

基板保持装置、基板吸着判定方法、基板研磨装置、基板研磨方法、研磨されるウェーハの上面から液体を除去する方法、およびウェーハを研磨パッドに押し付けるための弾性膜、基板リリース方法および定量気体供給装置

CROSS REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

【０００１】

This application claims the benefit of Japanese Priority Patent Application JP 2018-147661 filed on August 6, 2018, JP 2019-032512 filed on February 26, 2019, and JP 2019-110491 filed on June 13, 2019, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

FIELD

【０００２】

本発明は、基板保持装置、基板吸着判定方法、基板研磨装置、基板研磨方法、研磨されるウェーハの上面から液体を除去する方法、およびウェーハを研磨パッドに押し付けるための弾性膜、基板リリース方法および定量気体供給装置に関する。

BACKGROUND

【０００３】

基板研磨装置（例えば、特許第３７０５６７０号（特許文献１））では、基板搬送装置からトップリング（基板保持装置）に基板を受け渡し、トップリングが基板を保持した状態で基板の研磨が行われる。トップリングは、トップリング本体（ベースプレート）の下方にメンブレンが設けられ、メンブレンの下面が基板を吸着する構造となっている。

【０００４】

より優れた基板保持装置、基板吸着判定方法、基板研磨装置、基板研磨方法、研磨されるウェーハの上面から液体を除去する方法、およびウェーハを研磨パッドに押し付けるための弾性膜、基板リリース方法および定量気体供給装置を提供する。

SUMMARY

【０００５】

基板を吸着可能な面を有する弾性膜を取り付け可能なトップリング本体であって、前記弾性膜が取り付けられると、前記弾性膜と前記トップリング本体との間に複数のエリアが形成される、トップリング本体と、前記複数のエリアのうちの第１エリアに連通する第１ラインと、前記複数のエリアのうち前記第１エリアとは異なる第２エリアに連通する第２ラインと、前記第１ラインを介して流体を送り込むことにより前記第１エリアを加圧することが可能であり、前記第２ラインを介して前記第２エリアを負圧にすることが可能である圧力調整手段と、前記第１エリアに送り込まれた流体の体積、または、前記第１エリアの圧力に対応する測定値に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されているか否かの判定を行う判定部と、を備え、前記判定が行われる際、前記第１エリアからの排気は行われず、基板保持装置が提供される。

【0006】

弾性膜によって形成された中心側圧力室と外側圧力室を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、前記弾性膜の中央部を前記ウェーハの上面の中央部に接触させ、その後、前記弾性膜の外周部を前記ウェーハの上面の外周部に接触させることで、前記ウェーハの上面から液体を除去し、前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法が提供される。

【0007】

トップリング本体と、前記トップリング本体と対向する第1面と、前記第1面の反対側の面であって基板を吸着保持することが可能な第2面と、を有する弾性膜と、前記トップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に連通する第1ラインに設けられた第1バルブを介して前記空間を加圧および減圧することが可能な圧力調整装置と、前記第1ラインに設けられた第2バルブを介して前記空間に一定量の気体を供給することが可能な定量気体供給装置と、を備える基板研磨装置が提供される。

BRIEF DESCRIPTION OF DRAWINGS

【0008】

【図1】 基板研磨装置を含む基板処理装置の概略上面図。

【図2】 基板研磨装置300の概略斜視図。

【図3】 基板研磨装置300の概略断面図。

【図4A】 搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図4B】 搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図4C】 搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図5】 搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図6】 トップリング1および圧力制御装置7の構造を模式的に示す図。

【図7】 第1の実施形態に係る圧力判定を説明する図。

【図8A】 基板吸着に成功した場合を示す図。

【図8B】 基板吸着に失敗した場合を示す図。

【図9】 第1の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャート。

【図10】 第2の実施形態に係る圧力判定を説明する図。

【図11A】 基板吸着に成功した場合を示す図。

【図11B】 基板吸着に失敗した場合を示す図。

【図12】 第2の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャート。

【図13】 図10の変形例を説明する図。

【図14】 第3の実施形態に係る圧力判定を説明する図。

【図15A】 基板吸着に成功した場合を示す図。

- 【図15B】基板吸着に失敗した場合を示す図。
- 【図16】第3の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャート。
- 【図17】第4の実施形態に係る圧力判定を説明する図。
- 【図18】待機時すなわち基板吸着判定前の圧力制御装置7を示す図。
- 【図19A】基板吸着に成功した場合を示す図。
- 【図19B】基板吸着に失敗した場合を示す図。
- 【図20】研磨時の様子を示す図。
- 【図21】第4の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャート。
- 【図22】図17の変形例を説明する図。
- 【図23A】積算流量計を用いた圧力判定を説明する図。
- 【図23B】基板吸着に成功した場合を示す図。
- 【図23C】基板吸着に失敗した場合を示す図。
- 【図24】研磨装置の一実施形態を示す模式図である。
- 【図25】研磨ヘッドを示す断面図である。
- 【図26】図24に示す研磨ヘッドにウェーハを搬送する搬送装置の上面図である。
- 【図27】ウェーハの上面から液体を除去するときの研磨ヘッドを示す模式図である。
- 【図28】研磨ヘッドの弾性膜がウェーハの上面に存在している液体を外側に押し出す様子を示す模式図である。
- 【図29】研磨ヘッドの弾性膜がウェーハの上面に存在している液体を外側にさらに押し出す様子を示す模式図である。
- 【図30】圧力レギュレータに代えて、エアシリンダと錘との組み合わせを使用して弾性膜の中央部を膨らます実施形態を説明する図である。
- 【図31】弾性膜の他の実施形態を示す模式図である。
- 【図32】弾性膜のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 【図33】ウェーハの上面から液体を除去する方法の他の実施形態を説明する図である。
- 【図34】図33に示す実施形態をさらに説明する図である。
- 【図35】図33に示す実施形態をさらに説明する図である。
- 【図36】図33に示す実施形態をさらに説明する図である。
- 【図37】ウェーハの上面から液体を除去する方法のさらに他の実施形態を説明する図である。
- 【図38】図37に示す実施形態をさらに説明する図である。
- 【図39】図37に示す実施形態をさらに説明する図である。
- 【図40】ウェーハの上面から液体を除去する方法のさらに他の実施形態を説明する図である。
- 【図41】図40に示す実施形態をさらに説明する図である。
- 【図42】ウェーハの上面から液体を除去する方法のさらに他の実施形態を説明する図である。

【図43】図42に示す実施形態をさらに説明する図である。

【図44】ウェーハの上面から液体を除去することができる弾性膜の一実施形態を示す断面図である。

【図45】図44に示す弾性膜がウェーハの上面から液体を除去している様子を示す模式図である。

【図46】ウェーハの上面から液体を除去することができる弾性膜の他の実施形態を示す断面図である。

【図47】図46に示す弾性膜がウェーハの上面から液体を除去している様子を示す模式図である。

【図48】ウェーハの上面から液体を除去することができる弾性膜のさらに他の実施形態を示す断面図である。

【図49】図48に示す弾性膜の底面図である。

【図50】図48に示す弾性膜がウェーハの上面から液体を除去している様子を示す模式図である。

【図51】研磨ヘッドを模式的に示す断面図である。

【図52】研磨ヘッドが洗浄されている様子を説明する図である。

【図53】ウェーハの上面と研磨ヘッドの弾性膜との間に存在する液体に起因する

【図54】基板研磨装置を含む基板処理装置の概略上面図。

【図55】基板研磨装置300の概略斜視図。

【図56】トップリング1周辺部の概略断面図。

【図57A】搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図57B】搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図57C】搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図58】搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図59A】トップリング1から搬送機構600bへの基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図59B】トップリング1から搬送機構600bへの基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図59C】トップリング1から搬送機構600bへの基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図60】トップリング1から搬送機構600bへの基板受け渡しを詳しく説明する図。

【図61】第7の実施形態に係る定量気体供給装置16を含む基板研磨装置300の概略構成を示す図。

【図62】搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しの際の基板研磨装置300の動作状態を模式的に示す図。

【図63】基板研磨時の基板研磨装置300の動作状態を模式的に示す図。

【図 6 4】基板リリース時の基板研磨装置 3 0 0 の動作状態を模式的に示す図。

【図 6 5】第 8 の実施形態に係る定量気体供給装置 1 6 を含む基板研磨装置 3 0 0 の概略構成を示す図。

【図 6 6】搬送機構 6 0 0 b からトップリング 1 への基板受け渡しの際の基板研磨装置 3 0 0 の動作状態を模式的に示す図。

【図 6 7】基板研磨時の基板研磨装置 3 0 0 の動作状態を模式的に示す図。

【図 6 8】基板リリース時の基板研磨装置 3 0 0 の動作状態を模式的に示す図。

DETAILED DESCRIPTION OF NON-LIMITING EXAMPLE EMBODIMENTS

【0 0 0 9】

(第 1 ～ 4 の実施形態)

特許文献 1 には、メンブレンに基板が吸着されたか否かを判定する基板吸着判定方法が開示されている。この方法では、メンブレンに上向きの凸部が設けられる。そして、基板が吸着されないときには、トップリング本体の下面とメンブレンの凸部と間の隙間があり、基板が吸着されると、基板がメンブレンを上方に押圧することによってメンブレンの凸部がトップリング本体の下面に接触して隙間がなくなることを利用している。

【0 0 1 0】

しかしながら、メンブレンの表面や基板自体が濡れていることがある。このように、メンブレンや基板が濡れている場合、基板が吸着されても基板がメンブレンを押圧する力が分散され、メンブレンの凸部がトップリング本体の下面に十分に接触しないことがある。そうすると、基板が吸着されているのに、吸着されていないとの誤判定が発生するおそれがある。

【0 0 1 1】

そこで、メンブレンの凸部とトップリングとの間の隙間を予め狭くしておくことも考えられる。しかしながら、そのようにすると、メンブレンが基板を吸着した状態で研磨を行う際に、基板における凸部対応する部分のみ研磨レートが高くなり、均一な研磨が困難になるという問題がある。

【0 0 1 2】

第 1 ～ 第 4 の実施形態はこのような問題点を鑑みてなされたものであり、第 1 ～ 第 4 の実施形態の課題は、より精度良く基板が吸着したことを判定できる基板保持装置およびそのような基板保持装置を備える基板研磨装置を提供すること、また、より精度良く基板が吸着したことを判定できる基板吸着判定方法、および、そのような基板吸着判定方法を利用した基板研磨方法を提供することである。

【0 0 1 3】

第 1 ～ 第 4 の実施形態によれば、以下の態様が提供される。

本態様によれば、基板を吸着可能な面を有する弾性膜を取り付け可能なトップリング本体であって、前記弾性膜が取り付けられると、前記弾性膜と前記トップリング本体との間に複数のエリアが形成される、トップリング本体と、前

記複数のエリアのうちの第1エリアに連通する第1ラインと、前記複数のエリアのうち前記第1エリアとは異なる第2エリアに連通する第2ラインと、前記第1ラインを介して流体を送り込むことにより前記第1エリアを加圧することが可能であり、前記第2ラインを介して前記第2エリアを負圧にすることが可能である圧力調整手段と、前記第1エリアに送り込まれた流体の体積、または、前記第1エリアの圧力に対応する測定値に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されているか否かの判定を行う判定部と、を備え、前記判定が行われる際、前記第1エリアからの排気は行われない、基板保持装置が提供される。

【0014】

前記判定部は、前記弾性膜に基板が吸着されていない場合に比べて、前記基板が吸着されている場合、前記第1エリアに送り込まれる流体の体積が小さいこと、あるいは、前記第1エリアの圧力が高いことを利用して、判定を行ってもよい。

【0015】

前記圧力調整手段は、前記第1ラインを介して前記第1エリアに流体を送り込む加圧機構を有し、前記判定部は、前記第1エリアに流体を送り込む際に移動する前記加圧機構の一部分を、前記第1エリアに送り込まれた流体の体積に対応する測定値として検知する位置センサを有してもよい。

【0016】

前記判定部は、前記第1エリアの圧力を測定する圧力計を有してもよい。

【0017】

前記圧力調整手段は、前記第1ラインを介して前記第1エリアに流体を送り込む加圧機構を有し、前記判定部は、前記第1エリアに流体を送り込む際に移動する前記加圧機構の一部分を、前記第1エリアに送り込まれた流体の体積に対応する測定値として検知する位置センサと、前記第1エリアの圧力を測定する圧力計と、を有してもよい。

【0018】

前記判定部は、前記位置センサによる検知結果に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されていないことを判定し、前記圧力計による測定結果に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されていることを判定してもよい。

【0019】

前記加圧機構は、シリンダと、前記シリンダのピストンに連結された錘本体と、を有し、重力により前記錘本体が下方に移動することによって前記第1エリアに流体を送り込んでもよい。

【0020】

前記ピストンは、前記シリンダの内面と接して上下動可能であり、前記シリンダの内部は、前記ピストンによって、下部空間と上部空間とに分割され、前記シリンダには、前記下部空間に設けられ、前記第1ラインと接続される第1開口と、前記下部空間に設けられた第2開口と、前記上部空間に設けられ、前記錘本体と前記ピストンとを連結するピストンロッドが貫通する第3開口と、前記上部空間に設けられた第4開口と、が設けられてもよい。

【0021】

前記判定が行われる際、前記第2開口は閉止され、前記第4開口は開放され、前記判定が行われた後、前記第2開口は開放され、前記第4開口から前記上部空間を吸引することで、前記錘を上昇させてもよい。

【0022】

前記第1ラインは、前記シリンダの前記第1開口、および、前記弾性膜に吸着された前記基板を研磨する際に前記第1エリアを加圧する研磨圧力制御部に接続され、前記第1ラインを介して、前記第1エリアを前記加圧機構の前記第1開口と連通させるか、前記研磨圧力制御部とを連通させるか、を切り替える切替手段が設けられてもよい。

【0023】

別の態様によれば、上記の基板保持装置と、前記基板保持装置に保持された前記基板を研磨するように構成された研磨テーブルと、を備える基板研磨装置が提供される。

【0024】

別の態様によれば、基板保持装置におけるトップリング本体と弾性膜との間に形成された第2エリアを負圧にしつつ、前記トップリング本体と前記弾性膜との間に形成された、前記第2エリアとは異なる第1エリアに流体を送り込むことによって前記第1エリアを加圧し、前記第1エリアに送り込まれた流体の体積、または、前記第1エリアの圧力に対応する測定値に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されたか否かの判定を行い、前記判定が行われる際、前記第1エリアから排気は行われず、基板保持装置における基板吸着判定方法が提供される。

【0025】

別の態様によれば、搬送機構に保持された基板を基板保持装置に吸着させる工程と、上記の基板吸着判定方法により、前記基板保持装置の弾性膜に前記基板が吸着されたか否かの判定を行う工程と、前記基板が吸着されたと判定された場合に、前記基板を研磨する工程と、を備える基板研磨方法が提供される。

【0026】

以下、図面を参照しながら具体的に説明する。

【0027】

(第1の実施形態)

図1は、基板研磨装置を含む基板処理装置の概略上面図である。本基板処理装置は、直径300mmあるいは450mmの半導体ウエハ、フラットパネル、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) やCCD (Charge Coupled Device) などのイメージセンサ、MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) における磁性膜の製造工程などにおいて、種々の基板を処理するものである。

【0028】

基板処理装置は、略矩形状のハウジング100と、多数の基板をストックする基板カセットが載置されるロードポート200と、1または複数(図1に示す態様では4つ)の基板研磨装置300と、1または複数(図1に示す態様では2つ)の基板洗浄装置400と、基板乾燥装置500と、搬送機構600と

～600dと、制御部700とを備えている。

【0029】

ロードポート200は、ハウジング100に隣接して配置されている。ロードポート200には、オープンカセット、SMIF (Standard Mechanical Interface) ポッド、又はFOUP (Front Opening Unified Pod) を搭載することができる。SMIFポッド、FOUPは、内部に基板カセットを収納し、隔壁で覆うことにより、外部空間とは独立した環境を保つことができる密閉容器である。

【0030】

基板を研磨する基板研磨装置300、研磨後の基板を洗浄する基板洗浄装置400、洗浄後の基板を乾燥させる基板乾燥装置500は、ハウジング100内に收容されている。基板研磨装置300は、基板処理装置の長手方向に沿って配列され、基板洗浄装置400および基板乾燥装置500も基板処理装置の長手方向に沿って配列されている。

【0031】

ロードポート200、ロードポート200側に位置する基板研磨装置300および基板乾燥装置500に囲まれた領域には、搬送機構600aが配置されている。また、基板研磨装置300ならびに基板洗浄装置400および基板乾燥装置500と平行に、搬送機構600bが配置されている。

【0032】

搬送機構600aは、研磨前の基板をロードポート200から受け取って搬送機構600bに受け渡したり、乾燥後の基板を基板乾燥装置500から受け取ったりする。

【0033】

搬送機構600bは、例えばリニアトランスポータであり、搬送機構600aから受け取った研磨前の基板を基板研磨装置300に受け渡す。後述するように、基板研磨装置300におけるトップリング（不図示）は真空吸着により搬送機構600bから基板を受け取る。また、基板研磨装置300は研磨後の基板を搬送機構600bにリリースし、その基板は基板洗浄装置400に受け渡される。

