

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4980264号
(P4980264)

(45) 発行日 平成24年7月18日 (2012. 7. 18)

(24) 登録日 平成24年4月27日 (2012. 4. 27)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 4 E

H O 1 L 21/66 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 2 2 Z

G O 3 F 9/00 (2006.01)

H O 1 L 21/66 J

H O 1 L 21/30 5 0 2 M

G O 3 F 9/00

請求項の数 8 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2008-40760 (P2008-40760)
(22) 出願日 平成20年2月22日 (2008. 2. 22)
(65) 公開番号 特開2008-277754 (P2008-277754A)
(43) 公開日 平成20年11月13日 (2008. 11. 13)
審査請求日 平成20年2月22日 (2008. 2. 22)
(31) 優先権主張番号 11/712, 556
(32) 優先日 平成19年3月1日 (2007. 3. 1)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504151804
エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
ブイ.
オランダ国 ヴェルトホーフェン 5 5 0
4 ディー アール, デ ラン 6 5 0 1
(74) 代理人 100079108
弁理士 稲葉 良幸
(74) 代理人 100093861
弁理士 大賀 真司
(74) 代理人 100109346
弁理士 大貫 敏史
(72) 発明者 モス, エバーハーダス, コルネリス
オランダ国, ベスト エヌエル-5 6 8 4
ゼットジェイ, ウェルヴァートストラ
ト 1 1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査方法、デバイス製造方法、検査装置、基板、マスク、リソグラフィ装置、及びリソグラフィセル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板内のオーバーレイエラーを特定するための検査方法であって、
前記基板上のターゲットに放射のビームを投影すること、
スカトロメータを使用して、前記基板上の前記ターゲットから反射した前記放射を測定すること、及び
前記反射した放射から前記オーバーレイエラーを特定すること、
を含み、
前記ターゲットは、第 1 及び第 2 のオーバーラップしたパターンを備え、各パターンは、第 1 方向においてのみ変化する複数の格子を有する第 1 サブパターン及び第 2 方向においてのみ変化する複数の格子を有する第 2 サブパターンを備え、かつ、前記第 1 方向においてのみ変化する前記複数の格子と前記第 2 方向においてのみ変化する前記複数の格子とは互いに交差せず、
前記第 1 方向の前記格子及び前記第 2 方向の前記格子それぞれの少なくとも一部が、測定スポット内に位置し、
前記ターゲットは、単一の測定において複数の方向でオーバーレイエラーを特定するように構成され、
前記第 1 サブパターンを構成する前記複数の格子の数と、前記第 2 サブパターンを構成する前記複数の格子の数とは異なっており、
前記オーバーレイエラーを特定する際には、前記各サブパターンを構成する前記格子の数

10

20

に応じて、前記測定に使用される相対的な信号強度が調整される、方法。

【請求項 2】

前記第 1 方向及び前記第 2 方向がほぼ直交している、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 パターン及び前記第 2 パターンがほぼ同一である、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

基板内のオーバーレイエラーを特定するための検査方法であって、

前記基板上のターゲットに放射のビームを投影すること、

スキットロメータを使用して、前記基板上の前記ターゲットから反射した前記放射を測定すること、及び

前記反射した放射から前記オーバーレイエラーを特定すること、
を含み、

前記ターゲットは、第 1 及び第 2 のオーバーラップしたパターンを備え、各パターンは 3 つのサブパターンを備え、各サブパターンは、第 1 方向においてのみ変化する複数の格子を有するサブパターン、又は第 2 方向においてのみ変化する複数の格子を有するサブパターンであり、かつ、前記第 1 方向においてのみ変化する前記複数の格子と前記第 2 方向においてのみ変化する前記複数の格子とは互いに交差せず、前記第 1 方向の前記格子及び前記第 2 方向の前記格子それぞれの少なくとも一部が、測定スポット内に位置し、

各パターンを構成する、前記第 1 方向においてのみ変化する前記複数の格子の数と、前記第 2 方向においてのみ変化する前記複数の格子の数とは異なり、
前記オーバーレイエラーを特定する際には、前記各サブパターンを構成する前記格子の数に応じて、前記測定に使用される相対的な信号強度が調整される、方法。

【請求項 5】

基板の特性を測定するように構成された検査装置であって、

前記基板上のターゲットに放射を投影するように構成された放射投影器、

前記ターゲットから反射した前記放射を検出するように構成された検出器、及び

単一のターゲットから反射した前記放射に基づいて 2 つの方向でオーバーレイエラーを算出するように構成されたデータ処理ユニットであって、前記単一のターゲットは第 1 及び第 2 のオーバーラップしたパターンを備え、各パターンは第 1 方向においてのみ変化する複数の格子を有する第 1 サブパターン及び第 2 方向においてのみ変化する複数の格子を有する第 2 サブパターンを備え、かつ、前記第 1 方向においてのみ変化する前記複数の格子と前記第 2 方向においてのみ変化する前記複数の格子とは互いに交差せず、
前記第 1 方向の前記格子及び前記第 2 方向の前記格子それぞれの少なくとも一部が、測定スポット内に位置し、

前記ターゲットは、単一の測定において複数の方向でオーバーレイエラーを特定するように構成され、

前記第 1 サブパターンを構成する前記複数の格子の数と、前記第 2 サブパターンを構成する前記複数の格子の数とは異なり、前記オーバーレイエラーを特定する際には、前記各サブパターンを構成する前記格子の数に応じて、前記測定に使用される相対的な信号強度が調整されるデータ処理ユニット、
を備える、検査装置。

