

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6007925号
(P6007925)

(45) 発行日 平成28年10月19日 (2016. 10. 19)

(24) 登録日 平成28年9月23日 (2016. 9. 23)

(51) Int. Cl.	F I				
H O 1 L 21/304 (2006. 01)	H O 1 L 21/304	6 4 8 G			
H O 1 L 21/027 (2006. 01)	H O 1 L 21/304	6 4 3 C			
G O 3 F 7/30 (2006. 01)	H O 1 L 21/304	6 4 3 A			
	H O 1 L 21/304	6 5 1 L			
	H O 1 L 21/304	6 5 1 B			
請求項の数 8 (全 25 頁) 最終頁に続く					

(21) 出願番号	特願2014-14864 (P2014-14864)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成26年1月29日 (2014. 1. 29)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-8267 (P2015-8267A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成27年1月15日 (2015. 1. 15)	(74) 代理人	100091513
審査請求日	平成27年11月25日 (2015. 11. 25)		弁理士 井上 俊夫
(31) 優先権主張番号	特願2013-112395 (P2013-112395)	(74) 代理人	100133776
(32) 優先日	平成25年5月28日 (2013. 5. 28)		弁理士 三井田 友昭
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	大河内 厚
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
		(72) 発明者	吉原 孝介
			東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
最終頁に続く			

(54) 【発明の名称】 基板洗浄装置、基板洗浄方法及び記憶媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を回転させながら洗浄液及びガスを用いて基板を洗浄する装置において、
 基板を水平に保持する基板保持部と、
 前記基板保持部を鉛直軸周りに回転させる回転機構と、
 前記基板保持部に保持された基板に各々洗浄液を供給するための第1の洗浄液ノズル及び第2の洗浄液ノズルと、
 前記基板保持部に保持された基板にガスを吐出する基板の中心部にガスを吐出するとき
に用いられる第1のガスノズルと、
前記第1のガスノズルの移動軌跡から外れる位置に設けられた第2のガスノズルと、
 前記第1の洗浄液ノズル、第2の洗浄液ノズル、第1のガスノズル及び第2のガスノズル
を移動させるためのノズル移動部と、
 前記第1の洗浄液ノズルから洗浄液を基板の中心部に吐出するステップと、次いで前記
 洗浄液の吐出位置を前記基板の中心部から周縁側に移動させた後、前記第1のガスノズル
 からガスを当該中心部に吐出するステップと、続いて第1の洗浄液ノズル及び第1のガス
 ノズルから夫々洗浄液及びガスの吐出を行いながら前記第1の洗浄液ノズル及び前記第1
 のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させるステップと、次に前記第1
 の洗浄液ノズルから第2の洗浄液ノズルに洗浄液の吐出を切替えると共に、前記第1のガ
 スノズルから第2のガスノズルにガスの吐出を切替え、第2の洗浄液ノズルからの洗浄液
 の吐出及び第2のガスノズルからのガスの吐出を行いながら当該第2の洗浄液ノズル及び

10

20

当該第2のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させるステップと、を実行するように制御信号を出力する制御部と、を備え、

前記第2の洗浄液ノズルは、吐出位置が第1の洗浄液ノズルの吐出位置の移動軌跡から外れる位置に設定され、

第2の洗浄液ノズル及び第2のガスノズルの各吐出位置から基板の中心部までの距離を、夫々 d_2 及び d_3 とすると、第2の洗浄液ノズルから洗浄液を吐出しているときには、 $d_3 < d_2$ であり、かつ第2の洗浄液ノズルが基板の周縁側に移動するにつれて、 d_2 と d_3 との差が徐々に小さくなるように構成されていることを特徴とする基板洗浄装置。

【請求項2】

前記第2のガスノズルにおけるガスの吐出流量は、前記第1のガスノズルにおけるガスの吐出流量よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項1に記載の基板洗浄装置。

【請求項3】

前記第2の洗浄液ノズル及び第2のガスノズルは、昇降機構により昇降自在な共通のノズル移動部に設けられ、

前記第2のガスノズルのガスの吐出方向は、水平面に対して30度～60度の範囲で傾いており、

基板の洗浄処理の種別と基板に対する第2のガスノズルの吐出口の高さとを対応付けたデータを記憶する記憶部を備え、複数の洗浄処理の種別の中から選択された洗浄処理の種別に対応する第2のガスノズルの吐出口の高さを前記記憶部の中から読み出して前記昇降機構に制御信号を出力する制御部と、を備えたことを特徴とする請求項1または2に記載の基板洗浄装置。

【請求項4】

前記第2のガスノズルのガスの吐出方向は、水平面に対して45度±5度であることを特徴とする請求項3記載の基板洗浄装置。

【請求項5】

前記第1の洗浄液ノズル、第2の洗浄液ノズル、第1のガスノズル及び第2のガスノズルは、共通のノズル移動部に設けられていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項記載の基板洗浄装置。

【請求項6】

前記第1の洗浄液ノズル、第2の洗浄液ノズル、第1のガスノズル及び第2のガスノズルのうちの少なくとも一つのノズルが設けられているノズル移動部は、他のノズルが設けられているノズル移動部とは別個に独立して移動可能なノズル移動部に設けられていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか一項に記載の基板洗浄装置。

【請求項7】

基板を回転させながら洗浄液及びガスを用いて基板を洗浄する方法において、

基板を基板保持部に水平に保持する工程と、

前記基板保持部を鉛直軸周りに回転させながら、第1の洗浄液ノズルから洗浄液を基板の中心部に吐出する工程と、

次いで前記洗浄液の吐出位置を基板の周縁側に移動させた後、第1のガスノズルからガスを前記基板の中心部に吐出する工程と、

続いて第1の洗浄液ノズル及び第1のガスノズルから夫々洗浄液及びガスの吐出を行いながら前記第1の洗浄液ノズル及び前記第1のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させる工程と、

次に前記第1の洗浄液ノズルから第2の洗浄液ノズルに洗浄液の吐出を切替えると共に、前記第1のガスノズルの移動軌跡から外れる位置において、前記第2の洗浄液ノズルと共通のノズル移動部に水平面に対して30度～60度の範囲で傾いた状態で設けられた第2のガスノズルを用いて、前記第1のガスノズルから第2のガスノズルにガスの吐出を切替え、第2の洗浄液ノズルからの洗浄液の吐出及び第2のガスノズルからのガスの吐出を行いながら当該第2の洗浄液ノズル及び当該第2のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁

10

20

30

40

50

側に向けて移動させる工程と、

複数の洗浄処理の種別の中から選択された洗浄処理の種別に対応する第2のガスノズルの吐出口の高さを、基板の洗浄処理の種別と基板に対する第2のガスノズルの吐出口の高さとを対応付けたデータを記憶する記憶部の中から読み出して前記ノズル移動部を昇降させる昇降機構に出力して、第2のガスノズルの吐出口の高さを調整する工程と、を含み、

前記第2の洗浄液ノズルは、吐出位置が第1の洗浄液ノズルの吐出位置の移動軌跡から外れる位置に設定され、

前記第2の洗浄液ノズル及び第2のガスノズルの各吐出位置から基板の中心部までの距離を、夫々 d_2 及び d_3 とすると、第2の洗浄液ノズルから洗浄液を吐出しているときには、 $d_3 < d_2$ であり、かつ第2の洗浄液ノズルが基板の周縁側に移動するにつれて、 d_2 と d_3 との差が徐々に小さくなることを特徴とする基板洗浄方法。

10

【請求項8】

基板を回転させながら洗浄液及びガスを用いて基板を洗浄する装置に用いられるコンピュータプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、請求項7に記載の基板洗浄方法を実行するようにステップ群が組み立てられていることを特徴とする記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板を回転させながら基板の表面を洗浄液により洗浄する技術分野に関する。

20

【背景技術】

【0002】

半導体ウエハ等の基板に対してレジストパターンを形成するための露光処理として、基板の表面に液体を存在させて露光を行う液浸露光が知られている。液浸露光に用いられるレジストは、基板の周端や裏面への回り込みを抑えるために撥水性の高いものが用いられている。露光後の基板に対して行われる現像処理においては、現像液を基板に供給して例えば露光部分を溶解させ、次いで基板を回転させながら洗浄液例えば純水を当該基板に供給して溶解生成物を基板の表面から洗い流すようにしている。具体的には、洗浄液ノズルから洗浄液を吐出させながら当該洗浄液ノズルを基板の中心部から基板の周縁部に向かってスキャンする手法が知られている。

30

【0003】

しかしながらレジストが形成されている下地膜の撥水性は低い（接触角が小さい）ことから、撥水性の高い（接触角が大きい）レジストが用いられた露光後の基板においては、露光部分と未露光部分との接触角の差異が大きい。このため、現像液を供給した後に洗浄液を供給すると、液干切れが発生して基板の表面に液滴が残りやすくなる。この液滴が乾燥すると残渣になり、半導体デバイスの歩留まりの低下の要因となる。

【0004】

下地膜としては有機材からなる反射防止膜が主流であったが、最近において接触角がより小さい無機材からなる反射防止膜が検討されており、この場合には露光部分と未露光部分との接触角の差異がより一層大きくなり、残渣が更に発生しやすくなる。

40

露光部分と未露光部分との接触角の差異が大きい基板に対して上述の洗浄を行う場合には、洗浄液ノズルのスキャン速度を遅くすることが有効であるが、装置のスループットの低下の要因になる。特に塗布、現像装置においては、市場にて1時間あたり200枚以上もの処理が要求されていることから、高いスループットを維持しながら残渣の低減を図ることのできる手法が望まれている。

【0005】

これを解決する洗浄方法として、特許文献1には、基板に洗浄液を吐出した後、ウエハの中心部に窒素ガスを吐出して乾燥領域のコアを形成する。その後洗浄液の吐出位置をウエハの外方側に移動させながら、ガスの吐出位置も移動させて、乾燥領域を外方側に広げる技術が記載されており、ガスの吐出位置を移動させる際に、ガスノズルの移動速度を基

50

板の周縁側の領域において速くする技術が記載されている。特許文献 2 には、基板の洗浄を行うにあたり、基板に向けて吐出する液体及び気体の混合体に含まれる気体の流量を基板の周縁部に近づくにしがって、変更する技術が記載されている。また特許文献 3 には、基板の周縁に近づくとつれて、ガスの噴射角を大きくして、気体の圧力を弱め、均一に乾燥する技術が記載されている。特許文献 4 には、一のノズルから基板のある領域に向けてガスを吐出した後、同一の領域に向けて他のノズルからガスを吐出する技術が記載されている。今後は、より一層の洗浄の精度が求められることが予想され、残渣の低減を図るためには、更なる改良が要請される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特許第 4040074 号