【0034】

さらに、2つの基板洗浄装置400間に、これら基板洗浄装置400間で基板の受け渡しを行う搬送機構600cが配置されている。また、基板洗浄装置400と基板乾燥装置500との間に、これら基板洗浄装置400と基板乾燥装置500間で基板の受け渡しを行う搬送機構600dが配置されている。

【0035】

制御部700は基板処理装置の各機器の動きを制御するものであり、ハウジング100の内部に配置されてもよいし、ハウジング100の外部に配置されてもよいし、基板研磨装置300、基板洗浄装置400および基板乾燥装置500のそれぞれに設けられてもよい。

【0036】

図2および図3は、それぞれ基板研磨装置300の概略斜視図および概略断

面図である。基板研磨装置300は、トップリング1と、下部にトップリング1が連結されたトップリングシャフト2と、研磨パッド3aを有する研磨テーブル3と、研磨液を研磨テーブル3上に供給するノズル4と、トップリングヘッド5と、支持軸6とを有する。

【0037】

トップリング1は基板Wを保持するものであり、図3に示すように、トップリング本体11（キャリアあるいはベースプレートともいう）、円環状のリテーナリング12、トップリング本体11の下方かつリテーナリング12の内側に取り付け可能な可撓性のメンブレン13（弾性膜）、トップリング本体11とリテーナリング12との間に設けられたエアバッグ14、圧力制御装置7などから構成される。

【0038】

リテーナリング12はトップリング本体11の外周部に設けられる。保持された基板Wの周縁はリテーナリング12に囲まれることとなり、研磨中に基板Wがトップリング1から飛び出さないようになっている。なお、リテーナリング12は1つの部材であってもよいし、内側リングおよびその外側に設けられた外側リングからなる2重リング構成であってもよい。後者の場合、外側リングをトップリング本体11に固定し、内側リングとトップリング本体11との間にエアバッグ14を設けてもよい。

【0039】

メンブレン13はトップリング本体11と対向して設けられる。そして、メンブレン13の上面はトップリング本体11との間に複数の同心円状のエリアを形成する。1または複数のエリアを負圧にすることで、メンブレン13の下面が基板Wの上面を保持できる。

【0040】

エアバッグ14はトップリング本体11とリテーナリング12との間に設けられる。エアバッグ14により、リテーナリング12はトップリング本体11に対して鉛直方向に相対移動できる。

【0041】

圧力制御装置7は、トップリング本体11とメンブレン13との間に流体を供給したり、真空引きしたり、大気開放したりして、トップリング本体11とメンブレン13との間に形成される各エリアの圧力を個別に調整する。また、圧力制御装置7は基板Wがメンブレン13に吸着されたか否かを判定する。圧力制御装置7の構成については、後に詳しく説明する。

【0042】

図2において、トップリングシャフト2の下端はトップリング1の上面中央に連結されている。不図示の昇降機構がトップリングシャフト2を昇降させることで、トップリング1に保持された基板Wの下面が研磨パッド3aに接触したり離れたりする。また、不図示のモータがトップリングシャフト2を回転させることでトップリング1が回転し、これによって保持された基板Wも回転する。

【0043】

研磨テーブル 3 の上面には研磨パッド 3 a が設けられる。研磨テーブル 3 の下面は回転軸に接続されており、研磨テーブル 3 は回転可能となっている。研磨液がノズル 4 から供給され、研磨パッド 3 a に基板 W の下面が接触した状態で基板 W および研磨テーブル 3 が回転することで、基板 W が研磨される。

【0044】

図 3 のトップリングヘッド 5 は、一端にトップリングシャフト 2 が連結され、他端に支持軸 6 が連結される。不図示のモータが支持軸 6 を回転させることでトップリングヘッド 5 が揺動し、トップリング 1 が研磨パッド 3 a 上と、基板受け渡し位置（不図示）との間を行き来する。

【0045】

続いて、図 1 の搬送機構 600 b から図 2 および図 3 のトップリング 1 に基板を受け渡す際の動作を説明する。

【0046】

図 4 A ～図 4 C および図 5 は、搬送機構 600 b からトップリング 1 への基板受け渡しを詳しく説明する図である。図 4 A ～図 4 C は搬送機構 600 b およびトップリング 1 を側方から見た図であり、図 5 はこれらを上方から見た図である。

【0047】

図 4 A に示すように、搬送機構 600 b のハンド 601 上に基板 W が載置されている。また、基板 W の受け渡しには、リテーナリングステーション 800 が用いられる。リテーナリングステーション 800 は、トップリング 1 のリテーナリング 12 を押し上げる押し上げピン 801 を有する。なお、リテーナリングステーション 800 はリリースノズルを有してもよいが、図示していない。

【0048】

図 5 に示すように、ハンド 601 は基板 W の下面の外周側の一部を支持する。そして、押し上げピン 801 とハンド 601 とが互いに接触しないように配置されている。

【0049】

図 4 A に示す状態で、トップリング 1 が下降するとともに、搬送機構 600 b が上昇する。トップリング 1 の下降により、押し上げピン 801 がリテーナリング 12 を押し上げ、基板 W がメンブレン 13 に接近する。さらに搬送機構 600 b が上昇すると、基板 W の上面がメンブレン 13 の下面に接触する（図 4 B）。

【0050】

この状態で、メンブレン 13 とトップリング本体 11 との間に形成されたエリアを負圧にすることで、トップリング 1 のメンブレン 13 の下面に基板 W が吸着される。ただし、場合によってはメンブレン 13 の下面に基板 W が吸着されなかったり、一旦吸着した後に落下したりしてしまうこともあり得る。そのため、本実施形態では、後述するようにして基板 W がメンブレン 13 に吸着されているか否かの判定（基板吸着判定）を行う。

【0051】

その後、搬送機構 600 b は下降する（図 4 C）。

【0052】

続いて、トップリング1について説明する。

図6は、トップリング1および圧力制御装置7の構造を模式的に示す図である。メンブレン13には、トップリング本体11に向かって上方に延びる周壁13a～13eが形成されている。これら周壁13a～13eにより、メンブレン13の上面とトップリング本体11の下面との間に、周壁13a～13eによって区切られた同心円状のエリア131～135が形成される。なお、メンブレン13の下面には孔が形成されていないのが望ましい。

【0053】

トップリング本体11を貫通して一端がエリア131～135にそれぞれ連通する流路141～145が形成されている。また、リテーナリング12の直上には弾性膜からなるエアバッグ14が設けられており、一端がエアバッグ14に連通する流路146が同様に形成されている。流路141～146の他端は圧力制御装置7に接続されている。流路141～146上に圧力センサや流量センサを設けてもよい。

【0054】

圧力制御装置7は、各流路141～146にそれぞれ設けられたバルブV1～V6および圧力レギュレータR1～R6と、制御部71と、圧力調整手段72と、基板吸着判定を行う判定部73とを有する。

【0055】

制御部71は、バルブV1～V6、圧力レギュレータR1～R6および圧力調整手段72を制御する。

【0056】

圧力調整手段72は流路141～146の一端に接続され、制御部71の制御に応じてエリア131～135およびエアバッグ14の圧力調整を個別に行う。具体的には、圧力調整手段72は、各流路141～146を介してエアなどの流体を供給してエリア131～135およびエアバッグ14を加圧したり、真空引きしてエリア131～135およびエアバッグ14を減圧したり、エリア131～135およびエアバッグ14を大気開放したりする。

【0057】

図6においては、例えば、エリア135を加圧するためには、制御部71は、バルブV5を開き、エリア135にエアが供給されるよう圧力調整手段72を制御する。このことを単に、（制御部71が）エリア135を加圧する、などと表現する。

【0058】

本実施形態では、エリア131を利用して基板吸着判定を行う。そのため、圧力調整手段72はエリア131に流体（気体あるいは液体）を送り込むことによってエリア131を加圧可能な加圧機構150を有する。

【0059】

以下、圧力判定について詳しく説明する。

図7は、第1の実施形態に係る圧力判定を説明する図である。なお、以下の図では、全体を簡略化して描くこととする。本実施形態における加圧機構15

０はシリンダ駆動方式により加圧を行うものであり、加圧側シリンダ２１と、加圧用ピストン２２と、駆動側シリンダ２３と、駆動圧力生成部２４と、駆動用ピストン２５と、連結部材２６と、プレート２７と、を有する。そして、判定部７３は位置センサ２８を有する。

【００６０】

加圧側シリンダ２１は先端２１ａが開口して水平方向に延びる円筒状であり、閉塞面２１ｂ（底面）に形成された開口２１ｃに流路１４１が接続される。加圧用ピストン２２は円盤状であり、加圧側シリンダ２１の内面にスライド可能に接している。加圧用ピストン２２には流体シール（不図示）が設けられ、加圧側シリンダ２１内とその外部とで流体が移動しないようになっている。

【００６１】

駆動側シリンダ２３は加圧側シリンダ２１とは離間して対向配置される。駆動側シリンダ２３も先端２３ａが開口して水平方向に延びる円筒状であり、閉塞面２３ｂ（底面）に形成された開口２３ｃに駆動圧力生成部２４が接続される。駆動用ピストン２５は円盤状であり、駆動側シリンダ２３の内面にスライド可能に接している。駆動用ピストン２５には流体シール（不図示）が設けられ、駆動側シリンダ２３内とその外部とで流体が移動しないようになっている。

【００６２】

加圧用ピストン２２の中央部と駆動用ピストン２５の中央部とが棒状の連結部材２６によって連結されており、加圧用ピストン２２および駆動用ピストン２５は一体化されている。

【００６３】

プレート２７は連結部材２６に嵌められて固定された円環状の部材である。プレート２７の径は加圧側シリンダ２１および駆動側シリンダ２３の内径より大きい。

【００６４】

以上の構造により、プレート２７が駆動側シリンダ２３の先端２３ａと加圧側シリンダ２１の先端２１ａとの間にある範囲において、一体化された加圧用ピストン２２および駆動用ピストン２５が移動可能である。なお、基板吸着判定を行う前の待機状態では、プレート２７は駆動側シリンダ２３の先端２３ａ近傍（例えば、プレート２７の一面が駆動側シリンダ２３の先端２３ａに接する位置）にあり、この位置を原点とする。

【００６５】

位置センサ２８は、原点検出センサ２８ａと、基板有り検出センサ２８ｂと、基板無し検出センサ２８ｃとを含む。原点検出センサ２８ａは駆動側シリンダ２３の先端２３ａ近傍に配置される。基板有り検出センサ２８ｂは駆動側シリンダ２３の先端２３ａと加圧側シリンダ２１の先端２１ａとの中央近傍に配置される。基板無し検出センサ２８ｃは加圧側シリンダ２１の先端２１ａ近傍に配置される。このように、エリア１３１に近い側から、基板無し検出センサ２８ｃ、基板有り検出センサ２８ｂおよび原点検出センサ２８ａの順に並んでいる。なお、位置センサ２８はプレート２７の位置を検出できればよいので、プレート２７の位置を直接検知できる任意のセンサに置き換えてもよい。

【0066】

各位置センサ28はプレート27を検出する。より具体的には、原点検出センサ28aは原点の位置にプレート27があることを検出する。基板有り検出センサ28bは、基板Wがメンブレン13に吸着されているときの所定位置（詳細は後述）にプレート27があることを検出する。基板無し検出センサ28cは、基板Wがメンブレン13に吸着されていないときの所定位置、言い換えると、加圧側シリンダ21の先端21a近傍に設定された所定位置にプレート27があることを検出する。

【0067】

基板Wを吸着する際（図4B）、制御部71はエリア131以外の任意の1以上のエリア（本実施形態では、エリア132～135とする）を負圧にする。これによって、メンブレン13の下面に基板Wが吸着されるが（図8A参照）、場合によっては失敗することもあり得る（図8B参照）。そこで、次に説明するようにして、基板吸着に成功したか否かを判定する。

【0068】

駆動圧力生成部24は圧力P1を駆動用ピストン25に印加する。これにより、駆動用ピストン25、加圧用ピストン22およびプレート27が押し込まれてエリア131に近づく方向に移動する。その結果、加圧側シリンダ21内の空気がエリア131に送り込まれることでエリア131が加圧される。なお、このときエリア131から排気が行われないようにする。

【0069】

図8Aは、基板吸着に成功した場合を示す図である。基板Wが吸着されている場合、エリア131が加圧されたとしても、エリア132～135が負圧にされているため、基板Wはメンブレン13から脱落しない（言い換えると、圧力P1は吸着されている基板Wが脱落しない程度の大きさに設定される）。よって、エリア131を加圧してもメンブレン13は膨らまず、エリア131の体積増加は小さい。

【0070】

そのため、加圧用ピストン22がエリア131側に移動するにつれてエリア131の圧力（正確には、エリア131、流路141、加圧側シリンダ21および加圧用ピストン22で構成される空間の圧力、以下同じ）が高くなる。そして、エリア131の圧力がP1に達すると、エリア131の圧力と駆動圧力生成部24から圧力が釣り合い、加圧用ピストン22（すなわちプレート27）の移動は停止する。

【0071】

このとき、加圧用ピストン22が加圧側シリンダ21の閉塞面21bに達することなく、また、プレート27が加圧側シリンダ21の先端21aに達することなく、プレート27は駆動用ピストン25の先端25aと加圧側シリンダ21の先端21aとの間の位置で停止する。この位置にプレート27があることを基板有り検出センサ28bが検出することで、判定部73は基板Wが吸着されていると判定する。

【0072】

なお、基板Wが吸着されている場合にプレート27がどの位置まで移動するかを予め把握しておき、その位置にあるプレート27を検出できるよう、基板有り検出センサ28bを配置しておけばよい。

【0073】

図8Bは、基板吸着に失敗した場合を示す図である。基板Wが吸着されていない場合、エリア131が加圧されると、メンブレン13が膨らみ、エリア131の体積が増加する。このとき、メンブレン13の反発力で圧力P2が生じる。しかしながら、圧力P2は駆動圧力生成部24からの圧力P1より小さい。そのため、加圧用ピストン22が加圧側シリンダ21の閉塞面21bに達するまで（あるいは、プレート27が加圧側シリンダ21の先端21aには達するまで）、プレート27が移動する。この位置にプレート27があることを基板無し検出センサ28cが検出することで、判定部73は基板Wが吸着されていないと判定する。

【0074】

このように、基板Wが吸着している場合（図8A）には、エリア131に送り込まれる加圧流体の体積が相対的に小さくなり、基板Wが吸着していない場合（図8B）には、エリア131に送り込まれる加圧流体の体積が相対的に大きくなる。この体積に対応する値としてプレート27の位置を検出することで、基板吸着の有無を判定できる。

【0075】

なお、プレート27は、原点から基板有り検出センサ28bの位置を経て、基板無し検出センサ28cの位置に移動する。そのため、基板Wが吸着されていない場合でも、一時的に基板有り検出センサ28bがプレート27を検出する。すなわち、基板Wが吸着されているか否かに関わらず、少なくとも一時的に基板有り検出センサ28bがプレート27を検出する。よって、基板有り検出センサ28bが、一時的ではなく所定時間、プレート27を検出した場合に、判定部73は基板Wが吸着されたと判定するのが望ましい。

【0076】

あるいは、判定部73は、駆動圧力生成部24が圧力P1を印加して所定時間（基板Wが吸着されていない場合に、プレート27が原点から基板無し検出センサ28cの位置まで移動するのに要すると見込まれる時間）以上経った後に、基板有り検出センサ28bおよび基板無し検出センサ28cによるプレート27の検出結果に基づいて判定してもよい。

【0077】

図9は、第1の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャートである。なお、初めはプレート27が原点にあり、このことが原点検出センサ28aによって確かめられているものとする。

【0078】

まず、駆動圧力生成部24が圧力P1を印加することにより、加圧用ピストン22がエリア131を加圧する（ステップS1）。

【0079】

そして、基板有り検出センサ28bが所定時間にわたってプレート27を検

出した場合（ステップS 2のYES）、判定部7 3は基板Wの吸着に成功したと判定する（ステップS 3）。一方、基板有り検出センサ2 8 bが一時的にプレート2 7を検出し（ステップS 2のNO）、その後に基板無し検出センサ2 8 cがプレート2 7を検出した場合（ステップS 4）、判定部7 3は基板Wの吸着に失敗したと判定する（ステップS 5）。

【0080】

このように、第1の実施形態では、基板Wが吸着されているか否かによってエリア1 3 1に送り込まれる加圧流体の体積が異なること、すなわち、プレート2 7の移動量が異なることを利用して、精度良く基板吸着の有無を判定できる。

【0081】

なお、位置センサ2 8として、原点検出センサ2 8 a、基板有り検出センサ2 8 bおよび基板無し検出センサ2 8 cを用いる例を示したが、リニアゲージセンサを用いてプレート2 7の位置を常時把握するようにしてもよい。また、位置センサ2 8が検知するのは、エリア1 3 1を加圧する際に移動する加圧機構1 5 0の一部分であればよく、必ずしもプレート2 7でなくてもよい。

【0082】

また、説明した基板吸着判定は基板Wの任意のタイミングで行うことが可能であるが、特に研磨前の判定に有効である。研磨前にはトップリング洗浄水などが基板Wに存在しまま吸着を行うことがあり、研磨後に比べて基板吸着に失敗する可能性が高いためである。

