

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7253922号

(P7253922)

(45)発行日 令和5年4月7日(2023.4.7)

(24)登録日 令和5年3月30日(2023.3.30)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 L 21/683(2006.01)

H 0 1 L 21/68 N

G 0 1 K 1/14 (2021.01)

G 0 1 K 1/14 L

H 0 1 L 21/3065(2006.01)

H 0 1 L 21/68 R

H 0 5 B 3/74 (2006.01)

H 0 1 L 21/302 1 0 1 G

H 0 5 B 3/00 (2006.01)

H 0 5 B 3/74

請求項の数 15 (全33頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2018-536478(P2018-536478)

(86)(22)出願日 平成29年1月20日(2017.1.20)

(65)公表番号 特表2019-505092(P2019-505092
A)

(43)公表日 平成31年2月21日(2019.2.21)

(86)国際出願番号 PCT/US2017/014233

(87)国際公開番号 WO2017/127611

(87)国際公開日 平成29年7月27日(2017.7.27)

審査請求日 令和2年1月17日(2020.1.17)

(31)優先権主張番号 62/286,064

(32)優先日 平成28年1月22日(2016.1.22)

(33)優先権主張国・地域又は機関

米国(US)

(31)優先権主張番号 15/409,362

(32)優先日 平成29年1月18日(2017.1.18)

最終頁に続く

(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 9 5 0

5 4 , サンタ クララ , パウアーズ ア

ヴェニュー 3 0 5 0

3 0 5 0 Bowers Avenue

Santa Clara CA 9 5 0 5 4

U . S . A .

(74)代理人 100101502

弁理士 安齋 嘉章

(72)発明者 バルキー ビジャイ ディー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 マルチゾーン静電チャックのためのセンサシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板支持アセンブリ用のヒータアセンブリであって、

本体と、

本体内に配置された1以上の主抵抗加熱要素と、

本体内に配置された複数の空間的に調整可能な加熱要素であって、各々がヒータアセンブリ内でセルを画定し、ヒータアセンブリの領域に局所的に追加の熱を提供し、各々の出力が制御可能な空間的に調整可能な加熱要素と、

本体内に配置された複数の温度センサであって、各々の温度センサは空間的に調整可能な加熱要素により画定されたセルの中心に配置され、各々の温度センサは配置されたセルの温度を測定し、セル内の空間的に調整可能な加熱要素を制御する温度センサと、

第1の金属層と、

第1の金属層を複数の空間的に調整可能な加熱要素の1つ以上の空間的に調整可能な加熱要素から分離する第1の誘電体層と、

第1の金属層を1つ以上の空間的に調整可能な加熱要素に接続する第1の複数のビアであって、第1の金属層は1つ以上の空間的に調整可能な加熱要素のための共通接地として機能している、第1の複数のビアと、

第2の金属層と、

第2の金属層を複数の温度センサの1つ以上の温度センサから分離する第2の誘電体層と、

10

20

第 2 の金属層を 1 つ以上の温度センサに接続する第 2 の複数のビアであって、第 2 の金属層は 1 つ以上の温度センサの共通接地として機能している、第 2 の複数のビアとを備えるヒータアセンブリ。

【請求項 2】

前記本体はポリイミドを含む可撓性本体である請求項 1 記載のヒータアセンブリ。

【請求項 3】

前記複数の温度センサのうちの 1 以上は抵抗温度検出器 (R T D) を備える請求項 1 記載のヒータアセンブリ。

【請求項 4】

前記 R T D が堆積された白金を含む請求項 3 記載のヒータアセンブリ。

10

【請求項 5】

前記複数の温度センサのうちの 1 以上が熱電対を備える請求項 1 記載のヒータアセンブリ。

【請求項 6】

複数の空間的に調整可能な加熱要素に電気的に接続された空間的に調整可能なヒータコントローラであって、

複数の空間的に調整可能な加熱要素の第 2 の空間的に調整可能な加熱要素に対し、複数の空間的に調整可能な加熱要素の第 1 の空間的に調整可能な加熱要素の出力を独立して制御し、

第 1 の空間的に調整可能な加熱要素に近接する複数の温度センサのうちの第 1 の温度センサから温度測定値を受信し、

20

第 1 の空間的に調整可能な加熱要素が温度測定に基づいて故障したか否かを決定するように制御する空間的に調整可能なヒータコントローラを備える請求項 1 記載のヒータアセンブリ。

【請求項 7】

空間的に調整可能なヒータコントローラは、更に、

第 1 の空間的に調整可能な加熱要素について温度測定値と温度設定値の間の差を決定し、その差が閾値を超えているかどうかを決定し、

差が閾値を超えると判定したことに応答して、第 1 の空間的に調整可能な加熱要素の設定を調整する請求項 6 記載のヒータアセンブリ。

30

【請求項 8】

第 1 の誘電体層及び第 2 の誘電体層は単一モノリシック体を形成している、請求項 6 に記載のヒータアセンブリ。

【請求項 9】

基板支持アセンブリであって、

セラミック本体を含む静電チャックと、

セラミック本体内に配置された電極と、

セラミック本体内に配置された複数の空間的に調整可能な加熱要素であって、各々がヒータアセンブリ内でセルを画定し、ヒータアセンブリの領域に局所的に追加の熱を提供し、各々の出力が制御可能な空間的に調整可能な加熱要素と、

40

1) セラミック本体、又は、2) セラミック本体の底面上の少なくとも 1 に配置された複数の温度センサであって、各々の温度センサは空間的に調整可能な加熱要素により画定されたセルの中心に配置され、各々の温度センサは配置されたセルの温度を測定し、セル内の空間的に調整可能な加熱要素を制御する温度センサと、

第 1 の金属層と、

第 1 の金属層を複数の加熱要素の 1 つ以上の加熱要素から分離する第 1 の誘電体層と、

第 1 の金属層を 1 つ以上の加熱要素に接続する第 1 の複数のビアであって、第 1 の金属層は 1 つ以上の加熱要素の共通接地として機能している、第 1 の複数のビアと、

第 2 の金属層と、

第 2 の金属層を複数の温度センサの 1 つ以上の温度センサから分離する第 2 の誘電体層

50

と、

第 2 の金属層を 1 つ以上の温度センサに接続する第 2 の複数のビアであって、第 2 の金属層は 1 つ以上の温度センサの共通接地として機能している、第 2 の複数のビアとを備える基板支持アセンブリ。

【請求項 1 0】

複数の加熱要素は、1 以上の主抵抗加熱要素と複数の空間的に調整可能な加熱要素とを含み、複数の空間的に調整可能な加熱要素の各々は複数の温度センサから個別の温度センサに近接している請求項 9 記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 1 1】

複数の温度センサは複数の抵抗温度検出器 (R T D) を含む請求項 9 記載の基板支持アセンブリ。

10

【請求項 1 2】

複数の R T D のうちの 1 以上は堆積された白金を含む請求項 1 1 記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 1 3】

複数の加熱要素に電氣的に接続されたヒータコントローラを含み、ヒータコントローラは、

複数の加熱要素の第 2 の加熱要素に対して複数の加熱要素の第 1 の加熱要素の出力を独立して制御し、

第 1 の加熱要素に近接する複数の温度センサのうちの第 1 の温度センサから温度測定値を受け取り、

20

温度測定値に基づいて第 1 の加熱要素が故障したかを判定する請求項 9 記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 1 4】

ヒータコントローラは、

第 1 の加熱要素の温度測定値と温度設定値の間の差を決定し、

差が閾値を超えているかどうかを決定し、

差が閾値を超えると決定したことに応答して、第 1 の加熱要素の設定を調整する請求項 1 3 記載の基板支持アセンブリ。

【請求項 1 5】

30

第 1 の誘電体層及び第 2 の誘電体層は単一モノリシック体を形成している、請求項 1 3 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】

【 0 0 0 1】

本明細書で説明される実施形態は、一般に、半導体製造に係り、より詳細には、温度制御された基板支持アセンブリ及びこれを使用する方法に関する。

【背景】

【 0 0 0 2】

集積回路のデバイスパターンのフィーチャサイズが小さくなるにつれ、これらのフィーチャのクリティカルディメンション (C D) の仕様は、安定し且つ再現可能なデバイス性能のより重要な基準となる。処理チャンバ内で処理される基板に亘る許容可能な C D 変動は、チャンバの非対称性 (例えば、チャンバ及び基板温度、フローコンダクタンス、R F フィールド等) により達成することが困難である。

40

【 0 0 0 3】

静電チャックを用いるプロセスでは、基板の表面全体に亘る温度制御の均一性は、基板の下側のチャックの不均一な構造のために更に困難である。例えば、静電チャックの幾つかの領域はガス穴を有し、他の領域はガス穴から横方向にオフセットされたリフトピン穴を有する。更に、他の領域はチャック電極を有し、他の領域はチャック電極から横方向にオフセットされたヒータ電極を有する。静電チャックの構造は横方向及び方位方向の両方で

50

変化する可能性があるので、チャックと基板の間の熱伝導の均一性は複雑であり、達成するのが非常に困難であり、チャック表面に亘って局所的な高温及び低温スポットが生じ、これにより基板の表面に沿って処理結果の不均一性という結果が生じる。

【 0 0 0 4 】

チャックと基板の間の熱伝導の横方向及び方位方向の均一性は、静電チャックが取り付けられる従来の基板支持体で一般的に用いられる熱伝導方式により更に複雑になる。例えば、従来の基板支持体は、典型的には、縁部から中心部の温度制御のみを有する。静電チャック内の局所的な高温及び低温スポットは、従来の基板支持体の熱伝導フィーチャを用いて補償することができない。

【 概要 】

10

【 0 0 0 5 】

本明細書に記載された実施形態は、静電チャックと加熱アセンブリの間の熱伝導の横方向及び方位方向両方の調整を可能にする基板支持アセンブリを提供する。

【 0 0 0 6 】

一実施形態では、基板支持アセンブリ用のヒータアセンブリは、本体と、本体内に配置された 1 以上の主抵抗加熱要素とを含む。更に、ヒータアセンブリは本体に配置された複数の追加の抵抗加熱要素を含み、追加の抵抗加熱要素の各々は、本明細書では、空間的に調整可能な加熱要素と呼ぶことができる。更に、ヒータアセンブリは、本体に配置された複数の温度センサを含み、複数の温度センサの各々は、複数の追加の抵抗加熱要素のうちの 1 に近接して配置される。

20

【 0 0 0 7 】

一実施形態では、基板支持アセンブリは、セラミック本体と、セラミック本体内に配置された電極と、セラミック本体内に配置された複数の加熱要素とを含む静電チャックを含む。更に、基板支持アセンブリは、1) セラミック本体内に、又は 2) セラミック本体の底面上の少なくとも 1 に配置された複数の温度センサを含み、複数の温度センサの各々は、複数の加熱要素のうちの 1 の加熱要素に近接して配置され、加熱要素の操作性を検出するために用いられる。

【 0 0 0 8 】

一実施形態では、装置は、円盤形状を有する可撓性ポリマー本体と、可撓性ポリマー本体に配置された複数の温度センサとを含む。複数の温度センサの各々は、静電チャックの領域の温度を測定するためのものである。

30

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

本発明の上述した構成を詳細に理解できるように、上記で簡単に要約したより具体的な説明は、実施形態を参照することにより行うことができ、そのいくつかは添付図面に示されている。しかしながら、添付図面は、本発明の幾つかの実施形態のみを示しており、その範囲を限定するものと解釈されるべきではないことに留意すべきである。

【 図 1 】 基板支持アセンブリの一実施形態を有する処理チャンバの断面概略側面図である。

【 図 2 】 基板支持アセンブリの部分を詳細に示す部分断面概略側面図である。

【 図 3 A 】 ~

40

【 図 3 F 】 基板支持アセンブリ内の空間的に調整可能なヒータ及び主抵抗ヒータの様々な位置を示す部分概略側面図である。

【 図 4 A 】 図 2 の切断線 A - A に沿った断面図である。

【 図 4 B 】 ~

【 図 4 D 】 空間的に調整可能なヒータの代替的なレイアウトを示す、図 2 の切断線 A - A に沿った断面図である。

【 図 5 】 空間的に調整可能なヒータ及び主抵抗ヒータの配線図を示す図である。

【 図 6 】 空間的に調整可能なヒータ及び主抵抗ヒータの代替的な配線図を示す図である。

【 図 7 】 図 6 に描かれた配線図のために構成された基板支持アセンブリの底面斜視図である。

50

【図 8】図 6 に示す配線図のために構成された冷却ベースの底面斜視図である。

【図 9】基板支持アセンブリを用いて基板を処理する方法の一実施形態のフロー図である。

【図 10】静電チャックをコントローラに接続するためのメーティングコネクタの断面図である。

【0010】

理解を容易にするために、図面に共通の同一の要素を示すために、可能な限り同一の参照番号を使用している。一実施形態で開示された要素は、特定の記載なしに他の実施形態で有益に使用されることが考えられる。

【詳細な説明】

【0011】

本明細書で説明する実施形態は、静電チャックの温度の横方向及び方位方向の調整を可能にする基板支持アセンブリを提供し、次に基板支持アセンブリ上で処理される基板の横方向の温度プロファイルの横方向及び方位方向の両方の調整を可能にする。更に、実施形態は、基板支持アセンブリ内の多くの異なる位置での温度のモニタリングを可能にする。基板支持アセンブリ上で処理される基板の横方向の温度プロファイルの調整方法も本明細書に記載されている。

【0012】

実施形態では、基板支持アセンブリは複数の加熱ゾーンを含む。各々の加熱ゾーンは、その加熱ゾーンに配置された加熱要素により加熱することができる。基板支持アセンブリは、2つの加熱ゾーンから数百の加熱ゾーン（例えば、幾つかの実施形態では150の加熱ゾーン又は200の加熱ゾーン）のいずれかを含むことができる。各々の加熱ゾーンは個別の温度センサを含み、この温度センサは抵抗温度検出器（RTD）又は熱電対であってもよい。複数の加熱要素は1以上の共通接地を共有してもよく、温度センサは1以上の追加の共通接地を共有してもよい。したがって、複数の加熱要素に電力を供給するために用いられるワイヤの数は、加熱要素の数よりも1多い場合があり、温度センサに電力を供給するために用いられるワイヤの数は加熱要素の数よりも1多い場合がある。各々の加熱要素に対して別個の温度センサを有することにより、温度コントローラは、いずれかの加熱要素が故障したときを判定することができる。更に、温度センサが較正される場合、加熱要素の各々は特定の加熱ゾーンで温度を決定することができ、その加熱ゾーンに関連する加熱要素のフィードバック制御に用いることができる。

【0013】

基板支持アセンブリは、エッチング処理チャンバ内で以下に説明されるが、基板支持アセンブリは、他のタイプの処理チャンバ（とりわけ、物理気相堆積チャンバ、化学気相堆積チャンバ、イオン注入チャンバ等）及び横方向の温度プロファイルの方位方向の調整が望ましい場合がある他のシステムで用いることができる。更に、空間的に調整可能なヒータは、他の表面（半導体処理に用いられないものを含む）の温度制御に用いることができる。

【0014】

1以上の実施形態では、基板支持アセンブリは、基板温度の調整に基づいて、真空プロセス（例えば、エッチング、堆積、注入等）の間に基板のエッジでのクリティカルディメンション（CD）の変動を修正することを可能にし、これにより、チャンバの不均一性（例えば、温度、フローコンダクタンス、電場、プラズマ密度等）を補償する。更に、幾つかの実施形態は、基板全体に亘る温度均一性を約 ± 0.3 未満に制御することができる基板支持アセンブリを提供する。

