

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-98930  
(P2005-98930A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 K 1/06	G 2 1 K 1/06	2 H 0 4 2
G 0 2 B 5/08	G 2 1 K 1/06	2 H 0 9 7
G 0 2 B 5/10	G 0 2 B 5/08	5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	G 0 2 B 5/10	
H 0 1 L 21/027	G 0 3 F 7/20 5 0 3	
審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2003-335370 (P2003-335370)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成15年9月26日 (2003. 9. 26)	(72) 発明者	神高 典明 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
		Fターム(参考)	2H042 DA01 DA12 DA14 DB02 DC02 DD06 DE00 DE07 2H097 AA02 AA03 BA10 CA15 EA01 GB00 LA10 5F046 GB01 GD10

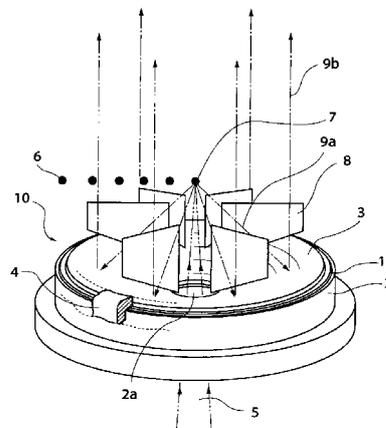
(54) 【発明の名称】 多層膜反射鏡、その再生方法及び露光装置

(57) 【要約】

【課題】 多層膜反射鏡を作り直す場合に、基板表面に影響を与えることなく、多層膜を除去することのできる多層膜反射鏡等を提供する。

【解決手段】 シリコン基板2の表面は、回転放物面形状に高精度で加工されている。シリコン基板2の表面には、下地層1が成膜されており、下地層1の上にMo/Si多層膜3が成膜されている。Mo/Si多層膜3の成膜されている領域の面積は、銀薄膜1の成膜領域よりも狭くなっており、銀薄膜1の一部がMo/Si多層膜3から露出している。下地層1の露出している部分には、粘着材が塗布されたポリイミドテープ4が貼り付けられている(図1には一部のみが示されている)。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板と、  
酸によって除去又は剥離が可能な物質からなり、該基板の表面に成膜された下地層と、  
該下地層の上に成膜された反射多層膜と、  
を具備することを特徴とする多層膜反射鏡。

## 【請求項 2】

前記下地層が、銀、あるいは、アルミニウムであることを特徴とする請求項 1 記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 3】

前記下地層の厚さが 100 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 4】

前記下地層の表面に平滑化処理が施され、表面粗さが 0.5 nm RMS 以下になされていることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 5】

前記平滑化処理が、下地層の表面にシリコンを成膜する処理、あるいは、該表面に樹脂をコートする処理であることを特徴とする請求項 4 記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 6】

前記平滑化処理が、前記下地層の表面にイオンビームを照射して、該下地層表面の凹凸を除去する処理であることを特徴とする請求項 4 記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 7】

前記反射多層膜の成膜面積が前記下地層より小さく、該下地層が前記反射多層膜に完全に覆われておらず、該下地層の一部が露出していることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 8】

露出した前記下地層の一部が、容易に除去することができる下地層保護手段によって覆われていることを特徴とする請求項 7 記載の多層膜反射鏡。

## 【請求項 9】

基板と、  
酸によって除去又は剥離が可能な物質からなり、該基板の表面に成膜された下地層と、  
該下地層の上に成膜された反射多層膜と、  
を具備する多層膜反射鏡を再生する方法であって、  
前記基板表面の下地層を溶解して除去し、  
前記反射多層膜を前記下地層とともに剥離することにより、前記基板表面から該反射多層膜を除去し、  
該基板表面に再度下地層を成膜し、  
該下地層の上に反射多層膜を成膜することを特徴とする多層膜反射鏡の再生方法。

## 【請求項 10】

エネルギー線を感じ基板の上に選択的に照射して、パターンを形成する露光装置であって、  
前記エネルギー線を反射する多層膜反射鏡を含む光学系を備え、  
該多層膜反射鏡が、  
基板と、  
酸によって除去又は剥離が可能な物質からなり、該基板の表面に成膜された下地層と、  
該下地層の上に成膜された反射多層膜と、  
を具備することを特徴とする露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

10

20

30

40

50

本発明は、多層膜反射鏡、その再生方法及び露光装置に関する。特に、基板の表面に物理的なダメージを与えることなく、基板表面に形成されている多層膜を剥離することのできる多層膜反射鏡等に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路素子の微細化のいっそうの進展に伴い、紫外線に代わって、波長11～14nm程度の軟X線を使用する投影リソグラフィの開発が進められている（非特許文献1参照）。この技術は、最近ではEUVリソグラフィ（極端紫外線（Extreme Ultraviolet）縮小投影露光）とも呼ばれている。このEUVリソグラフィは、従来の光リソグラフィ（波長190nm程度以上）では実現不可能な、50nm以下の解像力を有するリソグラフィ技術として期待されている。

