

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-194495

(P2019-194495A)

(43) 公開日 令和1年11月7日(2019.11.7)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 J 15/06 (2006.01)	F 1 6 J 15/06 A	3 J 0 4 0
H 0 1 L 21/683 (2006.01)	H 0 1 L 21/68 N	5 F 1 3 1

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 62 頁)

(21) 出願番号	特願2019-87167 (P2019-87167)	(71) 出願人	390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア 95054, サンタ クララ, パウアーズ アヴェニュー 3050
(22) 出願日	令和1年5月2日 (2019.5.2)	(74) 代理人	100101502 弁理士 安齋 嘉章
(31) 優先権主張番号	15/969,664	(72) 発明者	ビジャイ ディー パルキー アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95135 サンノゼ ブーケット パーク レーン 4054
(32) 優先日	平成30年5月2日 (2018.5.2)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

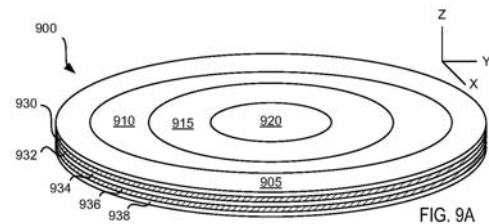
(54) 【発明の名称】 基板支持アセンブリ用の多領域ガasket

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 基板処理中の温度変動を抑制可能な基板支持アセンブリに用いるガasketを提供する。

【解決手段】 基板支持アセンブリ用のガasket 900 は、表面を有する上面と、共に上面の表面を画定する複数の領域とを有し得る。複数の領域は少なくとも、a) 第1ガasket層スタックを備える第1領域905であって、第1方向に第1平均熱伝導率を有している第1領域と、b) 1つ以上のガasket層を備える第2領域910であって、第1方向に第2平均熱伝導率を有している第2領域とを含む。

【選択図】 図9A



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ガスケットであって、

表面を有する上面と、

共に上面の表面を画定する複数の領域であって、

第 1 ガスケット層スタックを備える第 1 領域であって、第 1 方向に第 1 平均熱伝導率を有している第 1 領域と、

1 つ以上のガスケット層を備える第 2 領域であって、第 1 方向に第 2 平均熱伝導率を有している第 2 領域と

を含む複数の領域とを備えるガスケット。

10

【請求項 2】

第 1 ガスケット層スタックは第 1 個数のガスケット層を備え、

第 2 領域における 1 つ以上のガスケット層は、第 1 個数のガスケット層とは異なる第 2 個数のガスケット層を備える、請求項 1 に記載のガスケット。

【請求項 3】

第 1 ガスケット層スタック内の少なくとも 1 つのガスケット層は、第 2 領域内の 1 つ以上のガスケット層には存在しない第 1 材料を含む、請求項 1 に記載のガスケット。

【請求項 4】

複数の領域はさらに、第 1 方向に第 3 平均熱伝導率を有する第 3 領域、又は第 1 方向に第 4 平均熱伝導率を有する第 4 領域のうちの少なくとも一方を含む、請求項 1 に記載のガスケット。

20

【請求項 5】

ガスケットは約 0.2 ～ 2.0 mm の厚さを有し、第 1 ガスケット層スタックは、約 0.2 ～ 2.0 mm の厚さを有する、請求項 1 に記載のガスケット。

【請求項 6】

第 1 方向が表面と直交する、請求項 1 に記載のガスケット。

【請求項 7】

第 1 ガスケット層スタックの上部ガスケット層又は底部ガスケット層のうちの少なくとも一方がグラフォイルを含む、請求項 1 に記載のガスケット。

【請求項 8】

第 1 ガスケット層スタックの 1 つ以上の中間ガスケット層は、金属、ポリイミド、シリコン、ゴム、又はフルオロポリマーのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 7 に記載のガスケット。

30

【請求項 9】

第 2 領域が、グラフォイルを含む単一のガスケット層を備える、請求項 1 に記載のガスケット。

【請求項 10】

基板支持アセンブリであって、

複数の加熱領域を含むバックであって、複数の加熱領域の各々は、一つ以上の加熱素子を備えているバックと、

40

ガスケットであって、ガスケットの上面はバックと接触し、ガスケットは、複数の加熱領域とはほぼ一直線に並ぶ複数の領域を含み、複数の領域は、

第 1 ガスケット層スタックを備える第 1 領域であって、第 1 方向に第 1 平均熱伝導率を有している第 1 領域と、

1 つ以上のガスケット層を備える第 2 領域であって、第 1 方向に第 2 平均熱伝導率を有している第 2 領域と、

冷却プレートであって、ガスケットの底面は冷却プレートと接触している冷却プレートとを備えているガスケットとを備える基板支持アセンブリ。

【請求項 11】

ガスケットはバックと冷却プレートとの間で圧縮され、第 1 方向は上面と直交し、ガス

50

ケットは、約 0.2 ～ 2.0 mm の厚さを有する、請求項 10 に記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 12】

複数の加熱領域の各々の 1 つ以上の加熱素子は定格電力を有し、

第 1 平均熱伝導率によって、複数の加熱領域のうちの第 1 加熱領域の 1 つ以上の加熱素子は、支持している基板を目標温度に維持するようになりながらも、定格電力の 20 ～ 80 % の範囲内に留まっており、

第 2 平均熱伝導率によって、複数の加熱領域のうちの第 2 加熱領域の 1 つ以上の加熱素子は、目標温度又は代替目標温度を維持するようになりながらも、定格電力の 20 ～ 80 % の範囲内に留まっている、請求項 10 に記載の基板支持アセンブリ。

10

【請求項 13】

第 1 ガasket 層スタックは第 1 個数のガasket 層を含み、

第 2 領域における 1 つ以上のガasket 層は、第 1 個数のガasket 層とは異なる第 2 個数のガasket 層を含む、請求項 10 に記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 14】

第 1 ガasket 層スタックの上部ガasket 層又は底部ガasket 層のうちの少なくとも一方はグラフォイルを含み、第 1 方向と直交する第 2 方向において約 100 ～ 1200 ワット毎メートルケルビンの熱伝導率を有する、請求項 10 に記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 15】

20

第 1 ガasket 層スタックの 1 つ以上の中間ガasket 層は、金属、ポリイミド、シリコーン、ゴム、又はフルオロポリマーのうちの少なくとも 1 つを含む、請求項 10 に記載の基板支持アセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本開示のいくつかの実施形態は、概して、複数の熱伝導率分布曲線を有する多領域ガasket に関し、より詳細には、そのような多領域ガasket を備える基板支持アセンブリに関する。

【背景】

【0002】

静電チャックなどの基板支持アセンブリは広く使用されており、様々な用途の処理チャンバ内で基板（例えば半導体ウェハなど）を基板処理中に保持している。処理の例には、物理気相堆積、エッチング、化学気相堆積、原子層堆積、クリーニングなどがある。

【0003】

40

集積回路の製造に使用される様々な処理では、基板処理のために高温及び／又は広い温度範囲が要求される場合がある。しかしながら、エッチング処理における基板支持アセンブリが動作するのは、通常、最高約 120℃ までの温度範囲でしかない。約 120℃ を超える温度では、多くの静電チャックの構成要素は様々な問題のために故障するようになる。その問題とは、例えばデチャッキング、腐食性化学物質によるプラズマ浸食、接合信頼性といった問題である。

【0004】

基板支持アセンブリは、最適な電力設定を有する加熱素子を備え得る。しかしながら、基板支持アセンブリ内の加熱素子は、最適な電力設定の範囲外で動作する場合があります、このことが、処理中の温度変動の一因になり得る。

【概要】

50

【0005】

一実施形態では、多領域ガスケットは、表面を有する上面を備える。ガスケットは、共に上面の表面を画定する複数の領域を含む。複数の領域は、第1ガスケット層スタックを備える第1領域を含み、第1領域は、第1方向に第1平均熱伝導率を有する。複数の領域は、1つ以上のガスケット層を備える第2領域をさらに含み、第2領域は第1方向に第2平均熱伝導率を有する。

【0006】

一実施形態では、基板支持アセンブリは、セラミックプレートと、冷却プレートと、セラミックプレートと冷却プレートとの間の多領域ガスケットとを備える。セラミックプレートは複数の加熱領域を含んで、複数の加熱領域の各々は、1つ以上の加熱素子を備える。ガスケットの上面はセラミックプレートと接触し、ガスケットの底面は冷却プレートと接触する。ガスケットは、複数の加熱領域とほぼ一直線に並ぶ複数の領域を含む。ガスケット内の複数の領域は、第1ガスケット層スタックを備える第1領域と、1つ以上のガスケット層を備える第2領域とを含む。第1領域は、第1方向に第1平均熱伝導率を有し、第2領域は、第1方向に第2平均熱伝導率を有する。

【0007】

一実施形態では、基板支持アセンブリは、静電バックと、静電バックに連結された冷却プレートと、静電バックと冷却プレートとの間で圧縮されているガスケットとを備える。静電バックは、1つ以上の加熱素子及び1つ以上の電極を備えて基板を静電的に固定する電気絶縁性の上部バックプレートと、上部バックプレートに第1金属接合によって接合されている下部バックプレートと、下部バックプレートに第2金属接合によって接合されている電気絶縁性バックングプレートとを備える。ガスケットは複数の領域を含み、複数の領域のうちの第1領域は第1ガスケット層スタックを備えて、第1方向に第1平均熱伝導率を有し、複数の領域のうちの第2領域は1つ以上のガスケット層を備えて、第1方向に第2平均熱伝導率を有する。

【図面の簡単な説明】

【0008】

本開示の実施形態は、添付図面の図の中で、限定としてではなく、例として示されており、これらの図面において、同様の参照符号は同様の要素を示している。この開示における「一」又は「1つの」実施形態への種々の参照は、必ずしも同じ実施形態への参照ではなく、そのような参照は、少なくとも1つを意味することに留意すべきである。

【図1】処理チャンバの一実施形態の側断面図を示す。

【図2】基板支持アセンブリの一実施形態の分解図を示す。

【図3】静電バックアセンブリの一実施形態の平断面図を示す。

【図4A】基板支持アセンブリの一実施形態の側断面図を示す。

【図4B】静電バックアセンブリの一実施形態の斜視図を示す。

【図5A】一実施形態による静電バックアセンブリの側断面図を示す。

【図5B】図5Aの静電バックアセンブリに対応する静電バックアセンブリの一実施形態の斜視図を示す。

【図6A】一実施形態による静電バックアセンブリの側断面図を示す。

【図6B】図6Aの静電バックアセンブリに対応する静電バックアセンブリの一実施形態の斜視図を示す。

【図7】基板支持アセンブリを製造するための工程の一実施形態を示す。

【図8】基板支持アセンブリを製造するための別の工程の一実施形態を示す。

【図9A】多層多領域ガスケットの一実施形態の斜視図を示す。

【図9B】図9Aの多層多領域ガスケットの側断面図を示す。

【図10】多層多領域ガスケットの別の実施形態の斜視図を示す。

【実施形態の詳細な説明】

【0009】

本開示の実施形態は、基板支持アセンブリと、基板支持アセンブリに損傷を与えること

なく、約 250℃の温度まで動作可能な静電バックアセンブリを提供する。諸実施形態はまた、複数の種々の熱伝導率分布曲線を含む多領域ガasketを提供する。多領域ガasketは、多層及び多領域ガasketであり得る。多層多領域ガasketの各領域は、その特定の領域に合わせて調整可能な種々の熱伝導率分布曲線を有してもよい。多層多領域ガasketは、本明細書に記載の基板支持アセンブリと共に使用してもよく、及び／又は他の用途に使用してもよい。

【0010】

一実施形態では、静電バックアセンブリは、金属接合によって下部バックプレートに接合された電気絶縁性上部バックプレートを備える。静電バックアセンブリは、別の金属接合によって下部バックプレートに接合されたバックリングプレートをさらに備える。金属接合は、アルミニウム接合、AlSi合金接合、又は他の金属接合であり得る。上部バックプレートは、1つ以上の加熱素子と1つ以上の電極とを備えて、基板を静電的に固定する。上部バックプレートは、他とは異なる複数の加熱領域に分割されてもよく、各々の加熱領域は他とは異なる目標温度に独立して加熱されてもよい。下部バックプレートは、下部バックプレートの中心から種々の距離において、下部バックプレートの底面に分配された複数の機構を備えてもよく、各機構には留め具が収容される。バックリングプレートは穴を備えおり、下部バックプレート内の機構へのアクセスはこの穴によって提供されてもよい。

10

【0011】

静電バックアセンブリは、基板支持アセンブリ内の構成要素であり、この基板支持アセンブリは、（例えば、留め具によって）静電バックアセンブリに連結された冷却プレートをさらに備える。各々の留め具にはほぼ等しい締付力を加えて、冷却プレートを静電バックアセンブリに連結する。このほぼ等しい締付力によって、冷却プレートと静電バックアセンブリとの間の均一な熱伝達が促進される。

20

【0012】

基板支持アセンブリは、静電バックアセンブリと冷却プレートとの間で圧縮された多層多領域ガasketを備えてもよい。ガasketは、静電バックアセンブリの上部バックプレート内の加熱領域の個数と同じ個数の領域を含んでもよい。ガasket内の各領域は、静電バックアセンブリ内の加熱領域のうちの1つとちょうど位置が一致してもよい。ガasketの種々の領域には、種々のガasket層スタックが備わってもよい。各ガasket層スタックは、1つの種類又は複数の異なる種類のガasket層を備えてもよく、このガasket層が合わさって、ガasketのその領域での熱伝導率が定まる。

30

【0013】

基板支持アセンブリが支持する基板に使用する1つ又は複数の処理に応じて、温度分布曲線が、種々の加熱領域によって異なる場合がある。例えば、処理ガスからのプラズマのために、種々の加熱領域が種々の温度にまで加熱する場合がある。本明細書に記載の実施形態では、加熱素子を停止させることなく処理のためのプラズマ電力を増加させることが可能である。その結果、処理においてより高電力のプラズマを使用できると共に、その間も当該加熱素子をなおも使用可能にしておき、このようにして、処理中の基板がより高いプラズマ出力に曝されている間も、その基板の熱制御が提供される。

40

【0014】

一例では、加熱領域の目標温度が120℃であって、プラズマのために、加熱領域内のどの加熱素子も作動させることなく、加熱領域が120℃に到達する場合がある。加熱素子を使用しない場合、その加熱領域内の温度は無制御に限定される。例えば、プラズマのために加熱領域の温度が120℃以上になる場合、その加熱領域内の加熱素子の電力を低減させて、温度を目標温度に戻すことはできない。しかし、高い熱伝導率の領域を有するガasketを使用して、加熱領域を冷却プレートに接続するのであれば、その場合には、冷却プレートが加熱領域の温度を下げる（例えば、50～90℃に下げる）ことができる。その後、加熱素子を処理中に作動させて、加熱領域の温度を目標の120℃にしてもよい。加熱素子はこの温度を得るために使用されるので、加熱素子の電力を、処理中に増減

50

させることが可能であり、この間も、加熱領域の温度は目標温度を維持するために変動する。

【0015】

諸実施形態では、多層多領域ガasketの各領域は、その領域に合わせて調整された熱伝導率を有するが、この時、ガasketが挿入されるチャンバ内で使用される1つ又は複数の処理が考慮されている。これにより、静電バックアセンブリの各加熱領域内の加熱素子が、最大ヒータ電力の約10%~90%のヒータ電力を維持することが可能になり得る。たとえば最大ヒータ電力が1000ワットの場合、最大ヒータ電力の10%~90%は100~900ワットになる。さらなる実施形態では、ガasketの効果により、加熱素子は最大ヒータ電力の約20%~80%、最大ヒータ電力の約30%~70%、又は最大ヒータ電力の約40%~60%のヒータ電力を維持してもよい。各領域のために独特に調整された熱伝導率を持つガasketを使用することによって、ヒータ電力を、各領域の最大ヒータ電力に対する目標割合に維持することが可能であり、これは領域にわたって種々の温度分布曲線及び／又はプラズマ分布曲線がある場合でも同様に可能である。

【0016】

静電バックアセンブリに関しては、上部バックプレートは、AlN又はAl₂O₃などの誘電体から構成されてもよい。下部バックプレートは、上部バックプレート用の材料（例えば、Al₂O₃又はAlN）の熱膨張率とほぼ一致する熱膨張率を有する材料から構成されてもよい。バッキングプレートは、上部バックプレートと同じ材料から構成されてもよい。バッキングプレートを使用しないと、上部バックプレートと下部バックプレートは湾曲したり、反ったりする。上部バックプレートと下部バックプレートとの間の接合によって生じる力がその原因になっている。例えば、上部バックプレートは、最大300ミクロンまでの凸状の湾曲を有してもよい。湾曲すると静電バックアセンブリに亀裂が生じる可能性があり、及び／又は静電バックアセンブリがウェハなどの基板をしっかりと保持する（たとえばチャックする）機能を損なう可能性がある。加えて、湾曲すると、上部バックプレートを下部バックプレートに固定する金属接合に層間剥離を引き起こす可能性があり、真空シールを形成する機能が低下する可能性がある。

【0017】

バッキングプレートを下部バックプレートの底部に接合することで、バッキングプレートの上部と下部にほぼ等しい力が加わるようになる。バッキングプレートの上部と下部にかかる力を均等にすることによって、上部バックプレート及び下部バックプレートを含む静電バックアセンブリ内の湾曲はほぼ解消され得る。例えば、静電バックアセンブリの湾曲は、約0.3mmから0.1mm未満に低減され得る（例えば、諸実施形態では、約0.05mmすなわち50ミクロン以下）。静電バックアセンブリの湾曲を低減することで、基板を固定するための静電バックアセンブリの機能を向上させることができ、亀裂の発生を低減又は無くすことができ、上部バックプレートと支持されている基板との間のシールを向上させることができ、静電バックアセンブリの真空シールを向上させることができる。一実施形態では、上部バックプレートにかかる力（内部応力）は約-98±7メガパスカル（MPa）であり、バッキングプレートにかかる力は約-136±5MPaであり、下部バックプレートの上面にかかる力は約80MPaであり、下部バックプレートの底面にかかる力は約54MPaである。正の値は圧縮力を表し、負の値は引張力を表す。

【0018】

図1は半導体処理チャンバ100の一実施形態の断面図である。この半導体処理チャンバ100は、その内部に配置された多層静電バックアセンブリ150及び多層多領域ガasket199を有している。処理チャンバ100は、内部容積106を囲むチャンバ本体102及び蓋104を備える。チャンバ本体102は、アルミニウム、ステンレス鋼、又は他の適切な材料から製造され得る。チャンバ本体102は、一般に、側壁108と底部110とを備える。チャンバ本体102を保護するために、外側ライナ116を側壁108に隣接して配置してもよい。外側ライナ116は、耐プラズマ又はハロゲン含有ガス性材料で製造及び／又は被覆されてもよい。一実施形態では、外側ライナ116は酸化アル

ミニウムで製造されている。他の実施形態では、外側ライナ 116 は、イットリア、イットリウム合金又はその酸化物で製造又は被覆されている。

【0019】

排気口 126 がチャンバ本体 102 内に画定されてもよく、内部容積 106 をポンプシステム 128 に接続してもよい。ポンプシステム 128 は、1 つ以上のポンプ及びスロットルバルブを備え、これを利用して、処理チャンバ 100 の内部容積 106 の圧力を排気し、調整する。

【0020】

蓋 104 は、チャンバ本体 102 の側壁 108 上に支持されてもよい。蓋 104 を解放して、処理チャンバ 100 の内部容積 106 へのアクセスを可能にしてもよく、また、閉じられている間には、処理チャンバ 100 のシールを提供してもよい。ガスパネル 158 を処理チャンバ 100 に接続して、蓋 104 の一部であるガス分配アセンブリ 130 を介して内部容積 106 に処理ガス及び／又はクリーニングガスを供給してもよい。処理チャンバ内で基板を処理するために使用することができる処理ガスの例には、とりわけ C_2F_6 、 SF_6 、 $SiCl_4$ 、 HBr 、 NF_3 、 CF_4 、 CHF_3 、 CH_2F_3 、 Cl_2 、 SiF_4 などのハロゲン含有ガス、及び他の O_2 又は N_2O などのガスがある。キャリアガスの例には、 N_2 、 He 、 Ar 、及び処理ガスに対して不活性な他のガス（例えば、非反応性ガス）がある。ガス分配アセンブリ 130 は、ガス分配アセンブリ 130 の下流面に複数の開口部 132 を有して、ガス流れを基板 144 の表面に向けてもよい。さらに、ガス分配アセンブリ 130 は中心穴を有し、この中心穴にセラミックガスノズルを通してガスを供給することができる。ガス分配アセンブリ 130 を、炭化ケイ素、酸化イットリウムなどのセラミック材料で製造及び／又は被覆して、ハロゲン含有化学物質に対する耐性を与え、ガス分配アセンブリ 130 が腐食することを防いでもよい。

【0021】

内側ライナ 118 を基板支持アセンブリ 148 の周囲に被覆してもよい。内側ライナ 118 は、外側ライナ 116 を参照して説明したものと同一ような耐ハロゲン含有ガス性材料とすることができる。一実施形態では、内側ライナ 118 は、外側ライナ 116 と同じ材料から製造することができる。

