

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4988202号
(P4988202)

(45) 発行日 平成24年8月1日(2012.8.1)

(24) 登録日 平成24年5月11日(2012.5.11)

(51) Int.Cl.

H01L 21/26 (2006.01)

F 1

H01L 21/26
H01L 21/26T
Q

請求項の数 15 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2005-502515 (P2005-502515)
 (86) (22) 出願日 平成15年12月19日 (2003.12.19)
 (65) 公表番号 特表2006-511970 (P2006-511970A)
 (43) 公表日 平成18年4月6日 (2006.4.6)
 (86) 國際出願番号 PCT/CA2003/001959
 (87) 國際公開番号 WO2004/057650
 (87) 國際公開日 平成16年7月8日 (2004.7.8)
 審査請求日 平成18年12月15日 (2006.12.15)
 (31) 優先権主張番号 60/434,670
 (32) 優先日 平成14年12月20日 (2002.12.20)
 (33) 優先権主張国 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 60/468,659
 (32) 優先日 平成15年5月8日 (2003.5.8)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 503200800
 マツソン テクノロジー カナダ インコ
 ーポレイテッド
 カナダ国 ブリティッシュ コロムビア、
 バンクーバー、 ウエスト ケント アベ
 ニュー 605
 (74) 代理人 100066692
 弁理士 浅村 皓
 (74) 代理人 100072040
 弁理士 浅村 肇
 (74) 代理人 100087217
 弁理士 吉田 裕
 (74) 代理人 100080263
 弁理士 岩本 行夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 工作物の支持及び熱処理の方法とシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体のウェーハを支持するための装置において、該装置が、ウェーハの表面をウェーハの残部に対して加熱することにより熱に誘発されるウェーハの運動を生じさせ、熱に誘発されるウェーハの運動は、ウェーハの外縁領域とウェーハの中央領域の相対的な垂直方向運動を含む、加熱システムと、支持システムとを含み、該支持システムが、ウェーハの下面と弾性的に接触可能な可動接触部をそれぞれ有する複数の支持部材を含み、しかも前記可動接触部が、弾性的に上方へ付勢されてウェーハを接触支持して、ウェーハの外縁領域とウェーハの中央領域の相対的な垂直方向運動を含む熱に誘発されるウェーハの運動を許容する、装置。

10

【請求項 2】

前記支持システムが、ウェーハの外方帶域の運動を許容する一方、ウェーハの質量中心を目標範囲内に維持するように構成されている、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 3】

前記支持システムが、ウェーハの質量中心の移動を最小化するように構成されている、請求項 2 に記載された装置。

【請求項 4】

前記支持システムが、ウェーハを支持する一方、熱によるウェーハの弓ぞり或いは曲げを許容するよう構成されている、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 5】

20

前記支持部材が剛性の可動支持部材を含む、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 6】

前記支持部材が、可とう性であり、かつ拘束部と非拘束部とを有し、かつ前記可動接触部が前記非拘束部を含む、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 7】

前記支持システムがウェーハの振動を抑制するように構成されている、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 8】

前記支持システムが、ウェーハの運動エネルギーを吸収するように構成されている、請求項 7 に記載された装置。

10

【請求項 9】

更に、支持部材と連携する複数加力器を含み、これにより、熱に誘発されるウェーハの運動時に接触部の各々がウェーハとの接触を維持するのに役立つように支持部材に力が加えられ、前記加力器の各々が支持部材に結合されたばねを含み、前記複数可動接触部の各々がウェーハと弾性接触可能である、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 10】

前記装置が、更に、熱に誘発されるウェーハの運動に応答して前記可動接触部を運動させるように構成された支持部材運動システムを含む、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 11】

前記支持部材運動システムが、支持部材の各々ごとに、支持部材に接続されたそれぞれのアクチュエータを含む、請求項 10 に記載された装置。

20

【請求項 12】

前記複数の支持部材が複数の可とう性支持部材を含む、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 13】

前記装置が、更に、ウェーハを横方向に支持するように構成された横支持部材を含む、請求項 1 に記載された装置。

【請求項 14】

半導体のウェーハを支持する方法において、該方法が、半導体のウェーハの表面をウェーハの残部に対して加熱することにより、ウェーハの外縁領域とウェーハの中央領域の相対的な垂直方向運動を含む熱に誘発されるウェーハの運動を生じさせる段階と、複数の支持部材のそれぞれの可動接触部を彈性的に上方へ付勢してウェーハの下面に弾性的に接触させウェーハを接触支持して、ウェーハの外縁領域とウェーハの中央領域の相対的な垂直方向運動を含む熱に誘発されるウェーハの運動を許容する段階とを含む、ウェーハを支持する方法。

30

【請求項 15】

コンピュータ・プログラムにおいて、該プログラムが、

請求項 14 に記載されたすべての段階を実現するために、プロセッサ回路がウェーハ支持システムを制御する場合の命令コードを含んでいる、コンピュータ・プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、工作物を支持する方法と装置に関わり、かつまた工作物を熱処理する方法と装置に関するものである。

【背景技術】

【0002】

工作物の支持は、多くの用途で要求される。例えば、マイクロプロセッサ等の半導体チップの製造の場合、工作物には、通常、半導体ウェーハが含まれるが、半導体ウェーハは、アニールその他の熱処理のために熱処理チャンバ内で支持されねばならない。ウェーハは、通常、チャンバ内で複数の支持ピン（通常はクォーツ）、又はガードリング（通常、ウェーハ材料に似た半導体材料で形成される）によって支持される。熱処理中、複数支持

50

ピン間の物理的接触又はリングが、ウェーハ内に熱勾配を生じさせるため、ウェーハの結晶格子又はウェーハ内のデバイスが損傷を受ける。このため、多くの通常のシステム内ではピン又はガードリングが、半導体チップの製造に使用されない狭い「除外帯域」又は廃棄帯域の境界内で、ウェーハ外縁のところでだけウェーハに接触する。この除外帯域は、ウェーハの外周縁部から僅かの距離（例えば3mm）だけ半径方向内方へ延在している。

【0003】

しかし、少なくとも幾つかの従来システムの支持ピンは、この除外区域とは別の箇所でウェーハに接触する。例えば或る従来システムでは、ウェーハ中心からウェーハ半径の約3分の2ほど離れた箇所でウェーハに接触する接触ピンが採用されている。したがって、ウェーハの支持に除外帯域を利用することは、多くの使用事例で有用とはいえ、不可欠であるとは見られない。10

半導体チップのデバイスの寸法や性能に対する要求は、厳しさが増す一方であり、その結果、新しい熱処理方法が現れ、従来の熱処理方法は変更されて、進んだ要求を満足させようと試みている。しかし、半導体チップの従来式の支持方法は、新たに現れたこれらの熱処理方法を具体的に使用する場合には、もはや適当ではないだろう。

【0004】

そうした新たに現れた熱処理方法の幾つかは、2003年7月15日付けでカムほかに交付された共同所有米国特許第6,594,446号、2002年8月1日付けで公告された共同所有米国特許出願番号第10/005,186号（公告番号US 2002/0102098）に開示されている。これら双方は、ここに引用することで本明細書に取り入れられるものである。該方法の1つは、ウェーハ全体への熱伝導時間より遅い速度で、ウェーハを中間温度まで予熱し、それによって全ウェーハを比較的一様に中間温度まで加熱する、というものである。この予熱段階は、アーク・ランプでウェーハの背面、つまり基板側を照射して、例えば100°C毎秒 - 400°C毎秒のランプ速度でウェーハを加熱することで達せられよう。予熱段階に続いて、ウェーハの表側、つまりデバイス側が、ウェーハ全体への熱伝導時間よりはるかに急速度で事実上、より高温のアニール温度へと急熱されることで、ウェーハの表側の表面だけが最終アニール温度まで熱せられる一方、ウェーハの大部分は、より低温の中間温度のままにされる。20

