(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3618856号
(P3618856)
(45)発行日　平成17年2月9日(2005.2.9)　(24)登録日　平成16年11月19日(2004.11.19)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H01L 21/027	H01L	21/30	531A
H01J 35/22	H01J	35/22	
H05G 1/00	H05G	1/00	E
H05G 2/00	H05G	1/00	K

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平7-272727
(22)出願日　平成7年10月20日(1995.10.20)
(65)公開番号　特開平9-115813
(43)公開日　平成9年5月2日(1997.5.2)
審査請求日　平成14年10月21日(2002.10.21)

(73)特許権者　000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子３丁目３０番２号
(74)代理人　100090538
弁理士　西山　恵三
(74)代理人　100096965
弁理士　内尾　裕一
(72)発明者　三宅　明
神奈川県川崎市中原区今井上町５３番地キヤノン株式会社小杉事業所内
(72)発明者　塚本　雅美
神奈川県川崎市中原区今井上町５３番地キヤノン株式会社小杉事業所内

審査官　新井　重雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】Ｘ線露光装置、及びこれを用いたデバイス生産方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
Ｘ線発生装置からのＸ線でマスクを照明する照明光学系と、前記マスクのパターンをウエハに投影する投影光学系と、を備えるＸ線露光装置において、
前記Ｘ線発生装置は、前記Ｘ線を発光する複数の発光点を有し、該複数の発光点の分布の形状を変えることにより前記マスクを照明するＸ線の角度分布を一様分布からずらすことができることを特徴とするＸ線露光装置。
【請求項２】
前記Ｘ線発生装置は、前記複数の発光点の分布の形状をリング状に変えることにより、前記マスクを輪帯照明することを特徴とする請求項１記載のＸ線露光装置。
【請求項３】
前記Ｘ線発生装置は、前記複数の発光点を４箇所に変えることにより、前記マスクを斜め照明することを特徴とする請求項１記載のＸ線露光装置。
【請求項４】
請求項１～３のいずれか一項記載のＸ線露光装置を用いてウエハを露光し、該露光されたウエハを現像することを特徴とするデバイス生産方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は露光装置やデバイス生産などに好適なＸ線を利用した装置の技術分野に属する。

【０００２】
【従来の技術】
微細パターンをもつ半導体回路素子などのデバイスを製造する方法として、Ｘ線縮小投影露光方法がある。これは回路パターンが形成されたマスクをＸ線で照明し、マスクの像をウエハ面に縮小投影し、その表面のレジストを露光しパターンを転写するものである。
【０００３】
従来のＸ線縮小投影露光装置の例を図１０に示す。この装置は、Ｘ線発生源、照明光学系、マスク、投影光学系、ウエハを搭載したステージ、マスクやウエハの位置を精密に合わせるアライメント機構、Ｘ線の減衰を防ぐために光学系全体を真空に保つための真空容器と排気装置、などからなる。
【０００４】
Ｘ線発生源としては例えばレーザープラズマが用いられる。照明光学系ではパルス状に発光するレーザー光をターゲットに照射することによって生じるレーザープラズマの１つの発光点からのＸ線を、集光ミラーで集光し反射型マスクに照射する。レーザープラズマの発光点は数百μｍ程度の大きさで点光源に近い。ここから放射されたＸ線を、光源の位置を焦点とする放物面鏡によって平行化しマスクを照明する。投影光学系は複数の多層膜反射鏡によって構成されマスク上のパターンをウエハ表面に縮小投影する。投影光学系は通常テレセントリック系が用いられている。
【０００５】
【解決しようとする課題】
しかしながら、従来のＸ線縮小投影露光装置には以下のような解決すべき課題があった。
【０００６】
即ち、マスク上の非常に微細なパターンをウエハ上に投影した場合、解像度や焦点深度が十分ではなく、極めて高い精度でパターン転写することは困難であった。また位相シフトマスクを用いた場合にも位相シフトによる結像性能向上の効果を十分に得ることができなかった。この理由を以下に説明する。
【０００７】
照明系の特性を表わすパラメータとしてコヒーレンスファクタσがある。投影光学系のマスク側開口数をNA_{p1}、照明光学系のマスク側開口数をNA_iとしたとき、コヒーレンスファクタは
$\sigma = NA_i / NA_{p1}$
と定義される。最適なσの値は、パターン転写に必要な解像度とコントラストによって決定される。一般に、σが小さすぎるとウエハ上に投影された微細なパターンの像のエッジ部に干渉パターンが現われ、逆にσが大きすぎると投影された像のコントラストが低下する。
【０００８】
σが０の場合にはコヒーレント照明と呼ばれ、光学系の伝達関数ＯＴＦは投影光学系のウエハ側開口数をNA_{p2}、Ｘ線波長をλとしてNA_{p2}/λで与えられる空間周波数までは一定値を示すが、それを越える高周波数については０となってしまい、解像出来ない。一方、σが１の場合にはインコヒーレント照明と呼ばれ、ＯＴＦは空間周波数が大きくなるに従って小さくなるが、$2 \times NA_{p2}/\lambda$で与えられる空間周波数までは０とならない。従ってより微細なパターンまで解像することが出来る。
【０００９】
上記従来例においては、σの値は０に近く、ほぼコヒーレント照明の条件になっている。従って、解像度が大きくなく、微細なパターンの転写ができないという課題があった。
【００１０】
本発明は上記課題に対してなされたもので、従来以上に良好な結像性能を得ることを可能にするＸ線発生装置やこれを用いた高性能な露光装置など、さらにはデバイス生産方法を提供すること目的とする。
【００１１】