【0015】

図1は、基板支持アセンブリ126を有する例示的なエッチング処理チャンバ100の断面概略図である。上述したように、基板支持アセンブリ126は、他の処理チャンバ（例えば、プラズマ処理チャンバ、アニールチャンバ、物理気相堆積チャンバ、化学気相堆積チャンバ、イオン注入チャンバ等）で用いることもできる。更に、基板支持アセンブリ126は、表面又はワークピース（例えば、基板等）の温度プロファイルを制御する能力

10

20

30

40

50

が望まれる他のシステムにも用いることができる。表面に亘る多くの離散領域に亘る温度の独立した局所的制御は、有利なことに、温度プロファイルの方位方向調整、温度プロファイルの中心から端部までの調整、及び高温及び低温スポット等の局所温度不均一性の低減を可能にする。

【 0 0 1 6 】

一実施形態では、処理チャンバ 1 0 0 は接地されたチャンバ本体 1 0 2 を含む。チャンバ本体 1 0 2 は、内部容積 1 2 4 を囲む壁 1 0 4、底部 1 0 6 及び蓋 1 0 8 を含む。基板支持アセンブリ 1 2 6 は内部容積 1 2 4 に配置され、処理中に基板 1 3 4 を支持する。

【 0 0 1 7 】

処理チャンバ 1 0 0 の壁 1 0 4 は、基板 1 3 4 を内部容積 1 2 4 の内外へ口ポットで搬送することを可能にする開口部（図示せず）を含むことができる。ポンピングポート 1 1 0 がチャンバ本体の壁 1 0 4 又は底部 1 0 6 の内の 1 に形成され、ポンピングシステム（図示せず）に流体的に接続される。ポンピングシステムは処理チャンバ 1 0 0 の内部容積 1 2 4 内で真空環境を維持することができ、処理副産物を処理チャンバから除去することができる。

10

【 0 0 1 8 】

ガスパネル 1 1 2 は、チャンバ本体 1 0 2 の蓋 1 0 8、及び／又は、壁 1 0 4 に形成された 1 以上の入口ポート 1 1 4 を介して、処理ガス、及び／又は、他のガスを、処理チャンバ 1 0 0 の内部容積 1 2 4 に提供することができる。ガスパネル 1 1 2 により提供された処理ガスは内部容積 1 2 4 内で励起され、基板支持アセンブリ 1 2 6 上に配置された基板 1 3 4 を処理するために用いられるプラズマ 1 2 2 を形成する。処理ガスは、チャンバ本体 1 0 2 の外側に配置されたプラズマアプリケータ 1 2 0 から処理ガスに誘導結合された R F 電力により励起される。図 1 に示される実施形態では、プラズマアプリケータ 1 2 0 は、整合回路 1 1 8 を介して R F 電源 1 1 6 に結合された一対の同軸コイルである。

20

【 0 0 1 9 】

コントローラ 1 4 8 は処理チャンバ 1 0 0 に結合され、処理チャンバ 1 0 0 の動作及び基板 1 3 4 の処理を制御する。コントローラ 1 4 8 は、様々なサブプロセッサ及びサブコントローラを制御するための産業設定で使用する汎用データ処理システムであってもよい。一般に、コントローラ 1 4 8 は、他の共通コンポーネントの中でも、メモリ 1 7 4 及び入力／出力（I / O）回路 1 7 6 と連絡された中央処理装置（C P U）1 7 2 を含む。コントローラ 1 4 8 の C P U により実行されるソフトウェアコマンドは、処理チャンバに、例えば、エッチャントガス混合物（即ち、処理ガス）を内部容積 1 2 4 に導入、プラズマアプリケータ 1 2 0 から R F 電力の印加により処理ガスからプラズマ 1 2 2 を形成、及び、基板 1 3 4 上の材料の層のエッチングを行わせる。

30

【 0 0 2 0 】

基板支持アセンブリ 1 2 6 は、一般に、少なくとも 1 の基板支持体 1 3 2 を含む。基板支持体 1 3 2 は、真空チャック、静電チャック、サセプタ、又は他のワークピース支持体表面であってもよい。図 1 の実施形態では、基板支持体 1 3 2 は静電チャックであり、静電チャック 1 3 2 として以下に説明する。基板支持体アセンブリ 1 2 6 は更にヒータアセンブリ 1 7 0 を含むことができ、ヒータアセンブリ 1 7 0 は主抵抗加熱要素 1 5 4（主抵抗ヒータとも呼ばれる）と、空間的調整可能加熱要素と呼ばれる複数の追加の抵抗加熱要素（空間的に調整可能なヒータとも呼ばれる）を含む。

40

【 0 0 2 1 】

また、基板支持アセンブリ 1 2 6 は冷却ベース 1 3 0 を含むことができる。冷却ベース 1 3 0 は、選択的に、基板支持アセンブリ 1 2 6 から離れていてもよい。基板支持アセンブリ 1 2 6 は、支持台 1 2 5 に取り外し可能に結合することができる。支持台 1 2 5 はペDESTALベース 1 2 8 及びファシリティプレート 1 8 0 を含むことができ、チャンバ本体 1 0 2 に取り付けられる。基板支持アセンブリ 1 2 6 は支持台 1 2 5 から定期的に取り外すことができ、これにより、基板支持アセンブリ 1 2 6 の 1 以上のコンポーネントの改修が可能になる。

50

【 0 0 2 2 】

ファシリティプレート 1 8 0 は、複数のリフトピンを上昇及び下降させるように構成された 1 以上の駆動機構を収容するように構成される。更に、ファシリティプレート 1 8 0 は、静電チャック 1 3 2 及び冷却ベース 1 3 0 からの流体接続を収容するように構成される。また、ファシリティプレート 1 8 0 は、静電チャック 1 3 2 及びヒータアセンブリ 1 7 0 からの電気接続を収容するように構成される。無数の接続は、基板支持アセンブリ 1 2 6 の外部又は内部で実行することができ、ファシリティプレート 1 8 0 は、それぞれの末端への接続のためのインターフェイスを提供することができる。

【 0 0 2 3 】

静電チャック 1 3 2 は、載置面 1 3 1 と、載置面 1 3 1 に対向するワークピース表面 1 3 3 とを有する。静電チャック 1 3 2 は、一般に、誘電体 1 5 0 に埋設されたチャッキング電極 1 3 6 を含む。チャッキング電極 1 3 6 は、単極又は双極電極、又は、他の適切なアレンジメントとして構成することができる。チャッキング電極 1 3 6 は、高周波 (R F) フィルタ 1 8 2 を介してチャッキング電源 1 3 8 に結合することができ、チャッキング電源 1 3 8 は R F 又は直流 (D C) 電力を供給し、基板 1 3 4 を誘電体 1 5 0 の上面に静電的に固定する。 R F フィルタ 1 8 2 は、処理チャンバ 1 0 0 内でプラズマ 1 2 2 を形成するために用いられる R F 電力が電気機器を損傷させること、又は、チャンバの外部に電氣的危険をもたらすことを防止する。誘電体 1 5 0 はセラミック材料 (例えば、 A l N 又は A l 2 O 3 等) から製造することができる。代替的に、誘電体 1 5 0 はポリマー (例えば、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリアリールエーテルケトン等) から製造することができる。

【 0 0 2 4 】

静電チャック 1 3 2 のワークピース表面 1 3 3 は、基板 1 3 4 と静電チャック 1 3 2 のワークピース表面 1 3 3 の間に画定された間隙に裏面熱伝導ガスを供給するためのガス通路 (図示せず) を含むことができる。また、静電チャック 1 3 2 は、基板 1 3 4 を静電チャック 1 3 2 のワークピース表面 1 3 3 の上に持ち上げるためのリフトピン (両方とも図示せず) を収容するリフトピン穴を含み、これにより、処理チャンバ 1 0 0 の内外へのロボットによる搬送が容易になる。

【 0 0 2 5 】

温度制御された冷却ベース 1 3 0 は、熱伝導流体源 1 4 4 に結合される。熱伝導流体源 1 4 4 は熱伝導流体 (例えば、液体、気体又はこれらの組み合わせ等) を提供し、熱伝導流体は冷却ベース 1 3 0 内に配置された 1 以上のコンジット 1 6 0 を通って循環される。隣接するコンジット 1 6 0 を通って流れる流体は分離され、静電チャック 1 3 2 と基板 1 3 4 と冷却ベース 1 3 0 の異なる領域の間の熱伝導の局所的な制御を可能にし、基板 1 3 4 の横方向の温度プロファイルの制御に役立つ。

【 0 0 2 6 】

流体分配器 (図示せず) が、熱伝導流体源 1 4 4 の出口と温度制御された冷却ベース 1 3 0 の間に流体的に結合されてもよい。流体分配器は、コンジット 1 6 0 に供給される熱伝導流体の量を制御するように動作する。流体分配器は、処理チャンバ 1 0 0 の外側、基板支持アセンブリ 1 2 6 の内部、ペDESTALベース 1 2 8 の内部、又は、他の適切な位置に配置することができる。

【 0 0 2 7 】

ヒータアセンブリ 1 7 0 は、本体 1 5 2 に埋設された 1 以上の主抵抗ヒータ 1 5 4 、及び / 又は、複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を含むことができる。更に、本体 1 5 2 は複数の温度センサを含むことができる。複数の温度センサの各々は、ヒータアセンブリの領域、及び / 又は、ヒータアセンブリの領域に関連する静電チャックの領域の温度を測定するために用いることができる。一実施形態では、本体 1 5 2 は可撓性ポリイミド又は他の可撓性ポリマーである。他の実施形態では、本体は A l N 又は A l 2 O 3 等のセラミックである。一実施形態では、本体はディスク形状を有する。一実施形態では、ヒータアセンブリ 1 7 0 は静電チャック 1 3 2 に含まれる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 8 】

主抵抗ヒータ 1 5 4 は、基板処理アセンブリ 1 2 6 の温度をチャンバプロセスを実施するための温度に上昇させるために設けることができる。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は主抵抗ヒータ 1 5 4 と相補的であり、主抵抗ヒータ 1 5 4 により画定された横方向に分離された複数の加熱ゾーンのうちの 1 以上の内での複数の別個の位置で静電チャック 1 3 2 の局部温度を調整するように構成される。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、基板支持アセンブリ 1 2 6 上に配置された基板 1 3 4 の温度プロファイルに局所的な調整を提供する。主抵抗ヒータ 1 5 4 はグローバル化されたマクロスケールで動作し、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は局所的なマイクロスケールで動作する。

【 0 0 2 9 】

主抵抗ヒータ 1 5 4 は、RF フィルタ 1 8 4 を介して主ヒータ電源 1 5 6 に結合することができる。主ヒータ電源 1 5 6 は、900 ワット以上の電力を主抵抗ヒータ 1 5 4 に供給することができる。コントローラ 1 4 8 は主ヒータ電源 1 5 6 を制御することができ、主ヒータ電源 1 5 6 は一般的には基板 1 3 4 をほぼ所定の温度に加熱するように設定される。一実施形態では、主抵抗ヒータ 1 5 4 は横方向に分離された加熱ゾーンを含み、コントローラ 1 4 8 は主抵抗ヒータ 1 5 4 の 1 のゾーンを、1 以上の他のゾーンに位置する主抵抗ヒータ 1 5 4 と比較して、優先的に加熱することができる。例えば、主抵抗ヒータ 1 5 4 は、複数の分離された加熱ゾーンに同心円状に配置されてもよい。

【 0 0 3 0 】

空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、RF フィルタ 1 8 6 を介して調節ヒータ電源 1 4 2 に結合することができる。調節ヒータ電源 1 4 2 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に 10 ワット以下の電力を供給することができる。一実施形態では、調節ヒータ電源 1 4 2 により供給される電力は、主抵抗ヒータの電源 1 5 6 により供給される電力よりも 1 桁小さい。更に、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、調節ヒータコントローラ 2 0 2 に結合されてもよい。調整ヒータコントローラ 2 0 2 は基板支持アセンブリ 1 2 6 の内部又は外部に配置されてもよい。調整ヒータコントローラ 2 0 2 は調整ヒータ電源 1 4 2 から個々の調整可能なヒータ 1 4 0 又は空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 のグループに供給される電力を管理し、これにより、基板支持アセンブリ 1 2 6 に亘って分布する各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 で局所的に発生する熱を制御することができる。調整ヒータコントローラ 2 0 2 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 のうちの 1 の出力を、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の他のものに対して個別的に制御するように構成される。光変換器 1 7 8 は、調整ヒータコントローラ 2 0 2 及びコントローラ 1 4 8 に結合され、処理チャンバ 1 0 0 内の RF エネルギーの影響からコントローラ 1 4 8 を切り離すことができる。

【 0 0 3 1 】

一実施形態では、主抵抗ヒータ 1 5 4、及び / 又は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を静電チャック 1 3 2 内に形成することができる。このような実施形態では、基板支持アセンブリ 1 2 6 は、ヒータアセンブリ 1 7 0 なしで、冷却ベース 1 3 0 上に直接的に配置された静電チャック 1 3 2 に形成することができる。調整ヒータコントローラ 2 0 2 は冷却ベースに隣接して配置され、個々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を選択的に制御することができる。

【 0 0 3 2 】

静電チャック 1 3 2、及び / 又は、ヒータアセンブリ 1 7 0 は、温度フィードバック情報を提供するための複数の温度センサ（図示せず）を含むことができる。温度フィードバック情報は、主抵抗ヒータ 1 5 4 の操作性を決定するため、主ヒータ電源 1 5 6 により主抵抗ヒータ 1 5 4 に印加される電力を制御するため、冷却ベース 1 3 0 の動作を制御するため、及び / 又は、調整ヒータ電源 1 4 2 により空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に印加される電力を制御するために、コントローラ 1 4 8 に送ることができる。代替的又は追加的に、温度フィードバック情報は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の操作性を決定するため、及び / 又は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に印加される電力を制御するために、ヒータコントローラ 2 0 2 に送ることができる。各々の温度センサは空間的に調整可能

10

20

30

40

50

なヒータの1の近傍に配置されてもよく、近くの空間的に調整可能なヒータの操作性を決定するために用いることができる。一実施形態では、各々の温度センサは抵抗温度検出器(RTD)である。複数の温度センサは、複数の空間的に調整可能なヒータ140が形成された平面から約0.5~1.0mm離れた平面上に形成されてもよい。したがって、一実施形態では、各々の温度センサは、空間的に調整可能なヒータから約0.5~1.0mmだけ分離される。本明細書で使用される場合に、近接という用語は、2mm未満離れていることを意味することができる。空間的に調整可能なヒータ140を温度センサから分離する材料は、ポリイミド、Al₂O₃、AlN又は他の誘電材料であってもよい。

【0033】

処理チャンバ100内の基板134の表面の温度は、ポンプによる処理ガスの排出、スリットバルブドア、プラズマ122、及び/又は、他の要因により影響を受ける可能性がある。冷却ベース130、1以上の主抵抗ヒータ154及び空間的に調整可能なヒータ140の全てが、基板134の表面温度の制御に役立つ。

【0034】

主抵抗ヒータ154の2ゾーン構成では、主抵抗ヒータ154を使用して、1のゾーンと他のゾーンとの差異が約±10%のばらつきである処理に適した温度に基板を加熱することができる。主抵抗ヒータ154の4ゾーン構成では、主抵抗ヒータ154を使用して、特定のゾーン内で約±1.5%の変動で処理に適した温度に基板134を加熱することができる。各々のゾーンは、プロセス条件及びパラメータに応じて、隣接ゾーンと約0%~約20%のばらつきがある可能性がある。しかしながら、基板に亘るクリティカルディシジョンにおいてばらつきを最小にする利点は、基板表面の決定された処理温度における許容可能なばらつきを低減させることである。基板134の表面温度の0.5%の変化は、その中の構造の形成におけるナノメートルの差を生じさせる可能性がある。空間的に調整可能なヒータ140は、温度プロファイルのばらつきを約±0.3%に低減することにより、主抵抗ヒータ154により形成される基板134の表面の温度プロファイルを改善する。温度プロファイルは、空間的に調整可能なヒータ140を使用することにより、基板134の領域に亘って均一に、又は所定の方法で正確に変化を持たせることができる。

