

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5156025号
(P5156025)

(45) 発行日 平成25年3月6日(2013.3.6)

(24) 登録日 平成24年12月14日(2012.12.14)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/205 (2006.01)

HO 5 H 1/46 (2006.01)

HO 1 L 21/3065 (2006.01)

C 2 3 C 16/455 (2006.01)

HO 1 L 21/205

HO 5 H 1/46 M

HO 1 L 21/302 I O 1 B

C 2 3 C 16/455

請求項の数 23 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2009-541418 (P2009-541418)	(73) 特許権者	592010081
(86) (22) 出願日	平成19年12月17日 (2007.12.17)		ラム リサーチ コーポレーション
(65) 公表番号	特表2010-514160 (P2010-514160A)		LAM RESEARCH CORPOR
(43) 公表日	平成22年4月30日 (2010.4.30)		ATION
(86) 国際出願番号	PCT/US2007/025730		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(87) 国際公開番号	W02008/076408		38, フレモント, クッシング パークウ
(87) 国際公開日	平成20年6月26日 (2008.6.26)		エイ 4650
審査請求日	平成22年12月13日 (2010.12.13)	(74) 代理人	100076428
(31) 優先権主張番号	11/640,193		弁理士 大塚 康徳
(32) 優先日	平成18年12月18日 (2006.12.18)	(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】 電極寿命の延長のためのガス流れの修正を伴うシャワーヘッド電極組立体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ処理装置のシャワーヘッド電極組立体であって、
複数の第 1 のガス流路を備える電極であってプラズマに露出される表面を有する前記電極と、

前記電極に取り付けられ、前記第 1 のガス流路と流体連通している複数の第 2 のガス流路を有する裏当て部材と、

前記裏当て部材に形成され、前記第 2 のガス流路と流体連通している、一つ以上の第 1 のプレナムとを備え、

処理ガスが前記第 1 及び第 2 のガス流路を通して流れたときに、全圧の低下が前記第 1 及び第 2 のガス流路に沿って発生し、

前記第 2 のガス流路のそれぞれは、2 つ乃至 4 つの前記第 1 のガス流路と流体連通し、かつ、前記第 1 のガス流路に沿った全圧の低下量に対する前記第 2 のガス流路に沿った全圧の低下量の比は、3 : 1 乃至 5 : 1 である、

ことを特徴とするシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 2】

二つの前記第 1 のガス流路が一つの第 2 のガス流路と流体連通している

ことを特徴とする請求項 1 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 3】

前記二つの第 1 のガス流路と前記一つの第 2 のガス流路とが、電極および裏当て部材の

各々の中心に対して異なる半径方向の位置に配置される

ことを特徴とする請求項 2 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 4】

前記二つの第 1 のガス流路と前記一つの第 2 のガス流路とが、電極および裏当て部材の各々の中心に対して実質的に同一の半径方向の位置に、異なる角度位置で配置される

ことを特徴とする請求項 2 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 5】

前記電極が、シリコン、グラファイト、又はシリコンカーバイドから構成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 6】

前記裏当て部材が、アルミニウム、グラファイト、又はシリコンカーバイドから構成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 7】

前記一つ以上の第 1 のプレナムは、前記電極に面する前記裏当て部材の表面上に形成される

ことを特徴とする請求項 1 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 8】

前記電極に面した表面の反対の側に面している裏当て部材の表面上に一つ以上の第 2 のプレナムを更に備える

ことを特徴とする請求項 7 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 9】

前記第 1 及び第 2 のプレナムは、半径方向に間隔を空けた環状流路である

ことを特徴とする請求項 8 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 10】

前記第 1 及び第 2 のプレナムは、連続している又はセグメント化されている

ことを特徴とする請求項 8 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 11】

プラズマ処理装置のシャワーヘッド電極組立体であって、

プラズマに露出される表面を有するシリコン電極であって、複数の軸方向に延びる第 1 のガス流路を有する前記電極と、

前記電極に取り付けられ、前記第 1 のガス流路と流体連通している複数の軸方向に延びる第 2 のガス流路を有する金属製の裏当て部材と、

前記金属製の裏当て部材に形成され、前記第 2 のガス流路と流体連通している、一つ以上の第 1 のプレナムとを備え、

処理ガスが前記第 1 及び第 2 のガス流路を通して流れたときに、全圧の低下が前記第 1 及び第 2 のガス流路に沿って発生し、

前記第 2 のガス流路のそれぞれは、2 つ乃至 4 つの前記第 1 のガス流路と流体連通し、かつ、前記第 1 のガス流路に沿った全圧の低下量に対する前記第 2 のガス流路に沿った全圧の低下量の比は、3 : 1 乃至 5 : 1 である、

ことを特徴とするシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 12】

前記金属製の裏当て部材は、アルミニウム又はアルミニウム合金から構成される

ことを特徴とする請求項 11 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 13】

前記第 1 のプレナムを特徴付ける前記金属製の裏当て部材の表面が、陽極酸化アルミニウム、セラミック、又は高分子材料で覆われている

ことを特徴とする請求項 11 に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項 14】

前記第 1 のプレナムは、前記電極に面した前記裏当て部材の表面に形成され、

10

20

30

40

50

一つ以上の第2のプレナムが、前記シリコン電極に面した表面の反対の側に面している前記金属製の裏当て部材の表面に形成されており、

前記第2のプレナムのそれぞれは、一つ以上の第2のガス流路と流体連通していることを特徴とする請求項11に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項15】

前記金属製の裏当て部材に取り付けられる熱制御板を更に備えることを特徴とする請求項11に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項16】

前記第1及び第2のプレナムは、連続している又はセグメント化されていることを特徴とする請求項14に記載のシャワーヘッド電極組立体。

10

【請求項17】

前記熱制御板に形成される一つ以上の第3のプレナム更に備え、各第3のプレナムは、一つ以上の第2のガス流路と流体連通していることを特徴とする請求項15に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項18】

プラズマ処理装置において半導体基板を処理する方法であって、前記方法は、プラズマ処理装置の処理チャンバ内の基板支持部上に基板を配置する工程と、処理ガスを、請求項11に記載の前記シャワーヘッド電極組立体を有する反応チャンバに導入する工程と、

