

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7010629号
(P7010629)

(45)発行日 令和4年1月26日(2022.1.26)

(24)登録日 令和4年1月17日(2022.1.17)

(51)国際特許分類		F I			
<i>H 0 1 L</i>	<i>21/304 (2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>21/304</i>	<i>6 5 1 Z</i>	
<i>F 2 6 B</i>	<i>5/00 (2006.01)</i>	<i>H 0 1 L</i>	<i>21/304</i>	<i>6 5 1 B</i>	
		<i>F 2 6 B</i>	<i>5/00</i>		

請求項の数 15 (全25頁)

(21)出願番号	特願2017-167867(P2017-167867)	(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8月31日(2017.8.31)	(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2019-46943(P2019-46943A)	(72)発明者	奥谷 学 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31年3月22日(2019.3.22)	(72)発明者	菊本 憲幸 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 最終頁に続く
審査請求日	令和2年6月22日(2020.6.22)		

(54)【発明の名称】 基板乾燥方法および基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パターンを有する基板の表面を乾燥させる基板乾燥方法であって、
前記基板の前記表面に液体の昇華剤の液膜を配置する昇華剤液膜配置工程と、
前記昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体の液膜を、前記基板の前
記表面に配置される前記昇華剤の液膜の上に配置する高蒸気圧液体配置工程と、
高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤を冷却し、これにより、
前記昇華剤の液膜を固化させて前記基板の前記表面に昇華剤膜を形成する気化冷却工程と、
前記昇華剤膜を昇華させる昇華工程とを含む、基板乾燥方法。

【請求項 2】

前記高蒸気圧液体の液膜に含まれる高蒸気圧液体が、前記昇華剤の液膜に含まれる昇華剤
の凝固点よりも高い液温を有している、請求項 1 に記載の基板乾燥方法。

【請求項 3】

前記高蒸気圧液体の液膜に含まれる高蒸気圧液体が、前記昇華剤の液膜に含まれる昇華剤
よりも小さい比重を有しており、
前記高蒸気圧液体配置工程が、前記基板の前記表面に配置されている前記昇華剤の液膜に
対し上方から高蒸気圧液体を連続流状に供給する連続流状供給工程を含み、
昇華剤との比重差により、前記高蒸気圧液体の液膜が形成される、請求項 1 または 2 に記
載の基板乾燥方法。

【請求項 4】

前記高蒸気圧液体配置工程が、前記基板の前記表面に配置されている前記昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体の液滴を噴霧する高蒸気圧液体噴霧工程を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の基板乾燥方法。

【請求項 5】

前記高蒸気圧液体配置工程が、前記昇華剤液膜配置工程において昇華剤を供給するためのノズルと共通のノズルから高蒸気圧液体を供給する工程を含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の基板乾燥方法。

【請求項 6】

前記高蒸気圧液体配置工程が、前記昇華剤液膜配置工程において昇華剤を供給するための昇華剤ノズルとは異なる高蒸気圧液体ノズルから高蒸気圧液体を供給する工程を含み、前記昇華剤ノズルからの昇華剤の供給後に前記昇華剤ノズルを温める昇華剤ノズル加温工程をさらに含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の基板乾燥方法。

10

【請求項 7】

前記気化冷却工程の前に、前記昇華剤よりも高い蒸気圧を有する第 2 の高蒸気圧液体を、前記基板における前記表面と反対側の面である裏面に供給しかつその後第 2 の高蒸気圧液体の供給を停止する工程をさらに含む、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の基板乾燥方法。

【請求項 8】

前記昇華剤液膜配置工程および前記気化冷却工程の少なくとも一方に並行して、前記基板を所定の回転軸線回りに回転させる基板回転工程と、前記昇華工程に並行して、前記基板回転工程よりも速い速度で前記基板を所定の回転軸線回りに回転させる高速回転工程とをさらに含む、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の基板乾燥方法。

20

【請求項 9】

前記高蒸気圧液体配置工程において、前記昇華剤の液膜に高蒸気圧液体を供給することにより前記高蒸気圧液体の液膜が形成され、

前記気化冷却工程が、前記高蒸気圧液体配置工程後に高蒸気圧液体の供給を停止することにより、前記高蒸気圧液体の液膜に含まれる高蒸気圧液体の気化を促進する、請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の基板乾燥方法。

【請求項 10】

30

表面にパターンを有する基板を保持する基板保持ユニットと、前記基板保持ユニットに保持されている基板を、所定の回転軸線回りに回転させるための回転ユニットと、

前記基板の前記表面に液体の昇華剤を供給するための昇華剤供給ユニットと、前記昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体を、前記基板における前記表面に供給するための高蒸気圧液体供給ユニットと、

前記回転ユニット、前記昇華剤供給ユニットおよび前記高蒸気圧液体供給ユニットを制御する制御装置とを含み、

前記制御装置が、前記回転ユニットおよび前記昇華剤供給ユニットにより、前記基板の前記表面に昇華剤の液膜を配置する昇華剤液膜配置工程と、前記高蒸気圧液体供給ユニットにより、高蒸気圧液体の液膜を、前記基板の前記表面に配置される前記昇華剤の液膜の上に配置する高蒸気圧液体配置工程と、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤を冷却し、これにより、前記昇華剤の液膜を固化させて前記基板の前記表面に昇華剤膜を形成する気化冷却工程と、前記回転ユニットにより、前記昇華剤膜を昇華させる昇華工程とを実行する、基板処理装置。

40

【請求項 11】

前記高蒸気圧液体供給ユニットによって供給される高蒸気圧液体が、前記昇華剤供給ユニットによって供給される昇華剤の凝固点よりも高い液温を有している、請求項 10 に記載の基板処理装置。

【請求項 12】

50

前記高蒸気圧液体供給ユニットによって供給される高蒸気圧液体が、前記昇華剤供給ユニットによって供給される昇華剤よりも小さい比重を有しており、
前記高蒸気圧液体供給ユニットが、高蒸気圧液体を連続流状に供給するための連続流状供給ユニットを含み、
前記制御装置が、前記高蒸気圧液体配置工程において、前記連続流状供給ユニットにより、前記基板の前記表面に配置されている前記昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体を連続流状に供給する連続流状供給工程を実行し、
昇華剤との比重差により、前記高蒸気圧液体の液膜が形成される、請求項 1 0 または 1 1 に記載の基板処理装置。

【請求項 1 3】

前記高蒸気圧液体供給ユニットが、高蒸気圧液体の液滴を噴霧するための噴霧ユニットを含む、請求項 1 0 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 1 4】

前記昇華剤供給ユニットおよび前記高蒸気圧液体供給ユニットが、互いに共通のノズルから前記基板に、昇華剤および高蒸気圧液体を供給するユニットを含む、請求項 1 0 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の基板処理装置。

【請求項 1 5】

前記昇華剤供給ユニットが、昇華剤を供給するための昇華剤ノズルを含み、
前記高蒸気圧液体供給ユニットが、高蒸気圧液体を供給するための高蒸気圧液体ノズルであって、前記昇華剤ノズルとは異なる高蒸気圧液体ノズルを含み、
前記昇華剤ノズルを温めるための昇華剤ノズル加温ユニットをさらに含む、請求項 1 0 ~ 1 3 のいずれか一項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、基板乾燥方法および基板処理装置に関する。処理対象となる基板には、たとえば、半導体ウエハ、液晶表示装置用基板、有機 E L (electroluminescence) 表示装置などの F P D (Flat Panel 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が含まれる。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造工程では、半導体ウエハ等の基板の表面が処理液で処理される。基板を一枚ずつ処理する枚葉式の基板処理装置は、基板をほぼ水平に保持しつつ、その基板を回転させるスピチャックと、このスピチャックによって回転される基板の表面に処理液を供給するためのノズルとを備えている。

典型的な基板処理工程では、スピチャックに保持された基板に対して薬液が供給される。その後、リンス液が基板に供給され、それによって、基板上の薬液がリンス液に置換される。その後、基板上のリンス液を排除するためのスピンドライ工程が行われる。スピンドライ工程では、基板が高速回転されることにより、基板に付着しているリンス液が振り切られて除去（乾燥）される。一般的なリンス液は脱イオン水である。

【0003】

スピンドライ工程におけるパターン倒壊の発生を抑制または防止するために、下記特許文献 1 に示す昇華乾燥技術が提案されている。下記特許文献 1 では、基板の表面に超低温（約 - 6 0 ）の窒素ガスを供給することにより、基板の表面に凍結膜を形成している。凍結膜の形成後も、超低温の窒素ガスを継続して供給し続けることにより、基板の表面の凍結膜に含まれる水成分が昇華し、これにより、基板の表面に液相を生じさせることなく、基板の表面を乾燥させている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 1 0 - 1 9 9 2 6 1 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 の手法では、超低温（約 - 6 0 ）の窒素ガスを基板に供給し続ける必要があり、そのための設備が必要になり、また、ランニングコストも甚大になるおそれがある。本願発明者らは、昇華性を有し、かつ凝固点の低い溶剤（一例として、環状構造を有するフッ素系有機溶剤（凝固点約 2 0 . 5 ）や、ターシャリーブチルアルコール（凝固点約 2 5 ）等）を昇華剤として用い、これらの液体の昇華剤を基板の表面に供給し、かつ昇華剤の凝固点よりも低い温度を有する液体を、昇華剤の溶剤を固化（凍結）用の温調用流体として基板の裏面に供給することを検討している。具体的には、本願発明者らは、温調用流体として、約 5 — ~ 約 1 5 の液温を有する冷水を基板の裏面に供給している。そして、基板の裏面への冷水の供給により昇華剤を冷却し、これにより、環状構造を有するフッ素系有機溶剤やターシャリーブチルアルコール等の昇華剤を固化させて、基板の表面に昇華剤膜を形成させている。その後、昇華剤膜が昇華することにより、基板の表面が乾燥させられる。

10

【 0 0 0 6 】

しかしながら、この手法においては、基板の裏面において発生した水の水蒸気が基板の表面（表面）側に回り込み、固化後の昇華剤膜に水が混じるおそれがある。昇華剤膜に水が混じっていると、昇華剤の昇華が阻害されるおそれがある。それだけでなく、基板の表面において水が液化することにより、パターン倒壊を助長させるおそれもある。いずれにしても、昇華剤の凝固点よりも低い温度を有する水を基板の裏面に供給して行う方式の昇華剤の冷却固化では、良好な昇華乾燥を実現できなかった。そのため、水を供給することなく昇華剤を良好に固化させること、すなわち、水を供給することなく、固体状の昇華剤膜を良好に形成することが求められていた。

