

(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2005-101537

(P2005-101537A)

(43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)

(51) Int.Cl.⁷H01L 21/027
G03F 7/20

F 1

H01L 21/30 531A
G03F 7/20 503
H01L 21/30 517

テーマコード(参考)

2H097
5FO46

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2004-211693 (P2004-211693)
 (22) 出願日 平成16年7月20日 (2004.7.20)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-209519 (P2003-209519)
 (32) 優先日 平成15年8月29日 (2003.8.29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100090538
 弁理士 西山 恵三
 (74) 代理人 100096965
 弁理士 内尾 裕一
 (72) 発明者 長谷川 敬恭
 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) 2H097 AA02 CA15 GB04 LA10
 5F046 BA05 GA03 GA07 GB00

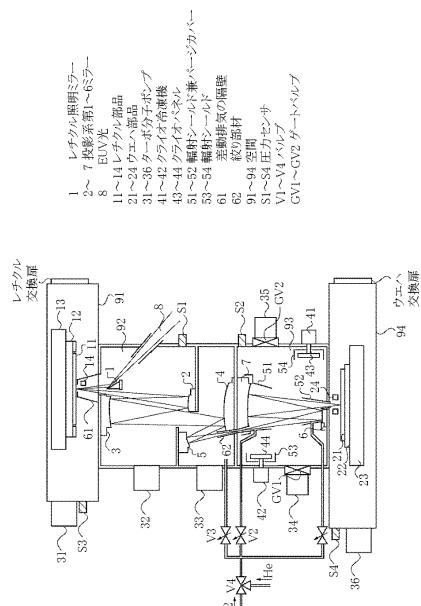
(54) 【発明の名称】露光装置及びそれを用いたデバイスの製造方法

(57) 【要約】

【課題】 E UV光を用いる露光装置においては、露光装置の部品から出るアウトガスや、ウエハを露光する際に生じるレジストが気化したガス等により、ミラーが汚染され、ミラーの反射率が低下する恐れがあった。

【解決手段】 露光装置であって、ミラーに付着してミラーの反射率の低下の原因となる可能性のある汚染物質をコールドトラップで吸着すると共に、そのコールドトラップによってミラー等が過度に冷却されないように輻射シールド部材を設けたことを特徴としている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

EUV光を用いてレチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルからの光を被露光体に導く複数の反射光学素子で構成された投影光学系と、前記レチクルから前記被露光体に至る光路を囲むチャンバとを有する露光装置において、前記チャンバ内にコールドトラップと、前記コールドトラップが所定の部材を輻射冷却するのを防止する輻射シールド部材とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記所定の部材が前記反射光学素子であ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】

前記所定の部材が前記チャンバであることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 4】

前記所定の部材が前記被露光体、前記レチクル及びそれらを搭載するステージの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 5】

前記輻射シールド部材が、前記反射光学素子または前記コールドトラップを囲むように設けられていることを特徴とする請求項 2 乃至 4 に記載の露光装置。

20

【請求項 6】

前記コールドトラップが配置された空間にガスを供給するガス供給器を有することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の露光装置。

【請求項 7】

前記輻射シールド部材で囲まれた空間にガスを供給するガス供給器を有することを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

30

【請求項 8】

前記輻射シールド部材によって囲まれた空間からガスを排気するガス排出器を有することを特徴とする請求項 6 乃至 7 に記載の露光装置。

【請求項 9】

前記ガス供給器により供給されるガスは不活性ガスであることを特徴とする請求項 6 乃至 7 に記載の露光装置。

30

【請求項 10】

前記チャンバが、前記EUV光の光路に沿って前記レチクル側から順に、レチクル側チャンバと、該レチクル側チャンバとガス及び光の行き来が可能なウエハ側チャンバとを有しており、前記コールドトラップが前記ウエハ側チャンバ内に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

【請求項 11】

前記ウエハ側チャンバの露光光が通過する開口部に、開口を有するコールドトラップが配置されていることを特徴とする請求項 10 に記載の露光装置。

【請求項 12】

前記ウエハ側チャンバ内の圧力を P_{ow} とし、前記ステージを囲む空間の圧力を P_w とした時、

$$P_{ow} > P_w$$

の関係を満たしつつ、コールドトラップを再生することを特徴とする請求項 10 に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記チャンバ内のガスを排気するガス排出器と、前記チャンバ内に存在する反射光学素子に対し、もしくは該反射光学素子を囲む空間内にガスを供給するガス供給器とを有し、前記コールドトラップの再生時には、前記ガス排出器と前記ガス供給器とを同時に稼動することを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれかに記載の露光装置。

40

【請求項 14】

50

前記輻射シールド部材または前記コールドトラップの少なくともどちらか一方の温度制御を行うことを特徴とする請求項1乃至13のいずれかに記載の露光装置。

【請求項15】

前記光学素子の温度を測定する手段を有し、前記温度測定手段により得られた結果を基に前記光学素子の温度を一定範囲内に制御す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】

少なくとも2個以上の輻射シールド部材を有し、少なくとも2種類以上の温度設定を行うことを特徴とする請求項14または15に記載の露光装置。

【請求項17】

請求項1乃至16のいずれか記載の露光装置を用いて被露光体を露光する工程と、前記露光された被露光体を現像する工程とを有することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は微細な回路パターンを転写するための露光装置に関するものである。

【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素子を製造するための焼き付け(リソグラフィー)方法として、紫外線を用いた縮小投影露光が行われてきた。

【0003】

縮小投影露光で転写できる最小の寸法は転写に用いる光の波長に比例し、投影光学系の開口数に反比例する。このため微細な回路パターンを転写するため露光光の短波長化が進められ、水銀ランプ*i*線(波長365nm)、KrFエキシマレーザー(波長248nm)、ArFエキシマレーザー(波長193nm)と用いられる紫外光の波長は短くなってきた。

【0004】

しかし半導体素子は急速に微細化しており、上述のような紫外光を用いたリソグラフィーでは限界がある。そこで0.1μmを下回るような非常に微細な回路パターンを効率よく焼き付けるために、上述の紫外光よりも更に短い波長である10~15nm程度の波長の極端紫外光(EUV光)を用いた縮小投影露光装置が開発されている。

【0005】

EUV波長領域の光に対しては物質による吸収が非常に大きくなるので、可視光領域や上述のような紫外光の波長領域で用いられるような光の屈折を利用したレンズ光学系は実用的ではなく、反射光学系が用いられる。またレチクルに関してもミラーの上に吸収体によって転写すべきパターンを形成した反射型レチクルが用いられている。

【0006】

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、多層膜ミラーと斜入射全反射ミラーがある。EUV波長領域の光に対するミラー材料の屈折率の実部は1より僅かに小さいので、ミラー表面で全反射を起こすためにはミラーの反射面に対して小さな角度でEUV光を入射させなければならない。通常、反射面から測って数度以内の斜入射では数十%以上の高い反射率が得られる。しかし光学設計上の自由度が小さいため、全反射ミラーを投影光学系に用いることは難しい。

【0007】

直角入射に近い入射角でEUV光を入射させるEUV光用のミラーとしては、反射面に光学定数の異なる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。精密な面形状に研磨されたガラス基板の表面にモリブデンとシリコンを交互に積層する。その層の厚さは、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。

