

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6814653号
(P6814653)

(45) 発行日 令和3年1月20日(2021.1.20)

(24) 登録日 令和2年12月23日(2020.12.23)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/304 (2006.01) H O 1 L 21/304 6 4 8 G
 H O 1 L 21/304 6 4 3 A

請求項の数 22 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2017-22153 (P2017-22153)	(73) 特許権者	000207551 株式会社 S C R E E Nホールディングス 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る四丁目天神北町1番地の1
(22) 出願日	平成29年2月9日(2017.2.9)	(74) 代理人	110002310 特許業務法人あい特許事務所
(65) 公開番号	特開2018-129432 (P2018-129432A)	(72) 発明者	樋口 鮎美 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E Nセミコンダクターソリューションズ内
(43) 公開日	平成30年8月16日(2018.8.16)	(72) 発明者	岩▲崎▼ 晃久 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E Nセミコンダクターソリューションズ内
審査請求日	令和1年12月23日(2019.12.23)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理方法および基板処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属膜が露出した上面を有する基板を水平に保持する基板保持工程と、
鉛直方向に沿う回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転工程と、
脱気された薬液を前記基板の上面に供給することによって、前記基板上に前記薬液の液膜を形成する液膜形成工程と、

前記液膜の厚さが100μm以上となるように前記液膜の厚さを調整し、前記薬液に溶解する溶存酸素が前記金属膜に到達することを抑制する膜厚調整工程と、

リンス液を前記基板の上面に供給して前記薬液を前記基板上から排除するリンス液供給工程とを含み、

前記膜厚調整工程が、前記基板の上面の回転中心の側方でありかつ前記基板の上面の周縁よりも前記回転軸線に近い所定位置における前記液膜の厚さが低減され、かつ、前記周縁における前記液膜の厚さが増大されるように、前記所定位置に対向する気体ノズルから前記所定位置に向けて気体を吐出させることで、前記液膜の厚さのむらを低減する工程を含む、基板処理方法。

【請求項2】

前記所定位置が、前記基板の上面の回転中心から20mm離れた位置と前記基板の上面の回転中心から80mm離れた位置との間の位置である、請求項1に記載の基板処理方法

。 【請求項3】

前記膜厚調整工程が、前記基板の回転速度が300rpm以下となるように前記基板の回転を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項1または2に記載の基板処理方法。

【請求項4】

前記膜厚調整工程が、前記薬液の供給量が2.0L/min以上となるように前記薬液の供給量を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項1～3のいずれか一項に記載の基板処理方法。

【請求項5】

前記膜厚調整工程において調整された前記液膜の厚さを測定する膜厚測定工程をさらに含む、請求項1～4のいずれか一項に記載の基板処理方法。

10

【請求項6】

前記膜厚調整工程が、前記膜厚測定工程で測定された前記液膜の厚さに基づいて前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項5に記載の基板処理方法。

【請求項7】

金属膜が露出した上面を有する基板を水平に保持する基板保持工程と、鉛直方向に沿う回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転工程と、脱気された処理液を前記基板の上面に供給することによって、前記基板上に前記処理液の液膜を形成する液膜形成工程と、

前記基板の上面の回転中心から20mm離れた位置と前記基板の上面の回転中心から80mm離れた位置との間の所定位置に向けて、前記所定位置に対向する気体ノズルから気体を吐出することで、前記基板の上面の回転中心から20mm離れた位置および前記基板の上面の回転中心から80mm離れた位置の位置における前記液膜の厚さを抑制することによって、前記液膜の厚さのむらを低減しつつ前記液膜の厚さが100μm以上となるように前記液膜の厚さを調整する膜厚調整工程とを含む基板処理方法。

20

【請求項8】

前記膜厚調整工程が、前記基板の回転速度が300rpm以下となるように前記基板の回転を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項7に記載の基板処理方法。

【請求項9】

前記膜厚調整工程が、前記処理液の供給量が2.0L/min以上となるように前記処理液の供給量を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項7または8に記載の基板処理方法。

30

【請求項10】

前記膜厚調整工程において調整された前記液膜の厚さを測定する膜厚測定工程をさらに含む、請求項7～9のいずれか一項に記載の基板処理方法。

【請求項11】

前記膜厚調整工程が、前記膜厚測定工程で測定された前記液膜の厚さに基づいて前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項10に記載の基板処理方法。

【請求項12】

金属膜が露出した上面を有する基板を水平に保持する基板保持ユニットと、鉛直方向に沿う回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転ユニットと、脱気された薬液を前記基板の上面に供給する薬液供給ユニットと、リンス液を前記基板の上面に供給するリンス液供給ユニットと、前記基板の上面の回転中心の側方でありかつ前記基板の上面の周縁よりも前記回転軸線に近い所定位置に対向し、当該所定位置に向けて気体を吐出する気体ノズルを有する気体供給ユニットと、

40

前記基板保持ユニット、前記基板回転ユニット、前記薬液供給ユニット、前記リンス液供給ユニットおよび前記気体供給ユニットを制御する制御ユニットとを含み、前記制御ユニットが、前記基板保持ユニットに前記基板を保持させる基板保持工程と、

50

前記回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転工程と、
前記薬液を前記基板の上面に供給することによって、前記基板上に前記薬液の液膜を形成する液膜形成工程と、

前記液膜の厚さが100 μ m以上となるように前記液膜の厚さを調整し、前記薬液に溶解する溶存酸素が前記金属膜に到達することを抑制する膜厚調整工程と、

リンス液を前記基板の上面に供給して前記薬液を前記基板上から排除するリンス液供給工程とを実行し、

前記膜厚調整工程において、前記所定位置における前記液膜の厚さを低減し、かつ、前記周縁における前記液膜の厚さが増大するように、前記所定位置に向けて前記気体ノズルから気体を吐出させることで、前記液膜の厚さのむらが低減される、基板処理装置。

10

【請求項13】

前記所定位置が、前記基板の上面の回転中心から20mm離れた位置と前記基板の上面の回転中心から80mm離れた位置との間の位置である、請求項12に記載の基板処理装置。

【請求項14】

前記膜厚調整工程が、前記基板の回転速度が300rpm以下となるように前記基板の回転を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項12または13に記載の基板処理装置。

【請求項15】

前記膜厚調整工程が、前記薬液の供給量が2.0L/min以上となるように前記薬液の供給量を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項12～14のいずれか一項に記載の基板処理装置。

20

【請求項16】

前記液膜の厚さを測定可能な膜厚測定ユニットをさらに含み、
前記制御ユニットが、前記膜厚測定ユニットを制御することによって、前記膜厚調整工程において調整された前記液膜の厚さを測定する膜厚測定工程を実行する、請求項12～15のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項17】

前記膜厚調整工程が、前記膜厚測定工程で測定された前記液膜の厚さに基づいて前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項16に記載の基板処理装置。

30

【請求項18】

金属膜が露出した上面を有する基板を水平に保持する基板保持ユニットと、
鉛直方向に沿う回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転ユニットと、
脱気された処理液を前記基板の上面に供給する処理液供給ユニットと、
前記基板の上面の回転中心から20mm離れた位置と前記基板の上面の回転中心から80mm離れた位置との間の所定位置に対向し当該所定位置に向けて気体を吐出する気体ノズルを有する気体供給ユニットと、

