

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4801045号
(P4801045)

(45) 発行日 平成23年10月26日(2011.10.26)

(24) 登録日 平成23年8月12日(2011.8.12)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/3065 (2006.01)

H O 1 L 21/302 I O 1 H

請求項の数 24 (全 15 頁)

| | | | |
|---------------|-------------------------------|-----------|----------------|
| (21) 出願番号 | 特願2007-506148 (P2007-506148) | (73) 特許権者 | 000219967 |
| (86) (22) 出願日 | 平成17年1月28日 (2005.1.28) | | 東京エレクトロン株式会社 |
| (65) 公表番号 | 特表2007-531996 (P2007-531996A) | | 東京都港区赤坂五丁目3番1号 |
| (43) 公表日 | 平成19年11月8日 (2007.11.8) | (74) 代理人 | 100108855 |
| (86) 国際出願番号 | PCT/US2005/002689 | | 弁理士 蔵田 昌俊 |
| (87) 国際公開番号 | W02005/102545 | (74) 代理人 | 100091351 |
| (87) 国際公開日 | 平成17年11月3日 (2005.11.3) | | 弁理士 河野 哲 |
| 審査請求日 | 平成20年1月9日 (2008.1.9) | (74) 代理人 | 100088683 |
| (31) 優先権主張番号 | 10/813,390 | | 弁理士 中村 誠 |
| (32) 優先日 | 平成16年3月31日 (2004.3.31) | (74) 代理人 | 100109830 |
| (33) 優先権主張国 | 米国 (US) | | 弁理士 福原 淑弘 |
| 前置審査 | | (74) 代理人 | 100075672 |
| | | | 弁理士 峰 隆司 |
| | | (74) 代理人 | 100095441 |
| | | | 弁理士 白根 俊郎 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ドライクリーニングプロセスのプラズマ処理システムからチャンバ残渣を除去する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理システムからフルオロカーボン高分子チャンバ残渣を除去する方法であって、

プラズマ処理システムの処理チャンバに、CO、CO₂、またはこれらの分子の少なくとも1つとH₂、NH₃、H₂O、N₂、若しくは不活性ガスの1つ以上との組み合わせからなるプロセスガスを導入することと；

前記プロセスガスからプラズマを生成することと；

前記残渣から揮発性の反応生成物を形成するために、前記フルオロカーボン高分子チャンバ残渣を、基板ホルダがウェハのないドライクリーニングプロセスによってクリーニングされるように前記プラズマ処理システムの前記基板ホルダにシールドウェハが提供されていない前記ウェハのないドライクリーニングプロセスの前記プラズマにさらすことと；

前記処理チャンバから前記反応生成物を排気することとを具備する方法。

【請求項2】

前記さらすことは、前記処理チャンバの基板ホルダ上に基板を提供することを更に備えている請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記導入すること、前記生成すること、前記さらすこと、および前記排気することを繰り返す前に、前記処理チャンバ内で少なくとも1つの製造工程を実行することを更に具備する請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

前記プロセスガスを導入することは、Ar、He、またはXeのうちの少なくとも1つを含む不活性ガスを導入することを備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記導入することは、100 sccmから5,000 sccmまでの間のガス流量で前記プロセスガスを流すことを備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

前記導入することは、100 sccmから2,000 sccmまでの間のガス流量で、CO又はCO₂のうちの少なくとも1つを流すことを備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 7】

前記導入することは、20 sccmから1000 sccmまでの間のガス流量で、H₂、NH₃、H₂O、またはN₂のうちの少なくとも1つを流すことを備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 8】

前記導入することは、2,000 sccm未満のガス流量で、前記不活性ガスを流すことを備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 9】

前記導入することは、10 Torrから5 Torrまでの間に前記処理チャンバの圧力を維持することを更に備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 10】

前記導入することは、20 Torrから1 Torrまでの間に前記処理チャンバの圧力を維持することを更に備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 11】

前記プラズマ処理システムは、上部電極および下部電極を備えており、
前記生成することは、前記電極へ、1 MHzから100 MHzまでの間のRF周波数、および100 Wから4,000 Wまでの間のRF電力を印加することを備えている請求項1に記載の方法。

【請求項 12】

前記上部電極に印加される前記RF周波数は、40 MHzから80 MHzまでの間であり、
前記上部電極に印加される前記RF電力は、600 Wから900 Wまでの間であり、
前記下部電極に印加される前記RF周波数は、1 MHzから3 MHzまでの間であり、
前記下部電極に印加される前記RF電力は、100 Wから400 Wまでの間である請求項11に記載の方法。

【請求項 13】

前記さらすことは、2秒から240秒までの間の時間、実行される請求項1に記載の方法。

【請求項 14】

前記さらすことは、15秒から40秒までの間の時間、実行される請求項1に記載の方法。

【請求項 15】

前記プラズマ処理システムからの前記ドライクリーニングの方法の進行を表す信号をモニタすることと、

前記信号に基づき、次の1つを実行することとを更に具備する請求項1に記載の方法。
(a) 前記ドライクリーニングプロセスを実行することを継続し、モニタリングすることを継続する。

または

(b) 前記クリーニングプロセスをストップさせる。

【請求項 16】

前記モニタリングすることは、もし前記信号の強さのレベルが閾値に到達したならば、

10

20

30

40

50

決定することを更に備えている請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

前記閾値に到達されたと前記決定することがされたあとに、前記 (b) の実行をする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記モニタリングすることは、前記処理チャンバからの光発光を検出するために光学的モニタリングシステムを使用することを備えている請求項 15 に記載の方法。

【請求項 19】

前記モニタリングすることは、一酸化炭素、弗素、または四フッ化ケイ素のうちの少なくとも 1 つから生じる光の放射をモニタリングすることである請求項 18 に記載の方法。

10

【請求項 20】

前記モニタリングすることは、前記処理チャンバのガスのマス信号を検出するためにマスセンサを使用することを備えている請求項 15 に記載の方法。

【請求項 21】

前記モニタリングすることは、前記処理チャンバのパーティクルレベルを検出するためにパーティクルモニタリングシステムを使用することを備えている請求項 15 に記載の方法。

