(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4953572号
(P4953572)

(45)発行日　平成24年6月13日(2012.6.13)　(24)登録日　平成24年3月23日(2012.3.23)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/205	***(2006.01)***	H01L	21/205	
H01L 21/31	***(2006.01)***	H01L	21/31	E
H01L 21/683	***(2006.01)***	H01L	21/68	N
H05B 3/74	***(2006.01)***	H05B	3/74	

請求項の数 74　(全 41 頁)

(21)出願番号	特願2004-541591 (P2004-541591)
(86)(22)出願日	平成15年9月19日 (2003.9.19)
(65)公表番号	特表2006-500789 (P2006-500789A)
(43)公表日	平成18年1月5日 (2006.1.5)
(86)国際出願番号	PCT/US2003/029689
(87)国際公開番号	WO2004/032187
(87)国際公開日	平成16年4月15日 (2004.4.15)
審査請求日	平成18年9月11日 (2006.9.11)
(31)優先権主張番号	10/246,865
(32)優先日	平成14年9月19日 (2002.9.19)
(33)優先権主張国	米国(US)

(73)特許権者　390040660
アプライド　マテリアルズ　インコーポレイテッド
ＡＰＰＬＩＥＤ　ＭＡＴＥＲＩＡＬＳ，ＩＮＣＯＲＰＯＲＡＴＥＤ
アメリカ合衆国　カリフォルニア州　９５０５４　サンタ　クララ　バウアーズ　アベニュー　３０５０
(74)代理人　100109726
弁理士　園田　吉隆
(74)代理人　100101199
弁理士　小林　義教
(74)代理人　100123995
弁理士　野田　雅一

最終頁に続く

(54)【発明の名称】マルチゾーン抵抗ヒータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

ウェハを支持するための領域を有する表面と本体とを備えるステージと、

前記ステージに結合されたシャフトと、

前記ステージの本体の第１の平面内において第１の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で配置された第１の加熱素子と、前記コイル形状は、前記第１の軸に対して垂直方向で互いに同じ距離離れている複数の隣接するコイル部分を有しており、

前記ステージの本体の前記第１の平面より前記ステージの表面から離れた距離にある前記ステージの本体の第２の平面内において第２の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で配置された第２の加熱素子と、

を備え、

前記第２の軸が、前記本体の前記第１の平面に実質的に平行な平面において前記第１の軸からずらされており、

前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、

（ａ）前記第１の加熱素子の前記隣接するコイル部分間の距離の０．３～０．７倍であること、

（ｂ）前記隣接するコイル部分間の距離の半分であること、

（ｃ）５ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、

（ｄ）７ｍｍ～１０ｍｍの範囲であること、

（ｅ）１ｍｍ～５０ｍｍの範囲であること、

（ｆ）５ｍｍ～２５ｍｍの範囲であること、
（ｇ）１０ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
のうちの一つの線形オフセットである装置。
【請求項２】
前記第１の加熱素子が、第１の抵抗を有する第１の部分と、前記第１の抵抗と異なる第２の抵抗を有する第２の部分とを備える抵抗加熱素子である、請求項１に記載の装置。
【請求項３】
前記第１の加熱素子の前記第２の部分が、前記第１の加熱素子の前記第１の部分より前記領域の中点から離れた距離にある前記ステージの領域内に配置される、請求項２に記載の装置。
【請求項４】
前記第２の加熱素子が、第１の抵抗を有する第１の部分と、前記第１の抵抗と異なる第２の抵抗を有する第２の部分とを備える抵抗加熱素子である、請求項１に記載の装置。
【請求項５】
前記第２の加熱素子の前記第２の部分が、前記第２の加熱素子の前記第１の部分より前記領域の中点から離れた距離にある前記ステージの領域内に配置される、請求項４に記載の装置。
【請求項６】
前記第１の加熱素子が、前記第２の加熱素子が占める前記ステージの領域と実質的に同じサイズの前記ステージの領域を占める、請求項１に記載の装置。
【請求項７】
前記ステージが、ウェハを支持するための第１の表面と、第２の表面とを備え、前記シャフトが、前記シャフトの長さを通る内部開口を画成する一部分を有し、
前記シャフトが、中点に実質的に対応する点で前記ステージの前記第２の表面に結合され、前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子の各々への電源リード線が、前記開口に配置される、請求項１に記載の装置。
【請求項８】
前記ステージ本体が、中点が前記表面に垂直な軸に対応するように、実質的に円筒状であり、前記ステージの前記領域の第１の部分が、前記軸の周りに第１の半径によって画成され、前記領域の第２の部分が、前記第１の半径より大きい前記軸の周りの第２の半径によって画成される、請求項１に記載の装置。
【請求項９】
前記第１の加熱素子が、前記ステージの前記領域の前記第１の部分と対応する領域の第１の抵抗と、前記ステージの前記領域の前記第２の部分と対応する領域の第２の抵抗とを備える抵抗加熱素子であり、
前記第２の加熱素子が、前記ステージの前記領域の前記第１の部分と対応する領域の第１の抵抗と、前記ステージの前記領域の前記第２の部分と対応する領域の第２の抵抗とを備える抵抗加熱素子である、請求項８に記載の装置。
【請求項１０】
前記第１の加熱素子の前記第１の抵抗の抵抗値が、前記第１の加熱素子の前記第２の抵抗の抵抗値より小さく、前記第２の加熱素子の前記第１の抵抗の抵抗値が、前記第２の加熱素子の前記第２の抵抗の抵抗値より大きい、請求項９に記載の装置。
【請求項１１】
前記第１の加熱素子の電力密度が、前記ステージの前記領域の前記第１の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度および前記ステージの前記領域の前記第２の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度より大きい、請求項８に記載の装置。
【請求項１２】
前記第１の加熱素子が、前記第１の軸によって分離された２つのセグメントを備え、
前記第２の加熱素子が、前記第２の軸によって分離された２つのセグメントを備え、前記第１の軸および前記第２の軸が、０°～１８０°の間の前記表面の平面における角度を

画成するように、平行であるか交差しているかの少なくともいずれか１つの状態である、請求項１に記載の装置。

【請求項１３】

前記ステージ本体は、中点が前記表面に垂直な軸に対応するように、実質的に円筒状であり、前記ステージの前記領域の第１の部分が、前記軸の周りに第１の半径によって画成され、前記領域の第２の部分が、前記第１の半径より大きい前記軸の周りの第２の半径によって画成され、

前記第１の加熱素子の電力密度が、前記ステージの前記領域の前記第１の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度および前記ステージの前記領域の前記第２の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度より大きい、請求項１２に記載の装置。

【請求項１４】

前記ステージが、７５０℃を超える温度を生成可能な材料から構成される、請求項１に記載の装置。

【請求項１５】

前記ステージおよび前記シャフトが、窒化アルミニウムを備える、請求項１４に記載の装置。

【請求項１６】

前記ステージが、窒化アルミニウムを備え、１４０Ｗ／ｍＫ～２００Ｗ／ｍＫの範囲の熱伝導率を有し、前記シャフトが、窒化アルミニウムを含み、６０Ｗ／ｍＫ～１００Ｗ／ｍＫの範囲の熱伝導率を有する、請求項１５に記載の装置。

【請求項１７】

ウェハを支持するための前記領域が、６０°～８０°の角度で前記ステージの表面に押し下げられたウェハパケットを含む、請求項１に記載の装置。

【請求項１８】

チャンバと、

ウェハを支持するための領域と、本体とを有する表面を含むチャンバ内に配置されたステージと、前記ステージに結合されたシャフトと、前記ステージの前記領域の第１の部分内と、前記ステージの前記本体の第１の平面内において第１の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で配置された第１の加熱素子と、前記コイル形状は、前記第１の軸に対して垂直方向で互いに同じ距離離れている複数の隣接するコイル部分を有しており、前記ステージの前記領域の第２の部分内と、前記ステージの前記本体の第２の平面内において第２の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で配置された第２の加熱素子とを備える抵抗ヒータとを備え、前記ヒータの前記本体の前記第２の平面が、前記本体の前記第１の平面より前記ステージの前記表面から離れた距離にあり、

前記第１の加熱素子の電力密度が、前記ステージ領域の前記第１の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度より大きく、前記第１の加熱素子の電力密度が、前記ステージ領域の前記第２の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度より小さく、

更に、前記第２の軸が、前記ステージの前記本体の前記第１の平面に実質的に平行な平面において前記第１の軸からずらされており、

前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、

（ａ）前記第１の加熱素子の前記隣接するコイル部分間の距離の０．３～０．７倍であること、

（ｂ）前記隣接するコイル部分間の距離の半分であること、

（ｃ）５ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、

（ｄ）７ｍｍ～１０ｍｍの範囲であること、

（ｅ）１ｍｍ～５０ｍｍの範囲であること、

（ｆ）５ｍｍ～２５ｍｍの範囲であること、

（ｇ）１０ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、

のうちの一つの線形オフセットであるリアクタ。

【請求項１９】
前記ステージ本体が、中点が前記表面に垂直な軸に対応するように、実質的に円筒状であり、前記第２のステージ領域が、前記第１のステージ領域より中点から離れた距離に配置される、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項２０】
前記第１の加熱素子が、一対のコイルの第１の部分の周りに配置され、前記第１の部分が、前記第１の軸によって分離された２つのセグメントによって画成され、前記第１の部分の第１のセグメントに第１のコイルが配置され、前記第１の部分の第２のセグメントに第２のコイルが配置され、前記第１のコイルが、前記第１の軸を介して、前記第２のコイルに結合され、
前記第２の加熱素子が、一対のコイルの第２の部分の周りに配置され、前記第２の部分が、前記第２の軸によって分離された２つのセグメントによって画成され、前記第２の部分の第１のセグメントに第１のコイルが配置され、前記第２の部分の第２のセグメントに第２のコイルが配置され、前記第１のコイルが、前記第２の軸を介して、前記第２のコイルに結合され、前記第１の軸および前記第２の軸が、０°～１８０°の間の表面の平面に角度を画成するように、平行であるか交差しているかの少なくともいずれか１つの状態である、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項２１】
前記ステージの第１の温度を測定するように位置されたシャフト内に配置された第１の温度センサと、
前記ステージの前記領域の前記第１の部分および前記ステージの前記領域の第２の部分の１つに対応する前記ステージの領域において第２の温度を測定するように位置された第２の温度センサと、
を更に備える、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項２２】
前記第１の温度センサが、熱電対である、請求項２１に記載のリアクタ。
【請求項２３】
前記第２の温度センサが、パイロメータである、請求項２１に記載のリアクタ。
【請求項２４】
前記チャンバが最上面を備え、前記パイロメータが、チャンバの前記最上面の窓に配置される、請求項２３に記載のリアクタ。
【請求項２５】
前記シャフトが、前記シャフトの長さを通る内部開口を画成する一部分を有し、前記シャフトにある開口を介して、前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子に結合された電源を更に備える、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項２６】
前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子の温度を制御するために、前記電源に結合されたコントローラを更に備える、請求項２５に記載のリアクタ。
【請求項２７】
前記コントローラが、前記第１の加熱素子と前記第２の加熱素子の温度との差を±３℃内に制御する、請求項２６に記載のリアクタ。
【請求項２８】
前記コントローラが、前記第１の温度センサおよび前記第２の温度センサの少なくとも２つに結合される、請求項２７に記載のリアクタ。
【請求項２９】
前記ヒータが、７５０℃を超える温度を生成可能な材料から構成される、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項３０】
前記ステージが、窒化アルミニウムから構成され、１４０Ｗ／ｍＫ～２００Ｗ／ｍＫの範囲の熱伝導率を有する、請求項２９に記載のリアクタ。

【請求項３１】
前記ヒータの本体が、底面と、前記本体を通る開口を画成し、前記表面に実質的に垂直な部分とを有し、
前記ヒータの前記本体を通る開口内に配置される第１の端部と、前記ヒータの前記本体の前記底面の下方に延在する第２の端部とを有するリフトピンと、
リアクタチャンバ内に第１の位置と第２の位置との間で前記ヒータを移動させるように、前記シャフトに結合されたリフタアセンブリと、
前記リフタアセンブリに結合され、前記チャンバ内に一部分が配置されるリフトプレートと、
を備え、
前記部分が、前記シャフトに垂直であり、前記ステージの前記本体の上面に実質的に平行な方向に延在する表面を含むチャンバに配置することで、前記ヒータが前記第１の位置にあるとき、前記リフトピンが前記リフトプレートに接触する、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項３２】
前記リフトプレートが、７５０℃を超える温度を生成可能な材料から構成される、請求項３１に記載のリアクタ。
【請求項３３】
前記リフトプレートが、窒化アルミニウムから構成され、１４０Ｗ／ｍＫ～２００Ｗ／ｍＫの範囲の熱伝導率を有する、請求項３２に記載のリアクタ。
【請求項３４】
前記リフトピンが、サファイアおよび窒化アルミニウムの１つから構成される、請求項３１に記載のリアクタ。
【請求項３５】
前記本体を通る前記開口が、前記リフトピンのヘッドを支持するための第１の直径を有する第１の部分と、前記第１の直径より小さい第２の直径を有する第２の部分とを有する、請求項３４に記載のリアクタ。
【請求項３６】
ウェハを支持するための前記領域が、６０°～８０°の角度で前記ステージの表面に押し下げられたウェハパケットを含む、請求項１８に記載のリアクタ。
【請求項３７】
ウェハを支持するための領域および本体を有する表面を含むステージと、前記ステージに結合されたシャフトと、前記ステージの前記本体の第１の平面内において第１の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で配置された第１の加熱素子と、前記コイル形状は、前記第１の軸に対して垂直方向で互いに同じ距離離れている複数の隣接するコイル部分を有しており、前記ステージの前記本体の第２の平面内において第２の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で配置された第２の加熱素子とを備える抵抗ヒータを備え、前記ヒータの前記本体の前記第２の平面が、前記本体の前記第１の平面より前記ステージの前記表面から離れた距離にあり、前記第２の軸が、前記ステージの前記本体の前記第１の平面において実質的に平行な平面において前記第１の軸からずらされ、
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、
（ａ）前記第１の加熱素子の前記隣接するコイル部分間の距離の０．３～０．７倍であること、
（ｂ）前記隣接するコイル部分間の距離の半分であること、
（ｃ）５ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
（ｄ）７ｍｍ～１０ｍｍの範囲であること、
（ｅ）１ｍｍ～５０ｍｍの範囲であること、
（ｆ）５ｍｍ～２５ｍｍの範囲であること、
（ｇ）１０ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
のうちの一つの線形オフセットであり、

前記ステージの第１の温度を測定するように配置されたシャフト内に配置された第１の温度センサを備え、

前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子に結合された電源を備える、化学気相堆積装置の加熱システム。

【請求項３８】

前記第１の加熱素子の電力密度が、前記ステージの前記領域の前記第１の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度より大きく、前記第１の加熱素子の電力密度が、前記ステージの前記領域の前記第２の部分に対応する領域の前記第２の加熱素子の電力密度より小さく、

前記ステージ本体は、中点が前記表面に垂直な軸に対応するように、実質的に円筒状であり、前記ステージの前記領域の第１の部分が、前記軸の周りに第１の半径によって画成され、前記領域の第２の部分が、前記第１の半径より大きい前記軸の周りの第２の半径によって画成される、請求項３７に記載のシステム。

【請求項３９】

前記第１の加熱素子が、一対のコイルの第１の部分の周りに配置され、前記第１の部分が、前記第１の軸によって分離された２つのセグメントによって画成され、前記第１の部分第１のセグメントに第１のコイルが配置され、前記第１の部分の第２のセグメントに第２のコイルが配置され、前記第１のコイルが、前記第１の軸を介して、前記第２のコイルに結合され、

前記第２の加熱素子が、一対のコイルの第２の部分の周りに配置され、前記第２の部分が、前記第２の軸によって分離された２つのセグメントによって画成され、前記第２の部分の第１のセグメントに第１のコイルが配置され、前記第２の部分の第２のセグメントに第２のコイルが配置され、前記第１のコイルが、前記第２の軸を介して、前記第２のコイルに結合され、前記第１の軸および前記第２の軸が、０°～１８０°の間の表面の平面に角度を画成するように、平行であるか交差しているかの少なくともいずれか１つの状態である、請求項３８に記載のシステム。

【請求項４０】

前記第１の軸および前記第２の軸の交点が、少なくとも９０°の前記表面の平面における角度を画成する、請求項３９に記載のシステム。

【請求項４１】

前記ステージの前記領域の第１の部分および前記ステージの前記領域の第２の部分の１つに対応する第２の温度を測定するように位置された第２の温度センサと、前記ステージの前記表面領域の前記第１の部分および前記ステージの前記表面領域の第２の部分の他方に対応する領域において第３の温度を測定するように位置された第３の温度センサとを更に備える、請求項３８に記載のシステム。

