

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7268177号
(P7268177)

(45)発行日 令和5年5月2日(2023.5.2)

(24)登録日 令和5年4月24日(2023.4.24)

(51)国際特許分類	F I			
H 0 1 L 21/3065(2006.01)	H 0 1 L	21/302	1 0 1 L	
H 0 5 H 1/46 (2006.01)	H 0 1 L	21/302	1 0 1 G	
	H 0 5 H	1/46	A	

請求項の数 20 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-546686(P2021-546686)	(73)特許権者	390040660
(86)(22)出願日	令和2年1月17日(2020.1.17)		アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
(65)公表番号	特表2022-520191(P2022-520191 A)		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
(43)公表日	令和4年3月29日(2022.3.29)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050
(86)国際出願番号	PCT/US2020/014103		3050 Bowers Avenue
(87)国際公開番号	WO2020/167414	(74)代理人	110002077
(87)国際公開日	令和2年8月20日(2020.8.20)		園田・小林弁理士法人
審査請求日	令和3年10月19日(2021.10.19)	(72)発明者	ベン, ガング グラント
(31)優先権主張番号	62/804,545		アメリカ合衆国 カリフォルニア 950
(32)優先日	平成31年2月12日(2019.2.12)		最終頁に続く
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 チャンバ部品を製造するための方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

コーティング材料を製造する方法であって、
アルミニウム含有材料を含む基礎構造を用意することと、
前記基礎構造上にリ튬含有材料を含むコーティング層を形成することと、
熱源を用いて前記コーティング層を熱処理して処理されたコーティング層を形成すること
であって、前記熱源は $1 \mu J / c m^2$ と $2 \mu J / c m^2$ の間のエネルギー密度と $1 k H z$
と $20 M H z$ の間の周波数を有する、処理されたコーティング層を形成することと、
を含む、方法。

【請求項2】

前記コーティング層を熱処理することが、
前記コーティング層にレーザ処理プロセスを実施することであって、前記レーザ処理プロセスを実施することが、前記コーティング層の表面にレーザモジュールからの光放射を向けることを含む、レーザ処理プロセスを実施することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記レーザモジュールが、 $187 n m$ と $10000 n m$ の間の波長を有する前記光放射を提供する、請求項2に記載の方法。

【請求項4】

前記コーティング層を熱処理することが、基礎構造温度を摂氏 15 度と摂氏 75 度の間

で維持することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記イットリウム含有材料が酸化イットリウムである、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記処理されたコーティング層が 4 g / cm^3 超の膜密度を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記処理されたコーティング層が、 $0.5 \mu\text{m}$ と $5.0 \mu\text{m}$ の間の厚さを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記処理されたコーティング層が、 R_a 5 マイクロメートル超の表面粗さを有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記基礎構造の前記アルミニウム含有材料が、 Al_2O_3 、 AlN 、又はセラミック材料である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記コーティング層を熱処理することが、前記基礎構造から表面粒子を除去することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 11】

コーティング材料を製造する方法であって、
アルミニウム含有材料を含む基礎構造を用意することと、
前記基礎構造上にイットリウム含有材料を含むコーティング層を形成することと、
前記コーティング層をレーザー処理して処理されたコーティング層を形成することであって、
前記レーザーは $1 \mu\text{J / cm}^2$ と $2 \mu\text{J / cm}^2$ の間のエネルギー密度と 1 kHz と 20 MHz の間の周波数を有する、処理されたコーティング層を形成することと、
を含む、方法。

【請求項 12】

前記イットリウム含有材料が、酸化イットリウム、フルオリンイットリウムオキシド、又は金属ドーパントを含むフルオリンイットリウムオキシドのうち少なくとも一つである、請求項 1 又は 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記基礎構造が、プラズマ処理チャンバ内に配置された、ガス分配プレート、基板支持アセンブリ、又はチャンバ部品である、請求項 1 又は 11 に記載の方法。

【請求項 14】

前記コーティング層を熱処理することが、
前記コーティング層上でレーザー処理プロセスを実施することと、
前記基礎構造を 15 と 75 の間の温度で維持することと、
を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 15】

前記基礎構造が、プラズマ処理チャンバで利用されるチャンバ部品である、請求項 1 又は 11 に記載の方法。

【請求項 16】

前記基礎構造の第 1 の表面をコーティングすることであって、前記コーティング層がイットリウム含有材料を含む、第 1 の表面をコーティングすることをさらに含む、請求項 1 又は 11 に記載の方法。

【請求項 17】

前記イットリウム含有材料が金属ドーパントを含み、前記金属ドーパントがアルミニウム又はジルコニウムを含む、請求項 1 又は 11 に記載の方法。

【請求項 18】

コーティング材料を製造する方法であって、

10

20

30

40

50

基礎構造上にイットリウム含有材料を含むコーティング層を形成することであって、前記基礎構造はアルミニウム含有材料を含む、コーティング層を形成することと、
前記コーティング層をレーザー処理して処理されたコーティング層を形成することであって、前記レーザー処理は、
前記コーティング層に一連のレーザーパルスを適用することであって、前記一連のレーザーパルスの各レーザーパルスは、 $1 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ と $2 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ の間のエネルギー密度、 1kHz と 20MHz の間の周波数、 248nm と 2100nm の間の波長、 10 フェムト秒と 10 マイクロ秒の間の持続時間を有する、レーザーパルスを適用すること、及び
前記コーティング層にガスを反応させることであって、前記ガスは酸素又は窒素の一つ又は両方を含む、ガスを反応させること、
を含む、処理されたコーティング層を形成することと、
を含む、方法。

10

【請求項 19】

前記コーティング層の結合エネルギーを変えるために前記一連のレーザーパルスが適用される間、前記ガスが前記コーティング層と反応し、前記処理されたコーティング層が、 $4.0 \text{g}/\text{cm}^2$ から $5.2 \text{g}/\text{cm}^2$ の間の密度、 $1:1$ から $2:1$ の間のイットリウム対酸化物(Y:O)の比、 $0.5 \mu\text{m}$ から $50 \mu\text{m}$ の間の厚さ、及び
 2% 未満のポア密度
を有する、請求項 18 に記載の方法。

20

【請求項 20】

前記レーザーモジュールが、 248nm と 2100nm の間の波長を有する前記光放射を供給する、請求項 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】本開示の例は概して、プラズマ処理のための方法及び装置、より具体的には、強化された膜特性を有する構成部品を用いたプラズマ処理のための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

