

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4698251号
(P4698251)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月11日(2011.3.11)

(51) Int.Cl.		F I	
C 2 3 C	16/455	(2006.01)	C 2 3 C 16/455
H O 1 L	21/205	(2006.01)	H O 1 L 21/205
H O 1 L	21/3065	(2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 1 G

請求項の数 3 外国語出願 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2005-45994 (P2005-45994)
 (22) 出願日 平成17年2月22日 (2005. 2. 22)
 (65) 公開番号 特開2005-256172 (P2005-256172A)
 (43) 公開日 平成17年9月22日 (2005. 9. 22)
 審査請求日 平成17年12月1日 (2005. 12. 1)
 (31) 優先権主張番号 60/547338
 (32) 優先日 平成16年2月24日 (2004. 2. 24)
 (33) 優先権主張国 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
 APPLIED MATERIALS, INCORPORATED
 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
 (74) 代理人 100109726
 弁理士 園田 吉隆
 (74) 代理人 100101199
 弁理士 小林 義教
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可動又は柔軟なシャワーヘッド取り付け

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体製造プロセスで適応されるシャワーヘッド型電極を支持する為の装置において、上面、下面、前記上面と前記下面との間に伸びる一以上のガス通路を有するシャワーヘッド電極と、

ガス入口オリフィスを有するガス入口マニホールド最上壁と、

上部と下部を有するガスコンジットであって、前記上部は前記ガス入口マニホールド最上壁に接続され、前記下部は前記ガス入口マニホールド最上壁の下方に伸びている、前記ガスコンジットと、

前記プロセス中の温度変化に応じて前記シャワーヘッド電極とほぼ同量だけ膨張及び収縮する熱膨張係数を有し、中央部と周囲部を有するシャワーヘッド支持部材であって、前記中央部が前記ガスコンジットの前記下部に接続され、前記周囲部が前記シャワーヘッド電極に接続され、前記ガスコンジットが前記支持部材を介して前記シャワーヘッド電極の重量の少なくとも一部を支持する、前記シャワーヘッド支持部材と、

を備え、
 前記ガスコンジットの前記下部は、前記シャワーヘッド電極の上方に位置するガス出口オリフィスを含み、

前記ガスコンジットは、前記ガス入口マニホールド最上壁の前記ガス入口オリフィスから、前記ガスコンジットの前記ガス出口オリフィスを通り、前記シャワーヘッド電極の前記上面の上方空間を通り、前記シャワーヘッド電極のガス通路までガス流路を与え、

10

20

前記ガス入口マニホールド最上壁、前記ガスコンジット、前記シャワーヘッド支持部材、前記シャワーヘッド電極は、電氣的に接続され、前記ガス入口マニホールド最上壁から前記シャワーヘッド電極までRF電力が導通する、上記装置。

【請求項2】

上記ガスコンジットは、上記支持部材の上向き面の中央に接続されている、請求項1記載の装置。

【請求項3】

上記ガス入口マニホールド最上壁を有する真空チャンバーを更に備え、

上記シャワーヘッドは、上記真空チャンバー内部に位置決めされ、

上記ガスコンジットの上端は、上記ガスコンジットが上記最上壁から上記シャワーヘッドを懸架するように上記最上壁に接続されている、請求項1記載の装置。

10

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0001】

フラットパネルディスプレイや集積回路のような電子デバイスは、通常、ワークピースに層を堆積する一連の堆積プロセスステップと、堆積された材料を希望のパターンにエッチングするエッチングプロセスステップとによって製造される。このようなプロセスは、一般に、真空チャンバー内で遂行される。

【0002】

通常、堆積又はエッチングプロセスのための化学反応物は、集合的にプロセスガスと称される1つ以上のガスで構成され、これらのガスは、ワークピースの真上に配置されたシャワーヘッドを通して真空チャンバーへ付与される。このプロセスガスは、シャワーヘッドの表面にわたって分布された数百又は数千のオリフィスを経て付与され、ワークピース付近にプロセスガスの希望の空間分布を形成する。

20

【0003】

プラズマプロセスでは、シャワーヘッドが、RF電源に電氣的に接続されて、電極として機能してもよい。この場合には、シャワーヘッドとRF電源との間に信頼性のある低インピーダンスの電氣的接続を設けなければならない。

【0004】

このようなRF電力供給のシャワーヘッドが、チャン氏等に89年8月8日に発行された、共通に譲渡された米国特許第4,854,263号に説明されている。

30

【0005】

通常、ワークピースは、実質的にフラットであり、シャワーヘッドは、ワークピースに対向する表面（ここでは、シャワーヘッドの「前面」と称される）を有し、これも実質的にフラットである。或いは又、シャワーヘッドの前面は、ワークピースに対して実行される堆積又はエッチングプロセスの空間的均一性を最大にするよう意図された若干凸状又は凹状の曲率を有してもよい。

【0006】

シャワーヘッドは、一般に、真空チャンバーで実行されるプロセスにより加熱される。非プラズマプロセスでは、ワークピースは、電気抵抗加熱又は放射加熱のような何らかの手段により加熱され、これは、一般に、シャワーヘッドへの熱伝達を生じさせる。プラズマプロセスでは、プラズマが付加的な熱源となる。

40

【0007】

加熱は、一般にシャワーヘッドの熱膨張を引き起こし、シャワーヘッドの前面の元々の輪郭（即ち平坦さ又は曲率）を歪ませてしまう。このような歪みは、ワークピースに対して実行されるプロセスの空間的均一性を損なうことがあるので、望ましいものではない。

【0008】

シャワーヘッドの前面の平坦さ又は曲率の歪みは、多くの従来設計のように、シャワーヘッドの周囲が真空チャンバーの壁に堅固に取り付けられた場合に、特に生じ易い。周囲が固定されるので、シャワーヘッドが熱膨張すると、シャワーヘッドの表面に曲がりが生

50

じる。

【0009】

このように熱膨張に応答してシャワーヘッドの前面の平坦さ又は曲率が歪む問題に対する1つの解決策は、本出願が優先権を請求するところの前記特許出願第09/922,219号に説明されたような柔軟性シートによりシャワーヘッドを取り付けることである。

【0010】

柔軟性シートは、シートへのダメージを回避するために取り扱いにある程度の注意を必要とする。従って、取り扱い易い別の設計が要望される。

【発明の概要】

【0011】

好ましい実施形態の詳細な説明のセクション2及び3に述べる本発明の第1の態様においては、シャワーヘッド即ち拡散器が、シャワーヘッドリムを支持棚に載せることで支持される。シャワーヘッドリムは、支持棚の表面を自由にスライドし、これにより、シャワーヘッドは、温度変化に응答して半径方向に膨張及び収縮することができ、シャワーヘッドがチャンバーに固定されて非スライド取り付けされた場合に生じる応力及び曲げ力はほとんど又は全く生じない。その結果、本発明は、熱膨張又は収縮によるシャワーヘッドの前面の輪郭（即ち平坦さ又は曲率）の歪みを最小にするか又は排除することができる。

【0012】

詳細な説明のセクション4に述べる本発明の第2の態様においては、スロット内をスライドするピンによりシャワーヘッド、チャンパー壁又はその両方に取り付けられた複数のハンガーによりチャンパー壁からシャワーヘッドが懸架され、ハンガーは、半径方向のシャワーヘッドの熱膨張を受け容れるように半径方向にスライドすることが許容される。

【0013】

詳細な説明のセクション5に述べる本発明の第3の態様においては、複数の柔軟性ワイヤにより真空チャンパーの壁からシャワーヘッドが懸架される。

【0014】

詳細な説明のセクション6に述べる本発明の第4の態様においては、複数のロッドにより真空チャンパーの壁からシャワーヘッドが懸架される。各ロッドの上端は、第1の関節ジョイントを経て真空チャンパーに取り付けられると共に、各ロッドの下端は、第2の関節ジョイントを経てシャワーヘッドに取り付けられる。関節ジョイントは、シャワーヘッドの熱膨張に응答してロッドが枢着回転するのを許容する。

【0015】

詳細な説明のセクション7に述べる本発明の第5の態様においては、シャワーヘッドが、その周囲付近で、シャワーヘッドより熱膨張係数の大きい第2の材料に固定される。この第2材料は、一般に、シャワーヘッド程は加熱されないが、その大きな熱膨張係数は、チャンパー内で行われるプロセスからの熱に응答してシャワーヘッドとほぼ同じ量だけ膨張できるようにする。シャワーヘッドを取り付けるこの設計は、スライド式又は柔軟性懸架を必要とせず、シャワーヘッドの熱膨張を受け容れる。

【0016】

詳細な説明のセクション8に述べる本発明の第6の態様においては、シャワーヘッドの後方にヒーターが取り付けられる。ヒーターの1つの効果は、シャワーヘッドの温度を上昇させて、ワークピースからシャワーヘッドへの熱伝達を減少させることである。ヒーターの別の効果は、シャワーヘッドの前面が、チャンパー内で行なわれるプロセスからの熱伝達によりシャワーヘッドの後面より高温になるのを防止し、これにより、前面と後面との間の温度差で前面が曲がるのを減少又は排除できるようにすることである。

【好ましい実施形態の詳細な説明】

【0017】

1. プラズマチャンパーのあらまし

図1は、本発明の一実施形態により懸架されたシャワーヘッドを備えた真空チャンパーを示し、シャワーヘッドに固定されたハンガーが、チャンパー壁に固定された棚の上を自

10

20

30

40

50

由にスライドするようにされる。新規な懸架体について説明する前に、真空チャンバーの他のコンポーネントを説明する。

【0018】

真空チャンバーは、半導体又は他の電子デバイスをワークピース上に製造する一連のステップの中の1ステップである化学的プロセスをワークピース即ち基板10に受けさせるよう意図される。ワークピースは、チャック又はサセプタとも称されるワークピース支持体12によりチャンバー内に支持される。チャンバー内で処理されるワークピース10は、その一般例として、フラットパネルディスプレイが製造される長方形ガラス基板、又は集積回路が製造される円形半導体ウェアを含む。

【0019】

真空チャンバーは、チャンバー内部に対する真空包囲体を形成するハウジング又はチャンバー壁を有する。例示された実施形態では、チャンバーの側壁及び底壁が一体壁14として実施される。チャンバー壁の最上部には、ヒンジ式の蓋16と、ガス入口マニホールド最上壁18とが設けられる。個人は、蓋16を持ち上げることによりチャンバーの内部にアクセスすることができる。リング19（幾つかは図示せず）は、側壁14と蓋16とガス入口マニホールド最上壁18との間に真空シールを形成する。側壁及び底壁14、蓋16及びガス入口マニホールド最上壁18は、全て、チャンバー壁の部分であると考えられる。

