

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6680631号  
(P6680631)

(45) 発行日 令和2年4月15日(2020.4.15)

(24) 登録日 令和2年3月24日(2020.3.24)

(51) Int. Cl. F 1  
**HO 1 L 21/304 (2006.01)**  
 HO 1 L 21/304 6 4 1  
 HO 1 L 21/304 6 4 3 A

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2016-125324 (P2016-125324)	(73) 特許権者	000207551
(22) 出願日	平成28年6月24日 (2016.6.24)		株式会社 S C R E E Nホールディングス
(65) 公開番号	特開2017-228715 (P2017-228715A)		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
(43) 公開日	平成29年12月28日 (2017.12.28)	(74) 代理人	100105935
審査請求日	平成30年12月21日 (2018.12.21)		弁理士 振角 正一
		(74) 代理人	100136836
			弁理士 大西 一正
		(72) 発明者	上田 大
			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ホールディングス内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理装置および基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

凝固対象液が付着した表面を上方に向けた水平姿勢の基板に対し、凝固対象液を部分的に凝固させて凝固領域を形成する凝固部を相対移動させることで、前記基板の表面上の凝固対象液を全て凝固させる基板処理装置であって、

前記凝固部の相対移動中に、前記凝固部により最初に形成された初期凝固領域を冷却して前記初期凝固領域の温度を前記凝固対象液の凝固点より低い温度に維持させる冷却部を備え、

前記冷却部は、前記初期凝固領域の形成後に、前記初期凝固領域の冷却を開始することを特徴とする基板処理装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の基板処理装置であって、

前記冷却部は、前記凝固部の相対移動を終了するまでの間、前記初期凝固領域の冷却を継続する基板処理装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 に記載の基板処理装置であって、

前記冷却部は、前記初期凝固領域または前記基板のうち前記初期凝固領域が形成される基板領域に対して前記凝固対象液の凝固点より低い温度を有する冷媒を供給して前記初期凝固領域の冷却を行う冷媒供給部材を有する基板処理装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の基板処理装置であって、

前記冷媒供給部材は、圧縮ガスによって発生する旋回流を冷気と暖気に分離して前記冷気を前記冷媒として前記初期凝固領域に向けて供給するボルテックスチューブを有する基板処理装置。

【請求項 5】

請求項 1 または 2 に記載の基板処理装置であって、

前記冷却部は、前記初期凝固領域または前記基板のうち前記初期凝固領域が形成される基板領域に対して前記凝固対象液の凝固点より低い温度を有する処理面を当接させて前記初期凝固領域の冷却を行う当接部材を有する基板処理装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の基板処理装置であって、

前記冷却部は、前記当接部材の前記処理面を前記凝固対象液の凝固点より低い温度に冷却するペルチェ素子を有する基板処理装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれか一項に記載の基板処理装置であって、

前記表面を上方に向けて前記基板を保持する基板保持部と、

前記基板保持部に保持された前記基板を鉛直軸回りに回転させる回転部と、

前記基板の中央部および周縁部のうちの一方を凝固開始部とするとともに他方を凝固終了部とし、前記凝固開始部および前記凝固終了部に対向する前記凝固部の位置をそれぞれ凝固開始位置および凝固終了位置とし、前記回転部により回転される前記基板に対して前記凝固部を前記凝固開始位置から前記凝固終了位置に相対移動させる移動部と、  
を備える基板処理装置。

【請求項 8】

凝固対象液が付着した表面を上方に向けた水平姿勢の基板に対し、凝固対象液を部分的に凝固させて凝固領域を形成する凝固部を凝固開始位置に位置させて前記基板の表面の付着する凝固対象液の一部を最初に凝固させて初期凝固領域を形成する工程と、

前記基板に対し、前記凝固開始位置から前記凝固開始位置と異なる凝固終了位置に前記凝固部を相対移動させることで前記凝固部により凝固された凝固領域を拡幅して前記基板の表面上の凝固対象液を全て凝固させる工程と、

前記凝固開始位置から前記凝固終了位置への前記凝固部の相対移動中、前記初期凝固領域の形成後に前記初期凝固領域の冷却を開始して前記初期凝固領域の温度を前記凝固対象液の凝固点より低い温度に維持させる工程と、  
を備えることを特徴とする基板処理方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、半導体基板、フォトマスク用ガラス基板、液晶表示用ガラス基板、プラズマ表示用ガラス基板、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などの各種基板（以下、単に「基板」と記載する）の表面に付着する凝固対象液を凝固する凝固技術、ならびに当該凝固技術を用いて基板の表面を洗浄する基板処理装置および基板処理方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体装置や液晶表示装置などの電子部品等の製造工程では、基板の表面に成膜やエッチングなどの処理を繰り返し施して微細パターンを形成していく工程が含まれる。ここで、微細加工を良好に行うためには基板の表面を清浄な状態に保つ必要があり、必要に応じて基板の表面に対して洗浄処理が行われる。例えば特許文献 1 に記載された装置においては、基板の表面に脱イオン水 (De Ionized Water: 以下「DIW」と記載する) などの液体を供給して液膜を形成し、当該液膜の凝固によって均一な凍結膜を形

10

20

30

40

50

成した後、リンス液で凍結膜を解凍除去することで基板の表面の洗浄が実行される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2008-71875号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記従来技術では、冷却ガスを基板の表面に形成された液膜に局部的に吐出する冷却ガス吐出ノズルを基板の表面に対して相対的に移動させることで上記液膜全体を凝固させ、これによって基板の表面上に凍結膜を形成している。より詳しくは、次の2段階で凍結膜を形成している。まず最初に、基板の表面上の液膜のうちの一部領域（例えば基板の表面中央部に位置する領域）に対して最初に冷却ガスを供給して初期凝固領域を形成する。そして、冷却ガスを吐出したまま冷却ガス吐出ノズルを基板に対して相対移動させることで凝固された領域が基板の表面全体に拡幅され、凍結膜が形成される。したがって、初期凝固領域の形成から液膜全体の凝固までに一定時間が必要であり、当該時間（凝固処理時間）が経過するまでに初期凝固領域が解凍されてしまうことがあった（図6参照）。このように凍結膜の一部が解凍状態となってしまうと、十分な洗浄効果が得られない。

10

【0005】

20

この発明は上記課題に鑑みなされたものであり、凝固対象液が付着した表面を上方に向けた水平姿勢の基板に対し、凝固対象液を部分的に凝固させて凝固領域を形成する凝固部を相対移動させることで基板の表面に付着する凝固対象液を全て凝固させる基板処理技術において、上記凝固部の相対移動中における凝固領域の解凍を確実に防止することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この発明の一態様は、凝固対象液が付着した表面を上方に向けた水平姿勢の基板に対し、凝固対象液を部分的に凝固させて凝固領域を形成する凝固部を相対移動させることで、基板の表面上の凝固対象液を全て凝固させる基板処理装置であって、凝固部の相対移動中に、凝固部により最初に形成された初期凝固領域を冷却して初期凝固領域の温度を凝固対象液の凝固点より低い温度に維持させる冷却部を備え、冷却部は、初期凝固領域の形成後に、初期凝固領域の冷却を開始することを特徴としている。

30

【0007】

また、この発明の他の態様は、基板処理方法であって、凝固対象液が付着した表面を上方に向けた水平姿勢の基板に対し、凝固対象液を部分的に凝固させて凝固領域を形成する凝固部を凝固開始位置に位置させて基板の表面の付着する凝固対象液の一部を最初に凝固させて初期凝固領域を形成する工程と、基板に対し、凝固開始位置から凝固開始位置と異なる凝固終了位置に凝固部を相対移動させることで凝固部により凝固された凝固領域を拡幅して基板の表面上の凝固対象液を全て凝固させる工程と、

40

凝固開始位置から凝固終了位置への凝固部の相対移動中、初期凝固領域の形成後に初期凝固領域の冷却を開始して初期凝固領域の温度を凝固対象液の凝固点より低い温度に維持させる工程と、を備えることを特徴としている。

【0008】

このように構成された発明では、基板の表面では、当該表面に付着している凝固対象液の一部が凝固部によって凝固されて初期凝固領域が形成される。そして、基板に対する凝固部の相対移動に応じて凝固領域が拡幅され、やがて基板の表面に付着していた凝固対象液が全て凝固される。このように初期凝固領域の形成後に凝固部は初期凝固領域から離れていくが、凝固部の相対移動中に、初期凝固領域の冷却によって初期凝固領域の温度が凝固対象液の凝固点より低い温度に維持され、初期凝固領域の解凍が防止される。

50

## 【0009】

なお、本発明における「凝固部の相対移動中に」とは、凝固部が凝固開始位置から凝固終了位置に相対移動している期間の全部および当該期間の一部で初期凝固領域が冷却されることを意味している。

## 【発明の効果】

## 【0010】

以上のように、本発明によれば、凝固部の相対移動中に、初期凝固領域を冷却して初期凝固領域の温度を凝固対象液の凝固点より低い温度に維持させるため、初期凝固領域を解凍させることなく、基板の表面に付着している全凝固対象液を確実に凝固させて基板の表面上に凝固対象液の凍結膜を良好に形成することができる。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0011】