【0002】マイクロエレクトロニクス又は集積回路デバイスの製造は、典型的には、半導体、誘電体及び導電性基板上で実施される数百の個別の工程を必要とする複雑な処理シーケンスを含む。これらの処理工程の例には、酸化、拡散、イオン注入、薄膜堆積、洗浄、エッチング、及びリソグラフィが含まれる。プラズマ処理は、薄膜堆積プロセス後のエッチング処理及び処理チャンバ洗浄プロセスに使用されることが多い。化学気相堆積では、適切な処理ガスに電圧を印加することにより反応種が生成され、続く化学反応は、基板上に薄膜の形成をもたらす。プラズマエッチングでは、以前に堆積された膜はプラズマ中で反応種に曝露され、多くの場合、前のリソグラフィ工程で形成されたパターン化されたマスク層を通して曝露される。反応種と堆積された膜との間の反応は、堆積された膜の除去又はエッチングをもたらす。

30

【0003】

【0003】チャンバ部品又は処理キットが長期間プラズマ環境に曝露されるとき、プラズマ種との反応によってチャンバ表面の劣化が生じ得る。例えば、既存の処理キット又はチャンバ構成部品は、酸化アルミニウム、アルミニウム合金、酸窒化アルミニウム又は窒化アルミニウムなどのアルミニウム含有材料でできていることが多い。ハロゲン含有ガス、例えば、フッ素含有又は塩素含有ガスは、回路製造中にさまざまな材料層をエッチングするのに使用される。アルミニウム含有材料はフッ素種による攻撃を受けやすく、その結果、構成部品の表面に $\text{Al}_x\text{F}_y\text{O}_z$ が形成されると考えられる。このようなエッチング副生成物は、処理中に粒子として剥がれ、処理中に基板上に汚染及び欠陥をもたらす場合

40

50

がある。さらに、一部のアルミニウム含有部品は、おそらく機械加工中に発生する機械的応力と、温度サイクル及びプラズマへの周期的な曝露との結果として、破損しやすいようである。化学気相堆積プロセスでは、金属ハロゲン含有化合物は堆積の前駆体として使用されることが多い。これらの化学物質は分解してハロゲンガス種又は分子を生成し、チャンバ表面、特に望ましくない $Al_xF_yO_z$ 副生成物を形成するアルミニウム部品を強く腐食することが多い。チャンバ表面の清潔さは、堆積のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある重要な要因の一つである。チャンバ表面の清潔さは、チャンバ表面の粗さにも依拠する。チャンバ構成部品の表面が粗いほど、堆積プロセス中に、より多くの粒子を生成する可能性が高いと考えられている。

【0004】

【0004】よって、プラズマ用途のための信頼できる表面材料を有するチャンバ部品、及びそのような部品を製造するための改善されたプロセスが必要である。

【発明の概要】

【0005】

【0005】本開示の一例は、所望の膜特性を有するイットリウム含有材料を含むコーティングを有するチャンバ部品を製造する方法を提供する。一例では、コーティング材料を製造する方法は、アルミニウム含有材料を含む基礎構造を提供することを含む。この方法は、基礎構造上にイットリウム含有材料を含むコーティング層を形成することをさらに含む。この方法は、コーティング層を熱処理して処理されたコーティング層を形成することも含む。

【0006】

【0006】別の例では、コーティング材料を製造する方法は、アルミニウム含有材料を含む基礎構造を提供することを含む。コーティング層が形成される。コーティング層は、基礎構造上にイットリウム含有材料を含む。この方法は、コーティング層をレーザ処理して処理されたコーティング層を形成することをさらに含む。

【0007】

【0007】さらに別の例では、チャンバ部品は、レーザ処理されたコーティング層を含む。レーザ処理されたコーティング層は、チャンバ部品上にイットリウム含有材料を含む。レーザ処理されたコーティング層は、 4.0 g/cm^3 超の膜密度を有する。

【0008】

【0008】本開示の上述の特徴を詳細に理解し得るように、上記で簡単に要約された本開示のより具体的な説明が、例を参照することによって得られ、一部の例は、添付の図面に例示されている。しかしながら、本開示は、他の同等に効果的な例も許容し得るため、添付の図面は、本開示の典型的な例のみを示しており、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではないことに留意されたい。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】【0009】チャンバ部品上にコーティングを形成するのに利用され得る処理ツールである。

【図2】【0010】図1の処理ツールでできた少なくとも一つのチャンバ部品を有するプラズマ反応器の概略図である。

【図3】【0011】図1のツールを利用してチャンバ部品上にコーティングを製造するための方法である。

【図4A - 4C】【0012】チャンバ部品上に形成されたコーティングの断面概略図である。

【図5】【0013】図3の方法によって製造された図2のプラズマエッチング反応器において使用されるチャンバ部品の底面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

【0014】理解を容易にするために、可能な場合には、図に共通する同一の要素を指

10

20

30

40

50

し示すのに同一の参照番号を使用した。一例の要素及び特徴は、さらなる記述がなくても、他の例に有益に組み込まれ得ると考えられる。

【0011】

[0015] しかしながら、本開示は、他の同等に効果的な例も許容し得るため、添付の図面は、本開示の例示的な例のみを示しており、したがって、本開示の範囲を限定すると見なすべきではないことに留意されたい。

【0012】

[0016] 本開示は、強化された化学又はプラズマ耐性などの改善された特徴を有するコーティングを備えたプラズマ処理チャンバ部品を製造するための方法及び装置を提供する。一例では、コーティング材料は、強化された膜特性を有するイットリウム含有材料を含み得る。コーティング材料の少なくとも一部が部品上に形成された後、部品上に配置されたコーティング層が高温処理プロセスに供されるときに、そのような強化された特徴が得られる。一例では、コーティングは、高温処理プロセス、例えばレーザー処理プロセス、又は他のエネルギー処理プロセスが後に続く部品上に形成され得る。

10

【0013】

[0017] 図1は、プラズマ処理チャンバで利用される部品などの、基板表面上に形成されたコーティング材料を処理するのに利用され得る処理ツール100を示す。処理ツール100は、基板上に形成されたコーティング材料にレーザーエネルギーを向けるレーザーエネルギー装置であり得る。あるいは、処理ツール100は、熱エネルギー、ビームエネルギー、光エネルギー、又は他の適切なエネルギーを提供して、基板上に配置されたコーティング材料の結合構造又は膜特性を変更し得る任意の適切なエネルギー提供装置であり得る。

