

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5591223号  
(P5591223)

(45) 発行日 平成26年9月17日(2014.9.17)

(24) 登録日 平成26年8月8日(2014.8.8)

(51) Int.Cl. F I  
 H O 1 L 21/26 (2006.01) H O 1 L 21/26 J  
 H O 1 L 21/26 T

請求項の数 15 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2011-507684 (P2011-507684)	(73) 特許権者	390040660
(86) (22) 出願日	平成21年5月1日(2009.5.1)		アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド
(65) 公表番号	特表2011-520269 (P2011-520269A)		APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED
(43) 公表日	平成23年7月14日(2011.7.14)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3050
(86) 国際出願番号	PCT/US2009/042538	(74) 代理人	100109726
(87) 国際公開番号	W02009/135137		弁理士 園田 吉隆
(87) 国際公開日	平成21年11月5日(2009.11.5)	(74) 代理人	100101199
審査請求日	平成24年5月1日(2012.5.1)		弁理士 小林 義教
(31) 優先権主張番号	61/050,167		
(32) 優先日	平成20年5月2日(2008.5.2)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	61/055,814		
(32) 優先日	平成20年5月23日(2008.5.23)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転基板のための非半径方向温度制御のためのシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板(12)を処理するための装置であって、  
 処理容積部(14)を規定するチャンパー本体(35)と、  
 前記処理容積部(14)に配置される基板支持部であって、前記基板(12)を回転さ  
 せるように構成される前記基板支持部と、  
 複数の位置で前記基板(12)の温度を測定するように構成されるセンサーアセンブリ  
 (24)と、  
 前記処理容積部の方へエネルギーを提供するように構成される主加熱源であって、当該  
 主加熱源は、複数の主加熱ゾーンに分類される複数の主加熱要素を含み、および、  
 複数のパルス加熱ゾーン(53)に分類される複数のパルス加熱要素であって、前記複  
 数のパルス加熱ゾーン(53)の各々は、同じ半径方向範囲の対応する主加熱ゾーン(5  
 7)を有し、前記複数のパルス加熱要素は、前記処理容積部の方へパルス状の、かつ/ま  
 たは多様なエネルギーを提供するように構成される、複数のパルス加熱要素と  
 を含む装置。

【請求項2】

前記パルス加熱ゾーン(53)は、同じ半径に沿って形成されて、円の区分を形成する  
 請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記複数のパルス加熱要素の周波数、位相、および振幅の少なくとも1つを調節し、前

記主加熱源への電力レベルを調節するように構成されるシステムコントローラ(52)をさらに含み、前記システムコントローラ(52)は、前記センサーアセンブリを使用して前記基板支持部上で回転されている基板のための温度マップを作成して、前記温度マップに従って前記複数のパルス加熱要素および前記主加熱源を調節するように構成される、請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記複数の主加熱要素は複数の同心加熱ゾーンに分類され、前記複数の主加熱ゾーンの各々は独立して制御され、また前記処理容積部(14)の方へ一定のエネルギーレベルを提供するように構成され、前記1つまたは複数のパルス加熱要素は1つまたは複数の同心加熱ゾーン内に配置される、請求項1に記載の装置。

10

【請求項5】

前記複数のパルス加熱ゾーン(53)は異なる方位角に散らばっている、請求項3または4に記載の装置。

【請求項6】

前記処理容積部の方へパルス状エネルギーを提供するように構成される補助加熱源(51)をさらに含み、前記パルス状エネルギーの周波数、位相、または振幅は調節可能である、請求項1～5のいずれか一項に記載の装置。

【請求項7】

前記基板支持部は、エッジ領域の近くで基板(12)を支持するように構成されるエッジリング(20)を含み、前記補助加熱源(51、67)は前記エッジリング(20)の方へエネルギーを向けるように構成される、請求項6に記載の装置。

20

【請求項8】

前記主加熱源および前記複数のパルス加熱要素は前記処理容積部(14)の第1の側に配置され、前記補助加熱源(51、67)は前記処理容積部(14)の第2の側に配置され、前記第1の側は前記第2の側と平行で向かい合っており、前記主加熱源および前記複数のパルス加熱要素は、処理されている前記基板(12)の裏側にエネルギーを向けるように構成され、前記補助加熱源(51、67)は前記基板(12)の表側にエネルギーを向けるように構成される、請求項6または7に記載の装置。

【請求項9】

基板(12)を処理するための方法であって、  
処理チャンバーの処理容積部(14)に配置された基板支持部上に基板(12)を置くステップと、

30

前記基板(12)を回転させるステップと、

前記処理容積部(14)に放射エネルギーを向けることによって前記基板を加熱するステップであって、当該加熱は、複数のゾーングループ(57)を含む主加熱源(16)であって、各ゾーングループ(57)は、主加熱源の複数の加熱要素を含む、主加熱源と、複数のパルスグループ(53)に分類される複数のパルス加熱要素の一部とによってなされ、前記複数のパルスグループ(53)の各々は、同じ半径方向範囲の対応するゾーングループ(57)を有しており、前記複数のパルス加熱要素の少なくとも前記一部が、前記基板(12)の回転速度によって決定される周波数を有する、ステップと

40

を含む方法。

【請求項10】

前記基板(12)を加熱するステップは、

前記主加熱源(16)から前記処理容積部(14)に非パルス状エネルギーを向けるステップを含む、請求項9に記載の方法。

【請求項11】

前記主加熱源は、各々が独立して制御可能な複数の同心ゾーンを含み、前記複数のパルス加熱要素は、1つまたは複数の方位的に制御されるゾーンに分類される、請求項10に記載の方法。

【請求項12】

50

複数の位置で前記基板(12)の温度を測定するステップと、  
 温度測定結果に従って前記複数のパルス加熱要素の周波数、位相および振幅の少なくとも1つを調節するステップと  
 をさらに含む、請求項10または11に記載の方法。

【請求項13】

前記基板(12)を加熱しながら補助加熱源(51、67)から前記基板(12)のエッジ領域を支持するエッジリング(20)を加熱するステップであって、前記補助加熱源(51、67)は前記処理容積部(14)の方へパルス状エネルギーを提供するように構成されるステップと、

前記エッジリング(20)が回転している間に前記エッジリング(20)上の異なる位置の温度を測定するステップと、

測定された前記エッジリング温度に従って前記補助加熱源(51、67)の周波数、位相および振幅の少なくとも1つを調節するステップと  
 をさらに含む、請求項9～12のいずれか一項に記載の方法。

【請求項14】

前記チャンパー本体は、チャンパー壁、石英窓、および反射体プレートによって規定される処理容積部(14)を有し、前記石英窓および前記反射体プレートは、前記処理容積部(14)の反対側に配置され、および、

前記センサアセンブリが、前記反射体プレートを貫いて配置されて、前記処理容積部の異なる半径位置に沿って温度を測定するように構成される、請求項1～8のいずれか一項に記載の装置。

【請求項15】

前記複数のパルス加熱ゾーン(53)は同じ方位角に整列される、請求項3または4に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は一般に、半導体基板を処理するための装置および方法に関する。詳しくは、本発明の実施形態は、急速熱処理チャンパーで基板を処理することに関する。

【背景技術】

【0002】

急速熱処理(RTP)は、半導体処理の間に基板をアニールするためのプロセスである。RTPの間に、基板は一般に、エッジ領域の近くで支持デバイスによって支持され、基板が1つまたは複数の熱源によって加熱されるように回転される。RTPの間に、熱放射が一般に、基板を制御環境で約1350 までの最大温度に急速に加熱するために使用される。この最大温度は、プロセスに応じて1秒未満から数分に及ぶ特定の時間維持される。基板は次いで、さらなる処理のために室温に冷却される。高輝度タングステンハロゲンランプが普通、熱放射源として使用される。基板は、基板に伝導的に結合される加熱されたサセプタによって追加の熱を提供されることもある。