【0083】

（第2の実施形態）

次に説明する第2の実施形態は、加圧機構1 5 0の構成が第1の実施形態とは異なる。

【0084】

図1 0は、第2の実施形態に係る圧力判定を説明する図である。本実施形態における加圧機構1 5 0は錘駆動方式により加圧を行うものであり、シリンダ3 1と、錘3 2と、ストッパ3 3とを有する。そして、判定部7 3は位置センサ3 4を有する。

【0085】

シリンダ3 1は先端3 1 aが開口して鉛直方向に延びる円筒状であり、閉塞面3 1 b（底面）に形成された開口3 1 cに流路1 4 1が接続される。

【0086】

錘3 2は、錘本体3 2 aと、ピストン3 2 bと、上面プレート3 2 cとから構成される。ピストン3 2 bは錘本体3 2 aと直接連結されて一体となっており、シリンダ3 1のピストンとしても機能する。錘本体3 2 aは円柱状であり、その径はシリンダ3 1の内径より小さい。よって、錘本体3 2 aはシリンダ3 1内を上下動可能である。ピストン3 2 bは錘本体3 2 aより径が大きな円盤状であり、シリンダ3 1の内面にスライド可能に接している。ピストン3 2 bには流体シール（不図示）が設けられ、シリンダ3 1内とその外部とで流体が移動しないようになっている。上面プレート3 2 cは錘本体3 2 aおよびシリ

ンダ３１の内径より径が大きな円盤状である。

【００８７】

ストッパ３３はシリンダ３１の上方に配置され、その肩部３３ａの上面で錘３２の上面プレート３２ｃの下面を支持することにより、錘３２が落下するのを防ぐ。ストッパ３３を解除すると（すなわち、ストッパ３３の軸３３ｂを中心として肩部３３ａを傾斜させると）、錘３２は落下する。なお、ストッパ３３の解除は、制御部７１が行ってもよいし、手動で行ってもよい。

【００８８】

錘本体３２ａおよびストッパ３３を第１の実施形態における駆動圧力生成部２４の代替、ピストン３２ｂを第１の実施形態における加圧用ピストン２２の代替と考えることもできる。

【００８９】

位置センサ３４は、原点検出センサ３４ａと、基板有り検出センサ３４ｂと、基板無し検出センサ３４ｃとを含む。原点検出センサ３４ａはストッパ３３の肩部３３ａよりわずかに上に配置される。基板有り検出センサ３４ｂは、ストッパ３３とシリンダ３１の先端３１ａとの間に配置される。基板無し検出センサ３４ｃはシリンダ３１の先端３１ａよりわずかに上に配置される。第１の実施形態と同様、エリア１３１に近い側から、基板無し検出センサ３４ｃ、基板有り検出センサ３４ｂおよび原点検出センサ３４ａの順に並んでいる。

【００９０】

各位置センサ３４は錘３２の上面プレート３２ｃを検出する。より具体的には、原点検出センサ３４ａは、ストッパ３３によって錘３２が支持されている位置（この位置を原点とする）に上面プレート３２ｃがあることを検出する。基板有り検出センサ３４ｂは、基板Ｗがメンブレン１３に吸着されているときの所定位置（詳細は後述）に上面プレート３２ｃがあることを検出する。基板無し検出センサ３４ｃは、基板Ｗがメンブレン１３に吸着されていないときの位置、すなわち、シリンダ３１の先端３１ａ近傍に設定された所定位置に上面プレート３２ｃがあることを検出する。

【００９１】

本実施形態では、次のようにして基板吸着に成功したか否かを判定する。

判定のために、ストッパ３３が解除される。これにより、錘３２は重力によって落下し、ピストン３２ｂが押し込まれてエリア１３１に近づく方向に移動する。その結果、シリンダ３１内の空気がエリア１３１に送り込まれることでエリア１３１が加圧される。なお、このときエリア１３１から排気が行われないうにする。

【００９２】

図１１Ａは、基板吸着に成功した場合を示す図である。基板Ｗが吸着されている場合、エリア１３１が加圧されたとしても、エリア１３２～１３５が負圧にされているため、基板Ｗはメンブレン１３から脱落しない（言い換えると、錘３２の重さは吸着されている基板Ｗが脱落しない程度に設定される）。よって、エリア１３１を加圧してもメンブレン１３は膨らまず、エリア１３１の体積増加は小さい。

【0093】

そのため、ピストン32bがエリア131側（下方）に移動するにつれてエリア131の圧力（正確には、エリア131、流路141、シリンダ31およびピストン32bで構成される空間の圧力、以下同じ）が高くなる。そして、エリア131の圧力と錘32による圧力とが釣り合い、ピストン32bの移動は停止する。当然、上面プレート32cも停止する。

【0094】

このとき、ピストン32bがシリンダ31の閉塞面31bに達することなく、また、上面プレート32cがシリンダ31の先端31aに達することなく、上面プレート32cは原点とシリンダ31の先端31aとの間の位置で停止する。この位置に上面プレート32cがあることを基板有り検出センサ34bが検出することで、判定部73は基板Wが吸着されていると判定する。

【0095】

なお、基板Wが吸着されている場合に上面プレート32cがどの位置まで移動するかを予め把握しておき、その位置にある上面プレート32cを検出できるよう、基板有り検出センサ34bを配置しておけばよい。

【0096】

図11Bは、基板吸着に失敗した場合を示す図である。基板Wが吸着されていない場合、エリア131が加圧されると、メンブレン13が膨らみ、エリア131の体積が増加する。このとき、メンブレン13の反発力で圧力P2が生じる。しかしながら、圧力P2は錘32による圧力より小さい。そのため、ピストン32bがシリンダ31の閉塞面31bに達するまで、あるいは、上面プレート32cがシリンダ31の先端31aに達するまで、錘32は落下する。この位置に上面プレート32cがあることを基板無し検出センサ34cが検出することで、判定部73は基板Wが吸着されていないと判定する。

【0097】

このように、基板Wが吸着している場合（図11A）には、エリア131に送り込まれる加圧流体の体積が相対的に小さくなり、基板Wが吸着していない場合（図11B）には、エリア131に送り込まれる加圧流体の体積が相対的に大きくなる。この体積に対応する値として、上面プレート32cの位置を検出することで、基板吸着の有無を判定できる。

【0098】

なお、上面プレート32cは、原点から基板有り検出センサ34bの位置を経て、基板無し検出センサ34cの位置に移動する。そのため、基板Wが吸着されていない場合でも、一時的に基板有り検出センサ34bが上面プレート32cを検出する。すなわち、基板Wが吸着されているか否かに関わらず、少なくとも一時的に基板有り検出センサ34bが上面プレート32cを検出する。よって、基板有り検出センサ34bが、一時的ではなく所定時間、上面プレート32cを検出した場合に、判定部73は基板Wが吸着されたと判定するのが望ましい。

【0099】

あるいは、判定部73は、ストップ33を解除して所定時間（基板Wが吸着

されていない場合に、上面プレート 3 2 c が原点から基板無し検出センサ 3 4 c の位置まで移動するのに要すると見込まれる時間) 以上経った後に、基板有り検出センサ 3 4 b および基板無し検出センサ 3 4 c による上面プレート 3 2 c の検出結果に基づいて判定してもよい。

【0100】

図 1 2 は、第 2 の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャートである。なお、初めは錘 3 2 がストッパ 3 3 によって支持され、上面プレート 3 2 c が原点にあり、このことが原点検出センサ 3 4 a によって確かめられているものとする。

【0101】

まず、ストッパ 3 3 を解除することにより、錘 3 2 が落下してエリア 1 3 1 を加圧する (ステップ S 1 1)。

【0102】

そして、基板有り検出センサ 3 4 b が所定時間にわたって上面プレート 3 2 c を検出した場合 (ステップ S 1 2 の YES)、判定部 7 3 は基板 W の吸着に成功したと判定する (ステップ S 1 3)。一方、基板有り検出センサ 3 4 b が一時的に上面プレート 3 2 c を検出し (ステップ S 1 2 の NO)、その後に基板無し検出センサ 3 4 c が上面プレート 3 2 c を検出した場合 (ステップ S 1 4)、判定部 7 3 は基板 W の吸着に失敗したと判定する (ステップ S 1 5)。

【0103】

このように、第 2 の実施形態では、基板 W が吸着されているか否かによってエリア 1 3 1 に送り込まれる加圧流体の体積が異なること、すなわち、上面プレート 3 2 c の移動量 (落下量) が異なることを利用して、精度良く基板吸着の有無を判定できる。

【0104】

なお、位置センサ 3 4 として、原点検出センサ 3 4 a、基板有り検出センサ 3 4 b および基板無し検出センサ 3 4 c を用いる例を示したが、リニアゲージセンサを用いて上面プレート 3 2 c の位置を常時把握するようにしてもよい。また、位置センサ 3 4 として、光センサ、エンコーダ、接点センサなどを用いてもよい。さらに、位置センサ 3 4 が検知するのは、エリア 1 3 1 を加圧する際に移動する加圧機構 1 5 0 の一部分であればよく、必ずしも上面プレート 3 2 c でなくてもよい。

【0105】

図 1 3 は、図 1 0 の変形例を説明する図である。図 1 0 では、ピストン 3 2 b と錘本体 3 2 a とが一体化されていたが、図 1 3 に示すようにこれらは別個の部材であってもよい。この場合、シリンダ 3 1 内に設けられるピストン 3 2 b は、シリンダ 3 1 の上面を貫通するピストンロッド 3 2 d によって、シリンダ 3 1 の上方に設けられた錘本体 3 2 a と連結される。そして、錘本体 3 2 a の一部 (例えば下部) に凸部 3 2 e を設け、これを位置センサ 3 4 が検出する。

【0106】

なお、以下の各実施形態でも、主にピストンと錘本体とが一体である構成を説明するが、やはりこれらは別個の部材であってもよい。

【0107】

(第3の実施形態)

次に説明する第3の実施形態は、第1および第2の実施形態で説明した位置センサ28, 34に代えて、エリア131の圧力を計測する圧力計を用いるものである。以下、第2の実施形態で示した加圧機構150を例にとって説明するが、第1の実施形態にも適用可能である。

【0108】

図14は、第3の実施形態に係る圧力判定を説明する図である。本実施形態における判定部73は圧力計40を有する。圧力計40はエリア131の圧力を計測できればよく、例えば流路141に設置されるが、その他の位置に設置されてもよい。錘32がストッパ33によって支持されている場合のエリア131の圧力(初期圧力)を P_0 とする。

【0109】

図15Aは、基板吸着に成功した場合を示す図である。基板Wが吸着されている場合、錘32が落下して空気がエリア131に送り込まれるが、メンブレン13は膨らまず、エリア131の体積増加は小さい。そのため、送り込まれる空気によってエリア131の圧力は高くなる。このときの圧力を P_{11} とする。

【0110】

図15Bは、基板吸着に失敗した場合を示す図である。基板Wが吸着されていない場合、錘32が落下して空気がエリア131に送り込まれるが、その分、メンブレン13は膨らみ、エリア131の体積が増加する。そのため、エリア131の圧力はわずかに高くなる程度である。このときの圧力を P_{12} とする。ここで、 $P_0 < P_{12} < P_{11}$ の関係となる。

【0111】

そこで、圧力計40によって計測された圧力が P_{11} に達した場合、判定部73は基板Wが吸着されていると判定できる。一方、計測された圧力が P_{11} に達しない場合、判定部73は基板Wが吸着されていないと判定できる。

【0112】

なお、エリア131の圧力は、圧力 P_0 から圧力 P_{12} を経て、圧力 P_{11} に達する。そのため、基板Wが吸着されている場合でも、一時的にエリア131の圧力は P_{12} となる。すなわち、基板Wが吸着されているか否かに関わらず、少なくとも一時的にエリア131の圧力は P_{12} となる。よって、判定部73は、圧力が P_{12} に達した時点で基板Wが吸着されていないと判定するのではなく、あくまで、所定時間以上経過後に、エリア131の圧力が P_{11} に達したか否かに基づいて判定するのが望ましい。

【0113】

あるいは、一時的ではなく所定時間、エリア131の圧力が P_{12} より高くない場合に、判定部73は基板Wが吸着されていないと判定してもよい。

【0114】

図16は、第3の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャートである。初めは錘32がストッパ33によって支持され、上面プレー

ト 3 2 c が原点にあり、このことが原点検出センサ 3 4 a によって確かめられているものとする。

【0115】

まず、ストッパ 3 3 を解除することにより、錘 3 2 が落下してエリア 1 3 1 を加圧する（ステップ S 2 1）。そして、所定時間経過するまでにエリア 1 3 1 の圧力が P 1 1 に達した場合（ステップ S 2 2 の Y E S、ステップ S 2 3 の N O）、判定部 7 3 は基板 W の吸着に成功したと判定する（ステップ S 2 4）。一方、所定時間経過してもエリア 1 3 1 の圧力が P 1 1 に達しない場合（ステップ S 2 3 の Y E S）、判定部 7 3 は基板 W の吸着に失敗したと判定する（ステップ S 2 5）。

【0116】

このように、第 3 の実施形態では、基板 W が吸着されているか否かによってエリア 1 3 1 の圧力が異なることを利用して、精度良く基板吸着の有無を判定できる。

【0117】

（第 4 の実施形態）

図 1 7 は、第 4 の実施形態に係る圧力判定を説明する図である。加圧機構 1 5 0 は、シリンダ 4 1 と、錘 4 2 と、ストッパ 4 3 とを有する。

【0118】

シリンダ 4 1 は鉛直方向に延びる円筒状であり、下面 4 1 1 に開口 4 1 a、4 1 b が形成され、上面 4 1 2 に開口 4 1 c が形成され、側面 4 1 3 に開口 4 1 d が形成される。すなわち、開口 4 1 a、4 1 b はピストン 4 2 b の下側に位置し、開口 4 1 d はピストン 4 2 b の上側に位置する。開口 4 1 b は流路 1 4 1 a を介して流路 1 4 1 に接続される。開口 4 1 a は、開放することもできるし、プラグ（図 1 7 には不図示）などを用いて閉止することもできる。開口 4 1 d は、開放することもできるし、真空装置（不図示）に接続することもできる。開口 4 1 a、4 1 d の開放および閉止などの切替は、制御部 7 1 が行ってもよいし、手動で行ってもよい。

【0119】

錘 4 2 は、錘本体 4 2 a と、ピストン 4 2 b と、上面プレート 4 2 c とから構成される。ピストン 4 2 b は錘本体 4 2 a と直接連結されて一体となっており、シリンダ 4 1 のピストンとしても機能する。錘本体 4 2 a は円柱状であり、その径はシリンダ 4 1 の内径より小さい。また、錘本体 4 2 a はシリンダ 4 1 の開口 4 1 c を貫通しており、開口 4 1 c の内面にスライド可能に接している。ピストン 4 2 b は錘本体 4 2 a より径が大きな円盤状であり、シリンダ 4 1 の内面にスライド可能に接している。上面プレート 4 2 c は錘本体 4 2 a および開口 4 1 c の内径より径が大きな円盤状である。

【0120】

ストッパ 4 3 は肩部 4 3 a を有し、肩部 4 3 a は錘 4 2 の上面プレート 4 2 c の上方に位置する。よって、上面プレート 4 2 c の上面が肩部 4 3 a の下面に当接すると、それ以上、上面プレート 4 2 c が上方に移動しない。ストッパ 4 3 は、シリンダ 4 1 の上面 4 1 2 と連結された、あるいは一体化された部材

であってもよいし、シリンダ４１とは別個の部材であってもよい。

【０１２１】

このような構成により、シリンダ４１の内部は、錘４２のピストン４２ｂによって、下部空間Ａ１と上部空間Ａ２とに分割される。なお、下部空間Ａ１に開口４１ａ、４１ｂが設けられ、上部空間Ａ２に開口４１ｃ、４１ｄが設けられればよく、開口４１ａ～４１ｄの位置は図１７に示すものに制限されない。また、ピストン４２ｂには流体シール（不図示）が設けられ、下部空間Ａ１と上部空間Ａ２との間で流体が移動しないようになっている。同様に、シリンダ４１の上面４１２における開口４１ｃにも流体シール（不図示）が設けられ、上部空間Ａ２とシリンダ４１の外部との間で流体が移動しないようになっている。

【０１２２】

判定部７３は位置センサ４４および圧力計４５を有する。

【０１２３】

位置センサ４４は、原点検出センサ４４ａと、基板無し検出センサ４４ｂとを含む。原点検出センサ４４ａはストッパ４３の肩部４３ａよりわずかに下に配置される。基板無し検出センサ４４ｂはシリンダ４１の上面４１２よりわずかに上に配置される。なお、基板有り検出センサを設けなくてもよい。

【０１２４】

原点検出センサ４４ａは肩部４３ａに当接している位置（この位置を原点とする）に上面プレート４２ｃがあることを検出する。基板無し検出センサ４４ｂは、基板Ｗがメンブレン１３に吸着されていないときの位置、すなわち、シリンダ４１の上面４１２近傍に設定された所定位置に上面プレート４２ｃがあることを検出する。

