

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6321937号
(P6321937)

(45) 発行日 平成30年5月9日 (2018.5.9)

(24) 登録日 平成30年4月13日 (2018.4.13)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/68 N
HO 1 L 21/304 (2006.01)	HO 1 L 21/304 6 5 1 Z
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/304 6 5 1 K
	HO 1 L 21/304 6 5 1 B
	HO 1 L 21/02 Z
請求項の数 20 外国語出願 (全 14 頁)	

(21) 出願番号	特願2013-212490 (P2013-212490)	(73) 特許権者	592010081
(22) 出願日	平成25年10月10日 (2013.10.10)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公開番号	特開2014-90167 (P2014-90167A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公開日	平成26年5月15日 (2014.5.15)		ATION
審査請求日	平成28年10月3日 (2016.10.3)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(31) 優先権主張番号	13/650,044		38, フレモント, クッシング パークウ
(32) 優先日	平成24年10月11日 (2012.10.11)		エイ 4650
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	110000028
			特許業務法人明成国際特許事務所
		(74) 代理人	100096817
			弁理士 五十嵐 孝雄
		(72) 発明者	ステファン・エム. シラド
			アメリカ合衆国 テキサス州78753
			オースティン, ラザフォード・レーン, 1
			321, #170
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 剥離乾燥装置及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板を剥離乾燥させるための装置であって、
基板を受け入れるためのチャンバと、
前記チャンバ内で前記基板を支えてクランプするためのチャックと、
前記基板の温度を制御するための温度コントローラであって、前記基板を冷却すること
によって前記基板上の液体状の乾燥化学剤を凍結させることができる温度コントローラと
、
前記チャンバと流体接続している真空ポンプと、
前記チャックを少なくとも90度傾動させることによって前記凍結した乾燥化学剤を前
記基板から剥離させて除去させることができる傾動メカニズムと、
を備える装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置であって、更に、
制御された雰囲気の前記チャンバ内に流入させるための、前記チャンバと流体接続して
いる雰囲気制御システムを備える装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の装置であって、
前記雰囲気制御システムは、乾燥したガスを前記チャンバ内に提供するためのガス源を
含む、装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記チャックは、静電チャックである、装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の装置であって、更に、
前記基板をクランプするための電圧を前記静電チャックに提供するための電圧源を備える装置。

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の装置であって、更に、
ウェットな乾燥化学剤を伴う基板を移送して前記チャンバに入れ、前記チャンバを密閉 10
するためのウェット移送ステーションを備え、
前記温度コントローラは、前記乾燥化学剤を凍結させる温度に前記基板を冷却することが
できる、装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記チャックは、溝を含む、装置。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記温度コントローラは、前記チャックに埋め込まれた温度制御素子を含む、装置。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の装置であって、
前記温度制御素子は、少なくとも 0 の温度に前記基板を冷却すること及び少なくとも
20 の温度に前記基板を加熱することができる、装置。 20

【請求項 10】

請求項 8 ~ 9 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記温度制御素子は、前記チャックに埋め込まれた電熱加熱・冷却素子を含む、装置。

【請求項 11】

方法であって、
乾燥化学剤で濡れた基板を、乾燥したチャンバ内でチャックの上に置くことと、
前記基板上で前記乾燥化学剤を固形乾燥化学剤に凍結させることと、 30
前記チャックを傾動させることによって前記固形乾燥化学剤を前記基板から剥離させる
ことと、
前記剥離された固形乾燥化学剤を前記基板から除去することと、
を備える方法。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の方法であって、
前記固形乾燥化学剤を前記基板から剥離させることは、前記チャンバ内の圧力を引き下
げることを含む、方法。

【請求項 13】

請求項 11 ~ 12 のいずれか一項に記載の方法であって、 40
前記乾燥化学剤を凍結させることは、
前記基板を前記チャックに固定することと、
前記乾燥化学剤を凍結させるために、前記前記基板の裏側を前記乾燥化学剤の凝固点
未満に冷却することと、
を含む、方法。

【請求項 14】

請求項 11 ~ 13 のいずれか一項に記載の方法であって、
前記固形乾燥化学剤を前記基板から除去することは、前記固形乾燥化学剤が前記基板か
ら落下するように前記基板を少なくとも 90 度傾動させることを含む、方法。

【請求項 15】

請求項 1 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、
前記基板上に特徴を形成することと、
前記基板上の前記特徴をウェット処理することと、
を備える方法。

【請求項 1 6】

請求項 1 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の方法であって、
前記乾燥化学剤は、第 3 級ブタノールを含む、方法。

【請求項 1 7】

請求項 1 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、
前記チャンバ内の雰囲気から水分を除去することを備える方法。

10

【請求項 1 8】

請求項 1 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、
前記チャック上に前記基板を置く前に、前記チャックを前記乾燥化学剤の凝固点よりも
高い温度に加熱することを備える方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、
前記チャック上の前記基板から流れる液体乾燥化学剤を捕え、前記液体乾燥化学剤を前
記基板と前記チャックとの接触地点から離れるように方向づけることを備える方法。