【0005】

この作業は、例えば比較的短い、例えば1ミリ秒程度の持続時間だけ、フラッシュ・ランプからの強力なフラッシュに表面を曝露することで行われる。ウェーハの、より低温の大部分は、次いで冷却用放熱体として機能し、表面の急冷を容易にする。30

別のアニール方法は、予熱をかならずしも必要とせず、ウェーハのデバイス側表面を、例えばエキシマレーザ又はマイクロウエーブパルスを使用して急熱する作業を含む一方、ウェーハの大部分は、はるかに低温のまま残す、というものである。この方法の一変形は、工作物の表面を横切ってレーザ線を走査することで、レーザ線に覆われた工作物区域が走査につれて急熱される、というものである。

しかし、本発明人は、前記アニール方法を具体的に実施した場合、事前には発見又は察知されなかった特別な問題や困難が生じる可能性を発見した。特に、本発明人は、従来の工作物支持方法が、前記アニール方法の幾つかの使用事例には、後で詳述するように、不適であることを発見した。40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、工作物支持の改良方法及び改良システムが必要である。また、後述される難点に対する対処を補助する、工作物の改良熱処理方法が必要とされる。

前述のアニール方法は、ウェーハのデバイス側をウェーハの残りの部分より事実上高温に急熱するというものが、この方法では、ウェーハのデバイス側が残りの部分より急速に熱膨張させられる。本発明人は、デバイス側温度と残りの部分の温度との温度差の大きさに応じて、「熱による弓そり」が生じる傾向があり、それによって、正常時には平面的50

なウェーハがドーム形に変形し、ウェーハの中心が、急激にウェーハ縁部区域に対して急上昇する傾向があることを発見した。このドーム形状は、ウェーハの応力が最小化される形状であり、デバイス側と残りの部分との間の温度勾配の結果である熱応力が最小化される。

【0007】

しかしながら、ウェーハのデバイス側が極端に急熱されるために（例えば1ミリ秒のフラッシュ。これは、ウェーハの通常の熱伝導時間より、はるかに速い）、ウェーハの変形は、ウェーハ縁部が、チャンバ内でウェーハを支持する支持ピンに対して大きい下向き力を加えるのに十分なほど急速に発生する。従来の支持ピンは、通常、剛性なので、結果的に発生するピンとウェーハ縁部との間の反動力でウェーハが損傷することがある。この反動力は、またウェーハ自体を支持ピンから垂直方向に飛び上がらせ、その結果、ウェーハが落下するさいピンに衝突することで更に損傷があることがある。また、従来式の支持ピンは、そうした力に耐えるようには設計されていないので、折れる傾向があり、その結果、ウェーハはチャンバ内に落下して、損傷するか破壊されるかする。加えて、熱によるこの弓そりが生じる速度が急速であるため、ウェーハの異なる複数区域に加わる初速によって、ウェーハは、最小応力平衡となるドーム形状の度を越え、振動を生じがちであり、その結果、付加的な応力が加わり、ウェーハ損傷の可能性が生じる。

10

【0008】

このような熱に誘発される工作物の運動の大きさは、温度の飛躍の大きさに比例して、つまり加熱によりウェーハ全体が達する中間温度と、デバイス側のみがはるかに急速に達する温度との差に比例して、増大する。したがって、剛性の固定ピン又はリングを使用している従来型の支持システムを使用する場合には、ウェーハの損傷又は破壊なしに達せられる温度飛躍の大きさには、望ましくない制限が加えられる。

20

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は前記の必要性に答えるべく、本発明の第1の観点にしたがって、工作物を支持する方法を提供するものである。本発明の方法は、工作物を支持する作業を含む一方、熱に誘発される工作物の運動が許容されるようとする作業を含むものである。熱により誘発される運動を阻止することを試みるより、むしろ許容することによって、工作物は自然に応力が最小となるように変形でき、それによって、工作物の応力が低減されるのが好ましい。同時に、この熱による運動が許容される間、工作物の支持を継続することにより、工作物は目標区域に保持される。

30

支持には、支持部材の可動接触部を工作物と接触させる作業が含まれよう。該接触部は、熱に誘発される工作物の運動を許容するように可動である一方、工作物を支持する。

本発明の1つの重要な適用事例では、工作物に半導体ウェーハが含まれる。したがって、接触は、支持部材の可動接触部を半導体ウェーハと接触させる作業を含むことができ、それによって熱に誘発されるウェーハの運動が許容される一方、ウェーハの支持が継続される。

【0010】

本発明の方法には、熱に誘発される工作物の運動に応答して、自動的に接触部の動きが許容されるようにする作業が含まれよう。

40

熱に誘発される運動を許容する作業には、工作物内の応力を最小化するように接触部の動きを許容する作業を含める一方、ウェーハを熱に誘発される運動時に支持する作業が含まれよう。

熱に誘発される運動を許容する作業には、工作物の外側区域の運動を許容する作業が含まれる一方、目標範囲内に工作物の質量中心を保持する作業が含まれよう。保持には、工作物の質量中心の運動を最小化する作業が含まれよう。

熱に誘発される工作物の運動を許容する作業には、熱による工作物の弓そりを許容する作業が含まれよう。あるいはまた、この作業には、例えば、熱による工作物の曲げを許容する作業が含まれよう。

50

【0011】

接触させる作業には、剛性可動支持部材の一部を接触部として、工作物に接触させる作業が含まれよう。

該支持部材は、たわみ可能で、拘束部と非拘束部とを有することができ、その場合、接触には非拘束部を工作物と接触させることができよう。

接触させる作業には、支持部材の可動接触部を工作物と弹性接触させる作業が含まれよう。好ましくは、これらの実施例では、熱による工作物の弓そりが生じた場合、工作物外縁が、弹性接触した可動接触部上に押し下げられる結果、接触部が工作物外縁と共に下降し、工作物が元の形状に復するにつれて、工作物外縁と共に弹性的に上昇する。この弹性的な支持により、工作物は熱による弓そりを許容され、それによって、内部応力が低減される一方、弓そり運動の開始時に接触部からウェーハが飛び上がる傾向が低減又は除去される。

10

【0012】

接触させる作業には、複数の各支持部材の複数可動接触部を工作物と接触させる作業が含まれよう。例えば、接触には、少なくとも3つの各支持部材の少なくとも3つの可動接触部を工作物と接触させる作業が含まれよう。同じように、接触には、少なくとも4つの各支持部材の少なくとも4つの可動接触部を工作物と接触させる作業が含まれよう。

この方法には、更に工作物の振動を抑制する作業が含まれよう。抑制する作業には、工作物の少なくとも1つの自然振動を抑制する作業が含まれよう。これには、例えば、工作物の第2自然振動モードを抑制する作業が含まれるか、又は工作物の第1自然振動モードを抑制する作業が含まれよう。

20

抑制する作業には、工作物からの運動エネルギーを吸収する作業が含まれよう。

【0013】

接触させる作業には、複数の各支持ピンの複数先端を工作物と接触させる作業が含まれよう。この作業には、支持ピンの先端を工作物の外周帯域と接触させる作業が含まれよう。その場合、この方法には、更に、工作物外周帯域の熱に誘発される運動に応答する支持ピン先端の動きを自動式に許容する作業が含まれる。