【0022】

基板支持アセンブリ 148 は、ガス分配アセンブリ 130 の下の処理チャンバ 100 の内部容積 106 内に配置されている。基板支持アセンブリ 148 は静電バックアセンブリ 150 を備える（静電バックアセンブリ 150 は、静電バック又は多層スタックとも呼ばれる）。静電バックアセンブリ 150 は、処理中に基板 144 を保持する。諸実施形態に記載されている静電バックアセンブリ 150 は、ジョンセン・ラーベック力型及び／又はクーロン力型静電チャックに使用され得る。

【0023】

静電バックアセンブリ 150 は、上部バックプレート 192、下部バックプレート 190、及びバックングプレート 196 を備える。上部バックプレート 192 は、第 1 金属接合によって下部バックプレート 190 に接合されてもよく、下部バックプレート 190 は、第 2 金属接合によってバックングプレート 196 に接合されてもよい。上部バックプレート 192 は、誘電体材料又は電気絶縁性材料であって、 $200^\circ C$ 以上の温度で半導体処理に使用できる材料であってもよい。一実施形態では、上部バックプレート 192 は、約 $20^\circ C$ ～ 約 $500^\circ C$ で使用可能な材料から成る。一実施形態では、上部バックプレート 192 は、 AlN 又は Al_2O_3 である。

【0024】

下部バックプレート 190 は、上部バックプレート 192 及び／又はバックングプレート 196 の熱膨張率と一致する（又はほぼ一致する）熱膨張率を有してもよい。一実施形態では、下部バックプレート 190 は、 $AlSi$ 合金を含浸させた SiC 多孔質体（ $AlSiSiC$ と呼ばれる）である。 $AlSiSiC$ 材料は、例えば、反応性エッチング環境において使用され得る。他の実施形態では、下部バックプレート 190 は、 Si 、 SiC

及びTiの金属マトリックス複合材料(SiSiCTi)である。あるいは、下部バックプレート190はモリブデンであってもよい。AlNは、約4.5~5ppm/°Cの熱膨張率(ppm/°C)を有し得る。AlSiSiCは、約5ppm/°Cの熱膨張率を有し得る。モリブデンは、約5.5ppm/°Cの熱膨張率を有し得る。したがって、一実施形態では、上部バックプレート192及びバックングプレート196はAlNであり、下部バックプレート190はモリブデン又はAlSiSiCである。SiSiCTiの金属マトリックス複合材料は、約8ppm/°Cの熱膨張率を有し得る。Al₂O₃は、約8ppm/°Cの熱膨張率を有し得る。したがって、Al₂O₃製上部バックプレート、SiSiCTi製下部バックプレート、及びAl₂O₃製バックングプレートを有する一実施形態では、下部バックプレート190、上部バックプレート192、及びバックングプレート196の熱膨張率は、すべて約8ppm/°Cであり得る。

10

【0025】

一実施形態では、上部バックプレート192は保護層136で被覆されており、この保護層136は耐プラズマ性セラミックコーティングであってもよい。保護層136は、上部バックプレート192の垂直壁、上部バックプレート192と下部バックプレート190との間の金属接合部、バックングプレート196、及び/又は下部バックプレート192とバックングプレート196との間の金属接合部のコーティングであってもよい。保護層136は、バルクセラミック(例えば、セラミックウェハ)、プラズマ溶射コーティング、イオンアシスト堆積(IAD)によって堆積されたコーティング、又は他の堆積技術を用いて堆積されたコーティングであってもよい。保護層136は、Y₂O₃(イットリア、すなわち酸化イットリウム)、Y₄Al₂O₉(YAM)、Al₂O₃(アルミナ)、Y₃Al₅O₁₂(YAG)、YAlO₃(YAP)、石英、SiC(炭化ケイ素)、Si₃N₄(窒化ケイ素)、Sialon、AlN(窒化アルミニウム)、AlON(酸窒化アルミニウム)、TiO₂(チタニア)、ZrO₂(ジルコニア)、TiC(炭化チタン)、ZrC(炭化ジルコニウム)、TiN(窒化チタン)、TiCN(炭窒化チタン)、Y₂O₃安定化ZrO₂(YSZ)等であってもよい。保護層はセラミック複合材料(例えば、Al₂O₃マトリックス中に分散されたY₃Al₅O₁₂)、Y₂O₃-ZrO₂固溶体又はSiC-Si₃N₄固溶体であってもよい。保護層は、固溶体を含有する酸化イットリウム(イットリア及びY₂O₃としても知られる)を含むセラミック複合材料であってもよい。例えば、保護層は、化合物Y₄Al₂O₉(YAM)及び固溶体Y₂-_xZr_xO₃(Y₂O₃-ZrO₂固溶体)から成るセラミック複合材料であってもよい。なお、固溶体を含有する酸化イットリウムのみならず、純粋な酸化イットリウムにもZrO₂、Al₂O₃、SiO₂、B₂O₃、Er₂O₃、Nd₂O₃、Nb₂O₅、CeO₂、Sm₂O₃、Yb₂O₃又はその他の酸化物の中から1つ以上が添加されてもよい。また、ZrO₂、Al₂O₃、SiO₂、B₂O₃、Er₂O₃、Nd₂O₃、Nb₂O₅、CeO₂、Sm₂O₃、Yb₂O₃又はその他の酸化物の中から1つ以上が添加された窒化アルミニウムのみならず、純粋な窒化アルミニウムも使用することができる。あるいは、保護層は、サファイア又はMgAlONであってもよい。

20

30

【0026】

基板支持アセンブリ148はさらに冷却プレート164を備えており、この冷却プレート164はバックングプレート196に連結されている。冷却プレート164は、ヒートシンクとして機能することができる熱伝導性ベースである。一実施形態では、冷却プレート164は、複数の留め具によって静電バックアセンブリ150に連結されている。

40

【0027】

基板支持アセンブリ148は、静電バックアセンブリ150と冷却プレート164との間に多層多領域ガasket199をさらに備える。静電バックアセンブリ150は、複数の種々の加熱領域を含み得る。ガasket199もまた、複数の領域を含み得る。ここで、ガasket199内の各領域は、静電バックアセンブリ150内の対応する加熱領域と一直線に並んで(又はほぼ一直線に並んで)もよい。ガasket199内の各領域は、その領域に合わせて調整された熱伝導率を有してもよい。これには、ガasketによって画

50

定された $x-y$ 平面において調整された熱伝導率及び／又は $x-y$ 平面に直交する z 方向において調整された熱伝導率が含まれ得る。

【0028】

一実施形態では、基板支持アセンブリ 148 はさらに、取付プレート 162 及び台座 152 を備える。取付プレート 162 は、チャンバ本体 102 の底部 110 に連結されており、ユーティリティ（例えば、流体、電力線、センサリード線など）を冷却プレート 164 及び静電バックアセンブリ 150 に送るための導経路を含む。冷却プレート 164 及び／又は静電バックアセンブリ 150 は、1 つ以上の任意選択の埋め込み加熱素子 176、任意選択の埋め込み熱絶縁体 174 及び／又は任意選択の導管 168、170 を備えて、基板支持アセンブリ 148 の横方向の温度分布曲線を調節する。

10

【0029】

導管 168、170 は、流体源 172 に流体的に接続されて、この流体源 172 は導管 168、170 を介して温度調節流体を循環させ得る。一実施形態では、埋め込み熱絶縁体 174 を導管 168、170 の間に配置することができる。埋め込み加熱素子 176 はヒータ電源 178 によって調整される。導管 168、170 及び埋め込み加熱素子 176 を利用して静電バックアセンブリ 150 の温度を制御することができ、それによって、静電バックアセンブリ 150 及び処理中の基板 144（例えば、ウェハ）を加熱及び／又は冷却する。

【0030】

一実施形態では、静電バックアセンブリ 150 は、他とは異なる温度を維持することができる 2 つの別々の加熱領域を含む。他の実施形態では、静電バックアセンブリ 150 は、他とは異なる温度を維持することができる 4 つの異なる加熱領域を含む。加熱領域には他の個数もまた使用され得る。静電バックアセンブリ 150 及び冷却プレート 164 の温度は、1 つ以上の温度センサ 138 を使用して監視することができ、この温度センサ 138 は、コントローラ 195 を用いて監視することができる。諸実施形態では、静電バックアセンブリ 150 の温度を約 250℃ までに維持することが可能であり、他方、冷却ベースの温度は約 60℃ に維持されている。したがって、諸実施形態では、静電バックアセンブリ 150 と冷却プレート 164 との間で最大約 190℃ の温度差を維持することが可能である。

20

【0031】

静電バックアセンブリ 150 は、溝、メサ及び他の表面機構などの複数のガス流路をさらに備えてもよく、それらは、上部バックプレート 192 の上面に形成されてもよい。ガス流路は、上部バックプレート 192 に穿設された穴を介して、He などの熱伝達ガス（又は裏面ガス）の供給源に流体的に接続されてもよい。動作中には、裏面ガスを制御された圧力でガス流路に供給して、上部バックプレート 192 と基板 144 との間の熱伝達を高めてもよい。

30

【0032】

一実施形態では、上部バックプレート 192 は、チャッキング電源 182 によって制御される少なくとも 1 つのクランプ電極 180 を備える。クランプ電極 180（チャッキング電極とも呼ばれる）をさらに、整合回路 188 を介して 1 つ以上の高周波電源 184、186 に接続して、処理チャンバ 100 内で処理ガス及び／又は他のガスから形成されたプラズマを維持してもよい。1 つ以上の高周波電源 184、186 は、一般に、約 50 kHz から約 3 GHz の周波数及び最大約 10,000 ワットの電力を有する高周波信号を生成することができる。一実施形態では、高周波信号は金属ベースに印加され、交流（AC）はヒータに印加され、直流（DC）はクランプ電極 180 に印加される。

40

【0033】

図 2 は、基板支持アセンブリ 148 の一実施形態の分解図を示す。ここには、静電バックアセンブリ 150、冷却プレート 164、多層多領域ガasket 199、台座 152 が含まれている。静電バックアセンブリ 150 は、上部バックプレート 192 の他に、下部バックプレート（図示せず）及びバックリングプレート（図示せず）も備える。図示のよう

50

に、いくつかの実施形態では、冷却プレート164の上面の周囲に沿って冷却プレート164上にリング240を配置してもよい。一実施形態では、リング240は冷却プレート164に加硫処理される。あるいは、リング240は、冷却プレート164に加硫処理されることなく、冷却プレート164の上面に配置されてもよい。

【0034】

ガスケット199は複数の領域を含んでもよく、各領域は様々な材料の複数のガスケット層から構成されてもよい。あるいは、いくつかの領域は単一のガスケット層を備えてもよい。ガスケット層を形成するために使用され得る材料の例には、グラフォイル、ポリイミド、フルオロポリマー（例えば、ペルフルオロポリマー（PFPP））、金属（例えば、アルミニウム箔、金箔、銅箔などの金属箔）、ゴム、シリコンなどがある。ガスケット299内の1つ以上の領域内のガスケット層に使用可能なPFPPの例には、DuPont（商標）のECCtreme（商標）、DuPontのKALREZ（登録商標）（例えば、KALREZ8900）、及びDaikin（登録商標）のDUPRA（商標）がある。ガスケット299内の1つ以上の領域内のガスケット層に使用することができるポリイミドの例には、Cirlex（登録商標）とKapton（登録商標）がある。ガスケット299の様々なガスケット層には、種々の種類のグラフォイルを使用することができる。グラフォイルは、 $x-y$ 平面において約100~1200ワット毎メートルケルビン（ $W/m \cdot K$ ）の熱伝導率（例えば、約140~800 $W/m \cdot K$ ）を有し得て、 z 方向（ $x-y$ 平面に直交する方向）には約5~150 $W/m \cdot K$ の熱伝導率を有し得る。 $x-y$ 平面内及び z 方向に目標熱伝導率を有するグラフォイルを選択することができる。

【0035】

一実施形態では、ガスケット199は、第1個数のガスケット層を有する第1ガスケット層スタックからなる第1領域と、第2個数のガスケット層を有する第2ガスケット層スタックからなる第2領域とを備える。ガスケット199はさらに、3つ以上の領域を含み得る。例えば、ガスケット199は、第3領域、第4領域、第5領域、第6領域などを備え得る。各領域は、特定方向（例えば、 z 方向）に他とは異なる平均熱伝導率を有する、調整されたガスケット層スタックを有してもよい。

【0036】

一実施形態では、第1ガスケット層スタック内の1つ以上のガスケット層は、第2ガスケット層スタックのどのガスケット層にも存在しない第1材料から構成されてもよい。一実施形態では、ガスケット199及び各ガスケット層スタックの厚さは、約0.2~2.0mmであり得る。一実施形態では、各ガスケット層スタックの上部層及び／又は底部層は、グラフォイルから構成される。一実施形態では、第1ガスケット層スタック及び第2ガスケット層スタック内の1つ以上の中間ガスケット層は、金属、ポリイミド、シリコン、ゴム、及び／又はフルオロポリマーを含む。一実施形態では、各ガスケット層は、約3ミルからガスケット199の厚さまでの厚さを有する。

【0037】

一実施形態では、リング240は、ペルフルオロポリマー（PFPP）製リングである。あるいは、ポリイミド製リングなどの他の種類の高温リングを使用してもよい。一実施形態では、断熱高温リングが使用される。リング240は、第1厚さの第1段と第2厚さの第2段とを有する段付きリングとしてもよい。これは、留め具を締め付けるために使用される力の量を、PFPP製リング240を一定量だけ圧縮した後に劇的に増加させることによって、留め具の均一な締め付けを容易にし得る。

【0038】

また更なるリング（図示せず）を、冷却プレート164の中心の穴280の周囲の冷却プレート上面に取り付けてもよい。なお、この中心の穴280にはケーブルが通っている。また、別の小さなリングを、冷却プレート164の他の開口部の周り及びリフトピンの周りなどに取り付けてもよい。リング240及び／又はガスケット199は、チャンバの内部容積と静電バックアセンブリ150内の内部容積との間に真空シールを提供する。静電バックアセンブリ150内の内部容積には、導管及び配線の経路を通すための、

台座 1 5 2 内の空き場所が含まれる。

【0039】

一実施形態では、冷却プレート 1 6 4 には更に多数の機構 2 4 2 が備わって、この機構を通して留め具が挿入される。ガスケットが使用される場合、ガスケットは各機構 2 4 2 の位置に切り欠き部を有してもよい。留め具は、各機構 2 4 2 を貫通して延び、留め具の更なる構成部分（又は更なる留め具）に結合してもよく、この更なる構成部分は、下部バックプレートに形成された更なる機構に挿入されている。例えば、ボルトは、冷却プレート 1 6 4 内の機構 2 4 2 を貫通して延び、下部バックプレートの機構内に配置されたナットにねじ込まれてもよい。冷却プレート 1 6 4 内の各機構 2 4 2 は、下部バックプレート内の同様の機構（図示せず）とちょうど位置が一致してもよい。

10

【0040】

上部バックプレート 1 9 2 は、環状の周縁部を有する円盤状の形状を有し、この環状の周縁部は、上に配置された基板の形状及びサイズと実質的に一致してもよい。上部バックプレート 1 9 2 の上面は、外側リング 2 1 6、複数のメサ 2 1 0、及びメサ 2 1 0 間のチャンネル 2 0 8、2 1 2 を有してもよい。上部バックプレート 1 9 2 はまた、段差 1 9 3 などの更なる機構を有してもよい。一実施形態では、上部バックプレート 1 9 2 は、電気絶縁性セラミック材料で製造されてもよい。セラミック材料の好適な例としては、窒化アルミニウム（A 1 N）、酸化アルミニウム（A 1₂O₃）などが挙げられる。

【0041】

静電バックアセンブリ 1 5 0 の下に取り付けられた冷却プレート 1 6 4 は、円盤状の主要部 2 2 4 と、主要部 2 2 4 から外向きに延びて台座 1 5 2 上に配置されている環状フランジを有してもよい。一実施形態では、冷却プレート 1 6 4 は、アルミニウム、ステンレス鋼などの金属、又は他の適切な材料で製造されてもよい。あるいは、冷却プレート 1 6 4 は、アルミニウム－シリコン合金を含浸させた S i C などの複合セラミック又はモリブデンで製造されて、静電バックアセンブリ 1 5 0 の熱膨張率と一致するようにしてもよい。冷却プレート 1 6 4 は、良好な強度及び耐久性を、良好な熱伝達特性と合わせて提供すべきである。

20

【0042】

図 3 は、静電バックアセンブリに使用される下部バックプレート 3 0 0 の一実施形態の平面図を示す。下部バックプレート 3 0 0 は、下部バックプレート 1 9 0、又は本明細書に記載の他のどの下部バックプレートにも相当し得る。図示のように、下部バックプレート 3 0 0 は半径 R 3 を有しており、この半径 R 3 は、静電バックアセンブリが支持することになる基板又はウェハの半径と実質的に同程度であり得る。下部バックプレート 3 0 0 はさらに、複数の機構 3 0 5 を備える。これらの機構は、下部バックプレート 3 0 0 を備える静電バックアセンブリが取り付けられている冷却プレートにおける同様の機構と組み合わせてもよい。各機構 3 0 5 は留め具を収容する。例えば、ボルト（例えば、ステンレス鋼のボルト、亜鉛メッキ鋼のボルトなど）を各機構に配置して、ボルトの頭は、その頭を収容するのに十分な大きさの穴の内側であって、ボルトの軸は、下部バックプレート 3 0 0 の下側から外へ出ていてもよい。ボルトは、冷却プレートの対応する機構に配置されているナットに締め付けられてもよい。あるいは、機構 3 0 5 は、ナットを収容できる大きさであってもよく、冷却プレートの対応する機構が収容するボルトの軸を通すことができる穴を備えてもよい。別の例では、ヘリカルインサート（例えば、H e l i - C o i l（登録商標））又は他のねじ込みインサート（例えば、圧入インサート、モールドインインサート、キャプティブナットなど）を 1 つ以上の当該機構に挿入して、ねじ穴を追加してもよい。続いて、冷却プレートの内側に配置されて、冷却プレートから突き出ているボルトをねじ込みインサートにねじ込み、冷却プレートをバックに固定してもよい。あるいは、ねじ込みインサートを冷却プレートに使用してもよい。

30

40

【0043】

機構 3 0 5 は、留め具のサイズと比較してわずかに大きくなっていて、留め具の熱膨張率がさらに大きくても適応可能であってもよい。一実施形態では、留め具の寸法を加減し

50

て、留め具が500又は600℃に加熱されたときも、留め具は機構に力を作用させない。

【0044】

図示されているように、複数組の機構305が下部バックプレート300に備わってもよい。各組の機構305は、下部バックプレートの中心から特定の半径、すなわち距離を置いて、等間隔に配置されてもよい。例えば、図示のように、第1組の機構305は半径R1に配置され、第2組の機構305は半径R2に配置されている。機構の組が追加されたら、半径も追加して配置してもよい。

【0045】

一実施形態では、これらの機構は、下部バックプレート300を含む静電バックアセンブリに均一な荷重をかけるように並べられている。一実施形態では、機構は、ボルトが約30～70平方センチメートルごと（例えば、50平方センチメートルごと）に配置されるように並べられている。一実施形態では、直径12インチの静電バックアセンブリに、3組の機構が使用されている。第1組の機構は、下部バックプレート300の中心から約4インチのところに配置されてもよく、約4つの機構を備える。第2組の機構は、下部バックプレート300の中心から約6インチのところに配置されてもよく、約6個の機構を備える。第3組の機構は、下部バックプレート300の中心から約8インチのところに配置されてもよく、約8つの機構を備える。あるいは、2組の機構を使用してもよい。一実施形態では、下部バックプレート300は、2～3種の種々の半径で組になって並べられた約8～24個の機構を備えて、各機構で留め具を収容する。

【0046】

図4Aは、基板支持アセンブリ405の一実施形態の側断面図を示す。基板支持アセンブリ405は静電バックアセンブリ410を備える。この静電バックアセンブリ410は、上部バックプレート415と、下部バックプレート420と、バックングプレート425から構成されており、これらは金属接合によって互いに接合され得る。一実施形態では、上部バックプレート415は、第1金属接合部450によって下部バックプレート420に接合されており、下部バックプレート420は、第2金属接合部455によってバックングプレート425に接合されている。一実施形態では、拡散接合が金属接合の方法として用いられる。しかしながら、他の接合方法もまた金属接合を生成するために使用され得る。

【0047】

上部バックプレート415は、AlN又はAl₂O₃などの電気絶縁性（誘電体）セラミックから成る。一実施形態では、バックングプレート425は、上部バックプレート415と同じ材料から成る。これにより、上部バックプレート415及びバックングプレート425によって下部バックプレート420には、ほぼ一致するが反対方向の力が作用し得る。ほぼ一致する力によって、上部バックプレート415の湾曲及び亀裂は最小限に抑えられるか、又は解消され得る。