【請求項 2 0】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか一項に記載の装置であって、更に、
前記チャックの下方に設けられた固形乾燥化学剤除去システムであって、前記基板から
落下した前記凍結した乾燥化学剤を前記チャンバから除去するように構成された固形乾燥
化学剤除去システム、を備える装置。

20

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

本発明は、半導体デバイスの形成に関するものであり、特に、半導体デバイスの形成の
際に基板から液体を除去するための装置又は方法に関する。

【0 0 0 2】

半導体ウエハ処理では、ウェット処理の後に、引き続き半導体デバイスから液体を除去
することが必要である。

30

【0 0 0 3】

半導体デバイスのサイズが縮小し続けるのに伴って、望ましいデバイスパフォーマンス
を達成するために益々高アスペクト比の構造が必要である。マイクロ電子 / 半導体デバイ
スの製造は、材料デポジション、平坦化、特徴パターン化、特徴エッチング、及び特徴洗
浄などの複数の処理工程からなる反復フローを必要とする。より高いアスペクト比の構造
を目指す動きは、これらの従来の製造工程の多くで処理上の困難を生んでいる。エッチン
グ及びクリーニングなどのウェットプロセスは、通常、プロセスフローのおおよそ 2 5 %
よりも多くを構成しており、乾燥中に生じる毛細管力ゆえに、高アスペクト比の特徴の場
合にとりわけ困難である。これらの毛細管力の強さは、乾燥されているエッチング流体、
クリーニング流体、又はすすぎ流体の表面張力及び接触角度はもちろん、特徴の間隔及び
アスペクト比にも依存する。もし、乾燥中に発生する力が大きすぎると、高アスペクト比
の特徴は、互いに倒れ込んで倒壊し、スティクション（付着）を生じるだろう。特徴の倒
壊及びスティクションは、デバイスの歩留まりを重度に劣化させるだろう。

40

【0 0 0 4】

また、コンデンサの形成も、乾燥中に倒壊しやすい構造をもたらす恐れがある。

【発明の概要】

【0 0 0 5】

以上を達成するために、及び本発明の目的にしたがって、基板を剥離乾燥させるための
装置が提供される。基板を受け入れるためのチャンバが提供される。チャンバ内では、チ

50

ャックが基板を支えてクランプする。温度コントローラが、基板の温度を制御し、基板を冷却することができる。真空ポンプが、チャンバと流体接続している。傾動メカニズムが、チャックを少なくとも90度傾動させることができる。

【0006】

発明の別の態様では、方法が提供される。乾燥化学剤で濡れた基板が、乾燥チャンバのなかでチャックの上に置かれる。乾燥化学剤は、基板上で凍結されて固形乾燥化学剤になる。固形乾燥化学剤は、基板から剥離される。剥離された固形乾燥化学剤は、基板から除去される。

【0007】

本発明のこれらの及びその他の特徴が、下記の図面との関連のもとで、以下で、発明の詳細な説明のなかで更に詳しく述べられる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

本発明は、添付の図面のなかで、限定的なものではなく例示的なものとして示され、図中、類似の参照符号は、同様の要素を指すものとする。

【0009】

【図1】発明の一実施形態のハイレベルフローチャートである。

【0010】

【図2A】発明の一実施形態における剥離乾燥システムの概略図である。

【図2B】発明の一実施形態における剥離乾燥システムの概略図である。

【図2C】発明の一実施形態における剥離乾燥システムの概略図である。

【0011】

【図3】本発明の実施形態で使用されるコントローラを実装するのに適したコンピュータシステムを示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明は、次に、添付の図面に示されたその幾つかの好ましい実施形態を参照にして説明される。以下の説明では、本発明の完全な理解を可能にするために、数々の詳細が特定されている。しかしながら、当業者ならば明らかなように、本発明は、これらの一部または全部の詳細を特定しなくても実施されうる。また、本発明が不必要に不明瞭にされる事態を避けるために、周知のプロセス工程及び/又は構造の詳細な説明は省略されている。

【0013】

現行技術及び先行技術では、特徴の倒壊を防ぐために、脱イオン水よりも表面張力が低い代替のすすぎ液が取り入れられてきた。この方法は、低アスペクト比の構造に対しては効果的であったが、アスペクト比が高いとき及び特徴間隔が小さいときは、脱イオン水と同じ倒壊及スティクションの問題に見舞われる。この欠点は、これらの低表面張力流体が、脆い特徴にとっては強すぎる力を乾燥中に発生させる有限の表面張力を依然として有するという事実ゆえである。高アスペクト比の構造を乾燥させるための代替の方法は、すすぎ流体を超臨界流体に溶解させて洗い流すものである。超臨界流体は、総じて表面張力がないはずであり、したがって、特徴倒壊をもたらす毛細管力を排除する。超臨界流体が有する利点にもかかわらず、これらの流体を取り入れるには、幾つかの技術上及び製造上の困難がある。これらの困難には、器具コスト及び安全コストが高いこと、プロセス時間が長いこと、プロセス中に溶媒の質が変化すること、流体の拡散性及び可調節性ゆえにプロセス感度が極端であること、並びにチャンバパーツとの流体の相互作用から生じる水の不完全性/汚染の問題がある。高アスペクト比構造の倒壊を防ぐための別の戦略は、特徴を支える機械的な押さえ構造を追加することである。このアプローチには、スループット及び歩留りに悪影響を及ぼすコストの増加及びプロセスの複雑性の増加などの幾つかの犠牲が伴う。更に、押さえは、特定の種類の構造に限られるゆえに、確実な解決策ではない。ゆえに、半導体/マイクロ電子デバイスから損傷無く液体を除去するための代替の方法及びシステムが望まれている。

