

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5475229号
(P5475229)

(45) 発行日 平成26年4月16日(2014.4.16)

(24) 登録日 平成26年2月14日(2014.2.14)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/205 (2006.01)	HO 1 L 21/205
HO 1 L 21/31 (2006.01)	HO 1 L 21/31
C 23 C 16/44 (2006.01)	C 23 C 16/44

F
J

請求項の数 17 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-506170 (P2007-506170)
(86) (22) 出願日	平成17年2月15日 (2005.2.15)
(65) 公表番号	特表2007-531997 (P2007-531997A)
(43) 公表日	平成19年11月8日 (2007.11.8)
(86) 國際出願番号	PCT/US2005/004905
(87) 國際公開番号	W02005/103325
(87) 國際公開日	平成17年11月3日 (2005.11.3)
審査請求日	平成20年2月15日 (2008.2.15)
(31) 優先権主張番号	10/814,768
(32) 優先日	平成16年3月31日 (2004.3.31)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	000219967 東京エレクトロン株式会社 東京都港区赤坂五丁目3番1号
(73) 特許権者	591147845 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ、コーポレーション INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION
(74) 代理人	100064908 弁理士 志賀 正武
(74) 代理人	100089037 弁理士 渡邊 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基板処理方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

処理チャンバ内においてセラミック基板ヒータ上の基板を処理する方法であつて、前記方法は、前記セラミック基板ヒータ上に基板を配置する前に、前記処理チャンバ内の前記セラミック基板ヒータ上に保護コーティングを形成する段階を備え、

前記保護コーティングを形成する段階が、

(a) 前記セラミック基板ヒータを金属カルボニルガスまたは金属ハロゲン化物ガスを含有する反応ガスに暴露して前記セラミック基板ヒータ上に金属からなる第1金属層を堆積する段階と、

(b) 前記セラミック基板ヒータを少なくとも1つの非金属含有ガスに暴露して少なくとも1つの非金属を前記第1金属層上に堆積する段階と、

を含み、

シリコン含有ガス、炭化水素ガス、酸素含有ガス、若しくは窒素含有ガス、又はこれらガスの2つ以上の組み合わせが前記非金属含有ガスとして使用され、

前記保護コーティングは、非金属層表面を有し、前記非金属層表面は、前記基板を受ける第1表面部位と、前記第1表面部位が前記基板を受ける際に露出された状態に維持される第2表面部位と、を含み、

前記方法が、

(c) 前記非金属層表面部位の第1表面部位上に少なくとも1つの前記基板を配置し、その後、該基板に追加的金属を堆積する処理を施す段階であつて、該段階中に前記第2表

10

20

面部位上にも追加的金属が堆積される段階と、

(d) 处理された前記基板を前記処理チャンバから取り外し、コーティングされた前記セラミック基板ヒータを少なくとも1つの非金属含有ガスに再度暴露して追加的非金属を堆積し、前記追加的金属を覆う段階と、

(e) 前記段階(c)及び前記段階(d)を所望の数の基板が処理されるまで、繰り返す段階と、

(f) 前記セラミック基板ヒータから、前記保護コーティングと、前記追加的金属及び追加的非金属の堆積物を剥離する段階と、
をさらに含む、

方法。

10

【請求項2】

前記非金属層表面部位は、シリコン又はグラファイトである、請求項1に記載の方法。

【請求項3】

前記セラミック基板ヒータは、AlN、Al₂O₃、SiC、及び、BeOからなる群から選択される少なくとも1つのセラミックを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項4】

前記保護コーティングの金属は、Re、Ru、Ta、Ni、若しくはCr、又はこれらの2つ以上の組合せを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項5】

前記金属カルボニルガスは、Ru₃(CO)₁₂、Ni(CO)₄、Co₂(CO)₈、Rh₄(CO)₁₂、Re₂(CO)₁₀、及び、Cr(CO)₆からなる群から選択される、請求項1に記載の方法。

20

【請求項6】

前記非金属含有ガスは、SiH₄、Si₂H₆、SiCl₂H₂、Si₂Cl₆、アルカン、アルケン、アルキン、O₂、O₃、CO₂、CO、N₂、NO、NO₂、若しくはN₂O、又はこれらの2つ以上の組合せを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項7】

前記形成する段階は、前記基板ヒータを100～800に加熱する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項8】

30

前記形成する段階は、前記セラミック基板ヒータを300～600に加熱する段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項9】

前記非金属層は、Siを含む、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記第2表面部位上に追加的金属を堆積する前記処理は、TCVD処理、ALD処理、PECVD処理、及びエッチング処理からなる群から選択される、請求項1に記載の方法。

【請求項11】

前記保護コーティングは、前記セラミック基板ヒータの露出した表面を実質的に覆う、請求項1に記載の方法。

40

【請求項12】

前記段階(a)から段階(f)までを少なくとも1回繰り返す段階をさらに含む、請求項1に記載の方法。

【請求項13】

処理チャンバ内においてセラミック基板ヒータ上の基板を処理する方法であって、基板を前記セラミック基板ヒータ上に載置する前に、前記処理チャンバ内の前記セラミック基板ヒータ上にSi/Ru保護コーティングを形成する段階と、

前記コーティングされたセラミック基板ヒータ上で少なくとも1つの基板を処理する段階と、

50

を備え、

前記形成する段階は、

前記セラミック基板ヒータを $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ に暴露して前記セラミック基板ヒータ上に Ru 層を堆積する段階と、

その後、前記セラミック基板ヒータを SiH_4 に暴露して前記 Ru 層上に Si 層を堆積する段階と、

を含み、

前記処理する段階は、

処理される基板を前記コーティングされたセラミック基板ヒータ上に提供する段階と、

前記基板を $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ に暴露することによって前記基板上に Ru 堆積処理を行う段階と、

処理された前記基板を前記処理チャンバから取り外す段階と、
を含む、方法。

【請求項 1 4】

前記取り外す段階に引き続き前記保護コーティング上に Si 層を形成する段階と、

前記処理を少なくとも 1 回繰り返す段階と、

をさらに含む、請求項 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

処理チャンバ内においてセラミック基板ヒータ上の基板を処理する方法であって、

前記セラミック基板ヒータ上に基板を配置する前に、前記処理チャンバ内の前記セラミック基板ヒータ上に保護コーティングを形成する段階と、

少なくとも 1 つの基板を前記コーティングされたセラミック基板ヒータ上において処理する段階と、

を備え、

前記形成する段階は、

(a) 前記セラミック基板ヒータを ルテニウムカルボニルガス または ルテニウムハロゲン化物ガス に暴露して ルテニウム を堆積する段階であって、

(b) 前記セラミック基板ヒータを少なくとも 1 つの非金属含有ガスに暴露して少なくとも 1 つの非金属を堆積する段階であって、前記非金属含有ガスはシリコン含有ガスを備える段階と、

を含み、

前記保護コーティングは、基板を受ける表面部位を備え、

前記表面部位は、非金属層 である、方法。

【請求項 1 6】

前記少なくとも 1 つの基板を取り出し、前記セラミック基板ヒータから前記保護コーティングを剥離する段階をさらに含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【請求項 1 7】

前記ルテニウムカルボニルガスは、 $\text{Ru}_3(\text{CO})_{12}$ を含み、前記非金属含有ガスは、 SiH_4 を含む、請求項 1 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、チャンバ処理に関し、より具体的には、基板を支持するセラミック基板ヒータを有する処理チャンバにおける基板処理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