【課題を解決するための手段】
本発明のうち第１の発明は、Ｘ線発生装置からのＸ線でマスクを照明する照明光学系と、前記マスクのパターンをウエハに投影する投影光学系と、を備えるＸ線露光装置において、前記Ｘ線発生装置は、前記Ｘ線を発光する複数の発光点を有し、該複数の発光点の分布の形状を変えることにより前記マスクを照明するＸ線の角度分布を一様分布からずらすことができることを特徴とする。
【００１２】
第２の発明は、第１の発明において、前記Ｘ線発生装置は、前記複数の発光点の分布の形状をリング状に変えることにより、前記マスクを輪帯照明することを特徴とする。
【００１３】
第３の発明は、第１の発明において、前記Ｘ線発生装置は、前記複数の発光点を４箇所に変えることにより、前記マスクを斜め照明することを特徴とする。
【００１５】
第４の発明は、デバイス生産方法において、第１～３のいずれかの発明のＸ線露光装置を用いてウエハを露光し、該露光されたウエハを現像することを特徴とする。
【００１６】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施の形態を説明する。
【００１７】
本発明の好ましい実施形態によれば、光源を有限の大きさの面状とし、これより放射されるＸ線を照明光学系によって集光し、マスク等の物体をケーラー照明する。このとき、光源面上の異なる点から放射されたＸ線は異なる角度でマスクを照射する。光源を有限の大きさにすれば、マスクを照明するＸ線の角度広がりは有限の大きさになる。Ｘ線発光部の形態（発光部の形状、大きさ、位置など）変えることで、コヒーレンスファクターを変えることができる。さらに、光源の発光強度分布を非一様なものにすれば、マスクを照明するＸ線の角度分布は非一様なものになり、変形照明となる。
【００１８】
このように、発光部の形態を適切に設定することによって、マスクを照明するＸ線の角度分布を制御して、コヒーレンスファクター、照明系のコヒーレンスファクターσを最適値に設定したり、また輪帯照明や斜め照明等の変形照明を行うことができる。露光条件に応じて最適な照明条件で照明することができるので、解像度や焦点深度などの結像性能を向上することができる。
【００１９】
本発明はＸ線照明が必要な装置に広く実施することが出来る。例を挙げればＸ線露光装置、Ｘ線顕微鏡装置、Ｘ線検査装置、Ｘ線加工装置、医療用Ｘ線装置などがある。以下、本発明をＸ線縮小結像露光装置に適用した具体的な実施例を説明する。
【００２０】
【実施例】
＜実施例１＞
図１に本発明の第１の実施例の構成図を示す。同図において、複数のＹＡＧレーザー光源９、レーザー光集光光学系１０、レーザープラズマターゲット１１、フィルタ１２、回転放物面反射鏡３、反射型マスク４及びそれを載置するマスクステージ７、投影光学系５、レジストを塗布したウエハ６及びそれを載置するウエハステージ８などで構成される。反射型マスク４は多層膜反射鏡の上にＸ線吸収体による転写パターンを形成したもので、多層膜にパターンに応じた段差を設けて位相シフトマスクとしたものも使用可能である。
【００２１】
この構成において、複数のＹＡＧレーザー光源９から発せられたそれぞれのレーザー光は、レーザー光集光光学系１０によってターゲット１１上の別の位置に集光され、高温のプラズマを生成しＸ線を発生する。ここで、レーザー光集光光学系はズーミングもしくはデフォーカス機構を備え、ターゲット上のレーザー光スポットの位置と大きさを制御するこ