【0035】

図2は、基板支持アセンブリ126の部分を示す部分断面概略図である。図2は静電チャック132、冷却ベース130、ヒータアセンブリ170及びファシリティプレート180の部分を含む。

【0036】

ヒータアセンブリ170の本体152は、ポリマー(例えば、ポリイミド等)から製造することができる。したがって、実施形態では、本体152は可撓性本体であってもよい。本体152は、一般に、円筒形であってもよいが、他の幾何学的形状で形成されてもよい。本体152は上面270及び下面272を有する。上面270は静電チャック132に面し、下面272は冷却ベース130に面する。

【0037】

ヒータアセンブリ170の本体152は、2つ以上の誘電体層(図2では、4つの誘電体層260、261、262、264が示される)から形成され、層260、261、262、264を加圧下で加熱して単一本体152とすることにより形成することができる。例えば、本体152はポリイミド層260、261、262、264から形成することができ、これらは主抵抗ヒータ154と空間的に調整可能なヒータ140とを分離する。ポリイミド層260、261、262、264は加圧下で加熱されて、ヒータアセンブリ170の単一本体152を形成する。空間的に調整可能なヒータ140は、本体152を形成する前に、第1、第2、第3又は第4の層260、261、262、264の中、上又はその間に配置することができる。更に、主抵抗ヒータ154は、組み立て前に、第1、第2、第3又は第4の層260、261、262、264の中、上又は間に配置することができ、層260、261、262、264のうちの少なくとも1は主抵抗ヒータ154と空間的に調整可能なヒータ140とを分離し、電氣的に絶縁する。更に、温度センサ

10

20

30

40

50

141を、組み立て前に、第1、第2、第3又は第4層260、261、262、264の中、上又は間に配置してもよく、層260、261、262、264のうちの少なくとも1が温度センサ141及び空間的に調整可能なヒータ140を分離し、電氣的に絶縁する。このようにして、空間的に調整可能なヒータ140、主抵抗ヒータ154及び温度センサ141がヒータアセンブリ170の一体となる部分となる。

【0038】

主抵抗ヒータ154、空間的に調整可能なヒータ140及び温度センサ141の位置の代替的な構成では、主抵抗ヒータ154、空間的に調整可能なヒータ140及び/又は温度センサ141のうちの1以上を静電チャック132の中又は下に配置することができる。図3A～図3Fは、空間的に調整可能なヒータ140、主抵抗ヒータ154及び温度センサ141の様々な位置を詳細に説明する基板支持アセンブリ126の部分概略図である。

10

【0039】

図3Aに示す実施形態では、基板支持アセンブリ126は、分離されたヒータアセンブリ170を有していない。代わりに、ヒータアセンブリの空間的に調整可能なヒータ140、主抵抗ヒータ154及びヒータアセンブリの温度センサ141は静電チャック132内に配置される。例えば、主抵抗ヒータ154、温度センサ141及び空間的に調整可能なヒータ140を、チャッキング電極136の下に配置することができる。空間的に調整可能なヒータ140が主抵抗ヒータ154の下に示され、温度センサ141が空間的に調整可能なヒータ140の下に示されているが、代替的な位置決めを用いることもできる。

【0040】

20

一実施形態では、静電チャック132は、複数のA1203又はA1Nシートを積層することにより形成される。上から下に向かって、第1のシートは、その底部にチャッキング電極を有することができる。第2のシートは要素を有しなくてもよい。第3のシートはその上に主抵抗ヒータ154を有することができる。第4のシートは要素を有しなくてもよい。第5のシートはその上に空間的に調整可能なヒータ140を有することができる。第6のシートは要素を有しなくてもよい。第6のシートに穴をあけ、金属で充填してビアを形成することができる。第6のシートは、空間的に調整可能なヒータ154のための共通接地として作用する金属層をその上に有することができる。金属層は、ビアにより空間的に調整可能なヒータ154に接続することができる。第7のシートは要素を有しなくてもよい。第8のシートはその上に温度センサを有することができる。第9のシートは要素を有しなくてもよい。第9のシートに穴をあけ、金属で充填してビアを形成することができる。第10のシートは、複数の温度センサの共通接地として作用する第2の金属層を有することができる。第11のシートは要素を有しなくてもよい。複数の層は加熱炉内で加熱、圧縮して、A1N又はA1203の単一モノリシック体を形成することができ、この単一モノリシック体は電極、主抵抗ヒータ154、空間的に調整可能なヒータ140、温度センサ141及び金属層を含む。その後、静電チャックは、例えば、シリコンボンドを用いて冷却プレートに接合されてもよい。

30

【0041】

図3Bに示す実施形態では、基板支持アセンブリ126用のヒータアセンブリ170は空間的に調整可能なヒータ140及び温度センサ141を含み、主抵抗ヒータ154は静電チャック132内（例えば、チャッキング電極の下）に配置される。代替的に、空間的に調整可能なヒータ140及び温度センサ141が静電チャック132内に配置され、主抵抗ヒータ154がヒータアセンブリ170内に配置されてもよい。

40

【0042】

図3Cに示す実施形態では、基板支持アセンブリ126用のヒータアセンブリ170は、内部に配置された主抵抗ヒータ154を有する。空間的に調整可能なヒータ140及び温度センサ141は静電チャック内（例えば、チャック電極136の下）に配置される。

【0043】

図3Dに示す実施形態では、基板支持アセンブリ126用のヒータアセンブリ170は、その内部に空間的に調整可能なヒータ140及び温度センサ141を有し、主抵抗ヒータ

50

タ 1 5 4 は、ヒータアセンブリ 1 7 0 の表面上に堆積される。ヒータアセンブリ 1 7 0 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び温度センサ 1 4 1 を冷却ベース 1 3 0 から隔離する。代替的に、主抵抗ヒータ 1 5 4 及び空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 をヒータアセンブリ 1 7 0 内に配置してもよく、温度センサ 1 4 1 はヒータアセンブリ 1 7 0 の表面上に堆積される。

【 0 0 4 4 】

図 3 E に示される実施形態では、基板支持アセンブリ 1 2 6 のヒータアセンブリ 1 7 0 は、内部に、主抵抗ヒータ 1 5 4 と空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 とを有する。温度センサ 1 4 1 は、ヒータアセンブリ 1 7 0 の本体内又は上（例えば、静電チャック 1 3 2 の下）に配置される。

【 0 0 4 5 】

図 3 F に示す実施形態では、基板支持アセンブリ 1 2 6 は別個のヒータアセンブリ（1 7 0）を有さず、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び主抵抗ヒータ 1 5 4 が静電チャック 1 3 2 内に配置される。温度センサ 1 4 1 は静電チャック 1 3 2 の底面上に配置される。

【 0 0 4 6 】

他の実施形態（図示せず）では、基板支持アセンブリ 1 2 6 は別個のヒータアセンブリ（1 7 0）を有さず、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び主抵抗ヒータ 1 5 4 が静電チャック 1 3 2 内に配置される。温度センサ 1 4 1 は、ディスク形状又は他の形状を有する可塑性ポリマー体を含む温度センサアセンブリ内に配置される。可撓性ポリマー体は、ポリイミド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリアリールエーテルケトン等であってもよい。温度センサアセンブリは、基板支持アセンブリ 1 2 6 の底部に配置することができ、温度センサアセンブリ内の各々の温度センサは、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0、及び／又は、主抵抗ヒータ 1 5 4 に整列することができる。温度センサアセンブリは、複数の伝導線を有するリボンコネクタを含むことができ、各々の伝導線は温度センサに接続する。

【 0 0 4 7 】

一実施形態では、静電チャック 1 3 2 は、A 1 2 0 3 又は A 1 N の複数のシートを積層することにより形成される。上から下に向かって、第 1 のシートは、その底部にチャッキング電極を有することができる。第 2 のシートは要素を有しなくてもよい。第 3 のシートは、その上に主抵抗ヒータ 1 5 4 を有することができる。第 4 のシートは要素を有しなくてもよい。第 5 のシートは、その上に空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を有することができる。第 6 のシートは要素を有しなくてもよい。第 6 のシートに穴をあけることができ、金属を充填しビアを形成することができる。第 6 のシートは、空間的に調整可能なヒータ 1 5 4 のための共通接地として作用する金属層をその上に有することができる。金属層は、ビアにより空間的に調整可能なヒータ 1 5 4 に接続することができる。第 7 のシートには要素を有しなくてもよい。第 8 のシートは、複数の温度センサの共通接地として作用する第 2 の金属層を有することができる。第 9 のシートには要素を有しなくてもよい。第 9 のシートに穴をあけることができ、金属を充填しビアを形成することができる。複数の層は、加熱炉内で加熱、圧縮され、A 1 N 又は A 1 2 0 3 の単一モノリシック体を形成することができ、単一モノリシック体は電極、主抵抗ヒータ 1 5 4、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び金属層を含む。次いで、温度センサを静電チャックの底部に堆積することができる。温度センサは、ビアにより第 2 の金属層に接続することができる。その後、静電チャックは、例えば、シリコンボンドを用いて冷却プレートに接合することができる。

【 0 0 4 8 】

空間的に調整可能なヒータ 1 4 0、主抵抗ヒータ 1 5 4、及び温度センサ 1 4 1 は、他の位置付けで配置してもよいと考えられる。例えば、基板支持アセンブリ 1 2 6 は、基板 1 3 4 を加熱するための複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を有してもよく、主抵抗ヒータ 1 5 4 を欠いていてもよく、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 をモニタするための温度センサ 1 4 1 を含んでいてもよい。代替的に、支持アセンブリ 1 2 6 は、主抵抗ヒータ 1 5 4 及び温度センサ 1 4 1 を有してもよいが、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を欠いていてもよい。このような実施形態では、温度センサ 1 4 1 は、主抵抗ヒータ 1 5 4 を含

10

20

30

40

50

む平面に近接した平面に配置されてもよい。一実施形態では、空間的に調整可能なヒータ 140 及び主抵抗ヒータ 154 は、基板支持アセンブリ 126 内で直接互いの下に配置される。空間的に調整可能なヒータ 140 は、基板支持アセンブリ 126 により支持される基板 134 の温度プロファイルの微調整制御を提供することができ、温度センサ 141 は、空間的に調整可能なヒータ 140 の動作に関する詳細な情報を提供することができる。

【0049】

図 3A ~ 図 3F に示す各々の例では、1 以上の伝導面が静電チャック 132、及び/又は、ヒータアセンブリ 170 に形成され、複数の温度センサ 141、及び/又は、複数の空間的に調整可能なヒータ 141 の共通接地として用いることができる。一実施形態では、第 1 の伝導面は空間的に調整可能なヒータの共通接地として使用され、ビアにより空間的に調整可能なヒータに接続することができる。一実施形態では、第 2 の伝導面が温度センサの共通接地として使用され、ビアにより温度センサに接続することができる。伝導性平面の各々は、静電チャック内に配置された金属層であってもよく、又は、ヒータアセンブリ 170 内に配置された伝導性平面であってもよい。

【0050】

図 2 に戻ると、空間的に調整可能なヒータ 140 は、ヒータアセンブリ 170 の本体 152 の上又は中に形成又は配置することができる。代替的に、空間的に調整可能なヒータ 140 を静電チャック 132 の上又は内部に形成又は配置することができる。空間的に調整可能なヒータ 140 は、メッキ、インクジェット印刷、スクリーン印刷、物理気相堆積、スタンピング、ワイヤメッシュ、パターンポリイミドフレックス回路、又は、他の適切な方法により形成することができる。空間的に調整可能なヒータ 140 からヒータアセンブリ 170、又は、静電チャック 132 の外表面への接続を提供するために、ビアをヒータアセンブリ 170 又は静電チャック 132 内に形成することができる。代替的又は追加的に、金属層（図示せず）をヒータアセンブリ 170 又は静電チャック 132 内に形成してもよい。空間的に調整可能なヒータ 140 から金属層への接続を提供するため、ビアをヒータアセンブリ 170 又は静電チャック 132 に形成してもよい。金属層をヒータアセンブリ 170 の又は静電チャック 132 の外表面に接続する追加のビアを形成してもよい。

【0051】

一例では、静電チャック 132 の本体 150 は、空間的に調整可能なヒータ 140 と本体 150 の搭載面 131 の間に形成されたビアを有することができる。他の例では、ヒータアセンブリ 170 の本体 152 は、空間的に調整可能なヒータ 140 と冷却ベースの隣接した本体 152 の表面の間に形成されたビアを有することができる。他の例では、静電チャック 132 の本体 150 は、空間的に調整可能なヒータ 140 と金属層の間、及び、金属層と本体 140 の搭載面 131 の間に形成されたビアを有することができる。この方法で、基板支持アセンブリ 126 の製造が単純化される。

【0052】

空間的に調整可能なヒータ 140 と同様に、温度センサ 141 はヒータアセンブリ 170 の本体 152 の上又は中に形成又は配置されてもよい。代替的に、温度センサ 141 は静電チャック 132 の上又は内部に形成又は配置されてもよい。一実施形態では、温度センサ 141 は R T D である。R T D は、白金 (Pt)、ニッケル (Ni)、ニッケル - クロム (NiCr)、タンタル (Ta)、タングステン (W)、又は他の適切な材料から形成することができる。R T D は、1 ミクロン未満から数ミクロン未満の厚さを有することができる。R T D の抵抗係数は温度の関数であってもよい。従って、R T D の抵抗は温度の変化に基づいて変化する可能性がある。各々の R T D での抵抗を測定して、特定の空間的に調整可能なヒータ 140 が動作しているかどうか、及び/又は、空間的に調整可能なヒータ 140 の温度を決定することができる。代替的に、温度センサ 141 は熱電対であってもよい。温度センサ 141 は、メッキ、インクジェット印刷、スクリーン印刷、物理気相堆積、スタンピング、ワイヤメッシュ、パターンポリイミドフレックス回路、又は他の適切な方法により形成することができる。一実施形態では、温度センサは、金属層（例えば、プラチナ）を堆積し、金属層上にフォトリソグラフィツール

10

20

30

40

50

を用いてフォトリジストをパターニングし、パターンを金属層にエッチングし、フォトリジストを除去することにより形成される。

【 0 0 5 3 】

ビア、及び / 又は、他の接続配線は、ヒータアセンブリ 1 7 0 又は静電チャック 1 3 2 内に形成され、温度センサ 1 4 1 からヒータアセンブリ 1 7 0 又は静電チャック 1 3 2 の外部表面への接続を提供することができる。代替的に、又は、追加的に、追加の金属層（図示せず）をヒータアセンブリ 1 7 0 又は静電チャック 1 3 2 内に形成することができる。ビアをヒータアセンブリ 1 7 0 又は静電チャック 1 3 2 内に形成し、温度センサから追加の金属層までの接続を提供することができる。追加のビアを形成し、追加の金属層をヒータアセンブリ 1 7 0 又は静電チャック 1 3 2 の外表面に接続することができる。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に接続された金属層は、温度センサ 1 4 1 に接続された追加の金属層と異なる平面上にあってもよい。一実施形態では、ビア、他の接続配線、及び / 又は、金属層は、銅（Cu）、タングステン（W）、ニッケル（Ni）又はアルミニウム（Al）である。

