

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5989673号
(P5989673)

(45) 発行日 平成28年9月7日(2016.9.7)

(24) 登録日 平成28年8月19日(2016.8.19)

(51) Int.Cl.	F I
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 501
H01L 21/683 (2006.01)	G03F 7/20 521
	H01L 21/68 N

請求項の数 13 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2013-550780 (P2013-550780)	(73) 特許権者	504151804
(86) (22) 出願日	平成23年11月17日 (2011.11.17)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
(65) 公表番号	特表2014-505369 (P2014-505369A)		ブイ.
(43) 公表日	平成26年2月27日 (2014.2.27)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/070407		O エーエイチ, ビー. オー. ボックス
(87) 国際公開番号	W02012/103967		324
(87) 国際公開日	平成24年8月9日 (2012.8.9)	(74) 代理人	100079108
審査請求日	平成26年11月14日 (2014.11.14)		弁理士 稲葉 良幸
(31) 優先権主張番号	61/438,480	(74) 代理人	100109346
(32) 優先日	平成23年2月1日 (2011.2.1)		弁理士 大貫 敏史
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(72) 発明者	アルバート, ベンズリー
			アメリカ合衆国, ジョージア州 3033
			9, エスイー アトランタ, シャドーウッド
			パークウェイ 3012

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板テーブル、リソグラフィ装置、およびデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基部と前記基部から突出する複数のパールとを備える基板テーブルあって、前記パールの上は、多層コーティングを備え、

前記多層コーティングは、エネルギーが消散し得る層間の界面を含み、

前記層間の界面は、 T_i 層と、前記 T_i 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する T_{iN} 層との間の界面を含み、

前記 T_{iN} 層は、前記 T_i 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、基板テーブル。

【請求項 2】

基部と前記基部から突出する複数のパールとを備える基板テーブルあって、前記パールの上は、多層コーティングを備え、

前記多層コーティングは、エネルギーが消散し得る層間の界面を含み、

前記層間の界面は、 C_r 層と、前記 C_r 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する C_{rN} 層との間の界面を含み、

前記 C_{rN} 層は、前記 C_r 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、基板テーブル。

【請求項 3】

前記パール上に設けられることに加えて、前記多層コーティングは、前記パール間に位置する、前記基板テーブルの領域上に設けられる、請求項 1 又は請求項 2 に記載の基板テーブル。

【請求項 4】

前記パールは、前記多層コーティングによって形成される、請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の基板テーブル。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項に記載の基板テーブルを備えるリソグラフィ装置。

【請求項 6】

パターン形成された放射ビームを、請求項 1 乃至請求項 4 の何れか 1 項に記載の基板テーブル上に保持された基板上に投影することを含む、デバイス製造方法。

【請求項 7】

多層コーティングを基板テーブル上に形成する方法であって、

原子層堆積を用いて T i 層を前記基板テーブル上に形成することと、次に、原子層堆積を用いて、前記 T i 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する T i N 層を前記 T i の上に形成することと、次に、原子層堆積を用いて追加の材料層を前記基板テーブル上に形成することと、を含み、これにより、エネルギーが消散し得る層間の界面を備える多層コーティングを提供し、前記 T i N 層は、前記 T i 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、方法。

10

【請求項 8】

多層コーティングを基板テーブル上に形成する方法であって、

原子層堆積を用いて C r 層を前記基板テーブル上に形成することと、次に、原子層堆積を用いて、前記 C r 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する C r N 層を前記 C r の上に形成することと、次に、原子層堆積を用いて追加の材料層を前記基板テーブル上に形成することと、を含み、これにより、エネルギーが消散し得る層間の界面を備える多層コーティングを提供し、前記 C r N 層は、前記 C r 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、方法。

20

【請求項 9】

多層コーティングを基板テーブル上に形成する方法であって、

パルスレーザ蒸着を用いて T i 層を前記基板テーブル上に形成することと、次に、パルスレーザ蒸着を用いて、前記 T i 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する T i N 層を前記 T i の上に形成することと、次に、パルスレーザ蒸着を用いて追加の材料層を前記基板テーブル上に形成することと、を含み、これにより、エネルギーが消散し得る層間の界面を備える多層コーティングを提供し、前記 T i N 層は、前記 T i 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、方法。

30

【請求項 10】

多層コーティングを基板テーブル上に形成する方法であって、

パルスレーザ蒸着を用いて C r 層を前記基板テーブル上に形成することと、次に、パルスレーザ蒸着を用いて、前記 C r 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する C r N 層を前記 C r の上に形成することと、次に、パルスレーザ蒸着を用いて追加の材料層を前記基板テーブル上に形成することと、を含み、これにより、エネルギーが消散し得る層間の界面を備える多層コーティングを提供し、前記 C r N 層は、前記 C r 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、方法。

【請求項 11】

プラズマエッチングを用いて前記多層コーティングの上面をエッチングして、前記上面に実質的に均一なラフネスを付与する、請求項 7 乃至請求項 10 のうち何れか 1 項に記載の方法。

40

【請求項 12】

パールを基板テーブル上に形成する方法であって、

原子層堆積中に材料を受けとる部分を形成することであって、前記部分は原子層堆積中に材料を受け取らない領域によって囲まれることと、次に、原子層堆積を用いて多層コーティングを前記部分上に形成し、それによってパールを前記基板テーブル上に形成することと、を含み、前記多層コーティングは、エネルギーが消散し得る層間の界面を含み、前記層間の界面は、原子層堆積を用いて T i 層を前記基板テーブル上に形成し、次に、原子

50

層堆積を用いて前記 T i 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する T i N 層を前記 T i の上に形成することによって形成され、前記 T i N 層は、前記 T i 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、方法。

【請求項 13】

パールを基板テーブル上に形成する方法であって、

原子層堆積中に材料を受けとる部分を形成することであって、前記部分は原子層堆積中に材料を受け取らない領域によって囲まれることと、次に、原子層堆積を用いて多層コーティングを前記部分上に形成し、それによってパールを前記基板テーブル上に形成することと、を含み、前記多層コーティングは、エネルギーが消散し得る層間の界面を含み、前記層間の界面は、原子層堆積を用いて C r 層を前記基板テーブル上に形成し、次に、原子層堆積を用いて前記 C r 層の欠陥密度より高い欠陥密度を有する C r N 層を前記 C r の上に形成することによって形成され、前記 C r N 層は、前記 C r 層の柱状結晶より小さい柱状結晶を有する、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[関連出願の相互参照]

[0001] 本出願は、2011年2月1日出願された米国仮出願第61/438,480号の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

【0002】

[0002] 本発明は、基板テーブル、リソグラフィ装置、およびデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0003】

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板上、通常、基板のターゲット部分上に付与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）の製造に用いることができる。その場合、ICの個々の層上に形成される回路パターンを生成するために、マスクまたはレチクルとも呼ばれるパターンングデバイスを用いることができる。このパターンは、基板（例えば、シリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば、ダイの一部、または1つ以上のダイを含む）に転写することができる。通常、パターンの転写は、基板上に設けられた放射感応性材料（レジスト）層上への結像によって行われる。一般には、単一の基板が、連続的にパターンングされる隣接したターゲット部分のネットワークを含んでいる。

【0004】

[0004] リソグラフィは、ICならびに他のデバイスおよび/または構造の製造における重要なステップの1つとして広く認識されている。しかし、リソグラフィを使用して作られるフィーチャの寸法が小さくなるにつれ、リソグラフィは、小型ICあるいは他のデバイスおよび/または構造を製造できるようにするための、より重要な要因になりつつある。

【0005】

[0005] パターンプリンティングの限界の理論的な推定値は、式（1）に示す分解能のレイリー規準によって与えることができる：

【数1】

$$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

ここで、 λ は、使用される放射の波長であり、NAは、パターンを印刷するために使用される投影システムの開口数である。 k_1 は、レイリー定数とも呼ばれるプロセス依存調整係数であり、CDは、印刷されたフィーチャのフィーチャサイズ（またはクリティカルディメンジョン）である。式（1）から、フィーチャの最小印刷可能サイズの縮小は、3つ

の方法、すなわち露光波長を短くすること、開口数NAを大きくすること、または k_1 の値を小さくすること、によって達成可能であるということになる。

【0006】

【0006】 露光波長を短くし、ひいては最小印刷可能サイズを縮小するために、極端紫外線(EUV)放射源を使用することが提案されている。EUV放射は、5～20ナノメートル(nm)の範囲内、例えば、13～14nmの範囲内、例えば、6.7nmや6.8nmなどの5～10nmの範囲内の波長を有する電磁放射である。可能な放射源としては、例えば、レーザ生成プラズマ源、放電プラズマ源、または電子蓄積リングによって与えられるシンクロトロン放射に基づく放射源が含まれる。