【０１２５】

圧力計４５はエリア１３１の圧力を計測できればよく、例えば流路１４１ａに設置されるが、その他の位置に設置されてもよい。

【０１２６】

また、本実施形態の圧力制御装置７は切替手段１５１および研磨圧力制御器１５２をさらに有する。流路１４１は、流路１４１ａを介して加圧機構１５０（のシリンダ４１）に接続されるとともに、流路１４１ｂを介して研磨圧力制御器１５２に接続される。

【０１２７】

切替手段１５１は切替バルブあるいは三方弁であり、流路１４１を介して、エリア１３１をシリンダ４１の開口４１ｂと連通させるか、研磨圧力制御器１５２と連通させるかを切り替える。言い換えると、切替手段１５１は、流路１４１を流路１４１ａと連通させるか、流路１４１を流路１４１ｂと連通させるかを切り替える。この切替は、制御部７１が行ってもよいし、手動で行ってもよい。研磨圧力制御器１５２は研磨時に研磨用の圧力をエリア１３１に印加する。

【０１２８】

図１８は、待機時すなわち基板吸着判定前の圧力制御装置７を示す図である。

切替手段151は流路141を流路141aと連通させる。また、開口41aは開放される。そして、開口41dから上部空間A2が真空引き（吸引）され、負圧にされる。これにより、上面プレート42cが肩部43aに当接するまで、錘42が上昇する。このときのエリア131の圧力を P_0 とする。上部空間A2を負圧にする際、下部空間A1を開放しておくことで、メンブレン13に負圧がかかるのを防止できる。

【0129】

なお、上部空間A2を負圧する代わりに、下部空間A1を加圧して錘42を上昇させてもよい。ただし、基板吸着判定動作開始時にメンブレン13も加圧されることになり、吸着判定に影響を与える可能性もある。よって、上部空間A2を負圧にする方が望ましい。

【0130】

本実施形態では、次のようにして基板吸着に成功したか否かを判定する。判定を行う場合、開口41aを閉止し、開口41dを開放する。そうすると、錘42は重力によって落下し、ピストン42bが押し込まれてエリア131に近づく方向に移動する。その結果、シリンダ41における下部空間A1内の空気がエリア131に送り込まれることでエリア131が加圧される。なお、このときエリア131から排気が行われないようにする。

【0131】

図19Aは、基板吸着に成功した場合を示す図である。錘42が落下して空気がエリア131に送り込まれるが、メンブレン13はほとんど膨張しない。そのため、エリア131の圧力は高くなる。このときの圧力を P_{11} とする。圧力計40により、エリア131の圧力が P_{11} に達したことで、判定部73は基板Wが吸着されていると判定できる。この場合、位置センサ44を判定に使用しなくてもよい。

【0132】

基板Wの吸着に成功すると、図20に示すように、切替手段151は流路141を流路141bと連通させ、研磨圧力制御器152によってエリア131は研磨用に加圧される。なお、エリア132～135も制御部71によって加圧されてもよい。このようにして、基板Wの下面が研磨パッド3aによって研磨される。このとき、開口41aを開放し、開口41dから上部空間A2を負圧にすることで、錘42を待機時の状態とする。すなわち、研磨を行いつつ、錘42を原点に復帰させる。

【0133】

図19Bは、基板吸着に失敗した場合を示す図である。錘42が落下して空気がエリア131に送り込まれるが、その分、メンブレン13は膨張し、エリア131の体積が増加する。このとき、メンブレン13の反発力で圧力が生じる。しかしながら、この圧力は錘42による圧力より小さい。そのため、ピストン42bがシリンダ41の下面411に達するまで、あるいは、上面プレート42cがシリンダ41の上面412に達するまで、錘42は落下する。この位置に上面プレート42cがあることを基板無し検出センサ43bが検出することで、判定部73は基板Wが吸着されていないと判定する。この場合、圧力

計４５を判定に使用しなくてもよい。

【０１３４】

このように、本実施形態では、基板Ｗの吸着成功は、エリア１３１の圧力によって、言い換えると、圧力計４５による圧力計測結果によって、判定される。一方、基板Ｗの吸着失敗は基板無し検出センサ４３ｂによる上面プレート４２ｃの検出によって判定される。

【０１３５】

図２１は、第４の実施形態における基板吸着判定の手順の一例を示すフローチャートである。開口４１ａを閉止し、開口４１ｄを開放することにより、錘４２が落下してエリア１３１を加圧する（ステップＳ３１）。

【０１３６】

圧力計４５によって計測されるエリア１３１の圧力がＰ１１に達した場合（ステップＳ３２のＹＥＳ）、判定部７３は基板Ｗの吸着に成功したと判定する（ステップＳ３３）。基板Ｗの吸着成功の判定まで所定時間の経過を待つ必要がない点、第１の実施形態（図９のステップＳ２）および第２の実施形態（図１２のステップＳ１２）と異なる。

【０１３７】

一方、基板無し検出センサ４３ｃによって上面プレート４２ｃを検知した場合（ステップＳ４のＹＥＳ）、判定部７３は基板Ｗの吸着に失敗したと判定する（ステップＳ３５）。基板Ｗの吸着失敗の判定まで所定時間の経過を待つ必要がない点、第３の実施形態（図１６のステップＳ２３）と異なる。

【０１３８】

基板吸着判定が完了すると、開口４１ａを開放し、開口４１ｄから上部空間Ａ２を負圧にすることで、錘４２を待機時の状態とする。

【０１３９】

このように、第４の実施形態では、基板Ｗの吸着成功を圧力計４５による圧力計測結果により判定し、基板Ｗの吸着失敗を基板無し検出センサ４３ｂにより判定する。そのため、迅速に判定結果を得ることができる。

【０１４０】

図２２は、図１７の変形例を説明する図である。図１７では、ピストン４２ｂと錘本体４２ａとが一体化されていたが、図２２に示すようにこれらは別個の部材であってもよい。この場合、シリンダ４１内に設けられるピストン４２ｂは、シリンダ４１ｃの上面４１２の開口４１ｃを貫通するピストンロッド４２ｄによって、シリンダ４１の上方に設けられた錘本体４２ａと連結される。そして、錘本体４２ａの一部（例えば下部）に凸部４２ｅを設け、これを位置センサ４４が検出する。

【０１４１】

なお、上述した各実施形態において、位置センサや圧力計に代えて、エリア１３１に送り込まれた流体の積算量を測定する積算流量計を用いてもよい。具体的には、図２３Ａに示すように、判定部７３として積算流量計８１を流路１４１に設ける。そして、エリア１３１が所定の圧力となるよう流路１４１に流体を送り込む。

【0142】

基板Wが吸着されている場合、メンブレン13は膨らまないため、エリア131の体積増加は小さい（図23B）。よって、エリア131に送り込まれる流体の量が（相対的に）少なくともエリア131は所定の圧力となる。一方、基板Wが吸着されていない場合、メンブレン13が膨らむため、エリア131の体積増加は大きい（図23C）。よって、エリア131に（相対的に）多くの流体を送り込まなければ、エリア131は所定の圧力とならない。よって、積算流量計81によって計測される流体の積算流量から、基板Wが吸着されているか否かを判定できる。

【0143】

また、中央のエリア131を基板吸着判定に用いる例を示したが、他のエリアを基板吸着判定に用いてもよい。

【0144】

さらに、各実施形態においては、エリア131を加圧し、基板吸着成功時にはエリア131の体積増加が小さく、基板吸着失敗時にはエリア131の体積増加が大きくなることを利用して基板吸着判定を行うものであった。逆に、エリア131を吸引して減圧し、基板吸着成功時にはエリア131の体積減少が小さく、基板吸着失敗時にはエリア131の体積減少が大きくなることを利用して基板吸着判定を行ってもよい。この場合、メンブレン13が内側（トップリング本体11側）に変形可能となるようトップリング1を設計すればよい。

【0145】

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ことである。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とすべきである。

【0146】

（第5の実施形態）

【0147】

化学機械研磨（CMP）は、研磨面上にスラリーを供給しながら、ウェーハを研磨面に押し付け、スラリーの存在下でウェーハを研磨面に摺接させることで、ウェーハの表面を研磨する技術である。ウェーハの研磨中、ウェーハは研磨ヘッドによって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平坦化される。

【0148】

図51は、研磨ヘッドを模式的に示す断面図である。研磨ヘッド600は、ウェーハW1の上面に接触する弾性膜610を有する。この弾性膜610は、複数の圧力室601～604を形成する形状を有しており、それぞれの圧力室601～604内の圧力は独立に調節することが可能である。したがって、研磨ヘッド600は、これら圧力室601～604に対応するウェーハW1の複数の領域を異なる力で押し付けることができ、ウェーハW1の所望の膜厚プロファイルを達成することができる。

【0149】

ウェーハW1の研磨が終了すると、研磨されたウェーハW1は搬送装置によって次工程に搬送される。図52に示すように、次のウェーハW2は、搬送装置によって研磨ヘッド600の下方の受け渡し位置に運ばれる。同時に、研磨ヘッド600は、液体（例えば純水）で洗浄され、研磨ヘッド600からスラリーや研磨屑が除去される。そして、次のウェーハW2は、研磨ヘッド600に保持され、研磨ヘッド600により研磨面の上方位置に搬送される。ウェーハW2は、研磨ヘッド600により研磨面に押し付けられ、スラリーの存在下で研磨される。

【0150】

しかしながら、図53に示すように、ウェーハW2の上面と研磨ヘッド600の弾性膜610との間には、研磨ヘッド600の洗浄に使用された液体Qが存在していることがある。この液体Qが複数の圧力室にまたがって広がっていると、隣の圧力室内の圧力が液体Qに伝わり、意図しない力がウェーハW2に加わってしまう。図53に示す例では、ウェーハW2の中央部の研磨レートを下げるために、中央の圧力室601内の圧力を下げたにもかかわらず、隣の圧力室602の圧力が液体Qを介してウェーハW2の中央部に加わる。結果として、ウェーハWの中央部の研磨レートを下げることができない。このように、ウェーハW2と研磨ヘッド600との間に存在する液体Qは、研磨ヘッド600が適切な力をウェーハW2に加えることを妨げてしまう。

【0151】

そこで、第5の実施形態は、研磨されるウェーハの上面から液体を除去し、研磨ヘッドが適切な力をウェーハに加えることを可能とする方法を提供する。また、第5の実施形態は、ウェーハの上面から液体を除去することができる弾性膜を提供する。

【0152】

第5の実施形態によれば、以下の態様が提供される。

【0153】

一態様では、弾性膜によって形成された中心側圧力室と外側圧力室を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、前記弾性膜の中央部を前記ウェーハの上面の中央部に接触させ、その後、前記弾性膜の外周部を前記ウェーハの上面の外周部に接触させることで、前記ウェーハの上面から液体を除去し、前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法が提供される。

一態様では、前記中心側圧力室内の圧力を前記外側圧力室内の圧力よりも高くした状態で、前記弾性膜の中央部をウェーハの上面の中央部に接触させる。

一態様では、前記中心側圧力室は、エアシリンダに連通しており、エアシリンダのピストンには錘が置かれている。

【0154】

一態様では、弾性膜によって形成された中心側圧力室と外側圧力室を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、前記弾性膜を前記ウェーハの上面に接触させ、その後、前記外側圧力室、前記中心側圧力室の順に前記外側圧力室および前記中心側圧力室内に真空を形成することで、前記ウェーハの上面に存在する液体を外側に移動させ、その後、前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押

し付けて、前記ウェーハの上面から液体を除去し、前記研磨ヘッドで前記ウェーハの下面を前記研磨面に摺接させて、前記ウェーハの下面を研磨する方法が提供される。

【0155】

一態様では、前記中心側圧力室、前記外側圧力室の順に前記中心側圧力室および前記外側圧力室内に圧縮気体を供給することで、前記弾性膜で前記ウェーハの下面を前記研磨面に押し付けて、前記ウェーハの上面から液体を除去する。

一態様では、前記外側圧力室および前記中心側圧力室は、第1圧力室、第2圧力室、および第3圧力室を少なくとも含み、前記第2圧力室は前記第1圧力室の外側に位置し、前記第3圧力室は前記第2圧力室の外側に位置しており、前記第3圧力室、前記第2圧力室、前記第1圧力室の順に前記第3圧力室、前記第2圧力室、前記第1圧力室内に真空を形成することで、前記ウェーハの上面に存在する液体を外側に移動させる。

【0156】

一態様では、研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去し、その後、前記研磨ヘッドで前記搬送装置上の前記ウェーハを保持し、前記研磨ヘッドで前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法が提供される。

【0157】

一態様では、前記搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去する工程は、前記搬送装置により前記ウェーハを傾けることで前記ウェーハの上面から液体を除去する工程である。

一態様では、前記搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去する工程は、前記搬送装置により前記ウェーハを揺り動かすことで前記ウェーハの上面から液体を除去する工程である。

一態様では、前記搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去する工程は、前記搬送装置上の前記ウェーハの上面に気体の噴流を送ることで前記ウェーハの上面から液体を除去する工程である。

【0158】

一態様では、弾性膜を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、前記弾性膜を前記ウェーハの上面に接触させ、前記弾性膜に形成されている液体流路に前記ウェーハの上面に存在する液体を流入させることで、前記ウェーハの上面から液体を除去し、その後、前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法が提供される。

【0159】

一態様では、前記弾性膜は、前記ウェーハの上面に接触する接触面を有し、前記液体流路は、前記接触面で開口する開口部と、前記開口部に接続され、かつ前記弾性膜内を延びる横孔を有し、前記横孔は前記弾性膜の外側面で開口している。

一態様では、前記液体流路に前記ウェーハの上面に存在する液体を流入させる工程は、前記液体流路を通じて前記ウェーハの上面に存在する液体を吸引する工程であり、前記液体流路は、前記弾性膜に接続された吸引ラインに連通している。

一態様では、前記弾性膜は、前記ウェーハの上面に接触する接触面を有し、前記液体流路は、前記接触面に形成された溝である。

一態様では、前記弾性膜の内部での前記溝の幅は、前記接触面での前記溝の幅よりも大きい。

【0160】

一態様では、ウェーハを研磨面に押し付けるための弾性膜であって、前記ウェーハに接触可能な接触面を有する接触部と、前記接触部に接続された外壁部を備え、前記接触部は、前記接触面で開口する開口部と、前記開口部に接続され、かつ前記接触部内を延びる横孔を有している、弾性膜が提供される。

一態様では、前記横孔は、前記弾性膜の外側面で開口している。

一態様では、前記横孔は、前記接触部の前記接触面とは反対側の面で開口している。

【0161】

一態様では、ウェーハを研磨面に押し付けるための弾性膜であって、前記ウェーハに接触可能な接触面を有する接触部と、前記接触部に接続された外壁部を備え、前記接触部は、前記接触面に形成された溝を有する、弾性膜が提供される。

【0162】

一態様では、前記接触部の内部での前記溝の幅は、前記接触面での前記溝の幅よりも大きい。

【0163】

以下、第5の実施形態について図面を参照して説明する。

図24は、研磨装置の一実施形態を示す模式図である。図24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上にスラリーを供給するためのスラリー供給ノズル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。

【0164】

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。ヘッドアーム15は、支軸16に回転可能に支持されている。

【0165】

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24の矢印で示す方向に回転させながら、スラリー供給ノズル5からスラリーが研磨テーブル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との間にスラリーが存在した状態で研磨ヘッド1によって研磨パッド2の研磨面2aに押し付けられる。ウェーハWの表面は、スラリーの化学的作用と、スラリーに含まれる砥粒による機械的作用により研磨される。

【0166】

研磨装置は、研磨ヘッド1、研磨テーブル3、およびスラリー供給ノズル5の動作を制御する動作制御部9をさらに備えている。動作制御部9は少なくとも1台のコンピュータから構成される。

【0167】

次に、研磨ヘッド1について説明する。図25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キャリア31と、キャリア31の下部に取り付けられた弾性膜34と、キャリア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、弾性膜34の周囲に配置されている。このリテーナリング32は、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。

【0168】

弾性膜34は、ウェーハWの上面に接触可能な接触面35aを有する接触部35と、接触部35に接続された内壁部36a、36b、36cおよび外壁部36dを備えている。接触部35は、ウェーハWの上面と実質的に同じ大きさおよび同じ形状を有している。内壁部36a、36b、36cおよび外壁部36dは、同心状に配列された無端状の壁である。外壁部36dは内壁部36a、36b、36cの外側に位置しており、内壁部36a、36b、36cを囲むように配置されている。本実施形態では、3つの内壁部36a、36b、36cが設けられているが、本発明は本実施形態に限定されない。一実施形態では、1つまたは2つの内壁部のみが設けられてもよく、あるいは4つ以上の内壁部が設けられてもよい。

【0169】

弾性膜34とキャリア31との間には、4つの圧力室25A、25B、25C、25Dが設けられている。圧力室25A、25B、25C、25Dは、弾性膜34の接触部35、内壁部36a、36b、36c、および外壁部36dによって形成されている。すなわち、圧力室25Aは内壁部36a内に位置し、圧力室25Bは内壁部36aと内壁部36bとの間に位置し、圧力室25Cは内壁部36bと内壁部36cとの間に位置し、圧力室25Dは内壁部36cと外壁部36dとの間に位置している。中央の圧力室25Aは円形であり、他の圧力室25B、25C、25Dは環状である。これらの圧力室25A、25B、25C、25Dは、同心上に配列されている。圧力室25Bは圧力室25Aの外側に位置し、圧力室25Cは圧力室25Bの外側に位置し、圧力室25Dは圧力室25Cの外側に位置している。

