

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2017-534174

(P2017-534174A)

(43) 公表日 平成29年11月16日(2017.11.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/31 (2006.01)	H O 1 L 21/31 C	4 K O 3 O
C 2 3 C 16/455 (2006.01)	C 2 3 C 16/455	5 F O 4 5

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2017-520480 (P2017-520480) (86) (22) 出願日 平成27年10月16日 (2015.10.16) (85) 翻訳文提出日 平成29年6月14日 (2017.6.14) (86) 国際出願番号 PCT/US2015/055997 (87) 国際公開番号 W02016/061493 (87) 国際公開日 平成28年4月21日 (2016.4.21) (31) 優先権主張番号 14/517, 192 (32) 優先日 平成26年10月17日 (2014.10.17) (33) 優先権主張国 米国 (US) (31) 優先権主張番号 14/884, 575 (32) 優先日 平成27年10月15日 (2015.10.15) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 592010081 ラム リサーチ コーポレーション LAM RESEARCH CORPOR ATION 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 ェイ 4650 (74) 代理人 110000028 特許業務法人明成国際特許事務所 (72) 発明者 リー・アンドリュー・シー, アメリカ合衆国 カリフォルニア州940 15 デーリー・シティ, レイク・フォ レスト・ドライブ, 19
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】モノリシックガス分配マニホールドならびにその様々な構成技術および利用例

(57) 【要約】

【解決手段】半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板が提供されている。基板は、互いに接着されることで、第1、第2、第3、および、第4ガス供給構成要素を外部主要面に受けて取り付けるための開口部を備えた積層体を形成する主要面を持った複数の層を備えてよい。基板は、内部主要面に伸びる第1ガスチャネルを備えてよく、第1ガスチャネルは、異なる内部主要面に伸びる第2ガスチャネルと少なくとも部分的に重なる。基板は、第1ガス供給構成要素を第2ガス供給構成要素に接続する第1ガスチャネルを含んだ第1ガス導管と、第3ガス供給構成要素を第4ガス供給構成要素に接続する第2ガスチャネルを含んだ第2ガス導管と、を備えてよい。また、ガス供給基板を製造するための様々な技術が開示されている。

【選択図】図11

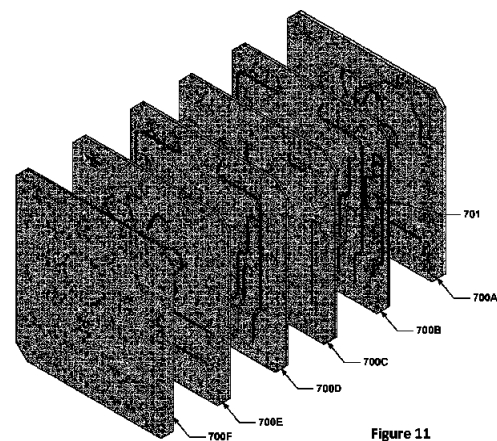


Figure 11

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板であって、

主要面を有し、互いに接着されて積層体を形成する複数の層であって、前記積層体は、開口部を備え、前記開口部の少なくとも一部は、取り付け穴であり、少なくとも、第 1 ガス供給構成要素、第 2 ガス供給構成要素、第 3 ガス供給構成要素、および、第 4 ガス供給構成要素を外部主要面上に受けて取り付けのように構成されている、複数の層と、

内部主要面内に少なくとも部分的に伸びる第 1 ガスチャネルと、

異なる内部主要面内に少なくとも部分的に伸びる第 2 ガスチャネルであって、前記第 1 ガスチャネルは、前記第 2 ガスチャネルと少なくとも部分的に重なる、第 2 ガスチャネルと、

前記第 1 ガス供給構成要素を前記第 2 ガス供給構成要素に接続するように構成された前記第 1 ガスチャネルを含む第 1 ガス導管と、

前記第 3 ガス供給構成要素を前記第 4 ガス供給構成要素に接続するように構成された前記第 2 ガスチャネルを含む第 2 ガス導管と、
を備える、基板。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の基板であって、前記積層体は、

複数の内層であって、前記内層は、水平ガスチャネルおよび／または垂直貫通孔を備え、前記水平ガスチャネルおよび／または垂直貫通孔は、前記第 1 ガス導管または前記第 2 ガス導管の一部を形成する、内層と、

少なくとも 2 つの外層であって、前記外層の少なくとも 1 つは、前記ガス供給構成要素を前記積層体に取り付けるための留め具を受け入れるように構成された取り付け穴と、前記第 1 ガス導管または前記第 2 ガス導管の一部を形成する開口部とを備える、外層と、
を備える、基板。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の基板であって、前記内層の少なくとも 1 つは、

前記開口部、

共通の点から放射状に伸びる複数の水平ガスチャネル、

ガスを加熱するための 1 または複数のヒータ、

ガス分流器、

ガス制限器を形成するフィルタ、

および／または、

非直線的なガスチャネル、

の少なくとも 1 つと流体連通するプレナムを備える、基板。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の基板であって、前記水平ガスチャネルまたは垂直貫通孔の少なくとも 1 つが、層の平面と或る角度をなす、基板。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の基板であって、前記内層は、前記外層の前記開口部と流体連通する水平ガスチャネルおよび垂直貫通孔を備える、基板。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の基板であって、前記内層は、2 以上の内層を通して伸びて、前記外層の前記開口部の少なくとも一部と流体連通するプレナムを備える、基板。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の基板であって、さらに、

少なくとも 2 つの他の内層の間にあり、垂直孔および／または水平ガスチャネルを備えた内層を備え、前記垂直孔および／または水平ガスチャネルの少なくとも一部が、前記外層の前記開口部の少なくとも一部と流体連通する、基板。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の基板であって、前記内層は、前記外層の前記開口部の少なくとも一部と流体連通するプレナムを備える、基板。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の基板であって、前記層は、焼成、焼結、接着、溶接、はんだ付け、コールドスプレーおよび熱処理、超音波溶接、ろう付け、ならびに、拡散接合からなる群より選択された処理で結合されている、基板。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の基板であって、各層は、セラミック、ガラス、金属、および、ポリマからなる群より選択された材料で製造されている、基板。

10

【請求項 11】

請求項 1 に記載の基板であって、前記外層は、複数のガス流入口と、1 または複数のガス流出口と、を備える、基板。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の基板であって、前記積層体は、空気マニホールドとダイヤフラムバルブとの間で空気を運ぶように構成された 1 または複数の層を通して伸びる空気導管、ならびに／もしくは、ガス供給構成要素に対してワイヤを経路づけるように構成された 1 または複数の層を通して伸びるワイヤ導管を備える、基板。

【請求項 13】

請求項 1 の基板を備えたガスボックスのためのシステムであって、少なくとも 1 つの外部主要面に取り付けられた複数のガス供給構成要素を備え、

20

前記取り付けられたガス供給構成要素は、オン／オフガスバルブ、マスフローコントローラ (MFC)、真空カップリング放射 (VCR) 継手、手動ガスバルブ、ガス圧力制御器、ガスフィルタ、パージガス構成要素、ガス流制限器、および、圧力変換器からなる群より選択されたものである、システム。

【請求項 14】

請求項 13 に記載のシステムであって、前記複数のガス供給構成要素は、前記基板の両側の外部主要面に取り付けられる、システム。

【請求項 15】

請求項 13 に記載のシステムであって、さらに、

30

前記基板内のガス導管を通して MFC に接続された第 1 オン／オフガスバルブと、

前記基板内のガス導管を通して前記 MFC に接続された第 2 オン／オフガスバルブであって、前記第 2 オン／オフガスバルブは、前記基板内のガス導管を通して混合チャンバに接続されている、第 2 オン／オフガスバルブと、

前記積層体の 1 または複数の前記開口部に接続された混合チャンバと、を備える、システム。

【請求項 16】

請求項 15 に記載のシステムであって、

(a) 前記ガス導管の一部が、互いに交差し、前記取り付けられたガス供給構成要素の少なくとも一部が、非線形配列で 1 または 2 つの外部主要面上に配置されるか、もしくは、

40

(b) 前記ガス導管の一部が、互いに交差し、前記取り付けられたガス供給構成要素の少なくとも一部が、円形配列で 1 または 2 つの外部主要面上に配置される、システム。

【請求項 17】

請求項 15 に記載のシステムであって、前記積層体上のガス流入口と、前記積層体内の混合チャンバとの間のガス流路が、等しい長さを有する、システム。

【請求項 18】

請求項 1 のガス供給基板を製造する方法であって、

主要面を有する複数の層の少なくとも 1 つの層の内部主要面内に少なくとも部分的に伸びる第 1 ガスチャネルを形成する工程と、

異なる内部主要面内に少なくとも部分的に伸びる第 2 ガスチャネルを形成する工程と、

50

外部主要面に開口部を形成する工程であって、前記開口部の少なくとも一部は、少なくとも、第1ガス供給構成要素、第2ガス供給構成要素、第3ガス供給構成要素、および、第4ガス供給構成要素を受けて取り付けられるように構成された取り付け穴である、工程と、
前記第1ガスチャネルが、前記第2ガスチャネルと少なくとも部分的に重なり、前記第1ガスチャネルが、前記第1ガス供給構成要素を前記第2ガス供給構成要素に接続するように構成された第1ガス導管の一部を形成し、前記第2ガスチャネルが、前記第3ガス供給構成要素を前記第4ガス供給構成要素に接続するように構成された第2ガス導管の一部を形成するように、前記複数の層を互いに結合して、積層体を形成する工程と、
を備える、方法。

【請求項19】

請求項1の基板を通してガスを供給する方法であって、複数のガスが、前記積層体の前記開口部を通して供給され、前記複数のガスは、少なくとも第1ガスおよび第2ガスを含み、前記方法は、

前記第1ガスチャネルを通して前記第1ガス供給構成要素から前記第2ガス供給構成要素に前記第1ガスを供給する工程と、

前記第2ガスチャネルを通して前記第3ガス供給構成要素から前記第4ガス供給構成要素に前記第2ガスを供給する工程と、

前記基板内の第3ガスチャネルを通して前記第2ガス供給構成要素から前記基板内の混合チャンバに前記第1ガスを供給する工程と、

前記基板内の第4ガスチャネルを通して前記第4ガス供給構成要素から前記基板内の前記混合チャンバに前記第2ガスを供給する工程と、

前記混合チャンバ内で前記第1ガスおよび前記第2ガスを混合して、第1ガス混合物を生成する工程と、

前記基板内の1または複数のガスチャネルおよび／または前記基板上の1または複数の流出口を通して前記第1ガス混合物を下流の半導体処理チャンバに供給する工程と、
を備える、方法。

【請求項20】

請求項19に記載の方法であって、さらに、

前記第1ガス混合物を調整ガスと混合して、第2ガス混合物を生成する工程と、

前記第2ガス混合物をプラズマエッチングチャンバに供給する工程と、

前記チャンバ内で半導体基板をプラズマエッチングする工程と、
を備える、方法。

【請求項21】

請求項19に記載の方法であって、前記第1、第2、第3、および、第4ガス供給構成要素は、オン／オフガスバルブ、マスフローコントローラ（MFC）、真空カップリング放射（VCR）継手、手動ガスバルブ、ガス圧力制御器、ガスフィルタ、パージガス構成要素、ガス流制限器、および、圧力変換器を含む群より選択される、方法。

【請求項22】

請求項19に記載の方法であって、前記ガスは、蒸着ガス、エッチングガス、調整ガス、および、パージガスを含む群より選択される、方法。

【請求項23】

請求項19に記載の方法であって、前記ガス流入口は、前記積層体の片側に沿って配列された少なくとも8つのガス流入口を含み、前記ガス流入口の各々は、前記積層体のガスチャネルおよび開口部を通して伸びるガス流路を介して前記積層体内の混合チャンバと流体連通し、前記方法は、さらに、処理ガスが、前記ガス流路を通り、前記ガス流路に沿ったマスフローコントローラおよびガス圧力制御器を通過するように、前記ガス流路に沿った遮断バルブを開く工程を備える、方法。

【請求項24】

方法であって、

第1側と、前記第1側の反対側の第2側とを有するセラミック基板を準備する工程であ

10

20

30

40

50

って、前記セラミック基板は、前記第 1 側に配置されて前記セラミック基板に 2 以上の穴を備える表面取り付けバルブインターフェースを備える、工程と、

前記 2 以上の穴の周りの前記セラミック基板の少なくとも 1 つの表面をラップ仕上げまたは研磨して、前記少なくとも 1 つの表面の表面粗さが 5 マイクロインチ R a 以下になるようにする工程と、

を備える、方法。

【請求項 25】

請求項 24 に記載の方法であって、さらに、

前記 2 以上の穴の少なくとも 1 つの周りに押しつぶし可能な金属シールを位置決めする工程と、

前記 2 以上の穴の前記少なくとも 1 つが、表面取り付けガス流構成要素のガス流ポート、および、前記押しつぶし可能な金属シールと整列するように、前記表面取り付けガス流構成要素を位置決めする工程と、

1 または複数の留め具を用いて、前記表面取り付けガス流構成要素を前記セラミック基板にクランプすることにより、5 マイクロインチ R a 以下の表面粗さを有する前記表面に対して前記押しつぶし可能な金属シールを圧迫する工程と、

を備える、方法。

【請求項 26】

請求項 25 に記載の方法であって、前記押しつぶし可能な金属シールは、C シール、W シール、および、金属 O リングからなる群より選択される、方法。

【請求項 27】

請求項 25 に記載の方法であって、

前記 2 以上の穴の前記少なくとも 1 つは、前記押しつぶし可能な金属シールが、設置された時に、前記穴の座ぐり穴に少なくとも部分的にはめ込まれるように、座ぐり穴を設けられ、

ラップ仕上げまたは研磨された前記少なくとも 1 つの表面は、前記座ぐり穴の床を含む、方法。

【請求項 28】

請求項 24 に記載の方法であって、前記少なくとも 1 つの表面は、前記第 1 側全体を含む、方法。

【請求項 29】

装置であって、

セラミック基板を備え、

前記セラミック基板は、第 1 側と、前記第 1 側の反対側の第 2 側とを有し、

前記セラミック基板は、前記第 1 側に配置されて前記セラミック基板に 2 以上の穴を備えた表面取り付けバルブインターフェースを備え、

前記穴の周りの表面が、5 マイクロインチ R a 以下の表面粗さを有する、装置。

【請求項 30】

請求項 29 に記載の装置であって、さらに、

押しつぶし可能な金属シールと、

1 または複数のガス流ポートを備えた表面取り付けガス流構成要素と、を備え、

前記表面取り付けガス流構成要素は、各ガス流ポートが前記穴の 1 つと整列するように、前記セラミック基板に取り付けられ、

前記押しつぶし可能な金属シールは、前記表面取り付けガス流構成要素と前記セラミック基板との間に挟まれ、

前記押しつぶし可能な金属シールは、5 マイクロインチ以下の前記表面粗さを有する前記表面の 1 つと接触する、装置。

【請求項 31】

請求項 30 に記載の装置であって、前記押しつぶし可能な金属シールは、C シール、W

10

20

30

40

50

シール、および、金属Ｏリングからなる群より選択される、装置。

【請求項 3 2】

請求項 3 1 に記載の装置であって、前記セラミック基板は、さらに、少なくとも 1 つの座ぐり穴形状を備え、

前記少なくとも 1 つの座ぐり穴形状は、前記 2 以上の穴の 1 つと位置が対応し、

前記座ぐり穴形状は、前記穴と交わる床を有し、

5 マイクロインチ R a 以下の表面粗さまでラップ仕上げまたは研磨された前記少なくとも 1 つの表面は、前記床を含む、装置。

【請求項 3 3】

請求項 3 1 に記載の装置であって、前記少なくとも 1 つの表面は、前記第 1 側全体を含む、装置。 10

【請求項 3 4】

方法であって、

第 1 側と、前記第 1 側の反対側の第 2 側とを有するセラミック基板を製造する工程であって、前記セラミック基板は、前記第 1 側および前記第 2 側の一方または両方に配置された複数の表面取り付けバルブインターフェース、前記第 1 側と前記第 2 側との間に配置された 1 または複数のチャンネル、ならびに、前記 1 または複数のチャンネルを前記表面取り付けバルブインターフェースに流体接続する複数のドロップホールを備える、工程と、

前記セラミック基板内の前記チャンネルの少なくとも表面にコーティングを形成する工程と、 20
を備える、方法。

【請求項 3 5】

請求項 3 4 に記載の方法であって、前記セラミック基板を製造する工程は、

複数のセラミック層を製造する工程と、

前記 1 または複数のチャンネルを前記層の 1 または複数のレーザカットする工程と、

前記複数のセラミック層を一緒に結合する工程と、

前記結合された層を焼結して、前記セラミック基板を形成する工程と、
を含む、方法。

【請求項 3 6】

請求項 3 4 に記載の方法であって、前記コーティングは、前記セラミック基板を形成するために用いられたセラミック粒子の最小公称サイズ、および、前記 1 または複数のチャンネルの前記表面が示す最大表面粗さ、からなる群より選択された値以上の厚さを有する、方法。 30

