

研磨装置

発明の背景

発明の技術分野

- 5 本発明は、ウェハなどの基板を研磨する研磨装置に関するものである。

関連技術の記載

- 半導体デバイスの製造工程においては、デバイス表面の平坦化技術がますます重要になっている。この平坦化技術のうち、最も重要な技術は、化学的機械研磨（Chemical Mechanical PolishingまたはCMP）である。この化学的機械的研
- 10 磨（以下、CMPと呼ぶ）は、研磨装置を用いて、シリカ（ SiO_2 ）やセリア（ CeO_2 ）などの砥粒を含んだ研磨液（スラリー）を研磨パッドに供給しつつ、ウェハなどの基板を研磨面に摺接させて研磨を行うものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

- 15 【特許文献1】特開2003-71720号公報
【特許文献2】特開2007-118130号公報
【特許文献3】特開2009-2901号公報
【特許文献4】特開2009-34809号公報
【特許文献5】特開2006-147773号公報
- 20 【特許文献6】特表2011-530422号公報

基板の研磨プロセスの安定化を図り、研磨装置の付加価値を高めることは重要である。特に、研磨パッド上の的確な領域に、研磨液を的確に供給し続け、さらには、研磨液の供給量を管理し続けることにより、基板の研磨プロセスの安定化を図ることができ、研磨装置の付加価値を向上することができる。

- 25 研磨装置の付加価値を高めるため、消耗品の削減が求められている。特に、研磨液は、比較的高価な消耗品であるため、研磨液の使用量の削減が求められている。その一方で、研磨液の噴出位置と噴出範囲、および供給量は、基板の除去レート（研磨レート）に多大な影響を及ぼす。したがって、基板の除去レートの

低下を回避するために、研磨液の噴出位置と噴出範囲、および供給量を適切に管理することは必要である。

発明の要旨

5 そこで、本発明は、付加価値を高めることができる研磨装置を提供することを目的とする。

一態様は、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、基板を前記研磨パッドに押し付けるトップリングと、液体を前記研磨パッドに供給する液体供給機構と、を備え、前記液体供給機構は、前記研磨テーブルの半径方向に移動可能なノズル
10 アームと、前記ノズルアームに取り付けられた液体噴射ノズルと、を備えており、前記液体噴射ノズルは、その内面に形成され、かつテーパ形状を有する液体絞り面を有する扇形ノズルである、研磨装置である。

一態様は、前記液体供給機構は、前記ノズルアームに取り付けられたスラリーノズルを備えており、前記スラリーノズルは、前記ノズルアームが処理位置にあるとき、前記研磨パッドの中心の上方に配置され、前記液体噴射ノズルは、前記
15 ノズルアームが処理位置にあるとき、前記研磨パッドの中心と前記研磨パッドの外周部との間の領域に配置される。

一態様は、前記液体供給機構は、前記研磨パッドの外側に配置されたノズル洗浄装置を備えており、前記ノズル洗浄装置は、前記スラリーノズルを洗浄する第
20 1 洗浄ノズルと、前記液体噴射ノズルを洗浄する第 2 洗浄ノズルと、を備えている。

一態様は、前記液体供給機構は、前記液体噴射ノズルに連結され、かつ研磨液が流れるスラリーラインと、前記液体噴射ノズルに連結され、かつ前記液体噴射ノズルを洗浄するためのフラッシング液体が流れるフラッシングラインと、を備
25 えている。

一態様は、前記研磨装置は、洗浄流体を前記研磨パッドに噴射するアトマイザを備えており、前記液体供給機構は、前記アトマイザに取り付けられたドレッシング液供給装置を備えている。

一態様は、前記液体供給機構は、前記ノズルアームに取り付けられたスラリーノズルを備えており、前記スラリーノズルおよび前記液体噴射ノズルは、前記ノズルアームが処理位置にあるとき、前記研磨パッドの中心の上方に配置される。

- 一態様は、研磨パッドを支持する研磨テーブルと、基板を前記研磨パッドに押し付けるトップリングと、液体を前記研磨パッドに供給する液体供給機構と、を備え、前記液体供給機構は、前記研磨テーブルの半径方向に移動可能なノズルアームに取り付けられた液体噴射ノズルの異常を検出するノズル異常検出装置を備えており、前記ノズル異常検出装置は、前記液体噴射ノズルに連結された液体供給ラインの流路の大きさを調整する流量調整バルブの開度に基づいて、前記液体噴射ノズルの異常を判定する、研磨装置である。

一態様は、前記ノズル異常検出装置は、前記流量調整バルブの開度が所定の上限側しきい値に達すると、前記液体噴射ノズルの異常な詰まりを決定し、前記流量調整バルブの開度が所定の下限側しきい値に達すると、前記液体噴射ノズルの異常な摩耗を決定する。

- 一態様は、前記上限側しきい値は、第1上限側しきい値と、前記第1上限側しきい値よりも大きな第2上限側しきい値とを有しており、前記ノズル異常検出装置は、前記第1上限側しきい値および前記第2上限側しきい値に基づいて、前記液体噴射ノズルの交換を推奨する軽故障アラームおよび前記研磨装置の運転を停止する重故障アラームのうちのいずれか1つを発報する。

- 一態様は、前記下限側しきい値は、第1下限側しきい値と、前記第1下限側しきい値よりも小さな第2下限側しきい値とを有しており、前記ノズル異常検出装置は、前記第1下限側しきい値および前記第2下限側しきい値に基づいて、前記液体噴射ノズルの交換を推奨する軽故障アラームおよび前記研磨装置の運転を停止する重故障アラームのうちのいずれか1つを発報する。

