非接触パッド洗浄装置

発明の背景

発明の技術分野

[0001] 本発明は、ウェーハ、基板、配線パネルなどのワークピースの研磨に使用される研磨パッドの研磨面を流体により洗浄する非接触パッド洗浄装置に関する。

関連技術の記載

[0002] 研磨装置は、半導体デバイスの製造に使用されるウェーハ、基板、配線パネルなどのワークピースを研磨するための装置である。ワークピースは、スラリーの存在下で研磨パッドの研磨面に摺接されることで、ワークピースの表面が研磨される。研磨パッドの研磨性能を維持するために、ドレッサを用いて研磨パッドの研磨面のドレッシングが行われる。具体的には、ドレッサは、ダイヤモンド粒子などの砥粒が固定されたドレッシング面を研磨パッドの研磨面に摺接させることで、研磨パッドの研磨面をわずかに削り取り、これによって研磨パッドの研磨面を再生する。

[0003] 研磨パッドの研磨面には微小な孔が形成されている。ワークピースの研磨屑、スラリーに含まれる砥粒、研磨パッドの削り屑などの異物は、これらの孔内に堆積する。そこで、異物を孔から除去するために、研磨パッドを回転させながら、アトマイザから純水の噴流を研磨面に当てて、異物を研磨パッドから純水により洗い流す。

【先行技術文献】

【特許文献】

[0004] 【特許文献１】日本国特開２００２－２００５５２号公報

【特許文献２】日本国特開２０１３－９９８２８号公報

【特許文献３】日本国特開２０１６－９７４６５号公報

[0005] しかしながら、研磨パッドの研磨面は広いため、アトマイザからの純水の噴流により一旦孔から除去された異物が、再び研磨面に付着することがある。また、ドレッサによる研磨パッドのドレッシングは、研磨パッドの研磨面をわずかに削り

取るので、研磨パッドの孔に堆積した異物を完全に除去することができない。結果として、研磨パッドに異物が残留した状態で、ワークピースが研磨される。研磨パッドに残留する異物は、ワークピースのスクラッチの原因となる。加えて、ワークピースに付着した異物は、研磨工程の後に行われる洗浄工程に使用される洗浄具を汚染するおそれがある。さらには、ワークピースに付着した異物は、半導体デバイスのディフェクトを引き起こすおそれもある。

発明の要旨

[0006] そこで、本発明は、研磨パッドの研磨面に形成された微小な孔から異物を取り除くことができる非接触パッド洗浄装置を提供する。

[0007] 一態様では、ワークピースを研磨するための研磨パッドの研磨面を非接触で洗浄する非接触パッド洗浄装置であって、前記研磨パッドを回転させる回転テーブルと、前記研磨パッドの上方に配置された複数の二流体ノズルと、前記複数の二流体ノズルに連結された液体供給ラインおよび気体供給ラインを備え、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの半径方向に沿って配列されており、前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口は、前記研磨パッドの半径方向に延びる基準線に対して斜めに傾いている、非接触パッド洗浄装置が提供される。

[0008]一態様では、前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口は、前記研磨パッドの回転方向と同じ方向に傾いている。

一態様では、前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口は、前記基準線上にある。

一態様では、前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口の前記基準線に対する傾き角度は、各二流体ノズルの前記研磨パッドの中心からの距離に従って大きくなる。

一態様では、前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口の前記基準線からの距離は、各二流体ノズルの前記研

磨パッドの中心からの距離に従って大きくなり、各二流体ノズルの噴出口の前記基準線からの前記距離は、前記研磨パッドの回転方向において前記基準線から下流側に向かう距離である。

[0009] 一態様では、前記非接触パッド洗浄装置は、前記液体供給ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている。

一態様では、前記非接触パッド洗浄装置は、前記液体供給ラインに連結され、前記液体供給ラインを流れる液体を加熱する液体加熱装置をさらに備えている。

一態様では、前記非接触パッド洗浄装置は、前記研磨パッドの前記研磨面上の二流体に含まれる液体を前記研磨パッドの外周に導くための液排出流体の噴流を形成するパッド洗浄ノズルをさらに備えている。

一態様では、前記非接触パッド洗浄装置は、前記パッド洗浄ノズルに液排出流体を供給する液排出流体ラインと、前記液排出流体ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている。

一態様では、前記パッド洗浄ノズルは、前記研磨パッドの回転方向において前記複数の二流体ノズルの下流に配置されている。

[0010] 一態様では、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記外周側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離は、前記中心側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離よりも小さい。

一態様では、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記外周側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離は、前記中心側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離よりも大きい。

一態様では、前記液体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐液体ラインを有し、前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐液体ラインにそれぞれ連結された複数の液体流量制御弁と、前記複数の液体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッ

ドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記動作制御部は、前記外周側二流体ノズルに供給される液体の流量が、前記中心側二流体ノズルに供給される液体の流量よりも高くなるように、前記複数の液体流量制御弁の動作を制御するように構成されている。

一態様では、前記液体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐液体ラインを有し、前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐液体ラインにそれぞれ連結された複数の液体流量制御弁と、前記複数の液体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記動作制御部は、前記中心側二流体ノズルに供給される液体の流量が、前記外周側二流体ノズルに供給される液体の流量よりも高くなるように、前記複数の液体流量制御弁の動作を制御するように構成されている。

[0011] 一態様では、前記気体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐気体ラインを有し、前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐気体ラインにそれぞれ連結された複数の気体流量制御弁と、前記複数の気体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記動作制御部は、前記外周側二流体ノズルに供給される気体の流量が、前記中心側二流体ノズルに供給される気体の流量よりも高くなるように、前記複数の気体流量制御弁の動作を制御するように構成されている。

一態様では前記気体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐気体ラインを有し、前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐気体ラインにそれぞれ連結された複数の気体流量制御弁と、前記複数の気体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記動作制御部は、前記中心側二

流体ノズルに供給される気体の流量が、前記外周側二流体ノズルに供給される気体の流量よりも高くなるように、前記複数の気体流量制御弁の動作を制御するように構成されている。

一態様では前記気体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐気体ラインを有し、前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐気体ラインにそれぞれ連結された複数の圧力レギュレータと、前記複数の圧力レギュレータの動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、前記動作制御部は、前記外周側二流体ノズルに供給される気体の圧力が、前記中心側二流体ノズルに供給される気体の圧力よりも高くなるように、前記複数の圧力レギュレータの動作を制御するように構成されている。

