(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3747958号
(P3747958)
(45)発行日　平成18年2月22日(2006.2.22)　(24)登録日　平成17年12月9日(2005.12.9)

(51)Int.Cl.　F I
G02B 17/08 (2006.01)　G02B 17/08　A

請求項の数 18　(全 23 頁)

(21)出願番号　特願平8-30978
(22)出願日　平成8年2月19日(1996.2.19)
(65)公開番号　特開平8-334695
(43)公開日　平成8年12月17日(1996.12.17)
審査請求日　平成14年2月18日(2002.2.18)
審判番号　不服2004-7046(P2004-7046/J1)
審判請求日　平成16年4月8日(2004.4.8)
(31)優先権主張番号　特願平7-82380
(32)優先日　平成7年4月7日(1995.4.7)
(33)優先権主張国　日本国(JP)

(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　高橋　友刀
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

合議体
審判長　末政　清滋
審判官　井口　猶二
審判官　前川　慎喜

(56)参考文献　特開平０４－２３４７２２（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０２１９５５（ＪＰ，Ａ）

最終頁に続く

(54)【発明の名称】反射屈折光学系

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

第１面の中間像を形成する第１反射屈折結像光学系と、

前記中間像の像を第２面上に形成する第２屈折結像光学系と、

前記第１反射屈折結像光学系から前記第２屈折結像光学系へ到る光路中に配置され、

前記第１反射屈折結像光学系からの光を前記第２屈折結像光学系へ導く第１光路偏向部材とを有し、

前記第１反射屈折結像光学系は、少なくとも、全体として正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、凹面鏡及び前記第１面側に凹面を向けた負レンズ成分とを有する第４レンズ群Ｇ４とを有し、

前記第３レンズ群Ｇ３は、少なくとも、前記第１面側から順に、正の屈折力を有する第１０レンズ群Ｇ１０と、負の屈折力を有する第１１レンズ群Ｇ１１と、正の屈折力を有する第１２レンズ群Ｇ１２とを含み、

かつ前記第１面からの光を、前記第１０レンズ群Ｇ１０、前記第１１レンズ群Ｇ１１、前記第１２レンズ群Ｇ１２、前記第４レンズ群Ｇ４、前記第１２レンズ群Ｇ１２、前記第１１レンズ群Ｇ１１、前記第１０レンズ群Ｇ１０の順に導き、

前記第１反射屈折結像光学系と前記第２屈折結像光学系との合成倍率は縮小倍率であることを特徴とする反射屈折光学系。

【請求項２】

前記第２屈折結像光学系は縮小倍率を有することを特徴とした請求項１記載の反射屈折

光学系。
【請求項３】
前記第１光路偏向部材を前記第１面と前記第３レンズ群Ｇ３との間の光路中であって、前記第３レンズ群Ｇ３の光軸からそれた位置に配置することを特徴とする請求項１又２記載の反射屈折光学系。
【請求項４】
前記第２屈折結像光学系は、正屈折力の第５レンズ群Ｇ５と、正屈折力の第６レンズ群Ｇ６とを有することを特徴とする請求項１乃至３のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項５】
前記第５レンズ群Ｇ５と前記第６レンズ群Ｇ６との間の光路中に開口絞りを配置することを特徴とする請求項４記載の反射屈折光学系。
【請求項６】
前記第１反射屈折結像光学系は、前記第１面と前記第３レンズ群Ｇ３との間の光路中に配置された第７レンズ群Ｇ７を有し、
該第７レンズ群Ｇ７は、前記第１面側から順に、正屈折力の前群と負屈折力の後群とを有することを特徴とする請求項１乃至５のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項７】
前記第１光路偏向部材を前記第３レンズ群Ｇ３と前記第７レンズ群Ｇ７との間の光路中であって、前記第７レンズ群Ｇ７の光軸からそれた位置に配置することを特徴とする請求項６に記載の反射屈折光学系。
【請求項８】
前記第１面上の物体の高さをＹ０とし、前記第１反射屈折結像光学系によって結像される前記中間像の像高をＹ１とするとき、

$$0.4 < |Y0/Y1| < 1.2$$

を満足することを特徴とする請求項１乃至７のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項９】
前記第２屈折結像光学系を構成する光学材料は、互いに分散値の異なる少なくとも二種類の光学材料であることを特徴とする請求項１乃至８のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項１０】
前記第２屈折結像光学系中の前記第５レンズ群Ｇ５は、高分散ガラスから構成される負レンズ成分と、低分散ガラスから構成される正レンズ成分とを含み、
前記第２屈折結像光学系中の前記第６レンズ群Ｇ６は、低分散ガラスから構成される正レンズ成分を含むことを特徴とする請求項４又は５に記載の反射屈折光学系。
【請求項１１】
前記第１面と前記第２面とを平行にするために、前記第１面と前記第１反射屈折結像光学系中の前記第３レンズ群Ｇ３との間に前記第１面からの光を偏向させる第２光路偏向部材を配置することを特徴とする請求項１乃至１０のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項１２】
前記第１面の法線と前記第２面の法線とが重力方向に対して直角をなすように前記第１面及び前記第２面を配置することを特徴とする請求項１１記載の反射屈折光学系。
【請求項１３】
前記第１面と前記第２面との配置を平行にするために、第１光路偏向部材と前記第２結像光学系中の前記第５レンズ群Ｇ５と前記第６レンズ群Ｇ６の間に、前記第１光路偏向部材を経由した光を偏向させる第３光路偏向部材を配置することを特徴とする請求項４又は５に記載の反射屈折光学系。
【請求項１４】
前記第１面と前記第２面とを水平に配置し、且つ前記第１面を前記第２面よりも上方に

配置することを特徴とする請求項１３記載の反射屈折光学系。
【請求項１５】
前記第１反射屈折結像光学系と前記第２屈折結像光学系との間に形成される中間像の位置に、前記第２面上の像形成領域の大きさが可変となる視野絞りを設けることを特徴とする請求項１乃至１４のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項１６】
前記第１反射屈折結像光学系中の前記凹面鏡付近の光路中又は前記第２屈折結像光学系の光路中に、焦点深度を深くするフィルターを設けることを特徴とする請求項１乃至１５のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項１７】
前記第２屈折結像光学系の光路中に、開口絞りを配置することを特徴とする請求項１乃至１５のいずれか一項に記載の反射屈折光学系。
【請求項１８】
レチクルに形成されたパターンを投影光学系を介して感光物が塗布された基板上に投影露光する投影露光装置において、
前記投影光学系が請求項１乃至請求項１７のいずれか一項に記載の反射屈折光学系であることを特徴とする投影露光装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、例えば半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に使用されるステッパー等の投影露光装置の投影光学系に関する。特に、本発明は、光学系の要素として反射系を用いた反射屈折投影光学系に関する。
【０００２】
【従来の技術】
半導体素子又は液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する際に、レチクル（又はフォトマスク等）のパターン像を投影光学系を介して例えば１／４～１／５程度に縮小して、フォトレジスト等が塗布されたウェハ（又はガラスプレート等）上に露光する投影露光装置が使用されている。投影露光装置としては、従来は主にステッパーのような一括露光方式が使用されていた。
【０００３】
近年、半導体の製造や半導体チップ実装基板の製造ではますます微細化しており、これらのパターンを焼き付ける露光装置は、より解像力の高いものが要求されている。
この要求を満足するためには、露光用の光源の波長（露光波長）を短波長化するか、又は投影光学系の開口数ＮＡを大きくしなければならない。しかしながら、露光波長が短くなると照明光の吸収のため実用に耐える光学ガラスが限られており、屈折系のみで投影光学系を構成することは困難である。特に、波長が３００ｎｍ以下となると、実用上使用できる硝材は、合成石英と螢石とのみになってしまう。
【０００４】
一方、反射系のみで投影光学系を構成することも試みられているが、この場合、投影光学系が大型化し、且つ反射面の非球面化が必要となる。ところが、大型の高精度の非球面を製作するのは極めて困難である。
そこで、反射系と使用される露光波長に耐える光学ガラスからなる屈折系とを組み合わせたいわゆる反射屈折光学系で投影光学系を構成する技術が種々提案されている。
【０００５】
その一例として、凹面鏡を１枚含む光学系と屈折光学系とを組み合わせて所定の縮小倍率のもとでレチクルの像を投影する反射屈折光学系が、例えば米国特許第４，７７９，９６６号公報、特開平４－２３４７２２号公報に開示されている。
上記米国特許第４，７７９，９６６号公報に開示される反射屈折光学系は、物体側から順に、屈折光学系と、この屈折光学系による中間像を再結像させる反射屈折光学系とから構

