

(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2007-234822

(P2007-234822A)

(43) 公開日 平成19年9月13日(2007.9.13)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30	5 3 1 A	5 F O 4 6
G O 3 F	7/20	(2006.01)	G O 3 F	7/20	5 2 1	
			H O 1 L	21/30	5 1 7	

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2006-53804 (P2006-53804)
 (22) 出願日 平成18年2月28日 (2006.2.28)

(71) 出願人 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 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (72) 発明者 田邊 正幸
 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

最終頁に続く

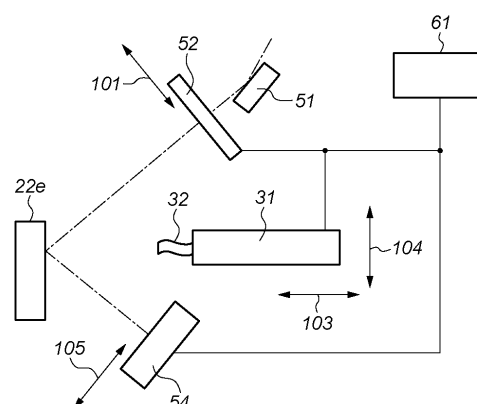
(54) 【発明の名称】 露光装置及びその制御方法並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 露光装置に光学素子のキャッピング層を補修する機能を設ける。

【解決手段】 露光装置2は、キャッピング層を有する光学素子22eが配置された容器2を備えていて、光学素子22eを使って基板を露光する。露光装置2は、キャッピング層を補修するための材料を容器2内に供給する供給部31と、光学素子22eに電磁波を提供する提供部とを備えている。電磁波によって材料に光化学反応を起こさせることによりキャッピング層上に層を成長させてキャッピング層を補修する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備えていて、前記光学素子を使って基板を露光する露光装置であって、

前記キャッピング層を補修するための材料を前記容器内に供給する供給部と、

前記光学素子に電磁波を提供する提供部と、

を備え、前記電磁波によって前記材料に光化学反応を起こさせることにより前記キャッピング層上に層を成長させて前記キャッピング層を補修することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

基板を露光する露光モードと、前記キャッピング層を補修する補修モードとを有し、前記補修モードにおいて、前記供給部が前記容器内に前記材料を供給するとともに前記提供部が前記光学素子に電磁波を提供することを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。 10

【請求項 3】

前記提供部は、前記光学素子に電磁波を照射する際の照射条件を調整する照射条件調整部を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記照射条件は、前記電磁波の波長、照射強度、照射領域の少なくとも 1 つに関することを特徴とする請求項 3 に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記供給部は、前記材料が前記光学素子に供給される際の供給条件を調整する供給条件調整部を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の露光装置。 20

【請求項 6】

前記供給条件は、前記供給口から噴射される前記材料が前記光学素子に供給される位置及び大きさ並びに前記材料の種類及び量の少なくとも 1 つに関することを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

【請求項 7】

前記キャッピング層の状態を計測する計測部と、

前記計測部による計測結果に基づいて前記キャッピング層の補修のための動作を制御する制御部と、

を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の露光装置。 30

【請求項 8】

前記制御部は、前記計測部による計測結果に基づいて前記キャッピング層の補修条件を決定することを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記制御部は、前記計測部による計測結果に基づいて前記キャッピング層の補修の完了を判断することを特徴とする請求項 7 又は 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】

前記電磁波は、基板を露光するための露光光を発生する光源が発生する光であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 11】

前記計測部は、計測光を使って前記キャッピング層の状態を計測するように構成され、前記電磁波及び前記計測光は、基板を露光するための露光光を発生する光源が発生する光であることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の露光装置。 40

【請求項 12】

前記光源は、EUV 光源であることを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記EUV光源は、波長が11nm以上かつ15nm以下の範囲内の光を発生することを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 14】

前記キャッピング層が炭素で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 13 のいずれか 1 項に記載の露光装置。

【請求項 15】

前記材料が炭素を含む物質であることを特徴とする請求項 14 に記載の露光装置。

【請求項 16】

前記容器内における前記炭素を含む物質のガス分圧が 1.5×10^{-8} Pa 以上かつ 1.0×10^{-2} Pa 以下の範囲内に制御されることを特徴とする請求項 15 に記載の露光装置。