[0012] 一態様ではワークピースを研磨するための研磨パッドの研磨面を非接触で洗浄する非接触パッド洗浄装置であって、前記研磨パッドを回転させる回転テーブルと、前記研磨パッドの上方に配列された二流体ノズルと、前記二流体ノズルに連結された液体供給ラインおよび気体供給ラインと、前記二流体ノズルを前記研磨面に沿って揺動させるノズル揺動機構を備え、前記二流体ノズルの噴出口は、前記研磨パッドの半径方向において外側を向いている、非接触パッド洗浄装置が提供される。

[0013] 一態様では前記非接触パッド洗浄装置は、前記液体供給ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている。

一態様では前記非接触パッド洗浄装置は、前記液体供給ラインに連結され、前記液体供給ラインを流れる液体を加熱する液体加熱装置をさらに備えている。

一態様では前記非接触パッド洗浄装置は、前記研磨パッドの前記研磨面上の二流体に含まれる液体を前記研磨パッドの外周に導くための液排出流体の噴流を形成するパッド洗浄ノズルをさらに備えている。

一態様では前記非接触パッド洗浄装置は、前記パッド洗浄ノズルに液排出流体を供給する液排出流体ラインと、前記液排出流体ラインに連結されたファインバブル

生成器をさらに備えている。

一態様では前記パッド洗浄ノズルは、前記研磨パッドの回転方向において前記二流体ノズルの下流に配置されている。

[0014] 複数の二流体ノズルの噴出口は、研磨パッドの半径方向に延びる基準線に対して斜めに傾いているので、複数の噴出口から放出された二流体噴流は、互いに衝突せず、研磨面上の液体の流れを互いに阻害しない。二流体噴流に含まれる液体は、回転する研磨パッドによって発生する遠心力によって外側に流れ、研磨屑などの異物を研磨パッドから洗い流すことができる。

[0015] 複数の二流体ノズルの噴出口は、研磨パッドの半径方向において外側を向いているので、複数の噴出口から放出された二流体噴流は、研磨面上を外側に向かう液体の流れを形成する。この液体の外側に向かう流れは、回転する研磨パッドによって発生する遠心力によって加速され、研磨屑などの異物を研磨パッドから洗い流すことができる。

図面の簡単な説明

[0016] 図１は、非接触パッド洗浄装置を備えた研磨装置の一実施形態を示す模式図である。

図２は、複数の二流体ノズル、パッド洗浄ノズル、および研磨パッドの一実施形態を上から見た上面図である。

図３は、二流体ノズルの拡大図である。

図４は、二流体噴流を放出しているときの二流体ノズルの一実施形態を示す図である。

図５は、二流体ノズルから放出された二流体噴流に含まれる液体の流れを説明する図である。

図６は、二流体ノズルの配置の他の実施形態を示す図である。

図７は、二流体ノズルの研磨面に対する傾き角度を説明する図である。

図８は、二流体ノズルの配置のさらに他の実施形態を示す図である。

図９は、図８に示す二流体ノズルの斜視図である。

図１０は、二流体ノズルから放出された二流体噴流に含まれる液体の流れを説明する図である。

図１１は、二流体ノズルの配置のさらに他の実施形態を示す図である。

図１２は、二流体ノズルに液体および気体を供給するための構成の一実施形態を示す模式図である。

図１３は、非接触パッド洗浄装置の他の実施形態を示す模式図である。

図１４は、ファインバブルの作用の一例を説明する模式図である。

図１５は、ファインバブルの作用の他の例を説明する模式図である。

図１６は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図１７は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図１８は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図１９は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図２０は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図２１は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図２２は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。

図２３は、図２２に示す二流体液体ノズルとパッド洗浄ノズルの上面図である。

図２４は、二流体ノズルを図２２の矢印Ａで示す方向から見た図である。

実施形態の説明

[0017] 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、非接触パッド洗浄装置を備えた研磨装置の一実施形態を示す模式図である。研磨装置は、半導体デバイスの製造に使用されるワークピースの一例であるウェーハＷを化学機械的に研磨する装置である。図１に示すように、この研磨装置は、研磨面２ａを有する研磨パッド２を支持する回転テーブル５と、ウェーハＷを研磨面２ａに対して押し付ける研磨ヘッド７と、研磨液（例えば、砥粒を含むスラリー）を研磨面２ａに供給する研磨液供給ノズル１０と、研磨パッド２の研磨面２ａを洗浄する複数の二流体ノズル８および複数のパッド洗浄ノズル９を備えている。複数の二流体ノズル８および複数のパッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の研磨面２ａの上方に配置

され、研磨面２ａを向いている。

[0018] 研磨ヘッド７は、その下面にウェーハWを保持できるように構成されている。ウェーハWは被研磨膜を有する。以下の実施形態では、ワークピースの例としてウェーハが使用されているが、ワークピースはウェーハに限定されず、半導体デバイスの製造に使用される円形基板、矩形基板、パネルなどであってもよい。

[0019] 研磨装置は、支軸１４と、支軸１４の上端に連結された研磨ヘッド揺動アーム１６と、研磨ヘッド揺動アーム１６の自由端に回転可能に支持された研磨ヘッドシャフト１８をさらに備えている。研磨ヘッド７は、研磨ヘッドシャフト１８の下端に固定されている。研磨ヘッド揺動アーム１６内には、電動機などを備えた研磨ヘッド回転機構（図示せず）が配置されている。この研磨ヘッド回転機構は、研磨ヘッドシャフト１８に連結されており、研磨ヘッドシャフト１８および研磨ヘッド７を矢印で示す方向に回転させるように構成されている。

[0020] 研磨ヘッドシャフト１８は、図示しない研磨ヘッド昇降機構（ボールねじ機構などを含む）に連結されている。この研磨ヘッド昇降機構は、研磨ヘッドシャフト１８を研磨ヘッド揺動アーム１６に対して相対的に上下動させるように構成されている。この研磨ヘッドシャフト１８の上下動により、研磨ヘッド７は、矢印で示すように、研磨ヘッド揺動アーム１６および回転テーブル５に対して相対的に上下動可能となっている。

[0021] 研磨装置は、研磨パッド２および回転テーブル５をそれらの軸心を中心に回転させるテーブル回転モータ２１をさらに備えている。テーブル回転モータ２１は回転テーブル５の下方に配置されており、回転テーブル５は、テーブル軸５ａを介してテーブル回転モータ２１に連結されている。回転テーブル５および研磨パッド２は、テーブル回転モータ２１によりテーブル軸５ａを中心に矢印で示す方向に回転されるようになっている。研磨パッド２は、回転テーブル５の上面に貼り付けられている。研磨パッド２の露出面は、ウェーハWを研磨する研磨面２ａを構成している。