【0048】

上部バックプレート415は、クランプ電極427と1つ以上の加熱素子429を備える。クランプ電極427は、チャッキング電源（図示せず）、並びに整合回路（図示せず）を介して高周波プラズマ電源（図示せず）及び高周波バイアス電源（図示せず）に接続され得る。加熱素子429は、上部バックプレート415を加熱するためのヒータ電源（図示せず）に電氣的に接続されている。

【0049】

上部バックプレート415は、約3～10mmの厚さを有し得る。一実施形態では、上部バックプレート415は、約3～5mmの厚さを有する。クランプ電極427は、上部バックプレート415の上面から約0.3～1mmに配置されてもよく、加熱素子429はクランプ電極427から約2mm下に配置されてもよい。加熱素子429は、約10～200ミクロンの厚さを有するスクリーン印刷された加熱素子であってもよい。あるいは、加熱素子429は、上部バックプレート415の厚さの約1～3mmを使用する抵抗コ

イルであってもよい。このような実施形態では、上部バックプレート 4 1 5 は、約 5 mm の最小厚さを有し得る。

【0050】

一実施形態では、バックアッププレート 4 2 5 の厚さは、上部バックプレート 4 1 5 の厚さとほぼ等しい。例えば、一実施形態では、上部バックプレート 4 1 5 及びバックアッププレート 4 2 5 は、約 3 ~ 5 mm の厚さをそれぞれ有し得る。一実施形態では、バックアッププレート 4 2 5 は、約 3 ~ 10 mm の厚さを有する。

【0051】

一実施形態では、下部バックプレート 4 2 0 の厚さは、上部バックプレート 4 1 5 及びバックアッププレート 4 2 5 の厚さ以上である。一実施形態では、下部バックプレート 4 2 0 は、約 8 ~ 25 mm の厚さを有する。一実施形態では、下部バックプレート 4 2 0 は、上部バックプレート 4 1 5 の厚さよりも約 30 % ~ 330 % 大きい厚さを有する。

【0052】

一実施形態では、下部バックプレート 4 2 0 に使用される材料を適切に選択することで、下部バックプレート 4 2 0 の材料の熱膨張率 (CTE) は、電気絶縁性上部バックプレート 4 1 5 材料の CTE と実質的に一致し得る。これは、CTE の不一致を最小限に抑えて、熱サイクル中に静電バックアセンブリ 4 1 0 を損傷させる可能性がある熱機械的応力を回避するためである。

【0053】

一実施形態では、下部バックプレート 4 2 0 はモリブデンである。例えば、静電バックアセンブリ 4 1 0 が不活性環境で使用される場合、モリブデンを下部バックプレート 4 2 0 に使用してもよい。不活性環境の例には、Ar、O₂、Nなどの不活性ガスが流入する環境がある。例えば、静電バックアセンブリ 4 1 0 で金属堆積のために基板をチャックするのであれば、モリブデンを使用してもよい。また、モリブデンを、腐食性環境における用途 (例えば、エッチング用途) のために下部バックプレート 4 2 0 に使用してもよい。このような実施形態では、下部バックプレート 4 2 0 の露出面は、下部バックプレート 4 2 0 が上部バックプレート 4 1 5 に接合された後に、耐プラズマ性コーティングで被覆されてもよい。プラズマコーティングは、プラズマ溶射法によって実施することができる。耐プラズマ性コーティングは、例えば、下部バックプレートの側壁及び下部バックプレート 4 2 0 の露出した水平段差を覆ってもよい。一実施形態では、耐プラズマ性コーティングは Al₂O₃ である。あるいは、耐プラズマ性コーティングは、上記の保護層 1 3 6 を参照して記載された材料のうちのいずれかでもよい。

【0054】

一実施形態では、導電性金属マトリックス複合材料 (MMC) 材料が下部バックプレート 4 2 0 に使用される。MMC 材料は、金属マトリックスと、マトリックス全体に埋め込まれ分散している強化材料とを含む。金属マトリックスは、単一の金属又は 2 つ以上の金属又は金属合金を含み得る。使用され得る金属には、アルミニウム (Al)、マグネシウム (Mg)、チタン (Ti)、コバルト (Co)、コバルト-ニッケル合金 (CoNi)、ニッケル (Ni)、クロム (Cr)、又はそれらの様々な組み合わせが含まれるが、これらに限定されない。強化材料は、MMC に所望の構造強度を提供するように選択されてもよく、また、MMC の他の特性に対して所望の特性値を提供するように選択されてもよい。その他の特性とは、例えば、熱伝導率及び CTE などである。使用可能な強化材料の例には、シリコン (Si)、炭素 (C)、炭化ケイ素 (SiC) があるが、他の材料もまた使用され得る。

【0055】

下部バックプレート 4 2 0 用の MMC 材料は、所望の電気伝導率を提供し、静電バックアセンブリ 4 1 0 の動作温度域にわたって上部バックプレート 4 1 5 の材料の CTE と実質的に一致するように選択されるのが好ましい。一実施形態では、温度域は、約 20 °C ~ 約 500 °C の範囲であり得る。一実施形態では、CTE を一致させることには、MMC 材料を選択することによって、MMC 材料が、上部バックプレート 4 1 5 の材料にも使用さ

れている材料を少なくとも1つ含むことが基本になっている。一実施形態では、上部バックプレート415はAlNを含む。一実施形態では、MMC材料は、AlSi合金を含浸させたSiC多孔質体（本明細書ではAlSiSiCと呼ぶ）を含む。

【0056】

MMCの構成材料及び組成割合は、所望の設計目的を満たす工学材料を提供するように選択され得る。例えば、下部バックプレート420及び上部バックプレート415のCTEが厳密に一致するようにMMC材料を適切に選択することによって、下部バックプレート420と上部バックプレート415との間の界面における熱機械的応力が低減される。

【0057】

静電バックアセンブリ410の層間の熱膨張率を一致させることによって、下部バックプレート420を上部バックプレート415及びバックングプレート425に接合することによって引き起こされる応力を最小限に抑え得る。一実施形態では、下部バックプレート420は、上述したような金属マトリックス複合材料から成る。あるいは、下部バックプレート420は、SiSiCTi又はモリブデンであってもよい。

【0058】

一実施形態では、下部バックプレート420は、耐プラズマ性セラミックコーティング（図示せず）で被覆され、粗面化された外壁を有する。耐プラズマ性セラミックコーティングについては、図5A～5Bを参照しながら以下で更に詳細に説明する。

【0059】

一実施形態では、上部バックプレート415、下部バックプレート420、及びバックングプレート425は、アルミニウムを含む材料を含む。例えば、上部バックプレート415及びバックングプレート425はそれぞれ、Al₂O₃又はAlNから構成されてもよく、下部バックプレート420は、AlSiSiCから構成されてもよい。

【0060】

金属接合部450は、アルミニウム箔の「中間層」を含み、この中間層は、上部バックプレート415と下部バックプレート420との間の接合部に配置されてもよい。同様に、金属接合部455は、アルミニウム箔の中間層を含み、この中間層は、下部バックプレート420とバックングプレート425との間の接合部に配置されてもよい。圧力と熱が加えられることで、アルミニウム箔と上部バックプレート415との間、及びアルミニウム箔と下部バックプレート420との間に拡散接合が形成される。同様に、圧力と熱が加えられることで、アルミニウム箔と下部バックプレート420との間、及びアルミニウム箔とバックングプレート425との間に拡散接合が形成される。他の実施形態では、拡散接合は他の中間層材料を用いて形成されてもよく、この中間層材料は、上部バックプレート415、下部バックプレート420、及びバックングプレート425に使用される材料に基づいて選択される。一実施形態では、金属接合部450、455は、約0.2～0.3mmの厚さを有する。

【0061】

一実施形態では、上部バックプレート415は、直接拡散接合を用いて下部バックプレート420に直接、接合されてもよく、この場合には、中間層を使用せずに、接合を形成する。同様に、下部バックプレート420は、直接拡散接合を用いてバックングプレート425に直接、接合されてもよい。

【0062】

上部バックプレート415の直径は、下部バックプレート420及びバックングプレート425の直径より大きくてもよい。一実施形態では、上部バックプレート415及び下部バックプレート420はそれぞれ約300mmの直径を有し、バックングプレート425は約250mmの直径を有する。一実施形態では、バックングプレート425は、上部バックプレート415の直径の約75～85%の直径を有する。ベースプレート495の縁部は、上部バックプレート415の直径と同程度の直径を有してもよい。耐プラズマ性高温リング445を上部バックプレート415とベースプレート495の間に配置してもよい。このリング445は、基板支持アセンブリの内部と処理チャンバとの間に真空

10

20

30

40

50

シールを提供し得る。Ｏリング４４５は、ペルフルオロポリマー（ＰＦＰ）、フルオロポリマー、ポリイミドなどで作られてもよい。一実施形態では、Ｏリング４４５は、ＳｉＣなどの無機添加物を含むＰＦＰである。Ｏリング４４５は交換可能であり得る。Ｏリング４４５が劣化したときには、それを取り除き、新しいＯリングを上部バックプレート４１５上に引き伸ばして、上部バックプレート４１５とベースプレート４９５との間の境界の、上部バックプレート４１５の周囲に配置してもよい。Ｏリング４４５は、金属接合部４５０、４５５をプラズマによる浸食から保護し得る。

【００６３】

バックリングプレート４２５は、１つ以上の導管４３５を有する冷却プレート４３６に連結され、かつ熱を伝達し合っており、この導管４３５（本明細書では冷却チャネルとも呼ばれる）は流体源（図示せず）と流体的に連通している。下部バックプレート４２０及び／又はバックリングプレート４２５は、留め具を取り付けるための多数の機構（図示せず）を備え得る。一実施形態では、冷却プレート４３６及び／又はベースプレート４９５は、複数の留め具（図示せず）によって静電バックアセンブリ４１０に連結されている。留め具は、ナットとボルトの対などのねじ込み式留め具であってもよい。下部バックプレート４２０は、留め具を収容するための複数の機構（図示せず）を備え得る。冷却プレート４３６も同様に、留め具を収容するための複数の機構（図示せず）を備え得る。さらに、ベースプレート４９５も、留め具を収容するための複数の機構（図示せず）を備え得る。一実施形態では、機構は、サグリ穴付きのボルト穴である。機構は、下部バックプレート４２０及びバックリングプレート４２５を貫通して延びる、通しの機構であり得る。あるいは、機構は、通しの機構でなくてもよい。一実施形態では、機構はＴ字型のボルト頭又は矩形ナットを収容するスロットであり、このＴ字型のボルト頭又は矩形ナットをスロットに挿入してから９０度回転させ得る。一実施形態では、留め具に、ワッシャー、グラフィール、アルミニウム薄片、その他の荷重分散材が含まれており、留め具の頭部からの力を機構上に均等に分散させる。

【００６４】

冷却プレート４３６はヒートシンクとして機能し、静電バックアセンブリ４１０から熱を吸収し得る。一実施形態では（図示のように）、多層多領域ガスケット４６５が冷却プレート４３６上に配置されている。ガスケット４６５は複数の種々の領域を有し、各々の領域が、少なくとも１つの方向に種々の平均熱伝導率を有してもよい。ガスケット４６５は、冷却プレート４３６に加硫処理されてもよく、又はそうでなければその上に配置されてもよい。一実施形態では、ガスケット４６５内の各領域は、約 $0.2\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ～約 $150\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ の間の熱伝導率を有する。ガスケット４６５内の１つ以上の領域は、種々の個数のガスケット層と、１つ以上のガスケット層中の種々の材料と、 z 方向（すなわち、ガスケット４６５の厚さを表す方向）の種々の平均熱伝導率と、及び／又は１つ以上のガスケット層についての $x-y$ 平面内の種々の熱伝導率とを有してもよい。諸実施形態では、ガスケット４６５は、ガスケット１９９に相当し得る。留め具を締めてガスケット４６５を圧縮することができる。留め具をほぼ同じ力で締め、低熱伝導率ガスケット４６５を均一に圧縮してもよい。ガスケット４６５の１つ以上の領域は、熱伝達を低下させてサーマルチョークとして作用し、及び／又は熱伝導率を高めてサーマル導管として作用し得る。サーマルチョークとして機能する領域もあれば、サーマル導管として機能する領域もある。

【００６５】

一実施形態では、１つ以上のＯリング（図示せず）を冷却プレート１６４の外周部及び／又は内周部に配置することができる。ガスケット４６５に加えて、Ｏリングを使用することができる。留め具をすべてほぼ同じ力で締め付けて、Ｏリング及び／又はガスケットを圧縮し、静電バックアセンブリ４１０のバックリングプレート４２５と冷却プレート４３６との間の距離をほぼ均一にしてもよい。この距離は、バックリングプレート４２５と冷却プレート４３６との間の境界面全体にわたってほぼ同じ（均一）であり得る。これにより、冷却プレート４３６とバックリングプレート４２５との間の熱伝達特性が、ガスケット４

65の特定の領域内で確実に均一になる。

【0066】

諸実施形態では、静電バックアセンブリ410は、冷却プレート436よりもはるかに高い温度に維持され得る。例えば、いくつかの実施形態では、静電バックアセンブリ410は、200～300℃の温度に加熱されてもよく、他方、冷却プレート436は、約120℃未満の温度を維持してもよい。一実施形態では、静電バックアセンブリ410は、約250℃の温度に加熱されてもよく、その間も、冷却プレート436は約60℃以下の温度に維持されてもよい。したがって、諸実施形態では、最大190℃を静電バックアセンブリ410と冷却プレート436との間で維持することができる。静電バックアセンブリ410及び冷却プレート436は、熱サイクル中に独立して自由に膨張又は収縮することができる。

10

【0067】

いくつかの領域では、ガスケット465は、低い熱伝導率（例えば、約2W/mK未満）を有して、加熱されている静電バックアセンブリ410から冷却されている冷却プレート436への熱伝導経路を制限することによってサーマルチョークとして機能し得る。基板を効率的に加熱するためには、ガスケット465のいくつかの領域について、上部バックプレート415から伝導される熱の量を制限することが望ましい場合がある。ガスケット465が中程度の熱伝導率（例えば、約2～20W/m・K）を有し得る領域もあれば、ガスケット465がなおも高い熱伝導率（例えば、20～150W/m・Kのどこか）を有し得る領域もある。

20

【0068】

一実施形態では、冷却プレート436は1つ以上のばね470によってベースプレート495に連結されている。一実施形態では、ばね470はコイルばねである。ばね470は力を作用させて、冷却プレート436を静電バックアセンブリ410に押し付ける。冷却プレート436の表面は、所定の粗さ及び／又は表面機構（例えばメサ）を有してもよく、これらの粗さ及び／又は表面機構は、静電バックアセンブリ410と冷却プレート436との間の熱伝達特性に影響を及ぼし得る。加えて、冷却プレート436の材料も熱伝達特性に影響を及ぼし得る。例えば、アルミニウム製の冷却プレート436はステンレス鋼製の冷却プレート436よりも良好に熱を伝達する。

【0069】

いくつかの実施形態では、処理中に静電バックアセンブリ410を介して、支持している基板に高周波信号を供給することが望ましい場合がある。一実施形態では、静電バックアセンブリ410を介したこのような高周波信号の伝達を容易にするために、高周波ガスケット490がベースプレート495上に配置される。高周波ガスケット490は、ベースプレート495を下部バックプレート420に電気的に接続することができるので、バックアッププレート425を通過する導電性経路が提供される。高周波ガスケット490の配置のために、バックアッププレート425の直径は、下部バックプレート420の直径及び上部バックプレート415の直径より小さくてもよい。

30

【0070】

一実施形態では、サーマルスパーサ485が高周波ガスケット490に隣接して配置されている。サーマルスパーサ485を使用して、ベースプレート295が下部バックプレート420と確実に接触しないようにしてもよい。一実施形態では、リング480がサーマルスパーサ485に隣接して配置されている。諸実施形態では、リング480は、PFP製のリング、ポリイミド製のリング、又は他の種類のリングであってもよい。リング480を用いて真空シールを容易にすることができる。一実施形態では、取付プレート440が、ベースプレート495の下に配置され、かつ連結されている。

40

【0071】

図4Bは、図4Aに示されている静電バックアセンブリ410の底部の一実施形態の斜視図を示す。図示のように、上部バックプレート415は第1直径を有しているが、この第1直径は下部バックプレート420の第2直径よりも大きい。バックアッププレート42

50

5は第3直径を有しているが、この第3直径は下部バックプレート420の第2直径よりも小さい。図4Aを参照して前述したように、バックングプレート425は、下部バックプレート420よりも小さい直径を有して、高周波ガasket用の空き場所を提供してもよい。さらに、下部バックプレート420は、複数の内側機構（図示せず）及び複数の外側機構498を備えてもよく、これらの機構には、図2～4Aを参照して説明したように、留め具が取り付けられることになる。バックングプレート425は、バックングプレート425が外側機構498を塞がないような大きさにしてもよい。バックングプレート425は穴496を備えて、ここから下部バックプレート420内の内側機構へのアクセスが提供されてもよい。図示のように、バックングプレート425は、中心穴492を備えて、設備へのアクセスを提供し得る。加えて、バックングプレート425は、下部バックプレート420内のリフトピン穴499の周囲に3つの穴494を備える。

10

【0072】

図5Aは、一実施形態による、静電バックアセンブリ510の側断面図を示す。図5Bは、静電バックアセンブリ510の斜視図を示す。但し、静電バックアセンブリ510は上下逆に示されており、静電バックアセンブリ510の特定の構成要素がより良く表示されている。静電バックアセンブリ510は、静電バックアセンブリ410とほぼ同様である。例えば、静電バックアセンブリ510は、金属接合部555によって下部バックプレート520に接合された上部バックプレート515を備える。静電バックアセンブリ510は、別の金属接合部565によってバックングプレート525に接合された下部バックプレート520をさらに備える。加えて、バックングプレート525は、中心穴592を備えて、設備へのアクセスを提供し、さらに、下部バックプレート520内のリフトピン穴599の周囲に3つの穴594を備える。バックングプレート525は、穴596を更に備えて、ここから下部バックプレート520内の内側機構へのアクセスが提供されてもよい。

20

【0073】

静電バックアセンブリ510では、バックングプレート525の直径は、下部バックプレート520の直径とほぼ同程度である。これにより、上部バックプレート515及びバックングプレート525によって下部バックプレート520に加えられる力がさらに均等化される。しかしながら、そのような実施形態では、下部バックプレートをベースプレートに電気的に接続する高周波ガasketを配置するための空き場所がない。高周波信号用に代替経路を提供するために、バックングプレート525の外側側壁及び金属接合部565を、導電性コーティング530で被覆してもよい。一実施形態では、導電性コーティング530は、アルミニウムコーティングなどの金属コーティングである。導電性コーティング530は、スパッタリング技術、コールドスプレー技術、又は他の金属堆積技術を使用して施され得る。一実施形態では、導電性コーティング530は、耐プラズマ性セラミックコーティング535で覆われている。耐プラズマ性セラミックコーティング535は、 Y_2O_3 （イットリア、すなわち酸化イットリウム）、 $Y_4Al_2O_9$ （YAM）、 Al_2O_3 （アルミナ）、 $Y_3Al_5O_{12}$ （YAG）、 $YAlO_3$ （YAP）、石英、SiC（炭化ケイ素）、 Si_3N_4 （窒化ケイ素）、Sialon、AlN（窒化アルミニウム）、AlON（酸窒化アルミニウム）、 TiO_2 （チタニア）、 ZrO_2 （ジルコニア）、TiC（炭化チタン）、ZrC（炭化ジルコニウム）、TiN（窒化チタン）、TiCN（炭窒化チタン）、 Y_2O_3 安定化 ZrO_2 （YSZ）等であってもよい。耐プラズマ性セラミックコーティング535もまた、セラミック複合材料（例えば、 Al_2O_3 マトリックス中に分散された $Y_3Al_5O_{12}$ ）、 Y_2O_3 - ZrO_2 固溶体又はSiC-Si₃N₄固溶体であってもよい。諸実施形態では、導電性コーティング530及び／又は耐プラズマ性セラミックコーティング535はまた、下部バックプレート520、金属接合部555及び／又は上部バックプレート515の外壁も被覆し得る。一実施形態では、導電性コーティング530及び耐プラズマ性セラミックコーティング535はそれぞれ、約5～25ミクロンの厚さを有する。

30

40

【0074】

50

バックングプレート 525 の直径は、下部バックプレート 520 の直径とほぼ同程度なので、バックングプレート 525 は、留め具を取り付けるように構成されている下部バックプレート 520 内の機構（図示せず）を覆っている。したがって、バックングプレート 525 は、穴 598 を更に備えて、この穴 598 から下部バックプレート 520 内の機構へのアクセスを提供し得る。

【0075】

一実施形態では、バックングプレート 525 に不純物を添加することによって、バックングプレート 525 の電気伝導率を高めて、高周波信号のための電気径路を提供してもよい。一実施形態では、Sm 及び／又は Ce を用いて、バックングプレート 525 への不純物の添加が行われる。一実施形態では、バックングプレート 525 は、約 1×10^9 オームセンチメートル ($10 E 9 \Omega \cdot cm$) 未満の電気抵抗率を有する。一実施形態では、バックングプレートは、約 $10 E 6 \Omega \cdot cm \sim 10 E 7 \Omega \cdot cm$ の電気抵抗率を有する。そのような実施形態では、バックングプレート 525 の外壁は、導電性コーティング 530 によって被覆されなくてもよい。しかしながら、バックングプレートの外壁は依然として耐プラズマ性セラミックコーティング 535 で被覆されてもよい。