【0007】

【0007】 EUV放射は、プラズマを使用して生成することができる。EUV放射を生成する放射システムは、燃料を励起してプラズマを供給するレーザと、プラズマを収容するソースコレクタモジュールとを含むことができる。プラズマは、例えば、レーザビームを適切な材料(例えば、スズ)の粒子、適切なガス流または蒸気流(Xeガス、Li蒸気など)などの燃料に誘導することによって生成することができる。結果として得られるプラズマは、放射コレクタを使用して集光される出力放射、例えば、EUV放射を放出する。放射コレクタは、ミラー垂直入射放射コレクタとすることができ、ミラー垂直入射放射コレクタは、放射を受け、その放射をビームに集束させる。ソースコレクタモジュールは、真空環境を提供してプラズマを支持するように配置された囲い構造またはチャンバを含むことができる。そのような放射システムは、通常、レーザ生成プラズマ(LPP)源と呼ばれる。

【0008】

【0008】 EUV装置は、27nm以下のクリティカルディメンジョンを有するパターンを投影可能であり、5nm以下の精度を有するオーバーレイを達成可能であり得る。これらのクリティカルディメンジョンおよびオーバーレイで動作する際、パターンの投影中に基板を保持する基板テーブルは実質的に平坦であることが望ましい。というのは、著しい非平坦性を有する基板テーブルは、基板の屈曲を引き起こすおそれがあり、これはオーバーレイエラーおよび/またはフォーカスエラーにつながり得るからである。

【発明の概要】

【0009】

【0009】 本明細書内またはそれ以外で特定されるか否かにかかわらず、従来技術の不利点を解消または軽減する基板テーブルを提供することが望ましい。

【0010】

【0010】 本発明の第一の態様によれば、基部と該基部から突出する複数のパールとを備える基板テーブルあって、パールの上表面は多層コーティングを備える、基板テーブルが提供される。

【0011】

【0011】 本発明の第二の態様によれば、本発明の第一の態様の基板テーブルを備えるリソグラフィ装置が提供される。このリソグラフィ装置は、リソグラフィ投影装置であり得る。

【0012】

【0012】 本発明の第三の態様によれば、多層コーティングを基板テーブル上に形成する方法が提供される。この方法は、原子層堆積を用いて第1材料層を基板テーブル上に形成することと、次に、原子層堆積を用いて第2材料層を第1材料層の上に形成することと、次に、任意に、原子層堆積によって追加の材料層を基板テーブル上に形成することと、を含む。

【0013】

【0013】 本発明の第四の態様によれば、パールを基板テーブル上に形成する方法が提供される。この方法は、原子層堆積中に材料を受けとる部分を形成することであって、該部分は原子層堆積中に材料を受け取らない領域によって囲まれることと、次に、原子層堆積

10

20

30

40

50

を用いて多層コーティングを前記部分上に形成し、それによってパールを基板テーブル上に形成することと、を含む。

【 0 0 1 4 】

[0014] 本発明の第五の態様によれば、基板テーブルのパール上のコーティングの上面にラフネスを付与する方法であって、プラズマエッチングを用いてコーティングをエッチングすることを含む、方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

[0015] 本発明のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の概略図を参照して以下に説明する。これらの図面において同じ参照符号は対応する部分を示す。

10

【 0 0 1 6 】

【図 1】 [0016] 図 1 は、本発明の一実施形態に係るリソグラフィ装置を示す。

【図 2】 [0017] 図 2 は、D P P ソースコレクタモジュール S O を含む、図 1 のリソグラフィ装置のより詳細な図である。

【図 3】 [0018] 図 3 は、L P P ソースコレクタモジュールである、図 1 の装置の別のソースコレクタモジュール S O の図である。

【図 4】 [0019] 図 4 は、本発明の一実施形態に係る基板テーブルを示す。

【図 5】 [0020] 図 5 は、本発明の一実施形態に係る基板テーブルを形成するプロセスの一部を示す。

【図 6】 [0021] 図 6 は、図 5 の基板テーブルを形成するプロセスのさらなる一部を示す。

20

【図 7】 [0022] 図 7 は、図 5 の基板テーブルを形成するプロセスのさらなる一部を示す。

【図 8】 [0023] 図 8 は、本発明の別の実施形態に係る基板テーブルを形成するプロセスの一部である。

【図 9】 [0024] 図 9 は、図 8 のプロセスを使用して形成された基板テーブルを示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 7 】

[0025] 図 1 は、本発明の一実施形態に係るソースコレクタモジュール S O を含むリソグラフィ装置 1 0 0 を概略的に示している。このリソグラフィ装置は、

30

【 0 0 1 8 】

[0026] 放射ビーム B (例えば、E U V 放射) を調整するように構成された照明システム (イルミネータ) I L と、

【 0 0 1 9 】

[0027] パターニングデバイス (例えば、マスクまたはレチクル) M A を支持するように構築され、かつパターニングデバイスを正確に位置決めするように構成された第 1 ポジショナ P M に連結されたサポート構造 (例えば、マスクテーブル) M T と、

【 0 0 2 0 】

[0028] 基板 (例えば、レジストコートウェーハ) W を保持するように構築され、かつ基板を正確に位置決めするように構成された第 2 ポジショナ P W に連結された基板テーブル (例えば、ウェーハテーブル) W T と、

40

【 0 0 2 1 】

[0029] パターニングデバイス M A によって放射ビーム B に付けられたパターンを基板 W のターゲット部分 C (例えば、1 つ以上のダイを含む) 上に投影するように構成された投影システム (例えば、反射投影システム) P S と、を備える。

【 0 0 2 2 】

[0030] 照明システムとしては、放射を誘導し、整形し、または制御するための、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、またはその他のタイプの光学コンポーネント、あるいはそれらのあらゆる組合せなどのさまざまなタイプの光学コンポーネントを含むことができる。

50

【 0 0 2 3 】

[0031] サポート構造 M T は、パターニングデバイスの向き、リソグラフィ装置の設計、および、パターニングデバイスが真空環境内で保持されているか否かなどの他の条件に応じた態様で、パターニングデバイス M A を保持する。サポート構造は、機械式、真空式、静電式またはその他のクランプ技術を使って、パターニングデバイスを保持することができる。サポート構造は、例えば、必要に応じて固定または可動式にすることができるフレームまたはテーブルであってもよい。サポート構造は、パターニングデバイスを、例えば、投影システムに対して所望の位置に確実に置くことができる。

【 0 0 2 4 】

[0032] 「パターニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分内にパターンを作り出すように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用できるあらゆるデバイスを指していると、広く解釈されるべきである。放射ビームに付与されたパターンは、集積回路などのターゲット部分内に作り出されるデバイス内の特定機能層に対応し得る。

【 0 0 2 5 】

[0033] パターニングデバイスは、透過型であっても、反射型であってもよい。パターニングデバイスの例としては、マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブル L C D パネルが含まれる。マスクは、リソグラフィでは公知であり、バイナリ、レベソソソ型(alternating)位相シフト、およびハーフトーン型(attenuated)位相シフトなどのマスク型、ならびに種々のハイブリッドマスク型を含む。プログラマブルミラーアレイの一例では、小型ミラーのマトリックス配列が用いられており、各小型ミラーは、入射する放射ビームを様々な方向に反射させるように、個別に傾斜させることができる。傾斜されたミラーは、ミラーマトリックスによって反射される放射ビームにパターンを付ける。

【 0 0 2 6 】

[0034] 照明システムなどの投影システムは、使われている露光放射にとって、あるいは真空の使用といった他の要因にとって適切な、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、またはその他のタイプの光学コンポーネント、あるいはそれらのあらゆる組合せなどのさまざまなタイプの光学コンポーネントを含むことができる。E U V に対して真空を用いることが望ましいことがある。というのは、他のガスは放射を吸収し過ぎる場合があるからである。従って、真空壁および真空ポンプを用いて、真空環境をビーム経路全体に提供することができる。

【 0 0 2 7 】

[0035] 本明細書に示されているとおり、リソグラフィ装置は、反射型のもの（例えば、反射型マスクを採用しているもの）である。

【 0 0 2 8 】

[0036] リソグラフィ装置は、2つ（デュアルステージ）以上の基板テーブル（および/または2つ以上のマスクテーブル）を有する型のものであってもよい。そのような「マルチステージ」マシンにおいては、追加のテーブルは並行して使うことができ、または予備工程を1つ以上のテーブル上で実行しつつ、別の1つ以上のテーブルを露光用に使うこともできる。

