

研磨装置および研磨方法

発明の背景

発明の技術分野

- 5 本発明は、ウェーハを研磨する研磨装置および研磨装置に関し、特にウェーハの研磨中にウェーハの状態変化を検出する技術に関する。

関連技術の記載

- 化学機械研磨（以下、CMPという）は、シリカ（ SiO_2 ）等の砥粒を含んだスラリーを研磨パッドの研磨面上に供給しつつウェーハを研磨面に摺接させて研磨
10 を行う技術である。研磨パッドは、研磨テーブルに支持され、研磨テーブルとともに回転する。スラリーは、回転する研磨パッドの研磨面上に供給され、ウェーハは研磨ヘッドにより研磨面に押し付けられる。ウェーハの表面は、スラリーの化学的作用と、スラリーに含まれる砥粒の機械的作用により研磨される。

- CMPでは、ウェーハの研磨終点検出や、ウェーハの研磨条件調節のために、ウェーハの状態変化を正確に検出することが重要である。通常、研磨されるウェーハ
15 は、複数の膜を含む多層構造を有している。ウェーハを研磨しているとき、ウェーハの露出面を構成する上層膜は、スラリーの存在下で研磨パッドに摺接される。上層膜が研磨によって除去されると、下層膜が露出し、この露出した下層膜がスラリーの存在下で研磨パッドに摺接される。

- 20 通常、下層膜と研磨パッドとの摩擦力は、上層膜と研磨パッドとの摩擦力とは異なる。このため、上層膜が除去されて下層膜が露出したとき、研磨テーブルを回転させるために必要なモータ電流が変化する。したがって、ウェーハの表面状態の変化点、すなわち上層膜が除去された点は、モータ電流の変化から決定することができる。

- 25 【先行技術文献】

【特許文献】

【特許文献1】特開平11-860号公報

しかしながら、モータ電流の変化に基づく上記検出方法は、モータ電流があまり

変化しない場合には、ウェーハの表面状態の変化点を正確に検出することができない。例えば、ウェーハの多層構造を構成する上層膜と下層膜との組成が類似している場合は、上層膜が除去されて下層膜が露出したときにモータ電流が大きく変化しないことがある。このような場合は、ウェーハの表面状態の変化点を正確に検出することが難しい。

発明の要旨

そこで、本発明は、ウェーハの状態変化を正確に検出することができる研磨装置および研磨方法を提供する。

- 10 一態様では、研磨面を有する研磨パッドを支持するための研磨テーブルと、ウェーハを前記研磨面に押し付けるための押圧面を有する回転可能なヘッド本体と、前記押圧面を囲むように配置され、かつ前記ヘッド本体と共に回転しながら前記研磨面を押し付けるためのリテーナリングと、前記リテーナリングと共に回転しない非回転部材と、前記リテーナリングと前記非回転部材の両方に接触している振動伝達部材と、前記非回転部材に固定されたセンサを備えている、研磨装置が提供される。

一態様では、前記研磨装置は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する状態検出部をさらに備えている。

一態様では、前記状態検出部は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの表面状態の変化点を検出するように構成されている。

- 20 一態様では、前記状態検出部は、前記センサの出力信号の振幅がしきい値を上回った時点または下回った時点である前記表面状態の変化点を検出するように構成されている。

一態様では、前記状態検出部は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出するように構成されている。

- 25 一態様では、前記状態検出部は、前記センサの出力信号がしきい値を下回った時点である前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出するように構成されている。

一態様では、前記研磨装置は、前記非回転部材に連結され、前記非回転部材を前

記リテーナリングに向かって押す局所荷重付与装置をさらに備えている。

一態様では、前記振動伝達部材は、前記リテーナリングの周方向に沿って配列された複数のローラーを有する回転リングを備えており、前記回転リングは前記リテーナリングと一体に回転可能である。

- 5 一態様では、前記センサは、前記研磨面の進行方向において、前記リテーナリングの下流側部位の上方に配置されている。

一態様では、前記センサは、前記研磨面の進行方向において、前記リテーナリングの上流側部位の上方に配置されている。

一態様では、前記センサは、前記非回転部材に固定された複数のセンサである。

- 10 一態様では、研磨パッドを支持する研磨テーブルを回転させ、押圧面を有するヘッド本体を回転させながら、前記押圧面でウェーハを前記研磨パッドの研磨面に押し付け、前記ウェーハを囲むように配置されたリテーナリングを、前記ヘッド本体および前記ウェーハと共に回転させながら前記研磨面に押し付け、前記リテーナリングから非回転部材に振動伝達部材を介して伝達された振動を、前記非回転部材に
- 15 固定されたセンサで測定する、研磨方法が提供される。

一態様では、前記研磨方法は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する工程をさらに含む。

一態様では、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する工程は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの表面状態の変化点を検出する工程である。

- 20 一態様では、前記センサの出力信号に基づいて前記表面状態の変化点を検出する工程は、前記センサの出力信号の振幅がしきい値を上回った時点または下回った時点である前記表面状態の変化点を検出する工程である。

- 25 一態様では、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する工程は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出する工程である。

一態様では、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出する工程は、前記センサの出力信号がしきい値を下

回った時点である前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出する工程である。

ウェーハの研磨中は、ウェーハと研磨パッドとの摩擦力により、ウェーハは回転しながらリテーナリングに押し付けられる。ウェーハとの接触に起因して、ウェーハからリテーナリングに衝撃が連続的に加えられる。ウェーハのみならず、研磨パッドも回転しているので、リテーナリングに加えられる衝撃によりリテーナリングは振動する。

ウェーハの研磨によりウェーハの表面を構成する上層膜が除去されると、下層膜が露出する。通常、下層膜と研磨パッドとの摩擦力は、上層膜と研磨パッドとの摩擦力とは異なる。この摩擦力の違いは、ウェーハからリテーナリングに加えられる衝撃の違いを生じさせ、結果的にリテーナリングの振動の仕方を変化させる。センサは、振動伝達部材を介して非回転部材に伝達されるリテーナリングの振動を検出する。センサの出力信号の変化、すなわちリテーナリングの振動の変化は、ウェーハの研磨された表面状態の変化を示している。したがって、状態検出部は、センサの出力信号に基づいて、ウェーハの研磨された表面状態の変化点を検出することができる。

ウェーハの研磨中、ウェーハはリテーナリングに対して相対的に回転し、やがてウェーハの周縁部に形成されているノッチはリテーナリングの内面に対向する。ノッチは切り欠きであるので、ノッチがリテーナリングの内面に対向しているとき、ウェーハからリテーナリングに加えられる衝撃が低下する。結果的にリテーナリングの振動の仕方が変化する。状態検出部は、センサの出力信号に基づいて、ウェーハとリテーナリングとの接触状態の変化点、すなわちウェーハのノッチがリテーナリングの内面に対向した時点を検出することができる。

