

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6088493号
(P6088493)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)

F 1

H01L 21/302
H05H 1/461 O 1 C
L

請求項の数 17 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2014-513540 (P2014-513540)
 (86) (22) 出願日 平成24年5月16日 (2012.5.16)
 (65) 公表番号 特表2014-515561 (P2014-515561A)
 (43) 公表日 平成26年6月30日 (2014.6.30)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2012/038085
 (87) 國際公開番号 WO2012/166362
 (87) 國際公開日 平成24年12月6日 (2012.12.6)
 審査請求日 平成27年5月7日 (2015.5.7)
 (31) 優先権主張番号 13/118,933
 (32) 優先日 平成23年5月31日 (2011.5.31)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 592010081
 ラム・リサーチ・コーポレーション
 LAM RESEARCH CORPORATION
 アメリカ合衆国、カリフォルニア 945
 38, フレモント, クッシング・パークウ
 エイ 4650
 (74) 代理人 1100000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (74) 代理人 100113527
 弁理士 堀 研一
 (72) 発明者 カン・マイケル
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 945
 82 サン・ラモン, ライサンダー・ウェ
 イ, 5612

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】プラズマエッチングリアクタのセラミックシャワーへッドのためのガス分配システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板支持体に支持された半導体基板にプラズマエッチングを施す誘導結合プラズマ処理装置用のセラミックシャワーへッドにプロセスガスを供給するために用いるガス供給システムであって、前記セラミックシャワーへッドは、その外周から内向きに伸びる複数の半径方向ガス流入口を備え、前記ガス供給システムは、

前記セラミックシャワーへッドに取り付けられるよう適合された複数のガス接続ブロックであって、前記複数のブロックの各々のガス流出口は、前記セラミックシャワーへッドの前記複数のガス流入口の内の対応する1つに流体連通する、複数のガス接続ブロックであり、O - リングを受け入れるように構成されたO - リング溝が、前記複数のブロックの各々の前記ガス流出口の周りのシールを提供するように、前記複数のブロックの各々の前記ガス流出口を囲む、複数のガス接続ブロックと、

均一な断面で等しい長さの複数の流路と、前記複数の流路の下流端に流体連通する複数のガス流出口とを有するガスリングであって、前記複数のガス流出口の各々は、前記複数のガス接続ブロックの内の対応する1つと係合する取り付け面に配置されると共に、前記複数のガス接続ブロックの内の対応するブロックのそれぞれのガス流入口に流体連通する、ガスリングと、を備え、

前記ガスリングは、8つのガス流出口を備え、前記複数の流路は、前記ガスリングの長さの約半分にわたって伸びる第1の流路と、前記第1の流路の下流端に中点が接続された2つの第2の流路と、前記第2の流路の下流端に中点が接続された4つの第3の流路とを

10

20

備え、

前記ガスリングは、内部に前記複数の流路を備えた下部リングと、前記複数の流路を覆う上側カバープレートと、を備え、

前記上側カバープレートは、

前記上側カバープレートの上面に設けられた前記ガス流出口と、

前記ガスリング上に配された前記ガス接続ブロックであって、前記各ガス接続ブロックの前記それぞれのガス流入口と流体連通する前記ガス流出口のそれぞれを備える、前記ガス接続ブロックと、を備える、ガス供給システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のガス供給システムであって、前記ガスリングは、前記第 1 の流路の中点に接続された 1 つのガス流入口を備える、ガス供給システム。 10

【請求項 3】

請求項 2 に記載のガス供給システムであって、前記複数のガス流出口は、前記ガスリングの中心から半径約 25.4 ないし 27.94 cm の位置に配置され、前記複数のガス接続ブロックの各々は、前記複数のガス接続ブロックを前記ガスリングに取り付ける複数の留め具を受け入れるよう適合された 2 つの取り付け穴を備え、前記取り付け穴は、約 2.54 cm 離間されて配置されている、ガス供給システム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のガス供給システムであって、前記カバープレートおよび下部リングは、ステンレス鋼またはポリマ材料で製造される、ガス供給システム。 20

【請求項 5】

請求項 1 に記載のガス供給システムであって、前記ガスリングは、外周にガス流入口を備え、前記ガス流入口から 180° の位置に 2 つの自由端を備える、ガス供給システム。

【請求項 6】

請求項 5 に記載のガス供給システムであって、前記自由端は、前記ガスリングを前記シャワーヘッドに取り付ける際に前記リングの前記自由端が広がるのを制限する広がり制限部によって接続される、ガス供給システム。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のガス供給システムであって、前記ガスリングは長方形の断面を有し、前記複数のガス流路は長方形の断面を有し、前記カバープレートは、約 0.762 mm の厚さを有し、前記下部リングの上面にある凹部内に配置され、丸い端部を備え、前記丸い端部は、約 8.128 mm の直径を有し、前記丸い端部の中心に貫通孔を備え、前記貫通孔は、約 4.826 mm の直径を有する、ガス供給システム。 30

【請求項 8】

請求項 1 に記載のガス供給システムであって、前記ガス接続ブロックの前記ガス流出口は、前記シャワーヘッドの外周と係合する垂直取り付け面に配置され、第 1 および第 2 の穴が、前記ガス流出口の両側に前記垂直取り付け面を通して伸び、第 1 および第 2 の段付きねじが、前記穴内に移動可能に取り付けられ、前記段付きねじは、前記シャワーヘッドの取り付け穴に取り付けられた留め具と係合する端部を有する、ガス供給システム。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のガス供給システムであって、前記ガス接続ブロックの前記ガス流入口は、前記ガスリングの上面に係合する水平取り付け面に配置され、第 1 および第 2 の取り付け穴が、前記水平取り付け面を通して伸び、前記取り付け穴内のねじが、前記ガス接続ブロックを前記ガスリングに取り付ける、ガス供給システム。 40

【請求項 10】

請求項 9 に記載のガス供給システムであって、前記水平取り付け面は、前記 O - リング溝を備え、前記 O - リング溝内の O - リングが、前記ガス接続ブロックの前記ガス流入口の周りにシールを提供する、ガス供給システム。

【請求項 11】

請求項 10 に記載のガス供給システムであって、前記垂直取り付け面は、前記 O - リン 50

グ溝を備え、前記O - リング溝内のO - リングが、前記ガス接続ブロックの前記ガス流出口の周りにシールを提供する、ガス供給システム。

【請求項12】

請求項7に記載のガス供給システムであって、前記下部リングの前記複数の流路は、約2 . 5 4 m mの幅および約8 . 1 2 8 m mの高さを有し、前記下部リングの前記上面は、前記カバーを収容する凹部を備え、前記凹部は、前記複数の流路に沿って約3 . 0 4 8 m mの幅を有する、ガス供給システム。

【請求項13】

請求項1に記載のガス供給システムをシャワーへッドに取り付ける方法であって、前記複数のガス接続ブロックの前記複数のガス流出口が前記シャワーへッドの前記外周の複数のガス流入口と整列するように前記シャワーへッドの周りに前記ガスリングを配置する工程と、前記ガスリングを前記シャワーへッドに固定する工程と、を備える、方法。10

【請求項14】

請求項13に記載の方法であって、前記配置する工程は、前記ガスリングの自由端を開く工程と、前記シャワーへッドを囲むように前記ガスリングを垂直に嵌める工程とを含み、前記固定する工程は、前記自由端を閉じる工程と、前記ガスリングが前記シャワーへッドの周りの適切な位置に保持されるように、前記自由端の間に取り付けられた広がり制限部を締める工程とを含む、方法。

【請求項15】

請求項14に記載の方法であって、前記固定する工程は、さらに、水平の穴を備えた垂直の留め具を前記シャワーへッドの上面の取り付け穴に配置する工程と、前記ガス接続ブロックの穴に取り付けられた水平の段付きねじを、前記垂直の留め具の前記水平の穴に入るように、前記シャワーへッドの外周にある水平の取り付け穴内に摺動させる工程とを含む、方法。20

【請求項16】

請求項1に記載のガス供給システムであって、
前記カバープレートは、
前記第1の流路を覆う第1の部分と、
前記第1の部分の端部に中点が接続され、前記第2の流路を含む2つの第2の部分と、
前記第2の部分の端部に中点が接続され4つの第3の流路を含む第3の部分と、を備える、ガス供給システム。30

【請求項17】

請求項1に記載のガス供給システムであって、
前記カバープレートは、
前記下部リングの前記第1の流路、前記2つの第2の流路、および前記4つの第3の流路それよりも広く、
前記第1の流路、前記2つの第2の流路、および前記4つの第3の流路それぞれの上にある凹部にはまり込む、ガス供給システム。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