20

【0014】

[0018] 処理ツール100は、レーザーモジュール152、基板106などの基板を支持するよう構成されたステージ112、ステージ112の移動を制御するよう構成された平行移動機構124を有する筐体150を有する。アクチュエータシステム108もステージ112に連結して、ステージ112の制御及び移動を支援する。ここでの基板106は、後にプラズマ反応器中のチャンバ部品として利用される部品であることに留意されたい。

【0015】

[0019] レーザーモジュール152は、レーザー放射源101、少なくとも一つのレンズ102、及びステージ112上に配置された光集束モジュール104を含む。一例では、レーザー放射源101は、Nd:YAG、Nd:YVO₄、結晶ディスク、ダイオードポンプファイバー、並びに約187nmと約10,000nmの間、例えば約248nmと2,100nmの間の波長でパルス化された又は連続する放射波を提供及び放出できる他の光源からできた光源であり得る。別の例では、レーザー放射源101は、複数のレーザーダイオードを含み、各レーザーダイオードは、同じ波長で均一かつ空間的にコヒーレントな光を生じさせ得る。さらに別の例では、累積するレーザーダイオードの電力は、約2ワットから200ワットの範囲である。

30

【0016】

[0020] 集束光モジュール104は、少なくとも一つのレンズ102を使用してレーザー放射源101によって放出された放射を、基板106上に配置されたコーティング材料(図示せず)に向けられた放射110のライン、スポット、又は他の適切なビーム構成に変換する。放射110は、コーティング材料の表面に選択的に適用され、コーティング材料の個別の所定の領域にレーザーエネルギーの線量を提供する。一例では、放射110は、コーティング材料に存在する膜特性の所望の変化、例えば局所的応力又は膜密度が得られるまで、コーティング材料の表面に必要な回数選択的に適用され得る。別の構造では、レーザーは、デジタルマイクロミラーデバイスで反射され、これは、その後、レーザーパターンを基板に投影し(基板全体を処理するために拡大されるか、又は基板全体でスキャンされる小さなフィールドで)、必要に応じて処理線量マップが作成され得る。

40

50

【 0 0 1 7 】

[0 0 2 1] レンズ 1 0 2 は、放射を一本のライン又はスポットに集束し得る、任意の適切なレンズ又は一連のレンズであり得る。一例では、レンズ 1 0 2 は、円筒状レンズである。代替的に、レンズ 1 0 2 は、1 つ又は複数の凹レンズ、凸レンズ、平面鏡、凹面鏡、凸面鏡、屈折レンズ、回折レンズ、フレネルレンズ、屈折率分布レンズなどであってもよい。

【 0 0 1 8 】

[0 0 2 2] 検出器 1 1 6 は、ステージ 1 1 2 の上方でレーザモジュール 1 5 2 内に配置されている。一例では、検出器 1 1 6 は、光学検出器は、ステージ 1 1 2 上に位置付けされたコーティング材料及び / 又は基板 1 0 6 の膜特性を検査及び検出するために、異なる波長を有する光源 1 2 0 を提供し得る光検出器であり得る。光源 1 2 0 は、基板 1 0 6 又は基板上に配置されたコーティング材料から反射されて、それは、時間内フィードバック制御のために、反射光ビーム 1 2 2 を形成して検出器 1 1 6 に戻す。一例では、検出器 1 1 6 及び光源 1 2 0 は、基板 1 0 6 上のコーティング材料に形成された個々のデバイスのダイパターン又は特徴を観察するために使用され得る光学顕微鏡 (O M) の一部を形成し得る。別の例では、検出器 1 1 6 は、レーザエネルギープロセスを実施する前に、材料層及び / 又は基板 1 0 6 上の局所的な厚さ、応力、屈折率 ($n \& k$)、表面粗さ、膜密度又は抵抗率を検出することができる計測ツール又はセンサであり得る。さらに別の例では、検出器 1 1 6 は、画像の色のコントラスト、画像の明るさのコントラスト、画像の比較などに基づいて、コーティング材料及び / 又は基板 1 0 6 を分析するために、コーティング材料及び / 又は基板 1 0 6 の画像を取り込むことができるカメラを含み得る。別の例では、検出器 1 1 6 は、基板又は基板上に堆積された膜層の、応力、表面粗さ、膜密度などの、異なる膜特性又は特徴を検出し得る任意の適切な検出器であり得る。

【 0 0 1 9 】

[0 0 2 3] 検出器 1 1 6 は、コーティング材料の線形領域全体で基板表面を直線的にスキャンし得る。検出器 1 1 6 は、基板 1 0 6 の座標、整列、又は配向を同定するのを支援し得る。基板 1 0 6 が X 方向 1 7 0 に進むと、検出器 1 1 6 は基板 1 0 6 をスキャンし得る。同様に、平行移動機構 1 2 4 がステージ 1 1 2 に移動するように基板 1 0 6 が Y 方向 1 8 0 に移動すると、検出器 1 1 6 は基板 1 0 6 をスキャンし得る。検出器 1 1 6 は、検出器 1 1 6 又は他の検出器又は計算システムからレーザモジュール 1 5 2 への移動及びデータ転送を制御するために、コントローラ 1 9 0 に連結され得る。

【 0 0 2 0 】

[0 0 2 4] コントローラ 1 9 0 は、検出器 1 1 6 及び / 又はレーザモジュール 1 5 2 を制御して光検出プロセス及び / 又はレーザエネルギー処理プロセスを実施するよう構成されている高速コンピュータであり得る。一例では、光検出プロセスは、レーザエネルギー処理プロセスより前に検出器 1 1 6 によって実施されるため、レーザエネルギー処理プロセスを実施するためのレーザエネルギー処理方策にセットされたプロセスパラメータは、光検出プロセスから受信した測定データに基づく場合がある。一例では、コントローラ 1 9 0 は、データ計算システム (図示せず) にさらに連結されて、データ計算システムからデータ又は計算されたアルゴリズムを取得して、基板 1 0 6 上のコーティング材料に対してレーザエネルギー処理プロセスを実行するための適切な方策を決定するのを支援することができる。

