_1,L_2を介して、光軸Ax_1に対して４５°で斜設された平面反射鏡MP_1にて偏向され、光軸Ax_1と垂直な光軸Ax_2に曲率中心を持ち光の入射側に凹面を向けた凹面反射鏡M_1にて反射される。この凹面反射鏡M_1の反射側には、レンズ成分L_3と、入射側に凸面を向けた凸面反射鏡M_2とが配置されており、凹面反射鏡M_1からの光束は、レンズ成分L_3を介して凸面反射鏡M_2にて反射され、再びレンズ成分L_3を介して、光軸Ax_2に沿って配置され光の入射側に凹面を向けた凹面反射鏡M_3に向かう。ここで、凸面反射鏡M_2の近傍には、開口絞りS_1が配置されており、凸面反射鏡M_2から凹面反射鏡M_3へ向かう光束LB_1の開口絞りS_1側の周縁部を遮光（制限）している。そして、開口絞りS_1を通過する光束LB_1は、凹面反射鏡M_3にて反射され、再び開口絞りS_1近傍を通過する光束LB_2となる。従って、開口絞りS_1近傍には、開口絞りS_1の位置の光束断面を示す図６の如く、ほぼ円形状の光束断面の光束LB_1と、円弧形状の光束LB_2とが位置する。ここで、開口絞りS_1は、円周のほぼ２／３にわたる部分円形状の開口部を有しており、光束LB_2を遮光することなく光束LB_1の最周縁部を部分的に制限している。

【００２１】

図５に戻って、上記開口絞りS_1の近傍を通過した光束LB_2は、光軸Ax_2に沿って配置されたレンズ成分L_4,L_5から射出して、同じく光軸Ax_2に沿って配置されたレンズ成分L_6の近傍に物体の１次像I_1を形成する。ここで、レンズ成分L_1,L_2、凹面反射鏡M_1、レンズ成分L_3、凸面反射鏡M_2、凹面反射鏡M_3及びレンズ成分L_4,L_5が第１部分光学系K_1を構成する。

【００２２】

そして、上記１次像I_1からの光束は、レンズ成分L_6～L_8を介して、光軸Ax_2に対して４５°で斜設された平面反射鏡MP_2にて偏向され、この光軸Ax_2と垂直な光軸Ax_3に沿って配置された凹面反射鏡M_4へ向かう如き光束LB_3となる。そして、光束LB_3は

、凹面反射鏡M_4にて反射されて光束LB_4となる。ここで、光束LB_4の進行方向（凹面反射鏡M_4の反射側）には、開口絞りS_2が配置されており、凹面反射鏡M_4からレンズ成分L_9へ向かう光束LB_4の開口絞りS_2側の周縁部を制限している。ここで、図６の如く、開口絞りS_2の近傍を通過する光束LB_3は、光束LB_4の周囲を覆うような円弧形状の光束断面を有している。従って、開口絞りS_2は、光束LB_3を遮光することなく光束LB_4を制限するために、円周のほぼ１／３にわたる部分円形状の開口部を有する如く構成されている。これにより、光束LB_4の最周縁部の略１／３に渡る領域、すなわち開口絞りS_1にて制限されなかった領域を制限している。

【００２３】

そして、図５に戻って、開口絞りS_2を介した光束は、光軸Ax_3に沿って配置されたレンズ成分L_9～L_{11}を介して、その射出側に物体の１次像I_1の縮小像である２次像I_2を形成する。ここで、レンズ成分L_6～L_8、凹面反射鏡M_4及びレンズ成分L_9～L_{11}が第２部分光学系K_2を形成する。

このように、反射屈折光学系から射出する光束は、開口絞りS_1と開口絞りS_2とによる結果として、全ての周縁部が制限されている。従って、反射屈折光学系においては、所望の開口数を得ること及び両側テレセントリックを維持することが達成できる。なお、本実施例における開口数は、物体高79mmにおいて、0.35である。

【００２４】

このように、本発明による反射屈折光学系は、どのような光路の取り回しであっても開口絞りを配置することができる。これにより、反射屈折光学系内を通過する光束を制限することで、所望の開口数を得ると同時に、テレセントリック性の維持をも達成している。

また、第１及び第２実施例において、開口絞りS_1,S_2の開口部の径が可動となる如く構成すれば、反射屈折光学系の開口数を可変とすることができる。例えば、図４(a),(b)に示す如き開口絞りS_1,S_2を図中矢印方向（光束断面に沿った方向）に可動となる如く設ける。そして、開口絞りS_1,S_2の開口部を通過する光束の径が変化するように、それぞれの開口絞りS_1,S_2を移動させれば、反射屈折光学系全体の開口数を変化させることができる。また、開口数を変化させるにあたって、互いに異なる開口径を持つ複数の開口絞りを交換可能に設けても良い。