【0020】

本明細書内でチャンバーのコンポーネントの異なる側又は面を参照するときには、ワークピースに面した方の側又は面と、ワークピースから離れた方の側又は面を指すのに各々「前」及び「後」という語を使用する。例えば、ワークピース支持体12の上面は、ワークピース支持体の上面と称され、シャワーヘッド22の下面及び上面は、各々、シャワーヘッドの前面23及びシャワーヘッドの後面と称される。

【0021】

ワークピース上に半導体デバイス又は他の電子デバイスを製造するプロセスを遂行するときには、1つ以上のガスがガス入口マニホールドを経てチャンバー内に付与される。ガス入口マニホールドは、ガスが貫通してガス入口マニホールドに入って来るところのガス入口マニホールド最上壁18と、ガス入口マニホールドからプラズマチャンバーの内部へガスが貫通して流れるところのシャワーヘッド22（拡散器又はガス分配プレートとも称される）とを備えている。ガス入口マニホールドは、更に、最上壁18とシャワーヘッド22との間に延びるガスシールを形成するガスシール側壁とも称されるガス入口マニホールド側壁も備えている。ガス入口マニホールド最上壁、側壁及びシャワーヘッドは、集合的に、ガス入口マニホールドの内部領域即ち充満部26と称される容積部を包囲する。

【0022】

図示されていない外部ガス源は、ガス入口マニホールド最上壁18における少なくとも1つのガス入口オリフィス28にプロセスガスを供給し、これを経てプロセスガスはガス入口マニホールドの充満部26へ流れ込む。次いで、プロセスガスは、充満部から、シャワーヘッド22における1つ以上の、通常、数百又は数千のガス出口オリフィス30を経て、チャンバーの内部へ流れ込む。

【0023】

図1から図5の実施形態では、ガス入口マニホールドのガスシール側壁は、チャンバー蓋16の内面を覆う誘電体ライナー24で主として構成される。図6の別の実施形態では、ガス入口マニホールドの側壁は、以下に説明するハンガー70で主として構成される。図12から図14及び図17から図20の種々の実施形態では、柔軟性シート88がガス入口マニホールドのガスシール側壁として機能する。

【0024】

ガス入口マニホールドの側壁は、十分な気密シールを与え、即ちガス漏れを十分に防ぎ、ガス入口オリフィス28を経て充満部へ流れ込むほとんどのガスが、ガス入口マニホールド側壁のギャップを経て漏れるのではなく、シャワーヘッドガス出口オリフィス30を

10

20

30

40

50

経て流れることにより、真空チャンバーの内部に入り込むようにしなければならない。受け容れられる漏れの量は、ワークピースにおいて実行されるプロセスに依存するが、ほとんどのプロセスでは、漏れが10%未満でなければならない。即ち、ガス入口オリフィス28を経て充滿部に入るガスのうち、ガス入口マニホールド側壁を経て漏れるのは、10% (1/10) 未満でなければならない。従って、少なくとも90%のガスは、ガス出口オリフィス30を経て真空チャンバーへ付与されねばならない。最悪でも、ガス入口マニホールド側壁を経て漏れるのは、充滿部に入るガスの40%以下でなければならない。

【0025】

図示されていない従来の真空ポンプが、チャンバー内に希望の真空レベルを維持し、プロセスガス及び反応生成物をチャンバーから環状の排気スリット32を経て環状の排気充滿部33へ、次いで、図示されていない排気チャンネルを経てポンプへと排気する。

10

【0026】

ここに示す好ましい実施形態では、シャワーヘッド22は、3cm厚みのアルミニウムプレートである。好ましくは、これは、チャンバー内に真空が形成されるときに大気圧のもとで著しく変形しないように十分な厚みでなければならない。

【0027】

このようなチャンバー内で実行されるある形式のワークピース製造プロセス、例えば、化学気相堆積(熱CVD)プロセスは、プラズマが存在しない状態で行われる。他の多くのプロセス、例えば、プラズマエンハンスド化学気相堆積(PECVD)やプラズマエッチングプロセスは、プラズマを必要とする。プラズマプロセスに使用するよう意図された真空チャンバーは、プラズマチャンバーと称される。

20

【0028】

一形式のプラズマチャンバーでは、チャンバー内の電極に接続された高周波(RF)電源でプラズマへ電力を容量性結合することによりチャンバー内にプラズマが発生され又は持続される。このようなプラズマチャンバーでは、シャワーヘッドは、電氣的に接地されたチャンバー壁に接続されるか、或いはチャンバー壁から電氣的に絶縁されてRF電源の非接地(RFホット)出力へ電氣的に接続されることにより、電極の1つとして一般的に機能する。従って、通常、1キロワット程度の高レベルの高周波電力を導通するに十分な導電率及び信頼性の電氣的接触をシャワーヘッドに与えることが重要である。

【0029】

シャワーヘッドのガス出口オリフィス30は、プラズマチャンバー内のプラズマが、充滿部26、即ちシャワーヘッド22とガス入口マニホールド最上壁18との間のガス入口マニホールドの内部領域に入るのを防止するために、その直径がプラズマダークスペースの巾より小さくなければならない。ダークスペースの巾、ひいては、ガス出口オリフィスの最適直径は、チャンバーの圧力と、チャンバー内で実行することが望まれる特定の半導体製造プロセスの他のパラメータとに依存する。或いは又、特に解離が困難な反応ガスを使用してプラズマプロセスを実行するために、前記チャン氏等の米国特許第4,854,263号に説明されたように、狭い入口及びフレアの付いた広い出口を有するオリフィスを使用することが望ましい。

30

【0030】

又、ガス入口マニホールドは、ガス入口オリフィス28より直径が若干大きく且つ図示されないポストによりオリフィスの下に懸架された円盤34より成るガス入口偏向板も含むのが好ましい。この偏向板は、ガスが、ガス入口28から、シャワーヘッド中央の直接隣接ガス出口オリフィス30へまっすぐな経路に流れるのを阻止し、これにより、シャワーヘッドの中央及び周囲を通る各ガスの流量を等化する上で助けとなる。

40

【0031】

ガス入口マニホールド最上壁及びシャワーヘッドがRFホットである用途では、これらRFホットのコンポーネントと、電氣的に接地されたチャンバー蓋16との間に誘電体ライナー24、35が取り付けられる。ワークピース支持体12とシャワーヘッドとの間のチャンバー領域にプラズマを集中させるために、シャワーヘッド又はワークピース支持体

50

の付近にあるチャンバーの他の金属面は、一般に、誘電体ライナーで覆われる。例えば、図1は、チャンバー蓋16の下面を覆う誘電体ライナー36と、チャンバー側壁14を覆う誘電体ライナー38とを示している。

【0032】

カバー39は、一般に、チャンバー蓋16の上部に固定され、個人をRFホットの最上壁18又はシャワーヘッドに偶発的に接触することから保護する。カバー39は、ここに述べる他のチャンバーコンポーネントの機能に対して重要でないので、これ以上説明しない。

【0033】

チャンバーのコンポーネントは、チャンバー内で実行されるべき半導体製造プロセスを汚染することない材料であって、プロセスガスによる腐食に耐える材料で構成されねばならない。アルミニウムは、以下に述べるように、リング並びに誘電体スペーサ及びライナー以外の全てのコンポーネントにとって好ましい材料である。

【0034】

従来のプラズマCVD及びエッチングチャンバーの設計及び運転は、参考としてここに全体の内容を援用する共通に譲渡された以下の米国特許に説明されている。98年12月1日にホワイト氏等に発行された米国特許第5,844,205号、及び89年8月8日にチャン氏等に発行された米国特許第4,854,263号。

【0035】

2. シャワーヘッドのためのスライド式支持体

前記「発明の背景」のセクションで述べたように、チャンバー内で実行されているプロセスからの熱は、シャワーヘッド22の熱膨張を引き起こす。シャワーヘッドがチャンバー壁18に堅固に且つ非可撓的に取り付けられた場合には、このような熱膨張によりシャワーヘッドが曲がり、シャワーヘッドの前面即ち下面23が変形され、即ち下面の平坦さ又は曲率が変化し又は歪むことになる。

【0036】

図1から図3は、シャワーヘッドの周囲リム52をシャワーヘッド支持棚54に載せて、シャワーヘッドのリムが棚の上面を自由にスライドするようにシャワーヘッドを支持するという、この問題に対する1つの解決策を示す。従って、シャワーヘッドが温度の変化にตอบสนองして半径方向に膨張及び収縮するときには、シャワーヘッドのリムが棚を横切って各々外方及び内方にスライドする。この自由なスライドは、このような半径方向の熱膨張及び収縮にตอบสนองしてシャワーヘッドにかかる応力を実質的に排除する。

【0037】

棚54は、シャワーヘッドの重量を支持できる真空チャンバーのいかなる部分に固定することもできる。好ましくは、棚は、チャンバー壁18に直接的又は間接的に固定される。例示された好ましい実施形態では、棚は、蓋16の内面を覆う誘電体ライナー24の内方に突出する延長部である。

【0038】

本特許出願が優先権を請求するところの米国特許第6,477,980号に説明されたように、シャワーヘッド22の周囲から、シャワーヘッドが直接的又は間接的に取り付けられる真空チャンバーの冷えたコンポーネント(例えば、チャンバー蓋16及びチャンバー側壁14)への熱伝達を最小にすることが望まれる。より詳細には、真空チャンバー内にシャワーヘッドを取り付けて支持する構造体は、好ましくは、シャワーヘッドとこのような冷えたチャンバーコンポーネントとの間に高い熱インピーダンスを介在させねばならない。このような熱伝達を最小にすることは、少なくとも2つの理由で効果的である。即ち、第1に、シャワーヘッドの温度を最大にして、ワークピースからシャワーヘッドへの熱口スを最小にし、第2に、シャワーヘッドの周囲がシャワーヘッドの中央より速く熱を失う程度を最小にすることによりシャワーヘッドの下面の温度の空間的均一性を最大にする。

【0039】

この原理を本発明に適用すると、支持棚 5 4、又は支持棚とチャンバーの大きな冷えたコンポーネント（例えば、チャンパー蓋 1 6 及びチャンパー側壁 1 4）との間のコンポーネントが、好ましくは、シャワーヘッドとこれらの冷えたコンポーネントとの間に高い熱インピーダンスを介在させねばならない。図 3 に例示された実施形態では、これは、誘電体ライナー 2 4 及びその一体的な支持棚 5 4 を熱伝導率の低い誘電体材料で製造して、誘電体ライナー及び支持棚がシャワーヘッドとチャンパー蓋 1 6 との間に高い熱インピーダンスを介在させることにより、達成される。

