

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7641225号
(P7641225)

(45)発行日 令和7年3月6日(2025.3.6)

(24)登録日 令和7年2月26日(2025.2.26)

(51)国際特許分類 F I
H 0 1 L 21/205 (2006.01) H 0 1 L 21/205
C 2 3 C 16/509 (2006.01) C 2 3 C 16/509

請求項の数 18 (全16頁)

(21)出願番号	特願2021-546221(P2021-546221)	(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 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED 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 3050 Bowers Avenue Santa Clara CA 95054 U.S.A.
(86)(22)出願日	令和2年2月7日(2020.2.7)	(74)代理人	110002077 園田・小林弁理士法人
(65)公表番号	特表2022-519321(P2022-519321 A)	(72)発明者	ニッター, クリシュナ アメリカ合衆国 カリフォルニア 950 最終頁に続く
(43)公表日	令和4年3月22日(2022.3.22)		
(86)国際出願番号	PCT/US2020/017284		
(87)国際公開番号	WO2020/167611		
(87)国際公開日	令和2年8月20日(2020.8.20)		
審査請求日	令和5年2月6日(2023.2.6)		
(31)優先権主張番号	62/803,661		
(32)優先日	平成31年2月11日(2019.2.11)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 パルス状にしたRFプラズマを介した膜形成

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

膜を形成する方法であって、
処理チャンバの処理空間内でプラズマを形成するために C_3H_6 、 C_2H_2 、又は GeH_4 を含む前駆体ガスをイオン化することと、
前記処理チャンバに連結されたRF電源をパルス状にすることと、
パルス状にすることに応じて、前記RF電源をパルス状にする間に、前記処理空間の内側の基板支持体上に配置されている基板上に膜を堆積させることと
を含み、前記基板支持体が350 から450 の温度であり、前記膜が、5%未満の水素含有量を含み、かつ6%未満の厚さの変動を有する、方法。

【請求項2】

前記前駆体ガスを導入することが、前記基板支持体の反対側のガス分配アセンブリを介して、前記前駆体ガスを導入することを含み、前記ガス分配アセンブリが、前記膜を堆積させる間に、200 から350 の温度である、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記RF電源をパルス状にする間に、1 /秒から8 /秒の堆積速度で前記膜を堆積させることを更に含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記RF電源をパルス状にすることが、20%未満の前記RF電源のデューティサイクルオン時間 (TON) を有することを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項 5】

前記前駆体ガスが、ケイ素 (Si) 又はゲルマニウム (Ge) を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

前記前駆体ガスが水素を含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

膜を形成する方法であって、

チャンバリッドと、チャンバ底部と、これらの間を延びる側壁とを有する処理チャンバの処理空間に C_3H_6 、 C_2H_2 、又は GeH_4 を含む前駆体ガスを導入することと、

プラズマを形成するために前記前駆体ガスをイオン化することと、

RF 電源によって生成されたパルス of デューティサイクルのデューティサイクルオン時間 (T_{ON}) を、前記デューティサイクルの全サイクル時間 (T_{TOT}) の 20 % 未満にするために、前記 RF 電源をパルス状にすることと、

5 % 未満の水素含有量を有する膜を、前記処理空間の内側の基板支持体上に配置されている基板上に堆積させることと

を含み、前記基板支持体が 350 から 450 の温度であり、前記膜の厚さが 6 % 未満の変動を有する、方法。

10

【請求項 8】

前記 RF 電源によって生成されたパルス of デューティサイクルの前記デューティサイクルオン時間 (T_{ON}) が、前記デューティサイクルの全サイクル時間 (T_{TOT}) の 10 % 未満である、請求項 7 に記載の方法。

20

【請求項 9】

前記膜が、5 % 未満の水素含有量を含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記膜が、6 % 未満の厚さの変動を有する、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

前記膜が、前記処理チャンバ内の基板支持体上に配置された基板上に堆積される、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 12】

前記膜が、前記処理チャンバの前記チャンバリッド、前記チャンバ底部、及び前記側壁のうちの少なくとも 1 つの上に堆積される、請求項 7 に記載の方法。

30

【請求項 13】

前記膜を堆積させることが、1 / 分から 10 / 分の堆積速度で行われる、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 14】

膜を形成する方法であって、

(a) C_3H_6 、 C_2H_2 、又は GeH_4 を含む前駆体ガスから処理チャンバ内にプラズマを形成することと、

(b) RF 電源をパルス状にして、RF 電源によって生成されたパルス of デューティサイクルのデューティサイクルオン時間 (T_{ON}) を前記デューティサイクルの全サイクル時間 (T_{TOT}) の 20 % 未満にすることと、

40

(c) 前記処理チャンバの内側の基板支持体上に配置されている基板上に第 1 の膜中間層を堆積させることであって、前記基板支持体が 350 から 450 の温度である、第 1 の膜中間層を堆積させることと、

(d) (c) に続いて、前記処理チャンバをパージすることと、

(e) (d) に続いて、前記処理チャンバに水素プラズマを導入することと、

(f) 5 % 未満の水素含有量を有し、かつ 6 % 未満の厚さの変動を有する膜を形成するために、(b) から (e) を繰り返すことと

を含む方法。

【請求項 15】

50

前記基板が、前記処理チャンバのリッド表面、前記処理チャンバの底部表面、前記処理チャンバの側壁、及び前記処理チャンバ内の基板支持体上に配置された基板のうちの少なくとも1つを含む、請求項14に記載の方法。

【請求項16】

(c)における膜堆積速度が、1 /分から5 /分である、請求項14に記載の方法。

【請求項17】

前記第1の膜中間層の厚さが2 から50 である、請求項14に記載の方法。

【請求項18】

前記膜の厚さが100 から500 である、請求項14に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【0001】 本開示の実施態様は、概して、半導体基板及びハードウェア構成要素などの基板上への薄膜の堆積に関する。

【背景技術】

【0002】

【0002】 半導体デバイス製造中にケイ素膜及び水素化物膜を含む膜を形成するために、プラズマ化学気相堆積(PECVD)が使用されうる。このような膜中の高い水素(H)含有量は、後続の膜がPECVDで形成された膜の上部に形成されるときに、集積化の問題につながる可能性がある。集積化の問題は、膜の剥離及びバブリング、並びに膜中の水素の他の層への移動を含みうる。堆積温度は、薄膜のPECVD堆積中に変調され、膜の水素含有量を変化させうるが、高い堆積温度が、半導体製造動作の熱収支を超えうるエネルギー量を利用する。

【0003】

【0003】 したがって、半導体基板及びハードウェア構成要素上に薄膜を形成する改良された方法が当該技術分野において依然として必要とされている。

【発明の概要】

【0004】

【0004】 RFパルスプラズマを使用して膜を形成するための方法及びシステムが、本明細書で検討される。1つの態様では、膜を形成する方法は、処理チャンバの処理空間(process volume)内にプラズマを形成するために前駆体をイオン化することと、処理チャンバに連結されたRF電源をパルス状にすることとを含む。RF電力をパルス状にすることに応じて、RF電源をパルス状にする間に、処理空間の内側の基板支持体上に配置されている基板上に膜を堆積させ、膜は、約10%未満の水素含有量を含む。

