

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6292819号  
(P6292819)

(45) 発行日 平成30年3月14日(2018.3.14)

(24) 登録日 平成30年2月23日(2018.2.23)

(51) Int.Cl.

F I

**H O 1 L 21/304 (2006.01)**  
**B 2 4 B 37/013 (2012.01)**H O 1 L 21/304 6 2 2 S  
B 2 4 B 37/013

請求項の数 20 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2013-218739 (P2013-218739)  
 (22) 出願日 平成25年10月21日(2013.10.21)  
 (65) 公開番号 特開2014-86733 (P2014-86733A)  
 (43) 公開日 平成26年5月12日(2014.5.12)  
 審査請求日 平成28年10月21日(2016.10.21)  
 (31) 優先権主張番号 13/658,737  
 (32) 優先日 平成24年10月23日(2012.10.23)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 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 パウアーズ ア  
 ベニュー 3050  
 (74) 代理人 100109726  
 弁理士 園田 吉隆  
 (74) 代理人 100101199  
 弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 選択的スペクトルモニタリングを使用した終点決定

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

研磨を制御する方法であって、

基板を研磨すること、

研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムを使用して前記基板をモニタリングして、一連の測定スペクトルを生成すること、

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、一連の選択されたスペクトルを生成すること

を含み、前記選択は、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかどうかを決定すること、

前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定スペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること

のうちの少なくとも1つに基づき、前記方法がさらに、

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成すること、および

前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定すること

を含み、

10

20

前記選択は、前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定することを含み、  
前記特徴が、特定の波長範囲内のピーク、谷または変曲点、あるレベルよりも上の大き  
さを持ったピーク、あるレベルよりも下の大きさを持った谷、ある特定の範囲内のある波  
長距離だけ分離されたピーク、またはある特定の範囲内のある波長距離だけ分離された谷  
を含む、方法。

【請求項 2】

研磨を制御する方法であって、  
基板を研磨すること、  
研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムを使用して前記基板をモニタリングして、一  
連の測定スペクトルを生成すること、

10

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、一連の選択されたス  
ペクトルを生成すること  
を含み、前記選択は、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、前  
記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前  
記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、  
前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定ス  
ペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること  
のうちの少なくとも1つに基づき、前記方法がさらに、

20

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成すること、および  
前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決  
定すること

を含み、  
前記選択が、前記測定スペクトルの前記特徴の位置を、前記前の測定スペクトルと比較  
して決定することを含む、方法。

【請求項 3】

研磨を制御する方法であって、  
基板を研磨すること、  
研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムを使用して前記基板をモニタリングして、一  
連の測定スペクトルを生成すること、

30

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、一連の選択されたス  
ペクトルを生成すること  
を含み、前記選択は、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、前  
記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前  
記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、  
前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定ス  
ペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること  
のうちの少なくとも1つに基づき、前記方法がさらに、

40

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成すること、および  
前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決  
定すること

を含み、  
前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することが、ダイの中の測  
定の位置を計算することを含む、方法。

【請求項 4】

コンピュータ可読媒体に有形に具現化されたコンピュータプログラム製品であって、前  
記コンピュータプログラム製品が、プロセッサに、

50

基板の研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムから一連の測定スペクトルを受け取らせ、

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択させ、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、一連の選択されたスペクトルを生成させる指示を含み、前記選択は、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、

前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定スペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること  
のうちの少なくとも1つに基づき、前記コンピュータプログラム製品が、プロセッサにさらに、

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成させ、

前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定させる

指示を含み、

前記選択は、前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定することを含み、

前記特徴が、特定の波長範囲内のピーク、谷または変曲点、あるレベルよりも上の大きさを持ったピーク、あるレベルよりも下の大きさを持った谷、ある特定の範囲内のある波長距離だけ分離されたピーク、またはある特定の範囲内のある波長距離だけ分離された谷を含む、コンピュータプログラム製品。

【請求項5】

コンピュータ可読媒体に有形に具現化されたコンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータプログラム製品が、プロセッサに、

基板の研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムから一連の測定スペクトルを受け取らせ、

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択させ、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、一連の選択されたスペクトルを生成させる指示を含み、前記選択は、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、

前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定スペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること  
のうちの少なくとも1つに基づき、前記コンピュータプログラム製品が、プロセッサにさらに、

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成させ、

前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定させる

指示を含み、

前記選択が、前記測定スペクトルの前記特徴の位置を、前記前の測定スペクトルと比較して決定することを含む、コンピュータプログラム製品。

【請求項6】

前記選択が、前記前の測定スペクトルに比べて、測定スペクトルのピークまたは谷が、ある所定の範囲内のある量だけ移動したかどうかを決定することを含む、請求項5に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項7】

前記選択が、前記前の測定スペクトルに比べて、測定スペクトルの複数のピークまたは谷が同じ方向へ移動したかどうかを決定することを含む、請求項5に記載のコンピュータプログラム製品。

## 【請求項 8】

コンピュータ可読媒体に有形に具現化されたコンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータプログラム製品が、プロセッサに、

基板の研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムから一連の測定スペクトルを受け取らせ、

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択させ、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、一連の選択されたスペクトルを生成させる指示を含み、前記選択は、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、

前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定スペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること

のうちの少なくとも1つに基づき、前記コンピュータプログラム製品が、プロセッサにさらに、

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成させ、

前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定させる

指示を含み、

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することが、ダイの中の測定的位置を計算することを含む、コンピュータプログラム製品。

## 【請求項 9】

前記選択が、前記測定の前記位置がダイの所定の領域内にあるかどうかを決定することを含む、請求項 8 に記載のコンピュータプログラム製品。

## 【請求項 10】

研磨パッドを保持する支持体と、

基板を前記研磨パッドと接触して保持するキャリアと、

研磨中に前記基板からの一連の測定スペクトルを生成するように構成されたインシトゥ分光モニタシステムと、

コントローラと

を備えた研磨装置であって、前記コントローラが、

前記インシトゥ分光モニタシステムから前記一連の測定スペクトルを受け取り、

前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて一連の選択されたスペクトルを生成するように構成され、前記選択は、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むかどうかを決定することを含み、前記決定は、

前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、

前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定スペクトルと比較して決定すること、

前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること

のうちの少なくとも1つに基づき、前記コントローラがさらに、

前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成し、

前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定する

ように構成されており、

前記選択は、前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定することを含み、

前記特徴が、特定の波長範囲内のピーク、谷または変曲点、あるレベルよりも上の大きさを持ったピーク、あるレベルよりも下の大きさを持った谷、ある特定の範囲内のある波長距離だけ分離されたピーク、またはある特定の範囲内のある波長距離だけ分離された谷を含む、研磨装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 1 1】