多くの半導体作製処理は、プラズマエッチチャンバ、プラズマ堆積チャンバ、熱処理チャンバ、化学堆積チャンバ、原子層堆積チャンバ等といった、処理チャンバ内で行われる。これらの処理チャンバには、基板（例えば、ウエハ）を支持して基板を加熱するセラミック基板ヒータを一般的に使用される。一般的に、セラミック基板ヒータ材料は、多くの

10

20

30

40

50

半導体の用途において好適な材料とされる、低い熱膨張、高い耐熱性、低い誘電率定数、剛性、寸法安定性、といった優れた特性を備える。セラミック基板ヒータは、一般に、ガラス又はガラス原料粒子と結合した、粉末化した金属酸化物又は窒化物で構成される。これらの結合物は、テープキャスティング、粉末プレス、ロール圧縮、又は、共押出のいずれかによって所望の形態に形成され、硬い結晶構造を形成するように焼結される。

【0003】

セラミック基板ヒータに使用される一般のセラミック材料には、アルミナ (Al_2O_3)、窒化アルミニウム (AlN)、炭化ケイ素 (SiC)、酸化ベリリウム (BaO) が含まれる。アルミナは、入手可能性が良く、比較的低成本であり、安定した物理特性を有するため、最も広汎に使用されるセラミック材料である。アルミナは、高温での強度を保ちつつ様々な形状への作製が容易であり、様々な純度で利用可能である。酸化ベリリウムは、最も高い利用可能な伝導度を有し、いくつかの用途で要求される優れた絶縁耐力を有する。しかしながら、酸化ベリリウムは、小さいサイズでのみ利用可能であり、有毒な酸化ベリリウム粉末を処理するときに安全性が懸念される。炭化ケイ素も高い伝導度であり、窒化アルミニウム及び酸化ベリリウムの代替物となるが、温度上昇とともに絶縁耐性が変化するため、炭化ケイ素材料を選択するときに注意が必要である。

10

【0004】

窒化アルミニウムは、迅速な応答又は高水準での温度の一様性が要求される分野で優れた選択となる、高い熱伝導度を有する。しかし、窒化アルミニウムは、高温焼成要求及び材料の費用のため、作製にコストがかかる。窒化アルミニウム基板ヒータは、半導体、薬学、及び他の厳しい用途のための、困難なクリーンルーム環境に適合する、化学的に“クリーンな”基板、である。さらに、半導体処理において使用される窒化アルミニウム基板ヒータは、迅速な加熱、容易な温度制御、及び、優れたプラズマ耐久性の特色を有する。

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

処理システムにおける処理チャンバ内の基板の処理により、処理環境に晒されたシステム部材上の材料塗膜（コーティング）を形成できる。例えば、塗膜は、基板で覆われていないセラミック基板ヒータ領域上に形成され得る。セラミック基板の部分コーティングは、ヒータ表面の（熱）エミッターンスの変化をもたらし得るし、セラミック基板チャンバ中における温度不均一性及び熱応力を停止しうる。熱応力は、そのうち、セラミックヒータ材料のクラッキングといった修復不能な機械的損傷をもたらすおそれがある。加えて、基板ヒータ又は基板ヒータ上の材料塗膜と、基板との接触は、基板背面の汚染をもたらすおそれがある。例えば、シリコンデバイス中の銅の拡散は、良く知られた背面汚染の問題である。しかしながら、例えばルテニウム (Ru) などの他の金属も、中程度の温度及びバイアス条件でのシリコン中で速やかに拡散しうる。本発明者は、半導体基板の処理の厳格な要件の順守を保証しつつ、基板処置中におけるセラミック基板ヒータ上の材料塗膜形成に関する上述した問題を抑制又は防止するために、改良された方法が必要であると認識していた。

30

【課題を解決するための手段】

40

【0006】

本発明は、セラミック基板ヒータを有する処理チャンバ中で 1 又は 2 以上の基板を処理するための方法を提供する。前記方法は、セラミック基板ヒータ上に保護塗膜を形成すること、前記塗膜されたセラミック基板ヒータ上で支持された基板を処理すること、を含む。前記処理は、処理される基板を塗膜されたセラミック基板ヒータ上に提供すること、基板上で処理を行うこと、処理された基板を前記処理チャンバから除去すること、を含んでもよい。保護塗膜は、非金属層又は金属 / 非金属の結合層のいずれかであって表面上に配置された基板への背面汚染を抑制又は除去する、表面部位を含む。典型的な実施の形態において、保護塗膜は、セラミック基板ヒータ上に形成される Ru 層と、前記 Ru 層上の Si 層とを備える Si / Ru 塗膜である。

50

【発明を実施するための最良の形態】**【0007】**

上述の発明の背景技術で述べたように、基板を基板ヒータ又は基板ヒータ上の材料塗膜に接触することによって、基板の背面汚染がもたらされる虞がある。さらに、基板処理中ににおけるセラミック基板ヒータ上の部分塗膜の形成によって、セラミック基板ヒータ及びこれを覆う基板に不均一な温度分布がもたらされる虞がある。さらに、セラミック基板ヒータ内の温度の不均一性によって、セラミック材料の破損といった機械的損傷がヒータにもたらされる虞がある。それにも関わらず、おそらく、例えば、セラミック基板ヒータとの接触における基板背面の汚染（背面汚染）の回避といった半導体処理の順守を保証する一方でセラミック基板ヒータを保護する新しい方法を実施する困難性のため、これらの問題を解決する処理方法は報告されていない。10

【0008】

従って、本発明者は、セラミック基板ヒータの温度均一性を向上するためのセラミック基板ヒータ表面上における保護コーティングの形成処理、基板の背面汚染を抑制するための保護コーティングでの基板への接触処理を解析するための実験を行った。このような実験及び解析の結果、本発明者は、半導体処理の順守を保証する一方で処理チャンバ中の基板の一連の処理においてセラミック基板を保護するために適した機構を見出した。本発明において、保護コーティングは、セラミック基板ヒータ上のコーティングを示し、コーティングは、異なる材料の1又は2以上の層を含み、基板が配置される非金属層又は金属／非金属結合層である表面部を少なくとも有する。例えば、Si/Ru保護コーティングは、Ru層の頂部上にSi（非金属）層を有する。非金属層は、金属の無い任意の層である。シリコン及び炭素層は、非金属層の例である。基板に隣接する金属が無いことで、基板を背面汚染から保護している。下部のRu金属層は、さらにヒータを損傷から保護するために温度均一性を提供する。金属／非金属結合層は、金属酸化物、金属窒化物、金属シリサイド等といった層を示す。これらの結合層は、金属層を最初に形成して、その後に金属を非金属と酸化、窒化などによって反応させて変化させることで、形成され得る。あるいは、これらの結合層は、基板ヒータを金属含有ガス及び非金属ガスで同時に露光して、金属及び非金属が基板ヒータ上に堆積する前又は堆積する時に、金属及び非金属と反応させることで形成され得る。20

【0009】

本発明の、金属／非金属結合層は、保護コーティングのみで表面部を形成してもよく、又は、表面部を含む全体の保護コーティングを形成してもよい。あるいは、本発明の他の実施の形態において、金属／非金属結合層は、下部の金属層と非金属層の表面部との間の中間層であってもよく、セラミック基板ヒータ上に形成されて上部に非金属層の表面部が形成される下部層であってもよい。本発明の他の実施の形態において、保護コーティングは、金属／非金属結合層を含まず、少なくとも金属層及び非金属層表面部を含まない。30