20

【 0 0 0 7 】

そこで、この発明の一つの目的は、基板に水を供給することなく、固体状の昇華剤膜を良好に形成することができ、これにより、昇華乾燥を良好に実現できる基板乾燥方法および基板処理装置を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

この発明は、パターンを有する基板の表面を乾燥させる基板乾燥方法であって、前記基板の前記表面に液体の昇華剤の液膜を配置する昇華剤液膜配置工程と、前記昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体の液膜を、前記基板の前記表面に配置される前記昇華剤の液膜の上に配置する高蒸気圧液体配置工程と、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤を冷却し、これにより、前記昇華剤の液膜を固化させて前記基板の前記表面に昇華剤膜を形成する気化冷却工程と、前記昇華剤膜を昇華させる昇華工程とを含む、基板乾燥方法を提供する。

【 0 0 0 9 】

この方法によれば、基板の表面に、昇華剤の液膜が配置される。また、この昇華剤の液膜の上に、昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体の液膜が配置される。高蒸気圧液体の液膜の配置後において（すなわち高蒸気圧液体の供給停止後において）、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより、昇華剤の液膜に含まれる昇華剤が冷却され、昇華剤の液膜が固化する。これにより、基板に水を供給することなく昇華剤膜を良好に形成することができる。

40

【 0 0 1 0 】

また、昇華工程では、昇華剤膜の昇華に伴って昇華熱が奪われ、昇華剤膜が凝固点（融点）以下に維持される。そのため、昇華剤膜が融解することを防止できる。これにより、昇華乾燥を良好に実現できる。

50

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体の液膜に含まれる高蒸気圧液体が、前記昇華剤の液膜に含まれる昇華剤の凝固点よりも高い液温を有している。

【0011】

この方法によれば、高蒸気圧液体を、比較的高い液温で使用することができる。高蒸気圧液体の種類によって（たとえば、凝固点が約20.5の環状構造を有するフッ素系有機溶剤を昇華剤として採用する場合には）、高蒸気圧液体を常温で使用することも可能である。この場合、高蒸気圧液体の温度調整用のユニットを廃止することも可能であり、コストダウンを図ることができる。

【0012】

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体の液膜に含まれる高蒸気圧液体が、前記昇華剤の液膜に含まれる昇華剤よりも小さい比重を有している。そして、前記高蒸気圧液体配置工程が、前記基板の前記表面に配置されている前記昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体を連続流状に供給する連続流状供給工程を含む。そして、昇華剤との比重差により、前記高蒸気圧液体の液膜が形成される。

10

【0013】

この方法によれば、昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体が連続流状に供給される。この場合、高蒸気圧液体が、昇華剤の液膜と混ざり合うおそれもある。しかしながら、高蒸気圧液体が昇華剤よりも小さい比重を有しているので、高蒸気圧液体と昇華剤との比重差により、昇華剤の液膜の上に、高蒸気圧液体の液膜を良好に形成することができる。

20

【0014】

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体配置工程が、前記基板の前記表面に配置されている前記昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体の液滴を噴霧する高蒸気圧液体噴霧工程を含む。

この方法によれば、基板の表面に高蒸気圧液体の液滴が噴霧されるので、基板の表面の広範囲に、高蒸気圧液体を均一に供給することができる。これにより、昇華剤の液膜の上に、高蒸気圧液体の液膜を良好に配置することができる。

【0015】

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体配置工程が、前記昇華剤液膜配置工程において昇華剤を供給するためのノズルと共通のノズルから高蒸気圧液体を供給する工程を含む。

30

この方法によれば、昇華剤を供給するためのノズルと共通のノズルから、高蒸気圧液体が供給される。ノズルからの昇華剤の供給終了後、ノズルの吐出口に付着している昇華剤が気化し、これに伴って、ノズルの吐出口付近の管壁が冷却されるおそれがある。ノズルの内部に昇華剤が残留している場合には、ノズルの吐出口付近に存在する昇華剤が固化するおそれがある。

【0016】

しかしながら、昇華剤液膜配置工程に次いで行われる高蒸気圧液体配置工程において、同じノズルから高蒸気圧液体が吐出され、これにより、ノズルの内部の液体が昇華剤から高蒸気圧液体に置換される。ノズルの管壁の吐出口付近の冷却によっては、ノズルの吐出口付近に存在する高蒸気圧液体は固化しない。

40

これにより、ノズルに、昇華剤の固化を防止するためのユニットを設ける必要がない。これにより、コストダウンを図ることができる。

【0017】

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体配置工程が、前記昇華剤液膜配置工程において昇華剤を供給するための昇華剤ノズルとは異なる高蒸気圧液体ノズルから高蒸気圧液体を供給する工程を含む。そして、前記基板乾燥方法が、前記昇華剤ノズルからの昇華剤の供給後に前記昇華剤ノズルを温める昇華剤ノズル加温工程をさらに含む。

【0018】

この方法によれば、昇華剤液膜配置工程において、昇華剤ノズルから昇華剤が供給される

50

。高蒸気圧液体配置工程において、高蒸気圧液体ノズルから高蒸気圧液体が供給される。昇華剤ノズルからの昇華剤の供給後に昇華剤ノズルが温められる。これにより、昇華剤の固化を防止することができる。

この発明の一実施形態では、前記基板乾燥方法が、前記気化冷却工程の前に、前記昇華剤よりも高い蒸気圧を有する第2の高蒸気圧液体を、前記基板における前記表面と反対側の面である裏面に供給しかつその後第2の高蒸気圧液体の供給を停止する工程をさらに含む。

【0019】

この方法によれば、第2の高蒸気圧液体が基板の裏面に供給される。第2の高蒸気圧液体の供給停止により、第2の高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われる。すなわち、基板の表面側の高蒸気圧液体だけでなく、基板の裏面側の第2の高蒸気圧液体によっても昇華剤から気化熱が奪われるので、これにより、昇華剤の液膜を短期間で冷却することができる。

10

【0020】

この発明の一実施形態では、前記基板乾燥方法が、前記昇華剤液膜配置工程および前記気化冷却工程の少なくとも一方に並行して、前記基板を所定の回転軸線回りに回転させる基板回転工程と、前記昇華工程に並行して、前記基板回転工程よりも速い速度で前記基板を所定の回転軸線回りに回転させる高速回転工程とをさらに含む。

【0021】

この方法によれば、昇華工程において、基板が高速で回転される。この高速回転によって、昇華剤膜と、その周囲の雰囲気との接触速度が増大する。これにより、昇華剤膜の昇華を促進させることができ、ゆえに、昇華剤膜を短期間で昇華させることができる。

20

前記高蒸気圧液体配置工程において、前記昇華剤の液膜に高蒸気圧液体を供給することにより前記高蒸気圧液体の液膜が形成されてもよい。前記気化冷却工程が、前記高蒸気圧液体配置工程後に高蒸気圧液体の供給を停止することにより、前記高蒸気圧液体の液膜に含まれる高蒸気圧液体の気化を促進してもよい。

この発明は、表面にパターンを有する基板を保持する基板保持ユニットと、前記基板保持ユニットに保持されている基板を、所定の回転軸線回りに回転させるための回転ユニットと、前記基板の前記表面に液体の昇華剤を供給するための昇華剤供給ユニットと、前記昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体を、前記基板における前記表面に供給するための高蒸気圧液体供給ユニットとを含む、基板処理装置を提供する。

30

【0022】

この構成によれば、基板の表面に、昇華剤が供給される。これにより、基板の上面に昇華剤の液膜が形成される。また、基板の表面に、昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体を供給することにより、昇華剤の液膜の上に高蒸気圧液体の液膜が配置される。高蒸気圧液体の液膜の配置後において（すなわち高蒸気圧液体の供給停止後において）、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤が冷却され、昇華剤の液膜が固化する。これにより、基板に水を供給することなく昇華剤膜を良好に形成することができる。ゆえに、昇華乾燥を良好に実現できる。

【0023】

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体供給ユニットによって供給される高蒸気圧液体が、前記昇華剤供給ユニットによって供給される昇華剤の凝固点よりも高い液温を有している。

40

この構成によれば、高蒸気圧液体を、比較的高い液温で使用することができる。高蒸気圧液体の種類によって（たとえば、凝固点が約20.5の環状構造を有するフッ素系有機溶剤を昇華剤として採用する場合には）、高蒸気圧液体を常温で使用することも可能である。この場合、高蒸気圧液体の温度調整用のユニットを廃止することも可能であり、コストダウンを図ることができる。

【0024】

この発明の一実施形態では、前記基板処理装置が、前記回転ユニット、前記昇華剤供給ユ

50

ニットおよび前記高蒸気圧液体供給ユニットを制御する制御装置をさらに含む。そして、前記制御装置が、前記回転ユニットおよび前記昇華剤供給ユニットにより、前記基板の前記表面に昇華剤の液膜を配置する昇華剤液膜配置工程と、前記高蒸気圧液体供給ユニットにより、高蒸気圧液体の液膜を、前記基板の前記表面に配置される前記昇華剤の液膜の上に配置する高蒸気圧液体配置工程と、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤を冷却し、これにより、前記昇華剤の液膜を固化させて前記基板の前記表面に昇華剤膜を形成する気化冷却工程と、前記回転ユニットにより、前記昇華剤膜を昇華させる昇華工程とを実行する。

【0025】

この構成によれば、基板の表面に、昇華剤の液膜が配置される。また、この昇華剤の液膜の上に、昇華剤よりも高い蒸気圧を有し、水を含まない高蒸気圧液体の液膜が配置される。高蒸気圧液体の液膜の配置後において（すなわち高蒸気圧液体の供給停止後において）、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤が冷却され、昇華剤の液膜が固化する。これにより、基板に水を供給することなく昇華剤膜を良好に形成することができる。

10

【0026】

また、昇華工程では、昇華剤膜の昇華に伴って昇華熱が奪われ、昇華剤膜が凝固点（融点）以下に維持される。そのため、昇華剤膜が融解することを防止できる。これにより、昇華乾燥を良好に実現できる。

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体供給ユニットによって供給される高蒸気圧液体が、前記昇華剤供給ユニットによって供給される昇華剤よりも小さい比重を有している。そして、前記高蒸気圧液体供給ユニットが、高蒸気圧液体を連続流状に供給するための連続流状供給ユニットを含む。そして、前記制御装置が、前記高蒸気圧液体配置工程において、前記連続流状供給ユニットにより、前記基板の前記表面に配置されている前記昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体を連続流状に供給する連続流状供給工程を実行する。そして、昇華剤との比重差により、前記高蒸気圧液体の液膜が形成される。