【請求項 17】

キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備える露光装置の制御方法であって、 10

前記光学素子を使って基板を露光する露光工程と、

前記キャッピング層を補修するための材料を前記容器内に供給するとともに、前記光学素子に電磁波を提供し、前記電磁波によって前記材料に光化学反応を起こさせることにより前記キャッピング層上に層を成長させて前記キャッピング層を補修する補修工程と、を含むことを特徴とする露光装置の制御方法。

【請求項 18】

デバイス製造方法であって、

請求項 1 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて基板を露光する露光工程と 20

前記基板を現像する現像工程と、

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 19】

デバイス製造方法であって、

キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備えていて、前記光学素子を使って基板を露光する露光装置によって基板を露光する露光工程と、

前記基板を現像する現像工程と、

前記キャッピング層を補修するための材料を前記容器内に供給するとともに、前記光学素子に電磁波を提供し、前記電磁波によって前記材料に光化学反応を起こさせることにより前記キャッピング層上に層を成長させて前記キャッピング層を補修する補修工程と、 30

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備えた露光装置及びその制御方法並びにデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、半導体メモリや論理回路などの微細な半導体デバイスを製造するためのリソグラフィ方法として、紫外線を用いた縮小投影露光が行なわれてきた。しかし、現在、半導体 40

デバイスの高集積化が進むにつれ、従来の紫外光を用いた光リソグラフィでは実現不可能な最小線幅が 70 nm 以下の解像力を得る技術の開発が急務となっている。

【0003】

最近では、非常に微細な回路パターンをフォトレジストに転写するために、紫外線に代えて更に波長が短い波長 11 ~ 15 nm の EUV (Extreme Ultraviolet) 光を用いた光リソグラフィ技術が開発されている。この EUV リソグラフィ技術は、最小線幅が 70 nm 以下の解像度が得られる技術として期待されている。

【0004】

波長が 11 ~ 15 nm の EUV 領域では、全ての物質が強い吸収を持つため、紫外光を露光光とするリソグラフィのように屈折を利用した透過型光学素子を含む光学系は使えな 50

い。そこで、薄膜フィルターやミラーなどの反射型光学素子で構成される光学系が使用される。そのような反射型光学素子の表面には、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が形成される。多層膜は、例えば、精密な形状に研磨されたガラス基板の表面にモリブデン（Mo）とシリコン（Si）を交互に積層して構成されうる。その層の厚さは、例えば、Mo層の厚さは3 nm、Si層の厚さは4 nm程度である。

【0005】

ところで、波長11～15 nmのEUV領域の光は、大気中に存在するガス成分によっても吸収されて著しく減衰するため、露光装置内は露光光が減衰しない程度の真空度に保たれる。しかし、露光装置内の真空雰囲気中には、主に水や炭素系物質を含むガスが残留している。これらの残留ガスには、例えば、露光装置内部で使用されるケーブルなどの部材から発生するガスと、ウェハ上に塗布されたレジストから揮発するガスとが含まれる。

【0006】

これらの残留ガス成分は、露光装置内部で用いられる光学素子表面上への物理吸着とここからの脱離を繰り返す。光学素子表面上に吸着する時間は、物質により様々であり、短いもので数十ピコ秒、長いものでは数千秒に及ぶ。これらの残留ガス成分は、通常、物理吸着のみで光学素子表面上に化学結合したり、反応を起こしたりすることはない。

【0007】

しかし、光学素子にEUV光が照射されると、光学素子表面で二次電子が発生し、この二次電子により光学素子表面上に吸着した残留ガス成分が解離を起こす。特に水が物理吸着した場合には、解離によって生成した酸素ラジカルや水酸化ラジカルなどの活性物質が光学素子表面上で反応して、光学素子表面が酸化してしまう。

【0008】

光学素子表面が酸化されると、光学素子の性能が落ちて、スループットが低下してしまう。特にEUV露光装置においては、光学素子が反射型多層膜ミラーの場合、最上層が僅か数nm酸化するだけでも反射率の低下を招く。EUV露光装置においては、多層膜ミラーの反射率が1枚につき僅かに低下しただけでも露光装置のスループットに非常に大きな影響を与えてしまう。また、表面酸化が局所的に起こった場合には、照度ムラを生じるので、露光装置の像性能が劣化してしまう。

【0009】

表面酸化の防止については、多層膜ミラーの表面を被覆するキャッピング層を形成する方法が提案されている。キャッピング層の材料としては、より不活性な材料が選択されるべきである。例えば、ダイヤモンド様炭素、窒化ホウ素、炭化ホウ素、窒化ケイ素、炭化ケイ素、B、Pd、Ru、Rh、Au、MgF₂、LiF、C₂F₄、TiNを含む族、並びにそれらの化合物や合金などが有用である（特許文献1）。これらの耐性がある材料をキャッピング層に使用することで、酸化耐性を向上させることができる。

