

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2013-141012

(P2013-141012A)

(43) 公開日 平成25年7月18日(2013.7.18)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 I O 1 G 5 F 0 0 4

審査請求 有 請求項の数 10 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2013-48049 (P2013-48049)
 (22) 出願日 平成25年3月11日 (2013. 3. 11)
 (62) 分割の表示 特願2009-530520 (P2009-530520)
 の分割
 原出願日 平成19年9月14日 (2007. 9. 14)
 (31) 優先権主張番号 60/827, 671
 (32) 優先日 平成18年9月29日 (2006. 9. 29)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 11/612, 355
 (32) 優先日 平成18年12月18日 (2006. 12. 18)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504401617
 ラム リサーチ コーポレーション
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
 538-6470, フレモント, カッシン
 グ パークウェイ 4650番地
 (74) 代理人 110000659
 特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所
 (72) 発明者 チェン, ジャック
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
 538, フレモント, カッシング パーク
 ウェイ 4650

最終頁に続く

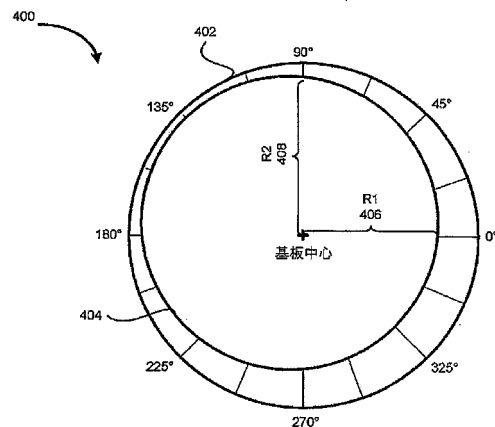
(54) 【発明の名称】 基板の位置決めオフセットの補正方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 プラズマ処理中の基板の中心を処理中心により正確に置くことにより、基板の心ずれによって生じるデバイスの欠陥を最小にする方法を提供する。

【解決手段】 プラズマ処理チャンバ内の複数の基板の処理方法であって、プラズマ処理チャンバ内で第1の基板を処理する前に表面に、膜を有する第1の基板の厚みを測定し、第1の基板がチャックに対して幾何学中心合わせするように第1の基板を配置し、プラズマ処理を実行し、後処理測定データ点のセットを、少なくとも第1の基板の方位のセットと、第1の基板の幾何学的中心からの距離のセットで生成し、後処理測定データ点のセットと前処理測定データ点のセットから、一定のエッチングレートサークルの中心を決定し、該中心をチャックの処理中心として、その後、基板の処理のためにチャックに複数の基板を配置する際に、そのデータを使用する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理チャンバ内の複数の基板の処理方法であって、該複数の基板は、該処理中に前記プラズマ処理チャンバのチャックに配置されており、

本処理方法は、第 1 の基板のために前処理測定データ点のセットを生成させるステップであって、前記第 1 の基板は、前記複数の基板とは異っており、前記セットの生成ステップは、前記プラズマ処理チャンバ内で前記第 1 の基板を処理する前に表面に、膜を有する前記第 1 の基板の厚みを測定し、該測定は、前記第 1 の基板の方位のセットと、前記第 1 の基板の幾何学的中心からの距離のセットとにおいて実行されるステップと、

前記第 1 の基板が前記チャックに対して幾何学中心合わせするように前記第 1 の基板を配置するステップと、

前記第 1 のプラズマ処理チャンバ内で前記第 1 の基板の前記プラズマ処理を実行するステップと、

前記第 1 の基板のために後処理測定データ点のセットを生成するステップであって、該後処理測定データ点のセットを生成する前記ステップは、少なくとも前記第 1 の基板の方位のセットと、前記第 1 の基板の幾何学的中心からの距離のセットとにおいて実行されるステップと、

前記後処理測定データ点のセットと前記前処理測定データ点のセットから一定のエッチングレートサークルを確認するステップであって、該一定のエッチングレートサークルは、第 1 のエッチングレートを有したエッチング位置のサークルを表すステップと、

前記一定のエッチングレートサークルの中心を決定するステップであって、該中心は、前記チャックの処理中心を表すステップと、

その後、前記プラズマ処理チャンバ内の前記基板の前記処理のために前記チャックに前記複数の基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータを使用するステップと、

を含んでいることを特徴とする処理方法。

【請求項 2】

前記一定のエッチングレートサークルを確認するステップは、立方スプライン技術を利用することを特徴とする請求項 1 記載の処理方法。

【請求項 3】

前記一定のエッチングレートサークルを確認するステップは、リニアインターポレーション技術を利用することを特徴とする請求項 1 記載の処理方法。

【請求項 4】

前記一定のエッチングレートの前記中心を決定するステップは、中心外れプロットの生成を含み、該中心外れプロットは、複数の半径 E () と、前記一定のエッチングレートサークルのためのその関連方位 とのプロットを表しており、前記複数の半径 E () は、所定の方位 のための、前記第 1 の基板の前記幾何学中心と、前記第 1 のエッチングレートを有した前記エッチング位置の一つとの間の差異として計算されることを特徴とする請求項 1 記載の処理方法。

【請求項 5】

前記中心外れプロットにカーブフィッティングを実行し、下記等式のためのパラメータを決定するステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項 4 記載の処理方法。

$$E_n () = E_{a v g} + c_1 \cos (- \theta_1) + c_2 \cos (2 - \theta_2)$$
 [式 2]

パラメータの説明

- $E_{a v g}$ 干渉縞に対する基板エッジからの平均距離
- $c_1 \cos (- \theta_1)$ 基本波 - 方位の関数としての偏差
- $c_2 \cos (2 - \theta_2)$ 第 2 高調波
- c 2 つの中心間の距離測定値

10

20

30

40

50

方位

前記チャックの前記処理中心と、前記第 1 の基板の前記幾何学中心との間のオフセットの角度

【請求項 6】

前記カーブフィッティングは、最小二乗フィット技術の利用を含んでいえることを特徴とする請求項 5 記載の処理方法。

【請求項 7】

前記カーブフィッティングは、フーリエ変換技術の利用を含んでいることを特徴とする請求項 5 記載の処理方法。

【請求項 8】

前記プラズマ処理チャンバにおける前記基板の前記処理のために、前記チャックに前記基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータをその後使用するステップは、前記チャックに前記基板を配置するために採用されたロボットアームに、前記パラメータの少なくとも一つを提供することを含んでいることを特徴とする請求項 5 記載の処理方法。

10

【請求項 9】

前記プラズマ処理チャンバにおける前記基板の前記処理のために、前記チャックに前記基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータをその後使用するステップは、前記チャックに前記基板を配置するために採用されたロボットアームに、前記チャックの前記処理中心に関する情報を提供することを含んでいることを特徴とする請求項 1 記載の処理方法。

20

【請求項 10】

前記プラズマ処理チャンバにおける前記基板の前記処理のために、前記チャックに前記基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータをその後使用するステップは、前記チャックの前記処理中心と、前記基板の幾何学中心との間のオフセットに関する情報を前記チャックに前記基板を配置するために採用されるロボットアームに提供することを含んでいることを特徴とする請求項 1 記載の処理方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

プラズマ処理の進歩は、半導体産業の成長を促進してきた。一般的に言えば、処理された単一の基板から切り出されたダイからは、複数の半導体デバイスを生成することができる。基板を処理するために、基板は、プラズマ処理チャンバ内の基板チャックの上部に設置することができる。基板を基板チャックに位置決めすることによって、デバイスを形成するために基板のどの部分を処理したらよいかを決定することができる。

【背景技術】

【0002】

基板チャック中心への基板の位置合わせには、いくつかの方法が利用される。ある例において、基板チャックに対して基板を位置決めするためにセンサを処理モジュール内に設置することができる。別の例において、基板を基板チャックと同心に位置合わせするために、案内ロボットアームなどのアライメント治具を採用することができる。ハードウェア中心（たとえば、基板チャックの中心）への位置合わせは、ある程度の精度で行なうことができるが、処理中心への位置合わせと必ずしも一致しないかもしれない。

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本明細書で論じられるように、ハードウェア中心は、基板チャックなどのハードウェアの中心を指す。また、本明細書で論じられるように、処理中心は、プラズマ処理の焦点中心を指す。理想的に、焦点中心からのいかなる半径方向距離においても、処理の結果（たとえば、エッチング速度）は変わらない。たとえば、処理中心から 100 mm の距離にお

50

いて、この焦点にある処理中心から100mmの半径を有する円の周りをたどるときエッチング速度は実質的に一定のままであると予想される。チャンバ構成の特異性によって、処理中心は、ハードウェア中心と必ずしも同じでないかもしれない。結果的に、ハードウェア中心だけに基づいて位置合わせすると、基板を処理する間に心ずれが生じるおそれがある。メーカは、歩留りを向上させるよう絶えず努力しているので、基板の心ずれによって生じるデバイスの欠陥を最小にするために、プラズマ処理中は、基板の中心を処理中心により正確に置くような努力が常になされる。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明は、一実施形態において、処理チャンバ内のチャックに対する処理中心を計算する方法に関する。この方法は、基板を処理する前に表面に膜を有する基板の厚さを測定することを含む、前処理測定データ点の組を生成することを含む。測定することは、基板の幾何学的中心からの方位の組と距離の組とにおいて行なわれる。

また、この方法は、基板を処理した後に基板の厚さを測定することを含む、後処理測定データ点の組を生成することを含む。測定することは、基板の幾何学的中心からの少なくとも方位の組と距離の組とにおいて行なわれる。

この方法は、さらに、前処理測定データ点の組を後処理測定データ点の組と比較してエッチング深さの組を計算することを含む。

また、この方法は、さらに、方位の組に対するエッチングプロファイルの組を生成することを含む。

この方法は、さらに、エッチングプロファイルの組から半径の組を外挿することを含む。半径の組は第1のエッチング深さに関連する。

この方法は、さらに、半径の組と方位の組との、具体的な方位に対する基板の幾何学的中心からの半径方向距離のグラフ表示である偏心プロットを生成することを含む。

この方法は、さらに、公知の曲線適合式を偏心プロットに適用することによって処理中心を計算することを含む。

【0005】

別の実施形態において、本発明は、内部で実施されるコンピュータ可読コードを内部に有するプログラム記憶媒体を備える製品に関する。コンピュータ可読コードは、処理チャンバ内のチャックに対する処理中心を計算するように構成される。

この製品は、基板を処理する前に表面に膜を有する基板の厚さを測定することを含む、前処理測定データ点の組を生成するコンピュータ可読コードを含む。測定することは、基板の幾何学的中心からの方位の組と距離の組とにおいて行なわれる。

また、この製品は、基板を処理した後に基板の厚さを測定することを含む後処理データ測定点の組を生成するコンピュータ可読コードを含む。測定することは、基板の幾何学的中心からの少なくとも方位の組と距離の組とにおいて行なわれる。

この製品は、さらに、エッチング深さの組を計算するために、前処理測定データ点の組を後処理測定データ点の組と比較するコンピュータ可読コードを含む。

また、この製品は、さらに、方位の組に対するエッチングプロファイルの組を生成するコンピュータ可読コードを含む。

この製品は、さらに、エッチングファイルの組から半径の組を外挿するコンピュータ可読コードを含む。半径の組は、第1のエッチング深さに関連する。

この製品は、さらに、半径の組と方位の組との、具体的な方位に対する基板の幾何学的中心からの半径方向距離のグラフ表示である偏心プロットを生成するコンピュータ可読コードを含む。

この製品は、さらに、公知の曲線適合式を偏心プロットに適用することによって処理中心を計算するコンピュータ可読コードを含む。

【0006】

さらに別の実施形態において、本発明は、処理チャンバ内のチャックに対する処理中心を計算するコンピュータ実行方法に関する。

10

20

30

40

50

この方法は、基板を処理する前に表面に膜を有する基板の厚さを測定することを含む、前処理測定データ点の組を生成することを含む。測定することは、基板の幾何学的中心からの方位の組と距離の組とにおいて行なわれる。

また、この方法は、基板を処理した後に基板の厚さを測定することを含む後処理測定データ点の組を生成することを含む。測定することは、基板の幾何学的中心からの少なくとも方位の組と距離の組とにおいて行なわれる。