成されている。

【０００６】

また、特開平４－２３４７２２号公報に開示される光学系は、物体側から順に、完全対称型の反射屈折光学系と、この反射屈折光学系による中間像を縮小倍率のもとで再結像させる屈折光学系とから構成されている。

【０００７】

【発明が解決しようとする課題】

上記米国特許第４，７７９，９６６号公報及び特開平４－２３４７２２号公報に開示される反射屈折光学系では、凹面鏡を含む反射屈折光学系中の屈折光学部材として、負屈折力のレンズ成分のみを用いていた。従って、物体（中間像）から凹面鏡へ達する光束の光束径は拡大される一方であるため、凹面鏡自体の口径の小型化を図ることが困難であった。

【０００８】

上述の問題点に加えて、特に上記米国特許第４，７７９，９６６号公報に開示される反射屈折光学系において、像側の開口数を上げることを考えると、像側に近い光学系の開口数を上げざるを得ない。このときには、像側に配置される反射屈折光学系中の凹面鏡に入射させる光束の径を拡大させる必要があるため、この凹面鏡の口径が大型化する問題点がある。さらに、米国特許第４，７７９，９６６号公報に開示される反射屈折光学系では、縮小倍率の関係から凹面反射鏡M_2からウェハに到る光路が長く取れないため、この光路中に配置される屈折レンズのレンズ枚数を多くすることができず、十分な結像性能が得られにくいという不都合があった。また、このため、最もウェハ側の光学素子の端面とウェハとの距離、即ちウェハ側の作動距離（ワーキングディスタンス）が長く取れないという不都合があった。

【０００９】

また、特開平４－２３４７２２号公報に開示された反射屈折光学系では、往路と復路とが兼用となる光学系が完全対称型の光学系を構成しており、そこの光学系での収差発生を極力抑え、後に続く屈折光学系の収差補正負担を軽くしているものであるが、対称型光学系を構成しているため、第１面付近での作動距離（ワーキングディスタンス）が長く取れないという不都合があった。

【００１０】

以上のことに鑑み、本発明は、光学系の性能を劣化させることなく、凹面鏡の口径の小径化を達成することを目的とする。更に、本発明は、凹面鏡の口径の小径化を達成しつつ、作動距離を十分に確保し、高い開口数を実現することを第２の目的とする。

【００１１】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明では、

第１面の中間像を形成する第１反射屈折結像光学系と、

前記中間像の像を第２面上に形成する第２屈折結像光学系と、

前記第１反射屈折結像光学系から前記第２屈折結像光学系へ到る光路中に配置され、前記第１反射屈折結像光学系からの光を前記第２屈折結像光学系へ導く光路偏向部材とを有し、

前記第１反射屈折結像光学系は、少なくとも、全体として正の屈折力を有する第３レンズ群Ｇ３と、凹面鏡と前記第１面側に凹面を向けた負レンズ成分とを有する第４レンズ群Ｇ４と、を有し、

前記第３レンズ群Ｇ３は、少なくとも、前記第１面側から順に、正の屈折力を有する第１０レンズ群Ｇ１０と、負の屈折力を有する第１１レンズ群Ｇ１１と、正の屈折力を有する第１２レンズ群Ｇ１２と、を含み、

かつ前記第１面からの光を、前記第１０レンズ群Ｇ１０、前記第１１レンズ群Ｇ１１、前記第１２レンズ群Ｇ１２、前記第４レンズ群Ｇ４、前記第１２レンズ群Ｇ１２、前記第１１レンズ群Ｇ１１、前記第１０レンズ群Ｇ１０の順に導き、

前記第１反射屈折結像光学系と前記第２屈折結像光学系との合成倍率は縮小倍率である

反射屈折光学系を提供する。
【００１２】
【発明の実施の形態】
上述の構成の如き本発明によれば、凹面鏡の前側に配置される第３レンズ群Ｇ３が正の屈折力を有しているため、第１面から発した光束に収束作用を及ぼし、第４レンズ群Ｇ４に入射する光束が絞り込まれる。これにより、第４レンズ群Ｇ４中の凹面鏡は、小型化が達成される。また、第３レンズ群Ｇ３を正の屈折力の第１０レンズ群Ｇ１０、負の屈折力の第１１レンズ群Ｇ１１、正の屈折力の第１２レンズ群Ｇ１２と構成することにより、諸収差を良好に補正することができる。更に、この上述の構成により、第１結像光学系の長さを短くすることも可能である。
【００１３】
また、本発明では、上述の構成により、第１面付近の作動距離を大きくすることができるため、光路偏向部材が容易に挿入可能となる。ここで、光路偏向部材は単に光路を折り曲げる機能のみを持つようにすることが、好ましい。このような光路偏向部材とすれば、ビームスプリッタの如く光束を分離する光路偏向部材の機能を持たせる必要がないため、光量損失をほぼ０％に抑えることが可能となり、フレアーの発生も極めて少なくできる利点が生じる。単に光路を折り曲げる機能のみを持つ光路偏向部材では、ビームスプリッタを用いる場合において発生するビームスプリッタの光分割面の特性の不均一性による収差の発生や、熱吸収により光分割面の特性が変化することによる収差の発生は、生じない。
【００１４】
ここでは、光路偏向部材を第１結像光学系が形成する中間像の近傍に配置することがさらに好ましい。この構成により、光路を折り曲げる際の偏心誤差の影響を非常に少なくできる。例えば、光路偏向部材に角度誤差が生じている場合には、第１結像光学系に対する第２結像光学系の偏心を招くことになるが、この結果としては、第２面上に形成される像が第１面に対してシフトするだけになり、結像性能に対する影響はほとんど生じない。
【００１５】
本発明では、第２結像光学系中に凹面鏡を持たない構成であるため、高い開口数のもとでも、像側の作動距離を十分に確保することができる。
また、本発明においては、第２結像光学系は、正屈折力の第５レンズ群Ｇ５と、正屈折力の第６レンズ群Ｇ６とを有する構成が好ましい。そして、本発明においては、これらの第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６との間の光路中に開口絞りを配置する構成をとることが好ましい。この開口絞りを可変開口絞りとすれば、コヒーレンスファクタ（σ値）を調整できる。
【００１６】
ここで、焦点深度を深くして且つ解像力を上げる一つの手法として、例えば特公昭６２－５０８１１号公報において、レチクルのパターン中の所定部分の位相を他の部分からずらす位相シフト法が提案されている。本発明においては、コヒーレンスファクタ（σ値）を調整することが可能であるため、この位相シフト法の効果をさらに向上できる利点がある。
【００１７】
本発明では、前記第１結像光学系は縮小倍率を有し、前記第２結像光学系は縮小倍率を有することが好ましい。この様な屈折力の配置によって、光学系を無理なく構成することができる。
また、本発明においては、第１結像光学系は、第１面と第３レンズ群Ｇ３との間の光路中に配置された第７レンズ群Ｇ７を有するように構成されることが好ましい。この第７レンズ群Ｇ７は、第１結像光学系及び第２結像光学系では補正しきれない非対称収差、特に歪曲収差、倍率色収差を良好に補正する機能を有する。そして、この第７レンズ群Ｇ７は、第１面側から順に、正屈折力の前群と、負屈折力の後群とを有するように構成されることが好ましい。この構成により、第７レンズ群Ｇ７全体としては小径化を達成しつつ、テレセントリック性を良好に維持できる。

