

研磨方法および研磨装置

発明の背景

発明の技術分野

- 5 本発明は、ウェーハなどの基板を研磨する方法および装置に関し、特に、基板の中心部およびエッジ部を含む基板の表面上の膜厚分布を基板の研磨中に取得し、得られた膜厚分布に基づいて基板に加える研磨圧力を制御する方法および装置に関する。

関連技術の記載

- 10 近年、半導体デバイスの微細化は配線幅が10 nmを下回る段階まで進展し、それに伴い膜厚についてもナノメートルレベルの厳密な管理が必要になっている。ウェーハの表面を研磨するための研磨装置は、ウェーハの中心部およびエッジ部を含むウェーハの全面における膜厚分布をウェーハの研磨中に取得し、得られた膜厚分布に基づいてウェーハへの研磨圧力を制御するように構成される。
- 15 図16は、従来の研磨装置を示す模式図である。研磨テーブル101と研磨ヘッド102は同じ方向に回転しつつ、スラリーがスラリーノズル105から研磨テーブル101上の研磨パッド110上に供給される。ウェーハWは研磨ヘッド102により研磨パッド110に押し付けられ、ウェーハWと研磨パッド110との間にスラリーが存在した状態で、ウェーハWの表面が研磨される。研磨ヘッド102はウェーハWの周囲に配置されたリテーナリング103を備えており、このリテーナリング103によりウェーハWが研磨中に研磨ヘッド102から外れてしまうことが防止される。

- 25 研磨テーブル101内に配置された膜厚センサ112は、研磨テーブル101が一回転するたびにウェーハWの表面を横切りながら、ウェーハWの膜厚を測定する。膜厚の測定値は、制御部117にフィードバックされ、制御部117は膜厚の測定値に基づいて、最適な研磨圧力を決定し、研磨ヘッド102は決定された研磨圧力をウェーハWに加えることでウェーハWを研磨パッド110に押し付ける。このようなフィードバックコントロールにより、目標の膜厚プロファイル

を達成することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【特許文献 1】 日本国特開 2012-138442 号公報

- 5 上述した膜厚センサ 112 は、研磨テーブル 101 が一回転するたびに、研磨ヘッド 102 の中心を通る位置に配置されている。したがって、膜厚の測定点は、ウェーハ W の中心およびエッジ部を含む領域に分布する。制御部 117 は、測定点がウェーハ W の中心およびエッジ部を含む領域に分布するとの仮定の下で、膜厚の測定値と、膜厚の測定点の位置情報とに基づいて、その測定点に適切な研磨
- 10 圧力を決定する。

- しかしながら、図 17 に示すように、リテーナリング 103 の内径と、ウェーハ W の直径との間には差があり、ウェーハ W の研磨中はウェーハ W と研磨パッド 110 との間に作用する摩擦力により、ウェーハ W の最外周はリテーナリング 103 の内周面 103a に押し付けられる。結果として、ウェーハ W の中心は研磨
- 15 ヘッド 102 の中心からずれ、実際の膜厚の測定点は、上記仮定上の測定点とは異なってしまう。

- 測定点の位置情報が正確でないと、その測定点に最適な研磨圧力をウェーハ W に加えることができない。特に、ウェーハ W のエッジ部では、半径位置に従って膜厚が大きく変化し、必然的に、最適な研磨圧力も半径位置に従って変わる。こ
- 20 のため、実際の測定点と上記仮定上の測定点との間に位置のずれがあると、制御部 117 で決定された研磨圧力と最適な研磨圧力との間に差が生じ、結果として、目標とする膜厚プロファイルが得られないことがあった。

発明の要旨

- 25 そこで、本発明は、膜厚の測定点の実際の位置を取得し、最適な研磨圧力をウェーハなどの基板に加えることができる研磨方法および研磨装置を提供することを目的とする。

本発明の一態様は、基板検知センサおよび膜厚センサが内部に配置された研磨

テーブルを回転させ、リテーナリングを備えた研磨ヘッドにより基板を前記研磨テーブル上の研磨パッドに押し付けて該基板を研磨し、前記基板の研磨中に、前記基板検知センサおよび前記膜厚センサが前記基板の表面を横切りながら、前記基板検知センサが基板検知信号を予め設定された周期で生成し、かつ前記膜厚センサが所定の測定点で膜厚信号を生成し、前記基板検知信号の数から、前記研磨ヘッドの中心に対する前記基板の中心の偏心角度を算出し、前記偏心角度に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正し、前記所定の測定点の補正された位置と、前記膜厚信号とに基づいて、前記研磨ヘッドが前記基板を押し付ける研磨圧力を制御することを特徴とする研磨方法である。

- 5
- 10 本発明の好ましい態様は、前記研磨テーブルの中心から前記基板検知センサまでの距離は、前記研磨テーブルの中心から前記膜厚センサまでの距離よりも短いことを特徴とする。

- 本発明の好ましい態様は、前記基板の研磨中に、前記基板検知センサは前記基板のエッジ部を横切り、前記膜厚センサは前記エッジ部および該エッジ部の内側の領域を横切ることを特徴とする。
- 15