【請求項 6】

基板上にパターンのイメージを投影するように構成された投影システム、及び、請求項 5 に記載の検査装置、を備えるリソグラフィ装置。

【請求項 7】

リソグラフィ装置、前記リソグラフィ装置によって露光される基板上で化学処理を行うように構成された処理ユニット、及び、請求項 5 に記載の検査装置、を備えるリソグラフィセル。

【請求項 8】

10

20

30

40

50

放射のビームを調整するように構成された照明システム、
前記放射のビームにパターンを付与することによりパターン付き放射ビームを形成するように構成されたパターンングデバイスを保持するように構成された支持体、
基板を支持するように構成された基板テーブル、
前記パターン付き放射ビームを前記基板上に投影するように構成された投影システム、及び

前記基板の特性を測定するように構成された検査装置、
を備え、

前記検査装置は、

前記基板上のターゲットに放射を投影するように構成された放射投影器、

前記ターゲットから反射した前記放射を検出するように構成された検出器、及び

単一のターゲットから反射した前記放射に基づいて2つの方向でオーバーレイエラーを算出するように構成されたデータ処理ユニットであって、前記単一のターゲットは第1及び第2のオーバーラップしたパターンを備え、各パターンは第1方向においてのみ変化する複数の格子を有する第1サブパターン及び第2方向においてのみ変化する複数の格子を有する第2サブパターンを備え、かつ、前記第1方向においてのみ変化する前記複数の格子と前記第2方向においてのみ変化する前記複数の格子とは互いに交差せず、

前記第1方向の前記格子及び前記第2方向の前記格子それぞれの少なくとも一部が、測定スポット内に位置し、

前記ターゲットは、単一の測定において複数の方向でオーバーレイエラーを特定するように構成され、

前記第1サブパターンを構成する前記複数の格子の数と、前記第2サブパターンを構成する前記複数の格子の数とは異なり、前記オーバーレイエラーを特定する際には、前記各サブパターンを構成する前記格子の数に応じて、前記測定に使用される相対的な信号強度が調整されるデータ処理ユニット、を備える、リソグラフィ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】 本発明は、例えばリソグラフィ技術によるデバイス製造に有用な、検査方法、及び、リソグラフィ技術を使用したデバイス製造方法に関する。

【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上、通常は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、マスク又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、一つまたは幾つかのダイの一部を含む）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なされる。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。既知のリソグラフィ装置としては、ターゲット部分上にパターン全体を一度に露光することにより各ターゲット部分を照射する、いわゆるステッパ、及び、放射ビームによってある特定の方向（「スキャン」方向）にパターンをスキャンすると同時にこの方向に平行又は逆平行に基板をスキャンすることにより各ターゲット部分を照射する、いわゆるスキャナが含まれる。また、パターンを基板上にインプリントすることにより、パターンングデバイスから基板にパターンを転写することも可能である。

【0003】

【0003】 リソグラフィプロセスを監視するため、パターン形成された基板のパラメータ（例えば、基板内又は基板上に形成された連続する層と層の間のオーバーレイエラー）を測定する必要がある。リソグラフィプロセスで形成される微細構造を測定する方法はいく

10

20

30

40

50

つもあり、走査電子顕微鏡や様々な専用ツールを使用する方法等がある。専用インスペクションツールの一形態としてスカトロメータがあり、このスカトロメータでは、放射ビームを基板表面上のターゲットに放射し、散乱又は反射したビームの特性を測定する。基板による反射又は散乱の前後でビームの特性を比較することにより、基板の特性を判断することができる。これは、例えば、反射したビームと、既知の基板特性に関する既知の測定値のライブラリに記憶されているデータとを比較することにより実現できる。スカトロメータとしては二つの主要タイプが知られている。分光スカトロメータは、広帯域放射ビームを基板上にあて、ある特定の狭い角度範囲内に散乱した放射のスペクトル（波長の関数としての強度）を測定するものである。角度分解スカトロメータは、単色放射ビームを使用し、散乱した放射の強度を角度の関数として測定するものである。

10

【 0 0 0 4 】

[0004] ターゲットを照射しかつ反射した放射からデータを収集する上述のシステムは、パターンのオーバーレイエラー（O V）を算出するのによく利用される。オーバーレイエラーの算出は、基板上に複数の重畳格子を形成し、格子間のオーバーレイエラーを測定することによって実現できる。例えばX方向のオーバーレイを測定する場合は、添付の図9 aに示すような、X方向において変化する格子を使用する。また、例えばY方向でオーバーレイを測定する場合は、添付の図9 bに示すような、Y方向において変化する格子を使用する。これらターゲットはそれぞれ、他のパターン（集積回路の土台を形成するもの等）のために使用することも可能な基板上エリアに置かれるため、貴重なスペースを占有することになる。

20

【 0 0 0 5 】

[0005] 添付の図10は別のターゲットパターンを示す図である。このターゲットではパターンが両方向（X方向及びY方向）において変化するため、ターゲットを一つだけ使用すればよい。しかし、このターゲットを使用した場合、X方向とY方向との間でクロストークが発生するため、測定結果の精度が落ちたり、測定結果の演算が複雑になってしまう。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

