

(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2013-532912

(P2013-532912A)

(43) 公表日 平成25年8月19日(2013.8.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H 0 1 L 21/304 (2006.01)	H 0 1 L 21/304 6 2 2 S	3 C 0 5 8
B 2 4 B 37/013 (2012.01)	B 2 4 B 37/04 K	5 F 0 5 7

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2013-523190 (P2013-523190)
 (86) (22) 出願日 平成23年7月22日 (2011.7.22)
 (85) 翻訳文提出日 平成25年3月29日 (2013.3.29)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2011/045096
 (87) 国際公開番号 W02012/015699
 (87) 国際公開日 平成24年2月2日 (2012.2.2)
 (31) 優先権主張番号 12/847, 721
 (32) 優先日 平成22年7月30日 (2010.7.30)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390040660
 アプライド マテリアルズ インコーポレ
 イテッド
 APPLIED MATERIALS, I
 NCORPORATED
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 054 サンタ クララ バウアーズ ア
 ベニュー 3050
 (74) 代理人 100092093
 弁理士 辻居 幸一
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭

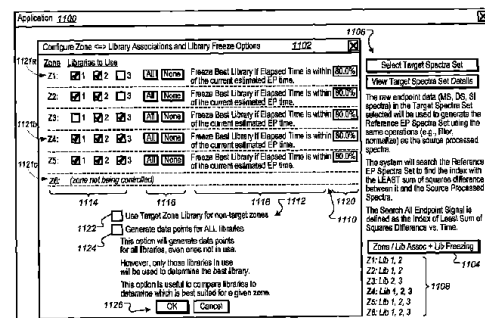
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板上の複数のゾーンを監視するための基準ライブラリの選択

(57) 【要約】

研磨監視システムを構成する方法が、複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップを含み、複数のライブラリの各ライブラリは、研磨中に測定されたスペクトルとの照合に用いるための複数の基準スペクトルを含み、複数の基準スペクトルの各基準スペクトルは関連した指標値を有し、基板の第1のゾーンに対して、複数のライブラリの第1のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップと、基板の第2のゾーンに対して、複数のライブラリの第2のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップとを含む。

【選択図】 図 1 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

研磨監視システムを構成する方法であって、

複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップを含み、前記複数のライブラリの各ライブラリは研磨中に測定されたスペクトルとの照合に用いるための複数の基準スペクトルを含み、前記複数の基準スペクトルの各基準スペクトルは関連した指標値を有し、

基板の第 1 のゾーンに対して、前記複数のライブラリの第 1 のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップと、

前記基板の第 2 のゾーンに対して、前記複数のライブラリの第 2 のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップと、
をさらに含むことを特徴とする方法。

10

【請求項 2】

研磨装置において前記基板を研磨するステップと、

その場監視システムを用いて、研磨中に前記基板の前記第 1 のゾーンからのスペクトルの第 1 のシーケンスを測定するステップと、

前記第 1 のゾーンからの前記スペクトルの第 1 のシーケンスにおける各々の測定されたスペクトルに対して、前記複数のライブラリの前記第 1 のサブセットからの各ライブラリに対して、最も良く合致する基準スペクトルを判断するステップと、

前記基板の前記第 1 のゾーンについての各々の最も良く合致する基準スペクトルについての前記ライブラリの第 1 のサブセットからの各ライブラリに対して、第 1 の指標値を求めて前記ライブラリの第 1 のサブセットからの各ライブラリに対する第 1 の指標値の第 1 のシーケンスを生成するステップと、
を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 3】

前記その場監視システムを用いて、研磨中に前記基板の前記第 2 のゾーンからのスペクトルの第 2 のシーケンスを測定するステップと、

前記第 2 のゾーンからの前記スペクトルの第 2 のシーケンスにおける各々の測定されたスペクトルについて、前記複数のライブラリの前記第 2 のサブセットからの各々のライブラリについて、最も良く合致する基準スペクトルを判断するステップと、

前記基板の前記第 2 のゾーンについての各々の最も良く合致する基準スペクトルについての前記ライブラリの第 2 のサブセットからの各ライブラリに対して、第 2 の指標値を求めて前記ライブラリの第 2 のサブセットからの各ライブラリに対する第 2 の指標値の第 2 のシーケンスを生成するステップと、
を含むことを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

30

【請求項 4】

前記ライブラリの第 1 のサブセットからの各ライブラリに対して、第 1 の関数を、第 1 の指標値の前記第 1 のシーケンスに適合させるステップと、前記ライブラリの第 2 のサブセットからの各ライブラリに対して、第 2 の指標値の前記第 2 のシーケンスを適合させるステップとをさらに含むことを特徴とする、請求項 3 に記載の方法。

40

【請求項 5】

前記ライブラリの第 1 のサブセットからの各ライブラリに対する適合度を判断するステップと、前記ライブラリの第 2 のサブセットからの各ライブラリに対する適合度を判断するステップとをさらに含むことを特徴とする、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記ライブラリの第 1 のサブセットの前記最良の適合度を有する第 1 のライブラリを選択するステップと、前記第 2 のライブラリのサブセットの前記最良の適合度を有する第 2 のライブラリを選択するステップとをさらに含むことを特徴とする、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

50

前記第 1 の指標値の前記第 1 のシーケンス、及び、前記第 1 のライブラリに基づく前記第 1 の関数をディスプレイ上に表示するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 の指標値の第 1 のシーケンスの各々、及び、前記ライブラリの第 1 のサブセットの各々についての第 1 の関数の各々をディスプレイ上に表示するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップは、多数のライブラリを有するドロップダウン・リストを表示するステップを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップは、前記ドロップダウン・リストにおける前記多数のライブラリから前記複数のライブラリを選択するステップをさらに含むことを特徴とする、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記ライブラリの第 1 のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップは、前記複数のライブラリの各々についての第 1 のチェック・ボックスを有するユーザ・インターフェースを表示するステップと、1 つ又はそれ以上の第 1 のチェック・ボックスを選択又は選択解除するユーザ入力を受信するステップとを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記ライブラリの第 2 のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップは、前記複数のライブラリの各々についての第 2 のチェック・ボックスを有するユーザ・インターフェースを表示するステップと、1 つ又はそれ以上の第 2 のチェック・ボックスを選択又は選択解除するユーザ入力を受信するステップとを含むことを特徴とする、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記複数のライブラリの各々についての前記第 1 のチェック・ボックスを有する前記ユーザ・インターフェース、及び、前記複数のライブラリの各々についての前記第 2 のチェック・ボックスを有する前記ユーザ・インターフェースが同時に表示されることを特徴とする、請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

前記複数のライブラリの各々についての前記第 1 のチェック・ボックス、及び、前記複数のライブラリの各々についての前記第 2 のチェック・ボックスが同一のウィンドウ内に表示されることを特徴とする、請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

研磨監視システムを構成するためのコンピュータ・プログラム製品であって、前記製品は機械可読媒体に有形に格納され、かつ、プロセッサに、

複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信させ、前記複数のライブラリの各ライブラリは、研磨中測定されたスペクトルとの照合に用いるための複数の基準スペクトルを含み、前記複数の基準スペクトルの各基準スペクトルは関連した指標値を有し、

基板の第 1 のゾーンに対して、前記複数のライブラリの第 1 のサブセットを選択するユーザ入力を受信させ、

前記基板の第 2 のゾーンに対して、前記複数のライブラリの第 2 のサブセットを選択するユーザ入力を受信させる、

ように動作可能な命令を含むことを特徴とするコンピュータ・プログラム製品。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

20

30

40

50

本開示は、一般に、化学機械研磨中に基板上の複数のゾーンを監視することに関する。

【背景技術】

【0002】

集積回路は、典型的には、シリコンウェハ上に導電性層、半導体層又は絶縁層を逐次的に堆積させることにより、基板上に形成される。1つの製造ステップは、非平坦面上にフィラー層を堆積させ、フィラー層を平坦化することを含む。特定の用途において、フィラー層は、パターン化された層の上面が露出されるまで平坦化される。導電性フィラー層を、例えば、パターン化された絶縁層上に堆積させて、絶縁層のトレンチ又は孔を充填することができる。平坦化後、絶縁層の隆起したパターンの間に残る導電層の部分は、基板の薄膜回路間の導電性経路を提供するビア、プラグ及びラインを形成する。酸化物研磨等の他の用途において、フィラー層は、非平坦面上に所定の厚さが残されるまで平坦化される。さらに、基板表面の平坦化は、通常、フォトリソグラフィに必要とされる。

10

【0003】

化学機械研磨(CMP)は、一般に認められた平坦化の1つの方法である。この平坦化法は、典型的には、基板がキャリアヘッド上に取り付けられることを必要とする。基板の露出面は、典型的には、耐久性のある粗面を有する回転研磨パッドに対して配置される。キャリアヘッドは、基板を研磨パッドに押し付けるために、基板上に制御可能な負荷を提供する。研磨用粒子を有するスラリーなどの研磨液は、典型的には、研磨パッドの表面に供給される。

【0004】

20

CMPにおける1つの問題は、所望のプロファイル、例えば、所望の平坦度又は厚さまで平坦化された又は所望の量の材料が除去された基板層を達成するために適切な研磨速度を用いることである。基板層の初期厚、スラリーの組成、研磨パッドの状態、研磨パッドと基板との間の相対速度、及び基板にこうした負荷の変動が、基板にわたる及び基板ごとの材料除去速度の変動を生じさせる。この変動が、研磨終点に達するのに必要な時間及び除去される量の変動をもたらす。従って、研磨終点を単に研磨時間の関数として求めること、又は単に一定圧力を加えることにより所望のプロファイルを達成することができない場合がある。

【0005】

幾つかのシステムにおいて、基板は、例えば、研磨パッド内の窓を通して、研磨中にその場(イン・サイチュ)で光学的に監視される。しかしながら、既存の光学的監視技術は、半導体デバイス製造業者のますます増大する需要を満たすことができない。

30

【発明の概要】

【0006】

1つの態様において、研磨監視システムを構成する方法は、複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップを含み、複数のライブラリの各ライブラリは、研磨中に測定されたスペクトルとの照合に用いるための複数の基準スペクトルを含み、複数の基準スペクトルの各基準スペクトルは関連した指標値を有し、基板の第1のゾーンに対して、複数のライブラリの第1のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップと、基板の第2のゾーンに対して、複数のライブラリの第2のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップとを含む。

40

【0007】

実装として、以下の特徴のうち1つ又はそれ以上を挙げることができる。基板は、研磨装置で研磨することができる。その場監視システムを用いて、研磨中に基板の第1のゾーンからのスペクトルの第1のシーケンスを測定することができる。第1のゾーンからのスペクトルの第1のシーケンスにおいて各々の測定されたスペクトルに対して、複数のライブラリの第1のサブセットからの各ライブラリに対して、最も良く合致する基準スペクトルを判断することができる。基板の第1のゾーンについての各々の最も良く合致する各基準スペクトルについてのライブラリの第1のサブセットからの各ライブラリに対して、第1の指標値を求めてライブラリの第1のサブセットからの各ライブラリに対する第1の指

