

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-507143

(P2012-507143A)

(43) 公表日 平成24年3月22日(2012.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 4 H	5 F 0 0 4
H O 1 L 21/304 (2006.01)	H O 1 L 21/304 6 4 5 C	5 F 1 5 7
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 5 H 1/46 L	
	H O 5 H 1/46 B	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2011-533221 (P2011-533221)	(71) 出願人	592010081
(86) (22) 出願日	平成21年10月8日 (2009.10.8)		ラム リサーチ コーポレーション
(85) 翻訳文提出日	平成23年6月21日 (2011.6.21)		LAM RESEARCH CORPOR
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/060066		ATION
(87) 国際公開番号	W02010/047970		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開日	平成22年4月29日 (2010.4.29)		38, フレモント, クッシング パークウ
(31) 優先権主張番号	12/257, 216		エイ 4650
(32) 優先日	平成20年10月23日 (2008.10.23)	(74) 代理人	110000028
(33) 優先権主張国	米国 (US)		特許業務法人明成国際特許事務所
		(72) 発明者	ケビ・ロバート・ピー,
			アメリカ合衆国 カリフォルニア州940
			70 サン・カルロス, エクセター・アベ
			ニュー, 199

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトレジストを除去するための方法および装置

(57) 【要約】

【課題】

【解決手段】 本方法および装置は、フォトレジストをウエハから除去する。硫黄 (S)、酸素 (O)、および、水素 (H) を含有する処理ガスが供給され、第1のチャンバ内で処理ガスからプラズマが生成される。ラジカルリッチかつイオンプアの反応媒体が、第1のチャンバから、ウエハの配置された第2のチャンバに流される。ウエハ上にパターニングされたフォトレジスト層が、反応媒体を用いて除去され、その後、第2のチャンバへの反応媒体の流入が停止される。反応媒体がウエハに到達する前に、水蒸気が反応媒体を溶媒和して化学種の溶媒和クラスタを形成するように、プラズマから下方に流れる反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域に、水蒸気が導入されてよい。フォトレジストは、溶媒和された反応媒体を用いて除去される。

【選択図】 図 2

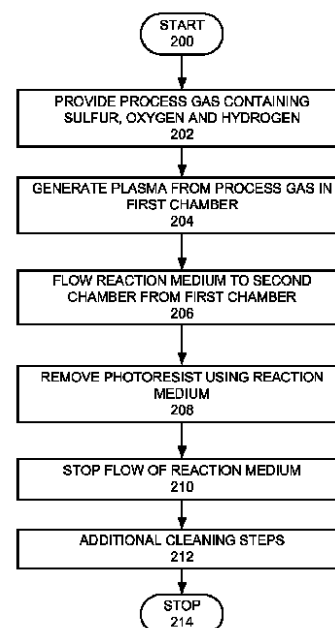


FIG. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フォトレジストをウエハから除去するための方法であって、
硫黄（S）、酸素（O）、および、水素（H）を含有する処理ガスを供給する工程と、
第 1 のチャンバ内で前記処理ガスからプラズマを生成する工程と、
ラジカルリッチかつイオンプアな反応媒体を前記第 1 のチャンバから前記ウエハが配置された第 2 のチャンバへ流す工程であって、前記ウエハは、パターニングされたフォトレジスト層を上部に有する工程と、
前記反応媒体を用いて前記パターニングされたフォトレジスト層を除去する工程と、
前記第 2 のチャンバへの前記反応媒体の流入を停止する工程と
を備える方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の方法であって、前記処理ガスは、 SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 を含む方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の方法であって、前記処理ガスは、さらに、フッ素含有ガスを含む方法。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の方法であって、前記フッ素含有ガスは、フルオロカーボンを含む方法。

20

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
前記プラズマから下方に流れる前記反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域にフッ素含有ガスを注入する工程を備える方法。

【請求項 6】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の方法であって、バイアス電圧が印加されない方法。

【請求項 7】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
13.56 MHz 以上の周波数を有するバイアス電圧を生成するために RF 電力を印加する工程を備える方法。

30

【請求項 8】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
前記ウエハの温度を制御する工程を備える方法。

【請求項 9】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
陰イオンを前記反応媒体内に放出するために、プラズマ放電をパルス化する工程を備える方法。

【請求項 10】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
前記反応媒体が前記ウエハに到達する前に、水蒸気が前記反応媒体を溶媒和して化学種の溶媒和クラスタを形成するように、前記プラズマから下方に流れる前記反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域に前記水蒸気を導入する工程を備える方法。

40

【請求項 11】

請求項 10 に記載の方法であって、前記溶媒和領域は、前記第 1 のチャンバ内の前記プラズマの下流に設けられ、前記反応媒体は、前記第 2 のチャンバ内に入る前に溶媒和される方法。

【請求項 12】

請求項 10 に記載の方法であって、前記溶媒和領域は、前記第 2 のチャンバ内に設けられる方法。

50

【請求項 13】

請求項 12 に記載の方法であって、前記反応媒体は、前記反応媒体の通過を可能にする複数の穴を有する少なくとも 1 つのガス分配部を通して前記ウエハに移送される方法。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の方法であって、前記水蒸気は、前記ガス分配部の上方に注入される方法。

【請求項 15】

請求項 13 に記載の方法であって、前記水蒸気は、前記ガス分配部の下方に注入される方法。

【請求項 16】

請求項 13 に記載の方法であって、前記水蒸気は、2 つの前記ガス分配部の間に注入される方法。

10

【請求項 17】

請求項 10 に記載の方法であって、さらに、
前記プラズマと前記溶媒和領域との間の距離を調節する工程を備える方法。

【請求項 18】

請求項 10 に記載の方法であって、さらに、
陰イオンを前記反応媒体内に放出するためにプラズマ放電をパルス化する工程を備える方法。

【請求項 19】

フォトレジストをウエハから除去するための装置であって、
処理ガスからプラズマを生成するための第 1 のチャンバであって、ガス流入口を有する第 1 のチャンバと、

20

前記ガス流入口と流体接続し、硫黄 (S)、酸素 (O)、および、水素 (H) を含有する前記処理ガスを前記第 1 のチャンバ内に供給するためのガス源と、

パターニングされたフォトレジスト層を上部に有する前記ウエハを収容するための第 2 のチャンバと、

ラジカルリッチかつイオンプアな反応媒体を前記第 1 のチャンバ内の前記プラズマから前記第 2 のチャンバに流すための反応媒体分配部と、

前記第 2 のチャンバまたは前記反応媒体分配部に設けられた水蒸気流入口であって、前記反応媒体が前記ウエハに到達する前に、水蒸気が前記反応媒体を溶媒和して化学種の溶媒和クラスタを形成するように、前記プラズマから前記ウエハに流れる前記反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域に前記水蒸気を導入する水蒸気流入口と
を備える装置。

30

【請求項 20】

請求項 19 に記載の装置であって、前記水蒸気流入口は、
前記化学種の周りにクラスタとして凝縮するように前記水蒸気を注入するよう構成されたノズルを備える装置。

【請求項 21】

請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の方法であって、バイアス電圧が印加されない方法。

40

【請求項 22】

請求項 1 ないし請求項 5 および請求項 21 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
13.56 MHz 以上の周波数を有するバイアス電圧を生成するために RF 電力を印加する工程を備える方法。

【請求項 23】

請求項 1 ないし請求項 5 および請求項 21 ないし請求項 22 のいずれかに記載の方法であって、さらに、
前記ウエハの温度を制御する工程を備える方法。

【請求項 24】

50

請求項 1 ないし請求項 5 および請求項 2 1 ないし請求項 2 3 のいずれかに記載の方法であって、さらに、

陰イオンを前記反応媒体内に放出するためにプラズマ放電をパルス化する工程を備える方法。

【請求項 2 5】

請求項 1 ないし請求項 5 および請求項 2 1 ないし請求項 2 4 のいずれかに記載の方法であって、さらに、

前記反応媒体が前記ウエハに到達する前に、水蒸気が前記反応媒体を溶媒和して化学種の溶媒和クラスタを形成するように、前記プラズマから下方に流れる前記反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域に前記水蒸気を導入する工程を備える方法。

10

【請求項 2 6】

請求項 2 5 に記載の方法であって、前記溶媒和領域は、前記第 1 のチャンバ内の前記プラズマの下流に設けられ、前記反応媒体は、前記第 2 のチャンバ内に入る前に溶媒和される方法。

【請求項 2 7】

請求項 2 5 に記載の方法であって、前記溶媒和領域は、前記第 2 のチャンバ内に設けられる方法。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 に記載の方法であって、前記反応媒体は、前記反応媒体の通過を可能にする複数の穴を有する少なくとも 1 つのガス分配部を通して前記ウエハに移送される方法。

20

【請求項 2 9】

請求項 2 8 に記載の方法であって、前記水蒸気は、前記ガス分配部の上方に注入される方法。

【請求項 3 0】

請求項 2 8 に記載の方法であって、前記水蒸気は、前記ガス分配部の下方に注入される方法。

【請求項 3 1】

請求項 2 8 に記載の方法であって、前記水蒸気は、2 つの前記ガス分配部の間に注入される方法。

【請求項 3 2】

30

請求項 2 5 ないし請求項 3 1 のいずれかに記載の方法であって、さらに、前記プラズマと前記溶媒和領域との間の距離を調節する工程を備える方法。

【請求項 3 3】

請求項 2 5 ないし請求項 3 2 のいずれかに記載の方法であって、さらに、陰イオンを前記反応媒体内に放出するためにプラズマ放電をパルス化する工程を備える方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体デバイスの形成に関し、特に、フォトレジストの除去に関する。

40

【背景技術】

【0002】

半導体ウエハの処理では、周知のパターニング処理およびエッチング処理を用いて、半導体デバイスのフィーチャがウエハ内に規定される。ウエハにおけるいくつかの領域をエッチング剤から保護してフィーチャを規定するために、フォトレジスト（PR）が用いられる。フォトレジストは、ドーパントをシリコン基板内に注入するためのイオン注入マスクとしても利用される。従来、フォトレジストマスクは、例えばメタライゼーション後のバックエンド（BEOL）処理においては「湿式」処理で除去され、一方、例えばデバイスを特徴付けるイオン注入後に、フロントエンド（FEOL）処理においては「乾式」処理が利用される。ただし、BEOL 処理で乾式剥離が用いられてもよいし、FEOL 処理