【 0 0 2 1 】

[0 0 2 5] 一例では、平行移動機構 1 2 4 は、ステージ 1 1 2 及び放射 1 1 0 を互いに対して平行移動させるように構成され得る。平行移動機構 1 2 4 は、ステージ 1 1 2 を正及び負の X 方向 1 7 0 並びに正及び負の Y 方向 1 8 0 に移動させるように構成され得る。一例では、ステージ 1 1 2 に連結された平行移動機構 1 2 4 は、ステージ 1 1 2 をレーザモジュール 1 5 2 及び / 又は検出器 1 1 6 に対して移動させるよう適合される。別の例では、平行移動機構 1 2 4 は、レーザモジュール 1 5 2 及び / 又は集束光モジュール及び / 又は検出器 1 1 6 に連結されて、レーザ放射源 1 0 1、集束光モジュール 1 0 4、及び

10

20

30

40

50

ノ又は検出器 116 を移動させて、ステージ 112 上に配置された基板 106 に対してエネルギービームを移動させる。さらに別の例では、平行移動機構 124 は、レーザ放射源 101 及びノ又は集束光モジュール 104、検出器 116、及びステージ 112 を移動させる。コンベヤシステム、ラックピニオンシステム、又は x/y アクチュエータ、複数のロボット、又は平行移動機構 124 に使用するための他の適切な機械的若しくは電気機械的機構などの任意の適切な平行移動機構が使用される。あるいは、ステージ 112 は、静止するように構成されてもよく、一方、複数のガルバノメトリックヘッド（図示せず）は、必要に応じて、レーザ放射源 101 から基板に放射を向けるために、基板エッジの周りに配置され得る。

【0022】

[0026] 平行移動機構 124 は、コントローラに連結されて、ステージ 112 及びレーザ放射源 101 が互いに対して移動するスキャン速度を制御し得る。一例では、レーザ放射源 101 は、光放射源である。コントローラ 190 は、検出器 116 から又はデータ計算システムからデータを受信して、レーザモジュール 152 が最適化されたレーザ線量パターン化プロセスを実施するのを制御するのに使用される最適化されたレーザエネルギー方策を生成し得る。ステージ 112 及び放射 110 及びノ又はレーザ放射源 101 は互いに対して移動するため、エネルギーは、コーティング材料の個別の所望の領域に送達される。一例では、平行移動機構 124 は一定の速度で移動する。別の例では、ステージ 112 の平行移動及び放射 110 のラインの移動は、コントローラ 190 によって制御される異なる経路をたどる。

【0023】

[0027] 図 2 は、一部（例えば、チャンバ部品）がプロセス中に利用されるプラズマ堆積プロセス（例えば、プラズマ CVD 又は金属有機 CVD）を実施するのに適した処理チャンバ 232 の断面図である。処理チャンバ 232 は、カリフォルニア州サンタクララの Applied Materials, Inc. から入手可能な適切に適合された CENTURA（登録商標）、PRODUCER（登録商標）SE 又は PRODUCER（登録商標）GT 又は PRODUCER（登録商標）XP 処理システムであり得る。他の製造業者によって製造されたものを含む他の処理システムは、本明細書に記載された例から恩恵を受け得ると考えられる。

【0024】

[0028] 処理チャンバ 232 はチャンバ本体 251 を含む。チャンバ本体 251 は、内部空間 226 を画定するリッド 225、側壁 201 及び底壁 222 を含む。

【0025】

[0029] 支持ペDESTAL 250 が、チャンバ本体 251 の内部空間 226 内に設けられる。ペDESTAL 250 は、アルミニウム、セラミック、窒化アルミニウム、及び他の適切な材料から製造され得る。一例では、ペDESTAL 250 は、ペDESTAL 250 に熱的損傷を引き起こすことなく、プラズマプロセス環境のような高温環境での使用に適した材料である、窒化アルミニウムのようなセラミック材料によって製造される。ペDESTAL 250 は、リフト機構（図示せず）を用いてチャンバ本体 251 の内部で Y 方向 180 に移動され得る。ペDESTAL 250 は、シャフト 260 によって支持されている。シャフト 260 は、配線が通過する中空の中心を有する。配線は、ペDESTAL 250 内に配置された電極に回路を連結する。

【0026】

[0030] ペDESTAL 250 は、ペDESTAL 250 に支持される基板 290 の温度を制御するのに適した、埋め込み型ヒータ素子 270 を含む。一例では、ペDESTAL 250 は、電源 206 からヒータ素子 270 に電流を印加することによって抵抗加熱されてもよい。一例では、ヒータ素子 270 は、ニッケル - 鉄 - クロム合金（例えば、INCOLOY（登録商標））シースチューブ内にカプセル化されたニッケル - クロムワイヤから作られてもよい。電源 206 から供給される電流は、ヒータ素子 270 によって生成された熱を制御することにより、膜堆積中に、基板 290 及びペDESTAL 250 を、任意の好

10

20

30

40

50

適な温度範囲における実質的に一定の温度に維持するよう、コントローラ 210 によって調節される。別の例では、ペDESTAL 250 は、必要に応じて室温に維持されてもよい。さらに別の例では、ペDESTAL 250 はまた、必要に応じて室温よりも低い範囲でペDESTAL 250 を冷却するために、必要に応じてチラー（図示せず）を含み得る。供給される電流は、ペDESTAL 250 の温度を約 100 から約 700 までの間で選択的に制御するように調整され得る。

【0027】

[0031] 従来的な状態でペDESTAL 250 の温度をモニタするために、熱電対などの温度センサ 272 が支持ペDESTAL 250 に埋め込まれ得る。測定された温度は、ヒータ素子 270 に供給される電力を制御して、基板を所望の温度に維持するために、コントローラ 210 によって使用される。

10

【0028】

[0032] ペDESTAL 250 は、それを通して配置されており、ペDESTAL 250 から基板 290 を持ち上げ、従来の方法でロボット（図示せず）と基板 290 の交換を容易にするように構成されている、複数のリフトピン（図示せず）を含み得る。

【0029】

[0033] ペDESTAL 250 は、ペDESTAL 250 上に基板 290 を保持するための少なくとも 1 つの電極 292 を含む。電極 292 は、チャック電源 208 によって駆動され、従来知られているように、基板 290 をペDESTAL 表面に保持する静電力を発生させる。代替的には、基板 290 は、クランプ、真空又は重力によってペDESTAL 250 に保持されてもよい。