- 扇形ノズルである液体噴射ノズルは、少量の研磨液を広範囲に亘って噴射することができる。したがって、研磨装置は、研磨液の使用量を削減することができ、かつ基板の除去レート（研磨レート）を向上させることができる。結果として、研磨装置は、その付加価値を向上させることができる。

ノズル異常検出装置は、液体噴射ノズルの異常を判定することができる。したがって、研磨装置は、研磨液の噴出位置と噴出範囲、および供給量を適切に管理することができる。結果として、研磨装置は、その付加価値を向上させることができる。

5

図面の簡単な説明

図1は、研磨装置の一実施形態の平面図である。

図2Aは、図1のA線方向から見た図であり、図2Bは、図2Aの汚れ防止カバーを取り外した状態を示す図である。

10 図3Aは図2AのB線方向から見た図であり、図3Bは図2AのC線方向から見た図である。

図4は、液体噴射ノズルに連結された第3スラリーラインおよびフラッシングラインを示す図である。

図5は、液体噴射ノズルを示す断面図である。

15 図6は、スラリーの噴出範囲を示す図である。

図7は、ノズル洗浄装置を示す図である。

図8Aはノズル洗浄装置の第1洗浄ノズルを示す図であり、図8Bはノズル洗浄装置の第2洗浄ノズルを示す図である。

図9は、アトマイザに固定されたドレッシング液供給装置を示す図である。

20 図10は、基板の処理工程を示すフローチャートである。

図11は、研磨装置の配管系統を示す模式図である。

図12は、ノズル異常検出装置を示す図である。

図13は、判定部の構成を示す図である。

図14は、判定部が液体噴射ノズルの異常を検出する様子を示す図である。

25 図15は、液体噴射ノズルの異常を検出するフローチャートを示す図である。

図16は、液体噴射ノズルの異常を検出するフローチャートを示す図である。

図17は、液体供給機構の他の実施形態を示す図である。

図18は、図17に示す実施形態における第3スラリーラインを示す図である。

実施形態の説明

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下で説明する図面において、同一又は相当する構成要素には、同一の符号を付して重複した説明を省略する。

図1は、研磨装置PAの一実施形態の平面図である。図1に示すように、研磨装置PAは、研磨パッド1を支持する研磨テーブル2と、ウェハなどの基板Wを研磨パッド1に押し付けるトップリング3と、研磨パッド1に液体を供給するための液体供給機構4とを備えている。液体供給機構4から研磨パッド1上に供給される液体は、研磨液（スラリー）または純水（DIW）である。

研磨テーブル2は、研磨テーブル2を支持するテーブル軸（図示しない）を介して、研磨テーブル2を回転させるテーブルモータ（図示しない）に連結されている。研磨パッド1は研磨テーブル2の上面に貼付されており、研磨パッド1の上面が基板Wを研磨する研磨面1aを構成している。

トップリング3はトップリングシャフト（図示しない）の下端に固定されている。トップリング3は、その下面に真空吸着により基板Wを保持できるように構成されている。トップリングシャフトは、トップリングアーム8内に設置された回転機構（図示しない）に連結されている。トップリング3は、この回転機構によりトップリングシャフトを介して回転される。

トップリングアーム8は、トップリングアーム8を旋回させるトップリング旋回軸9に連結されている。トップリング旋回軸9は、研磨パッド1の外側に配置されている。トップリング3、トップリングアーム8、トップリング旋回軸9は、トップリング装置5を構成している。

研磨装置PAは、研磨パッド1をドレッシングするためのドレッシング装置10をさらに備えている。ドレッシング装置10は、研磨パッド1の研磨面1aに摺接されるドレッサ15と、ドレッサ15を支持するドレッサアーム11と、ドレッサアーム11を旋回させるドレッサ旋回軸12とを備えている。ドレッサ旋回軸12は、研磨パッド1の外側に配置されている。

ドレッサアーム 11 の旋回に伴って、ドレッサ 15 は研磨面 1 a 上を揺動する。ドレッサ 15 の下面は、ダイヤモンド粒子などの多数の砥粒からなるドレッシング面を構成する。ドレッサ 15 は、研磨面 1 a 上を揺動しながら回転し、研磨パッド 1 を僅かに削り取ることにより研磨面 1 a をドレッシングする。研磨パッド 1 のドレッシング中、液体供給機構 4（より具体的には、ドレッシング液供給装置 60）は、純水を研磨パッド 1 の研磨面 1 a 上に供給する。液体供給機構 4 の構成の詳細については、後述する。

研磨装置 P A は、霧状の洗浄流体を研磨パッド 1 の研磨面 1 a に噴射して研磨面 1 a を洗浄するアトマイザ 20 をさらに備えている。洗浄流体は、液体（通常は純水）と気体（例えば、窒素ガスなどの不活性ガス）との混合流体から構成される。アトマイザ 20 は、研磨パッド 1（または研磨テーブル 2）の半径方向に沿って延びており、研磨パッド 1 の研磨面 1 a の上方に位置している。アトマイザ 20 は、高圧の洗浄流体を研磨面 1 a に噴射することにより、研磨パッド 1 の研磨面 1 a から研磨屑および研磨液に含まれる砥粒を除去する。

以下、液体供給機構 4 の構成について、図面を参照して説明する。図 2 A は、図 1 の A 線方向から見た図であり、図 2 B は、図 2 A の汚れ防止カバーを取り外した状態を示す図である。

