

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第5484650号  
(P5484650)

(45) 発行日 平成26年5月7日 (2014.5.7)

(24) 登録日 平成26年2月28日 (2014.2.28)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/683 (2006.01)

HO 1 L 21/3065 (2006.01)

HO 1 L 21/205 (2006.01)

C 2 3 C 16/458 (2006.01)

HO 1 L 21/68 N

HO 1 L 21/302 I O 1 G

HO 1 L 21/205

C 2 3 C 16/458

請求項の数 17 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2006-222039 (P2006-222039)	(73) 特許権者	390040660
(22) 出願日	平成18年8月16日 (2006.8.16)		アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開2007-53382 (P2007-53382A)		APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
(43) 公開日	平成19年3月1日 (2007.3.1)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パウアーズ アベニュー 3050
審査請求日	平成21年8月14日 (2009.8.14)	(74) 代理人	100109726
(31) 優先権主張番号	11/206245		弁理士 園田 吉隆
(32) 優先日	平成17年8月16日 (2005.8.16)	(74) 代理人	100101199
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 小林 義教

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板支持体の能動的冷却

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセスチャンパー内に基板を支持するように適応される基板支持アッセンブリにおいて、

1つ以上の基板支持ピンホールを有する1つの熱伝導性本体であって、金属又は金属合金材料で形成される熱伝導性本体と、

上記熱伝導性本体の表面にあって、そこに上記基板を支持するように適応される基板支持面と、

上記熱伝導性本体内に埋設された1つ以上の加熱素子と、

上記熱伝導性本体内で上記1つ以上の加熱素子の周りに埋設された1つ以上の冷却チャンネルであって、上記1つ以上の冷却チャンネルは冷却流体を流すように適応された冷却チャンネルと、を備え、

上記1つ以上の冷却チャンネルは、上記基板支持ピンホールから離れて配置された内側冷却ループ及び外側冷却ループからなる渦巻状構造を形成し、上記内側冷却ループ及び外側冷却ループは、上記熱伝導性本体の中心部分から、上記熱伝導性本体の周囲に向かい、次いで、上記熱伝導性本体の中心部分へ戻るようにループ形成され、

隣接する上記内側冷却ループ及び上記外側冷却ループは、冷却流体を互いに逆方向に流すように構成される基板支持アッセンブリ。

【請求項 2】

上記1つ以上の冷却チャンネルは、流入ループ及び流出ループで構成される、請求項 1

10

20

に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 3】

上記 1 つ以上の冷却チャンネルは、上記 1 つ以上の加熱素子の位置の周りにループ形成する、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 4】

上記 1 つ以上の冷却チャンネルは、その中に流れる 10 乃至 25 の温度のガス状材料を囲む、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 5】

上記ガス状材料は、きれいな乾燥空気、圧縮空気、及びその組合せより成るグループから選択される、請求項 4 に記載の基板支持アッセンブリ。

10

【請求項 6】

上記ガス状材料は、上記 1 つ以上の冷却チャンネル内を一定の流量で流れる、請求項 4 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 7】

上記 1 つ以上の冷却チャンネルは、ステンレススチール材料で構成される、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 8】

上記基板支持面の温度は、100 ないし 200 に維持される、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 9】

20

上記基板支持面の寸法は、上記基板の寸法より大きい、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 10】

上記熱伝導性本体はアルミニウム材料で構成される、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 11】

上記基板支持面は、形状が長方形であると共に、370mm x 470mm 以上の寸法の基板を支持するように適応される、請求項 1 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 12】

プロセスチャンバー内にガラス基板を支持するように適応される基板支持アッセンブリにおいて、

30

金属又は金属合金材料で形成される 1 つの熱伝導性本体と、

上記熱伝導性本体の表面にあって、そこに上記ガラス基板を支持するように適応される基板支持面と、

上記熱伝導性本体内に埋設された 1 つ以上の加熱素子と、

上記熱伝導性本体内の上記 1 つ以上の加熱素子の周りに埋設された 1 つ以上の冷却チャンネルであって、上記 1 つ以上の冷却チャンネルは冷却流体を流すように適応され、上記熱伝導性本体の中心部分から、上記熱伝導性本体の周囲に向かい、次いで、上記熱伝導性本体の中心部分へ戻るようにループ形成された 1 つ以上の冷却チャンネルと、を備え、

上記 1 つ以上の冷却チャンネルの隣接チャンネルが、冷却流体を互いに逆方向に流すように構成される基板支持アッセンブリ。

40

【請求項 13】

上記 1 つ以上の冷却チャンネルは、その中に流れる 10 乃至 25 の温度のガス状材料を囲み、上記ガス状材料は、きれいな乾燥空気、圧縮空気、及びその組合せより成るグループから選択され、更に、上記 1 つ以上の冷却チャンネル内を一定流量で流れる、請求項 12 に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項 14】

上記基板支持アッセンブリは、フラットパネルディスプレイ (FPD)、フレキシブルディスプレイ、有機発光ダイオード (OLED) ディスプレイ、フレキシブル有機発光ダイオード (FOLED) ディスプレイ、ポリマー発光ダイオード (PLED) ディスプレ

50

イ、液晶ディスプレイ（LCD）、有機薄膜トランジスタ、能動的マトリクス、受動的マトリクス、頂面放射デバイス、底面放射デバイス、太陽電池、太陽パネル、及びその組み合わせより成るグループから選択されたデバイスを製造するための１つ以上の長方形基板を支持するように構成される、請求項１２に記載の基板支持アッセンブリ。

【請求項１５】

プロセスチャンバー内で基板の温度を維持するための方法において、

上記プロセスチャンバーの基板支持アッセンブリの基板支持面に上記基板を位置させるステップであって、上記基板支持アッセンブリは、

金属又は金属合金材料で形成される１つの熱伝導性本体、

上記熱伝導性本体の表面にあって、そこに上記基板を支持するように適応される基板支持面、

上記熱伝導性本体内に埋設された１つ以上の加熱素子、及び

上記熱伝導性本体内に埋設され、上記１つ以上の加熱素子の周りに位置された１つ以上の冷却チャンネルであって、上記１つ以上の冷却チャンネルは冷却流体を流すように適応され、内側冷却ループ及び外側冷却ループからなる渦巻状構造を形成し、上記熱伝導性本体の中心部分から、上記熱伝導性本体の周囲に向かい、次いで、上記熱伝導性本体の中心部分へ戻るようにループ形成され、隣接する上記内側冷却ループ及び上記外側冷却ループは、冷却流体を互いに逆方向に流すように構成されるチャンネルを含む、

基板支持アッセンブリであるようなステップと、

上記１つ以上の冷却チャンネル内にガス状の冷却材を流すステップと、

上記１つ以上の加熱素子の加熱電力を調整することにより上記基板の温度を、設定点温度における $\pm 5$ 以下の温度均一性で、当該設定点温度に維持するステップと、を備えた方法。

【請求項１６】

上記基板の温度は、上記１つ以上の加熱素子の加熱電力を、１００乃至２００の設定点温度に調整し、設定点温度における温度均一性を $\pm 5$ 以下とすることで、一定に保たれる、請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】

