

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4253305号
(P4253305)

(45) 発行日 平成21年4月8日(2009.4.8)

(24) 登録日 平成21年1月30日(2009.1.30)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 6 4 D
BO 5 C 11/00 (2006.01)	BO 5 C 11/00	
BO 5 C 11/08 (2006.01)	BO 5 C 11/08	
BO 5 D 1/40 (2006.01)	BO 5 D 1/40	A
GO 3 F 7/16 (2006.01)	GO 3 F 7/16	5 0 2

請求項の数 37 (全 38 頁)

(21) 出願番号	特願2005-30832 (P2005-30832)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成17年2月7日(2005.2.7)		株式会社東芝
(62) 分割の表示	特願2001-336968 (P2001-336968) の分割		東京都港区芝浦一丁目1番1号
原出願日	平成13年11月1日(2001.11.1)	(74) 代理人	100058479
(65) 公開番号	特開2005-229115 (P2005-229115A)		弁理士 鈴江 武彦
(43) 公開日	平成17年8月25日(2005.8.25)	(74) 代理人	100091351
審査請求日	平成17年2月7日(2005.2.7)		弁理士 河野 哲
(31) 優先権主張番号	特願2001-226471 (P2001-226471)	(74) 代理人	100088683
(32) 優先日	平成13年7月26日(2001.7.26)		弁理士 中村 誠
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液膜形成方法及び固体膜の形成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

滴下部から被処理基板上に液体を滴下すると同時に、前記被処理基板を回転させながら、前記被処理基板が1周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが小さく変化するように前記滴下部を前記被処理基板の内周部から該基板の外周部に向けて径方向に移動させ、

且つ前記滴下部の前記被処理基板の径方向の移動に伴い、滴下された液膜がそれにかかる遠心力により移動しないように、該基板の回転数を徐々に下げつつ、該滴下部からの前記液体の供給速度を調整して前記被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法であって、

前記被処理基板の回転は前記液膜が形成された前記被処理基板の上方を略閉空間として行い、且つ前記滴下部からの前記液体の供給速度を調整する際に前記被処理基板の回転数の減少に対して前記供給速度を単調に速くし、

さらに、前記液膜を形成した後に、前記被処理基板上の最外周部の液膜が遠心力により前記被処理基板外に移動しない最大回転数以下の回転数を用いて前記被処理基板を回転させることを含むことを特徴とする液膜形成方法。

【請求項2】

滴下部から被処理基板上に液体を滴下すると同時に、前記被処理基板を回転させながら、前記被処理基板が1周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが小さく変化するように前記滴下部を前記被処理基板の内周部から該基板の外周部に向けて径方向に移動させ、

10

20

且つ前記滴下部の前記被処理基板の径方向の移動に伴い、滴下された液膜がそれにかかる遠心力により移動しないように、該基板の回転数を徐々に下げつつ、該滴下部からの前記液体の供給速度を調整して前記被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法であって、

前記滴下部から滴下された液体の一部を前記被処理基板上に供給させずに回収し、且つ前記滴下部からの前記液体の供給速度を調整する際に前記被処理基板の回転数の減少に対して前記供給速度を単調に速くすることを特徴とする液膜形成方法。

【請求項 3】

前記滴下部から滴下された液体の一部の回収を前記被処理基板中心近傍で行うことを特徴とする請求項 2 記載の液膜形成方法。

【請求項 4】

前記被処理基板中心近傍は、薬液吐出速度及び基板回転数の少なくとも一方の制御では、前記滴下部からの前記液体の供給速度を調整する際に前記被処理基板の回転数の減少に対して前記供給速度を単調に速くするように制御することができなくなる領域であり、前記薬液吐出速度及び前記基板回転数の少なくとも一方の制御では、前記領域における前記液膜の膜厚が所望膜厚よりも厚くなってしまふことを特徴とする請求項 3 記載の液膜形成方法。

【請求項 5】

前記液体の一部を回収する工程は、前記滴下部から滴下された液体の側面にガスを噴射し、噴射されたガスを該液体に衝突させることで該滴下された液体の滴下軌道を変更し、該滴下軌道が変更された液体を薬液回収部で回収することで行うことを特徴とする請求項 2 記載の液膜形成方法。

【請求項 6】

滴下軌道が変更された液体を液体回収部で回収する際、前記液体と、該液体と前記ガスとの衝突により生じたミストとを吸引しながら行うことを特徴とする請求項 2 記載の液膜形成方法。

【請求項 7】

滴下部から被処理基板上に液体を滴下すると同時に、前記被処理基板を回転させながら、前記被処理基板が 1 周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが小さく変化するように前記滴下部を前記被処理基板の内周部から該基板の外周部に向けて径方向に移動させ、且つ前記滴下部の前記被処理基板の径方向の移動に伴い、滴下された液膜がそれにかかる遠心力により移動しないように、該基板の回転数を徐々に下げつつ、該滴下部からの前記液体の供給速度を調整して前記被処理基板上に液膜を形成する工程であって、前記被処理基板の回転は前記液膜が形成された前記被処理基板の上方を略閉空間として行い、且つ前記滴下部からの前記液体の供給速度を調整する際に前記被処理基板の回転数の減少に対して前記供給速度を単調に速くする前記工程と、

該液膜が形成された該被処理基板を該液膜中の溶剤の処理温度における蒸気圧以下の圧力下に晒して溶剤を乾燥除去して固層を形成する工程とを含む固体膜の形成方法。

【請求項 8】

前記液膜を振動させながら前記溶剤を乾燥除去させて、表面が略平坦な固層を形成することを特徴とする請求項 7 記載の固体膜の形成方法。

【請求項 9】

該固体層が、露光工程に用いられる反射防止膜、感光性を有する膜、低誘電体膜、層間絶縁膜、強誘電体膜、電極、パターン転写膜、レーザー光吸収膜、磁性体膜のいずれかであることを特徴とする請求項 7 記載の固体膜の形成方法。

【請求項 10】

回転する被処理基板に対して径方向に移動しつつ薬液を滴下する滴下部の移動区間の一端を第 1 の位置として設定する工程と、

前記滴下部が、前記被処理基板の薬液供給領域の最外径に位置する時の前記被処理基板の回転数と該基板への、該滴下部から被処理基板上に滴下された薬液の軌跡において単位長さ当たりの前記滴下部からの薬液供給量 q_0 を決定する工程と、

10

20

30

40

50

前記滴下部が任意の位置に存在する時、被処理基板が1周する毎に生じる前記滴下部の径方向の移動ピッチが変化するように、移動ピッチを設定するステップと、

第1の位置、第1の位置における前記滴下部の移動ピッチ、及び前記滴下部からの前記薬液供給量 q_0 から、第1の位置における前記滴下部からの薬液供給速度と被処理基板回転数を決定する工程と、

前記滴下部が第1の位置に位置してから前記被処理基板を単位時間回転させたときの回転角と、第1の位置における前記滴下部の移動ピッチとから、単位時間後に前記滴下部が位置する第2の位置を決定する工程と、

第2の位置が移動区間の他端に至るまで、第2の位置を新たな第1の位置として再設定して、第1の位置における前記滴下部からの薬液供給速度と被処理基板回転数の決定、単位時間後に前記滴下部が位置する第2の位置の決定を繰り返し行い、時間に対する前記滴下部の径方向位置と、薬液供給速度と被処理基板回転数のそれぞれの関係を決定する工程と、

決定された関係に基づいて滴下部の径方向位置と、薬液供給速度と被処理基板回転数の3つの制御を同時に行って、前記被処理基板上に液膜の形成を行い、

前記決定された関係に滴下部の径方向位置と液供給速度と被処理基板回転数を制御することができずに前記液膜の膜厚が所望の膜厚より厚くなる領域においては、該領域における薬液供給速度、基板回転数を、前記膜厚が厚くなる直前の最外周の径方向位置 r_c における薬液供給速度、基板回転数と略等しくなるように前記液供給速度と前記被処理基板回転数の制御を行うと共に、前記滴下部の径方向のガス噴射ノズル位置 r において、 $1/r_c$ に r を乗じた値を1から引いた値で示される遮断率 C で、該滴下部から吐出された薬液を遮断することを特徴とする液膜形成方法。

【請求項11】

前記薬液の遮断は前記滴下部と前記被処理基板との間に配置されるガス噴射ノズルから噴射されるガスにより行われ、

前記ガス噴射ノズルの配置位置の決定は、

前記ガス噴射ノズルの外径 D と、1本のガス噴射ノズルから噴射されるガスにより前記薬液が径方向に遮断される薬液有効遮断幅 s とを設定する工程と、

薬液供給開始位置又は薬液遮断を行う最外周位置を基準位置 p として、薬液有効遮断幅 s を遮断単位幅 P の中間位置 r_i から基準位置 p を減じたものを2倍した値で割った値と、遮断率 C とが等しくなるような中間位置 r_i を決定し、決定された中間位置 r_i に基づいて遮断単位幅 P を決定する工程と、

薬液供給開始位置から薬液遮断を行う最外周位置、もしくは、薬液遮断を行う最外周位置から薬液供給開始位置の間にかけて、決定された遮断単位幅 P に対応する位置を新たな基準位置に設定しつつ、前記中間位置 r_i 及び遮断単位幅 P の決定を行う工程と、

決定された遮断単位幅 P 及び中間位置 r_i に基づいて、ガス噴射ノズルの配置位置を決定する工程とを含むことを特徴とする請求項10記載の液膜形成方法。

【請求項12】

前記薬液有効遮断幅の調整は、前記ガス噴射ノズルの内径の変更及びガス圧力の少なくとも一方の調整により行うことを特徴とする請求項11記載の液膜形成方法。

【請求項13】

前記ガスが不活性ガスであることを特徴とする請求項11記載の液膜形成方法。

【請求項14】

前記ガス噴射ノズルの位置を、被処理基板の塗布条件に応じて微調整することを特徴とする請求項11記載の液膜形成方法。

【請求項15】

前記液体の遮断は、前記滴下部と前記被処理基板との間に複数配置される遮断樋を用いて行われ、

前記遮断樋の配置位置の決定は、

前記遮断樋の径方向の幅 s を設定する工程と、

10

20

30

40

50

薬液供給開始位置又は薬液遮断を行う最外周位置を基準位置 p として、薬液有効遮断幅 s を遮断単位幅 P の中間位置 r_i から基準位置 p を減じたものを 2 倍した値で割った値と、遮断率 C とが等しくなるような中間位置 r_i を決定し、決定された中間位置 r_i に基づいて遮断単位幅 P を決定する工程と、

薬液供給開始位置から薬液遮断を行う最外周位置、もしくは、薬液遮断を行う最外周位置から薬液供給開始位置の間にかけて、決定された遮断単位幅 P に対応する位置を新たな基準位置に設定しつつ、前記中間位置 r_i 及び遮断単位幅 P の決定を行う工程と、

決定された遮断単位幅 P 及び中間位置 r_i に基づいて、前記遮断樋の配置位置を決定する工程とを含むことを特徴とする請求項 10 記載の液膜形成方法。

【請求項 16】

前記薬液遮断時に、液体に含まれる溶剤を前記遮断樋に流して、前記溶剤と共に前記遮断樋により遮断された液体を液体廃棄部に輸送することを特徴とする請求項 15 記載の液膜形成方法。

【請求項 17】

前記遮断樋が、径方向の幅が該遮断樋の幅 s にほぼ等しい第 1 の遮断樋と、第 1 の遮断樋の下方に設けられ、径方向の幅が第 1 の遮断樋の幅より短い第 2 の遮断樋とを含んで構成され、

第 1 の遮断樋により前記薬液を遮断すると共に、第 1 の遮断樋から溢れた薬液を被処理基板上に溢れされることなく第 2 の遮断樋で回収し、回収された前記溶液を薬液廃棄部に輸送することを特徴とする請求項 15 記載の液膜形成方法。

【請求項 18】

前記薬液遮断時に、前記第 1 の遮断樋に前記滴下部から滴下された液体に含まれる溶剤をみたしておくことを特徴とする請求項 17 記載の液膜形成方法。

【請求項 19】

前記薬液遮断時に、前記滴下部から滴下された液体に含まれる溶剤を第 2 の樋に流し、前記溶剤と共に前記第 2 の遮断樋により回収された液体を液体廃棄部に輸送することを特徴とする請求項 17 又は 18 に記載の液膜形成方法。

【請求項 20】

前記遮断樋の位置を、被処理基板の塗布条件に応じて微調整することを特徴とする請求項 15 記載の液膜形成方法。

【請求項 21】

前記薬液有効遮断幅 s は、前記薬液遮断により遮断されず被処理基板上に供給された隣接する液体が、該被処理基板上の液体の持つ流動性により互いに接続するのに十分な幅に設定することを特徴とする請求項 11 または 15 記載の液膜形成方法。

【請求項 22】

回転する被処理基板に対して径方向に移動しつつ薬液を滴下する滴下部の移動区間の一端を第 1 の位置として設定する工程と、

前記滴下部が、前記被処理基板の薬液供給領域の最外径に位置する時の前記被処理基板の回転数と該基板への、該滴下部から被処理基板上に滴下された薬液の軌跡において単位長さ当たりの前記滴下部からの薬液供給量 q_0 を決定する工程と、

前記滴下部が任意の位置に存在する時、被処理基板が 1 周する毎に生じる前記滴下部の径方向の移動ピッチが変化するように、移動ピッチを設定するステップと、

第 1 の位置、第 1 の位置における前記滴下部の移動ピッチ、及び前記滴下部からの前記薬液供給量 q_0 から、第 1 の位置における前記滴下部からの薬液供給速度と被処理基板回転数を決定する工程と、

前記滴下部が第 1 の位置に位置してから前記被処理基板を単位時間回転させたときの回転角と、第 1 の位置における前記滴下部の移動ピッチとから、単位時間後に前記滴下部が位置する第 2 の位置を決定する工程と、

第 2 の位置が移動区間の他端に至るまで、第 2 の位置を新たな第 1 の位置として再設定して、第 1 の位置における前記滴下部からの薬液供給速度と被処理基板回転数の決定、単

10

20

30

40

50

位時間後に前記滴下部が位置する第2の位置の決定を繰り返し行い、時間に対する前記滴下部の径方向位置と、薬液供給速度と被処理基板回転数のそれぞれの関係を決定する工程とを有し、