10

【0003】

この軟X線の波長帯では、透明な物質が存在せず、物質の屈折率が1に非常に近いので、屈折を利用した従来の光学素子は使用できない。それに代わって、全反射を利用した斜入射ミラーや、界面での微弱な反射光の位相を合わせることによりその反射光を多数重畳させて全体としては高い反射率を得る多層膜反射鏡などが使用される。

【0004】

このような多層膜反射鏡においては、入射光の波長帯により、高い反射率を得るのに適した材質が異なる。例えば、13.5nm付近の波長帯では、モリブデン（Mo）層とシリコン（Si）層を交互に積層したMo/Si多層膜を用いると、直入射で67.5%の反射率を得ることができる。また、11.3nm付近の波長帯では、Mo層とベリリウム（Be）層を交互に積層したMo/Be多層膜を用いると、直入射で70.2%の反射率を得ることができる（非特許文献2参照）。

20

【0005】

EUVリソグラフィにおいて、このような多層膜反射鏡は、パターンが形成されたマスクを照明する照明光学系や、レジストを塗布したウェハ上にマスク上のパターンを縮小投影する投影光学系を構成するために使用される。EUVリソグラフィにおける、EUV光源としては、高繰り返しレーザープラズマ光源や放電プラズマ光源がある。これらの光源においては、光源プラズマ及びその周囲で発生するイオン等の飛散粒子が周囲に飛散される。光源プラズマによって生成されるイオンは、数十eV～数千eVのエネルギーを有するため、光源プラズマの周囲に上述のような多層膜反射鏡が配置されている場合には、スパッタ作用により反射鏡表面の多層膜が削り取られてしまう。また、放電プラズマ光源の場合には、光源の電極部がプラズマによって侵食され、電極部を構成する電極物質が飛散される。このような電極物質は、多層膜反射鏡の多層膜の表面に付着する。上述のように、多層膜が削り取られたり、多層膜表面に異物が付着したりすると、多層膜反射鏡の反射率が低下するため、このような光源に起因する多層膜表面の汚染の低減が図られている（例えば、特許文献1参照）。

30

【0006】

一方、投影光学系を構成する多層膜は、フィルターやピンホールで光源プラズマとは隔離されるため、上述のような光源に起因する多層膜表面の汚染は起こらない。しかしながら、露光時には、多層膜表面にEUV光が照射されるため、多層膜反射鏡付近に漂っている有機残留物（例えば、排気系のオイル等）がEUV光によって分解され、多層膜表面にカーボンコンタミ（炭素汚れ）となって付着したり、多層膜表面の酸化が進んだりすることにより、多層膜表面が汚染され、反射率を低下させるという問題が生じる。この問題に対しては、多層膜反射鏡の雰囲気エタノールを導入することにより、反射率の低下を低減する方法が提案されている（例えば、非特許文献3及び非特許文献4参照）。

40

【0007】

【特許文献1】特開平08-321395号公報

【非特許文献1】ダニエル・エイ・ティチノール（Daniel A. Tichenor）、外21名、「極端紫外線実験装置の開発における最新情報（Recent results in the development of an

50

integrated EUVL laboratory tool)」、「国際光工学会会報 (Proceedings of SPIE)」、(米国)、国際光工学会 (SPIE, The International Society for Optical Engineering)、1995年5月、第2437巻、p. 292

【非特許文献2】クラウド・モンカー (Claude Montcalm)、外5名、「極紫外線リソグラフィに用いる多層反射膜コーティング (Multilayer reflective coatings for extreme-ultraviolet lithography)」、「国際光工学会会報 (Proceedings of SPIE)」、(米国)、国際光工学会 (SPIE, The International Society for Optical Engineering)、1998年6月、第3331巻、p. 42

【非特許文献3】ハンス・ミーリング (Hans Meiling)、外3名、「プロGRESS・オブ・ユー・ブイエル・アルファ・ツール (Progress of EUVL alpha tool)」、「国際光工学会会報 (Proceedings of SPIE)」、(米国)、国際光工学会 (SPIE, The International Society for Optical Engineering)、2001年8月、第4343巻、p. 38

