

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5995881号  
(P5995881)

(45) 発行日 平成28年9月21日(2016.9.21)

(24) 登録日 平成28年9月2日(2016.9.2)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/304 (2006.01)	HO 1 L 21/304 6 4 8 G
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/304 6 4 3 A
	HO 1 L 21/304 6 5 1 B
	HO 1 L 21/304 6 5 1 L
	HO 1 L 21/30 5 6 9 F

請求項の数 12 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-2413 (P2014-2413)	(73) 特許権者	000219967
(22) 出願日	平成26年1月9日(2014.1.9)		東京エレクトロン株式会社
(65) 公開番号	特開2015-133347 (P2015-133347A)		東京都港区赤坂五丁目3番1号
(43) 公開日	平成27年7月23日(2015.7.23)	(74) 代理人	100088155
審査請求日	平成27年11月11日(2015.11.11)		弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100122507
			弁理士 柏岡 潤二
		(74) 代理人	100153969
			弁理士 松澤 寿昭
		(72) 発明者	上村 良一
			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】 基板洗浄方法、基板洗浄装置、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を回転させつつ、前記基板よりも上方に位置する液ノズルから前記基板の表面の中央部に洗浄液を吐出する第1の工程と、

前記第1の工程の後に、前記基板の上方に位置するガスノズルから前記基板の前記表面の中央部に乾燥ガスを吐出させ、前記基板の前記表面の中央部に乾燥領域を形成する第2の工程と、

前記第2の工程の後に、前記基板を回転させ且つ前記液ノズルを前記基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ前記液ノズルから前記基板の前記表面に洗浄液を吐出する第3の工程と、

前記基板の前記表面において洗浄液の供給位置から外側にかけて広がるウェット領域と、前記乾燥領域との間に生ずる中間領域の幅を取得する第4の工程と、

前記中間領域の前記幅が所定のしきい値を超えたときに、前記中間領域の幅が前記しきい値以下となるよう、前記基板の処理に供する処理パラメータを変更する第5の工程とを含む、基板洗浄方法。

【請求項2】

前記第5の工程では、変更対象の前記処理パラメータとして、前記ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、前記液ノズルの移動速度、前記基板の回転数、及び前記ガスノズルと前記基板の前記表面との距離のうち少なくとも一つを含む、請求項1に記載の基板洗浄方法。

## 【請求項 3】

前記第 3 の工程では、前記ガスノズルが前記液ノズルよりも前記基板の中央側に位置した状態を維持しながら、前記ガスノズルを前記基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ前記ガスノズルから前記基板の前記表面に乾燥ガスを吐出し、

前記第 5 の工程では、変更対象の前記処理パラメータとして、前記ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、前記ガスノズルの移動速度、前記液ノズルの移動速度、前記基板の回転数、及び前記ガスノズルと前記基板の前記表面との距離のうち少なくとも一つを含む、請求項 1 に記載の基板洗浄方法。

## 【請求項 4】

前記しきい値は、5 mm ~ 15 mm の範囲内から設定された値である、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の基板洗浄方法。

## 【請求項 5】

前記第 3 の工程では、前記基板を回転させ且つ前記液ノズルを前記基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ前記液ノズルから前記基板の前記表面に洗浄液を吐出すると共に、前記中間領域と前記乾燥領域との境界部分を含む撮像画像を取得し、

前記第 4 の工程は、

前記液ノズルの位置に基づいて前記中間領域の外縁を特定する第 1 のサブステップと

前記撮像画像を構成する画素の輝度値の変化量に基づいて、前記中間領域の内縁を特定する第 2 のサブステップと、

前記第 1 及び第 2 のサブステップで特定された前記中間領域の外縁と内縁との直線距離により前記中間領域の前記幅を決定する第 3 のサブステップとを含む、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の基板洗浄方法。

## 【請求項 6】

基板を回転させる回転駆動部と、

前記基板よりも上方に位置すると共に前記基板の表面に洗浄液を吐出する液ノズルと、前記基板よりも上方に位置すると共に前記基板の前記表面に乾燥ガスを吐出するガスノズルと、

前記基板よりも上方に位置すると共に前記基板の前記表面を撮像する撮像部と、

前記回転駆動部、前記液ノズル、前記ガスノズル及び前記撮像部を制御する制御部とを備え、

前記制御部は、

前記回転駆動部及び前記液ノズルを制御して、回転中の前記基板の前記表面の中央部に前記液ノズルから洗浄液を吐出させる、第 1 の制御と、

前記第 1 の制御の後に、前記ガスノズルを制御して、前記ガスノズルから前記基板の前記表面の中央部に乾燥ガスを吐出させ、前記基板の前記表面の中央部に乾燥領域を形成する第 2 の制御と、

前記第 2 の制御の後に、前記回転駆動部、前記液ノズル及び前記撮像部を制御して、前記液ノズルを前記基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ回転中の前記基板の前記表面に前記液ノズルから洗浄液を吐出させると共に、前記撮像部により前記基板の前記表面の撮像画像を取得する第 3 の制御と、

前記基板の前記表面において洗浄液の供給位置から外側にかけて広がるウェット領域と、前記乾燥領域との間に生ずる中間領域の幅を、前記撮像画像を用いて決定する第 4 の制御と、

前記中間領域の前記幅が所定のしきい値を超えたときに、前記中間領域の幅が前記しきい値以下となるよう、前記基板の処理に供する処理パラメータを変更する第 5 の制御とを実行する、基板洗浄装置。

## 【請求項 7】

前記制御部は、前記第 5 の制御において、変更対象の前記処理パラメータとして、前記ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、前記液ノズルの移動速度、前記基板の回転数

10

20

30

40

50

、及び前記ガスノズルと前記基板の前記表面との距離のうち少なくとも一つを含む、請求項 6 に記載の基板洗浄装置。

【請求項 8】

前記第 3 の制御では、前記ガスノズルを制御して、前記ガスノズルが前記液ノズルよりも前記基板の中央側に位置した状態を維持しながら、前記ガスノズルを前記基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ回転中の前記基板の前記表面に前記ガスノズルから乾燥ガスを吐出させ、

前記第 5 の制御では、変更対象の前記処理パラメータとして、前記ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、前記ガスノズルの移動速度、前記液ノズルの移動速度、前記基板の回転数、及び前記ガスノズルと前記基板の前記表面との距離のうち少なくとも一つを含む、請求項 6 に記載の基板洗浄装置。

10

【請求項 9】

前記しきい値は、5 mm ~ 15 mm の範囲内から設定された値である、請求項 6 ~ 8 のいずれか一項に記載の基板洗浄装置。

【請求項 10】

前記制御部は、前記第 4 の制御において、

前記液ノズルの位置に基づいて前記中間領域の外縁を特定する第 1 の処理と、

前記中間領域と前記乾燥領域との境界部分を含む前記撮像画像を構成する画素の輝度値の変化量に基づいて、前記中間領域の内縁を特定する第 2 の処理と、

前記第 1 及び第 2 の処理で特定された前記中間領域の外縁と内縁との直線距離により前記中間領域の前記幅を決定する第 3 の処理と

20

を実行する、請求項 6 ~ 9 のいずれか一項に記載の基板洗浄装置。

【請求項 11】

前記基板の前記表面に沿って前記撮像部を移動させる駆動部をさらに備え、

前記制御部は、前記第 3 の制御において前記駆動部を制御して、前記基板の回転に伴い移動する前記境界部分に追従するように前記撮像部を移動させる、請求項 10 に記載の基板洗浄装置。

【請求項 12】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の基板洗浄方法を基板洗浄装置に実行させるためのプログラムを記録した、コンピュータ読み取り可能な記録媒体。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板洗浄方法、基板洗浄装置、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、微細加工を行うにあたり、フォトリソグラフィ技術を用いて凹凸パターン（例えば、レジストパターン）を基板（例えば、半導体ウエハ）上に形成することが広く一般に行われている。具体的には、基板上にレジスト材料を塗布しレジスト膜を形成する塗布工程と、レジスト膜を露光する露光工程と、露光されたレジスト膜を現像する現像工程と、により凹凸パターンが形成される。

40

【0003】

現像工程においては、現像液により溶解したレジストの溶解物を現像液と共に洗浄液によって基板表面から除去する洗浄処理を含む。この洗浄処理において、レジストの溶解物が十分に除去されずに基板上に残存すると、所望の凹凸パターンが得られず現像欠陥が生じうる。

【0004】

そこで、このような現像欠陥を抑制するために、特許文献 1 に記載された基板の洗浄方法は、回転中の基板の中央部に洗浄液を供給して基板の表面全体に洗浄液を拡げる工程と