研磨パッドを保持する支持体と、  
基板を前記研磨パッドと接触して保持するキャリアと、  
研磨中に前記基板からの一連の測定スペクトルを生成するように構成されたインシトゥ  
分光モニタシステムと、  
コントローラと  
を備えた研磨装置であって、前記コントローラが、  
前記インシトゥ分光モニタシステムから前記一連の測定スペクトルを受け取り、  
前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、前記一連の測定スペ  
クトルのうちの各測定スペクトルについて一連の選択されたスペクトルを生成する  
ように構成され、前記選択は、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むか  
どうかを決定することを含み、前記決定は、  
前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、  
前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定ス  
ペクトルと比較して決定すること、  
前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること  
のうちの少なくとも1つに基づき、前記コントローラがさらに、  
前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成し、  
前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決  
定する  
ように構成されており、  
前記選択が、前記測定スペクトルの前記特徴の位置を、前記前の測定スペクトルと比較  
して決定することを含む、研磨装置。

10

20

## 【請求項 1 2】

研磨パッドを保持する支持体と、  
基板を前記研磨パッドと接触して保持するキャリアと、  
研磨中に前記基板からの一連の測定スペクトルを生成するように構成されたインシトゥ  
分光モニタシステムと、  
コントローラと  
を備えた研磨装置であって、前記コントローラが、  
前記インシトゥ分光モニタシステムから前記一連の測定スペクトルを受け取り、  
前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、前記一連の測定スペ  
クトルのうちの各測定スペクトルについて一連の選択されたスペクトルを生成する  
ように構成され、前記選択は、前記測定スペクトルを選択されたスペクトルとして含むか  
どうかを決定することを含み、前記決定は、  
前記測定スペクトルに特徴が存在するかしないかを決定すること、  
前記測定スペクトルの特徴の位置を、前記一連の測定スペクトルのうちの前の測定ス  
ペクトルと比較して決定すること、  
前記測定スペクトルの、ダイの中の位置を決定すること  
のうちの少なくとも1つに基づき、前記コントローラがさらに、  
前記一連の選択されたスペクトルから一連の値を生成し、  
前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決  
定する  
ように構成されており、  
前記測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することが、ダイの中の測  
定の位置を計算することを含む、研磨装置。

30

40

## 【請求項 1 3】

研磨を制御する方法であって、  
基板を研磨すること、  
研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムを使用して前記基板をモニタリングして、一

50

連の測定スペクトルを生成すること、

前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、前記一連の測定スペクトルのうちの前記測定スペクトルが、複数のグループのうちの第1のグループに対応する第1の一連のスペクトルと、前記複数のグループのうちの第2のグループに対応する第2の一連のスペクトルとを生成するように、前記測定スペクトルに基づいて前記測定スペクトルを複数のグループのうちの1つに分類すること、

前記第1の一連のスペクトルから第1の一連の値を、第1のアルゴリズムに基づいて生成すること、

前記第2の一連のスペクトルから第2の一連の値を、異なる第2のアルゴリズムに基づいて生成すること、および

前記第1の一連の値および前記第2の一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定すること

を含む方法。

【請求項14】

コンピュータ可読媒体に有形に具現化されたコンピュータプログラム製品であって、前記コンピュータプログラム製品が、プロセッサに、

基板の研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムから一連の測定スペクトルを受け取らせ、

前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、前記一連の測定スペクトルのうちの前記測定スペクトルが、複数のグループのうちの第1のグループに対応する第1の一連のスペクトルと、前記複数のグループのうちの第2のグループに対応する第2の一連のスペクトルとを生成するように、前記測定スペクトルに基づいて前記測定スペクトルを複数のグループのうちの1つに分類させ、

前記第1の一連のスペクトルから第1の一連の値を、第1のアルゴリズムに基づいて生成させ、

前記第2の一連のスペクトルから第2の一連の値を、異なる第2のアルゴリズムに基づいて生成させ

前記第1の一連の値および前記第2の一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定させる

指示を含む、コンピュータプログラム製品。

【請求項15】

前記分類が、前記測定スペクトルをベースラインスペクトルと比較することを含む、請求項14に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項16】

前記分類が、前記測定スペクトルに特徴が存在するかどうかを決定することを含む、請求項14に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項17】

前記第1のアルゴリズムが、前記第1のグループ内のそれぞれの測定スペクトルについて、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別することを含み、前記第2のアルゴリズムが、前記第2のグループ内のそれぞれの測定スペクトルについて、スペクトル特徴の特性を追跡することを含む、請求項14に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項18】

前記第1のアルゴリズムが、前記第1のグループ内のそれぞれの測定スペクトルについて、測定スペクトルに光学モデルを当てはめることを含み、前記第2のアルゴリズムが、前記第2のグループ内の測定スペクトルについて、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別すること、またはスペクトル特徴の特性を追跡することを含む、請求項14に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項19】

前記第1のアルゴリズムが、前記第1のグループ内のそれぞれの測定スペクトルについ

10

20

30

40

50

て、測定スペクトルに第 1 の光学モデルを当てはめることを含み、前記第 2 のアルゴリズムが、前記第 2 のグループ内のそれぞれの測定スペクトルについて、測定スペクトルに異なる第 2 の光学モデルを当てはめることを含む、請求項 1 4 に記載のコンピュータプログラム製品。

【請求項 2 0】

研磨パッドを保持する支持体と、  
基板を前記研磨パッドと接触して保持するキャリアと、  
研磨中に前記基板からの一連の測定スペクトルを生成するように構成されたインシトゥ分光モニタシステムと、  
コントローラと

10

を備えた研磨装置であって、前記コントローラが、

前記インシトゥ分光モニタシステムから前記一連の測定スペクトルを受け取り、

前記一連の測定スペクトルのうちの各測定スペクトルについて、前記一連の測定スペクトルのうちの前記測定スペクトルが、複数のグループのうちの第 1 のグループに対応する第 1 の一連のスペクトルと、前記複数のグループのうちの第 2 のグループに対応する第 2 の一連のスペクトルとを生成するように、前記測定スペクトルに基づいて前記測定スペクトルを複数のグループのうちの 1 つに分類し、

前記第 1 の一連のスペクトルから第 1 の一連の値を、第 1 のアルゴリズムに基づいて生成し、

前記第 2 の一連のスペクトルから第 2 の一連の値を、異なる第 2 のアルゴリズムに基づいて生成し

20

前記第 1 の一連の値および前記第 2 の一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定するように構成されている、研磨装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、基板処理中の光学モニタリングに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

30

集積回路は通常、シリコンウエハ上に複数の導電層、半導体層または絶縁層を逐次的に堆積させることによって基板上に形成される。さまざまな製造プロセスで基板上の層の平坦化が必要である。例えば、ある種の用途、例えばパターン形成された層のトレンチの中にバイア、プラグおよびラインを形成するための金属層の研磨では、パターン形成された層の上面が露出するまでその上の層を平坦化する。他の用途、例えばフォトリソグラフィのための誘電体層の平坦化では、ある下層の上に所望の厚さの層が残るまでその上の層を研磨する。

【0 0 0 3】

化学機械研磨 (CMP) は一般に認められた 1 つの平坦化法である。この平坦化法では通常、キャリアヘッドまたは研磨ヘッドに基板を取り付ける必要がある。基板は通常、回転する研磨パッドに基板の露出した表面が当たるように配置される。キャリアヘッドが制御可能なある荷重を基板に加えて、基板を研磨パッドに押しつける。研磨パッドの表面には通常、研磨材である研磨スラリが供給される。