【請求項 3 7】

請求項 3 4 に記載の方法であって、さらに、

前記チャンネルの表面にグレーズを塗布する工程と、

キルンまたはオーブン内で前記セラミック基板を焼成して、前記グレーズを溶かす工程と、

前記セラミック基板を冷却して、前記溶けたグレーズを凝固させ、前記コーティングを形成する工程と、 40
を備える、方法。

【請求項 3 8】

請求項 3 4 に記載の方法であって、さらに、

前記セラミック基板を化学蒸着（CVD）チャンバに挿入する工程と、

前記セラミック基板に 1 または複数回の CVD 動作を実行して、前記コーティングを形成する工程と、
を備える、方法。

【請求項 3 9】

請求項 3 8 に記載の方法であって、さらに、

前記 1 または複数回の CVD 動作を実行する前に、前記第 1 側または前記第 2 側の一部 50

をマスキングして、マスクされた部分に前記コーティングが蒸着されることを防ぐ工程を備える、方法。

【請求項 4 0】

請求項 3 4 に記載の方法であって、さらに、
前記セラミック基板を原子層蒸着（A L D）チャンバに挿入する工程と、
前記セラミック基板に複数回の A L D 動作を実行して、前記コーティングを形成する工程と、
を備える、方法。

【請求項 4 1】

装置であって、
セラミック基板を備え、
前記セラミック基板は、
第 1 側および前記第 1 側の反対側の第 2 側と、
前記第 1 側および前記第 2 側の一方または両方に配置された複数の表面取り付けバルブインターフェースと、
前記第 1 側と前記第 2 側との間に配置された 1 または複数のチャンネルと、
前記 1 または複数のチャンネルを前記表面取り付けバルブインターフェースに流体接続する複数のドロップホールと、
前記セラミック基板内の前記 1 または複数のチャンネルの少なくとも表面上のコーティングと、
を備える、装置。

【請求項 4 2】

請求項 4 1 に記載の装置であって、
前記セラミック基板は、一緒に焼結された複数のセラミック層を備え、
前記 1 または複数のチャンネルは、前記層の 1 または複数にレーザカットされた側壁を有する、装置。

【請求項 4 3】

請求項 4 1 に記載の装置であって、前記コーティングは、前記セラミック基板を形成するために用いられたセラミック粒子の最小公称サイズ、および、前記 1 または複数のチャンネルの側壁の表面が示す最大表面粗さ、からなる群より選択された値以上の厚さを有する、装置。

【請求項 4 4】

請求項 4 1 に記載の装置であって、前記コーティングは、シリカ含有グレーズである、装置。

【請求項 4 5】

請求項 4 1 に記載の装置であって、前記コーティングは、化学蒸着（C V D）コーティングである、装置。

【請求項 4 6】

請求項 4 5 に記載の装置であって、前記 C V D コーティングは、ポリマコーティングである、装置。

【請求項 4 7】

請求項 4 1 に記載の装置であって、前記コーティングは、共形の原子層蒸着（A L D）コーティングである、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

関連出願への相互参照

本願は、米国特許法第 1 2 0 条の下、2 0 1 4 年 1 0 月 1 7 日出願の係属中の米国特許出願第 1 4 / 5 1 7, 1 9 2 号（代理人整理番号 L A M R P 2 3 3 / 3 5 1 0 - 1 U S）
「S U B S T R A T E F O R M O U N T I N G G A S S U P P L Y C O M P O

10

20

30

40

50

NENTS AND METHODS THEREOF」、および、2015年10月15日出願の米国特許出願第14/884,575号（代理人整理番号 LAMRP233X1/3794US）「MONOLITHIC GAS DISTRIBUTION MANIFOLD AND VARIOUS CONSTRUCTION TECHNIQUES AND USE CASES THEREFOR」の優先権を主張し、両出願は、参照によって全ての目的で本明細書に全体が組み込まれる。

【0002】

本発明は、半導体基板処理装置のためのガス供給システムに関し、特に、半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板に関する。

【背景技術】

10

【0003】

プラズマエッチング、物理蒸着（PVD）、化学蒸着（CVD）、プラズマ強化化学蒸着（PECVD）、原子層蒸着（ALD）、プラズマ強化原子層蒸着（PEALD）、イオン注入、および、レジスト除去を含むがこれらに限定されない技術によって半導体基板を処理するために、半導体基板処理装置が用いられる。半導体基板処理装置は、ガス供給システムを備えており、そのシステムを通して、処理ガスが流され、その後、シャワーヘッド、ガスインジェクタ、ガスリングなどのガス分配システムによって半導体処理装置の真空チャンバの処理領域へ供給される。例えば、ガス供給システムは、半導体処理チャンバ内で処理される半導体基板の表面に処理ガスを分配するために、半導体処理チャンバ内で半導体基板の上方に配置されたガスインジェクタへ処理ガスを供給するよう構成される。現在のガス供給システムは、多くの個々の構成要素から構築され、構成要素の多くは、処理ガスが流れる導管を有する。

20

【0004】

従来の半導体処理システムは、通例、ガススティックを利用する。「ガススティック」という用語は、例えば、マスフローコントローラ（MFC）、1または複数の圧力変換器および/または圧力調整器、ヒータ、1または複数のフィルタまたは清浄器、ならびに、遮断バルブなど、一連のガス分配/制御構成要素を指す。所与のガススティックで利用される構成要素およびそれらの特定の配置は、それらの設計および用途によって様々である。典型的な半導体処理構成では、17を超えるガススティックが、ガス供給ライン、ガス分配構成要素、および、混合マニホールドを介して、半導体処理チャンバに接続される。これらは、ガススティックのための取り付け面として機能し、ガス分配での役割を持たない「ガスパネル」または「ガスボックス」として知られるベースプレートに取り付けられて、完全なシステムを形成する。

30

【0005】

一般に、ガススティックは、基板アセンブリまたはベースプレート上のチャンネルを通して他のガス制御構成要素に接続された複数の一体的な表面取り付け構成要素（例えば、バルブ、フィルタなど）を備えており、ガス制御構成要素は、基板アセンブリまたはベースプレート上に取り付けられている。ガススティックの各構成要素は、通例、線形配列でマニホールドブロックの上方に配置される。複数のマニホールドブロックが、モジュール基板と、ガススティックを通るガスの流路を形成するマニホールドブロックの層とを形成する。モジュール態様の従来のガススティックは、再構成を可能にし、子供用のLEGO（登録商標）ブロックとよく似ている。しかしながら、ガススティックの各構成要素は、通例、高度に機械加工された部品を備えるため、各構成要素は、製造および交換に比較的费用がかかる。各マスフロー構成要素は、通例、同様に複数の機械作業で製造される取り付けブロックと共に構築されるため、構成要素が高価になる。

40

【発明の概要】

【0006】

添付の図面および以下の説明において、本明細書に記載された主題の1または複数の実施例の詳細について説明する。他の特徴、態様、および、利点については、説明、図面、および、特許請求の範囲から明らかになる。縮尺図であると特に明記されていない限りは

50

、以下の図の相対的な寸法は、正確な縮尺で描かれていない場合があることに注意されたい。

【0007】

本明細書では、半導体処理装置用のガス供給システムガスボックスのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板が開示されている。基板は、互いに接着されて積層体を形成する主要面を持った複数の層を備えてよい。積層体は、少なくとも、第1ガス供給構成要素、第2ガス供給構成要素、第3ガス供給構成要素、および、第4ガス供給構成要素を複数の層の少なくとも1層の外部主要面に受けて取り付けように構成された開口部を備えてよい。また、基板は、複数の層の内の1層の内部主要面に少なくとも部分的に伸びる第1ガスチャネルと、複数の層の内の1層の異なる内部主要面に少なくとも部分的に伸びる第2ガスチャネルと、を備えてよい。第1ガスチャネルは、層の主要面と垂直な方向から見た時に、第2ガスチャネルと少なくとも部分的に重なってよい。さらに、基板は：第1ガスチャネルを含んでよく、第1ガス供給構成要素を第2ガス供給構成要素に接続するように構成されてよい第1ガス導管と；第3ガス供給構成要素を第4ガス供給構成要素に接続するように構成された第2チャネルを含む第2ガス導管と、を備えてよい。

10

【0008】

また、本明細書では、ガス供給基板を備えた半導体製造システムガスボックスのためのシステムが開示されている。システムは、ガス供給基板の少なくとも1つの主要面に取り付けられたガス供給構成要素を備える。一実施例において、ガス供給構成要素は、ガス供給基板の両側の主要面に取り付けられてよい。別の実施例において、システムは、基板内のガス導管を通してMFCに接続されたオン／オフガスバルブと、基板内のガス導管を通して混合マニホールドまたはチャンバに接続された別のオン／オフガスバルブと、ガス供給基板の1または複数の開口部に接続された混合マニホールドまたは混合チャンバの出口と、を備えてもよい。

20

【0009】

また、本明細書では、ガス供給基板を製造する方法が開示されている。方法は：主要面を有する複数の層の少なくとも1つの層の内部主要面に少なくとも部分的に伸びる第1ガスチャネルを形成する工程と；別の内部主要面に少なくとも部分的に伸びる第2ガスチャネルを形成する工程と；外部主要面に開口部を形成する工程と、を備えてよい。開口部の少なくとも一部は、少なくとも、第1ガス供給構成要素、第2ガス供給構成要素、第3ガス供給構成要素、および、第4ガス供給構成要素を受けて取り付けように構成された取り付け穴であってよい。方法は、さらに、第1ガスチャネルが、第2ガスチャネルと少なくとも部分的に重なり、第1ガスチャネルが、第1ガス供給構成要素を第2ガス供給構成要素に接続する第1ガス導管の一部を形成し、第2ガスチャネルが、第3ガス供給構成要素を第4ガス供給構成要素に接続する第2ガス導管の一部を形成するように、複数の層を互いに結合して積層体を形成する工程を備えてよい。

30

【0010】

また、本明細書では、ガス供給基板の開口部を通してガスが供給された時に、かかるガス供給基板を通してガスを供給する方法が開示されている。方法は：第1ガスチャネルを通して第1ガス供給構成要素から第2ガス供給構成要素に第1ガスを供給する工程と；基板内の第3ガスチャネルを通して第2ガス供給構成要素から基板内の混合チャンバに第1ガスを供給する工程と、を備えてよい。方法は、さらに：第2ガスチャネルを通して第3ガス供給構成要素から第4ガス供給構成要素に第2ガスを供給する工程と；基板内の第4ガスチャネルを通して第4ガス供給構成要素から基板内の混合マニホールドまたはチャンバに第2ガスを供給する工程と、を備えてよい。また、方法は：混合チャンバ内で第1ガスおよび第2ガスを混合して、第1ガス混合物を生成する工程と；基板内の1または複数のガスチャネルおよび／または基板上の1または複数の流出口を通して第1ガス混合物を下流の半導体処理チャンバに供給する工程と、を備えてよい。

40

【0011】

いくつかの実施例において、第1側と、第1側の反対側の第2側とを有するセラミック

50

基板を準備する工程を備えた方法が提供されてよい。セラミック基板は、第1側に配置された表面取り付けバルブインターフェースを備えてよく、表面取り付けバルブインターフェースは、セラミック基板に2以上の穴を備えてよい。方法は、さらに、2以上の穴の周りのセラミック基板の少なくとも1つの表面をラップ仕上げまたは研磨して、少なくとも1つの表面の表面粗さが5マイクロインチRa以下になるようにする工程を備えてよい。

【0012】

その方法のいくつかの実施例において、方法は、さらに：2以上の穴の少なくとも1つの周りに押しつぶし可能な金属シールを位置決めする工程と；2以上の穴の少なくとも1つが、表面取り付けガス流構成要素のガス流ポート、および、押しつぶし可能な金属シールと整列するように、表面取り付けガス流構成要素を位置決めする工程と；1または複数の留め具を用いて、表面取り付けガス流構成要素をセラミック基板にクランプすることにより、5マイクロインチRa以下の表面粗さを有する1または複数の表面に対して押しつぶし可能な金属シールを圧迫する工程と、を備えてもよい。

10

【0013】

いくつかのかかる実施例において、押しつぶし可能な金属シールは、Cシール、Wシール、または、金属Oリングであってよい。その方法のいくつかの実施例において、2以上の穴の少なくとも1つは、押しつぶし可能な金属シールが、設置された時に、穴の座ぐり穴に少なくとも部分的にはめ込まれるように、座ぐり穴を設けられ、ラップ仕上げまたは研磨された少なくとも1つの表面は、座ぐり穴の床を含む。その方法のいくつかの実施例において、少なくとも1つの表面は、第1側全体を含んでよい。

20

【0014】

いくつかの実施例において、セラミック基板を備えた装置が提供されてもよい。セラミック基板は、第1側と、第1側の反対側の第2側とを有してよく、第1側に配置された表面取り付けバルブインターフェースを備えてよい。表面取り付けバルブインターフェースは、セラミック基板に2以上の穴を備えてよく、穴の周りの1または複数の表面が、5マイクロインチRa以下の表面粗さを有してよい。

【0015】

いくつかの実施例において、装置は、さらに、押しつぶし可能な金属シールと、1または複数のガス流ポートを備えた表面取り付けガス流構成要素と、を備えてもよい。表面取り付けガス流構成要素は、各ガス流ポートが穴の1つと整列するようにセラミック基板に取り付けられてよく、押しつぶし可能な金属シールは、表面取り付けガス流構成要素とセラミック基板との間に挟まれ、押しつぶし可能な金属シールは、5マイクロインチ以下の表面粗さを有する表面の1つと接触する。

30

【0016】

いくつかのかかる実施例において、押しつぶし可能な金属シールは、Cシール、Wシール、または、金属Oリングであってよい。その装置のいくつかの実施例において、セラミック基板は、さらに、少なくとも1つの座ぐり穴形状を備えてもよく、少なくとも1つの座ぐり穴形状は、2以上の穴の1つと位置が対応し、その穴と交わる床を有してよい。かかる実施例において、5マイクロインチRa以下の表面粗さまでラップ仕上げまたは研磨された少なくとも1つの表面が、その床を含んでもよい。その装置のいくつかの実施例において、少なくとも1つの表面は、第1側全体を含んでよい。

40

【0017】

いくつかの実施例において、方法が提供されている。方法は、第1側と、第1側の反対側の第2側とを有するセラミック基板を製造する工程を備えてよく、セラミック基板は、第1側および第2側の一方または両方に配置された複数の表面取り付けバルブインターフェース、第1側と第2側との間に配置された1または複数のチャンネル、ならびに、1または複数のチャンネルを表面取り付けバルブインターフェースに流体接続する複数のドロップホールを備える。方法は、さらに、セラミック基板内のチャンネルの少なくとも表面にコーティングを形成する工程を備えてよい。

【0018】

50

その方法のいくつかの実施例において、セラミック基板を製造する工程は：複数のセラミック層を製造する工程と；1または複数のチャンネルを層の1または複数にレーザカットする工程と；複数のセラミック層と一緒に結合する工程と；結合された層を焼結して、セラミック基板を形成する工程と、を含んでよい。

【0019】

その方法のいくつかの実施例において、コーティングは、セラミック基板を形成するために用いられたセラミック粒子の最小公称サイズ、または、1または複数のチャンネルの表面が示す最大表面粗さ以上の厚さを有してよい。

【0020】

その方法のいくつかの実施例において、方法は、さらに：チャンネルの表面にグレーズを塗布する工程と；キルンまたはオープン内でセラミック基板を焼成して、グレーズを溶かす工程と；セラミック基板を冷却して、溶けたグレーズを凝固させ、コーティングを形成する工程と、を備えてもよい。

【0021】

その方法のいくつかの実施例において、方法は、さらに：セラミック基板を化学蒸着（CVD）チャンバに挿入する工程と；セラミック基板に1または複数回のCVD動作を実行して、コーティングを形成する工程と、を備えてもよい。

【0022】

その方法のいくつかの実施例において、方法は、1または複数回のCVD動作を実行する前に、第1側または第2側の一部をマスキングして、マスクされた部分にコーティングが蒸着されることを防ぐ工程を備えてもよい。

【0023】

その方法のいくつかの実施例において、方法は、さらに：セラミック基板を原子層蒸着（ALD）チャンバに挿入する工程と；セラミック基板に複数回のALD動作を実行して、コーティングを形成する工程と、を備えてもよい。

【0024】

いくつかの実施例において、装置が提供されてもよい。装置は、セラミック基板を備えてよく、セラミック基板は：第1側および第1側の反対側の第2側と；第1側および第2側の一方または両方に配置された複数の表面取り付けバルブインターフェースと；第1側と第2側との間に配置された1または複数のチャンネルと；1または複数のチャンネルを表面取り付けバルブインターフェースに流体接続する複数のドロップホールと；セラミック基板内の1または複数のチャンネルの少なくとも表面上のコーティングと、を備える。

【0025】

その装置のいくつかの実施例において、セラミック基板は、一緒に焼結された複数のセラミック層を備えてよく、1または複数のチャンネルは、層の1または複数にレーザカットされた側壁を有してよい。

【0026】

その装置のいくつかの実施例において、コーティングは、セラミック基板を形成するために用いられたセラミック粒子の最小公称サイズ、または、1または複数のチャンネルの表面が示す最大表面粗さ以上の厚さを有してよい。