【請求項４２】

前記ヒータの前記シャフトが、前記シャフトの長さを通る内部開口を画成する一部分を有し、前記シャフトにある開口を介して、前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子に結合された電源を更に備える、請求項３８に記載のシステム。

【請求項４３】

前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子の温度を制御するために、前記電源に結合されたコントローラを更に備える、請求項３８に記載のシステム。

【請求項４４】

前記コントローラが、前記第１の加熱素子と前記第２の加熱素子の温度との差を±２．５℃内に制御する、請求項４３に記載のシステム。

【請求項４５】

前記コントローラが、前記第１の温度センサ、前記第２の温度センサ、および第３の温度センサの少なくとも２つに結合される、請求項４４に記載のシステム。

【請求項４６】

前記第１の温度センサが熱電対であり、前記第２の温度センサおよび前記第３の温度セ

ンサが、それぞれパイロメータである、請求項４５に記載のシステム。
【請求項４７】
前記第２の温度センサが、化学気相堆積チャンバの外面にある第１の窓に配置され、前記第３の温度センサが、前記チャンバの外面にある第２の窓に配置される、請求項４１に記載のシステム。
【請求項４８】
前記チャンバ内にプロセスガスを分配するために、前記チャンバの内面に結合されたマニホールドを更に備え、前記マニホールドが、前記ステージの表面より上に位置され、前記第１の窓および前記第２の窓の１つの幅の３倍の厚みを有する、請求項４７に記載のシステム。
【請求項４９】
前記ヒータの本体が、底面と、前記本体を通る開口を画成し、前記表面に実質的に垂直な部分とを有し、
前記ヒータの前記本体を通る開口内に配置される第１の端部および前記ヒータの前記本体の前記底面の下方に延在する第２の端部とを有するリフトピンと、
リアクタチャンバ内に第１の位置と第２の位置との間で前記ヒータを移動させるように、前記シャフトに結合されたリフトアセンブリと、
前記リフトアセンブリに結合され、前記チャンバ内に一部分が配置されるリフトプレートと、
を備え、
前記部分が、前記シャフトに垂直であり、前記ステージの前記本体の上面に実質的に平行な方向に延在する表面を含むチャンバに位置することで、前記ヒータが前記第１の位置にあるとき、前記リフトピンが前記リフトプレートに接触する、請求項３７に記載のシステム。
【請求項５０】
前記本体を通る前記開口が、前記リフトピンのヘッドを支持するための第１の直径を有する第１の部分と、前記第１の直径より小さい第２の直径を有する第２の部分とを有する、請求項４９に記載のシステム。
【請求項５１】
抵抗ヒータのステージの本体の第１の平面内において第１の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で位置する第１の抵抗加熱素子と、前記コイル形状は、前記第１の軸に対して垂直方向で互いに同じ距離離れている複数の隣接するコイル部分を有しており、前記ステージの前記本体の第２の平面内において第２の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で位置する第２の抵抗加熱素子に電力を供給するステップであって、前記第２の軸が、前記第１の平面および前記第２の平面の少なくとも１つに実質的に平行な第３の平面にある前記第１の軸からずらされて配置されるステップと、
前記ステージの少なくとも２つの領域において、前記第１の抵抗加熱素子および前記第２の抵抗加熱素子の少なくとも１つの抵抗値を変更するステップを含み、
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、
（ａ）前記第１の加熱素子の前記隣接するコイル部分間の距離の０．３～０．７倍であること、
（ｂ）前記隣接するコイル部分間の距離の半分であること、
（ｃ）５ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
（ｄ）７ｍｍ～１０ｍｍの範囲であること、
（ｅ）１ｍｍ～５０ｍｍの範囲であること、
（ｆ）５ｍｍ～２５ｍｍの範囲であること、
（ｇ）１０ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
のうちの一つの線形オフセットである方法。
【請求項５２】
前記抵抗値を変更するステップが、少なくとも１つの第１の抵抗値および第２の抵抗値

を有する抵抗加熱素子を与える工程を含む、請求項５１に記載の方法。
【請求項５３】
前記抵抗値を変更するステップが、前記ステージの少なくとも２つの領域において、前記第１の抵抗加熱素子の抵抗値および前記第２の抵抗加熱素子の抵抗値を変更する工程を含む、請求項５１に記載の方法。
【請求項５４】
前記抵抗ヒータが、ウェハを支持するための領域を有する表面および本体を含むステージと、前記ステージの前記本体の第１の平面内に形成された第１の加熱素子と、前記ステージの前記本体の第２の平面内に形成された第２の加熱素子と、
を備え、
前記第２の平面が、前記第１の加熱素子より前記表面から離れた距離に配置され、前記抵抗値を変更するステップが、
前記第１の加熱素子を用いて、第１の半径より大きい中点からの第２の半径によって画成される第２の領域より、中点からの第１の半径によって画成される前記ステージの領域に大きな抵抗値を与えるステップと、
前記第２の加熱素子を用いて、前記第１の領域より前記第２の領域により大きな抵抗値を与えるステップと、
を含む、請求項５１に記載の方法。
【請求項５５】
前記抵抗ヒータが、ウェハを支持するための領域を有する表面を含むステージを備え、
前記抵抗加熱素子に供給された電力を調整することによって、前記ステージの前記表面の温度を制御するステップを更に含む、請求項５１に記載の方法。
【請求項５６】
前記ステージの底面から延在するシャフト内に配置され、前記ステージの第１の温度を測定するように位置された第１の温度センサと、中点からの第１の半径によって画成された前記ステージの第１の領域および前記中点からの第２の半径によって画成された第２の領域において第２の温度を測定するように位置された第２の温度センサの少なくとも２つの温度センサで温度を測定するステップと、
前記第１の温度センサによって測定された温度と、前記第２の温度センサによって測定された温度とを比較するステップとを更に含む、請求項５５に記載の方法。
【請求項５７】
前記温度を制御するステップが、前記比較された温度を７５０℃の±２．５℃以内に制御する工程を含む、請求項５６に記載の方法。
【請求項５８】
リアクタのチャンバに抵抗ヒータを設けるステップであって、前記抵抗ヒータが、ウェハを支持するための領域を有する表面および本体を含むチャンバ内に配置されたステージと、第１の電力密度および第２の電力密度を有し、前記ステージの前記本体の第１の平面内において第１の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で形成された第１の加熱素子と、前記コイル形状は、前記第１の軸に対して垂直方向で互いに同じ距離離れている複数の隣接するコイル部分を有しており、第１の電力密度および第２の電力密度を有し、前記ステージの前記本体の第２の平面内において第２の軸に対して線対称で、かつ、コイル形状で形成された第２の加熱素子とを含み、前記第２の平面が、前記第１の加熱素子より前記表面から離れた距離に配置され、前記第２の軸が、前記第１の平面および前記第２の平面の少なくとも１つに対して実質的に平行な平面において前記第１の軸からずらされて配置されるステップと、
前記第１の加熱素子および前記第２の加熱素子へ電力を供給するステップと、
を含み、
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、
（ａ）前記第１の加熱素子の前記隣接するコイル部分間の距離の０．３～０．７倍であること、

（ｂ）前記隣接するコイル部分間の距離の半分であること、
（ｃ）５ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
（ｄ）７ｍｍ～１０ｍｍの範囲であること、
（ｅ）１ｍｍ～５０ｍｍの範囲であること、
（ｆ）５ｍｍ～２５ｍｍの範囲であること、
（ｇ）１０ｍｍ～１５ｍｍの範囲であること、
のうちの一つの線形オフセットである方法。

【請求項５９】
前記第１の加熱素子を用いて、第１の半径より大きい中点からの第２の半径によって画成される第２の領域より、中点からの第１の半径によって画成される前記ステージの領域に大きな電力密度を与えるステップと、
前記第２の加熱素子を用いて、前記第１の領域より前記第２の領域により大きな電力密度を与えるステップと、
を含む、請求項５８に記載の方法。

【請求項６０】
前記抵抗加熱素子に供給される電力を調整することによって、前記ステージの前記表面の温度を制御するステップを更に含む、請求項５８に記載の方法。

【請求項６１】
前記ステージの底面から延在するシャフト内に配置され、前記ステージの第１の温度を測定するように配置された第１の温度センサと、中点からの第１の半径によって画成された前記ステージの第１の領域および前記中点からの第２の半径によって画成された第２の領域において第２の温度を測定するように配置された第２の温度センサの少なくとも２つの温度センサで温度を測定するステップを更に含む、請求項６０に記載の方法。

【請求項６２】
前記温度を制御するステップが、前記第１の温度測定値および前記第２の温度測定値が、７５０℃の温度で±３℃以内になるように、前記ステージの温度を制御する工程を更に含む、請求項６１に記載の方法。

【請求項６３】
前記第１の加熱素子及び前記第２の加熱素子は、それぞれ正方形のコイル構成である請求項１に記載の装置。

【請求項６４】
前記第２のコイルが、前記第１の軸に関して前記第１のコイルの鏡像である請求項１に記載の装置。

【請求項６５】
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、さらに、前記第１の軸と前記第２の軸との間が１５°～１６５°、３０°～１５０°、及び０°～１８０°のうちの一つの範囲となる角度オフセットを含む請求項１に記載の装置。

【請求項６６】
前記第１の加熱素子及び前記第２の加熱素子は、それぞれ正方形のコイル構成である請求項１８に記載のリアクタ。

【請求項６７】
前記第２のコイルが、前記第１の軸に関して前記第１のコイルの鏡像である請求項１８に記載のリアクタ。

【請求項６８】
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、さらに、前記第１の軸と前記第２の軸との間が１５°～１６５°、３０°～１５０°、及び０°～１８０°のうちの一つの範囲となる角度オフセットを含む請求項１８に記載のリアクタ。

【請求項６９】
前記第１の加熱素子及び前記第２の加熱素子は、それぞれ正方形のコイル構成である請求項３７に記載の化学気相堆積装置の加熱システム。

【請求項７０】
前記第２のコイルが、前記第１の軸に関して前記第１のコイルの鏡像である請求項３７に記載の化学気相堆積装置の加熱システム。
【請求項７１】
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、さらに、前記第１の軸と前記第２の軸との間が１５°～１６５°、３０°～１５０°、及び０°～１８０°のうちの一つの範囲となる角度オフセットを含む請求項３７に記載の化学気相堆積装置の加熱システム。
【請求項７２】
前記第１の加熱素子及び前記第２の加熱素子は、それぞれ正方形のコイル構成である請求項５１または５８に記載の方法。
【請求項７３】
前記第２のコイルが、前記第１の軸に関して前記第１のコイルの鏡像である請求項５１または５８に記載の方法。
【請求項７４】
前記第２の軸と前記第１の軸とのオフセットは、さらに、前記第１の軸と前記第２の軸との間が１５°～１６５°、３０°～１５０°、及び０°～１８０°のうちの一つの範囲となる角度オフセット角度を含む請求項５１または５８に記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【発明の内容】
【０００１】
[0001]本願は、２００１年１０月１９日に出願された同時係属中の米国特許出願第１０／０３７、１５１号の一部継続出願であり、同出願は、２００２年７月２３日に発行された米国特許第６，４２３，９４９号の分割出願である。
【背景技術】
【０００２】
[0002]プロセスチャンバの加熱機構、特に、化学気相堆積チャンバの加熱機構。
【０００３】
関連技術の記載
[0003]化学気相堆積（ＣＶＤ）は、基板上に種々のタイプの膜を堆積するための一般的なプロセスであり、例えば、個々の集積回路デバイスを形成するための半導体ウェハの処理など、半導体ベースの集積回路の製造時に広く使用されている。典型的なＣＶＤ処理において、堆積または反応チャンバに１枚または複数枚のウェハが置かれ、反応ガスがチャンバ内に導入され、１枚または複数枚のウェハ上に薄膜を形成するために、加熱された表面で分解され反応する。
【０００４】
[0004]一般的に、現在使用されているＣＶＤ反応チャンバには、シングルウェハとマルチウェハがある。マルチウェハ反応チャンバは、典型的に、例えば、２５枚以上のウェハを保持可能な縦型炉に類似している。例えば、０．２５～２．０トールなどの低圧力ＣＶＤ（ＬＰＣＶＤ）の場合、Si_3N_4またはポリシリコンの堆積に対して、マルチウェハチャンバの典型的な堆積時間は、数時間であってもよい。Si_3N_4は、マルチウェハチャンバの層の厚みに応じて、例えば、７００～８００℃の温度および４～５時間の堆積時間で形成される。
【０００５】
[0005]第２のタイプのＣＶＤ反応チャンバは、ステージまたはサセプタによってチャンバにウェハが支持されるシングルウェハチャンバである。サセプタは、反応プロセス中に回転してもよい。ＬＰＣＶＤのSi_3N_4堆積に対して、例えば、約２分間、７００～８００℃で適切な層の厚みが作られてもよい。
【０００６】
[0006]一般的に、ＣＶＤシステムにおいて使用される加熱方式には、２つのタイプ、すなわち、ウェハに局在する抵抗加熱素子を利用する抵抗加熱方式と、通常、反応チャンバ

の外側に配置される１つまたは複数のランプなどの放射加熱素子を使用する放射加熱方式とがある。シングルウェハチャンバでの抵抗加熱方式では、一般的に、チャンバでウェハを支持するステージまたはサセプタに抵抗加熱素子を直接組み込む。このようにして、一般的に、ウェハでの堆積中に生じる反応を局在化してもよい。

【０００７】

[0007]ウェハを支持するステージまたはサセプタ内に加熱素子を利用するシングルウェハの抵抗加熱方式において、加熱素子は、典型的に、サセプタの本体の単一平面に形成されたモリブデン（Ｍｏ）材料の薄いコイル状の層（約２ミル）などの伝導性の材料の薄層である。このデザインを「シングルゾーン抵抗ヒータ」と記載でき、「ゾーン」という記載は、ステージまたはサセプタの本体の単一平面における加熱素子の場所をさす。抵抗ヒータが使用されるＣＶＤ反応は、典型的に、約５５０℃の温度適合性を有する。より高い温度では、温度の均一性が問題になる。１つの理由として、温度の上昇とともに、特に、ステージまたはサセプタの縁部での上昇とともに、抵抗ヒータの熱損失が増大することが挙げられる。シングルゾーン抵抗ヒータは、典型的に、ステージまたはサセプタにわたった熱損失の差を補償することができない。また、チャンバの圧力は、シングルゾーン抵抗ヒータの温度安定性を修正することになる。

【０００８】

[0008]また、要求温度を与えることに加え、抵抗加熱素子は、また高温および化学種を含む反応チャンバの化学環境に従いやすいものでもなければならない。従来技術のシングルゾーン抵抗ヒータにおいて適合性に配慮した１つの解法は、サセプタ内に加熱素子を形成した窒化アルミニウム（ＡｌＮ）のサセプタを形成することである。

【０００９】

[0009]放射加熱方式は、一般的に、反応チャンバにおいて耐熱性の保護ガラスまたは石英の背後にランプを配置する。チャンバ全体がランプによって加熱されるため、チャンバ全体でＣＶＤ反応が起こる。

【００１０】

[0010]放射またはランプ加熱方式は、チャンバ温度を生じ、抵抗加熱方式よりその温度をうまく制御するという利点を与える。しかしながら、放射加熱方式では、反応チャンバの外側に配置された加熱素子、例えば、ランプを利用するため、チャンバ壁が化学物質または他の材料または反応チャンバで使用される反応生成物でコーティングされるにつれ、チャンバの温度を制御することがより困難になる。したがって、チャンバで使用される材料が、チャンバガラスまたは石英上に堆積するにつれ、例えば、加熱効率が下がり、プロセス性能に影響が出る。

【００１１】

[0011]この点で、放射加熱方式で使用される反応チャンバを頻繁に洗浄しなければならない。典型的な洗浄剤は、三フッ化窒素（NF_3）である。Si_3N_4のＣＶＤプロセスにおいて、例えば、Si_3N_4反応生成物が、チャンバ壁上および石英ウィンドウなどのチャンバ内の他の構成部分上に生成される。Si_3N_4は、NF_3などの洗浄剤を用いて反応チャンバから洗浄するのは困難である。洗浄温度は、一般的に、NF_3を解離し、Si_3N_4を洗浄するのに十分な熱エネルギーを与えるために、高温でなければならない。洗浄温度が高ければ、NF_3は、サセプタなどのチャンバの構成部分を腐食させることもある。NF_3を励起するために使用される遠隔プラズマソースは、洗浄温度を下げることができるが、活性したNF_3種（特に、ラジカル）は、石英の構成部分を腐食する傾向がある。したがって、現在では、放射ベースのチャンバの洗浄溶液には効果的な解法がない。反応チャンバの壁が、NF_3で容易に洗浄できないため、Si_3N_4材料が蓄積し、チャンバの寿命を縮める。

【００１２】

[0012]ＬＰＣＶＤ反応において、温度の均一性は、一般的に、重要である。ＣＶＤプロセスに関連する表面の反応は、一般的に、以下の式で与えられるレートＲで進む熱活性現象によってモデル化することができる。