決定された関係に基づいて滴下部の径方向位置と、薬液供給速度と被処理基板回転数の3つの制御を同時に行って、前記被処理基板上に液膜の形成を行い、

且つ前記移動区間の一端が薬液供給開始位置及び終了位置のいずれかであって、それに対応して滴下部の移動区間の他端が薬液供給終了位置及び開始位置となるように時間に対する滴下部の径方向位置と、薬液供給速度と被処理基板回転数のそれぞれの関係を決定し、前記関係に基づき滴下部の径方向位置と、薬液供給速度と被処理基板回転数の3つの制御を同時に行い、

10

且つ前記決定した関係に液供給速度と被処理基板回転数に設定することができずに所望の液膜厚より液膜が厚くなる領域において、該領域における被処理基板が1回転する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチを、液厚が厚くなり始める最外周の径方向位置 r_c における、被処理基板が1回転する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチと略等しくなるように、前記滴下部の制御を行うことを特徴とする液膜形成方法。

【請求項23】

被処理基板が載置され、回転駆動系を有する被処理基板載置台と、

前記被処理基板の周囲を囲むように構成された円柱状の処理室と、

前記被処理基板に対して液体を連続的に吐出する滴下部と、

前記滴下部を被処理基板の径方向に移動させる滴下部駆動機構と、

20

前記滴下部と前記被処理基板との間に配置され、前記滴下部から吐出された薬液が通過するスリットが設けられた天板と、

前記天板と前記滴下部との間に配置され、前記被処理基板の径方向の薬液遮断率に応じて複数配置された薬液部分遮断機構とを具備してなることを特徴とする液膜形成装置。

【請求項24】

前記薬液部分遮断機構が、前記薬液遮断率に応じて複数配置され、吐出された液体に対してガスを噴射して薬液の吐出軌道を変化させるガス噴射ノズルと、

吐出された液体を前記各ガス噴射ノズルと挟むように配置され、該ガス噴射ノズルにより軌道が変化された液体を吸引して回収する液体回収機構とを具備してなることを特徴とする請求項23に記載の液膜形成装置。

30

【請求項25】

前記ガス噴射ノズルの配置位置の決定は、

前記ガス噴射ノズルの外径 D と、1本のガス噴射ノズルから噴射されるガスにより前記薬液が径方向に遮断される薬液有効遮断幅 s とを設定する工程と、

薬液供給開始位置又は薬液遮断を行う最外周位置を基準位置 p として、薬液有効遮断幅 s を遮断単位幅 P の中間位置 r_i から基準位置 p を減じたものを2倍した値で割った値と、遮断率 C とが等しくなるような中間位置 r_i を決定し、決定された中間位置 r_i に基づいて遮断単位幅 P を決定する工程と、

薬液供給開始位置から薬液遮断を行う最外周位置、もしくは、薬液遮断を行う最外周位置から薬液供給開始位置の間にかけて、決定された遮断単位幅 P に対応する位置を新たな基準位置に設定しつつ、前記中間位置 r_i 及び遮断単位幅 P の決定を行う工程と、

40

決定された遮断単位幅 P 及び中間位置 r_i に基づいて、ガス噴射ノズルの配置位置を決定する工程とを含むことを特徴とする請求項24に記載の液膜形成装置。

【請求項26】

前記各ガス噴射ノズルの外径が同一であり、薬液遮断幅に応じて内径が選択されていることを特徴とする請求項24に記載の液膜形成装置。

【請求項27】

前記ガス噴射ノズルが、2段に配置されていることを特徴とする請求項24に記載の液膜形成装置。

【請求項28】

50

前記ガス噴射ノズルの径方向の位置を微調整する位置調整機構を更に具備することを特徴とする請求項 2 4 に記載の液膜形成装置。

【請求項 2 9】

前記ガス噴射ノズルは、開閉により断続的にガス噴射を行わせる弁を具備することを特徴とする請求項 2 4 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 0】

前記ガス噴射ノズルの上流側には、変形自在管が接続され、

前記薬液部分遮断機構が、前記変形自在管の一部を押しつぶすことが可能な加圧機構をさらに具備してなることを特徴とする請求項 2 4 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 1】

前記加圧機構がピエゾ素子を用いていることを特徴とする請求項 3 0 に記載の成膜装置。

【請求項 3 2】

前記薬液部分遮断機構が、前記被処理基板の径方向の薬液遮断率に応じて複数配置された遮断樋で構成されていることを特徴とする請求項 2 3 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 3】

前記被処理基板の径方向薬液遮断率に応じた遮断樋の配置が、

前記遮断樋の径方向の幅 s を設定する工程と、

薬液供給開始位置又は薬液遮断を行う最外周位置を基準位置 p として、薬液有効遮断幅 s を遮断単位幅 P の中間位置 r_i から基準位置 p を減じたものを 2 倍した値で割った値と、遮断率 C とが等しくなるような中間位置 r_i を決定し、決定された中間位置 r_i に基づいて遮断単位幅 P を決定する工程と、

薬液供給開始位置から薬液遮断を行う最外周位置、もしくは、薬液遮断を行う最外周位置から薬液供給開始位置の間にかけて、決定された遮断単位幅 P に対応する位置を新たな基準位置に設定しつつ、前記中間位置 r_i 及び遮断単位幅 P の決定を行う工程と、

決定された遮断単位幅 P 及び中間位置 r_i に基づいて、前記遮断樋の配置位置を決定する工程とを含むことを特徴とする請求項 3 2 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 4】

前記遮断樋内を流れる薬液の下流には、薬液回収部が配置されていることを特徴とする請求項 3 2 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 5】

前記遮断樋には薬液を遮断している間、前記遮断樋内に前記薬液に含まれる溶剤を流す溶剤供給機構を更に具備することを特徴とする請求項 3 2 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 6】

前記遮断樋は、径方向の幅が該遮断樋の幅 s にほぼ等しい第 1 の遮断樋と、第 1 の遮断樋の下方に設けられ、径方向の幅が第 1 の遮断樋の幅より短い第 2 の遮断樋とを含んで構成されていることを特徴とする請求項 3 2 に記載の液膜形成装置。

【請求項 3 7】

被処理基板に対する薬液の遮断情報に基づき、前記遮断樋の位置を調整する位置調整機構を更に具備することを特徴とする請求項 3 2 に記載の液膜形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被処理基板に対して液体を渦巻き状に滴下して成膜を行う液膜形成方法、及びこれを用いた固体膜の形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィプロセスで従来から行われてきた回転塗布法は基板に滴下した液体の殆どを基板外に排出し、残りの数%で成膜するため、使用する薬液の無駄が多く、排出された薬液が多いことから環境にも悪影響を及ぼしていた。また、方形の基板や 1 2 インチ以上の大口径の円形基板では、基板の外周部で乱気流が生じその部分で膜厚が不均一になると

10

20

30

40

50

いう問題が生じていた。

【0003】

薬液を無駄にせず基板全面に均一に塗布する手法として特開平2-220428号公報には一列に配置した多数のノズルよりレジストを滴下し、その後方よりガスまたは液体を成膜面に吹き付けることで均一な膜を得る手法が記載されている。また、特開平6-151295号公報では棒に多数の噴霧口を設け、それよりレジストを基板上に滴下し均一な膜を得ることを目的としている。更に特開平7-321001号にレジストを噴霧するための多数の噴出孔が形成されたスプレーヘッドを用い、基板と相対的に移動して塗布する手法が記載されている。これらいずれの塗布装置においても滴下あるいは噴霧ノズルを横一列に複数配置し、それを基板表面にそってスキャンさせて均一な膜を得ることを目的としている。

10

【0004】

これら複数のノズルを持つ装置を用いた塗布法の他に一本の液体吐出ノズルを用い、被処理基板上を走査させることで液膜を形成する手法が有る。この手法ではノズルの操作次第では基板1枚あたりの処理時間が長くなったり、薬液の使用量が膨大になったりするという問題が生じていた。

【0005】

これらの問題を解決する成膜方法として、特開2000-77326号公報には、渦巻き状に薬液を供給して塗布を行う手法が開示されている。この中で、“塗布条件としてウェハを低速(例えば20~30rpm)で回転させつつノズルユニットをこのウェハの直径方向(例えばX方向)に移動させることで塗布を行うようにすることが好ましい。”ということが記載されている。また、“ウェハとノズルユニットの相対速度を一定に保つことが重要である。”ことが記載されている。すなわち、ノズルの線速度を一定にすることが記載されている。

20

【0006】

ノズルユニットを一定の速度で移動させた場合、線速度を一定にするためには、ノズル外周部に対してその内側での回転数を大きくしなければならない。例えば、200mmウェハで考えた場合、半径100mmでの回転数を30rpmとしても、回転数が径の逆数に比例し半径1mm以下の部分では3000rpm以上で回転させる必要がある。3000rpmでウェハを回転させた場合、基板中心から液塗布を開始したとしても、薬液が瞬時に基板外に放出されてしまう。

30

【0007】

また、ウェハを低速で一定の回転数で回転させた場合、基板中心でのノズル移動速度はきわめて速く、塗布後に振動を与えて液体の移動を生じさせたとしても、移動しきれず結局中央部では塗布されない領域が生じ、均一な膜を形成することができないという問題があった。このように、線速度一定にして薬液を吐出させると、液膜が形成されないという問題があった。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述したように、被処理基板を回転させつつ薬液を滴下して被処理基板上に渦巻き状に薬液を供給して液膜の成膜を行う技術において、被処理基板に対する滴下ノズルの線速度を一定にすると、薬液が基板外に放出されてしまう、或いは均一に液膜が形成されないという問題があった。

40

【0009】

本発明の目的は、被処理基板上に渦巻き状に液体を供給して成膜を行う技術において、被処理基板外への液体の放出を抑制すると共に、均一に液膜を形成し得る液膜形成方法、固体膜の形成方法、液膜形成装置及び半導体装置の製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

50

本発明は、上記目的を達成するために以下のように構成されている。

【0011】

(1) 本発明に係わる液膜形成方法は、滴下部から被処理基板上に液体を滴下すると同時に、前記被処理基板を回転させながら、前記被処理基板が1周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが小さく変化するように前記滴下部を前記被処理基板の内周部から該基板の外周部に向けて径方向に移動させ、且つ前記滴下部の前記被処理基板の径方向の移動に伴い、滴下された液膜がそれにかかる遠心力により移動しないように、該基板の回転数を徐々に下げつつ、該滴下部からの前記液体の供給速度を調整して前記被処理基板上に液膜を形成する液膜形成方法であって、前記被処理基板の回転は前記液膜が形成された前記被処理基板の上方を略閉空間として行い、且つ前記滴下部からの前記液体の供給速度を調整する際に前記被処理基板の回転数の減少に対して前記供給速度を単調に速くし、さらに、前記液膜を形成した後に、前記被処理基板上の最外周部の液膜が遠心力により前記被処理基板外に移動しない最大回転数以下の回転数を用いて前記被処理基板を回転させることを含むことを特徴とする。

10

【0012】

(2) 本発明に係わる固体膜の形成方法は、滴下部から被処理基板上に液体を滴下すると同時に、前記被処理基板を回転させながら、前記被処理基板が1周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが小さく変化するように前記滴下部を前記被処理基板の内周部から該基板の外周部に向けて径方向に移動させ、且つ前記滴下部の前記被処理基板の径方向の移動に伴い、滴下された液膜がそれにかかる遠心力により移動しないように、該基板の回転数を徐々に下げつつ、該滴下部からの前記液体の供給速度を調整して前記被処理基板上に液膜を形成する工程であって、前記被処理基板の回転は前記液膜が形成された前記被処理基板の上方を略閉空間として行い、且つ前記滴下部からの前記液体の供給速度を調整する際に前記被処理基板の回転数の減少に対して前記供給速度を単調に速くする前記工程と、該液膜が形成された該被処理基板を該液膜中の溶剤の処理温度における蒸気圧以下の圧力下に晒して溶剤を乾燥除去して固層を形成する工程とを含む。

20

【0013】

(3) 本発明に係わる液膜形成装置は、被処理基板が載置され、回転駆動系を有する被処理基板載置台と、前記被処理基板の周囲を囲むように構成された円柱状の処理室と、前記被処理基板に対して液体を連続的に吐出する滴下部と、前記滴下部を被処理基板の径方向に移動させる滴下部駆動機構と、前記滴下部と前記被処理基板との間に配置され、前記滴下部から吐出された薬液が通過するスリットが設けられた天板と、前記天板と前記滴下部との間に配置され、前記被処理基板の径方向の薬液遮断率に応じて複数配置された薬液部分遮断機構とを具備してなることを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0014】

以上説明したように本発明によれば、前記被処理基板が1周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが変化するように前記滴下部を径方向に移動させると共に、前記滴下部の前記被処理基板の径方向の移動に伴い、滴下された該液膜が滴下された液膜にかかる遠心力により移動しないように、該基板の回転数、及び該滴下部からの前記液体の供給速度を調整することによって中心部付近及び外周部において液膜が移動せず、被処理基板の中心部で液膜が形成されない領域が生じさせることなく、均一な液膜を形成することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

本発明の実施の形態を以下に図面を参照して説明する。

【0016】

(第1の実施形態)

図1は本発明に用いる成膜装置の概略構成を示す構成図である。

図1に示すように、被処理基板100が設置される被処理基板保持部120は、基板1

50

00中心で回転する駆動系121に接続されている。また、被処理基板100の上方には、薬液を吐出しつつ、ノズル駆動系123により径方向に移動可能な薬液供給ノズル(滴下部)122が設置されている。薬液供給ノズル122には、薬液供給管124を介して薬液供給ノズル122に薬液を供給する薬液供給ポンプ125が接続されている。薬液供給ノズル122からの薬液吐出速度の制御は、薬液供給ポンプ125からの薬液供給圧力を制御して行った。

【0017】

薬液供給ノズル122は、例えば図2に示すような構成である。図2に示すように、薬液供給ノズル122は、図示されない薬液供給ポンプに接続された薬液供給管124から供給された薬液が一旦貯蔵する薬液槽201と、薬液槽201内の薬液が吐出される薬液吐出口202とを含んで構成される。