この方法は、さらに、エッチング深さの組を計算するために、前処理測定データ点の組を後処理測定データ点の組と比較することを含む。

また、この方法は、さらに、方位の組に対するエッチングプロファイルの組を生成することを含む。

この方法は、さらに、エッチングプロファイルの組から半径の組を外挿することを含む。半径の組は、第1のエッチング深さに関連する。

この方法は、さらに、半径の組と方位の組との、具体的な方位に対する基板の幾何学的中心からの半径方向距離のグラフ表示である偏心プロットを生成することを含む。

この方法は、さらに、公知の曲線適合式を偏心プロットに適用することによって処理中心を計算することを含む。

【0007】

上述の概要は、本明細書に開示される本発明の多くの実施形態の一つのみに関するもので、本明細書において特許請求の範囲に記述される本発明の範囲を制限するものではない。

本発明の上述の特徴および他の特徴は、本発明の詳細な説明の中で以下の図と併せて以下においてさらに詳しく記載する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

本発明は、添付図面の各図において、制限のためではなく例として示されており、図面では同様の参照番号は同様の要素を示す。

【図1】一実施形態において、典型的な基板処理システムの概要のブロック図を示す。

【図2A】一実施形態において、処理前および処理後の基板を示す。

【図2B】一実施形態において、測定対象としうる種々のデータ点を説明する簡単な略図を示す。データ点は、様々な角度と基板中心からの距離とにおいて選択することができる。

【図2C】一実施形態において、各データ点に対する半径測定を示す。

【図3】一実施形態において、方位に対するエッチングプロファイルを説明する簡単なグラフを示す。

【図4】一実施形態において、一定のエッチング速度に対して実質的に同心円の簡単な略図を示す。

【図5】一実施形態において、十分に偏心した一定のエッチング速度円の半径方向位置と方位角方向を示すグラフを示す。

【図6】一実施形態において、基板チャックに対する処理中心を計算するステップを説明する簡単なフローチャートを示す。

【図7】一実施形態において、処理中心を決定するアルゴリズムを示す。

【図8】光計測ツールによって測定されている基板のブロック図を示す。

【図9】一実施形態において、ベベル検査モジュール(BIM)を有するプラズマ処理システムの概要のブロック図を示す。

【図10】一実施形態において、BIMの系統図を示す。

【図11】一実施形態において、カメラマウント上のカメラと光学系筐体の拡大図の系統図を示す。

【図12】一実施形態において、BIMの断面図を示す。

【図13】一実施形態において、基板のエッジに沿って生じるアーク放電を示す、BIMによって取り込まれた画像の例を示す。

10

20

30

40

50

【図14】一実施形態において、心ずれを確認する際に利用できる、BIMによって生成される画像の例を示す。

【図15】一実施形態において、中心からの距離と一定エッチング速度の方位とを説明する簡単なグラフを示す。

【図16】一実施形態において、BIMによって取り込まれる画像を利用して基板チャックに対する処理中心を計算するステップを説明する簡単なフローチャートを示す。

【図17】一実施形態において、異常検出を実施するBIMによって取り込まれる画像を操作する画像処理フローチャートを示す。

【図18】一実施形態において、閾値を示す、BIMによって取り込まれる画像の例を示す。

【図19】一実施形態において、BIMによって取り込まれる、干渉縞を有する基板の画像の例を示す。

【発明を実施するための形態】

【0009】

本発明を、添付図面に示す本発明の少数の実施形態を参照してここで詳しく説明する。以下の説明では、本発明が十分に理解されるように多くの詳しい情報が記載される。

しかし、これらの詳しい情報の一部または全部がなくても本発明を実施しうることが、当業者にとって明らかであろう。他の例では、本発明が無用に分かりにくくなることのないように、周知の処理ステップおよび/または構造を詳しく記載していない。

【0010】

以下において、方法と技法を含む様々な実施形態が記載される。

本発明は、本発明による実施形態の技法を実施するコンピュータ可読命令が記憶されるコンピュータ可読媒体を含む製品を対象とする場合があることにも留意されたい。コンピュータ可読媒体は、コンピュータ可読コードを記憶する、たとえば、半導体、磁気、光磁気、光、または他の形態のコンピュータ可読媒体を含んでいてもよい。

さらに、本発明は、本発明の実施形態を実施する装置を対象とすることもある。このような装置は、本発明の実施形態に関するタスクを実行するために、専用および/またはプログラム可能な回路を含んでいてもよい。このようは装置の例は、適切にプログラムされた汎用コンピュータおよび/または専用コンピューティングデバイスを含み、本発明の実施形態に関する様々なタスクに適合されたコンピュータ/コンピューティングデバイスおよび専用/プログラム可能な回路の組合せを含んでもよい。

【0011】

以下の開示において、改善すべき心出し方法を採用しうる用途としてエッチングが議論される。ただし、本明細書で開示される心出し方法は他のいかなる種類の処理（たとえば、蒸着）にも適用しうることに留意されたい。さらに、この方法は、処理が同心（均一および/または不均一）であるいかなる用途にも適用される。

【0012】

本発明の実施形態に従って、処理チャンバの基板チャックに対する処理中心を計算する円形一定エッチング速度法（circular constant etch rate method）が提供される。本発明の実施形態において、基板のオフセット（すなわち、チャックのハードウェア中心からチャックの処理中心までのオフセット）は、処理の間にチャックの真上に幾何学的中心が置かれていた試験基板で行なわれるエッチング速度測定から推測されてもよい。計算された基板オフセットでは、チャックの処理中心の真上での後に続く基板の心出しを容易にして処理の均一性を改善するために、トランスファモジュール内のロボットアームをチャックの処理中心の座標を用いてプログラムしてもよい。

【0013】

一般に、基板を基板チャックのハードウェア中心に設置するために、ロボットアームを採用してもよい。しかし、前述のように、ハードウェア中心と処理中心は、所与のツールの特異性に起因して必ずしも一致するとは限らない。基板の中心を処理中心により正確に

10

20

30

40

50

置くことができる場合、処理の均一性が改善され、基板エッジのより近くで満足な処理結果が得られ、基板のより多くをデバイスのダイの形成に使用することができるようになる。

先行技術において、ハードウェア中心を用いる位置合わせの方法は、開ループ位置合わせであってもよく、開ループ位置合わせでは、通常、オフセット信号をフィードバックすることができない。先行技術とは異なり、処理中心を採用する方法では、基板位置の開ループフィードバックが可能となり、したがって、処理中心を制御することができる。

【0014】

本発明の実施形態は、処理の際にチャックのハードウェア中心の真上に幾何学的中心がある基板からの測定データの組を外挿することによって処理中心を決定する方法を提供する。一実施形態において、基板に対する前処理測定データ点の組を処理に先立って収集してもよい。一実施形態において、同じ基板上の測定位置に対する後処理測定データ点の組を処理の後に収集してもよい。

10

【0015】

各データ点に対する前処理測定値と後処理測定値の差を計算することによって、除去されている塗膜層の量を決定してもよい。言い換えれば、エッチング深さは、前処理の組と後処理の測定値から計算することができる。前処理測定データ点の組は、基板の厚さの計算には必要でないが、前処理と後処理の両方の測定値を含めることによって各データ点に対するより正確なエッチング深さを計算することができる。

前処理測定データ点を得ることに代わる手段として、たとえば、未加工基板メーカによって提供される仕様書データから前処理測定厚さについて仮定を置くことができる。

20

【0016】

たとえば、基板オフセットを決定するためにエッチング速度が計算されている状況を考えてみよう。各データ点に対するエッチング速度は、一実施形態において、エッチング深さを基板の処理時間で割ることによって計算することができる。本明細書において、様々な実施方法がエッチング速度を用いて議論されることがある。しかし、本発明では、エッチング速度に限定せずにエッチング深さを採用することができる。

【0017】

一実施形態において、前処理測定と後処理測定は、各データ点に対して半径（本明細書では、データ点の位置と基板の幾何学的中心をつなぐ線に沿って測定される距離として定義される）を含んでもよい。ある例において、データ点1は、基板の中心から148.2 mmである。エッチング速度は、各データ点に対して計算されているので、各データ点に対する半径（R）の値は、ここでは、各エッチング速度に関連している可能性がある。

30

さらに、各データ点に対する方位も決定することができる。本明細書で採用される方位という用語は、基準半径線からの角度オフセットを指す。

したがって、データ点は、データ点の前処理エッチング深さ、データ点の後処理エッチング深さ、データ点の計算エッチング速度、基板の幾何学的中心からのデータ点の半径方向距離、およびデータ点の方位の1つまたは複数によって特徴付けられる可能性がある。

【0018】

一実施形態において、エッチングプロファイルは、各方位（ ）に対して決定することができる。本明細書で論じられるように、方位（ ）は、固定の基準半径方向線からの基板上の0°～360°の角度を指す。方位の例は、0°、45°、90°、180°、270°などを含むが、これらに限定されない。

40

【0019】

さらに、一実施形態において、1つまたは複数の実質的な同心円を各エッチング速度に対して決定することができる。ある例において、1000 / minのエッチング速度を有する複数のデータ点を基板上で決定することができる。

これらのデータ点は、基板の処理中心を中心として実質的な同心円を形成する。基板の中心がチャックの処理中心の真上にある場合、すなわち、処理の際に基板の幾何学的中心がチャックの処理中心と一致している場合、様々なエッチング速度に対する同心円の中心

50

は、基板の幾何学的中心に置かれる傾向があることに留意されたい。

ただし、基板の処理中心は、この時点で未知であり、かつ試験基板の中心は、ロボットの幾何学的中心の真上にあるので、様々なエッチング速度に対する同心円の中心は、基板の幾何学的中心から偏位していることになる。本発明の実施形態では、この事実を利用してチャックの処理中心とロボットの中心とのオフセットを計算する。

【0020】

一実施形態において、所与のエッチング速度に対する基板上的実質的な各同心円は、グラフを使って実質的な正弦曲線として表すことができる。言い換えれば、所与のエッチング速度に対して、所与のエッチング速度が見られる半径線上の位置と基板の幾何学的中心との距離は、基板の幾何学的中心を中心として360°回転すると、正弦波状に変化する。所与のエッチング速度に対応する所与の位置に対する偏心プロット上の各点は、具体的な方位()に対する基板の幾何学的中心からの半径方向距離(E)を表す。

10

【0021】

一実施形態において、偏心プロットは、各エッチング速度に対して生成することができる。この後、基板オフセットは、少なくとも1つの偏心プロットを知ることによって計算することができる。偏心プロットから処理中心とハードウェア(すなわち、幾何学的)中心とのオフセットを数値計算するために、公知の曲線適合式(たとえば、フーリエ変換からのフーリエ級数式、最小二乗適合など)を採用することができる。いったん基板オフセットが決定されると、真空トランスファモジュールのロボットアームを、処理チャンバに対する基板チャックの処理中心の新たな座標を用いてプログラムすることができる。

20

【0022】

本発明の特徴と長所は、以下の図と議論を参照すると一層よく理解されるかもしれない。

図1は、一実施形態において、処理中心を決定しうる典型的な基板処理システムの概要のブロック図を示す。プラズマ処理システム100は、基板が大気トランスファモジュール102から真空トランスファモジュール104に移動し、さらに、1つまたは複数の処理モジュール(106、108、110、および112)に移動し、最終的にプラズマ処理システム100から出ていくまでの間に基板を処理できる複数の基板保持位置を含んでもよい。

【0023】

たとえば、基板が処理されている状況を考えてみよう。処理に先立って、基板上的様々な位置で基板114の厚さを測定することができる。基板114は、光屈折性のある塗膜層を含んでもよく、計測ツール116によって測定することができる。基板114の厚さを測定する際に、様々な測定位置において複数のデータ点を収集することができる。一実施形態において、2つまたはそれ以上のデータ点を収集することができる。別の実施形態において、約100~200のデータ点を基板114上の種々の位置で選択することができる。

30

【0024】

いったん前処理測定が終了すると、基板114は、半導体ウエハ収納容器(FOUP)118に設置することができる。大気トランスファモジュール102内のロボットアーム120は、基板114をアライナ122に移動することができる。

40

アライナ122において、基板114の中心は、正確にチャックの幾何学的中心の真上にある可能性がある(処理中心は、まだ確定されていないので、これは試験基板の場合に言えることである)。いったん中心に置かれると、ロボットアーム120は、基板114をエアロックモジュール(AL124とAL126)の一方に移動することができる。