上記１つ以上の冷却チャンネルは、その中に流れる１０乃至２５の温度のガス状材料を含む、請求項１５に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【０００１】

発明の分野

[0001]本発明の実施形態は、一般に、フラットパネル基板処理に使用される基板支持体を提供する。

【０００２】

関連技術の説明

[0002]コンピュータ及びテレビジョンモニタ、パーソナルデジタルアシスタント（PDA）、セルラー電話、並びに太陽電池等の能動的マトリクスディスプレイとして、液晶ディスプレイやフラットパネルディスプレイ（FPD）が通常使用されている。一般的に、フラットパネルディスプレイは、２枚のガラスプレートと、それらの間にサンドイッチされた液晶材料の層とを備えている。ガラスプレートの少なくとも一方には、少なくとも１つの導電性の膜が配置されて、電源に結合される。電源から導電性の膜へ供給される電力で、結晶材料の配向が変化し、テキストやグラフのようなパターンがフラットパネルディスプレイに生成される。フラットパネルの製造に使用される基板は、サイズが大きく、しばしば３００mm×４００mmを越えるものであり、また、表面積が４平方メートルまで及びそれを越えるものが考えられる。それに対応して、これらの大面積基板を処理するのに使用される基板支持対も、基板の大きな表面積を受け容れるために比例的に大きくなる

。

## 【 0 0 0 3 】

[0003]フラットパネルディスプレイの製造において基板に薄膜を堆積するためにプラズマエンハンスド化学気相付着 ( P E C V D ) がしばしば使用される。この P E C V D は、一般に、真空プロセスチャンバーへ先駆ガスを導入してプラズマへと付勢 (例えば、励起) することにより達成される。図 1 は、基板 1 2 を支持するために支持プレート 1 8 及びサセプタ 2 2 が配置された C V D プロセスチャンバー 2 の概略断面図である (正しいスケールではない)。プロセスチャンバー 2 の頂部付近のガス入口 1 4 を通して拡散プレート 1 6 へ流れ込む反応性先駆ガスが励起されて、温度制御型基板支持体即ちサセプタ 2 2 に位置された基板 1 2 の表面に材料の層が形成される。側壁 8 に配置された開口 1 0 は、ロ  
ボット (図示せず) が基板 1 2 をプロセスチャンバー 2 へ配送し及びそこから回収するの  
を許容する。サセプタ 2 2 を支持するために支持シャフト 2 0 に結合された支持プレート  
1 8 は、通常、酸化アルミニウムのようなセラミック材料の単一の長方形プレートで作ら  
れたもので、サセプタ 2 2 のエリアをぴったりカバーする。C V D チャンバー用のサセプ  
タ 2 2 は、歴史的に、アルミニウムの単一長方形プレートで作られており、通常、サーモ  
カップルと共に埋設されたヒータ (図示せず) 及び電源 2 4 から供給されるエネルギーに  
より加熱される。また、ヒータは、サセプタ 2 2 の背面に位置させることもできるし、又  
はクランププレートによりサセプタ 2 2 にクランプすることもできる。

10

## 【 0 0 0 4 】

[0004]一般に、プロセスチャンバー 2 の基板支持体は、室温から 5 0 0 未満の高い温  
度まで加熱されることがあり、サセプタ 2 2 がそれで「垂下」し、十分な支持を果たさ  
なくなる。支持プレート 1 8 のセラミック材料は、延性のアルミニウムで作られたサセプ  
タ 2 2 を支持するために使用されている。しかしながら、セラミックは、比較的不充分な熱  
伝導体であり、従って、加熱されたサセプタに接触する支持プレート 1 8 の高温上面と、  
支持プレート 1 8 の低温下面との間には温度勾配が示され、その結果、支持プレート 1 8  
は、その外周が下方にそれる。サセプタにより支持される基板は、サセプタに従う傾向が  
あり、従って、それる。その結果、拡散プレート 1 6 と基板 1 2 との間の垂直間隔は、拡  
散プレート 1 6 から距離 3 4 を有する基板 1 2 の中心部分との間で変化する。大きな度合  
いのそりから生じる大きな距離 3 6 が、その周囲付近にある。垂直間隔の差 (即ち、基板  
のそり距離) は、大面積基板に配置される堆積膜の均一性を著しく低下させる。

20

30

## 【 0 0 0 5 】

[0005]更に、プラズマが P E P V D チャンバー内に当たった後に、プラズマからのエネ  
ルギーも、基板及び基板支持体、例えば、サセプタに向かう熱を生成する。それ故、サセ  
プタに配置された処理基板に対して一時的な温度上昇即ちスパイク (例えば、約 3 0 - 5  
0 の上昇、又は 1 5 0 から 2 0 % ~ 3 0 % の温度上昇) の問題も生じる。処理されて  
いる基板に一定の温度を維持するためには、このような急激な温度変化を制御する必要が  
ある。更に、処理後、並びに遠隔プラズマ洗浄、R F 支援冷却、及び / 又はチャンバー部  
分洗浄及び保守の間に、プロセスチャンバーのサセプタの冷却も必要となる。しかしな  
ら、ほとんどの P E C V D チャンバーは、サセプタ内に冷却設計をもたない (即ち、それ  
自身室温までゆっくりと冷却する) か、或いはサセプタ内ではなく基板の背面を取り巻く  
冷却メカニズムを使用するかのいずれかである。これらの従来の設計は、大面積基板に対  
して一定のプロセス温度を維持することが困難であり、基板の大きな表面上に局所的な温  
度変化をしばしば招く。その結果、薄い膜厚みのスポットとしてしばしば現われる膜厚み  
の変化が観察され、これは、次世代のフラットパネル又は太陽電池デバイスにとって有害  
である。

40

## 【 0 0 0 6 】

[0006]それ故、基板支持体の温度を希望の範囲に常時制御する改良された方法及び装置  
が要望される。

## 【 発明の概要 】

## 【 0 0 0 7 】

50

[0007] プロセスチャンバー、基板支持アッセンブリ、及びプロセスチャンバー内の基板の温度を制御する方法の実施形態が提供される。本発明の一実施形態では、プロセスチャンバー内に大面積基板を支持するように適応される基板支持アッセンブリは、熱伝導性本体と、この熱伝導性本体の表面にあって、そこに大面積基板を支持するように適応される基板支持面と、熱伝導性本体内に埋設された１つ以上の加熱素子と、熱伝導性本体内で１つ以上の加熱素子の上に埋設された１つ以上の冷却チャンネルとを備えている。

【 0 0 0 8 】

[0008] 別の実施形態では、基板支持アッセンブリは、熱伝導性本体内に埋設されて、１つ以上の加熱素子の位置の周りに螺旋状又は渦巻状にループ形成された１つ以上の冷却チャンネルを備えてもよい。更に別の実施形態では、１つ以上の冷却チャンネルは、流入ループ及び流出ループを備えている。これら流入ループ及び／又は流出ループは、各々、熱伝導性本体内に螺旋構成で構成されてもよい。更に別の実施形態では、隣接冷却チャンネルは、流入及び流出の両方向に流れる冷却流体を含む。

