

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4588885号  
(P4588885)

(45) 発行日 平成22年12月1日 (2010. 12. 1)

(24) 登録日 平成22年9月17日 (2010. 9. 17)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/3065 (2006. 01)	H O 1 L 21/302 I O 1 G
C 2 3 C 16/507 (2006. 01)	C 2 3 C 16/507
H O 1 L 21/205 (2006. 01)	H O 1 L 21/205
H O 5 H 1/46 (2006. 01)	H O 5 H 1/46 L

請求項の数 40 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2000-592857 (P2000-592857)	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成11年12月7日 (1999. 12. 7)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2002-534797 (P2002-534797A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成14年10月15日 (2002. 10. 15)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US1999/027917		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W02000/041212		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成12年7月13日 (2000. 7. 13)		エイ 4650
審査請求日	平成18年12月5日 (2006. 12. 5)	(74) 代理人	100076428
(31) 優先権主張番号	09/223, 273		弁理士 大塚 康徳
(32) 優先日	平成10年12月30日 (1998. 12. 30)	(74) 代理人	100112508
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理システム及びプラズマ処理方法並びにガス注入器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理チャンバと、  
 前記処理チャンバに接続された真空ポンプと、  
 前記処理チャンバ内部で基板を支持する基板支持体と、  
 前記基板支持体に面する内部表面を有する誘電体部材であって、前記処理チャンバの壁を形成する誘電体部材と、  
 前記誘電体部材の開口に着脱可能に取り付けられたガス注入器と、  
 前記プロセスガスを励起して前記基板を処理するプラズマ状態にするために、前記誘電体部材を介して当該チャンバ内に R F エネルギーを誘導結合する R F エネルギー源とを備え、

前記ガス注入器はガス注入器本体を備え、当該ガス注入器本体は平面状の先端表面が前記処理チャンバ内部に露出されるように前記処理チャンバのチャンバ壁を介して軸方向に延在する大きさとされ、

前記ガス注入器本体は、円筒状の側壁と平坦な端部壁とによって画定されたボアと、当該ボアに連通する複数のガス通路とを含み、

前記ガス通路は、前記処理チャンバ内にプロセスガスを供給するように構成され、前記平坦な端部壁に配置されたガス注入口と、前記ガス注入器本体の平面状の先端表面に配置されたガス出口とを含むことを特徴とするプラズマ処理システム。

【請求項 2】

10

20

前記システムは、高密度プラズマ化学気相成長システムまたは高密度プラズマエッチングシステムであることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記 R F エネルギー源が R F アンテナを備え、前記ガス注入器が、前記チャンバ内の主プラズマ発生区域に向けて前記プロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記ガス出口が、前記基板の露出面に垂直な軸方向に延在する中心ガス出口と、前記軸方向に対して鋭角で延在する複数の角度付きガス出口とを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 5】

前記ガス注入器が、亜音速、音速、または超音速でプロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記平面状の先端表面が、前記誘電体部材の内部表面と同一平面にあることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記ガス注入器は、前記チャンバの中心領域内にプロセスガスを供給することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

20

前記ガス注入器が閉じた先端部を含み、前記ガス出口が、前記基板の露出面に平行な平面に対して鋭角にプロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記ガス注入器は、前記ガス注入器と前記誘電体部材との間を真空シールする少なくとも 1 つの O リングを含むことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記 R F エネルギー源が、平面状または非平面状の螺旋コイル形の R F アンテナを備え、前記ガス注入器が、前記チャンバ内の主プラズマ発生区域に向けてプロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

30

基板をプラズマ処理する方法であって、

処理チャンバ内で基板支持体上に基板を配置し、当該処理チャンバの壁を形成する誘電体部材の内部表面が前記基板支持体に面しており、

前記誘電体部材の開口に着脱可能に取り付けられたガス注入器から前記処理チャンバ内にプロセスガスを供給し、当該ガス注入器がガス注入器本体を備え、当該ガス注入器本体は平面状の先端表面が前記処理チャンバ内に露出するように前記処理チャンバのチャンバ壁を介して軸方向に延在する大きさとされ、前記ガス注入器本体は、円筒状の側壁と平坦な端部壁とによって画定されたボアと、当該ボアに連通する複数のガス通路とを含み、前記ガス通路は、前記処理チャンバ内にプロセスガスを供給するように構成され、前記平坦な端部壁に配置されたガス注入口と、前記ガス注入器本体の平面状の先端表面に配置されたガス出口とを含み、

40

R F エネルギー源によって生成された R F エネルギーを前記誘電体部材を介して前記処理チャンバ内に誘導結合することによって前記プロセスガスをプラズマ状態に励起し、当該プロセスガスが前記基板の露出面と反応するプラズマ相であることを特徴とする方法。

【請求項 12】

前記 R F エネルギー源が、平面状または非平面状の螺旋コイル形の R F アンテナを備え、前記ガス注入器が、前記チャンバ内の主プラズマ発生区域に向かって前記プロセスガスを注入することを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記ガス出口が、前記基板の露出面に直接向かう方向以外の方向に前記プロセスガスを

50

注入することを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記ガス注入器が、前記誘電体部材の内側表面下方に延在し、前記ガス出口が、複数の方向に前記プロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記ガス注入器が、亜音速、音速、または超音速で前記プロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 6】

個々の基板が、各基板上に層を形成またはエッチングするために、前記基板をプラズマガスと接触させることによって前記処理チャンバ内で連続的に処理されることを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 7】

前記ガス注入器が前記チャンバの中心部分に延在し、前記ガス出口が、前記基板の露出面と前記誘電体部材の内部表面との間の区域内に前記プロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 8】

前記ガス出口が、前記ガス注入器の平面状の先端平面にある中心ガス出口と、当該中心ガス出口を取り囲む複数のガス出口とを含み、当該ガス出口が、複数の異なる方向に前記プロセスガスを注入することを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 9】

20

前記ガス出口を介して塩素含有ガスを注入することによって前記基板上にアルミニウム層をプラズマエッチングし、前記各ガス出口が、前記基板の露出面に垂直でない方向にガスを注入することを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 2 0】

前記基板の露出面に垂直な軸方向に中心ガス出口を介して、かつ当該中心出口を取り囲む複数の角度付きガス出口を介して塩素および臭素含有ガスの少なくともいずれかを注入することによって前記基板上のポリシリコン層をプラズマエッチングし、前記角度付きガス出口が、軸方向に対して  $10 \sim 60^\circ$  の角度に向いた方向にガスを注入することを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 2 1】

30

前記基板の露出面に垂直な軸方向に中心ガス出口および当該中心出口を取り囲む複数の角度付きガス出口の少なくともいずれかを介してフッ素含有ガスを注入することによって前記基板上のシリコン酸化物層をプラズマエッチングし、前記角度付きガス出口が、軸方向に対して  $10 \sim 60^\circ$  の角度を向いた方向にガスを注入することを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 2 2】

前記基板の露出面に垂直な軸方向に中心ガス出口および当該中心出口を取り囲む複数の角度付きガス出口の少なくともいずれかを介して塩素および臭素の少なくともいずれかを含有するガスを注入することによって前記基板上のポリシリコン層をプラズマエッチングし、前記角度付きガス出口が、軸方向に対して  $10 \sim 30^\circ$  の角度を向いた方向にガスを注入することを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

40

【請求項 2 3】

前記基板の露出面に垂直な軸方向に中心ガス出口および当該中心出口を取り囲む複数の角度付きガス出口の少なくともいずれかを介してフッ素含有ガスを注入することによって前記基板上のシリコン酸化物層をプラズマエッチングし、前記角度付きガス出口が、軸方向に対して  $10 \sim 40^\circ$  の角度を向いた方向にガスを注入することを含むことを特徴とする請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 2 4】

半導体基板にプラズマ処理を施すためのプラズマ処理チャンバにプロセスガスを供給するガス注入器であって、

50

平面状の先端表面が前記処理チャンバ内部に露出されるように前記処理チャンバのチャンバ壁を介して軸方向に延在するように構成されたガス注入器本体を有し、

前記ガス注入器本体は、円筒状の側壁と平坦な端部壁とによって画定されたボアと、当該ボアに連通する複数のガス通路とを含み、

前記ガス通路は、前記処理チャンバ内にプロセスガスを供給するように構成され、前記平坦な端部壁に配置されたガス注入口と、前記ガス注入器本体の平面状の先端表面に配置されたガス出口とを含むことを特徴とするガス注入器。

【請求項 25】

前記ガス出口が、亜音速、音速、または超音速でプロセスガスを注入するように構成されていることを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

10

【請求項 26】

前記平面状の先端表面が、前記チャンバ壁を形成する誘電体窓の内面と同一平面となるような外形とされていることを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 27】

