

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3919599号

(P3919599)

(45) 発行日 平成19年5月30日(2007.5.30)

(24) 登録日 平成19年2月23日(2007.2.23)

| | |
|------------------------------|-----------------|
| (51) Int. Cl. | F I |
| GO2B 5/08 (2006.01) | GO2B 5/08 A |
| GO3F 7/20 (2006.01) | GO3F 7/20 503 |
| GO3F 7/22 (2006.01) | GO3F 7/22 H |
| HO1L 21/027 (2006.01) | HO1L 21/30 531A |
| | HO1L 21/30 517 |

請求項の数 6 (全 13 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2002-142454 (P2002-142454) | (73) 特許権者 | 000001007 |
| (22) 出願日 | 平成14年5月17日(2002.5.17) | | キヤノン株式会社 |
| (65) 公開番号 | 特開2003-329820 (P2003-329820A) | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (43) 公開日 | 平成15年11月19日(2003.11.19) | (74) 代理人 | 100110412 |
| 審査請求日 | 平成16年11月11日(2004.11.11) | | 弁理士 藤元 亮輔 |
| | | (72) 発明者 | 正木 文太郎 |
| | | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 三宅 明 |
| | | | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 |
| | | 審査官 | 柏崎 康司 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子、当該光学素子を有する光源装置及び露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマからEUV光を発生させる光源部と、該光源部からのEUV光を集光する回転楕円鏡とを有する光源装置において、

前記回転楕円鏡は、回転対称軸に対して垂直な面で分割可能なように、前記回転楕円鏡に対する光線入射角の等しい線に沿った辺を持つ複数の多層膜ミラーの組み合わせにより構成され、前記多層膜ミラーが再生可能であることを特徴とする光源装置。

【請求項2】

前記多層膜ミラーは基板上に解放層、多層膜が順次積層された積層構造を有し、前記解放層は前記基板との反応が少ない溶解液により溶解可能である請求項1に記載の光源装置。

【請求項3】

複数の前記多層膜ミラーは基板上に緩衝層、多層膜が順次積層された積層構造を有し、前記多層膜は前記緩衝層と反応の少ないエッチング溶液に溶解可能である請求項1に記載の光源装置。

【請求項4】

複数の前記多層膜ミラーは基板上に緩衝層、多層膜が順次積層された積層構造を有し、前記多層膜は前記緩衝層と反応の少ないドライエッチングプロセスにより除去可能である請求項1に記載の光源装置。

【請求項5】

複数の前記多層膜ミラーは基盤上に緩衝層、解放層、多層膜が順次積層された積層構造を有し、

前記解放層は前記緩衝層と反応が少ない溶解液により溶解可能である請求項1に記載の光源装置。

【請求項6】

複数の前記多層膜ミラーは波長20nm以下のEUV光を反射可能で当該多層膜ミラーを保護する保護膜を有する請求項1に記載の光源装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、一般的には光学素子に係り、特に、光学素子の状態が劣化した場合であっても再び使用することができる再生可能な光学素子に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなっている。例えば、マスクパターンに対するデザインルールはライン・アンド・スペース(L&S)0.1 μ m以下の寸法像を広範囲に形成することが要求され、今後は更に80nm以下の回路パターン形成に移行することが予想される。L&Sは露光においてラインとスペースの幅が等しい状態でウェハ上に投影された像であり、露光の解像度を示す尺度である。

【0003】

半導体製造用の代表的な露光装置である投影露光装置は、一般に、レーザーなどの光源とレチクル又はマスク(本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する)を照明する照明光学系とを含む照明装置と、マスクと被処理体との間に配置される投影光学系とを有する。近年では微細な回路パターンを転写するために解像度はより小さい値を要求されており、短波長化により解像度の向上を見込んでいる。現在では、露光光源はKrFエキシマレーザー(波長約248nm)及びArFエキシマレーザー(波長約193nm)からF₂エキシマレーザー(波長約157nm)に移行しており、更にはEUV(extreme ultraviolet: 極端紫外)光の実用化も進んでいる。しかしながら、露光光がEUV光になると使用できる硝材は存在しなくなり、光学系は反射型光学素子、即ちミラーのみで構成する必要がある。EUV光を用いた露光装置を構成する反射型光学素子としては、斜入射全反射ミラーと多層膜ミラーとがある。

【0004】

EUV領域では屈折率の実部は1より僅かに小さいので、面に対しすれすれにEUV光を入射する斜入射で用いれば全反射が起きる。通常、斜入射全反射ミラーでは、面から測って数度以内の斜入射では数十%以上の高い反射率を得ることができるが、設計上の自由度は小さい。