エアロックモジュールが大気トランスファモジュール102と真空トランスファモジュール104の間の環境を整合させる能力によって、基板114は、2つの与圧環境の間を損傷することなく移動することができる。

【0025】

基板114は、AL124などのエアロックモジュールから、真空トランスファモジュ

50

ール104内のロボットアーム128によって処理モジュール(106、108、110、および112)のうちの1つの内に移動することができる。いったん基板114が処理(たとえば、エッチング)されると、ロボットアーム128は、基板114を大気トランスファモジュール102経由して真空トランスファモジュール104からFOUP118に移動することができる。

【0026】

基板114は、測定のためにFOUP118から計測ツール116に移動することができる。処理の後で基板114の厚さを測定する際、処理に先立って測定されている同じデータ点位置の一部または全部を処理の後に再び測定することができる。ある例において、120のデータ点が前処理測定の間120箇所測定されている場合、少なくとも同じ120箇所に対するデータを処理後の測定の際に再び測定することができる。

10

【0027】

図2Aは、一実施形態において、処理前および処理後の基板を示す。基板202は、塗膜層204を有してもよい。塗膜層204は、たとえば、基板の厚さを計測ツールによって測定しうる光屈折性材料であってもよい。処理に先立って、計測ツールは、基板202の下部から塗膜層204まで(すなわち、距離208)を測定しうる。

【0028】

未加工の基板に実質的な欠陥がなければ、基板202上の各データ点に対する前処理測定値は、きわめて似た傾向を示す。ある例において、データ点1における基板の厚さは、データ点2における基板の厚さとほとんど同じである可能性があり、厚さのわずかな違いは、未加工の基板の製造中に導入されるわずかな変動要因に起因する。処理に先立って、基板は、実質的に平坦である傾向があり、塗膜層は、基板の表面全域で実質的に一様に分布している傾向がある。

20

【0029】

一実施形態において、基板上の塗膜層の厚さが一様に分布していると考えられる場合は、前処理測定を省略することができる。塗膜層が加えられる前と後で基板に厚さの差が存在しうるため、一実施形態において、前処理測定で基板上の種々の位置における基板の厚さの差を考慮に入れることができる。

【0030】

処理の後、塗膜層204の一部を基板114からエッチングしてもよい。塗膜層204は、この場合、エッチングされた塗膜層206として示される。処理の結果、塗膜層の厚さが、この場合、基板上の位置によって異なる。参照番号210は、たとえば、基板上の所与の位置における基板202の新たな厚さを表す。基板の処理後に実施できる後処理測定では、様々な位置において基板の新たな厚さを測定することができる。

30

【0031】

図2Bは、一実施形態において、測定対象としうる種々のデータ点を説明する簡単な略図を示す。基板の図250は、種々の方位(たとえば、0°、45°、90°など)における複数のデータ点を示す。前処理と後処理の両測定において、基板の同じ位置に対する厚さデータを収集することができる。一実施形態において、データ点の収集は、手動で実施することができる。別の実施形態において、走査パターンを識別して前処理測定と後処理測定を実施するために採用することができる。

40

【0032】

一実施形態において、エッチング深さは、前処理測定と後処理測定から計算することができる。本明細書で議論されるように、エッチング深さという用語は、エッチングされている、塗膜層が施された基板の部分の指す。言い換えれば、エッチング深さは、所与の基板位置に対する前処理測定データと後処理測定データの差である。

【0033】

一実施形態において、エッチング深さを基板の処理継続時間で割ることによって、エッチング深さをエッチング速度として表すことができる。ある例において、基板の位置は、約0.5mmの前処理測定値を有していてもよい。

50

いったん基板が処理されると、同じ位置における基板の厚さが、この場合、 0.375 mmである。エッチング深さは、前処理測定と後処理測定との差であるので、所与の位置（たとえば、 0° の方位、 115 mmの半径）におけるエッチング深さは、 0.125 mmである。基板114に対する処理時間が2分であれば、エッチング速度は、その位置に対して 0.0625 /minである。いったんエッチング速度が決定されると、基板上のデータ点の各々は、この場合、エッチング速度に関連している可能性がある。

【0034】

一実施形態において、計測ツールは、基板の厚さの測定以外に、収集される各データ点に対して基板の幾何学的中心からの半径方向距離を測定することができる。図2Cは、一実施形態において、各データ点に対する半径の測定を示す。ある例において、基板の図260は、データ点270および272を示す。データ点270に関連しているのは、半径278であり、データ点272に関連しているのは半径276である。収集の対象となりうる各データ点に対して、基板の幾何学的中心（これは、チャック基板上で幾何学的中心をなす試験基板に対するハードウェア中心と一致する）からの半径方向距離を測定することができる。

10

【0035】

チャック上の具体的なデータ点の位置は、基準半径線からの半径と方位とによって指定することができる。

図3は、一実施形態において、方位に対するエッチングプロファイルを説明する簡単なグラフを示す。図2Bおよび2Cから分かるように、方位は、基板の幾何学的中心からの距離によって異なる複数のエッチング速度を有しうる。グラフの図300は、プロットされた複数のエッチング速度（ ）と 60° の方位（ ）に対する複数の半径（R）とを示す。各方位（たとえば、 0° 、 45° 、 90° など）に対して、一実施形態において、エッチングプロファイル（たとえば、エッチング速度プロファイルなど）をプロットしうる。

20

【0036】

いったん、様々なエッチングプロファイルが様々な方位角に対して確立されると、実質的な同心円を各エッチング速度に対して決定することができる。一実施形態において、所与のエッチング速度を有するデータ点に対して半径を決定するために、線形補間または三次スプライン補間を行なうことができる。ある例において、 60° の方位における 1000 /minのエッチング速度は、 145 mmの半径を有しうる（図3から分かるように）。異なる方位における同じエッチング速度は、図3に見られるように、異なる半径を有していてもよい。各方位に対して、半径の測定値は、 1000 /minの同じエッチング速度に対して決定されてもよい。

30

【0037】

図4は、一実施形態において、一定のエッチング速度に対する実質的な同心円の簡単な略図を示す。基板の図400は、基板402と同心円404とを示す。各エッチング速度に対して、複数のエッチングプロファイル（図3に見られるような）から外挿しうる複数の半径（たとえば、 $R_1 = 406$ と $R_2 = 408$ ）を、一実施形態において、実質的な同心円404を生成するように採用することができる。

40

【0038】

図5は、一実施形態において、十分に偏心した一定のエッチング速度円の半径方向位置と方位角方向を示すグラフを示す。グラフの図500は、このようなエッチング速度を有する基板の位置とプロットされた基板の幾何学的中心との距離と、一定のエッチング速度（たとえば、 1000 /min）に対する複数の方位（ ）とを表す複数の半径（E）を示す。基板の幾何学的中心が基板の処理中心と一致している場合、偏心プロット（たとえば、図5に示される偏心プロット）が実質的に平坦であったことになる。

【0039】

各エッチング速度に対して、図5に類似した偏心プロットをプロットすることができる。偏心プロットは、一実施形態において、実質的に正弦波の形状を有してもよい。一実施

50

形態において、処理中心は、少なくとも1つの偏心プロットから計算されてもよい。

【0040】

いったん偏心プロットがプロットされると、式1に関するパラメータを決定するために公知の曲線適合式(たとえば、フーリエ変換からのフーリエ級数式、最小二乗適合など)を採用することができる。

【0041】

$$E_n(\theta, \phi, R) = E_{avg} + c_1 \cos(\theta - \theta_1) + c_2 \cos(2\theta - \theta_2)$$

[式1]

パラメータの説明

距離	E_{avg}	一定エッチング速度に対する基板中心からの平均
	$c_1 \cos(\theta - \theta_1)$	基本波 - 方位の関数としての偏差
	$c_2 \cos(2\theta - \theta_2)$	第2高調波
	c	2つの中心間の距離測定値
	R	半径 方位 オフセットを含む角度

10

【0042】

図6は、一実施形態において、基板チャックに対する処理中心を計算するステップを説明する簡単なフローチャートを示す。

20

【0043】

最初のステップ602において、基板が提供される。一実施形態において、基板は、塗膜層(たとえば、光屈折性のある塗膜層)を有してもよい。

【0044】

次のステップ604において、基板を処理に先立って測定することができる。一実施形態において、塗膜層を有する基板の厚さは、複数のデータ点で測定することができる。データ点を手動で測定する代わりに、データ点の収集に走査パターンを採用することができる。

30

【0045】

次のステップ606において、基板は、プラズマ処理チャンバ内で処理されてもよいが、基板の幾何学的中心は、チャックの幾何学的中心の真上に置かれる。一実施形態において、基板は、完全に処理される必要はない。ある例において、基板は、塗膜層の一部を除去するのに十分な期間処理するだけでよい。

【0046】

いったんプラズマ処理チャンバから取り出された基板は、次のステップ608において、測定することができる。一実施形態において、場合によっては、前処理測定値の収集に採用されていたものと同じ走査パターンを後処理測定値の収集に採用することができる。

40

【0047】

次のステップ610において、データ点を処理することができ、処理中心をアルゴリズムに従って決定することができる。

図7は、一実施形態において、処理中心を決定するアルゴリズムを示す。

【0048】

第1のステップ702において、各データ点に対してエッチング深さを計算することができる。エッチング深さを計算するために、データ点に対する測定位置の前処理測定値を後処理測定値から差し引くことができる。

【0049】

次のステップ704において、各データ位置に対するエッチング速度を計算することができる。エッチング速度を計算するために、データ点のエッチング深さを基板の処理時間

50

で割ることができる。

【0050】

次のステップ706において、エッチングプロファイル（たとえば、エッチング速度プロファイルなど）を各方位に対して生成することができる。ある例において、エッチングプロファイルを生成するために、具体的な方位における各データ点に対してエッチング速度をプロットすることができる。

【0051】

次のステップ708において、エッチングプロファイルを曲線に適合させることによって、所与のエッチング速度を有する各方位に対して位置（E）を決定することができる。

【0052】

次のステップ710において、各エッチング速度に対して偏心曲線をプロットすることができる。ある例において、具体的な方位におけるエッチング速度に対して半径をエッチングプロファイルから外挿することができる。いったん一定のエッチング速度における半径が各エッチングプロファイルに対して外挿されると、実質的に正弦波状の偏心プロットを生成することができる。

【0053】

次のステップ712において、基板オフセットに関するパラメータを決定するために、公知の曲線適合式（たとえば、フーリエ変換からのフーリエ級数式、最小二乗適合など）を採用することができる。基板の幾何学的中心がチャックの処理中心と一致している場合、偏心プロット（たとえば、図5に示される偏心プロット）は、実質的に平坦であったことになる。数学的手法としての曲線適合およびこれに代わる様々な手法が当業者に知られている。

【0054】

図6を再び参照すると、最終ステップ612においていったん決定されたパラメータを、トランスファモジュール（たとえば、大気トランスファモジュール、真空トランスファモジュールなど）内のロボットアームに教示することができる。その結果、処理の間に基板の中心がチャックの処理中心の真上にあるように、ロボットアームは、この場合、基板チャック上で後に続く基板を偏位させる正確な処理システム座標（以下、単に「座標」と称する。）を有しうる。

【0055】

本明細書における式1と図は、本発明の具体的な実装例に従っているが、本発明は、円形一定エッチング速度法に従って様々な同等の方法で実施されてもよいことを理解されたい。1つまたは複数の一定エッチング速度同心円の生成を容易にするために処理結果の測定値が幾何学的中心に置かれた試験基板から得られる限り、同心円の中心とチャックの幾何学的中心（これは、処理の際に、チャックの真上に幾何学的中心がある試験基板用の基板の幾何学的中心と一致する）のオフセットを決定するために様々な数学的手法を適用することができる。いったんオフセットが決定されると、後に続く基板の中心をチャックの処理中心（チャックの幾何学的中心とは対照的に）の真上に置くことができるようにオフセット情報をツールに提供することができる。

【0056】

本発明の実施形態から分かるように、円形一定エッチング速度法は、処理チャンバの基板チャックに対する処理中心を決定するアルゴリズムを提供する。この方法は、基板チャックの処理中心を明らかにすることによって、起こりうる心ずれを実質的に補正し、これによって、基板を処理する際に発生しうる不適合の割合を低減する。

