

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6709164号
(P6709164)

(45) 発行日 令和2年6月10日(2020.6.10)

(24) 登録日 令和2年5月26日(2020.5.26)

(51) Int.Cl.

F 1

C 23 C 16/458	(2006.01)	C 23 C 16/458
C 23 C 14/08	(2006.01)	C 23 C 14/08
H 01 L 21/31	(2006.01)	H 01 L 21/31
C 23 C 16/34	(2006.01)	C 23 C 16/34

K

C

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2016-555995 (P2016-555995)
(86) (22) 出願日	平成27年4月23日 (2015.4.23)
(65) 公表番号	特表2017-514991 (P2017-514991A)
(43) 公表日	平成29年6月8日 (2017.6.8)
(86) 國際出願番号	PCT/US2015/027345
(87) 國際公開番号	W02015/164638
(87) 國際公開日	平成27年10月29日 (2015.10.29)
審査請求日	平成30年4月9日 (2018.4.9)
(31) 優先権主張番号	61/984,691
(32) 優先日	平成26年4月25日 (2014.4.25)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)
(31) 優先権主張番号	14/693,745
(32) 優先日	平成27年4月22日 (2015.4.22)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国(US)

(73) 特許権者	390040660
アプライド マテリアルズ インコーポレ	
イテッド	
APP LI ED MATER I AL S, I	
N COR POR ATED	
アメリカ合衆国 カリフォルニア 950	
54, サンタ クララ, パウアーズ	
アヴェニュー 3050	
(74) 代理人	100101502
弁理士 安齋 嘉章	
(72) 発明者	フィロウズドア バヒド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94	
402 サン マテオ クイーンズ レイ	
ン 2190	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】高温アプリケーション用プラズマ耐食性薄膜コーティング

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

グラファイトを含む本体と、

本体の表面上の第1保護層であって、第1保護層は熱伝導性セラミックスであり、第1保護層は、炭化ケイ素を含み、5~100ミクロンの厚さを有している第1保護層と、

第1保護層上の第2保護層であって、第2保護層は、最高650の温度でクラッキングに耐性のある耐プラズマ性セラミックス薄膜を含み、第2保護層は、1%未満の空孔率を有する、下地表面形状に倣った層であり、第2保護層は、5~50ミクロンの厚さを有し、Er₃Al₅O₁₂、Y₃Al₅O₁₂、及びYF₃からなる群から選択されるセラミックスを含んでいる第2保護層とを含む耐プラズマ性物品。

10

【請求項 2】

耐プラズマ性物品は、原子層堆積チャンバ用サセプタである、請求項1記載の耐プラズマ性物品。

【請求項 3】

第1保護層は、複数の凹部を含み、複数の凹部のそれぞれは、ウェハを支持するように構成され、複数の表面構造を有し、第2保護層は、複数の凹部及び複数の表面構造に倣っている、請求項2記載の耐プラズマ性物品。

【請求項 4】

第1保護層上の保護層スタックを含み、保護層スタックは、少なくとも第2保護層と、第2保護層を覆う第3保護層とを含み、第3保護層は、20ミクロン未満の厚さを有し、

20

$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ 、 Er_2O_3 、 Gd_2O_3 、 $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Gd}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、又は $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ と $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ の固溶体とを含むセラミックス化合物のうちの少なくとも1つを含む、請求項1記載の耐プラズマ性物品。

【請求項5】

第2保護層は、フッ素系の化学物質を有するプラズマに耐食性がある、請求項1記載の耐プラズマ性物品。

【請求項6】

本体内の複数の穴内に複数の耐プラズマ性プラグを含み、第2保護層は、複数の耐プラズマ性プラグを覆う、請求項1記載の耐プラズマ性物品。

【請求項7】

複数の耐プラズマ性プラグは、 AlN 、 Y_2O_3 、又は $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ と $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ の固溶体とを含むセラミックス化合物のうちの少なくとも1つを含む焼結セラミックスで構成される、請求項6記載の耐プラズマ性物品。

【請求項8】

グラファイトを含む熱伝導体を含む物品を提供する工程と、
熱伝導性セラミックスを含む第1保護層を熱伝導体の表面上に堆積させる工程であって、第1保護層は、炭化ケイ素を含み、5~100ミクロンの厚さを有している工程と、最高650°の温度でクラッキングに耐性のある耐プラズマ性セラミックス薄膜を含む第2保護層を第1保護層上に堆積させるためにイオンアシスト蒸着を実行する工程であって、第2保護層は、1%未満の空孔率を有する、下地表面形状に倣った層であり、第2保護層は、5~50ミクロンの厚さを有し、 $\text{Er}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、 $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ 、及び YF_3 からなる群から選択されるセラミックスを含んでいる工程を含む、耐プラズマ性物品を形成する方法。

【請求項9】

200~400°の温度に物品を加熱する工程と、
 物品を加熱しながら、イオンアシスト蒸着を実行する工程を含む、請求項8記載の方法。

【請求項10】

第1保護層を堆積する工程は、化学気相堆積プロセスを実行する工程を含んでいる、請求項8記載の方法。

【請求項11】

前記方法は、第1保護層を堆積させる工程の前、又はイオンアシスト蒸着を実行する前に、熱伝導体内の複数の穴内に複数の耐プラズマ性プラグを挿入する工程を含み、複数の耐プラズマ性プラグは、 AlN 、 Y_2O_3 、又は $\text{Y}_4\text{Al}_2\text{O}_9$ と $\text{Y}_2\text{O}_3 - \text{ZrO}_2$ の固溶体とを含むセラミックス化合物のうちの少なくとも1つを含む焼結セラミックスで構成されている、請求項8記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、概して、高温に、かつ直接又は遠隔プラズマ環境に、頻繁に曝露されるチャンバコンポーネントを保護することに関する。

【背景】

【0002】

半導体産業では、ますます減少するサイズの構造を作る多くの製造プロセスによって、デバイスは製造される。いくつかの製造プロセス（例えば、プラズマエッチング及びプラズマ洗浄プロセス）は、基板をエッチング又は洗浄するために、プラズマの高速流に基板を曝露させる。プラズマは、非常に浸食性がある可能性があり、処理チャンバ及びプラズマに曝露される他の表面を浸食する可能性がある。したがって、プラズマ溶射保護コーティングは、一般的に、処理チャンバコンポーネントを浸食（腐食）から保護するために使用される。

10

20

30

40

50

【0003】

いくつかの製造プロセスは、高い温度（例えば、400 以上の温度）で実施される。伝統的なプラズマ溶射保護コーティングは、このようなプロセスに使用されるいくつかのチャンバコンポーネントには不適切である可能性がある。

【概要】**【0004】**

例示的な一実施形態では、物品は、熱伝導性材料を有する本体を含む。物品は、本体の表面上の第1保護層を更に含み、第1保護層は、熱伝導性セラミックスである。物品は、第1保護層上の第2保護層を更に含み、第2保護層は、最高650 の温度でクラッキングに耐性のある耐プラズマ性セラミックス薄膜を含む。

10

【0005】

別の例示的な一実施形態では、方法は、熱伝導性材料本体を含む物品を提供する工程を含む。方法は、熱伝導性セラミックスである第1保護層を熱伝導性材料本体の表面上に堆積させる工程を更に含む。方法は、最高650 の温度でクラッキングに耐性のある耐プラズマ性セラミックス薄膜を含む第2保護層を第1保護層上に堆積させるためにイオンアシスト蒸着を実行する工程を更に含む。