【図1】本発明にかかる基板処理装置の第1実施形態を示す図である。

【図2】図1におけるA-A線矢視平面図である。

【図3】図1に示す基板処理装置のDIW供給構成などを示すブロック図である。

【図4】図1に示す基板処理装置による洗浄処理動作を示すフローチャートである。

【図5A-5C】洗浄処理動作を模式的に示す図である。

【図6】初期凝固領域の冷却を伴わない洗浄処理動作を模式的に示す図である。

【図7】本発明にかかる基板処理装置の第2実施形態を示す模式図である。

【図8】図7に示す基板処理装置のDIW供給構成などを示すブロック図である。

20

【図9】図7に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。

【図10】本発明にかかる基板処理装置の第3実施形態を示す模式図である。

【図11】図10に示す基板処理装置のDIW供給構成、ガス供給構成および制御構成を示すブロック図である。

【図12】図10に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。

【図13】本発明にかかる基板処理装置の第4実施形態を示す模式図である。

【図14】図13に示す基板処理装置のDIW供給構成などを示すブロック図である。

【図15】図13に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。

【図16】本発明にかかる基板処理装置の第5実施形態を示す模式図である。

【図17】図16に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。

30

## 【発明を実施するための形態】

## 【0012】

図1は本発明にかかる基板処理装置の第1実施形態を示す図である。また、図2は図1におけるA-A線矢視平面図である。また、図3は図1に示す基板処理装置のDIW供給構成、ガス供給構成および制御構成を示すブロック図である。この基板処理装置は半導体ウエハ等の基板Wの表面Wfに付着しているパーティクル等の汚染物質を除去するための基板洗浄処理を実行可能な枚葉式の基板洗浄装置としての基板処理装置である。

## 【0013】

この基板処理装置1は、基板Wに対して洗浄処理を施す処理空間をその内部に有する処理チャンバー（図示省略）を備え、当該処理チャンバー内に基板保持部10が設けられている。この基板保持部10は、図1に示すように、基板Wの表面Wfを上方に向けた状態で基板Wを略水平姿勢に保持して回転させるものである。この基板保持部10は、基板Wよりも若干大きな外径を有する円盤状のスピンベース111と、略鉛直方向に延びる回転支軸112とが一体的に結合されたスピンチャック11を有している。回転支軸112はモータを含むチャック回転機構113の回転軸に連結されており、スピンチャック11が回転軸（鉛直軸）AX1回りに回転可能となっている。これら回転支軸112およびチャック回転機構113は、円筒状のケーシング12内に収容されている。また、回転支軸112の上端部には、スピンベース111が一体的にネジなどの締結部品によって連結され、スピンベース111は回転支軸112により略水平姿勢に支持されている。したがって、チャック回転機構113が装置全体を制御する制御ユニット90からの回転指令に応じ

40

50

て作動することで、スピベース111が鉛直軸AX1回りに回転する。なお、制御ユニット90はチャック回転機構113を制御して、スピベース111の回転速度を調整することが可能となっている。

【0014】

スピベース111の周縁部付近には、基板Wの周端部を把持するための複数のチャックピン114が立設されている。チャックピン114は、円形の基板Wを確実に保持するために3つ以上設けてあればよく（この例では6つ）、図2に示すように、スピベース111の周縁部に沿って等角度間隔で配置されている。

【0015】

チャックピン114のそれぞれは、基板Wの外周端面を押圧する押圧状態と、基板Wの外周端面から離れる解放状態との間を切り替え可能に構成されている。スピベース111に対して基板Wが受け渡しされる際には、複数のチャックピン114のそれぞれを解放状態とする一方、基板Wを回転させて所定の処理を行う際には、複数のチャックピン114のそれぞれを押圧状態とする。このように押圧状態とすることによって、チャックピン114は基板Wの周端部を把持してその基板Wをスピベース111から上方に所定間隔を隔てて略水平姿勢に保持することができる。これにより、基板Wはその表面Wfを上方に向け、裏面Wbを下方に向けた状態で支持される。なお、チャックピン114としては、公知の構成、例えば特開2013-206983号公報に記載されたものを用いることができる。

【0016】

スピチャック11の上方には、図1に示すように、中心部に開口を有する円盤状の遮断部材20が設けられている。遮断部材20は、その下面（底面）がチャックピン114に保持された基板Wの表面Wfと略平行に対向する基板対向面21となっており、その平面サイズは基板Wの直径と同等以上の大きさに形成されている。遮断部材20は略円筒形状を有する支持軸22の下端部に略水平に取り付けられ、支持軸22は水平方向に延びるアーム23により基板Wの回転中心軸AX1回りに回転可能に保持されている。また、アーム23には、遮断部材回転機構24と遮断部材昇降機構25が接続されている。

【0017】

遮断部材回転機構24は、制御ユニット90からの動作指令に応じて支持軸22を基板Wの回転中心軸AX1回りに回転させる。また、遮断部材回転機構24は、スピチャック11に保持された基板Wの回転に応じて基板Wと同じ回転方向でかつ略同じ回転速度で遮断部材20を回転させるように構成されている。

【0018】

また、遮断部材昇降機構25は、制御ユニット90からの動作指令に応じて、遮断部材20をスピベース111に近接して対向させたり、逆に離間させることが可能となっている。具体的には、制御ユニット90は遮断部材昇降機構25を作動させることで、基板処理装置1に対して基板Wを搬入出させる際や液膜を凝固させる際には、スピチャック11の上方の離間位置（図1に示す位置）に遮断部材20を上昇させる。その一方で、基板Wに対して所定の処理（液膜形成処理、融解・リンス処理、スピ乾燥処理）を施す際には、スピチャック11に保持された基板Wの表面Wfのごく近傍に設定された対向位置まで遮断部材20を下降させる。

【0019】

支持軸22は中空に仕上げられ、その内部にガス供給管26が挿通され、さらにガス供給管26の内部に液供給管27が挿通されている。ガス供給管26および液供給管27の一方端は遮断部材20の開口まで延びて当該開口に連通されている。また、液供給管27の一方端にノズル28が設けられている。このようにガス供給管26および液供給管27で二重管構造が形成されており、ガス供給管26の内壁面と液供給管27の外壁面の隙間が上記開口につながるガス供給路として機能するとともに、液供給管27の内部がノズル28につながる液供給路として機能する。そして、上記ガス供給路に対してガス供給ユニット80（図3）が接続され、当該ガス供給ユニット80から供給される窒素ガスが乾燥

10

20

30

40

50

ガスとして供給される。より詳しくは、図3に示すように、窒素ガス貯留部81から圧送される常温窒素ガスが乾燥用ガス調整部82によりスピン乾燥処理に適した圧力に減圧され、制御ユニット90からの供給指令に応じたタイミングで乾燥用ガス調整部82により上記乾燥ガスとして供給される。なお、ガス供給ユニット80は上記した乾燥ガスのみならず低温窒素ガスを供給する機能も兼ね備えているが、この点については後で説明する。

#### 【0020】

また、液供給管27の他方端はDIW供給ユニット70と接続されている。このため、遮断部材20が対向位置に下降した状態(図5A参照)で、制御ユニット90からのDIW供給指令に応じてDIW供給ユニット70がDIWを圧送すると、液供給管27およびノズル28を介してDIWが基板Wの表面Wfに供給されて液膜LF(図5A)を形成する。

10

#### 【0021】

こうして基板Wに供給されたDIWを回収するために、スプラッシュガード30がケーシング12の周囲に設けられている。このスプラッシュガード30はスピンチャック11に水平姿勢で保持されている基板Wの周囲を包囲するように配置されている。また、スプラッシュガード30はスピンチャック11の回転軸AX1に沿って昇降自在に設けられている。このスプラッシュガード30は回転軸AX1に対して略回転対称な形状を有しており、それぞれスピンチャック11と同心円状に配置されて基板Wから飛散するDIWを受け止める複数段の(この例では2段の)ガード31と、ガード31から流下するDIWを受け止める液受け部32とを備えている。そして、制御ユニット90からの昇降指令に応じてガード昇降機構33(図3)がガード31を段階的に昇降させることで、回転する基板Wから飛散する液体成分を分別して回収することが可能となっている。

20

#### 【0022】

スプラッシュガード30の周囲には、気体冷媒を基板Wの表面Wfに向けて供給する凝固部40および冷却部50が設けられている。本実施形態では、凝固部40および冷却部50は同一構成を有しているが、それらの機能は互いに相違している。つまり、凝固部40は表面Wfに付着するDIWで形成される液膜LFを部分的に凝固させる機能を有しているのに対し、冷却部50は凝固部40により凝固された凝固領域を冷却して凝固状態に維持させる機能を有している。