ボッシュプロセスは、半導体産業において、トレンチおよびビアなど、深い垂直の（高アスペクト比の）フィーチャ（数十ないし数百マイクロメートルの深さを有する）を加工するために広く利用してきたプラズマエッティング処理である。ボッシュプロセスは、交互のエッティング工程および蒸着工程のサイクルを含む。ボッシュプロセスの詳細については、米国特許第5 , 5 0 1 , 8 9 3号に記載されており、この特許は参照により本明細書に組み込まれる。ボッシュプロセスは、高密度プラズマ源（誘導結合プラズマ（I C P）など）と高周波（R F）バイアス基板電極とを備えるよう構成されたプラズマ処理装置内で実行されうる。シリコンをエッティングするためにボッシュプロセスで用いられるプロセ

40

50

スガスは、エッティング工程での六フッ化硫黄（S F 6）、および、蒸着工程でのオクトフルオロシクロブタン（C 4 F 8）であってよい。エッティング工程で用いられるプロセスガスおよび蒸着工程で用いられるプロセスガスを、以下では、それぞれ、「エッティングガス」および「蒸着ガス」と呼ぶこととする。エッティング工程中、S F 6は、シリコン（Si）の自発的な等方性エッティングを促し、蒸着工程中、C 4 F 8は、エッティングされる構造の側壁および底部への保護ポリマ層の蒸着を促す。ボッシュプロセスは、エッティング工程と蒸着工程とを交互に繰り返すことにより、マスクされたシリコン基板内に深い構造を規定することを可能にする。エネルギーが高く方向性のあるイオン衝撃（エッティング工程で起きる）により、前の蒸着工程でエッティング対象構造の底部にコートされたすべてのポリマ薄膜が除去され、さらなるエッティングに向けてシリコン表面が露出される。側壁のポリマ薄膜は、直接的なイオン衝撃にさらされないので残留し、それにより、側方のエッティングを防止する。

【0002】

ボッシュプロセスの1つの制約は、エッティングされた深いフィーチャの側壁が粗くなることである。この制約は、ボッシュプロセスで用いられる周期的なエッティング／蒸着スキームによるものであり、側壁の「スカラッピング」として当業者に周知である。多くのデバイス応用にとっては、この側壁粗さすなわちスカラッピングを最小化することが望ましい。スカラッピングの程度は、通例、スカラップの長さおよび深さとして測定される。スカラップの長さは、側壁粗さの頂点から頂点までの距離であり、1つのエッティングサイクル中に達成されたエッティングの深さと正の相関を持つ。スカラップの深さは、側壁粗さの頂点から底部までの距離であり、個々のエッティング工程の異方性の程度に相関する。スカラップ形成の程度は、各エッティング／蒸着工程の期間を短くする（すなわち、より短いエッティング／蒸着工程をより高頻度で繰り返す）ことによって最小化できる。

【0003】

より滑らかなフィーチャの側壁に加えて、より高い全体のエッティング速度を実現することが望ましい。全体のエッティング速度は、処理中にエッティングされた深さ全体を総処理時間で割ることによって算出される。全体のエッティング速度は、処理工程内の効率を上げる（すなわち、無駄時間を削減する）ことによって増大できる。

【0004】

図1は、基板120を処理するための従来のプラズマ処理装置100を示しており、プラズマ処理装置100は、基板支持体130と、基板支持体130を囲む処理チャンバ140とを備える。基板120は、例えば、10.16 cm、15.24 cm、20.32 cm、30.48 cm (4, 6, 8, 12インチ)などの直径を有する半導体ウエハであってよい。基板支持体130は、例えば、高周波（RF）を供給される電極を備えてよい。基板支持体130は、チャンバ140の下端壁から支持されてもよいし、片持ち支持されてもよい（例えば、チャンバ140の側壁から伸びてもよい）。基板120は、機械的または静電的に電極130に固定されてよい。処理チャンバ140は、例えば、真空チャンバであってよい。

【0005】

基板120は、処理チャンバ140内のプロセスガスを高密度プラズマに励起することによって処理チャンバ140内で処理される。エネルギー源が、チャンバ140内の高密度（例えば、1011～1012イオン/cm³）プラズマを維持する。例えば、アンテナ150（図1に示した平面多重巻きらせんコイル、非平面多重巻きコイル、または、別の形状のアンテナなど）が、適切なRF電源および適切なインピーダンス整合回路によって電力供給されて、高密度プラズマを生成するためにチャンバにRFエネルギーを誘導結合する。アンテナ150に印加されるRF電力は、チャンバ140内で用いられる異なるプロセスガス（例えば、S F 6を含むエッティングガスおよびC 4 F 8を含む蒸着ガス）に応じて変更されうる。チャンバ140は、チャンバ140の内部を所望の圧力（例えば、5 Torr未満、好ましくは1～100 mTorr）に維持するのに適切な真空ポンプ装置を備えてよい。図1に示した一様な厚さの平面誘電体窓155または非平面誘電体窓（図示

10

20

30

40

50

せず)など、誘電体窓が、アンテナ 150 と処理チャンバ 140 の内部との間に提供されており、処理チャンバ 140 の上部に真空壁を形成する。誘電体窓 155 の下方の主ガスリング 170 または中央インジェクタ 180 を通してプロセスガスをチャンバ 140 内に供給するために、ガス供給システム 110 が利用されてよい。図 1 のプラズマ処理装置 100 の詳細は、本願の権利者が所有する米国特許出願公開第 2001/0010257 号、第 2003/0070620 号、米国特許第 6,013,155 号、または、米国特許第 6,270,862 号に開示されており、それぞれ、参照によって本明細書に全体が組み込まれる。

【0006】

高速ガス切り替え用に設計されたガス供給システムは、本願の権利者が所有する米国特許第 7,459,100 号および第 7,708,859 号ならびに米国特許公開第 2007/0158025 号および 2007/0066038 号に開示されており、これらの開示は、参照によって本明細書に組み込まれる。10

【0007】

基板 120 は、シリコンウエハおよび/またはポリシリコンなど、シリコン材料を含むことが好ましい。ホール、ビア、および/または、トレンチなど、様々なフィーチャが、シリコン材料にエッチングされる。所望のフィーチャをエッチングするための開口部パターンを有するパターニングされたマスキング層(例えば、フォトレジスト、酸化シリコン、および/または、窒化シリコン)が、基板 120 上に配置される。20

【0008】

図 1 の装置 100 に関する 1 つの問題は、主ガスリング 170 が、基板 120 の中央よりも周囲の近くに位置することから、基板 120 の上で 1 つのプロセスガスから別のプロセスガスに完全に置き換わるために必要な時間のせいでエッチング速度が増大し、処理中に基板にわたってガス圧力が不均一になるために処理が不均一になりうることである。20

【発明の概要】

【0009】

本明細書では、基板支持体に支持された半導体基板にプラズマエッチングを施す誘導結合プラズマ処理装置用のセラミックシャワーヘッドにプロセスガスを供給するために用いるガス供給システムが開示されており、セラミックシャワーヘッドは、その外周から内向きに伸びる半径方向ガス流入口を備え、ガス供給システムは、セラミックシャワーヘッドに取り付けられるよう適合されたガス接続ブロックであって、ブロックの各々のガス出口は、セラミックシャワーヘッドのガス流入口の内の対応する 1 つと流体連通する、ガス接続ブロックと、等しい長さの流路と、流路の下流端に流体連通するガス出口とを有するガスリングであって、ガス出口の各々は、ガス接続ブロックの内の対応する 1 つを支持する取り付け面に配置される、ガスリングと、を備える。30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図 1】従来のプラズマ処理装置を示す図。

【0011】

【図 2】好ましい実施形態に従ったプラズマ処理装置を示す図。40

【0012】

【図 3A】下側プレート 270 の上面を示す斜視図。

【図 3B】下側プレート 270 の下面を示す斜視図。

【図 3C】下側プレート 270 の底面図。

【図 3D】下側プレート 270 の断面図。

【0013】

【図 4A】上側プレート 280 の上面を示す斜視図。

【図 4B】上側プレート 280 の下面を示す斜視図。

【図 4C】上側プレート 280 の側面図。

【図 4D】上側プレート 280 の断面図。50

【図4E】図4DのEの部分の詳細図。

【図4F】図4EのFの部分の詳細図。

【図4G】図4HのラインG-Gに沿ったガス接続位置における断面図。

【図4H】図4CのHの部分の詳細な端面図。

【0014】

【図5A】下側プレート270に取り付けられた上側プレート280の上面斜視図。

【図5B】図5Aに示したアセンブリの断面図。

【0015】

【図6A】セラミックシャワーへッドにプロセスガスを供給するガス接続ブロックの正面斜視図。 10

【図6B】ブロックの背面斜視図。

【図6C】ブロックの底面図。

【0016】

【図7A】ガスリングの上面図。

【図7B】ガスリングの斜視図。

【図7C】カバーブレートを下部リングから分離した状態のガスリングの詳細図。

【0017】

【図8A】ガスリングがセラミックシャワーへッドを囲む様子を示す図。

【図8B】ガス接続ブロックの段付きねじがシャワーへッドの取り付け穴に嵌まった留め具の開口部と係合する様子を示す図。 20

【図8C】シャワーへッドの外周の半径方向取り付け穴に挿入された段付きねじと、シャワーへッドに完全に挿入された留め具とを示す図。

【図8D】ガスリングおよびシャワーへッドに取り付けられたガス接続ブロックの断面斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0018】

