

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2011-507264
(P2011-507264A)

(43) 公表日 平成23年3月3日(2011.3.3)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 2 5 R 5 F 0 4 6
 HO 1 L 21/30 5 2 2 D

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2010-537881 (P2010-537881)
 (86) (22) 出願日 平成20年12月9日 (2008.12.9)
 (85) 翻訳文提出日 平成22年8月9日 (2010.8.9)
 (86) 国際出願番号 PCT/NL2008/050785
 (87) 国際公開番号 W02009/078708
 (87) 国際公開日 平成21年6月25日 (2009.6.25)
 (31) 優先権主張番号 61/006,073
 (32) 優先日 平成19年12月17日 (2007.12.17)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (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-55
 81 エヌエー, エイケンラン 18
 Fターム(参考) 5F046 EA07 FA16

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回折ベースのオーバーレイメトロロジーツール及びその方法

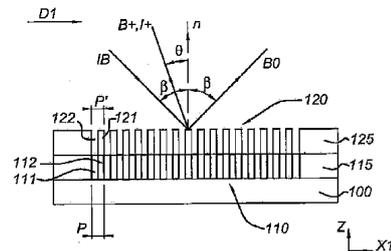
(57) 【要約】

【課題】改良型の回折ベースのオーバーレイ誤差測定システム及び方法を提供する。

【解決手段】基板(100)上の第1の格子(110)と第1の格子(110)の上の第2の格子(120)との間のオーバーレイを決定する方法であって、第2の格子(120)が第1の格子(110)と実質的に同一のピッチ(P1)を有し、第2及び第1の格子が複合格子(110, 120)を形成し、前記方法が、基板の表面に沿った第1の水平方向(D1)に複合格子(110, 120)をある入射角()で照明する第1の照明ビーム(IB)を提供するステップと、複合格子(110, 120)から1次回折ビーム(B+)の第1の強度(i+)を測定するステップと、基板の表面に沿った第1の水平方向(D1)と逆向きの第2の水平方向(D2)に複合格子(110, 120)を入射角(-)で照明する第2の照明ビームを提供するステップと、複合格子(110, 120)から-1次回折ビーム(B-)の第2の強度(i-)を測定するステップとを含む方法。

【選択図】 図2a

Fig 2a



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板の表面の第 1 のパターンと前記第 1 のパターンに重畳した第 2 のパターンとの間のオーバーレイ誤差を決定する方法であって、前記第 1 のパターンが第 1 の格子を含み、前記第 2 のパターンが前記第 1 の格子の上の第 2 の格子を含み、前記第 2 の格子が前記第 1 の格子と実質的に同一のピッチを有し、前記第 2 及び第 1 の格子が複合格子を形成し、前記方法が、

固定位置の前記基板の表面に沿った第 1 の水平方向にある成分を有する方向に前記第 1 の照明ビームが伝搬するように、少なくとも前記複合格子がある入射角で照明する第 1 の照明ビームを提供するステップと、

前記複合格子から 1 次回折ビームの第 1 の強度を測定するステップと、

前記固定位置の前記基板の表面に沿った前記第 1 の水平方向と逆向きの第 2 の水平方向に第 2 の照明ビームがある成分を有するように少なくとも前記複合格子を前記入射角で照明する前記第 2 の照明ビームを提供するステップと、

前記複合格子から - 1 次回折ビームの第 2 の強度を測定するステップと、を含む方法。

【請求項 2】

前記第 1 の強度と前記第 2 の強度との強度差を決定するステップであって、前記強度差が、前記第 1 の格子と前記第 2 の格子との間の前記オーバーレイ誤差に比例するステップをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第 1 及び第 2 の照明ビームが、共通の照明ビームの一部である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記共通の照明ビームが、環状の断面を有する、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記入射角が、前記基板表面に対して斜めであり、前記表面の法線に対する前記 1 次及び前記 - 1 次回折ビームの回折角が、前記入射角より小さい、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記入射角が、前記基板表面に実質的に垂直であり、

前記第 2 の照明ビームとして前記第 1 の照明ビームを使用するステップを含み、

前記複合格子からの前記 1 次回折ビームの前記第 1 の強度を測定し、前記複合格子からの前記 1 次回折ビームの前記第 2 の強度を測定するステップが、前記第 1 の照明ビームが提供されている間に連続的に実行される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記第 1 の照明ビームを提供する時に、前記 1 次回折次数以外の回折次数のビームを阻止するステップと、

前記第 2 の照明ビームを提供する時に、前記 - 1 次回折次数以外の回折次数のビームを阻止するステップとを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記複合格子から前記 1 次回折ビームの前記第 1 の強度を測定するステップが、

パターン認識によって前記 1 次回折ビームだけによって得られる前記複合格子の画像を検出するステップを含み、

前記複合格子から前記 - 1 次回折ビームだけによって得られる前記複合格子の前記第 2 の強度を測定するステップが、

パターン認識によって前記 - 1 次回折ビームだけによって得られる前記複合格子の画像を検出するステップを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記基板上に追加の複合格子を提供するステップであって、前記追加の複合格子が、前記第 1 のパターン内の第 3 の格子と、前記第 1 の格子の上の第 4 の格子とによって形成さ

10

20

30

40

50

れ、前記第 3 の格子及び前記第 4 の格子が、前記第 1 及び前記第 2 の格子と実質的に同一のピッチを有し、前記複合格子が、前記格子方向に沿ったシフト方向に第 1 のシフト量だけバイアスされ、前記追加の複合格子が、前記格子方向に沿った前記シフト方向に第 1 のシフト量と異なる第 2 のシフト量だけバイアスされるステップと、

前記固定位置の前記基板の表面に沿った前記第 1 の水平方向にある成分を有する方向に前記第 1 の照明ビームが伝搬するように、前記追加の複合格子を前記ある入射角で照明する前記第 1 の照明ビームを提供するステップと、

前記第 2 の複合格子から 1 次回折ビームの第 1 の強度を測定するステップと、

前記基板の表面に沿った前記第 2 の水平方向にある成分を有する方向に前記第 2 の照明ビームが伝搬するように、前記追加の複合格子を前記入射角で照明する前記第 2 の照明ビームを提供するステップと、

前記第 2 の複合格子から - 1 次回折ビームの第 2 の強度を測定するステップと、
をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

基板の表面の第 1 のパターンと前記第 1 のパターンに重畳した第 2 のパターンとの間のオーバーレイ誤差を決定する検出システムであって、前記第 1 のパターンが第 1 の格子を含み、前記第 2 のパターンが前記第 1 の格子の上の第 2 の格子を含み、前記第 2 の格子が前記第 1 の格子と実質的に同一のピッチを有し、前記第 2 及び第 1 の格子が複合格子を形成し、前記システムが、

(a) 前記基板位置の前記基板の表面に沿った第 1 の水平方向にある成分を有する方向に第 1 の照明ビームが伝搬するように、前記基板上の前記複合格子をある入射角で照明する前記第 1 の照明ビームを形成し、(b) 前記基板位置の前記基板の表面に沿った前記第 1 の水平方向と逆向きの第 2 の水平方向にある成分を有する方向に前記第 2 の照明ビームが伝搬するように、前記基板上の前記複合格子をある入射角で照明する前記第 2 の照明ビームを形成する照明源と、

前記複合格子から - 1 次回折ビームを受光する画像検出器と、

前記基板位置と前記画像検出器との間の光路に沿って配置された複数のレンズと、
開口絞りと、

を備える検出システム。

【請求項 11】

前記画像検出器が、パターン認識方法によって、1 次回折ビームと前記 - 1 次回折ビームだけを用いて前記複合格子の画像を検出する、請求項 10 に記載の検出システム。