40

【0 0 0 4】

CMP の 1 つの課題は、研磨プロセスが完了したかどうか、すなわち基板層が所望の平面度または厚さに平坦化されたかどうかまたは所望の量の材料が除去されたかどうかの決定にある。スラリの分布、研磨パッドの状態、研磨パッドと基板の間の相対速度および基板に加わる荷重の変動によって材料除去速度が変動することがある。これらの変動および基板層の最初の厚さのばらつきによって、研磨終点到到達するまでに必要な時間は変わってくる。したがって、研磨の終点を単に研磨時間だけで決めると、ウエハ内不均一 (w i

50

thin-wafer non-uniformity) (WIWNU) およびウエハ間不均一 (wafer-to-wafer non-uniformity) (WTWNU) の状態になることがある。

【0005】

いくつかのシステムでは、基板を、研磨中にその場で (in-situ)、例えば研磨パッドの窓を通して、光学的にモニタリングする。しかしながら、既存の光学モニタリング技法は、半導体デバイス製造業者のますます増大する要求を満たすことができない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

10

【特許文献1】米国特許出願第13/096,777号

【特許文献2】米国特許出願第13/456,035号

【特許文献3】米国特許出願第13/552,377号

【特許文献4】米国特許出願公開第2010-0217430号

【特許文献5】米国特許出願公開第2011-0256805号

【特許文献6】米国特許出願第61/608,284号

【特許文献7】米国特許出願第13/454,002号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

20

いくつかのインシトゥモニタリングプロセスでは、基板からの一連のスペクトルを測定する。しかしながら、基板と光線の間の相対運動のため、それらのスペクトルが、基板上の異なる位置で測定したものとなることがある。その結果として、モニタリングの対象基板がパターン形成された基板である場合には、それらの異なる位置が、異なるスペクトルを与える異なる層スタックに対応する場合がある。さらに、個々のスペクトルが、異なる層スタックを含む複数の領域からの反射が結合したものであることもある。このことは、研磨終点の検出または研磨速度の制御を困難にする。

【0008】

しかしながら、それらのスペクトルをさまざまな特徴に基づいて分類し、目的のスペクトルを選択し、研磨終点または研磨速度の制御は、選択したスペクトルに基づくことができる。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

一態様では、研磨を制御する方法が、基板を研磨すること、研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムを使用して基板をモニタリングして、一連の測定されたスペクトル（以後、測定スペクトル）を生成すること、測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択して、選択された一連のスペクトルを生成すること、選択された一連のスペクトルから一連の値を生成すること、および前記一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定することを含む。

【0010】

40

実施態様は、以下の特徴のうちの1つまたは複数の特徴を含むことができる。測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することは、前記一連の測定スペクトルのうちのそれぞれの測定スペクトルをベースラインスペクトルと比較することを含むことができる。ベースラインスペクトルは、経験的に決定し、または光学モデルから計算し、または文献から引用することができる。ベースラインスペクトルは、インシトゥモニタシステムによって生成される測定スポットよりも小さな測定スポットを生成する分光計測システム (spectrographic metrology system) を使用して経験的に決定することができる。比較することは、それぞれの測定スペクトルとベースラインスペクトルとの間の平方和の差、絶対差の和または相互相関を計算することを含むことができる。測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することは、測定スペ

50



クトル中にある特徴の存在または不存在を決定することを含むことができる。この特徴は、特定の波長範囲内のピーク、谷または変曲点とすることができる。この特徴は、あるレベルよりも上の大きさを持ったピーク、またはあるレベルよりも下の大きさを持った谷を含む。この特徴は、ある特定の範囲内のある波長距離だけ分離されたピークまたは谷とすることができる。測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することは、前記一連の測定スペクトルのうちの以前の測定スペクトルと比較して、ある特徴の存在または不存在を決定することを含むことができる。選択することは、以前の測定スペクトルに比べて、測定スペクトルのピークまたは谷が、ある所定の範囲内のある量だけ移動したかどうかを決定することを含むことができる。選択することは、以前の測定スペクトルに比べて、測定スペクトルの複数のピークまたは谷が同じ方向へ移動したかどうかを決定することを含むことができる。測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することは、ダイの中の測定の位置を計算することを含むことができる。測定スペクトルの中から全てではないスペクトルを選択することは、前記測定の前記位置がダイの中の所定の領域内にあるかどうかを決定することを含むことができる。

10

#### 【0011】

他の態様では、研磨を制御する方法が、基板を研磨すること、研磨中に、インシトゥ分光モニタシステムを使用して基板をモニタリングして、一連の測定スペクトルを生成すること、前記測定スペクトルに基づいて前記測定スペクトルを複数のグループに分類して、前記複数のグループのうちの第1のグループに対応する第1の一連のスペクトルと、前記複数のグループのうちの第2のグループに対応する第2の一連のスペクトルとを生成すること、第1の一連のスペクトルから第1の一連の値を、第1のアルゴリズムに基づいて生成すること、第2の一連のスペクトルから第2の一連の値を、異なる第2のアルゴリズムに基づいて生成すること、および第1の一連の値および第2の一連の値に基づいて、研磨終点または研磨速度の調整のうちの少なくとも一方を決定することを含む。

20

#### 【0012】

実施態様は、以下の特徴のうちの1つまたは複数の特徴を含むことができる。測定スペクトルを分類することは、それぞれの測定スペクトルをベースラインスペクトルと比較することを含むことができる。測定スペクトルを分類することは、それぞれのスペクトル中にある特徴の存在または不存在を決定することを含むことができる。第1のアルゴリズムは、第1のグループ内のそれぞれの測定スペクトルに対して、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別することを含むことができ、第2のアルゴリズムは、第2のグループ内のそれぞれの測定スペクトルに対して、スペクトル特徴の特性を追跡することを含むことができる。第1のアルゴリズムは、第1のグループ内のそれぞれの測定スペクトルに対して、測定スペクトルに光学モデルを当てはめることを含むことができ、第2のアルゴリズムは、第2のグループ内の測定スペクトルに対して、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別すること、またはスペクトル特徴の特性を追跡することを含むことができる。第1のアルゴリズムは、第1のグループ内のそれぞれの測定スペクトルに対して、測定スペクトルに第1の光学モデルを当てはめることを含むことができ、第2のアルゴリズムは、第2のグループ内のそれぞれの測定スペクトルに対して、測定スペクトルに異なる第2の光学モデルを当てはめることを含むことができる。

30

40

#### 【0013】

他の態様では、機械可読の記憶装置内に実際に具体化された非一時的コンピュータプログラム製品が、この方法を実行するための命令を含む。

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

実施態様は、以下の利点のうちの1つまたは複数の利点を任意に含むことができる。所望の研磨終点を検出する終点検出システムの信頼性を向上させることができ、厚さのウエハ内不均一(WIWNU)およびウエハ間不均一(WTWNU)を低減させることができる。

50

## 【 0 0 1 5 】

1つまたは複数の実施態様の詳細が、添付図面および以下の説明に示されている。以上に述べた以外の態様、特徴および利点は、以下の説明および添付図面ならびに特許請求の範囲から明白になる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 6 】