【0005】

一方、直入射に近い入射角で用いるEUV光用のミラーとしては、光学定数の異なる2種類の物質を交互に積層した多層膜ミラーが用いられる。多層膜ミラーにEUV光を入射すると、特定の波長のEUV光が反射される。入射角を θ 、EUV光の波長を λ 、膜周期を d とすると近似的には以下に示すブラッグの式で示される。

【0006】

【数1】

10

20

30

40

$$2 \times d \times \cos \theta = \lambda$$

【0007】

数式1の関係を満足するような λ を中心とした狭いバンド幅のEUV光だけが効率よく反射される。このときのバンド幅は0.6乃至1nm程度である。

10

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

例えば、光源から等方的に出るEUV光を効率よく取り込むための集光ミラー（初段ミラー）は、回転楕円体や回転放物面体などで構成されて光源に対して凹型形状の曲率を有している。基板は反射率の低下を防ぐため十分に滑らかである必要があるが、反射率Rと基板の粗さ σ の関係は、波長 λ と入射角 θ および面粗さが無い場合の反射率 R_0 を用いて以下の式で与えられる。

【0009】

【数2】

$$R = R_0 \exp \left[- \left(4 \pi \sigma \cos \theta / \lambda \right)^2 \right]$$

20

【0010】

数式1に従えば、波長13nmの光を多層膜ミラーに直入射（ $\theta = 0^\circ$ ）して、面粗さによる反射率の低下を5%以内とするなら面粗さ $\sigma = 0.2$ nmが要求されることとなる。このように基板は曲率のある面を高精度に研磨されなければならない。

【0011】

更に、このような基板上に多層膜が成膜される。主な成膜方法である蒸着は数種類の物質を蒸発させ、基板をのせたホルダーを回転させて順次蒸着源上を通過させて成膜を行う。しかしながら、蒸着は、基板の平面からの差（即ち、基板の曲率）が大きくなるほど均一に成膜することが難しい。また、初段ミラーに入射されるEUV光は場所により異なる入射角をもつため膜厚に分布をつけなければならない。曲率の大きい多層膜ミラーの製造は非常に困難であるという問題がある。

30

【0012】

一方、EUV露光用光源の重大な問題はデブリの発生である。デブリとは光源からの飛散粒子のことである。デブリの発生源は光源方式により様々であるが、例えばレーザープラズマ光源であればターゲットやその供給ノズルなどである。デブリは多層膜に付着し、もしくは衝突により多層膜の膜構造を破壊し反射率を低下させるという問題を有している。もちろん、これ以外にもミラー反射率の低下は経時変化による劣化、真空容器内の不純物によるコンタミネーションの影響もある。

40

【0013】

スルーブットなどの露光性能よく露光するために、常に適当な反射率が得られるように劣化したミラーを交換する必要があるが、特に、デブリの影響を最も受ける初段ミラーは劣化の度合いが大きい。しかしながら、上述したように多層膜ミラーはその製造が複雑で困難であり、また高精度に研磨された基板は高価なものであることが多く、劣化した多層膜ミラーを新たな多層膜ミラーに交換することは装置のランニングコストを上昇させて経済的な負担を増加させるために好ましくない。

【0014】

【課題を解決するための手段】

50

そこで、本発明は、曲率の大きい多層膜ミラーの成膜を容易にし、更には劣化したミラーを再び利用可能にされた光学素子、当該光学素子を有する光源装置及び露光装置を提供することを例示的目的とする。

【0015】

本発明の一側面としての光源装置は、プラズマからEUV光を発生させる光源部と、該光源部からのEUV光を集光する回転楕円鏡とを有する光源装置において、前記回転楕円鏡は、回転対称軸に対して垂直な面で分割可能なように、前記回転楕円鏡に対する光線入射角の等しい線に沿った辺を持つ複数の多層膜ミラーの組み合わせにより構成され、前記多層膜ミラーが再生可能であることを特徴とする。かかる光源装置によれば、多層膜ミラーが分割可能に構成されているので、曲率の大きな光学素子であっても、分割された個々の多層膜ミラー毎に多層膜を形成することができる。これにより、基板を平面に近づけた状態で多層膜を成膜することを可能にしている。よって、従来よりも容易に光学素子の成膜を行うことができる。更に、かかる光源装置によれば、複数の多層膜ミラーが再生可能であるため、例えば、高精度に研磨された基板を再利用することができる。よって、再生された多層膜ミラーを再び使用することができるので、劣化した回転楕円鏡の再利用を図ることができる。従って、従来の装置よりメンテナンスコストを低減することができる。

10

【0025】

本発明の他の目的及び更なる特徴は以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

20

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明の一側面としての光学素子100が適用された露光装置10について説明する。なお、各図において同一の参照符号は同一部材を表している。ここで、図1は、本発明の一側面としての露光装置10を示す模式図である。

