

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6847811号
(P6847811)

(45) 発行日 令和3年3月24日 (2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月5日 (2021.3.5)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/304 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 2 R

B 2 4 B 49/12 (2006.01)

H O 1 L 21/304 6 2 2 S

B 2 4 B 49/10 (2006.01)

B 2 4 B 49/12

B 2 4 B 37/005 (2012.01)

B 2 4 B 49/10

B 2 4 B 37/34 (2012.01)

B 2 4 B 37/005 A

請求項の数 13 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-205400 (P2017-205400)
 (22) 出願日 平成29年10月24日 (2017.10.24)
 (65) 公開番号 特開2019-79923 (P2019-79923A)
 (43) 公開日 令和1年5月23日 (2019.5.23)
 審査請求日 令和2年3月31日 (2020.3.31)

(73) 特許権者 000000239
 株式会社荏原製作所
 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号
 (74) 代理人 100118500
 弁理士 廣澤 哲也
 (74) 代理人 100091498
 弁理士 渡邊 勇
 (72) 発明者 八木 圭太
 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会
 社 荏原製作所内
 (72) 発明者 渡邊 夕貴
 東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会
 社 荏原製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 研磨方法および研磨装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 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。

【請求項 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。

【請求項 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。

【請求項 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工程であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の研磨方法。

【請求項 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 乃至 4 のいずれか一項に記載の研磨方法。

10

【請求項 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。

【請求項 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。

【請求項 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、

20

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。

【請求項 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。

30

【請求項 10】

前記データ処理部は、

前記基板の直径と前記研磨ヘッドに備えられた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 または 9 に記載の研磨装置。

【請求項 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 乃至 10 のいずれか一項に記載の研磨装置。

40

【請求項 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。

【請求項 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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

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。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体デバイスの微細化は配線幅が10nm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。

10

【0003】

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りリテーナリング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。

【0004】

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。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2012-138442号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

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圧力を決定する。

【0007】

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。

40

【0008】

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。

50

【 0 0 0 9 】

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。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 0 】

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。

10

【 0 0 1 1 】

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

20

ることを特徴とする。
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。

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。

30

【 0 0 1 2 】

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。

40

【 0 0 1 3 】

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研磨ヘッドに備えられた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ように構成されてい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

50

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。

【発明の効果】

【0014】

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。

【図面の簡単な説明】

10

【0015】

【図1】研磨装置の一実施形態を示す模式図である。

【図2】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】研磨ヘッドの断面図である。

【図4】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（基板検知センサ）の配置を示す平面図である。

【図5】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】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。

20

【図7】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模式図である。

【図8】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】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。

【図10】偏心角度を説明するための図である。

【図11】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】研磨テーブルの中心とウェーハ検知センサとの距離が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関連データの一例を示すグラフである。

30

【図13】研磨テーブルの中心とウェーハ検知センサとの距離が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関連データの一例を示すグラフである。

【図14】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。

【図15】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】従来の研磨装置を示す模式図である。

【図17】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。

40

【発明を実施するための形態】

【0016】

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2a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11の端部に固定されて

50

おり、研磨ヘッドシャフト 11 は、ヘッドアーム 15 に回転可能に支持されている。

【0017】

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 2a 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 2a に押し付けられる。ウェーハ W の表面は、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。

【0018】

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。

【0019】

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（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。

【0020】

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 9A 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 から出力されたウェーハ検知信号はデータ処理部 9A に送られるようになっている。データ処理部 9A 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。

【0021】

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 9B 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 9C を備えている。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 9C に接続されている。動作制御部 9B はデータ処理部 9A に接続され、センサ制御部 9C は動作制御部 9B に接続されている。データ処理部 9A、動作制御部 9B、センサ制御部 9C 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。あるいは、図 2 に示す一実施形態のように、データ処理部 9A、動作制御部 9B、センサ制御部 9C 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。

【0022】

動作制御部 9B は、測定開始信号および測定条件情報をセンサ制御部 9C に送信する。測定開始信号を受け取ると、センサ制御部 9C 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 9C 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。

【 0 0 2 3 】

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。

【 0 0 2 4 】

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。

【 0 0 2 5 】

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。

【 0 0 2 6 】

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 1 1 の端部に固定されたヘッド本体 3 1 と、ヘッド本体 3 1 の下部に取り付けられたメンブレン（弾性膜）3 4 と、ヘッド本体 3 1 の下方に配置されたりテーナリング 3 2 とを備えている。リテーナリング 3 2 は、メンブレン 3 4 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。

