

基板処理方法および基板処理装置

発明の背景

発明の技術分野

- 5 [0001] 本発明は、ウェーハ、P C B配線基板、プリント配線基板、角基板などの基板を処理するための基板処理方法および基板処理装置に関し、特に基板の表面に露出した導電性材料の腐食を抑制しつつ、基板を処理するための基板処理方法および基板処理装置に関する。

関連技術の記載

- 10 [0002] 昨今の半導体デバイスの製造における各工程への要求精度は既に数n mのオーダに達しており、今後はオングストロームのオーダの精度が要求されると予想されている。化学機械研磨（CMP）においても、ウェーハの全面において、数n mオーダでの素子や配線等の寸法維持が求められ、本要求は今後オングストロームのオーダになると予想されている。これは、素子や配線の寸法変化が、デバイスの
- 15 駆動性能（駆動電圧や電流量）に影響するためである。

- [0003] よって、化学機械研磨（CMP）時においては、ディッシングやエロージョンの抑制のみならず、研磨後の洗浄工程において、基板表面上に付着したスラリや研磨生成物の除去に加え、デバイス構成材料、特にビア・コンタクトや配線で使用される導電性材料の腐食防止が求められている。ここで、CMPが対象とする導
- 20 電性材料としては、従来のタングステン（W）や銅（C u）などの配線用金属材料、タンタル／窒化タンタル（T a／T a N）やチタン／窒化チタン（T i／T i N）などのバリアメタル等が挙げられる。最近では、これらに加え、コバルト（C o）、ルテニウム（R u）、モリブデン（M o）、更にはカーボンナノチューブ（C N T）やグラフェンのように多岐に渡る導電性材料が半導体デバイスに使用されようとして
- 25 いる。材料によっては、例えば腐食が生じるp H領域が従来C uやWよりも広いものがあり、腐食防止の要求はより厳しくなっている。

[0004] また、CMPおよび基板洗浄時に発生する配線腐食のモードとしては、代表的なものとして、一般的な液体中のエッチャントと導電性材料との化学反応によ

るケミカル腐食や、液体中にて電氣的に接続された異種の導電性材料間で発生する起電力を元に生じるガルバニック腐食、P／N接合のような特定デバイスに光が照射された際に発生する起電力を元に生じる光腐食、研磨パッドと基板表面の摩擦や装置起因の静電気の伝播等により基板で発生した静電気を駆動力として生じる静電気起因の腐食が挙げられる。いずれの腐食モードでも、スラリや洗浄液、更にはリンス水のような液体中に存在するエッチャント成分が腐食に寄与する。代表的なエッチャント成分としては、スラリや洗浄液中のpH調整剤、酸化剤やキレート剤が挙げられる。更には洗浄モジュールや基板搬送装置内の酸素もエッチャントとして挙げられる。洗浄液やリンス水に溶存した酸素が直接、もしくはスラリや洗浄液のエッチャント成分と相まって、導電性材料の腐食の更なる促進に寄与するためである。

[0005] そこで、スラリや洗浄液については、これらの成分とともに防食成分や導電性材料表面に酸化膜等の保護膜を形成する成分を添加することで、腐食の抑制が行われている。一方で、酸素雰囲気除去について、通常、半導体洗浄で用いられる超純水は、脱気等で溶存酸素が強制的に除去された状態で洗浄モジュールに供給はされるが、雰囲気中の酸素は極めて容易に超純水に溶け込んでしまい、極短時間で脱気前の溶存酸素レベルに戻ってしまう。そこで、通常はN₂ガス等の不活性ガスで洗浄モジュール内の雰囲気をパージすることで、雰囲気中の酸素濃度を低下させ、基板上の洗浄液やリンス水への酸素の溶解量を低減させている。

20 【先行技術文献】

【特許文献】

[0006]

【特許文献1】 日本国特開2005-268287号公報

[0007] しかしながら、不活性ガスを使用する上記方法では、パージを行う対象領域によっては大量の不活性ガスの消費を伴うことで製造コストの増加につながってしまう。また、パージを行う領域が大きい、または構造により完全な密閉空間が形成できない場合には酸素濃度の十分な低減ができない場合もある。その場合、プレート等でパージする領域を基板近傍のみに物理的に限定する方式もあるが、本プレ

ートが他の洗浄機構と干渉し、洗浄動作を阻害するため、他の洗浄機構の搭載が制限されてしまい、洗浄性能の向上を阻害してしまう。従って、洗浄工程における酸素雰囲気によるケミカル腐食の抑制については、洗浄性能を維持もしくは向上しつつ、低コストかつ酸素濃度を十分に低減可能な方法が求められる。

- 5 [0008] 特許文献 1 には、飽和濃度以上の窒素を溶解させたリンス水を用いた洗浄装置が開示されている。このリンス水は酸素をほとんど含まないので、基板表面の導電性材料の腐食防止が期待される。しかしながら、リンス水中の気泡の発生を防止するために、窒素を溶解させたリンス水は脱気された後に基板表面に供給されるので、周囲雰囲気中の酸素が脱気済みリンス水に溶解しやすく、従って、基板表面
- 10 の導電性材料の腐食の抑制が不十分になるおそれがある。

発明の要旨

- [0009] そこで、本発明は、溶存酸素濃度を低減した液体を基板上に供給することで、基板表面の導電性材料の腐食を抑制することができる基板処理方法および基板
- 15 処理装置を提供する。

- [0010] 一態様では、表面に露出した導電性材料を有する基板を処理する基板処理方法であって、不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させることで、前記液体中に溶存する酸素を前記不活性ガスで置換し、前記不活性ガスが溶解した前記液体を減圧することで、前記液体中に前記不活性ガスの気泡を発生させ、前記気泡を含む
- 20 前記液体を前記基板の前記表面に供給しながら、前記基板を処理する、基板処理方法が提供される。

[0011] 一態様では、前記気泡の直径は、 $1\ \mu\text{m}$ 以下である。

一態様では、前記不活性ガスの前記飽和溶解度は、 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ の温度および1気圧の条件下での飽和溶解度である。

- 25 一態様では、前記基板処理方法は、前記不活性ガスを前記液体に溶解させる前に、前記液体を脱気することをさらに含む。

一態様では、前記基板処理方法は、前記不活性ガスを前記液体に溶解させる前に、前記液体を冷却することをさらに含む。

一態様では、冷却された前記液体の温度は、5℃～20℃の範囲内である。

[0012] 一態様では、前記基板処理方法は、液体タンクを経由して前記液体を循環させながら、前記不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させる工程と、前記液体中に前記不活性ガスの気泡を発生させる工程を繰り返すことをさらに含む。

5 一態様では、前記不活性ガスは、窒素ガスまたは希ガスである。

一態様では、前記液体は、純水または薬液である。

[0013] 一態様では、前記基板処理方法は、前記基板の搬送時に、前記気泡を含む前記液体を前記基板の前記表面に供給することをさらに含む。

一態様では、前記基板の処理は洗浄処理であって、前記洗浄処理は洗浄装置内で
10 行われ、前記基板は、その表面に前記気泡を含む前記液体が存在した状態で、前記洗浄装置内に搬入され、洗浄された前記基板は湿潤状態のまま前記洗浄装置から搬出される。

一態様では、前記基板の処理は洗浄処理であり、前記基板処理方法は、洗浄された前記基板を乾燥装置内で乾燥させることをさらに含み、前記基板は、その表面に
15 前記気泡を含む前記液体が存在した状態で、前記乾燥装置内に搬入され、乾燥された前記基板は乾燥状態のまま前記乾燥装置から搬出される。

一態様では、前記基板の処理は洗浄処理であり、前記基板処理方法は、研磨液を研磨面上に供給しながら、前記基板を前記研磨面に摺接させることで前記基板を研磨することをさらに含み、前記洗浄処理は、前記基板の研磨後に行われる。

20 [0014] 一態様では、表面に露出した導電性材料を有する基板を処理する基板処理装置であって、不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させることで、前記液体中に溶存する酸素を前記不活性ガスで置換する不活性ガス溶解装置と、前記不活性ガスが溶解した前記液体を減圧することで、前記液体中に前記不活性ガスの気泡を発生させる気泡発生装置と、前記気泡を含む前記液体を前記基板の前記表面に供給
25 しながら、前記基板を処理する処理モジュールと、前記気泡を含む前記液体を前記処理モジュールに送る不活性溶解液供給ラインを備えている、基板処理装置が提供される。