特に、センサは、非回転部材に固定されているので、センサは定位置でリテーナリングの振動を感知することができる。結果として、状態検出部は、センサの出力信号に基づいて、ウェーハの状態変化を正確に検出することができる。

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、局所荷重付与装置を示す斜視図である。

図 3 は、研磨中のウェーハと押圧部材との位置関係を模式的に示した上面図である。

5 図 4 は、研磨ヘッドの断面図である。

図 5 は、ローラーと円環レールとを示す斜視図である。

図 6 は、センサの配置を模式的に示す上面図である。

図 7 は、時間軸に沿ったセンサの出力信号の一例を示すグラフである。

図 8 は、複数のセンサを、リテーナリングの下流側部位の上方に配置した一実施
10 形態を示す上面図である。

図 9 は、複数のセンサを、リテーナリングの下流側部位の上方に配置した他の実施形態を示す上面図である。

図 10 は、センサを、リテーナリングの上流側部位の上方に配置した一実施形態を示す断面図である。

15 図 11 は、センサを、リテーナリングの上流側部位および下流側部位の上方に配置した一実施形態を示す断面図である。

図 12 は、ウェーハがリテーナリングに対して相対的に回転するにつれて変化するセンサの出力信号を示すグラフである。

図 13 は、ノッチとは反対側に位置するエッジ領域での膜厚が大きいウェーハを
20 研磨するときの模式図である。

図 14 は、研磨装置の他の実施形態を示す断面図である。

図 15 は、センサを、リテーナリングの上流側部位の上方に配置した一実施形態を示す断面図である。

図 16 は、センサを、リテーナリングの上流側部位および下流側部位の上方に配
25 置した一実施形態を示す断面図である。

実施形態の説明

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1は、基板の一例であるウェーハを保持し回転させる研磨ヘッド10と、研磨パッド2を支持する研磨テーブル3と、研磨パッド2にスラリーを供給するスラリー供給ノズル5とを備えている。研磨パッド2の上面は、ウェーハを研磨する研磨面2aを構成する。研磨パッド2は、研磨テーブル3と一体に回転するように構成されている。

10 研磨ヘッド10は研磨ヘッドシャフト12の下端に連結されている。この研磨ヘッドシャフト12はヘッドアーム16により回転可能に保持されている。ヘッドアーム16内には、研磨ヘッドシャフト12を回転させる回転装置（図示せず）と、研磨ヘッドシャフト12を上昇および下降させる昇降装置（図示せず）が配置されている。研磨ヘッド10は回転装置により研磨ヘッドシャフト12を介して回転し、昇降装置により研磨ヘッド10が研磨ヘッドシャフト12を介して上昇および下降されるようになっている。ヘッドアーム16は旋回軸15に固定されており、旋回軸15の回転により研磨ヘッド10を研磨テーブル3の外側に移動させることが可能となっている。

15 研磨ヘッド10は、その下面に真空吸引によりウェーハを保持できるように構成されている。研磨ヘッド10および研磨テーブル3（研磨パッド2）は、矢印で示すように同じ方向に回転し、この状態で研磨ヘッド10は、ウェーハを研磨パッド2の研磨面2aに押し付ける。スラリーはスラリー供給ノズル5から研磨パッド2の研磨面2a上に供給され、ウェーハは、スラリーの存在下で研磨面2aと摺接される。ウェーハの表面は、スラリーの化学的作用と、スラリーに含まれる砥粒の機械的作用により研磨される。

20 研磨ヘッド10は、ウェーハを研磨パッド2に対して押圧するヘッド本体11と、ウェーハを囲むように配置されたリテーナリング20とを備えている。ヘッド本体11およびリテーナリング20は、研磨ヘッドシャフト12と一体に回転するように構成されている。リテーナリング20は、ヘッド本体11とは独立して上下動可能に構成されている。リテーナリング20は、ヘッド本体11から半径方向外側に張り出している。ウェーハの研磨中、リテーナリング20は研磨パッド2の研磨面2aに接触し、回転しながらウェーハの外側で研磨パッド2を押し付ける。

5 研磨装置は、複数のローラー（後述する）を備えた回転リング５１と、非回転部材としての静止リング９１とをさらに備えている。回転リング５１は、リテーナリング２０と共に回転可能に配置されている。静止リング９１は、回転リング５１上に配置されている。回転リング５１はリテーナリング２０と共に回転するが、静止
5 リング９１はリテーナリング２０と共に回転せず、静止している。

研磨装置１は、リテーナリング２０の一部に局所荷重を加える第１局所荷重付与装置３０Ａと、リテーナリング２０の一部に局所荷重を加える第２局所荷重付与装置３０Ｂをさらに備えている。局所荷重付与装置３０Ａ、３０Ｂは、リテーナリング２０の上方に配置されている。局所荷重付与装置３０Ａ、３０Ｂは、ヘッドアーム１６に固定されている。研磨中のリテーナリング２０はその軸心を中心に回転するが、局所荷重付与装置３０Ａ、３０Ｂはリテーナリング２０と共に回転せず、静止している。静止リング９１は、局所荷重付与装置３０Ａ、３０Ｂに連結されている。第１局所荷重付与装置３０Ａは、研磨パッド２の研磨面２ａの進行方向においてリテーナリング２０の上流側（研磨面２ａが流入するリテーナリング２０の一方側）に配置されており、第２局所荷重付与装置３０Ｂは、研磨パッド２の研磨面２
10 ａの進行方向においてリテーナリング２０の下流側（研磨面２ａが流出するリテーナリング２０の反対側）に配置されている。

図２は局所荷重付与装置３０Ａ、３０Ｂを示す斜視図である。図２に示すように、複数の局所荷重付与装置３０Ａ、３０Ｂは、静止リング９１に下向きの局所荷重を与える複数の押圧部材３１Ａ、３１Ｂと、複数のブリッジ３３Ａ、３３Ｂと、下向きの力を発生する複数のエアシリンダ３５Ａ、３５Ｂと、エアシリンダ３５Ａ、３
20 ５Ｂ内の圧縮気体の圧力を調節する複数の圧力レギュレータＲ１、Ｒ２と、複数のリニアガイド３８Ａ、３８Ｂと、複数のガイドロッド３９Ａ、３９Ｂと、複数のユニットベース４０Ａ、４０Ｂとを備えている。

25 具体的には、第１局所荷重付与装置３０Ａは、第１押圧部材３１Ａと、第１ブリッジ３３Ａと、第１エアシリンダ３５Ａと、第１圧力レギュレータＲ１と、第１リニアガイド３８Ａと、第１ガイドロッド３９Ａと、第１ユニットベース４０Ａとを備えている。第２局所荷重付与装置３０Ｂは、第２押圧部材３１Ｂと、第２ブリッ