50

で湿式剥離が用いられてもよい。乾式フォトレジスト剥離は、下流環境または直流低バイアス電位プラズマ (direct low bias-potential plasma) 内で実行されてよい。F E O L では、ドーブまたは非ドーブの活性領域 (S i または S i G e) が、様々なレベルのインプラントを施され、その後に、フォトレジスト剥離および剥離後の洗浄を受ける。

【0003】

乾式または湿式処理による活性領域への影響は、材料またはドーパントの欠損の恐れがあることから有害でありえる。材料の欠損は、活性領域が、剥離・洗浄処理またはエッチング処理を繰り返し受けると起こりうる。材料の欠損は、一般に、シリコンまたはドーパントなどの活性種が酸化物などの不活性化化合物に変化することとして定義される。材料の欠損が増えるにつれ、駆動電流、漏れ特性、抵抗率、および、短チャネル効果など、様々なデバイス特性も変化する。材料の欠損に対するデバイスの感度は、デバイスの形状が 45 nm 以上減少して、接合が、より浅くなり、高フラックス低エネルギーのイオン注入によってより低濃度でドーブされると、さらに増大する。活性領域特性は、最適性能に向けて任意のデバイスにおいて精密に設計された部分であるため、F E O L 処理 (イオン注入後の剥離 (P I I S) など) による材料欠損が、デバイス性能に有害でありえる。さらに、フォトレジスト内に注入されたイオンは、表面付近の領域を化学的に変化させて、フォトレジストの分解、架橋結合などを引き起こす。このように化学的に変化した領域は硬いクラストを形成し、そこでは、ポリマが事実上グラファイト化しうる。かかる硬いクラストは、通例、上側レジスト領域の露出した側壁に形成される。

【0004】

乾式処理でのイオン衝撃による材料欠損を回避するために、高温硫酸を用いた改良湿式処理も利用されてきた。しかしながら、典型的な湿式フォトレジスト剥離剤 (高温ピラニア溶液 ($\text{H}_2\text{SO}_4:\text{H}_2\text{O}_2$)) は、かかるクラストが存在する場合には良好に機能しない。かかるクラストを剥離するために、強力なプラズマ剥離剤が用いられており、それは、通例、高酸化ラジカルを含む。クラスト剥離を強化するために、ウエハが加熱されてよく、フッ素 (F) 含有種がプラズマに加えられてよい。ただし、かかる強い化学物質 (すなわち、還元またはフッ素化) および/または酸化を利用すると、S i 材料、ドーパント、および、G e の欠損につながり、デバイス性能に影響を与える。

【発明の概要】

【0005】

上述の課題を解決するために、本発明の目的に従って、フォトレジストをウエハから除去するための方法が提供されている。ウエハは、その上に、パターニングされたフォトレジスト層を有する。硫黄 (S)、酸素 (O)、および、水素 (H) を含有する処理ガスが供給され、第 1 のチャンバ内で処理ガスからプラズマが生成される。ラジカルリッチかつイオンプアな反応媒体が、第 1 のチャンバから、ウエハの配置された第 2 のチャンバに流される。ウエハ上にパターニングされたフォトレジスト層が、反応媒体を用いて除去され、その後、第 2 のチャンバへの反応媒体の流入が停止される。

【0006】

本発明の別の態様では、反応媒体がウエハに到達する前に、水蒸気が反応媒体を溶媒和して化学種の溶媒和クラスタを形成するように、プラズマから下方に流れる反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域に、水蒸気が導入される。フォトレジストは、溶媒和された反応媒体を用いて除去される。溶媒和領域は、第 1 のチャンバ内のプラズマの下流に設けられてよく、反応媒体は、第 2 のチャンバ内に入る前に溶媒和される。あるいは、溶媒和領域は、第 2 のチャンバ内に設けられてもよい。

【0007】

本発明の別の態様では、フォトレジストをウエハから除去するための装置が提供されている。装置は、処理ガスからプラズマを生成するための第 1 のチャンバと、ガス源と、第 2 のチャンバと、反応媒体分配部とを備える。第 1 のチャンバはガス流入口を有しており、ガス源はガス流入口と流体接続している。ガス源は、硫黄 (S)、酸素 (O)、および

、水素（H）を含有する処理ガスを第１のチャンバ内に供給する。パターンニングされたフォトリソ層を上部に有するウエハが、第２のチャンバ内に配置される。反応媒体分配部は、ラジカルリッチかつイオンプアな反応媒体を第１のチャンバ内のプラズマから第２のチャンバに流す。水蒸気流入口が、第２のチャンバまたは反応媒体分配部に設けられている。水蒸気流入口は、反応媒体がウエハに到達する前に、水蒸気が反応媒体を溶媒和して化学種の溶媒和クラスタを形成するように、プラズマからウエハに流れる反応媒体の流路内に設けられた溶媒和領域に水蒸気を導入する。水蒸気流入口は、化学種の周りにクラスタとして凝縮するように水蒸気を注入するよう構成されたノズルを備えてもよい。

【０００８】

添付の図面を参照しつつ行う本発明の詳細な説明において、本発明の上述の特徴およびその他の特徴を詳述する。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

本発明の実施例を図示するが、発明はこれらの例示に限定されるものではない。また、図において、同様の要素は、同様の符号により示されている。

【００１０】

【図１Ａ】イオン注入のためのフォトリソマスクを有する基板の例を示す略断面図。

【図１Ｂ】イオン注入のためのフォトリソマスクを有する基板の例を示す略断面図。

【００１１】

【図２】本発明の一実施形態で利用可能な処理を示すハイレベルフローチャート。

【００１２】

【図３】本発明の一実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能なプラズマ処理モジュールを示す略断面図。

【００１３】

【図４Ａ】本発明の別の実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な下流誘導結合プラズマ処理モジュールを示す概略図。

【図４Ｂ】本発明の別の実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な下流誘導結合プラズマ処理モジュールを示す概略図。

【００１４】

【図５】本発明のさらに別の実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な別の例の下流誘導結合プラズマ処理モジュールを示す概略図。

【００１５】

【図６】本発明のさらに別の実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な下流フォトリソスト剥離チャンバ（「下流チャンバ」）を示す概略図。

【００１６】

【図７Ａ】本発明の一実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な温度制御部を有する別の例のプラズマモジュール（剥離モジュール）を示す概略図。

【図７Ｂ】本発明の一実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な温度制御部を有する別の例のプラズマモジュール（剥離モジュール）を示す概略図。

【図７Ｃ】本発明の一実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な温度制御部を有する別の例のプラズマモジュール（剥離モジュール）を示す概略図。

【００１７】

【図８】本発明の一実施形態に従って、プラズマからウエハに移送される反応媒体の溶媒和処理を示すフローチャート。

【００１８】

【図９】本発明の一実施形態に従って、さらなる水蒸気流入口を有するプラズマ処理モジュールの一例を示す概略図。

【００１９】

【図１０】本発明の一実施形態に従って、さらなる水蒸気流入口として注入ポートを用いる別の例のプラズマ処理モジュールを示す概略図。

10

20

30

40

50

【0020】

【図11A】本発明の一実施形態に従って、水蒸気流入口を有する別の例のプラズマ処理モジュールを示す概略図。

【図11B】本発明の一実施形態に従って、水蒸気流入口を有する別の例のプラズマ処理モジュールを示す概略図。

【図12】本発明の一実施形態に従って、水蒸気流入口を有する別の例のプラズマ処理モジュールを示す概略図。

【0021】

【図13】プラズマモジュールの第2のチャンバが2以上のバッフル（ガス分配部）を備える例を示す概略図。

【0022】

【図14A】本発明の一実施形態に従って、さらなるガス注入ポートを水蒸気流入口として用いる別の例のプラズマ処理モジュールを示す概略図。

【図14B】本発明の一実施形態に従って、さらなるガス注入ポートを水蒸気流入口として用いる別の例のプラズマ処理モジュールを示す概略図。

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下では、添付図面に例示されたいくつかの好ましい実施形態を参照しつつ、本発明の詳細な説明を行う。以下の説明では、本発明の完全な理解を促すために、数多くの具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、当業者にとって明らかなように、本発明は、これらの具体的な詳細事項の一部または全てがなくとも実施することが可能である。また、本発明が不必要に不明瞭となるのを避けるため、周知の処理工程および／または構造については、詳細な説明を省略した。

【0024】

図1Aおよび図1Bは、イオン注入のためのフォトリソマスク12を有する基板10の例を示す略断面図である。基板10は、さらに、薄膜誘電体層14を備えてよい。フォトリソマスク12は、図1Aに示すように、ドーパントが注入される活性領域16を規定するフィーチャを有する。フォトリソマスク12は、図1Bに示すように、例えば、n型デバイスのための活性領域20がイオン注入によって形成される場合にp型デバイス領域18を保護するために用いられてもよい。イオン注入後、フォトリソマスクの表面付近の領域は、イオン入射によって化学修飾されて、バルク部分24を覆う硬いクラスト22を形成する。

【0025】

一般に、下流フォトリソ剥離工程は、マイクロ波またはRF放電領域でフルオロカーบอนを加えて酸素を放電させることによって実行される。プラズマからのラジカルは処理チャンバに移送され、そこに、通例はイオンが残される。許容可能な反応速度を確保するために、ウェハは、300℃まで加熱されてよい。下流剥離工程中の材料欠損は、ラジカル(O^*)がシリコン中に拡散することによって起こり、ラジカルはシリコンを二酸化シリコンに変化させ、高温により拡散が強化される。あるいは、直流低バイアス電位プラズマ剥離が利用される場合、薄膜誘電体層を通して活性領域内に貫通したプラズマからの荷電化学種(O^+ または O_2^+)によって、材料欠損が生じる。

【0026】

両方のタイプの乾式剥離において、ラジカルまたはイオンは、Si、Ge、または、ドーパントと反応し、基本的にそれらの機能を損なう。かかる化学種の例としては、活性領域の構成物質と反応する、または、それらを消費するのに十分な熱エネルギーによって薄膜誘電体層を通して駆動された酸化的ラジカルが挙げられる。活性領域の構成物質は、乾式剥離中に酸化もしくは除去される。かかる作用の結果として、活性領域のSiまたはGeの欠損が生じる。還元種（すなわち、水素）も同様に破壊的であり、活性領域での材料欠損を引き起こす場合があるが、これは酸化によるものではない。さらに、乾式フォトリソ除去の代替方法として、硫酸および過酸化物の水溶液（例えば、SHARKと呼ばれ