【００１３】
【数１】

$$R = R_o e^{[-E_a/kT]}$$

【００１４】
[0013]式中、Ｒ$_0$は周波数因子であり、Ｅは単位が電子ボルト（ｅＶ）の活性エネルギーであり、Ｔは単位がケルビンの温度である。この式によれば、表面の反応速度は、温度の上昇とともに高まる。Ｓｉ$_3$Ｎ$_4$堆積などのＬＰＣＶＤプロセスにおいて、活性エネルギー（Ｅ$_a$）は、一般的に、およそ０．９～１．３ｅＶと非常に高い。したがって、ウェハにわたって均一な厚みを得るために、ウェハにわたった温度の均一性は、好ましくは、約７５０℃の温度に対して、およそ±２．５℃以下に厳密に制御されるべきである。
【００１５】
[0014]従来技術におけるシングルウェハの放射加熱方式は、チャンバがクリーンな状態のとき、より高い温度（例えば、７５０℃）でも許容範囲内の温度に均一性を与える。しかしながら、チャンバの壁上に材料が蓄積するにつれ、温度に均一性を与えることは困難になる。
【００１６】
[0015]また、シングルゾーン抵抗ヒータを用いて、ウェハにわたって均一に高温（例えば、７００～７５０℃）を得ることも困難である。上述したように、一般的に、より高い温度では、サセプタの表面にわたって熱損失は均一ではない。シングルゾーンヒータは、例えば、中心の位置より、サセプタの縁部の方へ向かってより大きい熱損失を補償できない。したがって、温度の均一性が１つの問題である。
【００１７】
[0016]上述したようなシングルゾーン抵抗ヒータおよび７５０℃の温度を用いた場合の第２の問題は、局所加熱に関連する問題である。高温の場合、シングルゾーンヒータは、局所的に加熱素子に適用された高密度電力に関連して局所加熱が集中する。結果的に、温度の均一性に影響が出る。シングルゾーン抵抗ヒータを用いた場合の第３の問題は、加熱素子の製造においてばらつきがあることで、加熱素子の性能に変動が生じ、結果的に不均一性が生じ得ることである。シングルゾーンヒータは、製造上のばらつきを補償するように調節することができない。更に、高温動作では、シングルゾーンヒータは、電力端末で加熱素子に適用される高電力密度により、寿命が短くなる。
【００１８】
[0017]更に、従来技術の抵抗ヒータおよびこのようなヒータを与えるチャンバのダイナミック温度測定値は制限される。一般的に、サセプタの表面より下方の点でサセプタの中心位置に一様に配置された熱電対では、ダイナミック温度測定値（すなわち、実時間温度測定値）しか得られない。（熱電対などによる）温度測定値は、サセプタの中心位置の温度の正確な温度測定値を与えることができるが、サセプタの縁部での温度に関する情報は何ら与えることができない。チャンバの外側の視点からチャンバ内の温度を観測する熱カメラが用いられてきたが、一般的に、チャンバの温度に関する静的な情報しか与えない。また、ＣＶＤプロセスレシピを調節することに関連してチャンバ圧力に変化が生じると、チャンバの反応温度を制御する能力に影響を与える傾向がある。したがって、シングルゾーン抵抗加熱方式は、一般的に、１つの特定の温度および圧力で動作することに制限される。チャンバ温度またはチャンバ圧力のいずれかに変化が生じると、温度の均一性に悪影響が生じてしまう。したがって、このようなシングルゾーン加熱方式は、高温ＣＶＤプロセスに対して不十分である。
【００１９】
[0018]必要とされるものは、素子に対して化学的耐性があり、反応部位において局所化された高温均一性を達成する、反応チャンバと、例えば、およそ７００℃以上の高温動作に適合可能性を有する反応チャンバの加熱方式である。
【概要】

【００２０】
[0019]加熱装置が開示される。一実施形態において、加熱装置は、ウェハを支持するための領域を有する表面と、本体とを含むステージまたはサセプタと、ステージに結合されたシャフトと、第１および第２の加熱素子とを含む。第１の加熱素子は、ステージの本体の第１の平面内に配置される。第２の加熱素子は、第１の加熱素子よりステージの表面から離れた距離にあるステージの本体の第２の平面内に配置される。第２の加熱素子は、第１の加熱素子の第１の平面に対して実質的に平行な平面において第１の加熱素子からずらされる。この実施形態によれば、第１および第２の加熱素子によって画成されたマルチゾーン加熱装置が開示される。このようにして、本発明により、ステージの少なくとも２つの別個の加熱ゾーンを個別に制御できるため、従来技術のシングルゾーン加熱装置と比較して、ステージの温度制御および温度均一性が高められる。

【００２１】
[0020]一態様において、加熱装置は、高温で動作可能であり、シングルゾーン抵抗ヒータより温度均一性が高い抵抗ヒータである。各加熱素子は、ステージの表面にわたって全体的に均一な温度を維持するように別々に制御されてもよい。例えば、ステージのある領域において熱損失がより高い状況下で、該当領域に関連する加熱ゾーンが、熱損失にもかかわらず、選択された動作温度を維持するためにより大きな抵抗熱が供給されてもよい。これを達成する１つの方法は、ステージの領域にわたって複数の加熱素子の抵抗を変更することである。例えば、シャフトの熱損失が、ステージの他の領域での熱損失より大きいと決定された場合、シャフトと一致する（例えば、シャフト上の）ステージの領域にある１つの加熱素子の抵抗が高まる。同様に、ステージの縁部での熱損失が、他の領域での熱損失より高いと決定された場合、ステージの縁部領域と一致する領域にある１つの加熱素子の抵抗が高まる。

【００２２】
[0021]また、一実施形態において、チャンバと、抵抗ヒータとを備えるリアクタも開示される。抵抗ヒータは、ウェハを支持するための領域を有する表面と、本体とを含むチャンバ内に配置されたステージと、ステージに結合されたシャフトと、ステージの本体の第１の平面内に配置された第１の加熱素子と、ステージの本体の第２の平面内に配置された第２の加熱素子とを含む。第２の加熱素子は、第１の加熱素子の第１の平面に対して実質的に平行な平面において、第１の加熱素子からずらされている。一態様において、第１の加熱素子の電力密度は、ステージ領域の第１の部分に一致する領域にある第２の加熱素子の電力密度より大きい。同時に、第１の加熱素子の電力密度は、ステージ領域の第２の部分と一致する領域にある第２の加熱素子の電力密度より小さい。

【００２３】
[0022]上述したように、リアクタにより、ステージまたはサセプタの別々の平面内に配置された少なくとも２つの抵抗加熱素子を含む、シングルウェハヒータなどのマルチゾーン抵抗ヒータが得られる。別個の加熱素子により、１つの例において、ステージの別々の領域が、ステージの異なる領域にある個々の加熱素子の電力密度を変更することによって、個別に調節が可能になる。一実施形態において、第２の加熱素子よりステージの表面付近の位置に第１の加熱素子を配置することによって、より大きな電力密度と関連する潜在的な局所化された「ホットスポット」を最小限に抑えながら、ステージの縁部に関連する領域でのより大きな熱損失を補償するために、第２の加熱素子により大きな電力密度を供給することができる。リアクタの一実施形態に関連する複数の温度センサにより、サセプタの中心に熱電対を１つしか有しない従来技術のリアクタより、抵抗ヒータの温度をより均一に制御する機会が得られる。

【００２４】
[0023]化学気相堆積装置の抵抗加熱システムが更に開示される。加熱システムは、一実施形態において、ウェハを支持するための領域を有する表面と、本体とを含むステージを備える抵抗ヒータと、ステージに結合されたシャフトと、第１の加熱素子と、ステージの本体の別個の平面内に配置された第２の加熱素子とを備える。第２の加熱素子は、第１の

加熱素子の平面に対して実質的に平行な平面において、第１の加熱素子からずらされている。加熱システムにより、例えば、７００℃を超える温度で動作させるプロセス条件を含む高温ＣＶＤプロセスにおいて（例えば、ＬＰＣＶＤ）、温度均一性を高め、ヒータの温度を制御するために少なくとも２つの別個の加熱素子を備えたマルチゾーン抵抗ヒータが得られる。

【００２５】

[0024]更に、リアクタの温度を制御する方法が開示される。一実施形態において、この方法は、抵抗ヒータのステージの本体の第１の平面内に配置された第１の抵抗加熱素子と、ステージの本体の第２の平面内に配置された第２の抵抗加熱素子とに電力を供給することを含み、第２の加熱素子は、第１の加熱素子の第１の平面に対して実質的に平行な平面において、第１の加熱素子からずらされている。また、この方法は、ステージの少なくとも２つの領域にある第１の抵抗加熱素子および第２の抵抗加熱素子の少なくとも１つの抵抗を変更することを含む。

【００２６】

[0025]装置、リアクタ、加熱システム、および方法の更なる実施形態は、他の特徴および利点とともに、以下に示す図面、詳細な記載、および特許請求の範囲に開示される。

【詳細な記載】

【００２７】

[0048]本発明は、一般的に、化学気相堆積装置の加熱装置、リアクタ、加熱システムと、リアクタの温度を制御する方法に関する。一態様において、本発明は、反応チャンバのステージまたはサセプタ上でシングルウェハ（例えば、半導体ウェハ）を支持するのに適切な加熱装置を利用する。加熱装置は、サセプタの表面（およびサセプタ上のウェハ）の均一な反応温度を維持するために、少なくとも２つの加熱素子を含む。一実施形態において、各加熱素子は、ヒータのサセプタの別個の平面にある。各加熱素子は、一実施形態において、電源に結合され、各加熱素子の抵抗は、ステージの領域にわたって変更されてもよい。サセプタまたはウェハの表面の異なる領域に関連する温度を測定でき、加熱素子が制御される。加熱装置の個々の加熱素子を制御することによって、リアクタにおける熱損失や圧力変化などの要因が調整され、７００℃を超える温度でも、高い温度均一性が得られる。したがって、複数の加熱素子（例えば、マルチゾーンヒータ）を有する加熱装置により、ＣＶＤリアクタまたはシステム、およびSi_3N_4の堆積およびポリシリコンの堆積に好ましい高温ＬＰＣＶＤプロセスの有益な加熱素子が得られる。

【００２８】

[0049]　図１、図２、および図３は、本発明の実施形態によるリアクタを組み込んだシステムの一部分の断面図を示す。例えば、Si_3N_4またはポリシリコン膜をウェハまたは基板上に堆積するためのＬＰＣＶＤプロセスを含む、ＣＶＤプロセスにおいて、このようなシステムが使用される。

【００２９】

[0050]　図１は、「ウェハプロセス」位置にあるプロセスチャンバ本体１００の内側を示す。図２は、「ウェハ分離」位置にあるチャンバの同じ図を示す。最後に、図３は、「ウェハ装填」位置にあるチャンバの同じ横断面図を示す。

【００３０】

[0051]図１、図２、および図３は、１つまたは複数のプロセスガスとウェハとの間の反応、例えば、ＣＶＤ反応が起こる反応チャンバ１４５を画成するチャンバ本体１００を示す。チャンバ本体１００は、一実施形態において、アルミニウムから構成され、チャンバ本体１００（例えば、「コールドウォール」反応チャンバ）を冷却するために水が通過して吐出される通路１０２を有する。チャンバ１４５には、この視点で、シャフト１５８によって支持されたサセプタ１５５を含む抵抗ヒータ１５０がある。一実施形態において、サセプタ１５５は、半導体ウェハを支持するのに十分な表面領域を有する。長さが約１０インチのシャフトによって支持された直径が約９．３３インチの円筒状のサセプタは、８インチ直径のウェハを支持するのに適切である。

【００３１】
[0052]その他の点では、プロセスガスが、チャンバ本体１００のチャンバ蓋１７０の上面のガス分配ポート１７５を通って、密封されたチャンバ１４５に入る。プロセスガスは、この視点では、抵抗ヒータ１５０の上方に位置し、チャンバ１４５内のチャンバ蓋１７０に結合された穿孔面板１８０によって、チャンバ１４５中に分配される。
【００３２】
[0053]チャンバ本体１００の側部にある入口ポート１０４を介して、サセプタ１５５上のチャンバ１４５にウェハが配置される。処理用にウェハを収容するために、図３に示すように、入口ポート１０５の下方にサセプタ１５５の表面がくるようにヒータ１５０を降下させる。典型的に、ロボット移送機構によって、チャンバ１４５内のサセプタ１５５の上面へ、移送ブレードを用いてウェハが装填される。装填されると、入口ポート１０５が密封され、ヒータ１５０が、例えば、ステップモータであるリフタアセンブリ１６０によって、面板１８０の方へ上の（例えば、上向きの）方向に前進する。この前進は、ウェハと面板１８０との間が短距離（例えば、４００～７００ミル）になると停止する。この点で、ガスパネルによって制御されたプロセスガスは、ガス分配ポート１７５を介して、穿孔面板１８０を通って、チャンバ１４５内に流入し、典型的に、ウェハ上で反応して堆積し、膜を形成する。圧力制御されたシステムにおいて、チャンバ１４５の圧力は、チャンバ１４５に結合された１つまたは複数の圧力調整器によって確立され維持される。一実施形態において、例えば、圧力は、当業者に公知のように、チャンバ本体１００に結合された１つまたは複数のｂａｒａｔｏｍｅ圧力調整器によって確立および維持される。
【００３３】
[0054]処理後、１つまたは複数の残留するプロセスガスまたはガスが、チャンバ１４５からポンピングプレート１８５を介して収集容器に吐出される。その後、チャンバ１４５は、例えば、窒素などの不活性ガスでパージを行ってもよい。処理およびパージ後、ヒータ１５０は、リフタアセンブリ１６０によって、図２に示す位置へと下方向に前進する（例えば、降下する）。ヒータ１５０が移動する際、サセプタ１５５の表面にある開口または貫通孔を介して延在する第１の端部と、サセプタ１５５の下の（例えば、下側）表面から片持ち式に延在する第２の端部とを有するリフトピン１９５が、チャンバ１４５のベースに位置するリフトプレート１９０に接触する。図２に示すように、一実施形態において、この点で、リフトプレート１９０は、ヒータ１５０のように、ウェハ装填位置からウェハ分離位置へ前進しない。その代わりに、リフトプレート１９０は、図２に示す、シャフト１５８上の基準レベルＨＩに留まる。ヒータ１５０が、リフタアセンブリ１６０の作用によって下方向に移動し続ける際、リフトピン１９５は、静止した状態を維持し、サセプタ１５５の上または上面の上方へ最終的に延在して、サセプタ１５５の表面から処理されたウェハを分離する。
【００３４】
[0055]処理されたウェハが、サセプタ１５５の表面から分離されると、入口ポート１０５を介して、チャンバ１４５内の「ピックアウト」位置に、ロボット機構の移送ブレードが挿入される。「ピックアウト」位置は、処理されたウェハの下方に位置する。次に、リフタアセンブリ１６０は、例えば、図３に示すシャフト１５８の第２の基準レベルH_2に、リフトプレート１９０を下方に移動させる（例えば、下降させる）。リフトプレート１９０を下方向に移動させることによって、処理されたウェハの下側で、リフトピン１９５の表面が移送ブレードに接触するまで、リフトピン１９５も下方向に移動する。次いで、処理されたウェハは、例えば、ウェハを取り除き、ウェハを次の処理ステップに移送するロボット移送機構によって、入口ポート１０５を介して取り除かれる。次いで、第２のウェハが、チャンバ１４５内に装填されてもよい。上述したステップは、ウェハを処理位置にもたらすように逆にされる。カリフォルニア州サンタクララのＡｐｐｌｉｅｄ Ｍａｔｅｒｉａｌｓ，Ｉｎｃ．に譲渡された米国特許第５，７７２，７７３号に、１つの適切なリフトアセンブリ１６０について詳細に記載されている。
【００３５】

[0056]Si_3N_4またはポリシリコンのＬＰＣＶＤ処理などの高温動作時、チャンバ１４５内の反応温度は、７５０℃以上と同等の高さになり得る。したがって、チャンバ１４５の露出した構成部分は、このような高温処理に適合可能なものでなければならない。また、このような材料は、チャンバ１４５内に導入されてもよいプロセスガスおよび洗浄用の化学物質などの他の化学物質と適合可能なものでなければならない。一実施形態において、ヒータ１５０の露出表面は、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）から構成される。例えば、サセプタ１５５およびシャフト１５８は、同様の窒化アルミニウム材料から構成されるものであってもよい。あるいは、好ましい構成において、サセプタ１５５の表面は、高い熱伝導性の窒化アルミニウム材料（１４０Ｗ／ｍＫ～２００Ｗ／ｍＫの熱伝導率およびおよそ９５％の純度）から構成されるのに対して、シャフト１５８は、より熱伝導性の低い窒化アルミニウム（およそ６０Ｗ／ｍＫ～１００Ｗ／ｍＫ）から構成される。ヒータ１５０のサセプタ１５５は、典型的に、このような結合がチャンバ１４５の環境に同様に耐性になるように、拡散接合またはろう付けによってシャフト１５８に接合される。