【 0 0 4 0 】

前記セクション 1 で述べたように、1 つ以上のプロセスガスがガス入口マニホールドを経てチャンパーへ付与される。ガス入口マニホールドは、ガス入口マニホールド最上壁 1 8 と、シャワーヘッド 2 2（拡散器又はガス分配プレートとも称される）と、ガス入口マニホールド最上壁、側壁及びシャワーヘッドが、集合的に、ガス入口マニホールドの内部領域即ち充満部 2 6 と称される容積部を包囲するように、最上壁 1 8 とシャワーヘッドとの間に延びるガスシール側壁と、を備えている。図 1 から図 5 の実施形態では、ガス入口マニホールドの側壁は、主として、誘電体ライナー 2 4、支持棚 5 4 及びシャワーヘッドリム 5 2 で構成される。

10

【 0 0 4 1 】

又、前記セクション 1 で述べたように、ガス入口マニホールドのガスシール側壁は、ガス入口オリフィス 2 8 を経て充満部に流れ込むガスのほとんどが、ガス入口マニホールドの側壁のギャップを経て漏れるのではなく、シャワーヘッドのガス出口オリフィス 3 0 を経て流れることにより、真空チャンパーの内部に入るように、十分な気密シールを与えねばならない。従って、シャワーヘッドリム 5 2 及びシャワーヘッド支持棚 5 4 は、いずれの 1 つのコンポーネント内にも又は隣接コンポーネント間にも、プロセスガスの著しい部分が充満部から漏れ得るような著しく大きなギャップを有してはならない。好ましくは、ガス入口オリフィス 2 8 を経て充満部に入るガスのうち、ガス入口マニホールド側壁を経て漏れるのは、10%（1/10）未満でなければならず、従って、少なくとも 90% のガスは、ガス出口オリフィス 3 0 を経て真空チャンパーへ付与されねばならない。それ故、前記ギャップの合成断面積（側壁ギャップ面積）は、好ましくは、シャワーヘッドの出口オリフィスの最も狭い部分の合成断面積（シャワーヘッドオリフィス面積）の 10%（1/10）未満でなければならず、最悪でも、側壁ギャップ面積は、シャワーヘッドオリフィス面積の 40% 未満でなければならず。

20

30

【 0 0 4 2 】

リム及び棚の両方は、1 つの連続する部片として製造することもできるし、或いは十分な気密シールを形成するように密接に当接する多数の部片として製造することもできる。例えば、図 3 は、シャワーヘッドリム 5 2 が連続部片である一方、支持棚 5 4 が突出する誘電体ライナー 2 4 が 4 つの個別の部片を有し、長方形のチャンパー蓋 1 6 の 4 つの内面を各々覆うところを示している。シャワーヘッドのリム 5 2 は、シャワーヘッドの一体的部分として加工することもできるし、又は中央が開いた長方形フレームで、その周囲付近でシャワーヘッドに固定されるような長方形フレームでもよい。

【 0 0 4 3 】

図 4 は、長方形ではなく円筒状のシャワーヘッド 2 2 にこの設計をいかに適応できるかを示す。この実施形態では、シャワーヘッドリム 5 2、シャワーヘッド支持棚 5 4 及び誘電体ライナー 2 4 は、全て、円筒状で、シャワーヘッド 2 2 と同心的である。

40

【 0 0 4 4 】

信頼性のある高導電率の RF 電気接続をシャワーヘッドに与えるために、図 2 に示すように、RF 電気ケーブル 5 6（上部ケーブルと称される）をガス入口マニホールド最上壁 1 8 に電氣的に接続することができると共に、第 2 の RF ケーブル 5 7（下部ケーブルと称される）を最上壁 1 8 とシャワーヘッドとの間に直結することができる。

【 0 0 4 5 】

シャワーヘッドリム 5 2 とシャワーヘッド支持棚 5 4 との間のスライド接触における摩

50

擦が接触面を磨耗して粒子を形成する。チャンバー蓋 16 の下面を覆う誘電体ライナー 36 は、このような粒子のほとんど又は全部を捕獲してそれらがワークピース 10 に落下するのを防止するように柵 54 の下に少なくとも部分的に延びるのが好ましい。任意であるが、シャワーヘッドは、誘電体ライナー 36 で捕え損なうことのある粒子を捕獲するように第 1 のリム 52 の下に配置された第 2 の周囲リム即ちトラフ 58 を含むことができる。

【0046】

シャワーヘッドリム 52 の下面とシャワーヘッド支持柵 54 の上面との間の摩擦及び磨耗を減少するために、滑らかな低摩擦滑走体即ちベアリング 61 をこれらの面のいずれか又は両方に取り付けることができる。例えば、滑走体は、これら表面の 1 つに埋め込まれたロッド又は 1 つ以上のボールである。任意であるが、この滑走体は、このような面内のソケットであってその中で滑走体を自由に転がすことのできるソケットに嵌合させることもできる。

【0047】

図 5 は、図 2 の設計の変形態様を示すもので、ここでは、シャワーヘッド支持柵 54 の内端が、上方に延びるリップ 62 を有し、柵とシャワーヘッドリム 52 との間の磨耗により発生された粒子を柵により捕獲して、ワークピースへ落下しないよう確保する。柵のリップ 62 のための間隙を与えるために、シャワーヘッドリム 52 の外端は、周囲リップ 64 を有し、これは、柵リップ 62 の高さより少なくとも若干大きな長さで下方に延びて、シャワーヘッドリップ 64 の下端がシャワーヘッドリム 52 と支持柵 54 との間の唯一の接触点となるようにしなければならない。シャワーヘッドリップ 64 は、支持柵リップ 62 の半径方向外方にある支持柵 52 の上方を向いた面に載せねばならない。好ましくは、上述した滑走体 61 がシャワーヘッドリップ 64 の下面に取り付けられる。

【0048】

シャワーヘッドが外方にスライドしたときに支持柵の立ち上がったリップ 62 がシャワーヘッドの側部に当たって粒子を発生するのを防止するために、シャワーヘッドリム 52 は、好ましくは、その半径方向の巾が支持柵の半径方向の巾より大きくなければならない。より詳細には、シャワーヘッドリムのリップ 64 は、このシャワーヘッドリップ 64 がスライドする支持柵上面の半径方向巾より大きな長さで、シャワーヘッドの側部の半径方向外方に離間されねばならない。

【0049】

3. ハンガーでシャワーヘッド支持柵を上壁から懸架する

図 6 は、図 5 の実施形態と同一であるが、シャワーヘッド支持柵 54 が誘電体ライナー 24 に固定されない別の実施形態を示す。むしろ、シャワーヘッド支持柵 54 は、ガス入口マニホールド最上壁 18 からハンガー 70 により懸架されている。図 6 の実施形態は、図 1 から図 5 の実施形態と同様に、シャワーヘッドリム 52 を、それが載せられた支持柵 54 の面にスライドさせるのを許容することにより、シャワーヘッドの半径方向熱膨張を受け容れる。以下に述べる相違点を除くと、図 1 から図 5 の実施形態を参照して説明した全ての変形及び設計事項が図 6 の実施形態にも適用される。

【0050】

最上壁 18、ハンガー 70、支持柵 54、滑走体 61 及びシャワーヘッドリム 52 の全部がアルミニウム又は他の金属のような導電性材料で構成される場合には、これらコンポーネントは、最上壁 18 をシャワーヘッド 22 に電氣的に接続し、上壁からシャワーヘッドへ RF 電力を確実に導通させる。支持柵に載せられるシャワーヘッドの重みは、シャワーヘッドリムと支持柵との間の接触領域において信頼性のある高導電率の電氣的接続を達成する上で助けとなる。それ故、図 2 の実施形態のように、上壁とシャワーヘッドとの間を個別の電気ケーブルで接続する必要はないであろう。

【0051】

本特許出願が優先権を請求するところの米国特許第 6,477,980 号に説明された柔軟性懸架体とは異なり、シャワーヘッドリムが支持柵を自由にスライドするので、ハンガー 70 が柔軟性である必要はない。ハンガー 70 は、最上壁 18 と一緒に一体的なモノ

10

20

30

40

50

リシク部片として製造されてもよいし、又は最上壁 18 にボルト固定又は他の仕方で固定できる個別の部片でもよい。

【0052】

前記セクション 2 に説明されたように、ガス入口マニホールドは、好ましくは、プロセスガスの過剰な部分が充満部 26 から漏れるのを防止するに十分な気密シールを与えねばならない。上述したように、漏れの量は、ワークピースに対して実行されるプロセスに大きく依存するが、ほぼ全ての用途では、漏れの量が、シャワーヘッドガス出口オリフィス 30 を通るガス流の 40% 未満、好ましくは 10% 未満、でなければならない。ハンガー 70 でシャワーヘッド支持棚をガス入口マニホールド最上壁 18 に取り付ける図 6 の実施形態では、ハンガー 70 が、シャワーヘッド支持棚 54 及びシャワーヘッドリム 52 と協働するガス入口マニホールドの側壁として機能する。それ故、これらコンポーネントの各々は、好ましくは、いずれの 1 つのコンポーネント内でも又は隣接コンポーネント間にも、プロセスガスの前記部分より多くが充満部から漏れ得るような実質的なギャップを有してはならない。これらコンポーネントは、どれも、1 つの連続する部片として製造することもできるし、或いは十分な気密シールを形成するように密接に当接する多数の部片として製造することもできる。これら製造解決策の実施例は、前記セクション 2 に述べた。

10

【0053】

図 1 から図 5 の実施形態の説明で述べたように、真空チャンバー内にシャワーヘッドを取り付けて支持する構造体は、好ましくは、シャワーヘッドとこのような冷えたチャンバーコンポーネントとの間に高い熱インピーダンスを介在させねばならない。ハンガー 70 を有する図 5 の実施形態では、これは、シャワーヘッドと最上壁 18 との間にハンガーが介在させる熱インピーダンスを最大にすることにより達成できる。このような熱インピーダンスは、ハンガーを非常に薄く作るか、或いはプラズマチャンバーの内部に使用するのに適したほとんどの他の電気導体より熱伝導率の低いステンレススチールのような低熱伝導率の材料でハンガーを製造することにより、最大にすることができる。1 つの好ましい実施形態では、前者の解決策が使用され、即ち希望の低い熱伝導率を有するに十分なほど薄くハンガーが作られる。厚みが 3 mm 以下、好ましくは 1 mm 以下のアルミニウムシートでハンガー 70 を製造することが推奨される。

