

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4549022号
(P4549022)

(45) 発行日 平成22年9月22日 (2010.9.22)

(24) 登録日 平成22年7月16日 (2010.7.16)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/02 Z
C 2 3 F 4/00 (2006.01)	C 2 3 F 4/00 A
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 1 O 1 G
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/68 R

請求項の数 22 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2002-586683 (P2002-586683)	(73) 特許権者	598161761
(86) (22) 出願日	平成14年4月23日 (2002.4.23)		ラム リサーチ コーポレイション
(65) 公表番号	特表2004-533718 (P2004-533718A)		アメリカ合衆国, カリフォルニア 945
(43) 公表日	平成16年11月4日 (2004.11.4)		38, フレモント, クッシング パークウ
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/012864		エイ 4650
(87) 国際公開番号	W02002/089531	(74) 代理人	100082005
(87) 国際公開日	平成14年11月7日 (2002.11.7)		弁理士 熊倉 禎男
審査請求日	平成17年4月25日 (2005.4.25)	(74) 代理人	100067013
(31) 優先権主張番号	09/846, 432		弁理士 大塚 文昭
(32) 優先日	平成13年4月30日 (2001.4.30)	(74) 代理人	100065189
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 穴戸 嘉一
(31) 優先権主張番号	10/062, 395	(74) 代理人	100082821
(32) 優先日	平成14年2月1日 (2002.2.1)		弁理士 村社 厚夫
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ワーク支持体の表面を横切る空間温度分布を制御する方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワークの所望温度以下の温度を有する温度制御型ベースと、
該ベース上に配置される断熱材の層と、を有し、前記断熱材は、0.05 W/mK から
0.20 W/mK の範囲の熱伝導率を有し、

ワークを支持する静電チャックを更に有し、前記チャックは、前記断熱材の層の上に配
置され、前記チャックは、前記断熱材の層によって前記ベースに結合され、処理中にプラ
ズマから進入する熱流束を受け入れ、

前記静電チャック内に埋設されたヒータを更に有し、前記ヒータおよび前記静電チャ
ックは、単一の平らな層を形成することを特徴とする支持体。

10

【請求項 2】

前記温度制御型ベースおよび前記断熱材の層は、複数の隣接する開口を更に有するこ
とを特徴とする請求項 1 に記載の支持体。

【請求項 3】

前記静電チャックとワークとの間に配置される熱伝導体を更に有することを特徴とする
請求項 1 に記載の支持体。

【請求項 4】

前記断熱材の層は、2 mm 以下の厚さを有することを特徴とする請求項 1 に記載の支持
体。

【請求項 5】

20

前記温度制御型ベースは、 20 以下の一定温度に維持されることを特徴とする請求項 4 に記載の支持体。

【請求項 6】

前記ヒータの出力は、 $3\text{ W} / \text{cm}^2$ であることを特徴とする請求項 5 に記載の支持体。

【請求項 7】

前記ヒータは、複数の平加熱要素を更に有することを特徴とする請求項 6 に記載の支持体。

【請求項 8】

前記複数の平加熱要素は、対応する複数の加熱ゾーンをワーク上に形成することを特徴とする請求項 7 に記載の支持体。

10

【請求項 9】

前記平加熱要素の各々の出力は独立的に制御されることを特徴とする請求項 8 に記載の支持体。

【請求項 10】

前記複数の加熱ゾーンに対応する複数のセンサを更に有し、各センサは、各加熱ゾーンの温度を表す信号を測定しかつ出力することを特徴とする請求項 9 に記載の支持体。

【請求項 11】

前記センサから前記信号を受け、各加熱ゾーンについての設定位置に基いて各平加熱要素の出力を調節するコントローラを更に有することを特徴とする請求項 10 に記載の支持体。