【0170】

圧力室25A、25B、25C、25Dにはそれぞれ気体移送ラインF1、F2、F3、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供給源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25A、25B、25C、25Dにそれぞれ供給されるようになっている。

【0171】

キャリア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)37が配置されおり、このメンブレン37の内部には圧力室25Eが形成されている。圧力室25E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F5を通じて圧力室25E内に供給され、圧力室25Eはリテーナリング32を研磨パッド2の研磨面2aに対して押圧する。

【0172】

気体移送ラインF1、F2、F3、F4、F5は、研磨ヘッドシャフト11に取り付けられたロータリージョイント40を経由して延びている。圧力室25A、25B、25C、25D、25Eに連通する気体移送ラインF1、F2、F3、F4、F5には、それぞれ圧力レギュレータR

1, R2, R3, R4, R5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R1～R5を通して圧力室25A～25E内にそれぞれ独立に供給される。圧力レギュレータR1～R5は、圧力室25A～25E内の圧縮気体の圧力を調節するように構成されている。

【0173】

圧力レギュレータR1～R5は、圧力室25A～25E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32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F1, F2, F3, F4, F5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25A～25Eを大気開放することも可能である。本実施形態では、弾性膜34は、4つの圧力室25A～25Dを形成するが、一実施形態では、弾性膜34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。

【0174】

圧力レギュレータR1～R5は動作制御部9に接続されている。動作制御部9は、圧力室25A～25Eのそれぞれの目標圧力値を圧力レギュレータR1～R5に送り、圧力レギュレータR1～R5は、圧力室25A～25E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。

【0175】

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、目標とする膜厚プロファイルを達成することができる。

【0176】

真空ラインL1, L2, L3, L4, L5は、気体移送ラインF1, F2, F3, F4, F5にそれぞれ接続されている。真空ラインL1, L2, L3, L4, L5には、真空弁V1, V2, V3, V4, V5がそれぞれ取り付けられている。真空弁V1, V2, V3, V4, V5は、電磁弁、電動弁、またはエアオペレート弁などのアクチュエータ駆動型弁である。真空弁V1～V5は動作制御部9に接続されており、真空弁V1～V5の動作は動作制御部9によって制御される。真空ラインL1, L2, L3, L4, L5を開くと、対応する圧力室25A, 25B, 25C, 25D, 25E内に真空が形成される。

【0177】

研磨ヘッド1がウェーハWを保持するときは、弾性膜34の接触部35がウェーハWに接触した状態で、真空弁V2, V3, V4を開き、圧力室25B, 25C, 25D内に真空を形成する。これら圧力室25B, 25C, 25Dを形成する接触部35の部位は上方に窪み、研磨ヘッド1は弾性膜34の吸盤効果によりウェーハWを吸着することができる。また、この圧力室25B, 25C, 25Dに圧縮気体を供給して吸盤効果を解除すると、研磨ヘッド1はウェーハWをリリースすることができる。

【0178】

図26は、図24に示す研磨ヘッド1にウェーハを搬送する搬送装置の上面図である。図26に示すように、ウェーハWは、搬送装置44によって研磨ヘッド1に搬送される。

研磨ヘッド1は、図26の実線で示す研磨位置P1と点線で示す受け渡し位置P2との間を移動可能とされている。より具体的には、ヘッドアーム15が支軸16を中心に回転することで、研磨ヘッド1は研磨位置P1と受け渡し位置P2との間を移動することができる。研磨位置P1は、研磨パッド2の研磨面2aの上方にあり、受け渡し位置P2は、研磨面2aの外側に位置している。

【0179】

搬送装置44は、ウェーハWが載置される搬送ステージ45と、搬送ステージ45を上下動させる昇降装置47と、搬送ステージ45および昇降装置47を一体に水平方向に移動させる水平移動装置49を備えている。研磨されるウェーハWは、搬送ステージ45上に置かれ、搬送ステージ45と共に水平移動装置49によって受け渡し位置P2に移動される。研磨ヘッド1が受け渡し位置P2にあるとき、昇降装置47は搬送ステージ45を上昇させる。研磨ヘッド1は搬送ステージ45上のウェーハWを保持し、ウェーハWと共に研磨位置P1に移動する。

【0180】

スラリー供給ノズル5は、回転する研磨パッド2の研磨面2aにスラリーを供給し、その一方で研磨ヘッド1は、ウェーハWを回転させながら、ウェーハWを研磨パッド2の研磨面2aに押し付け、ウェーハWを研磨面2aに摺接させる。ウェーハWの下面は、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。

【0181】

ウェーハWの研磨後、研磨ヘッド1はウェーハWとともに受け渡し位置P2に移動する。そして、研磨されたウェーハWを搬送ステージ45に渡す。搬送ステージ45は、ウェーハWを次工程に移動させる。受け渡し位置P2には、研磨ヘッド1に液体（例えば純水などのリンス液）を供給して研磨ヘッド1を洗浄する洗浄ノズル53が配置されている。洗浄ノズル53は、研磨ヘッド1を向いている。ウェーハWをリリースした研磨ヘッド1は、洗浄ノズル53から供給される液体によって洗浄される。

【0182】

研磨ヘッド1の洗浄中、次に研磨されるウェーハは、搬送ステージ45によって研磨ヘッド1の下方の受け取り位置P2に移動される。研磨ヘッド1の洗浄が終わると、昇降装置47は、次のウェーハが載置された搬送ステージ45を上昇させる。そして、洗浄された研磨ヘッド1は、次のウェーハを保持し、研磨位置P1に移動する。このようにして、複数のウェーハが連続的に研磨される。

【0183】

しかしながら、研磨ヘッド1の洗浄中、次に研磨されるウェーハは研磨ヘッド1の下方の受け取り位置P2に移動されるため、ウェーハの上面に液体が落下する。ウェーハの上面に存在する液体は、図53を参照して説明したように、研磨ヘッド1が適切な力をウェーハに加えることを妨げてしまう。1つの解決策は、研磨ヘッド1の洗浄が終了した後に、次のウェーハを受け取り位置P2に移動させることである。しかしながら、このような動作は研磨装置のスループットを低下させてしまう。

【0184】

そこで、本実施形態では、次のようにしてウェーハの上面から液体を除去する。図27は、ウェーハの上面から液体を除去するときの研磨ヘッド1を示す模式図である。図27では、研磨ヘッド1の詳細な構成は省略されている。研磨されるウェーハWを保持

する前、研磨ヘッド1の中心側の圧力室25A, 25B, 25C内の圧力を、外側の圧力室25D内の圧力よりも高くする。より具体的には、動作制御部9は、圧力レギュレータR1, R2, R3(図25参照)に指令を発して、圧力室25A, 25B, 25C内に圧縮気体を供給し、その一方で、動作制御部9は、真空弁V4を開いて圧力室25D内に真空を形成する。

【0185】

一実施形態では、動作制御部9は、気体移送ラインF1, F2, F3に接続された大気開放弁(図示せず)を開いて、圧力室25A, 25B, 25C内を大気開放し、その一方で、動作制御部9は、真空弁V4を開いて圧力室25D内に真空を形成してもよい。さらに、一実施形態では、動作制御部9は、圧力レギュレータR1, R2, R3(図25参照)に指令を発して、圧力室25A, 25B, 25C内に圧縮気体を供給し、その一方で、動作制御部9は、気体移送ラインF4に接続された大気開放弁(図示せず)を開いて、圧力室25D内を大気開放してもよい。

【0186】

圧力室25A, 25B, 25C内の圧力と、圧力室25D内の圧力との間の差は、弾性膜34の接触部35の中央部を膨らませ、接触部35の中央部をウェーハWに向かって突出させる。接触部35の中央部が突出した状態で、研磨ヘッド1はウェーハWに向かって下降し、弾性膜34をウェーハWの上面に接触させる。図28に示すように、弾性膜34の中央部、すなわち接触部35の中央部は、最初にウェーハWの上面の中央部に接触する。弾性膜34は、ウェーハWの上面に存在している液体Qを外側に押し出す。

【0187】

さらに、研磨ヘッド1を下降させて、接触部35の大部分をウェーハWの上面に接触させる。より詳細には、図29に示すように、弾性膜34の中央部がウェーハWの上面の中央部に接触している状態で、弾性膜34の外周部、すなわち接触部35の外周部をウェーハWの上面の外周部に接触させる。弾性膜34は、ウェーハWの上面に存在している液体Qをさらに外側に押し出し、液体QをウェーハWの上面から除去する。その後、研磨ヘッド1の弾性膜34は、ウェーハWの下面を研磨面2a上のスラリーの存在下で研磨面2aに摺接させ、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する。

【0188】

このように、ウェーハWの上面に存在する液体Qは、中央部が突出した弾性膜34によりウェーハWの外側に移動され、ウェーハWの上面から除去される。したがって、研磨ヘッド1は、弾性膜34とウェーハWの上面との間に液体Qが実質的に存在しない状態で、ウェーハWを保持することができる。結果として、圧力室25A, 25B, 25C, 25Dを形成する弾性膜34は、意図する力をウェーハWに加えることができ、研磨ヘッド1はウェーハWの所望の膜厚プロファイルを達成することができる。

【0189】

弾性膜34は柔軟であるため、圧力室25A, 25B, 25C内が低圧であっても、弾性膜34は容易に膨らみやすい。弾性膜34の膨らみが大きすぎると、弾性膜34がウェーハWを押し付けたときにウェーハWに過剰な負荷が掛かるおそれがある。圧力レギュレータR1, R2, R3により、圧力室25A, 25B, 25C内を低圧(例えば25hPa以

下)に維持することは可能であるが、目標とする低い圧力にまで下げるのに長い時間がかかり、かつ圧力室25A, 25B, 25C内の圧力が安定しないことがある。

【0190】

そこで、一実施形態では、図30に示すように、圧力レギュレータR1, R2, R3に代えて、エアシリンダ41と錘42との組み合わせを使用して、圧縮気体を圧力室25A, 25B, 25Cに送る。圧力室25A, 25B, 25Cは、気体移送ラインF1, F2, F3を介して共通のエアシリンダ41に連通している。エアシリンダ41は、鉛直姿勢に配置されている。研磨ヘッド1がウェーハWを保持する前に、錘42はエアシリンダ41のピストン41A上に置かれ、ピストン41Aを下方に押す。エアシリンダ41内の気体は、圧力室25A, 25B, 25C内に送り込まれるため、弾性膜34の中央部が膨らむ。図27に示す実施形態と同様に、圧力室25Dには真空が形成される。一実施形態では、動作制御部9は、気体移送ラインF4に接続された大気開放弁(図示せず)を開いて、圧力室25D内を大気開放してもよい。

【0191】

弾性膜34の膨らみは、エアシリンダ41の直径とピストン41Aの行程距離で調整される。錘42が軽すぎると弾性膜34が膨らまずにピストン41Aが途中で止まってしまうため、適切な速度でピストン41Aが低下する錘42が使用される。本実施形態によれば、エアシリンダ41と錘42との組み合わせは、圧力室25A, 25B, 25C内の低圧を安定して維持することができ、結果として、弾性膜34の膨らみを適切に制御することができる。

【0192】

図31は、弾性膜34の他の実施形態を示す模式図である。この実施形態では、内壁部36a, 36b, 36cの縦方向の長さは、外壁部36dの縦方向の長さよりも長く、内壁部36a, 36b, 36cの下端は外壁部36dの下端よりも低い位置にある。内壁部36a, 36b, 36cと外壁部36dとの縦方向の長さの違いは、弾性膜34の接触部35の中央部をウェーハWに向かって突出させる。

【0193】

図32は、研磨ヘッド1の他の実施形態を示す模式図である。この実施形態では、キャリア31の下部は、内壁部36a, 36b, 36cが固定された第1面31aと、外壁部36dが固定された第2面31bを有している。第1面31aは第2面31bよりも低い位置にある。内壁部36a, 36b, 36cの下端は外壁部36dの下端よりも低い位置にある。キャリア31の第1面31aと第2面31bとの高さの違いは、弾性膜34の接触部35の中央部をウェーハWに向かって突出させる。

【0194】

図31および図32に示す弾性膜34は、図27乃至図29に示す実施形態と同様に、ウェーハWの上面に接触するときに、ウェーハWの上面に存在している液体Qを外側に押し出し、液体QをウェーハWの上面から除去することができる。なお、図31および図32に示す実施形態では、圧力室25A, 25B, 25C内の圧力と、圧力室25D内の圧力との間に差を設けなくてもよい。具体的には、圧力レギュレータR1, R2, R3, R4は、圧力室25A, 25B, 25C, 25D内の圧縮気体の圧力を同じに維持してもよい。

【0195】

次に、ウェーハWの上面から液体を除去する方法の他の実施形態について、図33乃至図36を参照して説明する。特に説明しない本実施形態の詳細は、上述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。

【0196】

図33に示すように、研磨ヘッド1をウェーハWの上面に向かって下降させる。ウェーハWの上面には液体Qが存在している。図34に示すように、弾性膜34の接触部35をウェーハWの上面上の液体Qに接触させ、さらに弾性膜34の接触部35をウェーハWの上面に押し付ける。このとき、液体Qの一部は、ウェーハWの上面からこぼれ落ちる。

【0197】

図35に示すように、外側に位置する圧力室25Dから中心側に位置する圧力室25Bに向かう順序で(すなわち圧力室25D, 25C, 25Bの順に)、圧力室25D, 25C, 25B内に真空を順次形成する。圧力室25D, 25C, 25Bを構成する接触部35の部位は真空により上方に窪み、弾性膜34とウェーハWの上面との間に空間が形成される。ウェーハWの上面上の液体Qは、これら空間内に順次流入し、ウェーハWの外側に向かう液体Qの流れが形成される。

【0198】

その後、研磨ヘッド1はウェーハWを研磨パッド2の上方位置に運び、図36に示すように、弾性膜34でウェーハWの下面を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付ける。このとき、動作制御部9は、圧力レギュレータR2, R3, R4に指令を発して、中心側に位置する圧力室25Bから外側に位置する圧力室25Dに向かう順序で(すなわち圧力室25B, 25C, 25Dの順に)圧力室25B, 25C, 25D内に圧縮気体を供給する。弾性膜34とウェーハWの上面との間の空間内に保持されていた液体Qは、弾性膜34の接触部35に押されてウェーハWの外側に移動し、ウェーハWの上面から除去される。

【0199】

その後、研磨ヘッド1の弾性膜34は、ウェーハWの下面を研磨面2a上のスラリーの存在下で研磨面2aに摺接させ、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する。

【0200】

次に、ウェーハWの上面から液体を除去する方法の他の実施形態について、図37乃至図39を参照して説明する。特に説明しない本実施形態の詳細は、上述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。図37は、図26に示す搬送装置44の変形例を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の詳細は、図26に示す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。

【0201】

図37に示すように、搬送装置44は、搬送ステージ45を傾ける傾動装置55を備えている。この傾動装置55は、昇降装置47に保持されており、搬送ステージ45と一体に上下動される。傾動装置55は、水平に延びる支持軸55aと、支持軸55aを回転させる回転装置55bを有している。支持軸55aは、搬送ステージ45に連結されており、回転装置55bは昇降装置47に固定されている。回転装置55bは、支持軸55aおよ

び搬送ステージ45を所定の角度だけ回転させることが可能に構成されている。回転装置55bは、サーボモータなどのアクチュエータ(図示せず)を備えている。

【0202】

搬送ステージ45上のウェーハWは、水平移動装置49によって受け渡し位置P2に移動される。研磨ヘッド1は、洗浄ノズル53から供給される液体によって洗浄される。研磨ヘッド1の洗浄に使用された液体は、搬送ステージ45上のウェーハWの上面に落下する。図38は、図37に示す矢印Aで示す方向から見た搬送装置44の図である。図38に示すように、ウェーハWの上面には液体Qが存在する。そこで、図39に示すように、傾動装置55は、ウェーハWが研磨ヘッド1に保持される前に、搬送ステージ45およびウェーハWを一体に傾ける。液体Qは、傾いたウェーハWの上面からこぼれ落ち、これにより液体QはウェーハWの上面から除去される。

【0203】

液体QがウェーハWの上面から除去された後、傾動装置55はウェーハWを再び水平姿勢に戻す。その後、ウェーハWは研磨ヘッド1に保持される。研磨ヘッド1はウェーハWを研磨パッド2の上方の研磨位置P1(図26参照)に運び、弾性膜34でウェーハWの下面を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付ける。研磨ヘッド1の弾性膜34は、ウェーハWの下面を研磨面2a上のスラリーの存在下で研磨面2aに摺接させ、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する。

【0204】

本実施形態によれば、ウェーハWの上面から液体Qが除去された後に、ウェーハWが研磨ヘッド1に保持される。したがって、ウェーハWの上面と研磨ヘッド1の弾性膜34との間に液体Qが存在しなく、弾性膜34は、意図する力をウェーハWに加えることができ、研磨ヘッド1はウェーハWの所望の膜厚プロファイルを達成することができる。