本明細書に開示されたプラズマ処理装置は、上述の従来の装置100よりも、高いエッティング速度と高い均一性とを実現できる。

【0019】

一実施形態によると、図2に示すように、基板220を処理するためのプラズマ処理装置200が、基板支持体230と、基板支持体230を囲む処理チャンバ240とを備える。基板220は、例えば、20.32 cm (8インチ)、30.4801 cm (12インチ)、または、それよりも大きい直径を有する半導体ウエハであってよい。基板支持体230は、例えば、高周波(RF)を供給される電極を備えてよい。基板支持体230は、チャンバ240の下端壁から支持されてもよいし、片持ち支持されてもよい(例えば、チャンバ240の側壁から伸びてもよい)。基板220は、機械的または静電的に基板支持体230に固定されてよい。 30

【0020】

基板220は、処理チャンバ240内のプロセスガスを高密度プラズマに励起することによって処理チャンバ240内で処理される。エネルギー源が、チャンバ240内の高密度(例えば、 $10^{11} \sim 10^{12}$ イオン/ cm^3)プラズマを生成および維持する。例えば、アンテナ250(図2に示した平面多重巻きらせんコイル、非平面多重巻きコイル、または、別の形状のアンテナなど)が、適切なRF電源および適切なインピーダンス整合回路によって電力供給されて、高密度プラズマを生成するためにチャンバにRFエネルギーを誘導結合する。アンテナ250に印加されるRF電力は、好ましくは約1秒未満、より好ましくは約200ミリ秒未満の期間内にエッティングガスまたは蒸着ガスを交互に供給するサイクル中、同じ電力レベルに維持されてもよいし、チャンバ240で用いられる異なるプロセスガス(例えば、SF₆を含むエッティングガスおよびC₄F₈を含む蒸着ガス)に応じて変更されてもよい。チャンバ240は、チャンバ240の内部を所望の圧力(例えば、5 Torr未満、好ましくは1~500 mTorr)に維持するのに適切な真空ポンプ装置 40

50

によって排気される。圧力は、エッティングサイクルおよび蒸着サイクル中、同じレベルに維持されてもよいし、変更されてもよい。

【0021】

チャンバは、一様な厚さのセラミックシャワーヘッド260を備えており、シャワーヘッド260は、アンテナ250と処理チャンバ240の内部との間に提供され、処理チャンバ240の上部に真空壁を形成する。シャワーヘッド260のガス流路を通してプロセスガスをチャンバ240内に供給するために、ガス供給システム210が利用されてよい。ガス供給システム210は、40ミリ秒以内、好ましくは30ミリ秒以内に開閉する高速切替バルブ(カリフォルニア州サンタクララのFujiokin of America社から入手可能なバルブ型番FSR-SD-71-6.35など)を介してチャンバ内にエッティングガスまたは蒸着ガスを交互に供給する。バルブは、エッティングガスまたは蒸着ガスの一方がシャワーヘッドに供給されている時に他方をバイパスラインに送らない開閉バルブであってよい。高速ガス切替バルブは、開閉前に安定するのに250ミリ秒掛かりうるMFCバルブより高速な切り替えを提供する。

【0022】

好ましい実施形態において、シャワーヘッドは、アルミナ、窒化シリコン、窒化アルミニウム、ドープ炭化シリコン、石英など、電気絶縁セラミック材料で形成された上側プレート280および下側プレート270(図3A～Dおよび図4A～Hを参照して後述する)を備えた2ピースのセラミックシャワーヘッドである。シャワーヘッドのガス孔内でのプラズマの点火を防止するために、ガス孔は1.524mm(0.06インチ)以下の直径と、少なくとも2のアスペクト比とを有することが好ましい。例えば、下側プレート270は、少なくとも0.508cm(0.2インチ)、好ましくは0.508ないし2.54cm(0.2ないし1インチ)の厚さを有してよい。下側プレート270の下面と基板220との間の垂直距離(チャンバギャップ)は、プラズマが生成されるシャワーヘッドプレートと基板との間のチャンバギャップを調節するために、基板支持体を垂直方向に移動させることによって変更されうる。

【0023】

基板220は、シリコンウエハおよび/またはポリシリコンなど、シリコン材料を含むことが好ましい。ホール、ビア、および/または、トレチなど、様々なフィーチャが、シリコン材料にエッティングされる。所望のフィーチャをエッティングするための開口部パターンを有するパターニングされたマスキング層(例えば、フォトレジスト、酸化シリコン、および/または、窒化シリコン)が、基板220上に配置される。

【0024】

横からガスを注入する従来のプラズマ処理装置100に比べて、プラズマ処理装置200は、チャンバギャップ内のプロセスガスを、エッティングガスから蒸着ガスに、および、その逆に、より高速かつ均一に切り替えることができる。基板220が300mmの直径を有し、チャンバギャップが10.16cm(4インチ)よりも大きい実施形態において、装置200は、基本的に、上側および下側プレートの間のプレナム内のプロセスガスを約200ミリ秒以内で完全に切り替える(例えば、少なくとも90%)と共に、基本的に、チャンバギャップ内のプロセスガスを約700ミリ秒以内で完全に切り替える(例えば、少なくとも90%)ことができる。横からガスを注入した場合に実現されるエッティング速度が約 $3\mu m / 分$ であるのに対し、かかる高速ガス切り替えは、プラズマ処理装置200を用いてシリコンに開口する際のエッティング速度を $10\mu m / 分$ 以上まで大幅に増大させることができあり、エッティングされるフィーチャのクリティカルディメンション(CD)によっては、エッティング速度は $20\mu m / 分$ を超える。

【0025】

図3A～Dは、下側プレート270の詳細を示す図であり、図3Aは上面の斜視図、図3Bは下面の斜視図、図3Cは底面図、図3Dは断面図である。

【0026】

図3A～Dに示すように、下側プレート270は、平坦な下面302と、中央部分30

10

20

30

40

50

6が厚く外側部分308が薄い段付きの上面304とを備えており、2列の軸方向のガス孔310が、外側部分308の環状領域312に配置され、上面304および下面302の間に伸びている。下面302は、その外側部分に段320を備え、プラズマチャンバの温度制御された壁に対して真空シールされる環状の真空シール面314を備える。下側プレート270は、上面304の環状領域312の両側に、環状の内側真空シール面316および環状の外側真空シール面318を備える。下側プレート270の温度を監視するために、中央部分306の上面に、ブラインドホール322が配置されている。

【0027】

厚い中央部分306は、中央部分306の露出した上面の上方の周囲大気に熱を効率的に放散する。シャワー・ヘッドの外縁は、シャワー・ヘッドにわたる温度勾配を相殺するために、高い温度に設定されうる。1または複数の熱ガスケット506が、下側プレート270の外側部分308と上側プレート280との間の熱伝達を促すために用いられてよい。下側プレート270は、熱および真空の負荷のほとんどにさらされて、高い熱応力を受ける。上側プレート280に複雑なガス供給導管を設けることにより、チャンバ内での基板のプラズマ処理中に熱応力によって破損するリスクが小さくなる。さらに、上側および下側プレートは、真空力によって一体化され、O-リングによってシールされているので、定期的にこれら2つの部品を取り外して洗浄するのが容易である。耐食性を提供するために、下側プレートのプラズマ露出面は、イットリアで被覆されてよい。

【0028】

300mmウエハを処理するよう設計されたチャンバにおいて、下側プレート270は、ウエハよりも広く、真空シール面312は、チャンバ240の上部の対応するシール面と係合する。例えば、下側プレート270は、約50.8001cm(20インチ)の直径、中央部分306における約3.81cm(1.5インチ)の厚さ、および、外側部分308における約2.032cm(0.8インチ)の厚さを有してよく、ガス孔310は、約1.016mm(0.04インチ)の直径を有すると共に下側プレート270の中心から約12.7cm(5インチ)に配置された32個のガス孔を含む内側の列と、約1.016mm(0.04インチ)の直径を有すると共に下側プレート270の中心から約16.51cm(6.5インチ)に配置された32個のガス孔を含む外側の列とを含む2つのガス孔列に配列されており、シール面314は、下面302の段320に配置され、段314は、約1.016cm(0.4インチ)の深さおよび約3.048cm(1.2インチ)の幅を有する。