【請求項 12】

前記検出システムの前記開口絞りが、前記第 1 の照明ビームを形成する時には、前記 1 次回折次数以外の回折次数のビームを阻止し、前記第 2 の照明ビームを形成する時には、前記 - 1 次回折次数以外の回折次数のビームを阻止する、請求項 10 に記載の検出システム。

【請求項 13】

前記複数のレンズが、少なくとも前記基板表面に隣接する対物レンズと、前記画像検出器に隣接する投影レンズとを備え、前記開口絞りが、前記対物レンズと前記投影レンズとの間の前記光路に沿って配置され、

前記対物レンズが第 1 の開口数の値を有し、前記開口絞りが第 2 の開口数の値を有し、前記第 2 の開口数の値が前記第 1 の開口数の値より小さい、請求項 10 に記載の検出システム。

【請求項 14】

基板の表面の第 1 のパターンと前記第 1 のパターンに重畳した第 2 のパターンとの間のオーバーレイ誤差を決定する検出システムを備えるリソグラフィ装置であって、前記第 1 のパターンが第 1 の格子を含み、前記第 2 のパターンが前記第 1 の格子の上の第 2 の格子を含み、前記第 2 の格子が前記第 1 の格子と実質的に同一のピッチを有し、前記第 2 及び第 1 の格子が複合格子を形成し、前記システムが、

10

20

30

40

50

(a) 前記基板位置の前記基板の表面に沿った第 1 の水平方向にある成分を有する方向に前記第 1 の照明ビームが伝搬するように、前記基板上の前記複合格子がある入射角で照明する前記第 1 の照明ビームを形成し、(b) 前記基板位置の前記基板の表面に沿った前記第 1 の水平方向と逆向きの第 2 の水平方向にある成分を有する方向に前記第 2 の照明ビームが伝搬するように、前記基板上の前記複合格子がある入射角で照明する前記第 2 の照明ビームを形成する照明源と、

前記複合格子から - 1 次回折ビームを受光する画像検出器と、

前記基板位置と前記画像検出器との間の光路に沿って配置された複数のレンズと、

開口絞りと、

を備えるリソグラフィ装置。

10

【請求項 15】

放射ビームを調節する照明システムと、

前記放射ビームをパターンングしてパターン付放射ビームを形成するパターンングデバイス保持するパターンングデバイス支持体と、

前記基板を保持する基板テーブルと、

前記パターン付放射ビームを前記基板上に投影する投影システムと、

をさらに備える、請求項 14 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 16】

前記画像検出器が、パターン認識方法によって、1 次回折ビームと前記 - 1 次回折ビームだけを用いて前記複合格子の画像を検出する、請求項 14 に記載のリソグラフィ装置。

20

【請求項 17】

前記検出システムの前記開口絞りが、前記第 1 の照明ビームを形成する時には、前記 1 次回折次数以外の回折次数のビームを阻止し、前記第 2 の照明ビームを形成する時には、前記 - 1 次回折次数以外の回折次数のビームを阻止する、請求項 14 に記載のリソグラフィ装置。

【請求項 18】

前記複数のレンズが、少なくとも前記基板表面に隣接する対物レンズと、前記画像検出器に隣接する投影レンズとを備え、前記開口絞りが、前記対物レンズと前記投影レンズとの間の前記光路に沿って配置され、

前記対物レンズが第 1 の開口数の値を有し、前記開口絞りが第 2 の開口数の値を有し、前記第 2 の開口数の値が前記第 1 の開口数の値より小さい、請求項 14 に記載のリソグラフィ装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願への相互参照)

[0001] 本出願は、参照によりその全体を本明細書に組み込むものとする 2007 年 12 月 17 日出願の米国仮出願第 61 / 006 , 073 号の利益を主張する。

【0002】

[0001] 本発明は、回折ベースのオーバレイメトロロジーツール及び回折ベースのオーバレイメトロロジの方法に関する。

40

【背景技術】

【0003】

[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) の製造に使用可能である。このような場合、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、

50

順次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。従来のリソグラフィ装置は、パターン全体をターゲット部分に1回で露光することによって各ターゲット部分が照射される、いわゆるステッパと、基板を所与の方向（「スキャン」方向）と平行あるいは逆平行に同期的にスキャンしながら、パターンを所与の方向（「スキャン」方向）に放射ビームでスキャンすることにより、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキャナとを含む。パターンを基板にインプリントすることによっても、パターンングデバイスから基板へとパターンを転写することが可能である。

【0004】

[0003] リソグラフィ処理の場合、基板上の後続の層内のパターンの場所は、基板上のデバイスフィーチャを正確に画定するためにできるだけ正確でなければならない。それらのフィーチャはすべて指定の許容範囲内のサイズを有していなければならない。オーバーレイ誤差（すなわち、後続の層の不一致）は、機能デバイスを作成するために明確に規定された許容範囲内でなければならない。

10

【0005】

[0004] このために、一般にオーバーレイ測定モジュールを用いて基板上のパターンのオーバーレイ誤差がパターンの上のレジスト層内に画定されたマスクパターンで決定される。

【0006】

[0005] 通常、オーバーレイ測定モジュールは、光学装置で測定を実行する。基板上のパターンの位置に対するレジスト層内のマスクパターンの位置は、光源によって照明される光学マーカからの光学応答を測定することにより決定される。光学マーカによって生成される信号は、センサ装置によって測定される。センサの出力を用いてオーバーレイ誤差を導出することができる。通常、オーバーレイ誤差がその上で測定されるパターンは、ターゲット部分間のスクライブレン内に位置する。

20

【0007】

[0006] オーバレイメトロロジーの2つの基本概念が知られている。

【0008】

[0007] 第1の概念は、画像ベースのオーバーレイ誤差の測定に関する。基板上のパターンの画像の位置は、レジスト層内のマスクパターンの位置と比較される。この比較からオーバーレイ誤差が決定される。オーバーレイ誤差を測定する一例は、外側のボックス内の内側のボックスの位置が外側のボックスの位置に対して測定されるいわゆるボックスインボックス構造である。

30

【0009】

[0008] 画像ベースのオーバーレイ誤差測定は、測定中の振動と焦点品質に影響されやすいことがある。このため、画像ベースのオーバーレイ誤差測定は、追跡システム内などの振動にさらされる環境では精度が低下することがある。また、画像ベースのオーバーレイ測定は、測定の精度をさらに低減する可能性がある光学装置内の収差に影響されやすい場合がある。

【0010】

[0009] 第2の概念は、回折ベースのオーバーレイ誤差測定に関する。基板上のパターン層内には第1の格子が位置し、レジスト層内には第2の格子が第1の格子と実質的に同一のピッチで位置する。第2の格子は、名目上第1の格子の上にある。互いに重畳した第1及び第2の格子によって生成される回折パターンの強度を測定することで、オーバーレイ誤差のための手段を得ることができる。第1及び/又は第2の格子の間に何らかのオーバーレイ誤差が存在する場合、これは、回折パターンから検出することができる。

40

【0011】

[0010] 回折ベースのオーバーレイ誤差測定では、格子の周囲の隣接する領域に反射する光は回折パターンの強度レベルに干渉するので、第1及び第2の格子だけが照明される。しかし、ダイの内部の（必ずしもスクライブレン内ではなく）臨界構造付近にオーバーレイ誤差測定値を有する傾向が出現する。また、回路に利用することができる面積を広げるために、格子のサイズを低減する必要がある。そのような需要は、格子外の領域の照明を回

50

避するために第1及び第2の格子に入射する照明ビームの断面を低減することで、ある程度満足される。しかし、照明ビームの最小断面は、基本的に物理法則によって制約される（すなわち、回折のため制約がある）。以下、ビームの回折が生起する断面サイズを回折限界と呼ぶ。