【００１８】
本発明において、第２結像光学系を構成する光学材料は、互いに分散値の異なる少なくとも二種類の光学材料であることが好ましい。これにより、色収差の補正効果を向上できる。
また、本発明において、第２結像光学系中の前記第５レンズ群Ｇ５は、高分散ガラスから構成される負レンズ成分と、低分散ガラスから構成される正レンズ成分とを含むように構成され、第２結像光学系中の前記第６レンズ群Ｇ６は、低分散ガラスから構成される正レンズ成分を含むように構成されることが好ましい。この構成により、色収差の補正効果をさらに向上できる利点がある。
【００１９】
更に、本発明では、以下の条件を満足することが好ましい。
０．４＜｜Ｙ０／Ｙ１｜＜１．２　　（１）
ここで、Ｙ０は第１面上の物体の高さであり、Ｙ１は前記第１結像光学系によって結像される前記中間像の高さである。
以上の様な条件範囲とすることにより、無理なく光学系を構成することが可能となる。下限を超えると、第１結像光学系の縮小倍率が大きくなり、広範囲の露光が困難になる。また、上限を超えると、第１群の縮小倍率が小さくなり、凹面鏡を小型化するという本発明の目的から外れることになる。尚、下限を０．６、上限を１．０とすると、更に良い結果が得られる。
【００２０】
また更に、本発明では、以下の条件を満足することが好ましい。
１／１０＜｜β｜＜１／２　　（２）
ここで、βは、全体の倍率である。
以上の様な条件範囲とすることにより、前記条件（１）同様に、無理なく光学系を構成することが可能となる。下限を超えると、縮小倍率が大きくなり、広範囲の露光が困難になる。また、上限を超えると、光学系の縮小倍率が小さくなり、縮小投影露光装置とは言えなくなってしまう。ここで、下限を１／８とすると、更に良い結果が得られる。
【００２１】
また、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。
Ｐ４＜０　　（３）
ここで、Ｐ４は、第４レンズ群Ｇ４のペッツバール和である。もし、条件（３）を満足しないと、第４レンズ群Ｇ４に入射する光束に対し射出する光束が大きくなるため、第３レンズ群Ｇ３の各レンズが大型化するようになるので、好ましくない。また更に、反射屈折光学系自体のペッツバール和が大きくなり、像面が平坦でなくなるので、好ましくない。
【００２２】
更に、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。
Ｐ３＋Ｐ５＋Ｐ６＋Ｐ７＜０　　（４）
ここで、Ｐ３は第３レンズ群Ｇ３のペッツバール和であり、Ｐ５は第５レンズ群Ｇ５のペッツバール和であり、Ｐ６は第６レンズ群Ｇ６のペッツバール和であり、Ｐ７は第７レンズ群Ｇ７のペッツバール和である。もし、条件（４）を満足しないと、反射屈折光学系全体の倍率が大きくなり、好適な縮小倍率が得られなくなるので、好ましくない。
【００２３】
また更に、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。
｜Ｐ３＋Ｐ４＋Ｐ５＋Ｐ６＋Ｐ７｜＜０　　（５）
上記条件は、光学系の全構成要素のペッツバール和に関するものである。もし、条件（５）を満足しないと、像面がプラス側に湾曲するようになり、像面での平坦性がなくなるので、好ましくない。
【００２４】
そして、本発明は、以下の条件を満たすことが望ましい。
｜Ｐ１＋Ｐ２｜＜０　　（６）

ここで、Ｐ１は第１結像光学系を光線が透過する際の各要素のペッツバール和であり、Ｐ２は第２結像光学系のペッツバール和である。Ｐ１及びＰ２は、

Ｐ１＝（２×Ｐ３）＋Ｐ４＋Ｐ７

Ｐ２＝Ｐ５＋Ｐ６

と表すことができる。もし、条件（６）を満足しないと、像面の平坦性がなくなるので、好ましくない。

【００２５】

【実施例】

以下、本発明による反射屈折光学系の実施例を図面を参照して説明する。以下に説明する各実施例は、レチクル上に形成されたパターンの像をレジストが塗布されたウェハ上に転写する露光装置の投影光学系に本発明を適用したものである。

【００２６】

まず、図１を参照して、本発明による反射屈折光学系の概略的な構成を説明する。図１において、光軸からの高さがＹ０で第１面上のレチクルＲからの光束は、正の屈折力を有する第１０レンズ群Ｇ１０と負の屈折力を有する第１１レンズ群Ｇ１１と正の屈折力を有する第１２レンズ群Ｇ１２とを含む第３レンズ群Ｇ３を通過した後に、凹面鏡Ｍ１と前記第１面側に凹面を向けたメニスカス成分とを有する第４レンズ群Ｇ４に達する。第２実施例中では上述の第３レンズ群Ｇ３と第４レンズ群Ｇ４とで第１結像光学系Ｇ１を構成しているが、第１実施例中では、第１面上のレチクルＲと第３レンズ群Ｇ３との間に、正の屈折力を有する第８レンズ群Ｇ８と負の屈折力を有する第９レンズ群Ｇ９とから構成される第７レンズ群Ｇ７が存在する。

【００２７】

ここで、第３レンズ群Ｇ３を通過した光束は、第４レンズ群Ｇ４に達する。この第４レンズ群Ｇ４に達した光束は、第４レンズ群Ｇ４中の凹面鏡M_1によって反射され、再び第３レンズ群Ｇ３を通過して、光路偏向部材としての光路折曲げミラーM_2へ向かう。この光路折曲げミラーM_2は、第１結像光学系Ｇ１、第２結像光学系Ｇ２の光軸に対して４５°で斜設されている。そして、第１結像光学系Ｇ１からの光束は、収斂光束となり、光路折曲げミラーM_2の近傍にレチクルＲの中間像をＹ１の高さで形成する。次に、光路折曲げミラーM_2にて反射された光束は、第２結像光学系Ｇ２を構成する第５レンズ群Ｇ５及び第６レンズ群Ｇ６を順に介して、第２面上のウェハーW上にレチクルＲの２次像（中間像の像）を形成する。ここで、第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６との間には、開口絞りａが配置されている。

【００２８】

また、図２は、本発明による反射屈折光学系の別の配置を示す図である。尚、図２においては、図１と同様の機能を有する部材には同一の符号を付してある。

図２において、図１の例とは異なる点は、第１面と第３レンズ群Ｇ３との間の光路中に、光路偏向部材としての光路折曲げミラーM_0を配置した点である。ここで、光路折曲げミラーM_0は第３レンズ群Ｇ３の光軸に対して４５°で斜設されており、光路折曲げミラーM_2に対して直交して設けられている。この構成により、第１結像光学系G_1及び光路折曲げミラーM_2を介した光束が第１面からの光束の進行方向と同方向となるため、第１面と第２面とを平行な配置とすることができる。この構成により、第１面及び第２面をそれぞれ保持し、かつそれぞれ走査させるための機構の構成が容易となる利点がある。