【0003】

半導体製作プロセスは、RTPのいくつかの応用を有する。そのような応用は、熱酸化、高温ソークアニール、低温ソークアニール、およびスパイクアニールを包含する。熱酸化では、基板は、シリコン基板を酸化させてシリコン酸化物を形成する酸素、オゾン、または酸素および水素の組合せ中で加熱される。高温ソークアニールでは、基板は、窒素、アンモニア、または酸素などの異なるガス混合物にさらされる。低温ソークアニールは一般に、金属を堆積された基板をアニールするために使用される。スパイクアニールは、基板が非常に短時間高温にさらされる必要があるとき使用される。スパイクアニールの間に、基板は、ドーパントを活性化するのに十分な最大温度に急速に加熱され、ドーパントの実質的な拡散より前に活性化プロセスを終わらせるために急速に冷却される。

【0004】

10

20

30

40

50

RTPは通常、基板を横断する実質的に均一な温度プロファイルを必要とする。最先端のプロセスでは、温度均一性は、裏側の反射面が熱を基板に戻すように反射しながら表側で基板を加熱するように構成される、レーザー、ランプの配列などの熱源を制御することによって改善されることもある。放射率測定および補償手法が、基板を横断する温度勾配を改善するために使用されてきた。

#### 【0005】

半導体産業が発展するにつれて、RTPの間の温度均一性への要求もまた、増大する。いくつかのプロセスでは、基板のエッジの内側約2mmから実質的に小さな温度勾配を有することが、重要である。特に、約1 から1.5 の温度偏差で約200 と約1350 との間の温度に基板を加熱することが、必要なこともある。最先端のRTPシステムは、処理されている基板の半径に沿って均一性を改善するために半径方向に制御可能なゾーンを組み込む。しかしながら、不均一性は、さまざまな理由によって引き起こされ、さまざまなパターンで現れる。不均一性は、非半径方向不均一性である可能性がより高く、異なる位置の温度が同じ半径値を有している。非半径方向不均一性は、加熱源をそれらの半径方向位置に従って調節することによって解決できない。

10

#### 【0006】

図1A~1Dは、例となる非半径方向不均一性を概略的に例示する。RTPシステムでは、エッジリングが通常、基板を周辺の近くで支持するために使用される。エッジリングおよび基板は、重なり合って、基板のエッジの近くに複雑な加熱状況を生じさせる。一態様では、基板は、エッジの近くで異なる熱特性を有することもある。これは、パターン化基板について、またはシリコンオンインシュレータ(SOI)基板について最も顕著である。別の態様では、基板およびエッジリングは、エッジの近くで重なり合い、単に基板の温度を測定し、調節することによってだけではエッジの近くで均一な温度プロファイルを達成することは、困難である。基板の熱および光学特性に対するエッジリングの熱特性に応じて、基板の温度プロファイルは一般に、エッジハイかまたはエッジローである。

20

#### 【0007】

図1Aは、RTPチャンバーで処理される基板の2種類がよく見られる温度プロファイルを概略的に例示する。縦軸は、基板上の測定温度を表示する。横軸は、基板のエッジからの距離を表示する。プロファイル1は、基板のエッジが最高温度測定結果を有する場合のエッジハイのプロファイルである。プロファイル2は、基板のエッジが最低温度測定結果を有する場合のエッジローのプロファイルである。最先端のRTPシステムで基板のエッジの近くの温度偏差を除去することは、困難である。

30

#### 【0008】

図1Aは、支持リング101上に配置された基板102の概略上面図である。支持リング101は、中心の周りを回転し、それは一般に、システム全体の中心と一致する。基板102の中心は、支持リング101の中心と合わせられることが望ましい。しかしながら、基板102は、種々の理由に起因して支持リング101とずれる可能性がある。熱処理への要求が増大するにつれて、基板102と支持リング101との間の小さなずれは、図1Bで示されるような不均一性を引き起こすこともある。スパイクプロセスの間に、1mmの置き違いは、約30 の温度変化を引き起こすこともある。最先端の熱処理システムは、約0.18mmの基板配置精度を有し、このように位置合わせ制限に起因して約5 の温度変化を有する。

40

#### 【0009】

図1Bは、基板102が支持リング101とずれる場合の熱処理の間の基板102の概略温度マップである。基板102は一般に、エッジ領域105に沿って高温ゾーン103および低温ゾーン104の両方を有する。

#### 【0010】

図1Cは、急速熱処理の間の基板107の概略温度マップである。基板107は、水平方向106に沿って温度勾配を有する。図1Cの温度勾配は、イオン注入、チャンバー非対称性、固有基板特性、およびプロセスキット変動性などの、いろいろな理由によって引

50

き起こされることもある。

【0011】

図1Dは、基板108と異なる材料から形成される表面構造109を有するパターン化基板108の概略温度マップである。線111は、基板108の直径を横断する温度プロファイルである。表面構造109の特性が、基板108と異なるので、温度が、変化する。熱処理での大部分の基板は、その上に形成される構造を有するので、局所パターンによって引き起こされる温度変化は、よく見られる現象である。

【0012】

したがって、非半径方向温度不均一性を低減するためのRTPで使用される装置および方法への必要性がある。

【発明の概要】

【0013】

本発明の実施形態は、熱処理の間の不均一性を低減するための装置および方法を提供する。詳しくは、本発明の実施形態は、熱処理の間の非半径方向不均一性を低減するための装置および方法を提供する。

【0014】

本発明の一実施形態は、処理容積部を規定するチャンパー本体と、処理容積部に配置される基板支持部であって、基板を回転させるように構成される基板支持部と、複数の位置で基板の温度を測定するように構成されるセンサーアセンブリと、処理容積部の方へパルス状エネルギーを提供するように構成される1つまたは複数のパルス加熱要素とを含む、

【0015】

本発明の別の実施形態は、処理チャンパーの処理容積部に配置された基板支持部上に基板を置くステップと、基板を回転させるステップと、放射エネルギーを処理容積部の方へ向けることによって基板を加熱するステップであって、放射エネルギーの少なくとも一部は、基板の回転速度によって決定される周波数を有するパルス状エネルギーである、ステップとを含む、基板を処理するための方法を提供する。

【0016】

本発明のなお別の実施形態は、チャンパー壁、石英窓、および反射体プレートによって規定される処理容積部を有するチャンパー本体であって、石英窓および反射体プレートは、処理容積部の反対側に配置される、チャンパー本体と、処理容積部に配置される基板支持部であって、基板を支持し、回転させるように構成される基板支持部と、石英窓の外側に配置され、石英窓を通じて処理容積部の方へエネルギーを向けるように構成される加熱源であって、加熱源は、複数の加熱要素を含み、加熱要素の少なくとも一部は、処理容積部の方へパルス状エネルギーを提供するように構成されるパルス加熱要素である、加熱源と、反射体プレートを貫いて配置され、処理容積部の異なる半径位置に沿って温度を測定するように構成されるセンサーアセンブリと、加熱源からのパルス状エネルギーの周波数、位相、および振幅の1つを調節するように構成されるシステムコントローラとを含む熱処理チャンパーを提供する。

【0017】

本発明の上で列挙された特徴が、詳細に理解できるように、上で簡潔に要約された本発明のより詳しい記述が、実施形態を参照することによってなされてもよく、そのいくつかは、添付の図面で例示される。しかしながら、本発明は、他の同等に効果的な実施形態を認めてもよいので、添付の図面は、この発明の典型的な実施形態だけを例示し、したがって本発明の範囲を制限すると考えられるべきではないことに留意すべきである。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1A】熱処理の間に支持リング上に配置される基板の概略上面図である。