20

【0027】

この構成によれば、昇華剤の液膜に対し上方から高蒸気圧液体が連続流状に供給される。この場合、高蒸気圧液体が、昇華剤の液膜と混ざり合うおそれもある。しかしながら、高蒸気圧液体が昇華剤よりも小さい比重を有しているため、高蒸気圧液体と昇華剤との比重差により、昇華剤の液膜の上に、高蒸気圧液体の液膜を良好に形成することができる。

30

【0028】

この発明の一実施形態では、前記高蒸気圧液体供給ユニットが、高蒸気圧液体の液滴を噴霧するための噴霧ユニットを含む。

この構成によれば、基板の表面に高蒸気圧液体の液滴が噴霧されるので、基板の表面の広範囲に、高蒸気圧液体を均一に供給することができる。これにより、昇華剤の液膜の上に、高蒸気圧液体の液膜を良好に配置することができる。

【0029】

この発明の一実施形態では、前記昇華剤供給ユニットおよび前記高蒸気圧液体供給ユニットが、互いに共通のノズルから前記基板に、昇華剤および高蒸気圧液体を供給するユニットを含む。

40

この構成によれば、昇華剤を供給するためのノズルと共通のノズルから、高蒸気圧液体が供給される。ノズルからの昇華剤の供給終了後、ノズルの吐出口に付着している昇華剤が気化し、これに伴って、ノズルの吐出口付近の管壁が冷却されるおそれがある。ノズルの内部に昇華剤が残留している場合には、ノズルの吐出口付近に存在する昇華剤が固化するおそれがある。

【0030】

しかしながら、昇華剤液膜配置工程に次いで行われる高蒸気圧液体配置工程において、同じノズルから高蒸気圧液体が吐出され、これにより、ノズルの内部の液体が昇華剤から高

50

蒸気圧液体に置換される。ノズルの管壁の吐出口付近の冷却によっては、ノズルの吐出口付近に存在する高蒸気圧液体は固化しない。

これにより、ノズルに、昇華剤の固化を防止するためのユニットを設ける必要がない。これにより、コストダウンを図ることができる。

【0031】

この発明の一実施形態では、前記昇華剤供給ユニットが、昇華剤を供給するための昇華剤ノズルを含む。そして、前記高蒸気圧液体供給ユニットが、高蒸気圧液体を供給するための高蒸気圧液体ノズルであって、前記昇華剤ノズルとは異なる高蒸気圧液体ノズルを含む。そして、前記基板処理装置が、前記昇華剤ノズルを温めるための昇華剤ノズル加温ユニットをさらに含む。

10

【0032】

この構成によれば、昇華剤液膜配置工程において、昇華剤ノズルから昇華剤が供給される。高蒸気圧液体配置工程において、高蒸気圧液体ノズルから高蒸気圧液体が供給される。昇華剤ノズルからの昇華剤の供給後に昇華剤ノズルが温められる。これにより、昇華剤の固化を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】図1は、この発明の一実施形態に係る基板処理装置を上から見た模式図である。

【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図解的な断面図である。

20

【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。

【図4】図4は、前記基板処理装置による処理対象の基板の表面を拡大して示す断面図である。

【図5】図5は、前記処理ユニットにおいて実行される第1の基板処理例の内容を説明するための流れ図である。

【図6】図6は、図5に示す昇華乾燥工程を説明するための流れ図である。

【図7A - 7B】図7A, 7Bは、前記昇華乾燥工程が実行されているときの基板の周辺の状態を示す模式図である。

【図7C - 7D】図7C, 7Dは、図7Bの次の工程を示す模式図である。

30

【図7E - 7F】図7E, 7Fは、図7Dの次の工程を示す模式図である。

【図8A - 8C】図8A - 8Cは、本発明の第1の実施形態に係る効果を説明するための模式図である。

【図9】図9は、この発明の第2の実施形態において、前記昇華乾燥工程が実行されているときの基板の周辺の状態を示す模式図である。

【図10】図10は、この発明の第3の実施形態において、昇華乾燥工程S8が実行されているときの基板の周辺の状態を示す模式図である。

【図11】図11は、図10のスプレーノズルの構成を図解的に示す断面図である。

【図12】図12は、この発明の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0034】

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。

<第1の実施形態>

図1は、この発明の第1の実施形態に係る基板処理装置1を上から見た模式図である。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、処理液およびリンス液で基板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を収容する基板収容器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を搬送するインデクサロボットIRおよび基板搬送ロボットCRと、基板処理装置1を制御する制御装置3とを含む。インデクサロボットIRは、基

50

板収容器と基板搬送ロボットCRとの間で基板Wを搬送する。基板搬送ロボットCRは、インデクサロボット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。

【0035】

図2は、処理ユニット2の構成例を説明するための図解的な断面図である。

処理ユニット2は、箱形のチャンバ4と、チャンバ4内で一枚の基板Wを水平な姿勢で保持して、基板Wの中心を通る鉛直な回転軸線A1まわりに基板Wを回転させるスピチャック(基板保持ユニット)5と、スピチャック5に保持されている基板Wの上面(基板Wの表面Wa(図4等参照))に液体の昇華剤を供給する昇華剤供給ユニットと、スピチャック5に保持されている基板Wの上面(基板Wの表面Wa(図4等参照))に、水よりも高い蒸気圧(昇華剤よりも高い蒸気圧)を有し、水を含まない高蒸気圧液体の一例のIPA(isopropyl alcohol)を供給する高蒸気圧液体供給ユニットと、スピチャック5に保持されている基板Wの上面に対向し、基板Wの上方の空間をその周囲の雰囲気から遮断する遮断部材6と、スピチャック5の側方を取り囲む筒状の処理カップ8を含む。

10

【0036】

チャンバ4は、スピチャック5等を収容する箱型の隔壁11を含む。

スピチャック5として、基板Wを水平方向に挟んで基板Wを水平に保持する挟持式のチャックが採用されている。具体的には、スピチャック5は、スピモータ(回転ユニット)12と、このスピモータ12の駆動軸と一体化された下スピ軸13と、下スピ軸13の上端に略水平に取り付けられた円板状のスピベース14とを含む。

20

【0037】

スピベース14は、基板Wの外径よりも大きな外径を有する水平な円形の上面14aを含む。上面14aには、その周縁部に複数個(3個以上。たとえば6個)の挟持部材15が配置されている。複数個の挟持部材15は、スピベース14の上面周縁部において、基板Wの外周形状に対応する円周上で適当な間隔を空けてたとえば等間隔に配置されている。

【0038】

遮断部材6は、遮断板17と、遮断板17に一体回転可能に設けられた上スピ軸18と、遮断板17の中央部を上下方向に貫通する上面ノズル19とを含む。遮断板17は、水平に配置された円板部20と、円板部20の外周縁に沿って設けられた筒状部21とを含む。円板部20は、基板Wとほぼ同じ径またはそれ以上の径を有する円板状である。円板部20は、その下面に基板Wの上面全域に対向する円形の基板対向面20aを有している。基板対向面20aの中央部には、円板部20を上下に貫通する円筒状の貫通穴20bが形成されている。貫通穴20bは、円筒状の内周面によって区画されている。

30

【0039】

筒状部21は、円錐台状であってもよい。筒状部21は、図2に示すように、円板部20の外周縁から外方に広がるように下方に延びていてもよい。また、筒状部21は、図2に示すように、筒状部21の下端に近づくに従って肉厚が減少していてもよい。

上スピ軸18は、遮断板17の中心を通り鉛直に延びる回転軸線A2(基板Wの回転軸線A1と一致する軸線)まわりに回転可能に設けられている。上スピ軸18は、円筒状である。上スピ軸18の内周面は、回転軸線A2を中心とする円筒面に形成されている。上スピ軸18の内部空間は、遮断板17の貫通穴20bに連通している。上スピ軸18は、遮断板17の上方で水平に延びる支持アーム22に相対回転可能に支持されている。

40

【0040】

この実施形態では、上面ノズル19は、中心軸ノズルとして機能する。上面ノズル19は、スピチャック5の上方に配置されている。上面ノズル19は、支持アーム22によって支持されている。上面ノズル19は、支持アーム22に対して回転不能である。上面ノズル19は、遮断板17、上スピ軸18、および支持アーム22と共に昇降する。上面ノズル19は、その下端部に、スピチャック5に保持されている基板Wの上面中央部に

50

対向する吐出口 19 a を形成している。

【 0 0 4 1 】

遮断板 17 には、電動モータ等を含む構成の遮断板回転ユニット 26 が結合されている。遮断板回転ユニット 26 は、遮断板 17 および上スピン軸 18 を、支持アーム 22 に対して回転軸線 A 2 まわりに回転させる。また、支持アーム 22 には、電動モータ、ボールねじ等を含む構成の遮断部材昇降ユニット 27 が結合されている。遮断部材昇降ユニット 27 は、遮断部材 6 (遮断板 17 および上スピン軸 18) および上面ノズル 19 を、支持アーム 22 と共に鉛直方向に昇降する。

【 0 0 4 2 】

遮断部材昇降ユニット 27 は、遮断板 17 を、基板対向面 20 a がスピンチャック 5 に保持されている基板 W の上面に近接し、かつ筒状部 21 の下端の高さが基板 W 高さよりも下方に位置するような遮断位置 (図 2 に二点鎖線で図示。図 7 A 等も併せて参照) と、遮断位置よりも大きく上方に退避した退避位置 (図 2 に実線で図示) の間で昇降させる。遮断部材昇降ユニット 27 は、遮断位置、近接位置 (図 2 に破線で図示) および退避位置で遮断板 17 を保持可能である。遮断位置は、基板対向面 20 a が基板 W の上面との間に、遮断空間 28 (図 7 B 等参照) を形成するような位置である。遮断空間 28 は、その周囲の空間から完全に隔離されているわけではないが、当該周囲の空間から遮断空間 28 への気体の流入はない。すなわち、遮断空間 28 は、実質的にその周囲の空間と遮断されている。近接位置は、退避位置よりもやや上方の位置である。遮断板 17 が近接位置に配置されている状態では、遮断板 17 の基板対向面 20 a と基板 W との間の空間は、その周囲の空間から遮断されていない。