【発明の概要】

【0012】

[0011] 改良型の回折ベースのオーバーレイ誤差測定システム及び方法を有することが望ましい。

【0013】

[0012] 本発明の一態様によれば、基板表面の第1のパターンと第1のパターンに重畳した第2のパターンとの間のオーバーレイ誤差を決定する方法であって、基板が第1のパターン内の第1の格子と第1の格子の上の第2の格子を含み、第2の格子が第1の格子と実質的に同一のピッチを有し、第1の格子と第2の格子とが第1の複合格子を形成し、上記方法が、固定位置の基板の表面に沿った第1の水平方向にある入射角で少なくとも第1の複合格子を照明する第1の照明ビームを提供するステップと、第1の複合格子から1次回折ビームの第1の強度を測定するステップと、固定位置の基板の表面に沿った第1の水平方向と逆向きの第2の水平方向に上記入射角で少なくとも第1の複合格子を照明する第2の照明ビームを提供するステップと、第1の複合格子から-1次回折ビームの第2の強度を測定するステップとを含む方法が提供される。

10

【0014】

[0013] 本発明の一態様によれば、上記方法は、第1の強度と第2の強度との強度差を決定するステップであって、強度差が第1の格子と第2の格子との間のオーバーレイ誤差に比例するステップをさらに含む。

20

【0015】

[0014] 本発明の一態様によれば、第1及び第2の照明ビームは、共通の照明ビームの一部である。

【0016】

[0015] 本発明の一態様によれば、共通の照明ビームは、環状の断面を有する。

【0017】

[0016] 本発明の一態様によれば、入射角は基板表面に対して斜めであり、表面の法線に対する1次及び-1次回折ビームの回折角は入射角より小さい。

30

【0018】

[0017] 本発明の一態様によれば、入射角は基板表面に実質的に垂直であり、本方法は、第2の照明ビームとして第1の照明ビームを使用するステップを含み、第1の複合格子からの1次回折ビームの第1の強度と第1の複合格子からの1次回折ビームの第2の強度を測定するステップが第1の照明ビームが提供されている間に連続的に実行される。

【0019】

[0018] 本発明の一態様によれば、上記方法は、第1の照明ビームを提供する時には、1次回折次数以外の回折次数のビームを阻止するステップと、第2の照明ビームを提供する時には、-1次回折次数以外の回折次数のビームを阻止するステップとを含む。

40

【0020】

[0019] 本発明の一態様によれば、複合格子から1次回折ビームの第1の強度を測定するステップは、パターン認識によって1次回折ビームだけによって得られる複合格子の画像を検出するステップを含み、複合格子から-1次回折ビームだけによって得られる複合格子の第2の強度を測定するステップは、パターン認識によって-1次回折ビームだけによって得られる複合格子の画像を検出するステップを含む。

【0021】

[0020] 本発明の一態様によれば、上記方法は、基板上に第2の複合格子を提供するステップであって、第2の複合格子が第1のパターン内の第3の格子と第1の格子の上の第4の格子とによって形成され、第3の格子及び第4の格子が第1及び第2の格子と実質的に

50

同一のピッチを有し、第1の複合格子が格子方向に沿ったシフト方向に第1のシフト量だけバイアスされ、第2の複合格子が格子方向に沿ったシフト方向に第1のシフト量と異なる第2のシフト量だけバイアスされるステップと、固定位置の基板の表面に沿った第1の水平方向にある入射角で第2の複合格子を照明する第1の照明ビームを提供するステップと、第2の複合格子から1次回折ビームの第1の強度を測定するステップと、基板の表面に沿った第2の水平方向に上記入射角で第2の複合格子を照明する第2の照明ビームを提供するステップと、2の複合格子から-1次回折ビームの第2の強度を測定するステップとを含む。

【0022】

[0021] 本発明の一態様によれば、基板表面の第1のパターンと第1のパターンに重畳した第2のパターンとの間のオーバーレイ誤差を決定するように構成された検出システムであって、照明源と、複数のレンズと、開口絞りと画像検出器とを含むシステムであって、複数のレンズが基板を保持する基板位置と画像検出器との間の光路に沿って配置され、基板が第1のパターン内の第1の格子と第1の格子の上の第2の格子とを含み、第2の格子が第1の格子と同一のピッチを有し、第2及び第1の格子が複合格子を形成し、照明源が基板位置の基板の表面に沿った第1の水平方向にある入射角で基板上の複合格子を照明する第1の照明ビームを形成するように配置され、画像検出器が複合格子から1次回折ビームを受光するように配置され、照明源が基板位置の基板の表面に沿った第1の水平方向と逆方向の第2の水平方向にある入射角で複合格子を照明する第2の照明ビームを形成するように配置され、画像検出器が複合格子から-1次回折ビームを受光するように配置された検出システムが提供される。

10

20

【0023】

[0022] 本発明の一態様によれば、上記の基板表面の第1のパターンと第1のパターンに重畳した第2のパターンとの間のオーバーレイ誤差を決定する検出システムを含むリソグラフィ装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0024】

[0023] 対応する参照符号が対応する部分を示す添付の概略図を参照しながら以下に本発明の実施形態について説明するが、これは単に例示としてのものに過ぎない。

【0025】

【図1】 [0024] 本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置を示す図である。

30

【図2a】 [0024] ある実施形態による回折ベースのオーバーレイ誤差メトロロジーを示す図である。

【図2b】 [0024] ある実施形態による回折ベースのオーバーレイ誤差メトロロジーを示す図である。

【図2c】 [0024] ある実施形態による回折ベースのオーバーレイ誤差メトロロジーを示す図である。

【図3a】 [0025] 本発明のある実施形態による回折ベースのオーバーレイ誤差検出システムの第1の測定中の図である。

【図3b】 [0025] 本発明のある実施形態による回折ベースのオーバーレイ誤差検出システムの第2の測定中の図である。

40

【図4a】 [0026] オーバレイ誤差の関数としての-1次及び1次回折ビームの強度の例示的な測定値を示す図である。

【図4b】 [0027] オーバレイ誤差の関数としての-1次及び1次回折ビームの強度の差を示す図である。

【図5】 [0028] 本発明によって決定される画像ベースのオーバーレイ誤差と回折ベースのオーバーレイ誤差の相関関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0029】

[0029] 図1は、本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。この装置

50

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、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 1 のポジション PM に接続されたパターニングデバイス支持体又は支持構造（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成され、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 2 のポジション 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、パターニングデバイス MA によって放射ビーム B に与えられたパターンを基板 W のターゲット部分 C（例えば 1 つ又は複数のダイを含む）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）PS とを含む。

10

【0027】

[0030] 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。

【0028】

[0031] パターニングデバイス支持体又は支持構造は、パターニングデバイスの方向、リソグラフィ装置の設計等の条件、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に応じた方法で、パターニングデバイスを保持する。このパターニングデバイス支持体又は支持構造は、パターニングデバイスを保持するために、機械的、真空、静電気等のクランプ技術を使用することができる。支持構造は、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。支持構造は、パターニングデバイスが例えば投影システムなどに対して確実に所望の位置にくるようにできる。本明細書において「レチクル」又は「マスク」という用語を使用した場合、その用語は、より一般的な用語である「パターニングデバイス」と同義と見なすことができる。

20

【0029】

[0032] 本明細書において使用する「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与え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。ここで、放射ビームに与えられるパターンは、例えば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における所望のパターンに正確には対応しないことがある点に留意されたい。一般的に、放射ビームに与えられるパターンは、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。

30

【0030】

[0033] 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 LCD 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与える。