[0022] ウェーハWの研磨は次のようにして行われる。ウェーハWは、その被研磨面が下を向いた状態で、研磨ヘッド７に保持される。研磨ヘッド７および回転テー

ブル５をそれぞれ回転させながら、回転テーブル５の上方に設けられた研磨液供給ノズル１０から研磨液（例えば、砥粒を含むスラリー）を研磨パッド２の研磨面２ａ上に供給する。研磨パッド２はその中心軸線を中心に回転テーブル５と一体に回転する。研磨ヘッド７は研磨ヘッド昇降機構（図示せず）により所定の高さまで移動される。さらに、研磨ヘッド７は上記所定の高さに維持されたまま、ウェーハWを研磨パッド２の研磨面２ａに押し付ける。ウェーハWは研磨ヘッド７と一体に回転する。研磨液が研磨パッド２の研磨面２ａ上に存在した状態で、ウェーハWは研磨面２ａに摺接される。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および／または研磨パッド２の機械的作用との組み合わせにより、研磨される。

[0023] 研磨装置は、研磨パッド２の研磨面２ａをドレッシングするドレッサ５０を備えている。このドレッサ５０は、研磨パッド２の研磨面２ａに摺接されるドレッシングディスク５１と、ドレッシングディスク５１が連結されるドレッサシャフト５２と、ドレッサシャフト５２を回転可能に支持するドレッサ揺動アーム５５とを備えている。ドレッシングディスク５１の下面はドレッシング面５１ａを構成し、このドレッシング面５１ａは砥粒（例えば、ダイヤモンド粒子）から構成されている。

[0024] ドレッサシャフト５２は、ドレッサ揺動アーム５５内に配置された図示しないディスク押圧機構（例えばエアシリンダを含む）に連結されている。このディスク押圧機構は、ドレッサシャフト５２を介してドレッシングディスク５１のドレッシング面５１ａを研磨パッド２の研磨面２ａに対して押し付けるように構成されている。さらに、ドレッサシャフト５２は、ドレッサ揺動アーム５５内に配置された図示しないディスク回転機構（例えば電動機を含む）に連結されている。このディスク回転機構は、ドレッサシャフト５２を介してドレッシングディスク５１を矢印で示す方向に回転させるように構成されている。

[0025] 研磨パッド２の研磨面２ａのドレッシングは次のようにして行われる。研磨パッド２は回転テーブル５とともにテーブル回転モータ２１によって回転される。ドレッシングディスク５１は、ドレッサシャフト５２を中心にディスク回転機構

（図示せず）により回転されながら、ドレッシングディスク５１のドレッシング面５１ａはディスク押圧機構（図示せず）により研磨面２ａに押圧され、研磨面２ａに摺接される。ドレッシングディスク５１の回転中、ドレッサ揺動アーム５５を支軸５８を中心に旋回させてドレッシングディスク５１を研磨面２ａの半径方向に揺動させる。このようにして、ドレッシングディスク５１により研磨パッド２がわずかに削り取られ、研磨面２ａがドレッシング（再生）される。研磨パッド２の研磨面２ａのドレッシングは、ウェーハWの研磨中、またはウェーハWの研磨後に実施される。

[0026] 複数の二流体ノズル８は、研磨パッド２の上方に配置され、研磨パッド２の半径方向に沿って配列されている。各二流体ノズル８は、液体と気体との混合流体からなる二流体噴流を形成し、二流体噴流を研磨パッド２の研磨面２ａに向かって放出するように構成されている。複数の二流体ノズル８および複数のパッド洗浄ノズル９は、ノズルキャリア２２に保持されている。ノズルキャリア２２は、支柱３２に固定されている。

[0027] 複数のパッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の半径方向に沿って配列されており、液排出流体の噴流を研磨パッド２の研磨面２ａに向かって放出するように構成されている。複数のパッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の回転方向において複数の二流体ノズル８の下流に配置されている。

[0028] 複数の二流体ノズル８およびパッド洗浄ノズル９は、二流体噴流および液排出流体噴流を同時に研磨パッド２の研磨面２ａに向かって放出し、研磨面２ａを洗浄する。この研磨パッド２の研磨面２ａの洗浄は、ウェーハWが研磨された後であって、かつ次のウェーハが研磨される前に実行される。二流体ノズル８およびパッド洗浄ノズル９を用いた研磨パッド２の洗浄（以下、パッド洗浄動作ということがある）は、ドレッサを用いた研磨パッド２のドレッシング（以下、ドレッシング動作ということがある）の前または後に行われてもよいし、あるいはドレッシング動作の最中に行われてもよい。

[0029] 例えば、ウェーハWの研磨後に、ドレッシング動作が行われ、次いでパッド洗浄動作が行われてもよい。他の例では、ウェーハWの研磨後に、ドレッシング

動作とパッド洗浄動作が同時に行われてもよい。さらに他の例では、ウェーハWを研磨しながら、ドレッシング動作が行われ、ウェーハWの研磨とドレッシング動作の後に、パッド洗浄動作が行われてもよい。パッド洗浄動作の時間、すなわち二流体ノズル８およびパッド洗浄ノズル９を用いた研磨パッド２の洗浄時間は、任意に設定することができる。

[0030] 研磨装置は、ウェーハWの研磨動作、ドレッシング動作、およびパッド洗浄動作を含む研磨装置の動作を制御する動作制御部３０を備えている。動作制御部３０は、少なくとも１台のコンピュータから構成されている。動作制御部３０は、プログラムが格納された記憶装置３０ａと、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する処理装置３０ｂを備えている。記憶装置３０ａは、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）などの主記憶装置と、ハードディスクドライブ（ＨＤＤ）、ソリッドステートドライブ（ＳＳＤ）などの補助記憶装置を備えている。処理装置３０ｂの例としては、ＣＰＵ（中央処理装置）、ＧＰＵ（グラフィックプロセッシングユニット）が挙げられる。ただし、動作制御部３０の具体的構成はこれらの例に限定されない。

[0031] 図１に示す実施形態において、研磨パッド２の研磨面２ａを非接触で洗浄する非接触パッド洗浄装置は、複数の二流体ノズル８、パッド洗浄ノズル９、および回転テーブル５を備える。二流体ノズル８から放出される二流体噴流に含まれる液体の流量が十分に高い場合には、パッド洗浄ノズル９が設けられないこともある。回転テーブル５は、非接触パッド洗浄装置の一部を構成するが、同時に図１に示す研磨装置の一部も構成する。