20

【請求項 12】

前記ヒータは、電気抵抗ヒータを更に有することを特徴とする請求項 6 に記載の支持体。

【請求項 13】

前記ヒータは、誘導ヒータを更に有することを特徴とする請求項 6 に記載の支持体。

【請求項 14】

前記ヒータは、加熱ランプを更に有することを特徴とする請求項 6 に記載の支持体。

【請求項 15】

前記ヒータは、複数の熱電モジュールを更に有することを特徴とする請求項 6 に記載の支持体。

30

【請求項 16】

多ゾーンを有するワークを横切る温度制御方法であって、該方法は、
ワークを支持体の頂面に当接させて保持する段階を有し、前記支持体は、
ワークの所望温度以下の温度を有する温度制御型ベースと、
該ベース上に配置される断熱材の層と、を有し、前記断熱材は、 $0.05\text{ W} / \text{m K}$ から $0.20\text{ W} / \text{m K}$ の範囲の熱伝導率を有し、
ワークを支持する静電チャックを更に有し、前記チャックは、前記断熱材の層の上に配置され、前記チャックは、前記断熱材の層によって前記ベースに結合され、処理中にプラズマから入って来る熱流束を受け入れ、

前記静電チャック内に埋設されたヒータを更に有し、前記ヒータおよび前記静電チャックは、単一の平らな層を形成し、

40

前記ワークを横切る温度を制御するために、それぞれの前記ヒータにより、ワークの各ゾーンを独立的に加熱する段階を更に有することを特徴とする、多ゾーンを有するワークを横切る温度制御方法。

【請求項 17】

多ゾーンの温度を、各ゾーンのセンサによりモニタリングする段階を更に有することを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

前記モニタリングに基いて各ゾーンの温度を調節する段階を更に有することを特徴とする請求項 17 に記載の方法。

50

【請求項 19】

前記ヒータは、電気抵抗ヒータを更に有することを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 20】

前記ヒータは、誘導ヒータを更に有することを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 21】

前記ヒータは、加熱ランプを更に有することを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 22】

前記ヒータは、複数の熱電モジュールを更に有することを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は基板支持体に関し、より詳しくは、プラズマ加工中に基板内に均一温度分布を達成する方法および装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般的なプラズマエッチング装置はリアクタを有し、該リアクタ内には、反応性ガス（単一または複数）が通って流れるチャンバが設けられている。ガスは、このチャンバ内で、一般に高周波エネルギーによりプラズマにイオン化される。高い反応性を有するプラズマガスのイオンは、集積回路（IC）に加工される半導体ウェーハの表面上のポリマーマスクのような材料と反応できる。エッチング前に、ウェーハは、チャンバ内に置かれかつチャックまたはホルダにより適正位置に保持されて、ウェーハの上面がプラズマガスに曝される。当該技術分野で知られている幾つかの形式のチャック（時として、サセプタとも呼ばれる）がある。チャックは、等温面を形成しかつウェーハのヒートシンクとして機能する。一形式では、半導体ウェーハは、機械的クランプ手段により、エッチングのための所定位置に保持される。他の形式のチャックでは、半導体ウェーハは、チャックとウェーハとの間で電界により発生される静電力により所定位置に保持される。本発明は両形式のチャックに適用できる。

20

【0003】

一般的なプラズマエッチング作業では、プラズマガスの反応性イオンが、半導体ウェーハの面上の材料の部分と化学的に反応する。ウェーハの或る程度の加熱は幾つかの方法によって行なわれるが、殆どの加熱はプラズマにより行われる。一方、ガス（イオンおよびラジカル）とウェーハ材料との化学反応は、ウェーハの温度上昇により或る程度まで加速される。局部的ウェーハ温度およびウェーハ上の各顕微鏡的箇所での化学反応は、ウェーハ表面を横切る温度が大きく変化する場合に、ウェーハ表面上の材料のエッチングの有害な不均一性が容易に生じる度合いに関係している。殆どの場合、エッチングはほぼ完全な度合いまで均一であることが望まれている。そうでなければ、製造される集積回路デバイスは、望まれる規格から外れた電子的特性をもつものになってしまうからである。また、ウェーハ直径が増大するにつれて、ICの各バッチの均一性を確保する問題は益々困難になる。他の場合には、カスタムプロファイルを得るには、ウェーハの表面温度を制御できることが望まれている。

30

40

【0004】

リアクティブ・イオンエッチング（reactive ion etching：RIE）中のウェーハの温度上昇の問題は良く知られており、これまで、エッチング中のウェーハの温度を制御する種々の試みがなされている。図1は、RIE中のウェーハ温度を制御する一方法を示すものである。クーラントガス（例えばヘリウム）が、ウェーハ104の下面と該ウェーハを保持するチャック106の頂部との間の単一狭空間内に、単一圧力で導入される。