【 0 0 1 4 】

図 1 は、発明の一実施形態のハイレベルフローチャートである。この実施形態では、基板上に特徴が形成される（工程 1 0 4）。これらの特徴は、特徴のウェット若しくはドライエッチングによって、又は特徴を堆積させるためのデポジションプロセスによって形成されてよい。特徴は、その後続く乾燥プロセスが特徴倒壊をもたらすかもしれないような、高いアスペクト比を有してよい。基板に対し、ウェットプロセスが使用される（工程 1 0 8）。ウェットプロセスは、特徴を形成するために使用されてよい、又は特徴が形成された後に続く洗浄などの後続プロセスであってよい。ウェットプロセスからの液体が、乾燥化学剤に置き換えられる（工程 1 1 2）。一部の実施形態では、ウェットプロセス用の液体は、乾燥化学剤と同じであり、このようなケースでは、この工程は不要である。濡れた基板は、剥離乾燥チャンバのなかに置かれる（工程 1 1 6）。剥離乾燥チャンバの雰囲気は、制御される（工程 1 2 0）。もし、乾燥化学剤が第 3 級ブタノール（T B A）であるならば、制御された雰囲気は、水分フリーだろう又は含水量を低減されているだろう。液体乾燥化学剤は、凍結される（工程 1 2 4）。凍結された固形乾燥化学剤は、基板から剥離される（工程 1 2 8）。固形乾燥化学剤は、基板から除去される（工程 1 3 2）。基板は、チャンバから取り出される（工程 1 3 6）。

10

【 0 0 1 5 】

実施例

発明の一実施形態の一具体例では、パターン化基板がエッチング層を提供される。エッチング層は、エッチングされ、C D が 4 0 n m 未満で、ピッチが 8 0 n m 未満で、高さ対幅のアスペクト比が 1 0 : 1 を超えるメモリラインを形成する（工程 1 0 4）。基板は、エッチング又は洗浄プロセスなどのウェットプロセスを経る（工程 1 0 8）。この例では、基板は、希釈されたフッ化水素酸で洗浄される。基板は、次いで、脱イオン水ですすぐられる。脱イオン水は、次いで、この例では純粋な第 3 級ブタノール（T B A）である液体乾燥化学剤に置き換えられる。濡れた基板は、剥離乾燥チャンバのなかに置かれる（工程 1 1 6）。

20

【 0 0 1 6 】

図 2 A は、発明のこの実施形態で使用されうる剥離乾燥システム 2 0 0 の一例を示した概略図である。雰囲気制御部 2 0 4 が、剥離乾燥チャンバ 2 0 2 と流体接続している。雰囲気制御部 2 0 4 は、剥離乾燥チャンバ 2 0 2 のなかのガスの圧力及び種類を制御する。静電チャック（E S C）2 0 8 が、ウエハなどの基板 2 0 6 を支えるためにチャンバのなかに置かれる。剥離乾燥システム 2 0 0 は、更に、ウェット移送ステーション 2 3 2 を含み、これは、濡れた基板 2 0 6 を移送して剥離乾燥チャンバ 2 0 2 に入れて、真空シールを提供する。真空シールを通じて、雰囲気の制御及び剥離乾燥プロセス圧力の実現が可能である。剥離乾燥システムは、更に、真空ポンプ 2 1 6 を含む。

30

【 0 0 1 7 】

この実施形態では、E S C 2 0 8 は、接触層 2 1 2 と、電熱デバイス 2 1 7 の層と、ボディ 2 2 0 とを含む。電熱電力供給部 2 8 4 が、電熱デバイス 2 1 7 の層に電氣的に接続されている。電熱電力供給部 2 8 4 は、電熱デバイス 2 1 7 に電圧を提供する。電熱電力供給部 2 8 4 は、電熱デバイス 2 1 7 が E S C ボディ 2 2 0 と接触層 2 1 2 との間に加熱格差又は冷却格差を生むかどうかと、そのような格差の大きさを決定するために、電圧の大きさ及び方向を使用する。チャック電力供給部 2 5 7 は、基板 2 0 6 を E S C 2 0 8 上に静電的にクランプするために、クランプ電圧を提供する。裏側冷却・加熱システム 2 3 0 が、E S C 2 0 8 に接続されており、E S C 2 0 8 と基板 2 0 6 との間の熱伝達を増加させるために、E S C 2 0 8 を通じてヘリウムなどの流体を基板 2 0 6 の裏側に提供する。裏側冷却／加熱システム 2 3 0 は、真空ポンプ 2 1 6 にも接続されており、これは、基板が E S C 2 0 8 に真空によってクランプされることを可能にする。裏側冷却システムの一例が、参照によってあらゆる目的のために本明細書に組み込まれる「Variable High Temperature Chuck for High Density Plasma Chemical Vapor Deposition（高密度プラズマ化学気相堆積のための可変高温チャック）」と題されたMcMillin et al.による米国