【0076】

図 6 A は、一実施形態による、静電バックアセンブリ 610 の側断面図を示す。図 6 B は、静電バックアセンブリ 610 の斜視図を示す。但し、静電バックアセンブリ 610 は上下逆に示されており、静電バックアセンブリ 610 の特定の構成要素がより良く表示されている。静電バックアセンブリ 610 は、静電バックアセンブリ 410 とほぼ同様である。例えば、静電バックアセンブリ 610 は、金属接合部 655 によって下部バックプレート 620 に接合された上部バックプレート 615 を備える。静電バックアセンブリ 610 は、別の金属接合部 667 によってバックングプレート 670 に接合された下部バックプレート 620 をさらに備える。バックングプレート 670 は、中心穴 692 を備えて、設備へのアクセスを提供し、さらに、下部バックプレート 620 内のリフトピン穴 699 の周囲に 3 つの穴 694 を備える。バックングプレート 670 は、穴 696 を更に備えて、ここから下部バックプレート 620 内の内側機構へのアクセスが提供される。

【0077】

静電バックアセンブリ 610 では、バックングプレート 670 の直径は、下部バックプレート 620 の直径よりも小さい。一実施形態では、バックングプレート 670 の直径は、バックングプレート 425 の直径とほぼ等しい。静電バックアセンブリ 610 は、金属接合部 665 によって下部バックプレート 620 に金属接合されたバックングリング 660 をさらに備える。バックングリング 660 の外側直径は、下部バックプレート 620 の直径とほぼ同程度である。これにより、上部バックプレート 615 並びにバックングプレート 670 及びバックングリング 660 の組み合わせによって下部バックプレート 620 に加えられる力がさらに均等化される。

【0078】

バックングプレート 670 とバックングリング 660 との間に空き場所があることで、高周波ガasket のための場所が用意され、この高周波ガasket で下部バックプレート 620 をベースプレートに電氣的に接続してもよい。さらに、留め具を取り付けるように構成されている下部バックプレート 620 内の機構 698 を露出させてもよい。一実施形態では、バックングリング 660、金属接合部 665、下部バックプレート 620、金属接合部 655 及び／又は上部バックプレート 615 の外壁は、耐プラズマ性セラミックコーティングで被覆されている。これは、図 5 A ～ 5 B を参照した上述の説明と同様である。

【0079】

図 7 は、基板支持アセンブリを製造するための方法 700 の一実施形態を示す。方法 700 のブロック 704 では、上部バックプレートが形成される。上部バックプレートは、クランプ電極と 1 つ以上の加熱素子とを備えるセラミック円盤であってもよい。

【0080】

ブロック706では、下部バックプレートが形成される。一実施形態では、留め具を取り付けるために、機構が下部バックプレートに形成される。ガスを流すために、ガス穴（例えば、He穴）も下部バックプレートに形成されてもよい。

【0081】

一実施形態では、ブロック707では、金属保護コーティングが下部バックプレートに施される。例えば、下部バックプレートがモリブデンである場合、金属保護コーティングを下部バックプレートに施してもよい。金属保護コーティングを施して、下部バックプレートの材料が確実にプラズマや処理ガスに曝されないようにしてもよい。金属保護コーティングは、約2～10ミクロンの厚さを有し得る。

【0082】

一実施形態では、金属保護コーティングは、アルミニウム、又はAl6061などのアルミニウム合金である。一実施形態では、金属保護コーティングは、電気メッキによって下部バックプレートに施される。電気メッキでは、下部バックプレートの全表面に金属保護コーティングが形成され得る。その全表面には、下部バックプレートに穿設された穴及び機構の外壁、上部及び下部、並びに内壁も含まれる。他の実施形態では、金属保護コーティングは、コールドスプレー又はスパッタリングなどの金属堆積技術によって施されてもよい。

【0083】

一実施形態では、金属保護プラグが、下部バックプレートに穿設された穴に挿入されており、これは、下部バックプレートへの金属保護コーティング施工の代替又は補強になっている。例えば、ザグリ加工された複数の貫通穴を下部バックプレートに穿設して、アルミニウム（又はアルミニウム合金）製プラグをこれらの穴に挿入してもよい。プラグによって、ガス到達範囲（例えば、穴の内部）はガスへの露出から保護され得る。その後、金属保護コーティングが下部バックプレート上に施されても、又は施されなくてもよい。

【0084】

一実施形態では、下部バックプレートの外壁はビーズブラスト加工されて、外壁は約100～200マイクロイン치의粗さ（Ra）に粗面化されている。その後、外壁に耐プラズマ性セラミックコーティングのプラズマ溶射が施されてもよい。諸実施形態では、耐プラズマ性セラミックコーティングを金属保護コーティング上に形成してもよい。一実施形態では、耐プラズマ性セラミックコーティングは、約2～10ミクロンの厚さを有する。さらなる実施形態では、耐プラズマ性セラミックコーティングは、約3ミクロンの厚さを有する。

【0085】

ブロック708では、バックングプレートが形成される。バックングプレートに1つ以上の穴が（例えば穿設によって）形成されて、下部バックプレートの機構及び／又はガス穴へのアクセスが提供されてもよい。一実施形態ではプラグが下部バックプレートの穴に挿入されており、バックングプレートの上面にガス溝が形成されている（この上面でバックングプレートは下部バックプレートに接触する）。これらのガス溝によって、ガスがプラグを通り抜け、その後、上部バックプレートの穴を通過して流れるアクセス経路が提供され得る。一実施形態では、上部バックプレートの穴は多孔質プラグを備える。バックングプレートにも穴が穿設されて、ガスがガス溝に流れ込むための経路が提供され得る。

【0086】

ブロック710では、下部バックプレートは、第1金属接合を用いて上部バックプレートに金属接合される。ブロック715では、バックングプレートは、第2金属接合を用いて下部バックプレートに金属接合される。上部バックプレート、下部バックプレート及びバックングプレートを備える多層スタックによって、静電バックアセンブリが形成され得る。

【0087】

一実施形態では、第1金属接合は、上部バックプレートと下部バックプレートとの間にAl又はAlSi合金の金属箔を配置することによって形成される。一実施形態では、第

10

20

30

40

50

2 金属接合は、下部バックプレートとバックングプレートとの間に Al 又は Al Si 合金の更なる金属箔を配置することによって形成される。一実施形態では、金属箔の厚さは約 50 ミクロンであってもよい。圧力と熱が加えられることで、金属箔、上部バックプレート及び下部バックプレートの間に第 1 拡散接合が形成され、更なる金属箔、下部バックプレート及びバックングプレートの間に第 2 拡散接合が形成され得る。一実施形態では、上部バックプレート、金属箔、下部バックプレート、更なる金属箔及びバックングプレートを備えるスタックが形成される。次に、このスタックはホットプレスされて、1 回の接合処理で第 1 金属接合と第 2 金属接合を形成する。

【0088】

一実施形態では、ブロック 720 では、導電性コーティングがバックングプレートの外壁に施される。導電性コーティングはまた、金属接合部及び／又は下部バックプレートの上にも施され得る。導電性コーティングは、コールドスプレー、スパッタリング、又は他の金属堆積技術によって施された金属コーティングであってもよい。一実施形態では、ブロック 725 では、耐プラズマ性セラミックコーティングが導電性コーティング上に施される。耐プラズマ性セラミックコーティングは、プラズマ溶射、IAD、又は他のセラミック堆積技術によって施されてもよい。

【0089】

ブロック 730 では、サーマルガスケットが冷却プレートに使用される。サーマルガスケットは、本明細書の諸実施形態に記載されているような多層多領域ガスケットであってもよい。ブロック 735 では、冷却プレートが静電バックアセンブリに固定される。一実施形態では、留め具は、下部バックプレート及び／又は冷却プレート内の機構に挿入される。一実施形態では、下部バックプレートが上部バックプレートに接合される前に、留め具が下部バックプレートに挿入される。そのような実施形態では、留め具はバックに恒久的に埋め込まれてもよい。次に、留め具を締め付けることによって（例えば、下部バックプレートの機構から突き出たボルトを冷却プレートの機構に備わるナットにねじ込むことによって）静電バックアセンブリを冷却プレートに連結することができる。

【0090】

図 8 は、基板支持アセンブリを製造するための別の方法 800 の一実施形態を示す。方法 800 のブロック 804 では、試験基板支持アセンブリが従来のガスケットを用いて組み立てられる。例えば、方法 700 の操作が実行されてもよい。しかし、ブロック 730 では、本明細書の諸実施形態に記載されている多層多領域サーマルガスケットの 1 つではなく、標準サーマルガスケットが使用されてもよい。

【0091】

ブロック 806 では、試験基板支持アセンブリが処理チャンバに挿入される。ブロック 806 では、続いて、1 回以上の試験運転が、1 つの目標処理又は一連の目標処理を用いて実行され得る。特定の処理では、基板支持アセンブリの各領域で目標温度が同じである場合、又は、領域ごとに種々の目標温度が存在する場合がある。試験の実行中に、ブロック 808 では、基板支持アセンブリの各加熱領域における加熱素子の電力レベルが測定され記録される。これにより、基板支持アセンブリに対する温度分布曲線が得られる。一例では、この温度分布曲線から、加熱素子が最大電力の 5～10% で動作している加熱領域もあれば、他方で加熱素子が最大電力の 50～60% で動作している加熱領域や、なかには、加熱素子が最大電力の 93～97% で動作している加熱領域までもが示される場合がある。種々の処理ではプラズマを使用しても、しなくてもよい。さらに、プラズマを使用する処理では、プラズマの電力分布曲線は、基板支持アセンブリの加熱領域間で異なり得る。このために、プラズマが他の領域よりもより強く加熱する領域が生じて、この結果、温度分布曲線に影響が及ぶ。

【0092】

試験基板支持アセンブリに使用されるサーマルガスケットの熱伝導率は既知であってもよい。各加熱領域の加熱素子は最大定格電力を有してもよい。目標は、すべての加熱素子が最大出力の約 10% を超えて動作すること、及び、最大出力の 90% 未満で動作するこ

とである。一実施形態では、目標は、すべての加熱素子が最大出力の約 15% を超えて動作すること、及び、最大出力の 85% 未満で動作することである。一実施形態では、目標は、すべての加熱素子が最大出力の約 20% を超えて動作すること、及び最大出力の 80% 未満で動作することである。

【0093】

温度分布曲線を用いて、多層多領域ガasketの各領域についての目標平均熱伝導率を決定してもよく、この平均熱伝導率によって上述の目標が達成されることになる。ガasketの各領域は、基板支持アセンブリの加熱領域とほぼ一直線に並んでもよい。ガasketによって、加熱領域を含むプレート又はアセンブリ（例えば、静電バックアセンブリ）が冷却プレートから分離されている。ある領域の熱伝導率を大きくすると、その領域における冷却プレートとプレート又はアセンブリとの間の熱流束が増大する。同様にある領域の熱伝導率を小さくすると、その領域における冷却プレートとプレート又はアセンブリとの間の熱流束は減少する。したがって、上記の例では、最大電力使用量の 5~10% になっている加熱領域に対応するガasketの領域の熱伝導率を、従来のガasketの熱伝導率より大きくしてもよい。これにより、その加熱領域は急速に冷却されて、その結果、その加熱領域は、より高い電力（例えば、最大電力の 50~60%）で作動することになる。さらに、上記の例では、最大電力使用量の 93~97% になっている加熱領域に対応するガasketの領域の熱伝導率を、従来のガasketの熱伝導率より小さくしてもよい。これにより、その加熱領域はゆっくりと冷却されて、その結果、その加熱領域は、より低い電力（例えば、最大電力の 50~60%）で作動することになる。

【0094】

ブロック 815 では、プレート又はアセンブリ（例えば静電バックアセンブリ）のいずれかの加熱領域内に何らかのホットスポットがあるかどうかに関する判定を行ってもよい。同様に特定の加熱領域に対応する冷却プレートのいずれかの区域に何らかのコールドスポットがあるかどうかに関する判定を行ってもよい。ホットスポットには、特定の領域用のガasketの多層スタックを構築することによって対処することが可能であり、この多層スタックには、 $x-y$ 平面内で（例えば、ガasketの表面によって画定される平面内で）高い熱伝導率を有する上部ガasket層が備わっている。コールドスポットは、特定の領域用のガasketの多層スタックを構築することによって対処することが可能であり、この多層スタックには、 $x-y$ 平面内で（例えば、ガasketの表面によって画定される平面内で）高い熱伝導率を有する底部ガasket層が備わっている。例えば、いくつかの種類のグラフォイルは、 $x-y$ 平面において約 $400 \sim 1200 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ の熱伝導率を有し得る。したがって、ある領域内のガasket層スタック内の 1 つ以上のガasket層は、ある $x-y$ 平面内熱伝導率を有し得るが、この熱伝導率は、別の領域内の別のガasket層スタック内の対応するガasket層の $x-y$ 平面内熱伝導率とは異なっている。

【0095】

ブロック 820 では、ガasket層スタック（又は単一ガasket層）がガasketの各領域に対して決定される。各領域は、特有のガasket層スタック（又は単一ガasket層）を有してもよく、又は別の領域のガasket層スタックと一致するガasket層スタックを有してもよい。決定されたガasket層スタック又は単一ガasket層の各々は、ガasketのある特定の領域に対する目標熱伝導率を実質的に有する。ある領域のためのガasket層スタック又は単一ガasket層を、ガasket層スタックをモデル化することで決定してもよく、ここでのモデルは、ガasket層スタックの各層について少なくとも以下の事項を考慮している。それは、選ばれた材料の厚さ、材料、及び熱伝導率である。ガasket層スタックのモデルはまた、ガasket層間の隙間抵抗を考慮に入れてもよい。

【0096】

ガasketに対して目標厚さが決定されてもよく、各領域のガasket層スタックは、その目標厚さを概ね有してもよい。高い（例えば、 $50 \text{ W/m} \cdot \text{K}$ を超える）熱伝導率を有することになるガasket層スタックは、1 つ以上のグラファイト層を備えて、他のガ

スケット層を備えなくてもよい。代替的に、高い熱伝導率を有することになるガスケット層スタックは、1つ以上の金属箔層（例えば、アルミニウム箔層）及び複数のグラフォイル層を有してもよい。例えば、ガスケット層スタックは、グラフォイルの底部層、アルミニウム箔の中間層、及びグラフォイルの上部層を備えてもよい。低い熱伝導率を有することになるガスケット層スタックは、グラフォイルの底部層、ポリイミド又はフルオロポリマーの中間層、及びグラフォイルの上部層を備えてもよい。

【0097】

一実施形態では、各領域のガスケット層スタックは、グラフォイルの上部層とグラフォイルの底部層を有する。グラフォイルは上部層及び底部層として使用可能であるが、その理由は、グラフォイルは非常に柔らかい材料であり、（例えば、静電バックアセンブリの）セラミックプレート及び冷却プレートと合わせて圧縮された時に、セラミックプレート及び冷却プレートの微小な隙間内に圧縮されるからである。グラフォイルはまた、ガスケット層スタックにおける他の任意の層の間の中間層としても使用され得る。例えば、ガスケット層スタックは、下から上に、グラフォイル、第2材料、グラフォイル、第2材料又は第3材料、グラフォイルなどを含むことができる。一実施形態では、1つ以上の領域は、グラフォイルから成る単一ガスケット層を備える。

【0098】

ブロック825では、多層多領域ガスケットが形成される。各領域には、その領域用に構成されたガスケット層スタック（場合によっては単一のガスケット層）がある。次に、種々の領域を合わせて多層多領域ガスケットが形成される。一実施形態では、種々の領域は互いに接合されている。あるいは、種々の領域は圧縮されて合体している。位置合わせピンを使用して、ガスケットの各領域に対してガスケット層を位置合わせして積み重ねてもよい。一実施形態では、ガスケットの領域の間に隙間（例えば、1mmの隙間）があり得る。あるいは、ガスケットの種々の領域が接触していてもよい。ブロック830では、ブロック730で作成した多層多領域ガスケットを使用して、方法700で説明したように基板支持アセンブリを形成することができる。一実施形態では、ガスケットの各領域の種々のガスケット層は適切な位置で冷却プレートに積み重ねられて、対応する加熱領域とちょうど位置が一致することになる。様々な領域のガスケット層が形成されて、領域が互いに接触してもよく、又は領域の間に隙間があってもよい。

【0099】

セラミックプレート（例えば、静電バックアセンブリ）の複数の加熱領域の各々の中にある加熱素子は定格電力を有する。ガスケットの各領域に対して調整された平均熱伝導率によって、対応する各加熱領域の1つ以上の加熱素子は、支持している基板を目標温度に維持するようになりながらも、定格電力の20～80%の範囲内に留まっている。

【0100】

図9Aは、多層多領域ガスケット900の一実施形態の斜視図を示す。図9Bは、図9Aの多層多領域ガスケット900の側断面図を示す。図示されているように、ガスケット900は4つの領域を含む。図示の例では、4つの領域はほぼ同心円状の領域である。しかしながら、他の諸実施形態では、領域は（例えば、図10に示すように）同心円状でなくてもよい。あるいは、同心円状の領域もあれば、他方で、同心円状でない領域もあってよい。図示の4つの領域は、第1領域905、第2領域910、第3領域915、及び第4領域920を備える。第1領域905、第2領域910及び第3領域915はリング形状であり、他方、第4領域920は円盤形状である。

【0101】

第1領域905は5つのガスケット層を備える。第2領域910も5つのガスケット層を備えるが、第1領域905とはガスケット層の材料及び／又は厚さが異なる。第3領域は9つのガスケット層を備え、第4領域は5つのガスケット層を備える。諸実施形態では、各領域は任意の個数のガスケット層を有してもよい。各領域は、他とは異なるz方向の平均熱伝導率を有することができる。任意の領域における1つ以上のガスケット層はまた、特定のx-y平面内熱伝導率を有し得る。一実施形態では、各領域はz方向に0.2W

／ $\text{m} \cdot \text{K} \sim 150 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ の熱伝導率を有する。グラフォイルの個々の層は、 $x-y$ 平面において $140 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K} \sim 1200 \text{ W} / \text{m} \cdot \text{K}$ のどこかの値を取る熱伝導率を有し得る。諸実施形態では、ガスケット900は、約 $0.2 \sim 2 \text{ mm}$ の厚さを有し得る。ガスケット層スタック内の個々のガスケット層は各々、約3ミルから概ねガスケット900の厚さまでの厚さを有し得る。いくつかの実施形態では、グラフォイル層は、約 $3 \sim 40$ ミルの厚さを有し得る。

【0102】

図10は、多層多領域ガスケット1000の別の実施形態の斜視図を示す。ガスケット1000は、4つの扇形領域1005、1010、1015、1020を備える。

【0103】

上記の説明は、特定のシステム、構成要素、方法等の例などを数多く、具体的かつ詳細に説明しており、それは、本開示のいくつかの実施形態を良く理解してもらうことを目的としている。しかしながら、本開示の少なくともいくつかの実施形態は、こうした具体的かつ詳細な説明がなくても実施され得ることが当業者には明らかであろう。他の諸例では、本開示を不必要に不明瞭にすることを避けるために、周知の構成要素又は方法は詳細に説明されないか、又は単純なブロック図形式で提示される。したがって、具体的かつ詳細な説明は単なる例示である。特定の実施態様はこれらの例示的な説明とは異なる場合があるが、なお本開示の範囲内にあると考えられる。

【0104】

本明細書全体を通して「1つの実施形態」又は「一実施形態」と言及した場合、その実施形態に関連して説明した特定の構成、構造、又は特性は少なくとも1つの実施形態に含まれることを意味する。したがって、本明細書全体を通じて様々な箇所に「1つの実施形態では」又は「一実施形態では」という表現が出現しても、必ずしもすべてが同じ実施形態を指すものではない。さらに、用語「又は」は、排他的な「又は」ではなく、包括的な「又は」を意味することを意図している。本明細書中で「約」又は「概ね」という用語が使用される場合、これは、提示された公称値が $\pm 10\%$ 以内で正確であることを意味することを意図している。

【0105】

本明細書における方法の動作は特定の順序で示され説明されているが、各方法の動作の順序を変更して、特定の動作が逆の順序で実行されるか、又は、ある動作が他の動作と少なくとも部分的に並行して実行されてもよい。別の実施形態では、異なる動作の指示又は副動作は、断続的に及び／又は交互に行われてもよい。

【0106】

上記の説明は例示的であり、限定的ではないことを意図していることを理解するべきである。上記の説明を読み理解することにより、他の多くの実施形態が当業者にとって明らかとなるであろう。したがって、本開示の範囲は、添付の特許請求の範囲を参照して、そのような特許請求の範囲が権利を有する均等物の全範囲と共に決定されるべきである。