【 0 0 2 9 】

[0037] 図 1 を参照すると、イルミネータ I L は、ソースコレクタモジュール S O から極端紫外線（E U V）放射ビームを受ける。E U V 光を生成する方法としては、E U V 範囲の1つ以上の発光線を用いて材料を少なくとも1つの元素、例えばキセノン、リチウム、またはスズを有するプラズマ状態に変換することが含まれるが、必ずしもこれに限定されない。レーザ生成プラズマ（「L P P」）と呼ばれることが多いそのような方法において、必要な線発光素子を有する材料の液滴、流れ、またはクラスタなどの燃料をレーザビームで照射することによって、必要なプラズマを生成することができる。ソースコレクタモジュール S O は、燃料を励起するレーザビームを供給するための図 1 に示されないレーザを含む E U V 放射システムの一部であってよい。結果として得られるプラズマは、出力放射、例えば E U V 放射を放出し、この出力放射は、ソースコレクタモジュール内に配置

10

20

30

40

50

される放射コレクタを使用して集光される。例えば、CO₂レーザを用いて燃料励起のためのレーザビームを供給する場合、レーザおよびソースコレクタモジュールは、別個の構成要素であってもよい。

【0030】

[0038] そのような場合には、レーザは、リソグラフィ装置の一部を形成しているとはみなされず、また放射ビームは、レーザからソースコレクタモジュールへ、例えば、適切な誘導ミラーおよび/またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムを使って送られる。その他の場合においては、例えば、放射源が、DPP源と呼ばれることが多い放電生成プラズマEUVジェネレータである場合、放射源は、ソースコレクタモジュールの一体部分とすることもできる。

10

【0031】

[0039] イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調節するアジャスタを含むことができる。一般に、イルミネータの瞳面内の強度分布の少なくとも外側および/または内側半径範囲（通常、それぞれ -outerおよび -innerと呼ばれる）を調節することができる。さらに、イルミネータILは、ファセット視野ミラーデバイスおよびファセット瞳ミラーデバイスといったさまざまな他のコンポーネントを含むことができる。イルミネータを使って放射ビームを調整すれば、放射ビームの断面に所望の均一性および強度分布をもたせることができる。

【0032】

[0040] 放射ビームBは、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MT上に保持されているパターンングデバイス（例えば、マスク）MA上に入射して、パターンングデバイスによってパターン形成される。パターンングデバイス（例えば、マスク）MAから反射された後、放射ビームBは投影システムPSを通過し、投影システムPSは、基板Wのターゲット部分C上にビームの焦点をあわせる。第2ポジションPWおよび位置センサPS2（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、または静電容量センサ）を使って、例えば、さまざまなターゲット部分Cを放射ビームBの経路内に位置決めするように、基板テーブルWTを正確に動かすことができる。同様に、第1ポジションPMおよび別の位置センサPS1を使い、パターンングデバイス（例えば、マスク）MAを放射ビームBの経路に対して正確に位置決めすることもできる。パターンングデバイス（例えば、マスク）MAおよび基板Wは、マスクアライメントマークM1およびM2と、基板アライメントマ

20

30

【0033】

[0041] 例示の装置は、以下に説明するモードのうち少なくとも1つのモードで使用できる。

【0034】

[0042] 1. ステップモードにおいては、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTおよび基板テーブルWTを基本的に静止状態に保ちつつ、放射ビームに付けられたパターン全体を一度にターゲット部分C上に投影する（すなわち、単一静的露光）。その後、基板テーブルWTは、Xおよび/またはY方向に移動され、それによって別のターゲット部分Cを露光することができる。

40

【0035】

[0043] 2. スキャンモードにおいては、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTおよび基板テーブルWTを同期的にスキャンする一方で、放射ビームに付けられたパターンをターゲット部分C上に投影する（すなわち、単一動的露光）。サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTに対する基板テーブルWTの速度および方向は、投影システムPSの（縮小）拡大率および像反転特性によって決めることができる。

【0036】

[0044] 3. 別のモードにおいては、プログラマブルパターンングデバイスを保持した状態で、サポート構造（例えば、マスクテーブル）MTを基本的に静止状態に保ち、また基板テーブルWTを動かす、またはスキャンする一方で、放射ビームに付けられているパ

50

ターンをターゲット部分C上に投影する。このモードにおいては、通常、パルス放射源が採用されており、さらにプログラマブルパターンングデバイスは、基板テーブルWTの移動後ごとに、またはスキャン中の連続する放射パルスと放射パルスとの間に、必要に応じて更新される。この動作モードは、前述の型のプログラマブルミラーアレイといったプログラマブルパターンングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。

【0037】

[0045] 上述の使用モードの組合せおよび/またはバリエーション、あるいは完全に異なる使用モードもまた採用可能である。

【0038】

[0046] 図2は、ソースコレクタモジュールSOと、照明システムILと、投影システムPSとを含むリソグラフィ装置100をより詳細に示している。ソースコレクタモジュールSOは、真空環境をソースコレクタモジュールSOの囲い構造220内に維持することができるように構築および配置される。EUV放射放出プラズマ210は、放電生成プラズマ源によって形成することができる。EUV放射は、ガスまたは蒸気、例えば、Xeガス、Li蒸気またはSn蒸気によって生成することができ、非常に高温のプラズマ210が生成されて電磁スペクトルのEUV範囲の放射を放出する。非常に高温のプラズマ210は、例えば、少なくとも部分的にイオン化されたプラズマをもたらす放電によって生成される。Xe、Li、Sn蒸気または他の適切なガスまたは蒸気の、例えば10Paの分圧が、放射を効率よく発生させるために必要となり得る。一実施形態において、励起されたズ(Sn)のプラズマを設けてEUV放射を生成する。

【0039】

[0047] 高温のプラズマ210が放出する放射は、放射源チャンバ211の開口内または開口の後ろに位置決めされる任意のガスバリアまたは汚染物質トラップ230(場合によっては汚染物質バリアまたはフォイルトラップとも呼ばれる)を介して、放射源チャンバ211からコレクタチャンバ212内に送られる。汚染物質トラップ230は、チャンネル構造を含み得る。また、汚染物質トラップ230は、ガスバリア、またはガスバリアとチャンネル構造の組合せを含み得る。本明細書でさらに示される汚染物質トラップまたは汚染物質バリア230は、当該技術分野で公知のように、チャンネル構造を少なくとも含む。

【0040】

[0048] コレクタチャンバ211は、いわゆるかすめ入射コレクタとすることができる放射コレクタCOを含み得る。放射コレクタCOは、上流放射コレクタ側251と下流放射コレクタ側252とを有する。コレクタCOを横切る放射は、格子スペクトルフィルタ240で反射されて仮想放射源点IFに集束することが可能である。仮想放射源点IFは、一般に中間焦点と呼ばれ、ソースコレクタモジュールは、中間焦点IFが囲い構造220の開口221に、または開口221の付近に位置するように配置される。仮想放射源点IFは放射放出プラズマ210の像である。

【0041】

[0049] その後、放射は照明システムILを横切る。照明システムILは、パターンングデバイスMAにおける放射ビーム21の所望の角度分布およびパターンングデバイスMAにおける放射強度の所望の均一性を与えるように配置されたファセット視野ミラーデバイス22およびファセット瞳ミラーデバイス24を含み得る。サポート構造MTによって保持されるパターンングデバイスMAで放射ビーム21が反射されると、パターン形成されたビーム26が形成される。パターン形成されたビーム26は、投影システムPSによって、反射要素28、30を介して、ウェーハステージまたは基板テーブルWTによって保持された基板W上に結像される。

【0042】

[0050] 一般に、図示された要素より数の多い要素が照明光学ユニットILおよび投影システムPSに存在してよい。格子スペクトルフィルタ240は、リソグラフィ装置のタイプによって任意で存在してよい。さらに、図示されたミラーより数の多いミラーが存在

10

20

30

40

50

してよい。例えば、図2に示すものと比較して、投影システムPS内に追加の1つ～6つの反射要素が存在してよい。

【0043】

[0051] 図2に示すコレクタ光学系COは、コレクタ(またはコレクタミラー)の単なる一例として、かすめ入射リフレクタ253、254および255を有する入れ子式コレクタとして描かれている。かすめ入射リフレクタ253、254および255は、光軸Oの周りで軸方向に対称的に配置され、このタイプのコレクタ光学系COは、(DPP源と呼ばれることが多い)放電生成プラズマ源と組み合わせて使用されることが好ましい。