[0006] 使用する基板上エリア及びクロストークが最小限で済む別のターゲットを提供するのが望ましい。

30

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

[0007] 本発明の一実施形態によると、基板内のオーバーレイエラーを特定するための検査方法であって、前記基板上のターゲットに放射のビームを投影すること、スカトロメータを使用して、前記基板上の前記ターゲットから反射した前記放射を測定すること、及び、前記反射した放射から前記オーバーレイエラーを特定すること、を含む方法が提供される。この方法において、前記ターゲットは、第1及び第2のオーバーラップしたパターンを備え、各パターンは、第1方向においてのみ変化するフィーチャを有する第1サブパターン及び第2方向においてのみ変化するフィーチャを有する第2サブパターンを備え、前記ターゲットは、単一の測定において複数の方向でオーバーレイを特定するように構成される。

40

【 0 0 0 8 】

[0008] 本発明一実施形態によると、基板の特性を測定するように構成された検査装置であって、前記基板上のターゲットに放射を投影するように構成された放射投影器、前記ターゲットから反射した前記放射を検出するように構成された検出器、及び、データ処理ユニットを備える検出装置が提供される。この検出装置において、データ処理ユニットは、単一のターゲットから反射した前記放射に基づいて2つの方向でオーバーレイエラーを算出するように構成されており、前記単一のターゲットは第1及び第2のオーバーレイしたパターンを備え、各パターンは第1方向においてのみ変化するサブパターンを備える第

50

１部分及び第２方向においてのみ変化するサブパターンを備える第２部分を備える。

【０００９】

[0009] 本発明の一実施形態によると、印刷されたターゲットを備える基板が提供される。前記ターゲットは、単一の測定において複数の方向でオーバーレイを特定するために使用されるものであり、第１及び第２のオーバーレイしたパターンを含む。各パターンは、第１方向においてのみ変化するフィーチャを有する第１サブパターン及び第２方向においてのみ変化するフィーチャを有する第２サブパターンを備える。

【００１０】

[0010] 本発明の一実施形態によると、基板上にターゲットを印刷するために使用されるマスクであって、第１及び第２のオーバーレイしたパターンを備えるターゲットを表すパターンを備え、各パターンは、第１方向においてのみ変化するフィーチャを有する第１サブパターン及び第２方向においてのみ変化するフィーチャを有する第２サブパターンを備える、マスクが提供される。

【００１１】

[0011] 本発明の一実施形態によると、放射のビームを調整するように構成された照明システム、前記放射のビームにパターンを付けることによりパターン付き放射ビームを形成するように構成されたパターニングデバイスを保持するように構成されたサポート、基板を支持するように構成された基板テーブル、前記パターン付き放射ビームを前記基板上に投影するように構成された投影システム、及び、前記基板の特性を測定するように構成された検査装置、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において、前記検査装置は、前記基板上のターゲットに放射を投影するように構成された放射投影器、前記ターゲットから反射した前記放射を検出するように構成された検出器、及び、単一のターゲットから反射した前記放射に基づいて２つの方向でオーバーレイエラーを算出するように構成されたデータ処理ユニットであって、前記単一のターゲットは第１及び第２のオーバーレイしたパターンを備え、各パターンは第１方向においてのみ変化するサブパターンを備える第１部分及び第２方向においてのみ変化するサブパターンを備える第２部分を備える、データ処理ユニットを備える。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１２】

[0012] 以下、添付の概略図面を参照しながら、単なる例として、本発明の実施形態を説明する。図面において、同じ参照符号は同じ部分を示す。

【００１３】

[0024] 図１aは、リソグラフィ装置の概略図である。このリソグラフィ装置は、放射ビームB（例えば、UV放射又は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、パターニングデバイス（例えば、マスク）MAを支持するように構成されかつ特定のパラメータに従って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一ポジションPMに連結された、サポート構造（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成されかつ特定のパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成された第二ポジションPWに連結された、基板テーブル（例えば、ウェーハテーブル）WTと、パターニングデバイスMA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、一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、屈折投影レンズシステム）PLと、を備える。

【００１４】

[0025] 照明システムは、放射を誘導、形成、又は制御するため、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、又はその他の型の光コンポーネント、あるいはそれらのあらゆる組合せ等の様々な種類の光コンポーネントを含むことができる。

【００１５】

[0026] サポート構造は、パターニングデバイスを支持する、即ち、パターニングデバイスの重みを支えるものである。サポート構造は、パターニングデバイスの配向、リソ

10

20

30

40

50

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内で保持されるかなどといった他の条件に応じた態様で、パターニングデバイスを保持する。サポート構造は、機械式、真空式、静電式又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、必要に応じて固定又は可動式にすることができるフレーム又はテーブルであってよい。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配置することができる。本明細書で使用される「レチクル」又は「マスク」という用語はすべて、より一般的な「パターニングデバイス」という用語と同義であると考えてよい。

【0016】

[00027] 本明細書で使用される「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創出する等の目的で放射ビームの断面にパターンを付ける際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。なお、放射ビームに付けられたパターンは、例えば、そのパターンが位相シフトフィーチャ又はいわゆるアシストフィーチャを含む場合、基板のターゲット部分内の所望のパターンに正確に一致しない場合もある。通常、放射ビームに付けられたパターンは、集積回路等の、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することになる。

【0017】

[00028] パターニングデバイスは、透過型又は反射型であってよい。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、及びプログラマブルLCDパネルが挙げられる。マスクは、リソグラフィでは公知であり、バイナリ、レベンソン型(alternating)位相シフト、及びハーフトーン型(attenuated)位相シフトなどのマスクタイプ、並びに、各種ハイブリッドマスクタイプを含む。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置を採用しており、各小型ミラーは、入射する放射ビームを様々な方向へ反射させるように、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。

