

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6100882号
(P6100882)

(45) 発行日 平成29年3月22日(2017.3.22)

(24) 登録日 平成29年3月3日(2017.3.3)

(51) Int.Cl.			F I		
HO 1 L	31/10	(2006.01)	HO 1 L	31/10	A
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30	5 1 6 C
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20	5 0 3

請求項の数 14 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-500814 (P2015-500814)	(73) 特許権者	504151804
(86) (22) 出願日	平成25年2月21日 (2013. 2. 21)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー、 ブイ、
(65) 公表番号	特表2015-514309 (P2015-514309A)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550 0 エーエイチ、 ビー、 オー、 ボックス 324
(43) 公表日	平成27年5月18日 (2015. 5. 18)	(74) 代理人	100079108
(86) 国際出願番号	PCT/EP2013/053504		弁理士 稲葉 良幸
(87) 国際公開番号	W02013/139553	(74) 代理人	100109346
(87) 国際公開日	平成25年9月26日 (2013. 9. 26)		弁理士 大貫 敏史
審査請求日	平成28年2月15日 (2016. 2. 15)	(72) 発明者	エヴァンゲリスタ、 ファブリジオ オランダ国、 アイントホーフエン エヌエ ル-5616 ジェイビー、 エンゲルズベ ルゲンストラート 21
(31) 優先権主張番号	61/613, 220		
(32) 優先日	平成24年3月20日 (2012. 3. 20)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置、センサ及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

EUV放射の特性を測定するセンサであって、
半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードと、
前記半導体基板の前記表面上の前記フォトダイオードの周囲に設けられた、EUV放射を遮断する第1の放射線遮断材料と、
前記半導体基板の側面上に設けられた、少なくともEUV放射以外の放射を抑制する第2の放射線遮断材料と、
を備える、センサ。

【請求項 2】

前記EUV放射以外の放射が、可視放射、(近)赤外線放射及びDUV放射のうち1つ以上を含む、請求項1に記載のセンサ。

【請求項 3】

前記第1の放射線遮断材料が、金属を含む、請求項1又は2に記載のセンサ。

【請求項 4】

前記第2の放射線遮断材料が、前記フォトダイオードの上にも設けられる、請求項1～3のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 5】

前記第2の放射線遮断材料が、EUV放射の有意な透過を可能とする、請求項4に記載のセンサ。

10

20

【請求項 6】

前記第 2 の放射線遮断材料が、前記フォトダイオードの上に設けられない、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 7】

前記第 2 の放射線遮断材料が、可視放射、EUV 放射及びDUV 放射を大幅に抑制する、請求項 6 に記載のセンサ。

【請求項 8】

前記第 2 の放射線遮断材料が、ジルコニウム又は窒化チタンを含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 9】

前記フォトダイオードが、前記半導体基板の前記表面上に設けられた複数のフォトダイオードのうちの一つである、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 10】

前記センサが、支持体上に設けられる、請求項 1 ~ 9 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 11】

前記第 1 及び第 2 の放射線遮断材料のうち少なくとも一つが、多層の積層を形成する、請求項 1 ~ 10 のいずれか一項に記載のセンサ。

【請求項 12】

装置であって、

EUV 放射ビームを調節する光学システムと、

前記装置の動作中に前記 EUV 放射ビームが向けられる半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードを有するセンサと、を備え、

EUV 放射ビームを遮断する第 1 の放射線遮断材料が、前記半導体基板の前記表面上の前記フォトダイオードの周囲に設けられ、

少なくとも EUV 放射ビーム以外の放射を抑制する第 2 の放射線遮断材料が、リソグラフィ装置の動作中に前記 EUV 放射ビームが入射する前記半導体基板の側面上に設けられる、装置。

【請求項 13】

前記装置が、リソグラフィ装置、放射源装置、メトロロジー装置又は表面の特性を検査するために検査装置のうちの一つである、請求項 12 に記載の装置。

【請求項 14】

リソグラフィ方法であって、

リソグラフィ装置の照明システムを使用して EUV 放射ビームを調節するステップと、センサを使用して前記 EUV 放射ビームを測定するステップと、を含み、

前記センサが、前記リソグラフィ装置の動作中に前記 EUV 放射ビームが向けられる半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードを備え、

EUV 放射ビームを遮断する第 1 の放射線遮断材料が、前記半導体基板の前記表面上の前記フォトダイオードに周囲に設けられ、

少なくとも EUV 放射ビーム以外の放射を抑制する第 2 の放射線遮断材料が、前記リソグラフィ装置の動作中に前記 EUV 放射ビームが入射する前記半導体基板の側面上に設けられる、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、リソグラフィ装置、センサ及びリソグラフィ方法に関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路 (IC) の製造に使用可能

10

20

30

40

50

である。この場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターンングデバイスを使用して、ICの個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。このパターンを、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1つ又は幾つかのダイの一部を含む）に転写することができる。パターンの転写は通常、基板に設けた放射感応性材料（レジスト）の層への結像により行われる。一般的に、1枚の基板は、連続してパターンが与えら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。

【0003】

[0003] リソグラフィは、IC及びその他のデバイス及びノ又は構造を製造する際の主要なステップの1つとして広く認識されている。しかしながら、リソグラフィを使用して製造されるフィーチャの寸法がより微細になると共に、リソグラフィは小型IC又はその他のデバイス、及びノ又は構造の製造を可能にするためのより決定的な要因になってきている。

10

【0004】

[0004] パターン印刷の限界の理論的な推定値は式(1)に示すようなレイリーの解像基準によって得られる。

【数1】

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

20

[0005] 但し、 λ は使用される放射の波長、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、 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は印刷されるフィーチャのフィーチャサイズ（すなわちクリティカルディメンション）である。式(1)から、フィーチャの印刷可能な最小サイズの縮小は3つの方法で達成できることが分かる。すなわち、露光波長の短縮によるもの、開口数NAの増加によるもの、又は k_1 の値の減少によるものである。

【0005】

[0006] 露光波長を短縮し、印刷可能な最小サイズを縮小するため、極紫外線（EUV）放射源を使用することが提案されてきた。EUV放射は5～20nmの範囲内、例えば13～14nmの範囲内の波長を有する電磁放射である。さらに、例えば6.7nm又は6.8nmなどの5～10nmの範囲内の、10nm未満の波長を有するEUV放射を使用することが提案されてきた。このような放射は極紫外線放射、又は軟X線放射と呼ばれている。可能な放射源には例えば、レーザ生成プラズマ放射源、放電プラズマ放射源、又は電子蓄積リングにより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。

30

【0006】

[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放射を生成するための放射システムは、燃料を励起してプラズマを提供するレーザ、及びプラズマを封じ込めるための放射源コレクタ装置を含んでもよい。プラズマは例えば、適切な材料（例えばスズ）などの燃料にレーザビーム、又はXeガス又はLi蒸気などの適切なガス又は蒸気の流れを向けることによって生成することができる。その結果生ずるプラズマは例えばEUV放射などの出力放射を放出し、これは放射コレクタを使用して収集される。放射コレクタは、放射を受け、放射をビームに合焦する垂直又は斜入射放射コレクタであってもよい。放射源コレクタ装置は、プラズマを支える真空環境を提供する閉鎖構造又はチャンバを含んでもよい。典型的なEUV放射源は、放電生成プラズマ（DPP）放射源又はレーザ生成プラズマ（LPP）放射源である。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