10

20

30

40

50

【0008】

このような多層膜ミラーに E U V 光を入射すると、特定の波長の E U V 光が反射される。

【0009】

入射角を θ 、 E U V 光の波長を λ 、膜周期を d とすると近似的にはプラッグの式 $2 \times d \times \sin \theta = \lambda$ の関係を満足するような θ を中心とした狭いバンド幅の E U V 光だけが効率よく反射される。このときのバンド幅は $0.6 \sim 1 \text{ nm}$ 程度である。

【0010】

多層膜ミラーの E U V 光に対する反射率は高くても 0.7 程度であり、各多層膜ミラーでの光量損失がかなり大きい。この多層膜ミラーで反射されなかつた光は、多層膜に或いは多層膜ミラーの基板に吸収されて、そのエネルギーの大部分が熱になる。さらに、この熱のせいで多層膜ミラーが膨張したり、変形したりすることで、光学系全体の性能を劣化させてしまう恐れがある。

10

【0011】

そこで、広い露光領域をできるだけ少ない枚数のミラーで露光するために、レチクル（原版）とウエハ（被露光体）とを同時に走査して、レチクル上のパターンをウエハに投影露光することが考えられた。例えば図 8 に、このような走査型露光装置（所謂スキャナ）の構成を示す。この走査型露光装置は、E U V 光源、照明光学系、反射型レチクル、投影光学系、レチクルステージ、ウエハステージ、アライメント光学系、真空系などで構成される。

20

【0012】

E U V 光源は、たとえばレーザープラズマ光源が用いられる。これは真空容器外に置かれたターゲット供給装置により供給されたターゲット材に高強度のパルスレーザー光を照射し、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 nm 程度の E U V 光を利用するものである。ターゲット材としては、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等の手段で真空容器内に供給される。放射される E U V 光の平均強度を高くするためにはパルスレーザー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。

30

【0013】

照明光学系は、複数の多層膜または斜入射ミラーとオプティカルインテグレータ等から構成される。初段の集光ミラーはレーザープラズマからほぼ等方的に放射される E U V 光を集め役割を果たす。オプティカルインテグレータはレチクルを均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。また照明光学系のレチクルと共に位置にはレチクル面で照明される領域を円弧状に限定するためのアバーチャが設けられる。

30

【0014】

投影光学系は複数のミラーを用いている。ミラー枚数は少ない方が E U V 光の利用効率が高いが、収差補正が難しくなる。収差補正に必要なミラー枚数は 4 枚から 6 枚程度である。ミラーの反射面の形状は凸面または凹面の球面または非球面である。開口数 $N A$ は $0.1 \sim 0.2$ 程度である。

40

【0015】

ミラーは低膨張率ガラスやシリコンカーバイド等の剛性・硬度が高く、熱膨張率が小さい材料からなる基板を、研削・研磨して所定の反射面形状を創生した後、反射面にモリブデン／シリコンなどの多層膜を成膜したものである。ミラー面内の場所によって入射角が一定でない場合、前述のプラッグの式から明らかのように、膜周期一定の多層膜では場所によって反射率が高くなる E U V 光の波長がずれてしまう。そこでミラー面内で同一の波長の E U V 光が効率よく反射されるように膜周期分布を持たせることが必要である。

【0016】

レチクルステージとウエハステージ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。ここでレチクル又はウエハ面内で走査方向を X 、それに垂直な方向を Y 、レチクル又はウエハ面に垂直な方向を Z とする。

50

【0017】

レチクルは、レチクルステージ上のレチクルチャックに保持される。レチクルステージはX方向に高速移動する機構をもつ。また、X方向、Y方向、Z方向、および各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、レチクル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。

【0018】

ウエハはウエハチャックによってウエハステージに保持される。ウエハステージはレチクルステージと同様にX方向に高速移動する機構をもつ。また、X方向、Y方向、Z方向、および各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、ウエハ位置決めができるようになっている。ウエハステージ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。

【0019】

アライメント検出機構によってレチクルの位置と投影光学系の光軸との位置関係、およびウエハの位置と投影光学系の光軸との位置関係が計測され、レチクルの投影像がウエハの所定の位置に一致するようにレチクルステージおよびウエハステージの位置と角度が設定される。

【0020】

また、フォーカス位置検出機構によってウエハ面でZ方向のフォーカス位置が計測され、ウエハステージの位置及び角度を制御することによって、露光中は常時ウエハ面を投影光学系による結像位置に保つ。

【0021】

ウエハ上で1回のスキャン露光が終わると、ウエハステージは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及びウエハステージ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。

【0022】

このようにして、レチクルの縮小投影像がとウエハ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、ウエハ全面にレチクルの転写パターンが転写される。EUV光はガスによって強く吸収される。たとえば、空気が10Paに満たされた空間内を波長13nmのEUV光が1m伝播した場合、そのEUV光の透過率は約50%程度である。同じように10Paで以下の気体で満した空間をEUV光が1m伝播した場合の透過率は、比較的透過率の高いガスであるヘリウムで約88%、アルゴンで約71%、水素で約98%である。ガスによる吸収を避けるためには、透過率の高いヘリウムなどのガスで置換し、EUV光が伝播する大部分の空間で少なくとも 10^{-1} Pa以下、望ましくは 10^{-3} Pa以下の圧力かつ酸素、水などの透過率の低いガスの分圧をできる限り低く保たれている必要がある。

【0023】

またEUV光が照射される光学素子が置かれた空間に炭化水素などの炭素を含む分子が残留していた場合、光照射によって光学素子表面に炭素が次第に付着し、これがEUV光を吸収するために反射率が低下してしまうという問題がある。この炭素付着を防止するためにはEUV光が照射される光学素子が置かれた空間の炭素を含む分子の分圧は少なくとも 10^{-4} Pa以下、望ましくは 10^{-6} Pa以下の圧力に保たれている必要があると考えられている。

【0024】

しかしながら、露光装置は、感光剤であるレジストが塗布された半導体ウエハを露光装置外部から搬入し、その半導体ウエハ及びレチクルを互いに走査しながらレチクルの情報を転写し、搬出するという行為を繰り返す。すなわち、露光装置は駆動機構を数多く含んでおり、摩擦等によってミラーの透過率低下の原因となるアウトガスが発生する可能性がある。

【0025】

10

20

30

40

50

また、ウエハステージは走査露光を行うための移動機構やウエハを搬送する機構など駆動機構を持っているため表面積が非常に大きい。このような表面積が大きな部品からのアウトガスはなかなか無くならないため、露光空間内の高真空化がむずかしい。

【0026】

更に、ウエハに塗布されたレジストは露光前に加熱ベーキングされているとはいえ有機物であり、これを真空中に持ち込むとレジストからそれを構成している有機物やその分解された物質である炭素化合物などが発生し、真空にされている装置内に拡散することになる。また、ウエハは大気中から露光装置中へ搬入されてくるが、このウエハの搬入に伴いウエハに付着している水分を含む空気成分を短時間の内になくすることは難しく、真空中において徐々に脱離拡散して行く。これらウエハやレジストからのアウトガスによって、前述したような高真空状態に維持することが非常に困難となる。

【0027】

その場合、大容量の排気ポンプなどを用いて高真空にすることは可能であるが、問題はその成分であり、前述のように炭素を含む分子や水分が露光装置内の特にミラー・レチクルの設置された空間に拡散することは避けなければならない。