【００２９】

なお、図２において、光路折曲げミラーM_0と光路折曲げミラーM_2とを一体の部材で構成しても良い。この構成の場合には、互いに直交する光路折曲げミラーM_0の反射面と光路折曲げミラーM_2の反射面との加工が容易となり、この角度の維持が容易となる利点がある。また、一体に構成する場合には、光路折曲げミラーM_0，M_2の小型化を図ることができ、レンズの配置の自由度を向上させることができる利点がある。

【００３０】

また、図３は、本発明による反射屈折光学系のさらに別の配置を示す図である。なお、図

３においては、図１と同様の機能を有する部材には同一の符号を付してある。
図３において、図１の例とは異なる点は、第２結像光学系中の第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６との間に、第５レンズ群Ｇ５の光軸に対して（第６レンズ群Ｇ６の光軸に対して）４５°で斜設された光路偏向部材としての光路折曲げミラーM_3を配置した点である。この構成により、レンズ群G_{22}から射出されて第２面に到る光束の進行方向が、第１面から第１結像光学系へ入射する光束の進行方向と同方向となるため、第１面と第２面とを互いに平行な配置とすることができる。この構成により、第１面及び第２面をそれぞれ保持し、かつそれぞれ走査させるための機構の構成が容易となる利点がある。
【００３１】
また、図３の例では、第１結像光学系Ｇ１の第１０レンズ群Ｇ１０から光路折曲げミラーM_2へ向かう光束の進行方向と、第２結像光学系Ｇ２中の光路折曲げミラーM_3から第６レンズ群Ｇ６へ向かう光束の進行方向とを互いに逆方向とするように、光路折曲げミラーM_2，M_3を配置しているため、反射屈折光学系自体をコンパクトに構成することができる。特に、この構成によれば、第１面と第２面との間隔を短くすることができる利点があり、露光装置全体のコンパクト化を図ることができる。さらに、図３の例では、光路折曲げミラーM_2を第１結像光学系が形成する中間像の近傍に配置することができるため、光路折曲げミラーM_2の小型化を実現でき、光学系の配置の自由度を増すことができる。
【００３２】
更に、図２に示す実施例においては、第１面の法線と第２面の法線とが重力方向に対して直角をなすように配置することが好ましい。この様に配置すると、第１面、第２面及び最も精度が要求される凹面鏡M_1が重力による非対称な変形を受けなくなるので、大型のフォトマスクやガラスプレートを用いて投影露光する際に有利になる。
【００３３】
また、図３に示す実施例においては、第１面及び第２面が水平方向となるように光学系を配置すると、重力によって非対称な変形を受ける光学素子が少なくなる。それ故、第１面及び第２面が水平方向で、第１面を第２面よりも上方となるように配置することが好ましい。特に、第２結像光学系中の第５レンズ群Ｇ５以外は非対称な変形を受けないため、この様な配置とすると、光学性能上非常に有利である。ここで、凹面鏡M_1が水平に配置されているということは、殊更有効である。
【００３４】
また、上記各実施例では、凹面鏡M_1付近又は第２結像光学系中（特に、第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６との間）に開口絞りを配置することが可能である。また、このとき、照明光学系の開口数ＮＡと投影光学系の開口数ＮＡとの比であるシグマ（σ）値を、可変にすることも可能である。本実施例中では、機械的干渉が起こりにくい第２光学系に配置することが特に好ましい。
【００３５】
また、開口絞りを配置する代わりに、様々な特殊フィルターを配置することによって、焦点深度を深くすることが可能である。特殊フィルターの一例の図を示した図８を参照しながら説明する。
下記の各数値実施例は、物体側及び像側がテレンセントリックな光学系となっていて、物体側の各点からの主光線はある光軸の一点で交わるようになっている。この様な状況で主光線が光軸と交わる一点を含む平面を、フーリエ変換面と呼び、特殊フィルターは、このフーリエ変換面に配置する。以下に示す各数値実施例では、凹面鏡M_1付近又は第２結像光学系中にフーリエ変換面を設けることが可能である。フーリエ変換面では、光軸から放れた特定の位置によって回折光の次数が決まる。光軸から離れるほど次数は高くなる。一般的な投影露光光学系は、０次及び１次の回折光を取り入れている。これより、図８（ａ）及び（ｂ）に示す様に、０次光の成分が存在する半径r_1の光軸付近の領域ＦＡと、半径r_1から半径r_2までの１次光（及びそれ以上の次数の回折光）が存在する開口部周辺付近の領域ＦＢとに、フィルターの領域を分割する。
【００３６】

図８（ｃ）に示す通り、同心円状に分割したフィルターは、中心部領域ＦＡがＳ偏光のみを透過し、周辺部領域ＦＢがＰ偏光のみを透過するように偏光膜を形成する。当然のことながら、中心部領域ＦＡがＰ偏光、周辺部領域ＦＢがＳ偏光のみを透過するようにしても構わない。また、このとき、中心部領域ＦＡの屈折率が、周辺部領域ＦＢの屈折率より低くなるようにする。

【００３７】

上記に示した構成により、特殊フィルターの周辺部領域ＦＢを透過した光束は、焦点面で通常の結像を行う。一方、特殊フィルターの中心部領域ＦＡを透過した光束は、屈折率が低いために、通常の焦点面よりレンズから遠ざかる位置に焦点を結ぶ。ここで、周辺部領域ＦＢを透過した光束と中心部領域ＦＡを透過した光束とは偏光状態が違うため、それぞれの光束が干渉することは無い。これにより、焦点深度を深くすることが可能となる。また、焦点深度を深くする技術としては、特開昭６１－９１６６２号公報、特開平５－２３４８５０号公報、特開平６－１２０１１０号公報、特開平６－１２４８７０号公報、特開平７－５７９９２号公報及び特開平７－５７９９３号公報等に開示された技術があり、それぞれ本発明に適用可能である。特に、この様な技術は、孤立パターンを形成するときに有効である。

【００３８】

ここで、凹面鏡M_1付近に特殊フィルターを配置した場合、第２結像光学系の方に開口絞りを配置して、開口数を変化させることが可能である。また、第２結像光学系に特殊フィルターを配置し、凹面鏡M_1付近に開口絞りを配置することも可能である。このように、本実施例中における反射屈折光学系は、開口絞りと特殊フィルターとを同一光学系中に分離して配置することができ、空間配置において有利である。

【００３９】

また、中間像を形成する場所に絞りを置けば、この絞りは、視野絞りとすることができる。各実施例の場合、第１結像光学系と第２結像光学系の間に、視野絞りを設けることが可能である。上記実施例では、図１から図３までに示すように、中間像のできる位置がミラーの付近となっている。このため、ミラーの付近に絞りを配置すればよい。絞りを配置する構成としては、例えば、図９に示す例がある。

【００４０】

視野絞りを設ける場合は、図９に示す例のごとく、光路折り曲げミラーM_2をなるべく第１結像光学系Ｇ１の第１０レンズ群Ｇ１０の近傍となるように配置する。これにより、中間像が形成される面が、光路折り曲げミラーM_2近傍から第２結像光学系中の第５レンズ群Ｇ５よりとなる。この様な配置とすることにより、光路折り曲げミラーM_2と第１結像光学系Ｇ１の第１０レンズ群Ｇ１０と視野絞り機能とが機械的干渉が起こりにくくなる。そして、中間像を形成する面に、視野絞りＳを配置する。視野絞りＳが動くことにより、中間像のできる範囲が変化する。これにより、最終的に第２面上で像の形成される範囲が変化するとになる。