10

【0018】

薬液供給ノズル122は、ノズル駆動系123により被処理基板100のほぼ中央から移動を開始し、薬液を被処理基板100上に連続的に供給しながら被処理基板100の略エッジ部分まで移動する。薬液供給は、薬液供給ノズルが被処理基板100のエッジに到達した段階で終了する。薬液供給ノズルの移動開始位置及び移動終了位置には、薬液遮断機構126a, 126bが設けられている。移動開始位置の薬液遮断機構126aは、基板保持部120の回転数、ノズル駆動系123の移動速度、薬液供給ノズル122からの薬液吐出速度が塗布開始時に必要な所定の値になるまで、薬液供給ノズル122から吐出された薬液を遮断して、薬液が被処理基板100に到達するのを防ぐ。また、移動終了位置の薬液遮断機構126bは、被処理基板100のエッジ部に薬液が供給されない様に、被処理基板100エッジ部上空に待機し、薬液供給ノズル122が被処理基板100のエッジに来たときに、ノズル122から吐出された薬液を遮断して薬液が被処理基板100に到達するのを防止する。

20

【0019】

薬液が被処理基板100上に供給される間、基板保持部120の回転数、ノズル駆動系123の移動速度、薬液供給ノズル122からの薬液吐出速度は各々、回転駆動制御部128、ノズル駆動制御部127、薬液供給ポンプ125により管理される。なお、これら3つの制御部125, 127, 128を統括するコントローラ129がその上流に配置されている。

30

【0020】

コントローラ129は、薬液供給ノズル122の被処理基板100上の位置情報に基づき、回転駆動制御部128の回転数、ノズル駆動速度、薬液吐出速度を決定し、回転駆動制御部128、ノズル駆動制御部127、薬液供給ポンプ125の各々に司令する。この司令に基づいて各々が動作することで被処理基板100上には渦巻き状に薬液が供給される。被処理基板100上に供給された薬液は広がり、隣接する液膜と結合して被処理基板100上で一つの液膜101になる。

【0021】

液膜101が形成された後、該被処理基板100には液膜中にある溶剤を乾燥除去する工程が行われる。乾燥手法には、加熱、溶剤の飽和蒸気圧以下での減圧乾燥、表面に気流に接触させる手法などが用いられる。

40

【0022】

液膜が形成された後、該被処理基板は液膜中にある溶剤を乾燥除去する工程に送られる。乾燥手法には、加熱、溶剤の飽和蒸気圧以下での減圧乾燥、表面に気流に接触させる手法などが用いられる。

【0023】

以下、この液膜形成手段を膜厚400nmのArF感光性樹脂膜形成に適用した場合について説明する。感光性樹脂溶液には固形分量3%のものを用いた。なお、被処理基板上に、ArF露光時に基板面からの反射光を相殺させる反射防止膜が以下と同様の手法で形成されたものを用いた。

50

【 0 0 2 4 】

説明をわかりやすくするため、以下では被処理基板 1 0 0 の直径を含む基板保持部 1 2 0 の並進駆動方向を X 軸とし、それと直交する薬液供給ノズル 1 2 2 を駆動した際の吐出口の軌跡を Y 軸とする。また、X 軸と Y 軸の交点を装置基準点、円形の被処理基板の中心を基板原点と以下呼ぶことにする。また、装置基準点を X Y 座標系の原点 (0 , 0) とし、位置の単位は mm で表す。

【 0 0 2 5 】

以後、図 3 に示すように、薬液供給時のノズル移動方向と同じ向きの移動を + 軸、その反対の移動を - 軸として説明する。

【 0 0 2 6 】

ノズルの軌跡として基板が 1 回転する毎の径方向ノズル移動ピッチ変化率 a を 0 . 9 9 (1 % 減少) とした。原点を基準とした螺旋の数を周値 n ($n > 0$ の実数) と定義する。この周値 n を用い、 $n = 1$ におけるノズル移動ピッチ d_1 を用いて、周値 n における径方向ノズル移動ピッチ d_n は、

【 数 1 】

$$d_n = d_1 \times a^{n-1} \quad (1)$$

$$= d_1 \times 0.99^{n-1} \quad (2)$$

【 0 0 2 7 】

と表すことができる。

このときのノズル径方向位置 R_n は

【 数 2 】

$$R_n = d_1 \times (1 - a)^{n-1} / (1 - a) \quad (3)$$

$$= d_1 \times (1 - 0.99)^{n-1} / (1 - 0.99) \quad (4)$$

【 0 0 2 8 】

と表すことができる。

以下に、基板外に薬液が排出されることなく、基板面内で液膜分布の偏りのない液膜形成が可能になる条件を説明する。まず、径方向ノズル移動ピッチ d_n が変化しない ($a = 1$) 場合の条件を説明し、その後、径方向ノズル移動ピッチ d_n 変化するときの条件を説明する。

【 0 0 2 9 】

ところで径方向ノズル移動ピッチ d_n が一定 ($a = 1$) の場合には、径 r における面積 (S) 変化率は $2 / r$ であるから径方向 r における基板への螺旋の単位長さ当たりの薬液供給量 q は薬液供給最外径 r_{out} とその時の基板への螺旋の単位長さ当たりの薬液供給量 q_{nout} を用いて

$$q = q_{nout} \cdot r / r_{out} \quad (5)$$

とすればよい。また、基板中心からの距離 r における薬液供給速度 v_n (cc/min) と基板回転数 w_n (rpm) と薬液供給量 q との間には、以下の (6) 式の関係が成立する。

【 0 0 3 0 】

$$q = v_n / w_n \quad (6)$$

従って (5) , (6) 式から、以下の (7) 式を満たすように基板中心からの距離 r における薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n を定めれば良い。

【 数 3 】

$$\frac{v_n}{w_n} = \frac{v_{nout}}{w_{nout}} \times \frac{r}{r_{out}} \quad (7)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

この時、薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n の決定には、以下の3つの方法がある。

【 0 0 3 2 】

(I) 薬液供給ノズルの径方向位置 (r / r_{out}) に応じて、薬液の吐出量と被処理基板の回転数を決定する。

【 0 0 3 3 】

(II) 薬液供給ノズルの径方向位置 (r / r_{out}) に応じて、被処理基板の回転数を決定 (吐出量はほぼ一定)。

【 0 0 3 4 】

(III) 薬液供給ノズルの径方向位置 (r / r_{out}) に応じて、薬液の吐出量を決定 (回転数はほぼ一定)。

10

【 0 0 3 5 】

先ず、(I)の方法による薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n の決定について説明する。

【 0 0 3 6 】

距離 r における薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n とは、係数 b を用いてそれぞれ以下の(8)、(9)式のように表すことができる。

【数4】

$$v_n = v_{nout} \times \frac{b}{(r_{out}/r)^{1/2}} \quad (8)$$

20

$$w_n = w_{nout} \times b \times (r_{out}/r)^{1/2} \quad (9)$$

【 0 0 3 7 】

一方、基板中心からの距離 r における微小単位面積にある液膜にかかる遠心力 F は液体の比重 c を用いて、

【数5】

$$\begin{aligned} F &= mrw_n^2 \\ &= cq_nrw_n^2 \\ &= c \times \frac{q_{nout}r/r_{out}}{2\pi r} \times rw_n^2 \\ &= \frac{cq_{nout}}{2\pi} \times \frac{r}{r_{out}} \times w_n^2 \end{aligned} \quad (10)$$

30

【 0 0 3 8 】

と表せる。

ここで $C = c (q_{nout} / 2 r_{out})$ と置き、遠心力 F が一定になる r と基板回転数 w_n の関係を求めると、

40

【数6】

$$w_n = \frac{(F/C)^{1/2}}{(r_{out}/r)^{1/2}} \quad (11)$$

【 0 0 3 9 】

となる。

(9)式と(11)式とから r_{out} における基板回転数 w_{nout} を、広がった液膜に流動性を生じる下限の遠心力 F と定数 C 及び係数 b (通常は1)を用いて

$$w_{nout} = (F/C)^{1/2} \times b \quad (12)$$

50

のように定めることで、基板外に薬液が排出されることなく、基板面内で液膜分布の偏りのない液膜形成が可能になる。なお、基板回転数 w_n と基板への薬液供給速度 v_n は (6) 式と以下の (13) 式を満たす組み合わせであれば如何なる値に設定しても良い。

【数7】

$$w_n \leq \frac{(F/C)}{(r_{out}/r)^{1/2}} \quad (13)$$

【0040】

本実施形態では径方向ノズル移動ピッチ d_n は一定ではなく等比級数的に変化している

10

ので (8), (9) 式は

【数8】

$$v_n = \frac{v_{nout}}{(r_{out}/r)^{1/2}} \times b \times \left(\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{nout+0.5} - R_{nout-0.5}} \right)^{1/2} \quad (8')$$

$$w_n = \frac{w_{nout}}{(r_{out}/r)^{1/2}} \times b \times \left(\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{nout+0.5} - R_{nout-0.5}} \right)^{-1/2} \quad (9')$$

20

【0041】

と、それぞれおきかえられる。式 (8'), (9') を用いて、且つ、広がった液膜に流動性が生じないような遠心力 F に調整することで、本発明の趣旨を達成することができる。

【0042】

次に、(11)の方法による薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n の決定について説明する。

係数 b (通常は1) を用いて距離 r における薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n は

【数9】

$$v_n = v_{nout} \times b \quad (14)$$

30

$$w_n = w_{nout} \times \frac{r_{out}}{r} \times b \quad (15)$$

【0043】

と表せる。(14), (15) は基板1周毎に生じる径方向ノズルピッチが一定であるときの値であるが、本発明では d_n は一定ではなく等比級数的に変化しているので (14), (15) 式は

【数10】

$$v_n = v_{out} \times b \times \sqrt{\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{nout+0.5} - R_{nout-0.5}}} \quad (16)$$

40

$$w_n = w_{nout} \times b \times \frac{r_{out}/r}{\sqrt{\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{nout+0.5} - R_{nout-0.5}}}} \quad (17)$$

【0044】

と、それぞれおきかえられる。(16), (17) 式を用い、且つ広がった液膜に流動性が生じないような遠心力 F に調整することで、本発明の趣旨を達成することができる。

50

【 0 0 4 5 】

次に、(III)の方法による薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n の決定について説明する。

【 0 0 4 6 】

係数 b (通常は 1) を用いて距離 r における薬液供給速度 v_n と基板回転数 w_n は

【数 1 1】

$$v_n = v_{nout} \times \frac{b}{r_{out}/r} \quad (18)$$

$$w_n = w_{nout} \times b \quad (19)$$

10

【 0 0 4 7 】

と表せる。(18), (19)式は基板1周毎に生じる径方向ノズルピッチが一定であるときの値であるが、本発明では d_n は一定ではなく等比級数的に変化しているので(18), (19)式は、

【数 1 2】

$$v_n = \frac{v_{nout}}{r_{out}/r} \times b \times \sqrt{\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{nout+0.5} - R_{nout-0.5}}} \quad (20)$$

20

$$w_n = \frac{b \times w_{nout}}{\sqrt{\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{nout+0.5} - R_{nout-0.5}}}} \quad (21)$$

【 0 0 4 8 】

と、それぞれおきかえられる。(20), (21)を用いて、且つ、広がった液膜に流動性が生じないような遠心力 F に調整することで、本発明の趣旨を達成することができる。

【 0 0 4 9 】

30

(第2の実施形態)

本実施形態ではコンパクトディスク(CD)へのレーザー反応膜の塗布方法に関して説明する。レーザー反応膜として青色半導体レーザーでの加工を考慮し400~550nmに吸収を持つ色素を有機溶剤に溶かしたものを用いた。なお、溶液中の固形分濃度は3%とした。コンパクトディスクの塗布領域は中心から径19mmより外側の領域である(外形55.4mm)。この基板に対する塗布は $d_1 = 1.5$ 、 $a = 0.995$ の条件下で行った。即ち薬液供給ノズルの軌跡 S_n を

【数 1 3】

$$r = 1.5 \times \frac{1 - 0.995^{n-1}}{1 - 0.995} \quad (22)$$

40

【 0 0 5 0 】

とし n を 14.05282 から 41.72949 の間で変化させた。実際に塗布を行う場合には、上記ノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板回転数 w_n のそれぞれを時間に対する関係に表現しておく必要がある。その手順を図4のフローチャートを用いて説明する。図4は、第1の実施形態に係わる、時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャートである。

【 0 0 5 1 】

(ステップ S101)

50

まず、被処理基板の最内周 R_{nin} を薬液供給ノズルの移動区間の演算開始位置（第1の位置）として設定する。

【0052】

（ステップS102）

$R_{nout} = 55.4$ における基板回転数 $w_{nout} = 107.6 \text{ rpm}$ 、薬液吐出圧力（薬液供給速度） v_{nout} をまず設定する。ここで定める回転数と吐出圧力は、塗布時に基板外に薬液が放出されないように調整されている。

【0053】

基板外周部で薬液が飛散しない回転数の算出方法を説明する。停止状態から回転数を回転加速度 1 rpm/sec で徐々に回転数を上げて、薬液が基板外に飛散する回転数を求めた。

10

【0054】

（ステップS103）

薬液供給ノズルの径方向の軌跡、即ちノズル位置 R_n におけるノズル移動ピッチを設定する。本実施形態では、等比級数の初項 d_1 を 1.5 、変化率 a を 0.995 とした。

【数14】

$$r = 1.5 \times \frac{1 - 0.995^{n-1}}{1 - 0.995} \quad (22)$$

20

【0055】

（ステップS104）

ノズル位置 R_{nin} をノズル位置 R_i に設定する。

なお、ステップS101～S104の順序は順不同で、ここで記載された順序に限られるものではない。

【0056】

（ステップS105）

設定された初項 d_1 、変化率 a 、及び(22)式を用いて、コンパクトディスクの最内周 R_i ($R_{nin} = 19 \text{ mm}$) に相当する周値 i を求める。本実施形態の場合、コンパクトディスクの最内周 $R_{nin} = 19 \text{ mm}$ に相当する周値 n は、 14.05282 であった。