さらに、この方法では、前処理測定値と後処理測定値の収集に現行の計測ツールを採用することによって、計測ツールをほとんどの製造工場で一般的に利用することができるので、この方法の実現には、新たに高価な購入品を必要としない。さらに、この方法では、式から基板の差を排除することによって、エッチングの際にチャンバ性能のより正確な特性解析が可能になる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

先行技術においてユーザが抱えるもう一つの問題は、異常検出である。1つの基板からは複数の半導体デバイスを生成することができる。デバイスの品質を保証するために、処理を通じて基板を周期的に測定してもよい。

【 0 0 5 8 】

一般に、異常検出は、基板処理に不可欠な部分である。本明細書で論じられるように、異常検出は、基板および/または基板処理における欠陥を識別する処理を指す。異常検出の例として、心ずれの識別、基板表面の欠陥の識別、基板を処理中の欠陥の識別、および膜間隔の識別が挙げられるが、これらに限定されない。

【 0 0 5 9 】

先行技術における異常検出を実施する方法は、様々である。ある例において、基板表面の欠陥を識別しうる基板の画像を生成するために、光計測ツールを採用することができる。

図8は、先行技術の光計測ツールによって測定されている基板のブロック図を示す。たとえば、基板802が処理されている状況を考えてみよう。異常検出を実施するために、光計測ツール804を採用することができる。画像を取り込む際に、光計測ツール804は、基板802の満足な画像を取り込むために表面から反射される光に頼ることがある。

【 0 0 6 0 】

ある例において、平面から反射されている光は、多方向に跳ね返る傾向がないので、光計測ツール804は、基板の点806および808における満足な画像を撮影できる可能性がある。しかし、光は、非平坦な(たとえば、湾曲したり角があったりする)面で多方向に跳ね返るので、光計測ツール804は、基板エッジ(点810)に沿って基板の画像を取り込むことが比較的困難であるかもしれない。

【 0 0 6 1 】

基板エッジの画像を取り込むために、電子顕微鏡を採用することができる。しかし、電子顕微鏡は、基板の画像を取り込む方法として高価であり、これを実現するためには高価なツールと高いレベルの技術的知見を必要とする。

【 0 0 6 2 】

第1に、電子顕微鏡は、他の電子による影響を受ける可能性のあるどちらかという高感度機器となる傾向があるので、基板を真空中で観察する必要がある。さらに、サンプルサイズに制限があるため、電子顕微鏡では、通常、基板を細かく分割する必要がある。その結果、電子顕微鏡は、通常、基板を処理する際にインライン計測ツールとして使用されることはない。電子顕微鏡は、基板全体を受け入れるのに十分な大きさである場合もあるが、所有コストがきわめて高くつく可能性がある。さらに、電子顕微鏡は、一般に、基板の組成に影響を与える可能性のある特別な準備を必要とする。

【 0 0 6 3 】

先行技術において、基板の処理は、一般に、基板エッジを避けて行なわれてきた。したがって、光計測ツールで基板エッジに沿って満足な画像を取り込むことができないことが問題をもたらすことはなかった。しかし、基板エッジに沿った処理を制御できないために、基板表面の貴重な資産が捨てられてきた。近年、新たなツールは、基板エッジに沿った処理に重点を置いている。しかし、先行技術の計測ツールと計測方法は、この種のツールに代わって異常検出を実施しうる画像の種類を提供するには十分でない。

【 0 0 6 4 】

本発明の実施形態に従って、基板エッジにおける鮮明な画像を取り込むベベル検査モジュール(BIM)が提供される。本発明の実施形態において、BIMは、基板のベベルエッジの満足な画像の取込みにより繋がりがやすい環境を生成しうるハードウェアを含んでもよい。また、本発明の実施形態は、基板エッジを包含する処理領域に対して異常検出を行なうために画像を操作することを含む。

【 0 0 6 5 】

たとえば、基板がエッジに沿ってあるいはエッジの近くで処理されている状況を考えて

10

20

30

40

50

みよう。基板をそのエッジに沿って処理すると、基板の資産を最大化することができる。ただし、最大化は、処理が実質的に欠陥のない状態で実現される場合にのみ起こりうる。先行技術では、異常検出を実施することが困難であったため、基板エッジ付近の領域は、一般に捨てられていた。

【 0 0 6 6 】

本発明の実施形態は、先行技術において取り込むことが困難であった画像（たとえば、基板のエッジに沿った）を取り込むためにベベル検査モジュール（BIM）を提供する。本発明の一態様において、このような環境を生成するために、BIMの様々なコンポーネントは、種々の視野と角度における画像を取り込むための柔軟性を有する必要があることを、本発明者らは、本明細書において認識している。

10

一実施形態において、カメラ、光学系筐体、カメラマウントなどのハードウェアは、調整可能な位置決め機能とともに実装されており、したがって、ハードウェアの位置決め柔軟性を備えている。別の例において、不十分な照明が鮮明な画像を取り込む能力を妨げていたことを、本発明者らは、本明細書において認識している。一実施形態において、BIMは、追加照明（たとえば、バックライト）を提供しており、したがって、背景と基板の間のコントラストを提供する。

【 0 0 6 7 】

一実施形態において、BIMは、プラズマ処理システムに取り付けうるスタンドアロンツールである。BIMをプラズマ処理システムに取り付けることによって、基板を処理する際にBIMをインライン計測ツールとして採用することができる。

20

【 0 0 6 8 】

本発明の特徴と長所は、以下の図と議論を参照すると一層よく理解されるかもしれない。

図9は、一実施形態において、ベベル検査モジュール（BIM）を有するプラズマ処理システムの概要のブロック図を示す。本明細書において、プラズマ処理システムを用いて様々な実装を議論することがある。しかし、本発明は、プラズマ処理システムに限定されず、ベベルエッジを観察したい場合の任意の処理システムに採用することができる。

【 0 0 6 9 】

プラズマ処理システム900は、基板が大気トランスファモジュール902から真空トランスファモジュール904に移動し、さらに、1つまたは複数の処理モジュール（906、908、910、および912）に移動して、最終的にプラズマ処理システム900から出て戻るまでの間は、基板の処理を可能にする複数の基板保持位置を含んでいてもよい。

30

【 0 0 7 0 】

基板914は、半導体ウエハ収納容器（FOUP）918に設置することができる。大気トランスファモジュール902内のロボットアーム920は、基板914をアライナ922に移動させることができる。アライナ922において、基板914を正確に中心に置くことができる。いったん中心に置かれると、ロボットアーム920は、基板914をBIM916に移動させることができる。一実施形態において、BIM916はアライナを含んでいてもよい。アライナがBIMの一部として含まれる場合は、アライナ922を不要とすることができる。

40

【 0 0 7 1 】

BIM916において、基板914の前処理画像を撮影することができる。いったんBIMI916が前処理画像の撮影が終了すると、ロボットアーム920は、基板914をエアロックモジュール（AL924とAL926）の一方に移動することができる。エアロックモジュールが大気トランスファモジュール902と真空トランスファモジュール904の間の環境を整合させる能力によって、基板914は、2つの与圧環境の間を損傷することなく移動することができる。

【 0 0 7 2 】

基板914は、真空トランスファモジュール904内のロボットアーム928によって

50

、AL924などのエアロックモジュールから処理モジュール(906、908、910、および912)のうちの一つの中に移動することができる。処理している間に、基板914を周期的に解析することができる。

ある例において、処理が処理モジュール906で終了した後、ロボットアーム928は、基板914を処理モジュール906から真空トランスファモジュール904を通じ、さらにAL924を経由してロボットアーム920に移動することができる。

ロボットアーム920は、インライン検査を実施するBIM916に基板914を移動することができる。いったん検査が終了すると、処理を継続するために基板914を処理モジュールの一つの中に戻ることができる。BIM916をプラズマ処理システムに接続できるので、オペレータが基板914を解析しうるようにインライン計測が処理を通じて周期的に実施されてもよい。

10

【0073】

一実施形態において、BIM916を、プラズマ処理システム900から分離することができる。BIM916は、それでも接続されているのと同じように支援を提供することができるが、追加ステップが実施されなければならない可能性がある。BIM916をプラズマ処理システム100に接続することによって、インライン計測を人手による介入なしで実施することができる。

【0074】

図10は、一実施形態において、BIMの系統図を示す。BIM1000は、場合によっては、BIM1000を大気トランスファモジュールに直接装着しうる筐体1002を有してもよい。一実施形態において、大気トランスファモジュールに直接結合することによって、BIM1000は、基板を処理している間にインライン計測を行なうこともできる。

20

【0075】

BIM1000は、フライ開口部1004を有してもよく、基板は、フライ開口部1004から基板チャック1006に設置されてもよい。また、BIM1000は、ノッチおよびウエハエッジセンサ1008を含んでもよく、ノッチおよびウエハエッジセンサ1008は、基板と基板ノッチを識別することもできる。ノッチおよびウエハエッジセンサ1008は、図9のアライナ922と同様に動作しうる。ノッチおよびウエハエッジセンサ1008がBIM1000に含まれる場合は、アライナはオプションモジュールであって

30

【0076】

また、BIM1000は、基板が基板チャック1006の上部に配置される時期を識別しうる真空センサおよびスイッチ1010を含んでもよい。ある例において、真空センサおよびスイッチ1010が「オン」位置にあるとき、基板は、基板チャック1006にしっかり取り付けられており、ロボットアームによる基板の取外しが阻止される。真空センサおよびスイッチ1010が「オフ」位置にあるとき、ロボットアームは、基板をBIM1000から取り外すことができる。

【0077】

また、BIM1000は、入出力ボードであるインタフェースカード1012を含んでもよい。インタフェースカード1012は、BIM1000に利用可能な電子回路のコントローラの機能を果たすことができる。また、BIM1000は、インタフェースカード1012に接続できるコンピュータ1014を含んでもよい。

40

【0078】

また、BIM1000は、画像を撮影できるカメラ1016と光学系筐体1018とを含んでもよい。光学系筐体1018は、カメラ1016から延在してもよい。カメラ1016と光学系筐体1018は、カメラマウント1020に装着される。また、BIM1000は、背景に照明を提供するバックライト1022を含んでもよい。

【0079】

図11は、一実施形態において、カメラマウント上のカメラと光学系筐体の拡大図の系

50

統図を示す。BIM1100は、カメラ1104から延在しうる光学系筐体1102を含んでもよい。カメラ1104は、カメラマウント1106に取り付けられてもよい。

【0080】

一実施形態において、カメラマウント1106は、矢印1116で示される方向に伸び縮みさせてもよい。カメラマウント1106を調整することによって、カメラ1104と光学系筐体1102との位置を、基板のサイズおよび/または解析中の基板領域のサイズが明らかになるように補正することができる。ある例において、基板のサイズが200mmから300mmに変化するとき、カメラマウント1106の調整を必要とする可能性がある。

【0081】

一実施形態において、カメラ1104を矢印1112で示される垂直方向に移動して、カメラ1104に種々の範囲の画像を取り込むことができる。

別の実施形態において、カメラ1104を矢印1114で示される横方向に移動して、基板のサイズおよび/または解析中の基板領域のサイズに合わせてカメラ1104をさらに調整することができる。さらに別の実施形態において、カメラ1104を矢印1110で示されるように回転して、基板の種々の視野（たとえば上面、下面、および側面）をカメラ1104に取り込むことができる。ある例において、基板の上面図を取り込むようにカメラ1104を調整することができる。

別の例において、基板のベベルエッジ（たとえば、側面図）の直接視野を取り込むようにカメラ1104を調整することができる。

【0082】

一実施形態において、光学系筐体1102も調整することができる。ある例において、光学系筐体1102を矢印1108で示されるように回転して、光学系筐体によって種々の角度で照明を提供することができる。

【0083】

カメラ1104、光学系筐体1102、およびカメラマウント1106を調整する能力によって、画像を種々の角度、範囲、および位置で取り込む柔軟性がBIM1100に提供される。したがって、取り込める画像の種類を改善することができる。前述の通り、BIMのハードウェアは、調整可能な部品が実装されており、したがって、ハードウェアの位置決め柔軟性を提供している。