[0008] EUV放射を使用して装置の動作中の様々なパラメータを測定することが望ましい。これらのパラメータには、基板にパターンを投影するのに使用される放射強度、及び

50

ウェーハとレチクルとの位置合わせが含まれてもよい。さらに、赤外線放射によってEUV装置のミラーが損傷することがあるため、赤外線放射の存在を監視することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0008】

[0009] EUV放射の特性を測定可能な、精度を高めたセンサを提供することが望ましい。本発明の第1の態様によれば、帯域内放射の特性を測定するセンサであって、半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードと、半導体基板の表面上のフォトダイオードの周囲に設けられた第1の放射線遮断材料と、半導体基板の側面上に設けられた第2の放射線遮断材料とを備え、第2の放射線遮断材料が帯域外放射を大幅に抑制するセンサが提供される。

10

【0009】

[0010] センサは、半導体基板の表面に設けられたフォトダイオードと、半導体基板の表面上のフォトダイオードの周囲に設けられた第1の放射線遮断材料と、半導体基板の側面に設けられた第2の放射線遮断材料と、を備え、第2の放射線遮断材料は可視放射及びDUV放射を大幅に抑制し得る。

【0010】

[0011] 半導体基板の側面は、半導体基板の表面に対して実質的に垂直でもよい。

【0011】

[0012] また、第2の放射線遮断材料は、フォトダイオードの上に設けられてもよい。

20

【0012】

[0013] 第2の放射線遮断材料は、可視放射及びDUV放射を大幅に抑制し得るが、EUV放射の有意な透過を可能とする。

【0013】

[0014] 第2の放射線遮断材料は、ジルコニウム又は窒化チタンを含んでもよい。

【0014】

[0015] 第2の放射線遮断材料をフォトダイオードの上に設けなくてもよい。

【0015】

[0016] 第2の放射線遮断材料は、可視放射及びDUV放射を大幅に抑制し得る。

【0016】

30

[0017] 第2の放射線遮断材料は、EUV放射を大幅に抑制し得る。

【0017】

[0018] 第2の放射線遮断材料は、アルミニウムを含んでもよい。

【0018】

[0019] フォトダイオードは、半導体基板の表面に設けられた複数のフォトダイオードのうちの1つであってもよい。

【0019】

[0020] センサは、パターンングデバイスを支持するように構築された支持体などの支持体上に設けられてもよい。

【0020】

40

[0021] 本発明の第2の態様によれば、

放射ビームを調節するように構成された光学システムと、

放射ビームの一部を受光するように配置されたセンサであって、これによって、放射が光学システムによって調節される前に、又は光学システムによって調節された後に放射ビームの特性を測定できる、センサと、を備え、

センサは、装置の動作中に放射ビームが向けられる半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードを備え、第1の放射線遮断材料は、半導体基板の表面上のフォトダイオードの周囲に設けられ、

第2の放射線遮断材料は、リソグラフィ装置の動作中に放射ビームが入射する半導体基板の側面に設けられる、装置が提供される。

50

【 0 0 2 1 】

[0022] 装置は、例えば、リソグラフィ装置、単独でも、又はリソグラフィ装置と一体化されてもよい放射源装置、例えばパターニングされた基板の特性を測定するために表面特性を測定するメトロロジー装置又は検査装置でよい。

【 0 0 2 2 】

[0023] 光学システムは、放射を誘導し、整形し、又は制御するための屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型、又はその他のタイプの光学システムなどの様々なタイプの光学コンポーネント、又はそれらのいずれかの組合せを含んでもよい。放射ビームの調節とは、パターニングされた放射を提供するなどの放射ビーム特性の少なくとも1つを変更することを意味する。リソグラフィ装置では、光学システムは、例えば以下の要素、すなわち放射ビームを調節するように構成された照明システム、パターニングデバイス、又は基板のターゲット部分に（パターニングデバイスがある場合はパターニングされた）放射ビームを投影するように構成された投影システムのうちの1つ以上を備えてもよい。

10

【 0 0 2 3 】

[0024] 本発明による装置は、例えば放射ビームを調節するように構成された照明システムと、パターニングデバイスを支持するように構築された支持体と、放射ビームの断面にパターンを付与してパターニングされた放射ビームを形成することができるパターニングデバイスと、基板を保持するように構築された基板テーブルと、基板のターゲット部分にパターニングされた放射ビームを投影するように構成された投影システムと、を備えるリソグラフィ装置である。センサはリソグラフィ装置内に設けられ、センサは、リソグラフィ装置の動作中に放射ビームが向けられる半導体基板の表面に設けられたフォトダイオードと、半導体基板の表面上のフォトダイオードの周囲に設けられた第1の放射線遮断材料と、を備え、リソグラフィ装置の動作中に放射ビームが入射する半導体基板の側面に第2の放射線遮断材料が設けられる。

20

【 0 0 2 4 】

[0025] 本発明の第3の態様によれば、リソグラフィ方法であって、リソグラフィ装置の照明システムを使用して放射ビームを調節するステップと、センサを使用して放射ビームを測定するステップと、を含み、センサが、リソグラフィ装置の動作中に放射ビームが向けられる半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードを備え、第1の放射線遮断材料が半導体基板の表面上のフォトダイオードに周囲に設けられ、第2の放射線遮断材料がリソグラフィ装置の動作中に放射ビームが入射する半導体基板の側面上に設けられる方法が提供される。

30

【 0 0 2 5 】

[0026] 本発明の別の特徴及び利点並びに本発明の様々な実施形態の構造及び作用は、添付の図面を参照して以下に詳細に説明する。本発明は、本明細書に記載する特定の実施形態に限定されないことに留意されたい。このような実施形態は、例示のみを目的として本明細書に記載されている。本明細書に含まれる教示に基づいて当業者はさらなる実施形態を容易に思い付くであろう。

【 0 0 2 6 】

[0027] 本明細書に組み込まれ、その一部を形成する添付の図面は本発明を図示し、説明とともに、さらに本発明の原理を説明し、当業者が本発明を作成して使用できるようにする働きをする。

40

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 7 】

【 図 1 】 [0028] 本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。

【 図 2 】 [0029] リソグラフィ装置のより詳細な図である。

【 図 3 】 [0030] 図 1 及び図 2 の装置のソースコレクタ装置のより詳細な図である。

【 図 4 】 [0031] 本発明の実施形態によるセンサの概略図である。

【 図 5 】 [0032] 本発明の代替実施形態によるセンサの概略図である。

【 0 0 2 8 】

50

[0033] 本発明の特徴及び利点は、同様の参照符号は全体を通して対応する要素を識別する図面を参照しながら以下の詳細な説明を読むことでさらに明白になる。図面では、一般に、同様の参照番号が同一の、機能が類似した、及び/又は構造が類似する要素を示す。ある要素が最初に出現する図面は、対応する参照番号の左端の1つ又は複数の数字によって示される。