20

【0054】

4. ピンがスロット内をスライドするハンガー

30

図 7 から図 9 は、複数のハンガー 80 がシャワーヘッド及び最上壁 18 にピン 81 により取り付けられ、ピン 81 はスロット 82 内をスライドし、半径方向のシャワーヘッドの熱膨張を受け容れるようにハンガーが半径方向にスライドするのを許容するような懸架体により、シャワーヘッド 22 がガス入口マニホールド最上壁 18 から懸架された実施形態を示す。

【0055】

シャワーヘッド 22 の上面は、図 7 に示すように、シャワーヘッドの周囲付近で周辺方向に分布した位置に複数のスロット 82 を有する。各スロットの最も長い寸法（長さ）は、シャワーヘッドの長手軸 55（図 1 及び 7 を参照）に対して半径方向に延びている。これらスロットは、シャワーヘッドの本体に製造できるが、図 7 から図 9 に示すように、シャワーヘッドの外方に延びるリム 78 にスロットを製造するのが容易である。

40

【0056】

ここに示す長方形のシャワーヘッドでは、シャワーヘッドは、その上面の 4 つのコーナー各々の付近に 1 つのスロットを有すると共に、4 つのコーナー各々の間の中間に 1 つのスロットを有する。或いは又、シャワーヘッドは、それより多数又は少数のスロットを含むこともでき、例えば、コーナー付近に 4 つのスロットだけを含むか、コーナー間の中間に 4 つのスロットだけを含むか、シャワーヘッドの上面の対向する側部に 2 つのスロットだけを含むか、又は周囲方向に分布した 3 つのスロットだけを含むことができる。

【0057】

シャワーヘッドのスロット 82 ごとに、対応するハンガー 80 には、そのスロットを通

50

して延びるピン 8 1 が設けられる。ピン 8 1 の下端から横方向に延びる肩部 8 3 は、スロットの横巾、即ちシャワーヘッドの方位又は周囲に平行なスロットの寸法より広い。従って、肩部 8 3 は、図 9 に示すように、スロットを横方向に境界定めするシャワーヘッドの部分 8 5 の下面に係合して支持する。(スロットを横方向に境界定めするシャワーヘッドの部分は、スロット側壁 8 5 と称する。)

各ピン 8 1 及びその肩部 8 3 は、円形又は長方形断面のような断面形状をもつことができる。例えば、各ピンは、ねじ切りされたボルトとして実施することができ、各ピンの肩部は、ボルトの頭でよい。

【 0 0 5 8 】

上述したようにシャワーヘッドに直接係合して支持するハンガー 8 0 は、ハンガーの第 1 又は最下「層」と称される。考えられる 1 つの実施形態では、懸架体は、ハンガーの単一層しか含まず、この場合、各ハンガーは、シャワーヘッド 2 2 と最上壁 1 8 との間に延びるに充分なほど背が高くなければならない。

【 0 0 5 9 】

より詳細には、懸架体は、図 8 及び 9 に示すようにハンガー 8 0 の多数の層を含み、これら層の数を整数 N とすれば、各ハンガーの高さは、おおよそ、シャワーヘッドと上壁との間の距離を N で除算したものとなる。ここに示す実施形態では、シャワーヘッドと上壁との間にハンガーの 2 つの層があり、即ち $N = 2$ である。

【 0 0 6 0 】

各ハンガー 8 0 の上面は、シャワーヘッドにおける対応スロットと同じ方向のスロット 8 2 を有する。より詳細には、各ハンガーのスロットは、その最も長い寸法がシャワーヘッドの半径に平行に向けられ、即ちシャワーヘッドの長手軸 5 5 (図 1) に垂直に向けられる。スロット 8 2 の真下でそれに隣接して、各ハンガーはグループ 8 4 も有し、このグループは、スロットを通して延びるピン 8 1 の肩部 8 3 より巾が広く、ピンがスロット内をスライドする間に肩部 8 3 をスライドできるところの空洞を形成する。

【 0 0 6 1 】

ガス入口マニホールド最上壁 1 8 の下面は、最も上の層のハンガー 8 0 の数に等しい多数の下方に突出するピン 8 1 を含む。これらピン 8 1 は、上壁の周囲付近で周囲方向に分布した位置に配置され、最上壁 1 8 の個別のピンが最も上の層の各ハンガーに係合するようにされる。又、各ハンガーの下面も、下方に突出するピン 8 1 を有する。上壁の各ピン 8 1 及びハンガーの各ピン 8 1 は、上述した肩部 8 3 を有する。

【 0 0 6 2 】

最上壁 1 8 の各ピンは、それに対応するハンガー 8 0 のスロット 8 2 を通過する。各ハンガーのスロットは、シャワーヘッドの各スロットの側壁 8 5 と同様に、側壁 8 5 を有するものとして説明する。即ち、スロット 8 2 を横方に境界定めし且つグループ 8 4 に垂直にオーバーハングするハンガーの部分を、スロット側壁 8 5 と称する。各ハンガーのスロット側壁 8 5 は、スロットを通過するピン 8 1 の肩部 8 3 に載せられる。というのは、ピンの肩部は、図 9 に示すようにスロットの横断巾より広いからである。従って、ピン及び肩部はスロットの側壁 8 5 を支持し、ひいては、それが一部分であるところのハンガーを支持する。

【 0 0 6 3 】

同様に、ハンガーの層が 2 つ以上ある場合には、最下層の上の 1 つ以上の層における各ハンガーが、その下のハンガーを支持する。というのは、このような各ハンガーは、その真下のハンガーのスロットを通過するピンを有し、且つ各ピンは、その真下のハンガーの対応スロット 8 2 の横断巾より広い肩部 8 3 を有するからである。

【 0 0 6 4 】

従って、最下層のハンガーの肩部及びピンは、集合的に、シャワーヘッドの全重量を支持する。上壁の肩部及びピンは、集合的に、ハンガーの最上層の重量を支持する。最下層以外のハンガーの各層の肩部及びピンは、集合的に、その真下のハンガーの次の層の重量を支持する。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 5 】

ピン及びスロットは、各ハンガーが下ではシャワーヘッド及び上ではガス入口マニホール最上壁に対して半径方向にスライドするのを許容するので、シャワーヘッドは、温度変化に应答して自由に膨張及び収縮することができる。

【 0 0 6 6 】

図 1 0 は、シャワーヘッドリム 7 8 と、それが載せられたピンの肩部との間の磨耗により発生される粒子を捕獲することが望まれる場合に、(1) スロット 8 2 の下のグループ 8 4、及び(2) グループの下の内実部分 7 9 を含むようにリムを変更できることを示している。

【 0 0 6 7 】

図 1 1 は、図 7 から 1 0 に示す実施形態に対してピン及びスロットが逆転された別の実施形態を示すもので、ここでは、各ピン 8 1 がハンガー 8 0 又はその上の最上壁 1 8 のスロット 8 2 へと上方に延びると共に、各ピンの肩部 8 3 の下面が、ハンガー又はその上の最上壁のスロット 8 2 を横方向に境界定めするスロット側壁 8 5 に載せられてそれにより支持される。しかしながら、各ピン 8 1 がスロット 8 2 へと下方に延びる実施形態が好ましい。というのは、上方を向いたグループ 8 4 が、肩部 8 3 とスロットの側壁 8 5 との間の磨耗により発生される粒子を捕獲して、このような粒子がワークピースへ落下しないようにできるからである。

【 0 0 6 8 】

前記セクション 1 に述べたように、1 つ以上のプロセスガスがガス入口マニホールを経てチャンバーに付与される。ガス入口マニホールは、ガス入口マニホール最上壁 1 8 と、シャワーヘッド 2 2 (拡散器又はガス分配プレートとも称される) と、これら最上壁 1 8 とシャワーヘッドとの間に延びるガス入口マニホール側壁とを備え、ガス入口マニホールの側壁、上壁及びシャワーヘッドは、集合的に、ガス入口マニホールの内部領域即ち充満部 2 6 と称される容積部を包囲する。

【 0 0 6 9 】

図 8 から図 1 1 の各実施形態において、各ハンガー 8 0 の横断巾は、ハンガー内のグループ 8 4 の横断巾より著しく大きい必要はない。(横断巾とは、ハンガーがスライドする方向に垂直な方向におけるハンガーの巾で、図 8 において左から右へのハンガーの巾を意味する。) 従って、ハンガー 8 0 は、ガス入口マニホールのための側部シールとして機能するに十分な広さでなくてもよい。即ち、隣接ハンガー間に大きな横断間隔がある場合には、ハンガーがガス入口マニホールのためのガスシール側壁を形成しない。

【 0 0 7 0 】

この場合には、ガス入口マニホールのためのガスシール側壁は、好ましくは、ガス入口マニホール最上壁 1 8 とシャワーヘッド 2 2 との間に 1 つ以上のガスシール部材 8 8 を取り付けることにより形成されねばならない。このガス入口マニホール側壁 8 8 は、最上壁 1 8 のガス入口オリフィス 2 8 とシャワーヘッドのガス出口オリフィス 3 0 との間に延びる容積部即ち充満部 2 6 を包囲しなければならない。このガス入口マニホール側壁 8 8 は、半径方向のシャワーヘッドの熱膨張を受け容れるに十分なほど柔軟性でなければならない。

【 0 0 7 1 】

図 1 2 は、ガス入口マニホール最上壁 1 8 の周囲とシャワーヘッド 2 2 のリム 7 8 とに取り付けられてそれらの間に延びる 1 つ以上の柔軟性シート又は膜 8 8 で構成されたガス入口マニホールのための 1 つの適当なガスシール側壁を示す。シャワーヘッドの長手軸 5 5 の方向におけるシート又は膜 8 8 の長さ又は高さは、このシートがシャワーヘッドの熱膨張を受け容れるに十分なたるみ又はゆるみをもつように最上壁 1 8 とシャワーヘッドとの間の距離をまたぐために必要以上に大きくななければならない。ここに示す長方形のシャワーヘッドの場合には、ガスシール 8 8 は、最上壁及びシャワーヘッドの全周にわたって延びる単一のシートでもよいし、或いは最上壁及びシャワーヘッドの 4 つの辺に各々取り付けられる 4 つの別々のシートを含んでもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 2 】

図 1 3 及び図 1 4 は、柔軟性シート又は膜 8 8 の下端が、ハンガー 8 0 の半径方向内方で且つガス出口オリフィス 3 0 の半径方向外方の面に沿ってシャワーヘッド 2 2 に取り付けられる別の実施形態を示す。