40

50

特許第 5, 835, 334 号に記載されている。マノメータ 219 が、剥離乾燥チャンバ 202 に接続されている。ESC208 と基板 206 との間には、ESC208 の表面上に溝 224 が配されている。ESC208 とモータ 218 との間には、軸 228 がつながれている。

【0018】

コントローラ 270 が、電熱電力供給部 284、チャック電力供給部 257、雰囲気制御部 204、裏側冷却・加熱システム 230、真空ポンプ 216、モータ 218、及びマノメータ 219 に可制御式に接続されている。ESC208 の下方には、固形乾燥化学剤除去システム 244 が置かれている。

【0019】

図 3 は、本発明の実施形態で使用されるコントローラ 270 を実装するのに適したコンピュータシステム 300 を示したハイレベルブロック図である。コンピュータシステムは、集積回路、プリント回路基板、及び小型のハンドヘルドデバイスから巨大なスーパーコンピュータに至る、数多くの物理的形態をとってよい。コンピュータシステム 300 は、1 つ又は 2 つ以上のプロセッサ 302 を含み、更に、(画像、文書、及びその他のデータを表示するための) 電子ディスプレイデバイス 304 と、メインメモリ 306 (例えばランダムアクセスメモリ (RAM)) と、ストレージデバイス 308 (例えばハードディスクドライブ) と、リムーバブルストレージデバイス 310 (例えば光ディスクドライブ) と、ユーザインターフェースデバイス 312 (例えばキーボード、タッチ画面、キーパッド、マウス、又はその他のポインティングデバイスなど) と、通信インターフェース 314 (例えばワイヤレスネットワークインターフェース) とを含むことができる。通信インターフェース 314 は、リンクを通じてコンピュータシステム 300 と外部デバイスとの間でソフトウェアが移行されること及びデータが転送されることを可能にする。システムは、また、上記のデバイス / モジュールが接続された通信インフラ 316 (例えば通信バス、クロスオーバー、又はネットワーク) も含んでよい。

【0020】

通信インターフェース 314 を通じて転送される情報は、信号を運ぶための、ワイヤ若しくはケーブル、光ファイバ、電話回線、携帯電話リンク、無線周波数リンク、及び / 若しくはその他の通信チャネルを使用して実装されうる通信リンクを通じて通信インターフェース 314 によって受信されることが可能である電子信号、電磁信号、光信号、又はその他の信号などの信号形態をとってよい。このような通信インターフェースがあれば、1 つ又は 2 つ以上のプロセッサ 302 は、上記の方法工程を実施する過程でネットワークから情報を受信する又はネットワークに情報を出力するだろうと考えられる。更に、本発明の方法の実施形態は、プロセッサ上でのみ実行されてもよいし、又は処理の一部を共有しているリモートプロセッサと協働してインターネットなどのネットワークを通じて実行されてもよい。

【0021】

「非一過性のコンピュータ可読媒体」という用語は、総じて、メインメモリ、補助メモリ、リムーバブルストレージ、並びにハードディスク、フラッシュメモリ、ディスクドライブメモリ、CD-ROM、及びその他の形態の永続的なメモリなどのストレージデバイスなどの媒体を言うものであり、搬送波又は信号などの一過性の対象物を含めるものと見なされるべきでない。コンピュータコードの例には、コンパイラによって作成されるようなマシンコード、及びインタープリタを使用してコンピュータによって実行される高水準コードを含むファイルがある。コンピュータ可読媒体は、搬送波に盛り込まれたコンピュータデータ信号によって伝送されるコンピュータコードであって、プロセッサによって実行可能な一連の命令を表すコンピュータコードでもあってもよい。

【0022】

雰囲気は、制御される (工程 120)。この例では、乾燥化学剤が TBA であるので、制御された雰囲気は、水分フリーである。この例では、これは、水分フリーの窒素を流すことによって達成されてよい。水分フリーの雰囲気は、剥離乾燥を向上させると考えられ

10

20

30

40

50

る。なぜならば、水分吸着は、乾燥溶液の凝固点を押し下げ、凍結されていない液体の蒸発は、損傷を及ぼすかもしれない毛細管力を提供するだろうからである。このような水分フリーの雰囲気は、もし乾燥化学剤がTBAほど吸湿性でないならば、不要かもしれない。

【0023】

濡れた基板206は、ウェット移送ステーション232を通して移送されて、大気圧(760トル)及び室温の剥離乾燥チャンバ202に入れられ、チャック208の上に載置される。ウェット移送ステーション232は、ウェット処理ステーションと、剥離乾燥チャンバ203との間につながれてよく、基板をウェット処理ステーションから剥離乾燥チャンバ202へ移送するためのロボットメカニズムを有してよい。乾燥後、ウェット処理ステーションのなかのロボットメカニズムは、基板を剥離乾燥チャンバ202から別のチャンバへ取り出すために使用されてよい。ウェット移送ステーションは、濡れた基板の乾燥を防ぐために又は濡れた基板におけるその他の化学的变化を防ぐために、制御された雰囲気を提供することによって、濡れた基板を取り扱うことができるだろう。液体乾燥化学剤の一部は、基板をチャックの上に置く前後に基板から滴り落ちるだろう。チャックの表面内の溝224は、濡れた乾燥化学剤がチャックと基板との間の接触表面から流れ去ることを可能にし、チャンバ圧力の減少の際の凝華における圧力上昇を防ぐ。