接触する作業には、可動接触部の各々を工作物と弹性接触させる作業が含まれよう。この作業には、熱に誘発される工作物の運動の間に、各接触部が工作物との接触を維持するのに役立つように、支持部材の各々に力を加える作業が含まれよう。

30

力を加える作業には、支持部材の各々にトルクを加える作業が含まれよう。トルクを加える作業には、支持部材の揺動点と接触部との間に位置する、各支持部材上の1箇所に上向き力を加える作業が含まれよう。あるいはまた、トルクを加える作業には、各支持部材上の1箇所に下向き力を加える作業が含まれ、それにより、支持部材の揺動点が、前記1箇所と接触部との間に位置するようにされる。

力を加える作業には、支持部材の各々に第1と第2の逆のトルクが加わるように第1と第2の力を加える作業が含まれ、該第2トルクは、支持部材が平衡位置を越えるのに抗する働きをする。

【0014】

力を加える作業には、ばね力を加えることが含まれよう。この作業には、支持部材の各々に結合されたばねによる力を加える作業が含まれよう。例えば、それには、支持部材の各々に結合された定力ばねにより一定の力を加える作業が含まれよう。

40

接触させる作業には、工作物を照射加熱可能な少なくとも幾つかの照射波長を透過可能な材料を含む複数の各支持ピンの複数先端を、工作物と接触させる作業が含まれよう。したがって、例えば、接触させる作業には、光透過性材料を含む複数の各支持ピンの複数先端を、工作物と接触させる作業が含まれよう。

接触させる作業には、クォーツを含む複数の各支持ピンの複数先端を、工作物と接触させる作業が含まれよう。あるいはまた、支持ピンは、サファイア製又は金属製でよい。例えば支持ピンは、例えばタンゲステン製でよい。

【0015】

50

接触させる作業には、複数の各支持ピンの複数被覆先端を工作物と接触させる作業が含まれよう。この作業には、例えば複数の各支持ピンの複数室化タングステン被覆先端を工作物と接触させる作業が含まれよう。あるいはまた、該先端は、例えば炭化タングステン被覆でもよい。

接触させる作業には、複数の各支持ピンの複数の滑らかな表面にされた先端を工作物と接触させる作業が含まれよう。好ましくは、この滑らかな表面にされた先端は、支持ピンと工作物との間の摩擦を低減するのに役立つ。このことは、また、工作物に搔き傷が付けられる可能性を低減し、それによって粒子による汚染又は工作物表面の好ましくないざらつきが防止される。この滑らかな表面にされた先端は、例えば、溶融加工、研磨、被覆いずれかの処理を施した先端でよい。

10

【0016】

本発明による方法には、更に熱に誘発される工作物の運動に応答して、可動接触部を動かす作業が含まれよう。可動接触部を動かす作業には、支持部材を動かす作業が含まれよう。この作業には、支持部材の各々に対して、支持部材に接続されたアクチュエータに電流を印加する作業が含まれよう。電流の印加には、支持部材に接続されたボイスコイル・アクチュエータへの電流印加が含まれよう。あるいはまた、そのことには、支持部材に接続されたりニア・サーボアクチュエータ又は圧電アクチュエータへの電流印加が含まれよう。

本方法には、更に、アクチュエータの可動部材の線形運動を支持部材の弓なり運動へ変換する作業が含まれよう。

20

【0017】

動かす作業には、工作物重量と、複数支持部材の複数接触部によって工作物に加えられる上向き力との差を最小化するために、複数支持部材の位置を調節する作業が含まれよう。この実施例の場合、支持部材により工作物に加えられる上向き力は、工作物に対して下向きに作用する重力と平衡するのにはほぼ十分であるのが好ましく、明らかにそれ以上の力は好ましくない。こうすることで、更に工作物が飛び上がる傾向が低減される。

動かす作業には、工作物の重量と、支持部材の接触部により工作物に加えられる上向き力との差を目標範囲内に維持するように、支持部材の位置を調節する作業が含まれよう。

熱に誘発される運動に応答して接触部を動かす作業には、熱に誘発される運動の予測値に応答して支持部材を動かす作業が含まれよう。

30

【0018】

あるいはまた、熱に誘発される運動に応答して接触部を動かす作業には、熱に誘発される運動の検出パラメータに応答して支持部材を動かす作業が含まれよう。

したがって、この方法には、更に熱に誘発される工作物の運動を検出する作業が含まれよう。検出する作業には、工作物の運動により支持部材の接触部に加えられる力から結果する電流を、複数支持部材の各1つに接続された複数アクチュエータの各々から検出する作業が含まれよう。

接触部を動かす作業には、アクチュエータの各々に電流を印加する作業が含まれよう。

電流を検出する作業には、支持部材の各1つに接続された複数ボイスコイル各々の電流を検出する作業が含まれ、かつ接触部を動かす作業には、ボイスコイル・アクチュエータへ電流を印加する作業が含まれよう。

40

【0019】

電流を検出する作業には、各アクチュエータごとに、目標電流レベルからの電流の偏差を検出する作業が含まれ、かつまた接触部を動かす作業には、各支持部材ごとに、偏差を最小化するように支持部材の位置を調節する作業が含まれよう。偏差を検出する作業には、アクチュエータと連絡を有するプロセッサ回路での偏差を検出する作業が含まれよう。

接触させる作業には、複数の各第1支持部材の複数の第1可動接触部を、工作物の下面と接触させる作業と、複数の各第2支持部材の複数の第2接触部を、工作物の上面と接触させる作業とが含まれよう。この作業には、第1と第2の複数接触部を、工作物の外周領域で、工作物の下面と上面と接触させる作業が含まれよう。

50

【0020】

動かす作業には、工作物と接触部との間に加わる力を最小化するために、接触部を動かす作業が含まれよう。例えば、動かす作業には、工作物重量と、複数第1接触部・工作物間に加わる力との差を最小化するために、工作物下面と接触した複数の各第1支持部材の複数第1接触部を動かす作業が含まれよう。同じように、動かす作業には、工作物・複数第2接触部間に加わる力を最小化するために、工作物上面と接触した複数第2支持部材の複数第2接触部を動かす作業が含まれよう。

【0021】

所望とあれば、受動式／能動式の組み合わせ方法を採用してもよい。例えば、接触させる作業は、支持部材の接触部を工作物と弾性接触させる作業を含み、動かす作業は、熱に誘発される運動に応答して支持部材を動かす作業を含むことができる。弾性接触させる作業には、接触部が工作物との接触を維持するのに役立つように、支持部材の各振動点を中心として支持部材にトルクを加える作業が含まれ、動かす作業には、支持部材の振動点を動かす作業が含まれよう。トルクを加える作業には、支持部材振動点とは異なる箇所で支持部材にばね力を加える作業が含まれ、動かす作業には、支持部材を動かすために複数支持部材に接続された複数アクチュエータに電流を印加する作業が含まれよう。複数支持部材は、複数の可とう性支持部材を含み、各々が拘束部と非拘束部とを有している。その場合、弾性接触させる作業には、可とう性支持部材の非拘束部を工作物と弾性接触させる作業が含まれ、動かす作業には、支持部材の拘束部を動かす作業が含まれよう。動かす作業には、複数拘束部に接続された複数アクチュエータに電力を印加する作業が含まれよう。