[0015] 一態様では、前記気泡発生装置は、直径1 μm以下の気泡を発生させるよ

うに構成されている。

一態様では、前記不活性ガスの前記飽和溶解度は、20℃の温度および1気圧の条件下での飽和溶解度である。

- 一態様では、前記基板処理装置は、前記不活性ガスを溶解させる前の前記液体を
- 5 脱気する脱気装置をさらに備えている。

一態様では、前記基板処理装置は、前記不活性ガスを溶解させる前の前記液体を冷却する液体冷却装置をさらに備えている。

一態様では、前記液体冷却装置は、前記不活性ガスを溶解させる前の前記液体を5℃～20℃の範囲内の温度に冷却するように構成されている。

- 10 [0016] 一態様では、前記基板処理装置は、前記不活性ガス溶解装置の上流に配置された液体タンクと、前記液体タンク内に貯留された前記液体を前記不活性ガス溶解装置に送るポンプと、前記気泡発生装置の下流の位置から前記液体タンクまで延び、前記気泡を含む前記液体を前記液体タンクに戻す循環ラインをさらに備えている。

- 15 一態様では、前記不活性ガスは、窒素ガスまたは希ガスである。

一態様では、前記液体は、純水または薬液である。

- 一態様では、前記基板処理装置は、前記基板を搬送する基板搬送装置をさらに備え、前記基板搬送装置は、前記基板を支持するロボットハンドと、前記ロボットハンドの上方に配置され、かつ前記不活性溶解液供給ラインに連結されたシャワーノズルを備えている。
- 20

一態様では、前記基板処理装置は、研磨液を研磨面上に供給しながら、前記基板を前記研磨面に摺接させることで前記基板を研磨するCMP装置をさらに含み、前記処理モジュールは、前記CMP装置の研磨動作の後に前記基板を洗浄する洗浄装置である。

- 25 一態様では、基板処理装置に指令を与えて、上記基板処理方法を前記基板処理装置に実行させる動作をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体が提供される。

[0017] 本発明によれば、不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させており、

供給後も不活性ガスの気泡が存在することで、液体中の酸素濃度が極微量のレベルに維持されているため、酸素起因の導電性材料の腐食が抑制できる。また、窒素ガス等の不活性ガスによる周囲雰囲気中の酸素をパージする構造を省略することが可能となるため、不活性ガスの使用量の削減が可能であり、製造コストの低減が可能となる。

図面の簡単な説明

- [0018] 図 1 は、基板処理装置の一実施形態を示す模式図である。
- 図 2 は、基板処理装置の他の実施形態を示す模式図である。
- 10 図 3 A 乃至図 3 C は、基板搬送装置の一実施形態を示す側面図である。
- 図 4 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 図 5 は、酸素および代表的な不活性ガスの溶解度を示す表である。
- 図 6 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 図 7 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 15 図 8 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 図 9 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 図 10 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 図 11 は、基板処理装置のさらに他の実施形態を示す模式図である。
- 図 12 は、CMP 装置の一実施形態を模式的に示す斜視図である。
- 20

実施形態の説明

- [0019] 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、基板処理装置の一実施形態を示す模式図である。本実施形態の基板処理装置は、ウェーハ、PCB 配線基板、プリント配線基板、角基板などの半導体デバイスの製造に使用される基板を洗浄および乾燥するための装置である。基板の典型的な例としては円形のウェーハが挙げられる。以下に説明する実施形態で使用される基板は、円形であるが、処理すべき基板の形状は円形に限られず、他の形状（例えば矩形状や多角形状）を有してもよい。洗浄すべき基板は、例えば、CMP
- 25

(化学機械研磨) 装置によって研磨された基板である。

[0020] 処理対象となる基板は、その表面に露出した導電性材料を有する。導電性材料は、半導体デバイスを構成する配線、コンタクト、プラグなどである。導電性材料の例としては、タングステン (W)、銅 (Cu)、タンタル/窒化タンタル (Ta/TaN)、チタン/窒化チタン (Ti/TiN)、コバルト (Co)、ルテニウム (Ru)、モリブデン (Mo) などの金属材料が挙げられる。さらに、これら金属材料に加えて、カーボンナノチューブ (CNT) またはグラフェンなどが基板の表面に露出していることもある。以下に説明する実施形態に係る基板処理装置は、基板の表面に露出した導電性材料の酸素に起因する腐食を抑制しつつ、基板の表面を洗浄および乾燥する用途に使用される。

[0021] 図1に示すように、本実施形態の基板処理装置は、基板Wの表面を洗浄するための2台の洗浄装置1A、1Bと、洗浄された基板Wを乾燥させる乾燥装置3と、洗浄装置1Aと洗浄装置1Bとの間で基板Wを搬送する基板搬送装置5Aと、洗浄装置1Bと乾燥装置3との間で基板Wを搬送する基板搬送装置5Bと、洗浄装置1A、1Bおよび乾燥装置3に純水および薬液の少なくとも一方を供給する液体供給装置6A、6Bと、基板処理装置の動作を制御する動作制御部7を備えている。

[0022] 洗浄装置1A、1Bおよび乾燥装置3は、基板Wを処理するための処理モジュールの例である。図1に示す実施形態では、2台の洗浄装置1A、1Bが設けられているが、洗浄装置の台数は本実施形態に限られず、1台の洗浄装置のみが設けられてもよいし、あるいは3台以上の洗浄装置が設けられてもよい。本実施形態に使用される薬液は、基板Wの洗浄用の薬液であり、例えば、純水中にキレート剤等の洗浄液成分及びpH調整剤等を混ぜたものである。あるいは、一実施形態においては、電解イオン水、希釈濃度の塩酸水、またはアンモニア水を使用してもよい。

[0023] 動作制御部7は、少なくとも1つコンピュータから構成される。動作制御部7は、プログラムが格納された記憶装置7aと、プログラムに含まれる命令に従って演算を実行する演算装置7bを備えている。記憶装置7a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。演算装置7

b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7の具体的構成は本実施形態に限定されない。

- [0024]一実施形態においては、動作制御部7は、プログラムを格納したメモリと、
- 5 メモリのプログラムを実行するCPU（Central Processing Unit）と、CPUがプログラムを実行することで実現される制御モジュールとを有してもよい。制御モジュールは、また、制御部は、基板処理装置及びその他の関連装置を統括制御する図示しない上位コントローラと通信可能に構成され、上位コントローラが有するデータベースとの間でデータのやり取りをすることができる。ここで、メモリを構成
- 10 する記録媒体は、各種の設定データや処理プログラム等の各種のプログラムを格納している。記録媒体としては、コンピュータで読み取り可能なROMやRAMなどのメモリや、ハードディスク、CD-ROM、DVD-ROMやフレキシブルディスクなどのディスク状やスティック状等の出し入れ自由な記録媒体などの公知のものが使用され得る。
- 15 [0025] 以下の説明では、2台の洗浄装置1A、1Bを、一次洗浄装置1Aおよび二次洗浄装置1Bと称する。一次洗浄装置1Aおよび二次洗浄装置1Bのそれぞれは、基板W上に液体が存在した状態で洗浄具を基板Wの表面に摺接させることで、基板Wの表面を洗浄するように構成されている。より具体的には、一次洗浄装置1Aは、基板保持部（図示せず）で基板Wを保持および回転させながら、かつ円筒状
- 20 のロール洗浄具10、11を回転させながらロール洗浄具10、11を基板Wの両面に押し付けることで、基板Wの両面をスクラブ洗浄するロール型洗浄機である。二次洗浄装置1Bは、基板保持部（図示せず）で基板Wを保持および回転させながら、かつペン型洗浄具12を回転させながらペン型洗浄具12を基板Wの表面（上面）に押し付けることで、基板Wの表面をスクラブ洗浄するペン型洗浄機である。
- 25 [0026] 上述した基板保持部（図示せず）の具体例としては、基板Wの周縁部に接触する複数のローラーチャックを備えた基板保持部が挙げられる。ペン型洗浄具12は揺動アーム13の先端に回転可能に連結されており、揺動アーム13の揺動に伴ってペン型洗浄具12は基板Wの表面（上面）を基板Wの半径方向に走査する。

ただし、洗浄装置 1 A, 1 B の具体的構成は、本実施形態に限定されるものではない。例えば、洗浄装置 1 A, 1 B は同じタイプの洗浄装置であってもよく、あるいは洗浄装置 1 A, 1 B はロール型洗浄機およびペン型洗浄機以外のタイプの洗浄装置であってもよい。

- 5 [0027] なお、洗浄具は例えば P V A スポンジが挙げられる。また、一実施形態においては基板の表面側にペン型洗浄機を、裏面にロール型洗浄機を用いるタイプの洗浄装置であってもよい。あるいは、たとえば、一実施形態においては、一次洗浄装置 1 A もしくは二次洗浄装置 1 B に 2 流体ジェット (2 F J) を使用し、2 流体ジェット洗浄工程の際に併用するリンス液として、後述するように、不活性ガスが
- 10 溶解した液体を減圧して気泡を発生させた液体を用いることが考えられる。基板表面を研磨すると、基板表面に凹部形状となるディッシングやエロージョンが形成されることがある。このディッシング等の内部に存在するパーティクルは、スクラブ洗浄で除去することが一般に困難である。そのときに 2 流体ジェット洗浄が有効であることが知られているが、2 流体ジェット洗浄工程の際も腐食を抑制する必要がある場合も想定されるため、そういった場合にはリンス液として気泡を発生させた液体を利用することが考えられるためである。