前記ガス注入器は、前記誘電体窓に取り付けられたときに、当該誘電体窓に接触するように構成された少なくとも 1 つのシールを含むことを特徴とする請求項 26 に記載のガス注入器。

【請求項 28】

前記ガス注入器が閉じた先端表面を含み、前記ガス出口が前記先端表面に平行な平面に対して鋭角にプロセスガスを注入することを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

20

【請求項 29】

前記ガス注入器は、前記チャンバ壁の開口に着脱可能に取り付けられ、前記ガス注入器と前記チャンバ壁との間を真空シールする少なくとも 1 つの O リングを含むことを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 30】

前記ガス注入器本体は、前記チャンバ壁の外部表面に重なるように構成された表面を含むことを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 31】

前記ガス注入器本体は、前記チャンバ壁の外部表面に重なって接触するように構成された環状フランジを含むことを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

30

【請求項 32】

前記ガス注入器本体は、当該ガス注入器本体の外部表面に接する少なくとも 1 つの O リングシールを含むことを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 33】

前記ガス注入器本体は、当該ガス注入器本体の外部表面に接する第 1 の O リングシールと、前記ガス注入器本体の外面から延在するフランジ表面の第 2 の O リングシールとを含むことを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 34】

全ての前記ガス出口は、前記平面状の先端表面を介してプロセスガスを供給することを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

40

【請求項 35】

前記ガス注入器本体は、誘電体材料からなることを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 36】

前記ガス注入器本体は、4 個または 8 個の角度付きガス出口を含むことを特徴とする請求項 24 に記載のガス注入器。

【請求項 37】

前記鋭角は、 $10^{\circ} \sim 70^{\circ}$ であることを特徴とする請求項 28 に記載のガス注入器。

【請求項 38】

前記角度付きガス出口は、前記プロセスガスが、処理される基板に向けて直接流れない

50

ように、当該プロセスガスを方向付けすることを特徴とする請求項 36 に記載のガス注入器。

【請求項 39】

半導体基板にプラズマ処理を施すためのプラズマ処理チャンバにプロセスガスを供給するガス注入器であって、

平面状の先端表面が前記処理チャンバ内部に露出されるように前記処理チャンバのチャンバ壁を介して軸方向に延在するように構成されたガス注入器本体と、

前記チャンバ壁の外部表面に重なって接触するように構成された環状フランジと、

前記フランジの表面において前記チャンバ壁の外部表面をシールする第 1 の O リングとを備え、

前記ガス注入器本体は、円筒状の側壁と平坦な端部壁とによって画定されたボアと、当該ボアに連通する複数のガス通路とを含み、

前記ガス通路は、前記処理チャンバ内にプロセスガスを供給するように構成され、前記平坦な端部壁に配置されたガス注入口と、前記ガス注入器本体の平面状の先端表面に配置されたガス出口とを含むことを特徴とするガス注入器。

【請求項 40】

前記チャンバ壁の外部表面に接する第 2 の O リングを備えることを特徴とする請求項 39 に記載のガス注入器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は、半導体ウェハなど半導体基板用のプラズマ処理システム内で基板に反応物を噴出するためのシステムおよび方法に関する。より詳細には、本発明は、処理均一性および効率を最大限にするためにガス注入システムを介して反応物を噴出するためのシステムおよび方法に関する。

【0002】

(発明の背景)

一般に、真空処理チャンバを使用して、真空チャンバにプロセス・ガスを供給し、ガスに高周波数 (RF) 場を印加することによって、基板上の材料のエッチングまたは化学気相成長 (CVD) が行われる。基板にわたる一様な分散を保証するために、シャワーヘッド・ガス注入および拡散輸送システムが一般に使用されている。

【0003】

Roppel 他に付与された米国特許第 4691662 号が、処理チャンバの側壁に取り付けられ、基板の一部を覆って延在する管路によってプロセス・ガスが供給されるエッチングおよび付着用のデュアル・プラズマ・マイクロ波装置を開示している。Suzuki 他に付与された米国特許第 5522934 号は、基板に略垂直な方向で複数のレベルに位置決めされた複数のガス供給ノズルを含むガス注入器構成を開示している。上側レベルにあるガス供給ノズルは、下側レベルにあるノズルよりも基板の中心に向かってさらに延在している。ガス供給ノズルの遠位端部に注入穴が位置付けられている。これらのシステムは、基板上方の領域にプロセス・ガスを噴出するのに効果的である。しかし、基板と主イオン発生領域との間で基板表面を覆って管路が延在するため、発生領域から基板に向かってイオンが拡散するとき、管路が、基板表面上にイオン不均一な影を落とす可能性がある。これは、エッチおよび付着均一性の望ましくない損失をもたらす可能性がある。

【0004】

他の手法は、基板表面を覆って延在しないガス供給管路を採用する。J. Asmussen による「Electron Cyclotron Resonance Microwave Discharges for Etching and Thin-film Deposition」, J. Vacuum Science and Technology A, Vol. 7, pp. 883 - 893 (1989) は、基板端部までしか延在しない管路を示す。T. V. Herak 等による「Low-temperature

10

20

30

40

50

Deposition of Silicon Dioxide Films from Electron Cyclotron Resonant Microwave Plasmas」, J. Applied Physics, Vol. 65, pp. 2457 - 2463 (1989) は、個別プロセス・ガスを供給する複数のガス注入管路を含むプラズマCVDツールを例示する。1組の管路が下側チャンバ壁内に取り付けられ、ガス噴出オリフィスが、基板支持体の周縁部のすぐ外側、および管路の遠位端部に位置付けられている。これらの管路構成は、管路の端部の加熱によるプロセス・ドリフト問題を生じる可能性がある。

【0005】

T. T. Chau等による「New Approach to Low Temperature Deposition of High-quality Thin Films by Electron Cyclotron Resonance Microwave Plasmas」, J. Vac. Sci. Tech, B, Vol. 10, pp. 2170 - 2178 (1992) は、下側チャンバ壁内に取り付けられ、基板支持体の周縁部のすぐ上方および外側に位置付けられたガス入口管路を含むプラズマCVDツールを例示する。管路は曲がっており、それにより注入軸は基板に略平行である。追加の水平方向管路が第2のプロセス・ガス用に提供される。ガス注入オリフィスが、管路の遠位端部に位置付けられている。注入器チューブの遠位端部に位置付けられたオリフィスを有する注入器は、比較的少数の基板、例えば100枚の基板を処理した後に詰まってしまう傾向を有する場合がある。この注入器オリフィスの詰まりは、反応物の不均一な分散、不均一な被膜付着または基板のエッチング、および付着またはエッチ・レート全体のシフトをもたらす可能性があるため有害である。

【0006】

音速または超音速でプロセス・ガスを注入することによってプロセス均一性を改善するために、様々なシステムが提案されている。例えば、Hassan他に付与された米国特許第4270999号は、プラズマ・エッチおよび付着適用例のためのプロセス・ガスを音速で注入する利点を開示している。Hassan他は、ノズル中での音速の達成がノズルの真空末端からの爆発的放出を促進し、基板を取り囲む反応区域内でガス分子の高い渦巻き均一放散を生じることを述べている。Fiarbairn他に付与された米国特許第5614055号は、基板を覆う領域に向けて超音速で反応物ガスを噴霧する細長い超音速噴霧ノズルを開示する。ノズルは、チャンバ壁から基板に向かって延在し、各ノズル先端が、遠位端部にガス分散オリフィスを有する。Asmussen他に付与された米国特許第4943345号は、活性ガスを基板に向けるための超音速ノズルを含むプラズマCVD装置を開示する。Eres他に付与された米国特許第5164040号は、CVD用のパルス式超音速ジェットを開示する。これらのシステムはプロセス均一性を改善することを意図しているが、上述の欠点、すなわち注入器の遠位端部にあるオリフィスが詰まるという欠点があり、これが基板上の被膜均一性に悪影響を及ぼす可能性がある。

【0007】

Moslehi他に付与された米国特許第4996077号は、非プラズマ・ガスの均一分散を提供するために基板の周縁部の周りに配列されたガス注入器を含む電子サイクロトロン共鳴(ECR)デバイスを開示する。微粒子汚染を低減するために非プラズマ・ガスが注入され、注入器は、処理すべき基板表面上に非プラズマ・ガスを向けるように指向されている。

【0008】

Miyazaki他に付与された米国特許第5252133号は、長手方向軸に沿って複数のガス注入穴を有する垂直ガス供給チューブを含む複数ウェハ非プラズマCVD装置を開示する。注入穴は、複数の基板を支持するウェハ・ボートの長手方向側面に沿って延在して、チャンバ内にガスを導入する。同様に、Shishiguchi他に付与された米国特許第4992301号は、チューブの長さに沿ってガス放出穴を有する複数の垂直ガス供給チューブを開示する。これらの特許は、熱的非プラズマCVDに関係し、したがっ