【特許文献 2】特開 2004 - 14972 号（段落 0044）

【特許文献 3】特許第 4350989 号（図 5、段落 0050、0053、0057）

【特許文献 4】特許第 5151629 号（図 4～図 6）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、このような事情の下になされたものであり、その目的は、基板を回転させながら、基板の表面を洗浄液により洗浄するにあたり、洗浄処理後の液滴の残りを抑制し、残渣を低減する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の基板洗浄装置は、基板を回転させながら洗浄液及びガスを用いて基板を洗浄する装置において、

基板を水平に保持する基板保持部と、

前記基板保持部を鉛直軸周りに回転させる回転機構と、

前記基板保持部に保持された基板に各々洗浄液を供給するための第 1 の洗浄液ノズル及び第 2 の洗浄液ノズルと、

前記基板保持部に保持された基板にガスを吐出する 基板の中心部にガスを吐出するとき に用いられる第 1 のガスノズルと、

前記第 1 のガスノズルの移動軌跡から外れる位置に設けられた第 2 のガスノズルと、

前記第 1 の洗浄液ノズル、第 2 の洗浄液ノズル、第 1 のガスノズル及び第 2 のガスノズルを移動させるためのノズル移動部と、

前記第 1 の洗浄液ノズルから洗浄液を基板の中心部に吐出するステップと、次いで前記洗浄液の吐出位置を前記基板の中心部から周縁側に移動させた後、前記第 1 のガスノズルからガスを当該中心部に吐出するステップと、続いて第 1 の洗浄液ノズル及び第 1 のガスノズルから夫々洗浄液及びガスの吐出を行いながら前記第 1 の洗浄液ノズル及び前記第 1 のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させるステップと、次に前記第 1 の洗浄液ノズルから第 2 の洗浄液ノズルに洗浄液の吐出を切替えると共に、前記第 1 のガスノズルから第 2 のガスノズルにガスの吐出を切替え、第 2 の洗浄液ノズルからの洗浄液の吐出及び第 2 のガスノズルからのガスの吐出を行いながら当該第 2 の洗浄液ノズル及び当該第 2 のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させるステップと、を実行するように制御信号を出力する制御部と、を備え、

前記第 2 の洗浄液ノズルは、吐出位置が第 1 の洗浄液ノズルの吐出位置の移動軌跡から外れる位置に設定され、

第 2 の洗浄液ノズル及び第 2 のガスノズルの各吐出位置から基板の中心部までの距離を、夫々 d_2 及び d_3 とすると、第 2 の洗浄液ノズルから洗浄液を吐出しているときには、 $d_3 < d_2$ であり、かつ第 2 の洗浄液ノズルが基板の周縁側に移動するにつれて、 d_2 と d_3 との差が徐々に小さくなるように構成されていることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

本発明の基板洗浄方法は、基板を回転させながら洗浄液及びガスを用いて基板を洗浄する方法において、

基板を基板保持部に水平に保持する工程と、

前記基板保持部を鉛直軸周りに回転させながら、第1の洗浄液ノズルから洗浄液を基板の中心部に吐出する工程と、

次いで前記洗浄液の吐出位置を基板の周縁側に移動させた後、第1のガスノズルからガスを前記基板の中心部に吐出する工程と、

続いて第1の洗浄液ノズル及び第1のガスノズルから夫々洗浄液及びガスの吐出を行いながら前記第1の洗浄液ノズル及び前記第1のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させる工程と、

次に前記第1の洗浄液ノズルから第2の洗浄液ノズルに洗浄液の吐出を切替えると共に、前記第1のガスノズルの移動軌跡から外れる位置において、前記第2の洗浄液ノズルと共通のノズル移動部に水平面に対して30度～60度の範囲で傾いた状態で設けられた第2のガスノズルを用いて、前記第1のガスノズルから第2のガスノズルにガスの吐出を切替え、第2の洗浄液ノズルからの洗浄液の吐出及び第2のガスノズルからのガスの吐出を行いながら当該第2の洗浄液ノズル及び当該第2のガスノズルの各吐出位置を基板の周縁側に向けて移動させる工程と、

複数の洗浄処理の種別の中から選択された洗浄処理の種別に対応する第2のガスノズルの吐出口の高さを、基板の洗浄処理の種別と基板に対する第2のガスノズルの吐出口の高さとを対応付けたデータを記憶する記憶部の中から読み出して前記ノズル移動部を昇降させる昇降機構に出力して、第2のガスノズルの吐出口の高さを調整する工程と、を含み、

前記第2の洗浄液ノズルは、吐出位置が第1の洗浄液ノズルの吐出位置の移動軌跡から外れる位置に設定され、

前記第2の洗浄液ノズル及び第2のガスノズルの各吐出位置から基板の中心部までの距離を、夫々 d_2 及び d_3 とすると、第2の洗浄液ノズルから洗浄液を吐出しているときには、 $d_3 < d_2$ であり、かつ第2の洗浄液ノズルが基板の周縁側に移動するにつれて、 d_2 と d_3 との差が徐々に小さくなることを特徴とする。

【 0 0 1 2 】

本発明の記憶媒体は、基板を回転させながら洗浄液及びガスを用いて基板を洗浄する装置に用いられるコンピュータプログラムを記憶した記憶媒体であって、

前記コンピュータプログラムは、上述の基板洗浄方法を実行するようにステップ群が組まれていることを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 1 3 】

本発明は、洗浄液ノズル及びガスノズルを用いて、基板を回転させながら基板の中心部に洗浄液及びガスを順次吐出し、両ノズルを基板の周縁側に移動した後、第1の洗浄液ノズルの移動軌跡から外れる位置に設定された第2の洗浄液ノズルに洗浄液の吐出を切り替えている。そして洗浄液の吐出及びガスの吐出を行いながら両ノズルを基板の周縁側に向けて移動させ、第2の洗浄液ノズルの吐出位置から基板の中心部までの距離と、ガスノズルの吐出位置から基板の中心部までの距離との差が徐々に小さくなるように各ノズルが移動する。そのため基板の周縁側の領域において、ガスの吐出位置が徐々に液界面に近づく。従って基板の周縁に近い領域ほど、ガスにより液界面を押す力が徐々に強くなって洗浄効果が高くなり、洗浄液の液残りや液干切れを抑制することができ、良好な洗浄を行うことができる。

【 0 0 1 4 】

また他の発明では、基板を回転させながら基板の中心部に洗浄液及び乾燥用のガスを順次吐出した後、一のノズル移動部に設けられた洗浄液ノズルから洗浄液を吐出すると共に、他のノズル移動部に設けられたガスノズルからガスを吐出している。そして各ノズル移動部を基板の周縁側に移動させるときに、移動速度を異ならせて、ガスの吐出位置が徐々

10

20

30

40

50

に液界面に近づくようにしている。従って基板の周縁に近い領域ほど、ガスにより液界面を押す力が徐々に強くなり同様の効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】第 1 の実施の形態にかかる基板洗浄装置を示す縦断面図である。

【図 2】第 1 の実施の形態にかかる基板洗浄装置を示す平面図である。

【図 3】ノズルアームの構成を示す斜視図である。

【図 4】ノズルアームの先端部を示す斜視図である。

【図 5】第 1 の実施の形態にかかる制御部の構成を示す説明図である。

【図 6】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。 10

【図 7】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 8】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 9】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 10】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 11】基板の洗浄工程におけるウエハの洗浄の様子を示す説明図である。 20

【図 12】基板の洗浄工程におけるウエハの洗浄の様子を示す説明図である。

【図 13】基板の洗浄工程におけるウエハの洗浄の様子を示す説明図である。

【図 14】窒素ガスにより液界面が押される様子を示す説明図である。

【図 15】ノズルアームが移動した時の洗浄液ノズル及び窒素ガスノズルの位置を示す説明図である。

【図 16】ノズルアームの移動距離と吐出位置からウエハ中心部までの距離との関係を示す説明図である。

【図 17】ノズルアームの移動距離と、液界面と窒素ガスの吐出位置との距離の関係を示す特性図である。

【図 18】第 1 の実施の形態の変形例にかかる基板洗浄装置を示す平面図である。 30

【図 19】ノズルアームの旋回角度とノズルのウエハ中心部からの距離との関係を示す特性図である。

【図 20】第 2 の実施の形態にかかる基板洗浄装置を示す縦断面図である。

【図 21】第 2 の実施の形態にかかる基板洗浄装置を示す平面図である。

【図 22】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 23】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 24】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。 40

【図 25】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 26】基板の洗浄工程におけるノズルアームの位置及びノズルからの吐出の状態を示した説明図である。

【図 27】本発明の実施の形態の他の例にかかる基板洗浄装置を示す側面図である。

【図 28】本発明の実施の形態の他の例にかかる基板洗浄装置の作用を説明する説明図である。

【図 29】本発明の実施の形態の他の例にかかる基板洗浄装置の作用を説明する説明図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

本発明の基板洗浄装置を現像装置に適用した実施の形態について、図 1 ~ 図 4 を用いて説明する。現像装置（基板洗浄装置）は、角型の筐体 9 内に 2 つのカップモジュール 1 が並べて配置されている。カップモジュール 1 は、ウエハ W を保持する基板保持部であるスピンチャック 1 1 と、ウエハ W から飛散する洗浄液や溶解物を補足するためのカップ体 1 0 とを備えている。スピンチャック 1 1 は回転軸 1 2 を介して回転機構 1 3 及び図示しない昇降機構と接続されており、ウエハ W を保持した状態で回転及び昇降可能なように構成されている。なお本実施の形態では、ウエハ W は上方から見て時計回りに回転されるように構成されている。

【 0 0 1 7 】

スピンチャック 1 1 の下方には円形板 1 4、及びリング部材 1 5 が設けられている。またスピンチャック 1 1 上のウエハ W を囲むように上方側が開口したカップ体 1 0 が設けられている。カップ体 1 0 は、共に円筒状の外カップ 1 6 と、内カップ 1 7 とからなる。外カップ 1 6 には、昇降部 1 8 が設けられており、昇降自在に構成されている。またカップ体 1 0 の下方には、環状凹部に構成された液受け部 1 9 が設けられる。ウエハ W からこぼれ落ちるか、振り切られて、カップ体 1 0 に受け止められた現像液や洗浄液は、液受け部 1 9 に流れ込み、液受け部 1 9 の底部に設けられたドレイン排出口 2 0 より外部に排出される。