30

【0057】

（ステップS106）

$R_{nout} = 55.4$ における基板回転数 w_{nout} 及び薬液吐出圧力 v_{nout} 、並びに(8')、(9')式を用いて、周値 i ($= 14.05282$) での薬液吐出圧力 v_i ($v_{14.05282}$)、基板回転数 w_i ($w_{14.05282}$) を求める。

【0058】

一方、基板の最外周 R_{nout} に相当する周値 n_{out} は $n_{out} = 41.72949$ となる。即ち基板中心から 19 mm の位置を始点とした薬液供給ノズルの螺旋の軌跡は、基板上を 27.6767 周して基板エッジに達することになる。

【0059】

40

（ステップS107）

周値 i が、 $i = 41.72949$ の条件を満たしているかの判定を行う。 $i = 41.72949$ でないと判定された場合は、ステップS108を実行する。

【0060】

（ステップS108）

0.05 秒間（単位時間）に変化する周値 i を求め、 0.05 秒後の周値 $i' = i + i$ を求める。そして、求められた周値 i' に相当する薬液供給ノズル径方向位置 $R_{i'}$ を算出する。

【0061】

基板は時間 t 秒で基板が回転数 w_n で回転しているとき、時間 t 秒から時間 $t + 0.0$

50

5秒までの間に基板は、

$$n = w_n / 60 \times 0.05 \text{ (回転)}$$

だけ回転する。

【0062】

以下に、具体例を用いて説明する。基板回転数 $w_{14.05282} = 180 \text{ rpm}$ とした場合、基板は0.15回転する。従って、基板回転数 $w_{14.05282}$ で0.05秒回転した後の周値 n は、 $n' = 14.05282 + 0.15 = 14.20282$ 、になる。 $n' = 14.20282$ に相当する $R_{14.20282}$ は式(22)から $R_{14.20282} = 19.2112 \text{ [mm]}$ となる。

【0063】

(ステップS109)

そして、0.05秒後のノズル位置 $R_{i'}$ (第2の位置)を新たに R_i (第1の位置)として再設定する。

【0064】

(ステップS106)

そして、 $R_{n_{out}} = 55.4$ における基板回転数 $w_{n_{out}}$ 及び薬液吐出圧力 $v_{n_{out}}$ 、並びに(8')、(9')式を用いて、ノズル位置 R_i (周値 i)での薬液吐出圧力 v_i 、基板回転数 w_i を求める。

【0065】

(ステップS107)

$i = 41.72949$ であると判定されるまで、ステップS108、S109、S106を繰り返し行う。

【0066】

以上の説明した手順により、時間に対する、前記滴下部の径方向位置、薬液吐出圧力(薬液供給速度)、被処理基板回転数のそれぞれの関係を決定することができる。任意の時間 t 秒から $t + 0.05$ 秒までの間は R_n 、 v_n 、 w_n はそれぞれ一定であるとみなす。

【0067】

そして、求められた関係に基づいて、薬液供給ノズルの径方向位置と、薬液吐出圧力と被処理基板回転数の制御を行って、前記被処理基板上に液膜の形成を行う。

【0068】

以上示した手順は最内周部で機器に対して矛盾が生じない場合に適用できる。しかし、本実施形態の装置では、吐出圧力を制御することによって、薬液供給速度の制御を行っている。ところが、最内周における吐出圧力が制御可能な圧力範囲の下限である 2 kg F/cm^2 より小さくなってしまいうため制御不能となった。この場合、基板外周部から時間に対する薬液供給ノズル位置、薬液供給速度(薬液吐出圧力)、基板回転数を決めていくと良い。

【0069】

以下に、外周部から時間に対する薬液供給ノズル位置、薬液供給速度(薬液吐出圧力)、基板回転数の求め方を図5、6を参照して説明する。図5、6は、第1の実施形態に係わる、時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液吐出圧力 v_n 、基板回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャートである。

【0070】

(ステップS201)

まず、被処理基板の最外周 $R_{n_{out}}$ を薬液供給ノズルの移動区間の演算開始位置(第1の位置)として設定する。

【0071】

(ステップS202~S206)

ステップS202~S206は、前に説明したステップS102~S106と同様なので説明を省略する。ただし、ステップS204において、ノズル位置 $R_{n_{out}}$ をノズル位置 R_i に設定する。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

(ステップ S 2 0 7)

算出された基板回転数 w_i と薬液吐出圧力 v_i が制御範囲内に有るか判定を行う。

【 0 0 7 3 】

(ステップ S 2 0 8)

ステップ S 2 0 7 において、基板回転数 w_i と薬液吐出圧力 v_i が制御範囲内にないと判定された場合、式 (8 ') (9 ') の b を適当に調整して、基板回転数 w_i と薬液吐出圧力 v_i を算出し、基板回転数 w_i と薬液吐出圧力 v_i が制御範囲内に収まっているか判定する。

【 0 0 7 4 】

(ステップ S 2 0 9)

ステップ S 2 0 8 の判定の結果、基板回転数 w_n と薬液吐出圧力 v_n が制御範囲内に収められない場合、設定した薬液供給ノズル径方向位置より内側を塗布不能領域として、終了する。

【 0 0 7 5 】

(ステップ S 2 1 0)

ステップ S 2 0 7 において、回転数 w_i 及び吐出量 v_i が制御範囲内にあると判定された場合、周値 i が、 $i < 14.05282$ の条件を満たしているかの判定を行う。 $i < 14.05282$ でないと判定された場合は、ステップ S 2 1 1 を実行する。

【 0 0 7 6 】

(ステップ S 2 1 1)

0.05 秒間 (単位時間) に変化する周値 i を求め、0.05 秒前の周値 $i' = i + i$ を求める。そして、求められた周値 i' に相当する薬液供給ノズル径方向位置 $R_{i'}$ を算出する。

【 0 0 7 7 】

(ステップ S 2 1 2)

そして、0.05 秒後のノズル位置 $R_{i'}$ (第 2 の位置) を新たに R_i (第 1 の位置) として再設定する。

【 0 0 7 8 】

(ステップ S 2 0 6)

そして、 $R_{n_{out}} = 55.4$ における基板回転数 $w_{n_{out}}$ 及び薬液吐出圧力 $v_{n_{out}}$ 、並びに (8 ') , (9 ') 式を用いて、ノズル位置 R_i (周値 i) での薬液吐出圧力 v_i 、基板回転数 w_i を求める。

【 0 0 7 9 】

$i < 14.05282$ であると判定されるまで、或いは塗布不能領域と判定されるまで S 2 0 6 , S 2 0 7 , S 2 1 1 , S 2 1 2 を繰り返し行う。

【 0 0 8 0 】

以上説明した手順で求められた、時間に対する薬液ノズルの径方向の位置、薬液吐出圧力、基板回転数の関係を図 7 に示す。図 7 (a) はプロセス時間に対する基板中心からのノズル位置を示す図、図 7 (b) はプロセス時間に対する基板回転数を示す図、図 7 (c) はプロセス時間に対する薬液吐出圧力を示す図である。

【 0 0 8 1 】

なお、上述の時間に対する薬液供給ノズルの径方向位置、薬液吐出圧力、被処理基板回転数の決定法は薬液供給ノズルの径方向移動が周値に対する等比級数的な移動の場合だけでなく、薬液供給ノズルの径方向移動が一定である場合にたいしても適用できる。

【 0 0 8 2 】

プロセス時間 0 ~ 0.8 秒の間で薬液吐出圧力が一定になっているのは吐出圧力制御下限が 2 kg F / cm^2 が限界であることによる。この領域では式 (8 ') で薬液吐出圧力 v の値が一定になるように b の値を変化させて、それに応じて (9 ') により基板回転数を設定している。また、同様にプロセス時間 1.2 秒以降でも薬液吐出圧力が一定になって

10

20

30

40

50

いる。これは吐出圧力の上限值が 3.5 kg F / cm^2 であったため、(8')式で最大吐出圧力に対応する最大薬液吐出圧力 v_{max} を超えないように b の値を変化させたことによる。このように薬液供給速度と基板回転数は基本的に式(8')、(9')により制御を行い、装置の制約に応じて適時 b の値を変更すると良い。

【0083】

図7のそれぞれの制御パターンに応じて図1に示される装置を用いて基板中心からのノズルの位置、基板回転数、ノズルからの薬液供給速度を調整し、円形基板上に厚さ $10 \mu\text{m}$ の液状塗布膜を形成した。塗布膜形成の後、減圧下で溶剤を除去して、さらにベーキングを行って円形基板上に膜厚 $0.3 \mu\text{m}$ で、膜厚均一性 1% 以下の色素膜を形成した。なお、本発明では中心に近いほど従い薬液供給ノズルにより薬液を滴下した軌跡の幅が広がることになるが塗布終了後にこれらの軌跡が広がるものの互いに接続しない場合には閉空間あるいは溶剤の雰囲気で満たされた空間で塗布基板を保持し、液膜が十分に広がりレベリングされるのを待った後に減圧などの乾燥工程に移動させることが望ましい。また、乾燥速度の速い溶剤を用いる場合には塗布そのものを溶剤雰囲気下で行うことが望ましい。上記レベリングは、前記被処理基板上の最外周部の液膜が遠心力により前記被処理基板外に移動しない最大回転数以下の回転数以下で行うことが好ましい。回転数は、液体の表面張力と界面張力、遠心力のバランスにより、プロファイルが決定される。このとき微小な凹凸が残る場合がある(特に基板の外周部に残る)。この場合、液膜の粘度を高くしていく過程で、音波・超音波などを用いて液膜に対して振動を与えると凹凸を限りなく小さくできる。

【0084】

また、乾燥を行う前段階で、表面張力により液が内側に移動して、基板エッジ部分の液膜厚が薄くなる場合がある。このような場合には、乾燥の直前で基板の上方を開放系として、基板を $150 \sim 200 \text{ rpm}$ 程度で回転させることで、基板中心で上方から基板面に向かい、さらに基板外周方向に向かう気流を生じさせることで、内側に移動している液膜を外側に引っ張るとよい。直ちに乾燥を行うことで、エッジ部分でも膜厚変動の小さい良好な膜厚均一性をえることができる。

【0085】

本実施形態はコンパクトディスクの塗布に関するものであるが、これに限るものではなく、DVDディスク、ミニディスクなどドーナツ状の基板及び、円形の半導体ウェハ上への塗布へも適用できる。また、材料もレーザー光吸収材料に限るものではなく、磁性体が含まれる液体、金属材料が含まれる液体の塗布に対しても適用可能である。

【0086】

また、塗布条件も(12)式のように W_{nout} を設定し、(8')、(9')式により薬液供給速度とそれに対応した薬液吐出圧力、基板回転数、(3)式により基板中心に対する薬液供給ノズルの位置を定め、制御を行いさえすれば、如何なる制御を行っても良い。また、液吐出圧力と基板回転数はパラメータ h により、薬液供給ノズル位置については複数の領域に分けて d_1 、 a 、 n を調整して制御を行っても構わない。

【0087】

(第3の実施形態)

本実施形態は半導体基板の層間絶縁膜を塗布で形成する手法に関する。

【0088】

配線が形成された基板を図1に示す塗布装置にセットした。この基板への塗布を薬液供給ノズルの軌跡として $d_1 = 1.5 \text{ mm}$ 、 $a = 0.995$ となるよう(15)式のように定めた。

【数15】

$$r = 1.5 \times \frac{1 - 0.995^{n-1}}{1 - 0.995} \quad (23)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 8 9 】

しかし、この塗布条件では径 7.6 mm より内側で膜厚異常が生じたため、径 7.6 mm 以内では膜厚異常を解消するため $d_0 = 4.22$ 、 $a = 0.844$ となるよう (24) 式のように定めた。

【 数 1 6 】

$$r = 4.22 \times \frac{1 - 0.844^{n-1}}{1 - 0.844} \quad (24)$$

【 0 0 9 0 】

つまり、径 7.6 mm より内側では、(24) 式の制御式に基づいて処理時間に対する薬液供給ノズル位置、基板回転数、薬液吐出圧力を算出し、径 7.6 mm より外側では (23) 式の制御式に基づいて処理時間に対する薬液供給ノズル位置、基板回転数、薬液吐出圧力を算出した。

径 7.6 mm より内側では周値 n は 0.5 n 3.00 であり、径 7.6 mm より外側では周値 n は 6.11 n 80.4 である。

【 0 0 9 1 】

これを元に算出した処理時間に対する薬液供給ノズル位置、基板回転数、薬液吐出圧力の関係を図 8 に示す。図 8 (a) はプロセス時間に対する基板中心からのノズル位置を示す図、図 8 (b) はプロセス時間に対する基板回転数を示す図、図 8 (c) はプロセス時間に対する薬液吐出圧力を示す図である。

【 0 0 9 2 】

また、滴下される径 7.6 mm より内側と外側の薬液供給ノズルの軌跡を図 9 に示す。図 9 は、図 8 に示すプロセス時間に対する基板中心からのノズル位置、基板回転数、及び薬液吐出圧力に基づいて滴下される薬液供給ノズルの軌跡を示す図である。図 9 において、601 は径 7.6 mm より内側の軌跡を示し、602 は径 7.6 mm より外側の軌跡を示し、603 は径 7.6 mm の内側の軌跡と外側の軌跡との接続点と基板中心とを直径とする真円を示している。

【 0 0 9 3 】

図 8 (c) に示すプロセス時間と薬液吐出圧力との関係において、プロセス時間 0 ~ 1.7 秒の間で吐出圧力が一定になっているのは吐出圧力制御下限が 2 kg F / cm^2 が限界であることによる。この領域では式 (8') で薬液吐出圧力 v の値が一定になるように b の値を変化させて、それに応じて (9') により基板回転数を設定している。また、同様にプロセス時間 8.5 秒以降でも吐出圧力が一定になっている。これは吐出圧力の上限値が 3.5 kg F / cm^2 であったため、(8') 式で最大吐出圧力に対応する最大薬液吐出圧力 v_{max} を超えないように b の値を変化させたことによる。このように薬液供給速度と基板回転数は基本的に式 (8')、(9') により制御を行い、装置の制約に応じて適時 b の値を変更すると良い。

