

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6297308号
(P6297308)

(45) 発行日 平成30年3月20日(2018.3.20)

(24) 登録日 平成30年3月2日(2018.3.2)

(51) Int.Cl.

H01L 21/304 (2006.01)
B08B 1/04 (2006.01)

F 1

H01L 21/304 644G
H01L 21/304 644C
H01L 21/304 644B
B08B 1/04

請求項の数 7 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2013-238224 (P2013-238224)
 (22) 出願日 平成25年11月18日 (2013.11.18)
 (65) 公開番号 特開2014-132639 (P2014-132639A)
 (43) 公開日 平成26年7月17日 (2014.7.17)
 審査請求日 平成28年9月30日 (2016.9.30)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-267568 (P2012-267568)
 (32) 優先日 平成24年12月6日 (2012.12.6)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000000239
 株式会社荏原製作所
 東京都大田区羽田旭町11番1号
 (74) 代理人 100091498
 弁理士 渡邊 勇
 (74) 代理人 100118500
 弁理士 廣澤 哲也
 (72) 発明者 石橋 知淳
 東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社 茛原製作所内
 審査官 加藤 芳健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板洗浄装置及び基板洗浄方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

洗浄部材を、鉛直方向に延びる回転軸を中心に回転させながら一方向に向けて移動させ、洗浄液の存在下で、前記洗浄部材の下端接触面を水平に回転している基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄する基板洗浄装置において、

前記洗浄部材は、下端接触面と外周面上の直線とのなす角が90°<150°の逆円錐台形状を有し、

前記洗浄部材の回転軸を該洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させながら、前記洗浄部材の下端接触面の全面を基板に接触させつつ前記洗浄部材を一方向に向けて移動させることを特徴とする基板洗浄装置。

【請求項2】

前記洗浄部材を前記基板の回転方向に対して逆方向に回転させ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】

前記洗浄部材の下端接触面が前記基板の回転中心を通り、かつ前記洗浄部材の回転軸が前記基板の回転中心を通らないように前記洗浄部材を一方向に向けて移動させ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4】

逆円錐台形状を有し、下端接触面と外周面上の直線とのなす角が90°<150°の洗浄部材を、鉛直方向に延びる回転軸を中心に回転させ、前記洗浄部材の回転軸を該

洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させながら、前記洗浄部材の下端接触面の全面を基板に接触させつつ前記洗浄部材を一方向に向けて移動させ、洗浄液の存在下で、前記洗浄部材の下端接触面を水平に回転している基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄することを特徴とする基板洗浄方法。

【請求項 5】

前記洗浄部材を前記基板の回転方向に対して逆方向に回転させることを特徴とする請求項4に記載の基板洗浄方法。

【請求項 6】

前記洗浄部材の下端接触面が前記基板の回転中心を通り、かつ前記洗浄部材の回転軸が前記基板の回転中心を通らないように前記洗浄部材を一方向に向けて移動させることを特徴とする請求項4に記載の基板洗浄方法。

10

【請求項 7】

洗浄液の存在下で、洗浄部材の下端接触面を基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄する基板洗浄装置において、

前記洗浄部材は、下端接触面と外周面上の直線とのなす角が90°<150°の逆円錐台形状を有し、

前記洗浄部材を基板の表面に対して傾斜させながら、前記洗浄部材の下端接触面の全面を基板に接触させつつ前記洗浄部材を一方向に向けて移動させることを特徴とする基板洗浄装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、洗浄液の存在下で、水平に回転している半導体ウエハ等の基板の表面に、鉛直方向に延びる円柱状の洗浄部材（ペンシル洗浄部材）の下端接触面を接触させ、洗浄部材を自転させながら一方向に向けて移動させて、基板表面をスクラブ洗浄する基板洗浄装置及び基板洗浄方法に関する。本発明の基板洗浄装置及び基板洗浄方法は、450mmの大口径の半導体ウエハにも対応でき、フラットパネル製造工程やCMOSやCCDなどのイメージセンサー製造工程、MRAMの磁性膜製造工程などにも適用される。

【背景技術】

【0002】

近年の半導体デバイスの微細化に伴い、基板上に物性の異なる様々な材料の膜を形成してこれを洗浄することが広く行われている。例えば、基板表面の絶縁膜内に形成した配線溝を金属で埋めて配線を形成するダマシン配線形成工程においては、ダマシン配線形成後に化学機械的研磨（CMP）で基板表面の余分な金属を研磨除去するようにしており、CMP後の基板表面には、金属膜、バリア膜及び絶縁膜などの水に対する濡れ性の異なる複数種の膜が露出する。

30

【0003】

CMPによって、金属膜、バリア膜及び絶縁膜などが露出した基板表面には、CMPに使用されたスラリの残渣（スラリ残渣）や金属研磨屑などのパーティクル（ディフェクト）が存在し、基板表面の洗浄が不十分となって基板表面に残渣物が残ると、基板表面の残渣物が残った部分からリークが発生したり、密着性不良の原因になるなど信頼性の点で問題となる。このため、金属膜、バリア膜及び絶縁膜などの水に対する濡れ性の異なる膜が露出した基板表面を高い洗浄度で洗浄する必要がある。

40

【0004】

半導体ウエハ等の基板の表面を、鉛直方向に延びる洗浄部材を自転させつつ一方向に移動させてスクラブ洗浄する基板洗浄装置として、基板表面への作用部位が先細り状の洗浄部材を使用したもの（特許文献1参照）、洗浄部材を所定角度傾斜させて径方向の一端部だけが基板と接触するようにしたもの（特許文献2参照）、少なくとも洗浄作用面を平滑に形成した天然ゴムからなる洗浄部材を使用したもの（特許文献3参照）等が提案されている。更に、基板と洗浄部材とを互いに逆方向に回転させて洗浄効果を高めた基板洗浄裝