【請求項 22】

前記モニタリングは、前記処理チャンバのプラズマ条件を検出するために、RF 発振器ピーク間電圧またはインピーダンスマッチングネットワークのコンデンサポジションの

20

一方を含むプロセスパラメータを使用することを備えている請求項 15 に記載の方法。

【請求項 23】

前記プロセスガスは、CO、CO₂、またはこれらの分子のうちの少なくとも 1 つと不活性ガスとの組み合わせからなる請求項 1 に記載の方法。

【請求項 24】

前記プロセスガスは、純粋な CO、CO₂、または CO と Ar との組み合わせからなる請求項 23 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

30

【0001】

本発明は、プラズマ処理に関連があり、特にドライクリーニングプロセスのプラズマ処理システムからチャンバ残渣を除去することに関連する。

【背景技術】

【0002】

プラズマ処理システムは、半導体、集積回路、ディスプレイ、および、他のデバイスの製造およびプロセスにおいて、半導体ウェハのような基板上的材料を除去、および、堆積の両方を行うように使用される。フォトリソグラフィのマスクから基板へ集積回路のパターンを転写し、または、基板の上に誘電体または導電体膜を堆積する半導体基板のプラズマ処理は、産業における標準の方法になっている。

40

【0003】

ハロゲン含有ガス、および、カーボン含有ガスは、誘電体層、例えば酸化物、および、より新しい低い誘電率 (k) 材料をエッチングするために共通して使用される。これらのガスは、フルオロカーボン高分子反応生成物を生成し、それは、チャンバコンポーネント、および、チャンバ壁を含む処理チャンバの内部表面上に堆積することができることは知られている。時間とともに、これらの残渣は、処理チャンバ内に累積することができ、そして、結局剥がれ落ちることができる。そして、このことにより処理チャンバの、および、被処理基板上的粒子汚染を生成する。さらにまた、プロセス環境のこれらの残渣、および、弗素ラジカルは、エッチング速度、エッチング形状、限界寸法制御、ウェハ均一性、および、選択性に影響を及ぼし得る方法でエッチングプロセスにおいて関係し始める。こ

50

れは、弗素 / 高分子メモリー効果と一般に称する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

チャンバ残渣の量を制御するために、プラズマ処理システムは定期的に予定の運転停止をされなければならない、そして、しばしば予定外の、湿式のチャンバクリーニングが行われる。湿式のクリーニングは、システム稼働率を下げ、生産性を減らし、および、コストにチャンバ調節のための非製造（ダミー）ウェハの費用を加え、その全てがシステムコストオーナーシップを増加させることとなる。湿式クリーニング間の平均時間（mean time between wet cleans：MTBWC）は、処理されるウェハの数によって累積的なエッチング時間として測定され、もし処理チャンバがインシトゥープラズマクリーニングプロセスによってドライでクリーニングされれば、延長され得る。しかしながら、従来のドライクリーニングプロセスは、チャンバ内部から残渣を除去することに必ずしも効果的ではなかった。さらに、従来のドライクリーニングプロセスは、積極的な化学反応を含み、基板ホルダのセンシティブな材料を「保護する」ために、ドライクリーニングプロセスによるダメージからチャンバの基板ホルダにウェハを配する必要がある。ドライクリーニングを実行するために、チャンバ内にシールド基板がロードされ、そしてチャンバから取り除かれなければならないので、ドライクリーニングの間の基板のこの使用は、チャンバのスループットを減少させる。シールド基板は、またドライクリーニングプロセスの基板ホルダからの効果的な残渣クリーニングを妨げる。本発明の発明者は、基板ホルダから残渣を除去するこの不良は、上記の如く粒子汚染に關与するだけでなく、静電チャックのアーク発生が生じることにもなり得ると認識し、そうでないと、この種の基板ホルダの正確な動作が妨げられる。

10

20

【課題を解決するための手段】

【0005】

したがって、本発明の目的は、インシトゥーチャンバドライクリーニングプロセスと関連している上記の問題を解決することまたは低減することである。

【0006】

別の本発明の目的は、改良されたドライクリーニングプロセスを提供することである。

【0007】

別の本発明の目的は、処理チャンバに存在するウェハを有さずに、実行されることができ効果的ドライクリーニングプロセスを提供することである。

30

【0008】

これらおよび / または他の目的は、方法によって提供されることができ、ドライクリーニングプロセスのプラズマ処理システムからチャンバ残渣を除去することである。ドライクリーニングプロセスは、プラズマ処理システムの処理チャンバにカーボンおよび酸素を含むガスを含んでいるプロセスガスを導入することと、プロセスガスからプラズマを生成することと、揮発性の反応生成物を形成するためにチャンバ残渣をドライクリーニングプロセスのプラズマにさらすことと、処理チャンバから反応生成物を排気することを含む。

40

【0009】

本発明の1つの実施形態では、プラズマ処理システムはドライクリーニングプロセスの状態を決定するためにモニタされることができ、および、モニタリングからの状態に基づいて、当該方法は、継続して曝露しモニタリングするか、または、ドライクリーニングプロセスを止めるかを含む。

【0010】

本発明の1つの実施形態では、ドライクリーニングプロセスは、ウェハのないドライクリーニング（WDC）プロセスであり得る。本発明の別の実施形態では、基板は、ドライクリーニングプロセスの間、処理チャンバの基板ホルダに、存在することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0011】

図1～4は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムを示す。図1は、本発明の一実施例に係るプラズマ処理システムを示す。プラズマ処理システム1は、基板25を支持するための基板ホルダ20をマウントするための台5を有する処理チャンバ10と、処理チャンバ10にプロセスガス15を導入するガス注入システム40と、チャンバモニタリングシステム100と、真空排気システム50とを具備する。チャンバモニタリングシステム100は、例えば、処理チャンバ10のプラズマからの光発光をモニタリングするための光学的モニタリングシステム、処理チャンバ10のパーティクルレベルをモニタリングするためのパーティクルモニタリングシステム、または処理チャンバ10のガスの環境をモニタリングするためのマスセンサであり得る。