【0029】

図4A～Hは、上側プレート280を示しており、図4Aは上面の斜視図、図4Bは下面の斜視図、図4Cは側面図、図4Dは断面図、図4Eは図4DのEの部分の詳細図、図4Fは図4EのFの部分の詳細図、図4Gはガス接続取り付け面における上側プレートの断面図、図4Hは取り付け面の側面図である。

【0030】

上側プレート280は、平坦な上面402、平坦な下面404、内面406、および、外面408を有するセラミック材料の環状プレートである。複数の半径方向ガス流路410が、外面408から内向きに伸びており、複数の軸方向ガス流路412が、下面404から、半径方向ガス流路410まで伸びている。環状の上側プレート280は、下側プレート270の中央部分306を囲み、下側プレート270の外側部分308の上面304を覆うように構成されており、上側プレート280の軸方向ガス流路412は、下側プレート270の軸方向ガス孔310と流体連通する環状プレナム414と流体連通する。

【0031】

300mmウエハを処理するために、上側プレート280は、下側プレート270と結合するような寸法を有しており、下側プレート270のガス孔310への供給を行う複数の半径方向ガス流路410を備える。例えば、上側プレート280は、約3.175mm(0.125インチ)の直径を有すると共に45°ごとに配置された8つの半径方向ガス流路410と、約3.175mm(0.125インチ)の直径を有すると共に上側プレ-

10

20

30

40

50

ト 270 の中心から約 14.605 cm (5.75 インチ) に配置された 8 つの軸方向ガス流路 412 と、約 4.318 cm (1.7 インチ) の幅および約 0.381 ないし 0.508 mm (0.015 ないし 0.02 インチ) の深さを有する環状プレナム 414 と、環状プレナム 414 を囲む内側 O - リング溝 416 および外側 O - リング溝 418 とを備えてよい。処理要件に応じて、下側プレート 270 は、任意の所望のパターンに配置され任意の所望の形状および寸法を有する 64 個より多いまたは少ないガス孔など、異なる構成のガス孔 310 を備えてよい。

【0032】

プロセスガスをガス流路 410 に供給するために、上側プレート 280 は、ガス接続取り付けブロックを取り付けるための取り付け穴を備える。取り付け穴は、8 対の軸方向の取り付け穴 420 と、8 対の半径方向の取り付け穴 422 を含む。穴 420 は、約 1.016 cm (0.4 インチ) の直径を有し、上側プレート 280 の上面 402 の外縁から約 1.27 cm (0.5 インチ) に配置され、上側プレート 280 を通って下面 404 まで伸びる。取り付け穴 422 は、約 8.89 mm (0.35 インチ) の直径を有し、上側プレート 280 の外周 408 の平坦な取り付け面 424 に配置され、穴 420 内に伸びる。各対の取り付け穴 420、422 の中心は、約 2.54 cm (1 インチ) 離間されている。上側プレート 280 および下側プレート 270 は、高純度アルミナで製造されることが好ましく、下側プレート 270 の下面是、シール真空面 314 を除いて下面全体を覆う高純度イットリアのコーティングを備える。

【0033】

図 5A ~ B は、下側プレート 270 に取り付けられた上側プレート 280 を示しており、図 5A は上面斜視図、図 5B は図 5A に示したアセンブリの断面図である。上側プレートの取り付け穴 420 は、8 つのガス接続ブロック（図示せず）を上側プレート 280 の外面 408 に取り付けることを可能にする留め具 504 を受け入れる。ガスブロックは、プロセスガスが 8 つの半径方向ガス流路 410 に流れ込む 8 つのガス接続位置 502 にプロセスガスを供給する。均等に離間された位置で外面 408 からプロセスガスを供給することにより、チャンバ内で高速ガス切り替えを実現することができる。上側および下側プレートの間の環状プレナム 414 のガス容量は、エッティングガスから蒸着ガスへの高速な入れ替わりを可能にする 500 cm^3 未満であることが好ましい。下側プレート 270 の薄い中央部分 306 は熱放散を可能にし、上側および下側プレートの対向する面の間の熱伝導性のガスケット 506 は、下側プレート 270 の外側部分 308 が所望の温度に維持されることを可能にする。下側プレート 270 は、熱および真空の負荷のほとんどにさらされて、高い熱応力を受ける。したがって、熱破壊を引き起こしうる下側プレートのフィーチャを最小限に抑えることが望ましい。2 ピース設計によれば、熱破壊を引き起こしうる複雑な機械加工されたフィーチャは、上側プレート 280 に位置する。上側および下側プレートは、ボルトで留めずに、真空力のみによって結合され、O - リング溝 416、418 内に配置された 2 つの O - リングシールで真空シールされている。この取り付け構成により、上側および下側プレートを洗浄するために容易に分解することができる。

【0034】

上述のプラズマ処理装置 200 では、ガス供給システムは、プレナムにエッティングガスおよび蒸着ガスを交互に供給して、上側および下側プレートの間のプレナム内のエッティングガスを 200 ミリ秒以内に蒸着ガスで置き換えるか、または、プレナム内の蒸着ガスを 200 ミリ秒以内にエッティングガスで置き換えるよう動作可能である。このプラズマ処理装置を用いると、基板支持体上に支持された半導体基板のシリコンを少なくとも $10 \mu\text{m}$ / 分の速度でエッティングすることができる。プラズマ処理装置は、基本的に、プレナム内のプロセスガスを 200 ミリ秒以内に完全に切り替えるよう動作可能であり、処理チャンバのプラズマ閉じ込め領域（チャンバギャップ）内では、エッティングガスから蒸着ガスに、または、その逆に、約 500 m/s 以内に完全に切り替えるよう動作可能である。

【0035】

好ましい実施形態において、エッティングガスは SF_6 であり、蒸着ガスは C_4F_8 である

10

20

30

40

50

。動作時、ガス供給システムは、蒸着ガスをプレナムに供給している間には、エッティングガスを真空ラインに流さず、エッティングガスをプレナムに供給している間には、蒸着ガスを真空ラインに流さない。上述のプラズマ処理装置を用いた基板の処理は、(a)チャンバ内で基板を指示する工程、(b)エッティングガスをプレナムに供給して、下側プレートのガス孔を通してエッティングガスをチャンバギャップに流し込む工程、(c)チャンバ内のエッティングガスを第1のプラズマに励起して、第1のプラズマで基板を処理する工程、(d)蒸着ガスをプレナムに供給して実質的にエッティングガスと置き換え、下側プレートのガス孔を通して蒸着ガスをチャンバギャップに流し込む工程、(e)チャンバ内の蒸着ガスを第2のプラズマ状態に励起して、第2のプラズマで基板を処理する工程、(f)1.8秒以内の総サイクル時間で工程(b)～(e)を繰り返す工程を備えることが好ましい。10

【0036】

エッティングガスは、工程(b)において、約500ミリ秒の期間内に、チャンバギャップ内の蒸着ガスの少なくとも90%と置き換わることが好ましく、蒸着ガスは、工程(d)において、約500ミリ秒の期間内に、チャンバギャップ内のエッティングガスの少なくとも90%と置き換わることが好ましい。処理中、プレナム内の圧力は、工程(b)～(e)の間、少なくとも5 Torrである。エッティングガスおよび蒸着ガスを供給するサイクル中、エッティングガスを供給する総時間は1.3秒以内であってよく、蒸着ガスを供給する総時間は0.7秒以内であってよい。

【0037】

チャンバ圧力は、エッティングガスの供給中のチャンバギャップ内の圧力が150mTorrより高く、蒸着ガスの供給中のチャンバギャップ内の圧力が150mTorrより低くなるように調整されうる。好ましい処理では、エッティングガスは、少なくとも500sccmの流量でプレナムに供給され、蒸着ガスは、500sccm未満の流量でプレナムに供給される。基板と下側プレートとの間のチャンバギャップは、10.16cm(4インチ)より大きいことが好ましい。エッティングガスの供給中、基板は、エッティング工程のポリマ洗浄段階中には200ミリ秒間150mTorrより低く維持されたチャンバギャップ内の圧力で、プラズマエッティング工程の残りの段階では150mTorrより高く維持されたチャンバギャップ内の圧力で、高アスペクト比開口部のプラズマエッティングを受けうる。蒸着ガスの供給中、第2のプラズマは、蒸着工程全体にわたって150mTorrより低く維持されたチャンバギャップ内の圧力で、開口部の側壁にポリマコーティングを蒸着しうる。エッティングガスは、SF₆、CF₄、XeF₂、NF₃、C₁含有ガス(CCl₄など)の内の1または複数であってよく、蒸着ガスは、C₄F₈、C₄F₆、CHF₃、CH₂F₂、CH₄、C₃F₆、CH₃Fの内の1または複数であってよい。30