50

置が提案されている（特許文献4参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2002-18368号公報

【特許文献2】特開2000-15189号公報

【特許文献3】特開平10-312982号公報

【特許文献4】特開2006-73788号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

従来の一般的なダマシン配線にあっては、金属としてタングステンが使用され、絶縁膜として酸化膜がそれぞれ使用されていた。タングステン及び酸化膜は、例えば水に対する接触角が15°以下の中性の表面特性を有している。近年、ダマシン配線にあっては、配線金属として銅が、絶縁膜として、誘電率が低い、いわゆるlow-k膜が採用されるようになってきている。この銅及びlow-k膜は、CMP後の表面特性が、例えば水に対する接触角が30°以上の疎水性であることから、CMPによって、銅及びlow-k膜が露出した基板表面を、洗浄液の存在下、鉛直方向に延びる洗浄部材（ペンシル洗浄部材）を使用したスクラップ洗浄で洗浄しようとすると、基板表面の濡れ性の不均一性が拡大して、基板表面を高い洗浄度で洗浄することが困難となる。

10

【0007】

洗浄後に基板表面上に残存するスラリ残渣等のパーティクル（ディフェクト）は、半導体デバイスの歩留まり低下を招くことから、表面状態が疎水性である半導体デバイスにおけるCMP研磨後の基板表面のように、たとえ表面状態が疎水性であっても、基板表面を高い洗浄度で洗浄して基板表面に残存するディフェクト数を低減できるようにした基板洗浄装置及び基板洗浄方法の開発が強く望まれている。

20

【0008】

半導体ウエハ等の基板の表面を、鉛直方向に延びる洗浄部材を自転させつつ一方向に移動させてスクラップ洗浄する、従来の一般的な基板洗浄装置にあっては、洗浄部材の変形に伴う洗浄部材の基板表面に対する接触圧力の変化を考慮したものではないため、基板表面のほぼ全域を高い洗浄度で洗浄することが一般に困難であった。

30

【0009】

特に、今後シリコンウエハのサイズが、最大で300mmから450mmの大口径となることから、450mmのシリコンウエハ等の基板の表面のほぼ全域を高い洗浄度で洗浄することが更に困難になると考えられる。

【0010】

本発明は上記事情に鑑みて為されたもので、たとえ表面特性が疎水性であっても、基板表面のほぼ全域を高い洗浄度で効率的に洗浄して、基板表面に残存するディフェクト数を低減できるようにした基板洗浄装置及び基板洗浄方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0011】

上記目的を達成するため、本発明の基板洗浄装置の一態様は、洗浄部材を、鉛直方向に延びる回転軸を中心回転させながら一方向に向けて移動させ、洗浄液の存在下で、前記洗浄部材の下端接触面を水平に回転している基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄する基板洗浄装置において、前記洗浄部材は、下端接触面と外周面上の直線とのなす角が90°<150°の逆円錐台形状を有し、前記洗浄部材の回転軸を該洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させながら、前記洗浄部材の下端接触面の全面を基板に接触させつつ前記洗浄部材を一方向に向けて移動させる。

【0012】

これにより、洗浄部材を一方向に向けて移動させつつ、洗浄部材の下端接触面を基板の

50

表面に擦り付けて該表面を洗浄する時、洗浄部材の回転軸を傾けることにより、該洗浄部材の変形量（撓み量）が変化する場合であっても、洗浄部材の下端接触面の一部が基板表面から浮き上がってしまうことを防止でき、これによって、洗浄部材の基板表面に対する接触圧力を調整して、たとえ表面特性が疎水性であっても、基板表面のほぼ全域を高い洗浄度で効率的に洗浄することができる。

【0013】

前記洗浄部材の回転軸を該洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させながら、前記洗浄部材を一方に向けて移動させる。例えば、洗浄部材の移動方向が右方向であれば、洗浄部材の回転軸を右方向に傾斜させる。これにより、洗浄部材の移動方向に沿って変形量（撓み量）が大きくなるように洗浄部材を変形させ、洗浄部材の基板表面に対する接触圧力が洗浄部材の移動方向に沿って大きくなるようにして、基板表面を洗浄部材で洗浄することができる。

10

【0014】

前記洗浄部材を前記基板の回転方向に対して逆方向に回転させることが好ましい。

これにより、洗浄部材の基板の外周側により近い部分の洗浄部材の回転速度と基板の回転速度の相対回転速度を相対的に高めて、基板の外周側領域の洗浄効果を高めることができる。

【0015】

前記洗浄部材の下端接触面が前記基板の回転中心を通り、かつ前記洗浄部材の回転軸が前記基板の回転中心を通らないように前記洗浄部材を一方に向けて移動させることが好ましい。

20

これによって、基板の回転中心部を確実に洗浄することができる。

【0016】

本発明の基板洗浄方法は、逆円錐台形状を有し、下端接触面と外周面上の直線とのなす角が $90^{\circ} < 150^{\circ}$ の洗浄部材を、鉛直方向に延びる回転軸を中心に回転させ、前記洗浄部材の回転軸を該洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させながら、前記洗浄部材の下端接触面の全面を基板に接触させつつ前記洗浄部材を一方に向けて移動させ、洗浄液の存在下で、前記洗浄部材の下端接触面を水平に回転している基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄する。

本発明の基板洗浄装置の他の態様は、洗浄液の存在下で、洗浄部材の下端接触面を基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄する基板洗浄装置において、前記洗浄部材は、下端接触面と外周面上の直線とのなす角が $90^{\circ} < 150^{\circ}$ の逆円錐台形状を有し、前記洗浄部材を基板の表面に対して傾斜させながら、前記洗浄部材の下端接触面の全面を基板に接触させつつ前記洗浄部材を一方に向けて移動させる。