ジ 3 3 B と、第 2 エアシリンダ 3 5 B と、第 2 圧力レギュレータ R 2 と、第 2 リニアガイド 3 8 B と、第 2 ガイドロッド 3 9 B と、第 2 ユニットベース 4 0 B とを備えている。

- 第 1 エアシリンダ 3 5 A のピストンロッド 3 6 a は、第 1 ブリッジ 3 3 A を介して第 1 押圧部材 3 1 A に連結され、第 1 押圧部材 3 1 A の端部は静止リング 9 1 に連結されている。したがって、第 1 エアシリンダ 3 5 A によって発生した力は第 1 押圧部材 3 1 A に伝えられ、第 1 押圧部材 3 1 A は静止リング 9 1 の一部に局所荷重を加える。同様に、第 2 エアシリンダ 3 5 B のピストンロッド 3 6 b は、第 2 ブリッジ 3 3 B を介して第 2 押圧部材 3 1 B に連結され、第 2 押圧部材 3 1 B の端部は静止リング 9 1 に連結されている。したがって、第 2 エアシリンダ 3 5 B によって発生した力は第 2 押圧部材 3 1 B に伝えられ、第 2 押圧部材 3 1 B は静止リング 9 1 の一部に局所荷重を加える。

- 本実施形態では、第 1 エアシリンダ 3 5 A と第 1 圧力レギュレータ R 1 との組み合わせは、第 1 押圧部材 3 1 A から静止リング 9 1 に加えられる局所荷重を調節する第 1 アクチュエータ 3 7 A を構成し、第 2 エアシリンダ 3 5 B と第 2 圧力レギュレータ R 2 との組み合わせは、第 2 押圧部材 3 1 B から静止リング 9 1 に加えられる局所荷重を調節する第 2 アクチュエータ 3 7 B を構成する。一実施形態では、第 1 アクチュエータ 3 7 A および第 2 アクチュエータ 3 7 B のそれぞれは、サーボモータと、ボールねじ機構と、モータドライバとの組み合わせから構成されてもよい。

- 第 1 押圧部材 3 1 A は 2 つの押圧ロッド 3 2 a を含んでおり、第 2 押圧部材 3 1 B は 2 つの押圧ロッド 3 2 b を含んでいる。押圧ロッド 3 2 a および押圧ロッド 3 2 b は静止リング 9 1 に連結されている。第 1 押圧部材 3 1 A は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a の進行方向においてリテーナリング 2 0 の上流側で静止リング 9 1 に接続されており、第 2 押圧部材 3 1 B は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a の進行方向においてリテーナリング 2 0 の下流側で静止リング 9 1 に接続されている。言い換えれば、第 1 押圧部材 3 1 A は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a の進行方向において静止リング 9 1 の上流側の部分に局所荷重を加えるように構成されており、第 2 押圧部材 3 1 B は、研磨パッド 2 の研磨面 2 a の進行方向において静止リング 9 1 の下流側

の部分に局所荷重を加えるように構成されている。

- 局所荷重付与装置 30 A, 30 B は、ユニットベース 40 A, 40 B を介してヘッドアーム 16 に固定されている。したがって、ウェーハの研磨中、研磨ヘッド 10 およびウェーハは回転している一方で、局所荷重付与装置 30 A, 30 B は静止している。同様に、ウェーハの研磨中、回転リング 51 は研磨ヘッド 10 と共に回転している一方で、静止リング 91 は静止している。

- 局所荷重付与装置 30 A, 30 B は同一の構成を有する。以下の説明は第 1 局所荷重付与装置 30 A に関するものであるが、第 2 局所荷重付与装置 30 B にも同様に適用される。第 1 ユニットベース 40 A には、第 1 エアシリンダ 35 A および第 10 1 リニアガイド 38 A が取り付けられている。第 1 エアシリンダ 35 A のピストンロッド 36 a および第 1 ガイドロッド 39 A は、第 1 ブリッジ 33 A に接続されている。第 1 ガイドロッド 39 A は第 1 リニアガイド 38 A により低摩擦で上下動可能に支持されている。第 1 リニアガイド 38 A により、第 1 ブリッジ 33 A は傾くことなく滑らかに上下動可能となっている。

- 15 エアシリンダ 35 A, 35 B は、気体移送ライン F 1, F 2 を通じて圧縮気体供給源（図示せず）に接続されている。圧力レギュレータ R 1, R 2 は、気体移送ライン F 1, F 2 にそれぞれ設けられている。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 2 を通ってエアシリンダ 35 A, 35 B にそれぞれ独立に供給される。

- 20 圧力レギュレータ R 1, R 2 は、エアシリンダ 35 A, 35 B 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 2 は、エアシリンダ 35 A, 35 B 内の圧縮気体の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、エアシリンダ 35 A, 35 B は、互いに独立して力を発生させることが可能となる。

- 25 研磨装置 1 は、制御部 42 をさらに備えている。圧力レギュレータ R 1, R 2 は、制御部 42 に電氣的に接続されている。ウェーハ W の研磨中、制御部 42 は、圧力レギュレータ R 1, R 2 のうちのいずれか 1 つに指令を出して、エアシリンダ 35 A またはエアシリンダ 35 B 内の圧縮気体の圧力を調節させる。

エアシリンダ 3 5 A, 3 5 B が発生させた力は、ブリッジ 3 3 A, 3 3 B にそれぞれ伝えられる。ブリッジ 3 3 A, 3 3 B は、押圧部材 3 1 A, 3 1 B を介して静止リング 9 1 に接続されており、押圧部材 3 1 A, 3 1 B はブリッジ 3 3 A, 3 3 B に加えられたエアシリンダ 3 5 A, 3 5 B の力を静止リング 9 1 に伝達する。すなわち、第 1 押圧部材 3 1 A は、第 1 エアシリンダ 3 5 A が発生させた力に相当する局所荷重で、静止リング 9 1 の一部を押圧し、第 2 押圧部材 3 1 B は、第 2 エアシリンダ 3 5 B が発生させた力に相当する局所荷重で静止リング 9 1 の一部を押圧する。

局所荷重付与装置 3 0 A, 3 0 B のそれぞれは、非回転部材である静止リング 9 1 と、回転部材である回転リング 5 1 をリテーナリング 2 0 に向かって押し、静止リング 9 1 および回転リング 5 1 を介してリテーナリング 2 0 の一部に下向きの局所荷重を与えるように構成される。すなわち、下向きの局所荷重は、静止リング 9 1 および回転リング 5 1 を通じてリテーナリング 2 0 に伝達される。