【0005】

クーラントの漏洩を低減させるためチャック106の外縁部で1～5mmの長さで延び

50

ている円滑なシーリングランドを除き、一般に、チャックの周囲にはOリングその他のエッジシールは全く設けられていない。必然的に、エラストマーシールがなければ、シーリングランドを横切る漸増する圧力損失があるため、ウェーハ104の縁部の冷却が不十分になる。従って、ウェーハ104の縁部近くに衝突する熱は、該熱がチャックに有効に伝導される前に、半径方向内方に多量に流れなくてはならない。ウェーハ104の上方の矢印108は、ウェーハ104を加熱する進入熱流束を示す。ウェーハ104内の熱の流れが矢印110で示されている。これが、チャックの縁部領域が残りの表面よりも高温になり勝ちな理由である。図2には、ウェーハ104上の典型的な温度分布が示されている。ウェーハ104の周辺部での圧力損失により、ウェーハ104は、周辺部が非常に熱くなる。

10

【0006】

ゾーンクーリングの必要性に対処する一方法は、表面粗さを変えるか、レリーフパターンをカットして局部的接触領域を有効に変えることである。このようなスキームは裏面クーラントガスを全く使用することなく行なわれ、この場合には、接触領域、表面粗さおよびクランプ力が熱伝達を決定する。しかしながら、局部的接触領域は、チャックを機械加工し直さなくては調節できない。ゾーンクーリングに対処する他の方法は、圧力が変えられるクーラントガスを使用して熱伝達を増大させかつ微調節することである。しかしながら、レリーフパターンは依然として実質的に固定されたままである。仕切り部(dividers)として小さいシーリングランドを用いて(または用いることなく)チャックの表面を異なるゾーンに分割し、かつ各ゾーンに別々の冷却ガスを供給することにより、高度の独立空間制御を達成できる。各ゾーンへのガス供給は、異なる組成にするか異なる圧力に設定して、熱伝達を変えることができる。各ゾーンの作動制御は、配合調節により設定されるか、各加工段階中に動的に安定化される。このようなスキームは、プラズマからの進入熱流束を再分布させかつこれを異なる領域に抽出することに基いて定まる。これは高出力の熱流束には比較的有効であるが、低出力の熱流束には小さい温度差を与えることができるに過ぎない。例えば、約 1 W/cm^2 の均一熱流束および約 3 mm のシーリングランドで、中央部に、ウェーハ周辺部近くで $10\sim 30$ の温度上昇をもたらす縁部熱勾配を与えることができる。この大きさの熱勾配は、プロセス制御パラメータとして非常に有効である。しかしながら、他の加工例えば低出力でのポリゲート加工法は、僅かに 0.2 W/cm^2 の熱流束を有する。平均伝導が極めて小さくされない限り(これは、制御が極めて困難でかつ全体的冷却が不十分なものとなる)、一般に 5 以下の非常に小さい温度差になってしまうであろう。

20

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、大きいプラズマ熱流束を要せずして、リアクティブ・イオンエッチングおよび同様な加工法の間半導体ウェーハの温度を制御する方法および装置が要望されている。本発明の第一目的は、これらの要望を解決しかつ他の関連長所を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明によるプラズマ加工機のチャックは、温度制御型ベースと、断熱材と、平支持体と、ヒータとを有している。温度制御型ベースは、ワークの所望温度以下の温度を有する。温度制御型ベース上には断熱材が配置される。断熱材上には平支持体が配置され、該平支持体はワークを保持する。ヒータは、平支持体内に埋設されおよび/または平支持体の下面上に配置される。ヒータは、複数の対応加熱ゾーンを加熱する複数の加熱要素を有している。各加熱要素に供給される電力および/または各加熱要素の温度は独立的に制御される。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本願明細書に組込まれかつこの一部を形成する添付図面は、本発明の1以上の実施形態