【 0 0 0 9 】

[0009] 更に、チャンバー本体、ガス分配プレートアッセンブリ、及び大面積基板を支持するための基板支持アッセンブリを含むプロセスチャンバーが提供される。基板支持アッセンブリは、熱伝導性本体と、この熱伝導性本体の表面にあって、そこに大面積ガラス基板を支持するように適応される基板支持面と、熱伝導性本体内に埋設された１つ以上の加熱素子と、熱伝導性本体内で１つ以上の加熱素子の上に埋設され、且つ１つ以上の加熱素子の周りに螺旋状又は渦巻き構成で位置された１つ以上の冷却チャンネルとを備えている。

【 0 0 1 0 】

[0010] 更に別の実施形態では、プロセスチャンバー内で大面積基板の温度を維持するための方法は、プロセスチャンバーの基板支持アッセンブリの基板支持面に大面積基板を位置させるステップと、１つ以上の冷却チャンネル内に一定の流量で常時ガス状の冷却材を流すステップと、１つ以上の加熱素子の加熱電力を調整することにより大面積基板の温度を維持するステップとを備えている。

【 0 0 1 1 】

[0011] 本発明の上述した特徴を詳細に理解できるように、前記で簡単に要約した本発明を、添付図面に幾つか示された実施形態を参照して、より詳細に説明する。しかしながら、添付図面は、本発明の典型的な実施形態を示すに過ぎず、それ故、本発明の範囲を何ら限定するものではなく、本発明は、他の等しく有効な実施形態も受け入れられることに注意されたい。理解を容易にするために、図面間で共通である同一素子を示すのに、できる限り、同じ参照番号を使用する。

【 詳細な説明 】

【 0 0 1 2 】

[0021] 本発明は、基板支持アッセンブリと、大面積基板についてプロセスチャンバー内の基板の温度を制御する方法とを提供する。図 2 は、本発明の一実施形態によるプロセスチャンバー 100 を例示している。本発明は、カリフォルニア州サンタクララのアプライド・マテリアルズ・インクの一部門である A K T から入手できるような大面積基板を処理するためのプラズマエンハンスド化学気相堆積プロセスチャンバーを参照して以下に説明する。しかしながら、本発明は、他のシステム構成、例えば、物理的気相堆積システム、イオンインプラントシステム、エッチングシステム、化学的気相堆積システム、及びプロセスチャンバー内の基板支持体上の基板の温度制御が望まれる他のシステムにも利用できることを理解されたい。

【 0 0 1 3 】

[0022] プロセスチャンバー 100 は、処理容積部 140 を部分的に画成する壁 106 及び底部 108 を有するチャンバー本体 102 を備えている。処理容積部 140 は、大面積ガラス基板のような基板 112 をプロセスチャンバー 100 に入れたり出したりするのに容易にするために、通常、ポート及びバルブ（図示せず）を通してアクセスされる。壁 1

06は、蓋アッセンブリ110を支持し、これに収容されたポンピング充満部114は、処理容積部140を排出ポート（図示されていない種々のポンピング要素を含む）に結合し、ガス及びプロセス副産物をプロセスチャンバー100から排出させる。プロセスチャンバー100は、通常、1つ以上のソース化合物及び/又は先駆物質を送給するための1つ以上の供給源104、例えば、とりわけ、シリコン含有化合物供給源、酸素含有化合物供給源、水素ガス供給源、炭素含有化合物供給源、及び/又はその組合せに結合される。

#### 【0014】

[0023]基板支持アッセンブリ138は、一般に、チャンバー本体102の底部に配置される。この支持アッセンブリ138は、一般に、接地されており、電源122により蓋アッセンブリ110と基板支持アッセンブリ138との間に位置するガス分配プレートアッセンブリ118（又はプロセスチャンバー100の蓋アッセンブリ110内又はその付近に位置する他の電極）へ供給されるRF電力で、基板支持アッセンブリ138とガス分配プレートアッセンブリ118との間の処理容積部140に存在するガス、ソース化合物及び/又は先駆物質を励起させることができる。電源122からのRF電力は、一般に、化学気相堆積プロセスを推進するように基板112のサイズに適合するように選択される。一実施形態では、約400W以上、例えば、約2000W乃至約4000W、又は約10000W乃至約20000WのRF電力を電源122に印加して、処理容積部140に電界を発生することができる。例えば、本発明の低温基板堆積方法に適合するように、約0.2ワット/cm<sup>2</sup>以上、例えば、約0.2ワット/cm<sup>2</sup>乃至約0.8ワット/cm<sup>2</sup>、又は約0.45ワット/cm<sup>2</sup>の電力密度を使用することができる。電源122及びマ

10

20

#### 【0015】

[0024]一般に、基板支持アッセンブリ138は、シャフト142に結合されると共に、リフトシステム（図示せず）に接続され、これは、基板支持アッセンブリ138を、上昇した処理位置（図示された）と、下降した基板移送位置との間で移動させる。シャフト142は、更に、基板支持アッセンブリ138と、プロセスチャンバー100の他の要素との間の電気リード及びサーモカップルリードのためのコンジットをなす。ベローズ146が基板支持アッセンブリ138に結合されて、処理容積部140とプロセスチャンバー100の外部の大気中との間に真空シールを与えると共に、基板支持アッセンブリ138の垂直移動を容易にする。基板支持アッセンブリ138のリフトシステムは、一般に、基板112とガス分配プレートアッセンブリ118との間の間隔が、処理中に、例えば、約400ミル以上の最適な大きさになるように調整される。この間隔を調整する能力は、広範囲な堆積条件にわたりプロセスを最適なものにする一方、大型基板の面積にわたり必要な膜均一性を維持できるようにする。

30

#### 【0016】

[0025]基板支持アッセンブリ138は、基板処理中に処理容積部140内で基板112を支持するための基板支持面134を有する伝導性本体124を備えている。この伝導性本体124は、熱伝導率を与える金属又は金属合金材料で形成することができる。一実施形態において、伝導性本体124は、アルミニウム材料で作られる。しかしながら、他の適当な材料も使用できる。基板支持アッセンブリ138は、更に、基板処理中に基板支持面134に配置される基板112を取り巻くシャドーフレーム148も支持する。

40

#### 【0017】

[0026]一般的に、このシャドーフレーム148は、基板112及び基板支持アッセンブリ138の縁における堆積を防止して、基板112が支持アッセンブリ138にくっつかないようにする。シャドーフレーム148は、基板支持アッセンブリ138が下部の非処理位置（図示せず）にあるときにチャンバー本体102の内壁に沿って一般的に位置され