【0027】

本発明の露光装置10は露光用の照明光としてEUV光(例えば、波長13.4nm)を用いる。また、露光装置10の像面は円弧状(リング状)の像面となり、マスクとウェハを縮小倍率比の速度比でスキャンすることによりマスクの全面を露光する方式をとるが、これ以外の方式が採用されてもよい。図1を参照するに、露光装置10は、EUV光源210、光学素子100、照明光学系220、反射型レチクル230、アライメント光学系240、投影光学系250、レチクルステージ260、ウェハステージ270を有する。なお、EUV光は大気に対する透過率が低いため、少なくともEUV光が通る光路は真空雰囲気であることが好ましく、真空容器280に収納されている。なお、本発明の光学素子100は、EUV光源210と組み合わせられて光源装置の一部として機能してもよいし、照明光学系220と組み合わせられて光学系の一部として機能してもよい。

30

【0028】

本実施形態のEUV光源210は、例えば、レーザープラズマ光源を使用する。レーザープラズマ光源はターゲット供給装置212によって供給され真空容器280中に置かれたターゲット材213に高強度のパルスレーザー光をパルスレーザー211から集光レンズ214を介して照射し、高温のプラズマ215を発生させる。そして、プラズマ215から放射される波長13.4nm程度のEUV光を利用するものである。ターゲット材213は、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等のターゲット供給装置212により真空容器内280に供給される。放射されるEUV光の平均強度を高くするためにはパルスレーザー211の繰り返し周波数は高い方が良く、通常数kHzの繰り返し周波数で運転される。あるいは、放電プラズマ光源が用いられる。これは真空容器中280に置かれた電極周辺にガスを放出し、電極にパルス電圧を印加し放電を起こし高温のプラズマを発生させ、これから放射される例えば波長13.4nm程度のEUV光を利用するものである。

40

【0029】

50

また、図1には図示されず図2に図示される光学素子100は、プラズマ215から放射されるEUV光を効率よく利用するための集光ミラー（回転楕円鏡）である。ここで、図2は図1に示すEUV光源210近傍を示す拡大模式図である。また、図3は、図2に示す光学素子100を構成する一のミラー110を示す概略断面図である。光学素子100は、本実施形態においては、Mo/Siの多層膜で構成された照明光学系220の初段ミラー（又は、EUV光源210を発生する光源装置の要素の一部）で、プラズマ光源210からの発散的な光をより多く取り込むために回転楕円体となっている。プラズマ光源210の位置は光学素子（初段ミラー）100の焦点に一致し、約2strの光を取り込むことができる。また光学素子100は図2に示す点線に沿って分割可能にされた複数の多層膜ミラー110を組み合わせるにより構成されている。複数の多層膜ミラー110は表面から順に、例示的に、多層膜112、図示しない保護層、解放層114、基板118からなる。

10

【0030】

多層膜112は光学定数の異なる2種類の物質（例えば、モリブデン（Mo）/シリコン（Si））を交互に積層する。たとえばモリブデン層の厚さは0.2nm、シリコン層の厚さは0.5nm程度、積層数は20層対程度である。2種類の物質の層の厚さを加えたものを膜周期とよぶ。上記例では膜周期は0.2nm+0.5nm=0.7nmである。20層対程度（1層対の膜厚は約7nm）堆積された多層膜112はEUV領域において70%近い反射率を示す。

【0031】

その下層の図示しない保護層は解放層114のアルミニウムを保護するためにある厚さ30nm乃至50nmのSiO₂であり、解放層114は厚さ100nmのアルミニウムである。保護層は必ずしも必要ではない。基板118は、反射率などを考慮して面精度よく作成されたガラス基板である。波長約13nmの光を多層膜ミラーに直入射（ $\theta = 0^\circ$ ）して、面粗さによる反射率の低下を5%以内とするように面粗さ $\sigma = 0.2nm$ で曲率のある面が高精度に研磨されている。

20

【0032】

多層膜112の膜厚dは反射する光の波長 λ と入射角 θ との間に上述したような数式1の関係がある。露光装置10の使用波長は決まっているので、入射角 θ に依存して膜厚を変える必要がある。このため光学素子100は楕円の焦点を結ぶ軸Aに沿って膜厚分布をつける必要があり、曲率が大きいほど膜厚分布の差を大きくつけなければならない。主な成膜方法である蒸着は数種類の物質を蒸発させ、基板118をのせたホルダー330を回転させて順次蒸着源320上を通過させて成膜を行う方式である。図4に蒸着装置300の概略図を示す。Mo/Siの多層膜を成膜するため蒸着源320は2つ用意される。また面内の膜厚分布制御は装置300内に取り付けられたシャッター310により行なわれる。そのため、大きく曲率のついた面に膜厚分布をつけるのは困難である。