【 0 0 1 8 】

図 2 に示すように筐体 9 内には、カップモジュール 1 ごとに、各々カップモジュール 1 の並び方向（左右方向）と直交する方向に伸びる現像用のノズルアーム 6 0 と洗浄用のノズルアーム 3 0 とが設けられている。現像用のノズルアーム 6 0 は、カップモジュール 1 の並び方向（左右方向）に伸びるガイドレール 6 3 に沿って図示しない駆動部により移動できるように、また図示しない昇降部により昇降自在に構成されている。現像用のノズルアーム 6 0 の先端部には現像液ノズル 6 2 が設けられ、現像用のノズルアーム 6 0 によりスピンチャック 1 1 の回転中心部とカップモジュール 1 から図 2 中左寄りに位置するノズルバス 6 1 との間で移動する。現像液ノズル 6 2 は、配管 6 5 を介して現像液供給部 6 4 と接続されており、現像液ノズル 6 2 の先端から所定の流量の現像液を吐出できるように構成されている。

【 0 0 1 9 】

また洗浄用のノズルアーム（以下「ノズルアーム」と記載する）3 0 は、図 3 に示すように左右方向に伸びるガイドレール 3 3 に沿って、図示しない駆動部により移動できるように、また図示しない昇降部により昇降自在に構成されている。ノズルアーム 3 0、上述のノズルアーム 3 0 に設けられた駆動部及び昇降部はノズル移動部を構成している。ノズルアーム 3 0 の先端部には、図 4 に示すように例えば純水などの洗浄液を吐出する第 1 の洗浄液ノズル 4 1 及び第 2 の洗浄液ノズル 4 3、と乾燥用のガスである例えば窒素ガスを吐出するガスノズルである第 1 の窒素ガスノズル 5 1 及び第 2 の窒素ガスノズル 5 3 とが設けられている。これらノズル 4 1、4 3、5 1、5 3 は、カップモジュール 1 の上方領域とカップモジュール 1 から図 2 中右寄りに位置する待機領域との間で移動する。待機領域には、各洗浄液ノズル 4 1、4 3 の液受け部であるノズルバス 2 1 が設けられている。

【 0 0 2 0 】

第 1 の洗浄液ノズル 4 1 は、例えば配管 4 5 を介して第 1 の洗浄液供給部 4 6 に接続されている。この第 1 の洗浄液供給部 4 6 は洗浄液供給源、ポンプ、バルブなどを備えており、第 1 の洗浄液ノズル 4 1 の先端から洗浄液を吐出できるように構成されている。第 2 の洗浄液ノズル 4 3 も第 1 の洗浄液ノズル 4 1 と同様に配管 4 7 を介して第 2 の洗浄液供給部 4 8 と接続されており、第 2 の洗浄液ノズル 4 3 から洗浄液を吐出できる。第 1 の窒素ガスノズル 5 1 は配管 5 5 を介して、窒素ガス供給源、ポンプ、バルブなどを備えた第 1 の窒素ガス供給部 5 6 と接続される。第 1 の窒素ガスノズル 5 1 からは、窒素ガスを吐出できるように構成されている。第 2 の窒素ガスノズル 5 3 も配管 5 7 を介して、窒素ガス供給源、ポンプ、バルブなどを備えた第 2 の窒素ガス供給部 5 8 と接続される。

【 0 0 2 1 】

ノズルアーム 3 0 における第 1 の洗浄液ノズル 4 1、第 2 の洗浄液ノズル 4 3、第 1 の窒素ガスノズル 5 1 及び第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の配置について説明する。なお以下の説明中において、便宜上第 1 の洗浄液ノズル 4 1 及び第 2 の洗浄液ノズル 4 3 から吐出される洗浄液を夫々第 1 の洗浄液及び第 2 の洗浄液とし、第 1 の窒素ガスノズル 5 1 及び第 2 の窒素ガスノズル 5 3 から吐出される窒素ガスを夫々第 1 の窒素ガス及び第 2 の窒素ガスとして記載する。また後述の「吐出位置」とは、洗浄液ノズル (4 1、4 3)、または、ガスノズル (5 1、5 3) から吐出された洗浄液、またはガスがウエハ W の表面に吐出された時のウエハ W 上の吐出領域の概ね中心部を指している。また吐出位置を X、Y 座標で表す場合には、ウエハ W の中心部を原点とし、X 方向に伸びる軸を X 軸、Y 方向に伸びる軸を Y 軸とし、後述の図 6 ~ 図 1 0 中では、右側及び上側を「正の領域」としている。

10

【 0 0 2 2 】

第 1 の洗浄液ノズル 4 1 は、その吐出位置 R 1 が $X = 30 \text{ mm}$ 、 $Y = 0 \text{ mm}$ になる位置に配置した時に、第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出位置 N 1 が、 $X = 15 \text{ mm}$ 、 $Y = 0 \text{ mm}$ となるように設けられる。第 2 の洗浄液ノズル 4 3 は、第 1 の洗浄液ノズル 4 1 の吐出位置 R 1 が $X = 30 \text{ mm}$ 、 $Y = 0 \text{ mm}$ に位置しているときに、その吐出位置 R 2 がウエハ W の中心部を中心に、第 1 の洗浄液ノズル 4 1 の吐出位置 R 1 を時計回りに回転させた位置、例えば、 $X = 26 \text{ mm}$ 、 $Y = -15 \text{ mm}$ の位置になるように設けられる。第 2 の窒素ガスノズル 5 3 は、第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出位置 N 1 が $X = 15 \text{ mm}$ 、 $Y = 0 \text{ mm}$ に位置しているとき、その吐出位置 N 2 が、第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出位置 N 1 をウエハ W の中心部を中心として、反時計回りに回転させた位置であって、その X 軸との距離が第 2 の洗浄液ノズル 4 3 の吐出位置 R 2 の X 軸からの距離よりも短い位置に設定される、この例では、第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出位置 N 2 は、例えば、 $X = 13 \text{ mm}$ 、 $Y = 7.5 \text{ mm}$ の位置に吐出するように設定する。また第 2 の窒素ガスノズル 5 3 は、ウエハ W の周縁の方向に向かって吐出するように設けられており、第 1 の洗浄液ノズル 4 1、第 2 の洗浄液ノズル 4 3 及び第 1 の窒素ガスノズル 5 1、は、真下に向けて吐出するように設けられている。また第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出する先端部の高さは、ウエハ W の表面の上方 25 mm の高さに設定されており、第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出する先端部の高さはウエハ W の表面の上方 5 mm の高さに設定されている。

20

【 0 0 2 3 】

また基板洗浄装置は、図 5 に示すように制御部 5 を備えている。図 5 中の 2 1 はバスであり、バス 2 1 には CPU 2 2、メモリ 2 3、及び基板洗浄装置が行う後述の動作における各ステップを実行するためのプログラム 2 4 が接続されている。図 5 中 2 5 はノズル移動部に備えられた駆動部、2 6 は、ノズル移動部に備えられた昇降部である。この制御部 5 は、ノズルアーム 3 0 を移動させるための駆動部、昇降部、洗浄液供給部 4 6、4 8、窒素ガス供給部 5 6、5 8 及びスピンチャック 1 1 を駆動するための回転機構 1 3 及びカップ体 1 0 の昇降機構 1 8 などを制御するための制御信号を、前記プログラム 2 4 に基づいて出力する。またこのプログラムは、例えばコンパクトディスク、ハードディスク、光磁気ディスク等の記憶媒体に収納され制御部 5 にインストールされる。

30

【 0 0 2 4 】

続いて第 1 の実施の形態の作用について説明する。例えば、露光処理を行ったウエハ W が、図示しない外部の搬送機構により、スピンチャック 1 1 にウエハ W の中心部と回転中心とが一致するように受け渡される。次いで外カップ 1 6 が上昇された後、ウエハ W を例えば 1000 rpm の回転速度で回転させ、現像液ノズル 6 2 がウエハ W の周縁の上方に位置する。その後ウエハ W を回転させたまま、現像液ノズル 6 2 から現像液を吐出しながらウエハ W の外側から中心部に向かって移動させ、その後所定時間当該中心部に現像液を供給し続ける。現像液が供給されると、ウエハ W の表面のレジスト膜の例えば溶解性部位が溶解し、不溶解性の領域が残る。その後現像液ノズル 6 2 と入れ替わるようにノズルアーム 3 0 が移動し、現像液及び溶解物の除去を行うための洗浄工程が行われる。この洗浄工程について図 6 ~ 図 1 3 を参照しながら詳述すると、この洗浄工程は、以下のステップ

40

50

により行われる。図 6 ~ 図 10 は、ノズルアーム 30、及び夫々のノズル 41, 43, 51, 53 から吐出される洗浄液や窒素ガスの吐出位置を模式化して表しており、吐出が行われている洗浄液及び窒素ガスの吐出位置には、ハッチングを付した。

【0025】

(ステップ 1)

まず図 6 に示すように、ノズルアーム 30 が P0 で示す位置まで移動し、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 がウエハ W の中心部に位置する。その後、図 11 に示すように、ウエハ W を例えば 1000 rpm の回転速度で回転させながら、第 1 の洗浄液ノズル 41 から洗浄液、例えば純水を、30 ml / 秒の流量で例えば 10 秒間供給する。これによりウエハ W に供給された第 1 の洗浄液はウエハ W の回転による遠心力によりウエハ W の中心部から周縁部に向かって広がり、現像液が洗浄液により洗い流される。

10

【0026】

(ステップ 2)

次いでウエハ W の回転を維持しながら、第 1 の洗浄液ノズル 41 から第 1 の洗浄液を吐出した状態で、図 7 に示すようにノズルアーム 30 を X 方向に沿って右側に P1 まで移動させ、第 1 の窒素ガスノズル 51 の吐出位置 N1 をウエハ W の中心部に位置させる。この時、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 は、ウエハ W の中心部から X 方向右側に 15 mm 離れて位置することになる。そして図 12 に示すように第 1 の窒素ガスノズル 51 から、ウエハ W の中心部に向けて窒素ガスを吹き付ける。

20

【0027】

ウエハ W の中心部は、遠心力が小さいため、前記第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 がウエハ W の中心部から周縁側に移動しても、洗浄液の表面張力により液膜が張った状態が維持される。そこで液膜に向けて窒素ガスを吹き付けることにより、液膜が破れて、ウエハ W の表面が露出した乾燥領域が形成される。この乾燥領域が形成されると、液膜は、ウエハ W の回転による遠心力と液膜の表面張力とによりウエハ W の周縁側に引っ張られる。そのため乾燥領域は、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 に対応する位置 (ウエハ W の中心部を中心とし、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 を通る同心円) まで瞬時に広がることになる。

【0028】

(ステップ 3)