10

20

30

【図 1】

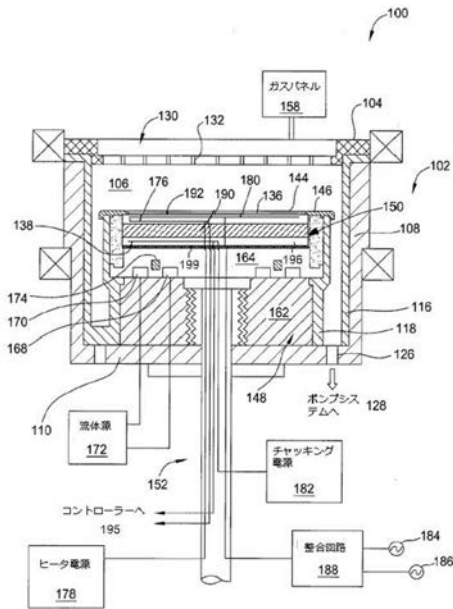


FIG. 1

【図 2】

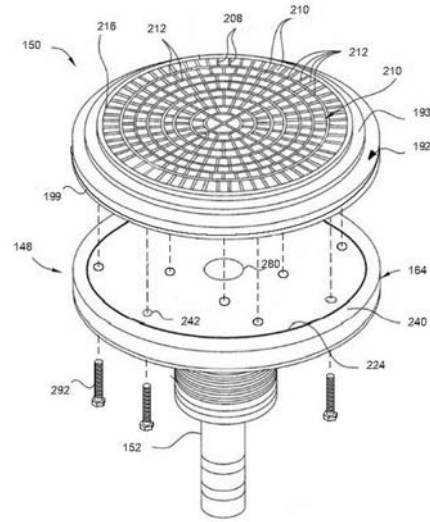


FIG. 2

【図 3】

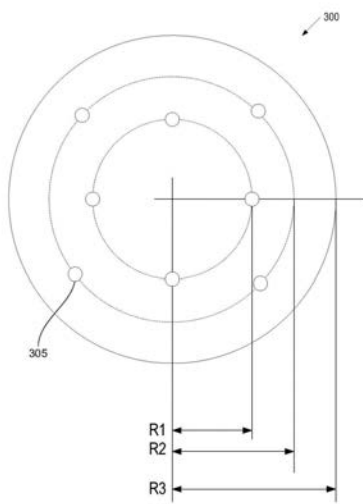


FIG. 3

【図 4 A】

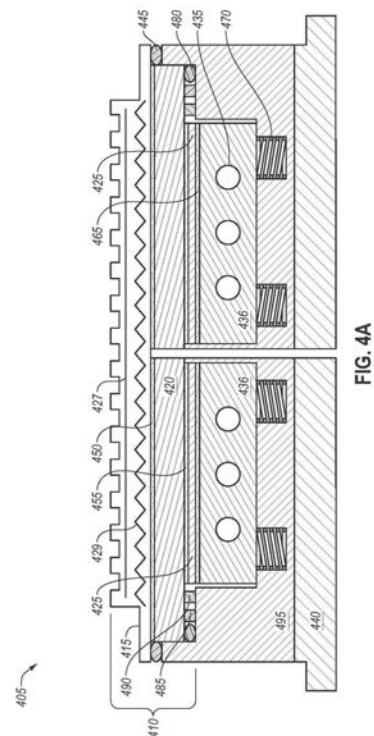


FIG. 4A

【図 4 B】

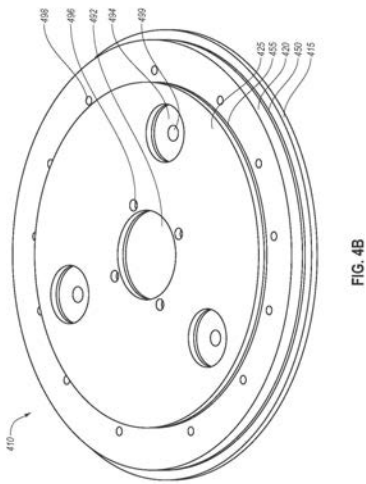


FIG. 4B

【図 5 A】

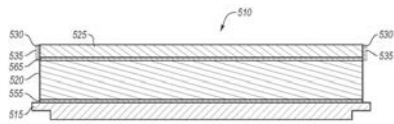


FIG. 5A

【図 5 B】

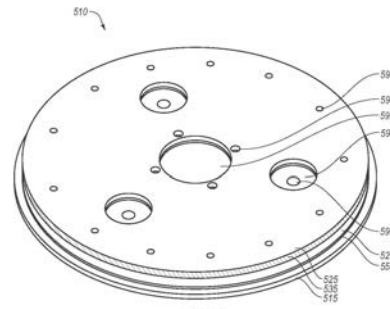


FIG. 5B

【図 6 A】

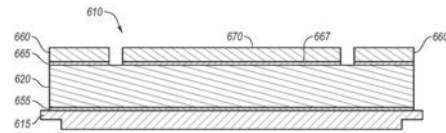


FIG. 6A

【図 6 B】

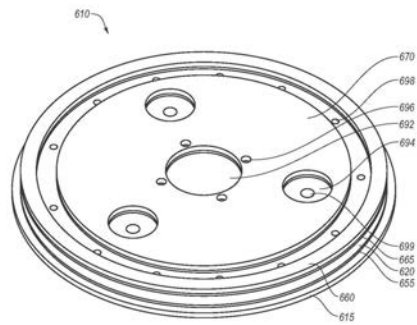


FIG. 6B

【図 7】

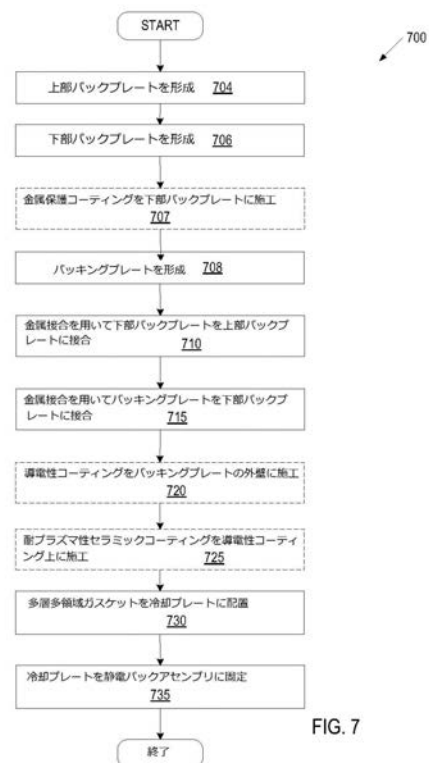
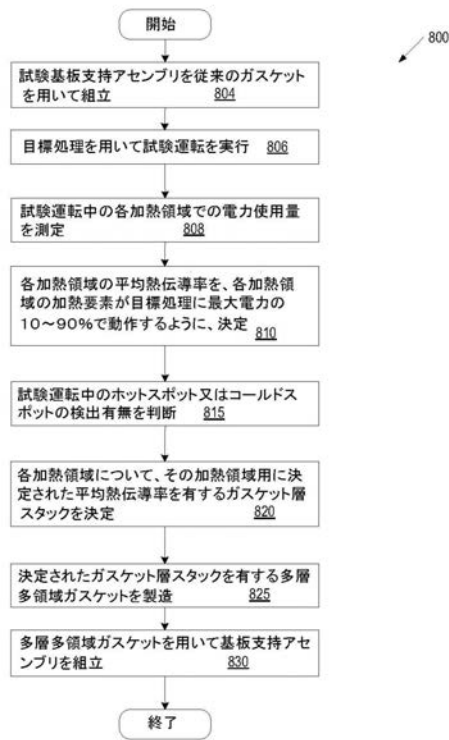
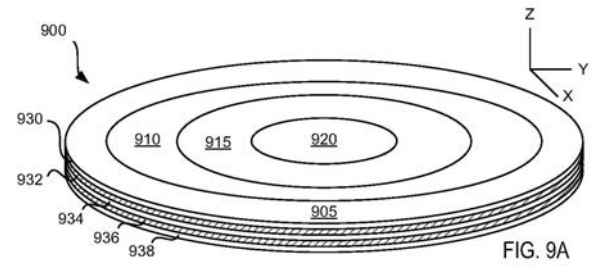


FIG. 7

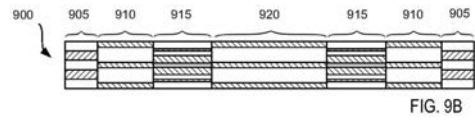
【図 8】



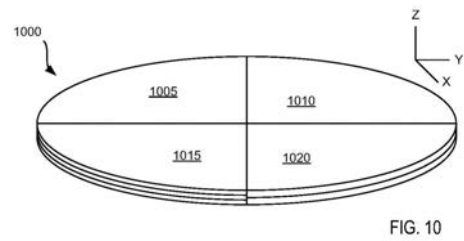
【図 9 A】



【図 9 B】



【図 10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3J040 BA07 EA25 EA50 FA20 HA06 HA07 HA15
5F131 AA02 BA03 BA04 BA19 CA02 EA03 EB14 EB17 EB78 EB79
EB81 EB82

【外国語明細書】

TITLE OF INVENTION

MULTI-ZONE GASKET FOR SUBSTRATE SUPPORT ASSEMBLY

TECHNICAL FIELD

[0001] Some embodiments of the present disclosure relate, in general, to a multi-zone gasket with multiple thermal conductivity profiles, and more particularly to a substrate support assembly that includes such a multi-zone gasket.

BACKGROUND

[0002] Substrate support assemblies such as electrostatic chucks are widely used to hold substrates (e.g., such as semiconductor wafers) during substrate processing in processing chambers used for various applications. Examples of processes include physical vapor deposition, etching, chemical vapor deposition, atomic layer deposition, cleaning, and so on.

[0003] Various processes used in the fabrication of integrated circuits may call for high temperatures and/or wide temperature ranges for substrate processing. However, substrate support assemblies in etch processes typically operate in a temperature range of up to about 120° C. At temperatures above about 120° C, the components of many electrostatic chucks will begin to fail due to various issues such as de-chucking, plasma erosion from corrosive chemistry, bond reliability, and so on.

[0004] Substrate support assemblies may include heating elements that have an optimal power setting. However, the heating elements in the substrate support assembly may operate outside of optimal power settings, which may contribute to temperature variation during processing.

SUMMARY

[0005] In one embodiment, a multi-zone gasket includes a top surface having a surface area. The gasket includes a plurality of zones that together define the surface area of the top surface. The plurality of zones includes a first zone comprising a first stack of gasket layers, the first zone having a first average thermal conductivity in a first direction. The plurality of zones additionally includes a second zone comprising one or more gasket layers, the second zone having a second average thermal conductivity in the first direction.

[0006] In one embodiment, a substrate support assembly comprises a ceramic plate, a cooling plate, and a multi-zone gasket between the ceramic plate and the cooling plate. The ceramic plate comprises a plurality of heating zones, wherein each of the plurality of heating zones comprises one or more heating elements. A top surface of the gasket contacts the ceramic plate and a bottom surface of the gasket contacts the cooling plate. The gasket

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

comprises a plurality of zones that approximately align with the plurality of heating zones. The plurality of zones in the gasket includes a first zone comprising a first stack of gasket layers and a second zone comprising one or more gasket layers. The first zone has a first average thermal conductivity in a first direction and the second zone has a second average thermal conductivity in the first direction.

[0007] In one embodiment, a substrate support assembly comprises an electrostatic puck, a cooling plate coupled to the electrostatic puck, and a gasket compressed between the electrostatic puck and the cooling plate. The electrostatic puck comprises an electrically insulative upper puck plate comprising one or more heating elements and one or more electrodes to electrostatically secure a substrate, a lower puck plate bonded to the upper puck plate by a first metal bond, and an electrically insulative backing plate bonded to the lower puck plate by a second metal bond. The gasket comprises a plurality of zones, wherein a first zone of the plurality of zones comprises a first stack of gasket layers and has a first average thermal conductivity in a first direction, and wherein a second zone of the plurality of zones comprises one or more gasket layers and has second average thermal conductivity in the first direction.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0008] Embodiments of the present disclosure are illustrated by way of example, and not by way of limitation, in the figures of the accompanying drawings in which like references indicate similar elements. It should be noted that different references to "an" or "one" embodiment in this disclosure are not necessarily to the same embodiment, and such references mean at least one.

[0009] FIG. 1 depicts a sectional side view of one embodiment of a processing chamber;

[0010] FIG. 2 depicts an exploded view of one embodiment of a substrate support assembly;

[0011] FIG. 3 depicts a sectional top view of one embodiment of an electrostatic puck assembly;

[0012] FIG. 4A depicts a sectional side view of one embodiment of a substrate support assembly;

[0013] FIG. 4B depicts a perspective view of one embodiment of an electrostatic puck assembly;

[0014] FIG. 5A depicts a sectional side view of an electrostatic puck assembly, in accordance with one embodiment;

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

[0015] FIG. 5B depicts a perspective view of one embodiment of an electrostatic puck assembly that corresponds to the electrostatic puck assembly of FIG. 5A;

[0016] FIG. 6A depicts a sectional side view of an electrostatic puck assembly, in accordance with one embodiment;

[0017] FIG. 6B depicts a perspective view of one embodiment of an electrostatic puck assembly that corresponds to the electrostatic puck assembly of FIG. 6A;

[0018] FIG. 7 illustrates one embodiment of a process for manufacturing a substrate support assembly;

[0019] FIG. 8 illustrates one embodiment of another process for manufacturing a substrate support assembly;

[0020] FIG. 9A illustrates a perspective view of one embodiment of a multi-layer, multi-zone gasket;

[0021] FIG. 9B illustrates a cross-sectional side view of the multi-layer, multi-zone gasket of FIG. 9A; and

[0022] FIG. 10 illustrates a perspective view of another embodiment of a multi-layer, multi-zone gasket.

DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS

[0023] Embodiments of the present disclosure provide a substrate support assembly and an electrostatic puck assembly capable of operating at temperatures of up to about 250 °C without incurring damage to the substrate support assembly. Embodiments also provide a multi-zone gasket that includes multiple different thermal conductivity profiles. The multi-zone gasket may be a multi-layer and multi-zone gasket. Each of the zones in the multi-layer, multi-zone gasket may have a different thermal conductivity profile that may be tailored for that particular zone. The multi-layer, multi-zone gasket may be used with the substrate support assembly described herein and/or may be used for other applications.

[0024] In one embodiment, an electrostatic puck assembly includes an electrically insulative upper puck plate bonded to a lower puck plate by a metal bond. The electrostatic puck assembly further includes a backing plate bonded to the lower puck plate by another metal bond. The metal bonds may be each be an aluminum bond, an AlSi alloy bond, or other metal bond. The upper puck plate includes one or more heating elements and one or more electrodes to electrostatically secure a substrate. The upper puck plate may be divided into multiple distinct heating zones, each of which may be independently heated to a distinct target temperature. The lower puck plate may include multiple features distributed over a

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

bottom side of the lower puck plate at different distances from a center of the lower puck plate, where each of the features accommodates a fastener. The backing plate may include holes that provide access to the features in the lower puck plate.

[0025] The electrostatic puck assembly is a component in a substrate support assembly that further includes a cooling plate coupled to the electrostatic puck assembly (e.g., by the fasteners). The fasteners may each apply an approximately equal fastening force to couple the cooling plate to the electrostatic puck assembly. This approximately equal fastening force facilitates uniform heat transfer between the cooling plate and the electrostatic puck assembly.

[0026] The substrate support assembly may include a multi-layer, multi-zone gasket compressed between the electrostatic puck assembly and the cooling plate. The gasket may include a same number of zones as the number of heating zones in the upper puck plate of the electrostatic puck assembly. Each of the zones in the gasket may line up with one of the heating zones in the electrostatic puck assembly. The different zones of the gasket may include different stacks of gasket layers. Each stack of gasket layers may include one type or multiple different types of gasket layers that together define a thermal conductivity for that zone of the gasket.

[0027] Depending on the process or processes used on substrates supported by the substrate support assembly, the temperature profile may vary across the different heating zones. For example, plasma from a process gas may cause different heating zones to heat to different temperatures. Embodiments described herein enable the plasma power for a process to be increased without causing the heating elements to turn off. As a result, higher power plasma may be used in processes while enabling the heating elements to still be used, which provides thermal control of a processed substrate even while that substrate is exposed to higher plasma power.

[0028] In an example, a heating zone may have a target temperature of 120 °C, and the plasma may cause the heating zone to reach 120 °C without turning on any heating elements in the heating zone. If the heating elements are not used, then there is limited to no control of the temperature in that heating zone. For example, if the plasma causes the heating zone to have a temperature that is above 120 °C, the power of the heating elements in that heating zone cannot be reduced to bring the temperature back to the target temperature. However, if a gasket with a zone that has a high thermal conductivity is used to connect the heating zone to a cooling plate, then the cooling plate may cause the temperature of the heating zone to drop (e.g., down to 50-90 °C). The heating elements may then be turned on during processing to

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

bring the temperature of the heating zone to the target 120 °C. Since the heating elements are used to obtain this temperature, the power of the heating elements may be increased and/or decreased during processing as the temperature of the heating zone fluctuates to maintain the target temperature.

[0029] In embodiments, each of the zones in the multi-layer, multi-zone gasket has a thermal conductivity that is tailored for that zone in view of a process or processes that will be used in a chamber into which the gasket will be inserted. This may enable the heating elements in each heating zone of the electrostatic puck assembly to maintain a heater power of about 10%-90% of a maximum heater power. For example, if the maximum heater power was 1000 Watts, then 10-90% of the maximum heater power would be 100-900 Watts. In a further embodiment, the gasket may cause the heating elements to maintain a heater power of about 20%-80% of the maximum heater power, about 30%-70% of the maximum heater power, or about 40%-60% of the maximum heater power. By using a gasket with a unique tailored thermal conductivity for each zone, the heater power can be maintained at a target percentage of a maximum heater power for each zone even with different temperature profiles and/or plasma profiles across zones.

[0030] With regards to the electrostatic puck assembly, the upper puck plate may be composed of a dielectric such as AlN or Al₂O₃. The lower puck plate may be composed of a material that has a coefficient of thermal expansion that approximately matches the coefficient of thermal expansion of the material (e.g., Al₂O₃ or AlN) for the upper puck plate. The backing plate may be composed of the same material as the upper puck plate. Absent the use of a backing plate, the upper puck plate and lower puck plate may bow or warp due to forces caused by the bond between the upper puck plate and the lower puck plate. For example, the upper puck plate may have a convex bow of up to 300 microns. The bow may cause the electrostatic puck assembly to crack and/or may impair an ability of the electrostatic puck assembly to securely hold (e.g., chuck) a substrate such as a wafer. Additionally, the bow may cause delamination of a metal bond that secures the upper puck plate to the lower puck plate and may reduce an ability to create a vacuum seal.

[0031] Bonding the backing plate to a bottom of the lower puck plate may cause an approximately equal force to be applied to a top and bottom of the backing plate. By equalizing the forces on the top and bottom of the backing plate, a bow in the electrostatic puck assembly including the upper puck plate and the lower puck plate may be nearly eliminated. For example, a bow in the electrostatic puck assembly may be reduced from about 0.3 mm to less than 0.1 mm (e.g., about 0.05 mm or 50 microns or less in

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

embodiments). The reduction in the bow of the electrostatic puck assembly may improve an ability of the electrostatic puck assembly to secure substrates, may reduce or eliminate cracking, may improve a seal between the upper puck plate and a supported substrate and may improve a vacuum seal of the electrostatic puck assembly. In one embodiment, the forces (internal stress) on the upper puck plate are about -98 ± 7 Megapascals (MPa), the forces on the backing plate are about -136 ± 5 MPa, the forces on the top face of the lower puck plate are about 80 MPa and the forces on the bottom face of the lower puck plate are about 54 MPa. A positive value represents a compressive force and a negative value represents a tensile force.

[0032] FIG. 1 is a sectional view of one embodiment of a semiconductor processing chamber 100 having a multi-layer electrostatic puck assembly 150 and a multi-layer, multi-zone gasket 199 disposed therein. The processing chamber 100 includes a chamber body 102 and a lid 104 that enclose an interior volume 106. The chamber body 102 may be fabricated from aluminum, stainless steel or other suitable material. The chamber body 102 generally includes sidewalls 108 and a bottom 110. An outer liner 116 may be disposed adjacent the side walls 108 to protect the chamber body 102. The outer liner 116 may be fabricated and/or coated with a plasma or halogen-containing gas resistant material. In one embodiment, the outer liner 116 is fabricated from aluminum oxide. In another embodiment, the outer liner 116 is fabricated from or coated with yttria, yttrium alloy or an oxide thereof.

[0033] An exhaust port 126 may be defined in the chamber body 102, and may couple the interior volume 106 to a pump system 128. The pump system 128 may include one or more pumps and throttle valves utilized to evacuate and regulate the pressure of the interior volume 106 of the processing chamber 100.