30

【0033】

しかし、光学素子100を楕円の焦点を結ぶ軸Aに対し垂直に分割することで、すなわち光線入射角 θ の等しい線に沿って分割することで個々のミラーに必要な膜厚分布の差を小さくすることができる。また、図5に示すように、それらを更に複数に分割することでより平面に近づけることができる。ここで、図5は、図2に示す光学素子100が分割される様子を示す模式図である。これにより、成膜が容易になる効果を有する。もちろん個々のミラーが小型化することで成膜装置300が大掛かりにならない利点もある。但し、入射角を定義する光線は有限の大きさを持つ光源の中心から出た光線とする。

40

【0034】

ここで、図6に示すサイズの回転楕円鏡について説明する。100mm×100mm程度の基板が成膜装置300にて成膜可能である場合、EUV光源210から焦点を結ぶ軸A方向に100mmの位置でミラーを分割する（図5参照）。ここで分割した線と垂直な方向においては図7に示すように楕円と平面とのずれは5mm程度である。さらに筒状のミラーを16分割することで、それぞれのミラーサイズは100mm×100mm程度とな

50

る。ここで円と平面とのずれは10mm程度となる。このように小型化されたミラーは平面に近づき成膜が容易になる。ここで、図6は、光学素子100の一例を示す模式図である。図7は、分割された多層膜ミラー110の平面からのずれを示す図である。

【0035】

一方、EUV光源210からはEUV光とともにターゲット213や放電電極からのデブリが発生する。デブリは多層膜112に付着し、もしくは衝突により多層膜112の膜構造を破壊し反射率を低下させる。真空容器280内の不純物の多層膜112への付着および経時劣化も反射率を低下させる。反射率が低下したら初段ミラー(光学素子)100を交換する必要があるが、多層膜112の個々の基板118はそれぞれ高精度に研磨されたものであるため、基板118は再利用することが望ましい。

10

【0036】

そこで、本発明では、光学素子100を取り外して個々のミラー110に分割した後、それぞれのミラー110の多層膜を除去し再成膜することで基板118を再利用する。複数の多層膜ミラー110を分割することの利点として、成膜の容易さだけでなく多層膜の除去の点でも優位点がある。多層膜除去の方法として例えばSPIE1547(1991)の"Repair of high performance multilayer coatings"に示されるように基板118と多層膜112との間に備えられた解放層114をエッチングして多層膜112を除去する方法がある。この方法を取る場合、光学素子100が分割されることにより解放層114が溶液に曝される面積が増えるため、より短時間で多層膜の除去が完了する。多層膜112にMo/Si、解放層114に厚さ

20

【0037】

上述した実施形態で示すように分割可能な初段ミラー(光学素子)100において、個々の多層膜ミラー110は図8で示されるように基板118a、緩衝層116、多層膜112aで構成された多層膜ミラー110aであってもよい。ここで、図8は、光学素子100の変形例である光学素子100aを示す図3に対応する断面図である。多層膜112aはエッチング溶液に可溶であるが、緩衝層116はエッチング溶液と反応しにくい。このため基板118aの形状を変化させずに反射率の低下した多層膜112aだけをエッチングにより除去することができる。多層膜112aを一度除去し、基板118a、緩衝層116上に再成膜する。エッチング剤は、基板118aの熱変形を避けるため室温に近い温度で使用可能なものが好ましい。Mo/Si多層膜112aに有効なエッチング剤として硝酸エッチング剤と約60°Cで使用する場合のTFM型エッチング剤がある。硝酸エッチング剤は基板118aとして用いられるSiO₂にも作用する。しかし緩衝層116を適当に選ぶことによりこの影響は避けられる。緩衝層116として有効な素材としては炭素やルテニウムが挙げられる。ルテニウムは塩基、酸、王水に比較的不溶であるため永久緩衝層として用いることができる。ウエットエッチングにより多層膜112aを除去した後に、炭素は任意にドライエッチングプロセス(例えばオゾン中における低温プラズマエッチング)で除去される。以上、緩衝層として炭素とルテニウムを挙げたが、エッチング

30

40

【0038】

50

また、分割可能な初段ミラー（光学素子）100において、個々の多層膜ミラー110は図9に示されるような基板118b、緩衝層116a、解放層114a、多層膜112bで構成された多層膜ミラー110bであってもよい。ここで、図9は、光学素子100の変形例である光学素子100bを示す図3に対応する断面図である。解放層114aはエッチング溶液に可溶であるが、緩衝層116aはエッチング溶液と反応しにくい。