【0044】

[0052] あるいは、ソースコレクタモジュールSOは、図3に示すように、LPP放射システムの一部とすることができる。レーザLAは、キセノン(Xe)、スズ(Sn)、またはリチウム(Li)などの燃料内にレーザエネルギーを堆積させるように配置され、それによって電子温度が数10eVの高電離プラズマ210が生成される。イオンの脱起および再結合中に生成されたエネルギー放射は、プラズマから放出され、囲い構造220において近垂直入射コレクタ光学系COによって集光され、開口221上に集束される。

【0045】

[0053] 基板テーブル(図1および図2を参照)は複数の突出を含み、これらの突出は基板テーブルの上面から上方に延在する。突出は、一般にパールと呼ばれる。従来技術において知られているパールは、基板テーブルWTと基板Wとの接触領域を減少させる。さらに、パールは、コンタミ粒子が落下し得る空間を提供し、それによって、基板テーブルWTと基板との間で閉じ込められたコンタミ粒子によって基板Wがゆがむ可能性を低減させる。

【0046】

[0054] 本発明を具現化する基板テーブルWTの一部が図4に概略的に示されている。基板テーブルは、基部300とパール301とを備え、パール301は基部から上方に延在する。パール301は、例えば、2～3mm互いに離れてよい(または他の隔離距離を有し得る)。基板テーブルは、ドイツ、マインツのSchott AGから入手可能なAF32ガラスから形成することができる。基部300の上面およびパールの上面は、パルスレーザ蒸着(PLD)を用いて形成されている多層コーティング302によって覆われる。パール301のうちの1つの上に設けられた多層コーティング302が、図4の右側の拡大図に示されている。

【0047】

[0055] 多層コーティング302は、TiNの4層310、311と、Tiの4層313とを含み、コーティングの上層はTiN310であり、コーティングの下層はTi313である。Ti層313の各々は、同一の厚さを有し得る(しかし、別々の厚さを有しても良い)。上層310が例外であるものの、TiN層311の各々は、同一の厚さを有し得る(しかし、別々の厚さを有しても良い)。図4に概略的に示すように、TiNの上層310は、TiNの他の層311より大きい厚さを有し得る。一実施形態において、TiN層311(上層310を除く)は、例えば、それぞれ30nmの厚さを有し得る。TiNの上層310は、例えば、100nmの厚さを有し得る。Ti層313は、例えば、それぞれ30nmの厚さを有し得る。

【0048】

[0056] パルスレーザ蒸着(PLD)は、材料層を形成可能であり、材料層は30nmの最小厚さを有する。これは、上記の30ナノメートルの厚さを生じさせる。しかし、PLDは30nmを超える厚さを有する材料層を形成可能であり、従って、多層コーティング302の層は30nmを超える厚さを有し得る。多層コーティング302の異なる層は、異なる厚さを有し得る。

【0049】

[0057] 図4に示す多層コーティング302は8層を有しているが、多層コーティング

10

20

30

40

50

はあらゆる適切な数の層を有してよい。層の数は、例えば、最小で2つであってよく、最大で64以上であってよい。多層コーティングは、例えば、10以上の層、20以上の層、または30以上の層を含んでよい。例えば、約1ミクロンの厚さを有する多層コーティングを形成することが望ましい場合がある。この場合、上層の厚さが100nmであり、残りの層の厚さが30nmであれば、多層コーティング302はおよそ30層を含み得る。これにより、Tiの15層（各層の厚さは30nm）と、TiNの15層（TiNの14層の厚さは30nm、15番目の層（上層）の厚さは100nm）とが含まれるであろう。

【0050】

[0058] 多層コーティング302は図4においてパールの側面に設けられていないが、多層コーティングはパールの側面に設けられてよい。

10

【0051】

[0059] リソグラフィ装置において、1時間当たり多数の基板（例えば、1時間当たり60から200の基板）にパターン形成することができる。基板にパターン形成する場合、基板は、最初に基板テーブルWT上に配置される必要がある。パターン形成されると、基板は基板テーブルWTから除去され、パターン形成される新しい基板と交換される。時間をかけて何千もの基板が基板テーブルWT上に配置され、基板テーブルから除去される。これにより、基板テーブルWTのパール301が摩耗することになる。これは、ひいては、基板テーブルの平坦性を低減させる可能性があり、結果として、リソグラフィ装置のオーバーレイ精度を低減させるおそれがある。多層コーティング302はAF32ガラスより非常に硬く、従って、非常に高い耐摩耗性を示す。従って、基板が基板テーブルWT上に配置され、基板テーブルから除去されることによるパールの摩耗は、多層コーティング302が基板テーブル上に存在する場合に低減する。

20

【0052】

[0060] 基板テーブル上のTiNコーティングが基板によって経時的に摩耗するようなことがあっても、基板テーブルのAF32ガラスが露出することになる。AF32ガラスはTiNより非常に軟らかいので、基板テーブルWTのAF32ガラスは露出するとすぐに摩耗し、基板テーブルの許容できない非平坦性につながるであろう。この理由から、TiNコーティングを厚いコーティング（例えば、1ミクロンのTiN層）として設けることが望ましい。ただし、TiNを厚いコーティングとして設ける場合、これにより残留応力（内部応力と呼ばれることもある）が発生することがあり、この残留応力はコーティングの破損の原因となり得る程度に大きい。

30

【0053】

[0061] 単一層でなく多層コーティング302を基板テーブルWT上に設ける利点は、コーティングの破損無しにコーティングをより厚く形成できることである。残留応力は多層コーティング302に存在する可能性があり、これによりコーティングにクラックが形成されることがあるものの、クラックは多層コーティングの層間に広がり、コーティングの層間の界面でエネルギーを消散させる。多層コーティング302の上方に進む、層間の界面におけるクラックの消散エネルギーは、多層コーティングの上層に損傷を与えるのに十分なエネルギーによってその上層にクラックが到達するのを防ぐのに役立つ。これは、上層の損傷を防ぎ、または低減させ、耐疲労性を向上させるのに役立ち、それによって（同一の厚さを有する単一層コーティングの寿命と比較して）上層の寿命が延びる。

40

【0054】

[0062] 基板が基板テーブルWT上に配置されると、基板上へのパターンの露光の前に、基板は基板テーブルに対して静電的にクランプされる。基板が基板テーブルWTに対して静電的にクランプされると、ウェーハテーブル上のパールは、クランプすることによって生じた負荷を被る。この負荷は、単一層コーティングよりも多層コーティング302によってより容易に担うことができる。

【0055】

[0063] 多層コーティング302は、例えば、100nmを上回る厚さを有し得る。多

50

層コーティング 302 は、例えば、1 ミクロン未満の厚さを有し得る。多層コーティング 302 は、例えば、1 ミクロンから 2 ミクロンの厚さを有し得る。多層コーティング 302 は、例えば、2 ミクロンを超える厚さを有し得る。

【0056】

[0064] 多層コーティング 302 において、TiN 310、311 は Ti 313 より硬く堅牢である。この硬さおよび堅牢性の差は、多層コーティング 302 の構造を決定する際に考慮され得る。例えば、コーティングの上層 310 は、その硬さを利用するために、TiN から形成することができる (TiN は、Ti より耐摩耗性が高い)。Ti は、TiN より効果的に基板テーブル WT に接着することができる。この理由から、多層コーティング 302 の最下層は Ti から形成することができる。

10

【0057】

[0065] 多層コーティング 302 は、基板 W が基板テーブル WT 上に配置される際に多層コーティングが所定の圧縮を受け、そして当初の構成に戻るように所定の弾性を有することが望ましい場合がある。これにより、基板 W が基板テーブル WT 上に配置される際に所定の緩衝性もたらされ、これは多層コーティング 302 への損傷を低減させる (それによって多層コーティングの耐久性を向上させる) のに役立ち得る。また、基板が基板テーブルにクランプされた後、多層コーティングが当初の構成に正しく戻らないほど多層コーティング 302 が軟らかいことを避けることが望ましい場合がある。(これは、基板テーブルの平坦性に悪影響を及ぼすであろう。) 多層コーティング 302 において、Ti は TiN より軟らかく、多層コーティングに弾性をもたらす。TiN は Ti より硬く、堅牢性をもたらす。より弾性の高い多層コーティング 302 を設けることが望ましい場合、TiN に対する Ti の割合を増加させればよい。より硬く弾性の低い多層コーティング 302 を設けることが望ましい場合、TiN に対する Ti の割合を低減させればよい。