【0005】

【0005】 実施態様は、以下のうちの1つ又は複数を含みうる。基板支持体は、膜の堆積中に350 から450 の温度でありうる。前駆体ガスを導入することは、基板支持体の反対側のガス分配アセンブリを介して、前駆体ガスを導入することを含みうる。該ガス分配アセンブリは、膜を堆積させる間に、約200 から約350 の温度である。RF電源をパルス状にする間に、この膜は1 /秒から8 /秒の堆積速度で堆積されうる。RF電源をパルス状にすることは、約20%未満のRF電源のデューティサイクルオン時間(TON)を有することを含みうる。前駆体ガスは、ケイ素(Si)又はゲルマニウム(Ge)を含みうる。前駆体ガスは、水素を含みうる。前駆体ガスは、C₂H₆、C₂H₂、又はGeH₄を含みうる。

【0006】

【0006】 別の態様では、膜を形成する方法は、チャンバリッドと、チャンバ底部と、これらの間を延びる側壁とを有する処理チャンバの処理空間に前駆体を導入することと、プラズマを形成するために前駆体ガスをイオン化することとを含む。RF電源は、RF電源によって生成されたパルスのデューティサイクルのデューティサイクルオン時間(

10

20

30

40

50

T_{ON})をデューティサイクルの全サイクル時間(T_{TOT})の約20%未満にするようにパルス状にされ、約10%未満の水素含有量を有する膜が堆積される。

【0007】

【0007】 実施態様は、以下のうちの1つ又は複数を含みうる。RF電源によって生成されたパルスのデューティサイクルのデューティサイクルオン時間(T_{ON})は、デューティサイクルの全サイクル時間(T_{TOT})の約10%未満である。膜は、約5%未満の水素含有量を含みうる。膜は、約6%未満の厚さの変動を有しうる。膜は、処理チャンバ内の基板支持体上に配置された基板の上に堆積されうる。膜は、処理チャンバのチャンバリッド、チャンバ底部、及び側壁のうちの少なくとも1つの上に堆積されうる。膜の堆積は、約1 /分から約10 /分の堆積速度で行われうる。

10

【0008】

【0008】 別の態様では、膜を形成する方法は、(a)、膜前駆体から処理チャンバ内にプラズマを形成することと、(b)、RF電源をパルス状にして、RF電源によって生成されたパルスのデューティサイクルのデューティサイクルオン時間(T_{ON})をデューティサイクルの全サイクル時間(T_{TOT})の約20%未満にすることとを含む。この方法は、(c)、処理チャンバ内の基板の上に第1の膜中間層を堆積させることと、(d)、(c)に続いて、処理チャンバをパージすることと、(e)、(d)に続いて、処理チャンバに水素プラズマを導入することとを更に含む。更に、この方法では、膜を形成するために、(b)から(e)が繰り返される。

【0009】

【0009】 実施態様は、以下のうちの1つ又は複数を含みうる。基板は、処理チャンバのリッド面、処理チャンバの底面、処理チャンバの側壁、又は処理チャンバ内の基板支持体上に配置された基板のうちの少なくとも1つを含みうる。(c)での膜堆積速度は、約1 /分から約5 /分でありうる。第1の膜中間層の厚さは、約2 から約50 でありうる。膜の厚さは、約100 から約500 でありうる。

20

【0010】

【0010】 別の態様では、非一時的なコンピュータ可読媒体は、プロセッサによって実行されると、プロセスに上記の装置及び/又は方法の動作を実行させる命令を格納している。

【0011】

【0011】 本開示の上記の特徴を詳細に理解することができるように、上記で簡単に要約された本開示のより具体的な説明は、そのいくつかは添付の図面に示されている実施態様を参照することによって得られうる。しかしながら、添付の図面は、例示的な実施態様のみを示しており、したがって、その範囲を限定するものと見なされるべきではなく、他の等しく効果的な実施態様を許容しうることに留意されたい。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】 【0012】 本開示の実施態様による基板処理システムの概略図である。

【図2】 【0013】 本開示の実施態様によるパルス状のRFプラズマを使用して膜を形成する方法のフローチャートである。

40

【図3】 【0014】 本開示の実施態様によるパルス状のRFプラズマを使用して膜を形成する別の方法のフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

【0015】 理解を容易にするために、図に共通する同一の要素を指し示すために、可能な場合には、同一の参照番号を使用した。1つの実施態様の要素及び特徴は、更なる記載がなくとも、他の実施態様に有益に組み込まれうることを企図される。

【0014】

【0016】 以下の開示は、概して、基板処理システムに関し、より詳細には、パルス状のRFプラズマを使用して膜を堆積させるための装置及び方法に関する。本開示の様

50

々な実施態様の網羅的な理解を提供するために、以下の説明及び図 1 から図 3 に特定の詳細事項を明記する。光学的検出及び基板配置に関連することが多い周知の構造及びシステムを説明する他の詳細事項は、様々な実施態様の説明を不必要に不明瞭にすることを回避するために、以下の開示には明記されない。

【 0 0 1 5 】

[0 0 1 7] 図に示した詳細事項、寸法、角度、及び他の特徴の多くは、特定の実施態様の単なる例示にすぎない。したがって、他の実施態様は、本開示の主旨又は範囲から逸脱することなく、他の詳細事項、構成要素、寸法、角度、及び特徴を有しうる。本開示の更なる実施態様は、以下に記載される詳細事項のいくつかがなくとも、実施されうる。加えて、本明細書に記載の装置の説明は、例示的なものであり、本明細書に記載の実施態様の範囲を限定するものとして理解又は解釈されるべきではない。

10

【 0 0 1 6 】

[0 0 1 8] 半導体デバイスは、ケイ素含有薄膜、窒化物含有薄膜、及び水素化物含有薄膜を含みうる。半導体デバイスが製造される処理チャンバ部品を被覆及び保護するために、同じタイプの薄膜を使用することもできる。処理チャンバは、化学気相堆積 (C V D)、プラズマ C V D (P E C V D)、原子層堆積 (A L D)、又は物理的気相堆積 (P V D) を含む動作を実行するように構成されうる。基板上又はチャンバ部品上の薄膜品質は、高水素含有量、例えば、10%以上の膜内水素含有量などの膜内不純物によって悪影響を受ける可能性がある。処理チャンバ部品を被覆するために薄膜が使用される場合に、保護コーティングの不十分な膜品質は、保護コーティングの剥離及び処理チャンバ内に配置された基板の汚染につながる可能性がある。別の例では、薄膜が半導体デバイスの基板上に形成されるときに、膜の品質が不十分であると、下流の動作に問題が生じたり、断片が生じたり、又はデバイス性能が低下したりする可能性がある。高い膜内水素含有量は、膜品質及び全体的なデバイス品質に悪影響を及ぼす可能性がある。例えば、品質の不十分な膜層の上に続いて形成される膜層には、接着又は膜内水素含有量の移動を含む他の品質問題が発生する可能性がある。他の例では、膜が上に形成される下層には、下層への膜内水素含有量の移動を含む品質問題が発生する可能性もある。