10

【0012】

プロセスガス15は、例えば、マイクロエレクトロニクス素子が形成される製造工程における基板25のエッチングを行うための、またはプラズマドライクリーニングプロセスの処理チャンバ10からチャンバ残渣を除去するためのハロゲン含有、および、カーボン含有エッチングガスであり得る。本発明に係るチャンバ残渣を除去するためのプロセスガスは、カーボンおよび酸素を含むガスを含んでいることができる。ガス注入システム40は、*ex situ*ガス供給源から処理チャンバ10までプロセスガス15の送出しの独立した制御を可能にする。プロセスガス15は、ガス注入プレナム（図示せず）、一連のバッフル板（図示せず）、および、マルチオリフィスシャワーヘッドガス注入プレート65を介してプロセス領域60に導入されることができ、処理チャンバの圧力調整され得る。例えば、コントローラ55が、真空排気システム50およびガス注入システム40の制御に用いられる。

20

【0013】

基板25は、ロボット基板移送システムを介してスロットバルブ、および、チャンバフィードスルーを通してチャンバ10との間で移送され、基板ホルダ20内に収容された基板リフトピンによって受けられ、そして、収容されているデバイスによって、機械的に移動される。一旦、基板25が基板移送システムから受けられると、それは基板ホルダ20の上面まで降ろされる。基板25は、例えば、シリコン（Si）および化合物半導体（例えばガリウム砒素）のような半導体基板、液晶ディスプレイ（LCD）基板、ガラス製基板、および窒化シリコン（SiN）、炭化珪素（SiC）、およびアルミナ（Al₂O₃）のようなセラミック材料を含むことができる。プラズマ処理システム1は、さまざまなサイズの基板、例えば200mm基板、300mm基板、またはより大きい基板の処理を行うように構成されることができ、

30

【0014】

基板25は、静電クランプまたは機械的なクランプを介して基板ホルダ20に固定されることができ、さらにまた、基板ホルダ20は、基板ホルダ20から熱を受け、および、熱交換器システムに熱を移送する再循環クーラント流量を含んでいる冷却システムを更に含むことができる。代わりとして、基板ホルダ20は、熱交換器システムから基板ホルダ20まで熱を供給する再循環している流体流動を含むことができる。さらに、ガスは、基板25と、基板ホルダ20との間のガスギャップ熱伝導を改良するために、基板の裏面に供給されることができ、基板の温度コントロールが上昇するか低下された温度で必要なときに、このようなシステムは利用される。

40

【0015】

基板ホルダ20は、加熱部材30を含むことができる。加熱部材30は、例えば、抵抗加熱部材であり得る。真空ポンプシステム50は、1秒あたり5,000リットル（および、より高い）までの排気速度が可能なターボ分子真空ポンプ（TMP）、および、チャンバ圧力を抑えるためのゲートバルブを含むことができる。TMPは、低圧プロセス（一般的に800mTorr未満の）に対して有効である。高圧プロセス（すなわち約800mTorrを超える）に対して、メカニカルブースターポンプ、および、ドライ荒引きポンプが、用いられることができる。

50

【 0 0 1 6 】

プラズマ処理システム1は、処理チャンバ10内にプラズマを形成し、および、維持することが可能である。プラズマ処理システム1は、例えば、プラズマ増強化学蒸着プロセス(plasma enhanced chemical vapor deposition process: PECVD)またはプラズマエッチングプロセスを実行するために利用されることができる。基板ホルダ20は、更に、ラジオ周波数(RF)パワーが通ってプロセス領域60のプラズマに結合される電極としての機能を果たすことができる。例えば、基板ホルダ20の金属電極は、基板ホルダ20にRF発振器45からインピーダンスマッチングネットワーク35を介してRF電力の伝達を通じて、RF電圧で電氣的にバイアスをかけられることができる。RFバイアスは、電子を励起し、これにより、プラズマを形成し、維持するために役立つ。この構成において、プラズマは、基板25に材料を堆積させる(すなわち、処理システム1は、PECVDリアクタの働きをすることができる)、または基板25の露出表面から材料を除去する(すなわち、処理システム1は、リアクティブイオンエッチング(RIE)リアクタの働きをすることができる)ことのどちらかに利用される。RFバイアスのための典型的な周波数は、約0.5MHzと、約200MHzとの間であり得て、および、2MHzであり得る。

10

【 0 0 1 7 】

インピーダンスマッチングネットワーク35は、反射パワーを最小にすることによって処理チャンバ10のプラズマにRF電力の伝送を最大にするために役に立つ。マッチングネットワークトポロジ(例えばL-タイプ、 π -タイプ、T-タイプ)および自動制御方法は、従来技術において周知である。代替の実施形態では、RF電力は、複数の周波数で基板ホルダ20に印加されることができる。

20

【 0 0 1 8 】

図1において、コントローラ55は、マイクロプロセッサと、メモリと、プラズマ処理システム1と通信し、プラズマ処理システム1への入力をアクティブにし、同じくプラズマ処理システム1からの出力をモニタするために十分な制御電圧を生成することが可能なデジタルI/Oポートとを含む。さらにまた、コントローラ55は、処理チャンバ10、RF発振器45、インピーダンスマッチングネットワーク35、ガス注入システム40、チャンバモニタリングシステム100、および真空ポンプシステム50に組み合わせられ、並びに、それらと情報を交換する。例えば、メモリに格納されたプログラムは、保存されたプロセスレシピに係る処理システム1の前述のコンポーネントの制御に利用されることができる。コントローラ55の1つの実施例は、デジタル信号処理装置(DSP);テキサスインスツルメンツ、ダラス、テキサスから入手可能なモデル番号TMS320である。

30

【 0 0 1 9 】

図2は、本発明の一実施例に係るプラズマ処理システムを示す。図2のプラズマ処理システム1は、図1に関して記載したそれらのコンポーネントに加えて、潜在的にプラズマ密度を増加させ、および/またはプラズマ処理均一性を改良するために、機械的にまたは電氣的に回転させるDC磁界システム70を更に含む。さらに、コントローラ55は、回転速度、および、磁界の強さを調整するために、回転磁界システム70に組み合わせられる。