本発明の好ましい態様は、前記偏心角度に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正する工程は、前記基板の直径と前記リテーナリングの内径との差を2で割った数値と、前記偏心角度から、座標補正值を算出し、前記座標補正值に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正する工程であることを特徴とする。

- 20 本発明の好ましい態様は、前記基板検知センサは膜厚センサであることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板検知センサは、光学式膜厚センサであることを特徴とする。

- 本発明の好ましい態様は、前記基板検知センサは、渦電流センサであることを特徴とする。
- 25

本発明の一態様は、研磨パッドを支持するための研磨テーブルと、基板を前記研磨パッドに押し付けて前記基板を研磨する研磨ヘッドと、前記研磨テーブルに設置され、膜厚信号を所定の測定点で生成する膜厚センサと、前記研磨テーブル

に設置され、基板検知信号を予め設定された周期で生成する基板検知センサと、前記基板検知信号の数から、前記研磨ヘッドの中心に対する前記基板の中心の偏心角度を算出し、前記偏心角度に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正し、前記所定の測定点の補正された位置と、前記膜厚信号とに基づいて、前記研磨ヘッドが前記基板を押し付ける研磨圧力の目標値を決定するデータ処理部と、前記研磨圧力の目標値に基づいて、前記研磨ヘッドが前記基板を押し付ける研磨圧力を制御する動作制御部を備えたことを特徴とする研磨装置である。

10 本発明の好ましい態様は、前記研磨テーブルの中心から前記基板検知センサまでの距離は、前記研磨テーブルの中心から前記膜厚センサまでの距離よりも短いことを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記データ処理部は、前記基板の直径と前記リテーナリングの内径との差を2で割った数値と、前記偏心角度から、座標補正値を算出し、前記座標補正値に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正するように構成されていることを特徴とする。

15 本発明の好ましい態様は、前記基板検知センサは膜厚センサであることを特徴とする。

本発明の好ましい態様は、前記基板検知センサは、光学式膜厚センサであることを特徴とする。

20 本発明の好ましい態様は、前記基板検知センサは、渦電流センサであることを特徴とする。

本発明によれば、基板の偏心角度から、膜厚の測定点の実際の位置を決定することができる。したがって、測定点の実際の位置で生成された膜厚信号に基づいて、最適な研磨圧力を決定することができ、結果として、目標とする膜厚プロファイルを達成することができる。

25

図面の簡単な説明

図1は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。

図 2 は、図 1 に示すデータ処理部、動作制御部、センサ制御部が 1 台のコンピュータから構成された一実施形態を示す模式図である。

図 3 は、研磨ヘッドの断面図である。

図 4 は、研磨テーブル内に設置された膜厚センサおよびウェーハ検知センサ
5 (基板検知センサ) の配置を示す平面図である。

図 5 は、光学式膜厚センサからなる膜厚センサと、渦電流センサからなる膜厚センサを備えた研磨装置のセンサ配置図である。

図 6 は、研磨中のウェーハとリテーナリングを示す模式図である。

図 7 は、リテーナリング内のウェーハが研磨テーブル中心側に偏った例を示す
10 模式図である。

図 8 は、リテーナリング内のウェーハが研磨テーブルの移動方向において下流側に偏った例を示す模式図である。

図 9 は、リテーナリング内のウェーハが研磨テーブル外側に偏った例を示す模式図である。

15 図 10 は、偏心角度を説明するための図である。

図 11 は、シミュレーションを実行することによって得られた関連データの一例を示すグラフである。

図 12 は、研磨テーブルの中心とウェーハ検知センサとの距離が 200 mm である条件下でシミュレーションを実行することによって得られた関連データの一例を示すグラフである。
20

図 13 は、研磨テーブルの中心とウェーハ検知センサとの距離が 330 mm である条件下でシミュレーションを実行することによって得られた関連データの一例を示すグラフである。

図 14 は、ウェーハ上の測定点の位置を補正する一実施形態を示す模式図である。
25

図 15 は、膜厚センサからなるウェーハ検知センサがウェーハを検知するメカニズムを説明する模式図である。

図 16 は、従来の研磨装置を示す模式図である。

図 1 7 は、ウェーハの直径とリテーナリングの内径との差を説明するための図である。

実施形態の説明

5 以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図 1 は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。図 1 に示すように、研磨装置は、研磨パッド 2 を支持する研磨テーブル 3 と、基板の一例であるウェーハ W を研磨パッド 2 に押し付ける研磨ヘッド 1 と、研磨テーブル 3 を回転させるテーブルモータ 6 と、研磨パッド 2 上に研磨液（スラリー）を供給するための研磨液供給ノズル 5 とを備えている。研磨パッド 2 の表面は、ウェーハ W を研磨する研磨面 2 a を構成する。研磨テーブル 3 はテーブルモータ 6 に連結されており、研磨テーブル 3 および研磨パッド 2 を一体に回転させるように構成されている。研磨ヘッド 1 は、研磨ヘッドシャフト 1 1 の端部に固定されており、研磨ヘッドシャフト 1 1 は、ヘッドアーム 1 5 に回転可能に支持されている。

