

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5031984号
(P5031984)

(45) 発行日 平成24年9月26日(2012.9.26)

(24) 登録日 平成24年7月6日(2012.7.6)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/268 (2006.01)	HO 1 L 21/268 G
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/268 J
	HO 1 L 21/268 T
	HO 1 L 21/68 N
	HO 1 L 21/68 P
請求項の数 36 外国語出願 (全 25 頁)	

(21) 出願番号 特願2004-362776 (P2004-362776)
 (22) 出願日 平成16年12月15日(2004.12.15)
 (65) 公開番号 特開2006-156915 (P2006-156915A)
 (43) 公開日 平成18年6月15日(2006.6.15)
 審査請求日 平成18年9月12日(2006.9.12)
 (31) 優先権主張番号 11/001, 954
 (32) 優先日 平成16年12月1日(2004.12.1)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 502400304
 ウルトラテック インク
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
 134 サンノゼ 3050 ザンカーロ
 ード 3050
 (74) 代理人 100090387
 弁理士 布施 行夫
 (74) 代理人 100090479
 弁理士 井上 一
 (74) 代理人 100090398
 弁理士 大淵 美千栄
 (72) 発明者 イクバル エー シャリーフ
 アメリカ合衆国 94555 カリフォル
 ニア州 フリーモント ヘロンプレイス
 4055

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー熱処理のための加熱チャック

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ウェハを保持し、前記ウェハの異なる局所的領域が、異なる回数にわたり、放射線源から選択的に変化する放射線レベルを受ける場合に、前記ウェハを均一に一定のバックグラウンド温度に維持するように配置されるチャック装置であって、

ヒートシンクと、

前記放射線源から前記放射線が照射されている、いないにかかわらず、いかなる時点においても、前記ウェハを前記バックグラウンド温度に維持するために、前記ウェハの下面と熱的に連結するヒーターモジュールと、

前記ヒートシンクと前記ヒーターモジュールとの間に配置され、前記ヒートシンクの上面と前記ヒーターモジュールの下面との両方に熱的に連結し、前記ヒートシンクと、前記ヒーターモジュールの間において、選択された熱勾配を提供し、前記熱勾配を維持する熱絶縁体層と、

前記チャック装置は、前記ウェハを一定の前記バックグラウンド温度に維持するために十分な電力を前記ヒーターモジュールに供給するために、前記ヒーターモジュールに電気的に接続された電源と、

を含み、

前記電源から前記ヒーターモジュールへの電力のレベル、および前記熱絶縁体層の前記熱勾配は、前記熱絶縁体層から前記ヒートシンクまでの熱損失の量が、放射及び対流による熱損失の量が差し引かれた、前記レーザーから前記ウェハに供給される最大の入力エネ

ルギーよりも大きくなるように選択されるチャック装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記放射線源は、レーザーを含むチャック装置。

【請求項 3】

請求項 1 において、
上下面を含む上部板をさらに含み、
前記上部板の前記下面は、前記ヒーターモジュールの上面と熱的に連結され、
前記上部板の前記上面は、前記ウェハを受けて、かつ、支持するように配置され、前記
ウェハと前記ヒーターモジュールとの間で熱を伝導するチャック装置。

10

【請求項 4】

請求項 3 において、
前記上部板は、前記ヒーターモジュールの前記上面に形成された酸化物層であるチャック装置。

【請求項 5】

請求項 1 において、
前記ヒートシンクは、前記ヒートシンク内を流れる冷却流体の流れを受ける冷却路が、
内部に形成されるチャック装置。

【請求項 6】

請求項 5 において、
前記ヒートシンクはアルミニウムからなるチャック装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 において、
前記ヒーターモジュールの対応する 1 以上の位置で前記ヒーターモジュールの温度を検出し、対応する 1 以上の温度信号を発生するようにそれぞれが配置された 1 以上の温度プローブと、
前記ヒーターモジュールに電氣的に連結され、前記 1 以上の温度信号に対応して前記ヒーターモジュールに選択された量の電力を供給する電源と、
をさらに含むチャック装置。

【請求項 8】

請求項 7 において、
前記電源及び前記 1 以上の温度プローブと動作的に連結されたコントローラをさらに含み、

30

前記コントローラは、前記 1 以上の温度信号を受信し、前記 1 以上の温度信号に対応して、前記電源に前記選択された量の電力を前記ヒーターモジュールに供給させるチャック装置。

【請求項 9】

請求項 7 において、
前記ヒーターモジュールは内部に形成された加熱ユニットを含み、
前記加熱ユニットは、前記選択された量の電力を前記電源から受けて、前記ヒーターモジュールに均一な加熱を提供するために、前記電源と電氣的に連結されるチャック装置。

40

【請求項 10】

請求項 1 において、
前記熱絶縁体層は石英であるチャック装置。

【請求項 11】

請求項 3 において、
前記上部板は、周辺部を含み、
前記ウェハは、外側エッジを含み、
前記ウェハに対する LTP レーザービーム入射からの放射線を吸収および/または反射するために、前記上部板の前記周辺部を取り囲むスカートを含み、

50

【請求項 1 2】

請求項 1 1 において、
前記スカートは、熱伝導性であり、冷却路を含み、
前記スカートを冷却することを目的として前記冷却路を介して冷却流体を流すために、
前記冷却路と連結された冷却ユニットをさらに含むチャック装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 1 において、
前記スカートはモリブデンであるチャック装置。

【請求項 1 4】

請求項 3 において、
前記上部板の前記上面は、前記上面に形成された第 1 の真空溝を含み、
前記ウェハを前記上部板の前記上面に配置し固定する場合に、前記上部板の前記上面と
前記ウェハとの間に吸引力を発生させるために、前記第 1 の真空溝と連結する真空装置を
さらに含むチャック装置。

10

【請求項 1 5】

請求項 1 4 において、
前記上部板の前記下面は、前記下面に形成された第 2 の真空溝を含み、
前記第 2 の真空溝は、前記上部板の前記下面と前記ヒーターモジュールの前記上面との
間に、前記上部板を前記ヒーターモジュールに固定する吸引力を発生させるために、前記
真空装置と連結するチャック装置。

20

【請求項 1 6】

請求項 3 において、
前記上部板は、融解シリカ、ケイ素、炭化ケイ素、酸化アルミニウム、多孔性炭化ケイ
素からなる材料の群から選択される 1 以上の材料を含むチャック装置。

【請求項 1 7】

請求項 3 において、
前記上部板は、
前記上部板の前記上面および前記下面を規定し、前記上面に凹部が形成された本体と
、
前記凹部内の充填材料であって、多孔性であって、前記本体の前記上面と同一平面上
に位置する上面を有する前記充填材料と、
を含み、
前記チャック装置は、前記ウェハが前記上部板の上に位置した場合に、前記ウェハを前
記上部板に固定するために、前記充填材料内と、前記充填材料の前記上面と前記ウェハと
の間に吸引力を形成するために、前記上部板の前記充填材料と連結した真空装置をさらに
含むチャック装置。

30

【請求項 1 8】

請求項 1 7 において、
前記充填材料は多孔性炭化ケイ素であり、前記本体は非多孔性炭化ケイ素であるチャッ
ク装置。

40

【請求項 1 9】

請求項 3 において、
前記上部板は、多孔性の材料によって形成され、
前記チャック装置は、前記上部板の前記上面および前記下面において吸引力を形成する
ために、前記上部板の前記材料と連結した真空装置をさらに含むチャック装置。

【請求項 2 0】

請求項 3 において、
前記上部板は、
多孔性の材料からなり、周辺部と、前記上部板の前記上下面と一致する上下面と、を有
する中央ディスクと、

50

前記中央ディスクを取り囲み、前記ディスクの前記周辺部で前記中央ディスクに固定されたリング形状の非多孔性本体と、

を含み、

前記中央ディスクの多孔性の前記材料は、真空が前記材料に供給された時に、前記中央ディスクの前記上下面に吸引力を伝達することができるチャック装置。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 において、

前記中央ディスクに真空を供給するように前記中央ディスクに連結される真空装置をさらに含むチャック装置。

【請求項 2 2】

請求項 3 において、

前記上部板は、第 1 及び第 2 の多孔性材料からそれぞれ形成される上下部と、前記上下部を区分する、非多孔性のバリア層と、を含み、

前記上下部は、真空が供給された時に、前記上部板の前記上面および前記下面にそれぞれ吸引力を伝達することができるチャック装置。

【請求項 2 3】

請求項 2 2 において、

前記上下部分にそれぞれ個別に真空を供給するように、前記上下部分にそれぞれ連結される真空装置をさらに含むチャック装置。

【請求項 2 4】

請求項 2 2 において、

前記第 1 及び第 2 の材料が同じであるチャック装置。

【請求項 2 5】

請求項 2 2 において、

前記第 1 及び第 2 の材料は多孔性炭化ケイ素をそれぞれ含むチャック装置。

【請求項 2 6】

請求項 1 において、

外側エッジを備えたベース部を有するステージ界面部材と、

前記ステージ界面部材の前記外部エッジにおいて配置され、上方に延びる、3つの台座であって、前記台座のそれぞれが、放射状に形成され、取付ボールの一部を収容する大きさを有する溝を内部に備えた上部取付面を含む前記台座と、

前記ヒートシンクの下面の、前記ステージ界面部材の前記台座のそれぞれに形成された前記溝に対応するように配置された3つの位置のそれぞれにおいてに取り付けられた3つの取付ボールと、

を含み、前記チャック装置を多軸の可動ステージに接続させることができるキネマティックマウントをさらに含むチャック装置。

【請求項 2 7】

請求項 1 において、

前記ヒーターモジュールはアルミニウムからなるチャック装置。

【請求項 2 8】

請求項 5 において、

前記ヒートシンクから熱を除去するために冷却流体を供給する前記ヒートシンクの前記冷却路に連結した冷却ユニットをさらに含むチャック装置。

【請求項 2 9】

請求項 3 において、

前記ヒートシンクは、周囲を囲む周辺部と同一平面であり、対向する上下面を有し、前記上下面を相互に接続する本体と、前記本体内に形成された冷却路と、前記下面から前記周辺部と隣接した前記上面まで延びる複数の穴と、を有し、