【００３６】

[0057]また、処理中、チャンバ１４５にリフトピン１９５も存在する。したがって、リフトピン１９５は、チャンバ１４５内の動作条件に適合可能なものでなければならない。リフトピン１９５の適切な材料は、サファイアまたは窒化アルミニウムを含むが、これに限定されるものではない。チャンバ１４５の環境に露出された更なる構成部分は、リフトプレート１９０である。したがって、一実施形態において、リフトプレート１９０のシャフトの一部分を含むリフトプレート１９０は、窒化アルミニウム（例えば、およそ１４０Ｗ／ｍＫ～２００Ｗ／ｍＫの熱伝導性の窒化アルミニウム）組成から構成される。

【００３７】

[0058]また、図１は、サセプタ１５５の本体の断面と、シャフト１５８の断面とを含む、ヒータ１５０の一部分の断面を示す。同図において、図１は、２つの加熱素子である第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０を有するサセプタ１５５の本体を示す。第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０は、サセプタ１５５の本体の別個の平面に形成される。厚みが約０．６８インチ（または１．７２８ｃｍ）のサセプタに対して、第１の加熱素子２５０は、サセプタ表面から約５～８ｍｍに位置する。以下、サセプタ１５５の表面に対する第１の加熱素子２５０の位置の重要性について記載する。

【００３８】

[0059]各加熱素子（例えば、加熱素子２５０および加熱素子２６０）は、サセプタの材料に類似した熱膨張特性の材料から作られる。このような材料の１つは、窒化アルミニウムに類似した熱膨張率を有するモリブデン（Ｍｏ）を含む。一実施形態において、各加熱素子は、コイル状の構成のモリブデン材料の薄い層（例えば、２ミル）を含む。

【００３９】

[0060]図１において、第１の加熱素子２５０に対して（サセプタ１５５の表面に対して）下位に位置するサセプタ１５５の本体の下位に位置する平面に、第２の加熱素子２６０が形成される。一実施形態において、約１．７２８ｃｍの厚みのサセプタに対して、第１の加熱素子２５０の平面から約５ｍｍの平面に、第２の加熱素子２６０が配置される。

【００４０】

[0061]この実施形態において、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０は、電力端子に別々に結合される。電源端子は、シャフト１５８を通る長手方向に延在する開口を介して、サセプタ１５５の表面を加熱するために必要なエネルギーを供給する電源へ、伝導リード線として下方向に延在する。

【００４１】

[0062]また、図１に示すように、ヒータ１５０の断面に熱電対２１０があることに留意されたい。熱電対２１０は、シャフト１５８を通る長手方向に延在する開口を介して、サセプタ１５５の上位または上面のすぐ下方の点まで延在する。サセプタ１５５が円筒状である実施形態において、熱電対２１０は、円筒状の本体の中点とほぼ対応する点で延在する。

【００４２】
[0063]上述したように、リアクタ１４５内の環境は、多くの材料に対して非常に厳しいものであり得る。リアクタ適合シャフトおよびサセプタの開口内に、熱電対２１０とともに、電源への伝導リード線を配置することによって、チャンバ１４５の環境に構成部分が露出されないため、これらの構成部分の劣化または腐敗の問題が改善される。
【００４３】
[0064]図４は、サセプタ１５５およびシャフト１５８を含むヒータの２分の１横断面図を示す。図４は、ヒータ１５０のさまざまな構成部分を収容するために、ほぼ全長にわたって長手方向に延在する開口を有するシャフト１５８を示す。これらの構成部分は、第１の加熱素子２４０への伝導リード線２１５ａおよび２１５ｂと、第２の加熱素子２６０への伝導リード線２２０ａおよび２２０ｂを含む。伝導リード線２１５ａ、２１５ｂ、２２０ａ、および２２０ｂは、一端で１つ以上の電源に結合され、これらの電源により、特定のプロセスに対して要求される温度を供給するのに必要なエネルギーが各加熱素子に与えられる。
【００４４】
[0065]図４から分かるように、伝導リード線は、ヒータ１５０のサセプタ１５５の本体内に延在する。伝導リード線２１５ａおよび２１５ｂは、サセプタ１５５の本体に形成された第１の加熱素子２５０の位置に対応する線Ａ－Ａによって示す平面によってほとんど画成された点まで、シャフト１５８からサセプタ１５５の本体内に上位に延在する。伝導リード線２２０ａおよび２２０ｂは、伝導リード線２１５ａおよび２１５ｂよりサセプタ１５５の表面から離れた点まで、サセプタ１５５の本体内にシャフト１５８から上位に延在する。伝導リード線２２０ａおよび２２０ｂは、サセプタ１５５の本体に形成された第２の加熱素子２６０の位置に対応する線Ｂ－Ｂによって示す平面によってほぼ画成された点まで延在する。
【００４５】
[0066]また、図４は、サセプタ１５５の表面の拡大図を示す。同図において、サセプタ１５５の表面は、約０．０３インチの深さの谷であるウェハパケット１５６を有するように示されている。サセプタ１５５の表面上に装填されたウェハが、ウェハパケット１５６内に載置される。ウェハパケット１５６は、１つの方法では、サセプタ１５５の表面上でウェハを捕捉するように作用したり、特に、ウェハ装填プロセス中、サセプタ１５５の表面からウェハが滑り落ちないように作用したりする。一実施形態において、ウェハパケットは、傾斜縁部、例えば、角度αが６０°～８０°の縁部を有する。
【００４６】
[0067]また、図４は、リフトピン１９５を支持するための開口１９８の拡大図を示す。一実施形態において、リフトピン１９５は、本体より直径が大きいヘッドを有する。リフトピン１９５は、ヒータ１５０が、「ウェハプロセス」状態にあるとき、サセプタ１５５の表面と同一平面にある（ウェハパケット１５６の表面と同一平面にある）。したがって、開口１９８は、上端部で、リフトピン１９５のヘッドを収容するのに十分な幅の直径を有する。このように、約０．１１インチの厚みのヘッド部分を有するリフトピンの場合、開口１９８の上端部は、リフトピン１９５のヘッドを収容するために、０．１１インチの深さを有する。開口１９８の直径は、リフトピン１９５が開口から抜けないように、上端部の下方で狭くなっている。開口１９８を介して熱損失を受けることもあることを認識されたい。したがって、一実施形態において、開口１９８の直径は、熱損失を低減するように最小化される。例えば、開口１９８の上部分の直径が、わずかに小さい直径の同様のものを有するリフトピンのヘッドを収容するために、０．１８０インチである。開口１９８の残りの部分は、同様のものやわずかに小さい直径を有するリフトピンの本体を収容するために、０．１３インチである。
【００４７】
[0068]場合によって、ＣＶＤ反応プロセスが大気圧以外の圧力で動作されるであろうことを認識されたい。ＬＰＣＶＤ反応条件の場合、例えば、チャンバ１４５内の圧力（図２

、図３、および図４を参照されたい）は、典型的に、例えば、１～２５０トールで動作する。上述したように、ヒータ１５０の外部は、チャンバ１４５内の反応条件に露出される。ヒータ１５０の外面がこの真空に露出されると同時に、ヒータ１５０の内部分は、チャンバ１４５の環境から保護される。このように、例えば、伝導リード線２１５ａ、２１５ｂ、２２０ａ、および２２０ｂ、および熱電対２１０は、シャフト１５８を介して、サセプタ１５５の本体内への開口または導管に配置されることによって、チャンバ１４５の環境から保護される。一実施形態において、シャフト１５８を通る開口または導管の圧力は、チャンバ１４５の圧力であり得る真空にさらされない。この代わり、シャフト１５８を通る開口または導管の圧力は、大気圧である。したがって、ヒータ１５０およびリフトプレート１９０をチャンバ１４５において移動させる（例えば、上下に）ステップモータは、チャンバの真空力に逆らって移動するようなサイズのものである。このように、本発明のヒータ構成の１つの利点として、ヒータ１５０のチャンバ環境から保護される構成部分が、チャンバ１４５内でヒータ１５０を移動させる（例えば、上下に）モータに過度な要求を与えるほど、シャフトの直径が大き過ぎずないように、更に、シャフト１５８内の容積が大き過ぎないように嵌め込まれてもよい点が挙げられる。サセプタ１５５の本体の別々な平面に加熱素子（例えば、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０）を配置することで、このような嵌め込みが可能になる。また、嵌め込み式にすることで、シャフト１５８の開口または導管を通るシステムの熱損失が最小限に抑えられる。

【００４８】

[0069]図５は、シャフト１５８の底部を通る本発明のヒータの一実施形態の図を示す。同図から、第１の加熱素子２５０用の伝導リード線２１５ａおよび２１５ｂおよび第２の加熱素子２６０用の伝導リード線２２０ａおよび２２０ｂが、サセプタ１５５の中心にまとめて嵌め込まれた状態が示されている。また、伝導リード線２１５ａ、２１５ｂ、２２０ａ、および２２０ｂとともに、熱電対２１０が嵌め込まれている。この図から分かるように、ヒータ１５０のシャフト１５８の直径は、この例において、サセプタ１５５の直径の約３分の１まで最小化されてもよい。また、図５は、サセプタ１５５の本体に４つの開口１９８を示す。開口１９８は、例えば、サセプタ１５５の上面へウェハを上昇および下降させるために使用されるリフトピン１９５を支持する。

【００４９】

[0070]図６は、図４の線Ａ－Ａに沿ったサセプタ１５５の上面断面図を示す。同図において、図４の線Ａ－Ａで画成された平面に形成された第１の加熱素子２５０が示されている。第１の加熱素子２５０は、一実施形態において、鏡像のような方法で示す２つの対向するコイル部分２３０ａおよび２３０ｂから構成される。

【００５０】

[0071]第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０ａおよび２３０ｂが、図４の線Ａ－Ａで画成された平面において、サセプタ１５５の本体に形成される。第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０ａおよび２３０ｂは、端子２１６ａおよび２１６ｂのそれぞれに結合されて、伝導リード線２１５ａおよび２１５ｂのそれぞれを介して、コイル部分を電源に接続する。一実施形態において、コイル部分２３０ａおよび２３０ｂは、電源の電流要求およびヒータの温度範囲に適合可能な材料から作られる。また、コイル部分２３０ａおよび２３０ｂは、一実施形態において、窒化アルミニウムに類似した熱膨張特性を備えた材料から構成されるように選択される。上述したように、窒化アルミニウム（ＡｌＮ）ステージまたはサセプタに形成された厚みが約２ミルのモリブデン（Ｍｏ）材料は、７５０℃を超えるサセプタ温度を生成可能である（適切な電源への結合時）。一実施形態において、対向するコイル部分２３０ａおよび２３０ｂは、約３～５ｍｍだけ端子２１６ａおよび２１６ｂで分離される。コイル部分間の距離は、コイル部分間の任意の実効「コールドゾーン」を低減するように短くすることができる。

【００５１】

[0072]図７は、図４の線Ｂ－Ｂに沿って切り取られたサセプタ１５５の断面平面図を示す。図７は、第２の加熱素子２６０の平面を示す。この実施形態において、第２の加熱素

子２６０は、第１の加熱素子２５０よりサセプタ１５５の表面から離れた位置で、サセプタ１５５の本体に形成される（すなわち、線Ａ－Ａで画成される平面は、線Ｂ－Ｂで画成される平面よりサセプタ１５５の表面に近い）。図６に類似して、第２の加熱素子２６０は、一実施形態において、線Ｂ－Ｂでほぼ画成された平面に鏡像のように形成されたモリブデン（Ｍｏ）の対向するコイル部分２３２ａおよび２３２ｂを含む。第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２ａおよび２３２ｂは、端子２２１ａおよび２２１ｂのそれぞれに結合されて、伝導リード線２２０ａおよび２２０ｂを介してコイル部分を電源に接続する。一実施形態において、対向するコイル部分２３２ａおよび２３２ｂは、約３～５ｍｍだけ端子２２１ａおよび２２１Ｂで分離される。この距離は、コイル部分間の任意の実効「コールドゾーン」を低減するように短くすることができる。

【００５２】

[0073]図６および図７に示す実施形態において、第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２ａおよび２３２Ｂは、図７において軸２１７Ｂの周りで互いに対向し、第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０ａおよび２３０ｂは、図６において軸２１７Ａの周りで互いに対向するｌ一実施形態において、コイル部分２３２ａおよび２３２ｂは、コイル部分２３０ａおよび２３０ｂに対して約１８０°回転してもよい。このように、第１の加熱素子２５０または第２の加熱素子２６０のいずれかの対向するコイル部分間の領域が、他方の加熱素子によって補償される。加熱素子コイルの構成は、図示するように、１８０°ずらされる必要がないことを認識されたい。あるいは、加熱素子コイルは、例えば、互いの上に直接存在してもよく（すなわち、補償なし）、または、対向するコイル部分間の領域を何らかの方法で補償するように、互いに重複し、および／またはさまざまな角度で線形状にずれたものであってもよい。

【００５３】

[0074]図８は、サセプタ１５５の概略平面図を示す。サセプタ１５５の表面は、少なくとも３つのゾーンに分割される。図８に示すように、領域２４５は、半径R_1で画成する領域を有するゾーンを形成する。領域２４５は、シャフト１５８の上方にあるサセプタ１５５の領域と関連付けられる。領域２５４は、半径R_2で画成される領域から半径R_1で画成される領域２４５を差し引いたゾーンを形成する。領域２５５は、サセプタ１５５の縁部に関連付けられ、半径R_3で画成される領域から、半径R_2で画成される領域２５４と、半径Ｒ１で画成される領域２４５とを差し引いたゾーンを形成する。

【００５４】

[0075]一実施形態において、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０は、独立した加熱分布を有し、したがって、別々に制御されてもよい。このようにして、第１の加熱素子２５０は、第２の加熱素子２６０の一定の点より、一定の点でより多くの電力またはより少ない電力を受けてもよい。また、この点で、抵抗ヒータに追加の加熱ゾーンを更に画成するために、サセプタ１５５の本体に追加の加熱素子が追加されてもよいことを認識されたい。複数の加熱素子を組み込むために考慮すべきことには、サセプタ１５５の平面に配置することと、追加の伝導リード線を嵌め込むこととがある。

【００５５】

[0076]第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０が別々に制御される１つの方法は、加熱素子の厚みを概して一定に保ちながら、サセプタ１５５の領域にわたった各加熱素子の幅を変更することで行う。抵抗ヒータに対して、加熱素子に供給される電力、ひいては、加熱素子によって放出される熱は、加熱素子の抵抗に直接関係する。一定の厚みを有する抵抗加熱素子に対して、加熱素子の幅広い部分（すなわち、より大きな容量）は、より小さな抵抗を有し、電流を移動するのに必要な電力が少なく、加熱素子のより狭い部分（すなわち、より小さな容量）より少ない熱を放出することになる。したがって、一定の点で加熱素子の幅を短くすることによって（すなわち、加熱素子の容量を小さくすることによって）、加熱素子に供給される電力は、加熱素子の幅が短くされていない点より、加熱素子を通る電流の量を移動するために、該当する点でより大きくなる。短くされた点で放出される温度は、加熱素子の幅が短くされていない点より同様に高くなる。更に、

加熱素子の長さを通る電流の量を移動させるのに要求される電力の量として概して画成される電力密度は、幅が短くされた加熱素子の該当部分においてより高くなる。

【００５６】

[0077]図６において、第１の加熱素子２５０は、例えば、厚みが約２ミルのモリブデン（Ｍｏ）材料である。第１の加熱素子２５０の幅は、この実施例において、領域２４５（図８を参照）において第１の加熱素子２５０への電力分配を局所化するように変更される。領域２４５は、この実施例において、シャフト１５８の上方の領域を取り囲むように画成される。一実施形態において、熱電対２１０および伝導リード線２１５ａ、２１５ｂ、２２０ａ、および２２０ｂを収容するようにシャフト１５８を介して開口が形成される場合、サセプタ１５５の領域での熱損失は、領域２４５として示すシャフト１５８上方の領域に関連付けられたサセプタ１５５の領域より大きくなる。このようにして、加熱素子２４０の該当部分において領域２４５と関連付けられた電力密度は、加熱素子２５０の該当部分において領域２５５と関連付けられた電力密度より大きくなる。

【００５７】

[0078]図６および図８を参照すると、一実施例において、領域２４５（図８を参照）に対応する領域における第１の加熱素子２５０の幅W_1は、ヒータ１５０のサセプタ１５５の領域２５５（図８を参照）に対応する幅W_2より小さい。第１の加熱素子２５０のより小さい幅W_1部分を通る電流は、加熱素子２５０の他の部分（例えば、幅W_2）を通る電流より大きい抵抗に出会い、したがって、加熱素子２５０によって放出される熱は、領域２４５より大きくなる。厚みが２ミルのモリブデン（Ｍｏ）材料の加熱素子に対して、領域２５５に対して領域２４５の電力密度を上げるために、幅W_1は、例えば、幅W_2の１０パーセント以下であってもよい。モリブデン材料の一実施形態において、第１の加熱素子２５０にわたった抵抗値は、２オーム（例えば、幅W_2）～４オーム（例えば、幅W_1）の間で変動する。