【図1B】熱処理の間の基板の概略温度マップであり、その温度マップは、ずれによって引き起こされる非半径方向不均一性を示す。

10

20

30

40

50

【図 1 C】熱処理の間の基板の概略温度マップであり、その温度マップは、基板を横断する温度勾配を示す。

【図 1 D】パターン化基板の概略側断面図およびパターンによって引き起こされる変化を示す直径を横断する温度プロファイルである。

【図 2】本発明の一実施形態に従う熱処理チャンバーの概略側断面図である。

【図 3】本発明の一実施形態に従う温度マップを得るための方法を例示する基板の概略上面図である。

【図 4】本発明の一実施形態に従うパルス状ゾーンおよびパルス状加熱構成部品を有する加熱源を示す概略図面である。

【図 5】本発明の一実施形態に従う基板を処理するための方法を例示する概略流れ図である。

【図 6 A】1つの位相でのパルス状レーザー加熱源の効果を示す概略プロットである。

【図 6 B】1つの位相でのパルス状レーザー加熱源の効果を示す概略プロットである。

【図 6 C】1つの位相でのパルス状レーザー加熱源の効果を示す概略プロットである。

【図 6 D】1つの位相でのパルス状レーザー加熱源の効果を示す概略プロットである。

【図 6 E】レーザー加熱源の位相および振幅を調節することによる均一性改善を概略的に例示する図である。

【図 6 F】レーザー加熱源の位相および振幅を調節することによる均一性改善を概略的に例示する図である。

【図 7 A】3つのパルス状ゾーンを有するランプアセンブリの概略上面図である。

【図 7 B】基板の中間領域にほとんど対応するパルス状ランプゾーンの効果を概略的に例示する図である。

【図 7 C】基板のエッジ領域にほとんど対応するパルス状ランプゾーンの効果を概略的に例示する図である。

【図 7 D】基板のエッジの外部にある領域にほとんど対応するパルス状ランプゾーンの効果を概略的に例示する図である。

【図 7 E】基板のエッジの外部にある領域に対応するパルス状ゾーンのランプの位相および振幅を調節する熱プロセスを示す概略プロットである。

【図 8】本発明の一実施形態に従う熱処理チャンバーの概略側断面図である。

【図 9】本発明の一実施形態に従う熱処理チャンバーの概略側断面図である。

【図 10 A】チェッカー盤パターンを有するテスト基板の概略上面図である。

【図 10 B】図 10 A のテスト基板に行われる熱プロセスを示す概略プロットである。

【図 10 C】基板のパターン化側を加熱することによる熱処理の間のテスト基板の直径を横断する温度プロファイルを示す概略プロットである。

【図 10 D】基板の非パターン化側を加熱することによる熱処理の間のテスト基板の直径を横断する温度プロファイルを示す概略プロットである。

【発明を実施するための形態】

【0019】

理解を容易にするために、同一の参照番号が、図に共通する同一の要素を指定するために、可能であれば、使用された。一実施形態で開示される要素は、明確な列挙なしに他の実施形態で有益に利用されてもよいと熟考される。

【0020】

本発明の実施形態は、熱処理の間の不均一性を低減するための装置および方法を提供する。詳しくは、本発明の実施形態は、熱処理の間の非半径方向不均一性を低減するための装置および方法を提供する。

【0021】

本発明の一実施形態は、1つまたは複数のパルス加熱要素を有する熱処理チャンバーを提供する。本発明の一実施形態は、1つまたは複数のパルス加熱要素のための電力源の周波数、位相および振幅の少なくとも1つを調節するステップによって不均一性を低減するための方法を提供する。一実施形態では、電力源の位相および/または振幅を調節するス

10

20

30

40

50

テップは、基板の回転周波数によって決定される周波数で行われる。一実施形態では、電力源は、基板の回転と同じ周波数を有する。一実施形態では、電力源の位相は、複数のセンサーから得られる温度マップによって決定される。

【0022】

一実施形態では、熱処理チャンバーは、1つまたは複数の方位的に制御されるゾーンに分類される複数の加熱要素を含む。一実施形態では、方位的に制御されるゾーンの各々は、電力源の位相および/または振幅を調節することによって制御されてもよい1つまたは複数の加熱要素を含む。

【0023】

別の実施形態では、熱処理チャンバーは、主加熱源に加えて1つまたは複数の補助加熱要素を含む。一実施形態では、1つまたは複数の補助加熱要素は、その電力源の位相および/または振幅を調節することによって制御されてもよい。

10

【0024】

本発明の別の実施形態は、処理されている基板の裏側を加熱するように構成される加熱源を含む熱処理チャンバーを提供する。熱処理の間に基板を裏側から加熱することは、基板のパターンによって引き起こされる不均一性を低減する。

【0025】

図2は、本発明の一実施形態に従う急速熱処理システム10の断面図を概略的に例示する。急速熱処理システム10は、円盤状基板12をその中でアニールするために構成される処理容積部14を規定するチャンパー本体35を含む。チャンパー本体35は、ステンレス鋼でできていてもよく、石英で裏打ちされていてもよい。処理容積部14は、急速熱処理システム10の石英窓18上に配置された加熱ランプアセンブリ16によって放射で加熱されるように構成される。一実施形態では、石英窓18は、水冷されてもよい。

20

【0026】

スリット弁30は、チャンパー本体35の側面に形成されてもよく、基板12に処理容積部14への通路を提供する。ガス注入口44は、処理ガス、パージガスおよび/または洗浄ガスを処理容積部14に提供するためにガス源45に接続されてもよい。真空ポンプ13は、処理容積部14を排気するために排出口11を通じて処理容積部14に流体接続されてもよい。

【0027】

30

円形チャネル27は、チャンパー本体35の底部の近くに形成される。磁気回転子21は、円形チャネル27に配置される。管状ライザー39は、磁気回転子21に載っているまたはさもなければ結合される。基板12は、管状ライザー39上に配置されたエッジリング20によって周辺エッジで支持される。磁気固定子23は、磁気回転子21の外部に位置付けられ、チャンパー本体35を貫いて磁氣的に結合されて磁気回転子21の、それ故にエッジリング20およびその上に支持される基板12の回転を誘導する。磁気固定子23はまた、磁気回転子21の高さを調節するように構成されてもよく、このように、処理されている基板12を持ち上げる。

【0028】

チャンパー本体35は、基板12の裏側の近くに反射体プレート22を包含してもよい。反射体プレート22は、基板12の放射率を高めるために基板12の裏側と向かい合う光反射面28を有する。一実施形態では、反射体プレート22は、水冷されてもよい。反射面28および基板12の裏側は、反射空洞15を規定する。一実施形態では、反射体プレート22は、処理されている基板12の直径よりもわずかに大きい直径を有する。例えば、もし急速熱処理システム10が、12インチ基板を処理するように構成されるならば、反射体プレート22の直径は、約13インチであってもよい。

40

【0029】

パージガスは、パージガス源46に接続されるパージガス注入口48を通じて反射体プレート22に提供されてもよい。反射体プレート22に放出されるパージガスは、特に熱が基板12へ戻るように反射されない開口25の近くで反射体プレート22の冷却に役立

50

つ。

【0030】

一実施形態では、外側リング19は、反射空洞15を処理容積部14から分離するためにチャンパー本体35とエッジリング20との間に結合されてもよい。反射空洞15および処理容積部14は、異なる環境を有してもよい。

【0031】

加熱ランプアセンブリ16は、加熱要素37の配列を含んでもよい。加熱要素37の配列は、UVランプ、ハロゲンランプ、レーザーダイオード、抵抗加熱器、マイクロ波給電加熱器、発光ダイオード(LED)、または任意の他の適した加熱要素で、単独でだけでなく組合せであってもよい。加熱要素37の配列は、反射体本体43に形成される縦穴に配置されてもよい。一実施形態では、加熱要素37は、六角形パターンに配置されてもよい。冷却チャネル40が、反射体本体43に形成されてもよい。水などの冷却液は、注入口41から反射体本体43に入り、縦穴に隣接して進んで、加熱要素37の配列を冷却し、出口42から反射体本体43を出てもよい。

10

【0032】

加熱要素37の配列は、加熱要素37の配列の加熱効果を調節する能力があるコントローラ52に接続される。一実施形態では、加熱要素37の配列は、多重同心ゾーンによって基板12を加熱するために複数の加熱に分割されてもよい。各加熱は、基板12の半径を横断する所望の温度プロファイルを提供するために独立して制御されてもよい。

【0033】

一実施形態では、加熱ランプアセンブリ16は、1つまたは複数のゾーン57および1つまたは複数のパルス53を含む。ゾーン57の各々は、電力源55に接続され、個々に制御されてもよい。一実施形態では、各ゾーン57に提供される電力の振幅は、対応するゾーンに向かう放射エネルギーを調節するために独立して制御されてもよい。パルス53の各々は、1つまたは複数の加熱要素37を含み、位相および/または振幅によって制御されてもよい電力源54に接続される。電力源54の位相は、半径方向ゾーンの区分の方へ向けられる放射エネルギーを制御するために調節されてもよい。

20

【0034】

図4は、図2の加熱ランプアセンブリ16を分類する一実施形態を示す概略図面である。加熱ランプアセンブリ16の加熱要素は、互いに同心状である複数のゾーン57に分類される。各ゾーン57は、複数の加熱要素を含む。1つまたは複数のパルス53もまた、加熱ランプアセンブリ16に形成される。