前記チャック装置は、前記ヒートシンクの前記下面に隣接して配置されるリフトピンアセンブリを有し、

10

20

30

40

50

前記リフトピンアセンブリは、前記ヒートシンクの前記穴の内部を延びる複数の可動のリフトピンを有し、

前記リフトピンの末端部は、前記ウェハを選択的に支持して上昇させ、かつ、下降させて、前記上部板の前記上面の上に配置するように、前記ウェハまで延びるチャック装置

【請求項 30】

請求項 3 において、

a) 前記ヒートシンクと前記熱絶縁体層、

b) 前記熱絶縁体層と前記ヒーターモジュール、の 1 以上の間に配置された熱伝導性界面層をさらに含むチャック装置。

10

【請求項 31】

請求項 30 において、

前記熱伝導性界面層はフレキシブル・グラファイトシートであるチャック装置。

【請求項 32】

請求項 3 において、

前記上部板はケイ素であり、酸化ケイ素のコーティングが前記上部板の前記上面に設けられているチャック装置。

【請求項 33】

請求項 3 において、

前記上部板はケイ素であり、窒化ケイ素のコーティングが前記上部板の前記上面に設けられているチャック装置。

20

【請求項 34】

請求項 1 において、

前記ヒートシンクは、上下面と、前記ヒートシンク内において前記上下面の間を延びる複数の貫通穴を有し、

前記ヒーターモジュールは、上下面と、前記上下面の間を延びる複数の貫通穴を有し、前記貫通穴は、前記ヒートシンクの前記貫通穴とそれぞれ軸方向において同一直線状になるように配置され、

各ボルトがねじ山端部を有するとともに前記ヒーターモジュールの前記貫通穴及び前記ヒートシンクの前記貫通穴を貫通し、前記ヒーターモジュール、前記熱絶縁体層、前記ヒートシンクにばね負荷を与えるように、各ボルトがねじ山端部においてばね負荷座金及びナットによって固定された、複数のボルトと、

30

を含むチャック装置。

【請求項 35】

請求項 34 において、

前記ボルトは前記熱絶縁体層を貫通していないチャック装置。

【請求項 36】

請求項 3 において、

前記ヒートシンクは上面を有し、

前記絶縁体層は対向する上下面を有し、

前記ヒーターモジュールは対向する上下面を有し、

前記チャック装置は、

前記ヒートシンクの前記上面及び前記熱絶縁体層の前記下面の一方に形成された第 1 の真空溝と、

40

前記熱絶縁体層の前記上面及び前記ヒーターモジュールの前記下面の一方に形成された第 2 の真空溝と、

前記ヒーターモジュールの前記上面及び前記上部板の前記下面の一方に形成された第 3 の真空溝と、

前記ヒートシンク、前記熱絶縁体層、前記ヒーターモジュール、及び前記上部板を一体的に保持する吸引力を形成するために、前記第 1、第 2、第 3 の真空溝に空氣的に連結さ

50

temperature)」という」に依存する。しかし、LTPプロセスに走査レーザービームなどの空間的に変化する熱負荷を利用する場合には、ウェハのバックグラウンド温度を一定に維持することができない場合がある。

【発明の開示】

【0009】

本発明は、走査LTPレーザービームから時間的に変化する熱負荷がウェハに与えられる場合でも、ウェハを一定のバックグラウンドウェハ温度TCに維持するチャックを含む。本発明は、一定の温度に保持されるヒーターモジュールとヒートシンクとの間に位置する絶縁体層を使用することによってこれを達成する。絶縁体層は、ヒーターモジュールとヒートシンクとの間で熱勾配を維持するように設計され、ウェハ及びチャックからの通常の放射及び対流による損失よりも少ない範囲でレーザーによって供給される熱よりも多い量の熱を除去する。

10

【0010】

チャックは、ウェハ表面にわたってLTPレーザービームを繰り返し走査することによって生じる、ウェハ上の空間的に変化する大きな熱負荷を、走査LTPレーザービームの立ち上がりエッジに見られるようなウェハのバックグラウンド温度の著しい変化を生じさせることなく受け入れることができる。通常、LTPレーザービームの出力と走査速度は一定に保たれる。したがって、LTPレーザービームの立ち下がりエッジが通過する際にウェハの各点で発生する最高(ピーク)温度TPを一定に保つことができる。

【0011】

20

本発明の第1の態様は、ウェハを支持し、ウェハに空間的及び時間的に変化する強度の放射線が与えられる時にウェハを一定のバックグラウンド温度に維持するためのチャック装置である。この装置は、ヒートシンクと、ウェハと伝導的に連結され、ウェハに変化する放射線束が与えられる時に、一定のバックグラウンド温度に厳密に温度制御するヒーターモジュールを含む。この装置は、ヒートシンクとヒーターモジュールとの間に配置され、ヒートシンク及びヒーターモジュールと熱的に連結された熱絶縁体層も含む。絶縁体層は、ヒーターモジュールからヒートシンクへの実質的に一定な熱の流れを維持する(持続させる)。

【0012】

本発明の第2の態様は、ウェハに変化する熱負荷が与えられる時にウェハを一定のバックグラウンド温度に維持するための方法である。この方法は、ウェハを、可変量の熱を発生し、相対的に一定の量の熱をヒートシンクに移動させるヒーターモジュールと熱的に連結されるように配置することを含む。この方法は、ヒートシンクを、絶縁体層を介してヒーターモジュールと熱的に連結されるように配置することも含む。絶縁体層は、ヒートシンクとヒーターモジュールとの間で実質的に一定な熱の流れを維持する。この方法は、可変量の電力をモジュールに供給することによって、ヒーターモジュールを一定のバックグラウンド温度に維持することをさらに含む。

30

【0013】

本発明の第3の態様は、ウェハを処理するためのレーザー熱処理(LTP)装置である。この装置は、レーザー放射線を放出するレーザー光源と、レーザー放射線を受け、LTPレーザービーム像を像面に形成する光学系とを含む。この装置は、ウェハの上面が像面に位置するようにウェハを支持するチャックを支持する可動ステージも含む。チャックは、ウェハと熱的に連結され、ウェハの上面にLTPレーザービームから変化する熱負荷が与えられる時に一定の温度に維持されるヒーターモジュールを含む。チャックは、絶縁体層を介してヒーターモジュールと熱的に連結されたヒートシンクも含み、絶縁体層は、変化する熱負荷の最大値に対応する一定のエネルギー損失を維持する。

40

【0014】

各図面に示す各要素は説明のみのためのものであり、縮尺に制限されるものではない。ある要素の縮尺は誇張され、その他の要素の縮尺は最小となっている場合もある。各図面は、当業者が理解し、適切に実施することができる本発明の様々な実施態様を例示するこ

50

とを意図するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下の本発明の実施形態の詳細な説明では、本発明の説明の一部をなし、本発明を実施する特定の実施形態を例示する添付図面を参照する。これらの実施形態は、当業者が本発明を実施できるように十分に詳細に説明されているとともに、その他の実施形態も利用することができ、本発明の範囲から逸脱しない限りにおいて変更を加えることができることを理解されるべきである。したがって、以下の詳細な説明は本発明を限定するものとして解釈されるべきではなく、本発明の範囲は添付の請求項のみによって定義されるものである。

10

【0016】

上述したように、LTP時にウェハ全面で均一なピーク温度を達成することは、活性化ドープ領域の均一なシート抵抗が要求される半導体デバイスを製造する場合に重要である。入射したLTPレーザービームからのエネルギーをウェハが効率的に吸収する環境を作り出すことによって、LTPにおけるピーク温度の均一性を容易に達成することができる。ウェハがドープされていない場合や、低濃度でドープされている場合には、レーザービームの吸収を増加させるために、LTPレーザービームをウェハに照射する前にウェハの温度を一定のバックグラウンド温度TCまで上昇させる必要がある。さもなければ、ビームはウェハを通過してチャックに達する場合がある。また、走査LTPレーザービームによって空間的に変化する熱負荷がウェハに与えられても、ウェハを一定のバックグラウンド温度に維持しなければならない。

20

【0017】

本発明のチャックは、走査LTPレーザービームから空間的に変化する熱負荷がウェハに与えられる場合でも、室温よりもかなり高い一定のバックグラウンドウェハ温度TCを維持するようになっている。一実施形態では、一定のバックグラウンド温度TCは約400から約450の範囲である。一実施形態では、一定のバックグラウンド温度TCはウェハ全面において ± 4 の範囲で均一に維持され、別の実施形態ではウェハ全面において ± 6 の範囲で均一に維持される。

【0018】

以下の説明では、「空間的に変化する熱負荷」とは、例えば処理対象のウェハ表面にLTPレーザービームを走査する(LTPレーザービームによって形成された像を走査することによって、ウェハ上の異なる場所(位置)に異なる時点で熱が与えられることを述べるために使用する。

30

【0019】

また、以下の説明では、「一定のバックグラウンド温度」とは、バックグラウンド温度の変動が実質的にLTPプロセスに影響を与えない範囲に保たれる「一定または実質的に一定であること」を意味する。同様に、「一定のバックグラウンド温度」とは、実質的に均一、すなわち、実質的に不利な結果をもたらすことなくウェハのLTPを行うために必要な程度にウェハ全面で均一であるものとする。

【0020】

以下の説明では、本発明のチャックの各種実施形態について詳細に説明し、次に本発明のチャックを含むLTP装置の実施形態について説明する。その次に、LTP装置の一部としてのチャックの動作方法について説明する。