てプラズマ処理に最適なものではない。

【0009】

基板サイズが増大するにつれ、均一なエッチングおよび付着を保証するために中心ガス注入がますます重要になる。これは特にフラット・パネル表示処理では明白である。通常、これらの低圧処理システムでは基板上方の領域内で拡散輸送が優勢であり、対流輸送は役割がはるかに小さい。しかし注入オリフィス付近では、注入されるガスのジェット状性質のため、拡散輸送よりも対流輸送が優勢になる場合がある。したがって、基板により近接させて注入オリフィスを位置付けることにより、基板上方で、普通であれば優勢である拡散輸送に対して対流輸送が増大する。従来のシャワーヘッド・ガス注入システムは、基板の中心にガスを噴出することができ、しかし、基板に近接させてオリフィスを位置付けるためにはチャンバ高さを低減しなければならず、これは、イオン均一性の望ましくない損失をもたらす可能性がある。

10

【0010】

半径方向ガス注入システムは、例えばフラット・パネル処理で通常現れる大面積基板の中心への適切なプロセス・ガスの噴出を付与することができない。これは特に、プラズマ処理システムで一般に見られる底部ポンプ式チャンバ設計で当てはまる。中心ガス供給用の手段を有しないと、エッチ副生成物が基板中心の上方に沈滞する場合があります、これが、基板にわたる望ましくない不均一なエッチングおよびプロファイル制御をもたらす可能性がある。

【0011】

20

上述の Fairbairn 他の特許はまた、反応装置の天井に注入器オリフィスが位置付けられたシャワーヘッド注入システムを開示する。このシャワーヘッド・システムはさらに、複数の埋込磁石を含み、オリフィス詰まりを低減する。 Tokuda 他に付与された米国特許第 5134965 号は、処理チャンバの天井にある入口を介してプロセス・ガスが注入される処理システムを開示する。ガスは、高密度プラズマ領域に向けて供給される。このシステムは、マイクロ波エネルギーを採用しており、高周波プラズマ処理に最適ではない。 Suzuki 他に付与された米国特許第 5522934 号は、チャンバ天井の中心を介して不活性ガス（プロセス・ガスではない）が注入されるシステムを開示する。

【0012】

上述のシステムに加え、 Hegedus に付与された米国特許第 4614639 号は、頂部壁にフレア状端部を有する中心ポートと、チャンバの周縁部の周りにある複数のポートとによってプロセス・ガスを供給される平行板反応装置を開示する。米国特許第 5525159 号 (Hama 他)、5529657 号 (Ishii)、5580385 号 (Paranjpe 他)、5540800 号 (Qian)、および 5531834 号 (Ishizuka 他) は、シャワーヘッドによってプロセス・ガスを供給され、アンテナによってパワー供給され、チャンバ内に誘導結合プラズマを発生するプラズマ・チャンバ構成を開示する。

30

【0013】

したがって、基板の高周波プラズマ処理に関して均一性および付着を最適化し、その一方でガス供給オリフィスの詰まりおよび処理副生成物の堆積を防止し、かつウェハ上方での対流輸送を改善することが求められている。

40

【0014】

(発明の概要)

本発明は、プラズマ処理チャンバと、処理チャンバに接続された真空ポンプと、処理チャンバ内部で基板を支持する基板支持体と、基板支持体に面する内部表面を有する誘電体部材であって、処理チャンバの壁を形成する誘電体部材と、その遠位端部が処理チャンバ内部で露出されるように誘電体部材を介し、処理チャンバ内にプロセスガスを供給する複数のガス出口を含むガス注入器と、プロセスガスを励起してプラズマ状態にして基板を処理するために、誘電体部材を介してチャンバ内に RF エネルギーを誘導結合する RF エネルギー源とを含むプラズマ処理システムを提供する。システムは、好ましくは、高密度プラ

50

ズマ化学気相成長システムまたは高密度プラズマエッチングシステムである。

【0015】

R Fエネルギー源はR Fアンテナを備えることができ、ガス注入器は、チャンバ内の主プラズマ発生区域に向けてプロセスガスを注入することができる。ガス出口を、ガス注入器の軸方向端面に位置付けることができる。例えば、ガス出口は、基板の露出面に垂直な軸方向に延在する中心ガス出口と、軸方向に対して鋭角で延在する複数の角度付きガス出口とを含むことができる。ガス注入器は、亜音速、音速、または超音速でプロセスガスを注入することができる。一実施形態では、ガス注入器が、誘電体窓の内部表面と同一平面にあるプレーナ形軸方向端面を含む。別の実施形態では、ガス注入器が、誘電体窓に着脱可能に取り付けられ、かつ／またはチャンバの中心領域内にプロセスガスを供給する。ガス出口は、様々な形状および／または空間配列を有することができる。例えば、ガス注入器は閉じた遠位端部を含むことができ、ガス出口は、基板の露出面に平行な平面に対して鋭角でプロセスガスを注入するように指向することができる。ガス注入器が誘電体窓にある開口内に着脱可能に取り付けられる場合、少なくとも1つのリングが、ガス注入器と誘電体窓との間に真空シールを提供する。様々なタイプのプラズマ発生源を使用することができる。例えば、R Fエネルギー源は、プレーナ形または非プレーナ形螺旋コイルの形でのR Fアンテナを備えることができ、シャワーヘッドノズルが、チャンバ内の主プラズマ発生区域に向けてプロセスガスを注入する。

10

【0016】

本発明はまた、基板をプラズマ処理する方法であって、処理チャンバ内で基板支持体上に基板を配置することであって、処理チャンバの壁を形成する誘電体部材の内部表面が基板支持体に面していることと、遠位端部が処理チャンバ内部で露出されるように誘電体部材を介して延在するガス注入器から処理チャンバ内にプロセスガスを供給することであって、ガス注入器が、処理チャンバ内にプロセスガスを供給する複数のガス出口を含むことと、R Fエネルギー源によって生成されたR Fエネルギーを誘電体部材を介して処理チャンバ内に誘導結合することによってプロセスガスをプラズマ状態に励起することであって、プロセスガスが基板の露出面と反応するプラズマ相であることとを含む方法を提供する。

20

【0017】

(好ましい実施形態の詳細な説明)

本発明は、エッチングまたはC V Dなどによって基板をプラズマ処理するための改良型ガス注入システムを提供する。この注入システムを使用して、珪素、ハロゲン(例えばF、Cl、Brなど)、酸素、水素、窒素などを含有するガスなど、ガスを注入することができる。この注入システムは単独で 사용할 ことができ、あるいは他の反応物／不活性ガス供給構成と共に使用することができる。

30

【0018】

本発明の1つの好ましい実施形態によれば、ガス注入構成が、誘導結合プラズマ・チャンバに提供される。好ましい構成では、ガス注入器がチャンバの上側壁の中心に位置付けられ、1つまたは複数のガス出口が、チャンバ内の処理すべき半導体基板の上方にプロセス・ガスを向ける。本発明によるガス注入器は、エッチ均一性、中心と縁部のプロファイル均一性、限界寸法(C D)バイアス、および／またはプロファイル・マイクロローディングを改善することができる。

40

【0019】

上側チャンバ壁の表面の下方、同一平面上、または上方にあるガス注入器の表面にガス出口を提供することができる。例えば、ガス注入器は、上側壁と半導体基板の露出面との間に位置付けられた、軸方向端部にガス出口を有する円筒形部材を備えることができる。本発明によれば、上側チャンバ壁の中心に位置付けられた単一ガス注入器を用いてエッチ結果の改善を達成することができる。ただし、特に誘電体層または窓によってチャンバの内部から隔離されたアンテナによってプラズマを発生する場合には、チャンバの上側壁に2つ以上のガス注入器を提供することができる。

【0020】

50



ガス出口の数および／またはガス出口から流出するガスの注入角度は、特定の基板処理体制 ( r e g i m e ) で所望のガス分散を提供するように選択することができる。例えば、出口の数、サイズ、注入角度および／またはチャンバ内部での位置を、 R F エネルギーをチャンバ内に誘導結合するために使用される特定のアンテナ設計、上側壁と基板の露出面との間のギャップ、および基板上で実施すべきエッチ・プロセスに適合させることができる。