【0027】

その装置のいくつかの実施例において、コーティングは、シリカ含有グレーズであってもよい。その装置のいくつかの別の実施例において、コーティングは、化学蒸着（CVD）コーティングであってもよい。その装置のいくつかの別の実施例において、CVDコーティングは、ポリマコーティングであってもよい。その装置のいくつかの別の実施例において、コーティングは、共形の原子層蒸着（ALD）コーティングであってもよい。

【0028】

これらの実施例および別の実施例について、図面と以下の詳細な説明とを参照しつつ、より詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

10

20

30

40

50

【0029】

【図1】本明細書に開示された実施例に従って、半導体基板処理装置の一実施例を示す図。

【0030】

【図2】本明細書に開示された実施例に従って、ガス供給システムの一例を示す概略図。

【0031】

【図3】ガスをティックの一例を示す図。

【0032】

【図4】モジュールガスをティックの図。

【図5】モジュールガスをティックの図。

10

【図6】モジュールガスをティックの図。

【0033】

【図7】本明細書に開示された実施例に従って、半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板内の1層の実施例を示す図。

【図8】本明細書に開示された実施例に従って、半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板内の1層の実施例を示す図。

【図9】本明細書に開示された実施例に従って、半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板内の1層の実施例を示す図。

【0034】

【図10】本明細書に開示された実施例に従って、ガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板例の複数の基板例が結合される前の状態を示す図。

20

【図11】本明細書に開示された実施例に従って、ガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板例の複数の基板例が結合される前の状態を示す図。

【0035】

【図12】本明細書に開示された実施例に従って、ガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板例の複数の基板が積層された後の状態を示す図。

【0036】

【図13】本明細書に開示された実施例に従って、図12のガス供給基板例の複数の層が積層および結合された後の状態を示す図。

【0037】

30

【図14】図10～図13のガス供給基板例内に配置された流体流導管（例えば、チャネルおよび垂直貫通孔）の三次元レンダリングを示す図。

【0038】

【図15】図12のガス供給基板例の平面図。

【0039】

【図16】層状基板の一例を用いたガス供給システムの一例を示す等角図。

【0040】

【図17】図16のガス供給システム例の等角分解図。

【0041】

【図18】ガス供給構成要素と金属ベースとの間の典型的なCシールインターフェースの分解図。

40

【0042】

【図19】図18のCシールインターフェースの組み立て後の断面図。

【0043】

【図20】標準的な押しつぶし可能金属シール（金属Cシールなど）を用いてガス流構成要素と結合するためのセラミック基板を準備する技術のフローチャート。

【0044】

【図21】セラミック基板の表面全体が5マイクロインチRa以下の表面粗さまで研磨またはラップ仕上げされうる構成の断面図。

【0045】

50

【図 2 2】粒子汚染の可能性を低減するために、半導体ツールガス分配システムのためのセラミック基板を準備する技術のフローチャート。

【0046】

【図 2 3】CVDコーティング塗布の様々な段階中のセラミック基板およびマスキング構成要素を示す簡略な断面図。

【図 2 4】CVDコーティング塗布の様々な段階中のセラミック基板およびマスキング構成要素を示す簡略な断面図。

【図 2 5】CVDコーティング塗布の様々な段階中のセラミック基板およびマスキング構成要素を示す簡略な断面図。

【0047】

図 4～17 は、各図の中で縮尺通りに描かれているが、縮尺は、図によって異なりうる。

【発明を実施するための形態】

【0048】

本明細書では、半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素（本明細書では、ガスフロー構成要素とも呼ばれる）を取り付けるためのガス供給基板、ならびに、その製造方法および使用方法が開示されている。半導体基板処理装置は、プラズマエッチング、物理蒸着（PVD）、化学蒸着（CVD）、プラズマ強化化学蒸着（PECVD）、原子層蒸着（ALD）、プラズマ強化原子層蒸着（PEALD）、イオン注入、または、レジスト除去を含むがこれらに限定されない技術によって半導体基板を処理するために用いられてよい。以下の説明では、本実施例の完全な理解を促すために、数多くの具体的な詳細事項が示されている。しかしながら、当業者にとって明らかなように、本実施例は、これらの具体的な詳細事項の一部または全てがなくとも実施することが可能である。また、本明細書に開示されている実施例が不必要に不明瞭となることを避けるため、周知の処理動作の詳細な説明は省略した。

【0049】

集積回路デバイスは、物理的サイズおよび動作電圧が共に小さくなり続けているため、デバイスに関連する製造歩留まりは、汚染の影響を受けやすくなっている。結果的に、より小さい物理的サイズを有する集積回路デバイスを製造するには、以前に許容可能と見なされていたよりも汚染レベルが小さくなる必要がある。さらに、半導体処理で用いられるウエハおよび処理装置は、ウエハあたりに生産されるダイを増やすために、より複雑になりサイズが大きくなっている。したがって、装置の製造および維持ならびにウエハの製造に、より費用がかかるようになっている。

【0050】

半導体基板処理装置のガス分配システムは、ガススティックを用いてよく、各ガススティックは、例えば、マスフローコントローラ（MFC）、1または複数の圧力変換器および／または調整器、1または複数のヒータ、1または複数のフィルタまたは浄化器、マニホールド、マスフローアダプタ、ならびに／もしくは、遮断バルブなど、一連のガス分配／制御構成要素であってよい。ガススティックで用いられる構成要素およびそれらの個々の配置は、それらの設計および用途に応じて変わりうる。特定のガス分配システムで用いられるガススティックの数は、実行される半導体処理による必要性に応じて変わりうる。例えば、一部の半導体基板処理構成において、異なるガススティックによってそれぞれ供給される 17 を超える処理ガスが、チャンバに供給されてよい。かかるガス分配システム構成要素は、通例、ベースプレート（通例は、「ガスパレット」と呼ばれる）に取り付けられ、「ガスパネル」または「ガスボックス」として一般に知られるシステムを形成する。

【0051】

上述のように、ガス供給システム構成要素は、従来は、ステンレス鋼またはその他の金属合金などの金属から製造された後に組み立てられ、処理ガスのための所望の導管路を達成するために、構成要素間にインターフェースおよびシールを必要とする。しかしながら

10

20

30

40

50

、構成要素は、通例、精密機械加工された部品を含むため、各構成要素の製造、維持、および、交換に比較的費用がかかる。各構成要素は、通例、取り付けブロックまたは取り付けベースに取り付けられ、そのブロックまたはベースも、精密機械加工されるため、構成要素を高価なものにしている。例えば、単純なオン／オフバルブ内に、精密機械加工が必要な3つの別個のシールインターフェースが存在する場合があります、1つが、バルブアセンブリをその取り付けブロックまたはベースに接合し、1つが、取り付けブロックまたはベースをモジュール式の基板モジュールに接合し、1または2つが、モジュラー式の基板モジュールを他のモジュール式の基板モジュールに接合して、ガススティックを形成する。かかる互換性のある構成要素は、実質的な大きさの空間を必要とするため、構成要素を互いに接続する流体接続が長くなる。したがって、従来の互換性のある構成要素のアプローチを用いて作られたガススティックは、（複数のシールの形態で）複数の潜在的な故障点を有し、複数の汚染点（各シールインターフェースが汚染点になる）を含み、（それらの長さ故に）ガス供給遅延を導入する。

10

【0052】

環境内の腐食、侵食、および／または、腐食／侵食（ガス供給システム内で形成されるものなど）は、酸素、ハロゲン、カルボニル、還元剤、エッチングガス、蒸着ガス、ハイドロフルオロカーボン処理ガス、および／または、 Cl_2 、 HCl 、 BCl_3 、 Br_2 、 HBr 、 O_2 、 SO_2 、 CF_4 、 CH_2F_2 、 NF_3 、 CH_3F 、 CHF_3 、 SF_6 、 CO 、 COS 、 SiH_4 、および、 H_2 を含むがこれらに限定されない半導体基板処理で利用されうる処理ガスを含みうる。さらに、 Ar および N_2 を含むがこれらに限定されない不活性ガスが、上述の環境に供給されうる。

20

【0053】

したがって、本明細書では、半導体処理装置のためのガス供給システムの複数のガス供給部用のガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板、ならびに、その製造および利用方法について開示する。基板は、互いに流体連通しうる気密チャネルを有する均一なモノリシック構造を形成するように接着された積層から形成されてよい。これらの層は、例えば、ステンレス鋼、ガラス、または、セラミックなど、様々な材料から製造されてよい。金属層を用いた実施例において、層は、一緒にろう付けされてもよいし、他の方法で互いに結合されてもよい。セラミック層を用いる実施例において、層は、焼結の前に結合され、その後、溶融層スタックに焼結される；結合材料は、通例、焼結処理中に焼き尽くされ、その結果、略均質なセラミック部品が残る。

30

【0054】

基板は、ガス供給構成要素が基板内のチャネルを介して互いに流体連通するように、ガス供給構成要素を受けて取り付けよう構成されてよい。基板の層構造は、任意のサイズのチャネルまたは接続を複数の層のX/Y平面内の任意の方向に形成することを可能にするものであり、チャネルまたは接続の各々は、基板内のZ方向の接続によって他の層の他のチャネルまたはポートに接続されてよい。本開示の目的のために、X方向およびY方向は、各層の主要面に平行な方向として定義され、Z方向は、各層に垂直な方向として定義される。層内のチャネルのネットワークは、従来のモジュール基板では不可能な複雑で非線形の流体経路構成を可能にする。本明細書で用いられているように、「線形の流体経路」という表現は、流体流路内の流体流構成要素が一行に配列され、かかる流体流構成要素が取り付けられた表面に平行な平面内のかかる流体流構成要素の間の流体接続が概して一方向にまたは平行な方向に進む流体経路を指すことを理解されたい。対照的に、「非線形の流体経路」とは、流体流路内の流体流構成要素のすべてが一行に配列される訳ではなく、かかる流体流構成要素の間の少なくとも1つの流体接続が少なくとも1つの非直角の角度を有する経路を辿る流体経路を指す。特定の実施例では、かかる流体流構成要素の間の流体接続の少なくとも一部が、曲線経路を辿る非線形流体経路が用いられてよく、すなわち、経路の少なくとも一部が直線ではなく、曲線、円弧、または、スプラインであり、非線形流体経路のかかるさらなる例は、「曲線流体経路」と呼ばれてよい。既存のガスボックス設計は、通例、線形流体経路を有する流体流ネットワークを提供するように配列さ

40

50

れた流体流構成要素群を特徴とし、例えば、線形流体経路を有する16のガススティックが、ガススティックの線形流体経路方向に対して90°の線形流体経路方向を有するT字分岐のラインと結合するように配列されてよく、ガススティックレベルで、流路はすべて本質的に線形である。

【0055】

層状または積層状の基板で提供されるX、Y、および、Z経路設定の柔軟性のため、非線形流体経路が用いられてよく、それは、非線形流体流構成要素レイアウトを可能にする。さらに、層状基板アプローチがチャンネルを互いに交差させることを可能にすることから、特定のガス流路から別のガス流路のどちら側にも流体流構成要素を配置できるため、取り付け位置のさらなる柔軟性が提供される。

10

【0056】

このように、ガス供給システムのガス供給構成要素を互いのより近くに収容することができ、構成要素間の様々な重要な接続を短くすることができるため、ガス供給システムの全体のサイズを削減する（すなわち、容量を高めたガス供給システムを、より小さい容量の従来設計のガスボックスと同じフォームファクタで収容することを可能にする）と共に、ガス供給構成要素の間のガス流の通過時間を短くすることができる。さらに、ガス供給構成要素およびそれらの接続は、しばしば、高価な金属合金（例えば、Hastelloy（登録商標））、ガラス、または、セラミックなどの高品質材料から製造され、これは、特定の構成要素（例えば、モジュール基板構成要素）のコストを劇的に増大させるが、本明細書に開示する層状基板を利用すれば、モジュール基板部品、配管、接続具など、多数の高価な部品を、1つの大型部品に置き換えることが可能になりうる。この大型部品は、置き換えうる部品のどれよりも高価であるが、置き換えうる部品すべてを考慮すると大幅な節約を可能にする。さらに、層状基板を用いることにより、層状基板が置き換わりうる様々な部品を組み立てるのに必要な組み立て時間が無くなり、結果的にさらなる節約につながりうる。また、層状基板の利用は、様々な部品の間（例えば、モジュール基板部品の間）のシールをすべて排除することも可能にし、これは、行わなければならない漏れ試験の回数を減らすことにより、かかるシステムのコストをさらに削減する。

20

【0057】

セラミック基板を用いる場合、典型的なモジュール基板内で通例は処理ガスと接触する（すなわち、化学的に湿潤される）金属面すべてが、ウエハ（すなわち、基板）上の純度要件に適合するために排除されてよい。層状基板のコンパクトな設計は、（従来のガススティックアプローチと比較すると）、特定の重要な流体流構成要素の間のガス流路を短縮できることから、ガス供給システムのために、材料コストの削減、可能性のある汚染点／故障点の数の削減、ならびに、より高速なガス供給パルシングおよび切り替え時間を可能にする。

30

【0058】

図1は、本明細書に記載するガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板を含むガス供給システム102を備えてよい半導体基板処理装置104（例えば、誘導結合プラズマ処理装置）の一実施例を示す。図1に示すように、誘導結合プラズマ処理装置は、真空チャンバ104（例えば、プラズマエッチングチャンバ）を備えてよい。真空チャンバ104は、真空チャンバ104の内部で半導体基板108を支持するための基板支持体（下側電極アセンブリ）106を備えてよい。誘電体窓110が、真空チャンバ104の上壁を形成してよい。処理ガスが、ガスインジェクタ112を通して真空チャンバ104の内部に注入されてよい。ガス供給システム102は、ガスインジェクタ112を通して真空チャンバ104の内部に処理ガスを供給してよい。ガス供給システムによって真空チャンバ内部に供給される処理ガスのパラメータ（例えば、温度、流量、および、化学組成）は、制御システム114によって制御されてよい。

40

【0059】

処理ガスは、真空チャンバ104の内部に導入されると、アンテナ116が真空チャンバ104の内部にRFエネルギーを供給することによってプラズマ状態に励起されてよい。

50

アンテナ 116 は、RF エネルギーを真空チャンバ 104 へ誘導結合するために RF 電源 122 および RF インピーダンス整合回路 118 によって電力供給された平面アンテナであってよい。ただし、別の実施例において、アンテナ 116 は、非平面の外部または埋め込みアンテナであってもよい。アンテナへの RF 電力の印加によって生成された電磁場が、真空チャンバ 104 の内部で処理ガスを励起して、高密度プラズマ（例えば、 $10^9 \sim 10^{12}$ イオン/cm³）を基板 108 上方で形成してよい。エッチング処理中、アンテナ 116（すなわち、RF コイル）は、変圧器内の一次コイルと同様の機能を奏し、真空チャンバ 104 内で生成されたプラズマは、変圧器内の二次コイルと同様の機能を奏する。アンテナ 116 は、電気コネクタまたはリード 120 によって RF インピーダンス整合回路 118 に電気接続されてよく、RF 電源 122 は、電気コネクタ 124 によって RF インピーダンス整合回路 118 に電気接続されてよい。

10

【0060】

図 2 は、本明細書に開示されているガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板を含む半導体基板処理装置用のガス供給システムの一例 200 を示す概略図である。半導体基板処理装置の真空チャンバ 210 は、ガス供給ライン 214 を通して処理ガスを供給されてよい。ガス供給ライン 214 は、交互供給またはパルス化されてよい処理ガス（エッチングガスおよび／または蒸着ガスなど）を、真空チャンバ 210 の上側部分でガス供給システム 200 の下流に配置されたガス分配部材（シャワーヘッドまたはガスインジェクタなど）に提供してよい。さらに、ガス供給ライン 214 は、真空チャンバの下側部分へ（例えば、半導体基板支持体を囲むガス分配リングなどへ）、または、基板支持体に配置されたガス流出口を通して、処理ガスを供給してもよい（図示せず）。処理ガスが、ガス供給部 216、218、220、230 からガスライン 214 へ供給されてよく、供給部 216、218、220、230 からの処理ガスは、それぞれ、MFC 222、224、226、232 に供給される。MFC 222、224、226、232 は、混合マニホールド 228 へ処理ガスを供給し、その後、混合ガスがガス流ライン 214 へ方向付けられる。混合マニホールド 228 は、ガス供給構成要素を取り付けるための基板内にあってもよいし、基板の外側にあってもよい。ガス供給システム 200 は、本明細書に開示されているガス供給構成要素を取り付けるための層状基板を備える。

20

【0061】

図 3 は、モジュール基板 322 を備えた従来技術のガススティックおよびかかるガススティックを通るガスの流れを示す断面図である。ガスは、流路 A の方向に、一次遮断バルブ 314 を通って、パージバルブ 316 から出て、MFC 318 内へ流れうる。次いで、ガスは、流路 D によって示すように、MFC 318 から出口ポート 300 を介してモジュール基板 322 内へ入り、混合バルブ 320 を通って、流出口 326 から、混合マニホールドまたはチャンバ（図示せず）へ流れてよい。