40

【0021】

チャックの実施形態

図1は、本発明に係るウェハ支持部材(以下「チャック」という)10の平面図である。図5を参照して後述するように、チャック10はスカート500によって取り囲まれたウェハ310を支持する。図2は、図1の2-2線に沿った断面分解図である。チャック10は、ウェハの表面から大量の熱を移動させることによって、LTP時にウェハを一定のバックグラウンド温度TCに維持するようになっている。この機能を達成するために、

50

チャックは、ウェハ表面から熱伝導性ヒーターモジュール及び絶縁体層を介してヒートシンクに効率的に熱を移動させるように設計されている。

【0022】

チャック10の実施形態を構成する各要素を以下に詳細に説明する。チャック10は、以下に説明する各要素のための基準となる仮想中心軸A1(図2)を有する。

【0023】

冷却板

図2に示すように、チャック10はヒートシンク20を含む。説明の便宜のため、以下ではヒートシンク20を「冷却板」として図示及び参照する。冷却板20は、対向する上下面22, 24と、周辺部26と、本体(熱容量(thermal mass))30とを有する。冷却板20は、本体30内に形成された冷却路32を含む。冷却路32は、冷却ライン42を介して冷却路に動作的に連結された冷却ユニット40からの本体30における冷却流体(水など)の流れを支持するようになっている。一実施形態では、冷却板20は約1.5インチの厚みT1を有する。一実施形態では、冷却板20はアルミニウムなどの良好な熱伝導体からなる。

10

【0024】

絶縁体層

図2に示すように、チャック10は、対向する上下面102, 104を有する絶縁体層100をさらに含む。絶縁体層100は、下面104が冷却板20の上面22と熱的に連結される(例えば、密着または接触する)ように配置されている。一実施形態では、絶縁体層100は、比較的低い熱伝導性、低い質量密度、優れた熱衝撃抵抗性を有する。

20

【0025】

一実施形態では、絶縁体層100は石英からなる。石英からなる絶縁体層100の実施形態としては、オハイオ州ウィロビー(Wiloughby)のパイロマティクス(Pyromatics)社から市販されている不透明石英「LD-80」のプレートが挙げられる。

【0026】

絶縁体層が低い質量を有する場合には、走査時にチャックの高い加速率を容易に達成できる。

【0027】

絶縁体層100は、ヒーターモジュール(後述)と冷却板との間で実質的に一定な熱勾配を維持するようになっている。絶縁体層の熱伝導性に基づいて、電気ヒーターによってウェハが常に一定の温度に維持されるようにヒートシンクに移動させる熱を決定する。

30

【0028】

一実施形態では、絶縁体層100は約0.5インチの厚みT2を有する。実施形態においては、絶縁体層100の厚みT2は、経験分析および/または最大レーザー出力が基板に入射する場合でも所望の動作温度を維持するために電力の供給が必要であることを保証するために必要とされる熱伝導性モデリングによって決定する。一実施形態では、絶縁体板100は円形であり、上下面において0.2~0.3µmの表面仕上を有する約5µmの平坦性で機械加工され、ヒーターモジュール及び冷却板と良好な熱的接触を有する。

40

【0029】

ヒーターモジュール

図2に示すように、チャック10は、対向する上下面152, 154と、周辺部156と、熱伝導性本体158とを有するヒーターモジュール150も含む。ヒーターモジュール150は、下面154が絶縁体層100の上面102と熱的に連結される(例えば、密着または接触する)ように配置されている。一実施形態では、ヒーターモジュール150は、本体158に埋め込まれた加熱ユニット160を含む。一実施形態では、ヒーターモジュール150は4.2kWの熱を供給することができる。

【0030】

ヒーターモジュール150は絶縁体層100を介して冷却板20とも熱的に連結されて

50

いるが、冷却板 20 と物理的に接触していない。

【0031】

一実施形態では、加熱ユニット 160 は、本体 158 に埋め込まれた絶縁抵抗性の加熱要素 164 を含む。一実施形態では、加熱要素 164 は上面 152 と平行な面で巻かれた螺旋状である。加熱ユニット 160 は、単位表面積（上面 152 の面積）当たり均一な量の熱を生成するように構成されている。ただし、周辺部 156 は例外である。周辺部 156 の熱損失は大きいため、それに比例して高い単位表面積当たりの入熱が必要となる。

【0032】

一実施形態では、ヒーターモジュール 150 の本体 158 は、アルミニウムなどの良好な熱伝導体からなる。一実施形態では、ヒーターモジュール 150 の本体 158 は加熱要素 164 の周りに鋳造され、（一実施形態ではステンレス鋼の外側ジャケットを有する）加熱要素とヒーターモジュールの本体との間で良好な熱的連結が得られる。加熱ユニット 160 は、可変電源ユニット（「電源」）180 に接続するリード 170 を含む。電源 180 は、可変量の電力を加熱ユニット 160 に供給し、ヒーターモジュールを一定のバックグラウンド温度 TC に維持するようになっている。一実施形態では、ヒーターモジュール 150 は約 0.5 ~ 約 1.25 インチの厚み T3 を有する。

【0033】

一実施形態では、1 以上の温度プローブ（例えば、熱電対またはサーミスタ）190 が、1 以上の位置でヒーターモジュール 150 の本体 158 に埋め込まれるか、本体 158 と熱的に連結されている。一実施形態では、1 以上の温度プローブ 190 は、ヒーターモジュールの異なる位置で測定された温度に対応する 1 以上の温度信号 TS を受信するチャックコントローラ 200 に連結されている。以下に詳述するように、コントローラ 200 は冷却ユニット 40 及び可変電源ユニット 180 にも動作的に連結され、（例えばソフトウェアによる動作命令によって）これらのユニットの動作を制御するようになっている。

【0034】

上部板

図 2 に示すように、チャック 10 は、対向する上下面 302, 304 と、周辺部 306 と、本体 308 とを有する上部板 300 を含む。上部板 300 は、下面 304 がヒーターモジュール 150 の上面 152 と熱的に連結される（例えば、密着または接触する）ように配置されている。一実施形態では、上部板 300 は約 0.25 ~ 約 0.5 インチの厚み T4 を有する。

【0035】

上部板の上面 302 は、ウェハ 310 を支持するようになっている。ウェハ 310 は、対向する上下面 312, 314 と外側エッジ 316 とを有する。一実施形態では、上部板 300 は、ヒーターモジュール 150 を構成する材料によってウェハ 310 が汚染されることを防止する。例えば、ヒーターモジュール 150 がアルミニウムからなる場合には、ウェハとアルミニウムが直接接触すると、非常に純粋なシリコンウェハにアルミニウム原子が移動するという望ましくない事態が発生する。

【0036】

したがって、一実施形態では、上部板 300 はウェハを汚染しない材料からなるか、そのような材料を含む。例えば、ウェハ 310 がシリコンウェハである場合、実施形態においては、上部板 300 の材料としては、融解シリカ、ケイ素、炭化ケイ素の少なくとも 1 つが挙げられる。一実施形態では、上部板 300 はケイ素を含み、上面 302 には酸化物または窒化物のコーティングが設けられている。

【0037】

別の実施形態では、上部板 300 は、アルミニウムからなるヒーターモジュール 150 上に形成された Al_2O_3 などの厚い酸化物層である。

【0038】

真空溝を有する上部板

図 3 は、上部板 300 の一部をウェハ 310 及びヒーターモジュール 150 の一部と

10

20

30

40

50

もに示す拡大断面図である。図 3 に示すように、一実施形態では、上部板 300 は上下面 302, 304 にそれぞれ形成された真空溝 340, 342 を含む。各真空溝はウェハの一定のバックグラウンド温度を乱す可能性のある熱的に不連続なものとなるため、上部板 300 の真空溝はできる限り狭くする。また、チャック 10 は、一端が真空溝 340, 342 にそれぞれ連結され、他端が真空装置 360 に連結された真空ライン 350, 352 を含む。

【0039】

真空溝 340 は、真空ライン 350 及び真空装置 360 と連携して、ウェハ 310 を上部板の上面 302 に固定させる真空を形成する吸引力をウェハ 310 の下面 314 において供給する。同様に、真空溝 342 は、真空ライン 352 及び真空装置 360 と連携して、上部板 300 をヒーターモジュール 150 の上面 152 に固定させる真空を形成する吸引力を上部板 300 の下面 304 において供給する。

10

【0040】

真空を使用しない場合に上部板をヒーターモジュールに対して位置合わせするために、一実施形態では、両者の相対的な水平及び回転位置を固定するために機械的ガイド（図示せず）を使用する。例えば、機械的ガイドは、一方で取付穴に係合し、他方で取付溝に係合する 2 つのピンであってもよい。

【0041】

多孔性中央部を有する上部板

図 4 A は、孔 405 を含む多孔性の中実材料 406 を上部板が含む実施形態を説明する、上部板 300 の一部の断面図である。図 4 A に示す上部板 300 は、本体 308 の上面 302 に形成された中央凹部 400 を含む。凹部 400 は、中実の多孔性材料 406 を含む。一実施形態では、多孔性材料 406 は炭化ケイ素である。非多孔性の本体 308 が多孔性材料 406 を取り囲み、一実施形態では、本体 308 は非多孔性炭化ケイ素から形成される。

20

【0042】

この実施形態では、上部板 300 は上部に凹部 400 を有する中実な炭化ケイ素の本体 308 から形成され、材料 406 は、凹部 400 にはめ込まれ、ディスクを取り囲む本体 308 の部分に接合されるディスク（例えば、多孔性炭化ケイ素ディスク）の形状を有する。

30

【0043】

真空ライン 350 は、本体 308 の周辺部 306 を介して材料 406 と空気に連結されている。材料 406 の多孔性によって、ウェハ 310 を上部板の上面 302 に固定するために真空溝 340（図 3）を上面 302 に形成する必要がなくなる。本実施形態では、真空装置 360 を作動させると、（孔 405 を介して）上部板の上面 302 に吸引力が形成される。これによって、ウェハ 310 を上部板 300 に固定する真空がウェハ 310 と上部板 300 との間に形成される。

