

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4875697号
(P4875697)

(45) 発行日 平成24年2月15日(2012.2.15)

(24) 登録日 平成23年12月2日(2011.12.2)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/3065 (2006.01) H O 1 L 21/302 I O 1 G
 F 1 6 K 1/22 (2006.01) F 1 6 K 1/22 Z

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-509085 (P2008-509085)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成18年4月26日 (2006.4.26)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2008-539596 (P2008-539596A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公表日	平成20年11月13日 (2008.11.13)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3050
(86) 国際出願番号	PCT/US2006/015833	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開番号	W02006/116511		弁理士 園田 吉隆
(87) 国際公開日	平成18年11月2日 (2006.11.2)	(74) 代理人	100101199
審査請求日	平成21年3月9日 (2009.3.9)		弁理士 小林 義教
(31) 優先権主張番号	11/115,956	(74) 代理人	100107456
(32) 優先日	平成17年4月26日 (2005.4.26)		弁理士 池田 成人
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマリアクタチャンバのためのオリングレスタンデムスロットル弁

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマリアクタチャンバから真空ポンプへのガス伝導度又はチャンバ圧力のうちの1つを制御するための弁ア셈ブリにおいて、

第1及び第2の対向表面を有する弁ハウジングと、

大面積開口及び大面積回転フラップを備える高伝導度弁であって、前記大面積開口は、前記第1及び第2の対向表面において前記弁ハウジングを通して延長して、前記第1及び第2の表面の間に延長する弧状断面を有する側壁部を画成し、前記大面積回転フラップは、前記大面積開口において前記側壁部の弧状断面と概ね整合する弧状断面を有する滑らかな連続する周辺縁部を有し且つ閉フラップ位置において前記周辺縁部と前記側壁部との間に小さなギャップを画成する、前記高伝導度弁と、

小面積開口及び小面積回転フラップを備える微細制御弁であって、前記小面積開口は、前記第1及び第2の対向表面において前記弁ハウジングを通して延長して、前記第1及び第2の表面の間に延長する滑らかな連続する弧状断面を有する側壁部を画成、前記小面積回転フラップは、前記小面積開口において前記側壁部の弧状断面と概ね整合する弧状断面を有する周辺縁部を有し且つ閉フラップ位置において前記周辺縁部と前記側壁部との間に小さなギャップを画成する、前記微細制御弁と、

前記大面積開口の前記側壁部における、前記弁ハウジングの一方の面から延長し且つ前記一方の面で最大であり次第に減じて前記一方の面より下の所定の距離のところまで最小の深さとなる半径方向の深さを有する断面が欠けた円形である丸い孔を備えた第一の複数の

軸方向スロットであって、前記大面積開口の前記側壁が前記軸方向のスロットの間に滑らかな連続する表面を有する、前記軸方向スロットと、
を備える弁アセンブリ。

【請求項 2】

前記高伝導度弁と前記微細制御弁とに結合されたコントローラであって、前記高伝導度弁で大きな流れの変化をもたらすように及び前記微細制御弁で流量の微調整を行うようにプログラムされている前記コントローラを更に備える、請求項 1 に記載の弁アセンブリ。

【請求項 3】

前記小さなギャップの各々は、所定の最小ガス流量にて所望の圧力範囲内で前記弁アセンブリを通してのガス伝導度を制限するに十分なほど小さく、前記圧力範囲は約 200 ミリトールまでに亘り、且つ前記最小ガス流量は 10 s c c m である、請求項 1 に記載の弁アセンブリ。

10

【請求項 4】

前記小さなギャップの各々は、1000 分の 20 インチの程度である、請求項 1 に記載の弁アセンブリ。

【請求項 5】

前記ギャップの各々は、200 ミリトールの圧力までガスの平均衝突パス長より小さい、請求項 1 に記載の弁アセンブリ。

【請求項 6】

前記大面積開口の前記側壁部に、前記弁ハウジングの反対側の面から延長し且つ前記反対側の面で最大であり次第に減じて前記反対側の面より下の所定の距離のところまで最小の深さとなる半径方向の深さを有する断面が欠けた円形である丸い孔を備えた第二の複数のスロットを更に備える、請求項 1 に記載の弁アセンブリ。