【0084】

図12は、一実施形態において、BIMの断面図を示す。基板の画像が撮影されている状況を考えてみよう。BIM1200は、基板チャック1204の上部に配置される基板1202を含んでもよい。基板チャック1204は、基板1202を回転させる回転モータ1206に結合されてもよい。この回転能力によって、基板チャック1204は、基板1202をカメラ1208に対する所定位置に移動して、基板1202の画像を取り込み、基板1202の種々の位置における画像を取り込むことができる。

【0085】

また、BIM1200は、カメラマウント1210を含んでもよい。カメラマウント1210に装着されるものとして、カメラ1208と光学系筐体1212が含まれてもよい。光学系筐体1212は、レンズ1214、レンズ1216、およびビームスプリッタ1218を含んでもよい。

【0086】

照明は、光1222から提供することができる。一実施形態において、光1222は、発光ダイオード(LED)であってもよい。一実施形態において、光1222は、3波長LEDであってもよい。複数の波長を有することによって、膜厚、プロファイル、および/またはインデックスの変化に応じて照度を変えることができる。ある例において、より高いインデックスを有する膜の画像を取り込むために、より短い波長のLEDを利用することができる。光1222は、外部からビームスプリッタ1218を経由して光学系筐体1212に流れ込むことができ、光1222をレンズ1214に向けて下方に導くことが

10

20

30

40

50

できる。

【0087】

基板エッジと背景のコントラストを高めるために、バックライト1224を提供することができる。基板は、場合によっては、丸みを帯びたベベルエッジを有することができるので、光は、基板で反射して、良好な画像の取込みを妨げるおそれがある。先行技術において、バックライトが提供されずに、基板のエッジを明確に規定できない画像が得られることがある。

一実施形態において、基板1202のエッジを際立たせる助けとなりうるバックライト1224をBIM1200に含むことができる。バックライト1224の追加によって、基板エッジと背景のコントラストが提供される。言い換えれば、基板1202のエッジに光が当てられて、カメラ1208と光学系筐体1212は、基板のエッジを背景からはっきりと分離する基板1202のエッジの画像を取り込むことができる。

10

【0088】

一実施形態において、カメラ1208によって撮影されている領域を増減するようにレンズ1214の視野を変えることができる。さらに、レンズ1214の倍率は、変更することができる。ある例において、比較的短い波長のLEDは、鮮明な画像を生成するために比較的高い倍率を必要とする可能性がある。

【0089】

図10、11、および12は、BIMの種々の図を示す。これらの図から分かるように、BIMの実施形態は、異常検出に採用できる鮮明な画像を提供することに繋がる環境を提供する。ある例において、BIMは、調整、移動、および/または回転に柔軟性を有するコンポーネントを含んでおり、したがって、鮮明な画像が取り込まれるように、カメラ、光学系筐体、および基板を位置決めすることができる。

20

さらに、追加照明を提供することができ、したがって、基板のエッジと背景のコントラストを示す画像を撮影することができる。

【0090】

BIMを用いると、より鮮明な画像が生成されて基板のエッジに沿って欠陥を検出することができる。次の数枚の図は、BIMによって取り込まれた画像を異常検出に利用する方法を示す。

【0091】

一実施形態において、BIMによって生成できる明瞭な画像によって、基板のエッジに沿った欠陥を検出することができる。

30

図13は、一実施形態において、基板のエッジに沿って生じるアーク放電を示す、BIMによって取り込まれた画像の例を示す。画像1300は、処理の間に生じうるアーク放電の例であると考えられ窪み点1302、1304、1306、1308、1310、および1312を示す。

先行技術において、基板のエッジから離れたところで生じる可能性のあるアーク放電の画像を取り込むために、光計測ツールを採用することができる。しかし、先行技術の光計測ツールは、一般に、基板エッジに沿った鮮明な画像を取り込む能力を有していない。エッジに沿って基板を処理している間に生じうるアーク放電などの欠陥を識別するために、BIMを採用すると基板エッジの鮮明な画像を取り込むことができる。

40

【0092】

図14は、一実施形態において、心ずれの識別に利用できるBIMによって生成される画像の例を示す。画像1400は、基板エッジの領域の画像を示す。線1402は、基板のエッジを表している可能性がある。線1404は、基板が平坦である場合の最後の点を表している可能性がある。線1406は、塗膜層が完全に除去されている点を表している可能性がある。曲線1408は、処理の間に生じうる複数の干渉縞（たとえば、1410、1412）を表している可能性がある。各干渉縞は、エッチング速度が一定でありうる基板のエッジからの距離を表している可能性がある。

【0093】

50

線 1 4 0 6 から線 1 4 0 2 までの距離が種々の方位 () において実質的に同じであれば、基板は、実質的に処理チャンバの中心に置かれており、心ずれはごくわずかであるか、または実質的にゼロである。しかし、基板エッジからの距離、すなわち、線 1 4 0 2 から線 1 4 0 6 までが種々の方位 () において同じでなければ、心ずれが存在する可能性がある。基板のエッジからの複数の距離と方位 () とをプロットすることによって、偏心プロットを生成することができる。さらなる偏心プロットが望まれる場合は、線 1 4 0 6 を干渉縞の 1 つで置き換えてもよい。ある例において、線 1 4 0 2 から干渉縞 1 4 1 2 までの基板のエッジからの複数の距離に対して、偏心プロットを生成することができる。

【 0 0 9 4 】

図 1 5 は、一実施形態において、偏心プロット (すなわち、中心からの距離と一定エッチング速度の方位) とを説明する簡単なグラフを示す。

10

【 0 0 9 5 】

グラフの図 1 5 0 0 は、プロットされた基板のエッジ (E) からの複数の距離と複数の方位 () とを示す。図から分かるように、図 1 5 は、図 5 に似ている。主な違いは、図 1 5 では、距離が基板の中心からではなく基板のエッジからであることである。各干渉縞に対して、偏心プロットをプロットしてもよい。偏心プロットは、一実施形態において、実質的に正弦波の形状を有していてもよい。一実施形態において、処理中心を少なくとも 1 つの偏心プロットから計算することができる。

【 0 0 9 6 】

いったん偏心プロットがプロットされると、式 2 に関するパラメータを決定するために公知の曲線適合式 (たとえば、フーリエ変換からのフーリエ級数式、最小二乗適合など) を採用することができる。

20

【 0 0 9 7 】

$$E_n(\theta) = E_{avg} + c_1 \cos(\theta - \alpha_1) + c_2 \cos(2\theta - \alpha_2)$$

[式 2]

パラメータの説明

E_{avg}	干渉縞に対する基板エッジからの平均距離
$c_1 \cos(\theta - \alpha_1)$	基本波 - 方位の関数としての偏差
$c_2 \cos(2\theta - \alpha_2)$	第 2 高調波
c	2 つの中心間の距離測定値
	方位
	オフセットを含む角度

30

【 0 0 9 8 】

図 1 6 は、一実施形態において、BIM によって取り込まれる画像を利用して基板チャックに対する処理中心を計算するステップを説明する簡単なフローチャートを示す。

【 0 0 9 9 】

第 1 のステップ 1 6 0 2 において、基板が提供される。一実施形態において、基板は、塗膜層 (すなわち、光屈折性のある塗膜層) を有していてもよい。

【 0 1 0 0 】

次のステップ 1 6 0 4 において、基板のエッジの領域をプラズマ処理チャンバ内で処理することができる。ある例において、処理できる領域は、基板のエッジから 3 mm を超える基板部分を含まない。

40

【 0 1 0 1 】

いったん基板がプラズマ処理チャンバから取り出されると、次のステップ 1 6 0 6 において、BIM は、基板の処理された領域の複数の画像を取り込むことができる。

【 0 1 0 2 】

次のステップ 1 6 0 8 において、干渉縞に対する基板のエッジからの複数の距離を種々の方位において測定することができる。

【 0 1 0 3 】

次のステップ 1 6 1 0 において、偏心プロットを生成するために、基板エッジからの複

50

数の距離を方位（ ）に対してプロットすることができる。偏心プロットは、各干渉縞に対してプロットすることができるが、基板オフセットは、1つの偏心プロットによって決定することができる。

【0104】

次のステップ1612において、基板オフセットに関するパラメータを決定するために、公知の曲線適合式（たとえば、フーリエ変換からのフーリエ級数式、最小二乗適合など）を採用することができる。当業者は、曲線適合式を熟知している。そのため、これ以上の議論は省略する。いったんパラメータが前述の式2に関して決定されると、最終ステップ1614において、パラメータをトランスファモジュール（たとえば、真空トランスファモジュール、大気トランスファモジュールなど）内のロボットアームに教示することができる。その結果、基板が基板チャックの処理中心に案内されるように、ロボットアームは、ここで基板チャック上の基板を偏位させる正確な座標を有しうる。

10

【0105】

図17は、一実施形態において、異常検出を実施するBIMによって取り込まれる画像を操作する画像処理フローチャートを示す。

【0106】

第1のステップ1702において、BIMは、基板の画像を取り込むことができる。一実施形態において、画像はカラーであってもよい。

【0107】

次のステップ1704において、画像をコンピュータシステムにアップロードすることができ、画像のデジタルファイルを生成することができる。

20

【0108】

次のステップ1706において、画像を、通常は、8ビット画像であるグレースケール画像に変換することができる。

【0109】

次のステップ1708において、スムーズフィルタおよびキャニーフィルタを実行することができる。スムーズフィルタおよびキャニーフィルタは、ノイズを画像から除去して画像のエッジを際立たせることができるフィルタ技術を指す。

【0110】

次のステップ1710において、閾値を実施することができる。閾値は、画像を8ビット画像から1ビット画像に変換することを指す。言い換えれば、画像のエッジのみをここでは見ることができる。閾値を示す、BIMによって取り込まれた画像の例については、図18を参照されたい。領域1802は、処理に先立って基板の画像を表すことができる。領域1804は、閾値が実施された後の基板の画像を表すことができる。画像から分かるように、干渉縞のエッジ、膜厚、およびベベルエッジ以外のすべてを排除することができる。一実施形態において、ベベルエッジと第1の干渉縞に対する線だけが残るまで存在しうるほかのノイズを除去するために、さらなるフィルタ処理が実施されてもよい。

30

【0111】

次のステップ1712において、基板のエッジからの距離を決定するために、線を抽出してギャップを計算することができる。本明細書で論じられるように、ギャップは、基板のエッジと第1の干渉縞との距離を指す。ステップ1702から1712までは、種々の方位における画像に対して繰り返されてもよい。一実施形態において、少なくとも4つの方位に対してギャップデータを抽出することができる。

40

【0112】

次のステップ1714において、偏心プロットを生成するために、複数のギャップを方位に対してプロットすることができる。偏心プロットは正弦曲線であってもよい。

【0113】

次のステップ1716において、基板オフセットに関するパラメータを決定するために、公知の曲線適合式（たとえば、フーリエ変換からのフーリエ級数式、最小二乗適合など）を採用することができる。

50

【 0 1 1 4 】

最終ステップ 1 7 1 8 において、調整された処理中心に関するパラメータをトランスファモジュール（たとえば、大気トランスファモジュール、真空トランスファモジュールなど）内のロボットアームに教示することができる。

【 0 1 1 5 】

図 1 9 は、一実施形態において、B I M によって取り込まれる、干渉縞を有する基板の画像の例を示す。線 1 9 0 2 は、基板のエッジを表している可能性がある。線 1 9 0 4 から線 1 9 0 6 までの塗膜層は、処理の際に除去されている可能性がある。曲線 1 9 0 8 は、処理の際に生じうる複数の干渉縞を表している可能性がある。本明細書で論じられるように、干渉縞は、反射光の振幅の最大値または最小値を指す。下記の式 3 は、連続する 2 つの干渉縞間の厚さを計算するために利用することができる。

10

【 0 1 1 6 】

$$t = \frac{\lambda}{2n} \quad [\text{式 3}]$$

パラメータの説明

t

連続する 2 つの干渉縞間の厚さ変化
波長

n

膜のインデックス

【 0 1 1 7 】

波長とインデックスは、いずれも既知変数であるので、連続する 2 つの干渉縞の厚さの変化を計算することができる。波長は、B I M 内の画像を取り込むために採用できる L E D の波長に関連している。膜のインデックスは、既知であり、基板に適用できる膜の種類に依存する。ある例において、波長は 5 0 0 n m であり、インデックスは 2 . 5 である。この例では、厚さの変化が 1 0 0 n m である。言い換えれば、干渉縞 (1 9 1 0) 間の厚さは各々 1 0 0 n m である。

