

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-522446

(P2008-522446A)

(43) 公表日 平成20年6月26日(2008.6.26)

(51) Int.Cl.

H01L 21/3065 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)

F 1

H01L 21/302 101G
H01L 21/68 R

テーマコード(参考)

5FO04
5FO31

審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2007-544574 (P2007-544574)
 (86) (22) 出願日 平成17年12月1日 (2005.12.1)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年8月1日 (2007.8.1)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2005/043801
 (87) 國際公開番号 WO2006/068805
 (87) 國際公開日 平成18年6月29日 (2006.6.29)
 (31) 優先権主張番号 11/004,179
 (32) 優先日 平成16年12月2日 (2004.12.2)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(71) 出願人 598161761
 ラム・リサーチ・コーポレイション
 アメリカ合衆国、カリフォルニア 945
 38, フレモント、クッシング・パークウ
 エイ 4650
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 賢男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100065189
 弁理士 宍戸 嘉一
 (74) 代理人 100088694
 弁理士 弟子丸 健
 (74) 代理人 100103609
 弁理士 井野 砂里

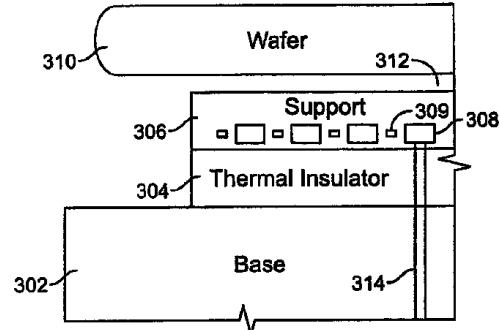
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】空間温度分布の制御方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】反応性イオンエッティング及び同様な加工中半導体ウェーハの温度を制御する方法及び装置を提供する。
 【解決手段】プラズマ加工装置用のチャックは、温度制御式ベースと、断熱材と、フラット支持体と、加熱器とを含む。温度制御式ベースは、操作中、加工物の望ましい温度以下の温度に制御される。断熱材は、温度制御式ベースの少なくとも一部分に上に配置される。フラット支持体は、加工物を保持し且つ断熱材の上に配置される。加熱器は、フラット支持体内に埋め込まれ及び又はフラット支持体の下側に取り付けられる。加熱器は、複数の対応する加熱ゾーンを加熱する複数の加熱素子を含む。各加熱素子に供給される電力及び又は各々の加熱素子の温度は、独立に制御される。加熱器及びフラット支持体は、毎秒少なくとも 1 の組合せ温度割合変化を有する。

【選択図】図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

プラズマ処理装置用のチャックであって、
加工物の所望温度以下の温度を有する温度制御式ベースと、
上記ベースの上に配置された断熱材料の層と、
上記断熱材料の層の上に配置され、上記加工物を保持するための平坦支持体と、
上記平坦支持体の下側に結合され、上記平坦支持体の複数の加熱領域に対応する複数の平面加熱素子を含む加熱器と、を含み、
上記加熱器は、毎秒少なくとも 1 の温度割合変化を有する、上記チャック。

【請求項 2】

各々の平面加熱素子に供給される電力は、独立に制御される、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 3】

上記平坦支持体と上記加工物との間に配置された熱導体を更に含む、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 4】

上記温度制御式ベースは、20 以下の一定温度に維持される、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 5】

上記複数の加熱領域と対応する複数のセンサを更に含み、各センサは、対応する加熱領域の温度を測定し、且つ該温度を表す信号を送信する、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 6】

上記センサから上記信号を受信し且つ加熱領域毎にセットポイントに基づいて各平面加熱素子の電力を調整するためのコントローラを更に含む、請求項 5 に記載のチャック。

【請求項 7】

上記加熱器は、複数の電気抵抗加熱器を含む、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 8】

上記加熱器は、複数の誘導加熱器を含む、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 9】

上記加熱器は、複数の加熱ランプを含む、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 10】

上記加熱器は、複数の熱電気モジュールを含む、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 11】

上記平坦支持体は、静電気チャックを含む、請求項 1 に記載のチャック。

【請求項 12】

プラズマ処理装置用のチャックであって、
加工物の所望温度以下の温度を有する温度制御式ベースと、
上記ベースの上に配置された断熱材料の層と、
上記断熱材料の層の上に配置され、上記加工物を保持するための平坦支持体と、
上記平坦支持体内に埋め込まれ、上記平坦支持体の複数の加熱領域に対応する複数の平面加熱素子を含む加熱器と、を含み、

上記加熱器及び上記平坦支持体の温度は、毎秒少なくとも 1 の変化が可能であるように構成される、上記チャック。

【請求項 13】

各々の平面加熱素子の電力は、独立に制御される、請求項 12 に記載のチャック。

【請求項 14】

上記平坦支持体と上記加工物との間に配置された熱導体を更に含む、請求項 12 に記載のチャック。

【請求項 15】

上記温度制御式ベースは、20 以下の一定温度に維持される、請求項 12 に記載のチ

10

20

30

40

50

ヤック。

【請求項 1 6】

上記複数の加熱領域に対応する複数のセンサを更に含み、各センサは、対応する加熱領域の温度を測定し、該温度を表す信号を送信する、請求項 1 2 に記載のチャック。

【請求項 1 7】

上記センサから上記信号を受信し且つ加熱領域毎にセットポイントに基づいて各々の平面加熱素子の電力を調整するためのコントローラを更に含む、請求項 1 6 に記載のチャック。

【請求項 1 8】

上記加熱器は、複数の電気抵抗加熱器を含む、請求項 1 6 に記載のチャック。

10

【請求項 1 9】

上記加熱器は、複数の誘導加熱器を含む、請求項 1 6 に記載のチャック。

【請求項 2 0】

上記加熱器は、複数の加熱ランプを含む、請求項 1 6 に記載のチャック。

【請求項 2 1】

上記加熱器は、複数の熱電気モジュールを含む、請求項 1 6 に記載のチャック。

【請求項 2 2】

上記平坦支持体の厚み、上記加熱器の電力密度、及び上記断熱材料の層の熱抵抗は、上記平坦支持体に、毎秒少なくとも 1 の温度変化を可能にする、請求項 1 6 に記載のチャック。