10

20

30

40

50

る化学剤)を用いた湿式処理が開発されており、シリコンの欠損が最小限に抑えられるとされている。ただし、この技術は、開発中であり、上述のように、フォトレジストが硬化された場合、または、比較的多量の注入がなされて硬いクラストが形成された場合には良好に機能しない。

【0027】

したがって、F E O Lのイオン注入後の剥離処理において、出願人は、下層の活性領域のシリコン(NまたはP型ドーパントおよび/またはGeを含んでも含まなくてもよい)上の任意の露出した誘電体層に悪影響を与える(すなわち、除去する)ことなく、硬化フォトレジスト(PR)層および残留バルクフォトレジストを除去するための処理を研究開発した。厳しい材料欠損の課題に加えて、剥離処理は、残った層を硬化させないことを求められる。

10

【0028】

本発明の実施形態は、反応チャンバの上流にプラズマ放電部を有する下流プラズマモジュールを利用する。本発明の実施形態は、硫黄(S)、酸素(O)、および、水素(H)を含有する新規の処理ガスを用いる。

【0029】

理解を促すために、本発明の一実施形態に従って、フォトレジストを基板から除去するために利用可能な処理を示すハイレベルフローチャートを図2に示す。ウエハは、その上に、パターニングされたフォトレジストを有する。フォトレジストは、フォトレジスト除去の前にイオン注入マスクとして利用されてよく、例えば、図1Aまたは図1Bに示したように、バルク部分と、バルク部分を覆うクラスト部分とを有してよい。ただし、本発明は、例えば、B E O L処理におけるフォトレジスト剥離など、他のフォトレジスト剥離にも適用可能であることに注意されたい。図2に戻ると、硫黄(S)、酸素(O)、および、水素(H)を含有する処理ガスが供給される(工程202)。例えば、処理ガスは、S O₂、H₂O、および、O₂を含んでもよい。処理ガスは、さらに、フッ素含有ガス(例えば、N F₆、N F₃)、または、フルオロカーボン(例えば、C F₄)を含んでもよい。より一般的には、フルオロカーボンは、C x F y (x ≥ 1、y ≥ 1)および/またはC x F y H z (x ≥ 1、y ≥ 1、z ≥ 1)と表すことができる。ソースガスは、さらに、H₂およびNH₃など、他の成分ガスを含んでもよい。

20

【0030】

プラズマが、第1のチャンバ内で処理ガスから生成される(工程204)。プラズマは、マイクロ波、誘導放電(R Fエネルギー)、D C放電、または、他の高密度解離遠隔電源を用いて放電されてよい。ラジカルリッチかつイオンブアな反応媒体が、第1のチャンバから、ウエハの配置された第2のチャンバに流される(工程206)。ウエハは、その上に、パターニングされたフォトレジスト層を有する。パターニングされたフォトレジスト層は、反応媒体を用いて除去される(工程208)。次いで、第2のチャンバ内への反応媒体の流入が停止される(工程210)。反応媒体を用いたフォトレジスト除去の後に、1または複数のさらなる洗浄処理が実行されてよい(工程212)。

30

【0031】

図3は、本発明の一実施形態に従って、フォトレジスト除去を実行するために利用可能なプラズマチャンバ102を備えるプラズマ処理モジュール100を示す略断面図である。プラズマチャンバ102は、チャンバ壁104および誘電体窓106を備える。プラズマ処理モジュール100は、供給ガスがチャンバ102内に流入することを可能にするための供給ガス流入口108を備える。排気ポート110は、チャンバ102からガスを排気する。チャンバ102内の供給ガスを励起してチャンバ102内でプラズマを点火するために、誘導源112(通例は、誘電体窓106上に配置されたコイルの形態を取る)が利用される。この例では、誘導源112は、R F電源114によって電力供給される。

40

【0032】

誘導源112により、チャンバ102内のプラズマは、主要解離領域116を有するプラズマを形成する。この主要解離領域116は、プラズマが最も効果的に供給ガスを解離

50

させるチャンバ102内の領域である。誘導源112が、誘電体窓106に取り付けられたコイルの形態を取る場合、主要解離領域116は、チャンバ102内で誘導源112のコイルの真下に位置する全体的にドーナツ形の領域の形態を取る。

【0033】

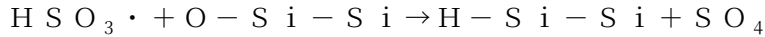
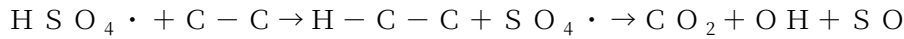
プラズマ処理モジュール100は、さらに、プラズマチャンバの壁をプラズマから保護すると共にOまたはOHのような中性ラジカルの再結合を低減するためのライナ118（水晶ライナまたは任意の他の利用可能な材料など）を備えてもよい。チャック120が、チャンバ102の底部に配置されており、半導体基板122を支持するよう構成されている。当業者に周知のように、チャック120は、処理効率を上げるために加熱されてよい。プラズマ処理モジュール100は、さらに、基板122の上方に配置された水晶バッフル124を備える。バッフル124は、バッフル124を貫通して形成された複数の開口部を備えており、それによって、チャンバ102を流れる任意のガスは、バッフル124がプラズマ処理モジュール100に備えられていない場合よりも基板122上を均一に流れるように再分配される。バッフル124は、基板122をプラズマへの直接的な暴露から部分的に保護する。したがって、この例では、バッフル124の上方のプラズマチャンバ102を第1のチャンバとし、基板122がチャック120上に配置されるバッフル124の下方の領域を第2のチャンバとする。

【0034】

本発明の一実施形態によると、硫黄（S）、酸素（O）、および、水素（H）を含有する新規のガス混合物、例えば、 SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 を供給ガスとして含有する処理ガスが、供給ガス流入口108を通して導入される。 H_2O を利用することの目的の1つは、ダングリングSiボンドを「シールする」ことにより、活性領域のシリコンを不動態化することである。他の目的は、フォトレジスト内の炭素を攻撃しうるが、活性領域のシリコン内には容易に拡散しえない（酸素ラジカルと対照的に）比較的大きく強力な反応剤を生成することである。随意的に、フッ素含有ガスが、さらに、供給ガス流入口108を通してプラズマチャンバ102の放電（解離領域116）内に導入されてもよい。

【0035】

処理ガスは、主要解離領域116で解離されて、ラジカルリッチかつイオンブアな反応媒体を形成する。本明細書および特許請求の範囲では、「ラジカルリッチかつイオンブア」とは、ラジカルの濃度（ラジカル数/ cm^3 ）が、圧力、解離効率、および、再結合速度に応じて、イオンの密度（イオン数/ cm^3 ）よりも、少なくとも $E2(10^2)$ 倍、好ましくは $E5(10^5)$ 倍以上、より好ましくは $E5(10^5)$ 倍から $E8(10^8)$ 倍、大きいことを意味する。例えば、ラジカルリッチかつイオンブアな媒体に提供されるイオン密度は、 $10E7(10 \times 10^7)$ イオン/ cm^3 未満、好ましくは $10E6(10 \times 10^6)$ イオン/ cm^3 であってよく、ラジカル濃度の範囲は、 $5E13(5 \times 10^{13})$ から $5E15(5 \times 10^{15})$ ラジカル/ cm^3 、好ましくは $1E14(1 \times 10^{14})$ から $1E15(1 \times 10^{15})$ ラジカル/ cm^3 であってよい。ただし、後述するように、バイアスが印加される場合、イオン密度は、約 $10E9(10 \times 10^9)$ から $10E10(10 \times 10^{10})$ イオン/ cm^3 の範囲であってよい。ラジカルリッチかつイオンブアな反応媒体は、さらに、実質的にイオンが存在しない反応媒体を含む。様々な強い反応種を形成する放電生成物との多くの反応が存在する。これらの化合物の一部は強い還元剤であり、一部は非常に強い水素供与体であり、他の化合物は酸化剤である。反応混合物を制御することにより、活性領域における酸化還元バランスを取りつつ、効果的にフォトレジストを分解することができる。供給ガスとして SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 を用いたプラズマは、以下のラジカルを生成する： $\text{HSO}_4 \cdot$ 硫酸の特性を有するモノ硫酸ラジカル； $\text{HSO}_3 \cdot$ 亜硫酸水素ラジカル； $\text{HO} \cdot$ ヒドロキシルラジカル；および、 $\text{O} \cdot$ 酸素ラジカル。 $\text{HSO}_4 \cdot$ および $\text{HSO}_3 \cdot$ ラジカルは、強い水素供与体であるため、フォトレジスト内の炭素を水素化することができる。さらに、 $\text{HSO}_4 \cdot$ ラジカルは、強い酸化化合物であるため、 $\text{HO} \cdot$ および $\text{O} \cdot$ と共に、弱くなった炭素を酸化する。 SO_2 は、他の硫黄酸化物と異なり、適切な反応を促すためには、 H_2O と共に存在する必要があることに注意されたい。



【0036】

ラジカルリッチかつイオンブアな反応媒体は、図3に示すように、プラズマチャンバ102の主要解離領域116からバッフル124を通して、基板122が配置された反応領域126に流される。バッフル124は、イオンが基板に到達することを部分的に防止するため、反応領域126は、この例において第2のチャンバと見なすことができる。基板122上のパターニング済みフォトリジスト層は、反応媒体を用いて除去される。

【0037】

図4Aは、本発明の別の実施形態に従って、フォトリジスト除去を実行するために利用可能な下流誘導結合プラズマ処理モジュール140を示す概略図である。説明のため、様々な図面を通して同じ構成要素には同じ符号を用いており、当業者であれば、追加の説明なしに、同様の構成要素およびそれらの機能について理解することができる。