【特許文献1】特開2001-59901号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

表面酸化を防止するために、光学素子にキャッピング層を形成することは、光学素子の劣化を防止して光学素子寿命を延ばすために有効な手段である。しかし、光学素子の表面酸化の問題を半永久的に防止して、露光装置性能を維持することは非常に困難である。

【0011】

また、光学素子が一度酸化されてしまうと、元に戻すことができない。したがって、光学素子の寿命を延ばすためには、酸化を避けることが必須である。

【0012】

特に、キャッピング層が酸化によって減少する物質の場合には、下層の酸化も進行しやすくなってしまう。例えば、カーボン膜のキャッピング層の場合には、酸化されたカーボンは二酸化炭素や一酸化炭素等になるので、膜のカーボン量が減少する。カーボン膜の膜厚が減少したり疎なカーボン膜になったりすることで、カーボン膜に起因する光学特性が

変化するばかりでなく、下層の酸化も進行しやすくなってしまう。

【0013】

本発明は、上記の課題認識を契機としてなされたものであり、例えば、露光装置に光学素子のキャッピング層を補修する機能を設けることにより、光学素子の劣化を防止して光学素子の寿命を延ばすことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明の第1の側面は、キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備えていて前記光学素子を使って基板を露光する露光装置に係り、前記露光装置は、前記キャッピング層を補修するための材料を前記容器内に供給する供給部と、前記光学素子に電磁波を提供する提供部とを備える。前記露光装置は、前記電磁波によって前記材料に光化学反応を起こさせることにより前記キャッピング層上に層を成長させて前記キャッピング層を補修する。

10

【0015】

本発明の好適な実施形態によれば、前記露光装置は、基板を露光する露光モードと、前記キャッピング層を補修する補修モードとを有し、前記補修モードにおいて、前記供給部が前記容器内に前記材料を供給するとともに前記提供部が前記光学素子に電磁波を提供することが好ましい。

【0016】

本発明の好適な実施形態によれば、前記提供部は、前記光学素子に電磁波を照射する際の照射条件を調整する照射条件調整部を含むことが好ましい。前記照射条件は、例えば、前記電磁波の波長、照射強度、照射領域の少なくとも1つに関する。

20

【0017】

本発明の好適な実施形態によれば、前記供給部は、前記材料が前記光学素子に供給される際の供給条件を調整する供給条件調整部を含むことが好ましい。前記供給条件は、例えば、前記供給口から噴射される前記材料が前記光学素子に供給される位置及び大きさ並びに前記材料の種類及び量の少なくとも1つに関する。

【0018】

本発明の好適な実施形態によれば、前記露光装置は、前記キャッピング層の状態を計測する計測部と、前記計測部による計測結果に基づいて前記キャッピング層の補修のための動作を制御する制御部とを更に備えることが好ましい。

30

【0019】

本発明の好適な実施形態によれば、前記制御部は、前記計測部による計測結果に基づいて前記キャッピング層の補修条件を決定することが好ましい。

【0020】

本発明の好適な実施形態によれば、前記制御部は、例えば、前記計測部による計測結果に基づいて前記キャッピング層の補修の完了を判断する。

【0021】

本発明の好適な実施形態によれば、前記電磁波は、基板を露光するための露光光を発生する光源が発生する光でありうる。

40

【0022】

本発明の好適な実施形態によれば、前記計測部は、計測光を使って前記キャッピング層の状態を計測するように構成されうる。ここで、前記電磁波及び前記計測光は、基板を露光するための露光光を発生する光源が発生する光でありうる。

【0023】

本発明の好適な実施形態によれば、前記光源は、例えばEUV光源である。前記EUV光源は、波長が11nm以上かつ15nm以下の範囲内の光を発生しうる。

【0024】

本発明の好適な実施形態によれば、前記キャッピング層は、炭素で構成されうる。

【0025】

50

本発明の好適な実施形態によれば、前記材料は、炭素を含む物質でありうる。

【0026】

本発明の好適な実施形態によれば、前記容器内における前記炭素を含む物質のガス分圧が 1.5×10^{-8} Pa 以上かつ 1.0×10^{-2} Pa 以下の範囲内に制御されることが好ましい。