続いてウエハ W の回転を維持し、第 1 の洗浄液ノズル 41 及び第 1 の窒素ガスノズル 51 から夫々洗浄液及びガスを吐出したまま、図 8 に示すようにノズルアーム 30 をウエハ W の X 方向右側に 15 mm 移動させ、P2 に位置させる。即ち第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 がウエハ W の中心部から X 方向右側に 30 mm 離れた位置に移動すると共に、第 1 の窒素ガスノズル 51 の吐出位置 N1 がウエハ W の中心部から X 方向右側に 15 mm 離れた位置に移動し、これにより乾燥領域も第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 に対応する位置まで広がる。そのためステップ 3 では、図 13 に示すようにノズルアーム 30 の移動に伴い、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 とウエハ W の中心部との距離の増加するにつれて、液界面は徐々にウエハ W の周縁方向に移動していく。

30

【0029】

この時図 14 に示すように、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 に対応する位置には、強い液流が発生しており、液界面に近い位置に窒素ガスを吐出することにより、液流の内縁が巻き上げられ、この液の巻き上げにより、液滴、生成物をウエハ W の周縁側へ押しやるため、強い洗浄力を発揮する。

40

【0030】

(ステップ 4)

ノズルアーム 30 が位置 P2 まで移動した後、図 9 に示すように第 1 の洗浄液の吐出を停止して、第 2 の洗浄液の吐出を開始すると共に、第 1 の窒素ガスの吐出を停止して、第 2 の窒素ガスの吐出を開始する。第 2 の洗浄液ノズル 43 の吐出位置 R2 は、第 1 の洗浄液ノズル 41 の吐出位置 R1 がウエハ W の中心部から 30 mm 離れて位置しているとき、

50

第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2とウエハWの中心部との距離が30mmになるように、即ちウエハWの中心部を中心とする同一の円の上に第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1、第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2が位置するように設定されている。従って洗浄液を吐出するノズルを第1の洗浄液ノズル41から第2の洗浄液ノズル43に切り替えた場合にも、ウエハWの表面に形成される液界面の位置は変化しないことになる。また既述のように第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1がウエハWの中心部から30mm離れて位置するとき、第1の窒素ガスノズル51の吐出位置N1が、ウエハWの中心部から右側に15mm離れるように設定されている。そして、第2の窒素ガスノズル53は、その時の第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2がウエハWの中心部から15mm離れて位置するように設けられている。従って窒素ガスを吐出するノズルを第1の窒素ガスノズル51から第2の窒素ガスノズル53に切り替えた場合にも、窒素ガスの吐出位置から液界面までの距離も変化しないことになる。

【0031】

また第2の窒素ガスノズル53は、第1の窒素ガスノズル51の吐出流量と比べて多くの流量の窒素ガスを吐出すると共に、図4に示すように吐出口がウエハWの周縁側に向いている。従って、第2の窒素ガスノズル53に切り替えることにより窒素ガスの吹付による液界面を押す力が強くなる。この時、窒素ガスの吐出位置と洗浄液の吐出位置とが近い場合には、ガスの吐出の衝撃により洗浄液の液撥ねが起こる虞がある。第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2と第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2との距離は、第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1と第1の窒素ガスノズル51の吐出位置N1との距離よりも長くなるように設定されている。従って第2の窒素ガスノズル53に切り替え、窒素ガスの流量を大きくした場合にも、液撥ねを抑制することができる。

【0032】

(ステップ5)

続いてノズルアーム30をウエハWの周縁側に向けて、X方向に15mm/秒の速度で移動させる。図10はノズルアーム30がP2よりもウエハWの周縁に近いP3に位置している状態を示している。第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2からウエハWの中心部までの距離d2と、第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2からウエハWの中心部までの距離d3との差(d2 - d3)は、図15に示すようにノズルアーム30がP2に位置しているときよりも、P3に位置しているときの方が短くなる。

【0033】

ここでノズルアーム30の移動に伴う前記d2、d3の各変化について説明する。ノズルの吐出位置を既述のX-Y座標平面(x=0とする)で表す。ノズルアーム30がP2からx方向に沿って右側に距離k移動した場合の第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2及び第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2の各ノズルの座標は、図16(a)に示すように、

ノズルアーム30がP2に位置する時のN2 = (Na, Nb)

ノズルアーム30がP2に位置する時のR2 = (Ra, Rb)

ノズルアーム30が距離k移動した後のN2 = (Na + k, Nb)

ノズルアーム30が距離k移動した後のR2 = (Ra + k, Rb)

となる。従って移動距離をxと置いた場合のd2及びd3は、

ノズルアーム30がP3に位置する時のd2 = $[(Ra + x)^2 + Rb^2]$

ノズルアーム30がP3に位置する時のd3 = $[(Na + x)^2 + Nb^2]$

となる。

【0034】

ノズルアーム30をX方向に沿って右側に移動させた時の第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2のウエハWの中心部からの距離d2は、図16(b)中の(1)のようなグラフを描く。またノズルアーム30をX方向に沿って右側に移動させた時の第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2のウエハWの中心部からの距離d3を考えると、第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2は、第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2よりもX軸に近

い位置にあり、よりウエハWの中心部に近い位置にある。従ってd 3は、d 2よりも移動前($x = 0$)のウエハWの中心部までの距離は小さくなり、X方向右側にd 2と同じ距離を移動した時に、増加率が大きくなる。そのためノズルアーム30の移動距離xとノズルの吐出位置のウエハWの中心部からの距離d 2を示すグラフは、図16B中の(2)のようなグラフを描く。従って第2の洗浄液ノズル43から洗浄液を吐出し、第2の窒素ガスノズル53から窒素ガスを吐出したまま、ノズルアーム30をX方向に沿って右側にウエハWの周縁に向けて移動させた場合に、洗浄液の吐出位置のウエハWの中心部からの距離d 3と、窒素ガスの吐出位置のウエハWの中心部からの距離d 3との差($d 2 - d 3$)は、ノズルアーム30の移動に従い徐々に短くなる。

【0035】

前述のようにウエハWを回転させながら洗浄液を供給しているため、洗浄液の液界面の位置は、洗浄液の吐出位置の僅かに内側となる円周に沿った位置となる。そのため、前記第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2からウエハの中心部までの距離d 2と第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2からウエハの中心部までの距離d 3との差が、窒素ガスの吐出位置から液界面までの距離となる。図17は、ウエハWの中心部から液界面までの距離と液界面と窒素ガスの吐出位置との離間距離($d 2 - d 3$)の変化を示す特性図である。図17に示すようにノズルアーム30がP2の位置(液界面がウエハWの中心部から30mmの位置)に移動するまでは、第1の洗浄液ノズル41及び第1の窒素ガスノズル51を使用して洗浄を行っているため、液界面と窒素ガスの吐出位置の距離は変わらず一定である。次いでノズルアーム30がP2(液界面がウエハWの中心部から30mmの位置)に達した後は、洗浄液及びガスの吐出が第2の洗浄液ノズル43及び第2の窒素ガスノズル53に切り替わる。このためその後に、ノズルアーム30がX軸に沿ってウエハWの周縁側に移動するに従って、液界面と窒素ガスの吐出位置とは互いに徐々に近づいていくことになる。

【0036】

ウエハの周縁よりの領域において窒素ガスの供給位置を液界面に近づけた場合の作用について検討する。ウエハWの回転による遠心力により、洗浄液をウエハの周方向に押し流してウエハWの表面の洗浄を行う場合に、ウエハWの周縁寄りの部位ほど、洗浄液がウエハWの中心部側から寄せられるため、洗浄液の液膜が厚くなる。洗浄液の液膜が厚くなると、流れにくくなってしまいうため液残りや液干切れが生じやすくなる。上述の実施の形態では、ウエハWの中心部から30mm以上離れた領域では、窒素ガスの吐出流量を大きくしている。そのため、窒素ガスにより液界面を周縁方向に押す力が強くなっている。またウエハWの中心部から30mm以上離れた領域では、ノズルアーム30がウエハWの周縁に近づくにつれて、窒素ガスの吐出位置が液界面に近づいている。そのため窒素ガスによる液界面を押す力がウエハWの周縁に近づくにつれて徐々に大きくなる。従ってウエハWの周縁寄りの領域では、液界面がウエハWの周縁に近づくにしたがって、洗浄液の量は徐々に増えるが、液界面をウエハの周縁方向に押す力も大きくなるため、液残りや液干切れを抑制することができる。

【0037】

上述の実施の形態では、第1の洗浄液ノズル41及び第1の窒素ガスノズル51を用いて、ウエハWを回転させながらウエハWの中心部に洗浄液及び窒素ガスを順次吐出し、両ノズル41、51をウエハWの周縁側に移動している。更にその後、第1の洗浄液ノズル41の移動軌跡から外れる位置に設定された第2の洗浄液ノズル43に洗浄液の吐出を切り替え、また第2の窒素ガスノズル53に窒素ガスの吐出を切り替える。そして洗浄液の吐出及びガスの吐出を行いながら両ノズル43、53をウエハWの周縁側に向けて移動させることにより、窒素ガスの吐出位置を徐々に液界面に近づけている。従ってウエハWの周縁に近い領域ほど、窒素ガスにより液界面を押す力が強くなって洗浄効果が高くなり、洗浄液の液残りや液干切れを抑制することができ、良好な洗浄を行うことができる。

そしてノズルアーム30の移動途中で第2の洗浄液ノズル43及び第2の窒素ガスノズル53を用いるようにしている。第2の窒素ガスノズル53は窒素ガスの吐出流量の多い

10

20

30

40

50

ため液界面を押す力が強くなり、洗浄液の吐出位置と窒素ガスの吐出位置との距離も話ることができるため、液撥ねを抑えることができる。

【0038】

また上述の実施の形態では、共通のノズルアーム30に第1の洗浄液ノズル41、第2の洗浄液ノズル43、第1の窒素ガスノズル51及び第2の窒素ガスノズル53を設けている。そのため、各ノズルの駆動系を共通にすることができるので基板洗浄装置のコストを低くすることができ、またノズルアーム30や駆動系の設置スペースが狭くて済む。またウエハWの表面における窒素ガスの吐出位置と、洗浄液の液界面との距離は、後述するように、9mm～17mmの範囲であることが望ましく、事前にシミュレーションを行うことにより、窒素ガスの吐出位置と、洗浄液の液界面との距離がこの範囲で変化するように、夫々のノズルの位置を設定することが望ましい。

10

【0039】

さらにノズルアーム30がP1の位置にあるときに、第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2と、第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1とが、ウエハWの中心部を中心とした同じ同心円上に位置するように設定されていなくてもよい。またノズルアーム30がP1に位置しているときに、第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2は、その時の第1洗浄液ノズル41の吐出位置R1よりウエハWの中心部に近い位置であってもよい。

