

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第7部門第2区分

【発行日】平成24年6月21日(2012.6.21)

【公表番号】特表2010-502024(P2010-502024A)

【公表日】平成22年1月21日(2010.1.21)

【年通号数】公開・登録公報2010-003

【出願番号】特願2009-525960(P2009-525960)

【国際特許分類】

H 01 L 21/027 (2006.01)

G 03 F 9/00 (2006.01)

H 01 L 21/68 (2006.01)

【F I】

H 01 L 21/30 5 2 5 W

H 01 L 21/30 5 2 3

G 03 F 9/00 H

H 01 L 21/68 G

【誤訳訂正書】

【提出日】平成24年5月7日(2012.5.7)

【誤訳訂正1】

【訂正対象書類名】特許請求の範囲

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

微細構造デバイスの第1デバイス層(186)と第2デバイス層(187)との複数の様々な組合せに対するオーバーレイ補正データ(140)を生成するステップを有し、

前記第1デバイス層(186)は、1つ以上の第1フォトマスク(181)により形成され、前記第2デバイス層(187)は1つ以上の第2フォトマスク(182)により形成されており、前記第1デバイス層(186)および第2デバイス層(187)は、複数のリソグラフィツール(183)を使用することによって形成され、

前記オーバーレイ補正データ(140)は、第1フォトマスクおよびリソグラフィツールの各組合せと、第2フォトマスクとリソグラフィツールの各組合せに対する前記第1および第2フォトマスク(181、182)内の第1の複数のフィールド内測定位置(181a、182a)から取得される測定データを表すものであり、

前記第1のフォトマスク(181)の1つと前記複数のリソグラフィツール(183)のうちの1つを使用して、第1製品基板(180)に前記第1デバイス層(186)を形成するステップを有し、さらに、

前記複数のリソグラフィツール(183)の1つで使用される前記第2フォトマスク(182)のうちの1つを、前記第1の製品基板(184)上に形成される前記第1デバイス層(186)に位置合わせするステップを有し、このステップでは、前記オーバーレイ補正データ(140)と、前記第1および第2層が既に形成されている、予め処理された基板の第2の複数の測定位置(185a)から取得したオーバーレイ測定データ(110)とを使用して前記位置合せがなされ、

前記第2の複数の測定位置(185a)は、前記第1の複数のフィールド内測定位置(181a、182a)よりも少なく、

前記オーバーレイ補正データ(140)を生成するステップは、第1および第2デバイス層の前記複数の様々な組合せを、様々なリソグラフィツール/フォトマスクペアを使用

して形成し、各組合せに対する前記第1の複数のフィールド内測定位置の各々においてオーバーレイデータを測定するステップを含む、方法。

【請求項2】

前記オーバーレイ補正データ(140)を生成するステップは、前記第1および第2フォトマスク(181、182)の各々に対して各々の配置データセットを生成し(142)、前記複数のリソグラフィツールの各々に対して撮像歪みデータセットを生成する(144)ステップを含む、請求項1記載の方法。

【請求項3】

前記各々の配置データセットを生成するステップ(142)は、前記第1の複数のフィールド内測定位置(181a、182a)の各々に配置測定マークを与えるステップを含む、請求項2記載の方法。

【請求項4】

前記オーバーレイ補正データ(140)は、前記第2層の前記位置合せを制御するための操作変数として使用される位置合せパラメータの目標値(130)のオフセットを測定する、請求項1記載の方法。

【請求項5】

微細構造デバイスの第1デバイス層(186)とこれに位置合せされる第2デバイス層(187)を、前記リソグラフィツール/レチクルの組合せの各々の2つを使用して形成するために、複数のリソグラフィツール(183)/レチクル(181、182)に対するオーバーレイデータのマップ(140)を形成するステップを含み、前記マップ(140)は空間分布されたフィールド内測定位置(181a、182a)に基づくものであって、

前記第1および第2デバイス層(186、187)がすでに形成された第1製品基板(180)からオーバーレイ測定データ(110)を取得するステップを含み、前記オーバーレイ測定データ(110)は、第2の複数の空間分布された測定位置(185a)から取得されるものであって、

前記第2の複数の空間分布された位置(185a)は前記第1の複数の空間分布された位置(181a、182a)よりも少なく、さらに、

前記第1デバイス層(186)に対するレチクル(181)を含む第1のリソグラフィツール/レチクルの組合せを使用して、第2製品基板上に形成される前記第1デバイス層(186)に対して、前記オーバーレイデータのマップ(140)と前記オーバーレイ測定データ(110)とに基づいて前記第2デバイス層(187)に対するレチクル(182)を含む第2のリソグラフィツール/レチクルの組合せにより形成される第2デバイス層(187)の位置合せを制御するステップを含む方法。

【請求項6】

前記オーバーレイ補正データのマップ(140)を画定するステップは、前記複数のリソグラフィツール/レチクルの組合せの各レチクルに対する配置データ(141)を、前記第2の複数の測定位置(185a)よりも高い空間カバー率を与える配置測定位置(181a、182a)に基づいて決定するステップと、使用する各リソグラフィツールのレンズの歪みのシグネチャ(143)を決定するステップと、を含む、請求項5記載の方法。

【請求項7】

前記配置データに基づいて前記レチクルの各々に対するレジストレーションマップ(142)を決定するステップをさらに含む、請求項6記載の方法。

【請求項8】

残余配置誤差を、位置合せモデルと前記レンズ歪みのシグネチャ(143)とに基づいて決定し、前記残余配置誤差に基づいて歪みマップ(144)を決定するステップをさらに含む、請求項7記載の方法。

【請求項9】

複数のリソグラフィツール(183)/レチクル(181、182)の組合せに対する

オーバーレイ補正データ(140)であって、少なくとも1つの第1レチクル(181)が微細構造の第1デバイス層(186)を形成し、少なくとも1つの第2レチクル(182)が前記第1デバイス層(186)に位置合せされる第2デバイス層(187)である、各々のセットを含むデータベース(120)を含み、前記オーバーレイ補正データ(140)の各セットは、前記第1および第2レチクル(181、182)の各々に形成されるオーバーレイ測定マーク(185a)により与えられる露光フィールド(185)の空間カバー率に比べて高い空間カバー率を有しており、さらに、

特定のオーバーレイ補正データ(140)セットを選択的に読み出し、先行して処理された基板(184)の前記オーバーレイ測定マーク(185a)から取得したオーバーレイ測定データ(110)を受信するように構成されたコントローラ(130)を含み、前記コントローラ(130)は、前記オーバーレイ測定データ(110)と前記オーバーレイ補正データの特定のセットとに基づいて、複数の位置合せパラメータ(mag, rot)に対する値を与えるようにさらに構成され、前記特定のセットは、前記第1デバイス層(186)を形成するために使用される前記組合せの前記リソグラフィツールの1つと、前記第1デバイス層(186)上方に前記第2デバイス層(187)を形成するために使用される前記リソグラフィツール(183)の1つとに対応する、位置合せコントロールシステム。

【誤訳訂正2】

【訂正対象書類名】明細書

【訂正対象項目名】全文

【訂正方法】変更

【訂正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】APC制御ストラテジーにより露光フィールド内のオーバーレイ誤差を小さくする方法およびシステム

【技術分野】

【0001】

本発明は集積回路などの微細構造の製造分野に関し、より詳細には、微細構造フィーチャを作成するために使用するスタック材料層を形成しパターニングするリソグラフィプロセスにおいて位置合せ精度とパターン配置精度とを制御する技術に関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路などの微細構造を製造するには、シリコン基板、SOI(シリコンオンインシュレータ)基板などの適切な基板の材料層に、あるいは他の適切なキャリア材料に厳密に寸法制御された小さな領域を形成しなければならない。

材料層を例えばリソグラフィ、エッチ、注入、デポジション、酸化等のプロセスを行ってパターニングすることによって、このような、厳密に寸法制御された小さな領域を生成することができる。通常は、このような小さな領域を画定するように、パターニングプロセスの少なくともある特定の段階で、材料層上にマスク層が形成される。