【発明を実施するための形態】

【0029】

[0034] 明細書は、本発明の特徴を組み込んだ1つ以上の実施形態を開示する。開示される1つ又は複数の実施形態は本発明を例示するにすぎない。本発明の範囲は開示される1つ又は複数の実施形態に限定されない。本発明は、本明細書に添付される特許請求の範囲によって定義される。

10

【0030】

[0035] 記載された実施形態、及び本明細書で「一実施形態」、「ある実施形態」、「例示の実施形態」などに言及した場合、それは記載された実施形態が特定の特徴、構造、又は特性を含むことができるが、それぞれの実施形態が必ずしも特定の特徴、構造、又は特性を含まないことがあることを示す。さらに、このようなフレーズは、必ずしも同じ実施形態に言及するものではない。さらに、ある実施形態に関連して特定の特徴、構造、又は特性について記載している場合、明示的に記載されているか、記載されていないかにかかわらず、このような特徴、構造、又は特性を他の実施形態との関連で実行することが当業者の知識にあることが理解される。

20

【0031】

[0036] 本発明の実施形態はハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア又はその任意の組合せで実施することができる。本発明の実施形態は、1つ以上のプロセッサで読み取り、実行することができる機械読み取り式媒体に記憶した命令として実施することもできる。機械読み取り式媒体は、機械（例えば、計算デバイス）で読み取り可能な形態で情報を記憶するか、又は伝送する任意の機構を含むことができる。例えば、機械読み取り式媒体は読み取り専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、電気、光、音響又は他の形態の伝搬信号（例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号など）、及びその他を含むことができる。さらに、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令を、本明細書では特定の行為を実行するものとして記述することができる。しかし、このような記述は便宜的なものにすぎず、このような行為は実際には計算デバイス、プロセッサ、コントローラ、又はファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを実行する他のデバイスの結果であることを理解されたい。

30

【0032】

[0037] しかしながら、このような実施形態を詳述する前に、本発明の実施形態を実施することができる例示の環境を提示することが有用であろう。

【0033】

[0038] 図1は、本発明のある実施形態による放射源コレクタモジュールSOを含むリソグラフィ装置LAPを概略的に示す。この装置は、放射ビームB（例えば、EUV放射）を調節するように構成された照明システム（イルミネータ）ILと、パターンングデバイス（例えば、マスク又はレチクル）MAを支持するように構築され、パターン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のポジショナPMに接続された支持構造（例えば、マスクテーブル）MTと、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、基板を正確に位置決めするように構成された第2のポジショナPWに接続された基板テーブル（例えば、ウェーハテーブル）WTと、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）上にパターンングデバイスMAによって放射ビームBへ付与されたパターンを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）PSと、を備える。

40

【0034】

50

[0039] 照明システムは、放射の誘導、整形、又は制御を行うための、屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型等の光学コンポーネント、又はそれらの任意の組合せなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。

【 0 0 3 5 】

[0040] 支持体 M T は、パターニングデバイスの配向、リソグラフィ装置の設計及び、例えばパターニングデバイスが真空環境で保持されているか否か等の条件に応じた方法でパターニングデバイス M A を保持する。この支持体は、パターニングデバイスを保持するために、機械式、真空式、静電式等のクランプ技術を使用することができる。支持体は、例えばフレーム又はテーブルでよく、必要に応じて固定式又は可動式でよい。支持体は、パターニングデバイスが例えば投影システムに対して確実に所望の位置に来るようにしてもよい。

10

【 0 0 3 6 】

[0041] 「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にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを付与するために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。放射ビームに付与されるパターンは、集積回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特定の機能層に相当する。

【 0 0 3 7 】

[0042] パターニングデバイスは透過性又は反射性でよい。パターニングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブル L C D パネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン型(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小さなミラーのマトリクス配列を使用し、そのミラーは各々、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを付与する。

20

【 0 0 3 8 】

[0043] 照明システムのような投影システムは、使用する露光放射、又は真空の使用などの他の要因に合わせて適宜、例えば屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型等の光学コンポーネント、又はそれらの任意の組合せなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。その他のガスは放射を吸収しすぎるため、E U V 放射用には真空を使用することが望ましいことがある。したがって、真空壁及び真空ポンプを用いてビーム経路全体に真空環境を設けてもよい。

30

【 0 0 3 9 】

[0044] 本明細書で示すように、装置は(例えば反射型マスクを使用する)反射型である。

【 0 0 4 0 】

[0045] リソグラフィ装置は、2つ(デュアルステージ)又はそれ以上の基板テーブル(及び/又は2つ以上のマスクテーブル)を有するタイプでよい。このような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルを並行して使用するか、1つ以上の他のテーブルを露光に使用している間に1つ以上のテーブルで予備工程を実行することができる。

40

【 0 0 4 1 】

[0046] 図1を参照すると、イルミネータ I L は、放射源コレクタ装置 S O から極紫外線放射ビームを受光する。E U V 放射を生成する方法は、少なくとも1つの元素、例えば、キセノン、リチウム又はスズを有する物質を、E U V 範囲の1つ以上の輝線を有するプラズマ状態に変換するステップを含むが、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1つの方法では、必要な輝線放出元素を有する物質の小滴、流れ、又はクラスタなどの燃料をレーザビームで照射することで必要なプラズマを生成できる。放射源コレクタ装置 S O は、燃料を励起するレーザビームを提供するレーザ(図1には示さず)を含むE U V 放射システムの一部であってもよい。結果として得られるプラズマは、放射源コレクタ装置内に配置された放射コレクタを用いて

50

収集される出力放射、例えば、EUV放射を放出する。レーザ及びソースコレクタ装置は、例えば燃料を励起するためのレーザビームを提供するためにCO₂レーザが使用される場合には別個の要素であってもよい。

【0042】

[0047] このような場合は、レーザはリソグラフィ装置の一部を形成するとは見なされず、例えば、適切な誘導ミラー及び/又はビームエキスパンダを備えるビームデリバリシステムを用いてレーザビームはレーザから放射源コレクタ装置へ渡される。

【0043】

[0048] 放電生成プラズマ(「DPP」と呼ばれることが多い代替方法では、放電を用いてEUV放出プラズマが生成され、燃料が気化される。燃料はEUV範囲に1つ以上の輝線を有するキセノン、リチウム、又はスズなどの元素でよい。放電は、ソースコレクタ装置の一部を形成してもよく、又は電気接続線を介してソースコレクタ装置に接続される別個の要素であってもよい電源によって生成されてもよい。

10

【0044】

[0049] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調整するアジャスタを備えていてもよい。通常、イルミネータの瞳面における強度分布の少なくとも外側及び/又は内側半径範囲(一般にそれぞれ、-outer及び-innerと呼ばれる)を調整することができる。また、イルミネータILは、ファセット型フィールド及び瞳ミラーデバイスなどの他の種々のコンポーネントを備えていてもよい。イルミネータを用いて放射ビームを調節し、その断面に所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