【００４１】

また、視野の大きさを変化させるものとして、特開昭５７－１９２０２４号公報、特開昭６０－３０１３２号公報、特開昭６０－４５２５２号公報、実開昭６２－１２４８４５号公報、米国特許第４，４７３，２９３号公報及び米国特許第４，４７４，４６３号公報等に開示された技術があり、それぞれ応用可能である。

【００４２】

上記のように、可動な遮光部材を場合に応じて動かすことにより視野絞りを達成する方法以外に、大きさの異なるミラー自体を交換することにより、視野絞りの代わりとすることができる。

なお、図９に示す開口可変な視野絞りの形状は、四角形のみならず、円弧状及び四角以上の多角形状にも適用できることは言うまもない。また、投影光学系中に視野絞りを配置することができるため、照明光学系に配置された所謂レチクルブラインドを無くすこと可能であることも言うまでもない。

【００４３】
次に、本発明の反射屈折光学系の数値実施例を説明する。以下の数値実施例においては、レンズ配置を図４及び図６に示すように、展開光路図で表す。展開光路図においては、反射面は透過面として表され、レチクルＲからの光が通過する順に各光学要素が配列される。また、凹面反射鏡の反射面では、平面の仮想面を使用している。そして、レンズの形状及び間隔を表すために、例えば図４に示すように、レチクルＲのパターン面を第０面として、レチクルＲから射出された光がウェハーＷに達するまでに通過する面を順次第ｉ面（ｉ＝１，２，‥‥）としている。ここで、第ｉ面の曲率半径ｒｉ の符号は展開光路図の中でレチクルＲに対して凸面を向ける場合を正にとる。また、第ｉ面と第（ｉ＋１）面との面間隔をｄｉ とする。また、硝材として、ＳｉＯ2 は溶融石英を表し、ＣａＦ2 は蛍石を表す。溶融石英及び蛍石の使用基準波長（１９３．０ｎｍ）に対する屈折率は次のとおりである。
溶融石英：　１．５６０１９
蛍石　　：　１．５０１３８
また、分散値１／νは、次の通りである。
合成石英：　１７８０
蛍石　　：　２５５０
但し、実施例中での分散値は、使用基準波長（１９３．０ｎｍ）に対する±０．１ｎｍの分散値である。
〔第１実施例〕
図４を参照して本発明による第１実施例を説明する。図４は第１実施例における反射屈折光学系の展開光路図である。
【００４４】
図４に示す各レンズ群のレンズ構成について説明すると、第７レンズ群Ｇ７は、レチクルＲ側から順に、第８レンズ群Ｇ８である両凸形状の正レンズＬ1 と第９レンズ群Ｇ９である両凹形状の負レンズＬ2 とから構成される。第７レンズ群Ｇ７に続いて配置される第３レンズ群Ｇ３は、第１０レンズ群Ｇ１０である両凸形状の正レンズＬ3 と、第１１レンズ群Ｇ１１であるレチクルＲ側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズＬ4 と、第１２レンズ群Ｇ１２である両凸形状の正レンズＬ5 とから構成される。更に、第３レンズ群Ｇ３に続いて配置される第４レンズ群Ｇ４は、レチクルＲ側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズＬ6 と凹面鏡Ｍ1 とから構成される。
【００４５】
ここで、レチクルＲからの光束は、第８レンズ群Ｇ８、第９レンズ群Ｇ９、第１０レンズ群Ｇ１０、第１１レンズ群Ｇ１１、第１２レンズ群Ｇ１２、第４レンズ群Ｇ４、第１２レンズ群Ｇ１２、第１１レンズ群Ｇ１１、第１０レンズ群Ｇ１０を順に経由して、第３レンズ群Ｇ３と第７レンズ群Ｇ７との間にレチクルＲの中間像を形成する。
【００４６】
第５レンズ群Ｇ５は、この中間像側から順に、屈折力の弱い両凸形状の正レンズ$Ｌ_{7}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{8}$と、両凹形状の負レンズ$Ｌ_{9}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{10}$と、両凹形状の負レンズ$Ｌ_{11}$と、中間像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{12}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{13}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{14}$とから構成される。
【００４７】
また、この第５レンズ群Ｇ５に続いて配置される第６レンズ群Ｇ６は、中間像側から順に、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ$Ｌ_{15}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ$Ｌ_{16}$と、中間像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{17}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{18}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{19}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ成分$Ｌ_{20}$と、屈折力の弱い両凹形状の負レンズ$Ｌ_{21}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{22}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ$Ｌ_{23}$とから構成される。

【００４８】
以下の表１に本実施例の諸元の値を掲げる。本実施例において、全系の倍率は１／４倍（縮小）であり、ウェハW側の開口数ＮＡは０．５７である。そして、図１に示す如く、本実施例の反射屈折光学系は、レチクルＲ上における露光領域は、縦方向が光軸Axからの物体高の範囲が５２から７６までの長さ２４で、横方向が１２０の矩形状である。
【００４９】
なお、表１に示す本実施例においては、光路折曲げミラーM2 は、第７面と第２８面とに位置する。また、表１では、凹面鏡M1 は第１８面に相当する。本実施例中において第１７面（仮想面）と第１８面とを反射面（屈折率＝－１）とすることで、図４に示す展開光路図を作成可能とした。
【００５０】
【表１】

d0 = 100.000

	r	d	硝材
1	608.570	40.000	ＣａＦ2
2	-535.784	35.737	
3	-767.542	15.000	ＳｉＯ2
4	583.270	35.000	
5	0.000	20.000	仮想面
6	0.000	15.000	仮想面
7	0.000	67.394	仮想面
8	1932.142	40.000	ＣａＦ2
9	-501.972	223.395	
10	2599.069	15.000	ＳｉＯ2
11	491.076	123.036	
12	883.255	30.000	ＳｉＯ2
13	-2160.911	187.657	
14	0.000	160.860	仮想面
15	-281.482	15.000	ＳｉＯ2
16	-3684.750	70.000	
17	0.000	0.000	仮想面
18	441.367	70.000	凹面鏡　M1 に相当
19	3684.750	15.000	ＳｉＯ2
20	281.483	160.860	
21	0.000	187.657	仮想面
22	2160.911	30.000	ＳｉＯ2
23	-883.255	123.036	
24	-491.076	15.000	ＳｉＯ2
25	-2599.068	223.395	
26	501.972	40.000	ＣａＦ2
27	-1932.142	67.394	

28	0.000	15.000	仮想面
29	0.000	20.000	仮想面
30	0.000	80.000	仮想面
31	3884.731	30.000	ＳｉO2
32	-1381.698	0.100	
33	391.241	30.000	ＣａＦ2
34	-352.648	5.000	
35	-340.120	24.000	ＳｉO2
36	348.160	11.200	
37	6861.792	24.000	ＳｉO2
38	490.913	10.907	
39	865.932	30.000	ＣａＦ2
40	-440.248	3.766	
41	-326.951	35.000	ＳｉO2
42	-669.448	0.100	
43	490.606	35.000	ＣａＦ2
44	-3123.854	672.921	
45	681.761	40.000	ＳｉO2
46	-8251.041	8.000	
47	0.000	8.000	開口絞り　a
48	596.576	45.000	ＳｉO2
49	664.912	1.260	
50	276.060	72.842	ＣａＦ2
51	12512.845	18.900	
52	-523.686	106.927	ＳｉO2
53	-728.219	0.513	
54	704.707	33.464	ＣａＦ2
55	-2768.356	0.367	
56	154.151	69.820	ＳｉO2