#### 【0023】

30

この凝固部40は、図2に示すように、鉛直軸AX2回りに回動可能に構成された回転軸41と、これに連結されたアーム42と、アーム42の先端に設けられてガス供給ユニット80から供給される低温窒素ガスを凝固用冷却ガスとして吐出する凝固ノズル43と、制御ユニット90からの回動指令に応じて回転軸41を回動させるノズル回動機構44(図3)とを備えている。この実施形態では、制御ユニット90からの回動指令に応じてノズル回動機構44が回転軸41を回動駆動することで、アーム42が鉛直軸AX2回りに揺動する。これにより凝固ノズル43は、図2において一点鎖線で示すように、スプラッシュガード30よりも外側の退避位置(図2に実線で示す位置)と基板Wの表面Wfの中央部に対向する位置(本発明の「凝固開始位置」に相当)PS(図2、図5B、図5C)との間を基板Wの周縁部に対向する位置(本発明の「凝固終了位置」に相当)PE(図2、図5B、図5C)を経由して往復移動可能となっている。そして、後で詳述するように、液膜LFを凝固させて凍結膜を形成する際には、凝固ノズル43は最初、基板Wの中央部に対向する位置、つまり凝固開始位置PSに位置決めされて液膜LFの中央部に凝固領域を形成する(なお、当該凝固領域が本発明の「初期凝固領域」に相当する)。それに続いてアーム42の揺動によって凝固ノズル43が基板Wの周縁部に対向する位置、つまり凝固終了位置PEに向けて移動する。この凝固ノズル43の移動に応じて凝固領域が拡幅されて液膜LF全体が凝固されて凍結膜が形成される。

40

#### 【0024】

また、冷却部50は、凝固部40と同様に、鉛直軸AX3回りに回動可能に構成された回転軸51と、これに連結されたアーム52と、アーム52の先端に設けられてガス供給

50

ユニット80から供給される低温窒素ガスを解凍防止用冷却ガスとして吐出する冷却ノズル53と、制御ユニット90からの回動指令に応じて回動軸51を回動させるノズル回動機構54(図3)とを備えている。また、制御ユニット90からの回動指令に応じてノズル回動機構54が回動軸51を回動駆動することで、アーム52が鉛直軸AX3回りに揺動し、これにより冷却ノズル53は、図2において二点鎖線で示すように、スブラッシュガード30よりも外側の退避位置(図2に実線で示す位置)と凝固開始位置PS(図2、図5B、図5C)との間を往復移動可能となっている。そして、後で詳述するように、凝固ノズル43が凝固開始位置PSから移動するのと入れ替わりに、冷却ノズル53が凝固開始位置PSに移動し、当該凝固開始位置PSに位置して初期凝固領域を冷却する。これによって、初期凝固領域が解凍されるのを効果的に防止する。

10

**【0025】**

上記した凝固部40および冷却部50に低温窒素ガスを供給するために、ガス供給ユニット80は除湿部83、凝固用ガス調整部84および解凍防止用ガス調整85をさらに備えている。除湿部83は、窒素ガス貯留部81から供給される常温窒素ガスを冷却して同窒素ガス中に含まれる水分を除去して露点を低下させる。より詳しくは、除湿部83はタンク構造を有する容器(図示省略)を有している。容器には、液体窒素を取り入れる液体窒素導入口が設けられており、該導入口を介して液体窒素供給部60から液体窒素が容器内に導入される。容器の内部には、ステンレス、銅などの金属管で形成されたコイル状の熱交換パイプがガス通送路として設けられている。熱交換パイプは容器に貯留された液体窒素に浸漬されており、その内部には窒素ガス貯留部81から常温窒素ガスが供給される。これにより、常温窒素ガスが液体窒素により冷やされ、同窒素ガスに含まれる水分が熱交換パイプの内面に霜としてトラップされて窒素ガスの露点を液体窒素の温度と同等の露点まで低下させる。こうして、低露点化された窒素ガスが凝固用ガス調整部84および解凍防止用ガス調整部85に送給される。

20

**【0026】**

凝固用ガス調整部84および解凍防止用ガス調整部85はそれぞれ恒温槽(図示省略)を有しており、除湿部83で液体窒素の温度に近い温度まで冷却された窒素ガスの温度を所望温度に調整する。凝固用ガス調整部84は除湿部83から供給される窒素ガスの温度をDIWの凝固点よりも低い温度(例えば-50)に調整し、これを凝固用冷却ガスとして凝固ノズル43に供給する。また、解凍防止用ガス調整部85も除湿部83から供給される窒素ガスの温度をDIWの凝固点よりも低い温度(例えば-50)に調整し、これを解凍防止用冷却ガスとして冷却ノズル53に供給する。なお、ここでは、解凍防止用冷却ガスを凝固用冷却ガスと同じ温度に調整しているが、初期凝固領域の解凍を防止する観点からすれば、解凍防止用冷却ガスの温度を凝固用冷却ガスの温度とDIWの凝固点との間の温度に設定してもよい。また、温度のみならずガス圧についても凝固用冷却ガスおよび解凍防止用冷却ガスをそれぞれ凝固用ガス調整部84および解凍防止用ガス調整部85で調整するように構成してもよい。

30

**【0027】**

このように本実施形態では、液膜LFを凝固させる凝固部40と、初期凝固領域を冷却して初期凝固領域の解凍を防止する冷却部50とを備えており、以下に説明するように、基板Wに対する凝固部40の揺動移動中に、冷却部50により初期凝固領域を冷却して凝固部40により液膜LFを凝固させている間に初期凝固領域が解凍されるのを防止している。以下、図4、図5A、図5Bおよび図5Cを参照しつつ図1に示す基板処理装置1による基板処理について詳述する。

40

**【0028】**

図4は図1に示す基板処理装置による洗浄処理動作を示すフローチャートであり、図5Aないし図5Cは洗浄処理動作を模式的に示す図である。なお、図5Aないし図5C中の上段は基板Wの表面Wfに対するDIWや冷却ガスの供給態様を模式的に示すとともに、下段は基板Wの表面Wfに形成される液膜や凍結膜の各部温度を示すグラフである。なお、これらの点については、後で説明する図6、図9、図12、図15および図17におい

50

ても同様である。

【0029】

本実施形態にかかる基板処理装置1では、未処理の基板Wが装置内に搬入されると、制御ユニット90が装置各部を制御して該基板Wに対して一連の洗浄処理が実行される。ここで、基板Wがその表面Wfに微細パターンを形成されたものである場合、該基板Wの表面Wfを上方に向けた状態で基板Wが処理チャンバー内に搬入され、スピチャック11に保持される(ステップS101)。なお、このとき遮断部材20は離間位置にあり、基板Wとの干渉を防止している。

【0030】

スピチャック11に未処理の基板Wが保持されると、遮断部材20が対向位置まで降下され、基板Wの表面Wfに近接配置される(ステップS102)。これにより、基板Wの表面Wfが遮断部材20の基板対向面21に近接した状態で覆われ、基板Wの周辺雰囲気から遮断される。そして、制御ユニット90はチャック回転機構113を駆動させてスピチャック11を回転させるとともに、DIW供給ユニット70からDIWを供給する。

10

【0031】

このとき、図5Aに示すように、基板Wの表面Wfに供給されたDIWには基板Wの回転に伴う遠心力が作用し、DIWは基板Wの径方向外向きに均一に広げられてその一部が基板外に振り切られる。これによって、基板Wの表面Wfの全面にわたって液膜の厚みを均一にコントロールして、基板Wの表面Wfの全体に所定の厚みを有するDIWの液膜LFが形成される(ステップS103)。このときの基板Wの回転数はDIWの一部が適切に振り切られるように決めればよく、例えば150rpmとすることができる。なお、液膜形成に際して、上記のように基板Wの表面Wfに供給されたDIWの一部を振り切るとは必須の要件ではない。例えば、基板Wの回転を停止させた状態あるいは基板Wを比較的低速で回転させた状態で基板Wから液を振り切ることなく基板Wの表面Wfに液膜を形成してもよい。

20

【0032】

液膜形成が終了すると、制御ユニット90はDIW供給ユニット70からのDIWの供給を停止するとともに、遮断部材20を離間位置に退避させる(ステップS104)。その後、制御ユニット90は凝固ノズル43を退避位置(図2の実線位置)から凝固開始位置PSに移動させる。それに続いて、図5Bに示すように、制御ユニット90は基板Wを回転させたまま凝固用ガス調整部84から凝固ノズル43への凝固用冷却ガスの供給を開始する(ステップS105)。これによって、凝固用冷却ガスが凝固ノズル43の吐出口43aから基板Wの表面Wfに向けて吐出され、液膜LFの一部が部分的に凝固される。より詳しくは、液膜LFのうち基板Wの表面Wfの中央部上に位置する領域SAiが凝固される。なお、以下においては、このように最初に凝固される領域SAiを「初期凝固領域SAi」と称する。

30

【0033】

また、制御ユニット90は凝固用冷却ガスを吐出口43aから吐出させたまま凝固ノズル43を凝固終了位置PEに向けて揺動移動を開始する(ステップS106)。すると、液膜LFに対する凝固用冷却ガスの供給位置が基板Wの表面Wfの中央部から径方向に移動し、当該移動に応じて凝固される領域が径方向に拡幅され、凝固ノズル43が凝固終了位置PEに到達すると、液膜LFを構成する全DIWが凝固されて凍結膜FFが形成される。ただし、凝固ノズル43が遠ざかり、冷却ガスの供給がなくなると、凝固した領域が常温雰囲気の影響によって解凍されてしまい、液体状態に戻る可能性がある(図6参照)。特に、初期凝固領域SAiの雰囲気は凝固ノズル43の移動開始後の比較的早い段階より常温となり、上記解凍が最も生じやすくなっている。