液体供給機構 4 は、研磨テーブル 2 の半径方向に移動可能なノズルアーム 30 と、ノズルアーム 30 の先端部分 30 a に配置された第 1 スラリーノズル 31 および第 2 スラリーノズル 32 と、ノズルアーム 30 のアーム部分 30 b に配置された液体噴射ノズル 33 とを備えている。

ノズルアーム 30 は、ノズルアーム 30 を旋回させるノズル回転軸 35 に連結されている（図 1 参照）。ノズル回転軸 35 は、研磨パッド 1 の外側に配置されている。ノズルアーム 30 は、ノズル回転軸 35 の駆動（より具体的には、ノズル回転軸 35 に連結されたモータ）によって、研磨パッド 1 の外側にある退避位置と研磨パッド 1 の上方にある処理位置との間を移動可能に構成されている。

図 2 A に示すように、ノズルアーム 30 が処理位置にあるとき、ノズルアーム 30 の先端部分 30 a は、研磨パッド 1 の中心 C L の上方に配置される。した

がって、ノズルアーム 30 の先端部分 30 a に配置された第 1 スラリーノズル 31 および第 2 スラリーノズル 32 は、第 1 スラリーノズル 31 の噴射口および第 2 スラリーノズル 32 の噴射口が研磨パッド 1 の中心 CL に対向するように、研磨パッド 1 の中心 CL の上方に配置される。

- 5 ノズルアーム 30 が処理位置にあるとき、液体噴射ノズル 33 は、その噴射口が研磨パッド 1 の中心 CL と研磨パッド 1 の外周部 1 b との間の領域に対向するように、この領域の上方に配置される。

- 一実施形態では、液体噴射ノズル 33 は、樹脂から構成されている。液体噴射ノズル 33 の材質の一例として、PTFE（ポリテトラフルオロエチレン）、ポリ塩化ビニル（PVC）、またはポリプロピレン（PP）を挙げることができる。
- 10

液体噴射ノズル 33 はスラリー A を供給し、第 1 スラリーノズル 31 はスラリー B を供給し、第 2 スラリーノズル 32 はスラリー C を供給する。スラリー A、スラリー B、およびスラリー C は、それぞれ異なる種類の液体である。

- 図 3 A は図 2 A の B 線方向から見た図であり、図 3 B は図 2 A の C 線方向から見た図である。図 3 A に示すように、第 1 スラリーノズル（第 1 液体ノズル）31 および第 2 スラリーノズル（第 2 液体ノズル）32 は互いに隣接して配置されている。第 1 スラリーノズル 31 はスラリー B が流れる流路が形成された第 1 スラリーライン（第 1 液体供給ライン）40 に接続されており、第 2 スラリーノズル 32 はスラリー C が流れる流路が形成された第 2 スラリーライン（第 2 液体供給ライン）41 に接続されている。これら第 1 スラリーライン 40 および第 2 スラリーライン 41 は、ノズルアーム 30 の内部に配置されている。
- 15
- 20

- 図 2 B に示すように、液体噴射ノズル 33 は、ノズルアーム 30 から下方に延びるノズルホルダー 45 に取り付けられている。ノズルホルダー 45 はノズルアーム 30 に固定されている。本実施形態では、図 2 A に示すように、ノズルホルダー 45 は、汚れ防止カバー 44 によって覆われており、異物のノズルホルダー 45 および連結部材 48 への付着は防止される。
- 25

図 2 A に示すように、液体噴射ノズル 33 は、第 1 スラリーノズル 31 および第 2 スラリーノズル 32 よりも研磨パッド 1 の研磨面 1 a に近接して配置されて

いる。つまり、研磨パッド1の研磨面1 aと液体噴射ノズル3 3との間の距離は、研磨パッド1の研磨面1 aと第1スラリーノズル3 1および第2スラリーノズル3 2との間の距離よりも小さい。

5 液体噴射ノズル3 3は、鉛直方向に対して研磨パッド1の外周部1 b側（すなわち、研磨パッド1の中心CLから離間する方向）を向いて傾斜している。一実施形態では、液体噴射ノズル3 3の傾斜角度は1 3度である。

図4は、液体噴射ノズル3 3に連結された第3スラリーライン（第3液体供給ライン）4 6およびフラッシングライン4 7を示す図である。図4に示すように、液体噴射ノズル3 3は、スラリーAが流れる流路が形成された第3スラリーライン4 6に接続されている。第3スラリーライン4 6の途中部分には、連結部材4 8が接続されており、連結部材4 8には、純水が流れる流路が形成されたフラッシングライン4 7が接続されている。連結部材4 8は、フラッシングライン4 7と第3スラリーライン4 6との合流部分に設けられている。

以下、本明細書において、スラリーAの流れる方向において、連結部材4 8の上流側を第3スラリーライン4 6の上流流路と呼ぶことがあり、連結部材4 8の下流側を第3スラリーライン4 6の下流流路と呼ぶことがある。

連結部材4 8は、液体噴射ノズル3 3に隣接して配置されている。フラッシングライン4 7および第3スラリーライン4 6の先端部分（言い換えれば、第3スラリーライン4 6の下流流路）を流れる純水は、液体噴射ノズル3 3から噴射される。第3スラリーライン4 6およびフラッシングライン4 7のうちのいずれか一方を流れる液体（スラリーAまたは純水）は、液体噴射ノズル3 3から噴射される。

フラッシングライン4 7を流れる純水は、第3スラリーライン4 6の先端部分および液体噴射ノズル3 3を通過して、外部に噴射される。この純水は、第3スラリーライン4 6の先端部分および液体噴射ノズル3 3を洗浄するためのフラッシング液体である。フラッシング液体としての純水は、液体噴射ノズル3 3の内部を勢いよく流れて、第3スラリーライン4 6の先端部分および液体噴射ノズル3 3の内部に滞留するスラリーを瞬時に除去する。結果として、第3スラリーラ