30

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、洗浄部材を一方に向けて移動させつつ、洗浄部材の下端接触面を基板の表面に擦り付けて該表面を洗浄する時、洗浄部材の回転軸を傾けることにより、該洗浄部材の変形量（撓み量）が変化する場合であっても、洗浄部材の下端接触面の一部が基板表面から浮き上がってしまうことを防止できる。これによって、洗浄部材の基板表面に対する接触圧力を調整して、表面特性が疎水性であっても、基板表面のほぼ全域を高い洗浄度で効率的に洗浄して、基板表面に残存するディフェクト数を低減することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】図1は、本発明の実施形態に係る基板洗浄装置を備えた基板処理装置の全体構成を示す平面図である。

【図2】図2は、図1に示す第2洗浄ユニットとして使用される、本発明の実施形態の基板洗浄装置を示す斜視図である。

【図3】図3は、図2に示す第2洗浄ユニットの基板と洗浄部材との関係を示す斜視図である。

50

【図4】図4は、洗浄部材の斜視図である。

【図5】図5は、洗浄部材の底面図である。

【図6】図6は、洗浄部材の中心を通る縦断面図である。

【図7】図7(a)は、洗浄部材の回転軸が鉛直軸と一致するようにして、洗浄部材を回転させつつ、洗浄部材を移動させている状態を示す図であり、図7(b)は、洗浄部材の回転軸を洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させた状態で、洗浄部材を回転させつつ、洗浄部材を移動させている状態を示す図である。

【図8】図8(a)は、従来の一般的な円柱状の洗浄部材の回転軸が鉛直軸と一致するようにして、洗浄部材を回転させつつ、洗浄部材を移動させている状態を示す図であり、図8(b)は、洗浄部材の回転軸を洗浄部材の移動方向と同じ方向に傾斜させた状態で、洗浄部材を回転させつつ、洗浄部材を移動させている状態を示す図である。

【図9】図9は、図7(b)に示す状態における洗浄部材の基板の表面に対する接触圧力の分布状態を示す図である。

【図10】図10(a)は、図9における洗浄部材の左半分(基板中心側に位置する部分)における、基板の回転方向、洗浄部材の回転方向及び洗浄部材の基板の表面に対する接触圧力の関係を示す図であり、図10(b)は、洗浄部材の右半分(基板外周側に位置する部分)における、基板の回転方向、洗浄部材の回転方向及び洗浄部材の基板の表面に対する接触圧力の関係を示す図である。

【図11】図11は、図8(a)に示す状態における洗浄部材の基板の表面に対する接触圧力の分布状態を示す図である。

【図12】図12(a)は、図11における洗浄部材の左半分(基板中心側に位置する部分)における、基板の回転方向、洗浄部材の回転方向及び洗浄部材の基板の表面に対する接触圧力の関係を示す図であり、図12(b)は、洗浄部材の右半分(基板外周側に位置する部分)における、基板の回転方向、洗浄部材の回転方向及び洗浄部材の基板の表面に対する接触圧力の関係を示す図である。

【図13】図13は、基板、洗浄部材及び洗浄液供給ノズルの位置関係を示す平面図である。

【図14】図14は、実施例1, 2及び比較例1, 2における、サンプル表面に残ったディフェクト数を計測した結果を示すグラフである。

【図15】図15は、実施例3及び比較例3における、サンプル表面に残ったディフェクト数を計測した結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

図1は、本発明の実施形態に係る基板洗浄装置を備えた基板処理装置の全体構成を示す平面図である。図1に示すように、基板処理装置は、略矩形状のハウジング10と、多数の半導体ウエハ等の基板をストックする基板カセットが載置されるロードポート12を備えている。ロードポート12は、ハウジング10に隣接して配置されている。ロードポート12には、オープンカセット、SMIF(Standard Manufacturing Interface)ポッド、またはFOUP(Front Opening Unified Pod)を搭載することができる。SMIF、FOUPは、内部に基板カセットを収納し、隔壁で覆うことにより、外部空間とは独立した環境を保つことができる密閉容器である。

【0020】

ハウジング10の内部には、複数(この例では4つ)の研磨ユニット14a~14dと、研磨後の基板を洗浄する第1洗浄ユニット16及び第2洗浄ユニット18と、洗浄後の基板を乾燥させる乾燥ユニット20が収容されている。研磨ユニット14a~14dは、基板処理装置の長手方向に沿って配列され、洗浄ユニット16, 18及び乾燥ユニット20も基板処理装置の長手方向に沿って配列されている。本発明の実施形態に係る基板洗浄装置は、第2洗浄ユニット18に適用されている。

【0021】

10

20

30

40

50

ロードポート 12、該ロードポート 12 側に位置する研磨ユニット 14a 及び乾燥ユニット 20 に囲まれた領域には、第 1 搬送口ボット 22 が配置され、研磨ユニット 14a ~ 14d と平行に、搬送ユニット 24 が配置されている。第 1 搬送口ボット 22 は、研磨前の基板をロードポート 12 から受け取って搬送ユニット 24 に受け渡すとともに、乾燥後の基板を乾燥ユニット 20 から受け取ってロードポート 12 に戻す。搬送ユニット 24 は、第 1 搬送口ボット 22 から受け取った基板を搬送して、各研磨ユニット 14a ~ 14d との間で基板の受け渡しを行う。

【 0 0 2 2 】

第 1 洗浄ユニット 16 と第 2 洗浄ユニット 18 の間に位置して、これらの各ユニット 16, 18 との間で基板の受け渡しを行う第 2 搬送口ボット 26 が配置され、第 2 洗浄ユニット 18 と乾燥ユニット 20 との間に位置して、これらの各ユニット 18, 20 との間で基板の受け渡しを行う第 3 搬送口ボット 28 が配置されている。更に、ハウジング 10 の内部に位置して、基板処理装置の各機器の動きを制御する制御部 30 が配置されている。