40

【0034】

そこで、本実施形態では、凝固ノズル43が凝固開始位置PSから凝固終了位置PEに向けて所定距離だけ移動する(ステップS107で「YES」と、制御ユニット90は

50



凝固ノズル43と入れ替わりに冷却ノズル53を直ちに凝固開始位置PSに位置決めする。なお、冷却ノズル53の凝固開始位置PSへの位置決めは、凝固ノズル43が凝固終了位置PEに到達するまでに実行される。

【0035】

また、当該凝固開始位置PSに位置させたまま制御ユニット90は解凍防止用ガス調整部85から冷却ノズル53への解凍防止用冷却ガスの供給を開始する(ステップS108)。これによって、DIWの凝固点よりも低い温度に調整された解凍防止用冷却ガスが初期凝固領域SAiに供給されて初期凝固領域SAiおよびその周辺領域がDIWの凝固点よりも低い温度に維持され、これらの領域の解凍が効果的に防止される。なお、このように初期凝固領域SAiの解凍防止動作と凝固領域の拡幅動作とは、凝固ノズル43が凝固終了位置PEに到達するまで継続される(ステップS109)。これによって、図5Cに示すように、初期凝固領域SAiが解凍されることなく、液膜LFの全体が凝固領域SAとなり、凍結膜FFが形成される。

10

【0036】

そして、凍結膜FFの形成が完了すると、制御ユニット90は凝固用ガス調整部84および解凍防止用ガス調整部85を制御して冷却ガスの供給を停止する。また、制御ユニット90は、ノズル回動機構44により凝固ノズル43を凝固終了位置PEから退避位置(図2の実線位置)に移動させて基板Wから退避させるとともに、ノズル回動機構54により冷却ノズル53を凝固開始位置PSから退避位置(図2の実線位置)に移動させて基板Wから退避させる(ステップS110)。それに続いて、制御ユニット90は遮断部材昇降機構25によって遮断部材20を基板Wの表面Wfに近接配置させる(ステップS111)。

20

【0037】

次に、制御ユニット90はDIW供給ユニット70からのDIWの供給を開始する。これによって、DIWがノズル28から吐出され、凍結膜FFの融解処理およびリンス処理が行われる(ステップS112)。そして、両処理が完了すると、制御ユニット90はDIW供給ユニット70からのDIWの供給を停止し、乾燥用ガス調整部82を制御して乾燥ガスを供給しながら基板Wをスピン乾燥させる(ステップS113)。こうしてスピン乾燥処理が終了すると、処理済みの基板Wを搬出することによって1枚の基板に対する処理が完了する(ステップS114)。

30

【0038】

以上のように、第1実施形態によれば、液膜LFの凝固を行っている間に冷却ノズル53から初期凝固領域SAiに解凍防止用冷却ガスを供給しているため、次のような作用効果が得られる。例えば図6に示すように、単に凝固ノズル43を凝固開始位置PSから凝固終了位置PEに移動させて液膜LFの凝固を行うと、凝固ノズル43の移動による凍結膜FFの形成途中で基板Wの表面Wfの中央部での温度がDIWの凝固点よりも高くなり、初期凝固領域が解凍されて液体領域LAに変化することがある。これに対し、本実施形態では、凝固ノズル43の移動中に冷却ノズル53を凝固開始位置PSに位置させて初期凝固領域SAiに解凍防止用冷却ガスを供給している。このため、凍結膜FFの形成途中における初期凝固領域SAiの温度は常にDIWの凝固点より低い温度に維持され、初期凝固領域SAiの解凍を確実に防止しながら基板Wの表面Wfに付着しているDIWを確実に凝固させて基板Wの表面Wf上にDIWの凍結膜FFを良好に形成することができる。

40

【0039】

なお、第1実施形態では、凝固開始位置PSからの凝固ノズル43の退避直後に冷却ノズル53を凝固開始位置PSに位置決めしているが、凝固ノズル43の退避から一定時間の経過後に冷却ノズル53が凝固開始位置PSに位置するように構成してもよい。ただし、当該一定時間については、初期凝固領域SAiが解凍されるのに要する時間よりも短い値に設定する必要がある。また、第1実施形態では、凝固ノズル43が凝固終了位置PEに到達するまで冷却ノズル53を凝固開始位置PSに継続的に位置させているが、初期凝

50

固領域 S A i の凝固を維持できる範囲で、凝固ノズル 4 3 の凝固終了位置 P E への到達前に冷却ノズル 5 3 を凝固開始位置 P S から退避させてもよい。つまり、凝固ノズル 4 3 が凝固開始位置 P E から凝固終了位置 P E に移動している期間の全部および当該期間の一部で初期凝固領域 S A i が冷却されるように構成してもよい。これらの点については、後で説明する実施形態においても同様である。

#### 【 0 0 4 0 】

図 7 は本発明にかかる基板処理装置の第 2 実施形態を示す模式図である。また、図 8 は図 7 に示す基板処理装置の D I W 供給構成、ガス供給構成および制御構成を示すブロック図である。さらに、図 9 は図 7 に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。なお、図 7 では説明の便宜から、冷却部 5 0 を図示する一方で凝固部 4 0 につい

10

#### 【 0 0 4 1 】

この第 2 実施形態が第 1 実施形態と大きく相違する点は、冷却部 5 0 およびガス供給ユニット 8 0 の構成および動作であり、その他の構成および動作は基本的に第 1 実施形態と同一である。そこで、以下においては、相違点を中心に説明し、同一構成については同一符号を付して説明を省略する。

#### 【 0 0 4 2 】

第 2 実施形態では、冷却部 5 0 は、図 7 に示すように、鉛直軸 A X 3 回りに回動可能に構成された回動軸 5 1 と、該回動軸 5 1 によって略水平姿勢に保持されるボルテックスチューブ 5 5 と、ボルテックスチューブ 5 5 の冷気吹出部から吹き出される冷気を解凍防止用冷却ガスとして基板 W の表面 W f に向けて吐出する冷却ノズル 5 3 と、制御ユニット 9 0 からの回動指令に応じて回動軸 5 1 を回動させるノズル回動機構 5 4 ( 図 8 ) とを備えている。この第 2 実施形態では、制御ユニット 9 0 からの回動指令に応じてノズル回動機構 5 4 が回動軸 5 1 を回動駆動することで、ボルテックスチューブ 5 5 が鉛直軸 A X 3 回りに揺動し、これにより冷却ノズル 5 3 は、スブラッシュガード 3 0 よりも外側の退避位置と凝固開始位置 P S との間を往復移動する。

20

#### 【 0 0 4 3 】

ボルテックスチューブ 5 5 は、従来より周知のように、ボルテックス効果を利用して、冷気と暖気とを発生させるための装置である。ボルテックスチューブ 5 5 は、図 7 に示すように、略チューブ状のハウジング 5 5 1 を備えており、両端部に、冷気吹出部 5 5 2 と暖気吹出部 5 5 3 とが設けられている。また、ハウジング 5 5 1 の側面には、圧縮ガス供給部 5 5 4 が形成されている。この圧縮ガス供給部 5 5 4 に対してガス供給ユニット 8 0 の冷気生成用ガス調整部 8 6 が接続され、当該冷気生成用ガス調整部 8 6 から圧縮窒素ガスが供給される。より詳しくは、図 8 に示すように、窒素ガス貯留部 8 1 から圧送される窒素ガスが冷気生成用ガス調整部 8 6 により冷気生成に適した圧力に減圧され、制御ユニット 9 0 からの供給指令に応じたタイミングで冷気生成用ガス調整部 8 6 により圧縮ガスとしてハウジング 5 5 1 内に供給される。すると、供給された圧縮ガスはハウジング 5 5 1 の内壁面に沿って旋回流となつて、暖気吹出部 5 5 3 に向かって流れる。

30

#### 【 0 0 4 4 】

暖気吹出部 5 5 3 にはバルブ ( 図示省略 ) が設けられており、バルブの開閉量に応じて暖気が暖気吹出部 5 5 3 の開口 ( 図示省略 ) から吹き出されるが、残りのガスはハウジング 5 5 1 内に戻される。この戻されたガスはハウジング 5 5 1 の内壁面に沿って渦状に流れるガスの内側、つまりハウジング 5 5 1 の径方向における中心部を介して冷気吹出部 5 5 2 に流れる。当該ガスは冷気吹出部 5 5 2 に至るまでにハウジング 5 5 1 の内壁面に沿って旋回流となつて流れるガスへの熱エネルギーの移動によって冷やされ、冷気吹出部 5 5 2 を介して冷却ノズル 5 3 に送られる。その結果、D I W の凝固点より低い温度 ( 例えば、 $-20 \sim -30$  程度 ) に低下した冷気が冷却ノズル 5 3 から解凍防止用冷却ガスとして生成される。

40

#### 【 0 0 4 5 】

この第 2 実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、凝固ノズル 4 3 が凝固開始位置

50

P S から凝固終了位置 P E に向けて所定距離だけ移動すると、制御ユニット 9 0 は凝固ノズル 4 3 と入れ替わりに冷却ノズル 5 3 を直ちに凝固開始位置 P S に位置決めする。そして、冷却ノズル 5 3 を凝固開始位置 P S に位置させたまま制御ユニット 9 0 は冷氣生成用ガス調整部 8 6 からボルテックスチューブ 5 5 への圧縮ガスの供給を開始する。これによって、D I W の凝固点よりも低い温度に調整された解凍防止用冷却ガスが初期凝固領域 S A i に供給されて初期凝固領域 S A i およびその周辺領域が D I W の凝固点よりも低い温度に維持され、これらの領域の解凍が効果的に防止される。