概して、リソグラフィプロセス、一般的にはフォトリソグラフィプロセス、によってパターニングされるフォトレジスト層がマスク層となるか、又はこのフォトレジスト層によりマスク層が形成されるものとなっている。フォトリソグラフィプロセスにおいて、レジストが基板表面にスピンドルコートされ、次に、対応するリソグラフィマスク、例えばレチクル、を通じて選択的に紫外線放射にさらされる。これにより、レチクルパターンがレジスト層に撮像され、潜像が形成される。

【0003】

フォトレジストを現像後、レジストがポジ・レジストまたはネガ・レジストであるかに応じて、露光した部分または露光していない部分が除去され、フォトレジスト層に所望のパターンが形成される。このレジストパターンに応じて、エッチプロセス、注入プロセス、アニールプロセスなどのさらなる製造プロセスにより現実のデバイスパターンが形成される。

**【0004】**

高度な集積微細構造デバイスのパターン寸法は着実に縮小していることから、デバイスフィーチャをパターニングするために用いられる装置は解像度と、関連する製造プロセスのオーバーレイ精度に対して、非常に厳しい要件を満たす必要がある。この点において、解像度とは、所定の製造上のばらつきの条件のもとで最小寸法のイメージをプリントするに耐えうる能力を特定する手段であると考えられる。

**【0005】**

解像度を向上させる1つの重要な要因としては、リソグラフィプロセスが挙げられる。このプロセスでは、フォトマスクやレチクル中に含まれるパターンが光学撮像システムを介して基板に光学的に転送される。従って、開口数、焦点深度、および、用いられる光源の波長などの、リソグラフィシステムの光学特性を着実に向上させるように非常な努力がなされている。

**【0006】**

非常に小さな加工寸法の生成においては、リソグラフィックイメージの質が非常に重要である。

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

しかし、これと少なくとも同等に重要なのは、イメージを基板表面に位置合わせることのできる精度である。通常は、材料層を順次パターニングすることで集積回路などの微細構造が作成され、その際に、連続する材料層のフィーチャに相互に空間的関係が生じる。順次形成された材料層で形成される各パターンは、先行してパターニングされた材料層に形成された対応するパターンに対して、特定のレジストレーション公差範囲内で位置合わせする必要がある。

**【0008】**

このようなレジストレーション公差は、例えば、レジストの厚み、ベーク温度、照射量および時間、および現像などの条件といったパラメータが均一でないために、基板上のフォトレジストイメージにばらつきが生じることで発生する。さらに、エッチングプロセスが均一でないことで、エッチフィーチャが変化するおそれもある。加えて、フォトマスクのイメージを基板にフォトリソグラフィカルに転送する間、現在の材料層のパターンのイメージを、先に形成した材料層のエッチパターン、あるいはその他の手法により形成されたパターン、と重ねる際には不確定要素が伴う。

**【0009】**

いくつかの要因、例えば、一連のマスク内に欠陥があること、露光の時間が異なれば温度が変わること、位置合せツールのレジストレーション能力に限界があること、が2つの層を完全に重ね合わせるための撮像システムの能力に影響を及ぼし、さらに、レンズの歪みなど露光ツール自体の欠陥が、特に、それぞれのレチクルにおける欠陥と組み合わされて、位置合せ誤差に大きく影響を及ぼすものとして挙げられる。次のデバイス層を形成するために用いられる露光ツールがそれまでの露光ツールとは異なるものである場合には、状況はさらに悪化する。その理由は、露光システムの露光ツール／レチクルの固有誤差は、ツール毎に、さらにレチクル間毎に変わるからである。#同じ露光ツールを使用してクリティカルデバイス層を撮像してもよいが、実際には、このような制限を設けると、通常は同じデバイス層に対して複数のリソグラフィツールと複数のレチクルとが含まれる複雑な製造環境においては、全体のプロセスフローを効率的なものとすることはできない。その結果、個々の基板層中にフィーチャを生成する解像度と、上述した要因、特に、リソグラフィプロセスに影響を及ぼす全体のオーバーレイ誤差とが、最終的に得られる最小加工寸法を決定する主な基準となる。

**【0010】**

したがって、解像度、つまりクリティカルディメンション（CD）とも称される最小加工寸法を特定の材料層に確実に再現可能に生成する能力を連続的にモニタリングし、さら

に、連続的に形成されて相互に位置合せする必要のある材料層のパターンのオーバーレイ精度を連続的に測定することが不可欠である。例えば、集積回路の配線構造を形成するときに、2つの積層された金属領域を接続する各々の金属線とビアとを、厳密なプロセスマージンで相互に位置合せする必要がある。その理由は、著しい位置合せ誤差により、本来は非接続線である線がショートするおそれがあり、これにより、致命的なデバイス欠陥が生じるおそれがあるからである。

#### 【0011】

オーバーレイ測定においては、通常、2つの独立構造、つまり、プリントされる各層中の一つの構造、が特定の製造プロセスで形成され、さらに、対称中心間のズレが測定される。多くの場合、いわゆるボックスインボックスマーク (box-in-box mark) が使用される。このマークは、層の各々にて同軸にパターニングされ、それぞれのズレを考慮して独立した測定ツールによって測定されるものであり、通常は1つの露光フィールドに4~5箇所設けられ、好適にはフィールドコーナに設けられて測定される。しかし、1つのダイあるいは露光フィールドと、それよりも非常に大きなオーバーレイマーク構造（一般に、基板のスクライプ線に設けられる）との間にズレが生じてしまい、この結果、スクライプ線のターゲットから得られる測定データの信頼性が損なわれ、従って、これらの測定結果に基づく制御ストラテジーの信頼性も損なわれてしまう。このズレの理由としては、前述したように、リソグラフィツールと、それぞれの層の撮像用に用いるレチクル中の欠陥が挙げられる。この場合、さらに、ゲート電極、STI（シャロートレンチアイソレーション）構造などの、多くはダイ中に見られるような微細構造は、通常オーバーレイマークを形成するために用いられる、比較的大きな構造とは異なる方法で撮像される。このパターンおよび寸法に依存してオーバーレイの程度が異なる現象は、パターン配置誤差 (pattern placement error: PPE) と呼ばれる。

#### 【0012】

したがって、最新のAPC（高度プロセス制御）ストラテジーでは、次に処理される基板中の位置合せ誤差が小さくなるよう測定データが示すズレをフィードバックするために、先に測定した基板から得られる測定結果、つまり、スクライプ線に設けられるオーバーレイマークに対応する測定結果に基づいて、それぞれの誤差を減らすようにしている。APCコントローラは、予測挙動をとるものであってもよく、これは一般に、モデル予測制御 (MPC) と呼ばれる。このMPCは、利用可能な測定データ量がプロセス要件により制限される場合に便利である。例えば、理想的には、多数のオーバーレイマークが露光フィールド全体にわたって配置されて測定されることで、オーバーレイ誤差を示すマップが得られる。

#### 【0013】

しかし、このようにするには、製造条件下では得られないぐらいに長い処理時間が必要となる。さらに、全体の露光フィールド、即ちレチクル、にわたって対応する多くの適切なオーバーレイマークを分散することで、現実の製品パターンのそれぞれの設計を制限してしまう可能性も生じる。したがって、多くの従来のAPCメカニズムは、スクライプ線マークから得られる測定データに依存している。

#### 【0014】

適切に操作された値を生成するために、測定された「オーバーレイ」は拡大、変換、基板回転レチクル回転、直交性などの個々の位置合せパラメータに分けられる。したがって、レチクルの像を基板の特定の位置に対して位置合せするための対応の露光ツールレシピにおいては、上述のオーバーレイパラメータに対応するそれぞれの操作変数が含まれる。この操作変数は、いわゆるコントローラ入力、つまり、上述のオーバーレイパラメータや制御変数、例えば、拡大、 $\times$ -変換、直交性などに対して特定の値を得ることができるようにコントローラにより調整されるリソグラフィツールの任意のプロセスパラメータである。