【0038】

全体的に、プラズマ処理モジュール140は、図4Aに示すように、プラズマチャンバ102が、プラズマ生成および解離のための第1の（上側）チャンバ142と、処理（フォトリジスト除去）のための第2の（下側）チャンバ144とに分割されている点を除いて、上述のプラズマ処理モジュール100と同様のものである。

【0039】

プラズマ処理モジュール100と同様に、プラズマ処理モジュール140は、供給ガスが第1のチャンバ142内に流入することを可能にするための供給ガス流入口108を備える。排気ポート110は、第2のチャンバ144からガスを排気する。第1のチャンバ142内の供給ガスを励起して供給ガスから第1のチャンバ142内でプラズマを生成するために、誘導源112（この例では、誘電体窓106上に配置されたコイルの形態を取る）が利用される。この例では、誘導源112は、変成器結合電源の形態を取るRF電源114によって電力供給される。典型的な誘導源の電力は、約250Wから約5000W以上の範囲である。上述の実施形態と同様に、誘導源112の具体的な構成および形状により、第1のチャンバ142内に主要解離領域116を有するプラズマが生じる。プラズマ処理中、第1のチャンバ142および第2のチャンバ144内のガス圧は、約10mTから約10T以上であってよいが、通例は、動作圧は約1Tである。供給ガス流量は、300mm基板（ウェハ）については、約100標準立方センチメートル毎分（sccm）から約10,000sccm以上の範囲であってよい。

【0040】

第1のチャンバ142および第2のチャンバ144を相互接続する内部ポート148が、プラズマ閉じ込めプレート146の実質的に中央に設けられている。内部ポート148は、第1のチャンバ142内で生成された反応媒体が、基板122の処理中に第2のチャンバ144内に流入することを可能にする。第2のチャンバ144は、バッフル124を有してよい。バッフル124の下方の反応領域（図4では図示せず）は、第2のチャンバの一部、あるいは、第3のチャンバと見なすことができる。

【0041】

図4Aに示すように、供給ガス流入口108は、第1のチャンバ142内に供給された任意の供給ガスの流れが、矢印で示されるように、実質的に主要解離領域116を通して内部ポート148に向けられるように、配置されてよい。第1のチャンバ142内で生成されたプラズマは、供給ガスから反応媒体を生成し、反応媒体は、内部ポート148を通して第1のチャンバから第2のチャンバへ移送される。この実施形態では、供給ガスは、供給ガス流入口108を通して導入されるSO₂、H₂O、および、O₂であってよい。随意的に、フッ素含有ガスが、供給ガス流入口108を通して供給されてもよい。

【0042】

さらに、チャンバ壁104およびプラズマ閉じ込めプレート146は、接地されてよい。このように壁を接地することにより、任意の荷電種を引きつけて壁に衝突させ、それに

10

20

30

40

50

よって、荷電種（イオン）が、第１のチャンバ１４２から第２のチャンバ１４４に流れることを防止する助けとなる。

【００４３】

したがって、第２のチャンバ１４４内に導入された反応媒体は、さらにラジカルリッチかつイオンプアになり、本発明の一実施形態によると、反応媒体は、イオンすなわち荷電粒子を実質的に含まないことが好ましい。

【００４４】

図４Ａに示すように、第２のチャンバ１４４は、基板１２２の上方に配置された水晶バップル１２４を有する。バップル１２４は、バップル１２４を貫通して形成された開口部を備えており、それによって、第２のチャンバ１４４を流れる反応媒体は、バップル１２４がない場合よりも基板１２２上で均一に再分配される。

10

【００４５】

本発明の別の実施形態によると、一部の供給ガスはプラズマ放電（解離領域１１６）内に注入され、他のガスは放電の下流に注入されてよい。図４Ｂは、プラズマ処理モジュール１４０と同様な別の例のプラズマ処理モジュール１６０の概略図であり、この例では、供給ガス流入口１０８および内部ポート１４８の構成が異なっており、さらなる注入ポート１５０が第２のチャンバ１４４に設けられている。この例では、供給ガス流入口１０８は、実質的に第１のチャンバ１４２の上部中央に設けられており、内部ポート１４８は、プラズマ閉じ込めプレート１４６の両側（周縁部）に設けられている。さらなる注入ポート１５０は、第２のチャンバ１４４の上壁に設けられている。この例では、供給ガスはすべて、供給ガス流入口１０８を通して供給されてよい。あるいは、フッ素含有ガスが、さらなる注入ポート１５０を通して、プラズマの下流で第２のチャンバ１４４内に導入されてもよい。他の特徴については、上述のプラズマ処理モジュール１４０と同様である。

20

【００４６】

図５は、本発明の別の実施形態に従って、フォトリソスト除去を実行するために利用可能な別の例の下流誘導結合プラズマ処理モジュール１８０を示す概略図である。説明のため、様々な図面を通して同じ構成要素には同じ符号を用いており、当業者であれば、追加の説明なしに、同様の構成要素およびそれらの機能について理解することができる。

【００４７】

概して、プラズマ処理モジュール１８０は、内部ポート１４８が、第１のチャンバ１４２の上側部分から第２のチャンバ１４４まで下向きに伸びて、第２のチャンバ１４４の上壁に開口部を有する以外は、上述のプラズマ処理モジュール１４０および１６０と同様である。

30

【００４８】

図５に示すように、供給ガス流入口１０８および内部ポート１４８は、第１のチャンバ１４２内に供給された任意の供給ガスの流れが、実質的に主要解離領域１１６を通過して内部ポート１４８に向かうように、第１のチャンバ１４２に設けられる。例えば、供給ガス流入口１０８の開口部および内部ポート１４８への出口は、主要解離領域１１６を挟んで第１のチャンバ１４２の反対側に配置されてよい。さらに、図５に示すように、プラズマ処理モジュール１８０は、さらに、第１のチャンバ１４２からの出口と第２のチャンバ１４４への開口部との間で内部ポート１４８の通路に接続された注入ポート１５０を備える。

40

【００４９】

第１のチャンバ１４２内で生成されたプラズマは、供給ガスから反応媒体を生成し、反応媒体は、内部ポート１４８を通して第１のチャンバ１４２から第２のチャンバ１４４へ移送される。この実施形態では、供給ガスは、供給ガス流入口１０８を通して導入される SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 であってよい。随意的に、１または複数のフッ素含有ガスが、第１のチャンバ１４２から第２のチャンバ１４４に移送されている反応媒体内に注入ポート１５０を通して導入することによって下流に供給されてもよい。注入ポート１５０は、本発明の別の実施形態に関して後述するように、溶媒和のための水蒸気を注入するため

50

に用いられてもよい。

【0050】

さらに、内部ポート148の壁も構成しているチャンバ壁104およびプラズマ閉じ込めプレート146が接地されてもよい。このように壁を接地することにより、任意の荷電種を引きつけて壁に衝突させ、それによって、荷電種（イオン）が、第1のチャンバ142から第2のチャンバ144に流れることを防止する助けとなる。

【0051】

本発明は、マイクロ波電力供給型の下流プラズマ処理チャンバを用いて実施されてもよい。図6は、本発明の一実施形態に従って、下流フォトリジスト剥離チャンバ（「下流チャンバ」）300を示す概略図である。下流チャンバ300は、チャンバ壁302と、チャンバ底部304と、チャンバ上部306とを備えており、それらは、チャンバ内部領域308を規定する。半導体ウエハ支持構造（すなわち、「チャック」）310が、チャンバ内部領域308内のチャンバ底部304付近に配置されている。チャック310は、処理のためにチャック310上に載置された半導体ウエハ（すなわち、「ウエハ」）314を上下させるために用いられる複数のリフトピン312を含んでよい。チャック310は、さらに、電力で作動するよう構成されたヒータ316を備えてよい。下流チャンバ300は、さらに、排気システム（図示せず）を備える。

【0052】

下流チャンバ300は、さらに、チャンバ上部306の上方に配置された供給チューブ320を備える。供給チューブ320は、シャワーヘッド322を介してチャンバ内部領域308と連通するよう構成されている。処理ガス供給ライン324が、処理ガスを供給するために、供給チューブ320に流体連通している。供給チューブ320の目的は、マイクロ波エネルギーを供給ガスに結合することと、解離した反応ガス混合物を処理チャンバ300に送ることである。供給チューブ320の形状は、図6に示すものに限定されず、供給チューブは、端部に開口部を有する細長いチューブなど、異なる形状を有してもよい。本発明の実施形態において、好ましい処理ガスは、硫黄（S）、酸素（O）、および、水素（H）を含有する。例えば、処理ガスは、 SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 を供給ガスとして含む。処理ガスは、さらに、フッ素含有ガス（例えば、 NF_6 、 NF_3 ）、または、フルオロカーボン（例えば、 CF_4 ）を含んでもよい。より一般的には、フルオロカーボンは、 C_xF_y （ $x \geq 1$ 、 $y \geq 1$ ）および／または $\text{C}_x\text{F}_y\text{H}_z$ （ $x \geq 1$ 、 $y \geq 1$ 、 $z \geq 1$ ）と表すことができる。ただし、処理ガス供給ライン324は、実質的に任意の種類の処理ガスを供給するよう構成されうる。

【0053】

また、供給チューブ320内の処理ガスにマイクロ波電力を供給するために、マイクロ波電源326が、供給チューブ320に接続される。マイクロ波電力は、プラズマを生成し、構成要素としてラジカルを含む反応媒体に処理ガスを変換する。したがって、供給チューブ320は、プラズマによって反応媒体を生成するための第1のチャンバとして機能する。本発明の一実施形態によると、 SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 を供給ガスとするプラズマは、以下のラジカルを生成する： HSO_4 ・硫酸の特性を有するモノ硫酸ラジカル； HSO_3 ・亜硫酸水素ラジカル； HO ・ヒドロキシルラジカル；および、 O ・酸素ラジカル。ラジカルは、主に、 H ラジカルおよび O ラジカルを含む。ラジカルは、シャワーヘッド322を通してチャンバ内部領域308に入り、ウエハ314に向かって流れる。ラジカルは、等方的に（すなわち、一様な方向で）ウエハ314に接触し、ウエハ314の表面上に存在する材料を除去するように反応する。 HSO_4 ・および HSO_3 ・ラジカルは、強い水素供与体であるため、フォトリジスト内の炭素を水素化することができる。さらに、 HSO_4 ・ラジカルは、強い酸化化合物であるため、 HO ・および O ・と共に、弱くなった炭素を酸化する。