【 0 0 4 3 】

昇華剤供給ユニットは、上面ノズル 19 と、上面ノズル 19 に液体の昇華剤を供給する昇華剤ユニット 31 とを含む。昇華剤ユニット 31 は、上面ノズル 19 に接続された昇華剤配管 32 と、昇華剤配管 32 に介装された昇華剤バルブ 33 とを含む。昇華剤配管 32 に供給される昇華剤は、昇華性を有し、かつ凝固点の低い溶剤であり、一例として、環状構造を有するフッ素系有機溶剤 (凝固点約 20 . 5) や、ターシャリーブチルアルコール (凝固点約 25) 等の溶剤を例示できる。昇華剤配管 32 に供給される昇華剤は、凝固点よりもやや高い温度を有する液体の昇華剤である。環状構造を有するフッ素系有機溶剤が昇華剤として採用される場合には、常温 (約 23 ~ 約 25) の昇華剤が昇華剤配管 32 に付与される。ターシャリーブチルアルコールが昇華剤として採用される場合には、約 30 に温度調整された昇華剤が、昇華剤配管 32 に付与される。昇華剤バルブ 33 が開かれることにより、液体の昇華剤が上面ノズル 19 に供給され、これにより、吐出口 19 a から液体の昇華剤が下向きに吐出される。環状構造を有するフッ素系有機溶剤が昇華剤として使用される場合には、高蒸気圧液体の温度調整用のユニットを廃止することも可能であり、常温で使用することができるから、コストダウンを図ることができる。

【 0 0 4 4 】

上面ノズル 19 には、酸性薬液供給ユニット 34、アルカリ薬液供給ユニット 35、リンス液供給ユニット 36、高蒸気圧液体ユニット 37、および気体供給ユニット 38 が接続されている。

酸性薬液供給ユニット 34 は、上面ノズル 19 に接続された酸性薬液配管 41 と、酸性薬液配管 41 に介装された酸性薬液バルブ 42 とを含む。酸性薬液配管 41 に付与される酸性薬液は、たとえば、フッ酸 (HF)、塩酸、硫酸、リン酸、硝酸のうち少なくとも一つを含む薬液を例示できる。この実施形態では、酸性薬液としてフッ酸 (HF) を採用する。酸性薬液バルブ 42 が開かれることにより、上面ノズル 19 に酸性薬液が供給され、これにより、吐出口 19 a から酸性薬液が下向きに吐出される。

【 0 0 4 5 】

アルカリ薬液供給ユニット 35 は、上面ノズル 19 に接続されたアルカリ薬液配管 43 と、アルカリ薬液配管 43 に介装されたアルカリ薬液バルブ 44 とを含む。アルカリ薬液配管 43 に付与されるアルカリ薬液は、たとえば、アンモニアおよび水酸基のうち少なく

10

20

30

40

50

とも1つを含む薬液を例示できる。この実施形態では、酸性薬液としてSC1(NH₄OHとH₂O₂を含む液)を採用する。アルカリ薬液バルブ44が開かれることにより、上面ノズル19に酸性薬液が供給され、これにより、吐出口19aからアルカリ性が下向きに吐出される。

【0046】

リンス液供給ユニット36は、上面ノズル19に接続されたリンス液配管45と、リンス液配管45に介装されたリンス液バルブ46とを含む。リンス液配管45に付与されるリンス液は、たとえば脱イオン水(DIW)であるが、DIWに限らず、炭酸水、電解イオン水、水素水、オゾン水および希釈濃度(たとえば、10ppm~100ppm程度)の塩酸水のいずれかであってもよい。リンス液バルブ46が開かれることにより、上面ノズル19にリンス液が供給され、これにより、吐出口19aからリンス液が下向きに吐出される。

10

【0047】

高蒸気圧液体ユニット37と、上面ノズル19とによって、高蒸気圧液体供給ユニットが構成されている。高蒸気圧液体ユニット37は、上面ノズル19に接続された高蒸気圧液体配管53と、高蒸気圧液体配管53に介装された高蒸気圧液体バルブ48とを含む。高蒸気圧液体配管53に付与される高蒸気圧液体は、水よりも高い蒸気圧(昇華剤よりも高い蒸気圧)を有し(すなわち、沸点が水より低い)、水を含まない液体である。この高蒸気圧液体が、前記昇華剤の液膜に含まれる環状構造を有するフッ素系有機溶剤(比重1.05g/cm³)よりも小さい比重を有している。

20

【0048】

高蒸気圧液体は、たとえば溶剤であり、より具体的にはIPA(isopropyl alcohol、比重0.78g/cm³)である。このような高蒸気圧液体(溶剤)として、IPA以外に、たとえば、メタノール、エタノール、アセトン、およびHFE(ハイドロフルオロエテル)を例示することができる。また、高蒸気圧液体としては、単体成分のみからなる場合だけでなく、他の成分と混合した液体であってもよい。たとえば、IPAとアセトンの混合液であってもよいし、IPAとメタノールの混合液であってもよい。

【0049】

高蒸気圧液体配管53に供給される高蒸気圧液体の温度は、昇華剤配管32に供給される昇華剤(溶剤)の凝固点よりも数高い温度である。昇華剤配管32に供給される昇華剤として環状構造を有するフッ素系有機溶剤が使用される場合には、常温の昇華剤が下面供給配管52に付与される。ターシャリーブチルアルコールが昇華剤として使用される場合には、約30の液温を有する昇華剤が、下面供給配管52に付与される。この実施形態では、高蒸気圧液体としてIPAを使用するので、高蒸気圧液体ユニット37は、空気よりも比重が大きくかつ水よりも低い表面張力を有する低表面張力液体としての有機溶剤を供給するユニットとしても機能する。

30

【0050】

気体供給ユニット38は、上面ノズル19に接続された気体供給配管49と、気体供給配管49を開閉する気体バルブ50とを含む。気体供給配管49に付与される気体は、除湿された気体、とくに除湿された不活性ガスである。不活性ガスは、たとえば、窒素ガスやアルゴンガスを含む。気体バルブ50が開かれることにより、上面ノズル19に気体が供給され、これにより、吐出口19aから気体が下向きに吐出される。

40

【0051】

処理カップ8は、スピンチャック5に保持されている基板Wよりも外方(回転軸線A1から離れる方向)に配置されている。処理カップ8は、スピンベース14の周囲を取り囲む複数のカップ61~63(第1~第3のカップ61~63)と、基板Wの周囲に飛散した処理液(薬液、リンス液、有機溶剤、疎水化剤等)を受け止める複数のガード64~66(内ガード64、中ガード65および外ガード66)と、複数のガード64~66を個別に昇降させるガード昇降ユニット67(図5参照)とを含む。処理カップ8は、スピンチャック5に保持されている基板Wの外周よりも外側(回転軸線A1から離れる方向)に配

50

置されている。

【 0 0 5 2 】

各カップ 6 1 ~ 6 3 は、円筒状であり、スピンチャック 5 の周囲を取り囲んでいる。内側から 2 番目の第 2 のカップ 6 2 は、第 1 のカップ 6 1 よりも外側に配置されており、最も外側の第 3 のカップ 6 3 は、第 2 のカップ 6 2 よりも外側に配置されている。第 3 のカップ 6 3 は、たとえば、中ガード 6 5 と一体であり、中ガード 6 5 と共に昇降する。各カップ 6 1 ~ 6 3 は、上向きに開いた環状の溝を形成している。

【 0 0 5 3 】

第 1 のカップ 6 1 の溝には、排液配管 7 6 が接続されている。第 1 のカップ 6 1 の溝に導かれた処理液は、排液配管 7 6 を通して機外の廃液設備に送られる。

10

第 2 のカップ 6 2 の溝には、回収配管 7 7 が接続されている。第 2 のカップ 6 2 の溝に導かれた処理液（主として薬液）は、回収配管 7 7 を通して機外の回収設備に送られ、この回収設備において回収処理される。

【 0 0 5 4 】

第 3 のカップ 6 3 の溝には、回収配管 7 8 が接続されている。第 3 のカップ 6 3 の溝に導かれた処理液（たとえば有機溶剤）は、回収配管 7 8 を通して機外の回収設備に送られ、この回収設備において回収処理される。

各ガード 6 4 ~ 6 6 は、円筒状であり、スピンチャック 5 の周囲を取り囲んでいる。各ガード 6 4 ~ 6 6 は、スピンチャック 5 の周囲を取り囲む円筒状の案内部 6 8 と、案内部 6 8 の上端から中心側（基板 W の回転軸線 A 1 に近づく方向）に斜め上方に伸びる円筒状の傾斜部 6 9 とを含む。各傾斜部 6 9 の上端部は、ガード 6 4 ~ 6 6 の内周部を構成しており、基板 W およびスピンベース 1 4 よりも大きな直径を有している。3 つの傾斜部 6 9 は、上下に重ねられており、3 つの案内部 6 8 は、同軸的に配置されている。3 つの案内部 6 8（ガード 6 4 ~ 6 6 の案内部 6 8）は、それぞれ、対応するカップ 6 1 ~ 6 3 内に入り可能である。すなわち、処理カップ 8 は、折り畳み可能であり、ガード昇降ユニット 6 7 が 3 つのガード 6 4 ~ 6 6 の少なくとも一つを昇降させることにより、処理カップ 8 の展開および折り畳みが行われる。なお、傾斜部 6 9 は、その断面形状が図 2 に示すように直線状であってもよいし、また、たとえば滑らかな上に凸の円弧を描きつつ延びていてもよい。

20

【 0 0 5 5 】

各ガード 6 4 ~ 6 6 は、ガード昇降ユニット 6 7 の駆動によって、上位置（各傾斜部 6 9 の上端部が、基板 W の上面よりも上方の位置）と、下位置（各傾斜部 6 9 の上端部が、基板 W の上面よりも下方の位置）との間で昇降させられる。

30

基板 W への処理液（酸性薬液、アルカリ薬液、リンス液、有機溶剤、昇華剤、高蒸気圧液体等）の供給や基板 W の乾燥は、いずれかのガード 6 4 ~ 6 6 が、基板 W の周端面に対向している状態で行われる。たとえば最も外側の外ガード 6 6 が基板 W の周端面に対向している状態（図 7 F に示す状態。以下、「第 3 のガード対向状態」という場合がある）を実現するために、内ガード 6 4 および中ガード 6 5 を下位置に配置し、外ガード 6 6 を上位置に配置する。第 3 のガード対向状態では、回転状態にある基板 W の周縁部から排出される処理液の全てが、外ガード 6 6 によって受け止められる。

40

【 0 0 5 6 】

また、内側から 2 番目の中ガード 6 5 が基板 W の周端面に対向している状態（図 7 A 等に示す状態。以下、「第 2 のガード対向状態」という場合がある）を実現するために、内ガード 6 4 を下位置に配置し、中ガード 6 5 および外ガード 6 6 を上位置に配置する。第 2 のガード対向状態では、回転状態にある基板 W の周縁部から排出される処理液の全てが、中ガード 6 5 によって受け止められる。