[0032] 図２は、複数の二流体ノズル８、パッド洗浄ノズル９、および研磨パッド２の一実施形態を上から見た上面図である。図２に示す実施形態では、研磨パッド２は、矢印で示す方向（図２の例では反時計回り）に回転する。複数の二流体ノズル８は、ノズル保持部３５によってノズルキャリア２２に固定されている。パッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の半径方向に沿って配列されている。これらパッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の径方向外側を向いて配置され、径方向外側に向かう液排出流体の流れを研磨パッド２の研磨面２ａ上に形成する。

[0033] 図２に示す実施形態では、４つの二流体ノズル８が研磨パッド２の半径方向に配列されている。ただし、二流体ノズル８の数は本実施形態に限らず、２つ、または３つの二流体ノズル８、あるいは５つ以上の二流体ノズル８が設けられてもよい。

[0034] 本実施形態では、複数の二流体ノズル８およびパッド洗浄ノズル９の位置は、固定されており、常に研磨パッド２の上方に位置している。一実施形態では、複数の二流体ノズル８は、パッド洗浄ノズル９から離れて配置されてもよい。例えば、複数の二流体ノズル８は、パッド洗浄ノズル９から離れたノズル保持部またはノズルキャリア（図示せず）によって保持されてもよい。この場合でもパッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の回転方向において、二流体ノズル８の下流に配置される。各二流体ノズル８は、扇状の二流体噴流を形成するように構成された扇ノズルである。各二流体ノズル８は、その底部に、二流体噴流を放出するための噴出口８ａを有する。

[0035] 図２に示すように、研磨パッド２の研磨面２ａに対して垂直な方向から見たとき、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａは、研磨パッド２の半径方向に延びる基準線ＲＬに対して斜めに傾いている。基準線ＲＬは、研磨パッド２の中心Ｃｒを通り、かつ研磨パッド２の半径方向に延びる想像上の直線である。本実施形態では、研磨パッド２の研磨面２ａに対して垂直な方向から見たとき、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａは、基準線ＲＬ上にある。

[0036] 図３は、二流体ノズル８の拡大図である。各二流体ノズル８の噴出口８ａは、基準線ＲＬに対して所定の角度αで傾いている。より具体的には、各二流体ノズル８の噴出口８ａは、研磨パッド２の回転方向と同じ方向に傾いている。図３に示す実施形態では、研磨パッド２は、反時計回りに回転するので、各二流体ノズル８の噴出口８ａも、上から見たときに、基準線ＲＬに対して反時計回りに傾いている。４つの二流体ノズル８の噴出口８ａは、同じ角度で傾いているが、異なる角度で傾いてもよい。例えば、４つの二流体ノズル８の噴出口８ａの基準線ＲＬに対する傾き角度αは、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って大きくなってもよい。

[0037] 図２に示すように、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａは、研磨パッド２の中心Ｃｒから外周まで、等間隔で並んでいる。したがって、研磨パッド２が回転しているとき、二流体ノズル８は、研磨パッド２の研磨面２ａの全体に二流体噴流を導くことができる。

[0038] 図４は、二流体噴流を放出しているときの二流体ノズル８の一実施形態を示す図であり、図５は、二流体ノズル８から放出された二流体噴流に含まれる液体の流れを説明する図である。複数の二流体ノズル８から放出された扇状の二流体噴流は、互いにぶつかることなく、研磨パッド２の研磨面２ａに衝突する。図５に示す楕円形の点線は、二流体噴流が研磨面２ａに衝突する領域（以下、衝突領域という）を表している。これら衝突領域は、基準線ＲＬに対して斜めに傾いており、かつ基準線ＲＬ上に並んでいる。

[0039] 二流体噴流は、研磨パッド２の研磨面２ａ上に形成されている微小な孔から異物（例えば、スラリーの砥粒、ウェーハの研磨時に生成された反応副生成物などの研磨屑、ドレッシング動作時に生成された研磨パッド２の屑）を除去することができる。二流体噴流に含まれる液体は、二流体噴流が研磨パッド２の研磨面２ａに衝突した後に液体の流れを研磨面２ａ上に形成する。図５に示すように、研磨パッド２は矢印で示す方向に回転しているので、遠心力と、研磨パッド２と液体との摩擦により、液体は研磨パッド２の外側に向かって、かつ研磨パッド２の回転方向に流れる。このような液体の流れは、研磨パッド２の孔から排出された異物を研磨パッド２から洗い流すことができる。さらに、白色の太い矢印で示す液排出流体の流れは、二流体噴流に含まれる液体と、その液体に含まれる異物を研磨パッド２から排出する作用を増進させることができる。

[0040] 図６は、二流体ノズル８の配置の他の実施形態を示す図である。図６に示すように、研磨パッド２の径方向外側に二流体噴流が放出されるように、各二流体ノズル８を研磨面２ａに対して傾けてもよい。各二流体ノズル８の噴出口８ａが研磨パッド２の径方向外側を向くように各二流体ノズル８は傾いている。二流体ノズル８は、径方向外側に流れる液体の流れを形成することができるので、異物を研磨パッド２から排出しやすくなる。

[0041] 図７は、二流体ノズル８の研磨面２ａに対する傾き角度を説明する図である。研磨面２ａに垂直な方向に対する各二流体ノズル８の傾き角度θは、０度よりも大きく、かつ６０度以下である。より好ましくは、各二流体ノズル８の傾き角度θは、１５～３０度の範囲内である。複数の二流体ノズル８は、異なる角度で研磨面２ａに対して傾いてもよい。一実施形態では、各二流体ノズル８の噴出口８ａは研磨パッド２の径方向外側を向き、かつ研磨パッド２の回転方向において下流側を向くように各二流体ノズル８を研磨面２ａに対して傾ける。二流体ノズル８は、径方向外側に流れる液体の流れを形成することができるので、異物を研磨パッド２から排出しやすくなる。

[0042] 図８は、二流体ノズル８の配置のさらに他の実施形態を示す図である。図８では、パッド洗浄ノズル９、ノズルキャリア２２、およびノズル保持部３５の図示は省略されている。研磨パッド２の研磨面２ａに対して垂直な方向から見たときの、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａの基準線ＲＬに対する傾き角度は、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って増加している。各二流体ノズル８の噴出口８ａの基準線ＲＬに対する傾き角度は、図３を参照して説明した角度αに相当する。

[0043] 加えて、研磨パッド２の研磨面２ａに対して垂直な方向から見たときの、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａの基準線ＲＬからの距離Ｌは、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って増加している。各二流体ノズル８の噴出口８ａの基準線ＲＬからの距離Ｌは、研磨パッド２の回転方向において基準線ＲＬから下流側に向かう距離である。