20

【請求項 2 3】

上記平坦支持体は、静電気チャックを含む、請求項 1 6 に記載のチャック。

【請求項 2 4】

加工物を横切る空間温度を制御するための方法であつて、

加工物の温度以下である一定温度に維持され、上に取り付けられた断熱材料の層を有する、ベースを用意し、

上記加工物を複数の空間領域を有し、上記断熱材料の層の上に取り付けられた、平坦支持体の上面に保持し、

上記平坦支持体の各空間領域を上記平坦支持体の下側に取り付けられた複数の加熱器で独立に加熱し、

30

エッティング加工中上記平坦支持体の少なくとも一つの空間領域の温度を毎秒少なくとも 1 の割合変える、上記方法。

【請求項 2 5】

上記複数の空間領域の温度を各領域に配置されたセンサで監視することを更に含む、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 6】

上記監視に基づいて各空間領域の温度を調整することを更に含む、請求項 2 5 に記載の方法。

【請求項 2 7】

上記複数の加熱器は、複数の電気抵抗加熱器からなる、請求項 2 4 に記載の方法。

40

【請求項 2 8】

上記複数の加熱器は、複数の誘導加熱器からなる、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 2 9】

上記複数の加熱器は、複数の加熱ランプからなる、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 3 0】

上記複数の加熱器は、複数の熱電気モジュールからなる、請求項 2 4 に記載の方法。

【請求項 3 1】

加工物を横切る空間温度を制御するための方法であつて、

加工物の温度以下である一定温度に維持され、上に取り付けられた断熱材料の層を有するベースを用意し、

50

複数の空間領域を有し、上記断熱材料の層の上に取り付けられた平坦支持体の上面に上記加工物を保持し、

上記平坦支持体の各空間領域を上記平坦支持体内に埋め込まれた複数の加熱器で独立に加熱し、

エッティング加工中上記平坦支持体の少なくとも一つの空間領域の温度を毎秒少なくとも1%の割合で変える、上記方法。

【請求項32】

上記複数の空間領域の温度を各領域に配置されたセンサで監視することを更に含む、請求項31に記載の方法。

【請求項33】

上記監視に基づいて各空間領域の温度を調整することを更に含む、請求項32に記載の方法。

【請求項34】

上記複数の加熱器は、複数の電気抵抗加熱器からなる、請求項31に記載の方法。

【請求項35】

上記複数の加熱器は、複数の誘導加熱器からなる、請求項31に記載の方法。

【請求項36】

上記複数の加熱器は、複数の加熱ランプからなる、請求項31に記載の方法。

【請求項37】

上記複数の加熱器は、複数の熱電気モジュールからなる、請求項31に記載の方法。

【請求項38】

加工物を横切る空間温度を制御するための装置であって、

上記加工物の温度以下である一定温度に維持され、上に取り付けられた断熱材料の層を有するベースを用意するための手段と、

複数の空間領域を有し、上記断熱材料の層の上に取り付けられた平坦支持体の上面に上記加工物を保持するための手段と、

上記平坦支持体の各空間領域を該平坦支持体の下側に取り付けられた複数の加熱器で独立に加熱するための手段と、

エッティング加工中上記平坦支持体の少なくとも一つの空間領域の温度を毎秒少なくとも1%の割合で変えるための手段と、を含む上記装置。

【請求項39】

加工物を横切る空間温度を制御するための装置であって、

上記加工物の温度以下である一定温度に維持され、上に取り付けられた断熱材料の層を有するベースを用意するための手段と、

複数の空間領域を有し、上記断熱材料の層の上に取り付けられた平坦支持体の上面に上記加工物を保持するための手段と、

上記平坦支持体の各空間領域を該平坦支持体内に埋め込まれた複数の加熱器で独立に加熱するための手段と、

エッティング加工中上記平坦支持体の少なくとも一つの空間領域の温度を毎秒少なくとも1%の割合で変えるための手段と、を含む上記装置。

【請求項40】

プラズマ処理装置用の加工物チャック組立体制であって、

少なくとも第1の部分及び第2の部分を含む、少なくとも二つの部分に、少なくとも一つの横方向サーマルブレークによって熱的に分離された単一ピースのベース素子と、

上記第1の部分及び上記第2の部分の上に配置されたウェーハ支持体素子と、を含み、

上記ウェーハ支持体は、上記ベースの上記第1の部分の上に配置された上記加工物の温度に影響を及ぼすように構成される少なくとも第1の熱素子と、上記ベースの上記第2の部分の上に配置された上記加工物の温度に影響を及ぼす第2の熱素子とを含む、チャック組立体制。

【請求項41】

10

20

30

40

50

上記第1の熱素子及び上記第2の熱素子は、ほぼ平坦である、請求項40に記載のチャック組立体。

【請求項42】

上記第1の熱素子及び上記第2の熱素子は、コイルの形状に配置される、請求項40に記載のチャック組立体。

【請求項43】

上記第1の熱素子は、複数の連続的に結合された抵抗素子からなる、請求項40に記載のチャック組立体。

【請求項44】

上記ベース素子と上記ウェーハ支持体素子との間に配置された絶縁体を更に含む、請求項40に記載のチャック組立体。 10

【請求項45】

上記ウェーハ支持体素子の一面に配置された熱伝導性媒体を更に含む、請求項40に記載のチャック組立体。

【請求項46】

上記ウェーハ支持体素子は、上記ベースの上記第1の部分の上に配置された第1の温度センサと上記ベースの上記第2の部分の上に配置された第2の温度センサとを更に含む、請求項40に記載のチャック組立体。

【請求項47】

上記第1及び第2の温度センサに応答して上記ベースの上記第1及び第2の部分の温度を制御するように構成されたコントローラを更に含む、請求項46に記載のチャック組立体。 20

【請求項48】

上記第1の熱素子は、加熱或いは冷却するように構成された熱電気モジュールからなる、請求項40に記載のチャック組立体。

【請求項49】

プラズマ処理装置用の加工物チャック組立体であって、少なくとも内側円盤形部分と外側円盤形部分とを含む、少なくとも2つの円盤形部分に、垂直に配置された横方向サーマルブレークによって熱的に分離された単一ピースベース素子と。 30

上記内側及び外側円盤形部分の上に配置されたウェーハ支持体素子と、を含み、

上記ウェーハ支持体素子は、上記内側円盤形部分の上に配置された上記加工物の温度に影響を及ぼすように構成された少なくとも第1の熱素子と、上記外側円盤形部分の上に配置された上記加工物の温度に影響を及ぼす第2の熱素子とを含む、チャック組立体。