【 図 1 】 研磨装置の一例の略断面図である。

【 図 2 】 インシトゥ光学モニタシステムによる測定スペクトルを示す図である。

【 図 3 】 基板上の一連のスペクトル測定の経路を示す図である。

【 図 4 】 インシトゥ光学モニタシステムによって生成された一連の値を示す図である。

【 図 5 】 図 4 の一連の値のうちの少なくともいくつかの値に対する関数の当てはめを示す図である。

【 図 6 】 研磨操作を制御するプロセスの一例の流れ図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 7 】

これらのさまざまな図面中の同様の参照符号および記号表示は同様の要素を示す。

## 【 0 0 1 8 】

図 1 は、研磨装置の一例 1 0 0 を示す。研磨装置 1 0 0 は、回転可能な円盤形のプラテン 1 2 0 を含み、プラテン 1 2 0 上には研磨パッド 1 1 0 が位置する。このプラテンは、軸 1 2 5 を軸に回転するように動作可能である。例えば、プラテン 1 2 0 を回転させるために、モータ 1 2 1 が駆動シャフト 1 2 4 を回転させることができる。研磨パッド 1 1 0 は、外側の研磨層 1 1 2 とそれよりも軟らかいバッキング層 1 1 4 とを有する 2 層研磨パッドとすることができる。

## 【 0 0 1 9 】

研磨装置 1 0 0 は、スラリーなどの研磨液 1 3 2 を研磨パッド 1 1 0 の表面に分配するためのポート 1 3 0 を含むことができる。研磨装置はさらに、研磨パッド 1 1 0 の状態を終始一貫した研磨状態に維持するために研磨パッド 1 1 0 を研磨する研磨パッドコンディショナーを含むことができる。

## 【 0 0 2 0 】

研磨装置 1 0 0 は、少なくとも 1 つのキャリアヘッド 1 4 0 を含む。キャリアヘッド 1 4 0 は、研磨パッド 1 1 0 に当たるように基板 1 0 を保持するように動作可能である。キャリアヘッド 1 4 0 は、それぞれの基板に関連した研磨パラメータ、例えば圧力を独立に制御することができる。

## 【 0 0 2 1 】

具体的には、キャリアヘッド 1 4 0 は、柔軟な膜 1 4 4 の下に基板 1 0 を保持する保持リング 1 4 2 を含むことができる。キャリアヘッド 1 4 0 はさらに、その膜によって画定された独立に制御可能な複数の加圧可能チャンバ、例えば 3 つのチャンバ 1 4 6 a ~ 1 4 6 c を含み、これらのチャンバは、独立に制御可能な圧力を柔軟な膜 1 4 4 の関連ゾーンに加えることができ、したがってそのような圧力を基板 1 0 に加えることができる。分かりやすくするために図 1 には 3 つのチャンバだけが示されているが、1 つもしくは 2 つのチャンバ、または 4 つ以上のチャンバ、例えば 5 つのチャンバを配置することもできる。

## 【 0 0 2 2 】

キャリアヘッド 1 4 0 は、支持構造体 1 5 0、例えばカルーセル ( c a r o u s e l ) またはトラック ( t r a c k ) から吊り下げられており、駆動シャフト 1 5 2 によってキャリアヘッド回転モータ 1 5 4 に接続されている。そのため、キャリアヘッドは軸 1 5 5 を軸に回転することができる。任意選択で、キャリアヘッド 1 4 0 は、例えばカルーセル 1 5 0 またはトラックのスライダ上で、またはカルーセル自体の回転振動によって横方向に振動することができる。動作時、プラテンは、プラテンの中心軸 1 2 5 を軸に回転し、キャリアヘッドは、キャリアヘッドの中心軸 1 5 5 を軸に回転し、同時に、研磨パッドの上面を横切って横方向に平行移動する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 3 】

1つのキャリアヘッド140だけが示されているが、研磨パッド110の表面積を効率的に使用することができるように、2つ以上のキャリアヘッドを配置して追加の基板を保持することもできる。

## 【 0 0 2 4 】

この研磨装置はさらにインシトゥモニタシステム160を含む。このインシトゥモニタシステムは、基板上の層の厚さによって決まる時間変化する一連の値を生成する。

## 【 0 0 2 5 】

インシトゥモニタシステム160は光学モニタシステムである。具体的には、インシトゥモニタシステム160は、研磨中に基板から反射した一連の光スペクトルを測定する。

10

## 【 0 0 2 6 】

開孔（すなわちパッドを貫通する孔）または中実の窓118を含めることによって、研磨パッドを貫通する光進入口108を提供することができる。中実の窓118は、例えば研磨パッドの開孔を塞ぐ栓、例えば研磨パッドに成形された栓または研磨パッドに接着剤で固定された栓として、研磨パッド110に固定することができるが、いくつかの実施態様では、プラテン120上に中実の窓が支持され、研磨パッドの開孔内へ中実の窓が突き出る。

## 【 0 0 2 7 】

光学モニタシステム160は、光源162と、光検出器164と、リモートコントローラ190、例えばコンピュータと光源162および光検出器164との間で信号をやり取りするための回路166とを含むことができる。1本または数本の光ファイバを使用して、光源162からの光を研磨パッドの光進入口へ伝送し、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、2叉の光ファイバ170を使用して、光源162からの光を基板10へ伝送し、基板10からの光を検出器164へ伝送することができる。この2叉光ファイバは、光進入口の近くに位置する幹線172と、それぞれ光源162および検出器164に接続された2本の枝線174および176とを含むことができる。

20

## 【 0 0 2 8 】

いくつかの実施態様では、プラテンの上面が、2叉ファイバの幹線172の一端を保持した光学ヘッド168がはめ込まれた凹部128を含む。光学ヘッド168は、幹線172の先端と中実の窓118との間の垂直距離を調整する機構を含むことができる。

30

## 【 0 0 2 9 】

回路166の出力は、駆動シャフト124上の回転結合器129、例えばスリップリングを介して光学モニタシステムのコントローラ190に送られるデジタル電子信号とすることができる。同様に、コントローラ190から回転結合器129を介して光学モニタシステム160に送られるデジタル電子信号中の制御コマンドに応答して、光源をオンまたはオフにすることができる。あるいは、回路166が、無線信号によってコントローラ190と通信することもできる。

## 【 0 0 3 0 】

光源162は、紫外（UV）、可視または近赤外（NIR）光を発射するように動作可能である。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光学機器である。適当な分光計は格子分光計である。分光計の典型的な出力は、波長（または周波数）の関数としての光の強度である。図2は、強度を波長に対して示した測定スペクトルの一例200を示す。

40

## 【 0 0 3 1 】

前述のとおり、光源162および光検出器164を、コンピューティング装置、例えばコントローラ190に接続することができ、このコンピューティング装置は、光源162および光検出器164の動作を制御し、光源162および光検出器164から信号を受け取るように動作可能である。このコンピューティング装置は、研磨装置の近くに位置するマイクロプロセッサを含むことができる。このコンピューティング装置は例えばプログラ

50

ム可能なコンピュータとすることができる。制御に関して、このコンピューティング装置は例えば、光源の作動をプラテン 120 の回転と同期させることができる。コントローラ 190 には、表示装置 192、例えば LED スクリーン、ならびにユーザ入力装置 194、例えばキーボードおよび/またはマウスを接続することができる。