10

【0022】

より一般的にいえば、複数支持部材は、複数の可とう性支持部材を含み、各々が非拘束部と拘束部とを有し、複数可動接触部を接触させる作業には、可とう性支持部材の非拘束部を工作物と接触させる作業が含まれよう。

複数の可とう性支持部材は、複数ファイバを含んでいてよく、接触させる作業には、ファイバの非拘束部を工作物と接触させる作業が含まれよう。例えば、可とう性支持部材は、光ファイバ、例えばクオーツ・ファイバ又はサファイア・ファイバを含むことができる。

この方法には、更に、可とう性支持部材の拘束部の各々を拘束する作業が含まれよう。

拘束する作業には、工作物外周を取り囲んで配置された複数拘束体内に拘束部を拘束する作業が含まれよう。

30

【0023】

複数拘束体は、可とう性支持部材の数より少数の拘束部材から成ることができ、かつまた拘束する作業には、拘束部材の各々内に可とう性支持部材の2つ以上を拘束する作業が含まれよう。この作業には、拘束部材の各々内に、概して互いに平行な可とう性支持部材の2つ以上を拘束する作業が含まれよう。あるいはまた、この作業には、概して互いに末広がりになる可とう性支持部材の2つ以上を拘束する作業が含まれよう。

あるいはまた、複数拘束部材は、可とう性支持部材の数と等しい数の拘束部材から成ることができる、その場合には、拘束する作業には、拘束部の各々を拘束部材の各対応拘束部材内に拘束する作業が含まれよう。

40

接触させる作業には、熱に誘発される工作物の運動の間、工作物との接触を維持するのに非拘束部の各々が役立つように、拘束部材の各々に力を加える作業が含まれよう。力を加える作業は、トルクを加える作業を含むことができる。この作業には、ばね力を加えることが含まれよう。

【0024】

接触させる作業には、接触部の各々を工作物平面に対して10 - 80度の角度で工作物下面と接触させる作業が含まれよう。より詳しく言えば、前記角度には、工作物平面に対して15 - 35度の角度が含まれよう。さらに詳しく言えば、前記角度には、工作物平面に対し25度の角度が含まれよう。

可とう性支持部材の各々には、その一端に拘束部が含まれ、拘束する作業には、非拘束

50

部が工作物の中心区域へ向かって内方へ延びるように拘束部を拘束する作業が含まれよう。

非拘束部の各々の内方先端は、工作物外縁より内方へ延びるようにでき、接触させる作業には、拘束部・内方先端間の非拘束部に沿った中間点を、工作物外縁に接触させる作業が含まれよう。

【0025】

拘束する作業には、工作物を取り囲む工作物平面板内に拘束部を拘束する作業が含まれよう。拘束する作業にはクランプする作業が含まれよう。

拘束部の各々を拘束する作業には、工作物平面板に拘束部を取り付ける作業が含まれ、これにより非拘束部は、工作物平面板内に形成された工作物支持開口内へ突入し工作物に向かって内方へ延在する。

拘束する作業には、概して水平方向に拘束部を拘束する作業が含まれ、これにより非拘束部は工作物中心区域へ向かって内方へ概して水平に延在する一方、下方へたわむようされる。

接触させる作業には、非拘束部を工作物外縁と接触させる作業が含まれよう。この作業には、工作物平面に対し下方へ約10度未満の角度で工作物外縁と非拘束部を接触させる作業が含まれよう。

【0026】

複数の可とう性支持部材は、複数の細長の可とう性支持部材が含むことができる。複数の細長可とう性支持部材は、少なくとも20の細長の可とう性支持部材を含むことができ、かつ拘束する作業には、少なくとも20の細長の可とう性支持部材を、工作物平面板内に拘束する作業が含まれよう。同じように、複数の細長可とう性支持部材は、少なくとも50の細長の可とう性支持部材を含むことができ、かつ拘束する作業には、少なくとも50の細長の可とう性支持部材を、工作物平面板内に拘束する作業が含まれよう。

可とう性支持部材の各々は、間に非拘束部が形成される支持部材両端に第1と第2の拘束部を含み、かつまた拘束する作業には、間の曲線状径路内を非拘束部が延びるように、間隔をおいて設けられた第1と第2の拘束部を拘束する作業が含まれよう。

【0027】

拘束する作業には、非拘束部が、第1拘束部から工作物へ向かって上方かつ内方へ工作物と接触する区域まで曲線状径路に沿って延びるよう、そしてまた接触区域から下方かつ外方へ第2拘束部まで延びるよう、第1と第2の拘束部を拘束する作業が含まれよう。

拘束する作業には、第1と第2の拘束部を拘束する作業が含まれ、そのさい接触区域での非拘束部に対する接線が、接触区域近くでの工作物外周に対する接線と事実上平行となるように、非拘束部を曲線状径路に沿って延在させるようにする。

あるいはまた、拘束する作業が、第1と第2の拘束部を拘束する作業を含み、そのさい接触区域での非拘束部に対する接線が工作物の中心へ向かって半径方向内方へ延びるよう、非拘束部を湾曲径路にそって延在させるようにする。

【0028】

さらに別の形式として、拘束する作業は、また第1と第2の拘束部を拘束する作業を含むが、この場合は、工作物平面下の第1拘束部から延びて、工作物下面に接触する概してループ形状の第1径路部分と、工作物外縁と工作物平面板内縁との間に延びる概してループ状の第2径路部分と、工作物平面上方へ延びて、工作物上面に接触する概してループ状の第3径路部分とが形成されるように、非拘束部を曲線状径路に沿って延ばし、かつ該湾曲径路が、第2拘束部のところで終わるようにされる。

この方法は、更に、第2拘束部を引込めることにより、概してループ状の第3径路を、工作物上面の上方に形成される体積外へ移動させる作業を含むことができる。

拘束する作業には、拘束部の運動を阻止するために、第1と第2の拘束部を固定する作業が含まれよう。

【0029】

10

20

30

40

50

拘束する作業には、第1と第2の拘束部の少なくとも1つを引込め可能に拘束する作業が含まれよう。この方法は、更に、第1と第2の拘束部の少なくとも1つを引込んで、非拘束部を効果的に短縮する作業を含むことができる。逆に、この方法は、更に第1と第2の拘束部の少なくとも1つを伸長することで、非拘束部を効果的に延長する作業を含むことができる。

前記複数の可とう性支持部材には、第1と第2の複数の可とう性支持部材が含まれ、複数の可動接触部を接触させる作業には、複数の第1可とう性支持部材の非拘束部を、工作物の下面と接触させ、複数の第2可とう性複数支持部材の非拘束部を、工作物の上面と接触させる作業が含まれよう。

【0030】

10

本方法は、更に、工作物を横方向に支持する作業を含むことができる。横方向支持には、工作物外縁に対し各位置に複数横支持部材を位置決めする作業が含まれよう。位置決めには、複数横支持部材を工作物外縁と弾性接触させる作業が含まれよう。

位置決めには、各位置に複数の可とう性ファイバを位置決めする作業が含まれよう。この作業には、可とう性ファイバを、工作物平面に対し事実上直角の角度で位置決めする作業が含まれよう。