【００５８】

[0079]図７および図８を参照すると、この実施例において、サセプタ１５５の縁部に対応する領域を取り囲むように、領域２５５が画成される。一実施形態において、サセプタ１５５の表面の領域の熱損失は、領域２５５として示す縁部でより大きくなる。このように、例えば、加熱素子２６０の該当部分における領域２５５と関連付けられた電力密度は、サセプタ１５５の他の領域に関連付けられた電力密度より大きくなる。

【００５９】

[0080]図７および図８を参照すると、第２の加熱素子２６０は、例えば、厚みが約２ミルのモリブデン（Ｍｏ）材料である。第２の加熱素子２６０の幅は、この実施例において、領域２５５（図８を参照）における第２の加熱素子２６０へ電力密度を局所化するように変動する。このように、領域２５５（図８を参照）に対応する領域における第２の加熱素子２６０の幅W_4は、ヒータ１５０のサセプタ１５５の他の領域に対応する幅W_3より短い。加熱素子２６０のより小さい幅W_4部分を通る電流は、加熱素子２６０の他の部分（例えば、幅W_3）を通る電流より大きい抵抗に出会い、したがって、加熱素子２６０によって放出される熱は、領域２５５より大きくなる。厚みが２ミルのモリブデン（Ｍｏ）材料の加熱素子に対して、領域２４５に対して領域２５５の電力分配を上げるために、幅W_4は、例えば、幅W_3の１０パーセント以下であってもよい。モリブデン材料の一実施形態において、第１の加熱素子２５０にわたった抵抗値は、２オーム（例えば、幅W_3）～４オーム（例えば、幅W_4）の間で変動する。

【００６０】

[0081]図９は、ヒータ１５０のサセプタ１５５の表面に対する加熱素子の個別制御をグラフで示す。図９は、第１の加熱素子および第２の加熱素子に供給される電力比と、サセプタ１５５の半径との関係を示す。電力比は、この実施形態において、第１の加熱素子２５０の電力と、第２の加熱素子２６０の電力との比率として画成される。図示するように、第１の加熱素子２５０の電力比は、第１の加熱素子２５０に供給される追加の電力により、領域またはゾーン２４５において、サセプタ１５５の他のゾーンより大きい。同様に

、電力比は、該当領域またはゾーンにおいて第２の加熱素子２６０に供給される追加の電力により、領域またはゾーン２５５において、サセプタ１５５の他の領域より大きい。

【００６１】

[0082]図４～図８に示すようなマルチゾーン抵抗加熱素子により、ヒータのサセプタの個々の領域またはゾーンを別々に対処できるようになることによって、サセプタの表面にわたってシングルゾーン抵抗ヒータより、温度均一性が高まる。例えば、図４～図８に示すようなデュアルゾーン抵抗ヒータにより、第１のゾーン（領域２４５）は、サセプタ１５５の他の領域から個別に対処することができる。このように、シャフト１５８を通した場合の熱損失は、サセプタ１５５の表面にわたった温度均一性を犠牲にすることなく対応することができる。同様に、第２のゾーン（領域２５５）は、サセプタ１５５の他の領域とは個別に対処されてもよい。このように、サセプタ１５５の縁部での熱損失（７５０℃以上の温度でも）は、サセプタ１５５の表面にわたり温度均一性を犠牲にすることなく対応することができる。このように、高温への応用の場合（例えば、約７５０℃以上）、別々の領域は、例えば、シャフト１５８に関連付けられた領域およびサセプタ１５５の縁部の熱損失が、第１の領域２４５および第２の領域２５５への高められた電力分配によって補償されてもよい。したがって、サセプタ１５５の表面にわたる温度は、従来技術のシングルゾーン抵抗ヒータより一定の値で維持できる。

【００６２】

[0083]図４～図８において、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０は、サセプタ１５５とほぼ同じ領域を示す。このような構成の１つの利点は、一方の加熱素子が故障した場合、他方の加熱素子は、サセプタの表面全体を加熱するように構成できることである。個々の加熱素子が、サセプタ１５５の同様の領域を占める必要はないが、領域２４５や領域２５５などの特定の領域のみを占めるように構成されてもよいことを認識されたい。

【００６３】

[0084]図４～図８において、第１の加熱素子２５０は、第２の加熱素子２６０の平面（図５の線Ｂ－Ｂで示す）よりサセプタ１５５の上面に近い平面（図４の線Ａ－Ａで示す）に位置する。一実施形態において、第１の加熱素子２５０は、サセプタ１５５の表面から約５～８ｍｍの位置にある。このように、表面から第１の加熱素子２５０を分離することで、温度分布が良好になり、局所化された加熱が低減する。

【００６４】

[0085]それぞれの加熱素子の配置は、プロセス条件とプロセスの目的に応じて異なることを認識されたい。第１の加熱素子２５０に関連する平面より下側のサセプタ１５５の本体の平面に第２の加熱素子２６０を配置する１つの理由は、第２の加熱素子２６０に供給された電力が、第１の加熱素子２５０に供給されたものより大きくなり得るためである。このような状況は、例えば、サセプタ１５５の表面の縁部での熱損失が、サセプタ１５５の表面の中心の熱損失より大きい場合に生じる。したがって、サセプタ１５５の中心と比較した場合、サセプタ１５５の縁部に供給された追加の電力（例えば、より高い電力密度）は、１つの例において、第２の加熱素子２６０の位置（線Ｂ－Ｂで示す）と、サセプタ１５５の表面との間の差が大きい結果として、該当する加熱素子がサセプタ１５５の表面付近の平面に位置した場合より良好に分配できる。良好に分配されると、局所化された加熱、いわゆる「ホットスポット」の可能性が低下し、サセプタ１５５の表面でより均一に熱が分配される。第２の加熱素子２６０の位置を介して熱をより均一に分配することによって、サセプタ１５５の表面の温度を、特定のスポットで７５０℃以上の温度になった場合でも制御することができるようになる。また、より均等に分配することにより、サセプタの亀裂や損傷の可能性が低下する。

【００６５】

[0086]図１０および図１１は、サセプタ１５５の表面の温度を監視または表示するための一実施形態を示す。図１０は、チャンバ本体の上面の一部分、詳しく言えば、チャンバ蓋１７０の一部分および穿孔面板１８０の一部分の概略図を示す。チャンバ蓋１７０の開

口を貫通して延在しているものは、２つのパイロメータである第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５である。図１１は、第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５を結合されたチャンバ蓋１７０の平面図を示す。第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５は、例えば、ワシントン州バンクーバーのＳｅｋｉｄｅｎｋｏ，Ｉｎｃ．から利用可能である。各パイロメータは、サセプタ１５５の表面（またはサセプタ１５５上のウェハの表面）の温度に関するデータを与える。一実施形態において、各パイロメータは、３３５℃～１２００℃の温度測定範囲を有する。各パイロメータは、パイロメータの位置に対応する領域においてサセプタ１５５の温度を測定する。図１１に示す例において、第１のパイロメータ２００は、領域またはゾーン２４５においてサセプタ１５５の温度を測定するのに対して、第２のパイロメータ２０５は、領域またはゾーン２６５においてサセプタ１５５の温度を測定する。熱電対２１０は、ほぼサセプタ１５５の中心または中心２３５に対応するか、またはその付近にあるサセプタ１５５の表面で温度を測定する。パイロメータおよび熱電対は、例示的なものであり、他のデバイスが、温度表示器として使用されてもよい。例えば、熱カメラは、本発明の別の実施形態においてパイロメータに代替されてもよい。

【００６６】

[0087]第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５は、露出される放射エネルギーまたは光に部分的に基づいてパイロメータが温度測定値を与えるため、各パイロメータは、チャンバ１４５の内部へのアクセスを有するものでなければならない。この場合、第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５の底部にある窓２９０および２９５のそれぞれと、チャンバ蓋１７０に形成された開口２７０および２７５のそれぞれと、面板１８０に形成された開口２８０および２８５のそれぞれによって、アクセスが与えられる。ＣＶＤ堆積プロセス等のある実施形態において、第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５のそれぞれへの利用可能な放射または光を乱し、パイロメータの温度測定ができない事態を生じさせることがある、窓２９０および２９５のコーティングの可能性に関する問題が存在する場合がある。したがって、一実施形態において、特に、開口２８０および２８５だけでなく、可能性として、開口２７０および２７５の長さおよび幅は、窓２９０および２９５の可能性のあるコーティングを最小限に抑えるように構成される。一実施形態において、開口の比率は、面板１８０の厚みに関係する。開口と面板の厚みの適切な関係は、約１対約３である。

【００６７】

[0088]一実施形態において、複数の温度測定値は、サセプタ１５５の表面の温度を調整および制御するために使用される。例えば、Si_3N_4を堆積するためのＬＰＣＶＤプロセスにおいて、約７５０℃の表面反応温度が、ヒータ１５０のサセプタ１５５の表面にわたって約±２．５℃の温度差で望ましいものであり得る。本発明のシステムは、基準温度または制御温度として使用されるサセプタ１５５の中心または中央部２３５での温度を測定することによって（この実施形態において、熱電対２１０によって測定）、ヒータ１５０の温度を調整および制御できる。サセプタ１５５にわたった温度均一性は、第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５の温度差ΔＴによって測定される。測定されたΔＴから、システムは、Si_3N_4のＬＰＣＶＤプロセスに対して約７５０℃で約±２．５℃など、ある一定の範囲においてΔＴを制御するために、第１の加熱素子および第２の加熱素子の電力比を調節する。温度差（例えば、ΔＴ）の測定値を用いる利点は、少なくとも２つある。第１に、ウェハ間の放射率の変化は、各パイロメータの絶対測定に影響を与えるが、ΔＴの相対値には影響しない。第２に、時間の経過とともにチャンバの状況が変化することは、相対温度測定に影響を与えないが、一般的に、絶対温度測定に影響を与える。

【００６８】

[0089]図１２は、本発明の一実施形態により構成されたリアクタにおいてウェハを処理する一般的な方法を記述する。図１２は、例えば、ＣＶＤプロセス中、デュアルゾーンのシングルウェハ抵抗ヒータにおいて温度を制御する方法を記述する。第１のステップ（ス

テップ３００）として、ＣＶＤリアクタのチャンバ１４５におけるヒータ１５０が、ウェハ装填位置に配置される（図３および添付のテキストを参照）。次に、例えば、ロボット移送機構を用いて、サセプタ１５５にウェハが装填される。次いで、ヒータ１５０は、例えば、図１に示すように、ウェハが穿孔面板１８０に隣接するような位置に位置される（ステップ３２０）。次いで、リアクタは、プロセス温度まで上昇される（ステップ３３０）。Si_3N_4を堆積するためのＬＰＣＶＤプロセスにおいて、例えば、温度は、約７５０℃まで上昇される。温度は、熱電対２１０および第１のパイロメータ２００および第２のパイロメータ２０５の一方または両方で測定された、ヒータ１５０のサセプタ１５５の表面にわたった温度を調整する（ステップ３４０）。温度は、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０への電源を調整することによって制御される（ステップ３５０）。

【００６９】

[0090]反応が完了し、所望の膜の厚みが得られると、チャンバに供給されるプロセスガスは中断され、チャンバは、窒素などの不活性ガスでパージされる（ステップ３７０）。次に、ヒータステージは、ウェハ装填位置へ動かされ（図３および添付のテキストを参照）、処理されたウェハは取り除かれて、別のウェハと取り替えられる（ステップ３８０）。

【００７０】

[0091]先の記載は、サセプタ１５５の異なる領域またはゾーンの温度を制御および調整することによって、ヒータ１５０のサセプタ１５５の表面の温度、ひいては、サセプタ１５５の表面上のウェハの表面反応温度を制御することに関する。このような制御および調整は、手動で、またはシステムコントローラを利用して行われてもよいことを認識されたい。前述した例において、オペレータが、異なる温度表示器（例えば、第１のパイロメータ２００、第２のパイロメータ２０５、および熱電対２１０）の温度測定値を記録し、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０のいずれかまたは両方に供給された電力を手動で調節してもよい。あるいは、コントローラが、温度表示器によって測定された温度を記録し、例えば、温度差の相対値を決定し、それに応じて加熱素子を調節するアルゴリズムに基づいて、加熱素子に供給された電力を制御するように構成されてもよい。

【００７１】

[0092]図１２は、例えば、第１のパイロメータ２００、第２のパイロメータ２０５、および熱電対２１０などの表示器によって、コントローラ２２５に与えられる温度測定値に基づいて、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０を制御するためのシステムの概略図を示す。一実施形態において、コントローラ２２５は、温度表示器の少なくとも２つの温度差を比較し、温度表示器が許容範囲内になるように、ヒータ１５０の温度を調節するために電源２１５を制御するのに適切なアルゴリズムを含む。例えば、ヒータの温度が、ヒータ１５０のサセプタ１５５の表面にわたって約７５０℃±約２．５℃であることが望ましい例において、コントローラ２２５は、少なくとも２つの表示器によって与えられた測定値に基づいて、この結果を達成するように電源２１５を制御する。

【００７２】

[0093]コントローラ２２５には、コントローラ２２５においてメモリなどのコンピュータ読取り可能媒体に格納されたコンピュータプログラムであるソフトウェア命令ロジックが供給される。メモリは、例えば、ハードディスクドライブの一部分である。また、コントローラ２２５は、所望の反応温度および表示器間の温度差の許容範囲（例えば、約±３℃）などの反応に関するパラメータをオペレータが入力できるユーザインタフェースに結合されてもよい。ＬＰＣＶＤ反応プロセスにおいて、コントローラ２２５は、チャンバ１４５の圧力を測定する圧力表示器とともに、チャンバ１４５の圧力を調節するための真空源に更に結合されてもよい。

【００７３】

[0094]一般的に、ヒータ素子の制御は、電圧または電流のいずれかを調整することによって行われる。ヒータ素子の電力出力は、電圧調整によって、次の式の通りになる。

電力＝電圧^2／抵抗

[0095]図１３において、コントローラ２２５には、所望の動作温度（温度設定点２０１によって与えられる）が供給される。コントローラ２２５は、第１の加熱素子ドライバ２１６および第２の加熱素子ドライバ２１７に必要な電圧を供給する電源２１５を制御する。加熱素子ドライバは、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０のそれぞれに印加された電圧を制御する。コントローラ２２５は、ヒータ１５０のランプレートおよびヒータ１５０の電圧または電力比（それぞれ、ランプレート／ＰＩＤ制御２０３および電圧比２０２）を制御する。

【００７４】

[0096]例えば、図１３に記載するシステムを用いたマルチゾーンヒータ制御の一実施形態を以下に記載する。マルチゾーンヒータ温度は、内側ゾーン（例えば、領域またはゾーン２４５）にある１つの温度センサで制御される一方で、内側ゾーン（例えば、領域またはゾーン２４５）と、外側ゾーン（例えば、領域またはゾーン２５４や領域またはゾーン２５５）との間に、較正後の相関関数が設定される。温度制御には、２つの方法が採用される。ヒータ温度が設定点に近く、比例積分微分フォワード（ＰＩＤＦ：ｐｒｏｐｏｒｔｉｏｎａｌ　ｐｌｕｓ　ｉｎｔｅｇｒａｌ　ｄｅｒｉｖａｔｉｖｅ　ｆｏｒｗａｒｄ）サーボバンド内である場合、ＰＩＤＦ制御アルゴリズムは、ヒータ温度を設定点に調整するように用いられる。一方で、ヒータが上昇または冷却モードにあり、その温度がＰＩＤＦサーボバンド外である場合、ランプのアルゴリズムは、ヒータの寿命を延長するために、加熱または冷却の所定の速度で加熱温度を制御するように用いられる。デュアルゾーンヒータの温度均一性は、内側および外側ゾーン間の電圧比または電力比によって制御される。この比率は、一定ではなく、ヒータでの温度上昇とともにサセプタの内側および外側ゾーン間で熱損失が異なって増大するため、温度の変化とともに比率を変化する必要がある。また、比率の設定は、チャンバ圧力やガスフローなどのチャンバ条件にも依存する。

【００７５】

[0097]ヒータ制御モードは、ランプ制御およびＰＩＤＦ制御に分割することができる。ランプ制御は、異なる電圧または電力比を有する温度範囲によって、「低温ランプ」および「高温ランプ」として更に分割することができる。「低温ランプ」は、固定電圧比を用いる。「高温ランプ」は、式で計算される変更された電圧または電力比を用いる。