前記基板保持ユニット、前記基板回転ユニット、前記処理液供給ユニットおよび前記気体供給ユニットを制御する制御ユニットとを含み、

前記制御ユニットが、

前記基板保持ユニットに前記基板を保持させる基板保持工程と、
前記回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転工程と、
前記処理液を前記基板の上面に供給することによって、前記基板上に前記処理液の液膜を形成する液膜形成工程と、

40

前記所定位置に向けて前記気体ノズルから気体を吐出させることで、前記基板の上面の回転中心から20mm離れた位置および前記基板の上面の回転中心から80mm離れた位置の間の位置における前記液膜の厚さを抑制することによって、前記液膜の厚さのむらを低減しつつ前記液膜の厚さが100 μ m以上となるように前記液膜の厚さを調整する膜厚調整工程とを実行する、基板処理装置。

【請求項19】

50

前記膜厚調整工程が、前記基板の回転速度が300rpm以下となるように前記基板の回転を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項18に記載の基板処理装置。

【請求項20】

前記膜厚調整工程が、前記処理液の供給量が2.0L/min以上となるように前記処理液の供給量を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項18または19に記載の基板処理装置。

【請求項21】

前記膜厚調整工程において調整された前記液膜の厚さを測定する膜厚測定工程をさらに含む、請求項18～20のいずれか一項に記載の基板処理装置。

10

【請求項22】

前記膜厚調整工程が、前記膜厚測定工程で測定された前記液膜の厚さに基づいて前記液膜の厚さを調整する工程を含む、請求項21に記載の基板処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、基板を処理する基板処理方法および基板処理装置に関する。処理対象になる基板には、たとえば、半導体ウエハ、液晶表示装置用基板、プラズマディスプレイ用基板、FED(Field Emission Display)用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板、フォトマスク用基板、セラミック基板、太陽電池用基板などの基板が含まれる。

20

【背景技術】

【0002】

半導体装置や液晶表示装置などの製造工程では、半導体ウエハや液晶表示用ガラス基板などの基板から異物を除去する洗浄工程が行われる。たとえば、トランジスタやキャパシタなどのデバイスが作り込まれた半導体ウエハの表面に多層配線を形成するバックエンドプロセス(BEOL:Back End of the Line)では、ドライエッチングやアッシングによって発生したポリマー残渣を除去するポリマー除去工程が行われる。

【0003】

ポリマー除去工程では、金属配線(たとえば、銅配線)が露出した基板の表面にポリマー除去液などの処理液が供給される。ところが、酸素濃度が比較的高い処理液が基板に供給されると、処理液に溶解している酸素(溶存酸素)により基板上の金属配線が酸化され、金属酸化物が形成される。この金属酸化物は処理液によって腐食(エッチング)されるので、この基板から作成されるデバイスの品質が低下するおそれがある。金属配線のエッチング量は、処理液中の酸素濃度の増加に伴って増加する。また、処理液中の溶存酸素による基板上の金属配線の酸化は、ポリマー除去液以外の処理液による基板の処理においても発生し得る。

30

【0004】

そこで、下記特許文献1には、スピンチャックに保持された基板と、基板の上面に対向する遮断板との間に不活性ガスを供給することによって、遮断板と基板との間の雰囲気の不活性ガスによって置換することが提案されている。これにより、基板の周囲の雰囲気中の酸素濃度が低減されるので、基板上に供給された処理液に溶解する酸素の量が低減される。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-77595号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

不活性ガスによる雰囲気中の置換を省略することができれば、基板の処理に要する時間が短縮され、スループット（単位時間当たりの基板の処理枚数）を向上させることができる。

そこで、この発明の1つの目的は、金属膜が露出した表面を有する基板を処理する構成において、基板の周囲の雰囲気中の酸素濃度を低減することなく、処理液中の酸素に起因する金属膜の酸化を抑制できる基板処理方法および基板処理装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明の一実施形態は、金属膜が露出した上面を有する基板を水平に保持する基板保持工程と、鉛直方向に沿う回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転工程と、脱気された処理液を前記基板の上面に供給することによって、前記基板上に前記処理液の液膜を形成する液膜形成工程と、前記液膜の厚さが100 μ m以上となるように前記液膜の厚さを調整する膜厚調整工程とを含む、基板処理方法を提供する。

10

【0008】

この方法によれば、液膜形成工程では、基板上に処理液の液膜が形成される。この液膜によって、基板の表面に露出した金属膜が覆われる。膜厚調整工程では、液膜形成工程で基板上に形成された液膜の厚さは、100 μ m以上となるように調整される。そのため、調整後の液膜は十分に厚い。

液膜が十分に厚いため、液膜が基板の周囲の雰囲気中に晒されることによって処理液に溶解した酸素が、基板の上面に到達するのを抑制することができる。また、液膜が十分に厚いため、液膜の体積も十分に大きい。そのため、基板の上面に供給された処理液に酸素が溶解することに起因して液膜中の酸素濃度が上昇するのを抑制することができる。したがって、金属膜と反応する酸素が低減されるので、金属膜の酸化を抑制することができる。

20

【0009】

よって、基板の周囲の雰囲気中の酸素濃度を低減することなく、処理液中の酸素に起因する金属膜の酸化を抑制することができる。

この発明の一実施形態では、前記膜厚調整工程が、前記基板の回転速度が300rpm以下となるように前記基板の回転を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

【0010】

この方法によれば、膜厚調整工程では、基板の回転速度が300rpm以下となるように基板の回転が制御されることによって、液膜の厚さが調整される。

30

ここで、回転状態の基板上に形成された液膜には、遠心力が作用する。そのため、基板の回転速度が大きくなると、遠心力によって基板外へ飛び散る処理液の量が増え、基板上の処理液の量が減る。これにより、液膜の厚さが不十分となるおそれがある。

【0011】

しかし、膜厚調整工程において調整された基板の回転速度は、300rpm以下であるため十分に小さい。そのため、液膜を十分に厚くすることができる。したがって、金属膜の酸化を抑制することができる。

この発明の一実施形態では、前記膜厚調整工程が、前記処理液の供給量が2.0L/min以上となるように前記処理液の供給量を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

40

【0012】

この方法によれば、膜厚調整工程では、処理液の供給量が2.0L/min以上となるように処理液の供給量が制御されることによって、液膜の厚さが調整される。

ここで、前述したように、回転状態の基板上に形成された液膜に遠心力が作用することによって、処理液が基板外へ飛び散る。そのため、処理液の供給量が少なくなると、基板上の処理液の量が減る。これにより、液膜の厚さが不十分となるおそれがある。

【0013】

しかし、膜厚調整工程で調整された処理液の供給量は、2.0L/min以上であるた

50

め充分に多い。そのため、液膜を充分に厚くすることができる。したがって、金属膜の酸化を抑制することができる。

この発明の一実施形態では、前記液膜形成工程が、前記基板の上面の回転中心に向けて前記処理液を供給することによって、前記液膜を形成する工程を含む。前記膜厚調整工程が、前記基板の上面の回転中心の側方の位置に向けて気体を供給することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

【0014】

この方法によれば、液膜形成工程では、基板の上面の回転中心に向けて処理液を供給することによって、液膜が形成される。

ここで、基板の上面の回転中心に向けて処理液が供給された場合、基板の上面の回転中心の側方の位置（特に、基板の上面の回転中心から20mmの位置と基板の上面の回転中心から80mmの位置）では、液膜が厚くなりやすい。その一方で、基板の上面の周縁付近では、液膜が薄くなりやすい。つまり、基板の上面内において液膜の厚さにむらが生じやすい。