50

標値の第1のシーケンスを生成することができる。第2のスペクトルシーケンスは、その場監視システムを用いて、研磨中に基板の第2のゾーンから測定することができる。複数のライブラリの第2のサブセットからの各ライブラリに対して、第2のゾーンからのスペクトルの第2のシーケンスにおいて測定された各スペクトルに対して、最も良く合致する基準スペクトルを判断することができる。基板の第2のゾーンに対して最も良く合致する各基準スペクトルについて、ライブラリの第2のサブセットからの各ライブラリに対して第2の指標値を求めて、ライブラリの第2のサブセットからの各ライブラリに対して第2の指標値の第2のシーケンスを生成することができる。ライブラリの第1のサブセットからの各ライブラリに対して、第1の関数を、第1の指標値の第1のシーケンスに適合させ、かつ、ライブラリの第2のサブセットからの各ライブラリに対して、第2の関数を、第2の指標値の第2のシーケンスに適合させる。ライブラリの第1のサブセットからの各ライブラリに対する適合度を判断し、かつ、ライブラリの第2のサブセットからの各ライブラリに対する適合度を判断することができる。ライブラリの第1のサブセットに最良の適合度を有する第1のライブラリを選択し、かつ、ライブラリの第2のサブセットに最良の適合度を有する第2のライブラリを選択することができる。第1のゾーンが第1の目標指標値に到達する予測時間を、第1のライブラリに対する第1の線形関数に基づいて判断することができる。第2のゾーンに対する研磨パラメータを第2のライブラリの第2の線形関数に基づいて調整して、第2のゾーンの研磨速度が、こうした調整がない場合よりも、予測時間において第2の目標指標値に近くなるように調整する。研磨パラメータは、研磨装置のキャリアヘッドにおける圧力とすることができる。第1の指標値の第1のシーケンス及び第1のライブラリに基づく第1の関数をディスプレイ上に表示することができる。第1の指標値の各第1のシーケンス及びライブラリの第1のサブセットの各々に対する各第1の関数をディスプレイ上に同時に表示することができる。複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップは、非常に多数のライブラリを有するドロップダウン・リストを表示することを含むことができる。複数のライブラリを選択するユーザ入力を受信するステップは、ドロップダウン・リストにおける非常に多数のライブラリから複数のライブラリを選択することを含むことができる。ライブラリの第1のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップは、複数のライブラリの各々に対して第1のチェック・ボックスを有するユーザ・インターフェースを表示するステップと、1つ又はそれ以上の第1のチェック・ボックスを選択又は選択解除するユーザ入力を受信するステップを含むことができる。ライブラリの第2のサブセットを選択するユーザ入力を受信するステップは、複数のライブラリの各々に対して第2のチェック・ボックスを有するユーザ・インターフェースを表示するステップと、1つ又はそれ以上の第2のチェック・ボックスを選択又は選択解除するユーザ入力を受信することを含むステップを含むことができる。複数のライブラリの各々に対して第1のチェック・ボックスを有するユーザ・インターフェース及び複数のライブラリの各々に対して第2のチェック・ボックスを有するユーザ・インターフェースを同時に表示することができる。複数のライブラリの各々に対する第1のチェック・ボックス及び複数のライブラリの各々に対する第2のチェック・ボックスを同一のウィンドウ内に表示することができる。

【0008】

他の態様において、これらの方法を実行するために、研磨システム及びコンピュータ可読媒体に有形に実装されたコンピュータ・プログラム製品が提供される。

【0009】

特定の実装は、以下の利点のうちの1つ又はそれ以上を有することができる。ウェーハの縁部から収集されたスペクトルを類似の位置から収集された基準スペクトルに合致させることにより、改善されたスペクトルの照合を得ることができ、このことは、コンピュータ・ソフトウェア統合の研磨装置による、より正確な制御を可能にし得る。研磨工程のコントローラが基準スペクトルのゾーン特有のライブラリを選択するのを可能にするソフトウェア・ユーザ・インターフェースは、特に基板の縁部に沿った研磨工程をさらに改善することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

1 つ又はそれ以上の実装の詳細が、添付図面及び以下の説明において記述される。他の特徴、態様及び利点は、説明、図面及び特許請求の範囲から明らかになるであろう。

種々の図面における類似の参照番号及び名称は、類似の要素を指す。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】 2 つの研磨ヘッドを有する研磨装置の一例の概略的な断面図を示す。

【図 2】 複数のゾーンを有する基板の概略的な上面図を示す。

【図 3 A】 研磨パッドの上面図を示し、第 1 の基板上でその場測定が行われる位置を示す。

【図 3 B】 研磨パッドの上面図を示し、第 2 の基板上でその場測定が行われる位置を示す。

【図 4】 その場光学監視システムからの測定スペクトルを示す。

【図 5】 基準スペクトルのライブラリを示す。

【図 6】 指標トレースを示す。

【図 7】 異なる基板の異なるゾーンに対する複数の指標トレースを示す。

【図 8】 基準ゾーンの指標トレースが目標指標に到達する時間に基づいた複数の調整可能ゾーンに対する複数の所望の傾斜の計算を示す。

【図 9】 基準ゾーンの指標トレースが目標指標に到達する時間に基づいた複数の調整可能ゾーンに対する複数の所望の傾斜の計算を示す。

【図 10】 異なる目標指標を有する、異なる基板の異なるゾーンに対する複数の指標トレースを示す。

【図 11】 異なるゾーンのために用いられる基準ライブラリを選択するための例示的なユーザ・インターフェースを示す。

【図 12】 複数のゾーンが目標時間においてほぼ同一の厚さを有するように、複数の基板における複数のゾーンの研磨速度を調整するための例示的な工程の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

その場測定から基板の各ゾーンについての研磨速度を求めることにより、目標厚に対する予測終点時間又は目標終点時間に対する予測厚さを、各ゾーンについて求めることができ、ゾーンがより近い終点状態を達成するように、少なくとも 1 つのゾーンについての研磨速度を調整することができる。「より近い終点状態」とは、ゾーン ϕ が、こうした調整がない場合よりも、ほぼ同じ時間で目標厚に達すること、又は、ゾーンが同時に研磨を停止した場合、ゾーン ϕ は、こうした調整がない場合よりも、ほぼ同じ厚さであることを意味する。

【 0 0 1 3 】

分光監視の際、測定されたスペクトルを基準スペクトルのライブラリと比較して、ライブラリからのどの基準スペクトルが最も近い合致であるかを判断することが有用であり得る。研磨工程を改良する方法は、基準スペクトルのライブラリを使用することである。例えば、ライブラリは、異なるパターン化された基板又は基板内の異なるゾーンを表す基準スペクトルを含むことができる。複数の基準スペクトルのライブラリを用いることにより、研磨速度が非線形であり得る基板の縁部に沿った研磨の進行を追跡する際の精度が改善され、その結果、より確実な研磨速度制御、従って改善されたウェーハ内非均一性を可能にするのに特に有益である。さらに、研磨工程を制御するユーザが特定のゾーンで使用する特定のライブラリを選択できる（例えば、ソフトウェア・ユーザ・インターフェースを用いて）場合、特に基板の縁部に沿って研磨均一性を改善するなど、例えば各種ライブラリからの前の満足できる結果又は満足できない結果のオペレータ知識に基づいて、研磨工程をさらに改良することができる。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、研磨装置 100 の一例を示す。研磨装置 100 は、上に研磨パッド 110 が配

10

20

30

40

50

置された回転可能な円板状プラテン 120 を含む。プラテンは、軸 125 の周りに回転するように動作可能である。例えば、モータ 121 は、駆動軸 124 を回転させてプラテン 120 を回転させることができる。研磨パッド 110 は、例えば接着剤の層によりプラテン 120 に取り外し可能に固定することができる。研磨パッド 110 は、外側研磨層 112 及び柔らかい裏打ち層 114 をもつ二層の研磨パッドとすることができる。

【0015】

研磨装置 100 は、組み合わせたスラリー／リンス・アーム 130 を含むことができる。研磨中、アーム 130 は、スラリー等の研磨液 132 を研磨パッド 110 の上に計量供給するよう動作可能である。1 つだけのスラリー／リンス・アーム 130 を示したが、キャリアヘッドごとに 1 つ又はそれ以上の専用スラリー・アームのような付加的なノズルを使用することもできる。研磨装置は、研磨パッド 110 を一貫した研磨状態に維持するために、研磨パッド 110 の研磨用の研磨パッド・コンディショナを含むことができる。

【0016】

本実施形態において、研磨装置 110 は、2 つ（又は、2 つ又はそれ以上）のキャリアヘッド 140 を含む。各キャリアヘッド 140 は、基板 10（例えば、1 つのキャリアヘッドにおける第 1 の基板 10a 及び他のキャリアヘッドにおける第 2 の基板 10b）を研磨パッド 110 すなわち同一の研磨パッドに対して保持するよう動作可能である。各キャリアヘッド 140 は、例えばそれぞれの基板と関連付けられた、例えば圧力などの研磨パラメータを独立制御することができる。

【0017】

特定的には、各キャリアヘッド 140 は、基板 10 を可撓性膜 144 の下に保持するための保持リング 142 を含むことができる。また、各キャリアヘッド 140 は、独立制御可能な圧力を、可撓性膜 144 上の、従って基板 10 上の関連したゾーン 148a - 148c に加えることができる、膜により定められた複数の独立制御可能な加圧可能チャンバ、例えば 3 つのチャンバ 145a - 146c を含むこともできる（図 2 を参照されたい）。図 2 を参照すると、中央ゾーン 148a は実質的に円形であり、残りのゾーン 148b - 148e は、中央ゾーン 148a の周りの同心環状ゾーンとすることができる。図示を容易にするために、図 1 及び図 2 には 3 つのチャンバしか示されていないが、2 つのチャンバ、又は、例えば 5 つのチャンバなど 4 つ又はそれより多いチャンバがあってもよい。

【0018】

図 1 に戻ると、各キャリアヘッド 140 は、例えば旋回式コンベア等の支持構造体 150 から懸架され、かつ、駆動軸 152 によりキャリアヘッド回転モータ 154 に接続されて、キャリアヘッドは軸 155 の周りを回転することができる。随意的に、各キャリアヘッド 140 は、例えば旋回式コンベア上のスライダ上を、又は旋回式コンベア自体の回転振動により、横方向に振動することができる。動作において、プラテンは、その中心軸 125 の周りに回転し、各キャリアヘッド 140 は、その中心軸 155 の周りに回転し、かつ、研磨パッドの上面にわたって横方向に並進される。

【0019】

2 つのキャリアヘッド 140 だけが示されているが、より多くのキャリアヘッドを設けて付加的な基板を保持し、研磨パッド 110 の表面積が効率的に使用されるようにすることができる。従って、同時研磨工程のために基板を保持するよう適合されたキャリアヘッド組立体の数は、少なくとも部分的に、研磨パッド 110 の表面積に基づくことができる。

【0020】

研磨装置は、研磨速度を調整するかどうか、すなわち以下に述べるような研磨速度の調整を決定するのに使用することができる。場合監視システム 160 も含む。場合監視システム 160 は、例えば分光監視システム又は渦電流監視システム等の光学監視システムを含むことができる。

【0021】

1 つの実施形態において、監視システム 160 は、光学監視システムである。研磨パッ

10

20

30

40

50

ドを通る光学アクセスは、開口部（すなわち、パッドを貫通する孔）又は固体ウィンドウ 118 を含むことにより与えられる。固体ウィンドウ 118 は、例えば研磨パッドに成形又は接着固定されるなど、例えば研磨パッドの開口部を埋めるプラグとして、研磨パッド 110 に固定することができるが、幾つかの実装においては、固体ウィンドウは、プラテン 120 上に支持し、かつ、研磨パッドの開口部内に突出することができる。

【0022】

光学監視システム 160 は、光源 162 と、光検出器 164 と、例えばコンピュータ等の遠隔コントローラ 190 と光源 162 及び光検出器 164 との間で信号を送受信するための回路 166 とを含む。1つ又はそれ以上の光ファイバを用いて光源 162 から研磨パッドの光学アクセスへ光を伝送し、かつ、基板 10 から反射した光を検出器 164 へ伝送することができる。例えば、二股の光ファイバ 170 を用いて、光を光源 162 から基板 10 へ伝え、そして検出器 164 に戻すことができる。二股光ファイバは、光学アクセスの近傍に配置された幹線 172 と、それぞれ光源 162 及び検出器 164 に接続された 2 つの分岐 174 及び 176 とを含むことができる。

【0023】

幾つかの実装において、プラテンの上面は、二股ファイバの幹線 172 の一端を保持する光学ヘッド 168 が嵌合される凹部 128 を含むことができる。光学ヘッド 168 は、幹線 172 上部と固体ウィンドウ 118 との間の垂直方向距離を調整するための機構を含むことができる。

【0024】

回路 166 の出力は、駆動軸 124 の、例えばスリップリング等の回転連結器 129 を通って光学監視システムのためのコントローラ 190 まで伝わるデジタル電子信号であってもよい。同様に、光源は、コントローラ 190 から回転連結器 129 を通って光学監視システム 160 まで伝わるデジタル電子信号中の制御コマンドに応答してオン又はオフすることができる。代替的に、回路 166 は、無線信号により、コントローラ 190 と通信することができる。

【0025】

光源 162 は、白色光を放出するように動作可能である。1つの実装において、放出される白色光は、200 ナノメートルから 800 ナノメートルまでの波長を有する光を含む。好適な光源は、キセノン・ランプ又はキセノン水銀ランプである。