Ｉ．制御条件

[0098]チャンバの動作条件は、２つのモード、すなわち、「チャンバオフライン／オンライン」および「レシピ」動作に分けられる。動作シーケンスは、以下のとおりであってもよい。

Ａ．チャンバオフライン／オンライン：

[0099]温度を設定するためにヒータが加熱を開始したとき、制御ステップは、以下のとおりである。

【００７６】

１．ヒータ温度が所定温度を下回る場合、低温ランプ

２．ヒータ温度が所定の温度を超えた場合、高温ランプ

３．ヒータ温度が、所定のサーボバンド内の要求温度に達した場合、ＰＩＤＦサーボ

[0100]ヒータが冷却を開始したとき、制御ステップは逆転させる。

【００７７】

１．ヒータ温度が所定の温度を超えた場合、高温ランプ

２．ヒータ温度が所定の温度を下回る場合、低温ランプ

３．ヒータ温度が所定のサーボバンド内の要求温度に達した場合、ＰＩＤＦサーボ

[0101]ランプレートおよび他のＰＩＤファクタは、所定のシステムの定数に従う。

【００７８】

Ｂ．レシピ動作

[0102]レシピ動作において、ヒータ制御は、温度制御要求パラメータ、すなわち、温度設定値、電圧比、およびランプレートを含む（要求温度が前述のステップと異なる場合）。

【００７９】

[0103]クリーンレシピに対して、制御シーケンスは、例えば、以下の通りである。

【００８０】

３３．プロセス温度でＰＩＤＦサーボ
３４．クリーン温度まで低下
３５．クリーン温度でＰＩＤＦサーボ
３６．プロセス温度まで上昇
３７．プロセス温度でＰＩＤＦサーボ

[0104]ＰＩＤＦサーボ中、電圧比は、レシピのステップのリストに挙げられる。上昇または低下中、ランプレートは、レシプのステップのリストに挙げられ、電圧比は、「チャンバオフライン／オンライン」において使用されるような所定の値に従う。

II．ランプ制御

[0105]ヒータ温度のランプレートに比例制御を用いる以下の式において、ランプ制御に用いられる１つのアルゴリズムを記載する。

【００８１】

[0106]ヒータランプ電圧：
内側ゾーンヒータランプ電圧＝前の内側ゾーンヒータランプ電圧＋（［ランプＰ利得］＊（ターゲットランプレート－実際のランプレート）
外側ゾーンヒータランプ電圧＝電圧比＊内側ゾーンヒータランプ電圧
外側ゾーンヒータランプ電圧＞１００％（例えば、１０Ｖ）であれば、
外側ゾーンヒータランプ電圧＝１００％（例えば、１０Ｖ）
内側ゾーンヒータランプ電圧＝外側ゾーンヒータランプ電圧／電圧比

[0107]ターゲットランプレートは、オンライン／オフラインのヒータ温度ランプレートであり、ターゲットランプレートは、「クリーン」レシピの「ランプレート」によって上書きが可能である。表１は、上記式の各パラメータの記述を表し、ＬＰＣＶＤチャンバの典型的な推奨値を与える。

【００８２】

[0108]

【表１】

ヒータパラメータ記述－ランプ制御
内側ゾーンヒータ電力出力ランプレート（ランプレートの変化の制限） 記述：システムコントローラからのアナログ出力が変化し得る最大レート 推奨値：１００ｍＶ
ＰＩＤ制御へ切り換える温度誤差 記述：ランプ制御からＰＩＤ制御への切換とその逆の切換の場合の温度帯 推奨値：１０℃
温度ランプ比例利得（ランプＰ利得） 記述：ランプ制御中にヒータ電圧を計算するために用いられる比例利得 推奨値：８
チャンバＸヒータ温度ランプレート ヒータ温度ランプレート（ターゲットランプレート） 記述：温度の上昇または下降時のレート 推奨値：０．１５℃／秒
電圧比 パラメータ： 記述：制御温度での外側ゾーンと内側ゾーンとの電圧比。このパラメータは、異なる温度で変動する。詳細は「電圧比」のセクションを参照されたい。
熱電対故障検出タイムアウト 記述：実際のランプレートがターゲットランプレートの７０％未満である場合、アラームを発するための時間 推奨値：３００秒

【００８３】

[0109]ランプ制御の場合、電圧比は、ヒータ温度の範囲に依存する。

【００８４】

[0110]Ａ．現在の温度（℃）＜［T_L］の場合、電圧比＝［R_L］

注記：R_L＝低温ランプの電圧比

T_L＝低ランプの温度制限値（℃）

[0111]Ｂ．［T_L］＜現在の温度（℃）＜設定温度（℃）－［ＰＩＤ制御を切り換える温度誤差」」であれば、

電圧比＝［R_L］＋（［R_H］－［R_L］）＊（現在の温度－［T_L］）／（［T_H］－［T_L］）

注記：R_L＝低温ランプの電圧比

R_H＝高温ランプの電圧比

T_H＝高ランプの温度制限値（℃）

T_L＝低ランプの温度制限値（℃）

R_L、R_Hは、２つのゾーンの最大電圧比（R_M）によって制限される。

【００８５】

[0112]Ｃ．レシピ（プロセスおよびクリーン）において：

電圧比は、所望のヒータ温度範囲に依存する。

プロセス温度で：

電圧比＝レシピのプロセス温度での電圧比

レシプの各リクエスト温度（℃）－［ＰＩＤ制御を切り換える温度誤差」の前にヒータ温度が下降または上昇する場合。

電圧比＝［R_L］＋（［R_H］－［R_L］）＊（現在の温度－［T_L］）／（［T_H］－［T_L］）

注記：R_L＝低温ランプの電圧比

R_H＝高温ランプの電圧比

T_H＝高ランプの温度制限値（℃）

T_L＝低ランプの温度制限値（℃）
R_L、R_Hは、２つのゾーンの最大電圧比（R_M）によって制限される。
温度が１０℃変化するごとに、電圧比が再計算される。
III．ＰＩＤＦ制御
[0113]ＰＩＤＦ制御は、ヒータ温度が、システムによって設定された温度帯内にあるときに用いられる。ＰＩＤＦ制御値内では、全ヒータ電圧を計算するために、最高で５つの異なるパラメータが用いられる。これらの５つのパラメータは、フィードフォワード、温度プリセット、Ｐ、Ｉ、およびＤである。フィードフォワードレッグは、ある設定点で温度を維持するのに必要な電圧を与える。負荷がない場合、全ヒータ電圧に寄与する構成部分だけでなければならない。フィードフォワードを追加する１つの目的は、抵抗が変化する可能性を有する異なるヒータに制御の安定性を与えることである。温度プリセットは、ガスの導入または圧力のランプ中、ヒータに大きな負荷が存在し得るとき、ヒータに瞬間的な電圧の変化を与えるために、プロセスレシピにおいて利用可能である。Ｐレッグは、温度誤差と利得とを乗算することで求められ、Ｉレッグは、全温度誤差と利得とを乗算することで求められ、Ｄレッグは、温度誤差の傾きと利得とを乗算することで求められる。Ｉレッグは、温度が設定点付近にあるとき、ほぼ定常状態の状況でのみ用いられる。Ｉレッグは、温度プリセットがプロセス中に用いられるとき、全電圧計算において用いられない。
【００８６】
[0114]ＰＩＤＦ制御中の内側ゾーンヒータの電圧は、表２の式により求められる。Ｄレッグは、全電圧から減算されるのに対して、他のレッグは加算される。個々のレッグの式は、いくつかの例の計算で示される。Ｉレッグおよび温度プリセットレッグは、互いを除いたものである。Ｉレッグは、温度プリセットがゼロのときのみ全電圧に寄与する。温度プリセットがゼロでなければ、Ｉレッグは用いられない。
【００８７】
[0115]ＰＩＤＦ制御中の外側ゾーンヒータ電圧は、内側ゾーンＰＩＤ制御出力電圧と電圧比（電力相関）の積によって求められる。電圧比（電力相関）は、実プロセス条件、異なる製造元からのヒータ、およびホットアイドル条件に基づいて較正された表またはリストであってもよい。
【００８８】
[0116]
【表２】

ＰＩＤ制御の式
内側ゾーンヒータＰＩＤ電圧＝（フィードフォワードレッグ＋Ｐレッグ＋Ｉレッグ＋温度プリセットレッグ）－Ｄレッグ
外側ゾーンヒータ電圧＝電圧比*内側ゾーンヒータ制御電圧 外側ゾーンヒータ電圧＞１００％（１０Ｖ）のとき、 外側ゾーンヒータ電圧＝１００％（１０Ｖ） 内側ゾーンヒータ電圧＝外側ゾーンヒータランプ電圧／電圧比
フィードフォワードレッグ＝温度設定点*（[１度当たりのバイアスワット]）／（[内側の最大ワット]＋[外側の最大ワット]*電圧比＾２))
Ｐレッグ＝温度誤差＊（[Ｐ利得]*[誤差の１度当たりの補正電力]）／（[内側の最大ワット]＋[外側の最大ワット]*電圧比＾２))
Ｉレッグ＝全温度誤差＊（[Ｉ利得]*[誤差の１度当たりの補正電力]）／（[内側の最大ワット]＋[外側の最大ワット]*電圧比＾２))
Ｄレッグ＝温度誤差の傾き（[Ｄ利得]*[誤差の１度当たりの補正電力]）／（[内側の最大ワット]＋[外側の最大ワット]*電圧比＾２))
温度プリセットレッグ＝[温度プリセット]／（[内側の最大ワット]＋[外側の最大ワット]*電圧比＾２))

【００８９】

[0117]例：
（内側）ヒータＰＩＤ電圧＝（４９．１％＋３．４％＋３．０％＋０％）－２．０％＝５３．５％＝＞１０７ＶＡＣ
フィードバックレッグ＝７５０＊（（０．６５５／（２０００＋２０００＊２＾２）＝＞４９．１％
Ｐレッグ＝０．８＊（１４２．７＊３０／（２０００＋２０００＊２＾２）＝＞３．４％
（外側）ヒータ電圧＝１．１５＊１０７＝＞１２３ＶＡＣ
電力比＝１．５
＊注記：計算中の矢印は、示された計算値が１０^{X}の大きさ異なることを示す。
【００９０】
[0118]
【表３】

ヒータパラメータの記述－ＰＩＤ制御
最大内側アナログ出力での電力のチャンバＸワット（内側の最大ワット） 記述：フィードフォワードレッグ、Ｐレッグ、Ｉレッグ、Ｄレッグ、および温度プリセットレッグの計算時に利得係数として使用される。
最大外側アナログ出力での電力のチャンバＸワット（外側の最大ワット） 記述：フィードフォワードレッグ、Ｐレッグ、Ｉレッグ、Ｄレッグ、および温度プリセットレッグの計算時に利得係数として使用される。
チャンバＸ抵抗ヒータサーボ帯域幅 記述：積分制御が用いられる範囲内の設定点付近の温度帯。 積分制御は、温度がこの帯域外になるたびにリセットされる。 推奨値：１５℃
誤差の１度当たりのチャンバＸ補正電力（誤差の１度当たりの補正電力） 記述：Ｐ、Ｉ、およびＤレッグで用いられる利得係数 推奨値：３０．０Ｗ／℃
チャンバＸ外側ゾーン電圧サーボ比（電圧比） 記述：内側ゾーンＰＩＤサーボ値に基づいて、外側ゾーン電圧サーボ較正ファクタに電圧比が用いられる。これは、電気負荷の変化、すなわち、電流に関係する。
全誤差履歴のパーセント単位のチャンバＸサーボ（Ｉ利得） 記述：Ｉレッグの利得係数。Ｉレッグは、定常状態誤差を補正するために用いられ、ヒータ温度が設定点に近いときのみ用いられる。Ｉレッグは、レシピに温度プリセットがない場合のみ用いられる。
現在の誤差のパーセント単位のチャンバＸサーボ（Ｐ利得） 記述：Ｐレッグの利得係数。Ｐレッグは、ガスフローやウェハ冷却などによって生じるあらゆる負荷の乱れを阻止するために用いられる。
現在のスロープのパーセント単位のチャンバＸサーボ（Ｄ利得） 記述：Ｄレッグの利得係数。Ｄレッグは、温度の変動を軽減するために用いられる。これは、全電力から減算され、温度の突然の変化に対抗するように作用する。
設定温度１度当たりのチャンバＸヒータバイアスワット（１度当たりのバイアスワット） 記述：フィードフォワードレッグの利得係数。フィードフォワードレッグは、暖機運転時（無負荷時）、全ヒータ電圧に全電圧を寄与するように調整されなければならない。 推奨値：０．２５Ｗ／℃（調整時、ヒータごとに変動）
温度プリセット（温度プリセット） レシピにプログラムされる 記述：レシピでの要求時、電圧の瞬間的な変化を与える。ヒータに大きな負荷が存在するとき、ガスフローの導入中に用いられる。プリセット温度が用いられる場合、Ｉレッグはゼロになる。温度プリセットは、特に、堆積ステップ中、用いられるＩレッグに対してゼロでなければならない。 推奨値：レシピに応じる。５０ｍＷの温度プリセットごとに、１．８％電圧をマルチゾーンヒータのヒータに追加する。

【００９１】
[0119]ＰＩＤＦ制御に対して、電圧比は、ヒータ温度範囲に依存する。
【００９２】
[0120]Ａ．設定温度（℃）が［T_L］より低ければ、
電圧比＝［R_L］
注記：R_L＝低温ランプの電圧比
T_L＝低ランプの温度制限値（℃）
[0121]Ｂ．設定温度（℃）が［T_L］と［T_H］の間にあれば、
電圧比＝［R_L］＋（［R_H］－［R_L］）＊（設定温度－［T_L］）／（［T_H］－［T_L］）
注記：R_L＝低温ランプの電圧比
R_H＝高温ランプの電圧比
T_H＝高ランプの温度制限値（℃）
T_L＝低ランプの温度制限値（℃）
[0122]Ｃ．電圧比－レシピ（プロセス／クリーン）において：
ＰＩＤ制御を切り換えるためのプロセス温度±温度誤差内
電圧比＝レシプのプロセス温度での電圧比。電圧比設定は、２つのゾーンの最大電圧比（R_M）によって制限される。
【００９３】
[0123]表４は、加熱、スタンバイ／プロセス、および冷却のヒータパラメータを記述する。
【００９４】
[0124]
【表４】

ヒータパラメータの記述－加熱、スタンバイ／プロセス、冷却
ヒータパラメータ記述－(プロセス／チャンバパラメータ下部のヒータ較正スクリーンに、システム制御が設置される)
低ランプのチャンバＸ温度制限値（℃）（T_L） 記述：ヒータがこの温度を超えると、２つのゾーンの電圧比は、基本電圧比に等しい。 推奨値：７５０℃（設定可能：６００℃～８００℃）
待機温度（℃） 記述：チャンバが待機状況にあるとき、ヒータは、この温度に維持される。 推奨値：プロセス温度＋１０℃
低温ランプのチャンバＸ電圧比（R_L） 記述：[低ランプの温度制限値（℃）（T_L）]の温度下の外側ゾーンと内側ゾーンとの間の電圧比
高温ランプのチャンバＸ電圧比（R_H） 記述：[高ランプの温度制限値（℃）（T_H）]の温度を超えたものに等しい外側ゾーンと内側ゾーンとの間の電圧比
２つのゾーンの最大電圧比（R_M） 記述：最大電圧比。レシピにR_H、R_L、およびＲを含む。 許容範囲値：０～２．２
温度設定値（℃）（T_S） 記述：ヒーターゲット動作温度。ヒータがこの温度にあるとき、２つのゾーンの電圧比は、基本電圧比に等しい。
設定温度の電圧比 記述：温度が［チャンバＸ抵抗ヒータサーバ帯域幅（℃）］内の設定温度に達すると、コントローラは、ＰＩＤＦ制御を行うために、この電圧を用いる。

【００９５】
[0125]表５は、チャンバクリーンレシプのヒータパラメータを記述する。

【００９６】
[0126]
【表５】

ヒータパラメータの記述－クリーンレシピ
ヒータパラメータの記述－（レシピにパラメータが設置される）
プロセス温度（℃） パラメータ：レシピにプログラムされる 記述：チャンバがプロセス状況にあるとき、ヒータには、この温度が与えられる。 推奨値：プロセスにより異なる
プロセス温度での電圧比 システム制御：レシピにプログラムされる 記述：[サーボ帯域] 内のプロセス温度での外側ゾーンと内側ゾーンとの間の電圧比 制限値：R_M
ランプレート（上昇または下降）（℃／分）（ターゲットランプレートを上書き） パラメータ：レシピにプログラムされる 記述：温度設定は、前のステップとは異なる。ヒータ温度のランプレートが設定され、ソフトウェアによって制御される必要がある。 制限値：...℃／分