【0024】

乾燥化学剤は、凍結される(工程124)。この例では、これは、熱電デバイス217及び裏側冷却・加熱システム230の両方を使用して、チャックを0に冷却することによって達成される。圧力は、乾燥化学剤が凍結されて固形乾燥化学剤210を形成するまで、約1気圧に維持される。この例では、凍結が、10秒で行われることがわかった。この例では、凍結された乾燥化学剤は、約10秒間にわたって維持される。

【0025】

乾燥化学剤が凍結された後、固形乾燥化学剤は、基板から剥離される(工程128)。この例では、チャックは、基板206がチャック208の上方から、図2Bに示されるようにチャック208の下方に移るように、180°回転される。この例では、これは、コントローラ270がモータ218に信号を提供してアクセル228を回転させ、該アクセル228がチャック208を回転させるときに達成される。圧力は、引き下げられる。この例では、25秒以内にチャンバ202を3トルから0.1トルまでの間の圧力に引き下げるために、ポンプによる高速減圧が使用される。減圧及びその他の要素は、図2Cに示されるように、固形乾燥化学剤210を剥離させ、基板206から剥がれ落ちさせる。固形乾燥化学剤210は、剥離乾燥チャンバ202から除去されうるように、落下して固形乾燥化学剤除去システム244に入る。

【0026】

この例では、チャック208は、基板206を上置くために、図2Aに示されるように、回転してもとの位置に戻される。圧力は、乾燥室素などの水分フリーガスによって引き上げられて、大気圧に戻される。チャック温度は、室温に上昇される。静電力は、チャック電圧を排除することによって基板206から取り除かれる。基板206は、剥離乾燥チャンバ202から取り出される(工程136)。

【0027】

代替の実施形態

発明の様々な代替の実施形態が提供されてよい。発明のその他の実施形態では、その他の化学剤が使用されてよい。代替の化学剤の非限定的な幾つかの例として、ジメチルスルホキシド、シクロヘキサン、酢酸、四塩化炭素、イソプロパノール、炭酸ジメチル、水、及びそれらの混合が挙げられる。シクロヘキサンを使用し、乾燥化学剤に水が含まれない実施形態では、制御された雰囲気は、低い湿度を有するだろう。このような乾燥化学剤は、1種の純粋な液体又は2種類若しくは3種類以上の液体の混合であってよい。別の一実施形態では、ウェット処理液は、乾燥化学剤によって置き換える必要がないように、乾燥化学剤としても使用されてよい。

10

20

30

40

50

【0028】

別の一実施形態では、乾燥化学剤による液体の置き換えは、剥離乾燥チャンバのなかで実施されてよい。このようなプロセスは、乾燥化学剤による液体の置き換えの際に基板をスピンさせてもよいし、又はスピンさせなくてもよい。

【0029】

別の一実施形態では、制御された雰囲気は、水分の含有率が低い又は水分を含まない不活性ガスであってよい。Arなどの特定のガスは、ウエハをESCに対して静電的に固定する/ウエハをESCから固定解除するのに有利だろう。

【0030】

別の一実施形態では、チャックは、その上に基板を置かれる前に事前に冷却される。別の一実施形態では、静電チャックの代わりに、真空チャック又は機械的チャックが使用される。これらの実施形態は、冷却時間が遅いかもしれず、それゆえに処理時間が長いかもしれないが、その他の利点があるだろう。別の一実施形態では、冷却を提供するために、液体窒素又はコールドガスが基板に接触されてよい。

【0031】

チャンバを真空にするために、機械式ポンプ、超低温ポンプ、及び/又はターボ分子ポンプなどの、様々に異なる器具が使用されてよい。所望のチャンバ圧力を維持するために、制御された流量で、Ar、He、又はN₂などの不活性ガスがチャンバに供給されてよい。代替の一実施形態では、所望のチャンバ圧力を維持するために、ガス供給が行われなくてよい。好ましくは、チャンバ圧力は、5ミリトル未満に維持される。裏側の冷却又は加熱のためには、ウエハへの均一で且つ効率的な熱伝達を行うためには、静電的にチャックされたウエハの裏側に、好ましくは1トルから40トルまでの範囲の圧力で、He又はArを非限定的な例とする不活性ガスが供給される。

【0032】

代替の一実施形態では、基板の冷却及び/又は加熱が、1つ又は2つ以上の冷却器又は電熱器を伴う冷却システムによって達成されてよい。基板をチャックから持ち上げるために、リフトピンが使用されてよい。

【0033】

一実施形態では、固形乾燥化学剤の剥離が完了した後、二次乾燥のために、ウエハ/ESCが、乾燥化学剤の融点に近い又は乾燥化学剤の融点よりも高い温度に加熱されてよい。

【0034】

様々な実施形態では、基板の取り出しの際に、チャンバ圧力が、N₂、Ar、又はHeを非限定例として含む不活性ガスの導入によって760トルに引き上げられる。ウエハは、ESCから解放され、ウエハ裏側のガス流が遮断される。ウエハは、次いで、チャンバから取り出される。