研磨装置 1 は、回転リング 5 1 をリテーナリング 2 0 と共に回転させながら、かつ第 1 押圧部材 3 1 A または第 2 押圧部材 3 1 B から静止リング 9 1 に局所荷重を加えながらウェーハを研磨する。ウェーハの研磨中、リテーナリング 2 0 は研磨パッド 2 の研磨面 2 a に接触し、回転しながらウェーハの外側で研磨パッド 2 を押し付ける。

リテーナリング 2 0 の一部に下向きの局所荷重を与えると、研磨面 2 a の一部が上方に盛り上がる。上方に盛り上がった研磨面 2 a はウェーハ W に局所的な上向きの力を加える。以下の説明では、この局所的な上向きの力を局所反発力と称する。局所反発力の大きさはリテーナリング 2 0 が研磨パッド 2 を押し付ける力の大きさに依存し、局所反発力の大きさに従って研磨レートは変化する。すなわち、局所反発力が大きくなるほど、研磨レートは大きくなる。

したがって、第 1 押圧部材 3 1 A または第 2 押圧部材 3 1 B のいずれか一方からリテーナリング 2 0 に局所荷重を加えながらウェーハを研磨することによって、局所荷重に対応した局所反発力を発生させ、局所反発力を受ける部分のウェーハの研磨レートを変化させることができる。

図3は、研磨中のウェーハWと押圧部材31A、31Bとの位置関係を模式的に示した上面図である。図3の矢印は、研磨面2aの進行方向を表す。リテーナリング20の中心Pと、研磨テーブル3の中心Oを通る直線を基準直線LOとすると、第1押圧部材31Aおよび第2押圧部材31Bは、基準直線LOの両側に位置している。より具体的には、第1押圧部材31Aは、研磨面2aの進行方向において基準直線LOよりも上流側に位置し、第2押圧部材31Bは、研磨面2aの進行方向において基準直線LOよりも下流側に位置している。本実施形態では、第1押圧部材31Aおよび第2押圧部材31Bは、基準直線LOと垂直に交わりかつ中心Pを通る直線LP上に配置されている。

- 10 研磨面2aは、その進行方向に関して基準直線LOの上流側と、基準直線LOの下流側とに分けることができる。基準直線LOの上流側および基準直線LOの下流側は、言い換えれば、研磨面2aの進行方向に関してリテーナリング20および静止リング91の上流側および下流側である。

図3において、直線LPとリテーナリング20の外周縁との2つの交点のうち上流側の交点を角度0度とし、下流側の交点を角度180度とする。基準直線LOとリテーナリング20の外周縁との2つの交点のうち、研磨面中心側の交点を角度270度、研磨面外周側の交点を角度90度とする。一実施形態では、第1押圧部材31Aは、0度±30度の範囲内に配置され、かつ第2押圧部材31Bは、180度±30度の範囲内に配置されてもよい。さらに一実施形態では、第1押圧部材31Aは、0度±60度の範囲内に配置され、かつ第2押圧部材31Bは、180度±60度の範囲内に配置されてもよい。

次に、研磨ヘッド10の詳細について説明する。図4は、研磨ヘッド10の断面図である。研磨ヘッド10は、ヘッド本体11とリテーナリング20とを備えている。ヘッド本体11は、研磨ヘッドシャフト12（図1参照）に連結されたキャリア43と、キャリア43の下面に取り付けられた弾性膜（メンブレン）45と、キャリア43に対するリテーナリング20の傾動および上下移動を許容しつつリテーナリング20を支持する球面軸受47とを備えている。リテーナリング20は、ドライブリング21に固定されており、ドライブリング21は連結部材75に接続さ

れている。リテーナリング 20 は、ドライブリング 21 および連結部材 75 を介して球面軸受 47 に連結され、支持されている。連結部材 75 はキャリア 43 内で上下動可能に配置されている。

弾性膜 45 の下面は押圧面 45 a を構成しており、この押圧面 45 a はウェーハ W の上面（被研磨面とは反対側の面）に接触している。キャリア 43 と弾性膜 45 との間には複数の圧力室 46 A, 46 B, 46 C, 46 D が形成されている。これらの圧力室 46 A, 46 B, 46 C, 46 D は、加圧流体ライン L1, L2, L3, L4 を通じて加圧流体供給源（図示せず）に接続されている。加圧流体ライン L1, L2, L3, L4 には圧力レギュレータ G1, G2, G3, G4 が取り付けられている。

圧力室 46 A ~ 46 D に加圧流体（例えば、加圧空気などの加圧気体）が供給されると、圧力室 46 A ~ 46 D 内の流体圧力を受けた弾性膜 45 の押圧面 45 a は、ウェーハ W を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して押し付ける。圧力室 46 A ~ 46 D 内の加圧流体の圧力は、圧力レギュレータ G1 ~ G4 によって別々に調節することができる。したがって、研磨ヘッド 10 は、圧力室 46 A ~ 46 D に対応するウェーハ W の複数の領域を異なる力で押すことができる。圧力室 46 A ~ 46 D 内に負圧が形成されると、弾性膜 45 の押圧面 45 a は上方にへこみ、ウェーハ W は吸盤効果により保持される。一実施形態では、単一の圧力室がキャリア 43 と弾性膜 45 との間に設けられてもよい。

リテーナリング 20 は、ウェーハ W および弾性膜 45 の押圧面 45 a を囲むように配置されている。このリテーナリング 20 の上部は、ドライブリング 21 に固定されている。より具体的には、リテーナリング 20 は、図示しない複数のボルトによってドライブリング 21 に結合されている。

連結部材 75 は、ヘッド本体 11 の中心部に配置された軸部 76 と、この軸部 76 から放射状に延びる複数のスポーク 78 とを備えている。軸部 76 はヘッド本体 11 の中央部に配置された球面軸受 47 内を縦方向に延びている。軸部 76 は、球面軸受 47 に縦方向に移動自在に支持されている。ドライブリング 21 はスポーク 78 に接続されている。このような構成により、連結部材 75、ドライブリング 2

1、およびリテーナリング 20 は、ヘッド本体 11 に対して縦方向に移動可能となっている。

球面軸受 47 は、内輪 48 と、内輪 48 の外周面を摺動自在に支持する外輪 49 とを備えている。内輪 48 は、連結部材 75 を介してドライブリング 21 に連結されている。外輪 49 はキャリア 43 に固定されている。連結部材 75 の軸部 76 は、
5 内輪 48 に上下動可能に支持されている。ドライブリング 21 およびリテーナリング 20 は、連結部材 75 を介して球面軸受 47 により傾動可能に支持されている。