イン４６の先端部分および液体噴射ノズル３３の内部でのスラリーの固着は防止される。

連結部材４８は、スラリー噴出位置に近接した位置にある液体噴射ノズル３３に隣接して配置されている。このような配置により、研磨装置ＰＡは、スラリーを純水に置換する量（すなわち、スラリー置換量）を最小限にすることができ、研磨装置ＰＡのスループット（基板Ｗの処理枚数）を維持することができる。

図５は、液体噴射ノズル３３を示す断面図である。図５に示すように、液体噴射ノズル３３は、液体を扇状に噴射する扇形ノズルである。液体噴射ノズル３３は、その内面３４に形成された液体通過面３４ａ、液体噴射面３４ｂ、および液体絞り面３４ｃを有している。

液体絞り面３４ｃは、液体通過面３４ａと液体噴射面３４ｂとの間に配置されている。液体絞り面３４ｃは、液体通過面３４ａおよび液体噴射面３４ｂに接続されており、テーパ形状を有している。より具体的には、液体絞り面３４ｃは、液体通過面３４ａから液体噴射面３４ｂに向かって液体噴射ノズル３３の内径が徐々に小さくなる形状を有している。

液体噴射ノズル３３が扇形ノズルである場合、微小な砥粒を含むスラリーが液体噴射ノズル３３の内部に固着するおそれがある。本実施形態では、液体噴射ノズル３３は、その内面３４に形成されたテーパ形状を有する液体絞り面３４ｃを有している。したがって、液体噴射ノズル３３の内部のスラリーは、液体絞り面３４ｃ上に留まることなく、液体絞り面３４ｃ上をスムーズに流れる。このようにして、液体噴射ノズル３３の内部でのスラリーの滞留は防止される。結果として、液体噴射ノズル３３の内部でのスラリーの固着は防止される。

図６は、スラリーＡの噴出範囲を示す図である。図６に示すように、本実施形態では、液体噴射ノズル３３から噴射されるスラリーＡは、扇状に研磨パッド１の研磨面１ａ上に供給される。スラリーＡは、研磨パッド１の中心ＣＬを含み、かつ研磨パッド１の外周部１ｂよりも内側の領域に噴射される。一実施形態では、液体噴射ノズル３３の噴射角度（言い換えれば、液体噴射ノズル３３から噴射されるスラリーＡの角度）は、５０度から１５０度の範囲内である。

本実施形態によれば、液体噴射ノズル３３は、少量のスラリーを広範囲に亘って噴射することができる。したがって、スラリーの使用量を削減することができ、かつ使用するスラリー量に対する基板の除去レート（研磨レート）を向上させることができる。

5 図７は、ノズル洗浄装置５０を示す図である。図８Ａはノズル洗浄装置５０の第１洗浄ノズル５１を示す図であり、図８Ｂはノズル洗浄装置５０の第２洗浄ノズル５２を示す図である。液体供給機構４は、ノズルアーム３０に取り付けられたノズル（すなわち、第１スラリーノズル３１、第２スラリーノズル３２、および液体噴射ノズル３３）を洗浄するノズル洗浄装置５０を備えている。

10 ノズル洗浄装置５０は、ノズルアーム３０の先端部分３０ａに取り付けられた第１スラリーノズル３１および第２スラリーノズル３２を洗浄する第１洗浄ノズル５１と、ノズルアーム３０のアーム部分３０ｂに取り付けられた液体噴射ノズル３３を洗浄する第２洗浄ノズル５２と、第１洗浄ノズル５１および第２洗浄ノズル５２が連結された洗浄ライン５３とを備えている。

15 図７に示すように、ノズル洗浄装置５０は、研磨パッド１の外側に配置されている。ノズルアーム３０が退避位置に移動すると、ノズルアーム３０は、ノズル洗浄装置５０に隣接する。より具体的には、ノズルアーム３０が退避位置にあるとき、第１洗浄ノズル５１は、第１スラリーノズル３１および第２スラリーノズル３２に対向しており、第２洗浄ノズル５２は、液体噴射ノズル３３に対向して
20 いる。

第１洗浄ノズル５１および第２洗浄ノズル５２のそれぞれは、扇形ノズルである。第１洗浄ノズル５１から第１スラリーノズル３１および第２スラリーノズル３２に向かって純水が扇状に噴射される。同様に、第２洗浄ノズル５２から液体噴射ノズル３３に向かって純水が扇状に噴射される。このようにして、第１ス
25 ラリーノズル３１、第２スラリーノズル３２、および液体噴射ノズル３３は、洗浄ライン５３を流れる純水（洗浄液）によって洗浄される。

図８Ａに示すように、第１洗浄ノズル５１の噴射口は斜め下方を向いている。第１洗浄ノズル５１は、第１スラリーノズル３１および第２スラリーノズル

3 2に対して斜め上方向から純水を噴射する。

図8Bに示すように、第2洗浄ノズル52の噴射口は、斜め上方を向いている。第2洗浄ノズル52は、液体噴射ノズル33に対して斜め下方から純水を噴射する。第2洗浄ノズル52は、液体噴射ノズル33の下方に配置されているため、

5 第2洗浄ノズル52は、液体噴射ノズル33、特に、液体噴射ノズル33の液体噴射面34b（図5参照）を確実に洗浄することができる。結果として、液体噴射面34bでのスラリーの固着は防止される。