【 0 0 2 3 】

この例では、第 1 洗浄ユニット 16 として、洗浄液の存在下で、基板の表面（及び裏面）に、円柱状で長尺状に水平に延びるロール洗浄部材を接触させながら、基板及びロール洗浄部材をそれぞれ一方向に回転させて基板の表面（及び裏面）をスクラブ洗浄するロール洗浄ユニットが使用されている。この第 1 洗浄ユニット（ロール洗浄ユニット）16 は、洗浄液に 1 MHz 付近の超音波を加え、洗浄液の振動加速度による作用力を基板表面に付着した微粒子に作用させるメガソニック洗浄を併用するように構成されている。

【 0 0 2 4 】

第 2 洗浄ユニット 18 として、本発明の実施形態の基板洗浄装置が使用されている。また、乾燥ユニット 20 として、水平に回転する基板に向けて、移動する噴射ノズルから IPA 蒸気を噴出して基板を乾燥させ、更に基板を高速で回転させ遠心力によって基板を乾燥させるスピンドル乾燥ユニットが使用されている。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、図 1 に示す第 2 洗浄ユニット 18 として使用される、本発明の実施形態に係る基板洗浄装置の概要を示す斜視図で、図 3 は、図 2 に示す第 2 洗浄ユニット 18 における基板と洗浄部材との関係を示す斜視図である。

【 0 0 2 6 】

図 2 及び図 3 に示すように、本発明の実施形態の基板洗浄装置としての第 2 洗浄ユニット 18 は、半導体ウエハ等の基板 W を保持し回転させる基板保持機構 40 と、基板保持機構 40 で保持される基板 W の側方に配置された回転自在な支持軸 42 と、この支持軸 42 の上端に基部を連結した水平方向に延びる揺動アーム 44 を備えている。揺動アーム 44 の自由端（先端）には、例えば PVA スポンジから成り、略鉛直方向に延びる回転軸 O₁ を中心に回転するペンシル型洗浄部材 46 が上下動自在かつ自転自在に取付けられている。このペンシル型洗浄部材 46 の直径は、基板 W の直径より小さく設定されている。更に、基板保持機構 40 で保持される基板 W の側方かつ上方に位置して、水平に回転している基板 W の表面に洗浄液を供給する洗浄液供給ノズル 48 が配置されている。

【 0 0 2 7 】

基板保持機構 40 は、基板 W を水平状態に保持するチャック 60 を先端に装着した複数本（図示では 4 本）のアーム 62 を備えており、このアーム 62 の基端は、回転軸 64 と一体に回転する基台 66 に連結されている。これによって、基板保持機構 40 のチャック 60 で保持された基板 W は、矢印 E 方向に回転するようになっている。

【 0 0 2 8 】

ペンシル型洗浄部材 46 は、支持軸 42 の回転に伴う揺動アーム 44 の揺動によって、図 3 に矢印 M で示すように、基板 W の略半径方向に沿って、基板 W のほぼ中心から基板の外周縁に向かって移動する。

【 0 0 2 9 】

ペンシル型の洗浄部材 46 は、図 4 乃至図 6 に詳細に示すように、下端接触面 46a の

10

20

30

40

50

面積（直径 D_1 ）よりも上端面 $46b$ の面積（直径 D_2 ）の方が広くなっている（ $D_1 < D_2$ ）。ペンシル型洗浄部材 46 の中心を通る縦断面図を図 6 に示す。図 6 に示すように、ペンシル型洗浄部材 46 は、下端接触面 $46a$ と外周面 $46c$ 上の直線（母線）とのなす角が $90^\circ < 150^\circ$ の逆円錐台形状を有している。この洗浄部材 46 の下端接触面 $46a$ と外周面 $46c$ 上の直線とのなす角は、 $90^\circ < 120^\circ$ であることが好ましく、 $95^\circ < 120^\circ$ であることが更に好ましい。

【0030】

第 2 洗浄ユニット 18 による基板 W の洗浄例を説明する。図 2 に示すように、先ず、基板保持機構 40 のチャック 60 で基板 W を水平に保持して回転させる。この基板 W の回転方向 E は、例えば図 2 及び図 3 に示すように、時計回り方向である。この水平に回転している基板 W の表面に洗浄液供給ノズル 48 から洗浄液を供給する。この時、ペンシル型の洗浄部材 46 は、基板 W の回転中心近傍の上方である洗浄開始位置 A （図 13 参照）に位置している。

10

【0031】

次に、洗浄部材 46 を基板 W の回転方向 E とは逆の回転方向 F （図 2 及び図 3 参照）に回転させながら下降させ、洗浄部材 46 の下端接触面 $46a$ を基板 W の表面に所定の押圧力で接触させる。そして、下端接触面 $46a$ を基板 W の表面に所定の押圧力で接触させながら、揺動アーム 44 を稼働させて、ペンシル型の洗浄部材 46 を、図 3 に示す、基板 W のほぼ半径方向に沿った移動方向 M に沿って、基板 W の外周縁の洗浄終了位置まで移動させる。これによって、基板 W の全表面の洗浄部材 46 によるスクラブ洗浄が行われる。

20

【0032】

ここに、図 7（a）に示すように、洗浄部材 46 の回転軸 O_1 が鉛直軸 O_2 と一致するようにして、回転軸 O_1 を中心に洗浄部材 46 を回転させつつ、基板 W の外周縁に向か、移動方向 M に沿って洗浄部材 46 を移動させても良い。本実施例では、図 7（b）に示すように、洗浄部材 46 の回転軸 O_1 を洗浄部材 46 の移動方向 M と同じ方向に傾斜角だけ傾斜させた状態で、つまり、洗浄部材 46 の回転軸 O_1 を鉛直軸 O_2 に対して傾斜角だけ M 方向に傾斜させた状態で、回転軸 O_1 を中心に洗浄部材 46 を回転させつつ、基板 W の外周縁に向か、移動方向 M に沿って洗浄部材 46 を移動させるようにしている。傾斜角は、好ましくは $1^\circ \sim 15^\circ$ である。傾斜角を大きくしすぎると洗浄部材 46 と基板 W との間に洗浄液が入りにくくなり、また洗浄部材 46 の傾斜により基板に圧力がかかりすぎ、接触面内の圧力分布が偏りすぎるという観点から傾斜角を 1° 以上 15° 以下（ $1^\circ \sim 15^\circ$ ）に設定している。ここで、傾斜角は、 1° 以上でなくとも、洗浄部材 46 の回転軸 O_1 が傾斜していない状態すなわち傾斜角が 0° より大きければよい。