【 0 0 9 4 】

図 8 に示したそれぞれの制御パターンに応じて図 1 に示される装置を用いて基板中心からのノズルの位置、基板回転数、ノズルからの薬液供給速度を調整し、円形基板上に厚さ $20 \mu\text{m}$ の液状塗布膜を形成した。塗布膜形成の後、減圧下で溶剤を除去して、さらにベークングを行って円形基板上に膜厚 $1 \mu\text{m}$ で、膜厚均一性 1% 以下の層間絶縁膜を形成した。なお、本発明では中心に近づくに従い薬液供給ノズルにより薬液を滴下した軌跡の幅が広がることになるが塗布終了後にこれらの軌跡が広がるものの互いに接続しない場合には閉空間あるいは溶剤の雰囲気満たされた空間で塗布基板を保持し、液膜が十分に広がりレベリングされるのを待った後に減圧などの乾燥工程に移動させることが望ましい。また、乾燥速度の速い溶剤を用いる場合には塗布そのものを溶剤雰囲気下で行うことが望ましい。上記レベリングは液体の表面張力と界面張力、遠心力のバランスにより、プロファイルが決定される。このとき微小な凹凸が残る場合がある。この場合、液膜の粘度を高く

10

20

30

40

50

していく過程で、音波・超音波などを用いて液膜に対して振動を与えると凹凸を限りなく小さくできる。

【0095】

また、乾燥を行う前段階で、表面張力により液が内側に移動して、基板エッジ部分の液膜厚が薄くなる場合がある。このような場合には、乾燥の直前で基板の上方を開放系として、基板を前記被処理基板上の最外周部の液膜が遠心力により前記被処理基板外に移動しない最大回転数以下の回転数、例えば70～200rpm程度で回転させることで、基板中心で上方から基板面に向かい、さらに基板外周方向に向かう気流を生じさせることで、内側に移動している液膜を外側に引っ張るとよい。直ちに乾燥を行うことで、エッジ部分でも膜厚変動の小さい良好な膜厚均一性を与えることができる。

10

【0096】

本実施形態では中心部の塗布を別な等比級数関数により薬液供給ノズルを移動させながら行ったが、十分に広がる性質の薬液であれば、基板の中心に所望量滴下することも可能である。この場合、中心に滴下した後、基板を回転させて略径7.6mmの位置まで液膜を広げた後、(23)式に従い薬液供給ノズルを移動させつつ、ノズルの位置に対応した薬液供給速度(圧力)と基板回転数を与えると良い。

【0097】

本実施形態は円形半導体基板の層間絶縁膜塗布に関するものであるが、これに限るものではなく、反射防止膜、感光性材料膜、強誘電体膜、平坦化膜など円形の半導体ウェハ上へのあらゆる塗布膜形成にも適用できる。

20

【0098】

また、塗布条件も(12)式のように $W_{n,out}$ を設定し、(8')、(9')式により薬液供給速度とそれに対応した薬液吐出圧力、基板回転数、(3)式により基板中心に対する薬液供給ノズルの位置を定め、制御を行いさえすれば、如何なる制御を行っても良い。また、液吐出圧力と基板回転数はパラメータ h により、薬液供給ノズル位置については複数の領域に分けて d_1 、 a 、 n を調整して制御を行っても構わない。

【0099】

本実施形態では螺旋上に滴下した液線が被処理基板上で液体の流動性により広がり、被処理基板のエッジ部分を除く全面への液膜形成を可能にするものであるが、場合によっては中心部で線状のまま液体が残る場合がある。その場合は中心部の薬液供給ノズルの径方向移動ピッチと変化率を小さくし、滴下時に過剰となる薬液を、連続滴下している薬液の側面からガスを照射するか、薬液そのものを吸引するか、シャッターなどを挿入して物理的に遮断するなどして、単位面積あたりの薬液供給量を調整すると良い。

30

【0100】

(第4の実施形態)

上記パラメータの決定法に基づき、コンパクトディスク(CD)へのレーザー反応膜の塗布方法に関して説明する。レーザー反応膜として青色半導体レーザーでの加工を考慮し400～700nmに吸収を持つ色素を有機溶剤に溶かしたものをを用いた。なお、溶液中の固形分濃度は2%とした。コンパクトディスクの塗布領域は中心から径19mmより外側の領域である(外形55.4mm)。この基板に対する塗布は $d_1 = 1.65$ 、 $a = 0.995$ の条件下で行った。即ち薬液供給ノズルの軌跡 S_n を

40

【数17】

$$r = 1.5 \times \frac{1 - 0.995^{n-1}}{1 - 0.995} \quad (25)$$

【0101】

とし n を14.202から41.729の間で変化させた。実際に塗布を行う場合には、吐出位置 R_n 、吐出量 v_n 、回転数 w_n をそれぞれを時間に対する関係で表現しておく必要がある。その手順を、図10のフローチャートを参照して説明する。図10は、本発明の第4の実施形態に係わる処理時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板

50

回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャートである。

【 0 1 0 2 】

(ステップ S 3 0 1)

最外周吐出位置 $R_{n_{out}} = 55.4 \text{ mm}$ における回転数 $w_{n_{out}} = 61.26 \text{ rpm}$, 吐出圧 $v_{n_{out}} (= 2 \text{ kg F / cm}^2$: 薬液供給ノズルの吐出加減圧) をまず設定する。ここで定める回転数と吐出量は、塗布時に基板外に薬液が放出されないように調整されている。また、各制御パラメータは、薬液供給ノズルの径方向位置 (r / r_{out}) に応じて、被処理基板の回転数を決定 (吐出量一定) する (11) の方法により決定した。

【 0 1 0 3 】

(ステップ S 3 0 2)

薬液供給ノズルの径方向の軌跡、即ちノズル位置 R_n におけるノズル移動ピッチを設定する。本実施形態では、等比級数の初項 d_1 を 1.5、変化率 a を 0.995 とした。

【 0 1 0 4 】

(ステップ S 3 0 3)

設定された初項 d_1 、変化率 a 、及び (25) 式を用いて、コンパクトディスクの最内周 R_{in} ($R_{n_{in}} = 19 \text{ mm}$) に相当する周値 n_{in} を求める。本実施形態の場合、コンパクトディスクの最内周 $R_{n_{in}} = 19 \text{ mm}$ に相当する周値 n は、14.47596 になる。

【 0 1 0 5 】

一方、基板の最外周 $R_{n_{out}}$ に相当する周値 n_{out} は $n_{out} = 46.86691$ となる。即ち基板中心から 19 mm の位置を始点とした薬液供給ノズルの螺旋の軌跡は、基板上を 32.39094 ($= n_{out} - n_{in}$) 周して基板エッジに達することになる。

【 0 1 0 6 】

(ステップ S 3 0 4)

$R_{n_{in}} = 19 \text{ mm}$ における基板回転数 $w_{n_{out}}$ 及び薬液吐出圧力 $v_{n_{out}} (= 2 \text{ kg F / cm}^2$: 薬液供給ノズルの吐出加減圧)、並びに (16), (17) 式を用いて、周値 i ($= 14.47596$) での、基板回転数 w_i ($w_{14.47596}$) を求める。

【数 18】

$$v_n = v_{out} \times b \times \sqrt{\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{n_{out}+0.5} - R_{n_{out}-0.5}}} \quad (16)$$

30

$$w_n = w_{n_{out}} \times b \times \frac{r_{out}/r}{\sqrt{\frac{R_{n+0.5} - R_{n-0.5}}{R_{n_{out}+0.5} - R_{n_{out}-0.5}}}} \quad (17)$$

【 0 1 0 7 】

この時、薬液吐出圧力が変化しないように、係数 b を調整する。即ち、(16) 式において、 $v_n = 2 \text{ kg F / cm}^2$ を代入し、薬液吐出圧力が変化しない係数 b を求める。そして、求められた係数 b を (17) 式に代入して基板回転数 w_n を求める。

40

【 0 1 0 8 】

(ステップ S 3 0 5)

周値 i が、 $i = 46.86691$ の条件を満たしているかの判定を行う。 $i = 46.86691$ でないと判定された場合は、ステップ S 1 0 8 を実行する。

【 0 1 0 9 】

(ステップ S 3 0 6)

0.05 秒間 (単位時間) に変化する周値 i を求め、0.05 秒後の周値 $i' = i + i$ を求める。そして、求められた周値 i' に相当する薬液供給ノズル径方向位置 $R_{i'}$ を算出する。任意の時間 t 秒から $t + 0.05$ 秒までの間は R_n 、 v_n 、 w_n はそれぞれ一定であるとみなす。

50

【 0 1 1 0 】

基板は時間 t 秒で基板が回転数 w_n で回転しているとき、時間 t 秒から時間 $t + 0.05$ 秒までの間に基板は、

【 数 1 9 】

$$\theta_n = \frac{w_n}{60} \times 0.05(\text{回転}) \quad (26)$$

【 0 1 1 1 】

だけ回転する。

例えば、 $w_{14.47596} = 180 \text{ rpm}$ とした場合、 0.15 回転する。従って w_n で 0.05 秒回転した後の n は

【 数 2 0 】

$$n' = 14.47596 + 0.15 = 14.62596 \quad (27)$$

【 0 1 1 2 】

になる。 $n' = 14.62596$ に相当する $R_{14.62596}$ は式(3)から $R_{14.62596} = 19.19733$ となる。

【 0 1 1 3 】

(ステップ S 3 0 7)

そして、 0.05 秒後の薬液供給ノズル位置 $R_{i'}$ (第2の位置)を新たにノズル位置 R_i (第1の位置)として再設定する。

【 0 1 1 4 】

(ステップ S 3 0 4)

そして、 $R_{n_{out}} = 55.4$ における基板回転数 $w_{n_{out}}$ 及び薬液吐出圧力 $v_{n_{out}}$ 、並びに(8')、(9')式を用いて、ステップ307で新たに設定されたノズル位置 R_i (周値 i)での薬液吐出圧力 v_i 、基板回転数 w_i を求める。

【 0 1 1 5 】

(ステップ S 3 0 5)

$i = 46.86691$ であると判定されるまで、ステップ S 3 0 6, S 3 0 7, S 3 0 4を繰り返し行う。

【 0 1 1 6 】

以上の手順により、時間に対する吐出位置 R_n 、吐出量 v_n 、回転数 w_n が表現される。

【 0 1 1 7 】

これらの手順により得られた処理時間に対する薬液供給ノズルの径方向位置、薬液供給圧力、被処理基板回転数の関係を図11にそれぞれ記す。図11(a)は処理時間に対する基板中心から径方向のノズル位置を示し、図11(b)は処理時間に対する薬液吐出圧力を示し、図11(c)は処理時間に対する基板回転数を示している。

【 0 1 1 8 】

図11のそれぞれの制御パターンに応じて図1に示される装置を用いて、薬液供給ノズルからの薬液供給速度を一定にしつつ、基板中心からの薬液供給ノズルの位置、基板回転数を調整し、円形基板上に厚さ $20 \mu\text{m}$ の液状塗布膜を形成した。塗布膜形成の後、減圧下で溶剤を除去して、さらにベーキングを行って円形基板上に膜厚 $0.4 \mu\text{m}$ で、膜厚均一性 1% 以下の色素膜を形成した。

【 0 1 1 9 】

被処理基板上に滴下した液体の広がりが遅く、隣接する線と接続しにくい場合には、基板を密閉容器あるいは溶剤雰囲気置くことで液体を広がらせて、隣接する線を接続するように施すのが望ましい。また、乾燥速度の速い溶剤を用いる場合には塗布そのものを溶剤雰囲気下で行うのが望ましい。上記レベリング中に液体の表面張力と界面張力、遠心力のバランスにより、プロファイルが決定される。このとき微小な凹凸が残る場合がある。この場合、液膜の粘度が増していく過程で、膜厚斑の周期 S に対して略 $S/2$ から S の範

10

20

30

40

50

囲の波長を含む振動を音波・超音波などを用いて液膜に対して与えることで凹凸を限りなく小さくできる。

【0120】

また、乾燥を行う前段階で、表面張力により液が内側に移動して、基板エッジ部分の液膜厚が薄くなる場合がある。このような場合には、乾燥の直前に基板上方を開放して、基板を150～200rpm程度で回転させることで、基板中心上方から基板面に向かい、さらに基板外周方向に向かう気流を生じさせることができ、内側に移動している液膜を外側に引っ張ることができる。その後、乾燥を行うことで、エッジ部分でも膜厚変動の小さい良好な膜厚均一性をえることができる。

【0121】

本実施形態はコンパクトディスクの塗布に関して説明した。しかし、これに限るものではなく、DVDディスク、ミニディスクなどドーナツ状の基板及び、円形の半導体ウエハ上への塗布へも適用できる。また、材料もレーザー光吸収材料に限るものではなく、磁性体が含まれる液体、金属材料が含まれる液体の塗布に対しても適用可能である。

【0122】

また、塗布条件も(12)式のように $W_{n_{out}}$ を設定し、式(16)、(17)により薬液供給速度とそれに対応した薬液吐出圧力、基板回転数、(3)式により基板中心に対する薬液供給ノズルの位置を定め、制御を行いさえすれば、如何なる制御を行っても良い。また、液吐出圧力と基板回転数はパラメータ h により、薬液供給ノズル位置については複数の領域に分けて d_1 、 a 、 n を調整して制御を行っても構わない。

【0123】

(第5の実施形態)

第4の実施形態で説明した塗布膜形成方法を図12に記した塗布装置を用いて行った。図12は、本発明の第5の実施形態に係わる塗布装置の概略構成を示す図である。図12(a)は塗布装置の構成を示す平面図、図12(b)は同図(a)のA-A'部の断面図である。

【0124】

図12に示す塗布装置は、下部ユニット701内に回転機能を有する基板載置部702が設けられている。下部ユニット701上に、天板703が設けられている。天板703には、被処理基板700の薬液供給開始位置から塗布終了部分にかけて、被処理基板700上に薬液が滴下されるようにスリット703aが設けられている。被処理基板700の搬入搬出時、天板703は開放されるようになっている。天板703の開放は、天板703が上方に移動する機構でも、被処理基板700を搭載する基板載置部702を含めた下部ユニット701が下方に移動する機構であっても良い。