20

【0058】

[0066] 複数の例の多層コーティングを形成することができ、それらのコーティングの特性を試験することができる。多層コーティングを形成し試験する反復プロセスを用いて所望の特性を有する多層コーティングを得ることができる。異なる多層コーティングが、例えば、異なる基板テーブル上に設けられてよく、所定の時間にわたるコーティングの耐摩耗性を監視すればよい。また、多層コーティングの寿命 (例えば、多層コーティングが修理または交換される必要がある前の時間) を監視すればよい。

30

【0059】

[0067] 多層コーティング 302 の TiN 上層 310 は、時間とともに摩耗する。TiN の上層 310 が摩耗すると、Ti の最上層 313 は露出する。Ti は TiN より非常に軟らかいため、TiN より早く摩耗し、これは、おそらく基板テーブル WT の問題 (例えば、非平坦性) を招くであろう。この理由により、TiN の上層 310 は、多層コーティング 302 の他の層より厚く形成され得る。TiN の上層は、例えば約 50 nm 以上の厚さを有してよく、または、例えば約 100 nm 以上の厚さを有してよい。TiN の上層が摩耗したら、新しい TiN を塗布して交換用の TiN の上層を形成すればよい。

【0060】

[0068] 別の実施形態において、多層コーティングは、(例えば、図 4 に示す形態において) TiN および Ti から形成される代わりに、CrN および Cr から形成され得る。CrN および Cr の特性は TiN および Ti の特性に類似している。すなわち、CrN は Cr より硬く、Cr は CrN より高い弾性をもたらす。従って、CrN および Cr の多層コーティングは、TiN および Ti の多層コーティングと類似の方法で形成することができる。例えば、CrN 層を上層として設けてよく、一連の Cr 層および CrN 層を上層の下に設けてよい。下層は Cr とすることができる。というのは、これは、CrN と比較して、基板テーブル WT への効率的な接着をもたらし得るからである。

40

【0061】

[0069] CrN は、TiN より低い残留応力 (内部応力と呼ばれることもある) を有し、従って、TiN より厚い層として設けられ得る。それでもやはり、上述の理由により (

50

例えば、クラックが最上層に到達する前に、弾性をもたらすクラックのエネルギーを消散させるために)、多層コーティングのCrNおよびCrを設けることが望ましいことがある。コーティングの特性は、適切な割合のCrNおよびCrを用いることによって選択することができる。CrNは微小硬さを有するので、場合によってはTiNより望ましくないことがある。

【0062】

[0070] 一実施形態において、CrN層(上層以外)は、例えば、それぞれ30nmの厚さを有し得る。Cr層は、例えば、それぞれ30nmの厚さを有し得る。

【0063】

[0071] CrN/Cr多層コーティングは、パルスレーザ蒸着(PLD)を用いて形成することができる。上述のとおり、PLDは、30nmの最小厚さを有する材料層を形成可能である。これは、上記の30ナノメートルの厚さを生じさせる。しかし、多層コーティングの層は30nmを超える厚さを有し得る。多層コーティング302の異なる層は、異なる厚さを有し得る。

10

【0064】

[0072] CrNの残留応力はTiNの残留応力より小さいので、同等の構造において、CrNの上層は、TiNの上層より厚くなり得る。CrNの上層は、例えば約100nm以上の厚さを有してよく、例えば約200nm以上の厚さを有してよく、または、例えば約500nm以上の厚さを有してよい。CrNの上層は、例えば約1ミクロンの厚さを有してよい。CrNの上層が摩耗したら、新しいCrNを塗布して交換用のCrNの上層を形成すればよい。

20

【0065】

[0073] 多層コーティングは、例えば200nmを上回る厚さを有し得る。多層コーティングは、例えば1ミクロン未満の厚さを有し得る。多層コーティングは、例えば1ミクロンから2ミクロンの厚さを有し得る。多層コーティングは、例えば2ミクロンを超える厚さを有し得る。

【0066】

[0074] CrNおよびCrの多層コーティングは、あらゆる適切な数の層を有し得る。層の数は、例えば、最小で2つであってよく、最大で64以上であってよい。多層コーティングは、例えば、10以上の層、20以上の層、または30以上の層を含み得る。

30

【0067】

[0075] 多層コーティング302は、CrN(またはTiN)の2層またはそれ以上の層およびCr(またはTi)の2層またはそれ以上の層から成り、もしくはCrN(またはTiN)の4層またはそれ以上の層およびCr(またはTi)の4層またはそれ以上の層から成り、もしくはCrN(またはTiN)の16層またはそれ以上の層およびCr(またはTi)の16層またはそれ以上の層から成り得る。TiのTiNに対する比率、またはCrのCrNに対する比率は、1:1であってよく、または、(上述した特性を考慮して)他の比率であってよい。

【0068】

[0076] CrNまたはTiNは、小さいサイズの柱状結晶および高い欠陥密度を有し得る。これらは、CrNまたはTiNの硬度を高め得る。CrまたはTiは、柱状構造を備えることがあり、(CrNまたはTiNと比較して)大きく、少ない欠陥を有し、これによってコーティングの靱性(toughness)が向上し得る。

40

【0069】

[0077] 多層コーティング302は、従来の基板テーブルコーティングの粒子より小さい粒子を含み得る。より小さいこれらの粒子は、(高温で単一コーティングを形成する従来のプロセスとは対照的に)多層コーティングを室温で形成することによって作りだすことができる。多層コーティングのより小さい粒子は、(より大きい粒子を有する従来形成されてきたコーティングと比較して)多層コーティングの耐久性を向上させ得る。一般に、多層コーティング302は、単一コーティングより優れたトライボロジー特性をもたら

50

し得る。

【0070】

[0078] 上記のとおり、多層コーティング302は、例えば、PLDは室温で行われ得るパルスレーザ蒸着(PLD)を用いて形成することができる。多層コーティングを形成するために用いることができるPLD装置は、米国、マサチューセッツのPVD Product Inc.から入手可能である。これは、PVDまたはCVDコーティング技術より望ましい場合がある。というのは、それらの技術は、基板テーブルの温度が200°Cを上回ることを必要とし得るからであり、これは、基板テーブルWTに対して損傷を与え得る。PLDは、The Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Technical Sciences, Vol. 54, No. 2, 2006に記載されている。PLDは、レーザを用いて材料をセラミック/金属ターゲットから剥離し、結果として得られる材料のプルーム(plume)を基板(例えば、基板テーブルWT)上に誘導する。ターゲットは、例えば、高純度Ti(99.9%Ti)または高純度Cr(99.9%Cr)であり得る。レーザビームは、パルスレーザビームであり、例えば、50Hzの反復周波数において0.6Jパルスエネルギーおよび10ナノ秒パルス長で、1064nmで動作するNd:YAGレーザであり得る。パルスレーザビームは、真空または低圧ガス環境(例えば、 10^{-5} mbar 4 Paの圧力)においてアブレーションを介して表層を蒸発させるためにターゲット上に集束する。蒸発した材料は、原子、イオン、および原子クラスタから成り、基板テーブルWT上に蒸着するのはこうした材料である。基板テーブルWTは、例えば、ターゲット面と平行に取り付けられ得る。30sccmの連続したガス流を用いて材料を基板テーブルWTに移動することができる。基板テーブルWTは、例えば、基板テーブルにわたって均一の材料厚さを得るために、堆積中、プラズマプルームを介して移動され得る。Ti層またはCr層を形成する際、蒸着は、Ar雰囲気において行われ得る。TiN層またはCrN層を形成する際、蒸着は、N₂雰囲気において行われ得る。

【0071】

[0079] PLDは、室温で、高い化学純度および良好な付着性を有するさまざまな材料の薄膜を異なる基板材料上に蒸着させることができる。室温でPLDを行う場合、基板テーブルWTのAF32ガラスは損傷せず、基板テーブルWTの構築中に用いられてきた、いかなる接着も劣化しない。

【0072】

[0080] 別の実施形態において、原子層堆積(ALD)を用いて多層コーティング302を形成することができる。所定の温度で多層コーティングを形成するために用いられ得るプラズマALDシステムが現在利用可能であり、この温度は、基板テーブルWTに損傷を与えない(例えば、室温)程度に十分低い。多層コーティングは、例えば、FlexALADLシステムを用いて形成することができる。このシステムは、英国、オックスフォードシャーのOxford Instrumentsから入手可能である。