[0034] The lid 104 may be supported on the sidewall 108 of the chamber body 102. The lid 104 may be opened to allow access to the interior volume 106 of the processing chamber 100, and may provide a seal for the processing chamber 100 while closed. A gas panel 158 may be coupled to the processing chamber 100 to provide process and/or cleaning gases to the interior volume 106 through a gas distribution assembly 130 that is part of the lid 104. Examples of processing gases that may be used to process substrates in the processing chamber include halogen-containing gas, such as C_2F_6 , SF_6 , $SiCl_4$, HBr , NF_3 , CF_4 , CHF_3 , CH_2F_3 , Cl_2 and SiF_4 , among others, and other gases such as O_2 or N_2O . Examples of carrier gases include N_2 , He , Ar , and other gases inert to process gases (e.g., non-reactive gases). The gas distribution assembly 130 may have multiple apertures 132 on the downstream surface of the gas distribution assembly 130 to direct the gas flow to the surface of a substrate

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

144. Additionally, the gas distribution assembly 130 can have a center hole where gases are fed through a ceramic gas nozzle. The gas distribution assembly 130 may be fabricated and/or coated by a ceramic material, such as silicon carbide, Yttrium oxide, etc. to provide resistance to halogen-containing chemistries to prevent the gas distribution assembly 130 from corrosion.

[0035] An inner liner 118 may be coated on the periphery of a substrate support assembly 148. The inner liner 118 may be a halogen-containing gas resist material such as those discussed with reference to the outer liner 116. In one embodiment, the inner liner 118 may be fabricated from the same materials of the outer liner 116.

[0036] The substrate support assembly 148 is disposed in the interior volume 106 of the processing chamber 100 below the gas distribution assembly 130. The substrate support assembly 148 includes the electrostatic puck assembly 150 (also referred to as an electrostatic puck or multilayer stack). The electrostatic puck assembly 150 holds the substrate 144 during processing. The electrostatic puck assembly 150 described in embodiments may be used for Johnsen-Rahbek and/or Coulombic electrostatic chucking.

[0037] The electrostatic puck assembly 150 includes an upper puck plate 192, a lower puck plate 190 and a backing plate 196. The upper puck plate 192 may be bonded to the lower puck plate 190 by a first metal bond, and the lower puck plate 190 may be bonded to the backing plate 196 by a second metal bond. The upper puck plate 192 may be a dielectric or electrically insulative material that is usable for semiconductor processes at temperatures of 200° C and above. In one embodiment, the upper puck plate 192 is composed of materials usable from about 20° C to about 500° C. In one embodiment, the upper puck plate 192 is AlN or Al₂O₃.

[0038] The lower puck plate 190 may have a coefficient of thermal expansion that is matched (or approximately matched) to a coefficient of thermal expansion of the upper puck plate 192 and/or backing plate 196. In one embodiment, the lower puck plate 190 is a SiC porous body that is infiltrated with an AlSi alloy (referred to as AlSiSiC). The AlSiSiC material may be used, for example, in reactive etch environments. In another embodiment, the lower puck plate 190 is a metal matrix composite of Si, SiC and Ti (SiSiCTi). Alternatively, the lower puck plate 190 may be Molybdenum. AlN may have a coefficient of thermal expansion of about 4.5-5 parts per million per degrees C (ppm/°C). AlSiSiC may have a coefficient of thermal expansion of around 5 ppm/°C. Molybdenum may have a coefficient of thermal expansion of about 5.5 ppm/°C. Accordingly, in one embodiment, the upper puck plate 192 and backing plate 196 are AlN and the lower puck plate 190 is

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

Molybdenum or AlSiSiC. A metal matrix composite of SiSiCTi may have a coefficient of thermal expansion of about 8 ppm/°C. Al₂O₃ may have a coefficient of thermal expansion of about 8 ppm/°C. Accordingly, in one embodiment having an Al₂O₃ upper puck plate, an SiSiCTi lower puck plate, and an Al₂O₃ backing plate, the coefficient of thermal expansion for the lower puck plate 190, the upper puck plate 192 and the backing plate 196 may all be about 8 ppm/°C.

[0039] In one embodiment, the upper puck plate 192 is coated with a protective layer 136, which may be a plasma resistant ceramic coating. The protective layer 136 may also coat a vertical wall of the upper puck plate 192, a metal bond between the upper puck plate 192 and lower puck plate 190, the backing plate 196, and/or the metal bond between the lower puck plate 192 and the backing plate 196. The protective layer 136 may be a bulk ceramic (e.g., a ceramic wafer), a plasma sprayed coating, a coating deposited by ion assisted deposition (IAD), or a coating deposited using other deposition techniques. The protective layer 136 may be Y₂O₃ (yttria or yttrium oxide), Y₄Al₂O₉ (YAM), Al₂O₃ (alumina), Y₃Al₅O₁₂ (YAG), YAlO₃ (YAP), Quartz, SiC (silicon carbide), Si₃N₄ (silicon nitride), Sialon, AlN (aluminum nitride), AlON (aluminum oxynitride), TiO₂ (titania), ZrO₂ (zirconia), TiC (titanium carbide), ZrC (zirconium carbide), TiN (titanium nitride), TiCN (titanium carbon nitride), Y₂O₃ stabilized ZrO₂ (YSZ), and so on. The protective layer may also be a ceramic composite such as Y₃Al₅O₁₂ distributed in an Al₂O₃ matrix, a Y₂O₃-ZrO₂ solid solution or a SiC-Si₃N₄ solid solution. The protective layer may also be a ceramic composite that includes a yttrium oxide (also known as yttria and Y₂O₃) containing solid solution. For example, the protective layer may be a ceramic composite that is composed of a compound Y₄Al₂O₉ (YAM) and a solid solution Y_{2-x}Zr_xO₃ (Y₂O₃-ZrO₂ solid solution). Note that pure yttrium oxide as well as yttrium oxide containing solid solutions may be doped with one or more of ZrO₂, Al₂O₃, SiO₂, B₂O₃, Er₂O₃, Nd₂O₃, Nb₂O₅, CeO₂, Sm₂O₃, Yb₂O₃, or other oxides. Also note that pure Aluminum Nitride as well as doped Aluminum Nitride with one or more of ZrO₂, Al₂O₃, SiO₂, B₂O₃, Er₂O₃, Nd₂O₃, Nb₂O₅, CeO₂, Sm₂O₃, Yb₂O₃, or other oxides may be used. Alternatively, the protective layer may be sapphire or MgAlON.

[0040] The substrate support assembly 148 further includes a cooling plate 164, which is coupled to the backing plate 196. The cooling plate 164 is a thermally conductive base that may act as a heat sink. In one embodiment, the cooling plate 164 is coupled to the electrostatic puck assembly 150 by multiple fasteners.

[0041] The substrate support assembly 148 further includes a multi-layer, multi-zone gasket 199 between the electrostatic puck assembly 150 and the cooling plate 164. The

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

electrostatic puck assembly 150 may include multiple different heating zones. The gasket 199 may also include multiple zones, where each of the zones in the gasket 199 may align with (or approximately align with) a corresponding heating zone in the electrostatic puck assembly 150. Each of the zones in the gasket 199 may have a thermal conductivity that is tailored for that zone. This may include a tailored thermal conductivity in an x-y plane defined by the gasket and/or a tailored thermal conductivity in a z-direction that is orthogonal to the x-y plane.

[0042] In one embodiment, the substrate support assembly 148 additionally includes a mounting plate 162 and a pedestal 152. The mounting plate 162 is coupled to the bottom 110 of the chamber body 102 and includes passages for routing utilities (e.g., fluids, power lines, sensor leads, etc.) to the cooling plate 164 and the electrostatic puck assembly 150. The cooling plate 164 and/or electrostatic puck assembly 150 may include one or more optional embedded heating elements 176, optional embedded thermal isolators 174 and/or optional conduits 168, 170 to control a lateral temperature profile of the substrate support assembly 148.

[0043] The conduits 168, 170 may be fluidly coupled to a fluid source 172 that circulates a temperature regulating fluid through the conduits 168, 170. The embedded thermal isolators 174 may be disposed between the conduits 168, 170 in one embodiment. The embedded heating elements 176 are regulated by a heater power source 178. The conduits 168, 170 and embedded heating elements 176 may be utilized to control the temperature of the electrostatic puck assembly 150, thereby heating and/or cooling the electrostatic puck assembly 150 and the substrate 144 (e.g., a wafer) being processed.

[0044] In one embodiment, the electrostatic puck assembly 150 includes two separate heating zones that can maintain distinct temperatures. In another embodiment, the electrostatic puck assembly 150 includes four different heating zones that can maintain distinct temperatures. Other numbers of heating zones may also be used. The temperature of the electrostatic puck assembly 150 and the cooling plate 164 may be monitored using one or more temperature sensors 138, which may be monitored using a controller 195.

Embodiments enable the electrostatic puck assembly 150 to maintain temperatures of up to about 250 °C while the cooling base maintains a temperature of about 60 °C. Accordingly, embodiments enable a temperature delta of up to about 190 °C to be maintained between the electrostatic puck assembly 150 and the cooling plate 164.

[0045] The electrostatic puck assembly 150 may further include multiple gas passages such as grooves, mesas and other surface features, that may be formed in an upper surface of

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

the upper puck plate 192. The gas passages may be fluidly coupled to a source of a heat transfer (or backside) gas such as He via holes drilled in the upper puck plate 192. In operation, the backside gas may be provided at controlled pressure into the gas passages to enhance the heat transfer between the upper puck plate 192 and the substrate 144.

[0046] In one embodiment, the upper puck plate 192 includes at least one clamping electrode 180 controlled by a chucking power source 182. The clamping electrode 180 (also referred to as a chucking electrode) may further be coupled to one or more RF power sources 184, 186 through a matching circuit 188 for maintaining a plasma formed from process and/or other gases within the processing chamber 100. The one or more RF power sources 184, 186 are generally capable of producing an RF signal having a frequency from about 50 kHz to about 3 GHz and a power of up to about 10,000 Watts. In one embodiment, an RF signal is applied to the metal base, an alternating current (AC) is applied to the heater and a direct current (DC) is applied to the clamping electrode 180.

[0047] FIG. 2 depicts an exploded view of one embodiment of the substrate support assembly 148, including the electrostatic puck assembly 150, the cooling plate 164, the multi-layer, multi-zone gasket 199 and the pedestal 152. The electrostatic puck assembly 150 includes the upper puck plate 192, as well as the lower puck plate (not shown) and the backing plate (not shown). As shown, an o-ring 240 may also be disposed on the cooling plate 164 along a perimeter of a top side of the cooling plate 164 in some embodiments. In one embodiment, the o-ring 240 is vulcanized to the cooling plate 164. Alternatively, the o-ring 240 may be disposed on the top side of the cooling plate 164 without being vulcanized thereto.

[0048] The gasket 199 may include multiple zones, each of which may be made up of multiple gasket layers of various materials. Alternatively, some zones may include a single gasket layer. Examples of materials that may be used to form gasket layers include grafoil, polyimide, fluoropolymers (e.g., perfluoropolymers (PFPs)), metals (e.g., metal foils such as aluminum foil, gold foil, copper foil, etc.), rubber, silicone, and so on. Examples of PFPs usable for gasket layers in one or more zones in the gasket 299 are Dupont's™ ECCtreme™, Dupont's KALREZ® (e.g., KALREZ 8900) and Daikin's® DUPRA™. Examples of polyimides that may be used for gasket layers in one or more zones in the gasket 299 are Cirlex® and Kapton®. Different types of grafoil may be used for various gasket layers of the gasket 299. Grafoil may have a thermal conductivity of around 100-1200 Watts per meter Kelvin (W/m·K) in the x-y plane (e.g., around 140-800 W/m·K) and may have a thermal

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

conductivity of around 5-150 W/m·K in the z-direction (orthogonal to the x-y plane). Grafoil may be selected that has a target thermal conductivity in the x-y plane and in the z-direction.

[0049] In one embodiment, the gasket 199 includes a first zone made up of a first stack of gasket layers with a first number of gasket layers and a second zone made up of a second stack of gasket layers with a second number of gasket layers. The gasket 199 may additionally include more than two zones. For example, the gasket 199 may include a third zone, a fourth zone, a fifth zone, a sixth zone, and so on. Each zone may have a tailored gasket layer stack with a distinct average thermal conductivity in a particular direction (e.g., the z-direction).

[0050] In one embodiment, one or more gasket layers in the first gasket layer stack may be composed of a first material that is not present in any gasket layers of the second gasket layer stack. In one embodiment, a thickness of the gasket 199 and of each gasket layer stack may be about 0.2-2.0 mm. In one embodiment, a top layer and/or a bottom layer of each gasket layer stack is composed of grafoil. In one embodiment, one or more intermediate gasket layers in the first gasket layer stack and the second gasket layer stack include a metal, polyimide, silicone, rubber, and/or a fluoropolymer. In one embodiment, each gasket layer has a thickness of about 3 mils to the thickness of the gasket 199.

[0051] In one embodiment, the o-ring 240 is a perfluoropolymer (PFP) o-ring. Alternatively, other types of high temperature o-rings may be used, such as polyimide o-rings. In one embodiment, thermally insulating high temperature o-rings are used. The o-ring 240 may be a stepped o-ring having a first step at a first thickness and a second step at a second thickness. This may facilitate uniform tightening of fasteners by causing the amount of force used to tighten the fasteners to increase dramatically after a set amount of compression of the PFP o-ring 240.

[0052] Additional o-rings (not shown) may also be attached to the top side of the cooling plate around a hole 280 at a center of the cooling plate 164 through which cables are run. Other smaller o-rings may also be attached to the cooling plate 164 around other openings, around lift pins, and so forth. The o-ring 240 and/or gasket 199 provide a vacuum seal between a chamber interior volume and interior volumes within the electrostatic puck assembly 150. The interior volumes within the electrostatic puck assembly 150 include open spaces within the pedestal 152 for routing conduits and wiring.

[0053] In one embodiment, the cooling plate 164 additionally includes numerous features 242 through which fasteners are inserted. If a gasket is used, the gasket may have cutouts at each of the features 242. Fasteners may extend through each of the features 242 and attach to additional portions of the fasteners (or additional fasteners) that are inserted into additional

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

features formed in the lower puck plate. For example, a bolt may extend through a feature 242 in the cooling plate 164 and be screwed into a nut disposed in a feature of the lower puck plate. Each feature 242 in the cooling plate 164 may line up to a similar feature (not shown) in the lower puck plate.

[0054] The upper puck plate 192 has a disc-like shape having an annular periphery that may substantially match the shape and size of a substrate positioned thereon. An upper surface of the upper puck plate 192 may have an outer ring 216, multiple mesas 210 and channels 208, 212 between the mesas 210. The upper puck plate 192 may also have additional features such as step 193. In one embodiment, the upper puck plate 192 may be fabricated by an electrically insulative ceramic material. Suitable examples of the ceramic materials include aluminum nitride (AlN), aluminum oxide (Al₂O₃), and the like.

[0055] The cooling plate 164 attached below the electrostatic puck assembly 150 may have a disc-like main portion 224 and an annular flange extending outwardly from the main portion 224 and positioned on the pedestal 152. In one embodiment, the cooling plate 164 may be fabricated by a metal, such as aluminum or stainless steel or other suitable materials. Alternatively, the cooling plate 164 may be fabricated by a composite ceramic, such as an aluminum-silicon alloy infiltrated SiC or Molybdenum to match a thermal expansion coefficient of the electrostatic puck assembly 150. The cooling plate 164 should provide good strength and durability as well as heat transfer properties.

[0056] FIG. 3 depicts a top view of one embodiment of a lower puck plate 300 used in an electrostatic puck assembly. Lower puck plate 300 may correspond to lower puck plate 190, or any other lower puck plate described herein. As shown, the lower puck plate 300 has a radius R3, which may be substantially similar to a radius of substrates or wafers that are to be supported by the electrostatic puck assembly. The lower puck plate 300 additionally includes multiple features 305. The features may match similar features in a cooling plate to which an electrostatic puck assembly including the lower puck plate 300 is mounted. Each feature 305 accommodates a fastener. For example, a bolt (e.g., a stainless steel bolt, galvanized steel bolt, etc.) may be placed into each feature such that a head of the bolt is inside of an opening large enough to accommodate the head and a shaft of the bolt extends out of a bottom side of the lower puck plate 300. The bolt may be tightened onto a nut that is placed in a corresponding feature in the cooling plate. Alternatively, features 305 may be sized to accommodate a nut, and may include a hole that can receive a shaft of a bolt that is accommodated by a corresponding feature in the cooling plate. In another example, a helical insert (e.g., a Heli-Coil®) or other threaded insert (e.g., a press fit insert, a mold-in insert, a

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

captive nut, etc.) may be inserted into one or more of the features to add a threaded hole thereto. A bolt placed inside of the cooling plate and protruding from the cooling plate may then be threaded into the threaded insert to secure the cooling plate to the puck.

Alternatively, threaded inserts may be used in the cooling plate.

[0057] The features 305 may be slightly oversized as compared to a size of the fasteners to accommodate a greater coefficient of thermal expansion of the fasteners. In one embodiment, the fasteners are sized such that the fasteners will not exert a force on the features when the fasteners are heated to 500 or 600 degrees Celsius.

[0058] As shown, multiple sets of features 305 may be included in the lower puck plate 300. Each set of features 305 may be evenly spaced at a particular radius or distance from a center of the lower puck plate. For example, as shown a first set of features 305 is located at a radius R1 and a second set of features 305 is located at a radius R2. Additional sets of features may also be located at additional radiuses.

[0059] In one embodiment, the features are arranged to create a uniform load on the electrostatic puck assembly including the lower puck plate 300. In one embodiment, the features are arranged such that a bolt is located approximately every 30-70 square centimeters (e.g., every 50 square centimeters). In one embodiment, three sets of features are used for a 12 inch diameter electrostatic puck assembly. A first set of features may be located about 4 inches from a center of the lower puck plate 300 and includes about 4 features. A second set of features may be located about 6 inches from a center of the lower puck plate 300 and includes about 6 features. A third set of features may be located about 8 inches from a center of the lower puck plate 300 and includes about 8 features. Alternatively, two sets of features may be used. In one embodiment, the lower puck plate 300 includes about 8-24 features arranged in sets at 2-3 different radiuses, where each feature accommodates a fastener.

[0060] FIG. 4A depicts a sectional side view of one embodiment of a substrate support assembly 405. The substrate support assembly 405 includes an electrostatic puck assembly 410 made up of an upper puck plate 415, a lower puck plate 420 and a backing plate 425 that may be bonded together by metal bonds. In one embodiment, the upper puck plate 415 is bonded to the lower puck plate 420 by a first metal bond 450 and the lower puck plate 420 is bonded to the backing plate 425 by a second metal bond 455. In one embodiment, diffusion bonding is used as the method of metal bonding. However, other bonding methods may also be used to produce the metal bonds.

[0061] The upper puck plate 415 is composed of an electrically insulative (dielectric) ceramic such as AlN or Al₂O₃. In one embodiment, the backing plate 425 is composed of the

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

same material as the upper puck plate 415. This may cause approximately matching but opposite forces on the lower puck plate 420 by the upper puck plate 415 and the backing plate 425. The approximately matching forces may minimize or eliminate bowing and cracking of the upper puck plate 415.

[0062] The upper puck plate 415 includes clamping electrodes 427 and one or more heating elements 429. The clamping electrodes 427 may be coupled to a chucking power source (not shown), and to an RF plasma power supply (not shown) and an RF bias power supply (not shown) via a matching circuit (not shown). The heating elements 429 are electrically connected to a heater power source (not shown) for heating the upper puck plate 415.

[0063] The upper puck plate 415 may have a thickness of about 3-10 mm. In one embodiment, the upper puck plate 415 has a thickness of about 3-5 mm. The clamping electrodes 427 may be located about 0.3 to 1 mm from an upper surface of the upper puck plate 415, and the heating elements 429 may be located about 2 mm under the clamping electrodes 427. The heating elements 429 may be screen printed heating elements having a thickness of about 10-200 microns. Alternatively, the heating elements 429 may be resistive coils that use about 1-3 mm of thickness of the upper puck plate 415. In such an embodiment, the upper puck plate 415 may have a minimum thickness of about 5 mm.

[0064] In one embodiment, the backing plate 425 has a thickness that is approximately equal to the thickness of the upper puck plate 415. For example, the upper puck plate 415 and the backing plate 425 may each have a thickness of about 3-5 mm in an embodiment. In one embodiment, the backing plate 425 has a thickness of about 3-10 mm.

[0065] In one embodiment, the lower puck plate 420 has a thickness that is equal to or greater than the thickness of the upper puck plate 415 and the backing plate 425. In one embodiment, the lower puck plate 420 has a thickness of about 8-25 mm. In one embodiment, the lower puck plate 420 has a thickness that is about 30%-330% greater than the thickness of the upper puck plate 415.

[0066] In one embodiment, the material used for the lower puck plate 420 may be suitably chosen so that a coefficient of thermal expansion (CTE) for the lower puck plate 420 material substantially matches the CTE of the electrically insulative upper puck plate 415 material in order to minimize CTE mismatch and avoid thermo-mechanical stresses which may damage the electrostatic puck assembly 410 during thermal cycling.