【0038】

エッティングガスは、上側プレートの外周のガス流入口にエッティングガスを供給する8つのエッティングガスラインに第1のバルブを通して供給されうる。ここで、8つのエッティングガスラインは、等しいコンダクタンスを有する。同様に、蒸着ガスは、ガス流入口に蒸着ガスを供給する8つの蒸着ガスラインに第2のバルブを通して供給され、8つの蒸着ガスラインは、等しいコンダクタンスを有する。高速作動バルブが用いられてよく、高速作動ソレノイドバルブは、コントローラから信号を受信すると、10ミリ秒以内に高速切替バルブに空気を送り、高速切替バルブを開くまたは閉じる総時間は、30ミリ秒以内であります。

【0039】

図6A～Cは、上側プレート280の半径方向ガス流路410の1つにプロセスガスを供給するための、ステンレス鋼などの耐腐食性金属材料またはポリマ材料で製造されたガス接続ブロック600の一例を示す図である。図6Aは接続ブロック600の正面斜視図、図6Bは背面斜視図、図6Cは底面図である。接続ブロック600は、取り付け面602を備えており、取り付け面602は、取り付け面602のガス流出口604がガス流路410と整列するように平坦な取り付け面424と接する。一対の穴606が、平坦な面4050

424の穴422と整列され、一对の段付きねじ608が、面602から離れる方向に穴606内で摺動可能であり、その結果、段付きねじ608の圧入プラスチックスリーブ609が、穴422に入って、ロック600を上側プレート280上で位置決めする。穴606の反対側にあるサークリップ611が、穴606からの段付きねじの抜けを防止する。ガス流出口604の周囲の面602にあるO-リング溝612が、O-リングなどのガスケットを受け入れて、ロック600と、上側プレート280の平坦な取り付け面424との間のシールを提供する。ロック600をガス供給リングに取り付けるために、一对の取り付け穴610が、フランジ607を通して伸びている。ロック600は、取り付け面613を備えており、取り付け面613は、その面を貫通するガス流入口615と、流入口615の周囲のO-リング溝617とを備える。長方形の浅い凹部619が、ロック600とガス供給リングとの間の熱伝達を低減する。

【0040】

図7A～Cは、ガス供給リング700の詳細を示す。図7Aは、8つのガス接続ロック600を取り付けられたリング700を示しており、各ロック600は、ロックの内部と、上側プレート280のガス流入口410との間の流体連通を提供する。図7Bは、ロック600を取り付けていない状態のガスリング700の詳細を示す。ガスリング700は、上側カバープレート704における8つのガス流出口702と、上側カバー704によって囲まれた流路を有する下部リング706と、プロセスガスがリング700に入る際に通るガス流入口708と、ガス流入口708の反対側の下部リングの両端部712を結合する広がり制限部710とを備える。図7Cに示すように、カバープレート704は、相互接続された部分を備えており、8つのガス流出口702を等しい距離だけ離間して位置決めするために、第1の部分714は、リング706の直径の1/2にわたって伸びており、一对の第2の部分716は、それぞれ、第1の部分714の端部に中点が取り付けられ、リング706の直径の1/4にわたって伸びており、4つの第3の部分718は、それぞれ、第2の部分716の1つの端部に中点が取り付けられている。下部リング706は、相互接続された流路を内部に備えており、第1の流路720は、リング706の直径の1/2にわたって伸びており、一对の第2の流路722は、それぞれ、第1の流路720の端部に中点が接続され、リング706の直径の1/4にわたって伸びており、4つの第3の流路724は、それぞれ、第2の流路722の1つの端部に中点が接続されている。カバープレート704は、第1の部分714の中点に取り付けられたL字形部分726を備える。L字形部分は、下部リング706のガス流入口部分730にあるL字形流路728を覆っており、流路728は、ガス流入口708を第1の流路720に接続する。下部リング706は、取り付け面734に取り付け穴732を備えており、穴732は、8つのガス接続ロック600の対応する1つにおける穴610と整列する。

【0041】

カバープレート704および下部リング706は、ステンレス鋼などの耐腐食性金属材料またはポリマ材料で製造されることが好ましく、電子ビーム溶接など適切な製造処理によって下部リング706にシールされうる。カバープレートおよび/または下部リングの内面および/または外面は、シリコンコーティングなどの保護材料で被覆されうる。好ましいシリコンコーティングは、ペンシルベニア州ベルフォントのS i l c o T e k社から入手可能な化学蒸着(CVD)多層シリコンコーティング「S I L C O L L O Y 1000」である。適切なCVDシリコンコーティングの詳細については、米国特許第7,070,833号に記載されており、その開示は参照により本明細書に組み込まれる。シャワーヘッドおよびガス流入構成のサイズに応じて寸法は変わりうるが、好ましい実施形態では、下部リング706の流路720/722/724は、約2.54mm(0.1インチ)の幅および約8.128mm(0.32インチ)の高さを有してよく、ガス流出口702は、約26.4161cm(10.4インチ)の半径上に配置されてよい。カバープレート704は、下部リングの流路よりもやや広く、各流路の上にある凹部内にはまり込む。例えば、第1、第2、および、第3の部分714/716/718は、約0.762mm(0.03インチ)の厚さおよび約3.048mm(0.12インチ)の幅を有してよ

10

20

30

40

50

い。図7Cに示すように、カバーリング704の第3の部分718の端部736は、内側に曲げられ、丸い端部738を備えてよい。丸い端部738は、約8.128mm(0.32インチ)の直径を有してよく、ガス流出口702を形成する開口部は、丸い端部734の中心に配置され、約4.826mm(0.19インチ)の直径を有してよい。

【0042】

流路720/722/724の間の急な方向の変化を避けるため、第1の流路720の端部と、第2の流路722の中点との間の2つの接続は、約3.302mm(0.13インチ)の半径を持つように曲げられることが好ましく、第2の流路722の端部と、第3の流路724の中点との間の4つの接続は、約3.302mm(0.13インチ)の半径を持つように曲げられる。下部リングのいくつかの部分において、単一の流路（第1の流路720の一部および第3の流路724の一部など）、2つの隣接する流路（第1および第3の流路が同心、第1および第2の流路が同心、または、第2および第3の流路が同心である部分）、もしくは、3つの隣接する流路（第1、第2、および、第3の流路が同心である部分）が存在する。
10

【0043】

ガスリング700は、円形であることが好ましいが、セラミックシャワーヘッドが他の形状を有する場合には、他の構成でも可能である。ガスリング700をシャワーヘッドに取り付けるために、広がり制限部710が緩められ、ガスリングが上側プレート280の周りに位置決めされる。段付きねじ608が穴422と係合され、ガス流路616がガス流入口410と流体連通してシールされると、広がり制限部710は、ガスリング700の両端部712が同心で整列するように締められる。
20

【0044】

図8Aは、ガス接続ブロック600を介してシャワーヘッド260の上側プレート280に取り付けられたガスリング700を示す斜視図である。図8Bは、ガス接続ブロック600内で摺動する段付きねじ608が、上側プレート280の取り付け穴420内に伸びる留め具504の水平方向の開口部に嵌まる様子を示す。図8Cに示すように、段付きねじ608は、セラミックの上側プレート280の水平方向の穴422による摩耗を最小限に抑えるために、プラスチックのブッシング609を備える。段付きねじ608が、上側プレート280の外周の平坦な取り付け面424にある穴422に挿入されると、段付きねじ608の端部が、留め具504の開口部に入って、ブロック600を適切な位置に保持する。穴610に取り付けられたねじ614は、ガス接続ブロック600をガスリング700に固定する。図8Dに示すように、各ガス接続ブロック600は、ガスリング700の流出口702を上側プレート280の半径方向ガス流路410の1つの流入口に接続するL字形流路616を備える。O-リング溝612内のO-リングが、L字形流路616の流出口604を囲み、ガス接続ブロック600と、上側プレート280の平坦な取り付け面424との間にシールを提供する。同様に、O-リング溝617内のO-リングが、ガス接続ブロック600と、ガスリング700の取り付け面734との間にシールを提供する。
30

【0045】

ガスリング700と上側プレート280との組み立てには、ねじ614を用いてガス接続ブロック600をガスリング700に取り付ける必要があり、ガスリング700を開いて上側プレート280を囲むように嵌め、留め具504の開口部が開口部422と整列するように留め具504を垂直の穴420に完全に挿入し、上側プレート280の周りでガスリングを閉じ、リングが開くのを防止するためにプレート710を締め、留め具504の開口部を通るように穴422にねじ608を挿入する。留め具504は、プラスチックで製造されることが好ましく、ブロック600をシャワーヘッドの周りの適切な位置に保持する。
40