【0039】

解放層114aとして有効な素材としてはゲルマニウム、クロムなどが挙げられる。緩衝層116aとして適しているものは炭素である。ゲルマニウムの解放層114aは室温の水酸化ナトリウム溶液で急速にエッチングされる。またクロムの解放層114aはTFM型エッチング剤によりエッチングされる。解放層114aを除去した後に、炭素は任意に

10

【0040】

また、分割可能な初段ミラー100において、個々の多層膜ミラー110は図10で示されるように基板118c、緩衝層116b、多層膜112cで構成された多層膜ミラー110cであってもよい。ここで、図10は、光学素子100の変形例である光学素子100cを示す図3に対応する断面図である。多層膜112cはドライエッチングにより除去されるが、緩衝層116bはドライエッチングに対し反応しにくい。このため基板118cの形状を変化させずに反射率の低下した多層膜112cだけをドライエッチングにより除去することができる。緩衝層はドライエッチングにより除去されない材料もしくは多層

20

【0041】

また、分割可能な初段ミラー（光学素子）100において、図11に示すように個々の多層膜ミラー110の上面にEUV光に対して透明なポリエステル樹脂もしくはアクリル樹脂の保護膜120を形成した多層膜ミラー110dであってもよい。ここで、図11は、光学素子100の変形例である光学素子100dを示す図3に対応する断面図である。保護膜120は多層膜112d上にスピンコートにより形成されるためミラー110を平面に近く分割することで、多層膜112dの成膜だけでなく保護膜120の形成時に均一な厚さで薄い膜が付けやすいなどの利点がある。EUV光源210から出るデブリや真空容器内の不純物は、保護膜120の表面に付着し、もしくは保護膜120に衝突するため、

それより下層の多層膜112dを傷めない。反射率が低下したら有機溶剤もしくはアルカリ性溶剤を用いて保護膜120を溶解し、再び保護膜120を多層膜112d上に形成することで多層膜ミラー110dを再利用する。保護膜120の溶解時も多層膜ミラー110dが小型化されている方がもちろん容易である。保護膜120は上記の樹脂に限らず、EUV光に対して透明とみなせる透過率を持つ材質であればよい。厚すぎると透過率が低下してしまうので、多層膜を保護できる範囲で極力薄くつけることが好ましい。図12にポリプロピレン0.1ミクロンの透過率の波長依存性を、図13にポリプロピレンのattenuation length示す。波長13nmで80%程度の透過率が必要な場合、ポリプロピレン保護膜の膜厚は0.05ミクロンが適当である。

30

【0042】

照明光学系220はEUV光を伝播してマスク又はレチクル（本出願では両者を交換可能に使用する。）230を照明する。図1において、照明光学系220は、第1乃至第3ミラー221、222及び223と、オプティカルインテグレータ224と、アパーチャ225とを有する。第1ミラー221はプラズマ215からほぼ等方的に放射されるEUV光を集める。オプティカルインテグレータ224はレチクル230を均一に所定の開口数で照明する。また、それらのEUV光は第2乃至第3ミラー222乃至223によってレチクル230へリレーされる。アパーチャ225は照明光学系220のレチクル230と共役な位置に配置され、レチクル230面で照明される領域を円弧状に限定する。

40

【0043】

投影光学系250は、マスク230上のパターンを被処理体W上に縮小投影する反射型縮

50

小投影光学系であって、特に、EUV光（例えば、波長13.4nm）に好適な光学系である。

【0044】

レチクルステージ260とウェハステージ270は、縮小倍率に比例した速度比で同期して走査する機構をもつ。ここで、レチクル230又は被処理体W面内で走査方向をX、それに垂直な方向をY、レチクル230又は被処理体W面に垂直な方向をZとする。

【0045】

レチクル230には所望のパターンが形成され、レチクルステージ260上の図示しないレチクルチャックに保持される。レチクルステージ260はX方向に移動する機構をもつ。また、X方向、Y方向、Z方向、及び各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、レチクル230の位置決めができるようになっている。レチクルステージ260の位置と姿勢はレーザ干渉計によって計測され、その結果に基づいて位置と姿勢が制御される。なお、本実施形態ではレチクル230は反射型レチクルとして実現されているが、投影光学系100はレチクル230からの主光線の傾きを小さくすることができ、透過型レチクル又は反射型レチクルのどちらでも適用可能である。

10

【0046】

被処理体Wは、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体Wにはフォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトレジスト塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyl-disilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークはベキング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

20

【0047】

被処理体Wは、図示しないウェハチャックによってウェハステージ270に保持される。ウェハステージ270はレチクルステージ260と同様にX方向に移動する移動機構をもつ。また、X方向、Y方向、Z方向、及び各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、被処理体Wの位置決めができるようになっている。ウェハステージ270の位置と姿勢はレーザ干渉計によって計測され、その結果に基づいて位置と姿勢が制御される。