40

【0031】

[0034] 本明細書において使用する「投影システム」という用語は、例えば使用する露光放射、又は液浸液の使用や真空の使用などの他の要因に合わせて適宜、例えば屈折光学システム、反射光学システム、反射屈折光学システム、磁気光学システム、電磁気光学システム及び静電気光学システム、又はその任意の組合せを含む任意のタイプの投影システムを網羅するものとして広義に解釈されるべきである。本明細書において「投影レンズ」という用語を使用した場合、これはさらに一般的な「投影システム」という用語と同義と見なすことができる。

【0032】

50

[0035] 本明細書で示すように、本装置は透過タイプである（例えば透過マスクを使用する）。あるいは、装置は反射タイプでもよい（例えば上記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を使用する、又は反射マスクを使用する）。

【0033】

[0036] 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つ又は複数の他のテーブルを露光に使用している間に1つ又は複数のテーブルで予備工程を実行することができる。

【0034】

[0037] リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を充填するように、基板の少なくとも一部を水などの比較的高い屈折率を有する液体で覆えるタイプでもよい。液浸液は、例えばパターンングデバイス（例えばマスク）と投影システムの間など、リソグラフィ装置の他の空間に適用することもできる。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させるために当技術分野で周知である。本明細書で使用する「液浸」という用語は、基板などの構造を液体に沈めなければならないという意味ではなく、露光中に投影システムと基板の間に液体が存在するというほどの意味である。

【0035】

[0038] 図1を参照すると、イルミネータILは放射源SOから放射ビームを受ける。放射源SOとリソグラフィ装置とは、例えば放射源がエキシマレーザである場合に、別々の構成要素であってもよい。このような場合、放射源はリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、放射ビームは、例えば適切な誘導ミラー及び/又はビームエキスパンダなどを備えるビームデリバリシステムBDの助けにより、放射源SOからイルミネータILへと渡される。他の事例では、例えば放射源が水銀ランプの場合は、放射源SOがリソグラフィ装置の一体部分であってもよい。放射源SO及びイルミネータILは、必要に応じてビームデリバリシステムBDとともに放射システムと呼ぶことができる。

【0036】

[0039] 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ADを含んでいてもよい。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、インテグレータIN及びコンデンサCO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、その断面にわたって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。

【0037】

[0040] 放射ビームBは、パターンングデバイス支持体又は支持構造（例えば、マスクテーブルMT）上に保持されたパターンングデバイス（例えば、マスク）MAに入射し、パターンングデバイスによってパターンングされる。パターンングデバイス（例えばマスク）MAを横断した放射ビーム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のポジションナPWと位置センサIF（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）の助けを借りて、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の経路に位置決めできるように正確に移動できる。同様に、第1のポジションナPMと別の位置センサ（図1には明示されていない）を用いて、マスクライブラリからの機械的な取り出し後又はスキャン中などに放射ビームBの経路に対してパターンングデバイス（例えばマスク）MAを正確に位置決めできる。一般に、パターンングデバイス支持体（例えばマスクテーブル）MTの移動は、第1のポジションナPMの部分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）の助けにより実現できる。同様に、基板テーブルWTの移動は、第2のポジションナPWの部分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用いて実現できる。ステップの場合（スキャナとは対照的に）、パターンングデバイス支持体（例えばマスクテーブル）M

10

20

30

40

50

Tをショートストロークアクチュエータのみに接続するか、又は固定してもよい。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することができる。図示のような基板アライメントマークは、専用のターゲット部分を占有するが、ターゲット部分の間の空間に位置してもよい（スクライプレーンアライメントマークとして周知である）。同様に、パターンニングデバイス（例えばマスク）MA上に複数のダイを設ける状況では、マスクアライメントマークをダイ間に配置してもよい。

【0038】

[0041] 図示のリソグラフィ装置は、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。

10

【0039】

[0042] 1. ステップモードにおいては、パターンニングデバイス支持体（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、放射ビームに与えたパターン全体が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。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、単一静的露光で像が形成されるターゲット部分Cのサイズが制限される。

【0040】

[0043] 2. スキャンモードにおいては、パターンニングデバイス支持体（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、放射ビームに与えら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）。パターンニングデバイス支持体（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求めることができる。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、単一動的露光におけるターゲット部分の（非スキャン方向における）幅が制限され、スキャン動作の長さによってターゲット部分の（スキャン方向における）高さが決まる。

20

【0041】

[0044] 3. 別のモードでは、パターンニングデバイス支持体（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、放射ビームに与えら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を移動させる毎に、又はスキャン中に連続する放射パルスの中で、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使用するマスクレスリソグラフィに容易に利用できる。

30

【0042】

[0045] 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利用できる。

【0043】

[0046] 図2a、図2b、図2cは、ある実施形態による回折オーバーレイメトロロジーに使用可能な照明ビームと2つの重なり合う格子との相互作用を示す。

40

【0044】

[0047] 図2aには、ゼロオーバーレイ誤差を示す複合格子110、120の断面図が示されている。

【0045】

[0048] 基板100上には、第1の格子110と第2の格子120を含む複合格子が構築される。第1の格子110は、基板材料内にパターンニングされ、格子方向X1に沿った第1の周期的構造を含む。

【0046】

[0049] ある実施形態では、第1の格子の周期的構造は、2次ライン112が介在する複

50

数の 1 次ライン 1 1 1 を含む。周期的構造は、層 1 1 5 内に形成される。

【 0 0 4 7 】

[0050] 図を見やすくするため、図 2 a では、1 つの 1 次ライン 1 1 1 と 1 つの隣接する 2 次ライン 1 1 2 だけが参照番号で示されている。

【 0 0 4 8 】

[0051] 格子 1 1 0 のピッチ P は、1 つのライン 1 1 1 と 1 つの 2 次ライン 1 1 2 の幅に等しい。

【 0 0 4 9 】

[0052] 当業者には明らかなように、2 次ライン 1 1 2 は、基板の材料とは異なる材料で充填された基板ライン 1 1 1 の間のトレンチから作成することができる。例えば、基板材料はシリコンで、トレンチ材料は、二酸化シリコンなどの誘電体又はタンゲステンもしくは銅などの金属である。

10

【 0 0 5 0 】

[0053] 第 1 の格子 1 1 0 の上に第 2 の格子 1 2 0 が存在する。第 2 の格子は、第 2 の周期的構造からなる。

【 0 0 5 1 】

[0054] 図示の実施形態では、第 2 の周期的構造は、格子方向 X 1 のトレンチ 1 2 2 が介在する複数のライン 1 2 1 を含む。

【 0 0 5 2 】

[0055] この例では、ライン 1 2 1 は、第 1 の格子 1 1 0 の 2 次ライン 1 1 2 の上に位置する。第 2 の格子 1 2 0 は、1 つのライン 1 2 1 と 1 つのトレンチ 1 2 2 の幅に等しい方向 X 1 のピッチ P ' を有する。第 2 の格子 1 2 0 のピッチ P ' は、第 1 の格子 1 1 0 のピッチ P と実質的に等しくなるように選択される。ある実施形態では、第 2 の格子 1 2 0 のライン 1 2 1 は、第 1 の格子 1 1 0 の 2 次ライン 1 1 2 と実質的に同じ幅を有していてもよい。

20

【 0 0 5 3 】

[0056] あるいは、第 2 の格子 1 2 0 のライン 1 2 1 は、第 1 の格子 1 1 0 の 1 次ライン 1 1 1 の上にあってもよい。

【 0 0 5 4 】

[0057] 第 2 の格子は、レジスト層 1 2 5 内に形成されたパターンであってもよい。

30

【 0 0 5 5 】

[0058] 図 2 a の場合、第 1 及び第 2 の格子 1 1 0 及び 1 2 0 のアライメントは完全であり、不一致は理想的なゼロである（ゼロオーバーレイ誤差と呼ばれる）。第 2 の格子 1 2 0 のライン 1 2 1 は、第 1 の格子 1 1 0 の 2 次ライン 1 1 2 に完全に整列している。