球面軸受 47 は、ドライブリング 21 およびリテーナリング 20 の上下移動および傾動を許容する一方で、ドライブリング 21 およびリテーナリング 20 の横方向
10 の移動（水平方向の移動）を制限する。ウェーハ W の研磨中は、リテーナリング 20 はウェーハ W と研磨パッド 2 との摩擦に起因した横方向の力（ウェーハ W の半径方向外側に向かう力）をウェーハ W から受ける。この横方向の力は球面軸受 47 によって受けられる。このように、球面軸受 47 は、ウェーハ W の研磨中に、ウェーハ W と研磨パッド 2 との摩擦に起因してリテーナリング 20 がウェーハ W から受ける横方向の力（ウェーハ W の半径方向外側に向かう力）を受けつつ、リテーナリング 20 の横方向の移動を制限する（すなわちリテーナリング 20 の水平方向の位置を固定する）支持機構として機能する。
15

キャリア 43 には、複数対の駆動カラー 80 が固定されている。各対の駆動カラー 80 は各スポーク 78 の両側に配置されており、キャリア 43 の回転は、駆動カラー 80 を介してスポーク 78 およびドライブリング 21 に伝達され、ドライブリング 21 に固定されたリテーナリング 20 は、ヘッド本体 11 と一体に回転する。
20 駆動カラー 80 はスポーク 78 に接触しているだけであり、連結部材 75、ドライブリング 21、およびリテーナリング 20 の上下動および傾動を妨げない。

リテーナリング 20 の上部は、環状のリテーナリング押圧機構 60 にドライブリング 21 を介して連結されている。このリテーナリング押圧機構 60 は、リテーナリング 20 の上面の全体（より具体的には、ドライブリング 21 の上面）に均一な下向きの荷重を与え、リテーナリング 20 の下面を研磨パッド 2 の研磨面 2a に対して押圧する。
25

リテーナリング押圧機構 6 0 は、ドライブリング 2 1 の上部に固定された環状のピストン 6 1 と、ピストン 6 1 の上面に接続された環状のローリングダイヤフラム 6 2 とを備えている。ローリングダイヤフラム 6 2 の内部には圧力室 6 3 が形成されている。この圧力室 6 3 は加圧流体ライン L 5 を通じて加圧流体供給源（図示せず）に接続されている。加圧流体ライン L 5 には圧力レギュレータ G 5 が取り付けられている。

圧力室 6 3 に加圧流体（例えば、加圧空気などの加圧気体）が供給されると、ローリングダイヤフラム 6 2 がピストン 6 1 を下方に押し、さらに、ピストン 6 1 はドライブリング 2 1 の全体およびリテーナリング 2 0 の全体を下方に押す。このようにして、リテーナリング押圧機構 6 0 は、リテーナリング 2 0 の下面の全体を研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して押圧する。圧力室 6 3 内の加圧流体の圧力は、圧力レギュレータ G 5 によって制御することができる。したがって、リテーナリング 2 0 が研磨パッド 2 の研磨面 2 a を押し付ける力は、圧力レギュレータ G 5 によって調節することができる。

回転リング 5 1 は、複数のローラー 5 2 と、これらローラー 5 2 をそれぞれ支持する複数のローラーシャフト 5 4 と、これらローラーシャフト 5 4 を保持するローラーハウジング 5 5 を備えている。図 4 では、2 つのローラー 5 2 のみが描かれているが、本実施形態では、2 つよりも多い複数のローラー 5 2 がリテーナリング 2 0 の周方向に沿って均等に配列されている。ローラーシャフト 5 4 も、それぞれのローラー 5 2 に対応して設けられている。ローラーハウジング 5 5 は環状の形状を有しており、ドライブリング 2 1 の上面に固定されている。各ローラー 5 2 はローラーシャフト 5 4 を中心として回転可能となっている。

静止リング 9 1 は、ローラー 5 2 の頂部に接触する円環レール 9 2 と、円環レール 9 2 が固定される環状のレールベース 9 4 とを備えている。ローラー 5 2 は、円環レール 9 2 に転がり接触しながら回転するように構成されている。レールベース 9 4 の上部には押圧ロッド 3 2 a, 3 2 b が連結されている。

回転リング 5 1 はドライブリング 2 1 に固定されている。したがって、複数のローラー 5 2 を備えた回転リング 5 1 は、ドライブリング 2 1, リテーナリング 2 0

と一体に回転し、一方で、静止リング 9 1 は回転しない。ローラー 5 2 は、静止リング 9 1 に転がり接触しながら、リテーナリング 2 0 の軸心の周りを回転（移動）する。静止リング 9 1 は、ドライブリング 2 1 およびリテーナリング 2 0 の上方に位置し、ドライブリング 2 1 およびリテーナリング 2 0 に非接触である。本実施形態では、非回転部材である静止リング 9 1 と、回転体であるリテーナリング 2 0 の両方に接触する振動伝達部材は、回転リング 5 1 とドライブリング 2 1 から構成される。振動伝達部材を構成する回転リング 5 1 およびドライブリング 2 1 は、リテーナリング 2 0 と共に回転可能である。回転リング 5 1 およびドライブリング 2 1 は、リテーナリング 2 0 と静止リング 9 1 との間に配置されている。

10 図 5 は、ローラー 5 2 と円環レール 9 2 とを示す斜視図である。本実施形態では、2 4 個のローラー 5 2 が設けられている。ウェーハの研磨中、これらのローラー 5 2 はリテーナリング 2 0 と一体に回転する一方で、円環レール 9 2 は静止している。したがって、各ローラー 5 2 は、円環レール 9 2 に転がり接触する。第 1 局所荷重付与装置 3 0 A および第 2 局所荷重付与装置 3 0 B の荷重は円環レール 9 2 からローラー 5 2 に伝達される。ローラー 5 2 は、荷重の作用点を通過する際にのみ荷重を受ける。

図 4 に示すように、研磨装置は、非回転部材である静止リング 9 1 に固定されたセンサ 1 0 0 と、センサ 1 0 0 の出力信号に基づいてウェーハ W の状態変化を検出する状態検出部 1 0 5 をさらに備えている。センサ 1 0 0 は、研磨ヘッド 1 0 の下流側部位、より具体的には、リテーナリング 2 0 の下流側部位の上方に位置している。このセンサ 1 0 0 は、ウェーハ W の研磨中に、ウェーハ W からリテーナリング 2 0 に加えられる衝撃を感知するために設けられている。

ウェーハ W の研磨中は、ウェーハ W および研磨パッド 2 はそれぞれ回転しながら、ウェーハ W は研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対して押し付けられる。ウェーハ W と研磨パッド 2 との間には摩擦力が作用し、この摩擦力はウェーハ W をリテーナリング 2 0 の下流側部位に押し付ける。結果として、ウェーハ W からリテーナリング 2 0 に衝撃が連続的に加えられる。ウェーハ W のみならず、研磨パッド 2 も回転しているので、リテーナリング 2 0 に加えられる連続的な衝撃によりリテーナリング 2 0