- [0028] 本実施形態では、2 台の基板搬送装置 5 A, 5 B が設けられているが、基板搬送装置の台数は洗浄装置の数によって変わりうるので、基板搬送装置の数は本実施形態に限定されるものではない。図 1 に示すように、一次洗浄装置 1 A、二次
- 20 洗浄装置 1 B、および乾燥装置 3 は、一列に並んでおり、基板搬送装置 5 A は、一次洗浄装置 1 A と二次洗浄装置 1 B との間に配置され、基板搬送装置 5 B は、二次洗浄装置 1 B と乾燥装置 3 との間に配置されている。

- [0029] 本実施形態では、乾燥装置 3 は、純水供給ノズルおよび I P A 供給ノズルを基板 W の半径方向に移動させながら、純水供給ノズルおよび I P A 供給ノズルから純水と I P A 蒸気 (イソプロピルアルコールと不活性ガスとの混合物) を基板 W
- 25 の上面に供給することで基板 W を乾燥させる I P A 乾燥装置である。一実施形態では、乾燥装置 3 は、基板 W に純水からなるリンス水を供給した後に、基板 W を高速で回転させるスピン乾燥装置であってもよい。

[0030] 本実施形態では、2 台の液体供給装置 6 A、6 B が設けられている。以下の説明では、2 台の液体供給装置 6 A、6 B を、第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B と称する。後述するように、第 1 液体供給装置 6 A は、飽和溶解度以上に不活性ガスが溶解した薬液を生成するように構成され、第 2 液体供給装置 6 B は、飽和溶解度以上に不活性ガスが溶解した純水を生成するように構成されている。

[0031] 第 1 液体供給装置 6 A は、不活性ガスが溶解した薬液を第 1 不活性ガス溶解液供給ライン 1 4 を通じて一次洗浄装置 1 A および二次洗浄装置 1 B に供給する。第 2 液体供給装置 6 B は、不活性ガスが溶解した純水を第 2 不活性ガス溶解液供給ライン 1 5 を通じて一次洗浄装置 1 A、二次洗浄装置 1 B、基板搬送装置 5 A、5 B、および乾燥装置 3 に供給する。不活性ガスが溶解した純水を基板搬送装置 5 A、5 B に供給する理由は、不活性ガスが溶解した純水を基板 W 上に供給することで、基板 W の搬送中に周囲雰囲気中の酸素に起因する基板 W の導電性材料の腐食を抑制するためである。

[0032] 一次洗浄装置 1 A は、不活性ガスが溶解した薬液を基板 W の表面に供給する薬液供給ノズル 1 7 と、不活性ガスが溶解した純水を基板 W の表面に供給する純水供給ノズル 1 8 を備えている。二次洗浄装置 1 B も、不活性ガスが溶解した薬液を基板 W の表面に供給する薬液供給ノズル 2 0 と、不活性ガスが溶解した純水を基板 W の表面に供給する純水供給ノズル 2 1 を備えている。乾燥装置 3 は、不活性ガスが溶解した純水を基板 W の表面に供給する純水供給ノズル 2 2 を備えている。さらに、基板搬送装置 5 A および基板搬送装置 5 B のそれぞれは、不活性ガスが溶解した純水を基板 W の表面に供給するシャワーノズル 2 5 を備えている。

[0033] 一実施形態においては、薬液供給ノズル 1 7、純水供給ノズル 1 8、薬液供給ノズル 2 0、純水供給ノズル 2 1、純水供給ノズル 2 2 は、基板 W に対して位置が固定されている。別の実施形態においては、図 2 に示すように、薬液供給ノズル 2 0 に加え、ペン型洗浄具 1 2 で基板 W の表面をスクラブ洗浄させる際の揺動アーム 1 3 の先端に、薬液供給ノズル 2 0' を設け、薬液供給ノズル 2 0 への薬液供給路を分岐させて不活性ガスが溶解した薬液を薬液供給ノズル 2 0' にも供給でき

るようにすることができる。薬液供給ノズル20'をペン型洗浄具12とともに基板Wの上面で移動させることにより、基板Wの上面に対する不活性ガスが溶解した薬液の着液位置を基板Wの面内で走査させるようにすることもできる。図2に示す薬液供給ノズル20'は、以下に説明する実施形態にも同様に適用可能である。

- 5 [0034] 基板Wは、次のようにして処理される。導電性材料が露出した表面が上向きの状態で、基板Wは基板搬送装置5Aによって一次洗浄装置1A内に搬送される。より具体的には、不活性ガスが溶解した純水（不活性ガスの気泡を含む）は、基板搬送装置5Aのシャワーノズル25から基板Wの表面（上面）に供給され、基板W上に純水の膜が形成される。その後、基板Wは、その表面に気泡を含む純水が存在した状態で、基板搬送装置5Aによって一次洗浄装置1A内に搬入される。基板搬送装置5Aの詳細な構成は後述する。一次洗浄装置1Aは、第1液体供給装置6Aから供給された薬液、および第2液体供給装置6Bから供給された純水を基板Wの両面に供給しながら、ロール洗浄具10、11で基板Wの両面をスクラブ洗浄する。薬液と純水は、いずれも不活性ガスの気泡を含む液体である。薬液と純水の供給するタイミングは特に限定されず、薬液が供給された後に純水がリンス水として供給されてもよい。
- 10
- 15

- [0035] 一次洗浄装置1Aで洗浄された基板Wは、湿潤状態のまま一次洗浄装置1Aから基板搬送装置5Aにより搬出され、さらに二次洗浄装置1Bに搬送される。一次洗浄装置1Aから二次洗浄装置1Bへの搬送中、不活性ガスが溶解された純水（不活性ガスの気泡を含む）は基板搬送装置5Aのシャワーノズル25から基板W上に供給され、基板W上に純水の膜が形成される。基板Wは、その表面に気泡を含む純水が存在した状態で、基板搬送装置5Aによって二次洗浄装置1B内に搬入される。二次洗浄装置1Bは、第1液体供給装置6Aから供給された薬液、および第2液体供給装置6Bから供給された純水を基板Wの表面（上面）に供給しながら、ペン型洗浄具12で基板Wの表面をスクラブ洗浄する。薬液と純水は、いずれも不活性ガスの気泡を含む液体である。
- 20
- 25

[0036] 二次洗浄装置1Bで洗浄された基板Wは、湿潤状態のまま二次洗浄装置1Bから基板搬送装置5Bにより搬出され、さらに乾燥装置3に搬送される。二次洗

- 浄装置 1 B から乾燥装置 3 への搬送中、不活性ガスが溶解された純水（不活性ガスの気泡を含む）は基板搬送装置 5 B のシャワーノズル 2 5 から基板 W 上に供給され、基板 W 上に純水の膜が形成される。基板 W は、その表面に気泡を含む純水が存在した状態で、基板搬送装置 5 B によって乾燥装置 3 内に搬入される。乾燥装置 3 は、
- 5 純水供給ノズル 2 2 および IPA 供給ノズル（図示せず）を基板 W の半径方向に移動させながら、純水供給ノズル 2 2 および IPA 供給ノズルから純水と IPA 蒸気（イソプロピルアルコールと不活性ガスとの混合物）を基板 W の上面に供給することで基板 W を乾燥させる。乾燥された基板 W は、乾燥状態のまま乾燥装置 3 から図示しない搬送装置により搬出される。
- 10 [0037] 本実施形態では、2 台の液体供給装置 6 A、6 B が設けられているが、液体供給装置の台数は基板の処理方法によって変わりうるので、液体供給装置の数は本実施形態に限定されるものではない。
- [0038] 次に、第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B について詳細に説明する。第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B は、同じ構成を有し
- 15 ているが、第 1 液体供給装置 6 A が液体として薬液を使用するのに対して、第 2 液体供給装置 6 B が液体として純水を使用する点で異なっている。
- [0039] 第 1 液体供給装置 6 A は、不活性ガスを飽和溶解度以上に薬液に溶解させることで、薬液中に溶存する酸素を不活性ガスで置換する不活性ガス溶解装置 3 1 A と、不活性ガスが溶解した薬液を減圧することで、薬液中に不活性ガスの気泡を
- 20 発生させる気泡発生装置 3 2 A を備えている。不活性ガス溶解装置 3 1 A は、不活性ガスライン 3 3 A に接続されており、不活性ガス供給源 3 5 から不活性ガスが不活性ガスライン 3 3 A を通じて不活性ガス溶解装置 3 1 A に供給されるようになっている。第 1 液体供給装置 6 A は、不活性ガスライン 3 3 A に接続された圧力レギュレータ 3 7 A を備えており、不活性ガス溶解装置 3 1 A に供給される不活性ガス
- 25 の圧力は、圧力レギュレータ 3 7 A によって調節される。
- [0040] 不活性ガス供給源 3 5 は、基板処理装置が設置される工場のユーティリティ設備としての不活性ガス供給源であってもよいし、あるいは不活性ガスを格納した不活性ガスタンクであってもよい。不活性ガスの例としては、窒素ガスや希ガス