30

【0062】

基板 322 は、シールで互いに接続された複数の互換部品を備えるモジュール設計であり、シールは各々、ガススティックアセンブリに潜在的な故障点を導入する。基板 322 は、複数の部品で構成されているので、各ガススティックがどのように組み立てられるかについて柔軟性を提供する LEGO（登録商標）タイプの構築を可能にする。しかしながら、この設計は、ガス供給構成要素間の流路の延長を引き起こし、これは、流体流路長ひいてはガスの通過時間を増大させ、上述のように、ガススティックに複数の故障点を導入する。従来の半導体処理ガスボックスにおいて、ガスボックスは、後に共通の取り付けプレートに取り付けられるモジュール基板 322 などの別個の基板上に構築された別個のガススティックを備えており、かかる従来のガスボックス内の流体流路は、別個の基板によって提供され、取り付けプレート内には含まれない。

40

【0063】

図 4～図 6 は、モジュール基板ガススティックの別の例を示す。図 6 では、モジュール基板の個々の部品が、分解図に明確に示されている。各かかるモジュール部品 325 は、隣接するモジュール部品 325 と連結してよく、次いで、2つの連結した部品 325 は、

50

一緒にボルト締めされてよい。基板の組み立てが完了すると、この例ではいずれも様々なタイプのバルブであるガス流構成要素 3 2 3 が、組み立て済みの基板に組み込まれてよい。シール 3 2 7 が、気密シールインターフェースを提供するために、ガス流構成要素 3 2 3 と部品 3 2 5 との間に挿入されてよい。かかるモジュールガススティックアセンブリを通るガス流路は、図 4 に流れの矢印によって示されており、この例のバルブの内部特徴は描かれていないが、かかるバルブは、この業界で容易に利用可能な様々な表面取り付けバルブ技術のいずれであってもよいことを理解されたい。

【0064】

本明細書では、ガス供給構成要素が基板内のチャネルを介して互いに流体連通するように、ガス供給構成要素を受けて取り付けように構成された均一なモノリシック構造を形成するために結合された積層から形成されてよいガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板が開示されている。基板の層構造は、ガスチャネルまたは導管を、任意のサイズでいくつかの方向の内のいずれかに形成することを可能にする。いくつかの実施例において、層状基板は、ガス供給構成要素の間に電気有線接続を通すためのチャネルまたは導管を備えてもよいし、同様の目的のために基板内に埋め込まれた導電体を備えてもよい。さらなるかかる実施例のいくつかの代替例において、層状基板は、基板の 1 層内に設けられた 1 または複数のチャネル内に収容された加熱素子を備えてもよく、例えば、層状基板の 1 層が、抵抗加熱素子をそれぞれ収容する 1 または複数の蛇行チャネルを有してよい。いくつかの別のまたはさらなるかかる実施例において、基板は、ガス供給構成要素間で加圧空気を運ぶためのチャネルまたは導管を備えてもよい。例えば、基板内のチャネルまたは導管は、空気マニホールドとダイヤフラムバルブ（例えば、オン／オフバルブ）との間の空気供給接続を提供してよい。例えば、ダイヤフラムバルブは、ガスの流量を制御するために、加圧空気によって作動されるソレノイドを備えてよい。したがって、ガス供給構成要素は、基板上でより近くに収容されてよく、構成要素間の接続は、図 3 に示した基板 3 2 2 内の接続よりも短くなりうる。

【0065】

図 7～図 9 は、本明細書に開示する半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるための層状ガス供給基板の一例から層を示す図である。図 7～図 9 は、かかる基板に含まれる単一の層の一例を示しており、これらの層は、（ここでは図示されていないさらなる層と共に）互いに積層された後に、互いに接着されてよい。基板の層は、セラミック、金属、合金、ガラス、または、合成物など、任意の適切な材料から製造されてよい。基板の 1 または複数の層は、1 または複数のチャンバまたはプレナム（例えば、混合チャンバ）を備えてもよい。いくつかの実施例において、基板は、混合チャンバの一部を形成するために基板の 2 以上の層を通して伸びる 1 または複数のチャンバまたはプレナムを備えてよい。いくつかの実施例において、基板は、層の内の 1 または複数の層の中（例えば、層のチャネル内）に埋め込まれるか、または、層の貫通孔の中に収容された 1 または複数の流量制限器（例えば、1 または複数の小開口部を備えたフィルタまたはフリット）を有してもよい。さらに、分流器（例えば、T 字分岐、十字分岐、または、その他の複路分岐が、ガスを迂回させるために基板の 1 または複数の層内に形成されてもよい。

【0066】

図 7～図 9 に示すように、層 7 0 0 は、複数の垂直貫通孔 7 1 0 と、水平チャネルすなわち通路 7 2 0 とを備えてよい。垂直貫通孔 7 1 0 は、異なる層にあるチャネルの間、基板の両側の外面上のポートの間、または、基板の外面上のポートと複数の層の内の 1 以上の層にある 1 または複数のチャネルとの間の流体連通を提供するためのガス導管として構成されてよい（基板の外面へ基板の内部通路すなわちチャネルを接続する垂直貫通孔は、本明細書では「ドロップホール」とも呼ばれる）。取り付け穴 7 0 8 が、貫通孔を提供してよく、それらの貫通孔を通して、ねじ切りされた留め具（例えば、ネジまたはボルト）が、ガス供給構成要素を基板に固定または取り付けのために挿入されてよい。取り付け穴 7 0 8 は、雌ネジ山またはねじ込みインサートを備えたブラインドホールであってもよ

い。ガス導管に用いられる垂直貫通孔 710 は、金属、ガラス、プラスチック、セラミック、金属合金、または、合成物など、1 または複数のさらなる材料で被覆されてもよい。図 7 ～ 図 9 において、図 7 ～ 図 9 に含まれる「穴寸法ガイド」に示すように、垂直貫通孔 710 は、より小さい直径の穴であり、取り付け穴 708 は、より大きい直径の穴である。

【0067】

垂直貫通孔 710 は、様々な形状のいずれを取ってもよく、また、様々な方向のいずれに従ってもよい、すなわち、必ずしも垂直（基板に垂直）であることに制約されず、傾斜してもよいし、他の形状を有してもよいことを理解されたい。一部の例において、複数の層の垂直貫通孔 710 は、層が結合された時に、整列して複数の層にわたる気密接続を形成するように構成されてよい。さらに、所与の層におけるいくつかの垂直貫通孔 710 は、層の反対側のチャネルと接続してもよいし、層の両側の 2 つのチャネルに接続してもよい。垂直貫通孔 710 は、非円筒形であってもよく（例えば、テーパ状であってもよく）、また、層によってサイズが変化してもよい（例えば、層スタック内で互いに整列する一連の 3 つの垂直貫通孔 710 について、中央の垂直貫通孔 710 が、より大きい直径を有して、そのより大きい直径を有するフリットもしくはその他の流量制限装置またはフィルタ装置を中央の垂直貫通孔 710 へ挿入することを可能にし、ここで、上記の装置は、隣接する層のより小さい直径の垂直貫通孔 710 によって所定の位置に保持されてよい。いくつかの実施例において、垂直貫通孔 710 は、垂直に伸びてもよいし、層の三次元空間（例えば、X 方向、Y 方向、および、Z 方向）内の任意の方向に或る角度で伸びてもよい。

【0068】

また、図 7 に示すように、ガス供給基板の層は、水平チャネル 720、すなわち、その層の主要な面の平面に平行な方向に層を横切るチャネルを備えてよい。水平チャネル 720 は、線形であってもよいし、曲線経路に従ってもよいし、複数の他の水平チャネルに分岐されたり合流されたりしてもよい。水平チャネル 720 は、部分的に層内に伸びてもよいし、完全に層を貫通して伸びてもよい。また、水平チャネル 720 は、層を横切るにつれて断面積を変えてもよい。例えば、水平チャネル 720 は、一方の端で深く別の端で浅い深さを有してもよく、潜在的に、かかるチャネル内の流れの方向に垂直な断面積を増減させることになる。チャネルの傾斜も変化してよい（例えば、ジグザグ、曲線状、または、起伏形状）。さらに、水平チャネル 720 は、ガス導管を形成するために層が互いに接着された時に、別の層の垂直貫通孔 710 および／または水平チャネル 720 と気密接続を形成するよう構成されてよい。あるいは、垂直貫通孔 710 は、例えば、同じ層の両側で、同じ層内の水平チャネル 720 に接続して、ガス導管を形成してもよい。水平チャネル 720 は、層の平面と平行に、または、層の平面に関して任意の角度で、設定されてよい。水平チャネル 720 および垂直貫通孔 710 の内面は、シクロキサンなどの耐腐食性材料で被覆されてよく、これについては、かかる処理について記載している米国特許出願公開第 2011/0259519 号を参照し、この開示は、参照によって本明細書に全体が組み込まれる。一部の例において、水平チャネルは、層の主要な面に垂直な方向から見た時に、他の層内またはかかる水平チャネルを有する層の反対側にある他の水平チャネルと部分的または完全に重なってよい。また、いくつかの水平チャネルは、他の水平チャネルおよび／またはいくつかの垂直チャネルと交差してもよい。このように、ガス供給構成要素間の接続は、空間を節約すると共に基板のフットプリント全体を削減するために、より効率的に経路設定されうる。

【0069】

上述のように、水平チャネル 720 は、層内で、任意の経路（例えば、直線経路、直線を組み合わせた経路、蛇行経路、曲がりくねった経路、湾曲経路、または、曲線経路など）に従ってよい。例えば、水平チャネル 720 は、共通の点から放射状に伸びた後に、湾曲経路を辿って、例えば、J 字経路の放射状配列を形成してよい。

【0070】

層の内の1または複数が、混合チャンバまたはマニホールドとして機能しうるより大きい体積を備えてもよい。例えば、図9に示す層において8つのスポーク状のチャンネル720が伸びる中央の「ハブ」（点線の円および符号712で示されている）は、混合チャンバまたはマニホールドとして機能しうる。

【0071】

図10および図11は、複数の層を含むガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板の一例について、それらの層が結合される前の状態を示す図である。図10および図11は、基板700の異なる層700A~700Fを示しており、図10は、片側からの等角分解図を示し、図11は、もう片側からの等角分解図を示す。チャンネル720は、この例では、すべてが、同じ方向を向いた層の面上に配置されているが、別の実施例において、チャンネル720の一部が、チャンネル720を有する層の他の面と反対方向を向いた層の面上に配置されてもよい。概して、各層の各垂直貫通孔710およびチャンネル720は、少なくとも1つの隣接する層内の対応する垂直貫通孔710と整列しうる。図に示すように、基板700は、ガス流にとって望ましい経路を達成するために必要な数の層を備えてよい。例えば、この例における基板700は、外層700Aおよび700Fと、内層700B~700Eとを含め、6つの層700A~700Fを備える。基板の各層は、垂直貫通孔および／または水平チャンネルを有してよい。また、各層は、1または複数のチャンバまたはプレナム（例えば、混合チャンバ712など）を備えてもよく、チャンバまたはプレナムは、1または複数の層を通して部分的に伸びてもよいし、完全に貫通してもよい。層状基板の層を作るのに用いられる材料に応じて、層は、焼成、焼結、接着、摩擦溶接、（熱間静水圧プレスなどによる）圧力、溶接、はんだ付け、コールドスプレー、熱処理、超音波溶接、冷却、ろう付け、または、拡散接合で結合されてよい。各層に適切な材料と結合材料とを選択することにより、基板は、例えば、Hastelloy（登録商標）またはステンレス鋼（例えば、316）などの高価な金属合金を利用しないことによってコストも削減しつつ、耐腐食性およびガス純度を改善されうる。あるいは、層は、クランプ、ボルト、ネジ、リベット、または、スルーボルトなど、任意の機械的手段でクランプされてもよい。

【0072】

図12および図13は、モノリシック基板構造700を形成するために結合された図10および図11のガス供給基板層を示す。基板700の層は、互いに結合された時に、均一なモノリシック構造を形成するように、同じ材料で製造されてよい（ただし、接着を容易にするための材料（例えば、接着剤またはろう付け材料）が用いられる場合、かかる材料は、層材料と異なってもよい）。基板の各層は、均一な厚さまたは不均一な厚さを有してよい。あるいは、異なる材料が各層に用いられてもよい。例えば、外層が、内層よりも高品質の材料から形成されてもよいし、その逆でもよい。さらに、層は、同一の全体形状を有してもよいし、異なる全体形状または構成を有してもよい。例えば、2つのより小さい面積の層が、両方とも、共通のより大きい層の同じ側に結合されてよい。別の例において、1層が長方形であり、別の層が円形であってもよい。

【0073】

図12および図13でわかるように、層が結合されると、基板内のチャンネル720は、密閉され、垂直貫通孔710が、それらのチャンネル720と、取り付け穴708によって基板700に取り付けられてうる流体流構成要素との間の唯一の流体接続として残される。

【0074】

基板は、基板の最上層および／または最下層の露出した主要面上にガス供給構成要素を受けて取り付けるよう構成されるように形成されてよい。さらに、基板は、基板の1または複数の側面が、ガス供給構成要素を受けて取り付けるよう構成されるように、3以上の側面を持つように形成されてよい（例えば、三角形、長方形、五角形、六角形など）。あるいは、層状基板は、円形、楕円形、または、曲線形状（例えば、単一の垂直側面）に形成されてもよい。また、基板は、平坦な角のある側面と曲がった側面との混合（例えば、

「D」字形)に形成されてもよい。さらに、基板は、1または複数のガス流入口および1または複数のガス流出口を備えるよう構成されるように形成されてもよい。ガス流入口および流出口は、任意の層に備えられてよく、また、基板の2以上の層にわたって備えられてもよい。ガス流出口は、1または複数のガスラインおよび／または処理チャンバに下流で接続するように構成されてよい。

【0075】

図14は、図10～図13の基板700内に配置された流体流導管(例えば、チャンネルおよび垂直貫通孔)の三次元レンダリングを示す。図14は、基板自体を示すものでも、取り付け穴を示すものでもない。図14は、溶融材料が基板内の導管すべてを通して流され、冷えて固体に硬化することを許容され、その後、冷えた固体材料を損傷することなしに、基板が除去された場合に生じる構造の図であると考えられてよい。図からわかるように、導管は、互いに重なる、十字になる、または、互いに交差する複雑な経路を辿りうる。さらに、これらの導管の特定の部分は、個々のガス流路について同一であってよい。例えば、導管ネットワークの中央付近の混合チャンバから外向きに放射状に伸びる8つの直線放射スポークチャンネルの各々は、同じ長さであり、基板の両側に取り付けられた16のオン／オフバルブの異なるペアのオン／オフバルブと接続しうる垂直貫通孔と接続する。次に、これらのオン／オフバルブは、各々、混合チャンバ周囲に放射状配列で配置された16の同一のJ字形チャンネルの1つと、別の垂直貫通孔を介して接続されてよい。次に、各J字形チャンネルは、基板の両側に取り付けられた16のマスフローコントローラの異なる1つと、別の垂直貫通孔を介して接続されてよい。J字形チャンネルおよび直線放射スポークチャンネル、ならびに、それらをバルブおよびマスフローコントローラと接続する垂直貫通孔は、マスフローコントローラから測定される通過時間および供給遅延が、マスフローコントローラまたはバルブの取り付け位置に依存しないように、すべて同一(または互いの鏡像)であってよい。ただし、マスフローコントローラの上流では、チャンネルおよび垂直貫通孔は、流路ごとに長さおよび構成／形状が異なってもよい。しかしながら、これらの差は、存在する場合には、マスフローコントローラの上流にあるので、かかる差が、混合チャンバへのガスの通過時間または供給遅延の差を引き起こすことはない。図14において、バルブまたはマスフローコントローラによって提供されるチャンネル／垂直貫通孔の間の接続の一部が、(流れの方向を示す矢印の付いた)点線によって示されている。

【0076】

図14に見られるように、複数の垂直貫通孔がガス流入口1420として機能してよく；各ガス流入口1420は、それに結合された処理ガスに接続された手動の遮断バルブを有してよく、上流のガス供給チャンネル1440に流体接続されてよく、ガス供給チャンネルは、次に、チャンネル1440の反対側の端部に配置された別の垂直貫通孔と流体接続されてよく；この垂直貫通孔は、マスフローコントローラに接続されてよく、マスフローコントローラの出口は、垂直貫通孔1460と流体接続されてよく、垂直貫通孔1460は、図の例に示すように、J字形通路と流体連通してよい。各J字形通路は、垂直貫通孔1460の1つを、遮断バルブに結合されうる別の垂直貫通孔と流体接続してよく、次いで、遮断バルブは、混合チャンバ1430へ通じる放射チャンネル1450の1つと接続してよく；混合チャンバ1430は、流出口1470に別のチャンネルによって流体接続されてよい。

【0077】

基板の層内に導管を収容することに加えて、基板の1または複数の層が、ガス分流器(例えば、図11の分流器701を参照)、ヒータ、制限器(例えば、1または複数の小さい穴を備えたフィルタ)、および／または、ガス混合マニホールドを備えてもよい。一実施例において、基板の層は、空気導管を備えてもよい。例えば、空気導管は、空気マニホールドが、基板上に取り付けられたダイヤフラムバルブまたは空気アクチュエータに接続して制御することを可能にしうる。