【0015】

しかし、膜厚調整工程では、基板の上面の回転中心の側方の位置（たとえば、基板の上面の回転中心から20mmの位置と基板の上面の回転中心から80mmの位置との間の位置）に向けて気体が供給される。これにより、基板の上面の回転中心の側方の位置にある処理液には、遠心力に加えて、基板の周縁側に向けて気体が処理液を押し出す力が作用する。これにより、基板の上面の回転中心の側方の位置にある処理液が基板の周縁側へ移動する速度が増大される。そのため、基板の上面の回転中心の側方の位置において液膜の厚さが低減され、基板の上面の周縁付近において液膜の厚さが増大される。これにより、液膜の厚さのむらを低減することができる。

【0016】

この発明の一実施形態では、前記基板処理方法が、前記膜厚調整工程において調整された前記液膜の厚さを測定する膜厚測定工程をさらに含む。

この方法によれば、膜厚測定工程において、膜厚調整工程で調整された液膜の厚さが測定される。そのため、膜厚調整工程において、液膜の厚さが意図した値からずれるなどの基板処理の異常を早期に検知することができる。

【0017】

この発明の一実施形態では、前記膜厚調整工程が、前記膜厚測定工程で測定された前記液膜の厚さに基づいて前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

この方法によれば、膜厚調整工程では、膜厚測定工程で測定された液膜の厚さに基づいて液膜の厚さが調整される。そのため、膜厚調整工程において、液膜の厚さを精度良く調整することができる。

【0018】

この発明の他の実施形態では、基板処理装置が、金属膜が露出した上面を有する基板を水平に保持する基板保持ユニットと、鉛直方向に沿う回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転ユニットと、脱気された処理液を前記基板の上面に供給する処理液供給ユニットと、前記基板保持ユニット、前記基板回転ユニットおよび前記処理液供給ユニットを制御する制御ユニットとを含む。

【0019】

前記制御ユニットは、前記基板保持ユニットに前記基板を保持させる基板保持工程と、前記回転軸線のまわりに前記基板を回転させる基板回転工程と、前記処理液を前記基板の上面に供給することによって、前記基板上に前記処理液の液膜を形成する液膜形成工程と、前記液膜の厚さが100 μ m以上となるように前記液膜の厚さを調整する膜厚調整工程とを実行する。

【0020】

この構成によれば、液膜形成工程では、基板上に処理液の液膜が形成される。この液膜によって、基板の表面に露出した金属膜が覆われる。膜厚調整工程では、液膜形成工程で

10

20

30

40

50

基板上に形成された液膜の厚さは、 $100\ \mu\text{m}$ 以上となるように調整される。そのため、調整後の液膜は十分に厚い。

液膜が十分に厚いため、液膜が基板の周囲の雰囲気中に晒されることによって処理液に溶解した酸素が、基板の上面に到達するのを抑制することができる。また、液膜が十分に厚いため、液膜の体積も十分に大きい。そのため、基板の上面に供給された処理液に酸素が溶解することに起因して液膜中の酸素濃度が上昇するのを抑制することができる。したがって、金属膜と反応する酸素が低減されるので、金属膜の酸化を抑制することができる。

【0021】

よって、基板の周囲の雰囲気中の酸素濃度を低減することなく、処理液中の酸素に起因する金属膜の酸化を抑制することができる。

10

この発明の他の実施形態では、前記膜厚調整工程が、前記基板の回転速度が $300\ \text{rpm}$ 以下となるように前記基板の回転を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

【0022】

この構成によれば、膜厚調整工程において調整された基板の回転速度は、 $300\ \text{rpm}$ 以下であるため十分に小さい。そのため、液膜を十分に厚くすることができる。したがって、金属膜の酸化を抑制することができる。

この発明の他の実施形態では、前記膜厚調整工程が、前記処理液の供給量が $2.0\ \text{L}/\text{min}$ 以上となるように前記処理液の供給量を制御することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

20

【0023】

この構成によれば、膜厚調整工程で調整された処理液の供給量は、 $2.0\ \text{L}/\text{min}$ 以上であるため十分に多い。そのため、液膜を十分に厚くすることができる。したがって、金属膜の酸化を抑制することができる。

この発明の他の実施形態では、前記液膜形成工程が、前記基板の上面の回転中心に向けて前記処理液を供給することによって、前記液膜を形成する工程を含む。前記膜厚調整工程が、前記基板の上面の回転中心の側方の位置に向けて気体を供給することによって、前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

【0024】

この構成によれば、液膜形成工程では、基板の上面の回転中心に向けて処理液を供給することによって、液膜が形成される。

30

膜厚調整工程では、基板の上面の回転中心の側方の位置（たとえば、基板の上面の回転中心から $20\ \text{mm}$ の位置と基板の上面の回転中心から $80\ \text{mm}$ の位置との間の位置）に向けて気体が供給される。これにより、基板の上面の回転中心の側方の位置にある処理液には、遠心力に加えて、基板の周縁側に向けて気体が処理液を押し出す力が作用する。これにより、基板の上面の回転中心の側方の位置にある処理液が基板の周縁側へ移動する速度が増大される。そのため、基板の上面の回転中心の側方の位置において液膜の厚さが低減され、基板の上面の周縁付近において液膜の厚さが増大される。これにより、液膜の厚さのむらを低減することができる。

【0025】

40

この発明の他の実施形態では、前記基板処理装置が、前記液膜の厚さを測定可能な膜厚測定ユニットをさらに含む。前記制御ユニットが、前記膜厚測定ユニットを制御することによって、前記膜厚調整工程において調整された前記液膜の厚さを測定する膜厚測定工程を実行する。

この構成によれば、膜厚測定工程において、膜厚調整工程で調整された液膜の厚さが測定される。そのため、膜厚調整工程において、液膜の厚さが意図した値からずれるなどの基板処理の異常を早期に検知することができる。

【0026】

この発明の他の実施形態では、前記膜厚調整工程が、前記膜厚測定工程で測定された前記液膜の厚さに基づいて前記液膜の厚さを調整する工程を含む。

50

この構成によれば、膜厚調整工程では、膜厚測定工程で測定された液膜の厚さに基づいて液膜の厚さが調整される。そのため、膜厚調整工程において、液膜の厚さを精度良く調整することができる。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】図1は、この発明の一実施形態に係る基板処理装置の内部のレイアウトを説明するための図解的な平面図である。

【図2】図2は、前記基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための模式図である。

【図3】図3は、前記基板処理装置の主要部の電気的構成を説明するためのブロック図である。

10

【図4】図4は、前記基板処理装置によって処理される基板の表面状態の一例を説明するための断面図である。

【図5】図5は、前記基板処理装置による基板処理の一例を説明するための流れ図である。

。

【図6】図6は、薬液処理（図5のS2）の様子を説明するための図解的な断面図である。

。

【図7】図7は、基板の回転速度の変化によるフッ酸の液膜の厚さの変化を測定した結果を示したグラフである。

【図8】図8は、フッ酸の液膜の厚さの変化によるCu膜のエッチング量の変化を測定した結果を示したグラフである。

20

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下では、この発明の実施の形態を添付図面を参照して詳細に説明する。