20

【0030】

[0034] 一例は、ペDESTAL 250 は、2 つの RF バイアス電源 284, 286 として図 2 に示す、少なくとも 1 つの RF バイアス電源に連結された電極 292 が内部に埋め込まれたカソードとして構成される。しかし、図 2 に示す例は、2 つの RF バイアス電源 284, 286 を示す。RF バイアス電源 284, 286 の数は、必要に応じて任意の数であり得ることに留意されたい。RF バイアス電源 284, 286 は、ペDESTAL 250 に配置された電極 292 と、処理チャンバ 232 のガス分配プレート 242 又はリッド 225 などの別の電極との間に連結される。RF バイアス電源 284, 286 は、処理チャンバ 232 の処理領域内に配置されたガスから形成されたプラズマ放電を励起し、維持する。

30

【0031】

図 2 に示す例では、デュアル RF バイアス電源 284, 286 は、整合回路 204 を介してペDESTAL 250 に配置された電極 292 に連結される。処理チャンバ 232 内に提供された混合ガスをイオン化し、それによって堆積又は他のプラズマ強化処理を実行するために必要なイオンエネルギーを提供するために、RF バイアス電源 284, 286 によって生成された信号が、単一フィードを通じて、整合回路 204 を通ってペDESTAL 250 に送達される。RF バイアス電源 284, 286 は、概して、約 50 kHz から約 200 MHz の周波数及び約 0 ワットから約 5000 ワットの間の電力を有する RF 信号を生成することができる。チャック電源 208 及び整合回路 204 は、上部電極 254 に連結されている。上部電極 254 は、ペDESTAL 250 の頂面 292 に基板 290 を静電チャックするように構成されている。

40

【0032】

[0036] 真空ポンプ 202 は、チャンバ本体 251 の底壁 222 に形成されたポートに連結されている。真空ポンプ 202 は、チャンバ本体 251 内に所望のガス圧力を維持するために使用される。真空ポンプ 202 はまた、後処理ガス及びプロセスの副生成物をチャンバ本体 251 から排出する。

【0033】

[0037] 処理チャンバ 232 は、処理チャンバ 232 のリッド 225 を通して連結された一又は複数のガス送達通路 244 を含む。ガス送達通路 244 及び真空ポンプ 20

50

2 は、内部空間 2 2 6 内に層流を誘導して粒子汚染を最小にするために、処理チャンバ 2 3 2 の両端に位置付けられる。

【 0 0 3 4 】

ガス送達通路 2 4 4 は、遠隔プラズマ源 (R P S) 2 4 8 を通してガスパネル 2 9 3 に連結され、混合ガスを内部空間 2 2 6 内に提供する。一例では、ガス送達通路 2 4 4 を介して供給される混合ガスは、ガス送達通路 2 4 4 の下方に配置されたガス分配プレート 2 4 2 を通ってさらに供給され得る。一例では、複数の開孔 2 4 3 を有するガス分配プレート 2 4 2 は、ペDESTAL 2 5 0 の上方のチャンバ本体 2 5 1 のリッド 2 2 5 に結合される。ガス分配プレート 2 4 2 の開孔 2 4 3 は、プロセスガスをガスパネル 2 9 3 からチャンバ本体 2 5 1 内に導入するために利用される。開孔 2 4 3 は、異なるプロセス要件のための様々なプロセスガスの流れを容易にするために、異なるサイズ、数、分布、形状、設計、及び直径を有し得る。基板 2 9 0 の表面 2 9 1 上への材料の堆積をもたらすプロセスガスの熱分解を強化するために、ガス分配プレート 2 4 2 から出るプロセス混合ガスからプラズマが形成される。

10

【 0 0 3 5 】

[0 0 3 9] ガス分配プレート 2 4 2 及びペDESTAL 2 5 0 は、内部空間 2 2 6 に一对の離間した電極を形成し得る。一又は複数の R F ソース 2 4 7 は、ガス分配プレート 2 4 2 とペDESTAL 2 5 0 との間でのプラズマ発生を容易にするために、整合ネットワーク 2 4 5 を介してガス分配プレート 2 4 2 にバイアス電位を提供する。あるいは、R F ソース 2 4 7 及び整合ネットワーク 2 4 5 は、ガス分配プレート 2 4 2 、ペDESTAL 2 5 0 に連結されてもよく、又はガス分配プレート 2 4 2 とペDESTAL 2 5 0 の両方に連結されてもよい。一例では、R F ソース 2 4 7 及び整合ネットワーク 2 4 5 は、チャンバ本体 2 5 1 の外部に配置されたアンテナ (図示せず) に連結され得る。一例では、R F ソース 2 4 7 は、約 3 0 k H z から約 1 3 . 6 M H z の周波数で約 1 0 ワットから約 3 0 0 0 ワットまでを提供し得る。あるいは、R F ソース 2 4 7 は、内部空間 2 2 6 内にプラズマの発生を助けるマイクロ波電力をガス分配プレート 2 4 2 に提供するマイクロ波発振器であってもよい。

20

【 0 0 3 6 】

[0 0 4 0] ガスパネル 2 9 3 から供給され得るガスの例は、ケイ素含有ガス、フッ素連続ガス、酸素含有ガス、水素含有ガス、不活性ガス、及びキャリアガスを含み得る。反応性ガスの適切な例は、 $S i H_4$ 、 $S i_2 H_6$ 、 $S i F_4$ 、 $S i H_2 C l_2$ 、 $S i_4 H_{10}$ 、 $S i_5 H_{12}$ 、T E O S などのケイ素含有ガスを含む。適切なキャリアガスは、窒素 (N₂)、アルゴン (A r)、水素 (H₂)、アルカン、アルケン、ヘリウム (H e)、酸素 (O₂)、オゾン (O₃)、水蒸気 (H₂O) などを含む。

30

【 0 0 3 7 】

[0 0 4 1] 一例では、遠隔プラズマ源 (R P S) 2 4 8 は、代替的には、ガスパネル 2 9 3 から内部空間 2 2 6 内に供給されるガスからプラズマを形成するのを助けるために、ガス送達通路 2 4 4 に連結され得る。遠隔プラズマ源 2 4 8 は、ガスパネル 2 9 3 によって提供される混合ガスから形成されたプラズマを処理チャンバ 2 3 2 に提供する。