【非特許文献4】エル・イー・クレバノフ (L. E. Klebanoff)、「ファースト・エンバイロメンタル・データ・フロム・エンジニアリング・テスト・スタンド (First Environmental data from Engineering Test Stand)」、「セカンド・アニュアル・インターナショナル・ワークショップ・オン・ユー・ブイ・リソグラフィ (2nd Annual International Workshop on EUV lithography)」、「インターナショナル・セマテック (International SEMATECH)」、2000年10月

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0008】

EUVLリソグラフィにおいては、光学系を構成する反射鏡の基板を高い精度で加工することが大きな課題の1つである。そして、このような反射鏡基板上に成膜された多層膜が、上述のような表面の汚染により寿命が有限であることも回避し得ない。

【0009】

EUVLリソグラフィにおいては、多層膜反射鏡は真空槽内に配置されるが、多層膜表面には、エネルギーの大きなEUVL光が照射されるため、多層膜表面では化学反応が非常に起こりやすい状態となっている。したがって、真空槽内に微量の炭素を含む有機物が残留している状態でEUVL光が照射されると、有機物が分解されて多層膜表面にカーボンコンタミ (炭素汚れ) が付着する現象が報告されている。このカーボンコンタミはEUVL光を吸収するため、多層膜反射鏡の反射率が低下する。このようなカーボンコンタミの付着を防ぐために、真空槽内に酸素を導入して、真空槽中内の炭素を含む有機物と反応させ、二酸化炭素として除去するという方法も提案されている。しかし、この方法によると、多層膜表面への炭素の付着は抑制されるものの、多層膜表面が酸化されてしまい、かえって反射率の低下を招く恐れがある。一般には、表面が酸化されることにより低下した多層膜の反射率を回復させるのは困難である。

30

【0010】

EUVLリソグラフィの光源部に用いられる多層膜反射鏡の中には、さらに厳しい使用環境に置かれるものもある。EUVLリソグラフィの光源部ではプラズマが用いられる。このプラズマには、電極間の放電でプラズマを生成する放電プラズマや、標的 (ターゲット) 材にレーザー光を集光照射してプラズマ化するレーザープラズマがあるが、生成されたプラズマ自体はほぼ同様のものである。プラズマは電離したイオンと分子の塊であるため、プラズマからは、EUVL光が放射されるだけでなく、イオンも高速で放出される。

40

【0011】

プラズマから放射されるEUVL光をEUVLリソグラフィに使用するためには、EUVL光を集めて平行光束あるいは集光光束にする必要があるため、光源部のプラズマの近傍には回転楕円面形状や回転放物面形状を有する多層膜反射鏡 (集光鏡) が配置される。このような集光鏡には、光源プラズマからイオンが高速で飛来し、多層膜表面をスパッタしたり、表面に堆積したりするために反射率が低下する。このため、反射率が低下した集光鏡を適宜交換する必要がある。

50

このような光源プラズマからの飛来物質を減らす、あるいは、除去する方法が検討されている。しかしながら、EUVリソグラフィに用いられる光源においては、プラズマ発生の繰り返し周波数が10kHzにまで達するため、飛来物質の量は莫大なものとなる。また、多層膜反射鏡に対して許容される反射率の低下も1割程度までであるので、半永久的な寿命をもつ多層膜反射鏡を実現することは、ほぼ不可能であると考えられる。

#### 【0012】

上述のように、EUVリソグラフィに用いられる多層膜反射鏡はいずれも寿命が有限であるために、寿命を迎えた多層膜反射鏡は取り外して、新しい反射鏡と交換する必要がある。このとき、傷んだ多層膜を基板表面に影響を与えずに除去することができれば、もとの基板を再利用することができるので、多層膜を再成膜するだけで、新たな多層膜反射鏡を作製することができる。しかしながら、石英等の基板上にMo/Si多層膜を直接成膜した従来の多層膜反射鏡では、同多層膜は酸等によって除去することができない。このため、アルゴンのDCプラズマ等を利用したドライエッチングにより多層膜を除去する必要があるが、この場合、基板である石英もダメージを受けてしまうので、基板表面に影響を与えずに多層膜を除去することは困難であった。このように、従来の多層膜反射鏡では、基板を再利用することができなかつたので、新たな多層膜反射鏡を作製する際には、新しい基板の作製からはじめる必要があった。上述のように、基板表面は高精度で加工されている必要があるため、新たな多層膜反射鏡の作製には、多大な時間と労力を要した。

10

上記の点に鑑み、本発明は、多層膜反射鏡を作り直す場合に、基板表面に影響を与えずに、多層膜を除去することのできる多層膜反射鏡等を提供することを目的とする。

20

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本発明の多層膜反射鏡は、基板と、酸によって除去又は剥離が可能な物質からなり、該基板の表面に成膜された下地層と、該下地層の上に成膜された反射多層膜と、を具備することを特徴とする。