【0018】

[00029] 本明細書で使用される「投影システム」という用語は、使用される露光放射にとって、あるいは液浸液の使用又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、反射屈折型、磁気型、電磁型、及び静電型光学システム、又はそれらのあらゆる組合せを含むあらゆるタイプの投影システムを包含していると広く解釈されるべきである。本明細書で使用される「投影レンズ」という用語はすべて、より一般的な「投影システム」という用語と同義であると考えてよい。

【0019】

[00030] 本明細書に示されるとおり、リソグラフィ装置は透過型のもの(例えば、透過型マスクを採用しているもの)である。または、リソグラフィ装置は、反射型のもの(例えば、上述のタイプのプログラマブルミラーアレイを採用しているもの、又は、反射マスクを採用しているもの)であってもよい。

【0020】

[00031] 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(及び/又は2つ以上のマスクテーブル)を有するタイプのものであってよい。そのような「マルチステージ」機構においては、追加のテーブルを並行して使うことができ、あるいは、予備工程を一つ以上のテーブルで実施しつつ、別の一つ以上のテーブルを露光に使用することもできる。

【0021】

[00032] また、リソグラフィ装置は、投影システムと基板の間の空間を満たすように、比較的高い屈折率を有する液体、例えば、水によって基板の少なくとも一部を覆うことができるタイプのものであってもよい。さらに、リソグラフィ装置内の別の空間、例えば、パターニングデバイス(例えばマスク)と投影システムの間、に液浸液を加えてもよい。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させる点で本技術分野においてよく知られている。本明細書で使用される「液浸」という用語は、基板のような構造を液体中に沈めな

10

20

30

40

50

ければならないという意味ではなく、単に、露光中、投影システムと基板の間に液体があるということを意味するものである。

【 0 0 2 2 】

[00033] 図 1 a を参照すると、イルミネータ I L は、放射源 S O から放射ビームを受ける。例えば、放射源がエキシマレーザである場合、放射源とリソグラフィ装置は別々の構成要素であってよい。そのような場合には、放射源は、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、放射源 S O からイルミネータ I L へ、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 B D を使って送られる。その他の場合、例えば、放射源が水銀ランプである場合は、放射源をリソグラフィ装置の一体部分としてもよい。放射源 S O 及びイルミネータ I L は、必要であればビームデリバリシステム B D とともに、放射システムと呼ぶことができる。

10

【 0 0 2 3 】

[00034] イルミネータ I L は、放射ビームの角強度分布を調節するアジャスタ A D を備えうる。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及び / 又は内側半径範囲（通常、それぞれ σ -outer 及び σ -inner と呼ばれる）を調節することができる。また、イルミネータ I L は、インテグレータ I N 及びコンデンサ C O 等、他の各種コンポーネントを備えてもよい。イルミネータを使って放射ビームを調節することにより、放射ビームの断面に所望の均一性及び強度分布をもたせることができる。

【 0 0 2 4 】

[00035] 放射ビーム B は、サポート構造（例えば、マスクテーブル M T ）上に保持されたパターンングデバイス（例えば、マスク M A ）上に入射し、このパターンングデバイスによってパターン形成される。放射ビーム B は、パターンングデバイス（例えば、マスク M A ）を通り抜けた後、投影システム P L 通過し、当該投影システム P L によって、基板 W のターゲット部分 C 上にビームが集束される。第二ポジショナ P W 及び位置センサ I F （例えば、干渉デバイス、リニアエンコーダ、2 - D エンコーダ、又は、静電容量センサ）を使用して基板テーブル W T を正確に動かすことにより、例えば、様々なターゲット部分 C を放射ビーム B のパス内に位置付けることができる。同様に、第一ポジショナ P M 及び別の位置センサ（図 1 a には明示されない）を使用することにより、例えば、マスクライブラリからの機械検索後又はスキャン中に、パターンングデバイス（例えば、マスク M A ）を放射ビーム B のパスに対して正確に位置付けることができる。通常、サポート構造 M T （例えば、マスクテーブル）の移動は、第一ポジショナ P M の一部を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）及びショートストロークモジュール（微動位置決め）を使用して行われる。同様に、基板テーブル W T の移動も、第二ポジショナ P W の一部を形成するロングストロークモジュール及びショートストロークモジュールを使用して行われる。ステッパの場合は（スキャナとは対照的に）、サポート構造 M T （例えば、マスクテーブル）をショートストロークアクチュエータのみに連結、あるいは、固定してよい。パターンングデバイス M A （例えば、マスク）及び基板 W は、マスクアライメントマーク M 1、M 2、及び基板アライメントマーク P 1、P 2 を使って、位置合わせしてよい。図示するように、基板アライメントマークはそれ専用のターゲット部分に置かれているが、基板アライメントマークをターゲット部分とターゲット部分の間の空間内に置くこともできる（これらは、スクライブラインアライメントマークとして公知である）。同様に、一つ以上のダイがパターンングデバイス M A （例えば、マスク）上に設けられている場合、マスクアライメントマークは、ダイとダイの間に置かれてもよい。

20

30

40

【 0 0 2 5 】

[00036] 例示のリソグラフィ装置は、以下の一つ以上のモードで使用できる。

【 0 0 2 6 】

[00037] 1. ステップモードにおいては、サポート構造 M T （マスクテーブル）及び基板テーブル W T 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（すなわち、単一静的露光）ターゲット部分 C 上に投影する。その後、基板テーブル W T を X 及び / 又は Y 方向に移動させることにより、別のターゲット部分 C を露光す