50

、基板の回転中に、基板の表面上における洗浄液の供給位置を基板の中央側から周縁側へと所定距離だけ移動させると共に、前記基板の中央部に乾燥ガスを吐出して乾燥領域を形成する工程と、基板の回転中に、基板の表面上における洗浄液の供給位置を基板の周縁側へとさらに移動させる工程とを含んでいる。この場合、洗浄液の供給位置が基板の周縁側に移動するのに伴い、基板の中心部に形成された乾燥領域も、遠心力の作用により外側に広がる。そのため、凹凸パターンの凹部内から洗浄液が外側に向けて排出され、レジストの溶解物が洗浄液と共に排出される。その結果、現像欠陥の発生が抑制される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-080315号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、特許文献1の方法によっても、現像欠陥が生ずる場合があった。そのため、本発明の目的は、現像欠陥の発生をより一層抑制することが可能な基板洗浄方法、基板洗浄装置、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明者らが鋭意研究したところ、基板の表面において洗浄液が乾燥しつつある中間領域（「半乾燥領域」ともいう）が、現像欠陥の要因となり得ることを見出だした。ここで、中間領域とは、洗浄液の供給位置から外側にかけて広がるウエット領域と、乾燥領域との間に存在し得る領域である。中間領域の大きさによっては、基板の回転に伴う遠心力により、中間領域の洗浄液が細かくちぎれて周囲に飛散し（いわゆる「液ちぎれ」）、ちぎれた洗浄液が基板の表面に残存しやすくなる（いわゆる「液残り」）。当該残存した液中にはレジストの溶解物が含まれているので、液残りが発生すると現像欠陥が発生する虞がある。このような知見に基づき、本発明者らは本発明を完成させるに至った。

【0008】

すなわち、本発明の一つの観点に係る基板洗浄方法は、基板を回転させつつ、基板よりも上方に位置する液ノズルから基板の表面の中央部に洗浄液を吐出する第1の工程と、第1の工程の後に、基板の上方に位置するガスノズルから基板の表面の中央部に乾燥ガスを吐出させ、基板の表面の中央部に乾燥領域を形成する第2の工程と、第2の工程の後に、基板を回転させ且つ液ノズルを基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ、液ノズルから基板の表面に洗浄液を吐出する第3の工程と、基板の表面において洗浄液の供給位置から外側にかけて広がるウエット領域と、乾燥領域との間に生ずる中間領域の幅を取得する第4の工程と、前記中間領域の幅が所定のしきい値を超えたときに、中間領域の幅がしきい値以下となるよう、基板の処理に供する処理パラメータを変更する第5の工程とを含む。

【0009】

中間領域の大きさが大きいほど、基板の回転に伴いより多くの洗浄液に遠心力が作用するので、基板の表面においてより多くの洗浄液がちぎれて周囲に飛散し、現像欠陥が発生しやすくなる。しかしながら、本発明の一つの観点に係る基板洗浄方法では、基板の表面において洗浄液の供給位置から外側にかけて広がるウエット領域と、乾燥領域との間に位置する中間領域の幅が所定のしきい値を超えたときに、中間領域の幅がしきい値以下となるよう処理パラメータを変更している。そのため、中間領域の幅が所定値を超えて大きくなることが防止されることに伴い、現像欠陥の要因となる液ちぎれの発生が大幅に抑制される。その結果、現像欠陥の発生をより一層抑制することが可能となる。

【0010】

第5の工程では、変更対象の処理パラメータとして、ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、液ノズルの移動速度、基板の回転数、及びガスノズルと基板の表面との距離の

10

20

30

40

50

うち少なくとも一つを含んでもよい。第3の工程では、ガスノズルが液ノズルよりも基板の中央側に位置した状態を維持しながら、ガスノズルを基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつガスノズルから基板の表面に乾燥ガスを吐出し、第5の工程では、変更対象の処理パラメータとして、ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、ガスノズルの移動速度、液ノズルの移動速度、基板の回転数、及びガスノズルと基板の表面との距離のうち少なくとも一つを含んでもよい。中間領域の幅がしきい値以下となるようにこれらの処理パラメータを変更することで、外乱の影響によって中間領域の大きさが変化した場合でも欠陥が生じ難いロバスト（頑健）な制御を実現することができる。

【0011】

しきい値は、5mm～15mmの範囲内から設定された値であってもよい。

10

【0012】

第3の工程では、基板を回転させ且つ液ノズルを基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ液ノズルから基板の表面に洗浄液を吐出すると共に、中間領域と乾燥領域との境界部分を含む撮像画像を取得し、第4の工程は、液ノズルの位置に基づいて中間領域の外縁を特定する第1のサブステップと、撮像画像を構成する画素の輝度値の変化量に基づいて、中間領域の内縁を特定する第2のサブステップと、第1及び第2のサブステップで特定された中間領域の外縁と内縁との直線距離により中間領域の幅を決定する第3のサブステップとを含んでもよい。中間領域は、基板の表面において洗浄液が乾燥しつつある半乾燥領域でもあるため、通常、中間領域において干渉縞が発現する。そのため、中間領域と乾燥領域との間には、輝度差（コントラスト）が存在する。従って、中間領域と乾燥領域との境界部分の撮像画像を画像処理して、輝度値の変化量を算出することで、中間領域の内縁を相当の正確性をもって決定することができる。

20

【0013】

本発明の他の観点に係る基板洗浄装置は、基板を回転させる回転駆動部と、基板よりも上方に位置すると共に基板の表面に洗浄液を吐出する液ノズルと、基板よりも上方に位置すると共に基板の表面に乾燥ガスを吐出するガスノズルと、基板よりも上方に位置すると共に基板の表面を撮像する撮像部と、回転駆動部、液ノズル、ガスノズル及び撮像部を制御する制御部とを備え、制御部は、回転駆動部及び液ノズルを制御して、回転中の基板の表面の中央部に液ノズルから洗浄液を吐出させる、第1の制御と、第1の制御の後に、ガスノズルを制御して、ガスノズルから基板の表面の中央部に乾燥ガスを吐出させ、基板の表面の中央部に乾燥領域を形成する第2の制御と、第2の制御の後に、回転駆動部、液ノズル及び撮像部を制御して、液ノズルを基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ、回転中の基板の表面に液ノズルから洗浄液を吐出させると共に、撮像部により基板の表面の撮像画像を取得する第3の制御と、基板の表面において洗浄液の供給位置から外側にかけて広がるウェット領域と、乾燥領域との間に生ずる中間領域の幅を、撮像画像を用いて決定する第4の制御と、中間領域の幅が所定のしきい値を超えたときに、中間領域の幅がしきい値以下となるよう、基板の処理に供する処理パラメータを変更する第5の制御とを実行する。

30

【0014】

本発明の他の観点に係る基板洗浄装置においても、本発明の一つの観点に係る基板洗浄方法と同様に、現像欠陥の発生をより一層抑制することが可能となる。

40

【0015】

制御部は、第5の制御において、変更対象の処理パラメータとして、ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、液ノズルの移動速度、基板の回転数、及びガスノズルと基板の表面との距離のうち少なくとも一つを含んでもよい。第3の制御では、ガスノズルを制御して、ガスノズルが液ノズルよりも基板の中央側に位置した状態を維持しながら、ガスノズルを基板の中央側から周縁側に向けて移動させつつ回転中の基板の表面にガスノズルから乾燥ガスを吐出させ、第5の制御では、変更対象の処理パラメータとして、ガスノズルから吐出される乾燥ガスの流量、ガスノズルの移動速度、液ノズルの移動速度、基板の回転数、及びガスノズルと基板の表面との距離のうち少なくとも一つを含んでもよい。中間

50

領域の幅がしきい値以下となるようにこれらの処理パラメータを変更することで、外乱の影響によって中間領域の大きさが変化した場合でも欠陥が生じ難いロバスト（頑健）な制御を実現することができる。

【0016】

しきい値は、5 mm ~ 15 mmの範囲内から設定された値であってもよい。

【0017】

制御部は、第4の制御において、液ノズルの位置に基づいて中間領域の外縁を特定する第1の処理と、中間領域と乾燥領域との境界部分を含む撮像画像を構成する画素の輝度値の変化量に基づいて、中間領域の内縁を特定する第2の処理と、第1及び第2の処理で特定された中間領域の外縁と内縁との直線距離により中間領域の幅を決定する第3の処理と  
10  
を実行してもよい。中間領域は、基板の表面において洗浄液が乾燥しつつある半乾燥領域でもある。中間領域における洗浄液は乾燥によって薄膜化され、通常、その膜厚は干渉縞が発現する程度の厚さとなる。そのため、中間領域と乾燥領域との間には、輝度差（コントラスト）が存在する。従って、中間領域と乾燥領域との境界部分の撮像画像を画像処理して、輝度値の変化量を算出することで、中間領域の内縁を相当の正確性をもって決定することができる。