10

【 0 0 5 4 】

一例では、静電チャック 1 3 2 の本体 1 5 0 は、温度センサ 1 4 1 と本体 1 5 0 の搭載面 1 3 1 の間に形成されたビアを有することができる。他の例では、ヒータアセンブリ 1 7 0 の本体 1 5 2 は、温度センサ 1 4 1 と冷却ベース 1 3 0 に隣接した本体 1 5 2 の間に形成されたビアを有することができる。他の例では、静電チャック 1 3 2 の本体 1 5 0 は、温度センサ 1 4 1 と追加の金属層の間、及び、追加の金属層と本体 1 4 0 の搭載面の間に形成されたビアを有することができる。このようにして、基板支持アセンブリ 1 2 6 の製造が単純化される。

20

【 0 0 5 5 】

一実施形態では、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び温度センサ 1 4 1 は、ヒータアセンブリ 1 7 0 を形成する間に、ヒータアセンブリ 1 7 0 内に配置される。他の実施形態では、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0、及び / 又は、温度センサ 1 4 1 は、静電チャック 1 3 2 の搭載面 1 3 1 上に直接配置される。例えば、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び / 又は温度センサ 1 4 1 は、静電チャック 1 3 2 の載置面 1 3 1 に接着可能なシート形状であってもよく、又は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0、及び / 又は、温度センサ 1 4 1 は他の方法により堆積してもよい。例えば、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0、及び / 又は、温度センサ 1 4 1 は、物理気相堆積、化学気相堆積、スクリーン印刷、又は他の適切な方法により載置面 1 3 1 上に堆積することができる。主抵抗ヒータ 1 5 4 は、上に示したように、静電チャック 1 3 2 又はヒータアセンブリ 1 7 0 内にあってもよい。

30

【 0 0 5 6 】

主抵抗ヒータ 1 5 4 はヒータアセンブリ 1 7 0 又は静電チャック 1 3 2 の本体上又は内に形成され、又は、配置することができる。主抵抗ヒータ 1 5 4 は、メッキ、インクジェット印刷、スクリーン印刷、物理気相堆積、スタンピング、ワイヤメッシュ又は他の適切な方法で形成することができる。このようにして、基板支持アセンブリ 1 2 6 の製造が単純化される。一実施形態では、主抵抗ヒータ 1 5 4 は、ヒータアセンブリ 1 7 0 を形成する間にヒータアセンブリ 1 7 0 内に配置される。他の実施形態では、主抵抗ヒータ 1 5 4 は、静電チャック 1 3 2 の搭載面に直接的に配置される。例えば、主抵抗ヒータ 1 5 4 は静電チャック 1 3 2 の載置面 1 3 1 に接着可能なシート形状であってもよく、又は、主抵抗ヒータ 1 5 4 は他の方法により堆積されてもよい。例えば、主抵抗ヒータ 1 5 4 は、物理気相堆積、化学気相堆積、スクリーン印刷又は他の適切な方法により載置面 1 3 1 上に堆積することができる。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、上に示したように、静電チャック 1 3 2 又はヒータアセンブリ 1 7 0 内にあってもよい。

40

【 0 0 5 7 】

幾つかの実施形態では、主抵抗ヒータ 1 5 4 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 と同様に製造される。主抵抗ヒータ 1 5 4 が空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 と同様に製造される実施形態では、主抵抗ヒータは、追加的な空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の利益な

50

しで選択的に用いることができる。即ち、基板支持アセンブリ 1 2 6 の主抵抗ヒータ 1 5 4 は、自身が空間的に調整可能であり、即ち、複数の個々の抵抗加熱要素に分割されている。このような実施形態では、分離された温度センサ 1 4 1 を主抵抗ヒータ 1 5 4 のそれぞれに近接して配置することができる。主抵抗ヒータ 1 5 4 を小さな抵抗ヒータの形態にセグメント化することにより、基板 1 3 4 の表面上の高温スポット及び低温スポットの局所制御が可能になる。実施される温度制御のレベルに応じて、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の追加の層を用いることができる。

【0058】

ヒータアセンブリ 1 7 0 は、接着剤 2 4 4 を用いて、静電チャック 1 3 2 の搭載面 1 3 1 に結合することができる。接着剤 2 4 4 は、例えば、アクリル系接着剤、エポキシ、シリコーン系接着剤、ネオプレン系の接着剤又は他の適切な接着材料であってもよい。一実施形態では、接着剤 2 4 4 はエポキシである。接着剤 2 4 4 は、 $0.01 \sim 200 \text{ W/mK}$ 、一実施形態では $0.1 \sim 10 \text{ W/mK}$ の範囲で選択される熱伝導係数を有することができる。更に、接着剤 2 4 4 を含む接着材料は、少なくとも 1 の熱伝導性セラミック充填剤（例えば、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、窒化アルミニウム（ AlN ）、及びニホウ化チタン（ TiB_2 ）等）を含むことができる。

10

【0059】

一実施形態では、ヒータアセンブリ 1 7 0 は、接着剤 2 4 2 を用いて冷却ベース 1 3 0 に結合される。接着剤 2 4 2 は、接着剤 2 4 4 と同様であってもよく、例えば、アクリル系接着剤、エポキシ、ネオプレン系の接着剤、シリコーン接着剤、又は他の適切な接着剤であってもよい。一実施形態では、結合剤 2 4 2 はエポキシである。接着剤 2 4 2 は、 $0.01 \sim 200 \text{ W/mK}$ 、一実施形態では $0.1 \sim 10 \text{ W/mK}$ の範囲で選択される熱伝導係数を有することができる。更に、接着剤 2 4 4 を含む接着材料は、少なくとも 1 の熱伝導性セラミック充填剤（例えば、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、窒化アルミニウム（ AlN ）、及びニホウ化チタン（ TiB_2 ）等）を含むことができる。

20

【0060】

静電チャック 1 3 2、冷却ベース 1 3 0、及びヒータアセンブリ 1 7 0 の 1 以上を改修するときに、接着剤 2 4 4、2 4 2 は除去することができる。他の実施形態では、ヒータアセンブリ 1 7 0 は、静電チャック 1 3 2 及び冷却ベース 1 3 0 に、固定具又はクランプ（図示せず）を用いて取り外し可能に結合される。

30

【0061】

ヒータアセンブリ 1 7 0 は、複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を含むことができ、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 A、1 4 0 B、1 4 0 C、1 4 0 D 等として例示的に示される。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、一般に、ヒータアセンブリ 1 7 0 内の密閉された容積であり、ここで複数の抵抗ヒータがヒータアセンブリ 1 7 0 と静電チャック 1 3 2 の間の熱伝導を達成する。各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 はヒータアセンブリ 1 7 0 に亘って横方向に配列することができ、ヒータアセンブリ 1 7 0 内でセル 2 0 0 を画定し、セル 2 0 0 と整列したヒータアセンブリ 1 7 0（及び主抵抗ヒータ 1 5 4 の一部）の領域に局所的に追加の熱を提供する。ヒータアセンブリ 1 7 0 内に形成された空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の数は変えてもよく、主抵抗ヒータ 1 5 4 の数よりも少なくとも 1 桁多い空間的に調整可能なヒータ 1 4 0（及びセル 2 0 0）が存在すると考えられる。ヒータアセンブリ 1 7 0 が 4 の主抵抗ヒータ 1 5 4 を有する実施形態では、40 を超える空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 が存在することができる。しかしながら、300 mm の基板に用いるように構成された基板支持アセンブリ 1 2 6 の所与の実施形態では、約 200、約 400 又はそれ以上の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 が存在できると考えられる。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の例示的な分布は、図 4 A ~ 図 4 D を参照して以下に更に説明される。

40

【0062】

更に、ヒータアセンブリ 1 7 0 は、複数の温度センサ（例えば、複数の RTD）1 4 1 A、1 4 1 B、1 4 1 C、1 4 1 D 等を含むことができる。温度センサ 1 4 1 は、ヒータ

50

アセンブリ 170 内の全体的に囲まれた空間であってもよい。各々の温度センサ 141 はヒータアセンブリ 170 に亘って横方向に配置することができ、これにより、各々の温度センサ 141 は、空間的に調整可能なヒータ 140 により画定されるヒータアセンブリ 170 内のセル 200 内にある。一実施形態では、温度センサ 141 は空間的に調整可能なヒータ 140 より小さい。一実施形態では、各々の温度センサ 141 は、空間的に調整可能なヒータ 140 により画定されるセル 200 の中央でほぼ横方向に配置される。各々の温度センサ 141 は、自身が配置されるセル 200 の温度を測定し、及び / 又は、そのセル 200 内の空間的に調整可能なヒータ 140 の操作性を決定することができる。更に、主抵抗ヒータにより画定されるゾーン内にある 1 以上の温度センサ 141 は、ゾーンの温度を測定し、及び / 又は、主抵抗ヒータ 154 の操作性を決定するために用いることができる。単一の温度センサ 141 は空間的に調整可能なヒータ 140 と主抵抗ヒータ 154 の両方の操作性を決定するために用いることができる。

10

【0063】

セル 200 は、ヒータアセンブリ 170 の本体 152 を含む 1 以上の層 260、262、264 を介して形成することができる。一実施形態では、セルは、本体 152 の下面及び上面 270、272 に対して開口している。セルは側壁 214 を含むことができる。側壁 214 は、熱チョーク 216 として作用する材料（又は、ギャップ）で構成することができる。熱チョーク 216 は、本体 152 の上面 270 に形成することができる。熱チョーク 216 は隣接するセル 200 間で伝導を分離し、低減する。各々の空間的に調整可能なヒータ 140 に供給される電力、ひいてはセル 200 を介した熱伝導を個別にかつ独立して制御することにより、温度制御に対するピクセル毎のアプローチを実現することができ、基板 134 の特定の点を加熱又は冷却することが可能になり、真のアドレス指定可能な横方向温度プロファイル調整及び基板 134 の表面の制御が可能になる。

20

【0064】

追加の熱チョーク 216 を半径方向で最も外側のセル 200 と本体 152 の横方向で最も外側の側壁 280 の間に形成することができる。最も外側のセル 200 と本体 152 の横方向に最も外側の側壁 280 の間に位置する最も外側の熱チョーク 216 は、横方向で最も外側の側壁 280 に隣接するセル 200 と処理チャンバ 100 の内部容積 124 の間の熱伝導を最小化する。最も外側のセル 200 と内部容積 124 の間の熱伝導を最小化することにより、基板支持アセンブリ 126 の端部のより近くでより正確な温度制御を可能にし、結果として、基板 134 の外径端部に対するより良好な温度制御を可能にする。

30

【0065】

各々の空間的に調整可能なヒータ 140 は調整ヒータコントローラ 202 に独立して接続されてもよい。追加的に、各々の温度センサ 141 は調整ヒータコントローラ 202 に独立して接続されてもよい。一実施形態では、調整ヒータコントローラ 202 は、基板支持アセンブリ 126 内に配置することができる。調整ヒータコントローラ 202 は、他のセル 200 に対して各々のセル 200 でヒータアセンブリ 170 内の空間的に調整可能なヒータ 140 の温度を調整することができる。代替的に、調整ヒータコントローラ 202 は、他のグループのセル 200 に対して 1 のグループのセル 200 に亘ってヒータアセンブリ 170 内の空間的に調整可能なヒータのグループの温度を調整する。調整ヒータコントローラ 202 は、個々の空間的に調整可能なヒータ 140 のオン / オフ状態をトグルし、及び / 又は、デューティサイクルを制御することができる。代替的に、調整ヒータコントローラ 202 は、個々の空間的に調整可能なヒータ 140 に供給される電力量を制御することができる。例えば、調整ヒータコントローラ 202 は、1 以上の空間的に調整可能なヒータ 140 に 10 ワットの電力、他の空間的に調整可能なヒータ 140 に 9 ワットの電力、更に他の空間的に調整可能な他のヒータ 140 に 1 ワットの電力を提供することができる。

40

【0066】

一実施形態では、ヒータコントローラ 202 は、複数の温度センサ 141 から温度測定値を受信する。一実施形態では、ヒータコントローラ 202 は、抵抗測定値として各々の

50

温度測定値を受け取ることができる。次いで、ヒータコントローラ 202 は、抵抗測定値を抵抗温度変換モデルに基づいて温度測定値に変換することができる。各々の温度センサに個別の抵抗温度変換モデルを用いてもよい。代替的に、複数の温度センサについて、同一の抵抗温度変換モデルを用いることもできる。抵抗温度変換モデルは、温度センサの校正を実行することにより形成することができる。

【0067】

ヒータコントローラ 202 は、各々の温度センサ 141 の受け取った温度測定値をその温度センサ 141 の予想温度測定値と比較することができる。温度センサ 141 の予想温度測定値は、空間的に調整可能なヒータ 140 の設定電流値、及び/又は、主抵抗ヒータ 154 の電流設定値に基づくことができ、これらは温度センサ 141 が配置されているゾーン又はセルに関連する。温度センサ 141 の予測温度測定値と受け取った温度測定値の間のデルタが閾値を超える場合、ヒータコントローラ 202 は、温度センサ 141 に関連する特定の空間的に調整可能なヒータ 140 のデューティサイクル、及び/又は、電力を調整することができる。代替的に又は追加的に、ヒータコントローラ 202 は、温度センサ 141 に関連する主抵抗ヒータのデューティサイクル、及び/又は、電力を調整することができる。温度センサ 141 は、空間的に調整可能なヒータ 140、及び/又は、主抵抗ヒータ 154 のフィードバック制御のために用いることができる。

【0068】

一実施形態では、各々のセル 200 を、例えば熱チョーク 216 を使用して、隣接セル 200 から熱的に分離することができ、これにより、より正確な温度制御が可能になる。他の実施形態では、各々のセル 200 を隣接するセルと熱的に結合することができ、これにより、ヒータアセンブリ 170 の上面 270 に沿ってアナログ（即ち、スムーズな又はブレンドされた）温度プロファイルを生成する。例えば、金属層（例えば、アルミニウムホイル等）を主抵抗ヒータ 154 と空間的に調整可能なヒータ 140 の間の熱スプレッドとして用いることができる。

【0069】

主抵抗ヒータ 154 により生成された温度プロファイルを平滑化又は補正のために独立に制御可能な空間的に調整可能なヒータ 140 を用いることにより、基板に亘る局所的な温度均一性を非常に小さい公差に制御することができ、基板を処理する際の正確な処理及び CD 制御が可能になる。更に、主抵抗ヒータ 154 に対し空間的に調整可能なヒータ 140 のサイズが小さく且つ高密度であることにより、隣接する領域の温度に実質的に影響を及ぼすことなく、基板支持アセンブリ 126 上の特定の位置で温度制御が可能になる。これにより、歪み又は他の温度非対称性を導入することなく、局所的な高温スポット及び低温スポットを補償することが可能になる。複数の空間的に調整可能なヒータ 140 を有する基板支持アセンブリ 126 は、その上に処理された基板 134 の温度均一性を ± 0.3 未満に制御する能力を有する。

【0070】

基板支持アセンブリ 126 の幾つかの実施形態の他の利点は、RF 電力が制御回路を通過するのを防止する能力である。例えば、調整ヒータコントローラ 202 は、電力回路 210 及び光パワーコントローラ 220 を含むことができる。電力回路 210 は、空間的に調整可能なヒータ 140 に結合される。各々の空間的に調整可能なヒータ 140 は、電力回路 210 に接続された 1 対の電力リード（コネクタ 250）を有する。50 の空間的に調整可能なヒータ 140 を有する例示的なヒータアセンブリ 170 では、空間的に調整可能なヒータ 140 を制御するために、60 のホット及び 1 の共通の電力リード（コネクタ 250）を用いることができる。プラズマを形成するために、RF エネルギーを処理チャンバ 100 に供給することができ、電力リードに結合することができる。フィルタ（例えば、図 1 に示される RF フィルタ 182、184、186 等）を用いて、電気機器（例えば、主ヒータ電源 156 等）を RF エネルギーから保護する。電力回路 210 で電力リード（コネクタ 250）を終端し、各々の空間的に調整可能なヒータ 140 に光パワーコントローラ 220 を用いることにより、単一の RF フィルタ 184 を電力回路 210 と電源