[0044] 図示しないが、複数の二流体ノズル８はノズル保持部３５（図２参照）によってノズルキャリア２２に固定されてもよいし、あるいはパッド洗浄ノズル９は、複数の二流体ノズル８から離れて配置されてもよい。

[0045] 図９は、図８に示す二流体ノズル８の斜視図であり、図１０は、二流体ノズル８から放出された二流体噴流に含まれる液体の流れを説明する図である。複数の二流体ノズル８から放出された扇状の二流体噴流は、研磨パッド２の研磨面２ａに衝突する。図１０に示す楕円形の点線は、二流体噴流が研磨面２ａに衝突する衝

突領域を表している。これら衝突領域は、基準線ＲＬに対して斜めに傾いており、かつ研磨パッド２の中心Ｃｒから外周まで円弧を描いてつながっている。

[0046] 各二流体ノズル８から放出された二流体噴流を構成する液体は、他の二流体ノズル８から放出された二流体噴流を構成する液体と合流し、研磨パッド２の中心Ｃｒから外周に向かう液体の強い流れを形成する。この液体の流れは、研磨パッド２の孔から排出された異物を研磨パッド２から洗い流すことができる。さらに、白色の太い矢印で示す液排出流体の流れは、二流体噴流に含まれる液体と、その液体に含まれる異物を研磨パッド２から排出する作用を増進させることができる。

[0047] 一実施形態では、図１１に示すように、研磨パッド２の径方向外側に二流体噴流が放出されるように、各二流体ノズル８は研磨面２ａに対して傾けられる。複数の二流体ノズル８は、異なる角度で研磨面２ａに対して傾いてもよい。各二流体ノズル８の噴出口８ａが研磨パッド２の径方向外側を向くように各二流体ノズル８は傾いている。研磨面２ａに垂直な方向に対する各二流体ノズル８の傾き角度は、０度よりも大きく、かつ６０度以下であり、より好ましくは、各二流体ノズル８の傾き角度は、１５～３０度の範囲内である。一実施形態では、各二流体ノズル８の噴出口８ａは研磨パッド２の径方向外側を向き、かつ研磨パッド２の回転方向において下流側を向くように各二流体ノズル８を研磨面２ａに対して傾ける。二流体ノズル８は、径方向外側に流れる液体の流れを形成することができるので、異物を研磨パッド２から排出しやすくなる。

[0048] 二流体ノズル８に供給される液体、およびパッド洗浄ノズル９に供給される液排出流体の例としては、純水、ファインバブルを含む純水が挙げられる。二流体ノズル８に供給される気体の例としては、空気、不活性ガス（例えば窒素ガス）が挙げられる。

[0049] 図１２は、二流体ノズル８に液体および気体を供給するための構成の一実施形態を示す模式図である。非接触パッド洗浄装置は、複数の二流体ノズル８に連結された液体供給ライン６１および気体供給ライン６５を備えている。液体供給ライン６１は、図示しない液体供給源（例えば純水供給源）に連結され、気体供給ライン６５は、図示しない気体供給源（例えば、空気供給源または不活性ガス供給源）

に連結されている。

[0050] 液体供給ライン６１は、複数の分岐液体ライン６２を有し、気体供給ライン６５は、複数の分岐気体ライン６６を有する。複数の二流体ノズル８は、複数の分岐液体ライン６２にそれぞれ連結されており、さらに、複数の分岐気体ライン６６にそれぞれ連結されている。

[0051] 非接触パッド洗浄装置は、液体供給ライン６１に配置された液体流量制御弁７１と、気体供給ライン６５に配置された気体流量制御弁７３および圧力レギュレータ７５を備えている。液体流量制御弁７１は、複数の二流体ノズル８に供給される液体の流量を調節するように構成される。気体流量制御弁７３は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の流量を調節するように構成される。圧力レギュレータ７５は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の圧力を調節するように構成される。液体流量制御弁７１、気体流量制御弁７３、および圧力レギュレータ７５は、動作制御部３０に電気的に接続されており、液体流量制御弁７１、気体流量制御弁７３、および圧力レギュレータ７５の動作は、動作制御部３０によって制御される。

[0052] 液体および気体は、液体供給ライン６１および気体供給ライン６５を通って各二流体ノズル８に供給され、各二流体ノズル８内で混合される。そして、液体と気体の混合流体は、二流体噴流として各二流体ノズル８の噴出口８ａから放出される。

[0053] 図１３は、非接触パッド洗浄装置の他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図１２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。図１３に示すように、本実施形態の非接触パッド洗浄装置は、液体供給ライン６１に連結されたファインバブル生成器７８をさらに備えている。純水などの液体は、まず、ファインバブル生成器７８に供給され、ファインバブル生成器７８によってファインバブル（微細気泡）を含む液体が生成される。ファインバブル生成器７８の構成は特に限定されず、市販のファインバブル生成器を用いることができる。ファインバブルを含む液体は、液体供給ライン６１を通って二流体ノズル８に供給される。二流体ノズル８は、ファインバブルを含む二流体噴流を研磨パッド２に放出する。

[0054] 図１４は、ファインバブルの作用の一例を説明する模式図である。ファインバブル４００は、通常、マイナスに帯電されている。研磨屑などの異物５００は、液体中に存在するファインバブル４００に囲まれ、一方で研磨パッド２の研磨面２ａにはファインバブル４００が付着する。異物５００を囲むファインバブル４００と、別の異物５００を囲むファインバブル４００は、マイナスの電荷によって互いに反発するので、異物５００同士が付着することを防止することができる。さらに、研磨面２ａにはファインバブル４００が存在するので、異物５００を囲むファインバブル４００は、研磨面２ａ上のファインバブル４００と反発し、異物５００が研磨面２ａに再付着することが防止できる。

[0055] 図１５は、ファインバブルの作用の他の例を説明する模式図である。微小な異物５００は、ファインバブル４００に付着し、異物５００はファインバブル４００とともに液体の流れによって研磨パッド２から排出される。

[0056] 一実施形態では、図１６に示すように、ファインバブル生成器７８は、液体供給ライン６１に代えてまたは加えて、複数のパッド洗浄ノズル９に液排出流体を供給する液排出流体ライン８０に連結されてもよい。液排出流体ライン８０は、複数のパッド洗浄ノズル９に連結されている。ファインバブルを含む液排出流体は、液排出流体ライン８０を通ってパッド洗浄ノズル９に供給される。パッド洗浄ノズル９は、ファインバブルを含む液排出流体の噴流を研磨パッド２に放出する。この実施形態でも、図１４および図１５を参照して説明したファインバブルの効果を得ることができる。