は振動する。

- リテーナリング 20 の振動は、リテーナリング 20 に接触するドライブリング 21 を通じて回転リング 51 に伝達され、さらに回転リング 51 に接触する静止リング 91 に伝達される。センサ 100 は、静止リング 91 に固定されている。よって、
- 5 リテーナリング 20 の振動はセンサ 100 によって感知される。本実施形態では、センサ 100 は、静止リング 91 の環状レール 92 に固定（例えば埋設）されている。一実施形態では、センサ 100 は、静止リング 91 のレールベース 94 に固定（例えば埋設）されてもよい。

- センサ 100 は、リテーナリング 20 の上方、より具体的には、ローラー 52 の
- 10 上方に位置している。リテーナリング 20 の振動は、振動伝達部材として機能するドライブリング 21 および回転リング 51 を通じて静止リング 91 に伝達され、静止リング 91 に固定されたセンサ 100 によって感知される。

- センサ 100 の例としては、数 Hz ～数十 kHz の振動を検出可能な加速度センサ、圧力センサ、音波センサ、力センサ（ロードセルなど）、歪センサ、または数
- 15 百 kHz ～数十 MHz の振動を検出可能な AE センサ（アコースティック・エミッションセンサ）などが挙げられる。ただし、センサ 100 のタイプは、リテーナリング 20 に加わる衝撃を感知することができる装置であれば、特に限定されない。

- センサ 100 は、状態検出部 105 に電氣的に接続されており、センサ 100 の出力信号は状態検出部 105 に送信されるようになっている。状態検出部 105 は、
- 20 プログラムが格納された記憶装置 105 a と、プログラムに含まれる命令に従って演算を行う演算装置 105 b を備えている。演算装置 105 b は、プログラムに含まれる命令に従って演算を行う CPU（中央処理装置）または GPU（グラフィックプロセッシングユニット）などを含む。記憶装置 105 a は、演算装置 105 b がアクセス可能な主記憶装置（例えばランダムアクセスメモリ）と、データおよび
- 25 プログラムを格納する補助記憶装置（例えば、ハードディスクドライブまたはソリッドステートドライブ）を備えている。状態検出部 105 は、少なくとも 1 つのコンピュータから構成されてもよい。

図 6 は、センサ 100 の配置を模式的に示す上面図である。図 6 に示されている

各記号は、図 3 に示す記号と同じである。図 6 に示すように、ウェーハ W の研磨中は、ウェーハ W は、リテーナリング 20 の下流側部位に押し付けられる。センサ 100 は、リテーナリング 20 の下流側部位の上方、すなわち振動発生源の直上に配置されている。したがって、センサ 100 は、ウェーハ W とリテーナリング 20 との接触に起因するリテーナリング 20 の振動を正確に感知することができる。

図 7 は、時間軸に沿ったセンサ 100 の出力信号の一例を示すグラフである。ウェーハ W の研磨中、回転するウェーハ W と回転するリテーナリング 20 との接触により、リテーナリング 20 はある振幅で振動する（上層膜研磨期間 T1）。ウェーハ W の研磨が進行するに伴いウェーハ W の露出面を構成する上層膜が除去されると、上層膜の下に存在する下層膜が露出し始める。通常、下層膜と研磨パッド 2 との摩擦力は、上層膜と研磨パッド 2 との摩擦力とは異なる。この摩擦力の違いは、ウェーハ W からリテーナリング 20 に加えられる衝撃の違いを生じさせ、結果的にリテーナリング 20 の振動の仕方を変化させる。

図 7 に示す例では、上層膜が徐々に除去されつつ下層膜が出現しているとき、リテーナリング 20 の振動を示すセンサ 100 の出力信号の振幅は徐々に増加する（遷移期間 T2）。そして、上層膜の全体がウェーハ W から除去されると、下層膜と研磨パッド 2 との間に作用する摩擦力が支配的となる。結果として、リテーナリング 20 の振動を示すセンサ 100 の出力信号の振幅はさらに増加する（下層膜研磨期間 T3）。

このように、リテーナリング 20 の振動は、ウェーハ W の研磨の進行とともに変化する。センサ 100 は、ドライブリング 21 および回転リング 51 を介して静止リング 91 に伝達されるリテーナリング 20 の振動を検出する。センサ 100 の出力信号の変化、すなわちリテーナリング 20 の振動の変化は、ウェーハ W の研磨された表面状態の変化を示している。したがって、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号に基づいて、ウェーハ W の研磨された表面状態の変化点を検出することができる。

特に、センサ 100 は、非回転部材である静止リング 91 に固定されているので、センサ 100 は定位置でリテーナリング 20 の振動を感知することができる。結果

として、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号に基づいて、ウェーハ W の研磨された表面状態の変化点を正確に検出することができる。

本実施形態では、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号の振幅を算出し、振幅がしきい値を上回った時点であるウェーハ W の表面状態の変化点を検出する。

- 5 上層膜と下層膜の材料によっては、上層膜が除去されて下層膜が露出したときに、リテーナリング 20 の振動が小さくなることもある。よって、この場合は、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号の振幅がしきい値を下回った時点であるウェーハ W の表面状態の変化点を検出する。

- ウェーハ W の表面状態の変化点は、ウェーハ W の研磨終点、またはウェーハ W の
- 10 研磨条件の変更点の指標として用いることができる。よって、一実施形態では、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号に基づいて、ウェーハ W の研磨終点を決定するように構成される。より具体的には、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号の振幅を算出し、振幅がしきい値を上回った時点または下回った時点であるウェーハ W の研磨終点を決定するように構成される。

- 15 さらに、一実施形態では、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号に基づいて、ウェーハ W の研磨条件の変更点を決定するように構成される。より具体的には、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号の振幅を算出し、振幅がしきい値を上回った時点または下回った時点であるウェーハ W の研磨条件の変更点を決定するように構成される。ウェーハ W の研磨条件の変更点は、例えば、研磨ヘッド 1
- 20 0 がウェーハ W を研磨パッド 2 に押し付ける力を変える点、あるいは、第 1 押圧部材 31 A または第 2 押圧部材 31 B のいずれか一方からリテーナリング 20 に加える局所荷重を変える点である。

- ウェーハ W の研磨中、ウェーハ W はリテーナリング 20 の下流側部位に接触するが、ウェーハ W とリテーナリング 20 との接触位置は、ある程度の範囲内で変動し
- 25 うる。そこで、一実施形態では、図 8 に示すように、複数のセンサ 100 を、リテーナリング 20 の下流側部位の上方に配置してもよい。これらセンサ 100 は、リテーナリング 20 の周方向に沿って配列されている。この場合も、複数のセンサ 100 は、静止リング 91 に固定される。複数のセンサ 100 は、ローラー 52 の配