#### 【 0 0 2 1 】

図 1 は、本出願の譲受人である L A M R e s e a r c h C o r p o r a t i o n によって製造されている T C P 9 1 0 0 ( 登録商標 ) などのプラズマ・エッチ反応装置内の中心にガス注入器が取り付けられている本発明の一実施形態を示す。エッチ反応装置は、誘電体窓の外部に隣接して取り付けられているプレーナ形コイルなどのアンテナを含み、基板は、片持ち式静電チャックなどのチャックに支持されている。本発明によれば、プロセス・ガスをチャンバ内に供給するためにガス・リングまたはシャワーヘッドを使用する代わりに、ガス注入器が開口内に取り付けられ、誘電体窓を介して延在する。真空処理チャンバ 1 0 は、基板 1 3 に静電クランプ力を提供するとともに、上に支持された基板に R F バイアスを提供する基板ホルダ 1 2 と、基板を H e 後方冷却しながら基板上方の領域内にプラズマを閉じ込めるための集束リング 1 4 とを含む。適切な R F 源と、それに関連する R F インピーダンス整合回路 1 9 とによってパワー供給されるアンテナ 1 8 など、チャンバ内で高密度 ( 例えば  $10^{11} \sim 10^{12}$  イオン /  $\text{cm}^3$  ) プラズマを維持するためのエネルギー源が、 R F エネルギーをチャンバ 1 0 内に誘導結合し、それにより高密度プラズマを提供する。チャンバは、チャンバ内部を所望の圧力 ( 例えば 5 0 m T o r r 未満、典型的には 1 ~ 2 0 m T o r r ) で維持するための出口 1 5 に接続された適切な真空ポンプ装置を含む。均一な厚さの略プレーナ形誘電体窓 2 0 が、アンテナ 1 8 と処理チャンバ 1 0 内部との間に提供されて、処理チャンバ 1 0 の頂部に真空壁を形成する。ガス注入器 2 2 は、窓 2 0 にある開口内に提供され、ガス供給源 2 3 によって供給されるプロセス・ガスを処理チャンバ 1 0 に噴出するための円形穴 ( 図示せず ) など複数のガス出口を含む。円錐形ライナ 3 0 が窓 2 0 から延在し、基板ホルダ 1 2 を取り囲む。

#### 【 0 0 2 2 】

操作中、ウェハなどの半導体基板が基板ホルダ 1 2 上に位置決めされ、 H e 後方冷却が採用されるときには通常、静電クランプ、機械的クランプ、またはその他のクランプ機構によって定位置に保持される。次いで、プロセス・ガスは、プロセス・ガスをガス注入器 2 2 に通すことによって真空処理チャンバ 1 0 に供給される。窓 2 0 は、図 1 に示されるようにプレーナ形であって均一な厚さを有してよく、あるいは、非プレーナ形および／または不均一厚さ幾何形状など他の形状を有していてもよい。適切な R F パワーをアンテナ 1 8 に供給することによって、基板と窓の間の空間内に高密度プラズマが生成される。個々の基板のエッチングが完成すると、処理済み基板がチャンバから取り外され、別の基板がチャンバ内に搬送されて、その処理が行われる。

#### 【 0 0 2 3 】

ガス注入器 2 2 は、窓と同じ材料からなる、または異なる材料からなる個別部材を備えることができる。例えば、ガス注入器を、アルミニウムまたはステンレス鋼などの金属、または石英、アルミナ、珪素、窒化物などの誘電体材料から作成することができる。1つの好ましい実施形態によれば、ガス注入器が、窓にある開口内に着脱可能に取り付けられる。しかし、ガス注入器を窓と一体化することもできる。例えば、ガス注入器を、窓にある開口内にろう付けする、焼結する、またはその他の方法で結合することができ、あるいはガス注入器を、窓に機械加工する、またはその他の方法で形成することができる。例えば、ガス注入器を窓の形状に合わせて設計した状態で、  $\text{Al}_2\text{O}_3$  や  $\text{Si}_3\text{N}_4$  などセラミック粉末を焼結することによって窓を形成することができる。

#### 【 0 0 2 4 】

図 2 A および 2 B は、処理チャンバの底部にある出口に接続された真空ポンプ 1 7 を有する誘導結合プラズマ反応装置における異なるガス供給構成のガス分散効果を示す。図 2 A

10

20

30

40

50

では、プラズマ反応装置が本発明によるガス注入器を含み、図2Bの構成はガス・リング構成を含む。図2Aの構成では、ガス注入器は、ガス注入器の下側端部が窓の内側表面と同一平面上になるように窓の開口内に取り付けられる。

【0025】

図3A～Cは、本発明によるガス注入器の詳細図である。図3Aの断面図に示されるように、ガス注入器22は、上側端部にフランジ42を有する円筒形本体40と、上側軸方向端部を介して延在する中心ボア44と、ボアと下側軸方向端部の外部表面との間に延在する複数のガス出口46と、Oリング溝48、50を含む。図3Bの斜視図に示されるように、ガス注入器の上側軸方向端部は、対向する側面に一对の平坦面54、56を含む。図3Cの軸方向断面図に示されるように、4つのガス出口46がボア44の下側端部に開いており、各ガス出口46が90°離隔されている。

10

【0026】

図4は、本発明による頂部ガス注入を提供するガス注入器に適合された300mmLAM T C P（登録商標）プラズマ反応装置からの局所SiCl<sub>x</sub>放出を、側部ガス注入を提供するガス・リングに適合された同じ反応装置と比べたグラフである。反応装置は、反応装置圧力10mTorr、RFアンテナに対するパワー800ワット、ESC内の底部電極に対するパワー150ワット、100sccmのCl<sub>2</sub>および100sccmのArで操作された。グラフに示されるように、300mmウェハの露出面上方でのエッチ副生成物分散の強度は、頂部ガス注入を用いると実質的に均一になる。

【0027】

20

図5は、本発明による頂部ガス注入を提供するガス注入器に適合された300mmLAM T C P（登録商標）プラズマ反応装置からの塩素原子分散のグラフである。反応装置は、反応装置圧力10mTorr、RFアンテナに対するパワー800ワット、ESC内の底部電極に対するパワー150ワット、100sccmのCl<sub>2</sub>および100sccmのArで操作された。グラフに示されるように、ウェハの露出面上方での塩素原子分散の強度は、300mmウェハにわたって実質的に均一である。

【0028】

図6A～Cは、ポリシリコン密集ラインでのエッチ・プロファイルのSEM（走査電子顕微鏡）イメージであり、図6D～Fは、ポリシリコン孤立ラインでのエッチ・プロファイルのSEM（走査電子顕微鏡）イメージである。エッチ・プロファイルは、10mTorrで操作され、420sccmの総ガス流量を供給する頂部ガス注入器に適合された300mm反応装置内で処理される300mmウェハから得られる。図6Aは、ウェハの中心でのエッチ・プロファイルを示し、図6Bは、ウェハの中心と縁部の中間位置でのエッチ・プロファイルを示し、図6Cは、ウェハの縁部でのエッチ・プロファイルを示す。同様に、図6Dは、ウェハの中心でのエッチ・プロファイルを示し、図6Eは、ウェハの中心と縁部の中間位置でのエッチ・プロファイルを示し、図6Fは、ウェハの縁部でのエッチ・プロファイルを示す。これらのSEMイメージは、エッチ・プロファイルが300mmウェハにわたって実質的に均一であることを示す。

30

【0029】

図7A～Dは、10mTorrの反応装置圧力で操作され、200sccmの総ガス流量を供給する頂部ガス注入器に適合された300mm反応装置で処理される300mmウェハにわたるポリシリコンのエッチ・プロファイルのSEM（走査電子顕微鏡）イメージである。図7Aは、ウェハの中心での密集ラインのエッチ・プロファイルを示し、図7Bは、ウェハの縁部での密集ラインのエッチ・プロファイルを示す。これらのSEMイメージは、エッチ・プロファイルが300mmウェハにわたって実質的に均一であることを示す。図7Cおよび7Dは、ウェハの中心および縁部での孤立ラインのエッチ・プロファイルを示す。デルタCD（ラインの上部と下部での幅の差）は、中心で68.75nm、縁部で56.25nmであり、中心と縁部でのデルタCDの差は12.5nm、すなわち0.0125μmである。

40

【0030】

50

図8A～Dは、10mTorrの反応装置圧力で操作され、200sccmの総ガス流量を供給する側部ガス注入に適合された300mm反応装置で処理される300mmウェハにわたるポリシリコンのエッチ・プロファイルのSEM（走査電子顕微鏡）イメージである。図8Aは、ウェハの中心での密集ラインのエッチ・プロファイルを示し、図8Bは、ウェハの縁部での密集ラインのエッチ・プロファイルを示す。これらのSEMイメージは、図7A～Dに示される頂部ガス注入の場合ほどエッチ・プロファイルが300mmウェハにわたって均一でないことを示す。図8Cおよび8Dは、ウェハの中心および縁部での孤立ラインのエッチ・プロファイルを示す。デルタCDは、中心で112.5nmであり、縁部で62.5nmであり、中心と縁部でのデルタCDの差は50nm、すなわち0.05μmである。