【0078】

図15は、図12のガス供給基板例の平面図を示す。図からわかるように、ガス供給基板内に破線で示したチャンネルは、互いの上または下を通り、時に異なる高さで共通の経路を辿り、従来のガスティックの実施例を用いて達成することが困難または不可能な流れの形状を別の方法で達成しうる。

【0079】

図16および図17は、半導体処理装置のためのガス供給システムに関連するガス供給構成要素と共に本明細書に記載するガス供給基板の一実施例の等角図を示す。図16は、ガス供給システム1600を形成するガス供給基板1602の等角図であり、図17は、基板1602の等角分解図である。上述のように、基板は、様々な異なるガス供給構成要素を受けて取り付けられるように構成されてよく；漏れ止めシールを提供するために、シール1654が、各ガス供給構成要素とセラミック基板1602との間に挟まれてよい。図の特定の実施例において、基板の両側にあるガス供給構成要素（例えば、バルブ1610およびMFC1608）の多くの位置は、1セットの留め具1646（ボルト）および1650（ナット）を用いて、2つの反対側のガス供給構成要素を基板に取り付けられるように一致しており、これは、図17の分解図で、より明確に見られる。真空カップリング放射（VCR：vacuum coupling radiation）継手、電気作動式ガスバルブ、空気圧作動式ガスバルブ、手動式ガスバルブ、ガス圧力制御器、ガスフィルタ、パージガス供給構成要素、ガス流制限器、および／または、圧力変換器など（これらに限定されない）、様々な異なるタイプの表面取り付けガス供給またはガス流構成要素（バルブ1610およびMFC1608など）が、ガス供給基板に取り付けられてよいことを理解されたい。ガス供給基板1602は、複数のガス流入口1612を介して処理ガスを受け入れてよい。例えば、ガス供給構成要素は、基板の任意の側の異なる部分に構成されてよい。さらに、基板は、ガスが基板から出ることとする1または複数のガス流出口すなわち開口部を備えるように構成されてよい。流出口は、基板の任意の側に備えられてよい。ガス流出口は、1または複数のガスラインおよび／または処理チャンバに下流で接続するように構成されてよい。

【0080】

ガス供給基板は、異なるガスラインの間で異なる構成要素を共有できるように、ガス供給構成要素を受けて取り付けられるように構成されてよい。この設計は、空間を節約し、コストを削減すると同時に、ガスパルシングおよび切り替え時間も削減する。さらに、図16および図17は、基板上に放射状配列または円形配列で一部のガス供給構成要素を受けて取り付けられるように構成された基板の一例を示す。換言すると、ガス供給構成要素の一部は、基板内の混合チャンバなど共通点の周りにリング構成で配置されてよい。例えば、基板は、混合チャンバ712と同様の複数流入口の混合チャンバを備えてよく、MFCと混合チャンバとの間に挿入されたMFCおよび／またはオン／オフバルブからのガス流入口は、中央混合チャンバから均等に離間される。かかる構成では、すべてのガス種の長さスケールが、ゼロに近い、または、ゼロである。

【0081】

例えば、基板内の混合マニホールドは、基板の1または複数の層内のフィーチャによって規定された円筒形または球形の混合チャンバを備えてよく、ガス流入口は、基板の任意の側の周方向に離間された位置に配置されてよい。個々のガスティックが櫛の「歯」を形成し、混合チャンバが櫛の「背」によって形成される従来の「櫛」アプローチと対照的に、ガス供給流路すべてを放射状スポーク配置で終わらせることにより、球形または円筒形の混合チャンバを利用できる。さらに、混合チャンバ容量は、ガスボックスで従来のように、互いに隣り合ってレイアウトされたより多くの（例えば、16の）ガスティックに流体接続された混合チャンバと比較すると、かなり小さくなりうる。かかる放射状配列は、高流量および低流量のガス両方を効果的に速やかに混合すると共に、並行流の影響（すなわち、ガス位置または配置によるガス混合遅延）を実質的または完全に無くすことを可能にする。

【0082】

いくつかの実施例において、手動バルブが、特定のガス供給の供給または分離を実行するためにガス供給基板上に取り付けられてもよい。手動バルブは、その上方にロックアウト／タグアウト装置を有してもよい。作業者の安全規制は、しばしば、プラズマ処理製造装置が、偶発的な作動の防止機能（ロックアウト／タグアウトメカニズムなど）を備えることを義務づける。ロックアウトは、一般に、例えば、能動的な手段（キータイプまたは組み合わせ錠タイプのロックなど）を用いてエネルギー遮断装置を安全位置に保持する装置のことである。タグアウト装置は、一般に、例えば、決められた手順に従ってエネルギー遮断装置にしっかりと固定することができるタグおよび取り付け手段など、任意の目立つ警告装置のことである。

【0083】

調整器が、ガス供給のガス圧を調整するためにガス供給基板に取り付けられてよく、圧力ガスが、ガス供給の圧力を監視するために用いられてよい。いくつかの実施例では、圧力が事前設定されてよく、調整される必要はない。別の実施例では、圧力を表示するディスプレイを有する圧力変換器が用いられてもよい。圧力変換器は、調整器の隣に配置されてよい。供給ガス中の不純物を除去するために、フィルタが用いられてよい。任意の腐食性の供給ガスが基板内に残ることを防ぐために、一次遮断バルブが用いられてよい。一次遮断バルブは、例えば、バルブを停止させて（閉じさせて）基板内のガス流を効果的に停止する自動空気圧作動バルブアセンブリを有する2ポートバルブであってよい。バルブが閉じられると、窒素などの非腐食性のパージガスを用いて、基板内の1または複数の部分をパージしてもよい。パージガス構成要素および基板は、例えば、パージ処理を提供するための3つのポート（すなわち、入口ポート、出口ポート、および、排出ポート）を有してよい。

【0084】

マスフローコントローラ（MFC）が、パージバルブに隣接して配置されてよい。MFCは、供給ガスの流量を正確に測定する。MFCの隣にパージバルブを配置することは、ユーザが、MFC内の任意の腐食性供給ガスをパージすることを可能にする。MFCの隣の混合バルブが、基板上で他の供給ケースと混合される供給ガスの量を制御するために用いられてよい。一実施例において、MFCの一部が、基板の1または複数の層内に構築されてもよい。例えば、流量制限器（例えば、1または複数の小さい穴を備えたフィルタ）または分流器が、基板の1または複数の層内に構築されてよい。

【0085】

実施例において、別個のMFCが、各ガス供給を独立して制御してよい。ガス構成要素配列、ならびに、ガス供給のための方法および装置の例が、例えば、米国特許出願公開第2010/0326554号、米国特許出願公開第2011/0005601号、米国特許出願公開第2013/0255781号、米国特許出願公開第2013/0255782号、米国特許出願公開第2013/0255883号、米国特許第7,234,222号、米国特許第8,340,827号、および、米国特許第8,521,461号に記載されており、これらの各々は同一出願人によるものであり、開示全体が参照によって本明細書に組み込まれる。

【0086】

別の実施例において、MFCが、各ガスにとって望ましい流量設定点を開始した後に、ガス供給基板内の混合マニホールドまたはチャンパ内での即時混合に向けてそれぞれのガスを放出するために用いられてよい。個々のガス流量の測定および制御は、それぞれのMFCによって実行されてよい。あるいは、単一のMFCコントローラが、複数のガスラインを操作してもよい。

【0087】

いくつかの実施例において、基板に取り付けられたMFCは、遠隔のサーバまたはコントローラによって制御されてもよい。MFCの各々は、高流量MFCまたは低流量MFCのいずれかとして作動できる広範囲MFCであってよい。コントローラは、MFCの各々におけるガスの流量を制御および変更するように構成されてよい。

【0088】

本開示は、さらに、実施例において、プラズマ処理装置の処理チャンバへ処理ガスを供給するための半導体処理装置用のガス供給システムのガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板を利用する方法を提供する。かかる方法は、例えば、基板上に取り付けられたガス供給構成要素の間で異なるガスを基板内の導管を通して基板内の混合マニホールドまたはチャンバへ供給する工程を備えてよい。最初に、ガスは、基板の表面上の複数のガス流入口を通して基板に供給される。混合マニホールドまたはチャンバ内で混合された後、ガスは、1または複数の流出口を通して基板を出る。ガス流入口は、混合マニホールドの中央混合チャンバから等距離に配置されてよく、その結果、各ガス種の長さスケールが同じになり、ガスがガス供給源から基板内の混合マニホールドに流される時、各ガスのガス供給時間が同じになる。あるいは、ガス供給構成要素およびガス流入口は、線形配列または非線形配列で離間されてもよい。

【0089】

かかる方法は、さらに、例えば、垂直貫通孔を有する第1層と、垂直貫通孔および水平ガスチャネルを有する第2層と、垂直貫通孔を有する第3層と、を含むガス供給基板を通して、ガスを供給する工程を備えてもよい。基板の第1、第2、および、第3層は、第2層の水平ガスチャネルが第1層および／または第3層の垂直貫通孔の少なくとも一部と流体連通するように、互いに結合されてよい。方法は、さらに、基板の第2層と第1層および／または第3層とを介して、複数のガス供給構成要素の間でガス送る工程を備える。さらに、ガス供給基板は、ガスが1または複数のガスラインまたは下流の処理チャンバに向かって基板を出ることを可能にするための1または複数の開口部を備えてよい。

【0090】

さらに、本開示は、プラズマ処理装置の処理チャンバにガス供給構成要素を取り付けるためのガス供給基板を通して処理ガスを供給する方法を提供する。かかる方法は、例えば、ガス供給構成要素を取り付けて少なくとも1つの混合チャンバおよびそこからの流出口を備えるための基板の表面上にある複数のガス流入口と流体連通する複数のガス供給源からガスを供給する工程と；複数のガス供給源から少なくとも2つの異なるガスを基板に流して、混合チャンバ内でガス混合物を生成する工程と；基板の下流でガス供給基板に流体接続されたプラズマ処理チャンバにガス混合物を供給する工程と、を備えてよい。いくつかの実施例において、ガス混合物は、下流の処理チャンバへの供給前に、調整ガスと混合されてもよい。

【0091】

いくつかのかかる実施例において、マスフローコントローラは、少なくとも2つの異なるガスの各々のための流量設定点を開始し、基板内の混合チャンバ内での即時混合に向けてそれらのガスを同時に放出してよい。ガスの一方は、混合チャンバに供給されうる調整ガスであってよい。

【0092】

いくつかの実施例では、ガスが、基板の表面上の複数のガス流入口／開口部を介して基板に入り、基板内の混合チャンバに入ってよい。次いで、ガス混合物が、混合チャンバから1または複数の流出口／開口部を介して基板から出てよい。基板を出た後、ガスは、1または複数のガスラインへ、または、直接的に処理チャンバへ供給されてよい。混合チャンバは、基板の1または複数の層内に提供されてもよいし、基板の外側にあってもよい。別の実施例において、ガスは、別の組のガスまたは混合ガス、ガス供給構成要素に取り付けられた別の基板、または、ガススティックに追加されてもよい。

【0093】

上記のモノリシックまたは層状基板コンセプトは、半導体処理ツールの複数の異なる処理ガスを制御するための複数の構成要素が、同じ構成要素に取り付けられることを可能にする、つまり、モノリシックまたは層状の基板を可能にすることを理解されたい。半導体処理ツールのための以前のガス分配システムでは、各処理ガスが、通例、別のガススティックによって扱われ、すなわち、各ガス流を制御するためのバルブ、マスフローコント

ローラなどが、一部の例においては、図 3 に示すようにモジュール基板要素から構築された別個の基板に取り付けられていた。いくつかの典型的な配列では、かかる別個のガススティック（および、それらの別個の基板）は、線形アレイで配列され、各ガススティックは、（かなり小さい混合チャンバと対照的な）共通の混合ラインに T 字接続する。結果として、従来のガスボックスの混合容積は、通例、線形アレイで各ガススティックに接続された長い管すなわち流路によって提供されていたため、従来のガスボックス内の混合容積は、全体で、並んだガススティックの幅と少なくとも同じ長さの管すなわち流路でありうる。例えば、各ガススティックの幅が 1.5 インチであり、16 のガススティックがあった場合、従来のシステムにおける混合容積は、少なくとも 24 インチの長さのガス通路でありえ；ガス通路がこの長さに沿って公称 0.25 インチの直径を有する場合、かかる通路の混合容積は、4.7 立方インチより大きい。

【0094】

比較すると、本明細書に開示するモノリシックまたは層状の基板は、ガス流構成要素および流路の放射状配列を可能にし、これは、混合容積をはるかに小さい領域に集中させ、したがって、はるかに小さい体積（例えば、1 立方インチ未満）にすることを可能にする。この小さい混合容積サイズは、パージ時間と、混合チャンバに流されるガスを効果的に混合するために必要な時間と、を短縮する。上述のガス流構成要素の放射状配列によって提供される別の利点は、混合チャンバと、各処理ガス流路の最後の流体流構成要素との間の最終的な通過距離を、各処理ガスに対して等しくできることであり、これは、各処理ガスの混合チャンバへの通過時間を、ガス流構成要素アレイにおける処理ガスの最終ガス流構成要素の半径方向の位置決めに対して鈍感にする。

【0095】

本明細書に記載の層状基板は、ガス分配システムのための処理ガス供給ラインのほとんどまたはすべてのための一次遮断バルブの下流のガス流構成要素のほとんどまたはすべて（すなわち、通例はガススティックに備えられるガス流構成要素のほとんどまたはすべて）を、1 つの共通基板に取り付けることを可能にしうる。例えば、層状基板構成要素を用いて 16 の別個のガスを分配するガス分配システムにおいて、これらのガスの内の 12、14、または、16 のガスのためのガス流構成要素が、同じ基板に取り付けられてよい。

【0096】

セラミック基板に対する考慮事項

【0097】

上述のように、本明細書に記載の多層基板ガス分配システムは、いくつかの実施例において、互いに接着されたセラミック層から製造されてもよいし、基板の外面がセラミックになるように他の方法で製造されてもよい。しかしながら、セラミック材料は、より従来の材料（機械加工可能な金属など）からかかる基板を製造する場合には問題にならない複雑さにかかる基板の製造に導入しうるいくつかの特有の製造上の課題を提示する。

【0098】

セラミックは焼結材料であり、すなわち、粉末セラミック材料が、何らかの形態に成形された後に、セラミック粒子を溶解して凝集性の固体にするために、高温で加熱すなわち「焼成」される。非焼成すなわち「未焼結」の状態では、セラミックは、通例、低強度であり、容易に機械加工できる。焼成された状態では、セラミックは、はるかに強くなるが、通例は、脆くもなる。さらに、焼成処理において、ほとんどのセラミック材料が、著しい縮小（例えば、～20%）を経験する。かかる縮小は、均一ではない場合があり、さなる問題を導入しうる。

【0099】

未焼結セラミックの機械加工は、従来の機械加工技術（例えば、ミリング、穿孔、ドリル加工など）を用いて、または、レーザカットなど、より先進的な技術によって、実行されてよい。しかしながら、これらの技術では、表面仕上げが粗くなりうる。例えば、レーザカットでは、レーザカット処理からのガス放出が、レーザビームの強度、幅、および、集束の変動を引き起こし、この結果、粗い表面仕上げにつながる小さい表面むらを生じう

る。未焼結セラミックの粒状の性質も、セラミックが従来技術を用いて機械加工される場合でも、機械加工された金属部品と比較して、セラミック部品の表面粗さの増大に寄与しうる。

【0100】

シーリング

【0101】

セラミック基板を特徴とするガス分配システムの利用で起きる1つの課題は、例えば、気密シールが、フロー制御構成要素とセラミック基板との間に存在するように、例えば表面取り付けバルブインターフェースを有するフロー制御構成要素（バルブ、マスフローコントローラなど）をセラミック基板に取り付ける課題である。従来のガススティック構成では、通例、金属Cシールまたはその他の押しつぶし可能な金属シールが、かかる目的に利用される；押しつぶし可能な金属シールは、ガス流構成要素の金属ベースと、かかる従来のガススティック構成で用いられる金属基板との間に挿入された後に圧縮され、これが、シールを変形させて、気密シールインターフェースを形成する。したがって、従来のガススティック構成におけるシーリングインターフェースは、通例、金属－金属－金属の接触配列である。かかるシーリングインターフェースは、通例、ガス流構成要素ベースおよび金属基板の両方に、通例は押しつぶし可能な金属シールの外径に基づいたサイズを有する浅い座ぐり形状を提供することによって提供される。シーリング面に関する本明細書の議論は、Cシール、Wシール、および、その他のシールタイプを含む様々な異なる押しつぶし可能な金属シールを用いたシールに適用されてよい。以下の議論および例では、Cシールについて記載するが、本明細書で論じるシール面準備技術は、他のタイプの押しつぶし可能な金属シールを用いたシールに適用されてもよい。