【請求項50】

上記熱素子の少なくとも一つは、コイルの形状である、請求項49に記載のチャック組立体。

【請求項51】

上記熱素子の少なくとも一つは、複数の連続的に結合された抵抗素子からなる、請求項49に記載のチャック組立体。 40

【請求項52】

上記ベース素子と上記ウェーハ支持体素子との間に配置された絶縁体を更に含む、請求項49に記載のチャック組立体。

【請求項53】

上記ウェーハ支持体素子にわたって配置された熱伝導性媒体を更に含む、請求項49に記載のチャック組立体。

【請求項54】

上記熱素子の少なくとも一つは、加熱或いは冷却するように構成された熱電気モジュールからなる、請求項49に記載のチャック組立体。

【請求項55】

10

20

30

40

50

上記ウェーハ支持体素子は、上記ベースの上記第1の部分の上に配置された第1の温度センサと、上記ベースの上記第2の部分の上に配置された第2の温度センサとを更に含む、請求項49に記載のチャック組立体。

【請求項56】

上記第1及び第2の温度センサに応答して上記ベースの上記第1及び第2の部分の温度を制御するように構成されたコントローラを更に含む、請求項55に記載のチャック組立体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、基板支持体に関する。特に、本発明は、プラズマ加工中基板内に均一温度分布を達成するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

代表的なプラズマエッティング装置は、リアクタを含み、該リアクタには、反応ガス或いは複数の反応ガスが流れるチャンバが存在する。ガスは、チャンバ内で、典型的には高周波エネルギーによってプラズマの中へイオン化される。プラズマガスの極めて反応性が高いイオンは、集積回路（IC）に加工される半導体ウェーハ表面のポリマーマスクのような材料と反応することができる。エッティングの前に、ウェーハは、チャンバ内に配置され、ウェーハの上面をプラズマに露出させるチャック或いはホルダーによって適当な位置に保持される。いくつかの種類のチャック（サセプタとも呼ばれる）がこの技術分野で知られている。チャックは、等温面を提供し且つプラズマによってウェーハに与えられた熱を除去する、ウェーハのためのヒートシンクとして役立つ。或る種類のチャックでは、半導体ウェーハは、機械的クランプ手段によりエッティングのために適所に保持される。別の種類のチャックでは、半導体ウェーハは、チャックとウェーハとの間の電界によって発生される静電気力により適所に保持される。本発明は、両方の種類のチャックに適用することができる。

20

【0003】

代表的なプラズマエッティング操作では、プラズマガスの反応性イオンは、半導体ウェーハ面の材料の一部と化学的に反応する。ある加工は、ウェーハにある程度の加熱を引き起すが、加熱のほとんどは、プラズマによって引き起される。他方、プラズマ（イオン及びラジカル）とウェーハ材料との間の反応は、ウェーハの温度上昇によってある程度まで加速される。ウェーハ上の各微視的な点におけるウェーハの局部的温度及び反応速度は、ウェーハの面積を横切るウェーハの温度があまりにも変化するならばウェーハの面の上の材料のエッティングの有害なむらが容易に生ずることがある程度に関係する。ほとんどの場合、エッティングがほぼ完璧な程度に均一であることが極力望ましい。そうでなければ、製造される集積回路装置（IC）は、望ましい基準から外れる電子特性を有する。更に、ウェーハ径の大きさが増すごとに、より大きなウェーハからICの各バッチの均一性を確保することの問題がさらに難しくなる。その他の場合には、カスタムプロファイルを得るためにウェーハの表面温度を制御することができる望ましい。

30

【0004】

反応性イオンエッティング（RIE）中ウェーハの温度上昇の問題は、よく知られており、RIE中ウェーハの温度を制御するいろいろな試みが過去になされてきた。図1は、RIE中ウェーハ温度を制御するための一つの方法を示す。（ヘリウムのような）冷却ガスが、ウェーハ104の底とウェーハ104を保持するチャック106の上面との間の単一の薄い空間102内に単一の圧力で入れられる。

40

【0005】

一般的に、冷却材漏れを減らすためにチャック106の外縁で約1mmないし約5mm延びる平滑密封ランドを除いてチャック外周部にはOリング或いは他の縁シールがない。必然的に、エラストマーシールなしでは、密封ランド全体にわたって顕著な漸進的圧力損

50

失があり、ウェーハ104の縁が不適当に冷却されるかもしれない。従って、ウェーハ104の縁の近くに当たる熱流108は、チャックに効果的に導かれる前にかなり半径方向内方に流れなければならない。ウェーハ104の上の矢印106は、ウェーハ104を加熱する入り熱流を示す。ウェーハ104の中の熱の流れは、矢印110で示される。これは、チャックの縁帯域が何故表面の残部よりも常に熱くなる傾向があるかを説明する。図2は、ウェーハ104の代表的な温度分布を示す。ウェーハ104の周辺部分の圧力損失により、ウェーハ104の周辺部分がさらに熱くなる。

【0006】

ゾーン冷却の必要性に対処する一つの方法は、局部的な接触面積を効果的に変えるために表面粗さを変化させること或いはレリーフ(浮彫り)パターンを切ることにある。係る方式は、全く背面冷却材ガスなしで用いることができ、その場合には、接触面積、表面粗さ、及びクランプ力が熱伝導を決める。しかしながら、局部的な接触面積は、チャックを再加工することによってのみ調整することができる。ゾーン冷却の必要性に対処する別の方法は、冷却材ガスを用い、熱移動を増やしかつ微調整するために冷却材ガスの圧力を変えることである。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る。チャックの表面を、ディバイダとしての小さい密封ランドの有無に関わらず、異なるゾーンに分割することによって、且つ別々の冷却ガスを各ゾーンに供給することによって、かなりの程度の独立の空間制御を達成しうる。各ゾーンへのガス供給は、異なる組成を有してもよいし、或いは異なる圧力に設定されてもよい、かくして熱伝導を変化させる。各ゾーンの作動条件は、レシピ制御の下に設定されてもよいし、或いは各加工段階中動的に安定化されてもよい。係る方式は、プラズマからの入り熱流を再分配し且つそれを異なる領域に引き出すことに依存する。これは、高電力熱流で比較的有効であるが、低電力熱流では小さな温度差を与えるだけである。例えば、約 1 W/cm^2 の均一熱流及び約 3 mm の密封ランドでは、ウェーハ周辺近くで $10\text{~ないし}30\text{ }^\circ\text{C}$ の温度増加に導く中心ないしエッジの熱勾配を得ることが可能である。この大きさの熱勾配は、加工制御パラメータとして非常に効果的でありうる。しかしながら、他の加工が低電力で行なわれてもよく、例えばポリゲート加工がほんの 0.2 W/cm^2 の熱流を有してもよい。非常に制御しにくく且つ不適当な全体冷却をもたらす傾向がある、平均伝導を極端に低くしない限り、典型的には 5~以下 の非常に小さな差が存在だけである。