とができるようになっている。

【００２２】

投影光学系５は２枚の非球面反射鏡で構成され、反射面には多層膜が設けてある。投影光学系はテレセントリック系が用いられている。光学系の像側開口数$NA_{p\,2}$は使用波長λと必要な分解能、焦点深度などに応じて設定され、０．０５～０．２程度の値が用いられる。例えば像側開口数$NA_{p\,2}$を０．１、投影倍率を１／５とすると物体（マスク）側開口数$NA_{p\,1}$は０．０２となる。

【００２３】

回転放物面反射鏡３は多層膜または金属単層膜を用いた反射鏡で、その焦点位置に光源であるレーザープラズマターゲット１１が位置するように設置されている。従って、光源面上のある１点から放射されたＸ線は、回転放物面反射鏡３で反射された後、平行光となってマスク４全面を照射する。また光源面上の別の１点から放射されたＸ線も同様に平行光となってマスク４全面を照射する。投影光学系５はテレセントリック系が用いられているので、ケーラー照明の条件が満たされている。

【００２４】

このとき、光源面上の異なる点から放射されたＸ線は異なる角度でマスクに入射する。即ち、回転放物面反射鏡３の焦点距離をｆ、光源面上の２点の距離をｄとすると、この２点から放射されてマスク上のある１点に入射するＸ線の角度の開きはｄ／ｆ（ｒａｄ）となる。複数の発光点からなる光源全体の大きさをＤとすると、マスクを照明する光の角度の広がりはＤ／ｆ（ｒａｄ）となる。よって照明系の開口数NA_iはＤ／（２×ｆ）となる。このとき、コヒーレンスファクターσはσ＝Ｄ／（２×ｆ×$NA_{p\,1}$）となる。ｆ＝２００ｍｍ、$NA_{p\,1}$＝０．０２とした場合に、Ｄ＝８ｍｍであればσ＝１．０となり、インコヒーレント照明が実現される。

【００２５】

本実施例ではプラズマ励起用レーザー光源９及びレーザー光集光光学系１０を複数設けてあり、ターゲットの上に複数のプラズマＸ線発光点１を同時に生成する。同時にレーザー光集光光学系のズーミングやデフォーカス機構によって、各発光点大きさを制御し、光源の発光部の形態を任意に設定することができる。

【００２６】

図２に光源の発光部の形状の例をいくつか示す。図２（１）のようにレーザー光スポットを小さくして重ねあわせるようにすれば光源サイズＤは小さくなり、コヒーレンスファクターσは０に近くなりコヒーレント照明が実現される。図２（２）のようにレーザー光スポットを大きくして並べるようにすれば光源サイズＤは大きくなり、コヒーレンスファクターσは１に近くなりインコヒーレント照明が実現される。図２（３）のようにレーザー光スポットを小さくして間隔をおいて並べるようにしても実効的な光源サイズＤは大きくなり、ほぼインコヒーレント照明が実現される。また発光部の形態を制御することによって斜め照明や輪帯照明などの変形照明を実現することができる。図２（４）（５）のようにレーザー光スポット円環状に並べたり、離して配列することによって、マスクに入射するＸ線の角度分布を一様分布からずらし、解像度や焦点深度などの結像性能を向上することができる。