10

20

30

40

50

156の間で用いることができる。専用のRFフィルタを有する各々のヒータの代わりに、空間的に調整可能なヒータは使用されるRFフィルタの数を著しく減少させる1のRFフィルタを使用することができる。専用RFフィルタのスペースは非常に限られており、基板支持アセンブリ内で用いられるヒータの数も限られている。主ヒータゾーンの数に限定されず、空間的に調整可能なヒータを実現することが可能になる。光パワーコントローラ220と共に電力回路210を使用することにより、より多くのヒータ、ひいては優れた横方向温度制御が可能になる。

【0071】

電力回路210は、複数のコネクタ250に対し電力を切り替えるか、又は、サイクルすることができる。電力回路210は各々のコネクタ250に電力を供給し、1以上の空間的に調整可能なヒータ140を作動する。電力源は最終的に複数の空間的に調整可能なヒータ140に電力を供給するが、電力回路210は単一の電源、即ち調整ヒータ電源142を有し、単一のフィルタ184を使用する。有利には、追加のフィルタのスペース及び費用が軽減され、多くのヒータとヒータゾーンの使用が可能になる。

10

【0072】

光パワーコントローラ220は光ファイバインターフェイス226（例えば、光ファイバケーブル等）により電力コントローラ210に結合され、これにより、コネクタ250及び空間的に調整可能なヒータ140に供給される電力を制御することができる。光パワーコントローラ220は、光導波路228を介して光変換器178に結合することができる。光変換器178はコントローラ148に結合され、空間的に調整可能なヒータ140の機能を制御する信号を提供する。光ファイバインターフェイス226及び光導波路228は、電磁干渉又は高周波（RF）エネルギーの影響を受けない。調整ヒータコントローラ202からのRFエネルギー伝達からコントローラ148を保護するためのRFフィルタは不要であり、これにより、他のユーティリティをルーティングするための基板支持アセンブリ126のスペースをより大きくすることができる。

20

【0073】

光コントローラ220はコマンド又は命令を電力回路210に送り、各々の空間的に調整可能なヒータ140又は空間的に調整可能なヒータ140のグループ/領域を調整することができる。各々の空間的に調整可能なヒータ140は、電力回路210に取り付けられた正のリード及び負のリード（即ち、コネクタ）の組み合わせを用いて起動することができる。電力は電力回路210から正のリードを介して空間的に調整可能なヒータ140に流れ、負のリードを介して電力回路210に戻るることができる。一実施形態では、負のリードは、空間的に調整可能なヒータ140の間で共有される。空間的に調整可能なヒータ140の各々は個々の専用の正のリードを有する一方、共通の負のリードを共有することができる。この構成では、電力回路210から複数の空間的に調整可能なヒータ140までのコネクタ250の数は、空間的に調整可能なヒータ140の数よりも1個多い。例えば、基板支持アセンブリ126が100個の空間的に調整可能なヒータ140を有する場合、空間的に調整可能なヒータ140と電力回路210の間の合計101個のコネクタ250のために100個の正のリードと1個の負のリードが存在する。他の実施形態では、各々の空間的に調整可能なヒータ140は、空間的に調整可能なヒータ140を電力回路210に接続する別個の負のリードを有する。この構成では、電力回路210から空間的に調整可能なヒータ140までのコネクタ250の数は、空間的に調整可能なヒータ140の数の2倍である。例えば、基板支持アセンブリ126が100個の空間的に調整可能なヒータ140を有する場合、空間的に調整可能なヒータと電力回路210の間の合計200個のコネクタ250のために100個の正のリードと100個の負のリードが存在する。

30

40

【0074】

光パワーコントローラ220は、各々の空間的に調整可能なヒータ140の温度を測定することによりプログラムされ、較正されることができる。光コントローラ220は、個々の空間的に調整可能なヒータ140のパワーパラメータを調整することにより温度を制

50

御することができる。一実施形態では、温度は空間的に調整可能なヒータ 140 への電力の増加により調整することができる。例えば、空間的に調整可能なヒータ 140 に供給される電力の増加率（例えば、9%の増加）で温度上昇を得ることができる。他の実施形態では、温度は、空間的に調整可能なヒータ 140 をオン・オフするようにサイクルさせることにより調整することができる。更に他の実施形態では、温度は、各々の空間的に調整可能なヒータ 140 のサイクルと、ヒータへの電力の増分調整との組み合わせにより調整することができる。温度マップは、この方法を用いて得ることができる。温度マップは、CD 又は温度を各々の空間的に調整可能なヒータ 140 の電力分布曲線に相関させることができる。空間的に調整可能なヒータ 140 は、個々の空間的に調整可能なヒータの電力設定を制御するプログラムに基づいて、温度プロファイルを生成するために用いることができる。ロジックは、光コントローラ 220 内に直接的に配置してもよく、又は、外部接続されたコントローラ（例えば、コントローラ 148 等）内に直接的に配置してもよい。

10

【0075】

ここで、空間的に調整可能なヒータ 140 及び関連する温度センサ 141 の配置について、図 4A ~ 図 4D を参照して説明する。図 4A は、一実施形態による、図 2 の断面線 A - A に沿った断面図である。図 4B ~ 図 4D は、代替的な実施形態による、図 2 の同一切断線 A - A に沿った断面図である。

【0076】

ここで図 4A を参照すると、複数の空間的に調整可能なヒータ 140 は、ヒータアセンブリ 170 の本体 152 を通る断面線 A - A の面に沿って配置される。熱チョーク 216 は各々隣接するセル 200 の間に配置され、各々のセル 200 は空間的に調整可能なヒータ 140 の少なくとも 1 に関連付けられる。更に、熱チョーク 216 は、基板支持アセンブリ 126 の外面 426 に沿って配置される。図示されたセル 200 の数は説明のためのみであり、いかなる数の実施形態も実質的により多い（又は少ない）セル 200 を有することができる。空間的に調整可能なヒータ 140 の数は、少なくとも主抵抗ヒータ 154 の数より一桁大きい。幾つかの実施形態では、基板支持アセンブリ 126 に亘って配置された空間的に調整可能なヒータ 140 の数は数百を超えることがある。

20

【0077】

各々の空間的に調整可能なヒータ 140 は、端子 406、408 で終わる抵抗器 404 を有する。電流が一方の端子（例えば 406 とラベル付けされた端子）に入り、他方の端子（例えば 408 とラベル付けされた端子）から出るとき、電流は抵抗器 404 のワイヤを通り、熱を発生する。空間的に調整可能なヒータ 140 は、基板支持アセンブリ 126 の外面 426 に沿って適切な温度上昇を提供する設計電力密度を有することができる。抵抗器 404 により放出される熱量は、それを通過する電流の 2 乗に比例する。電力設計密度は、約 1 ワット / セル ~ 約 100 ワット / セル（例えば 10 ワット / セル）とすることができる。

30

【0078】

抵抗器 404 は、ニクロム、レニウム、タングステン、白金、タンタル又は他の適切な材料の膜から形成することができる。抵抗器 404 は、電気抵抗率（ ρ ）を有することができる。低い ρ は、抵抗器 404 に亘る電荷の移動を容易に可能にする材料を示す。抵抗（ R ）は、ワイヤの断面積（ A ）に亘る長さ（ l ）の ρ 倍に依存するか、又は、単純に $R = \rho \cdot l / A$ である。白金は 2.0×10^{-7} ($\Omega \cdot m$) の ρ を有する。タングstenは 2.0×10^{-8} ($\Omega \cdot m$) の ρ を有する。ニクロムは 2.0×10^{-8} ~ 1.5×10^{-8} ($\Omega \cdot m$) の ρ を有する。上述した 3 つの材料のうち、ニクロムからなる抵抗器 404 は電荷の移動をより容易にし、より多くの熱を発生する。しかしながら、タングステンの電気的特性は、特定の温度範囲において抵抗ヒータとして材料を区別する可能性がある。

40

【0079】

抵抗器 404 は、電流が抵抗器 404 に沿って通過するときに効率的に熱を提供するように構成された膜厚（図示せず）及びワイヤ厚さ 472 を有することができる。抵抗器 4

50

04のワイヤ厚さ472を増加すると、抵抗器404の抵抗Rを低下させることができる。ワイヤ厚さ472は、タングステンワイヤについては約0.05mm～約0.5mmの範囲であり、ニクロムワイヤについては約0.5mm～約1mmの範囲とすることができる。

【0080】

式 $R = \rho \cdot l / A$ を参照すると、抵抗器404の材料、ワイヤの長さ、及びワイヤの厚さを選択し、これにより、コスト、消費電力、及び、各々の空間的に調整可能なヒータにより生成される熱を制御することができる。一実施形態では、抵抗器404は、約0.08mmのワイヤ厚さ472及び10ワットの電力で約90オームの抵抗を有するタングステンからなる。

10

【0081】

空間的に調整可能なヒータ140を所定のパターン490に構成し、基板支持アセンブリ126の表面に沿って効率的に熱プロファイルを生成することができる。パターン490は、リフトピンのための穴422又は他の機械的、流体的又は電気的接続の内部又は周りにクリアランスを提供するように、中心点の周りに対称的であってもよい。各々の空間的に調整可能なヒータ140は、調整ヒータコントローラ202により制御することができる。調整ヒータコントローラ202は、ヒータ440を画定する単一の空間的に調整可能なヒータ140、又は、内側くさび462、周辺グループ464、パイ形状領域460、又は、他の幾何学的構成（非連続構成を含む）を画定するようにグループ化された複数の空間的に調整可能なヒータ140を起動することができる。このようにして、基板支持アセンブリ126の表面に沿った独立した位置で温度を正確に制御することができ、この独立した位置は当技術分野で知られているような同心リングに限定されない。示されたパターンはより小さい単位からなるが、代替的に、パターンはより大きな単位及び/又はより小さな単位を有してもよく、エッジまで延びてもよく、又は他の形態を有してもよい。

20

【0082】

また、図4Aは温度センサ141の一種であるRTD405を示す。RTD405は、空間的に調整可能なヒータ140の上方又は下方に配置される。図示されるように、RTD405は、ほとんどの場合、空間的に調整可能なヒータ140よりも小さい。RTD405は、温度に基づいて抵抗を変化させる特定の種類の抵抗器であってもよい。一実施形態では、RTD405は白金ワイヤである。代替的に、RTD405は、本明細書で説明される他の材料のいずれかであってもよい。RTD405は端子407、409で終わる。電流は端子を介してRTD405を通して送られ、RTD405の抵抗が測定され、空間的に調整可能なヒータ140の温度を決定することができる。RTD405の材料、ワイヤ長さ、ワイヤ厚さは、RTD405が感度を有する温度範囲を制御するために選択することができる。

30

【0083】

図4Bは、他の実施形態による、本体152を通る断面線A-Aの面に沿って配置された複数の空間的に調整可能なヒータ140の上面図である。熱チョーク216は、オプションとして存在してもよい。空間的に調整可能なヒータ140はグリッドの形状で配置され、グリッドパターンで配列された温度制御セル200のアレイを画定する。空間的に調整可能なヒータ140のグリッドパターンは、行及び列からなるX/Yグリッドとして示されているが、代替的に、空間的に調整可能なヒータ140のグリッドパターンは、他の均一にパックされた形状（例えば、六角形の密集したパック等）を有してもよい。上述したように、空間的に調整可能なヒータ140は、グループで又は単独で作動されてもよいと理解すべきである。

40

【0084】

図4Cは、他の実施形態による、本体152を通る断面線A-Aの面に沿って配置された複数の空間的に調整可能なヒータ140の上面図である。図4Cは、本体152内に円形に配置された複数の空間的に調整可能なヒータ140を示す。選択的に、1以上の熱チョーク216が、空間的に調整可能なヒータ140の間に配置されてもよい。空間的に調

50

整可能なヒータ 1 4 0 の円形配列パターンは、円形配列で配置される隣接するセル 2 0 0 も画定する。選択的に、セル 2 0 0 を隣接するセル 2 0 0 から分離するために熱チョーク 2 1 6 を用いることができる。

【 0 0 8 5 】

図 4 D は、他の実施形態による、本体 1 5 2 を通る断面線 A - A の面に沿って配置された複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の上面図である。図 4 D は、同心チャネルで本体 1 5 2 内に配置された複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を示す。選択的に、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の同心チャネルパターンは、熱チョーク 2 1 6 により分離されてもよい。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及びセル 2 0 0 は、他の位置付けで配置されてもよいと考えられる。

10

【 0 0 8 6 】

空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の数及び密度は、非常に小さい公差まで基板に亘る温度均一性を制御する能力に寄与し、基板 1 3 4 を処理する際の正確なプロセス及び C D 制御を可能にする。更に、他の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に対する 1 の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に対する個別の制御は、隣接する領域の温度に実質的に影響を与えることなく、基板支持アセンブリ 1 2 6 の特定の位置で温度制御を可能にし、これにより、局所的な高温スポット及び低温スポットを歪み又は他の温度非対称性を導入することなく補償することを可能にする。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、約 0 . 1 の刻みで温度上昇を制御する能力を有する約 0 . 0 ~ 約 1 0 . 0 の個々の温度範囲を有することができる。一実施形態では、主抵抗ヒータ 1 5 4 は基板支持アセンブリ 1 2 6 内の複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 と併せて、その上で処理される基板 1 3 4 の温度均一性を約 ± 0 . 3 未満に制御する能力を有する。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、基板支持アセンブリ 1 2 6 上で処理される基板 1 3 4 の横方向の温度プロファイルの横方向及び方位方向の両方の調整を可能にする。

20

【 0 0 8 7 】

図 5 を参照すると、主抵抗ヒータ 1 5 4 及び空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 のための配線図について図示されている。配線図は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 上で多重制御とは対照的な個別の制御を提供する。個別の制御により、1 の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 、又は、複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の選択を、他の 1 の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 、又は、複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の選択と同時にアクティブにすることができる。配線図により、複数の空間的に調整可能なヒータのうちの他のものに対し、複数の空間的に調整可能なヒータのうちの 1 の出力を個別に制御することが可能になる。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 はオン状態とオフ状態の間切り変わる電源を有さず、これにより、他の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 への電力供給、又は、複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 の選択が可能になる。有利なことに、この構成により、適合された温度プロファイルを達成するための空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 における速い応答時間が可能になる。

30

【 0 0 8 8 】

主抵抗ヒータ 1 5 4 及び空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 は、制御ボード 5 0 2 に取り付けられてもよい。制御ボード 5 0 2 は、単一の R F フィルタ 5 1 0 を介して電源 5 7 8 に取り付けられてもよい。各々のヒータ 1 5 4 、 1 4 0 は単一の R F フィルタ 5 1 0 を共有し、自身の R F フィルタを有しないので、基板支持アセンブリ 1 2 6 内の空間が保存され、追加のフィルタに関連するコストが有利に緩和される。制御ボード 5 0 2 は、図 1 及び図 2 に示すコントローラ 2 0 2 と同様であり、電気コントローラ 2 1 0 及び光コントローラ 2 2 0 と同様のバージョンを有する。制御ボード 5 0 2 は、基板支持アセンブリ 1 2 6 の内部又は外部にあってもよい。一実施形態では、制御ボード 5 0 2 は、ファシリティプレート 1 8 0 と冷却ベース 1 3 0 の間に形成される。