20

【発明の詳細な説明】

【発明の背景】

【0001】

[001]半導体回路製造のための大半のプラズマ処理は、チャンバに結合される真空ポンプを使用して大気圧以下の圧力に維持されるプラズマリアクタチャンバを必要とするものである。典型的に、その真空ポンプは、名目上、一定割合で作動されるが、チャンバ圧力は、チャンバと真空ポンプとの間に結合される蝶形弁によって調整される。蝶形弁は、回転可能な円板形フラップを有し、その円板形フラップの回転位置によって、真空ポンプへの流量が決定されるので、チャンバ圧力が制御される。その弁フラップは、典型的に、弁が閉位置にあるときはいつでも、弁ハウジングの縁部に着座するリングをその周辺に有している。このリングは、弁フラップが閉位置にあるときに封止を確実にするのに必要とされている。このリングは、所望のチャンバ圧力が達成されている僅かに開いた位置にそれがあるときに、摩擦を受ける。そのリングを越して流れるガス及びプラズマは、そのリング物質と反応し、それを劣化させ又は除去する。その結果として、弁は、そのリングの交換のために定期的に保守管理されねばならず、リアクタの保守管理コスト及びダウンタイムが相当なものになってしまう。

30

【0002】

[002]別の問題は、弁の最大流量容量とチャンバ圧力を正確に調整する能力との間にトレードオフがあることである。圧力を制御できる分解能は、おおよそ、弁直径に逆比例している。何故ならば、弁フラップの回転角度の制御は、そのフラップを回転させるのに使用されるモーター又はサーボに依存して、最小角度変位に制限されるからである。この最小角度変位又は分解能は、1度よりも小さくできる。非常に小さな直径の弁フラップ及び開口の場合には、この分解能により、チャンバ圧力を非常に正確に又は微細に制御することができる。しかしながら、より大きな直径の弁フラップ又は開口の場合には、フラップを最小角度変位に亘って移動させると、チャンバ圧力が比較的に大きく変化させられてしまい、チャンバ圧力の微細な制御ができなくなってしまう。このような問題は、より小さな直径の弁フラップ及び開口を使用することによって克服することができる。しかしなが

40

50

ら、このような解決方法では、チャンバを排気又は清浄できる割合が制限されてしまう。例えば、清浄ガス及び副生物の高速「ダンプ」による NF_3 ガスでもチャンバの清浄は、小さな直径の弁では可能ではない。

【0003】

[003]非常に高い最大流量（最大開口サイズ）を有するが、その大きな最大開口サイズにも関わらず、非常に小さな弁と同様に正確にチャンバ圧力を制御でき、且つOリングの定期的交換を必要としないような圧力制御弁が必要とされている。

【発明の概要】

【0004】

[004]高い最大ガス流量を有し且つガス流量の微細な制御を行える弁システムは、ガス流路を通してのガスの流れを阻止するための弁ハウジングと、第1の弧状側壁部を有する前記ハウジングを通しての大面积開口及び第2の弧状側壁部を有する前記ハウジングを通しての小面積開口と、前記大面积及び小面積開口の各々において、前記第1及び第2の弧状側壁部と各々一致し且つ各々第1及び第2の弁ギャップを間に画成する弧状縁部を有する個々の大面积及び小面積回転弁フラップとを含む。上記第1及び第2の弁ギャップは、前記弁ハウジングを通してのガスの伝導度を、所定の最小ガス流限界に対する所定の圧力限界までに制限し、それにより、Oリングの必要をなくするに十分なほど小さい。

【発明の詳細な説明】

【0005】

[0013]図1A及び図1Bを参照するに、プラズマリアクタ10は、真空チャンバ16を包囲する天井部12及び側壁部14を有しており、真空チャンバ16の内側には、処理すべきシリコンウエハを保持するためのウエハ支持ペダスタル18が設けられている。処理ガス供給源11は、ガス注入装置13を通してチャンバ16内へ処理ガス又は処理ガス混合体を供給する。プラズマバイアス電力は、高周波バイアス電力発生器15からインピーダンス整合回路17を通してウエハペダスタル18へ印加される。プラズマソース電力は、高周波ソース電力発生器19からインピーダンス整合回路21を通してソース電力アプリアケータ23（例えば、アンテナ又は電極であってよく、天井部12又はペダスタル18に配設することができる）へ印加される。側壁部14とペダスタル18との間に、排気アニユラス20が画成される。この排気アニユラス20と外部真空ポンプ24との間に排気導管22が結合される。