【0102】

図18は、ガス供給構成要素と金属ベースとの間の典型的なCシールインターフェースの分解図を示す。図19は、図18のCシールインターフェースの組み立て後の断面図を示す。ガス供給構成要素1858（金属製であってよい）が、金属ベース1860にボルト止めされてよく；この例におけるガス供給構成要素は、ナット1850に螺入されるボルト1846によって金属ベース1860に対して所定位置に保持される。ガス供給構成要素1858および金属ベース1860は両方とも、金属Cシール1856を受け入れるサイズの座ぐり形状1862を有しており、金属Cシール1856は、組み立て中に金属Cシール1856を所定位置に保持して、ガス供給構成要素1858が金属ベース1860にクランプされる時に圧縮される前に金属Cシール1856が適切に固定されることを保証しうるシール固定具1854にはめ込まれてよい。

【0103】

気密接続のために、押しつぶし可能な金属シールに対してシールするかかる座ぐり形状の表面（例えば、座ぐり形状の平坦な底面）は、通例、比較的小さい分子のガス（ヘリウム、水素、および、フロンなど）のための気密接続を提供するために8～16マイクロインチRaの表面粗さ、または、窒素、アルゴン、および、天然ガスなどの比較的大きい分子のガスのための気密接続を提供するために16～32マイクロインチRaの表面粗さまで研磨される。8マイクロインチRaより滑らかな表面仕上げは、実際に、シーリングを損傷しうるため、押しつぶし可能な金属シールの製造業者によって推奨されていない（例えば、2013年7月にParker Hannifin Corporationによって発行された「Metal Seal Design Guide」のE-80ページ「Surface Roughness Recommendations」を参照のこと）。

【0104】

しかしながら、本発明者は、セラミック／押しつぶし可能な金属シールのインターフェースの文脈で、インターフェースのセラミック部分にとって、実際には、典型的な推奨表面粗さ範囲から外れた表面粗さ範囲を有することが有利でありうると判断した。金属Cシールに対するセラミックインターフェースの試験において、本発明者は、Cシール製造業

者によって推奨される表面粗さの範囲内の表面粗さを有するセラミック表面が、SEMI F1規格に従って十分に漏れを防止するインターフェースを提供しないことを発見した。SEMIは、半導体製造業界のための世界的な企業団体であり、半導体製造装置の様々な側面を統制する一群の規格を発行している。F1規格（本稿執筆の時点では、F1-0812規格）は、「Specification for Leak Integrity of High-Purity Gas Piping Systems and Components」というタイトルであり、「漏れ止め」シールが 10^{-9} cm³ 大気圧He/秒未満の内部漏れ速度を有することを求めている。本発明者は、業界基準の金属Cシールインターフェースが、焼結セラミック面に対するシールに用いられた場合にかかる漏れ速度を達成できないことは、焼結セラミック材料が多孔質であるのに対して金属シーリング面が多孔質ではないという事実による可能性があるかと判断した。本発明者は、金属Cシールに対してシールするセラミック表面を5マイクロインチRa以上の良好な表面粗さまで研磨することにした。これは、最低限製造業者に推奨される表面粗さよりも30%以上滑らかである。結果として得られたセラミックシールインターフェースは、規格316Lステンレス鋼のCシールおよびより硬いHastelloy（登録商標）C-22のCシールの両方で試験され、各々が、50回を超える組み立て-分解サイクルの間、SEMI F1規格を満たす漏れ特性を示した（かかるシールは再利用できないので、用いた金属Cシールは、各サイクル後に交換された）。この予想外の結果は、典型的な製造業者表面粗さ推奨値よりも大幅に滑らかな表面粗さまでセラミックシーリング面を研磨またはラップ仕上げすることによって、標準の押しつぶし可能な金属シールをセラミックシーリング面と共に利用できることを示唆する。

【0105】

図20は、標準的な押しつぶし可能金属シール（金属Cシールなど）を用いてガス流構成要素と結合するためのセラミック基板を準備する技術のフローチャートを示す。ブロック2002において、セラミック基板（または、その層）が、複数のガス流チャンネルと、チャンネルをセラミック基板の外表面と流体接続させるセラミック基板を通る穴とを有するように、機械加工されてよく、例えば、未焼結状態で機械加工されてよい。ブロック2004において、セラミック基板（または、そのスタックされた層）は、用いられているセラミック材料をモノリシックブロックに焼結するために、キルンまたはオーブンで焼成されてよい。ブロック2006において、金属Cシールが接触するセラミック基板の表面は、5マイクロインチRa以下の表面粗さまで研磨されてよい。ブロック2008において、押しつぶし可能な金属シールが、セラミック基板またはガス流構成要素のいずれかに配置された穴に配置されてよい。ブロック2010において、ガス流構成要素は、例えば、ボルト接続を用いて、セラミック基板に取り付けられ、その後、所定位置にクランプされて、セラミック基板の研磨またはラップ仕上げされた部分と、ガス流構成要素のベースとの間に押しつぶし可能な金属シールを挟んでよい。

【0106】

いくつかの実施例において、セラミック基板は、鋼鉄構成要素上の従来のシールインターフェースと同様に、押しつぶし可能な金属シールを受け入れるようなサイズの個々の座ぐり穴を有してよく、かかる座ぐり穴の「床（底面）」は、上述した5マイクロインチRa以下の表面粗さを達成するように個々に研磨されてよい。多層基板（上述したものなど）に典型的に当てはまるように、多数のかかる形状がある場合、時間が掛かりうる。別のアプローチは、基板上の個々の座ぐり形状を設けず、その代わりに、ガス流構成要素が取り付けられる表面全体を所望の5マイクロインチRa以下の表面粗さまで単に研磨またはラップ仕上げすることである。金属シールを受け入れるために用いられる「典型的な」座ぐり形状の深さと同等の厚さを持つサイズの1または複数の別個のテンプレート（図17のテンプレート1614など）が、金属、セラミック、または、その他の材料で製造されてよく、取り付け面の上部に置かれ、ガス流構成要素と基板との間に挿入されてよい。テンプレートは、セラミック基板の穴に対応する位置に穴を有してよく；これらの穴は、金属シールの外径よりも若干大きいサイズであってよく、ガス流構成要素がシールされてい

るセラミック基板の穴に対して金属シールを配置するよう機能してよい。この技術（2015年9月2日出願の米国特許出願第14/843,775号に、より詳細に記載されており、その出願は、参照によって本明細書に全体が組み込まれる）が用いられる場合、セラミック基板の共通の側にあるシールインターフェースすべての所望の表面粗さが、側面全体に対する1回の研磨またはラップ仕上げ動作を用いて達成されうる。

【0107】

図21は、セラミック基板の表面全体が5マイクロインチRa以下の表面粗さまで研磨またはラップ仕上げされうる構成の断面図である。図からわかるように、セラミック基板2102の上面は、平坦であってよく、セラミック基板2102の上面全体を5マイクロインチRa以下の表面粗さまで一度に研磨またはラップ仕上げすることを可能にする。この表面粗さが達成された後、構成要素位置決めテンプレート2114が、セラミック基板2102上に配置され、セラミック基板上のガス流ポート2164（図のガス流ポートなど）と整列されてよい。かかるアライメントは、テンプレート上の1または複数の基準形状を、セラミック基板2102の対応する基準形状（ピン212など）と整列させる事によって達成されてよく、これは、複数のガス流ポートにテンプレートを同時に整列させることを可能にしうる。構成要素位置決めテンプレート2114が、セラミック基板上に配置された後、金属Cシール2156が、構成要素位置決めテンプレート2114の穴によって形成された座ぐり穴内に設置されてよく、その穴は、穴と中心が合わせられるセラミック基板2102のガス流ポートよりも大きい直径を有する。シール位置決めテンプレート2154が、金属Cシール2156の配置を支援しうる。金属Cシール2156が設置されると、例えば、ポート2165の周りに座ぐり穴2162を有するガス流構成要素2158が、金属Cシール上に配置され、ボルト2146およびナット2150を用いて設置されてよい。

【0108】

粒子の抑制

【0109】

ガス分配の文脈でセラミック基板を用いる際に起きる別の課題は、粒子状汚染物質である。上述のように、焼結されたセラミックは、高い多孔性を有しており、これにより、焼結セラミック構成要素の未加工の機械加工表面仕上げは、機械加工された金属基板と比較して、高い表面粗さを示しうる。さらに、レーザカットなどの技術が多層セラミック基板内のチャンネルの成形に用いられる場合、結果として得られるチャンネルの側壁粗さ（チャンネルの側壁は、レーザビーム経路と略平行である）が、ガス放出の結果としてのレーザビームの強度および／または幅の変動により、大幅に粗くなりうる。レーザカットは、層状セラミック基板の製造に利用できる二次元層を形成するために利用可能な高速かつコスト効率のよい技術である。本発明者が行った試験において、チャンネルのレーザカットから生じるガスチャンネルの側壁表面粗さは、層状セラミック基板内の隣接する層の表面によって提供されたレーザカットされていないかかるチャンネルの底部または上部の20～28マイクロインチSaの表面粗さと比較して、180～255マイクロインチSa（面積当たりの平均粗さ）のオーダーであると測定された。

【0110】

チャンネル側壁の高い表面粗さは、かかる高い表面粗さの表面が、a) 粒子を捕らえ保持する可能性が高くなる、b) 例えば、高い表面粗さに寄与するセラミック粒子が表面から遊離する場合に、自身が粒子源になる可能性が高いという点で、問題になる。例えば、試験において、セラミック基板のための粒子パージ時間が、等価のステンレス鋼ガス分配マニホールドのための粒子パージ時間の2倍を超えると決定された（ただし、ステンレス鋼マニホールドは、層状基板ではなく、ステンレス鋼管で形成されている）。粒子パージ時間試験において、パージガスが、試験対象のガス流システムを通して流され、既存のガス流に存在しうる任意の粒子が特定のサイズ未満になるまでに掛かる時間が評価された。行われた試験において、基板を出る粒子がサイズ100nm未満の粒子のみになるまでに掛かった時間が、粒子パージ時間を決定するために用いられた。

【0111】

本発明者は、ガス分配システムで用いる焼結セラミック基板にコーティング処理を施すことが、チャンネル内の表面仕上げを改善すると共に、粒子汚染を低減または防止する効果的な方法になりうると判断した。コーティングは、2つの目的を果たしうる：a) 任意の既存の粒子（例えば、焼結処理中に近くのセラミック粒子と効果的に融合しえなかったセラミック粒子など）を捕捉すること、ならびに、b) 焼結されたセラミック粒子の間に存在しうるギャップおよび裂け目を埋めることにより、ガスシステム内の他の場所からの粒子が一時的に捕らえられるか引っかかる可能性のある表面積を削減すること。

【0112】

グレーズコーティング、化学蒸着（CVD）コーティング、および、原子層蒸着（ALD）コーティング、ならびに、上述の機能を提供しうるその他のコーティングタイプなど、いくつかの異なるタイプのコーティングが、かかる目的のために用いられてよい。

【0113】

グレーズコーティングでは、シリカまたはアルミナを含有する材料が、セラミック部品の露出面に塗布されてよく、次いで、セラミック部品は、キルンまたはその他のオーブンで高熱に暴露され、シリカ含有材料を溶かしてよい。溶けたシリカグレーズが再冷却する時、熔融液状態にあるために、セラミック部品のギャップおよび裂け目の中に流れ込み、凝固する時により丸みを帯びた滑らかなプロファイルを形成する。セラミック部品の裂け目およびギャップに詰まりえた粒子は、このコーティングによってその場に固められうる。キルンへの挿入の前に対象となるチャンネルおよびその他の表面をグレーズ材料で乾式ダスティングし、グレーズ材料がキルン環境内に移動することでグレーズ加工される部品に移動するようにキルンまたはオーブンにグレーズ材料を挿入することによる技術、もしくは、水性懸濁液中にグレーズ材料を懸濁し、チャンネルを通して懸濁液を流して、キルン内でセラミック構成要素を焼成することによる技術など、グレーズは、様々な技術で適用されてよい。

【0114】

CVDコーティング動作では、セラミック基板は、CVDチャンバ内に配置され、パリレン（商標）コーティングなどのポリマコーティング、もしくは、例えば、シリコンまたはアルミナコーティングなどの他の略非反応性コーティングをセラミック基板の表面上に蒸着する化学蒸着環境に暴露されてよい。かかる動作において、CVDガスをチャンネル内に引き込んで、CVDコーティングがセラミック基板の内部のチャンネルに施されることを保証するために、コーティング動作中にセラミック基板の通路を真空引きすることが有利でありうる。例えば、セラミック基板がCVDチャンバ内のペDESTALによって支持される場合、ペDESTALは、セラミック基板内のチャンネルにつながるポートを備えたセラミック基板の外面上における位置と対応しうる1または複数の真空ポートを有してよい。処理動作中、これらのポートで引かれた真空が、CVDガスをチャンネル内に引き込み、チャンネルがCVDコーティングで被覆されることを保証しうる。

【0115】

ポリマコーティングは、CVD処理と非常に互換性が高いが、いくぶん脆弱であり、容易に損傷しうる。例えば、チャンネルからのポリマコーティングが、そのチャンネルをセラミック基板の外面に接続する貫通孔の内面に沿って広がった後に、セラミック基板の外面に広がった場合、ポリマコーティングは、セラミック基板の外面に取り付けられたガス流構成要素がメンテナンスのために取り外される場合、ガス流構成要素（または、ガス流構成要素をセラミック基板にシールする金属シール）にくっつき、ガス流構成要素が取り外される時に貫通孔の側壁から引きはがされうる。ガス流構成要素が取り外されるたびに、コーティングへのさらなる損傷の可能性があり、ガス流構成要素は、ガス分配システムの寿命中に何度も取り外される必要がありうる。

【0116】

CVDコーティングのかかる潜在的な問題を避けるために、ガス流構成要素が取り付けられうるセラミック基板の表面の大部分が、適切なマスキングによって、コーティングさ

10

20

30

40

50

れないようにしてもよい。図 2 3～図 2 5 は、C V D コーティング塗布の様々な段階中のセラミック基板およびマスキング構成要素を示す簡略な断面図である。例えば、図 2 3 において、プレートすなわちテンプレート 2 4 6 2 が、セラミック基板 2 3 6 0 に当てて配置されてよい。プレートすなわちテンプレート 2 3 6 2 は、セラミック基板の外面上の各ドロップホールすなわち貫通孔の位置に対応する貫通孔 2 3 6 4 を有してよく、プレートすなわちテンプレートの貫通孔 2 3 6 4 がセラミック基板 2 3 6 0 の対応するドロップホールすなわち貫通孔と整列するように、セラミック基板 2 3 6 0 の上に配置されてよい。プレートすなわちテンプレート 2 3 6 2 は、例えば、任意の適切な材料（例えば、アルミナ、ステンレス鋼など）で製造されてよく、各ドロップホールすなわち貫通孔の位置でセラミック基板 2 3 6 0 に対して密閉するシール 2 3 6 6 を位置決めするための座ぐり穴を備えてよい。プレートすなわちテンプレート 2 3 6 2 がセラミック基板に対して配置されると、これらのシール 2 3 6 6 は、各ドロップホールすなわち貫通孔の位置でこれら 2 つの構成要素間に挟まれうる。通例、数百℃の温度で実行される C V D 動作では、高温のため、金属シールが用いられてよい。次いで、テンプレートすなわちプレートは、例えば、2 つの部分をボルトで留めることによって、セラミック基板に対して空間的に固定されてよい。したがって、C V D 処理ガスが、図 2 4 のように、C V D 処理チャンバに流され、セラミック基板 2 3 6 0 内の通路に流される時、テンプレートすなわちプレートが取り付けられたセラミック基板の外表面は、テンプレートすなわちプレートによって「マスク」されてよく、それにより、マスクされた位置でセラミック基板 2 3 6 0 へのコーティング 2 3 6 8 の C V D が防止される。C V D 処理が完了すると、テンプレートすなわちプレート 2 3 6 2 は、図 2 5 に示すように除去されてよい。除去中、セラミック基板 2 3 6 0、金属シール 2 3 6 6、および、テンプレートすなわちプレート 2 3 6 2 の間にわたる流路の内面に沿って略共形のコーティングを形成しえた C V D コーティング 2 3 6 8 は、セラミック基板 2 3 6 0 / シール 2 3 6 6 の界面で、壊れる、裂ける、または、その他の制御されない終端形成イベントを経験しうる。しかしながら、セラミック基板に対するガス流構成要素の将来の組み立て／分解動作のために、コーティングの終端 2 3 7 0 と、かかるガス流構成要素をセラミック基板に取り付けるために用いられうる金属シールとの間の接触は、最小限であるか、または、全くなく、これは、コーティングへのさらなる損傷のリスクを低減しうる。