#### 【0032】

動作時、コントローラ 190 は例えば、光源の特定の発光の間または光検出器の特定の時間フレームの間に光検出器が受け取った光のスペクトルを表す情報を運ぶ信号を受け取ることができる。したがって、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。

#### 【0033】

特定の理論に限定されるわけではないが、基板 10 から反射される光のスペクトルは、研磨が進むにつれて、最外層の厚さが変化することによって徐々に変化し、したがって時間変化する一連のスペクトルを与える。

#### 【0034】

光学モニタシステム 160 は、ある測定周波数で測定した一連の測定スペクトルを生成するように構成されている。基板 10 と光進入口 108 の間の相対運動によって、それらのスペクトルは、基板 10 上の異なる位置で測定される。いくつかの実施態様では、光源 162 によって生成された光線が、(図3の矢印 R によって示されているように) プラテン 120 と一緒に回転する 1 つの点から出現する。図3に示されているように、このような実施態様では、基板 10 と光進入口 108 の間の相対運動によって、基板 10 を横切るある経路上の複数の位置 300 でスペクトルが測定されることがある。

#### 【0035】

いくつかの実施態様では、プラテンが 1 回転するごとにスペクトルを 1 つだけ測定する。さらに、いくつかの実施態様では、光線の発射点が固定されており、光進入口 108 の位置が光線の軸と一致したときにだけ測定が実施される。

#### 【0036】

後に論じるとおり、この一連のスペクトルは、終点検出またはプロセス制御で使用するスペクトルをそれらのスペクトルの中から選択する選択プロセスにかけられる。一般に、光進入口 108 が基板を横切る 1 回のスイープ (sweep) の間に測定したスペクトルのうちの全てではない少なくとも 1 つのスペクトルが選択される。2 つ以上のスペクトルを選択する場合には、選択したスペクトルを結合して、後に終点検出アルゴリズムまたはプロセス制御アルゴリズムで使用するスペクトルを提供することができる。

#### 【0037】

モニタリングの対象基板がパターン形成された基板である場合には、基板上の異なる位置が異なる層スタックに対応する場合がある。異なる層スタックは、上層の厚さの関数として異なるスペクトルを与えると予想される。例えば、同じ厚さの上層であっても、結果として生じるスペクトルが異なることがある。さらに、個々のスペクトルが、異なる層スタックを含む複数の領域からの複数の反射が結合した結果であることもある。

#### 【0038】

パターン形成された基板の異なる領域からのスペクトルは形状が異なるため、それらのスペクトルを使用すると、終点決定に誤差が生じる可能性がある。また、半導体デバイスの製造業者が、製造している異なるデバイスに対して異なる仕様を有することもある。例えば、いくつかのデバイスに対しては、製造業者が、トレンチ領域で上層の厚さをモニタリングすることを望み、別のデバイスに対しては、製造業者が、フィーチャ (feature) の密度が高い領域で上層の厚さをモニタリングすることを望むことがある。

#### 【0039】

このことを考慮するため、測定したスペクトルをさまざまな特徴に基づいて分類し、目的のスペクトルを選択し、選択したスペクトルに基づいて、研磨終点を決定または研磨速度を制御することができる。一般に、このことは、基板の所望の領域からのスペクトルに基づいて、研磨終点の決定または研磨速度の制御を実行することを可能にする。さらに

10

20

30

40

50

、スペクトルを分類、選択することによって、より正確な終点決定または均一な研磨を達成することができる。

【 0 0 4 0 】

この分類は、以下の技法うちのいずれかの技法を含むことができる。

【 0 0 4 1 】

1) 測定スペクトルとベースラインスペクトルの比較

研磨された基板または研磨されていない基板上的特定の領域のベースラインスペクトルを決定することができる。基板のこの特定の領域は、スクライブライン ( s c r i b e l i n e )、コンタクトパッド、(ダイの他の部分と比較して)フィーチャの密度が相対的に高いダイの部分、または(ダイの他の部分と比較して)フィーチャの密度が相対的に低いダイの部分に対応することができる。

10

【 0 0 4 2 】

ベースラインスペクトルは経験的に決定することができる。すなわち、ベースラインスペクトルは、その特定の領域からのスペクトルを、スペクトル測定の位置決めをインシトゥモニタシステム 1 6 0 よりも正確に行う計測システム、例えば独立型の計測システムを使用して測定することによって決定することができる。この独立型の計測システムは、インシトゥモニタシステム 1 6 0 が測定するスポットよりも小さな基板上のスポットを測定することができる。例えば、この独立型の計測システムは、インシトゥモニタシステム 1 6 0 の光線よりも直径の小さな光線を使用することができる。

【 0 0 4 3 】

20

あるいは、光学モデル、例えばその開示の全体が参照によって組み込まれている米国特許出願第 1 3 / 0 9 6 , 7 7 7 号に記載されている光学モデルに基づいて、研磨された基板または研磨されていない基板上的特定の領域のベースラインスペクトルを計算することもできる。この光学モデルは、層スタックのそれぞれの層の厚さ、屈折率および吸光係数を含むことができる。この光学モデルはさらに、複数の異なる層スタックの上にまたがる1つの領域からの影響、例えば異なる層スタックからの反射の結合による影響を含むことができる。この場合、その光学モデルは、ダイの中のフィーチャのレイアウトおよび/または基板上的ダイのレイアウトの知識に基づくことができる。この光学モデルはさらに、例えばその開示の全体が参照によって組み込まれている米国特許出願第 1 3 / 4 5 6 , 0 3 5 号に記載されているように、ダイの中のフィーチャの回折の影響を含むことができる。

30

【 0 0 4 4 】

あるいは、文献からベースラインスペクトルを決定することもできる。

【 0 0 4 5 】

それぞれの測定スペクトルをベースラインスペクトルと比較する。ベースラインスペクトルとの差があるしきい値量よりも小さい測定スペクトルを選択することができる。この測定スペクトルとベースラインスペクトルの比較は、平方和の差、絶対差の和または相互相関に基づいてよい。平方和の差または絶対差の和の場合、コントローラは、全体の差があるしきい値よりも小さいスペクトルを選択することができ、相互相関の場合、コントローラは、あるしきい値よりも大きな相関を有するスペクトルを選択することができる。

40

【 0 0 4 6 】

2) 測定スペクトル中の特定の特徴の分析

さまざまな特徴の存在または不存在に対して測定スペクトルを分析することができる。例えば、ある特定の波長範囲内にピーク、谷または変曲点の存在または不存在を検出することに基づいてスペクトルを選択することができる。この特定の波長範囲は、モニタリングアルゴリズムにおいて測定されかつ/または使用される波長範囲の(全体ではない)サブセットである。他の例として、あるレベルよりも上の大きさを持ったピークまたはあるレベルよりも下の大きさを持った谷の存在または不存在の検出に基づいてスペクトルを選択することもできる。他の例として、幅がある特定の範囲内にあるピークまたは谷の存在または不存在に基づいてスペクトルを選択することもできる。他の例として、ある特定の