【0006】

別の例示的な一実施形態では、原子層堆積チャンバ用のサセプタは、グラファイト本体を含む。サセプタは、グラファイト本体の表面上に第1保護層を更に含み、第1保護層は炭化ケイ素を含む。サセプタは、第1保護層上に第2保護層を更に含み、第2保護層は、最高650 の室温の温度でクラッキングに耐性のある耐プラズマ性セラミックス薄膜を含み、第2保護層は、Er₃Al₅O₁₂、Y₃Al₅O₁₂、及びYF₃からなる群から選択されるセラミックスを含む。

20

【図面の簡単な説明】**【0007】**

本発明は、添付図面の図の中で、限定としてではなく、例として示され、同様の参照符号は同様の要素を示す。この開示における「一」又は「1つの」実施形態への異なる参照は、必ずしも同じ実施形態への参照ではなく、そのような参照は、少なくとも1つを意味することに留意すべきである。

30

【図1】処理チャンバの一実施形態の断面図を示す。

【図2A】一方の表面上に薄膜の保護コーティングを有する原子層堆積(ALD)用サセプタを示す。

【図2B】穴内に耐プラズマ性プラグが挿入された原子層堆積チャンバ用サセプタの拡大断面図を示す。

【図3】~

【図5】一方の表面上に保護層スタックを有する例示的物品の断面側面図を示す。

【図6】物品上に1以上の保護層を形成するためのプロセスの一実施形態を示す。

【図7A】イオンアシスト蒸着(IAD)などの高エネルギー粒子を用いた種々の堆積技術に適用可能な堆積機構を示す。

【図7B】IAD堆積装置の概略図を示す。

40

【図8】本発明の実施形態に従って形成された薄膜保護層に対する浸食速度を示す。

【実施形態の詳細な説明】**【0008】**

本発明の実施形態は、物品の1以上の表面上に薄膜保護層を有する原子層堆積(ALD)チャンバ用のチャンバコンポーネントなどの物品を提供する。保護層は、約50ミクロン以下の厚さを有することができ、物品を保護するために、プラズマ耐食性を提供することができる。チャンバコンポーネントは、ウェハの処理中に高温に曝露される可能性がある。例えば、チャンバコンポーネントは、450 を超える温度に曝露される可能性がある。薄膜保護層は、これらの高温でクラッキング(熱分解)に対して耐性をもつ又は効果的に影響を受けないような方法で形成される。薄膜保護層は、イオンアシスト蒸着(IAD)50

D)を使用して加熱された基板上に堆積された緻密で倣った(適合した)薄膜とすることができます。薄膜保護層は、Y₃Al₅O₁₂、Er₃Al₅O₁₂、又はYF₃で形成することができる。薄膜保護層によって提供される改善された耐食性は、メンテナンス及び製造コストを低減しつつ、物品の耐用年数を向上させることができる。

【0009】

図1は、本発明の実施形態に係る薄膜保護層で被覆された1以上のチャンバコンポーネントを有する処理チャンバ100の断面図である。処理チャンバ100は、ALD処理チャンバとすることができます。一実施形態では、処理チャンバ100は、チャンバ洗浄用に処理チャンバ100内にフッ素ラジカル(F*)を送出するためにリモートプラズマユニットを使用する。あるいはまた、他のタイプの処理チャンバを、本明細書に記載の実施形態と共に使用してもよい。

10

【0010】

処理チャンバ100は、高温ALDプロセス用に使用することができる。例えば、処理チャンバ100は、窒化チタン(TiN)の堆積用に使用することができる。TiN堆積プロセスは、典型的には、450又はそれ以上の温度で実行されるALDプロセスである。別の一例の高温ALDプロセスは、ジクロロシラン(DCS)タングステンシリサイドの堆積である。DCSタングステンシリサイドプロセスは、約500~600の温度で、WF₆、DCS、及びSiH₄の反応によって実行される。他の高温ALDプロセスが、処理チャンバ100によって実行されてもよい。

20

【0011】

薄膜保護層を含むことができるチャンバコンポーネントの例は、サセプタ134、チャンバ本体105、シャワーヘッド110などを含む。以下により詳細に記載される薄膜保護層は、Y₃Al₅O₁₂(YAG)、Er₃Al₅O₁₂(EAG)、及び/又はYF₃を含むことができる。薄膜保護層はまた、いくつかの実施形態では他のセラミックスを含むことができる。また、薄膜保護層は、保護層スタック内の1つの層であってもよい。図示のように、サセプタ134は、一実施形態に係る薄膜保護層(第2保護層136)を有する。しかしながら、他のチャンバコンポーネント(例えば、上に列挙したもの)のいずれも、薄膜保護層を含むことができることを理解すべきである。

【0012】

一実施形態では、処理チャンバ100は、内部容積106を囲むチャンバ本体105及びシャワーヘッド110を含む。チャンバ本体105は、アルミニウム、ステンレス鋼、又は他の適切な材料から製造することができる。チャンバ本体105は、一般的に、側壁及び底部を含む。シャワーヘッド110、側壁、及び/又は底部のいずれも、薄膜保護層を含むことができる。

30

【0013】

チャンバ排気部125及び1以上の排気ポート137は、チャンバの内部容積106から排気を排出することができる。排気ポート137は、排気して処理チャンバ100の内部容積106の圧力を調節するために利用される1以上のポンプ160及びスロットルバルブ156及び/又はゲートバルブ154を含むポンプシステムに接続することができる。

40

【0014】

シャワーヘッド110は、チャンバ本体105の側壁上に支持されることがある。シャワーヘッド110(又は蓋)は、処理チャンバ100の内部容積106へのアクセスを許容するために開かれてもよく、閉じると同時に処理チャンバ100に対してシールを提供することができる。シャワーヘッド110は、ガス分配プレート及び1以上のインジェクタ122、123、124を含むことができる。シャワーヘッド110は、アルミニウム、ステンレス鋼、又は他の適切な材料から製造することができる。あるいはまた、シャワーヘッド110は、いくつかの実施形態では、蓋及びノズルで置き換えることができる。

【0015】

50

ガスパネル 152 は、1 以上のガス供給ライン 138 ~ 146 を介してシャワー ヘッド 110 を通じて内部容積 106 に処理ガス及び / 又は洗浄ガスを提供することができる。基板上に層を堆積させる CVD 操作を実行するために使用可能な処理ガスの例は、堆積される層に応じて、NH₃、TiCl₄、テトラキス(ジメチルアミノ)チタン(TDMA-T)、WF₆、DCS、SiH₄などを含む。リモートプラズマ源(RPS) 150 は、洗浄中にフッ素ラジカル(F*)を生成することができ、1 以上のガス送出ライン 138 ~ 146 を介してフッ素ラジカルを送出することができる。ガス送出ライン 138 ~ 146、排気ポート 137、及びシャワー ヘッド 110 は、アルミニウム又は他の適切な材料とすることができますドーム 180 によって覆われていてもよい。

【0016】

10

チャンバコンポーネント(例えば、チャンバ本体 105 の内壁、シャワー ヘッド 110、サセプタ 134 など)は、処理中、材料の堆積層を蓄積する。堆積特性並びに粒子汚染の変化を軽減するために、そのような堆積層は、リモートプラズマ洗浄プロセスを使用してチャンバコンポーネントから定期的に洗浄される。チャンバコンポーネントの表面から堆積された材料を洗浄するために使用することができる洗浄ガスの例は、ハロゲン含有ガス(例えば、とりわけ、C₂F₆、SF₆、SiCl₄、HBr、NF₃、CF₄、CHF₃、CH₂F₃、F、NF₃、Cl₂、CCl₄、BCl₃、及びSiF₄)及び他のガス(例えば、O₂、又はN₂O)を含む。キャリアガスの例は、N₂、He、Ar、及び洗浄ガスに不活性な他のガス(例えば、非反応性ガス)を含む。一実施形態では、プラズマ洗浄プロセスを実行するために、NF₃ 及び Ar が使用される。