57	131.256	12.825	
58	148.970	44.938	ＳｉO2
59	1416.567	4.200	
60	-1306.088	22.680	ＳｉO2
61	6140.209	1.920	
62	1077.774	30.410	ＳｉO2
63	604.397	2.252	
64	326.875	29.808	ＳｉO2
65	5403.630	15.000	

条件対応値を以下に示す。
（１）｜Ｙ０／Ｙ１｜＝ 0.97
（２）｜β｜＝ 0.25
（３）Ｐ４＝ -0.00689
（４）Ｐ３＋Ｐ５＋Ｐ６＋Ｐ７＝ 0.00608
（５）｜Ｐ３＋Ｐ４＋Ｐ５＋Ｐ６＋Ｐ７｜＝ -0.00081
（６）｜Ｐ１＋Ｐ２｜＝ 0.00000
図５(a) は第１実施例の縦収差図であり、図５(b) は第１実施例の倍率色収差図、図５(c) は第１実施例の横収差図である。各収差図中において、ＮＡは開口数を表し、Ｙは像高を表す。また、符号Ｊ、Ｐ及びＱは、波長がそれぞれ１９３．０ｎｍ、１９２．９ｎｍ及び１９３．１ｎｍであることを示す。そして、図５(a) において、球面収差中において、破線は正弦条件違反量を表し、非点収差中においては、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面をそれぞれ表す。図５(c) に示す横収差図において、各コマ収差図中の上部に記載される数字は、物体高を表し、特に、ＲＡＮＤは物体高０のときを表している。

【００５１】

図５(a) ～(c) に示す諸収差図より、本実施例では、０．５７という大きな開口数ＮＡでありながら、広い領域において諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、図５(a) ～(c) に示す諸収差図より、本実施例では、波長幅０．１ｎｍの範囲において軸上及び倍率の色収差も良好に補正されていることが分かる。

〔第２実施例〕

図６を参照して本発明による第２実施例を説明する。図６は第２実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【００５２】

図６に示す各レンズ群のレンズ構成について説明すると、レチクルＲ側から順に、第１０レンズ群Ｇ１０、第１１レンズ群Ｇ１１、第１２レンズ群Ｇ１２から構成される。ここで、第１０レンズ群Ｇ１０は、両凸形状の正レンズＬ1 と、両凹形状の負レンズＬ2 と、両凸形状の正レンズＬ3 と、レチクルＲ側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズＬ4 から構成される。また、第１１レンズ群Ｇ１１は、レチクルＲ側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズＬ5 である。第１２レンズ群Ｇ１２は、両凸形状の正レンズＬ6 と、レチクルＲ側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズＬ7 と、両凸形状の正レンズＬ8 とから構成される。更に、第３レンズ群Ｇ３に続いて配置される第４レンズ群Ｇ４は、負レンズＬ9と凹面鏡Ｍ1 とから構成される。

【００５３】

ここで、レチクルＲからの光束は、第１０レンズ群Ｇ１０、第１１レンズ群Ｇ１１、第１２レンズ群Ｇ１２、第４レンズ群Ｇ４、第１２レンズ群Ｇ１２、第１１レンズ群Ｇ１１、第１０レンズ群Ｇ１０を順に経由して、第３レンズ群Ｇ３とレチクルＲとの間にレチクル

Ｒの中間像を形成する。
第５レンズ群Ｇ５は、この中間像側から順に、中間像に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{10}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{11}$と、両凹形状の負レンズ$Ｌ_{12}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{13}$と、中間像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{14}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{15}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{16}$ととから構成される。
【００５４】
また、この第５レンズ群Ｇ５に続いて配置される第６レンズ群Ｇ６は、中間像側から順に、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ$Ｌ_{17}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{18}$と、両凹形状の負レンズ$Ｌ_{19}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ$Ｌ_{20}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{21}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ成分$Ｌ_{22}$と、中間像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ$Ｌ_{23}$と、両凸形状の正レンズ$Ｌ_{24}$と、中間像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ$Ｌ_{25}$とから構成される。また、このとき、開口絞りａは、第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６との間に配置される。
【００５５】
以下の表２に本実施例の諸元の値を掲げる。本実施例において、全系の倍率は１／４倍（縮小）であり、ウェハＷ一側の開口数ＮＡは０．５７である。本実施例の反射屈折光学系は、レチクルＲ上における露光領域は、縦方向が光軸Axからの物体高の範囲が４８から７２までの長さ２４で、横方向が１２０の矩形状である。
【００５６】
なお、表２では、凹面鏡Ｍ1 は第２０面に相当する。本実施例中において第１９面（仮想面）と第２０面とを反射面（屈折率＝－１）とすることで、図６に示す展開光路図を作成可能とした。
【００５７】
【表２】

d0 =218.470

	r	d	n
1	269.428	60.000	ＣａＦ2
2	-309.838	5.000	
3	-287.784	15.000	ＳｉＯ2
4	298.252	31.810	
5	319.859	60.000	ＣａＦ2
6	-267.967	4.500	
7	-273.316	20.000	ＳｉＯ2
8	-714.458	113.482	
9	1247.366	16.200	ＳｉＯ2
10	358.307	83.901	
11	1886.366	25.920	ＣａＦ2
12	-409.348	19.000	
13	-191.202	20.000	ＳｉＯ2
14	-460.687	15.474	
15	402.149	33.000	ＳｉＯ2
16	-903.948	201.807	
17	-197.350	15.000	ＳｉＯ2
18	231563.902	20.000	
19	0.000	0.000	仮想面
20	314.319	20.000	凹面鏡　M1 に相当
21	231563.902	15.000	ＳｉＯ2
22	197.350	201.807	
23	903.948	33.000	ＳｉＯ2
24	-402.149	15.474	
25	460.687	20.000	ＳｉＯ2
26	191.202	19.000	
27	409.348	25.920	ＣａＦ2

28	1886.369	83.901	
29	-358.307	16.200	ＳｉＯ2
30	-1247.366	113.482	
31	714.458	20.000	ＳｉＯ2
32	273.316	4.500	
33	267.967	60.000	ＣａＦ2
34	-319.859	31.810	
35	-298.252	15.000	ＳｉＯ2
36	287.784	5.000	
37	309.838	60.000	ＣａＦ2
38	-269.428	183.470	
39	-227.267	20.000	ＣａＦ2
40	-391.496	3.645	
41	617.033	45.000	ＳｉＯ2
42	-292.147	46.222	
43	-259.118	15.000	ＳｉＯ2
44	408.199	18.785	
45	1461.463	45.000	ＣａＦ2
46	-250.187	7.000	
47	-223.680	18.000	ＳｉＯ2
48	-526.047	56.717	
49	936.544	45.000	ＣａＦ2
50	406.507	590.310	
51	795.462	29.000	ＳｉＯ2
52	-1984.285	10.000	
53	0.000	10.000	開口絞り　ａ
54	230.009	32.805	ＳｉＯ2
55	1447.955	5.000	
56	613.320	35.000	ＣａＦ2

57	-1494.241	7.137	
58	-694.448	40.000	ＳｉＯ2
59	478.128	5.000	
60	372.847	48.067	ＣａＦ2
61	2287.239	0.100	
62	100.159	42.562	ＳｉＯ2
63	80.943	9.000	
64	86.320	28.964	ＳｉＯ2
65	1884.561	4.000	
66	-401.131	17.580	ＳｉＯ2
67	-2761.121	0.100	
68	508.419	21.383	ＳｉＯ2
69	-577.558	0.100	
70	647.419	15.000	ＳｉＯ2
71	3939.247	15.000	