50

を示しかつ詳細な説明と相俟って本発明の原理および実施を説明する機能を有している。

本発明の実施形態は、ワーク支持体の表面を横切る空間温度分布を制御する方法および装置に関連して説明する。当業者ならば、本発明の以下の詳細な説明は単なる例示であって、いかなる制限をも意味するものではないことが理解されよう。本発明の他の実施形態は、本願の開示に利益を有する当業者にとっては容易に示唆されるものである。本発明の実施には、添付図面に示されたものを詳細に参照されたい。全図面および以下の詳細な説明を通して、同じまたは同類の部品には同じ参照番号が使用されている。

【0010】

明瞭化の観点で、実施上の必ずしも全ての特徴が図示および説明されてはいない。このようなあらゆる実際上の実施を行なうに際し、用途への追従および商業上の拘束等の開発者の特定目的を達成するには実施する上での多くの特定決定を行なう必要があること、およびこれらの特定目的は一実施から他の実施へと、および一開発者から他の開発者へと変わることは、もちろん理解されよう。また、このような開発努力は複雑で時間を要するものであるが、本願開示の利益を有する当業者は工学的に事業化できるであろう。

【0011】

本発明の装置は、例えば5 を超える正確な大きい温度差を達成することを探求するものであるが、例えば 2 W/cm^2 以下のように、大きいプラズマ熱流束を必要としないものである。図3Aは、本発明の一実施形態によるワーク温度制御装置を示す概略側面図である。ベース302すなわち熱交換器が断熱材304を支持している。該断熱材304上には、好ましくは平支持体306が取付けられている。支持体306内には、ヒータ308が埋設されている。支持体306上には、ウェーハのようなワーク310が配置されている。熱伝導体312が、支持体306とワーク310との間の熱的密接を形成している。熱伝導体312は、ヘリウムのようなガスが好ましい。ヘリウム圧力は、ワーク310と支持体306との熱伝導を制御する。

【0012】

一実施形態によれば、ベース302は、冷却/加熱流体ループのような慣用の熱交換システムを通して比較的一定温度に維持される金属材料（好ましくはアルミニウムベースの冷却板）で構成される。他の実施形態によれば、ベース302は、窒化アルミニウムのような非金属材料で構成することもできる。しかしながら、ベース302は、ヒータ308を用いない標準的作動時におけるよりも大きく冷却されなければならない。例えば、ベース302の温度は、ワーク310の所望温度よりも10~50 低くすることができる。ベース302はまた、プラズマ加熱の場合の熱シンクを形成する。ベースプレート302の温度を維持するため、外部クーラント冷却器（図示せず）を使用することもできる。外部クーラント冷却器により除去される熱量およびクーラントの温度は、それぞれ、2000Wおよび-20 以下に制限できる。ベース302には、ヒータ用給電線312または他のサービスラインを配置するための幾つかの孔およびキャビティ（図示せず）を設けることができる。このようなサービスラインとして、ヒータ、センサ、高電圧静電クランプ用の給電線がある。当業者ならば、サービスラインは前掲のものに限定されないことは理解されよう。

【0013】

一実施形態によれば、断熱材304は、支持体306とベース302との間の大きい熱インピーダンス断熱層（thermal impedance break）として機能する。断熱材304は、ポリマー、プラスチックまたはセラミックで作られた厚いRTV接着層で構成できる。しかしながら、断熱材304の熱インピーダンス断熱層は、ウェーハ310の冷却が不十分になるほど過度のものであってはならない。例えば、断熱材は、約 $0.05\sim 0.20\text{ W/mK}$ の範囲の熱伝導率を有するのが好ましい。この場合、断熱材304は、耐熱要素として、および支持体306とベース302との接合材としての両機能を有する。また、断熱材304は、プラズマとベース304との間に十分なRFカップリングが維持されるものでなくてはならない。また、断熱材304は、層の上下に存在する異なる材料および温度による大きい熱-機械的剪断を許容できなくてはならない。一実施形態によれば、断熱

10

20

30

40

50

材 3 0 4 の厚さは 2 mm 以下にすべきである。断熱材 3 0 4 には、ヒータ用給電線 3 1 2 および他のサービスインを収容するための、ベース 3 0 4 のキャビティに隣接する幾つかのキャビティまたはバイア (vias) (図示せず) を設けることができる。