本発明によれば、酸を用いて下地層を除去することにより、基板表面の形状精度を悪化させることなく、多層膜を除去することができるので、反射鏡基板を再利用することが可能になる。なお、下地層の材質としては、水や有機溶媒によって除去することができるような物質を用いてもよい。

30

#### 【0014】

上記の多層膜反射鏡においては、前記下地層が、銀、あるいは、アルミニウムであることが好ましい。

この場合、銀やアルミニウムからなる下地層は酸で除去できるので、多層膜の除去が容易となり、基板の再利用を容易に行うことができる。

#### 【0015】

上記の多層膜反射鏡においては、前記下地層の厚さが100nm以下であることが好ましい。

銀やアルミニウムを成膜する際には、成膜表面に島状成長が起こり、表面粗さが悪化する。この表面粗さの悪化は、銀やアルミニウムの膜厚が大きくなるほど増大する傾向がある。このため、下地層の膜厚を100nm以下とすることにより、表面粗さの増大を抑え、下地層上に成膜される多層膜の反射率が低下するのを防ぐことができる。

40

#### 【0016】

本発明の多層膜反射鏡においては、前記下地層の表面に平滑化処理が施され、表面粗さが0.5nmRMS以下になされていてもよい。

上記の多層膜反射鏡においては、前記平滑化処理として、下地層の表面にシリコンを成膜する処理、あるいは、該表面に樹脂をコートする処理を行うことができる。

下地層の表面にイオンビームスパッタ法でシリコン層を成膜することにより、表面粗さ(特に、うねり周期が100nm以下の表面粗さ)が改善される。上述のように、下地層として銀やアルミニウムを用いた場合には、成膜時に島状成長が発生して表面粗さが悪化

50

するため、下地層の表面にシリコンを成膜することにより表面粗さを低減する。このシリコン層の上に多層膜を成膜することにより、多層膜表面の形状精度の劣化に伴う反射率の低下を防ぐことができる。

また、下地層の表面に適当な溶媒に溶かした樹脂を塗布した場合には、下地層の表面の細かな凹凸に関係なく、樹脂溶液の表面張力によって樹脂の表面は滑らかな形状となる。したがって、上述の場合と同様に、この樹脂層の上に多層膜を成膜することにより、多層膜表面の形状精度の劣化に伴う反射率の低下を防ぐことができる。

#### 【0017】

上記の多層膜反射鏡においては、前記平滑化処理が、前記下地層の表面にイオンビームを照射して、該下地層表面の凹凸を除去する処理であってもよい。

10

この場合、イオンビームを照射して下地層表面の凹凸を削り取ることで、下地層の表面粗さを低減することができる。この表面粗さの低減された下地層の上に多層膜を成膜することにより、多層膜表面の形状精度の劣化に伴う反射率の低下を防ぐことができる。

#### 【0018】

本発明の多層膜反射鏡においては、前記反射多層膜の成膜面積が前記下地層より小さく、該下地層が前記反射多層膜に完全に覆われておらず、該下地層の一部が露出しているのが好ましい。

本発明によれば、下地層の一部が露出しているため、多層膜を剥離するのが容易である。例えば、下地層として銀薄膜を用いた場合、硝酸溶液等によって銀薄膜の露出している部分から下地層及び多層膜の除去を行うことが容易である。

20

#### 【0019】

上記の多層膜反射鏡においては、露出した前記下地層の一部が、容易に除去することができる下地層保護手段によって覆われていることが好ましい。

この場合、露出した下地層が覆われているため、下地層の表面が汚染されたり、酸化されたりするのを防ぐことができる。さらに、下地層保護手段は、多層膜を剥離するとき下地層を露出させることで、多層膜の除去を行うことが容易である。

#### 【0020】

本発明の多層膜反射鏡の再生方法は、基板と、酸によって除去又は剥離が可能な物質からなり、該基板の表面に成膜された下地層と、該下地層の上に成膜された反射多層膜と、を具備する多層膜反射鏡を再生する方法であって、前記基板表面の下地層を溶解して除去し、前記反射多層膜を前記下地層とともに剥離することにより、前記基板表面から該反射多層膜を除去し、該基板表面に再度下地層を成膜し、該下地層の上に反射多層膜を成膜することを特徴とする。

30

#### 【0021】

本発明の露光装置は、エネルギー線を感じ基板の上に選択的に照射して、パターンを形成する露光装置であって、前記エネルギー線を反射する多層膜反射鏡を含む光学系を備え、該多層膜反射鏡が、基板と、酸によって除去又は剥離が可能な物質からなり、該基板の表面に成膜された下地層と、該下地層の上に成膜された反射多層膜と、を具備することを特徴とする。