40

【 0 0 2 0 】

図3は、本発明の一実施例に係るプラズマ処理システムを示す。図3のプラズマ処理システム1は、また、RF電力がインピーダンスマッチングネットワーク75を介してRF発振器80から結合される上部平面電極としての機能を果たすことができるマルチオリフィスシャワーヘッドガス注入プレート65を含む。上部電極に対するRF電力のアプリケーションのための典型的な周波数は、約10MHzと、約200MHzとの間であり得て、および、60MHzであり得る。加えて、下部電極に対する電力供給のための典型的な周波数は、約0.1MHzと、約30MHzとの間であり得て、および、2MHzであり得る。さらに、コントローラ55は、上部電極65に対するRF電力の印加を制御するた

50

めに、RF発振器80、および、インピーダンスマッチングネットワーク75に結合される。

【0021】

本発明の1つの実施形態では、図3の基板ホルダ20は、電氣的に接地されることができる。代替の実施形態では、直流バイアスが、基板ホルダ20に印加されることができる。さらに他の実施例では、基板ホルダ20は、プラズマ処理システム1から電氣的に絶縁されることができ、および、電離気体が接触するときに、浮動電位が基板ホルダ20に、および、基板25に形成されることができる。

【0022】

図4は、本発明の1つの実施形態に係るプラズマ処理システムを示す。図2のプラズマ処理システムが、RF電力がインピーダンスマッチングネットワーク90を介してRF発振器85を通じて結合される誘導コイル95を更に含めるために変更される。RF電力は、プロセス領域60に誘電体窓を介して誘導コイル95から誘導的に結合される。誘導コイル80にRF電力を印加するための典型的な周波数は、約10MHzと、約100MHzとの間であり得て、および、13.56MHzであり得る。同様に、基板ホルダ20に対する電力供給のための典型的な周波数は、約0.1MHzと、約30MHzとの間であり得て、および、13.56MHzであり得る。加えて、スロット付きファラデーシールドは、誘導コイル95と、プラズマとの間の容量結合を減らすために使用されることができる。さらに、コントローラ55は、誘導コイル95に対する電力供給を制御するために、RF発振器85、および、インピーダンスマッチングネットワーク90に結合される。

【0023】

本発明の1つの実施形態では、図4の基板ホルダ20は、電氣的に接地されることができる。代替の実施形態では、直流バイアスが、基板ホルダ20に印加されることができる。さらに他の実施例では、基板ホルダ20はプラズマ処理システム1から電氣的に絶縁されることができ、電離気体が接触するときに、浮動電位が基板ホルダ20に、および、基板25に形成されることができる。

【0024】

本発明の他の実施例において、プラズマは、電子サイクロトロン共鳴(ECR)を使用して形成される。さらに別の実施形態では、プラズマは、ヘリコン波のラウンチングから形成される。さらに他の実施例では、プラズマは、伝搬性表面波から形成される。

【0025】

図1~図4のプラズマ処理システムが典型的な用途だけのためにあると理解されることになっており、特定のハードウェアおよびソフトウェアの多くの変化が本発明が実施されることができるシステムを実施するために用いることができるとき、これらの変化は、当業者に直ちに明らかである。

【0026】

上記のように、従来のドライクリーニングプロセスは、チャンバ内部から残渣を除去することに効果的であるとは限られず、一般に、ドライクリーニングプロセスの基板ホルダへのダメージを防ぐためにシールド基板の使用することを必要とする。本発明の発明者は、処理チャンバからクリーニング残渣に効果的であるドライクリーニングプロセスを見いだした。そして、プロセスがシールド基板なしで実行されることができるようのために、いまままでより基板ホルダに害とはならなかった。シールド基板のないドライクリーニングを実行するこの能力は、静電チャックタイプ基板ホルダの改良された動作を提供することができる基板ホルダのより効果的クリーニングを可能とする。本発明のドライクリーニングプロセスは、図1~図4に関して記載されているプラズマ処理システムのどれにでもクリーニングするのに使われることができる。

【0027】

本発明の一実施態様において、方法は、プラズマ、並びに、カーボンおよび酸素を含むガスを含んでいるプロセスガスを利用して、プラズマ処理システムからチャンバ残渣を除

10

20

30

40

50

去するために提供される。ドライクリーニングプロセスは、少なくとも1枚の生産基板（ウェハ）をプロセスした後に実行され得て、ドライクリーニングプロセスは、基板ホルダ（ウェハチャック）上の基板なしで実行されることができ、これはウェハのないドライクリーニング（waferless dry cleaning: WDC）プロセスと呼ばれる。WDCプロセスは、基板ホルダ、同じく他のチャンパコンポーネント、および、チャンパ壁から残渣を効果的に除去することができる。さらに、WDCプロセスを利用するときに、クリーニングプロセスの間のウェハロードおよびアンロード時間がないことは、クリーニング時間を減らすことができ、および、製造スループットを増加させることができる。（非生産品）基板が、更に以下に記載されるように、プラズマ環境から基板ホルダを保護するために、ドライクリーニングプロセスの間、基板ホルダに存在することができるときでも、本発明は、また従来のドライクリーニングプロセスを超えた改良されたチャンパクリーニングを提供する。

10

【0028】

本発明に係るドライクリーニングプロセスは、処理チャンパ内で、各々の製造工程の後で実行されることができ、または、代わりとして、複数の製造工程の後で実行される。ドライクリーニングプロセスの後、次の製造基板が処理チャンパへ移送され、そして、処理されるときに、以前の製造基板がされたのと同様のチャンパ条件と基板が向かい合うことができる。したがって、基板に対する基板変動は、最小にされることができ、

【0029】

カーボンおよび酸素を含んでいるガスは、一酸化炭素（CO）、二酸化炭素（CO₂）、アルコール（ROH）、アルデヒド（RCHO）、および、ケトン（R₁COR₂）を含む多種多様なガスから選ばれることができる。アルコールは、線形の炭素鎖、例えば、メタノール（CH₃OH）、エタノール（CH₃CH₂OH）、プロパノール（CH₃CH₂CH₂OH）、および、分岐炭素鎖、例えば2-プロパノール（（CH₃）₂CHOH）、および、テトラ-プロチルアルコール（（CH₃）₃COH）を含むことができる。プロセスガスは、水素（H₂）、アンモニア（NH₃）、水（H₂O）、窒素（N₂）、および、アルゴン（Ar）、ヘリウム（He）またはキセノン（Xe）のような不活性ガスのうちの少なくとも1つを更に含むことができる。ここで使用しているように語「a, b, c...またはxの少なくとも1つ」は、記載されたエレメントのどの1つでも、または複数の記載されたエレメントの何らかの組合せのどれでも参照する。