条件対応値を以下に示す。
（１）｜Ｙ０／Ｙ１｜＝ 0.97
（２）｜β｜＝ 0.25
（３）Ｐ４＝ -0.01
（４）Ｐ３＋Ｐ５＋Ｐ６＋Ｐ７＝ 0.00855
（５）｜Ｐ３＋Ｐ４＋Ｐ５＋Ｐ６＋Ｐ７｜＝ -0.00145
（６）｜Ｐ１＋Ｐ２｜＝ 0.00001

図７(a) は第２実施例の縦収差図であり、図７(b) は第２実施例の倍率色収差図、図７(c) は第２実施例の横収差図である。各収差図中において、ＮＡは開口数を表し、Ｙは像高を表す。また、符号Ｊ、Ｐ及びＱは、波長がそれぞれ１９３．０ｎｍ、１９２．９ｎｍ及び１９３．１ｎｍであることを示す。そして、図７(a) において、球面収差中において、破線は正弦条件違反量を表し、非点収差中においては、破線はメリジオナル像面、実線はサジタル像面をそれぞれ表す。図７(c) に示す横収差図において、各コマ収差図中の上部に記載される数字は物体高を表し、特に、ＲＡＮＤは物体高０のときを表している。

【００５８】

図７(a) ～(c) に示す諸収差図より、本実施例では、０．５７という大きな開口数ＮＡでありながら、広い領域において諸収差が良好に補正されていることが分かる。また、図７(a) ～(c) に示す諸収差図より、本実施例では、波長幅０．１ｎｍの範囲において軸上及び倍率の色収差も良好に補正されていることが分かる。

【００５９】

以上の通り、本発明による各実施例によれば、非常に大きな開口数でありながら、凹面鏡M_1 が小さく、広い露光領域において諸収差が良好に補正された反射屈折光学系を提供することが可能である。そして、第１実施例中では、凹面鏡M_1 は、直径を３３０程度とすることができる。第２実施例中では、凹面鏡M_1 は、直径を２１０程度とすることができる。また、各実施例の屈折レンズの直径についても、小型化することが可能となっている。

【００６０】

また、上述の各実施例では、光路偏向手段としての光路折曲げミラーM_2 が第１結像光学

系Ｇ１が形成する中間像の近傍に配置される構成であるため、光路折曲げミラーM_2に対する第１及び第２結像光学系Ｇ１，Ｇ２の偏心誤差の影響を少なくできる。また、上記各実施例では、光路折曲げミラーM_2の反射面に達する光束の径が小さくなるため、光路折曲げミラーM_2自体の小型化を図ることができる。従って、光路折曲げミラーM_2による光束の遮蔽を少なくできるため、露光領域の拡大化を達成できる利点もある。

【００６１】

さらに、各実施例では、光路折曲げミラーM_2によって、第１結像光学系Ｇ１からの光束を９０°偏向させた後に第２結像光学系Ｇ２へ導く構成としているため、第１結像光学系Ｇ１と第２結像光学系Ｇ２との偏心調整が容易に行なえる利点がある。

また、各実施例においては、第２結像光学系Ｇ２中の第５レンズ群Ｇ５と第６レンズ群Ｇ６との間に開口絞りａを配置できるため、この開口絞りａを開口径可変となるように構成すれば、ＮＡ可変（或いはσ可変）による露光をも達成できる。

【００６２】

尚、上述の第１及び第２実施例の光路折曲げミラーM_1の代わりに、ビームスプリッタを用いる構成をとる場合には、レチクルＲ上の光軸Axからの物体高が０～７２の範囲内（第１実施例では～７６の範囲内まで使用可能）を用いる一括露光を行うこともできる。

【００６３】

【発明の効果】

以上の通り本発明によれば、凹面鏡の口径の小型化をも達成することができ、なお且つ、作動距離を十分に確保したうえで高い開口数を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の基本的な光学系の構成の概略を示す平面図である。

【図２】本発明の別の態様の構成の概略を示す平面図である。

【図３】本発明の別の態様の構成の概略を示す平面図である。

【図４】本発明の第１実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【図５】第１実施例による反射屈折光学系の諸収差図である。

【図６】本発明の第２実施例による反射屈折光学系の展開光路図である。

【図７】第２実施例による反射屈折光学系の諸収差図である。

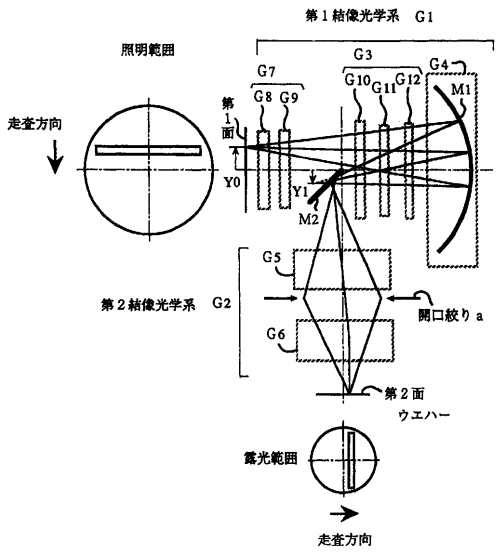
【図８】実施例における特殊フィルターの一例を示した図である。

【図９】実施例における視野絞りの一例を示した図である。

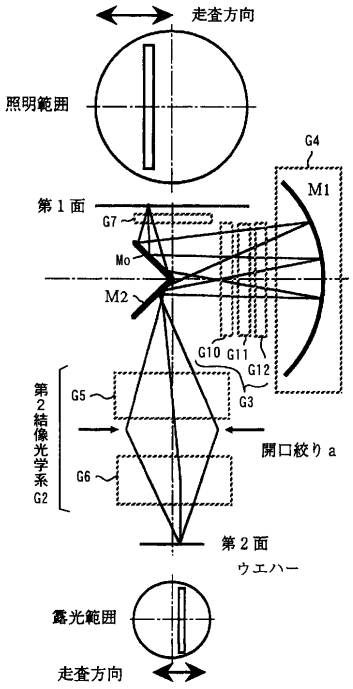
【符号の説明】

Ｇ１　…　第１結像光学系、
Ｇ２　…　第２結像光学系、
Ｇ３　…　第３レンズ群、
Ｇ１０　…　第１０レンズ群、
Ｇ１１　…　第１１レンズ群、
Ｇ１２　…　第１２レンズ群、
M_1　…　凹面鏡、
M_2　…　光路折曲げミラー（光路偏向部材）、
Ｒ　…　レチクル（第１面）、
Ｗ　…　ウェハ（第２面）、

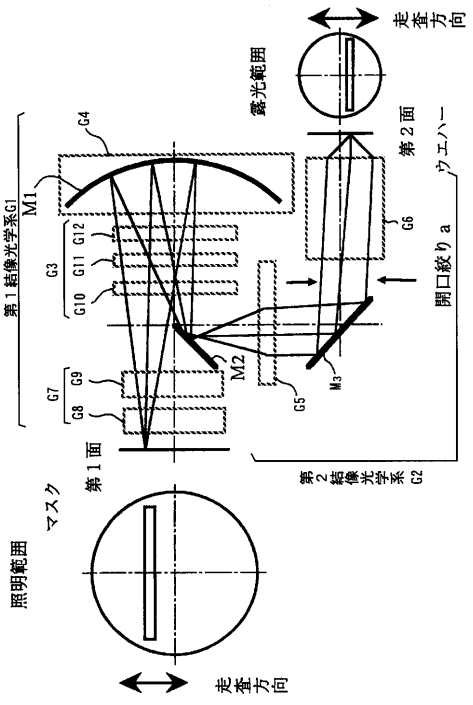
【図１】


第１結像光学系 G1
照明範囲
走査方向
第1面
G7
G8 G9
G3
G10 G11 G12
G4
M1
Y0
Y1
M2
G5
第２結像光学系 G2
開口絞り a
G6
第２面
ウエハー
露光範囲
走査方向