【 0 0 5 6 】

[0059] 図 2 a では、照明ビーム I B と複合格子 1 1 0、1 2 0 との相互作用のある実施形態が概略的に示されている。

【 0 0 5 7 】

[0060] この実施形態では、照明ビーム I B は、格子方向 X 1 の格子構造に第 1 の斜め入射角 θ で入射する。入射角 θ は、表面法線 n に対して測定される。照明ビーム I B は、複合格子 1 1 0、1 2 0 によって散乱し、それぞれ 1 次とゼロ次の（少なくとも）2 つの回折ビーム B + 及び B 0 を形成する。1 次回折ビーム B + は、角度 θ （表面法線 n に対する）で、またゼロ次回折ビームは、正反射でそれぞれ基板を離れる。複合格子 1 1 0、1 2 0 のピッチ P 及び照明ビーム I B の波長は回折条件を満たすように選択されることに留意されたい。図 2 a では、回折次数と照明ビームが 1 つの平面内に示されているが、これは、便宜的な理由からである。本発明のある実施形態は、また、回折ビームが照明ビームと同じ平面内になくてもよい円錐回折のケースにも適用可能である。

40

【 0 0 5 8 】

[0061] 格子のピッチ P（ $P = P'$ ）と照明ビーム I B の波長の比率に応じて、より高次の回折ビームも存在し得るが、それらはここでは無視する。

50

【 0 0 5 9 】

[0062] 図 2 b には、照明ビーム I B の第 2 の斜め入射に対する図 2 a の複合格子 1 1 0、1 2 0 の同じ断面が示されている。

【 0 0 6 0 】

[0063] 図 2 b では、照明ビーム I B は、格子構造に第 2 の斜め入射角 θ_2 で入射する。第 2 の入射角 θ_2 は、第 1 の斜め入射角 θ_1 と実質的に同じ大きさを有するが、比較では、格子方向 X 1 に沿った反対方向に誘導される。第 2 の入射角 θ_2 は、表面法線 n に対して測定される。

【 0 0 6 1 】

[0064] 照明ビーム I B は、複合格子 1 1 0、1 2 0 によって散乱し、それぞれ 1 次（負）とゼロ次の（少なくとも）2 つの回折ビーム B⁻ 及び B⁰ を形成する。各ビームは、それぞれ角度 θ_2 及び正反射で基板を離れる。

10

【 0 0 6 2 】

[0065] 回折ビーム B⁺ は、1 次回折次数を示し、回折ビーム B⁻ は、- 1 次回折次数を示す。第 1 及び第 2 の格子は、完全に整列しているという事実によって、複合格子は対称である、すなわち、第 1 の格子 1 1 0 の 2 次ライン 1 1 2 は、複合ライン 1 1 2、1 2 1 として第 2 の格子 1 2 0 のライン 1 2 1 と一致する。複合格子が対称である結果、回折パターンも対称である。すなわち、1 次回折ビーム B⁺ の強度 I⁺ は、- 1 次回折ビーム B⁻ の強度 I⁻ に実質的に等しい。

【 0 0 6 3 】

20

[0066]

$$I_+ = I_- = I_{+0} \quad \text{式 (1)}$$

上式で、 I_{+0} は、対称の複合格子の 1 次回折ビームの強度を示す。

【 0 0 6 4 】

[0067] 図 2 c に、非ゼロオーバーレイ誤差を示す複合格子 1 1 0、1 2 0 の断面が示されている。第 2 の格子 1 2 0 のライン 1 2 1 は、第 1 の格子の 2 次ライン 1 1 2 に対するオーバーレイ誤差（ミスアライメント）を示す。その結果、図 2 c に示す複合格子は非対称である。第 2 の格子 1 2 0 のライン 1 2 1 は、第 1 の格子 1 1 0 内のライン 1 1 2 と比較して距離 d だけシフトする。

【 0 0 6 5 】

30

[0068] この非対称のために、第 1 の斜め入射角 θ_1 で測定された 1 次回折ビーム B⁺ の強度 I⁺ は、この例では第 2 の斜め入射角 θ_2 で測定された - 1 次回折ビーム B⁻ の強度 I⁻ に等しくない。

【 0 0 6 6 】

[0069] 小さいオーバーレイ誤差の場合、回折ビームの強度の変化は、オーバーレイ誤差に直線的に比例する。オーバーレイ誤差 d の関数としての 1 次回折ビーム B⁺ の強度 I⁺ は、以下のように良好に近似される。

$$I_+ = I_{+0} + K \times d \quad \text{式 (2)}$$

上式で、K は比例定数である。

- 1 次回折ビーム B⁻ の強度 I⁻ は、以下の式で近似される。

$$I_- = I_{+0} - K \times d \quad \text{式 (3)}$$

40

差分 $I = I_+ - I_-$ を計算することで、オーバーレイ誤差 d と直線的に拡大縮小する信号が得られる。

$$I = 2K \times d \quad \text{式 (4)}$$

【 0 0 6 7 】

[0070] 比例定数 K について以下に詳述する。

【 0 0 6 8 】

[0071] 別の実施形態では、オーバーレイメトロロジーは、各々が複合格子 1 1 0、1 2 0 に実質的に垂直に入射する第 1 の照明ビーム I B 1 と第 2 の照明ビーム I B 2 の使用を含んでいてもよい。そのような実施形態では、第 1 の照明ビーム I B 1 と第 2 の照明ビーム

50

I B 2 は一致し、単一の照明ビームとして提供されることは当業者には明らかであろう。第 1 の照明ビームは、第 2 の照明ビームとして使用することができる。また、1 次回折ビームと - 1 次回折ビーム B +、B - も垂直な照明ビームとして入射する。これらのビーム B +、B - について、強度は、図 2 a ~ 図 2 c 及び式 1 ~ 4 に関連して前述したのと同じ関係を示す。この実施形態では、1 次及び - 1 次回折ビームの強度差 I は、第 1 の照明ビームを使用し、それぞれ 1 次及び - 1 次回折ビームの強度を連続的に測定することで測定可能である。

【0069】

[0072] 図 3 a は、本発明のある実施形態による、複合格子 110、120 を保持する基板の第 1 の測定中の、回折ベースのオーバーレイ誤差検出システム（以下、検出システムと呼ぶ）200 を概略的に示す。本発明のある実施形態では、検出システムは、基板を支持するように構成された支持体を含んでもよい。本発明のある実施形態では、支持体は、図 1 のリソグラフィ装置の基板テーブルであってもよい。

10

【0070】

[0073] この実施形態では、検出システム 200 は、複数のレンズ、すなわち、第 1、第 2、第 3 及び第 4 の正レンズ L 1、L 2、L 3、L 4 と、開口絞り D F と、画像検出器 I D とを含む。

【0071】

[0074] 検出システム 200 内で、複合格子 110、120 が斜め入射角で照明ビーム I B によって照明することができる基板位置から複合格子の画像を画像検出器 I D 上に投影できる位置まで延在する光軸 O P が配置される。

20

【0072】

[0075] 例えば、画像検出器 I D は、CCD カメラであってもよい。照明される区域は、格子の区域よりも広い。言い換えれば、周囲の環境も照明される。これは、「オーバーフィル」とも呼ばれる。

【0073】

[0076] 複合格子 110、120 の画像が検出システム 200 の画像検出器 I D 上に投影されるように、光軸 O P に沿って、第 1、第 2、第 3 及び第 4 の正レンズ L 1、L 2、L 3、L 4 がそれぞれの中心を光軸上に置いて配置される。