(アルゴンガス、ヘリウムガス、ネオンガス等)が挙げられる。不活性ガス溶解装置 3 1 A に供給される不活性ガスの圧力は、供給すべき薬液および純水の流量にも依存するが、ゲージ圧で 1 ～ 1 0 気圧であり、薬液および純水の供給圧力よりも同等以上の圧力に設定される。

- 5 [0041] 不活性ガス溶解装置 3 1 A および気泡発生装置 3 2 A は、第 1 液体移送ライン 4 0 A によって連結されている。第 1 液体移送ライン 4 0 A は、図示しない薬液供給源に接続されている。薬液供給源は、基板処理装置が設置される工場のユーティリティ設備としての薬液供給源であってもよいし、あるいは薬液が貯留された薬液タンクであってもよい。薬液は、1 気圧よりも高い供給圧を持って薬液供給源
- 10 から第 1 液体移送ライン 4 0 A に送られる。

- [0042] 不活性ガス溶解装置 3 1 A は、不活性ガスを飽和溶解度以上に薬液に溶解させるように構成されている。本明細書で定義される不活性ガスの飽和溶解度は、2 0 ℃ の温度および 1 気圧の条件下での飽和溶解度である。不活性ガス溶解装置 3 1 A の具体的に構成は特に限定されないが、例えば、不活性ガス溶解装置 3 1 A は、
- 15 薬液中で不活性ガスのバブリングを実行する、またはガス溶解膜を用いて不活性ガスを薬液中に溶解させるように構成される。薬液供給源から第 1 液体移送ライン 4 0 A に送られる薬液の圧力は、1 気圧よりも高いので、不活性ガスは過飽和の状態
- 20 で薬液中に溶解する。不活性ガスが薬液に溶解するにつれて、薬液中に溶存している酸素は不活性ガスによって追い出される（不活性ガスで置換される）。言い換えれば、薬液中の不活性ガスの濃度が高くなるほど、薬液中に溶存する酸素の濃度は低くなる。

- [0043] 気泡発生装置 3 2 A は、不活性ガスが溶解した薬液を減圧することで、薬液中に不活性ガスの気泡を発生させるように構成される。気泡発生装置 3 2 A は、その下流にある一次洗浄装置 1 A および二次洗浄装置 1 B への供給可能な圧力の下
- 25 限值まで、薬液の圧力を下げることが可能に構成される。気泡発生装置 3 2 A の構成は、薬液を減圧させることができるのであれば特に限定されない。例えば、気泡発生装置 3 2 A は、不活性ガスが溶解された薬液を減圧雰囲気下にさらすことで、薬液を減圧させるように構成されてもよい。気泡の直径は、気泡発生装置 3 2 A に

よって減圧すべき目標圧力によって制御することができる。気泡発生装置 3 2 A によって発生される気泡の直径は、 $1\ \mu\text{m}$ 以下である。気泡の直径は、圧力レギュレータ 3 7 A によってもある程度制御することができる。

[0044] 第 1 液体移送ライン 4 0 A は、第 1 不活性ガス溶解液供給ライン 1 4 に接続されている。不活性ガスからなる気泡を含む薬液は、第 1 不活性ガス溶解液供給ライン 1 4 を通って一次洗浄装置 1 A および二次洗浄装置 1 B に送られる。第 1 液体供給装置 6 A は、薬液の流量を調節する流量調節器 4 2 A を備えている。流量調節器 4 2 A は、第 1 液体移送ライン 4 0 A に接続されており、気泡発生装置 3 2 A の下流側に配置されている。不活性ガスからなる気泡を含む薬液の流量は、流量調節器 4 2 A によって調節される。気泡に起因した流量調節器 4 2 A の誤動作を防止するために、一実施形態では、流量調節器 4 2 A は、不活性ガス溶解装置 3 1 A の上流に配置されてもよい。

[0045] 薬液中に含まれる気泡は、雰囲気中の酸素の薬液への溶解を阻害することができるため、薬液の低溶存酸素濃度状態を維持することが可能である。気泡径が大きすぎるとパーティクルの付着や薬液の基板 W 接触率が低下したり、気泡が崩壊する際の潰食の影響が大きくなる可能性があることから、気泡径は制御する必要がある、 $1\ \mu\text{m}$ が好ましい。一般的に、気泡径が大きい場合、ごく短時間で気泡は崩壊し、薬液中に溶存する不活性ガスの濃度の持続時間が短い。これに対して、 $1\ \mu\text{m}$ の気泡では崩壊する速度は小さくなり、一定時間気泡の混入量を維持できることから、薬液中に溶存する不活性ガスの濃度を維持することが可能となる。

[0046] 第 1 液体供給装置 6 A は、気泡発生装置 3 2 A の下流側に配置された三方弁 4 5 A と、三方弁 4 5 A に接続されたドレインライン 4 6 A をさらに備えている。図 1 に示す例では、三方弁 4 5 A は、気泡発生装置 3 2 A と流量調節器 4 2 A との間に配置されている。三方弁 4 5 A の入口は、第 1 液体移送ライン 4 0 A に接続されており、三方弁 4 5 A の 2 つの出口は、第 1 液体移送ライン 4 0 A およびドレインライン 4 6 A にそれぞれ接続されている。三方弁 4 5 A は、1 つの入口を開けた状態に維持しつつ、2 つの出口のいずれか一方を選択的に閉じるように構成されている。三方弁 4 5 A は、電動機またはエアシリンダなどのアクチュエータによって

動作するアクチュエータ駆動型三方弁である。三方弁 4 5 A は、動作制御部 7 に接続されており、三方弁 4 5 A の動作は動作制御部 7 によって制御される。

[0047] 気泡発生装置 3 2 A で発生させた気泡の直径は、気泡発生装置 3 2 A の始動時に安定しない場合がある。また、基板を洗浄しないインターバルの間では、薬液の流れがないために、気泡径が安定しない場合がある。そこで、動作制御部 7 は、気泡発生装置 3 2 A の始動時および／または基板を洗浄しないインターバル時に、三方弁 4 5 A に指令を発して、薬液の移送先をドレインライン 4 6 A に切り替え、洗浄装置 1 A, 1 B に供給する前に予め設定された時間だけ薬液をドレインライン 4 6 A を通じて排出させる。予め設定された時間が経過した後、動作制御部 7 は、三方弁 4 5 A に指令を発して、薬液の移送先をドレインライン 4 6 A から第 1 液体移送ライン 4 0 A に切り替えて、気泡を含む薬液を洗浄装置 1 A, 1 B に供給する。これにより気泡径及び気泡混合量が安定した薬液を供給することが可能となる。

[0048] 第 2 液体供給装置 6 B は、上述した第 1 液体供給装置 6 A と同じ構成を有している。第 2 液体供給装置 6 B の不活性ガス溶解装置 3 1 B、気泡発生装置 3 2 B、不活性ガスライン 3 3 B、第 2 液体移送ライン 4 0 B、圧力レギュレータ 3 7 B、三方弁 4 5 B、ドレインライン 4 6 B、および流量調節器 4 2 B は、第 1 液体供給装置 6 A の不活性ガス溶解装置 3 1 A、気泡発生装置 3 2 A、不活性ガスライン 3 3 A、第 1 液体移送ライン 4 0 A、圧力レギュレータ 3 7 A、三方弁 4 5 A、ドレインライン 4 6 A、および流量調節器 4 2 A にそれぞれ相当する。第 1 液体供給装置 6 A の上記説明と、液体が薬液である場合の上記説明（気泡径など）は、第 2 液体供給装置 6 B および液体が純水である場合にも同様に適用されるので、その重複する説明を省略する。

[0049] 第 2 液体移送ライン 4 0 B は、図示しない純水供給源に接続されている。純水供給源は、基板処理装置が設置される工場のユーティリティ設備としての純水供給源であってもよいし、あるいは純水が貯留された純水タンクであってもよい。純水は、1 気圧よりも高い供給圧を持って純水供給源から第 2 液体移送ライン 4 0 B に送られる。第 2 液体移送ライン 4 0 B は第 2 不活性ガス溶解液供給ライン 1 5 に接続されている。不活性ガスからなる気泡を含む純水は、第 2 不活性ガス溶解液