【 0 0 7 3 】

シャワーヘッドの重量は、シート 8 8 ではなくハンガー 8 0 により完全に支持される。それ故、シート 8 8 は、重たいシャワーヘッドを支持するに十分な強さではなく、入口マニホールドに供給されるガスとチャンバーの真空との間の圧力差に耐えるに十分な強さであればよい。従って、シートは、非常に柔軟であるに十分な薄い材料で構成することができる。

10

【 0 0 7 4 】

図 1 5 は、ハンガー 8 0 がガス入口マニホールドのガスシール側壁として機能し、付加的な柔軟性シール 8 8 の必要性を排除する別の実施形態を示している。これは、ハンガー 8 0 の各々が十分に大きな横断巾を有し、隣接するハンガーの横端を互いに十分に接近させて、充填部 2 6 内のプロセスガスの著しい部分がシャワーヘッドのガス出口オリフィス 3 0 を経て流れるのではなくハンガー間のギャップを経て漏れるのを防止することを必要とする。

【 0 0 7 5 】

前記セクション 1 で述べたように、受け容れられる漏れの量は、ワークピースに対して実行されるプロセスに依存するが、ほとんどのプロセスでは、漏れが 1 0 % 未満でなければならない。即ち、ガス入口オリフィス 2 8 を経て充填部 2 6 に入るガスのうち、ガス入口マニホールド側壁を経て漏れるのは、1 0 % (1 / 1 0) 未満でなければならない。従って、少なくとも 9 0 % のガスは、ガス出口オリフィス 3 0 を経て真空チャンバーへ付与されねばならない。最悪でも、ガス入口マニホールド側壁を経て漏れるのは、充填部に入るガスの 4 0 % 以下でなければならない。

20

【 0 0 7 6 】

それ故、好ましくは、ハンガーの横断巾が充分大きく、且つハンガー間のギャップが充分小さくて、ハンガー間のギャップの合成断面積（側壁ギャップ面積）が、シャワーヘッドの出口オリフィスの最も狭い部分の合成断面積（シャワーヘッドオリフィス面積）の 1 0 % (1 / 1 0) 未満でなければならない。最悪でも、側壁ギャップ面積は、シャワーヘッドオリフィス面積の 4 0 % 未満でなければならない。

30

【 0 0 7 7 】

ハンガーの隣接端が、隣接ハンガー間のギャップを橋絡する柔軟性シート又はベロー（図示せず）に取り付けられる場合には、隣接ハンガーの横端間のギャップを通るガス漏れを更に減少することができる。

【 0 0 7 8 】

図 1 6 は、ハンガー 8 0 が、十分に巾の広い横方向延長部 8 9 を含み、各対の隣接ハンガーの横方向延長部が重畳するような別の設計を示す。各対の重畳する延長部は、互いに充分接近離間されて、それらの間のギャップが充填部からのガスの漏れを防ぎ、充填部に入るガスのうち、シャワーヘッドのガス出口オリフィス 3 0 を経て流れるのではなく全ての前記ギャップを経て漏れるのが 4 0 % (2 / 5) を越えるのを防止し、好ましくは、1 0 % (1 / 1 0) 未満にしなければならない。或いは又、ハンガー間のギャップの合成断面積は、シャワーヘッドの出口オリフィスの最も狭い部分の合成断面積の 4 0 % (2 / 5) 未満でなければならない。好ましくは、1 0 % (1 / 1 0) 未満でなければならない。

40

【 0 0 7 9 】

5 . ワイヤ懸架体

図 1 7 及び図 1 8 は、シャワーヘッド 2 2 が 3 つ以上の柔軟なワイヤ 8 6 により懸架される実施形態を示す。各ワイヤの上端は、ガス入口マニホールド最上壁 1 8 の周囲付近のポイントに取り付けられ、一方、各ワイヤの下端は、シャワーヘッドの周囲付近のポイントに取り付けられる。上部取り付けポイントは、最上壁 1 8 において周囲方向に分布され

50

、下部取り付けポイントは、シャワーヘッドにおいて周囲方向に分布される。

【0080】

ここに示す好ましい実施形態では、シャワーヘッド及びガス入口マニホールド最上壁18は長方形であり、ワイヤの本数は4であり、ワイヤの取り付けポイントは、シャワーヘッド及びガス入口マニホールド最上壁の4つのコーナー付近である。(4本のワイヤ及びそれらの取り付けポイントをより明確に示すために、図17及び図18は、4本のワイヤ、シャワーヘッド、ガス入口マニホールド最上壁、及び以下に述べるガスシール88以外の全てのコンポーネントを省略している。)

ワイヤが柔軟であるので、シャワーヘッドは、温度変化に应答して、応力を生じることなく、自由に膨張及び収縮する。

10

【0081】

好ましくは、ワイヤは、ガス入口マニホールド最上壁からシャワーヘッドへRF電力を導通するよう機能できるように導電性金属で構成される。

【0082】

ワイヤの直径は、シャワーヘッドの横断巾の僅かな部分に過ぎないので、ワイヤは、ガス入口マニホールドの充満部即ち内部領域26を包囲する側壁として機能することができない。従って、ガス入口マニホールドの側部を包囲するために個別のガスシール88を設けねばならない。このガスシールは、シャワーヘッドの熱膨張を受け容れるために十分に柔軟でなければならない。

【0083】

20

前記セクション4(図12から14)で述べたガスシール88の設計は、いずれも、ワイヤ懸架体86と組み合わせて使用するのに等しく適している。図17及び図18は、図12に示したものと同様の周囲シール88を示す。図19は、図13及び14に示すシール88と同様に、ワイヤ86の半径方向内方で且つガス出口オリフィス30の半径方向外方にある面に沿ってシャワーヘッド22に取り付けられた別のシール88を示す。

【0084】

6. 関節ジョイントを伴う懸架ロッド

図20は、図19と同様であるが、シャワーヘッドがワイヤではなくロッド90により懸架された実施形態を示す。各ロッドの上端及び下端は、関節ジョイント91によりシャワーヘッド及びガス入口マニホールド最上壁に各々取り付けられる。関節ジョイントは、

30

ロッドが柔軟である必要性を排除し、従って、ロッドは、太くて堅固なものでよい。

【0085】

関節ジョイントは、従来のボール及びソケットジョイントのように、ロッドがジョイントで枢着回転するのを許容する従来設計のものでよい。ボール及びソケットジョイントの低廉な近似は、図20に示すように、ボールに代わってショルダースクリューの頭を、そしてソケットに代わってホール又はスロットを使用することができる。スロットは、横断又は半径方向に細長くして、ロッドが枢着回転に加えて横断又は半径方向にスライドするのを許容する。

【0086】

「ワイヤ懸架体」と題するセクション5で説明したように、ガス入口マニホールドの側部に対するガスシールを与えるために、シート88を設けねばならない。

40

【0087】

7. 高い熱膨張係数をもつ支持体への堅固な取り付け

図21及び22は、柔軟性又はスライド式コンポーネントを必要とせずにシャワーヘッドを堅固に取り付けるのを許し、しかも、半径方向の熱膨張及び収縮を受けるときにシャワーヘッドにかかる応力を緩和する別の設計を示す。この設計の独特の要素は、シャワーヘッド22の材料より高い熱膨張係数を有する材料で構成されたシャワーヘッド支持部材100である。シャワーヘッドは、熱膨張係数の高い支持部材100から堅固に懸架される。懸架体は少なくとも1つのスペーサ102を含み、各スペーサは、その上端が支持部材100の周囲付近に取り付けられ、又、その下端がシャワーヘッド22の周囲付近に取

50

り付けられる。

【0088】

シャワーヘッド支持部材100、スペーサ102及びシャワーヘッド22は、集合的に、プロセスガスがシャワーヘッドガス出口オリフィス30を経て真空チャンバーの内部へ付与される前に流れ込むところの容積部即ち充満部101を包囲する。これらコンポーネントは、充満部の周りに実質的な気密シールを与え、従って、シャワーヘッド出口オリフィス30を通過せずに充満部から真空チャンバーの内部へ漏れるガスの量が無視できる程度より多くならないようにしなければならない。

【0089】

シャワーヘッドが円形である場合には、スペーサ102が円筒状であるのが好ましい。例示された実施形態では、シャワーヘッドが長方形であり、スペーサ102が、開いた中央部を取り巻く長方形フレームである。或いは又、多数のスペーサ102をシャワーヘッド22の周辺部に周囲方向に分布させることもできるが、このときには、隣接スペーサ間にガスシールを設けなければならない。

【0090】

ガスコンジット106は、その上端が真空チャンバー最上壁18に取り付けられ、そこで、ガス入口オリフィス28に結合される。ガスコンジット106の下端は、シャワーヘッド支持部材100に取り付けられ、そこで、シャワーヘッド支持部材の少なくとも1つのガスオリフィス104に結合される。従って、ガスコンジット106は、プロセスガスが、ガス入口オリフィス28から、シャワーヘッド支持部材のガスオリフィス104を経て、充満部101を経て、次いで、シャワーヘッドのガス出口オリフィス30を経て流れるための流路を形成する。

【0091】

この設計の動作原理は、次の通りである。充満部101内のプロセスガスによる熱伝導及び対流は、シャワーヘッド22とシャワーヘッド支持部材100との間に熱を伝達するように機能する。それ故、シャワーヘッドの温度が上下するときに、シャワーヘッド支持部材100の温度が上下する。又、スペーサ102も、シャワーヘッドと支持部材との間に熱を伝達することができる。ガス及びスペーサによる熱伝達は、効率が100%未満であるために、支持部材は、一般に、シャワーヘッドより冷たくなる。それ故、支持部材及びシャワーヘッドが同じ熱膨張係数を有する場合には、支持部材が、チャンバー内で実行されているプロセスからの熱にตอบสนองしてシャワーヘッドほど膨張及び収縮しない。

【0092】

しかしながら、本発明によれば、支持部材がシャワーヘッドとほぼ同じ量だけ半径方向に膨張するように、支持部材100の熱膨張係数は、シャワーヘッドの熱膨張係数を最適な量だけ越えねばならない。換言すれば、支持部材100は、これが高い温度にตอบสนองしてシャワーヘッドの半径方向膨張にほぼ等しい量だけ半径方向に膨張するように、熱膨張係数がシャワーヘッドを最適な量だけ越える材料で構成されねばならない。支持部材の最適な熱膨張係数は、支持部材100を異なる材料で製造し、チャンバー内で実行されるプロセス中におそらく遭遇する温度変化にตอบสนองしてシャワーヘッドとほぼ同じ量だけ支持部材を膨張及び収縮させる材料を選択することにより、実験で決定することができる。