20

【0017】

サセプタ 134 は、シャワー ヘッド 110 下の処理チャンバ 100 の内部容積 106 内に配置され、ベース 132 によって支持される。サセプタ 134 は、処理中、1 以上の基板を保持する。サセプタ 134 は、1 以上の基板と相互作用する処理ガスの均一な分布を保証するように、ALD プロセス中に軸中心の周りに回転するように構成される。このような均一な分布は、1 以上の基板上に堆積された層の厚さの均一性を向上させる。

【0018】

30

サセプタ 134 は、加熱されるように、かつ処理中、サセプタ 134 全体に均一な熱を維持するように構成される。したがって、サセプタ 134 は、熱衝撃に対する高い耐性を有する熱伝導性材料からなる本体を有することができる。一実施形態では、本体は、グラファイトなどの半金属材料である。サセプタ 134 はまた、高い耐熱衝撃性を有する他の材料(例えば、ガラスカーボン)からなる本体を有することができる。

【0019】

サセプタ 134 は、複数の凹部を有する。それぞれの凹部は、ほぼ凹部内に保持されることができる基板(例えば、ウェハ)のサイズとすることができます。基板は、処理中、サセプタ 134 に真空付着(チャッキング)させることができます。

【0020】

40

一実施形態では、サセプタ 134 の本体は、少なくとも 1 つの面上に第 1 保護層 135 及び第 1 保護層 135 の上に第 2 保護層 136 上を有する。一実施形態では、第 1 保護層は SiC であり、第 2 保護層は、Y₃Al₅O₁₂(YAG)、Er₃Al₅O₁₂(EAG)、又はYF₃のうちの 1 つである。別の実施形態では、サセプタ 134 は、Y₃Al₅O₁₂(YAG)、Er₃Al₅O₁₂(EAG)、又はYF₃のうちの 1 つである単一の保護層のみを有する。他の実施形態では、追加の保護層を使用することもできる。一例のサセプタは、図 2A ~ 図 2B を参照してより詳細に示される。

【0021】

50

一実施形態では、1 以上の加熱素子 130 が、サセプタ 134 の下方に配置される。1 以上の熱シールドもまた、高い温度に加熱されるべきではないコンポーネントを保護するために、加熱素子 130 の近傍に配置することができる。一実施形態では、加熱素子 130 は、抵抗又は誘導加熱素子である。別の実施形態では、加熱素子は、放射加熱ランプである。加熱素子 130 は、いくつかの実施形態では、最大 700 以上的温度にサセブ

タ 1 3 4 を加熱することができる。

【 0 0 2 2 】

図 2 A は、 A L D チャンバ用の一例のサセプタ 2 0 0 を示す。サセプタ 2 0 0 は、薄膜保護コーティングを有する。一実施形態では、薄膜保護コーティングは、サセプタの上面のみを被覆する。あるいはまた、薄膜保護コーティングは、サセプタの上面および下面を被覆する。薄膜保護層は、サセプタの側壁もまた被覆してもよい。サセプタ 2 0 0 の目的は、同時に複数のウェハを支持して均一に加熱することである。サセプタ 2 0 0 は、抵抗加熱素子又はランプを用いて放射加熱することができる。処理中、サセプタ 2 0 0 は、單原子層堆積 (A L D) 又は他の C V D プロセスを介して (支持されたウェハと共に) コーティングされる。洗浄間平均時間 (M T B C) を増加させるために、サセプタ 2 0 0 は、一連の処理の間に発生した内部の膜応力によりコーティングが剥離するのを防止するために定期的に洗浄されるべきである。サセプタ 2 0 0 は、熱又はリモートプラズマプロセスのいずれかによって洗浄することができる。 N F ₃ を使用したリモートプラズマ洗浄の場合には、フッ素ラジカル (F *) が、遠隔で生成され、堆積膜を除去するために処理領域内に送出される。しかしながら、高温での F * はまた、サセプタ材料 (例えば、 C V D S i C 及びグラファイト) を浸食するだろう。したがって、使用される化学物質に耐食性のある保護コーティングが、塗布される。保護コーティングはまた、堆積膜の全体が除去されることを保証するために「オーバーエッチング」の期間を可能にする。
10

【 0 0 2 3 】

一実施形態では、サセプタ 2 0 0 は、半金属の熱伝導性ベース (例えば、グラファイト) を含む。サセプタ 2 0 0 は、複数の基板 (例えば、複数のウェハ) を支持するのに十分な大きさとすることができる円盤状の形状を有することができる。一実施形態では、サセプタは、 1 メートル以上の直径を有する。
20

【 0 0 2 4 】

サセプタ 2 0 0 は、各々が処理中にウェハ又は他の基板を支持するように構成することができる 1 以上の凹部 (ポケットとも呼ばれる) 2 0 1 ~ 2 0 6 を含むことができる。図示の例では、サセプタ 2 0 0 は、 6 つの凹部 2 0 1 ~ 2 0 6 を含む。しかしながら、他のサセプタは、より多くの又はより少ない凹部を有していてもよい。

【 0 0 2 5 】

凹部 2 0 1 ~ 2 0 6 のそれぞれは、多くの表面構造を含む。凹部 2 0 1 内の表面構造の例は、外側リング 2 0 8 、複数のメサ 2 0 6 、及びメサ 2 0 6 間のチャネル又はガス流路を含む。構造は、いくつかの実施形態では、約 1 0 ~ 8 0 ミクロンの高さを有することができる。
30

【 0 0 2 6 】

一実施形態では、サセプタ 2 0 0 は、熱伝導性の半金属ベースの 1 以上の表面上に S i C 又は S i N の C V D 堆積層を更に含む。凹部 2 0 1 ~ 2 0 6 及び表面構造 (例えば、メサ 2 0 6 及び外側リング 2 0 8) は、サセプタ 2 0 0 に開けた穴を介して熱伝達 (又は背面) ガス (例えば、 H e) の供給源に流体結合させることができる。動作中、背面ガスは、サセプタ 2 0 0 と基板との間の熱伝達を向上させるために、ガス流路内に制御された圧力で供給することができる。
40

【 0 0 2 7 】

凹部及び表面構造は、第 1 保護層が堆積される前に、サセプタ 2 0 0 の本体内に形成させることができる。あるいはまた、凹部及び / 又は表面構造は、第 1 保護層が上に堆積された後、第 1 保護層内に形成されてもよい。第 2 保護層は、凹部及び表面構造に倣った適合薄膜保護層とすることができる。あるいはまた、表面構造は、第 2 保護層内に形成されてもよい。したがって、表面構造 (例えば、メサ 2 0 6 及び外側リング 2 0 8) の全ては、第 2 保護層の表面に存在している。一実施形態では、第 2 保護層は、約 5 ~ 5 0 ミクロンの厚さを有する。別の一実施形態では、第 2 保護層は、 2 0 ミクロン以下の厚さを有する。別の一実施形態では、第 2 保護層は、最大 1 0 0 0 ミクロンの厚さを有する。

【 0 0 2 8 】

50

サセプタ200は、リフトピン穴210を更に含む。例えば、サセプタ200は、リフトピン（例えば、Al₂O₃リフトピン）を支持する3つのリフトピン穴を含むことができる。リフトピンは、サセプタ200上へのウェハのロード及びアンロードを可能にする。サセプタ200は、回転スピンドルにサセプタを固定するために使用することができる凹部215を含むことができる。凹部215は、回転スピンドルにサセプタ200を機械的に固定するために使用することができる穴220を含むことができる。