列間隔と同じ間隔で配列してもよい。図8では、3つのセンサ100が配置されているが、2つのセンサ100、あるいは4つ以上のセンサ100を配置してもよい。

ウェーハとリテーナリング20との接触点は、ウェーハ自体の構造または研磨条件などのプロセス条件によって変わりうる。例えば、図9に示すように、ウェーハ

- 5 Wとリテーナリング20との接触点は、リテーナリング20の下流側の位置からずれることもある。したがって、センサ100の数および位置は、プロセス条件に基づいて決定される。

- 図8および図9に示す実施形態によれば、状態検出部105は、複数のセンサ100の少なくとも1つの出力信号に基づいて、ウェーハWの表面状態の変化点を検出する。一例では、状態検出部105は、複数のセンサ100のそれぞれの出力信号をウェーハWの研磨中に監視し、複数のセンサ100のいずれか1つの出力信号の振幅がしきい値を上回った時点または下回った時点であるウェーハWの表面状態の変化点を検出する。別の例では、状態検出部105は、複数のセンサ100のそれぞれの出力信号をウェーハWの研磨中に監視し、複数のセンサ100のそれぞれの出力信号の振幅の平均または合計を算出し、算出された平均または合計がしきい値を上回った時点または下回った時点であるウェーハWの表面状態の変化点を検出する。
- 10
- 15

- ウェーハWの研磨中は、第1局所荷重付与装置30Aまたは第2局所荷重付与装置30Bのいずれか一方は、リテーナリング20の上流側部位または下流側部位に下向きの局所荷重を与える。言い換えれば、ウェーハWのプロセスに依存して、第1局所荷重付与装置30Aからリテーナリング20の上流側部位に下向きの局所荷重を加えることもあるし、あるいは第2局所荷重付与装置30Bからリテーナリング20の下流側部位に下向きの局所荷重を加えることもある。いずれも場合も、ウェーハWの研磨中は、ウェーハW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ってリテーナリング20の下流側部位に押し付けられる。
- 20
- 25

第1局所荷重付与装置30Aからリテーナリング20の上流側部位に下向きの局所荷重を加える場合、非回転部材である静止リング91は、リテーナリング20の上流側部位の上方で、振動伝達部材（ドライブリング21および回転リング51）

に押し付けられ、その一方でリテーナリング 20 の下流側部位の上方では、静止リング 91 は振動伝達部材 21, 51 に単に接触しているのみである。したがって、リテーナリング 20 の振動は、リテーナリング 20 の下流側部位よりも、リテーナリング 20 の上流側部位から振動伝達部材（ドライブリング 21 および回転リング 51）を通して静止リング 91 に伝達されやすい。

そこで、一実施形態では、図 10 に示すように、センサ 100 は、リテーナリング 20 の上流側部位の上方に配置されてもよい。さらに、一実施形態では、ウェーハ W のプロセスの多様性を考慮して、図 11 に示すように、2 つのセンサ 100 をリテーナリング 20 の上流側部位および下流側部位に上方にそれぞれ配置してもよい。状態検出部 105 は、2 つのセンサ 100 のうちのいずれか一方または両方の出力信号に基づいて、ウェーハ W の表面状態の変化点を検出することができる。

上述した各実施形態では、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号に基づいてウェーハ W の表面状態の変化点を検出するように構成されている。一実施形態では、状態検出部 105 は、ウェーハ W の表面状態の変化点のみならず、ウェーハ W の研磨中にウェーハ W とリテーナリング 20 との接触状態の変化点を検出することも可能である。

図 12 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 20 に対して相対的に少しずつ回転する。一般に、ウェーハ W は、その周縁部にノッチ（切り欠き）V を有している。ウェーハ W はリテーナリング 20 に対して相対的に回転し、やがてノッチ V はリテーナリング 20 の内面に対向する。ノッチ V は切り欠きであるので、ノッチ V がリテーナリング 20 の内面に対向しているとき、ウェーハ W からリテーナリング 20 に加えられる衝撃が低下する。結果的にリテーナリング 20 の振動の仕方が変化する。

状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号に基づいて、ウェーハ W とリテーナリング 20 との接触状態の変化点、すなわちウェーハ W のノッチ V がリテーナリング 20 の内面に対向した時点を検出する。より具体的には、状態検出部 105 は、センサ 100 の出力信号がしきい値を下回った時点である、ウェーハ W とリテーナリング 20 との接触状態の変化点（すなわちウェーハ W のノッチ V がリテーナリン

グ 2 0 の内面に対向した時点) を検出するように構成されている。さらに、状態検出部 1 0 5 は、ウェーハ W とリテーナリング 2 0 との接触状態の変化点を検出すると、ウェーハ W の研磨条件を変えるように構成されている。

図 4 に示す圧力レギュレータ G 1, G 2, G 3, G 4, G 5 は、状態検出部 1 0 5 に電氣的に接続されており、圧力レギュレータ G 1 ~ G 5 の動作は状態検出部 1 0 5 によって制御される。一実施形態では、状態検出部 1 0 5 がウェーハ W とリテーナリング 2 0 との接触状態の変化点を検出すると、状態検出部 1 0 5 は圧力レギュレータ G 5 に指令信号を送信し、圧力室 6 3 内の加圧流体の圧力 (すなわち、リテーナリング 2 0 の研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対する押付力) を変化させる。例えば、ウェーハ W のある領域での膜厚が他の領域に比べて大きい場合、リテーナリング 2 0 の押付力を増加させる、または低下させることで、膜厚が大きい領域のみで研磨レートを増加させることができる。

図 1 3 は、ノッチ V とは反対側に位置するエッジ領域 E 1 での膜厚が大きいウェーハ W を研磨するときの模式図である。この例では、リテーナリング 2 0 の研磨パッド 2 への押付力が大きくなると、ウェーハ W の上流側に位置するエッジ領域 E 1 での研磨レートが高くなる。このような場合、ノッチ V がリテーナリング 2 0 の下流側に位置しているとき (つまり、ノッチ V がリテーナリング 2 0 の内面に対向した時点の状態検出部 1 0 5 が検出したとき)、状態検出部 1 0 5 は圧力レギュレータ G 5 に指令信号を送信し、圧力室 6 3 内の加圧流体の圧力 (すなわち、リテーナリング 2 0 の研磨パッド 2 の研磨面 2 a に対する押付力) を増加させる。このような動作により、エッジ領域 E 1 での研磨レートが局所的に上昇し、エッジ領域 E 1 での膜厚を小さくすることができる。結果として、ウェーハ W の表面全体を平坦化することができる。