20

30

【0030】

本発明の一実施例に係るドライクリーニングプロセスは、クリーンなチャンパをもたらすと判っている所定の時間の間、実行され得て、または、代わりとして、ドライクリーニングプロセスの終点は終点検出方法を使用して決定されることができ、この点に関しては、クリーン度の許容可能なレベルは、処理チャンパ内で実行される製造工程に従って変化するものであると理解される。終点検出の1つの可能な方法は、プラズマ領域からの放出光スペクトルの一部をモニタする光学的モニタリングシステムを使用することであり、それは、ドライクリーニングプロセスの状態に関する情報を、それによって提供され、チャンパ残渣の全て（または実質的に全て）が処理チャンパから除去されたときかどうかを示す。

40

【0031】

例えば、スペクトルの一部である、482.5nm（一酸化炭素、CO）、775.5nm（弗素、F）、および、440nm（四フッ化ケイ素、SiF₄）の波長をもって、このような除去を示し、および、光学発光分光法（OES）を使用して測定されることができ、775.5nmの弗素発光は、プラズマ環境中の（すなわち弗素メモリー効果）、および、処理チャンパの弗素を含有するチャンパ残渣の量を、弗素ラジカルの相対的な量として示す。482.5nmの一酸化炭素発光は、処理チャンパのチャンパコンポーネント、および、他の表面からの高分子残渣の離脱に関連があることがあり得る。それらの周波数に対応する発光レベルが指定された閾値（例えば、実質的にゼロに落ちるかまたは特定のレベル以下まで減少する）を横切ったあと、ドライクリーニングプロセスは完了す

50

ると考えられることができる。

【 0 0 3 2 】

終点検出の別の方法は、処理チャンバのガスの環境をモニタするためのマスセンサを使用することを含む。終点検出のさらに別の方法は、プラズマ処理システムの作動パラメータをモニタすることであって、それは、RF発振器ピーク間電圧、および、インピーダンスマッチングネットワークにおけるコンデンサポジションを含む。終点検出のさらにもう一つの方法は、パーティクルモニタリングシステムを使用して処理チャンバのパーティクルレベルをモニタすることである。

【 0 0 3 3 】

図5～図7は、本発明の実施形態に係る、プラズマ処理システムの実行しているWDCプロセスからの光発光の変化を示す。これらの図は、チャンバ内部から残渣を除去する際の本発明の効果を示す。図5～図7のデータを生成するために使用するプラズマ処理システムは、上記の図3に概略的に示される。プラズマ条件は、100mTorrのチャンバ圧力、60MHzの750Wの上部電極RF電力、および2MHzの250Wの下部電極RF電力を含んでいた。プラズマ発光は、異なるプロセスガス、および、プロセスガス混合物に対するWDCプロセスを評価するために、プロセス領域からモニタされた。、図5～図7の各々のカーブは、チャンバの初期の光発光測定と、エッチングおよびドライクリーニングプロセスの3サイクルが実行されたあとにとられた光発光測定との間の違いを示す。具体的には、Ar+O₂プロセスガス（基板ホルダ上のクリーンなSiウェハがある場合）を含んでいるプラズマから、初期の光発光は、3分のOES走査を使用して検出された。それで、次の処理手順は、3回実行された：a)基板ホルダ上のSi基板（ウェハ）がある場合には、low-k材料または平坦化材料のために開発されたプラズマエッチングプロセスを実行すること、b)30秒のWDCプラズマプロセスを実行すること。プラズマエッチングプロセスは、チャンバ内部に堆積しているチャンバ残渣をもたらす。それで、エッチング、および、クリーニングサイクルの後、チャンバの残渣の量を決定するためにAr+O₂プロセスガス（基板ホルダ上のクリーンなSiウェハがある場合）を含んでいるプラズマから、別の光発光測定は、3分のOES走査を使用して検出された。図5～図7において各々の5つのカーブとして、初期測定と、後処理測定との間の違いは、示される。これらのカーブの水平軸は、3分のOES走査を表す。

【 0 0 3 4 】

図5は、本発明の実施形態に係る775.5nmで弗素信号の変化を示す。図5のカーブは、毎分標準状態での500立方センチメートルの一酸化炭素ガス流量（sccm）、および、0sccmのArガス流量、250sccm、500sccm、および、1000sccmを使用してWDCプロセスに対応する。750sccmのArガス流量、および、750sccmのO₂ガス流量を有するAr+O₂プラズマクリーニングプロセスを利用してWDCプロセスは、また、示される。図5の結果は、純粋なCOガスまたはCO+Arガスを利用したWDCプロセスが、従来のAr+O₂ドライクリーニングプラズマプロセスと比較した場合に、減少された弗素信号を示し、したがって、処理チャンバ内のチャンバ堆積物は、減少された。ArがCOとともに用いられるときに、一酸化炭素、および、Arの等しいガス流れ（それぞれ500sccm）は、最も低い弗素信号をもたらした。

【 0 0 3 5 】

図6は、本発明の実施形態に係る775.5nmでの弗素信号の変化を示す。図6のカーブは、500sccmのCOガス流量および0sccm、250sccm、500sccm、および、750sccmのO₂ガス流量を利用したWDCプロセスに対応する。図6の結果は、何らかの付加的なO₂のない純粋な一酸化炭素を利用して100mTorrのチャンバ圧力のWDCプロセスが処理チャンバの弗素信号を減らすことに最も効果的だったことを示す。図6は、600mTorrのチャンバ圧力で実行され、500sccmのCOガス流量、および、750sccmのO₂ガス流量を利用したWDCプロセスを示し、100mTorrのチャンバ圧力で純粋なCOとして同様の弗素信号を得られたこと