【0205】

図40および図41は、ウェーハWの上面から液体を除去する方法のさらに他の実施形態を説明する模式図である。特に説明しない本実施形態の詳細は、図26に示す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。

【0206】

図40に示すように、搬送ステージ45上のウェーハWは、水平移動装置49によって受け渡し位置P2に移動される。研磨ヘッド1は、洗浄ノズル53から供給される液体によって洗浄される。研磨ヘッド1の洗浄に使用された液体は、搬送ステージ45上のウェーハWの上面に落下する。

【0207】

図41に示すように、ウェーハWが研磨ヘッド1に保持される前に、水平移動装置49は搬送ステージ45およびウェーハWを水平方向に揺り動かす。ウェーハWが揺り動かされると、ウェーハWの上面から液体Qがこぼれ落ち、これにより液体QはウェーハWの上面から除去される。一実施形態では、傾動装置55により搬送ステージ45およびウェーハWを傾けた状態で、水平移動装置49は搬送ステージ45およびウェーハWを水平方向に揺り動かしてもよい。さらに、一実施形態では、傾動装置55は設けなくてもよい。

【0208】

液体QがウェーハWの上面から除去された後、ウェーハWは研磨ヘッド1に保持される。研磨ヘッド1はウェーハWを研磨パッド2の上方の研磨位置P1(図26参照)に運び、弾性膜34でウェーハWの下面を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付ける。研磨ヘッド1の弾性膜34は、ウェーハWの下面を研磨面2a上のスラリーの存在下で研磨面2aに摺接させ、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する。

【0209】

本実施形態によれば、ウェーハWの上面から液体Qが除去された後に、ウェーハWが研磨ヘッド1に保持される。したがって、ウェーハWの上面と研磨ヘッド1の弾性膜34との間に液体Qが存在しなく、弾性膜34は、意図する力をウェーハWに加えることができ、研磨ヘッド1はウェーハWの所望の膜厚プロファイルを達成することができる。

【0210】

図42は、ウェーハWの上面から液体を除去する方法のさらに他の実施形態を説明する模式図である。特に説明しない本実施形態の詳細は、図26に示す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。

【0211】

図42に示すように、本実施形態の研磨装置は、受け渡し位置P2に配置された気体噴流ノズル57を備えている。気体噴流ノズル57は、水平方向に対して傾いており、受け渡し位置P2にある搬送ステージ45の上部を向いて、すなわち搬送ステージ45の上のウェーハWの上面を向いて配置されている。気体噴流ノズル57は、図示しない圧縮気体供給源に連結されている。本実施形態では、複数の気体噴流ノズル57が設けられているが、一実施形態では、1つの気体噴流ノズル57のみが設けられてもよい。

【0212】

搬送ステージ45上のウェーハWは、水平移動装置49によって受け渡し位置P2に移動される。研磨ヘッド1は、洗浄ノズル53から供給される液体によって洗浄される。研磨ヘッド1の洗浄に使用された液体は、搬送ステージ45上のウェーハWの上面に落下する。図43に示すように、ウェーハWが研磨ヘッド1に保持される前に、気体噴流ノズル57は、気体の噴流をウェーハWの上面に送り、液体QをウェーハWの上面から除去する。

【0213】

液体QがウェーハWの上面から除去された後、ウェーハWは研磨ヘッド1に保持される。研磨ヘッド1はウェーハWを研磨パッド2の上方の研磨位置P1(図26参照)に運び、弾性膜34でウェーハWの下面を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付ける。研磨ヘッド1の弾性膜34は、ウェーハWの下面を研磨面2a上のスラリーの存在下で研磨面2aに摺接させ、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する。

【0214】

本実施形態によれば、ウェーハWの上面から液体Qが除去された後に、ウェーハWが研磨ヘッド1に保持される。したがって、ウェーハWの上面と研磨ヘッド1の弾性膜34との間に液体Qが存在しなく、弾性膜34は、意図する力をウェーハWに加えることができ、研磨ヘッド1はウェーハWの所望の膜厚プロファイルを達成することができる。

【0215】

図44は、ウェーハWの上面から液体を除去することができる弾性膜34の一実施形態を示す断面図である。図44に示すように、弾性膜34は、その内部に形成された液体流路60を有している。より具体的には、弾性膜34の接触部35は、接触面35aで開口する複数の開口部61と、複数の開口部61に接続された横孔62を有している。弾性膜34の接触面35aは、ウェーハWの上面に接触される弾性膜34の一面である。開口部61は、中心側に位置する圧力室25Aの下方に設けられ、他の圧力室25B～25Dの下方には設けられていない。一実施形態では、開口部61は、圧力室25B～25Dの下方にも設けられてもよい。横孔62は、接触部35内を延びており、横孔62の外端は弾性膜34の外側面34aで開口している。したがって、弾性膜34の接触面35aと外側面34aは、開口部61および横孔62から構成される液体流路60によって連通している。

【0216】

図45に示すように、圧力室25A～25D内に圧縮気体を供給して弾性膜34を膨らませ、弾性膜34の接触面35aをウェーハWの上面に押し付ける。ウェーハWの上面に存在する液体Q(図44参照)は、開口部61から液体流路60内に流入し、液体流路60を通して弾性膜34の外部に流出する。結果として、液体QはウェーハWの上面から除去される。

【0217】

液体QがウェーハWの上面から除去された後、ウェーハWは研磨ヘッド1に保持される。研磨ヘッド1はウェーハWを研磨パッド2の上方の研磨位置P1(図26参照)に運び、弾性膜34でウェーハWの下面を研磨パッド2の研磨面2aに対して押し付ける。研磨ヘッド1の弾性膜34は、ウェーハWの下面を研磨面2a上のスラリーの存在下で研磨面2aに摺接させ、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する。

【0218】

本実施形態によれば、研磨ヘッド1は、弾性膜34とウェーハWの上面との間に液体Qが実質的に存在しない状態で、ウェーハWを保持することができる。結果として、圧力室25A、25B、25C、25Dを形成する弾性膜34は、意図する力をウェーハWに加えることができ、研磨ヘッド1はウェーハWの所望の膜厚プロファイルを達成することができる。

【0219】

図46は、ウェーハWの上面から液体を除去することができる弾性膜34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詳細は、図44および図45に示す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。図46に示すように、液体流路60は、弾性膜34に接続された吸引ライン70に連通している。より具体的には、横孔62は、開口部61および吸引ライン70の両方に接続されている。横孔62の一端は開口部61に接続され、横孔62の他端は接続部35の上面35b(接続部35の接触面35aとは反対側の面)で開口している。

【0220】

吸引ライン70は、キャリア31を貫通して延びており、吸引ライン70の端部は接触部35の上面35bに接続されている。吸引ライン70は、液体流路60に連通している。

が、圧力室25Aには連通していない。したがって、吸引ライン70は、圧力室25A内に真空を形成せずに、液体流路60内に真空を形成することができる。

【0221】

図47に示すように、圧力室25A～25D内に圧縮気体を供給して弾性膜34を膨らませ、弾性膜34の接触面35aをウェーハWの上面に押し付けながら、吸引ライン70によって液体流路60内に真空を形成する。ウェーハWの上面に存在する液体Q(図46参照)は、開口部61から液体流路60内に吸引され、ウェーハWの上面から除去される。

【0222】

図48は、ウェーハWの上面から液体を除去することができる弾性膜34のさらに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詳細は、図44および図45に示す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。図48に示すように、液体流路は、接触面35aに形成された複数の溝75から構成されている。

【0223】

図49は、図48に示す弾性膜34の底面図である。図49に示すように、複数の溝75は同心円状に配列された環状溝である。ただし、溝75の形状は本実施形態に限定されない。例えば、溝75は、互いに平行に配列された直線溝であってもよい。

【0224】

図50に示すように、圧力室25A～25D内に圧縮気体を供給して弾性膜34を膨らませ、弾性膜34の接触面35aをウェーハWの上面に押し付ける。ウェーハWの上面に存在する液体Q(図48参照)は、液体流路としての溝75内に流入する。結果として、液体Qは、ウェーハWの上面から除去される。

【0225】

本実施形態では、溝75に一旦流入した液体Qが溝75から流出してしまうことを防ぐため、接触部35の内部での溝75の幅は、接触面35aでの溝75の幅よりも大きい。すなわち、溝75の入り口は狭く、溝75の内部は広がっている。このような断面形状の溝75は、その内部に液体Qを保持しやすい。ウェーハWの上面に不規則に存在する液体を除去するため、溝75は、弾性膜34の接触面35aの全体に均一に分布してもよい。

【0226】

図44乃至図50に示す弾性膜34は、3Dプリンター(立体印刷機)を用いて作成することができる。

【0227】

上述した実施形態は、適宜組み合わせることができる。例えば、図27乃至図29に示す実施形態を、図37乃至図39に示す実施形態、または図40および図41に示す実施形態、または図42および図43に示す実施形態に適用してもよい。

【0228】

上述した各実施形態に係る研磨ヘッド1は4つの圧力室25A, 25B, 25C, 25Dを有しているが、本発明はこれらの実施形態に限定されない。ウェーハの上面から液体を排除する上記実施形態は、4つよりも少ない圧力室を持つ研磨ヘッド、および4つよりも多い圧力室を持つ研磨ヘッドにも適用することができる。

【0229】

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。

【0230】

(第6～8の実施形態)

【0231】

特許文献1には、トップリングのメンブレンに基板を吸着保持して研磨し、その後にメンブレンから基板をリリースする基板研磨装置が開示されている。基板のリリースは、メンブレンを加圧し、メンブレンと基板の外周部に生じた隙間に流体を噴射することによって行われる。

【0232】

メンブレンの加圧は、例えば電空レギュレータによる圧力制御が考えられる。電空レギュレータは低圧になると制御精度や応答性が悪化するため、ある程度大きな圧力でメンブレンを加圧することになる。

【0233】

近年、半導体プロセスの微細化および高積層化に伴い、半導体デバイスが形成された基板は割れやすくなっている。そのため、基板のリリース時に電空レギュレータなどによってメンブレンに大きな圧力を与えると、基板が大きなストレスを受けて割れてしまうことがある。

【0234】

第6～第8の実施形態はこのような問題点を鑑みてなされたものであり、第6～第8の実施形態の課題は、吸着保持した基板を安全にリリースすることができ、基板研磨装置および基板リリース方法を提供すること、また、そのような基板研磨装置に接続し得る定量気体供給装置を提供することである。

【0235】

第6～8の実施形態によれば、以下の態様が提供される。

一態様によれば、トップリング本体と、前記トップリング本体と対向する第1面と、前記第1面の反対側の面であって基板を吸着保持することが可能な第2面と、を有する弾性膜と、前記トップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に連通する第1ラインに設けられた第1バルブを介して前記空間を加圧および減圧することが可能な圧力調整装置と、前記第1ラインに設けられた第2バルブを介して前記空間に一定量の気体を供給することが可能な定量気体供給装置と、を備える基板研磨装置が提供される。

【0236】

望ましくは、前記基板を前記弾性膜の第2面に吸着する時には、前記第2バルブが閉じ、前記第1バルブが開き、前記圧力調整装置が前記空間を減圧し、前記基板を研磨する時には、前記第2バルブが閉じ、前記第1バルブが開き、前記圧力調整装置が前記空間を加圧し、前記基板を前記弾性膜の第2面からリリースする時には、前記第1バルブが閉じ、前記第2バルブが開き、前記定量

気体供給装置が前記空間に一定量の気体を供給する。

【0237】

望ましくは、前記定量気体供給装置は、シリンダ内のピストンに連結された錘が重力によって下方に移動することにより、前記ピストンの面積と前記ピストンのストロークに応じた一定量の気体を前記シリンダから前記空間に供給してもよい。

【0238】

具体的には、前記定量気体供給装置は、前記シリンダ、前記ピストンおよび前記錘を有し、前記ピストンは、前記シリンダの内面と接して上下動可能であり、前記シリンダの内部は、前記ピストンによって下部空間と上部空間とに分割され、前記シリンダには、前記下部空間に相当する位置に第1開口が設けられ、前記上部空間に相当する位置に第2開口および第3開口が設けられ、前記第1開口には、前記第2バルブを介して前記第1ラインと接続される第2ラインが接続され、前記第2開口には、第3ラインが接続され、前記第3開口には、前記錘と前記ピストンとを連結するピストンロッドが貫通し、前記下部空間は、前記第2ラインに設けられた第3バルブが開くことによって大気開放することが可能であり、前記上部空間は、前記第3ラインを介して減圧および大気開放することが可能であってもよい。

【0239】

より具体的には、前記基板を前記弾性膜の第2面に吸着する時、及び、前記基板を研磨する時には、前記上部空間は減圧され、かつ、前記下部空間は大気開放され、前記基板を前記弾性膜の第2面からリリースする時には、前記上部空間は大気開放され、前記第3バルブが閉じてよい。

【0240】

また、望ましくは、前記定量気体供給装置は、チャンバ内に格納されたブラダーを圧縮することにより、前記チャンバの体積に応じた一定量の気体を前記ブラダーから前記空間に供給してもよい。

【0241】

具体的には、前記定量気体供給装置は、前記ブラダーおよび前記チャンバを有し、前記チャンバには、第4開口および第5開口が設けられ、前記第4開口は、前記第2バルブを介して前記第1ラインと前記ブラダーとを接続する第4ラインが貫通しており、前記第5開口には、第5ラインが接続され、前記ブラダーは、前記4ラインに設けられた第4バルブが開くことによって大気開放することが可能であり、前記チャンバは、前記第5ラインを介して加圧および減圧することが可能であってもよい。

【0242】

より具体的には、前記基板を前記弾性膜の第2面に吸着する時、及び、前記基板を研磨する時には、前記チャンバは減圧され、前記ブラダーは大気開放され、前記基板を前記弾性膜の第2面からリリースする時には、前記チャンバは加圧され、前記第4バルブが閉じてよい。

【0243】

別の態様によれば、トップリングの弾性膜の第2面に吸着保持された基板を

前記弾性膜からリリースする基板リリース方法であって、前記トップリングにおけるトップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に一定量の気体を供給して、前記弾性膜と前記基板との間に隙間を生じさせる気体供給工程と、前記隙間に流体を噴射する流体噴射工程と、を備える、基板リリース方法が提供される。

【0244】

前記気体供給工程では、シリンダ内のピストンに連結された錘を下方に移動させることにより、前記ピストンの面積と前記ピストンのストロークに応じた一定量の気体を前記シリンダから前記空間に供給してもよい。

【0245】

前記気体供給工程では、チャンバ内に格納されたブラダーを圧縮することにより、前記チャンバの体積に応じた一定量の気体を前記ブラダーから前記空間に供給してもよい。

【0246】

別の態様によれば、トップリング本体と、前記トップリング本体と対向する第1面と、前記第1面の反対側の面であって基板を吸着保持することが可能な第2面と、を有する弾性膜と、前記トップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に連通する第1ラインに設けられた第1バルブを介して前記空間を加圧および減圧することが可能な圧力調整装置と、を備える基板保持装置に接続される定量気体供給装置であって、前記第1ラインに設けられた第2バルブを介して前記空間に一定量の気体を供給することが可能な定量気体供給装置が提供される。

【0247】

以下、第6～第8の実施形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

【0248】

(第6の実施形態)

図54は、基板研磨装置を含む基板処理装置の概略上面図である。本基板処理装置は、直径300mmあるいは450mmの半導体ウエハ、フラットパネル、CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) やCCD (Charge Coupled Device) などのイメージセンサ、MRAM (Magnetoresistive Random Access Memory) における磁性膜の製造工程などにおいて、種々の基板を処理するものである。

【0249】

基板処理装置は、略矩形状のハウジング100と、多数の基板をストックする基板カセットが載置されるロードポート200と、1または複数(図54に示す態様では4つ)の基板研磨装置300と、1または複数(図54に示す態様では2つ)の基板洗浄装置400と、基板乾燥装置500と、搬送機構600a～600dと、制御部700とを備えている。

【0250】

ロードポート200は、ハウジング100に隣接して配置されている。ロードポート200には、オープンカセット、SMIF (Standard Mechanical In

terface) ポッド、又はFOUP (Front Opening Unified Pod) を搭載することができる。SMIFポッド、FOUPは、内部に基板カセットを収納し、隔壁で覆うことにより、外部空間とは独立した環境を保つことができる密閉容器である。

【0251】

基板を研磨する基板研磨装置300、研磨後の基板を洗浄する基板洗浄装置400、洗浄後の基板を乾燥させる基板乾燥装置500は、ハウジング100内に收容されている。基板研磨装置300は、基板処理装置の長手方向に沿って配列され、基板洗浄装置400および基板乾燥装置500も基板処理装置の長手方向に沿って配列されている。

【0252】

ロードポート200、ロードポート200側に位置する基板研磨装置300および基板乾燥装置500に囲まれた領域には、搬送機構600aが配置されている。また、基板研磨装置300ならびに基板洗浄装置400および基板乾燥装置500と平行に、搬送機構600bが配置されている。