30

【0033】

この時、前述のように、図 6 において、下端接触面 $46a$ と外周面 $46c$ 上の直線とのなす角が $90^\circ < 150^\circ$ の逆円錐台形状を有している洗浄部材 46 を使用することで、下端接触面 $46a$ の一部が基板 W の表面から浮き上がってしまうことを防止することができる。

【0034】

つまり、図 8（a）に示すように、従来の一般的な円柱状の洗浄部材（以下、比較洗浄部材という） 50 を、その回転軸 O_3 が鉛直軸 O_4 と一致するようにして、回転軸 O_3 を中心に回転させつつ、基板 W の外周縁に向か、移動方向 M に沿って比較洗浄部材 50 を移動させる場合には、比較洗浄部材 50 の下端接触面 $50a$ は基板 W の表面から浮き上がることはない。しかし、図 8（b）に示すように、比較洗浄部材 50 の回転軸 O_3 を比較洗浄部材 50 の移動方向 M と同じ方向に傾斜角だけ傾斜させた状態で、回転軸 O_3 を中心に比較洗浄部材 50 を回転させつつ、基板 W の外周縁に向か、移動方向 M に沿って移動させると、比較洗浄部材 50 の移動方向側の外周面に撓みによるくびれ部分 52 が発生し、この括れ部分 52 の下方にある下端接触面 $50a$ の部分が基板 W の表面から浮き上がってしまう。図 8 において、洗浄部材 50 の回転方向 F と基板 W の回転方向 E は同じ方向である。

40

50

【0035】

このように、比較洗浄部材50の下端接触面50aの一部が基板Wの表面から浮き上がる傾向にあると、比較洗浄部材50と基板Wとの間にパーティクル(ディフェクト)が保持され、この比較洗浄部材50と基板Wとの間に保持されたパーティクルが比較洗浄部材50の外部の基板W上に排出されて基板W上に残ってしまう。

【0036】

本実施例では、洗浄部材46を逆円錐台形状にすることによって、洗浄部材46の回転軸O₁を洗浄部材46の移動方向Mと同じ方向に傾斜角だけ傾斜させた状態で、回転軸O₁を中心に洗浄部材46を回転させつつ、基板Wの外周縁に向か、移動方向Mに沿って洗浄部材46を移動させても、下端接触面46aの一部が基板Wの表面から浮上する 10 ことがない。この場合、図9に示すように、洗浄部材46の変形量(撓み量)は、下端接触面46aが洗浄部材46の移動方向M側に向かうほど大きくなるため、洗浄部材46の基板Wの表面に対する接触圧力Pが洗浄部材46の移動方向Mに向かうほど大きくなるようにすることができる。

【0037】

つまり、洗浄部材46の基板Wの外周側により近い部分(図9において洗浄部材46の右半分部分)では洗浄部材46の基板Wの表面に対する接触圧力P₁が相対的に大きく、洗浄部材46の基板Wの中心側により近い部分(図9において洗浄部材46の左半分部分)では洗浄部材46の基板Wの表面に対する接触圧力P₂が相対的に小さくなる。これによって、洗浄部材46の基板Wの表面に対する接触圧力Pを調整して、基板Wの表面特性が疎水性であっても、基板Wの表面のほぼ全域を高い洗浄度で効率的に洗浄する 20 ことができる。

【0038】

このように、洗浄部材46の基板Wの外周側により近い部分(図9において洗浄部材46の右半分部分)では、図10(b)に示すように、洗浄部材46の基板Wの表面に対する接触圧力P₁が相対的に大きく、かつ基板Wと洗浄部材46の相対回転速度が比較的大きくなるようにすることで、この洗浄部材の部分での洗浄効率を高めることができる。一方、洗浄部材46の基板Wの中心側により近い部分(図9において洗浄部材46の左半分部分)では、図10(a)に示すように、洗浄部材46の基板Wの表面に対する接触圧力P₂が相対的に小さく、かつ基板Wと洗浄部材46の相対回転速度が比較的小さくなる 30 ようにすることで、この洗浄部材の部分での基板Wの洗浄部材46からの逆汚染を少なくすることができる、これにより、高い洗浄性を維持して、基板の外周まで確実に洗浄することができる。

【0039】

一方、図11に示すように、比較洗浄部材50の回転軸O₃を鉛直軸O₄と一致させ、回転軸O₃を中心に比較洗浄部材50を回転させつつ、基板Wの外周縁に向か、移動方向Mに沿って比較洗浄部材50を移動させると、比較洗浄部材50の変形量(撓み量)が比較洗浄部材50の全域でほぼ一定となって、比較洗浄部材50の基板Wの表面に対する接触圧力P₃が比較洗浄部材50の全域でほぼ一定となる。このため、比較洗浄部材50の基板Wの表面に対する接触圧力P₃を比較洗浄部材50の移動方向Mに沿って次第に大きくなるように調整することができず、特に、特性が疎水性である基板表面のほぼ全域を高い洗浄度で効率的に洗浄する 40 ことが困難となる。