20

【 0 1 1 8 】

各干渉縞に対して、基板のエッジからの距離を計算することができる。ある例において、干渉縞 1 9 1 4 に対する基板 (1 9 1 2) のエッジからの距離は、約 1 8 7 5 m m である。したがって、曲線 1 9 0 8 は、具体的な方位における基板の厚さプロファイルを表している可能性がある。

【 0 1 1 9 】

一実施形態において、厚さプロファイルをエッチング深さプロファイルに変換することができる。塗膜層の厚さは、既知であるので、エッチング深さを決定するためには、幅の変化 (t) を当初の膜厚から差し引いてもよい。厚さの各変化に対して、エッチング深さを計算することができる。いったんエッチング深さが識別されると、基板オフセットと、最終的には、処理チャンバに対する基板チャックの処理中心とを決定するために、前述の本発明による円形一定エッチング速度法を採用することができる。

30

【 0 1 2 0 】

本発明の実施形態から分かるように、B I M は、基板を捨てることなく基板のベベルエッジの鮮明な画像を取り込むことができるインライン検査ツールを提供する。鮮明な画像を用いると、異常検出をベベルエッジに沿って実施して、基板の心ずれと欠陥を識別して分離することができる。さらに、異常検出を実施する能力によって、基板のエッジに沿って行なわれる処理をよりよく制御することができる。さらに、基板を式から排除することによって、チャンバ性能のより正確な特性解析を実現することができる。

40

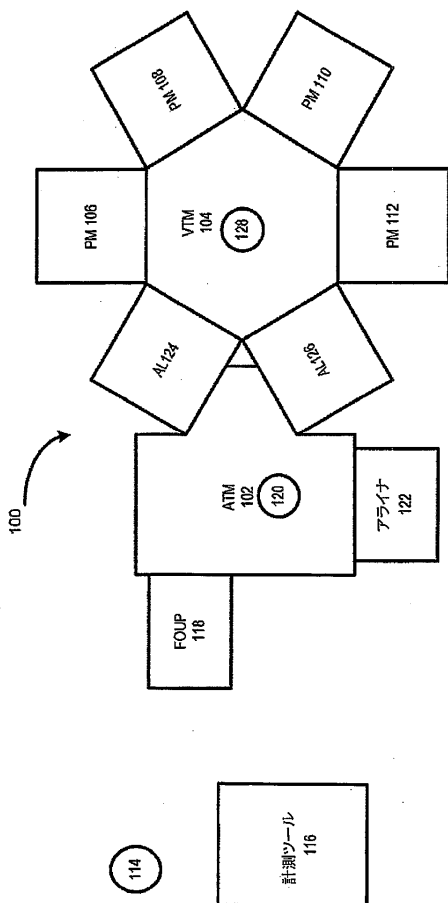
【 0 1 2 1 】

本発明は、複数の好ましい実施形態について説明されているが、本発明の範囲に入る代替、置換、および等効物がある。また、本明細書には、便宜上、表題、概要、および要約が記載されており、これらは、本明細書の特許請求の範囲を理解するために利用されるべきではない。本発明の方法と装置の実施には、多くの代替方法があることにも留意されたい。本明細書では、様々な例が提供されているが、これらの例は、本発明に関する実例であって本発明に関する制限を意図するものではない。さらに、本出願において、「 n 」項

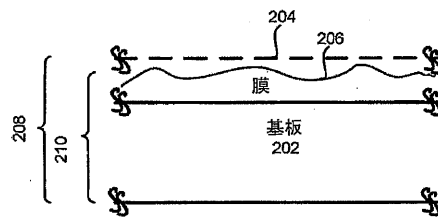
50

目の集合は、集合内におけるゼロまたはそれより多くの項目を指す。したがって、以下に添付される特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨と範囲に包含されるそのようなすべての代替、置換、および等効物を含むものと解釈されるものとする。