【0044】

上述したように、真空を使用しない（または真空が不十分である）場合には、ヒーターモジュールに対して上部板を位置合わせし、両者を保持するために機械的ガイドを使用することができる。

40

【0045】

中央多孔性ディスクを有する上部板

図 4 B は、上部板 300 の上下面 302, 304 間を延びる多孔性材料 406 の部分を含む上部板の実施形態を説明する、上部板 300 の一部の断面図である。多孔性材料部 406 は、例えばリング形状の非多孔性本体 308 に取り囲まれている。

【0046】

この実施形態では、上部板 300 は周辺部 407 を有する多孔性材料 406（例えば、炭化ケイ素）のディスクから形成され、ディスクは、ディスクの周辺部 407 を取り囲むリング形状の密接に取り付けられた中実の非多孔性本体 308（例えば、非多孔性炭化ケ

50

イ素)によって取り囲まれている。ディスク406とリング308はディスクの周辺部407で接合されている。

【0047】

真空ライン350は、本体308の周辺部306を介して材料406と空気に連結されている。材料406の多孔性によって、図3に示すように、ウェハ310を上部板の上面302に固定し、上部板300をヒーターモジュール150に固定するために真空溝340, 342を上下面302, 304に形成する必要がなくなる。

【0048】

本実施形態では、真空装置360を作動させると、(孔405を介して)上部板の上面302に吸引力が形成される。これによって、ウェハを上部板に固定する真空がウェハと上部板との間に形成される。同様に、上部板の下面304に吸引力が形成され、ヒーターモジュールを上部板に固定する真空がヒーターモジュールと上部板との間に形成される。この実施形態では、ウェハと上部板との間の真空は、上部板とヒーターモジュールとの間の真空と独立して作用させることはできない。図4Bは真空ライン350のみを示しているが、ライン350は必要な数の真空ラインを含むことができる。

10

【0049】

多孔性材料のみによって形成された上部板

図4Cは、上部板が周辺部407において非多孔性材料306(例えば、非多孔性膜)によって取り囲まれた、多孔性材料406のみから本質的に形成された上部板300の他の実施形態を説明する、図4Bと同様な上部板300の一部の断面図である。一実施形態では、多孔性材料406は、高い熱伝導性を有し、非常に固い炭化ケイ素を含む。

20

【0050】

図4Bに示す上部板300の実施形態と同様に、真空装置360によって(例えば、真空ライン350を介して)真空が供給されると、上部板の上下面における多孔性によって、ウェハと上部板との界面及び上部板とヒーターモジュールとの界面に真空が形成される。

【0051】

本実施形態では、ウェハと上部板との間の真空は、上部板とヒーターモジュールとの間の真空と独立して作用させることはできない。

【0052】

炭化ケイ素の硬度によって、ウェハと上部板の上面との間の摩耗及び汚染が最小化されるため、炭化ケイ素が材料406として好ましい。

30

【0053】

2つの多孔性部分を有する上部板

図4Dは、周辺部306において非多孔性材料によって取り囲まれた多孔性材料の2つの部分を上部板が含む実施形態を説明する、上部板300の一部の断面図である。図4Dに示す上部板300は、多孔性材料406A, 406Bによってそれぞれ形成された上部410及び下部412を含む。一実施形態では、材料406Aは材料406Bと同じである。非多孔性材料407は周辺部306に設けられ、多孔性材料部からのエッジリークを防ぐ。

40

【0054】

上部410及び下部412は非多孔性バリア416によって分離され、別々の真空ライン350, 352によって真空装置360と接続されている。この実施形態では、真空装置360は上部410及び下部412に独立して真空を供給することができ、上下面302, 304において吸引力を形成することができる。

【0055】

多孔性材料を有する上部板の利点

少なくとも上面302の一部を構成する多孔性材料によって上部板300を作製することによって、真空溝340(図3)が不要となる。これによって、良好な熱伝導体ではない真空溝340の存在によって引き起こされるウェハ温度の変動がなくなる。

50

【 0 0 5 6 】

一実施形態では、材料 4 0 6 の孔 4 0 5 の孔径分布は均一（例えば、2 0 μ m 以下の範囲）であり、熱拡散長さよりも非常に小さい。これによって、真空溝 3 4 0 に起因する高い熱抵抗が最小化されるとともに、局所的に閉じ込められるのではなく、シリコンウェハの表面にわたって均等に広がる。また、ウェハ 3 1 0 を上部板の上面 3 0 2 に固定するために十分な真空が得られる。

【 0 0 5 7 】

任意の界面層

別の実施形態では、チャック 1 0 は、チャックの 1 以上の界面間、例えば、冷却板の上面 2 2 と絶縁体層の下面 1 0 4（図 2）との間および/または絶縁体層の上面 1 0 2 とヒーターモジュールの下面 1 5 4 との間に配置された、薄くコンプライアントな低摩擦熱界面層 1 1 0（図 2）を含む。図 2 は、チャック 1 0 が冷却板 2 0 と絶縁体層 1 0 0 との間に界面層 1 1 0 を含む実施形態を示している。

10

【 0 0 5 8 】

このような実施形態では、界面層 1 1 0 は、カリフォルニア州ファウンテンバレー（Fountain Valley）のアメリカン・シール・パッキング（American Seal and Packing）社から市販されている Grafoil[®] などのグラファイト材料のフレキシブルシートからなるか、そのようなシートを含む。界面層 1 1 0 によって、層 1 1 0 の両面に直接接するチャック構成要素は不均一な熱膨張を有することになる。また、絶縁体層 1 1 0 はそのコンプライアンスによって熱接触抵抗を最小化させる。界面層 1 1 0 は、隣接する構成要素の界面における小さな凹凸にフィットし、隣接する構成要素間の良好な熱的連結を確保する。

20

【 0 0 5 9 】

スカート

図 5 は、スカート 5 0 0 によって取り囲まれた上部板 3 0 0（図 2）を示すチャック 1 0 の別の実施形態の部分断面図である。スカート 5 0 0 は上部板 3 0 0 の周辺部 3 0 6 の周りに配置され、ウェハが上部板の上面 3 0 2 に適切に配置された際にウェハ 3 1 0 のエッジ 3 1 6 を取り囲む。

【 0 0 6 0 】

一実施形態では、スカート 5 0 0 は、対向する上下面 5 0 2、5 0 4 と外側エッジ 5 0 6 とを有する平面部材 5 0 1 を含む。平面部材は、内側エッジ 5 1 2 によって画定され、ウェハ 3 1 0 の周りに密接にフィットする大きさを有する中央開口部 5 1 0 も含む。平面部材 5 0 1 は、ウェハが上部板の上面 3 0 2 に適切に固定された時に内側エッジ 5 1 2 がウェハのエッジ 3 1 6 に隣接するように他のチャック構成要素と相対的に配置されている。図 5 では、説明の便宜のために、スカート 5 0 0 はウェハのエッジ 3 1 6 から比較的離れて示されている。

30

【 0 0 6 1 】

一実施形態では、スカート 5 0 0 は、内側エッジ 5 1 2 と外側エッジ 5 0 6 との間で、平面部材 5 0 1 の下面 5 0 4 と熱的に連結された（例えば、密着または接触する）熱伝導性リング 5 2 0 を含む。リング 5 2 0 は、内部に形成され、リングの円周を横切るリング状冷却路 5 2 2 を有する本体 5 2 1 を含む。冷却路 5 2 2 は、冷却ライン 5 2 4 を介して冷却ユニット 4 0 と動作的に連結されている。

40

【 0 0 6 2 】

スカート 5 0 0 は、ビームがウェハ 3 1 0 の外側エッジ 3 1 6 を越えた場合に、LTP レーザービーム 8 1 8（後述する）からのレーザー放射線を吸収および/または反射するようになっている。スカート 5 0 0 によって吸収された熱は、チャックコントローラ 2 0 0 からの指示による冷却ユニット 4 0 の動作によって冷却路 5 2 2 及び冷却ライン 5 2 4 を流れる冷却流体（水など）を介して取り除かれる。スカート 5 0 0 は、ウェハの外側エッジを越えてビームに接触し得る材料を LTP ビームが融解させることを防止することによって、LTP 装置（図示せず）の他の部分の損傷とウェハ 3 1 0 の汚染を防止する。

50

【 0 0 6 3 】

キネマティックマウント

図 6 は、冷却板 2 0 がどのようにしてチャック全体を支持するキネマティックマウント (k i n e m a t i c m o u n t) 6 0 0 の一部を形成するかを説明する、チャックの一実施形態の拡大断面図である。キネマティックマウント 6 0 0 は、ステージ駆動部 6 1 2 に動作的に連結され、ステージ駆動部 6 1 2 によって駆動される可動ステージ 6 1 0 にチャックが正確に接続されるようにする。

【 0 0 6 4 】

キネマティックマウント 6 0 0 は、外側エッジ 6 2 4 を有するベース部 6 2 2 を備えたステージ界面部材 6 2 0 を含む。ベース部 6 2 2 は、例えば止めねじ (図示せず) を介してステージ 6 1 0 に固定されている。ステージ界面部材 6 2 0 は、外側エッジ 6 2 4 またはその近傍に対称的に配置された上部に延びる 3 つの台座 6 3 0 を含み、2 つの台座は完全に図示され、第 3 の台座は他の 2 つの台座の中間に部分的に図示されている。各台座は、取付ボール 6 4 0 の一部を収容する大きさを有する放射状に延びる溝 6 3 6 を含む上部取付面 6 3 2 を有する。対応する 3 つの放射状溝 6 5 0 が、周辺部 2 6 の近傍で冷却板 2 0 の下面 2 4 に形成されている (図 6 には 2 つの溝 6 5 0 のみが示されている。第 3 の台座の第 3 の溝は 2 つの溝の間で冷却板 2 0 の反対側の中心に位置し、他の 2 つの溝と同様に取付ボール 6 4 0 を収容する) 。