【 0 0 2 7 】

メンブレン 3 4 とヘッド本体 3 1 との間には、4 つの圧力室 C 1 , C 2 , C 3 , C 4 が設けられている。圧力室 C 1 , C 2 , C 3 , C 4 はメンブレン 3 4 とヘッド本体 3 1 によって形成されている。中央の圧力室 C 1 は円形であり、他の圧力室 C 2 , C 3 , C 4 は環状である。これらの圧力室 C 1 , C 2 , C 3 , C 4 は、同心上に配列されている。

【 0 0 2 8 】

圧力室 C 1 , C 2 , C 3 , C 4 にはそれぞれ気体移送ライン F 1 , F 2 , F 3 , F 4 が接続されている。気体移送ライン F 1 , F 2 , F 3 , F 4 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 F 1 , F 2 , F 3 , F 4 を通じて圧力室 C 1 , C 2 , C 3 , C 4 にそれぞれ供給されるようになっている。

【 0 0 2 9 】

圧力室 C 3 に連通する気体移送ライン F 3 は、図示しない真空ラインに接続されており、圧力室 C 3 内に真空を形成することが可能となっている。圧力室 C 3 を構成する、メンブレン 3 4 の部位には開口が形成されており、圧力室 C 3 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 C 3 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 からリリースされる。

【 0 0 3 0 】

ヘッド本体 3 1 とリテーナリング 3 2 との間には、環状のメンブレン（ローリングダイヤフラム）3 6 が配置されており、このメンブレン 3 6 の内部には圧力室 C 5 が形成されている。圧力室 C 5 は、気体移送ライン F 5 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。

【 0 0 3 1 】

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 を通って圧力室 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 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。

10

【 0 0 3 2 】

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

【 0 0 3 3 】

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。

30

【 0 0 3 4 】

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 2 a 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、目標とする膜厚プロファイルを達成することができる。

【 0 0 3 5 】

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 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。

40

【 0 0 3 6 】

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

50

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。

【 0 0 3 7 】

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。

【 0 0 3 8 】

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。

【 0 0 3 9 】

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。

【 0 0 4 0 】

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。

【 0 0 4 1 】

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 32a 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。

【 0 0 4 2 】

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 32 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 9A 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 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。

【 0 0 4 3 】

図 7 は、リテーナリング 32 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

10

20

30

40

50

W上の検知点である。検知点の数（すなわち軌跡P2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32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32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。

【0044】

図7, 図8, 図9から分かるように、リテーナリング32に対するウェーハW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32の内周面32aに接触しているので、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、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H2に対するウェーハWの中心H1の偏心角度は、リテーナリング32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。

10

【0045】

データ処理部9A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9A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。

【0046】

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。

20

ウェーハWの直径

リテーナリング32の内径

研磨テーブル3の中心Oと研磨ヘッド1の中心H2との距離

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H2に対するウェーハWの中心H1の偏心角度

30

【0047】

図10は、偏心角度を説明するための図である。図10に示す記号 θ は偏心角度を表す。偏心角度 θ は、研磨ヘッド1の中心H2を通る基準線RLと、研磨ヘッド1の中心H2およびウェーハWの中心H1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H2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、各偏心角度 θ でのウェーハ検知信号の数を計数する。

【0048】

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。

40

ウェーハWの直径：300mm

リテーナリング32の内径：305mm

研磨テーブル3の中心Oと研磨ヘッド1の中心H2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°～180°

【0049】

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

50

軸は偏心角度 を表す。図 1 1 に示す例では、ウェーハ検知信号の数が増えるに従い、偏心角度 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 を相関データに基づいて決定することができる。

【 0 0 5 0 】

図 1 2 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 2 0 0 m m 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り、図 1 3 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 3 3 0 m m 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 1 1 を参照して説明したシミュレーションと同じである。

【 0 0 5 1 】

図 1 2 および図 1 3 の相関データは、偏心角度 の変化に対して、ウェーハ検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 を決定する分解能は低いと言える。これに対して、図 1 1 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 を決定する分解能が高いことを示している。図 1 1、図 1 2、図 1 3 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 との距離よりも短いことが好ましいことが分かる。