【0010】

図面を参照すると、図1は本発明が行われる処理システムを示す。処理システム1は、基板25を支持し加熱する目的で基板ヒータ20を搭載するための台5を有する処理チャンバ10、ガス15を処理チャンバ10に注入するガス注入システム40、真空ポンプシステム50を備える。例えば、ガス15は、基板ヒータ20上の保護コーティングを形成するための反応ガスであってもよく、又は、基板ヒータ20で支持される基板25を処理するための処理ガスであってもよい。ガス注入システム40は、実験施設内の供給源（図示せず）から処理チャンバへのガス15輸送に亘る独立制御を可能とする。ガスは、ガス注入システム40を介して処理チャンバ10から導入され得るし、処理圧力は調整される。例えば、コントローラー55は、真空ポンプシステム50及びガス注入システム40を制御するために用いられる。40

【0011】

基板25は、スロットバルブ（図示せず）及びチャンバフィードスル（図示せず）を介してロボット基板移送システム100を経てチャンバ10内にそして外に移送される。50

ロボット基板移送システム 100 は、基板ヒータ 20 内に搭載された基板リフトピン（図示せず）で基板を受けて、内部に搭載された装置によって機械的に移送する。基板 25 が基板移送システムから受けると、基板 25 は基板ヒータ 20 の上面まで下降される。基板 25 は、基板ヒータ 20 中の溝によって、又はセンタリングリング（図示せず）によって、中心に位置され得る。さらに、基板 25 は、機械的又は静電気的に基板ヒータ 20 に保持され得る（図示せず）。

【 0012 】

さらに、基板ヒータ 20 は、基板ヒータ 20 から受けた熱を熱交換システム（図示せず）に移送する再循環冷却流を含む冷却システムをさらに備えてよい。さらに、ガス（例えば、He）は、基板 25 と基板ヒータ 20 とのガス隙間の熱伝導を向上するために基板の背面に移送してもよい。このようなシステムは、上昇温度又は下降温度での基板の温度制御が必要な場合に、用いられる。

10

【 0013 】

基板ヒータ 20 は、加熱エレメント 30 を含むセラミック基板ヒータであってよい。加熱エレメント 30 は、例えば、抵抗性加熱エレメントであってよい。セラミック基板ヒータ材料は、例えば、Al₂O₃、AlN、SiC、又はBeO、又はそれ以上の任意の組合せ、を含んでもよい。

【 0014 】

図 1 をまた参照すると、ガス 15 はガス注入システム 40 から処理領域 60 に導入されている。ガス 15 は、ガス注入プレナム（図示せず）、一連のバッフルプレート（図示せず）、及び、複数の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、処理領域 60 に導入されてもよい。本発明の一実施の形態において、ガス注入システム 40 は、原子層堆積（ALD）処理に対する迅速なガス循環を容易にするように構成されてもよい。真空ポンプシステム 50 は、最大 5,000 リッター毎秒（又はそれ以上の）圧送可能なターボ分子ポンプ（TMP）、及びチャンバ圧を絞るゲートバルブを含んでもよい。TMP は、典型的に 50 mTorr 未満の低圧処理に対して有用である。高圧処理（すなわち、100 mTorr より大きい）に対して、機械式ブースターポンプ及び乾燥粗引ポンプを用いてもよい。

20

【 0015 】

コントローラー 55 は、処理システム 1 からの出力を形成するとともに、処理システム 1 への入力を行い通信するのに十分な制御電圧を発生可能な、マイクロプロセッサ、メモリ、デジタル I/O ポート、を備えている。さらに、コントローラー 55 は、処理チャンバ 10、ガス注入システム 40、加熱エレメント 30、基板移送システム、真空ポンプシステム 50 に連結されて情報の交換を行う。例えば、メモリに格納されたプログラムは、格納された処理レシピにより処理システム 1 の上述した部品を制御するために使用され得る。コントローラー 55 の一例は、デジタル信号プロセッサ（DSP）、製品番号 TMS320 で、テキサス州ダラスの Texas Instruments から入手可能である。

30

【 0016 】

図 1 に示された実施の形態において、処理システム 1 は、例えば、熱化学蒸気堆積（TCVD）処理、又は、ALD 処理といった、熱処理を行うために使用され得る。

40

【 0017 】

図 2 は、本発明の方法を行うための代換の処理システム 1 を示す。図 2 において、処理システム 1 は、処理チャンバ 10 におけるプラズマを形成及び維持可能である。プラズマ処理システム 1 は、例えば、プラズマ増大化学蒸気堆積処理（PECVD）又はプラズマエッティング処理を行うために使用され得る。図 2 に示された実施の形態において、基板ヒータ 20 は、処理領域 60 中においてプラズマに接続されるラジオ周波数（RF）出力を通す電極をさらに供する。例えば、基板ヒータ 20 中の金属電極（図示せず）は、基板ヒータ 20 へのインピーダンス適合ネットワーク 35 を介して、RF 発電器 45 からの RF 出力を通った RF 電圧で電気的にバイアスされ得る。RF バイアスは、電子を励起して、それにより、プラズマを形成し維持する働きをする。この構成において、プラズマは、基

50

板 25 に材料を堆積する（すなわち、処理システム 1 は、PECVD 反応器として作用する）か、又は、除去する（すなわち、処理システム 1 は、反応性イオンエッチング（RIE）反応器として作用する）ために、用いられる。1 MHz から 100 MHz の RF バイアス範囲における典型的な振動数は、13.56 MHz である。

【0018】

他の実施の形態において、RF 出力は、基板ヒータ 20 に複数の振動数で印加されてもよい。さらに、インピーダンス適合ネットワーク 35 は、反射出力を最小化することで、処理チャンバ 10 内における RF 出力のプラズマへの移行を最大化する働きをする。適合ネットワーク技術（例えば、L 型、I 型、T 型）及び自動制御方法は、当技術において知られている。図 2 において、コントローラー 55 は、処理チャンバ 10、RF 発電器 45、インピーダンス適合ネットワーク 35、ガス注入システム 40、基板移送システム 100、及び、真空ポンプシステム 50、に連結されて情報を交換する。
10

【0019】

図 3 は、本発明の方法を行うための、他の代換の処理システム 1 を示す。図 3 の処理システム 1 は、図 2 を参照して説明した部材に加えて、プラズマ密度を潜在的に増大させるため、及び／又は、プラズマ処理の均一性を向上するため、機械的又は電気的回転 DC 磁場システム 70 をさらに備える。さらに、コントローラー 55 は、回転速度及び場の強度を制御するために、回転磁場システム 70 に連結されている。

【0020】

図 4 は、本発明の方法を行うための、さらに他の代換の処理システム 1 を示す。図 4 の処理システム 1 は、インピーダンス適合ネットワーク 75 を介して RF 発電器 80 から連結された RF 出力への上部プレート電極として機能し得る複数のオリフィスシャワー ヘッドガス注入プレート 65 を備える。上部電極への RF 出力の用途に対する典型的な振動数は、10 MHz から 200 MHz に亘り、60 MHz でもよい。加えて、下部電極への出力の用途に対する典型的な振動数は、0.1 MHz から 30 MHz に亘り、2 MHz でもよい。さらに、コントローラー 55 は、上部電極 65 への RF 出力の適用を制御するために、RF 発電器及びインピーダンス適合ネットワーク 75 に連結されている。
20