前記シャワーヘッド電極組立体と前記基板との間に、前記反応チャンバ内の処理ガスからプラズマを生成する工程と

20

前記基板を前記プラズマで処理する工程と、を備えることを特徴とする半導体基板を処理する方法。

【請求項19】

前記処理ガスがフッ素含有ガスであって、前記金属製の裏当て部材がアルミニウム又はアルミニウム合金から構成される

ことを特徴とする請求項18に記載の半導体基板を処理する方法。

【請求項20】

前記一つ以上の第1のプレナムを特徴付ける前記電極に面する前記金属製の裏当て部材の表面が被覆されており、

30

前記被覆はアルミニウムフッ化物形成を低減するのに適している

ことを特徴とする請求項19に記載の半導体基板を処理する方法。

【請求項21】

前記金属製の裏当て部材の表面に形成される一つ以上の第2のプレナムを更に備え、

第2のプレナムの各々は、一つ以上の第2のガス流路と流体連通している

ことを特徴とする請求項20に記載の半導体基板を処理する方法。

【請求項22】

前記第1のガス流路の直径は、前記第2のガス流路の直径と等しい

ことを特徴とする請求項1に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【請求項23】

40

前記第1のガス流路の直径は、前記第2のガス流路の直径と等しい

ことを特徴とする請求項11に記載のシャワーヘッド電極組立体。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

プラズマ処理装置は、エッチング、物理的气相成長法(PVD)、化学的气相成長法(CVD)、イオン注入、及びレジスト剥離を含む技術によって基板を処理するために使用される。プラズマ処理に使用されるプラズマ処理装置の一つの種類は、上部電極と下部電極とを収納した反応チャンバを含む。電極間には、反応チャンバ内で基板を処理するために処理ガスをプラズマ状態に励起する電界が確立される。

50

【発明の概要】

【0002】

プラズマ処理装置のためのシャワーヘッド電極組立体が提供される。ある好ましい実施形態によると、シャワーヘッド電極組立体は、複数の第1のガス流路とプラズマに露出される表面とを有する電極を備える。裏当て部材は、該電極に取り付けられ、第1のガス流路と流体連通している複数の第2のガス流路を有する。一つ以上の第1のプレナムが、裏当て部材に、第2のガス流路と流体連結して形成されている。処理ガスが第1及び第2のガス流路を通して流れる場合、第1及び第2のガス流路に沿って全圧の低下が発生する。第2のガス流路に沿った全圧の低下の割合は、第1のガス流路に沿った全圧の低下の割合よりも大きい。

10

【0003】

プラズマ処理装置のためのシャワーヘッド電極組立体の他の好ましい実施形態は、プラズマに露出される表面と複数の軸方向に伸張している第1のガス流路とを持つシリコン電極を含む。金属製裏当て部材は、該電極に取り付けられ、第1のガス流路と流体連結している、複数の軸方向に伸張している第2のガス流路を有する。一つ以上の第1のプレナムが、金属製裏当て部材に、第2のガス流路と流体連結して形成されている。処理ガスが第1及び第2のガス流路を通して流れる場合、第1及び第2のガス流路に沿って全圧の低下が発生する。第2のガス流路に沿った全圧の低下の割合は、第1のガス流路に沿った全圧の低下の割合よりも大きい。

20

【0004】

プラズマ処理装置のためのシャワーヘッド電極組立体の他の好ましい実施形態は、第1の部分と、該第1の部分よりも幅の広い第2の部分とを持つ複数の第1のガス流路を有する第1の部材を含む。第1の部材はプラズマに露出される表面を持ち、第2の部分はプラズマに露出される表面に隣接している。第2の部材は、第1の部材の背面に取り付けられ、該第2の部材は、第1のガス流路と流体連結している複数の第2のガス流路を有する。処理ガスが第1及び第2のガス流路を通して流れる場合、第1及び第2の部分に沿って全圧の低下が発生する。第2の部分に沿った全圧の低下の割合は、第1の部分に沿った全圧の低下の割合よりも大きい。

【図面の簡単な説明】

【0005】

30

【図1】プラズマ処理装置のシャワーヘッド電極組立体及び基板支持部の実施形態の一部を示す図である。

【図2A】熱制御板と、裏当て部材のガス流路と、上部電極とを描写した、図1に示されるシャワーヘッド電極組立体の一部の拡大図である。

【図2B】プラズマ露出により腐食したガス流路を伴う、図2Aの上部電極の構造を示す図である。

【図3】プラズマ処理装置のシャワーヘッド電極組立体及び基板支持部のさらなる実施形態の一部を説明する図である。

【図4A】熱制御板と、裏当て部材のガス流路と、上部電極と、裏当て部材と上部電極との間のプレナムと、を描写した、図3に示されるシャワーヘッド電極組立体の一部の拡大図である。

40

【図4B】裏当て部材のガス流路と、上部電極と、裏当て部材と上部電極との間のプレナムと、を描写した、図4Aに示されるシャワーヘッド電極組立体の一部の平面図である。

【図5A】熱制御板と、裏当て部材のガス流路と、上部電極と、裏当て部材と上部電極との間及び熱制御板と裏当て部材との間のプレナムと、を含むシャワーヘッド電極組立体のさらなる実施形態を説明する図である。

【図5B】裏当て部材のガス流路と、上部電極と、裏当て部材と上部電極との間及び熱制御板と裏当て部材との間のプレナムと、を描写した、図5Aのシャワーヘッド電極組立体の平面図である。

【図6】上部電極のガス流路（破線）に関して、裏当て部材のガス流路とプレナム（実線

50

）との配置を説明する、図４Ａに示されるシャワーヘッド電極組立体の実施形態の上面図である。

【図７】上部電極（実線）と、裏当て部材のガス流路及びプレナム（破線）を示す、図６のシャワーヘッド電極組立体の実施形態の一部の三次元の斜視図である。

【図８】熱制御板と、裏当て部材のガス流路と、上部電極と、異なる断面積を持つ部分を有する上部電極のガス流路と、を描写する、シャワーヘッド電極組立体のさらなる実施形態の一部を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【０００６】