【 0 0 3 8 】

40

[0 0 4 2] コントローラ 2 1 0 は、中央処理装置 (C P U) 2 1 2、メモリ 2 1 6、及びサポート回路 2 1 4 を含み、これらは、処理シーケンスを制御し、ガスパネル 2 9 3 からのガス流を調節するために利用される。C P U 2 1 2 は、産業用の設定で使用され得る任意の形態の汎用コンピュータプロセッサであり得る。ソフトウェアルーチンは、ランダムアクセスメモリ、読み出し専用メモリ、フロッピー、若しくはハードディスクドライブ、又は他の形態のデジタル記憶ストレージなどのメモリ 2 1 6 に記憶させることができる。サポート回路 2 1 4 は、従来では C P U 1 1 2 に連結されており、キャッシュ、クロック回路、入力 / 出力システム、電源などを含み得る。コントローラ 2 1 0 と処理チャンバ 2 3 2 の様々な他の構成要素との間の双方向通信は、信号バス 2 1 8 と総称される多数の信号ケーブルを経由して処理される。その一部を図 2 に図解する。

50

【 0 0 3 9 】

[0 0 4 3] ガス分配プレート 2 4 2 又はペDESTAL 2 5 0 などの上記のチャンバ部品のすべては、以下に記載される方法によって製造されたコーティング材料を有して、表面保護及び化学 / プラズマ耐性を強化し得ることに留意されたい。

【 0 0 4 0 】

[0 0 4 4] 図 3 は、処理チャンバ 2 3 2 の部品又はその一部などの基礎構造上にイットリウム含有材料 (酸化イットリウム (Y_2O_3) 又は Al 若しくは Zr などの金属ドーパントを含む $Y_xO_yF_z$) を含むコーティング材料を製造するのに使用され得る方法 3 0 0 の一例を示す。イットリウム含有材料の適切な例には、酸化イットリウム又はフルオリンイットリウムオキシド、金属ドーパント (Al Y O F 又は Zr Y O F) を含むフルオリンイットリウムオキシドが含まれる。基礎構造はアルミニウム含有材料を含む。方法 3 0 0 は、図 4 A に示される基礎構造 4 0 2 などの基礎構造をスプレーコーティングチャンバ (図示せず) に提供することにより、工程 3 0 2 で開始する。一例では、基礎構造 4 0 2 は、セラミック材料、金属誘電体材料、例えば Al_2O_3 、Al N、Al O N、バルクイットリウム、適切な希土類含有材料等であり得る。一例では、基礎構造 4 0 2 は、コーティング構造がその上に形成されるのを可能にする Al_2O_3 でできている。

10

【 0 0 4 1 】

[0 0 4 5] 工程 3 0 4 では、図 4 B に示す通り、基礎構造 4 0 2 の第 1 の表面 4 0 3 上にコーティング層 4 0 4 を形成するためにスプレーコーティング堆積プロセスが実施される。コーティング層 4 0 4 は、イットリウム含有材料 (酸化イットリウム (Y_2O_3) 又は Al 若しくは Zr などの金属ドーパントを含む $Y_xO_yF_z$) を含む。液体スプレーコーティング、ゲルスプレーコーティング、プラズマスプレーコーティング又は他の適切な堆積コーティングチャンバなどの任意の適切なコーティングチャンバは、基礎構造 4 0 2 上にイットリアを含むコーティング層 4 0 4 をコーティングするのに利用されることに留意されたい。

20

【 0 0 4 2 】

[0 0 4 6] 一例では、粉末形態のイットリウム含有材料 (酸化イットリウム (Y_2O_3) 又は Al 若しくは Zr などの金属ドーパントを含む $Y_xO_yF_z$) は、出発材料として使用されてもよく、水、結合剤及びコーティング層 4 0 4 の製造プロセスを容易にするのに使用され得る適切な添加剤等の他の成分を添加することによってスラリが形成される。その後、スラリが基礎構造 4 0 2 の第 1 の表面 4 0 3 上にスプレーされて、コーティング層 4 0 4 が形成され得る。プラズマは、基礎構造 4 0 2 にわたって第 1 の表面 4 0 3 に均一にスラリをスプレーするのを支援するために生成され得、基礎構造 4 0 2 上のコーティング層 4 0 4 のコーティングを支援する。一例では、イットリア粉末は、約 $15 \mu m$ と約 $0.1 \mu m$ の間の平均粒子サイズを有し得る。より小さな粒子サイズを有するイットリア粉末は、必要に応じてより少ない基板粗さなど、コーティング層 4 0 4 の比較的滑らかな表面を提供するのを支援し得る。一例では、第 1 のコーティング層は、基礎構造 4 0 2 上のプラズマスプレーコーティングである。

30

【 0 0 4 3 】

[0 0 4 7] 工程 3 0 6 では、コーティング層 4 0 4 が形成された後、高温処理 (H T T) プロセスが実施され、図 4 C に示す通り、コーティング層 4 0 4 の第 2 の表面 4 0 5 上に処理層 4 0 6 が形成される。高温処理 (H T T) プロセスは、図 1 に示される処理ツール 1 0 0 で実施され得る。高温処理 (H T T) プロセスは、コーティング層 4 0 4 の表面を処理して、基板表面の特性を変化させる。コーティング層 4 0 4 の結合構造及び膜特性は、工程 3 0 4 で処理されたとき、処理層 4 0 6 で低い欠陥密度を有するロバストな膜構造 (例えば、処理層 4 0 6) をもたらす。さらに、高温処理 (H T T) プロセスは、コーティング層 4 0 4 の表面から汚染物質を除去するのを支援し、それによって良好なコンタクトインターフェースを提供し、且つコーティング層 4 0 4 上の粒子蓄積を回避し得る。さらに、高温処理 (H T T) プロセスを実行して、コーティング層 4 0 4 の表面の形態及び / 又は表面粗さを変更し、必要に応じて、その上に形成されるその後に堆積された

40

50

層の接着を改善するために、コーティング層 404 と比較して比較的滑らかな表面を有する処理層 406 を形成することもできる。いくつかの例では、高温処理 (HTT) プロセスは、コーティング層 404 の結合エネルギー及び結合構造を改善するために、コーティング層 404 からの不飽和結合、緩い結合又はダングリングボンドと反応するために、必要に応じて、酸素又は窒素などの特定の要素を組み込む場合も組み込まない場合もある。

【0044】

[0048] 一例では、高温処理 (HTT) プロセスは、図 1 に示される処理ツール 100 などの処理チャンバ中の周囲ガスを用いて又は用いずに工程 306 で実施され得る。

【0045】

[0049] 一例では、高温処理 (HTT) プロセスは、高温処理 (HTT) プロセスの要件によって同定される特定の位置要件に従って、一連のレーザパルスでコーティング層の個別の領域に適用することによって実施される。レーザパルスのバーストは、193 nm 超、例えば約 248 nm と約 10,000 nm の間、例えば約 1,100 nm の波長のレーザを有し得る。各パルスは、処理されるコーティング層 404 の所定の領域に集束される。