【0021】

本発明の一実施の形態において、図 4 の基板ヒータ 20 は、電気的に接地されてもよい。他の実施の形態において、DC バイアスが基板ヒータ 20 に印加されてもよい。さらに他の実施の形態において、基板ヒータ 20 は、プラズマ処理システム 1 から電気的に隔離されていてもよい。この設備において、フローティング電位は、プラズマが ON であるときに、基板ヒータ 20 及び基板 25 上に形成されてもよい。
30

【0022】

図 5 は、本発明の方法を行うための、さらに他の処理システム 1 を示す。図 2 の処理システム 1 は、インピーダンス適合ネットワーク 90 を介した RF 発電器 85 を経て連結された RF 出力への誘導コイル 95 をさらに含むように変更されている。RF 出力は、誘電体窓（図示せず）を介して誘導コイル 95 から処理領域 60 へ誘導的に連結されている。誘導コイル 80 に RF 出力を印加するための典型的な振動数は、10 MHz から 100 MHz に亘り、13.56 MHz であってもよい。同様に、基板ヒータ 20 に出力を印加するための典型的な振動数は、0.1 MHz から 30 MHz に亘り、13.56 MHz であってもよい。加えて、誘導コイル 95 及びプラズマの間の静電結合を減少するために、溝付きファラデーシールド（図示せず）を用いてもよい。さらに、コントローラー 55 は、誘導コイル 95 への出力の印加を制御するために、RF 発電器 85、及びインピーダンス適合ネットワーク 90 に連結される。
40

【0023】

他の実施の形態において、プラズマは電子サイクロトロン共鳴（ECR）を用いて形成される。さらに他の実施の形態において、プラズマはヘリコン波の発射から形成される。さらに他の実施の形態において、プラズマは進行表面波から形成される。

【0024】

10

20

30

40

50

本発明の一実施の形態において、基板ヒータ20は、電気的に接地されてもよい。代換の実施の形態において、DCバイアスは、基板ヒータ20に印加されてもよい。さらに他の実施の形態において、基板ヒータ20は、プラズマ処理システム1から電気的に隔離されてもよい。この設備において、フローティング電位は、プラズマがONであるときに、基板ヒータ20及び基板25上に形成されてもよい。

【0025】

図1～図5における処理システムは、単に例示目的のためのものであり、システムを実行するために、本発明を実行し得る、特定のハードウェア及びソフトウェアの多くの変形例が使用され得る、ということが理解されるべきである。そして、これらの変形例は、当業者にとって容易に明らかになるであろう。

10

【0026】

本発明の一実施の形態において、図1～図5に示した典型的な処理システムにおける基板の処理は、処理チャンバ内のシステム部品上にコーティングを形成し得る。複数の処理が処理システム内で行われる場合に、このコーティングは1又は2以上の種類の材料を含んでいてもよい。例えば、コーティングは、TCVD又はPECVD処理で堆積される、タンクステン(W)、レニウム(Re)、Ru、チタニウム(Ti)、又は、タンタラム(Ta)、又は、これらの2つ又はそれ以上の任意の組合せ、を含む金属層を含んでもよい。

【0027】

図6A～図6Gは、基板の処理中のセラミック基板ヒータにおける概略断面図を示す。図6Aは、台610によって支持されるセラミック基板ヒータ600上に存する基板620を示す。基板620は、例えば図1～図5に示されたような基板移送システムによって、処理システム中のセラミック基板ヒータ600に、及び、該ヒータ600から移送され得る。図6Bは、図6Aの部位660における拡大図を示す。基板620は、例えば、200mm基板、300mm基板、又はそれより大きい基板を含む、任意のサイズの半導体ウエハであってもよい。図6Cは、基板620の処理中における、基板620及びセラミック基板ヒータ600上に形成された材料コーティング630を示す。図6Dは、図6Cの部位670における拡大図を示す。基板620の処理は、例えば、TCVD又はALDといった熱的処理、及び、PECVDといったプラズマ処理、又はエッティング処理の、少なくとも一つを有する半導体製造処理を含む。材料コーティング630は、単一材料であってもよく、又は、処理チャンバにおいて複数の処理が行われる場合には、あるいは、複合材料を含んでもよい。さらに、材料コーティング630の厚さは、セラミック基板ヒータ600及び基板620上で実質的に均一となりうる。または、代換的に、材料コーティング630の厚さは、セラミック基板ヒータ600及び基板620上で変化してもよい。一実施例において、コーティング630は、例えば、420の基板温度でRu₃(CO)₁₂前駆体を用いてTCVD処理で堆積した金属膜であってもよい。

20

30

【0028】

図6Eは、部分コーティングされたセラミック基板ヒータ600を示す。図6Eにおいて、基板620は、図6Dにおける基板620の処理の後に、セラミック基板ヒータ600から除去され、コーティングされていない表面690を露出する。コーティング630は、基板620の処理中において処理環境に晒される基板ヒータ600の部位を覆う。図6Fは、図6Eの部分680における拡大図を示す。本発明者は、図6A～図6Fに示されたような処理基板620が図6Gに示したような基板ヒータ600の機械的損傷をもたらし得るかを観察した。図6Gにおいて、セラミック基板ヒータ600には、セラミック基板600が台610で支持される部位650で発生して、セラミック基板ヒータ600の本体を貫通して表面690に達するクラック640が生じている。

40

【0029】

図6Fに概略的に示したように、セラミック基板ヒータ600上の非連続的コーティング630の存在によって、表面690のようなセラミック基板ヒータ600のコーティングされていない領域からのエミッタンスと比較して、コーティング630を含むセラミック

50

ク基板ヒータ600の領域からのエミッタス(E ; 放射された単位面積当たりの半径方向のフラックス)を低下し得る。本発明者は、図6Gに示されているようなセラミック基板ヒータ600における機械的損傷がセラミック基板ヒータ600の部分コーティングによるセラミック基板ヒータ600における熱的非均一性及び熱応力からもたらされると推定した。

【0030】

基板620に直接セラミック基板ヒータ600の材料を接触することで、基板620の背面汚染を導くおそれがある。加えて、基板ヒータ600上で処理される次の基板の外側端部がコーティング630と接触して、コーティング630からの基板の汚染がもたらされるおそれがあり、加えて、基板ホルダー600の材料からの汚染がもたらされるおそれがある。

10

【0031】

本発明において、基板に基板ヒータを接触させる前に、基板ヒータ上に保護コーティングを形成することで、セラミック基板ヒータに接触する基板の背面汚染を抑制し得る。背面汚染を抑制するために、保護コーティングは、基板に接触する表面で非金属層を含んでもよい。非金属層は、非金属含有ガスに基板ヒータを暴露することによって形成される。一実施例において、保護コーティングは、基板ヒータ上に形成される金属層(例えば、Ru)と、該金属層上に形成される非金属表面層(例えば、Si, SiO₂, SiN)を含んでもよい。従って、処理中において、基板(例えば、Siウエハ)が非金属表面層に接触し、背面汚染が抑制される。金属層は基板ヒータを金属含有ガスに暴露することによって形成され、この金属層は基板処理中における温度分布を向上して、基板ヒータ材料をさらに保護する。この実施の形態において、保護コーティングは、基板ヒータを金属含有ガスに、そして、非金属含有ガスに、連続的に暴露することによって、形成され得る。加えて、非金属含有ガスは、例えば、シリコン含有ガス、酸素含有ガス、窒素含有ガス、及び/又は、炭素含有ガス、といった1又は2以上のガスを含んでも良く、そして、これらのガスは、同時に導入されてもよく、連続的に導入されてもよい。例えば、SiO₂層は、基板ヒータをシリコン含有ガスに最初に暴露してシリコンを堆積し、そして、酸素含有ガスに暴露してシリコンを酸素と反応させてSiO₂を形成することにより、形成してもよい。