プラズマエッチング又は成膜装置の操作の間、通常、反応物の一定の質量流量（すなわち、処理ガス）が、ウェーハ表面上で好適なエッチング又は成膜速度を達成するために、処理チャンバに供給される（例えば、ウェーハ表面上でエッチング又は成膜される薄膜で分速数ミクロン）。処理チャンバへのガス供給システムからのガスのスループットの局所的变化は、ウェーハ表面に沿って非一様なエッチングに帰結する。従って、プラズマ処理の間、処理チャンバに実質的に一定のガスのスループットを導入できるガス供給システムが、均一なエッチングや成膜を維持するのに有利になり得る。

【０００７】

プラズマエッチング条件は、プラズマに露出される処理チャンバの表面の著しいイオン衝撃を作り出す。このイオン衝撃は、プラズマ化学及び／又はエッチング副生成物と組み合わせさせて、処理チャンバのプラズマに露出された表面の、著しい物理的な腐食、化学的な腐食、及び物理化学的な腐食を生み出しうる。結果として、表面材料は、物理的な腐食、化学的な腐食、及び／又は物理化学的な腐食を含む、物理的及び／又は化学的な攻撃により取り除かれる。この攻撃は、短い部品寿命、増加する部品コスト、粒子汚染、ウェーハ上の遷移金属汚染、及び処理ドリフトを含む問題を引き起こす。

【０００８】

比較的短い寿命の部品は一般に消耗品、例えば、シリコン電極、と称される。もし消耗部品の寿命が短ければ、所有コストは高くなる。消耗品や他の部品の腐食はプラズマ処理チャンバ内で粒子汚染を発生させる。誘電体エッチツールで使用されるシリコン電極組立体は、多くのRF時間（高周波電源がプラズマを発生させるのに使用される数時間の間）後に劣化する。こうした使用済シリコン電極組立体は、その電極組立体を使用することにより、多くのRF時間後に、エッチ速度の低下とエッチ均一性ドリフトを示す。

【０００９】

シャワーヘッド電極のような、シリコン電極組立体がプラズマ環境に露出される場合、ガス供給流路の物理的な腐食、化学的な腐食、及び／又は物理化学的な腐食が生じる。物理的な腐食は典型的にはガス供給流路のエッジで起こり、流路の拡大をもたらす。結果として、ガス供給流路の全てに対する全処理ガスのスループットが増加する。加えて、ガス流路の拡大は、混合比及び／又は処理ガスの速度のドリフトも引き起こす。エッチング速度又は成膜速度は、理想的には、処理ガスの反応物の特有の質量を必要とするので、処理ガスのスループット（すなわち、体積ガス流速）の変化が、エッチング速度又は成膜速度を局所的に変え得る。結果として、ガス供給流路の物理的な腐食はウェーハに沿って非一様なエッチングをもたらす。

【００１０】

図１は、半導体基板、例えば、シリコンウェーハ、が処理されるプラズマ処理装置のシャワーヘッド電極組立体１０の実施形態を説明する。シャワーヘッド電極組立体は、例えば、同一出願人による米国出願公開２００５／０１３３１６０号でも説明されており、引用することによってその全体をここに援用する。シャワーヘッド電極組立体１０は、上部電極１２と、プラズマに露出される底面１３及び裏当て部材１４上に設けられる熱制御板１６を有する上部電極１２に固定された裏当て部材１４と、を含むシャワーヘッド電極を備える。下部電極及び任意の静電クランプ電極を含む基板支持部１８（図１にはその一部のみ示されている）はプラズマ処理装置のプラズマ処理チャンバ内の上部電極１２の下に

10

20

30

40

50

配置される。プラズマ処理にさらされる基板 20 は、基板支持部 18 の上部支持表面 22 に機械的に又は静電的にクランプされる。

【0011】

上部電極 12 は、電氣的に接地され得、又は、代わりに高周波 (RF) 電源等によって電力が供給され得る。ある実施形態では、上部電極 12 は接地され、プラズマ処理チャンバ内でプラズマを発生させるために、一つ、二つ以上の周波数で電力が下部電極に印加される。例えば、下部電極は二つの独立して制御された高周波電源によって 2 MHz と 27 MHz の周波数で電力供給され得る。基板 20 が処理された後、プラズマの発生を終了させるために下部電極への電力供給が切られる。

【0012】

図 1 に示された実施形態では、シャワーヘッド電極の上部電極 12 は、内部電極部材 24 と、任意の外部電極部材 26 と、を含む。内部電極部材 24 は、典型的には円筒形状板 (例えば、単結晶シリコンや、シリコンカーバイドから構成される板) である。内部電極部材 24 は、処理されるウェーハより小さくても、等しくても、より大きくてもよく、例えば、もし板が単結晶シリコンで作られているなら、12 インチ (300 mm) までの直径を有し得る。好適な実施形態では、シャワーヘッド電極組立体 10 は、直径 300 mm 以上を有する半導体ウェーハのような大きな基板を処理するために十分な大きさである。300 mm のウェーハに対しては、上部電極 12 は、少なくとも直径 300 mm である。しかし、シャワーヘッド電極組立体 10 は、異なるサイズのウェーハ又は非円形状を有する基板を処理するためにその大きさが調整され得る。

【0013】

説明された実施形態では、内部電極部材 24 は、基板 20 よりも幅が広い。300 mm のウェーハを処理するためには、例えば、約 15 インチから約 17 インチまで上部電極 12 の直径を拡大するために、外部電極部材 26 が提供される。外部電極部材 26 は、一つの連続的な部材 (例えば、一つの連続的な多結晶シリコンリング)、又はセグメント化された部材 (例えば、単結晶シリコンで構成された多数のセグメントのような、リング状に配置された 2 ~ 6 個の分割セグメントを含む) であり得る。多数のセグメントの外部電極部材 26 を含む上部電極 12 の実施形態では、セグメントは、好ましくは、下にある結合材料がプラズマに露出されることから保護するためのお互い重複するエッジを持つ。内部電極部材 24 は、好ましくは、上部電極 12 と基板支持部 18 との間に配置された、プラズマ反応チャンバ内の領域に処理ガスを注入するために、裏当て部材 14 に形成された多数のガス流路 30 まで延びかつ対応する、多数のガス流路 28 を含む。熱制御板 16 は、処理ガスを、それぞれ内部電極部材 24 と裏当て部材 14 とのガス流路 28 及び 30 に分配するための多数のプレナム 31 を含む。