【0028】

ウエハ等からのアウトガスからミラーを守るための対策として、特開2000-058443号公報では、レチクルとウエハとの間に介在するミラーを囲む介在空間を設け、その介在空間からウエハへの光の出口に設けられた、円錐形状の開口部の側面に、ウエハに向けてEUV光を実質的に吸収しないガス（水素やアルゴンやクリプトン）を噴出させている。

【特許文献1】特開2000-058443号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0029】

しかしながら、所望の抑止効果を得るためにには開口部内の圧力を5Pa～10Pa程度まで上げる必要があり、開口面積もウエハ面に向かって小さくなっていることから、供給したガスの大部分は投影光学系に放出され、投影光学系が収納される空間の圧力が上昇し、EUV光の透過率が減少するために、スループットを落とす原因となっていた。

【課題を解決するための手段】

【0030】

この問題点を解決するために、本発明において以下の手段を用いる。

【0031】

本発明の露光装置は、EUV光を用いてレチクルを照明する照明光学系と、前記レチクルからの光を被露光体に導く複数の反射光学素子で構成された投影光学系と、前記レチクルから前記被露光体に至る光路を囲むチャンバとを有する露光装置であって、前記チャンバ内に、コールドトラップと、前記コールドトラップが所定の部材を輻射冷却するのを防止する輻射シールド部材とを配置したことを特徴としている。ここで、前記雰囲気は、中真空中から超高真空中の範囲内であるのが好ましい。また、該雰囲気の気圧は 10^{-3} Paから 10^{-8} Paの間、より好ましくは 10^{-4} Paから 10^{-7} Paの間であるのが好ましい。

【0032】

また、前記露光装置が複数の反射光学素子を有しており、前記所定の部材が前記複数の反射光学素子の1つを含むように構成すると好ましい。ここで、前記輻射シールド部材が、前記反射光学素子または前記コールドトラップを囲むように設けられていることが好ましい。

【0033】

また、前記露光装置が光源から被露光体に至る光路を囲うチャンバを有しており、前記所定の部材が該チャンバを含むように構成すると良い。

【0034】

10

20

30

40

50

また、前記所定の部材が前記被露光体、前記レチクル及びそれらを搭載するステージの少なくとも1つを含むように構成すると良い。

【0035】

ここで、前記コールドトラップが前記チャンバ、前記被露光体、前記レチクル及びそれらを搭載するステージの少なくとも1つを輻射冷却するのを防止する輻射シールド部材を配置すると良い。

【0036】

また、前記コールドトラップが配置された空間に、ガスを供給するガス供給手段を有するように構成すると良い。ここで、前記ガス供給手段により供給されるガスはアルゴン、ヘリウム、窒素などの不活性ガスであることが好ましい。

10

【0037】

また、前記輻射シールド部材によって囲まれた空間に、不活性ガスを供給するガス供給手段を有するように構成すると良い。

【0038】

また、前記チャンバが、前記EUV光の光路に沿って前記被露光体側から順に、ウエハ側チャンバと、該ウエハ側チャンバとガス及び光の行き来が可能なレチクル側チャンバとを有しており、前記コールドトラップが前記ウエハ側チャンバ内に配置されていることが望ましい。ここで、前記ウエハ側チャンバに、不活性ガスを供給するガス供給装置を有するように構成すると良い。

20

【0039】

ここで、前記レチクル側チャンバ内の圧力を P_{or} とし、前記ウエハ側チャンバ内の圧力を P_{ow} とし、前記ステージを囲む空間の圧力を P_w とした時、

$$P_{ow} = P_w, P_{or}$$

の関係を満たしつつ露光するようにすると良い。ここで、以下の関係を満たしつつ露光すると良い。

$$P_w < P_{or}$$

さらに、前記ウエハ側チャンバから前記被露光体に至る露光光の開口部に、開口を有するコールドトラップが配置されていることが好ましい。

【0040】

また、前記レチクル側チャンバ内の圧力を P_{or} とし、前記ウエハ側チャンバ内の圧力を P_{ow} とし、前記ステージを囲む空間の圧力を P_w とした時、

30

$$P_{or} > P_{ow}, P_w$$

の関係を満たしつつ、コールドトラップを再生するようにすると良い。ここで、以下の関係を満たしつつ前記コールドトラップを再生するように構成すると良い。

$$P_{ow} > P_w$$

ここで、前記ウエハ側空間内の雰囲気を排気する排気手段と、前記ウエハ側空間内に存在する反射光学素子に、もしくは該反射光学素子を囲む空間内にガスを供給するガス供給手段とを有し、前記コールドトラップ再生時には、前記排気手段と前記ガス供給手段とを同時に稼動するように構成すると良い。

40

【0041】

また、前記ウエハ側空間の圧力が、前記コールドトラップの再生時には $1 \sim 100 \text{ Pa}$ であることが好ましい。

【0042】

また、前記ウエハ側空間の圧力が、露光時には $0.1 \sim 10 \text{ Pa}$ であることが好ましい。

【0043】

また、前記輻射シールド部材または前記コールドトラップの少なくともどちらか一方の温度制御をヒータなどの発熱機構で行うことが好ましい。

【0044】

また、前記光学素子の温度を測定する手段を有し、前記温度測定手段により得られた結

50

果を基に前記光学素子の温度を一定範囲内に制御することが好ましい。

【0045】

また、前記コールドトラップがクライオパネルであることが望ましい。また、前記レチクル側空間及び前記ウエハ側空間それぞれの空間から選択的に排気可能な排気手段を有するように構成すると良い。さらには、この両空間に選択的に不活性ガスを供給することができるガス供給手段を有するように構成すると良い。

【0046】

また、本発明のデバイスの製造方法は、前述の露光装置を用いて被露光体を露光する工程と、前記露光された被露光体を現像する工程とを有することを特徴としている。

【発明の効果】

【0047】

極端紫外光を用いた露光装置において、クライオパネル等のコールドトラップを用いることによって、コンタミネーションがミラー等の光学素子に付着するのを抑制することができる。また、コールドトラップと光学素子の間に輻射シールド部材を設けることによって、光学部材を輻射冷却するのを防止することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0048】

EUV光などを用いて真空中で露光を行う露光装置において、クライオパネルなどによるコールドトラップ及び輻射シールド、及び、ガス供給手段を有し、融点の低いヘリウムなどのガスはクライオパネルなどに吸着されることなくウエハステージ空間に流れ出し、ウエハ面やステージ空間から発生した脱ガスなどを抑制する。そのうちの拡散によって光路空間に進入した脱ガスなどの炭素化合物に関してはクライオパネルにより吸着することにより、その分圧を低く保つことが可能である。この場合、ガスによる抑制のみの場合と比較し、より高いEUV光透過率を維持することができスループットを向上することができる。また、ガスの消費量を抑えることが可能になる。

【0049】

ここで、EUV光が通る光路空間の雰囲気は、中真空から超高真空の範囲内であるのが好ましい。また、この雰囲気の気圧は 10^{-3} Paから 10^{-8} Paの間、より好ましくは 10^{-4} Paから 10^{-7} Paの間であるのが好ましい。