30

【0035】

パルス53の各々は、1つまたは複数の加熱要素を含んでもよい。一実施形態では、パルス53は、異なる半径方向位置に対応して形成されてもよい。図4の実施形態では、各パルス53は、同じ半径方向被覆の対応するゾーン57を有する。

【0036】

一実施形態では、パルス53の加熱要素は、対応するゾーン57の加熱要素と異なる位相で給電でき、このように、処理されている基板が回転しているとき半径方向被覆の異なる位置に向けられる総放射エネルギーを調節する能力がある。

40

【0037】

別の実施形態では、ゾーン57の加熱要素は、回転基板の全半径領域の方へ一定のエネルギーレベルを提供し、一方パルス53の加熱要素のエネルギーレベルは、パルス状であり、回転基板の半径領域の場所に向けているものである。しかしパルス53のエネルギーレベルパルスの位相および振幅を調節することで、回転基板の半径領域内の不均一性が、調節できる。

【0038】

パルス53は、同じ半径に沿って形成されてもよく、図4で示されるように円の区分を形成するように整列されてもよい。パルス53はまた、より柔軟な制御のために異なる方位角でばらまかれてもよい。

50



## 【 0 0 3 9 】

図2に戻って参照すると、電力源55および電力源54は、コントローラ52に接続され、それは、基板温度マップをその場で得てもよく、得られた温度マップに従って電力源55、56を調節してもよい。

## 【 0 0 4 0 】

急速熱処理システム10はさらに、異なる半径方向位置で基板12の熱特性を測定するように構成される複数の熱プローブ24を含む。一実施形態では、複数の熱プローブ24は、基板12の異なる半径方向部分の温度または他の熱特性を検出するために反射体プレート22に形成される複数の開口25に光学的に結合され、配置される複数のパイロメーターであってもよい。複数の開口25は、図2で示されるように1つの半径に沿って、または図4で例示されるように異なる半径に位置決めされてもよい。

10

## 【 0 0 4 1 】

複数のプローブ24は、基板12が回転しているとき各プローブ24が基板12の異なる位置を異なる時間に測定できるように特定の周波数でサンプリングするとき処理の間に基板12の温度マップを得るために使用されてもよい。一実施形態では、基板12が円全体を回転するとき、各プローブ24が円に沿って均等に分配される位置を測定することができるように、特定の周波数は、基板回転の周波数より何倍も高い周波数であってもよい。

## 【 0 0 4 2 】

図3は、本発明の一実施形態に従う温度マップを得るための方法を例示する基板の概略上面図である。図3は、基板が4Hzで回転し、データサンプリングが100Hzであるときに温度データが得られる基板上の位置を示す基板12の例となるマップである。基板12を横断する温度マップを得ることができる。

20

## 【 0 0 4 3 】

図2に戻って参照すると、熱処理システム10はまた、処理の間に基板12を加熱するように構成される1つまたは複数の補助加熱源51を含んでもよい。パルス53に似て、補助加熱源51は、位相および/または振幅を調節することによって制御されてもよい電力源56に接続される。補助加熱源51は、対応する円形領域に沿ってより高い温度を有する位置よりもより低い温度を有する位置の方へより多くの放射エネルギーを与えることによって温度不均一性を低減するように構成される。

30

## 【 0 0 4 4 】

一実施形態では、補助加熱源51は、加熱ランプアセンブリ16の反対側に位置決めされてもよい。補助加熱源51およびパルス53の各々は、独立してまたは組み合わせて使用されてもよい。

## 【 0 0 4 5 】

一実施形態では、補助加熱源51は、プローブ24の帯域幅の放射を生成しない放射源であってもよい。別の実施形態では、開口25は、プローブ24が補助加熱源51からの放射によって影響を受けないように、補助加熱源から遮蔽されてもよい。一実施形態では、補助加熱源51は、レーザー(ダイオードレーザー、ルビーレーザー、CO2レーザー、または他のものなどの)、ダイオード、または線放射体であってもよい。一実施形態では、補助加熱源51は、プロセスチャンバーの外側に配置されてもよく、補助加熱源51からのエネルギーは、光ファイバー、光導体、ミラー、または全内部反射プリズムを介して処理容積部に向けられてもよい。

40

## 【 0 0 4 6 】

図5は、本発明の一実施形態に従う基板を処理するための方法200を例示する概略流れ図である。方法200は、半径方向不均一性および非半径方向不均一性を包含する不均一性を低減するように構成される。一実施形態では、方法200は、本発明の実施形態に従う熱処理システムを使用して行われてもよい。

## 【 0 0 4 7 】

ボックス210では、処理されている基板は、図2の熱処理システム10などの熱処理

50

チャンバーに置かれてもよい。一実施形態では、基板を置くステップは、エッジリング上でロボットによって行われてもよい。

【0048】

ボックス220では、基板は、熱処理チャンバー内で回転される。

【0049】

ボックス230では、基板は、位相または振幅の1つによって調節できる1つまたは複数のパルス構成部品を有する加熱源によって加熱される。例となるパルス構成部品は、図2の補助加熱源51およびパルス53であってもよい。

【0050】

ボックス240では、基板の温度は、熱処理システム10のプロープ24などの、複数のセンサーを使用して測定されてもよい。基板が回転するとき、複数の位置は、特定のサンプリングレートを使用することによって測定されてもよい。

10

【0051】

ボックス250では、基板の温度マップは、ボックス240の測定結果から作成されてもよい。一実施形態では、温度マップは、図2のコントローラ52などのコントローラのソフトウェアによって作成されてもよい。

【0052】

ボックス260では、温度不均一性の特徴は、ボックス250で得られる温度マップから決定されてもよい。特徴は、高いおよび低い温度を持つ角度、その他などの、全体的な変化、加熱ゾーンに対応するゾーン間での変化、加熱ゾーン内での変化であってもよい。

20

【0053】

ボックス270では、1つまたは複数のパルス構成部品の位相および/または振幅は、温度変化を低減するために調節されてもよい。詳細な調節は、以下の図6A~6Eおよび図7A~7Eで述べられる。

【0054】

ボックス230、240、250、260および270は、処理が完了するまで繰り返し行われてもよい。

【0055】

図6Aは、基板304aのエッジ領域の方へ放射エネルギーを向けるように構成されるパルス状レーザー加熱源303の効果を示す概略プロットである。基板304aは、図2の加熱ランプアセンブリ16などの主加熱源、およびパルス状レーザー加熱源303によって加熱される。加熱源303は、図2の補助加熱源51と似ていてもよい。直線301は、加熱源303に対する基板304aの回転角を例示する。曲線302aは、加熱源303に供給される電力を例示する。

30

【0056】

加熱源303に供給される電力は、基板304aの回転周波数と同じ周波数を有する。したがって、基板が回転するとき、最高電力レベルは、回転が始まる前には加熱源303から約90度である位置307aの方へ繰り返し向けられる。同様に、最低電力レベルは、加熱源303から270度である位置305aに繰り返し向けられる。

【0057】

結果として、加熱源303に供給される電力は、低温度位置に追加の加熱を提供するために、低温度位置が加熱源303を通るときに電力のピークがぶつかるように調節されてもよい。

40

【0058】

加熱源303に供給される電力は、ここでは正弦波パルスとして例示されるけれども、任意の適したパルスが、適用されてもよい。

【0059】

加えて、加熱源303に供給される電力の周波数は、回転周波数と異なってもよい。例えば、電力周波数は、所望の目的を達成するために、半分、三分の一、または四分の一などの、回転周波数の分数であってもよい。

50

## 【 0 0 6 0 】

図 6 B は、加熱源が電力 3 0 2 b で給電されるときに基板 3 0 4 b の方へ放射エネルギーを向けるように構成されるパルス状レーザー加熱源 3 0 3 の効果を示す概略プロットである。最高電力レベルは、回転が始まる前には加熱源 3 0 3 から約 1 8 0 度である位置 3 0 7 b の方へ繰り返し向けられる。同様に、最低電力レベルは、加熱源 3 0 3 から 0 度である位置 3 0 5 b に繰り返し向けられる。