15 ウェーハ W は次のようにして研磨される。研磨テーブル 3 および研磨ヘッド 1 を図 1 の矢印で示す方向に回転させながら、研磨液供給ノズル 5 から研磨液が研磨テーブル 3 上の研磨パッド 2 の研磨面 2 a に供給される。ウェーハ W は研磨ヘッド 1 によって回転されながら、研磨パッド 2 とウェーハ W との間に研磨液が存在した状態で研磨パッド 2 の研磨面 2 a に押し付けられる。ウェーハ W の表面は、
20 研磨液の化学的作用と、研磨液に含まれる砥粒による機械的作用により研磨される。

研磨テーブル 3 内には膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ（基板検知センサ） 8 が配置されている。膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 は研磨テーブル 3 および研磨パッド 2 とともに一体に回転する。膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 の位置は、研磨テーブル 3 および研磨パッド 2 が一回転するたびに研磨パッド 2 上のウェーハ W の表面（すなわち被研磨面である下面）を横切る位置である。ウェーハ検知センサ 8 は、研磨テーブル 3 の中心 O を挟んで、膜厚センサ 7 の反対側に配置されている。本実施形態では、膜厚センサ 7、研磨テー

ブル 3 の中心 O、およびウェーハ検知センサ 8 は、一直線上に並んでいる。

膜厚センサ 7 は、ウェーハ W の表面上の所定の測定点での膜厚を示す膜厚信号を生成するセンサである。ウェーハ検知センサ 8 は、ウェーハ W を感知し、ウェーハ検知センサ 8 の上方にウェーハ W が存在することを示すウェーハ検知信号
5 （基板検知信号）を生成するセンサである。膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 は、ウェーハ W の表面を横切りながら、膜厚信号およびウェーハ検知信号をそれぞれ生成する。

膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 はデータ処理部 9 A に接続されており、膜厚センサ 7 から出力された膜厚信号およびウェーハ検知センサ 8 から出力
10 されたウェーハ検知信号はデータ処理部 9 A に送られるようになっている。データ処理部 9 A としては、処理装置および記憶装置を備えた、汎用または専用のコンピュータを使用することができる。

研磨装置は、研磨ヘッド 1、研磨テーブル 3、および研磨液供給ノズル 5 の動作を制御する動作制御部 9 B をさらに備えている。さらに、研磨装置は、膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 の動作を制御するセンサ制御部 9 C を備えて
15 いる。膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 はセンサ制御部 9 C に接続されている。動作制御部 9 B はデータ処理部 9 A に接続され、センサ制御部 9 C は動作制御部 9 B に接続されている。データ処理部 9 A、動作制御部 9 B、センサ制御部 9 C は、それぞれ汎用または専用のコンピュータから構成することができる。
20 あるいは、図 2 に示す一実施形態のように、データ処理部 9 A、動作制御部 9 B、センサ制御部 9 C は、1 台の汎用または専用のコンピュータ 9 から構成されてもよい。

動作制御部 9 B は、測定開始信号および測定条件情報をセンサ制御部 9 C に送信する。測定開始信号を受け取ると、センサ制御部 9 C は、研磨テーブル 3 が一回転するたびに、膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 にそれぞれトリガー
25 信号を送る。膜厚センサ 7 は、トリガー信号を受け取ったときに、上記膜厚信号を生成する。ウェーハ検知センサ 8 は、トリガー信号を受け取ったときであって、かつウェーハ検知センサ 8 の上方にウェーハ W が存在しているときに、上記ウェー

ーハ検知信号を生成する。膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 へのトリガー信号の送信周期は、測定条件情報に含まれる予め設定された周期に相当する。すなわち、センサ制御部 9 C は、測定条件情報に含まれる予め設定された周期でトリガー信号を生成し、トリガー信号を連続的に膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 に送る。

センサ制御部 9 C は、テーブル回転位置検出器 1 9 から送られてくる研磨テーブル 3 の回転位置信号と研磨テーブル 3 の回転速度に基づいて、トリガー信号を膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 に送信するタイミングを決定する。センサ制御部 9 C は、決定したタイミングでトリガー信号を膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 に送信する。より具体的には、センサ制御部 9 C は、膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 に異なるタイミングでトリガー信号を送信する。したがって、研磨テーブル 3 が一回転するたびに、膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 は、ウェーハ W の表面を横切りながら、異なるタイミングで膜厚信号およびウェーハ検知信号をそれぞれ生成する。

テーブル回転位置検出器 1 9 は、研磨テーブル 3 に固定されたセンサターゲット 2 0 と、研磨テーブル 3 の側方に配置された近接センサ 2 1 との組み合わせから構成される。センサターゲット 2 0 は研磨テーブル 3 とともに回転し、その一方で近接センサ 2 1 の位置は固定されている。近接センサ 2 1 はセンサターゲット 2 0 を感知すると、センサ制御部 9 C に研磨テーブル 3 の回転位置信号を送信する。センサ制御部 9 C は、研磨テーブル 3 の回転位置信号と研磨テーブル 3 の回転速度に基づいて、研磨テーブル 3 の現在の回転位置を計算することができる。一実施形態では、テーブル回転位置検出器 1 9 は、テーブルモータ 6 のモータドライバ 2 3 から構成してもよい。