50

る。シャドーフレーム 148 は、基板支持アッセンブリ 138 が図 2 に示す上部の処理位置にあるときに、シャドーフレーム 148 の 1 つ以上の整列グループを 1 つ以上の整列ピン 202 に一致させることにより、基板支持アッセンブリ 138 の伝導性本体 124 に係合及び整列させることができる。1 つ以上の整列ピン 202 は、伝導性本体 124 の周囲及びその付近に置かれた 1 つ以上の整列ピンホール 204 を通過するように適応される。1 つ以上の整列ピン 202 は、任意であるが、基板ロード及びアンロードの間に伝導性本体 124 と共に移動できるように支持ピンプレート 234 により支持されてもよい。

【0018】

[0027] 温度制御される基板支持アッセンブリ 138 は、この基板支持アッセンブリ 138 及びこれに位置された基板 112 を所定の温度範囲、例えば、約 100 以上の設定温度へ制御可能に加熱するために電源 174 に結合された 1 つ以上の電極及び / 又は加熱素子 132 も備えることができる。一実施形態では、1 つ以上の加熱素子 132 が伝導性本体 124 内に埋設される。

【0019】

[0028] 図 3 A - 3 B は、本発明の 1 つ以上の態様に基づいて伝導性本体 124 に配置された 1 つ以上の加熱素子 132 の平面図である。例えば、図 3 A に示すように、加熱素子 132 は、シャフト 142 を通して伝導性本体 124 に入り、伝導性本体 124 の中心領域の周りを 1 つ以上の内側ループで且つ伝導性本体 124 の外周を 1 つ以上の外側ループでループ形成し、次いで、シャフト 142 を通して出て、1 つ以上の加熱素子 132 が伝導性本体 124 の大きさにわたって埋設されるようにする。

【0020】

[0029] 更に、基板支持アッセンブリ 138 内に 1 つ以上のサーモカップル（図示せず）を使用することができる。一実施形態では、伝導性本体 124 の中心領域に対して 1 つと、外周に対して 1 つの、2 つのサーモカップルが使用される。しかしながら、他のヒータ線又はチャンネル構成も使用できる。例えば、1 つ以上の加熱素子 132 を伝導性本体 124 の背面に位置させるか、又はクランププレートにより伝導性本体 124 にクランプさせることもできる。1 つ以上の加熱素子 132 は、約 100 以上の所定温度に抵抗性加熱されるか又は他の加熱手段で加熱されてもよい。

【0021】

[0030] 基板支持アッセンブリ 138 は、基板 112 を保持及び整列するように適応される付加的なメカニズムを備えてもよい。例えば、伝導性本体 124 は、複数の基板支持ピン 222 が貫通するための 1 つ以上の基板支持ピンホール 224 を含むことができ、これらは、伝導性本体 124 の僅かな距離上に基板 112 を支持するように適応される。基板支持ピン 222 は、プロセスチャンバー 100 の外部に配置された移送ロボット又は他の移送メカニズムにより、この移送ロボットの邪魔にならずに、基板 112 の配置又は除去を容易に行うために、基板 112 の周囲付近に位置させることができる。一実施形態では、基板支持ピン 222 は、基板処理中に電氣的絶縁性を与えながらも熱伝導性であるように、とりわけ、セラミック材料、アノード処理された酸化アルミニウム材料のような絶縁材料で作ることができる。基板支持ピン 222 は、任意であるが、基板のロード及びアンロード中に基板 112 を持ち上げるために基板支持アッセンブリ 138 内を基板支持ピン 222 が移動できるように支持ピンプレート 234 により支持されてもよい。或いは又、基板支持ピン 222 をチャンバー底部に固定すると共に、基板支持ピン 222 が貫通するように伝導性本体 124 を垂直に移動可能としてもよい。

【0022】

[0031] 別の実施形態では、基板 122 が伝導性本体 124 の基板支持面 134 にのせられるときに、加熱素子 132 の少なくとも 1 つの外側ループが基板 122 の外周に整列するように構成される。例えば、伝導性本体 124 の寸法が基板 112 の寸法より大きいときには、加熱素子 132 の少なくとも 1 つの外側ループの位置は、伝導性本体 124 の 1 つ以上のピンホールの位置、例えば、基板支持ピンホール 224 又は整列ピンホール 204 の邪魔にならずに、基板 112 の周囲を包囲するように構成されてもよい。

## 【 0 0 2 3 】

[0032]図 3 B に示すように、本発明の一実施形態では、加熱素子 1 3 2 の少なくとも 1 つの外側ループは、基板 1 1 2 の外縁を取り巻くように位置される。好ましくは、加熱素子 1 3 2 の少なくとも 1 つの外側ループは、1 つ以上の基板支持ピンホール 2 2 4 の位置、ひいては、基板 1 1 2 の縁を支持するための基板支持ピン 2 2 2 の位置の邪魔にならないように、伝導性本体 1 2 4 の中心から遠くに離れて、1 つ以上の基板支持ピンホール 2 2 4 の周りに位置される。更に、本発明の別の実施形態では、加熱素子 1 3 2 の少なくとも 1 つの外側のループは、基板 1 1 2 の縁及び周囲へ加熱を与えるために、1 つ以上の基板支持ピンホール 2 2 4 と伝導性本体 1 2 4 の外縁との間に位置される。

## 【 0 0 2 4 】

[0033]本発明の 1 つ以上の態様によれば、基板支持アッセンブリ 1 3 8 は、更に、伝導性本体 1 2 4 内に埋設された 1 つ以上の冷却チャンネル 1 3 6 も備えている。この 1 つ以上の冷却チャンネル 1 3 6 は、温度制御を維持すると共に、基板処理中に生じ得る温度変動、例えば、プロセスチャンバー 1 0 0 内に R F プラズマが発生したときの温度上昇又はスパイクを補償するように構成される。冷却チャンネル 1 3 6 の直径には、制限がなく、約 1 mm 乃至約 1 5 mm、例えば、約 9 mm の適当な直径でよい。更に、冷却チャンネル 1 3 6 は、熱伝導率を与える金属又は金属合金材料で作ることができる。一実施形態では、冷却チャンネル 1 3 6 は、ステンレススチール材料で作られる。しかしながら、他の適当な材料構成を使用することもできる。

## 【 0 0 2 5 】

[0034]冷却チャンネル 1 3 6 は、冷却流体、例えば、ガス状材料、水、冷却材、及び他の適当な冷却ガス又は液体材料を流すように適応される。好ましくは、ガス状材料が使用される。適当なガス状材料は、きれいな乾燥空気、圧縮空気、濾過された空気、窒素ガス、水素ガス、不活性ガス（例えば、アルゴンガス、ヘリウムガス、等）、及び他のガスを含むことができる。1 つ以上の冷却チャンネル 1 3 6 内にガス状材料を流すことは、たとえ冷却水が便利に使用できても冷却水を流すより有益である。というのは、ガス状材料は、より広い温度範囲において冷却能力を発揮し、しかも、チャンパー要素や処理基板上の堆積膜のクオリティに影響するような水分漏れのおそれがないからである。例えば、約 1 0 ないし約 2 5 のガス状材料を使用して、1 つ以上の冷却チャンネル 1 3 6 へ流し込み、室温から約 2 0 0 以上の高い温度までの温度冷却制御を与えることができるが、冷却水は、一般に、約 2 0 ないし約 1 0 0 で作用するだけである。