【0029】

図2Bは、穴に挿入された耐プラズマ性プラグ250を有するサセプタ200の拡大断面図を示す。IADとPVDは、直進的プロセスである。したがって、薄膜保護コーティングは、サセプタ内の穴（例えば、リフトピン穴210、穴220、又はヘリウム穴）の内側をコーティングすることはできない。一実施形態では、初期の穴は、大きめの寸法でサセプタ内に形成される。耐プラズマ性プラグ（例えば、耐プラズマ性プラグ250）は、別々に製造され、大きめの穴内に挿入させることができる。耐プラズマ性プラグ250は、大きめの穴内に圧入する（例えば、機械的にプレスさせる）ことができる。耐プラズマ性プラグ250は、バルク焼結耐プラズマ性セラミックス材料（例えば、AlN、Y₂O₃、Y₄Al₂O₉とY₂O₃-ZrO₂の固溶液とを含むセラミックス化合物、又は他の希土類酸化物）から形成することができる。

【0030】

耐プラズマ性プラグ250は、それら自体が、それらの中心に、最終的な穴を有することができ、この場合、最終的な穴は、所望の直径を有する。CVD堆積層及び/又は薄膜保護層は、サセプタのみを、又はサセプタと耐プラズマ性プラグ250の両方をコーティングすることができる。一実施形態では、CVD堆積層は、耐プラズマ性プラグ250が挿入される前に堆積させることができる。その後、薄膜保護層は、耐プラズマ性プラグ250の挿入後に堆積させることができる。薄膜保護層は、プラグ250の外壁とそれが挿入された最初の穴との間のギャップを充填する及び/又は埋めることができます。いくつかの例では、薄膜保護層は、プラグと、プラグが挿入される最初の穴との間のギャップを埋めるのに十分な厚さでないかもしれません。したがって、ギャップを埋めるために、プラグが挿入された後、CVDコーティングを堆積させてもよい。その後、薄膜保護層をCVDコーティング上に堆積させることができます。

【0031】

一実施形態では、耐プラズマ性プラグのベースは、（図示のように）耐プラズマ性プラグの上部よりも狭くなっている。これは、耐プラズマ性プラグがサセプタ200内に所定の深さまで圧入されることを可能にする。

【0032】

図3～図5は、1以上の薄膜保護層によって覆われた物品（例えば、チャンバコンポーネント）の断面側面図を示す。図3は、第1保護層330及び第2保護層308を有する物品300の一実施形態の断面側面図を示す。第1保護層は、SiC、SiN、又は他のセラミックス材料とすることができます。第1保護層330は、CVDプロセスによって本体305上に堆積されていてもよい。第1保護層は、最大200ミクロンの厚さを有することができる。一実施形態では、第1保護層は、約5～100ミクロンの厚さである。

【0033】

第2保護層308は、IADを使用して第1保護層330の上に塗布されたセラミックス薄膜保護層とすることができます。第2保護層308を堆積させるために使用することができる2つの例示的なIAD法は、電子ビームIAD(EB-IAD)及びイオンビームスパッタリングIAD(IBS-IAD)を含む。第2保護層308は、トップコートとしての役割を果たすことができ、耐食性バリアとしての役割を果たし、第1保護層330の露出面をシールする（例えば、第1保護層330内の固有の表面クラック及び穴をシールする）ことができる。

【0034】

IAD堆積された第2保護層308は、（例えば、プラズマ溶射法又はスパッタリング

10

20

30

40

50

法によって引き起こされる膜応力と比較して、) 比較的低い膜応力を有することができる。IAD堆積された第2保護層308はまた、1%未満である空孔率、いくつかの実施形態では約0.1%未満の空孔率を有することができる。したがって、IAD堆積された保護層は、チャンバコンポーネントのアプリケーションに対するパフォーマンス上の利点を有することができる緻密な構造である。また、IAD堆積された第2保護層308は、第1保護層330を最初に粗面化する、又は他の時間の掛かる表面準備工程を実行することなしに堆積させることができる。

【0035】

第2保護層308を形成するために使用することができるセラミックスの例は、 $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG)、 $Er_3Al_5O_{12}$ (EAG)、及び YF_3 を含む。使用することができる別の例示的なセラミックスは、 $Y_4Al_2O_9$ (YAM)である。上記のセラミックスのいずれも、微量の他の材料(例えば、 ZrO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 B_2O_3 、 Er_2O_3 、 Nd_2O_3 、 Nb_2O_5 、 CeO_2 、 Sm_2O_3 、 Yb_2O_3 、又は他の酸化物)を含んでもよい。10

【0036】

物品300の本体305及び/又は第1保護層330は、1以上の表面構造を含むことができる。サセプタに対しては、表面構造は、凹部、メサ、シーリングバンド、ガス流路、ヘリウム穴などを含むことができる。シャワーヘッドに対しては、表面構造は、ガス分配用の数百又は数千の穴、ガス分配穴の周囲のディボット又はバンプなどを含むことができる。他のチャンバコンポーネントは、他の表面構造を有するかもしれない。20

【0037】

第2保護層308は、本体305及び第1保護層330の表面形状に倣う(一致する)ことができる。例えば、第2保護層308は、第1保護層330の上面の相対的な形状を維持する(例えば、第1保護層330内の構造の形状を伝える)ことができる。また、第2保護層308は、本体305及び/又は第1保護層330内の穴を塞がないように十分に薄くすることができる。第2保護層は、1000ミクロン未満の厚さを有することができる。一実施形態では、第2保護層308は、約20ミクロン以下の厚さを有する。更なる一実施形態では、第2保護層は、約0.5ミクロン~約7ミクロンの間の厚さを有する。。

【0038】

代替の一実施形態では、第1保護層330は、省略されてもよい。したがって、 $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG)、 $Er_3Al_5O_{12}$ (EAG)、 YF_3 、又は $Y_4Al_2O_9$ (YAM)の単一保護層のみを、本体305の1以上の表面上に堆積させることができる。30

【表1】

特性	YAM	YF_3	YAG	EAG
絶縁破壊電圧 ($V/\sqrt{5\mu m}$ コーティング)	695	522	1080	900
1.6mmアルミニナ上スタックの誘電率		9.2	9.76 ± 0.01	9.54
1.6mmアルミニナ上スタックの損失正接		9E-4	4E-4	4E-4
1.6mmアルミニナ上スタックの熱伝導率 ($W/\sqrt{m \cdot K}$)			20.1	19.2
92% Al_2O_3 上の接着力 (MPa)	>27	>27	>27	>27
ヘルミシティ(漏れ速度) (cm^3/\sqrt{s})	<1E-10	2.6E-9	4.4E-10	9.5E-10
硬度(GPa)		3.411	8.5	9.057
摩耗速度(nm/RF時間)			0.28	0.176
結晶構造	A	A	A	A

表1:IAD堆積されたYAM、 YF_3 、YAG、及びEAGに対する材料特性

【0039】

表1は、IAD堆積されたYAM、 YF_3 、YAG、及びEAGに対する材料特性を示50

す。図示のように、I A D堆積されたY A Mの5ミクロン(μm)のコーティングは、695ボルト(V)の絶縁破壊電圧を有する。I A D堆積されたY F₃の5 μm のコーティングは、522Vの絶縁破壊電圧を有する。I A D堆積されたY A Gの5 μm のコーティングは、1080Vの絶縁破壊電圧を有する。I A D堆積されたE A Gの5 μm のコーティングは、900Vの絶縁破壊電圧を有する。

【0040】

アルミナの1.6mm上のY F₃の誘電率は、約9.2であり、Y A G薄膜の誘電率は、約9.76であり、E A G薄膜の誘電率は約9.54である。アルミナの1.6mm上のY F₃薄膜の損失正接は、約9E-4であり、Y A G薄膜の損失正接は、約4E-4であり、E A G薄膜の損失正接は、約4E-4である。Y A G薄膜の熱伝導率は、約20.1W/m·Kであり、E A G薄膜の熱伝導率は、約19.2W/m·Kである。10