【0018】

本発明の他の観点に係る基板洗浄装置は、基板の表面に沿って撮像部を移動させる駆動部をさらに備え、制御部は、第3の制御において駆動部を制御して、基板の回転に伴い移動する境界部分に追従するように撮像部を移動させてもよい。この場合、中間領域と乾燥  
20  
領域との境界部分に追従するように撮像部が移動することで、当該境界部分の撮像部による撮像をより確実に行えると共に、得られた撮像画像において当該境界部分がより鮮明となる。そのため、中間領域の内縁をより正確に特定することができる。

【0019】

本発明の他の観点に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、上記の基板洗浄方法を基板洗浄装置に実行させるためのプログラムを記録している。本発明の他の観点に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体においても、本発明の一つの観点に係るフィルタ処理方法と同様に、現像欠陥の発生をより一層抑制することが可能となる。なお、本明細書において、コンピュータ読み取り可能な記録媒体には、一時的でない有形の媒体（non-transitory computer recording medium）（例えば、各種の主記憶装置又は補助記憶装置）  
30  
や、伝播信号（transitory computer recording medium）（例えば、ネットワークを介して提供可能なデータ信号）が含まれる。

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、現像欠陥の発生をより一層抑制することが可能な基板洗浄方法、基板洗浄装置、及びコンピュータ読み取り可能な記録媒体を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】図1は、塗布・現像システムを示す斜視図である。

【図2】図2は、図1のII-II線断面図である。  
40

【図3】図3は、図2のIII-III線断面図である。

【図4】図4は、基板処理装置を示す断面図である。

【図5】図5は、基板処理装置を示す上面図である。

【図6】図6は、現像液を供給する工程を説明するための図である。

【図7】図7は、洗浄液を供給する工程を説明するための図である。

【図8】図8は、洗浄液及び乾燥ガスを供給する工程を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

本発明の実施形態について図面を参照して説明するが、以下の本実施形態は、本発明を説明するための例示であり、本発明を以下の内容に限定する趣旨ではない。説明において  
50

、同一要素又は同一機能を有する要素には同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

【0023】

まず、図1～図3に示される塗布・現像装置1の構成の概要について説明する。塗布・現像装置1は、露光装置E1による露光処理の前に、ウエハ(基板)Wの表面にレジスト材料を塗布してレジスト膜を形成する処理を行う。塗布・現像装置1は、露光装置E1による露光処理の後に、ウエハWの表面に形成されたレジスト膜の現像処理を行う。本実施形態において、ウエハWは円板状を呈するが、円形の一部が切り欠かれていたり、多角形などの円形以外の形状を呈するウエハを用いてもよい。

【0024】

塗布・現像装置1は、図1及び図2に示されるように、キャリアブロックS1と、処理ブロックS2と、インターフェースブロックS3と、塗布・現像装置1の制御手段として機能する制御装置CUとを備える。本実施形態において、キャリアブロックS1、処理ブロックS2、インターフェースブロックS3及び露光装置E1は、この順に直列に並んでいる。

【0025】

キャリアブロックS1は、図1及び図3に示されるように、キャリアステーション12と、搬入・搬出部13とを有する。キャリアステーション12は、複数のキャリア11を支持する。キャリア11は、複数枚のウエハWを密封状態で収容する。キャリア11は、ウエハWを出し入れするための開閉扉(図示せず)を一側面11a側に有する。キャリア11は、側面11aが搬入・搬出部13側に面するように、キャリアステーション12上に着脱自在に設置される。

【0026】

搬入・搬出部13は、図1～図3に示されるように、キャリアステーション12上の複数のキャリア11にそれぞれ対応する開閉扉13aを有する。側面11aの開閉扉と搬入・搬出部13の開閉扉13aとが同時に開放されると、キャリア11内と搬入・搬出部13内とが連通する。搬入・搬出部13は、図2及び図3に示されるように、受け渡しアームA1を内蔵している。受け渡しアームA1は、キャリア11からウエハWを取り出して処理ブロックS2に渡す。受け渡しアームA1は、処理ブロックS2からウエハWを受け取ってキャリア11内に戻す。

【0027】

処理ブロックS2は、図1～図3に示されるように、キャリアブロックS1に隣接すると共に、キャリアブロックS1と接続されている。処理ブロックS2は、図1及び図2に示されるように、下層反射防止膜形成(BCT)ブロック14と、レジスト膜形成(COT)ブロック15と、上層反射防止膜形成(TCT)ブロック16と、現像処理(DEV)ブロック17とを有する。DEVブロック17、BCTブロック14、COTブロック15及びTCTブロック16は、底面側からこの順に並んで配置されている。

【0028】

BCTブロック14は、図2に示されるように、塗布ユニット(図示せず)と、加熱・冷却ユニット(図示せず)と、これらのユニットにウエハWを搬送する搬送アームA2とを内蔵している。塗布ユニットは、反射防止膜形成用の薬液をウエハWの表面に塗布する。加熱・冷却ユニットは、例えば熱板によりウエハWを加熱し、その後例えば冷却板によりウエハWを冷却する。こうして、ウエハWの表面上に下層反射防止膜が形成される。

【0029】

COTブロック15は、図2に示されるように、塗布ユニット(図示せず)と、加熱・冷却ユニット(図示せず)と、これらのユニットにウエハWを搬送する搬送アームA3とを内蔵している。塗布ユニットは、レジスト膜形成用の薬液(レジスト材料)を下層反射防止膜の上に塗布する。加熱・冷却ユニットは、例えば熱板によりウエハWを加熱し、その後例えば冷却板によりウエハWを冷却する。こうして、ウエハWの下層反射防止膜上にレジスト膜が形成される。レジスト材料は、ポジ型でもよいし、ネガ型でもよい。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 0 】

TCTブロック16は、図2に示されるように、塗布ユニット（図示せず）と、加熱・冷却ユニット（図示せず）と、これらのユニットにウエハWを搬送する搬送アームA4とを内蔵している。塗布ユニットは、反射防止膜形成用の薬液をレジスト膜の上に塗布する。加熱・冷却ユニットは、例えば熱板によりウエハWを加熱し、その後例えば冷却板によりウエハWを冷却する。こうして、ウエハWのレジスト膜上に上層反射防止膜が形成される。

## 【 0 0 3 1 】

DEVブロック17は、図2及び図3に示されるように、複数の現像処理ユニット（基板処理装置）U1と、複数の加熱・冷却ユニット（熱処理部）U2と、これらのユニットにウエハWを搬送する搬送アームA5と、これらのユニットを経ずに処理ブロックS2の前後間でウエハWを搬送する搬送アームA6とを内蔵している。

10

## 【 0 0 3 2 】

現像処理ユニットU1は、後述するように、露光されたレジスト膜の現像処理を行う。加熱・冷却ユニットU2は、例えば熱板によるウエハWの加熱を通じて、ウエハW上のレジスト膜を加熱する。加熱・冷却ユニットU2は、加熱後のウエハWを例えば冷却板により冷却する。加熱・冷却ユニットU2は、ポストエクスポージャバーク（PEB）、ポストバーク（PB）等の加熱処理を行う。PEBは、現像処理前にレジスト膜を加熱する処理である。PBは、現像処理後にレジスト膜を加熱する処理である。

## 【 0 0 3 3 】

図1～図3に示されるように、処理ブロックS2のうちキャリアブロックS1側には、棚ユニットU10が設けられている。棚ユニットU10は、複数のセルC30～C38を有する。セルC30～C38は、DEVブロック17とTCTブロック16との間において上下方向に並んで配置されている。棚ユニットU10の近傍には、昇降アームA7が設けられている。昇降アームA7は、セルC30～C38の間でウエハWを搬送する。

20

## 【 0 0 3 4 】

処理ブロックS2のうちインターフェースブロックS3側には、棚ユニットU11が設けられている。棚ユニットU11は、複数のセルC40～C42を有する。セルC40～C42は、DEVブロック17に隣接して、上下方向に並んで配置されている。

## 【 0 0 3 5 】

インターフェースブロックS3は、図1～図3に示されるように、処理ブロックS2及び露光装置E1の間に位置すると共に、処理ブロックS2及び露光装置E1のそれぞれに接続されている。インターフェースブロックS3は、図2及び図3に示されるように、受け渡しアームA8を内蔵している。受け渡しアームA8は、処理ブロックS2の棚ユニットU11から露光装置E1にウエハWを渡す。受け渡しアームA8は、露光装置E1からウエハWを受け取り、棚ユニットU11にウエハWを戻す。