**【 0 0 4 6 】**

以上のように、第 2 実施形態においても、図 9 に示すように、液膜 L F の凝固を行っている間に冷却ノズル 5 3 から初期凝固領域 S A i に冷気を解凍防止用冷却ガスとして供給しているため、初期凝固領域 S A i の解凍を確実に防止しながら基板 W の表面 W f に付着している D I W を確実に凝固させて基板 W の表面 W f 上に D I W の凍結膜 F F を良好に形成することができる。

**【 0 0 4 7 】**

図 1 0 は本発明にかかる基板処理装置の第 3 実施形態を示す模式図である。また、図 1 1 は図 1 0 に示す基板処理装置の D I W 供給構成、ガス供給構成および制御構成を示すブロック図である。さらに、図 1 2 は図 1 0 に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。なお、図 1 0 では説明の便宜から、冷却部 5 0 を図示する一方、凝固部 4 0 については図示を省略している。

**【 0 0 4 8 】**

この第 3 実施形態が第 1 実施形態と大きく相違する点は、冷却部 5 0 およびガス供給ユニット 8 0 の構成および動作であり、その他の構成および動作は基本的に第 1 実施形態と同一である。そこで、以下においては、相違点を中心に説明し、同一構成については同一符号を付して説明を省略する。

**【 0 0 4 9 】**

第 3 実施形態では、冷却部 5 0 は、図 1 0 に示すように、鉛直軸 A X 3 回りに回動可能に構成された回動軸 5 1 と、該回動軸 5 1 から水平方向に延設されたアーム 5 2 と、アーム 5 2 の先端に下向きに取り付けられた当接部材 5 6 と、当接部材 5 6 に取り付けられたペルチェ素子 5 6 1 ( 図 1 1 ) と、アーム 5 2 を上下方向に昇降させるとともに鉛直軸 A X 3 回りに回動させるノズル回動昇降機構 5 4 1 ( 図 1 1 ) とを備えている。この第 3 実施形態では、制御ユニット 9 0 からの回動指令に応じてノズル回動昇降機構 5 4 1 が回動軸 5 1 を回動駆動することで、アーム 5 2 が鉛直軸 A X 3 回りに揺動し、これにより当接部材 5 6 はブラッシュガード 3 0 よりも外側の退避位置と基板 W の表面 W f の中央部に対向する位置 ( つまり凝固開始位置 P S ) との間を往復移動する。また、制御ユニット 9 0 からの昇降指令に応じてノズル回動昇降機構 5 4 1 が回動軸 5 1 を鉛直方向に昇降駆動することで、当接部材 5 6 の下面 ( 本発明の「処理面」の一例に相当 ) 5 6 2 が基板 W の表面 W f の中央部に位置する初期凝固領域 S A i に接触する接触位置と初期凝固領域 S A i から上方に離間した離間位置との間を昇降移動する。

**【 0 0 5 0 】**

当接部材 5 6 には、ペルチェ素子 5 6 1 が設けられており、制御ユニット 9 0 からの冷却指令に応じて当接部材 5 6 の下面 5 6 2 を D I W の凝固点より低い温度に冷却する。したがって、ペルチェ素子 5 6 1 により冷却された当接部材 5 6 の下面 5 6 2 をノズル回動昇降機構 5 4 1 によって初期凝固領域 S A i に接触させると、初期凝固領域 S A i およびその周辺領域が冷却される。このように第 3 実施形態では、冷却部 5 0 は、冷却ガスの代わりに、当接部材 5 6 ( 固体冷媒 ) を用いて初期凝固領域 S A i を冷却することが可能となっている。また、解凍防止用冷却ガスが不要となるのに伴って、ガス供給ユニット 8 0 では解凍防止用ガス調整部 8 5 の設置が省略されている。

**【 0 0 5 1 】**

このように構成された第 3 実施形態においても、第 1 実施形態と同様に、凝固ノズル 4 3 が凝固開始位置 P S から凝固終了位置 P E に向けて所定距離だけ移動すると、制御ユニ

10

20

30

40

50

ット90は凝固ノズル43と入れ替わりに当接部材56を直ちに凝固開始位置PSに位置決めするとともに当接部材56を初期凝固領域SAiに当接させる。このため、初期凝固領域SAiおよびその周辺領域はDIWの凝固点よりも低い温度に維持され、これらの領域の解凍が効果的に防止される。

#### 【0052】

以上のように、第3実施形態においても、図12に示すように、液膜LFの凝固を行っている間に当接部材56が初期凝固領域SAiに当接して初期凝固領域SAiを冷却しているため、初期凝固領域SAiの解凍を確実に防止しながら基板Wの表面Wfに付着しているDIWを確実に凝固させて基板Wの表面Wf上にDIWの凍結膜FFを良好に形成することができる。

10

#### 【0053】

ところで、上記第1実施形態ないし第3実施形態では、初期凝固領域SAiの解凍を防止するために、基板Wの表面側から冷却部50により初期凝固領域SAiを直接冷却しているが、基板Wの裏面側から基板Wのうち初期凝固領域SAiが形成される基板領域を冷却するように構成してもよい。例えば図13に示すように基板Wの裏面Wbの中央部に解凍防止用の液体冷媒を供給して初期凝固領域SAiを冷却してもよい(第4実施形態)。

#### 【0054】

図13は本発明にかかる基板処理装置の第4実施形態を示す模式図である。また、図14は図13に示す基板処理装置のDIW供給構成、ガス供給構成、液体冷媒供給構成および制御構成を示すブロック図である。さらに、図15は図13に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。この第4実施形態が第1実施形態と大きく相違する点は、回転支軸112が中空管構造を有している点と、冷却部50が回転支軸112の内部を介して基板Wの裏面Wbの中央部に液体冷媒を供給して裏面側より初期凝固領域SAiを冷却するように構成されている点とであり、その他の構成は基本的には第1実施形態と同一である。そこで、以下においては、相違点を中心に説明し、同一構成については同一符号を付して説明を省略する。

20

#### 【0055】

第4実施形態では、冷却部50は、図13および図14に示すように、冷媒供給管57と、冷媒供給管57を介して基板Wの裏面Wbの中央部に液体冷媒を供給する液体冷媒供給ユニット58とを備えている。この冷媒供給管57は、先端のノズル部位571を基板Wの裏面Wbの中央部に向けた状態で回転支軸112の内部に配置されている。そして、冷媒供給管57の後端部に対して液体冷媒供給ユニット58が接続されている。

30

#### 【0056】

液体冷媒供給ユニット58は液体冷媒を生成する液体冷媒生成部581を有している。この液体冷媒生成部581は、液体冷媒に適した液体を内部で貯留する恒温槽本体582と、恒温槽本体582に設けられて恒温槽本体582に貯留された液体を冷却する冷却機構583と、制御ユニット90からの温度指令に応じて冷却機構583への通電を制御することで恒温槽本体582の内部に貯留されている液体をDIWの凝固点より低い温度(例えば、-50)に保つ恒温制御部584とを備えている。

#### 【0057】

そして、液体冷媒供給ユニット58の液体冷媒供給部585が制御ユニット90からの液体冷媒の供給指令に応じて液体冷媒生成部581の恒温槽本体582から冷媒供給管57に圧送すると、図15に示すように、液体冷媒が基板Wの裏面Wbの中央部、つまり基板Wを挟んで初期凝固領域SAiの反対領域(本発明の「初期凝固領域が形成される基板領域」の一例に相当)SRに供給される。これによって、初期凝固領域SAiは基板Wを介して液体冷媒により冷やされる。これによって、初期凝固領域SAiの解凍が効果的に防止される。なお、「液体冷媒」としては、エチレングリコール水溶液、アルコール類またはHFE液を用いることができる。アルコール類としては、取扱性、価格等の観点からエチルアルコール、メチルアルコールまたはイソプロピルアルコールを用いることができるが、特にエチルアルコールが好適である。また、「HFE液」とはハイドロフルオロエ

40

50

ーテル (Hydrofluoroether) を主たる成分とする液をいい、例えば住友スリーエム株式会社製の商品名ノベック (登録商標) シリーズの H F E を用いることができる。

【 0 0 5 8 】

このように構成された第 4 実施形態においては、凝固ノズル 4 3 が凝固開始位置 P S から凝固終了位置 P E に向けて所定距離だけ移動すると、制御ユニット 9 0 は液体冷媒供給ユニット 5 8 から液体冷媒を基板 W の裏面 W b の中央部に供給する。このため、初期凝固領域 S A i およびその周辺領域は D I W の凝固点よりも低い温度に維持され、これらの領域の解凍が効果的に防止される。

【 0 0 5 9 】

以上のように、第 4 実施形態においても、図 1 5 に示すように、液膜 L F の凝固を行っている間に液体冷媒によって基板 W を介して初期凝固領域 S A i を冷却しているため、初期凝固領域 S A i の解凍を確実に防止しながら基板 W の表面 W f に付着している D I W を確実に凝固させて基板 W の表面 W f 上に D I W の凍結膜 F F を良好に形成することができる。