供給ライン 1 5 を通って一次洗浄装置 1 A、二次洗浄装置 1 B、基板搬送装置 5 A、基板搬送装置 5 B、および乾燥装置 3 に送られる。気泡発生装置 3 2 B は、その下流側にある一次洗浄装置 1 A、二次洗浄装置 1 B、基板搬送装置 5 A、基板搬送装置 5 B、および乾燥装置 3 への供給可能な圧力の下限值まで、純水の圧力を下げることが可能に構成される。

[0050] 第 1 液体供給装置 6 A と同様に、動作制御部 7 は、気泡発生装置 3 2 B の始動時および／または基板を洗浄しないインターバル時に、三方弁 4 5 B に指令を發して、純水の移送先をドレインライン 4 6 B に切り替え、洗浄装置 1 A、1 B に供給する前に予め設定された時間だけ純水をドレインライン 4 6 B を通じて排出させる。予め設定された時間が経過した後、動作制御部 7 は、三方弁 4 5 B に指令を發して、純水の移送先をドレインライン 4 6 B から第 2 液体移送ライン 4 0 B に切り替えて、気泡を含む純水を洗浄装置 1 A、1 B に供給する。

[0051] 一次洗浄装置 1 A および二次洗浄装置 1 B は、薬液および純水を基板 W の表面に供給することで、薬液および純水の膜を基板 W の表面上に形成する。薬液および純水には、不活性ガスが飽和溶解度以上の溶解度で溶解されており、かつ不活性ガスからなる気泡が存在するので、薬液および純水の膜は、周囲雰囲気中の酸素を遮断し、基板 W の表面に露出する導電性材料（例えば銅などの配線金属）の腐食を抑制することができる。乾燥装置 3 においても、同様に、不活性ガスの気泡を含む純水の膜が基板 W の表面上に形成されるので、基板 W の表面に露出する導電性材料の腐食を抑制することができる。

[0052] さらに、本実施形態によれば、一次洗浄装置 1 A と二次洗浄装置 1 B との間、および二次洗浄装置 1 B と乾燥装置 3 との間の基板 W の搬送時にも、不活性ガスの気泡を含む純水の膜が基板 W の表面上に形成されるので、基板 W の搬送時においても基板 W の表面に露出する導電性材料の腐食を抑制することができる。

[0053] 基板搬送装置 5 A と基板搬送装置 5 B は、実質的に同じ構成を有しているので、以下基板搬送装置 5 A について説明する。図 3 A 乃至図 3 C は、基板搬送装置 5 A の一実施形態を示す側面図である。図 3 A に示すように、基板搬送装置 5 A は、基板 W を支持するロボットハンド 5 1 と、ロボットハンド 5 1 を移動させる移

動機構 5 3 と、移動機構 5 3 に連結された液受け容器 5 5 と、ロボットハンド 5 1 の上方に位置するシャワーノズル 2 5 を備えている。図 3 A 乃至図 3 C は、液受け容器 5 5 の断面を示している。液受け容器 5 5 の少なくとも底部 5 5 a は、シャワーノズル 2 5 およびロボットハンド 5 1 の下方に位置している。本実施形態では、

5 シャワーノズル 2 5 は、液受け容器 5 5 内に位置している。

[0054] 移動機構 5 3 は、ロボットハンド 5 1 を水平方向および上下方向に移動させ、かつロボットハンド 5 1 を水平に旋回させるように構成されている。液受け容器 5 5 は、ロボットハンド 5 1 と一体に旋回し、かつロボットハンド 5 1 と一体に上下方向に移動するように移動機構 5 3 に連結されている一方で、液受け容器 5 5

10 はロボットハンド 5 1 と一体に水平方向には移動しない。液受け容器 5 5 は、ロボットハンド 5 1 が液受け容器 5 5 の外側に水平移動することを許容する切り欠き 5 5 b を有している。シャワーノズル 2 5 は、液受け容器 5 5 に固定されている。より具体的には、シャワーノズル 2 5 は、液受け容器 5 5 に連結部材 5 6 を介して固定されている。シャワーノズル 2 5 は、液受け容器 5 5 に直接固定されてもよい。

15 シャワーノズル 2 5 は、液受け容器 5 5 と一体に旋回し、かつ上下方向に移動するが、ロボットハンド 5 1 と一体に水平方向には移動しない。すなわち、シャワーノズル 2 5 と液受け容器 5 5 との相対位置は固定である。

[0055] 第 2 液体供給装置 6 B から延びる第 2 不活性ガス溶解液供給ライン 1 5 は、シャワーノズル 2 5 に連結されており、不活性ガスが溶解された純水（不活性ガスの気泡を含む）は、シャワーノズル 2 5 に供給される。シャワーノズル 2 5 は、その下面に複数の液体吐出口を有している。不活性ガスが溶解された純水は、シャワーノズル 2 5 からロボットハンド 5 1 上の基板 W の上面全体に供給される。

20

[0056] 図 3 B に示すように、基板搬送装置 5 A が基板 W を受け取るとき、ロボットハンド 5 1 は切り欠き 5 5 b を通って液受け容器 5 5 の外に伸びる。ロボットハンド 5 1 が基板 W を受け取ると、ロボットハンド 5 1 は液受け容器 5 5 内の基準位置（図 3 A に示す位置）に戻る。シャワーノズル 2 5 は、基準位置にあるロボットハンド 5 1 の上方に位置している。したがって、ロボットハンド 5 1 が基準位置にあるときに、シャワーノズル 2 5 は、不活性ガスが溶解された純水をロボットハン

25

ド51上の基板Wの上面全体に供給する。純水は液受け容器55内で集められ、液受け容器55から排出される。

[0057] 基板搬送装置5Aが基板Wを一次洗浄装置1Aから二次洗浄装置1Bに搬送するとき、図3Cに示すように、ロボットハンド51は液受け容器55内に位置したまま移動機構53により旋回する。シャワーノズル25はロボットハンド51と一体に旋回するので、ロボットハンド51が旋回している間も、シャワーノズル25は、不活性ガスが溶解された純水（不活性ガスの気泡を含む）をロボットハンド51上の基板Wの上面全体に供給し続ける。このように、不活性ガスの気泡を含む純水を基板搬送時に供給することで、基板表面の液膜が維持されるとともに、不活性ガスが溶解した純水が雰囲気中の酸素を遮断することから、基板搬送中における導電性材料の腐食抑制が可能となる。

[0058] 導電性材料の腐食を抑制する観点から、薬液および純水中の溶存酸素を限りなく除去することが望ましい。そこで、図4に示す一実施形態では、第1液体供給装置6Aおよび第2液体供給装置6Bは、液体（図4に示す実施形態では薬液および純水）を脱気する脱気装置60A、60Bをさらに備えている。第1液体供給装置6Aの脱気装置60Aは、第1液体移送ライン40Aに接続され、かつ不活性ガス溶解装置31Aの上流に配置されている。この脱気装置60Aは、不活性ガス溶解装置31Aによって不活性ガスが薬液中に溶解される前に薬液を脱気する（薬液から酸素を除去する）。第2液体供給装置6Bの脱気装置60Bは、第2液体移送ライン40Bに接続され、かつ不活性ガス溶解装置31Bの上流に配置されている。この脱気装置60Bは、不活性ガス溶解装置31Bによって不活性ガスが純水中に溶解される前に純水を脱気する（純水から酸素を除去する）。図4の実施形態によれば、薬液および純水中の溶存酸素を限りなく除去することが可能となる。

[0059] 一般に、液体中への気体の溶解はヘンリーの法則に従う。すなわち、ある温度において液体に溶解できる気体の量は、気体の分圧にほぼ正比例する。よって、溶解させる気体の圧力（複数気体の場合は分圧）にほぼ比例して、溶解度は大きくなる。また、一定気圧の場合、気体の溶解度は温度に依存する。

[0060] 図5は、酸素および代表的な不活性ガスについて、1気圧下で水1cm³

あたりの溶解量(cm^3)を示している。図5に示すように、酸素に対して同一圧力で溶解度が大きいガスはアルゴンガスのみであり、他の不活性ガスの溶解度は小さい。この場合、1気圧条件下では、雰囲気中の窒素と酸素の分圧に応じて、酸素の再溶解が生じることがある。