図1は、この発明の一実施形態に係る基板処理装置1の内部のレイアウトを説明するための図解的な平面図である。

基板処理装置1は、シリコンウエハなどの基板Wを一枚ずつ処理する枚葉式の装置である。この実施形態では、基板Wは、円板状の基板である。基板処理装置1は、薬液やリンス液などの処理液で基板Wを処理する複数の処理ユニット2と、処理ユニット2で処理される複数枚の基板Wを収容するキャリアCが載置されるロードポートLPと、ロードポートLPと処理ユニット2との間で基板Wを搬送する搬送ロボットIRおよびCRと、基板処理装置1を制御する制御ユニット3とを含む。搬送ロボットIRは、キャリアCと搬送ロボットCRとの間で基板Wを搬送する。搬送ロボットCRは、搬送ロボットIRと処理ユニット2との間で基板Wを搬送する。複数の処理ユニット2は、たとえば、同様の構成を有している。

30

【0029】

図2は、処理ユニット2の構成例を説明するための模式図である。

処理ユニット2は、一枚の基板Wを水平な姿勢で保持しながら基板Wの中央部を通る鉛直な回転軸線A1まわりに基板Wを回転させるスピンチャック5と、スピンチャック5を取り囲む筒状のカップ6とを含む。処理ユニット2は、基板Wの上面（表面）に薬液を供給する薬液供給ユニット7と、基板Wの上面に脱イオン水（Deionized Water:DIW）などのリンス液を供給するリンス液供給ユニット8と、基板Wの上面に窒素（N₂）ガスなどの気体を供給する気体供給ユニット9と、基板W上に形成された処理液などの液膜の厚さを測定する膜厚測定ユニット10とをさらに含む。

40

【0030】

処理ユニット2は、カップ6を収容するチャンバ14（図1参照）をさらに含む。チャンバ14には、チャンバ14内に基板Wを搬入したり、チャンバ14内から基板Wを搬出したりするための出入口（図示せず）が形成されている。チャンバ14には、この出入口を開閉するシャッターユニット（図示せず）が備えられている。

スピンチャック5は、チャックピン20と、スピンベース21と、スピンベース21の

50

下面中央に結合された回転軸 2 2 と、回転軸 2 2 に回転力を与える電動モータ 2 3 とを含む。回転軸 2 2 は、回転軸線 A 1 に沿って鉛直方向に延びている。回転軸 2 2 の上端に、スピベース 2 1 が結合されている。

【 0 0 3 1 】

スピベース 2 1 は、水平方向に沿う円盤形状を有している。スピベース 2 1 の上面の周縁部に、複数のチャックピン 2 0 が周方向に間隔を空けて配置されている。スピベース 2 1 およびチャックピン 2 0 は、基板 W を水平に保持する基板保持ユニットに含まれる。基板保持ユニットは、基板ホルダともいう。

電動モータ 2 3 によって回転軸 2 2 が回転されることにより、基板 W が回転軸線 A 1 のまわりに回転される。電動モータ 2 3 は、基板 W を回転軸線 A 1 のまわりに回転させる基板回転ユニットに含まれる。

10

【 0 0 3 2 】

薬液供給ユニット 7 は、基板 W の上面に薬液を供給する薬液ノズル 3 0 と、薬液ノズル 3 0 に結合された薬液供給管 3 1 とを含む。薬液供給管 3 1 には、薬液供給源から、フッ酸（フッ化水素水：HF）などの薬液が供給されている。

薬液供給ユニット 7 は、薬液供給管 3 1 に介装された薬液供給バルブ 3 2、薬液流量調整バルブ 3 3 および薬液脱気ユニット 3 4 をさらに含む。なお、薬液脱気ユニット 3 4 は、不活性ガスバブリング薬液キャビネットでもよい。薬液供給バルブ 3 2 は、薬液の流路を開閉する。薬液流量調整バルブ 3 3 は、その開度に応じて薬液供給管 3 1 内の薬液の流量を調整する。薬液脱気ユニット 3 4 は、薬液供給源から薬液供給管 3 1 に供給された薬液から酸素を除去する。

20

【 0 0 3 3 】

薬液とは、フッ酸に限られず、硫酸、酢酸、硝酸、塩酸、フッ酸、バッファードフッ酸（BHF）、希フッ酸（DHF）、アンモニア水、過酸化水素水、有機酸（たとえば、クエン酸、蔞酸等）、有機アルカリ（たとえば、TMAH：テトラメチルアンモニウムヒドロキシドなど）、界面活性剤、腐食防止剤のうちの少なくとも一つを含む液であってもよい。これらを混合した薬液の例としては、SPM（硫酸過酸化水素水混合液）、SC1（アンモニア過酸化水素水混合液）、SC2（塩酸過酸化水素水混合液）などが挙げられる。

【 0 0 3 4 】

薬液ノズル 3 0 は、薬液ノズル移動ユニット 3 5 によって、鉛直方向（回転軸線 A 1 と平行な方向）および水平方向（回転軸線 A 1 に垂直な方向）に移動される。薬液ノズル 3 0 は、水平方向への移動によって、基板 W の上面の回転中心 C 1 に対向する中央位置と、基板 W の上面に対向しない退避位置との間で移動することができる。

基板 W の上面の回転中心 C 1 とは、基板 W の上面における回転軸線 A 1 との交差位置である。基板 W の上面に対向しない退避位置とは、平面視においてカップ 6 の外方の位置である。本実施形態とは異なり、薬液ノズル 3 0 は、固定ノズルであってもよい。

【 0 0 3 5 】

リンス液供給ユニット 8 は、基板 W の上面にリンス液を供給するリンス液ノズル 4 0 と、リンス液ノズル 4 0 に結合されたリンス液供給管 4 1 とを含む。リンス液供給管 4 1 には、リンス液供給源から、DIW などのリンス液が供給されている。

リンス液供給ユニット 8 は、リンス液供給管 4 1 に介装されたリンス液供給バルブ 4 2、リンス液流量調整バルブ 4 3 およびリンス液脱気ユニット 4 4 をさらに含む。リンス液供給バルブ 4 2 は、リンス液の流路を開閉する。リンス液流量調整バルブ 4 3 は、その開度に応じてリンス液供給管 4 1 内のリンス液の流量を調整する。リンス液脱気ユニット 4 4 は、リンス液供給源からリンス液供給管 4 1 に供給されたリンス液から酸素を除去する。

40

【 0 0 3 6 】

リンス液ノズル 4 0 は、固定ノズルである。本実施形態とは異なり、リンス液ノズル 4 0 は、水平方向および鉛直方向に移動可能な移動ノズルであってもよい。

50

リンス液とは、DIWに限られず、炭酸水、電解イオン水、オゾン水、希釈濃度（たとえば、10～100ppm程度）の塩酸水、アンモニアなどを含むアルカリイオン水、還元水（水素水）であってもよい。

【0037】

気体供給ユニット9は、基板Wの上面の中央領域に窒素ガスなどの気体を供給する気体ノズル50と、気体ノズル50に結合された気体供給管51と、気体供給管51に介装され、気体の流路を開閉する気体供給バルブ52と、その開度に応じて気体供給管51内の気体の流量を調整する気体流量調整バルブ53とを含む。気体供給管51には、気体供給源から、窒素ガスなどの気体が供給されている。

【0038】

気体供給源から気体供給管51に供給される気体としては、窒素ガスなどの不活性ガスが好ましい。不活性ガスとは、窒素ガスに限らず、基板Wの上面およびパターンに対して不活性なガスのことである。不活性ガスの例としては、窒素ガス以外に、アルゴンなどの希ガス類が挙げられる。