【 0 0 5 2 】

このようにして、データ処理部 9 A 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 を相関データを参照して決定する。データ処理部 9 A は、膜厚センサ 7 の測定点の位置を、決定された偏心角度 に基づいて補正する。より具体的には、データ処理部 9 A は、決定された偏心角度 と、ウェーハ W の中心 H 1 と研磨ヘッド 1 の中心 H 2 との距離に基づいて、測定点の位置を補正する。

【 0 0 5 3 】

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、リテーナリング 3 2 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 3 2 の内周面 3 2 a に接触しているので、偏心角度 にかかわらず、ウェーハ W の中心 H 1 と研磨ヘッド 1 の中心 H 2 との距離は一定である。

【 0 0 5 4 】

図 1 4 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 M 1 の位置を特定するために、ウェーハ W の表面上に X Y 座標系を定義する。X Y 座標系は、研磨ヘッド 1 の中心 H 2 上に原点に持つ。X Y 座標系の X 軸は基準線 R L に一致し、X Y 座標系の Y 軸は研磨ヘッド 1 の中心 H 2 を通り、かつ基準線 R L に垂直である。ウェーハ W の中心 H 1 と研磨ヘッド 1 の中心 H 2 との距離を d とすると、ウェーハ W の中心 H 1 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 9 A 内に記憶される。

【 0 0 5 5 】

データ処理部 9 A は、上記座標補正值 $(d \cos \theta, -d \sin \theta)$ に基づいて測定点 M 1 の位置を補正する。本実施形態では、データ処理部 9 A は、測定点 M 1 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 M 1 の位置を補正する。補正された測定点 M 1 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 M 1 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。

【 0 0 5 6 】

データ処理部 9 A 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

10

20

30

40

50

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 9 A 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 C 1 ~ C 4 のいずれか）の目標圧力値を決定する。データ処理部 9 A は、決定した目標圧力値を動作制御部 9 B 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 9 B は、圧力室の目標圧力値をデータ処理部 9 A 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る。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。

【0057】

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 15 を参照して説明する。

【0058】

図 15 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 ms 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。

【0059】

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。

【符号の説明】

【0060】

- 1 研磨ヘッド
- 2 研磨パッド
- 2 a 研磨面
- 3 研磨テーブル
- 5 研磨液供給ノズル
- 6 テーブルモータ
- 7 膜厚センサ
- 8 ウェーハ検知センサ（基板検知センサ）