【0027】

本発明の第2の側面は、キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備える露光装置の制御方法に係り、前記光学素子を使って基板を露光する露光工程と、前記キャッピング層を補修するための材料を前記容器内に供給するとともに、前記光学素子に電磁波を提供し、前記電磁波によって前記材料に光化学反応を起こさせることにより前記キャッピング層上に層を成長させて前記キャッピング層を補修する補修工程とを含む。

10

【0028】

本発明の第3の側面は、デバイス製造方法に係り、前記製造方法は、上記のような露光装置を用いて基板を露光する露光工程と、前記基板を現像する現像工程とを含む。

【0029】

本発明の第4の側面は、デバイス製造方法に係り、前記製造方法は、キャッピング層を有する光学素子が配置された容器を備えていて、前記光学素子を使って基板を露光する露光装置によって基板を露光する露光工程と、前記基板を現像する現像工程と、前記キャッピング層を補修するための材料を前記容器内に供給するとともに、前記光学素子に電磁波を提供し、前記電磁波によって前記材料に光化学反応を起こさせることにより前記キャッピング層上に層を成長させて前記キャッピング層を補修する補修工程とを含む。

20

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、例えば、露光装置に光学素子のキャッピング層を補修する機能を設けることにより、光学素子の劣化を防止して光学素子の寿命を延ばすことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態を説明する。なお、図面中において同一の部材には、同一の参照番号が付されている。

【0032】

本発明の露光装置は、例えば、LSI、CCD等の半導体デバイス、LCD、磁気センサ、薄膜磁気ヘッドなどの製造過程において、感光剤が塗布された基板に原版のパターンを露光光によって転写することに好適である。

30

【0033】

本発明の好適な実施形態としての露光装置について説明する。図1は、本発明の好適な実施形態のEUV露光装置の全体構成を概略的かつ例示的に示す図である。EUV露光装置2は、キャッピング層を有する1又は複数の光学素子が配置された容器2を備えていて、該光学素子を使って基板を露光する。

【0034】

レーザー10から出射されたレーザー光は、集光レンズ12によって集光点に集光される。集光点では、レーザー光によってターゲットガスが励起されてプラズマスポット14が形成される。プラズマスポット14から放射されたEUV光は、照明光学系16によって、所望のパターンが形成された反射型レチクル（反射型原版）20に導かれる。その反射型レチクル20から反射したEUV光は、反射型光学素子22eで構成される投影光学系22を介して、レチクル20のパターンをウェハ（基板）26の感光剤に転写させる。レチクル20、ウェハ26は、それぞれ並進運動が可能なレチクルステージ18、ウェハステージ24上に固定されている。EUV露光装置では、露光光の波長が紫外線よりも短いため、より高い解像度が得られる。EUV光源としては、上記のようなレーザープラズマ光源以外にも、シンクロトロン放射光光源、放電プラズマ光源などを用いてもよい。

40

【0035】

50

レチクル 20、照明光学系 16、投影光学系 22 等の構成要素としての光学素子は、例えば E U V 光の波長領域において屈折率の異なる 2 つの物質を交互に積み重ねた多層膜がコーティングされて形成される。多層膜の構造としては、例えば、Mo と Si を 30 ~ 40 対ほど積層させ、最上層に炭素で構成されるキャッピング層を形成した構造を挙げることができる。

【0036】

露光装置 1 おいて、ウェハ 26、レチクル 20、照明投影系 16、投影光学系 22、レチクルステージ 18、ウェハステージ 26 などは、真空容器 2 内に配置されている。真空容器 2 は、大気等の外部環境雰囲気による E U V 光の減衰や光電子の散乱を防止するために、真空ポンプなどの排気ユニット 28 によって排気されている。排気ユニット 28 は、例えば、ターボ分子ポンプ又はイオンポンプを含みうる。

10

【0037】

レチクル 20、照明光学系 16、投影光学系 22 等の構成要素としての光学素子の表面に形成されたキャッピング層を補修するために、供給部 31 によって真空容器 2 内、好ましくは光学素子の表面近傍に炭素含有物質が供給される。

真空容器 2 内の炭素含有物質のガス分圧は、供給部 31 又は他の装置によって、例えば 1.5×10^{-8} Pa 以上 1.0×10^{-2} Pa 以下の範囲内で最適なガス分圧に制御される。