【0006】

[0014]排気導管22の内部表面は、この排気導管22の直径に亘って延長する弁ハウジング28を支持する肩部26を有する。弁ハウジング28は、1対のタンデム蝶形弁、即ち、大きな高容積弁30及び小さな微細制御弁32を支持している。高容積弁30は、弁ハウジング28を貫通する円形開口34及び回転弁フラップ36からなる。弁フラップ36は、球体の平板状部分であり、従って、弧状縁部を有している。弁ハウジング28を貫通する開口34の縁部40は、弁フラップの弧状縁部のそれと整合する同様の弧状形状を有している。フラップ36が閉位置（即ち、弁ハウジング28の平面と平行）にあるとき、それら弧状縁部38、40は、厚さTを有する弧状ギャップを画成する。この弧状ギャップの半径は、その弁の内部側から外部側まで（即ち、チャンバ16からポンプ24まで）その弧状ギャップを通して直線路がないようにするに十分なほど小さい。こうすることにより、その弧状ギャップを通して逃げるガスの割合を制限することができる。好ましくは、この弧状ギャップの厚さTは、所定の圧力範囲内においてチャンバ16におけるガス又はプラズマの平均自由衝突パスより小さい。この圧力範囲は、1つの実施形態では、2ミリトールから200ミリトールまでである。換言すると、この実施形態におけるギャップ厚さは、200ミリトールまでのチャンバ圧力に対する平均自由衝突パスより十分に小さい。このギャップ厚さTは、意図するチャンバ圧力動作範囲に依存して、例えば、約0.010インチと0.030インチとの間であってよく、又はそれより低くてよい。チャンバ圧力の粗い制御は、弁開口サイズd（図1B）を決定する高容積弁フラップ36の回転位置を制御することによって得られる。このような小さなギャップで且つそのギャップ

10

20

30

40

50

を通ずる円形路である場合には、処理ガス又はプラズマ生成物はそのギャップを通して逃げる割合は、低い。このような特徴により、そのギャップを封止するためのリングの必要性がなくなり、相当の効果が得られる。

【 0 0 0 7 】

[0015]高容積弁 3 0 の伝導度は、弁フラップ 3 6 の角度又は回転位置に単調的に関連付けられる（0 度（閉じた）から 9 0 度（広く開いた）までの角度位置範囲について）弁開口サイズ d によって決定される。この伝導度及びガス流量により、チャンバ圧力が決定され、従って、チャンバは、弁フラップ 3 6 の回転により弁開口サイズ d を制御することにより、調整される。

【 0 0 0 8 】

[0016]微細制御弁 3 2 は、弁ハウジング 2 8 を貫通する円形開口 4 4 及び回転弁フラップ 4 6 からなる。弁フラップ 4 6 は、球体の平板状部分であり、従って、弧状縁部 4 8 を有する。弁ハウジング 2 8 を貫通する開口 4 4 の縁部 5 0 は、弁フラップの弧状縁部 4 8 のそれと整合する同様の弧状形状を有する。フラップ 4 6 が閉位置（即ち、弁ハウジング 2 8 の平面と平行）にあるとき、それら弧状縁部 4 8、5 0 は、厚さ t を有する弧状ギャップ 5 1 を画成する。この弧状ギャップ 5 1 の半径は、その弁の内部側から外部側まで（即ち、チャンバ 1 6 からポンプ 2 4 まで）その弧状ギャップ 5 1 を通して直線路がないように十分に小さい。こうすることにより、その弧状ギャップ 5 1 を通して逃げるガスの割合を制限することができる。