接触させる作業と横方向に支持する作業には、支持部材の垂直支持接触部を工作物下面と接触させ、支持部材の横支持接触部を工作物外縁と接触させる作業が含まれよう。

【0031】

20

接触させる作業と横方向に支持する作業には、複数の各支持部材の垂直と横の複数支持接触部を、工作物と接触させる作業が含まれよう。接触させる作業と横方向に支持する作業には、垂直と横の支持接触部を、工作物と弾性接触させる作業が含まれよう。接触させる作業と横方向に支持する作業には、垂直と横の支持接触部として可とう性接触部を接触させる作業が含まれよう。接触させる作業と横方向に支持する作業には、垂直と横の支持接触部として第1と第2のファイバを工作物と接触させる作業が含まれよう。

位置決めする作業には、複数光ファイバの位置決めが含まれよう。同じく、位置決めする作業には、例えば複数のクオーツ・ファイバ又はサファイア・ファイバを位置決めする作業が含まれよう。

【0032】

30

本発明の別の観点によれば、工作物の熱処理の方法が得られる。この方法は、工作物表面を工作物の残りの大部分に対し加熱する作業を含み、それによって熱に誘発される運動が工作物に生じることができる。加熱する作業には、工作物表面を照射する作業が含まれよう。照射する作業には、工作物の熱伝導時間より短時間だけ表面を照射することで、表面を工作物の残りの部分の温度より高温に加熱する作業が含まれよう。照射する作業には、例えば、表面を約1ミリ秒未満の持続時間にわたり照射する作業が含まれよう。

【0033】

照射する作業には、工作物の熱伝導時間以下の第1持続時間にわたり工作物表面を照射することで、表面を工作物の残りの部分より高い中間温度に加熱する作業が含まれよう。照射する作業には、次に、工作物の熱伝導時間以下の第2持続時間にわたり表面を照射することで、中間温度より高い目標温度まで表面を加熱する作業が含まれよう。その場合、第2持続時間は、熱による工作物の少なくとも幾らかの弓そりを許容するのに十分な、第1持続時間に続く時間間隔内に開始される。好ましくは、この方法は、第1持続時間の照射の結果生じる工作物の熱による初期の弓そりの大きさを低減するのに役立ち、続く第2持続時間の照射は、工作物の振動抑制に役立つ。

【0034】

40

照射する作業には、第1持続時間より第2持続時間に工作物表面により大きい半径方向エネルギーを与える作業が含まれよう。

照射する作業には、第1持続時間の終わりに続く数ミリ秒以内に第2持続時間を開始することが含まれよう。

照射する作業には、工作物熱伝導時間より短い時間間隔にわたり、かつまた少なくとも

50

幾らかの工作物の弓そりが許容されるのに十分な長さの時間間隔にわたり、工作物表面を連続的に照射する作業が含まれよう。連続的な照射には、前記時間間隔の間に照射強度を変更させる作業が含まれよう。照射強度の変更には、前記時間間隔の前半部より後半部に、より高い強度で表面を照射する作業が含まれよう。好ましくは、前記方法は、熱による工作物の弓そりの大きさを低減し、工作物の続く振動を抑制するのに役立つ。

照射する作業には、フラッシュ・ランプにより表面を照射する作業が含まれよう。

【0035】

好ましくは前記熱処理方法は、表面加熱段階の迅速度に応じて、熱による工作物の弓そりを温度上昇自体より十分に遅くできるという本発明人の知見を利用することによって、工作物の熱応力を低減し、かつ振動を抑制するのに役立ち得る。例えば1つの特定の場合、すなわち、第1持続時間の照射が、約1ミリ秒持続する加熱フラッシュによって達せられる場合、照射された表面のピーク温度は、フラッシュ($t = 1\text{ ms}$)の終わりとほぼ同時に生じた。しかし、その時点では、ウェーハは、ちょうど熱による弓そりを開始したばかりで、したがって、弓そりの最大振幅のうちの比較的小パーセンテージに達しているに過ぎなかった。熱による弓そりの最大振幅には、ほぼ4ミリ秒後にウェーハがその平衡形状を越えた時点まで達しなかった。少し後、すなわち約 $t = 6\text{ ms}$ 後に、ウェーハは、まだかなり弓そり状態だったが、かなりの復元速度で平らな形状に戻りつつあった。

10

【0036】

本発明の既述の観点の1実施例によれば、ウェーハのデバイス側は、第2の照射フラッシュで熱による弓そりが発生するだけの時間にわたり第2照明フラッシュにさらされる一方、その間、第1フラッシュにより既に熱による弓そりを生じていたウェーハは、その平らな形状に復しつつある。第2フラッシュの熱による弓そりで発生したウェーハ内の応力は、ウェーハが既に第1フラッシュの熱で弓そりを生じているため、減少する。また、ウェーハは、平らな形状へ復元しようとするので、第2フラッシュによる弓そりは、ウェーハ復元速度と逆方向に作用する。このため、第2フラッシュによる弓そりは、第1フラッシュによる残留振動を抑制するのに役立つ。この急速に連続する2つのフラッシュ加熱段階の組み合わせにより、比較的高いピーク温度が達せられる一方、ウェーハの残留振動が低減される。別の形式の連続照射を使用しても、同じような利点が得られよう。

20

この熱処理方法は、本明細書に説明される支持方法やシステムと組み合わせて使用できるが、また所望とあれば、別個に使用することもできる。

30

【0037】

本発明の別の観点によれば、工作物を支持する装置が得られる。この装置は、工作物を支持するように構成された支持システムを含む一方、熱に誘発される工作物の運動を許容する。例示した支持システムの多くの部材を、以下で本発明の実施例について詳細に説明する。

本発明の別の観点によれば、工作物を支持する装置が得られる。この装置は、工作物を支持する手段と、熱に誘発される工作物の運動を許容する一方、工作物を支持する手段とを含んでいる。

本発明の別の観点によれば、熱に誘発される工作物の運動を許容する一方、工作物がシステムにより支持されるように、工作物支持システムの制御をプロセッサ回路に指示する命令コードを記憶するコンピュータ読み出し可能な媒体が得られる。この命令コードには、熱に誘発される工作物の運動に応じて、工作物と接触した支持システムの支持部材可動接触部を動かすことをプロセッサ回路に命令するコードが含まれよう。

40

【0038】

本発明の別の観点によれば、通信媒体又は搬送波のうちの少なくとも一方に具体化された信号が得られ、この信号が、熱に誘発される工作物の運動を許容する一方、工作物がシステムにより支持され続けるように支持システムを制御することをプロセッサ回路に命令するコード・セグメントを含んでいる。このコード・セグメントは、熱に誘発される工作物の運動に応答して、工作物と接触した支持システムの支持部材可動接触部を動かすことをプロセッサ回路に命令するためのコード・セグメントが含まれよう。

50

本発明の別の観点によれば、コンピュータ・プログラムを含むコード手段が得られ、該コード手段がプロセッサ回路によって実施されることで、本明細書で説明する方法を実施するための工作物支持システムが制御される。同じように、本発明の別の観点により、コードの搬送波によるコンピュータ・プログラムが得られ、該コードがプロセッサ回路により実施されることで、本明細書に説明する方法を実施するための工作物支持システムが制御される。

【実施例 1】

【0039】

本発明のこのほかの観点及び特徴は、当業者には、以下で添付図面と関連して行う本発明の実施例の説明によって明らかになるだろう。

10

図1 - 図4を参照すると、図1には、本発明の第1実施例による工作物支持装置の全体が示されている。この実施例では、装置が、工作物を支持する一方、熱に誘発される工作物の運動を許容するように構成された支持システム20を含んでいる。