30

【0048】

アライメント検出光学系240によってレチクル230の位置と投影光学系100の光軸との位置関係、及び被処理体Wの位置と投影光学系100の光軸との位置関係が計測され、レチクル230の投影像が被処理体Wの所定の位置に一致するようにレチクルステージ260及びウェハステージ270の位置と角度が設定される。また、図示しないフォーカス検出光学系によって被処理体W面でZ方向のフォーカス位置が計測され、ウェハステージ270の位置及び角度を制御することによって、露光中は常時ウェハ面を投影光学系100による結像位置に保つ。

【0049】

被処理体W上で1回のスキャン露光が終わると、ウェハステージ270はX、Y方向にステップ移動して次の走査露光開始位置に移動し、再びレチクルステージ260及びウェハステージ270が投影光学系の縮小倍率に比例した速度比でX方向に同期走査する。

40

【0050】

このようにして、レチクル230の縮小投影像が被処理体W上に結像した状態でそれらを同期走査するという動作が繰り返される。（ステップ・アンド・スキャン）。こうして被処理体W全面にレチクル230の転写パターンが転写される。

【0051】

また、EUV光がガスにより吸収されるのを防止するため、さらにはEUV光が照射される光学素子が置かれた空間に残留していた炭素を含む分子を付着させないために、EUV光が伝播する空間や光学素子が置かれた空間は、一定の圧力以下に保たれている必要があ

50

る。よって、光源や照明光学系 220 や投影光学系 100 の光学素子、レチクル 230、被処理体 W などは真空容器 280 に入れられ真空度を満たすように排気される。

【0052】

露光において、EUV 光源 210 から射出された EUV 光は初段ミラー（光学素子）100 により集光されて照明光学系 220 によりマスク 230 を照明し、マスク 230 面上のパターンをレジストを塗布したウエハ等の被処理体 W 面上に結像する。本実施例において、像面は円弧状（リング状）の像面となり、マスクとウエハを縮小倍率比の速度比でスキャンすることにより、マスクの全面を露光することができる。

【0053】

露光装置の光源部は、本実施形態の記載のみに限定されない。例えば、光源部はディスチャージ方式の一つである Z ピンチ方式、プラズマ・フォーカス、キャピラリー・ディスチャージ、ホロウカソード・トリガード Z ピンチ等を使用しても良い。

10

【0054】

次に、図 14 及び図 15 を参照して、上述の露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図 14 は、デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1（回路設計）ではデバイスの回路設計を行う。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。ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコンなど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、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。ステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成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 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。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。

20

【0055】

図 15 は、図 14 に示すステップ 4 のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。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、ウエハの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などによって形成する。ステップ 14（イオン打ち込み）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、露光装置 10 によってマスクの回路パターンをウエハに露光する。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。

30

【0056】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

40

【0057】

【発明の効果】

本発明によれば、曲率の大きい光学素子を分割することで容易に多層膜および保護膜の形成ができ、さらにこれらの除去も容易にできる。このためミラーの反射率が低下した時点で多層膜もしくは保護膜を交換し、反射率を初期の状態に戻すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一側面としての露光装置を示す模式図である。

【図 2】 図 1 に示す EUV 光源近傍を示す拡大模式図である。

【図 3】 図 2 に示す光学素子を構成する一のミラーを示す概略断面図である。

【図 4】 蒸着装置を示す概略模式図である。

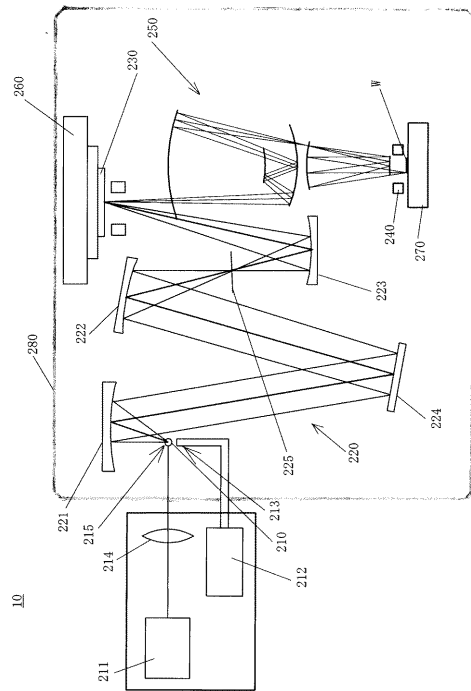
50

- 【図5】 図2に示す光学素子が分割される様子を示す模式図である。
- 【図6】 光学素子の一例を示す模式図である。
- 【図7】 分割された多層膜ミラーの平面からのずれを示す図である。
- 【図8】 光学素子の变形例である光学素子を示す図3に対応する断面図である。
- 【図9】 光学素子の变形例である光学素子を示す図3に対応する断面図である。
- 【図10】 光学素子の变形例である光学素子を示す図3に対応する断面図である。
- 【図11】 光学素子の变形例である光学素子を示す図3に対応する断面図である。
- 【図12】 ポリプロピレン0.1ミクロンの透過率の波長依存性を示す図である。
- 【図13】 ポリプロピレンの attenuation length示す図である。
- 【図14】 デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を 10
説明するためのフローチャートである。
- 【図15】 図14に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