本実施形態では、ウェーハ検知センサ 8 は膜厚センサ 7 よりも研磨テーブル 3 の中心 O に近い位置に配置されている。より具体的には、研磨テーブル 3 の中心 O からウェーハ検知センサ 8 までの距離は、研磨テーブル 3 の中心 O から膜厚センサ 7 までの距離よりも短い。したがって、研磨テーブル 3 の回転に伴い、膜厚センサ 7 は軌跡 P 1 を描いてウェーハ W の表面を横切り、ウェーハ検知センサ 8

は軌跡P 1とは異なる軌跡P 2を描いてウェーハWの表面を横切る。

次に、研磨ヘッド1について説明する。図3は、研磨ヘッド1を示す断面図である。研磨ヘッド1は、研磨ヘッドシャフト11の端部に固定されたヘッド本体31と、ヘッド本体31の下部に取り付けられたメンブレン（弾性膜）34と、
5 ヘッド本体31の下方に配置されたリテーナリング32とを備えている。リテーナリング32は、メンブレン34の周囲に配置されており、ウェーハWの研磨中にウェーハWが研磨ヘッド1から飛び出さないようにするためにウェーハWを保持する環状の構造体である。

メンブレン34とヘッド本体31との間には、4つの圧力室C1、C2、C3、
10 C4が設けられている。圧力室C1、C2、C3、C4はメンブレン34とヘッド本体31によって形成されている。中央の圧力室C1は円形であり、他の圧力室C2、C3、C4は環状である。これらの圧力室C1、C2、C3、C4は、同心上に配列されている。

圧力室C1、C2、C3、C4にはそれぞれ気体移送ラインF1、F2、F3、
15 F4が接続されている。気体移送ラインF1、F2、F3、F4の一端は、研磨装置が設置されている工場に設けられたユーティリティとしての圧縮気体供給源（図示せず）に接続されている。圧縮空気等の圧縮気体は、気体移送ラインF1、F2、F3、F4を通じて圧力室C1、C2、C3、C4にそれぞれ供給されるようになっている。

20 圧力室C3に連通する気体移送ラインF3は、図示しない真空ラインに接続されており、圧力室C3内に真空を形成することが可能となっている。圧力室C3を構成する、メンブレン34の部位には開口が形成されており、圧力室C3に真空を形成することによりウェーハWが研磨ヘッド1に吸着保持される。また、この圧力室C3に圧縮気体を供給することにより、ウェーハWが研磨ヘッド1から
25 リリースされる。

ヘッド本体31とリテーナリング32との間には、環状のメンブレン（ローリングダイヤフラム）36が配置されており、このメンブレン36の内部には圧力室C5が形成されている。圧力室C5は、気体移送ラインF5を介して上記圧縮気

体供給源に連結されている。圧縮気体は、気体移送ラインF 5を通じて圧力室C 5内に供給され、圧力室C 5はリテーナリング3 2を研磨パッド2に対して押圧する。

- 5 気体移送ラインF 1, F 2, F 3, F 4, F 5は、研磨ヘッドシャフト1 1に取り付けられたロータリージョイント4 0を経由して延びている。圧力室C 1, C 2, C 3, C 4, C 5に連通する気体移送ラインF 1, F 2, F 3, F 4, F 5には、それぞれ圧力レギュレータR 1, R 2, R 3, R 4, R 5が設けられている。圧縮気体供給源からの圧縮気体は、圧力レギュレータR 1～R 5を通して圧力室C 1～C 5内にそれぞれ独立に供給される。圧力レギュレータR 1～R 5
- 10 は、圧力室C 1～C 5内の圧縮気体の圧力を調節するように構成されている。

- 圧力レギュレータR 1～R 5は、圧力室C 1～C 5の内部圧力を互いに独立して変化させることが可能であり、これにより、ウェーハWの対応する4つの領域、すなわち、中央部、内側中間部、外側中間部、およびエッジ部に対する研磨圧力、およびリテーナリング3 2の研磨パッド2への押圧力を独立に調節することができ
- 15 ける。気体移送ラインF 1, F 2, F 3, F 4, F 5は大気開放弁（図示せず）にもそれぞれ接続されており、圧力室C 1～C 5を大気開放することも可能である。本実施形態では、メンブレン3 4は、4つの圧力室C 1～C 4を形成するが、一実施形態では、メンブレン3 4は4つよりも少ない、または4つよりも多い圧力室を形成してもよい。

- 20 データ処理部9 A（図1および図2参照）は、ウェーハWの膜厚を示す膜厚信号を膜厚センサ7から受け取り、膜厚信号に基づいて、目標膜厚プロファイルを達成するための圧力室C 1～C 4の目標圧力値を決定し、目標圧力値を動作制御部9 Bに送信する。圧力室C 1～C 4の目標圧力値は、研磨ヘッド1からウェーハWに加えられる研磨圧力の目標値に相当する。圧力レギュレータR 1～R 5は
- 25 動作制御部9 Bに接続されている。動作制御部9 Bは、圧力室C 1～C 5のそれぞれの目標圧力値を指令値として圧力レギュレータR 1～R 5に送り、圧力レギュレータR 1～R 5は、圧力室C 1～C 5内の圧力が対応する目標圧力値に維持されるように動作する。