【００９７】
[0127]図１４は、サセプタ１５５と、図７の第２の加熱素子２６０の上部にある図６の第１の加熱素子の平面断面図を示す。第１の加熱素子２５０は、一実施形態において、鏡像のような方法で示す２つの対向するコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂから構成される。第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂは、線Ａ－Ａ（図４）で画成された平面においてサセプタ１５５の本体に形成される。第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂは、端子２１６Ａおよび２１６Ｂのそれぞれに結合されて、伝導リード線２１５Ａおよび２１５Ｂをそれぞれ介して電源にコイル部分を接続する。一実施形態において、コイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂは、電源の電流要求およびヒータの温度範囲に適合可能な材料から作られる。
【００９８】
[0128]図７の第２の加熱素子２６０は、第１の加熱素子２５０の平面のすぐ下方で実質的にその平面と平行な平面にある。この実施形態において、第２の加熱素子２６０は、サセプタ１５５の本体に形成されるが、サセプタ１５５の表面から離れた位置にある。第２の加熱素子２６０は、一実施形態において、線Ｂ－Ｂ（図４）でほぼ画成された平面に鏡像の方法で形成された対向するコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂを含む。第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、端子２２１Ａおよび２２１Ｂのそれぞれに結合された、伝導リード線２２０Ａおよび２２０Ｂを介して電源にコイル部分を接続する。一実施形態において、対向するコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、端子２２１Ａおよび２２１Ｂで約３～５ｍｍだけ分離される。この距離は、コイル部分間の任意の実効「コールドゾーン」を低減するように短くすることができる。
【００９９】
[0129]図１４に示す実施形態において、第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、軸２１７の周りに互いに対向し、第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂもまた、軸２１７の周りに互いに対向する。一実施形態において、コイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、コイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂに対して約０°から約１８０°回転されてもよく、および／または約５ｍｍから約５０ｍｍへ線形距離をずらしてもよい。別の実施形態において、コイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、コイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂに対して約９０°から約２７０°回転されてもよい。別の実施形態において、加熱素子コイルは、例えば、互いの上に直接存在してもよい。ヒータ１５０のシャフト１５８に平行なＣ－Ｃと符号付けされた平面４０２がある（図４を参照）。Ｃ－Ｃと符号付けされた平面４０２は、第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０Ａ

および２３０Ｂと、第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂとを交差させる。

【０１００】

[0130]前述したように、第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０は、抵抗率、ひいては、任意の所与の電流フローの熱出力を調節するために変更された断面領域を有してもよい。断面領域が増大した場合、抵抗が低下し、熱出力は、所与の電流フローに対して下げられる。断面領域が減少した場合、抵抗が増大し、所与の電流フローに対して、熱出力が増大する。抵抗および熱出力は、所望の温度プロファイルを与えるのに必要なように調節することができる。

【０１０１】

[0131]図１５は、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０を介してＣ－Ｃの符号が付与された平面４０２に沿って切り取られた断面図を示す。図１５の中央の点として、軸２１７が示される。図示するように、軸２１７の上方には、対向するコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂと、端子２１６Ａおよび２１６Ｂとを有する第１の加熱素子２５０がある。軸２１７の下方には、対向するコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂと、端子２２１Ａおよび２２１Ｂを有する第２の加熱素子２６０がある。

【０１０２】

[0132]図１６は、サセプタ１５５の本体において第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０のレイアウトの別の実施形態を示す。この実施形態において、軸２１７Ｂにずらされた軸２１７Ａによって示すように、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０がずらされる。軸２１７Ａの周りに鏡像のような方法で示す２つの対向するコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂとともに形成された第１の加熱素子２５０が示されている。第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂは、端子２１６Ａおよび２１６Ｂのそれぞれに結合された、伝導リード線２１５Ａおよび２１５Ｂ（図５に示す）のそれぞれを介して、電源にコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂを接続する。

【０１０３】

[0133]第１の加熱素子２５０よりサセプタ（図示せず）から離れた位置にあるサセプタ１５５の本体に、第２の加熱素子２６０が形成される。言い換えれば、図１６に示すように、第１の加熱素子２５０は、第２の加熱素子２６０の上部にある。第２の加熱素子２６０は、軸２１７Ｂの周りに鏡像のように形成された対向するコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂを含む。第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、端子２２１Ａおよび２２１Ｂのそれぞれに結合されて、伝導リード線２２０Ａおよび２２０Ｂ（図５に示す）を介して、電源にコイル部分２３２Ａ、２３２Ｂを接続する。

【０１０４】

[0134]図１４と同様に、第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０は、サセプタ（図示せず）の表面での温度分布の要求に応じて、変更された断面領域を有することができる。第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０の断面領域が増大すると、抵抗が低下し、ひいては、所与の電流フローでの熱出力が低減する。更に、第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０の断面領域が低減すると、抵抗が上がり、任意の所与の電流フローの熱出力が上がる。断面領域および抵抗は、所望の熱出力およびヒータ１５０の温度分布を達成するために調節することができる。

【０１０５】

[0135]図１６を参照すると、Ｄ－Ｄで符号付けされた平面４０４が、ヒータ１５０のシャフト１５８の長手方向の軸に平行である。Ｄ－Ｄで符号付けされた平面４０４は、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０を交差させる。図１７は、第１の加熱素子２５０が、軸２１７Ａと軸２１７Ｂとの間の距離だけ第２の加熱素子２６０からどのようにずらされるかを示す、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０に沿って、Ｄ－Ｄで符号付けされた平面４０４で切り取られた断面図を示す。第１の加熱素子は、軸２１７Ａの周りに対向するコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂを有し、端子２１６Ａおよび２１６Ｂを有する。第２の加熱素子２６０は、約２１７Ａの周りに対向するコイル部分２

３２Ａおよび２３２Ｂを有し、端子２２１Ａおよび２２１Ｂを有する。この実施形態において、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０はずらされて、これにより、実験的なシミュレーションにおいて、コイル部分がずらされていない場合より、サセプタ（図示せず）の表面での温度分布の均一性が高まる。ギャップ４０７は、第１の加熱素子２５０の１つのコイル部分と、第２の加熱素子２６０の１つのコイル部分との間の水平方向の距離（図示したように）を表す。３００ｍｍ直径のステージの場合、一実施形態において、約３～約２０ｍｍの典型的なギャップ（ギャップ４０７）が、ステージの表面にわたって温度均一性を高めるために用いることができる。別の実施形態において、典型的なギャップは、約５～約１５ｍｍのものであってもよい。別の実施形態において、典型的なギャップは、約７～約１０ｍｍのものであってもよい。

【０１０６】

[0136]図１６および図１７に示す実施形態において、ギャップ４０７は、軸２１７Ａおよび軸２１７Ｂを実質的に平行な状態を維持しながら、第１の加熱素子２５０を第２の加熱素子２６０からずらすことによって形成される。別の実施形態において、軸２１７Ａおよび軸２１７Ｂが約０°～約１８０°の間、別の実施形態において、約１５°～約１６５°の間で互いにある角度をなすように、線形方向に第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０をずらすことによってギャップ４０７が形成されてもよい。図１７は、第１の加熱素子２５０の隣接するコイル部分間の距離として、ピッチｐ４１８を示す。一実施形態において、ギャップ４０７は、ピッチｐ４１８の約０．３～０．７倍のものであってもよい。別の実施形態において、ギャップ４０７は、ピッチｐ４１８の約半分のものであってもよい。一実施形態において、ギャップ４０７は、約５から１５ｍｍのものであってもよい。別の実施形態において、ギャップ４０７は、約７から約１０ｍｍのものであってもよい。

【０１０７】

[0137]図１８は、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０の別の実施形態を示す。説明しやすいように、第１の加熱素子２５０には斜線を付けて示している。第１の加熱素子２５０は、正方形のコイル構成で示されているが、他のコイル構成または他のタイプの構成も、この実施形態での使用が考慮される。第１の加熱素子２５０は、端子２１６Ａおよび２１６Ｂを含む。

【０１０８】

[0138]第２の加熱素子２６０は、端子２２１Ａおよび２２１Ｂを含む。また、第２のヒータ素子は、正方向のコイル構成で示されているが、他のコイル構成および他のタイプの構成も、この実施形態での使用が考慮される。一実施形態において、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０は、第１の加熱素子２５０と第２の加熱素子２６０との間に常にギャップが維持されるように交差しない。一実施形態において、第１の加熱素子２５０と第２の加熱素子との間のギャップ４０８は、一定の距離に維持される。別の実施形態において、第１の加熱素子２５０と第２の加熱素子２６０との間のギャップ４０８が変更されて、要求に応じて、熱出力および温度分布を変更する。

【０１０９】

[0139]Ｅ－Ｅで符号付けされた平面４０６は、ヒータ１５０のシャフト１５８の線形軸に平行である。Ｅ－Ｅで符号付けされた平面４０６は、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０を交差する。一実施形態において、図１８に示すように、第１の加熱素子２５０は、第２の加熱素子２６０の上部にある。

【０１１０】

[0140]図１９は、図１８のＥ－Ｅで符号付けされた平面４０６の断面図を示す。この断面図は、第２の加熱素子２６０の上方に第１の加熱素子２５０を示す。第１の加熱素子２５０は、第２の加熱素子２６０からずらされて示される。第１の加熱素子２５０の１つのコイル部分と第２の加熱素子２６０の１つのコイル部分との間に、水平方向の距離として（図示するように）ギャップ４０８が示されている。図１９に、第１の加熱素子２５０の隣接するコイル間の距離として、ピッチｐ４２８が示されている。一実施形態において、

ギャップ４０８は、第１の加熱素子２５０のピッチｐ４２８の約０．３～約０．７倍の距離を有する。別の実施形態において、ギャップ４０８は、第１の加熱素子のピッチｐ４２８の約０．５倍の距離を有する。

【０１１１】

[0141]一実施形態において、第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０の断面領域が変更されて、第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０の抵抗および熱出力を変更することができる。加熱素子２５０、２６０の断面領域が増大すれば、抵抗が低下し、ひいては、熱出力は、任意の所与の電流フローに対して低減する。逆に、断面領域が低減すれば、抵抗は上がり、ひいては、熱出力は、任意の所与の電流フローに対して上がる。第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０の断面領域、抵抗、および熱出力は、それぞれの長さに沿って必要に応じて調節して、ヒータ１５０から所望の熱出力および温度分布を達成することができる（図１を参照）。

【０１１２】

[0142]図２０は、サセプタ１５５の本体における第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０のレイアウトの別の実施形態を示す。この実施形態において、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０は、ｈ２７２で示すようにずらされている。軸２１７の周りに鏡像のように示す２つの対向するコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂとともに形成された第１の加熱素子２５０が示されている。第１の加熱素子２５０のコイル部分２３０Ａおよび２３０Ｂは、端子２１６Ａおよび２１６Ｂのそれぞれに結合された、伝導リード線２１５Ａおよび２１５Ｂ（図５に示す）のそれぞれを介して、電源にコイル部分２３０Ａ、２３０Ｂを接続する。

【０１１３】

[0143]第２の加熱素子２６０は、第１の加熱素子２５０よりサセプタ（図示せず）の表面から離れた位置でサセプタ１５５の本体に形成される。言い換えれば、図２０に示すように、第１の加熱素子２５０は、第２の加熱素子２６０の上部にある。第２の加熱素子２６０は、軸２１７の周りに鏡像のように形成された対向するコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂを含む。第２の加熱素子２６０のコイル部分２３２Ａおよび２３２Ｂは、端子２２１Ａよび２２１Ｂのそれぞれに結合されて、伝導リード線２２０Ａおよび２２０Ｂ（図５に示す）を介して、電源にコイル部分２３２Ａ、２３２Ｂを接続する。

【０１１４】

[0144]図１４のように、第１の加熱素子２５０および／または第２の加熱素子２６０は、上述したように、サセプタ（図示せず）の表面での温度分布の要求に応じて変更された断面領域を有することができる。

【０１１５】

[0145]図２１は、第１のヒータおよび第２のヒータの温度プロファイルを示す。第１のヒータ、例えば、図１４および図１５に示すもののようなヒータの第１の温度プロファイル２１１０は、一方側から中央、反対側まで表面にわたって一様に粗い温度プロファイルを有する。第２のヒータ、例えば、図１６、図１７、図１８、図１９、および／または図２０に示すようなヒータの第２の温度プロファイル２１２０は、一方側から中央、反対側まで概して滑らかな温度プロファイルを有する。図２１に示すように、第１の温度プロファイル２１１０を有する第１のヒータの半径は、１５０ｍｍである。第１の温度プロファイル２１１０は、約５３５度から約５９０度の範囲である。第２の温度プロファイル２１２０は、約１５０ｍｍの半径を有する第２のヒータに対応する。第２の温度プロファイル２１２０は、約５５５℃から約６００℃の温度範囲を有する。

【０１１６】

[0146]以下、図２２を参照すると、第１の加熱素子２５０および第２の加熱素子２６０の別の実施形態が示されている。この実施形態において、第１の加熱素子２５０は、軸２１７Ａと、第１の加熱素子２５０の同心弧状部分の中心４２２とを有する。第２の加熱素子２６０は、軸２１７Ｂと、第２の加熱素子２６０の同心弧状部分の中心４２０を有する。第１の加熱素子２５０の中心４２２は、第２の加熱素子２６０の中心４２０から線形オ

フセット４２４だけずらされている。更に、第１の加熱素子２５０の軸２１７Ａは、第２の加熱素子２６０の軸２１７Ｂから角度α４３０だけ角度がずらされている。一実施形態において、オフセット角度α４３０は、約０°～約１８０°の間である。別の実施形態において、オフセット角度α４３０は、約１５°～約１６５°の間である。別の実施形態において、オフセット角度α４３０は、約３０°～約１５０°の間である。第１の加熱素子２５０の隣接するコイルの間の距離として、図２２にピッチｐ４３８が示されている。一実施形態において、線形オフセット４２４は、ピッチｐ４３８の約０．３～約０．７倍である。別の実施形態において、線形オフセット４２４は、ピッチｐ４３８の約半分である。別の実施形態において、線形オフセット４２４は、約１ｍｍ～約５０ｍｍの間である。別の実施形態において、線形オフセット４２４は、約５ｍｍ～約２５ｍｍの間である。別の実施形態において、線形オフセット４２４は、約１０ｍｍ～約１５ｍｍの間である。

【０１１７】

[0147]先の記載は、ＣＶＤシステムにおいて使用するためのマルチゾーンシングルウェハヒータの使用に主に関係する。本発明は、デュアルゾーンヒータ装置を含むように記載されてきた。追加の加熱素子および加熱素子に関連する温度表示器が、本発明の趣旨または範囲から逸脱することなく含まれてもよいことを認識されたい。また、本発明は、ＣＶＤリアクタ、システム、または方法に限定されるものではなく、正確な温度制御が保証されるさまざまな他への応用において使用することも可能であることを認識されたい。

【０１１８】

[0148]前述した詳細な記載において、本発明は、特定の実施形態を参照しながら記載される。しかしながら、さまざまな変形および変更は、特許請求の範囲に示すように、本発明のより広い趣旨および範囲から逸脱することなく行われてもよいことは明らかである。したがって、本願明細書および図面は、制限的な意味ではなく例示的に見なされるべきものである。

【図面の簡単な説明】

【０１１９】

【図１】本発明の実施形態による「ウェハプロセス」構成の反応チャンバ内のヒータを示すＣＶＤシステムの横断面図である。

【図２】本発明の実施形態による「ウェハプロセス」構成のリアクタチャンバ内のヒータを示す図１のＣＶＤシステムの横断面図である。

【図３】本発明の実施形態による「ウェハ装填」構成のリアクタチャンバ内のヒータを示す図１のＣＶＤシステムの横断面図である。

【図４】本発明の実施形態によるＣＶＤシステムのヒータ部分の一部分を拡大した２分の１断面図である。

【図５】本発明の実施形態によるＣＶＤシステムのヒータの底面図である。

【図６】本発明の実施形態による図４の線Ａ－Ａに沿って切り取られたＣＶＤシステムのヒータのステージまたはサセプタの平面図である。

【図７】本発明の実施形態による図４の線Ｂ－Ｂに沿って切り取ったＣＶＤシステムのヒータのステージまたはサセプタの平面図である。

【図８】本発明の実施形態による３つのゾーンを示すＣＶＤシステムのヒータのステージまたはサセプタの平面略図である。

【図９】本発明の実施形態によるヒータの電力比とステージまたはサセプタの半径との関係を示すグラフ図である。

【図１０】本発明の実施形態によるチャンバ壁の上部に結合された２つのパイロメータを示すＣＶＤシステムの一部分の拡大断面図である。

【図１１】本発明の実施形態によるそれぞれの加熱ゾーンの上方にある２つのパイロメータを示すＣＶＤシステムのチャンバの平面図である。

【図１２】本発明の実施形態によるＣＶＤチャンバにおけるウェハの処理方法のフローチャートである。

【図１３】ヒータの加熱素子に供給された電力を制御するためにコントローラを有する本

発明のシステムの実施形態のブロック図である。
【図１４】図７の第２の加熱素子の上部に示す図６の第１の加熱素子の一実施形態の平面図である。
【図１５】図１４の平面Ｃ－Ｃに沿って切り取られた断面図である。
【図１６】図７の第２の加熱素子の最上部に示す図６の第１の加熱素子の一実施形態の平面図である。
【図１７】図１６の平面Ｄ－Ｄに沿って切り取られた断面図である。
【図１８】ヒータの第２の加熱素子の上部に示すヒータの第１の加熱素子の一実施形態の平面図である。
【図１９】図１８の平面Ｅ－Ｅに沿って切り取られた断面図である。
【図２０】ヒータの第２の加熱素子の上部に示すヒータの第１の加熱素子の一実施形態の平面図である。
【図２１】第１および第２のヒータの温度プロファイルを示す。
【図２２】ヒータの第２の加熱素子の最上部に示すヒータの第１の加熱素子の一実施形態の平面図である。
【符号の説明】
【０１２０】
１００…プロセスチャンバ本体、１０２…通路、１０５…入口ポート、１４５…反応チャンバ、１５０…加熱ヒータ、１５５…サセプタ、１５６…ウェハパケット、１５８…シャフト、１７０…チャンバ蓋、１７５…ガス分配プレート、１８０…穿孔面板、１９０…リフトプレート、１９５…リフトピン、１９８…開口、２００…第１のパイロメータ、２０５…第２のパイロメータ、２１５ａ、２１５ｂ、２２０ａ、２２０ｂ…伝導リード線、２３０ａ、２３０ｂ…コイル部分、２５０…第１の加熱素子、２６０…第２の加熱素子。