【0073】

[0081] 図5~図7に概略的に示す例示的な方法において、原子的に平坦なAF32ガラス基板を、従来の化学エッチングプロセス(例えば、フッ化水素エッチング)を用いてエッチングして、パールを基板テーブル上に形成する。パール401を含む基板テーブルWTの上面および断面が図5に概略的に示されている。

【0074】

[0082] 多層コーティングが基板テーブル上に形成されることを可能にするために、基板テーブルWTは、ALD装置(例えば、FlexALシステム)のチャンバに配置される。基板テーブルWTは、第1ガス前駆体分子にさらされ、この第1ガス前駆体分子は、元素の蒸気または該元素の揮発性化合物であり得る。第1ガス前駆体分子は、例えば、TiCl₄であってよく、液体窒素温度で凍結され、かつ1mTorrまで排気したガラス管にTiCl₄を供給することによって生成することができる。室温まで復温すると、管からのTiCl₄蒸気は、時間真空弁を介してALD装置のチャンバ内に進んで、30~100mTorrのチャンバ内の作動圧力をもたらす。TiCl₄の流れは、反応物質の

単一層が基板テーブルWTの表面上に化学吸着されるのに十分な時間にわたって発生し得る。例えば、基板テーブルWTは、 $TiCl_4$ の $>10^4$ ラングミュア（1ラングミュア = 1単一層等価流束であり、これは1秒間の 10^{-6} Torrの圧力にほぼ匹敵する）にさらすことができる。そして、気相にある、または基板テーブルWTの表面上に物理吸着されている反応物質の超過量は、チャンバを排気すること（または不活性ガスを用いること）によってチャンバから除去される。

【0075】

[0083] 次に、基板テーブルWTを第2反応物質にさらし、この第2反応物質は、例えば、原子水素であり得る。原子水素は、ゲート弁を介してチャンバに接続され、リーク弁を介して水素ガス供給から送り込まれる石英管に水素ガスを供給することによって生成され得る。石英管を、300～1200Wの電力において13.56MHzで電力供給された多重コイルで巻くことができる。管の底において1～3mmの開口を用いて、原子水素を管に限定することができる。他の原子水素源が用いられてよい。原子水素がチャンバに供給されると、原子水素は基板テーブルWTの表面上に化学吸着され、基板テーブル表面上の第1反応物質（例えば、 $TiCl_4$ ）との交換反応を起こす。これにより、固体分子膜（例えば、Ti膜）およびガス副生成物が形成される。原子水素流は、所定時間後に停止し、この時間は基板テーブルの表面にわたって化学吸着および交換反応が起こることを可能にするのに十分な程度である。その後、チャンバは、基底圧に戻ることが可能である。

10

【0076】

[0084] 物理吸着は、弱いファンデルワールス力を介して物質が表面に接着することを指す。化学吸着は、物質と表面との間の比較的強い化学結合の形成を意味し、これは活性化エネルギーを必要とし得る。（ALDは室温で行われ得るものの）活性化エネルギーは、基板を所望の温度まで加熱することによってもたらされ得る。ALDは化学吸着を用いるので、ALDプロセスは、自己制御的であり、圧力および基板の変化の影響を受けず、1つの原子層または分子層のみを一度に表面上に吸着することができる。

20

【0077】

[0085] ALDプロセスによって、基板テーブルWTの表面上に所望の材料（この場合、Ti）の単一原子層または分子層が設けられる。従って、所望の材料の1つの原子層または分子層しか基板テーブルWTの表面上に設けられないので、ALD堆積は、自己限定的であるとみなされ得る。このプロセスは、所望の厚さを有する材料（例えば、Ti）の層を設けるために、所望の回数繰り返され得る。ALDプロセスの自己限定的性質によって、ALDを用いて形成される層の厚さを厳格に制御することが可能になる。図6は、所望の厚さを有するTi層313が設けられた上面を有する基板テーブルWTを概略的に示している。Ti層313の厚さは厳格に制御可能であるので、該層は、例えば30nm未満の厚さを有し得る。該層は、例えば30nmを超える厚さを有し得る。

30

【0078】

[0086] 多層コーティングの第1層313が形成されると、次に、多層コーティングの第2層がALDを用いて形成することができる。第2層は、例えば、第1層に関連して上述したプロセスを用いてTiNから形成することができる。この場合、TiN層の前駆体は、 $TiCl_4$ および NH_3 であり得る。TiN層について用いられ得る他の前駆体は、RSC Publishingが発行したA.C. JonesおよびM.L. Hitchmanの編集によるChemical Vapour Deposition Precursors, Processes and Applicationsの424頁の表9.5に列挙されている。TiN層の厚さは厳格に制御可能であるので、この層は、例えば、30nm未満の厚さを有し得る。この層は、例えば、30nmを超える厚さを有し得る。

40

【0079】

[0087] 図7は、Tiの単一層313およびTiNの単一層311が設けられている上面を有する基板テーブルWTを概略的に示している。

【0080】

[0088] 所望の数の層を有する多層コーティングが形成されるまで、ALDを用いて一

50

連の層を基板上に形成することができる。多層コーティングの最上層を形成する際、（より厚い最終層が望まれる場合）多層コーティングに最終層を他の層より厚くするために、A L D プロセスをより多くの回数繰り返すことができる。

【 0 0 8 1 】

[0089] A L D によって、非常に平坦な面を形成することができ、それによって基板テーブル W T の非平坦性によるオーバーレイエラーを低減させる、または解消するという利点をもたらされる。

【 0 0 8 2 】

[0090] A L D を用いて基板テーブル W T 上に多層コーティング 3 0 2 を形成する利点は、コーティングが基板テーブル W T の平均曲げ強度およびワイブル率を高め得ることである。

10

【 0 0 8 3 】

[0091] A L D を用いて多層コーティング 3 0 2 を形成することは、比較的緩やかであり得る。しかし、A L D プロセスのスループットは、同一の A L D チャンバを用いるのと同時に複数の基板テーブルを覆うことによって向上させることができる。

【 0 0 8 4 】

[0092] 基板 W と基板テーブル W T との間の付着によってウェーハが変形することがある。基板 W の変形は、例えば、基板と基板テーブルとの間の接着が基板テーブルに対する基板の移動を妨げる場合、基板を基板テーブル W T に対してクランプする間に起こり得る。基板 W と基板テーブル W T との間の接着は、多層コーティング 3 0 2 の上層 3 1 1 を形成するために用いられる材料に依存し、また、上層の表面ラフネスに依存する。

20

【 0 0 8 5 】

[0093] 基板テーブルの表面の高い平坦性を維持すると同時に基板 W と基板テーブル W T との間の望ましくない付着量を回避するために、多層コーティング 3 0 2 の上面に所定の表面ラフネスを付与することが望ましい。この状況では、付着は、基板テーブル W T に対する基板 W の移動を抑制する力を意味するとみなされることがあり、基板と基板テーブルとの間で作用するファンデルワールス力を含む。多層コーティング 3 0 2 の上面に所定のラフネスを付与することによって、基板と基板テーブルとの間で作用するファンデルワールス力が低減する。

【 0 0 8 6 】

30

[0094] 本発明の一実施形態において、（例えば、P L D または A L D を用いて）多層コーティング 3 0 2 が形成されると、プラズマエッチングを用いて多層コーティング 3 0 2 の上面に所望のラフネスを付与することができる。プラズマエッチングは、例えば、誘導結合プラズマエッチング、反応性イオンエッチング、またはプラズマ利用化学エッチングとすることができる。

【 0 0 8 7 】

[0095] プラズマエッチングを用いてラフネスを付与するために、最初に、所望のラフネスのピッチに対応するピッチを有するパターンが、（例えば、リソグラフィ装置を用いて）基板テーブル W T に塗布されたレジスト上に投影することができる。そして、レジストを現像し、次に、選択的プラズマエッチングを用いて、レジストの未露光部分をエッチングし、多層コーティングの上層をエッチング形成することができる。このように、プラズマエッチングによって、所望のラフネスを付与するパターンで上層をエッチング形成する。このラフネスを付与するパターンのピッチは、例えば、3 ~ 7 nm の範囲であってよく、または、他の適切な値を有してよい。エッチングの後、例えばアセトンを用いてレジストを除去する。

40

【 0 0 8 8 】

[0096] プラズマエッチングは、多層コーティング 3 0 2 の上面に実質的に均一なラフネスを付与し、それによって、別々のラフネスが基板テーブル W T 上の別々の位置に設けられた場合（例えば、研磨を用いて表面ラフネスを得た場合）に生じ得る問題が回避されるという利点を有する。