20

【0045】

[0050] 放射ビームBは、支持体(例えば、マスクテーブル)MT上に保持されたパターンニングデバイス(例えば、マスク)MAに入射し、パターンニングデバイスによってパターンニングされる。パターンニングデバイス(例えば、マスク)MAに反射した後、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はビームを基板Wのターゲット部分C上に合焦させる。第2のポジショナPWと位置センサPS2を用いて(例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ又は容量センサを用いて)、基板テーブルWTは、例えば、様々なターゲット部分Cを放射ビームBの経路に位置決めするように正確に移動できる。同様に、第1のポジショナPMと別の位置センサPS1を用いて、放射ビームBの経路に対してパターンニングデバイス(例えば、マスク)MAを正確に位置決めできる。パターンニングデバイス(例えば、マスク)MA及び基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2及び基板アライメントマークP1、P2を使用して位置合わせしてもよい。

30

【0046】

[0051] 図示の装置は、以下のモードのうち少なくとも1つにて使用可能である。

1. ステップモードにおいては、支持体(例えばマスクテーブル)MT及び基板テーブルWTは、基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームに付与したパターン全体が1回でターゲット部分Cに投影される(すなわち単一静的露光)。次に、別のターゲット部分Cを露光できるように、基板テーブルWTがX方向及び/又はY方向に移動される。

2. スキャンモードにおいては、支持体(例えばマスクテーブル)MT及び基板テーブルWTは同期的にスキャンされる一方、放射ビームに付与されるパターンがターゲット部分Cに投影される(すなわち単一動的露光)。支持体(例えばマスクテーブル)MTに対する基板テーブルWTの速度及び方向は、投影システムPSの拡大(縮小)及び像反転特性によって判定することができる。

40

3. 別のモードにおいては、支持体(例えばマスクテーブル)MTはプログラマブルパターンニングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブルWTを移動又はスキャンさせながら、放射ビームに付与されたパターンをターゲット部分Cに投影する。このモードでは、一般にパルス状放射源を使用して、基板テーブルWTを移動させるごとに、又はスキャン中に連続する放射パルス間で、プログラマブルパターンニングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターンニングデバイスを利用するマスクレスリソ

50

グラフィに容易に適用できる。

【 0 0 4 7 】

[0052] 上述した使用モードの組合せ及び/又は変形、又は全く異なる使用モードも使用できる。

【 0 0 4 8 】

[0053] 図 2 は、ソースコレクタ装置 S O と、イルミネータシステム I L と、投影システム P S と、を含むリソグラフィ装置 1 0 0 をより詳細に示す。ソースコレクタ装置 S O は、ソースコレクタ装置 S O の閉鎖構造 2 2 0 内に真空環境が保たれるように構築され、配置される。E U V 放射放出プラズマ 2 1 0 は、放電生成プラズマ放射源によって形成されてもよい。E U V 放射は、超高温プラズマ 2 1 0 が生成されて電磁スペクトルの E U V 範囲内の放射が放出される例えばキセノンガス、リチウム蒸気、又はスズ蒸気などの気体又は蒸気によって生成されてもよい。超高温プラズマ 2 1 0 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生じる放電によって生成される。放射を効率的に生成するには、キセノン、リチウム、スズ蒸気、又はその他の適切な気体又は蒸気の、例えば 1 0 P a の分圧が必要である場合がある。ある実施形態では、E U V 放射を生成するために励起したスズ (S n) が提供される。

10

【 0 0 4 9 】

[0054] 高温プラズマ 2 1 0 によって放出された放射は、放射源チャンバ 2 1 1 から、放射源チャンバ 2 1 1 内の開口内、又はその裏側に位置する任意選択のガスバリア又は汚染物トラップ 2 3 0 (場合によっては汚染物バリア又はフィルトラップとも呼ばれる) を介してコレクタチャンバ 2 1 2 内に送られる。汚染物トラップ 2 3 0 はチャンネル構造を含んでもよい。汚染物トラップ 2 3 0 はまた、ガスバリア又はガスバリアとチャンネル構造との組合せを含んでもよい。汚染物トラップ又は汚染物バリア 2 3 0 はさらに、本明細書では少なくともチャンネル構造を含むことが示されている。

20

【 0 0 5 0 】

[0055] コレクタチャンバ 2 1 2 は、いわゆる斜入射コレクタであってもよい放射コレクタ C O を含んでもよい。放射コレクタ C O は、上流放射コレクタ側 2 5 1 と、下流放射コレクタ側 2 5 2 と、を有する。コレクタ C O を横切る放射は、格子スペクトルフィルタ 2 4 0 から反射して、仮想放射源ポイント I F で合焦することができる。仮想放射源ポイント I F は一般に中間焦点と呼ばれ、ソースコレクタ装置は、中間焦点 I F が閉鎖構造 2 2 0 内の開口 2 2 1 に、又はその近傍に位置するように配置される。仮想放射源ポイント I F は、放射放出プラズマ 2 1 0 の像である。

30

【 0 0 5 1 】

[0056] その後、放射は、パターンングデバイス M A での放射ビーム 2 1 の所望の角分散とパターンングデバイス M A での放射強度の所望の均一性とを提供するように構成されたファセット型フィールドミラーデバイス 2 2 と、ファセット型瞳ミラーデバイス 2 4 とを含んでもよい照明システム I L を横切る。支持体 M T に保持されたパターンングデバイス M A で放射ビーム 2 1 が反射すると、パターン付ビーム 2 6 が形成され、パターン付ビーム 2 6 は、投影システム P S によって、反射要素 2 8、3 0 を介して、ウェーハステージ又は基板テーブル W T によって保持された基板 W 上に結像される。

40

【 0 0 5 2 】

[0057] 一般に、照明光学系ユニット I L 及び投影システム P S 内には図示したよりも多くの要素があってもよい。格子スペクトルフィルタ 2 4 0 は、リソグラフィ装置のタイプに応じて任意選択で備えられてもよい。さらに、図示した以上のミラーがあってもよく、図 2 に示した以上の、例えば 1 ~ 6 個の追加の反射要素が投影システム P S 内にあってもよい。

【 0 0 5 3 】

[0058] 図 2 に図示されるように、コレクタ光学系 C O は、コレクタ (又はコレクタミラー) の例と同様に斜入射リフレクタ 2 5 3、2 5 4 及び 2 5 5 を有する入れ子式コレクタとして示されている。斜入射リフレクタ 2 5 3、2 5 4 及び 2 5 5 は、光軸 O を中心に軸

50

対称に配置され、このタイプのコレクタ光学系C Oは好ましくは、D P P放射源と呼ばれることが多い放電生成プラズマ放射源と組み合わせて使用される。

【 0 0 5 4 】

[0059] ソースコレクタ装置S Oは、任意の適切な形態を有してもよい。例えば、図2に示すソースコレクタ装置S Oの代わりに図3に示すようなソースコレクタ装置を使用してよい。図3に示すソースコレクタ装置S OはL P P放射システムの一部である。レーザーL Aは、キセノン(X e)、スズ(S n)又はリチウム(L i)などの燃料にレーザエネルギーを蓄積して、数10電子ボルト(e V)の電子温度の高度にイオン化されたプラズマ2 1 0を生成することができる。これらのイオンの脱励起及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、近垂直入射コレクタ光学系C Oによって集光され、閉鎖構造2 2 0内の開口2 2 1へと合焦される。