20

【 0 0 1 7 】

[0 0 1 9] 本明細書で検討されるシステム及び方法を使用して、基板又はチャンバ部品上での膜形成中のプラズマ化学気相堆積 (P E C V D) の間、R F 電源がパルス状にされる。形成された膜は、アモルファスケイ素膜、アモルファスカーボン膜、又はケイ素若しくは他の材料の微結晶膜を含みうる。1つの例では、膜堆積中に R F 電源をパルス状にすると、所定の膜内水素含有量を有する膜が形成される。1つの例では、膜内水素含有量は、10%未満、例えば、約1%から約9%の範囲である。別の例では、膜内水素含有量は、5%未満、例えば、約1%から約4%の範囲である。更に別の例では、膜内水素含有量は、2%未満、例えば、約0.1%から約1%の範囲である。R F 電源の各パルスは、R F 電源がオンであるときの「オン時間」(T O N) と、電源がオフであるときの「オフ時間」(T O F F) の合計である全時間 (T T O T) を含む。T O N 及び T O F F の各々は、各パルスに対する T O N 及び T O F F の合計が 100% であるデューティサイクルのパーセンテージとして定義されうる。P E C V D 膜形成中に、R F 電力のパルスのデューティサイクルは、デューティサイクルの T O N 部分が 20%、15%、10%、又は 5% 未満であるように調整されうる。1つの例では、P E C V D 膜形成中に、R F 電力のパルスのデューティサイクルは、デューティサイクルの T O N 部分が 20% 未満、例えば、約 1% から約 19% になるように調整されうる。別の例では、P E C V D 膜形成中に、R F 電力のパルスのデューティサイクルは、デューティサイクルの T O N 部分が 15% 未満、例えば、約 1% から約 14% になるように調整されうる。更に別の例では、P E C V D 膜形成中に、R F 電力のパルスのデューティサイクルは、デューティサイクルの T O N 部分が 10% 未満、例えば、約 1% から約 9% になるように調整されうる。更に別の例では、P E C V D 膜形成中に、R F 電力のパルスのデューティサイクルは、デューティサイクルの T O N 部分が 5% 未満、例えば、約 1% から約 4% になるように調整されうる。理論に束縛

30

40

50

されるものではないが、膜内水素含有量は、ヘリウム希釈ガスを水素希釈ガスで置き換えることによって更に減少させることができると考えられる。

【 0 0 1 8 】

【 0 0 2 0 】 いくつかの例では、基板は、パルス状の R F プラズマ膜堆積の前及び / 又はその間に加熱することができる。基板は、基板が配置された基板支持体の周囲に構成されたヒートランプを使用して、加熱することができる。別の例では、基板は、基板支持体に含まれる加熱要素を使用して、加熱することができる。1つの実施例では、パルス状の R F プラズマ膜堆積は、基板が 3 0 0 から 5 0 0 の温度、例えば、3 5 0 から 4 5 0 の温度である間に行われる。他の例と組み合わせることができる1つの例では、成膜中のチャンバ内の圧力は、少なくとも 8 T o r r、例えば、約 8 T o r r から約 2 0 T o r r (約 8 T o r r から約 1 5 T o r r など)である。更に、屈折率 (n)、応力、及び消光係数 (k) のような膜特性は、本明細書で検討されるパルス状の R F プラズマ P E C V D 動作のデューティサイクルを変化させることによって調整されうる。

10

【 0 0 1 9 】

【 0 0 2 1 】 別の例では、シランプラズマなどのプラズマが低い堆積速度でパルス状にされる周期的プロセスで膜が堆積される。低い堆積速度は、約 1 オングストローム / 分から約 5 オングストローム / 分でありうる。膜は、ヘリウム、水素、又はガスの組み合わせの存在下で、2 0 オングストローム ()、1 0 、 5 、又は約 3 から約 2 0 、例えば、約 5 から約 1 0 の厚さに堆積されうる。続いて、膜は、所定時間、水素プラズマに曝露される。堆積及び水素プラズマ曝露が 1 回以上の反復で繰り返され、ターゲットの膜内水素含有量、又は屈折率 (n)、応力、及び / 又は消光係数 (k) を有する膜を形成する。

20

【 0 0 2 0 】

【 0 0 2 2 】 図 1 は、本開示の実施態様による、システム 1 0 0 を含む基板処理システムの概略図である。システム 1 0 0 は、プラズマ C V D (P E C V D) システムを含む、C V D システムとして構成されうる。システム 1 0 0 は、処理チャンバ 1 0 2 内に形成された処理空間 1 4 6 内に配置された基板支持体 1 0 4 を有する処理チャンバ 1 0 2 を含む。処理チャンバ 1 0 2 は、処理空間 1 4 6 を画定するチャンバ側壁 1 2 2、チャンバ底部 1 2 4、及びチャンバリッド 1 4 0 を含む。チャンバリッド 1 4 0 は、プロセスガス及び / 又はプラズマの分配を容易にするためのガス分配アセンブリ 1 1 6 を含む。

30

【 0 0 2 1 】

【 0 0 2 3 】 システムは、処理チャンバ 1 0 2 の自動化された態様を制御するように動作可能なシステムコントローラ 1 1 8 を更に含む。システムコントローラ 1 1 8 は、処理チャンバ 1 0 0 全体の制御及び自動化を容易にし、中央処理装置 (C P U)、メモリ、及びサポート回路 (又は I / O) を含みうる。ソフトウェア命令とデータは、C P U に命令するために、コード化してメモリ内に格納されうる。システムコントローラ 1 1 8 は、例えば、システムバスを介して、処理チャンバ 1 0 2 の構成要素のうちの 1 つ又は複数と通信しうる。システムコントローラ 1 1 8 によって読み取り可能なプログラム (又はコンピュータ命令) は、基板上でどのタスクが実行可能であるかを決定する。いくつかの実施態様では、プログラムは、システムコントローラ 1 1 8 によってソフトウェアで読み取り可能であり、システムコントローラ 1 1 8 は、プラズマ源のパルス、ガス流、様々な制御された構成要素の移動シーケンス、及びこれらの任意の組合せを制御するコードを含みうる。

40

【 0 0 2 2 】

【 0 0 2 4 】 単一のシステムコントローラ 1 1 8 として示されているが、複数のシステムコントローラが本明細書に記載の実施態様で使用されうると理解されたい。例えば、1つの実施態様では、第 1 のコントローラがプラズマ源を制御し、第 2 のコントローラがチャンバ自動化を制御する。