【 0 0 6 5 】

キネマティックマウント 6 0 0 は、対応する 3 つの放射状の対向する溝 6 3 6 , 6 5 0 にそれぞれ配置された 3 つの取付ボール 6 4 0 を含む。取付ボール 6 4 0 は、対応する台座または冷却板の溝に永久的に取り付けられている。キネマティックマウント 6 0 0 は、取付ボール 6 4 0 が対応する対向する放射状の溝に位置するように冷却板 2 0 をステージ界面部材 6 2 0 に位置合わせすることによって、チャックをステージ 6 1 0 に対して正確かつ一貫して位置合わせできるようにする。

【 0 0 6 6 】

チャックの保持例

チャック 1 0 の主要な構成要素 (冷却板、絶縁体層、ヒーターモジュール) は、様々な手段によって保持することができる。そのような手段の 2 つの実施形態について説明する。

【 0 0 6 7 】

ばね負荷固定ボルトによる保持

図 7 A は、冷却板 2 0、絶縁体層 1 0 0、ヒーターモジュール 1 5 0 がどのように固定されるかについての一実施形態を説明する、チャックの概略側面図である。図 7 A に示すチャックはボルト 6 6 0 (2 つのボルトが図示され、第 3 のボルトは反対側に隠れている) を含み、各ボルトは、一端にヘッド 6 6 2 を、他端にねじ山 6 6 3 を有する。ボルト 6 6 0 は、ヒーターモジュール 1 5 0 の穴 6 6 4 及び冷却板 2 0 の穴 6 6 8 の内部を延びている。

【 0 0 6 8 】

上述したチャックの主要な構成要素の固定を容易にするために、一実施形態では、ヒーターモジュール 1 5 0 の周辺部 1 5 6 及び冷却板 2 0 の周辺部 2 6 が絶縁体層 1 0 0 の周辺部を越えて延びている。また、固定ボルト 6 6 0 がヒーターモジュール及び冷却板の内部のみを延び、絶縁層の内部には延びないように、穴 6 6 4 , 6 6 8 は周辺部 1 5 6 , 2 6 の近傍に形成されている。

【 0 0 6 9 】

一実施形態では、ボルト 6 6 0 は穴 6 6 4 , 6 6 8 に挿入され、ねじ山端部 6 6 3 は冷却板 2 0 を通過して延びている。ボルト 6 6 0 は、ねじ山端部 6 6 3 において、ばね負荷座金 6 7 0 (例えば、ベルビル座金) 及びナット 6 7 2 によって冷却板 2 0 の下面 2 4 で固定されている。この配置によって、冷却板、絶縁体層、ヒーターモジュールを保持するばね負荷が得られるとともに、(例えば、温度変化と異なる熱膨張係数による) これらの

10

20

30

40

50

要素の低応力伸縮が得られる。

【 0 0 7 0 】

図 7 A に示すチャック 1 0 の実施形態では、ウェハ 3 1 0 に隣接して配置されたスカート 5 0 0 も含まれる。スカート 5 0 0 は、ボルトヘッド 6 6 2 を含むチャックの部分が (矢印 8 1 9 に示すようにウェハを横断する) 走査 L T P レーザービーム 8 1 8 に照射されることを防ぐ。

【 0 0 7 1 】

真空による保持

図 7 B は、チャックの主要な構成要素が真空を使用して保持された、図 2 に示すチャックの一実施形態の断面図である。図 7 B に示すチャック 1 0 では、冷却板 2 0 は上面 2 2 に形成された真空溝 6 8 0 を含む。また、ヒーターモジュール 1 5 0 は、下面 1 5 4 及び上面 1 5 2 にそれぞれ形成された真空溝 6 8 6 , 6 8 8 を含む。真空溝 6 8 0 , 6 8 8 , 6 8 6 は、真空ライン 6 9 0 , 6 9 1 , 6 9 2 を介して真空装置 3 6 0 と空氣的に連結されている。

10

【 0 0 7 2 】

真空装置 3 6 0 を作動させると、真空ライン 6 9 0 及び真空溝 6 8 0 を介して冷却板 2 0 と絶縁体層 1 0 0 との間に吸引力が形成される。この吸引力によって、これらの構成要素を固定する真空が形成される。同様に、真空装置 3 6 0 は、真空ライン 6 9 1 及び溝 6 8 6 を介して絶縁体層 1 0 0 とヒーターモジュール 1 5 0 との間に吸引力を形成する。この吸引力によって、これらの 2 つの構成要素が固定される。さらに、真空装置 3 6 0 は、真空ライン 6 9 2 及び溝 6 8 8 を介してヒーターモジュール 1 5 0 と上部板 3 0 0 の間に吸引力を形成する。この吸引力によって、これらの 2 つの構成要素が固定される。

20

【 0 0 7 3 】

本発明は、真空によってチャックの構成要素を固定する他の実施形態を含む。例えば、絶縁体層の上下面 1 0 2 , 1 0 4 の一方または両方は、内部に形成され、真空ライン 6 9 7 を介して真空装置 3 6 0 と空氣的に連結された真空溝 6 9 6 (破線) を含むことができる。真空溝は、上部板の下面にも形成されていてもよい (例えば、図 3 に示す真空溝 3 4 2) 。通常、構成要素の面 2 2 , 1 0 4 , 1 0 2 , 1 5 4 , 1 5 2 , 3 0 4 , 3 0 2 は、真空によって上述したチャックの主要な構成要素を保持できるように真空装置 3 6 0 と動的に連結された真空溝を有することができる。

30

【 0 0 7 4 】

一実施形態では、冷却板 2 0 、絶縁体層 1 0 0 、ヒーターモジュール 1 5 0 はボルトによって上述したように保持され、上部板は真空によってヒーターモジュールに固定される。

【 0 0 7 5 】

リフトピンアセンブリ

図 7 C は、リフトピンアセンブリ 7 0 0 を含むチャック 1 0 の一実施形態の断面図である。この実施形態では、リフトピンアセンブリ 7 0 0 は冷却板 2 0 の下面 2 4 に固定されている。リフトピンアセンブリ 7 0 0 は、冷却板の 2 0 の下面 2 4 に固定された中央駆動ユニット 7 0 4 を含む。また、リフトピンアセンブリ 7 0 0 は、下方に延びる中央駆動ユニット 7 0 4 のピストン 7 0 5 から放射状に延びるアーム 7 0 6 を含む。アーム 7 0 6 は、ピストン 7 0 5 が中央駆動ユニット 7 0 4 によって駆動された時に、軸方向に同時に上昇及び下降させることができる。図 7 C では、ピストン 7 0 5 は駆動ユニット 7 0 4 に引き込まれ、アーム 7 0 6 は最上部位置に配置されている。一実施形態では、リフトピンアセンブリ 7 0 0 は、チャックの周りに均等な間隔で配置された 3 つのアーム 7 0 6 を含む (2 つのアームは完全に図示され、第 3 のアームの上端部が反対側で図 7 C の上部中央に位置する) 。

40

【 0 0 7 6 】

各アーム 7 0 6 は、上面 7 1 0 と、中央駆動ユニット 7 0 4 から最も離れて位置する末端部 7 1 2 とを含む。リフトピンアセンブリ 7 0 0 は、端部 7 1 2 またはその近傍にお

50

いて上面 710 で各アーム 706 に取り付けられ、軸 A1 と平行に上方に延びるリフトピン 708 をさらに含む。各リフトピン 708 は、アーム 706 に取り付けられた近接端部 714 と、近接端部から離れた末端端部 716 とを有する。末端端部 716 は、下面 314 でウェハ 310 と係合し、ウェハ 310 を支持する内側に延びる小さな放射状リップ 717 を含む。同様に、上部板 300 の上面 302 は、リフトピンが下降位置にある場合に放射状リップ 717 の 1 つを収容する大きさを有する小さな放射状の凹部 719 を含む。

【0077】

冷却板 20 は、近接端部 714 の近傍でリフトピン 708 を収容する大きさを有する穴 720 を有し、リフトピン 708 は軸方向に穴 720 の内部を移動することができるようになっている。

10

【0078】

中央駆動ユニット 704 は、ピストン 705 の軸方向の動きを調整し、駆動ユニット 704 の選択的な作動によってピン 708 を引き上げるチャックコントローラ 200 に連結されている。ある動作では、コントローラ 200 によって駆動ユニット 704 を作動させると、アーム 706 は上方に（すなわち、図 7C に示すように冷却板 20 に向かって）駆動され、図 7C の上昇位置として示すように、リフトピン 708 はウェハ 310 を上部板の上面 302 から上昇させる。別の動作では、駆動ユニット 704 の作動によってアーム 706 は下方に駆動され、リフトピン 708 は上昇したウェハ 310 を上部板 300 の上面 302 に下降させる。これが下降位置であり、ピストン 705 は駆動ユニット 704 によって下方に延びている（図 7C では図示せず）。

20

【0079】

キネマティックマウント・リフトピンアセンブリ

図 6 に示すキネマティックマウントを図 7C に示すリフトピンアセンブリと組み合わせた場合、アーム 706 に対する台座 630 の向きには 2 つの選択肢がある。一実施形態では、各アーム 706 と対応するリフトピン 708 が図 6 の台座 630 の 2 つの異なる対の間に位置するように図 7C を水平に回転させる。これは、アーム 706 が中央駆動ユニット 704 から外側に延びる「光線」であり、各「光線」の間に間隔が設けられていることを考えることによって容易に想像できる。このようにすることで、組み立てられた場合に、アーム 706 と台座 630 が互いに干渉することはない。通常、3 つのアームと 3 つの台座のアセンブリでは、リフトピン 708 を備えた各アーム 706 は互いに 120° の角度にあり、台座 630 も互いに 120° の角度にあり、リフトピン 708 を備えた各隣接アーム 706 と台座 630 は互いに 60° の角度にあることになる。