【0026】

光検出器 164 は、分光計とすることができる。分光計は、電磁スペクトルの一部分にわたって光の強度を測定するための光学機器である。好適な分光計は、回折格子分光計である。分光計についての典型的な出力は、波長（又は周波数）の関数としての光の強度である。

【0027】

上述のように、光源 162 及び光検出器 164 は、それらの動作を制御し、それらの信号を受信するよう動作可能な、例えばコントローラ 190 等のコンピュータ・デバイスに接続することができる。コンピュータ・デバイスは、研磨装置の近くに配置された、例えばプログラム可能コンピュータ等のマイクロプロセッサを含むことができる。制御に関しては、コンピュータ・デバイスは、例えば光源の起動をプラテン 120 の回転と同期させることができる。

【0028】

幾つかの実装において、その場監視システム 160 の光源 162 及び検出器 164 は、プラテン 120 内に、これと共に回転するように設置することができる。この場合、プラテンの動きにより、センサが各基板にわたって走査する。特に、プラテン 120 が回転すると、コントローラ 190 は、光源 162 に、各基板 10 が光学アクセスの上を通過する直前に始まり、直後に終わる一連の閃光を放出させる。代替的に、コンピュータ・デバイスは、各基板 10 が光学アクセスの上を通過する直前に始まり、直後に終わる光を連続的に光源 162 に放出させる。どちらの場合にも、検出器からの信号は、サンプリング周期

10

20

30

40

50

にわたって積分されて、サンプリング周波数におけるスペクトル測定値を生成する。

【 0 0 2 9 】

動作において、コントローラ 1 9 0 は、例えば、光源の特定の閃光又は検出器の時間枠について、光検出器が受け取る光のスペクトルを記述する情報を搬送する信号を受け取ることができる。従って、このスペクトルは、研磨中にその場で測定されたスペクトルである。

【 0 0 3 0 】

図 3 A に示されるように、検出器がプラテン内に設置された場合、プラテンの回転（矢印 2 0 4 で示される）のために、ウィンドウ 1 0 8 が 1 つのキャリアヘッド（例えば、第 1 の基板 1 0 a を保持するキャリアヘッド）の下を通るとき、サンプリング周波数でスペクトル測定を行っている光学監視システムにより、第 1 の基板 1 0 a を横切る弧における位置 2 0 1 においてスペクトル測定が行われる。例えば、点 2 0 1 a - 2 0 1 k の各々は、第 1 の基板 1 0 a の、監視システムによりスペクトル測定を行う位置を表す（点の数は例示的であり、サンプリング周波数に応じて、図示したよりも多くの又は少ない測定を行うことができる）。示されるように、プラテンの 1 回転について、基板 1 0 a の異なる半径から、スペクトルが取得される。つまり、幾つかのスペクトルは、基板 1 0 a の中心により近い位置から取得され、幾つかのスペクトルは、縁部により近い位置から取得される。同様に、図 3 B に示されるように、プラテンの回転のために、ウィンドウが他のキャリアヘッド（例えば、第 2 の基板 1 0 b を保持するキャリアヘッド）の下を通るとき、サンプリング周波数でスペクトル測定を行っている光学監視システムにより、第 2 の基板 1 0 b を横切る弧に沿った位置 2 0 2 においてスペクトル測定が行われる。

【 0 0 3 1 】

従って、プラテンの任意の所与の回転に対して、タイミング及びモータのエンコード情報に基づいて、コントローラは、どの基板、例えば基板 1 0 a 又は 1 0 b が測定されたスペクトルの源であるかを判断することができる。さらに、基板、例えば基板 1 0 a 又は 1 0 b にわたる光学監視システムの任意の所与の走査に対して、タイミング、モータのエンコード情報、及び基板及び / 又は保持リングの縁部の光検出に基づいて、コントローラ 1 9 0 は、走査からの各々の測定されたスペクトルについての（走査される特定の基板 1 0 a 又は 1 0 b の中心に対する）半径方向位置を計算することができる。研磨システムはまた、どの基板、及び測定されたスペクトルの基板上の位置の判断のための付加的なデータを与えるように、据え置き型光学的断続器を通る、プラテンの縁部に取り付けられたフランジ等の回転位置センサを含むこともできる。従って、コントローラは、種々の測定されたスペクトルを基板 1 0 a 及び 1 0 b 上の制御可能ゾーン 1 4 8 b - 1 4 8 e（図 2 を参照されたい）と関連付けることができる。幾つかの実装において、スペクトルの測定の時間を、半径方向位置の正確な計算のための代替物として用いることができる。

【 0 0 3 2 】

プラテンの複数の回転について、各基板の各ゾーンに対して、時間の経過と共に一連のスペクトルを取得することができる。いずれの特定の理論にも限定されず、基板 1 0 から反射した光のスペクトルは、最外層の厚さが変化するために、研磨が進行するにつれて変化し、従って、一連の経時変化スペクトルを生み出す。さらに、積層の特定の厚さにより、特定のスペクトルが示される。

【 0 0 3 3 】

幾つかの実装において、例えばコンピュータ・デバイス等のコントローラは、測定されたスペクトルを複数の基準スペクトルと比較して、どの基準スペクトルが最良の合致を与えるかを判断するようにプログラムすることができる。特定的には、コントローラは、各基板の各ゾーンからの一連の測定されたスペクトルからの各スペクトルを、複数の基準スペクトルと比較して、各基板の各ゾーンについての最も良く合致する一連の基準スペクトルを生成するようにプログラムすることができる。

【 0 0 3 4 】

本明細書で用いられる場合、基準スペクトルは、基板の研磨の前に生成された所定のス

10

20

30

40

50

ペクトルである。実際の研磨速度が予測研磨速度に従うと仮定して、基準スペクトルは、スペクトルが現れると予測される研磨工程における時間を表す値との予め定められた、すなわち研磨作業前に定められ関連を有することができる。代替的に又はこれに加えて、基準スペクトルは、最外層の厚さのような基板の特性の値との所定の関連を有することができる。

【0035】

基準スペクトルは、例えば既知の初期層厚を有する基板等の試験基板からのスペクトルを測定することにより、経験的に生成することができる。例えば、複数の基準スペクトルを生成するために、一連のスペクトルを収集する間、デバイス・ウェハの研磨の際に用いられるのと同じ研磨パラメータを用いて、設定 (set-up) 基板を研磨する。各スペクトルについて、スペクトルが収集された研磨工程における時間を表す値を記録する。例えば、値は、経過時間又はプラテン回転数とすることができる。基板は、目標厚に達した時に基板から反射した光のスペクトルを得ることができるように、過剰研磨する、すなわち所望の厚さを過ぎて研磨することができる。

10

【0036】

各スペクトルを、例えば最外層の厚さ等の基板の特性値と関連付けるために、製品基板と同一のパターンをもつ「設定」基板の初期スペクトル及び特性を、測定ステーションにおいて研磨前に測定することができる。最終スペクトル及び特性を、同一の計測ステーション又は異なる計測ステーションで、研磨後に測定することもできる。初期スペクトルと最終スペクトルとの間のスペクトルの特性は、試験基板のスペクトルが測定された経過時間に基づいて、例えば線形補間等の補間により求めることができる。

20

【0037】

経験的な特定に加えて、幾つか又は全ての基準スペクトルを、基板層の光学モデルを用いる等の理論から計算することができる。例えば、光学モデルを用いて、所与の外側層の厚さDに対する基準スペクトルを計算することができる。例えば外側層が均一の研磨速度で除去されると仮定すること等により、基準スペクトルが収集される研磨工程における時間を表す値を計算することができる。例えば、特定の基準スペクトルに対する時間Tsは、単純に初期厚さD0及び均一の研磨速度Rを仮定することにより計算することができる ($T_s = (D_0 - D) / R$)。別の例として、光学モデルに対して用いた厚さDに基づいて、研磨前及び研磨後の厚さD1、D2に対する測定時間T1、T2の間の線形補間を行うことができる ($T_s = T_2 - T_1 * (D_1 - D) / (D_1 - D_2)$)。

30

【0038】

図4及び図5を参照すると、測定されたスペクトル300 (図4を参照されたい) を、1つ又はそれ以上のライブラリ310 (図5参照) からの基準スペクトルと比較することができる。本明細書で用いられる場合、基準スペクトルのライブラリとは、特性を共有する基板を表す基準スペクトルの集合体である。しかしながら、単一のライブラリにおいて共有される特性は、基準スペクトルの複数のライブラリ間で変化する場合がある。例えば、2つの異なるライブラリは、2つの異なる基礎となる厚さをもつ基板を表す基準スペクトルを含むことができる。基準スペクトルの所与のライブラリの場合、他の要因 (ウェハ・パターンの差、下位層の厚さ、又は層の組成などの) よりむしろ、上部層の厚さの変動が、スペクトル強度の差の主たる原因であり得る。

40

【0039】

異なるライブラリ310に対する基準スペクトル320は、異なる基板特性 (例えば、下位層の厚さ又は層の組成) をもつ複数の「設定」基板を研磨し、上述のようにスペクトルを収集することによって生成することができる。1つの設定基板からのスペクトルは、第1のライブラリを提供し、異なる下位層の厚さをもつ別の基板からのスペクトルは、第2のライブラリを提供することができる。代替的に又はこれに加えて、異なるライブラリに対する基準スペクトルは、例えば第1のライブラリに対するスペクトルは第1の厚さを有する下位層をもつ光学モデルを用いて計算することができ、かつ、第2のライブラリについてのスペクトルは、異なる或る厚さを有する下位層をもつ光学モデルを用いて計算する

50

ことができるなど、理論から計算することができる。

【0040】

幾つかの実装において、各基準スペクトル320には、指標値330が割り当てられる。一般に、各ライブラリ310は、基板の予測研磨時間にわたる各プラテンの回転に対する基準スペクトルを、例えば1つ又はそれ以上、例えばちょうど1つなど、多くの基準スペクトル320を含むことができる。この指標330は、例えば基準スペクトル320が出現すると予測される研磨工程における時間を表す値とすることができる。スペクトルは、特定のライブラリにおける各スペクトルが固有の指標値を有するように、指標を付けることができる。指標化は、指標値が、スペクトルを測定した順にシーケンス化されるように実施することができる。指標値は、例えば研磨が進行するに連れて増減するなど、単調に変化するように選択することができる。特に、基準スペクトルの指標値は、時間又はプラテン回転数の線形関数を形成するように選択することができる（研磨速度が、ライブラリにおける基準スペクトルを生成するのに用いられるモデル又は試験基板の研磨速度に従うと仮定して）。例えば、指標値は、基準スペクトルが試験基板に対して測定された又は光学モデルにおいて発現したプラテン回転数に等しいなど、比例することができる。従って、各指標値は、整数とすることができる。指標数は、関連したスペクトルが発現するであろう予測プラテン回転数を表すことができる。

10

【0041】

基準スペクトル及びその関連した指標値は、基準ライブラリ内に格納することができる。例えば、各スペクトル320及びその関連した指標値330は、データベース350の記録340に格納することができる。基準スペクトルの基準ライブラリのデータベース350は、研磨装置のコンピュータ・デバイスのメモリ内に実装することができる。

20

【0042】

上述のように、各基板の各ゾーンに対して、測定されたスペクトル又はゾーン及び基板のシーケンスに基づいて、コントローラ190を、最も良く合致するスペクトルのシーケンスを生成するようプログラムすることができる。最も良く合致する基準スペクトルは、測定されたスペクトルを特定のライブラリからの基準スペクトルと比較することにより決定することができる。

【0043】

幾つかの実装において、最も良く合致する基準スペクトルは、各基準スペクトルに対して、測定されたスペクトルと基準スペクトルとの間の二乗差の和を計算することにより決定することができる。最小の二乗差の和を有する基準スペクトルが最も良く適合する。最も良く合致する基準スペクトルを見つけるための他の技術も可能である。

30

【0044】

コンピュータ処理を減らすために適用できる方法は、合致するスペクトルを検索するライブラリの部分を制限することである。ライブラリは、典型的には、基板の研磨中に得られるよりも広い範囲のスペクトルを含む。基板研磨中、ライブラリ検索は、ライブラリ・スペクトルの所定の範囲に限定される。幾つかの実装において、研磨されている基板の現在の回転指標Nが特定される。例えば、初期のプラテン回転において、Nは、ライブラリの全ての基準スペクトルを検索することにより決定することができる。その後の回転中に取得されるスペクトルに対しては、Nの自由度の範囲内でライブラリを検索する。つまり、1回転中に指標数がNであると分かった場合、X回転後のその後の回転中、自由度がYであるとする、範囲は、 $(N + X) - Y$ から $(N + X) + Y$ まで検索される。