【 0 0 6 0 】

なお、第 4 実施形態では、凝固ノズル 4 3 が凝固開始位置 P S から凝固終了位置 P E に向けて移動した後で液体冷媒の供給を開始しているが、それ以前より液体冷媒の供給を開始してもよく、例えば凝固ノズル 4 3 からの凝固用冷却ガスの吐出開始と同時に、冷媒供給管 5 7 からの液体冷媒の吐出開始を実行してもよい。

【 0 0 6 1 】

また、第 4 実施形態では、冷媒供給管 5 7 を介して液体冷媒が基板 W の裏面 W b の中央部に供給して解凍防止を図っているが、液体冷媒の代わりに、第 1 実施形態ないし第 3 実施形態と同様に、D I W の凝固点よりも低い温度を有する冷却ガス、つまり解凍防止用冷却ガスを供給してもよい。

【 0 0 6 2 】

また、このように液体冷媒や気体冷媒を用いる代わりに、第 3 実施形態と同様に固体冷媒を用いてもよい。以下、図 1 6 および図 1 7 を参照しつつ発明の第 5 実施形態について説明する。

【 0 0 6 3 】

図 1 6 は本発明にかかる基板処理装置の第 5 実施形態を示す模式図である。また、図 1 7 は図 1 6 に示す基板処理装置による洗浄処理動作を模式的に示す図である。この第 5 実施形態では、スピンチャック 1 1 は基板 W の裏面 W b の中央部を吸着して保持する、いわゆる吸着チャック 1 1 5 を有している。つまり、吸着チャック 1 1 5 の上面が基板 W の裏面 W b の中央部を保持する基板保持面となっており、当該基板保持面に複数の吸着口 ( 図示省略 ) が設けられ、図示を省略する真空機構と接続されている。そして、制御ユニット 9 0 からの指令に応じて真空機構により負圧が各吸着口に与えられることによって表面 W f を上方に向けた状態で基板 W が基板保持面に対して吸着保持される。また、この吸着チャック 1 1 5 には、ペルチェ素子 5 9 が設けられている。そして、制御ユニット 9 0 からの通電によって基板保持面が D I W の凝固点よりも低い温度となり、初期凝固領域 S A i は基板 W を介して冷やされる。これによって、初期凝固領域 S A i の解凍が効果的に防止される。

【 0 0 6 4 】

このように第 5 実施形態では、ペルチェ素子 5 9 を内蔵した吸着チャック 1 1 5 が冷却部 5 0 として機能し、本発明の「当接部材」の一例に相当している。つまり、凝固ノズル 4 3 が凝固開始位置 P S から凝固終了位置 P E に向けて所定距離だけ移動すると、制御ユニット 9 0 はペルチェ素子 5 9 への通電によって基板 W の裏面 W b の中央部を冷却し、初期凝固領域 S A i およびその周辺領域を D I W の凝固点よりも低い温度に維持する。これによって、これらの領域の解凍が効果的に防止される。

【 0 0 6 5 】

以上のように、第5実施形態においても、図17に示すように、液膜LFの凝固を行っている間に液体冷媒によって基板Wを介して初期凝固領域SAiを冷却しているため、初期凝固領域SAiの解凍を確実に防止しながら基板Wの表面Wfに付着しているDIWを確実に凝固させて基板Wの表面Wf上にDIWの凍結膜FFを良好に形成することができる。

【0066】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、その趣旨を逸脱しない限りにおいて上述したもの以外に種々の変更を行うことが可能である。例えば、第1実施形態ないし第3実施形態では、冷却ノズル53や当接部材56を凝固開始位置PSに固定的に位置決めした状態で初期凝固領域SAiおよびその周辺領域を冷却しているが、冷却ノズル53や当接部材56を移動させながら初期凝固領域SAiなどを冷却して解凍防止を図ってもよい。ここで、冷却ノズル53等の移動態様は任意であり、例えば冷却ノズル53等を凝固開始位置PS付近で局所的に揺動あるいは局所的にスキャンさせてもよい。

10

【0067】

また、第1実施形態ないし第3実施形態では、アーム42に凝固ノズル43を設け、アーム52に冷却ノズル53や当接部材56を設け、互いに独立して移動させるように構成しているが、次のように構成してもよい。すなわち、一のアームに凝固ノズル43と冷却ノズル53（あるいは当接部材56）とを設け、当該アームの移動によって、まず最初に凝固ノズル43が凝固開始位置PSに位置し、そして凝固ノズル43が凝固開始位置PSから凝固終了位置PEに向けて移動するのに伴って冷却ノズル53や当接部材56が凝固開始位置PSに位置して初期凝固領域SAiを冷却するように構成してもよい。この場合、アームの個数やアームを駆動する構成が最小化され、装置コストの低減を図ることができる。

20

【0068】

また、上記第3実施形態および第5実施形態では、固体冷媒（当接部材56および吸着チャック115）の温度をDIWの凝固点よりも低くするためにペルチェ素子を用いているが、固体冷媒の温度を低下させる手段はペルチェ素子に限定されるものではない。例えば、当接部材56や吸着チャック115の内部に液体冷媒を循環させて温度低下を図ってもよい。

【0069】

また、上記実施形態では、2種類の冷却機能部、つまり液膜LFを構成するDIWを凝固させる凝固部40と、初期凝固領域SAiを冷却する冷却部50とを有している。これらの冷却能力は同じであってもよいし、相互に異なってもよい。ここで、冷却部50に対して要求される冷却機能は既に凝固されている初期凝固領域SAiの解凍防止にあるため、冷却部50の冷却能力を凝固部40のそれよりも低く設定してもよい。

30

【0070】

また、上記実施形態では、凝固ノズル43を位置PSから位置PEに移動させて液膜LFを全面的に凝固させる基板処理装置1に対して本発明を適用している。つまり、基板Wの中央部および周縁部をそれぞれ本発明の「凝固開始部」および「凝固終了部」としている。しかしながら、本発明の適用対象はこれに限定されず、「凝固開始部」および「凝固終了部」を入れ替えた基板処理装置1、すなわち凝固ノズル43を位置PEから位置PSに移動させて凍結膜FFを形成する基板処理装置1に対しても本発明を適用することができる。また、このように凝固部40を位置PEから位置PSに移動させて液膜LFを凝固させ、しかも第1実施形態ないし第4実施形態と同様に基板Wの周縁部をチャックピン114で支持する基板処理装置1では、チャックピン114にペルチェ素子を設け、チャックピン114を介して基板Wの周縁部に形成される初期凝固領域SAiを冷却して初期凝固領域SAiの解凍を防止するように構成してもよい。

40

【0071】

また、上記第1実施形態ないし第3実施形態では基板Wの表面側より初期凝固領域SAiを冷却し、第4実施形態および第5実施形態では基板Wの裏面側より初期凝固領域SA

50

i を冷却しているが、表面側からの冷却と裏面側からの冷却とを組み合わせてもよい。

【0072】

また、上記実施形態では、基板Wの表面Wfに付着するDIWの全てを凝固させて凍結膜FFを形成するために、基板Wを回転させながら凝固ノズル43を移動させて凍結膜FFを形成しているが、本発明の適用対象となる装置はこれに限定されるものではない。すなわち、基板Wおよび凝固ノズル43のいずれか一方のみを移動させて凍結膜を形成する装置に対しても本発明を適用することができる。

【0073】

以上説明したように、上記実施形態では、DIWが本発明の「凝固対象液」の一例に相当しているが、凝固対象液としてはDIWに限定されるものではなく、純水、超純水や水素水、炭酸水、SC1等の液体、さらには炭酸エチレンやターシャリーブタノールなどの常温より高い凝固点を有する液体を「凝固対象液」として用いてもよい。また、凝固ノズル43が本発明の「凝固部」の一例に相当している。また、第1実施形態の冷却部50では解凍防止用冷却ガスを吐出する冷却ノズル53が、第2実施形態の冷却部50では解凍防止用冷却ガスを生成するボルテックスチューブ55と当該ボルテックスチューブ55からの解凍防止用冷却ガスを吐出する冷却ノズル53とが、また第4実施形態では解凍防止用液体冷媒を吐出する冷媒供給管57が、それぞれ本発明の「冷媒供給部材」として機能している。また、チャック回転機構113が本発明の「回転部」の一例に相当している。ノズル回動機構44が本発明の「移動部」の一例に相当している。

【0074】

以上、具体的な実施形態を例示して説明してきたように、本発明は、例えば、冷却部が、初期凝固領域の形成後に、初期凝固領域の冷却を開始するように構成してもよい。もちろん、初期凝固領域が形成される予定の基板領域を当該形成前あるいは同時に冷却してもよいが、初期凝固領域の形成後に冷却を開始することで冷却エネルギーを節約することができる。

【0075】

また、上記冷却部が、凝固部の相対移動を終了するまでの間、初期凝固領域の冷却を継続するように構成してもよく、これによって初期凝固領域の解凍をより確実に防止することができる。

【0076】

また、冷却部が、初期凝固領域または基板のうち初期凝固領域が形成される基板領域に対して凝固対象液の凝固点より低い温度を有する冷媒を供給して初期凝固領域の冷却を行う冷媒供給部材を有するように構成してもよい。このように冷媒供給部材からの冷媒供給によって初期凝固領域の冷却を効率的かつ確実に冷却することができる。