[0057] 図１７は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図１３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。図１７に示すように、本実施形態の非接触パッド洗浄装置は、液体供給ライン６１に連結された液体加熱装置８３をさらに備えている。液体加熱装置８３は、液体供給ライン６１を流れる液体を加熱するように構成されている。具体的には、液体加熱装置８３は、液体供給ライン６１を流れる液体を２０℃～１００℃の範囲内の温度に加熱するように構成されている。液体加熱装置８３の具体的構成は、特に限定されず、例えば、電気ヒータなどを液

体加熱装置８３に用いることができる。

[0058] 加熱された液体は、液体供給ライン６１を通って二流体ノズル８に供給される。二流体ノズル８は、加熱された液体を含む二流体噴流を研磨パッド２に放出する。研磨パッド２の温度は、加熱された液体によって上昇し、研磨パッド２は柔らかくなる。その結果、二流体噴流は、研磨パッド２の孔から異物を除去しやすくなる。液体加熱装置８３は、図１乃至図１６を参照して説明した各実施形態に適用可能である。

[0059] 図１８は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図１３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。図１８に示すように、研磨パッド２の外周側に位置する二流体ノズル８の噴出口８ａの研磨面２ａからの距離は、研磨パッド２の中心側に位置する二流体ノズル８の噴出口８ａの研磨面２ａからの距離よりも小さい。これは次に理由による。すなわち、研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って、研磨パッド２の研磨面２ａ上の円周長さは大きくなる。したがって、研磨パッド２の外周側に位置する二流体ノズル８は、研磨パッド２の中心側に位置する二流体ノズル８に比べて、より高い洗浄能力を必要とする。

[0060] 本実施形態によれば、研磨パッド２の外周側に位置する二流体ノズル８の噴出口８ａは、研磨面２ａにより近づいて配置されているので、研磨パッド２の研磨面２ａの外周領域の洗浄効果を向上させることができる。一実施形態では、図１８に示すように、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａの研磨面２ａからの距離は、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って小さくなるようにしてもよい。このように配置された二流体ノズル８は、研磨パッド２の研磨面２ａの全体を均一に洗浄することができる。図１８を参照して説明した二流体ノズル８の配置は、図１乃至図１７を参照して説明した各実施形態に適用可能である。

[0061] 他の実施形態では、図１９に示すように、研磨パッド２の外周側に位置する二流体ノズル８の噴出口８ａの研磨面２ａからの距離は、研磨パッド２の中心側に位置する二流体ノズル８の噴出口８ａの研磨面２ａからの距離よりも大きい。これは次の理由による。すなわち、研磨パッド２の研磨面２ａの外周側は中心側に比

べて洗浄すべき面積が広い。研磨パッド２の外周側に位置する二流体ノズル８の噴出口８ａは研磨面２ａから遠いので、二流体噴流はその進行方向に沿って広がり、より広い領域を洗浄することができる。

[0062] 一実施形態では、図１９に示すように、複数の二流体ノズル８の噴出口８ａの研磨面２ａからの距離は、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って大きくなるようにしてもよい。図１９を参照して説明した二流体ノズル８の配置は、図１乃至図１７を参照して説明した各実施形態に適用可能である。

[0063] 図２０は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図１３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。図２０に示すように、非接触パッド洗浄装置は、複数の二流体ノズル８にそれぞれ取り付けられた複数の超音波発生器８７をさらに備えている。これら超音波発生器８７は、動作制御部３０に電気的に接続されており、超音波発生器８７の動作は動作制御部３０によって制御される。

[0064] 複数の超音波発生器８７は、複数の二流体ノズル８から放出される二流体噴流に超音波を印加するように構成されている。超音波の周波数は、１００ｋＨｚ～３．０ＭＨｚの範囲から選択される。動作制御部３０は、各超音波発生器８７に指令を与えて、予め選択された周波数の超音波を発生させる。複数の超音波発生器８７は、同じ周波数の超音波を発生してもよく、あるいは異なる周波数を発生してもよい。

[0065] 一実施形態では、動作制御部３０は、研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８から放出される二流体噴流に印加される超音波の周波数が、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８から放出される二流体噴流に印加される超音波の周波数よりも低くなるように、複数の超音波発生器８７の動作を制御する。一般に、二流体噴流に印加される超音波の周波数が低くなると、二流体噴流の洗浄能力は向上する。本実施形態によれば、研磨パッド２の研磨面２ａの外周領域の洗浄効果を向上させることができる。

[0066] 一実施形態では、動作制御部３０は、複数の二流体ノズル８から放出される二流体噴流に印加される超音波の周波数が、各二流体ノズル８の研磨パッド２の

中心Ｃｒからの距離に従って低くなるように、複数の超音波発生器８７の動作を制御する。このように制御された超音波発生器８７が内蔵された二流体ノズル８は、研磨パッド２の研磨面２ａの全体を均一に洗浄することができる。

[0067] 図２１は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図１５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。非接触パッド洗浄装置は、複数の分岐液体ライン６２にそれぞれ連結された複数の液体流量制御弁７１と、複数の分岐気体ライン６６にそれぞれ連結された複数の気体流量制御弁７３と、複数の分岐気体ライン６６にそれぞれ連結された複数の圧力レギュレータ７５を備えている。

[0068] 複数の液体流量制御弁７１は、液体供給ライン６１を介して複数の二流体ノズル８にそれぞれ連結されている。複数の気体流量制御弁７３は、気体供給ライン６５を介して複数の二流体ノズル８にそれぞれ連結されている。複数の圧力レギュレータ７５も、気体供給ライン６５を介して複数の二流体ノズル８にそれぞれ連結されている。

[0069] 複数の液体流量制御弁７１は、複数の二流体ノズル８に供給される液体の流量を独立に調節することができる。複数の気体流量制御弁７３は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の流量を独立に調節することができる。複数の圧力レギュレータ７５は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の圧力を独立に調節することができる。複数の液体流量制御弁７１、複数の気体流量制御弁７３、および複数の圧力レギュレータ７５は、動作制御部３０に電気的に接続されており、複数の液体流量制御弁７１、複数の気体流量制御弁７３、および複数の圧力レギュレータ７５の動作は、動作制御部３０によって制御される。ファインバブル生成器７８は、複数の液体流量制御弁７１の上流に配置されている。

[0070] 一実施形態では、動作制御部３０は、研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８に供給される液体の流量が、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に供給される液体の流量よりも高くなるように、複数の液体流量制御弁７１の動作を制御する。研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８は、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に比べて、強い二流体噴流を研