#### 【発明の効果】

40

#### 【0022】

本発明によれば、酸を用いて下地層を除去することにより、基板表面の形状精度を悪化させることなく、多層膜を除去することができる。これにより、反射鏡基板を再利用することが可能になり、EUVリソグラフィにおける多層膜反射鏡の交換を容易に行うことが可能になる。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0023】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。

#### 【実施例1】

#### 【0024】

50

図1は、本発明の一実施例に係る多層膜反射鏡が、EUV露光装置の光源部に設置された状態を示す斜視図である。

本実施例の多層膜反射鏡10は、EUVリソグラフィにおいて光源部に使用され、レーザープラズマから放射されたEUV光を反射して、平行光束を形成する集光鏡として用いられる。

#### 【0025】

図2は、図1の多層膜反射鏡を示す図である。図2(A)は、多層膜反射鏡の反射面側の平面図であり、図2(B)は、多層膜反射鏡の斜視図である。

この反射鏡10のシリコン基板2の表面は、回転放物面形状に高精度で加工されている。図1及び図2に示すように、シリコン基板2の表面には、銀の薄膜1が成膜されており、銀薄膜1の上にMo/Si多層膜3が成膜されている。銀薄膜1は、Mo/Si多層膜3の下地層としての役割を果たす。Mo/Si多層膜3の周期長は、一例で7nmである。Mo/Si多層膜3の成膜されている領域の面積は、銀薄膜1の成膜領域よりも狭くなっており、銀薄膜1の一部がMo/Si多層膜3から露出している。

10

#### 【0026】

図3は、図1の多層膜反射鏡の模式的な断面図である。

銀薄膜1は、基板2上にイオンビームスパッタによって成膜されており、銀薄膜1の厚さは、一例で20nmである。Mo/Si多層膜3は、銀薄膜1の上にイオンビームスパッタにより成膜されている。

#### 【0027】

図3に示すように、多層膜反射鏡を使用しているときに、銀薄膜1が酸化されるのを防ぐために、銀薄膜1の露出している部分に、粘着材が塗布されたポリイミドテープ4(図1及び図2(B)には一部のみが示されており、図2(A)では省略されている)が貼り付けられている。さらに、EUV光の発生時に、銀薄膜1の露出している部分に生じる熱的負荷を抑えるため、プラズマ7からの放射が銀薄膜1の露出部分に到達しないように、遮蔽板が配置されている(図示されていない)。

20

#### 【0028】

銀薄膜1の厚さは、約20nmと薄いため、銀薄膜1成膜後の表面粗さは、0.5nmRMS以下に抑えられている。これにより、Mo/Si多層膜3の形状精度の劣化による反射率の低下を抑えている。

30

#### 【0029】

ここで、多層膜反射鏡10の機能について、図1を参照しながら説明する。

多層膜反射鏡10は、上述のようにEUV光源となるレーザープラズマの近傍に配置される。多層膜反射鏡10の反射面側には、錫の微粒子6が供給されている。多層膜反射鏡10の中央部には、開孔2aが形成されており、開孔2aを通じて励起パルスレーザー光5が導入される。そして、錫の微粒子6をターゲットとして、励起パルスレーザー光5を集光放射することにより、レーザープラズマ7が生成される。レーザープラズマ7から照射されたEUV光9aは、多層膜反射鏡10で反射されて平行光束9bとなる。

#### 【0030】

露光装置の真空チャンバ(図示されていない)内には、ヘリウムガス(圧力は1Pa程度)が導入されており、プラズマ7から粒子(錫の原子、イオン等)が飛散するのを阻止する。また、多層膜反射鏡10の反射面近傍には、散乱粒子捕獲板8が配置されており、ガス分子によって散乱された飛散微粒子が多層膜反射鏡10に到達するのを効率よく阻止する。

40

#### 【0031】

上述のようなヘリウムガスと散乱粒子捕獲板8により、多層膜反射鏡10の表面に到達する飛散微粒子の数は大幅に低減されているが、完全にゼロにすることはできない。このため、長時間使用すると、多層膜反射鏡10の表面の多層膜3上に錫が徐々に堆積することにより、多層膜3の反射率は大幅に低下する。多層膜3の表面に堆積した錫の一部は酸化しており、除去することは非常に難しい。