10

#### 【0031】

1つの好ましい実施形態によれば、ガス注入器は、直径が1インチ（2.5cm）であり、一端に8個または9個のガス出口を有する円筒形部材である。9ガス出口構成は、ポリシリコン・エッチング・プロセスに有用であり、8ガス出口構成は、アルミニウム・エッチング・プロセスに有用である。9穴構成では、1つの穴がガス注入器の軸方向端部の中心に提供され、8つの穴が、45°離隔されて、軸方向端部の外側周縁部に隣接して位置付けられる。8穴構成では、中心穴が省略される。いずれの場合にも、8つの穴が軸方向に延在することができる、またはガス注入器を介して一部延在するボアの中心軸に対してある角度を有することができる。好ましい角度は10～75°であり、より好ましくは10～45°であり、注入器の軸方向端面が窓の内側表面と同一平面にあるとき、約30°が最も望ましい注入角度である。

20

#### 【0032】

ガス注入器に関する最も好ましい取付構成は、着脱可能な取付構成である。例えば、ガス注入器を、窓にねじ留めすることができ、あるいは適切なクランプ構成によって窓にクランプすることができる。好ましい着脱可能取付構成は、ガス注入器が、窓とガス注入器との間にただ1つまたは複数のOリングを有して、窓に単に摺動可能に嵌合されているものである。例えば、Oリングを、ガス注入器の下側部分の周りにある溝内に提供して、ガス注入器と窓の開口との間にシールを提供することができる。別のOリングを、ガス注入器の上側部分にある溝内に提供して、ガス注入器と窓の外部表面との間にシールを提供することができる。

30

#### 【0033】

ガス注入器は、利点として、操作者が、プラズマ・エッチ反応装置用のプロセス・ガス供給構成を反応装置内のガス分散が最適になるように変更することができるようになっている。例えばアルミニウムをプラズマ・エッチングするときは、エッチする基板にプロセス・ガスを直接向けずに、プロセス・ガスを分散してプラズマにすることが望ましい。ポリシリコンをプラズマ・エッチングするときは、プロセス・ガスを分散してプラズマにし、エッチする基板にプラズマ・ガスを直接向けることが望ましい。さらなる最適化は、窓の内側表面の下方に所望の距離だけ延在する、かつ/または特定のガス出口構成を含むガス注入器を選択することを含むことができる。すなわち、エッチング・プロセスに応じて、ガス出口の数、例えばガス注入器の軸方向端部での、かつ/またはその側面に沿ったガス出口の位置、およびガス出口の注入角度を選択して、最適なエッチング結果を提供することができる。例えば、注入角度は、より大きなサイズの基板に関してより大きくすることが好ましい。

40

#### 【0034】

ガス注入器は、処理される基板に向かってガスが直接注入されないようにチャンバ内部にプロセス・ガスを注入することによって、アルミニウムをプラズマ・エッチするために使用することができる。1つの好ましい実施形態では、ガス注入器は、その軸方向端部に中心ガス出口を含まない。そうではなく、軸方向端部の周縁部の周りに位置付けられた4個または8個のガス出口を使用して、基板の露出面に垂直な方向に対して30～60°の角度、好ましくは30～45°でガスを注入する。一例として、プロセス・ガスには、10

50

0 ~ 500 sccm の  $\text{Cl}_2$  と  $\text{BCl}_3$ 、 $\text{Cl}_2$  と  $\text{N}_2$ 、または  $\text{BCl}_3$  と  $\text{Cl}_2$  と  $\text{N}_2$  の混合物が含まれる。

【0035】

ガス注入器はまた、処理される基板に向けてガスが直接注入されるようにチャンバ内部にプロセス・ガスを注入することによって、ポリシリコンをプラズマ・エッチするために使用することができる。1つの好ましい実施形態では、ガス注入器が、その軸方向端部に中心ガス出口を含み、軸方向端部の周縁部の周りに位置付けられた4個または8個のガス出口を使用して、基板の露出面に垂直な方向に対して10 ~ 70°、好ましくは30 ~ 60°の角度でガスを注入する。一例として、プロセス・ガスには、100 ~ 500 sccm の  $\text{Cl}_2$  と  $\text{HBr}$  の混合物、単独の  $\text{Cl}_2$ 、または単独の  $\text{HBr}$  が含まれる。

10

【0036】

反応装置内にプラズマを発生するために螺旋コイルを使用する誘導結合プラズマ反応装置では、ガス注入器の最も好ましい位置はコイルの中心である。そのような位置は、コイルによって形成されるプラズマのトロイダル区域へのガス注入器の露出を避ける。したがって、ガス出口は、プラズマ誘導反応物分解が小さい低電界強度領域内に位置付けられている。すなわち、ガス注入器の遠位端部を取り囲む薄い（例えば < 1 mm）プラズマ・シースの存在の効果が小さい。このシースは、普通であれば、（プラズマと接地注入器チューブとの電位差によって生じる）電界線を非常に大きくし、エッチングまたは付着中に局所的に増大した付着をもたらす、最終的にはそのような領域内に位置付けられた出口を塞ぐ可能性がある。本発明によれば、ガス注入器は、増大した電界の及ばない位置に位置付けられ、それにより特に半導体ウェハなど個別基板の連続プラズマ処理中の詰まりやすさを低減する。

20

【0037】

半導体基板を処理する際、基板が処理チャンバ140内に挿入され、機械的または静電クランプによって基板支持体にクランプされる。プロセス・ガスを処理チャンバ内で励起して高密度プラズマにすることによって、基板が処理チャンバ内で処理される。エネルギー源は、チャンバ内で高密度（例えば  $10^9 \sim 10^{12}$  イオン /  $\text{cm}^3$ 、好ましくは  $10^{10} \sim 10^{12}$  イオン /  $\text{cm}^3$ ）プラズマを維持する。例えば、適切なRF源および適切なRFインピーダンス整合回路によってパワー供給されるプレーナ形複数巻き螺旋コイル、非プレーナ形複数巻きコイル、または別の形状を有するアンテナなどのアンテナ150が、RFエネルギーをチャンバ内に誘導結合して、高密度プラズマを発生する。ただし、プラズマを、ECR、平行板、ヘリコン、螺旋共振器などのタイプのプラズマ源など他のプラズマ源によって発生することもできる。チャンバは、所望の圧力（例えば5 Torr未満、好ましくは1 ~ 100 mTorr）でチャンバの内部を維持するための適切な真空ポンプ装置を含むことができる。均一な厚さのプレーナ形誘電体窓155または非プレーナ形誘電体窓などの誘電体窓がアンテナ150と処理チャンバ140内部との間に提供され、処理チャンバ140の頂部に真空壁を形成する。

30

【0038】

プロセス・ガスをチャンバ内に供給するガス供給源が、上述のガス注入器を含む。プロセス・ガスには、反応性ガスと、Arなど任意選択の搬送ガスとが含まれる。ガス出口の小さなオリフィス・サイズおよび数により、ガス注入器とチャンバ内部との間に大きな圧力差が発生する場合がある。例えば、ガス注入器での圧力が > 1 Torrであり、チャンバ内部での圧力が約10 mTorrであるとき、圧力差は約100 : 1である。これは、ガス出口でのチョークされた音速の流れをもたらす。望みであれば、ガス出口の内部オリフィスは、出口で超音速の流れを提供するように輪郭を取ることができる。

40

【0039】

音速でのプロセス・ガスの注入は、プラズマがガス出口に浸透するのを妨げる。ドープまたはアンドープ二酸化シリコンなどの材料の付着の場合、そのような設計が、 $\text{SiH}_4$ などのガスのプラズマ誘導分解、およびそれに続くガス出口内部でのアモルファスシリコン残留物の形成を防止する。この実施形態によるプラズマ処理システムは、基板の上方にシ

50

リコン含有プロセス・ガスを集中させることによって、かつ基板の特定の領域上にプロセス・ガスを優先的に向けることによって、従来のガス分散システムに比べ、基板での高い付着レートおよび改善された均一性を提供する。