【0 1 1 7】

典型的な A L D コーティング動作では、第 1 反応物質が反応チャンバに流されてよく、通常は、パージサイクルが続く、その後、第 2 反応物質が反応チャンバに流されてよい。反応物質は、通例、自己制限的にチャンバに存在するどの構成要素の露出面とも反応して、単分子の厚さの層を生成する。第 1 反応物質および第 2 反応物質の流れを分離しておくことにより、各反応物質の流れは、チャンバ環境に露出した構成要素上の前の反応物質の単分子厚さの層とのみ反応しうる。結果として、A L D コーティングは、1 0 0 % 共形であるが、一度に 1 分子層ずつ加工する必要がある；これは、所望の厚さを達成するために、第 1 および第 2 反応物質の蒸着サイクルを数百回（または、数千回）繰り返すことを必要としうるため、A L D コーティング動作が、通例は、C V D コーティング動作よりもはるかに長い時間を消費することを意味する。しかしながら、A L D 膜の共形の性質により、それらの膜は、非常に耐久性のあるコーティングを形成する。A L D は、窒化物、アルミナ、または、その他のセラミック被覆を形成して、セラミック基板チャネルが、セラミック基板を形成するために利用されうるのと同じ材料で被覆されることを可能にするために用いられてもよい。

【0 1 1 8】

セラミック基板内のガス流チャネルの表面上に形成された層の厚さは、層の厚さが、表面粗さよりも大きくなる（例えば、2 5 0 マイクロインチ S a の表面粗さに対して、厚さは 2 5 0 マイクロインチ以上であってよい）か、または、セラミック基板の製造に用いられる最小の粒子サイズよりも大きくなる（例えば、1 0 0 n m 直径のセラミック粒子を焼結してセラミック基板を形成する場合、コーティングは少なくとも 1 0 0 n m 厚さであっ

てよい) ように選択されてよい。かかるコーティングは、潜在的に遊離する粒子をその場所に「接着」してよく、また、さらなる粒子を捕捉するように作用しうる裂け目およびギャップを埋めてもよい。一部の例では、かかる層の厚さを達成することが、経済的に実現できない場合があり、例えば、ALDを用いてコーティングを提供する場合、所望のコーティング厚さを達成するのに十分なALDサイクルを実行するコストが、非常に高い場合がある。かかる場合、より薄い表面コーティングが用いられてもよいが、かかる薄い表面コーティングは、より低い粒子性能を示しうる。

【0119】

図22は、粒子汚染の可能性を低減するために、半導体ツールガス分配システムのためのセラミック基板を準備する技術のフローチャートを示す。ブロック2202で、半導体処理ツールのガス分配システムのためのセラミック基板が製造されてよい。かかる製造は、例えば、本明細書で論じた技術、または、本明細書で論じていないその他の技術によって実行されてよい。ブロック2202で形成されたセラミック基板は、すでに焼結され、ほとんどの場合、必要に応じて機械加工されているという意味で、概して、「完成品」であってよい。ブロック2204で、セラミック基板は、耐腐食性コーティングで所望の深さ(例えば、セラミック基板の製造で用いられるセラミック粒子の最小の公称サイズと少なくとも同じだけの深さ、または、セラミック基板の内部流路または通路の壁の最大表面粗さと等しい深さ)まで被覆されてよい。

【0120】

ブロック2204のコーティング動作は、図に示した3つの具体的な技術を含め、任意の適切な技術によって提供されてよい。例えば、グレーズ加工が利用される場合、例えば、水性グレーズを流路に流す、乾燥グレーズ材料を流路に施す、または、セラミック基板の塩焼成で後続のブロックにおいてグレーズを施すことにより、シリカ含有グレーズが、ブロック2206でセラミック基板内のガス流路およびその他の内部通路に追加されてよい。

【0121】

ブロック2208で、グレーズ加工されたセラミック基板は、キルンまたはオープン内で、グレーズの融点より高いがセラミック基板の融点よりも低い温度まで焼成されてよい。次いで、グレーズは、融解してセラミック基板と融合してよく；グレーズが融解すると、セラミック基板は、キルンまたはオープンから取り出されて冷却されてよく、既存の粒子をその場に固めると共に、利用中にセラミック基板内に流れうる新たな粒子を捕捉する可能性を低くする耐久性および化学的耐性のある表面コーティングが、セラミック基板のガス流チャンネルおよびその他の内部流路の壁に残る。

【0122】

代わりに、CVDを用いてコーティングを提供する場合、セラミック基板は、任意選択的に、ガス流構成要素が取り付けられうるセラミック基板の外表面付近にある内部通路の一部をマスクすることにより、ブロック2210で準備されてよい。例えば、セラミック基板の外表面に達する各垂直貫通孔について、セラミック基板の外表面に最も近い垂直貫通孔の1ミリメートル程度の部分が、垂直貫通孔のその部分へのCVD材料(例えば、ポリマ)の蒸着を避けるためにマスクされてよい。これは、セラミック基板上に取り付けられた他の構成要素との相互作用によって引き起こされるCVDコーティングへの潜在的な損傷を避けうる。

【0123】

ブロック2212で、セラミック基板は、CVDチャンバ内に配置されてよい。いくつかの実施例において、セラミック基板は、同じCVDチャンバ内に配置されて同時にコーティングされるいくつかのセラミック基板の1つであってよい(グレーズ加工またはALDコーティングが実行される場合に、セラミック基板のバッチコーティングがなされてもよい)。

【0124】

ブロック2214で、セラミック基板は、セラミック基板内のガス流路の表面上にポリ

マコーティングが蒸着されるCVD処理を施されてよい。いくつかの実施例では、セラミック基板全体（潜在的にマスクされうる領域を除く）が、CVD動作を施されてよい。CVD処理は、セラミック基板の内部通路内に所望の厚さのコーティングが実現されるのに十分な長さの持続期間にわたって実行されてよい。

【0125】

ALD処理を用いてコーティングを提供する場合、セラミック基板は、潜在的に、同時にコーティングされうるさらなるセラミック基板と共に、ブロック2216でALD処理チャンバ内に配置されてよい。セラミック基板は、ブロック2216でALD処理チャンバ内に配置された後、セラミック基板の内部通路の表面上のコーティングが所望の厚さに達するまで、ブロック2218で複数回のALDサイクルを施されてよい。

10

【0126】

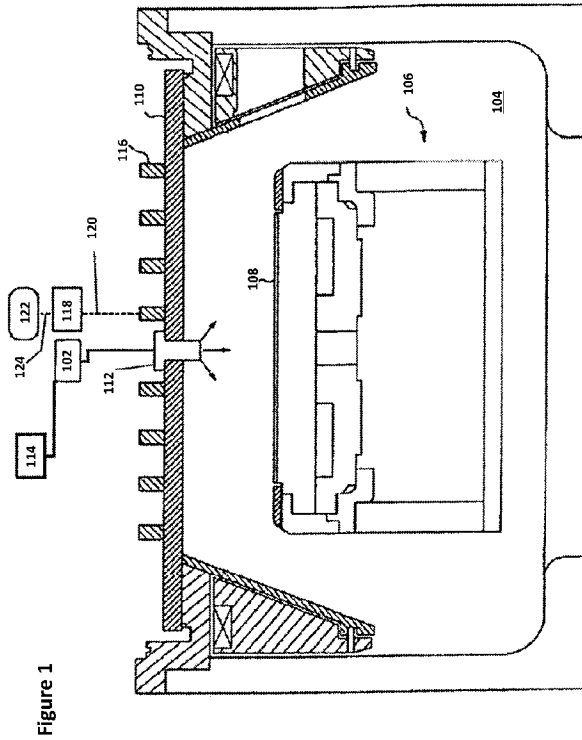
ALDを用いたコーティングについて、CVDコーティングと同様のマスキング技術が用いられてよいが、ALD処理は、しばしば、はるかに低い温度で実行されるので、再利用可能なゴムOリングシールが、金属シールの代わりに用いられてもよいことがわかる。ほとんどのALDコーティングは、ガス流構成要素の取り付けまたは取り外しによる損傷のリスクがない可能性があるが、CVDに関して上述したのと同様の形態のマスキングを導入すること、および、セラミック基板の表面の一部（例えば、内部通路表面）のみがALDコーティングで被覆されるようにALD処理ガスを制限することが好ましくい場合もある。これにより、セラミック基板全体にALDサイクルを繰り返すことを避けることができ、次のALDサイクルを開始する前に、各ALD処理ガスをパージするのに必要な時間を短縮できる。例えば、ALD処理ガスが、セラミック基板の内部通路にのみ流れるように制限された場合、例えば、より大きい処理チャンバ容積と比べて、一般に、同じ通路をパージするだけでもよい。これは、所望の厚さのコーティングを形成するのに必要な時間を大幅に短縮しうる。

20

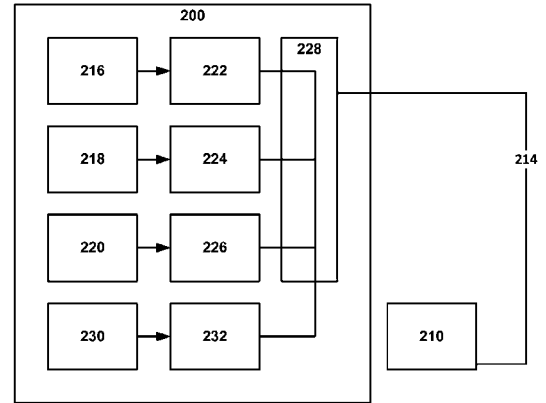
【0127】

本発明の具体的な実施例を参照しつつ本明細書に開示された実施例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。