【0046】

ガスリング700を用いれば、プロセスガスを单一の流入口を通して供給し、等しい長さの流路に沿って流出口702まで送ることが可能であり、それにより、流出口702の
50

各々から放出されるガスの圧力または流量が同じになり、各流出口から均一にガスが放出される。したがって、流出口の各々に由来する流路の抵抗（コンダクタンス）を等しくすることができる。上述のように、流出口および流路の数は、必要に応じて適合させることができ、上述の 8 つの流出口または特定の流路構成に限定される必要はない。

【 0 0 4 7 】

本明細書では、しばしば、数値と共に「約」という用語を用いて、かかる値の数学的正確さが意図されていないことを示唆している。したがって、数値と共に「約」という用語を用いている場合には、その数値に対して 10 % の公差が想定される。

【 0 0 4 8 】

具体的な実施形態を参照しつつ、プロセスガスを高速に切り替えるよう動作可能なプラズマ処理装置について詳細に説明したが、添付の特許請求の範囲を逸脱することなく、様々な変更および変形を行い、等価物を用いることが可能であることは、当業者にとって明らかである。

本発明は、たとえば、以下のような態様で実現することもできる。

適用例 1 :

基板支持体に支持された半導体基板にプラズマエッチングを施す誘導結合プラズマ処理装置用のセラミックシャワーへッドにプロセスガスを供給するために用いるガス供給システムであって、前記セラミックシャワーへッドは、その外周から内向きに伸びる複数の半径方向ガス流入口を備え、前記ガス供給システムは、

10

前記セラミックシャワーへッドに取り付けられるよう適合された複数のガス接続プロックであって、前記複数のプロックの各々のガス流出口は、前記セラミックシャワーへッドの前記複数のガス流入口の内の対応する 1 つに流体連通する、複数のガス接続プロックと

20

均一な断面で等しい長さの複数の流路と、前記複数の流路の下流端に流体連通する複数のガス流出口とを有するガスリングであって、前記複数のガス流出口の各々は、前記複数のガス接続プロックの内の対応する 1 つと係合する取り付け面に配置されると共に、前記複数のガス接続プロックの内の対応するプロックのガス流入口に流体連通する、ガスリングと、

を備える、ガス供給システム。

30

適用例 2 :

適用例 1 のガス供給システムであって、前記ガスリングは、8 つのガス流出口を備え、前記複数の流路は、前記ガスリングの長さの約半分にわたって伸びる第 1 の流路と、前記第 1 の流路の下流端に中点が接続された 2 つの第 2 の流路と、前記第 2 の流路の下流端に中点が接続された 4 つの第 3 の流路とを備える、ガス供給システム。

適用例 3 :

適用例 2 のガス供給システムであって、前記ガスリングは、内部に前記複数の流路を備えた下部リングと、前記複数の流路を覆うカバーブレートと、を備える、ガス供給システム。

40

適用例 4 :

適用例 2 のガス供給システムであって、前記ガスリングは、前記第 1 の流路の中点に接続された 1 つのガス流入口を備える、ガス供給システム。

適用例 5 :

適用例 4 のガス供給システムであって、前記複数のガス流出口は、前記ガスリングの中心から半径約 10 ないし 11 インチの位置に配置され、前記複数のガス接続プロックの各々は、前記複数のガス接続プロックを前記ガスリングに取り付ける複数の留め具を受け入

50

れるよう適合された 2 つの取り付け穴を備え、前記取り付け穴は、約 1 インチ離間されて配置されている、ガス供給システム。

適用例 6 :

適用例 3 のガス供給システムであって、前記カバープレートおよび下部リングは、ステンレス鋼またはポリマ材料で製造される、ガス供給システム。

適用例 7 :

適用例 1 のガス供給システムであって、前記ガスリングは、外周にガス流入口を備え、前記ガス流入口から 180° の位置に 2 つの自由端を備える、ガス供給システム。

10

適用例 8 :

適用例 7 のガス供給システムであって、前記自由端は、前記ガスリングを前記シャワーヘッドに取り付ける際に前記リングの前記自由端が広がるのを制限する広がり制限部によつて接続される、ガス供給システム。

適用例 9 :

適用例 1 のガス供給システムであって、前記ガスリングは長方形の断面を有し、前記複数のガス流路は長方形の断面を有し、前記カバープレートは、約 0.03 インチの厚さを有し、前記下部リングの上面にある凹部内に配置され、前記第 3 の部分の自由端に丸い端部を備え、前記丸い端部は、約 0.32 インチの直径を有し、前記丸い端部の中心に貫通孔を備え、前記貫通孔は、約 0.19 インチの直径を有する、ガス供給システム。

20

適用例 10 :

適用例 1 のガス供給システムであって、前記ガス接続ブロックの前記ガス流出口は、前記シャワーヘッドの外周と係合する垂直取り付け面に配置され、第 1 および第 2 の穴が、前記ガス流出口の両側に前記垂直取り付け面を通して伸び、第 1 および第 2 の段付きねじが、前記穴内に移動可能に取り付けられ、前記段付きねじは、前記シャワーヘッドの取り付け穴に取り付けられた留め具と係合する端部を有する、ガス供給システム。

30

適用例 11 :

適用例 10 のガス供給システムであって、前記ガス接続ブロックの前記ガス流入口は、前記ガスリングの上面に係合する水平取り付け面に配置され、第 1 および第 2 の取り付け穴が、前記水平取り付け面を通して伸び、前記取り付け穴内のねじが、前記ガス接続ブロックを前記ガスリングに取り付ける、ガス供給システム。

適用例 12 :

適用例 11 のガス供給システムであって、前記水平取り付け面は、O - リング溝を備え、前記 O - リング溝内の O - リングが、前記ガス接続ブロックの前記ガス流入口の周りにシールを提供する、ガス供給システム。

40

適用例 13 :

適用例 12 のガス供給システムであって、前記垂直取り付け面は、O - リング溝を備え、前記 O - リング溝内の O - リングが、前記ガス接続ブロックの前記ガス流出口の周りにシールを提供する、ガス供給システム。

適用例 14 :

適用例 9 のガス供給システムであって、前記下部リングの前記複数の流路は、約 0.1 インチの幅および約 0.32 インチの高さを有し、前記下部リングの前記上面は、前記カバーを収容する凹部を備え、前記凹部は、前記複数の流路に沿って約 0.12 インチの幅

50

を有する、ガス供給システム。

適用例 1 5 :

適用例 1 のガス供給システムをシャワーHEADに取り付ける方法であって、前記複数のガス接続ブロックの前記複数のガス流出口が前記シャワーHEADの前記外周の複数のガス流入口と整列するように前記シャワーHEADの周りに前記ガスリングを配置する工程と、前記ガスリングを前記シャワーHEADに固定する工程と、を備える、方法。

適用例 1 6 :

適用例 1 5 の方法であって、前記配置する工程は、前記ガスリングの自由端を開く工程と、前記シャワーHEADを囲むように前記ガスリングを垂直に嵌める工程とを含み、前記固定する工程は、前記自由端を閉じる工程と、前記ガスリングが前記シャワーHEADの周りの適切な位置に保持されるように、前記自由端の間に取り付けられた広がり制限部を締める工程とを含む、方法。

10

適用例 1 7 :

適用例 1 6 の方法であって、前記固定する工程は、さらに、水平の穴を備えた垂直の留め具を前記シャワーHEADの上面の取り付け穴に配置する工程と、前記ガス接続ブロックの穴に取り付けられた水平の段付きねじを、前記垂直の留め具の前記水平の穴に入るように、前記シャワーHEADの外周にある水平の取り付け穴内に摺動させる工程とを含む、方法。