【００２７】

＜実施例２＞

図３に本発明の第２の実施例の構成図を示す。上記図１の実施例との差異は、複数の発光点を生成するための構成として、２つのレーザー光偏向ミラー１３と各々の駆動装置１４を用いたことである。

【００２８】

レーザー光源９から発せられたレーザー光は、レーザー光集光光学系１０によってターゲット１１上に集光され、高温のプラズマを生成しＸ線を発生する。そして２枚の反射鏡からなる偏向ミラーとその駆動装置によってターゲット１１上での照射位置を２次元的に制御する。レーザー光源９はこの駆動装置の制御系からの偏向位置の信号を受け取り、この

情報に基づいて発光のタイミングを制御する。即ち、予め設定した照射位置にレーザービームが指向されるように偏向反射鏡を動かし、反射鏡の角度が設定した値になったならばレーザーを発光させる。こうしてレーザープラズマの複数の発光点１の個数とその位置を自在に決定することができる。

【００２９】

投影光学系は２枚の非球面反射鏡５で構成され、非テレセントリック系が用いられている。各反射鏡の反射面には多層膜が設けてある。回転楕円面反射鏡３はその第１の焦点位置に光源であるレーザープラズマターゲット１１が位置し、第２の焦点位置に投影光学系の入射瞳が位置するように配置されている。従って、ある時間に放射されたＸ線は、回転楕円面反射鏡３で反射されてマスク４全面を照射する。次に光源面上の別の１点から別の時間に放射されたＸ線も同様にマスク４全面を照射する。光源面上の異なる点から異なる時間に放射されたＸ線は、異なる角度でマスクを照射する。光源の発光点１の分布はマスク上のある１点に入射するＸ線の角度の分布に対応する。

【００３０】

本実施例では励起レーザー光の照射位置を制御することによって、光源の発光部の形態を変えて、斜め照明や輪帯照明などの変形照明を実現することができる。例えばレーザー光スポット円環状に並べたり、離して配列することによって、マスクに入射するＸ線の角度分布を一様分布からずらし、解像度や焦点深度などの結像性能を向上することができる。

【００３１】

図４にレーザー光の照射パターンの例をいくつか示す。図４（１）のように１点のみに照射すれば発光点は小さな円形となりコヒーレント照明に近くなる。図４（２）のように２次元に一様に照射すれば、発光点の大きさは大きくなりインコヒーレント照明に近くなる。図４（３）のようにリング状に照射すれば、発光点は円環形となり輪帯照明が実現できる。図４（４）はリング状に照射するとともに、その内部にも疎に照射した例である。図４（５）は４か所に照射した例で、発光点は複数のスポットとなり、斜め照明が実現される。

【００３２】

以上、本実施例によれば、単一のレーザー光を２次元的に偏向して、偏向角度に同期してレーザーの発光タイミングを制御することにより、時系列的に複数の発光点を生成して発光部の形態を決定している。これによりレーザー光源を複数設ける必要がなく、Ｘ線生成装置の小型化を達成できる。

【００３３】

＜実施例３＞

図５に本発明の第３の実施例の構成図を示す。本実施例は、先の図１の実施例と図３の実施例を融合させた形態であり、レーザー光源と、レーザー光偏向装置の組を複数設けたことを特徴とする。

【００３４】

複数のレーザー光源９から発せられたレーザー光はそれぞれ、ズーミングやデフォーカス機構を備えたレーザー光集光光学系１０によってターゲット１１上に集光され、高温のプラズマを生成しＸ線を発生する。各レーザーによる発光点のサイズと位置ならびに個数は自在に制御することができ、発光部の形態を自在に設定できる。

【００３５】

本実施例では複数のレーザー光源を用い、それぞれを独立に偏向してターゲット上に照射する。このため、単位時間あたりの発光点の個数を多くすることができる。したがって光源全体のＸ線発生量を高めることができるので、露光時間を短くすることができ、スループットが向上する。