【0253】

搬送機構600aは、研磨前の基板をロードポート200から受け取って搬送機構600bに受け渡したり、乾燥後の基板を基板乾燥装置500から受け取ったりする。

【0254】

搬送機構600bは、例えばリニアトランスポータであり、搬送機構600aから受け取った研磨前の基板を基板研磨装置300に受け渡す。後述するように、基板研磨装置300におけるトップリング（不図示）は真空吸着により搬送機構600bから基板を受け取る。また、基板研磨装置300は研磨後の基板を搬送機構600bにリリースし、その基板は基板洗浄装置400に受け渡される。

【0255】

さらに、2つの基板洗浄装置400間に、これら基板洗浄装置400間で基板の受け渡しを行う搬送機構600cが配置されている。また、基板洗浄装置400と基板乾燥装置500との間に、これら基板洗浄装置400と基板乾燥装置500間で基板の受け渡しを行う搬送機構600dが配置されている。

【0256】

制御部700は基板処理装置の各機器の動きを制御するものであり、ハウジング100の内部に配置されてもよいし、ハウジング100の外部に配置されてもよいし、基板研磨装置300、基板洗浄装置400および基板乾燥装置500のそれぞれに設けられてもよい。

【0257】

図55および図56は、それぞれ基板研磨装置300の概略斜視図およびトップリング1周辺部の概略断面図である。基板研磨装置300は基板を保持するトップリング1（基板保持装置）を有する。図56に示すように、トップリング本体11（キャリアあるいはベースプレートともいう）、円環状のリテーナリング12、トップリング本体11の下方かつリテーナリング12の内側に

取り付け可能な可撓性のメンブレン 13（弾性膜）、トップリング本体 11 とリテーナリング 12 との間に設けられたエアバッグ 14、圧力調整装置 15、定量気体供給装置 16、制御装置 17 などから構成される。なお、圧力調整装置 15、定量気体供給装置 16 および／または制御装置 17 は、トップリング 1 を構成するものであってもよいし、トップリング 1 とは別個の装置であってもよい。

【0258】

リテーナリング 12 はトップリング本体 11 の外周部に設けられる。保持された基板 W の周縁はリテーナリング 12 に囲まれることとなり、研磨中に基板 W がトップリング 1 から飛び出さないようになっている。なお、リテーナリング 12 は 1 つの部材であってもよいし、内側リングおよびその外側に設けられた外側リングからなる 2 重リング構成であってもよい。後者の場合、外側リングをトップリング本体 11 に固定し、内側リングとトップリング本体 11 との間にエアバッグ 14 を設けてもよい。

【0259】

メンブレン 13 はトップリング本体 11 と対向して設けられる。具体的には、メンブレン 13 の上面がトップリング本体 11 と対向しており、トップリング本体 11 との間に空間 S が形成される。そして、空間 S を減圧して負圧にすることで、メンブレン 13 の下面が基板 W の上面を保持できる。さらにリテーナリングは上下に複数の部材で構成した多層リング構成であってもよい。

【0260】

エアバッグ 14 はトップリング本体 11 とリテーナリング 12 との間に設けられる。エアバッグ 14 により、リテーナリング 12 はトップリング本体 11 に対して鉛直方向に相対移動できる。

【0261】

圧力調整装置 15 は一端が空間 S に連通するライン（配管）L1 に接続される。より具体的には、ライン L1 にはバルブ V1 が設けられており、バルブ V1 の上流側（空間 S とは反対側）に圧力調整装置 15 が配置される。

【0262】

定量気体供給装置 16 はライン L1 に接続される。より具体的には、ライン L1 にはバルブ V2 が設けられており、バルブ V2 の上流側（空間 S とは反対側）に定量気体供給装置 16 が配置される。

【0263】

言い換えると、ライン L1 は、一端が空間 S に連通し、他端は分岐している。そして、分岐した一方はバルブ V1 を介して圧力調整装置 15 に接続され、分岐した他方はバルブ V2 を介して定量気体供給装置 16 に接続される。このようにして、空間 S は、バルブ V1 を介して圧力調整装置 15 と接続され、バルブ V2 を介して定量気体供給装置 16 と接続されている。

【0264】

バルブ V1 が開き、バルブ V2 が閉じると、圧力調整装置 15 は、空間 S に流体（気体）を供給して加圧したり、真空引きして減圧したり、大気開放したりして、空間 S の圧力を調整できる。一方、バルブ V2 が開き、バルブ V1 が

閉じると、定量気体供給装置 1 6 は空間 S に一定量の流体（気体）を供給できる。後述するが、この定量気体供給装置 1 6 を設けることが本実施形態の特徴の 1 つである。定量気体供給装置 1 6 の具体的な構成例は第 7 および第 8 の実施形態で述べる。

【0265】

制御装置 1 7 はトップリング 1 の各部の制御、例えばバルブ V 1，V 2 の開閉、圧力調整装置 1 5、定量気体供給装置 1 6 の制御などを行う。

【0266】

また、基板研磨装置 3 0 0 は、下部にトップリング 1 が連結されたトップリングシャフト 2 と、研磨パッド 3 a を有する研磨テーブル 3 と、研磨液を研磨パッド 3 a 上に供給するノズル 4 と、トップリングアーム 5 と、支持軸 6 とを有する。

【0267】

図 5 5 において、トップリングシャフト 2 の下端はトップリング 1 の上面中央に連結されている。不図示の昇降機構がトップリングシャフト 2 を昇降させることで、トップリング 1 に保持された基板 W の下面が研磨パッド 3 a に接触したり離れたりする。また、不図示のモータがトップリングシャフト 2 を回転させることでトップリング 1 が回転し、これによって保持された基板 W も回転する。

【0268】

研磨テーブル 3 の上面には研磨パッド 3 a が設けられる。研磨テーブル 3 の下面は回転軸に接続されており、研磨テーブル 3 は回転可能となっている。研磨液がノズル 4 から供給され、研磨パッド 3 a に基板 W の下面が接触した状態で基板 W および研磨テーブル 3 が回転することで、基板 W が研磨される。

【0269】

図 5 6 のトップリングアーム 5 は、一端にトップリングシャフト 2 が連結され、他端に支持軸 6 が連結される。不図示のモータが支持軸 6 を回転させることでトップリングアーム 5 が揺動し、トップリング 1 が研磨パッド 3 a 上と、基板受け渡し位置（不図示）との間を行き来する。

【0270】

続いて、図 5 4 の搬送機構 6 0 0 b から図 5 5 および図 5 6 のトップリング 1 に基板 W を受け渡す際の動作、すなわち、基板 W をトップリング 1 に吸着させる際の動作を説明する。基板 W をトップリング 1 に保持させる際、図 5 6 のバルブ V 1 は開き、バルブ V 2 は閉じている。よって、空間 S は、圧力調整装置 1 5 と接続され、定量気体供給装置 1 6 とは切り離されている。

【0271】

図 5 7 A ～図 5 7 C および図 5 8 は、搬送機構 6 0 0 b からトップリング 1 への基板受け渡しを詳しく説明する図である。図 5 7 A ～図 5 7 C は搬送機構 6 0 0 b およびトップリング 1 を側方から見た概略断面図であり、図 5 8 はこれらを上方から見た図である。

【0272】

図 5 7 A に示すように、搬送機構 6 0 0 b のハンド 6 0 1 上に基板 W が載置

されている。また、基板Wの受け渡しには、リテーナリングステーション800が用いられる。リテーナリングステーション800は、トップリング1のリテーナリング12を押し上げる押し上げピン801を有する。なお、リテーナリングステーション800はリリースノズルを有してもよいが、ここでは図示していない。

【0273】

図58に示すように、ハンド601は基板Wの下面の外周側の一部を支持する。そして、押し上げピン801とハンド601とが互いに接触しないように配置されている。

【0274】

図57Aに示す状態で、トップリング1が下降するとともに、搬送機構600bが上昇する。トップリング1の下降により、押し上げピン801がリテーナリング12を押し上げ、基板Wがメンブレン13に接近する。さらに搬送機構600bが上昇すると、基板Wの上面がメンブレン13の下面に接触する(図57B)。

【0275】

この状態で、圧力調整装置15が空間Sを減圧して負圧にすることで、トップリング1のメンブレン13の下面に基板Wが吸着される。

【0276】

その後、搬送機構600bのハンド601は下降する(図57C)。

以上のようにしてメンブレン13に吸着保持された基板Wは、支持軸6が回転することによってトップリングアーム5が揺動し、研磨テーブル3の上方に移動される。そして、トップリング1が下降することで基板Wが研磨パッド3aに接触する。この状態で、圧力調整装置15が空間Sを加圧しつつ、トップリングシャフト2が回転することで、基板Wが研磨される。

【0277】

続いて、図55および図56のトップリング1から図54の搬送機構600bに基板Wを受け渡す際の動作、すなわち、基板Wをトップリング1からリリース(離脱)させる際の動作を説明する。基板リリースの際、図56のバルブV1は閉じ、バルブV2は開いている。よって、空間Sは、定量気体供給装置16と接続され、圧力調整装置15とは切り離されている。

【0278】

図59A～図59Cおよび図60は、トップリング1から搬送機構600bへの基板受け渡しを詳しく説明する図である。図59A～図59Cは搬送機構600bおよびトップリング1を側方から見た概略断面図であり、図60はトップリング1およびリテーナリングステーション800を上方から見た図(ただし、図59A～図59Cにおける搬送機構600bを省略)である。これらの図に示すように、リテーナリングステーション800は内側(基板W側)に向かう例えば3つのリリースノズル802を有する。 **【0279】**

図59Aは基板Wがメンブレン13に吸着された状態である。このとき、リリースノズル802から流体(リリースシャワー)は噴射されない。

【0280】

図59Bに示すように、トップリング1が下降するとともに、搬送機構600bが上昇する。これにより、搬送機構600bのハンド601が基板Wの下面に近づくが、両者は接触していない。また、押し上げピン801がリテーナリング12を押し上げる。

【0281】

この状態で、定量気体供給装置16は一定量の気体を空間Sに供給し、空間Sを加圧する。これにより、メンブレン13が膨らみ、メンブレン13の下面と基板Wの外周部との間に隙間が生じる。この隙間に向かって、リリースノズル802からエアなどの流体を噴射する。これにより、基板Wはメンブレン13からリリースされ、ハンド601上に載置される。

【0282】

本実施形態では一定量の気体を空間Sに供給するため、メンブレン13の膨らみ量も一定となる。したがって、常に、リリースノズル802からの流体噴射位置にメンブレン13の下面と基板Wの外周部との間の隙間を生じさせることができる。したがって、当該隙間にリリースノズル802から確実に流体を噴射でき、基板Wをメンブレン13からリリースできる。

【0283】

リリースノズル802からの流体噴射位置に隙間が形成され、かつ、基板Wが割れることがない圧力（例えば1～10hPa）が基板Wに与えられるよう、定量気体供給装置16から供給する気体の量を設定すればよい。また、メンブレン13が膨らむことによって基板Wに与えられる圧力は相対的に低下するため、基板Wに作用するストレスは安定して低く保たれる。

【0284】

その後、図59Cに示すように、基板Wが載置されたハンド601が下降するとともに、トップリング1が上昇する。

【0285】

このように、第6の実施形態では、基板Wを吸着したり研磨したりするための圧力調整装置15ではなく、定量気体供給装置16から一定量の気体を空間Sに供給する。これにより、基板Wのリリース時に基板Wに加わるストレスを小さくすることができる。結果として、メンブレン13に吸着保持された基板を安全にリリースできる。なお、従来の圧力調整装置では加圧時の最大圧力が500hPaもしくは1、000hPaなので、1～10hPaの低圧に対応することが困難である。そのため50hPa以上の設定圧で加圧時間を短くすることでメンブレンの膨らみ過ぎを防止していた。

【0286】

（第7の実施形態）

図61は、第7の実施形態に係る定量気体供給装置16を含む基板研磨装置300の概略構成を示す図である。この定量気体供給装置16は、シリンダ21と、シリンダ21のピストン22に連結された錘24とを有し、重力により錘24が下方に移動することによってシリンダ21内の気体を空間Sに供給するものである。

【0287】

具体的には、定量気体供給装置 1 6 は、シリンダ 2 1 と、ピストン 2 2 と、ピストンロッド 2 3 と、錘 2 4 と、真空発生源 2 5 とを有する。

【0288】

シリンダ 2 1 は円柱状に鉛直方向に延びており、内部は空洞になっている。ピストン 2 2 の外周はシリンダ 2 1 の内面と接して上下動可能となっている。ピストンロッド 2 3 は鉛直方向に延びており、シリンダ 2 1 の上面に設けられた開口 O 3 を貫通している。そして、ピストンロッド 2 3 の下端にピストン 2 2 が接続され、上端に錘 2 4 が固定されている。

【0289】

ピストン 2 2 によって、シリンダ 2 1 の内部は下部空間 A 1 と上部空間 A 2 とに分割されている。ピストン 2 2 の外周がシリンダ 2 1 の内面と接しているため、下部空間 A 1 と上部空間 A 2 との間で気体が行き来することはほとんどない。

【0290】

シリンダ 2 1 の下部空間 A 1 に相当する位置に開口 O 1 が設けられる。この開口 O 1 にはライン L 2 が接続される。ライン L 2 はバルブ V 2 を介してライン L 1 と接続されている。また、ライン L 2 にはバルブ V 3 が設けられ、バルブ V 3 が開くことによって下部空間 A 1 を大気開放することが可能である。

【0291】

また、シリンダ 2 1 の上部空間 A 2 に相当する位置に開口 O 2 が設けられる。この開口 O 2 にはライン L 3 が接続される。ライン L 3 には真空発生源 2 5 が接続されており、ライン L 3 を介して上部空間 A 2 を減圧したり、大気開放したりできる。

なお、バルブ V 3 および真空発生源 2 5 は図 5 6 の制御装置 1 7 が制御する。

【0292】

図 6 2 は、搬送機構 6 0 0 b からトップリング 1 への基板受け渡しの際（図 5 7 A～図 5 7 C および図 5 8）の基板研磨装置 3 0 0 の動作状態を模式的に示す図である。このとき、図 5 6 のバルブ V 1 は開き、バルブ V 2 は閉じている。よって、圧力調整装置 1 5 が空間 S と接続され、定量気体供給装置 1 6 は空間 S とは切り離されている。

【0293】

定量気体供給装置 1 6 は待機状態とされる。待機状態では、バルブ V 3 が開いており下部空間 A 1 は大気開放される。また、真空発生源 2 5 は上部空間 A 2 を減圧する（望ましくは真空にする）。これにより、ピストン 2 2 （およびピストンロッド 2 3 および錘 2 4）が上昇した状態で保持される。

【0294】

そして、圧力調整装置 1 5 が空間 S を減圧して負圧にすることで、トップリング 1 のメンブレン 1 3 の下面に基板 W が吸着される。

【0295】

図 6 3 は、基板研磨時の基板研磨装置 3 0 0 の動作状態を模式的に示す図である。図 6 2 と同様、図 5 6 のバルブ V 1 は開き、バルブ V 2 は閉じており、定量気体供給装置 1 6 は待機状態となっている。そして、圧力調整装置 1 5 が

空間Sを加圧することで基板Wが図55の研磨パッド3aに押し付けられて研磨される。

【0296】

図64は、基板リリース時（図59A～図59Cおよび図60）の基板研磨装置300の動作状態を模式的に示す図である。図62および図63とは異なり、図56のバルブV1は閉じ、バルブV2は開いている。よって、定量気体供給装置16が空間Sとは接続され、圧力調整装置15は空間Sとは切り離されている。

【0297】

そして、定量気体供給装置16のバルブV3が閉じ、かつ、ラインL3を介して上部空間A2は大気開放される。これにより、錘24が自由落下し、これに伴ってピストン22が下方に移動する。バルブV3が閉じられているため、下部空間A1内の気体はラインL2、L1を介して空間Sへ移動する。その結果、メンブレン13が下方に向かって膨らみ、メンブレン13と基板Wの外周部との間に隙間gが生じる。この隙間に流体を噴射することで、基板Wがメンブレン13の下面からリリースされる。

【0298】

以上により、一定量（すなわち、ピストン22の面積×ピストン22の落下距離（すなわち、ピストン22のストローク））の気体を空間Sに供給できる。なお、錘24は、空間S内の圧力に抗して完全に落下する程度の重さを有するにすればよい。

【0299】

（第8の実施形態）

図65は、第8の実施形態に係る定量気体供給装置16を含む基板研磨装置300の概略構成を示す図である。この定量気体供給装置16はブラダー（Bladder）32を有し、ブラダー32が圧縮されることでブラダー32内の気体を空間Sに供給するものである。

【0300】

具体的には、定量気体供給装置16は、チャンバ31と、ブラダー32と、圧力調整手段33とを有する。

【0301】

チャンバ31は内部が一定体積を有する空洞となっている。ブラダー32はゴムなど可撓性を有する材質で形成された風船状の容器であり、チャンバ31内に密封格納される。

【0302】

チャンバ31には開口O4、5が設けられる。開口O4にはラインL4が貫通している。ラインL4はバルブV2を介してラインL1とブラダー32とを接続している。また、ラインL4にはバルブV4が設けられ、バルブV4が開くことによってブラダー32を大気開放することが可能である。開口O5にはラインL5が接続される。ラインL5には圧力調整手段33が接続されており、ラインL5を介してチャンバ31を加圧したり減圧したりできる。なお、バルブV4および圧力調整手段33は図56の制御装置17が制御する。