20

【図 1】

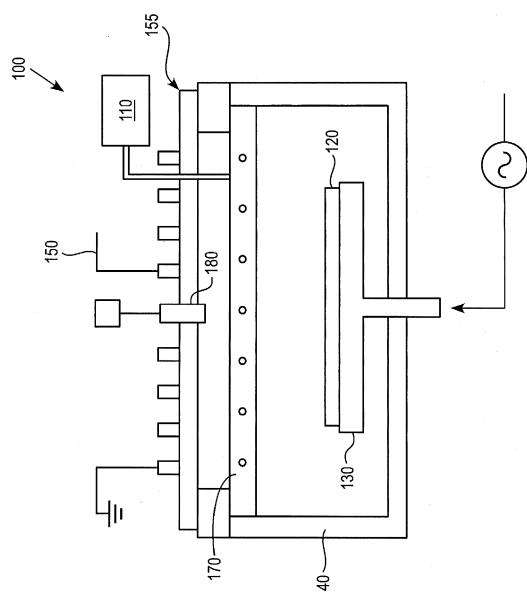


FIG. 1

【図 2】

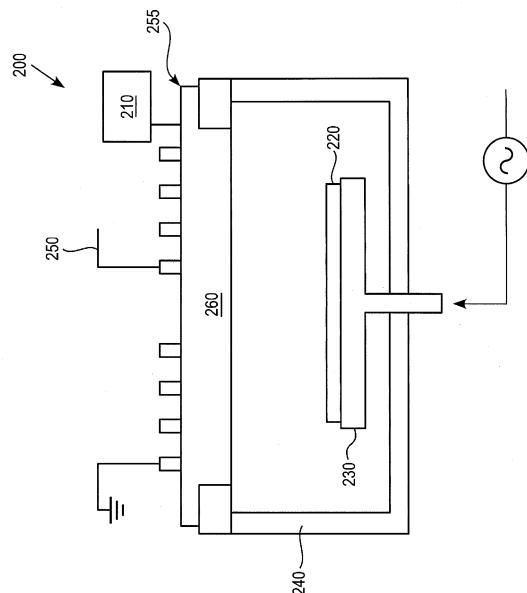


FIG. 2

【図 3 A】

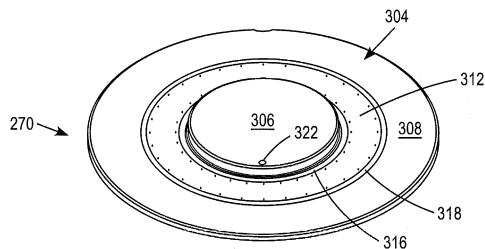


FIG. 3A

【図 3 B】

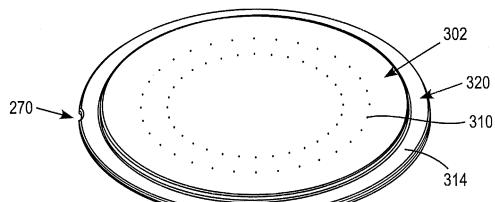


FIG. 3B

【図 3 C】

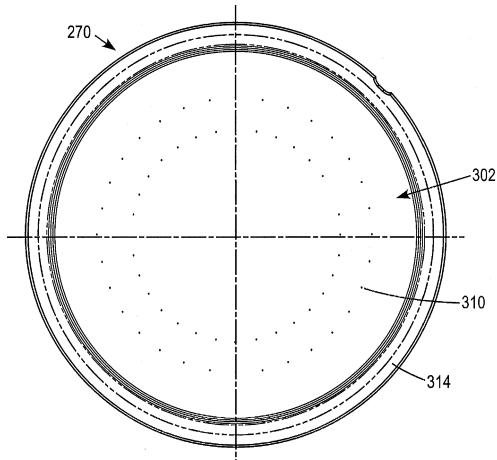


FIG. 3C

【図 3 D】

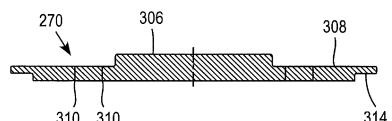


FIG. 3D

【図 4 A】

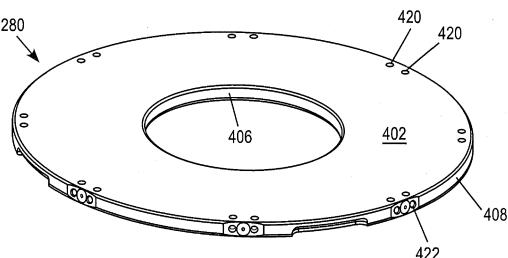


FIG. 4A

【図 4 C】

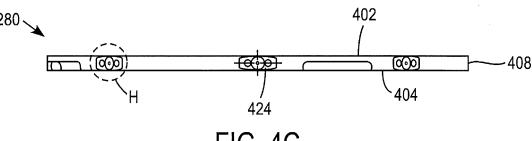


FIG. 4C

【図 4 B】

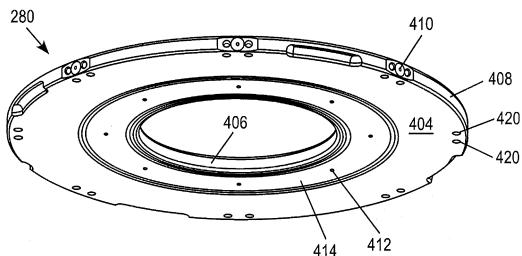


FIG. 4B

【図 4 D】

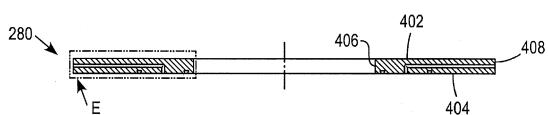


FIG. 4D

【図 4 E】

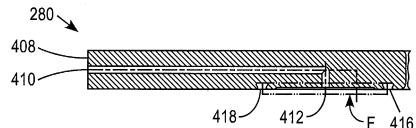


FIG. 4E

【図 4 F】

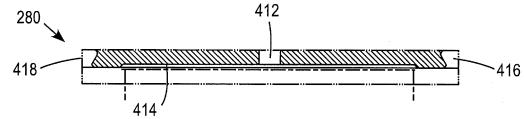
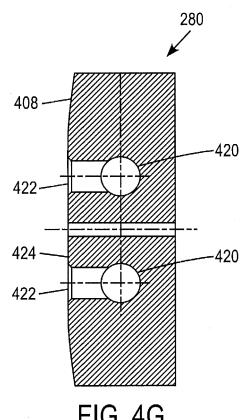
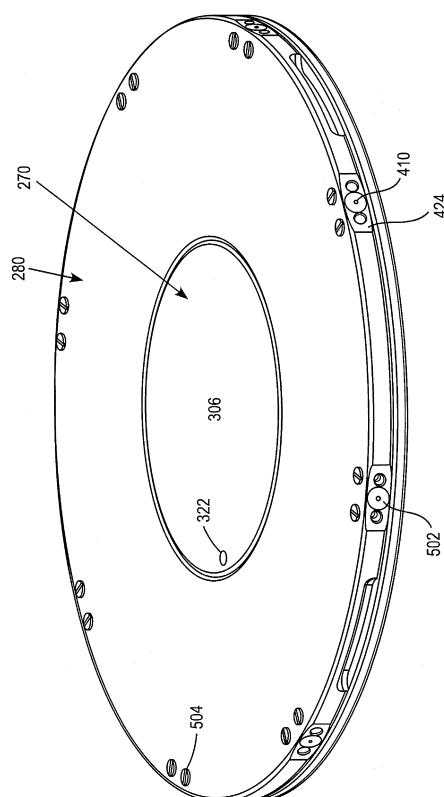