10

20

30

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

従って、かなりのプラズマ熱流を要求することなく反応性イオンエッティング及び同様な加工中半導体ウェーハの温度を制御するための方法及び装置の要求が存在する。本発明の主要な目的は、これらの要求を解決し且つ関連した利点を更に提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

プラズマ加工装置のためのチャックは、温度制御式ベースと、断熱材と、フラット支持体と、加熱器と、を含む。温度制御式ベースは、操作中、加工物の望ましい温度以下の温度に制御される。断熱材は、温度制御式ベースの少なくとも一部分の上に配置される。フラット支持体は、加工物を保持し且つ断熱材の上に配置される。加熱器は、フラット支持体内に埋め込まれ及び又はフラット支持体の下側に取り付けられる。加熱器は、複数の対応する加熱ゾーンを加熱する複数の加熱素子を含む。各加熱素子に供給される電力及び又は各加熱素子の温度は、独立に制御される。加熱器及びフラット支持体は、毎秒少なくとも 1~Hz の組合せ温度割合変化を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明の実施形態を加工物支持体に関連してここに記述する。当業者は、本発明の以下の詳細な説明が単に例証であり、いかなる意味においても限定になるものではない、ということを認識するであろう。本発明の他の実施形態は、それ自体をこの開示の利益を有す

50

るそのような当業者に容易に思付かせるであろう。今、添付図面に図示されるように本発明の実施例を詳細に参照する。同じ或いは同様の部分を示すために、図面及び以下の詳細な説明全体を通して同じ参照表示が用いられる。

【0010】

明瞭にするために、ここに記述される実施のごく普通の部分の全ては示されていないし又記述されてもいい。勿論、そのような実際の実施の開発において、多くの実施 - 特別の決定を、アプリケーション - 及びビジネス関連制約の順守のような、開発者の特別の目標を達成するために行なわなければならないし、これらの特別の目標は、その実施により(一つの実施から別の実施まで)及びその開発者により(一人の開発者から別の開発者まで)変化するであろう、ということが理解されるであろう。さらに、そのような開発の努力は、複雑であり時間がかかるが、それにもかかわらず、この開示の利益を有する当業者にとっては、エンジニアリングの日常の仕事になるということが理解されるであろう。

【0011】

本発明の装置は、正確に著しい温度差制御、例えば5以上、を達成するが、しかし著しいプラズマ熱流、例えば 2 W/cm^2 以下、を必要としないことを求する。図3は、本発明の一実施形態に従って加工物の温度を制御するための装置を示す概略正面図である。温度制御式ベース302或いは熱交換機がウェーハ310の所望温度以下の一定温度を有する。ベース302は、断熱材304を支持する。好適にはフラットな、支持体306が、断熱材304の上に取り付けられる。加熱器308が支持体306に埋め込まれる。ウェーハ310が支持体306の上に配置される。熱導体312が支持体306とウェーハ310との間の親密な熱接触をもたらす。熱導体312は、好適にはヘリウムのようなガスであるのがよい。ヘリウムの圧力は、ウェーハ310と支持体306との間の熱伝導を制御する。しかしながら、熱導体312の熱伝導率は、20或いは30トルのようなより高い圧力で感圧性が低くてもよい。

【0012】

一実施形態では、ベース302は、金属材料、好ましくは、アルミニウムベース低温板からなり、該アルミニウムベース低温板は、冷却/加熱流体ループのような在来の熱交換システムにより比較的一定の温度に維持され、かつ操作中水平方向に均一な温度に保持される。別の実施形態では、ベース302は、また、硝酸アルミニウムのような、非金属材料からなっていてもよい。しかしながら、ベース302を、加熱器308なしで標準操作におけるよりも大いに冷やさなければならぬ。例えば、ベース302の温度は、ウェーハの所望温度以下の10~50であるのがよい。ベース302は、また、プラズマ加熱のために熱シンクを提供する。外部冷却液冷却装置(図示せず)をベース302の温度を維持するために用いてもよい。好ましくは、外部冷却液冷却装置によって取り除かれる熱量及び冷却液の温度は、2000W及び-20以下にそれぞれ制限されるのがよい。冷却装置側のより大きな容量は、熱応答を助ける-1~2kW動作に制限することがより経済的に実用的である。ベース302は、いくつかの穴或いキャビティ(図示せず)を更に有し、加熱器電力線314或いは他のサービスラインがそれを通して配置される。係るサービスライン314は、加熱器、センサ、高電圧静電気クランピング、ガス供給、及びウェーハ吊り上げのための電力線からなるかもしれない。当業者は、サービスラインが先に示したものに限定されないということをいま認識するであろう。

【0013】

一実施形態では、断熱材304は、支持体306とベース302との間の重要なサーマルインピーダンスブレークとして作用する。断熱材304は、厚いRTV結合接着剤層からなってもよいし、或いはポリマー、プラスチック、或いはセラミックで作られてもよい。しかしながら、断熱材304のサーマルインピーダンスブレークは、過度すぎることがなく、そうでなければ、ウェーハ310は、十分に冷却されないであろう。例えば、断熱材は、約0.05W/mK~約0.20W/mKの範囲の熱伝導率を有するのがよい。この場合の断熱材304は、熱抵抗素子と、支持体306とベース302との間の結合との両方として作用する。更に、断熱材304は、プラズマとベース302との間の適切なR

F 結合が維持されるようでなければならない。また、断熱材 304 は、層の上下に配置される異なる材料及び温度による大きな熱 - 機械的剪断力を許容しなければならない。断熱材 304 は、加熱器電力線 314 及び他のサービスラインの部分を収容するためのベース 302 のキャビティに隣接するいくつかのキャビティ或いはバイアス（図示せず）を更に有するのがよい。