研磨ヘッド1はウェーハWの複数の領域に対して、独立した研磨圧力をそれぞれ加えることができる。例えば、研磨ヘッド1は、ウェーハWの表面の異なる領域を異なる研磨圧力で研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付けることができる。したがって、研磨ヘッド1は、ウェーハWの膜厚プロファイルを制御して、

5 目標とする膜厚プロファイルを達成することができる。

膜厚センサ7は、ウェーハWの膜厚に従って変化する膜厚信号を出力するセンサである。膜厚信号は、膜厚を直接または間接に示す数値またはデータ（数値群）である。膜厚センサ7は、例えば、光学式膜厚センサまたは渦電流センサから構成される。光学式膜厚センサは、ウェーハWの表面に光を照射し、ウェーハ

10 Wからの反射光の強度を波長ごとに測定し、波長に関連付けられた反射光の強度を出力するように構成される。波長に関連付けられた反射光の強度は、ウェーハWの膜厚に従って変化する膜厚信号である。渦電流センサは、ウェーハWに形成されている導電膜に渦電流を誘起させ、導電膜と渦電流センサのコイルとを含む電気回路のインピーダンスに従って変化する膜厚信号を出力する。本実施形態に

15 使用される光学式膜厚センサおよび渦電流センサは、公知の装置を使用することができる。

図4は、研磨テーブル3内に設置された膜厚センサ7およびウェーハ検知センサ（基板検知センサ）8の配置を示す平面図である。図4では、研磨パッド2の図示は省略されている。上述したように、研磨テーブル3の中心Oからウェーハ

20 検知センサ8までの距離は、研磨テーブル3の中心Oから膜厚センサ7までの距離よりも短い。したがって、研磨テーブル3の回転に伴い、膜厚センサ7は軌跡P1を描いてウェーハWの表面を横切り、ウェーハ検知センサ8は軌跡P1とは異なる軌跡P2を描いてウェーハWの表面を横切る。

本実施形態では、研磨テーブル3の中心Oから膜厚センサ7およびウェーハ検知センサ8まで延びる2つの直線のなす角度は 180° である。すなわち、膜厚センサ7、研磨テーブル3の中心O、およびウェーハ検知センサ8は、一直線上に並んでいる。一実施形態では、研磨テーブル3の中心Oから膜厚センサ7およびウェーハ検知センサ8まで延びる2つの直線のなす角度は 180° 以外の角度

であってもよい。

膜厚センサ 7 は、光学式膜厚センサまたは渦電流センサである。複数の膜厚センサを研磨テーブル 3 に設けてもよい。図 5 は、光学式膜厚センサからなる膜厚センサ 7 と、渦電流センサからなる膜厚センサ 25 を備えた研磨装置のセンサ配置図である。膜厚センサ 7 と膜厚センサ 25 は、研磨テーブル 3 の中心 O から同じ距離にあり、かつ研磨テーブル 3 の周方向において互いに離れている。図 5 に示す膜厚センサ 7 およびウェーハ検知センサ 8 の位置は、図 4 に示す実施形態と同じである。膜厚センサ 7 と膜厚センサ 25 は、同じ軌跡 P 1 を描いてウェーハ W の表面を横切る。

10 膜厚センサ 7 と膜厚センサ 25 は、ウェーハ W の研磨中に同時に使用してもよく、またはウェーハ W の膜の種類に基づいて膜厚センサ 7 または膜厚センサ 25 のいずれか一方を選択的に使用してもよい。膜厚センサ 7 および膜厚センサ 25 に加えて、1 つまたはそれよりも多い膜厚センサをさらに設けてもよい。

図 6 は、研磨中のウェーハ W とリテーナリング 32 を示す模式図である。研磨
15 テーブル 3 の回転に伴い、膜厚センサ 7 は軌跡 P 1 を描いてウェーハ W のエッジ部 S 1 および該エッジ部 S 1 の内側の領域 S 2 を横切り、ウェーハ検知センサ 8 は軌跡 P 2 を描いてウェーハ W のエッジ部 S 1 のみを横切る。エッジ部 S 1 は、ウェーハ W の表面の最も外側に位置する環状の領域である。エッジ部 S 1 の内側の領域 S 2 は、ウェーハ W の中心 H 1 を含む円形の領域である。ウェーハ検知センサ 8 は、ウェーハ W のエッジ部 S 1 を横切りながら、ウェーハ検知信号（基板検知信号）を予め設定された周期で生成する。ウェーハ検知信号は、ウェーハ検知センサ 8 の上にウェーハ W が存在していることを示す信号である。

図 6 に示すように、ウェーハ W の研磨中、ウェーハ W はリテーナリング 32 に
25 囲まれる。リテーナリング 32 の内径と、ウェーハ W の直径との間には差があり、ウェーハ W の研磨中はウェーハ W と研磨パッド 2 との間に作用する摩擦力により、ウェーハ W の最外周はリテーナリング 32 の内周面 32 a に押し付けられる。結果として、ウェーハ W の中心 H 1 は研磨ヘッド 1 の中心 H 2 からずれる。