10

【0046】

[0050] 一例では、レーザパルスのスポットサイズは、約 10 μm と約 1000 μm の間で制御される。レーザパルスのスポットサイズは、所望の寸法、特徴、パターン及び形状寸法を有する膜層の特定の位置で膜特性を変化させるように構成され得る。

【0047】

[0051] レーザパルスは、約 1 kHz と約 20 MHz の間の周波数で 1 平方センチメートルあたり約 1 マイクロジュール ($\mu\text{J}/\text{cm}^2$) と 1 平方センチメートルあたり約 2 マイクロジュール ($\mu\text{J}/\text{cm}^2$) の間のエネルギー密度 (例えばフルエンス) を有し得る。各レーザパルスの長さは、約 10 μs から 10 フェムト秒までの持続時間を有するように構成されている。レーザ処理プロセス中、基礎構造温度は、摂氏約 15 度と摂氏約 75 度の間で維持され得る。

20

【0048】

[0052] レーザパルスは、コーティング層 404 をアニーリングあるいは熱処理することなく膜層の局所的応力を変化させて、所望の表面粗さを有する処理層 406 を形成する。同じ基板位置に単一のレーザパルスが使用されてもよく、又は複数のレーザの線量が適用されてもよい。第 1 の基板位置がレーザ処理された後、第 2 の基板位置がその後、レーザパルス (又は基板) を位置決めしてパルスを第 2 の位置へ向けることによって処理される。高温処理 (HTT) プロセスの要件は、所定の期間に到達するまで継続される。

30

【0049】

[0053] いくつかの例では、高温処理 (HTT) プロセスを実施している間、周囲ガスは処理ツール 100 の筐体 150 に供給され得るため、周囲ガスの要素のうちの一部は、必要に応じて、処理され得るか又は処理層 406 中に取り込まれ得る。一例では、周囲ガスは、 O_2 、 N_2O 、 NO_2 、 H_2O_2 、 H_2O 若しくは O_3 などの酸素含有ガス、 N_2O 、 NH_3 、 NO_2 、 N_2 などの窒素含有ガス、又は Ar 及び He などの不活性ガスであり得る。

40

【0050】

[0054] いくつかの例では、筐体 150 中に供給される周囲ガスの量は、取り込まれる要素の深さ/厚さに適応させて、処理層 406 を形成するために変化及び/又は調整され得る。

【0051】

[0055] レーザエネルギー処理プロセスは、膜層中の面内歪みを局所的に変化させるように、コーティング層 404 の個別の領域における局所的な残留応力を変更、放出、又は排除し得る。そうすることにより、高温処理プロセス中のコーティング層 404 の局部応力の変化は、結果として生じる処理層 406 に比較的平面の表面を提供して、処理層 406 の表面粗さを減少させることもできる。

50

【 0 0 5 2 】

[0 0 5 6] 工程 3 0 6 での処理プロセスの後、工程 3 0 8 では、その上に形成されたコーティング材料 4 5 0 (コーティング層 4 0 4 から変換された結果として生じる処理層 4 0 6) を有する基礎構造が、所望の膜特性で形成される。一例では、コーティング材料 4 5 0 は、 $R a \ 5$ マイクロメートル超の表面粗さを有し得る。コーティング材料 4 5 0 の密度は、 $4 . 0 \text{ g / cm}^3$ 超、例えば、約 $4 . 0 \text{ g / cm}^3$ と $5 . 2 \text{ g / cm}^3$ の間であり得る。ある例では、コーティング材料 4 5 0 のイットリウム含有材料はイットリアを含む。コーティング材料 4 5 0 のイットリアは、約 1 : 1 と 2 : 1 の間のイットリウム対酸化物 (Y : O) の比を有し得る。コーティング材料 4 5 0 は、約 $0 . 5 \mu\text{m}$ と約 $5 0 \mu\text{m}$ の間の厚さを有する。コーティング材料 4 5 0 は、2 % 未満のポア密度を有する。

10

【 0 0 5 3 】

[0 0 5 7] 基礎構造 4 0 2 上に形成されたコーティング材料 4 5 0 は比較的ロバストな構造を有するため、図 2 の処理チャンバ 2 3 2 などの処理チャンバ中のチャンバ部品上にこのようなコーティング材料 4 5 0 が堆積される際、コーティング材料 4 5 0 は、プラズマプロセス中に攻撃的なプラズマ種の攻撃を受けている間に良好な表面条件を維持し得る。よって、処理チャンバ 2 3 2 のチャンバ壁、基板支持体、ガス分配プレート又は他のチャンバ部品から粒子又は汚染物質を生成する可能性は減少される。

【 0 0 5 4 】

[0 0 5 8] 図 5 は、本開示の例に従って、その上に形成されるコーティング材料 4 5 0 で製造することができるガス分配プレート 2 4 2 の底面概略図を示す。イットリアでコーティングされたガス分配プレート 2 4 2 は、処理チャンバ 2 3 2、又は、とりわけエッチング又は堆積の用途のためのものなどの他のプラズマチャンバで使用することができる。ガス分配プレート 2 4 2 には、複数の開孔 2 4 3 が設けられて、処理ガス及び/又はプラズマ種が処理チャンバ 2 3 2 の処理領域中に流れることを可能にする。開孔 2 4 3 は、ガス分配プレート 2 4 2 上に通常のパターンで配置されてもよく、又は、異なるガス分布の必要性を満たすために異なるパターンで配置されてもよい。図 5 に示す例では、コーティング材料 4 5 0 は、ガス分配プレート 2 4 2 (図 2 に示すガス分配プレート 2 4 2 と同じ) の底面上に形成される。コーティング材料 4 5 0 は、ガス分配プレート 2 4 2 の表面上にコーティングされ、それはプラズマプロセス中に攻撃的なプラズマ種による攻撃からガス分配プレート 2 4 2 を支援することができ、それによって処理チャンバ 2 3 2 内に位置決めされた基板 2 9 0 上に位置する粒子又は汚染物質を生成する可能性を減少することができる。よって、生成物の収率及び基板 2 9 0 の清潔さが、強化及び維持され得る。