【 0 0 5 7 】

また、最も内側の内ガード 6 4 が基板 W の周端面に対向している状態（図示しない。以下、「第 1 のガード対向状態」という場合がある）を実現するために、3 つのガード 6 4 ~ 6 6 の全てを上位置に配置する。第 1 のガード対向状態では、回転状態にある基板 W の周

50

縁部から排出される処理液の全てが、内ガード64によって受け止められる。

たとえば、後述するHF工程S3(図5参照)や、リンス工程S4(図5参照)、SC1工程S5(図5参照)や、リンス工程S6(図5参照)、置換工程S7(図5参照)および昇華乾燥工程S8(図5参照)では、3つのガード64~66のいずれかが、基板Wの周端面に対向している状態で行われる。したがって、基板Wに処理液が供給されているときに基板Wの周囲に飛散した処理液は、内ガード64、中ガード65、および外ガード66のいずれかによって、いずれかのカップ61~63に案内される。

【0058】

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。

制御装置3は、たとえばマイクロコンピュータを用いて構成されている。制御装置3はCPU等の演算ユニット、固定メモリデバイス、ハードディスクドライブ等の記憶ユニット、および入出力ユニットを有している。記憶ユニットには、演算ユニットが実行するプログラムが記憶されている。

10

【0059】

また、制御装置3には、制御対象として、スピンモータ12、遮断部材昇降ユニット27、遮断板回転ユニット26、ガード昇降ユニット67等が接続されている。制御装置3は、予め定められたプログラムに従って、スピンモータ12、遮断部材昇降ユニット27、遮断板回転ユニット26、ガード昇降ユニット67等の動作を制御する。

また、制御装置3は、予め定められたプログラムに従って、昇華剤バルブ33、酸性薬液バルブ42、アルカリ薬液バルブ44、リンス液バルブ46、高蒸気圧液体バルブ54、気体バルブ50等を開閉する。

20

【0060】

以下では、デバイス形成面である、表面(表面)Waにパターン100が形成された基板Wを処理する場合について説明する。

図4は、基板処理装置1による処理対象の基板Wの表面Waを拡大して示す断面図である。処理対象の基板Wは、たとえばシリコンウエハであり、そのパターン形成面である表面Waにパターン100が形成されている。パターン100は、たとえば微細パターンである。パターン100は、図4に示すように、凸形状(柱状)を有する構造体101が行列状に配置されたものであってもよい。この場合、構造体101の線幅W1はたとえば3nm~45nm程度に、パターン100の隙間W2はたとえば10nm~数μm程度に、それぞれ設けられている。パターン100の膜厚Tは、たとえば、0.2μm~1.0μm程度である。また、パターン100は、たとえば、アスペクト比(線幅W1に対する膜厚Tの比)が、たとえば、5~500程度であってもよい(典型的には、5~50程度である)。

30

【0061】

また、パターン100は、微細なトレンチにより形成されたライン状のパターンが、繰り返し並ぶものであってもよい。また、パターン100は、薄膜に、複数の微細穴(ボイド(void)またはポア(pore))を設けることにより形成されていてもよい。

パターン100は、たとえば絶縁膜を含む。また、パターン100は、導体膜を含んでもよい。より具体的には、パターン100は、複数の膜を積層した積層膜により形成されており、さらには、絶縁膜と導体膜とを含んでもよい。パターン100は、単層膜で構成されるパターンであってもよい。絶縁膜は、シリコン酸化膜(SiO₂膜)やシリコン窒化膜(SiN膜)であってもよい。また、導体膜は、低抵抗化のための不純物を導入したアモルファスシリコン膜であってもよいし、金属膜(たとえばTiN膜)であってもよい。

40

【0062】

また、パターン100は、親水性膜であってもよい。親水性膜として、TEOS膜(シリコン酸化膜の一種)を例示できる。

図5は、処理ユニット2において実行される第1の基板処理例の内容を説明するための流れ図である。図1~図5を参照しながら、第1の基板処理例について説明する。

50

未処理の基板W（たとえば直径300mmの円形基板）は、インデクサロボットIRおよび基板搬送ロボットCRによって基板収容器Cから処理ユニット2に搬入され、チャンバ4内に搬入され、基板Wがその表面Wa（図4等参照）を上方に向けた状態でスピチャック5に受け渡され、スピチャック5に基板Wが保持される（図5のS1：基板W搬入）。この状態において、基板Wの裏面Wb（図7A等参照）は下方を向いている。チャンバ4への基板Wの搬入は、遮断板17が退避位置に退避された状態で、かつガード64～66が下位置に配置された状態で行われる。

【0063】

基板搬送ロボットCRが処理ユニット2外に退避した後、制御装置3は、スピモータ12を制御してスピベース14の回転速度を、所定の液処理速度（約10～1200rpmの範囲内、たとえば約300rpm）まで上昇させ、その液処理速度に維持させる（図5のS2：基板W回転開始）。

10

また、制御装置3は、遮断部材昇降ユニット27を制御して、遮断板17を、退避位置から下降させて近接位置に配置する。

【0064】

また、制御装置3は、ガード昇降ユニット67を制御して、内ガード64、中ガード65および外ガード66を上位置に上昇させることにより、内ガード64を基板Wの周端面に対向させる（第1のガード対向状態を実現）。

基板Wの回転が液処理速度に達すると、次いで、制御装置3は、基板Wの表面Waに酸性薬液の一例としてのHFを供給するHF工程S3（図5参照）を実行する。具体的には、制御装置3は、酸性薬液バルブ42を開く。それにより、回転状態の基板Wの表面Waの中央部に向けて、上面ノズル19の吐出口19aからHFが吐出される。基板Wの表面Waに供給されたHFは、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの周縁部に移動する。これにより、基板Wの表面Waの全域がHFを用いて処理される。

20

【0065】

基板Wの周縁部に移動したHFは、基板Wの周縁部から基板Wの側方に排出される。基板Wの周縁部から排出されるHFは、内ガード64の内壁に受け止められ、内ガード64の内壁を伝って流下し、第1のカップ61および排液配管76を介して、機外の廃液処理設備に送られる。

HFの吐出開始から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、酸性薬液バルブ42を閉じて、上面ノズル19からのHFの吐出を停止する。これにより、HF工程S3が終了する。

30

【0066】

次いで、制御装置3は、基板W上のHFをリンス液に置換して基板W上から薬液を排除するためのリンス工程S4（図5参照）を実行する。具体的には、制御装置3は、処理カップ8の第1のガード対向状態を維持しながら、リンス液バルブ46を開く。それにより、回転状態の基板Wの表面Waの中央部に向けて、上面ノズル19の吐出口19aからリンス液が吐出される。基板Wの表面Waに供給されたリンス液は、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの周縁部に移動する。これにより、基板W上に付着しているHFがリンス液によって洗い流される。

40

【0067】

基板Wの周縁部から排出されたリンス液は、基板Wの周縁部から基板Wの側方に排出される。基板Wの周縁部から排出されたリンス液は、内ガード64の内壁に受け止められ、内ガード64の内壁を伝って流下し、第1のカップ61および排液配管76を介して、機外の廃液処理設備に送られる。リンス液バルブ46が開かれてから予め定める期間が経過すると、制御装置3はリンス液バルブ46を閉じる。これにより、リンス工程S4が終了する。

【0068】

次いで、制御装置3は、基板Wの表面Waにアルカリ薬液の一例としてのSC1を供給するSC1工程S5（図5参照）を実行する。具体的には、制御装置3は、アルカリ薬液バ

50

ルブ44を開く。それにより、回転状態の基板Wの表面Waの中央部に向けて、上面ノズル19の吐出口19aからSC1が吐出される。基板Wの表面Waに供給されたSC1は、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの周縁部に移動する。これにより、基板Wの表面Waの全域がSC1を用いて処理される。

【0069】

基板Wの周縁部に移動したSC1は、基板Wの周縁部から基板Wの側方に排出される。基板Wの周縁部から排出されるSC1は、内ガード64の内壁に受け止められ、内ガード64の内壁を伝って流下し、第1のカップ61および排液配管76を介して、機外の廃液処理設備に送られる。

SC1の吐出開始から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、アルカリ薬液バルブ44を閉じて、上面ノズル19からのSC1の吐出を停止する。これにより、SC1工程S5が終了する。

10

【0070】

次いで、制御装置3は、基板W上のSC1をリンス液に置換して基板W上から薬液を排除するためのリンス工程S6（図5参照）を実行する。具体的には、制御装置3は、処理カップ8の第1のガード対向状態を維持しながら、リンス液バルブ46を開く。それにより、回転状態の基板Wの表面Waの中央部に向けて、上面ノズル19の吐出口19aからリンス液が吐出される。基板Wの表面Waに供給されたリンス液は、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの周縁部に移動する。これにより、基板W上に付着しているSC1がリンス液によって洗い流される。

20

【0071】

基板Wの周縁部から排出されたリンス液は、基板Wの周縁部から基板Wの側方に排出される。基板Wの周縁部から排出されたリンス液は、内ガード64の内壁に受け止められ、内ガード64の内壁を伝って流下し、第1のカップ61および排液配管76を介して、機外の廃液処理設備に送られる。リンス液バルブ46が開かれてから予め定める期間が経過すると、制御装置3はリンス液バルブ46を閉じる。これにより、リンス工程S6が終了する。

【0072】

次いで、制御装置3は、置換工程S7（図5参照）を実行する。置換工程S7は、基板W上のリンス液を、リンス液（水）よりも表面張力の低い有機溶剤（この例では、IPA）に置換する工程である。制御装置3は、ガード昇降ユニット67を制御して、内ガード64および中ガード65を下位置に下降させることにより、外ガード66を基板Wの周端面に対向させる（第3のガード対向状態を実現）。

30

【0073】

また、制御装置3は、高蒸気圧液体バルブ54を開く。それにより、回転状態の基板Wの表面Waの中央部に向けて、上面ノズル19の吐出口19aから高蒸気圧液体が吐出される。基板Wの表面Waに供給された高蒸気圧液体は、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの表面Waの全域に広がる。これにより、基板Wの表面Waの全域において、当該表面Waに付着しているリンス液が、高蒸気圧液体によって置換される。基板Wの表面Waを移動する高蒸気圧液体は、基板Wの周縁部から基板Wの側方に排出される。基板Wの周縁部から排出される高蒸気圧液体は、外ガード66の内壁に受け止められ、外ガード66の内壁を伝って流下し、第3のカップ63および回収配管78を介して、回収設備に送られる。