50

## 【0032】

次に、本実施例の多層膜反射鏡を再生する方法について、図4及び図5を参照しながら説明する。

図4は、本発明の一実施例にかかる多層膜反射鏡の再生方法を示す図である。

上述のような長時間の使用による反射率の低下が許容できなくなった段階で、多層膜反射鏡10は、露光装置から取り外される。そして、図4に示すように、銀薄膜1を保護するためのポリイミドテープ4を剥がす。次に、銀薄膜1を露出させた状態で、多層膜反射鏡10を硝酸30aが張られた容器(基板洗浄槽)30に浸ける。すると、銀薄膜1は、露出している部分から徐々に硝酸30aに溶解して除去され、基板2から多層膜3を完全に剥がしとることができる。最後に、銀薄膜及び多層膜を再成膜し、多層膜反射鏡を再生する。

10

## 【0033】

ここで、基板材である石英は、硝酸によって侵食されることがないので、基板2の表面形状、粗さは、多層膜3を成膜する前と比べて変化することはない。したがって、基板2をそのまま再利用することができる。

## 【0034】

本実施例によれば、反射率が低下した多層膜を基板上から除去し、新たに基板表面の加工を行うことなく、多層膜及び銀薄膜を再成膜するだけで、多層膜反射鏡として再生することができる。したがって、反射率の低下した多層膜反射鏡の交換の都度、反射鏡基板を新たに製作する必要がないので、光学素子の交換を迅速且つ安価に行うことができる。

20

## 【0035】

なお、本実施例では、銀薄膜1の厚さを20nmとしているが、表面の粗さを0.5nmRMS以下のレベルに抑えることができれば、特に厚さを制限する必要はない。また、銀薄膜1の表面粗さが大きい場合でも、成膜後に銀薄膜1にイオンビームを照射する等の方法で、銀薄膜1の表面粗さを低減してもよいし、銀薄膜1と多層膜3の間にポリイミド樹脂等を塗布してもよい。ポリイミド樹脂を負荷する場合には、ポリイミド樹脂を適当な溶媒に溶かして、銀薄膜1上にスピンコート等で薄く塗布することにより、ポリイミド溶液の表面張力で平滑化される。

## 【0036】

また、銀薄膜と多層膜の間にシリコン膜を成膜してもよい。

30

図5は、銀薄膜と多層膜の間にシリコン膜を成膜した多層膜反射鏡の一部を示す断面図である。

図5に示す多層膜反射鏡20は、基板22の表面に銀薄膜25が成膜されており、銀薄膜25の上にシリコン膜21が、イオンビームスパッタにより成膜されている。このシリコン膜21により表面粗さが低減され、その上に成膜されたMo/Si多層膜23は高い反射率を達成できる。

## 【0037】

図5に示すように、銀薄膜25の成膜面積は、シリコン膜21及びMo/Si多層膜23よりも広がっており、銀薄膜25の露出した部分はポリイミドテープ24で覆われている。したがって、多層膜反射鏡20も上述の多層膜反射鏡10と同様の方法で再生することができる。

40

## 【0038】

本実施例では、多層膜の下地層として、銀薄膜(符号1、25)を成膜しているが、下地層の材質はこれに限らない。例えば、前掲の銀のほか、アルミニウム、鉄、錫、亜鉛、ニッケル等の酸に溶ける金属を下地層として成膜すれば、酸に浸けることにより下地層を簡単に除去することができるので、下地層上の多層膜を基板にダメージを与えることなく除去することができる。但し、アルミニウム等を用いる場合には、不動態とならないように酸の種類や濃度を選択する必要がある。

## 【実施例2】

## 【0039】

50

図6は、本発明の一実施形態に係る露光装置を模式的に示す図である。

図6に示すEUV露光装置100は、X線発生装置(レーザープラズマX線源)101を備えている。このX線発生装置101は、球状の真空容器102を備えており、この真空容器102の内部は、図示せぬ真空ポンプで排気されている。

【0040】

真空容器102内の図中上側には、多層膜放物面ミラー104が反射面104aを図中下方(+Z方向)に向けて設置されている。このミラー104には、上述の実施例の多層膜反射鏡が用いられている。

【0041】

真空容器102の図中右方にはレンズ106が配置されており、このレンズ106の右方には図示せぬレーザー光源が配置されている。このレーザー光源は、-Y方向にパルスレーザー光105を放出する。このパルスレーザー光105は、レンズ106によって多層膜放物面ミラー104の焦点位置に集光する。この焦点位置には、標的材料103(キセノン(Xe)等)が配置されており、集光されたパルスレーザー光105が標的材料103に照射されると、プラズマ107が生成される。このプラズマ107は、13nm付近の波長帯の軟X線(EUV光)108を放射する。

10

【0042】

真空容器102の下部には、可視光をカットするX線フィルター109が設けられている。EUV光108は、多層膜放物面ミラー104によって、+Z方向に反射されて、X線フィルター109を通過し、露光チャンバ110に導かれる。このとき、EUV光108の可視光帯域のスペクトルがカットされる。