30

【0080】

第 2 の実施形態では、台座 630 がチャック 10 の中心軸 A1 から距離「x」離れており、チャック 10 の中心軸 A1 からのアーム 706 の長さが「x」より小さい場合には、台座とアーム及びリフトピンの間の角度関係は重要ではなく、したがって、組み立てられたユニットの機械的設計を最適に満たす両者間のあらゆる角度位置を採用することができる。

【0081】

LTP 装置

図 8 は、245 特許に記載されているような LTP 装置 800 の概略図である。LTP 装置 800 は、レーザー放射線 803 を放出するレーザー光源 802 を含む。装置 800 は、レーザー光源 802 に光学的に連結された LTP 光学系 804 を含む。LTP 光学系 804 は、LTP 光学系の像面 IP でチャック 10 によって支持されたウェハ 310 とも光学的に連結されている。図 8 では、説明を簡略化するためにスカート 500 は省略している。

40

【0082】

また、LTP 装置 800 は、例えば上述したキネマティックマウント 600（図 6）を使用してチャックを移動可能に支持するステージ 610 を含む。一実施形態では、ステージ 610 を座標系 611 に示す Z 方向に移動させることによって像 820 をウェハの上面

50

3 1 2 にわたって走査する。

【 0 0 8 3 】

L T P 装置 8 0 0 は、レーザー光源 8 0 2、ステージ駆動部 6 1 2、チャック温度コントローラ 2 0 0 と動作的に連結されたメインコントローラ 8 5 0 を含む。チャックコントローラ 2 0 0 は、冷却ユニット 4 0、電源 1 8 0、真空装置 3 6 0、ヒーターモジュール 1 5 0 (図 2) と熱的に連結された 1 以上の熱電対と動作的に連結されている。

【 0 0 8 4 】

L T P 装置の動作

図 8 に示す L T P 装置 8 0 0 の動作の一実施形態では、ウェハ 3 1 0 を上部板 3 0 0 の上面 3 0 2 に配置する。一実施形態では、メインコントローラ 8 5 0 は、リフトピン 7 0 8 がリフトピンの端部 7 1 6 (図 7 C) でリップ 7 1 7 を介してウェハ 3 1 0 を収容及び支持し、次にウェハを上部板 3 0 0 の上面 3 0 2 (図 2) に下降させるように中央駆動ユニット 7 0 4 を作動させるようチャックコントローラ 2 0 0 に指示する。

【 0 0 8 5 】

次に、メインコントローラ 8 5 0 は、真空装置 3 6 0 を作動させ、ウェハ 3 1 0 を真空によって上部板の上面 3 0 2 に固定するようコントローラ 2 0 0 に指示する。これによって、ウェハと上部板との間の熱伝導も促進される。一実施形態では、真空装置 3 6 0 の作動によって、上部板 3 0 0 がヒーターモジュール 1 5 0 に固定され、上部板とヒーターモジュールとの間の熱伝導も促進される。

【 0 0 8 6 】

ウェハ 3 1 0 が上部板 3 0 0 に固定されると(または固定される前に)、チャックコントローラ 2 0 0 は冷却ユニット 4 0 を作動させ、冷却板 2 0 の冷却路 3 2 及びスカート 5 0 0 の熱伝導性リング 5 2 0 の冷却路 5 2 2 (図 5) を介して冷却流体が流れ始める。

【 0 0 8 7 】

また、チャックコントローラ 2 0 0 は、電源 3 6 0 を作動させて電力をヒーターモジュール 1 5 0 に供給し、それによってヒーターモジュールの加熱を開始させ、以下に詳述するようにウェハの温度を一定のバックグラウンド温度 T C まで上昇させる。

【 0 0 8 8 】

ウェハが一定のバックグラウンド温度 T C に達すると、メインコントローラ 8 5 0 はレーザー光源 8 0 2 を作動させてレーザー放射線 8 0 3 を発生させる。一実施形態では、レーザー光源 8 0 2 は、出力レベルをある期間にわたって変化させるレーザー系及びビーム形成光学系の温度変化を防ぐために連続的に動作する。レーザービームは、L T P 光学系 8 0 4 とウェハの表面 3 1 2 との間に配置された高速シャッター 8 0 5 によってオン・オフされる。高速シャッター 8 0 5 はメインコントローラ 8 5 0 と動作的に連結され、ウェハのエッジが L T P レーザービーム 8 1 8 に暴露されるのを防ぐように切り替えられる。

【 0 0 8 9 】

L T P 光学系 8 0 4 はレーザー放射線 8 0 3 を受け、レーザー放射線 8 0 3 から L T P レーザービーム 8 1 8 を形成し、L T P レーザービーム 8 1 8 は像面 I P に像 8 2 0 (例えば、細い線像などの長い像) を形成する。メインコントローラ 8 5 0 はステージ駆動部 6 1 2 を制御し、ウェハ 3 1 0 が像 8 2 0 と相対的に移動するようにステージを移動させる。その結果、像 8 2 0 がウェハ表面 3 1 2 にわたって走査される。

【 0 0 9 0 】

メインコントローラ 8 5 0 はチャックコントローラ 2 0 0 と通信し、ヒーターモジュール 1 5 0 の温度、冷却ユニット 4 0 の動作状態、電源 1 8 0 の動作状態、真空装置 3 6 0 の動作状態などの、チャック 1 0 の状態に関する情報を受信する。チャックコントローラ 2 0 0 は、L T P レーザービーム 8 1 8 による照射時に余分な熱がウェハに与えられた場合に、以下に詳述するように、ヒーターモジュール 1 5 0 に供給される電力の量を減少させてヒーターモジュールを一定のバックグラウンド温度 T C に維持する。

【 0 0 9 1 】

チャックの動作

10

20

30

40

50

チャック10の主要な役割の1つは、LTPレーザービームがウェハに照射されているか否かに関わらずバックグラウンドウェハ温度TCが一定及び均一に維持されるように、LTP時の熱平衡(heat balance)を管理することである。この機能を行う際のチャック10の動作を以下に詳細に説明する。

【0092】

LTPレーザービーム照射を行わない場合のTCの維持

図9Aは、ウェハにLTPレーザービーム818(図8)が照射されていない場合に存在するエネルギーの流れ(power flux)を説明する、チャック10とウェハ310の概略側面図である。LTPレーザービーム818をウェハに照射する前に、ウェハのドーパント活性化などのアニールプロセスを容易にするために、ウェハ310の温度をバックグラウンド温度TCまで上昇させる。

10

【0093】

LTPレーザービーム818による加熱がない場合には、電源180は十分な電力860をヒーターモジュール150に供給し、モジュール及びウェハをバックグラウンド温度TCに加熱する必要がある。チャックコントローラ200は、温度プローブ190(図2)を介してヒーターモジュール150の温度を監視し、所望の一定なバックグラウンド温度TCを達成及び維持するために、ヒーターモジュールに供給される電力860の量を制御する。

【0094】

LTPレーザービーム818によってウェハに熱が供給されていない場合、チャックからの熱損失の主な原因は、ウェハの上面312を介した放射及び対流840と、絶縁体層100を介した冷却板20への伝導850である。チャックコントローラ200は、冷却ユニット40及び冷却板20を介した冷却流体(水など)の流れを制御し、冷却板による熱の消散を促進する。

20

【0095】

上述したように、絶縁体層100は、上面102における一定のバックグラウンド温度TC(例えば、約400)から下面104における非常に低い温度(例えば、20)の範囲の実質的に一定(一定またはほぼ一定)の熱勾配を維持するようになっている。絶縁体層100は、ヒーターモジュール150の下面154から冷却板20への放射性的熱移動は抑制するが、ヒーターモジュールから冷却板への伝導性的熱移動は許容する。

30

【0096】

一実施形態では、ヒーターモジュール150は、ウェハがLTPレーザービーム818に照射されていない場合にウェハ310を400の一定のバックグラウンド温度TCに維持するために、約3.4kWの電力860を必要とする。

LTPレーザービーム照射が行われる場合のTCの維持

図9Bは、ウェハがLTPレーザービーム818に照射されている場合に存在するエネルギーの流れを説明する、チャック10とウェハ310の概略側面図である。一実施形態では、LTPレーザービーム818は約3kWのエネルギーを与え、放射及び対流によるエネルギー損失840(図9A)は約0.5kWである。この場合、3kWのエネルギー850を冷却板に放出し、電源180(図8)から0.5kWの電力860をヒーターモジュール150に供給することによって平衡をとることができる。

40

【0097】

LTPレーザービーム818がウェハの表面312に入射すると、電源180からヒーターモジュール150に供給される電力850をそれに比例して減少させる。一定のバックグラウンド温度TCの電氣的な制御を維持するためには、絶縁体層100を介した冷却板20への定常状態の熱損失は、放射及び対流による損失が差し引かれたLTPレーザービームからの最大供給エネルギーよりも大きくなければならない。

【0098】

チャック10の加熱制御装置の適応能力は、レーザーの大きく変化する入力レベルを収容し、ウェハTCにおける一定の平均温度をもたらす。走査レーザービーム818によ

50

てウェハに供給される空間的に変化する熱負荷は、ヒーターモジュールと上部板の高い伝導性によって受動的に補償される。また、ウェハと上部板及び上部板とヒーターモジュールの間の低い熱界面抵抗も、温度の空間的な非均一性を減少させるために役立つ。