【0093】

ガスコンジット106は、シャワーヘッド支持部材100にその中央付近で取り付けられるので、そのポイントにおける支持部材の半径方向膨張は、その周囲付近での半径方向膨張に比して無視できるものである。それ故、ガスコンジットは、シャワーヘッド支持部材に堅固に取り付けることができる。1つの意図された実施形態では、ガスコンジットは、シャワーヘッド支持部材及びシャワーヘッドの全重量を支持する。より好ましくは、支持部材100の周囲と最上壁18との間に前記セクション2から6で述べた柔軟性又はスライド式懸架体を取り付けることにより、ヒーター及びシャワーヘッドの重量に対する付加的な支持を与えることができる。或いは又、「関連出願へのクロスレファレンス」という見出しで本特許明細書の初めに示した、本出願が優先権を請求するところの2つの以前

10

20

30

40

50

の特許出願に説明された懸架設計のものを、支持部材100と最上壁18との間に取り付けることもできる。図21及び図22に示す好ましい実施形態では、このような支持は、4本の柔軟性ワイヤ86により与えられ、これらワイヤは、セクション5で述べた図17から図19の実施形態のように、シャワーヘッドの4つのコーナーに各々取り付けられる。

【0094】

ガスコンジット106、支持部材100及びスペーサ102は、それらが全て導電性材料で構成された場合には、チャンバーの最上壁18からシャワーヘッドへRF電力を導通するように機能することができる。これらコンポーネントの各々は堅固に取り付けできるので、上述した取り付けポイントの各々は、優れたRF電氣的コンダクタンスを与えるように容易に実施することができる。

10

【0095】

8. シャワーヘッド後方のヒーター

上述した種々の懸架設計は、全シャワーヘッドの温度の上下に応答したシャワーヘッドの半径方向の膨張及び収縮による応力を防止することが意図される。これまでの設計で完全に対処されていない付加的な問題は、シャワーヘッドの前面(下面)が一般にシャワーヘッドの後面(上面)より高温になることである。というのは、前面が、チャンバー内の主熱源、即ち(1)ワークピース10を加熱するために通常ヒーターを含むワークピース支持体12、及び(2)プラズマプロセスの場合には、シャワーヘッドとワークピース支持体との間の領域のプラズマ、を向いているからである。これに対して、シャワーヘッドの後面は、ガス入口マニホールド最上壁18のように、シャワーヘッドより通常冷たい表面に露出される。

20

【0096】

シャワーヘッドの前面が後面より高温になると、前面は後面より膨張して、シャワーヘッドを熱源に向って外方に曲げさせる。即ち、前面はより凸状になる。「発明の背景」で述べたように、シャワーヘッドの前面の輪郭(平坦さ又は曲率)に対する変化は、望ましくない。というのは、ワークピースに対して行なわれているプロセスの空間均一性を損なうことになるからである。

【0097】

図23は、この曲がりの問題に対する解決策を示す。図23の設計は、図16に示す設計と同様であるが、高い温度係数を有するシャワーヘッド支持部材100がヒーター110に置き換えられる。このヒーターは、シャワーヘッドの後面に熱を供給することにより、前面より冷えた後面を有するというシャワーヘッドの問題を克服する。ヒーターは、シャワーヘッド全体の温度を上昇させ、ワークピースからの熱損失を減少するのに有益であるという付加的な効果を与える。

30

【0098】

ヒーターは、ヒーターの本体に埋め込まれた電気加熱素子、或いはヒーターの本体を通して高温流体を圧送するチャンネルのような従来のいかなる熱源を使用することもできる。熱は、ヒーター110から、放射により、及びヒーターとシャワーヘッドとの間の充満領域101を経て流れるプロセスガス流を介しての伝導と対流により、シャワーヘッド22の後面へ伝達される。これらの熱伝達メカニズムは、スペーサ102を良熱導体にする必要がないほど優れている。

40

【0099】

上述した熱伝達により、シャワーヘッドの温度は、ヒーターとほとんど同じであるか、それより若干冷たいだけである。それ故、ヒーターの本体が、シャワーヘッドと同じ又はそれより若干低い熱膨張係数を有する材料で構成される場合には、ヒーター及びシャワーヘッドは、温度に応答してほぼ同じ量の半径方向膨張を受ける。その結果、スペーサ102をヒーターとシャワーヘッドとの間に堅固に取り付けることができる。

【0100】

ヒーター110は、前記セクション7で述べたシャワーヘッド支持体100のガスオリ

50

フィス104のように、少なくとも1つのガスオリフィス104を有していなければならない。同様に、セクション7で述べたように、ガスコンジット106は、真空チャンバーの最上壁18とヒーター110との間に堅固に取り付けて、ヒーター及びシャワーヘッドの重量を支持すると共に、プロセスガスをガス入口オリフィス28から、ヒーターのガスオリフィス104を経て、充填部101を経て、次いで、シャワーヘッドの出口オリフィス30を経てチャンバーの内部へ搬送することができる。

【0101】

ガスコンジット106、ヒーター110、及びスペーサ102は、これら全てが導電性材料で構成された場合には、チャンバーの最上壁18からシャワーヘッドへRF電力を導通するように機能することができる。これらコンポーネント各々は堅固に取り付けできるので、上述した各取り付けポイントは、優れたRF電気コンダクタンスを与えるように容易に実施することができる。

10

【0102】

スペーサ102は、セクション7で述べたように、ヒーター110及びシャワーヘッド22と組み合わせて、充填部101のための実質的に気密の包囲体を形成するように実施できる。又、セクション7で述べたように、ヒーター及びシャワーヘッドの重量に対する付加的な支持体を、ヒーターの周囲と最上壁18との間に前記セクション2から6で述べた柔軟性又はスライド式懸架体を取り付けることにより、設けることができる。或いは又、「関連出願へのクロスレファレンス」という見出しで本特許明細書の初めに示した、本出願が優先権を請求するところの2つの以前の特許出願に説明された柔軟性懸架設計のものを、ヒーター110と最上壁18との間に取り付けられることもできる。図23に示す好ましい実施形態では、このような支持は、長方形ヒーター110の4つのコーナーと最上壁18との間に各々取り付けられた4本の柔軟性ワイヤ86により与えられる。

20

【0103】

或いは又、図23に示す懸架ワイヤ86は、前記セクション2から4に説明した懸架体の1つに置き換えることができ、この場合、シャワーヘッドを支持する部材(支持棚54或いはハンガー70又は80)は、チャンバー壁18と組み合わされて、ガス入口マニホールド充填部26を密封包囲する。このような場合には、付加的なシールコンジット106が不要となる。この別の形態は、複数の空間的に分布されたガスオリフィス104をヒーターに設けて、充填部101においてプロセスガスの希望の空間的分布又は混合物を得ることが希望される場合に特に有用である。

30

【0104】

より一般的には、前記セクション2から6に或いは上述した以前の特許出願に述べた柔軟性又はスライド式懸架体のいずれの設計においても、ここに述べたシャワーヘッド22を、ヒーター110、スペーサ102及びシャワーヘッド22で構成されるこのセクション8で述べた全アセンブリに置き換えることができる。柔軟性又はスライド式懸架部材又はハンガーが前記設計の1つにおいてシャワーヘッドに取り付けられる場合には、このような懸架部材又はハンガーを、このセクション8で述べたアセンブリにおいてヒーター110、スペーサ102又はシャワーヘッド22に取り付けることができる。