20

【0043】

なお、本実施形態においては、X線発生装置101としてレーザープラズマX線源を用いているが、放電プラズマX線源を採用することもできる。放電プラズマX線源とは、パルス高電圧の放電により標的材料をプラズマ化し、このプラズマからX線を放射させるものである。

【0044】

X線発生装置101の図中下方には、露光チャンバ110が設置されている。露光チャンバ110の内部には、照明光学系113が配置されている。照明光学系113は、コンデンサ系の反射鏡、フライアイ光学系の反射鏡等で構成されており(図では簡略化して示されている)、X線発生装置101から入射したEUV光108を円弧状に成形し、図中左方に向けて照射する。

30

【0045】

照明光学系113の左方には、反射鏡115が配置されている。この反射鏡115は、円形の凹面鏡であり、反射面115aが図中右方(+Y方向)に向くように、図示せぬ保持部材により垂直に(Z軸に平行に)保持されている。反射鏡115の図中右方には、光路折り曲げ反射鏡116が配置されている。この光路折り曲げ反射鏡116の図中上方には、反射型マスク111が、反射面111aが下向き(+Z方向)になるように水平(XY平面に平行)に配置されている。照明光学系113から放出されたEUV光は、反射鏡115により反射集光された後に、光路折り曲げ反射鏡116を介して、反射型マスク111の反射面111aに達する。

40

【0046】

反射鏡115、116は、反射面が高精度に加工された、熱変形の少ない低熱膨張ガラス製の基板からなる。反射鏡115の反射面115aには、X線発生装置101の多層膜放物面ミラー104の反射面と同様に、モリブデン(Mo)とシリコン(Si)が交互に積層されたMo/Si多層膜が形成されている。なお、波長が10~15nmのX線を用いる場合には、モリブデン(Mo)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)等の物質と、シリコン(Si)、ベリリウム(Be)、4ホウ化炭素(B<sub>4</sub>C)等の物質とを組み合わせた多層膜でもよい。

【0047】

50

反射型マスク 111 の反射面 111 a にも多層膜からなる反射膜が形成されている。反射型マスク 111 の反射膜には、ウェハ 112 に転写するパターンに応じたマスクパターンが形成されている。反射型マスク 111 は、図中上方に図示されたマスクステージ 117 に取り付けられている。マスクステージ 117 は、少なくとも Y 方向に移動可能であり、光路折り曲げ反射鏡 116 で反射された E U V 光は、反射型マスク 111 上で順次走査される。

【0048】

反射型マスク 111 の図中下方には、上から順に投影光学系 114、ウェハ（感応性樹脂を塗布した基板）112 が配置されている。投影光学系 114 は、複数の反射鏡等からなっている。ウェハ 112 は、露光面 112 a が図中上方（- Z 方向）を向くように、X Y Z 方向に移動可能なウェハステージ 118 上に固定されている。反射型マスク 111 によって反射された E U V 光は、投影光学系 114 により所定の縮小倍率（例えば 1 / 4）に縮小されてウェハ 112 上に結像し、マスク 111 上のパターンがウェハ 112 上に転写される。

10

【0049】

なお、本実施形態においては、ミラー 104 として上述の実施例の多層膜反射鏡が用いられているが、ミラー 115、116 及び反射型マスク 111 や、照明光学系 113 や投影光学系 114 に含まれるミラー等にも、露光装置 100 に含まれる任意の光学素子に上述の実施例の多層膜反射鏡を用いることができる。