40

【0045】

単一基板の単一ゾーンのみに対する結果を示す図6を参照すると、シーケンスにおける最も良く合致するスペクトルの各々の指標値を決定して、指標値212の経時変化シーケンスを生成することができる。この指標値のシーケンスは、指標トレース210と名付けることができる。幾つかの実装において、指標トレースは、各測定されたスペクトルをちょうど1つのライブラリからの基準スペクトルと比較することにより生成される。一般に、指標トレース210は、基板の下を光学監視システムが走査する毎に、例えばちょうど

50

1つ等、1つの指標を含むことができる。

【0046】

所与の指標トレース210に対して、光学監視システムの単一の走査において特定の基板及びゾーンについて複数のスペクトル（「現在のスペクトル」と名付ける）が測定された場合、最良の合致は、現在のスペクトルの各々と、例えばちょうど1つ等の1つ又はそれ以上のライブラリの基準スペクトルとの間で決定することができる。幾つかの実装において、各選択された現在のスペクトルを、選択されたライブラリの各基準スペクトルと比較する。例えば、所与の現在のスペクトルe、f及びgと基準スペクトルE、F及びGについて、合致係数を以下の現在のスペクトルと基準スペクトルとの組み合わせ、eとE、eとF、eとG、fとE、fとF、fとG、gとE、gとF及びgとG、について計算することができる。例えば最小であるなど、最良の合致を示す合致係数が、いずれであっても、最も良く合致する基準スペクトルを求め、従って、指標値を求める。代替的に、幾つかの実装において、現在のスペクトルを、例えば平均化するなど結合することができ、結果として得られる結合されたスペクトルを、基準スペクトルと比較して、最良の合致、従って指標値を求めることができる。

10

【0047】

幾つかの実装において、少なくとも幾つかの基板の幾つかのゾーンについて、複数の指標トレースを生成することができる。所与の基板の所与のゾーンについて、指標トレースを、関心のある各基準ライブラリに対して生成することができる。つまり、所与の基板の所与のゾーンの関心のある各基準ライブラリについて、測定されたスペクトルのシーケンスにおける各測定されたスペクトルを、所与のライブラリからの基準スペクトルと比較し、最に良く合致する基準スペクトルのシーケンスを決定し、最も良く合致する基準スペクトルのシーケンスの指標値は、所与のライブラリに対する指標トレースを与える。

20

【0048】

まとめると、各指標トレースは、指標値212のシーケンス210を含み、シーケンスの各特定の指標値212は、測定されたスペクトルに最も近く適合する所与のライブラリからの基準スペクトルの指標を選択することにより生成される。指標トレース210の各指標の対する時間値は、測定されたスペクトルが測定された時間と同一とすることができる。

【0049】

30

図7を参照すると、複数の指標トレースが示される。上述のように、指標トレースを、各基板の各ゾーンに対して生成することができる。例えば、指標値212の第1のシーケンス210（中空の円で示される）を第1の基板の第1のゾーンに対して生成し、指標値222の第2のシーケンス220（中実の円で示される）を第1の基板の第2のゾーンに対して生成し、指標値232の第3のシーケンス230（中空の四角形で示される）を第2の基板の第1のゾーンに対して生成し、指標値242の第4のシーケンス240（中実の四角形で示される）を第2の基板の第2のゾーンに対して生成することができる。

【0050】

図7に示すように、各基板指標トレースに対して、例えば一次関数（例えば、線形）等の既知の次数の多項関数を、例えばロバスト線形フィッティング（robust line fitting）等を用いて、関連付けられたゾーンについて指標値のシーケンスに当てはめる。例えば、第1の線214を、第1の基板の第1のゾーンに対する指標値212に当てはめ、第2の線224を、第1の基板の第2のゾーンに対する指標値222に当てはめ、第3の線234を、第2の基板の第1のゾーンに対する指標値232に当てはめ、第4の線244を、第2の基板の第2のゾーンに対する指標値242に当てはめることができる。線の指標値に対する当てはめは、線の傾斜Sの計算と、線が初期指標値、例えば0を横切るx-軸交差時間Tとを計算することを含む。関数は、tが時間であるとき、 $I(t) = S \cdot (t - T)$ の形で表すことができる。x-軸交差時間Tは、基板層の初期厚さが予測より小さいことを示す、負の値を有することができる。従って、第1の線214は、第1の傾斜S1及び第1のx-軸交差時間T1を有し、第2の線224は、第2の

40

50

傾斜 S_2 及び第 2 の x - 軸交差時間 T_2 を有し、第 3 の線 2 3 4 は、第 3 の傾斜 S_3 及び第 3 の x - 軸交差時間 T_3 を有し、第 4 の線 2 4 4 は、第 4 の傾斜 S_4 及び第 4 の x - 軸交差時間 T_4 を有することができる。

【0051】

例えば時間 T_0 においてなど、研磨工程中のある時間において、例えばあらゆる基板の少なくとも 1 つのゾーンなど、少なくとも 1 つの基板の少なくとも 1 つのゾーンに対する研磨パラメータを調整して、研磨終点時間において、複数の基板の複数のゾーンの厚さが、こうした調整がない場合よりも目標厚さに近くなるように、基板のゾーンの研磨速度を調整する。幾つかの実施形態において、複数の基板の各ゾーンは、終点時間においてほぼ同一の厚さを有することができる。

10

【0052】

図 8 を参照すると、幾つかの実装において、1 つの基板の 1 つのゾーンを基準ゾーンとして選択し、基準ゾーンが目標指標 IT に到達する計画終点時間 TE を決定する。例えば、図 8 に示すように、第 1 の基板の第 1 のゾーンが基準ゾーンとして選択されるが、異なるゾーン及び / 又は異なる基板を選択することもできる。目標厚さ IT は、研磨作業前にユーザにより設定され、格納される。

【0053】

基準ゾーンが目標指標に到達する計画終点時間を決定するために、例えば線 2 1 4 などの基準ゾーンの線と目標指標 IT との交差点を計算することができる。残りの研磨工程を通して研磨速度が予測研磨速度から逸脱しないと仮定すると、指標値のシーケンスは、実質的に線形数列を保持するはずである。従って、予測終点時間 TE は、例えば $IT = S \cdot (TE - T)$ など、線の目標指標 IT に対する単純線形補間として計算することができる。従って、関連した第 3 の線 2 3 4 を有する、第 2 の基板の第 1 のゾーンが基準ゾーンとして選択される、図 8 の例においては、 $IT = S_1 \cdot (TE - T_1)$ 、つまり $TE = IT / S_1 - T_1$ である。

20

【0054】

基準ゾーン以外の（他の基板上のゾーンを含む）、例えば全てのゾーンなどの 1 つ又はそれ以上のゾーンを、調整可能ゾーンとして定めることができる。調整可能ゾーンに対する線が予測終点時間 TE と交わるところが、調整可能ゾーンに対する計画終点を定める。従って、例えば図 8 における線 2 2 4、2 3 4 及び 2 4 4 など、各調整可能ゾーンの線形関数を用いて、関連したゾーンに対する予測終点時間 ET において達成される指標、例えば EI_2 、 EI_3 及び EI_4 などを推定することができる。例えば、第 2 の線 2 2 4 を用いて、第 1 の基板の第 2 のゾーンに対する予測終点時間 ET における予測指標 EI_2 を推定し、第 3 の線 2 3 4 を用いて、第 2 の基板の第 1 のゾーンに対する予測終点時間 ET における予測指標 EI_3 を推定し、第 4 の線 2 4 4 を用いて、第 2 の基板の第 2 のゾーンに対する予測終点時間 ET における予測指標 EI_3 を推定することができる。

30

【0055】

図 8 に示すように、時間 T_0 の後、いずれかの基板のいずれかのゾーンの研磨速度に対しても調整が行われなかった場合、かつ、全ての基板に対して終点が同時に強制された場合、各基板は、異なる厚さを有することができる、つまり各基板の終点時間は異なり得る（これは欠陥及び処理量の損失をもたらすため望ましくない）。ここで、例えば、第 1 の基板の第 2 のゾーン（線 2 2 4 により示される）が、第 1 の基板の第 1 のゾーンの予測指標より大きい（従って厚さは薄い）予測指標 EI_2 で終点到達する。同様に、第 2 の基板の第 1 のゾーンは、第 1 の基板の第 1 のゾーンより小さい（従って厚さが厚い）予測指標 EI_3 で終点到達する。

40

【0056】

図 8 に示すように、異なる基板に対して異なる時間において目標指標に到達する場合（又は同等に、調整可能ゾーンが基準ゾーンの計画終点時間において異なる予測指標を有する場合）、研磨速度を上下方向に調整して、基板が、こうした調整がない場合よりも、例えばほぼ同時といった、同一の時間で目標指標（従って、目標厚さ）に到達するように、

50

すなわち、こうした調整がない場合よりも、目標時間において、例えばほぼ同一の指標値（従って、ほぼ同一の厚さ）といった、同一の指標値（従って同一の厚さ）に近くなるようにすることができる。

【0057】

従って、図8の例において、時間T0において始まっているように、ゾーンの研磨速度を増大させるように（かつ、結果として、指標トレース224の傾斜が増大するように）、第1の基板の第2のゾーンの少なくとも1つの研磨パラメータを修正する。また、この例において、ゾーンの研磨速度を増大させるように（かつ、結果として、指標トレース234の傾斜が増大するように）、第2の基板の第1のゾーンの少なくとも1つの研磨パラメータを修正する。同様に、この例において、ゾーンの研磨速度を増大させるように（かつ結果として、指標トレース244の傾斜が増大するように）、第2の基板の第2のゾーンの少なくとも1つの研磨パラメータを修正する。結果として、両基板の両ゾーンは、ほぼ同時に目標指標（従って目標厚さ）に到達する（つまり、両基板の研磨が同時に終了した場合、両基板の両ゾーンは、最終的に同一の厚さになる）。

【0058】

幾つかの実装において、予想終点時間ETにおける予測指標が、基板のゾーンが目標厚さの所定の範囲内にあることを示す場合、そのゾーンに対する調整は不要であり得る。この範囲は、目標指標の、例えば1%以内など、2%とすることができる。

【0059】

調整可能ゾーンに対する研磨速度を調整して、ゾーンの全てが、こうした調整がない場合よりも、予想終点時間において目標指標により近くなるようにすることができる。例えば、基準基板の基準ゾーンを選択し、他のゾーンの全てについての処理パラメータを調整することにより、ゾーンの全てが基準基板の予測時間において終点に到達される。例えば、基準ゾーンは、中央ゾーン148a又は中央ゾーンを直接囲むゾーン148b、いずれかの基板のいずれかのゾーンの最も早い若しくは最も遅い予測終点時間を有するゾーン、又は所望の予測終点を有する基板のゾーンといった、所定のゾーンとすることができる。最も早い時間とは、研磨が同時に終了した場合に最も薄い基板と同等である。同様に、最も遅い時間とは、研磨が同時に終了した場合に最も厚い基板と同等である。例えば、基準基板は、基板の最も早い又は最も遅い予測終点時間をもつゾーンを有する基板など、所定の基板とすることができる。最も早い時間とは、研磨が同時に終了した場合に最も薄いゾーンと同等である。同様に、最も遅い時間とは、研磨が同時に終了した場合に最も厚いゾーンと同等である。

【0060】

調整可能ゾーンの各々に対して、調整可能ゾーンが基準ゾーンと同時に目標指標に到達するように、指標トレースの所望の傾斜を計算することができる。例えば、所望の傾斜SDは $(IT - I) = SD * (TE - T0)$ から計算することができ、ここで、Iは研磨パラメータが変更される時間T0におけるゾーンの指標値（指標値のシーケンスに当てはまるよう線形関数から計算された）であり、ITは目標指標であり、TEは計算された予想終点時間である。図8の例において、第1の基板の第2のゾーンに対して、所望の傾斜SD2は、 $(IT - I2) = SD2 * (TE - T0)$ から計算することができ、第2の基板の第1のゾーンに対して、所望の傾斜SD3は $(IT - I3) = SD3 * (TE - T0)$ から計算することができ、及び第2の基板の第2のゾーンに対して、所望の傾斜SD4は $(IT - I4) = SD4 * (TE - T0)$ から計算することができる。