40

【 0 0 8 9 】

空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 (1 - n) は、比喩的に示されているが、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 1 は、共通ゾーン内の多数の空間的に調整可能なヒータを表し、又は

50

、代替的に、基板支持アセンブリ 1 2 6 に亘って配置された全ての空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を表していると理解すべきである。一実施形態では、主ヒータ 1 5 4 より空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 が一桁多く存在し、電気コントローラ 2 1 0 及び光コントローラ 2 2 0 への接続が一桁大きい。

【0090】

電気コントローラ 2 1 0 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 から、冷却ベース 1 3 0 を貫通して形成された 1 以上の穴又はスロット 5 2 0 を介して複数のコネクタ 5 1 2 を受け入れる。コネクタ 5 1 2 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 と電気コントローラ 2 1 0 の間の連結のために適した多くの接続を含むことができる。コネクタ 5 1 2 は、ケーブル、個々のワイヤ、リボン等の平らなフレキシブルケーブル、メーティングコネクタ、又は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 と電気コントローラ 2 1 0 の間で信号を送送するための他の適切な技術とすることができる。一実施形態では、コネクタ 5 1 2 はリボンケーブルである。コネクタ 5 1 2 は、電力リボン 5 1 2 という用語を使用して説明する。

10

【0091】

電力リボン 5 1 2 は、一端が E S C 1 3 2 内の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に接続され、他端が電気コントローラ 2 1 0 に接続されることができる。電力リボン 5 1 2 は、直接配線、ソケット、又は適切なリセプタクルを介して電気コントローラに接続することができる。一実施形態では、電気コントローラ 2 1 0 は、高密度接続用に構成されたソケットを有する。電力リボン 5 1 2 は高密度コネクタを使用して、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 から電気コントローラ 2 1 0 に多数の接続（50 以上の接続等）を提供することができる。電気コントローラ 2 1 0 は、従来のプリント基板よりも単位面積当たりの配線密度が高密度相互接続（HDI）を有することができる。HDI は、電力リボン 5 1 2 の高密度コネクタとインターフェイスすることができる。有利なことに、コネクタは、高密度接続を可能にし、基板支持アセンブリ 1 2 6 の容易な組立及び分解を可能にする。例えば、E S C 1 3 2 は、メンテナンス、再表面化、交換を受ける可能性があり、コネクタは、メンテナンスのために E S C 1 3 2 を取り外し、E S C 1 3 2 を基板支持アセンブリ 1 2 6 に迅速に再結合するための迅速且つ容易な方法を提供する。

20

【0092】

更に、電気コントローラ 2 1 0 は、冷却ベース 1 3 0 を貫通して形成されたスロット 5 2 0 を介して主抵抗ヒータ 1 5 4 から複数の電力リボン 5 2 2 を受け入れることができる。電力リボン 5 1 2、5 2 2 は、各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び主抵抗ヒータ 1 5 4 のための多くの電力リードを図示する。例えば、電力リボン 5 1 2 は、各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 のための別々の正及び負の電力リードを含む。同様に、電力リボン 5 2 2 は、各々の主抵抗ヒータ 1 5 4 のための別々の正及び負の電力リードで構成される。一実施形態では、各々の電力リードは、光コントローラ 2 2 0 により管理されるスイッチ 5 6 0 を有する。スイッチ 5 6 0 は、電気コントローラ 2 1 0 内、制御ボード 5 0 2 上、又は、他の適切な場所に存在してもよい。空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び主抵抗ヒータ 1 5 4 のための電力リードを経路指定するために、単一のリボン、又は、3 つ以上の等間隔のリボンが用いることができると考えられる。等間隔のリボンは、フィールド均一性及び処理結果の均一性を高める。

30

40

【0093】

光コントローラ 2 2 0 は、外部コントローラ（図 1 の 1 4 8）に接続され、各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に電力を供給するように電気コントローラに命令を提供するように構成される。光コントローラ 2 2 0 は、空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を管理するための複数の制御リボン 5 4 0 を受け入れる。一実施形態では、制御リボン 5 4 0 は制御ボード 5 0 2 に埋め込まれ、光コントローラ 2 2 0 を電気コントローラ 2 1 0 に接続する。例えば、制御リボン 5 4 0 は、2 つのコントローラ 2 1 0、2 2 0 を接続する回路であってもよい。他の実施形態では、制御リボン 5 4 0 は、制御ボード 5 0 2 の外部のケーブル又は他の適切な接続を介して、光コントローラ 2 2 0 を電気コントローラ 2 1 0 に接続することができる。更に他の実施形態では、制御リボン 5 4 0 は、冷却ベースを貫通し

50

て形成されたスロット 5 2 0 を通り、各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を個別に管理することができる。

【 0 0 9 4 】

選択的に、光コントローラ 2 2 0 は主抵抗ヒータ 1 5 4 を管理するための複数の制御リボン 5 5 0 を受け入れることができる。代替的に、主抵抗ヒータは、第 2 の光コントローラ又は外部コントローラにより管理することができる。制御リボン 5 4 0 と同様に、制御リボン 5 5 0 は、制御ボード 5 0 2 に埋め込まれてもよいし、主抵抗ヒータ 1 5 4 に取り付けられてもよい。代替的に、主抵抗ヒータは制御リボン 5 5 0 を有しなくてもよく、電力のサイクル及び強度は電源 1 3 8 で外部から管理される。

【 0 0 9 5 】

リボン 5 4 0、5 5 0 は、各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び主抵抗ヒータ 1 5 4 のための多くの制御リードを示す。例えば、制御リボン 5 4 0 は、複数の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 のための分離した正及び負の制御リードを含む。光コントローラ 2 2 0 は、プログラム、温度測定装置、外部コントローラ、ユーザー、又は、他の供給源から入力を受け取ることができる。光パワーコントローラ 2 2 0 は、どの空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 及び / 又は主抵抗ヒータ 1 5 4 を管理するかを決定することができる。光コントローラ 2 2 0 は光を使用して R F 環境の外部にある他のデバイス（例えば、電気コントローラ 2 1 0 等）と通信するので、光パワーコントローラ 2 2 0 は R F 干渉を受けず、R F 信号を処理チャンパの外部の領域に伝達しない。制御リードを経路指定するために、単一のリボン、又は、3 以上のリボンを用いることができると考えられる。

【 0 0 9 6 】

制御リボン 5 4 0 は、光コントローラ 2 2 0 により生成された信号を提供して、スイッチ 5 6 0 の状態を制御する。スイッチ 5 6 0 は電界効果トランジスタ又は他の適切な電子スイッチであってもよい。代替的に、スイッチ 5 6 0 は、電気コントローラ 2 1 0 内の光学的に制御された回路ボードに埋め込まれてもよい。スイッチ 5 6 0 は、ヒータ 1 5 4、1 4 0 にエネルギーを与えられた（アクティブな）状態とエネルギーを与えられていない（非アクティブな）状態の間で簡単なサイクリングを行わせることができる。

【 0 0 9 7 】

コントローラ 2 0 2 は、1 以上の選択された空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に適用されるデューティサイクル、電圧、電流、又は電力持続時間のうちの少なくとも 1 以上を、他の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に対して、同時に制御することができる。一実施形態では、コントローラ 2 0 2 は、制御リボン 5 4 0 1 に沿って信号を供給して、スイッチ 5 6 0 1 に 9 0 % の電力を通過させるように指示する。電気コントローラ 2 1 0 は、電力リボン 5 1 2 1 に沿って約 1 0 ワットの電力を供給する。スイッチ 5 6 0 1 は、供給された電力の 9 0 % を、約 9 ワットの電力で加熱する空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に通過させることができる。

【 0 0 9 8 】

他の実施形態では、コントローラ 2 0 2 は制御リボン 5 5 0 2 に沿って信号を提供して、スイッチ 5 6 0 2 に 1 0 0 % の電力を通過させるように指示する。電気コントローラ 2 1 0 は、電力リボン 5 2 2 2 に沿って約 1 0 0 ワットの電力を供給する。スイッチ 5 6 0 2 は、供給された電力の 1 0 0 パーセントが、約 1 0 0 ワットの電力で加熱する主抵抗ヒータ 1 5 4 2 まで通過させることを可能にする。同様に、主抵抗ヒータ 1 5 4 (1 - N) は全てコントローラ 2 0 2 から動作させることができる。

【 0 0 9 9 】

更に他の実施形態では、調整ヒータコントローラ 2 0 2 は制御リボン 5 4 0 に沿って信号を供給して、スイッチ 5 6 0 に電力を通過させるアクティブ状態又は電力の通過を阻止する非アクティブ状態のいずれかにするよう指示する。電気コントローラ 2 1 0 は、電力リボン 5 1 2 に沿って約 1 0 ワットの電力を、アクティブな状態のスイッチ 5 6 0 に結合された各々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 に供給する。調整ヒータコントローラ 2 0 2 は、スイッチ 5 6 0 がアクティブ状態に留まる持続時間と、各々のスイッチ 5 6 0 のデ

10

20

30

40

50

ユーティサイクルのうちの少なくとも1を他のスイッチ560に対して、独立して制御し、基板支持アセンブリ126及びその上に配置された基板の温度均一性を最終的に制御する。主抵抗ヒータ154への電力を制御するスイッチ560も同様に制御することができる。

【0100】

他の実施形態では、別個のゾーンを表す各々の主抵抗ヒータ154(1-N)は、別個のコントローラ202を有することができる。この実施形態では、1の主抵抗ヒータ154とゾーンが共通である空間的に調整可能なヒータ(1-N)は、共通の主抵抗ヒータ154(1-N)とコントローラ202を共有することができる。例えば、4のゾーンがある場合、4の主抵抗ヒータ154(1-4)と4つの等間隔に配置されたコントローラ202が存在する。

10

【0101】

他の実施形態では、別個のコントローラ202を用い、単一のコントローラによりサービスされる空間的に調整可能なヒータ140の数を分割することができる。例えば、各々の制御リボン540は、設定された数の空間的に調整可能なヒータ140の個々を管理するための別個の光コントローラ220を有することができる。空間的に調整可能なヒータ140の制御を分割することにより、コントローラを小さくし、リボンを冷却ベースを貫通して形成されたスロット520に通すためのスペースを少なくすることができる。

【0102】

図6を参照すると、主抵抗ヒータ154及び空間的に調整可能なヒータ140のための他の配線図が図示されている。図6に示される配線図は空間的に調整可能なヒータ140の個別の制御を提供する。空間的に調整可能なヒータ140は、調整ヒータコントローラ202に取り付けられる。制御ボード502上の電気コントローラ210は、RFフィルタ184を介して電源156に取り付けられる。光コントローラ220は、外部コントローラ(図1の148)に接続され、各々の空間的に調整可能なヒータ140に電力を供給するように電気コントローラに指示を与えるように構成される。光コントローラ220は、光ファイバインターフェイス226を介して電気コントローラ210と連結され、空間的に調整可能なヒータ140を管理する。図5の配線図と同様に、図6の配線図は、複数の空間的に調整可能なヒータのうちの1の出力を他の空間的に調整可能なヒータに対して独立して制御することを提供する。

20

30

【0103】

選択的に、主抵抗ヒータ154は、調整ヒータコントローラ202'、調整ヒータコントローラ202、又は、基板支持アセンブリ126の外部の他のコントローラに取り付けることができる。調整ヒータコントローラ202'は、調整ヒータコントローラ202と実質的に同様であってもよい。主抵抗ヒータ154の制御は、空間的に調整可能なヒータ140について説明したものと同様であってもよいと理解されるべきである。代替的に、主抵抗ヒータ154は図1に示されるように外部で管理することができる。

【0104】

空間的に調整可能なヒータ140(1-n)は比喩的に示されており、空間的に調整可能なヒータ1401は共通ゾーン内の空間的に調整可能なヒータの大きなグループを表すことができ、代替的に、基板支持アセンブリ126に亘って配置された全ての空間的に調整可能なヒータ140を表すことができる。各々の空間的に調整可能なヒータ140は、電気コントローラ210から空間的に調整可能なヒータ140へ電力を伝送するためのコネクタ250を有する。

40

【0105】

電気コントローラ210は、空間的に調整可能なヒータ140から、冷却ベース130を貫通して形成された1以上の穴又はスロット520を介して、複数の電力リボン612を受け入れる。リボン612は各々の空間的に調整可能なヒータ140のための多くの電力リードを示す。電力リボン612は、空間的に調整可能なヒータ140への電力のための電気経路を提供する。一実施形態では、電力リボン612は、各々の空間的に調整可能

50

なヒータ 140 のための個々の正の電力リードを含む。選択的に、電力リボン 612 は、電力リボン 612 に取り付けられた全ての空間的に調整可能なヒータ 140 に共通の単一の負の電力リードを含むことができる。代替的に、電力リボン 612 は負の電力リターン経路を有しなくてもよく、電流のリターン経路は、別個のケーブル、共通バス、他の適切なコネクタを介して提供することができる。他の実施形態では、電力リボン 612 は、各々の空間的に調整可能なヒータ 140 のための別個の負の電力リードを備える。選択的に、電力リボン 612 は、電力リボン 612 に取り付けられた全ての空間的に調整可能なヒータ 140 に共通の単一の正の電力リードを有することができる。代替的に、電力リボン 612 は正の電力供給経路を有さなくてもよく、電流の電力供給経路は、別個のケーブル、共通バス、又は他の適切なコネクタを介して提供することができる。

10

【0106】

図 7 を簡単に参照すると、図 7 は図 6 に図示される配線図のために構成された静電チャック 132 の底部 794 の斜視図である。静電チャック 132 は静電チャック 132 上に配置された基板にチャッキング力を供給するための 1 以上の電極を有することができ、電極に電力を供給するための 1 以上のコネクタ 742 を有することができる。更に、コネクタ 742 は主抵抗ヒータに接続することができる。一実施形態では、単極チャッキング電極に電力を供給するために単一のコネクタが使用される。他の実施形態では、バイポーラチャッキング電極に電力を供給するために 2 つのコネクタが使用される。一実施形態では、6 つのコネクタが 4 つの主抵抗ヒータに電力を供給するために使用される。各々の主抵抗ヒータは、単一の高温コネクタを有してもよく、他の主抵抗ヒータと共通 / 接地コネクタを共有してもよい。一実施形態では、複数の追加コネクタが複数の温度センサに接続する。一例では、150 個の温度センサがあり、各々が専用コネクタを有する。全ての温度センサは共通の接地を提供する単一のコネクタを共有することができる。代替的に、温度センサの異なるサブセットは別々の共通ラインを共有してもよい。複数の追加のコネクタは、図示されたコネクタを取り囲んでもよい。