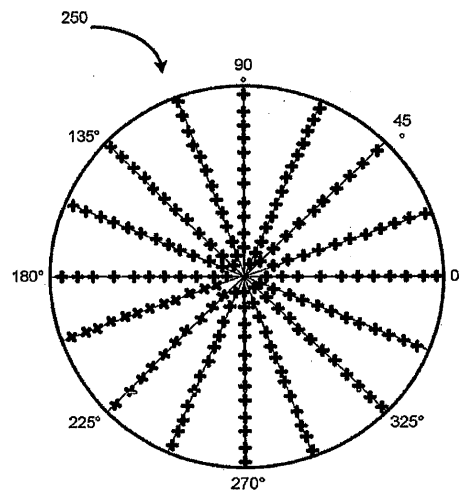
【図 1】



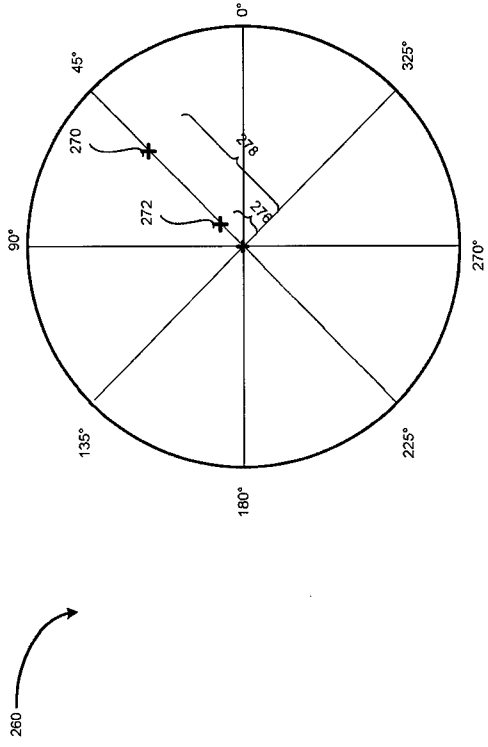
【図 2 A】



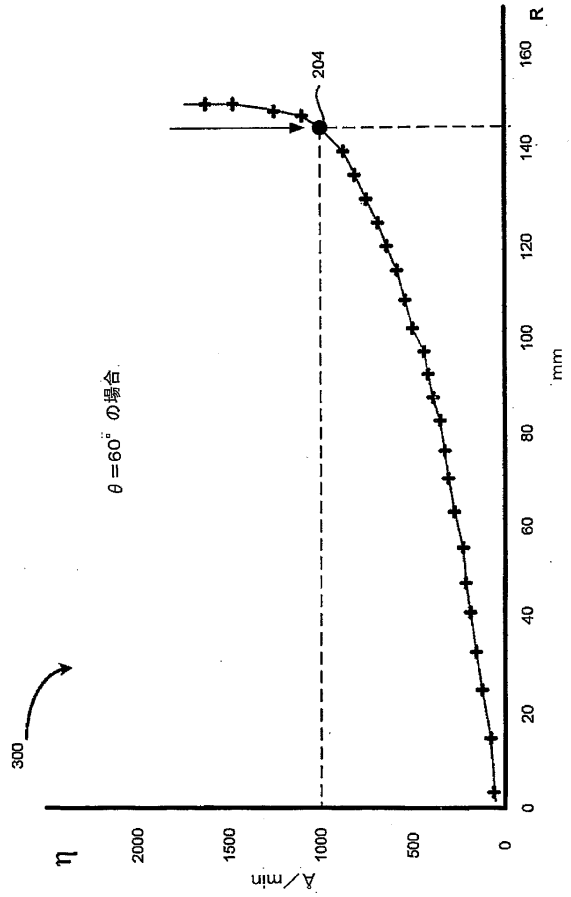
【図 2 B】



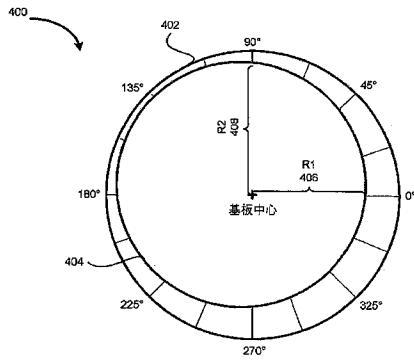
【 図 2 C 】



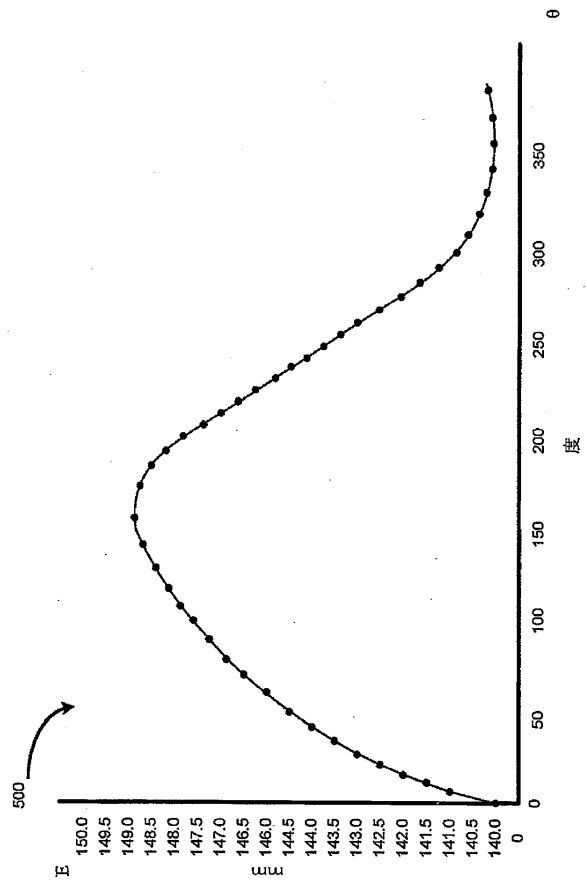
【 図 3 】



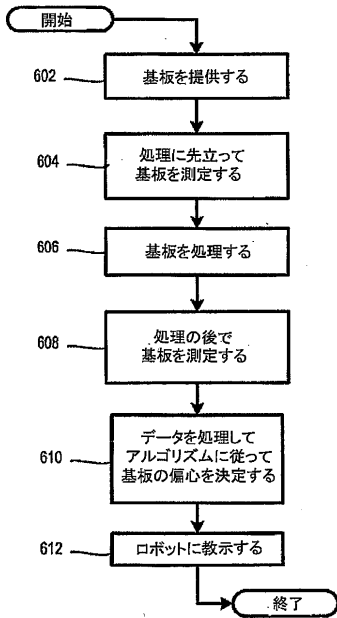
【 図 4 】



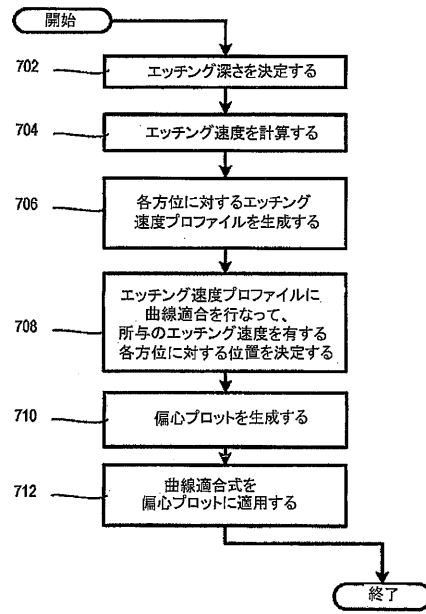
【 図 5 】



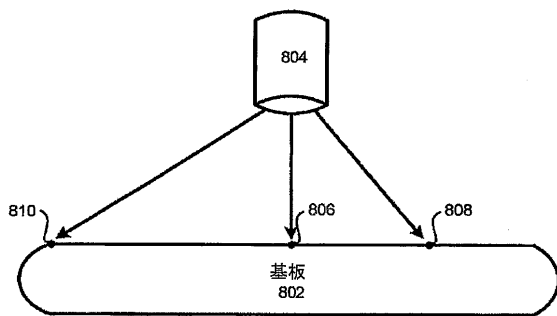
【 図 6 】



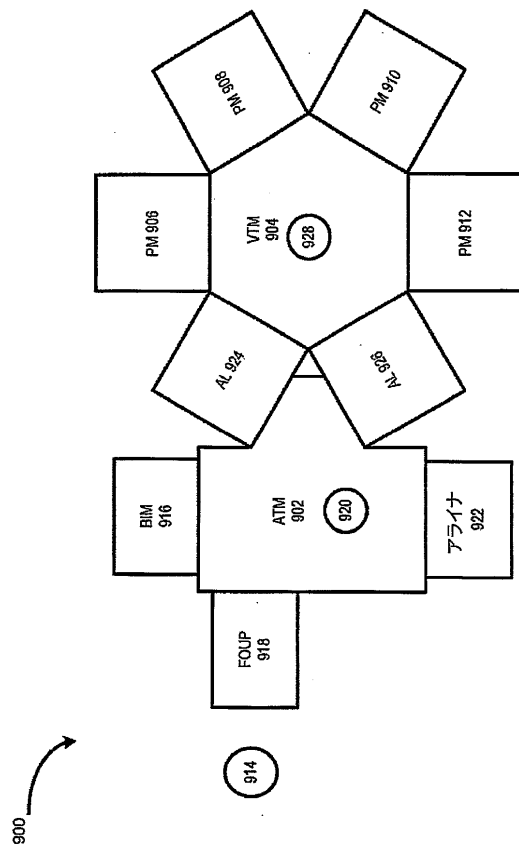
【 図 7 】



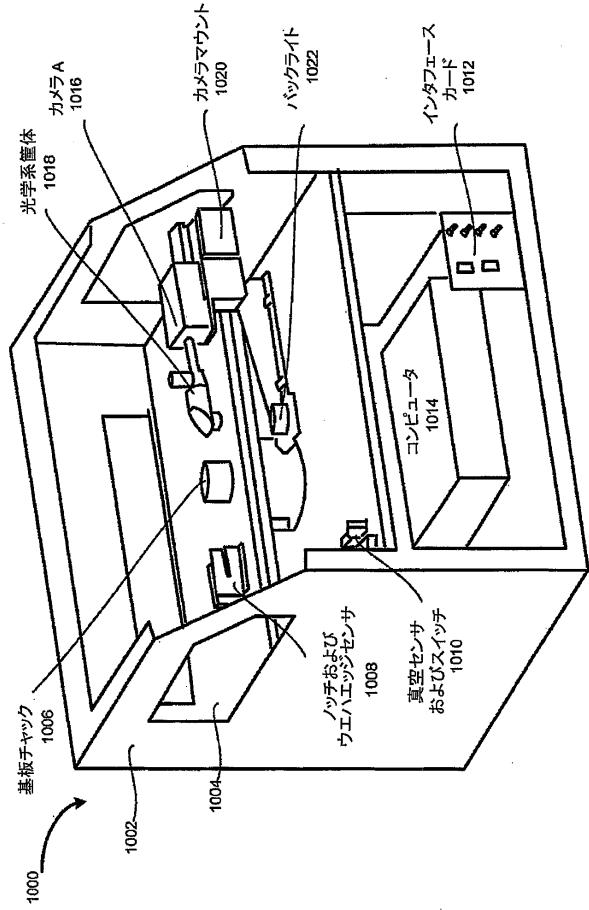
【 図 8 】



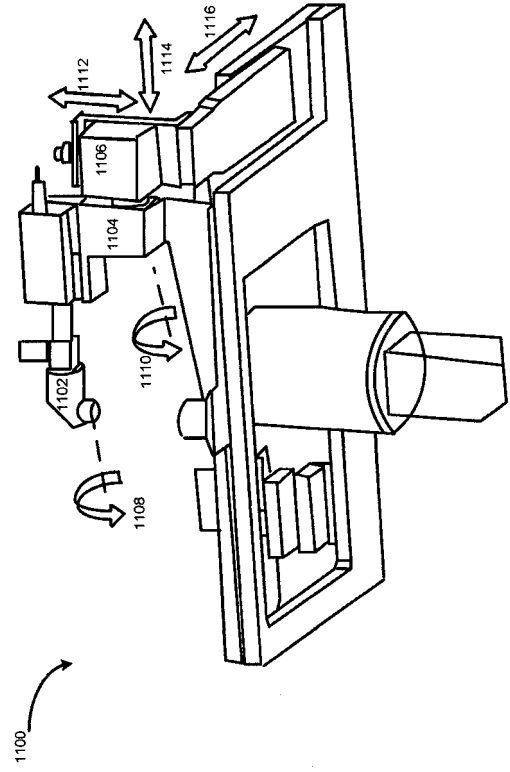
【 図 9 】



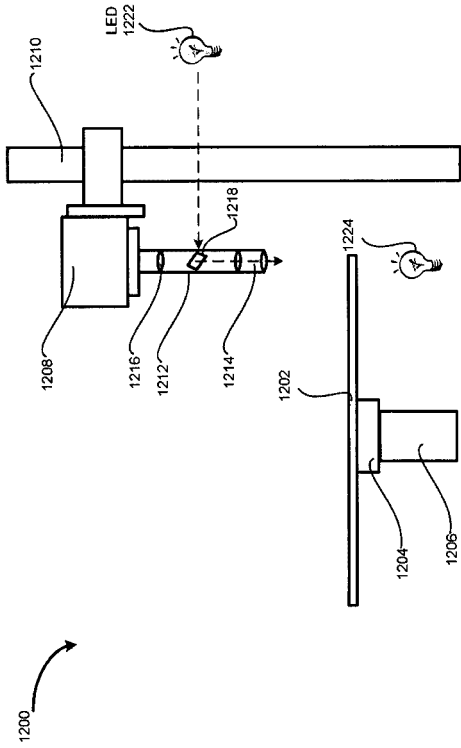
【図 10】



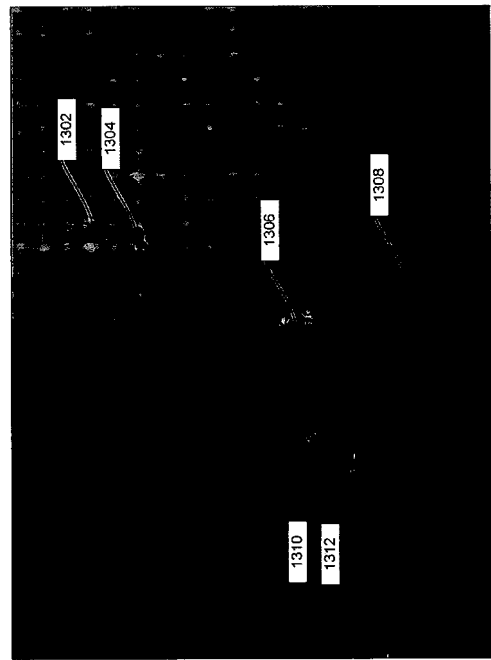
【図 11】



【図 12】



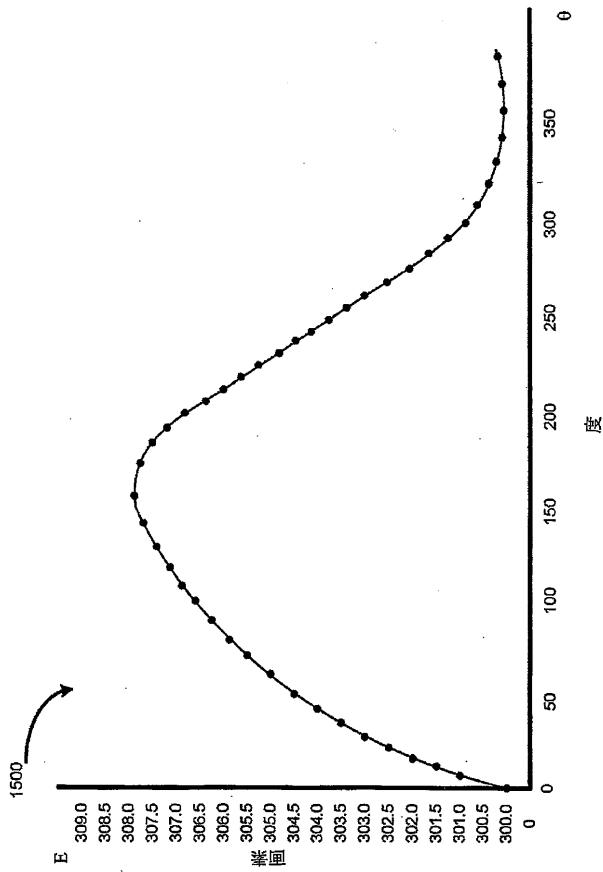
【図 13】



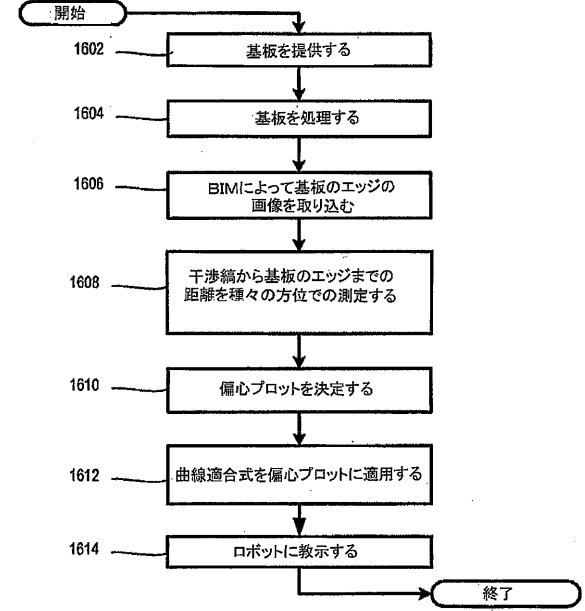
1200

1300

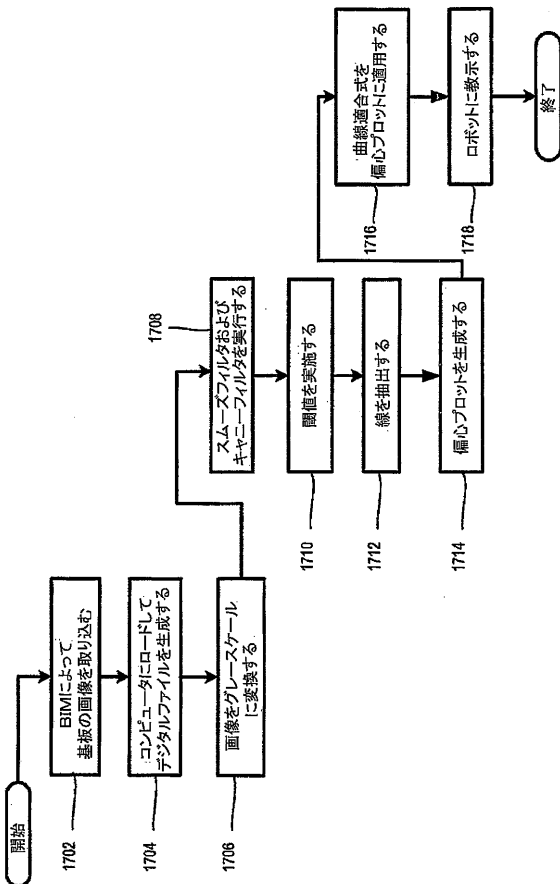
【 図 1 5 】



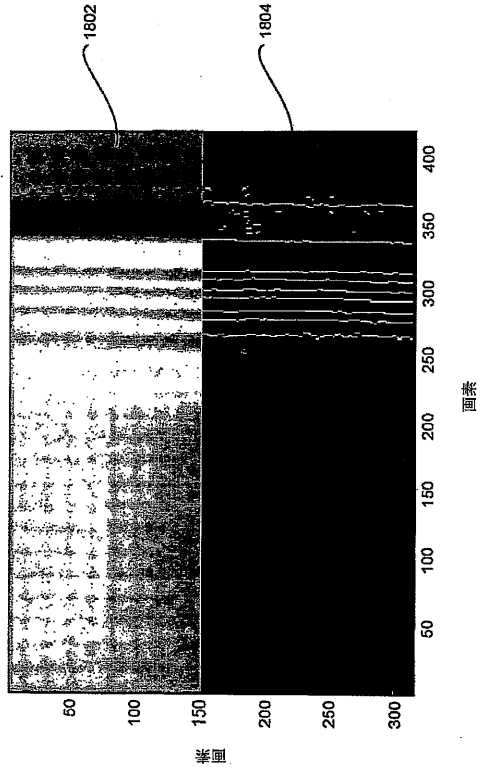
【 図 1 6 】



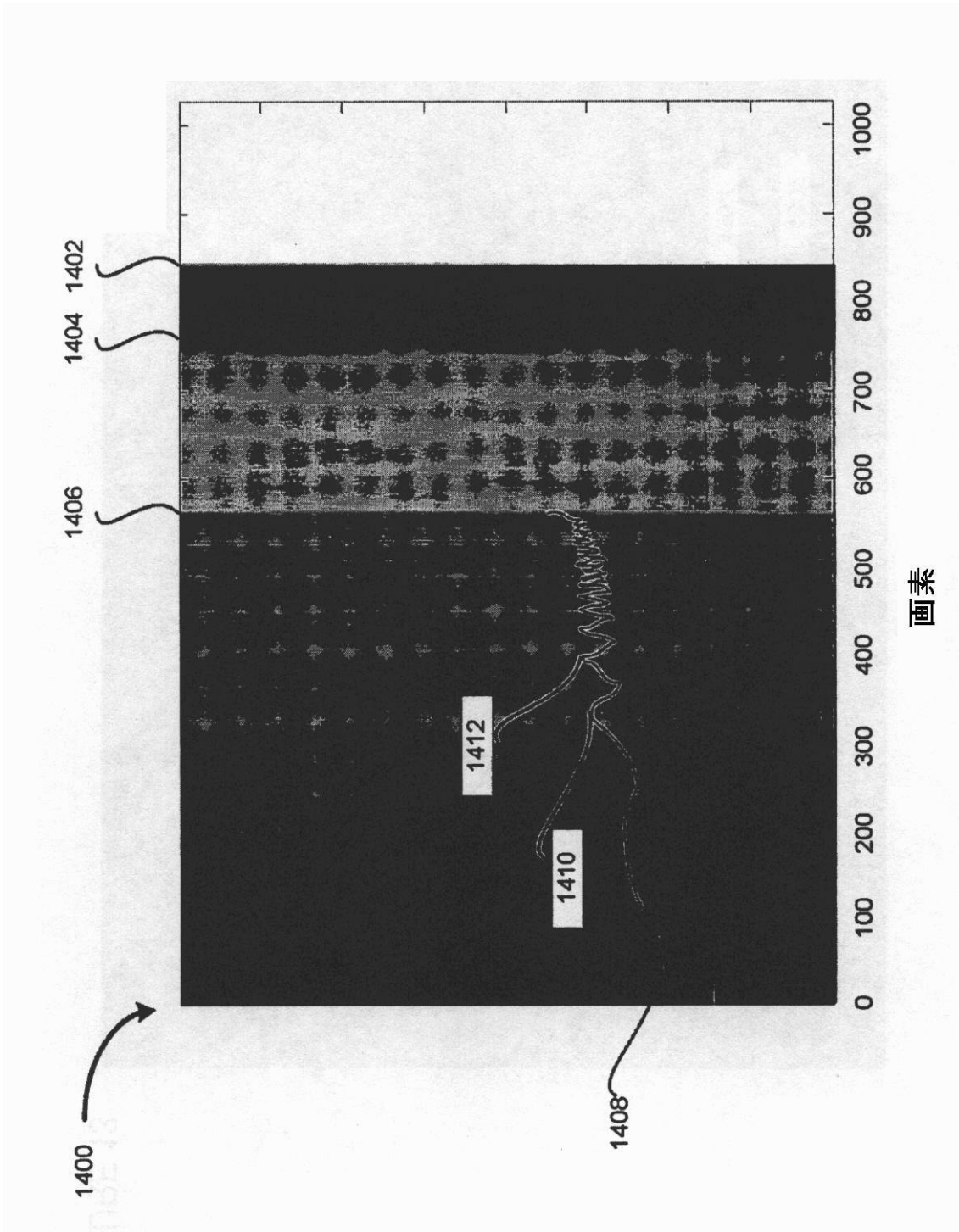
【 図 1 7 】



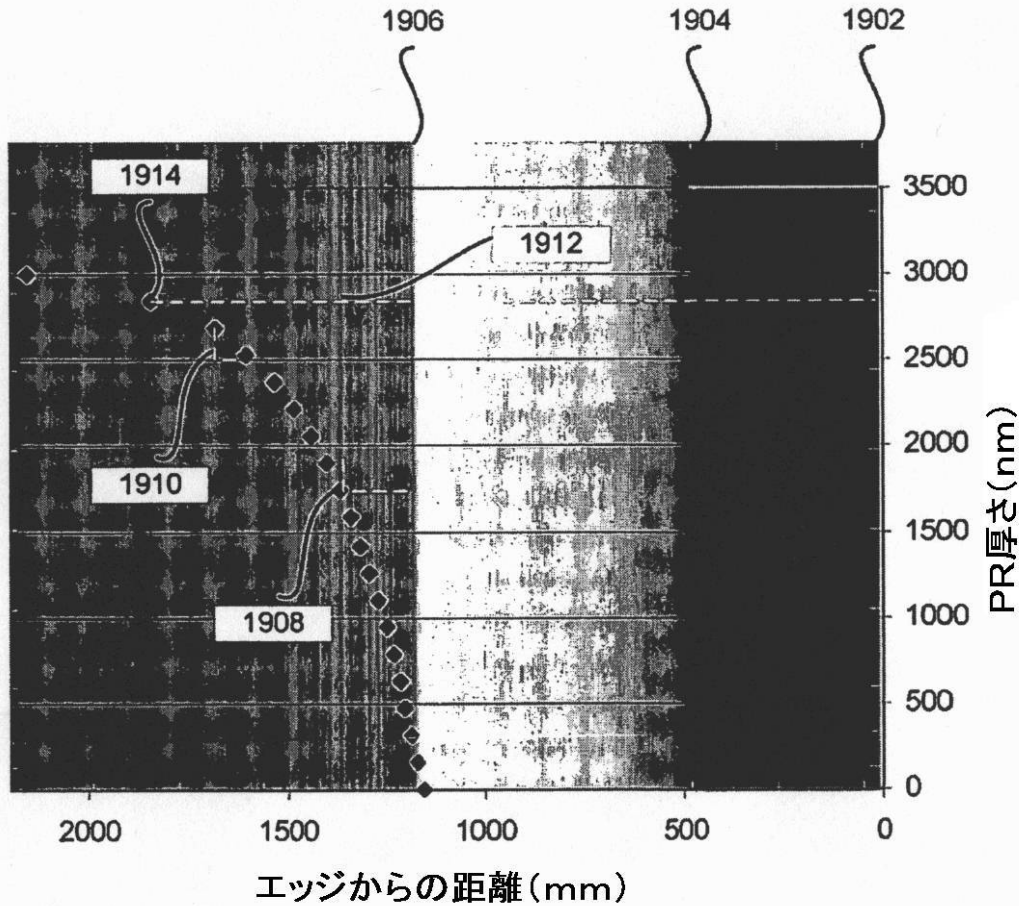
【 図 1 8 】



【 図 1 4 】



【図 19】



【手続補正書】

【提出日】平成25年4月26日(2013.4.26)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理チャンバ内の複数の基板の処理方法であって、該複数の基板は、該処理中に前記プラズマ処理チャンバのチャックに配置されており、

本処理方法は、

第1の基板のために前処理測定データ点の組を生成させるステップであって、前記第1の基板は、前記複数の基板とは異なり、前記前処理測定データ点の組の生成ステップは、前記プラズマ処理チャンバ内で前記第1の基板を処理する前に、表面に膜を有する前記第1の基板の厚みを測定し、該測定は、前記第1の基板の方位の組と、前記第1の基板の幾何学的中心からの距離の組とにおいて実行されるステップと、

前記第1の基板が前記チャックに対して幾何学中心合わせされるように、前記第1の基板を配置するステップと、

前記第1のプラズマ処理チャンバ内で前記第1の基板の前記プラズマ処理を実行するステップと、

前記第1の基板のために後処理測定データ点の組を生成するステップであって、該後処理測定データ点の組を生成する前記ステップは、少なくとも前記第1の基板の方位の組と

、前記第1の基板の幾何学的中心からの距離の組とにおいて実行されるステップと、
 前記後処理測定データ点の組と、前記前処理測定データ点の組とから一定のエッチング速度円を確認するステップであって、該一定のエッチング速度円は、第1のエッチング速度を有したエッチング位置の円を表すステップと、

前記一定のエッチング速度円の中心を決定するステップであって、該中心は、前記チャックの処理中心を表すステップと、

その後、前記プラズマ処理チャンバ内の前記基板の前記処理のために前記チャックに前記複数の基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータを使用するステップと、

を含んでいることを特徴とする処理方法。

【請求項2】

前記一定のエッチング速度円を確認するステップは、三次スプライン補間技術を利用することを特徴とする請求項1記載の処理方法。

【請求項3】