【0050】

また、前記輻射シールドがミラーを取り囲むように空間を構成することで、クライオパネルによるミラーの輻射冷却を抑えると共に、前記輻射シールドとミラーで囲まれた空間に前記ガスを供給することで、ミラー近傍のガス濃度を高めることができ、炭素化合物のミラーへの付着を更に抑えることが可能である。

【0051】

また、光路空間とステージ空間との間に露光光を通過するための開口を有すると共に、差圧を生じさせることができ隔壁を有し、且つ、光路空間内で差圧を発生させ、露光光を通過するための開口を有する絞り部材を有し、前記絞り部材からレチクルまでの空間(以下、S_{or})内の圧力をP_{or}とし、前記絞り部材からウエハまでの空間(以下、S_ow)内の圧力をP_{ow}とし、ウエハステージ空間の圧力をP_wとした時、

$$P_{ow} = P_w, P_{or}$$

の関係を満たしつつ露光することで、圧力の高くなっている空間を限定でき、高いEUV光透過率を維持することができるため、スループットを向上することができる。また、空間S_{or}に流れ出すガスの量を減らすことができるため、ガスの消費量を抑えることが可能になる。

【0052】

また、ウエハ面上の露光光照射領域上部に露光光を通過するための開口を有するクライオパネルを配置し、前記クライオパネルを露光光を通過するための開口を有する輻射シールドで覆うことで、ウエハ近傍から発生し、光路空間に進入するアウトガスの軌道をガスで曲げると共に、前記クライオパネルで排気することができるために、より低い圧力で、

10

20

30

40

50

炭素化合物のミラーへの付着を抑えることが可能になる。そのため、不活性ガスの消費量を抑えることが可能になると共に高い透過率を得ることができるために、スループットを向上することが可能になる。

【0053】

また、前記空間 S_or にガス供給手段を有し、前記クライオパネルの再生時には空間 S_or にガスを供給し、

$$P_{o r} > P_{o w}, P_w$$

の関係を満たすことで、クライオパネルの再生時に放出される吸着されていた炭素化合物などの分子が空間 S_or に進入するのを抑制することが可能になる。

【0054】

また、前記空間 S_or にガス供給手段を有し、空間 S_or にガスを供給し、

$$P_{o w} > P_w$$

の関係を満たしつつ、クライオパネルを再生することで、ステージ空間から発生するアウトガスの S_ow への進入を更に抑えることが可能である。

【0055】

前記空間 S_ow はゲートバルブを介して前記冷凍機以外の排気手段を有し、露光時には前記ゲートバルブを閉じ、クライオパネル再生時には、ゲートバルブを開けると共に、前記ガス供給手段は前記空間 S_ow に存在するミラーにガスを吹き付けることで、ミラー表面近傍でのクライオパネルの再生時に放出されるガスの分圧を下げる事が可能になる。

【0056】

また、前記供給されるガスはアルゴン、ヘリウム、窒素などの不活性ガスを使用することが好ましい。特に、露光中に供給する不活性ガスは E U V 光に対し透過率の高いガスである必要があるので、ヘリウムであることが好ましい。

【0057】

また、ガスを供給する際の空間圧力をウエハ露光時には 0.1 ~ 10 Pa 程度、クライオパネルの再生時には 1 ~ 100 Pa 程度に制御することで、所望の抑制効果を得ることが可能になる。

【0058】

以下で具体的な実施例について述べる。

【0059】

(実施例 1)

図 1 に本発明の実施例 1 を示す。

【0060】

図 1 において、8 は E U V 光、1 はレチクル照明ミラー、2 は投影系第 1 ミラー、3 は投影系第 2 ミラー、4 は投影系第 3 ミラー、5 は投影系第 4 ミラー、6 は投影系第 5 ミラー、7 は投影系第 6 ミラー、11 は反射型レチクル、12 はレチクル保持装置、13 はレチクルステージ、14 はレチクルアライメント光学系、21 はウエハ、22 はウエハチャック、23 はウエハステージ、24 はウエハアライメント光学系を示す。

【0061】

E U V 光源には、不図示のレーザープラズマ光源が用いられる。これは真空容器外に置かれたターゲット供給装置により供給されたターゲット材に励起用パルスレーザーから発生する高強度のパルスレーザー光を照射し、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 nm 程度の E U V 光を利用するものである。ターゲット材としては、金属薄膜、不活性ガス、液滴などが用いられ、ガスジェット等の手段で真空容器内に供給される。放射される E U V 光の平均強度を高くするためにはパルスレーザー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。

【0062】

不図示の照明光学系は、複数の多層膜または斜入射ミラーとオプティカルインテグレータ等から構成され、レチクルを均一に所定の開口数で照明する。

【0063】

10

20

30

40

50

投影光学系は複数のミラーを用いている。ミラー枚数は少ない方が E U V 光の利用効率が高いが、収差補正が難しくなる。収差補正に必要なミラー枚数は 4 枚から 6 枚程度である。ミラーの反射面の形状は凸面または凹面の球面または非球面である。開口数 N A は 0.1 ~ 0.2 程度である。

【 0 0 6 4 】

ミラーは低膨張率ガラスやシリコンカーバイド等の剛性・硬度が高く、熱膨張率が小さい材料からなる基板を、研削・研磨して所定の反射面形状を創生した後、反射面にモリブデン／シリコンなどの多層膜を成膜したものである。

【 0 0 6 5 】

レチクルステージ 1 3 とウエハステージ 2 3 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。ここでレチクル又はウエハ面内で走査方向を X、それに垂直な方向を Y、レチクル又はウエハ面に垂直な方向を Z とする。

【 0 0 6 6 】

レチクル 1 1 は、レチクルステージ 1 3 上のレチクルチャック 1 2 に保持される。レチクルステージ 1 3 は X 方向に高速移動する機構をもつ。また、X 方向、Y 方向、Z 方向、および各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、レチクル 1 1 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 1 3 の位置と姿勢は不図示の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。

【 0 0 6 7 】

ウエハ 2 1 はウエハチャック 2 2 によってウエハステージ 2 3 に保持される。ウエハステージ 2 3 はレチクルステージ 1 3 と同様に X 方向に高速移動する機構をもつ。また、X 方向、Y 方向、Z 方向、および各軸の回りの回転方向に微動機構をもち、ウエハ 2 1 の位置決めができるようになっている。ウエハステージ 2 3 の位置と姿勢は不図示の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。

【 0 0 6 8 】

アライメント検出機構 1 4 によってレチクルの位置と投影光学系の光軸との位置関係、およびウエハの位置と投影光学系の光軸との位置関係が計測され、レチクルの投影像がウエハの所定の位置に一致するようにレチクルステージ 1 3 およびウエハステージ 2 3 の位置と角度が設定される。

【 0 0 6 9 】

また、フォーカス位置検出機構 2 4 によってウエハ面で Z 方向のフォーカス位置が計測され、ウエハステージの位置及び角度を制御することによって、露光中は常時ウエハ面を投影光学系による結像位置に保つ。

【 0 0 7 0 】

ウエハ 2 1 上で 1 回のスキャン露光が終わると、ウエハステージ 2 3 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 1 3 及びウエハステージ 2 3 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。

【 0 0 7 1 】

このようにして、レチクルの縮小投影像がウエハ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、ウエハ全面にレチクルの転写パターンが転写される。