30

## 【 0 0 3 6 】

制御装置CUは、制御用のコンピュータであり、図1に示されるように、記憶部CU1と、制御部CU2とを有する。記憶部CU1は、塗布・現像装置1の各部や露光装置E1の各部を動作させるためのプログラムを記憶している。記憶部CU1は、例えば半導体メモリ、光記録ディスク、磁気記録ディスク、光磁気記録ディスクである。当該プログラムは、記憶部CU1とは別体の外部記憶装置や、伝播信号などの無形の媒体にも含まれ得る。これらの他の媒体から記憶部CU1に当該プログラムをインストールして、記憶部CU1に当該プログラムを記憶させてもよい。制御部CU2は、記憶部CU1から読み出したプログラムに基づいて、塗布・現像装置1の各部や露光装置E1の各部の動作を制御する。なお、制御装置CUは、処理条件の設定画面を表示する表示部（図示せず）や、処理条件を作業者が入力可能な入力部（図示せず）をさらに有し、入力部を通じて入力された条件に従って塗布・現像装置1の各部や露光装置E1の各部を動作させてもよい。

40

## 【 0 0 3 7 】

次に、塗布・現像装置1の動作の概要について説明する。まず、キャリア11がキャリ

50

アステーション12に設置される。このとき、キャリア11の一側面11aは、搬入・搬出部13の開閉扉13aに向けられる。続いて、キャリア11の開閉扉と、搬入・搬出部13の開閉扉13aとが共に開放され、受け渡しアームA1により、キャリア11内のウエハWが取り出され、処理ブロックS2の棚ユニットU10のうちいずれかのセルに順次搬送される。

【0038】

ウエハWが受け渡しアームA1により棚ユニットU10のいずれかのセルに搬送された後、ウエハWは、昇降アームA7により、BC Tブロック14に対応するセルC33に順次搬送される。セルC33に搬送されたウエハWは、搬送アームA2によってBC Tブロック14内の各ユニットに搬送される。搬送アームA2によってウエハWがBC Tブロック14内を搬送される過程で、ウエハWの表面上に下層反射防止膜が形成される。

10

【0039】

下層反射防止膜が形成されたウエハWは、搬送アームA2によってセルC33の上のセルC34に搬送される。セルC34に搬送されたウエハWは、昇降アームA7によって、COTブロック15に対応するセルC35に搬送される。セルC35に搬送されたウエハWは、搬送アームA3によりCOTブロック15内の各ユニットに搬送される。搬送アームA3によってウエハWがCOTブロック15内を搬送される過程で、下層反射防止膜上にレジスト膜が形成される。

【0040】

レジスト膜が形成されたウエハWは、搬送アームA3によってセルC35の上のセルC36に搬送される。セルC36に搬送されたウエハWは、昇降アームA7によって、TC Tブロック16に対応するセルC37に搬送される。セルC37に搬送されたウエハWは、搬送アームA4によってTC Tブロック16内の各ユニットに搬送される。搬送アームA4によってウエハWがTC Tブロック16内を搬送される過程で、レジスト膜上に上層反射防止膜が形成される。

20

【0041】

上層反射防止膜が形成されたウエハWは、搬送アームA4によってセルC37の上のセルC38に搬送される。セルC38に搬送されたウエハWは、昇降アームA7によってセルC32に搬送された後、搬送アームA6によって棚ユニットU11のセルC42に搬送される。セルC42に搬送されたウエハWは、インターフェースブロックS3の受け渡しアームA8により露光装置E1に渡され、露光装置E1においてレジスト膜の露光処理が行われる。露光処理が行われたウエハWは、受け渡しアームA8によりセルC42の下のセルC40、C41に搬送される。

30

【0042】

セルC40、C41に搬送されたウエハWは、搬送アームA5により、DEVブロック17内の各ユニットに搬送され、現像処理が行われる。これにより、ウエハWの表面上にレジストパターン(凹凸パターン)が形成される。レジストパターンが形成されたウエハWは、搬送アームA5によって棚ユニットU10のうちDEVブロック17に対応したセルC30、C31に搬送される。セルC30、C31に搬送されたウエハWは、昇降アームA7によって、受け渡しアームA1がアクセス可能なセルに搬送され、受け渡しアームA1によって、キャリア11内に戻される。

40

【0043】

なお、上述した塗布・現像装置1の構成及び動作は一例にすぎない。塗布・現像装置1は、塗布ユニットや現像処理ユニット等の液処理ユニットと、加熱・冷却ユニット等の前処理・後処理ユニットと、搬送装置とを備えていればよい。すなわち、これら各ユニットの個数、種類、レイアウト等は適宜変更可能である。

【0044】

次に、現像処理ユニット(基板処理装置)U1について、さらに詳しく説明する。現像処理ユニットU1は、図4に示されるように、回転保持部20と、昇降装置22と、現像液供給部23と、洗浄液供給部24と、乾燥ガス供給部25と、撮像部26とを備える。

50

## 【 0 0 4 5 】

回転保持部 2 0 は、電動モータ等の動力源を内蔵した本体部 2 0 a と、本体部 2 0 a から鉛直上方に延びる回転軸 2 0 b と、回転軸 2 0 b の先端部に設けられたチャック 2 0 c とを有する。本体部 2 0 a は、動力源により回転軸 2 0 b 及びチャック 2 0 c を回転させる。チャック 2 0 c は、ウエハ W の中心部を支持し、例えば吸着によりウエハ W を略水平に保持する。すなわち、回転保持部 2 0 は、ウエハ W の姿勢が略水平の状態、ウエハ W の表面に対して垂直な中心軸（鉛直軸）周りでウエハ W を回転させる。本実施形態では、図 4 等に示されるように、回転保持部 2 0 は、上方から見て正時計回りにウエハ W を回転させる。

## 【 0 0 4 6 】

昇降装置 2 2 は、回転保持部 2 0 に取り付けられており、回転保持部 2 0 を昇降させる。具体的には、昇降装置 2 2 は、搬送アーム A 5 とチャック 2 0 c との間でウエハ W の受け渡しを行うための上昇位置（受け渡し位置）と、現像処理を行うための下降位置（現像位置）との間で、回転保持部 2 0（チャック 2 0 c）を昇降させる。

## 【 0 0 4 7 】

回転保持部 2 0 の周囲には、カップ 3 0 が設けられている。ウエハ W が回転すると、ウエハ W の表面に供給された液体（詳しくは後述する。）が周囲に振り切られて落下するが、カップ 3 0 は、当該落下した液体を受け止める収容器として機能する。カップ 3 0 は、回転保持部 2 0 を囲む円環形状の底板 3 1 と、底板 3 1 の外縁から鉛直上方に突出した円筒状の外壁 3 2 と、底板 3 1 の内縁から鉛直上方に突出した円筒状の内壁 3 3 とを有する。

## 【 0 0 4 8 】

外壁 3 2 の全部分は、チャック 2 0 c に保持されたウエハ W よりも外側に位置する。外壁 3 2 の上端 3 2 a は、下降位置にある回転保持部 2 0 に保持されたウエハ W よりも上方に位置する。外壁 3 2 の上端 3 2 a 側の部分は、上方に向かうにつれて内側に傾いた傾斜壁部 3 2 b となっている。内壁 3 3 の全部分は、チャック 2 0 c に保持されたウエハ W の周縁よりも内側に位置する。内壁 3 3 の上端 3 3 a は、下降位置にある回転保持部 2 0 に保持されたウエハ W よりも下方に位置する。

## 【 0 0 4 9 】

内壁 3 3 と外壁 3 2 との間には、底板 3 1 の上面から鉛直上方に突出した仕切壁 3 4 が設けられている。すなわち、仕切壁 3 4 は、内壁 3 3 を囲んでいる。底板 3 1 のうち、外壁 3 2 と仕切壁 3 4 との間の部分には、液体排出孔 3 1 a が形成されている。液体排出孔 3 1 a には、排液管 3 5 が接続されている。底板 3 1 のうち、仕切壁 3 4 と内壁 3 3 との間の部分には、気体排出孔 3 1 b が形成されている。気体排出孔 3 1 b には、排気管 3 6 が接続されている。

## 【 0 0 5 0 】

内壁 3 3 の上には、仕切壁 3 4 よりも外側に張り出す傘状部 3 7 が設けられている。ウエハ W 上から外側に振り切られて落下した液体は、外壁 3 2 と仕切壁 3 4 との間に導かれ、液体排出孔 3 1 a から排出される。仕切壁 3 4 と内壁 3 3 との間には、液体から発生したガス等が進入し、当該ガスが気体排出孔 3 1 b から排出される。