10

20

30

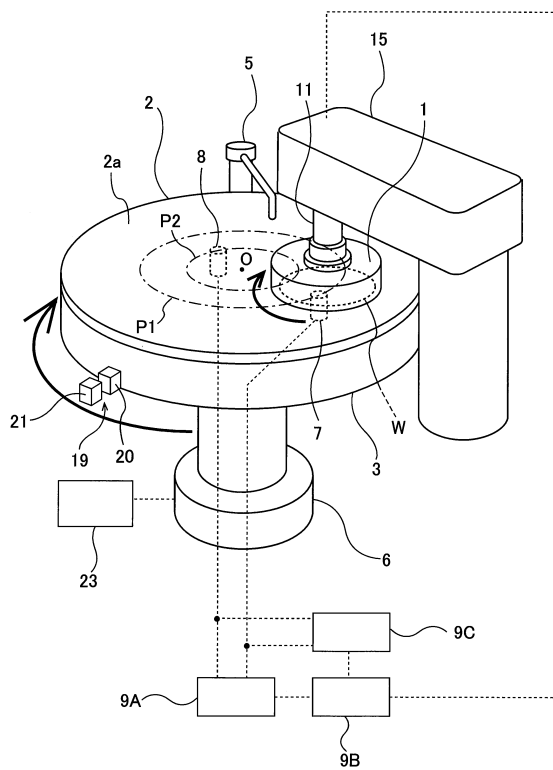
40

50

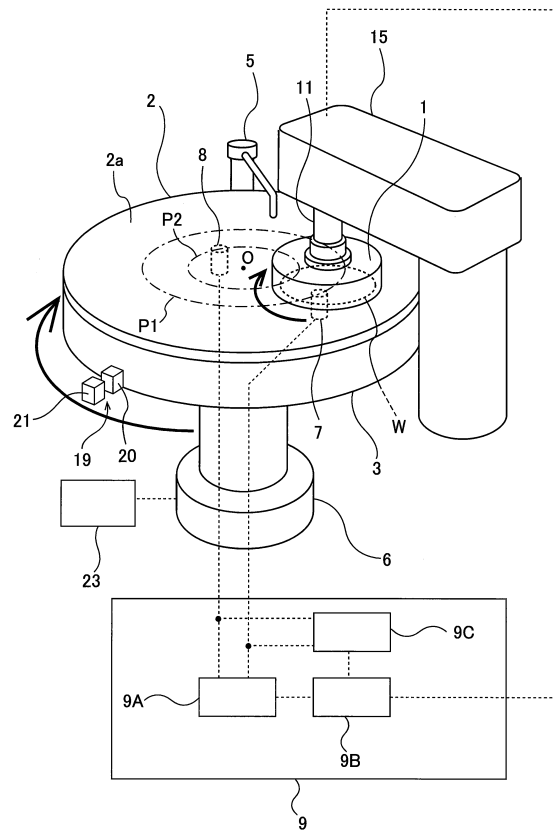
- 9 コンピュータ
- 9 A データ処理部
- 9 B 動作制御部
- 9 C センサ制御部
- 1 1 研磨ヘッドシャフト
- 1 5 ヘッドアーム
- 1 9 テーブル回転位置検出器
- 2 0 センサターゲット
- 2 1 近接センサ
- 2 3 モータドライバ
- 2 5 膜厚センサ
- 3 1 ヘッド本体
- 3 2 リテーナリング
- 3 4 メンブレン（弾性膜）
- 3 6 メンブレン（ローリングダイヤフラム）
- 4 0 ロータリジョイント
- C 1 , C 2 , C 3 , C 4 , C 5 圧力室
- F 1 , F 2 , F 3 , F 4 , F 5 気体移送ライン
- R 1 , R 2 , R 3 , R 4 , R 5 圧力レギュレータ