【0035】

発明の別の一実施形態では、1つの乾燥チャンバのなかで複数の基板が同時に処理されるように、複数のESCのそれぞれが基板を保持する。ESCは、単一面内にあってもよいし、又は積み重ねられてもよい。

【0036】

剥離は、思いがけず、小さい高アスペクト比構造の倒壊を抑制しつつも乾燥化学剤を除去するために使用されうることを発見された。剥離を使用する実施形態は、凝華又は蒸発よりも速く固形乾燥化学剤が除去されることを可能にする。チャンバから固形乾燥化学剤を除去する実施形態は、凝華及び蒸気除去の場合よりも、必要なエネルギーが少なくすむ。

【0037】

その他の実施形態は、剥離された固形乾燥化学剤を除去するために、その他の方法又は装置を使用してよい。剥離された固形乾燥化学剤を機械的に除去するために、機械式アーム、又はシャッタ、又は真空システムが使用されてよい。様々な実験では、剥離は、たと

10

20

30

40

50

え基板がチャックの上方にあり且つ固形乾燥化学剤が基板上にあるときでも、固形乾燥化学剤を基板から数インチの距離まで離れさせる。

【 0 0 3 8 】

発明の別の実施形態では、エッチング層内に、高アスペクト比のビアが形成される。ビア内には、金属構造が形成される。コンデンサとして使用されうる金属構造を残してそれ以外のエッチング層を除去するために、ウェットエッチングが使用される。発明の実施形態は、金属構造を乾燥させてそれらの構造の倒壊を防ぐために使用されてよい。

【 0 0 3 9 】

発明のその他の実施形態は、フォトレジストの倒壊を防ぐために使用されてよい。発明のその他の実施形態は、高アスペクト比の特徴を有さないウエハに対して洗浄プロセスを提供するかもしれない。

10

【 0 0 4 0 】

様々な実験は、剥離を使用する実施形態に伴う倒壊損傷が、1%未満であることを見いだした。様々な実施形態は、剥離を使用する実施形態が、蒸発又は凝華を使用する実施形態よりも残留物が少ないことを見いだした。残留物は、固形乾燥化学剤に含められて除去されると考えられる。様々な実験は、実施形態が、大きい特徴配列の端に位置する構造の倒壊を解消することを見いだした。これは、凝華乾燥の場合に観察されてきた問題である。様々な実験は、剥離を生じさせるためのポンプによるチャンバ減圧速度が、損傷を増減させることはないことを見いだした。これは、スループットを速めるためにポンプによる減圧速度を上げることを可能にする。様々な実験は、また、固形乾燥化学剤の凍結保持時間が、剥離による損傷に影響を及ぼさないことも見いだした。これは、保持時間を短縮すること及びスループットを速めることを可能にする。様々な実験は、乾燥化学剤の量の増加が、剥離を可能にするために圧力の引き下げを必要とすることを見いだした。これらの実験は、固形乾燥化学剤が基板上にあったときに実施された。したがって、固形乾燥化学剤が基板上にあるときは、乾燥化学剤の量が少ないほど速い剥離が可能である。固形乾燥化学剤は、量が多いほど重さが増すと考えられ、したがって、より重い固形乾燥化学剤を剥離させるためには、ポンプによる減圧を増やし、大きい力を提供する必要があるだろう。もしこれが正しいならば、基板が逆転され、乾燥化学剤が基板の下方にあるときは、剥離すべき乾燥化学剤の量が多いほど、ポンプによる減圧は少なく済むだろう。様々な実験は、乾燥化学剤の量が少なすぎると倒壊が増えるかもしれないことを見いだした。したがって、幾つかの実施形態は、最適化された量の乾燥化学剤を使用している。

20

30

【 0 0 4 1 】

様々な実験から、乾燥化学剤次第では、剥離に使用される凍結温度が、凍結乾燥に使用される凍結温度よりも大幅に高いことがわかった。例えば、乾燥化学剤として第3級ブタノールを使用する剥離乾燥の場合は、その乾燥化学剤は、約0℃に冷却され、これに対し、凍結乾燥の場合は、その乾燥化学剤は、-20℃未満に冷却されるだろう。したがって、剥離乾燥は、それほどの温度変化を必要とせず、プロセスの高速化及びシステム要件の減少を可能にする。

【 0 0 4 2 】

様々な実施形態は、高アスペクト比特徴のための特別な押さえを必要なくし、これは、プロセス全体の複雑性及びコストを引き下げる。これらの実施形態が、あらゆるタイプのマイクロ電子形状に適用可能であるのに対し、押さえは、ごく特殊な応用に限られる。

40

【 0 0 4 3 】

発明の実施形態は、固形乾燥化学剤と基板との間に薄い凝華層を提供すると考えられる。もし、このような凝華が一様でないときは、剥離は、劣化した表面を伴う特徴に対して作用するだろう。

【 0 0 4 4 】

本発明は、幾つかの好ましい実施形態の観点から説明されてきたが、発明の範囲に含まれる代替形態、置換形態、及び代用となる様々な均等物がある。また、本発明の方法及び装置を実現するものとして、多くの代替的方法があることも留意されるべきである。した