## 【 0 0 5 1 】

内壁 3 3 に囲まれる空間の上部は、仕切板 3 8 により閉塞されている。回転保持部 2 0 の本体部 2 0 a は仕切板 3 8 の下方に位置する。チャック 2 0 c は仕切板 3 8 の上方に位置する。回転軸 2 0 b は仕切板 3 8 の中心部に形成された貫通孔内に挿通されている。

## 【 0 0 5 2 】

現像液供給部 2 3 は、図 4 に示されるように、現像液（処理液）の供給源 2 3 a と、ヘッド部 2 3 c と、図示しない移動体とを有する。供給源 2 3 a は、現像液の貯蔵容器、ポンプ及びバルブ等を有する。ヘッド部 2 3 c は、供給管 2 3 b を介して供給源 2 3 a に接続される。ヘッド部 2 3 c は、現像液の供給の際に、ウエハ W の表面 W a の上方に位置している。ヘッド部 2 3 c に設けられたノズル N 1 は、ウエハ W の表面 W a に向けて下方に

10

20

30

40

50

開口している。従って、ヘッド部 23c は、制御装置 CU からの制御信号を受けて供給源 23a から供給された現像液を、ノズル N1 からウエハ W の表面 Wa に吐出する。

【0053】

移動体は、制御装置 CU からの制御信号を受けて、ヘッド部 23c を水平方向に移動させる。これにより、ヘッド部 23c は、下降位置にあるウエハ W の上方で且つウエハ W の中心軸に直交する直線上を、ウエハ W の径方向に沿って移動する。

【0054】

洗浄液供給部 24 は、図 4 に示されるように、洗浄液（リンス液）の供給源 24a と、ヘッド部 24c と、移動体 24d とを有する。供給源 24a は、洗浄液の貯蔵容器、ポンプ及びバルブ等を有する。洗浄液は、例えば純水又は DIW (Deionized Water) である。ヘッド部 24c は、供給管 24b を介して供給源 24a に接続される。ヘッド部 24c は、洗浄液の供給の際に、ウエハ W の表面 Wa の上方に位置している。ヘッド部 24c に設けられたノズル N2 は、ウエハ W の表面 Wa に向けて下方に開口している。従って、ヘッド部 24c は、制御装置 CU からの制御信号を受けて供給源 24a から供給された洗浄液を、ノズル N2 からウエハ W の表面 Wa に吐出する。

【0055】

移動体 24d は、アーム 24e を介してヘッド部 24c に接続されている。移動体 24d は、制御装置 CU からの制御信号を受けて、ガイドレール（図示せず）上を水平方向に移動する。これにより、ヘッド部 24c は、下降位置にあるウエハ W の上方で且つウエハ W の中心軸に直交する直線上を、ウエハ W の径方向に沿って水平方向に移動する。移動体 24d は、制御装置 CU からの制御信号を受けて、アーム 24e を昇降させる。これにより、ヘッド部 24c は、上下方向に移動し、ウエハ W の表面 Wa に対して近接又は離間する。

【0056】

乾燥ガス供給部 25 は、図 4 に示されるように、乾燥ガスの供給源 25a と、ヘッド部 25c と、移動体 25d とを有する。供給源 25a は、乾燥ガスの貯蔵容器、ポンプ及びバルブ等を有する。乾燥ガスは、例えば窒素等の不活性ガスである。ヘッド部 25c は、供給管 25b を介して供給源 25a に接続される。ヘッド部 25c は、ウエハ W の表面 Wa の上方に位置している。ヘッド部 25c に設けられたノズル N3 は、ウエハ W の表面 Wa に向けて下方に開口している。従って、ヘッド部 25c は、制御装置 CU からの制御信号を受けて供給源 25a から供給された乾燥ガス、ノズル N3 からウエハ W の表面 Wa に吐出する。なお、ノズル N3 は、その先端がウエハ W の径方向に沿って 1 自由度で回転可能である（図 4 参照）。具体的には、ノズル N3 は、その吐出口がウエハ W の表面 Wa と直交する状態と、その吐出口がウエハ W の周縁側に向けて（ノズル N2 側に向けて）ウエハ W の表面 Wa に対して傾く状態とをとりうる。

【0057】

移動体 25d は、アーム 25e を介してヘッド部 25c に接続されている。移動体 25d は、制御装置 CU からの制御信号を受けて、ガイドレール（図示せず）上を水平方向に移動する。これにより、ヘッド部 25c は、下降位置にあるウエハ W の上方で且つウエハ W の中心軸に直交する直線上を、ウエハ W の径方向に沿って水平方向に移動する。移動体 25d は、制御装置 CU からの制御信号を受けて、アーム 25e を昇降させる。これにより、ヘッド部 25c は、上下方向に移動し、ウエハ W の表面 Wa に対して近接又は離間する。

【0058】

洗浄液供給部 24 及び乾燥ガス供給部 25 の配置の一例を、図 5 (a), (b) に示す。洗浄液供給部 24 及び乾燥ガス供給部 25 は、上方から見て、ノズル N2, N3 (ヘッド部 24c, 25c) がウエハ W の径方向に沿って並ぶように配置されている。詳しくは後述するが、ウエハ W の洗浄工程において、ノズル N2, N3 (ヘッド部 24c, 25c) はウエハ W の中心近傍から周縁側に向けて移動する。この移動方向を基準とすると、ノズル N3 (ヘッド部 25c) は、ノズル N2 (ヘッド部 24c) よりも移動元側に位置し

10

20

30

40

50

ている。

【 0 0 5 9 】

ヘッド部 2 4 c , 2 5 c は、制御装置 C U により、各アーム 2 4 e , 2 5 e を介して互いに独立に水平移動する。同様に、ヘッド部 2 4 c , 2 5 c は、制御装置 C U により、各アーム 2 4 e , 2 5 e を介して互いに独立に上下移動する。なお、図 5 ( a ) に示される例においては、ヘッド部 2 4 c , 2 5 c は、アーム 2 4 e , 2 5 e が延びる方向と同方向に移動する。一方、図 5 ( b ) に示される例においては、ヘッド部 2 4 c , 2 5 c は、アーム 2 4 e , 2 5 e が延びる方向と交差する方向に移動する。

【 0 0 6 0 】

撮像部 2 6 は、ウエハ W の表面 W a の上方に位置しており、ウエハ W の表面 W a を撮像する。本実施形態において、撮像部 2 6 は、ヘッド部 2 5 c の先端近傍に設けられており、ヘッド部 2 5 c と共に移動する ( 図 4 及び図 5 参照 ) 。撮像部 2 6 は、ノズル N 2 , N 3 の移動方向を基準として、ノズル N 3 ( ヘッド部 2 5 c ) よりも移動元側に位置している。後述する洗浄工程において、ウエハ W の表面 W a におけるヘッド部 2 5 c ( ノズル N 3 ) の下方には、中間領域 D 2 と乾燥領域 D 3 との境界が存在しうると共に、当該境界がノズル N 2 , N 3 ( ヘッド部 2 4 c , 2 5 c ) に伴ってウエハ W の周縁側に移動する。ヘッド部 2 5 c の先端近傍に設けられた撮像部 2 6 は、ヘッド部 2 5 c のみならず当該境界とも同期して移動し、当該境界近傍の撮像を継続して行う。

10

【 0 0 6 1 】

次に、現像処理ユニット U 1 を用いて、ウエハ W の表面 W a にレジストパターン ( 凹凸パターン ) を形成する方法について、詳しく説明する。まず、現像工程について説明する。制御装置 C U は昇降装置 2 2 に指示して、チャック 2 0 c を上昇位置まで上昇させる。この状態で、搬送アーム A 5 によりウエハ W が現像処理ユニット U 1 内に搬入される。なお、ウエハ W が現像処理ユニット U 1 内に搬入される前に、ウエハ W の表面 W a にはレジスト膜 R ( 図 6 参照 ) が形成され、当該レジスト膜 R には露光装置 E 1 により露光処理が施されている。

20

【 0 0 6 2 】

レジスト膜 R が配置されている表面 W a を上にした状態でウエハ W がチャック 2 0 c 上に載置されると、制御装置 C U はチャック 2 0 c に指示して、ウエハ W をチャック 2 0 c に吸着保持させる。続いて、制御装置 C U は昇降装置 2 2 に指示して、チャック 2 0 c を