【0041】

アルミナ基板への薄膜保護層の接着強度は、特定されたセラミックス材料のそれぞれに対して27メガパスカル(MPa)を超えることができる。接着強度は、基板から薄膜保護層を分離するために使用される力の量を測定することによって決定することができる。

【0042】

ヘルミシティは、薄膜保護層を用いて達成することができるシール能力を測定する。示されるように、Y F₃を使用して約2.6E-9立方センチメートル毎秒(cm^3/s)のH e漏れ速度を達成でき、Y A Gを使用して約4.4E-10のH e漏れ速度を達成でき、E A Gを使用して約9.5E-10のH e漏れ速度を達成できる。より低いH e漏れ速度は、改善されたシールを示す。実施例の薄膜保護層の各々は、典型的なA l₂O₃よりも低いH e漏れ速度を有する。20

【0043】

Y₃A l₅O₁₂、Y₄A l₂O₉、E r₃A l₅O₁₂、及び、Y F₃の各々は、プラズマ処理中に摩耗に耐えることができる硬度を有する。示されるように、Y F₃は、約3.411ギガパスカル(GPa)のビッカース硬さ(5kgf)を有し、Y A Gは、約8.5GPaの硬度を有し、E A Gは、約9.057GPaの硬度を有する。Y A Gの測定された摩耗速度は、高周波時間当たり約0.28ナノメートル(nm/RF時間)であり、E A Gの摩耗速度は、約0.176nm/RF時間である。

【0044】

なお、Y₃A l₅O₁₂、Y₄A l₂O₉、E r₃A l₅O₁₂、及びY F₃は、いくつかの実施形態では、上で特定される材料の特性及び特徴が、最大30%変化できるように改質することができることに留意すべきである。したがって、これらの材料特性に対して記載された値は、実施例の達成可能な値として理解されるべきである。本明細書内で記載されるセラミックス薄膜保護層は、提供された値に限定して解釈されるべきではない。30

【0045】

図4は、物品400の本体405の上に堆積された薄膜保護層スタック406を有する物品400の一実施形態の断面側面図を示す。代替の一実施形態では、薄膜保護層スタック406は、S i C又はS i Nの第1保護層の上に堆積されてもよい。

【0046】

薄膜保護層スタック406内の1以上の薄膜保護層(例えば、第1層408及び/又は第2層410)は、Y A G、Y A M、E A G、又はY F₃のうちの1つとすることができます。また、保護層の一部は、E r₂O₃、G d₂O₃、G d₃A l₅O₁₂、又はY₄A l₂O₉とY₂O₃-ZrO₂の固溶液とを含むセラミックス化合物を含んでいてもよい。一実施形態では、同一のセラミックス材料は、2つの隣接する薄膜保護層に対して使用されない。しかしながら、別の一実施形態では、隣接する層は、同じセラミックスで構成されてもよい。

【0047】

図5は、物品500の本体505上に堆積された薄膜保護層スタック506を有する物品500の別の一実施形態の断面側面図を示す。あるいはまた、薄膜保護層スタック50

10

20

30

40

50

6は、SiC又はSiN層の上に堆積させることができる。物品500は、薄膜保護層スタック506が4つの薄膜保護層508、510、515、518を有することを除き、物品400と類似している。

【0048】

薄膜保護層スタック(例えば、図示したもの)は、任意の数の薄膜保護層を有することができる。スタック内の薄膜保護層は、全て同じ厚さを有していてもよく、又はそれらは、様々な厚さを有していてもよい。薄膜保護層のそれぞれは、約50ミクロン未満の厚さを有していてもよく、いくつかの実施形態では、約10ミクロン未満である。一例では、第1層408は、3ミクロンの厚さを有することができ、第2層410は、3ミクロンの厚さを有することができる。別の一例では、第1層508は、2ミクロンの厚さを有するYAG層とすることができます、第2層510は、1ミクロンの厚さを有する化合物セラミックス層とすることができます、第3層515は、1ミクロンの厚さを有するYAG層とすることができます、第4層518は、1ミクロンの厚さを有する化合物セラミックス層とすることができます。

10

【0049】

セラミックス層の数と、使用するセラミックス層の組成の選択は、所望のアプリケーション及び/又はコーティングされる物品の種類に基づいてもよい。IADによって形成されたEAG、YAG、及びYF₃薄膜保護層は、典型的には、アモルファス構造を有している。対照的に、IAD堆積された化合物セラミックス及びEr₂O₃層は、典型的には、結晶又はナノ結晶構造を有する。結晶及びナノ結晶セラミックス層は、一般的に、アモルファスセラミックス層よりも耐食性が高い可能性がある。しかしながら、いくつかの例では、結晶構造又はナノ結晶構造を有する薄膜セラミックス層は、時々縦割れ(ほぼ膜厚方向で、コーティング面にほぼ垂直に走るクラック)が発生する場合がある。このような縦割れは、格子不整合に起因する可能性があり、プラズマ化学に対して攻撃点となる可能性がある。物品が加熱され、冷却されるたびに、薄膜保護層と、それが被覆する基板との間の熱膨張係数の不整合は、薄膜保護層の応力を生じさせる。このような応力は、縦割れに集中する可能性がある。これは、薄膜保護層が、最終的にそれが被覆する基板から離れて剥離を引き起こす可能性がある。対照的に、縦割れがない場合、応力は薄膜全域に亘ってほぼ均一に分布される。

20

【0050】

30

したがって、一実施形態では、薄膜保護層スタック406内の第1層408は、YAG又はEAGなどのアモルファスセラミックスであり、薄膜保護層スタック406内の第2層410は、セラミックス化合物又はEr₂O₃などの結晶又はナノ結晶セラミックスである。このような一実施形態では、第2層410は、第1層408に比べて、より高い耐プラズマ性を提供することができる。本体405上に(又はSiC又はSiN保護層上に)直接ではなく、第1層408上に第2層410を形成することによって、第1層408は後続の層の格子不整合を最小化するためのバッファとしての役割を果たす。こうして、第2層410の寿命を増大させることができる。

【0051】

40

別の一例では、本体、Y₃A₁₅O₁₂(YAG)、Y₄A₁₂O₉、Er₂O₃、Gd₂O₃、Er₃A₁₅O₁₂、Gd₃A₁₅O₁₂、及びY₄A₁₂O₉とY₂O₃-ZrO₂の固溶液とを含むセラミックス化合物のそれぞれは、異なる熱膨張係数を有する可能性がある。2つの隣接する材料間の熱膨張係数の不整合が大きければ大きいほど、これらの材料のうちのいずれかが最終的に、割れ、剥がれ、又はそうでなくとも他の材料へのその接着を失う可能性が大きくなる。保護層スタック406、506は、隣接する層間の(又は層と本体405、505との間の)熱膨張係数の不整合を最小化するような方法で形成させることができる。例えば、本体505は、グラファイトとすることができます、EAGは、グラファイトの熱膨張係数に最も近い熱膨張係数を有することができ、YAGの熱膨張係数がそれに続き、化合物セラミックスの熱膨張係数がそれに続く。したがって、一実施形態では、第1層508は、EAGとすることができます、第2層510は、YAGと

50

することができ、第3層515は、化合物セラミックスとすることができます。

【0052】

別の一例では、保護層スタック506内の層は、2つの異なるセラミックスの交互層とすることができる。例えば、第1層508と第3層515は、YAGとすることができ、第2層510と第4層518は、EAG又はYF₃とすることができます。このような交互層は、交互層内で使用される一方の材料がアモルファスであり、交互層内で使用される他方の材料が結晶又はナノ結晶である場合に、上記のものと同様の利点を提供することができる。