【0074】

[0077] 第 1 のレンズ L 1 は、基板 100 の上の複合格子 110、120 が位置できる基板位置の上部に配置される。第 1 のレンズと基板位置との距離は、第 1 のレンズ L 1 の焦点距離 F 1 に実質的に等しい。第 1 のレンズ L 1 からある距離に、第 2 及び第 3 のレンズ L 2、L 3 が光軸 O P に沿って対として配置される。第 4 のレンズ L 4 は、画像検出器 I D の投影レンズとして配置される。第 3 及び第 4 のレンズ L 3、L 4 の間に開口絞り D F が位置する。

30

【0075】

[0078] 測定中に、複合格子 110、120 を備えた基板は基板位置にある。複合格子 110、120 は、所定位置（Q で示す）にある。非対称照明モードで、基板表面に沿った第 1 の水平方向（矢印 D 1 で示す）に斜め入射角で第 1 の照明ビーム I B 1 が使用される。例えば、第 1 の照明ビームは、基板表面に沿った第 1 の水平方向にある成分を有する方向に伝搬する。第 1 の照明ビーム I B 1 が第 1 のレンズを通過した後に回折角 θ の 1 次回折次数のビーム B + を生成する角度で複合格子に入射するように、第 1 の照明ビーム I B 1 は第 1 のレンズ L 1 に入射する。その結果、1 次回折ビーム B + は基板表面で回折し、ゼロ次回折ビーム B 0 は正反射で（この例では角度 2θ で）回折する。

40

【0076】

[0079] 1 次回折ビーム B + とゼロ次ビーム B 0 は、両方共第 1 のレンズ L 1 を通過する。複合格子は第 1 のレンズ L 1 の焦点距離 F 1 の位置にあるため、1 次及びゼロ次回折ビーム B +、B 0 は第 1 のレンズ L 1 を通過した後で平行に誘導される。

【0077】

50

[0080] 次に、1次及びゼロ次回折ビーム B_+ 、 B_0 は、第2のレンズ L_2 を通過する。1次回折ビーム B_+ は、光軸に実質的に一致し、第2のレンズ L_2 の中心を通過する。ゼロ次回折ビーム B_0 は、第2のレンズ L_2 の光軸外を通過し、通過後、第2のレンズ L_2 の焦点を通るように誘導される。

【0078】

[0081] 第3のレンズ L_3 は、焦点 F_3 が第2のレンズ L_2 の焦点 F_2 に一致した状態で配置される。

【0079】

[0082] 1次回折ビーム B_+ は、第3のレンズの光軸に一致し、第3のレンズ L_3 の中心を通過し、光軸上に留まっている。ゼロ次回折ビーム B_0 は、第3のレンズの光軸外を通過する。第2及び第3のレンズの焦点 F_2 、 F_3 が一致するという事実によって、ゼロ次回折ビームは、第3のレンズ L_3 を通過した後で光軸に実質的に平行である。

10

【0080】

[0083] 第3のレンズ L_3 の後段に、開口絞り DF が光軸上に配置され、ゼロ次回折次数を阻止するように配置される。開口絞り DF は光軸 OP 上の1次回折ビーム B_+ を通過させ、ゼロ次回折ビーム B_0 を阻止する。こうして、カメラ上の画像は、ゼロ次ではなく1次回折次数だけによって形成される。この結像モードは、普通「暗視野」結像と呼ばれる。開口絞り DF は、ゼロ次回折ビーム B_0 を阻止し、1次回折ビーム B_+ を通過させる幅を有するように配置されている。

【0081】

20

[0084] その結果、複合格子の画像は、1次又は-1次回折次数だけを用いて CCD カメラ上に形成される。次に、当業者には周知の適切な画像処理及びパターン認識アルゴリズムを用いて複合格子の周囲の製品構造から複合格子を識別することができる。開口絞りを応用して、格子のサイズは回折限度に示す値より小さいままで回折限度を超えた断面サイズを備えた照明ビームを使用することができる。

【0082】

[0085] 最後に、1次回折ビーム B_+ は、1次回折ビーム B_+ を画像検出器 ID 上に結像させるように配置された第4のレンズ L_4 を通過する。

【0083】

[0086] こうして、1次回折ビーム B_+ から生成される複合格子 110 、 120 の画像は、画像検出器 ID 上に投影される。画像は1つ高次の(1次)回折次数によってのみ形成されるため、画像は個別の格子ラインの変化を示すことはない。

30

【0084】

[0087] 1次回折次数は、表面に対して正確に垂直であるとは限らないことに留意されたい。1次回折次数は、開口絞りによって透過される限り(その他のどの回折次数も開口絞りを通過することなく)、ウェーハ表面と任意の角度をなしてもよい。

【0085】

[0088] 画像検出器上に登録された複合格子 110 、 120 の画像から、強度 I_+ を決定することができる。格子の画像の正確な場所は、パターン認識アルゴリズム、例えば、縁部検出で決定される。

40

【0086】

[0089] 図3bは、本発明のある実施形態による、複合格子 110 、 120 を保持する基板の第2の測定中の回折ベースのオーバーレイ誤差検出システムを概略的に示す。

【0087】

[0090] 図3bにおいて、先行する図に示す同じ参照番号を有するエンティティは、対応するエンティティを指す。

【0088】

[0091] 第2の測定では、複合格子 110 、 120 は、図3aに示す第1の測定中に使用する第1の水平方向 D_1 と逆向きの第2の水平方向(矢印 D_2 で示す)に第2の照明ビーム IB_2 によって非対称に照明される。例えば、第2の照明ビームは、基板表面に沿った

50

第 1 の水平方向に成分を有する方向に伝搬する。複合格子は、第 1 の測定中と同様に同じ所定位置 Q に保持される。

【 0 0 8 9 】

[0092] これらの条件下で、- 1 次回折ビーム B - は、基板表面に垂直に回折し、ゼロ次回折ビーム B 0 は、角度 で回折する。開口絞り D F は、ゼロ次回折ビーム B 0 を阻止し、- 1 次回折ビーム B - を通過させる幅を有するように配置される。

【 0 0 9 0 】

[0093] その結果、第 2 の測定中、- 1 次回折ビーム B - から生成された複合格子 1 1 0、1 2 0 の画像は、画像検出器 I D 上に投影される。画像検出器 I D 上に登録された複合格子 1 1 0、1 2 0 の画像から、強度 I - を決定することができる。さらに、パターン認識技法を用いて強度測定を実行すべき C C D 上の領域を識別することができる

10

【 0 0 9 1 】

[0094] 別の実施形態では、照明ビームは、実質的に垂直の入射角を有することに留意されたい。当業者には明らかなように、この実施形態は、第 1 の事例では、1 次回折ビームだけを通させ、第 2 の事例では、- 1 次回折ビームだけを通させる開口絞りの機能が同じである、異なるが機能的に同等の照明 / 検出レイアウトを使用することができる。

【 0 0 9 2 】

[0095] さらに、斜め入射角によってより小さいピッチの格子を使用することができるため、斜め入射角は必要ではないが、場合によっては好ましいことを理解されたい。

【 0 0 9 3 】

[0096] 上記のように、1 次回折ビーム B + の強度 I + と - 1 次回折ビーム B - の強度 I - の差は、式 4 によるオーバーレイ誤差 に比例する。比例定数 K は、処理条件、照明ビームの波長、回折角及び偏光によって変わる。当業者には明らかなように、処理、波長、回折角及び偏光の所与の組合せで、比例定数の較正を実行することが望ましい。