本実施形態によれば、第1スラリーノズル31、第2スラリーノズル32、および液体噴射ノズル33が研磨パッド1に噴射されたスラリーによって汚れた場合であっても、ノズル洗浄装置50は、これら第1スラリーノズル31、第2スラリーノズル32、および液体噴射ノズル33を洗浄することができる。

10

図9は、アトマイザ20に固定されたドレッシング液供給装置60を示す図である。図9に示すように、液体供給機構4は、アトマイザ20に固定されたドレッシング液供給装置60を備えている。したがって、アトマイザ20およびドレッシング液供給装置60は、一体的に移動可能である。ドレッシング液供給装置60は、ドレッサ15（図1参照）による研磨パッド1のドレッシング中、ドレッシング液（例えば、純水）を研磨パッド1の研磨面1a上に供給する。

15

ドレッシング液供給装置60は、アトマイザ20が研磨パッド1の上方の処理位置にあるとき、研磨パッド1の中心CLの上方に位置するドレッシング液供給ノズル61と、ドレッシング液供給ノズル61が接続され、ドレッシング液が流れるドレッシング液供給ライン62とを備えている。ドレッシング液はドレッシング液供給ノズル61から研磨パッド1の中心CL上に供給される。

20

研磨パッド1のドレッシングの実行時において、ノズルアーム30は退避位置にあることがある。本実施形態では、アトマイザ20は、研磨パッド1のドレッシングの実行時において、研磨パッド1の上方の処理位置に配置されている。したがって、アトマイザ20に取り付けられたドレッシング液供給装置60は、研磨パッド1のドレッシングの実行時において、研磨パッド1の上方の処理位置に配置されている。このような構成により、研磨パッド1のドレッシングの実行時

25

において、ノズルアーム 30 が退避位置に移動していても、ドレッシング装置 10 は、ドレッシング液供給装置 60 から供給されたドレッシング液の存在下において、研磨パッド 1 のドレッシングを行うことができる。

図 10 は、基板の処理工程を示すフローチャートである。研磨装置 P A は、搬送された基板 W の研磨を開始する（ステップ S 101 参照）。基板 W の研磨時において、ノズルアーム 30 は、研磨パッド 1 の上方の処理位置に配置されている。

ノズルアーム 30 は、基板 W を 1 枚処理するごとに、研磨パッド 1 の外側の退避位置に移動し（ステップ S 102 参照）、第 1 スラリーノズル 31、第 2 スラリーノズル 32、および液体噴射ノズル 33 は、基板 W を 1 枚処理するごとに、ノズル洗浄装置 50 によって洗浄される（ステップ S 103 参照）。したがって、ノズル洗浄装置 50 は、第 1 スラリーノズル 31、第 2 スラリーノズル 32、および液体噴射ノズル 33 の清浄度を向上させることができる。

ノズル洗浄装置 50 による洗浄処理が終了した後、ノズルアーム 30 は、処理位置に再び移動し（ステップ S 104 参照）、研磨装置 P A は、新たに搬送された基板の研磨を開始する。このように、ステップ S 101 からステップ S 104 の処理が複数回繰り返され、所定単位（1 ロット数）の基板が研磨される（ステップ S 105 参照）。

その後、ノズルアーム 30 は、退避位置に移動する（ステップ S 106 参照）。ステップ S 106 の後、ドレッシング装置 10 は研磨パッド 1 のドレッシングを実行し、ノズル洗浄装置 50 は第 1 スラリーノズル 31、第 2 スラリーノズル 32、および液体噴射ノズル 33 の洗浄を行う（ステップ S 107 参照）。

図 11 は、研磨装置 P A の配管系統を示す模式図である。図 11 に示すように、研磨装置 P A は、純水が流れる流路が形成された純水ライン 90 およびクリーニング主ライン 91 を備えている。純水ライン 90 およびクリーニング主ライン 91 は、別個のラインである。

純水ライン 90 には、フラッシングライン 47（図 4 参照）が接続されており、純水ライン 90 およびフラッシングライン 47 を流れる純水（フラッシング液体）は、液体噴射ノズル 33 から噴射される。フラッシングライン 47 には、洗

浄ライン 53（図 7 参照）が接続されており、純水ライン 90、フラッシングライン 47、および洗浄ライン 53 を流れる純水（洗浄液）は、第 1 洗浄ノズル 51 および第 2 洗浄ノズル 52 から噴射される。

図 11 に示すように、クリーニング主ライン 91 には、クリーニング主ライン 91 の途中から分岐するクリーニング分岐ライン 92 が接続されている。クリーニング主ライン 91 を流れる純水（洗浄液）は、ノズルアーム 30 を洗浄し、クリーニング主ライン 91 およびクリーニング分岐ライン 92 を流れる純水（洗浄液）は、ドレッサアーム 11 を洗浄する。

図 11 に示すように、液体供給機構 4 は、液体噴射ノズル 33 の異常を検出するノズル異常検出装置 70 を備えている。スラリーの流量（供給量）および／またはスラリーの噴射範囲（噴出位置および噴出範囲）は基板の除去レートに多大な影響を及ぼすため、スラリーの流量および／またはスラリー噴射範囲の管理は重要である。そこで、ノズル異常検出装置 70 は、液体噴射ノズル 33 の異常（より具体的には、液体噴射ノズル 33 の異常な詰まりおよび異常な摩耗のうち少なくとも 1 つ）を判定する。

ノズル異常検出装置 70 は、第 3 スラリーライン 46 を流れるスラリーの流量を制御する流量制御部 71 と、流量制御部 71 から送られる信号に基づいて、液体噴射ノズル 33 の異常の判定を行う判定部 72 とを備えている。