【0040】

更に、基板Wの回転方向Eと比較洗浄部材50の回転方向Fを互いに同じ方向とすると、比較洗浄部材50の基板Wの中心側により近い部分(図11において比較洗浄部材50の左半分部分)では、基板Wの回転方向Eと比較洗浄部材50の回転方向Fが互いに逆方向となって、図12(a)に示すように、両者の相対回転速度が相対的に高く(両回転速度の和)なる。一方、比較洗浄部材50の基板Wの外周側により近い部分(図11において比較洗浄部材50の右半分部分)では、図12(b)に示すように、基板Wの回転方向Eと比較洗浄部材50の回転方向Fが互いに順方向となって、両者の相対回転速度が相対 50

的に低く（両回転速度の差の絶対値）なる。

【0041】

このため、比較洗浄部材50の基板Wの中心側に位置する部分では、高い洗浄性を確保できるものの、比較洗浄部材50の基板Wの外周側に位置する部分では、高い洗浄性を確保できず、比較洗浄部材50から基板Wへの逆汚染が生じて、基板Wの外周部での洗浄度が低下してしまう。

【0042】

なお、本実施例では、基板Wと洗浄部材46とを互いに逆方向に回転させているが、同じ方向に回転させてもよい。

【0043】

図13に示すように、洗浄部材46の洗浄開始位置Aは、洗浄部材46が基板Wのほぼ半径方向に沿った移動方向Mに沿って移動する時、基板Wの回転中心O₅付近を確実に通過するように、移動方向Mに沿って基板Wの回転中心O₅より後方の位置に設定されている。つまり、洗浄部材46が洗浄開始位置Aに位置するとき、洗浄部材46の下端接触面46aは、基板Wの回転中心O₅に触れるではなく、洗浄部材46が移動方向Mに沿って移動する時に、下端接触面46aが基板Wの回転中心O₅上を通過するように構成されている。

【0044】

洗浄部材46の洗浄開始位置Aを基板Wの外周縁近傍に設定し、洗浄部材46が基板Wの直径のほぼ全長に亘って移動し、その途中で、下端接触面46aが基板Wの回転中心O₅上を通過するようにしてもよい。

【0045】

また、洗浄部材46の回転軸O₁を通り、洗浄部材46の移動方向Mに沿って延びる直線S₁と、基板Wの回転中心O₅を通り前記直線S₁と平行な直線S₂との距離Lは、0より大きく、洗浄部材46の下端接触部46aの半径R（=D₁/2）よりも小さく（0 < L < D₁/2）設定されている。

【0046】

これにより、洗浄部材46の下端接触面46aが基板Wの回転中心O₅上を通り、かつ洗浄部材46の回転軸O₁が基板Wの回転中心O₅上を通らないようにして、基板Wの回転中心O₅の無回転部分を洗浄部材46で確実に洗浄することができる。

【0047】

洗浄液供給ノズル48として、基板W上に細長い矩形状に洗浄液が分布される洗浄ノズルではなく、基板W上に橢円状に洗浄液が分布される円錐ノズルが使用され、洗浄液供給ノズル48から供給された洗浄液が基板Wの回転中心O₅付近まで直接または洗浄液の流れで達するように、洗浄液供給ノズル48が配置されている。更に、洗浄液供給ノズル48は、洗浄液供給ノズル48の噴射方向、つまり洗浄液供給ノズル48と基板Wの回転中心O₅とを結ぶ直線S₃と前記直線S₂とがなす角度θが、60°～120°となる位置に配置されている。このように洗浄液供給ノズル48を配置することにより、ペンシル型洗浄部材46が稼働する範囲に多量の新鮮な洗浄液を供給することができる。

ここでは、薬液供給ノズルとして円錐ノズルを使用し、橢円状に洗浄液が分布するようにしているが、ノズル形状や洗浄液の分布形状がこれらに限定されることはない。

【0048】

基板Wの表面に供給された洗浄液は、基板Wが水平に回転していることで遠心力を受けて、基板Wの表面への接触と同時に基板の外周方向に移動しながら、基板Wの全表面に拡がる。このため、前述のように、洗浄液供給ノズル48の洗浄部材46の移動方向Mに対する角度θを60°～120°とすることで、新鮮で多量の洗浄液を洗浄部材46の下端接触面46aに供給することができる。

【0049】

洗浄液供給ノズル48から供給された洗浄液が基板Wに接触する接触エリアCの基板Wに対する最外周位置と基板Wの回転中心O₅との距離S₄は、基板Wの半径の1/3以上

10

20

30

40

50

であることが好ましく、このように洗浄液が基板Wに接触した状態で基板Wが回転する、洗浄液は、基板Wの表面上に遠心力により均一に拡がる。この接触エリアCの基板Wに対する最外周位置に位置する洗浄液は、基板Wの表面上において、遠心力によって基板Wの外周へ運搬される際、洗浄部材46の最外周位置Bよりも手前で基板Wの外周に排出されることが好ましい。このため、例えば、基板Wの表面が疎水性（接触角 60°）の場合、基板の回転速度は、200 rpm以上に設定される。

【0050】

洗浄液の存在下で基板に洗浄部材を擦り付けて基板をスクラブ洗浄する場合、総合的な洗浄特性は、洗浄液を用いたパーティクル等の除去洗浄特性と洗浄部材の接触による接触洗浄特性の総和になる。この例のように、新鮮で多量の洗浄液を洗浄部材46の下端接触面46aに供給することで、高い洗浄特性を得るとともに、洗浄液の使用効率を高めることができる。

【0051】

図1に示す基板処理装置では、ロードポート12内の基板カセットから取り出した基板の表面を、研磨ユニット14a～14dのいずれかに搬送して研磨する。そして、研磨後の基板表面を第1洗浄ユニット（ロール洗浄ユニット）16で粗洗浄した後、第2洗浄ユニット（基板洗浄装置）18で仕上げ洗浄する。そして、洗浄後の基板を第2洗浄ユニット18から取り出し、乾燥ユニット20に搬入して乾燥させ、かかる後、乾燥後の基板をロードポート12の基板カセット内に戻す。