【0054】

図7Aは、本発明の一実施形態に従って、温度制御部を有する別の例のプラズマモジュール（剥離モジュール）400を示す概略図である。剥離モジュール400は、（プラズ

10

20

30

40

50

マチャンバを備えた) プラズマ源 402 と、処理チャンバ 408 とを備える。プラズマ源 402 は、例えば、マイクロ波または RF 電力源を用いて、処理ガス 404 をプラズマ 406 に励起する。処理チャンバ 408 は、中央開口部を有するチャンバ上部 410 と、中央開口部でチャンバ上部 410 に固定されたガス分配部 412 と、内部チャンバ本体 414 と、基板 (ウエハ) 422 を支持するための温度制御チャック 420 と、内部チャンバ本体 414 を摺動可能に収容し、内部チャンバ本体 414 の側面を取り囲む外側チャンバ本体 416 と、を備える。剥離モジュール 400 は、さらに、それに接続された排気部 450 を備える。排気部 450 は、遮断バルブ 452 と、真空ポンプ 456 に接続されたスロットルバルブ 454 とを備えてよい。プラズマモジュール 400 は、さらに、1 または複数のヒータ 424 と、流体冷却路 426 とを備えてよい。

10

【0055】

チャンバ上部 410 の中央開口部の入口は、プラズマ源 402 の出口に整列される。ガス分配部 412 は、複数のガス流路 442 を内部に形成されており、それらのガス流路は、ガス流路から出たガスが分散して均一に広がるように構成される。中央開口部の出口は、ガス流路 442 の入り口に流体連通している。内部チャンバ本体 414 は、ガス分配部 412 よりも下に配置されており、流体の再循環および乱流を低減するために流線形の内面を有する上側チャンバドームと、チャック 420 の周方向に基板 422 およびチャック (支持体) 420 を取り囲む側面部分とを備える。ただし、本発明は、これらの具体的なチャンバの構成に限定されない。

【0056】

プラズマ源 (チャンバ) 402 内で、硫黄 (S)、酸素 (O)、および、水素 (H) を含有する処理ガス、例えば、 SO_2 、 H_2O 、および、 O_2 、そして、随意的にフッ素含有ガスを供給ガスとして含む処理ガスから、プラズマが生成される。ラジカルリッチかつイオンプアな反応媒体が、プラズマ 406 から中央開口部およびガス分配部 412 を通して処理チャンバ 408 の内部チャンバ本体 414 内に下流向きに流れる。

20

【0057】

さらに、図 7B に示すように、例えば、内部チャンバ本体 414 とチャンバ上部 410 との間のギャップ 432 を通って、さらなるガス注入ポート 440a が設けられてもよい。この場合、随意的なフッ素含有ガスは、ガス注入ポート 440a を通して、ガス分配部 412 のガス流路の下流で内部チャンバ本体内に導入されてよい。あるいは、図 7C に示すように、さらなるフッ素含有ガスを注入するために、プラズマ源 402 の下流かつガス分配部 412 の上方の円錐部分に、さらなるガス注入ポート 440b が設けられてもよい。

30

【0058】

本発明の一実施形態によると、フォトレジストを除去するための方法は、さらに、プラズマに達する前に反応媒体を溶媒和する工程を含む。理解しやすいように、(図 2 の工程 206 中に) プラズマからウエハに移送される反応媒体の溶媒和処理のフローチャートを図 8 に示す。図 8 に示すように、反応媒体がプラズマすなわちプラズマ源からウエハに向かって下降する流路に設けられた注入領域すなわち溶媒和領域に、水蒸気が導入される (工程 220)。水は、イオンまたはラジカルの周りでクラスタとして穏やかに凝縮するように、ノズルまたはオリフィスを通して押し出される。

40

【0059】

水蒸気は、反応媒体がウエハに到達する前に、反応媒体を溶媒和して、化学種の溶媒和クラスタを形成する (工程 222)。クラスタ化 (または、溶媒和) を実現するための方法は、少量の凝縮が起きるように微細なオリフィスを通して水蒸気を注入することによる。これにより、特定の分子またはイオンの周りで凝縮が起きる。この下流注入は、流れている反応媒体 (吐出流) 内に入る水蒸気が、プラズマ内で生成された反応媒体の化学種の周りで凝縮して溶媒和クラスタを形成することを可能にするように実行される。これらの溶媒和クラスタは、複数の水分子に囲まれた活性ラジカルまたはイオンを含む。水分子の数は、3 から約 20 の範囲、より一般には、2 から 100 の範囲であってよい。

50

【0060】

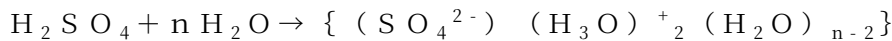
本明細書および特許請求の範囲では、ラジカルが溶媒和された場合、水分子のクラスタが活性ラジカルの周りに形成されていることを意味し、水蒸気が注入されてラジカルが溶媒和される領域を溶媒和領域と呼ぶこととする。それらのラジカルがウエハに移送されるため、フォトレジストの表面上の反応は、微視的には水性反応である。クラスタの形成は、ガス供給ラインおよび注入領域の間の圧力差と、オリフィスのサイズとに依存する。ラジカルは、以下のように溶媒和される：



数字 n は、穏やかな凝縮が起きた時、2 から 100 の範囲であってよい。

【0061】

溶媒和水分子の数が十分に大きい場合、単一の中性荷電クラスタが、陽イオンおよび陰イオンの両方を運びうる：



【0062】

本発明の一実施形態によると、溶媒和領域は、反応媒体が第2のチャンバ内に入る前に溶媒和されるように、第1のチャンバ内のプラズマの下流に設けられる。例えば、図9に示すように、さらなる水蒸気流入口130が、水蒸気を注入するために、プラズマ処理モジュール100（図3）に設けられてよい。反応媒体は、溶媒和領域132で溶媒和される。この実施形態の溶媒和領域は、プラズマ生成領域に近接している。これにより、水とプラズマとの最大限の相互作用が確保される。溶媒和領域がプラズマに近すぎると、水分子の解離およびクラスタの分解が起こりうるため、近接状態を良好に制御することが好ましいことに注意されたい。

【0063】

本発明の別の実施形態によると、溶媒和領域は、第1のチャンバと第2のチャンバとの間の反応媒体の流路に設けられる。例えば、図10に示すように、プラズマ処理モジュール180（図5）の注入ポート150は、水蒸気を注入するためのさらなる水蒸気流入口130として利用できる。反応媒体は、内部ポート148で溶媒和される。溶媒和処理は、反応媒体が第2のチャンバ144内に移送される間継続しうる。溶媒和領域は、水蒸気の解離およびクラスタの分解を防ぐために、プラズマ生成領域から離されている。

【0064】

本発明のさらに別の実施形態によると、溶媒和領域は、反応媒体がウエハに到達する前に溶媒和されるように、第2のチャンバ内に設けられる。例えば、図11Aに示すように、さらなる水蒸気流入口130が、水蒸気を注入するために、プラズマ処理モジュール140（図4A）に設けられてよい。あるいは、図11Bに示すように、プラズマ処理モジュール160（図4B）のさらなる注入ポート150は、水蒸気を注入するためのさらなる水蒸気流入口130として利用できる。さらに、図12に示すように、さらなる水蒸気流入口130が、溶媒和領域132を提供するために、下流チャンバ300（図6）に設けられてもよい。反応媒体は、これらの例の各々において溶媒和領域132で溶媒和される。溶媒和領域がプラズマに近すぎる場合、プラズマがクラスタを分解し水を解離させるため、これらの構成では、溶媒和領域をプラズマ源のさらに下流に配置することで、プラズマからの干渉なしに完全なクラスタ化を保証する。

【0065】

図13は、プラズマモジュール500の第2のチャンバ144が、2以上のバッフル（ガス分配部）を備える例を示す概略図である。さらなる水蒸気流入口は、上側バッフル124aの上方（水蒸気流入口130a）、2つのバッフル124aおよび124bの間（水蒸気流入口130b）、または、下側バッフル124bの下方（水蒸気流入口130c）に設けられてよい。

【0066】

さらに、プラズマ処理モジュール400a（図7B）または400b（図7C）において、さらなるガス注入ポート440aまたは440bは、図14Aおよび図14Bに示す

10

20

30

40

50

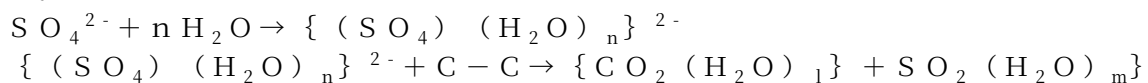
ように、反応媒体を溶媒和するための水蒸気を導入する水蒸気流入口430aまたは430bとして利用可能である。上述のように、水蒸気流入口430aは、内部チャンバ本体414に開口部を有するように、内部チャンバ本体414とチャンバ上部410との間のギャップ432を通るように設けられてよい。この例では、反応媒体は、内部チャンバ本体（第2のチャンバ）414内の溶媒和領域132で溶媒和される。また、さらなる水蒸気流入口430bは、ガス分配部412の上方の円錐部分においてプラズマ406の下流に設けられてよい。この例では、反応媒体は、ガス分配部412を通過して内部チャンバ本体414に入る前に溶媒和領域132（円錐部分）で溶媒和される。ガス分配部412がイオン束を低減（あるいは、排除）するため、図14Aの溶媒和領域では、主にラジカルが溶媒和される。逆に、図14Bの構成では、水蒸気の解離またはクラスタの分解を許容して、より多くのイオンを溶媒和する。ガス分配部412は、イオンの通過を最大限にするよう構成される。換言すると、412の分配口は、イオンの通過を保証するのに十分な大きさを有する。

【0067】

さらに、本発明の一実施形態によると、プラズマ406と溶媒和領域132との間の距離を調節できる。例えば、プラズマ処理モジュール400a（図14A）または400b（図14B）において、円錐部分およびプラズマ源402が、水蒸気流入口430aまたは430bに対して上下されてよい。