【 0 0 1 4 】

一実施形態によれば、支持体 3 0 6 はセラミック材料で構成される。セラミックは、例えばアルミナのような非導電性材料で形成できる。支持体 3 0 6 の形状は、プラズマエッチングシステムに一般的に使用されている慣用ディスクにするのが好ましい。ワーク 3 0 6 は慣用の静電チャックで構成するか、ウェーハ 3 1 0 を保持する機械的クランプを備えたセラミックで構成できる。一実施形態によれば、支持体 3 0 6 の厚さは約 2 mm である。しかしながら、当業者ならば、他の厚さも適していることは理解されよう。他の実施形態によれば、支持体 3 0 6 の構造は「ベースに接合された薄いディスク」であり、そうでなければ、側方熱伝導が非常に高くなり、ヒータ入力が側方に拡大されてゾーン分離が非効率的になってしまう。支持体は、熱を局部的に散逸させることができる。

10

【 0 0 1 5 】

ヒータ 3 0 8 は、少なくとも 1 つの抵抗要素を有している。一実施形態によれば、ヒータ 3 0 8 は、クランプ電極平面の下で支持体 3 0 6 内に埋設でき、かつ例えば対称的または任意の所望パターンの形状にすることができる。ヒータ 3 0 8 は、1 以上の平加熱要素で構成することもできる。各加熱要素は、独立的に制御される加熱ゾーンまたは領域を形成する。多ゾーンパターンは、支持体 3 0 6 への伝導冷却 (conduction cooling) とは逆に作用する 1 以上の平加熱要素を有している。各加熱ゾーンに関連するセンサ 3 0 9 は、各加熱ゾーンの温度を測定しかつ信号をコントローラまたはコンピュータ (図 7 参照) に送って、個々の平加熱要素をモニタしかつ制御する。例えば、赤外線放射センサまたは熱電対センサ等のセンサは、ワーク 3 1 0 から直接読取りできるようにポートを通して取付けることができる。センサ 3 0 9 は支持体 3 0 6 内または背面に取付けることもできる。ヒータ 3 0 8 には、断熱材 3 0 4 およびベース 3 0 2 の開口を通して配置される給電線 3 1 2 により給電できる。

20

【 0 0 1 6 】

一実施形態によれば、ヒータ 3 0 8 は誘導ヒータで構成される。他の実施形態によれば、ヒータ 3 0 8 は、クリプトンランプまたは石英ランプ等の加熱ランプで構成される。更に別の実施形態によれば、ヒータ 3 0 8 は、冷却または加熱が可能な熱電モジュールで構成できる。熱電モジュールを用いる場合には、ベースまたは断熱層は任意に構成できる。当業者ならば、支持体 3 0 6 を加熱するのに他の多くの方法があることは理解されよう。

30

【 0 0 1 7 】

図 3 B には、本発明の他の実施形態が示されている。図 3 B の実施形態では、ヒータ 3 0 8 は、薄膜ヒータのような蝕刻箔技術で形成される。ヒータ 3 0 8 はワーク支持体 3 0 6 内に埋設するか、ワーク支持体 3 0 6 の背面上に取付けることができる (図示せず)。断熱材 3 0 4 と支持体 3 0 6 との間および断熱材 3 0 4 とベース 3 0 2 との間には、ポリマーのような接合層 (図示せず。各層の厚さは例えば 0.003 インチである) が配置される。

【 0 0 1 8 】

40

図 3 C は、図 3 A の装置における熱流量力学を示す簡単化された概略図である。進入するプラズマ熱流束 Q_1 は、ウェーハ 3 1 0 の表面上の温度 T_1 に寄与する。ヒータ 3 0 8 は、ウェーハ 3 1 0 に熱 Q_3 を供給する。ワーク支持体 3 0 6 を通り冷却されたベース 3 0 2 に入る、システムからの外出熱流束 Q_2 は、進入熱流束 Q_1 および Q_3 の合計にほぼ等しく、従って次式のように表される。

$$Q_1 + Q_3 = Q_2$$

定義により、ウェーハ 3 1 0 の温度 T_1 と、断熱材 3 0 4 を通る温度 T との合計は、冷却されたベース 3 0 2 の温度 T_2 に等しい。

$$T_1 = T_2 + T$$

T は、断熱材 3 0 4 の熱伝導率により定められることに留意されたい。かくして、ヒ

50

ータ308により発生される進入熱流束 Q_3 は T を制御する。従って、ヒータ308の出力は、 Q_1 の範囲でウェーハの表面上に所望温度 T_1 が得られるように調節される。