[0067] In one embodiment, the lower puck plate 420 is Molybdenum. Molybdenum may be used for the lower puck plate 420, for example, if the electrostatic puck assembly 410 is to

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

be used in an inert environment. Examples of inert environments include environments in which inert gases such as Ar, O₂, N, etc. are flowed. Molybdenum may be used, for example, if the electrostatic puck assembly 410 is to chuck a substrate for metal deposition. Molybdenum may also be used for the lower puck plate 420 for applications in a corrosive environment (e.g., etch applications). In such an embodiment, exposed surfaces of the lower puck plate 420 may be coated with a plasma resistant coating after the lower puck plate 420 is bonded to the upper puck plate 415. The plasma coating may be performed via a plasma spray process. The plasma resistant coating may cover, for example, side walls of the lower puck plate and an exposed horizontal step of the lower puck plate 420. In one embodiment, the plasma resistant coating is Al₂O₃. Alternatively, the plasma resistant coating may be any of the materials described with reference to protective layer 136 above.

[0068] In one embodiment, an electrically conductive metal matrix composite (MMC) material is used for the lower puck plate 420. The MMC material includes a metal matrix and a reinforcing material which is embedded and dispersed throughout the matrix. The metal matrix may include a single metal or two or more metals or metal alloys. Metals which may be used include but are not limited to aluminum (Al), magnesium (Mg), titanium (Ti), cobalt (Co), cobalt-nickel alloy (CoNi), nickel (Ni), chromium (Cr), or various combinations thereof. The reinforcing material may be selected to provide the desired structural strength for the MMC, and may also be selected to provide desired values for other properties of the MMC, such as thermal conductivity and CTE, for example. Examples of reinforcing materials which may be used include silicon (Si), carbon (C), or silicon carbide (SiC), but other materials may also be used.

[0069] The MMC material for the lower puck plate 420 is preferably chosen to provide a desired electrical conductivity and to substantially match the CTE of the upper puck plate 415 material over the operating temperature range for the electrostatic puck assembly 410. In one embodiment, the temperature may range from about 20° Celsius to about 500° Celsius. In one embodiment, matching the CTEs is based on selecting the MCC material so that the MCC material includes at least one material which is also used in the upper puck plate 415 material. In one embodiment, the upper puck plate 415 includes AlN. In one embodiment, the MMC material includes a SiC porous body that is infiltrated with an AlSi alloy (referred to herein as AlSiSiC).

[0070] The constituent materials and composition percentages of the MMC may be selected to provide an engineered material which meets desirable design objectives. For example, by suitably selecting the MCC material to closely match the CTEs of the lower

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

puck plate 420 and upper puck plate 415, the thermo-mechanical stresses at an interface between the lower puck plate 420 and the upper puck plate 415 are reduced.

[0071] By matching coefficients of thermal expansion between the layers of the electrostatic puck assembly 410, stress caused by bonding the lower puck plate 420 to the upper puck plate 415 and the backing plate 425 may be minimized. In one embodiment, the lower puck plate 420 is composed of a metal matrix composite material as described above. Alternatively, the lower puck plate 420 may be SiSiCTi or Molybdenum.

[0072] In one embodiment, the lower puck plate 420 has a roughened outer wall that has been coated with a plasma resistant ceramic coating (not shown). Plasma resistant ceramic coatings are discussed in greater detail below with reference to FIGS. 5A-5B.

[0073] In one embodiment, the upper puck plate 415, the lower puck plate 420 and the backing plate 425 comprise materials which include aluminum. For example, the upper puck plate 415 and backing plate 425 may each be composed of Al_2O_3 or AlN and the lower puck plate 420 may be composed of AlSiSiC.

[0074] Metal bond 450 may include an "interlayer" of aluminum foil that is placed in a bonding region between the upper puck plate 415 and the lower puck plate 420. Similarly metal bond 455 may include an interlayer of aluminum foil that is placed in a bonding region between the lower puck plate 420 and the backing plate 425. Pressure and heat may be applied to form a diffusion bond between the aluminum foil and the upper puck plate 415 and between the aluminum foil and lower puck plate 420. Similarly, pressure and heat may be applied to form a diffusion bond between the aluminum foil and the lower puck plate 420 and between the aluminum foil and the backing plate 425. In other embodiments, the diffusion bonds may be formed using other interlayer materials which are selected based upon the materials used for upper puck plate 415, the lower puck plate 420 and the backing plate 425. In one embodiment, the metal bonds 450, 455 have a thickness of about 0.2-0.3 mm.

[0075] In one embodiment, the upper puck plate 415 may be directly bonded to the lower puck plate 420 using direct diffusion bonding in which no interlayer is used to form the bond. Similarly, the lower puck plate 420 may be directly bonded to the backing plate 425 using direct diffusion bonding.

[0076] The upper puck plate 415 may have a diameter that is larger than a diameter of the lower puck plate 420 and the backing plate 425. In one embodiment, the upper puck plate 415 and the lower puck plate 420 each has a diameter of about 300 mm and the backing plate 425 has a diameter of about 250 mm. In one embodiment, the backing plate 425 has a diameter that is approximately 75-85% of the diameter of the upper puck plate 415. An edge of a base

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

plate 495 may have a similar diameter to the diameter of the upper puck plate 415. A plasma resistant and high temperature o-ring 445 may be disposed between upper puck plate 415 and the base plate 495. This o-ring 445 may provide a vacuum seal between an interior of the substrate support assembly and a processing chamber. The o-ring 445 may be made of a perfluoropolymer (PFP), a fluoropolymer, a polyimide, and so on. In one embodiment, the o-ring 445 is a PFP with inorganic adders such as SiC. The o-ring 445 may be replaceable. When the o-ring 445 degrades it may be removed and a new o-ring may be stretched over the upper puck plate 415 and placed at a perimeter of the upper puck plate 415 at an interface between the upper puck plate 415 and the base plate 495. The o-ring 445 may protect the metal bonds 450, 455 from erosion by plasma.

[0077] The backing plate 425 is coupled to and in thermal communication with a cooling plate 436 having one or more conduits 435 (also referred to herein as cooling channels) in fluid communication with a fluid source (not shown). The lower puck plate 420 and/or backing plate 425 may include numerous features (not shown) for receiving fasteners. In one embodiment, the cooling plate 436 and/or base plate 495 are coupled to the electrostatic puck assembly 410 by multiple fasteners (not shown). The fasteners may be threaded fasteners such as nut and bolt pairs. The lower puck plate 420 may include multiple features (not shown) for accommodating the fasteners. The cooling plate 436 may likewise include multiple features (not shown) for accommodating the fasteners. Additionally, the base plate 495 may include multiple features (not shown) for accommodating the fasteners. In one embodiment, the features are bolt holes with counter bores. The features may be through features that extend through the lower puck plate 420 and backing plate 425. Alternatively, the features may not be through features. In one embodiment, the features are slots that accommodate a t-shaped bolt head or rectangular nut that may be inserted into the slot and then rotated 90 degrees. In one embodiment, the fasteners include washers, graphoil, aluminum foil, or other load spreading materials to distribute forces from a head of the fastener evenly over a feature.

[0078] The cooling plate 436 may act as a heat sink to absorb heat from the electrostatic puck assembly 410. In one embodiment (as shown), a multi-layer, multi-zone gasket 465 is disposed on the cooling plate 436. The gasket 465 may have multiple different zones, each of which may have a different average thermal conductivity in at least one direction. The gasket 465 may be vulcanized to or otherwise disposed on the cooling plate 436. In one embodiment, each zone in the gasket 465 has a thermal conductivity of between about 0.2 W/(m·K) to about 150 W/(m·K). One or more of the zones in the gasket 465 may have a

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

different number of gasket layers, different materials in one or more of the gasket layers, a different average thermal conductivity in the z-direction (i.e., the direction that represents the thickness of the gasket 465), and/or a different thermal conductivity in the x-y plane for one or more of the gasket layers. The gasket 465 may correspond to gasket 199 in embodiments. The fasteners may be tightened to compress the gasket 465. The fasteners may be tightened with approximately the same force to evenly compress the low thermal conductivity gasket 465. One or more zones of the gasket 465 may decrease heat transfer and act as a thermal choke and/or increase thermal conductivity and act as a thermal conduit. Some zones may act as thermal chokes while other zones may act as thermal conduits.

[0079] In one embodiment, one or more o-rings (not shown) may be disposed at an outer perimeter and/or an inner perimeter of the cooling plate 164. The o-ring(s) may be used in addition to the gasket 465. The fasteners may all be tightened with approximately the same force to compress the o-ring(s) and/or gasket and cause a distance between the backing plate 425 of the electrostatic puck assembly 410 and the cooling plate 436 to be approximately uniform. The distance may be approximately the same (uniform) throughout the interface between the backing plate 425 and the cooling plate 436. This ensures that the heat transfer properties between the cooling plate 436 and the backing plate 425 are uniform within a particular zone of the gasket 465.

[0080] The electrostatic puck assembly 410 may be maintained at much greater temperatures than the cooling plate 436 in embodiments. For example, in some embodiments the electrostatic puck assembly 410 may be heated to temperatures of 200-300 degrees Celsius, while the cooling plate 436 may maintain a temperature of below about 120 degrees Celsius. In one embodiment, the electrostatic puck assembly 410 may be heated up to a temperature of about 250 °C while maintaining the cooling plate 436 at a temperature of about 60 °C or below. Accordingly, up to a 190 °C may be maintained between the electrostatic puck assembly 410 and the cooling plate 436 in embodiments. The electrostatic puck assembly 410 and the cooling plate 436 are free to expand or contract independently during thermal cycling.

[0081] In some zones, the gasket 465 may have a low thermal conductivity (e.g., below about 2 W/m·K) and function as a thermal choke by restricting the heat conduction path from the heated electrostatic puck assembly 410 to the cooled cooling plate 436. To provide efficient heating of the substrate, it may be desirable to limit the amount of heat conducted away from the upper puck plate 415 for some zones of the gasket 465. In other zones, the gasket 465 may have a medium thermal conductivity (e.g., about 2-20 W/m·K). In still other

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

zones, the gasket 465 may have a high thermal conductivity (e.g., anywhere from 20-150 W/m·K).

[0082] In one embodiment, the cooling plate 436 is coupled to the base plate 495 by one or more springs 470. In one embodiment, the springs 470 are coil springs. The springs 470 apply a force to press the cooling plate 436 against the electrostatic puck assembly 410. A surface of the cooling plate 436 may have a predetermined roughness and/or surface features (e.g., mesas) that affect heat transfer properties between the electrostatic puck assembly 410 and the cooling plate 436. Additionally, the material of the cooling plate 436 may affect the heat transfer properties. For example, an aluminum cooling plate 436 will transfer heat better than a stainless steel cooling plate 436.

[0083] In some embodiments it may be desirable to provide an RF signal through the electrostatic puck assembly 410 and to a supported substrate during processing. In one embodiment, to facilitate the transmission of such an RF signal through the electrostatic puck assembly 410, an RF gasket 490 is disposed on the base plate 495. The RF gasket 490 may electrically connect the base plate 495 to the lower puck plate 420, thus providing a conductive path past the backing plate 425. Due to the position of the RF gasket 490, a diameter of the backing plate 425 may be smaller than a diameter of the lower puck plate 420 and a diameter of the upper puck plate 415.

[0084] In one embodiment, a thermal spacer 485 is disposed adjacent to the RF gasket 490. The thermal spacer 485 may be used to ensure that the base plate 295 will not come into contact with the lower puck plate 420. In one embodiment, an o-ring 480 is disposed adjacent to the thermal spacer 485. The o-ring 480 may be a PFP o-ring, polyimide o-ring, or other type of o-ring in embodiments. The o-ring 480 may be used to facilitate a vacuum seal. In one embodiment, a mounting plate 440 is disposed beneath and coupled to the base plate 495.

[0085] FIG. 4B depicts a perspective view of one embodiment of a bottom of electrostatic puck assembly 410 shown in FIG. 4A. As illustrated, the upper puck plate 415 has a first diameter that is larger than a second diameter of the lower puck plate 420. The backing plate 425 has a third diameter that is smaller than the second diameter of the lower puck plate 420. As mentioned previously with reference to FIG. 4A, the backing plate 425 may have a smaller diameter than the lower puck plate 420 to provide space for an RF gasket. Additionally, the lower puck plate 420 may include multiple inner features (not shown) and multiple outer features 498 that are to receive fasteners as described with reference to FIGS. 2-4A. The backing plate 425 may be sized such that the backing plate 425 does not block the outer features 498. The backing plate 425 may include holes 496 that provide access to the

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

inner features in the lower puck plate 420. As shown, the backing plate 425 may include a center hole 492 to provide access to facilities. Additionally, the backing plate 425 includes three holes 494 around lift pin holes 499 in the lower puck plate 420.

[0086] FIG. 5A depicts a sectional side view of an electrostatic puck assembly 510, in accordance with one embodiment. FIG. 5B depicts a perspective view the electrostatic puck assembly 510. Notably, the electrostatic puck assembly 510 is shown upside down to better show particular components of the electrostatic puck assembly 510. The electrostatic puck assembly 510 is substantially similar to electrostatic puck assembly 410. For example, electrostatic puck assembly 510 includes an upper puck plate 515 bonded to a lower puck plate 520 by a metal bond 555. The electrostatic puck assembly 510 further includes the lower puck plate 520 bonded to a backing plate 525 by another metal bond 565. Additionally, the backing plate 525 includes a center hole 592 to provide access to facilities and further includes three holes 594 around lift pin holes 599 in the lower puck plate 520. The backing plate 525 may additionally include holes 596 that provide access to the inner features in the lower puck plate 520.

[0087] In electrostatic puck assembly 510, the backing plate 525 has a diameter that is substantially similar to the diameter of the lower puck plate 520. This further equalizes the forces applied to lower puck plate 520 by upper puck plate 515 and backing plate 525. However, in such an embodiment there is no space to dispose an RF gasket that electrically connects the lower puck plate to a base plate. To provide an alternate path for an RF signal, an outer sidewall of the backing plate 525 and the metal bond 565 may be coated with an electrically conductive coating 530. In one embodiment, the electrically conductive coating 530 is a metal coating such as an Aluminum coating. The electrically conductive coating 530 may be applied using sputtering techniques, cold spraying techniques, or other metal deposition techniques. In one embodiment, the electrically conductive coating 530 is covered by a plasma resistant ceramic coating 535. The plasma resistant ceramic coating 535 may be Y_2O_3 (yttria or yttrium oxide), $Y_4Al_2O_9$ (YAM), Al_2O_3 (alumina), $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), $YAlO_3$ (YAP), Quartz, SiC (silicon carbide), Si_3N_4 (silicon nitride) Sialon, AlN (aluminum nitride), AlON (aluminum oxynitride), TiO_2 (titania), ZrO_2 (zirconia), TiC (titanium carbide), ZrC (zirconium carbide), TiN (titanium nitride), TiCN (titanium carbon nitride) Y_2O_3 stabilized ZrO_2 (YSZ), and so on. The plasma resistant ceramic coating 535 may also be a ceramic composite such as $Y_3Al_5O_{12}$ distributed in Al_2O_3 matrix, a Y_2O_3 - ZrO_2 solid solution or a SiC- Si_3N_4 solid solution. In embodiments, the electrically conductive coating 530 and/or the plasma resistant ceramic coating 535 may also coat an outer wall of the lower puck plate 520,

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

metal bond 555 and/or upper puck plate 515. In one embodiment, the electrically conductive coating 530 and the plasma resistant ceramic coating 535 each have a thickness of about 5-25 microns.

[0088] Since backing plate 525 has a diameter that is substantially similar to the diameter of the lower puck plate 520, backing plate 525 covers features (not shown) in the lower puck plate 520 that are configured to receive fasteners. Accordingly, backing plate 525 may additionally include holes 598 that provide access to the features in the lower puck plate 520.

[0089] In one embodiment, an electrical path for the RF signal may be provided by doping the backing plate 525 to increase an electrical conductivity of the backing plate 525. In one embodiment, Sm and/or Ce are used to dope the backing plate 525. In one embodiment, the backing plate 525 has an electrical resistivity of less than about 1×10^9 Ohm centimeters ($10E9$ Ohm·cm). In one embodiment, the backing plate has an electrical resistivity of about $10E6$ Ohm·cm to $10E7$ Ohm·cm. In such an embodiment, the outer wall of backing plate 525 may not be coated by the electrically conductive coating 530. However, the outer wall of backing plate may still be coated with plasma resistant ceramic coating 535.

[0090] FIG. 6A depicts a sectional side view of an electrostatic puck assembly 610, in accordance with one embodiment. FIG. 6B depicts a perspective view the electrostatic puck assembly 610. Notably, the electrostatic puck assembly 610 is shown upside down to better show particular components of the electrostatic puck assembly 610. The electrostatic puck assembly 610 is substantially similar to electrostatic puck assembly 410. For example, electrostatic puck assembly 610 includes an upper puck plate 615 bonded to a lower puck plate 620 by a metal bond 655. The electrostatic puck assembly 610 further includes the lower puck plate 620 bonded to a backing plate 670 by another metal bond 667. The backing plate 670 includes a center hole 692 to provide access to facilities and further includes three holes 694 around lift pin holes 699 in the lower puck plate 620. The backing plate 670 may additionally include holes 696 that provide access to the inner features in the lower puck plate 620.

[0091] In electrostatic puck assembly 610, the backing plate 670 has a diameter that is smaller than a diameter of the lower puck plate 620. In one embodiment, backing plate 670 has a diameter that is approximately equal to the diameter of backing plate 425. Electrostatic puck assembly 610 additionally includes a backing ring 660 that is metal bonded to lower puck plate 620 by metal bond 665. Backing ring 660 has an outer diameter that is substantially similar to the diameter of the lower puck plate 620. This further equalizes the

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

forces applied to lower puck plate 620 by upper puck plate 615 and a combination of the backing plate 670 and the backing ring 660.

[0092] A space between the backing plate 670 and the backing ring 660 may provide room for an RF gasket that electrically connects the lower puck plate 620 to a base plate. Additionally, features 698 in the lower puck plate 620 that are configured to receive fasteners may be exposed. In one embodiment, the outer walls of backing ring 660, metal bond 665, lower puck plate 620, metal bond 655 and/or upper puck plate 615 are coated by a plasma resistant ceramic coating as described above with reference to FIGS. 5A-5B.

[0093] FIG. 7 illustrates one embodiment of a process 700 for manufacturing a substrate support assembly. At block 704 of process 700, an upper puck plate is formed. The upper puck plate may be a ceramic disc that includes a clamping electrode and one or more heating elements.

[0094] At block 706, a lower puck plate is formed. In one embodiment, features are formed in a lower puck plate for receiving fasteners. Gas holes (e.g., He holes) may also be formed in the lower puck plate for flowing gases.

[0095] In one embodiment, at block 707 a metal protective coating is applied to the lower puck plate. A metal protective coating may be applied to the lower puck plate, for example, if the lower puck plate is Molybdenum. The metal protective coating may be applied to ensure that the material of the lower puck plate will not be exposed to plasma or processing gasses. The metal protective coating may have a thickness of about 2-10 microns.

[0096] In one embodiment, the metal protective coating is Aluminum or an Aluminum alloy such as Al 6061. In one embodiment, the metal protective coating is applied to the lower puck plate by electroplating. The electroplating may cause the metal protective coating to form over all surfaces of the lower puck plate, including outer walls, a top and bottom, and inner walls of holes and features drilled in the lower puck plate. In another embodiment, the metal protective coating may be applied by metal deposition techniques such as cold spraying or sputtering.

[0097] In one embodiment, metal protective plugs are inserted into holes drilled in the lower puck plate instead of, or in addition to, applying the metal protective coating to the lower puck plate. For example, multiple counter-bored through holes may be drilled into the lower puck plate, and Aluminum (or Aluminum alloy) plugs may be inserted into these holes. The plugs may protect a gas delivery area (e.g., the interior of the holes) from exposure to gases. The metal protective coating may or may not then be applied over the lower puck plate.

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

[0098] In one embodiment, an outer wall of the lower puck plate is bead blasted to roughen the outer wall to a roughness (Ra) of about 100-200 micro-inches. The outer wall may then be plasma sprayed with a plasma resistant ceramic coating. The plasma resistant ceramic coating may be formed over the metal protective coating in embodiments. In one embodiment, the plasma resistant ceramic coating has a thickness of about 2-10 microns. In a further embodiment, the plasma resistant ceramic coating has a thickness of about 3 microns.

[0099] At block 708, a backing plate is formed. One or more holes may be formed in the backing plate (e.g., by drilling) to provide access to the features and/or gas holes in the lower puck plate. In one embodiment, in which plugs are inserted into holes in the lower puck plate, gas grooves are formed in an upper side of the backing plate (where the backing plate will contact the lower puck plate). These gas grooves may provide access for gases to be flowed through the plugs, then through holes in the upper puck plate. In one embodiment, the holes in the upper puck plate include a porous plug. Holes may also be drilled in the backing plate to provide a path for the gases to be flowed into the gas grooves.