【0061】

図9を参照すると、幾つかの実装において、基準ゾーンは存在しない。例えば、予想終点時間TE'は、研磨工程前にユーザにより設定される所定時間TE'とすることができる、又は1つ又はそれ以上の基板からの2つ又はそれ以上のゾーン（種々のゾーンに対する線目標指標に投射することにより、計算される）の予想終点時間の平均又は他の組み合わせから計算することができる。この実装において、所望の傾斜は、（予想終点時間TEではなく、予想終点時間TE'を用いて）実質的に上述のように計算されるが、第1の基

10

20

30

40

50

板の第 1 のゾーンに対する所望の傾斜も計算する必要がある、例えば、所望の傾斜 $SD1$ を $(IT - I1) = SD1 * (TE' - T0)$ から計算することができる。

【0062】

図 10 を参照すると、(図 9 に示す実装とも組み合わせることができる) 幾つかの実装において、異なるゾーンに対して異なる目標指標がある。これは、基板上に計画的ではあるが制御可能な非均一な厚さプロファイルの生成を可能にする。目標指標は、例えばコントローラ上の入力装置を用いて、ユーザにより入力することができる。例えば、第 1 の基板の第 1 のゾーンは、第 1 の目標指標 $IT1$ を有し、第 1 の基板の第 2 のゾーンは、第 2 の目標指標 $IT2$ を有し、第 2 の基板の第 1 のゾーンは、第 3 の目標指標 $IT3$ を有し、及び第 2 の基板の第 2 のゾーンは、第 4 の目標指標 $IT4$ を有することができる。

10

【0063】

各調整可能ゾーンに対する所望の傾斜 SD は $(IT - I) = SD * (TE - T0)$ から計算することができ、ここで、 I は研磨パラメータが変更される時間 $T0$ におけるゾーンの指標値 (ゾーンに対する指標値のシーケンスに当てはまるよう線形関数から計算された) であり、 IT は特定のゾーンの目標指標であり、 TE は計算される予想終点時間 (図 8 に関連して上述した基準ゾーンから、又は図 9 に関連して上述した所定の終点時間、又は予想終点時間の組み合わせからのいずれか) である。図 10 の例において、第 1 の基板の第 2 のゾーンに対して、所望の傾斜 $SD2$ は $(IT2 - I2) = SD2 * (TE - T0)$ から計算することができ、第 2 の基板の第 1 のゾーンに対して、所望の傾斜 $SD3$ は $(IT3 - I3) = SD3 * (TE - T0)$ から計算することができ、及び第 2 の基板の第 2 のゾーンに対して、所望の傾斜 $SD4$ は $(IT4 - I4) = SD4 * (TE - T0)$ から計算することができる。

20

【0064】

図 8 - 図 10 に関して上述した上記方法のいずれに対しても、研磨速度は、指標トレースの傾斜を所望の傾斜に近づけるように調整される。研磨速度は、例えば、キャリアヘッドの対応するチャンバにおける圧力を増減することにより調整することができる。研磨速度の変化は、例えば単純プレストニアン・モデル (simple Prestonian model) 等、圧力における変化に直接比例すると仮定することができる。例えば、各基板の各ゾーンについて、ゾーンが、時間 $T0$ の前に圧力 $Pold$ で研磨された場合、時間 $T0$ の後で適用する新しい圧力 $Pnew$ は、 $Pnew = Pold * (SD / S)$ として計算することができ、ここで、 S は時間 $T0$ の前の線の傾斜であり、 SD は所望の傾斜である。

30

【0065】

例えば、圧力 $Pold1$ が第 1 の基板の第 1 のゾーンに適用され、圧力 $Pold2$ が第 1 の基板の第 2 のゾーンに適用され、圧力 $Pold3$ が第 2 の基板の第 1 のゾーンに適用され、及び圧力 $Pold4$ が第 2 の基板の第 2 のゾーンに適用されたと仮定すると、第 1 の基板の第 1 のゾーンに対する新しい圧力 $Pnew1$ は $Pnew1 = Pold1 * (SD1 / S1)$ として計算することができ、第 1 の基板の第 2 のゾーンに対する新しい圧力 $Pnew2$ は $Pnew2 = Pold2 * (SD2 / S2)$ として計算することができ、第 2 の基板の第 1 のゾーンに対する新しい圧力 $Pnew3$ は $Pnew3 = Pold3 * (SD3 / S3)$ として計算することができ、第 2 の基板の第 2 のゾーンに対する新しい圧力 $Pnew4$ は $Pnew4 = Pold4 * (SD4 / S4)$ として計算することができる。

40

【0066】

基板が目標厚さに到達する予測時間を求めるプロセス及び研磨速度の調整は、例えば特定の時間、例えば予想研磨時間の 40% 乃至 60% といった指定された時間、研磨工程中に 1 回だけ実行すること、又は、例えば 30 秒乃至 60 秒ごとなど、研磨工程中複数回実行することができる。研磨工程中のその後の時間において、適切な場合は、速度を再び調整することができる。研磨工程中、研磨速度の変更を、4 回、3 回、2 回又は 1 回だけなど、数回のみ行うことができる。調整は、研磨工程が始まってすぐ、研磨工程の中間又は終わり近くに行うことができる。

50

【 0 0 6 7 】

研磨は、例えば時間 T 0 の後など、研磨速度が調整された後も継続し、光学監視システムは、スペクトルを収集し、各基板の各ゾーンに対する指標値を求め続ける。ひとたび基準ゾーンの指標トレースが（例えば、時間 T 0 の後で指標値のシーケンスに新しい線形関数を当てはめることにより計算され、かつ新しい線形関数が目標指標に到達する時間を求めることにより、計算された）目標指標に到達すると、終点が決定され、両基板についての、研磨作業が停止する。終点を決定するために使用される基準ゾーンは、予想終点時間を計算するために上述のように用いられた同一の基準ゾーン又は異なるゾーンとすることができる（又は、図 8 を参照して説明されたようにゾーンの全てが調整された場合、基準ゾーンは、終点決定のために選択することができる）。

10

【 0 0 6 8 】

例えば銅の研磨などの幾つかの実装において、基板に対する終点を検出した後、基板は、例えば銅の残留物を除去するために、基板に、直ちに過剰研磨工程が施される。過剰研磨工程は、例えば 1 乃至 1 . 5 p s i など、基板の全てのゾーンについて均一な圧力で行うことができる。過剰研磨工程は、例えば 1 0 乃至 1 5 秒など、予め設定された時間、行うことができる。

【 0 0 6 9 】

幾つかの実装において、基板の研磨は同時に終了しない。こうした実装において、終点決定のために、各基板に対して 1 つの基準ゾーンがあり得る。ひとたび特定の基板の基準ゾーンの指標トレースが目標指標（例えば、T 0 が目標指標に達した後で線形関数が指標値のシーケンスに適合する時間により計算されたような）に到達すると、特定の基板に対して終点が決定され、特定の基板の全てのゾーンに対する圧力の適用は同時に停止される。しかしながら、1 つ又はそれ以上の他の基板の研磨は継続し得る。残りの基板の全てに対して終点が決定された後（又は、全ての基板に対する過剰研磨が完了した後）に初めて、残りの基板の基準ゾーンに基づいて、研磨パッドの洗浄が開始される。さらに、キャリアヘッドの全ては、研磨パッドから基板を同時に持ち上げることができる。

20

【 0 0 7 0 】

幾つかの実装において、複数のライブラリ（例えば、ライブラリ 3 1 0 ）を各ゾーンに対して用いることができる。研磨速度及び研磨工程が非線形である場合、複数のライブラリは、例えば、基板の縁部における若しくは縁部の近くにおける研磨の監視のために特に適している。各ゾーンについて用いられるライブラリは、例えば、特定のライブラリを用いた類似のゾーンの研磨の満足のいく結果の知見に基づいて、ユーザにより選択することができる。従って、ユーザは、1 つのゾーンに対して 1 つのライブラリのサブセット、別のゾーンに対して第 2 のライブラリのサブセット等を選択することができる。各ライブラリからの基準スペクトルは、研磨中に測定されたスペクトルの照合に用いることができ、各基準スペクトルは、上述のような関連した指標値を有することができる。

30

【 0 0 7 1 】

図 1 1 は、異なるゾーンに対して用いられる基準ライブラリの選択のためのユーザ・インターフェース 1 1 0 0 の例を示す。ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 は、研磨装置 1 0 0 とインタフェース接続するコンピュータ・ソフトウェアと共に含ませることができる。一例として、ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 のユーザ（例えば、研磨装置 1 0 0 を制御する人）は、各ゾーンに対して、例えば図 5 を参照して上述したようなライブラリ 3 1 0 などの、複数のライブラリを選択することができる。選択したライブラリに基づいて、例えば、研磨装置 1 0 0 は、研磨工程中の各種ゾーンに対する研磨圧力及び時間を動的に調整することができる。異なるライブラリを選択することにより、例えば、研磨装置 1 0 0 は、ウェーハの縁部において他の場合には典型的な非線形の結果を補償することができる。例えば、ウェーハの縁部に沿って、単一の基準ゾーンを用いたロバスト線形フィッティング（図 7 に関連して説明された）と関連した工程は、十分な結果をもたらすことができない。ウェーハの縁部において特定のライブラリを選択することにより、例えば、研磨工程は類似の縁部特性と関連したライブラリを使用することにより、研磨工程を改善す

40

50

ることができる。

【 0 0 7 2 】

ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 を用いて選択された複数のライブラリは、各研磨ヘッドが、そのゾーンにおける研磨挙動を最もよく説明するそれぞれのライブラリ・スペクトルの組を用いることを可能にする。従って、各ゾーンに対する最も良く合致するライブラリ指標に対するロバスト線形フィッティングは、指標に対するより良い適合度を有することができる。各ゾーンはそれぞれの目標指標を有することができ、コントローラ 1 9 0 は、終点において各ゾーンの目標指標を達成するように圧力を動的に調整することができる。この概念は、ウェーハの領域に特有の上流のウェーハ処理の結果もたらされる基礎をなすばらつきを取り扱うように拡張することができる。ゾーン又はウェーハの領域ごとに異なる基準スペクトルの組を割り当てることにより、各ゾーンに対するロバスト線形フィッティングの精度を改善することができる。

10

【 0 0 7 3 】

ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 は、ユーザが複数のライブラリを選択することを可能にする、例えばドロップダウン・メニュー又は閲覧ウィンドウなどの、初期ライブラリ選択制御を含むことができる。

【 0 0 7 4 】

ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 は、各ゾーンについて使用される 1 つ又はそれ以上のライブラリ（初期ライブラリ選択ダイアログで事前に識別された複数のライブラリからの）を独立して選択するために使用することができるライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 を含む。一例として、ライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 は、ゾーンに対してライブラリを関連付け、フリーズさせるために使用することができるゾーン・ライブラリ関連付け制御 1 1 0 4 を選択した後で現れるポップアップ・ウィンドウとすることができる。ゾーン・ライブラリ関連付け制御 1 1 0 4 は、ユーザがアクセスすることができ、かつ、例えば、研磨工程の他の態様のためのユーザ制御を提供する、種々の他の制御 1 1 0 6（例えば、ボタン、フィールド、チェック・ボックス等）と共に含ませることができる。任意の所与の時間において、ゾーン・ライブラリ・サマリ 1 1 0 8 は、ライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 が表示されない時間など、ライブラリ選択スクリーン 1 1 0 2 により現在定義される情報のサマリを提供することができる。幾つかの実装において、表示されるゾーンの数、ゾーン・ライブラリ・サマリ 1 1 0 8 に対して割り当てられた表示領域を超える場合など、スクロール可能リスト（例えば、スクロール・バーが含まれている）において、ゾーン・ライブラリ・サマリ 1 1 0 8 を提供することができる。

20

30

【 0 0 7 5 】

ライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 は、ライブラリを特定の番号が付けられたゾーンに割り当てるためのライブラリ選択領域 1 1 1 0 とゾーン及びオプションがどのように使用されるかを指定するためのオプション領域 1 1 1 2 とを含む、2つのメイン領域を含むことができる。図 1 1 に示すように、ライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 は、ゾーン特有のライブラリ・チェック・ボックス 1 1 1 4、全/無（all / none）の制御 1 1 1 6、フリーズ・チェック・ボックス 1 1 1 8 及び百分率フィールド 1 1 2 0 を含む。ユーザは、各ライブラリ番号の隣にあるチェック・ボックスにチェックする（又はチェックを外す）ことにより、個々のライブラリ（例えばライブラリ 1、2 及び / 又は 3）を選択（又は選択解除）することができる。