図 1 4 は、研磨装置の他の実施形態を示す断面図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図 1 乃至図 1 3 を参照して説明した実施形態と同じであるので、その重複する説明を省略する。本実施形態の研磨装置は、押圧ロッド 3 2 a, 3 2 b にそれぞれ支持された 2 つのローラー 5 2 a, 5 2 b を備えている。これら 2 つのローラー 5 2 a, 5 2 b は、リテーナリング 2 0 の上流側部位および下流側部位の

上方に配置されている。2つのローラーハウジング55a, 55bは、押圧ロッド32a, 32bにそれぞれ固定されており、2つのローラーシャフト54a, 54bはこれらローラーハウジング55a, 55bにそれぞれ支持されている。ローラー52a, 52bは、ローラーシャフト54a, 54bにそれぞれ支持されており、
5 ローラーシャフト54a, 54bを中心に回転可能である。

2つのローラー52a, 52bはローラーシャフト54a, 54bを中心に回転可能であるが、ローラー52a, 52bおよびローラーハウジング55a, 55bはリテーナリング20とともに回転しない。ドライブリング21はリテーナリング20とともに回転し、ローラー52a, 52bは、ドライブリング21の上面に転
10 がり接触する。一方、ローラーハウジング55a, 55bは、ドライブリング21およびリテーナリング20の上方に位置し、ドライブリング21およびリテーナリング20に非接触である。本実施形態では、上述した静止リング91に相当する部材は設けられていない。

センサ100は、下流側のローラーハウジング55bに固定されている。より具
15 体的には、センサ100は、下流側のローラーハウジング55b内に埋設されている。リテーナリング20の振動は、ドライブリング21、ローラー52b、およびローラーシャフト54bを介してローラーハウジング55bに伝達される。したがって、センサ100は、リテーナリング20の振動を検知することができる。本実施形態では、非回転部材はローラーハウジング55bであり、非回転部材とリテー
20 ナリング20の両方に接触する振動伝達部材は、ローラーシャフト54b、ローラー52b、およびドライブリング21から構成される。

一実施形態では、図15に示すように、センサ100は、上流側のローラーハウジング55aに固定（例えば埋設）されてもよい。図15に示す実施形態では、非
回転部材はローラーハウジング55aであり、非回転部材とリテーナリング20の
25 両方に接触する振動伝達部材は、ローラーシャフト54a、ローラー52a、およびドライブリング21から構成される。

さらに、一実施形態では、図16に示すように、2つのセンサ100は、上流側のローラーハウジング55aおよび下流側のローラーハウジング55bにそれぞれ

固定（例えば埋設）されてもよい。図 1 6 に示す実施形態では、非回転部材はローラーハウジング 5 5 a, 5 5 b であり、非回転部材とリテーナリング 2 0 の両方に接触する振動伝達部材は、ローラーシャフト 5 4 a, 5 4 b、ローラー 5 2 a, 5 2 b、およびドライブリング 2 1 から構成される。

- 5 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
- 10 範囲に解釈されるものである。

特許請求の範囲

1. 研磨面を有する研磨パッドを支持するための研磨テーブルと、
ウェーハを前記研磨面に押し付けるための押圧面を有する回転可能なヘッド本体
5 と、
前記押圧面を囲むように配置され、かつ前記ヘッド本体と共に回転しながら前記
研磨面を押し付けるためのリテーナリングと、
前記リテーナリングと共に回転しない非回転部材と、
前記リテーナリングと前記非回転部材の両方に接触している振動伝達部材と、
10 前記非回転部材に固定されたセンサを備えている、研磨装置。
2. 前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する状態検
出部をさらに備えている、請求項 1 に記載の研磨装置。
- 15 3. 前記状態検出部は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの表面状
態の変化点を検出するように構成されている、請求項 2 に記載の研磨装置。
4. 前記状態検出部は、前記センサの出力信号の振幅がしきい値を上回った時点
または下回った時点である前記表面状態の変化点を検出するように構成されている、
20 請求項 3 に記載の研磨装置。
5. 前記状態検出部は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハと前記リ
テーナリングとの接触状態の変化点を検出するように構成されている、請求項 2 に
記載の研磨装置。
25
6. 前記状態検出部は、前記センサの出力信号がしきい値を下回った時点である
前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出するように構成さ
れている、請求項 5 に記載の研磨装置。

7. 前記非回転部材に連結され、前記非回転部材を前記リテーナリングに向かって押す局所荷重付与装置をさらに備えている、請求項1乃至6のいずれか一項に記載の研磨装置。

5 8. 前記振動伝達部材は、前記リテーナリングの周方向に沿って配列された複数のローラーを有する回転リングを備えており、前記回転リングは前記リテーナリングと一体に回転可能である、請求項1乃至7のいずれか一項に記載の研磨装置。

9. 前記センサは、前記研磨面の進行方向において、前記リテーナリングの下流
10 側部位の上方に配置されている、請求項1乃至8のいずれか一項に記載の研磨装置。

10. 前記センサは、前記研磨面の進行方向において、前記リテーナリングの上流側部位の上方に配置されている、請求項1乃至8のいずれか一項に記載の研磨装置。

15

11. 前記センサは、前記非回転部材に固定された複数のセンサである、請求項1乃至10のいずれか一項に記載の研磨装置。

12. 研磨パッドを支持する研磨テーブルを回転させ、

20 押圧面を有するヘッド本体を回転させながら、前記押圧面でウェーハを前記研磨パッドの研磨面に押し付け、

前記ウェーハを囲むように配置されたリテーナリングを、前記ヘッド本体および前記ウェーハと共に回転させながら前記研磨面に押し付け、

前記リテーナリングから非回転部材に振動伝達部材を介して伝達された振動を、

25 前記非回転部材に固定されたセンサで測定する、研磨方法。

13. 前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する工程をさらに含む、請求項12に記載の研磨方法。

14. 前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する工程は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの表面状態の変化点を検出する工程である、請求項13に記載の研磨方法。

- 5 15. 前記センサの出力信号に基づいて前記表面状態の変化点を検出する工程は、前記センサの出力信号の振幅がしきい値を上回った時点または下回った時点である前記表面状態の変化点を検出する工程である、請求項14に記載の研磨方法。

- 10 16. 前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハの状態変化を検出する工程は、前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出する工程である、請求項13に記載の研磨方法。

- 15 17. 前記センサの出力信号に基づいて前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出する工程は、前記センサの出力信号がしきい値を下回った時点である前記ウェーハと前記リテーナリングとの接触状態の変化点を検出する工程である、請求項16に記載の研磨方法。