【0053】

別の一例では、識別可能な色を有する薄膜コーティングを、薄膜保護層スタック406又は506のある点に堆積させることができる。例えば、識別可能な色を有する薄膜コーティングは、薄膜スタックの底部に堆積させることができる。識別可能な色を有する薄膜コーティングは、例えば、Er₂O₃又はSmO₂とすることができます。技術者が識別可能な色を見たときに、サセプタを交換又は改修(再生)する必要があることを警告することができます。

10

【0054】

いくつかの実施形態では、薄膜保護層スタック406、506内の1以上の層は、熱処理を用いて形成された遷移層である。本体405、505が、セラミックス体の場合は、薄膜保護層と本体との間の相互拡散を促進するために、高温熱処理を実行することができる。また、熱処理は、隣接する薄膜保護層間又は厚い保護層と薄膜保護層との間の相互拡散を促進するために実行してもよい。特に、遷移層は、非多孔質層とすることができます。遷移層は、2つのセラミックス間の拡散接合の役割を果たすことができ、隣接するセラミックス間の改善された接着性を提供することができる。これは、プラズマ処理中に保護層が割れる、剥離する、又ははがれるのを防止するのを助けることができる。

20

【0055】

熱処理は、最長約24時間(例えば、一実施形態では3~6時間)の間、最高約1400~1600の加熱処理とすることができます。これは、第1薄膜保護層と、隣接するセラミックス体、厚い保護層、又は第2薄膜保護層のうちの1以上との間に相互拡散層を作ることができる。

【0056】

30

図6は、物品上に1以上の保護層を形成するためのプロセス600の一実施形態を示す。プロセス600のプロック605では、サセプタが提供される。サセプタは、ALD処理チャンバ用とすることができます。一実施形態では、サセプタは、熱伝導性の半金属体(良好な熱伝導性を有する半金属体)を有する。一実施形態では、熱伝導性の半金属体は、グラファイト体である。あるいはまた、非熱伝導性のサセプタを提供してもよい。非熱伝導性サセプタは、炭素ガラスからなる本体を有することができる。他の実施形態では、サセプタ以外の物品を提供してもよい。例えば、ALD処理チャンバ用アルミニウムシャワーヘッドを提供することができる。

【0057】

40

一実施形態では、プロック608で耐プラズマ性セラミックスプラグがサセプタ内の穴内に挿入される。耐プラズマ性セラミックスプラグは穴内に圧入することができる。代替の一実施形態では、耐プラズマ性セラミックスプラグは、プロック610の後にサセプタ内の穴内に挿入される。別の実施形態では、耐プラズマ性セラミックスプラグは、サセプタ内の穴内に挿入されない。

【0058】

プロック610では、提供されたサセプタ上に第1保護層を堆積させるためにCVDプロセスが実行される。一実施形態では、第1保護層は、サセプタのプラズマ対向面のみを覆う。別の実施形態では、第1保護層は、サセプタの前面及び背面を覆う。別の実施形態では、第1保護層は、サセプタの前面、背面、及び側面を覆う。一実施形態では、第1保護層は、SiCである。あるいはまた、第1保護層は、SiN、又は別の適切な材料

50

とすることができる。第1保護層は、最大約200ミクロンの厚さを有することができる。サセプタの表面構造を、グラファイト内に機械加工してもよい。一実施形態では、第1保護層は、堆積後に研磨される。

【0059】

ブロック615では、サセプタは、200 以上的温度に加熱される。例えば、サセプタは、200~400 の温度に加熱することができる。一実施形態では、サセプタは、300 の温度に加熱される。

【0060】

ブロック620では、サセプタを加熱しながら、第1保護層の1以上の表面上に第2保護層を堆積させるために、IADが実行される。一実施形態では、第2保護層は、第1保護層のプラズマ対向面のみを覆う。別の実施形態では、第2保護層は、サセプタの表裏の第1保護層を覆う。別の実施形態では、第2保護層は、第1保護層のすべての表面を覆う。一実施形態では、IAD堆積の前に、酸素及び/又はアルゴンイオンがイオン銃によってサセプタに向けられる。酸素及びアルゴンイオンは、第1保護層上の表面の有機汚染物を燃焼させ、残留粒子を分散させることができる。

10

【0061】

実行可能な2種類のIADは、EB-IADとIBS-IADを含む。EB-IADは、蒸着によって実行することができる。IBS-IADは、固体ターゲット材料をスパッタリングすることによって実行することができる。第2保護層は、 $Y_3Al_5O_{12}$ 、 $Y_4Al_2O_9$ 、 $Er_3Al_5O_{12}$ 、又は YF_3 とすることができる。第2保護層は、アモルファスとすることができます、450 の温度でクラッキングに対する耐性を有することができる。一実施形態では、保護層は、最高550 の繰り返しの熱サイクル後でさえ、クラッキングに見舞われないことが可能である。更なる実施形態では、第2保護層は、最高650 の室温の温度でクラッキングに対する耐性を有する。第1保護層及びサセプタの両方とも第2保護層とは異なる熱膨張係数を有する可能性があり、第2保護層は、第1保護層及びサセプタの上に堆積されるが、クラッキングに対する耐性を有することができる。

20

【0062】

第2保護層の堆積速度は、毎秒約1~8オングストロームとすることができます、堆積パラメータを調整することによって変化させることができます。一実施形態では、堆積速度は、毎秒1~2オングストローム(/秒)である。堆積速度はまた、堆積中に変更してもよい。一実施形態では、基板上に適合し良好に付着するコーティングを達成するために、約0.25~1 /秒の初期の堆積速度が使用される。その後、より短く、より費用効果的なコーティングの実行内で、より厚いコーティングを達成するために、2~10 /秒の堆積速度が使用される。

30

【0063】

第2保護層は、それが上に堆積される材料に対して、非常に適合しており、厚さが均一であり、良好な接着性を有することができる薄膜保護層とすることができます。一実施形態では、第2保護層は、1000ミクロン未満の厚さを有する。更なる実施形態では、第2保護層は、5~50ミクロンの厚さを有する。更に別の実施形態では、第2保護層は20ミクロン未満の厚さを有する。

40

【0064】

ブロック625では、追加の保護層(例えば、追加の薄膜保護層)を堆積するかどうかにに関しての判断がなされる。追加の保護層が堆積される場合、プロセスはブロック630へと継続する。ブロック630では、他の保護層が、IADを用いて第2保護層上に形成される。

【0065】

一実施形態では、他の保護層は、第2保護層のセラミックスとは異なるセラミックスで構成される。一実施形態では、他の保護層は、 $Y_3Al_5O_{12}$ 、 $Y_4Al_2O_9$ 、 Er_2O_3 、 Gd_2O_3 、 $Er_3Al_5O_{12}$ 、 $Gd_3Al_5O_{12}$ 、 YF_3 、又は Y_4Al_2

50

O_9 と Y_2O_3 - ZrO_2 の固溶液とのセラミックス化合物のうちの 1 つである。

【 0 0 6 6 】

別の一実施形態では、他の保護層は、第 2 保護層のセラミックスと同じであるセラミックスで構成される。例えば、マスクは、第 2 保護層を形成した後に、サセプタ上に配置してもよい。このマスクは、構造（例えば、メサ及びシール）がサセプタ上に（例えば、サセプタ内の凹部内に）形成されるためのものである開口部を有することができる。その後、追加の保護層を、これらの構造を形成するために堆積させることができる。一実施形態では、構造（例えば、メサ）は、10 ~ 20 ミクロンの高さを有する。