気体ノズル50は、気体ノズル移動ユニット55によって、鉛直方向および水平方向に移動される。気体ノズル50は、水平方向への移動によって、基板Wの上面の回転中心C1に対向する中央位置と、基板Wの上面に対向しない退避位置との間で移動することができる。

【0039】

気体ノズル移動ユニット55は、例えば、鉛直方向に沿う回動軸56と、回動軸56に結合されて水平に延びるノズルアーム57と、ノズルアーム57を駆動するアーム駆動機構58とを含む。アーム駆動機構58は、回動軸56を鉛直な回動軸線のまわりに回動させることによってノズルアーム57を水平に揺動させる。アーム駆動機構58は、回動軸56を鉛直方向に沿って昇降させることによってノズルアーム57を上下動させる。アーム駆動機構58は、たとえば、ボールねじ機構（図示せず）と、それに駆動力を与える電動モータ（図示せず）とを含む。

【0040】

膜厚測定ユニット10は、薬液などの液膜の厚さを、非接触な方法で測定するための装置である。非接触な方法としては、たとえば、赤外線吸収法や光干渉法などが挙げられる。

膜厚測定ユニット10は、発光部および受光部を有する膜厚プローブ60と、光源および測光部を有する膜厚測定器61と、膜厚プローブ60および膜厚測定器61を連結する光ファイバーなどの接続線62とを含む。膜厚プローブ60は、ノズルアーム57に取り付けられている。そのため、膜厚プローブ60は、気体ノズル50とともに水平方向および鉛直方向に移動可能である。

【0041】

図3は、基板処理装置1の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。制御ユニット3は、マイクロコンピュータを備えており、所定の制御プログラムに従って、基板処理装置1に備えられた制御対象を制御する。より具体的には、制御ユニット3は、プロセッサ（CPU）3Aと、制御プログラムが格納されたメモリ3Bとを含み、プロセッサ3Aが制御プログラムを実行することによって、基板処理のための様々な制御を実行するように構成されている。とくに、制御ユニット3は、搬送口ポットIR, CR、電動モータ23、ノズル移動ユニット35, 55、膜厚測定器61およびバルブ類32, 33, 42, 43, 52, 53などの動作を制御する。

【0042】

図4は、基板処理装置1によって処理される基板Wの表面状態の一例を説明するための断面図である。

以下に説明するように、基板処理装置1に搬入される基板Wは、たとえば、表面にポリマー残渣（ドライエッチングやアッシング後の残渣）が付着しており、金属膜70（金属パターン）が露出した半導体ウエハである。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

金属膜 7 0 は、銅やタングステンその他の金属の単膜であってもよいし、複数の金属膜を積層した多層膜であってもよい。多層膜は、たとえば、銅膜と、この銅膜上に積層された C o W P (cobalt-tungsten- phosphorus) 膜とを含む積層膜であってもよい。C o W P 膜は、拡散防止のためのキャップ膜である。

図 4 に示すように、基板 W の表面上には、層間絶縁膜 7 2 が形成されている。層間絶縁膜 7 2 には、下配線溝 7 3 がその上面から掘り下げて形成されている。下配線溝 7 3 には、銅配線 7 4 が埋設されている。銅配線 7 4 は、金属膜 7 0 に含まれる。層間絶縁膜 7 2 上には、エッチストップ膜 7 5 を介して、被加工膜の一例としての低誘電率絶縁膜 7 6 が積層されている。低誘電率絶縁膜 7 6 には、上配線溝 7 7 がその上面から掘り下げて形成されている。さらに、低誘電率絶縁膜 7 6 には、上配線溝 7 7 の底面から銅配線 7 4 の表面に達するビアホール 7 8 が形成されている。上配線溝 7 7 およびビアホール 7 8 には、銅が一括して埋め込まれる。

10

【 0 0 4 4 】

上配線溝 7 7 およびビアホール 7 8 は、低誘電率絶縁膜 7 6 上にハードマスクが形成された後、ドライエッチング処理が行われ、低誘電率絶縁膜 7 6 におけるハードマスクから露出した部分が除去されることにより形成される。上配線溝 7 7 およびビアホール 7 8 が形成された後、アッシング処理が行われ、不要となったハードマスクが低誘電率絶縁膜 7 6 上から除去される。

【 0 0 4 5 】

ドライエッチング時およびアッシング時には、低誘電率絶縁膜 7 6 やハードマスクの成分を含む反応生成物（ポリマー残渣）が、低誘電率絶縁膜 7 6 の表面（上配線溝 7 7 およびビアホール 7 8 の内面を含む。）などに付着する。そのため、アッシング後には、基板 W の表面にポリマー除去液を供給して、低誘電率絶縁膜 7 6 の表面からポリマー残渣を除去するポリマー除去工程が行われる。以下では、このような基板 W の表面からポリマー残渣を除去する処理例について説明する。

20

【 0 0 4 6 】

図 5 は、基板処理装置 1 による基板処理の一例を説明するための流れ図である。基板処理装置 1 による基板処理では、制御ユニット 3 によって作成された処理スケジュールに基づいて、たとえば、図 5 に示すように、基板搬入（S 1）、薬液処理（S 2）、リンス処理（S 3）、乾燥処理（S 4）および基板搬出（S 5）がこの順番で実行される。

30

基板処理では、まず、アッシング後の基板 W が、搬送ロボット I R, C R によってキャリア C から処理ユニット 2 に搬入され、スピンチャック 5 に渡される（S 1）。この後、基板 W は、搬送ロボット C R によって搬出されるまでの間、チャックピン 2 0 によって、スピンベース 2 1 の上面から上方に間隔を空けて水平に保持される（基板保持工程）。

【 0 0 4 7 】

次に、搬送ロボット C R が処理ユニット 2 外に退避した後、薬液処理（S 2）が開始される。

電動モータ 2 3 は、スピンベース 2 1 を回転させる。これにより、チャックピン 2 0 に水平に保持された基板 W が回転する（基板回転工程）。その一方で、薬液ノズル移動ユニット 3 5 は、薬液ノズル 3 0 を基板 W の上方の薬液処理位置に配置する。薬液処理位置は、薬液ノズル 3 0 から吐出される薬液が基板 W の上面の回転中心 C 1 に着液する位置である。

40

【 0 0 4 8 】

そして、薬液供給バルブ 3 2 が開かれる。これにより、回転状態の基板 W の上面に向けて、薬液ノズル 3 0 から薬液が吐出（供給）される。供給された薬液は遠心力によって基板 W の上面の全体に行き渡る。これにより、基板 W の上面が薬液によって処理される。

次に、一定時間の薬液処理の後、基板 W 上の薬液を D I W に置換することにより、基板 W 上から薬液を排除するための D I W リンス処理（S 3）が実行される。

【 0 0 4 9 】

50

薬液供給バルブ32が閉じられ、リンス液供給バルブ42が開かれる。これにより、リンス液ノズル40から基板Wの上面に向けてリンス液が供給（吐出）される。リンス液ノズル40から吐出されたリンス液は、基板Wの上面の中央部に着液する。基板W上に供給されたDIWは遠心力によって基板Wの上面の全体に行き渡る。このDIWによって基板W上の薬液が洗い流される。この間に、薬液ノズル移動ユニット35が、薬液ノズル30を基板Wの上方からカップ6の側方へと退避させる。