#### 【0040】

プロセス・ガスを活性化することによって発生するプラズマは、高い電気ポテンシャル、すなわちプラズマ電位で浮動する導電性ガスである。プラズマ電位は主に、プラズマとRF駆動基板電極との容量結合によって決まる。典型的な条件下では、プラズマ電位は数百ボルトに達する場合がある。ガス注入器は通常、プラズマよりも低い電位（例えば金属製注入器では接地電位）に保たれる。ガス注入器がプラズマ区域内に延在する場合、薄いシースをガス注入器の「プラズマ浸漬」部分の周りに形成することができ、この場合、プラズマと接地されたガス注入器との電位差によって生じる電界線はシースに垂直になる。これらの電界は、（基板支持体によって加えられる）バイアス・パワーがプラズマ電位を、RFパワー供給された基板支持体との容量結合により数百ボルトの大きさを振動させることによって、非常に大きくなる場合がある。外部構造コーナおよび縁部が、鋭いか丸み付けされているかに関わらず電界を集束するように作用することは周知である（例えばJohn David Jackson, John Wiley & Sonsによる「Classical Electrodynamics」, New York, 1975, 2nd ed. 参照）。プラズマ処理装置内部の高い電界を有する領域が、高いガス解離をもたらす。したがって、ガス注入器の任意の先端またはコーナが局所電界を集束する傾向をもつ可能性があり、それにより電界線が、そのような幾何形状の周りに集中して、ガス注入器のそのような部分での高い局所解離およびそれに続く付着をもたらす。時間が経過するにつれ、付着物がガス出口を塞ぐ可能性があり、それによりプロセス均一性に悪影響を及ぼす。本発明によれば、ガス出口と、好ましくはガス注入器全体とをプラズマ形成区域外部に位置付けることによって詰まりの問題を解決することができる。

#### 【0041】

本発明によれば、ハロゲンおよびハロカーボン・ベースの化学物質を使用した基底材料に対するフォトレジスト・エッチ均一性および選択性を含めた、アルミニウムなどの金属、ポリシリコンなどの導電半導体材料、および二酸化シリコンなどの誘電体材料のエッチ均一性が改善される。対照的に、誘電体窓内または下方に組み込まれたシャワーヘッドを介する従来の注入は、基板にわたる不均一なエッチング、例えば「中心高速レジスト・エッチング」を生じる場合があり、それが、エッチされたフィーチャおよびプロファイル、ならびに基板中心と縁部でのフィーチャの相違に関する制御を弱いものにする可能性がある。さらに、TCP（登録商標）窓またはシャワーヘッドでのポリマー形成が、望ましくない微粒子フレーキングおよび汚染を基板上にもたらす可能性がある。シャワーヘッド構成に関連する他の問題には、窓を横切ってガスを噴出するためのサンドイッチ型構造を提供することに関連する追加のコスト、温度制御、シャワーヘッドのガス/プラズマ腐食の影響、シャワーヘッド・ガス出口内、またはシャワーヘッドと覆い窓との間のギャップ内でのプラズマの生成、プロセス反復性の欠如、プロセス・ドリフトなどが含まれる。対照的に、ガス注入リングを介する縁部注入は、「縁部高速エッチング」およびチャンバ壁へのポリマー付着をもたらす場合がある。フォトレジスト対酸化物選択比は通常、これらの場合には1～4しかなく、5～10が望ましい。本発明によるガス注入器は、レジスト・エッチ・レート（通常6%3）の均一性の改善を提供することができ、同時にレジスト対酸化物選択比は5、好ましくは10以上となる。したがって、本発明の好ましい注入設計は、原子塩素やフッ素などのエッチ種と、CF、CF<sub>2</sub>、CF<sub>3</sub>などの重合種との両方を含めた反応中間体および化学的ラジカルなはるかに均一なフラックスを基板表面に提供すると思われる。

#### 【0042】

基板サイズが増大するにつれ、中心に供給されるガスの必要性が高まる。ガス・リング構成からガスを供給する注入システムは、フラット・パネル処理で通常現れる大面積基板の中心に適切なプロセス・ガス噴出を付与することができない。これは特に、プラズマ処理

10

20

30

40

50

システムで一般に見られる底部ポンプ式チャンバ設計で当てはまる。プラズマ・エッチングの場合、本発明による中心ガス供給を有しないと、エッチ副生成物が基板中心の上方に沈滞し、この場合、輸送は実質的に拡散のみによるものとなる。これは、基板にわたる望ましくない不均一エッチングをもたらす場合がある。本発明によれば、プロセス・ガスは、基板の中心に面し、かつ基板に近接するプラズマ領域内部に注入される。例えば、ガス注入器のガス出口を、窓の内側表面の十分下方に位置付けることができ、それによりガス出口はプラズマ内部に浸漬される。ガス出口は、好ましくは、均一なエッチまたは付着レートを保証するためにイオンおよび自然種の適切な拡散が存在するように位置付けられる。したがって、ガス注入器を、ＴＣＰ（登録商標）コイルによって誘導される方位角電界がゼロに落ちる領域に位置付けることができ、それによりプラズマ発生区域の摂動を最小限に抑える。さらに、チャンバ天井と基板との距離の約８０％以下など、適切な距離だけガス注入器が浸漬されることが好ましい。これは、チャンバの上側領域からのイオン拡散が、ガス注入器のすぐ下に、より低いイオン密度で充填するのに十分な空間を有することを保証する。これにより、イオン・フラックス内のガス注入器の基板への「影」を最小限に抑えることができる。

10

#### 【００４３】

浸漬ガス注入器の使用が、中心ガス供給位置とチャンバ縦横比を独立して選択することを可能にする。これは、プロセス・ガスの効率の良い利用を容易にし、プラズマ均一性に対する外乱を最小限に抑えた状態で大面積基板の中心領域へのプロセス・ガス噴出を改善する。この構成はまた、基板に近接するガス出口の位置付けが、基板のすぐ上方にある領域内で拡散輸送に対して対流輸送を増大させるので、有利である。反応物の噴出を改善することに加え、ガス注入器は、基板領域の外へエッチ副生成物を効率良く輸送することを容易にし、これは、特にアルミニウム・エッチングなど化学的駆動適用例でエッチ均一性およびプロファイル制御に良い影響を及ぼすことができる。

20

#### 【００４４】

１つの例示実施形態によれば、注入オリフィスは十分小さく、ガス注入器の周りに形成されたプラズマ・シースがガス出口の存在によって大きな影響を受けない。ガス出口の総面積は、ガス注入器にあるボアの断面積よりも小さい場合も、大きい場合も、または同じ場合もある。ガス出口の総面積は、好ましくは、チャンバ内部で一様に分散するようにプロセス・ガスが各ガス出口から噴出されることを保証する。基板上方の様々な領域への注入を、様々なガス出口に関して同じまたは異なる直径を利用することによって調整することができる。

30

#### 【００４５】

ガス出口は、長さ全体に沿った均一な直径、あるいは円錐形にテーパ付けされたフレア表面、または半径方向に輪郭を取られた表面などの他の形状など、任意の所望の形状を有することができる。ガス出口は、基板に直接的に、基板に対して鋭角で、基板に平行に、上側プラズマ境界面に向けて後ろに（ノズルの長手方向軸に関して鈍角で）、またはそれらの組合せでというように、任意の方向にガスを注入するように指向することができる。大面積基板にわたる均一なエッチおよび付着レートを容易にするために基板表面上への化学的ラジカルおよび反応中間体種の均一フラックスを達成することが望ましい。望みであれば、追加のガス注入構成も、基板の周縁部付近で、または他のチャンバ壁から提供することができる。

40

#### 【００４６】

好ましくは、先端付近での局所磁界増大を低減するために、ガス注入器の末端端部に鋭いコーナが存在しない。ただし、そのような磁界の増大が有利である場合もある。

#### 【００４７】

以上、本発明の原理、好ましい実施形態、および動作モードを説明した。しかし、本発明は、論じた特定の実施形態に制限するものと解釈すべきでない。したがって、上述の実施形態は制限するものではなく例示するものと見なすべきであり、頭記の特許請求の範囲によって定義される本発明の範囲を逸脱することなく当業者がいくつかの変更を加えること

50

ができることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明によるプラズマ処理システムを示す図である。

【図 2 A】 誘導結合プラズマ反応装置内でのガス分散効果を示す図であって、本発明によるガス注入構成を使用した効果を示す図である。

【図 2 B】 誘導結合プラズマ反応装置内でのガス分散効果を示す図であって、従来のガス・リング構成を使用した効果を示す図である。

【図 3 A】 本発明によるガス注入器設計の詳細図であり、ガス注入器の断面図である。

【図 3 B】 本発明によるガス注入器設計の詳細図であり、ガス注入器の斜視図である。

【図 3 C】 本発明によるガス注入器設計の詳細図であり、ガス注入器の軸方向断面図である。

10

【図 4】 本発明による頂部ガス注入を提供するガス注入器に適合された 300 mm L A M T C P (登録商標) プラズマ反応装置からの局所 S i C l<sub>x</sub> 放出を、側部ガス注入を提供するガス・リングに適合された同じ反応装置と比べたグラフである。

【図 5】 本発明による頂部ガス注入を提供するガス注入器に適合された 300 mm L A M T C P (登録商標) プラズマ反応装置からの塩素原子分散のグラフである。