【0068】

本発明の別の実施形態によると、プラズマからのイオンは、反応媒体内に存在してウエハに到達することを許容されてもよい。その目的は、プラズマからの陰イオンを溶媒和領域内に押し込んで陰イオンクラスタを形成することである。陰イオンは、プラズマから抜け出さずにプラズマの中央に集まるため、陰イオンを外に出すには、プラズマを消火する必要がある。これは、プラズマをパルス的にオンオフすることによって実現される。すなわち、供給源402へのマイクロ波またはRF電力をパルス化し、バイアス電力がある場合にはそれもパルス化する。典型的なオフタイムは、5から50マイクロ秒であってよく、典型的なオンタイムは、5から200マイクロ秒であってよい。陰イオンの生成は、より低い圧力下で最良である。陰イオンは、溶媒和されてウエハに移送される。陰イオンは、非常に反応性の高い酸化剤であり、すなわち、対応するラジカルを越える付加電子を有する。



【0069】

これは、第2のチャンバへの出口を十分に大きくすることによって実現されうる。例えば、図14A～図14Bにおいて、ガス分配部412は、より大きい穴を有する複数のガス流路442を有してよく、そうすれば、イオンは、より大きい穴を通過してプラズマ放電領域406から内部チャンバ本体（第2のチャンバ）414内に至る。これは、例えば、処理モジュール100（図9）にも当てはまり、バッフル124の開口部が拡大されてもよい。処理モジュール140（図11A）、処理モジュール160（図11B）、および、処理モジュール180（図10）において、第1のチャンバ142および第2のチャンバ144（すなわち、反応チャンバ）を相互接続する内部ポート148の開口部は、より多くのイオンが通過するほど十分に拡大されてもよい。同様に、下流チャンバ300（図12）において、シャワーヘッド322の穴が、拡大されてもよい。

【0070】

さらに、処理モジュールが、下側電極（チャック）のためのRF電源を備える場合（例えば、処理モジュール160または180）、荷電種（イオン）をウエハに向かって引きつけるために、バイアス電圧を印加することができる。バイアス電圧は、13.56MHz以上の周波数（例えば、27MHz）を有してよい。これらの例でも、バッフルの穴を拡大することができる。さらに、プラズマを生成するための上部のRF電源が、陰イオンを放出するためにパルス化されてもよい。一般に、連続的なプラズマは、比較的大きい陰

10

20

30

40

50

イオンがシースの境界を通り抜けることを防ぐシースを有する。プラズマがオフにされると、シースは崩壊し、陰イオンが放出される。例えば、処理モジュール100（図10）において、水晶バッフルは、陰イオンが水晶バッフルを通過するようにバイアスされてよい。

【0071】

陰イオンに加えて、陽イオンも移送される。 H^+ および H_3O^+ などのイオンは、強い還元剤である。陰イオンによる酸化と陽イオンによる還元とを組み合わせることで、フォトレジストを効果的に分解しつつ、活性領域シリコンの過度の酸化または還元を抑制する。

【0072】

本発明のこれらの実施形態すべてにおいて、インプラントによって生成されたクラストを破壊する助けとして、フルオロカーボンの添加を利用する。フッ化物ラジカルおよび陰イオンは、架橋炭素結合を切るための非常に強い酸化剤である。

【0073】

本発明の別の実施形態によると、1または複数の処理ガスと水蒸気とを導入するタイミング／順序は、剥離速度、剥離残留物、材料欠損の量、または、一般に他のウエハ上での結果など、フォトレジスト剥離処理に対する影響を制御するために変更されてよい。プラズマが生成される第1のチャンバから離れた第2のチャンバ内にウエハが配置される場合、処理ガスを第1のチャンバ内に導入するタイミングにより、水蒸気注入に対して反応媒体が第2のチャンバに流入するタイミングが制御される。

【0074】

第1の例によると、1または複数の処理ガスと水蒸気は、チャンバ内のそれぞれの場所に同時に導入／注入されてよい。第2の例では、水蒸気が最初に注入され、ある程度の時間遅延後に処理ガスが導入される。これは、異なる表面動力学を有してよく、吸収を強化しうる。あるいは、処理ガスが最初に導入され、ある程度の時間遅延後に水蒸気が注入される。この順序も、異なる表面動力学を有する。第4の例によると、水蒸気が最初に注入され、次いで、処理ガスのみが導入され（すなわち、処理ガスの導入中には、水蒸気の注入は停止されている）、その後、処理ガスを導入することなく水蒸気が注入され、次いで、水蒸気を注入することなく処理ガスが導入され、以下同様に続く。第4の例は、水蒸気および処理ガスを交互に順次導入する交互の処理である。これは、表面吸収および反応を強化しうる。順序（「水が最初」または「処理ガスが最初」）と、各注入／導入工程の持続時間が、表面での結果を最適化するために制御されてもよい。

【0075】

本発明の別の実施形態によると、上述の実施形態のいずれかにおいて、希釈ガスが処理ガス剤に加えられてもよい。

【0076】

以上、いくつかの好ましい実施形態を参照しつつ本発明について説明したが、本発明の範囲内で、様々な代替物、置換物、および等価物が存在する。また、本発明の方法および装置を実施する他の態様が数多く存在することにも注意されたい。したがって、添付の特許請求の範囲は、本発明の真の趣旨および範囲内に含まれる代替物、置換物、および等価物の全てを網羅するものとして解釈される。