10

【 0 0 5 5 】

[0060] 図2を再度参照すると、パターンングデバイスM Aを保持する支持体M T上のセンサSが備えられている。センサは、放射ビーム2 1の一部を受光するように配置され、これによって、放射ビームの強度などの放射特性を測定できるようにする。センサSは、パターンングデバイスM Aの周囲を超えた位置にある放射ビーム2 1の一部を受光するように位置決めされてもよい。リソグラフィ装置が走査リソグラフィ装置である実施形態では、センサSは放射ビーム2 1によって形成される露光スリットの両端から放射を受光するように位置決めされてもよい(露光スリットは、走査露光中にパターンングデバイスM Aを照明するために使用される放射ビームによって形成される放射領域である)。センサSは、放射ビームの強度などの放射ビーム2 1に特性を測定するために使用し得るリソグラフィ装置のどの位置に備えられてもよい。

20

【 0 0 5 6 】

[0061] プラズマによって生成される放射ビーム2 1は、所望の波長範囲よりも広い波長範囲を有してもよい。放射ビーム2 1は、例えば、本明細書で「帯域内放射」と呼ばれる所望の放射の一部、及び本明細書で「帯域外放射」と呼ばれる望ましくない放射の一部から形成されてもよい。例えば、帯域内放射は、平均13.5 nm又は6.8 nmなどの選択された平均値辺りの狭い波長範囲を有するE U V放射であってよい。「帯域外放射」は、異なる波長にあるE U V放射、可視光、(近)赤外線放射、紫外線及び深紫外線放射などの所望の波長範囲外にある放射である。帯域外放射は本来プラズマによって生成されるほか、プラズマを励起するレーザ放射などの別の放射源によって生成されてもよい。センサSは、帯域外放射に起因し、測定信号を妨害する何らかのノイズが最小限に保たれるように、帯域内放射に関連するパラメータを高い精度で測定することが望ましい。したがって、センサSの測定領域から帯域外放射を抑制することが望ましい。

30

【 0 0 5 7 】

[0062] 図4は、図2に示すセンサSの1つの(z軸を中心に90°回転させた)断面を概略的に示す。センサは、半導体基板4(例えばスズ基板)の表面に設けられたフォトダイオード2を備える。フォトダイオード2は、リソグラフィ装置の動作中に放射ビーム2 1が向けられる半導体基板4の表面8上に設けられる。上記の記載からさらに理解されるように、放射ビーム2 1の一部しかセンサSに入射しない(例えば露光スリットの一端)。したがって、半導体基板4の表面8に向けられる放射ビーム2 1(図2参照)への言及は、放射ビームの一部がセンサSの別の部品(例えば遮断材料1 0)によって遮断されない場合に半導体基板の表面に入射するように、放射ビームが一般に半導体基板の表面に向けられることを意味すると解釈してもよい。

40

【 0 0 5 8 】

[0063] フォトダイオード2は、帯域内E U V放射の特性を測定するように配置される。フォトダイオードは、p-n接合を含んでもよい。このようなフォトダイオードの例は、US 7 5 8 6 1 0 8 B 2号、US 8 1 3 8 4 8 5 B 2号、及びUS 2 0 1 2 2 6 8 7 2 2 A 1号に記載されており、上記3つの特許文献は全体が参照によって本明細書に組み込まれる。フォトダイオード2は、フォトダイオードに入射する放射の強度を示す出力を提供

50

する。フォトダイオードは、連続する放射パルス間の変動を検出するために入射放射の各パルスのエネルギーを測定するために使用されてもよい。フォトダイオードには、EUV放射光子をフォトダイオードによる検出により適した低エネルギー光子に変換するように構成されたシンチレーション層を設けてもよい。

【0059】

[0064] フォトダイオードに達するEUV放射の量を低減するために、フォトダイオードの上面に減衰層を設けてもよい。これは、フォトダイオードがパルス放射当たりの高エネルギーによって飽和状態になることを避けるために望ましい。例えば、厚さ200nmのアルミニウム層、又はより厚い窒化チタン層を減衰層として使用してもよい。

【0060】

[0065] 半導体基板は、支持体6によって保持される。支持体6は、図2に示す支持体MTの一部を形成してもよい。支持体は、第1の放射線遮断材料などの任意の材料から作製されるものであってよい。本発明のセンサは、支持体6なしで構成されてもよい。しかし、支持体6は、放射ビームが基板6によって遮断されない場合に表面8とは反対側の半導体基板の表面に入射する放射ビームの99%まで除去するという利点を有している。

【0061】

[0066] フォトダイオード2を半導体基板4の縁部の近傍に設けて、かなりの割合のEUV放射を遮断せずにセンサをEUV放射ビーム内部に導入できるようにしてもよい。

【0062】

[0067] 第1放射線遮断材料10の層がフォトダイオード2の周囲に設けられ、これによってフォトダイオードの一部を形成しない半導体基板の能動部分への入射を停止させる。第1の放射線遮断材料10は、放射が半導体基板4の表面8を通して半導体基板内に入ることを防げる。これは、フォトダイオード2を使用して得られた放射測定値にノイズを引き起こすか、又はフォトダイオード2を飽和させることがあるため望ましくない。

【0063】

[0068] 第1の放射線遮断材料10は、例えば所定の波長範囲の第1の放射を遮断するのに適する金属を含む材料などの任意の適切な材料であってよい。ある実施形態では、第1の放射線遮断材料10はアルミニウムであってよい。アルミニウムはEUV放射を吸収し、これによってEUV放射が半導体基板4の表面8に達することを防止する(又は半導体基板の表面に達するEUV放射の量を低減する)。また、アルミニウムは別の波長の放射(例えばDUV及び可視放射)も遮断して、この放射が半導体基板4の表面8に達することを防止する(又は半導体基板の表面に達する放射の量を低減する)。

【0064】

[0069] 第1の放射線遮断材料10は、遮断材料の外表面上の保護層で大気から誘発される酸化から防護されてもよい。外表面は、例えば酸化層(この酸化層は以下に記載する層12とは異なる)で防護されてもよい。第1の放射線遮断材料10の外表面は酸化物であってもよい。酸化物は、放射線遮断材料(例えばアルミニウム又はその他の適切な金属)を大気から絶縁する。

【0065】

[0070] ある実施形態では、第1の放射線遮断材料は10の層と、異なる材料10'の層とを含む多層(例えば2層以上)の積層をフォトダイオード2の周囲に設けてもよい。例えば第1の放射線遮断材料を酸化又は劣化から防護するため(例えば大気から絶縁するため)に使用される異なる材料10'は、第1の放射を遮断しなくてもよい。異なる材料10'はまた、第1の放射の遮断を増強するための、又は異なる波長範囲の放射を遮断するための別の第1の放射線遮断材料であってもよい。例えば、積層は、IR放射を吸収するためのSi₃N₄層、可視放射及び/又はDUV放射を吸収するアルミニウム層、及び半導体基板4の上面の酸化シリコン層を含んでもよい。積層内の層の順序は、望ましくない放射を遮断するのに適している限り重要ではない。