前記一定のエッチング速度円を確認するステップは、線形補間技術を利用することを特徴とする請求項1記載の処理方法。

【請求項4】

前記一定のエッチング速度円の前記中心を決定するステップは、中心外れプロットの生成を含み、該中心外れプロットは、複数の半径E()と、前記一定のエッチング速度円のためのその関連方位 とのプロットを表しており、前記複数の半径E()は、所定の方位 のための、前記第1の基板の前記幾何学中心と、前記第1のエッチング速度を有した前記エッチング位置の一つとの間の差異として計算されることを特徴とする請求項1記載の処理方法。

【請求項5】

前記中心外れプロットに曲線適合式を実行し、下記等式のためのパラメータを決定するステップをさらに含んでいることを特徴とする請求項5記載の処理方法。

$$E_n(\theta) = E_{avg} + c_1 \cos(\theta - \alpha_1) + c_2 \cos(2\theta - \alpha_2)$$

[式2]

パラメータの説明

E_{avg}	干渉縞に対する基板エッジからの平均距離
$c_1 \cos(\theta - \alpha_1)$	基本波 - 方位の関数としての偏差
$c_2 \cos(2\theta - \alpha_2)$	第2高調波
c	2つの中心間の距離測定値
	方位
	前記チャックの前記処理中心と、前記第1の基板の前記幾何学中心との間のオフセットの角度

【請求項6】

前記曲線適合式は、最小二乗適合技術の利用を含んでいることを特徴とする請求項5記載の処理方法。

【請求項7】

前記曲線適合式は、フーリエ変換技術の利用を含んでいることを特徴とする請求項5記載の処理方法。

【請求項8】

前記プラズマ処理チャンバにおける前記基板の前記処理のために、前記チャックに前記基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータをその後使用するステップは、前記チャックに前記基板を配置するために採用されたロボットアームに、前記パラメータの少なくとも一つを提供することを含んでいることを特徴とする請求項5記載の処理方法。

【請求項9】

前記プラズマ処理チャンバにおける前記基板の前記処理のために、前記チャックに前記

基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータをその後使用するステップは、前記チャックに前記基板を配置するために採用されたロボットアームに、前記チャックの前記処理中心に関する情報を提供することを含んでいることを特徴とする請求項1記載の処理方法。

【請求項10】

前記プラズマ処理チャンバにおける前記基板の前記処理のために、前記チャックに前記基板を配置する際に前記チャックの前記処理中心に関するデータをその後使用するステップは、前記チャックの前記処理中心と、前記基板の幾何学中心との間のオフセットに関する情報を前記チャックに前記基板を配置するために採用されるロボットアームに提供することを含んでいることを特徴とする請求項1記載の処理方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0079

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0079】

図11は、一実施形態において、カメラマウント1106上のカメラ1104と光学系筐体1102の拡大図の系統図を示す。BIM1100は、カメラ1104から延在する光学系筐体1102を含んでもよい。カメラ1104は、カメラマウント1106に取り付けられてもよい。

フロントページの続き

- (72)発明者 ベイリー, アンドリュー, ディー., スリー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8, フレモント, カッシング パークウェイ 4 6
5 0
- (72)発明者 モーリング, ベン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8, フレモント, カッシング パークウェイ 4 6
5 0
- (72)発明者 ケイン, ステファン ジェイ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8, フレモント, カッシング パークウェイ 4 6
5 0
- Fターム(参考) 5F004 AA01 AA16 BB18 BC05 BC06 CA08 CB09