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明は、基板の表面に付着する凝固対象液を凝固する凝固技術、ならびに当該凝固技術を用いて基板の表面を洗浄する基板処理技術全般に適用することができる。

【符号の説明】

【0078】

- 1 ... 基板処理装置
- 10 ... 基板保持部
- 40 ... 凝固部
- 43 ... 凝固ノズル
- 44 ... ノズル回動機構（移動部）
- 50 ... 冷却部
- 53 ... 冷却ノズル（冷媒供給部材）
- 55 ... ボルテックスチューブ（冷媒供給部材）
- 56 ... 当接部材
- 57 ... 冷媒供給管（冷媒供給部材）

10

20

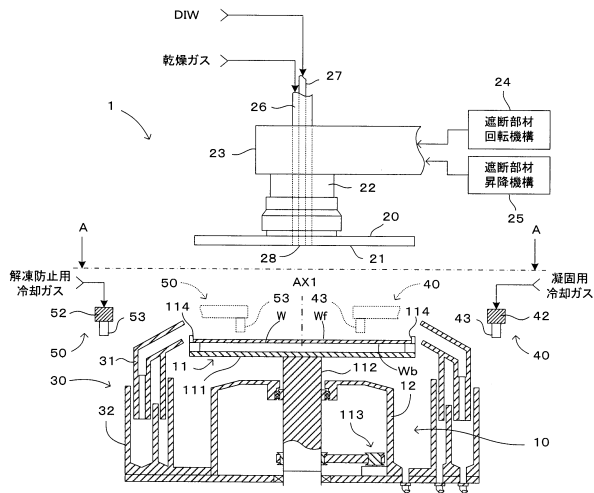
30

40

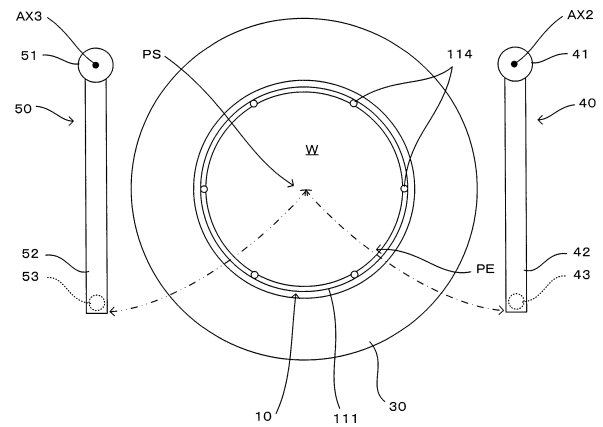
50

- 5 9 , 5 6 1 ... ペルチェ素子
- 1 1 3 ... チャック回転機構 (回転部)
- 1 1 5 ... 吸着チャック (冷却部、当接部材)
- 5 6 2 ... (当接部材の) 下面 (処理面)
- L F ... 液膜
- F F ... 凍結膜
- P S ... 凝固開始位置
- P E ... 凝固終了位置
- S A ... 凝固領域
- S A i ... 初期凝固領域
- S R ... (初期凝固領域の) 反対領域
- W ... 基板
- W b ... (基板の) 裏面
- W f ... (基板の) 表面