【0038】

供給部 31 によって真空容器 2 内に供給される炭素含有物質の量は、例えば差動排気を用いて真空容器 2 に導入される炭素含有物質の流量を制御することによって制御されうる。或いは、これに代えて他の手段を用いてもよい。真空容器 2 の雰囲気を構成している成分、すなわち真空中における残留ガス成分を四重極型質量分析計のような計測器によって計測することが望ましい。これにより、供給部 31 によって真空容器 2 内に供給される炭素含有物質の分圧を精確にかつ長時間にわたって安定に制御することができる。

20

【0039】

供給部 31 によって真空容器 2 内に導入された炭素含有物質は、光学素子の表面上への物理吸着とそこからの脱離とを繰り返す。炭素含有物質が一度の吸着で光学素子表面上に滞在する時間は、物質により様々であるが、短いもので数十ピコ秒、長いもので数千秒に及ぶ。一度の吸着で光学素子表面上に滞在する時間が数十ピコ秒というように短い物質は、E U V 光が光学素子に照射された際、光学素子表面に発生した二次電子によって解離を起こす確立が低く、カーボンとして光学素子表面上に付着しにくい。逆に、一度の吸着で光学素子表面上に滞在する時間が数千秒というように長い物質は、E U V 光が光学素子に照射された際、光学素子表面に発生した二次電子によって解離を起こす確立が高く、カーボンとして光学素子表面上に付着しやすい。すなわち、供給物質の種類と供給量を制御することによって、光学素子表面上のカーボン堆積速度を変えることもできる。したがって、真空容器 2 の炭素含有物質のガス分圧を制御することによって、光学素子表面上に堆積するカーボン量を容易に制御することができる。例えば、表面吸着時間が短い物質を選択し、分圧を制御することによって、より極薄いカーボン膜を制御よく形成することも可能である。

30

40

【0040】

この実施形態では、供給部 31 によって真空容器 2 内の炭素含有物質のガス分圧を常に光学素子上に極薄いカーボン膜が形成されている状態になるように制御する。光学素子上に堆積したカーボン膜は、厚ければ光学素子の反射率低下を招くが、極薄いカーボン膜では、露光装置で問題となるような光学素子の反射率低下は起こらない。光学素子表面上に形成された極薄いカーボン膜は、主に水による酸化によって消費されていく。カーボン膜が形成された光学素子表面上に水が物理吸着し、そこに E U V 光が照射されると水が解離し、活性物質を生成する。その活性物質とカーボンとが反応をおこし、一酸化炭素や二酸化炭素が生成されると言われている。したがって、カーボン堆積速度と堆積したカーボンの消費速度が光学素子上に極薄いカーボン膜が形成された状態で平衡を保つように炭素含

50

有物質のガス分圧を制御すればよい。

【0041】

ところで、炭素含有物質のガス分圧が 1.5×10^{-8} Pa 未満である場合は、真空容器 2 内において水の分圧が過多となり、光学素子表面上ではカーボン付着よりもカーボンの脱離や酸化が起こりやすい雰囲気条件となる。そのために、カーボンは堆積せずに光学素子表面が酸化によって消費されてしまう。前記のように、光学素子表面は一度酸化されるともとの状態に戻すことができないため、酸化は必ず避けなければならない。したがって、炭素含有物質のガス分圧は、 1.5×10^{-8} Pa 以上であることが望ましい。

【0042】

また、炭素含有物質のガス分圧が 1.0×10^{-2} Pa 以上になると、真空容器 2 内の光路中での炭素含有物質が非常に多くなり、EUV 光を吸収する量が無視出来なくなる。EUV 光が炭素含有物質に吸収されると、EUV 光の透過率が下がりスループットを下げてしまう。

【0043】

以下、キャッピング層の補修について更に詳細に説明する。図 2 は、キャッピング層の補修に関連する露光装置の制御手順を示すフローチャートである。この制御手順は、コントローラ 100 によって実行される。図 3 は、投影光学系 22 を構成する光学素子のキャッピング層を計測する計測システムの構成を模式的かつ例示的に示す図である。図 4 は、キャッピング層の補修を説明するための図である。

【0044】

露光装置は、露光モード及び補修モードを含む。或いは、露光装置の制御方法は、露光光定及び補修工程を含む。露光モード（露光工程）の終了後に、ステップ A において、光学素子 22 e のキャッピング層の状態を計測する。図 3 を参照しながら光学素子の状態の計測例を説明する。図 3 に示す例では、露光光を発生する EUV 光源から提供される EUV 光を計測光として使用する。計測の際、コントローラ 100 は、露光時には光路外に設置されていたミラー 51、アパーチャー 52、センサ 53 を不図示の駆動機構によって光路に移動させる。