40

【 0 0 7 6 】

例えば、ゾーン Z 1 に対する第 1 の行 1 1 2 1 a は、ライブラリ 1 及び 2 が選択されたことを示す一方、ゾーン Z 4 に対するハイライトされた行 1 1 2 1 b は、3つのライブラリ 1 0 3 が全て選択されたことを示す。これら及び他の選択は、強調表示されたゾーン Z 4 に対する情報も示すゾーン・ライブラリ・サマリ 1 1 0 8 に要約される。幾つかの実装において、ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 は、ユーザが現在操作している行（例えば行 1 1 2 1 a、1 1 2 1 b 等）を強調表示することができる。示されるように、どの行（例えば行 1 1 2 1 a、1 1 2 1 b 等）も、フリーズ・チェック・ボックス 1 1 1 8 にチェ

50

ックされていない。行 1 1 2 1 c は、研磨工程において現在制御されていないゾーン Z 6 を識別する。幾つかの実装において、制御されていないゾーン名（例えば Z 6）を選択又はクリックすることにより、ゾーンに対する制御 1 1 1 4 乃至 1 1 2 0 がイネーブルにされ、ユーザがゾーンに対して用いるためにライブラリを選択し、他の選択を行うことを可能にする。

【 0 0 7 7 】

幾つかの実装において、上述のように、図 1 1 には示されないドロップダウン・メニュー、閲覧ダイアログ又は他の制御を用いて、各ゾーンについての選択可能な候補ライブラリとして表示されたライブラリを制御することができる。例えば、こうした制御を用いて、ユーザは、ゾーン特有のライブラリ・チェック・ボックス 1 1 1 4 に現在現れていないライブラリ 4 及び / 又は他のライブラリを付加することができる。

10

【 0 0 7 8 】

幾つかの実装において、図 1 1 に示されない他の制御により、ユーザは各ライブラリについての情報を定義又は表示することができる。例えば、ユーザは、ライブラリの特徴についての注記を書き、特定のゾーンに対して使用可能なものとしてどのライブラリを割り当てるかを決定するときなどに、そのライブラリに関する情報を後で引き出すことができる。

【 0 0 7 9 】

全 / 無のボタン 1 1 1 6 は、ユーザに、ライブラリ・チェック・ボックスの全てをチェックするか（例えば「全」ボタンを用いて）又はチェック・ボックスの全てを選択しないか（例えば「無」ボタンを用いて）のいずれかのための迅速な方法を提供する。例えば、行 1 1 2 1 b のゾーン Z 4 に関するチェック・ボックスのチェックの状況は、ユーザがその行の「全」ボタンを選択した結果とすることができる。

20

【 0 0 8 0 】

フリーズ・チェック・ボックス 1 1 1 8 は、ユーザが、最良の適合を与えるライブラリの自動選択のタイミングを制御することを可能にする。特定的には、研磨中、経過時間が指定された百分率以内である場合（例えば、各百分率フィールド 1 1 2 0 において指定されるように）、最良の適合度を有する線形関数を与えるライブラリが選択され、研磨工程の残りに対して使用される。特定のゾーンに対してフリーズ・チェック・ボックス 1 1 1 8 が選択されない場合、百分率フィールド 1 1 2 0 は、グレイアウトされるか又は他の方法でディisableされる。

30

目標ゾーン・チェック・ボックス 1 1 2 2 により、システムは、調整可能ゾーンの全てに対する基準ゾーンのための最良のライブラリを使用する。

【 0 0 8 1 】

チェック・ボックスの作成 1 1 2 4 は、各特定のゾーンに対して使用するための最良のライブラリを決定する際にオペレータを支援するツールとして用いることができる。幾つかの実装において、ユーザ・インターフェース 1 1 0 0 は、研磨工程がリアルタイムで進行するにつれて、最良のライブラリから生成された指標値及び線形関数を示す表示（図 1 1 には示されない）を含むことができる。しかしながら、チェック・ボックス 1 1 2 4 がチェックされると、所与のゾーンに対して選択された各基準ライブラリについての指標値及び線形関数を示す表示が生成される。これにより、所与のゾーンに対してうまく機能しないライブラリもユーザのオプションで表示することが可能になる。ユーザは、このタイプの最良 / 最悪ライブラリ情報を用いて、例えば、個々のゾーン特有のライブラリ・チェック・ボックス 1 1 1 4 をチェックする際、どのライブラリを使用するか（又は、回避するか）を決定することができる。

40

【 0 0 8 2 】

制御 1 1 2 6 は、ここでは OK ボタン及びキャンセル・ボタンを含むものとして示され、ユーザが、ライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 上で行ったユーザ入力又は変更を実行又は廃棄することを可能にする。一例として、OK ボタンを選択する（例えば、クリックする）ことにより、ユーザがライブラリ選択領域 1 1 1 0 で行った任意の入力及びオブショ

50

ン領域 1 1 1 2 で行った任意のオプション選択を適用することができる。これと比較して、キャンセル・ボタンを選択することにより、ユーザはライブラリ選択ウィンドウ 1 1 0 2 を終了することが可能になる。

【 0 0 8 3 】

ゾーンの各々に対してユーザにより選択された複数のライブラリを用いて、研磨装置 1 0 0 は、研磨工程中、基板の第 1 のゾーンからの第 1 のスペクトルのシーケンスを測定することができる。基板の第 1 のゾーンからの第 1 のスペクトルのシーケンスにおける各測定されたスペクトル、及び、第 1 のゾーンに関連した各ライブラリに対して、研磨装置 1 0 0 は、最も良く合致する基準スペクトルを決定することができる。ゾーンの各ライブラリからの最も良く合致する基準スペクトルの各々に対して、研磨装置 1 0 0 は、研磨工程中に用いるための指標値のシーケンスを決定することができる。この工程は、各ゾーンに対して定められた複数のライブラリを用いて、残りのゾーンについて繰り返すことができる。

10

【 0 0 8 4 】

例えば、特定のゾーン及び基板に対して関心のあるライブラリの各々について 1 つの指標トレースなど、特定のゾーン及び基板に対して複数の指標トレースが生成される場合、特定のゾーン及び基板に対する終点又は圧力制御アルゴリズムにおいて使用するために、指標トレースのうちの 1 つを選択することができる。例えば、同一のゾーン及び基板に対して生成された指標トレースの各々について、コントローラ 1 9 0 は、その指標トレースの指標値に対して線形関数を当てはめて、その線形関数の指標値のシーケンスに対する適合度を求めることができる。その指標値に対して最も良い適合度をもつ線を有する生成された指標トレースを、特定のゾーン及び基板に対する指標トレースとして選択することができる。例えば、調整可能ゾーンの研磨速度をどのように調整するかを決定する際に、例えば時間 T 0 において、最良の適合度を持つ線形関数を計算において用いることができる。別の例として、最良の適合度を持つ線に対する計算された指標値（指標値のシーケンスに当てはめられた線形関数から計算された）が、目標指標に合致する若しくはこれを超えたとき、終点とすることができる。また、線形関数から指標値を計算するよりも、むしろ指標値自体を目標指標と比較して、終点を判断することができる。

20

【 0 0 8 5 】

スペクトル・ライブラリと関連した指標トレースがライブラリと関連した線形関数に最良の適合度を有するかどうかを判断することは、関連したスペクトル・ライブラリの指標トレースが、関連したロバスト線と別のライブラリと関連した指標トレースとの差と比較して、例えば最小標準偏差、最大相関又は他の差異の尺度など、相対的に、関連したロバスト線からの差が最小であるかどうかを判断することを含む。1 つの実装において、適合度は、指標データポイントと線形関数との間の二乗差の和を計算することにより求められ、二乗差の和が最小のライブラリが最良の適合度を有する。

30

【 0 0 8 6 】

図 1 2 を参照すると、サマリの流れ図 6 0 0 が示される。上述のように、同一の研磨パッドにより研磨装置において複数の基板の複数のゾーンが同時に研磨される（ステップ 6 0 2 ）。この研磨作業中、各基板の各ゾーンは、例えば特定のゾーンの上のキャリアヘッドのチャンバにより適用される圧力など、独立に変化する研磨パラメータにより、他の基板とは独立して制御可能な研磨速度を有する。研磨作業中、基板は、上述のように、例えば各基板の各ゾーンから取得された測定されたスペクトルを用いて監視される（ステップ 6 0 4 ）。最良の適合の基準スペクトルを判断する（ステップ 6 0 6 ）。最良の適合である各基準スペクトルに対する指標値を求めて、指標値のシーケンスを生成する（ステップ 6 1 0 ）。各基板の各ゾーンに対して、線形関数を指標値のシーケンスに当てはめられる（ステップ 6 1 0 ）。1 つの実装において、例えば線形関数の線形補間により、基準ゾーンに対する線形関数が目標指標値に到達する予定終点時間を判断する（ステップ 6 1 2 ）。他の実装において、予想終点時間は、複数のゾーンの予想終点時間の組み合わせとして予め定める又は計算される。必要に応じて、その基板の研磨速度を調整するように、他の

40

50

基板の他のゾーンに対する研磨パラメータを調整して、複数の基板の複数のゾーンがほぼ同時に目標厚さに到達するか、又は、複数の基板の複数のゾーンが目標時間においてほぼ同じ厚さ（又は目標厚さ）を有するようにする（ステップ614）。研磨は、パラメータを調整した後も継続し、各基板の各ゾーンに対して、スペクトルを測定し、ライブラリから最も良く合致する基準スペクトルを決定し、最も良く合致するスペクトルについての指標値を求めて、研磨パラメータを調整した後の時間についての指標値の新しいシーケンスを生成し、線形関数を指標値に当てはめる（ステップ616）。研磨は、ひとたび基準ゾーンに対する指標値（例えば、指標値の新しいシーケンスに当てはめられた線形関数から生成された計算された指標値）が目標指標に到達すると、研磨を停止することができる（ステップ630）。

10

【0087】

基板の縁部に沿ったゾーンの研磨は、上述のような工程を用いることができる（例えばステップ602乃至ステップ616）。さらに、縁部に沿った研磨は、ライブラリの定義及び特定のゾーンへのライブラリの割り当てを含むことができる（ステップ632）。例えば、ライブラリ（例えばライブラリ310）を定めることができる。さらに、ライブラリは、例えば、ユーザ・インターフェース1100を用いて1つ又はそれ以上のライブラリ（例えば、ライブラリ1、2、3等）を特定のゾーン（例えば、ゾーンZ1、Z2等）に割り当てるなど、各ゾーンに対して割り当てることができる。各ゾーンに割り当てられたライブラリを用いて、縁部に沿った研磨が行われる（ステップ634）。ゾーンの指標値が目標指標に到達したときなど、ステップ630完了として研磨を停止することができる（ステップ636）。幾つかの実装において、ステップ632乃至ステップ636は、ステップ602乃至ステップ630と平行して、又は研磨装置100により実行可能な任意の順序で実行することができる。

20

【0088】

上述の技術は、渦電流システムを用いた金属層の監視にも適用可能である。この場合、スペクトルの合致を行うのではなく、渦電流システムにより、層厚（又は、それを表す値）を直接測定し、層厚は、計算のための指標値の代わりに用いられる。

【0089】

終点の調整に用いられる方法は、実施される研磨のタイプに基づいて異なり得る。銅バルクの研磨に対しては、単一の渦電流監視システムを用いることができる。単一プラテン上に複数のウェーハを有する銅洗浄CMPに対しては、基板の全てが同時に第1のブレードスルーに到達するように、単一の渦電流監視システムを最初に用いることができる。次に、渦電流監視システムをレーザ監視システムに切り替えて、ウェーハを洗浄及び過剰研磨することができる。単一のプラテン上に複数のウェーハを有するバリア及び誘電体CMPに対しては、光学監視システムを用いることができる。