50

る。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、単一静的露光時に結像されるターゲット部分Cのサイズが限定される。

【 0 0 2 7 】

[00038] 2. スキャンモードにおいては、サポート構造MT（例えば、マスクテーブル）及び基板テーブル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MT（例えば、マスクテーブル）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PLの（縮小）拡大率及び像反転特性によって決まる。スキャンモードにおいては、露光フィールドの最大サイズによって、単一動的露光時のターゲット部分の幅（非スキャン方向）が限定される一方、スキャン動作の長さによって、ターゲット部分の高さ（スキャン方向）が決定される。

10

【 0 0 2 8 】

[00039] 3. 別のモードにおいては、サポート構造MT（例えば、マスクテーブル）を、プログラマブルパターニングデバイスを保持した状態で基本的に静止状態に保ち、また、基板テーブルWTを移動又は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。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ニングデバイスは、基板テーブルWTの移動後ごとに、又はスキャン中の連続する放射パルスと放射パルスの間に、必要に応じて更新される。この動作モードは、前述のタイプのプログラマブルミラーアレイ等のプログラマブルパターニ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。

20

【 0 0 2 9 】

[00040] 上述の使用モードの組合せ及び／又はバリエーション、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。

【 0 0 3 0 】

[00041] 図1bに示すように、リソグラフィ装置LAはリソグラフィセルLC（しばしばリソ・セル又はクラスタとも呼ばれる）の一部であり、リソグラフィ装置LAに加えて、リソグラフィセルLCは、露光前及び露光後プロセスを基板上で行う装置をさらに有する。従来、これらの装置には、レジスト層を堆積するためのスピコートSC、露光されたレジストを現像するためのデベロッパDE、冷却プレートCH、及び、ペークプレートBKが含まれる。基板ハンドラ又はロボットROは、入出ポートI/O1、I/O2から基板を受け取ると、様々なプロセッシング装置間を移動させて、リソグラフィ装置のローディングベイLBへと搬送する。これらのデバイス（まとめてトラックとも呼ばれる）はトラックコントロールユニットTCUの制御下にあり、また、トラックコントロールユニット自体は監視制御システムSCSによって制御される。監視制御システムSCSはまた、リソグラフィコントロールユニットLACUを介してリソグラフィ装置を制御する。このように、スループット及び処理効率が最大となるように様々な装置を動作させる。

30

【 0 0 3 1 】

[00042] リソグラフィ装置によって基板が正しくかつ一貫して露光されるようにするため、露光済み基板を検査して、その特性（連続する層と層との間のオーバーレイエラー、線幅、クリティカルディメンション(CD)等）を測定するのが望ましい。エラーが検出された場合、特に、インスペクションが迅速に行われ同一バッチ内の別の基板がまだ露光される前であれば、後続の基板の露光に対して調整を行う。また、既に露光済みの基板については、剥離して再加工するか（歩留まりを良くするため）又は廃棄することにより、欠陥品となることが明らかな基板を露光しないで済むようにする。基板上の一部のターゲット部分のみに欠陥がある場合は、良好なターゲット部分上のみさらなる露光を行う。

40

【 0 0 3 2 】

[00043] インスペクション装置は、基板の特性、特に、各基板の特性がどのように異なるのか、又は、同一基板内の各層の特性が層ごとにどのように異なるのかを測定するた

50

めに使用される。インスペクション装置は、リソグラフィ装置 LA 又はリソ・セル LC 内に組み込まれていてもよく、又は、独立型デバイスであってもよい。測定を迅速に行うには、インスペクション装置が、露光後すぐに露光されたレジスト層の特性を測定することが望ましい。しかし、レジスト内の潜像はコントラストが弱い、つまり、レジスト内において放射で露光された部分と露光されなかった部分との屈折率の差が非常に小さく、また、すべてのインスペクション装置が潜像を有効に測定するのに十分な感応性を有する訳でもない。そのため、露光後ベークステップ (PEB) の後に測定を行うようにしてもよい。露光後ベークステップとは、通常、露光された基板上で行われる第 1 ステップであり、このステップによって、レジストの露光済み部分と未露光部分との間のコントラストを強めることができる。この段階におけるレジスト内のイメージを半潜像と呼ぶことができる。また、現像後 (この時点では、レジストの露光済み部分又は未露光部分のどちらかが除去されている) にレジストイメージを測定することもでき、あるいは、エッチング等のパターン転写ステップ後にイメージを測定することもできる。後者では、欠陥基板を再加工する可能性が限定されてしまうものの、有用な情報を提供することはできる。

【 0 0 3 3 】

[00044] 図 2 は、本発明の一実施形態で使用されうるスカトロメータを示している。このスカトロメータは、基板 6 上に放射を投影する広帯域 (白光) 放射プロジェクタ 2 を有する。反射した放射はスペクトロメータディテクタ 4 に到達し、スペクトロメータディテクタ 4 によって、鏡面反射した放射のスペクトル 10 (波長の関数としての強度) が測定される。このデータに基づき、プロセッシングユニット PU は、例えば、厳密結合波分析及び非線形回帰によって、又は、図 2 の下方に示すような擬似スペクトルのライブラリと比較することによって、検出されたスペクトルを生じさせる構造又はプロファイルを再構成する。通常、再構成では、当該構造の一般的な形状は既に把握されており、また、当該構造が作られたプロセスに基づいて一部のパラメータを予想できるため、当該構造のパラメータのうち少数のパラメータのみをスカトロメトリデータから決定すればよい。このようなスカトロメータは、法線入射スカトロメータ又は斜め入射スカトロメータとして構成されている。