## 【 0 0 2 6 】

[0035]更に、冷却チャンネル 1 3 6 内を流れる冷却流体は、基板 1 1 2 が加熱素子 1 3 2 により加熱されるときに基板処理中に及び / 又はチャンパーのアイドリング時間中に、冷却効率を制御するように、制御された流量で作用させることができる。例えば、直径が約 9 mm の例示的な冷却チャンネルの場合に、約 2 5 p s i 乃至約 1 0 0 p s i、例えば、約 5 0 p s i の圧力を使用して、ガス状冷却材料を流し込むことができる。従って、加熱素子 1 3 2 及び冷却チャンネル 1 3 6 を有する本発明の基板支持アッセンブリ 1 3 8 を使用すると、基板 1 1 2 の温度を一定に保持できると共に、基板 1 1 2 の大きな表面積全体にわたり均一な温度分布が維持される。

## 【 0 0 2 7 】

[0036]図 4 A - 4 C は、基板支持アッセンブリ 1 3 8 の伝導性本体 1 2 4 に配置された加熱素子 1 3 2 及び冷却チャンネル 1 3 6 の構成を例示している。図 4 A に示すように、冷却流体は、中央シャフトから流れ方向 4 0 0 A に伝導性本体 1 2 4 に向かって延びる 1 つ以上の流入冷却チャンネルを通して伝導性本体 1 2 4 へ流れ込むことができ、ここで、1 つ以上の流入冷却チャンネルは、伝導性本体 1 2 4 の周囲に向かって螺旋構成又は渦巻形状で延びる。

## 【 0 0 2 8 】

[0037]次いで、図 4 A に示すように、冷却流体は、流入冷却チャンネルから、流れ方向 4 0 0 B に中心シャフトに向かって延びる 1 つ以上の流出冷却チャンネルへと流れ、ここ

10

20

30

40

50



で、１つ以上の流出冷却チャンネルは、伝導性本体１２４から螺旋構成で延びている。従って、全体的に、冷却チャンネル１３６は、一実施形態では、二重螺旋構成で構成することができ、流れ方向４００Ａ及び４００Ｂで示すように、一方の螺旋は流入であり、他方の螺旋は流出である。更に、図４Ａに示すように、冷却チャンネル１３６の隣接ループ即ちチャンネルは、流れ方向４００Ａ及び４００Ｂで示すように、冷却流体を互いに逆方向に流すように構成される。

【００２９】

[0038]図４Ｂは、本発明の別の例示的冷却チャンネル及び加熱素子を示している。冷却チャンネル１３６は、シャフト１４２を通して伝導性本体１２４に入って、１つ以上の内側冷却ループ４３６Ａを形成し、加熱素子１３２の１つ以上の内側ループの周りにループ形成するように構成される。また、冷却チャンネル１３６は、１つ以上の外側冷却ループ４３６Ｂを形成して、伝導性本体１２４の外周付近で加熱素子１３２の１つ以上の外側ループの周りにループ形成するように構成される。次いで、冷却チャンネル１３６は、シャフト１４２を通して出ることができる。一実施形態では、冷却チャンネル１３６の内側冷却ループ４３６Ａ及び外側冷却ループ４３６Ｂは、螺旋、渦巻き構成で構成される。例えば、内側冷却ループ４３６Ａ及び外側冷却ループ４３６Ｂは、伝導性本体１２４の中心部分から、伝導性本体１２４の周囲に向かい、次いで、基板支持アッセンブリ１３８のシャフト１４２の中心部分へループ形成して戻るように構成される。別の実施形態では、冷却チャンネル１３６の内側冷却ループ４３６Ａ及び外側冷却ループ４３６Ｂは、基板支持ピン２２２が貫通するように構成された１つ以上の基板支持ピンホール２２４から離間され、伝導性本体１２４の１つ以上の基板支持ピンホール２２４の位置に邪魔にならないように適応される。

【００３０】

[0039]図４Ｃは、本発明の１つ以上の態様による別の例示的冷却チャンネル構成を示している。１つ以上の冷却チャンネルは、図４Ｃに矢印で示す流れ方向にループ形成する螺旋相互ループ「Ｃ」構成で構成することができる。従って、冷却チャンネル１３６を、伝導性本体１２４の寸法にわたって分布させることができる。

【００３１】

[0040]図５は、本発明の１つ以上の態様による断面Ａ－Ａにわたる断面図である。図５に示すように、本発明の一実施形態では、冷却チャンネル１３６は、加熱素子１３２の上に位置されて、基板支持アッセンブリ１３８の伝導性本体１２４内に十分な温度制御を与えるように構成される。加熱素子１３２は、コイル５１０と、何らかの付加的な絶縁材料５２０とを含むことができる。更に、１つ以上の加熱素子１３２及び１つ以上の冷却チャンネル１３６のためのループ、管路又はチャンネルは、とりわけ、溶接、サンドブラスト、高圧ボンディング、接着剤ボンディング、鍛造のような既知のボンディング技術を使用して、基板支持アッセンブリ１３８の伝導性本体１２４に製造し及びボンディングすることができる。

【００３２】

[0041]一実施形態では、冷却チャンネル１３６のループ、管路及び／又はチャンネルを加熱素子１３２のチャンネル及び／又はループの周りに位置させて、冷却チャンネル１３６を伝導性本体１２４の寸法にわたって分布させることができるように構成される。例えば、図５に示すように、冷却チャンネル１３６の少なくとも２つ以上のループが、加熱素子１３２の１つのチャンネルの上に埋設される。好ましくは、加熱素子１３２の１つのチャンネルの上にある冷却チャンネル１３６の２つ以上のループは、互いに逆の流れ方向４００Ａ及び４００Ｂに流れるガス状材料を含む。

【００３３】

[0042]従って、１つ以上の加熱素子１３２及び１つ以上の冷却チャンネル１３６が基板支持アッセンブリ１３８に配置されて、基板１１２を４００以下の均一温度、例えば、約１００乃至約２００に維持する。加熱素子１３２の加熱効率、電源１７４により調整することができ、また、冷却チャンネル１３６の冷却効率は、そこに流れるガス状材

10

20

30

40

50

料の流量により調整することができ、加熱 - 冷却の二通りの制御が達成される。

【 0 0 3 4 】

[0043]その結果、基板支持アッセンブリ 1 3 8 及びそこに位置される基板 1 1 2 は、常に、所定の設定点温度に制御可能に維持される。本発明の基板支持アッセンブリを使用すると、基板支持アッセンブリ 1 3 8 の伝導性本体 1 2 4 に対して、設定点温度の約 ± 5 以下の温度均一性を観察することができる。プロセスチャンバーにより多数の基板が処理された後でも、約 ± 2 以下というプロセス設定点温度反復性を観察することができる。一実施形態では、基板 1 1 2 の温度が一定に保たれ、正規化された温度変動は、約 ± 1 0 、例えば、約 ± 5 の温度変動である。