図 12 は、ノズル異常検出装置 70 を示す図である。図 12 に示すように、流量制御部 71 および判定部 72 は、互いに電氣的に接続されている。流量制御部 71 は、閉ループ制御（Closed Loop Control）を行う装置である。

流量制御部 71 は、第 3 スラリーライン 46 の流路の大きさを調整する流量調整バルブ 73 と、第 3 スラリーライン 46 を流れるスラリーの流量を検出するフローセンサ 74 と、フローセンサ 74 によって測定された流量に基づいて、流量調整バルブ 73 の開度を制御するフローコントローラ 75 とを備えている。

流量調整バルブ 73 の一例として、ピンチバルブを挙げることができる。フローセンサ 74 は、第 3 スラリーライン 46 を流れるスラリーの流れ方向において、流量調整バルブ 73 の下流側に配置されている。フローコントローラ 75 は、

流量調整バルブ 7 3 およびフローセンサ 7 4 に電氣的に接続されている。フローコントローラ 7 5 は、第 3 スラリーライン 4 6 を流れるスラリーの流量が予め設定された流量になるように、流量調整バルブ 7 3 の開度を制御する。

流量調整バルブ 7 3 の開度（より具体的には、開度を示す信号）は、判定部 7 2 に送られる。判定部 7 2 は、流量調整バルブ 7 3 の開度に基づいて、液体噴射ノズル 3 3 の異常を判定する。

図 1 3 は、判定部 7 2 の構成を示す図である。図 1 3 に示すように、判定部 7 2 は、専用のコンピュータまたは汎用のコンピュータから構成される。判定部 7 2 は、プログラムやデータなどが格納される記憶装置 1 1 0 と、記憶装置 1 1 0 に格納されているプログラムに従って演算を行う CPU（中央処理装置）または GPU（グラフィックプロセッシングユニット）などの処理装置 1 2 0 と、データ、プログラム、および各種情報を記憶装置 1 1 0 に入力するための入力装置 1 3 0 と、処理結果や処理されたデータを出力するための出力装置 1 4 0 と、インターネットなどのネットワークに接続するための通信装置 1 5 0 を備えている。

判定部 7 2 は、記憶装置 1 1 0 に電氣的に格納されたプログラムに従って動作する。プログラムは、非一時的な有形物であるコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶され、記録媒体を介して判定部 7 2 に提供される。または、プログラムは、インターネットなどの通信ネットワークを介して判定部 7 2 に提供されてもよい。

図 1 4 は、判定部 7 2 が液体噴射ノズル 3 3 の異常を検出する様子を示す図である。スラリーが液体噴射ノズル 3 3 に詰まると、第 3 スラリーライン 4 6 を流れる液体（スラリーまたは純水）の流量が小さくなり、液体の圧力が異常に上昇する。フローコントローラ 7 5 は、液体の流量が大きくなるように、流量調整バルブ 7 3 の開度を大きくする。流量調整バルブ 7 3 の開度が所定の上限側しきい値に達すると、すなわち、開度が上限側しきい値以上になると、判定部 7 2 は、液体噴射ノズル 3 3 の異常な詰まりを決定し、異常信号を発報する。

液体噴射ノズル 3 3 がスラリーによって摩耗すると、第 3 スラリーライン

4 6 を流れる液体の流量（スラリーまたは純水）が大きくなり、液体の圧力が異常に低下する。フローコントローラ 7 5 は、液体の流量が小さくなるように、流量調整バルブ 7 3 の開度を小さくする。流量調整バルブ 7 3 の開度が所定の下限側しきい値に達すると、すなわち、開度が下限側しきい値まで小さくなると、判定部 7 2 は、液体噴射ノズル 3 3 の異常な摩耗を決定し、異常信号を発報する。

図 1 4 に示す実施形態では、記憶装置 1 1 0 は、単一の上限側しきい値および単一の下限側しきい値を記憶している。一実施形態では、記憶装置 1 1 0 は、複数の上限側しきい値および複数の下限側しきい値を記憶してもよい。例えば、上限側しきい値は、軽故障用の第 1 上限側しきい値および重故障用の第 2 上限側しきい値を有してもよい。第 2 上限側しきい値は、第 1 上限側しきい値よりも大きい。

同様に、下限側しきい値は、軽故障用の第 1 下限側しきい値および重故障用の第 2 下限側しきい値を有してもよい。第 2 下限側しきい値は第 1 下限側しきい値よりも小さい。

図 1 5 は、液体噴射ノズル 3 3 の異常を検出するフローチャートを示す図である。判定部 7 2 は、記憶装置 1 1 0 に電氣的に格納された、液体噴射ノズル 3 3 の異常検出プログラムに従って、図 1 5 に示すステップを実行する。図 1 5 では、液体噴射ノズル 3 3 の異常検出の一例として、液体噴射ノズル 3 3 に詰まりが発生した場合について説明する。

判定部 7 2 は、流量制御部 7 1 から送られる流量調整バルブ 7 3 の開度を常時監視する。上述したように、スラリーが液体噴射ノズル 3 3 に詰まると、流量調整バルブ 7 3 の開度が大きくなり、判定部 7 2 は、液体噴射ノズル 3 3 の詰まりを検出する（ステップ S 2 0 1 参照）。

ステップ S 2 0 1 の後、判定部 7 2 は、流量調整バルブ 7 3 の開度が上限側しきい値以上か否かを判定する（ステップ S 2 0 2 参照）。判定部 7 2 が流量調整バルブ 7 3 の開度が上限側しきい値未満であると決定した場合（ステップ S 2 0 2 の「NO」参照）、判定部 7 2 は、液体噴射ノズル 3 3 の詰まり具合は異常でないと判断し、液体噴射ノズル 3 3 の異常検出プログラムを終了する。この