【0014】

単結晶シリコンは内部電極部材 24 と外部電極部材 26 とに好適な材料である。高純度の単結晶シリコンは、プラズマ処理の間の基板の汚染を最小化し、又、プラズマ処理の間円滑な使用にも耐えるので、それによって粒子の発生を最小化する。内部電極部材 24 と外部電極部材 26 とを含む上部電極 12 のプラズマ露出表面 13 に使用され得る代替材料は、例えば、SiC、AlN である。

【0015】

図 1 に示される実施形態では、裏当て部材 14 は、裏当て板 32 と、裏当て板 32 の周囲に延びる裏当てリング 34 とを含む。この実施形態では、内部電極部材 24 は裏当て板 32 と共に延びるものであり、外部電極部材 26 は、周囲を囲う裏当てリング 34 と共に延びるものである。しかしながら、他の実施形態では、裏当て板 32 は一体成形の裏当て部材は、内部電極部材 24 と外部電極部材 26 とを支持するために使用され得る内部電極部材 24 を越えて延び得る。内部電極部材 24 と、外部電極部材 26 とは、好ましくは結合材料によって裏当て部材 14 に取り付けられる。

【0016】

裏当て板 32 及び裏当てリング 34 は、好ましくは半導体基板を処理するために使用さ

10

20

30

40

50

れる処理ガスと化学的に適合可能であり、導電性及び熱伝導性のある材料で作られる。裏当て部材 14 を作るために使用され得る典型的な適合材料は、グラファイト、アルミニウム、アルミニウム合金、及び SiC を含む。

【0017】

上部電極 12 は、熱応力を受容し、上部電極 12 と裏当て板 32 と裏当てリング 34 との間で熱と電気エネルギーとを伝達する熱伝導性及び導電性のあるエラストマー結合材料のような適合材料により裏当て板 32 と、任意の裏当てリング 34 とに取り付けられ得る。電極組立体の表面を結合させるためのエラストマーの使用は、例えば同一出願人の米国特許第 6073577 号に開示されており、引用することによってその内容全体をここに援用する。

10

【0018】

シャワーヘッド電極組立体 10 に対して、処理ガスは、上部電極 12 と基板支持部 18 との間に配置されるプラズマ処理チャンバ内の領域に注入される前に、上部電極 12 と裏当て部材 14 とのそれぞれの中のガス流路 28 及び 30 を通って熱制御板 16 に形成されるプレナム 31 から流れる。処理ガスは、入口圧力 (P_{INLET}) で裏当て部材 14 の上面 15 において、裏当て部材 14 内に配置されるガス流路 30 に入り、出口圧力 (P_{OUTLET}) でプラズマ露出表面 13 において、内部電極部材 24 内に配置される流路 28 から出る。入口圧力と出口圧力との差が、ガス流路 28 及び 30 に沿った全圧の低下 (すなわち、 $P_{TOTAL} = P_{INLET} - P_{OUTLET}$) である。

20

【0019】

伝導率 C は、ガス流路 28 及び 30 を通してガスを伝達する能力である。ガス流路の伝導率は、ガス流路のサイズ及び形状によって決定される。例えば、円筒形ガス流路の伝導率は、直径の増加と共に増加する。同様に、与えられたガス流路の直径に対して、ガス流路の伝導率は、流路の長さが増加するにつれて減少する。ガス流路 28 及び 30 の全体の伝導率、 C_{TOTAL} は、上部電極 12 内のガス流路 28 (C_E) 全体の伝導率と、裏当て部材 14 内のガス流路 30 (C_B) 全体の伝導率と、の合計として近似され得る (すなわち、 $C_{TOTAL} = C_E + C_B$)。

【0020】

ガス流路 28 及び 30 に対しての全体のガスのスループット、 Q はガス流路 28 及び 30 の全伝導率と、全圧の低下との積によって決定される (すなわち、 $Q = C_{TOTAL} P_{TOTAL} = (C_E + C_B) P_{TOTAL}$)。しかしながら、内部電極部材 24 はプラズマ露出表面 13 を有するため、ガス流路 28 は、物理的な腐食、各ガス流路 28 の形状変形、全伝導率又はガス流路 28 の C_E の上昇にさらされる。ガス流路 28 が物理的に腐食される場合、全圧の低下 (P_{TOTAL}) 及びガス流路 30 の伝導率 (C_B) は実質的に一定のままである。しかしながら、ガス流路 28 の物理的な腐食による伝導率 C_E のどのような増加も全体のガスのスループットに影響する (すなわち、増加する)。

30

【0021】

図 2A 及び 2B は、上部電極のある電極内でのガス流路の物理的な腐食の発生を描写している。図 2A は、図 1 に示される軸方向のガス流路 28 及び 30 と流体連結しているプレナム 31 を含む、熱制御板 16 の一部の拡大図である。図 2A では、裏当て部材 14 内の各ガス流路 30 は内部電極内のガス流路 28 に対応する。言い換えれば、ガス流路 30 と 28 との間には一対一の対応がある。処理ガスは、反応チャンバに供給するためにガス流路 28 及び 30 を通って流れるにつれて、ガス流路 28、30 に沿って全圧の低下がある。図 2A に示される実施形態に対して、コンピュータシミュレーションは、全圧低下 (P_{TOTAL}) の約 20% は裏当て部材 14 に配置されるガス流路 30 に沿って起こり、全圧低下の残りの部分 (全圧低下の約 80%) はガス流路 28 に沿って起こること実証している。ガス流路 28 は、プラズマ露出表面 13 でプラズマ腐食にさらされる内部電極部材 24 に配置される。

40

【0022】

図 2B に示されるように、内部電極部材 24 のプラズマ環境への長期の露出は、プラズ

50

マ露出表面 13 でのガス流路 28 のエッジの（楕円形破線で示される）物理的な腐食をもたらす。軸方向円筒形ガス流路 28 の物理的な腐食は、プラズマに最も近い領域でガス流路 28 の拡大をもたらす。ガス流路 28 のこの形状の変化は、その伝導率、 C_E 、を増加させ、それ故ガス流路 28 を通った全体のガスのスルーットを変化させる。更にその上、大きな割合の全圧の低下がガス流路 28 に沿って起こるため、ガス流路 28 の物理的な腐食による伝導率 C_E のどのような変化も、ガス流路 28 及び 30 の全体のガスのスルーットに比較的より大きな影響を与える。例えば、 $P_E = 0.8 P_{TOTAL}$ 及び $P_B = 0.2 P_{TOTAL}$ と仮定すると、全体のガスのスルーット $Q = 0.80(C_E P_{TOTAL}) + 0.20(C_B P_{TOTAL})$ である。従って、全体のスルーット Q への $C_E P_{TOTAL}$ の項の、より大きな寄与のために、プラズマ物理的腐食によるガス流路 28 の伝導率、 C_E 、のどのような変化も、ガスのスルーット Q を変える際に $C_B P_{TOTAL}$ の項よりも大きな影響を与える。結果として、内部電極部材 24 は定期的に交換されなければならない。