50

がって、以下の添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨及び範囲に含まれるものとして、このようなあらゆる代替形態、置換形態、及び代用となる様々な均等物を含むものと解釈される。

本発明は、以下の形態としても実現可能である。

[形態 1]

基板を剥離乾燥させるための装置であって、
基板を受け入れるためのチャンバと、
前記チャンバ内で前記基板を支えてクランプするためのチャックと、
前記基板の温度を制御するための温度コントローラであって、前記基板を冷却することができる温度コントローラと、
前記チャンバと流体接続している真空ポンプと、
前記チャックを少なくとも 90 度傾動させることができる傾動メカニズムと、
を備える装置。

10

[形態 2]

形態 1 に記載の装置であって、更に、
制御された雰囲気を前記チャンバ内に流入させるための、前記チャンバと流体接続している雰囲気制御システムを備える装置。

[形態 3]

形態 2 に記載の装置であって、
前記雰囲気制御は、乾燥したガスを前記チャンバ内に提供するためのガス源を含む、装置。

20

[形態 4]

形態 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記チャックは、静電チャックである、装置。

[形態 5]

形態 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の装置であって、更に、
前記基板をクランプするための電圧を前記静電チャックに提供するための電圧源を備える装置。

[形態 6]

形態 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の装置であって、更に、
ウェット乾燥化学剤を伴う基板を移送して前記チャンバに入れ、前記チャンバを密閉するためのウェット移送ステーションを備え、
前記温度コントローラは、前記乾燥化学剤を凍結させる温度に前記基板を冷却することができる、装置。

30

[形態 7]

形態 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記チャックは、溝を含む、装置。

[形態 8]

形態 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記温度コントローラは、前記チャックに埋め込まれた温度制御素子を含む、装置。

40

[形態 9]

形態 8 に記載の装置であって、
前記温度制御素子は、少なくとも 0 の温度に前記基板を冷却すること及び少なくとも 20 の温度に前記基板を加熱することができる、装置。

[形態 10]

形態 1 ~ 9 のいずれか一項に記載の装置であって、
前記温度制御素子は、前記チャックに埋め込まれた電熱加熱・冷却素子を含む、装置。

[形態 11]

方法であって、
乾燥化学剤で濡れた基板を、乾燥チャンバ内でチャックの上に置くことと、

50

前記基板上で前記乾燥化学剤を固形乾燥化学剤に凍結させることと、
前記固形乾燥化学剤を前記基板から剥離させることと、
前記剥離された固形乾燥化学剤を前記基板から除去することと、
を備える方法。

[形態 1 2]

形態 1 1 に記載の方法であって、

前記固形乾燥化学剤を前記基板から剥離させることは、前記チャンバ内の圧力を引き下
げることを含む、方法。

[形態 1 3]

形態 1 1 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記乾燥化学剤を凍結させることは、

前記基板を前記チャックに固定することと、

前記乾燥化学剤を凍結させるために、前記前記基板の裏側を前記乾燥化学剤の凝固点
未満に冷却することと、

を含む、方法。

[形態 1 4]

形態 1 1 ~ 1 3 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記固形乾燥化学剤を前記基板から除去することは、前記基板を少なくとも 9 0 度傾動
させることを含む、方法。

[形態 1 5]

形態 1 1 ~ 1 4 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、

前記基板上に特徴を形成することと、

前記基板上の前記特徴をウェット処理することと、

を備える方法。

[形態 1 6]

形態 1 1 ~ 1 5 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記乾燥化学剤は、第 3 級ブタノールを含む、方法。

[形態 1 7]

形態 1 1 ~ 1 6 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、

前記チャンバ内の雰囲気から水分を除去することを備える方法。

[形態 1 8]

形態 1 1 ~ 1 7 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、

前記チャック上に前記基板を置く前に、前記チャックを前記乾燥化学剤の凝固点よりも
高い温度に加熱することを備える方法。

[形態 1 9]

形態 1 1 ~ 1 8 のいずれか一項に記載の方法であって、更に、

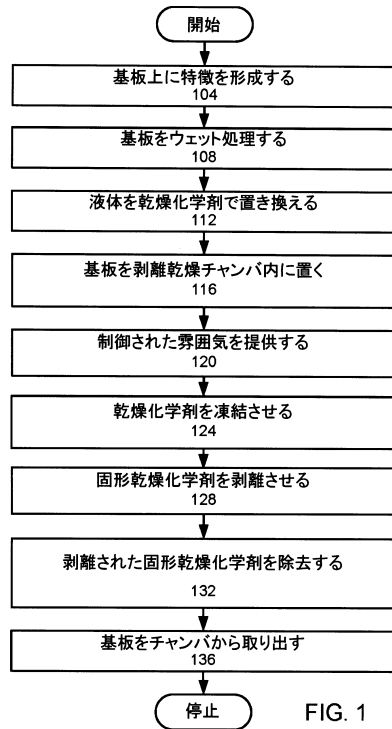
前記チャック上の前記基板から流れる液体乾燥化学剤を捕え、前記液体乾燥化学剤を前
記基板と前記チャックとの接触地点から離れるように方向づけることを備える方法。