10

20

30

40

50

を示す。さらにまた、図6の結果は、弗素信号の減少が O_2 ガス流量の線形関数でなかったことを示す。

【0036】

図7は、本発明の実施形態に係る482.5nmでCO信号の変化を示す。図7の結果は、純粋なCOガスを利用したWDCプロセスが従来の $Ar + O_2$ ドライクリーニングプラズマプロセスと同等であるCO発光を得ることを示す。さらにまた、図7は、WDCプロセス（放電でない）を実行しない影響、および、純粋な H_2 ガスを用いたWDCプロセスを実行する影響を示す。

【0037】

本発明に係るドライクリーニングプロセスのためのプロセスパラメータ空間は、例えば、約10mTorrと、約5Torrとの間のチャンバ圧力を利用することができる。本発明の別の実施形態では、チャンバ圧力は、約20mTorrと、約1Torrとの間であり得て、および、約100のmTorrであり得る。図3の上下の電極へのRF電力に対する典型的な周波数は、約1MHzと、約100MHzとの間であり得る。例えば、上部電極RF電力は、約100Wと、約4,000Wとの間であり得て、好ましくは60MHzの約750Wである。さらにまた、下部電極RF電力は、約0Wと、約4,000Wとの間であり得て、2MHzの約250Wであり得る。約100sccmと、約5,000sccmとの間のプロセスガス流量が使われることができる。さらにまた、約100sccmと、約2,000sccmとの間のガス流量が、カーボンおよび酸素を含むガスに対して使われることができ、約20sccmと、約1,000sccmと間のガス流量が、 H_2 、 H_2O 、 NH_3 、および、 N_2 に対して使われることができ、および、約2,000sccm未満のガス流量が、不活性ガスに対して使われることができる。

【0038】

さらにまた、チャンバ圧力、および、プロセスガスの組成は、プラズマクリーニングプロセスの間、変化されることができる。プラズマクリーニングのための時間期間は、実質的に処理チャンバのフルオロカーボンチャンバ残渣の量を減らすために、十分に長くされるべきである。クリーニングプロセスのための時間期間は、例えば、約2秒と、約240秒との間であり得る。代わりとして、時間期間は、約15秒と、約40秒との間であり得る。

【0039】

図8は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムの処理チャンバからチャンバ残渣を除去する方法を示しているフローチャートである。802で、クリーニングプロセス800は、始まった。804で、カーボンおよび酸素を含むガスを含んでいるプロセスガスは、プラズマ処理システムの処理チャンバ内に導入される。806で、プラズマは、プロセスガスから生成される。808で、チャンバ残渣は、揮発性の反応生成物を形成するように、ドライ洗浄工程のプラズマに曝される。810で、反応生成物は、処理システムから排気され、そして、812で、プロセスはストップされる。

【0040】

図9は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムのモニタリング、および、制御する方法を示しているフローチャートである。プロセス900は、上記のドライクリーニングプロセス800のモニタリング、および、制御である得る。902で、プロセスは、始まる。904で、プラズマ処理システムは、チャンバモニタリングシステムによってモニタされる。モニタリングは、例えば、プロセス環境、クリーニングガス、および/または揮発性の反応生成物からのマス信号、パーティクルレベル、またはプロセスパラメータのガスからの発光信号または光吸収信号に基づくことがあり得る。クリーニングプロセスの間、チャンバ残渣は、処理チャンバ（処理チャンバ内のチャンバコンポーネント、および、他の表面からを含む）から除去される。プロセスが処理チャンバ内の継続するときに、これは、モニタされた信号を変更することができる。信号のこの変化は、モニタリングシステムによって検出されることができ、および、処理チャンバの状態と相関していることができる。906で、もし検出信号強度が閾値に到達しなかったならば、プロセス

10

20

30

40

50

900は904で継続され、または、もし906で信号が閾値に到達したならば、決定は908においてされ、プロセス800を続けるか、または910のプロセスをストップするかがされる。

【0041】

信号強度は、クリーニングプロセスの終点を決定するためにモニタされることができる。ドライクリーニングプロセスの終点に対する信号強度の相関は、信号強度を検出し、処理チャンバの状態をモニタリングする間に実行されるテストプロセスによって、実施されることができる。処理チャンバの状態は、例えば、テストプロセスの間、チャンバコンポーネントを検査し、および、検査された結果をドライクリーニングプロセスの所望の終点が観測されるときに、強度が記録された検出閾値に関連させることによって評価されることができ、10

【0042】

図10は、本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムのモニタリング状態のための処理時間の関数としてのグラフを示している信号強度である。信号は、例えば、発光信号（例えば482.5nmの弗素信号、775.5nmのCO信号または440nmの四フッ化ケイ素信号）、クリーニングガス、および/または反応生成物（例えばSiF₄）からのマス信号、プラズマパラメータ、またはパーティクルレベルであり得る。カーブ1070によって示されるように、処理チャンバからチャンバ残渣の除去、および、処理チャンバのチャンバ残渣の減少する量のために、ドライクリーニングプロセスが行われるとき、20

検出信号強度は一般に減少する。図10のカーブ1070が信号強度の実質的な線形の減少を示すのに対して、信号強度カーブがクリーニングプロセスの特性に依存し、および、非線形であることができると理解される。また、図10に示すとき、チャンバコンポーネントが所望のプロセスのための許容できるクリーンなレベルにあると判るときに、閾値強度1080は時間1090にて検出される。許容できるクリーンなレベルがチャンバにおいて実行される工程に従い変化することができると理解される。

【0043】

図9に一旦戻って、信号強度がドライクリーニングプロセスの間、904で検出されるとき、コントローラは、検出信号強度を従来の保存された信号強度と906で比較し、そして、検出信号強度が所定の閾値強度に到達したかどうかを決定する。信号閾値強度がまだ検出されないときに、モニタリングは904に戻り、そして、プロセスは継続する。閾値信号強度が検出されるときに、決定は、904でのプロセスを続けるべきであるか、または908でのプロセスを止めるべきか908においてなされる。代わりとして、908でのプロセスを続けるかの決定は、プロセスの第2のフェーズを入力するためにプロセスパラメータの調整を含むことができ、第2の閾値が到達されるまで、それは、モニタされる。例えば、温度および/またはクリーニングガス濃度は、よりゆるやかなクリーニング環境に影響するまで低下させた。