20

【0032】

30

あるいは、背面汚染を抑制するために、保護コーティングは、基板に接触する表面に金属/非金属結合層を含んでもよい。一実施例において、保護コーティングは、単独の層である、又は、金属層上に形成された、金属酸化物(例、Ru₂O₃)、金属窒化物(例、TiN)、金属炭化物(例、WC)、又は、金属シリサイド(例、TaSi₃)を、含んでもよい。例えば、保護コーティングは、基板上に形成されたRu層、及び、Ru層上に形成されたRu₂O₃層、を含んでいてもよい。金属/非金属結合層は、基板ヒータを金属含有ガスに最初に暴露して金属を堆積して、次いで、堆積した金属を非金属層に変換することで、形成されてもよい。あるいは、基板ヒータは、金属含有ガス及び非金属含有ガスの両方に同時に暴露して結合層を形成してもよい。

【0033】

40

他の代換的な実施の形態において、保護コーティングは、基板ヒータ上に形成された金属層、前記金属層上に形成された金属/非金属結合層、及び前記結合層上に形成された非金属層を含んでいてもよい。

【0034】

図7A～図7Iは、本発明の実施の形態によるセラミック基板ヒータの概略断面図である。図7Aは、台710で支持されたセラミック基板ヒータ700を示す。図7Bは、本発明の実施の形態により上部に堆積された保護コーティング730を有するセラミック基板ヒータ700を示す。図7Cは、図7Bの部位750における拡大図である。保護コーティング730は、上述したように、反応ガスを同時に又は連続的に処理チャンバ中に流して、TCVD処理又はPECVD処理中に前記ガスにセラミック基板ヒータを暴露する

50

ことによって、形成されてもよい。

【0035】

本発明の一実施の形態において、保護コーティング730は、金属層又は金属／非金属層を含んでいてもよい。金属は、例えば、W, Re, Ru, Ti, Ta, ニッケル(Ni), モリブデン(Mo), 及びクロム(Cr)の少なくとも一つであってもよい。金属／非金属層は、例えば、シリコン(Si), 炭素(C), 酸素(O), 及び窒素(N)といった非金属元素をさらに含んでもよい。本発明の他の実施の形態において、保護コーティング730は、非金属層を含んでいてもよい。非金属層は、例えば、Si, C, シリコン酸化物, 又はシリコン窒化物の少なくともいずれか一つであってもよい。図7Bの部位750における拡大図である図7Dに示されるような、例示的な実施の形態において、保護コーティング730は、基板ヒータ700上に形成される、Ru層といった金属層730a、及び、金属層730a上に形成される、Si層といった非金属層730b、を含む。

【0036】

本発明の一実施の形態において、反応ガスは、Ru₃(CO)₁₂, Ni(CO)₄, Mo(CO)₆, Co₂(CO)₈, Rh₄(CO)₁₂, Re₂(CO)₁₀, 及びCr(CO)₆、及びこれらの任意の組合せ、から選択される、例えば金属カルボニルガスといった、金属含有ガスを含んでいてもよい。あるいは、反応ガスは、金属ハロゲン化物ガスを含んでいてもよい。さらに、反応ガスは、例えば、シラン(SiH₄), ジシラン(Si₂H₆), ジクロロシラン(SiCl₂H₂), 又はヘキサクロロジシラン(Si₂Cl₆), 又はこれらの組合せといったシリコン含有ガス；例えば、アルカン(C_nH_{2n+2}), アルケン(C_nH_{2n}), アルキン(C_nH_n), 又はこれらの組合せといった炭化水素ガス；O₂, O₃, CO₂, 又はCO, 又はこれらの組合せといった酸素含有ガス；N₂, NO, NO₂, 又はN₂O, 又はこれらの組合せといった窒素含有ガスを含んでいてもよい。さらに、反応ガスは、He, Ne, Ar, Kr, 及びXe, 及びこれらの組合せから選択される不活性ガスを含んでもよい。

【0037】

保護コーティングは、基板ヒータを約100から約800の間で加熱して、基板ヒータを反応ガスに暴露することで、形成されてもよい。あるいは、セラミック基板ヒータは、約300から約600の間で加熱されてもよい。

【0038】

図7Eは、コーティングされたセラミック基板ヒータ700上に存する基板720を示す。図7Fは、図7Eの部位760における拡大図を示す。図7Gは、基板720の処理中における、保護コーティング730上及び基板720上に形成されたコーティング740を示す。コーティング740は、例えば、コーティング730で含まれているものと同一の金属の1又は2以上の膜といった、金属膜であってもよい。図7Hは、図7Gの部位770における拡大図を示す。基板720の処理は、例えば、TCVD処理、PECVD処理、又は、ALD処理といった半導体製造処理であってもよく、これらの処理の2又はそれ以上の一連の操作を含んでも良い。図7Iは、処理された基板720を取り外した後の、コーティングされたセラミック基板ヒータ700を示す。図7Jは、図7Iの部位780における拡大図を示す。コーティングされたセラミック基板ヒータ700は、基板720を支持する表面上の保護コーティング730、基板720の支持に用いられないセラミック基板ヒータ700の一部上の、すなわち、基板720が基板ヒータ700上に配置されたときに露出される表面部位上の、コーティング730、740を含む。次に、追加の基板が、同一の保護コーティング上で処理され得る。あるいは、新たな保護コーティング790が、図7Kに示されるように、コーティング730、740上に形成される。図7Kは、新たな保護コーティング790を適用した後の図7Iの拡大図である。新たな保護コーティングを形成した後の基板の処理は、初期の保護コーティング730及び再コーティング740、790層を除去するクリーニング処理を行う前に、複数の基板を処理するために所望の回数繰り返されてもよい。あるいは、クリーニング処理は、清浄化されたセラミック基板ヒータ700上に新たな保護コーティング730を形成する前に、コーティング730を形成する。

イング 730、740 をセラミック基板ヒータ 700 から除去するために行われてもよい。
。

【 0039 】

新たな保護コーティング 790 は、その前に形成されている保護コーティングと同一組成を有してもよく、あるいは、新たなコーティング 790 は、異なる組成を有してもよい。一実施例において、Si / Ru 保護コーティング 730 は、図 7D に示される通り、保護コーティングが第 1 金属 (Ru) 層 730 及び非金属層 730b を有するように、基板ヒータ 700 上に形成されてもよい。そして、第 2 金属層 (例、Ru) が基板 720 上、及び、基板 720 によって遮蔽されない保護コーティング 730 の表面部位 730b の領域上に少なくとも 1 つの基板 720 の処理後、Si 層といった新たな非金属層 790 は、新たな基板を処理する前に、コーティングされた基板ヒータ上に堆積されてもよい。特に、新たな非金属層 790 は、基板処理中における表面部位 730b の暴露領域上に形成された金属層に亘って、そして、基板で遮蔽されていた表面部位 730b に亘って堆積している。それ故、次の基板は、新たな非金属 (例、Si) 層 790 に接触するため、これにより、背面汚染は低減される。あるいは、新たな Si / Ru 保護コーティング 790 は、コーティングされた基板ヒータ上に堆積されてもよい。
10