【 0 0 3 5 】

[0044]更に、伝導性本体 1 2 4 の下にベース支持プレート位置させ、基板支持アッセンブリ 1 3 8 及びその上の基板 1 1 2 に構造上の支持を与えて、それらが重力や高温のためそれのを防止すると共に、伝導性本体 1 2 4 と基板 1 1 2 との間に比較的均一で且つ反復性のある接触を確保することができる。従って、本発明の基板支持アッセンブリ 1 3 8 の伝導性本体 1 2 4 は、静電チャックを使用せずに大面積基板の温度を制御するための加熱及び冷却能力を伴う簡単な設計を提供する。というのは、真空チャックに対して基板の裏側に圧力、ガス又は流体を印加すると、大面積ガラス基板は、容易にガラスの割れを招くことがあるからである。

【 0 0 3 6 】

[0045]図 2 に戻ると、蓋アッセンブリ 1 1 0 は、通常、入口ポート 1 8 0 を備え、これを通して、供給源 1 0 4 により供給されるプロセスガスがプロセスチャンバー 1 0 0 へ導入される。また、入口ポート 1 8 0 は、洗浄剤源 1 8 2 にも結合され、これは、解離したフッ素のような洗浄剤をプロセスチャンバー 1 0 0 へ供給して、ガス分配プレートアッセンブリ 1 1 8 を含むプロセスチャンバーハードウェアから堆積副産物及び膜を除去する。

【 0 0 3 7 】

[0046]ガス分配プレートアッセンブリ 1 1 8 は、通常、例えば、大面積基板については長方形で、ウェハについては円形の、基板 1 1 2 のプロファイルに実質的に従うように構成される。ガス分配プレートアッセンブリ 1 1 8 は、穿孔エリア 1 1 6 を備え、これを通して、供給源 1 0 4 から供給される先駆ガス及び他のガス、例えば、水素ガスが処理容積部 1 4 0 へ配送される。穿孔エリア 1 1 6 は、ガス分配プレートアッセンブリ 1 1 8 を通してプロセスチャンバー 1 0 0 へ至るガスの均一な分配を与えるように構成される。ガス分配プレートアッセンブリ 1 1 8 は、通常、ハンガープレート 1 6 0 から懸架された拡散プレート 1 5 8 を備えている。拡散プレート 1 5 8 を貫通して複数のガス通路 1 6 2 が形成され、ガス分配プレートアッセンブリ 1 1 8 を通して処理容積部 1 4 0 へ至るガスの所定の分配を許容する。

【 0 0 3 8 】

[0047]プロセスチャンバー 1 0 0 の種々の要素にインターフェイスしそしてそれらを制御するためにコントローラ 1 9 0 が含まれる。このコントローラ 1 9 0 は、通常、中央処理ユニット (CPU) 1 9 4 と、サポート回路 1 9 6 と、メモリ 1 9 2 とを備えている。CPU 1 9 4 は、種々のチャンバー、装置、及びチャンバー周辺機器を制御するための工業用設定に使用できる任意の形式のコンピュータプロセッサの 1 つでよい。CPU 1 9 4 に結合されるメモリ 1 9 2、任意のソフトウェア、又はコンピュータ読み取り可能な媒体は、1 つ以上の容易に入手できるメモリデバイス、例えば、ランダムアクセスメモリ (RAM)、リードオンリメモリ (ROM)、ハードディスク、CD、フロッピーディスク、又は他の形式のデジタル記憶装置を、メモリ記憶装置のためのローカル又はリモート用として含むことができる。サポート回路 1 9 6 は、CPU 1 9 4 を従来の仕方でサポートするために CPU 1 9 4 に結合される。これらの回路は、キャッシュ、電源、クロック回路、入力 / 出力回路、サブシステム、等を含む。

【 0 0 3 9 】

[0048]一実施形態において、本発明のプロセスチャンバー 1 0 0 の基板支持アッセンブ

10

20

30

40

50

リ 1 3 8 は、長方形基板を処理するように適応される。フラットパネルディスプレイ用の長方形基板の表面積は、通常、大きく、例えば、約 3 0 0 m m × 約 4 0 0 m m 以上、例えば、約 3 7 0 m m × 約 4 7 0 m m 以上の長方形である。チャンバー本体 1 0 2、伝導性本体 1 2 4、及びプロセスチャンバー 1 0 0 の関連要素の寸法には、限度がなく、一般的に、プロセスチャンバー 1 0 0 で処理されるべき基板 1 1 2 のサイズ及び寸法より比例的に大きい。例えば、幅が約 3 7 0 m m 乃至約 2 1 6 0 m m で、長さが約 4 7 0 m m 乃至約 2 4 6 0 m m の大面積の方形の基板を処理するときには、伝導性本体は、幅が約 4 3 0 m m 乃至約 2 3 0 0 m m で、長さが約 5 2 0 m m 乃至約 2 6 0 0 m m でよく、一方、チャンバー本体 1 0 2 は、幅が約 5 7 0 m m 乃至約 2 3 6 0 m m で、長さが約 5 7 0 m m 乃至約 2 6 6 0 m m でよい。

10

#### 【 0 0 4 0 】

[0049]フラットパネルディスプレイの用途では、基板 1 1 2 は、可視スペクトルにおいて本質的に光学的に透明な材料、例えば、ガラス又は透明プラスチックで構成することができる。例えば、薄膜トランジスタの用途では、基板 1 1 2 は、高度の光学的透明性を有する大面積ガラス基板でよい。しかしながら、本発明は、任意の形式及びサイズの基板処理にも等しく適用できる。本発明の基板は、フラットパネルディスプレイ製造用の円形、方形、長方形、又は多角形でよい。更に、本発明は、フラットパネルディスプレイ ( F P D )、フレキシブルディスプレイ、有機発光ダイオード ( O L E D ) ディスプレイ、フレキシブル有機発光ダイオード ( F O L E D ) ディスプレイ、ポリマー発光ダイオード ( P L E D ) ディスプレイ、液晶ディスプレイ ( L C D )、有機薄膜トランジスタ、能動的マトリクス、受動的マトリクス、頂面放射デバイス、底面放射デバイス、太陽電池、太陽パネル、等のデバイスを製造するための基板に適用されると共に、とりわけ、シリコンウェハ、ガラス基板、金属基板、プラスチック膜 (例えば、ポリエチレンテレフタレート ( P E T )、ポリエチレンナフサレート ( P E N )、等)、プラスチックエポキシ膜のいずれに適用することもできる。本発明は、低温 P E C V D プロセス、例えば、基板処理中に温度冷却制御が望まれるフレキシブルディスプレイ装置を製造するのに使用される技術に特に適している。

20

#### 【 0 0 4 1 】

[0050]図 6 は、プロセスチャンバー内の基板の温度を制御するための 1 つの例示的方法 6 0 0 を示すフローチャートである。運転中に、ステップ 6 1 0 において、プロセスチャンバー内の基板支持アセンブリの基板支持面に基板が位置される。基板処理前に及び / 又はその間に、基板支持アセンブリの伝導性本体の頂部の基板支持面の温度が、設定点温度、例えば、約 1 0 0 ° C ないし約 2 0 0 ° C に保持される。ステップ 6 2 0 において、基板支持アセンブリの伝導性本体に埋設された 1 つ以上の冷却チャンネルに冷却ガス又は空気が一定の流量で流し込まれる。