30

【0090】

コントローラ190は、中央演算処理装置（CPU）192、メモリ194、及び例えば、入力/出力回路、電源、時計回路、キャッシュ及び他の類似のもの等のサポート回路196を含むことができる。光学監視システム160（及び、いずれかの他の終点検知システム180）から信号を受信することに加えて、コントローラ190は、研磨装置100に接続して、様々なプラテン及びキャリアヘッドの回転速度及びキャリアヘッドにより適用される圧力等、研磨パラメータを制御することができる。メモリはCPU192に接続される。メモリ、又はコンピュータ可読媒体は、ランダム・アクセス・メモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、フロッピー（登録商標）・ディスク、ハードディスク又は他のデジタル記憶装置の形態のような1つ又はそれ以上の容易に利用可能なメモリとすることができる。さらに、単一のコンピュータとして示されているが、コントローラ190は、例えば複数の独立に動作するプロセッサ及びメモリを含む等、分散システムとすることもできる。

40

【0091】

本明細書に記載される本発明の実施形態及び機能操作の全ては、デジタル電子回路、又

50

はコンピュータ・ソフトウェア、ファームウェア、又は本明細書に開示された構造的手段及びその構造的同等物、若しくはそれらの組み合わせを含む、ハードウェアにおいて実装することができる。本発明の実施形態は、例えば、プログラム可能プロセッサ、コンピュータ、又は複数のプロセッサ若しくはコンピュータ等のデータ処理装置によって、又はその動作を制御するために、1つ又はそれ以上のコンピュータ・プログラム製品、すなわち機械可読格納媒体に有形に具体化された1つ又はそれ以上のコンピュータ・プログラムとして実装することができる。コンピュータ・プログラム（プログラム、ソフトウェア、ソフトウェア・アプリケーションとしても知られる）は、コンパイルされた又は翻訳された言語を含む、いずれかの形態のプログラミング言語で書くことができ、かつ、スタンドアローン・プログラム、又は、モジュール、コンポーネント、サブルーチン、又はコンピュータ環境において用いるのに適した他のユニットとして、任意の形態で展開することができる。コンピュータ・プログラムは、必ずしもファイルに対応しない。プログラムは、他のプログラム又はデータを保持するファイルの一部、当該プログラム専用の単一のファイル、又は複数の協調したファイル（例えば、1つ又はそれ以上のモジュール、サブプログラム、又はコードの部分）内に格納することができる。コンピュータ・プログラムは、1つのサイトにおいて1つのコンピュータ又は複数のコンピュータ上で実行されるように、又は複数のサイトにわたって分散させ、通信ネットワークにより相互接続されるように展開することができる。

10

【0092】

本明細で説明される工程及び論理の流れは、入力データ上で動作しかつ出力を生成することにより機能を実行するように、1つ又はそれ以上のコンピュータ・プログラムを実行する1つ又はそれ以上のプログラム可能プロセッサにより実施することができる。工程及び論理の流れは、例えばFPGA（フィールド・プログラム可能ゲートアレイ）又はASIC（特定用途向け集積回路）等の特定用途論理回路によって実行することができ、装置は、例えばFPGA（フィールド・プログラム可能ゲートアレイ）又はASIC（特定用途向け集積回路）等の特定用途論理回路として実装することもできる。

20

【0093】

上述の研磨装置及び方法は、種々の研磨システムに適用することができる。研磨パッド又はキャリアヘッドのいずれか、若しくは両方が、研磨表面と基板との間の相対運動をもたらすように動くことができる。例えば、プラテンは、回転ではなく、軌道運動することができる。研磨パッドは、プラテンに固定された円形（又は、何らかの他の形状）とすることができる。終点検知システムの幾つかの態様は、例えば研磨パッドが線形に運動する連続的な又はリール間ベルトである、線形研磨システムに適用可能である。研磨層は、標準的な（例えば、フィラー付き又は無しのポリウレタン）研磨材料、軟質材料又は固定研磨材とすることができる。相対位置の用語が用いられるが、研磨表面と基板は、垂直方向の配向又は幾つかの他の配向に保持できることを理解すべきである。

30

【0094】

本発明の特定の実施形態について説明した。他の実施形態も、以下の特許請求の範囲の範囲内にある。

【符号の説明】

40

【0095】

100：研磨装置

100：研磨装置

108：ウィンドウ

10a、10b：基板

110：研磨パッド

112：外側研磨層

114：裏打ち層

118：固体ウィンドウ

120：プラテン

50

1 2 1 : モーター	
1 2 4 : 駆動軸	
1 2 5 : 軸	
1 2 8 : 凹部	
1 2 9 : 回転連結器	
1 3 0 : 組み合わせたスラリー / リンス・アーム	
1 3 2 : 研磨液	
1 4 0 : キャリアヘッド	
1 4 2 : 保持リング	
1 4 4 : 可撓性膜	10
1 4 5 a - 1 4 6 c : チャンバ	
1 4 8 a - 1 4 8 c : ゾーン	
1 5 0 : 支持構造体	
1 5 2 : 駆動軸	
1 5 4 : キャリアヘッド回転モーター	
1 5 5 : 軸	
1 6 0 : その場 (光学) 監視システム	
1 6 2 : 光源	
1 6 4 : 光検出器	
1 6 6 : 回路	20
1 6 8 : 光学ヘッド	
1 7 0 : 二股光ファイバ	
1 7 2 : 幹線	
1 7 4 、 1 7 6 : 枝線	
1 9 0 : 遠隔コントローラ	
2 1 0 : シーケンス	
2 1 0 : 指標トレース	
2 1 2 : 指標値	
2 2 2 、 2 3 2 、 2 4 2 、 3 3 0 : 指標値	
3 0 0 : スペクトル	30
3 1 0 : ライブラリ	
3 2 0 : 基準スペクトル	
3 4 0 : 記録	
3 5 0 : データベース	
1 1 0 0 : ユーザ・インターフェース	
1 1 0 2 : ライブラリ選択ウィンドウ	
1 1 0 4 : ゾーン・ライブラリ関連付け制御	
1 1 0 6 : 制御	
1 1 0 8 : ゾーン・ライブラリ・サマリ	
1 1 1 0 : ライブラリ選択領域	40
1 1 1 2 : オプション領域	
1 1 1 4 : ゾーン特有ライブラリ・チェック・ボックス	
1 1 1 6 : 全 / 無の制御	
1 1 1 8 : フリーズ・チェック・ボックス	
1 1 2 0 : 百分率フィールド	
1 1 2 1 a 、 1 1 2 1 b : 行	

【図 1】

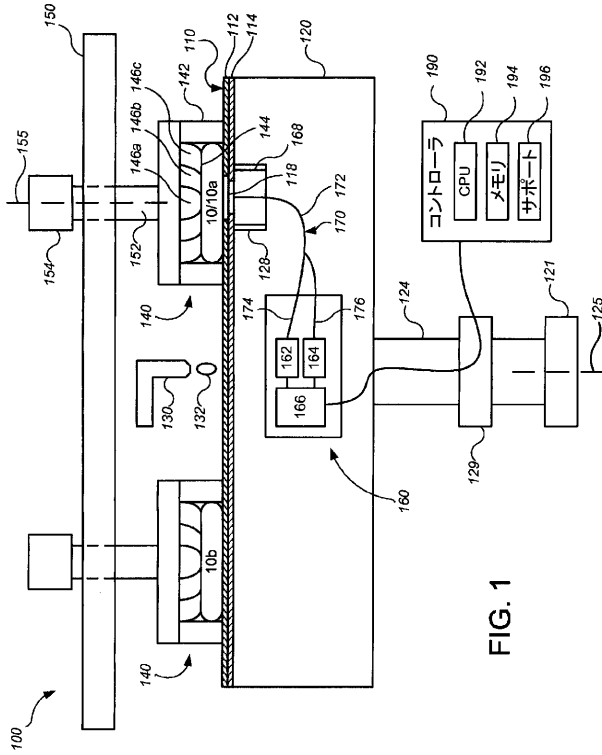


FIG. 1

【図 2】

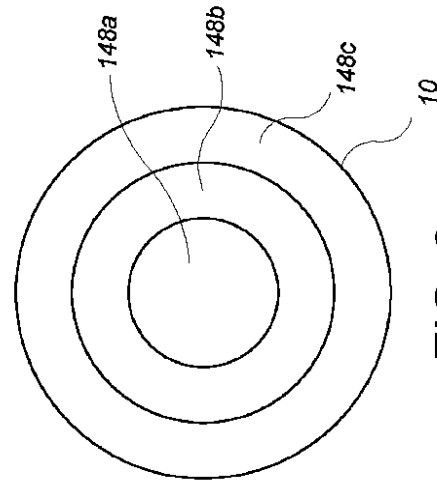


FIG. 2

【図 3 A】

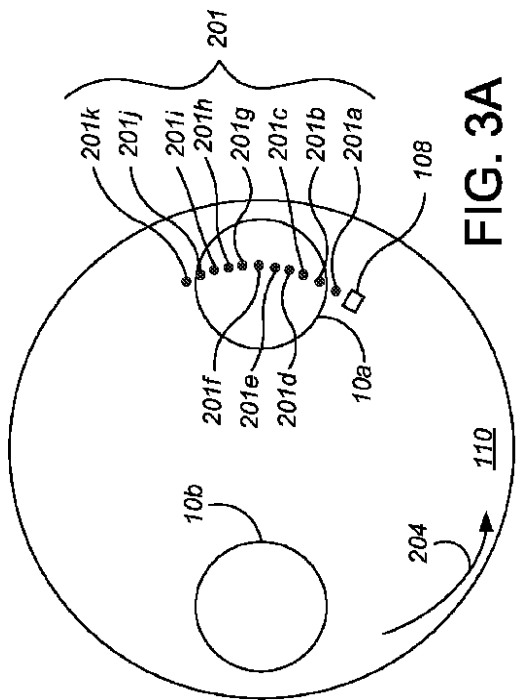


FIG. 3A

【図 3 B】

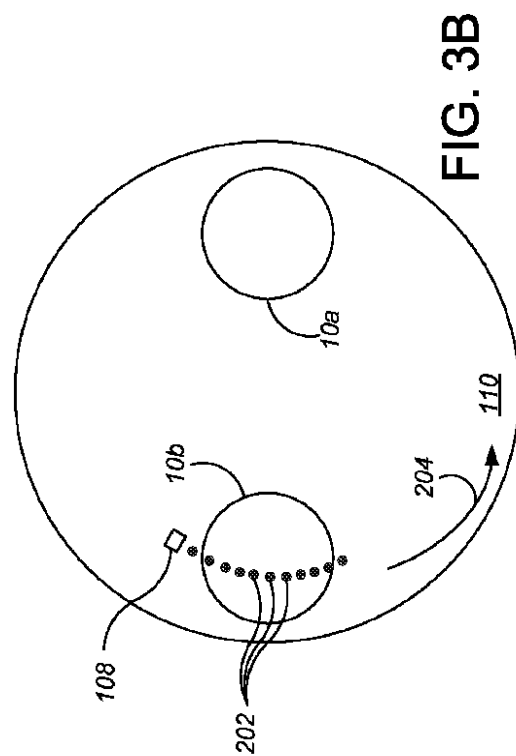


FIG. 3B

【図 4】

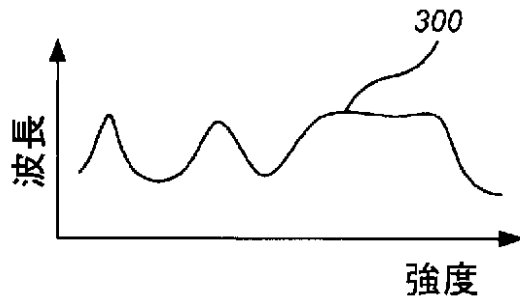
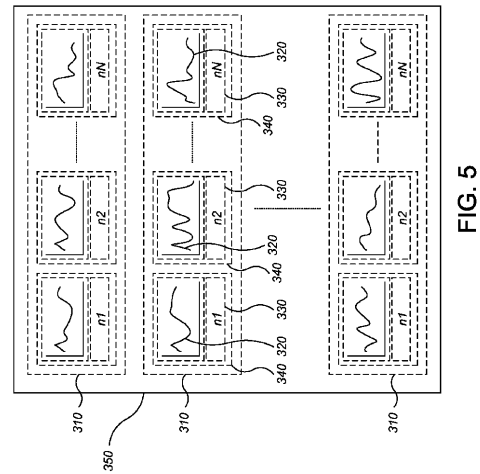