ウェーハ検知センサ 8 の軌跡 P 2 は、リテーナリング 32 内でのウェーハ W の

位置によらず一定であるが、ウェーハ検知信号の数はリテーナリング 3 2 に対するウェーハWの相対位置に依存して変わりうる。そこで、本実施形態では、データ処理部 9 Aは、研磨テーブル 3 の一回転当たりのウェーハ検知信号（基板検知信号）の数に基づいて、研磨ヘッド 1 の中心H 2 に対するウェーハWの中心H 1
5 の偏心角度を決定する。以下、偏心角度を決定する原理について説明する。

図 7 は、リテーナリング 3 2 内のウェーハWが研磨テーブル中心側に偏った例を示す模式図である。ウェーハ検知センサ 8 は予め設定された周期でウェーハ検知信号を生成する。ウェーハ検知センサ 8 の軌跡 P 2 上の黒丸は、ウェーハ検知信号が生成されたウェーハW上の検知点である。検知点の数（すなわち軌跡 P 2
10 上の黒丸の数）は、ウェーハ検知信号の数に相当する。図 8 は、リテーナリング 3 2 内のウェーハWが研磨テーブル 3 の移動方向において下流側に偏った例を示す模式図であり、図 9 は、リテーナリング 3 2 内のウェーハWが研磨テーブル外側に偏った例を示す模式図である。

図 7、図 8、図 9 から分かるように、リテーナリング 3 2 に対するウェーハW
15 の相対位置によって、研磨テーブル 3 の一回転当たりのウェーハ検知信号（基板検知信号）の数は変化する。ウェーハWの研磨中は、ウェーハWの最外周はリテーナリング 3 2 の内周面 3 2 a に接触しているので、ウェーハWの中心H 1 と研磨ヘッド 1 の中心H 2 との距離は、ウェーハWの相対位置によらず一定である。これに対して、研磨ヘッド 1 の中心H 2 に対するウェーハWの中心H 1 の偏心角度
20 は、リテーナリング 3 2 に対するウェーハWの相対位置に依存して変わる。すなわち、偏心角度と、ウェーハ検知信号の数との間には、相関がある。

データ処理部 9 Aは、偏心角度とウェーハ検知信号の数との間の相関を示す相関データをその内部に予め格納している。データ処理部 9 Aは、ウェーハWの研磨中に、研磨テーブル 3 の一回転当たりのウェーハ検知信号の数を計数し、相関
25 データに基づいてウェーハ検知信号の数に対応する偏心角度を決定する。

偏心角度とウェーハ検知信号の数との間の相関を示す相関データは、シミュレーションにより求めることができる。シミュレーションを実行するのに必要な要素、すなわち、偏心角度とウェーハ検知信号の数との間の相関を示す相関データ

を定めるために必要な要素は、次の通りである。

ウェーハWの直径

リテーナリング 3 2 の内径

研磨テーブル 3 の中心Oと研磨ヘッド 1 の中心H 2 との距離

5 研磨テーブル 3 の中心Oとウェーハ検知センサ 8 との距離

研磨テーブル 3 の回転速度

ウェーハ検知センサ 8 の検知周期

研磨ヘッド 1 の中心H 2 に対するウェーハWの中心H 1 の偏心角度

図 1 0 は、偏心角度を説明するための図である。図 1 0 に示す記号 θ は偏心角
10 度を表す。偏心角度 θ は、研磨ヘッド 1 の中心H 2 を通る基準線RLと、研磨ヘ
ッド 1 の中心H 2 およびウェーハWの中心H 1 を通る直線とのなす角度と定義さ
れる。本実施形態では、基準線RLは、研磨テーブル 3 の中心Oと研磨ヘッド 1
の中心H 2 を通る直線と定義される。上述した相関データを得るためのシミュレ
ーションでは、偏心角度 θ を 0° から 180° まで 1° 刻みで変化させながら、
15 各偏心角度 θ でのウェーハ検知信号の数を計数する。

シミュレーションの一例を以下に示す。このシミュレーションの条件は以下の
通りである。

ウェーハWの直径：300mm

リテーナリング 3 2 の内径：305mm

20 研磨テーブル 3 の中心Oと研磨ヘッド 1 の中心H 2 との距離：200mm

研磨テーブル 3 の中心Oとウェーハ検知センサ 8 との距離：70mm

研磨テーブル 3 の回転速度： 100min^{-1}

ウェーハ検知センサ 8 の検知周期：0.5ms（ミリ秒）

偏心角度 θ ： $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$

25 図 1 1 は、シミュレーションを実行することによって得られた相関データの一
例を示すグラフである。縦軸は研磨テーブル 3 の一回転当たりのウェーハ検知信
号の数を表し、横軸は偏心角度 θ を表す。図 1 1 に示す例では、ウェーハ検知信
号の数が增えるに従い、偏心角度 θ も大きくなる。したがって、データ処理部 9