30

#### 【 0 0 4 2 】

[0051]一実施形態では、冷却ガスは、チャンバーのアイドリング時間、非処理時間、又はチャンバーの洗浄 / 保守時間中にも、冷却チャンネルに流し込むことができる。その結果、本発明の 1 つ以上の冷却チャンネルは、常にアクティブとなる。別の実施形態では、チャンバーのアイドリング時間中に使用される設定点温度は、基板処理中に設定される処理温度と同じ温度である。

40

#### 【 0 0 4 3 】

[0052]ステップ 6 3 0 において、基板の温度は、基板支持アセンブリの伝導性本体に埋設された 1 つ以上の加熱素子の加熱効率を調整することにより基板処理中に一定に維持される。例えば、加熱素子の加熱効率は、加熱素子に接続された電源の電力を調整することにより調整できる。一実施形態では、基板の温度は、プラズマを誘起するか、或いはプラズマのエネルギーから発生される付加的な熱を基板に向けて、基板の表面の温度スパイク又は変動を防止するかどうかに関わらず、加熱素子に対する電源の電力を微同調することにより、基板の全面にわたり約 1 0 0 ° C ないし約 2 0 0 ° C の一定処理温度に維持することができる。その結果、加熱及び冷却の両方の効率を調整するためのより複雑な 2 つ以上

50

の制御ループに比して、加熱効率を調整するための１つの制御ループが、コントローラ 190 内のソフトウェア設計として必要とされるだけである。従って、本発明の方法 600 は、基板支持アッセンブリに対する加熱効率を制御することにより簡単で且つ信頼性のある温度制御メカニズムを提供する。しかしながら、本発明の基板支持アッセンブリ 138 は、加熱及び／又は冷却効率を調整することができる。

【0044】

[0053] 運転中に、基板支持アッセンブリの１つ以上の加熱素子は、約 150 の設定点温度に設定することができ、また、温度が約 16 のきれいな乾燥空気又は圧縮空気のガス状冷却材料を冷却チャンネルに一定流量で流し込んで、基板支持アッセンブリの基板支持面の温度を維持することができる。プラズマ又は付加的な熱源がプロセスチャンバー内で基板支持面の頂部付近に存在するときには、約 ±2 の表面温度均一性で基板支持面の温度を約 150 に一定に維持するために、約 50 p s i の圧力を使用して冷却材料の一定流がテストされる。約 300 の付加的な熱源が存在しても、基板支持面の温度には影響しないことがテストされ、基板支持面は、本発明の冷却チャンネル内に導入温度が約 16 の冷却流体を流すことにより約 150 に一定に保持されることがテストされている。冷却ガスは、基板支持アッセンブリを冷却してそこから流出された後に、約 120 の放出温度であることがテストされている。それ故、本発明の冷却チャンネル内に流れる冷却ガスは、冷却ガスの放出温度と導入温度との間の差が 100 を越えることで表わされる非常に効率的な冷却作用を示している。

【0045】

[0054] 本発明の教示を組み込んだ多数の好ましい実施形態を図示して詳細に説明したが、当業者であれば、これらの教示を組み込んだ多数の他の変形実施形態も容易に案出できよう。以上の説明は、本発明の実施形態に向けられたが、本発明の基本的な範囲から逸脱せずに、本発明の他の及び更に別の実施形態を案出することもでき、本発明の範囲は、特許請求の範囲により決定される。

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図 1】 C V D プロセスチャンバーにおける基板支持体の概略断面図である。

【図 2】 本発明の基板支持アッセンブリを有するプロセスチャンバーの一実施形態を示す概略断面図である。

【図 3 A】 本発明の一実施形態による基板支持本体の平面図である。

【図 3 B】 本発明の別の実施形態による基板支持本体の別の平面図である。

【図 4 A】 本発明の一実施形態による基板支持本体の平面図である。

【図 4 B】 本発明の別の実施形態による基板支持本体の別の平面図である。

【図 4 C】 本発明の別の実施形態による基板支持本体の更に別の平面図である。

【図 5】 本発明の基板支持本体の一実施形態を示す断面図である。

【図 6】 プロセスチャンバー内の基板の温度を制御する方法の一実施形態を示すフローチャートである。

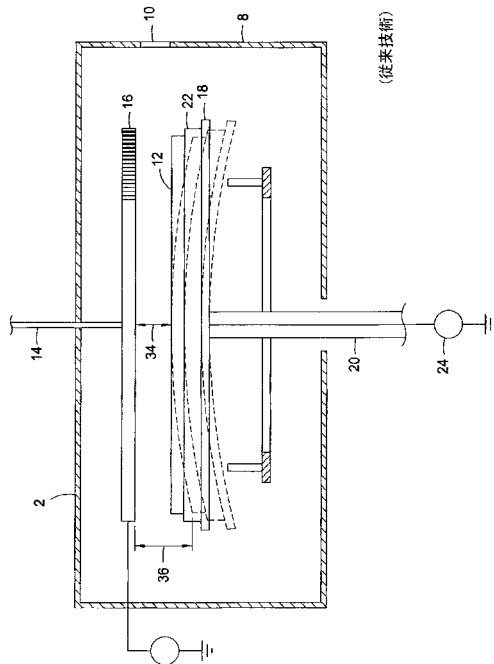
【符号の説明】

【0047】

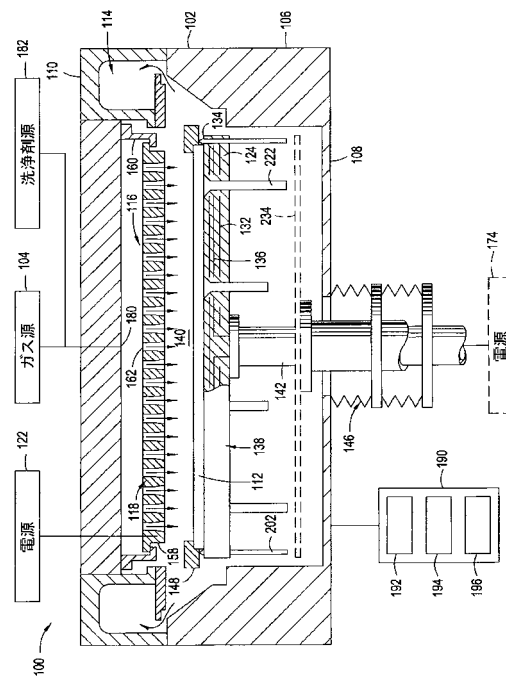
2 ... プロセスチャンバー、 8 ... 側壁、 10 ... 開口、 12 ... 基板、 14 ... ガス入口、 16 ... 拡散プレート、 18 ... 支持プレート、 20 ... 支持シャフト、 22 ... サセプタ、 24 ... 電源、 34 ... 距離、 36 ... 大きな距離、 100 ... プロセスチャンバー、 102 ... チャンバー本体、 104 ... 供給源、 106 ... 壁、 108 ... 底部、 110 ... 蓋アッセンブリ、 112 ... 基板、 114 ... ポンピング充満部、 116 ... 穿孔エリア、 118 ... ガス分配プレートアッセンブリ、 122 ... 電源、 124 ... 伝導性本体、 132 ... 加熱素子、 134 ... 基板支持面、 136 ... 冷却チャンネル、 138 ... 基板支持アッセンブリ、 140 ... 処理容積部、 142 ... シャフト、 146 ... ベローズ、 148 ... シャドーフレーム、 158 ... 拡散プレート、 160 ... ハンガープレート、 162 ... ガス通路、 174 ... 電源、 180 ... 入口ポート、 182 ... 洗浄剤源、 190 ... コントローラ、 192 ... メモリ、 194 ... C P U、 196 ... サバ