30

【 0 0 6 3 】

続いて、制御装置 C U は回転保持部 2 0 ( 本体部 2 0 a ) に指示して、ウエハ W を回転させる ( 図 6 ( a ) 参照 ) 。本実施形態では、ウエハ W は、上方から見て反時計回りに回転される。制御装置 C U は現像液供給部 2 3 の移動体 ( 図示せず ) 及び供給源 2 3 a に指示して、ウエハ W の回転中にヘッド部 2 3 c をウエハ W の周縁側から中央側に向けて移動させつつ、ノズル N 1 から現像液 L 1 をウエハ W の表面 W a 上に吐出させる ( 図 6 ( a ) 参照 ) 。これにより、ウエハ W の表面 W a 上には、ウエハ W の周縁側から中央側に向けてスパイラル状に現像液 L 1 が供給され、ウエハ W の表面 W a 全体が現像液 L 1 によって覆われる ( 図 6 ( b ) 参照 ) 。続いて、制御装置 C U は現像液供給部 2 3 の移動体 ( 図示せず ) 及び供給源 2 3 a に指示して、ノズル N 1 から現像液 L 1 の吐出を停止させると共に、ヘッド部 2 3 c をウエハ W の外側に退避させる。以上により、現像工程が終了する。

40

【 0 0 6 4 】

続いて、洗浄工程について説明する。制御装置 C U は移動体 2 4 d , 2 5 d に指示して、ヘッド部 2 4 c , 2 5 c をウエハ W の中央部まで移動させる。ノズル N 2 がウエハ W の略中央部に到達すると、制御装置 C U は供給源 2 4 a に指示して、回転中のウエハ W の表面 W a 上にノズル N 2 から洗浄液 L 2 を吐出させる ( 図 7 ( a ) 参照 ) 。このときのウエハ W の回転数 の下限は、例えば 5 0 0 r p m 程度でもよいし、 1 0 0 0 r p m 程度でもよい。このときのウエハ W の回転数 の上限は、例えば 1 5 0 0 0 r p m 程度でもよいし、 1 0 0 0 r p m 程度でもよい。ノズル N 2 からの洗浄液 L 2 の吐出時間の下限は、例え

50

ば15秒程度でもよいし、30秒程度でもよい。ノズルN2からの洗浄液L2の吐出時間の上限は、例えば600秒程度でもよいし、30秒程度でもよい。

【0065】

露光処理されたレジスト膜Rのうち現像液L1との反応で溶解したレジストの溶解物は、洗浄液L2によって、現像液L1と共に洗い流される(図7(b)参照)。これらレジストの溶解物、現像液L1及び洗浄液L2は、ウエハWの回転に伴う遠心力によって、ウエハWの周囲に振り切られて落下する。こうして、ウエハWの表面Wa上にレジストパターンRPが形成される(図7(b)参照)。レジストパターンRPは、凸部Ra及び凹部Rbを有する凹凸パターンである。

【0066】

続いて、ウエハWの回転及びノズルN2からの洗浄液L2の吐出を継続させつつ、制御装置CUは移動体24d, 25dに指示して、ヘッド部24c, 25cをウエハWの周縁側に移動させる。ノズルN3がウエハWの略中央部に到達すると、制御装置CUは供給源25aに指示して、ウエハWの回転中にノズルN3から乾燥ガスGを吐出させる(図8(a)参照)。乾燥ガスGの吐出開始から吐出停止までの時間は、例えば5秒程度に設定できる。

【0067】

これにより、ウエハWの中央部上にある洗浄液L2が周囲に吹き飛ばされ且つ蒸発し、ウエハWの中央部に乾燥領域D3が形成される(図5及び図8参照)。ここで、乾燥領域D3とは、洗浄液L2が蒸発することによりウエハWの表面Waが露出した状態の領域をいうが、当該表面Wa上にごく僅かの(例えばマイクロオーダーの)液滴が付着している場合も含むものとする。この乾燥領域D3は、ウエハWの回転により生ずる遠心力で、ウエハWの中央部から周縁側に向けて拡がる。

【0068】

一方、ノズルN2から吐出される洗浄液L2は、ウエハWの回転により生ずる遠心力で、ウエハWの周縁側に向けて拡がる。そのため、ノズルN2の位置からウエハWの周縁にかけての領域は、ウエハWの表面Waには洗浄液L2が十分に供給されたウエット領域D1となっている(図5及び図8参照)。ウエット領域D1と乾燥領域D3との間には、ウエハWの表面Waにおいて洗浄液L2が乾燥しつつある中間領域D2(「半乾燥領域」ともいう)が存在している(図5及び図8参照)。そのため、中間領域D2における洗浄液L2の厚さは、ウエット領域D1における洗浄液L2の厚さよりも薄くなっている。

【0069】

続いて、ウエハWの回転及びノズルN2からの洗浄液L2の吐出を継続させつつ、制御装置CUは移動体24d, 25dに指示して、ヘッド部24c, 25cをウエハWの周縁に向けてさらに移動させる(図8(b), (c)参照)。このとき、ノズルN3から乾燥ガスGの吐出を行わなくてもよい。あるいは、制御装置CUは移動体24d, 25dに指示して、ノズルN3がノズルN2よりもウエハWの中央側に位置した状態を維持しながら、ノズルN3をノズルN2と共にウエハWの周縁に向けて移動させつつノズルN3から乾燥ガスGの吐出を継続させてもよい。

【0070】

その後、ウエハWの表面Wa全体の洗浄が終了すると、制御装置CUは移動体24d, 25d及び回転保持部20(本体部20a)に指示して、ヘッド部24c, 25cをウエハWの外側まで移動させた後、所定の回転数でウエハWを回転させてウエハWの乾燥を行う(図8(d)参照)。このときのウエハWの回転数は、例えば1500rpm~2000rpm程度に設定してもよい。以上により、洗浄工程が終了する。

【0071】

以上の工程を経て、ウエハWの表面Waにレジストパターン(凹凸パターン)RPが形成される。従って、現像処理ユニットU1は、現像処理の際にウエハWを洗浄するための装置としても機能する。

【0072】

10

20

30

40

50

ところで、本実施形態では、ウエハWの表面Waに乾燥領域D3を形成してから(図8(a)参照)、洗浄工程の終了まで(図8(d)参照)の間において、制御装置CUは、ウエハWの表面Waに形成される中間領域D2の幅X(例えば、図5(a)又は図8(c)を参照)を取得する取得処理を行う。そして、制御装置CUは、中間領域D2の当該幅Xが所定のしきい値を超えたかどうかを判定し、超えたと判定したときに当該幅Xが当該しきい値以下となるように、ウエハWの処理に供する各種処理パラメータを変更する変更処理を行う。

【0073】

当該しきい値の下限は、例えば5mm程度であってもよい。当該しきい値の上限は、例えば15mm程度であってもよい。当該しきい値は、5mm~15mmの範囲内から設定された値であってもよいし、10mm程度であってもよい。

10

【0074】

変更処理によって変更された処理パラメータは、取得処理が行われるのと同じの洗浄工程中において直ちにフィードバックされて、リアルタイムに当該ウエハWの処理を変更してもよい。変更処理によって変更された処理パラメータは、取得処理が行われる洗浄工程よりも後の洗浄工程におけるウエハWの処理に供されてもよい。幅Xが所定のしきい値を超えたと判定された場合には、当該ウエハWについて欠陥が生ずる蓋然性があること考慮し、当該ウエハWにマーキング等を付して他の正常なウエハWと区別するようにしてもよい。ウエハWの再利用を図るため、このように区別された当該ウエハW上にあるレジスト膜R又はレジストパターンRPをいったん除去した後に、当該ウエハWに対して改めて現像工程及び洗浄工程を行ってもよい。

20

【0075】

中間領域D2の幅Xは、中間領域D2及びウエット領域D1の境界と、中間領域D2及び乾燥領域D3の境界との直線距離として定義してもよい。中間領域D2とウエット領域D1との境界は、中間領域D2の外縁をなしている。中間領域D2と乾燥領域D3との境界は、中間領域D2の内縁をなしている。

【0076】

ウエット領域D1ではノズルN2から洗浄液L2が継続して吐出されているので、ウエット領域D1における洗浄液L2の膜厚は厚い。乾燥領域D3では洗浄液L2が完全に又はほとんど乾燥しているので、乾燥領域D3における洗浄液L2の膜厚は0又はごく薄い。すなわち、中間領域D2における洗浄液L2の膜厚は、乾燥領域D3における洗浄液L2の膜厚よりも厚く、ウエット領域D1における洗浄液L2の膜厚よりも薄い。中間領域D2における洗浄液L2の膜厚に起因して、一般に、中間領域D2には干渉縞が発現する。そのため、中間領域D2の内縁及び外縁は、例えば、中間領域D2における洗浄液L2の膜厚を基準としても特定されてもよいし、外部から観察される中間領域D2の干渉縞を基準として特定されてもよい。