【 0 0 3 4 】

[00045] 図 3 は、本発明の一実施形態で使用されうる別のスカトロメータを示している。このスカトロメータでは、放射源 2 から出射した放射は、レンズシステム 12 を使用することにより、干渉フィルタ 13 及び偏光子 17 を通過して、部分反射表面 16 で反射され、開口数 (NA) の大きい (少なくとも 0.9 又は 0.95 が望ましい) 顕微鏡対物レンズ 15 を介して、基板 W 上に集束される。液浸スカトロメータであれば、開口数が 1 以上のレンズを有することもある。その後、反射した放射は、部分反射表面 16 を通過してディテクタ 18 に到達し、ディテクタ 18 において散乱スペクトルが検出される。ディテクタは、レンズシステム 15 の焦点距離に位置する後側投影瞳面 11 内にあってよいが、瞳面は、補助光学部品 (図示されない) によってディテクタ上に再結像されたものである。瞳面とは、放射の半径方向の位置によって入射角度が決定し、放射の角度位置によって放射の方位角が決定される面のことである。ディテクタとしては、基板ターゲットの二次元角度散乱スペクトルを測定することができる、二次元ディテクタであるのが望ましい。ディテクタ 18 は、例えば、CCD 又は CMOS センサのアレイであってよく、その積分時間は、例えば 40 ミリ秒 / フレームである。

【 0 0 3 5 】

[00046] 例えば入射する放射の強度を測定するために、基準ビームがしばしば用いられる。放射強度の測定では、放射ビームがビームスプリッタ 16 に入射する際、その一部が基準ビームとしてビームスプリッタを通過して基準ミラー 14 へ送られる。基準ビームはその後、ディテクタ 18 の異なる部分へ投影される。

【 0 0 3 6 】

[00047] 一組の干渉フィルタ 13 を使用することにより、例えば 405 ~ 790 nm 又はそれ以下 (例えば、200 ~ 300 nm) の範囲の所望の波長を選択することができ

10

20

30

40

50

る。干渉フィルタとしては、様々なフィルタを組み合わせたものよりも、調節可能なフィルタである方がよい。干渉フィルタの代わりに格子を使用してもよい。

【0037】

[00048] ディテクタ18は、単一の波長で（又は狭い波長範囲で）散乱光の強度を測定するもの、又は、複数の波長で強度を別々に測定するもの、又は、ある波長範囲にわたって強度を測定するものである。また、ディテクタは、TM偏光の強度及びTE偏光の強度を別々に測定してもよく、また/又は、TM偏光とTE偏光との位相差を測定してもよい。

【0038】

[00049] 広帯域光源（つまり、広範囲の光周波数又は波長、及び色を有するもの）の使用が可能であるため、エタンドュが大きく、複数の波長を混合することができる。広帯域内の複数の波長はそれぞれ、 $\delta\lambda$ の帯域幅と、少なくとも $2\delta\lambda$ （つまり、波長の2倍）の間隔とを有するのが望ましい。複数ある放射「源」は、繊維束を使用して分割された、拡張放射源の各部分であってよい。このようにして、角度分解された散乱スペクトルを、複数の波長で並行して測定できる。2-Dスペクトルより多くの情報を含む3-Dスペクトル（波長及び二つの異なる角度）を測定することができる。これによって多くの情報を測定できるので、メトロロジプロセスのロバスト性を高めることができる。このことは、欧州特許出願第1,628,164号に詳述しており、同特許出願は本記載によりその全体が本明細書中に組み込まれる。

【0039】

[00050] 基板W上のターゲットは格子であってよく、この格子はプリントされるものである。現像後に実線のレジストラインからバーが形成される。あるいは、基板をエッチングすることによりバーを形成してもよい。このパターンは、リソグラフィ投影装置、特に、投影システムPL内の色収差に対して感応性を有し、照明対称性及びかかる収差は、プリントされた格子内に様々な形で現れる。したがって、プリントされた格子のスカトロメトリデータは、格子を再構成するのに使用される。格子のパラメータ（線幅及び形状等）は、プリントステップ及び/又はその他のスカトロメトリプロセスから得られた情報として、プロセッシングユニットPUが行う再構成プロセスで使用される。

【0040】

[00051] 図4から分かるように、本発明の一実施形態に係るターゲットは、2つの部分、つまり、第1方向に格子を有する第1部分、及び、第2方向に格子を有する第2部分を含む。第1方向と第2方向は互いに直交するのが好ましいが必ずしも直交でなくてもよく、いくらかずれていても測定値のベクトル分解によって許容されうる。格子は垂直に配されるので、X方向においてオーバーレイした（重なり合う）格子の非対称性はXオーバーレイのみの関数であり、Y方向における非対称性はYオーバーレイのみの関数である。格子が互いに交差することはないので、2つの方向間にクロストークは生じない。図示するように、X方向の格子及びY方向の格子それぞれの少なくとも一部が測定スポットMS内に位置するので、測定ビームで同時に測定することができる。しかし、測定ビームの断面（したがって、測定スポット）はターゲット全体よりも小さいので、2つのターゲットにまたがることはない。