【0050】

次に、基板Wを乾燥させる乾燥処理（S4）が行われる。

具体的には、リンス液供給バルブ42が閉じられる。そして、電動モータ23が、薬液処理（S2）およびリンス液処理（S3）基板Wの回転速度よりも速い高回転速度（たとえば3000rpm）で基板Wを回転させる。これにより、大きな遠心力が基板W上のリンス液に作用し、基板W上のリンス液が基板Wの周囲に振り切られる。このようにして、基板Wからリンス液が除去され、基板Wが乾燥する。そして、基板Wの高速回転が開始されてから所定時間が経過すると、電動モータ23が、スピンベース21による基板Wの回転を停止させる。

10

【0051】

その後、搬送ロボットCRが、処理ユニット2に進入して、スピンチャック5から処理済みの基板Wをすくい取って、処理ユニット2外へと搬出する（S5）。その基板Wは、搬送ロボットCRから搬送ロボットIRへと渡され、搬送ロボットIRによって、キャリアCに収納される。

20

次に、薬液処理（図5のS2）の詳細について説明する。

【0052】

図6は、薬液処理（図5のS2）の様子を説明するための図解的な断面図である。薬液処理（図5のS2）では、基板Wの上面に薬液が供給されることによって、基板W上に薬液の液膜80が形成される（液膜形成工程）。

電動モータ23は、基板W上に液膜80が形成された状態で、基板Wの回転を制御する（回転制御工程）。具体的には、基板Wの回転速度が10rpm以上で、かつ、300rpm以下となるように基板Wの回転が制御されることが好ましい。基板Wの回転速度は、200rpm以下であることが一層好ましい。基板Wの回転速度は、100rpm以下であることがより一層好ましい。

30

【0053】

また、基板W上に液膜80が形成された状態で、薬液流量調整バルブ33の開度が調整されることによって、薬液ノズル30からの薬液の供給が制御される（薬液量制御工程）。具体的には、薬液ノズル30からの薬液の供給量（供給流量）は2.0L/min以上で、かつ、10L/min以下となるように薬液の供給が制御されることが好ましい。薬液ノズル30からの薬液の供給量は、500mL/min以上であることが一層好ましい。薬液の供給量は、大流量であるほど液膜80を厚くすることができるため、薬液の供給量はできるだけ大きいことが好ましい。薬液の供給量を十分に確保するために、薬液ノズル30が複数（2、3個）設けられていてもよい。

【0054】

40

このように、基板Wの回転や薬液の供給が制御される。これにより、液膜80の厚さTが、100μm以上で、かつ、1cm以下となるように、液膜80の厚さTが調整される（膜厚調整工程）。液膜80の厚さTとは、鉛直方向における液膜80の幅である。液膜80の厚さTは、200μm以上であることが好ましい。液膜80の厚さTは、300μm以上であることが一層好ましい。液膜80は、基板Wの上面の全体を覆っている必要はなく、少なくとも基板Wの上面において金属膜70が露出された領域を覆っていればよい。

【0055】

膜厚調整工程において、気体供給バルブ52が開かれてもよい。これにより、窒素ガスなどの気体が、気体ノズル50から基板Wの上面に向けて供給される（気体供給工程）。

50

このとき、気体ノズル50は、基板Wの上面の回転中心C1の側方の位置に気体を吹き付け可能な位置に配置されている。

基板Wの上面の回転中心C1の側方とは、基板Wの上面の回転中心C1から20mm離れた第1位置と、基板Wの上面の回転中心C1から80mm離れた第2位置との間の位置を含む領域である。基板Wの上面の回転中心C1の側方には、第1位置および第2位置も含まれる。そのため、気体ノズル50から基板Wの上面の回転中心C1の側方に向けて、気体が吹き付けられる。

【0056】

気体供給工程において、気体流量調整バルブ53の開度が調整されることによって、気体ノズル50からの気体の供給量が調整される。気体ノズル50からの気体の供給量は、5L/min以上で、かつ、50L/min以下であることが好ましい。気体ノズル50からの気体の供給量は、5L/minであることが一層好ましい。

10

膜厚形成工程において調整された液膜80の厚さTが、膜厚測定ユニット10によって測定されてもよい(膜厚測定工程)。測定された液膜80の厚さTに基づいて、薬液の供給や基板Wの回転を制御してもよい。これにより、測定された液膜80の厚さTに基づいて、液膜80の厚さTを調整することができる。つまり、液膜80の厚さTをリアルタイムで調整(制御)することができる。

【0057】

たとえば、測定された液膜80の厚さTが100 μ mよりも小さい場合などの、測定された液膜80の厚さTが意図していた値と異なる場合には、基板処理装置1を操作する操作パネル(図示せず)などに警告表示が表示されてもよい。

20

気体ノズル移動ユニット55が、気体ノズル50とともに膜厚プローブ60を水平方向に移動させてもよい。これにより、基板W上の各位置における液膜80の厚さTが測定可能である。

【0058】

以下では、後述する図7および図8を用いて、薬液処理(図5のS2)においてフッ酸を用いて基板Wを処理した場合の金属膜70(Cu膜)の腐食量(エッチング量)を測定するために行った実験の結果について説明する。

具体的には、回転状態の基板W上にフッ酸の液膜80を形成し、液膜80の厚さTを測定した。そして、液膜80を基板W上で1分間保持することによって基板Wの上を処理し、その後、Cu膜のエッチング量を測定した。

30

【0059】

この実験では、半径が150mmのウエハが基板Wとして使用された。この実験は、複数の回転速度(200rpm、400rpm、600rpm、800rpmおよび1000rpm)のそれぞれについて行われた。各回転速度における液膜80の厚さTの測定は、回転中心C1からの距離が異なる複数箇所において行われた。回転する基板Wに形成された液膜80の厚さTの測定は、基板Wの上(液膜80)に窒素ガスを吹き付けない状態で行われた。この実験で用いられたフッ酸中のフッ化水素の濃度は、0.05重量%であった。この実験で用いられたフッ酸の温度は、24であった。

【0060】

40

液膜80の厚さTの測定は、フッ酸の供給量が2.0L/minである条件で行われた。Cu膜のエッチング量の測定は、フッ酸の供給量を0.5L/minとしたときと、フッ酸の供給量を2.0L/minとしたときとの両方の条件で行われた。

図7は、基板Wの回転速度の変化によるフッ酸の液膜80の厚さTの変化を測定した結果を示したグラフである。

【0061】

図7のグラフでは、横軸を、基板Wの上面の回転中心C1からの距離とし、縦軸を、基板Wの上面の回転中心C1から所定の距離に位置する点における液膜80の厚さTとしている。図7には、各回転速度における測定結果が図示されており、複数箇所での測定結果から導かれた近似曲線が回転速度毎に図示されている。

50

図7に示すように、回転速度が400rpm以上である場合、基板Wの上面の回転中心C1からの距離によっては、液膜80の厚さTが100μmよりも小さくなった。一方、回転速度が200rpmである場合、基板Wの上面の回転中心C1からの距離にかかわらず、液膜80の厚さTが100μmを超えていた。

【0062】

具体的には、基板Wを200rpmで回転させた場合、基板Wの上面の回転中心C1からの距離が約50mmの位置における液膜80の厚さTは約260μmであった。一方、基板Wを1000rpmで回転させた場合、基板Wの上面の回転中心C1からの距離が約50mmの位置における液膜80の厚さTが、100μmを下回っていた。