10

【0023】

ガス流路 28 の物理的な腐食の後でさえ、ガス流路 28 及び 30 を通って実質的に一定のガスのスルーット Q を維持するための一つの解決策は、効果的にガス流路 28 の $C_E P_{TOTAL}$ の項の、全体のスルーット Q の寄与を最小化するために、これらのガス流路を修正することであり、その結果、ガス流路 28 がプラズマ露出により腐食するにつれて、 Q に関する C_E の変化の影響が減少することがわかっている。ある実施形態では、電極組立体のガス流れの性能が、 P_{TOTAL} の分布のシフトによって修正され、その結果より小さな割合での全圧の低下 P_{TOTAL} が、ガス流路 28 の物理的に腐食された領域に沿って起こる。例えば、裏当て部材 14 及び上部電極 12 内のガス流路は修正され得、その結果、上部電極 12 内に配置されるガス流路 28 に沿って、より小さな割合での全圧の低下 P_{TOTAL} が起こる。言い換えると、全体のスルーット、 Q 、への $C_E P_{TOTAL}$ の項の寄与は、ガス流路 28 に沿った全圧低下の割合を下げることによって減少され得る。

20

【0024】

このガス流路 28 の物理的に腐食した領域に沿った全圧の低下 P_{TOTAL} の割合の減少は、一つ以上の以下の構造的な修正、ガス流路 28 及び 30 の全体の数の変化、ガス流路 28 及び / 又は 30 の形状及び / 又は寸法の変化、各ガス流路 30 と連結するガス流路 28 の比率の変化、又は、裏当て部材 14 と上部電極 12 との間に適合する形状の一つ以上のプレナムの追加、によって達成され得る。これらの構造的な特徴は、個々に、又は組み合わせ、ガス流路 28 及び 30 を通ってガスが流れる間、ガス流路 28 に沿った好適な全圧低下 P_{TOTAL} の割合を達成するために最適化され得る。

30

【0025】

図 3 は、ガス分配流路 28 及び 30 の特徴の修正を含む、プラズマ処理装置のためのシャワーヘッド電極組立体 10 のある実施形態を説明する。この実施形態に対しては、裏当て部材 14 内の各軸方向のガス流路 30 は、裏当て部材 14 の表面に形成される各プレナム 36 と流体連結している各ガス流路 30 を持つ上部電極 12 内（例えば、内部電極部材 24）の二つのガス流路 28 につながっている。

【0026】

別の実施形態では、裏当て部材 14 内の各ガス流路 30 は、三つ又は四つのガス流路のような、内部電極 12 の上部において二つ以上のガス流路 28 につながり得る。

40

【0027】

図 4 A 及び 4 B は、図 3 に示されるシャワーヘッド電極組立体の一部を説明するものであり、裏当て部材 14 内にプレナム 36 を有するガス流路 28 及び 30 と流体連結しているプレナム 31 を含む、熱制御板 16 を描写している。言い換えると、ガス流路 28 とガス流路 30 との間には二対一の対応がある。裏当て部材 14 内のプレナム 36 は、ガス流路 30 からガス流路 28 まで均一にガスを分布させる働きをする。本実施形態では、例えば、裏当て部材 14 はアルミニウムで、上部電極 12 はシリコンで構成され得る。

【0028】

図 4 B は、裏当て部材 14 及び上部電極 12 が円形であり、上部電極 12 に面する裏当

50

て部材 1 4 の表面に形成されるプレナム 3 6 が、半径方向に間隔の空いた環状流路である図 4 A に示されるシャワーヘッド電極組立体の一部の実施形態の上面図である。(単純化のため熱制御板 1 6 は図示せず)。プレナム 3 6 は、連続的でも、セグメント化されても良い。例えば、本実施形態では、ガス流路 2 8 及び 3 0 の直径は、0.001 インチ ~ 0.010 インチの範囲であり得る。プレナム 3 6 の深さは 0.01 インチ ~ 0.03 インチの範囲であり得る。

【0029】

図 4 A 及び 4 B に示される実施形態に対しては、全圧低下の約 78% は、裏当て部材 1 4 に配置されるガス流路 3 0 に沿って起こり、全圧低下の残りの部分(全圧低下の約 22%) はガス流路 2 8 に沿って起こることが、コンピュータシミュレーションにより実証されている。このことは、図 2 A に示される実施形態での全圧低下へのガス流路 2 8 及び 3 0 の寄与とは実質的に逆である。従って、図 4 A 及び 4 B に示される実施形態では、はるかに小さな割合での全圧低下(全圧低下の約 22%) がガス流路 2 8 に沿って起こるため、ガス流路 2 8 の物理的な腐食による伝導率 C_E のどのような変化も、ガス流路 2 8 及び 3 0 の全体のガスのスループット Q に、より小さな影響しか与えない(すなわち、 $Q = 0.22(C_E P_{TOTAL}) + 0.78(C_B P_{TOTAL})$)。結果として、全体のガスのスループット Q に対する $C_E P_{TOTAL}$ の寄与の減少のため、(図 2 B に示されるような)プラズマ物理的な腐食によるガス流路 2 8 の伝導率、 C_E 、のどのような変化も、図 2 A に示される実施形態でのガス流路 2 8 の物理的な腐食と比較すると、スループット Q の変化に対して、より小さな影響しか与えない。例えば、 $C_B P_{TOTAL}$ と $C_E P_{TOTAL}$ との比率は、約 3 : 1 から 5 : 1 の範囲であり得る。一貫したガスのスループットを生み出す結果、ガス流路 2 8 は物理的な腐食を経験するかもしれないが、図 4 A 及び 4 B に示されるシリコン上部電極 1 2 は、潜在的に、より長い寿命をもたらす得る。