20

【 0 0 9 4 】

[0097] 本発明のある実施形態では、比例定数 K は、基板上の 2 つのバイアスされた複合格子上のオーバーレイ誤差 を決定することで較正される。各々のバイアスされた複合格子は、第 1 の格子 1 1 0 と第 2 の格子 1 2 0 との間にそれぞれの所定の埋込みシフトを有する。2 つのバイアスされた格子は、互いに基板上の固定位置にある。

【 0 0 9 5 】

[0098] 第 1 のバイアスされた複合格子は、格子方向 X 1 に沿ったシフト方向に第 1 の埋込みシフト + d を有する。第 2 のバイアスされた複合格子は、格子方向 X 1 に沿って第 1 の埋込みシフトに等しいが、符号が逆の第 2 の埋込みシフト - d を有する。

30

【 0 0 9 6 】

[0099] オーレイ誤差 の場合、第 1 のバイアスされた複合格子は全オーバーレイ誤差 + d を示し、第 2 のバイアスされた複合格子は全オーバーレイ誤差 - d を示す。

【 0 0 9 7 】

[00100] 第 1 のバイアスされた複合格子上の 1 次及び - 1 次回折次数の間の強度差 I 1 と第 2 のバイアスされた複合格子上の 1 次及び - 1 次回折次数の間の強度差 I 2 は、以下の式で与えられる。

40

第 1 のバイアスされた複合格子の場合、

$$I 1 = K \times (\quad + d) \quad \text{式 (5)}$$

第 2 のバイアスされた複合格子の場合、

$$I 2 = K \times (\quad - d) \quad \text{式 (6)}$$

【 0 0 9 8 】

[00101] K を消去すると、以下のようなになる。

【数 1】

$$\varepsilon = d \frac{\Delta I_1 + \Delta I_2}{\Delta I_1 - \Delta I_2}$$

式 (7)

【0099】

[00102] ある実施形態では、図 3 a、図 3 b に示す検出システムによって第 1 及び第 2 のバイアスされた複合格子を同時に測定することができる。その場合、画像検出器 ID は、第 1 のバイアスされた複合格子の画像と第 2 のバイアスされた複合格子の画像を同時に登録する。画像処理ソフトウェアを使用して、第 1 のバイアスされた複合格子の画像の強度と第 2 のバイアスされた複合格子の画像の強度を別々に決定することができる。オーバーレイ誤差は、式 (5) ~ (7) を用いて計算することができる。

【0100】

[00103] 第 1 及び第 2 の照明ビーム IB 1、IB 2 は各々かすめ入射を行うため、複合格子 (すなわち、製品区域) 外の表面領域に反射する光は、第 1、第 2、第 3 及び第 4 のレンズ系 L 1、L 2、L 3、L 4 を通して画像検出器 ID に到達しないと考えられる。本発明のある実施形態では、第 1 及び / 又は第 2 の照明ビーム IB 1、IB 2 は、基板上の複合格子 110、120 よりも大きい断面を有していてもよく、格子外の表面に反射した光と複合格子によって回折した光との干渉を引き起こすことがない。

【0101】

[00104] 開口絞り DF の開口数を増やすことは、複合格子と、複合格子が埋め込まれたその周囲の製品区域との間の急峻な遷移を可能にするため、好ましい。同時に、開口絞り DF はゼロ次回折ビーム B 0 を阻止するように配置されているため、開口絞り DF の開口数は、十分なゼロ次回折ビームの阻止と製品区域からの反射による十分に小さいクロストークとが折り合う上限値を有する。この手法で約 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ のサイズの複合格子を使用することが実現可能である。

【0102】

[00105] モデル化ソフトウェアを用いてクロストークをさらに最小限にできる製品区域と埋込み複合格子のレイアウトを計算することができることを留意されたい。この手法によって、約 $4 \times 4 \mu\text{m}^2$ のサイズの埋込み複合格子を設計することができる。

【0103】

[00106] ある実施形態では、開口絞り DF の開口数は約 0.7 であり、第 1 のレンズの開口数は約 0.95 である。

【0104】

[00107] 図 4 a は、バイアスされた格子上的シフト d の関数としての -1 次及び 1 次回折ビームの強度の測定値の例を示す。

【0105】

[00108] 図 4 a では、ピッチ $P = 660 \text{ nm}$ の複合格子、波長 $\lambda = 700 \text{ nm}$ の照明ビームについて -1 次回折ビーム B⁻ の強度 I⁻ と 1 次回折ビーム B⁺ の強度 I⁺ にシフト d を加えた値の変動が示されている。0 nm 付近のシフトについての強度 I⁺、I⁻ の変化は実質的に直線的であることが観察される。

【0106】

[00109] 図 4 b は、図 4 b に示すバイアスされた格子上的シフト d の関数としての -1 次及び 1 次回折ビームの強度の差を示す。0 nm 付近のシフトについての強度差 I の変化は実質的に直線的であることが観察される。

【0107】

[00110] 図 5 は、本発明によって決定される画像ベースのオーバーレイ誤差と回折ベース

のオーバーレイ誤差の相関関係を示す。

【0108】

[00111] いくつかのサンプルについて、回折ベースのオーバーレイ誤差メトロロジーによって測定されるバイアスされた複合格子のシフト d は、画像ベースのオーバーレイ誤差メトロロジーによっても測定される。図5では、回折によって測定されるオーバーレイ（縦軸に沿った）と画像ベースの方法によって測定されるオーバーレイ（横軸に沿った）との相関関係が示されている。データの直線フィットは、実線で示されている。方法の誤差の範囲内では、実線の係数は1である。相関係数は0.99より大きい。

【0109】

[00112] 上記の照明ビーム I_B は、単一のビームであってもよいことに留意されたい。あるいは、照明ビームは、断面が環の半分の形状を有していてもよい。その場合、図3aの非対称照明は環状ビームの一方の半分で実行され、図3bに示す反対方向からの非対称の照明は環状ビームの他方の半分で実行される。

【0110】

[00113] 照明ビーム I_B は、単色ランプ、又はレーザー源などの光源によって生成することができる。測定に時間をかけられない場合、比較的強度が高いレーザー源を使用することができる。

【0111】

[00114] 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。こうした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。

【0112】

[00115] 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る。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。

【0113】

[00116] 本明細書で使用する「放射」及び「ビーム」という用語は、イオンビーム又は電子ビームなどの粒子ビームのみならず、紫外線(UV)放射（例えば、365nm、355nm、248nm、193nm、157nm若しくは126nm、又はこれら辺りの波長を有する）及び極端紫外線(EUV)放射（例えば、5nm~20nmの範囲の波長を有する）を含むあらゆるタイプの電磁放射を網羅する。

【0114】

[00117] 「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。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 5 】

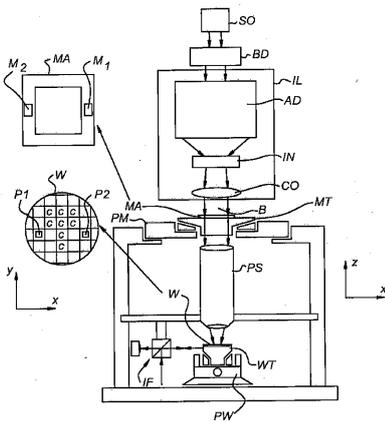
[00118] 以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を實踐できることが理解される。例えば、本発明は、上記で開示したような方法を述べる機械読み取り式命令の1つ又は複数のシーケンスを含むコンピュータプログラム、又はこのようなコンピュータプログラムを内部に記憶したデータ記憶媒体（例えば半導体メモリ、磁気又は光ディスク）の形態をとることができる。

【 0 1 1 6 】

[00119] 上記の説明は例示的であり、限定的ではない。それ故、下記に示す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。