【0125】

天板703のスリット703a上方を移動する薬液供給ノズル122が設けられている。薬液供給ノズル122には、薬液供給管124を介して薬液供給ノズル122に薬液を供給する図示されない薬液供給ポンプが接続されている。薬液供給ノズル122からの薬液吐出速度の制御は、薬液供給ポンプからの薬液供給圧力を制御して行った。

【0126】

薬液供給開始位置及び薬液供給終了位置の天板703上に、薬液供給ノズル122とは独立に設けられた薬液遮断機構710a、710bがそれぞれ設けられている。

薬液が被処理基板700上に供給される間、基板載置部702の回転数、ノズルを駆動させる駆動系(不図示)の移動速度、薬液供給ノズル122からの薬液吐出速度は各々、回転駆動制御部(不図示)、ノズル駆動制御部(不図示)、薬液供給ポンプ(不図示)により管理される。なお、これら3つの制御部を統括するコントローラ(不図示)がその上流に配置されている。

【0127】

薬液遮断機構710(710a、710b)の構成を図13(a)、(b)を用いて説明する。図13は、本発明の第5の実施形態に係わる薬液遮断機構の概略構成を示す図で

10

20

30

40

50

ある。図 13 (a) は薬液を遮断している動作状態を示し、図 13 (b) は薬液を遮断していない動作状態を示している。薬液遮断機構は、図 13 に示すように、図示されていないガス供給管 713 に順次接続された変形自在管 721, ガス噴射ノズル 722 を具備する。薬液遮断機構は、変形自在管 721 を変形、開放することでガス流を制御できるノズル開閉制御用ピエゾ 723 及び、薬液供給ノズル 122 から滴下された薬液 720 をガス噴射ノズル 722 と挟むように配置された薬液ミスト回収部 724 とを更に具備する。ノズル開閉制御用ピエゾ 723 は、印加電圧の制御により伸縮するピエゾ素子を具備する。ピエゾ素子への印加電圧を制御することによって、変形自在管 721 の変形、開放を行う。変形自在管 721 の変形及び開放は、ピエゾ素子で直接行っても良いし、ピエゾ素子に接続された部材により行っても良い。

10

【 0 1 2 8 】

この塗布装置を用いたと膜の形成方法について以下に説明する。

天板 703 の開放、被処理基板 700 の下部ユニット 701 内への搬送、被処理基板 700 の基板載置部 702 への載置、天板 703 を閉じる動作が順次行われる。次いで薬液供給開始位置の天板 703 の上空に、薬液供給ノズル 122 を薬液供給を停止した状態で移動させる。薬液遮断機構 710 a のガス噴射ノズル 722 からガス吐出を開始した後、薬液供給ノズル 122 から薬液の吐出を開始させる。吐出された薬液 720 はその下方に予め形成されたガス気流により薬液ミスト回収部 724 に輸送される。このとき薬液ミスト回収部 724 では、薬液 720 がガスに衝突した際に生じるミストを回収するのに十分な吸引を行う。吸引された薬液は廃棄管 714 を経て塗布装置外に輸送される。

20

【 0 1 2 9 】

薬液供給ノズル 122 からの薬液の吐出が安定した段階で、ノズル開閉制御用ピエゾ 723 を押し出し、変形自在管 721 を変形させてガス供給を遮断する。これにより薬液供給ノズル 122 から被処理基板 700 への薬液 720 の供給が開始される（処理時間の原点）。薬液供給ノズルの径方向位置、薬液吐出圧力、被処理基板回転数は、図 11 に示す処理時間に対するノズル移動、薬液供給ノズルの吐出圧力、被処理基板回転数の制御設定値に基づいて、制御を行う。

【 0 1 3 0 】

薬液供給ノズル 122 が被処理基板外周の薬液供給終了位置に移動した段階で、外周部に配置されている薬液遮断機構 710 b を動作させる。外周部の薬液遮断機構 710 b は、予め薬液供給終了位置上方に配置されており、薬液供給ノズル 122 から供給される薬液 720 がガス噴射ノズル 722 の直前に来た段階でノズル開閉制御用ピエゾ 723 を戻して、変形自在管 721 の変形を開放してガス噴射を行う。噴射されたガスは薬液 720 に衝突して薬液の滴下軌道を変更する。滴下軌道が変更された薬液は薬液ミスト回収部 724 に導かれて回収される。この薬液供給終了位置で薬液供給ノズル 122 を停止させると共に、薬液 720 の吐出も停止させる。

30

【 0 1 3 1 】

薬液供給ノズル 122 からの薬液吐出が完全に停止した段階で、薬液遮断機構 710 b のノズル開閉制御用ピエゾ 723 を押し出し、変形自在管 721 を変形させてガス供給を停止させる。

40

【 0 1 3 2 】

更に、薬液供給ノズル 122 を天板 703 上方から退避させ、天板 703 を開放させた後、被処理基板 700 を下部ユニット 701 から搬出する。なお、被処理基板 700 の回転は、天板 703 を開放するまで継続して行うことが好ましい。天板 703 がある状態で被処理基板 700 を停止させると、被処理基板 700 上方の環境の違い、例えばスリット 703 a 部分で膜厚変化が生じるからである。

【 0 1 3 3 】

基板の乾燥については第 4 の実施形態に準じて行えば良く、詳細な説明を省略する。

【 0 1 3 4 】

(第 6 の実施形態)

50

本実施形態は、半導体基板上に層間絶縁膜を塗布法で形成する手法に関する。

【0135】

表面に配線が形成された半導体基板を図1に示す塗布装置にセットする。この半導体基板への塗布を薬液供給ノズル122の軌跡として $d_1 = 1.65 \text{ mm}$ 、 $a = 0.995$ となるよう(28)式のように定めた。

【数21】

$$r = 1.65 \times \frac{1 - 0.995^{n-1}}{1 - 0.995} \quad (28)$$

【0136】

しかし、この塗布条件では径9.8mmより内側で膜厚異常が生じるため、径9.8mm以内では薬液部分遮断機構を設けて薬液を部分的に遮断し、薬液の供給量を調節する。薬液の部分遮断を行う領域では、領域の外側を塗布する際のシーケンスで径方向位置9.8mmでの条件をそのまま用いた。即ち被処理基板の回転数を180rpmに、薬液吐出圧力を 2 kg F / cm^2 とし、径方向の薬液供給ノズルの移動ピッチ/回転を径9.8mmより外側の領域を塗布する際の最小ピッチ1.609mmとした。これらのパラメータを一定にすることで、薬液部分遮断機構による径位置 r における薬液遮断率 C は径位置9.8mmから0mmの間で0から1まで単調に増加し、(29)式のように1次式で表すことができる。

【数22】

$$C = -\frac{1}{r_c} \times r + 1 \quad (29)$$

【0137】

ここで、 r は径方向位置、 r_c は薬液部分遮断が必要な最外径である。

【0138】

薬液の部分遮断は、薬液供給ノズル122から滴下された薬液に複数設けられたガス噴射ノズルからガスを噴射して行う。遮断率の調整は、ガス噴射ノズルの配置及び配管径、及びガス圧力を最適化して行う。

【0139】

部分遮断に用いるガス噴射ノズルの配置例を図14に示す。図14は、本発明の第6の実施形態に係わる薬液部分遮断機構のガス噴射ノズルの配置例を示す図である。図14に示すように、一つのガス噴射ノズル731bに隣接するガス噴射ノズル731a, bを1遮断単位とし(図中の点線で囲まれた2本分のガス噴射ノズル)、これら遮断単位の幅を最適化した。隣接するガス噴射ノズル731の間隔が狭い場合は図14に示されているように2段構造、広い場合には1段構造にする。

【0140】

1つのガス噴射ノズル731の外径を D 、内径を a 、遮断位置での薬液遮断有効幅を s とする。ここで薬液遮断有効幅 s とは一つのガス噴射ノズル731から吐出したガスが薬液遮断能力を持つ範囲(直径)である。

【0141】

これらのパラメータを用いて1遮断単位内における薬液遮断率 C は、

【数23】

$$C = \frac{2s}{D + W} \quad (30)$$

【0142】

として表せる。一方、1遮断単位における1番目のガス噴射ノズル731aと3番目とガス噴射ノズル731cとの中心の間隔は $D + W$ となる。この遮断単位の間隔位置、即ち $(D + W) / 2$ の位置で所望の遮断率 C を得られるように(29)、(30)式からガス噴

10

20

30

40

50

射ノズル 7 3 1 b , c の位置を決定する。

【 0 1 4 3 】

例えば原点位置 ($p = 0$) に 1 番目のガス噴射ノズル 7 3 1 a を設定し、

【 数 2 4 】

$$r_i = p + \frac{D + W}{2}$$

$$C = \frac{s}{r_i - p} \quad (30')$$

10

【 0 1 4 4 】

と置き換えた場合を考える。

ここでは 1 遮断単位辺り 2 本のノズルで構成されているので実際には (3 0 ') 式は、

【 数 2 5 】

$$C = \frac{s}{2(r_i - p)} + \frac{s}{2(r_i - p)}$$

【 0 1 4 5 】

と書き表せる。即ち、1 本のノズルを基準に考えると薬液有効遮断幅 s を遮断単位幅 P の中間位置 r_i から基準位置 p を減じたものを 2 倍した値で除した値と、遮断率 C とが等しくなるような中間位置 r_i を定め、定められた中間位置 r_i に基づいて遮断単位幅 P を決定する。具体的には次のようになる。

20

【 0 1 4 6 】

(2 9) 式と (3 0 ') 式の右边が等しいとして r_i を算出すると (3 1) 式が得られる。

【 数 2 6 】

$$\frac{s}{r_i} = -\frac{r_i}{r_C} + 1$$

$$sr_C = -r_i^2 + r_i r_C$$

$$r_i^2 - r_i r_C + sr_C = 0$$

$$\begin{aligned} r_i &= \frac{r_C \pm \sqrt{r_C^2 - 4sr_C}}{2} \\ &= \frac{r_C(1 \pm \sqrt{1 - 4s/r_C})}{2} \end{aligned}$$

$$r_i = \frac{-1 + \sqrt{1 + (-4s/r_C)}}{-2/r_C} \quad (31)$$

30

40

【 0 1 4 7 】

本実施形態の場合、具体的にガス噴射ノズル 7 3 1 の外径 D を 0 . 5 mm、薬液遮断有効幅 s を 0 . 3 mm (ガス噴射ノズル内径 $a = 0 . 2 5$ mm) に設定し、先の薬液遮断が必要な最外径 $r_c = 9 . 8$ mm を用いて、2 番目のガス噴射ノズル 7 3 1 b の中心位置を

50

0.310 mm (= r_i)、3番目のガス噴射ノズル731cの中心位置を0.620 mm (= $2(r_i - p)$, $p = 0$)と定められる。

【0148】

4, 5番目のガス噴射ノズルの中心位置は、3番目のガス噴射ノズルの中心位置を基準位置 p (= 0.620 mm) として(30)式をより一般化した(32)式に代入して求める。

【数27】

$$r_i = \frac{-\left(-\frac{p}{r_c} + 1\right) + \sqrt{\left(-\frac{p}{r_c} + 1\right)^2 + \left(-\frac{4s}{r_c}\right)}}{-\frac{2}{r_c}} \quad (32) \quad 10$$

$$r_i = p + \frac{D + W}{2}$$

【0149】

すると、4番目のガス噴射ノズルの中心位置は $p + r_i$ ($p = 0.620$ mm)、5番目のガス噴射ノズルの中心位置は $2r - p$ (= $p + 2(r - p)$)と求められる。

20

【0150】

さらに、6, 7番目、8, 9番目のガス噴射ノズルの中心位置は、それぞれ5番目、7番目、...のガス噴射ノズルの中心位置を基準位置 p として(31)式から求める。より、一般化すると、 $2n, 2n+1$ ($n = 2, 3, \dots$)番目のガス噴射ノズルの中心位置は、 $2n-1$ 番目のガス噴射ノズルの中心位置を基準位置 p として(32)式から求める

なお、(32)式で

【数28】

$$\left(-\frac{p}{r_c} + 1\right)^2 + \left(-\frac{4s}{r_c}\right) \geq 0 \quad (33) \quad 30$$

【0151】

となる場合には、図14に示すような配置(重ね置きまたは平置き)を行うことが不可能であることを意味する。この場合には互いに隣接するガス噴射ノズルの中心で仕切られたものを1遮断単位として(34)式によりガス噴射ノズルの位置を定めると良い。

【数29】

$$r_i = \frac{-\left(-\frac{p}{r_c} + 1\right) + \sqrt{\left(-\frac{p}{r_c} + 1\right)^2 + \left(-\frac{2s}{r_c}\right)}}{-\frac{1}{r_c}} \quad (34) \quad 40$$

【0152】

(34)式においても、

【数30】

$$\left(-\frac{p}{r_c} + 1\right)^2 + \left(-\frac{2s}{r_c}\right) < 0 \quad (35)$$

50

【 0 1 5 3 】

となる場合は最後のガス噴射ノズルの配置が困難であることを意味する。その場合にはガス噴射ノズルの外径の異なるもの或いは遮断有効幅を異ならせるよう微調整すれば良い。遮断有効幅が異なる場合には(29)式～(33)式においては、左、中央、右のガス噴射ノズルの薬液遮断有効幅 s_1 、 s_2 、 s_3 を用いて $2s$ に $s_1/2 + s_2 + s_3/2$ を代入すれば良い。また(34)式、(35)式については左、右のガス噴射ノズルの薬液遮断有効幅 s_1 、 s_3 を用いて s に $s_1/2 + s_3/2$ を代入すれば良い。

【 0 1 5 4 】

このように外径0.5mmのガス噴射ノズルを用いた場合の径方向のガス噴射ノズル中心位置、薬液遮断有効幅を決めた結果を表1に示す。ガス噴射ノズル1番から16番までは(32)式により、17番のガス噴射ノズルは薬液遮断有効幅 s を変更しつつ(34)式により定めている。