- 5 [0061] そこで、次に説明する実施形態では、溶解させる不活性ガスの加圧と、溶媒となる液体（以下の例では薬液および純水）の温度を下げることで、不活性ガスの溶解度を増加させる。図6に示すように、第1液体供給装置6Aおよび第2液体供給装置6Bは、不活性ガスが溶解される前の液体（図8の実施形態では薬液および純水）を冷却する液体冷却装置64A、64Bと、不活性ガスが溶解される前の
- 10 液体を加圧するポンプ65A、65Bをさらに備えている。より具体的には、第1液体供給装置6Aは、第1液体移送ライン40Aに接続された液体冷却装置64Aおよびポンプ65Aを備えている。第2液体供給装置6Bも、同様に、第2液体移送ライン40Bに接続された液体冷却装置64Bおよびポンプ65Bを備えている。
- [0062] 液体冷却装置64Aおよびポンプ65Aは、不活性ガス溶解装置31Aの
- 15 上流に配置されている。液体冷却装置64Aは、不活性ガス溶解装置31Aによって不活性ガスが薬液中に溶解される前に薬液を冷却する。冷却される薬液の目標温度は予め設定されており、例えば、目標温度は、薬液の凍結を避けるために0℃よりも高い温度であって、かつ室温よりも低い温度である。例えば、液体冷却装置64Aは、薬液を5℃～20℃の範囲内の温度に冷却するように構成されている。
- 20 [0063] ポンプ65Aは、不活性ガス溶解装置31Aによって不活性ガスが薬液中に溶解される前に薬液を加圧する。より具体的には、ポンプ65Aは、薬液供給源から送られてきた薬液の供給圧よりも高い圧力にまで薬液を加圧する。加圧される薬液の目標圧力は予め設定されており、例えば、ゲージ圧で1～10気圧に相当する圧力範囲内の圧力である。
- 25 [0064] 図6に示す実施形態では、液体冷却装置64Aはポンプ65Aの上流に配置されているが、液体冷却装置64Aおよびポンプ65Aの両方が不活性ガス溶解装置31Aの上流に配置されている限りにおいて、液体冷却装置64Aはポンプ65Aの下流に配置されてもよい。

[0065] 第2液体供給装置6Bの液体冷却装置64Bおよびポンプ65Bの構成および配置は、上述した第1液体供給装置6Aの液体冷却装置64Aおよびポンプ65Aと同じであるので、その重複する説明を省略する。本実施形態によれば、溶解度の小さい不活性ガスの溶解度を高めることが可能であり、酸素除去効果が増加する。図4に示す脱気装置60A、60Bは、図6に示す実施形態にも適用することができる。例えば、図7に示すように、脱気装置60Aは、液体冷却装置64Aとポンプ65Aとの間に配置され、脱気装置60Bは、液体冷却装置64Bとポンプ65Bとの間に配置される。

[0066] 図8は、基板処理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および動作は、図1および図3を参照して説明した上記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8に示すように、本実施形態では、第1液体供給装置6Aおよび第2液体供給装置6Bは、不活性ガスからなる気泡を含む液体（図8の実施形態では薬液および純水）を一時的に貯留するバッファタンク67A、67Bと、バッファタンク67A、67B内の液体を加圧する補助ポンプ68A、68Bをさらに備えている。本実施形態では、図1に示す三方弁45A、45Bおよびドレインライン46A、46Bは設けられていない。

[0067] バッファタンク67Aおよび補助ポンプ68Aの構成および配置は、バッファタンク67Bおよび補助ポンプ68Bの構成および配置と同じであるので、以下、バッファタンク67Aおよび補助ポンプ68Aについて説明する。バッファタンク67Aおよび補助ポンプ68Aは、第1液体移送ライン40Aに接続されている。バッファタンク67Aは、気泡発生装置32Aの下流に配置されており、補助ポンプ68Aはバッファタンク67Aの下流に配置されている。流量調節器42Aは補助ポンプ68Aの下流に配置されている。補助ポンプ68Aが可変速運転可能であれば、流量調節器42Aは省略してもよい。

[0068] 気泡発生装置32Aによって生成された気泡を含む薬液は、一旦バッファタンク67A内に溜められる。気泡径の大きいものは崩壊しやすいため、これを利用して粗大な気泡を除去することが可能となり、気泡径及び気泡混合量が安定する。一実施形態では、不活性ガス溶解装置31Aで使用した不活性ガスをバッファタンク

ク 6 7 A 内に導いてバッファタンク 6 7 A 内の薬液を不活性ガスで加圧してもよい。
この場合は、補助ポンプ 6 8 A を省略してもよい。

[0069] 図 4 に示す脱気装置 6 0 A, 6 0 B、および／または図 5 に示す液体冷却装置 6 4 A, 6 4 B とポンプ 6 5 A, 6 5 B は、図 8 を参照して説明した実施形態
5 に適用してもよい。

[0070] 図 9 は、基板処理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および動作は、図 1 および図 3 を参照して説明した上記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 9 に示すように、本実施形態では、第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B は、不活性ガス溶解装
10 置 3 1 A, 3 1 B の上流に配置された液体タンク 7 1 A, 7 1 B と、液体タンク 7 1 A, 7 1 B 内に貯留された液体（図 9 の実施形態では薬液および純水）を不活性ガス溶解装置 3 1 A, 3 1 B に送るポンプ 7 2 A, 7 2 B と、気泡を含む液体を液体タンク 7 1 A, 7 1 B に戻す循環ライン 7 3 A, 7 3 B をさらに備えている。循環ラインは 7 3 A, 7 3 B、気泡発生装置 3 2 A, 3 2 B の下流の位置から液体タンク 7 1 A, 7 1 B まで延びている。
15

[0071] 第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B は、同じ構成を有している。以下、第 1 液体供給装置 6 A について説明する。液体タンク 7 1 A は、第 1 液体移送ライン 4 0 A に接続されている。液体タンク 7 1 A は、不活性ガス溶解装置 3 1 A および気泡発生装置 3 2 A の上流に位置している。薬液供給源（図示
20 せず）から供給された薬液は、液体タンク 7 1 A 内に一旦貯留される。ポンプ 7 2 A は第 1 液体移送ライン 4 0 A に接続されており、液体タンク 7 1 A と不活性ガス溶解装置 3 1 A との間に位置している。ポンプ 7 2 A が運転されると、液体タンク 7 1 A 内に貯留された薬液は加圧され、不活性ガス溶解装置 3 1 A に送られる。

[0072] 循環ライン 7 3 A は、気泡発生装置 3 2 A の下流の位置で第 1 液体移送ライン 4 0 A に連結されている。より具体的には、循環ライン 7 3 A は、図 1 のドレインラインに代えて、三方弁 4 5 A の 2 つの出口のうちの 1 つに連結されている。
25 すなわち、三方弁 4 5 A の入口は、第 1 液体移送ライン 4 0 A に接続されており、三方弁 4 5 A の 2 つの出口は、第 1 液体移送ライン 4 0 A および循環ライン 7 3 A

にそれぞれ接続されている。

[0073] 気泡発生装置 3 2 A で発生させた気泡の直径は、気泡発生装置 3 2 A の始動時に安定しない場合がある。また、基板を洗浄しないインターバルの間では、薬液の流れがないために、気泡径が安定しない場合がある。そこで、動作制御部 7 は、

- 5 気泡発生装置 3 2 A の始動時および／または基板を洗浄しないインターバル時に、三方弁 4 5 A に指令を発して、薬液の移送先を循環ライン 7 3 A に切り替え、洗浄装置 1 A, 1 B に供給する前に予め設定された時間だけ薬液を循環ライン 7 3 A を通じて液体タンク 7 1 A に戻す。薬液は、液体タンク 7 1 A、不活性ガス溶解装置 3 1 A、気泡発生装置 3 2 A、および循環ライン 7 3 A を経由して循環しながら、
- 10 不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させる工程と、薬液中に不活性ガスの気泡を発生させる工程が繰り返される。予め設定された時間が経過した後、動作制御部 7 は、三方弁 4 5 A に指令を発して、薬液の移送先を循環ライン 7 3 A から第 1 液体移送ライン 4 0 A に切り替えて、気泡を含む薬液を洗浄装置 1 A, 1 B に供給する。これにより気泡径及び気泡混合量が安定した薬液を供給することが可能となる。
- 15

[0074] 第 2 液体供給装置 6 B の液体タンク 7 1 B、ポンプ 7 2 B、および循環ライン 7 3 B の構成および配置は、第 1 液体供給装置 6 A の液体タンク 7 1 A、ポンプ 7 2 A、および循環ライン 7 3 A の構成および配置と同じであるので、それらの重複する説明を省略する。

- 20 [0075] 本実施形態は、薬液供給源（図示せず）から供給される薬液の供給圧、および純水供給源（図示せず）から供給される純水の供給圧が低い場合、または基板 W の洗浄および基板 W の乾燥で使用する薬液および純水の流量が高い場合に好適である。また、薬液および純水の循環を繰り返すことで、発生した気泡のうち、気泡径の大きなものは循環中に消失させることが可能であり、より気泡径及び気泡混合量の安定した薬液および純水を供給させることが可能である。
- 25