【図１】

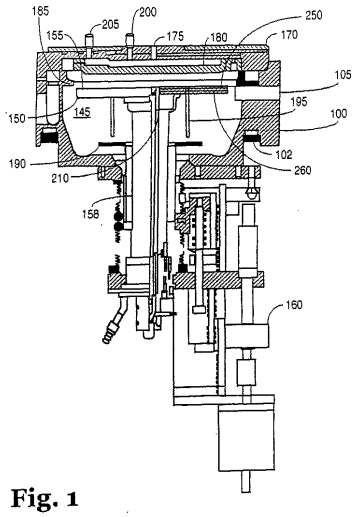


Fig. 1

【図２】

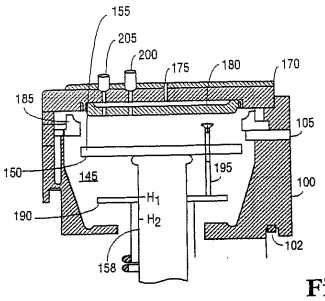


Fig. 2

【図３】

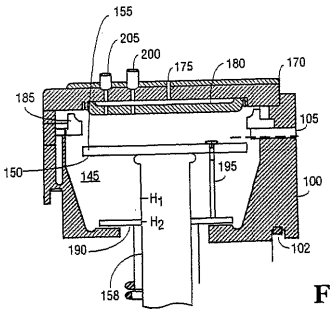


Fig. 3

【図４】

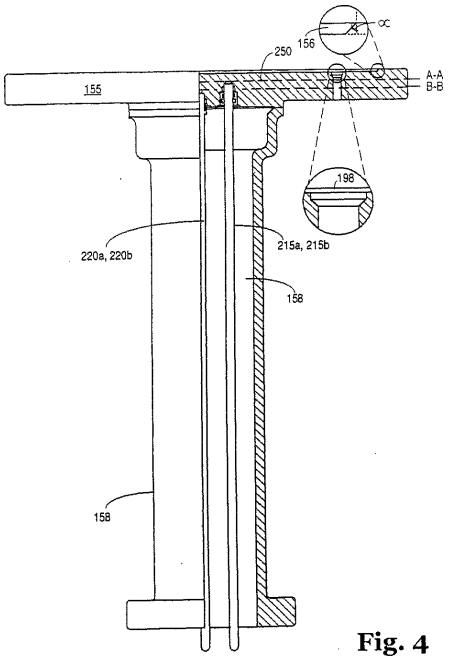


Fig. 4

【図５】

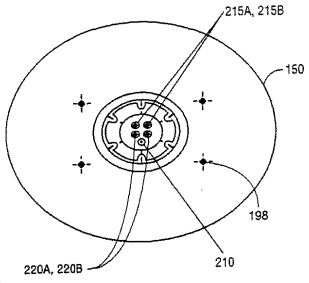


Fig. 5

【図６】

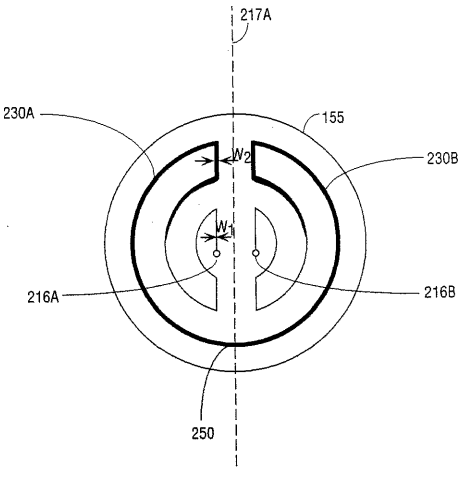


FIG. 6

【図７】

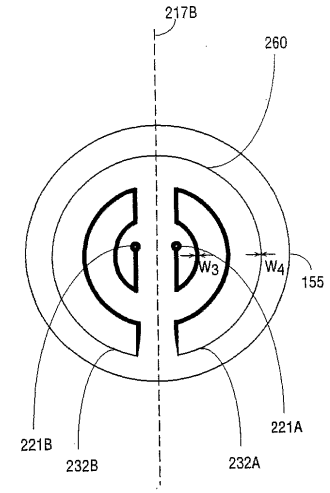


FIG. 7

【図８】

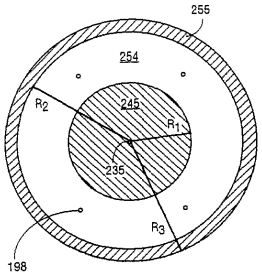
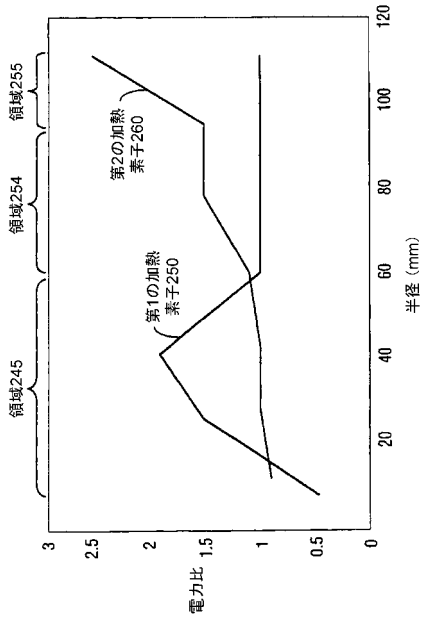
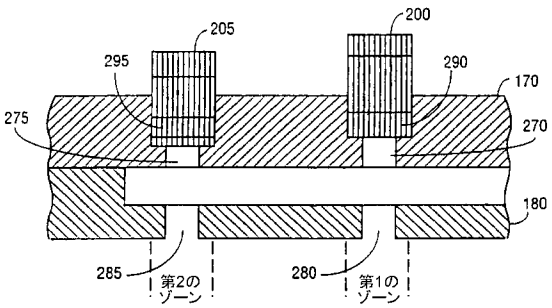


Fig. 8

【図９】



【図１０】



【図１１】

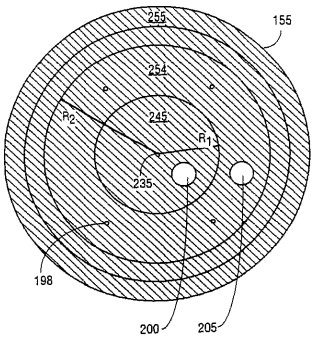
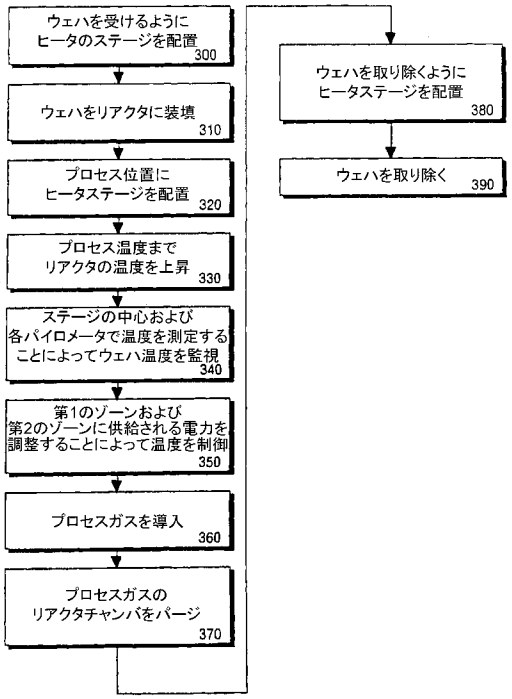
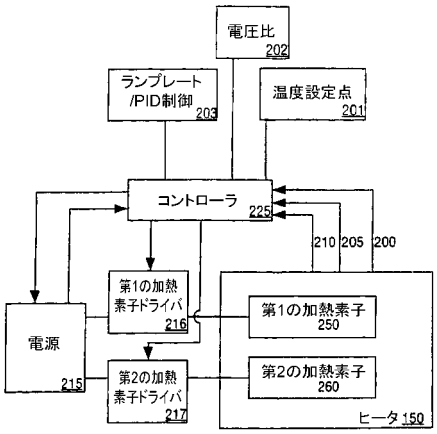


Fig. 11

【図１２】



【図１３】



【図１４】

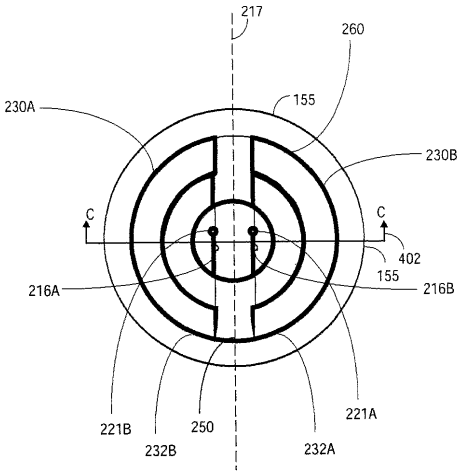


FIG. 14

【図１５】

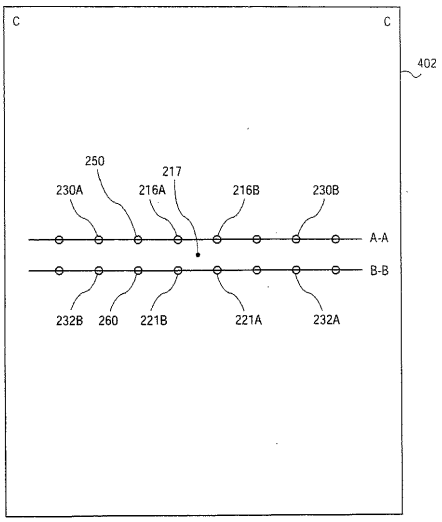


FIG. 15

【図１６】

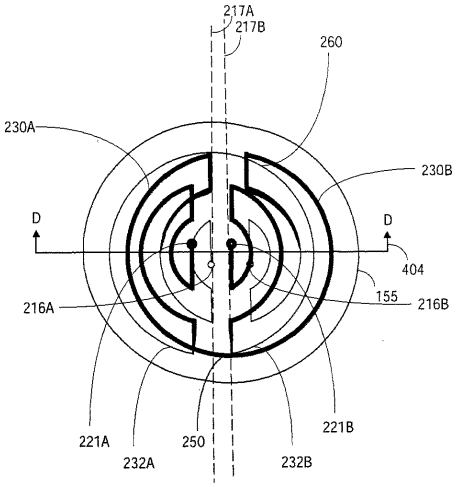


FIG. 16

【図１７】

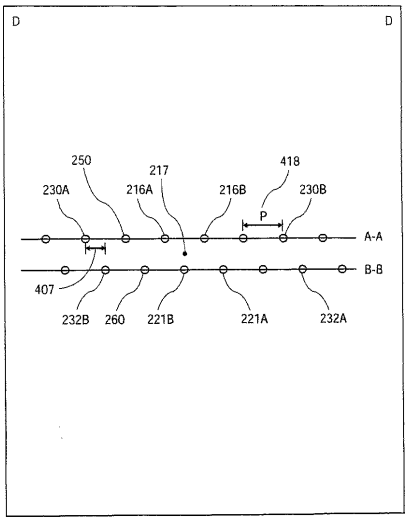


FIG. 17

【図１８】

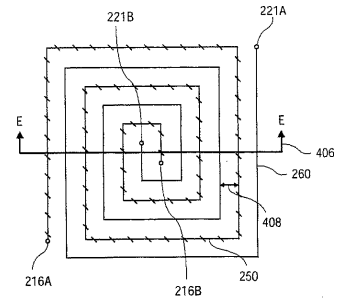


FIG. 18

【図１９】

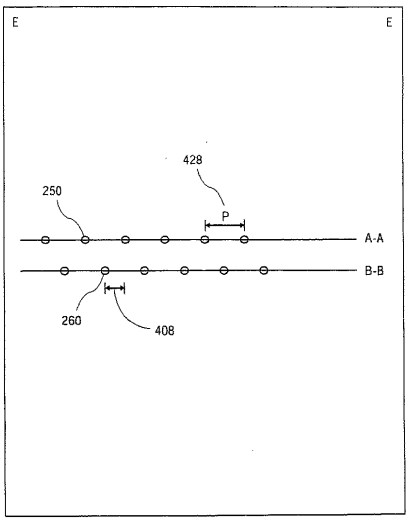


FIG. 19

【図２０】

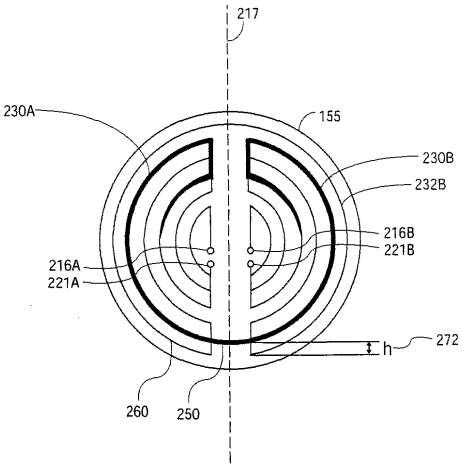


FIG. 20

【図２１】

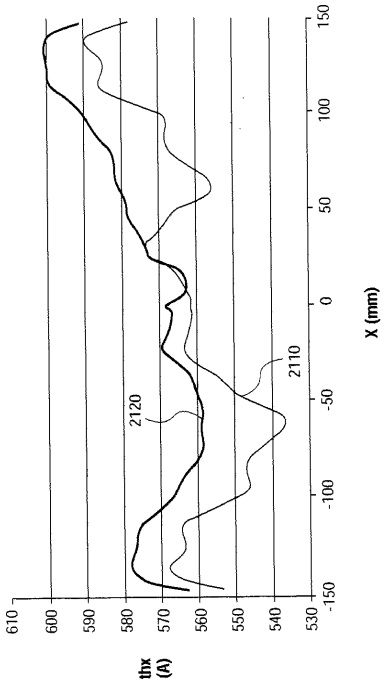


FIG. 21

【図２２】

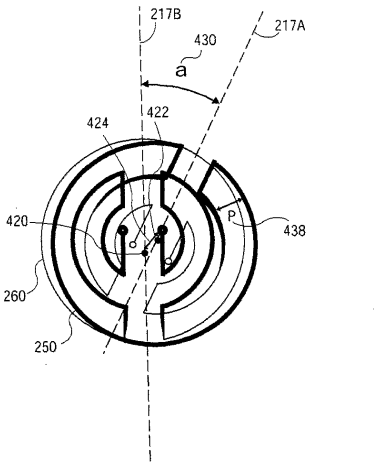


FIG. 22

フロントページの続き

(72)発明者 ホ, ヘンリー
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, レンウッド ウェイ ６９０６
(72)発明者 ツィ, アンキン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, マウンテンビュー, デル メディオ コート ２７４７
(72)発明者 ユアン, シャオション
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, クパティノ, レインボー ドライブ ７３７４, ナンバー ３

審査官 山本 雄一

(56)参考文献 特開２００２－０５７１０７（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２００２／０１２５２３９（ＵＳ，Ａ１）
米国特許第０６４２３９４９（ＵＳ，Ｂ１）

(58)調査した分野(Int.Cl., ＤＢ名)
H01L 21/205
H01L 21/31
C23C 16/00-16/56