【 0 0 2 3 】

【 0 0 2 5 】 いくつかの例では、基板支持体 1 0 4 は、基板支持ペDESTALである。

50

基板支持体 104 は、基板 106 を基板支持体 104 の上面に保持又は支持する機構を含みうる。基板 106 は、ケイ素及び/又はゲルマニウムを含む半導体基板でありうる。いくつかの例では、基板 106 は、金属層又は誘電体層を含む、上部に形成された 1 つ又は複数の層を有しうる。保持機構の例は、静電チャック、真空チャック、基板保持クランプなどを含みうる。基板支持体 104 は、(加熱デバイス及び/又は冷却デバイスといった) 基板温度を制御するための機構、及び/又は基板表面に近接する種フラックス及び/又はイオンエネルギーを制御するための機構を含みうる。基板支持体 104 は、内部に配置された、又は別の方法で基板支持体 104 に熱的に結合された、1 つ又は複数の基板支持体加熱要素 108 を含む。例えば、基板 106 が 300 から 500 の温度 (350 から 450 の温度など) にある間に、基板支持体 104 を所定の温度まで加熱するために、1 つ又は複数の電源 126 が、1 つ又は複数の基板支持体加熱要素 108 に結合される。1 つの実施態様では、1 つ又は複数の電源 126 は、少なくとも 5 kW のエネルギーを供給するように構成される。代替例では、処理チャンバ 102 は、基板 106 及び/又は基板支持体 104 を照射するように配置された 1 つ又は複数の放射熱ランプ (図示せず) を有しうる。

【0024】

[0026] ガス分配アセンブリ 116 は、基板支持体 104 の反対側の処理チャンバ 102 内に配置される。ガス分配アセンブリ 116 は、膜堆積動作などの処理チャンバ 102 内の 1 つ又は複数の動作の前及び/又は最中に、約 200 から約 350 の温度まで加熱されうる。ガス分配アセンブリ 116 の温度は、基板 106 を処理チャンバ 102 内に配置する前に確立されうる。ガス分配アセンブリ 116 の温度は、処理チャンバ 102 内で 1 つ又は複数の膜を形成する間に、所定の温度範囲内に保持又は修正されうる。ガス分配アセンブリ 116 の上昇温度は、ガス分配アセンブリ 116 と、基板 106 が配置される基板支持体 104 との間の温度差を減少させることによって、部分的に処理チャンバ 102 へのガス流入を促進する。1 つの例では、電源 130 から複数の温度制御要素 110 に電力を印加することによって、ガス分配アセンブリ 116 の温度が制御されうる。1 つの例において、ガス分配アセンブリ 116 は、その内部に配置され、ガス分配アセンブリ 116 にわたる温度勾配及び/又は温度ゾーンを作り出すように構成された複数の温度制御要素 110 を有しうる。複数の温度制御要素 110 は、ガス分配アセンブリ 116 の温度を上昇させ、下降させ、又は維持するために使用されうる。いくつかの例では、ガス分配アセンブリ 116 は、処理チャンバ 102 内の動作前、動作中、及び/又は動作後にガス分配アセンブリに電力を供給するように構成された RF 源 (図示せず) に連結されうる。

【0025】

[0027] ガス分配アセンブリ 116 は、ガス分配アセンブリ 116 の面板を通して形成された複数の開孔 132 を更に含む。ガスマニホールド 114 から処理チャンバ 102 に導入されたガスは、複数の開孔 132 を介して、処理空間 146 に導入される。複数の開孔 132 は、図 1 に示されるように、チャンバリッド 140 を含むガス分配アセンブリ 116 にわたった様々な構成で配置されうる。種々の例では、複数の開孔 132 は、同心円状リング、リングクラスタ、ランダムに配置されたクラスタ、又は他の形状寸法として配置されうる。複数の開孔 132 の各開孔は、本明細書ではほぼ同一の直径として図示されているが、他の例では、開孔 132 の直径が変更されうると企図される。いくつかの例では、チャンバリッド 140 にわたって様々な温度のゾーンを作り出すために、複数の温度制御要素 110 が、個々に又はグループで制御されうるように、ガス分配アセンブリ 116 がゾーン加熱を含む。

【0026】

[0028] ガス分配アセンブリ 116 は、オプションのチャンバライナ 120 がガス分配アセンブリ 116 と同一平面上 (直接接触するか、又はその間に配置された接着剤と同一平面上) になるように、オプションのチャンバライナ 120 の近くに配置されうる。オプションのチャンバライナ 120 が用いられる実施例では、ライナ側壁 138 は、処

10

20

30

40

50

理空間 1 4 6 に露出され、オプションのチャンバライナは、したがって、チャンバ側壁 1 2 2 を保護する。いくつかの実施態様では、オプションのチャンバライナ 1 2 0 は、処理チャンバ 1 0 2 のチャンバ底部 1 2 4 (例えば、底面) に沿って更に配置されうる。したがって、処理チャンバ 1 0 2 のチャンバ側壁 1 2 2 は、オプションのチャンバライナ 1 2 0 によって処理空間 1 4 6 から保護されうる。1 つ又は複数の排気システム (図示せず) は、処理チャンバ 1 0 2 に連結され、処理中又は処理後に処理空間 1 4 6 から過剰なプロセスガス又は副生成物を除去するために使用されうる。

【 0 0 2 7 】

[0 0 2 9] 1 つの例では、ガス分配アセンブリ 1 1 6 は、冷却器プレート 1 4 8 に更に連結されうる。1 つの例では、冷却器プレート 1 4 8 がガス分配アセンブリ 1 1 6 に連結されているときに、冷却器プレート 1 4 8 は、ガス分配アセンブリ 1 1 6 にわたって温度又は温度勾配に対する制御を容易にする。いくつかの実施態様では、冷却器プレート 1 4 8 は、冷却器プレート 1 4 8 内に形成された複数のチャネル (図示せず) を含む。複数のチャネルにより、温度制御流体供給器 (冷却器) 1 5 0 によって供給される温度制御流体は、冷却器プレート 1 4 8 を通って流れ、ガス分配アセンブリ 1 1 6 の温度に対する制御を容易にできるようになる。

10

【 0 0 2 8 】

[0 0 3 0] 本明細書で検討されるように、膜堆積動作は、基板支持体 1 0 4 上に配置された基板 1 0 6 上に 1 つ又は複数の膜を形成すること、並びに処理チャンバ 1 0 2 の露出表面上に 1 つ又は複数の膜を形成することを含みうる。1 つの例では、処理空間 1 4 6 の内側に形成された 1 つ又は複数の膜は、チャンバ側壁 1 2 2 上に形成されうる (例えば、オプションのチャンバライナ 1 2 0 が除外される場合に)。オプションのチャンバライナ 1 2 0 が処理チャンバ 1 0 2 内で使用されるときに、チャンバ側壁 1 2 2 がオプションのチャンバライナ 1 2 0 によって処理空間 1 4 6 から保護されるので、本明細書で検討されるように形成された 1 つ又は複数の膜は、チャンバ側壁 1 2 2 の代わりに、ライナ側壁 1 3 8 上に形成されうる。