【図1】

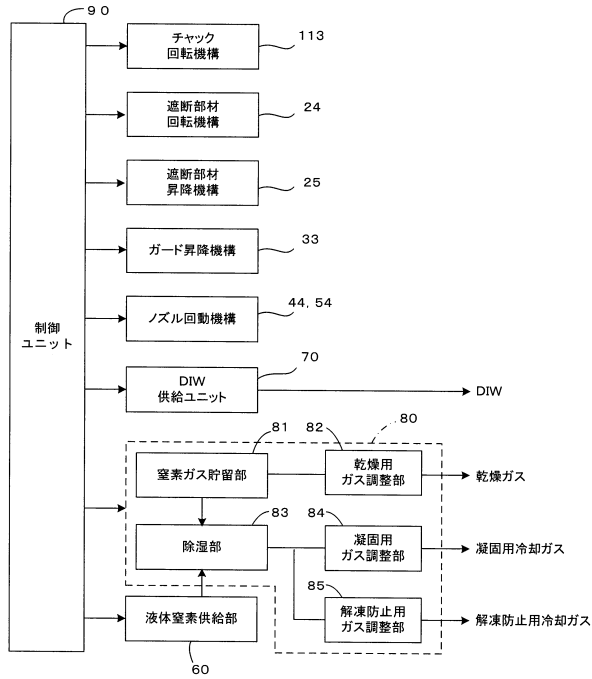


【図2】

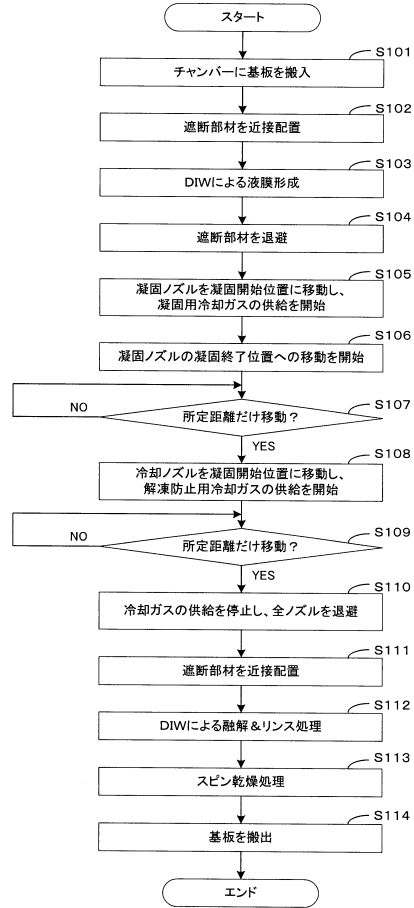




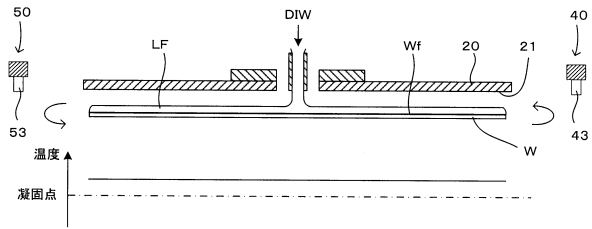
【図3】



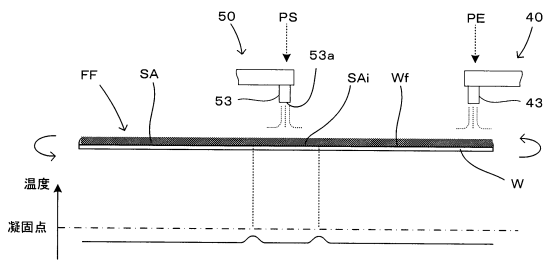
【図4】



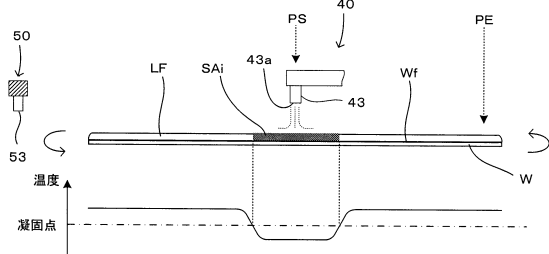
【図5A】



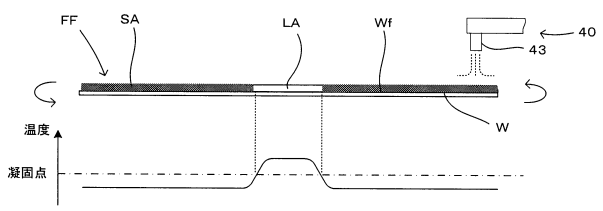
【図5C】



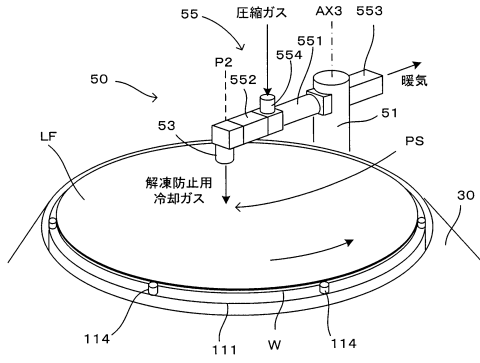
【図5B】



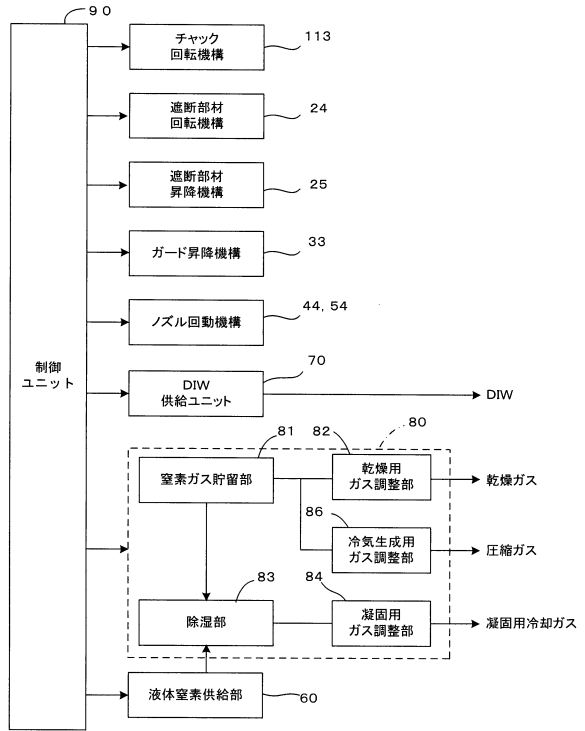
【図6】



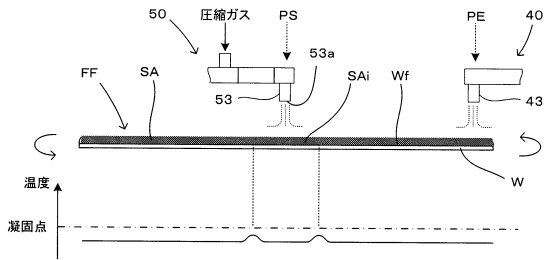
【図7】



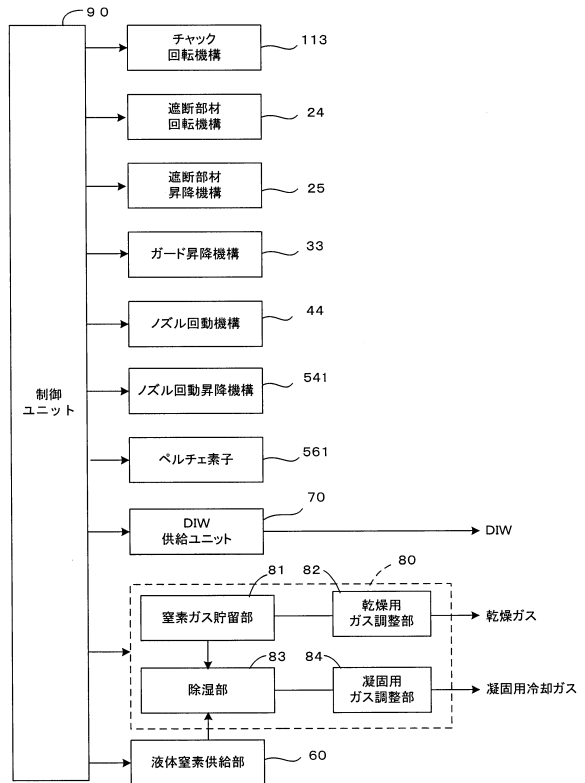
【図8】



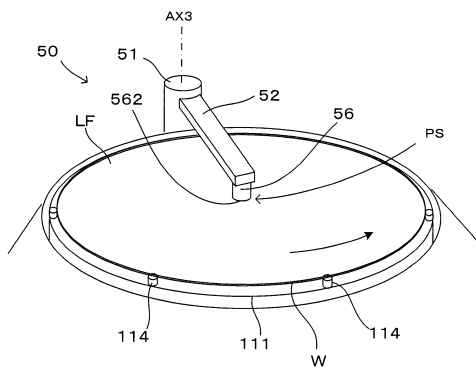
【図9】



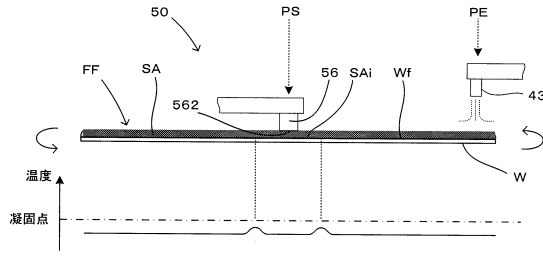
【図11】



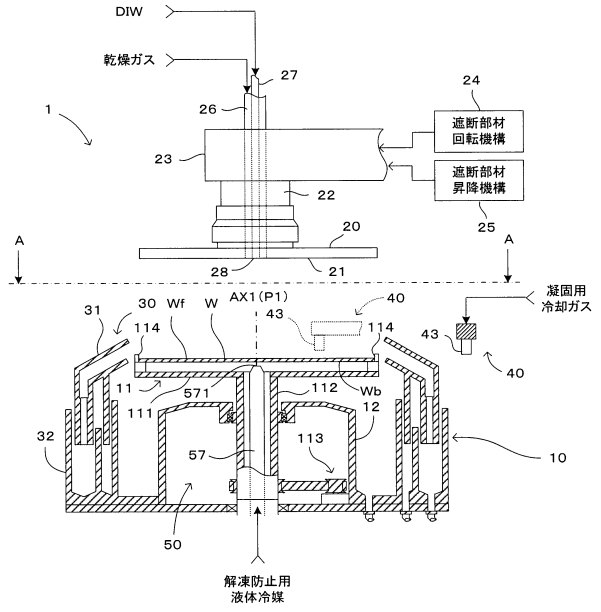
【図10】



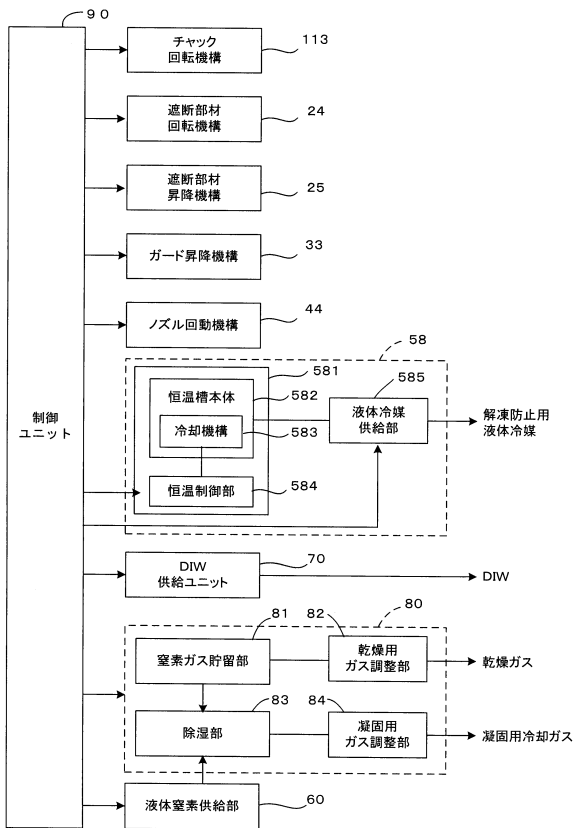
【図12】



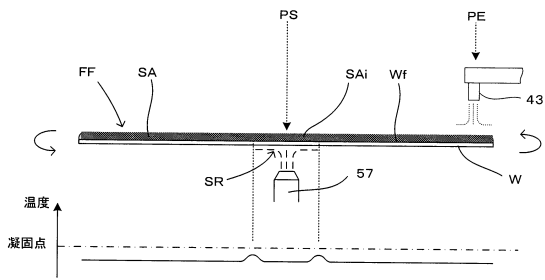
【図13】



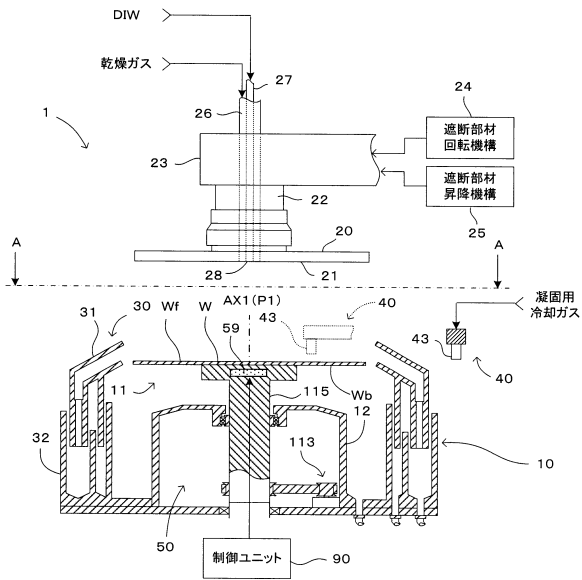
【図14】



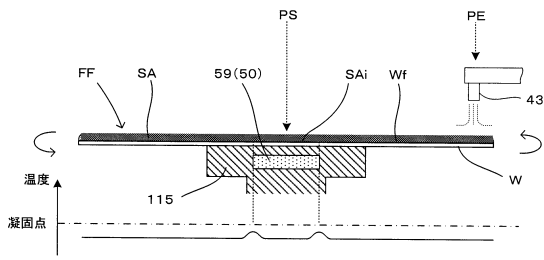
【図15】



【図16】



【図17】



---

フロントページの続き

(72)発明者 宮 勝彦

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ホールディングス内

(72)発明者 北川 広明

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ホールディングス内

審査官 安田 雅彦

(56)参考文献 特開2009-021409(JP,A)

特開2012-146696(JP,A)

特開2015-228395(JP,A)

特開2015-185756(JP,A)

特開2011-198894(JP,A)

特開2010-080584(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/304 - 21/308

B08B 1/00 - 7/04