【 0 0 0 9 】

[0017]ギャップ 5 1 を通してガスが逃げるのを阻止する別の特徴によれば、そのギャップ厚さ t は、所定の圧力範囲内でチャンバ 1 6 におけるガス又はプラズマの平均自由衝突パスより小さい。この圧力範囲は、1 つの実施形態では、2 ミリメートルから 2 0 0 ミリメートルである。換言するならば、この実施形態におけるギャップ厚さ t は、2 0 0 ミリメートルまでのチャンバ圧力に対して平均自由衝突パスよりも小さくなるように十分に小さい。このギャップ厚さは、例えば、約 0 . 0 1 0 インチから 0 . 0 3 0 インチである。チャンバ圧力の微細制御は、弁開口サイズを決定するフラップ 4 6 の回転位置を制御することにより得られる。このような小さなギャップで且つそのギャップを通ずる円形路である場合には、処理ガス又はプラズマ生成物はそのギャップを通して逃げる割合は、低い。このような特徴により、そのギャップを封止するためのリングの必要性はなくなり、相当の効果が得られる。

【 0 0 1 0 】

[0018]弁 3 2 の伝導度は、弁フラップ 4 6 の角度又は回転位置に単調的に関連付けられる（0 度（閉じた）から 9 0 度（広く開いた）までの角度位置範囲について）弁開口サイズによって決定される。各タンデム弁 3 0、3 2 の個々の伝導度の並列和及びガス流量により、チャンバ圧力が決定され、従って、チャンバ圧力は、弁フラップ 3 6 及び 4 6 の回転により各弁 3 0、3 2 の弁開口サイズを制御することにより、調整される。高容積弁 3 0 の効果は、その高容積弁 3 0 のフラップ 3 6 をその全開放角度位置（即ち、弁ハウジング 2 8 の平面に対して垂直）まで回転することにより、非常に大きなチャンバ排気割合を達成することができるということである。この高容積弁の直径は、例えば、NF₃ の如き清浄ガスを使用する又は膜堆積中に堆積ガスを使用するチャンバ清浄動作中に必要とされる大きなチャンバ排気割合を得るために、非常に大きく（例えば、9 インチ）することができる。しかしながら、高容積弁は、チャンバ圧力の所望の圧力値に対する調整を最大限に正確に行えるものではない。何故ならば、そのフラップ 3 6 の小さな角度の回転でも、チャンバ圧力が大きく変化してしまうからである。正確な制御は、開口直径を 1 インチ（例えば）程にも小さくできる微細制御弁 3 2 によって与えられる。この微細制御弁 3 2 の場合には、そのフラップ 4 6 の小さな角度の回転により、チャンバ圧力の比較的になんか小さな変化をもたらすことができ、チャンバ圧力の小さな正確な調整を行うことができるようになる。その上、この微細制御弁フラップ 4 6 は、その直径が小さいため、慣性モーメントが比較的になんか小さく、これにより、適度なトルク容量のモーターにより、チャンバ圧力の非

10

20

30

40

50

常に急速な修正又は変更を行うことが可能となり、弁32の微細制御能力を高めることができる。

【0011】

[0019]動作において、高容積弁30は、微細制御弁32が補償できる範囲内に入る十分に小さな差だけ所望のチャンバ圧力よりも高いチャンバ圧力を確立する回転位置（又は開口サイズd）に設定される。それから、チャンバ圧力は、そのチャンバ圧力が所望の値まで減少されるまで微細制御弁32を開くことにより、所望の圧力の厳密な値へと正確に調整される。微細制御弁32は、このような小さな開口を有するので、この微細制御弁フラップ46の回転移動により、チャンバ圧力の非常に小さな変化をもたらすことができ、チャンバ圧力の正確な調整を行うことができる。