20

【 0 0 2 9 】

[0 0 3 1] 1 つ又は複数のガス源 1 1 2 は、ガスマニホールド 1 1 4 を介して、処理チャンバ 1 0 2 に連結される。ガスマニホールド 1 1 4 は、ガス分配アセンブリ 1 1 6 に連結され、1 つ又は複数のガスを 1 つ又は複数のガス源 1 1 2 から処理空間 1 4 6 に送るように構成される。1 つ又は複数のガス源 1 1 2 の各々は、キャリアガス、プラズマ形成のためのイオン化可能なガス (水素又は He など)、又は膜形成のための前駆体を含みうる。RF 電源 1 3 6 は、チャンバ側壁 1 2 2 内のチャンバ壁電極 1 4 2 に電氣的に接続されうる。RF 電源 1 3 6 は、1 3 . 5 6 M H z の RF 電源でありうる。RF 電源 1 3 6 は、更に、基板支持体 1 0 4 内に配置された基板支持電極 1 5 2 に電氣的に接続されうる。プラズマは、RF 電源 1 3 6 を介して、処理空間 1 4 6 内で発生させることができる。RF 電源 1 3 6 は、チャンバ壁電極 1 4 2 (正極でありうる) 及び基板支持電極 1 5 2 (接地電極でありうる) を使用して、RF 場を生成するように構成された変調電源である。RF 電源 1 3 6 は、種々の動作中にパルス状にされうる。いくつかの例では、プラズマを処理チャンバ 1 0 2 に送るために、遠隔プラズマ源 1 3 4 が使用され、ガス分配アセンブリ 1 1 6 に連結されうる。

30

40

【 0 0 3 0 】

[0 0 3 2] 図 2 は、パルス状の RF プラズマを使用して膜を形成する方法 2 0 0 のフローチャートである。方法 2 0 0 は、図 1 に示す処理チャンバ 1 0 2 などの処理チャンバ 1 0 2 内の基板支持体上に配置された基板上に 1 つ又は複数の膜を形成するために使用されうる。方法 2 0 0 のこの例では、工程 2 0 2 で、図 1 の基板 1 0 6 などの基板が、基板支持体 1 0 4 などの基板支持体上に配置される。別の例では、チャンバ側壁 1 2 2、チャンバ底部 1 2 4、チャンバリッド 1 4 0、及び他の露出表面を含む基板上の処理チャンバ 1 0 2 の内側に、1 つ又は複数の膜を形成するために (例えば、処理チャンバ 1 0 2 内の 1 つ又は複数の表面をシーズニングするために)、方法 2 0 0 が用いられうる。図 1 で

50

検討したように、オプションのチャンバライナ120が用いられるときに、オプションのチャンバライナ120上に1つ以上の膜が形成されうる。1つの例では、方法200は、基板が処理チャンバ102内に配置されずに、実行される。他の例では、方法200は、処理チャンバ102内に配置された基板106上と、処理チャンバ102の1つ又は複数の露出表面上との両方の上に、1つ又は複数の膜を形成するために用いられる。

【0031】

【0033】 工程204では、1つ又は複数の膜前駆体ガスが処理チャンバ102に導入される。1つ又は複数の膜前駆体ガスは、シラン(SiH_4)、 Si_2H_6 、又は他の水素化物若しくはケイ素ベースの前駆体を含みうる。他の例では、1つ又は複数の膜前駆体ガスは、炭素-水素含有化合物を含みうる。例えば、1つ又は複数の膜前駆体ガスは、 C_2H_2 又は C_3H_6 を含みうる。別の例では、1つ又は複数の膜前駆体ガスは、 GeH_4 などのゲルマニウムを含みうる。別の例では、1つ又は複数の膜前駆体ガスは、 AsH_3 などのヒ素(As)を含みうる。1つの例では、1つ又は複数の膜前駆体ガスは、約100 sccmから約1000 sccmの流量で、工程204において導入される。1つの例では、1つ又は複数の膜前駆体ガスは、約300 sccmから約800 sccmの流量で、工程204において導入される。

【0032】

【0034】 更に工程204では、1つ又は複数のプロセスガスは、処理チャンバ102に導入されうる。1つ又は複数の膜前駆体ガス及びプロセスガスは、図1のガス分配アセンブリ116を介して、工程204で導入されうる。1つ又は複数のプロセスガスは、アルゴン(Ar)、水素、及び/又はヘリウム(He)を含みうる。1つの例では、ヘリウム及びアルゴンが、少なくとも1つの膜前駆体ガスと共に、工程204で処理チャンバ102に導入される。別の例では、工程204で、ヘリウム、水素、及びアルゴンが処理チャンバ102に導入される。別の例では、工程204において、水素及びアルゴンが処理チャンバ102に導入される。ヘリウムは、約6500 sccmから約8000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。アルゴンは、約100 sccmから約10,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。1つの例では、水素は、約100 sccmから約1,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。別の例では、水素は、約6,500 sccmから約8,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。1つの例では、ヘリウムの流量対水素の流量の比は、約4:1から約9:1である。別の例では、ヘリウムの流量対水素の流量の比は、約5:1から約8:1である。いくつかの例では、工程204で導入された1つ又は複数の膜前駆体ガスと、工程204で導入された1つ又は複数のプロセスガスとの間に、ターゲット流量比が存在しうる。1つの例では、少なくとも1つの膜前駆体ガス(FPC)の流量対プロセスガス(FG)の流量の比(FPC:FG)は、1:10より大きい。

【0033】

【0035】 別の例では、水素、アルゴン、及びヘリウムが、工程204において処理チャンバ102に導入される。水素は、約6,500 sccmから約8,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。アルゴンは、約100 sccmから約10,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。ヘリウムは、約100 sccmから約1000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。1つの例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約4:1から約9:1である。別の例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約5:1から約8:1である。

【0034】

【0036】 更に別の例では、工程204において、水素及びアルゴンが処理チャンバ102に導入される。水素は、約6,500 sccmから約8,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導入されうる。アルゴンは、約100 sccmから約10,000 sccmの流量で、工程204において処理チャンバ102に導

10

20

30

40

50

入されうる。1つの例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約4：1から約9：1である。別の例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約5：1から約8：1である。

【0035】

【0037】 工程206では、1つ又は複数の前駆体ガス及びプロセスガスがイオン化されてプラズマを形成する。工程208では、図1の136のようなRF電源がパルス状にされ、その一方で、1つ又は複数のプロセスガス及び1つ又は複数の前駆体ガスが処理チャンバ内に導入される。工程208における各パルスは、デューティサイクルのための全時間 T_{TOT} を有する。 T_{TOT} は、 T_{ON} と T_{OFF} との合計である。1つの例では、工程208における T_{ON} は、 T_{TOT} の30%未満、例えば、約20%から約29%である。別の例では、工程208における T_{ON} は、 T_{TOT} の20%未満、例えば、 T_{TOT} の約15%から約19%である。別の例では、工程208における T_{ON} は、 T_{TOT} の10%未満、例えば、 T_{TOT} の約5%から約9%である。追加の例では、工程208における T_{ON} は、 T_{TOT} の5%未満、例えば、 T_{TOT} の約1%から約4%である。