【 0 0 7 2 】

ここで、露光装置内は露光光を通過するための開口を有する隔壁や絞りなどを使用し、空間的に差圧を生じさせることが可能な構成になっている。

【 0 0 7 3 】

（レチクルステージと第 1 光路空間）

まず、レチクル及びレチクルステージを囲むレチクルステージ空間 9 1 と投影光学系の第 1 ~ 3 ミラーを囲む第 1 光路空間 9 2 との間には、遮蔽部材（隔壁）6 1 を設けている。この隔壁は、レチクルを照明する照明光やレチクルから出射する露光光やアライメント光を通過するための開口を有している。ここで、レチクルステージ空間 9 1 と第 1 光路空

10

20

30

40

50

間 9 2 の間の、ガスの行き来が可能な隙間（実施例では、遮蔽部材とレチクル面との間の隙間が 1 mm 以下になるようにしている）を 1 mm 以下として、レチクル空間と第 1 光路空間との間に差圧を発生させている。ここでは、第 1 光路空間の圧力がレチクル空間の圧力よりも高くなるようにしている。

【 0 0 7 4 】

具体的には、レチクルステージ空間 9 1 はターボ分子ポンプなどの排気装置 3 1 が接続され所定の圧力に保つことができ、空間内の圧力を圧力センサ S 3 でモニタできるよう構成されている。また、第 1 光路空間 9 2 は排気装置 3 2, 3 3 が接続され所定の圧力に保つことができ、空間内の圧力を圧力センサ S 1 でモニタできるよう構成されている。このような構成にすることで、レチクルステージ空間と第 1 光路空間 9 1 の間に差動排気系を構成し、レチクルステージ空間 9 1 から発生するアウトガスの第 1 光路空間 9 2 への進入量を抑えることが可能である。ここでは排気装置を 2 つ設けたが、勿論排気装置は 1 つであっても構わないし、3 つ以上設けても構わない。

【 0 0 7 5 】

（第 1 光路空間と第 2 光路空間）

次に、第 1 光路空間 9 2 と第 2 光路空間 9 3 との間にも、前述の遮蔽部材に相当する、絞り部材 6 2 が設けられている。この絞り部材 6 2 は、レチクルから射して第 1 光路空間 9 2 を経た露光光の第 1 光路空間からの出口及び第 2 光路空間 9 3 への入り口を形成している。さらに、この絞り部材 6 2 の開口によって、第 1 光路空間と第 2 光路空間とを接続することにより、両空間の間に差圧を発生させている。また、第 2 光路空間には、ゲートバルブ G V 1 を介して排気装置 3 4 、及び、ゲートバルブ G V 2 を介して排気装置 3 5 が接続され、光路空間 9 3 の圧力は圧力センサ S 2 でモニタされている。ここでは、これらの圧力センサからの検出結果及び排気装置等を用いて、第 1 光路空間 9 2 の圧力が第 2 光路空間 9 3 の圧力よりも低くなるようにしている。

【 0 0 7 6 】

ここで、第 2 光路空間 9 3 にはクライオ冷凍機 4 1, 4 2 に接続されたクライオパネル 4 3, 4 4 が配置される。ここで、クライオパネルとは、第 2 光路空間内部の温度より低い温度（好ましくは 40 K から 200 K の間）に設定された部材であり、第 2 光路空間内に浮遊している物質を吸着する機能を有している。また、チャンバとミラーがクライオパネル 4 3, 4 4 により輻射冷却されるのを抑えるために、輻射シールド 5 1, 5 2, 5 3, 5 4 を備える。輻射シールド 5 1 は投影系第 6 ミラー 7 の冷却を抑えるためにミラーを囲むように配置される。輻射シールド 5 2 は投影系第 5 ミラー 6 の冷却を抑えるためにミラーを囲むように配置される。輻射シールド 5 3, 5 4 はチャンバの冷却を抑えるために配置されている。ここで、クライオパネルを用いてミラーを冷却するように構成しても構わない。その場合は、ミラーの温度を検出する温度センサ（好ましくは非接触で検出する）からの検出結果に基づいて、輻射シールドかクライオパネルの少なくとも一方の温度を調節するように構成するのが好ましい。

【 0 0 7 7 】

また、光路空間 9 2, 9 3 には窒素やヘリウムなどの不活性ガスを供給するためのガス供給装置を備えており、そのガス供給装置のバルブ V 1, V 2, V 3 を備え、必要に応じてバルブ V 4 により窒素とヘリウムの供給を切り替えることが可能である。この不活性ガス供給用のバルブは、各光路空間に 1 つずつであっても構わないし、複数ずつ設けても構わないし、もしくは第 1 光路空間 9 2 にのみ設けるように構成しても構わないし、もしくは第 2 光路空間 9 3 にのみ設けるように構成しても構わない。また、窒素やヘリウムに限らず、アルゴンやクリプトン等のガスを供給するように構成しても構わない。

【 0 0 7 8 】

この場合、温度制御はヒータなどの発熱手段を輻射シールドかクライオパネルの少なくともどちらか一方に接続し、温度を調節するように構成しても良いし、また、クライオ冷凍機の ON / OFF により温度を調節するように構成しても良い。

【 0 0 7 9 】

10

20

30

40

50

また、輻射シールド 5 3、5 4 はクライオパネルからチャンバが冷却されるのを抑えるために露光装置の設置される外部雰囲気と同じ温度に設定にするのが好ましく、輻射シールド 5 1、5 2 は輻射シールド 5 3、5 4 よりも低い温度に設定することで、露光光によるミラー 6、7 の温度上昇を抑えることが可能である。このようにクライオパネルからの輻射冷却を利用して露光光による光学部品の発熱を抑えるために、輻射シールドごとに異なった温度設定を行っても構わない。

【0080】

(第2光路空間とウエハステージ空間)

また、第2光路空間 9 3 とウエハステージ空間 9 4 は露光光を通過させるための開口を有する隔壁 5 2 により差圧を発生させ、ウエハステージ空間 9 4 には排気装置 3 6 が接続され、ステージ空間 9 4 内の圧力は圧力センサ S 4 によりモニタされる。ここで、第2光路空間とウエハステージ空間との間の、ガスの行き来が可能な開口を有するのは、輻射シールドを兼ねる隔壁 5 2 である必要は無く、輻射シールドとは別体で遮蔽部材 6 1 のような部材を設けても良い。

【0081】

次に、図2に光路空間 9 3 とウエハステージ空間 9 4 を拡大した図を示す。

【0082】

ウエハステージ空間 9 4 で発生するアウトガス(汚染物質)はレチクルステージ空間 9 1 同様、差動排気により、抑制することは可能であるが、露光時にウエハ面上のレジストから発生するコンタミネーション(汚染物質)を抑制することができない。そこで、バルブ V 4 でヘリウムガスを選択し、バルブ V 1、V 2 から第2光路空間 9 3 にヘリウムガスを供給する。バルブ V 1、V 2 を介して供給されるヘリウムは第2光路空間 9 3 内に配置された輻射シールド 5 1 と投影系第6ミラー 7 で囲まれた空間と輻射シールド 5 2 と投影系第5ミラー 6 で囲まれた空間に供給され、ミラー近傍で最もヘリウム濃度が高くなるように構成される。