Aは、ウェーハWの研磨中に、ウェーハ検知信号の数を計数し、対応する偏心角度 θ を相関データに基づいて決定することができる。

図12は、研磨テーブル3の中心Oとウェーハ検知センサ8との距離が200mmである条件下でシミュレーションを実行することによって得られた相関データ
5 5の一例を示すグラフであり、図13は、研磨テーブル3の中心Oとウェーハ検知センサ8との距離が330mmである条件下でシミュレーションを実行することによって得られた相関データの一例を示すグラフである。他の条件は、図11を参照して説明したシミュレーションと同じである。

図12および図13の相関データは、偏心角度 θ の変化に対して、ウェーハ検
10 知信号の数があまり変化しないことを示している。つまり、ウェーハ検知信号の数の変化に基づいて偏心角度 θ を決定する分解能は低いと言える。これに対して、図11の相関データは、ウェーハ検知信号の数の変化幅が大きく、偏心角度 θ を決定する分解能が高いことを示している。図11、図12、図13に示す相関データから、研磨テーブル3の中心Oとウェーハ検知センサ8との距離は、研磨
15 15テーブル3の中心Oと研磨ヘッド1の中心H2との距離よりも短いことが好ましいことが分かる。

このようにして、データ処理部9Aは、ウェーハ検知センサ8の上方にウェーハWが存在していることを示すウェーハ検知信号の数に対応する偏心角度 θ を相関データを参照して決定する。データ処理部9Aは、膜厚センサ7の測定点の位
20 20置を、決定された偏心角度 θ に基づいて補正する。より具体的には、データ処理部9Aは、決定された偏心角度 θ と、ウェーハWの中心H1と研磨ヘッド1の中心H2との距離に基づいて、測定点の位置を補正する。

ウェーハWの中心H1と研磨ヘッド1の中心H2との距離は、リテーナリング32の内径とウェーハWの直径との差を2で割り算することで得られる。ウェーハWの研磨中は、ウェーハWはリテーナリング32の内周面32aに接触している
25 25ので、偏心角度 θ にかかわらず、ウェーハWの中心H1と研磨ヘッド1の中心H2との距離は一定である。

図14は、ウェーハW上の測定点の位置を補正する一実施形態を示す模式図で

ある。ウェーハWの表面上の膜厚の測定点M1の位置を特定するために、ウェーハWの表面上にXY座標系を定義する。XY座標系は、研磨ヘッド1の中心H2上に原点を持つ。XY座標系のX軸は基準線RLに一致し、XY座標系のY軸は研磨ヘッド1の中心H2を通り、かつ基準線RLに垂直である。ウェーハWの中心H1と研磨ヘッド1の中心H2との距離をdとすると、ウェーハWの中心H1の座標は $(d \cos \theta, -d \sin \theta)$ で表される。この座標は、ウェーハWの表面上の膜厚の測定点の位置を補正するための座標補正值としてデータ処理部9A内に記憶される。

データ処理部9Aは、上記座標補正值 $(d \cos \theta, -d \sin \theta)$ に基づいて測定点M1の位置を補正する。本実施形態では、データ処理部9Aは、測定点M1の座標 (x, y) から、上記座標補正值 $(d \cos \theta, -d \sin \theta)$ を引き算することで、測定点M1の位置を補正する。補正された測定点M1の位置は、座標 $(x - d \cos \theta, y + d \sin \theta)$ で表される。この補正された測定点M1は、膜厚信号が生成された測定点の実際の位置である。同じようにして、他の測定点の座標から上記座標補正值 $(d \cos \theta, -d \sin \theta)$ を引き算することで、他の測定点の位置を補正する。

データ処理部9Aは、膜厚センサ7によって生成された膜厚信号と、その膜厚信号が生成された測定点の補正された位置（実際の位置）に基づいて、その測定点での最適な研磨圧力、すなわちその測定点での研磨圧力の目標値を決定する。一実施形態では、データ処理部9Aは、膜厚センサ7によって生成された膜厚信号と、その膜厚信号が生成された測定点の補正された位置（実際の位置）に基づいて、その補正された位置での膜厚値を決定し、決定された膜厚と、その補正された位置での目標膜厚との差を最小にすることができる圧力室（図3のC1～C4のいずれか）の目標圧力値を決定する。データ処理部9Aは、決定した目標圧力値を動作制御部9Bに送信する。圧力室の目標圧力値は、研磨ヘッド1からウェーハWに加えられる研磨圧力の目標値に相当する。動作制御部9Bは、圧力室の目標圧力値をデータ処理部9Aから受け取り、圧力室の目標圧力値に基づいて、研磨ヘッド1からウェーハWに加えられる研磨圧力を制御する。より具体的には、

動作制御部 9 B は、圧力室の目標圧力値を対応する圧力レギュレータ（図 3 の R 1 ～ R 4 のいずれか）に送信し、圧力レギュレータは、圧力室内の圧力を目標圧力値に維持させることによって、研磨ヘッド 1 からウェーハ W に加えられる研磨圧力を制御する。本実施形態によれば、測定点の実際の位置で生成された膜厚信号に基づいて、最適な研磨圧力を決定することができ、結果として、目標とする膜厚プロファイルを達成することができる。