10

【0012】

[0020]図2は、チャンバ16に面した弁フラップ36の一方の表面（「プラズマ」側面）が滑らかな連続表面であることを示している。図3の斜視図は、弁フラップ36の反対側の側部が、弧状縁部38を画成し且つ平らな上部表面62から軸方向に延長している周辺スカート60によって取り囲まれている中空空間を部分的に包囲していることを示している。フラップの中心を通してスカート60の対向側部の間に延長している放射状ストラット64により、剛性が与えられている。軸又はシャフト66は、その直径を部分的に横切って延長し且つスカート60の一方の側部を通して延びている。このシャフト66は、放射状ストラット64のうちの一つの上においてそこに固定されている。このシャフト66に整列したピン61は、スカート60の反対の側部から外側へ放射状に延びている。図4の断面図を参照するに、上部リング70は、ハウジング28の上部半分における中空アニュラス72に入れ子とされている。この上部リング70は、弧状縁部40の上部半部分を形成しており、一方、ハウジング28は、弧状縁部40の残りの半部分を形成している。弁ハウジング28に形成された半円筒状シャフト孔28a及び上部リング70における整合する半円筒状シャフト孔28bは、上部リング70が所定位置にボルト止めされる時、シャフト66を包囲する円筒状シャフト孔27を形成する。半円筒状シャフトスリーブ71は、上部リング70を越えて延長するシャフト66の部分の上にある。同様に、弁ハウジング28に形成された半円筒状ピン孔29a及び上部リング70における整合する半円筒状ピン孔29bは、上部リング70が所定位置にボルト止めされる時、シャフト66を包囲する円筒状ピン孔29を形成する。シャフト66及びピン61をそれぞれ取り囲む1対のテフロンスペーサー74a、74bは、弁開口34内にフラップ36の軸方向位置を維持する。ギャップ厚さtが約0.010インチから0.030インチまでの程度である場合には、各テフロンスペーサー74a、74bの厚さは、例えば、約0.010インチである。

20

30

【0013】

[0021]小さな微細制御弁32及びフラップ46は、より大きな粗制御弁30及びフラップ36より小さいがそれと同一な変形例であり、従って、図2、図3及び図4に例示したのと同じ構成を有した縮小サイズのものである。例えば、1つの実施形態においては、微細制御弁32の直径は、粗制御弁30の直径の約1/10である。

【0014】

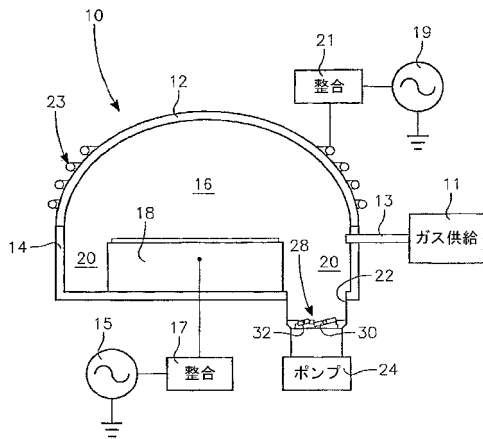
40

[0022]1つの任意的な特徴として、図5及び図6に例示されるように、弁開口34の弧状表面40に流れ増強スロット90を形成することにより、高容積弁30の伝導度を増大させることがある。これらスロット90は、半径方向スロット深さsを有するような弧状であってよく、この半径方向スロット深さsは、弁ハウジング28の表面で最大深さであり、ハウジング28の表面より下のある深さpで零となり、ハウジングの表面より下の深さにつれて減少していくようなものである。このスロット深さsは、ハウジング28の表面より下の選択された距離pのところまで零（そのスロット90がなくなる）となる。ハウジング28の反対側の面から延長し、スロット90と同じようにして反対方向において先細りとされた同様のスロット91を設けることができる。これら上方及び下方スロット90、91は、整列しており、同じ深さpを有することができる。それらの共通のスロット

50

孔、29 a ...半円筒状ピン孔、29 b ...半円筒状ピン孔、30 ...大きな高容積弁、32 ...
 小さな微細制御弁、34 ...円形開口、36 ...回転弁フラップ、38 ...弧状縁部、40 ...弧
 状縁部、40 a ...表面領域、44 ...円形開口、46 ...回転弁フラップ、48 ...弧状縁部、
 50 ...弧状縁部、51 ...弧状ギャップ、60 ...周辺スカート、61 ...ピン、62 ...上部表
 面、64 ...放射状ストラット、66 ...シャフト、70 ...上部リング、71 ...半円筒状シャ
 フトスリーブ、72 ...中空アニユラス、74 a ...テフロンスペーサー、74 b ...テフロン
 スペーサー、90 ...流れ増強スロット、91 ...スロット、93 ...高速度正結合モーター、
 95 ...高速度正結合モーター、97 ...フィードバック制御システム、98 ...圧力センサ