【0019】

好ましくは、ベース302の温度は、進入熱流束 Q_1 が存在せず、かつ最大熱流束 Q_3 が最大熱流束 Q_1 にほぼ等しいとき、最大進入熱流束 Q_3 の約 $1/2$ の外出熱流束 Q_2 を発生するように設定される。すなわち、

$Q_1 = 0$ でありかつ $Q_3_{max} = Q_1_{max}$ であるとき、

$Q_2 = 1/2 \cdot Q_3_{max}$

【0020】

この好ましいスキームでは、 T_1 が変化できる範囲は最大化される。すなわち、ウェーハの局部的温度は、ヒータ308のゾーンの加熱出力を制御することにより調節できる。一実施形態によれば、ベース302の温度すなわちクーラント温度は、最大値 Q_1 と最大値 Q_3 との合計が最大値 Q_2 に等しくなる慣用装置よりも約20%低く設定される。

ここで図4Aの概略側面図を参照すると、ここには、本発明の他の実施形態に従ってワークの温度を制御する一体型単一平層電極/ヒータを備えた装置が示されている。ベース402は断熱材404を支持している。断熱材404上には平支持体406が取付けられている。一実施形態によれば、平支持体406は内側スパイラル408および外側スパイラル410を有し、これらの両スパイラル408、410は、ワークおよびワークをクランプする電極を加熱するヒータとして使用される。両ヒータおよび電極は、平支持体406により表される単一平層構造を形成するように一体化されている。図4Bは平支持体406の平面図である。内側スパイラル408と外側スパイラル410の間には差動高電圧HV412が印加され、平支持体406の静電クランプ機能を発生させる。差動高電圧HV412がアース(接地)に対して内側スパイラル408および外側スパイラル410の両者に印加される場合には、平支持体406は単極静電チャックとして機能する。差動高電圧HVが内側スパイラル408と外側スパイラル410の間に印加される場合には、平支持体406は双極チャックとして機能する。内側コイル408には第一制御電源414が接続され、第一加熱ゾーンを発生させる。外側コイル410には第二制御電源414が接続され、第二加熱ゾーンを発生させる。

【0021】

図5は、本発明の他の実施形態による側方断熱層(lateral thermal break)アプローチを用いたワーク温度制御装置を示す概略側面図である。直接電気加熱または異なる温度のクーラントを用いる代わりに二重または多重マニホールドヒートシンクを用いて、温度制御された流体を循環させることができる。温度制御されるベース502が、断熱材(例えばセラミック)504を支持する。平支持体506がワーク508の支持体を形成する。ベース502は、断熱材510により、2以上のゾーンに方位角的に分離されており、各ゾーンがヒートシンクを表している。矢印は異なるヒートシンクゾーンを表している。より詳しくは、側方断熱層510が、ヒートシンクを2以上のサーマルゾーン、例えばゾーン T_1 、 T_2 に分離している。各サーマルゾーンの温度は、各流体ループ内の流体温度を制御することにより独立的に制御できる。このような断熱層510の使用により、任意の空間ゾーンを考慮に入れることができる。

【0022】

図6は、本発明の一実施形態によるチャックの温度を制御する方法を示すフローチャートである。より詳しくは、図6は、2つの別個のサーマルゾーンを備えたチャックの温度制御方法を示すものである。当業者ならば、本発明の方法が1以上のサーマルゾーンを有するチャックに適用できることが理解されよう。第一ブロック602では、第一組のセンサを用いて第一ゾーンの温度が測定される。これらの測定値に基づいて、ブロック604では、第一ゾーンの温度に影響を与える加熱要素の出力を制御して、第一ゾーンの温度を、ユーザおよび/またはコンピュータにより設定された温度に調節する。第二ブロック606では、第二組のセンサを用いて第二ゾーンの温度が測定される。これらの測定値に基づいて、ブロック608では、第二ゾーンの温度に影響を与える加熱要素の出力を制御して、