50

範囲内のある波長距離だけ分離されたピークまたは谷の存在または不存在の検出に基づいてスペクトルを選択することもできる。

【 0 0 4 7 】

さまざまな特徴の存在または不存在に基づいてスペクトルを選択するこれらの基準は、計算、経験的な観察または文献からの知識に基づいて構築することができる。

【 0 0 4 8 】

3) 一連の測定スペクトルのうちの以前の測定スペクトルに対する測定スペクトルの分析

一連の測定スペクトルのうちの以前の測定スペクトルと比較したときのさまざまな特徴の存在または不存在に対して測定スペクトルを分析することができる。例えば、以前の測定スペクトルに比べて測定スペクトルのピークまたは谷が、ある所定の範囲内のある量だけ移動したことの検出に基づいてスペクトルを選択することができる。他の例として、以前の測定スペクトルに比べて複数のピークまたは谷が同じ方向へ移動したことの検出に基づいてスペクトルを選択することもできる。

【 0 0 4 9 】

以前の測定スペクトルと比較したときの変化に基づいてスペクトルを選択するこれらの基準は、計算、経験的な観察または文献からの知識に基づいて構築することができる。

【 0 0 5 0 】

4) ダイの中のスペクトル測定位置の分析

例えば参照によって組み込まれている米国特許出願第 1 3 / 5 5 2 , 3 7 7 号に記載されているようにして基板の角度位置を決定することができる場合には、ダイの中の相対的な測定位置を計算することができる。この計算されたダイの中の測定位置に基づいてスペクトルを選択することができる。

【 0 0 5 1 】

測定スペクトルが選択されたかどうかを決定する前に、そのスペクトルを変更することができる。例えば、より小さなビーム直径を有する分光計による測定などのオフライン ( o f f l i n e ) 測定、あるいは異なるタイプの分光計による測定またはパブリックドメインもしくは文献内の測定に基づいて、測定スペクトルからスペクトル特徴を除去することができる。1つまたは複数の背景スペクトルを測定スペクトルから差し引くことができる。それぞれの背景スペクトルは、より小さなビーム直径を有する分光計を使用した測定などのオフライン測定、あるいは異なるタイプの分光計による測定またはパブリックドメインもしくは文献内の測定に基づくことができる。

【 0 0 5 2 】

ある測定スペクトルを選択した後、あるモニタリング技法を使用して、スペクトルから値を生成することができる。その一方で、選択されなかったスペクトルは値の生成には使用されず、終点決定の計算またはプロセス制御の計算から除外される。選択されたスペクトルを値に変換する目的にはさまざまなモニタリング技法を使用することができる。

【 0 0 5 3 】

1つのモニタリング技法は、測定スペクトルごとに、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別する技法である。ライブラリの中のそれぞれの参照スペクトルは、関連する特性値、例えば厚さ値、またはその参照スペクトルが生成されると予想されるプラテンの回転時間または回転数を示す索引値を有することができる。マッチする参照スペクトルごとに関連する特性値を決定することによって、時間変化する一連の特性値を生成することができる。この技法は、参照によって組み込まれている米国特許出願公開第 2 0 1 0 - 0 2 1 7 4 3 0 号に記載されている。他のモニタリング技法は、測定スペクトルのスペクトル特徴の特性、例えば測定スペクトルのピークまたは谷の波長または幅を追跡する技法である。測定スペクトルのスペクトル特徴の波長値または幅値は、時間変化する一連の値を提供する。この技法は、参照によって組み込まれている米国特許出願公開第 2 0 1 1 - 0 2 5 6 8 0 5 号に記載されている。他のモニタリング技法は、一連の測定スペクトルのそれぞれの測定スペクトルに光学モデルを当てはめる技法である。

10

20

30

40

50

具体的には、その光学モデルがその測定スペクトルに最も良く当てはまるように、そのモデルのパラメータを最適化する。それぞれの測定スペクトルに対して生成されるパラメータ値は、時間変化する一連のパラメータ値を生成する。この技法は、参照によって組み込まれている2012年3月8日出願された米国特許出願第61/608,284号に記載されている。他のモニタリング技法は、それぞれの測定スペクトルのフーリエ変換を実行して、変換された一連のスペクトルを生成する技法である。変換されたスペクトルのピークのうちの1つのピークの位置を測定する。それぞれの測定スペクトルに対して生成された位置値は、時間変化する一連の位置値を生成する。この技法は、参照によって組み込まれている2012年4月23日出願された米国特許出願第13/454,002号に記載されている。

10

#### 【0054】

基板の単一のゾーンだけに対する結果を示す図4を参照すると、時間変化する一連の値212が示されている。この一連の値をトレース210と呼ぶことがある。回転するプラテンを備える研磨システムでは一般に、トレース210が、基板の下での光学モニタシステムのセンサの1スイープあたり1つの値、例えば正確に1つの値を含むことができる。基板上の複数のゾーンをモニタリングしている場合には、1ゾーンにつき1スイープあたり1つの値を含むことができる。1つのゾーン内での複数の測定を結合して、終点の決定および/または圧力の制御に使用する単一の値を生成することができる。しかしながら、センサの1スイープあたり2つ以上の値を生成することも可能である。

#### 【0055】

研磨操作を開始する前に、ユーザまたは機器の製造業者は、時間変化する一連の値212に当てはめる関数214を定義することができる。例えば、その関数は多項式関数、例えば線形関数であることができる。具体的には、コントローラ190は、表示装置192上にグラフィカル・ユーザ・インターフェースを表示することができ、ユーザは、ユーザ入力装置194を使用してユーザ入力関数214を入力することができる。

20

#### 【0056】

図5に示されているように、関数214は、一連の値212に当てはめられている。一般化された関数をデータに当てはめる技法は複数存在する。多項式などの線形関数に対しては一般線形最小2乗法を使用することができる。

#### 【0057】

任意選択で、時刻TCの後に集められた値に関数214を当てはめることができる。この一連の値に関数を当てはめるときには時刻TCよりも前に集めた値は無視することができる。例えば、こうすることが、研磨プロセスの初期に生じうる測定スペクトル中の雑音の排除に役立つことがあり、または、こうすることによって、別の層の研磨中に測定されたスペクトルを除去することができる。関数214がターゲット値TTに等しい値をとる終点時刻TEに研磨を停止することができる。

30

#### 【0058】

図6は、製品基板を研磨する方法700の流れ図を示す。製品基板を研磨し(ステップ702)、インシトゥモニタシステムによって一連の値を生成する(ステップ704)。例えば、このインシトゥモニタシステムは、一連のスペクトルを集め(ステップ706a)、例えば前述の技法のうちのいずれかの技法を使用してこの一連のスペクトルからスペクトルを選択し(ステップ706b)、例えばやはり前述の技法のうちのいずれかの技法を使用して、選択した一連のスペクトルから一連の値を抽出する(ステップ706c)ことができる。その一連の値にユーザ定義関数を当てはめる(ステップ708)。