#### 【0015】

しかし、上述したように、4コーナーのオーバーレイマークに基づいて露光ツールの位

置合せアクティビティを制御するために各々の「最適化した」値を生成することでは、全体の露光フィールドを表すことはできない。これは、レチクルの欠陥と、異なる露光ツール間でのレンズの歪みのズレに起因するものである。むしろ、このコーナーオーバーレイマークに対して最適化を行うことで更なる配置誤差が生じてしまう可能性もある。その理由は、コーナー部分の測定結果に基づいて行ったコントローラ調整が、上述の理由により著しく挙動の異なる場合がある露光フィールド内の各々の変動に重ね合わせられてしまい、これにより配置誤差をも「増幅」させてしまう可能性があるからである。したがって、従来のストラテジーのなかには、オーバーレイ測定を2つのタスクに分けるように提案しているものもある。その2つのタスクとは、

- a ) 製品上の従来のオーバーレイパターンを測定する、
  - b ) 対応するテスト用レチクルを用いてテスト基板上に形成されたパターンと同等の設計基準のダイ中のパターンを測定する、
- というものである。よって、上述したように、このような技術においては特定の露光フィールドの内部効果については考慮されている。

#### 【0016】

しかしながら、製品レチクルの特定の欠陥により生じる誤差や、かかる欠陥と、特定のデバイス層を撮像するために現実に使用される複数の露光ツールのうちの特定の1つの対応する撮像パフォーマンスとの複雑な相互作用により生じる誤差については、これらの技術では対処されていない。

#### 【0017】

このような状況に鑑みて、オーバーレイ誤差を小さくする一方で、上述した1つまたはそれ以上の問題点による影響を回避するか減らすことができる改良された技術が求められている。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0018】

概して、本発明は、複数のリソグラフィツールとの組合せにおいて用いることができる複数のレチクルやフォトマスクが供給される複雑な製造環境中で、リソグラフィツールの位置合せパフォーマンスを高めるための技術に関する。このために、フォトマスクやレチクルにより形成される各々の露光フィールドの比較的高い空間カバー率で測定データが生成される。その際に、リソグラフィツールおよびレチクルあるいはフォトマスクの複数の組合せに対して各々の測定データセットが生成されて、ツール固有の歪みのシグネチャ(signature)と製造により生じる各々のレチクルのレジストレーションや配置特徴間の複雑な相互作用を予測できる可能性を与えるようにする。

#### 【0019】

したがって、ツール固有の特徴とレチクル固有の特徴との間の複雑な相互作用に関する各々の情報が各々の測定データ中にエンコードされ、これにより各々のデバイス層のオーバーレイ特徴を予測する通常の測定位置よりも高い空間カバー率が与えられる。したがって、1つのデバイス層を下方のデバイス層に対して位置合せする際のオーバーレイ誤差を小さくするためのコントロールプロシージャは、効率的で迅速な処理で収集されうる従来のオーバーレイ測定データに基づくものであってもよく、これにより、プロセス固有の変動、いわゆるフラクチュエーションが明らかになる。一方で、さらに、複雑なレチクルとツールの固有の相互作用は、一般的には時間の経過に対してより安定しているものであり、高い空間カバー率を有する各々の測定データにより、その影響が考慮されている。これは、現実の製品の製造プロセスにおいて、全体の測定およびプロセスを過度に複雑なものとしないように複数の基板に対して使用される。

#### 【0020】

請求項2に記載の方法のさらなる実施形態では、前記撮像歪みデータセットの生成は、前記複数のリソグラフィツールの各々に対するレンズの歪みのシグネチャを決定するステップと、位置合せモデルに基づいて前記レンズの歪みシグネチャに対する残余配置誤差を決定するステップと、を含む。

## 【0021】

さらなる実施形態では、前記オーバーレイ補正データの生成は、前記第1の複数の測定位置に基づいてオーバーレイマップを決定するステップ、前記第2の複数の測定位置に対して予測されるオーバーレイデータを前記オーバーレイマップから決定するステップ、前記予測オーバーレイデータに基づいて位置合せパラメータ値の第1セットを決定するステップ、前記オーバーレイマップの少なくとも一部に基づいて位置合せパラメータ値の第2セットを決定するステップ、を含み、前記一部は前記予測オーバーレイデータよりも高い空間カバー率を与えるものであって、さらに、前記位置合せパラメータ値の第1および第2セットに基づいてオーバーレイ補正データを取得するステップ、とを含む。

## 【0022】

さらなる実施形態では、該方法は、各位置合わせパラメータに対する補正值を、第1セットからの値と、前記第2セットからの値との差分に基づいて生成するステップを含む。

## 【0023】

さらなる実施形態では、該方法は、各位置合わせパラメータに対する補正值を、前記予測オーバーレイデータと、前記オーバーレイマップに基づいて決定された残余オーバーレイ誤差との差分に基づいて生成するステップをさらに含み、前記位置合せパラメータ値の第1セットは、前記差分に基づいて決定される。

## 【0024】

本発明の1つのさらなる例示的実施形態によれば、方法は、微細構造デバイスの第1デバイス層と第2デバイス層の複数の様々な組合せに対するオーバーレイ補正データを生成するステップを含む。その際に、第1デバイス層は1つまたはそれ以上の第1フォトマスクにより画定され、第2デバイス層は1つまたはそれ以上の第2フォトマスクにより画定される。第1および第2デバイス層は、複数のリソグラフィツールを使用して形成される。その際にオーバーレイ補正データは、第1および第2フォトマスク内の、第1の複数の測定位置から取得される。さらに該方法は、第1のフォトマスクのうちの1つと、複数のリソグラフィツールのうちの1つを使用して、第1の製品基板上に第1のデバイス層を形成するステップを含む。さらに、複数のフォトリソグラフィツールの1つにおいて使用される第2フォトマスクのうちの1つは、第1の製品基板上に形成された第1デバイス層に位置合せされる。この位置合せは、オーバーレイ補正データと、先行して処理され、第1および第2層がすでに形成済みの基板の第2の複数の測定位置から取得したオーバーレイ測定データとを使用してなされる。この第2の複数の測定位置は、第1の複数の測定位置よりも少ない。

## 【0025】

本発明のさらなる例示的実施形態によれば、方法は、微細構造デバイスの第1デバイス層と、これに位置合せされる第2デバイス層とを形成するために複数のリソグラフィツール/レチクルの組合せに対するオーバーレイデータのマップを画定するステップを含む。その際に、リソグラフィツール/レチクルの組合せのうちの各々の2つが使用され、その際に、マップは第1の複数の空間分布された測定位置に基づくものである。該方法はさらに、第1および第2デバイス層がすでに形成済みの第1製品基板からオーバーレイ測定データを取得するステップを含む。その際に、このオーバーレイ測定データは、第2の複数の空間分布された測定位置から取得される。この第2の複数の位置は第1の複数の位置よりも少ない。最後に、該方法は、第1デバイス層に対して、第2デバイス層の位置合せを制御するステップを含む。この第1デバイス層は、第1デバイス層に対するレチクルを含む第1のリソグラフィツール/レチクルの組合せを使用して第2製品基板上に形成されるものであり、第2デバイス層は、第2デバイス層に対するレチクルを含む第2のリソグラフィツール/レチクルにより形成されるものである。この制御ステップは、オーバーレイデータのマップとオーバーレイ測定データとにに基づいて行われる。

## 【0026】

請求項9のさらなる実施形態では、該方法は、前記オーバーレイデータのマップを画定するために、前記リソグラフィツール/レチクルの組合せの各々に対する前記歪みマップ

と前記レジストレーションマップとを組み合わせるステップをさらに含む。

【0027】

さらなる実施形態では、該方法は、前記複数のリソグラフィツール／レチクルの組合せのうち、とりえる組み合わせのそれぞれに対して前記第1および第2デバイスを形成し、少なくとも前記第1の複数の測定データにおけるオーバーレイデータを測定し、前記測定したオーバーレイデータに基づいて前記オーバーレイデータのマップを画定するステップを含む。

【0028】

さらなる実施形態では、前記位置合せを制御するステップは、前記第2の複数の測定位置に対する、予測オーバーレイデータを前記オーバーレイデータのマップから決定するステップ、前記予測オーバーレイデータに基づいて位置合せパラメータ値の第1セットを決定するステップ、前記オーバーレイマップの少なくとも一部に基づいて位置合せパラメータ値の第2セットを決定するステップを含み、前記一部は前記予測オーバーレイデータよりも高い空間カバー率を与えるものであって、さらに、前記位置合せパラメータ値の第1および第2セットに基づいてオーバーレイ補正データを取得するステップ、を含む。