場合、液体噴射ノズル 3 3 の交換は不要である。

判定部 7 2 が流量調整バルブ 7 3 の開度が上限側しきい値以上であると決定した場合（ステップ S 2 0 2 の「Y E S」参照）、判定部 7 2 は、液体噴射ノズル 3 3 の詰まり具合は異常であると判断する。

- 5 図 1 5 に示す実施形態では、記憶装置 1 1 0 は、第 1 上限側しきい値および第 2 上限側しきい値を有する上限側しきい値を記憶している。図 1 5 のステップ S 2 0 3 に示すように、判定部 7 2 は、流量調整バルブ 7 3 の開度が第 2 上限側しきい値に達したか否かを判定する。

- 判定部 7 2 が流量調整バルブ 7 3 の開度が第 2 上限側しきい値に達していない
10 と決定した場合（ステップ S 2 0 3 の「N O」参照）、判定部 7 2 は、液体噴射ノズル 3 3 に軽故障が発生したと判断する。言い換えれば、判定部 7 2 は、流量調整バルブ 7 3 の開度が第 1 上限側しきい値以上であり、かつ第 2 上限側しきい値未満であると判断する。

- この場合、判定部 7 2 は、軽故障アラームを発報する（ステップ S 2 0 4 参
15 照）。この軽故障アラームは、液体噴射ノズル 3 3 の交換を推奨するためのアラームであり、作業者は、この軽故障アラームに基づいて、液体噴射ノズル 3 3 を交換してもよい。

- 判定部 7 2 が流量調整バルブ 7 3 の開度が第 2 上限側しきい値に達していると
決定した場合（ステップ S 2 0 3 の「Y E S」参照）、判定部 7 2 は、液体噴射
20 ノズル 3 3 に重故障が発生したと判断し、重故障アラームを発報する（ステップ S 2 0 5 参照）。この重故障アラームは、基板 W の処理を終了させるためのアラームである（プロセスインターロック）。この場合、判定部 7 2 は、研磨装置 P A の運転を停止させて（ステップ S 2 0 6 ）、液体噴射ノズル 3 3 の異常検出プログラムを終了する。

- 25 図 1 5 に示す実施形態では、ノズル異常検出装置 7 0 が液体噴射ノズル 3 3 の詰まりを検出する実施形態について説明したが、ノズル異常検出装置 7 0 は、図 1 5 に示すステップと同様のステップを経て、液体噴射ノズル 3 3 の摩耗を検出してもよい。

図16は、液体噴射ノズル33の異常を検出するフローチャートを示す図である。ノズル異常検出装置70が液体噴射ノズル33の摩耗を検出すると（ステップS301参照）、流量調整バルブ73の開度が下限側しきい値以下か否かを判定する（ステップS302参照）。判定部72が流量調整バルブ73の開度が下限側しきい値よりも大きいと決定した場合（ステップS302の「NO」参照）、判定部72は、液体噴射ノズル33の摩耗具合は異常でないと判断し、液体噴射ノズル33の異常検出プログラムを終了する。

判定部72が流量調整バルブ73の開度が下限側しきい値以下であると決定した場合（ステップS302の「YES」参照）、判定部72は、液体噴射ノズル33の摩耗具合は異常であると判断し、流量調整バルブ73の開度が第2下限側しきい値に達したか否かを判定する（ステップS303参照）。

判定部72が流量調整バルブ73の開度が第2下限側しきい値に達していないと決定した場合（ステップS303の「NO」参照）、判定部72は、液体噴射ノズル33に軽故障が発生したと判断する。言い換えれば、判定部72は、流量調整バルブ73の開度が第1下限側しきい値以下であり、かつ第2下限側しきい値よりも大きいと判断する。この場合、判定部72は、軽故障アラームを発報する（ステップS304参照）。

判定部72が流量調整バルブ73の開度が第2下限側しきい値に達していると決定した場合（ステップS303の「YES」参照）、判定部72は、液体噴射ノズル33に重故障が発生したと判断し、重故障アラームを発報する（ステップS305参照）。その後、判定部72は、研磨装置PAの運転を停止させて（ステップS306）、液体噴射ノズル33の異常検出プログラムを終了する。

液体噴射ノズル33に異常が発生すると、液体噴射ノズル33の噴射角度が変わったり、適切な量のスラリーを供給することができなくなるおそれがある。上述したように、研磨液の噴出範囲および供給量は基板Wの除去レートに多大な影響を及ぼす。本実施形態では、ノズル異常検出装置70は、液体噴射ノズル33の異常を判定することができる。したがって、研磨装置PAは、その付加価値を向上させることができる。

一実施形態では、ノズル異常検出装置 70 は、液体噴射ノズル 33 の異常を判定するのみならず、第 1 スラリーノズル 31 および第 2 スラリーノズル 32 のうちの少なくとも 1 つの異常を判定してもよい。

図 17 は、液体供給機構 4 の他の実施形態を示す図である。特に説明しない本
5 実施形態の構成は、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 17 では、ノズルアーム 30 の先端部分 30a を下から見たときの、第 1 ス
ラリーノズル 31、第 2 スラリーノズル 32、ドレッシング液供給ノズル 61、
および液体噴射ノズル 33 が描かれている。図 17 に示すように、液体噴射ノズ
10 ル 33 は、ノズルアーム 30 の先端部分 30a に配置されてもよい。