40

#### 【0059】

ユーザ定義関数がターゲット値に等しい値をとる時刻は計算によって求めることができる。ユーザ定義関数がターゲット値に等しい値をとる時刻に研磨を停止することができる(ステップ710)。例えば、厚さが終点パラメータである状況では、ユーザ定義関数がターゲット厚さに等しい値をとる時刻を計算によって求めることができる。ターゲット厚さTTは研磨操作の前にユーザが設定し、記憶しておくことができる。あるいは、ターゲ

50

ット除去量をユーザが設定し、そのターゲット除去量からターゲット厚さ $T_T$ を計算することもできる（図5参照）。

【0060】

他の実施態様では、測定スペクトルを複数のグループに分類する。それらの異なる複数のグループは、ダイの中の異なる領域、例えばスクライブライン、コンタクトパッド、フィーチャの密度が高い領域またはフィーチャの密度が低い領域を表すことがある。それらの複数のグループのうちの単一のグループに測定スペクトルを割り当てることができる。

【0061】

この分類は、前述の選択手順のうちのいずれかの手順を使用した一連の選択ステップによって実行することができる。いくつかの実施態様では、測定スペクトルが第1の選択基準を満たすかどうかをコントローラが決定する。その測定スペクトルが第1の選択基準を満たす場合、その測定スペクトルは第1のグループに割り当てられる。測定スペクトルが第1の選択基準を満たさない場合、コントローラは、その測定スペクトルが第2の選択基準を満たすかどうかを決定することができる。その測定スペクトルが第2の選択基準を満たす場合、その測定スペクトルは第2のグループに割り当てられる。

【0062】

例えば、コントローラは、測定スペクトルを第1のベースラインスペクトルと比較することができる。測定スペクトルと第1のベースラインスペクトルとの差があるしきい値量よりも小さい場合には、その測定スペクトルを第1のグループに割り当てることができる。その測定スペクトルと第1のベースラインスペクトルとの類似性が十分でない場合には、その測定スペクトルを、異なる第2のベースラインスペクトルと比較することができる。その測定スペクトルと第2のベースラインスペクトルとの差があるしきい値量よりも小さい場合には、その測定スペクトルを第2のグループに割り当てることができる。しかしながら、以下のような選択手順の他の多くの組合せが可能である：測定スペクトルとベースラインスペクトルを比較し、次いで測定スペクトル中の特定の特徴を分析する、またはその逆；測定スペクトル中の第1の特徴の存在または不存在を決定し、次いで測定スペクトル中の異なる第2の特徴の存在または不存在を決定する；一連の測定スペクトルのうちの以前の測定スペクトルに対して測定スペクトルを分析し、次いで測定スペクトルとベースラインスペクトルを比較するか、もしくは測定スペクトルのさまざまな特徴中の特定の特徴を分析する、またはその逆。測定スペクトルを複数のグループに分類する選択技法の他の組合せも可能である。

【0063】

異なるグループの測定スペクトルに対して異なるモニタリング技法を使用することができる。一例として、第1のグループの測定スペクトルに対しては、参照スペクトルの第1のライブラリの中からマッチする第1の参照スペクトルを識別することができ、第2のグループの測定スペクトルに対しては、異なる参照スペクトルの第2のライブラリの中からマッチする第2の参照スペクトルを識別することができる。他の例として、第1のグループの測定スペクトルに対しては、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別することができ、第2のグループの測定スペクトルに対しては、スペクトル特徴の特性を追跡することができる。他の例として、第1のグループの測定スペクトルに対しては、第1のスペクトル特徴の第1の特性を追跡することができ、第2のグループの測定スペクトルに対しては、異なる第2のスペクトル特徴の第2の特性を追跡することができる。他の例として、第1のグループの測定スペクトルに対しては、それぞれの測定スペクトルに光学モデルを当てはめることができ、第2のグループの測定スペクトルに対しては、参照スペクトルのライブラリの中からマッチする参照スペクトルを識別するか、またはスペクトル特徴の特性を追跡することができる。他の例として、第1のグループの測定スペクトルに対しては、それぞれの測定スペクトルに第1の光学モデルを当てはめることができ、第2のグループの測定スペクトルに対しては、それぞれの測定スペクトルに異なる第2の光学モデルを当てはめることができる。

【0064】



スペクトルの複数のグループに対して異なるモニタリング技法を使用した結果、複数組の一連の値、例えばスペクトルの1つのグループにつき1組の一連の値が得られることがある。研磨終点の決定または研磨パラメータの変更は、これらの複数組の一連の値に基づくことができる。例えば、研磨終点の決定またはパラメータの制御は、雑音が最も少ない一連の値、例えばある関数に対して最も良く当てはまる一連の値に基づくことができる。研磨終点の決定またはパラメータの制御は、全てのグループに対して検出された終点、またはいずれかのグループに対して検出された第1の終点に基づくことができる。

【0065】

また、基板の異なるゾーンに対する一連の値を生成し、異なるゾーンからのそれらの一連の値を使用して、より均一な研磨を提供するように、キャリアヘッドのチャンバに加える圧力を、例えば参照によって本明細書に組み込まれている米国特許出願第13/096,777号に記載されている技法（一般に、類似の技法を使用するために位置値を索引値と置換することができる）を使用して調整することも可能である。いくつかの実施態様では、その一連の値を使用して、基板の1つまたは複数のゾーンの研磨速度を調整するが、研磨終点を検出する目的には、別の他のインシトゥモニタシステムまたは技法が使用される。

【0066】

また、上記の議論は、インシトゥモニタシステムのセンサが内部に取り付けられた回転するプラテンを仮定しているが、システムを、モニタシステムのセンサと基板の間の他のタイプの相対運動に対して適用可能とすることもできる。例えば、いくつかの実施態様、例えば軌道運動では、センサが、基板上の異なる位置を横切るが、基板の縁は横切らない。このような場合には、ある周波数、例えば1Hz以上の周波数で測定値を集めることができる。

【0067】

本明細書で使用されるとき、用語「基板」は、例えば（複数のメモリダイまたはプロセッサダイを含む）製品基板、試験基板、裸基板およびゲーティング基板を含むことができる。基板は、集積回路製造のさまざまな段階にある基板とすることができる。例えば、基板は裸ウエハであることができ、または堆積させかつ/もしくはパターン形成した1つもしくは複数の層を含むことができる。用語「基板」は、円形の円盤および長方形の薄板を含むことができる。

【0068】

本明細書に記載された本発明の実施形態および全ての関数演算は、デジタル電子回路、または本明細書に開示された構造手段およびそれらの構造手段と等価の構造体を含むコンピュータソフトウェア、ファームウェアもしくはハードウェア、あるいはこれらの組合せで実現することができる。本発明の実施形態は、1つまたは複数のコンピュータプログラム製品、すなわち、機械可読の非一時的記憶媒体内に実際に具体化された1つまたは複数のコンピュータプログラムであって、データ処理装置、例えばプログラム可能なプロセッサ、コンピュータ、複数のプロセッサまたは複数のコンピュータによって実行される1つまたは複数のコンピュータプログラム、あるいはこのようなデータ処理装置の動作を制御する1つまたは複数のコンピュータプログラムとして実現することができる。