【0303】

図66は、搬送機構600bからトップリング1への基板受け渡しの際（図57A～図57Cおよび図58）の基板研磨装置300の動作状態を模式的に示す図である。このとき、図56のバルブV1は開き、バルブV2は閉じている。よって、圧力調整装置15が空間Sと接続され、定量気体供給装置16は空間Sとは切り離されている。

【0304】

定量気体供給装置16は待機状態とされる。待機状態では、バルブV4が開いておりブラダー32は大気開放される。また、圧力調整手段33はラインL5を介してチャンバ31を減圧する（望ましくは真空にする）。これにより、ブラダー32はチャンバ31とほぼ同体積まで膨らんだ状態で保持される。

【0305】

そして、圧力調整装置15が空間Sを減圧して負圧にすることで、トップリング1のメンブレン13の下面に基板Wが吸着される。

【0306】

図67は、基板研磨時の基板研磨装置300の動作状態を模式的に示す図である。図66と同様、図56のバルブV1は開き、バルブV2は閉じており、定量気体供給装置16は待機状態となっている。そして、圧力調整装置15が空間Sを加圧することで基板Wが図55の研磨パッド3aに押し付けられて研磨される。

【0307】

図68は、基板リリース時（図59A～図59Cおよび図60）の基板研磨装置300の動作状態を模式的に示す図である。図66および図67とは異なり、図56のバルブV1は閉じ、バルブV2は開いている。よって、定量気体供給装置16が空間Sとは接続され、圧力調整装置15は空間Sとは切り離されている。

【0308】

そして、定量気体供給装置16のバルブV4が閉じ、かつ、圧力調整手段33はラインL5を介してチャンバ31を加圧する。これにより、ブラダー32が圧縮される。バルブV4が閉じられているため、ブラダー32内の気体はラインL4、L1を介して空間Sへ移動する。その結果、メンブレン13が下方に向かって膨らみ、メンブレン13と基板Wの外周部との間に隙間gが生じる。

【0309】

以上により、一定量（すなわち、チャンバ31の体積）の気体を空間Sに供給できる。なお、ブラダー32は、図64～図67に示した単純風船形状であってもよいし、ベローズ形状などであってもよく、特に制限はない。

【0310】

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ことである。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とすべきである。

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項 1】

基板を吸着可能な面を有する弾性膜を取り付け可能なトップリング本体であって、前記弾性膜が取り付けられると、前記弾性膜と前記トップリング本体との間に複数のエリアが形成される、トップリング本体と、

前記複数のエリアのうちの第 1 エリアに連通する第 1 ラインと、

前記複数のエリアのうち前記第 1 エリアとは異なる第 2 エリアに連通する第 2 ラインと、

前記第 1 ラインを介して流体を送り込むことにより前記第 1 エリアを加圧することが可能であり、前記第 2 ラインを介して前記第 2 エリアを負圧にすることが可能である圧力調整手段と、

前記第 1 エリアに送り込まれた流体の体積、または、前記第 1 エリアの圧力に対応する測定値に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されているか否かの判定を行う判定部と、を備え、

前記判定が行われる際、前記第 1 エリアからの排気は行われず、基板保持装置。

【請求項 2】

前記判定部は、前記弾性膜に基板が吸着されていない場合に比べて、前記基板が吸着されている場合、前記第 1 エリアに送り込まれる流体の体積が小さいこと、あるいは、前記第 1 エリアの圧力が高いことを利用して、判定を行う、請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 3】

前記圧力調整手段は、前記第 1 ラインを介して前記第 1 エリアに流体を送り込む加圧機構を有し、

前記判定部は、前記第 1 エリアに流体を送り込む際に移動する前記加圧機構の一部分を、前記第 1 エリアに送り込まれた流体の体積に対応する測定値として検知する位置センサを有する、請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 4】

前記判定部は、前記第 1 エリアの圧力を測定する圧力計を有する、請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 5】

前記圧力調整手段は、前記第 1 ラインを介して前記第 1 エリアに流体を送り込む加圧機構を有し、

前記判定部は、

前記第 1 エリアに流体を送り込む際に移動する前記加圧機構の一部分を、前記第 1 エリアに送り込まれた流体の体積に対応する測定値として検知する位置センサと、

前記第 1 エリアの圧力を測定する圧力計と、を有する、請求項 1 に記載の基板保持装置。

【請求項 6】

前記判定部は、

前記位置センサによる検知結果に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着

されていないことを判定し、

前記圧力計による測定結果に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されていることを判定する、請求項 5 に記載の基板保持装置。

【請求項 7】

前記加圧機構は、シリンダと、前記シリンダのピストンに連結された錘本体と、を有し、

重力により前記錘本体が下方に移動することによって前記第 1 エリアに流体を送り込む、請求項 6 に記載の基板保持装置。

【請求項 8】

前記ピストンは、前記シリンダの内面と接して上下動可能であり、

前記シリンダの内部は、前記ピストンによって、下部空間と上部空間とに分割され、前記シリンダには、

前記下部空間に設けられ、前記第 1 ラインと接続される第 1 開口と、

前記下部空間に設けられた第 2 開口と、

前記上部空間に設けられ、前記錘本体と前記ピストンとを連結するピストンロッドが貫通する第 3 開口と、

前記上部空間に設けられた第 4 開口と、が設けられる、請求項 7 に記載の基板保持装置。

【請求項 9】

前記判定が行われる際、前記第 2 開口は閉止され、前記第 4 開口は開放され、

前記判定が行われた後、前記第 2 開口は開放され、前記第 4 開口から前記上部空間を吸引することで、前記錘を上昇させる、請求項 8 に記載の基板保持装置。

【請求項 10】

前記第 1 ラインは、前記シリンダの前記第 1 開口、および、前記弾性膜に吸着された前記基板を研磨する際に前記第 1 エリアを加圧する研磨圧力制御部に接続され、

前記第 1 ラインを介して、前記第 1 エリアを前記加圧機構の前記第 1 開口と連通させるか、前記研磨圧力制御部とを連通させるか、を切り替える切替手段が設けられる、請求項 8 に記載の基板保持装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の基板保持装置と、

前記基板保持装置に保持された前記基板を研磨するように構成された研磨テーブルと、を備える基板研磨装置。

【請求項 12】

基板保持装置におけるトップリング本体と弾性膜との間に形成された第 2 エリアを負圧にしつつ、前記トップリング本体と前記弾性膜との間に形成された、前記第 2 エリアとは異なる第 1 エリアに流体を送り込むことによって前記第 1 エリアを加圧し、

前記第 1 エリアに送り込まれた流体の体積、または、前記第 1 エリアの圧力に対応する測定値に基づいて、前記弾性膜に前記基板が吸着されたか否かの判定を行い、

前記判定が行われる際、前記第1エリアから排気は行われない、基板保持装置における基板吸着判定方法。

【請求項13】

搬送機構に保持された基板を基板保持装置に吸着させる工程と、

請求項12に記載の基板吸着判定方法により、前記基板保持装置の弾性膜に前記基板が吸着されたか否かの判定を行う工程と、

前記基板が吸着されたと判定された場合に、前記基板を研磨する工程と、を備える基板研磨方法。

【請求項14】

弾性膜によって形成された中心側圧力室と外側圧力室を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、

前記弾性膜の中央部を前記ウェーハの上面の中央部に接触させ、その後、

前記弾性膜の外周部を前記ウェーハの上面の外周部に接触させることで、前記ウェーハの上面から液体を除去し、

前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法。

【請求項15】

前記中心側圧力室内の圧力を前記外側圧力室内の圧力よりも高くした状態で、前記弾性膜の中央部をウェーハの上面の中央部に接触させる、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

前記中心側圧力室は、エアシリンダに連通しており、エアシリンダのピストンには錘が置かれている、請求項15に記載の方法。

【請求項17】

弾性膜によって形成された中心側圧力室と外側圧力室を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、

前記弾性膜を前記ウェーハの上面に接触させ、その後、

前記外側圧力室、前記中心側圧力室の順に前記外側圧力室および前記中心側圧力室内に真空を形成することで、前記ウェーハの上面に存在する液体を外側に移動させ、その後、

前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの上面から液体を除去し、

前記研磨ヘッドで前記ウェーハの下面を前記研磨面に摺接させて、前記ウェーハの下面を研磨する方法。

【請求項18】

前記中心側圧力室、前記外側圧力室の順に前記中心側圧力室および前記外側圧力室内に圧縮気体を供給することで、前記弾性膜で前記ウェーハの下面を前記研磨面に押し付けて、前記ウェーハの上面から液体を除去する、請求項17に記載の方法。

【請求項19】

前記外側圧力室および前記中心側圧力室は、第1圧力室、第2圧力室、および第3圧力室を少なくとも含み、前記第2圧力室は前記第1圧力室の外側に位置し、前記第3圧力室は前記第2圧力室の外側に位置しており、

前記第3圧力室、前記第2圧力室、前記第1圧力室の順に前記第3圧力室、前記第2圧力室、前記第1圧力室内に真空を形成することで、前記ウェーハの上面に存在する液体を外側に移動させる、請求項17に記載の方法。

【請求項20】

研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、
搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去し、その後、
前記研磨ヘッドで前記搬送装置上の前記ウェーハを保持し、
前記研磨ヘッドで前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法。

【請求項21】

前記搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去する工程は、前記搬送装置により前記ウェーハを傾けることで前記ウェーハの上面から液体を除去する工程である、請求項20に記載の方法。

【請求項22】

前記搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去する工程は、前記搬送装置により前記ウェーハを揺り動かすことで前記ウェーハの上面から液体を除去する工程である、請求項20に記載の方法。

【請求項23】

前記搬送装置上の前記ウェーハの上面から液体を除去する工程は、前記搬送装置上の前記ウェーハの上面に気体の噴流を送ることで前記ウェーハの上面から液体を除去する工程である、請求項20に記載の方法。

【請求項24】

弾性膜を有する研磨ヘッドを用いてウェーハを研磨する方法であって、
前記弾性膜を前記ウェーハの上面に接触させ、
前記弾性膜に形成されている液体流路に前記ウェーハの上面に存在する液体を流入させることで、前記ウェーハの上面から液体を除去し、その後、
前記弾性膜で前記ウェーハの下面を研磨面に押し付けて、前記ウェーハの下面を研磨する方法。

【請求項25】

前記弾性膜は、前記ウェーハの上面に接触する接触面を有し、
前記液体流路は、前記接触面で開口する開口部と、前記開口部に接続され、かつ前記弾性膜内を延びる横孔を有し、前記横孔は前記弾性膜の外側面で開口している、請求項24に記載の方法。

【請求項26】

前記液体流路に前記ウェーハの上面に存在する液体を流入させる工程は、前記液体流路を通じて前記ウェーハの上面に存在する液体を吸引する工程であり、
前記液体流路は、前記弾性膜に接続された吸引ラインに連通している、請求項24に記載の方法。

【請求項27】

前記弾性膜は、前記ウェーハの上面に接触する接触面を有し、
前記液体流路は、前記接触面に形成された溝である、請求項24に記載の方法。

【請求項28】

前記弾性膜の内部での前記溝の幅は、前記接触面での前記溝の幅よりも大きい、請求項27に記載の方法。

【請求項29】

ウェーハを研磨面に押し付けるための弾性膜であって、
前記ウェーハに接触可能な接触面を有する接触部と、
前記接触部に接続された外壁部を備え、
前記接触部は、前記接触面で開口する開口部と、前記開口部に接続され、かつ前記接触部内を延びる横孔を有している、弾性膜。

【請求項30】

前記横孔は、前記弾性膜の外側面で開口している、請求項29に記載の弾性膜。

【請求項31】

前記横孔は、前記接触部の前記接触面とは反対側の面で開口している、請求項29に記載の弾性膜。

【請求項32】

ウェーハを研磨面に押し付けるための弾性膜であって、
前記ウェーハに接触可能な接触面を有する接触部と、
前記接触部に接続された外壁部を備え、
前記接触部は、前記接触面に形成された溝を有する、弾性膜。

【請求項33】

前記接触部の内部での前記溝の幅は、前記接触面での前記溝の幅よりも大きい、請求項32に記載の弾性膜。

【請求項34】

トップリング本体と、
前記トップリング本体と対向する第1面と、前記第1面の反対側の面であって基板を吸着保持することが可能な第2面と、を有する弾性膜と、
前記トップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に連通する第1ラインに設けられた第1バルブを介して前記空間を加圧および減圧することが可能な圧力調整装置と、
前記第1ラインに設けられた第2バルブを介して前記空間に一定量の気体を供給することが可能な定量気体供給装置と、を備える基板研磨装置。

【請求項35】

前記基板を前記弾性膜の第2面に吸着する時には、前記第2バルブが閉じ、前記第1バルブが開き、前記圧力調整装置が前記空間を減圧し、
前記基板を研磨する時には、前記第2バルブが閉じ、前記第1バルブが開き、前記圧力調整装置が前記空間を加圧し、
前記基板を前記弾性膜の第2面からリリースする時には、前記第1バルブが閉じ、前記第2バルブが開き、前記定量気体供給装置が前記空間に一定量の気体を供給する、請求項34に記載の基板研磨装置。

【請求項36】

前記定量気体供給装置は、シリンダ内のピストンに連結された錘が重力によって下方に移動することにより、前記ピストンの面積と前記ピストンのストロークに応じた一定量の気体を前記シリンダから前記空間に供給する、請求項3

4に記載の基板研磨装置。

【請求項 37】

前記定量気体供給装置は、前記シリンダ、前記ピストンおよび前記錘を有し、
前記ピストンは、前記シリンダの内面と接して上下動可能であり、
前記シリンダの内部は、前記ピストンによって下部空間と上部空間とに分割され、

前記シリンダには、前記下部空間に相当する位置に第1開口が設けられ、前記上部空間に相当する位置に第2開口および第3開口が設けられ、

前記第1開口には、前記第2バルブを介して前記第1ラインと接続される第2ラインが接続され、

前記第2開口には、第3ラインが接続され、

前記第3開口には、前記錘と前記ピストンとを連結するピストンロッドが貫通し、

前記下部空間は、前記第2ラインに設けられた第3バルブが開くことによって大気開放することが可能であり、

前記上部空間は、前記第3ラインを介して減圧および大気開放することが可能である、請求項 36に記載の基板研磨装置。

【請求項 38】

前記基板を前記弾性膜の第2面に吸着する時、及び、前記基板を研磨する時には、前記上部空間は減圧され、かつ、前記下部空間は大気開放され、

前記基板を前記弾性膜の第2面からリリースする時には、前記上部空間は大気開放され、前記第3バルブが閉じる、請求項 37に記載の基板研磨装置。

【請求項 39】

前記定量気体供給装置は、チャンバ内に格納されたブラダーを圧縮することにより、前記チャンバの体積に応じた一定量の気体を前記ブラダーから前記空間に供給する、請求項 34に記載の基板研磨装置。

【請求項 40】

前記定量気体供給装置は、前記ブラダーおよび前記チャンバを有し、

前記チャンバには、第4開口および第5開口が設けられ、

前記第4開口は、前記第2バルブを介して前記第1ラインと前記ブラダーとを接続する第4ラインが貫通しており、

前記第5開口には、第5ラインが接続され、

前記ブラダーは、前記4ラインに設けられた第4バルブが開くことによって大気開放することが可能であり、

前記チャンバは、前記第5ラインを介して加圧および減圧することが可能である、請求項 39に記載の基板研磨装置。

【請求項 41】

前記基板を前記弾性膜の第2面に吸着する時、及び、前記基板を研磨する時には、前記チャンバは減圧され、前記ブラダーは大気開放され、

前記基板を前記弾性膜の第2面からリリースする時には、前記チャンバは加圧され、前記第4バルブが閉じる、請求項 40に記載の基板研磨装置。

【請求項 42】

トップリングの弾性膜の第2面に吸着保持された基板を前記弾性膜からリリースする基板リリース方法であって、

前記トップリングにおけるトップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に一定量の気体を供給して、前記弾性膜と前記基板との間に隙間を生じさせる気体供給工程と、

前記隙間に流体を噴射する流体噴射工程と、を備える、基板リリース方法。

【請求項43】

前記気体供給工程では、シリンダ内のピストンに連結された錘を下方に移動させることにより、前記ピストンの面積と前記ピストンのストロークに応じた一定量の気体を前記シリンダから前記空間に供給する、請求項42に記載の基板リリース方法。

【請求項44】

前記気体供給工程では、チャンバ内に格納されたブラダーを圧縮することにより、前記チャンバの体積に応じた一定量の気体を前記ブラダーから前記空間に供給する、請求項42に記載の基板リリース方法。

【請求項45】

トップリング本体と、

前記トップリング本体と対向する第1面と、前記第1面の反対側の面であって基板を吸着保持することが可能な第2面と、を有する弾性膜と、

前記トップリング本体と前記弾性膜の第1面との間の空間に連通する第1ラインに設けられた第1バルブを介して前記空間を加圧および減圧することが可能な圧力調整装置と、を備える基板保持装置に接続される定量気体供給装置であって、

前記第1ラインに設けられた第2バルブを介して前記空間に一定量の気体を供給することが可能な定量気体供給装置。