【0040】

また本発明は、第2の窒素ガスノズル53を設けることに限定されるものではなく、ステップ4以降の工程において、第1の窒素ガスノズル51を使用してウエハWの洗浄を行うようにしてもよい。その場合においても洗浄液の液界面がウエハWの周縁に近づくに従い、窒素ガスの吐出位置を液界面に近づけることができる。従って液界面がウエハWの周縁に近づくに従い、液界面を押す力を強くすることができるため、同様の効果が得られる。

20

【0041】

また第1の洗浄液ノズル41、第2の洗浄液ノズル43、第1の窒素ガスノズル51、第2の窒素ガスノズル53は、夫々別々に独立して移動可能なノズル移動部に設けられていてもよい。さらに第2の窒素ガスノズル53を設けずに第1の窒素ガスノズル51のみを用いて、ステップ4以降の工程においてもウエハWの洗浄を行うようにしてもよい。さらに本発明は、基板の水の接触角の大きい場合に効果が大きく、例えば水の接触角が65°以上であるレジスト膜の表面を洗浄する場合により効果が大きい。

30

【0042】

さらに第1の実施の形態においては、ステップ4において、第1の窒素ガスノズル51の吐出を停止し、第2の窒素ガスノズル53から窒素ガスを吐出しているが、ステップ4及びステップ5において、第2の洗浄液ノズル43及び第2の窒素ガスノズル53から夫々洗浄液及びガスを吐出しているときに第1の窒素ガスノズル51から例えば少流量のガスを吐出している場合であっても本発明の技術的範囲に含まれる。

【0043】

[第1の実施の形態の変形例]

また第1の実施の形態の変形例として、ノズルアーム30は、旋回アームに設けられていてもよい。即ち第1の実施の形態では、ノズルアーム30をX方向に沿って移動させることにより、各ノズルを直線に沿って移動させているが、各ノズルを円弧軌跡を描くように移動させてもよい。図18はこのような例を示し、ノズルアーム30として図18中、O1を回転中心として旋回する構成のものを用いている。駆動部は、アームを旋回させる図示しない回転部となり、また図示しない昇降部が設けられ、ノズルアーム30は昇降自在に構成される。従ってノズルアーム30、駆動部及び昇降部がノズル移動部になる。第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1と第1の窒素ガスノズル51の吐出位置N1は、ウエハWの中心部を通る円弧軌跡上に設けられる。この実施の形態の場合には、ステップ2でノズルアーム30を旋回させることにより、第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1がウエハWの中心部から15mmから離れるように移動され、その時第1の窒素ガスノズル

40

50

5 1 の吐出位置 N 1 がウエハ W の中心部に位置することになる。

【 0 0 4 4 】

またステップ 3 においては、第 1 の洗浄液ノズル 4 1 の吐出位置 R 1 がウエハ W の中心部から 3 0 mm 離れるように移動される。この時第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出位置 N 1 は、液界面に近づくが、近づく距離は、極わずかであるため、第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出位置 N 1 と液界面との距離はほとんど変化せず一定として取り扱うことができる。さらにステップ 4 において洗浄液及び窒素ガスを夫々第 2 の洗浄液ノズル 4 3 及び第 2 の窒素ガスノズル 5 3 から吐出するように切り替えた後、ステップ 5 では、ノズルアーム 3 0 を旋回させて、夫々のノズルをウエハ W の周縁側に移動させる。

【 0 0 4 5 】

ノズルアーム 3 0 を旋回させることによる第 2 の洗浄液ノズル 4 3 の吐出位置 R 2 のウエハ W の中心部からの距離と、第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出位置 N 2 とウエハ W の中心部からの距離の差の関係について説明する。図 1 8 中の V は、ノズルアーム 3 0 の回転軸 O 1 とウエハの中心部との距離、u 及び θ は所定の吐出位置を示すパラメータであり、図 1 8 中では、ノズルアーム 3 0 が P 4 の位置にあるときの第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出位置 N 2 のパラメータを示す。u は、回転軸 O 1 を中心として、ウエハ W の中心部を通る円弧軌跡からの外れる距離（円弧軌跡の外側への外れを +、中心側への外れを - とする）、 θ はノズルアーム 3 0 の回転角度である（ノズルが回転軸 O 1 とウエハ W の中心部を結ぶ直線上に位置する場合を 0 とし、時計回りの回転方向を + としている）。

【 0 0 4 6 】

回転軸 O 1 がウエハの領域より外にあり、ノズルをウエハ W の中心部から周縁へ移動させると θ は、0 度 ~ 9 0 度の範囲でウエハ W の周縁に到達する。ノズルアーム 3 0 を旋回させた時のノズルアーム 3 0 に設けられたノズルの吐出位置からウエハ中心部までの距離 d の変化を考えると、 $d = [u^2 + 2uV + 2V^2 - 2V(u + V)\cos\theta]$ となる。従ってノズルアーム 3 0 を旋回させた時のノズルの吐出位置とウエハの中心部との距離は、ノズルアーム 3 0 の回転軸 O 1 とウエハ W の中心部との距離 V、回転角度 θ 、円弧軌跡からの外れる距離 u、により決定される。

【 0 0 4 7 】

従って図 1 8 に示すようなアームを旋回させた時の第 2 の洗浄液の吐出位置 R 2 のウエハ W の中心部からの距離の変化 d 2 は、図 1 9 中の (3) で示す実線で表される。またアームを旋回させた時の第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出位置 N 2 のウエハ W の中心部からの距離の変化 d 3 は、図 1 9 中の (4) で示す実線で表される。そのため、アームを旋回させてノズルアーム 3 0 をウエハ W の周縁方向に旋回させるにしたがって、第 2 の洗浄液ノズル 4 3 の吐出位置 R 2 のウエハ W の中心部との距離 d 2 と、第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出位置 N 2 とウエハ W の中心部との距離 d 3 との差 (d 2 - d 3) は徐々に短くなることになる。そのため、ノズルアーム 3 0 がウエハの周縁に向かって移動するにしたがって、液界面と窒素ガスの吐出位置との距離は徐々に近づき、液界面を押す力が強くなる。従って液残りや液干切れを抑制することができる。

【 0 0 4 8 】

[第 2 の実施の形態]

また第 2 の実施の形態に係る基板洗浄装置として、2 本のノズルアームを備えるように構成してもよい。第 2 の実施の形態は、例えば図 2 0、図 2 1 に示すように第 2 の洗浄液ノズル 5 3 を備えていないことを除いて、第 1 の実施の形態に示したノズルアーム 3 0 と同様に構成された第 1 のノズルアーム 3 8 と、他の窒素ガスノズル 5 9 を備えた第 2 のノズルアーム 3 9 とを備えている。図中 6 0 は、現像用のノズルアーム、6 1 は現像液用のノズルバス、6 3 はガイドレールである。第 2 のノズルアーム 3 9 は、ノズルアーム 3 0 と同様に構成された駆動部、昇降部により支持され、第 1 のノズルアーム 3 8 のガイドレール 3 3 と平行に伸びるガイドレール 7 0 に沿って移動するように構成されている。第 2 のノズルアーム 3 9 は、ウエハ W 上の第 1 のノズルアーム 3 8 の移動する領域とは異なる領域、例えばウエハ W の中心部から X 方向に沿って左側の領域を移動するように構成され

10

20

30

40

50

ている。また他の窒素ガスノズル59は、第1の窒素ガスノズル51及び第2の窒素ガスノズル53と同様に配管70を介して他の窒素ガス供給部71と接続されている。

【0049】

第2の実施の形態にかかる基板洗浄装置によるウエハWの洗浄処理を図22～図26を用いて説明する。ステップ1及びステップ3は、図22、23に示すように第1の実施の形態に示したステップ1～ステップ3と同様な工程であり、R1、N1が順次ウエハWの中心部に位置するように第1のノズルアーム38が移動する。第2のノズルアーム39は、他の窒素ガスノズル59から吐出される窒素ガスの吐出位置N3が例えばウエハWの中心部から、X方向に沿って図中の左方向に60mmの位置となる地点で待機しておく。

【0050】

(ステップ4)

図24に示すように第1の洗浄液ノズル41の吐出位置R1がウエハWの中心部から30mmに位置し、第1の窒素ガスノズル51の吐出位置N1がウエハWの中心部から15mmに位置した後、窒素ガスを吐出するノズルを第1の窒素ガスノズル51から第2の窒素ガスノズル53に切り替える。

【0051】

(ステップ5)

その後第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2のウエハWの中心部からの距離(この例では、60mm)と、他の窒素ガスノズル59の吐出位置N3とウエハWの中心部からの距離が等しくなる位置まで移動する。この間第2の洗浄液の吐出と、第2の窒素ガスとの吐出とが行われており、第2の窒素ガスノズル53は、第1の窒素ガスノズル51よりも流量が大きいため、ステップ5では、ステップ1～3に比べて液界面を強い力で押すことができる。

【0052】

(ステップ6)

その後、窒素ガスを吐出するノズルを他の窒素ガスノズル59に切り替え、第1のノズルアーム38及び第2のノズルアーム39をウエハWの周縁方向に移動させる。図25は、窒素ガスの吐出を第2の窒素ガスノズル53から他の窒素ガスノズル59に切り替えた後の状態を示している。この時第1のノズルアーム38は、図26に示すようにX方向に沿って、右側に移動するが、第2のノズルアーム39は、X方向に沿って左側に移動する。また第2のノズルアーム39の移動速度は、第1のノズルアーム38より速い速度に設定される。このため洗浄液の吐出位置からウエハWの中心部までの距離L1と窒素ガスの吐出位置からウエハWの中心部までの距離L2との差が徐々に小さくなる。一例をあげるとL2-L1が17mmから9mmまで近づく。この結果、他の窒素ガスノズル59の吐出位置N3は、ウエハWの周縁側に近づくにつれて液界面に近づくため、窒素ガスが液界面を押す力が徐々に増すことになる。そのため液残りや液干切れが抑制され、第1の実施の形態と同様の効果を得ることができる。

また第2のノズルアーム39の他の窒素ガスノズル59からガスを吐出しながら当該第2のノズルアーム39をウエハWの周縁側に移動させているときに、第1のノズルアーム38の窒素ガスノズル51、53からガスを、例えば少流量で吐出する場合も技術的範囲に含まれる。