[0076] 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 1 0 に示すように、図 4 に示す脱気装置 6 0 A, 6 0 B、および図 6 に示す液体冷却装置 6 4 A, 6 4 B は、図 9 を参照して説明した実施形態に適用してもよい。図 1 0 に

示す実施形態では、脱気装置 6 0 A および液体冷却装置 6 4 A は、液体タンク 7 1 A に連結されている。薬液は脱気装置 6 0 A を経由して液体タンク 7 1 A に供給され、液体冷却装置 6 4 A は液体タンク 7 1 A 内の薬液を冷却する。同様に、脱気装置 6 0 B および液体冷却装置 6 4 B は、液体タンク 7 1 B に連結されている。純水は脱気装置 6 0 B を経由して液体タンク 7 1 B に供給され、液体冷却装置 6 4 B は液体タンク 7 1 B 内の純水を冷却する。

[0077] 図 1 乃至図 1 0 を参照して説明した実施形態において処理の対象となる基板 W は、その表面に導電性材料が露出した基板 W である。そのような基板 W の具体例としては、CMP 装置により研磨された基板 W が挙げられる。次に示す実施形態に係る基板処理装置は、洗浄装置 1 A、1 B、乾燥装置 3、基板搬送装置 5 A、5 B、第 1 液体供給装置 6 A、および第 2 液体供給装置 6 B に加え、基板 W を化学機械的に研磨する CMP 装置（化学機械研磨装置）を備えている。

[0078] 図 1 1 は、CMP 装置（化学機械研磨装置）を備えた基板処理装置の一実施形態を示す模式図である。図 1 1 に示す第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B は、図 1 乃至図 1 0 を参照して説明した実施形態のうちのいずれかの第 1 液体供給装置 6 A および第 2 液体供給装置 6 B である。図 1 1 に示すように、基板処理装置は、基板 W を化学機械的に研磨する複数の CMP 装置 8 0 と、これら CMP 装置 8 0 のいずれかに基板 W を搬入し、研磨された基板 W を搬出するトランスポート 8 1 を備えている。

[0079] 複数の CMP 装置 8 0 は、同じ構成を有している。図 1 2 は、CMP 装置 8 0 の一実施形態を模式的に示す斜視図である。CMP 装置 8 0 は、研磨面 8 2 a を有する研磨パッド 8 2 を支持する研磨テーブル 8 5 と、被研磨物である基板 W を研磨面 8 2 a に対して押し付ける研磨ヘッド 8 7 と、研磨液を研磨面 8 2 a に供給する研磨液供給ノズル 8 8 を備えている。研磨液は、典型的には、砥粒を含むスラリーである。

[0080] 研磨ヘッド 8 7 は、その下面に真空吸着などにより基板 W を保持できるように構成されている。CMP 装置 8 0 は、支軸 9 4 と、支軸 9 4 の上端に連結され、研磨ヘッド 8 7 を揺動させる研磨ヘッド揺動アーム 9 6 と、研磨ヘッド揺動アーム

96の自由端に回転可能に支持された研磨ヘッドシャフト98と、研磨ヘッド87をその軸心を中心に回転させる研磨ヘッド回転装置100をさらに備えている。研磨ヘッド回転装置100は、研磨ヘッド揺動アーム96に固定されており、ベルトおよびプーリ等から構成されるトルク伝達機構（図示せず）を介して研磨ヘッドシャフト98に連結されている。研磨ヘッド87は、研磨ヘッドシャフト98の下端に連結されている。研磨ヘッド回転装置100は、上記トルク伝達機構を介して研磨ヘッドシャフト98を回転させ、研磨ヘッド87は研磨ヘッドシャフト98とともに回転する。このようにして、研磨ヘッド87は、その軸心を中心として矢印で示す方向に研磨ヘッド回転装置100により回転される。研磨ヘッド回転装置100の具体例としては、電動機が挙げられる。

[0081] 研磨ヘッドシャフト98は、昇降機構（図示せず）により研磨ヘッド揺動アーム96に対して相対的に上下動可能であり、この研磨ヘッドシャフト98の上下動により研磨ヘッド87が研磨ヘッド揺動アーム96に対して相対的に上下動可能となっている。

15 [0082] CMP装置80は、研磨パッド82および研磨テーブル85をそれらの軸心を中心に回転させる研磨テーブル回転装置101をさらに備えている。研磨テーブル85は、テーブル軸85aを介して研磨テーブル回転装置101に連結されている。研磨テーブル85および研磨パッド82は、研磨テーブル回転装置101によりテーブル軸85a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82は、研磨テーブル85の上面に貼り付けられている。研磨パッド82の上面は基板Wを研磨する研磨面82aを構成している。研磨テーブル回転装置101の具体例としては、電動機が挙げられる。

25 [0083] 基板Wの研磨は次のようにして行われる。研磨ヘッド87および研磨テーブル85をそれぞれ回転させながら、研磨液供給ノズル88から研磨液を研磨パッド82の研磨面82a上に供給する。研磨パッド82はその軸心を中心に研磨テーブル85と一体に回転する。研磨ヘッド87は昇降機構（図示せず）により所定の研磨位置まで下降される。さらに、研磨ヘッド87は上記研磨位置で基板Wを研磨パッド82の研磨面82aに所定圧力で押し付ける。研磨液が研磨パッド82の研

磨面 8 2 a 上に存在した状態で、基板Wは研磨パッド 8 2 の研磨面 8 2 a に摺接される。基板Wの表面は、研磨面 8 2 a 上に供給された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 8 2 の機械的作用との組み合わせにより、研磨される。

- 5 [0084] 図 1 1 に示す基板処理装置は、基板Wの研磨、洗浄、および乾燥を行う複合処理装置である。基板Wは、図 1 1 に示す基板処理装置により次のように処理される。研磨すべき基板Wは、図示しない搬送ロボットによってトランスポータ 8 1 に運ばれる。トランスポータ 8 1 は、基板Wを複数のCMP装置 8 0 のうちのいずれか 1 つに運び、CMP装置 8 0 は基板Wを研磨する。研磨された基板Wはトラン
- 10 スポータ 8 1 によってCMP装置 8 0 から取り出され、仮置台 8 4 を経由して基板搬送装置 5 Aに渡される。仮置台 8 4 はトランスポータ 8 1 と基板搬送装置 5 Aの間に設けられている。トランスポータ 8 1 は仮置台 8 4 に基板Wを置いた後、基板搬送装置 5 Aは仮置台 8 4 から基板Wを取り出す。本例のCMP装置 8 0 を有する
- 15 基板処理装置では、研磨後にトランスポータ 8 1 や仮置台 8 4 上の基板Wに、不活性ガスの気泡を含む薬液または純水を供給してもよい。基板Wは基板搬送装置 5 Aによって一次洗浄装置 1 A内にさらに搬送される。一次洗浄装置 1 Aは、第 1 液体供給装置 6 Aから供給された薬液、および第 2 液体供給装置 6 Bから供給された純水を基板Wの表面に供給しながら、基板Wの表面を洗浄具でスクラブ洗浄する。薬液と純水は、いずれも不活性ガスの気泡を含む液体である。
- 20 [0085] 一次洗浄装置 1 Aで洗浄された基板Wは、基板搬送装置 5 Aにより二次洗浄装置 1 Bに搬送される。一次洗浄装置 1 Aから二次洗浄装置 1 Bへの搬送中、不活性ガスの気泡を含む純水は基板W上に供給され、基板W上に純水の膜が形成される。二次洗浄装置 1 Bは、第 1 液体供給装置 6 Aから供給された薬液、および第 2 液体供給装置 6 Bから供給された純水を基板Wの表面に供給しながら、洗浄具で
- 25 基板Wの表面をスクラブ洗浄する。薬液と純水は、いずれも不活性ガスの気泡を含む液体である。

[0086] 二次洗浄装置 1 Bで洗浄された基板Wは、基板搬送装置 5 Bにより乾燥装置 3 に搬送される。二次洗浄装置 1 Bから乾燥装置 3 への搬送中、不活性ガスの気

泡を含む純水は基板W上に供給され、基板W上に純水の膜が形成される。乾燥装置 3 は、純水供給ノズルおよび IPA 供給ノズルを基板Wの半径方向に移動させながら、純水供給ノズルおよび IPA 供給ノズルから純水と IPA 蒸気（イソプロピルアルコールと不活性ガスとの混合物）を基板Wの上面に供給することで基板Wを乾燥させる。