【0044】

本発明の多数の修正変更は、上記の教示を考慮して可能である。それは、従って、添付の請求の範囲で、ここで特に記載されているより、別な方法で本発明が実施されることができると理解されるものである。40

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図1】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムを示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムを示す図である。

【図3】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムを示す図である。

【図4】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムを示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムで実行しているWDCプロセスからの光発光の変化を示す図である。

【図6】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムで実行しているWDCプロセスか 50

らの光発光の変化を示す図である。

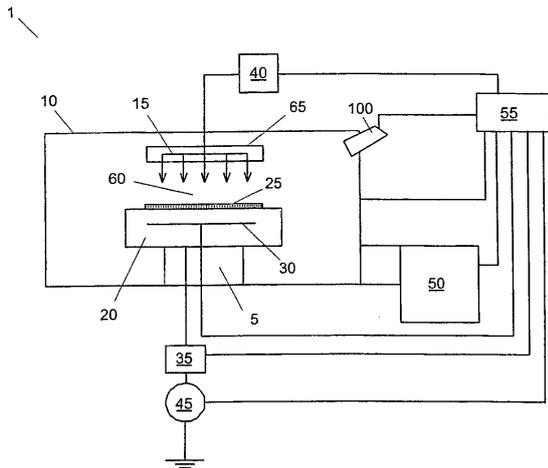
【図7】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムで実行しているWDCプロセスからの光発光の変化を示す図である。

【図8】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムの処理チャンバからチャンバ残渣を除去する方法を示すフローチャートである。

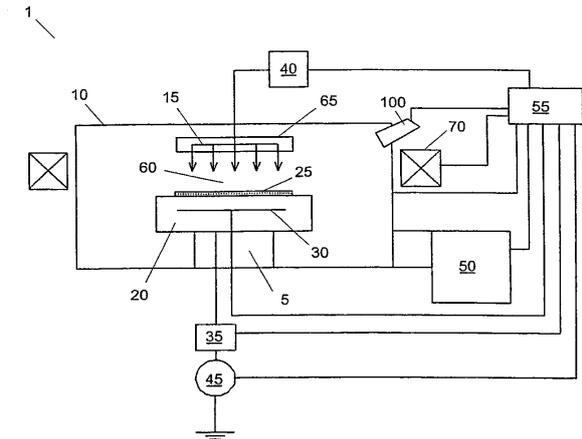
【図9】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムのモニタリングおよび制御の方法を示すフローチャートである。