【 0040 】

図 8 は、本発明の実施の形態によるセラミック基板ヒータ上に保護コーティングを形成する方法を示すフローチャートである。段階 800 で、処理は開始される。段階 802 で、セラミック基板ヒータは、処理チャンバ内の反応ガスに暴露される。段階 804 で、保護コーティングは、反応ガスからセラミック基板ヒータ上に形成される。段階 806 で、段階 802 に戻るか、又は、所望の保護コーティングがセラミック基板ヒータ上に形成されている場合に段階 808 で処理を停止するかの決定がなされる。段階 808 で段階 802 に戻る決定がなされたら、反応ガスは前の暴露段階におけるものと同一であってもよいし、あるいは、反応ガスは異なるガスであってもよい。
20

【 0041 】

図 9 は、本発明の実施の形態における、セラミック基板ヒータ上に保護コーティングを形成する方法、及び、基板を処理する方法を示すフローチャートである。この処理は、例えば、図 1 ~ 図 5 に示された処理システムの 1 つで行われる半導体製造処理であってもよい。段階 900 で、処理が開始される。段階 902 で、保護コーティングが処理チャンバ内におけるセラミック基板ヒータ上に形成される。保護コーティングは、図 8 に示されるように、形成されてもよい。段階 904 で、処理される基板が、コーティングされたセラミック基板ヒータ上に供給される。段階 906 で、基板を処理ガスに暴露することによって、処理が基板上で行われる。そして、段階 908 で、処理された基板は処理チャンバから取り外される。段階 910 で、他の基板を処理するために段階 904 に戻るか、又は、段階 912 で処理を停止するかの決定がなされる。
30

【 0042 】

図 10 は、本発明の実施の形態における、セラミック基板ヒータ上に保護コーティングを形成し、基板を処理する方法を示す、フローチャートである。段階 1000 で、処理が開始される。段階 1002 で、保護コーティングが処理チャンバ内のセラミック基板ヒータ上に形成される。保護コーティングは、図 8 に示されているように形成されてもよい。段階 1004 で、少なくとも 1 つの基板が、コーティングされたセラミック基板ヒータ上で処理される。この基板は、図 9 において示されるように処理されてもよい。段階 1006 で、段階 1002 に戻って基板ヒータのクリーニングを行わずに新しい保護コーティングを形成するか、又は、保護コーティング (そして基板の処理に対する任意の付加的コーティング) の基板ヒータをクリーニングして基板ヒータ上に新しい保護コーティングを形成するかの決定がなされる。新たな保護コーティングは、下部のコーティングと同一材料を含んでいてもよく、あるいは、異なる材料を含んでいてもよい。段階 1008 で、他の基板を処理するために段階 1002 に戻るか、又は、段階 1010 で処理を終了するかの決定がなされる。
40
50

【0043】

本発明の一実施例において、Si/Ru保護コーティングの使用とRuコーティングとを比較して、Siウエハの金属汚染を調査した。420度でRu₃(CO)₁₂に基板ヒータを暴露して、RuコーティングをAlN基板ヒータ上に形成した。Ruコーティングの厚さは、約840オングストローム(Å)であった。次いで、RuコーティングしたAlN基板ヒータ上に、300mmのSiウエハを供給した。コーティングした基板ヒータに接するようにSiウエハの研磨面を配置した。コーティングした基板ヒータからSiウエハを取り外した後、Siウエハの研磨面におけるRu汚染は、全反射X線蛍光(TXR)を用いて、 2.4×10^{12} 原子/cm²と測定した。

【0044】

上述した実施例で説明したように、ヒータ上にRuコーティングを最初に堆積して、続いて、Ruコーティング上にSi層を堆積することで、Si/Ru保護コーティングをAlN基板上に形成した。550度のヒータ温度でシラン(SiH₄)でRuコーティングを露光することで、Si層を堆積した。次いで、300mmのSiウエハをSi/Ruコーティング上に供給した。Siウエハの研磨面をコーティングに接するように配置した。コーティングされた基板ヒータからSiウエハを取り外した後、Siウエハの研磨面上のRu汚染を測定したが、TXRF設備の検出限界(4.6×10^{10} 原子/cm²)を下回った。

【0045】

本発明の他の実施の形態において、Si/Ruコーティング(Si/Ru)_nは、Ru₃(CO)₁₂及びSiH₄に基板ヒータをn回(ここで、n>1)連続して暴露することによって、堆積してもよい。

【0046】

本発明のさらに他の実施の形態において、Si/Ruコーティングは、O₂といった酸素含有ガスに暴露して、Si層を酸化してもよい。

【0047】

本発明のさらに他の実施の形態において、Ru含有保護コーティングは、基板ヒータをRu₃(CO)₁₂、SiH₄、及びO₂に基板ヒータ上に堆積してもよい。

【0048】

本発明の実施の形態において、Si/Ru保護コーティングを含むセラミック基板ヒータは、基板を支持するために用いてもよい。基板は、約420度の温度で基板上にRu層を堆積することによって、処理されてもよい。少なくとも1つの基板を処理した後、次の基板を処理する前に、コーティングされた基板ヒータ上に新たなSi層を堆積してもよい。新たな保護コーティングは、例えば、Ru層を堆積するために用いたのと同一の処理温度で堆積してもよい。

【0049】

明らかに、本発明における多数の修正及び変形が上述の技術を考慮することで可能である。それ故、添付の請求項の範囲内において、本発明は本明細書に特に記載されたもの以外にも実行され得ることが理解すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明の方法を処理するための処理システムの概略線図である。

【図2】本発明の方法を処理するための処理システムの概略線図である。

【図3】本発明の方法を処理するための処理システムの概略線図である。

【図4】本発明の方法を処理するための処理システムの概略線図である。

【図5】本発明の方法を処理するための処理システムの概略線図である。

【図6A】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図6B】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図6C】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

10

20

30

40

50

【図 6 D】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 6 E】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 6 F】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 6 G】基板処理中でのセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 A】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 B】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 C】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 D】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 E】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 F】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 G】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 H】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 I】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 J】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 7 K】本発明の実施の形態による基板処理中におけるセラミック基板ヒータの断面図を概略的に示す。