10

【0036】

【0038】 更に、方法200では、少なくとも工程204、206、及び208において、処理チャンバ102内の圧力は、約1mTorrから約50Torrでありうる。別の例では、少なくとも工程204、206、及び208中の処理チャンバ102内の圧力は、約8Torrから約50Torr、例えば、約8Torrから約20Torrでありうる。更に、工程200において、少なくとも工程204、206、及び208において、処理チャンバ102内の温度は、約300 から約500 でありうる。他の例では、工程204、206、及び208において、処理チャンバ102内の温度は、約350 から約450 でありうる。PECVD動作の電力密度は、処理チャンバの単位体積あたりの処理チャンバに印加される電力量である。ピーク電力密度は、処理チャンバ動作中の電力密度の最高値である。1つの例では、膜堆積中のピーク電力密度は、 $0.03W/cm^2$ から約 $1.64W/cm^2$ でありうる。別の例では、膜堆積中のピーク電力密度は、約 $0.06W/cm^2$ 又は約 $0.12W/cm^2$ である。別の例では、方法200の間の電力密度は、約 $0.03W/cm^2$ から約 $1.64W/cm^2$ でありうる。いくつかの例では、方法200の間の電力密度は、約 $0.06W/cm^2$ から約 $0.3W/cm^2$ である。

20

【0037】

【0039】 方法200の工程210において、膜が形成される。工程210で形成される膜は、工程202が実行されるときに基板106上に形成されうる。他の例では、工程210で形成される膜は、処理チャンバ102のリッド、底部、側壁、又は他の露出表面上に形成されうる。RF電力を使用して工程208でプラズマをパルス状にすることにより、処理空間146内のプラズマの水素濃度が減少し、基板106の表面又は処理チャンバ102の露出表面からの水素脱着速度が増加する。脱着が低減されると、工程210で形成される膜の水素含有量が低下する。工程210における膜前駆体からの膜の形成は、工程208の T_{ON} 期間に応じて行われる。

30

【0038】

【0040】 工程210で形成される膜は、約500 までの厚さを有するように形成されうる。工程210で形成される膜は、約10%未満の水素含有量を含みうる。他の例では、工程210で形成される膜は、約5%未満の水素含有量を含みうる。別の例では、工程210で形成される膜は、約3%未満の水素含有量を含みうる。別の例では、工程210で形成される膜は、約2%未満の水素含有量を含みうる。別の例では、工程210で形成される膜は、約1%未満の水素含有量を含みうる。プラズマの前駆体ガス導入及びパルス状にすることに応じて、工程210で形成される膜は、約10 /分から約1,000 /分の速度で堆積されうる。別の例では、堆積速度は、約80 /分から約300 /分でありうる。方法200を使用して形成される膜は、a-Siなどのアモルファス膜であっても、多結晶膜であってもよい。方法200を使用して形成された膜は、633nmで約4.25から約4.45の屈折率を有しうる。本明細書の他の例と組み合わせる

40

50

ことができる別の例では、方法 200 を使用して形成された膜は、約 0.140 から約 0.180 の消光係数 (k) を示す。他の例と組み合わせることができる別の例では、方法 200 を使用して形成される膜は、約 0.140 から約 0.160 の k を有する。本明細書の他の例と組み合わせることができる別の例では、方法 200 を使用して形成された膜は、約 -1100 MPa から約 -300 MPa の膜内応力を示す。更に、本明細書の他の例と組み合わせることができる方法 200 の例では、膜均一性とも呼ばれうる膜の厚さの変動は、約 1% 未満から約 6% でありうる。本明細書の他の例と組み合わせることができる別の例では、膜の均一性は約 4% 未満である。

【0039】

【0041】 図 3 は、パルス状の RF プラズマを使用して膜を形成する方法 300 のフローチャートである。方法 300 は、方法 200 に類似するが、方法 300 は、循環プロセスで膜を形成する。方法 300 は、図 1 に示す処理チャンバ 102 などの処理チャンバ内の基板支持体上に配置された基板に 1 つ又は複数の膜を形成するために用いられうる。方法 300 のこの例では、工程 302 において、図 1 の基板 106 などの基板が、基板支持体、例えば図 1 の基板支持体 104 上に配置される。別の例では、方法 300 は、例えばシーズニングプロセスなどの処理チャンバ 102 の内面上に 1 つ又は複数の膜を形成するために用いられうる。シーズニングプロセス中に、方法 300 は、基板を処理チャンバ 102 内に配置せずに実行される。他の例では、方法 300 は、処理チャンバ 102 内に配置された基板 106 上と処理チャンバ 102 の内面上の両方に 1 つ又は複数の膜を形成するために用いられる。

【0040】

【0042】 工程 304 において、1 つ又は複数の膜前駆体ガスが処理チャンバに導入される。1 つ又は複数の膜前駆体ガスは、シラン (SiH_4)、 Si_2H_6 、又は他の炭素又はケイ素含有前駆体を含みうる。他の例では、1 つ又は複数の膜前駆体ガスは、 C_2H_2 又は C_3H_6 を含みうる。別の例では、1 つ又は複数の膜前駆体ガスは、 GeH_4 などのゲルマニウムを含みうる。別の例では、1 つ又は複数の膜前駆体ガスは、 AsH_3 などのヒ素 (As) を含みうる。1 つの例では、1 つ又は複数の膜前駆体ガスは、約 100 sccm から約 1000 sccm の流量で、工程 304 において導入される。

【0041】

【0043】 更に工程 304 では、1 つ又は複数のプロセスガスは、処理チャンバ 102 に導入されうる。1 つ又は複数の膜前駆体ガス及びプロセスガスは、図 1 のガス分配アセンブリ 116 を介して、工程 304 で導入されうる。1 つ又は複数のプロセスガスは、アルゴン (Ar)、水素、及び/又はヘリウム (He) を含みうる。1 つの例では、ヘリウム及びアルゴンが、少なくとも 1 つの膜前駆体ガスと共に、工程 304 で処理チャンバに導入される。別の例では、工程 304 で、ヘリウム、水素、及びアルゴンがすべて処理チャンバに導入される。別の例では、工程 304 において、水素及びアルゴンが処理チャンバに導入される。ヘリウムは、約 6,500 sccm から約 8,000 sccm の流量で、工程 304 において処理チャンバに導入されうる。アルゴンは、約 100 sccm から約 10,000 sccm の流量で、工程 304 において処理チャンバに導入されうる。水素は、約 100 sccm から約 1,000 sccm の流量で、工程 304 において処理チャンバに導入されうる。別の例では、水素は、約 6,500 sccm から約 8,000 sccm の流量で、工程 304 において処理チャンバに導入されうる。1 つの例では、ヘリウムの流量対水素の流量の比は、約 4:1 から約 9:1 である。別の例では、ヘリウムの流量対水素の流量の比は、約 5:1 から約 8:1 である。いくつかの例では、工程 304 で導入された 1 つ又は複数の膜前駆体ガスと、工程 304 で導入された 1 つ又は複数のプロセスガスとの間に、ターゲット流量比が存在しうる。1 つの例では、少なくとも 1 つの膜前駆体ガス (FPC) の流量対プロセスガス (FG) の流量の比 (FPC:FG) は、1:10 より大きい。