10

20

30

40

50

第二ゾーンの温度を、ユーザおよび/またはコンピュータにより設定された温度に調節する。

【0023】

図7は、本発明の一実施形態によるチャックの温度制御システムを示す概略図である。ユーザ702はコンピュータ704に1組のパラメータを入力する。このようなパラメータの組として、例えば、チャックの第一ゾーンの所望温度およびチャックの第二ゾーンの所望温度がある。当業者ならば、チャックに1以上のゾーンを設けることができることは理解されよう。コンピュータ704は、図6のアルゴリズム、コンピュータ704の入力および出力を記憶している記憶要素706と通信する。第一組のセンサ708がチャックの第一ゾーンを測定し、第二組のセンサ710がチャックの第二ゾーンを測定する。第一組のセンサ708の温度測定値に基いて、コンピュータ704は、第一組の加熱要素712を制御してチャックの第一ゾーンの温度を調節する。第二組のセンサ710の温度測定値に基いて、コンピュータ704は、第二組の加熱要素714を制御してチャックの第二ゾーンの温度を調節する。

10

【0024】

静電チャック上のウェーハの温度分布を制御する上記方法は、誘導結合プラズマ(Inductive Coupled Plasma: ICP)加工機での適用に適しているだけでなく、特に、ウェーハへの低プラズマ出力熱流束を必要とする他の任意のシステムへの用途にも適している。この技術は、本発明の技術は、熱勾配を形成する必要性が存在する他の任意の用途に適用できる。

20

【0025】

以上、本発明の実施形態および用途を図示しかつ説明したが、本願開示の利益を有する当業者ならば、本発明の概念から逸脱することなく、上記以外の多くの変更形態を想到し得ることは明白である。従って本発明は、特許請求の範囲に記載の精神を除き、いかなる制限を受けるものではない。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】従来技術による加工中にウェーハを保持する支持体を示す概略側面図である。

【図2】従来技術による図1の装置でのウェーハの温度およびクーラントの圧力を示すプロットである。

30

【図3A】本発明の一実施形態によるワーク温度制御装置を示す概略側面図である。

【図3B】本発明の他の実施形態によるワーク温度制御装置を示す概略側面図である。

【図3C】図3Aの装置での熱流量力学の単純化した概略図である。

【図4A】本発明の他の実施形態によるワーク温度制御のための一体型単一平層電極/ヒータを備えた装置を示す概略側面図である。

【図4B】本発明の他の実施形態によるワーク温度制御のための一体型単一平層電極/ヒータを備えた装置を示す概略平面図である。

【図5】本発明の他の実施形態による側方断熱層アプローチを用いたワーク温度制御装置を示す概略側面図である。

【図6】本発明の一実施形態によるチャックの温度制御方法を示すフローチャートである

40

【図7】本発明の一実施形態によるチャックの温度制御システムを示す概略図である。

【符号の説明】

【0027】

302 ベース

304 断熱材

306 支持体

308 ヒータ

310 ワーク(ウェーハ)

412 差動高電圧

50

- 4 1 4 第一ヒータ電源
- 4 1 6 第二ヒータ電源

【図1】

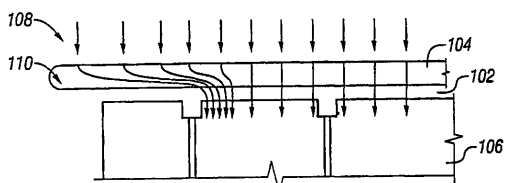


FIG. 1
(従来技術)

【図2】

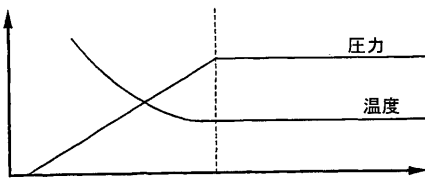


FIG. 2
(従来技術)