10

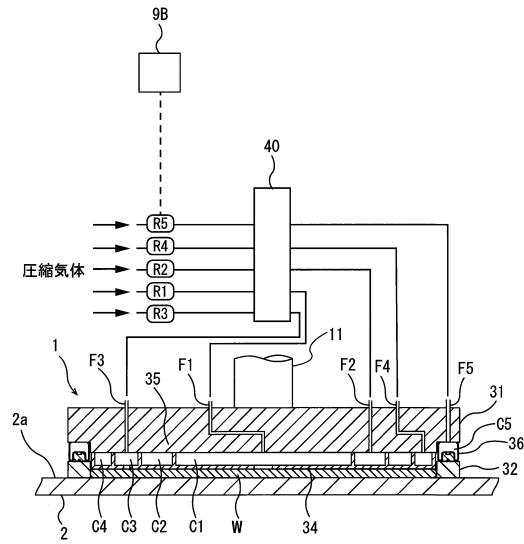
【図 1】



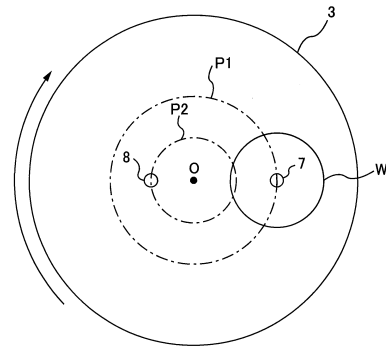
【図 2】



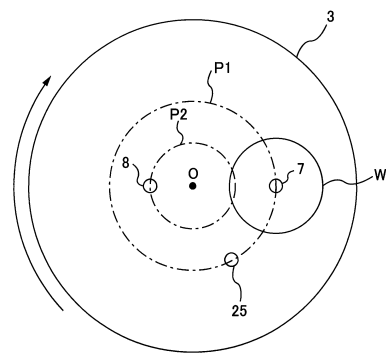
【図 3】



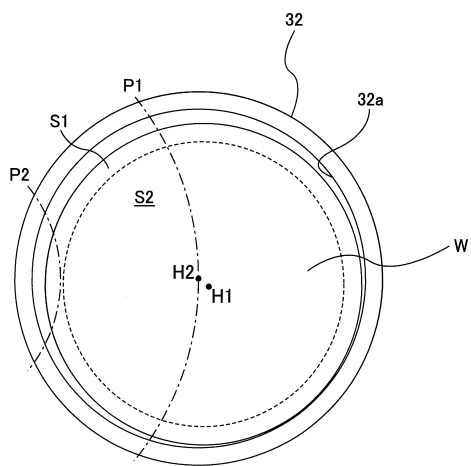
【図 4】



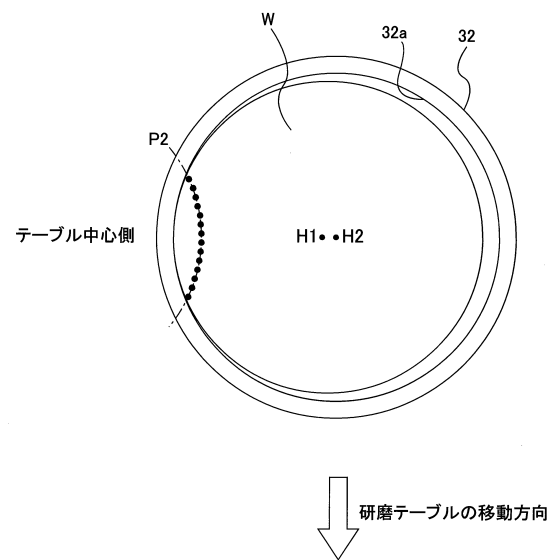
【図 5】



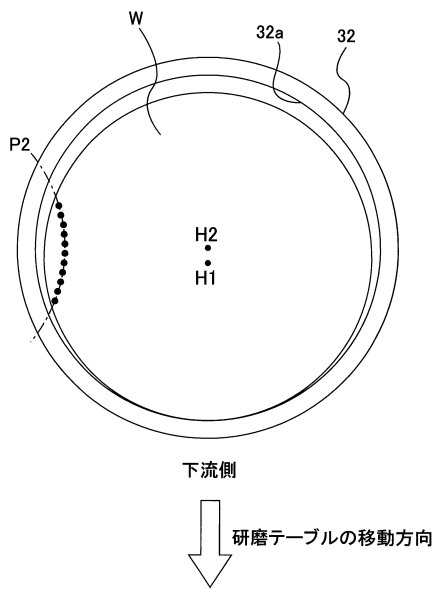
【図 6】



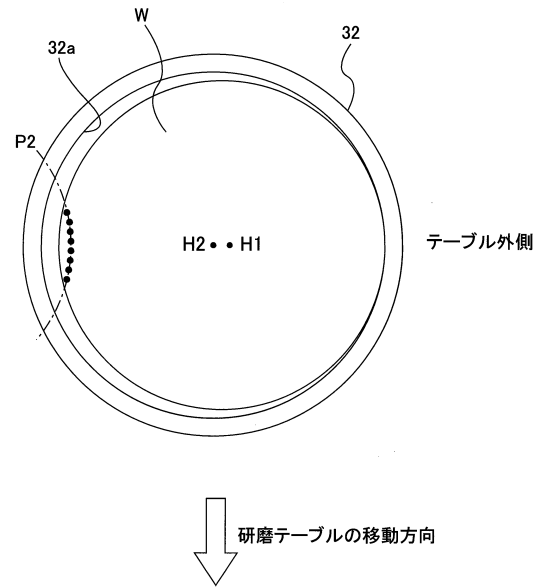
【図 7】



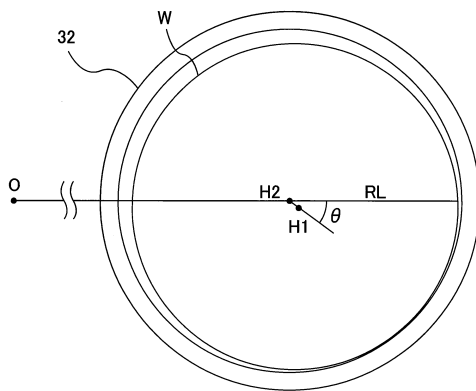
【図 8】



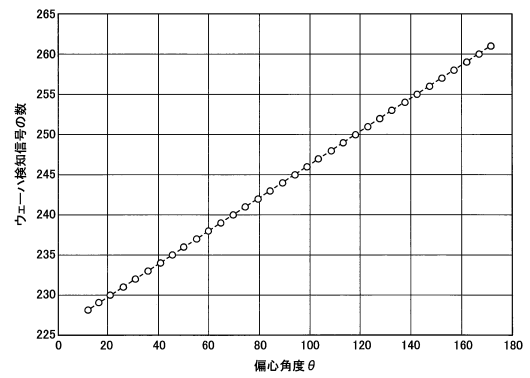
【図 9】



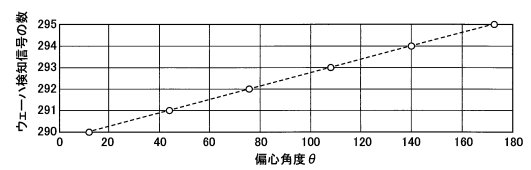
【図 10】



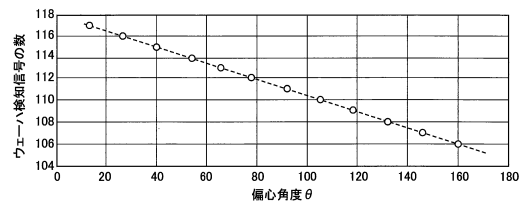
【図 11】



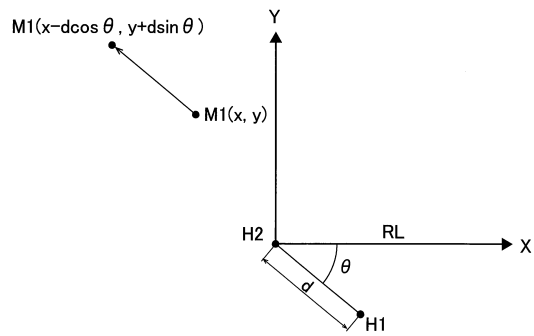
【図 12】



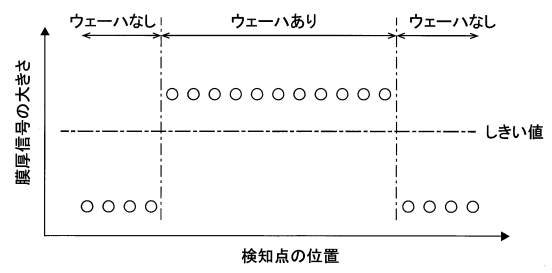
【図 13】