## 【 0 0 6 1 】

図 6 C は、加熱源が電力 3 0 2 c で給電されるときに基板 3 0 4 c の方へ放射エネルギーを向けるように構成されるパルス状レーザー加熱源 3 0 3 の効果を示す概略プロットである。最高電力レベルは、回転が始まる前には加熱源 3 0 3 から約 2 7 0 度である位置 3 0 7 c の方へ繰り返し向けられる。同様に、最低電力レベルは、加熱源 3 0 3 から 9 0 度である位置 3 0 5 c に繰り返し向けられる。

10

## 【 0 0 6 2 】

図 6 D は、加熱源が電力 3 0 2 d で給電されるときに基板 3 0 4 d の方へ放射エネルギーを向けるように構成されるパルス状レーザー加熱源 3 0 3 の効果を示す概略プロットである。最高電力レベルは、回転が始まる前には加熱源 3 0 3 から約 0 度である位置 3 0 7 d の方へ繰り返し向けられる。同様に、最低電力レベルは、加熱源 3 0 3 から 1 8 0 度である位置 3 0 5 d に繰り返し向けられる。

## 【 0 0 6 3 】

図 6 E ~ 6 F は、レーザー加熱源の位相および振幅を調節することによる均一性改善を概略的に例示する。図 6 E で示されるように、レーザー加熱源の位相および振幅を調節することがない状態では処理されている基板のエッジに沿って非半径方向不均一性がある。図 6 F は、位相および振幅調節がある状態で処理されている基板の温度マップを概略的に示す。非半径方向不均一性は、レーザー加熱源の位相を調節することによって実質的に低減される。

20

## 【 0 0 6 4 】

図 7 A は、3つのパルス状ゾーン 5 1 a、5 1 b、5 1 c を有する加熱ランプアセンブリ 1 6 a の概略上面図である。パルス状ゾーン 5 1 a は、基板のエッジの外側の領域に対応する領域に配置される複数の加熱要素 3 7 a を含む。各パルス状ゾーン 5 1 a、5 1 b、5 1 c の加熱要素は、対応する電力源の位相および振幅を調節することによって加熱ランプアセンブリ 1 6 a の他の加熱要素から独立して制御されてもよい。パルス状ゾーン 5 1 b は、基板のエッジに近い領域に対応する領域に配置される複数の加熱要素 3 7 a を含む。パルス状ゾーン 5 1 c は、基板の中間区分に近い領域に対応する領域に配置される複数の加熱要素を含む。ランプアセンブリ 1 6 a は、図 2 の熱処理システム 1 0 で使用されてもよい。

30

## 【 0 0 6 5 】

図 7 B は、パルス状ゾーン 5 1 c の効果を概略的に例示する。図 7 B で例示されるように、パルス状ゾーン 5 1 c の位相を調節することは、基板の中間領域内の温度変化を変えることができる。

## 【 0 0 6 6 】

図 7 C は、パルス状ゾーン 5 1 b の効果を概略的に例示する。図 7 C で例示されるように、パルス状ゾーン 5 1 b の位相を調節することは、基板のエッジ領域内の温度変化を変えることができる。

40

## 【 0 0 6 7 】

図 7 D は、パルス状ゾーン 5 1 a の効果を概略的に例示する。図 7 D で例示されるように、パルス状ゾーン 5 1 a の位相を調節することは、基板の傾斜エッジ領域内の温度変化を変えることができる。

## 【 0 0 6 8 】

図 7 E は、図 7 A のパルス状ゾーン 5 1 a の位相および振幅を調節する熱プロセスを示す概略プロットである。プロセスの間に、基板は、4 H z の周波数で回転している。温度

50

は、基板中心からエッジに対応する7つのパイロメーターを使って100Hzのサンプリング周波数で測定される。熱処理は、高い上昇および下降速度のスパイクアニールに類似している。

【0069】

曲線321は、基板の回転サイクルを反映する。曲線322は、パルス状ゾーン51aに供給される電力の位相および振幅を反映する。曲線323は、パルス状ゾーン51aにない加熱要素37aに供給される電力を反映する。曲線325は、異なる位置で異なるセンサーによって測定された温度を表示する。曲線324は、プロセスの間に基板を支持するエッジリングの温度を表示する。

【0070】

パルス状電力の振幅は、主電力と同期される。この構成は、主加熱アセンブリおよびパルス状ゾーンが同じ電力供給を使用することを可能にする。

【0071】

図8は、本発明の一実施形態に従う熱処理システム10<sub>b</sub>の概略側断面図である。

【0072】

熱処理システム10<sub>b</sub>は、加熱ランプアセンブリ16がチャンパー本体35の底部側に位置決めされ、一方反射体プレート27がチャンパーの上部に位置決めされることを除いて、熱処理システム10と似ている。

【0073】

熱処理システム10<sub>b</sub>の配置は、基板が裏側から加熱ランプアセンブリ16によって加熱されることを可能にする。基板12は、パターン化側を処理容積部14に配送される処理ガスにさらすために表を上に向ける必要がある。熱処理システム10<sub>b</sub>を使用する裏側加熱は、デバイス側のパターンに起因する温度変化を低減した。図10A~10Dは、裏側加熱の利点を例示する。

【0074】

図10Aは、チェッカー盤パターンを有するテスト基板401の概略上面図である。ブロック402は、1700オングストロームのシリコン酸化物によって覆われる。ブロック403は、570オングストロームの多結晶シリコンによって覆われる。

【0075】

図10Bは、図10Aのテスト基板に行われる熱プロセスを示す概略プロットである。線404は、加熱要素の平均温度を例示する。線405は、基板の平均温度を例示する。酸化シリコンが基板の裏側に形成されるように、酸素が、熱処理の間に流される。基板の裏側に作成される酸化シリコンの厚さは、基板の温度を反映する。

【0076】

図10Cは、テスト基板がパターン化側から加熱されるときにテスト基板の裏側酸化シリコンの厚さを示す曲線406の概略プロットである。酸化シリコン厚さの変化は、基板温度の変化を反映する。温度の変化は、パターンによる強い効果である。

【0077】

図10Dは、例えば図8の熱処理システム10<sub>b</sub>に似た熱処理システムを使用して、基板の非パターン化側を加熱することによる熱処理の間のテスト基板の直径を横断する酸化シリコン厚さを示す曲線407の概略プロットである。

【0078】

本発明の実施形態に従う温度制御方法はまた、処理の間に基板を支持するように構成されるエッジリングの温度を制御するために拡張されてもよい。

【0079】

図9は、本発明の一実施形態に従う熱処理チャンパー10<sub>c</sub>の概略側断面図である。熱処理チャンパー10<sub>c</sub>は、熱処理チャンパー10<sub>c</sub>がさらにエッジリング20のためのセンサー、加熱および冷却アセンブリを含むことを除いて、熱処理チャンパー10<sub>b</sub>と似ている。

【0080】

10

20

30

40

50

エッジリング20は、基板温度プロファイルを改善するために処理されている基板12の熱特性に従って、熱質量、放射率および吸収率などの熱特性を有するように設計されてもよい。エッジリング20の熱特性は、異なる材料、異なる厚さおよび異なる被覆物を選択することによって変更されてもよい。

【0081】

一実施形態では、主としてエッジリング20を加熱するように構成されるエッジリング加熱アセンブリ61は、加熱ランプアセンブリ16の加熱要素37の配列の外側に配置されてもよい。エッジリング加熱アセンブリ61は、エッジリング加熱アセンブリ61の加熱電力を調節できるコントローラ52に接続される。エッジリング加熱アセンブリ61は、加熱要素37の配列から独立して制御可能であり、それ故に基板12の温度から独立してエッジリング20の温度を制御する。

10

【0082】

熱処理システム10cはさらに、エッジリング20の近くで反射体プレート22の開口32に結合され、配置されるエッジリング熱プローブ63を含む。エッジリング熱プローブ63は、エッジリング20の温度または他の熱特性を測定するように構成されるパイロメーターであってもよい。エッジリング熱プローブ63は、エッジリング加熱アセンブリ61に接続されるコントローラ52と接続される。