【0042】

【0044】 別の例では、水素、アルゴン、及びヘリウムが、工程 304 において処

理チャンバ102に導入される。水素は、約6,500 sccmから約8,000 sccmの流量で、工程304において処理チャンバ102に導入されうる。アルゴンは、約100 sccmから約10,000 sccmの流量で、工程304において処理チャンバ102に導入されうる。ヘリウムは、約100 sccmから約1000 sccmの流量で、工程304において処理チャンバ102に導入されうる。1つの例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約4:1から約9:1である。別の例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約5:1から約8:1である。

【0043】

[0045] 更に別の例では、工程304において、水素及びアルゴンが処理チャンバ102に導入される。水素は、約6,500 sccmから約8,000 sccmの流量で、工程304において処理チャンバ102に導入されうる。アルゴンは、約100 sccmから約10,000 sccmの流量で、工程304において処理チャンバ102に導入されうる。1つの例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約4:1から約9:1である。別の例では、水素の流量対ヘリウムの流量の比は、約5:1から約8:1である。

【0044】

[0046] 工程306では、1つ又は複数の膜前駆体ガスがイオン化されてプラズマになる。工程308では、図1の136などのRF電源がパルス状にされて、第1の膜中間層、例えば、膜のサブ部分を堆積させる。第1の膜中間層は、工程308において、基板106上に堆積されうる。別の例では、第1の膜中間層は、工程308で、処理チャンバ102の1つ又は複数の内部表面上に堆積されうる。工程308の間、アルゴン(Ar)及びヘリウム(He)を含むプロセスガスは、処理チャンバ内に存在し、プラズマにイオン化されうる。1つの例では、工程308の間、処理チャンバ102内に水素は存在しない。他の例では、工程308中に、処理チャンバ102内に水素プラズマが存在する。

【0045】

[0047] 工程308で形成される第1の膜中間層は、約1 /分から約10 /分の速度、例えば、約2 /分から約5 /分の速度で堆積されうる。RF電力を使用して工程308でプラズマをパルス状にすることにより、処理空間中の水素プラズマ濃度が低下し、表面からの水素脱着速度が増加し、各膜の中間層の水素含有量が、所定の範囲内又は所定の最大値未満まで低下する。上述のように、工程308におけるRF電力の各パルスは、TONとTOFFとの合計であるデューティサイクルに対する全時間TTOTを有する。1つの例では、工程308におけるTONは、TTOTの30%未満、例えば、約20%から約29%である。1つの例では、工程308におけるTONは、TTOTの20%未満、例えば、TTOTの約15%から約19%である。1つの例では、工程308におけるTONは、TTOTの10%未満、例えば、TTOTの約5%から約9%である。更に別の例では、工程308におけるTONは、TTOTの5%未満、例えば、TTOTの約1%から約4%である。膜前駆体からの膜中間層の堆積は、工程308のTON期間中に行われる。

【0046】

[0048] 更に、方法300において、工程304、306、及び308のうちの1つ又は複数の間に、処理チャンバ102内の圧力は、約1 mTorrから約50 Torrでありうる。別の例では、工程304、306、及び308のうちの1つ又は複数の間の処理チャンバ102内の圧力は、約8 Torrから約50 Torr、例えば、約8 Torrから約20 Torrでありうる。更に、方法300では、工程304、306、及び308のうちの1つ又は複数の間、処理チャンバ102内の温度は、約300 から約500 でありうる。他の例では、工程304、306、及び308のうちの1つ又は複数において、処理チャンバ102内の温度は、約300 から約500 でありうる。更に他の例では、工程304、306、及び308のうちの1つ又は複数において、処理チャンバ102内の温度は、約350 から約450 でありうる。方法300の間の電力密度は、約0.03 W/cm²から約1.64 W/cm²でありうる。いくつかの例では、方法300の間の電力密度は、約0.06 W/cm²から約0.3 W/cm²である。

【 0 0 4 7 】

【 0 0 4 9 】 工程 3 1 0 において、処理チャンバ 1 0 2 は、オプションで、前駆体プラズマを除去するためにパージされる。いくつかの例では、パージは行われず。別の例では、プラズマがチャンバ内で点火されたままであり、前駆体ガス流が停止されてチャンバから除去されるように、キャリア及び/又はパージガスが連続的に流される。パージが行われず例では、水素プラズマは、少なくとも工程 3 0 6 及び 3 0 8 の間に存在しうる。更に、この例では、方法 3 0 0 は、工程 3 0 8 から工程 3 1 2 に進みうる。工程 3 1 2 では、処理チャンバ 1 0 2 内で水素プラズマが形成及び/又は維持され、工程 3 0 8 で形成された第 1 の膜中間層が水素プラズマに曝露される。

【 0 0 4 8 】

【 0 0 5 0 】 方法 3 0 0 の工程 3 1 4 では、工程 3 0 4、3 0 6、3 0 8、3 1 0、及び 3 1 2 の 1 つ又は複数の反復で堆積された 1 つ又は複数の中間層から膜が形成される。これらの反復を通して形成される中間層の全厚さは、約 5 0 まででありうる。各サイクルを通して形成される各中間層は、約 2 から約 4 9 の厚さを有しうる。工程 3 0 4、3 0 6、3 0 8、3 1 0、及び 3 1 2 の 1 回以上の反復を通して工程 3 1 4 で形成される膜は、約 1 0 % 未満、例えば、約 5 % 未満、又は約 3 % 未満、又は約 2 % 未満、例えば、約 1 % 未満の水素含有量を含みうる。工程 3 1 4 で形成された膜は、処理チャンバの内部表面に形成されうる。他の例と組み合わせることができる別の例では、膜は、処理チャンバ 1 0 2 内に配置された基板 1 0 6 上に形成されうる。1 つの例では、工程 3 1 4 で形成される膜は、微結晶粒構造を有しうる。

【 0 0 4 9 】

【 0 0 5 1 】 したがって、本明細書で検討されるシステム及び方法を使用して、パルス状の R F プラズマが単独で又は H プラズマ曝露と組み合わせて使用され、膜を堆積させる。本明細書で堆積される膜は、基板上及び/又はチャンバ部品上、又は他の露出表面上に形成されうる。パルス状 R F プラズマは、1 つ又は複数の半導体膜前駆体を含むことができ、プラズマは、R F 電力を使用してパルス状にされ、約 2 0 % 未満のデューティサイクルオン時間を有する複数のパルスを含む。【 0 0 5 0 】