【0052】

接触洗浄の総合的な洗浄性は、洗浄部材の接触による汚染と洗浄特性の総和になる。そこで、洗浄部材の接触による基板への汚染を評価するため、表面特性が親水性のサンプル基板表面を、図2に示す第2洗浄ユニット（基板洗浄装置）18を使用して洗浄し、更に洗浄後のサンプル基板をスピンドル乾燥させた時に、サンプル基板表面に残った42nm以上のパーティクル（ディフェクト）の数を計測した時の結果を図14に実施例1として示す。同様にして、表面特性が疎水性のサンプル基板表面を、図2に示す第2洗浄ユニット（基板洗浄装置）18を使用して洗浄し、更に洗浄後のサンプル基板をIPA乾燥させた時に、サンプル基板表面に残った42nm以上のパーティクル（ディフェクト）の数を計測した時の結果を図14に実施例2として示す。

【0053】

図14には、従来の一般的な洗浄ユニットを使用して、表面特性が親水性のサンプル基板表面を洗浄し、その他は実施例1と同様にして、サンプル基板表面に残った42nm以上のパーティクル（ディフェクト）の数を計測した時の結果を比較例1として、同様にして、表面特性が疎水性のサンプル基板表面に残った42nm以上のパーティクル（ディフェクト）の数を計測した時の結果を比較例2として示している。

【0054】

図14において、ディフェクト数は、比較例を100%として、実施例のディフェクト数を比較例に対する百分率で示している。図15においても同様に示す。

【0055】

図14から、実施例1、2は、比較例1、2に比較して、洗浄後にサンプル基板表面に残存する42nm以上のディフェクト数を格段（親水性表面では70.69%、疎水性表面では0.22%）に減少させて汚染を防止することができる事が判る。この効果は、基板表面が疎水性の性状の場合に顕著であることが判る。

【0056】

表面特性が疎水性のlow-k膜（k=2.4）を表面に形成したサンプル基板の該表面（low-k膜）を研磨ユニットで研磨し、研磨後のサンプル基板表面を、前述と同様にして、図2に示す第2洗浄ユニット（基板洗浄装置）18を使用して洗浄し、更に洗浄後のサンプル基板をIPA乾燥させた時に、サンプル基板表面に残った100nm以上のパーティクル（ディフェクト）の数を計測した時の結果を図15に実施例3として示す。サンプル基板表面（low-k膜表面）を研磨し、従来の一般的な洗浄ユニットを使用して研磨後のサン

10

20

30

40

50

基板表面を洗浄した。洗浄後のサンプル基板を I P A 乾燥させ、実施例 3 と同様に 100 nm 以上のパーティクル (ディフェクト) の数を計測した。計測した時の結果を比較例 3 として図 15 に示している。

【 0 0 5 7 】

図 15 から、実施例は、比較例に比較して、洗浄後にサンプル基板表面に残存する 100 nm 以上のディフェクト数を格段 (約 30 % 減) に減少させ得ることが判る。

【 0 0 5 8 】

本発明によれば、たとえ基板の表面特性が疎水性であっても、基板の表面を高い洗浄度で洗浄することができる。つまり、配線金属として銅を使用し、絶縁膜として low - k 膜を採用してダマシン配線を形成し、C M P によって、表面が疎水性の銅及び low - k 膜が露出した基板表面であっても、この基板表面を高い洗浄度で洗浄して表面に残存するディフェクト数を低減することができる。

【 0 0 5 9 】

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 0 】

1 4 a ~ 1 4 d 研磨ユニット

1 6 第 1 洗浄ユニット

1 8 第 2 洗浄ユニット (基板洗浄装置)