ート回路、202...整列ピン、204...整列ピンホール、222...基板支持ピン、224...基板支持ピンホール、234...支持ピンプレート、400A...流れ方向、400B...流れ方向、436A...内側冷却ループ、436B...外側冷却ループ、510...コイル、520...絶縁材料、600...方法、610...ステップ、620...ステップ、630...ステップ

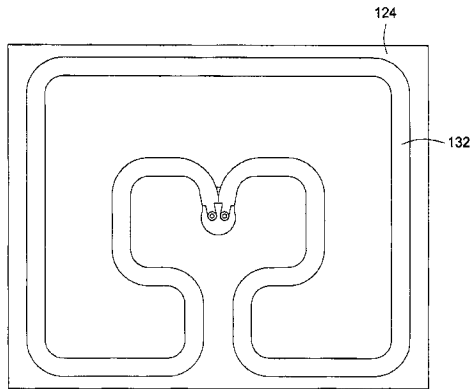
【図1】



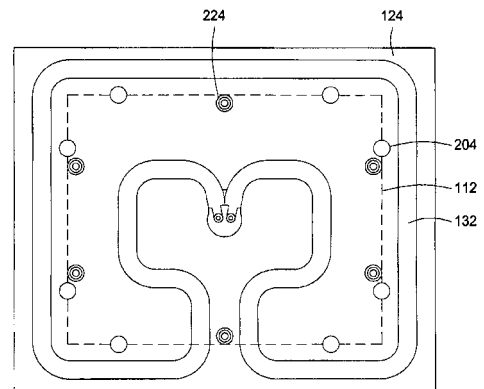
【図2】



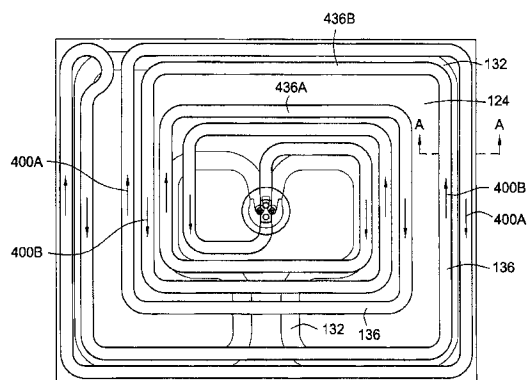
【図 3 A】



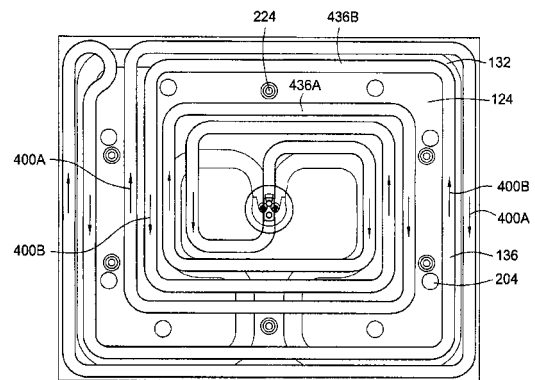
【図 3 B】



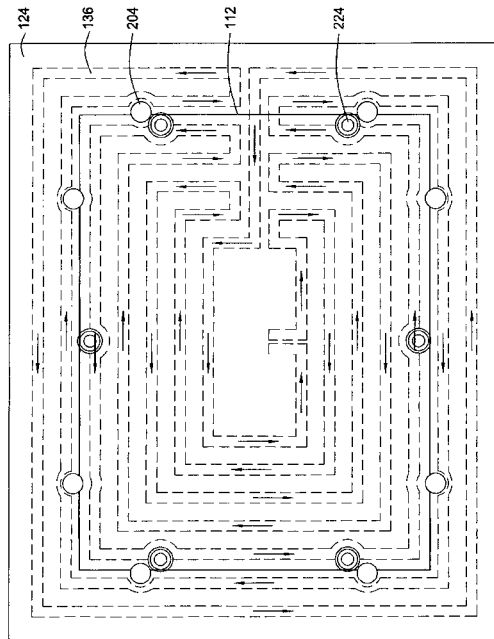
【図 4 A】



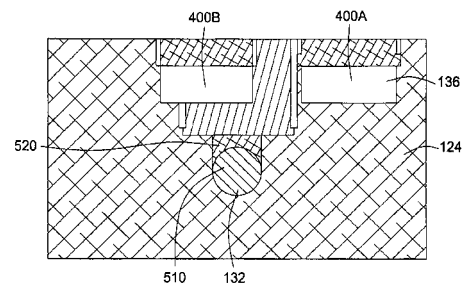
【図 4 B】



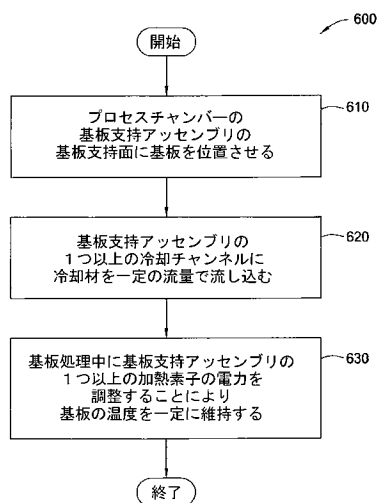
【図 4 C】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 サミュエル レング

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サン ノゼ , モントクリッフェ コート 3830

(72)発明者 スー ホー チョー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 サンタ クララ , ミル クリーク レーン ナンバー10  
8 580

(72)発明者 ウィリアム アラン バグレー

東京都 港区 西麻布 4 - 15 - 4 - 101

審査官 金丸 治之

(56)参考文献 特開2004 - 273619 (JP, A)

特開2000 - 124139 (JP, A)

特開2002 - 110774 (JP, A)

特表2002 - 506279 (JP, A)

特開2003 - 163244 (JP, A)

特開平11 - 087245 (JP, A)

特開2001 - 102436 (JP, A)

特開2001 - 308000 (JP, A)

特表2002 - 514010 (JP, A)

特開2003 - 017550 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67 - 687

C23C 16/458

H01L 21/205

H01L 21/3065