【００３６】

＜実施例４＞

図６に本発明の第４の実施例の構成図を示す。本実施例は、２次光源を生成するオプティカルインテグレータ（フライアイレンズ）２３と、この２次光源の形状を規定する開口形

状を選択可能なアパーチャ２４を設けたことを特徴とする。ターゲット１１の上にはこのアパーチャの像が投影される。従って、レーザープラズマの発光部の形態（形状、大きさ、位置など）をアパーチャ２４の開口の選択によって制御することができる。

【００３７】

図７にアパーチャ形状の例をいくつか示す。図７（１）のように単純な円形開口にすれば発光部は有限の大きさの円形となる。開口を小さくすれば発光部のサイズは小さくなりコヒーレント照明に近くなり、開口を大きくすれば発光部のサイズは大きくなりインコヒーレント照明に近くなる。図７（２）のようにドーナツ状の開口にすれば、発光部は有限の大きさの円環形となり輪帯照明が実現できる。図７（３）はドーナツ状の開口でその内部の透過率を小さくした例である。図７（４）（５）は複数の開口を並べた例で、発光部は複数のスポットとなり、斜め照明などの変形照明が実現される。

【００３８】

なお、以上説明してきた実施例１～実施例３では、完全なケーラー照明の例を示したが、必ずしも完全なケーラー照明である必要はなく、概ねケーラー照明に近ければ十分な性能を得ることができる。但し、クリティカル照明に近い条件で照明した場合には、マスクを照明するＸ線の角度分布が所期の分布にならないばかりでなく、マスク面上のＸ線強度分布が発光点の空間分布を反映したものになるので照度むらが大きくなる。よって、できるだけケーラー照明に近い方が好ましい。

【００３９】

以上の実施例によれば、アパーチャ形状を適当に設定することによってマスクを照明するＸ線の角度分布を制御することができ、照明系のコヒーレンシー最適値に設定したり、また輪帯照明や斜め照明等の変形照明を行うことができる。露光条件に応じて最適な照明条件で照明することができるので、解像度や焦点深度などの結像性能を向上することができる。

【００４０】

＜実施例５＞

次に上記説明した露光装置を利用したデバイスの生産方法の実施例を説明する。

【００４１】

図８は微小デバイス（ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル、ＣＣＤ、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ１（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ２（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ３（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ４（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ５（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ４によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ６（検査）ではステップ５で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ７）される。

【００４２】

図９は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ１１（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ１２（ＣＶＤ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ１３（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ１４（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ１５（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ１６（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ１７（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ１８（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ１９（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【００４３】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを低コストに製造することができる。

【００４４】

【発明の効果】

本発明によれば、従来以上に良好な結像性能を得ることができ、これをデバイス生産に適用すれば高性能なデバイスを生産が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図１】第１の実施例の構成図である。