【0030】

図 5 A 及び 5 A は、追加のプレナム 3 8 が、プレナム 3 1 と裏当て部材 1 4 との間の、裏当て部材 1 4 の上面 1 5 に形成されているシャワーヘッド電極組立体の別の実施形態を説明する。プレナム 3 8 は、一つ以上のガス流路 3 0 及び熱制御板 1 6 内のプレナム 3 1 と一直線上に並んでいる。示された通り、プレナム 3 8 はプレナム 3 6 よりも幅が小さい。プレナム 3 8 の寸法は、より小さな割合での全圧低下 P_{TOTAL} がガス流路 2 8 内で起こるように最適化され得る。例えば、プレナム 3 8 は環状流路又は環状溝であり得る。

【0031】

図 5 B は、裏当て部材 1 4 及び上部電極 1 2 が円形であり、プレナム 3 6、3 8 が、上部電極 1 2 に面しており上部電極 1 2 から見て外方を向いている、裏当て部材 1 4 の反対の表面に形成された、半径方向に間隔の空いた環状流路である、図 5 A に示される実施形態の上面図である(簡単化のため熱制御板 1 6 は図示せず)。プレナム 3 6、3 8 は、連続的でも、セグメント化されても良い。

【0032】

図 6 は、図 4 A 及び 4 B の実施形態の上部電極 1 2 の上面図であり、ガス流路 3 0 と、上部電極 1 2 内のガス流路 2 8 に関して、裏当て部材 1 4 (不図示)内の環状プレナム 3 6 との、典型的な配置を説明する。典型的には、上部電極 1 2 は円形板であり、ガス流路 2 8 及び 3 0 は、板の中心軸 C から異なる半径方向距離で、板を通して軸方向に延びている。本実施形態では、プレナム 3 6 A / 3 6 B は、図 4 B に示されるように連続的な環状溝であってもよく、約 60 度又は約 90 度のように連続して 360 度に拡張されなくてもよい(不図示)。

【0033】

図 6 は、ガス流路 3 0 及び 2 8 の異なる位置構成に対する二つの実施形態も説明している。プレナム 3 6 A に対応する一つの実施形態では、ガス流路 3 0 及び二つの対応するガス流路 2 8 は、円形上部電極 1 2 の中心 C に対して異なる半径方向距離を有する。プレナム 3 6 B に対応するもう一つの実施形態では、ガス流路 3 0 及び二つの対応するガス流路 2 8 は、円形上部電極 1 2 の中心 C に対してほぼ同じ半径方向距離を有するが、三つ全て

のガス流路は異なる角度位置を有する。

【 0 0 3 4 】

図 7 は、図 6 のシャワーヘッド電極組立体の実施形態の一部の三次元の斜視図である。図 7 は、ガス流路 2 8、3 0、及びプレナム 3 6 A、3 6 B の配置も説明する（簡単化のため裏当て部材 1 4 は図示せず）。

【 0 0 3 5 】

図 4 に示される実施形態では、ガス流路 2 8 とガス流路 3 0 との間に二対一対応があり、ガス流路 3 0 は、より少なく形成されることが要求される。更に、ガス流路 2 8 とガス流路 3 0 との間の流体連結は、ガス流路 3 0 及び 2 8 の精密アラインメント無しに達成され得る。その代わり、ガス流路 2 8 は対応する環状プレナム 3 6 との位置合わせだけは必要である。

10

【 0 0 3 6 】

シャワーヘッド電極組立体の一つの実施形態では、裏当て部材 1 4 は、アルミニウム又はアルミニウム合金のような金属製材料である。金属製部品は一般的に、グラファイト製裏当て部材のような非金属製部品と比較して、より費用効率がよく機械加工しやすい。ある有用性として、金属製材料は極端な操作条件下で改良された安定性をもたらす、グラファイトのような非金属製材料よりも粒子を発生させない。しかしながら、アルミニウム製裏当て部材 1 4 の使用は、ある処理ガスとアルミニウムとの間での相互作用をもたらす得る。

【 0 0 3 7 】

20

例えば、フッ素含有ガス（例えば、 CF_4 、 CHF_3 ）プラズマは、プラズマ処理チャンバで、エッチング誘電体又は有機材料に使用されうる。これらのガスから作られたプラズマは、イオン、電子、及びラジカルのような他の中性種を含む、部分的にイオン化されたフッ素ガスから構成される。しかしながら、低圧、高電力、フッ素含有ガスプラズマ、にさらされる場合、アルミニウム製チャンバのハードウェアは、アルミニウムフッ化物（すなわち、 AlF_x ）の副生成物を作り出し得る。

【 0 0 3 8 】

図 4 A、4 B、及び 5 A、5 B に示されるシャワーヘッド電極組立体の実施形態は、フッ素含有処理ガスが使用される場合、フッ化物イオン及び/又はラジカルに対してアルミニウム製裏当て部材 1 4 の露出を低減するように構成される。プラズマ処理の間、こうした処理ガス、フッ化物イオン、又はラジカルは、ガス流路 2 8 を通って移動し、アルミニウム製裏当て部材 1 4 と反応しうる。従って、プレナム 3 6 は、図 2 A に示される実施形態と比較して、こうしたイオン又はラジカルが裏当て部材 1 4 と相互作用する可能性を低減しつつ、イオン又はラジカルの拡散距離（すなわち、ガス流路 2 8 の上端から裏当て部材のアルミニウム表面までの距離）を増加させる。言い換えれば、プレナム 3 6 は、プラズマ内のイオン又はラジカルから、露出したアルミニウム表面まで、視線（ライン オフ サイト）（直線経路）を減少させる。

30

【 0 0 3 9 】

別の実施形態では、アルミニウムフッ化物生成は、アルミニウムとフッ化物との間の反応を妨げるためのコーティングを有するプレナム 3 6 を特徴付ける裏当て部材 1 4 の表面をコーティングすることによって最小化され得る。例えば、プレナム 3 6 を特徴付ける裏当て部材 1 4 の表面は、陽極酸化され得、又は、適合するセラミック又は高分子コーティングで覆われ得る。セラミックコーティングの例には、酸化物（例えば、酸化シリコン、酸化アルミニウム）、窒化物、又は炭化物が含まれる。高分子コーティングの例には、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）又はポリエーテルエーテルケトン（PEEK）が含まれる。