【図面の簡単な説明】

40

【0105】

【図1】支持棚にスライド可能に載せられるシャワーヘッドリムで支持されたシャワーヘッドを備えたプラズマチャンバーの断面部分概略側面図である。

【図2】図1のシャワーヘッドリム及び支持棚の縦断面詳細図である。

【図3】図2の長方形シャワーヘッド及び支持棚のみを示す上面図である。

【図4】シャワーヘッドが円筒状である図3の設計の変形を示す上面図で、シャワーヘッド及び支持棚のみを示す図である。

【図5】粒子の落下を防止するためのリップを更に含むシャワーヘッドリム及び支持棚の改良形態を示す縦断面詳細図である。

【図6】ハンガーで支持棚をガス入口マニホールド最上壁に固定する図5のシャワーヘッ

50

ドリム及び支持棚の別の実施形態を示す縦断面詳細図である。

【図7】シャワーヘッドがスロットを有し、これらスロット内をスライドするピンをもつハンガーと嵌合されるシャワーヘッドを示す横断面図である。

【図8】スロット内をスライドするピンをもつハンガーにより懸架されるシャワーヘッドの縦断面図である。

【図9】スロット内をスライドするピンをもつハンガーにより懸架されるシャワーヘッドの縦断面詳細図である。

【図10】シャワーヘッドリムが粒子を捕獲するためのグループを含むような図9の実施形態の変形を示す縦断面詳細図である。

【図11】ピン及びスロットが逆転された図9の実施形態の変形を示す縦断面詳細図である。

10

【図12】シャワーヘッドリムとガス入口マニホールド最上壁の周囲との間に延びるガスシールを有する図8及び図9のガス入口マニホールドの縦断面詳細図である。

【図13】ガス出口オリフィスとシャワーヘッドリムとの間でシャワーヘッドに固定されたガスシールを有する図8及び図9のガス入口マニホールドの縦断面詳細図である。

【図14】ガス出口オリフィスとシャワーヘッドリムとの間でシャワーヘッドに固定されたガスシールを有する図8及び図9のガス入口マニホールドの分解斜視図である。

【図15】ハンガーがガス入口マニホールドのガスシール側壁として機能するに十分なほど巾が広い図8及び図9のガス入口マニホールドの変形を示す縦断面図である。

【図16】ハンガーが重畳横方向延長部を含む図15のガス入口マニホールドの変形を示す横断面図である。

20

【図17】シャワーヘッドがガス入口マニホールド最上壁からのワイヤで懸架された実施形態の1つのコーナーを示す縦断面詳細図である。

【図18】図17の実施形態のシャワーヘッド、ワイヤ及びガス入口マニホールド最上壁のみを示す分解斜視図である。

【図19】入口マニホールドの側部をシールするためのシートが懸架ワイヤの内側にある図17の実施形態の変形の1つのコーナーを示す縦断面詳細図である。

【図20】シャワーヘッドが、関節ジョイントで取り付けられたロッドにより懸架される実施形態の1つのコーナーを示す縦断面詳細図である。

【図21】温度補償部材及びシャワーヘッドの縦断面図である。

30

【図22】温度補償部材及びシャワーヘッドの分解斜視図である。

【図23】ヒーター及びシャワーヘッドの縦断面図である。

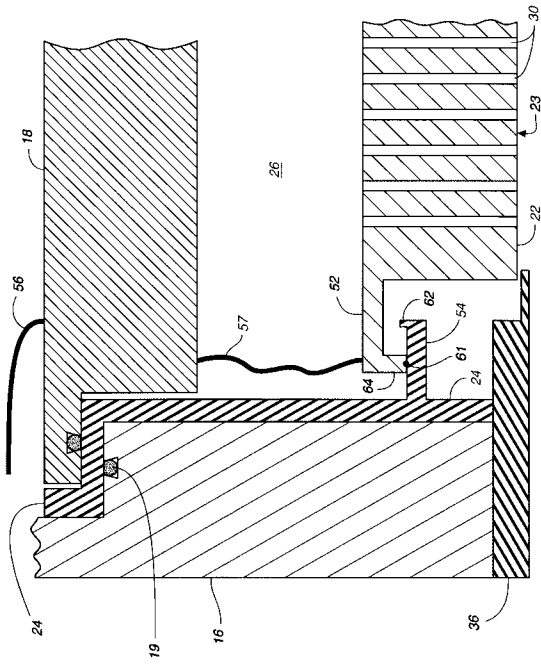
【符号の説明】

【0106】

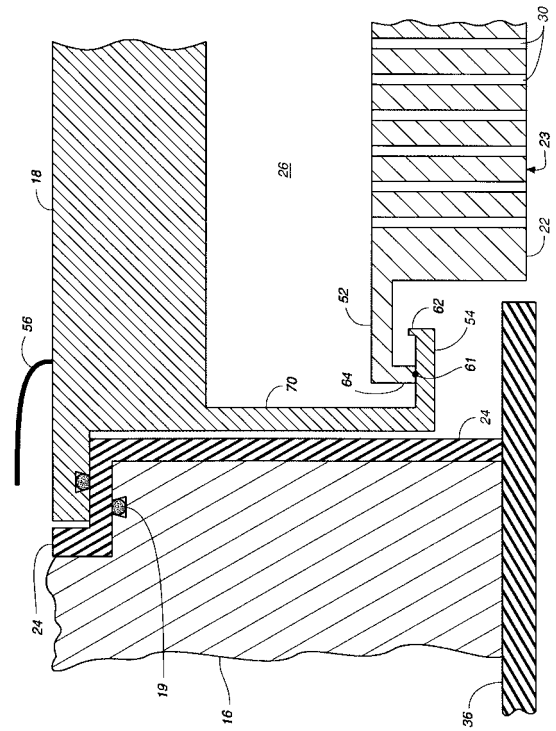
10...ワークピース(基板)、12...ワークピース支持体、14...一体壁、16...蓋、18...最上壁、22...シャワーヘッド、23...前面(下面)、24、35、36、38...誘電体ライナー、26...充満部、28...ガス入口オリフィス、30...ガス出口オリフィス、32...環状排気スリット、33...環状排気充満部、39...カバー、52...シャワーヘッドリム、54...シャワーヘッド支持棚、55...シャワーヘッドの長手軸、56、57...RFケーブル、58...第2のリム、62...支持棚リップ、64...シャワーヘッドリップ、70、80...ハンガー、81...ピン、82...スロット、83...肩部、84...グループ、85...スロットの側壁、86...柔軟性ワイヤ、88...ガスシール部材、90...ロッド、91...関節ジョイント、100...シャワーヘッド支持部材、101...充満部、102...スペーサ、104...ガスオリフィス、106...ガスコンジット、110...ヒーター