【0029】

さらなる実施形態では、該方法は、各位置合せパラメータに対する補正值を、第1セットからの値と、前記第2セットからの値の差分とに基づいて生成するステップを含む。

【0030】

さらなる実施形態では、該方法は、前記予測オーバーレイデータと、前記オーバーレイマップに基づいて決定された残余オーバーレイ誤差との差分に基づいて各位置合せパラメータに対する補正值を生成するステップをさらに含み、前記位置合せパラメータ値の第1セットは、前記差分に基づいて決定される。更なる実施形態では、前記第1基板の前記第1デバイス層は、前記第1リソグラフィツール／レチクルの組合せを使用して形成され、前記第1基板の前記第2デバイス層は前記第2リソグラフィツール／レチクルの組合せを使用して形成される。

【0031】

本発明のさらに他の例示的実施形態によると、位置合せ制御システムは、複数のリソグラフィツール／レチクルの組合せの各々に対する各々のオーバーレイ補正データセットを含むデータベースを含み、少なくとも1つの第1レチクルは微細構造の第1デバイス層を画定し、少なくとも1つの第2レチクルは、第1デバイス層に位置合せされる第2デバイス層を画定する。その際に、オーバーレイ補正データの各セットは、第1および第2レチクルの各々に形成されるオーバーレイ測定マークにより与えられる空間カバー率よりも露光フィールドの空間カバー率が高い。位置合せ制御システムはさらに、特定のオーバーレイ補正データセットを選択的に読み出すためにデータベースに動作可能に接続され、さらに、先行して処理された基板のオーバーレイ測定マークから取得したオーバーレイ測定データを受信するように構成されたコントローラを含む。このコントローラはさらに複数の位置合せパラメータに対する値をオーバーレイ測定データと特定のオーバーレイ補正データセットとに基づいて提供する。この特定のセットは、第1デバイス層を形成するために使用される組合せのリソグラフィツールの1つと、第1デバイス層の上方に第2デバイス層を形成するために使用されるリソグラフィツールのうちの1つに対応する。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1a】本発明の例示的実施形態に従うオーバーレイ修正データの各々のセットを含むデータベースを含むコントロールシステムの概略図。

【図1b】特定のデバイス層を形成するために使用される複数のリソグラフィ／レチクルの組合せの概略図。

【図1c】特定のデバイス層を形成するために使用される複数のリソグラフィ／レチクルの組合せの概略図。

【図1d】2つの連続するデバイス層の組合せに対する複数の露光フィールドの上面の概

略図。

【図1e】本発明に従う、高い空間カバー率においてレチクル固有のレジストレーションあるいは配置特徴とリソグラフィツールの歪みシグネチャを予測するために空間分布された測定位置の概略図。

【図1f】本発明に従う、高い空間カバー率においてレチクル固有のレジストレーションあるいは配置特徴とリソグラフィツールの歪みシグネチャを予測するために空間分布された測定位置の概略図。

【図1g】本発明の1つの例示的実施形態によるコントロールスキームの概略図。

【図1h】1つの例示的実施形態に従うオーバーレイデータの二次元マップを決定するためのコントロールスキームの概略図。

【図1i】更なる測定アクティビティを含む他の例示的実施形態に従うオーバーレイデータの二次元マップの生成を示す概略図。

【図1j】本発明の各種の例示的実施形態に従う補正係数を得るためにプロセスを示した概略的フローチャート。

【図1k】本発明の各種の例示的実施形態に従う補正係数を得るためにプロセスを示した概略的フローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0033】

本発明のさらなる利点、目的および実施形態が添付の請求項および以下の記載において定義されており、それらは、添付の図面を参照して以下の詳細な説明を検討することにより明らかになるであろう。

【0034】

本発明は以下の詳細な説明と図面とにおいて例示されているように、実施形態に関して記載されているが、以下の詳細な説明と図面とは本発明を開示されている特定の例示的実施形態に限定することを意図せず、むしろ、記載されている例示的実施形態は本発明の各種態様を例証するに過ぎず、その範囲は添付の特許請求の範囲により定義されることを理解されたい。

【0035】

概して、本発明は位置合せプロセスを制御するための強化された技術に関するものであって、複雑な製造環境において微細構造デバイスが形成される。該環境では、複数のフォトマスクやレチクルと組み合わせて複数のリソグラフィツールが使用される。上述したように、いくつかのデバイス層間のオーバーレイ誤差を小さくするように、通常は自動で非常に高度な位置合せプロシージャが行われる。複雑な製造環境では高いスループットに関連した高度な要求を満たすことが求められることから、通常、位置合せ精度に関して高い精度が求められる、後段で形成されるクリティカルデバイス層は必ずしも同じリソグラフィツールで撮像されるとは限らない。したがって、露光フィールド内の各々の層の部分のオーバーレイ精度は、ツール固有の欠陥、およびレチクル固有の欠陥のために、各々のデバイス層を形成するために使用される対応するレチクル／ツールの組合せに実質的に依存する。

【0036】

その際に、それぞれの空間的に変動する誤差、つまりズレは、製品基板のオーバーレイ精度を予測するために確立されている測定プロシージャでは実効的に表すことはできない。その理由は、通常、それぞれのオーバーレイマークが付けられた測定位置の数は非常に少なく、通常は、露光フィールド全体に分散されるそれぞれのデバイスパターンと無用の干渉を引き起こすことがないように、それぞれの露光フィールドに隣接するスクライブライン内においてマークが付けられるものとなっているからである。この結果、位置合せプロセスを制御するそれぞれのプロセスは、たとえ非常に高度なAPC（高度プロセス制御）ストラテジーが用いられたとしてもコントロール・クオリティが低下してしまうおそれがある。その理由は、特に、レチクル固有の、およびツール固有の系統的偏差を、このわずかな専用のオーバーレイ測定マークから得られる測定データによって適切に表わすこと

はできないからである。したがって、本発明は、各々のツール／レチクルの組合せに対して、付加的な測定データを、対象となるより高い空間カバー率において提供する。

#### 【0037】

その際に、各々の計測データは時間において変動することのない、安定したものとみなされる。よって、各々の測定データは、専用のオーバーレイ測定マークに基づきそれぞれ更新されたオーバーレイ測定との組合せにおいて、複数の製品基板に対して用いることができる。したがって、広くなった空間領域範囲の対応する付加的な測定データを、例えば、対応する位置合せパラメータ値のそれぞれの目標値を再調整することによって、制御アルゴリズムを適切に修正する際に実効的に用いて、それぞれの修正されたパラメータ値を得るようにしてもよい。この際、それぞれの情報ツールとレチクルとの固有の相互作用が高い空間カバー率において「エンコード」される。したがって、現実の制御シーケンスの間において、フィードバック測定データは、専用のオーバーレイ測定マークに対応する少數の測定位置から得ることになるものの、それぞれの露光フィールド内のオーバーレイ精度は著しく向上する。

#### 【0038】

添付の図面に関して、本発明のさらなる実施形態を以下に詳細に記載する。

#### 【0039】

図1aに、複数のリソグラフィツール183を含む製造環境180を概略的に示す。ツール183は例えばステッパ、ステップおよびスキャンデバイスなどの任意の最新フォトリソグラフィデバイスであり、これらは先に形成されているデバイス層上に特定の露光フィールドを撮像するように適切に構成されている。さらに複数の第1レチクルあるいはフォトマスク181を設けることができる。これらは特定のデバイス層を表していてもよい。つまり、第1レチクルあるいはフォトマスク181には、導電線、ゲート電極などの各々のデバイスフィーチャを生成するように各々のパターンが形成されていてもよい。さらに、少なくとも1つの、第2の複数のレチクルあるいはフォトマスク182を設けることができる。これらは第1レチクルあるいはフォトマスク181が示すパターンに対して正確に位置合わせを行う必要のある各々のパターンを示す。一般に、各々デバイス層に対応する複数の異なるレチクルあるいはフォトマスクが製造環境180中に設けられることが分かる。便宜上、いずれのタイプのレチクルおよびフォトマスクも図示していない。