40

【0074】

高蒸気圧液体バルブ54が開かれてから予め定める期間が経過すると、制御装置3は、高蒸気圧液体バルブ54を閉じる。これにより、置換工程S7が終了する。

また、置換工程S7の終了後には、制御装置3は、昇華乾燥工程S8（図5参照）を実行する。昇華乾燥工程S8は、液体の昇華剤を基板Wの表面Waに供給して、基板Wの表面Waに、パターン100を浸漬させる厚みの液膜を形成した後、それを固化させて昇華剤膜を形成する。その後、基板Wを高速回転させることにより、昇華剤膜（に含まれる昇華

50

剤)を昇華させる。この場合、基板Wの高速回転時に、基板Wの表面Waのパターン100間に液相が存在しないので、パターン100の倒壊の問題を緩和しながら、基板Wを乾燥させることができる。昇華乾燥工程S8については、次に詳細に述べる。

【0075】

昇華乾燥工程S8における高速回転の開始から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、スピンモータ12を制御してスピンチャック5の回転を停止させる(図5のS9:基板W回転停止)。また、制御装置3は、ガード昇降ユニット67を制御して、外ガード66に下降させて、全てのガードを基板Wの周端面から下方に退避させる。

その後、基板搬送ロボットCRが、処理ユニット2に進入して、処理済みの基板Wを処理ユニット2外へと搬出する(図5のS10:基板W搬出)。搬出された基板Wは、基板搬送ロボットCRからインデクサロボットIRへと渡され、インデクサロボットIRによって、基板収容器Cに収納される。

10

【0076】

図6は、図5に示す昇華乾燥工程S8を説明するための流れ図である。図7A~7Fは、昇華乾燥工程S8が実行されているときの基板Wの周辺の状態を示す模式図である。

昇華乾燥工程S8は、基板Wの表面Waに液体の昇華剤の液膜81を配置する昇華剤液膜配置工程T1と、この昇華剤の液膜81の上方に、水よりも高い蒸気圧(昇華剤よりも高い蒸気圧)を有し、水を含まない高蒸気圧液体の液膜86を配置する高蒸気圧液体配置工程T2と、高蒸気圧液体の液膜86の配置後における高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤の液膜81を冷却する気化冷却工程T3とを含む。気化冷却工程T3によって、昇華剤の液膜81に含まれる昇華剤が固化させられて、基板Wの表面Waに、固体状の昇華剤膜82が形成される。昇華乾燥工程S8は、昇華剤膜82を昇華させる昇華工程T4をさらに含む。

20

【0077】

昇華剤液膜配置工程T1は、基板Wの表面Waに昇華剤を供給する昇華剤供給工程(図7A参照)と、昇華剤を供給することなく回転軸線A1回りに基板Wを回転させることにより、供給された昇華剤を基板Wの表面Waで薄く広げる薄化工程(図7B参照)とを含む。高蒸気圧液体配置工程T2は、昇華剤の液膜81の上に連続流状の高蒸気圧液体を供給する高蒸気圧液体供給工程(図7C参照)と、高蒸気圧液体の比重が昇華剤の比重よりも小さいため、供給された高蒸気圧液体と昇華剤との比重差により昇華剤の液膜81の表層を形成する表層形成工程(図7D参照)とを含む。

30

【0078】

昇華乾燥工程S8において、固化後の昇華剤膜82に水が混じっていると、昇華剤の昇華が阻害されるおそれがある。それだけでなく、基板Wの表面Waにおいて水が液化することにより、パターン倒壊を助長させるおそれもある。そのため、昇華剤の液膜81や固化後の昇華剤膜82に水が混じらないように、基板Wの表面Waからできるだけ水分を排除した状態で(すなわち、基板Wの表面Waを低湿度に保ちながら)、昇華乾燥工程S8を行う必要がある。そのため、遮断空間28(図7A等参照)において、昇華乾燥工程S8が行われる。

【0079】

昇華乾燥工程S8(昇華剤液膜配置工程T1)の開始に際して、制御装置3は、遮断部材昇降ユニット27を制御して、遮断板17を、近接位置から遮断位置まで下降させる。これにより、基板対向面20aと基板Wの表面Waとの間に、遮断空間28が形成される。また、制御装置3は、ガード昇降ユニット67を制御して、内ガード64を下位置に下降させることにより、基板Wの周端面に中ガード65を対向させる(第2のガード対向状態を実現)。

40

【0080】

そして、制御装置3は、昇華剤液膜配置工程T1を実行する。具体的には、制御装置3は、昇華剤供給工程(図7A参照)において、基板Wの回転を液処理速度に維持しながら、昇華剤バルブ33を開く。それにより、回転状態の基板Wの表面Waの中央部に向けて、

50

上面ノズル 19 の吐出口 19 a から液体の昇華剤が吐出される。基板 W の表面 W a に供給された昇華剤は、基板 W の回転による遠心力を受けて基板 W の周縁部に移動する。これにより、図 7 A に示すように、基板 W の表面 W a の全域を覆う、昇華剤の液膜 80 が形成される。

【0081】

高蒸気圧液体が水を含まない溶剤であるので、基板 W の裏面 W b が疎水性を呈しているか否かによらずに、基板 W の裏面 W b 全域に高蒸気圧液体を行き渡らせることができる。これにより、基板 W の裏面 W b 全域を覆う高蒸気圧液体の液膜 84 が形成される。

昇華剤バルブ 33 の閉成から予め定める期間が経過すると、制御装置 3 は、高蒸気圧液体バルブ 54 を閉じる。これにより、基板 W の裏面 W b に対する高蒸気圧液体の供給が停止される。これにより、薄化工程 T2 が終了する。

10

【0082】

次いで、制御装置 3 は、気化冷却工程 T3 を実行する。この気化冷却工程 T3 の間、基板 W が液処理速度で回転し続けられている。

基板 W の裏面 W b に対する高蒸気圧液体の供給停止後においては、高い蒸気圧を有する高蒸気圧液体の気化が、基板 W の裏面において促進される。基板 W の裏面 W b において高蒸気圧液体が気化することに伴って、裏面 W b から気化熱が奪われる。これにより基板 W が冷却し、基板 W の表面 W a に形成されている昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤も冷却される。このような冷却に伴って、昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤が当該昇華剤の凝固点 (FP) 以下 (より具体的には、凝固点 (FP) よりも低温) に温度低下する。これにより、昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤が固化させられる。昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤の全てが固化することにより、基板 W の表面 W a に、固体状の昇華剤膜 82 が形成される。昇華剤膜 82 の温度 T_s は、凝固点よりも低い ($FP > T_s$)。

20

【0083】

昇華剤の液膜 81 の上に連続流状の高蒸気圧液体が供給されることにより、昇華剤と高蒸気圧液体とは一時的に混ざり合うが、時間の経過に伴って、供給された高蒸気圧液体と昇華剤との比重差により、昇華剤の液膜 81 の表面に、高蒸気圧液体の層が浮き上がる (分離する)。これにより、昇華剤の液膜 81 の表層をなす、高蒸気圧液体の液膜 86 が形成される。すなわち、高蒸気圧液体の液膜 86 が昇華剤の液膜 81 の上に配置される。(表層形成工程 (図 7 D 参照))。

30

【0084】

次いで、制御装置 3 は、気化冷却工程 T3 (図 7 E 等参照) を実行する。この気化冷却工程 T3 の間、基板 W が液処理速度で回転し続けられている。

高蒸気圧液体の供給停止後 (すなわち、高蒸気圧液体の液膜 86 の配置後) においては、高い蒸気圧を有する高蒸気圧液体の気化が、昇華剤の液膜 81 の上面において促進される。昇華剤の液膜 81 の上面において高蒸気圧液体が気化することに伴って、昇華剤の液膜 81 から気化熱が奪われる。これにより昇華剤の液膜 81 も冷却される。このような冷却に伴って、昇華剤の液膜 81 (に含まれる昇華剤) が当該昇華剤の凝固点 (FP) 以下 (より具体的には、凝固点 (FP) よりも低温) に温度低下する。これにより、昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤が固化させられる。昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤の全てが固化することにより、基板 W の表面 W a に、固体状の昇華剤膜 82 が形成される。昇華剤膜 82 の温度 T_s は、凝固点よりも低い ($FP > T_s$)。

40

【0085】

高蒸気圧液体バルブ 54 の閉成から予め定める期間が経過すると、気化冷却工程 T3 が終了する。

次いで、制御装置 3 は、昇華工程 T4 (図 7 F 等参照) を実行する。制御装置 3 は、ガード昇降ユニット 67 を制御して、中ガード 65 を下位置に下降させることにより、外ガード 66 を基板 W の周端面に対向させる (第 3 のガード対向状態を実現)。また、制御装置 3 は、基板 W の回転を高速度 (たとえば約 1500 rpm) まで加速させる (昇華剤液膜配置工程 T1 および気化冷却工程 T3 よりも高回転速度)。また、制御装置 3 は、遮断板

50

回転ユニット 26 を制御して、遮断板 17 を基板 W の回転と同方向に同等の速度で回転させる。基板 W の高速回転に伴って、昇華剤膜 82 と、その周囲の雰囲気との接触速度が増大する。これにより、昇華剤膜 82 の昇華を促進させることができ、短期間のうちに昇華剤膜を昇華させることができる。

【0086】

また、昇華工程 T4 においては、制御装置 3 は、気体バルブ 50 を開く。それにより、回転状態の基板 W の表面 Wa の中央部に向けて、上面ノズル 19 の吐出口 19a から除湿された気体が吐出される。これにより、遮断空間 28 を低湿度状態に保ちながら、昇華工程 T4 を行うことができる。

この昇華工程 T4 では、昇華剤膜 82 の昇華に伴って昇華熱が奪われ、昇華剤膜 82 が凝固点（融点）以下に維持される。そのため、昇華剤膜 82 に含まれる昇華剤が融解することを防止できる。これにより、昇華乾燥を良好に実現できる。

【0087】

以上のようにこの実施形態によれば、基板 W の表面 Wa に、昇華剤の液膜 81 が配置される。また、この昇華剤の液膜 81 の上方（基板 W と反対側）に、水よりも高い蒸気圧（昇華剤よりも高い蒸気圧）を有し、水を含まない高蒸気圧液体の液膜 86 が配置される。高蒸気圧液体の液膜 86 の配置後において（すなわち高蒸気圧液体の供給停止後において）、高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われることにより昇華剤の液膜 81 が冷却され、昇華剤の液膜 81 に含まれる昇華剤の液膜 81 が固化する。これにより、基板 W に水を供給することなく昇華剤膜 82 を良好に形成することができる。