【図面の簡単な説明】

20

【0050】

【図 1】本発明の一実施例に係る多層膜反射鏡が、E U V 露光装置の光源部に設置された状態を示す斜視図である。

【図 2】図 1 の多層膜反射鏡を示す図である。（A）多層膜反射鏡の反射面側の平面図である。（B）多層膜反射鏡の斜視図である。

【図 3】図 1 の多層膜反射鏡の模式的な断面図である。

【図 4】本発明の一実施例にかかる多層膜反射鏡の再生方法を示す図である。

【図 5】銀薄膜と多層膜の間にシリコン膜を成膜した多層膜反射鏡の一部を示す断面図である。

【図 6】本発明の一実施形態に係る露光装置を模式的に示す図である。

30

【符号の説明】

【0051】

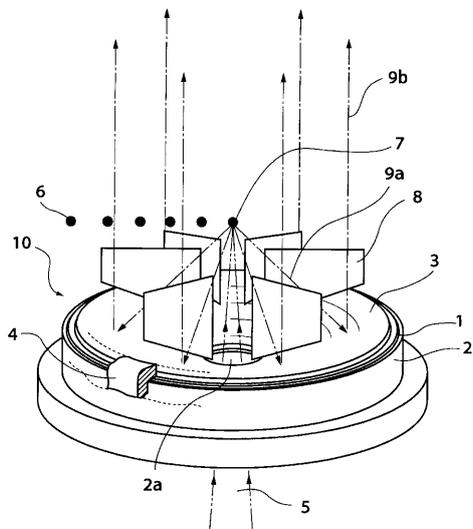
- 10 多層膜反射鏡
- 1 下地層（銀薄膜）
- 2 シリコン基板
- 2 a 開孔
- 3 Mo / Si 多層膜
- 4 ポリイミドテープ
- 5 励起パルスレーザー光
- 6 錫の微粒子
- 7 レーザープラズマ
- 8 散乱粒子捕獲板
- 9 a E U V 光
- 9 b 平行光束
- 30 基板洗浄槽
- 30 a 硝酸
- 100 露光装置
- 101 X 線発生装置
- 102 真空容器
- 103 標的材料

40

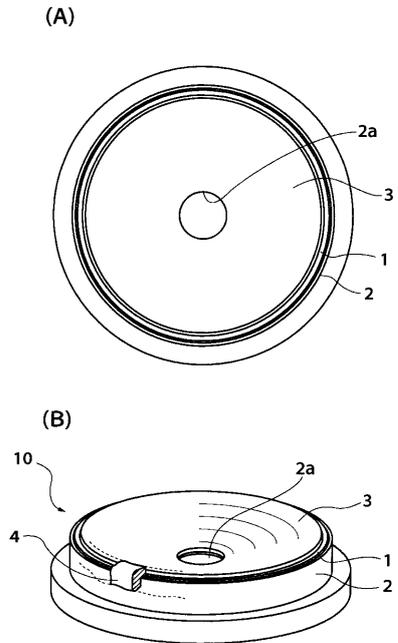
50

- 104 多層膜放物面ミラー
- 105 パルスレーザー光
- 106 レンズ
- 107 プラズマ
- 108 軟X線
- 109 フィルター
- 110 露光チャンバ
- 111 反射型マスク
- 112 ウェハ
- 113 照明光学系
- 114 投影光学系
- 115 多層膜反射鏡
- 116 光路折り曲げ反射鏡
- 117 マスクステージ
- 118 ウェハステージ

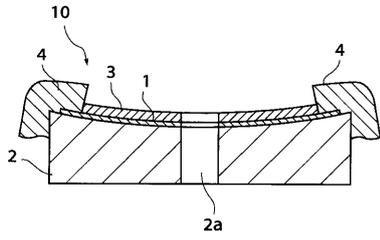
【図1】



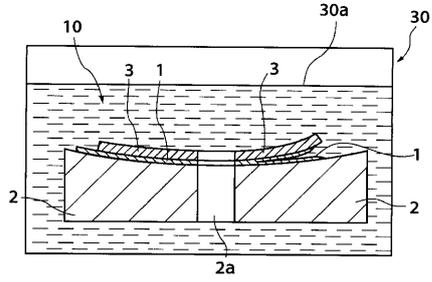
【図2】



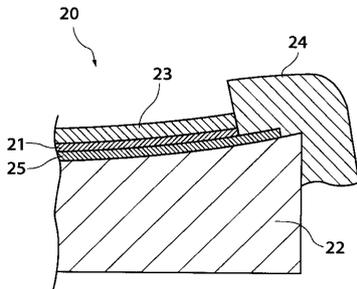
【 図 3 】



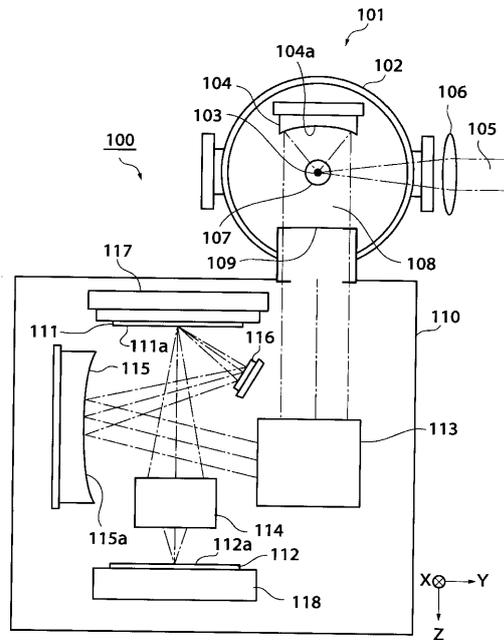
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

G 0 3 F	7/20	5 2 1
H 0 1 L	21/30	5 1 5 D
H 0 1 L	21/30	5 1 7
H 0 1 L	21/30	5 3 1 A