【0045】

コントローラ 100 による制御の下で、ミラー 51 を並進及び／又は回転駆動しながらアパーチャー 52 を駆動することによって、投影光学系 22 の光学素子 22 e の表面を面積規制された光で走査することができる。ここで、例えば、アパーチャー 52 の矢印 101 のような移動に連動してセンサ 53 が矢印 102 のように移動するように、コントローラ 100 がミラー 51、アパーチャー 52、センサ 53 の動きを制御することができる。これにより、光学素子 22 e の各位置における反射率を計測することができる。

【0046】

ステップ B では、コントローラ 100 は、キャッピング層の補修条件を決定する。ここで、補修条件には、光学素子に電磁波（ここでは、EUV 光）を照射する照射条件及び／又は光学素子に補修用材料（炭素含有物質）を供給する際の供給条件が含まれる。コントローラ 100 は、例えば、ステップ A で計測された反射率データに基づいて、既知の反射率とキャッピング層の状態との関係を使って、光学素子 22 e の各位置で補充（堆積）すべきキャッピング層の量（厚さ）を算出する。そして、コントローラ 100 は、算出されたキャッピング層の量に基づいて、光学素子 22 e の各位置について、次のステップ C でキャッピング層補修を行う際の補修条件を決定する。

【0047】

電磁波の照射条件は、例えば、電磁波の照射強度、照射領域、照射時間に関する。補修用材料の供給条件は、例えば、供給口 32 の位置（光学素子に対する物質が供給される位置。）及び走査パターン、供給口 32 と光学素子との距離（光学素子に対して物質が供給される領域（大きさ）。）、供給口 32 から供給する材料の種類や物質供給量に関する。これにより、光学素子 22 e の各位置でキャッピング層を適切に補修することができる。

【0048】

10

20

30

40

50

ステップCでは、コントローラ100は、ステップBで決定された補修条件にしたがって光学素子22eのキャッピング層を補修する。図4に示す例では、キャッピング層を補修するための電磁波として、露光モード時とは照射強度及び照射領域の少なくとも一方が異なるEUV光をミラー51及びアパーチャー52によって光学素子22eに提供する。このEUV光は、露光光を発生するEUV光源からミラー51に送られてくる。ミラー51及びアパーチャー52は、コントローラ100によって制御される不図示の駆動機構によって駆動される。光学素子22eに形成されたキャッピング層の表面近傍には、供給部31によって炭素含有物質(補修用材料)が供給される。ミラー51及びアパーチャー52によって光学素子22eのキャッピング層に提供される電磁波によって炭素含有物質が光化学反応を起こす。これによってキャッピング層上に層が成長してキャッピング層が補修される。つまり、酸化等によって薄くなってゆくキャッピング層は、その膜厚減少分が補修モードによって補われて補修される。

10

【0049】

供給口32は、露光時には光路外に位置しており、キャッピング層の補修時はコントローラ100による制御の下で、矢印103のように不図示の駆動機構によって光学素子22eの近傍に移動する。キャッピング層の補修時には、例えば2軸方向(例えば、矢印103及び矢印104の方向)に不図示の駆動機構によって供給口32を移動させることで、光学素子22e上を補修用材料で走査することができる。つまり、供給部31や、供給部31の供給口32を駆動する駆動機構、更には、それらを制御するコントローラ100は、補修用材料が光学素子に供給される際の供給条件を調整する供給条件調整部を構成する。

20

【0050】

補修用材料に光化学反応を起こさせるためのEUV光の照射強度は、例えばレーザー10の出力を変えることによってEUV光源で調整することができる。また、ミラー51、アパーチャー52を制御することで照射強度を変動させることも可能である。照射領域については、コントローラ100がミラー51、アパーチャー52を移動させて光路を変えることによって照射すべき領域のみに光を照射することができる。このように照射領域を選択することによって、光学素子22eの各位置でのキャッピング層の減少量に応じて、キャッピング層を所望量だけ補充(堆積)することができる。つまり、EUV光源や、ミラー51及びアパーチャー52の駆動機構、更には、それらを制御するコントローラ100は、光学素子に電磁波を照射する際の照射条件を調整する照射条件調整部を構成する。