【0053】

ここで第1の実施の形態あるいは第2の実施の形態において、ウエハWの中心部に洗浄液を供給した後に第1の窒素ガスノズル51から当該中心部に窒素ガスを吹き付けるときの好ましい例について述べる。背景技術の欄にて述べたように、レジストと下地との接触角の差が大きい場合に下地の脇に液が残りがやすく、液残りが発生すると残渣欠陥(残渣が存在することによる現像欠陥)の要因となる。例えば下地にシリコン反射膜を使用する場合には、前記接触角の差がかなり大きくなることから、このような場合でもより一層液残りを抑えることができるように洗浄処理を行うことが好ましい。ウエハWの中心部近辺に着目すると、この部分は遠心力が弱いので液残りが発生しやすい。そこでウエハWの中央

10

20

30

40

50

部において第1の窒素ガスの吐出時間を長くすることも有効な手法ではあるが、処理時間が長くなり、スループットの低下の要因になるおそれがある。

【0054】

このような観点からすると、有効な手法の一例として、第1の窒素ガスノズル51の吐出する先端部の高さをウエハWの表面の上方、例えば5mmの高さに設定する例が挙げられる。この場合には、第1の窒素ガスノズル51の先端部からウエハWの表面までの距離が短くなり、第1の窒素ガスノズル51から吐出された窒素ガスがウエハWの表面に到達するまでのガスの拡散を抑えることができ、より強いせん断応力で液界面を押すことができる。

そして窒素ガスのせん断応力を高めた上で、窒素ガスを前半は低流量で供給して乾燥コア（液の中央部の乾燥領域）を形成した後に、後半は高流量で供給して乾燥コアを広げるようにする。このような手法によれば、ウエハWの中心部の液残りがより一層抑えられる。低流量の時間と高流量の時間とは同じであることに限られない。具体例については後述の実施例の欄に記載している。

【0055】

またウエハWの中心部以外の領域に置ける液残りをおさえるための有効な手法について記載する。この手法の一つとして、第1の実施の形態における第2の窒素ガスノズル53を例にとると、図27に示すように第2の窒素ガスノズル53を、窒素ガスの吐出方向の水平面に対する角度 θ_2 が例えば45度の角度となるように設ける。窒素ガスの吐出方向とは、吐出口から吐出されるガス流の中心が向いている方向である。

第2の窒素ガスノズル53から窒素ガスをウエハWの表面に対して斜めに吐出すると、ウエハWの表面に形成される液界面にかかるせん断応力は、窒素ガスをウエハWに対して垂直に吐出した場合においてウエハW表面に形成される液界面にかかるせん断応力よりも大きくなる。第2の窒素ガスノズル53の窒素ガスの吐出方向の水平面に対する角度 θ_2 が45度の場合の液面にかかるせん断応力は、角度 θ_2 が90度の場合に液面にかかるせん断応力よりも1.5倍の強さとなる。このように第2の窒素ガスノズル53の窒素ガスの吐出方向を水平面に対して45度に設定して液面にかかるせん断応力を大きくすれば、ノズルアーム30のスキャン速度を速くした場合にも液残りや液干切れを抑制することができる。

第2の窒素ガスノズル53の窒素ガスの吐出方向を水平面に対して90度に設定した場合においても、窒素ガスの流量を大きくすることで液面に対して大きなせん断応力が得られるが、液撥ねやミスト発生のおそれがある。従って第2の窒素ガスノズル53の窒素ガスの吐出方向を斜めに設定することが有効であり、特に水平面に対して90度に設定することが有利である。

【0056】

また第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2と液の内縁（液界面）との間の距離について残渣低減のための適切な距離は、ウエハW上のレジストの種類、下地膜の材質、洗浄処理のレシピなどに応じて異なってくる。このため、洗浄処理の処理種別の中のパラメータとして前記距離を加え、処理種別が選択されることにより前記距離が決定されるようにすることが好ましい。第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2と液の内縁との間の距離は、窒素ガスの吐出方向を水平面から斜めにした場合、例えば窒素ガスの吐出方向を水平面に対して45度に設定した場合には、第2の窒素ガスノズル53の高さを調整することにより変更することができる。

【0057】

例えば図28に示すように第2の窒素ガスノズル53の先端部のウエハWの表面からの高さが h_1 のときウエハW表面における第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2から第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2までの距離が例えば d_{11} となる。

そして図29に示すように第2の窒素ガスノズル53の先端部のウエハWの表面からの高さが h_2 となるようにノズルアーム30を上昇させると、第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2は、ウエハWの表面を第2の窒素ガスノズル53の先端部が傾く方向に移動

10

20

30

40

50

する。一方で第2の洗浄液ノズル43は、真下に吐出するように設けているため、ノズルアーム30を昇降させてもウエハW表面における第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2は変わらない。従って第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2は、第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2に近づき、第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2から第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2までの距離はd12となる。このようにノズルアーム30を昇降させることにより、第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2から第2の洗浄液ノズル43の吐出位置R2までの距離を変更することができる。なお、第2の洗浄液ノズル43の洗浄液の吐出方向は、真下に向いていなくてもよく、例えば第2の窒素ガスノズル53のガスの吐出方向と異なる角度（水平面に対する角度）であれば、斜めであってもよい。

10

【0058】

そこで図27に示すように予めウエハWの洗浄処理の種別に対応して、事前に第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2から液面の内縁までの適切な距離を求め、制御部5におけるメモリ23に、ウエハWの洗浄処理の種別（レシピ）と、ノズルアーム30の高さの設定値と、を対応づけたデータを記憶しておく。そして制御部5によりメモリからウエハWの洗浄処理の種別に対応したノズルアーム30の高さを読み出し、昇降部26にノズルアーム30を昇降させる制御信号を出力する。従ってウエハWのロットに応じて洗浄処理の種別が選択されたとき、ノズルアーム30の高さも決まってくる。洗浄処理の種別は、パラメータがノズルアーム30の高さだけの場合であってもよく、この場合、ノズルアーム30の高さが複数設定されている場合、各高さが洗浄処理の種別となる。

20

【0059】

このように構成することで、ウエハWの洗浄処理の種別に対応して、第2の窒素ガスの吐出位置N2から液面の内縁までを適切な距離に設定することができるため、ウエハWの中心部以外の領域においても洗浄液の液残りや液干切れを抑制することができ、良好な洗浄を行うことができる。

【0060】

窒素ガスの吐出方向と水平面との角度 θ_2 は、例えば30度～60度に設定することでせん断応力を強めることができるが、角度 θ_2 を45度 \pm 5度に設定した時にせん断応力が強くなり、より一層大きな効果が得られる。

【実施例】

30

【0061】

[実施例1]

本発明を評価するために第1の実施の形態に係る基板洗浄装置を用い、評価パターンを用いて露光したウエハWに現像液を供給し、実施例及び比較例に係る洗浄処理を行いパターンの欠陥の計数を行った。実施例に用いたウエハWの表面に形成されたレジスト膜と反射防止膜との接触角差は、37.8°である。洗浄処理中のウエハの回転速度は750rpmに設定し、ノズルアーム30の移動速度は、10mm/秒に設定した。また比較例として、実施例と同様の構成の基板洗浄装置を用い、ステップ2の終了後、洗浄液ノズル及び窒素ガスノズルの切り替えを行わず、第1の洗浄液及び第1の窒素ガスをウエハに向けて吐出した状態でノズルアーム30をX方向に沿ってウエハWの周縁に向けて移動させて、ウエハの洗浄を行った。この場合ガスの吐出位置から液界面までの距離は、一定である。比較例では、2561個のパターンの欠陥が確認できたが、実施例では、パターンの欠陥は8個に軽減され、本発明の洗浄効果が高いことが確認できた。

40

【0062】

[評価試験]

窒素ガスの吐出位置と洗浄液の液界面との離間距離が、ウエハWの洗浄効果にもたらす影響を調べるために以下の評価試験を行った。基板洗浄装置は、ノズルアーム30に設置する第1の窒素ガスノズル51の位置を変えることにより、液界面と窒素ガスの吐出位置との距離を以下のように7通りに設定し、第1の洗浄液ノズル41及び第1の窒素ガスノズル51のみを用いて、評価パターンを用いて露光したウエハWに現像液を供給した後、

50

洗浄を行った。ウエハWの洗浄後、乾燥処理を行いウエハの中心部から12～15cmの領域に存在するパターンの欠陥の数を計数した。結果は以下の表1のとおりである。

[表1]

離間距離	7mm	9mm	11mm	13mm	15mm	17mm	19mm
パターンの欠陥	264	6	8	5	13	10	52

10

【0063】

パターンの欠陥の数を十分に抑えるには、窒素ガス吐出位置と液界面との距離は、9mm～17mmの範囲に設定することが望ましいといえる。

【0064】

[実施例2]

本発明を評価するために第1の実施の形態に係る基板洗浄装置を用い、評価パターンを用いて露光したウエハWに現像液を供給し、第1の窒素ガスノズル51の先端部の高さをウエハWの上方25mmと5mmとに設定して洗浄処理を行い、パターンを形成してウエハWの表面を検査した。ウエハWの中心部から3cm以内における残渣欠陥（現像欠陥）の計数を行った。第1の窒素ガスノズル51の先端部の高さをウエハWの上方25mmに設定した場合の欠陥は8個であり、第1の窒素ガスノズル51の先端部の高さをウエハWの上方5mmに設定した場合の欠陥は3個であった。第1の窒素ガスノズル51の先端部の高さを低く設定することでウエハWの中心部付近の液残りを減少することができるという。

20

【0065】

[実施例3]

水平面に対して45度の角度で吐出される窒素ガスの吐出位置と洗浄液の液界面との距離が、ウエハWの洗浄効果にもたらす影響を調べるために以下の評価試験を行った。基板洗浄装置は、ノズルアーム30に設置する第2の窒素ガスノズル53を水平面から45度の角度に設け、その設置位置をウエハWの中心側に移動させた。第2の窒素ガスノズル53の吐出位置N2と洗浄液の液界面との距離をAmm、A+1mm、A+2mmの3通りに設定したところ、前記距離がA+1mmのときはAmmよりも欠陥がおよそ3倍になり、A+2mmはおよそ6倍になった。従って距離を変えることにより洗浄効果が変わることが理解される。