#### 【0040】

さらに、この製造環境180は位置合せ制御システム100を含む。このシステムはリソグラフィツール183に動作可能に接続されており、さらに、レチクルあるいはフォトマスク181、182に基づいて、複数のリソグラフィツール183によりすでに処理済みの基板184からそれぞれのオーバーレイ測定データを受信するように構成されている。「レチクル」および「フォトマスク」なる用語は、本明細書中では同義語として用いられていることに留意されたい。また、各々の微細構造デバイスを形成するように各々の基板184上に繰り返し撮像される必要のある露光フィールド185を表す高度な用途において、一般にレチクルが用いられることが分かる。したがって、例えば、各々の露光フィールド185のコーナーに実質的に位置決めされた専用のオーバーレイ測定マーク185aから取得した各々の測定データは、各々のインターフェース110を使用してシステム100から取得することができる。

#### 【0041】

さらに、該システム100はデータベース120を含む。このデータベースには、オーバーレイ補正データや、各々のオーバーレイ補正データを取得するための他のプロセス関連データが含まれ、これらには特定の内部露光フィールドでの特定の相互作用に関連するオーバーレイ情報がエンコードされている。この特定の相互作用は、対応するレチクル181、181と、リソグラフィツール183のうちそれぞれ対応するものと、の間におけるものである。したがって、データベース120に記録されるそれぞれの情報には、レチクル固有のレジストレーションあるいは配置特徴の相互関係が、リソグラフィツール固有のひずみのシグネチャと組合せられて含まれている。データベース120およびインター

フェース 110 は各々の位置合せコントローラ 130 に接続されており、このコントローラは、データベースから読み出した情報とインターフェース 110 から取得した情報とに基づいて、拡大、回転、x - 方向における変換、y - 方向における変換などの適切な位置合せパラメータ値を決定するように構成されている。このようにして決定された各々の位置合せパラメータに対するパラメータ値は、各々のフォトリソグラフィツール 183 の 1 つに供給され、そこで実行される位置合せプロセスを最適化するようになる。

#### 【0042】

さらに図 1b ~ 1d について、製造環境 180 の動作を以下に記載する。

#### 【0043】

図 1b に、第 1 デバイス層 186 を上に形成するように複数のリソグラフィツール 183 により処理される複数の基板 184 を概略的に示す。この第 1 デバイス層 186 は金属線や他のデバイス領域を含む層など、どのようなクリティカルデバイス層であってもよく、該層に対して他のコンタクトが正確に位置合せされる。基板 184 の処理の間に、個々の基板やそのグループが 1 つまたはそれ以上のリソグラフィツール 183 に供給される。これらはさらに各々の、複数のレチクル 181 を備えており、これらは R<sub>i1</sub> ~ R<sub>iy</sub> として示される。ここでは、第 1 層 186 は特定のデバイス層<sub>i</sub> を表す。各々の第 1 層 186 を形成するために、S<sub>1</sub> ~ S<sub>X</sub> として示されている複数のリソグラフィツールが製造環境 180 の複雑度と対応するスケジューリング方式とに応じて使用される。その際に、上述したように、対応する第 1 層 186 中のフィーチャの特性は、製造に固有のレジストレーション特徴、つまり、各々のレチクル内のデバイスパターンの現実の位置などのツールおよびレチクル固有の特徴に応じて実質的に決定される。ツール固有の歪みシグネチャは、空間的に変化する各々のリソグラフィツールの撮像挙動と理解され、これは個々のリソグラフィツール間に変化するものである。これらのツールおよびレチクル固有の特徴は時間とともに変化することは分かる。しかし対応するドリフトの数は、各々の基板 184 を各々のレチクル 181 を通じて実際に露光する前に実行される位置合せプロセスに影響を及ぼす他のコンポーネントよりも非常に少ない。

#### 【0044】

図 1c に、さらに次の製造段階の基板 184 を概略的に示す。ここでは、基板 184 にはすでに第 1 デバイス層 186 が形成されており、第 2 デバイス層 187 を受け入れるように、R<sub>J1</sub> ~ R<sub>JZ</sub> として示される第 2 レチクル 182 あるいは少なくともいくつかの第 2 レチクル 182 に基づいて、複数のリソグラフィツール 183 あるいは少なくともその一部によって処理される。したがって、各々の第 2 層 187 は所要の高オーバーレイ精度で各々の第 1 層 186 上に形成される。さらにこの場合、対応するレチクル固有のレジストレーション特徴と対応するツールの歪みのシグネチャとの間の各々の相互作用により、第 2 層 187 の各々の特徴によるオーバーレイおよび配置誤差が第 1 層 186 に対して生じる可能性がある。

#### 【0045】

その理由は、各々のリソグラフィツール / レチクルペアにより生成される対応するパターン歪みが、第 2 層 187 を形成するために使用され、一般的には層<sub>j</sub> とも示される各々のリソグラフィツール / レチクルペアにより生成される対応するパターン歪みに重ね合わせられるからである。上述した本例においては、層<sub>i</sub> と<sub>j</sub> 、つまり層 186 と 187 とがクリティカルデバイス層であるために、第 2 層 187 を第 1 層 186 に対して非常に正確に位置合せする必要があると推定される。したがって、本発明によれば、各々の露光フィールド 185 に 高い空間カバー率 を与える各々の測定データを提供することによって各々のツール固有のおよびレチクル固有の特徴を取得し、各々のリソグラフィツール / レチクルペアにより生成されるパターンの歪み度に関する情報を取得するようにしてよい。したがって、図 1c における基板 184 の処理において、システム 100 により制御される位置合せプロセスの間においては、この付加的情報を位置合せプロセスに対する各々のパラメータ値を確立する際に使用して、露光フィールド 185 全体にわたるオーバーレイ精度を高めるようにしてよい。

## 【0046】

図1dに、対応する露光フィールド185、つまり、製造環境180中のプロセスフレームに従ってそれぞれのリソグラフィツール/レチクルペアにより生成された層iとjとがすでに形成されているそれぞれの基板184の一部を概略的に示す。上述のように、位置合せ制御は、先行して処理された基板の、対応する専用オーバーレイ測定マーク185aから取得される各々の計測データに基づいて行われる。この結果、プロセス特徴に関連し、このオーバーレイ測定マーク185aに基づいて「検出される」プロセス情報が効率的に提供される。さらに、図示している例では、露光フィールド185、つまり、対象とする基板に対して層186と187とがスタックされた層の部分は、第1層186に対してはレチクル1を使用してリソグラフィツールS1によりすでに形成されていてもよいし、第2層187に対してはレチクルR3を使用してリソグラフィツールS1によりすでに形成されていてもよい。したがって、これらのツール/レチクルの組合せに対する対応する修正データセットがデータベース120から読み出され、図1dに示す基板の位置合せプロセスに適切なパラメータ値を提供するようにする。

## 【0047】

図1eに、本発明の例示的実施形態に従い、高い空間カバー率において各々のレチクル固有の情報を提供するように構成されたレチクル181と182とを概略的に示す。レチクル181は各々の測定位置181aを含む。これは適切に設計されたマークにより示されるものであって、専用のオーバーレイ測定マーク185aとは寸法および構造が非常に異なる。例えば、測定マーク185aよりも非常に小さな寸法の各々のマークを露光フィールド185全体にわたって複数位置に設けてもよい。その際に、レチクル181により示される各々の層の現実のデバイスパターンへの過度の干渉が実質的に回避される。他の例示的実施形態では、各々の複数の測定位置181aは現実のデバイスパターンに基づいて画定される。そのときに、これらの専用のデバイスパターンに対する各々の配置やレジストレーションの特徴を決定するために適切な測定レジームを用いることができる。この場合、本発明と組み合わせて標準設計のレチクルを使用してもよい。複数の測定位置181aに基づく各々の測定データは、対象とする全レチクル181に対して、つまり、製造環境180中で現実に使用される全レチクル181に対して取得される。位置181aの数およびパターンは特定の用途に応じて変化しうるので、測定位置181aの例示的パターンは単なる一例として挙げられている。