基板Wを200rpmで回転させた場合、基板Wの上面の回転中心C1からの距離が約145mmの位置における液膜80の厚さTは約120μmであった。一方、基板Wを400rpm以上の回転速度で回転させた場合において、基板Wの上面の回転中心C1からの距離が約145mmの位置における液膜80の厚さTは100μmを下回っていた。

【0063】

図7に示す二点鎖線のグラフは、基板Wの上面(液膜80)に窒素ガスを吹き付けた状態で基板Wを200rpmで回転させたときの液膜80の厚さTをコンピュータでシミュレーションした結果である。このシミュレーションでは、窒素ガスの供給量を、10L/minとし、窒素ガスを吹き付ける位置を、基板Wの上面の回転中心C1の側方(回転中心C1からの距離が20mm~80mmの位置)としている。

【0064】

このシミュレーションの結果によると、窒素ガスが吹き付けられた位置、すなわち、回転中心C1からの距離が20mm~80mmの位置では、液膜80の厚さTが低減され、回転中心C1からの距離が80mm~145mmの位置では、液膜80の厚さTが増大された。

詳しくは、基板Wの上面の回転中心C1からの距離が約50mmの位置における液膜80の厚さTが、約260μmから約220μmに低減された。そして、基板Wの上面の回転中心C1からの距離が約145mmの位置における液膜80の厚さTが、約120μmから約170μmに増大された。

【0065】

図8は、フッ酸の液膜80の厚さTの変化によるCu膜のエッチング量の変化を測定した結果を示したグラフである。

図8を参照して、Cu膜において損失した部分の厚さを、Cu膜のエッチング量として示している。液膜80の厚さTの測定およびCu膜のエッチング量の測定は、回転中心C1からの距離が異なる4箇所で行われた。図8では、横軸を、フッ酸の液膜80の厚さTとし、縦軸を、液膜80の厚さTを測定した位置におけるCu膜のエッチング量としている。

【0066】

図8では、測定データは、基板Wの回転速度および測定箇所などでは区別されておらず、フッ酸の供給量で区別されている。フッ酸の供給量を0.5L/minとしたときの測定結果と、フッ酸の供給量を2.0L/minとしたときの測定結果とを別々に示している。0.5L/minでフッ酸を供給したときの測定結果が「」で示されている。2.0L/minでフッ酸を供給したときの測定結果が「」で示されている。

【0067】

図8に示すように、液膜80の厚さTが100μmよりも小さいときは、Cu膜のエッチング量が1nm~7nmであった(図8の破線よりも左側を参照)。これに対して、液膜80の厚さTが100μm以上であるときは、いずれの測定結果においても、Cu膜のエッチング量が約1nmであった(図8の破線よりも右側を参照)。

この実験から、液膜80の厚さTが100μm以上であれば、Cu膜のエッチング量を十分に抑制できることが推察される。

【0068】

液膜 80 の厚さ T が $100\ \mu\text{m}$ 以上であるときにも Cu 膜が約 $1\ \text{nm}$ 損失した理由は、フッ酸中の溶存酸素と Cu 膜とが反応して形成された酸化銅がフッ酸によってエッチングされたことに起因するのではなく、別の要因によるものと考えられる。

本実施形態によれば、液膜形成工程では、基板 W 上にフッ酸などの薬液の液膜 80 が形成される。この液膜 80 によって、基板 W の上面に露出した金属膜 70 が覆われる。膜厚調整工程では、液膜 80 の厚さが $100\ \mu\text{m}$ 以上となるように調整される。そのため、調整後の液膜 80 は十分に厚い。

【0069】

液膜 80 が十分に厚いため、液膜 80 が基板 W の周囲の雰囲気中に晒されることによって薬液に溶解した酸素が、基板 W の上面に到達するのを抑制することができる。また、液膜 80 が十分に厚いため、液膜 80 の体積も十分に大きい。そのため、基板 W の上面に供給された薬液に酸素が溶解することに起因して液膜 80 中の酸素濃度が上昇するのを抑制することができる。したがって、金属膜と 70 反応する酸素が低減されるので、金属膜 70 の酸化を抑制することができる。

10

【0070】

よって、基板 W の周囲の雰囲気中の酸素濃度を低減することなく、薬液中の酸素に起因する金属膜 70 の酸化を抑制することができる。

本実施形態によれば、膜厚調整工程では、基板 W の回転速度が $300\ \text{rpm}$ 以下となるように基板 W の回転が制御されることによって、液膜 80 の厚さ T が調整される。

ここで、回転状態の基板 W 上に形成された液膜 80 には、遠心力が作用する。そのため、基板 W の回転速度が大きくなると、遠心力によって基板 W 外へ飛び散る薬液の量が増え、基板 W 上の薬液の量が減る。これにより、液膜 80 の厚さ T が不十分となるおそれがある。

20

【0071】

しかし、膜厚調整工程において調整された基板 W の回転速度は、 $300\ \text{rpm}$ 以下であるため十分に小さい。そのため、液膜 80 を十分に厚くすることができる。したがって、金属膜 70 の酸化を抑制することができる。

本実施形態によれば、膜厚調整工程では、薬液の供給量が $2.0\ \text{L}/\text{min}$ 以上となるように薬液の供給量が制御されることによって、液膜 80 の厚さ T が調整される。

【0072】

ここで、前述したように、回転状態の基板 W 上に形成された液膜 80 に遠心力が作用することによって、薬液が基板 W 外へ飛び散る。そのため、薬液の供給量が少なくなると、基板 W 上の薬液の量が減る。これにより、液膜 80 の厚さ T が不十分となるおそれがある。

30

しかし、膜厚調整工程で調整された薬液の供給量は、 $2.0\ \text{L}/\text{min}$ 以上であるため十分に多い。そのため、液膜 80 を十分に厚くすることができる。したがって、金属膜 70 の酸化を抑制することができる。

【0073】

本実施形態によれば、液膜形成工程では、基板 W の上面の回転中心 $C1$ に向けて薬液を供給することによって、液膜 80 が形成される。

40

ここで、基板 W の上面の回転中心 $C1$ に向けて薬液が供給された場合、基板 W の上面の回転中心 $C1$ の側方の位置（特に、基板の上面の回転中心 $C1$ から $20\ \text{mm}$ の位置と基板 W の上面の回転中心 $C1$ から $80\ \text{mm}$ の位置）では、液膜 80 が厚くなりやすい。その一方で、基板 W の上面の周縁付近では、液膜 80 が薄くなりやすい。つまり、基板 W の上面内において液膜 80 の厚さ T にむらが生じやすい。液膜 80 の厚さ T にむらが生じると、基板 W の回転速度を過剰に低下させたり、薬液の供給量を過剰に増大させたりする必要がある。

【0074】

しかし、膜厚調整工程では、基板 W の上面の回転中心 $C1$ の側方の位置（特に、基板 W の上面の回転中心 $C1$ から $20\ \text{mm}$ の位置と基板 W の上面の回転中心 $C1$ から $80\ \text{mm}$ の

50

位置との間の位置)に向けて気体が供給される。これにより、基板Wの上面の回転中心C1の側方の位置にある薬液には、遠心力に加えて、基板Wの周縁側に向けて気体が薬液を押し出す力が作用する。これにより、基板Wの上面の回転中心C1の側方の位置にある薬液が基板Wの周縁側へ移動する速度が増大される。そのため、基板Wの上面の回転中心C1の側方の位置において液膜80の厚さTが低減され、基板Wの上面の周縁付近において液膜80の厚さTが増大される。これにより、液膜80の厚さTのむらを低減することができる。