【0083】

第2光路空間 9 3 に供給されたヘリウムは絞り部材 6 2 を介して第1光路空間 9 2 及び輻射シールド 5 2 を介してウエハステージ空間 9 4 に噴出される。この時、第2光路空間 9 3 内の圧力は 0.1 ~ 10 Pa で制御することで、露光時にウエハ面上から発生するコンタミネーションが第2露光空間や第1露光空間に進入するのを抑制することが可能である。

【0084】

また、第2光路空間 9 3 で使用されるクライオパネルの温度は 100 K 程度に制御されており、第2光路空間内に浮遊する物質を吸着することから、略排気系のような機能を果たしている。100 K 程度のクライオパネルを使用することで、融点の低いヘリウムは第2光路空間 9 3 でクライオパネルに吸着されることはないが、第2光路空間に進入したわずかなコンタミネーションはクライオパネルに吸着することができる。つまり、ヘリウムの消費量を抑えつつ、コンタミネーションのミラー等への付着を抑制することが可能である。なお、排気装置 3 4、3 5 に接続されたゲートバルブ G V 1、G V 2 を閉じて露光を行う。但し、露光光の光路上を安定した状態に保つために、若干の排気及び / 又は給気を行うようにしても構わない。

【0085】

ここで、第1光路空間 9 2、第2光路空間 9 3、ウエハステージ空間 9 4 の圧力をそれぞれ、P_{or}、P_{ow}、P_wとした時、以下の関係を満たすように構成する。

$$P_{ow} > P_{or}, P_w \quad (\text{条件式1})$$

ここで、より好ましくは、

$$P_{ow} > P_w > P_{or} \quad (\text{条件式2})$$

を満たすように構成する。投影光学系を光の通過順にレチクル側から第1光路空間、第2光路空間とし、ウエハステージを囲む空間をウエハステージ空間としたときに、上記の(条件式1)や(条件式2)のような圧力の関係を満たしつつ露光を行うことにより、ウエ

10

20

30

40

50

ハ表面（レジスト）から発生したコンタミネーションがミラー表面に付着するのを抑制することが可能となる。

【0086】

このような関係を満たすことにより、ウエハステージ空間94で発生するアウトガス及びウエハの露光領域から露光時に発生するコンタミネーションの第2光路空間93への進入を抑えると共に第1光路空間92の圧力上昇を抑えることが可能である。

【0087】

（クライオパネルの再生）

また、クライオパネルはその表面に吸着した分子の蓄積量が多くなるにつれ、吸着（排気）速度が遅くなるために、定期的な再生を必要とする。対策なしで、クライオパネルを再生した場合（クライオパネルの温度を上げて、吸着されていた物質を拡散させてしまった場合）、クライオパネルに吸着していた物質（チャンバ内に存在した水分や各種部材から発生したアウトガスや先に述べたウエハ面上から発生したコンタミネーション）が第2光路空間内に拡散してしまい、それらがミラーに吸着する恐れがある。このように、クライオパネル再生時に発生するガスがミラー表面で吸着されることになり、クライオパネル再生後、所定の圧力レベルまで減圧するのに時間を要するためスループットの低下につながると共に、炭素系化合物や水分などがミラーに吸着した状態で露光を開始することはミラー表面の酸化やミラーの反射率低下につながる。そのため、クライオパネルの再生時の対策を図3を用いてその内容を説明する。

【0088】

バルブV4により窒素を選択し、V3を介して第1光路空間92に窒素を供給する。また、バルブV2、V1を介して輻射シールド51と投影系第6ミラーで囲まれた空間と輻射シールド52と投影系第5ミラー6で囲まれた空間に窒素を供給する。そして、排気装置34、35を動作させた状態で、ゲートバルブGV1、GV2を開け、各空間の圧力が以下の関係を満たすよう制御する。

$$P_{or} > P_{ow}, P_w \quad (\text{条件式3})$$

より好ましくは、

$$P_{or} > P_{ow} > P_w \quad (\text{条件式4})$$

を満足するようにする。

【0089】

その後、クライオパネル43、44の再生を開始する。

【0090】

上記条件を満たしつつ、光路空間92、93の圧力を1~100Pa程度で制御することで、再生時にクライオパネル43、44から発生するガスの大部分は排気装置34、35で排気されることになり、投影光学系第5ミラー6、投影系第6ミラー7近傍への拡散を抑え、ミラー表面への吸着を抑えると共に、光路空間92への拡散を抑え、ウエハステージ空間94で発生するアウトガスが光路空間93に進入するのを抑制することができる。この際、第2光路空間内のミラー表面近傍にあるバルブ（ガス給気口）からガスを第2光路空間内にガスを供給するように構成すれば、ミラー近傍が第2光路空間内のガスの流れの最上流になるため、クライオパネルから拡散する物質がミラー表面に付着することをさらに抑制することができる。

【0091】

また、本実施例ではレチクルステージ空間のアウトガスの抑制方法として差動排気を説明したが、ウエハステージ空間同様の対策をレチクルステージ空間91と第1光路空間92の間に施しても、光路空間全体の圧力が上昇するために露光光の透過率が減少するもののレチクルステージ空間に存在するアウトガスの光路空間92への進入を差動排気と同様に抑制することは可能である。

【0092】

また、露光時にはヘリウムを供給し、クライオパネル再生時には窒素を供給するというようにガスの切り替えを行っているが、ヘリウムだけというような1種類のガスだけを使

10

20

30

40

50

用しても良いし、アルゴンや水素などのEUV光に対し透過率の高いガスを使用しても良い。

【0093】

また、クライオパネルにより投影光学系が有するミラーが冷却されるのを抑制する輻射シールドを、ヒータなどを用いて温調することにより、クライオパネルのミラー（或いはチャンバ）への輻射冷却の影響を更に抑えることは可能である。

【0094】

また、本実施例はクライオパネルとガス（の差圧）による抑制を併用した方式であるが、露光時にガスを供給しない状態でクライオパネルを使用しても、ウエハ等から発生するコンタミネーションのミラーへの付着を抑制することができる。また、本方式のクライオパネルの再生方法により、クライオパネル再生時のミラーの汚染を防止することが可能である。すなわち、第2光路空間93内に配置されたクライオパネル43（44）と、そのクライオパネルによって、投影系のミラー6（7）が（過度に）輻射冷却されないようにする輻射シールド部材52（51）と、第2光路空間93にガスを供給するガス供給装置とを有しており、その供給装置により第2光路空間93にガスが供給される給気口が、輻射シールド部材52（51）よりミラー6側に設けられているように構成すると、クライオパネルの再生時に投影系のミラーに汚染物質が付着することを抑制しつつ、クライオパネルを再生させることが可能となる。

【0095】

また、クライオパネルを用いずに、各空間ごとの差圧を使って、コンタミネーションがミラーに付着するのを抑制しても構わない。

【0096】

（実施例2）

第二の実施例の構成を図4に示す。図4は投影系第5ミラー6の近傍を拡大した図であり、本実施例では投影系第5ミラー6の右側に露光光を通過するための開口を有すると共に、周辺に輻射シールドを有するクライオパネルを配置したものである。第1の実施例同様に、露光時、及び、クライオパネル再生時にはガスを供給する。