【 0 0 6 7 】

その後、本方法は、プロック 625 に戻る。プロック 625 で追加の薄膜保護層が塗布されない場合は、プロセスは終了する。 10

【 0 0 6 8 】

図 7A は、イオンアシスト蒸着 (IAD) などの高エネルギー粒子を利用した様々な堆積技術に適用可能な堆積メカニズムを示す。典型的な IAD 法は、イオン衝突を組み込む堆積プロセス（例えば、本明細書に記載されるような耐プラズマ性コーティングを形成するためのイオン衝突の存在下での蒸着（例えば、活性化反応性蒸着法 (ARE) 又は EB - IAD) 及びスパッタリング（例えば、IBS - IAD ））を含む。 IAD 法のいずれも、反応性ガス種（例えば、 O_2 、 N_2 、ハロゲン等）の存在下で実施することができる

【 0 0 6 9 】

図示のように、薄膜保護層 715 は、イオンなどの高エネルギー粒子 703 の存在下で堆積材料 702 の蓄積によって形成される。堆積材料 702 は、原子、イオン、ラジカル、又はそれらの混合物を含む。それが形成されるとき、高エネルギー粒子 703 は、薄膜保護層 715 に衝突し、圧縮することができる。 20

【 0 0 7 0 】

一実施形態では、 IAD は、本明細書の他の箇所で先に説明したように、薄膜保護層 715 を形成するために利用される。図 7B は、 IAD 堆積装置の概略図を示す。図示されるように、材料源 752（ターゲット本体とも呼ばれる）は、堆積材料 702 のフラックスを提供し、一方、高エネルギー粒子源 755 は、高エネルギー粒子 703 のフラックスを提供し、これらの両方とも、 IAD プロセスを通して物品 750 に衝突する。高エネルギー粒子源 755 は、酸素又は他のイオン源とすることができます。高エネルギー粒子源 755 はまた、粒子の発生源由来（例えば、プラズマ、反応性ガス由来、又は堆積材料を提供する材料源由来）の他の種類の高エネルギー粒子（例えば、不活性ラジカル、中性子原子、及びナノサイズ粒子）を提供することができます。堆積材料 702 を提供するために使用される材料源（例えば、ターゲット本体）752 は、薄膜保護層 715 が構成されるのと同じセラミックスに対応するバルク焼結セラミックスとすることができる。例えば、材料源は、バルク焼結セラミックス複合体、又はバルク焼結 YAG 、 Er_2O_3 、 Gd_2O_3 、 $Er_3Al_5O_{12}$ 、 YF_3 、又は $Gd_3Al_5O_{12}$ とすることができる。 IAD は、材料源及び高エネルギーイオン源を提供するために、1 以上のプラズマ又はビームを利用してもよい。あるいはまた、材料源は、金属であってもよい。 30

【 0 0 7 1 】

反応種はまた、耐プラズマ性コーティングの堆積中に提供してもよい。一実施形態では、高エネルギー粒子 703 は、非反応種（例えば、 Ar ）又は反応種（例えば、 O ）のうちの少なくとも 1 つを含む。更なる実施形態では、薄膜保護層 715 に最も弱く接着された堆積材料を選択的に除去する傾向を更に増大させるために、 CO 及びハロゲン（ Cl 、 F 、 Br 等）などの反応種をまた、耐プラズマ性コーティングの形成中に導入してもよい。 40

【 0 0 7 2 】

IAD プロセスでは、高エネルギー粒子 703 は、他の堆積パラメータとは独立して、高エネルギーイオン（又は他の粒子）源 755 によって制御することができる。高エネルギーイオンフラックスのエネルギー（例えば、速度）、密度、及び入射角は、薄膜保護層 50

の組成、構造、結晶方位、及び粒径を制御するために調整することができる。調整することができる追加のパラメータは、堆積中、並びに堆積の期間の間の物品の温度である。

【0073】

イオンアシストエネルギーは、コーティングを高密度化し、基板の表面上への材料の堆積を加速するために使用される。イオンアシストエネルギーは、イオン源の電圧と電流の両方を使用して変更することができる。電圧と電流は、コーティングの応力と、コーティングの結晶化度を操作するために、高い及び低いコーティング密度を達成するように調整することができる。イオンアシストエネルギーは、約50～500V及び約1～50アンペア(A)の範囲とすることができます。イオンアシストエネルギーはまた、コーティングの化学量論を意図的に変更するために使用することができる。例えば、金属ターゲットは、堆積中に使用することができ、金属酸化物に転換される。

10

【0074】

コーティング温度は、堆積チャンバ及び/又は基板を加熱するためのヒータを使用し、堆積速度を調節することによって制御することができる。堆積中の基板(物品)温度は、低温(典型的には室温である—実施形態で約120～150)と高温(—実施形態では約270以上)におおざっぱに分けることができる。—実施形態では、約300の堆積温度が使用される。あるいはまた、より高い(例えば、最高450)又はより低い(例えば、最低で室温)の堆積温度を使用することができる。堆積温度は、膜応力、結晶化度、及び他のコーティング特性を調整することのために使用することができる。

20

【0075】

作動距離は、電子ビーム(又はイオンビーム)銃と基板との間の距離である。作動距離は、最も高い均一性を有するコーティングを達成するように変化させることができる。また、作動距離は、コーティングの堆積速度及び密度に影響を与える可能性がある。

【0076】

堆積角度は、電子ビーム(又はイオンビーム)と基板との間の角度である。堆積角度は、基板の位置及び/又は姿勢を変えることによって変化させることができる。堆積角度を最適化することにより、三次元の幾何学的形状内で均一なコーティング(被覆)を達成することができる。

【0077】

E B - I A D 及び I B S - I A D 堆積は、表面状態の広い範囲で実現可能である。しかしながら、研磨された表面は、均一なコーティングカバレッジを達成するために好ましい。I A D 堆積中に基板を保持するために、種々の固定具を使用することができる。

30

【0078】

図8は、本発明の実施形態に従って形成された薄膜保護層に対する浸食速度を示す。図8は、N F₃ プラズマ化学に曝露されたときの薄膜保護層の浸食速度を示している。図示されるように、I A D 堆積された薄膜保護層は、S i C と比べてはるかに改善された耐食性を示している。例えば、S i C は、高周波時間当たり2.5 μm(μm/R F 時間)を超える浸食速度を示した。対照的に、I A D 堆積されたE A G、Y A G、及びY F₃ の薄膜保護層はすべて、0.2 μm/R F 時間未満の浸食速度を示した。

40

【0079】

前述の説明は、本発明のいくつかの実施形態の良好な理解を提供するために、具体的なシステム、コンポーネント、方法等の例などの多数の具体的な詳細を説明している。しかしながら、本発明の少なくともいくつかの実施形態は、これらの具体的な詳細なしに実施することができることが当業者には明らかであろう。他の例では、周知のコンポーネント又は方法は、本発明を必要に不明瞭にしないために、詳細には説明しないか、単純なブロック図形式で提示されている。したがって、説明された具体的な詳細は、単なる例示である。特定の実装では、これらの例示的な詳細とは異なる場合があるが、依然として本発明の範囲内にあることが理解される。

【0080】

本明細書全体を通して「1つの実施形態」又は「一実施形態」への参照は、その実施形

50

態に関連して記載された特定の構成、構造、又は特性が少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味している。したがって、本明細書を通じて様々な場所における「1つの実施形態では」又は「一実施形態では」という語句の出現は、必ずしも全て同じ実施形態を指すものではない。また、用語「又は」は、排他的な「又は」ではなく包含的な「又は」を意味することを意図している。用語「約」又は「およそ」は、本明細書で使用される場合、これは、提示された公称値が $\pm 30\%$ 以内で正確であることを意味することを意図している。