20

【0107】

電力リボン 612 は、空間的に調整可能なヒータ 140、及び / 又は、温度センサ 141 が内部に形成された静電チャック 132 の底部 794 に電気的に取り付けられてもよい。電力リボン 612 は、一端にコネクタ 712 を有し、他端に接点 720 を有するフラットフレキシブルケーブル (FFC) 又はフレキシブルプリント回路 (FPC) (例えば、ポリイミドフラットフレキシブルケーブル等) であってもよい。コネクタ 712 は、電気コントローラ 210 に接続する。コネクタ 712 は、個々のワイヤ、ソケットコネクタ、プラグ、高密度コネクタ (例えば、フラットフレキシブルケーブル又はフレキシブルプリント回路で用いられるもの等) 又は他の適切なコネクタであってもよい。接点 720 は、静電チャック 132 に形成された電気接続部 (即ち、ビア) に取り付けることができる。接点 720 は、静電チャック 132 にはんだ付け、接着又は他の方法で取り付けられてもよい。代替的に、接点 720 は、空間的に調整可能なヒータ 140 に直接接続されて形成されてもよい (例えば、有線電力リード等)。接点 720 は、静電チャック 132 と接触する結合された領域 (約 0.75 インチの直径の円よりも小さい) を有することができる。接点 720 が静電チャック 132 と有するこの最小限の領域は、静電チャック 132 から冷却ベース 130 への熱伝導を低減する。接点 720 は、円形、長方形、半円形又は他の形状であってもよい。電力リボン 612 は、2 つ以上の接点 720 と、100 本以上のリードを有することができる。単一の電力リボン 612 は、電気コントローラ 210 への配線接続構成 (例えば、共通の負のリードを共有する等) に応じて、多数の空間的に調整可能なヒータ 140 に接続し、個別に制御することができる。更に、電力リボン 612 は、温度センサに接続するために用いてもよい。一実施形態では、静電チャック 132 は、等間隔に配置され、はんだ付けされた 6 つの電力リボン 612 を有する。電力リボン 612 は、各々、25 個のはんだ付けされた接点 720 を有することができる。代替的に、静電チャック 132 は、より多い又は少ない電力リボン 612 を有することができる。

30

40

【0108】

50

代替的に、電力リボン 6 1 2 は、ピン/レセプタクルコネクタと置き換えることができる。図 1 0 を簡単に参照すると、図 1 0 は E S C 1 3 2 を調整ヒータコントローラ 2 0 2 に接続するメイティングコネクタ 1 0 1 0 の断面図を示す。メイティングコネクタ 1 0 1 0 は冷却ベース 1 3 0 内のスロット 5 2 0 を通過するサイズにして、調整ヒータコントローラ 2 0 2 と E S C の間の接続を提供することができる。メイティングコネクタ 1 0 1 0 はフランジ 1 0 0 8 を有することができる。フランジ 1 0 0 8 は、冷却ベース 1 3 0 と調整ヒータコントローラ 2 0 2 の間に配置することができる。ギャップ 1 0 5 0 は、冷却ベース 1 3 0 と調整ヒータコントローラの間に形成することができる。代替的に、調整ヒータコントローラ 2 0 2 は、切り欠き、ノッチ、穴、空隙、又は他の開口部を有することができ、これにより、メイティングコネクタ 1 0 1 0 を通過させ、調整ヒータコントローラ 2 0 2 と冷却ベース 1 3 0 の間のギャップ 1 0 5 0 を実質的に減少することができる。

10

【0 1 0 9】

メイティングコネクタ 1 0 1 0 は、第 1 の端部 1 0 0 2 と第 2 の端部 1 0 0 4 を有することができる。第 1 の端部 1 0 0 2 は、E S C 1 3 2 とインターフェイスすることができる。第 2 の端部 1 0 0 4 は、調整ヒータコントローラ 2 0 2 とすることができる。複数のコンタクトピン 1 0 1 2、1 0 1 4 は複数のピンレセプタクル 1 0 2 0、1 0 2 2 とインターフェイスし、E S C 1 3 2 と調整ヒータコントローラ 2 0 2 の間に電氣的接続を提供する。ピン 1 0 1 2、1 0 1 4 は約 0 . 3 mm 以下であってもよい。ピン 1 0 1 2、1 0 1 4 は、ピン 1 0 1 2、1 0 1 4 を受容し、電氣的連続性を提供するように構成された対応する複数のピンレセプタクル 1 0 2 0、1 0 2 2 を有する。ピン 1 0 1 2、1 0 1 4 又はピンレセプタクル 1 0 2 0、1 0 2 2 は、メイティングコネクタ 1 0 1 0 の第 1 及び第 2 の端部 1 0 0 2、1 0 0 4 のうちの 1 以上に形成され、E S C 1 3 2 と調整ヒータコントローラ 2 0 2 の間をインターフェイスすることができる。

20

【0 1 1 0】

メイティングコネクタ 1 0 1 0 は、調整ヒータコントローラ 2 0 2 と E S C 1 3 2 の間の直接的な物理的電氣的接続を提供することができる。例えば、ピン 1 0 1 4 を受け入れる調整ヒータコントローラ 2 0 2 上にレセプタクルを形成することができる。冷却ベース 1 3 0 は E S C 上に直接的に配置することができ、メイティングコネクタ 1 0 1 0 は冷却ベース 1 3 0 のスロット 5 2 0 を通って挿入され、調整ヒータコントローラ 2 0 2 はメイティングコネクタ 1 0 1 0 上に配置され、E S C 1 3 2 と調整ヒータコントローラ 2 0 2 の間の接続を形成することができる。代替的に、メイティングコネクタ 1 0 1 0 は、ケーブル、リボン又はフラットコネクタを用いることができ、調整ヒータコントローラ 2 0 2 と E S C 1 3 2 の間の接続を完了する。

30

【0 1 1 1】

有利なことに、メイティングコネクタ 1 0 1 0 は小さい断面積を有することができ、これに対応して冷却ベース 1 3 0 の開口面積をほとんど使用せず、より良好な熱均一性のために冷却ベース 1 3 0 の熱コンダクタンス又は障害を最小にする。更に、メイティングコネクタ 1 0 1 0 は接続を処理環境から保護し、電氣接続の寿命を延ばすことができる。

【0 1 1 2】

図 6 に戻ると、電氣コントローラ 2 1 0 は内部に形成された複数のスイッチ 6 6 0 を有する。各々のスイッチ 6 6 0 は電力リボン 6 1 2 の 1 から正の電力リードを受け入れ、個々の空間的に調整可能なヒータ 1 4 0 を制御することができる。光コントローラ 2 2 0 は、光ファイバインターフェイス 2 2 6 から電氣コントローラを介してスイッチ 6 6 0 を管理する。回路 6 4 0 は電氣コントローラ 2 1 0 又は調整ヒータコントローラ 2 0 2 内に埋設され、スイッチ 6 6 0 に提供される命令のために光信号を電氣信号に変換することができる。

40

【0 1 1 3】

スイッチ 6 6 0 は、電界効果トランジスタ、又は他の適切な電子スイッチであってもよい。スイッチ 6 6 0 は、エネルギーが与えられている（アクティブな）状態とエネルギーが与えられていない（非アクティブ）状態の間でヒータ 1 5 4、1 4 0 に簡単なサイクル

50

を提供することができる。代替的に、スイッチ 660 は空間的に調整可能なヒータ 140 に供給される電力量を制御可能な他の適切なデバイスであってもよい。

【0114】

スイッチ 660 は、基板支持アセンブリ 126 の内部（例えば、静電チャック 132、冷却ベース 130、ヒータアセンブリ 170 及びファシリティプレート 180 の内部等）に形成することができる。代替的に、スイッチ 660 は、基板支持アセンブリ 126 又はコントローラ 148 の外部（例えば、コントローラ 148 内）に形成することができる。

【0115】

図 8 を参照すると、図 8 は、図 6 に描かれた配線図のために構成された冷却ベース 130 の底面斜視図を示す。冷却ベース 130 は、底面 894 と、複数の冷却通路（図 8 には図示せず）と、通路 842 とを有することができる。冷却通路は冷却流体を循環させて、静電チャック 132 の温度を制御することができるように構成されている。静電通路 842 は、静電チャック 132 へ電力を供給する電極 742 が冷却ベース 130 を通過することができるように構成することができる。通路 842 は電氣的に絶縁されており、冷却ベース 130 にエネルギーを供給する電極 742 からの保護を提供する。更に、冷却ベースは、1 以上のスロット 520 を有することができる。スロット 520 は、リボン 612 が静電チャック 132 から冷却ベース 130 の内部を通して底面 894 の内部を通過することができるように構成することができる。

【0116】

電気コントローラ 210 は、冷却ベース 130 の底面 894 上に配置することができる。電気コントローラ 210 は RF 環境に配置され、電気コントローラ 210 との通信は光ファイバを介して行われることができ、一方、電氣的コントローラ 210 への電力は RF フィルタを介して供給されることができる。電氣的コントローラ 210 は、送信部 826 及び受信部 828 光ファイバインターフェイス 226 を有することができる。光ファイバインターフェイス 226 は、光コントローラ 220 への光接続を提供する。光ファイバインターフェイス 226 は、RF 及び他の電氣的干渉を受けず、接続されたデバイス / コントローラ（例えば、光コントローラ 220 等）を保護するためのフィルタを用いない。

【0117】

調整ヒータコントローラ 202 は、複数のソケット 812 を有することができる。ソケット 812 は、リボン 612 の端部に取り付けられたコネクタ 712 と接続するように構成することができる。ソケットは、各々のリボン 612 に 50 以上の個々の接続を提供することができる。電気コントローラ 210 は、基板 830 と、その上に形成された複数の回路 832、834 から構成することができる。複数の回路 832、834 は、トランジスタ、抵抗器、コンデンサ、及び他の電氣的フィーチャを含むことができ、スイッチを形成し、ソケット 812 内の個々の接続部への電力の流れを制御する。電気コントローラ 210 は、リボン 612 に取り付けられたソケット 812 内の個々の接続部に供給される電力のデューティサイクル、電圧、電流、又は持続時間のうちの少なくとも 1 以上を制御することにより、個々の空間的に調整可能なヒータ 140 を管理する。

【0118】

更に、ヒータコントローラ 202 は、複数の温度センサ 141 により生成された読み取り値から温度を測定するための 1 以上の温度測定回路（図示せず）を含むことができる。温度測定回路は、空間的に調整可能なヒータ、及び / 又は、主抵抗ヒータをに関連する温度測定値を電気コントローラ 210 に提供することができる。次に、電気コントローラ 210 は、関連する空間的に調整可能なヒータのデューティサイクル、電圧等を調整するかどうかを決定することができる。

【0119】

一実施形態では、スイッチ 660 は、電気コントローラ 210 上に形成される。コネクタ 712 を備えたりボン 612 は、冷却ベース 130 のスロット 520 を通り、静電チャック 132 内の空間的に調整可能なヒータ 140 を電気コントローラ 210 に接続する。コネクタ 712 は、リボン 612 を電気コントローラ 210 上のソケット 812 に接続す

10

20

30

40

50

る。光コントローラ 220 は、ソケット 812 内の個々の接続への電力を制御するため、光ファイバインターフェイス 226 を介して電気コントローラ 210 に光信号を供給する。光コントローラ 220 及び電気コントローラ 210 の組み合わせにより、同時に電力供給され、及び / 又は、サイクルオン及びオフされる個々の空間的に調整可能なヒータ 140 の選択が可能になり、静電チャック 132 上に配置された基板上に調整された温度プロファイルを作成することができる。密度の高い相互接続の使用により、多数の空間的に調整可能なヒータ 140 の個々の制御及び温度プロファイルの強化された制御が可能になる。好都合なことに、空間的に調整可能なヒータ 140 の独立した制御により、個々の空間的に調整可能なヒータ 140 毎の高いデューティサイクル、より大きなダイナミック温度範囲が可能になる。空間的に調整可能なヒータ 140 の個々の制御は、迅速な応答時間とともに単位時間当たりのより高い電力を提供する。

10

【0120】

図 9 は、基板支持アセンブリ（とりわけ、上述の基板支持アセンブリ等）を用いて基板を処理する方法 900 の一実施形態のフロー図である。方法 900 は、基板支持アセンブリ内に形成された主抵抗ヒータに電力を印加することによりブロック 902 から開始する。主抵抗ヒータは、単一のヒータであってもよく、ゾーンに分割されていてもよい。主抵抗ヒータゾーンは、独立して制御可能であってもよい。

【0121】

ブロック 904 において、電力は、基板支持アセンブリの周りに分布された個々の複数の空間的に調整可能なヒータに供給される。調整ヒータコントローラは、各々の空間的に調整可能なヒータへの電力を個別に制御する。空間的に調整可能なヒータの少なくとも 2 つは、所定の異なる熱量を生成する。1 の空間的に調整可能なヒータにより生成される熱の他のヒータに対する差は、1 の空間的に調整可能なヒータに印加される電力の他のヒータに対するデューティサイクル、電圧、電流、持続時間のうちの少なくとも 1 以上を制御することにより制御することができる。空間的に調整可能なヒータに供給される電力は、個々の空間的に調整可能なヒータに亘って、順次、スキャンすることができる。

20

【0122】

各々の空間的に調整可能なヒータの制御は静電チャック 132 内で同時に実行することができ、これにより、空間的に調整可能なヒータの選択を可能にし、特定の温度プロファイルを迅速に生成することができる。個々の空間的に調整可能なヒータに供給される電力の制御は、光接続によりインターフェイス接続された外部コントローラを介して基板支持アセンブリに配置された調整ヒータコントローラに提供することができる。外部コントローラは、調整ヒータコントローラへの光接続により RF から分離される。

30

【0123】

ブロック 906 において、ワークピース（例えば、基板等）を基板支持アセンブリ上で処理することができる。例えば、基板は、例えばプラズマプロセスを使用して、真空チャンバ内で処理することができる。処理チャンバ内でプラズマ存在下で追加的に実行できる真空プロセスは、エッチング、化学気相堆積、物理気相堆積、イオン注入プロセス、プラズマ処理、アニーリング、酸化物除去、除害又は他のプラズマ処理プロセスの 1 であってもよい。ワークピースは、異なる環境（例えば、大気条件下）で温度制御された表面上で他の用途のために処理することができると考えられる。

40

【0124】

選択的に、ブロック 906 において、基板支持アセンブリ内で横方向に分配された個々の空間的に調整可能なヒータに供給される電力は、プロセス条件又はプロセスレシピの変化に応じて変更してもよい。例えば、1 以上の空間的に調整可能なヒータに供給される電力は、調整ヒータコントローラからのコマンドを用いて変更してもよい。調整ヒータコントローラは、異なる重なり時間間隔で、他の空間的に調整可能なヒータをサイクリングし、更に他の空間的に調整可能なヒータを更にサイクリングしながら、同時に、1 の空間的に調整可能なヒータに同時に電力を供給することができる。

【0125】

50

上記は本発明の実施形態を対象としているが、他の及び更なる実施態様は本発明の基本的な範囲から逸脱することなく創作することができ、その範囲は以下の特許請求の範囲に基づいて定められる。