【0041】

[00052] X方向の線数とY方向の線数が異なるため、Xオーバーレイエラー及びYオーバーレイエラーに対する信号強度（及び精度）が異なる。これは、図5に示すように、X方向の線とY方向の線との相対比率を変更することで部分的に解決できる。信号強度の差を解決する別の方法としては、図6a及び図6bに示すように、フィールド内でのターゲットの配向を交互にする方法がある。図6aの場合では得られる信号強度はY方向において強くなるが、図6bに示すターゲットを使用する場合は、得られる信号強度がX方向において強くなる。リソグラフィ装置に起因する不正確さを補償するためには、異なるターゲット配向を使用してオーバーレイエラーを測定するのが望ましく、この目的のため、図7a及び図7bでは、図6a及び図6bに示すターゲットが180度回転されている。

【 0 0 4 2 】

[00053] 図 8 a 及び図 8 b は、異なる X 区分及び Y 区分を有する別のターゲットを示す図である。この異なる区分を使用して、X オーバーレイエラー及び Y オーバーレイエラーの測定に使用される相対的な信号強度を調整することができる。本発明の実施形態は図示する配置に限定されず、どのような X 区分及び Y 区分を使用してもよい。例えば上述したようなスカトロメータは、適切なソフトウェア又はスペクトルのライブラリを設けることにより、本発明の実施形態に従ってターゲットを使用するように構成でき、そうすることによって、ターゲットから得られるスペクトルからオーバーレイエラーを測定することができる。

【 0 0 4 3 】

[00054] 本明細書では、IC 製造におけるリソグラフィ装置の使用について具体的に言及しているが、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)、薄膜磁気ヘッドの製造といった他の用途を有することが理解されるべきである。当業者には当然のことであるが、そのような他の用途においては、本明細書で使用される「ウェーハ」又は「ダイ」という用語がすべて、それぞれより一般的な「基板」又は「ターゲット部分」という用語と同義であると考えてよい。本明細書に記載した基板は、露光の前後に、例えば、トラック (通常、基板にレジスト層を塗布し、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、及び / 又は、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、本明細書中の開示物を上記のような基板プロセシングツール及びその他の基板プロセ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 IC 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が、既に多層処理層を包含している基板を表すものとしてもよい。

【 0 0 4 4 】

[00055] 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、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用してもよく、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、又はそれらの組合せを適用することによってレジストを硬化させる。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 0 4 5 】

[00056] 本明細書で使用される「放射」及び「ビーム」という用語は、紫外線 (UV) 放射 (例えば、約 365 nm、355 nm、248 nm、193 nm、157 nm、又は 126 nm の波長を有する)、極端紫外線 (EUV) 放射 (例えば、5 ~ 20 nm の範囲の波長を有する)、及びイオンビームや電子ビームなどの粒子ビームを含む、あらゆる種類の電磁放射を包含している。

【 0 0 4 6 】

[00057] 「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、及び静電型光コンポーネントを含む様々な種類の光コンポーネントのどれか一つ又は組合せを指すことができる。

【 0 0 4 7 】

[00058] 以上、本発明の具体的な実施形態を説明してきたが、本発明は、上述以外の態様で実施することも可能である。例えば、本発明は、上記に開示した方法を表す一つ以上の機械読取可能な指示のシーケンスを含むコンピュータプログラム、又は、そ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録媒体 (例えば、半導体メモリ、磁気ディスク又は光ディスク) の形態であってもよい。

【 0 0 4 8 】

【00059】 上記の説明は、制限ではなく例示を意図したものである。したがって、当業者には明かなように、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ることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0049】