【0069】

以上に説明した研磨装置および研磨方法は、さまざまな研磨システムにおいて使用することができる。研磨面と基板の間の相対運動を提供するために、研磨パッドもしくはキャリアヘッドまたはその両方が移動することができる。例えば、プラテンは、回転するのではなく、軌道を描いて旋回してもよい。研磨パッドは、プラテンに固定された円形の（または他の形状の）パッドとすることができる。上記の終点検出システムのいくつかの態様を、直線研磨システム、例えば研磨パッドが直線的に移動する連続ベルトまたはリール-リールベルトである直線研磨システムに対して使用することができる。研磨層は、標準（例えば充填材を含みまたは含まないポリウレタン）研磨材料、軟質材料または研磨材が固定された材料とすることができる。相対的な位置決めの用語が使用されるが、研磨面お

10

20

30

40

50

よび基板は、垂直方向にまたは別のある方向に保持することができることを理解すべきである。

【 0 0 7 0 】

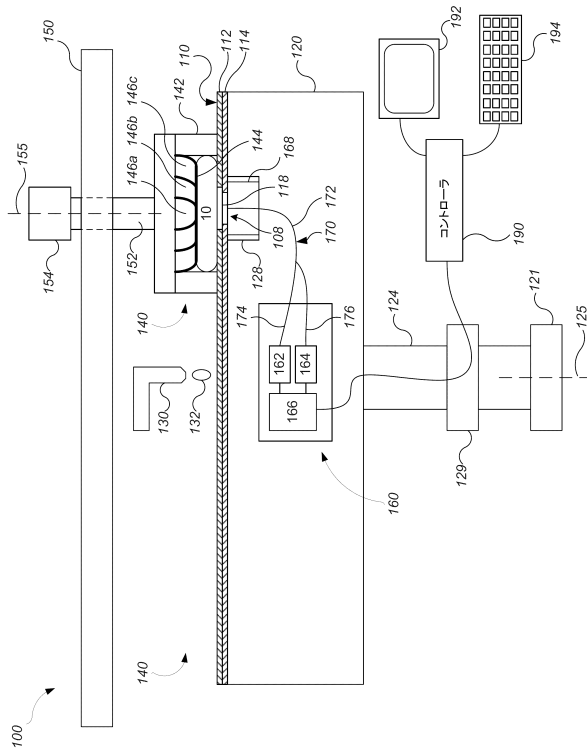
以上に、本発明の特定の実施形態を記載した。他の実施形態は、以下の特許請求の範囲に記載されている。

【 符号の説明 】

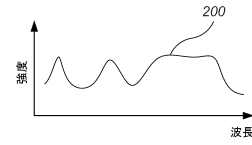
【 0 0 7 1 】

1 0	基板	
1 0 0	研磨装置	
1 0 8	光進入口	10
1 1 0	研磨パッド	
1 1 2	研磨層	
1 1 4	バッキング層	
1 1 8	中実の窓	
1 2 0	プラテン	
1 2 1	モータ	
1 2 4	駆動シャフト	
1 2 5	軸	
1 2 8	プラテンの凹部	
1 2 9	回転結合器	20
1 3 0	ポート	
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	柔軟な膜	
1 4 6 a	独立に制御可能な加圧可能チャンバ	
1 4 6 b	独立に制御可能な加圧可能チャンバ	
1 4 6 c	独立に制御可能な加圧可能チャンバ	
1 5 0	支持構造体（カルーセルまたはトラック）	
1 5 2	駆動シャフト	30
1 5 4	キャリアヘッド回転モータ	
1 5 5	軸	
1 6 0	インシトゥ光学モニタシステム	
1 6 2	光源	
1 6 4	光検出器	
1 6 6	信号をやり取りするための回路	
1 6 8	光学ヘッド	
1 7 0	2 叉光ファイバ	
1 7 2	幹線	
1 7 4	枝線	40
1 7 6	枝線	
1 9 0	コントローラ	
1 9 2	表示装置	
1 9 4	ユーザ入力装置	
2 0 0	測定スペクトル	
2 1 0	トレース	
2 1 2	時間変化する一連の値	
2 1 4	関数	
3 0 0	基板を横切る経路上の複数の位置	
7 0 0	製品基板を研磨する方法の流れ図	50

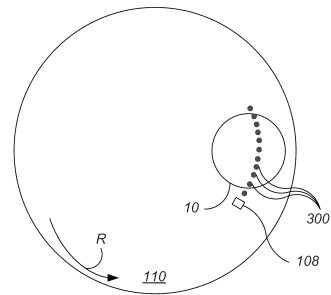
【図 1】



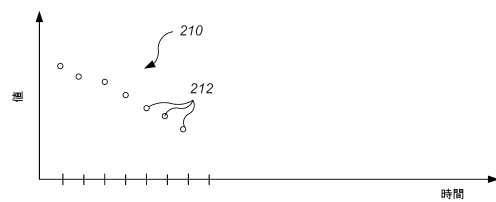
【図 2】



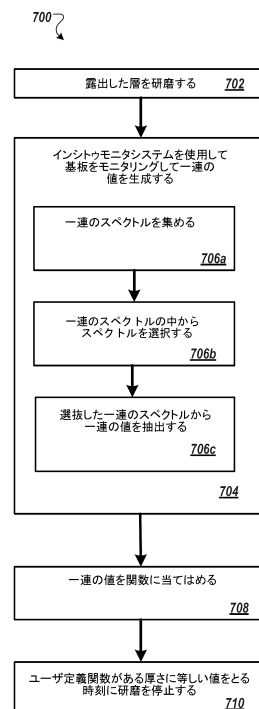
【図 3】



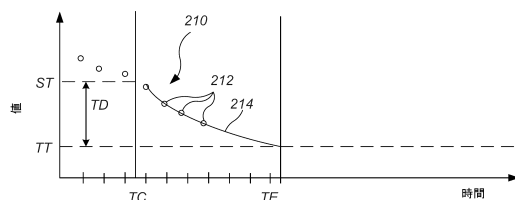
【図 4】



【図 6】



【図 5】



## フロントページの続き

- (72)発明者 チェン, チュン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94087, サニーヴェール, ダブリン ウェイ 575
- (72)発明者 ダンダバーニ, シヴァクマール  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95136, サン ノゼ, ホワイト チャペル アヴェニ  
ュー 494
- (72)発明者 シェリアン, ベンジャミン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95120, サン ノゼ, カレ エスペランザ 6090
- (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 94040, マウンテンビュー, バーバラ アヴェニュー  
1195
- (72)発明者 デーヴィッド, ジェフリー ドリュー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95125, サン ノゼ, マルケス アヴェニュー 22  
08
- (72)発明者 メンク, グレゴリー イー.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 94566, プレザントン, グリーンウッド ロード 1  
833
- (72)発明者 スウェデク, ボグスロー エー.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95014, クパチーノ, エル ブラド ウェイ 103  
15 エー
- (72)発明者 ベネット, ドイル イー.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95051, サンタ クララ, トゥレイン コート 34  
92

審査官 山口 祐一郎

- (56)参考文献 特表2010-519771(JP,A)  
特開2003-042721(JP,A)  
特表2009-505847(JP,A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B24B 3/00 - 3/60  
21/00 - 39/06  
H01L 21/304  
21/463