## 【0048】

同様に、複数の第2レチクル182に対して各々の測定位置182aを画定し、各レチクル182の各々のレジストレーション特徴を取得するようにしてもよい。さらにこの場合、位置182aは、レチクルのレジストレーション特徴を予測するために標準の測定技術と組み合わせて実効的に用いることのできる特別に設計されたマークにより示されてもよいし、および/または上述のように専用のデバイスパターンを使用することもできる。

## 【0049】

図1fに、各々の歪みのシグネチャやその他のツール固有の特徴を生成するためのプロセスの間のリソグラフィツール183を概略的に示す。このために、専用のテスト基板や特定の製品基板が準備され、この上に形成された各々のパターンの歪みが測定され、各々の露光ツールの撮像パフォーマンスの対応するシグネチャ、つまり、特徴的挙動を取得するようにしてもよい。しかし、露光ツールによって生成される対応する露光フィールド内の複数の特定の測定位置に各々の露光ツールの撮像特徴を決定することができるような他のどのような測定技術を使用することができる。

## 【0050】

例えば図1eおよび1fに関して説明しているように、各々のツールデータとは別々に各々のレチクルデータを収集することによって、各々の露光フィールドに対して高い空間カバー率を有する各々の測定データを生成することにより、対応するオーバーレイ修正データをデータベース120に適切に更新あるいは適応させる際のフレキシビリティを高めることができる。例えば、製造環境180中に新たなレチクルが取得されるときは、各々

のレチクルが上述の技術に基づいて適切に測定される。さらに、新たに収集されたレチクルデータとすでに取得済みのツールデータとに基づいて、露光ツール／レチクルの任意の所望の組合せに対して対応する修正データセットが確立される。リソグラフィツール 183 に関しても同様のことが言える。この場合、さらに、各々のツールデータが新たなインストール、メンテナンスなどの後か、他の場合では製造環境 180 中の各々のアイドルタイムの間に収集され、対応するデータベースエントリを更新するように各々のツールデータが生成される。

#### 【0051】

他の例示的実施形態では、各々の、高い空間カバー率の測定データは、各々のレチクル／露光ツールペアを形成し、位置 181a、182a（図 1c 参照）などの各々の露光フィールド内の複数の位置での各々のオーバーレイデータを決定することにより取得することができ、この結果、各々の測定データの信頼性を高めることができる。さらに他の例示的実施形態では、露光フィールド内の各々のオーバーレイ誤差は、現実に形成される第 1 および第 2 デバイス領域、例えば、上述したような層 i および j などに基づいて、対象とするレチクルおよび露光ツールのいずれの組合せに対しても、高い空間カバー率で決定される。リソグラフィツール／レチクルとレチクル層のペアのどのような所望の組合せに対しても各々のオーバーレイ誤差データを確立するため、さらなる測定の努力がなされる必要はあるが、各々の測定データの精度と、したがって信頼度とをさらに高めることができる。

#### 【0052】

図 1g～1k に関して、図 1a に示す制御システム 100 により実行される各々の制御ストラテジーが、本発明のさらなる例示的実施形態に関してさらに詳細に以下に記載される。

#### 【0053】

図 1g に、システム 100 の制御スキームを概略的に示す。このスキームでは、位置合せコントローラ 130 に使用できる測定データ 101 は、上述のように 2 つの寄与に分けることができると推定される。つまり、測定データ 101 は、マーク 185a などの、「4 コーナーの」測定結果としても示される各々の専用オーバーレイ測定マークに基づいて、標準的な方法で取得した各々の「ライン中の」測定データを含む。このような測定結果が示すものは、ウェハの歪み、温度変化などの、製造プロセスにおける各々の変動であり、これらは各々の露光フィールドのコーナー部に、その中心部と実質的に同じように影響を及ぼしうる。これに対して、測定データ 101 の別の部分には、時間において変動することが少ない各々のコンポーネントが含まれ、これは、時間において「安定している」と示される。

#### 【0054】

その際に、それでも、対応する「安定した」測定データを決定する影響に変動が生じるもの、「4 コーナーの」測定データと比べると、その変動は非常に小さい。各々の測定データの挙動が比較的安定していることから、このデータを延長プロセス期間にわたって使用することができる。これにより、測定を過度に行わずに各々の位置合せプロセスのプロセスクリオティを実質的に高めることができる。対応する「安定した」測定データに基づいて適切なオーバーレイ補正データが確立されてデータベース 120 中に格納される。便宜上、このようなデータは、対応する測定データが露光フィールドに対して、「4 コーナーの」測定データよりも高い空間カバー率を与えることを示すように、「フルフィールド(full field)」オーバーレイデータと呼ばれる。したがって、ある例示的実施形態では、各々の「フルフィールド」オーバーレイデータは OVL i、j (x, y ; k, l) と示される各々のマップを有し、これには特定のデバイス層 i、j、およびツール／レチクルペア (k, l) の、各々のツールおよびレチクル固有の特徴が含まれる。オーバーレイデータの各々のマップは、対応するデータ値の「グリッド(grid)」形式で与えられる。

#### 【0055】

このデータ値は、特定の位置 (x, y) のオーバーレイ誤差などの特定のオーバーレイ

特性を特徴づけるものである。その際に、例えば制御プロセスの間に各々の計算を行うために各々の値に対して高度な空間解像度が求められれば、各々のデータ値は補間と組み合わせて現実の測定結果に基づいて確立される。他の例示的実施形態では、対応する「フルフィールド」測定データは、適切な補正データ値を取得することができるように、適切な技術に従って処理される。適切な補正データ値は、データベース120内に格納され、さらに、位置合せコントローラ130中で実行される対応する制御アルゴリズムの各々の目標オフセット値として直接的に使用される。適切な技術については、後で詳述している。

#### 【0056】

したがって、このシステム100の動作中に、高度なA P Cシステムの形式で提供される位置合せコントローラ130は、インターフェース110から対応する「4コーナーの」測定データを受信し、データベース120から、例えば、上述したようなオーバーレイデータマップの形式で、あるいは、さらに操作された他の形式や、当初生成された高い空間カバー率の測定データ形式でも、適切なデータを読み出す。この、データベース120のデータは層1、 $j$ に使用されるツール/レチクルの組合せに関連する。このような2つのデータセットに基づいてコントローラ130は位置合せパラメータに対する適切なパラメータ値を提供する。その際に、1つの例示的実施形態では、各々の目標値は、「4コーナーの」測定データから取得した現実に測定したオーバーレイ誤差間の対応する差分に相当し、その対応する目標値は「安定した」測定データにより決定されるオフセットに従って調整され、したがって、エンコードされた情報が位置合せコントローラ130により実行される各々の制御アルゴリズム中に組み入れられる。

#### 【0057】

図1hに、本発明の1つの例示的実施形態に従うオーバーレイデータ140のマップを取得するプロセスフローを概略的に示す。この実施形態では、「安定した」測定情報、つまり、ツールおよびレチクル固有の特徴に関する測定データ101の一部が、例えば図1cに関して説明しているように、レチクルおよびリソグラフィツールに対して個別に取得される。したがって、ブロック141では、任意の所望のクリティカルレチクルに対して例えば、製造環境180中で特定のデバイス層に対して使用される各レチクルに対して、レチクル配置特徴が決定される。対応するレチクルの所要の程度の空間領域範囲で所望の情報を取得する適切な技術に関しては、図1cに関して説明したような実施形態が参照される。ブロック142によれば、特定のデバイス層*i*の各レチクル1に対して、 $RET_i(x, y; l)$ とも示される「フルフィールド」表示が得られる。