【図10】本発明の実施形態に係るプラズマ処理システムの状態をモニタリングに対して、処理時間の関数としての信号強度のグラフを示している。

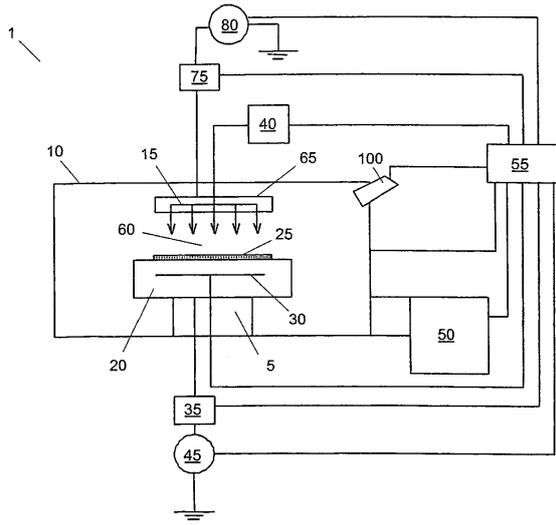
【図1】



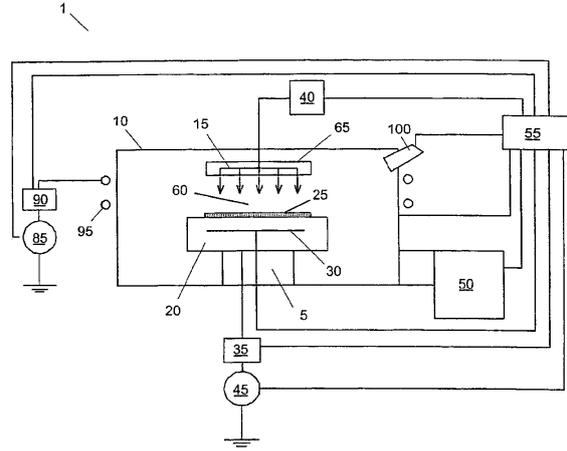
【図2】



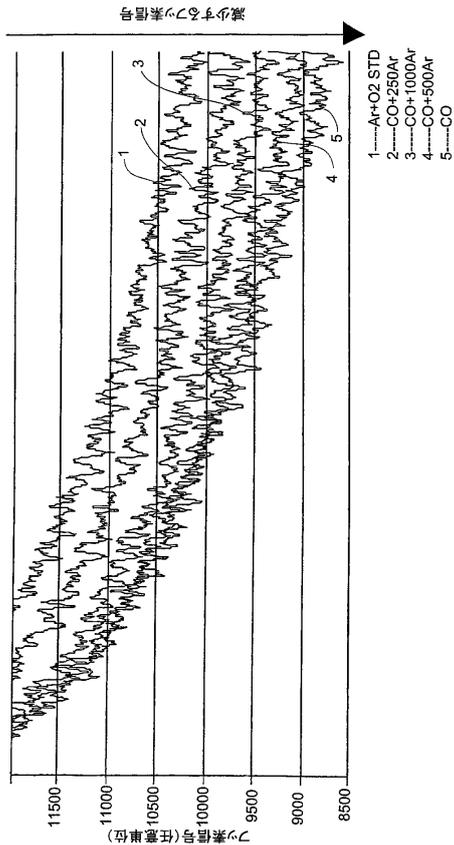
【図3】



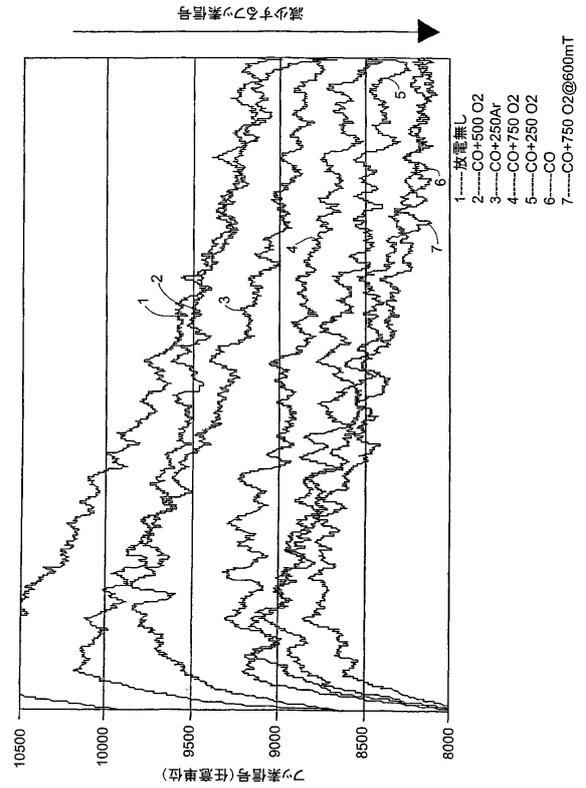
【図4】



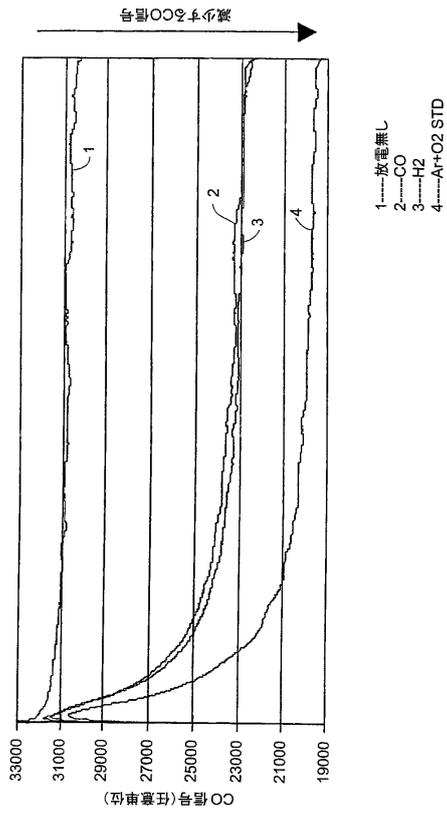
【図5】



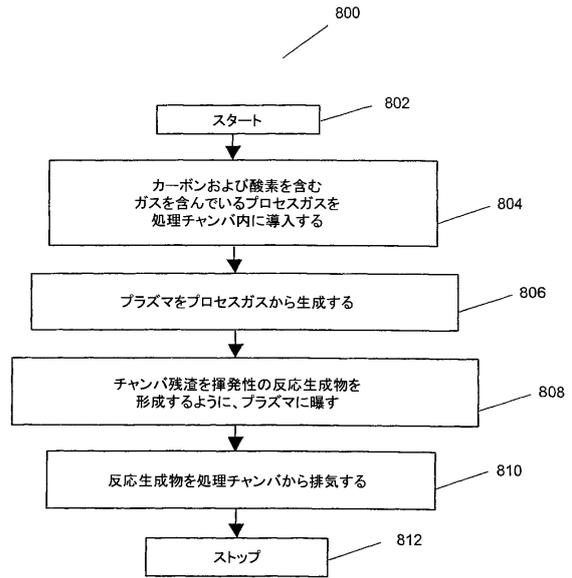
【図6】



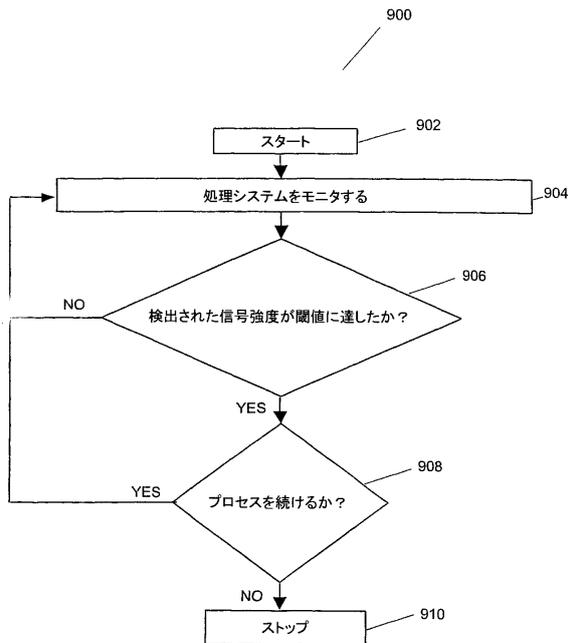
【図7】



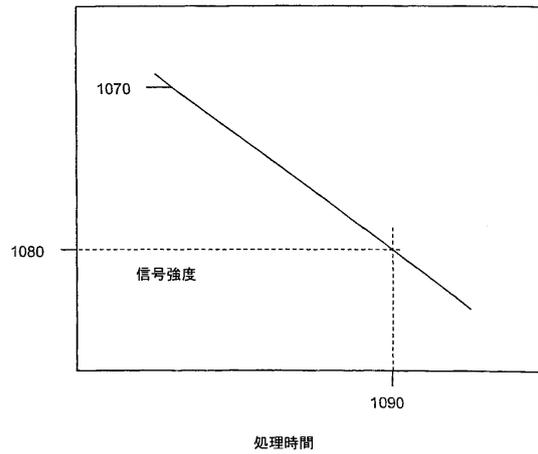
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (72)発明者 ガウデット、マーセル
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 5 0 8、ビーコン、パーブランク・アベニュー 1 2 8
- (72)発明者 モスデン、アエラン
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 6 0 3、ポウキープシー、ジャストブランド・レーン 3
- (72)発明者 ソアベ、ロバート・ジェイ、
アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 5 4 0、ラグレインジビル、ノクソン・ロード 1 2 7 5

審査官 長谷部 智寿

- (56)参考文献 特開2000-195830(JP,A)
特開2003-282465(JP,A)
特開2002-289535(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065 21/205 21/304
C23C 16/44 16/50
H05H 1/00 1/46