FIG. 4

【図 5】



【図 6】

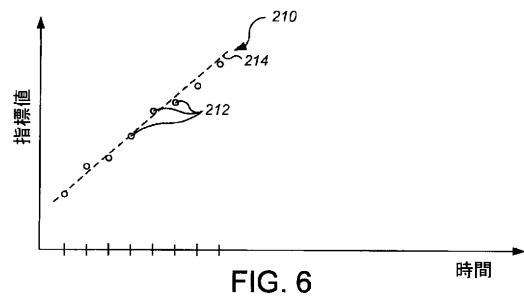


FIG. 6

【図 7】

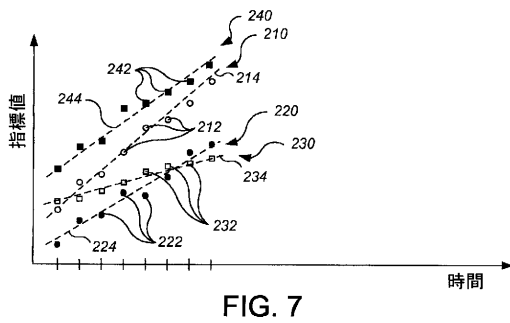


FIG. 7

【図 8】

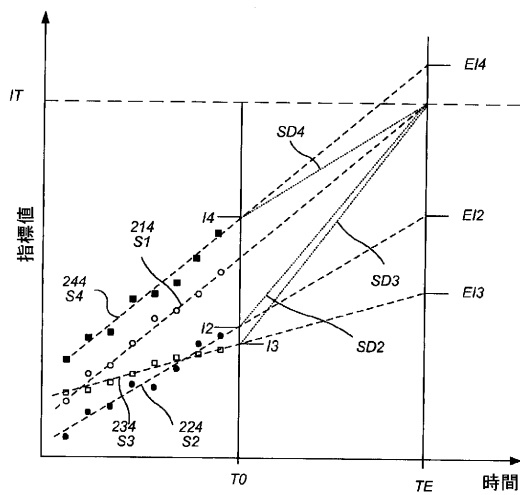


FIG. 8

【図 9】

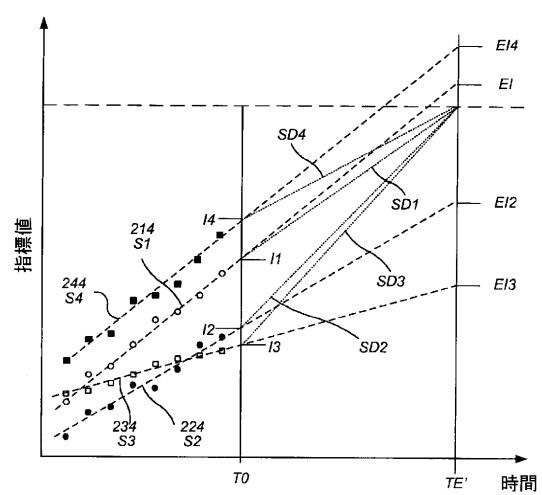


FIG. 9

【 ㊦ 1 1 】

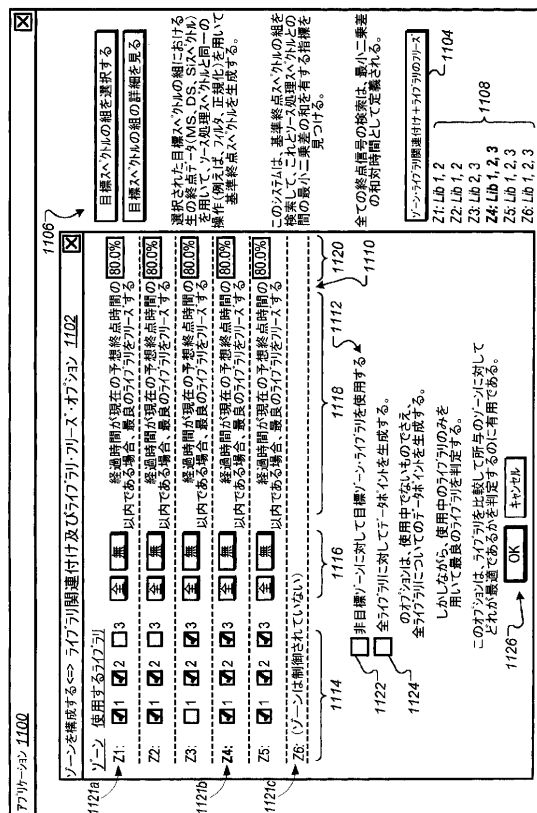
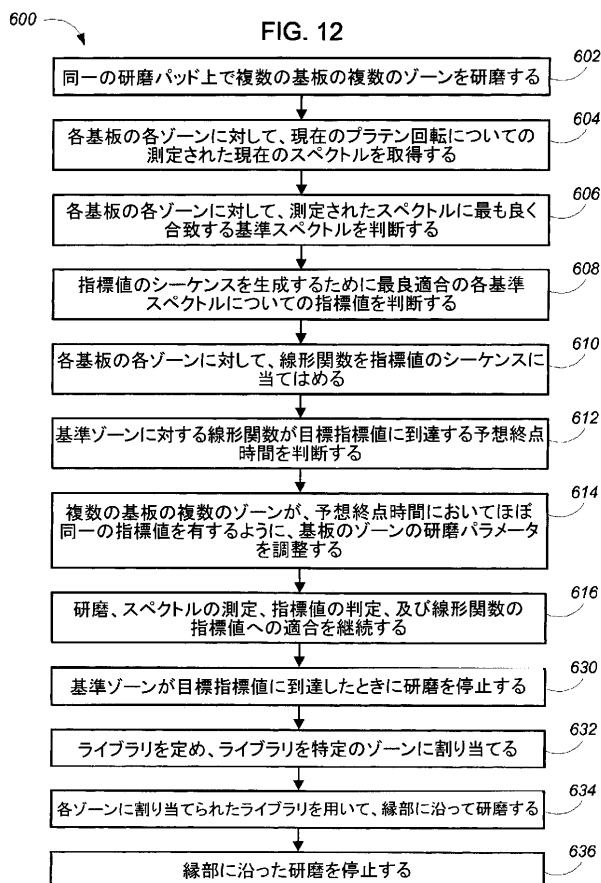




FIG. 11

FIG. 12



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2011/045096
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 21/304(2006.01)i, H01L 21/66(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/304; G06F 15/00; B24B 49/02; B24B 49/12; G01B 11/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: library, reference, spectra, match, index, zone		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2007-0224915 A1 (JEFFREY DAVID et al.) 27 September 2007 See abstract; paragraphs [0006], [0117]-[0122]	1, 15
A	claim 1; fig.13-14	2-14
Y	US 2010-0130100 A1 (DAVID JEFFREY DRUE et al.) 27 May 2010 See abstract; paragraphs [0097]-[0100]	1, 15
A	claims 12, 13; fig.4	2-14
A	US 2010-0103422 A1 (DAVID JEFFREY DRUE et al.) 29 April 2010 See abstract; paragraphs [0049]-[0057] claim 1; fig.4-6	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 26 MARCH 2012 (26.03.2012)		Date of mailing of the international search report 27 MARCH 2012 (27.03.2012)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer Park, Sungho Telephone No. 82-42-481-5724 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2011/045096

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007-0224915 A1	27.09.2007	CN 101242931 A	13.08.2008
		CN 101391397 A	25.03.2009
		JP 2009-505847 A	12.02.2009
		KR 10-2008-0042895 A	15.05.2008
		KR 10-2011-0090965 A	10.08.2011
		TW 201022870 A	16.06.2010
		TW 201103085 A	16.01.2011
		US 2007-0039925 A1	22.02.2007
		US 2007-0042675 A1	22.02.2007
		US 2007-0042680 A1	22.02.2007
		US 2007-0042681 A1	22.02.2007
		US 2007-0218812 A1	20.09.2007
		US 2008-0009227 A1	10.01.2008
		US 2008-0102734 A1	01.05.2008
		US 2009-0017726 A1	15.01.2009
		US 2009-0036026 A1	05.02.2009
		US 2010-0035519 A1	11.02.2010
		US 2010-0075582 A1	25.03.2010
		US 2010-0103422 A1	29.04.2010
		US 2010-0105288 A1	29.04.2010
		US 2010-0217430 A1	26.08.2010
		US 2010-0284007 A1	11.11.2010
		US 7226339 B2	05.06.2007
		US 7306507 B2	11.12.2007
		US 7406394 B2	29.07.2008
		US 7409260 B2	05.08.2008
		US 7614933 B2	10.11.2009
		US 7614936 B2	10.11.2009
		US 7651385 B2	26.01.2010
		US 7657342 B2	02.02.2010
		US 7764377 B2	27.07.2010
		US 7774086 B2	10.08.2010
		US 7931522 B2	26.04.2011
		US 7938714 B2	10.05.2011
		US 8088298 B2	03.01.2012
		WO 2007-024807 A2	01.03.2007
		WO 2007-024807 A3	01.03.2007
		WO 2007-024807 A9	01.03.2007
		WO 2010-062497 A2	03.06.2010
		WO 2010-062497 A3	03.06.2010
US 2010-0130100 A1	27.05.2010	KR 10-2011-0102376 A	16.09.2011
		US 2010-0129939 A1	27.05.2010
		US 2010-0297916 A1	25.11.2010
		US 8039097 B2	18.10.2011
		WO 2010-062910 A2	03.06.2010
		WO 2010-062910 A3	12.08.2010
		WO 2010-062910 A3	03.06.2010

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2011/045096

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010-0103422 A1	29.04.2010	CN 101242931 A	13.08.2008
		CN 101391397 A	25.03.2009
		JP 2009-505847 A	12.02.2009
		KR 10-2008-0042895 A	15.05.2008
		KR 10-2011-0090965 A	10.08.2011
		TW 201022870 A	16.06.2010
		TW 201103085 A	16.01.2011
		US 2007-0039925 A1	22.02.2007
		US 2007-0042675 A1	22.02.2007
		US 2007-0042680 A1	22.02.2007
		US 2007-0042681 A1	22.02.2007
		US 2007-0218812 A1	20.09.2007
		US 2007-0224915 A1	27.09.2007
		US 2008-0009227 A1	10.01.2008
		US 2008-0102734 A1	01.05.2008
		US 2009-0017726 A1	15.01.2009
		US 2009-0036026 A1	05.02.2009
		US 2010-0035519 A1	11.02.2010
		US 2010-0075582 A1	25.03.2010
		US 2010-0105288 A1	29.04.2010
		US 2010-0217430 A1	26.08.2010
		US 2010-0284007 A1	11.11.2010
		US 7226339 B2	05.06.2007
		US 7306507 B2	11.12.2007
		US 7406394 B2	29.07.2008
		US 7409260 B2	05.08.2008
		US 7614933 B2	10.11.2009
		US 7614936 B2	10.11.2009
		US 7651385 B2	26.01.2010
		US 7657342 B2	02.02.2010
		US 7764377 B2	27.07.2010
		US 7774086 B2	10.08.2010
		US 7931522 B2	26.04.2011
		US 7938714 B2	10.05.2011
		US 8088298 B2	03.01.2012
		WO 2007-024807 A2	01.03.2007
		WO 2007-024807 A3	01.03.2007
		WO 2007-024807 A9	01.03.2007
		WO 2010-062497 A2	03.06.2010
		WO 2010-062497 A3	03.06.2010

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 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, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74)代理人 100086771

弁理士 西島 孝喜

(74)代理人 100109070

弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(72)発明者 チェン ジュン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 7 サニーヴェール ダブリン ウェイ 5 7 5

(72)発明者 スヴェデク ボグスワフ エイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 1 4 クパチーノ エル ブラド ウェイ 1 0 3 1
5 エイ

(72)発明者 リー ハリー キュー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 4 ロス アルトス ベン ロー ドライヴ 1 5
0 1

(72)発明者 ディヴィッド ジェフリー ドルー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 5 サン ホセ マーケス アヴェニュー 2 2 0
8

(72)発明者 ダンダパニ シヴァクマール

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 6 サン ホセ ホワイト チャペル アヴェニュー
ー 4 9 4

(72)発明者 オスターヘルド トーマス エイチ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 4 0 マウンテン ビュー バーバラ アヴェニュー
1 1 9 5

Fターム(参考) 3C058 AA07 BA09 BB02 BC02 CA05 CB01 CB03 DA12 DA17

5F057 AA20 BA11 DA03 GA12 GA16 GB02 GB20