図 17 に示す実施形態では、第 1 スラリーノズル 31 および第 2 スラリーノズ
ル 32 のみならず、液体噴射ノズル 33 およびドレッシング液供給ノズル 61 も
ノズルアーム 30 の先端部分 30a に配置されている。液体噴射ノズル 33 は、
図 5 に示す構造と同一の構造を有している。より具体的には、液体噴射ノズル
15 33 は、その内面 34 に形成され、かつテーパ形状を有する液体絞り面
34c を有する扇形ノズルである。

ノズルアーム 30 の先端部分 30a は、液体噴射ノズル 33 の位置決めを行う
ための位置決め部位 80 を有している。位置決め部位 80 は、液体噴射ノズル
33 の両面 33a が嵌まり込む嵌合面 80a を有している。したがって、液体噴
20 射ノズル 33 の両面 33a を位置決め部位 80 の嵌合面 80a に嵌め込むこと
により、液体噴射ノズル 33 の位置決めが行われる。図 17 に示す実施形態では、
液体噴射ノズル 33 を鉛直方向に対して傾斜させることにより、液体噴射ノズル
33 の傾斜角度を変更することができる。

図 18 は、図 17 に示す実施形態における第 3 スラリーライン 46 を示す図で
25 ある。図 18 では、第 1 スラリーノズル 31 が接続された第 1 スラリーライン
40、第 2 スラリーノズル 32 が接続された第 2 スラリーライン 41、およびド
レッシング液供給ノズル 61 が接続されたドレッシング液供給ライン 62 の図示
は省略されている。

特許請求の範囲

1. 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、
基板を前記研磨パッドに押し付けるトップリングと、
5 液体を前記研磨パッドに供給する液体供給機構と、を備え、
前記液体供給機構は、
前記研磨テーブルの半径方向に移動可能なノズルアームと、
前記ノズルアームに取り付けられた液体噴射ノズルと、を備えており、
前記液体噴射ノズルは、その内面に形成され、かつテーパ形状を有する液体
10 絞り面を有する扇形ノズルである、研磨装置。
2. 前記液体供給機構は、前記ノズルアームに取り付けられたスラリーノズル
を備えており、
前記スラリーノズルは、前記ノズルアームが処理位置にあるとき、前記研磨
15 パッドの中心の上方に配置され、
前記液体噴射ノズルは、前記ノズルアームが処理位置にあるとき、前記研磨
パッドの中心と前記研磨パッドの外周部との間の領域に配置される、請求項 1 に
記載の研磨装置。
- 20 3. 前記液体供給機構は、前記研磨パッドの外側に配置されたノズル洗浄装置
を備えており、
前記ノズル洗浄装置は、
前記スラリーノズルを洗浄する第 1 洗浄ノズルと、
前記液体噴射ノズルを洗浄する第 2 洗浄ノズルと、を備えている、請求項
25 2 に記載の研磨装置。
4. 前記液体供給機構は、
前記液体噴射ノズルに連結され、かつ研磨液が流れるスラリーラインと、

前記液体噴射ノズルに連結され、かつ前記液体噴射ノズルを洗浄するためのフラッシング液体が流れるフラッシングラインと、を備えている、請求項 1 に記載の研磨装置。

- 5 5. 前記研磨装置は、洗浄流体を前記研磨パッドに噴射するアトマイザを備えており、

前記液体供給機構は、前記アトマイザに取り付けられたドレッシング液供給装置を備えている、請求項 1 に記載の研磨装置。

- 10 6. 前記液体供給機構は、前記ノズルアームに取り付けられたスラリーノズルを備えており、

前記スラリーノズルおよび前記液体噴射ノズルは、前記ノズルアームが処理位置にあるとき、前記研磨パッドの中心の上方に配置される、請求項 1 に記載の研磨装置。

15

7. 研磨パッドを支持する研磨テーブルと、

基板を前記研磨パッドに押し付けるトップリングと、

液体を前記研磨パッドに供給する液体供給機構と、を備え、

- 20 前記液体供給機構は、前記研磨テーブルの半径方向に移動可能なノズルアームに取り付けられた液体噴射ノズルの異常を検出するノズル異常検出装置を備えており、

前記ノズル異常検出装置は、前記液体噴射ノズルに連結された液体供給ラインの流路の大きさを調整する流量調整バルブの開度に基づいて、前記液体噴射ノズルの異常を判定する、研磨装置。

25

8. 前記ノズル異常検出装置は、

前記流量調整バルブの開度が所定の上限側しきい値に達すると、前記液体噴射ノズルの異常な詰まりを決定し、

前記流量調整バルブの開度が所定の下限側しきい値に達すると、前記液体噴射ノズルの異常な摩耗を決定する、請求項 7 に記載の研磨装置。

9. 前記上限側しきい値は、第 1 上限側しきい値と、前記第 1 上限側しきい値よりも大きな第 2 上限側しきい値とを有しており、

前記ノズル異常検出装置は、前記第 1 上限側しきい値および前記第 2 上限側しきい値に基づいて、前記液体噴射ノズルの交換を推奨する軽故障アラームおよび前記研磨装置の運転を停止する重故障アラームのうちのいずれか 1 つを発報する、請求項 8 に記載の研磨装置。

10

10. 前記下限側しきい値は、第 1 下限側しきい値と、前記第 1 下限側しきい値よりも小さな第 2 下限側しきい値とを有しており、

- 前記ノズル異常検出装置は、前記第 1 下限側しきい値および前記第 2 下限側しきい値に基づいて、前記液体噴射ノズルの交換を推奨する軽故障アラームおよび前記研磨装置の運転を停止する重故障アラームのうちのいずれか 1 つを発報する、請求項 8 に記載の研磨装置。

15