30

【0051】

なお、キャッピング層の補修のために用いる電磁波が、反射や散乱することによる露光装置への悪影響を防止するために、コントローラ100によってストッパー54の位置を制御することで、周囲に電磁波が反射や散乱することを防ぐ。ここで、光学素子22eの全面を走査するように供給口32、ミラー51及びアパーチャー52の位置・姿勢を制御しながら供給口32から炭素含有物質を供給することができる。電磁波の照射強度や照射領域、照射時間、又は供給口32の位置、走査パターン、更に供給口32から供給する物質の種類や物質供給量などの条件は、ステップBで求めた条件に従う。

【0052】

ステップDでは、ステップCのキャッピング層の補修が適切に行われたことを確認するために、キャッピング層を計測する。コントローラ100は、ステップAと同様に、光学素子22eのキャッピング層の状態を計測する。キャッピング層の補修が適切に行われたことが確認されると、ミラー51、アパーチャー52、センサ53などを通常露光時の位置に戻して露光が開始される。キャッピング層の補修が不適切である場合には、ステップBに戻る。

40

【0053】

なお、投影光学系20を構成する光学素子22eのキャッピング層を補修することを例として説明したが、本発明は、照明光学系16を構成する光学素子又は他の光学素子のキャッピング層の補修にも適用されうる。また、キャッピング層をカーボン層として、炭素含

50

有物質を供給する構成について記載したが、キャッピング層はこれに限定するものではなく、その他の物質によるキャッピング層に適用してもよい。

【 0 0 5 4 】

ステップ A とステップ D において、キャッピング層の計測を行う場合について記載したが、キャッピング層の減少具合が予見される場合は、ステップ A は省略しても構わない。また、キャッピング層の補修が安定して再現よく行われる場合においては、ステップ D による評価確認は、省略しても構わない。

【 0 0 5 5 】

次に、図 5 及び図 6 を参照して、上記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 5 は、デバイス（LSI や VLSI などの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサ、薄膜磁気ヘッドなど）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（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェ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ェ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。

【 0 0 5 6 】

図 6 は、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。ステップ 11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ 12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 13（電極形成）では、ウェ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、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ 15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ 16（露光）では、露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ここで、予定された露光ジョブが終了すると、露光モードから補修モードに切り替えられて、キャッピング層の補修がなされう。

【 0 0 5 7 】

ステップ 17（現像）では、露光したウェハを現像する。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ェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置の使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 5 8 】

【図 1】本発明の好適な実施形態の EUV 露光装置の全体構成を概略的かつ例示的に示す図である。

【図 2】キャッピング層の補修に関連する露光装置の制御手順を示すフローチャートである。

【図 3】投影光学系を構成する光学素子のキャッピング層を計測する計測システムの構成を模式的かつ例示的に示す図である。

【図 4】キャッピング層の補修を説明するための図である。

【図 5】デバイスの製造を説明するためのフローチャートである。

【図 6】図 5 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】

10

20

30

40

50

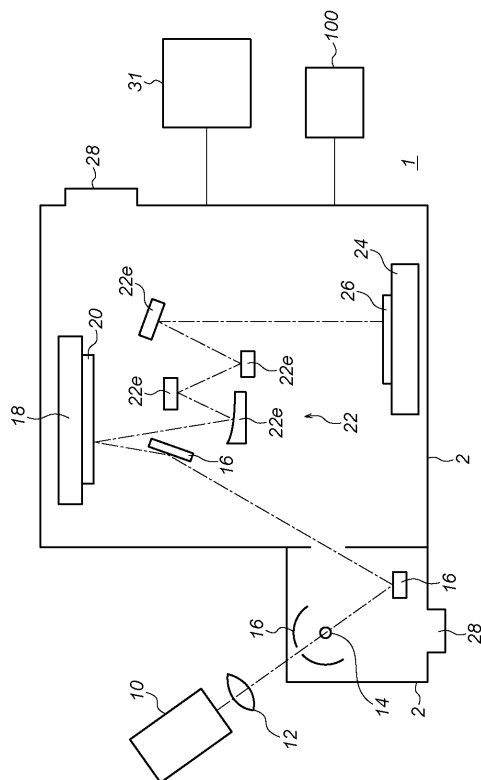
【 0 0 5 9 】

- 1 露光装置
- 2 真空容器
- 10 レーザー
- 12 集光レンズ
- 14 プラズマスポット
- 16 照明光学系
- 18 レチクルステージ
- 20 レチクル
- 22 投影光学系
- 22 e 光学素子
- 24 ウェハステージ
- 26 ウェハ
- 31 供給部
- 32 供給口
- 51 ミラー
- 52 アパーチャー
- 53 センサ
- 54 ストッパー
- 100 コントローラ