磨パッド２の研磨面２ａの外周面に当てることができる。本実施形態によれば、研磨パッド２の研磨面２ａの外周領域の洗浄効果を向上させることができる。

[0071] 一実施形態では、動作制御部３０は、複数の二流体ノズル８に供給される液体の流量が、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って高くなるように、複数の液体流量制御弁７１の動作を制御する。このように液体の流量を制御することで、二流体ノズル８は、研磨パッド２の研磨面２ａの全体を均一に洗浄することができる。

[0072] 他の実施形態では、動作制御部３０は、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に供給される液体の流量が、研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８に供給される液体の流量よりも高くなるように、複数の液体流量制御弁７１の動作を制御する。研磨パッド２の中心部に付着したスラリーは、研磨パッド２の外周部に付着したスラリーと比べて、研磨パッド２の外まで移動させなければいけない距離が長くなる。そこで、この実施形態では、研磨パッド２の中心部における液体の排出性を向上させるために、中心側の二流体ノズル８の液体の流量を、外周側の二流体ノズル８の液体の流量よりも高くする。

[0073] 一実施形態では、動作制御部３０は、複数の二流体ノズル８に供給される液体の流量が、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って低くなるように、複数の液体流量制御弁７１の動作を制御する。

[0074] 一実施形態では、動作制御部３０は、研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８に供給される気体の流量が、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に供給される気体の流量よりも高くなるように、複数の気体流量制御弁７３の動作を制御する。研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８は、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に比べて、強い二流体噴流を研磨パッド２の研磨面２ａの外周面に当てることができる。本実施形態によれば、研磨パッド２の研磨面２ａの外周領域の洗浄効果を向上させることができる。

[0075] 一実施形態では、動作制御部３０は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の流量が、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って高くなるように、複数の気体流量制御弁７３の動作を制御する。このように気体の流

量を制御することで、二流体ノズル８は、研磨パッド２の研磨面２ａの全体を均一に洗浄することができる。

[0076] 他の実施形態では、動作制御部３０は、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に供給される気体の流量が、研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８に供給される気体の流量よりも高くなるように、複数の気体流量制御弁７３の動作を制御する。研磨パッド２の中心部に付着したスラリーは、研磨パッド２の外周部に付着したスラリーと比べて、研磨パッド２の外まで移動させなければいけない距離が長くなる。そこで、この実施形態では、研磨パッド２の中心部における液体の排出性を向上させるために、中心側の二流体ノズル８の気体の流量を、外周側の二流体ノズル８の気体の流量よりも高くする。

[0077] 一実施形態では、動作制御部３０は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の流量が、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って低くなるように、複数の気体流量制御弁７３の動作を制御する。

[0078] 一実施形態では、動作制御部３０は、研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８に供給される気体の圧力が、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に供給される気体の圧力よりも高くなるように、複数の圧力レギュレータ７５の動作を制御する。研磨パッド２の外周側に配置された二流体ノズル８は、研磨パッド２の中心側に配置された二流体ノズル８に比べて、強い二流体噴流を研磨パッド２の研磨面２ａの外周面に当てることができる。本実施形態によれば、研磨パッド２の研磨面２ａの外周領域の洗浄効果を向上させることができる。

[0079] 一実施形態では、動作制御部３０は、複数の二流体ノズル８に供給される気体の圧力が、各二流体ノズル８の研磨パッド２の中心Ｃｒからの距離に従って高くなるように、複数の圧力レギュレータ７５の動作を制御する。このように気体の圧力を制御することで、二流体ノズル８は、研磨パッド２の研磨面２ａの全体を均一に洗浄することができる。

[0080] 図２１を参照して説明した複数の液体流量制御弁７１、複数の気体流量制御弁７３、および複数の圧力レギュレータ７５の配置は、図１乃至図２０を参照して説明した各実施形態に適用可能である。

[0081] 図２２は、非接触パッド洗浄装置のさらに他の実施形態を示す模式図であり、図２３は、図２２に示す二流体液体ノズル８とパッド洗浄ノズル９の上面図である。特に説明しない本実施形態の構成は、図１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。非接触パッド洗浄装置は、複数の二流体ノズル８を研磨面２ａに沿って揺動させるノズル揺動機構９０を備えている。複数の二流体ノズル８は、ノズル保持部３５に保持されている。複数の二流体ノズル８は、液体供給ライン６１および気体供給ライン６５に連結されている。パッド洗浄ノズル９は、研磨パッド２の回転方向において、二流体ノズル８の下流に配置されている。

[0082] ノズル揺動機構９０は、ノズル保持部３５を揺動させることで、複数の二流体ノズル８を研磨パッド２の半径方向に揺動させるように構成されている。ノズル揺動機構９０は、複数の二流体ノズル８の揺動速度を変えることができるように構成されている。一実施形態では、ノズル揺動機構９０は、ノズル保持部３５をその端部を中心に所定の角度だけ時計方向および反時計方向に交互に回転させることで、複数の二流体ノズル８を研磨パッド２の半径方向に揺動させるように構成される。他の実施形態では、ノズル揺動機構９０は、ノズル揺動機構９０は、ノズル保持部３５を並進移動させることで、複数の二流体ノズル８を研磨パッド２の半径方向に揺動させるように構成されてもよい。

[0083]図２４は、二流体ノズル８を図２２の矢印Ａで示す方向から見た図である。各二流体ノズル８の噴出口８ａは、研磨パッド２の半径方向において外側を向いている。研磨面２ａに垂直な方向に対する各二流体ノズル８の傾き角度θは、０度よりも大きく、かつ６０度以下である。より好ましくは、各二流体ノズル８の傾き角度θは、１５～３０度の範囲内である。複数の二流体ノズル８は、異なる角度で研磨面２ａに対して傾いてもよい。

[0084] 複数の二流体ノズル８の噴出口８ａは、研磨パッド２の半径方向において外側を向いているので、複数の噴出口８ａから放出された二流体噴流は、研磨面２ａ上を外側に向かう液体の流れを形成する。この液体の外側に向かう流れは、回転する研磨パッド２によって発生する遠心力によって加速され、研磨屑などの異物を

研磨パッド２から洗い流すことができる。

[0085] 二流体ノズル８の配置は、図２２乃至図２４を参照して説明した実施形態には限定されない。一実施形態では、複数の二流体ノズル８は直線的に配列されてもよい。図２２乃至図２４を参照して説明した実施形態では、５つの二流体ノズル８が設けられているが、二流体ノズル８の数は上記実施形態に限定されない。一実施形態では、単一の二流体ノズル８が設けられてもよい。

[0086] 図１乃至図２４を参照して説明した実施形態は、適宜組み合わせてよい。図１乃至図２１を参照して説明した実施形態の構成、例えば、ファインバブル生成器７８、超音波発生器８７、液体加熱装置８３、研磨面２ａに対する二流体ノズル８の傾きなどは、図２２乃至図２４を参照して説明した実施形態に適用してもよい。