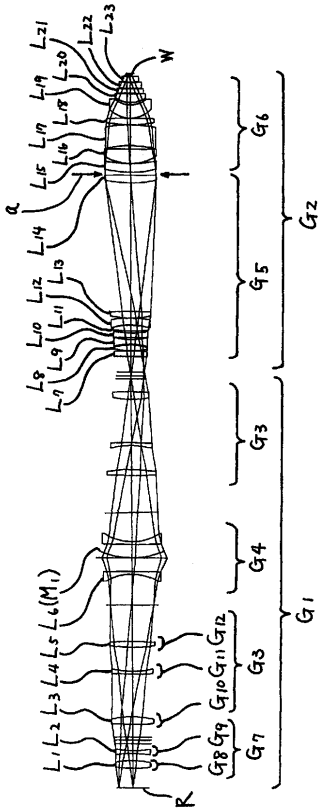
【図２】


走査方向
照明範囲
G4
M1
第１面
G7
Mo
M2
G10 G11
G12
G3
第2結像光学系 G2
G5
開口絞り a
G6
第２面
ウエハー
露光範囲
走査方向

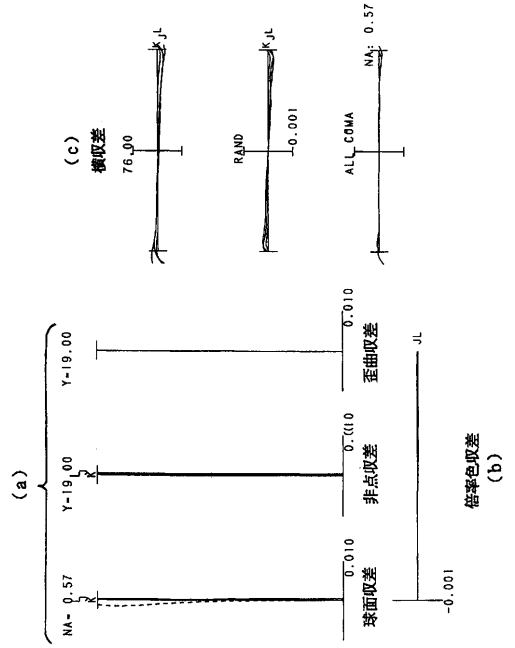
【図３】


走査方向
露光範囲
第２面
ウエハー
G4
M1
第１結像光学系G1
G12
G3
G11
G10
G6
開口絞り a
M2
M3
G5
G7
G9
G8
第１面
第２結像光学系 G2
マスク
照明範囲
走査方向

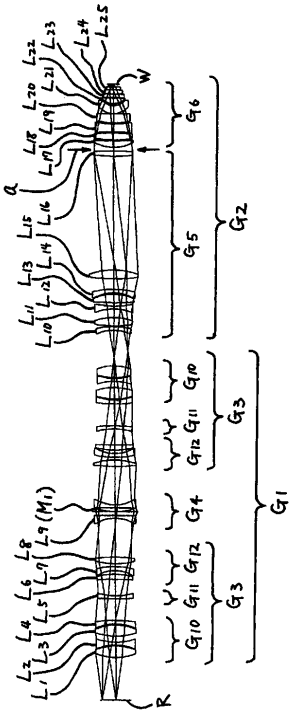
【図４】


L21
L22
L23
W
L19
L20
L18
L17
L16
L15
a
L14
L13
L12
L11
L10
L9
L8
L7
L6(M1)
L5
L4
L3
L2
L1
R
G6
G5
G2
G3
G4
G1
G12
G11
G10
G9
G8
G7

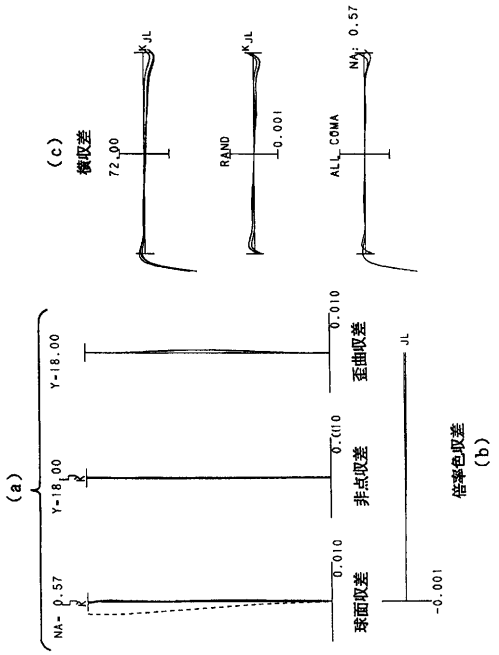
【図５】


(c)
横収差
76.00
RAND
0.001
ALL COMA
NA: 0.57
JL
(a)
Y-19.00
Y-19.00
NA- 0.57
0.010
0.010
0.010
球面収差
非点収差
歪曲収差
倍率色収差
(b)

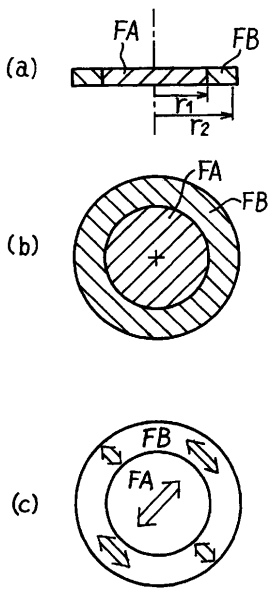
【図６】


L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9(M1)
L10
L11
L12
L13
L14
L15
L16
L17
L18
L19
L20
L21
L22
L23
L24
L25
R
W
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G10
G11
G12

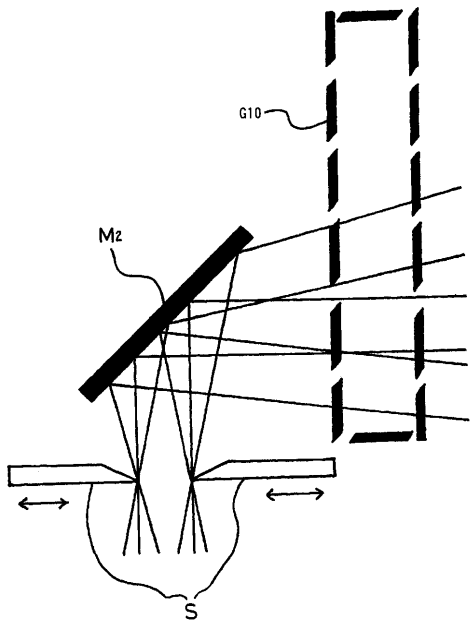
【図７】


(c)
横収差
72.00
RAND
0.001
ALL COMA
NA: 0.57
JL
(a)
Y-18.00
Y-18.00
NA- 0.57
0.010
0.010
0.010
球面収差
非点収差
歪曲収差
倍率色収差
(b)

【図８】


(a)
FA
FB
r1
r2
(b)
FA
FB
(c)
FB
FA

【図９】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
G02B17/08