この実施例では、支持システム20が、全体を符号21で示された支持器を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、支持器21が、工作物と接触可能な支持部材22を含んでいる。さらに詳しく言えば、この実施例では、支持部材22が、図3に示した可動接触部52を有し、該接触部は、工作物24と接触可能であり、かつ熱に誘発される工作物の運動を許容できるように可動である一方、工作物を支持している。

【0040】

この実施例では、支持部材22の可動接触部52は支持部材22の先端をなしている。この実施例では、支持部材22は剛性であり、可動接触部52は、詳しくは後述するが、揺動運動可能である支持部材22によって動かされる。しかし、あるいはまた、可動接触部52は、他の形式で、例えば本明細書で説明される別の実施例に関連して説明するような形式で動かすこともできよう。

20

この実施例では、工作物24は、半導体ウェーハを含み、可動接触部52は、半導体ウェーハと接触して、熱に誘発されるウェーハの運動を許容する一方、ウェーハを支持する。より詳しく言えば、この実施例では、半導体ウェーハは、表側、つまりデバイス側26と、裏側、つまり基板側28とを有している。

【0041】

この実施例では、支持システム20が、複数の各支持部材22の複数可動接触部52を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、工作物24、すなわち半導体ウェーハが、支持器21及び複数の類似の支持器（図1には図示せず）、例えば図4の符号32, 34で示したような支持器で、工作物平面板30内に支持される。好ましくは、複数の可動接触部は少なくとも3個の各支持部材の少なくとも3個の可動接触部を含むことで、安定的な工作物の支持が得られる。より好ましくは、複数接触部は、少なくとも4個の各支持部材の少なくとも4個の可動接触部を有することで、支持部材の1個が折れたり故障したりした場合にも適正に機能し、工作物の安定的な支持が維持される。

30

【0042】

支持部材は多いほうが安定性は高くなるが、同時に、可動接触部全体の質量は最小化するのが好ましい。この点で、工作物が高強度の照射フラッシュによる熱処理を受ける半導体ウェーハを含むこの実施例では、支持システムは、ウェーハの自由運動が許容されるように設計され、かつフラッシュ時のウェーハの応力が低減される一方、フラッシュ後の振動が二次的に減衰されるように設計されている。これを達成するには、支持部材からウェーハに作用する反動力が最小化されるのが望ましい。この実施例では、このことが、最小質量の可動接触部を使用することで達せられる一方、別の実施例では、反動力が別の形式で、例えば支持部材を能動的に動かすことでも最小化される。

40

この実施例では、各支持部材22が支持ピンを含んでいる。したがって、この実施例では、複数支持部材22の複数可動接触部52が、複数の各支持ピンの複数先端を含んでいる。

【0043】

50

この実施例では、複数支持ピンが、少なくとも数照射波長を透過可能な材料を含み、それらの波長で工作物 24 を照射加熱することができる。したがって、この実施例では、複数支持ピンが光透過性材料を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、支持ピンがクオーツ製支持ピンを含んでいる。その点について言えば、クオーツは、この実施例（工作物が、照射で加熱される半導体ウェーハ）の支持ピン用の材料として特に適している。なぜなら熱伝導率が低く、透明性があり、非汚染的な性質を有し、熱安定性がよく、剛性だからである。あるいはまた、他の材料も類似の用途には適していようから、支持ピンは、例えばサファイア、亜硝酸ケイ素（silicon nitrite）、炭化ケイ素でもよい。あるいはまた、手近な用途上の要求に応じて他の材料に代えてもよい。

【0044】

10

この実施例では、支持部材 22 の可動接触部 52 の各々が工作物 52 と弾性接触可能である。これを達成するために、この実施例では、支持システム 20 が、更に、複数支持部材 22 に接続された複数の加力器を含み、支持部材に力を加えることで、熱に誘発された工作物の運動時に、接触部 52 が工作物 24 との接触を維持するのに役立つ。より詳しく言えば、詳しくは後述するが、加力器の各々が支持部材 22 の各 1 個に結合されたばね 48 を含んでいる。

これを達成するために、この実施例では、工作物平面板 30 が支持器 21 の支持部材ハウジング 36 に結合され、支持器には支持部材 22 が振動可能に結合されている。工作物平面板 30 は、またばね組み立て体 38 に結合され、ばね組み立て体は、支持部材 22 が結合されているばね 48 を含んでいる。

20

【0045】

図 3 を見ると、支持器 21 が詳細に示されている。この実施例では、支持部材 22 が支持部材ハウジング 36 に振動可能に結合されている。これを実現するために、この実施例ではステンレス鋼製だぼピンを含む振動ピン 40 が、支持部材ハウジング 36 の両側の内壁に結合され、支持部材 22 の一端に形成された穴を貫通して延在している。

この実施例では、ばね組み立て体 38 は、ばねドラム 42 を含み、該ばねドラムには、この実施例ではテフロン（登録商標）も含まれる。あるいはまた、別の材料、例えばステンレス鋼で代替することもできる。ばねドラム 42 は、ばねドラムハウジング 44 内に収容され、ばね保持ブラケット 46 によって工作物平面板 30 に取り付けられている。羽ドラム 42 は、ばね 48 の取り付けに使用され、ばね 48 には、この実施例では定力ばねが含まれる。

30

この実施例では、加力器、より詳しく言えば、支持部材 22 に結合されたばね 48 は、トルク作用器として働く。これを達成するために、この実施例では、ばね 48 はリンク 50 に結合され、リンク 50 は、この実施例ではステンレス鋼で形成されている。リンク 50 は、支持部材 22 の振動中心点（振動ピン 40 の位置）と、支持部材 22 が工作物 24 に接触する接触部 52 との間に位置する支持部材上の一箇所で、支持部材 22 に振動可能に結合されている。したがって、トルク作用器、より詳しく言えばばね 48 は、リンク 50 が支持部材 22 に結合されている箇所に上向き力を加える。ばね 48 により加えられる定力と、支持器 21 と同様の別の支持器の定力ばねにより供給される力とは、支持部材により工作物に加えられる定常累積上向き力が、工作物に加わる重力の下向き力と平衡するように選択される。

40

【0046】

この実施例では、支持部材 22 の可動接触部 52 は、支持ピンの先端を含み、工作物 24 の下側、つまり基板側 28 に接触して工作物を支持する。より詳しく言えば、この実施例では、支持ピンの先端は工作物外周帯域と接触可能であり、より詳しく言えば、半導体チップの製造には使用されない外側「除外帯域」又は廃棄帯域と接触可能である。この実施例では、工作物 24 は、150 mm 半径のシリコン半導体ウェーハであり、外側除外帯域は、工作物外縁から半径方向内方へ 3 mm だけ伸びている（すなわち $r = 147 \text{ mm} \sim r = 150 \text{ mm}$ ）。したがって、支持部材 22 の可動接触部 52 と工作物の基板側 28 との物理的接触で、もしかすると熱処理中に高い局所的な温度勾配等の有害な効果が生じる

50

かもしれないという程度であり、この局所的な温度勾配が、デバイス側 26 に形成されるデバイスを損傷することは、ほとんどありえない。

【0047】

図4を見ると、この実施例では、支持器 21 及び他の同様の支持器（例えば支持器 32, 34）が、熱処理チャンバ 60 内で工作物 24 の支持に使用されている。より詳しく言えば、この実施例では、チャンバ 60 は、既出の米国特許出願 2002/0102098 に開示された、工作物 24 のデバイス側 26 のアニール用熱処理チャンバに類似している。この実施例では、工作物平面板 30 は、支持器 21 及び同様の支持器 32, 34 を含み、チャンバ 60 の中央区域に取り付けられている。