【００２５】

なお、上述の各実施例において、開口絞りS_1,S_2の開口部の形状は、部分円形状であれば良い。このとき、結果として光束の周縁部の全周が制限されていれば良いため、各実施例の如き半円状の開口部や１／３と２／３との部分円形状の開口部に限られることはない。

また、本実施例においては、各部分光学系K_1,K_2内に２組の開口絞りS_1,S_2を配置したが、２組以上の開口絞りを設けても良いことは言うまでもない。例えば、物体の１次像を作る部分光学系と、この１次像をリレーして２次像を作る部分光学系と、２次像をリレーして３次像を作る部分光学系とを有する反射屈折光学系においては、各部分光学系内に開口絞りを配置できる。このとき、各部分光学系内の開口絞りの開口部の形状は、部分円形状であれば良い。

【００２６】

【発明の効果】

上述の如き本発明によると、開口絞り位置の自由度が多くなるため、光学設計上の制約が非常に少ない反射屈折光学系を得ることができる。さらに、複数の光路が重なる位置でも光路を遮ることなく開口絞りを配置できる。これにより、所望の開口数を得ることができ、テレセントリック性の維持をも達成できる反射屈折光学系を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明による第１実施例の構成及び光路を示す図。

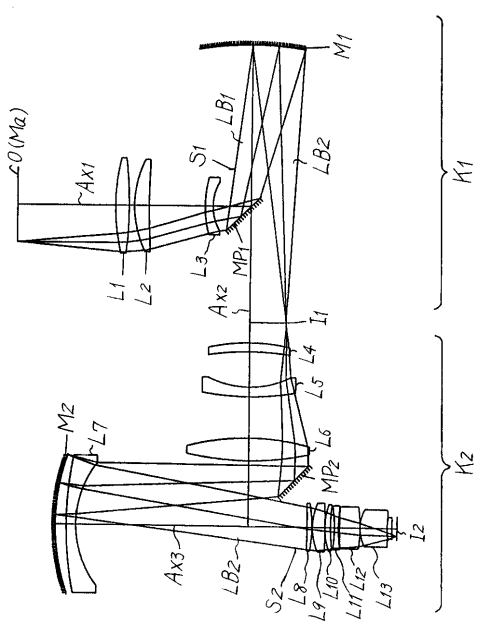
【図２】物体面上の照明領域を示す平面図。

【図３】本発明による反射屈折光学系の開口絞りにおける光束断面を示す図。

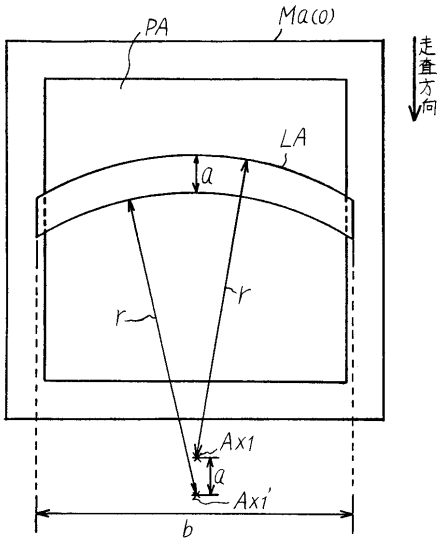
【図４】開口絞りの形状を示す平面図。

【図５】本発明による第２実施例の構成と光路とを示す図。
【図６】第２実施例における光束断面と開口絞りとを示す平面図。
【図７】従来の反射屈折光学系を示す図。
【符号の説明】
K_1 ‥‥　第１部分光学系、
K_2 ‥‥　第２部分光学系、
O　‥‥　物体面、
I_1 ‥‥　物体の１次像、
I_2 ‥‥　物体の２次像、