FIG. 4F

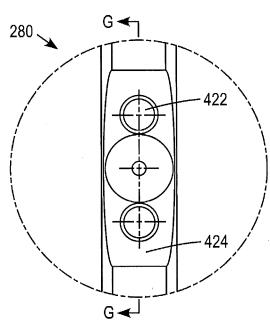
【図 4 G】



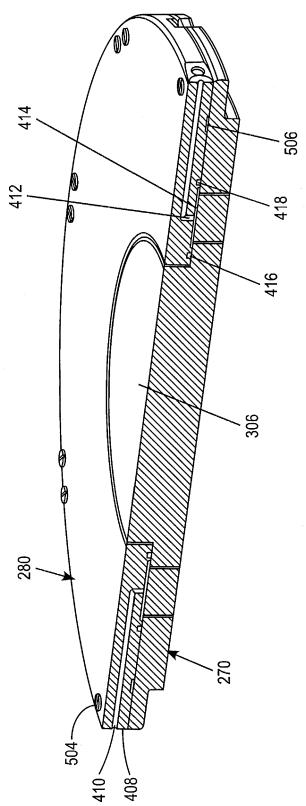
【図 5 A】



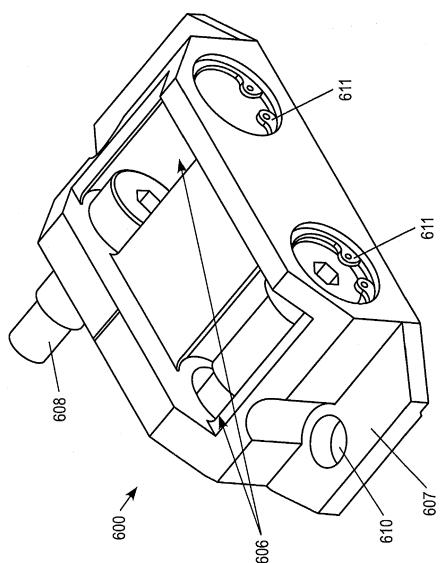
【図 4 H】



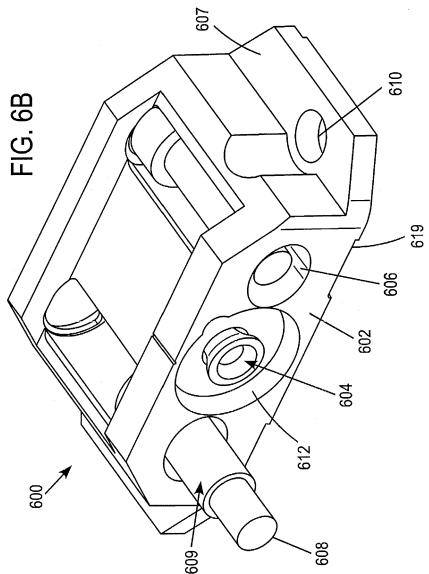
【図 5 B】



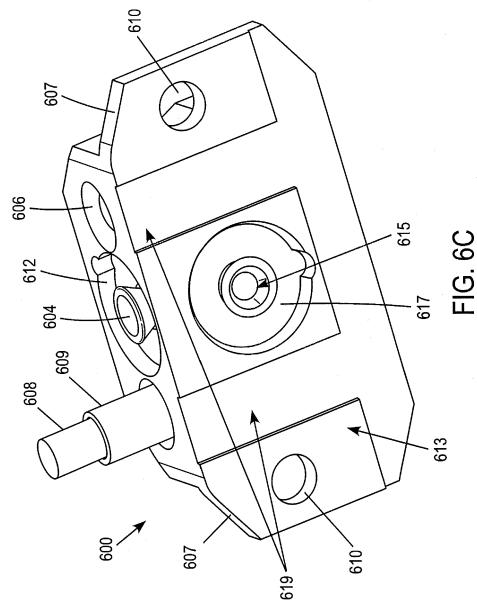
【図 6 A】



【図 6 B】



【図 6 C】



【図 7 A】

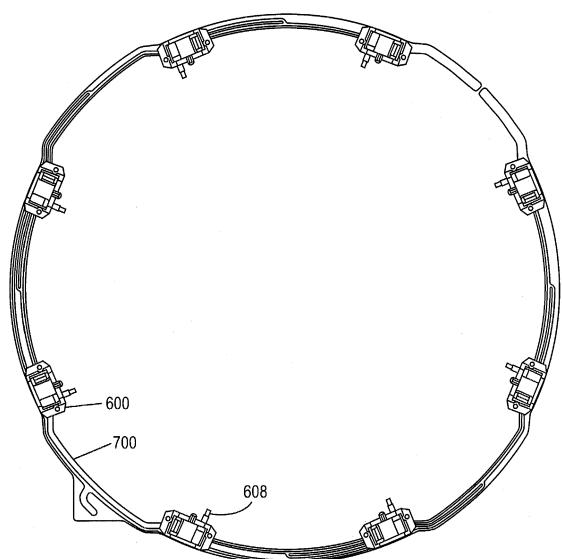


FIG. 7A

【図 7 B】

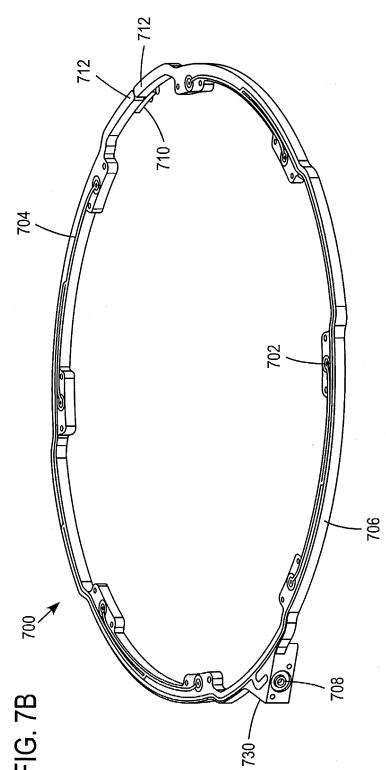


FIG. 7B

【図 7 C】

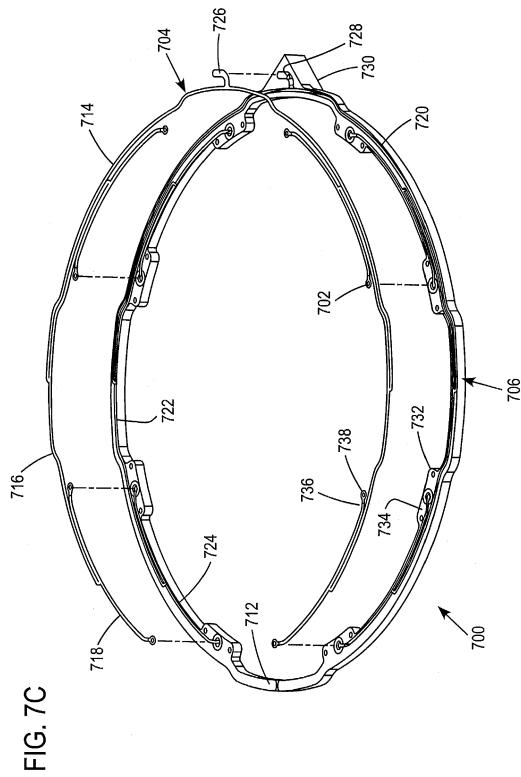


FIG. 7C

【図 8 A】

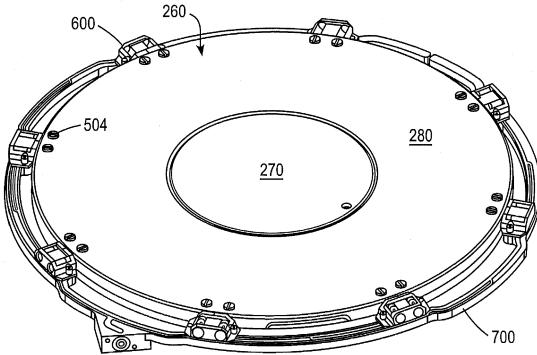


FIG. 8A

【図 8 B】

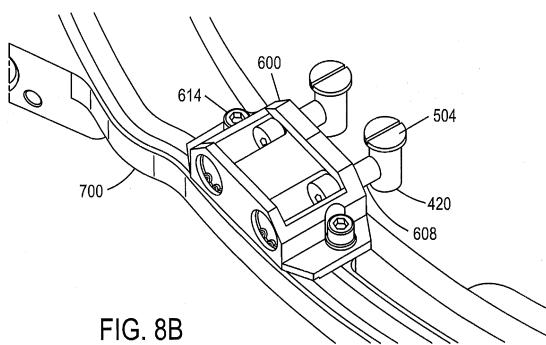


FIG. 8B

【図 8 C】

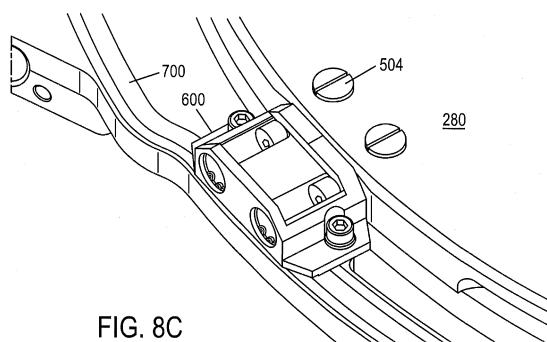


FIG. 8C

【図 8 D】

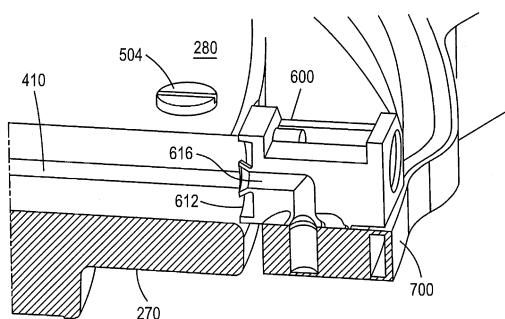


FIG. 8D

フロントページの続き

(72)発明者 パターソン・アレックス

アメリカ合衆国 カリフォルニア州95120 サン・ホセ, マートウッド・ウェイ, 7268

審査官 溝本 安展

(56)参考文献 特開2003-059900(JP,A)

特開2008-108796(JP,A)

特開2002-064104(JP,A)

特開2000-277509(JP,A)

特開2001-085413(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H05H 1/46