【0066】

[0071] 第1の放射線遮断材料10の層の厚さは、第1の放射を必要範囲まで遮断するの

10

20

30

40

50

に十分な値を有するように選択されてもよく、その厚さは単一の第1放射線遮断材料層が使用される状況、及び多層の積層が使用される状況のいずれの場合も標準的な技術を用いて経験的に決定することができる。第1の放射線遮断材料10の十分に厚い層は、それに入射する放射ビーム21を遮断するように選択されてもよい。センサの設計をコンパクトにするため、第1の放射線遮断材料(単層の場合)の層の厚さ、又は第1の放射線遮断材料の層を含む多層積層の厚さ全体が、1mm未満、例えば、1 μ m未満、望ましくは500nm未満、より望ましくは100nm未満などであることが有利である。

【0067】

[0072] 第2の放射線遮断材料12の層は、フォトダイオード2の上、及び第1の放射線遮断材料10の少なくとも一部の上に設けられる。第2の放射線遮断材料12は第1の放射線遮断材料10の上に設けられてもよく、又は、(例えば図4に示すように)フォトダイオード2の近傍の第1の放射線遮断材料10の一部の上に設けられてもよい。

10

【0068】

[0073] また、第2の放射線遮断材料12は、半導体基板4の側面14上にも設けられる。リソグラフィ装置の放射ビーム21の一部は、リソグラフィ装置の動作中に半導体基板4のその側面14に入射する。

【0069】

[0074] 第2の放射線遮断材料12は、可視放射、近赤外線放射及びDUV放射などの帯域外放射を遮断又は減衰し、それによってこの放射が半導体基板の側面14から半導体基板4内に入射することを防止する(又は、半導体基板の側面から入射する放射の量を低減する)。側面14から半導体基板4に入射する可視放射、近赤外線放射及びDUV放射は、フォトダイオード2を使用して行われるEUV放射の測定にノイズを引き起こすため望ましくない。したがって、第2の放射線遮断材料12によりこの放射を抑制することが、センサSによって達成される信号ノイズ比を向上させるという利点をもたらす。第2の放射線遮断材料の例は、ジルコニウム、及び窒化チタンである。ジルコニウムは、大気に曝されたまま放置されると酸化する。これが酸化するとフィルタの役割を果たさなくなるため、これは望ましくない。したがって、ジルコニウムは、酸素に対するバリアとして機能するZrN又はTiNによって(酸化する前に)防護されてもよい。

20

【0070】

[0075] 通常は、センサSは、例えばウェーハから切断される半導体基板4の上面に作製される。公知のセンサは、上記の理由でフォトダイオードの周囲の第1の放射線遮断材料を使用する。しかしながら、半導体基板4の縁部は通常は、ウェーハをダイシングした後「裸のまま」にされる。

30

【0071】

[0076] 放射がセンサの半導体基板の側面を通して入射すること、及びこの放射及び/又は放射によって半導体内で励起する電子がEUVセンサのフォトダイオードへと進行し、フォトダイオードによって検出される信号に相当のノイズを加えることはこれまでは理解されていなかった。そうであることを認定し、センサの側面14に遮断材料12を設けることで、先行技術に対して重要かつ価値のある改良がセンサSにもたらされた。

【0072】

[0077] 第2の放射線遮断材料12によって、EUV放射の有意な透過が可能となる。これによって、フォトダイオード2はEUV放射を測定することができる。

40

【0073】

[0078] 第2の放射線遮断材料12はまた、付加的な上面層で防護されてもよい。第2の放射線遮断材料12はまた、第1の放射線遮断材料10について上述したと同様に、半導体基板4の側面14上の多層積層の少なくとも1つの層として設けられてもよい。

【0074】

[0079] ある実施形態では、第2の放射線遮断材料12は3つの層を含む。すなわち、窒化ジルコニウムの内層、ジルコニウムの中間層、及び窒化ジルコニウムの外層である。本明細書では、窒化ジルコニウムは、ジルコニウム層を酸化から防護するために使用される

50

。あるいは、ZrNの代わりにTiN又はその他の窒化金属をサンドイッチ構成又は単一層として使用することもできる。第2の放射線遮断材料12として別の材料をサンドイッチ構成で使用することもできる。また、代替として3層以上を二重サンドイッチ構成又はその他の構成で使用してもよく、層のグループを周期的に繰り返して使用してもよい。その一例は、TiN/Zr/TiN/Al/TiNを含む少なくとも1つの多層積層である。帯域外放射フィルタを構築するために、第2の放射を遮断するように設計された多層積層を有利に使用してもよい。窒化ジルコニウムの内層及び外層の厚さは例えば25nm又はそれ未満でもよい。ジルコニウムの中間層の厚さは例えば300nm又はそれ未満でもよい。ジルコニウムは、可視放射及びDUV放射などの帯域外放射を大幅に抑制するが、EUV放射の有意な透過を可能とする。窒化ジルコニウムの内層及び外層は、ジルコニウム層の酸化を妨げてよい。別の材料を使用してジルコニウム層を酸化から防護してもよい。

10

【0075】

[0080] ジルコニウムの300nmの厚さは、可視放射及びDUV放射などの帯域外放射を大幅に抑制する厚さであるが、EUV放射の有意な透過を可能とする厚さとして選択される。しかしながら、ジルコニウムの300nmの厚さは単なる一例であり、その他の任意の適切な厚さを用いてもよい。厚さは指針値を与えるために選択されてもよく、別の厚さを用いてもよい。可視放射及びDUV放射などの帯域外放射を大幅に抑制する厚さであるが、EUV放射の有意な透過を可能とする厚さとして選択されてもよい。ジルコニウムの厚さは、例えば300nm未満、好ましくは200nm未満でよい。

20

【0076】

[0081] ジルコニウムは、第2の放射線遮断材料12を形成するために使用してもよい材料の単なる例である。ジルコニウムはDUV及び可視放射をフィルタでフィルタリングするが、EUV放射は透過する。代替実施形態では、窒化チタンを使用して第2の放射線遮断材料12が形成される。別の適切な材料を使用して第2の放射線遮断材料12を形成してもよい。

【0077】

[0082] 第2の放射線遮断材料12は、可視放射及びDUV放射などの帯域外放射を大幅に抑制するが、EUV放射の有意な透過を可能とする。「可視放射及びDUV放射などの帯域外放射を大幅に抑制」という用語は、抑制が半導体基板の側面14を通して入射する放射に起因するセンサのノイズを明確に低減するのに十分であるという意味に解釈されてもよい。「EUV放射の有意な透過」という用語は、EUV放射の透過性が、第2の放射線遮断材料12を通過するEUV放射をフォトダイオード2によって測定できるのに十分に高いという意味に解釈されてもよい。

30

【0078】

[0083] 上記は第2の放射線遮断材料12が可視放射及びDUV放射を大幅に抑制するものとして記載しているが、第2の放射線遮断材料は、EUV放射波長ではないその他の波長の放射も大幅に抑制し得る。遠赤外線放射(例えば波長が約10 μ m)などの幾つかの波長はフォトダイオードによって検出できないことがある。第2の放射線遮断材料12がこれらの波長での放射を抑制するか否かは問題ではない。