【0083】

熱処理システム10cはさらに、エッジリング20に合わせて非半径方向温度変化を調節するように構成される補助加熱源67を含んでもよい。

20

【0084】

ガス噴出口65は、エッジリング20を冷却するためにエッジリング20の近くに配置されてもよい。一実施形態では、ガス噴出口65は、同じパージガス源66を共有してもよい。ガス噴出口65は、エッジリング20を冷却するためにエッジリング20に向けられ、ヘリウムなどの冷却ガスを放出してもよい。ガス噴出口65は、コントローラ52によって制御されてもよい弁68を通じてガス源66に接続されてもよい。したがって、コントローラ52は、エッジリング20の閉ループ温度制御にガス噴出口65の冷却効果を包含してもよい。

【0085】

センサー63からの測定結果は、基板12のための温度マップを作成するためにプローブ24を使用するのと似た方法でエッジリング20のための温度マップを作成するためであってもよい。方法200などの方法は、エッジリング加熱アセンブリ61、および/またはエッジリング20での不均一性を低減するための補助加熱源67の位相および/または振幅を調節するために使用されてもよい。加えて、ガス噴出口65からの冷却ガスの流量は、調節できる冷却を可能にするためにエッジリング20の回転角にしたがって調節されてもよい。

30

【0086】

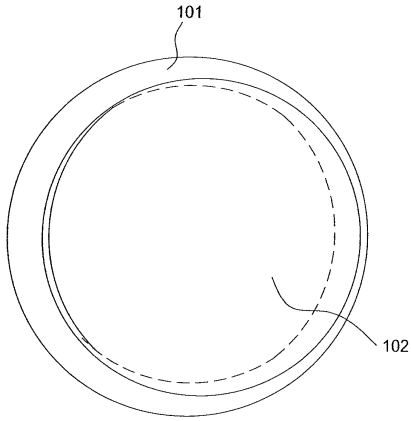
半導体基板の処理がこの出願で述べられるけれども、本発明の実施形態は、加熱されている物体の温度を制御するために任意の適した状況で使用されてもよい。本発明の実施形態はまた、冷却装置を制御する際の冷却プロセスに適用されてもよい。

40

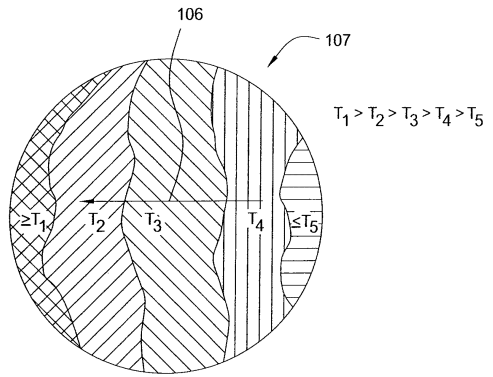
【0087】

先述のものは、本発明の実施形態を対象にするが、本発明の他のおよびさらなる実施形態が、本発明の基本的範囲から逸脱することなく考案されてもよく、本発明の範囲は、次に来る特許請求の範囲によって決定される。