#### 【0058】

この「フルフィールド」表示は、密集したデータポイントのマップを示すものであり、このデータポイントは、対応する多数の測定値が利用できる場合の測定値を示すか、対応する計算または補間されたデータポイントを示すことを理解されたい。その際に、対応するマップの解像度はプロセス要件に基づいて選択される。同様に、ブロック143では、例えば図1dに関して上述しているように、対応するレンズの歪みのシグネチャや、対象とする露光ツールの他の特徴が決定される。ブロック144では、対象とする各露光ツール*k*の「フルフィールド」の歪み表示 $D(x, y; l)$ が決定される。その際に、1つの例示的実施形態では、位置合せプロセスの利用可能モデルに基づいて歪み表示あるいはマップDが取得される。例えば、以下に示される式1は、ステップ走査システムのフィールド内モデルを説明したものであり、各々の位置合せパラメータは各々の測定位置( $x, y$ )におけるオーバーレイ測定データセットを示し、対応するパラメータT、M、Rおよびeは、サブインデックスにより示される対応する方向においての対応するパラメータの変換、拡大、回転および残余誤差を示す。

式1

$$d_x = T_x + M_x x - R_x y + e_x$$

$$d_y = T_y + M_y y - R_y x + e_y$$

したがって、対応する測定データ $d_x$ 、 $d_y$ に基づき、さらに、最小二乗法などの適切な最適化技術を使用することによって、残余配置誤差 $e_x$ 、 $e_y$ が測定され、測定部位( $x, y$

)での露光ツール  $k$  の対応する歪み  $D$  が示される。1つの例示的実施形態によれば、フィールド内のオーバーレイデータの各々の合計値を取得するように、対応する「フルフィールド」表示 RET と  $D$  とが組み合わせられる。その際に、両コンポーネントが以下の式に従って追加される。

式 2

$$RET_i(x, y; l)M+D(x, y; k)=OVL_i(x, y; l, k)$$

【 0 0 5 9 】

$OVL_i(x, y; l, k)$  は、レチクル  $l$  と露光ツール  $k$  により形成される層  $i$  中のフィールド内の総計配置誤差を示す。便宜上、露光ツール / レチクル ( $l, k$ ) の対応する組合せをインデックス  $C_i$  と示す。 $C_i$  は  $C_1 \dots C_N$  に対応し、 $N$  は対象とする組合せの合計数を示す。図 1 g にも示しているように、各層に対する総計配置誤差の各々に基づいて「修正不可の」オーバーレイ誤差を取得し、マップ 1 4 0 を決定するようにしてもよい。このために、1つの例示的実施形態では、対象とする2つの順次形成される層に対して、式(2)によって求められる総計配置誤差の各々が引き算されてもよい。例えば、層  $i$  と示される最初に形成された層は、対応するマップ  $OVL_i(x, y; C_i)$  によって示されているように、ある程度の配置誤差を有する基準層と考えられる。その理由は、原則上は、この「基準」層  $i$  の配置誤差は、その次の層  $j$  が特定の位置 ( $x, y$ ) で同じ方向に各々の配置誤差を生成するときに、小さくされるからである。したがって、これらの、層  $i, j$  双方の2つの寄与分間の対応する差分を決定することにより、対応する「補正不可の」配置誤差が決定され、これがマップ 1 4 0 の形式で提供される。

【 0 0 6 0 】

上述のように、図 1 e および 1 f に説明したプロセスフローにより、対象とするレチクルおよび対象とする任意の露光ツールの各々の歪み特徴の各々の「フルフィールド」表示を別々に取得する際のフレキシビリティが高められる。さらに、各々の測定データは各々、高度に独立した手法で収集されることから、対応する測定アクティビティを製造環境 1 8 0 中の全体のプロセス要件に対して容易に調節することができる。例えば、「安定した」オーバーレイ補正データを更新する必要があれば、ツール利用、レチクル可用性などに関連して対応する測定プロセスが製造環境 1 8 0 の全体のプロセスフローに過度に影響を与えることなく実行される。

【 0 0 6 1 】

図 1 i に、各々のオーバーレイデータを增量することで、オーバーレイデータ 1 4 0 の各々のマップをより「直接的」方法で取得できるプロセスフローを概略的に示す。図 1 i に示す例示的実施形態では、対象とする全ての層の組合せと、対象とする全てのツール / レチクルペアとに対して、各々の縮小したマップ  $OVL^{*i, j}(x, y; C_n)$  が直接的に測定される。このために、各々のデバイス層  $i, j$  を形成する際に各々のレチクルおよびツールが使用され、対応するオーバーレイ誤差は複数のフィールド内の位置 ( $x, y$ ) において測定される。その際に、測定ポイントの密度に応じてデータを適切に操作して（例えば、補間など）、所望の空間解像度を有する「フルフィールド」マップ 1 4 0 を得るようにもよい。

【 0 0 6 2 】

図 1 d に関して上述したように、他の例示的実施形態では、マップ 1 4 5 は対象とする各層  $i, j$  に対する、結果として生じる総計配置誤差  $OVL_i(x, y; C_n), OVL_j(x, y; C_n)$  を直接的に測定することにより取得することができる。さらに、対応のマップ 1 4 5 は、マップ 1 4 0 に関して上述したように、各々の層の寄与分を差し引くことによって、つまり、 $OVL_j(x, y; C_n) - OVL_i(x, y; C_n)$  によって取得することができる。このようにして、対応するオーバーレイデータ 1 4 0 の精度を向上させることができる一方で、測定アクティビティ数は適度に増やすだけでよい。

【 0 0 6 3 】

図 1 j と 1 k に関して、さらなる例示的実施形態に従う各々のプロセスフローが記載されており、位置合せコントローラ 1 3 0 によって与えられる位置合せパラメータに対する

各々の補正値は「フルフィールド」オーバーレイデータ140に基づいて取得することができる。

#### 【0064】

図1jでは、ブロック150の「フルフィールド」オーバーレイデータ140は、例えば、マップOVL<sub>i</sub>(x,y;C<sub>n</sub>)であり、C<sub>n</sub>はレチクル1およびツールkの組合せのうちの1つを示す。このマップがブロック151中で使用され、各々の「4コーナーの」オーバーレイ誤差値を各々の測定位置で測定するようにしてもよく、さらに、各々の「4コーナーの」測定データは、マーク185aなどの各々の専用オーバーレイ測定マークに基づいて取得される。各々の測定位置は(x-corner, y-corner)と称される。しかし、対応する現実の測定位置は、各々の専用のオーバーレイ測定マークの位置に応じて変化することが分かる。ブロック152では、対応する位置合せパラメータの各々のパラメータ値は、各々のモデルと、ステップ151で測定した対応するオーバーレイ誤差値に基づいて取得される。例えば、各々のパラメータに対して更新されるパラメータ値を決定するために、位置合せコントローラ130で一般的に使用されるような対応するモデルを使用してもよい。その際に、対応する「測定値」は、ステップ151で生成した対応する「4コーナーの」データにより示される。例えば、式(1)に関して記載したような対応するモデルおよび各々の最適化技術を使用して、対応するパラメータ値を取得するようにしてもよい。

#### 【0065】

ブロック153では、適切なパラメータ値を取得するために、対応するプロセスが実行される。その際、対応するパラメータ値を取得するために、「フルフィールド」オーバーレイ誤差値140に基づいてモデリングを行うことができる。上記対応するパラメータ値は、更新したパラメータ値を取得するための対応するプロセスにフィールド中の特徴が及ぼす影響を表すものである。例えば、各々のパラメータ値は、複数のフィールド中の位置に対して算出され、対応するパラメータ値は何らかの適切な方法で平均化される。他の場合では、入力「測定データ」の所望の平均化が行われる。つまり特定の部位にわたって、あるいは露光フィールド全体にわたって、マップ140が平均化される。この結果、モデリングプロセスに対して入力「測定データ」が生成され、その後、平均化した入力データに基づいてモデリングプロセスが実行される。

#### 【0066】

いずれにせよ、ブロック152および153で取得した対応のパラメータ値は相互に異なりうる。その理由は、ブロック152で取得したパラメータ値が反映するのは、4コーナーの位置などの、数箇所のオーバーレイ特徴だけであるのに対し、ブロック153で取得したパラメータ値は、複数のフィールド中の測定データに基づく、マップ140にエンコードされた非常に多くの情報を考慮にいれているからである。したがって、この、ブロック152の「4コーナーの」パラメータ値とブロック153「フルフィールド」パラメータ値間の差分は、ツールおよびレチクル固有の特徴が、少なくした測定位置、つまり、「4コーナーの」位置に基づいて実行される、対象とする制御アルゴリズムに与える影響を示す。これにより、各々のパラメータ値に基づいて、現実の制御プロセスに対して適切なオフセットが確立されて、現実の位置合せ制御プロセスの間に、フィールド内効果を考慮していないことを補償するようにする。

#### 【0067】

したがって、ブロック154では、位置合せコントローラ130によって使用される各パラメータに対して適切な制御値が確立される。例えば、1つの例示的実施形態では、ブロック152と153とで取得した各々のパラメータ値の差分を対応する補正値として使用してもよい。式(3)は、x変換など、1つの位置合せパラメータの代表例であり、対応するオフセット値Tx CORRは、ブロック153で、つまり、等式(3)の右辺の第1項で取得した対応するパラメータ値と、ブロック152で、つまり、式(3)の第2項で取得した対応するパラメータ値に基づいて算出される。

式(3)

$$Tx_{corr} = Tx(OVLj, i(x, y)) - Tx(OVLj, i(x-corner, y-corner))$$

**【 0 0 6 8 】**

したがって、位置合せシステム 100 のオペレーションの間ににおいて、コントローラ 130 は対応するパラメータ値をデータベース 120 から読み出すか、コントローラ 130 は、ブロック 151 ~ 154 の各々のステップを、オーバーレイマップ 140 などの 高い空間カバー率 を有する適切なオーバーレイデータに基づいて、いずれかの適切な時点で行う。適切なパラメータ補正值を取得するための対応するアクティビティは、高い空間カバー率 を有する各々の測定データが利用可能となり次第、いつでも実行してもよいことがわかる。これにより、対応する補正值自体、あるいは、その任意の中間データがデータベース 120 に格納され、対応する制御アクティビティの実行に必要な場合にコントローラ 130 から読み出される。

**【 0 0 6 9 】**

図 1 k に、さらに別の例示的実施形態に従う位置合せパラメータに対する適切な補正值を取得するためにプロセスフローを概略的に示す。さらにこの場合、プロセスは、図 1 g、1 h、および 1 j で説明したように、マップ 140 などの適切なオーバーレイデータマップに基づく。ブロック 155 では、対応する値は、対応する「フルフィールド」オーバーレイマップ 140 に基づいて、例えば、図 1 j のブロック 153 に関しても説明したように、各々のパラメータ値を決定するための対応するモデルに対する入力値として使用される。例えば、式 (1) について説明したようなモデルは、位置合せパラメータの対応する値を取得するために、適切な最適化技術と組み合わせて用いてもよい。

**【 0 0 7 0 】**

ブロック 156 では、対応するオーバーレイ残余誤差、例えば、等式 (1) に関して説明したような残余誤差  $e_x$ 、 $e_y$  は、ブロック 155 中で取得したパラメータ値と、対応する「フルフィールド」オーバーレイデータ 140 とにに基づいて決定される。したがって、ブロック 156 中で取得する各々の残余は、使用される対応のレチクルおよびリソグラフィツールの寄与度を示す対応する入力「測定データ」に基づいて「最適な」パラメータ値を選択後も存在しうる、対応するオーバーレイ誤差を示しうる。したがって、ブロック 157 では、この、オーバーレイ誤差の「補正不可の」ベースラインは、例えば ブロック 151 の図 1 j で説明したようなオーバーレイマップ 140 に基づいてすでに取得済みの、対応する 4 コーナーのオーバーレイ値から対応する残余を差し引くことによって、対応する「4 コーナーの」測定位置に重ね合わせられる。よって、対応するフィールド中の寄与度を考慮した、修正した「4 コーナーの」オーバーレイ値が取得される。ブロック 157 の対応する修正した「4 コーナーの」値に基づいて、図 1 j のブロック 152 に実質的に対応するブロック 152 a 中で各々のパラメータ値が取得される。

**【 0 0 7 1 】**

しかし、その際には修正した「4 コーナーの」データが使用される。したがって、ブロック 152 a 中で取得した対応するパラメータ値は、ブロック 152 の対応するパラメータ値とは異なる。その理由は、対応するフィールド 内 の寄与度はブロック 152 のパラメータよりも広い範囲にまで及ぶからである。その後、図 1 j に関しても説明したように、ブロック 154 を実行して、ブロック 152 a と 155 間の対応するパラメータ値の各々の差分などの適切な補正值を取得するようにしてもよい。よって、この例示的実施形態では、対応する制御アルゴリズムに、つまり、対応する最適化技術への依存度が低い状態で、各々の補正值を決定するためにフィールド 内 のコンポーネントが考慮される。

**【 0 0 7 2 】**

この結果、本発明は、複数の露光ツールと複数のレチクルとにに基づいて微細構造デバイスの連続するデバイス層を形成するときに実行される位置合せプロセスを制御する、強化された技術を提供するものであり、各々の第 1 デバイス層に対して、同種の 1 つまたはそれ以上のレチクルが使用され、第 2 デバイス層に対して、1 つまたはそれ以上の等価のレチクルが使用される。従来の技術では通常、対応する露光フィールドの空間領域範囲が適度に狭いオーバーレイ測定データに基づいて最新の A P C ストラテジーが実行されるものの、例えば、露光フィールド内で数箇所だけが測定の対象とされ、その際に、現実に使用

されるパラメータ値と、各々の目標値との差分を最小限に抑えるように、減衰移動平均が用いられる事から、本発明は、位置合せパラメータの各々に対して適切な補正值を与えることによって、ツールおよびレチクル固有の寄与により生じるフィールド中の影響を考慮するものとする。

#### 【 0 0 7 3 】

対応するツールおよびレチクル固有の寄与は、時間にわたって比較的安定していることから、各々の測定が低頻度で実行される必要がありうる。この結果、所要のフィールド中の測定データを取得するために全体の測定を必要以上に行わなくても済む。ある例示的実施形態では、従来のオーバーレイマークに基づく標準測定データよりも高い空間カバー率を有する各々の測定データは、対象とする露光ツールと、各々のレチクルに対して別々に取得することができ、この結果、ツール可用性、レチクル可用性、新たなレチクルおよびツールの導入、ツール構造の変化などを考慮して、プロセスの内部要件に対するフレキシビリティが高められる。他の場合では、ツールの歪みのシグネチャと対応する固有のレチクル特徴との間の相互作用を直接的に測定することにより、各々のフィールド中の測定データの精度および信頼性を高めることができる。よって、各々の相互作用が高精度で示され、これによりさらに、各々の位置合せパラメータに対して信頼性の高い補正值が与えられる。

#### 【 0 0 7 4 】

位置合せプロシージャの間に、対応するコントローラにより標準の測定データが受信される。このコントローラはさらに、本発明によれば、対応するデバイス層の形成に関わる各々のツール/レチクルペアに対する、対応する補正值を取得するための、対応するデータベースにアクセスするものである。対応する補正值は所望のどのような組合せに対しても利用可能であるので、非常に複雑な処理状況であっても対応のデータベースエントリによりカバーされ、高度なフレキシビリティが実現される。その理由は、対応するデータベースをどのような新たなプロセス状況に対しても拡張することができるからであり。例えば、そのような状況としては、付加的レチクル、新たな露光デバイスなどが各々の製造環境に導入されるような場合が挙げられる。各々のパラメータ補正值は、生産状況の間、現実の制御プロセスとは実質的に切り離して対応して決定されるので、動作速度に対する制御プロセスのパフォーマンスへのどのような悪影響も実質的に回避することができる。これにより、個々の位置合せパラメータに対する各々の補正值に基づいて、対応するターゲット値をシフトすることで各々の制御アルゴリズムを修正することができる。その際に、対応するシフトまたはオフセットは、オーバーレイ誤差および配置誤差に対するフィールド内の寄与分を示す。

#### 【 0 0 7 5 】

さらに、本明細書を読めば、本発明の修正および変更は当業者には明らかであろう。したがって、本明細書は単なる例示であると理解されるものであり、さらに、当業者に本発明を実行する一般的な方法を教示することを目的としている。本文中に図示し説明した発明の形式は、現在のところ好適な実施形態とされることがわかる。