2 0 乾燥ユニット

2 4 搬送ユニット

3 0 制御部

4 0 基板保持機構

4 4 搖動アーム

4 6 洗浄部材

4 6 a 下端接触面

4 6 b 上端面

4 6 c 外周面

4 8 洗浄液供給 ノズル

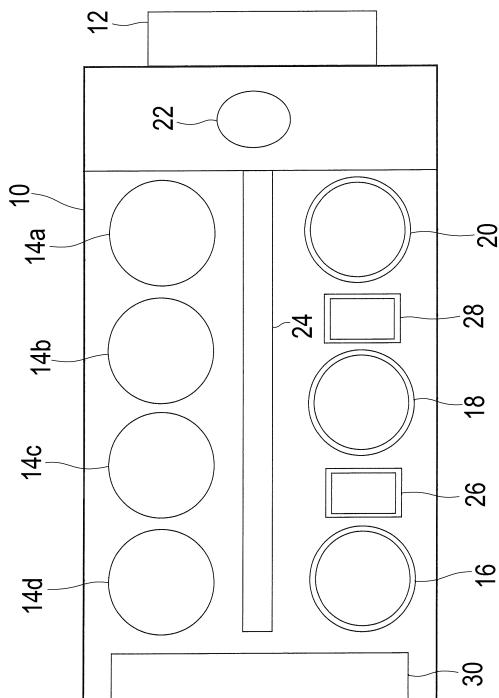
5 0 比較洗浄部材

10

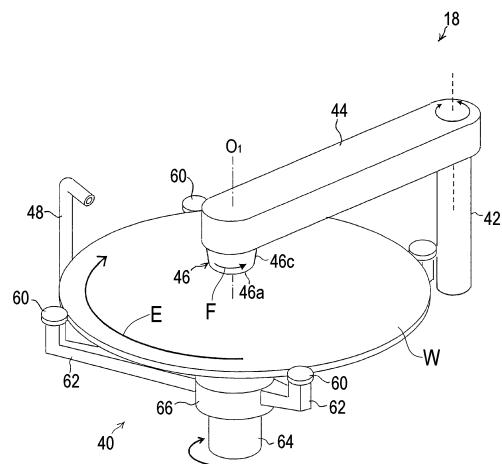
20

30

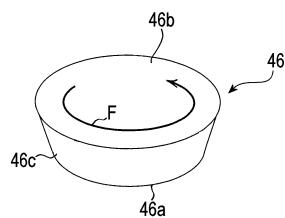
【 図 1 】



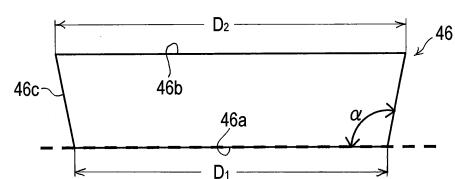
【 図 2 】



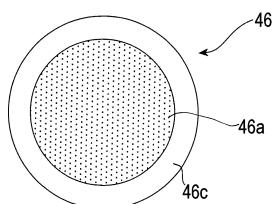
【 四 4 】



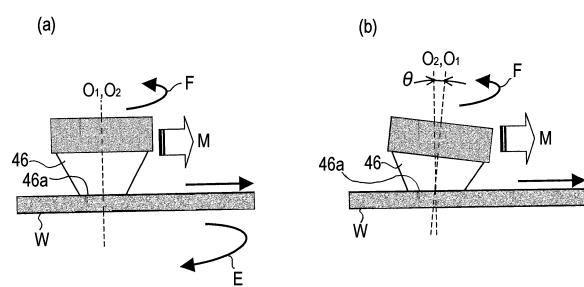
【図6】



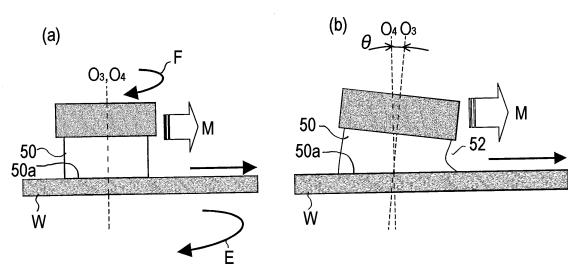
【 5 】



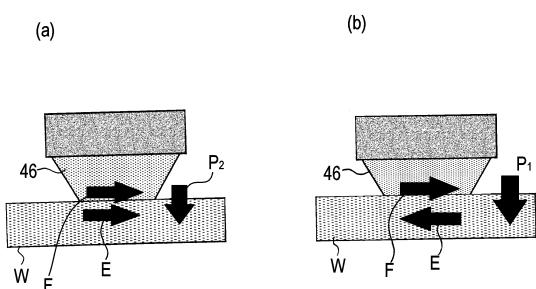
【 四 7 】



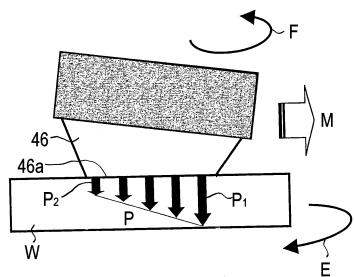
【図8】



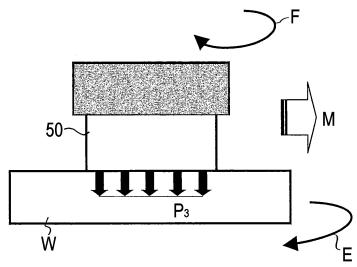
【図10】



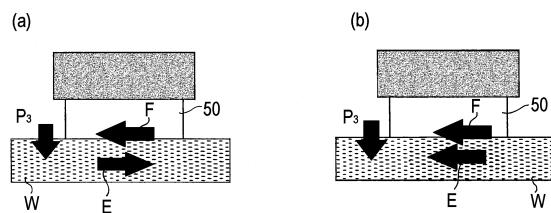
【図9】



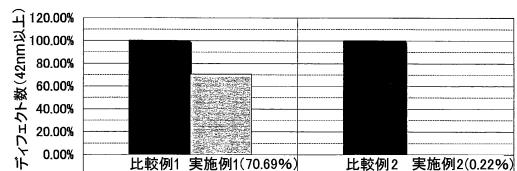
【図11】



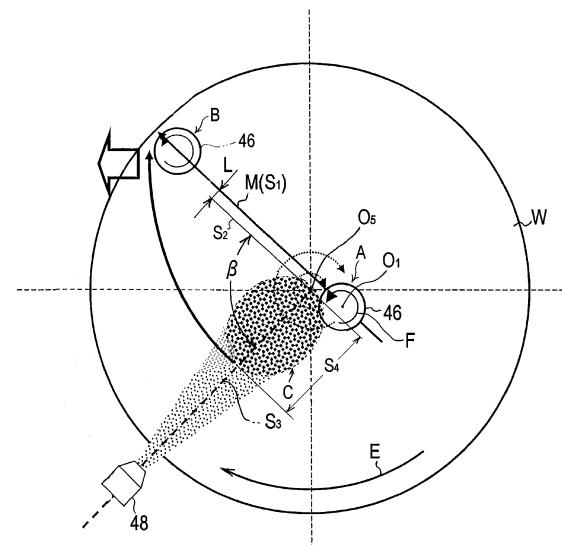
【図12】



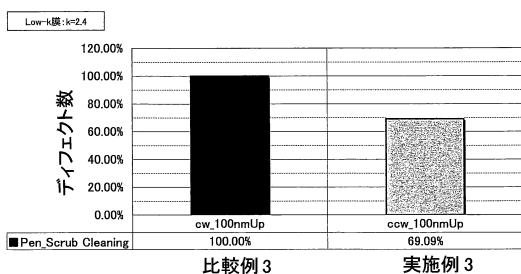
【図14】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2004-273961(JP,A)
特開平10-199844(JP,A)
特開2000-015189(JP,A)
特開2005-012238(JP,A)
特開2006-073788(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 01 L	21 / 304
B 08 B	1 / 04
B 08 B	3 / 02