20

30

【 0 0 5 5 】

[0 0 5 9] 本開示の例は、さまざまな用途のためのチャンバ部品上にイットリアを含むコーティング材料を製造するのに使用することができる。これらの強化された表面コーティングチャンバ部品は、プラズマプロセスで遭遇するような腐食性環境での使用に適している。さまざまなプラズマ堆積及びエッチングチャンバ、例えば、Enabler (登録商標) エッチングチャンバなどの誘電体エッチングチャンバ (CENTURA (登録商標) システムなどの半導体ウエハ処理システムの一部であり得る)、PRODUCER (登録商標) 又はENDURA (登録商標) 堆積チャンバなどの誘電体堆積チャンバ (半導体ウエハ処理システムの一部であり得る)、eMax エッチングチャンバ、Producer エッチングチャンバ、並びにとりわけAdvant Edge Metal及びDPS Metal チャンバなどの導体エッチングチャンバは、本明細書で開示される教示から利益を受けることができ、これらすべては、カリフォルニア州サンタクララのApplied Materials, Inc. から入手可能である。他の製造業者からのものを含む他のプラズマ反応器が、本開示から利益を得るように適合され得ると想定される。

40

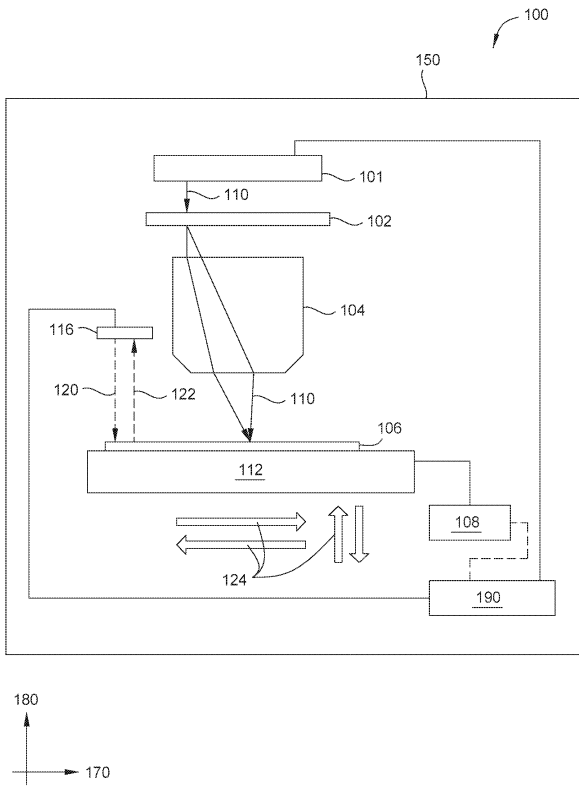
【 0 0 5 6 】

[0 0 6 0] 以上の記述は、本開示の例を対象としているが、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく、本開示の他の例及び更なる例が考案されてよく、本開示の範囲は、下記の特許請求の範囲によって決定される。

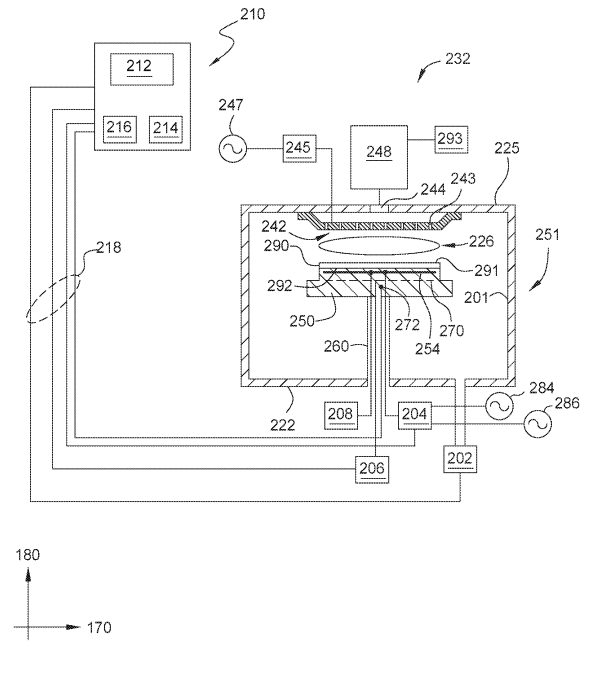
50

【図面】

【図 1】



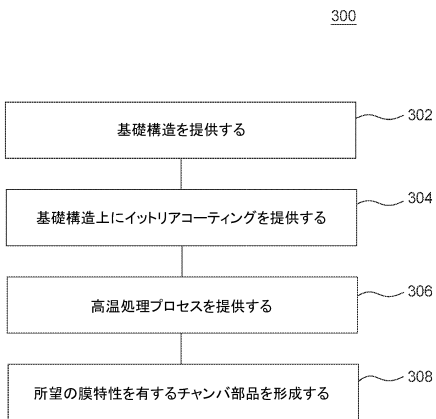
【図 2】



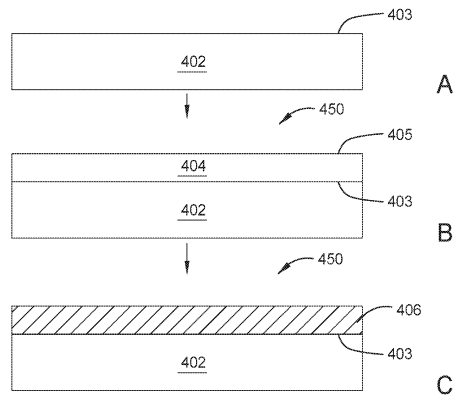
10

20

【図 3】



【図 4 A - 4 C】

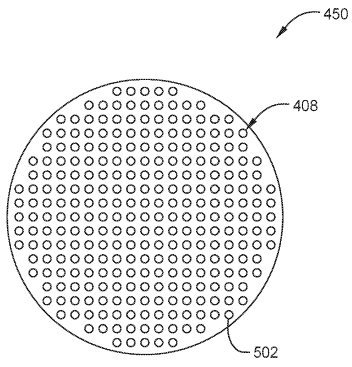


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

54, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

(72)発明者 グローチェル, デーヴィッド ダブリュー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

(72)発明者 ワン, ハン

アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050, エム/エス 1269, シー/オー アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド, ロー デパートメント

審査官 高柳 匡克

(56)参考文献 特開2007-247042(JP,A)

特表2016-539250(JP,A)

特開2012-036487(JP,A)

特開2010-229492(JP,A)

特開2008-106363(JP,A)

米国特許出願公開第2007/0241095(US,A1)

米国特許出願公開第2019/0019670(US,A1)

米国特許出願公開第2019/0291214(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46