【図 1 A】

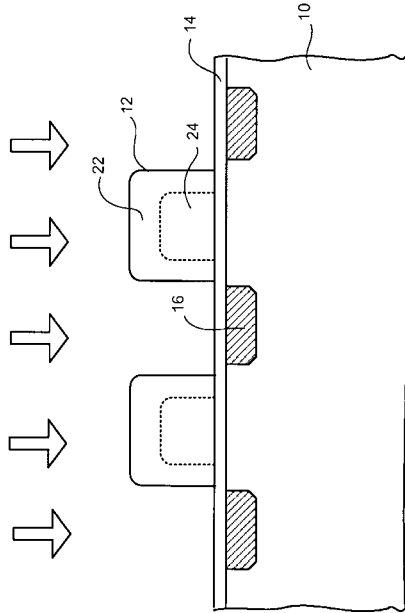


FIG. 1A

【図 1 B】

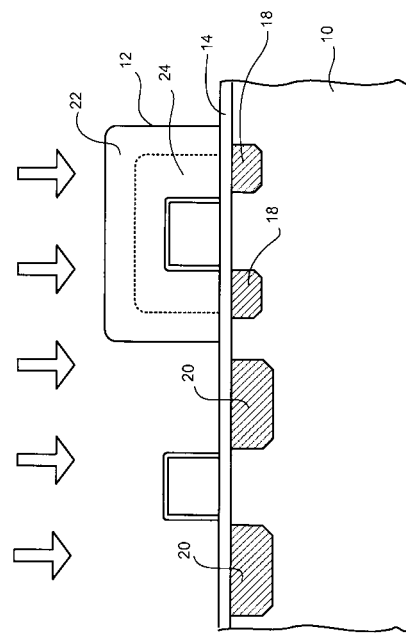


FIG. 1B

【図 2】

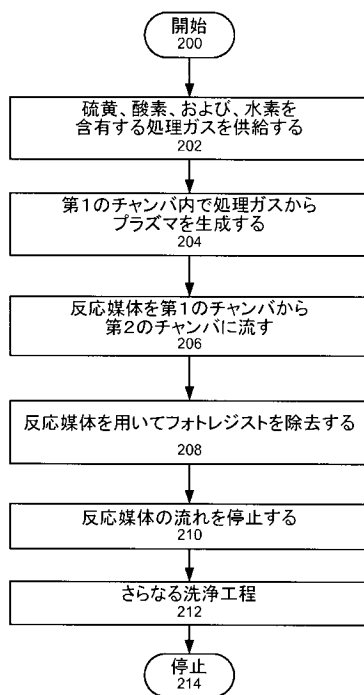


FIG. 2

【図 3】

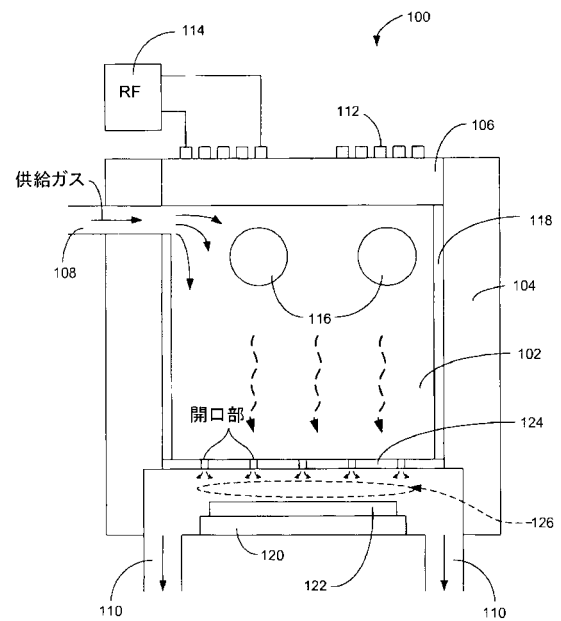


FIG. 3

【図 4 A】

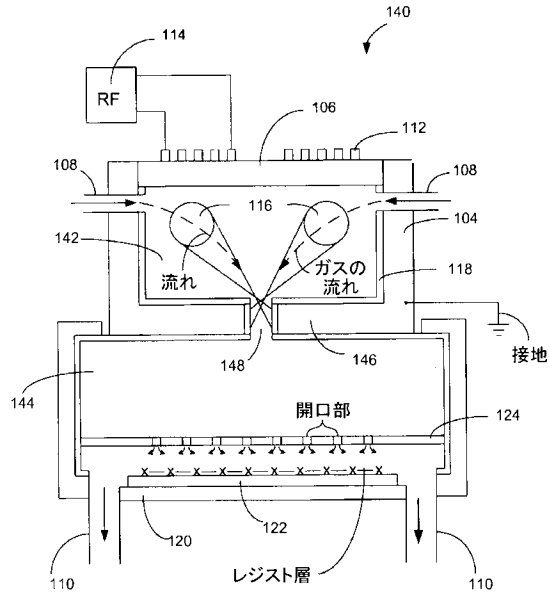


FIG. 4A

【図 4 B】

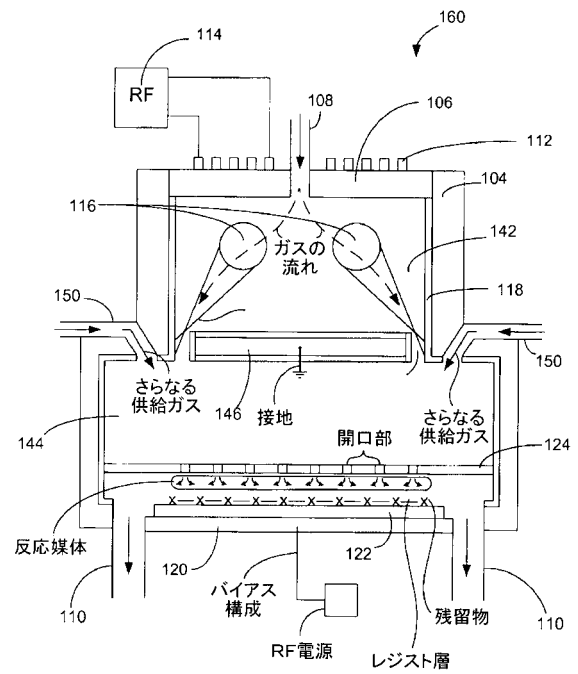


FIG. 4B

【図 5】

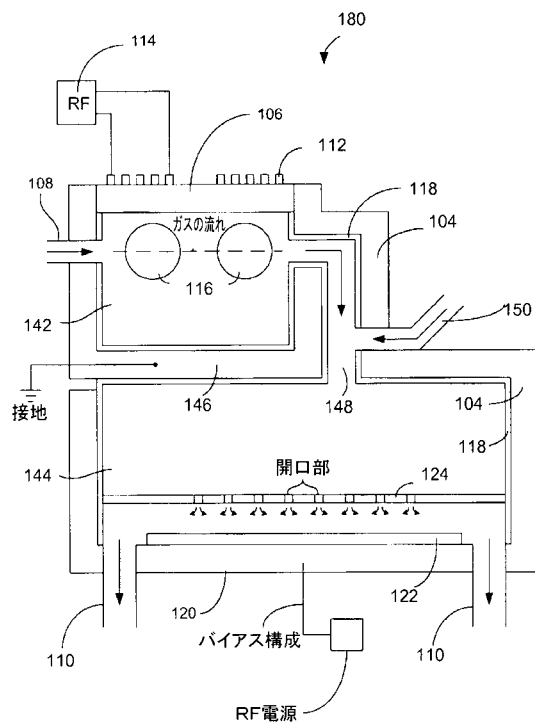


FIG. 5

【図 6】

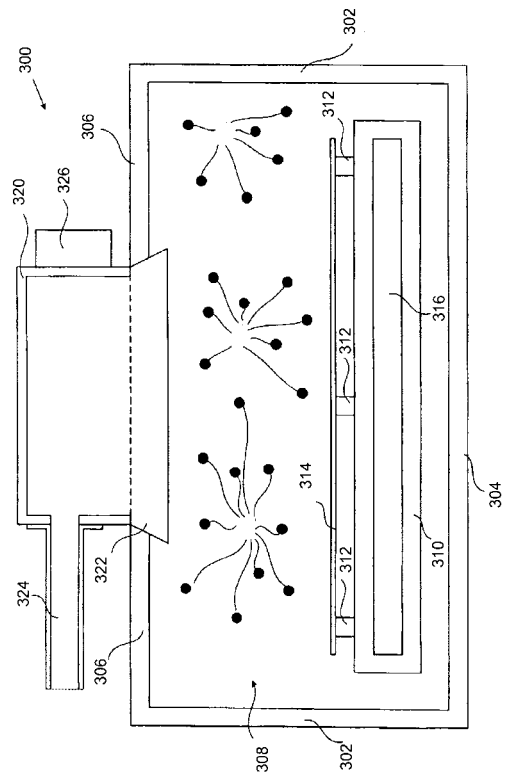


FIG. 6

【図 7 A】

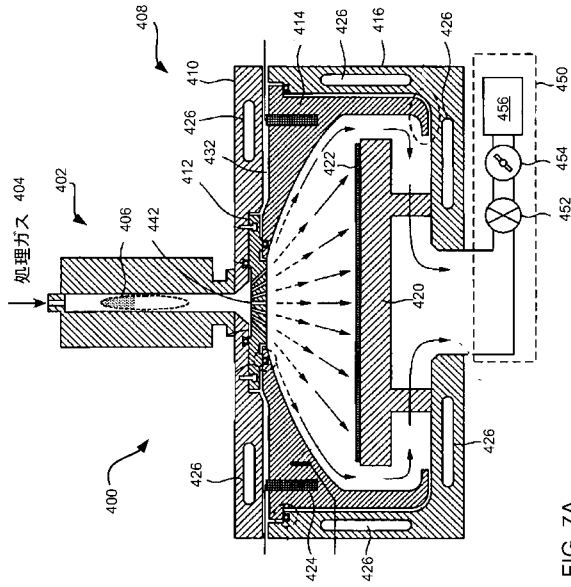


FIG. 7A

【図 7 B】

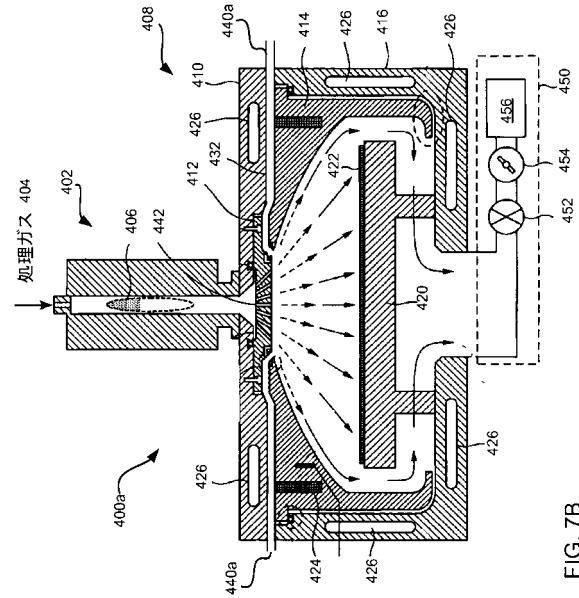


FIG. 7B

【図 7 C】

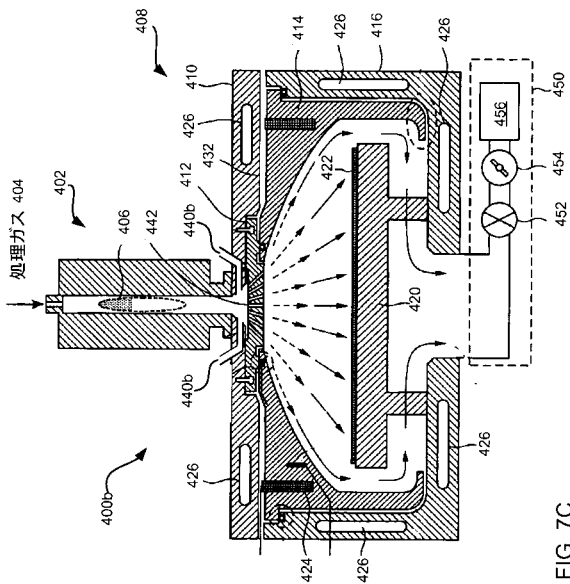


FIG. 7C

【図 8】

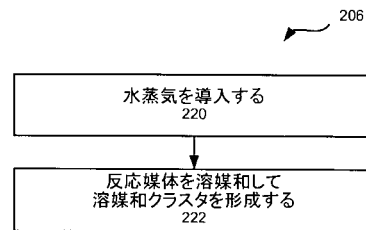


FIG. 8

【図 9】

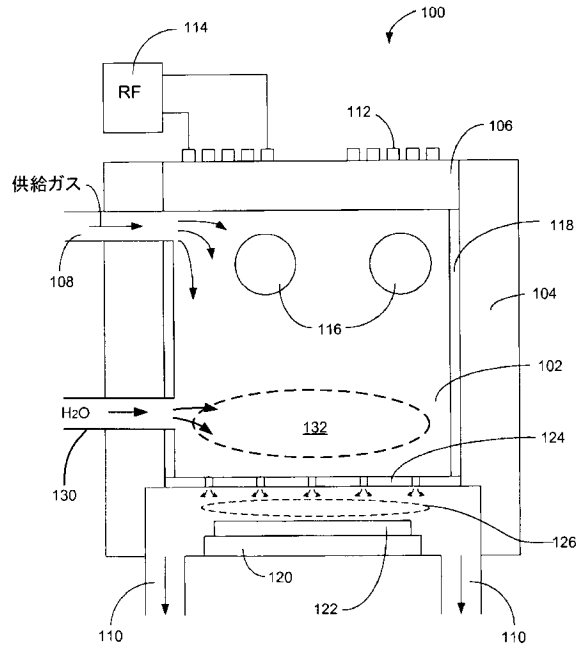


FIG. 9

【図 10】

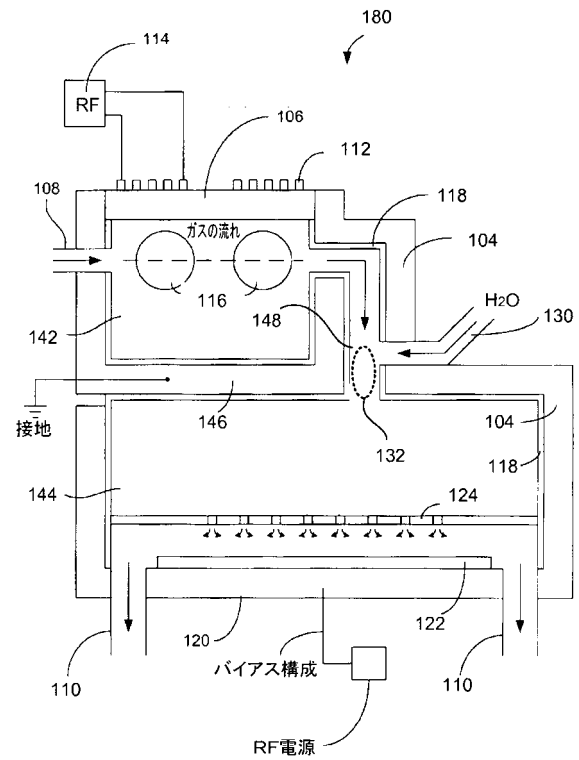


FIG. 10

【図 11 A】

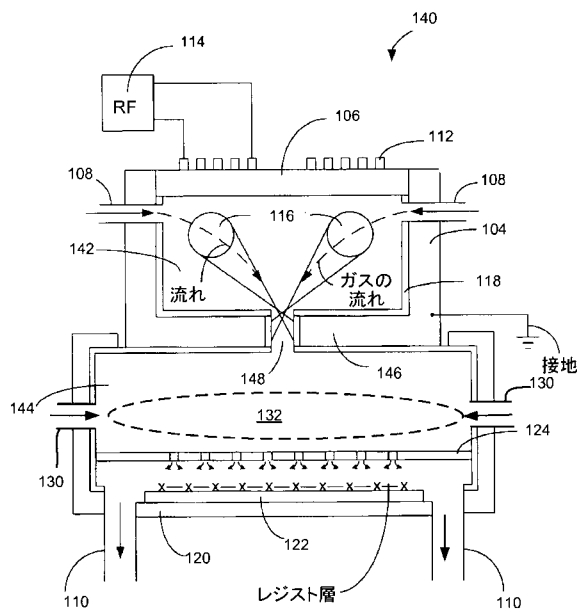


FIG. 11A

【図 11 B】

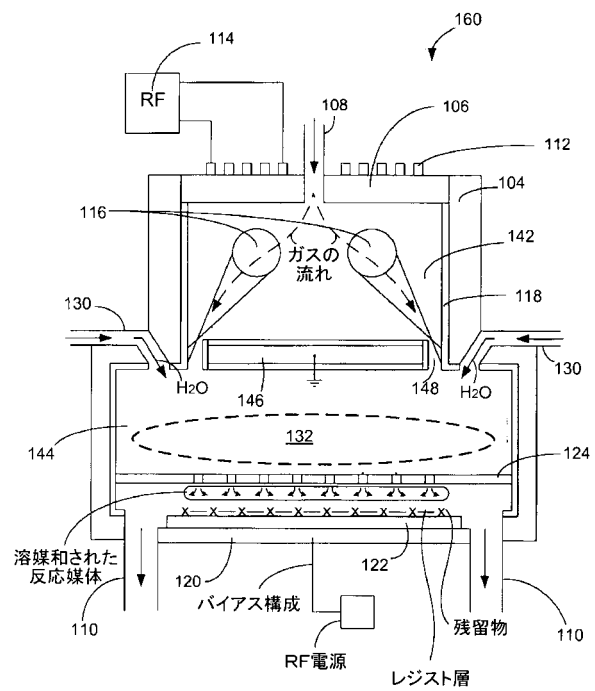


FIG. 11B

【図 12】

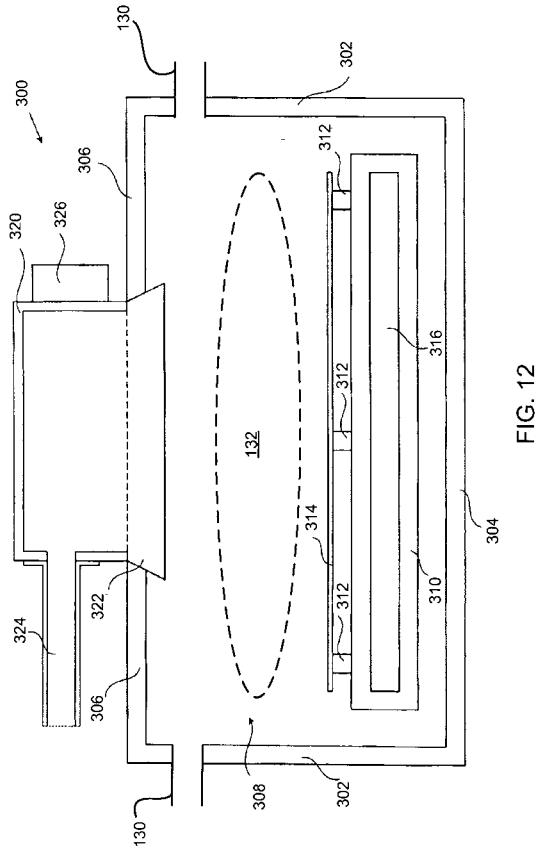


FIG. 12

【図 13】

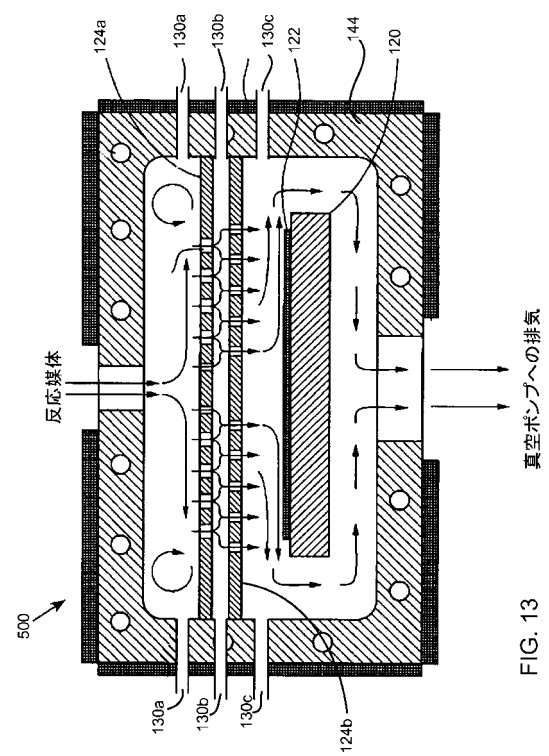


FIG. 13

【図 14 A】

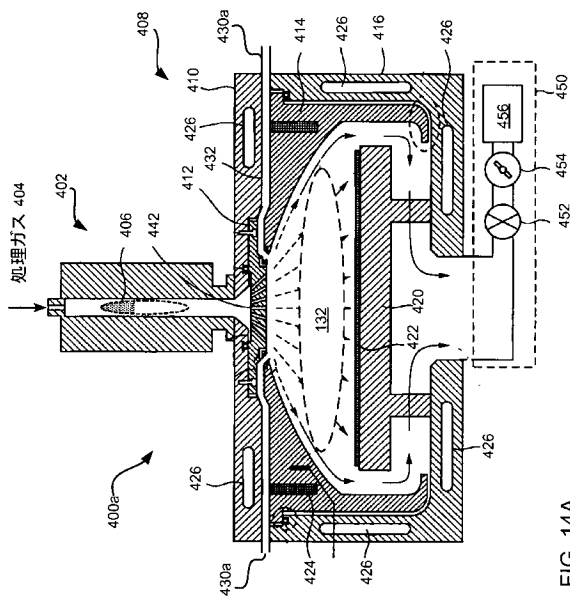


FIG. 14A

【図 14 B】

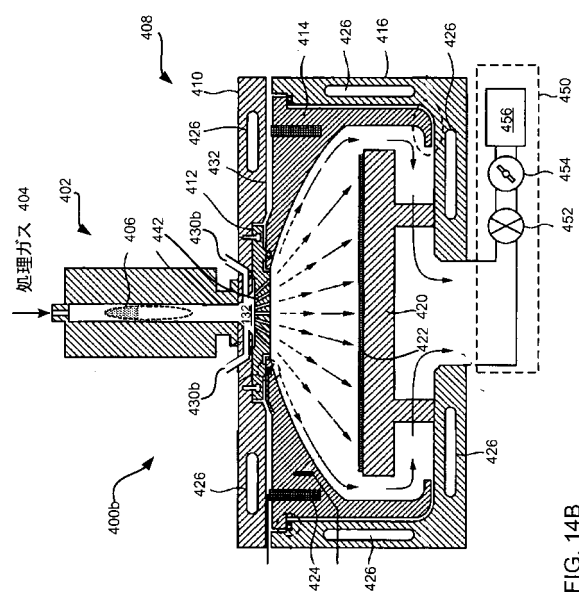


FIG. 14B

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2009/060066
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H01L 21/3065(2006.01)i</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/3065; B23K 10/00; C23F 1/00; C25F 3/30; H01L 21/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models (Chinese Patents and application for patent)		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: photoresist, remove, wafer, gas, plasma		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2004-0154743 A1 (STEPHEN E. SAVAS et al.) 12 August 2004 See claims 1,7,8,11,12; figs. 1-4; paragraphs[0021],[0022],[0031]	1,2