30

【0077】

ノズルN2から吐出された洗浄液L2は、遠心力によりウエハWの周縁に向かう。そのため、中間領域D2とウエット領域D1との境界(中間領域D2の外縁)は、ノズルN2の位置にほぼ一致する。具体的には、当該境界は、進行方向においてノズルN2の後縁の位置(ノズルN2のうち、上方から見てウエハWの中心側の縁の位置)にほぼ一致する。そのため、ノズルN2の位置に基づいて中間領域D2の外縁を特定してもよい。

40

【0078】

一方、中間領域D2の内縁の特定は、撮像部26を用いた画像処理を通じて、以下のように行われてもよい。中間領域D2には干渉縞が発現しているため、中間領域D2と乾燥領域D3との境界には、輝度差(コントラスト)が存在する。そこで、撮像部26は、中間領域D2と乾燥領域D3との境界部分を撮像して撮像画像を生成すると、当該撮像画像を制御装置CUに送信する。次に、制御装置CUは、受信した当該撮像画像を画像処理して、当該撮像画像のうち中間領域D2と乾燥領域D3との境界近傍を構成する複数の画素における輝度値の変化量を算出する。次に、制御装置CUは、算出した変化量と予め設定

50

された基準値とを比較して基準値よりも大きい画素を選択し、選択された当該画素に対応する箇所を中間領域D2の内縁として特定する。

【0079】

このように、撮像部26を用いた画像処理を通じて中間領域D2の内縁を特定する場合、撮像部26が中間領域D2と乾燥領域D3との境界部分に加えてノズルN3の先端近傍も撮像してもよい。このようにすると、輝度値の変化量があまり大きくない場合であっても、撮像画像に含まれるノズルN3の存在によって中間領域D2と乾燥領域D3との境界部分を特定しやすくなる。

【0080】

各種処理パラメータとして、(A)ノズルN3から吐出される乾燥ガスGの流量、(B)ノズルN3の移動速度、(C)ノズルN2の移動速度、(D)ウエハWの回転数、及び(E)ノズルN3とウエハWの表面Waとの距離、のうち少なくとも一つを変更してもよい。中間領域D2の幅Xがしきい値以下となるようにこれらの処理パラメータを変更することで、外乱の影響によって中間領域D2の大きさが変化した場合でも欠陥が生じ難いロバスト(頑健)な制御を実現することができる。

10

【0081】

パラメータAに関して、ノズルN3から吐出される乾燥ガスGの流量が大きいほど、ウエハWの表面Wa上における洗浄液L2が乾燥しやすくなる。そのため、中間領域D2の幅Xが小さくなる傾向にある。パラメータB,Cに関して、通常はノズルN2,N3を共に同程度の速度で移動させるが、中間領域D2の幅Xが大きくなった場合には、ノズルN2とノズルN3とが近づくように少なくとも一方の移動速度が制御される。ノズルN2,N3の双方について移動速度を低下させてもよい。

20

【0082】

パラメータDに関して、ウエハWの回転数が大きいほど、ウエハWの表面Wa上における洗浄液L2に作用する遠心力が大きくなる。そのため、中間領域D2の幅Xが小さくなる傾向にある。パラメータEに関して、ノズルN3とウエハWの表面Waとの距離が近づくほど、ウエハWの表面Waに吹き付けられる乾燥ガスGの流速が速くなり、ウエハWの表面Wa上における洗浄液L2が乾燥ガスGによって排除されやすくなる。そのため、中間領域D2の幅Xが小さくなる傾向にある。

【0083】

その他の処理パラメータの一例として、(F)ノズルN3の向きや、(G)ノズルN2から吐出される洗浄液L2の流量が挙げられる。パラメータFに関して、ノズルN3の向きがウエハWの表面Waに対して略45°であると、ノズルN3から吐出された乾燥ガスGが中間領域D2の内縁に直接且つ効率的に吹き付けられる。そのため、中間領域D2の幅Xが小さくなる傾向にある。パラメータGに関して、ノズルN2から吐出される洗浄液L2の流量が小さくなると、ウエハWの表面Wa上において洗浄液L2が途切れてしまい、撮像部26で撮像された撮像画像に基づいて中間領域D2の内縁を特定できない虞がある。すなわち、パラメータGは、中間領域D2の幅Xの制御に直接的には影響しないものの、中間領域D2を保持するための一つの要素として制御される。

30

【0084】

以上のような本実施形態では、ウエハWの表面Waにおいて洗浄液L2の供給位置から外側にかけて広がるウエット領域D1と、乾燥領域D3との間に位置する中間領域D2の幅Xが所定のしきい値を超えたときに、中間領域D2の幅がしきい値以下となるよう各種処理パラメータを変更している。そのため、中間領域D2の幅Xが所定値を超えて大きくなることが防止されることに伴い、現像欠陥の要因となる液ちぎれの発生が大幅に抑制される。その結果、現像欠陥の発生をより一層抑制することが可能となる。加えて、幅Xが所定のしきい値を超えない限度でノズルN2,N3の移動速度等を高速化すれば、処理時間が短くなるので、生産性の向上に大きく寄与できる。

40

【0085】

本実施形態では、撮像部26が撮像した撮像画像に基づいて、中間領域D2と乾燥領域

50

D 3との境界部分における輝度値の変化量を制御装置C Uにおいて算出している。そのため、中間領域D 2の内縁を相当の正確性をもって決定することができる。

【0086】

本実施形態では、撮像部2 6は、ヘッド部2 5 cのみならず中間領域D 2と乾燥領域D 3との境界とも同期して移動し、当該境界近傍の撮像を継続して行う。そのため、中間領域D 2と乾燥領域D 3との境界部分の撮像部2 6による撮像をより確実に行えると共に、得られた撮像画像において当該境界部分がより鮮明となる。従って、中間領域D 2の内縁をより正確に特定することができる。

【0087】

本実施形態では、ノズルN 3から乾燥ガスGを吐出させることにより、ウエハWの表面W aの中央部に乾燥領域D 3を形成している。そのため、ヘッド部2 4 c, 2 5 cがウエハWの周縁部に移動するのに伴い、ウエハWの中央部に形成された乾燥領域D 3も、遠心力の作用により外側に広がる。そのため、レジストパターンR Pの凹部R b内から洗浄液L 2が外側に向けて排出され、レジストの溶解物を洗浄液L 2と共に除去できる。加えて、液跳ねが発生し難いことと相俟って、現像欠陥の発生を大きく抑制できる。

【0088】

以上、本発明の実施形態について詳細に説明したが、本発明は上記した実施形態に限定されるものではない。例えば、撮像部2 6は、ヘッド部2 4 c, 2 5 cとは独立して水平又は上下移動するように構成されていてもよい。撮像部2 6は、現像処理ユニットU 1の周囲に存する側壁や天壁に固定され、移動しないように構成されていてもよい。いずれの場合でも、撮像部2 6によって撮像された撮像画像は、中間領域D 2の内縁を特定するための画像処理の用に供される。

【0089】

ノズルN 2, N 3が同じ一つのヘッドに設けられていてもよい。

【符号の説明】

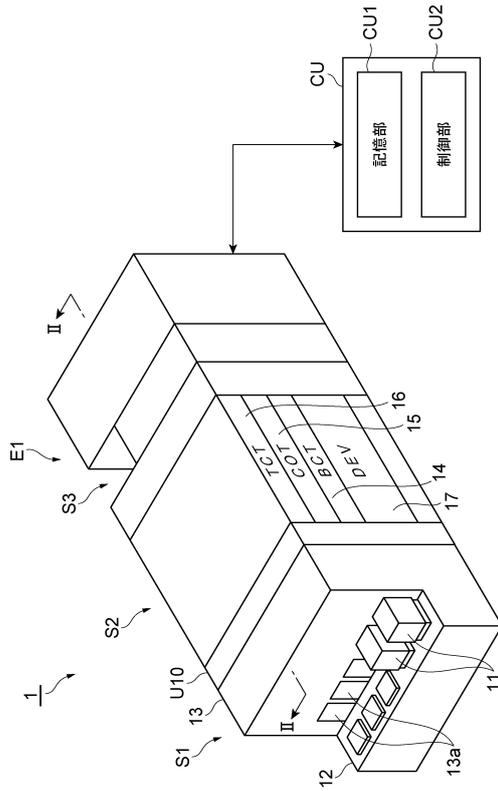
【0090】

1 ... 塗布・現像装置、2 0 ... 回転保持部、2 4 ... 洗浄液供給部、2 5 ... 乾燥ガス供給部、2 4 d, 2 5 d ... 移動体、2 6 ... 撮像部、C U ... 制御装置、D 1 ... ウエット領域、D 2 ... 中間領域、D 3 ... 乾燥領域、N 2, N 3 ... ノズル、W ... ウエハ、X ... 中間領域の幅。