【0014】

一実施形態では、支持体 306 は、セラミック材料からなる。セラミックは、例えば、セラミックアルミナのような、非導電性材料であるのがよい。支持体 306 の形状は、好みしくは、プラズマエッティングシステムで一般的に用いられる在来の円盤を含むのがよい。支持体 306 は、通常の静電気チャックであってもよいし或いはウェーハ 310 を抑えるための機械的クランプを有するセラミックであってもよい。別の実施形態によれば、支持体 306 構造は、“ベースに結合された薄い円盤”の種類であるか、そうでなければ、横方向の伝導があまりにも高いので加熱器入力が横方向に拡がり無効ゾーン分離をもたらす。支持体 306 は、熱を局所的に消散させるべきである。

10

【0015】

加熱器 308 は、少なくとも一つの抵抗加熱素子を含む。一実施形態によれば、加熱器 308 は、クランプ電極平面の下で支持体 306 に埋設され且つ望ましいパターン、例えば、対称或いは任意に成形されるのがよい。加熱器 308 は、また、一つ以上の平面加熱素子を含むのがよい。各加熱素子は、個別に制御されうる加熱ゾーン又は領域を画成する。マルチゾーンパターンは、支持体 306 に対する伝導冷却に反抗して機能する一つ以上の平面加熱素子を有する。支持体 306 に対する加熱器 308 によってもたらされる温度速度変化は、少なくとも毎秒 1 であるのがよい。

20

【0016】

各加熱ゾーンと関連した少なくとも一つのセンサ 309 は、各加熱ゾーンの温度を測定し且つ信号をコントローラ或いはコンピュータシステム（図 7 参照）に送信して各個々の平面加熱素子を監視し且つ制御するのがよい。例えば、センサは、ウェーハ 310 から直接読み取るためにポートを通して取り付けることができる赤外線放射センサ或いは熱電対センサであるのがよい。センサ 309 は、また、支持体 306 内に或いはその背後に取り付けることができる。加熱器 308 には、断熱材 304 及びベース 302 の開口 314 を通して配置される電力線 312 によって電力が供給されるのがよい。

30

【0017】

一実施形態では、加熱器 308 は、誘導加熱器からなる。別に実施形態では、加熱器 308 は、クリプトンランプ或いはクオーツランプのような、加熱ランプからなる。更に別の実施形態によれば、加熱器 308 は、冷却或いは加熱することができる熱電モジュールからなる。熱電モジュールにより、ベース及びサーマルブレーキは、任意であってもよい。当業者は、支持体 306 を加熱するための多くの他の方法が存在するということをいま認識するであろう。

【0018】

図 4 は、図 3 の装置の熱流動力学の簡易略図を示す。入力プラズマ熱流 Q_1 は、ウェーハ 310 の表面上の温度 T_1 に寄与する。加熱器 308 は、更なる熱流 Q_3 をウェーハ支持体 306、それによりウェーハ 310 にもたらす。冷却ベース 302 に支持体 306 及び断熱材 304 を通してシステムを出る熱流 Q_2 は、入り熱流 Q_1 及び Q_3 の両方に概ね等しい。従って：

40

【0019】

【数 1】

$$Q_1 + Q_3 \approx Q_2$$

定義により、ウェーハ 310 の温度 T_1 と断熱材 304 を通る温度差 T の合計は、冷却ベース 302 の温度 T_2 に等しい：

【0020】

50

【数2】

$$T2 = T1 + \Delta T$$

T は、断熱材304の熱伝導率によって画成されるということに注目すべきである。かくして加熱器308によって生じた、追加の熱流 Q_3 は、 T を制御する。従って、加熱器308に供給される電力は、 Q_1 の範囲についてウェーハの表面に所望の温度 T_1 を生じさせるように調整することができる。

【0021】

好ましくは、ベース302の温度は、入り熱流 Q_1 がないときの概ね Q_3 の最大入り熱流の概ね半分の出る熱流 Q_2 を生じさせるように設定されかつ Q_3 の最大熱流は、 Q_1 の最大熱流に概ね等しい：

【0022】

【数3】

$Q_1 = 0$ 及び $Q_{3\max} \approx Q_{1\max}$ のとき

$$Q_2 \approx \frac{1}{2} Q_{3\max}$$

この好ましい方式では、ウェーハ310の温度 T_1 を変えることができる範囲を、最大にする。即ち、ウェーハの局部温度を、マルチゾーン加熱パターン方式で加熱器308の加熱電力を制御することによって調整することができる。一実施形態によれば、ベース302の温度は、 Q_1 の最大値と Q_3 の最大値の合計が Q_2 の最大値に等しい在来の装置よりも約20℃冷たく制御される。

【0023】

図5は、チャックの別の実施形態を示す。プラズマ加工装置用のチャックは、ウェーハ504の所望温度以下の温度を有する温度制御式ベース502を有する。断熱材料の層506は、ベース502の上に配置される。ウェーハ504を保持するために用いられるフラット支持体508は、断熱材料の層506の上に配置される。加熱器510は、フラット支持体508の下側に取り付けられる。ベース502及び断熱材料の層506は、加熱器電力線514或いは他のサービスラインが配置される穴或いはキャビティ(図示せず)を更に含む。係るサービスライン514は、加熱器、センサ、高電圧静電気クランピングのための電力線からなるのがよい。当業者は、サービスラインが先に示したものに限定されないということを認識するであろう。

【0024】

加熱器510には、断熱材506及びベース502の開口514を通して配置される電力線312によって電力が供給される。加熱器510は、少なくとも一つの抵抗加熱素子を含む。一実施形態によれば、加熱器510は、支持体508の下側に取り付けられかつ所望のパターン、例えば、対称或いは任意に成形されてもよい。(例えば、図8参照)。加熱器510は、一つ以上の平面加熱素子を含むのがよい。各加熱素子は、独立に制御される加熱ゾーン或いは領域を画成する。マルチゾーンパターンは、支持体508に対する伝導冷却に反対して作用する一つ以上の平面加熱素子を有する。