10

20

30

【図 1】



【図 2 A】

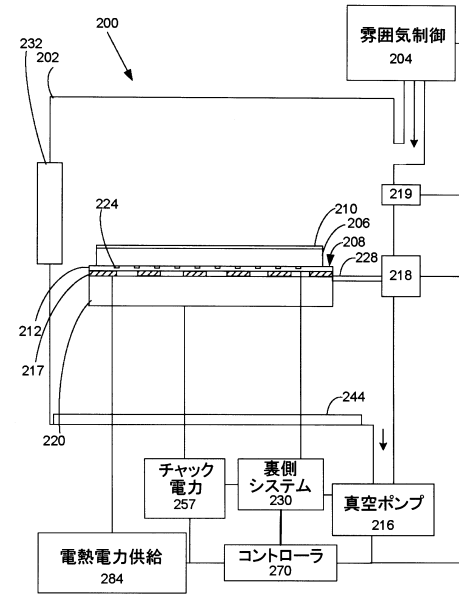


FIG. 2A

【図 2 B】

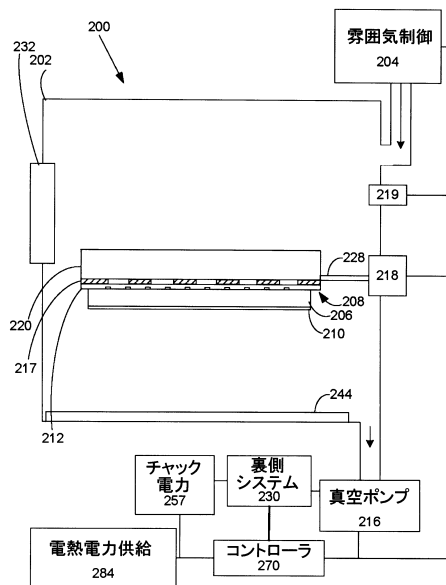


FIG. 2B

【図 2 C】

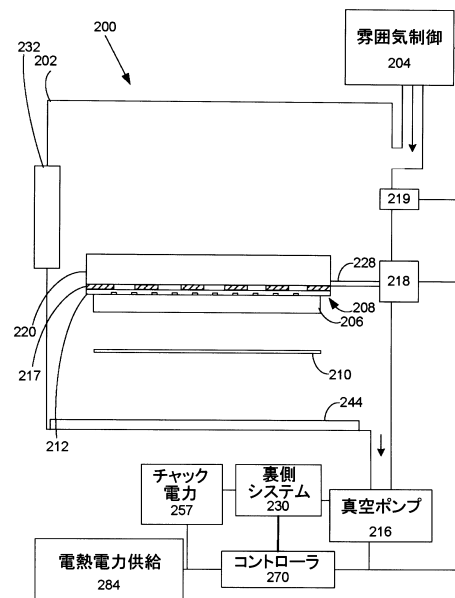
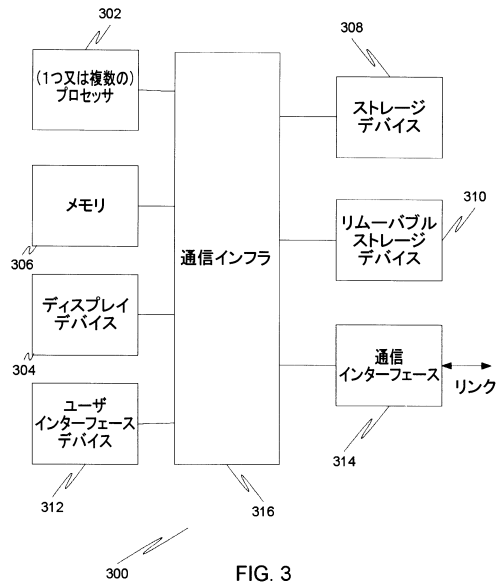


FIG. 2C

【図 3】



フロントページの続き

- (72)発明者 ダイアン・ハイムズ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 3 8 サン・ホセ, アルゴンキン・ウェイ, 5 6 1 7
- (72)発明者 アラン・エム・シェップ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 0 5 ベン・ロモンド, ハイウェイ 9, 1 0 0 1 0
- (72)発明者 ラッチャナ・リマリー
アメリカ合衆国 テキサス州 7 8 7 3 0 オースティン, ビッグ・ビュー・ドライブ, 9 4 0 4

審査官 山口 祐一郎

- (56)参考文献 特開昭 6 2 - 1 6 9 4 2 0 (J P , A)
実開昭 6 3 - 0 9 3 6 4 2 (J P , U)
特表 2 0 0 1 - 5 0 2 1 1 6 (J P , A)
特開平 0 7 - 0 2 0 6 3 7 (J P , A)
米国特許第 0 4 1 8 6 0 3 2 (U S , A)
特開 2 0 0 7 - 2 9 8 8 5 8 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 1 9 7 1 5 (J P , A)
特開平 7 - 5 6 3 2 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H 0 1 L 2 1 / 0 0 - 2 1 / 0 2
2 1 / 0 4 - 2 1 / 1 6
2 1 / 3 0 4
2 1 / 6 7 - 2 1 / 6 8 3