【図面】

【図 1】

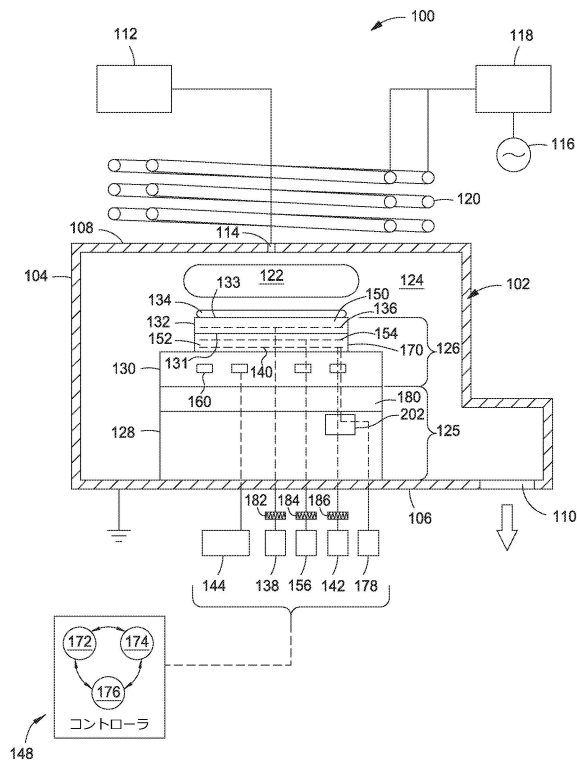


FIG. 1

【図 2】

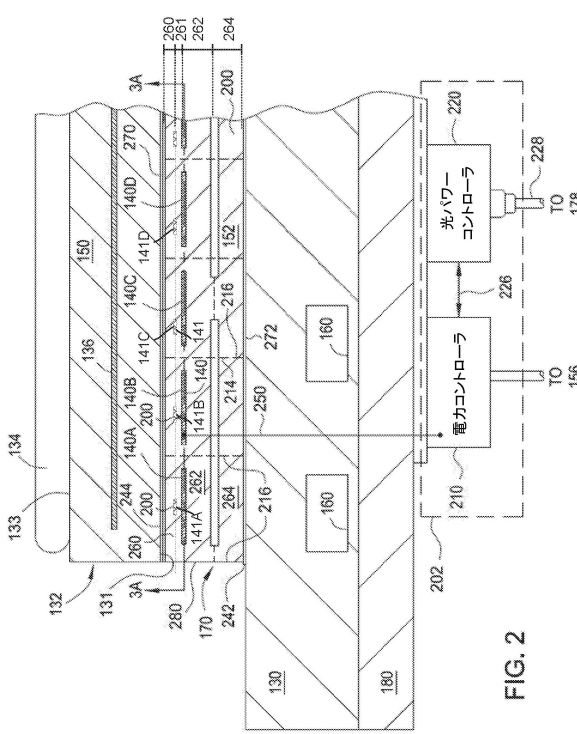


FIG. 2

【図 3 A】

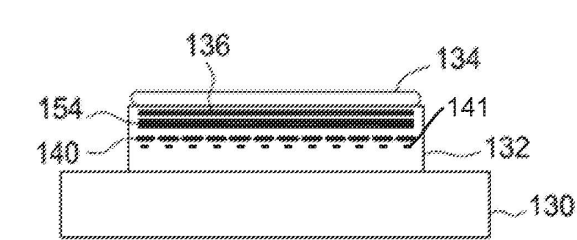


FIG. 3A

【図 3 B】

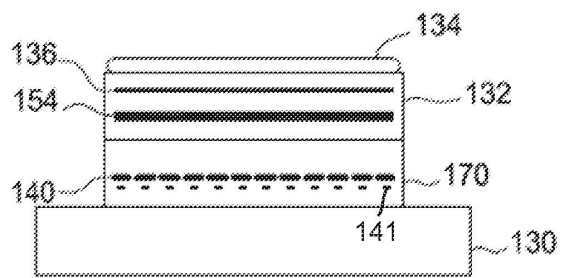


FIG. 3B

10

20

30

40

50

【図 3 C】

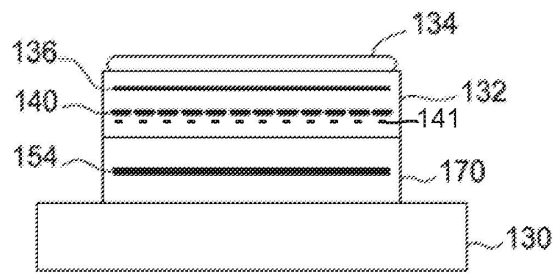


FIG. 3C

【図 3 D】

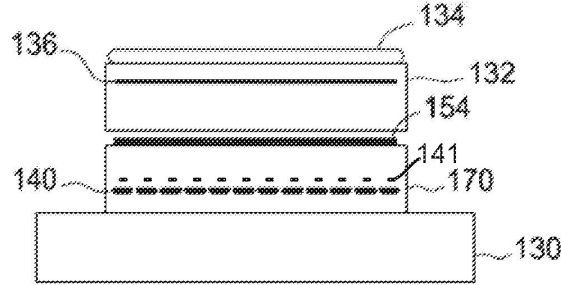


FIG. 3D

10

【図 3 E】

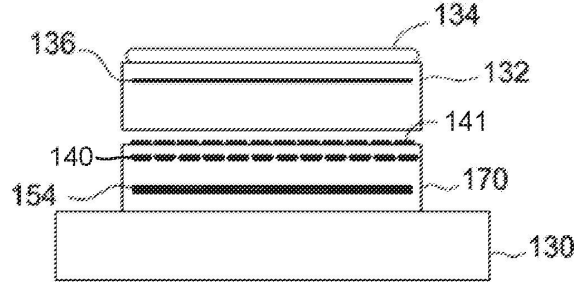


FIG. 3E

【図 3 F】

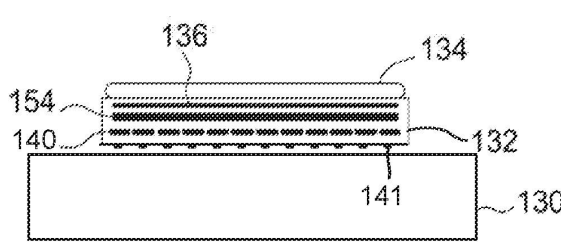


FIG. 3F

20

30

40

50

【 図 4 A 】

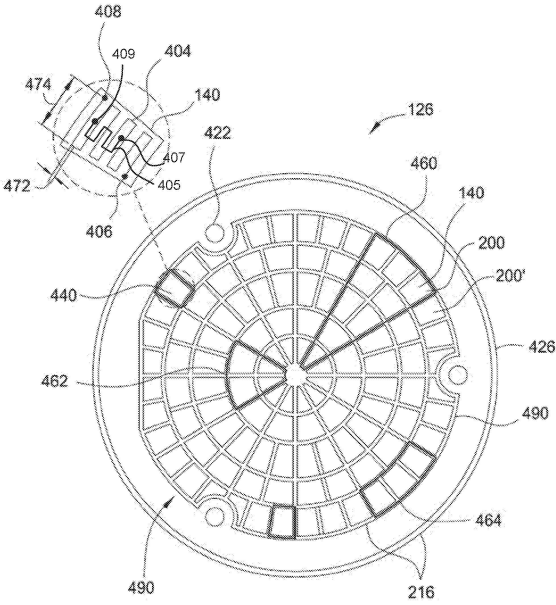


FIG. 4A

【 図 4 B 】

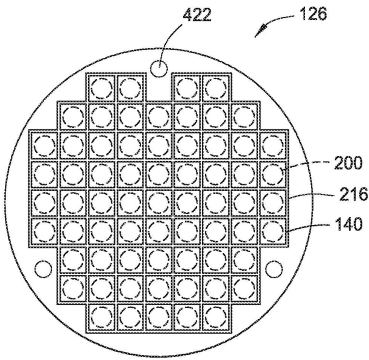


FIG. 4B

【 図 4 C 】

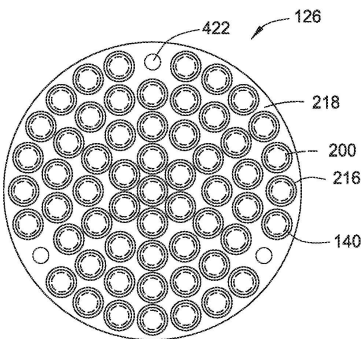


FIG. 4C

【 図 4 D 】

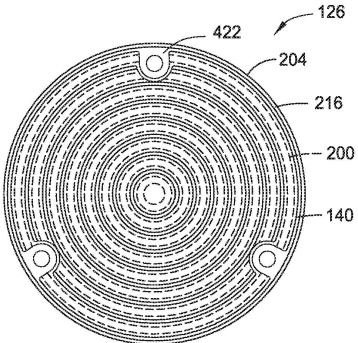


FIG. 4D

10

20

30

40

50

【図 5】

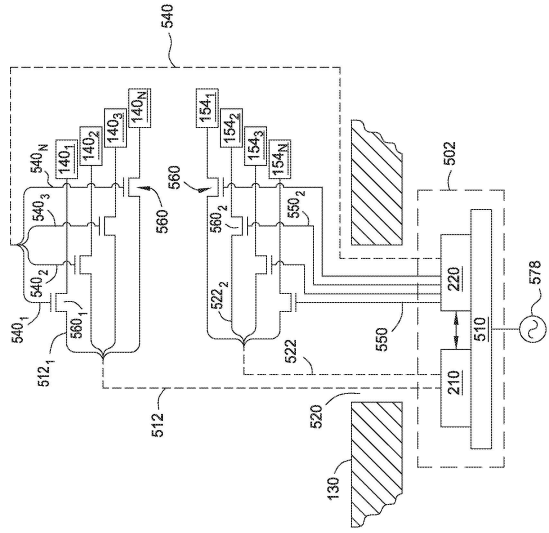


FIG. 5

【図 6】

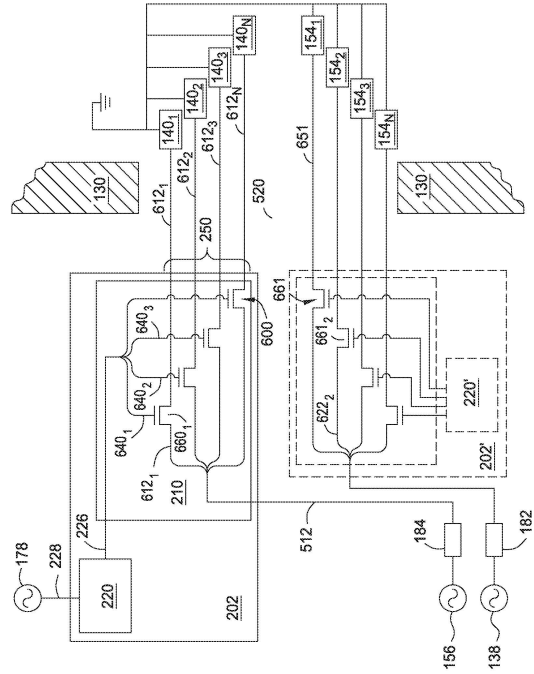


FIG. 6

【図 7】

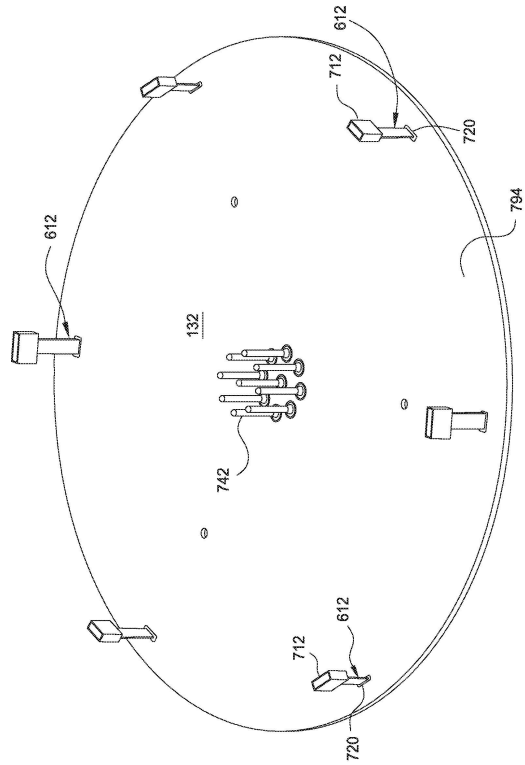


FIG. 7

【図 8】

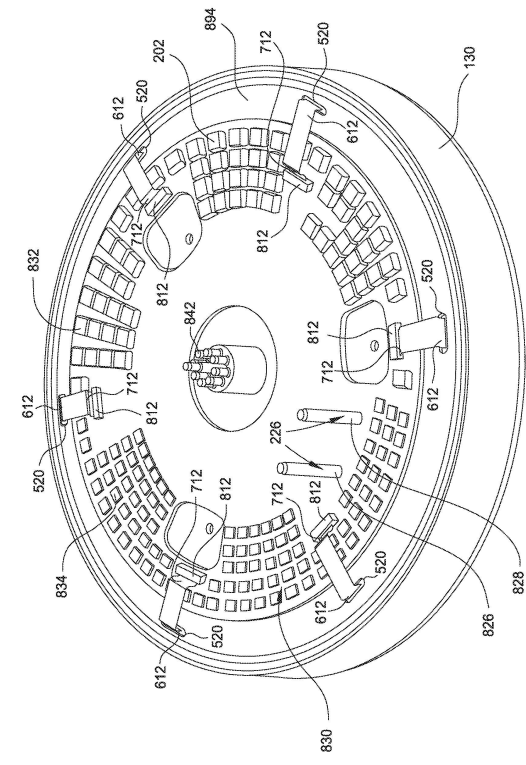


FIG. 8

10

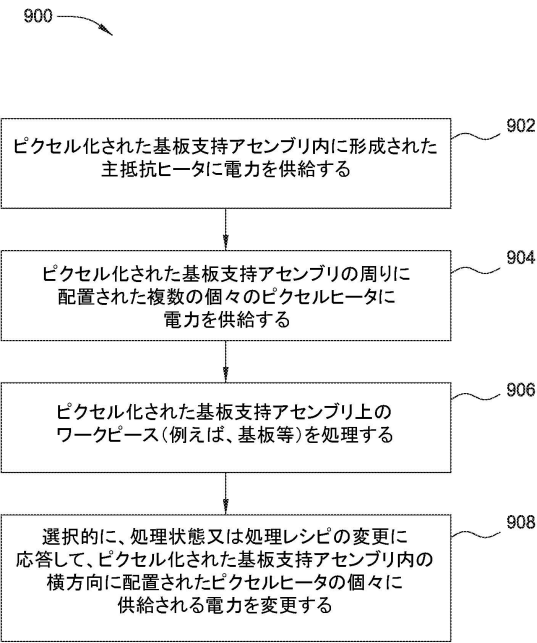
20

30

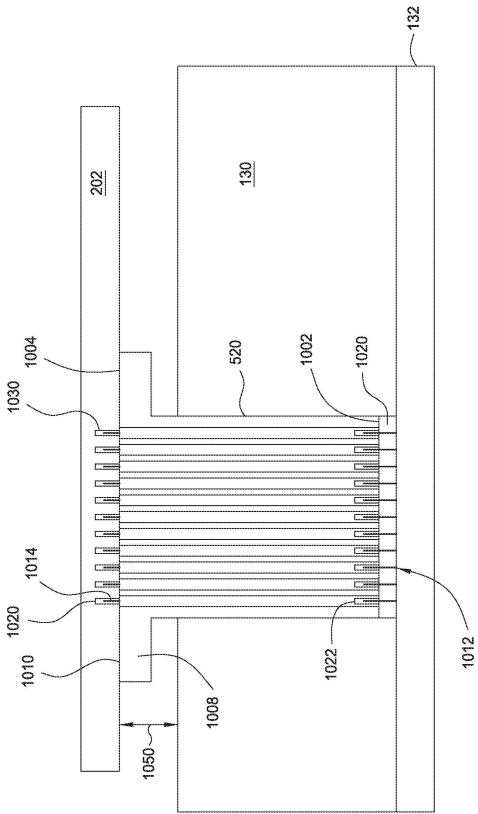
40

50

【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I
H 0 5 B 3/00 3 1 0 D

(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)

前置審査

1 3 5 サン ノゼ ブーケット パーク レーン 4 0 5 4

審査官 空 哲次

(56)参考文献 特表 2 0 1 4 - 5 2 5 6 6 2 (J P , A)
特表 2 0 1 5 - 5 1 5 7 1 3 (J P , A)
特開 2 0 1 4 - 1 1 2 6 7 2 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 1 2 1 9 5 (J P , A)
特表 2 0 1 3 - 5 0 8 9 6 8 (J P , A)
米国特許第 6 0 9 4 3 3 4 (U S , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 6 8 3
G 0 1 K 1 / 1 4
H 0 1 L 2 1 / 3 0 6 5
H 0 5 B 3 / 7 4
H 0 5 B 3 / 0 0