【 0 0 5 2 】 実施態様は、以下の利点のうちの 1 つ又は複数を含みうる。本明細書中で検討される方法に従って形成される膜は、1 0 % 未満の水素含有量を有しうる。本明細書で検討されるシステム及び方法は、消光係数、膜応力、及び屈折率などの所定の膜特性を含む膜を形成しうる。

【 0 0 5 1 】

【 0 0 5 3 】 本明細書に記載の実施態様及び機能的動作のすべては、本明細書に開示される構造的手段及びその構造的等価物を含む、デジタル電子回路、又はコンピュータソフトウェア、ファームウェア、若しくはハードウェア、又はこれらの組合せで実装されうる。本明細書に記載の実施態様は、1 つ又は複数の非一時的コンピュータプログラム製品として、即ち、データ処理装置（例えば、プログラム可能プロセッサ、コンピュータ、又は複数のプロセッサ若しくはコンピュータ）によって実行するための、又はデータ処理装置の動作を制御するための、機械読取り可能記憶デバイス内に有形に具現化された 1 つ又は複数のコンピュータプログラムとして、実装されうる。

【 0 0 5 2 】

【 0 0 5 4 】 本明細書に記載のプロセス及び論理フローは、入力データで動作し、かつ出力を生成することによって機能を実施するために 1 つ又は複数のコンピュータプログラムを実行する 1 つ又は複数のプログラマブルプロセッサによって実施されうる。プロセス及び論理フローはまた、例えば、F P G A（フィールドプログラマブルゲートアレイ）又は A S I C（特定用途向け集積回路）によって実行可能であり、装置はまた、F P G A 又は A S I C として実装可能である。

【 0 0 5 3 】

【 0 0 5 5 】 「データ処理装置」という用語は、例として、プログラマブルプロセッ

10

20

30

40

50

サ、コンピュータ、又は複数のプロセッサ若しくはコンピュータを含む、データを処理するためのすべての装置、デバイス、及び機械を包含する。装置は、ハードウェアに加えて、問題のコンピュータプログラムのための実行環境を形成するコード、例えば、プロセッサファームウェア、プロトコルスタック、データベース管理システム、オペレーティングシステム、又はこれらのうちの1つ又は複数の組み合わせを構成するコードを含みうる。コンピュータプログラムの実行に適したプロセッサは、例として、汎用及び専用の両方のマイクロプロセッサ、並びに任意の種類デジタルコンピュータの任意の1つ又は複数のプロセッサを含みうる。

【0054】

[0056] コンピュータプログラム命令及びデータを記憶するのに適しているコンピュータ可読媒体は、例として、半導体メモリデバイス（例えばEPROM、EEPROM、及びフラッシュメモリデバイス）、磁気ディスク（例えば、内蔵ハードディスク又は着脱可能なディスク）、光磁気ディスク、並びにCD-ROM及びDVD-ROMディスクを含む、あらゆる形の不揮発性メモリ、媒体及びメモリデバイスを含む。プロセッサ及びメモリは、専用論理回路によって補足されうるか、又は専用論理回路に組み込まれうる。

10

【0055】

[0057] 以上の記述は本開示の実施態様を対象としているが、本開示の他の実施態様及び更なる実施態様が、本開示の基本的な範囲から逸脱することなく考案されてもよく、本開示の範囲は、以下の特許請求の範囲によって決定される。

20

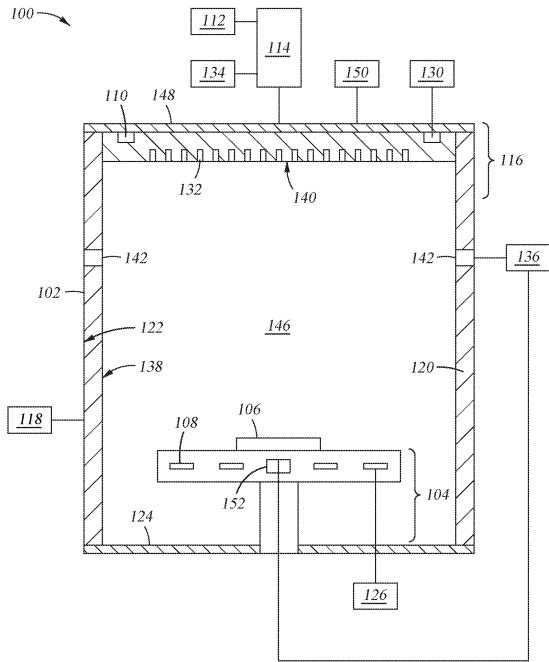
30

40

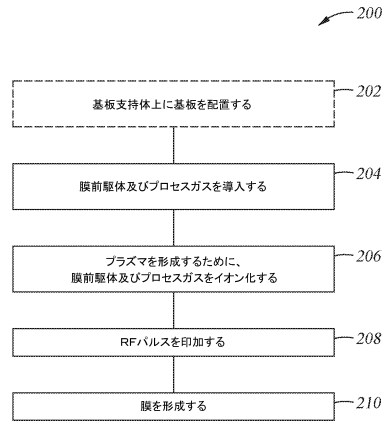
50

【図面】

【図 1】



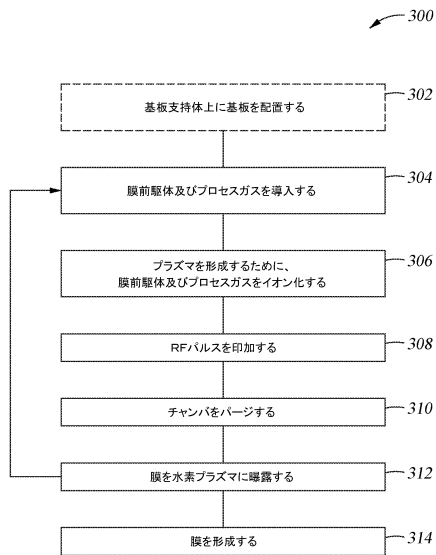
【図 2】



10

20

【図 3】



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 ケッドラヤ, ディワカール エヌ.
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 ジャナキラマン, カーティック
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 ヤン, イー
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
- 審査官 小 高 孔 頌
- (56)参考文献 米国特許出願公開第2017/0323785 (US, A1)
特開2004-165591 (JP, A)
特開2014-086730 (JP, A)
特開2010-205854 (JP, A)
特開2013-153164 (JP, A)
特開2000-331935 (JP, A)
特開平06-333852 (JP, A)
米国特許出願公開第2017/0323803 (US, A1)
国際公開第2018/204709 (WO, A1)
特開2012-222175 (JP, A)
特開2015-073096 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21/205
C23C 16/509