[00100] At block 710, the lower puck plate is metal bonded to an upper puck plate using a first metal bond. At block 715, the backing plate is metal bonded to the lower puck plate using a second metal bond. A multilayer stack including the upper puck plate, the lower puck plate and the backing plate may form an electrostatic puck assembly.

[00101] In one embodiment, the first metal bond is formed by placing a metal foil of Al or AlSi alloy between the upper puck plate and the lower puck plate. In one embodiment, the second metal bond is formed by placing an additional metal foil of Al or AlSi alloy between the lower puck plate and the backing plate. The metal foils may be approximately 50 microns thick in one embodiment. Pressure and heat may be applied to form a first diffusion bond between the metal foil, the upper puck plate and the lower puck plate and to form a second diffusion bond between the additional metal foil, the lower puck plate and the backing plate. In one embodiment, a stack is formed that includes the upper puck plate, the metal foil, the lower puck plate, the additional metal foil and the backing plate. This stack may then be hot pressed to form the first metal bond and the second metal bond in a single bonding process.

[00102] In one embodiment, at block 720 an electrically conductive coating is applied to an outer wall of the backing plate. The electrically conductive coating may also be applied over the metal bonds and/or over the lower puck plate. The electrically conductive coating may be a metal coating applied by cold spraying, sputtering, or other metal deposition technique. In one embodiment, at block 725 a plasma resistant ceramic coating is applied

Attorney Docket No.: 28245,641 (L0559JP)

over the electrically conductive coating. The plasma resistant ceramic coating may be applied by plasma spraying, IAD, or other ceramic deposition technique.

[00103] At block 730, a thermal gasket is applied to a cooling plate. The thermal gasket may be a multi-layer, multi-zone gasket as described in embodiments herein. At block 735, the cooling plate is secured to the electrostatic puck assembly. In one embodiment, fasteners are inserted into the features in the lower puck plate and/or the cooling plate. In one embodiment, the fasteners are inserted into the lower puck plate prior to the lower puck plate being bonded to the upper puck plate. In such an embodiment, the fasteners may be permanently embedded into the puck. The electrostatic puck assembly may then be coupled to the cooling plate by tightening the fasteners (e.g., by threading bolts protruding from the features in the lower puck plate into nuts residing in the features in the cooling plate).

[00104] FIG. 8 illustrates one embodiment of another process 800 for manufacturing a substrate support assembly. At block 804 of process 800, a test substrate support assembly is assembled with a conventional gasket. For example, the operations of process 700 may be performed. However, at block 730 a standard thermal gasket may be used rather than one of the multi-layer, multi-zone thermal gaskets described in embodiments herein.

[00105] At block 806, the test substrate support assembly is inserted into a processing chamber. At block 806, one or more test runs may then be performed using a target process or set of target processes. A particular process may have the same target temperature for each zone of the substrate support assembly or may have different target temperatures for different zones. During the test runs, the power levels of the heating elements in each of the heating zones of the substrate support assembly are measured and recorded at block 808. This may provide a temperature profile for the substrate support assembly. In an example, the temperature profile may show that the heating elements of some heating zones are operating at 5-10% of maximum power, that the heating elements of other heating zones are operating at 50-60% of maximum power, and that the heating elements of still other heating zones are operating at 93-97% of maximum power. Different processes may or may not use plasma. Additionally, for those processes that use plasma, the power profile for the plasma may vary between heating zones of the substrate support assembly. This may cause the plasma to heat some zones more than other zones, which affects the temperature profile.

[00106] The thermal conductivity of the thermal gasket used for the test substrate support assembly may be known. The heating elements of each heating zone may have a maximum power rating. A goal is for all of the heating elements to operate at greater than about 10% of the maximum power and to operate at less than 90% of the maximum power. In one

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

embodiment, a goal is for all of the heating elements to operate at greater than about 15% of the maximum power and to operate at less than 85% of the maximum power. In one embodiment, a goal is for all of the heating elements to operate at greater than about 20% of the maximum power and to operate at less than 80% of the maximum power.

[00107] The temperature profile may be used to determine a target average thermal conductivity for each zone of a multi-layer, multi-zone gasket that will achieve the goal set forth above. Each of the zones of the gasket may approximately align with a heating zone of the substrate support assembly. The gasket separates a plate or assembly that includes the heating zones (e.g., an electrostatic puck assembly) from a cooling plate. By increasing the thermal conductivity of a zone, thermal flux between the cooling plate and the plate or assembly at that zone is increased. Similarly, by decreasing the thermal conductivity of a zone, the thermal flux between the cooling plate and the plate or assembly at that zone is decreased. Accordingly, in the above example the thermal conductivity of the zone of the gasket that corresponds to the heating zone that experienced the 5-10% maximum power usage may be increased as compared to the thermal conductivity of the conventional gasket. This may cause the heating zone to be cooled faster, which would cause the heating zone to work at a higher power (e.g., of say 50-60% of maximum power). Additionally, in the above example the thermal conductivity of the zone of the gasket that corresponds to the heating zone that experienced the 93-97% maximum power usage may be decreased as compared to the thermal conductivity of the conventional gasket. This may cause the heating zone to be cooled more slowly, which would cause the heating zone to work at a lower power (e.g., of say 50-60% of maximum power).

[00108] At block 815, a determination may be made as to whether there are any hot spots within any heating zones of the plate or assembly (e.g., the electrostatic puck assembly). Similarly, a determination may be made as to whether there are any cold spots in any area of the cooling plate that correspond to a particular heating zone. Hot spots may be addressed by constructing a multi-layer stack of the gasket for a particular zone that includes a top gasket layer that has a high thermal conductivity in the x-y plane (e.g., in a plane that is defined by a surface area of the gasket). Cold spots may be addressed by constructing a multi-layer stack of the gasket for a particular zone that includes a bottom gasket layer that has a high thermal conductivity in the x-y plane (e.g., in a plane that is defined by a surface area of the gasket). Some types of grafoil may have a thermal conductivity of about 400-1200 W/m·K in the x-y plane, for example. Accordingly, one or more gasket layers in the stack of gasket layers in one zone may have a thermal conductivity in the x-y plane that is different from the thermal

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

conductivity of a corresponding gasket layer in another stack of gasket layers in another zone in the x-y plane.

[00109] At block 820, a stack of gasket layers (or a single gasket layer) is determined for each zone of the gasket. Each zone may have a unique stack of gasket layers (or a single gasket layer) or may have a stack of gasket layers that matches a stack of gasket layers in another zone. Each determined stack of gasket layers or single gasket layer approximately has a target thermal conductivity for a particular zone of the gasket. A stack of gasket layers or single gasket layer for a zone may be determined by modeling a gasket layer stack, where the model takes into account at least the following for each layer of the gasket layer stack: thickness, material, and thermal conductivity of the selected material. The model of the gasket layer stack may also take into consideration interstitial resistance between gasket layers.

[00110] A target thickness may be determined for the gasket, and the stack of gasket layers for each zone may approximately have the target thickness. A gasket layer stack that is to have a high thermal conductivity (e.g., over 50 W/m·K) may include one or more layers of grafoil, with no other gasket layers. A gasket layer stack that is to have a high thermal conductivity may alternatively have one or more layers of a metal foil (e.g., aluminum foil) and multiple layers of grafoil. For example, a gasket layer stack may include a bottom layer of grafoil, an intermediate layer of aluminum foil, and a top layer of grafoil. A gasket layer stack that is to have a low thermal conductivity may include a bottom layer of grafoil, an intermediate layer of polyimide or a fluoropolymer, and a top layer of grafoil.

[00111] In one embodiment, the stack of gasket layers for each zone has a top layer of grafoil and a bottom layer of grafoil. Grafoil may be used as the top and bottom layers because grafoil is a very soft material and upon compression with the ceramic plate (e.g., of the electrostatic puck assembly) and the cooling plate will compress into micro-crevices in the ceramic plate and cooling plate. Grafoil may also be used as an intermediate layer between any other layers in a stack of gasket layers. For example, a gasket layer stack may include, from bottom to top, grafoil, a second material, grafoil, the second material or a third material, grafoil, and so on. In one embodiment, one or more zones includes a single gasket layer that is composed of grafoil.

[00112] At block 825, a multi-layer, multi-zone gasket is formed. Each zone has a gasket layer stack (or a single gasket layer in some instances) that has been configured for that zone. The different zones are then fitted together to form the multi-layer, multi-zone gasket. In one embodiment, the different zones are bonded together. Alternatively, the different zones may

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

be pressure fit together. Alignment pins can be used to align and stack the gasket layers for each zone of the gasket. In one embodiment, there can be a gap (e.g., a 1 mm gap) between zones of the gasket. Alternatively, different zones of the gasket may be touching. At block 830, a substrate support assembly may be formed as set forth in process 700 using the created multi-layer, multi-zone gasket at block 730. In one embodiment, the different gasket layers for each zone of the gasket are stacked onto the cooling plate at the appropriate location to line up with the corresponding heating zone. The gasket layers of the various zones may be formed so that they are touching one another or so that there is a gap between zones.

[00113] The heating elements in each of the plurality of heating zones of the ceramic plate (e.g., electrostatic puck assembly) have a power rating. The average thermal conductivity tailored for each of the zones of the gasket causes the one or more heating elements of each of the corresponding heating zones to maintain a supported substrate at a target temperature while staying within 20-80% of the power rating.

[00114] FIG. 9A illustrates a perspective view of one embodiment of a multi-layer, multi-zone gasket 900. FIG. 9B illustrates a cross-sectional side view of the multi-layer, multi-zone gasket 900 of FIG. 9A. As shown, the gasket 900 includes four zones. The four zones are approximately concentric zones in the illustrated example. However, in alternative embodiments the zones may not be concentric (e.g., as shown in FIG. 10). Alternatively, some of the zones may be concentric while other zones are not concentric. The illustrated four zones include a first zone 905, a second zone 910, a third zone 915 and a fourth zone 920. The first zone 905, second zone 910 and third zone 915 are ring shaped, while the fourth zone 920 is disc shaped.

[00115] The first zone 905 includes 5 gasket layers. The second zone 910 also includes 5 gasket layers, but of different materials and/or thicknesses from those of the first zone 905. The third zone includes 9 gasket layers, and the fourth zone includes 5 gasket layers. Each zone may have any number of gasket layers in embodiments. Each zone may have a distinct average thermal conductivity in the z-direction. One or more gasket layers in any of the zones may also have specific thermal conductivity in the x-y plane. In one embodiment, each zone has a thermal conductivity in the z-direction of between 0.2 W/m·K and 150 W/m·K. Individual layers of grafoil may have a thermal conductivity of anywhere from 140 W/m·K to 1200 W/m·K in the x-y plane. The gasket 900 may have a thickness of about 0.2-2 mm in embodiments. Each individual gasket layer in a gasket layer stack may have a thickness of about 3 mils to about the thickness of the gasket 900. Grafoil layers may have thicknesses of about 3-40 mils in some embodiments.

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

[00116] FIG. 10 illustrates a perspective view of another embodiment of a multi-layer, multi-zone gasket 1000. The gasket 1000 includes four pie-shaped zones 1005, 1010, 1015 and 1020.

[00117] The preceding description sets forth numerous specific details such as examples of specific systems, components, methods, and so forth, in order to provide a good understanding of several embodiments of the present disclosure. It will be apparent to one skilled in the art, however, that at least some embodiments of the present disclosure may be practiced without these specific details. In other instances, well-known components or methods are not described in detail or are presented in simple block diagram format in order to avoid unnecessarily obscuring the present disclosure. Thus, the specific details set forth are merely exemplary. Particular implementations may vary from these exemplary details and still be contemplated to be within the scope of the present disclosure.

[00118] Reference throughout this specification to “one embodiment” or “an embodiment” means that a particular feature, structure, or characteristic described in connection with the embodiment is included in at least one embodiment. Thus, the appearances of the phrase “in one embodiment” or “in an embodiment” in various places throughout this specification are not necessarily all referring to the same embodiment. In addition, the term “or” is intended to mean an inclusive “or” rather than an exclusive “or.” When the term “about” or “approximately” is used herein, this is intended to mean that the nominal value presented is precise within $\pm 10\%$.

[00119] Although the operations of the methods herein are shown and described in a particular order, the order of the operations of each method may be altered so that certain operations may be performed in an inverse order or so that certain operation may be performed, at least in part, concurrently with other operations. In another embodiment, instructions or sub-operations of distinct operations may be in an intermittent and/or alternating manner.

[00120] It is to be understood that the above description is intended to be illustrative, and not restrictive. Many other embodiments will be apparent to those of skill in the art upon reading and understanding the above description. The scope of the disclosure should, therefore, be determined with reference to the appended claims, along with the full scope of equivalents to which such claims are entitled.

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

CLAIMS

What is claimed is:

1. A gasket comprising:
a top surface having a surface area; and
a plurality of zones that together define the surface area of the top surface, the plurality of zones comprising:
a first zone comprising a first stack of gasket layers, the first zone having a first average thermal conductivity in a first direction; and
a second zone comprising one or more gasket layers, the second zone having a second average thermal conductivity in the first direction.
2. The gasket of claim 1, wherein the first stack of gasket layers comprises a first number of gasket layers and the one or more gasket layers in the second zone comprises a second number of gasket layers that differs from the first number of gasket layers.
3. The gasket of claim 1, wherein at least one gasket layer in the first stack of gasket layers comprises a first material that is not present in the one or more gasket layers in the second zone.
4. The gasket of claim 1, wherein the plurality of zones further comprises at least one of:
a third zone having a third average thermal conductivity in the first direction; or
a fourth zone having a fourth average thermal conductivity in the first direction.
5. The gasket of claim 1, wherein the gasket has a thickness of about 0.2-2.0 mm, and wherein the first gasket layer stack approximately has the thickness of 0.2-2.0 mm.
6. The gasket of claim 1, wherein the first direction is orthogonal to the surface area.
7. The gasket of claim 1, wherein at least one of a top gasket layer or a bottom gasket layer of the first stack of gasket layers comprises grafoil.

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

8. The gasket of claim 7, wherein one or more intermediate gasket layers of the first stack of gasket layers comprises at least one of a metal, polyimide, silicone, rubber or a fluoropolymer.
9. The gasket of claim 1, wherein the second zone comprises a single gasket layer comprising grafoil.
10. A substrate support assembly comprising:
 - a puck comprising a plurality of heating zones, wherein each of the plurality of heating zones comprises one or more heating elements;
 - a gasket, wherein a top surface of the gasket contacts the puck, the gasket comprising a plurality of zones that approximately align with the plurality of heating zones, the plurality of zones comprising:
 - a first zone comprising a first stack of gasket layers, the first zone having a first average thermal conductivity in a first direction; and
 - a second zone comprising one or more gasket layers, the second zone having a second average thermal conductivity in the first direction; and
 - a cooling plate, wherein a bottom surface of the gasket contacts the cooling plate.
11. The substrate support assembly of claim 10, wherein the gasket is compressed between the puck and the cooling plate, wherein the first direction is orthogonal to the top surface, and wherein the gasket has a thickness of approximately 0.2-2.0 mm.
12. The substrate support assembly of claim 10, wherein the one or more heating elements of each the plurality of heating zones has a power rating, wherein the first average thermal conductivity causes the one or more heating elements of a first heating zone of the plurality of heating zones to maintain a supported substrate at a target temperature while staying within 20-80% of the power rating, and wherein the second average thermal conductivity causes the one or more heating elements of a second heating zone of the plurality of heating zones to maintain the target temperature or an alternate target temperature while staying within 20-80% of the power rating.

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

13. The substrate support assembly of claim 10, wherein the first stack of gasket layers comprises a first number of gasket layers and the one or more gasket layers in the second zone comprises a second number of gasket layers that differs from the first number of gasket layers.

14. The substrate support assembly of claim 10, wherein at least one of a top gasket layer or a bottom gasket layer of the first stack of gasket layers comprises grafoil and has a thermal conductivity of approximately 100-1200 Watts per meter Kelvin in a second direction that is orthogonal to the first direction.

15. The substrate support assembly of claim 10, wherein one or more intermediate gasket layers of the first stack of gasket layers comprises at least one of a metal, polyimide, silicone, rubber or a fluoropolymer.

Attorney Docket No.: 28245.641 (L0559JP)

1. ABSTRACT

A gasket for a substrate support assembly may have a top surface having a surface area and a plurality of zones that together define the surface area of the top surface. The plurality of zones may comprise at least a) a first zone comprising a first stack of gasket layers, the first zone having a first average thermal conductivity in a first direction, and b) a second zone comprising one or more gasket layers, the second zone having a second average thermal conductivity in the first direction.

2. REPRESENTATIVE DRAWING

FIG. 9A

1 / 10

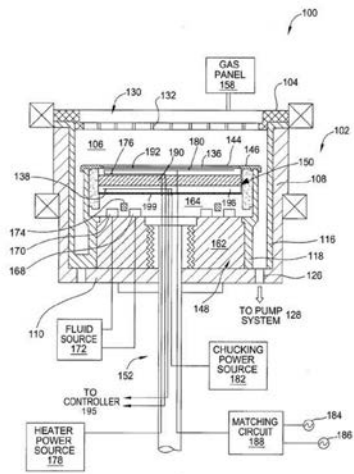


FIG. 1

2 / 10

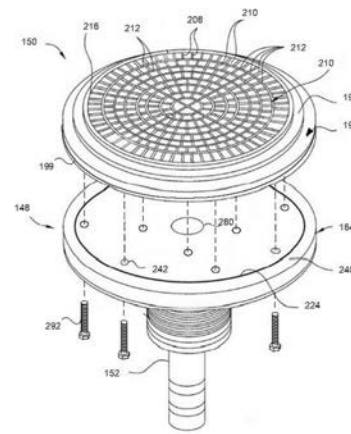


FIG. 2

3 / 10

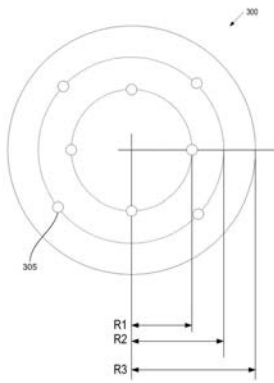


FIG. 3

4 / 10

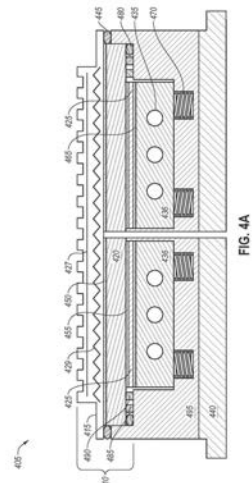


FIG. 4A

5 / 10

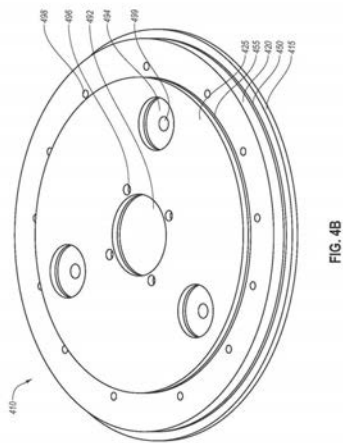


FIG. 4B

6 / 10

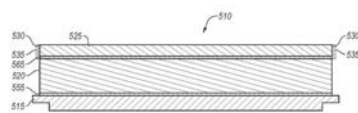


FIG. 5A

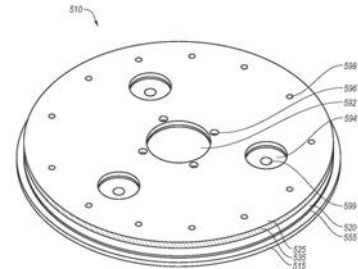


FIG. 5B

7 / 10

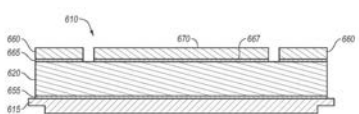


FIG. 6A

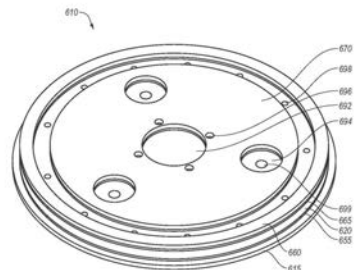


FIG. 6B

8 / 10

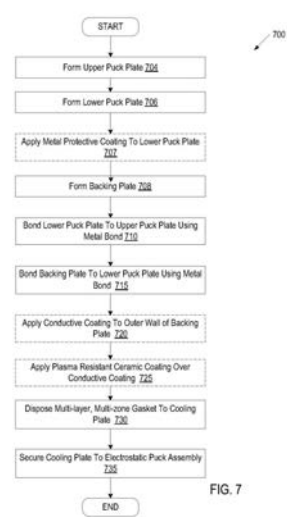
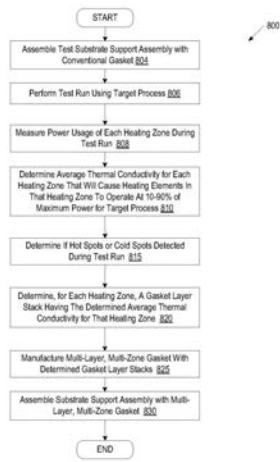


FIG. 7

9 / 10



10 / 10