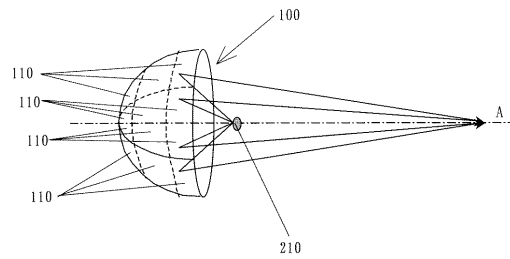
【符号の説明】

- 100 露光装置
- 100 光学素子
- 210 EUV光源
- 220 照明光学系
- 230 マスク
- 240 アライメント光学系
- 250 投影光学系
- 260 レチクルステージ
- 270 ウェハステージ

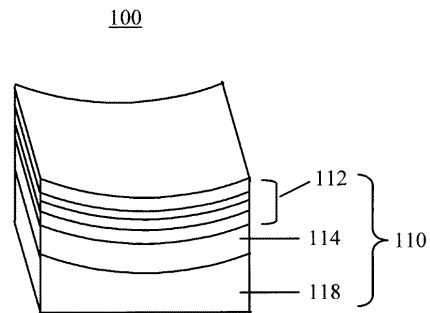
【図1】



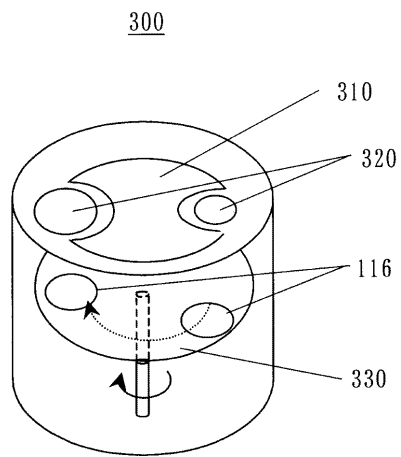
【図2】



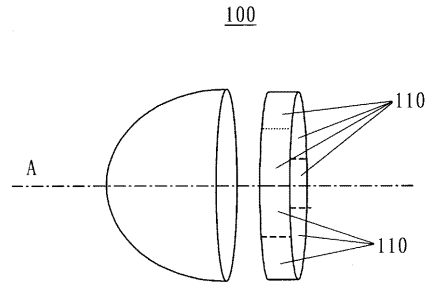
【図3】



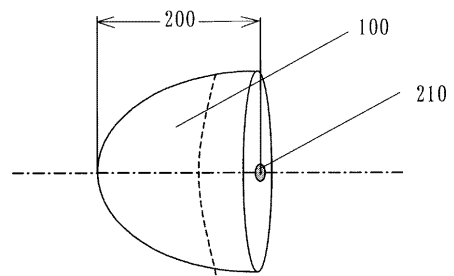
【 図 4 】



【 図 5 】

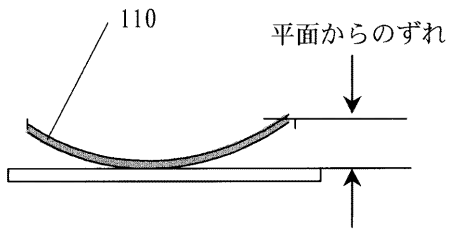


【 図 6 】

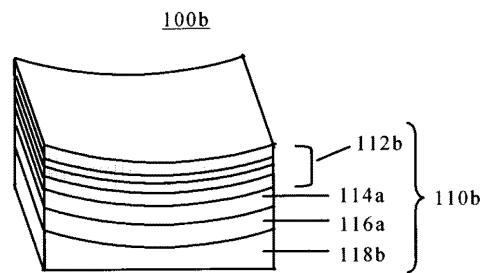


$$(x/300)^2 + (y/283)^2 = 1$$

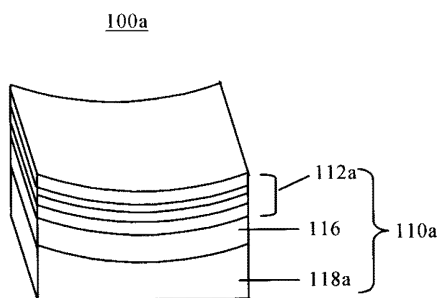
【 図 7 】



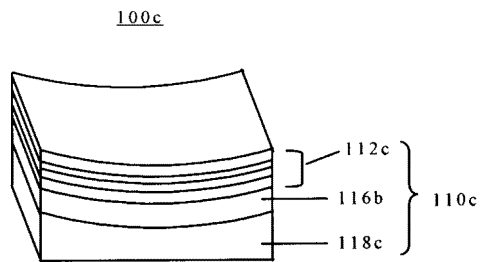