【図1A】



【図1B】

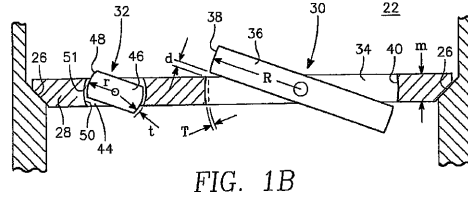


FIG. 1B

【図2】

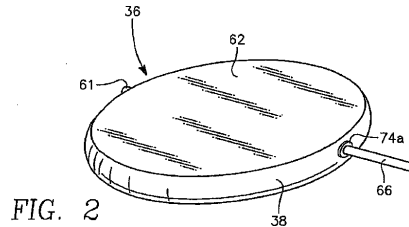


FIG. 2

【図3】

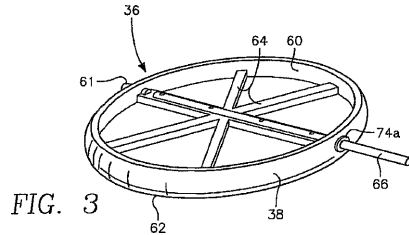


FIG. 3

【 図 4 】

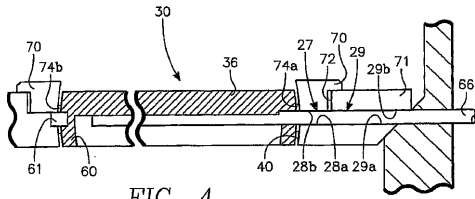


FIG. 4

【 図 5 】

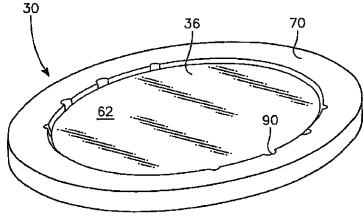


FIG. 5

【 図 6 】

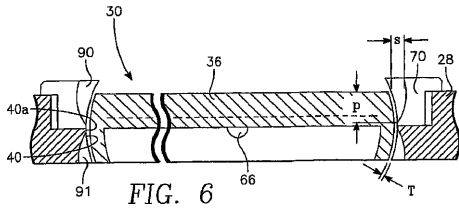
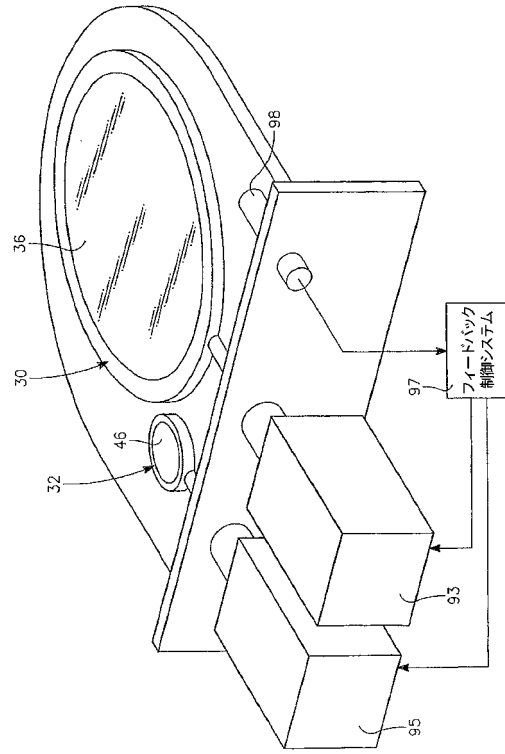


FIG. 6

【 図 7 】



フロントページの続き

(72)発明者 ハナワ ヒロジ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サニーヴェール, スプルース ドライブ 696

審査官 関根 崇

(56)参考文献 特開平08-064578(JP,A)

特開平10-132141(JP,A)

特開2000-018396(JP,A)

特開平03-148117(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065

H01L 21/205

H05H 1/46

C23C 16/44

F16K 51/02

F16K 1/22