【0099】

LTP走査経路の例

LTPを行う場合には、像820(図8)の隣接する走査が早すぎる場合などに発生するウェハ310の局所的な温度変化を回避することが好ましい。

【0100】

図10は、像820の走査経路900の一実施形態を説明する、ウェハ310の概略上面図である。像820は、走査経路に垂直に測定した場合の像幅Wを有する。上述したように、一実施形態では、像820は長く、例えば線像である。走査経路900は、多くの走査セグメント901(901-1、901-2、・・・901-6)を含む。各走査セグメントにおける矢印は走査経路の方向を示す。走査経路は、ウェハ表面における像820の中心部の経路を示す。

10

【0101】

一実施形態では、連続する走査セグメント901は、先行する走査セグメントからの温度変化を避けるために十分に離されている。好ましい実施形態では、図10に示すように、隣接する走査セグメント間の間隔は像820の幅Wよりも大きい。第1の走査シーケンスが完了すると、走査像820が互いに交差するように第1の走査シーケンスに挟まれた第2の走査シーケンスが開始される。一実施形態では、隣接する(交差する)走査間の間隔は、ウェハ上の任意の点におけるピーク強度の最大ばらつきが1%のオーダーとなるようになっており、ウェハのエッジに接する狭い除外領域は例外である。第2の走査シーケンス後には、緊密に交差する走査によってウェハ全体が完全にカバーされるまで、さらなる走査シーケンスが行われる。このようにして、ウェハ全体がLTPレーザービームによって均一に処理される。

20

【0102】

なお、図10に示す走査経路の実施形態では、隣接するセグメントが走査される前に、走査901のシーケンスは1つの走査セグメントにおける熱が消散するための(すなわち、走査セグメントにおけるウェハ温度が一定のバックグラウンド温度TCに戻るための)十分な時間を置く。

30

【0103】

保護スカート動作

図10に示す走査経路900のようなLTP走査経路は、ウェハ310の外側エッジ316を横切る。そのような走査経路の場合には、スカート500が、LTPレーザービーム818がウェハを越えて移動する際にLTPレーザービーム818からの放射線を吸収および/または反射する。図7Aに示すスカート500の実施形態では、平面部材501によって吸収されるLTPレーザービーム818からのエネルギーは熱伝導性リング520に伝達され、熱伝導性リング520はスカートからの熱を冷却路522を介した冷却ユニット40からの冷却流体(例えば、ウォーター)の流れによって除去する。

40

【0104】

本発明の多くの特徴及び利点は詳細な明細書から明らかであり、添付した請求項によって本発明の精神と範囲に従う上述した装置の特徴と利点をすべて網羅することを意図するものである。また、当業者は数多くの変形や変更容易に想到するものと考えられるため、本発明をここで説明した構造や動作のみに限定することは望ましいものではない。したがって、その他の実施形態も添付した請求項の範囲に含まれるものと解釈されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明に係るチャックの平面図である。

【図2】図1の2-2線に沿った図1に示すチャックの断面分解図である。

50

【図 3】上下面に真空溝を有する上部板の実施形態を説明する、図 2 に示す上部板の一部を上部のウェハ及び下部のヒーターモジュールの一部とともに示す拡大断面図である。

【図 4 A】空気浸透性材料を含む上部板の実施形態を説明する、図 2 に示す上部板の一部の拡大断面図である。

【図 4 B】上部板の上面から下面へ延び、非多孔性本体によって周辺部において取り囲まれた多孔性材料の部分を有する上部板の実施形態を説明する、図 2 に示す上部板の一部の拡大断面図である。

【図 4 C】上部板がほぼ全体的に多孔性材料から形成され、非多孔性の境界部がエッジリークを防止している実施形態を説明する、図 2 に示す上部板の一部の拡大断面図である。

【図 4 D】多孔性材料からなり、非多孔性層で分離され、エッジリークを防止する非多孔性エッジ境界部を有する上下部分を有する上部板の実施形態を説明する、図 2 に示す上部板の一部の拡大断面図である。

【図 5】保護スカートによって取り囲まれた図 2 に示すチャックの上部板の実施形態の拡大断面図である。

【図 6】図 2 に示すチャックの実施形態の拡大断面図であり、冷却板と可動ステージに取り付けられたステージ界面部材とともに形成されたキネマティックマウントをさらに示す。

【図 7 A】チャックが固定ボルトによって保持される実施形態を説明する、本発明のチャックの概略断面図である。

【図 7 B】チャックが真空によって保持される、本発明のチャックの実施形態の概略断面図である。

【図 7 C】冷却板の下面に固定されたリフトピンアセンブリをさらに含む、図 2 に示すチャックの実施形態の断面図である。

【図 8】本発明のチャックを使用した、245 特許に記載されているような LTP 装置の概略図である。

【図 9 A】ウェハが図 8 に示す LTP 装置からの LTP レーザービームに照射されていない場合に存在するエネルギーの流れを説明する、図 2 に示すチャックとウェハの概略側面図である。

【図 9 B】ウェハが図 8 に示す LTP 装置からの LTP レーザービームに照射されている場合に存在するエネルギーの流れを説明する、図 2 に示すチャックとウェハの概略側面図である。

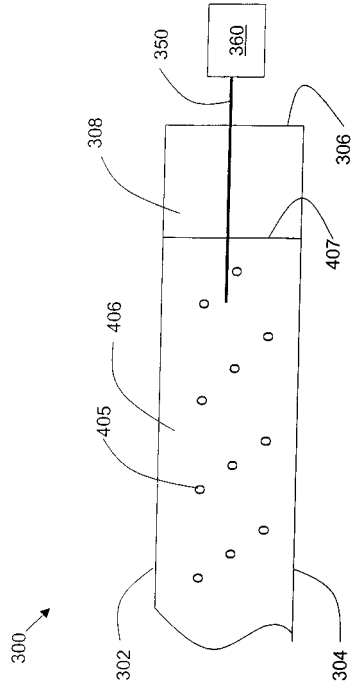
【図 10】図 10 は、ウェハの上面に LTP レーザービーム像を走査するためのインターリーブ走査経路の実施形態を説明する、図 8 に示す LTP 装置におけるウェハの概略平面図である。