【図２】光源の発光点パターンのいくつかの例を示す図である。

【図３】第２の実施例の構成図である。

【図４】光源の発光点パターンのいくつかの例を示す図である。

【図５】第３の実施例の構成図である。

【図６】第４の実施例の構成図である。

【図７】光源のアパーチャ形状のいくつかの例を示す図である。

【図８】デバイス生産のフローを示す図である。

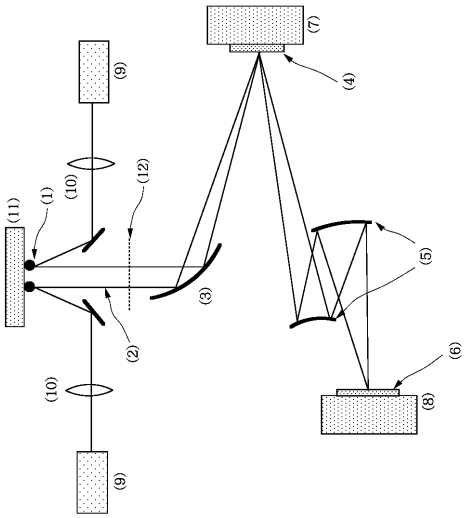
【図９】ウエハプロセスの詳細なフローを示す図である。

【図１０】従来例の構成図である。

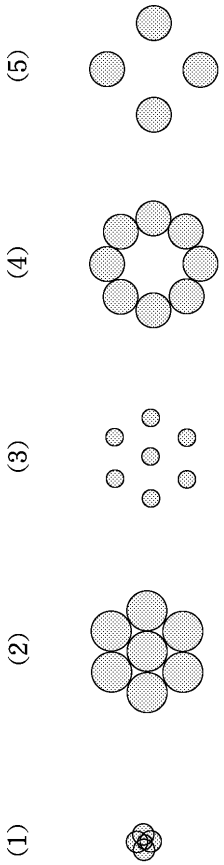
【符号の説明】

１　発光点
２　Ｘ線
３　照明光学系Ｘ線集光鏡
４　マスク
５　投影光学系
６　ウエハ
７　マスクステージ
８　ウエハステージ
９　レーザー光源
１０　レーザー集光光学系
１１　ターゲット
１２　フィルタ
１３　レーザー光偏向光学系
１４　偏向光学系制御装置
２３　オプティカルインテグレータ
２４　アパーチャ