40

【 0 0 4 0 】

図 8 は、ガス流路 2 8 の物理的な腐食がガス流路 2 8 及び 3 0 の全体のガスのスルーバットQにほとんど影響を与えない、シャワーヘッド電極組立体のさらなる実施形態を説明する。図 8 に示されるように、ガス流路 2 8 は、第 1 の部分 4 0 と、第 1 の部分 4 0 より

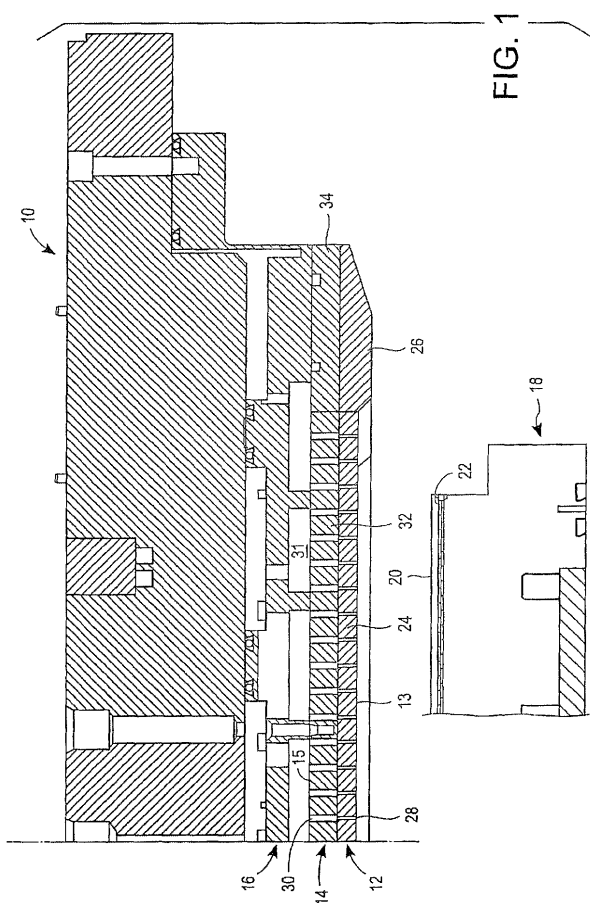
50

も幅の広い第２の部分４２と、を含む。第２の部分４２はプラズマ露出表面１３に隣接している。ガス流路２８を通して処理ガスが流れるにつれて、より大きな割合の全圧の低下 P_{TOTAL} が、ガス流路２８の第２の部分４２よりも小さな第１の部分に沿って起こる。従って、ガス流路の出口端地近くでの全圧低下 P_{TOTAL} の割合の減少は、ガス分配流路２８及び３０を通して流れる全体のスループットＱへの物理的な腐食の影響を低減する。

【００４１】

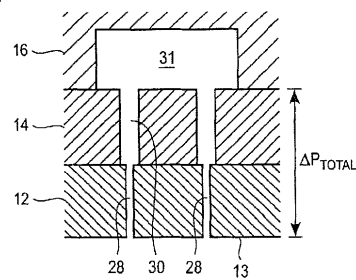
本発明は、特定の実施形態を用いて詳細に説明されているが、発明の意図を逸脱せずに様々な変更、修正及び同等物の使用が可能であることは当業者にとって明らかであろう。