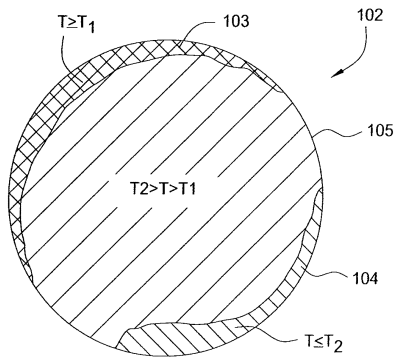
【図 1 A】



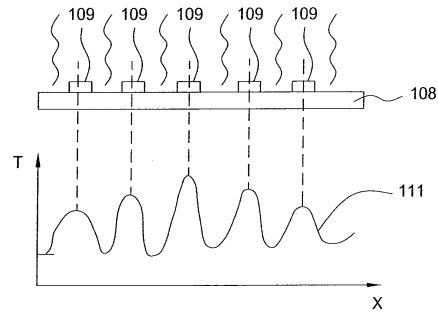
【図 1 C】



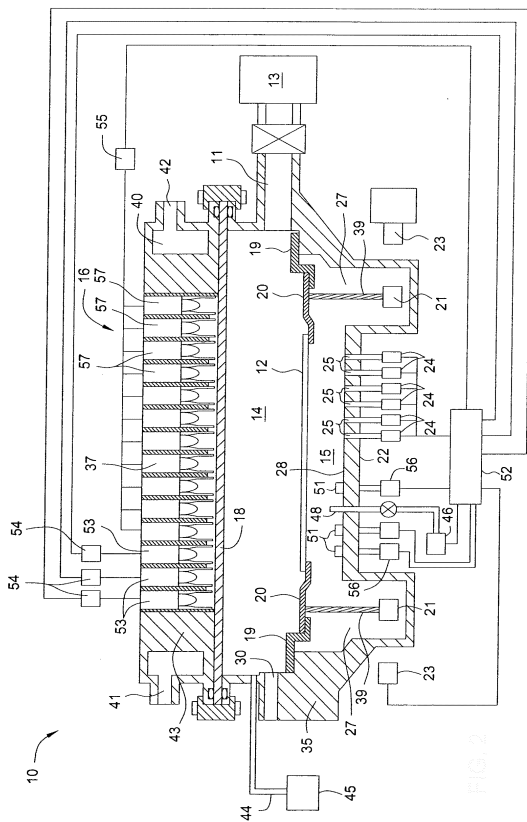
【図 1 B】



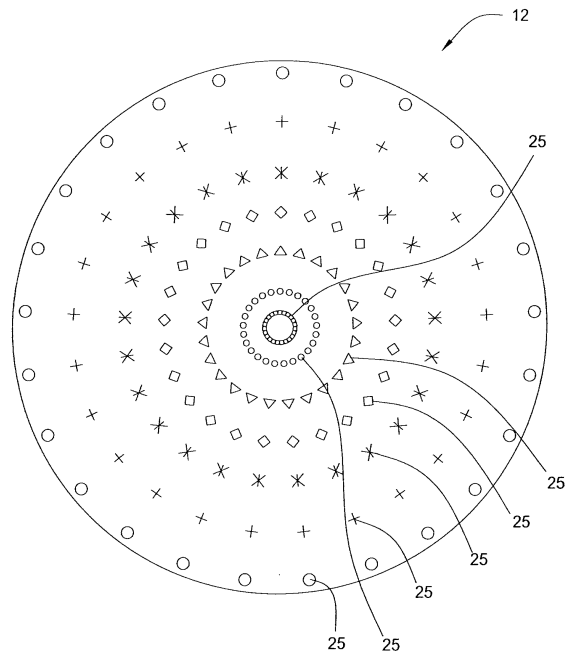
【図 1 D】



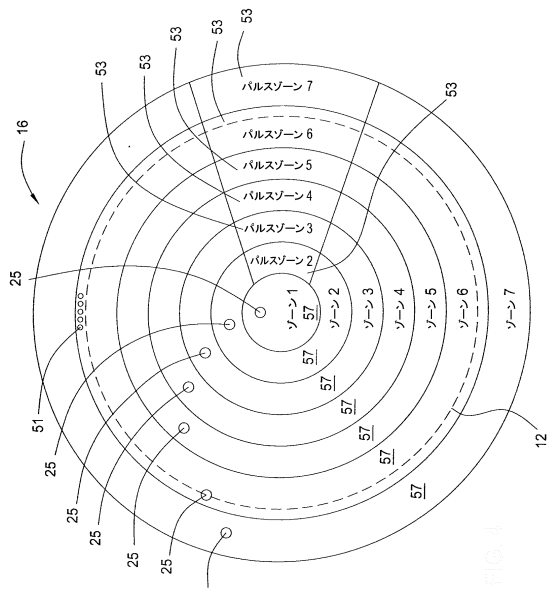
【図 2】



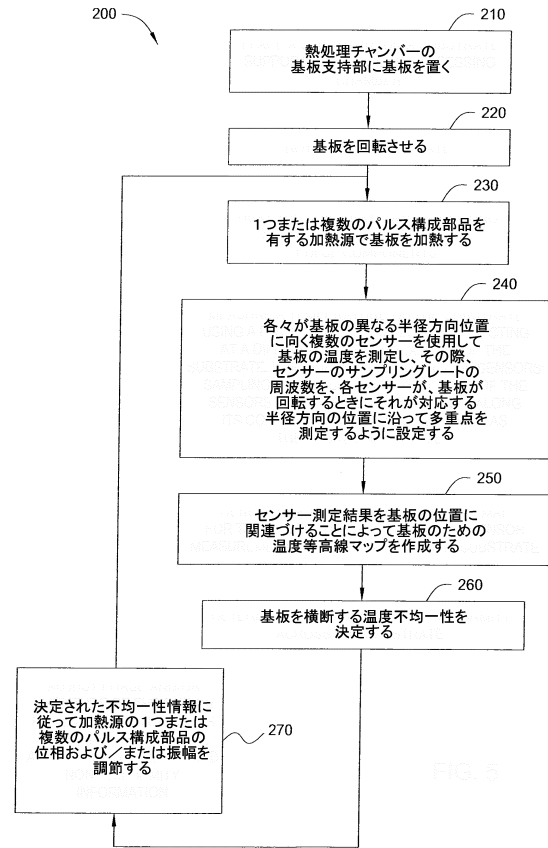
【図 3】



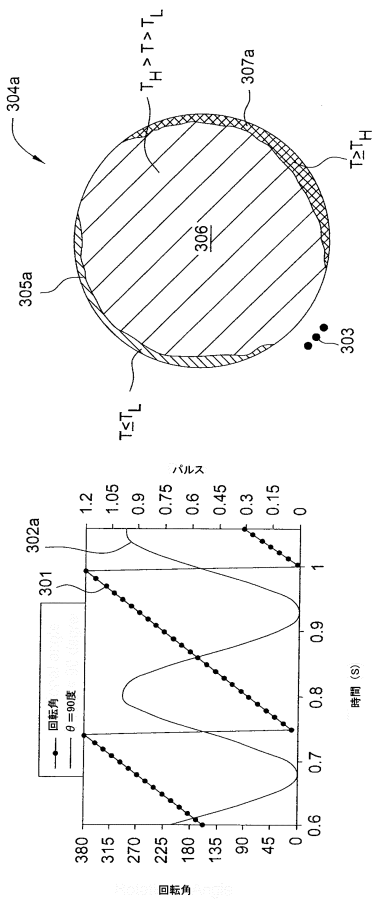
【図4】



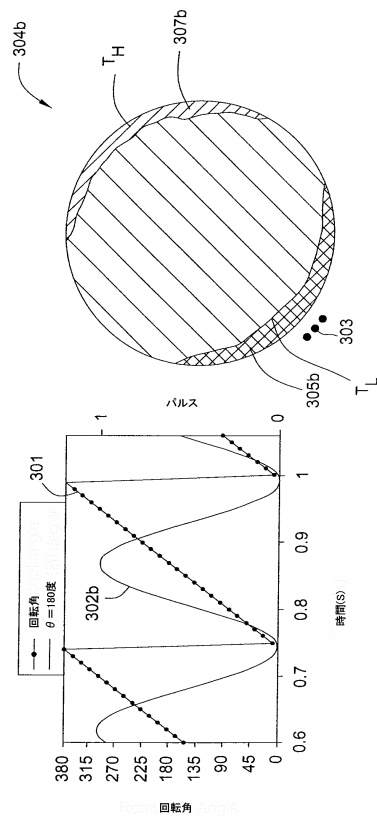
【図5】



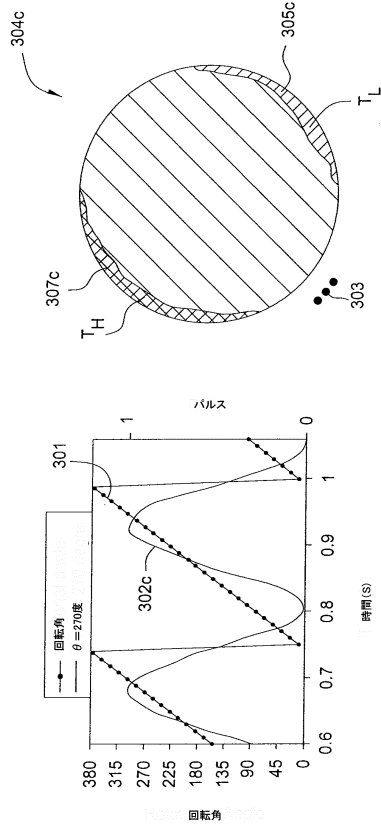
【図6A】



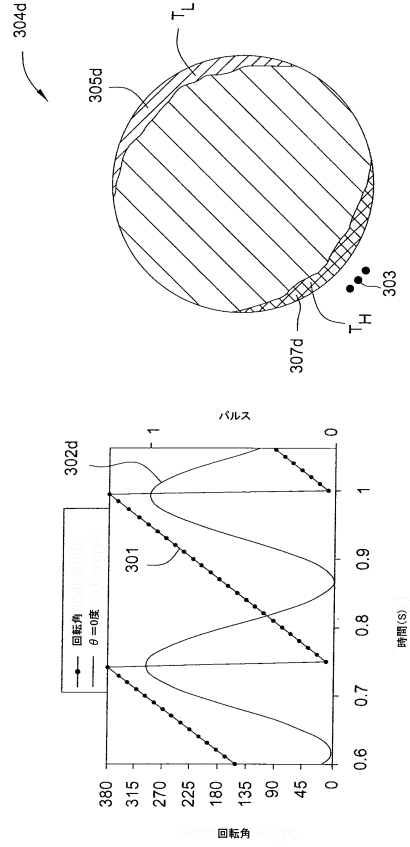
【図6B】



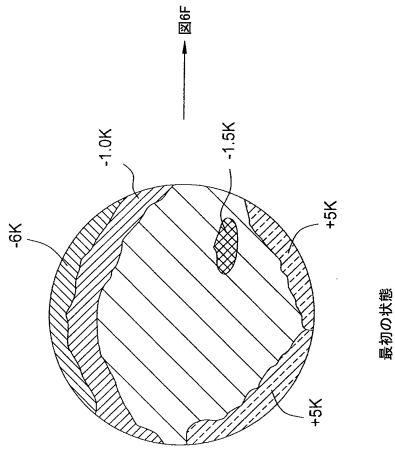
【図6C】



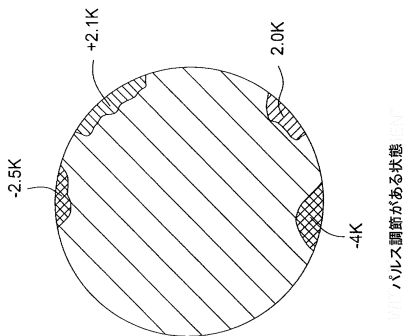
【図6D】



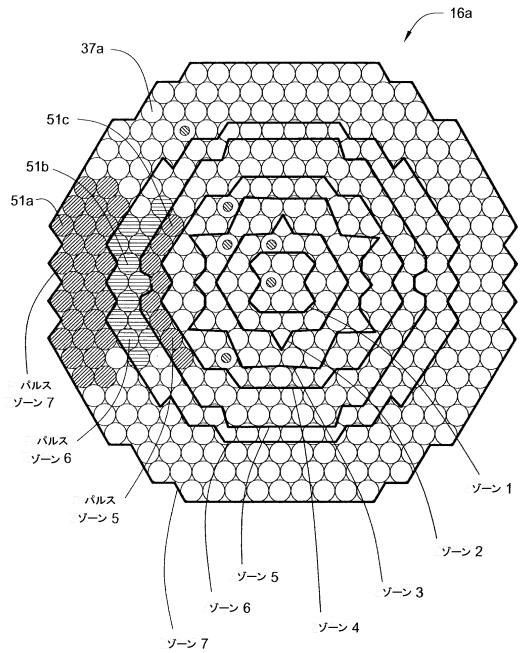
【図6E】



【図6F】

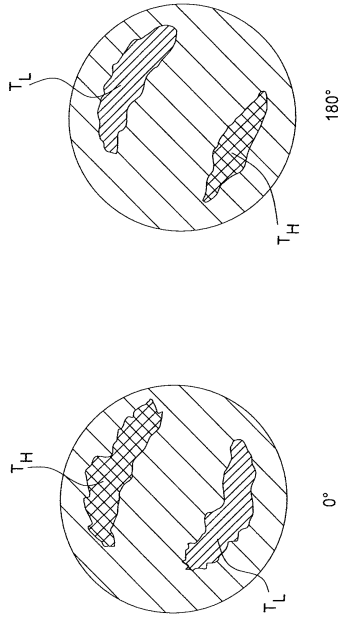


【図7A】

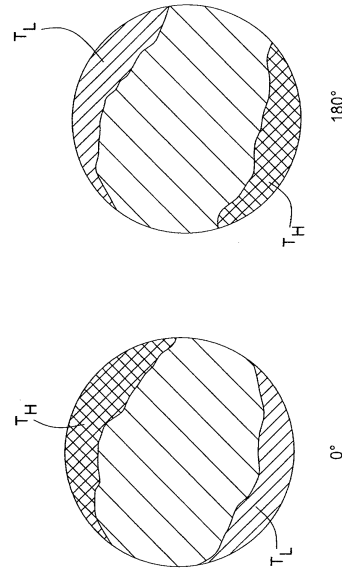




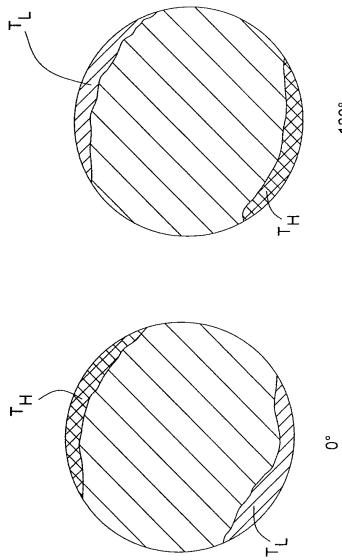
【図 7 B】



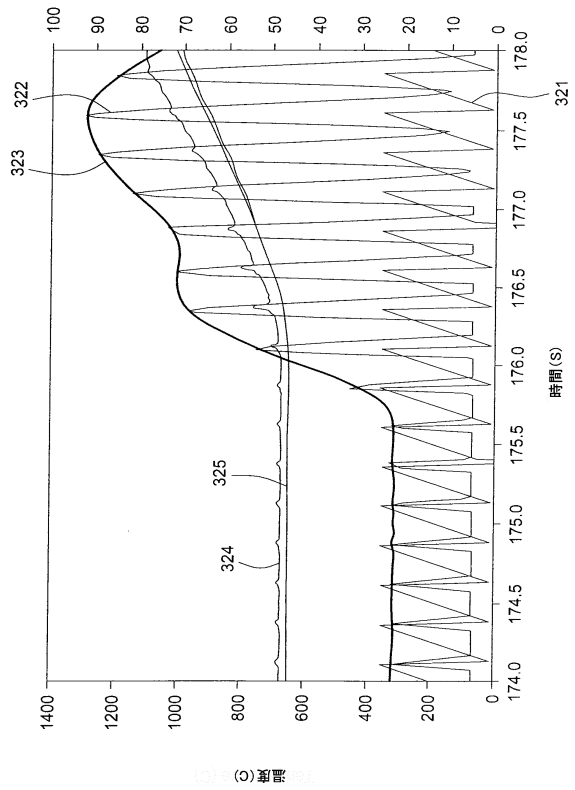
【図 7 C】