[0087] 上述した実施形態は、本発明が属する技術分野における通常の知識を有する者が本発明を実施できることを目的として記載されたものである。上記実施形態の種々の変形例は、当業者であれば当然になしうることであり、本発明の技術的思想は他の実施形態にも適用しうる。したがって、本発明は、記載された実施形態に限定されることはなく、特許請求の範囲によって定義される技術的思想に従った最も広い範囲に解釈されるものである。

特許請求の範囲

１．　ワークピースを研磨するための研磨パッドの研磨面を非接触で洗浄する非接触パッド洗浄装置であって、

前記研磨パッドを回転させる回転テーブルと、

前記研磨パッドの上方に配置された複数の二流体ノズルと、

前記複数の二流体ノズルに連結された液体供給ラインおよび気体供給ラインを備え、

前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの半径方向に沿って配列されており、

前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口は、前記研磨パッドの半径方向に延びる基準線に対して斜めに傾いている、非接触パッド洗浄装置。

２．　前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口は、前記研磨パッドの回転方向と同じ方向に傾いている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

３．　前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口は、前記基準線上にある、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

４．　前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口の前記基準線に対する傾き角度は、各二流体ノズルの前記研磨パッドの中心からの距離に従って大きくなる、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

５．　前記研磨パッドの研磨面に対して垂直な方向から見たときの、前記複数の二流体ノズルの噴出口の前記基準線からの距離は、各二流体ノズルの前記研磨パッド

の中心からの距離に従って大きくなり、

各二流体ノズルの噴出口の前記基準線からの前記距離は、前記研磨パッドの回転方向において前記基準線から下流側に向かう距離である、請求項４に記載の非接触パッド洗浄装置。

６．　前記液体供給ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

７．　前記液体供給ラインに連結され、前記液体供給ラインを流れる液体を加熱する液体加熱装置をさらに備えている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

８．　前記研磨パッドの前記研磨面上の二流体に含まれる液体を前記研磨パッドの外周に導くための液排出流体の噴流を形成するパッド洗浄ノズルをさらに備えている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

９．　前記パッド洗浄ノズルに液排出流体を供給する液排出流体ラインと、

前記液排出流体ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている、請求項８に記載の非接触パッド洗浄装置。

１０．　前記パッド洗浄ノズルは、前記研磨パッドの回転方向において前記複数の二流体ノズルの下流に配置されている、請求項８に記載の非接触パッド洗浄装置。

１１．　前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記外周側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離は、前記中心側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離よりも小さい、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

１２．　前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記外周側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離は、前記中心側二流体ノズルの噴出口の前記研磨面からの距離よりも大きい、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

１３．　前記液体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐液体ラインを有し、

前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐液体ラインにそれぞれ連結された複数の液体流量制御弁と、前記複数の液体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、

前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記動作制御部は、前記外周側二流体ノズルに供給される液体の流量が、前記中心側二流体ノズルに供給される液体の流量よりも高くなるように、前記複数の液体流量制御弁の動作を制御するように構成されている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

１４．　前記液体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐液体ラインを有し、

前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐液体ラインにそれぞれ連結された複数の液体流量制御弁と、前記複数の液体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、

前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記動作制御部は、前記中心側二流体ノズルに供給される液体の流量が、前記外周側二流体ノズルに供給される液体の流量よりも高くなるように、前記複数の液体流量制御弁の動作を制御するように構成されている、請求項１に記載の非接触パッ

ド洗浄装置。

１５．　前記気体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐気体ラインを有し、

前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐気体ラインにそれぞれ連結された複数の気体流量制御弁と、前記複数の気体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、

前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記動作制御部は、前記外周側二流体ノズルに供給される気体の流量が、前記中心側二流体ノズルに供給される気体の流量よりも高くなるように、前記複数の気体流量制御弁の動作を制御するように構成されている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

１６．　前記気体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐気体ラインを有し、

前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐気体ラインにそれぞれ連結された複数の気体流量制御弁と、前記複数の気体流量制御弁の動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、

前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記動作制御部は、前記中心側二流体ノズルに供給される気体の流量が、前記外周側二流体ノズルに供給される気体の流量よりも高くなるように、前記複数の気体流量制御弁の動作を制御するように構成されている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

１７．　前記気体供給ラインは、前記複数の二流体ノズルにそれぞれ連結された複数の分岐気体ラインを有し、

前記非接触パッド洗浄装置は、前記複数の分岐気体ラインにそれぞれ連結された複数の圧力レギュレータと、前記複数の圧力レギュレータの動作を独立に制御する動作制御部をさらに備えており、

前記複数の二流体ノズルは、前記研磨パッドの中心側に位置する中心側二流体ノズルと、前記研磨パッドの外周側に位置する外周側二流体ノズルを含み、

前記動作制御部は、前記外周側二流体ノズルに供給される気体の圧力が、前記中心側二流体ノズルに供給される気体の圧力よりも高くなるように、前記複数の圧力レギュレータの動作を制御するように構成されている、請求項１に記載の非接触パッド洗浄装置。

１８．　ワークピースを研磨するための研磨パッドの研磨面を非接触で洗浄する非接触パッド洗浄装置であって、

前記研磨パッドを回転させる回転テーブルと、

前記研磨パッドの上方に配列された二流体ノズルと、

前記二流体ノズルに連結された液体供給ラインおよび気体供給ラインと、

前記二流体ノズルを前記研磨面に沿って揺動させるノズル揺動機構を備え、

前記二流体ノズルの噴出口は、前記研磨パッドの半径方向において外側を向いている、非接触パッド洗浄装置。

１９．　前記液体供給ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている、請求項１８に記載の非接触パッド洗浄装置。

２０．　前記液体供給ラインに連結され、前記液体供給ラインを流れる液体を加熱する液体加熱装置をさらに備えている、請求項１８に記載の非接触パッド洗浄装置。

２１．　前記研磨パッドの前記研磨面上の二流体に含まれる液体を前記研磨パッドの外周に導くための液排出流体の噴流を形成するパッド洗浄ノズルをさらに備えている、請求項１８に記載の非接触パッド洗浄装置。

２２．　前記パッド洗浄ノズルに液排出流体を供給する液排出流体ラインと、

前記液排出流体ラインに連結されたファインバブル生成器をさらに備えている、請求項２１に記載の非接触パッド洗浄装置。

２３．　前記パッド洗浄ノズルは、前記研磨パッドの回転方向において前記二流体ノズルの下流に配置されている、請求項２１に記載の非接触パッド洗浄装置。