【0088】

また、昇華工程 T4 では、昇華剤膜 82 の昇華に伴って昇華熱が奪われ、昇華剤膜 82 が凝固点（融点）以下に維持される。そのため、昇華剤膜 82 に含まれる昇華剤が融解することを防止できる。これにより、昇華乾燥を良好に実現できる。

ところで、上面ノズル 19 からの昇華剤の吐出終了後にそのままの状態では放置していると、上面ノズル 19 の吐出口 19a に付着している昇華剤が気化し、これに伴って、上面ノズル 19 の吐出口 19a 付近の管壁が冷却されるおそれがある。図 8A に示すように、上面ノズル 19 の吐出口 19a の内部に昇華剤が残留している場合には、その後、図 8B に示すように、上面ノズル 19 の吐出口 19a 付近に存在する昇華剤が固化するおそれがある。

【0089】

しかしながら、昇華剤液膜配置工程 T1 に次いで行われる高蒸気圧液体配置工程 T2 において、同じ上面ノズル 19 から高蒸気圧液体が吐出され、これにより、図 8C に示すように、上面ノズル 19 の内部の液体が昇華剤から高蒸気圧液体に置換される。気化冷却工程 T3 では、上面ノズル 19 の内部に高蒸気圧液体が存在している。上面ノズル 19 の吐出口 19a 付近の管壁の冷却によっては、上面ノズル 19 の吐出口 19a 付近に存在する高蒸気圧液体は固化しない。これにより、上面ノズル 19 の吐出口 19a 付近に、昇華剤の固化を防止するためのユニットを設ける必要がない。これにより、コストダウンを図ることができる。

【0090】

また、前述の説明において、昇華剤液膜配置工程 T1 が、昇華剤供給工程（図 7A 参照）と、薄化工程（図 7B 参照）とを含むとして説明したが、薄化工程（図 7B 参照）を省略するようにしてもよい。

< 第 2 の実施形態 >

図 9 は、この発明の第 2 の実施形態において、昇華乾燥工程 S8 が実行されているときの基板 W の周辺の状態を示す模式図である。

【0091】

第 2 の実施形態において、前述の第 1 の実施形態と共通する部分には、図 1 ~ 図 8C の場合と同一の参照符号を付し説明を省略する。

第 2 の実施形態に係る処理ユニット 201 が、第 1 の実施形態に係る処理ユニット 2 と相

10

20

30

40

50

違する点は、基板Wの裏面Wbの中央部に対向する下面ノズル202を備えている点である。

【0092】

下面ノズル202は、スピチャック5に保持された基板Wの下面の中央部に対向する単一の吐出口202aを有している。吐出口202aは、鉛直上方に向けて液を吐出する。吐出された液は、スピチャック5に保持されている基板Wの下面の中央部に対してほぼ垂直に入射する。下面ノズル202には、第2の高蒸気圧液体配管203が接続されている。第2の高蒸気圧液体配管203には、第2の高蒸気圧液体バルブ204が介装されている。第2の高蒸気圧液体配管203に付与される第2の高蒸気圧液体は、水よりも高い蒸気圧（昇華剤よりも高い蒸気圧）を有し（すなわち、沸点が水（昇華剤）より低い）、水を含まない液体である。高蒸気圧液体は、たとえば溶剤であり、より具体的にはIPA（isopropyl alcohol）である。第2のこのような高蒸気圧液体（溶剤）として、IPA以外に、たとえば、メタノール、エタノール、アセトン、およびHFE（ハイドロフルオロエーテル）を例示することができる。また第2の高蒸気圧液体としては、単体成分のみからなる場合だけでなく、他の成分と混合した液体であってもよい。たとえば、IPAとアセトンとの混合液であってもよいし、IPAとメタノールとの混合液であってもよい。この実施形態のように、基板Wの表面Waに供給される高蒸気圧液体と同じ液種であってもよいし、異なる液種であってもよい。

10

【0093】

第2の高蒸気圧液体バルブ204が開かれると、吐出口202aから、鉛直上方に向けて高蒸気圧液体が吐出される。この状態で、第2の高蒸気圧液体バルブ204が閉じられると、吐出口202aからの高蒸気圧液体の吐出が停止される。

20

この実施形態では、制御装置3は、気化冷却工程T3の前に、第2の高蒸気圧液体を、基板Wの裏面Wbに供給しかつその後第2の高蒸気圧液体の供給を停止する。

【0094】

第2の実施形態によれば、第2の高蒸気圧液体が基板Wの裏面Wbに供給される。第2の高蒸気圧液体の供給停止により、第2の高蒸気圧液体の気化に伴って気化熱が奪われる。すなわち、基板Wの表面Wa側の高蒸気圧液体によって昇華剤から気化熱が奪われるだけでなく、基板Wの裏面Wb側の第2の高蒸気圧液体によっても昇華剤から気化熱が奪われるので、これにより、昇華剤の液膜81を短時間で冷却することができる。

30

<第3の実施形態>

図10は、この発明の第3の実施形態において、昇華乾燥工程S8が実行されているときの基板Wの周辺の状態を示す模式図である。図11は、図10のスプレーノズル302の構成を図解的に示す断面図である。

【0095】

第3の実施形態において、前述の第1の実施形態と共通する部分には、図1～図8Cの場合と同一の参照符号を付し説明を省略する。

第3の実施形態に係る処理ユニット301が、第1の実施形態に係る処理ユニット2と相違する点は、遮断板17を上下に貫通する上面ノズル19ではなく、処理液の液滴を噴霧するスプレーノズル（噴霧ユニット）302によって、基板Wの表面Waへの昇華剤および高蒸気圧液体の吐出を行うようにした点である。

40

【0096】

スプレーノズル302は、処理液の微小の液滴を噴出する複数流体ノズル（より詳しくは2流体ノズル）の形態を有している。スプレーノズル302には、スプレーノズル302に処理液と気体とを供給する流体供給ユニットが接続されている。

図11に示すように、スプレーノズル302は、ほぼ円柱状の外形を有している。スプレーノズル302は、ケーシングを構成する外筒336と、外筒336の内部に嵌め込まれた内筒337とを含む。

【0097】

外筒336および内筒337は、各々共通の中心軸線CL上に同軸配置されており、互い

50

に連結されている。内筒 337 の内部空間は、処理液配管 325 からの処理液が流通する直線状の処理液流路 338 となっている。また、外筒 336 および内筒 337 との間には、気体配管 326 から供給される気体が流通する円筒状の気体流路 339 が形成されている。

【0098】

処理液流路 338 は、内筒 337 の上端で処理液導入口 340 として開口している。処理液流路 338 には、この処理液導入口 340 を介して処理液配管 325 からの処理液が導入される。また、処理液流路 338 は、内筒 337 の下端で、中心軸線 CL 上に中心を有する円状の処理液吐出口 341 として開口している。処理液流路 338 に導入された処理液は、この処理液吐出口 341 から吐出される。

10

【0099】

気体流路 339 は、中心軸線 CL と共通の中心軸線を有する円筒状の間隙であり、外筒 336 および内筒 337 の上端部で閉塞され、外筒 336 および内筒 337 の下端で、中心軸線 CL 上に中心を有し、処理液吐出口 341 を取り囲む円環状の気体吐出口 342 として開口している。気体流路 339 の下端部は、気体流路 339 の長さ方向における中間部よりも流路面積が小さくされ、下方に向かって小径となっている。また、外筒 336 の中間部には、気体流路 339 に連通する気体導入口 343 が形成されている。

【0100】

気体導入口 343 には、外筒 336 を貫通した状態で気体配管 326 が接続されており、気体配管 326 の内部空間と気体流路 339 とが連通されている。気体配管 326 からの気体は、この気体導入口 343 を介して気体流路 339 に導入され、気体吐出口 342 から吐出される。

20

気体吐出口 342 から気体を吐出させながら、処理液吐出口 341 から処理液を吐出させることにより、スプレーノズル 302 の近傍で処理液に気体を衝突（混合）させることにより処理液の微小の液滴を生成することができ、処理液を噴霧状に吐出することができる。この実施形態では、処理液吐出口 341 および気体吐出口 342 によって、処理液液滴を噴霧する噴霧部が形成されている。

【0101】

基板 W の表面 Wa への昇華剤の供給の際には、連続流状の昇華剤が供給されることが望ましい。そのため、制御装置 3 は、処理液配管 325 に昇華剤を供給すると共に、気体配管 326 からの気体の供給は行わない。これにより、スプレーノズル 302 から基板 W の表面 Wa に向けて、連続流状の昇華剤が吐出される。

30

一方、基板 W の表面 Wa への高蒸気圧液体を供給する際には、広範囲にかつ均一に高蒸気圧液体の液滴を供給できるように、高蒸気圧液体の液滴が供給されることが望ましい。そのため、制御装置 3 は、処理液配管 325 に高蒸気圧液体を供給すると共に、気体配管 326 に気体を供給する。これにより、スプレーノズル 302 から基板 W の表面 Wa 上の昇華剤の液膜 81 に向けて、高蒸気圧液体の液滴が吐出される（高蒸気圧液体噴霧工程）。

【0102】

この実施形態によれば、基板 W の表面 Wa に高蒸気圧液体の液滴が噴霧されるので、昇華剤の液膜 81 の上に、広範囲かつ均一に高蒸気圧液体を供給することができる。これにより、昇華剤の液膜 81 の上に、高蒸気圧液体の液膜を良好に配置できる。

40

以上、この発明の 3 つの実施形態を例に挙げて説明したが、この発明はさらに他の形態で実施することも可能である。

【0103】

前述の各実施形態では、昇華剤液膜配置工程 T1 における昇華剤の吐出と、高蒸気圧液体配置工程 T2 における高蒸気圧液体の吐出とを共通のノズルで行う場合を例に挙げて説明したが、各工程における液体の吐出を互いに異なるノズルで行うようにしてもよい。すなわち、昇華剤液膜配置工程 T1 において、図 12 に示すように、昇華剤ノズル 401 から昇華剤が吐出される。高蒸気圧液体配置工程 T2 において、高蒸気圧液体ノズル 403 から高蒸気圧液体が吐出される。この場合において、昇華剤ノズル 401 の先端部にヒータ

50

402（昇華剤ノズル加温ユニット）が設けられている。ヒータ402は、たとえば抵抗式のヒータである。これにより、昇華剤ノズル401からの昇華剤の供給後に昇華剤ノズル401が温められる（昇華剤ノズル加温工程）。これにより、昇華剤ノズル401の先端部における昇華剤の固化を防止することができる。なお、昇華剤ノズル加温ユニットとして、ヒータ402の他に、中外の二重配管構造を採用し、外側の配管を流れる温調液で、内側の配管に存在する昇華剤を温めるようにしてもよい。