【0025】

各加熱ゾーンと関連した少なくとも一つのセンサ516が、各加熱ゾーンの温度を測定し且つ信号をコントローラ或いはコンピュータシステム(図7参照)に送信して各個々の平面加熱素子を監視し且つ制御するのがよい。例えば、センサは、ウェーハ504から直接読み取るためにポートを通して取り付けられることができる赤外放射センサ或いは熱電対センサであるのがよい。センサ516は、支持体508内に埋設されるのがよい。

【0026】

図8は、二重加熱領域：内側領域802及び外側領域804、を有する支持体508の一例を示す。各領域は、その領域自身の加熱器の組(図示せず)によって独立に加熱されるようにするのがよい。当業者は、支持体が多くの他の方法で幾何学的に画成される領域を含んでもよいということを認識するであろう。

【0027】

10

20

30

40

50

半導体装置の複雑さが増すと、マルチステップ加工の使用を生じさせ、このマルチステップ加工では、単一のエッチレシピ（エッチ手段）が、エッチング加工が進行するに従ってエッチング条件を変えるために用いられる複数ステップを含む。マルチステップエッチング加工は、例えば、フォトレジストマスクが亜硝酸層をエッチするために用いられ、次いで後続する層のためのエッチングマスクとして用いられる。更に、特定層のエッチングは、エッチの実行中に変わる加工条件で高められる。特に、エッチング加工の一部分を初期温度で実行し、引き続いて、エッチされる特定の層にとって最適なエッチング条件をもたらすようにこのレシピ内で後のステップの温度を変化させることがしばしば望ましい。

【0028】

10

あるエッチング加工条件は、他の加工条件よりも遙かに感温性であることが知られており、そのような場合には、エッチング加工のこの感温性であることを補償するか或いはそれをするために、エッチレシピ内でステップ毎にウェーハ温度を変えることができる。特に、エッチの実行中に変わる加工条件で高められる。特に、エッチング加工の一部分を初期温度で実行し、引き続いて、エッチされる特定の層にとって最適なエッチング条件をもたらすようにこのレシピ内で後のステップの温度を変化させることがしばしば望ましい。

【0029】

20

ある加工条件の下で、リアクタンスの局部濃度は、横方向エッチ速度がウェーハ全体にわたって変化するように、ウェーハ全体にわたって同様に変化する。これは、ウェーハ全体にわたってエッチされた部分の寸法形状の変化をもたらし、それは一般的に望ましくない。横方向エッチ速度の感温性を用いることにより、ウェーハ支持ゾーン温度を変えることによって径方向温度勾配を誘発することが可能であり、径方向温度勾配を誘発し、それにより局部リアクタント濃度の変化を補償してウェーハ全体にわたって一定の部分寸法形状をもたらす条件を生成するということが観測された。

【0030】

30

複数層がエッチされる場合には、ウェーハ全体にわたって部分寸法形状を維持すること及び又は層内でテーパを生成することの必要性により、ステップ毎に基づいて並びに所与のステップ内で半径方向温度プロフィールを変えることが必要であるかもしれない。かくして、マルチゾーン温度制御式ウェーハ支持体が、ゾーンが異なる温度で作動される条件下で用いられ、且つエッチ中に加工条件を変えるマルチステップレシピが採用されるときには、異なるエッチング条件の異なる感温性を説明するか或いは利用するために温度制御式ウェーハ支持体ゾーンの温度を変えることもしばしば必要である。

【0031】

40

代表的なエッチングレシピの継続時間は、約20秒～約2分であり、代表的なレシピは、レシピ内にいくつかのステップを有する。そのように、マルチステップ温度制御のために数秒内でウェーハ支持体ゾーン温度を変えることができる必要である。興味があるほとんどの場合では、レシピ内のこれらの温度変化は、約10以下である。従って、毎秒約0.3の速度でゾーン温度を変えることができること、そして好ましくは毎秒1以上の速度でゾーン温度を変えることができるものが望ましい。

【0032】

40

図3で説明した埋込み式加熱器を有するセラミックESCの場合について、高速ESCについての基本設計基準は、セラミックESCの熱質量が小さいこと及び加熱器電力密度が大きいことである。ESCの下の温度層の熱抵抗が比較的低い熱伝導率を有することも望ましい。かくして、ESCの厚み、加熱器電力密度、及び熱抵抗は、約毎秒1以上の温度変化を許容するように選択される。

【0033】

50

図6は、エッチング加工中にフラット支持体の各領域の温度を空間的且つ時間的に制御することによって上記解決法を実施するフロー図を示す。特に、図6は、エッチング加工中にウェーハを加工するための方法も示す。ステップ602で、ベースが設けられる。ベースは、加工されるウェーハの温度以下である一定の温度に維持される。先に説明したよ

うに、断熱材料の層がベースの上に取り付けられる。ステップ 604 で、ウェーハは、異なる空間領域を含むフラット支持体の上面に保持される。先に説明したように、フラット支持体は、断熱材料の層の上に取り付けられる。ステップ 606 で、上記フラット支持体の各空間領域は、フラット支持体の下側に取り付けられるか或いはフラット支持体内に埋設される少なくとも一つの加熱器により初期温度まで独立に加熱される。各々の領域の初期温度は、互いに異なるようにしてもよい。ステップ 608 で、エッチング加工中のフラット支持体の少なくとも一つの空間領域の温度は、少なくとも毎秒 1 の速度で別の温度に変えられる。各々の領域についての最終温度は、互いに異なるようにしてもよい。

【0034】

別の実施形態によれば、各々の空間領域の温度を、各々の空間領域の内側に配置されたセンサで更に監視してもよい。センサによって生成された信号を、加熱器に供給される電力を変えることによって各々の空間領域の温度を調整するために用いてもよい。

【0035】

図 7 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ためのシステムの略図である。ユーザ 702 がコンピュータ 704 への一組のパラメータを定義してもよい。係る一組のパラメータは、例えば、チャックの第 1 のゾーンの所望の温度、チャックの第 2 のゾーンの所望の温度であるのがよい。当業者は、チャックが一つ以上のゾーンを有してもよいということを認識するであろう。コンピュータ 704 は、記憶部品 706 と通信し、該記憶部品 706 は、図 6 のアルゴリズム、コンピュータ 704 の入力及び出力を記憶する。第 1 の組のセンサ 708 がチャックの第 1 のゾーンを測定する。第 2 の組のセンサ 710 がチャックの第 2 のゾーンを測定する。第 1 の組のセンサ 708 の温度測定に基づいて、コンピュータ 704 は、第 1 の組の加熱素子 712 に制御を送ってチャックの第 1 のゾーンの温度を調整する。第 2 の組のセンサ 710 の温度測定に基づいて、コンピュータ 704 は、第 2 の組の加熱素子 714 に制御を送ってチャックの第 2 のゾーンの温度を調整する。