【図 8】本発明の実施の形態によるセラミック基板ヒータ上に保護塗膜を形成する方法を示すフローチャートである。

【図 9】本発明の実施の形態によるセラミック基板ヒータ上への保護塗膜の形成、及び、基板の処理、の方法を示すフローチャートである。

【図 10】本発明の実施の形態によるセラミック基板ヒータ上への保護塗膜の形成、及び、基板の処理、の方法を示すフローチャートである。

【符号の説明】

【0051】

10 処理チャンバ

20、600、700 基板ヒータ

25、620、720 基板

730、790 保護コーティング

10

20

30

【図1】

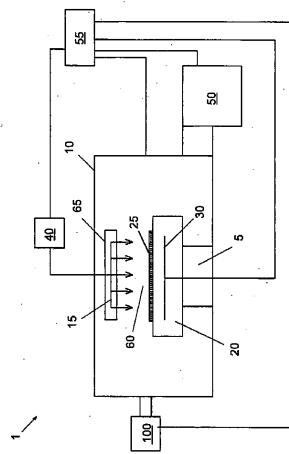


FIG.1

【図2】

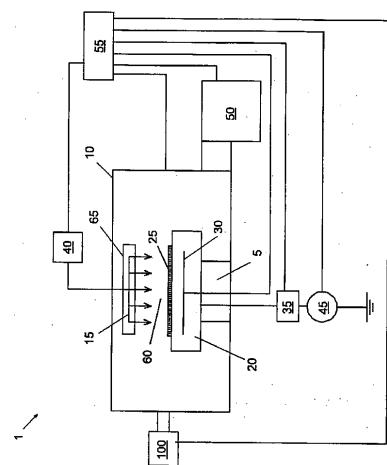


FIG.2

【図3】

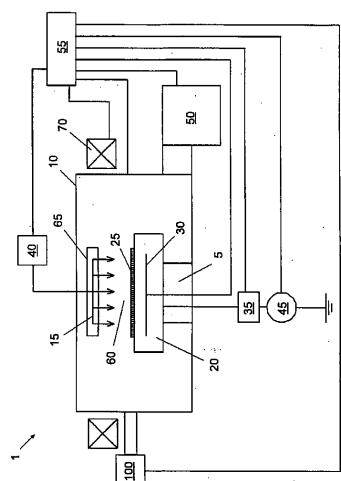


FIG.3

【図4】

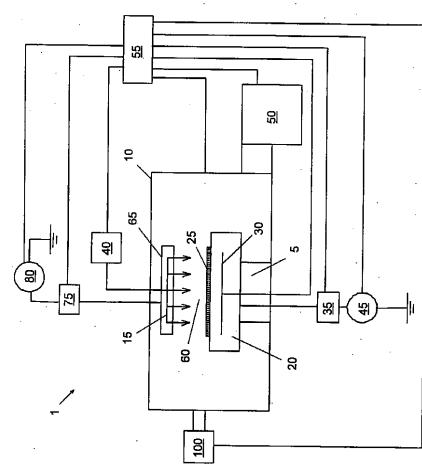
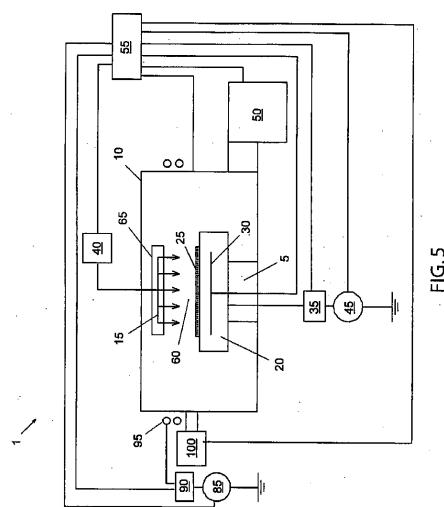
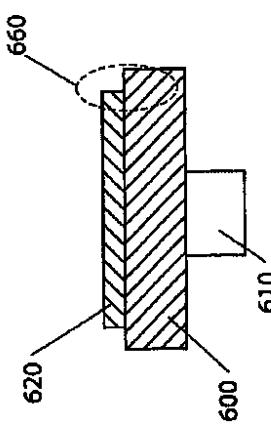