【0104】

また、前述の実施形態において、基板処理装置1が半導体ウエハからなる基板Wを処理する装置である場合について説明したが、基板処理装置が、液晶表示装置用基板、有機EL（electroluminescence）表示装置などのFPD（Flat Panel 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を処理する装置であってもよい。

10

【0105】

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【符号の説明】

【0106】

- 1 : 基板処理装置
- 3 : 制御装置
- 5 : スピンチャック
- 12 : スピンモータ（回転ユニット）
- 19 : 上面ノズル（ノズル、昇華剤供給ユニット、高蒸気圧液体供給ユニット）
- 31 : 昇華剤ユニット（昇華剤供給ユニット）
- 47 : 高蒸気圧液体ユニット（高蒸気圧液体供給ユニット）
- 81 : 昇華剤の液膜
- 82 : 昇華剤膜
- 86 : 高蒸気圧液体の液膜
- 100 : パターン
- 201 : 処理ユニット
- 202 : 下面ノズル
- 203 : 第2の高蒸気圧液体配管
- 204 : 第2の高蒸気圧液体バルブ
- 301 : 処理ユニット
- 302 : スプレーノズル（噴霧ユニット）
- 401 : 昇華剤ノズル
- 402 : ヒータ（昇華剤ノズル加温ユニット）
- 403 : 高蒸気圧液体ノズル
- A1 : 回転軸線
- W : 基板
- Wa : 表面
- Wb : 裏面

20

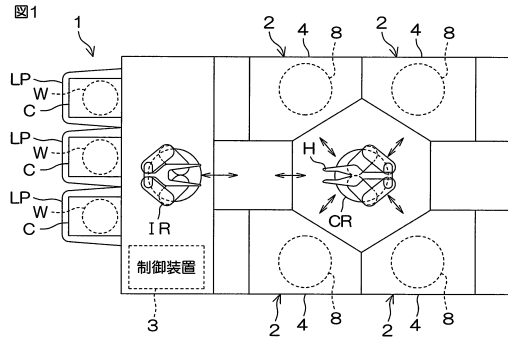
30

40

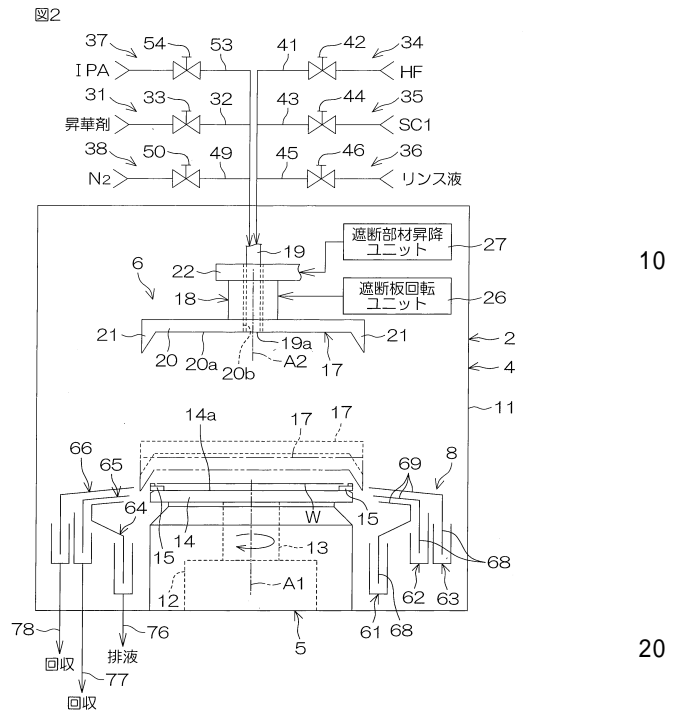
50

【図面】

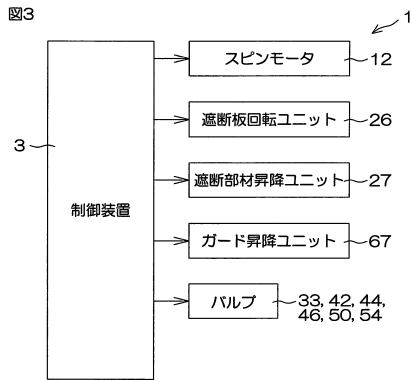
【図 1】



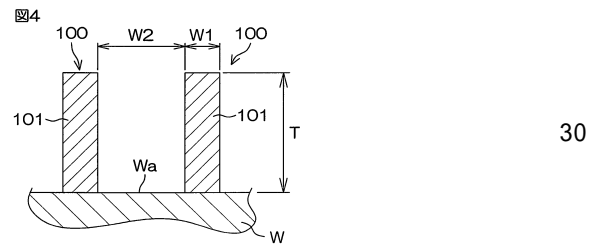
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

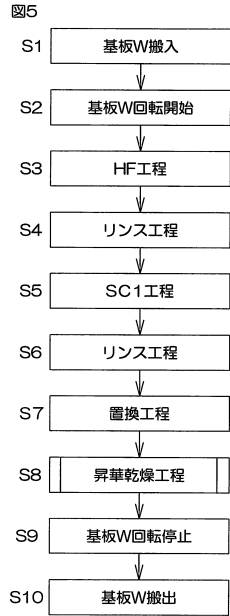
20

30

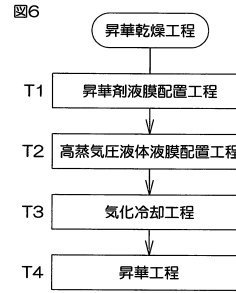
40

50

【 図 5 】



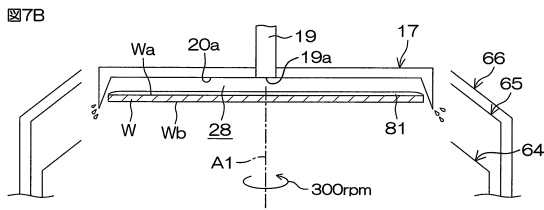
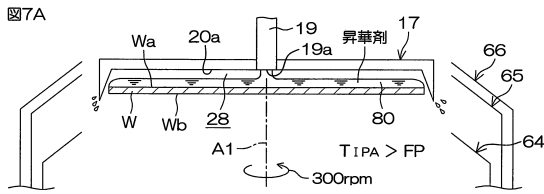
【 図 6 】



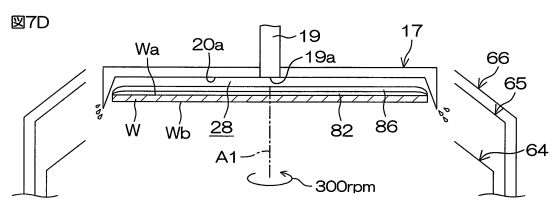
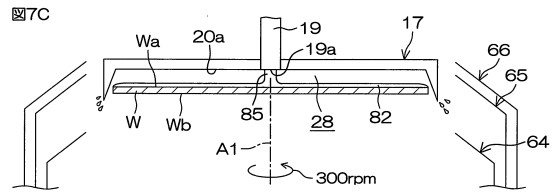
10

20

【 図 7 A - 7 B 】



【 図 7 C - 7 D 】

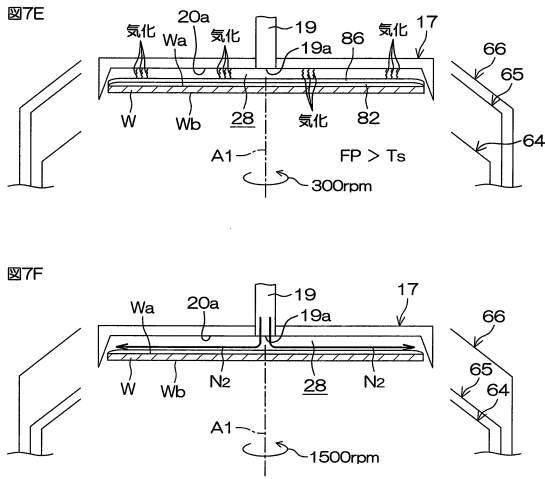


30

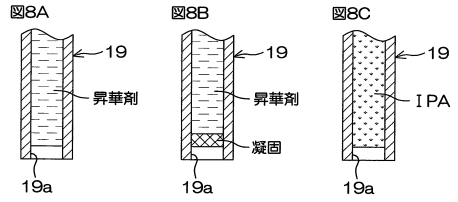
40

50

【 図 7 E - 7 F 】

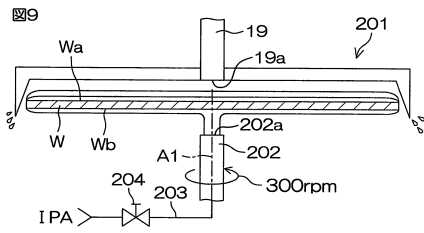


【 図 8 A - 8 C 】

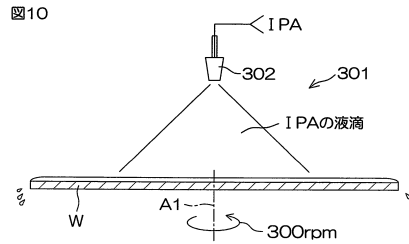


10

【 図 9 】

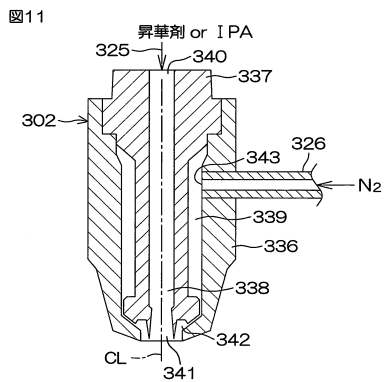


【 図 1 0 】

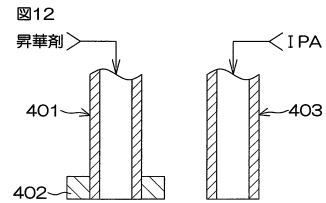


20

【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



30

40

50

フロントページの続き

ンズ内

(72)発明者 吉原 直彦

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SCREENセミコン
ダクターソリューションズ内

(72)発明者 阿部 博史

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SCREENセミコン
ダクターソリューションズ内

審査官 今井 聖和

(56)参考文献 特開2017-037985(JP,A)

特開2015-050414(JP,A)

特開2013-033817(JP,A)

特開2013-201302(JP,A)

特開2013-042094(JP,A)

特開2012-074564(JP,A)

特開2015-142069(JP,A)

特開2016-195207(JP,A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/304

F26B 5/00