30

【符号の説明】

【0066】

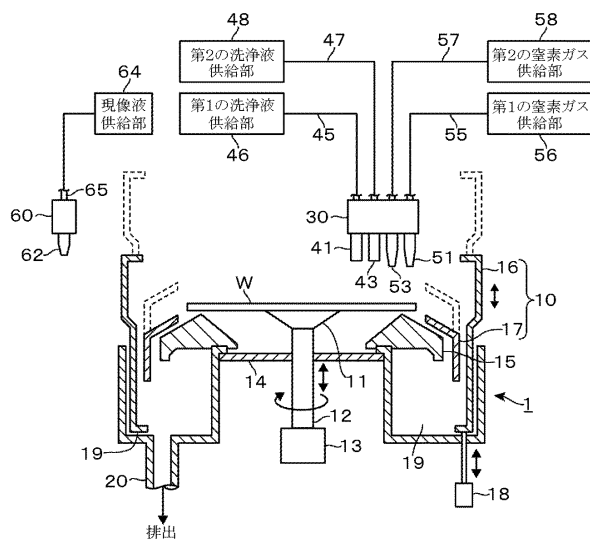
- 1 カップモジュール
- 5 制御部
- 10 カップ体
- 11 スピンチャック
- 13 回転機構
- 30 ノズルアーム
- 33 ガイドレール
- 38 第1のノズルアーム
- 39 第2のノズルアーム
- 41 第1の洗浄液ノズル
- 43 第2の洗浄液ノズル
- 51 第1の窒素ガスノズル
- 53 第2の窒素ガスノズル
- 59 他の窒素ガスノズル

40

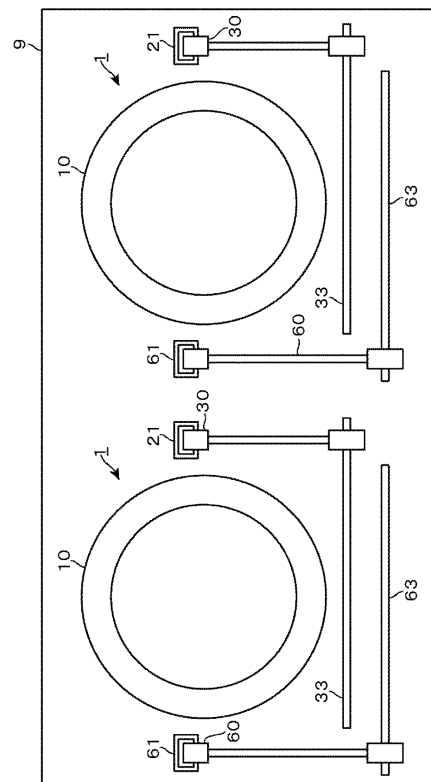
50

N 1	第 1 の洗浄液ノズル 4 1 の吐出位置
N 2	第 2 の洗浄液ノズル 4 3 の吐出位置
N 3	他の窒素ガスノズル 5 9 の吐出位置
R 1	第 1 の窒素ガスノズル 5 1 の吐出位置
R 2	第 2 の窒素ガスノズル 5 3 の吐出位置
W	ウエハ