【 図 9 】



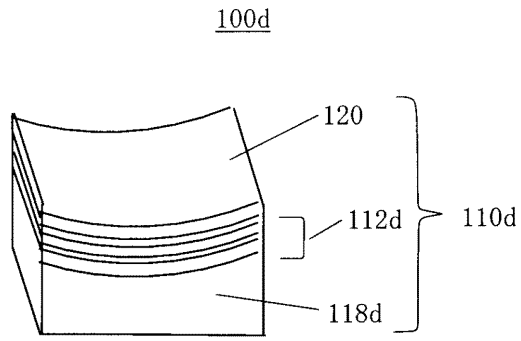
【 図 8 】



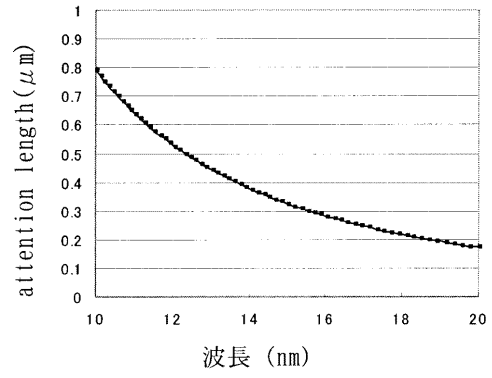
【 図 10 】



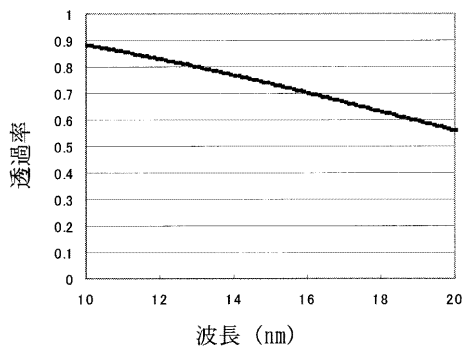
【 図 1 1 】



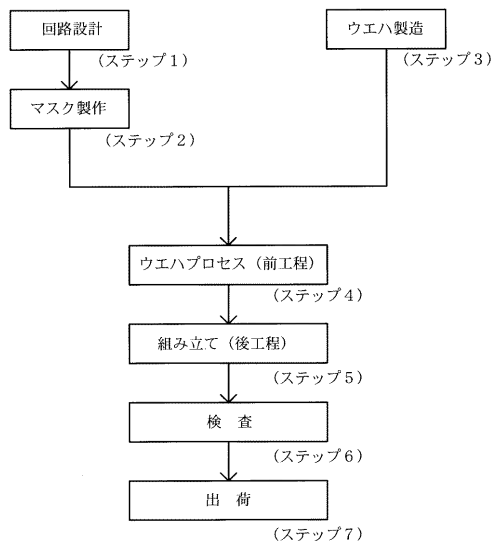
【 図 1 3 】



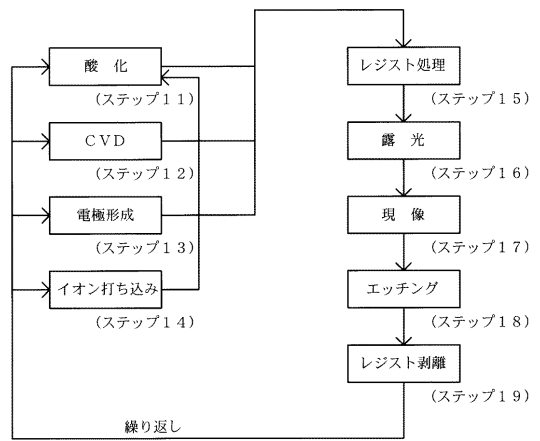
【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平11-326598(JP,A)
特開平06-242306(JP,A)
特開平07-174912(JP,A)
特開平05-302999(JP,A)
特開平09-298150(JP,A)
特開平10-090496(JP,A)
特開平06-273605(JP,A)
特開平06-124876(JP,A)
特開平08-101300(JP,A)
特開2000-223415(JP,A)
特開2001-156012(JP,A)
特開2002-113700(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/08