50

【 0 0 8 9 】

[0097] 上記のとおり、プラズマエッチングは、例えば、誘導結合プラズマとすることができる。これは、例えば、米国、サンタクララのApplied Materials Inc.から入手可能なCentura-DPS装置を用いて行うことができる。プラズマは、例えば、 Ar/CHF_3 、 Ar/Cl_2 、または Ar/BCl_3 とすることができる。これらのうち、 Ar/Cl_2 は、高いエッチング速度および非テーパエッチングプロファイルを得るために最も効率的なものであり得る。エッチング装置は、例えば、13.56 MHz RFの電気で励起されたプラズマ源を用いることができる。上方電極に供給される電力は、例えば、1000 Wとすることができ、下方電極に供給される電力は、例えば、85 Wとすることができる。エッチング中の全ガス流は、例えば120 sccmとすることができ、下方電極の温度は、例えば85 °Cとすることができる。誘導結合プラズマエッチングは、J. Tonotani他による“Dry etching characteristics of TiN film using Ar/CHF_3 , Ar/Cl_2 , and Ar/BCl_3 gas chemistries in an inductively coupled plasma”, J. Vac. Sci. Technol. 2163, B21(5), Sep/Oct 2003に記載されている。

10

【 0 0 9 0 】

[0098] 上記のとおり、プラズマエッチングは、例えば、反応性イオンエッチングとすることができる。これは、例えば、英国、ニューボートのSPTSから入手可能なSTS320反応性イオンエッチングシステムを用いて行うことができる。エッチングに使用されるプラズマを生成するために用いられるガスは、例えば CF_4 （例えば、28 sccm）に加えて O_2 （例えば、2 sccm）とすることができ、または、例えば CHF_3 （例えば、28 sccm）に加えて O_2 （例えば、2 sccm）とすることができる。少量の O_2 は、エッチング中、炭化フッ素の残渣の堆積を減少させることに役立ち得る。装置のプラズマ源は、例えば、200 ~ 400 Wの範囲の電圧を印加して、13.56 MHz RFの電気によって励起され得る。装置の陰極は、例えば、再循環流体を用いて20 °Cまで連続して冷却され得る。基板テーブルが配置されるチャンバは、例えば、50 mTorrの定圧で保持され得る。反応性イオンエッチングは、P.W. Leech他による“Reactive ion etching of TiN, TiAlN, CrN and TiCN Films in CF_4/O_2 and CHF_3/O_2 Plasmas.”, Mater. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. 890, 2006 Materials Research Societyに記載されている。

20

【 0 0 9 1 】

[0099] 上記のとおり、プラズマエッチングは、例えば、プラズマ利用化学エッチング（PACE: plasma assisted chemical etching）とすることができる。PACEは、光学面の成形および研磨が可能な非機械的プロセスとして、1985年に米国、コネチカットのPerkin-Elmer Corporationによって開発された。しかし、本発明の一実施形態において、PACEは、表面を研磨するのではなく多層コーティング302の表面に所望のラフネスを付与するために用いられる。PACEにおいて、プラズマ励起反応ガスは、エッチングされている材料の表面と化学的に結合して、予測可能かつ制御可能な量の表面を除去する揮発性生成物を生成する。多層コーティングの表面がTiNである場合、プラズマは、例えば CF_4/O_2 または CHF_3/O_2 とすることができる。多層コーティングの表面がCrNである場合、プラズマは、例えば CF_4/O_2 とすることができる。プラズマ利用化学エッチングを提供するために用いられる装置は、例えば、参照により本明細書に組み込まれる、US 5,298,103に記載されたようなものとすることができる。

30

40

【 0 0 9 2 】

[00100] 一実施形態において、PACEを用いて、（上述のとおり）パターンを設けるためにレジストが用いられている表面から材料を除去してよい。あるいは、PACEを用いて、レジストに設けられたパターンを用いずにラフネスを表面に付与してよい。PACEは、局所的なエッチングを提供することが可能であり、従って、異なる位置でさまざまな深さに対するエッチングを提供するようにプログラムされ得る。位置の関数としてのエッチングの深さは、所望のラフネスを付与するように選択され得る。

【 0 0 9 3 】

50

[0100] プラズマエッチングを用いて、単一層コーティングの上面に所望のラフネスを付与してよい。

【 0 0 9 4 】

[0101] 基板テーブルに多層コーティングを設ける別の方法が、図 8 および図 9 に概略的に示されている。この方法において、層は、単にコーティングをパール上に形成するために用いられるのではなく、パール自体を形成するために用いられる。

【 0 0 9 5 】

[0102] 図 8 を参照すると、基板テーブル W T の上面は、疎 A L D 性領域 (ALD-phobic regions) 5 0 2 によって囲まれた親 A L D 性部分 (ALD-philic sites) 5 0 1 を備えている。疎 A L D 性という用語は、A L D プロセスによって層が形成されない表面を指すと解釈され得る。親 A L D 性という用語は、A L D プロセスによって層が形成され得る表面を意味すると解釈され得る。この構成は、疎 A L D 性層を基板テーブル W T に形成し、次に (材料依存性プラズマエッチングを用いて) 基板テーブル W T の A F 3 2 ガラスが所望の位置で露出するようにそれらの位置において疎 A L D 材料をエッチングすることによって実現される。A F 3 2 ガラスは親 A L D 性であり、従って、疎 A L D 性材料をエッチングすることにより、図 8 に示す構成が得られる。疎 A L D 性領域の形成は、Robin H. A. Ras, Elina Sahramo, Jari Malm, Janne Raula および Maarit Karppinen による “Blocking the Lateral Film Growth at the Nanoscale in Area-Selective Atomic Layer Deposition”, J. AM. CHEM. SOC. 2008, 130, 11252-11253 に記載されている。

【 0 0 9 6 】

[0103] 一実施形態において、疎 A L D 性材料は、ポリマー膜を基板テーブル W T 上に設けることによって形成され得る。パールが形成されない領域が放射にさらされるようにリソグラフィを用いてポリマー膜にパターン形成してよく、それによりポリマーは架橋し固体領域を形成する。そして、露出しないポリマーを基板テーブル W T から除去してよく、それによって、パールが形成される開口が残る。次に、自己組織化モノマーを基板テーブル W T に塗布してよく、自己組織化モノマーは固体領域の表面に付着するが、パールが形成される開口には付着しない。これは、自己組織化モノマーが固体領域のみに付着するように機能化されるからである。自己組織化モノマーは疎 A L D 性を有することができ、自己組織化モノマーが設けられる位置において A L D 化学作用を妨げる。これにより、A L D が用いられて開口にパールを形成し得るように、A L D を用いて材料層を形成することを防ぐ。疎 A L D 性材料を用いて基板を選択的にパターン形成することは、Robin H. A. Ras, Elina Sahramo, Jari Malm, Janne Raula および Maarit Karppinen による “Blocking the Lateral Film Growth at the Nanoscale in Area-Selective Atomic Layer Deposition”, 11252 9 J. AM. CHEM. SOC. 2008, 130, 11252-11253 に記載されている。

【 0 0 9 7 】

[0104] 基板テーブル W T が疎 A L D 性領域 5 0 2 によって囲まれた親 A L D 性部分 5 0 1 を備えると、基板を A L D 装置 (例えば、F l e x A l システム) のチャンバに配置する。上述した A L D プロセスを用いて、多層構造の第 1 層、例えば T i 層 5 1 3 を、親 A L D 性部分 5 0 1 上に形成する。そして、A L D プロセスを用いて、T i N 層 5 1 1 を T i 層 5 1 3 の上に形成する。これを、多層構造が基板テーブル W T 上に形成されるまで継続し、この多層構造は、多層構造がパールとして機能することを可能にするのに十分な高さを有する。これは図 9 に概略的に示されており、パール 5 0 3 は T i 層 6 1 3 および T i N 層 5 1 1 によって形成される。T i の 2 層 5 1 3 および T i N の 2 層 5 1 1 が示されているが、パールはあらゆる適切な数の層を含んでよい。パール 5 0 3 は、例えば、約 1 0 ミクロンの高さ (または他の適切な高さ) を有し得る。A L D を用いる T i N 膜および T i 膜の形成は、参照により本明細書に組み込まれる、U S 2 0 0 4 / 2 2 1 , 7 9 8 に記載されている。

【 0 0 9 8 】

[0105] パール 5 0 3 の上層が形成されると、プラズマ利用化学エッチングを用いてパールの上面に所望のラフネスを付与することができる。

【 0 0 9 9 】

[0106] 一実施形態において、パールは A F 3 2 ガラスから部分的に形成されてよく、上述した A L D プロセスを用いて高さが延長されてよい。

【 0 1 0 0 】

[0107] T i N、T i、C r N、および C r の利点は、これらの材料がわずかなガス放出量しか示さないことであり、従って、E U V リソグラフィ装置に存在する真空度を低下させない。