【0097】

ウエハ面上の露光領域上部にクライオパネル45を配置することで、拡散によって光路空間93に進入しようとするコンタミネーション（汚染物質）の軌道がバルブV1を介して供給されるヘリウムにより曲げられ、コンタミネーションがクライオパネル45に衝突し、クライオパネルに吸着される（排気される）確率が高くなる。

【0098】

この効果を熱流体シミュレーションにより解析した結果を図5に示す。図5は横軸に第2光路空間93の絶対圧力を示し、縦軸に露光時にウエハ面上から発生し、第2光路空間93に進入するコンタミネーション（C x H y）の分圧を示したグラフである。#1（印）はクライオパネルを動作させずヘリウムのみを供給した場合の結果であり、#2（塗りつぶし印）はクライオパネル43、44を動作させると共にヘリウムを供給した場合の結果であり、#3（×印）はクライオパネル43、44、45動作させると共にヘリウムを供給した場合の結果である。なお、ヘリウムを供給しない場合にはおよそC x H yの分圧は1E-4Pa程度であった。この結果からもわかるように#1の条件に対し、#2、#3の結果がより低い圧力においてウエハから発生するコンタミネーションのミラーへの付着を抑制する効果を得ることが可能であることが理解できる。

【0099】

このようにして、実施例1に対してより少ないヘリウムの供給量で、同程度の抑制効果を得ることが可能である。

【0100】

また、先の実施例では輻射シールドでミラーを囲むように配置したが、図6に示すように通常のクライオポンプのようにクライオパネルを取り囲むように輻射シールド56、57を配置し、投影系第5ミラー6、投影系第6ミラー7にヘリウムを供給する構成にして

10

20

30

40

50

も良い。この場合、輻射シールドによりクライオパネルが囲まれるため、クライオパネルの排気速度が遅くなるものの、ヘリウムのみを供給する場合に比べ、第2光路空間93内の炭素化合物の分圧をより低く抑えることが可能である。この輻射シールド56、57は、複数の板状部材を有しており、それらの板状部材の形状は、図6のようにそれぞれが折り曲がっている必要は無く、それぞれの断面は直線状や曲線状であっても構わない。

【0101】

また、この場合、クライオパネルの再生時にはミラーを囲むカバーの役目をしていた輻射シールドがないために、ミラー表面にヘリウムを供給しても、クライオパネルから発生する汚染物質を含むガスに対して高い抑制効果を得ることはできない。そのため、図7に示すように、輻射シールド57、58の内側に排気用の流路を設け、再生時にはバルブV7、V8を開けることで、輻射シールドで囲まれた空間からガスを排気する装置37、38を配置することが望ましい。このように、排気装置37、38によって、第2光路空間93内の窒素を排気するように構成することで、ミラー近傍でのクライオパネルから放出された汚染物質の濃度の上昇を抑えることが可能である。

【0102】

また、本実施例においても、輻射シールドをヒータなどにより温調することにより、クライオパネルのミラーへの輻射冷却の影響を更に抑えることは可能である。

【0103】

また、本実施例はクライオパネルとガスによる抑制を併用した方式であるが、露光時にクライオパネルのみを使用した方式であっても、本方式のクライオパネルの再生方法により、クライオパネル再生時のミラーの汚染を防止することが可能である。すなわち、第2光路空間93内に配置されたクライオパネル43(44)と、第2光路空間内でそのクライオパネルを含む空間を形成する部材54、57(53、56)と、そのクライオパネルを含む空間内に排気口を有し、この排気口から排気する排気装置とを有するような構成にすれば、クライオパネルの再生時に投影系のミラーに汚染物質が付着することを抑制することができる。

【0104】

また、図11に示すようにウエハステージ空間94内にクライオ冷凍機48に接続されたクライオパネル47を配置し、クライオパネルを取り囲むように輻射シールド59、60を配置しても構わない。その場合、不図示の輻射シールドの温度を検出する温度センサからの検出結果に基づいて、輻射シールド59、60、またはクライオパネル47の少なくともどちらか一方の温度を調節するように構成するのが好ましい。また、温度制御はヒータなどの発熱手段を輻射シールドかクライオパネルの少なくともどちらか一方に接続し、温度を調節するように構成しても良いし、また、クライオ冷凍機のON/OFFにより温度を調節するように構成しても良い。

【0105】

輻射シールド59、60はクライオパネルからウエハ、チャンバやステージが冷却されるのを抑えるために露光装置の設置される外部雰囲気と同じ温度に設定にするのが好ましい。また同様にレチクルステージ空間に同様の構成を配置しても構わない。このような構成にすることで、各ステージ空間内の各構成部材から発生するコンタミネーションの分圧を一桁程度下げることが可能である。

【0106】

また、本実施例においては、EUV光を用いて露光を行っているが、EUV光に限らず、真空中もしくは高真空中で露光を行う露光装置になら、本実施例は適用可能である。また、波長0.5nm～20nmの極端紫外光を用いて露光を行う露光装置にも好適である。また、クライオパネル以外でコールドトラップを用いて、露光装置中のコンタミネーションを除去する方法を用いた場合にも、本実施例は適用可能である。

【0107】

また、本実施例1、2においては、投影光学系の光学素子を囲むチャンバを2つの空間(第1光路空間と第2光路空間、もしくはレチクル側チャンバとウエハ側チャンバ)に分

10

20

30

40

50

けたが、勿論チャンバ内を3つ以上の空間に分離しても構わない。その場合、クライオパネル（コールドトラップ）を配置するのは、最もウエハに近い空間であるのが好ましい。

【0108】

また、クライオパネルを投影光学系の最下面（最もウエハステージに近い面）に配置するようにしても良い。但し、その場合はウエハが輻射冷却により過度に冷却されてしまわないように、クライオパネルとウエハとの間に輻射シールドを設けるようにするのが望ましい。

【0109】

本実施例によれば、光路空間内にクライオパネルを使用することによりヘリウムなどのEUV光に対し透過率の高いガスでウエハ面上から発生する炭素化合物の抑制する場合に、より低い圧力で所望の抑制効果を得ることが可能になるため、圧力上昇に伴うEUV露光光の透過率低下を抑え、高いスループットを維持することが可能である。

【0110】

また、抑制ガスの供給量を抑えることができるため、ランニングコストを削減することが可能である。

【0111】

また、クライオパネルの再生時に蓄積したガスがミラー近傍に拡散するのを抑えることで、ミラーの汚染を抑えることが可能である。

【0112】

次に、図9及び図10を参照して、上述の露光装置を利用したデバイス製造方法の実施例3を説明する。

【0113】

図9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。本実施形態においては、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（ウェハプロセス）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ー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、ポンディング）、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、それが出荷（ステップ7）される。

【0114】

図10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200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（エッティング）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、エッティ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。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、露光装置を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。

【0115】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本願実施例は、実施例1及び2及び3を任意に組み合わせても構わない。