40

【0079】

[0084] 本発明の代替実施形態が図5に概略断面図で示されている。この実施形態では、フォトダイオード12、半導体基板4、支持体6、及び第1の放射線遮断材料10は、図4に示したものと対応している。しかしながら、第2の放射線遮断材料16はフォトダイオード2に広がっておらず、半導体基板4の側面14上のみ設けられている(また、第1の放射線遮断材料10の一部の上に設けられてもよい)。第2の放射線遮断材料16は、可視放射及びDUV放射が側面14を経て半導体基板4に入射することを防止又は抑制する。第2の放射線遮断材料16はフォトダイオード2に広がっていないため、第2の放射線遮断材料がEUV放射の有意な透過を可能とする必要はない。したがって、第2の放射線遮断材料16は、可視放射及びDUV放射を遮断することに加えて、EUV放射も遮

50

断する材料から形成されてもよい。

【0080】

[0085] 第2の放射線遮断材料16は、例えばアルミニウム又はその他の適切な金属であってもよい。アルミニウムは例えば、厚さ500nm又はそれ以上（又はその他の適切な厚さ）の層として設けられてもよい。第2の放射線遮断材料16を形成するためにアルミニウムを使用する利点は、アルミニウムは比較的扱いやすく、アルミニウムを使用した製造技術がよく確立されていることにある。

【0081】

[0086] 異なる金属、又はその他の適切な材料を使用して第2の放射線遮断材料16を形成してもよい。材料は可視放射及びDUV放射を遮断（又は減衰）する必要があり、EUV放射も遮断（又は減衰）し得る材料でよい。

10

【0082】

[0087] 帯域外放射の抑制は本明細書では、第2の帯域外放射をフィルタでフィルタリングするために少なくともセンサの側面に設けられる第2の放射線遮断材料12がない場合のセンサSによって生成される光電流 i_1 と、本発明により修正された（すなわち、第2の放射線遮断材料12が少なくともセンサの側面に設けられた）（同じ）センサによって生成される光電流 i_2 と、の比率として定義される。理想的な状態では i_2 は（ほぼ）ゼロとなる。

【0083】

[0088] 第1の実施形態の第2の放射線遮断材料12による可視放射の抑制は、例えば約50分の1であってもよい。第2の実施形態の第2の放射線遮断材料16による可視放射の抑制は、例えば500分の1であってもよい。第2の実施形態の第2の放射線遮断材料16による抑制は、EUV放射の透過を可能とする遮断材料の必要がないため第1の実施形態の第2に放射線遮断材料12による抑制よりも大きくなり得る。望ましくは、抑制は少なくとも10分の1、より望ましくは少なくとも50分の1、さらに望ましくは少なくとも100分の1、また最も望ましくは1000分の1である。

20

【0084】

[0089] 第2の放射線遮断材料12、16は、蒸着技術などの公知の技術を用いてセンサS上に設けられてもよい。センサ上の第2の放射線遮断材料12、16を設けるために用いられる技術によって設けられる材料の厚さの不正確さを考慮に入れるため、上記の厚さ値の例に許容差（例えば $\pm 10\%$ ）を適用してもよい。半導体基板4の側面14上の第2の放射線遮断材料12の厚さと、第1の放射線遮断材料の下向きの表面10上の第2の放射線遮断材料12の厚さと、の間により大きい差（例えば $\pm 40\%$ ）が見られることがある（第2の放射線遮断材料を設けるために方向性技術が用いられることにより生じる差である）。

30

【0085】

[0090] 第2の放射線遮断材料12、16を設けるために用いられる技術に応じて、第2の放射線遮断材料の厚さは不均等であってもよい（例えば、図4に示した実施形態では、半導体基板4の側面上の厚さはより薄い）。実質的な許容差（例えば $\pm 20\%$ ）を上記の厚さの例に適用してもよい。

40

【0086】

[0091] 図示したセンサSは単一のフォトダイオード2を備えているが、センサは複数のフォトダイオードを備えてもよい。複数のフォトダイオードは例えば、放射ビームの強度を測定するように配置された個々のフォトダイオードと、像を検出するように配置されたフォトダイオードアレイと、を（又は異なる形態のフォトダイオードのその他のいずれかの組合せを）備えてもよい。複数のフォトダイオードを単一の半導体基板上に備えてもよい。さらに、1つ以上のセンサSを別のセンサと結合して、異なる情報が同時に得られるようにしてもよい。例えば、本発明によるセンサを図示のように表面8に配置した温度センサと組み合わせてもよい。温度センサは、望ましくは50ms未満の応答時間で赤外線放射を検出するように構成されてもよい。温度センサが閾値温度と比較して温度上昇を検

50

出すと、センサSが設定されたパラメータに応じて機能していないことを示すフィードバック信号が得られる。

【0087】

[0092] 図示した実施形態は、リソグラフィ装置のセンサSを示しているが、センサを別の装置に備えてもよい。例えば、センサを放射源装置、メトロロジー装置、又は検査装置（例えばパターンングされた基板の特性を測定するために使用される装置）に備えてもよい。メトロロジー又は検査装置は、検査対象の基板を照明するように配置された放射源、照明された基板から反射する放射を検出するように配置されたセンサ、及び検出された放射を分析するように配置されたプロセッサを備えてもよい。センサは例えば、像を検出するように配置されたフォトダイオードアレイの形態でもよく、又はその他の何らかの形態でもよい。

10

【0088】

[0093] フォトダイオード2の外表面には、非EUV放射をフィルタでフィルタリングするように配置された1つ以上のフィルタを備えてもよい。1つ以上のフィルタはまた、フォトダイオード2の飽和を避けるためにEUV放射の振幅を低減するように配置されてもよい。

【0089】

[0094] 第1の放射線遮断材料10は窒化シリコン（又は赤外線放射を吸収するその他の何らかの材料）層を含んでもよい。窒化シリコンは赤外線放射を吸収し、例えば窒化シリコンの温度変化を介して赤外線放射の存在を監視するように配置された温度センサの一部として使用されてもよい。監視される赤外線放射はレーザーLA（図3を参照）によって生成される遠赤外線放射でよく、例えば10.6µmの波長を有していてもよい。

20

【0090】

[0095] 半導体基板4の側面14は、図示した実施形態では半導体基板の表面8に対して垂直（又は実質的に垂直）である。しかしながら、側面14は半導体基板の表面8に対してその他の何らかの角度を成してもよい。

【0091】

[0096] 本発明の実施形態によるセンサSは、放射ビームの強度（又は放射ビームのその他の何らかの特性）を測定するのに有用なリソグラフィ装置の位置に備えられてもよい。フォトダイオードが基板の側面に入射する放射によってノイズが生成されるのに十分に基板側面に近い場合には、放射線遮断材料を基板のフォトダイオードを支持する側面に設けてもよい。

30

【0092】

[0097] デカルト座標が図示されており、上記の記載で用いられる。デカルト座標は、本発明を理解しやすくするためのものであり、リソグラフィ装置のセンサ又はその他の部品が特定の向きを有していなければならないことを意味するものではない。