上述したウェーハ検知センサ（基板検知センサ） 8 は、ウェーハ W の存在を検知できるものであれば特に限定されない。一実施形態では、ウェーハ検知センサ 8 は、光学式膜厚センサ、渦電流センサなどの膜厚センサであってもよい。以下、ウェーハ検知センサ 8 として膜厚センサを用いた場合の、ウェーハ検知のメカニズムについて図 1 5 を参照して説明する。

図 1 5 は、膜厚センサからなるウェーハ検知センサ 8 が、ウェーハ W を検知するメカニズムを説明する模式図である。ウェーハ検知センサ 8 は、膜厚信号を予め設定された周期で（例えば、0. 5 m s 周期で）生成するように構成される。ウェーハ W がウェーハ検知センサ 8 の上方に存在するとき、ウェーハ検知センサ 8 は、ウェーハ W の存在に起因したある程度の大きさの膜厚信号を生成する。一方で、ウェーハ W がウェーハ検知センサ 8 の上方にないとき、ウェーハ検知センサ 8 は上記予め設定された周期で膜厚信号を生成するが、その膜厚信号は極めて小さい。つまり、ウェーハ W がウェーハ検知センサ 8 の上方に存在するときにウェーハ検知センサ 8 が生成した膜厚信号は、ウェーハ検知信号（基板検知信号）として使用することができる。一例では、ウェーハ検知センサ 8 は、しきい値以上の大きさの膜厚信号をウェーハ検知信号として出力する。ウェーハ検知信号としての膜厚信号は、膜厚センサ 7 が生成した膜厚信号とともに、ウェーハ W の目標の膜厚プロファイルを達成するための研磨圧力の制御に使用されてもよい。

上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態

に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

特許請求の範囲

1. 基板検知センサおよび膜厚センサが内部に配置された研磨テーブルを回転させ、

リテーナリングを備えた研磨ヘッドにより基板を前記研磨テーブル上の研磨パッドに押し付けて該基板を研磨し、

前記基板の研磨中に、前記基板検知センサおよび前記膜厚センサが前記基板の表面を横切りながら、前記基板検知センサが基板検知信号を予め設定された周期で生成し、かつ前記膜厚センサが所定の測定点で膜厚信号を生成し、

前記基板検知信号の数から、前記研磨ヘッドの中心に対する前記基板の中心の偏心角度を算出し、

前記偏心角度に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正し、

前記所定の測定点の補正された位置と、前記膜厚信号とに基づいて、前記研磨ヘッドが前記基板を押し付ける研磨圧力を制御することを特徴とする研磨方法。

2. 前記研磨テーブルの中心から前記基板検知センサまでの距離は、前記研磨テーブルの中心から前記膜厚センサまでの距離よりも短いことを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

3. 前記基板の研磨中に、前記基板検知センサは前記基板のエッジ部を横切り、前記膜厚センサは前記エッジ部および該エッジ部の内側の領域を横切ることを特徴とする請求項2に記載の研磨方法。

4. 前記偏心角度に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正する工程は、

前記基板の直径と前記リテーナリングの内径との差を2で割った数値と、前記偏心角度から、座標補正值を算出し、

前記座標補正值に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正する工程であることを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

5. 前記基板検知センサは膜厚センサであることを特徴とする請求項1に記載の研磨方法。

6. 前記基板検知センサは、光学式膜厚センサであることを特徴とする請求項5に記載の研磨方法。

7. 前記基板検知センサは、渦電流センサであることを特徴とする請求項5に記載の研磨方法。

8. 研磨パッドを支持するための研磨テーブルと、

基板を前記研磨パッドに押し付けて前記基板を研磨する研磨ヘッドと、

前記研磨テーブルに設置され、膜厚信号を所定の測定点で生成する膜厚センサと、

前記研磨テーブルに設置され、基板検知信号を予め設定された周期で生成する基板検知センサと、

前記基板検知信号の数から、前記研磨ヘッドの中心に対する前記基板の中心の偏心角度を算出し、前記偏心角度に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正し、前記所定の測定点の補正された位置と、前記膜厚信号とに基づいて、前記研磨ヘッドが前記基板を押し付ける研磨圧力の目標値を決定するデータ処理部と、

前記研磨圧力の目標値に基づいて、前記研磨ヘッドが前記基板を押し付ける研磨圧力を制御する動作制御部を備えたことを特徴とする研磨装置。

9. 前記研磨テーブルの中心から前記基板検知センサまでの距離は、前記研磨テーブルの中心から前記膜厚センサまでの距離よりも短いことを特徴とする請求項8に記載の研磨装置。

10. 前記データ処理部は、

前記基板の直径と前記リテーナリングの内径との差を2で割った数値と、前記偏心角度から、座標補正値を算出し、

前記座標補正値に基づいて、前記所定の測定点の位置を補正するように構成されていることを特徴とする請求項8に記載の研磨装置。

11. 前記基板検知センサは膜厚センサであることを特徴とする請求項8に記載の研磨装置。

12. 前記基板検知センサは、光学式膜厚センサであることを特徴とする請求項11に記載の研磨装置。

13. 前記基板検知センサは、渦電流センサであることを特徴とする請求項11に記載の研磨装置。