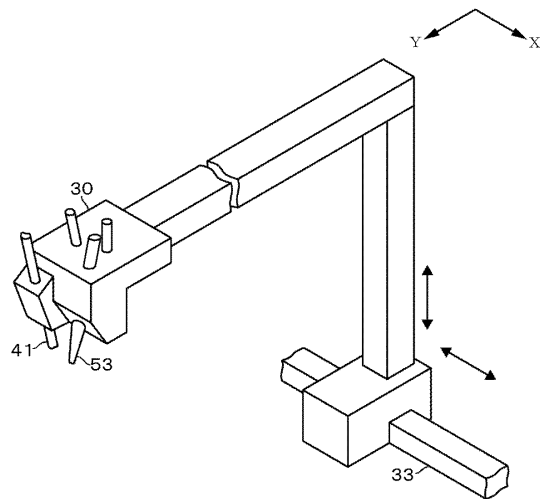
【図 1】



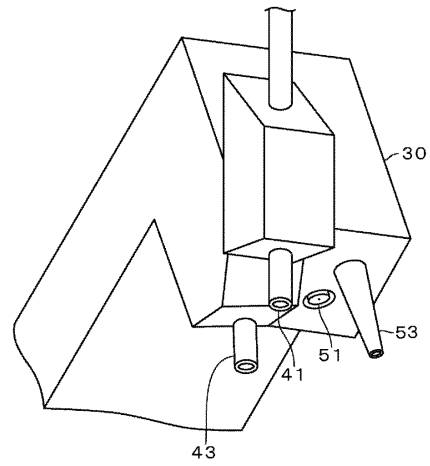
【図 2】



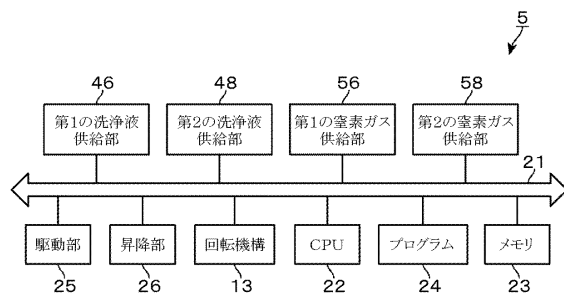
【図 3】



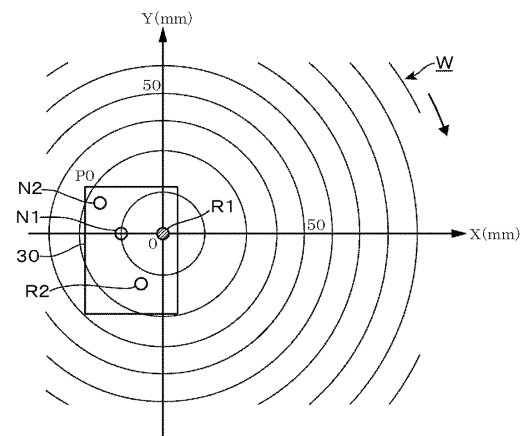
【図 4】



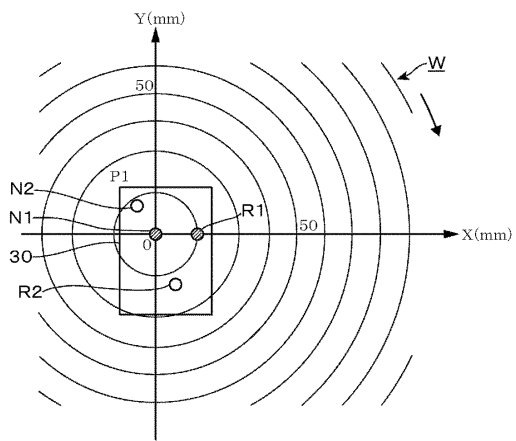
【図 5】



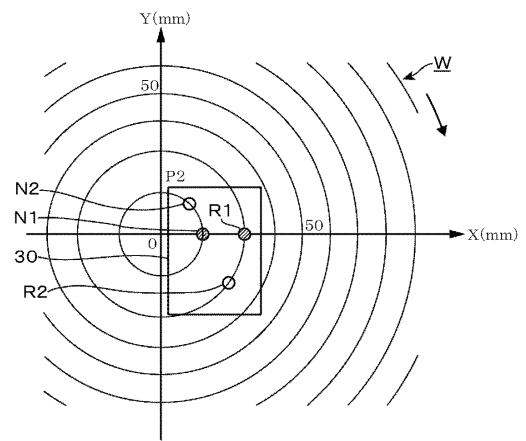
【図 6】



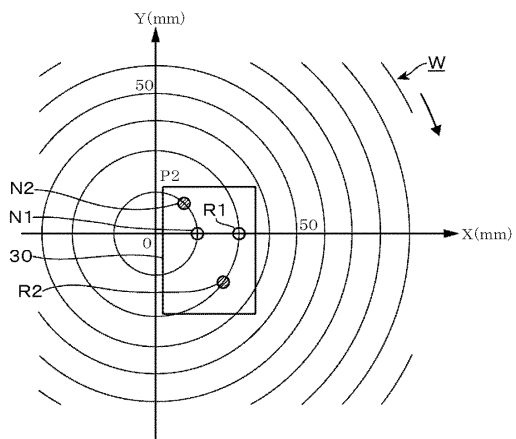
【図 7】



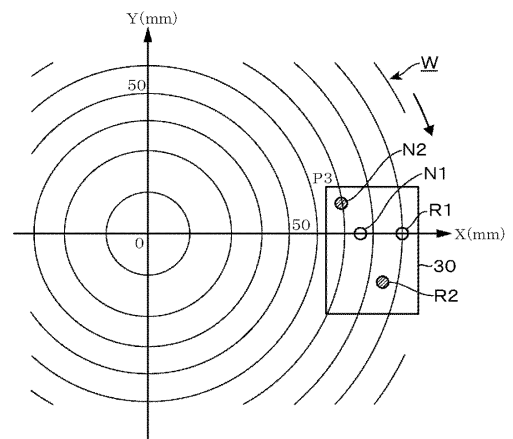
【図 8】



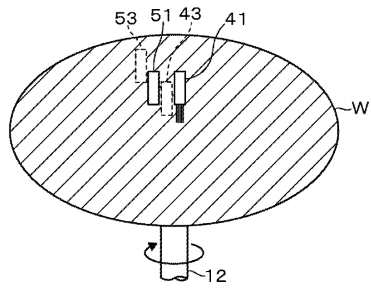
【図 9】



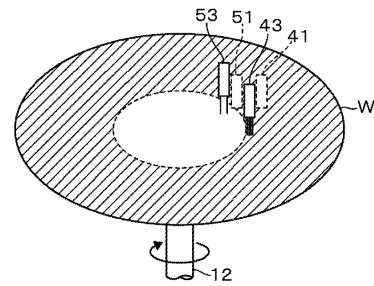
【図 10】



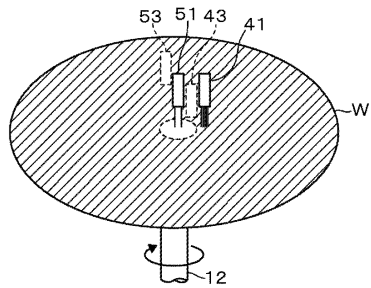
【図 1 1】



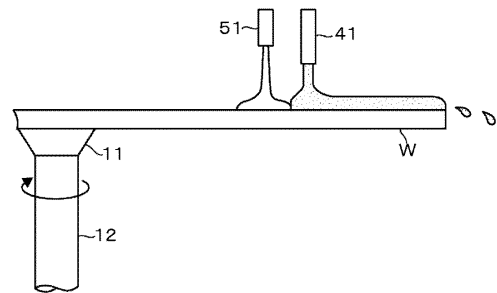
【図 1 3】



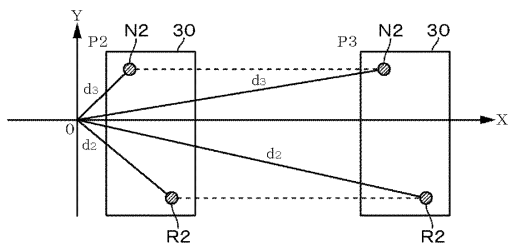
【図 1 2】



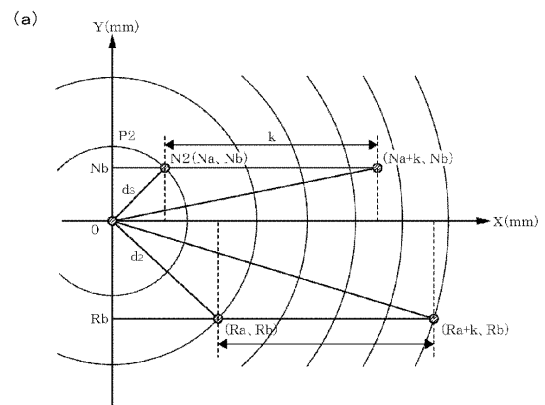
【図 1 4】



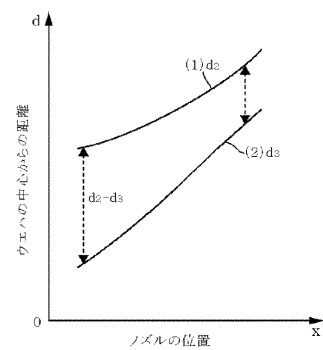
【図 1 5】



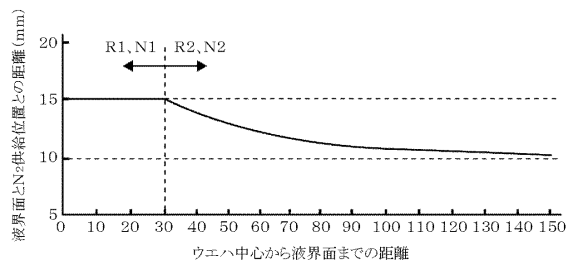
【図 1 6】



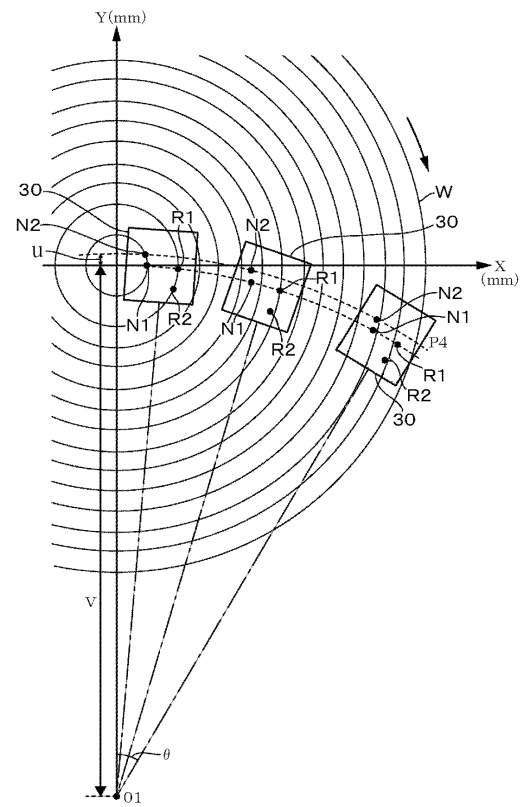
(b)



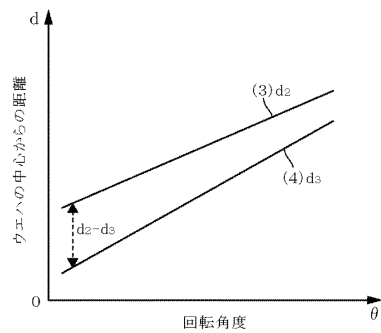
【図 17】



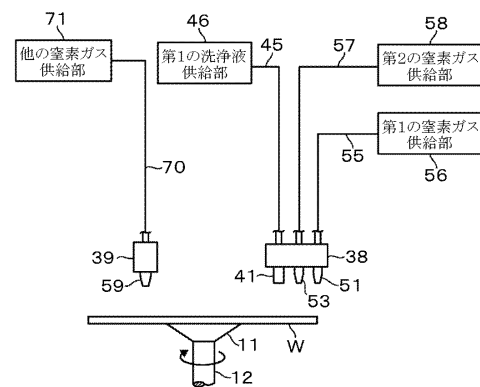
【図 18】



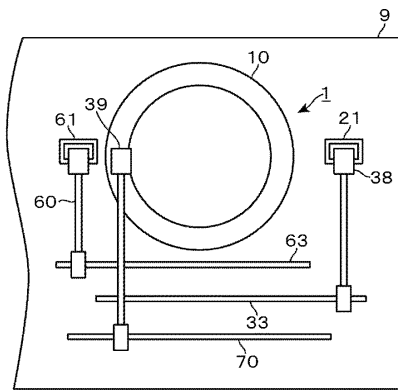
【図 19】



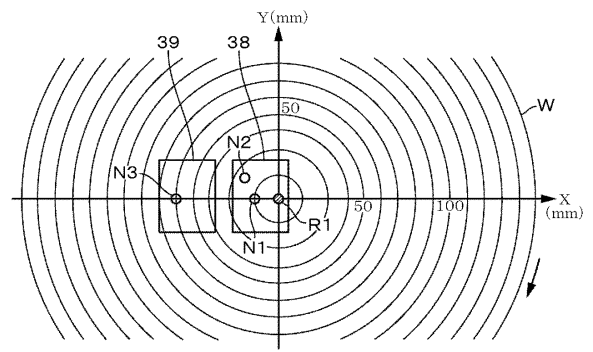
【図 20】



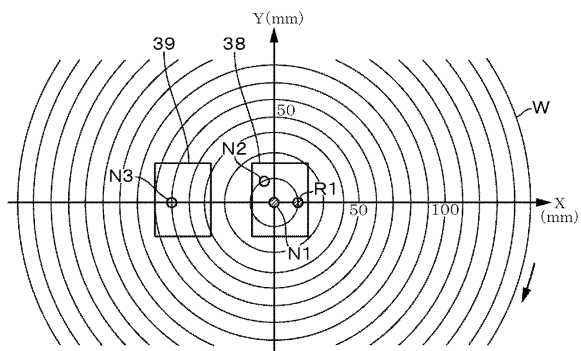
【図 2 1】



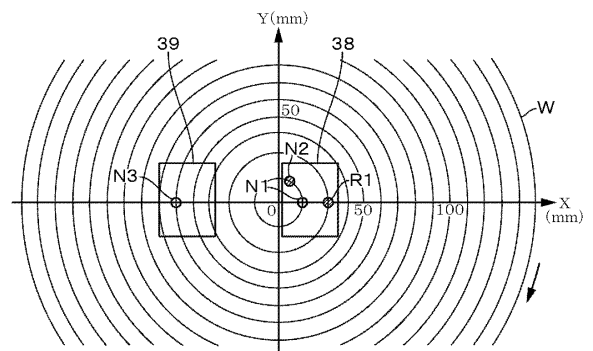
【図 2 2】



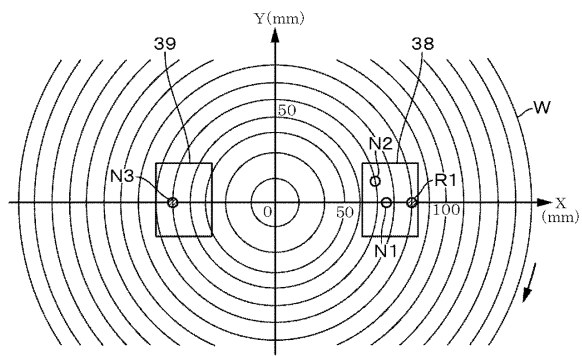
【図 2 3】



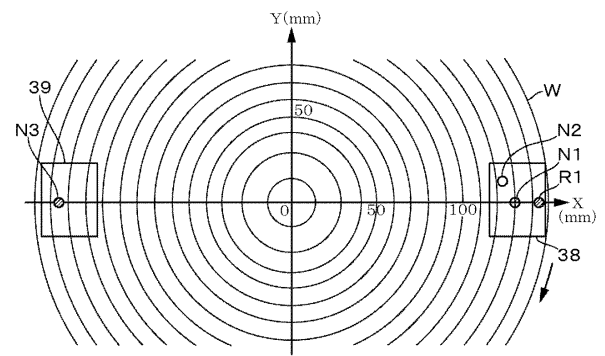
【図 2 4】



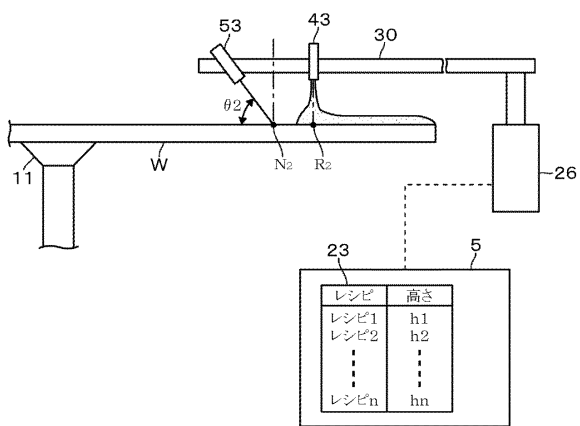
【図 25】



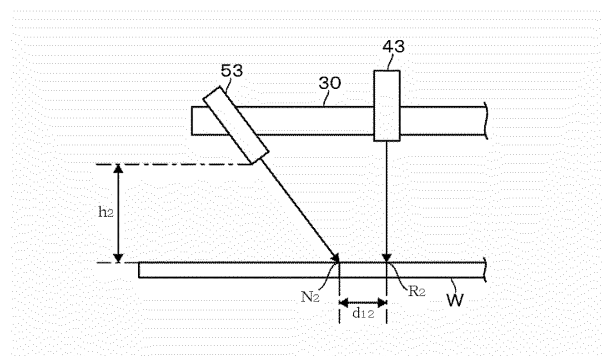
【図 26】



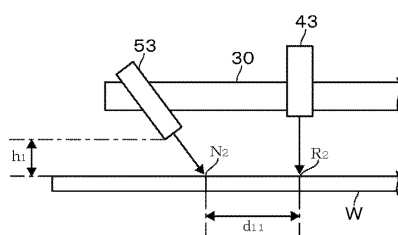
【図 27】



【図 29】



【図 28】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 1 L 21/30 5 6 9 C
G 0 3 F 7/30

(72)発明者 一ノ宮 博
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内
(72)発明者 西畑 広
東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂B i zタワー 東京エレクトロン株式会社内

審査官 堀江 義隆

(56)参考文献 特開2012-19002(JP,A)
特開2009-252855(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 L 2 1 / 3 0 4、H 0 1 L 2 1 / 0 2 7、G 0 3 F 7 / 3 0