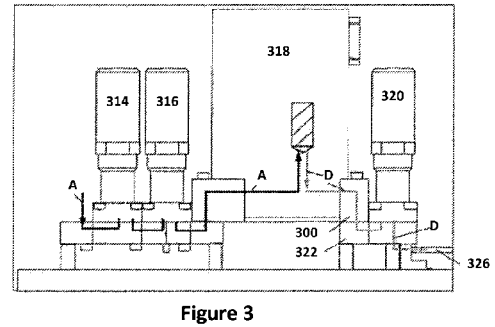
【図 1】



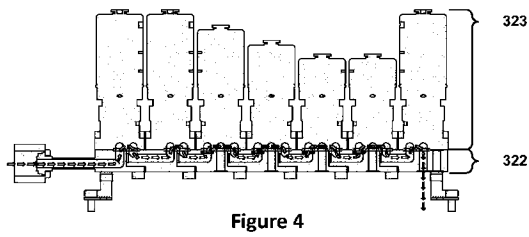
【図 2】



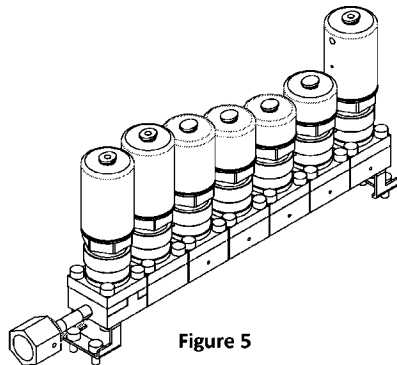
【図 3】



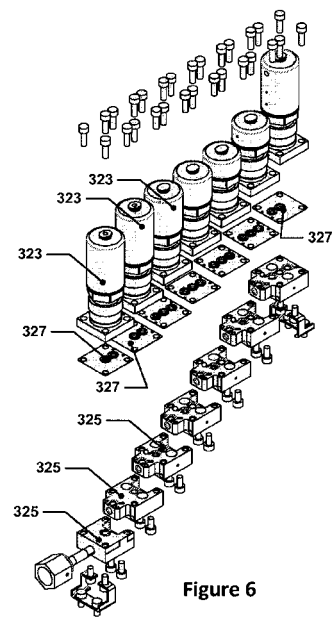
【図 4】



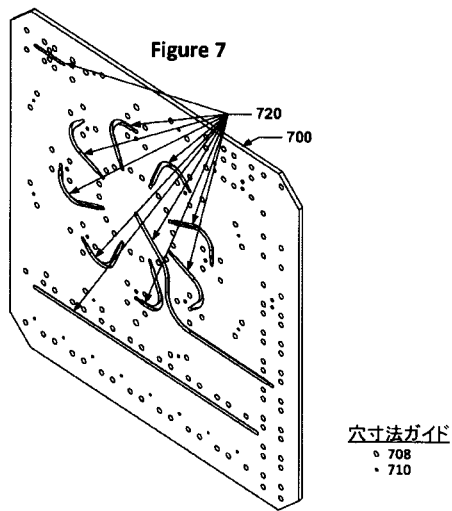
【図 5】



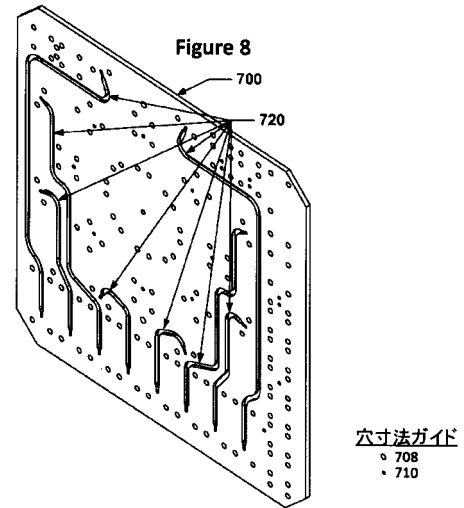
【図 6】



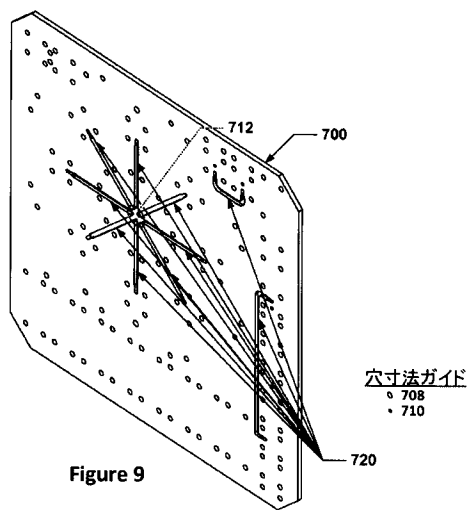
【図 7】



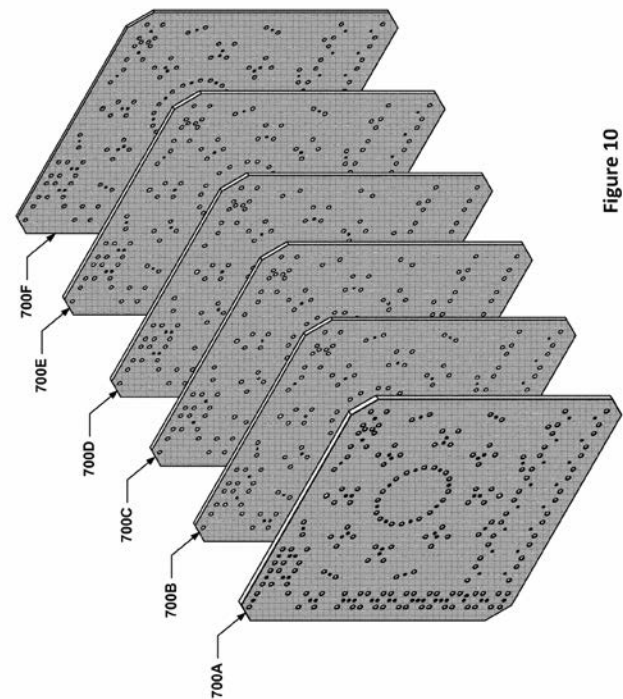
【図 8】



【図 9】



【図 10】



【図 1 1】

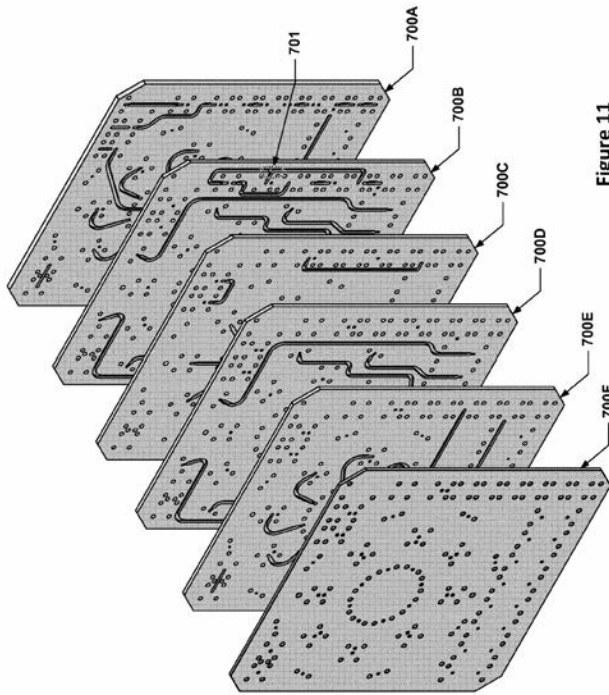


Figure 11

【図 1 2】

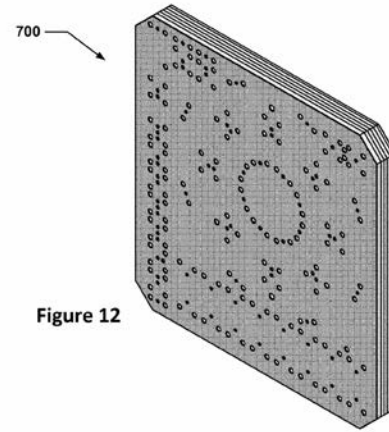


Figure 12

【図 1 3】

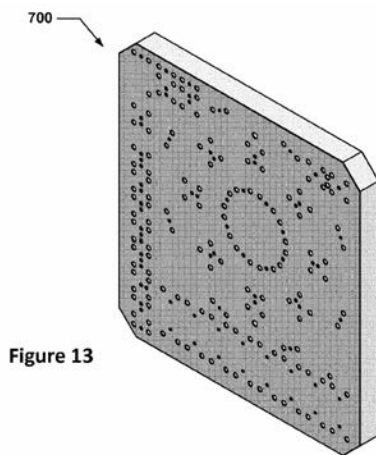


Figure 13

【図 1 4】

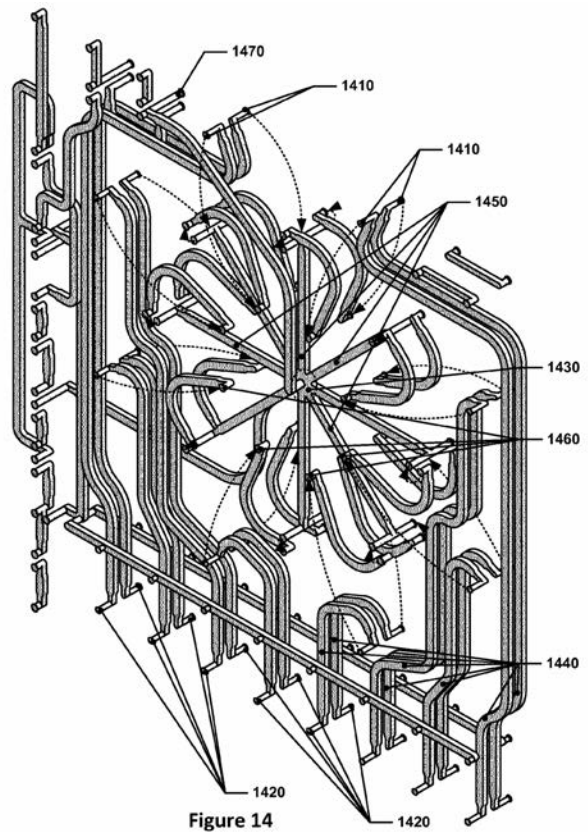


Figure 14

【図 15】

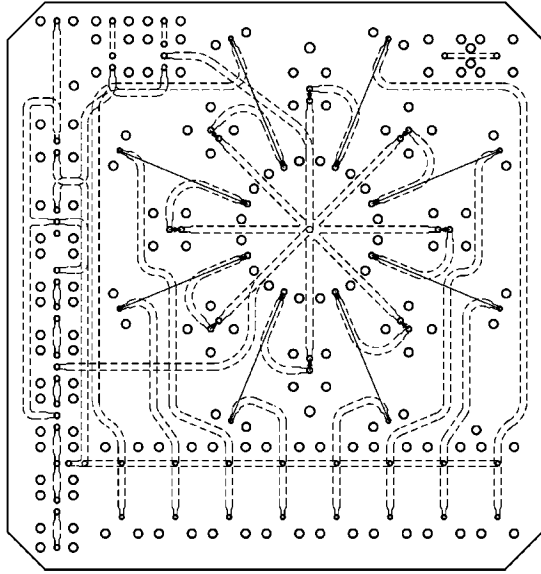


Figure 15

【図 16】

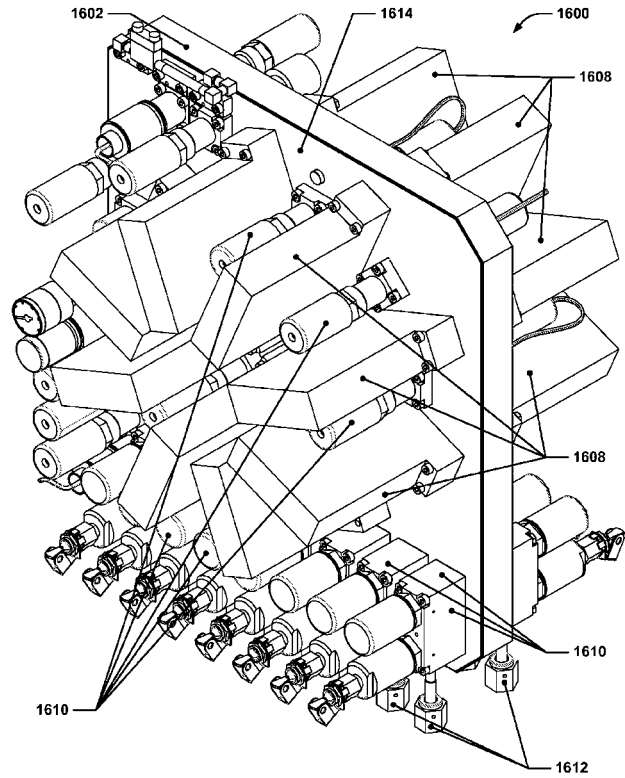


Figure 16

【図 17】

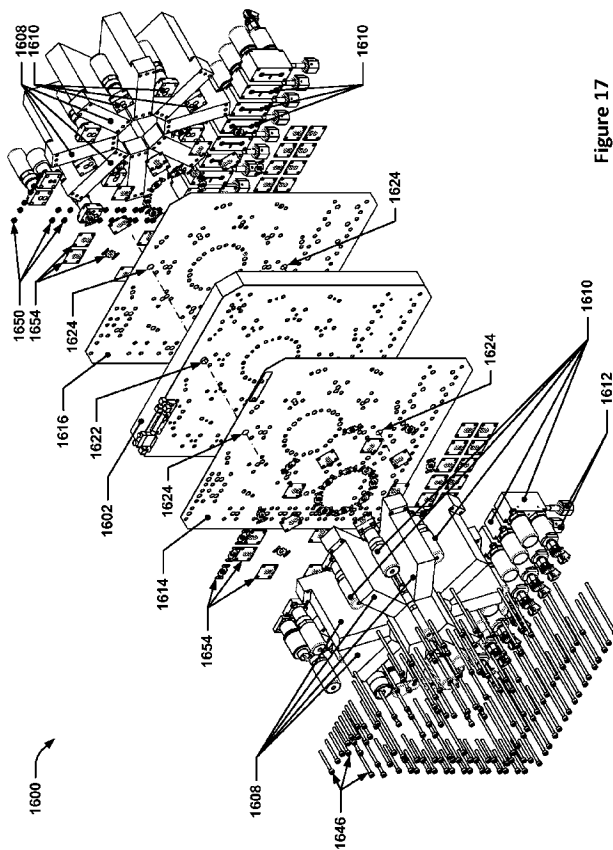


Figure 17

【図 18】

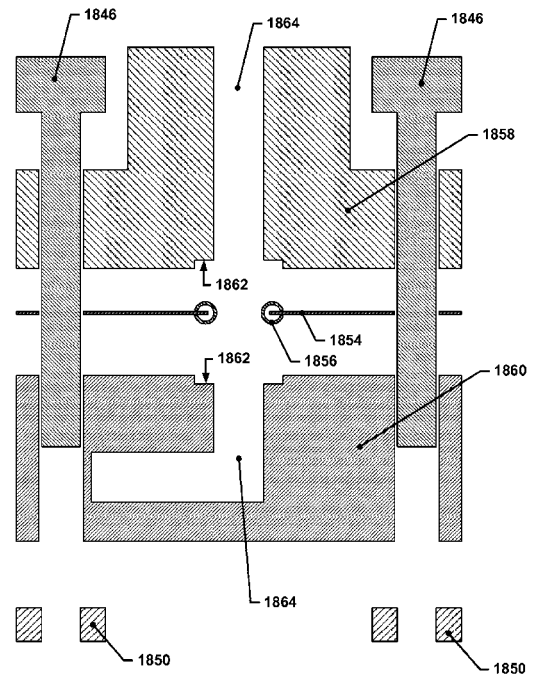


Figure 18

【図 19】

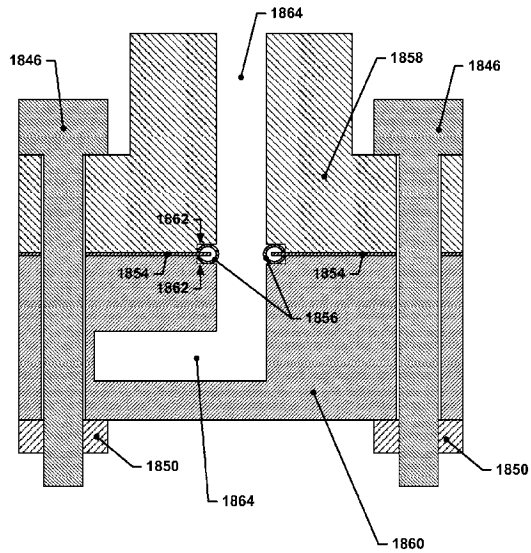


Figure 19

【図 20】

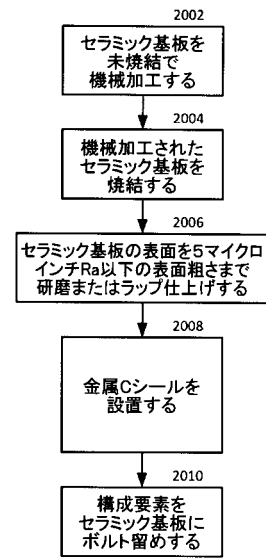


Figure 20

【図 21】

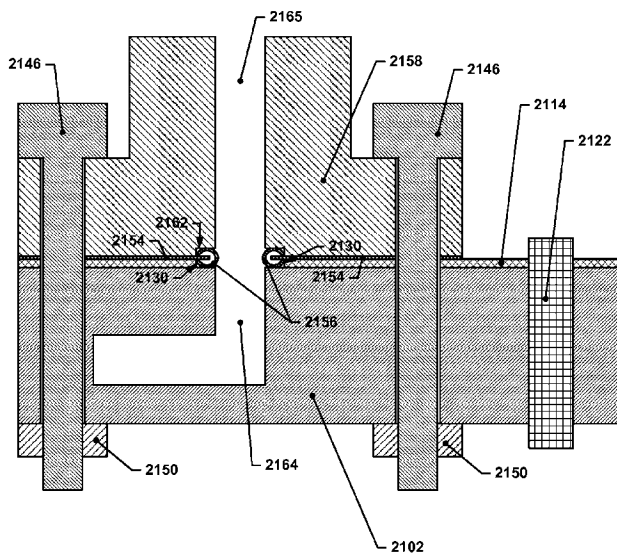


Figure 21

【図 22】

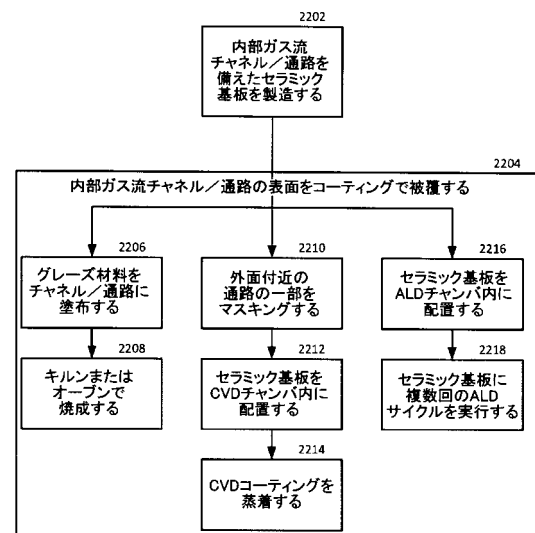


Figure 22

【図 2 3】

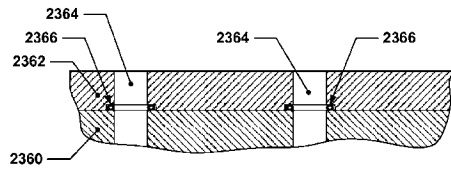


Figure 23

【図 2 4】

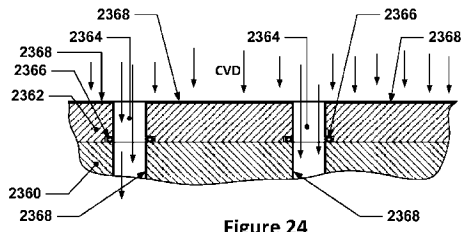


Figure 24

【図 2 5】

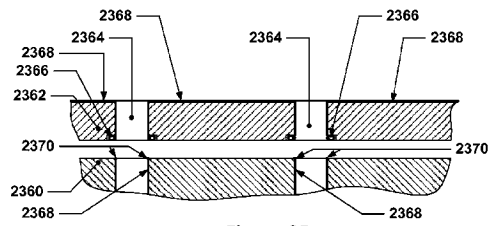


Figure 25

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2015/055997
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01L 21/205(2006.01)i, H01L 21/02(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L 21/205; H01L 21/311; B05B 17/04; H01L 21/306; B05D 7/04; H01L 21/02; C23C 16/455; B05B 9/04; F02M 31/125		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: gas delivery system, laminate, channel, conduit, valve, interface		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004-0092118 A1 (DAVID JOHNSON et al.) 13 May 2004 See paragraphs [0030]-[0034], claims 3-8 and figures 1, 2.	1-47
A	US 2008-0066859 A1 (MICHIAKI KOBAYASHI et al.) 20 March 2008 See paragraph [0041], claim 1 and figure 1A.	1-47
A	JP 2003-334479 A (NGK INSULATORS LTD.) 25 November 2003 See paragraphs [0056]-[0068], claims 1, 2, 27 and figures 1-3.	1-47
A	JP 2004-214591 A (RENESES TECHNOLOGY CORP.) 29 July 2004 See paragraphs [0014]-[0018], claim 1 and figure 1.	1-47
A	KR 10-2009-0125681 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD. et al.) 07 December 2009 See paragraphs [0029]-[0032], claim 1 and figure 1.	1-47
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 December 2015 (28.12.2015)		Date of mailing of the international search report 28 December 2015 (28.12.2015)
Name and mailing address of the ISA/KR International Application Division Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsu-ro, Seo-gu, Daejeon, 35208, Republic of Korea  Facsimile No. +82-42-472-7140		Authorized officer CHOI, Sang Won Telephone No. +82-42-481-8291 

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/US2015/055997

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2004-0092118 A1	13/05/2004	AU 2003-282781 A1 CN 100409414 C CN 1675750 A EP 1543540 A2 EP 1543540 A4 JP 2006-507664 A JP 2010-206217 A TW 200405457 A US 6924235 B2 WO 2004-017368 A2 WO 2004-017368 A3	03/03/2004 06/08/2008 28/09/2005 22/06/2005 26/08/2009 02/03/2006 16/09/2010 01/04/2004 02/08/2005 26/02/2004 29/12/2004
US 2008-0066859 A1	20/03/2008	None	
JP 2003-334479 A	25/11/2003	AU 2003-211239 A1 EP 1300585 A2 EP 1300585 A3 EP 1300586 A3 EP 1312797 A1 EP 1324413 A1 EP 1411239 A1 EP 1482166 A1 JP 2003-178783 A JP 2003-214302 A JP 2003-307163 A JP 2004-190653 A US 2003-0071139 A1 US 2003-0072982 A1 US 2003-0094159 A1 US 2003-0116641 A1 US 2004-0080242 A1 US 6739520 B2 US 6845759 B2 WO 2003-069153 A1	04/09/2003 09/04/2003 18/06/2003 03/12/2003 21/05/2003 02/07/2003 21/04/2004 01/12/2004 27/06/2003 30/07/2003 31/10/2003 08/07/2004 17/04/2003 17/04/2003 22/05/2003 26/06/2003 29/04/2004 25/05/2004 25/01/2005 21/08/2003
JP 2004-214591 A	29/07/2004	CN 1501440 A JP 4502590 B2 KR 10-2004-0042815 A TW 200411727 A US 2004-0094206 A1 US 2006-0283390 A1 US 7108009 B2 US 7658204 B2	02/06/2004 14/07/2010 20/05/2004 01/07/2004 20/05/2004 21/12/2006 19/09/2006 09/02/2010
KR 10-2009-0125681 A	07/12/2009	CN 101596508 A CN 101596508 B JP 2009-293127 A JP 4857362 B2 US 2009-0298251 A1	09/12/2009 27/03/2013 17/12/2009 18/01/2012 03/12/2009

Information on patent family members

PCT/US2015/055997

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		US 8349398 B2	08/01/2013

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 ケロッグ・マイケル・シー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 1 2 3 サン・フランシスコ, オクタビア・ストリート,
3 3 2 4, ナンバー 3

(72)発明者 ピーナ・クリストファー・ジェイ.

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 4 2 ハイワード, ランカスター・ロード, 2 7 3 3

(72)発明者 ダウガティ・ジョン・イー.

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フレモント, ブラックフット・ドライブ, 1 8 0
9

Fターム(参考) 4K030 CA04 CA12 EA05 EA06 EA11 FA01 GA02 HA01 KA11 KA41
KA46 LA15
5F045 AA08 BB02 DP03 DQ10 EE05 EE07 EE17 EF05 EF07 EF09
EH02 EH11