この実施例では、熱処理チャンバ 60 は、工作物の表面を工作物の残部に対し加熱するように構成された加熱システムを含み、この加熱の結果、熱に誘発される工作物の運動を発生させることになる。より詳しく言えば、この実施例では、加熱システムが、工作物表面を照射するように構成された照射システムを含んでいる。この実施例では、この照射システムが予熱器 62 と加熱器 64 とを含んでいる。

【0048】

予熱器 62 は、例えば単個アーク・ランプ又は配列アーク・ランプを含むことができ、水冷式クオーツ窓 63 を通して工作物を照射し、工作物全体への熱伝導時間より遅い速度で中間温度まで工作物を予熱し、それによって、工作物全体が、比較的一様に中間温度まで加熱される。例えば予熱器は、600°C ~ 1250°C の中間温度まで 250°C 每秒 ~ 400°C 每秒の速度で工作物を予熱できる。

予熱段階に続いて、照射システムは、より詳しく言えば加熱器 64 は、工作物 24 の熱伝導時間より短い時間にわたり、表面（この場合はデバイス側 26）を照射して、工作物の残部より高温で表面を加熱するように構成されている。言い換えると、加熱器 64 は、工作物のデバイス側 26 をウェーハ全体の熱伝導速度よりはるかに高速度で事実上より高温のアニール温度まで急熱することで、工作物の表側の面だけが最終アニール温度まで加熱される一方、工作物の残部は、より低温の中間温度近い温度のまま残される。最終アニール温度には、1050°C からシリコンの融点に近い温度、例えば 1410°C までの範囲の比較的高温が含まれよう。

【0049】

これを達成するために、この実施例では、照射システムは、より詳しく言えば、照射システムの加熱器 64 は、水冷式の第 2 クオーツ窓 65 を通して比較的短時間の、好ましくは約 1 ミリ秒程度以下の強力なフラッシュでデバイス側 26 を照射して、例えば 105°C 每秒の速度で加熱するように操作可能なフラッシュ・ランプを含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、フラッシュ・ランプは液冷式アーク・ランプを含んでいる。更に詳しく言えば、フラッシュ・ランプは、2重水冷壁アーク・ランプを有しているが、該アーク・ランプは、パーエニウムほかに交付された共同所有米国特許第 6,621,199 号に開示されたアーク・ランプに類似し、既出の米国特許出願第 2002/0102098 号に記載された類のフラッシュ・ランプとして動作するように構成されている。このフラッシュ・ランプからデバイス側 26 へ入射する 1 ミリ秒のフラッシュは、工作物の熱伝導時間（通常は 10 から 15 ms）よりはるかに速いので、デバイス側 26 は最終アニール温度まで加熱されても、工作物の残部は事実上中間温度のままである。より低温のウェーハ残部は、この場合、熱放散体として働くので、デバイス側表面の急冷が容易になる。あるいはまた、前記フラッシュ・ランプに代えて、他の種類の加熱器、例えば配列フラッシュ・ランプを使用することもできる。

【0050】

フラッシュ時間の短さや、工作物残部の中間温度とデバイス側 26 の最終アニール温度との差に応じて、工作物 24 は、既述のように、急熱による弓そりを生じよう。好ましくは、この実施例では、支持システム 20 は、工作物 24 を支持する一方、熱による工作物の弓そりを許容するように構成されており、より詳しく言えば、熱に誘発される工作物外周帯域の運動に応じて支持ピン先端が自動的に動けるようになっている。したがって、従

10

20

30

40

50

来システムでは、ウェーハ縁部が熱により下方へ初期弓そりを生じることで支持ピンが折れたり、ウェーハが支持ピンから上方へ垂直に飛び上がったりするのとは異なり、この実施例では、工作物 24 が、加熱器 64 から発生する加熱フラッシュに応じて熱による弓そりを生じても、熱に誘発される運動に応じて、支持部材 22 の可動接触部 52 は、支持部材 22 と結合したばね 48 によって自動式に動くことができる。

【0051】

したがって、急熱による弓そりが生じても、工作物外縁と支持部材（すなわち支持器 21 の支持部材 22 及び同様の複数支持器の同様の複数支持部材）とが下方へ動くことができることにより、支持部材と工作物との間の反動力が低減されることで支持部材の破損が防止され、支持部材からの工作物の飛び上がりも防止される。後者に関しては、可動接触部 52 が下方へ弾性的に動けることで、工作物外周帯域の下方への運動が許容される一方、目標範囲内に工作物質量中心を維持でき、より詳しく言えば、工作物の質量中心の運動を最小化できる。（あるいはまた、特定用途のためには、質量中心の運動の別の範囲が、許容されるか、目標とされるかしてよい）。加えて、工作物がドーム形状へ初期変形することで工作物内の応力が最小化されるので、熱に誘発されるそうした運動と変形を許容する接触部の可動性が、工作物内の応力の最小化に役立つと同時に、熱に誘発される運動時に工作物を支持するのに役立つ。

10

【0052】

既述のように、熱による弓そりが急速に生じて、工作物はその平衡形状を超えることがあり、その場合には、平衡形状のあたりで振動又は発振が生じる傾向がある。そのさい、工作物外縁は上方へ戻り始め、工作物中央部は下方へ運動し始めるので、定力ばね 48 により支持部材 22 に加えられる上向き力は、支持部材を引張って支援し、工作物外縁との接触を維持するのに役立つ。工作物の振動が続くと、工作物外縁は上下動を許容される一方、振動が収まるまで支持部材 22（及び複数の同様の支持部材）との接触が維持される。このように、ばねに駆動される支持部材 22 の上下動により、工作物の外縁帯域の上下動が許容される一方、工作物の質量中心の移動が最小化され、工作物内の応力が最小化される。

20

【実施例 2】

【0053】

図 5 には、本発明の第 2 実施例による支持器が、全体を符号 80 で示してある。この実施例では、支持器 80 は、既述の支持部材 22 に似た支持部材 82 を含んでいる。この実施例では、支持部材 82 は、揺動点 84 のところで支持部材ハウジング（図示せずに）に取り付けられ、揺動点を中心として揺動運動を行う。前の実施例では、支持器 80 は加力器、より詳しく言えば、ばね 86 を含むトルク作用器を含み、該加力器が支持部材 82 と連携して支持部材に力を加え、それが熱に誘発される工作物の運動時に工作物との接触維持に役立っていた。だが、この実施例では、トルク作用器は、支持部材 82 の一箇所に下向き力を加えるように構成され、支持部材 82 の揺動点 84 が前記一箇所と接触部 88 との間に位置するようになっている。より詳しく言えば、この実施例では、揺動点 84 は、支持部材 82 とばね 86 との結合箇所と、支持部材の接触部 88 と工作物 24 との接触点との中間に配置されている。したがって、図 3 に示した構成とは異なり、この実施例では、ばね 86（この実施例では、単一の定力ばねを含む）が、支持部材 82 の一端に下向き力を作用させることで、工作物 24 の重量により支持部材 82 の接触部 88 に加えられるトルクに釣り合うトルクが得られる。

30

【実施例 3】

【0054】

図 6 には、本発明の第 3 実施例による工作物の支持システムが、全体を符号 100 で示されている。支持システム 100 は支持器 102 を含み、該支持器が、工作物を支持する一方、熱による工作物の弓そり又は熱に誘発される工作物のその他の運動を許容するように構成されている。