【0075】

本実施形態によれば、膜厚測定工程において、膜厚調整工程で調整された液膜80の厚さTが測定される。そのため、膜厚調整工程において、液膜80の厚さTが意図した値からずれるなどの基板処理の異常を早期に検知することができる。

10

本実施形態によれば、膜厚調整工程では、膜厚測定工程で測定された液膜80の厚さTに基づいて、液膜80の厚さTが調整される。そのため、膜厚調整工程において、液膜80の厚さTを精度良く調整することができる。

【0076】

本実施形態によれば、基板Wの周囲の雰囲気の不活性ガスなどで置換する必要がないため、基板Wと対向する対向面11aを有する遮断板11(図2の二点鎖線参照)を設ける必要がない。そのため、チャンバ14内のスペースを活用しやすい。

本実施形態とは異なり、基板Wと対向する対向面11aを有する遮断板11(図2の二点鎖線参照)が設けられている場合であっても、薬液処理(図5のS2)において基板Wの上面の周囲の雰囲気の不活性ガスで置換するために遮断板11を基板Wに近接させる必要がない。ましてや、基板Wと対向面11aとの間の空間への外部の雰囲気の進入を防ぐために、鉛直方向に延びる筒状部を遮断板11に設ける必要がない。そのため、本実施形態の薬液ノズル30や気体ノズル50のような移動ノズルの水平移動が、遮断板11によって妨げられることがない。よって、不活性ガスによる基板Wの上面の周囲の雰囲気の置換を行う構成の処理ユニットと比較して、処理ユニット2では、各部材の構成の自由度が向上される。

20

【0077】

この発明は、以上に説明した実施形態に限定されるものではなく、さらに他の形態で実施することができる。

30

たとえば、上述の実施形態の基板処理装置1による基板処理とは異なり、薬液処理(S2)と同様に、DIWリンス処理(S3)において、液膜形成工程および膜厚調整工程が実行されてもよい。

【0078】

上述の実施形態では、膜厚測定ユニット10が設けられていたが、上述の実施形態とは異なり、膜厚測定ユニット10が設けられていない場合も有り得る。

上述の実施形態では、膜厚測定ユニット10の膜厚プローブ60は、気体ノズル移動ユニット55によって、気体ノズル50とともに移動するように構成されていた。しかし、上述の実施形態とは異なり、気体ノズル移動ユニット55とは別のノズル移動ユニットが設けられていてもよい。そして、膜厚プローブ60は、当該ノズル移動ユニットによって水平方向および鉛直方向に移動されるように構成されていてもよい。

40

【0079】

その他、特許請求の範囲に記載した範囲で種々の変更を行うことができる。

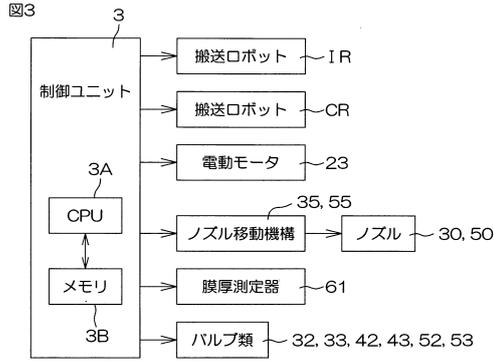
【符号の説明】

【0080】

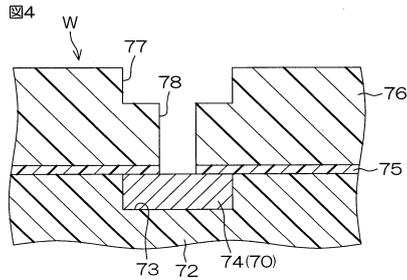
- 1 : 基板処理装置
- 3 : 制御ユニット
- 7 : 薬液供給ユニット
- 8 : リンス液供給ユニット
- 10 : 膜厚測定ユニット

50

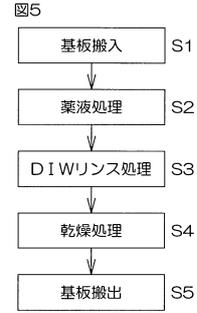
【 図 3 】



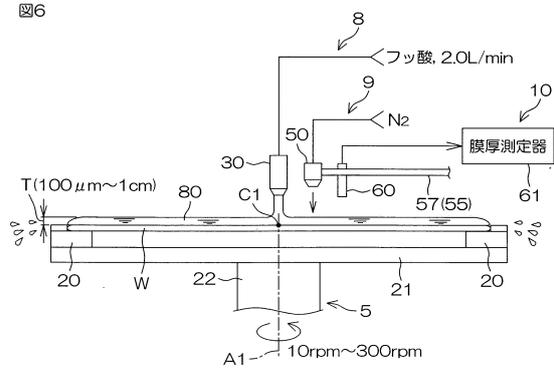
【 図 4 】



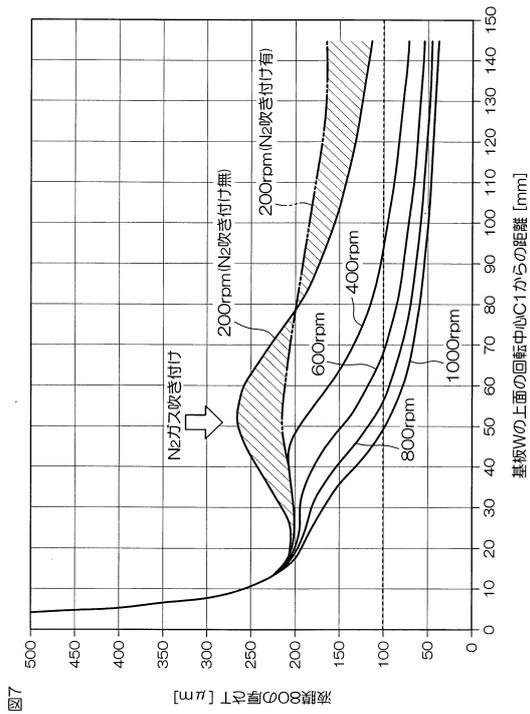
【 図 5 】



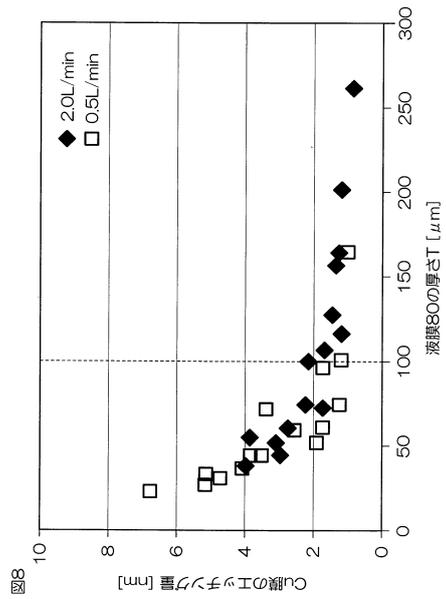
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

審査官 平野 崇

- (56)参考文献 特開2010-056218(JP,A)
特開2013-077625(JP,A)
特開2009-212407(JP,A)
特開2010-062259(JP,A)
特開平05-055137(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/304