【図 6 A】 ポリシリコン密集ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 6 B】 ポリシリコン密集ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

20

【図 6 C】 ポリシリコン密集ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 6 D】 ポリシリコン孤立ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 6 E】 ポリシリコン孤立ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 6 F】 ポリシリコン孤立ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 7 A】 本発明による頂部ガス注入器に適合されて操作される反応装置内で処理される 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

30

【図 7 B】 本発明による頂部ガス注入器に適合されて操作される反応装置内で処理される 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 7 C】 本発明による頂部ガス注入器に適合されて操作される反応装置内で処理される 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 7 D】 本発明による頂部ガス注入器に適合されて操作される反応装置内で処理される 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

40

【図 8 A】 反応装置内で処理され、側部ガス注入に適合する 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 8 B】 反応装置内で処理され、側部ガス注入に適合する 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 8 C】 反応装置内で処理され、側部ガス注入に適合する 300 mm ウェハにわたるポリシリコン密集ラインおよび孤立ラインでのエッチ・プロファイルの S E M (走査電子顕微鏡) イメージである。

【図 8 D】 反応装置内で処理され、側部ガス注入に適合する 300 mm ウェハにわたる

50





【図 2 B】

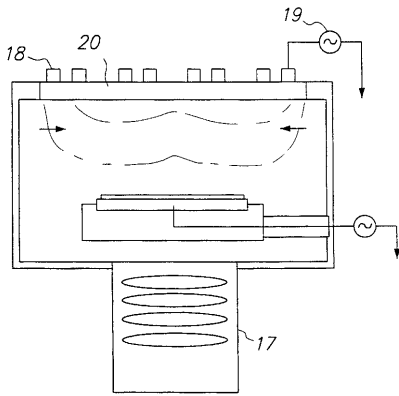


FIG. 2B

【図 3 A】

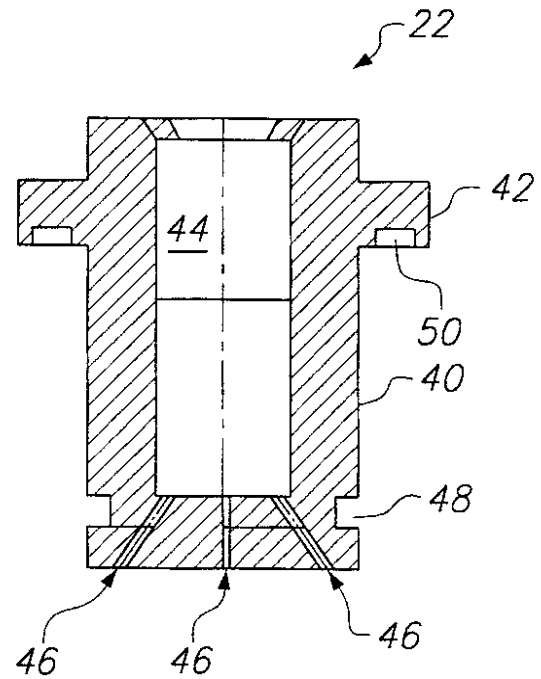


FIG. 3A

【図 3 B】

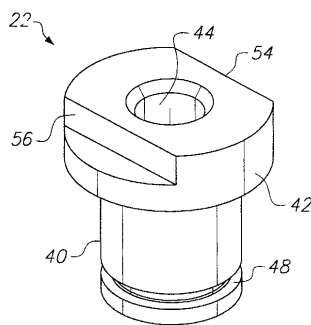


FIG. 3B

【図 3 C】

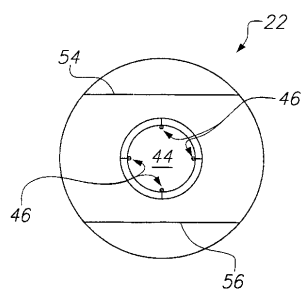


FIG. 3C

【図 4】

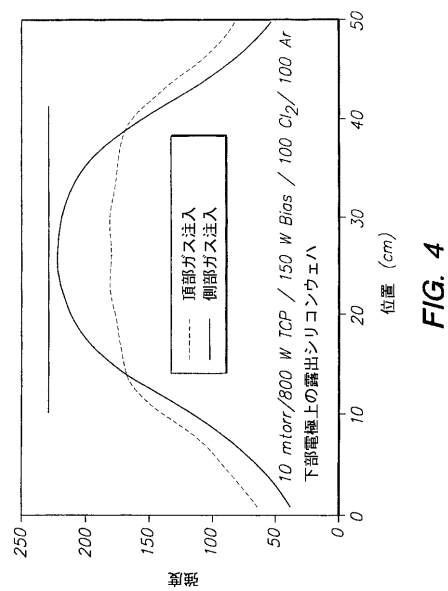
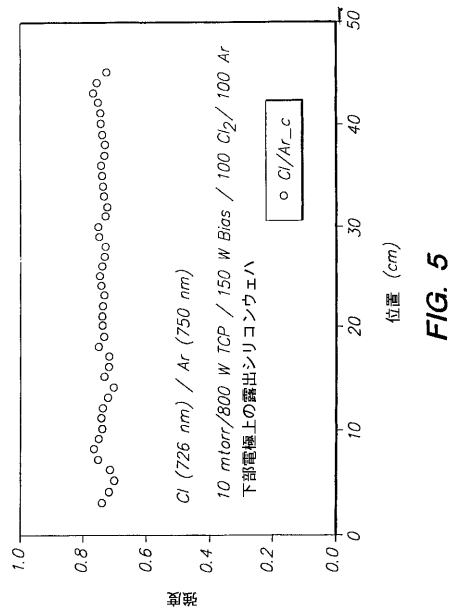