【図面の簡単な説明】

【0 1 1 6】

【図1】本発明のEUV露光装置の構成を説明する図である。

【図2】第1の実施例のガスの流れを説明する図である。

【図3】クライオパネル再生時のガスの流れを説明する図である。

【図4】ウエハ面上の露光領域上部にクライオパネルを配置した図である。

【図5】効果を示すグラフである。

【図6】別の実施例を示す模式図である。

【図7】別の実施例のクライオパネル再生を示す模式図である。

【図8】従来のEUV露光装置の構成図である。

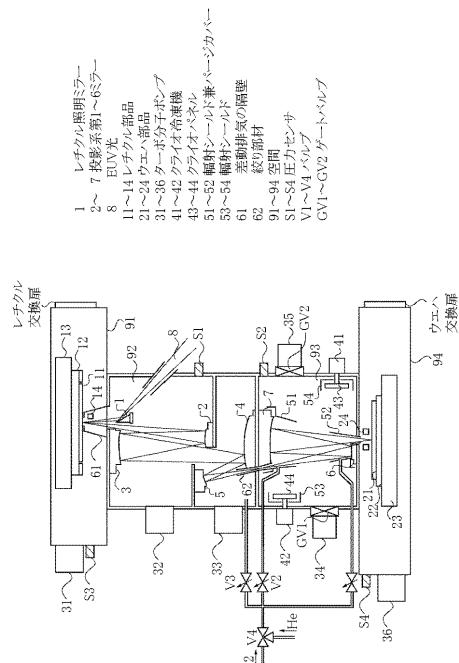
【図9】デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図10】図9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。

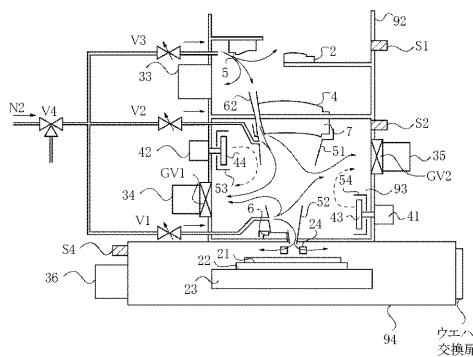
【図11】別の実施例を示す模式図である。

10

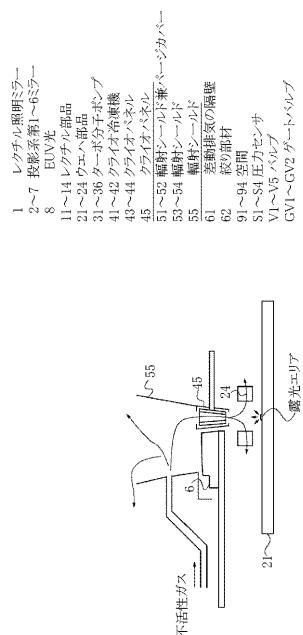
【図1】



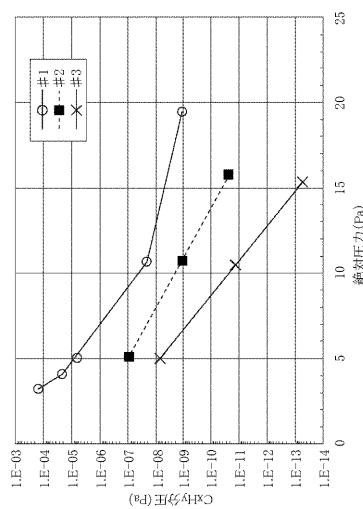
【 四 3 】



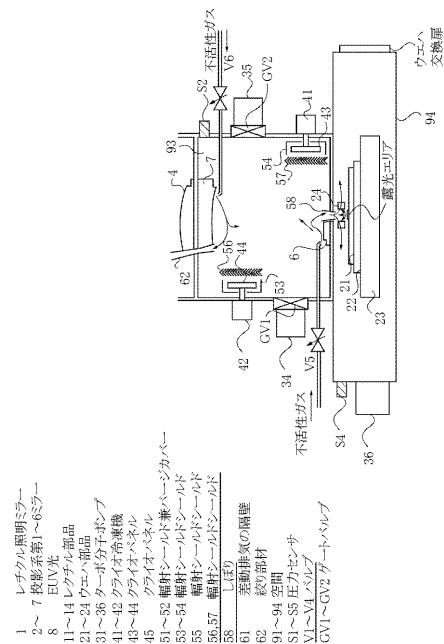
【 四 4 】



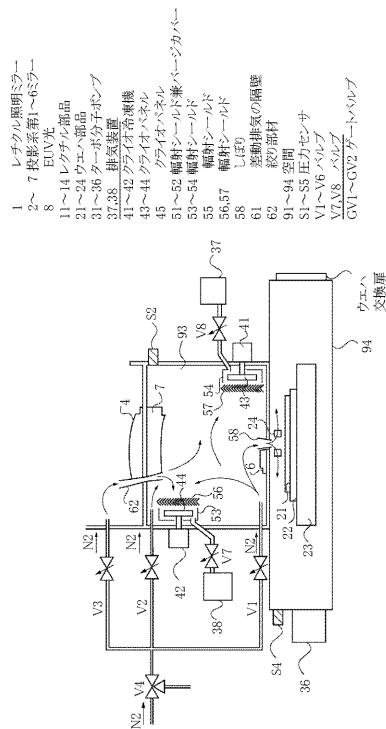
【図5】



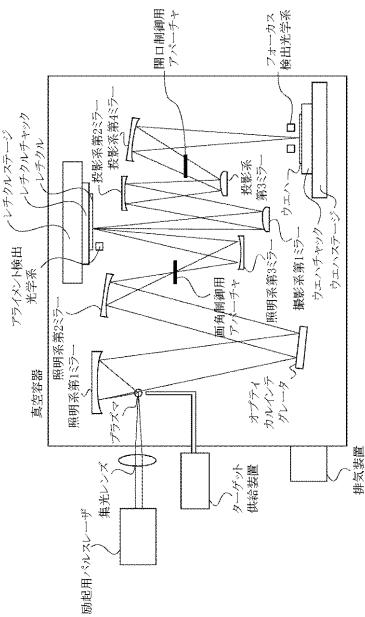
【 図 6 】



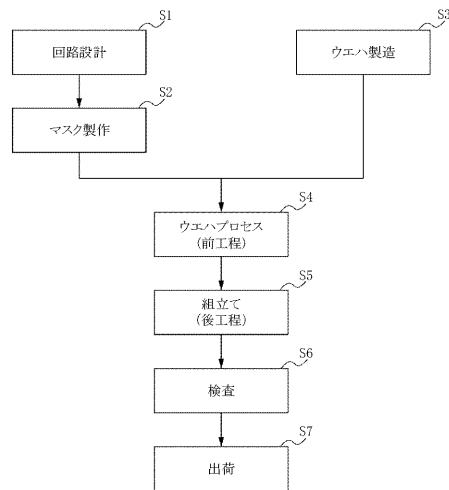
【 図 7 】



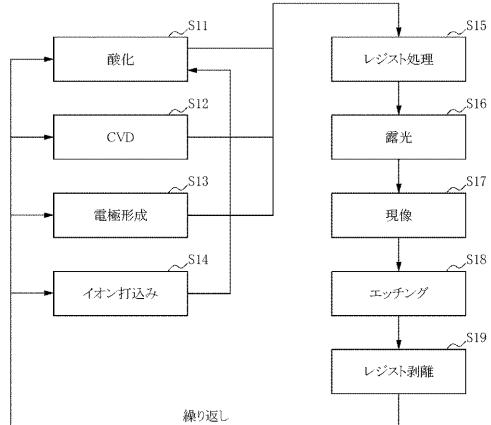
【 义 8 】



【図9】



【 図 1 0 】



【 図 1 1 】