10

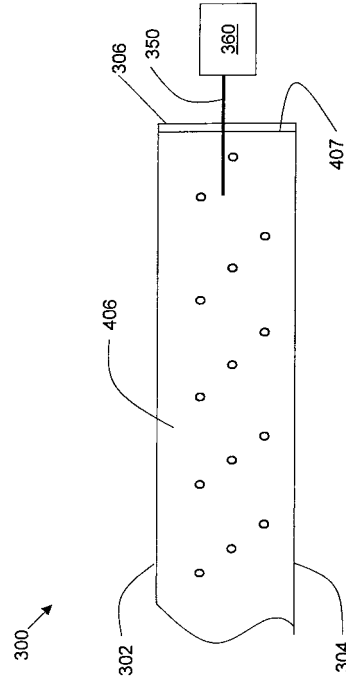
20

30

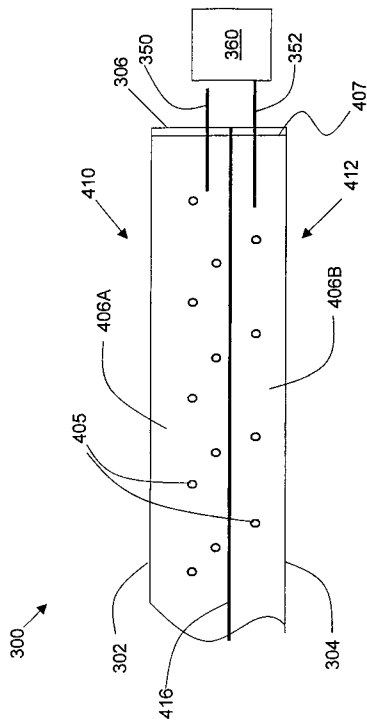
【 図 4 B 】



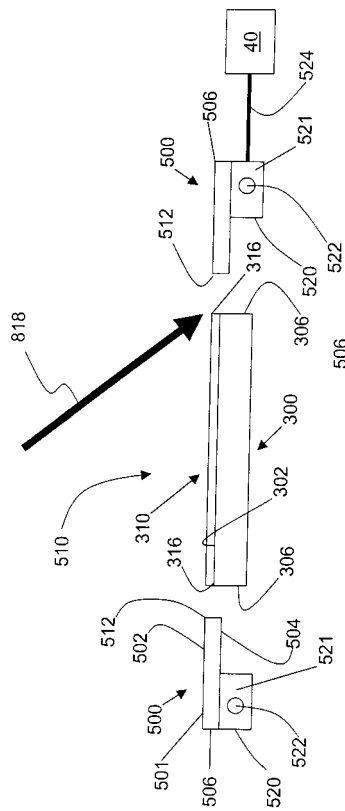
【 図 4 C 】



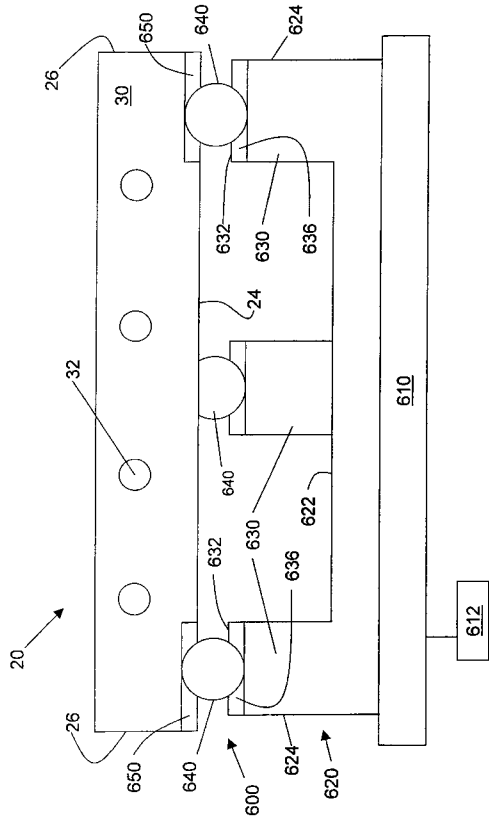
【 図 4 D 】



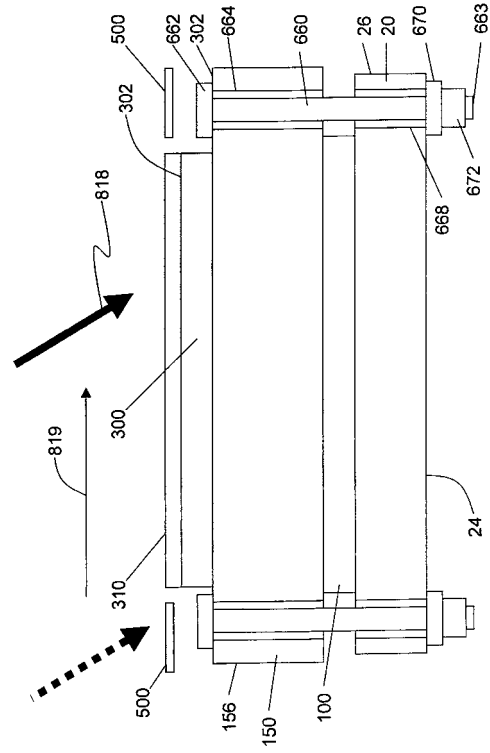
【 図 5 】



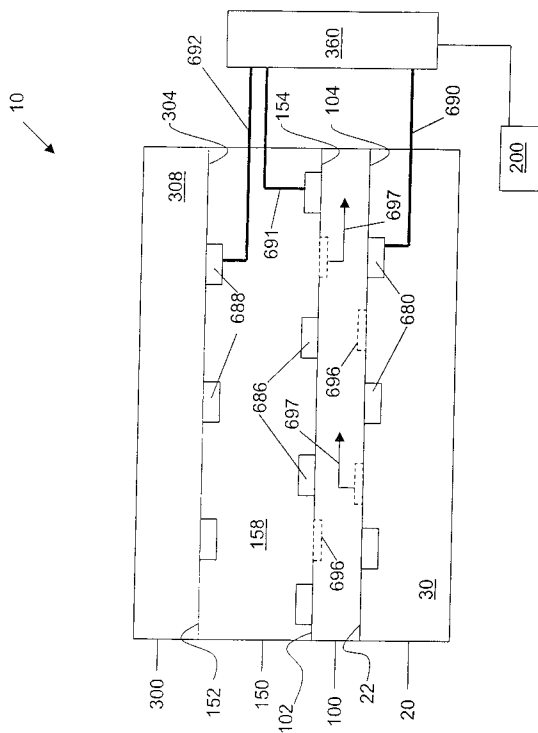
【 図 6 】



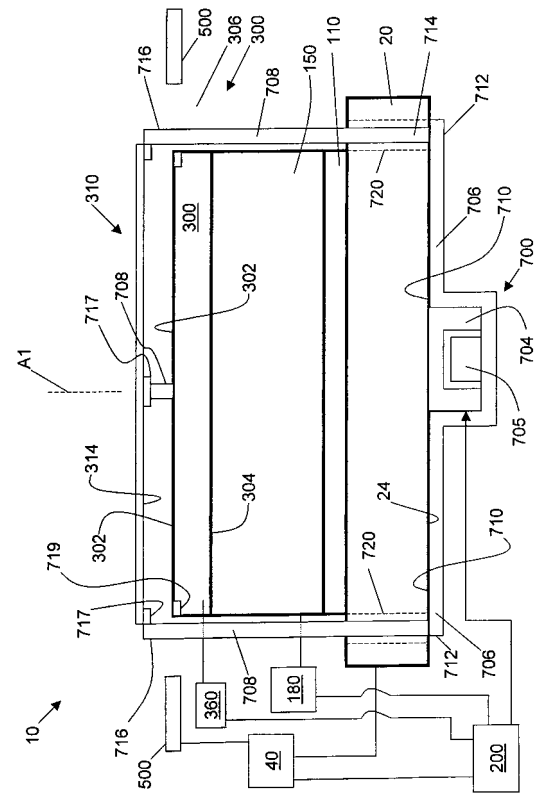
【 図 7 A 】



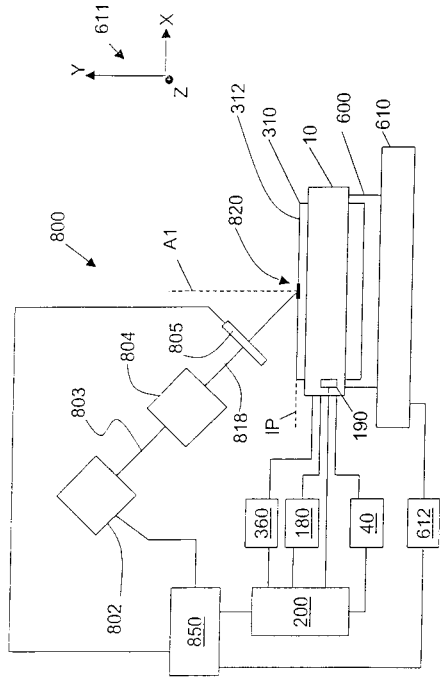
【 図 7 B 】



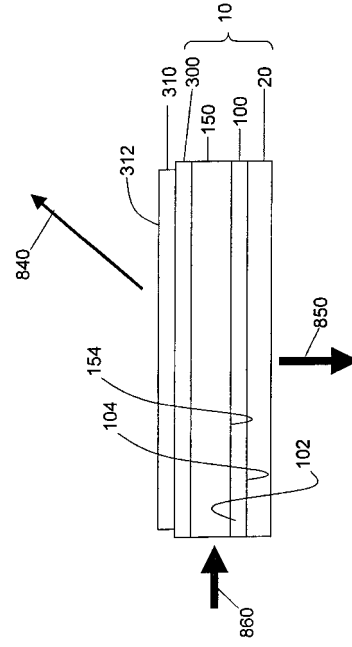
【 図 7 C 】



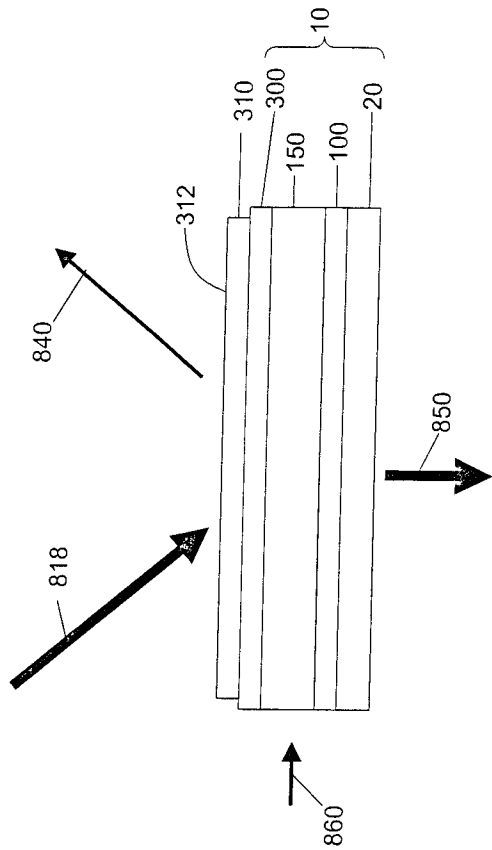
【 図 8 】



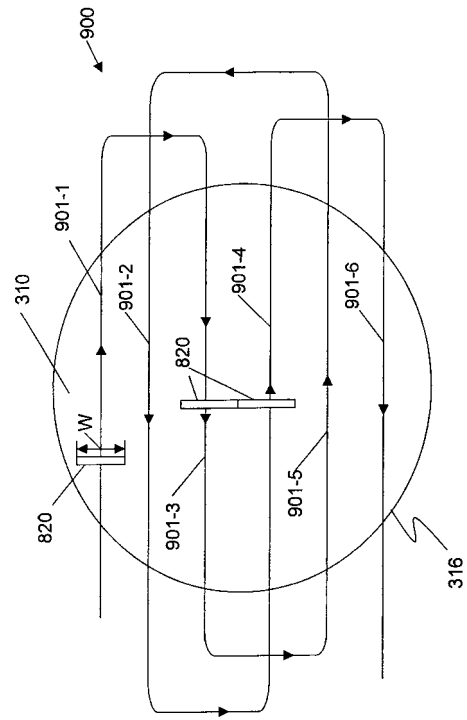
【 図 9 A 】



【 図 9 B 】



【 図 10 】



フロントページの続き

- (72)発明者 イゴール ランドー
アメリカ合衆国 9 4 3 0 6 カリフォルニア州 パロアルト マタデーロアベニュー 5 6 5
9
- (72)発明者 ディビット エー マーケル
アメリカ合衆国 9 5 0 7 0 カリフォルニア州 サラトガ リタナコート 2 0 6 9 0
- (72)発明者 ソミット タルワー
アメリカ合衆国 9 5 0 3 2 カリフォルニア州 ロスガトス エイドリアンプレイス 1 1 6
- (72)発明者 マイケル オー トンプソン
アメリカ合衆国 1 4 8 5 0 ニューヨーク州 イサカ オークウッドレーン 1 3 0
- (72)発明者 イヴェリン エー アングロフ
アメリカ合衆国 9 4 0 8 7 カリフォルニア州 サニーバール コネマラウェイ 1 2 5 # 1
6 7
- (72)発明者 セナウアン チョウ
アメリカ合衆国 9 5 1 3 8 カリフォルニア州 サンノゼ クノールクレストアベニュー 4 4
2

審査官 宮澤 尚之

- (56)参考文献 特開昭62-216318(JP,A)
特開平11-265931(JP,A)
特表平11-502062(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20
H01L 21/268
H01L 21/683