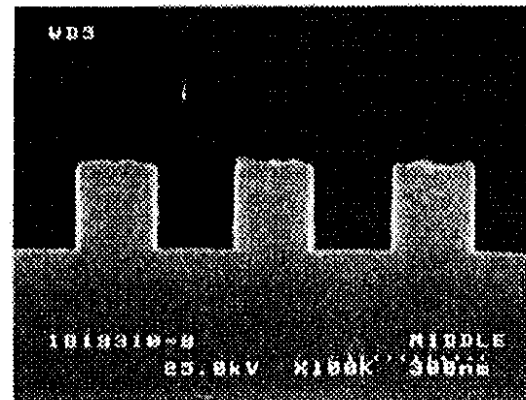
FIG. 4

【図 5】



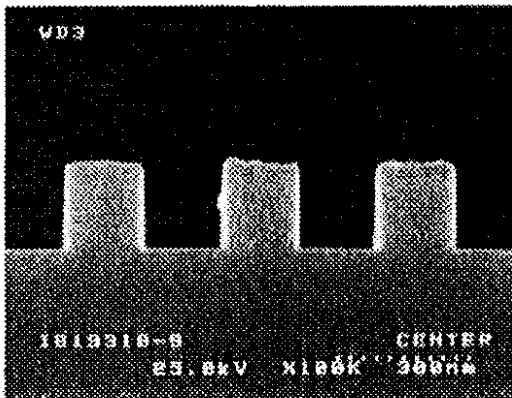
【図 6 A】

FIG. 6A



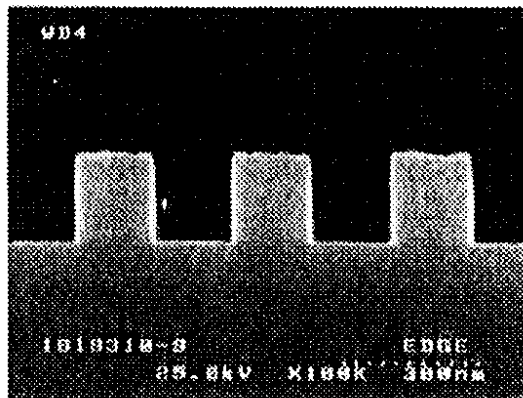
【図 6 B】

FIG. 6B



【図 6 C】

FIG. 6C



【図 6 D】

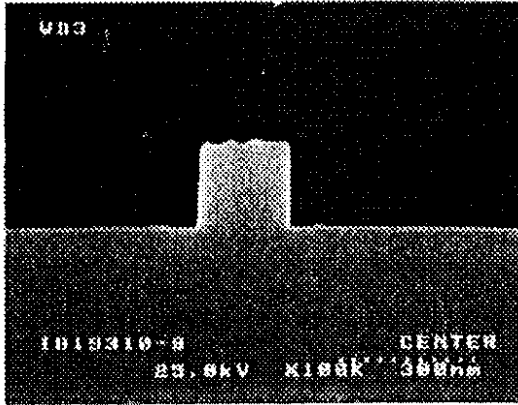


FIG. 6D

【図 6 E】

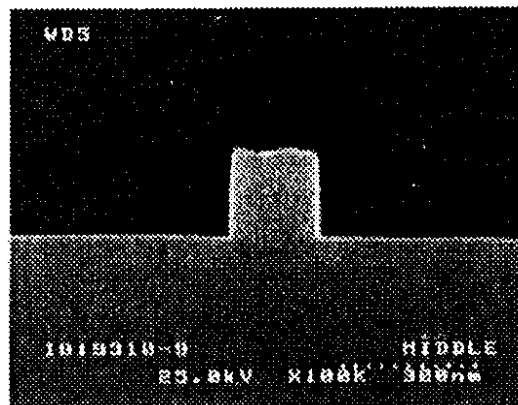


FIG. 6E

【図 6 F】

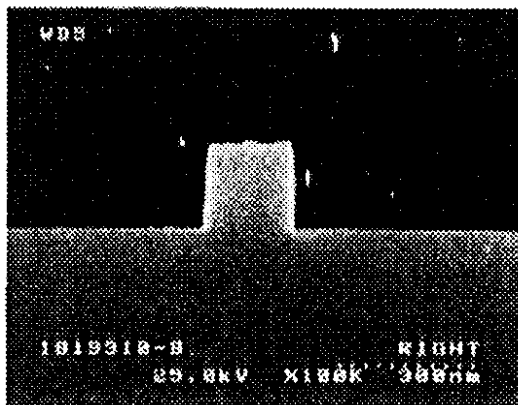
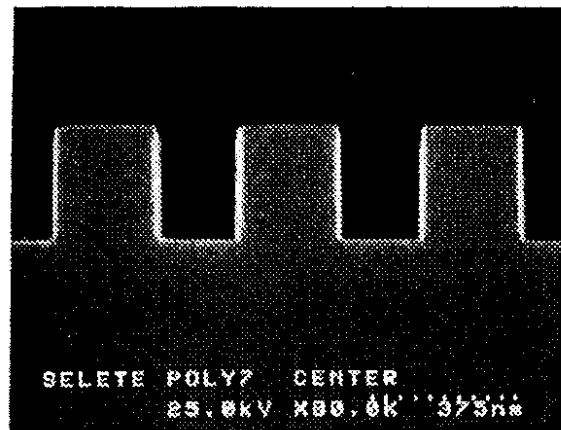


FIG. 6F

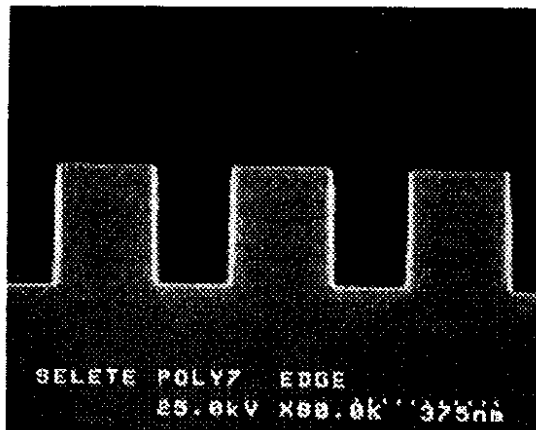
【図 7 A】

FIG. 7A



【図 7 B】

FIG. 7B



【図 7 C】

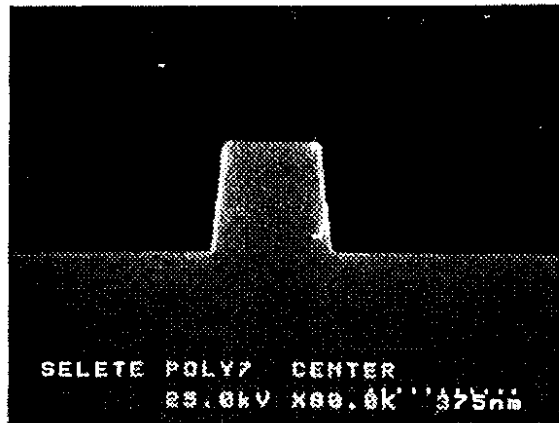


FIG. 7C

【図 7 D】

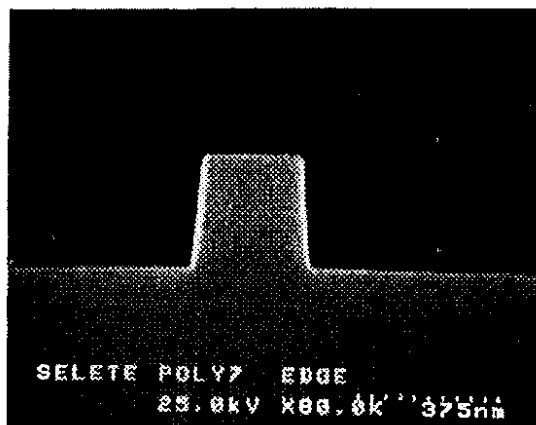
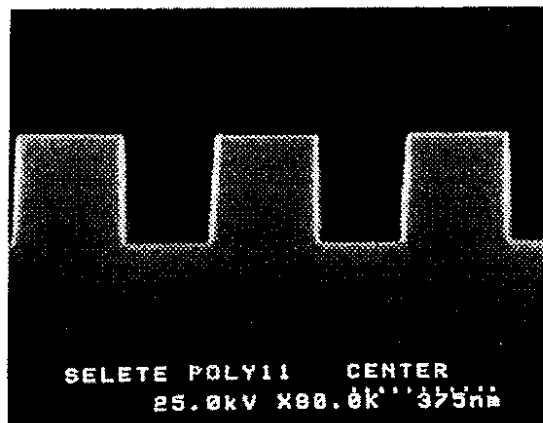


FIG. 7D

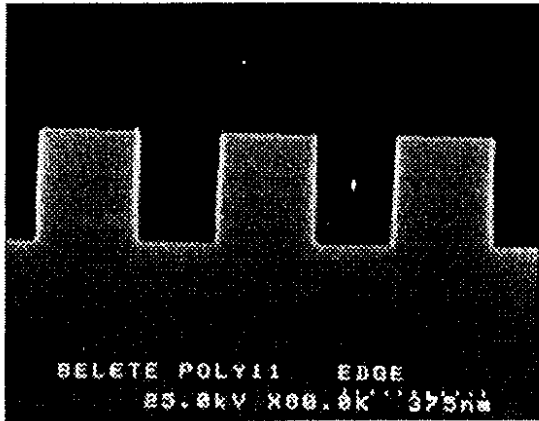
【図 8 A】

FIG. 8A



【図 8 B】

FIG. 8B



【図 8 C】

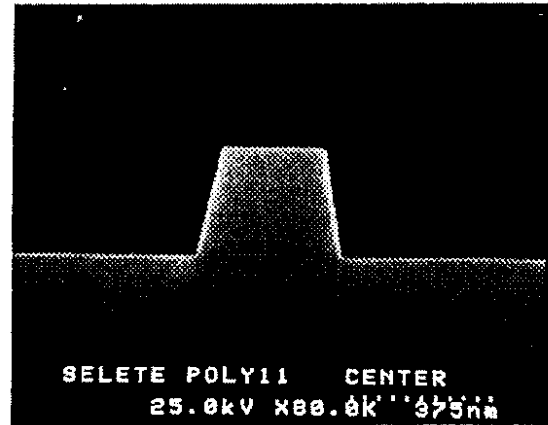


FIG. 8C

【図 8 D】

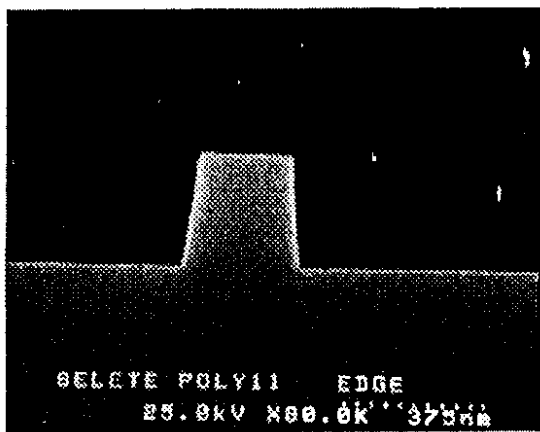


FIG. 8D

---

フロントページの続き

(72)発明者 ニー, トゥクイアング

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94555, フレモント, オンタリオ コモン 541  
5

(72)発明者 デモス, アレックス

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94123, サン ホセ, ベイ ストリート 1762

審査官 長谷部 智寿

(56)参考文献 特開平09-186140(JP,A)

特開平10-107012(JP,A)

特開平09-115694(JP,A)

特開平10-116826(JP,A)

特開平08-288266(JP,A)

特開平10-321613(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H01L 21/205

H05H 1/46

C23F 4/00

C23C 16/507