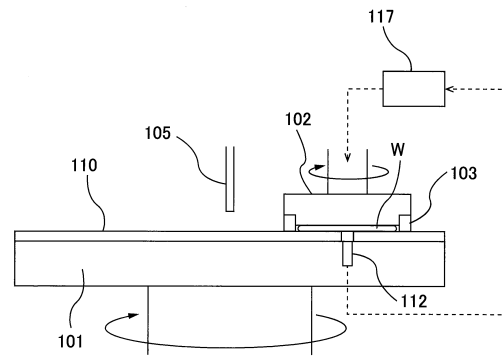
【図 14】



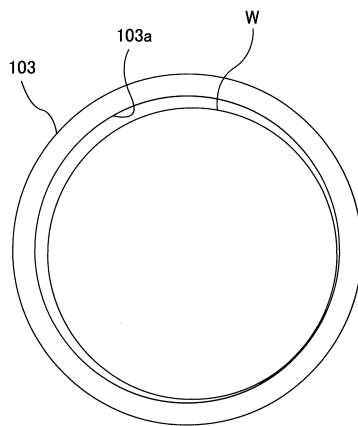
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
B 2 4 B 37/34

(72)発明者 佐々木 俊光
東京都大田区羽田旭町 1 1 番 1 号 株式会社 荏原製作所内

審査官 鈴木 孝章

(56)参考文献 特開 2 0 1 7 - 0 6 4 8 0 1 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 0 7 8 1 5 5 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 3 8 4 4 2 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 5 4 9 2 8 (J P , A)
特開 2 0 0 9 - 2 5 5 1 8 4 (J P , A)
特開 2 0 1 6 - 1 8 4 7 7 0 (J P , A)
特開 2 0 0 5 - 8 1 5 1 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 3 0 4
B 2 4 B 3 7 / 0 0 5
B 2 4 B 3 7 / 3 4
B 2 4 B 4 9 / 1 0
B 2 4 B 4 9 / 1 2