FIG.4

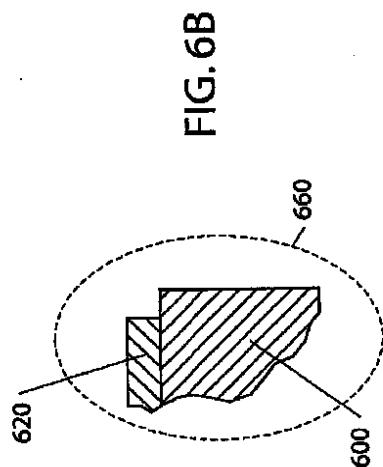
【図5】



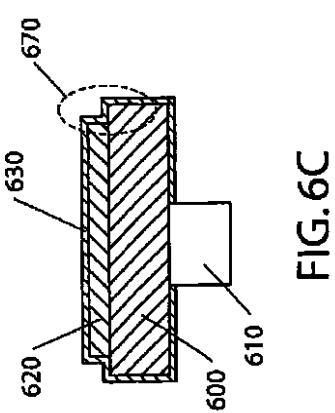
【図6A】



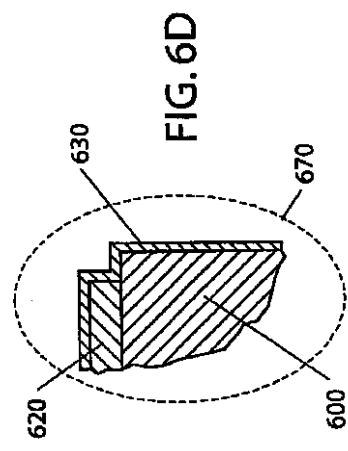
【図6B】



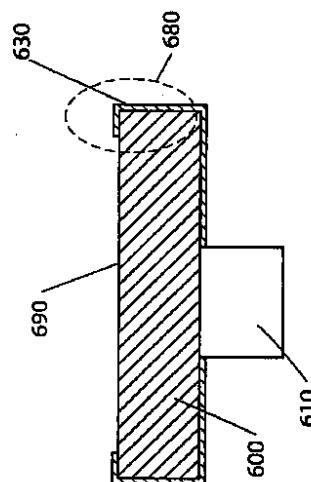
【図6C】



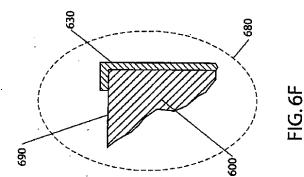
【図 6 D】



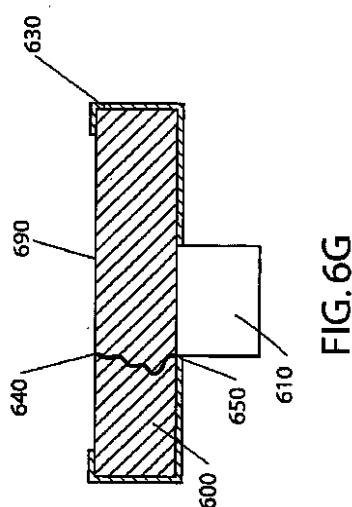
【図 6 E】



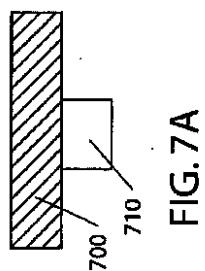
【図 6 F】



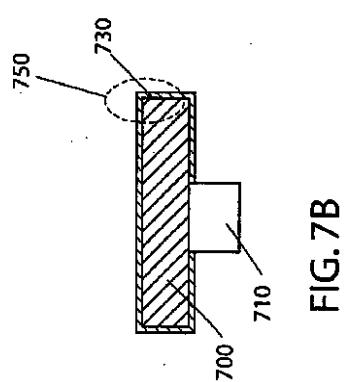
【図 6 G】



【図 7 A】



【図 7 B】



【図 7 C】

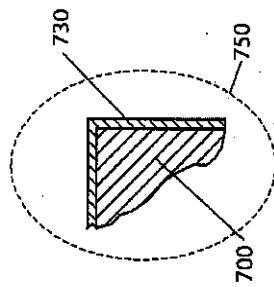


FIG. 7C

【図 7 D】

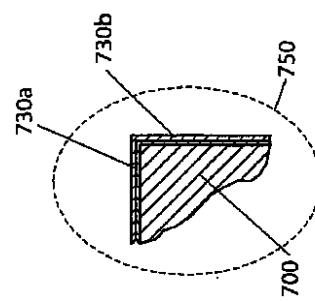


FIG. 7D

【図 7 E】

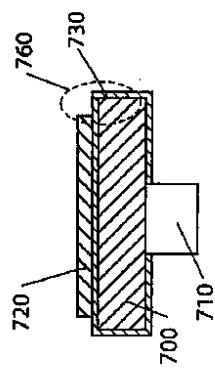


FIG. 7E

【図 7 F】

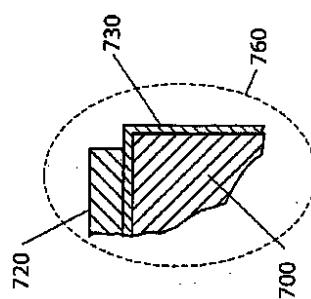


FIG. 7F

【図 7 G】

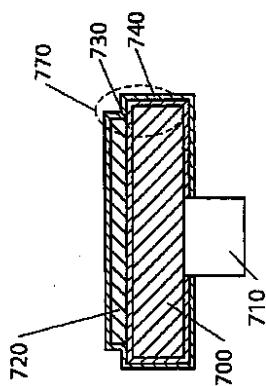


FIG. 7G

【図 7 H】

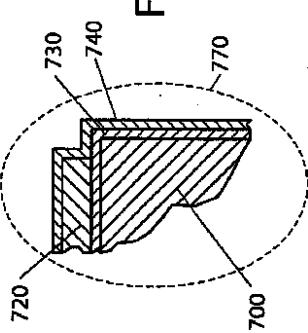


FIG. 7H

【図 7 I】

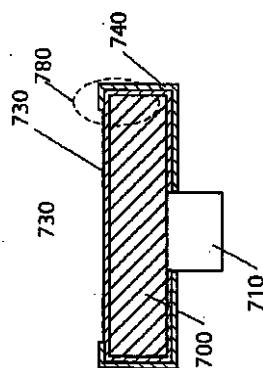


FIG. 7I

【図 7 J】

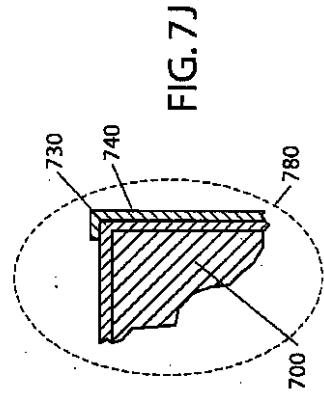


FIG. 7J

【図 7 K】

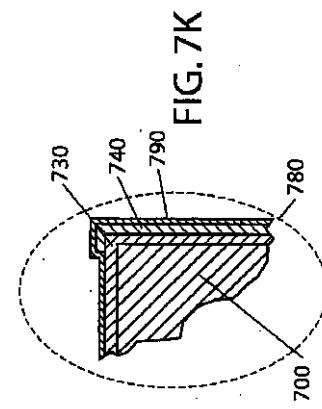


FIG. 7K

【図 8】

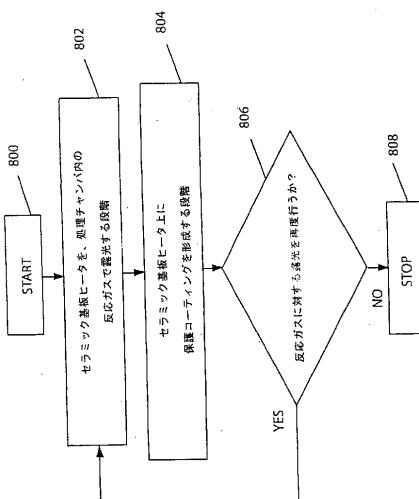
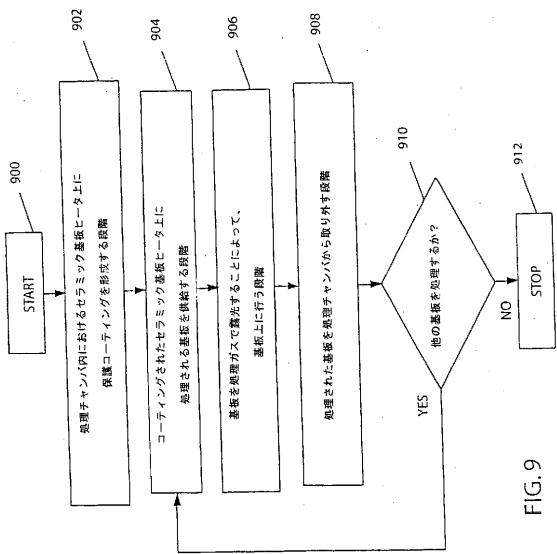
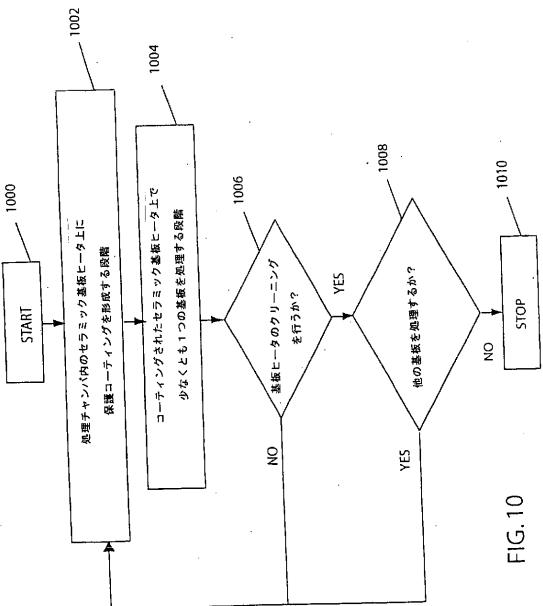


FIG. 8

【図9】



【図10】



フロントページの続き

(74)代理人 100108453
弁理士 村山 靖彦

(74)代理人 100110364
弁理士 実広 信哉

(72)発明者 中村 和仁
アメリカ合衆国・ニューヨーク・12084・ギルダーランド・メドーブルック・コート・28G

(72)発明者 コリー・ワイダ
アメリカ合衆国・ニューヨーク・12153・サンド・レイク・タボートン・ロード・479

(72)発明者 エンリコ・モスカ
アメリカ合衆国・ニューヨーク・10562・オシニング・エドワード・ストリート・27

(72)発明者 ガート・ルーシング
アメリカ合衆国・ニューヨーク・12578・ソルトポイント・ネザーウッド・ロード・1117

(72)発明者 フェントン・アール・マクフィーリー¹
アメリカ合衆国・ニューヨーク・10562・オシニング・ドナルド・レーン・25

(72)発明者 河野 有美子
山梨県甲府市岩窟町60-1 コープYR-103

(72)発明者 サンドラ・ジー・マロートラ
アメリカ合衆国・ニューヨーク・12508・ビーコン・ロンポート・アヴェニュー・96

審査官 田代 吉成

(56)参考文献 特開2002-338388 (JP, A)
特開2002-115063 (JP, A)
特開2001-247968 (JP, A)
特開2001-144033 (JP, A)
特開平07-041386 (JP, A)
特開平05-059556 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/203-21/205
H01L 21/302
H01L 21/3065
H01L 21/31
H01L 21/312-21/32
C23C 16/00-16/56