【0036】

静電気チャックのウェーハの温度プロフィールを制御するためのこれら的一般化した方法は、誘導結合プラズマ (ICP) 加工装置のアプリケーションに適するだけでなく、他のシステムアプリケーション、特にウェーハに対して低プラズマパワーフラックスを必要とするアプリケーションにも適する。この技法は、熱勾配緩和を生じさせる必要性が在る他のアプリケーションに適用してもよい。

【0037】

この発明の実施形態及びアプリケーションを示し且つ説明したが、ここに示された発明の概念から逸脱することなく上記したものよりもさらに多くの変更が可能であるということは、この開示の利益を有する当業者に明らかであろう。従って、本発明は、添付した特許請求の範囲の精神以外では限定されるものではない。

【0038】

この明細書に援用されかつその一部を構成する添付図面は、本発明の一つ以上の実施形態を示し、詳細の説明と一緒に、本発明の原理及び実施例を説明する役割をする。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図 1】先行技術による加工中ウェーハを保持する支持体の概略正面図である。

【図 2】先行技術による図 1 の装置のウェーハの温度及び冷却液の圧力を示す図表である。

【図 3】本発明の一実施形態による加工物の温度を制御するための装置を示す概略正面図である。

【図 4】図 3 の装置の熱流力学の簡易図である。

【図 5】本発明の別の実施形態による加工物の温度を制御するための装置を示す概略正面図である。

【図 6】本発明の一実施形態によるエッチング中チャックの温度を制御するための方法を

10

20

30

40

50

示すフロー図である。

【図7】本発明の一実施形態によるチャックの温度を制御するためのシステムの概略図である。

【図8】本発明の一実施形態による二つの空間領域ゾーンを有するウェーハ支持体の例を示す概略図である。

【符号の説明】

【0040】

- 302 温度制御式ベース
 304 断熱材
 306 支持体
 308 加熱器
 309 センサ
 310 ウェーハ
 312 熱導体
 314 サービスライン

10

【図1】

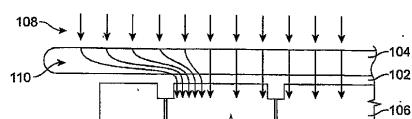


FIG. 1
(PRIOR ART)

【図2】

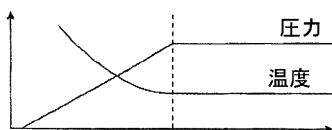


FIG. 2
(従来技術)