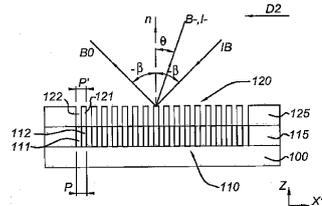
【 図 1 】

Fig 1



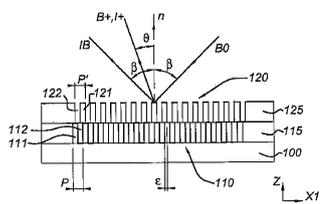
【 図 2 b 】

Fig 2b



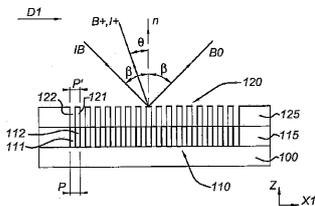
【 図 2 c 】

Fig 2c



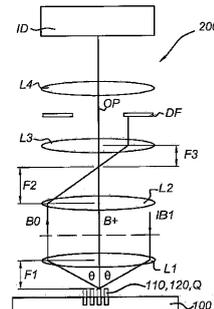
【 図 2 a 】

Fig 2a



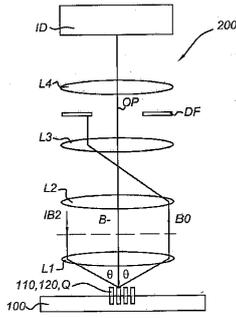
【 図 3 a 】

Fig 3a



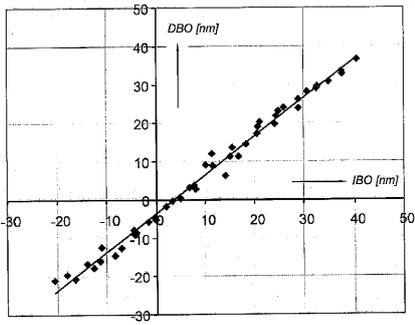
【 図 3 b 】

Fig 3b

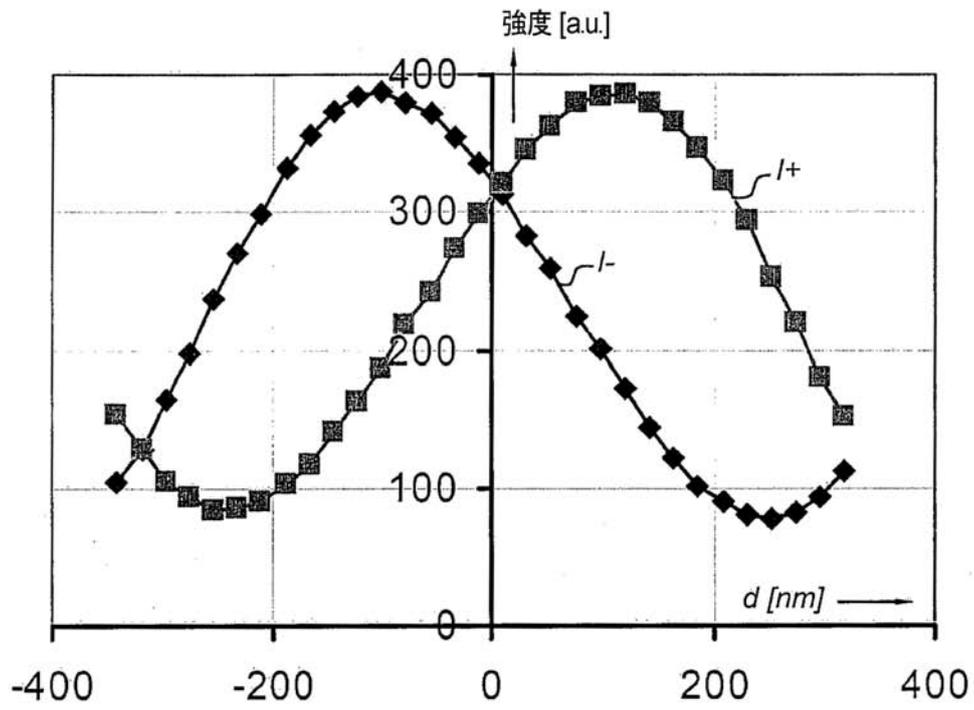


【 図 5 】

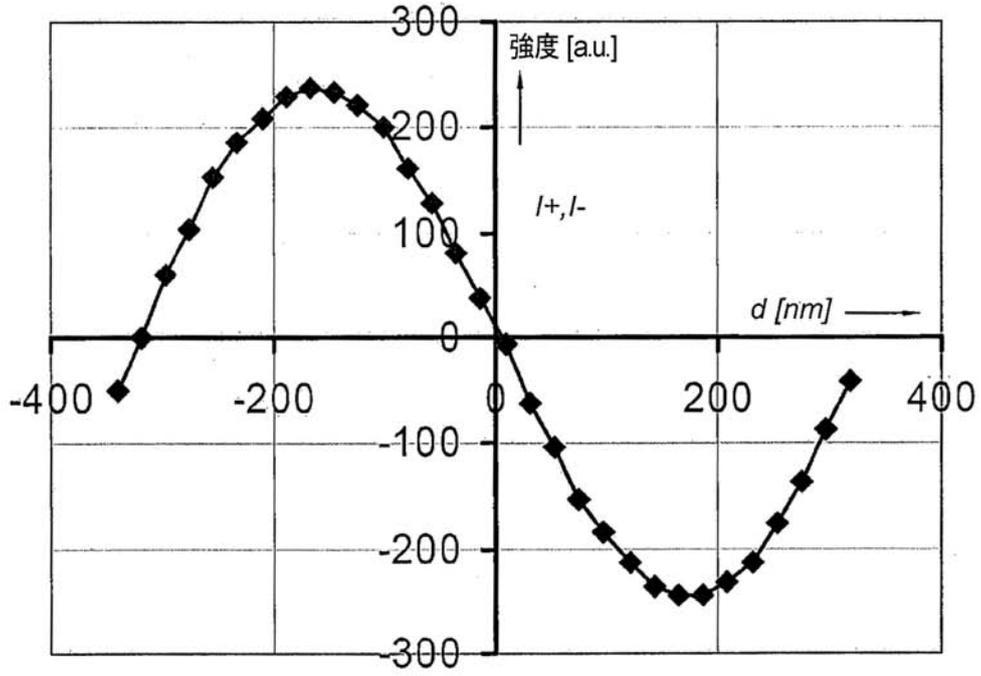
Fig 5



【 図 4 a 】



【 図 4 b 】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/NL2008/050785

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 317 211 B1 (AUSSCHNITT CHRISTOPHER P [US] ET AL) 13 November 2001 (2001-11-13) abstract; figures 18,22 column 14, line 9 - column 15, line 2 column 17, line 20 - column 19, line 10	10, 13-15,18
A		1,6
X	US 4 332 473 A (ONO AKIRA) 1 June 1982 (1982-06-01) abstract; figure 4 column 2, line 45 - column 4, line 23 column 5, line 59 - column 7, line 59	1-3,6
A		10,14,15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/NL2008/050785

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2006132807 A1	22-06-2006	US 2007127025 A1	07-06-2007
EP 1628164 A	22-02-2006	CN 1916603 A	21-02-2007
		JP 2006060214 A	02-03-2006
		KR 20060050488 A	19-05-2006
		SG 120263 A1	28-03-2006
		SG 139763 A1	29-02-2008
		US 2006066855 A1	30-03-2006
		US 2006033921 A1	16-02-2006
US 6317211 B1	13-11-2001	NONE	
US 4332473 A	01-06-1982	DE 3003533 A1	07-08-1980

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW