

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6510665号
(P6510665)

(45) 発行日 令和1年5月8日(2019.5.8)

(24) 登録日 平成31年4月12日(2019.4.12)

(51) Int.Cl.

F I

G03F 9/00 (2006.01)

G03F 9/00

H

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2017-545330 (P2017-545330)
 (86) (22) 出願日 平成28年2月26日 (2016.2.26)
 (65) 公表番号 特表2018-508039 (P2018-508039A)
 (43) 公表日 平成30年3月22日 (2018.3.22)
 (86) 国際出願番号 PCT/CN2016/074676
 (87) 国際公開番号 WO2016/134671
 (87) 国際公開日 平成28年9月1日 (2016.9.1)
 審査請求日 平成29年10月6日 (2017.10.6)
 (31) 優先権主張番号 201510091986.2
 (32) 優先日 平成27年2月28日 (2015.2.28)
 (33) 優先権主張国 中国 (CN)

(73) 特許権者 309012351
 シャンハイ マイクロ エレクトロニクス
 イクイブメント (グループ) カンパニー
 リミティド
 中華人民共和国 201203 シャンハ
 イ ジャンジャン ハイテックパーク ジ
 ャンドンロード 1525
 (74) 代理人 100103894
 弁理士 冢入 健
 (72) 発明者 ジョウ シーウエン
 中華人民共和国 201203 シャンハ
 イ ジャンジャン ハイテックパーク ジ
 ャンドンロード 1525

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板ブリアライメント方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板をブリアライメントする方法であって、当該方法は、

1) 基板表面の周辺部に配置された複数のマークを有する基板を準備するステップであり、前記複数のマークのそれぞれは、第1方向に延在する少なくとも1つの第1ストライプと、第2方向に延在する少なくとも1つの第2ストライプとで構成されるステップ、

2) 前記基板の中心を、基板搬送ステージの所定の点に位置合わせするステップ、

3) 基板表面の前記複数のマークから選択されたマークに光を照射するステップ、

4) 前記選択されたマークの画像を取得し、当該画像を処理して、前記第1方向に対応する第1投影データと、前記第2方向に対応する第2投影データとを取得するステップ、

5) 前記第1投影データから、前記選択マークの少なくとも1つの前記第1ストライプに対応する第1ピーク値の組みを特定し、前記第2投影データから、前記選択マークの少なくとも1つの前記第2ストライプに対応する第2ピーク値の組みを特定するステップ、

6) ステップ5) で前記特定された第1ピーク値の組み及び第2ピーク値の組みから、
 a) 少なくとも1つの前記第1ストライプ及び少なくとも1つの前記第2ストライプの数に対応し、b) 本物であると判断される、第1ピーク値及び第2ピーク値を選択し、ステップ7) に進むか、そうでなければ、前記選択マークとして次のマークを選択し、ステップ4) に戻るステップ、

7) ステップ6) で前記選択された第1ピーク値及び第2ピーク値に基づいて、前記基板搬送ステージに対する前記選択マークの現在位置を算出するステップ、及び、

10

20

8) ステップ7) で前記算出された、前記基板搬送ステージに対する前記選択マークの現在位置と、前記基板における前記選択マークの位置と、前記基板搬送ステージに対する前記基板の要求される回転角度とに基づいて、前記基板が要求された回転角度に方向合わせされるまで、前記基板を回転するステップ、
を含む、基板をプリアライメントする方法。

【請求項2】

ステップ4) において、前記第1投影データ及び前記第2投影データは、前記画像上で、前記第1方向及び前記第2方向にそれぞれ沿った線積分を行うことで得られる
請求項1記載の基板をプリアライメントする方法。

【請求項3】

ステップ4) において、前記第1ピーク値の組み及び前記第2ピーク値の組みは、前記第1投影データ及び前記第2投影データに対してそれぞれクラスター分析を行うことにより特定される
請求項1記載の基板をプリアライメントする方法。

【請求項4】

前記複数のマークのそれぞれは、前記第1方向に延在する少なくとも2つの前記第1ストライプと、前記第2方向に延在する少なくとも2つの前記第2ストライプとで構成され、

ステップ6) は、前記第1ピーク値の組みにおけるピーク値の各ペアの間の座標間隔を算出することと、もしも、前記座標間隔が、前記選択マークの前記第1ストライプの各ペアの間の距離と一致するならば、前記ピーク値のペアは本物であると判断されることを含む

請求項1記載の基板をプリアライメントする方法。

【請求項5】

もしも、前記本物と判断された第1ピーク値又は第2ピーク値が、対応する前記第1ストライプ又は前記第2ストライプの数と対応しないならば、ステップ6) は更に、

前記本物と判断された第1ピーク値又は第2ピーク値のそれぞれについて、前記第1方向又は前記第2方向における近隣値との対応距離を測定して、前記第1方向又は前記第2方向における尖度を取得し、

前記対応する第1ストライプ又は第2ストライプの数に対応する第1ピーク値及び第2ピーク値を、前記尖度に基づいて選択することを含む

請求項4記載の基板をプリアライメントする方法。

【請求項6】

前記第1方向及び前記第2方向は、互いに垂直であるか、ある角度を有する

請求項1記載の基板をプリアライメントする方法。

【請求項7】

ステップ3) において、前記基板表面は光によって垂直に照射され、前記選択マークの画像は、前記基板表面から垂直に反射された光によって形成される

請求項1記載の基板をプリアライメントする方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、集積回路(IC)の製造に関し、特に、基板のプリアライメントの方法に関する。

【背景技術】

【0002】

複雑なホトリソグラフィの設備において、マスク上の回路パターンが、ウェハの要求される位置の上に正確に露光されることができるよう、個々のサブシステムは互いに連携し、露光ステージの上に基板(例えば、シリコンウェハ)を正確に配置する。しかしながら、これよりも前に、ウェハは多くの処理を経ているかもしれず、それらは、主に、低い

10

20

30

40

50

真円度、一貫性のない半径、ノッチ（notch）形状における公差のような、ウェハ内の多数の欠陥につながる。加えて、採用されたTSV（Through Silicon Via：シリコン貫通電極）パッケージ処理により、その結果のウェハは、接着剤の突起（adhesive bump）、端部のめくれ（edge burr）のようないろいろな形状問題を有するかもしれない。それゆえ、ウェハ端部形状の複雑さは、ウェハのプリアライメントに大きな課題を提示する。ウェハが所定のずれの範囲内で露光ステージ上に載置されることが出来るか否かは、ホトリソグラフィ設備の性能に直接の影響を与えるであろう。このように、ウェハプリアライメントは、極めて重要な役割を果たして、ウェハ載置精度に影響を与える。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0003】

ウェハの中心合わせ（centering）は、ウェハの中心とウェハステージの所定の位置（例えば、中心）とを位置合わせするために、ウェハの位置をウェハステージの位置に対して調整する処理であり、一方、ウェハの方向合わせ（orientation）は、中心合わせされたウェハ上のノッチ又はマークの位置を正確に測定し、当該位置に基づいてウェハを回転し、ウェハをウェハステージに対して所定の角度に方向合わせする処理である。現在のウェハプリアライメント方法は、画像取得装置によりウェハ端のノッチを特定することを含む。しかしながら、当該特定は取得画像の2値化を必要とし、画像の明瞭性に前提条件を課し、当該方法を普遍的なものとはしない。

【課題を解決するための手段】

20

【0004】

上記課題を克服するために、本発明は、基板をプリアライメントする方法を提供し、当該方法は、1）基板表面の周辺部に配置された複数のマークを有する基板を準備するステップであり、複数のマークのそれぞれは、第1方向に延在する少なくとも1つの第1ストライプと、第2方向に延在する少なくとも1つの第2ストライプとで構成されるステップ、2）基板の中心を、基板搬送ステージ上の所定の点に位置合わせするステップ、3）基板表面の複数のマークから選択されたマークに光を照射し、選択マークの画像を取得するステップ、4）画像を処理して、第1方向に対応する第1投影データと、第2方向に対応する第2投影データとを取得するステップ、5）第1投影データから、選択マークの少なくとも1つの第1ストライプに対応する第1ピーク値の組みを特定し、第2投影データから、選択マークの少なくとも1つの第2ストライプに対応する第2ピーク値の組みを特定するステップ、6）ステップ5）で特定された第1ピーク値の組み及び第2ピーク値の組みから、a）少なくとも1つの第1ストライプ及び少なくとも1つの第2ストライプの数に対応し、b）本物であると判断される、第1ピーク値及び第2ピーク値を選択し、ステップ7）に進むか、そうでなければ、選択マークとして次のマークを選択し、ステップ4）に戻るステップ、7）ステップ6）で選択された第1ピーク値及び第2ピーク値に基づいて、基板搬送ステージに対する選択マークの現在位置を算出するステップ、及び、8）ステップ7）で算出された基板搬送ステージに対する選択マークの現在位置と、基板上の選択マークの相対位置と、基板搬送ステージに対する基板の要求される回転角度とに基づいて、基板が要求される回転角度に方向合わせされるまで、基板を回転するステップ、を含む。

30

40

【0005】

更に、ステップ7）において、基板搬送ステージに対する選択マークの現在位置を算出することは、第1ピーク値の組みの第1方向に沿った第1中心座標と、第2ピーク値の組みの第2方向に沿った第2中心座標とを取得することと、第1中心座標及び第2中心座標から選択マークの遷移座標（transition coordinate）を取得することと、座標回転法（coordinate rotation method）を用いて、遷移座標に基づき、基板搬送ステージに対する選択マークの現在座標を算出することとを含んでも良い。

【0006】

更に、ステップ4）において、第1投影データ及び第2投影データは、画像上で、第1

50

方向及び第2方向にそれぞれ沿った線積分 (linear integration) を行うことにより得られても良い。

【0007】

更に、ステップ4)において、第1ピーク値の組み及び第2ピーク値の組みは、第1投影データ及び第2投影データに対してそれぞれクラスター分析を行うことにより特定されても良い。

【0008】

更に、複数のマークのそれぞれは、第1方向に延在する少なくとも2つの第1ストライプと、第2方向に延在する少なくとも2つの第2ストライプとで構成されても良く、ステップ6)は、第1ピーク値の組みにおけるピーク値の各ペアの間の座標間隔を算出することと、もしも、座標間隔が、選択マークの第1ストライプの各ペアの間の距離と一致するならば、ピーク値のペアは本物であると判断されることを含んでも良い。

10

【0009】

更に、もしも、本物と判断された第1ピーク値又は第2ピーク値が、対応する第1ストライプ又は第2ストライプの数と対応しないならば、ステップ6)は更に、本物と判断された第1ピーク値又は第2ピーク値のそれぞれについて、第1方向又は第2方向における近隣値 (neighbors) との対応距離を測定し、第1方向又は第2方向における中心度 (degree of centrality) を取得し、対応する第1ストライプ又は第2ストライプの数に対応する第1ピーク値及び第2ピーク値を中心度に基づいて選択することを含んでも良い。

【0010】

20

更に、第1方向及び第2方向は、互いに垂直であっても良いし、ある角度を有していても良い。

【0011】

更に、ステップ3)において、基板表面は光によって垂直に照射されても良く、選択マークの画像は、基板表面から垂直に反射された光によって形成されても良い。

【0012】

更に、当該方法は、ステップ7)の後に、近接コヒーレント原理 (neighbor coherence principle) に従って、基板搬送ステージに対する選択マークの現在座標が信頼できるかを評価し、もしも信頼できるのであればステップ8)に進み、そうでなければ、選択マークとして次のマークを選択し、ステップ4)に戻ることを更に含んでも良い。

30

【発明の効果】

【0013】

本発明は、先行技術に比べて、次の有利な効果を提供する。

【0014】

1. ラドン変換 (Radon conversion) アルゴリズムを用いることは、マークのストライプの画像を所定の方向に沿って投影することにより、当該方向に延在する当該ストライプの特定を可能にする。このことは、画像の明瞭性に高い要求を課すことを回避し、基板方向合わせアルゴリズムのロバスト性を増加させる。加えて、ラドン変換は低周波フィルタリングをすることができ、それゆえに、ハフ変換よりも正確である。

【0015】

40

2. 基板端のノッチの代わりにマークを特定することは、画像2値化を回避し、基板方向合わせアルゴリズムの普遍性と耐ノイズ性とを更に向上させる。加えて、複数のマークが基板に形成されるけれども、本発明によれば、基板のプリアライメントは1つ又は2つのマークだけを測定することにより達成することができ、残りのマークは、選択マークが特定できないときの予備として働く。

【0016】

3. 最遠隣距離アルゴリズム (farthest neighbor distance algorithm) は、エッチングされた回路配線 (circuit trace)、TSV、スクライプ溝のようなウェハ表面の強力な干渉物 (interferer) の影響を軽減することができ、プリアライメント及び方向合わせ方法の処理適応性を向上させる。

50

【 0 0 1 7 】

4．近接コヒーレントアルゴリズムは、妥当なマークを確認する、より信頼できる方法を伴い、方向合わせ中に誤ったマークを検出する問題を完全に解決し、人為的なしきい値を用いることにより起こる、普遍性の欠如を回避する。このように、類似信号の誤検出に対する識別の信頼性及び能力が増加される。

【 0 0 1 8 】

5．クラスター分析を用いることは、より信頼できるピーク値を検出する、より強力な方法を伴い、ダメージ検出及び誤検出の可能性を小さくする。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 9 】

10

【図 1】本発明の特定の実施の形態に従う、基板プリアライメント方法を図表で示すフローチャートである。

【図 2 A】L シャフト (L-shaft) がマーク 2 上に位置する、本発明の特定の実施の形態に従う、基板及び基板上のマークを概略的に示す図である。

【図 2 B】L シャフトがマーク 3 上に位置する、本発明の特定の実施の形態に従う、基板及び基板上のマークを概略的に示す図である。

【図 3 A】本発明の特定の実施の形態に従う、異なる角度及び異なる形状を有するマークを概略的に示す図である。

【図 3 B】本発明の特定の実施の形態に従う、異なる角度及び異なる形状を有するマークを概略的に示す図である。

20

【図 3 C】本発明の特定の実施の形態に従う、異なる角度及び異なる形状を有するマークを概略的に示す図である。

【図 4】本発明の特定の実施の形態に従う、投影データに行われた線積分の結果からプロットされた曲線を示す図表である。

【図 5】本発明の特定の実施の形態に従う、投影データに行われた線積分の結果からプロットされた曲線を示す図表である。

【図 6】本発明の特定の実施の形態に従う、座標回転を概略的に示す図である。

【図 7】本発明の特定の実施の形態に従う、座標回転を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 0 】

30

本発明の上記目的、特徴、有利な効果がより明白となり、容易に理解されるために、本発明のいくつかの特定の実施の形態が添付図面を参照して、次に、より詳細に説明される。ただし、実施の形態を説明するときの利便性及び明瞭性を促進することだけを目的に、図面はとても簡略化された形態で提供され、必ずしも縮尺通りに示されていない。

【 0 0 2 1 】

図 1 に示すように、本発明で提案する、基板をプリアライメントする方法は、シリコンウェハ、ガラス基板のような、いろいろな基板に対して適用可能である。次の説明はシリコンウェハを用いてなされているが、本発明はこれに限られるものではない。当該方法は、以下で説明するステップを含む。

【 0 0 2 2 】

40

ステップ 1 において、多数のマークが周辺部に配置されたシリコンウェハを準備する。マークの配置は、ウェハが用いられる実際の応用例や、後に続く処理の要求に応じて、決定されても良い。同じロットのウェハは、同じように配置された同数のマークを有していても良い。図 2 A、2 B に示すように、マークは、比較的大きな雑音と一般的に関連付けられているウェハ端部に形成されていないので、以前の処理のマークに対する影響は、ウェハ端に形成されるノッチに対する影響よりも小さい。更に、図 3 A に示すように、マークは、第 1 方向に沿って延在する少なくとも 1 つのストライプと、第 2 方向に沿って延在する少なくとも 1 つのストライプとでそれぞれ構成される、いろいろなストライプタイプのマークであっても良い。2 つの方向のストライプは、(図 3 A、3 B に示すように) 互いに垂直に交差しても良いし、(図 3 C に示すように) ある角度で交差しても良い。それ

50

ゆえ、マークは、垂直ストライプマークと、非垂直ストライプマークとに分類されても良い。

【0023】

ただし、マークを最初に用いるときに、ウェハ上のマーク座標、ストライプ間の角度、及び、他の仕様に基づいて、アップデートがなされることが必要である。具体的には、番号が付けられたマークのウェハ上での座標が収集される。マークの座標は、ウェハの工場パラメータであっても良いし、デカルト座標又は極座標であっても良い。同じロットのウェハは、同じマーク座標を有しても良い。その後、各マークのストライプが延在する2つの方向の間の角度が設備により収集される。最後に、設備のパラメータが、マークの仕様（例えば、それらのストライプ幅、ストライプピッチ、及び、マークの大きさ）に基づいて、アップデートされる。マークは、ウェハ上のそれらの位置に基づいて番号が付けられても良い（時計回り方向に1、2、3、・・・、8と番号が付けられているマークが図2A、2Bに示されているが、マークは異なる順番で番号が付けられても良い）。

10

【0024】

マークの予め記録された座標は、それらの番号付けに対応しても良く、後の処理で測定されるそれらの実際の座標とともに、ウェハを回転し、それによりウェハを正確に方向合わせするための基礎として働いても良い。このことは、下で詳細に説明される。

【0025】

なお、ここでは、マークの座標はそれらの中心の座標で示されるが、当然、座標は、従来技術で良く知られた他の方法で示されても良い。以下の実施の形態の説明は、マークの座標がそれらの中心座標として測定され、測定のために、各々のマークのストライプは、第1方向に延在するストライプがマークの中心を通る中心線を有し、第2方向に延在するストライプもマークの中心を通る中心線を有するものである、という状況でなされる。

20

【0026】

しかしながら、マークの座標が他の方法で定義されるとき、例えば、マークの座標がマークの中心座標で示されないときに、マークのデザインは適切に修正されても良い。このときは、マークのストライプは、マークの中心を通る中心線を有していなくても良い。

【0027】

ステップ2において、ウェハは中心合わせをされる。言い換えると、ウェハの中心は、ウェハステージの所定の点（例えば、ウェハステージの中心）に位置合わせされる。このステップは、中心合わせステージ（centering stage）により従来の方法で行われても良く、ここでは、簡略化のために、より詳細には説明されない。

30

【0028】

ステップ3において、ウェハ上の各マークが、視野切換えシャフト（sight switching shaft）に配置された画像取得装置の投影撮像領域（projection imaging field）内に位置することができるように、ウェハプリアライメント装置の視野切換えシャフトが、ウェハに関して半径方向に移動される。具体的には、図2Aに示すように、視野切換えシャフト（以下、「Lシャフト」という。）は、ウェハ端からウェハ中心へと延在しても良い。好ましくは、ウェハ上のマークの中心は、ウェハの中心に中心をおく同じ円の上に位置しても良い。このようにして、Lシャフト及び画像取得装置を移動させる代わりに、ウェハを回転させることにより、簡単に、画像取得装置の投影撮像領域内に各マークを位置させることも可能である。

40

【0029】

ステップ4において、ウェハの表面に垂直に伝わる光により、ウェハの表面が照射されるとともに、1つ以上のマークの実際の座標を測定するために、各円において、1つ以上のマークがLシャフトの下に位置し、走査され、特定されるように、ウェハは断続的に回転される。具体的には、ウェハを照射する光は、視野切換えシャフト上に配置された光源から発せられても良い。照射方向は、ウェハ表面に対して垂直であっても良い。マークを通った、光源からの光が、マークの画像を形成する画像取得装置上に反射されるように、反射要素がウェハの下に準備されても良い。

50

【 0 0 3 0 】

図 2 A は、L シャフトの下に位置するマーク 2 の走査を概略的に示す。図示された構成において、マーク内のストライプがそれぞれ延在する U 方向、V 方向は、ウェハステージの座標系の X 軸、Y 軸と正確に一致する。図 2 B は、L シャフトの下に位置するマーク 3 の走査を概略的に示す。図示された構成において、マーク内のストライプがそれぞれ延在する U 方向、V 方向は、ウェハステージの座標系の X 軸、Y 軸に対して傾いている。

【 0 0 3 1 】

マークの座標の測定は、具体的には次のステップを含んでも良い。

ステップ 4 1 において、各投影データを得るために、マークの画像は、マーク内のストライプが延在する方向に沿って投影される。すなわち、マークの画像内のストライプに対して、ラドン変換が行われる。言い換えると、マーク内のストライプの画像は、U 方向、V 方向に沿ってそれぞれ線積分される。線積分の結果はプロットされ、図 4、5 に示す通りである。プロットされた曲線において、ストライプがいくつかのピークとして現れることは、当業者により容易に理解される。

【 0 0 3 2 】

ステップ 4 2 において、ステップ 4 1 に由来する投影データから多数のピーク値が拾い上げられ、投影方向に沿ったピーク値の座標が得られる。具体的には、投影データに対してクラスター分析が行われて、投影データから、近隣値の中で最も大きな中心度を有する値を選択しても良い（それは、データ分析の尖度（kurtosis）により説明されることができる）。例えば、図 4、5 のピーク M、N、P、Q、S は近隣値の中から最も大きな中心度を有するピークとして選択されるが、それらは、必ずしも最も高いピークではない。言い換えると、「盆地（basin）」の中の「丘（hill）」は、「高原（plateau）」の上の「土手（mound）」よりも好まれる。例えば、図 5 のピーク Q は、ピーク P の左のいくつかのピーク（すなわち、図中の丸で囲まれたピーク）の累積画素値に大きさが本当に近い累積画素値を有する。しかしながら、それぞれ大きな累積画素値を有するこれらの丸で囲まれたピークは集まって、「高原」のように現れるので、それらのピークの 1 つは他のものよりも高い（すなわち、「高原」の上の「土手」）かもしれないけれども、私たちが求めるものではない。対照的に、ピーク Q の周りのデータ点はピーク Q よりも明らかに低く、ピーク Q を「盆地」の中に直立する「丘」のように見せるので、ピーク Q が選ばれる。

【 0 0 3 3 】

理論上は、ある投影方向についての選択ピークの数、この方向に延在するストライプの数に等しいはずである。しかしながら、ステップ 4 2 において、もしかすると、誤って選択された 1 つ以上のピークによって、選択ピークの数、ストライプの数よりも多いことが起こるかもしれない。このような訳で、選択されたピークは、下で説明されるステップ 4 3 ~ 4 5 の 1 つ以上において検証される。

【 0 0 3 4 】

ステップ 4 3 において、ステップ 4 2 で選択されたピーク値から、（最初に得られたマークデータから既知の）マークのストライプ間隔と一致する座標間隔を定めるピークが抽出される。すなわち、ピーク値の信頼性のレベルが判定されるように、ピーク値の間の距離がマークのストライプの間の距離と一致するか否かによって、ピーク値が、条件を満たす（acceptable）又は条件を満たさない（unacceptable）の 2 つのグループに分けられる。条件を満たすグループでは、2 つのピーク値の間の距離と、マークのストライプの間の距離との差異は許容誤差範囲内にある。ここでは、誤差は、画像取得装置の機械的な誤差に関する。一方で、条件を満たさないグループでは、2 つのピーク値の間の距離と、マークのストライプの間の距離との差異は相対的に大きい。ステップ 4 3 は、望ましいピーク値座標の選択を可能にする。

【 0 0 3 5 】

測定精度を更に改善するために、ステップ 4 3 は、次のステップ 4 4、4 5 と組み合わされても良い。

ステップ 4 4 において、ステップ 4 3 に由来する各ピーク値の近隣値からの垂直距離と

10

20

30

40

50

、その垂直中央度 (degree of vertical centrality) とが測定される。

そして、当該ピーク値の近隣値からの水平距離と、その水平中央度 (degree of horizontal centrality) とが測定される。

【 0 0 3 6 】

ステップ 4 5 において、ステップ 4 3、4 4 の結果に基づいて、最も大きな類似性を有するいくつかのピーク値が、品質の高いピーク値として特定される。具体的には、ステップ 4 3 で決定された信頼性のレベルは、ステップ 4 4 で測定された水平及び垂直の各中心度と乗算されても良く、最大値は最大の類似度として取得される。最大の類似度を有するピーク値に最も近いピーク値は、最大の類似性を有するピーク値として取得される。

【 0 0 3 7 】

ステップ 4 6 において、もしも、U 方向及び V 方向に関して、品質の良いピーク値の数が、U 方向及び V 方向に延在するストライプのそれぞれの数に等しいならば、マークの中心の水平及び垂直の座標が算出される。具体的には、U 方向に関する品質の良いピーク値の中心座標がマークの中心の水平 (又は、垂直) 座標であり、V 方向に関する品質の良いピーク値の中心座標がマークの中心の垂直 (又は、水平) 座標であるように、U 方向及び V 方向に関して、品質の良いピーク値の中心座標がそれぞれ算出される。

【 0 0 3 8 】

図 2 A の場合には、U 方向及び V 方向は、それぞれ、X 方向及び Y 方向とちょうど一致するので、上で得られたマークの中心の水平座標及び垂直座標は、座標変換を被ることなく、要求された実際のマークの座標として直接取得される。図 2 B の場合には、U 方向及び V 方向は、それぞれ、X 方向及び Y 方向に対して、ある角度で傾けられているので、ウェハステージ座標系 (X Y 座標系) においてマークの中心の実際の座標を得るために、座標回転が要求される。

【 0 0 3 9 】

特に、U 方向及び V 方向が、X 方向及び Y 方向と一致しないときは、マークの (X Y 座標系における) 中心座標は、座標回転法を用いることにより得られても良い。具体的には、図 6、7 に示すように、点 A ~ D は、異なる位置におけるマークの中心を示し、点 E ~ G は、それぞれ、点 C、D、B の投影である。最初に、マーク 1 (図 2 に示す 8 つのマークのいずれかが 1 つであって良い。なお、図面中の丸数字を、本明細書中では 付き数字で表す。例えば、丸数字の 8 を 8 で表す。)) は、X 軸に関して、マーク 2 へと対称移動 (mirror) される。ウェハ上のマークの座標に基づいて、初期の偏向角 rot (マークの画像が取得されたときの、所定のストライプの方向と、水平方向 X 又は垂直方向 Y との間の角度) が算出されることができるので、次に、マーク 2 はマーク 3 へと角度 rot で回転される。マーク 3 においては、所定のストライプが延在する方向は、座標軸に対して平行又は垂直である (図 7 に示すマーク 3 のストライプのいくつかは、X 軸に対して垂直である)。更に、マーク 3 の中心の X 軸上への投影値 t_2 が得られる。その後、マーク 3 はマーク 4 へと 90 度回転され (もちろん、マークの歪みが考慮されても良く、もしも、マークが歪みを有していなければ、それは 90 度回転され、そうでなければ、その歪みに基づいて決定された角度で回転される)、マーク 4 の中心の X 軸上の投影値 t_3 が測定され、それに基づいて、マーク 1 の中心から座標系の原点 O までの距離 (マーク 2 の中心から原点 O までの距離 L に等しい) と、直線 AO と X 軸との間の角度 (直線 BO と X 軸との間の角度 θ に等しい) とが 3 角形の合同条件 (congruent triangle principles) に従って測定可能であり、それにより、ピーク値の中心座標が得られる。

【 0 0 4 0 】

ステップ 4 7 において、ステップ 4 6 で得られた座標が、投影前の座標、すなわち、ウェハステージ座標系 (X Y 座標系) のマークの実際の座標へと、上記方法を用いて幾何学的に回転される。

【 0 0 4 1 】

ステップ 4 8 において、誤った座標を除外するために、ステップ 4 7 で得られた座標の

信頼性が、近接コヒーレント原理に従って評価される。近接コヒーレント原理は、マーク信号の安定性に基づいて、探索窓による、上へ、下へ、左へ、右への走査の間に、これらの方向の少なくとも1つにおいて、同様に強いマーク信号が確かに検出されるもので、このことは、偽のマークでは起こらない。このようにして、偽のマークを本物のマークとして時々特定する可能性は除外される。

【0042】

ステップ49において、ステップ48からの信頼できるデータ、すなわち、マークの中心座標が返される。

【0043】

ステップ5において、正しく特定されたマークの中心座標に基づいて、ウェハが回転され、方向合わせをされ、続いて、視野切換えシャフトがウェハに対して半径方向に引き抜かれる。具体的には、例としての、図2の8つのマークを用いて、仮に、たった1つのマークの正しく特定された中心座標が返されたならば、ステップ5において、方向合わせは達成できるであろう。しかしながら、ウェハ上のいずれかのマークはもしかするとダメージを受けたものであるので、仮に、選択されたマークが特定できないものであっても、処理が自動的に他のマークへと切り換わるように、1つ以上のマークが処理されることが望ましい。最後に、マークは幾何学的に回転されて、元の座標系へと戻され、ウェハに対するその画像の位置に基づいて、ウェハ上のその座標が得られる。

【0044】

好ましくは、図2Aに示すように、マークが同じ方向に沿って方向合わせをされるようにマークがウェハに形成されるので、マークの画像（図中に、4角形により概略的に示される）が画像取得装置により取得される前に、アルゴリズムにマークの座標を提供することにより、処理されるためにどのマークが選択されたかをアルゴリズムに知らせることが必要であり、それに基づいて、ウェハは回転され、マークの探索及び位置決めを容易にするために、マークが撮像されるのに適した位置へとマークがおおよそ接近することを可能にする。

【0045】

リニアCCDアレイが用いられるときには、走査された円弧領域（arc area）の画像を垂直に集めることにより取得画像が得られる。円弧の角度によっては、得られた画像は一定の歪度を有して、マークの互いに垂直な2つのストライプが、正しい角度で互いに交差し、互いに垂直なストライプとして画像に現れるようにするかもしれない。このときは、マークの複数のストライプの間の角度の測定は、リニアCCDアレイの走査された角度も考慮する。それゆえ、リニアCCDアレイが画像取得装置として用いられるときには、アルゴリズムによる処理を容易にするために、取得画像が同じ歪度を有するように、固定された走査角度をあらかじめ設定することが望まれる。代わりに、マークの撮像及び位置決めのための画像取得装置として、2次元CCDアレイが用いられても良い。

【0046】

更に、本発明に係るブリアライメント及び方向合わせ方法の処理適応性を向上させるために、エッチングされた回路配線、TSV、スクライプ溝のようなウェハ表面上のいくつかの強力な干渉物の影響を削減するための、最遠隣距離アルゴリズムが採用されても良い。具体的には、各ピーク値に関して、前の5つの近接値及び後の5つの近接値との差異の絶対値の合計が、基準として働いても良い。加えて、この実施の形態において、画像に対するマークのコントラストを示すために、色及びストライプ長さが最も異なる2つのピーク値の間の差異の乗算として、しきい値が定義されても良い。このように、ひどく焦点ぼけた画像取得装置を用いて取得された画像、又は、ぼやけた画像は、特定され、廃棄されることができる。

【0047】

本発明は、先行技術に比べて、次の有利な効果を提供する。

【0048】

1. ラドン変換アルゴリズムを用いることは、マークのストライプの画像を所定の方向

10

20

30

40

50

に沿って投影することにより、当該方向に延在する当該ストライプの特定を可能にする。このことは、画像の明瞭性に高い要求を課すことを回避し、基板方向合わせアルゴリズムのロバスト性を増加させる。加えて、ラドン変換は低周波フィルタリングをすることができ、それゆえに、ハフ変換よりも正確である。

【 0 0 4 9 】

2．基板端のノッチの代わりにマークを特定することは、画像2値化を回避し、基板方向合わせアルゴリズムの普遍性と耐ノイズ性とを更に向上させる。加えて、複数のマークが基板に形成されるけれども、本発明によれば、基板のプリアライメントは1つ又は2つのマークだけを測定することにより達成することができ、残りのマークは、選択マークが特定できないときの予備として働く。

10

【 0 0 5 0 】

3．最遠隣距離アルゴリズムは、エッチングされた回路配線、TSV、スクライプ溝のようなウェハ表面の強力な干渉物の影響を軽減することができ、プリアライメント及び方向合わせ方法の処理適応性を向上させる。

【 0 0 5 1 】

4．近接コヒーレントアルゴリズムは、妥当なマークを確認する、より信頼できる方法を伴い、方向合わせ中に誤ったマークを検出する問題を完全に解決し、人為的なしきい値を用いることにより起こる、普遍性の欠如を回避する。このように、類似信号の誤検出に対する識別の信頼性及び能力を増加させる。

【 0 0 5 2 】

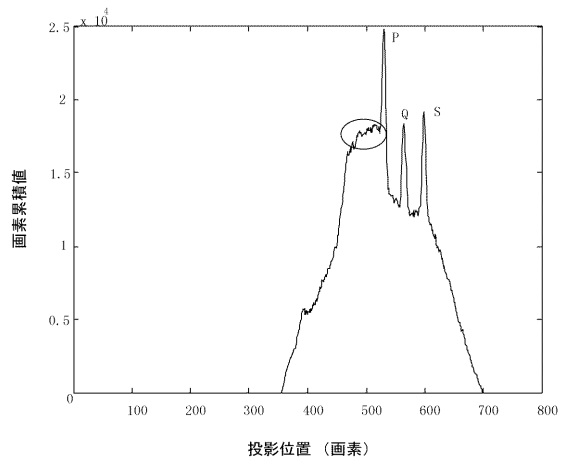
20

5．クラスター分析を用いることは、より信頼できるピーク値を検出する、より強力な方法を伴い、ダメージ検出及び誤検出の可能性を小さくする。

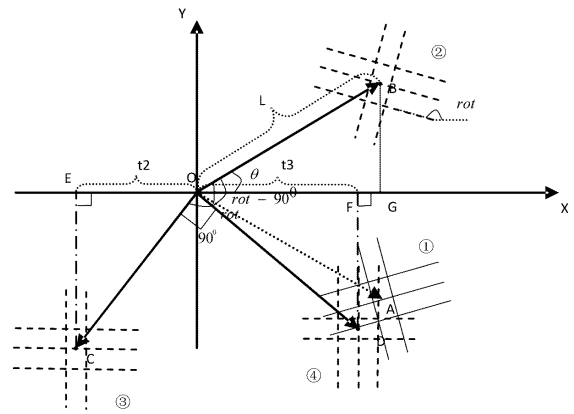
【 0 0 5 3 】

当業者が、本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく、いろいろな変更及び修正をすることができることは明らかである。従って、そのような変更及び修正が添付した請求項及びそれと均等なものの範囲内に入るならば、本発明は、そのような変更及び修正も含むことが予定される。

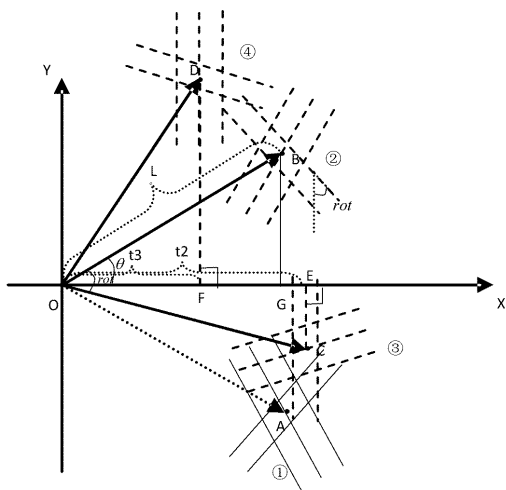
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(72)発明者 スン ウェイワン

中華人民共和国 201203 シャンハイ ジャンジャン ハイテックパーク ジャンドンロード 1525

(72)発明者 ティエン ツイシャー

中華人民共和国 201203 シャンハイ ジャンジャン ハイテックパーク ジャンドンロード 1525

(72)発明者 ジェン ジャオゼン

中華人民共和国 201203 シャンハイ ジャンジャン ハイテックパーク ジャンドンロード 1525

審査官 田口 孝明

(56)参考文献 特開2000-353655(JP, A)

特開2005-116626(JP, A)

特開2004-193425(JP, A)

特開2009-014919(JP, A)

特開2006-294993(JP, A)

特開平07-074082(JP, A)

国際公開第2013/061858(WO, A1)

米国特許出願公開第2012/0244459(US, A1)

特開2006-114919(JP, A)

特開2003-086483(JP, A)

特開平07-142300(JP, A)

国際公開第2006/025386(WO, A1)

特開平07-288276(JP, A)

特開2003-297743(JP, A)

中国特許出願公開第104111595(CN, A)

特開2001-267216(JP, A)

特開2015-138806(JP, A)

米国特許出願公開第2013/0258339(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC H01L 21/30、

21/027、

21/46、

G03F 7/20-7/24、

9/00-9/02