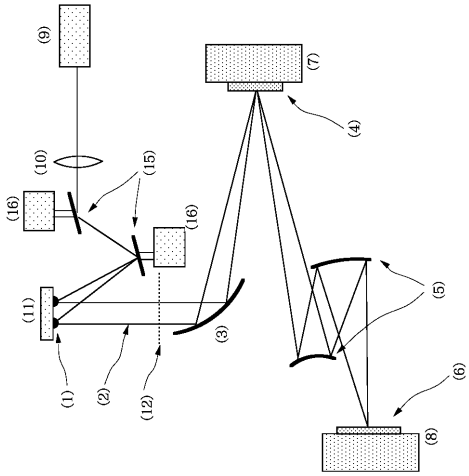
【図１】



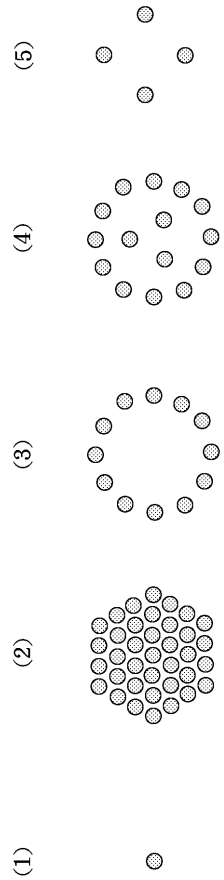
【図２】



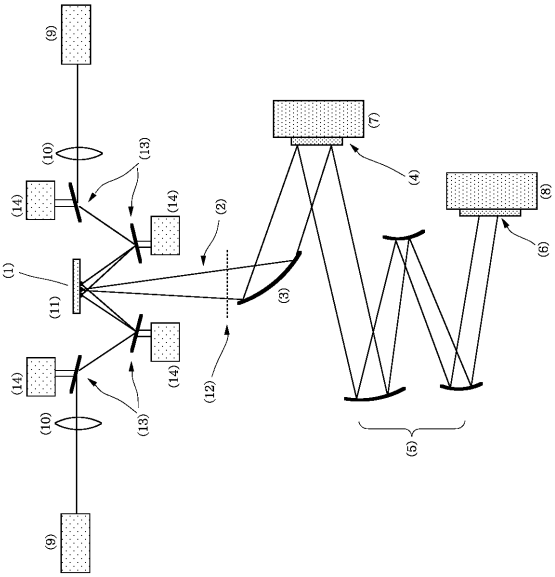
【図３】



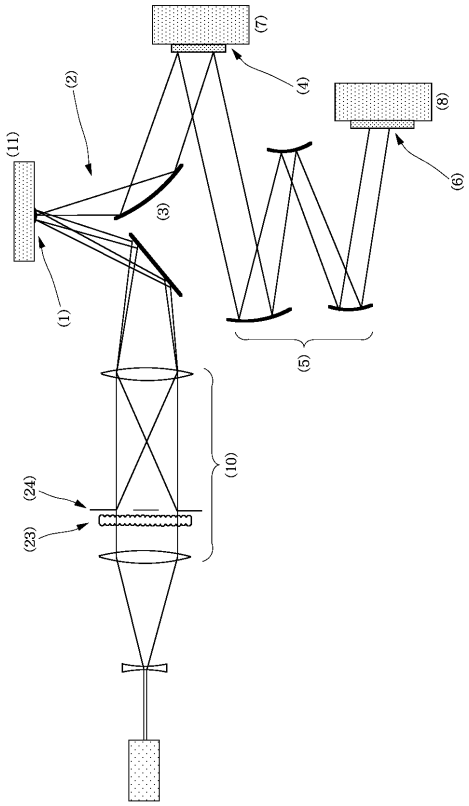
【図４】



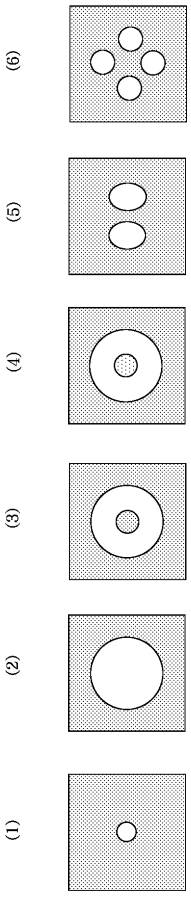
【図５】



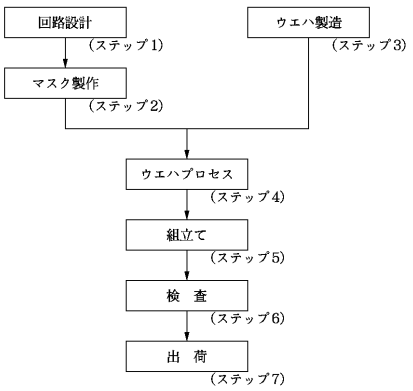
【図６】



【図７】

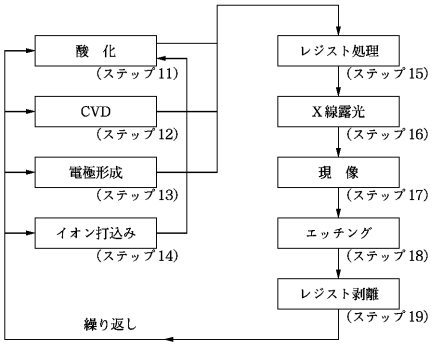


【図８】

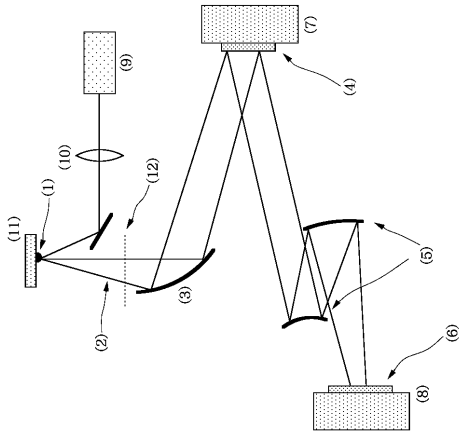


半導体デバイス製造フロー

【図９】


酸　化
（ステップ11）
CVD
（ステップ12）
電極形成
（ステップ13）
イオン打込み
（ステップ14）
レジスト処理
（ステップ15）
X線露光
（ステップ16）
現　像
（ステップ17）
エッチング
（ステップ18）
レジスト剥離
（ステップ19）
繰り返し
ウエハプロセス

【図１０】


(1)
(2)
(3)
(4)
(5)
(6)
(7)
(8)
(9)
(10)
(11)
(12)

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭６２－１２６５３２（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１４８４１４（ＪＰ，Ａ）
特開昭６２－０９７２４１（ＪＰ，Ａ）
特開昭６４－０１５９２０（ＪＰ，Ａ）
特開昭５９－２１４１４５（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－１４５８３１（ＪＰ，Ａ）
特開昭５４－０２７７９３（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
H01L 21/027
H01J 35/22
H05G 1/00