【0081】

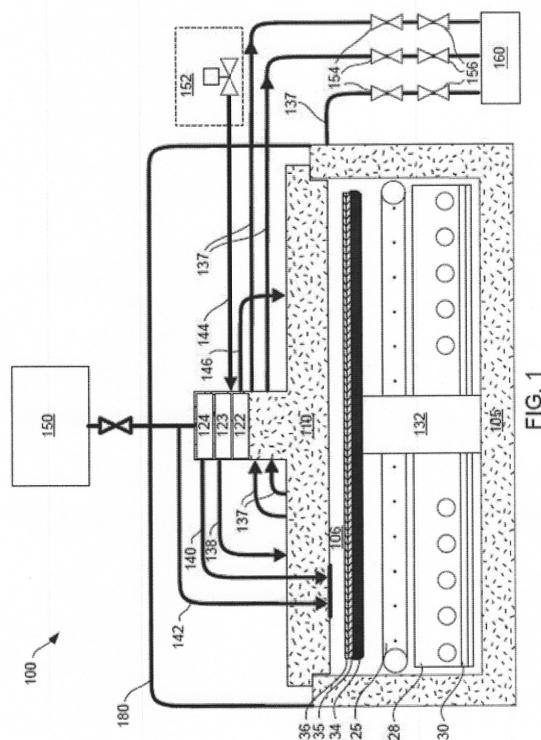
本明細書内の本方法の操作が、特定の順序で図示され説明されているが、特定の操作を逆の順序で行うように、又は特定の操作を少なくとも部分的に他の操作と同時に実行するように、各方法の操作の順序を変更することができる。別の一実施形態では、異なる操作の命令又は副操作は、断続的及び／又は交互の方法とすることができます。

10

【0082】

なお、上記の説明は例示であり、限定的ではないことを意図していることが理解されるべきである。上記の説明を読み理解することにより、多くの他の実施形態が当業者にとって明らかとなるであろう。したがって、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲を、そのような特許請求の範囲が権利を与える均等物の全範囲と共に参照して決定されるべきである。

【図1】



【図 2B】

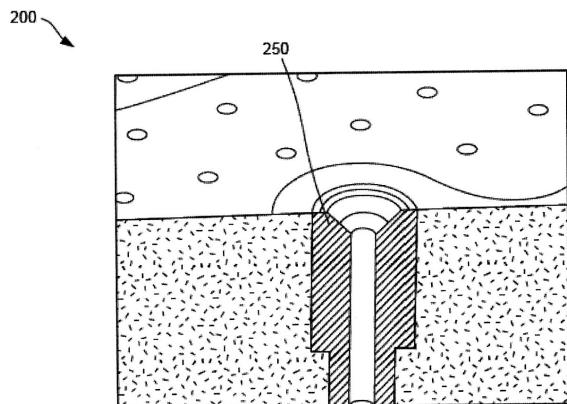


FIG. 2B

【図 4】

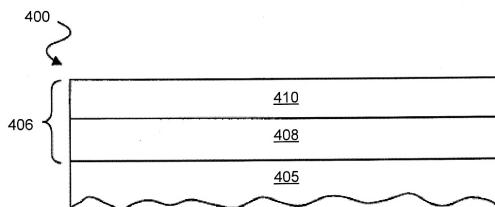


FIG. 4

【図 5】

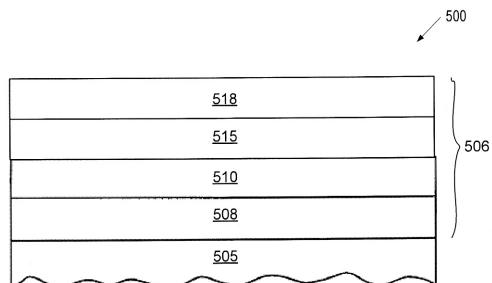


FIG. 5

【図 3】

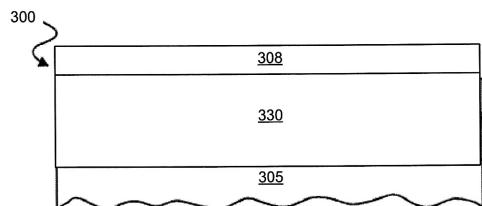


FIG. 3

【図 6】

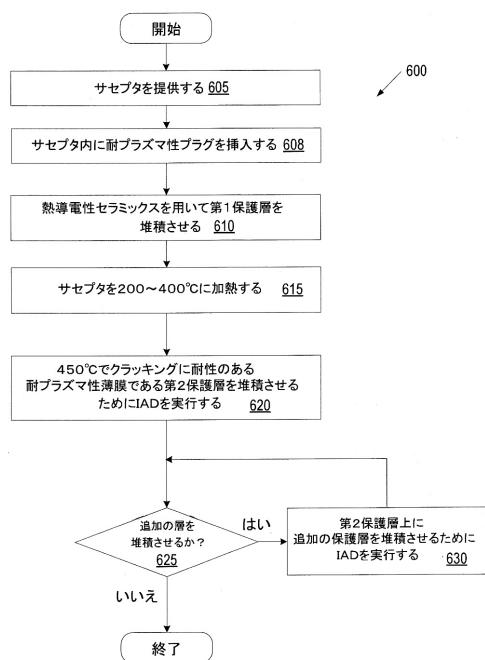


FIG. 6

【図 7A】

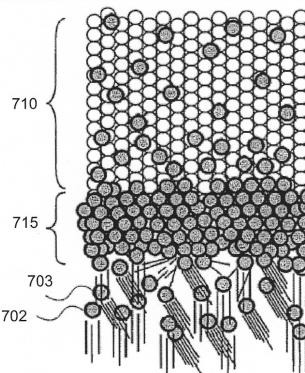


FIG. 7A

【図 7B】

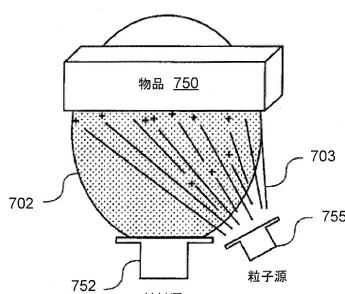


FIG. 7B

【図8】

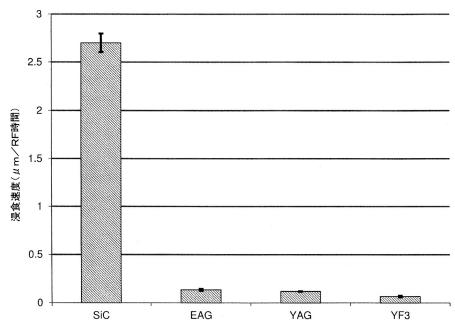


FIG. 8

フロントページの続き

前置審査

(72)発明者 カヌンゴ ピラジャ ピー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95128 サン ノゼ フルートデイル アベニュー 1
919 アパートメント ディー 20

(72)発明者 サン ジェニファー ワイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94041 マウンテン ビュー オーク ヘブン プレイ
ス 106

(72)発明者 サリナス マーティン ジェイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95128 サン ノゼ エヌ クローバー アベニュー
591

(72)発明者 リー ジャレッド アーマッド

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95051 サンタ クララ バッキンガム ドライブ 1
21 #32

審査官 有田 恭子

(56)参考文献 特表2012-508467(JP,A)

特開2001-262346(JP,A)

特表2012-517701(JP,A)

特開2009-231448(JP,A)

特開2005-097685(JP,A)

特表2004-508728(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00 - 16/56

C23C 14/00 - 14/58

H01L 21/31, 21/205