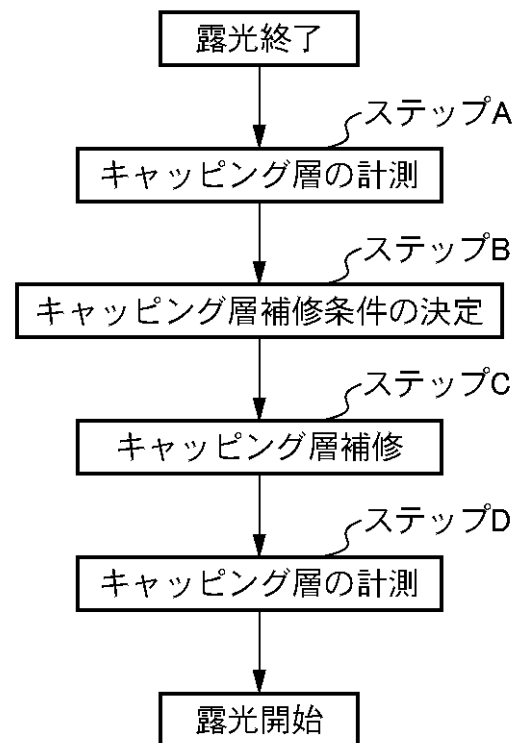
10

20

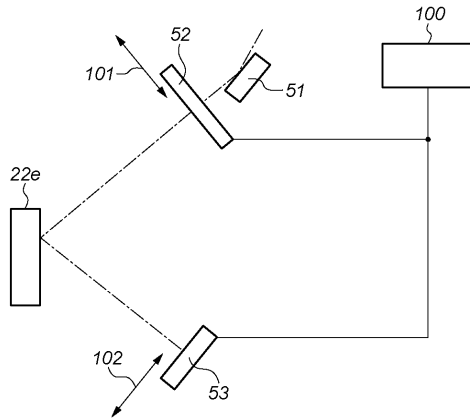
【 図 1 】



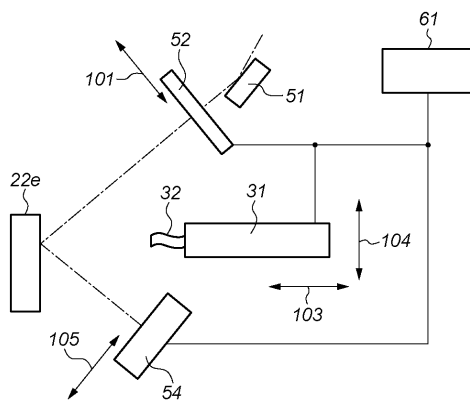
【 図 2 】



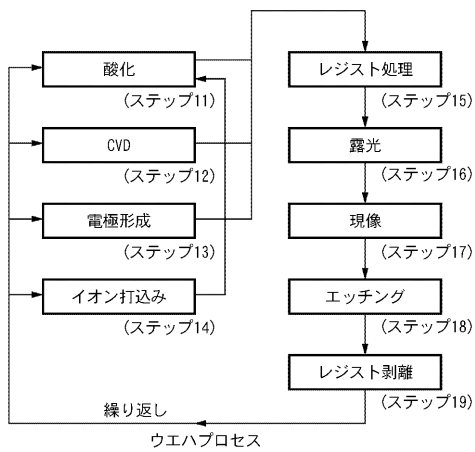
【図 3】



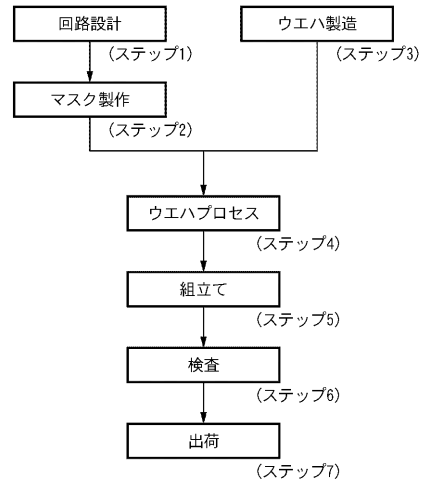
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 渡辺 豊
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 寺島 茂
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 兼平 美香
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
- Fターム(参考) 5F046 AA17 BA05 CA08 CB02 GA03 GB01