【表1】

ノズル 番号	遮断単位 始点(mm)	遮断単位 終点(mm)	ガス噴射ノズルの 中心位置(mm)	遮断有効幅 (mm)	立体位置
1	0.000	0.629	0.000	0.300	1 段目
2			0.310	0.300	2 段目
3	0.620	1.284	0.620	0.300	1 段目
4			0.952	0.300	2 段目
5	1.284	2.005	1.284	0.300	1 段目
6			1.645	0.300	2 段目
7	2.005	2.800	2.005	0.300	1 段目
8			2.402	0.300	2 段目
9	2.800	3.697	2.800	0.300	1 段目
10			3.249	0.300	2 段目
11	3.697	4.752	3.697	0.300	1 段目
12			4.224	0.300	1 段目
13	4.752	6.094	4.752	0.300	1 段目
14			5.423	0.300	1 段目
15	6.094	7.243	6.094	0.300	1 段目
16			7.243	0.300	1 段目
17	7.243	9.803	9.803	0.368	1 段目

【 0 1 5 5 】

なお、ガス噴射ノズル1番から16番までは内径0.250mmとし、遮断有効幅の異なる17番には内径0.300mmを適用した。各ガス噴射ノズルについて所望の遮断有効幅になるようそれぞれガス圧力を調整する。

【 0 1 5 6 】

ガス圧力の調整値は、例えば図15に示すような、観察用ビデオカメラ741を準備し、ガス圧力と有効遮断幅の相関を取得して求めると良い。すなわち、塗布時と同じ吐出速度で薬液供給ノズル122から薬液720を吐出させる。実際の装置で薬液を遮断する場合と同じ距離だけ離れた位置にガス噴射ノズル731を設置し、特定のガス圧でガスを噴射させつつ、薬液供給ノズル122を一方向にゆっくり移動させる。ガス噴射ノズル731と薬液720を挟むように設置された観察用ビデオカメラ741により薬液720の状態を観察して遮断幅を計測する。ガス圧を変更して吐出幅値を取得し、最適なガス圧力を決定する。

【 0 1 5 7 】

表 1 のガス噴射ノズルの中心位置、遮断有効幅に基づいて作成した薬液部分遮断機構のガス噴射ノズルの配置を図 16 に示す。図 16 に示すように、ガス噴射ノズル 731₁ ~ 731₁₇ が配列されている。

【 0158 】

更にこの薬液遮断装置を具備した塗布装置の構成を図 17 に示す。図 17 (a) は平面図、図 17 (b) は同図 (a) の A - A ' 部の断面図である。なお、図 17 において、図 12 と同一な部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【 0159 】

図 17 に示すように、被処理基板 700 を基板載置部 702 に載置したとき、天板 703 上で被処理基板 700 中心の上方に位置する部分には、薬液部分遮断機構 750 が配置されている。薬液部分遮断機構 750 は、先に配置位置が最適化された 17 本のガス噴射ノズル 731₁ ~ 731₁₇ を持つノズル群 751 と、スリット 703 a を挟んでノズル群 751 に対向する位置に薬液ミスト回収部 752 と具備する。また、基板エッジ部の上方にもガスを用いた薬液遮断機構 710 b が配置されている。

10

【 0160 】

被処理基板 700 の搬入搬出時、天板 703 は開放されるようになっている。天板 703 の開放は、天板 703 が上方に移動する機構でも、被処理基板 700 を搭載する基板載置部 702 を含めた下部ユニット 701 が下方に移動する機構であっても良い。

【 0161 】

薬液が被処理基板 700 上に供給される間、基板載置部 702 の回転数、ノズルを駆動させる駆動系 (不図示) の移動速度、薬液供給ノズル 122 からの薬液吐出速度は各々、回転駆動制御部 (不図示)、ノズル駆動制御部 (不図示)、薬液供給ポンプ (不図示) により管理される。なお、これら 3 つの制御部を統括するコントローラ (不図示) がその上流に配置されている。

20

【 0162 】

次に被処理基板 700 上に層間絶縁膜を塗布する過程について説明する。

基板載置部 702 及び下部ユニット 701 が下方に移動して天板 703 との間に空間が形成され、その空間に搬送アーム (図示されない) により被処理基板 700 を搬入する。次いで基板載置部 702 に具備された 3 つのピン (図示されない) が上昇して搬送アームから被処理基板 700 を持ち上げ、搬送アームはユニット外へ戻る。3 つのピンが下降すると共に、基板載置部 702 及び下部ユニット 701 が上方に移動して天板 703 に接続して閉空間を形成する。なお閉空間には、薬液供給ノズル 122 から薬液を供給するための細いスリット 703 a が設けられている。

30

【 0163 】

薬液供給ノズル 122 が、薬液供給を停止した状態で、被処理基板 700 の薬液供給開始位置である被処理基板 700 中心の上方まで移動する。薬液部分遮断機構 750 のノズル群 751 からガスの噴射を開始した後、薬液供給ノズル 122 から薬液の吐出を開始する。吐出された薬液はその下方に形成されているガス気流により薬液ミスト回収部に輸送される。このとき薬液ミスト回収部は、薬液がガスに衝突した際に生じるミストも回収できるように吸引調整する。吸引された薬液は廃棄管を経て塗布装置外に輸送される。

40

【 0164 】

薬液供給ノズル 122 からの吐出が安定した段階で、図 18 に示す制御に基づいて薬液供給ノズル 122 の移動を開始させる。図 18 (a) は処理時間に対する基板中心から径方向のノズル位置を示し、図 18 (b) は処理時間に対する薬液吐出圧力を示し、図 18 (c) は処理時間に対する基板回転数を示している。

【 0165 】

基板 700 中心から径方向 8 . 9 mm までは被処理基板 700 の回転数を 180 rpm に、薬液吐出圧力を 2 kg F / cm² とし、径方向のノズル移動ピッチ / 回転を 1 . 609 mm とする。薬液供給ノズル 122 は基板 700 の中心から外周部に向けて移動を開始する。各々のガス噴射ノズルの遮断有効幅内で、薬液供給ノズルから滴下した薬液が、ガ

50

ス噴射により滴下方向が変わり薬液ミスト回収部に輸送される。遮断有効幅以外の領域で、薬液は被処理基板上に滴下する。この動作により薬液は適時遮断されて、被処理基板の径 8.9 mm 以内の領域で、滴下された薬液が被処理基板上で広がり、それぞれ接続することで厚さが均一な液膜が形成される。被処理基板中心から径 8.9 mm までの処理時間は 5.89 秒程度であった。

【0166】

5.89 秒以降は被処理基板 700 が 1 周する毎の薬液供給ノズル 122 の径方向移動ピッチが等比級数的に変化するように移動させつつ、回転数の制御を行う。なお、ノズル群 751 からのガス照射は、薬液供給ノズルからの液滴が最期のガス噴射ノズルの遮断有効幅を通過した段階で停止させた。

10

【0167】

薬液供給ノズル 122 が被処理基板 700 外周の非塗布領域に来たときに、外周部に配置している薬液遮断機構 710b を動作させる。外周の薬液遮断機構 710b は、予め非塗布領域上方に配置されており、薬液供給ノズルから供給される薬液がガス噴射ノズル 711b の遮断有効幅に入ると直ぐにノズル開閉制御用ピエゾ 723 を戻して変形自在管 721 の変形を開放してガス噴射を行う。このガスが薬液に衝突し、薬液の軌道は変更してミスト回収部 724 に回収される。また、この位置で薬液供給ノズル 122 は停止して、薬液の吐出も停止させる。薬液供給ノズル 122 からの薬液吐出が完全に停止した段階で、ノズル開閉制御用ピエゾ 723 を押し出し、変形自在管 721 を変形させてガス噴射を停止した。なお、ガスには窒素、アルゴン、ヘリウムなどの不活性ガスを用いることができる。

20

【0168】

更に薬液供給ノズル 122 を天板 703 上方から退避させ、基板載置部 702 及び下部ユニット 701 を下方に移動させながら 3 ピンで被処理基板 700 を持ち上げ、生じた隙間に搬送アームを挿入し、3 ピンを下げることにより搬送アームに被処理基板 700 を載せ、搬送アームをユニット外に移動させることで被処理基板 700 を搬出した。その後基板載置部 702 及び下部ユニット 701 を上方に移動させて所定位置で停止し、処理を終了した。

【0169】

基板 700 上に形成された液膜の乾燥については第 4 の実施形態に準じて行えば良く、詳細な説明を省略する。

30

【0170】

本実施形態では、ガス噴射ノズルの配置を遮断単位の両端とその中心に配置するようにしたがこれに限るものではない。遮断単位のなかに 1 つ配置してもよい。例えば、図 19 に示すように、遮断単位の中にガス噴射ノズル 761 を配置する場合には (30) 式右辺を $s / (D + W)$ として式を変形して得られた位置 r_i にガス噴射ノズル 761 を配置すれば良い。表 2 に遮断単位の中にガス噴射ノズルを配置した場合のノズルの配置位置を示す。

【表 2】

ノズル 番号	遮断単位 始点 (mm)	遮断単位 終点 (mm)	ガス噴射ノズルの 中心位置 (mm)	遮断有効幅 (mm)	立体位置
1	0.000	0.356	0.178	0.350	2 段目
2	0.356	0.727	0.542	0.350	1 段目
3	0.727	1.113	0.920	0.350	2 段目
4	1.113	1.517	1.315	0.350	1 段目
5	1.517	1.942	1.730	0.350	2 段目
6	1.942	2.392	2.167	0.350	1 段目
7	2.392	2.870	2.631	0.350	2 段目
8	2.870	3.384	3.127	0.350	1 段目
9	3.384	3.943	3.664	0.350	1 段目
10	3.943	4.561	4.252	0.350	1 段目
11	4.561	5.263	4.912	0.350	1 段目
12	5.263	6.094	5.678	0.350	1 段目
13	6.094	7.178	6.636	0.350	1 段目
14	7.178	9.803	8.490	0.353	1 段目

【0171】

この場合、外形 0.5 mm、内径 0.3 mm の 14 本のガス噴射ノズルを用いることができる。図 20 に 14 本のガス噴射ノズルの配置を示す。図 20 は、表 2 に示す配置位置により配置されたガス噴射ノズルの構成を示す図である。図 20 に示すように、ガス噴射ノズル $761_1 \sim 761_{14}$ が配置されている。14 番目のガス噴射ノズル 761_{14} の遮断有効幅を広くする必要があったが、表 2 に示すような遮断有効幅決定法に基づき 14 番目のガス噴射ノズル 761_{14} のガス圧を他のノズルよりも大きくした。表 2 ではガス噴射ノズルの中心位置を遮断単位の中心に置いたが、これに限るものではない。遮断単位の始点から終点の間であれば適当に位置を選ぶことができる。また、遮断単位の幅（始点から終点までの距離）は薬液遮断が必要な最外径 r_c に依存する。この r_c は所望の液膜厚と薬液の物性値（例えば固形分、粘度、密度、界面活性剤の有無）にも依存するため、ガス噴射ノズルの位置は固定でないほうが望ましい。塗布条件に基づき r_c の値を計算もしくは実験的に求めて、その結果に基づき配置できるよう微調整する機構を有することが望ましい。微調整には例えば所定の温度により伸び量が記録された形状記憶合金のベース上に、ガス噴射ノズルを配置し、各ガス噴射ノズルの間の温度を調整することで所望の間隔を再現させて用いることができる。

【0172】

また、薬液の遮断にガス噴射ノズルを用いるのではなく、薬液供給ノズルと被処理基板との間に配置された薬液遮断樋を用いてもよい。このときの薬液遮断樋の位置は、例えば表 1, 2 の遮断条件をガス噴射ノズルの代わりに薬液遮断樋を用いるのであれば、薬液遮断樋の幅をガス噴射ノズルの遮断有効幅と等しくし、樋の中心をガス噴射ノズルの中心位置に一致させると良い。なお、薬液遮断樋を用いる場合、平置きであるのが望ましい。薬液遮断樋を用いた場合であっても、遮断単位幅（始点から終点までの距離）は薬液遮断が必要な最外径 r_c に依存する。この r_c は所望の液膜厚と薬液の物性値（例えば固形分、粘度、密度、界面活性剤の有無）にも依存するため、遮断樋の位置は固定でないほうが望ましい。

【0173】

また、塗布条件に基づき、薬液遮断が必要な最外径 r_c の値を計算もしくは実験的に求めて、その結果に基づき配置できるよう微調整する機構を有するのが望ましい。微調整に

は例えば所定の温度により伸び量が記録された形状記憶合金のベース上に、薬液遮断樋を配置し、各遮断樋の間の温度を調整することで所望の間隔を再現させて用いることができる。また、薬液遮断樋を用いた場合、薬液遮断樋により遮断した薬液が固化してダストの発生源になる可能性が高い。従って薬液の遮断時には、薬液に含まれる溶剤を遮断樋に流し、遮断した薬液を速やかに溶剤と共に薬液回収部に輸送するような機構を塗布装置に設けることが望ましい。薬液遮断樋に溶剤を流すことによって、前記薬液に含まれる固形分の析出を抑えることができる。

【0174】

また、望ましくは樋を図21のように2層構造として上層と下層ともに溶剤を流すと良い。図21は、上層及び下層に配置された樋により構成された薬液部分遮断機構の概略構成を示す図である。上層に配置された第1の遮断樋782は、薬液781が滴下することで薬液に含まれる溶剤が僅かにあふれさせるようする。第1の遮断樋782から溢れた溶剤が滴となって下層に配置された第2の遮断樋783に落下する。落下した溶剤及び薬液を第2の遮断樋783で回収することで、第1の遮断樋782の側面に薬液781が固着することなく、清浄性を保ちつつ塗布することができる。なお、図21では被処理基板785上に滴下された薬液786が流動性により第1の遮断幅782の内側に進入してきている。本実施形態で言う薬液の遮断とは、薬液を遮断することによる滴下量調節にほかならない。従って被処理基板785上に滴下された薬液786は流動性により、第1及び第2の遮断樋782、783で遮断されている領域に侵入し、最終的には薬液同士が接続して一つの液膜になる。更に薬液の表面張力により所望の均一な厚さの液膜が形成されると

【0175】

なお、本発明は、上記各実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。例えば、上記各実施形態では、薬液滴下ノズルを被処理基板の内周部から外周部に向けて移動させていたが、薬液滴下ノズルを被処理基板の外周部から内周部に向けて移動させても良い。この場合、被処理基板が1周する毎に生じる径方向の前記滴下部の移動ピッチが徐々に大きくなる。また、前記被処理基板が1周する毎に生じる径方向の移動ピッチ d_R は、その直前の移動ピッチ d_{R0} に、1より大きい変化率 a' を乗じた値として決定される。