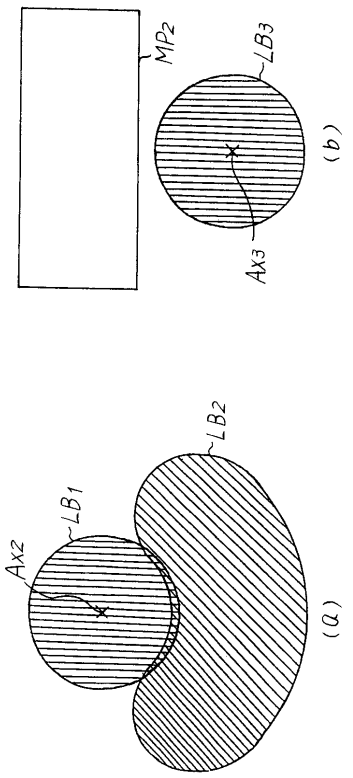
【図１】



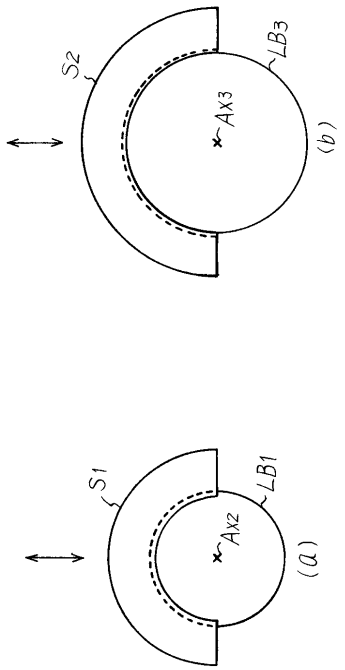
【図２】



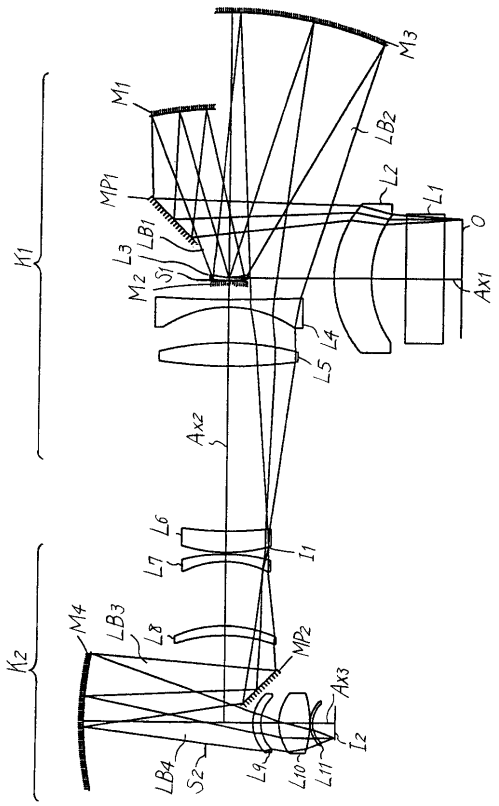
【図３】


MP2
LB3
Ax3
(b)
LB2
LB1
Ax2
(a)

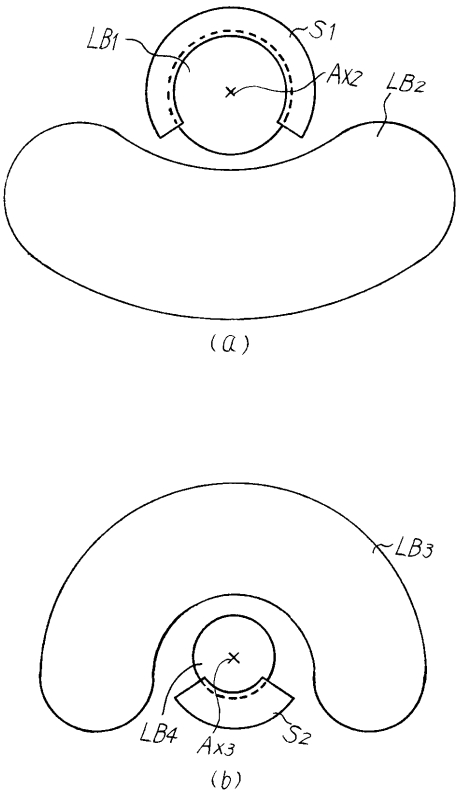
【図４】


S2
LB3
Ax3
(b)
S1
LB1
Ax2
(a)

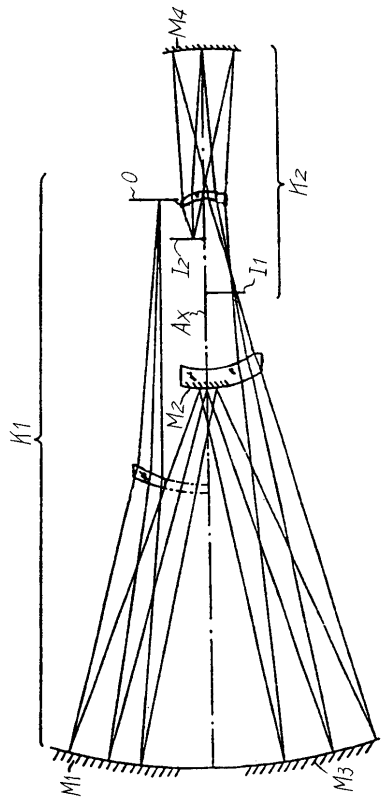
【図５】


K1
K2
M1
M2
M3
M4
MP1
MP2
LB1
LB2
LB3
LB4
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9
L10
L11
S1
S2
I1
I2
O
Ax1
Ax2
Ax3

【図６】


LB1
S1
Ax2
LB2
(a)
LB3
LB4
Ax3
S2
(b)

【図７】



フロントページの続き

合議体
審判長　上野　信
審判官　井口　猶二
審判官　辻　徹二

(56)参考文献　特開昭６１－２０３４１９（ＪＰ，Ａ）
特開昭５３－０４１０７９（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１６３３１９（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－２１９７１３（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－０２９８１５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02B 17/08