【0093】

[0098] 本文ではICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることを理解されたい。例えば、これは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用誘導及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッドなどの製造である。このような代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことが、当業者には認識される。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック（通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール）、メトロロジーツール及び/又はインスペクションツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその他の基板処理ツールに適用することができる。さらに基板は、例えば多層ICを生成するために、複数回処理することができる。したがって本明細書で使用する基板という用語は、既に複数の処理済み層を含む基板も指すことができる。

40

50

【 0 0 9 4 】

[0099] 光リソグラフィの分野での本発明の実施形態の使用に特に言及してきたが、本発明は文脈によってはその他の分野、例えばインプリントリソグラフィでも使用することができ、光リソグラフィに限定されないことを理解されたい。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイス内のトポグラフィが基板上に作成されたパターンを画定する。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内に刻印され、電磁放射、熱、圧力又はそれらの組合せを印加することでレジストは硬化する。パターンングデバイスはレジストから取り除かれ、レジストが硬化すると、内部にパターンが残される。

【 0 0 9 5 】

[00100] 「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁気及び静電気型光学コンポーネントを含む様々なタイプの光学コンポーネントのいずれか一つ、又はその組合せを指すことができる。

【 0 0 9 6 】

[00101] 以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を実践できることが理解される。例えば、本発明は、上記で開示したような方法を述べる機械読み取り式命令の1つ以上のシーケンスを含むコンピュータプログラム、又はこのようなコンピュータプログラムを内部に記憶したデータ記憶媒体（例えば半導体メモリ、磁気又は光ディスク）の形態をとることができる。上記の説明は例示的であり、限定的ではない。したがって、特許請求の範囲から逸脱することなく、記載されたような本発明を変更できることが当業者には明白である。

【 0 0 9 7 】

[00102] 特許請求の範囲を解釈するには、「発明の概要」及び「要約書」の項ではなく、「発明を実施するための形態」の項を使用するよう意図されていることを理解されたい。「発明の概要」及び「要約書」の項は、本発明者が想定するような本発明の1つ以上の例示的实施形態について述べることができるが、全部の例示的实施形態を述べることはできず、したがって本発明及び添付の特許請求の範囲をいかなる意味でも限定しないものとする。

【 0 0 9 8 】

[00103] 以上では、特定の機能の実施態様を例示する機能的構成要素及びその関係を用いて本発明について説明してきた。これらの機能的構成要素の境界は、本明細書では説明の便宜を図って任意に画定されている。特定の機能及びその関係が適切に実行される限り、代替的境界を画定することができる。

【 0 0 9 9 】

[00104] 特定の実施形態に関する以上の説明は、本発明の全体的性質を十分に明らかにしているため、当技術分野の知識を適用することにより、過度の実験をせず、本発明の全体的概念から逸脱することなく、このような特定の実施形態を容易に修正する、及び/又はこれらを様々な用途に適応させることができる。したがって、このような適応及び修正は、本明細書に提示された教示及び案内に基づき、開示された実施形態の同等物の意味及び範囲内に入るものとする。本明細書の言葉遣い又は用語は説明のためのもので、限定するものではなく、したがって本明細書の用語又は言葉遣いは、当業者には教示及び案内の観点から解釈されるべきことを理解されたい。

【 0 1 0 0 】

[00105] 本発明の幅及び範囲は、上記例示的实施形態のいずれによっても限定されず、以下の条項も含む添付の特許請求の範囲及びその同等物によってのみ規定されるものである。

1. リソグラフィ装置であって、

放射ビームを調節するように構成された照明システムと、

放射ビームの断面にパターンを付与してパターンングされた放射ビームを形成可能なパターンングデバイスを支持するように構成された支持体と、

10

20

30

40

50

基板を保持するように構成された基板テーブルと、
前記基板のターゲット部分にパターニングされた放射ビームを投影するように構成された投影システムと、

センサと、を備え、

前記センサが、

前記リソグラフィ装置の動作中に放射ビームが向けられる半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードと、

前記半導体基板の前記表面上のフォトダイオードの周囲に設けられる第1の放射線遮断材料と、

前記リソグラフィ装置の動作中に前記放射ビームが入射する前記半導体基板の側面上に設けられる第2の放射線遮断材料と、
を有する、リソグラフィ装置。

10

2. 前記半導体基板の前記側面が、前記半導体基板の表面に対して実質的に垂直である、条項1に記載のリソグラフィ装置。

3. 前記第2の放射線遮断材料が、前記フォトダイオードの上にも設けられる、条項1に記載のリソグラフィ装置。

4. 前記第2の放射線遮断材料が、可視放射及びDUV放射を抑制する一方、EUV放射の有意な透過を可能とする、条項3に記載のリソグラフィ装置。

5. 前記第2の放射線遮断材料が、ジルコニウム又は窒化チタンを含む、条項3に記載のリソグラフィ装置。

20

6. 前記第2の放射線遮断材料が、前記フォトダイオードの上に設けられない、条項1に記載のリソグラフィ装置。

7. 前記第2の放射線遮断材料が、可視放射及びDUV放射を大幅に抑制する、条項6に記載のリソグラフィ装置。

8. 前記第2の放射線遮断材料が、EUV放射を大幅に抑制する、条項7に記載のリソグラフィ装置。

9. 前記第2の放射線遮断材料が、アルミニウムを含む、条項6に記載のリソグラフィ装置。

10. 前記フォトダイオードが、前記半導体基板の前記表面上に設けられた複数のフォトダイオードのうちの1つである、条項1に記載のリソグラフィ装置。

30

11. 前記センサが、前記支持体上に設けられる、条項1に記載のリソグラフィ装置。

12. 帯域内放射の特性を測定するセンサであって、
半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードと、

前記半導体基板の前記表面上の前記フォトダイオードの周囲に設けられた第1の放射線遮断材料と、

前記半導体基板の側面上に設けられた第2の放射線遮断材料と、
を備える、センサ。

13. 条項12に記載のセンサを備える、メトロロジー又は検査装置。

14. リソグラフィ方法であって、

リソグラフィ装置の照明システムを使用して放射ビームを調節するステップと、

40

センサを使用して前記放射ビームを測定するステップであって、前記センサが、前記リソグラフィ装置の動作中に前記放射ビームが向けられる半導体基板の表面上に設けられたフォトダイオードを備え、第1の放射線遮断材料が前記半導体基板の前記表面上の前記フォトダイオードに周囲に設けられ、第2の放射線遮断材料が前記リソグラフィ装置の動作中に前記放射ビームが入射する前記半導体基板の側面上に設けられる、ステップと、
を含む、方法。

フロントページの続き

- (72)発明者 クランダー, デルク
オランダ国, ゲルドロップ エヌエル - 5 6 6 6 アールエス, ヴァン エルプストラート 5 0
- (72)発明者 デ ブルーイン, コルネリス
オランダ国, ハルステレン エヌエル - 4 6 6 1 ブイジェイ, ローデ ブーク 2 1

審査官 井上 徹

- (56)参考文献 米国特許第9470985 (US, B2)
国際公開第2010/124910 (WO, A1)
特開2004-047808 (JP, A)
特開2003-068637 (JP, A)
特開2003-197951 (JP, A)
特開平05-067800 (JP, A)
特開昭56-024969 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 31/10
G03F 7/20
H01L 21/027