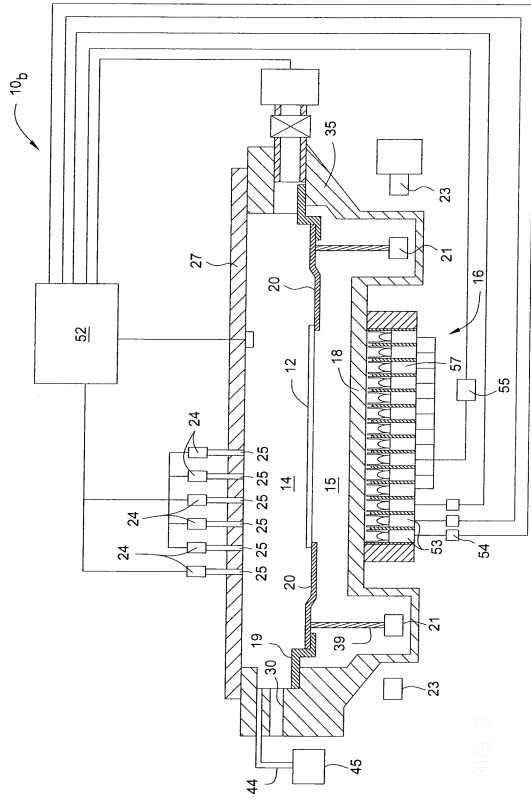
【図 7 D】



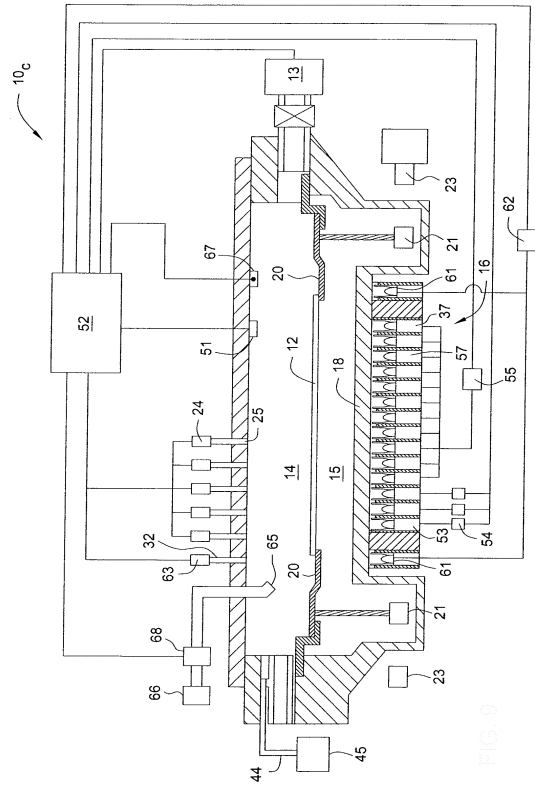
【図 7 E】



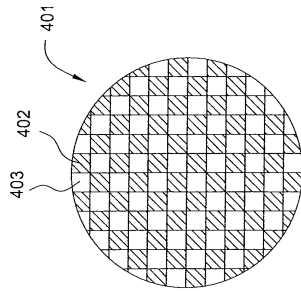
【図8】



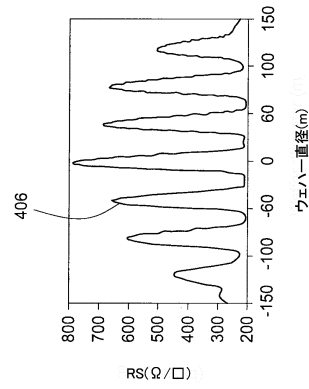
【図9】



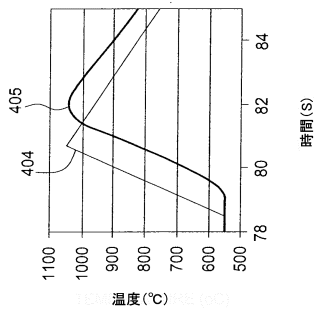
【図10A】



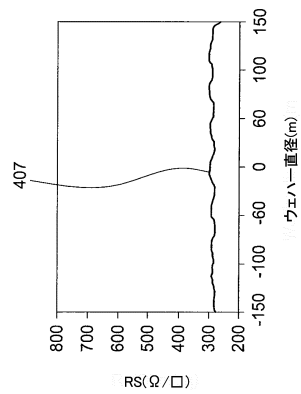
【図10C】



【図10B】



【図10D】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 エイダーホールド, ヴォルフガング, アール.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95014, クパチーノ, ヴァインヤード スプリング  
コート 11652
- (72)発明者 ハンター, アーロン  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95060, サンタ クルーズ, エメライン アヴェニュー  
- 430
- (72)発明者 ラニッシュ, ジョゼフ, アール.  
アメリカ合衆国 カリフォルニア 95117, サン ホセ, ウッドリーフ コート 375  
1

審査官 柴山 将隆

- (56)参考文献 国際公開第2007/114987(WO, A1)  
特開平11-097371(JP, A)  
特表2005-509281(JP, A)  
特開2003-077857(JP, A)  
特開2002-100582(JP, A)  
特開2009-231662(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/26