【図3】

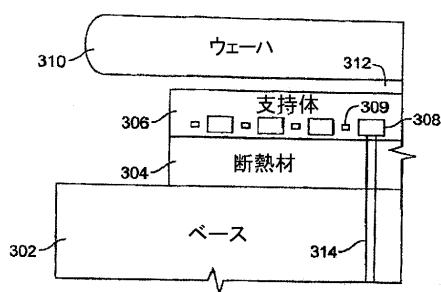


FIG. 3

【図4】

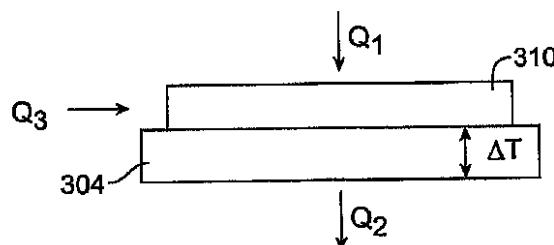


FIG. 4

【図5】

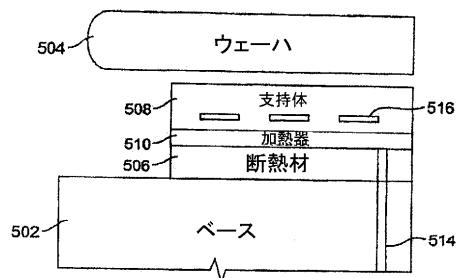


FIG. 5

【図 6】

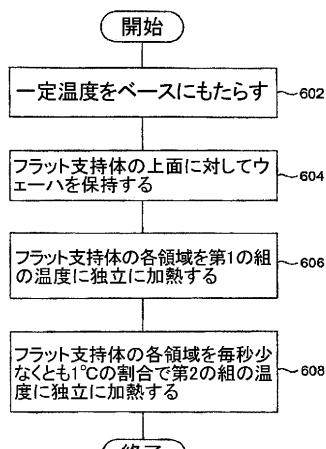


FIG. 6

【図 7】

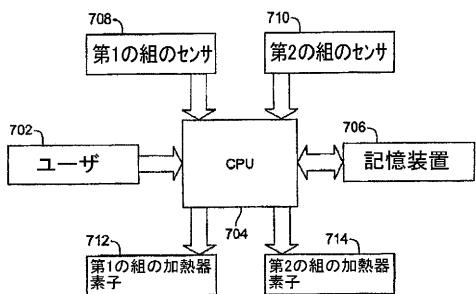


FIG. 7

【図 8】

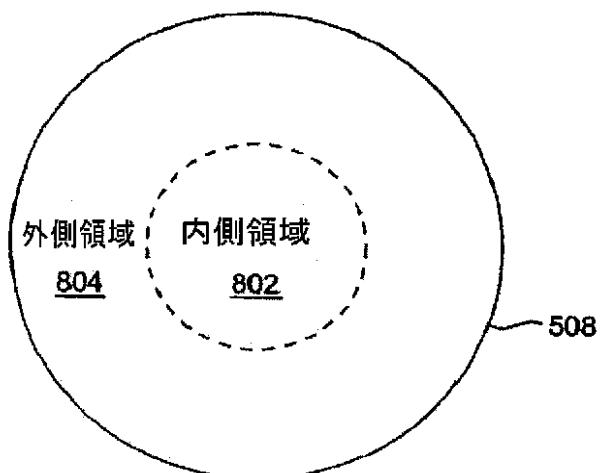


FIG. 8

【手続補正書】

【提出日】平成19年8月1日(2007.8.1)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

プラズマ処理装置用のチャックであって、

加工物の所望温度以下の温度を有する温度制御式ベースを含み、上記加工物は、プラズマ加工を受け、上記プラズマ加工が上記加工物に温度の非均一性を引き起し、

上記ベースの上に配置された断熱材料の層と、

上記断熱材料の層の上に配置され、上記加工物を保持するための平坦支持体と、

上記平坦支持体に結合され、上記平坦支持体の複数の加熱領域に対応する複数の加熱素子を含む加熱器と、を含み、

上記加熱素子は、上記プラズマ加工中上記加工物全体にわたってほぼ均一なエッチング結果を達成するように独立に加熱される、上記チャック。

【請求項2】

各加熱素子に供給される電力は、互いに独立に制御される、請求項1に記載のチャック。

【請求項3】

上記平坦支持体と上記加工物との間に配置された熱導体を更に含む、請求項1に記載のチャック。

【請求項4】

上記温度制御式ベースは、20以下の一一定温度に維持される、請求項1に記載のチャック。

【請求項5】

上記複数の加熱領域に対応する複数のセンサを更に含み、各センサは、上記領域の温度を測定し且つ対応する加熱領域の温度を表す信号を送信する、請求項1に記載のチャック。

【請求項6】

上記信号を上記センサから受信するように構成されたコントローラを更に含み、該コントローラは、加熱領域毎にセットポイントに基づいて各平面加熱素子の電力を調整するよう構成される、請求項5に記載のチャック。

【請求項7】

上記加熱器は、複数の電気的抵抗加熱器を含む、請求項1に記載のチャック。

【請求項8】

上記加熱器は、複数の誘導加熱器を含む、請求項1に記載のチャック。

【請求項9】

上記加熱器は、複数の加熱ランプを含む、請求項1に記載のチャック。

【請求項10】

上記加熱器は、複数の熱電気モジュールを含む、請求項1に記載のチャック。

【請求項11】

上記平坦支持体は、静電気チャックを含む、請求項1に記載のチャック。

【請求項12】

プラズマ処理装置用のチャックであって、

プラズマ加工からエッチングを受ける加工物の所望温度以下の温度を有する温度制御式ベースを含み、上記プラズマ加工が上記加工物に温度非均一性を引き起し、

上記ベースの上に配置された断熱材料の層と、

上記断熱材料の層の上に配置され、上記加工物を保持するための平坦支持体と、上記平坦支持体に結合され、上記平坦支持体の複数の加熱領域に対応する複数の加熱素子を含む加熱器と、を含み、上記加熱領域が上記加工物にわたって所望の温度プロファイルを達成するように上記加熱素子を介して独立に加熱される。

第1の加熱領域がプラズマ加工中上記加工物の別の加熱領域よりも高い温度に加熱される、上記チャック。

【請求項13】

各平面加熱素子の電力は、独立に制御される、請求項12に記載のチャック。

【請求項14】

上記平坦支持体と上記加工物との間に配置された熱導体を更に含む、請求項12に記載のチャック。

【請求項15】

上記温度制御式ベースは、20以下の一一定温度に維持される、請求項12に記載のチャック。

【請求項16】

上記複数の加熱領域に対応する複数のセンサを更に含み、各センサは、対応する加熱領域の温度を測定し、該温度を表す信号を送信する、請求項12に記載のチャック。

【請求項17】

上記センサから上記信号を受信し且つ加熱領域毎にセットポイントに基づいて各平面加熱素子の電力を調整するためのコントローラを更に含む、請求項16に記載のチャック。

【請求項18】

上記加熱器は、複数の電気的抵抗加熱器を含む、請求項16に記載のチャック。

【請求項19】

上記加熱器は、複数の誘導加熱器を含む、請求項16に記載のチャック。

【請求項20】

上記加熱器は、複数の加熱ランプを含む、請求項16に記載のチャック。

【請求項21】

上記加熱器は、複数の熱電気モジュールを含む、請求項16に記載のチャック。

【請求項22】

上記平坦支持体の厚み、上記加熱器の電力密度、及び上記断熱材料の層の熱抵抗は、標記平坦支持体に毎秒少なくとも1の温度変化を可能にする、請求項16に記載のチャック。

【請求項23】

上記平坦支持体は、静電気チャックを含む、請求項16に記載のチャック。

【請求項24】

上記ベースの上記温度は、上記加工物の上記所望温度より50以上低い、請求項1に記載のチャック。

【請求項25】

上記ベースの上記温度は、上記加工物の上記所望温度より50以上低い、請求項12に記載のチャック。

【請求項26】

プラズマ加工装置用のチャックであって、

プラズマ加工中エッティングを受ける加工物の温度以下の温度を有するように構成されたベースを含み、上記プラズマ加工が上記加工物に温度非均一性を引き起し、

上記ベースの上に配置された断絶材料の層と、

上記断熱材料の層の上に配置され、上記加工物を保持するための平坦支持体と、を含み、上記プラズマ加工から生じた熱が上記平坦支持体及び上記断熱材を経て上記ベースに移動し、

上記平坦支持体に結合され、上記加工物の対応する加熱領域を加熱するように構成された複数の加熱素子を含み、

上記加熱素子の少なくとも一つには、上記加工物にわたって所望の横方向加工プロファイルを達成するために別の加熱領域の別の加熱素子よりも高い温度をその対応する加熱領域に生じさせるように電力が供給される。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2005/043801A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/683

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 192 849 A (MOSLEHI ET AL) 9 March 1993 (1993-03-09) figure 1	40-56
A	WO 2004/077505 A (LAM RESEARCH CORPORATION; STEGER, ROBERT, J) 10 September 2004 (2004-09-10) figures 1-6	1,12,24, 31,38,39

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search 22 May 2006	Date of mailing of the International search report 02/06/2006
Name and mailing address of the ISA/Office European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2 NL - 2230 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Bader, K

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2005/043801

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5192849	A 09-03-1993	NONE	
WO 2004077505	A 10-09-2004	EP 1599891 A2 US 6770852 B1	30-11-2005 03-08-2004

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 ベンジャミン ニール

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 スティガー ロバート ジェイ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94024 ロス アルトス ホームステッド コート 2
240 #307

F ターム(参考) 5F004 BA04 BB05 BB22 BB25 BB26 CA03 CA04 CB12

5F031 CA02 HA02 HA16 HA37 HA38 HA39 JA01 JA02 JA46 MA32
PA11