40

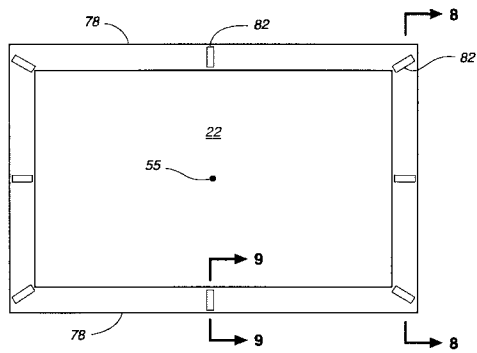
【図5】



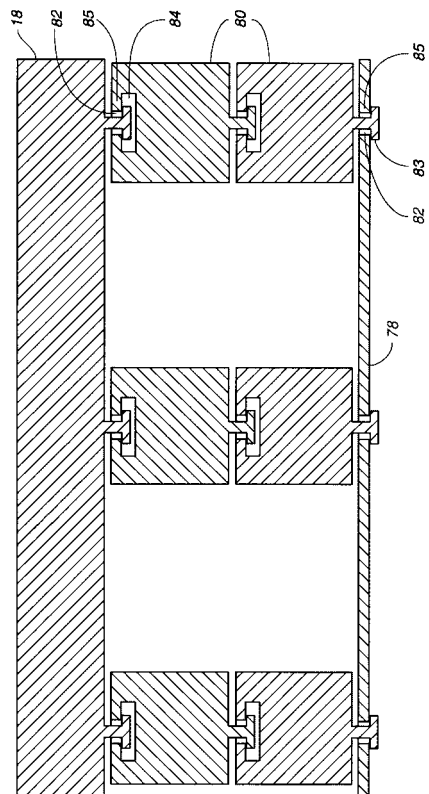
【図6】



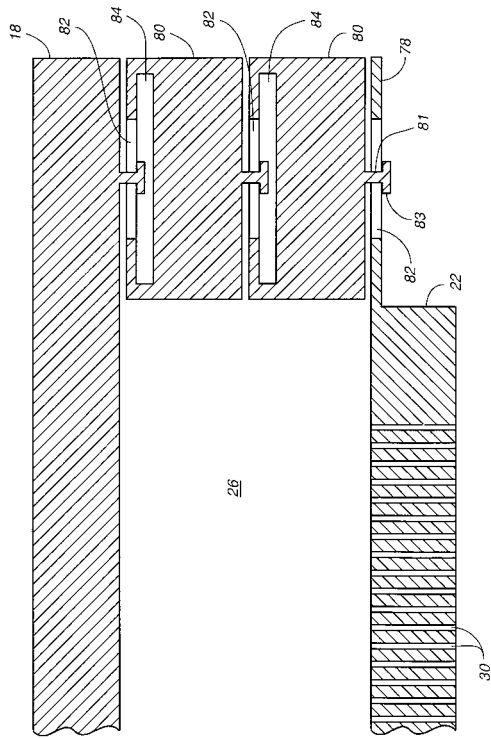
【図7】



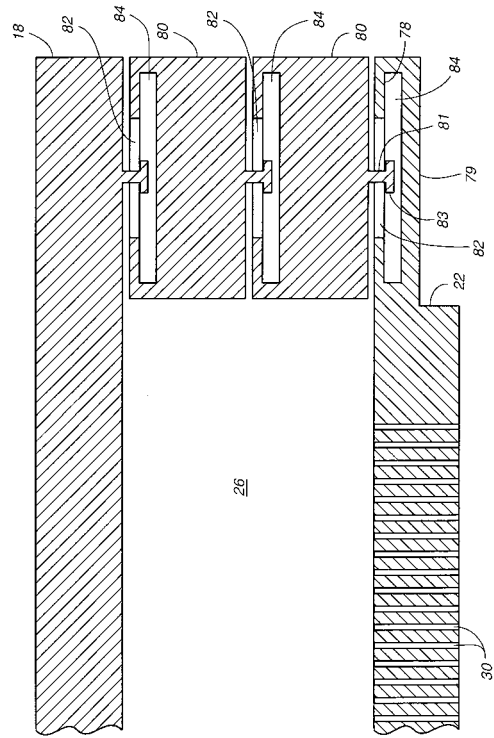
【図8】



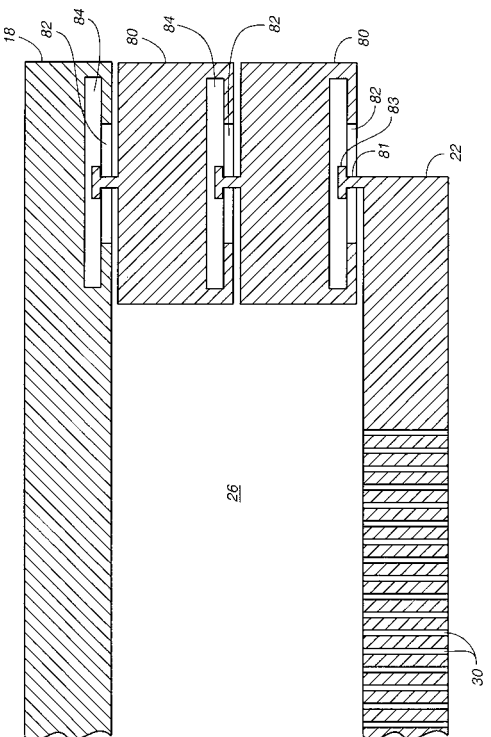
【図 9】



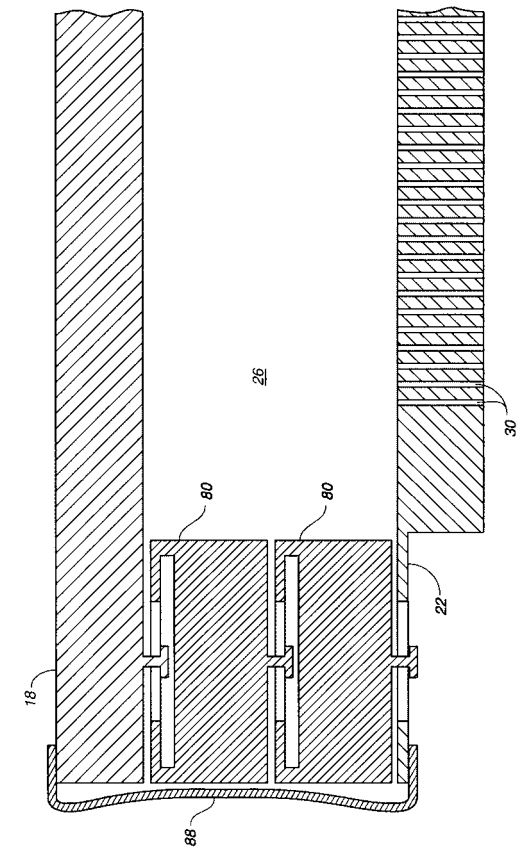
【図 10】



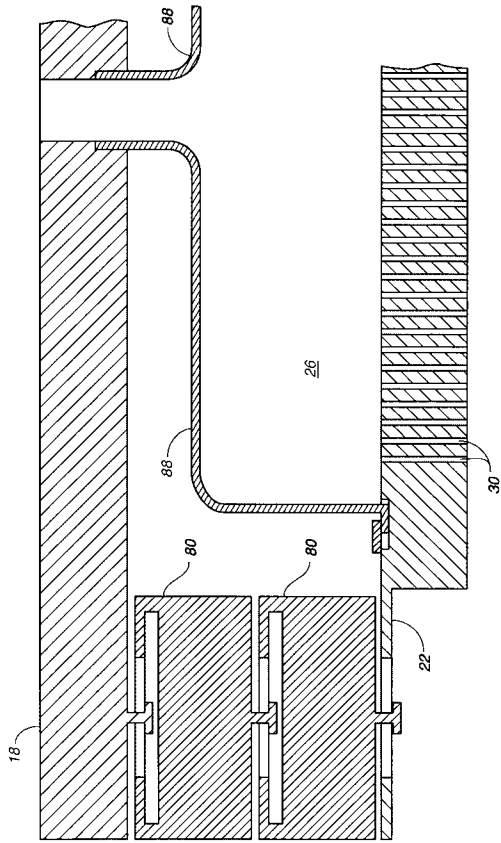
【図 11】



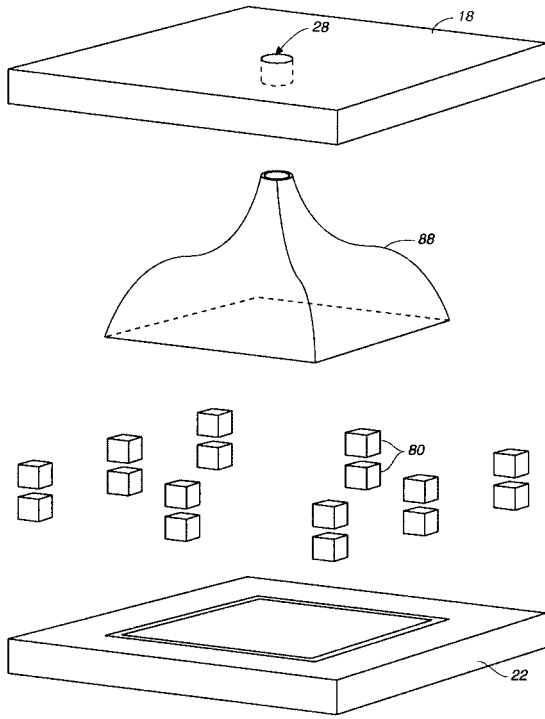
【図 12】



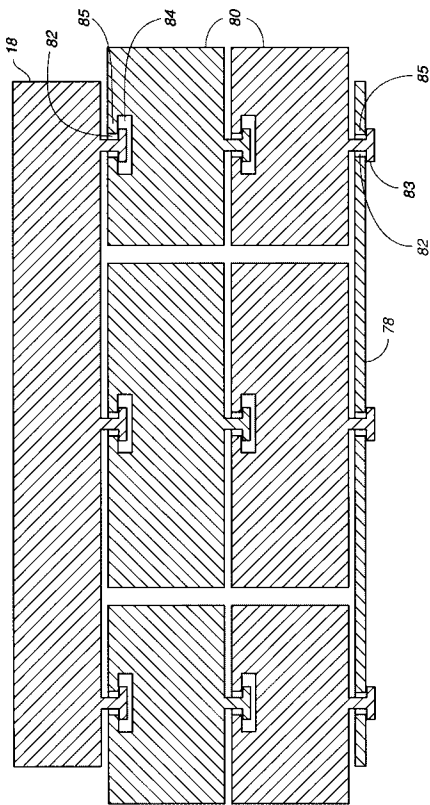
【 図 13 】



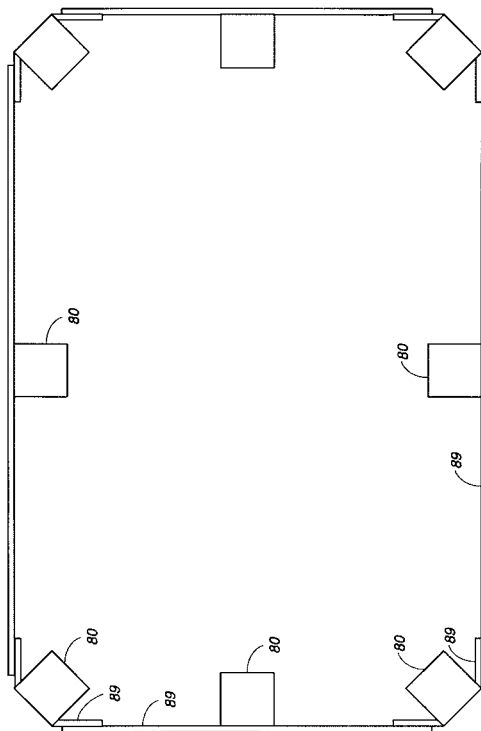
【 図 14 】



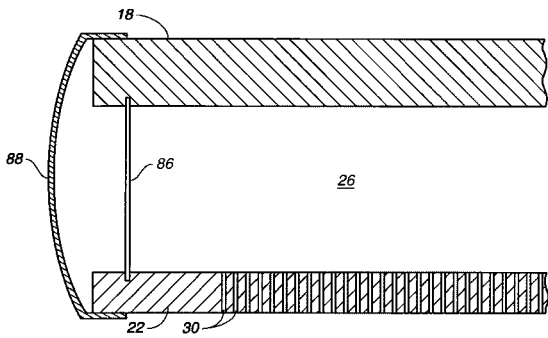
【 図 15 】



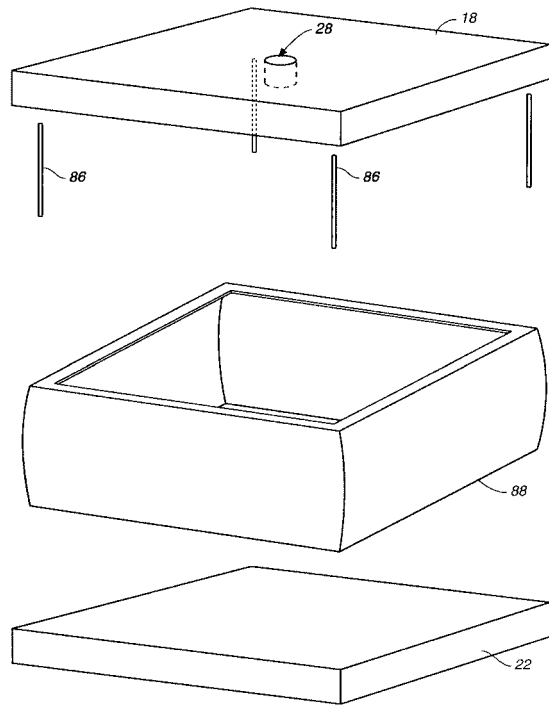
【 図 16 】



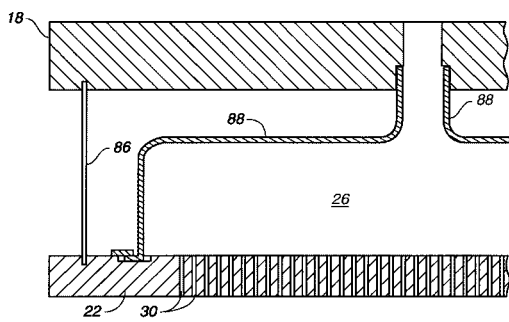
【 図 17 】



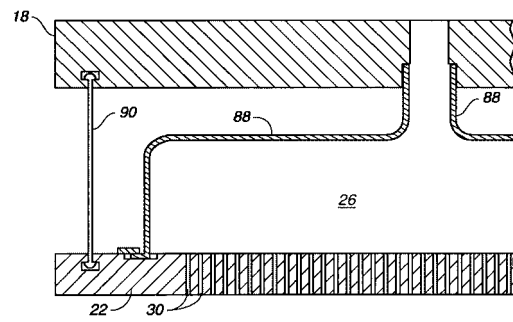
【 図 18 】



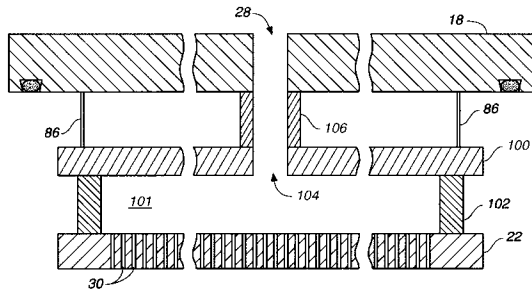
【 図 19 】



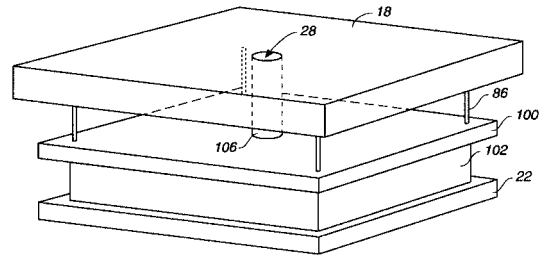
【 図 20 】



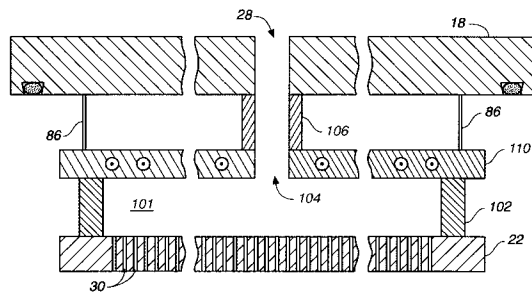
【図 2 1】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

(74)代理人 100094318

弁理士 山田 行一

(74)代理人 100123995

弁理士 野田 雅一

(72)発明者 ジョン エム. ホワイト

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, ハイワード, コロニー ビュー プレイス 2811

(72)発明者 ウィリアム ノーマン スターリング

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サンタ クララ, モーリシャ アヴェニュー 3540

審査官 宮澤 尚之

(56)参考文献 特開平05-299382(JP,A)

特開平11-265884(JP,A)

国際公開第00/063956(WO,A1)

特開平09-153481(JP,A)

特開平10-144614(JP,A)

特開平06-128750(JP,A)

特開2002-129338(JP,A)

特開2001-284271(JP,A)

特開2002-261036(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C23C 16/00-16/56

H01L 21/205-21/31