【図1a】 【00013】 図1aは、本発明の一実施形態に係るリソグラフィ装置の図である。

【図1b】 【00014】 図1bは、本発明の一実施形態に係るリソグラフィセル又はクラスターの図である。

【図2】 【00015】 図2は、本発明の一実施形態に係るスキットロメータの図である。

10

【図3】 【00016】 図3は、本発明の一実施形態に係るスキットロメータの図である。

【図4】 【00017】 図4は、本発明の一実施形態に係るターゲットの図である。

【図5】 【00018】 図5は、本発明の一実施形態に係る、ターゲット部位のある一つの配置方法の詳細図である。

【図6a】 【00019】 図6aは、本発明の一実施形態に係る別のターゲットの図である。

【図6b】 【00019】 図6bは、本発明の一実施形態に係る別のターゲットの図である。

【図7a】 【00020】 図7aは、本発明の一実施形態に係る別のターゲットの図である。

【図7b】 【00020】 図7bは、本発明の一実施形態に係る別のターゲットの図である。

【図8a】 【00021】 図8aは、本発明の一実施形態に係る別のターゲットの図である。

【図8b】 【00021】 図8bは、本発明の一実施形態に係る別のターゲットの図である。

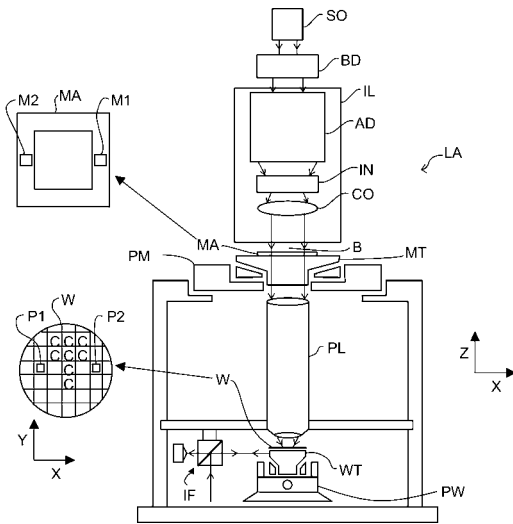
20

【図9a】 【00022】 図9aは従来のターゲットの図である。

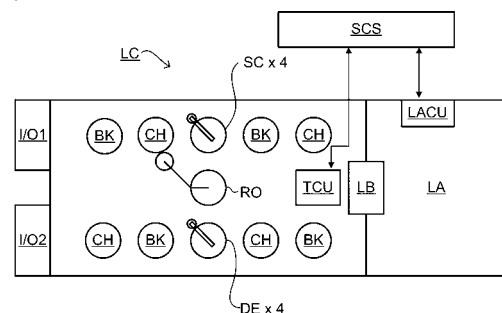
【図9b】 【00022】 図9bは従来のターゲットの図である。

【図10】 【00023】 図10は従来のターゲットの図である。

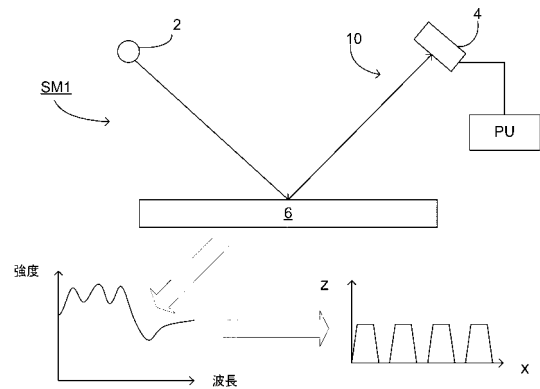
【図1a】



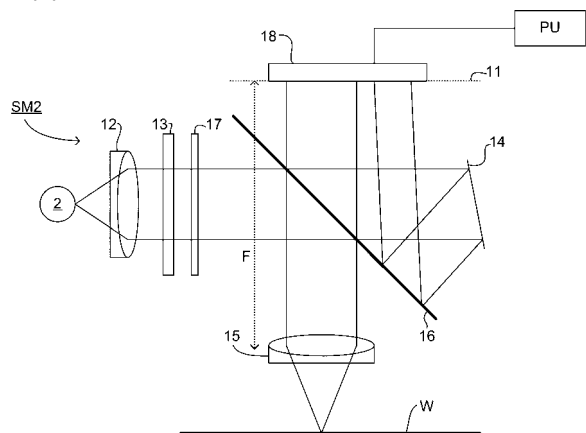
【図1b】



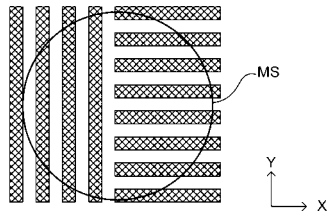
【図2】



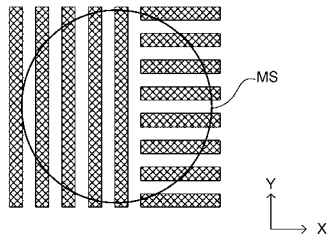
【図3】



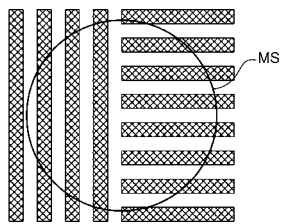
【図 4】



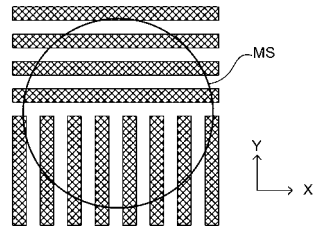
【図 5】



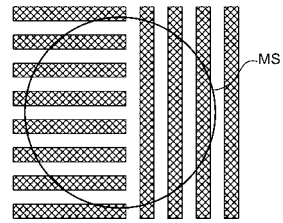
【図 6 a】



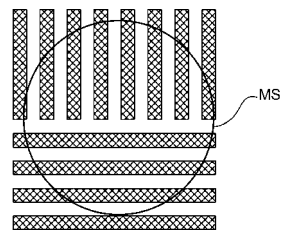
【図 6 b】



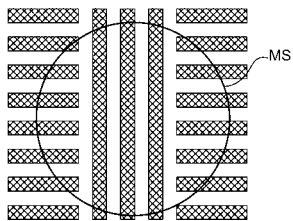
【図 7 a】



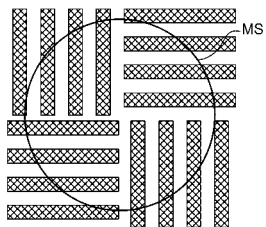
【図 7 b】



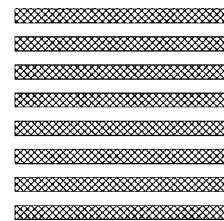
【図 8 a】



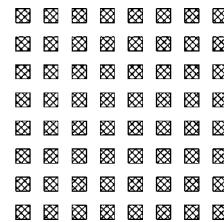
【図 8 b】



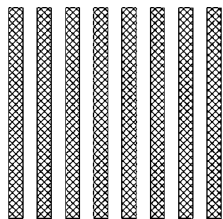
【図 9 b】



【図 10】



【図 9 a】



フロントページの続き

(72)発明者 デン ボーフ, アリー, ジェフリー

オランダ国, ヴァールレ エヌエル - 5 5 8 1 エヌエー, エイケンラーン 1 8

(72)発明者 ヴァン デル シャール, マウリッツ

オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 5 8 エーケイ, ザンデイランド 6

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 国際公開第2005/079498(WO, A1)

特開2006-012867(JP, A)

特開平11-251218(JP, A)

特開2003-092257(JP, A)

特開2003-224057(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 9/00