【 0 1 0 1 】

[0108] 上述の実施形態において、基板テーブル W T は A F 3 2 ガラスから形成される。A F 3 2 ガラスは、シリコンの熱膨張係数に匹敵する熱膨張係数を有しており、約 6 0 0 までの熱に耐えることができるので、リソグラフィの用途において有用である（ただし、基板テーブル W T の構築に用いられる接着剤が上記温度で損傷を受けることがある）。しかし、基板テーブルは、他の適切なガラスから、または他の適切な非ガラス材料から形成されてよい。

【 0 1 0 2 】

[0109] 本明細書において、I C 製造におけるリソグラフィ装置の使用について具体的な言及がなされているが、本明細書記載のリソグラフィ装置が、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用のガイダンスパターンおよび検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（L C D）、薄膜磁気ヘッド等の製造といった他の用途を有し得ることが理解されるべきである。当業者にとっては当然のことであるが、そのような別の用途においては、本明細書で使用される「ウェーハ」または「ダイ」という用語はすべて、それぞれより一般的な「基板」または「ターゲット部分」という用語と同義であるとみなしてよい。本明細書に記載した基板は、露光の前後を問わず、例えば、トラック（通常、基板にレジスト層を塗布し、かつ露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジーツール、および/またはインスペクションツールで処理されてもよい。適用可能な場合には、本明細書中の開示内容を上記のような基板プロセッシングツールおよびその他の基板プロセッシングツールに適用してもよい。さらに基板は、例えば、多層 I C を作るために複数回処理されてもよいので、本明細書で使用される基板という用語は、すでに多重処理層を包含している基板を表すものとしてもよい。

【 0 1 0 3 】

[0110] 光リソグラフィの関連での本発明の実施形態の使用について上述のとおり具体的な言及がなされたが、当然のことながら、本発明は、他の用途、例えば、インプリントリソグラフィに使われてもよく、さらに状況が許すのであれば、光リソグラフィに限定されることはない。インプリントリソグラフィにおいては、パターンングデバイス内のトポグラフィによって、基板上に創出されるパターンが定義される。パターンングデバイスのトポグラフィは、基板に供給されたレジスト層の中にプレス加工され、基板上では、電磁放射、熱、圧力、またはそれらの組合せによってレジストは硬化される。パターンングデバイスは、レジストが硬化した後、レジスト内にパターンを残してレジストの外へ移動される。

【 0 1 0 4 】

[0111] 「レンズ」という用語は、文脈によっては、屈折、反射、磁気、電磁気、および静電型光学コンポーネントを含む様々な種類の光学コンポーネントのいずれか 1 つまたはこれらの組合せを指すことができる。

【 0 1 0 5 】

[0112] 「E U V 放射」という用語は、5 ~ 2 0 n m の範囲内、例えば、1 3 ~ 1 4 n m の範囲内、または例えば、6 . 7 n m や 6 . 8 n m などの 5 ~ 1 0 n m の範囲内の波長を有する電磁放射を包含していると考えるとよい。

【 0 1 0 6 】

[0113] 一実施形態において、多層コーティングを基板テーブル上に形成する方法が提供される。この方法は、パルスレーザ蒸着を室温または室温付近で用いて第 1 材料層を基

10

20

30

40

50

板テーブル上に形成することを含む。次に、パルスレーザ蒸着を室温または室温付近で用いて、第２材料層を第１材料層の上に形成する。次に、パルスレーザ蒸着を室温または室温付近で任意に用いて、追加の材料層を基板テーブル上に形成する。

【 0 1 0 7 】

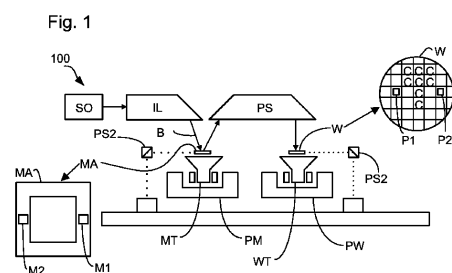
[0114] 以上、本発明の具体的な実施形態を説明してきたが、

【 0 1 0 8 】

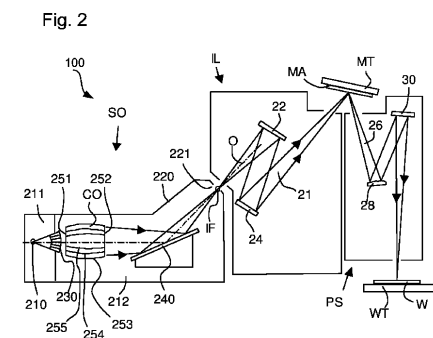
[0115] 本発明は、上述以外の態様で実施できることが明らかである。例えば、本発明は、上記に開示した方法を表す１つ以上の機械読取可能命令のシーケンスを含むコンピュータプログラムの形態、またはこのようなコンピュータプログラムが記憶されたデータ記憶媒体（例えば、半導体メモリ、磁気ディスクまたは光ディスク）の形態であってもよい。上記の説明は、制限ではなく例示を意図したものである。従って、当業者には明らかなように、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく本記載の発明に変更を加えてもよい。

10

【 図 １ 】



【 図 ２ 】



【 図 ３ 】

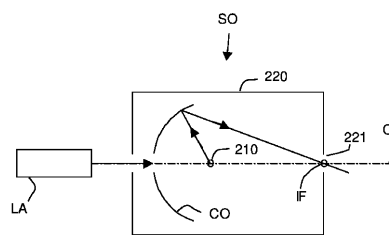


Fig. 3

【 図 ４ 】

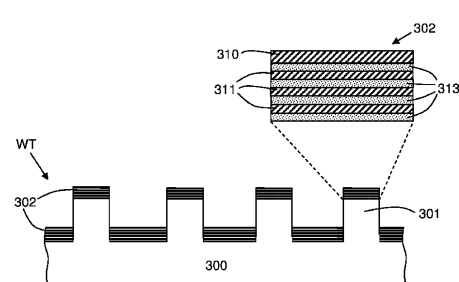


Fig. 4

【図 5】

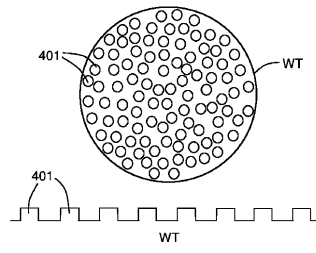


Fig. 5

【図 6】

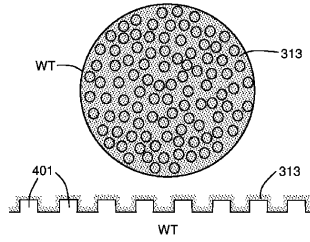


Fig. 6

【図 7】

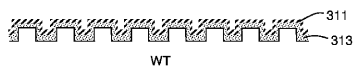


Fig. 7

【図 8】

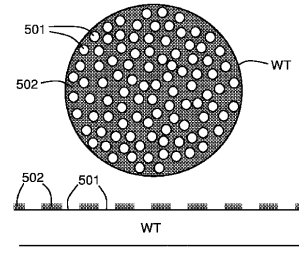


Fig. 8

【図 9】

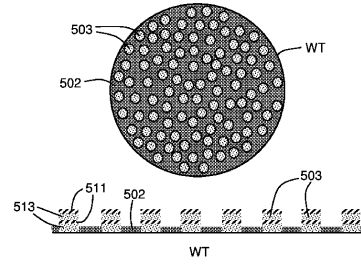


Fig. 9

フロントページの続き

(72)発明者 コンペン, レネ, セオドルス, ペトルス
オランダ国, ファルケンスワルト エヌエル - 5 5 5 4 エージェイ, ウィレム ツィード プレ
イン 2

審査官 今井 彰

(56)参考文献 特開2009-272646(JP, A)
特開平10-076407(JP, A)
特開2008-135736(JP, A)
特開2007-158286(JP, A)
特開2006-305713(JP, A)
米国特許出願公開第2009/0284894(US, A1)
特開2000-349140(JP, A)
特開2010-034256(JP, A)
特開平07-003432(JP, A)
特開平07-138771(JP, A)
特開平07-207459(JP, A)
国際公開第2009/047867(WO, A1)
特開平10-076408(JP, A)
特開2008-211119(JP, A)
特表2010-538165(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027、21/30、21/687