A	US 2005-0022839 A1 (SAVAS STEPHEN E. et al.) 03 February 2005 See claims 86,90; fig.5; paragraphs[0085]	1-20
A	US 6991739 B2 (MARK N. KAWAGUCHI et al.) 31 January 2006 See claims 1-6; figs.4,8,9	1-20
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 APRIL 2010 (22.04.2010)		Date of mailing of the international search report 27 APRIL 2010 (27.04.2010)
Name and mailing address of the ISA/KR  Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Seo-gu, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140		Authorized officer NAM, In Ho Telephone No. 82-42-481-8129 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2009/060066

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 26-31
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
Claim 26 is unclear because claim 26 refers to claim 25 that does not comply with PCT Rule 6.4(a). So do claims 27-31.

3. ☒ Claims Nos.: 21-25, 32, 33
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2009/060066

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004-0154743 A1	12.08.2004	None	
US 2005-0022839 A1	03.02.2005	US 2005-0079717 A1	14.04.2005
		US 2007-0186953 A1	16.08.2007
		US 2007-0193602 A1	23.08.2007
		US 6805139 B1	19.10.2004
US 6991739 B2	31.01.2006	TW 563206 B	21.11.2003
		US 2003-0075524 A1	24.04.2003
		WO 03-034154 A1	24.04.2003

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 ウィニチェク・ヤロスロウ・ダブリュ.

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94014 デーリー・シティー, ポアント・パシフィック・ドライブ, 730

Fターム(参考) 5F004 AA09 BA03 BA16 BA20 BB13 BB14 BB18 BB28 BD01 CA06
DA00 DA26 DB26
5F157 AA76 BG33 BG35 BG39 CF46 CF90