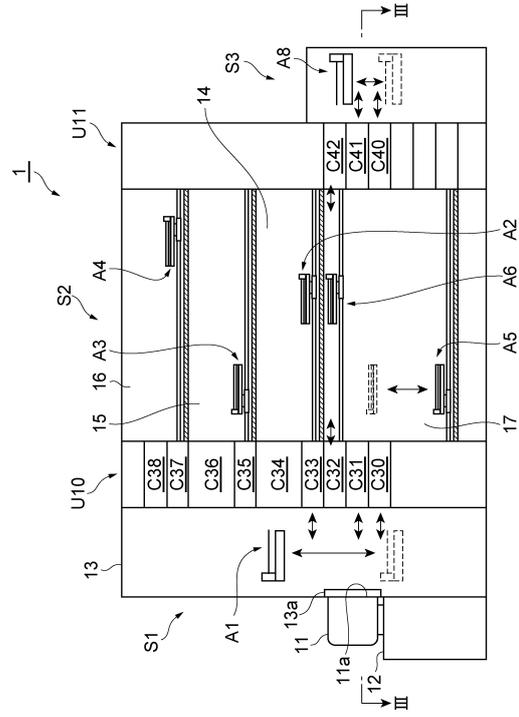
10

20

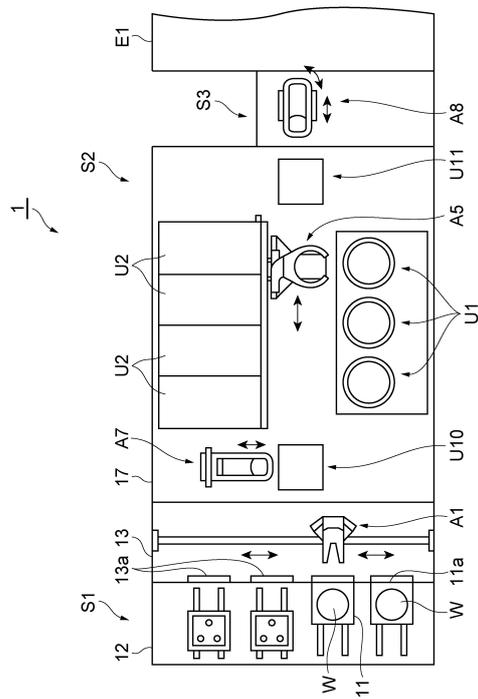
【 図 1 】



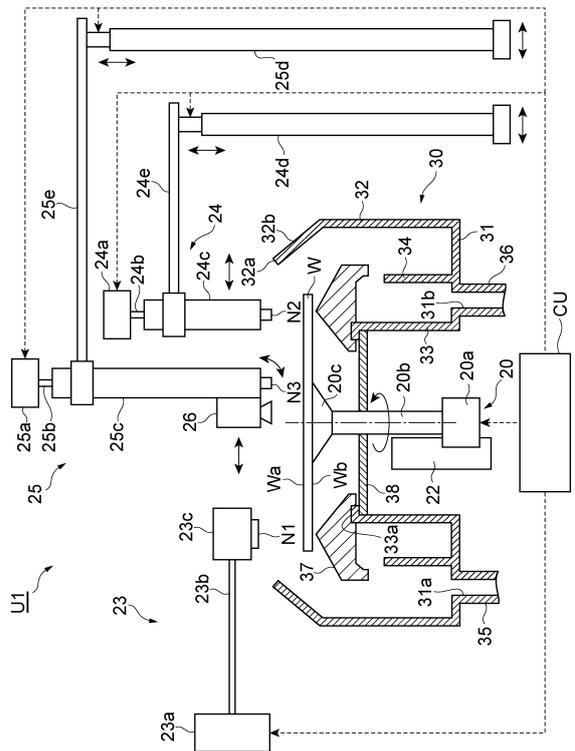
【 図 2 】



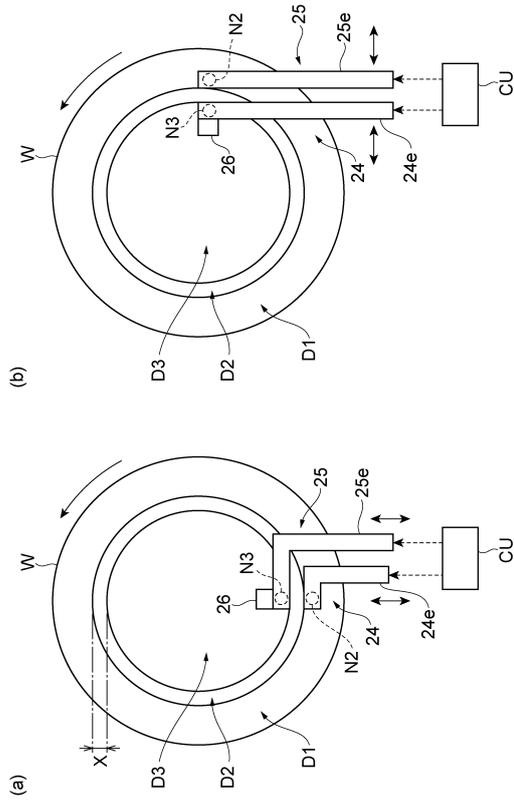
【 図 3 】



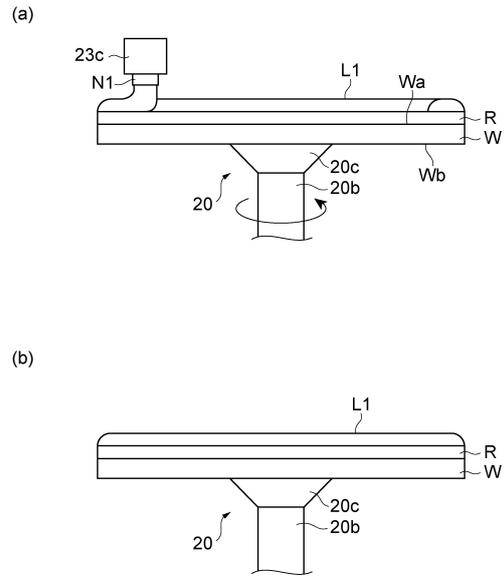
【 図 4 】



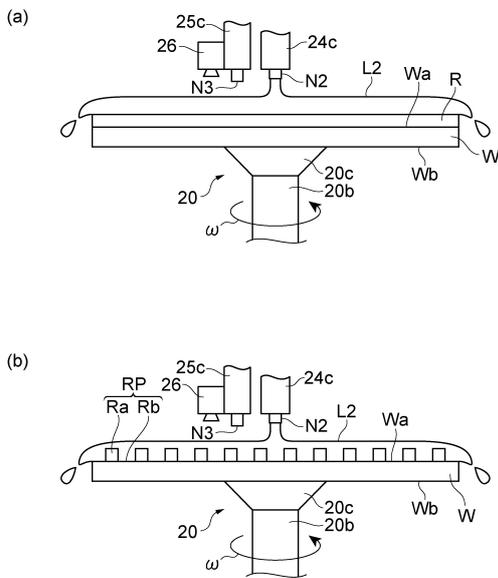
【 図 5 】



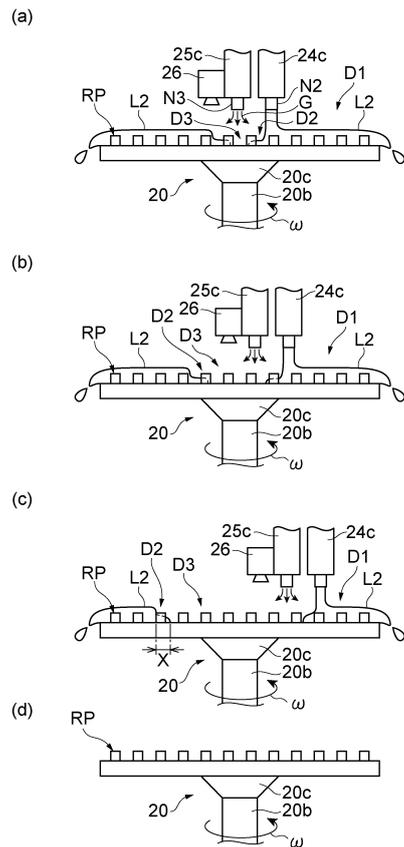
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 滝口 靖史

東京都港区赤坂五丁目3番1号 赤坂Biz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)

特開2004-335542(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L21/304、H01L21/027