【図１】



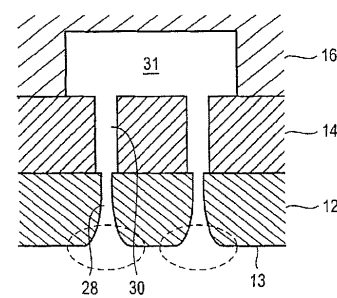
【図２Ａ】

FIG. 2A

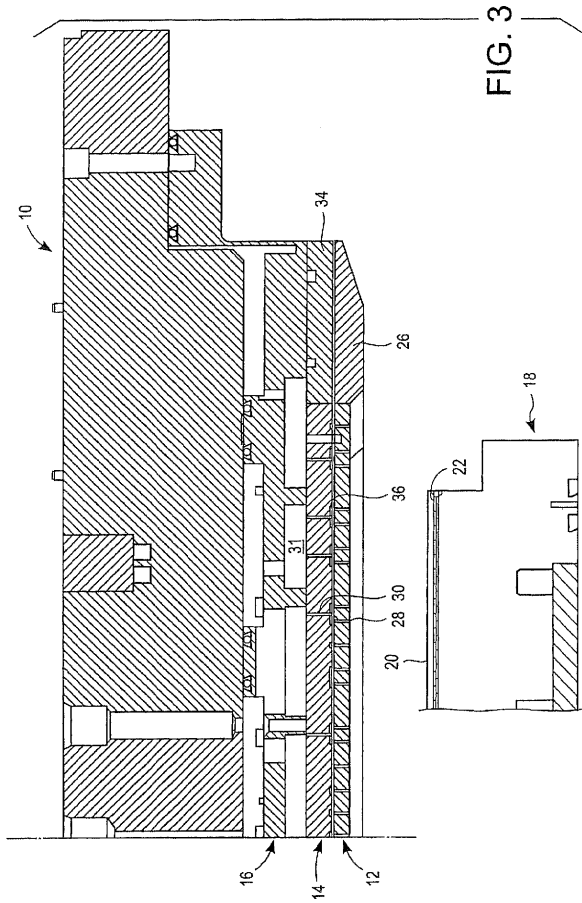


【図２Ｂ】

FIG. 2B

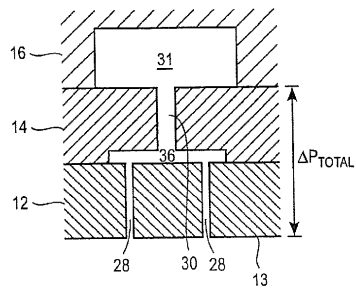


【図 3】



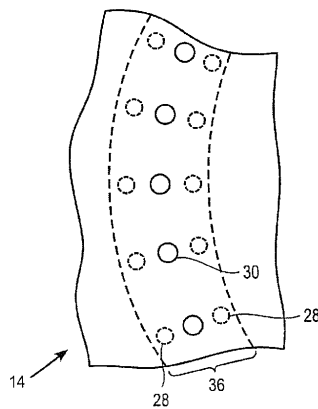
【図 4 A】

FIG. 4A



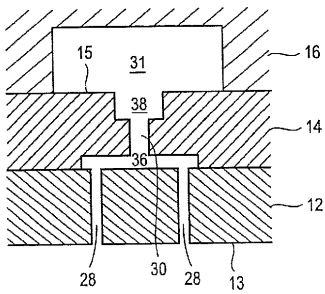
【図 4 B】

FIG. 4B



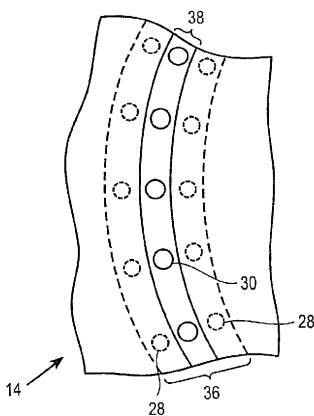
【図 5 A】

FIG. 5A

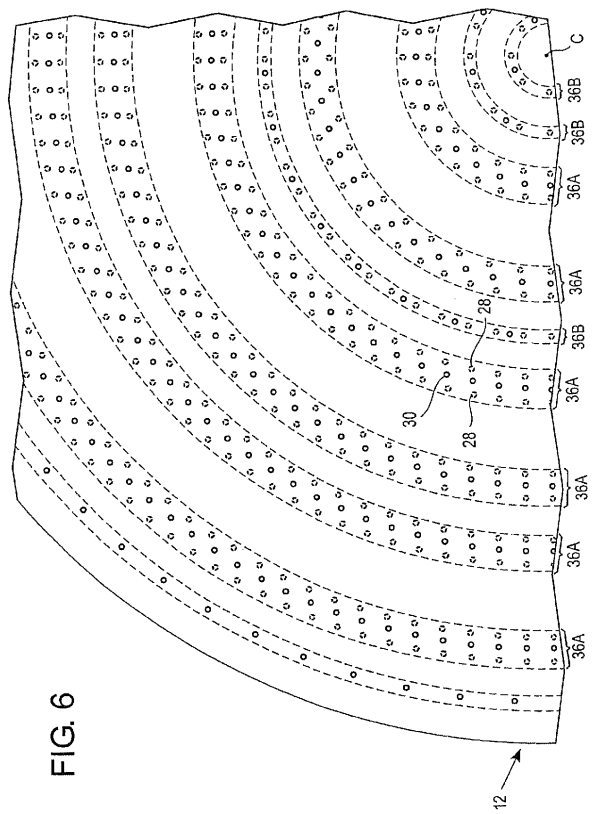


【図 5 B】

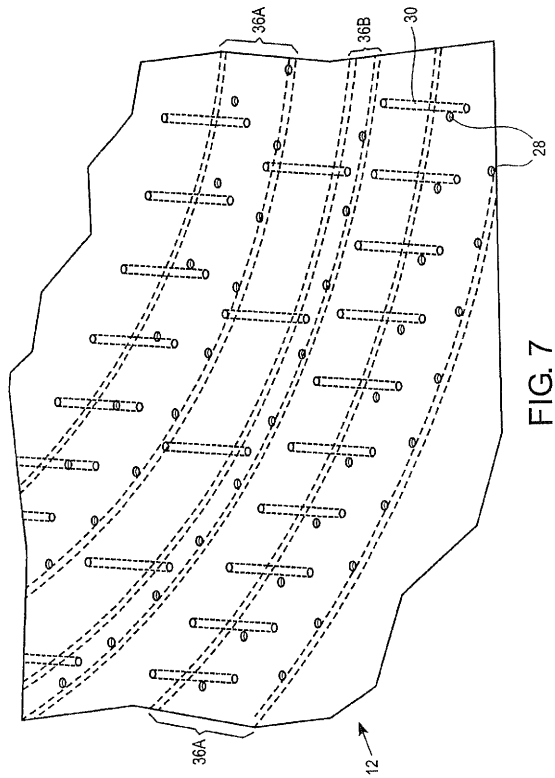
FIG. 5B



【図 6】

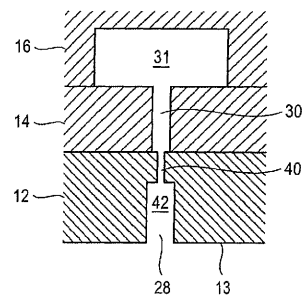


【図 7】



【図 8】

FIG. 8



フロントページの続き

- (74)代理人 100134175
弁理士 永川 行光
- (72)発明者 オーガスティーノ, ジェイソン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 6, フレモント, ファーウェル ドライブ 3
8 8 2 2, # 2 3 G
- (72)発明者 デ ラ リェラ, アンソニー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 8, フレモント, ウィルフォード ストリート
3 9 4 2 0
- (72)発明者 ロニー, アラン ケイ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 1, サンタ クララ, エリオット ストリート
2 6 2 3
- (72)発明者 キム ジェヒョン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 6, フレモント, エッガーズ コート 3 8 1
8 4
- (72)発明者 ディンドサ, ラジンダー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 4 8, サンノゼ, ローリングサイド ドライブ
3 6 7 0
- (72)発明者 ワン, イェン-クン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 8 7, ユニオン シティ, ガーファンクル スト
リート 3 3 0 1 0
- (72)発明者 ウラル, サウラブ ジェイ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 8 0, サウス サンフランシスコ, クレイ アベ
ニュー 1 4 4
- (72)発明者 ノレル, アンソニー ジェイ.
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 6 0, ニューアーク, ロックローズ ドライブ
6 0 8 6
- (72)発明者 コメンダント, キース
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 6, フレモント, グライデン ウェイ 4 3 5
0
- (72)発明者 デンティー, ウィリアム エム., ジュニア
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 1 2 8, サンノゼ, ケンウッド アベニュー 2 2
1 7

審査官 長谷部 智寿

- (56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 2 9 4 4 5 3 (J P , A)
特表 2 0 0 4 - 5 3 8 6 3 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)

H01L 21/205
H01L 21/3065
C23C 16/455
H05H 1/46