【図3A】

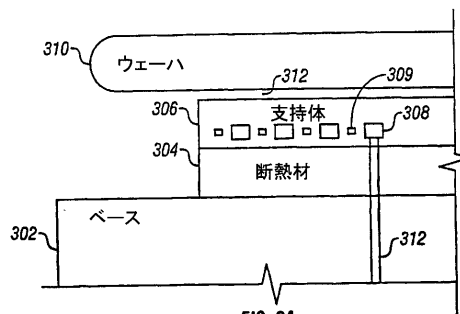


FIG. 3A

【図3B】

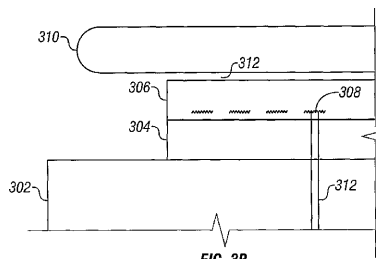


FIG. 3B

【図3C】

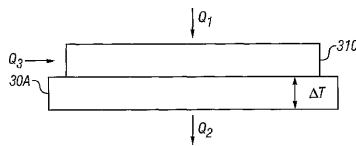


FIG. 3C

【図4A】

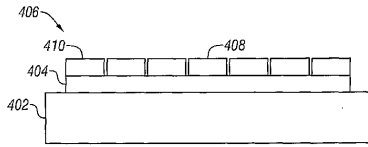


FIG. 4A

【図4B】

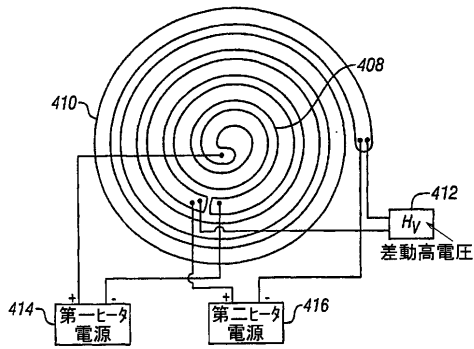


FIG. 4B

【図6】

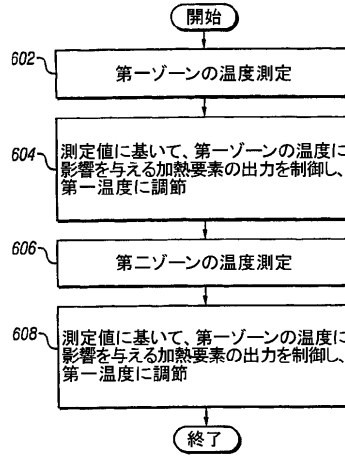


FIG. 6

【図5】

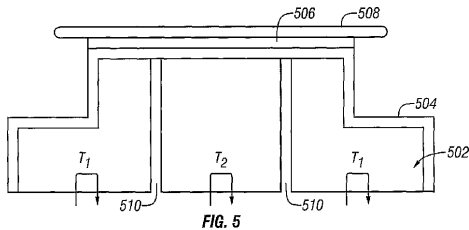


FIG. 5

【図7】

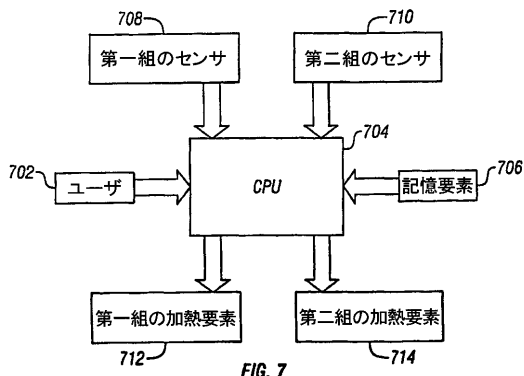


FIG. 7

フロントページの続き

(74)代理人 100103609

弁理士 井野 砂里

(72)発明者 ベンジャミン ネイル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94303 イースト パロ アルト グリーン ストリー
ト 216

(72)発明者 スティーガー ロバート

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94024 ロス アルトス #307 ホームステッド
コート 2240

審査官 大嶋 洋一

(56)参考文献 特開2001-203257(JP,A)

特開2000-174106(JP,A)

特開平11-145225(JP,A)

特開平11-145271(JP,A)

特開平11-087481(JP,A)

特開平08-148549(JP,A)

特開平04-186653(JP,A)

特開平03-108323(JP,A)

特開昭61-280613(JP,A)

米国特許第05854468(US,A)

米国特許第05294778(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/02

C23F 4/00

H01L 21/3065

H01L 21/683