【0176】

更に、上記実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件における適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件から幾つかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題が解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

【図面の簡単な説明】

【0177】

【図1】第1の実施形態に係わる成膜装置の概略構成を示す構成図。

【図2】図1に示す成膜装置を構成する薬液供給ノズルの概略構成を示す構成図。

【図3】薬液供給時のノズル移動方向を示す平面図。

【図4】第2の実施形態に係わる、時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャート。

【図5】第2の実施形態に係わる、時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャート。

【図6】第2の実施形態に係わる、時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャート。

【図7】第2の実施形態に係わる、プロセス時間に対する基板中心からのノズル位置、基板回転数、及び薬液吐出圧力を示す図。

【図8】第3の実施形態に係わる、プロセス時間に対する基板中心からのノズル位置、基板回転数、及び薬液吐出圧力を示す図。

【図 9】図 8 に示すプロセス時間に対する基板中心からのノズル位置，基板回転数，及び薬液吐出圧力に基づいて滴下される薬液供給ノズルの軌跡を示す図。

【図 10】第 4 の実施形態に係わる処理時間に対するノズル径方向位置 R_n 、薬液供給速度 v_n 、基板回転数 w_n の関係を求める方法を示すフローチャート。

【図 11】第 4 の実施形態に係わる、処理時間に対する基板中心からのノズル位置，基板回転数，及び薬液吐出圧力を示す図。

【図 12】第 5 の実施形態に係わる塗布装置の概略構成を示す図。

【図 13】第 5 の実施形態に係わる薬液遮断機構の概略構成を示す図。

【図 14】第 6 の実施形態に係わる薬液部分遮断機構のガス噴射ノズルの配置例を示す図。

。

【図 15】ガス噴射ノズルからのガス噴射による遮断幅の決定方法を説明するための図。

【図 16】表 1 のガス噴射ノズル中心位置、有効幅に基づいて作成した薬液部分遮断機構のガス噴射ノズルの配置を示す図。

【図 17】薬液部分遮断機構を具備する塗布装置の概略構成を示す図。

【図 18】第 6 の実施形態に係わる、処理時間に対する基板中心からのノズル位置，基板回転数，及び薬液吐出圧力を示す図。

【図 19】遮断単位の中にガス噴射ノズルを配置した例を示す図。

【図 20】表 2 に示す配置位置により配置されたガス噴射ノズルの構成を示す図。

【図 21】上層及び下層に配置された樋により構成された薬液部分遮断機構の概略構成を示す図。

【符号の説明】

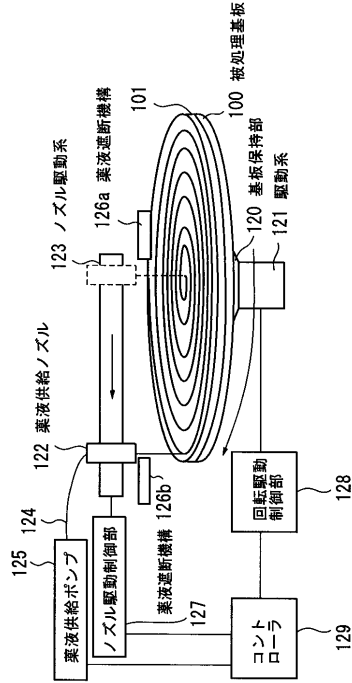
【0178】

100...被処理基板、101...液膜、120...基板保持部、121...駆動系、122...薬液供給ノズル、123...ノズル駆動系、124...薬液供給管、125...薬液供給ポンプ、126a, 126b...薬液遮断機構、127...ノズル駆動制御部、128...回転駆動制御部、129...コントローラ。

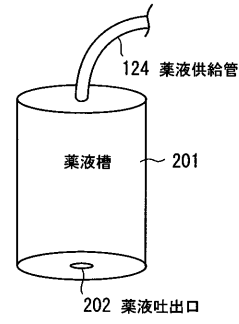
10

20

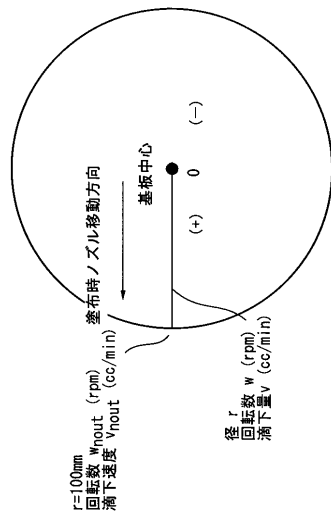
【図1】



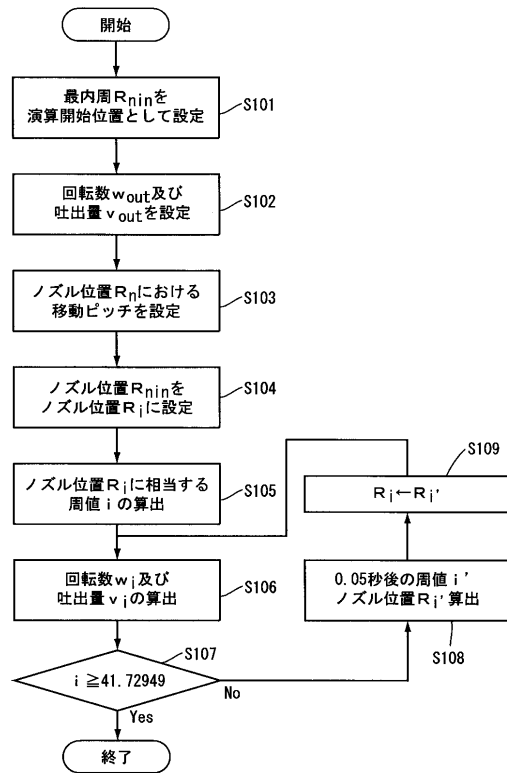
【図2】



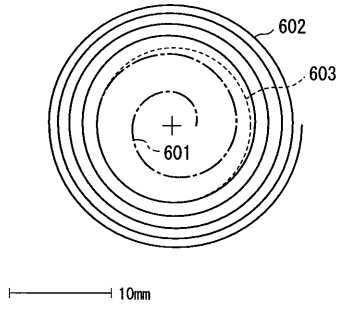
【図3】



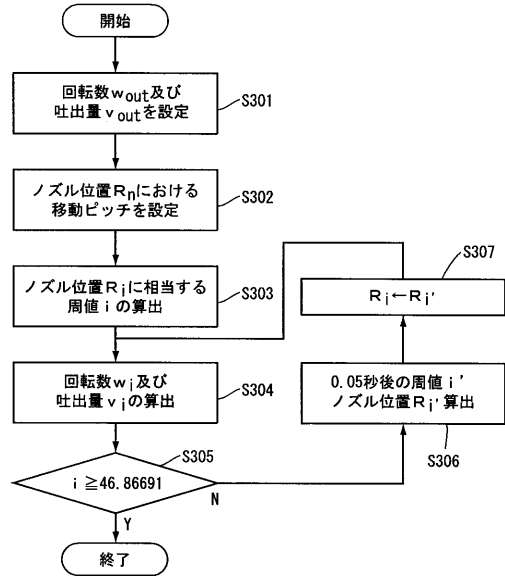
【図4】



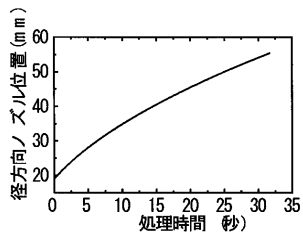
【図9】



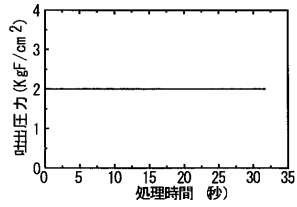
【図10】



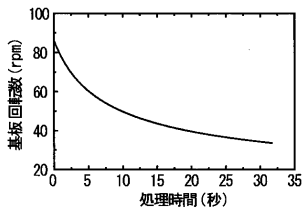
【図11】



(a)

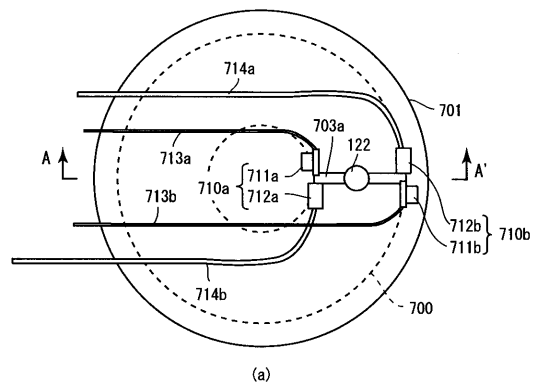


(b)

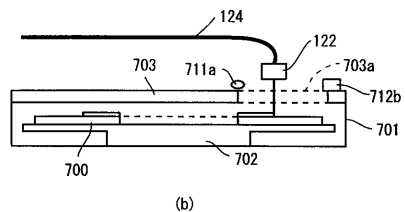


(c)

【図12】

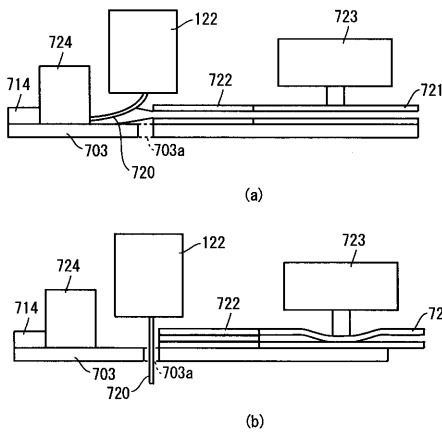


(a)

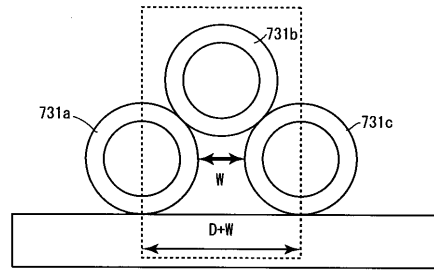


(b)

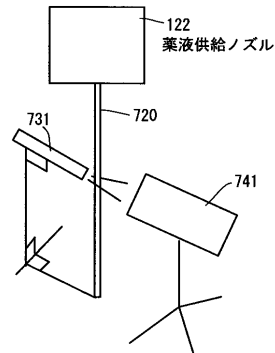
【図13】



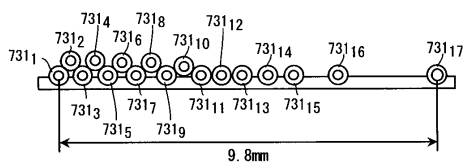
【図14】



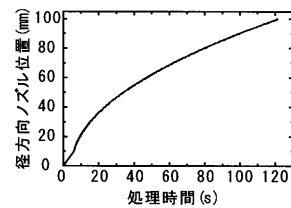
【図15】



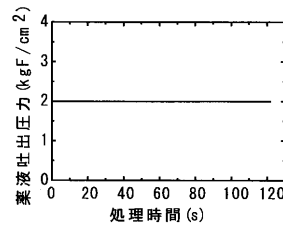
【図16】



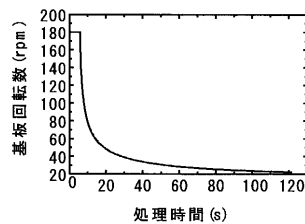
【図18】



(a)

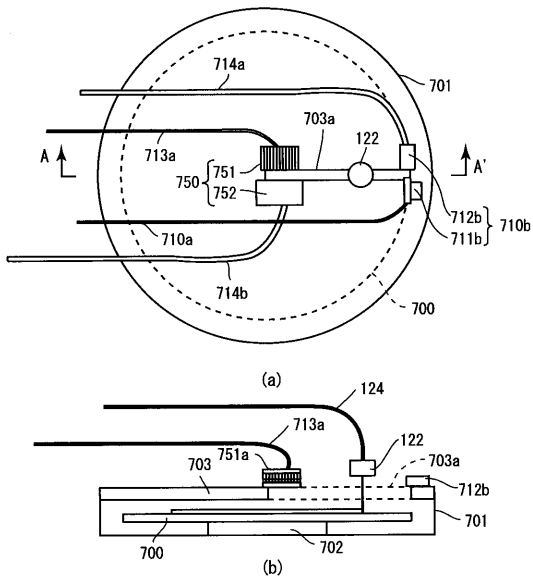


(b)

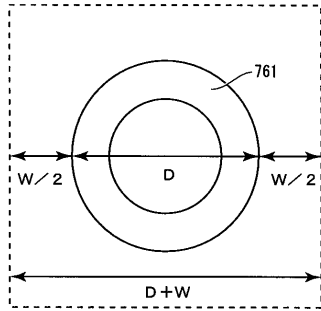


(c)

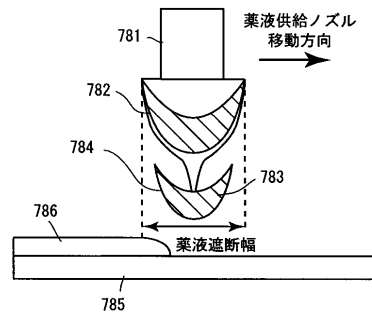
【図17】



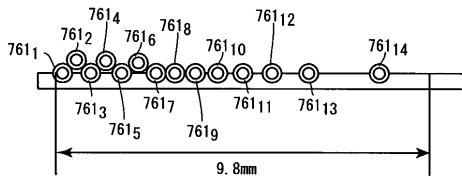
【図19】



【図21】



【図20】



フロントページの続き

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 伊藤 信一

神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝横浜事業所内

審査官 杉浦 淳

(56)参考文献 特開 2000 - 350955 (JP, A)

特開 2000 - 079366 (JP, A)

特開平 11 - 333356 (JP, A)

特開 2001 - 174819 (JP, A)

特開 2001 - 168021 (JP, A)

特開 2002 - 015984 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B05C 5/00 - 21/00、

G03F 7/20 - 7/24、 9/00 - 9/02、

H01L 21/027、 21/30