[0087] 本実施形態によれば、CMP 装置 80 によって研磨された基板Wの表面に露出する導電性材料（例えば配線金属）は、基板Wの洗浄、搬送、および乾燥時に不活性ガスからなる気泡を含む液体で覆われるので、基板Wの導電性材料腐食を抑制することができる。図 11 に示す本実施形態では、4 つの CMP 装置 80 が設けられているが、CMP 装置 80 の数は本実施形態に限られない。一実施形態では、基板処理装置は単一の CMP 装置のみを備えてもよい。

[0088] なお、図 11 は CMP 装置 80 を基板Wの洗浄・乾燥装置の前に備えた基板処理装置の例を示しているが、例えば、洗浄・乾燥装置の前に基板Wのめっき装置、エッチング装置、ベベル研磨装置等を備える場合においても、基板Wの導電性材料の腐食抑制が必要となる場合は、上述した実施形態は適用可能である。

[0089] 今まで説明した実施形態の基板処理装置は、2 つの液体供給装置 6 A、6 B、すなわち不活性ガスを薬液に溶解させる第 1 液体供給装置 6 A と、不活性ガスを純水に溶解させる第 2 液体供給装置 6 B を備えているが、不活性ガスを薬液に溶解させる第 1 液体供給装置 6 A を省略してもよい。この場合は、第 2 液体供給装置 6 B により不活性ガスを純水に溶解させ、不活性ガスの気泡を含む純水を生成した後、キレート剤や pH 調整剤等の洗浄薬液成分を純水に投入することにより、不活性ガスの気泡を含む薬液を作成することができる。

[0090] 薬液自体が、導電性材料の腐食を抑制する防腐剤を含み、かつ基板Wを純水で洗浄することで薬液を十分に除去することができるのであれば、薬液に不活性ガスを溶解させずに、薬液をそのまま基板Wの表面に供給してもよい。この場合も、不活性ガスを薬液に溶解させる第 1 液体供給装置 6 A を省略してもよい。

[0091] 今まで説明した実施形態では、液体として薬液および純水が使用されているが、本発明は薬液および純水以外の液体にも適用することができる。

[0092] 上述したそれぞれの実施形態の基板処理装置の動作は動作制御部 7 によって制御される。動作制御部 7 は、少なくとも 1 つコンピュータから構成される。動作制御部 7 は、記憶装置 7 a に電氣的に格納されたプログラムに含まれる命令に従って動作する。すなわち、動作制御部 7 は、基板処理装置に指令を与えて、上述した実施形態のいずれかの基板処理方法を基板処理装置に実行させる。このような動作を動作制御部 7 に実行させるためのプログラムは、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録され、記録媒体を介して動作制御部 7 に提供される。または、プログラムは、インターネットまたはローカルエリアネットワークなどの通信ネットワークを介して通信装置から動作制御部 7 に入力されてもよい。

[0093] 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. 表面に露出した導電性材料を有する基板を処理する基板処理方法であって、
不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させることで、前記液体中に溶存する
- 5 酸素を前記不活性ガスで置換し、
前記不活性ガスが溶解した前記液体を減圧することで、前記液体中に前記不活性
ガスの気泡を発生させ、
前記気泡を含む前記液体を前記基板の前記表面に供給しながら、前記基板を処理
する、基板処理方法。
- 10
2. 前記気泡の直径は、 $1\ \mu\text{m}$ 以下である、請求項1に記載の基板処理方法。
3. 前記不活性ガスの前記飽和溶解度は、 20°C の温度および1気圧の条件下で
の飽和溶解度である、請求項1または2に記載の基板処理方法。
- 15
4. 前記不活性ガスを前記液体に溶解させる前に、前記液体を脱気することをさ
らに含む、請求項1乃至3のいずれか一項に記載の基板処理方法。
5. 前記不活性ガスを前記液体に溶解させる前に、前記液体を冷却することをさ
20 らに含む、請求項1乃至4のいずれか一項に記載の基板処理方法。
6. 冷却された前記液体の温度は、 $5^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ の範囲内である、請求項5に記
載の基板処理方法。
- 25
7. 液体タンクを経由して前記液体を循環させながら、前記不活性ガスを飽和溶
解度以上に液体に溶解させる工程と、前記液体中に前記不活性ガスの気泡を発生さ
せる工程を繰り返すことをさらに含む、請求項1乃至6のいずれか一項に記載の基
板処理方法。

8. 前記不活性ガスは、窒素ガスまたは希ガスである、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

5 9. 前記液体は、純水または薬液である、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

10. 前記基板の搬送時に、前記気泡を含む前記液体を前記基板の前記表面に供給することをさらに含む、請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

10

11. 前記基板の処理は洗浄処理であって、前記洗浄処理は洗浄装置内で行われ、前記基板は、その表面に前記気泡を含む前記液体が存在した状態で、前記洗浄装置内に搬入され、洗浄された前記基板は湿潤状態のまま前記洗浄装置から搬出される、請求項 10 に記載の基板処理方法。

15

12. 前記基板の処理は洗浄処理であり、前記基板処理方法は、洗浄された前記基板を乾燥装置内で乾燥させることをさらに含み、

20 前記基板は、その表面に前記気泡を含む前記液体が存在した状態で、前記乾燥装置内に搬入され、乾燥された前記基板は乾燥状態のまま前記乾燥装置から搬出される、請求項 10 に記載の基板処理方法。

13. 前記基板の処理は洗浄処理であり、前記基板処理方法は、研磨液を研磨面上に供給しながら、前記基板を前記研磨面に摺接させることで前記基板を研磨することをさらに含み、

25

前記洗浄処理は、前記基板の研磨後に行われる、請求項 1 乃至 12 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

- 1 4. 表面に露出した導電性材料を有する基板を処理する基板処理装置であって、
不活性ガスを飽和溶解度以上に液体に溶解させることで、前記液体中に溶存する
酸素を前記不活性ガスで置換する不活性ガス溶解装置と、
前記不活性ガスが溶解した前記液体を減圧することで、前記液体中に前記不活性
5 ガスの気泡を発生させる気泡発生装置と、
前記気泡を含む前記液体を前記基板の前記表面に供給しながら、前記基板を処理
する処理モジュールと、
前記気泡を含む前記液体を前記処理モジュールに送る不活性溶解液供給ラインを
備えている、基板処理装置。
- 10
- 1 5. 前記気泡発生装置は、直径 $1\ \mu\text{m}$ 以下の気泡を発生させるように構成され
ている、請求項 1 4 に記載の基板処理装置。
- 1 6. 前記不活性ガスの前記飽和溶解度は、 20°C の温度および 1 気圧の条件下
15 での飽和溶解度である、請求項 1 4 または 1 5 に記載の基板処理装置。
- 1 7. 前記不活性ガスを溶解させる前の前記液体を脱気する脱気装置をさらに備
えている、請求項 1 4 乃至 1 6 のいずれか一項に記載の基板処理装置。
- 20
- 1 8. 前記不活性ガスを溶解させる前の前記液体を冷却する液体冷却装置をさら
に備えている、請求項 1 4 乃至 1 7 のいずれか一項に記載の基板処理装置。
- 1 9. 前記液体冷却装置は、前記不活性ガスを溶解させる前の前記液体を 5°C ～
 20°C の範囲内の温度に冷却するように構成されている、請求項 1 8 に記載の基板
25 処理装置。
- 2 0. 前記不活性ガス溶解装置の上流に配置された液体タンクと、
前記液体タンク内に貯留された前記液体を前記不活性ガス溶解装置に送るポンプ

と、

前記気泡発生装置の下流の位置から前記液体タンクまで延び、前記気泡を含む前記液体を前記液体タンクに戻す循環ラインをさらに備えている、請求項 1 4 乃至 1 9 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

5

2 1. 前記不活性ガスは、窒素ガスまたは希ガスである、請求項 1 4 乃至 2 0 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

2 2. 前記液体は、純水または薬液である、請求項 1 4 乃至 2 1 のいずれか一項
10 に記載の基板処理装置。

2 3. 前記基板処理装置は、前記基板を搬送する基板搬送装置をさらに備え、
前記基板搬送装置は、

前記基板を支持するロボットハンドと、

15 前記ロボットハンドの上方に配置され、かつ前記不活性溶解液供給ラインに連結されたシャワーノズルを備えている、請求項 1 4 乃至 2 2 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

2 4. 研磨液を研磨面上に供給しながら、前記基板を前記研磨面に摺接させるこ
20 とで前記基板を研磨する CMP 装置をさらに含み、

前記処理モジュールは、前記 CMP 装置の研磨動作の後に前記基板を洗浄する洗浄装置である、請求項 1 4 乃至 2 3 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

2 5. 基板処理装置に指令を与えて、請求項 1 乃至 1 3 のいずれか一項に記載の
25 基板処理方法を前記基板処理装置に実行させる動作をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。