この実施例では、支持器 102 は、工作物 24 と接触可能な可動接触部を有する支持部材

40

50

104を含んでいる。この実施例では、可動接触部が支持部材104の先端を含んでいる。支持部材104は剛性であり、可動接触部は、後述するように、全体として可動な支持部材104を介して可動である。

この実施例では、支持部材104は、工作物の基板側28の外側除外帯域と接触可能である。支持部材104は、本発明の第1実施例と関連して述べた理由と同じ理由でクォーツピンを含んでいる。あるいはまた、他の材料に代えてもよい。

【0055】

この実施例では、支持システム100は、更に支持部材104と同様の複数支持部材、例えば支持部材108を有している。好ましくは、支持システム100は、工作物の安定的な支持のために少なくとも3つの前記支持部材を含んでいる。理想的には、4つ以上の支持部材を備えることで、支持部材の1つが破損その他の故障で正常に機能しなくなても、工作物の安定的な支持が維持される。10

この実施例では、支持システム100が、熱に誘発される工作物の運動に応じて、複数支持部材104の可動接触部を動かすように構成された支持部材運動システムを含んでいる。より詳しく言えば、支持部材104が剛性のこの実施例では、支持システムが支持部材104自体を動かすことによって接触部を動かすように構成されている。より詳しく言えば、この実施例では、支持部材運動システムは、支持部材104の各々ごとに、支持部材104に接続された、支持部材104の運動制御用アクチュエータ106を含んでいる。20

【0056】

このように、この実施例では、支持システム100が、各支持部材を作動させるための、アクチュエータ106及び複数の同様のアクチュエータ（図示せず）を含んでいる。各アクチュエータ106は、工作物平面板30の上面に、図6に符号110で示したような取り付けブラケットによって取り付けられている。支持部材104は、工作物平面板30を貫通して形成された穴112を通してアクチュエータ106内へ延在している。20

図6及び図7を見ると、図7には、典型的なアクチュエータ106が詳細に示されている。この実施例では、アクチュエータ106が、支持部材104に接続されたボイスコイル・アクチュエータを含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、アクチュエータ106は、ブラケット110に取り付けられた固定部材120と、固定部材に対し運動する可動部材122とを含んでいる。固定部材120は、可動部材122に磁界を発生させる。これを実現するために、この実施例では、固定部材120は、永久磁石124と強磁性部材126とを含んでいる。30

【0057】

この実施例では、可動部材122は、電気導線コイル128を含んでいる。アクチュエータ106は、更に、給電ユニットを含み、該給電ユニットは、コイル128の両端間に電圧を印加することで、コイル内に電流を発生させるように操作可能である。可動部材122のコイル内に電流が発生する結果、固定部材120から発生する磁界は、電流の方向に応じた方向で可動部材122に対し力を作用させる。作用させる力の大きさはコイル128内の電流の大きさに正比例する。40

この実施例では、アクチュエータ106の可動部材122は、支持部材104に結合されている。したがって、工作物24の基板側28の外縁に支持部材104によって加えられる上向き支持力の大きさは、アクチュエータ106のコイル128内の電流を制御することによって制御できる。

【0058】

この実施例では、支持部材運動システムは、支持部材の各々を動かすことで可動接触部を動かすためにアクチュエータの各々に電流を印加するように構成された少なくとも1つの制御器を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、少なくとも1つの制御器が、複数制御器を含み、その各々が複数アクチュエータ106の各1つと連絡されている。より詳しく言えば、この実施例では、各制御器が、組み合わせ型検出・制御器132を含み、この検出・制御器が、また熱に誘発される工作物の運動を検出する検出器として働く50

。この実施例では、検出・制御器 132 は、アクチュエータ 106 の給電ユニット 130 及びコイル 128 と接続されている。したがって、この実施例では、検出・制御器は、コイル 128 内の電流を検出することで、熱に誘発された工作物の運動を検出し、制御器は、逆に、給電ユニット 130 を制御してコイル 128 に電流を印加することで支持部材 104 を運動させる。

【0059】

この実施例では、各検出・制御器 132 がプロセッサ回路を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、各検出・制御器がデジタル信号プロセッサ（DSP）を含んでいる。あるいはまた、検出・制御器 132 は、例えば中央処理装置（CPU）付き又は中央処理装置なしのマイクロコントローラ又は類似の装置を含んでいる。あるいはまた、他の種類の検出器又は制御器に代えてもよく、検出機能や制御機能は、同じ構成部品又は異なる構成部品のいずれかで実施できる。より一般的に言えば、特許請求の範囲を含む本明細書では、「制御器」、「検出器」、「プロセッサ回路」の用語は、ここで説明する諸機能又は等価の諸機能を実施可能な、どのような種類の装置や装置の組み合わせをも、広く含むものであり、それらには、（制限なしに）例えば、他の種類のマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、他の集積回路、別種の回路又は組み合わせ回路、論理ゲート、ゲートアレーのいずれかが含まれ、あるいはまた、何らかの種類のプログラム可能なデバイス、例えば、単独のデバイスか、又は同じ場所に配置されるか互いに遠隔配置されるかした別のデバイスとの組み合わされたデバイスが含まれる。付加的な種類の制御器、検出器、プロセッサ回路は、当業者には本明細書を検討することで明らかとなろう。特許請求の範囲に定義された本発明の枠を逸脱することなしに、他の種類のコントローラ、検出器、プロセッサ回路に代えることも考えられる。10

【0060】

この実施例では、検出・制御器 132 はプログラムメモリ 134 を含み、プログラムメモリ 134 は、ここで説明する種々の機能を果たすように検出・制御器 132 に指示するための命令コード記憶用のコンピュータ読み出し媒体として働く。プログラムメモリ 132 は、そのようなコンピュータ読み出し媒体の 1 例に過ぎない。あるいはまた、前記命令コードは、異なる媒体、例えば幾つか挙げればコンパクトディスク、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスクドライブ、読み出し専用メモリ、フラッシュメモリのいずれかに入力できる。あるいはまた、前記命令コードは、コンピュータデータ信号の形式で記憶するローカルメモリに依存するのではなく、搬送波、又は例えば地域ネットワーク又はインターネット等の広域ネットワーク等の通信媒体か伝送媒体のいずれかに埋め込まれた信号の命令セグメントとして得ることもでき、遠隔装置から受信することもできる。20

【0061】

図 4、図 6、図 7 を見た場合、図 6 に示した支持器 102 及び同様の複数支持器は、図 4 に示した熱処理チャンバ 60 内の支持器 21, 32, 34 に代えてもよい。概してこの実施例では、詳しくは後述するが、支持部材運動システムが、工作物 24 と接触部との間に加えられる力を最小化するために、支持部材 104 の接触部を動かすように構成されている。

予熱段階には、工作物 24 の基板側 28 が予熱器 62 によって照射され、工作物が目標中間温度まで加熱されるが、この予熱段階には、検出・制御器 132 が給電ユニット 130 を制御して、コイル 128 のリードに印加される電圧を制御し、目標値を有する一定電流がコイル 128 内を流れるようにすることで、可動部材 122 と支持部材 104 とにに対し、一定の対応上向き力が加わり、支持部材 104 が、また工作物 24 の基板側 28 の外縁に上向き力を加える。電流の大きさの目標値は、支持部材 104 及び他の支持器の同様の支持部材により工作物に加えられる一定の上向き力が、工作物 24 に作用する下向きの重力と精密に釣り合うように選択される。40

【0062】

続く加熱段階で、工作物のデバイス側 26 が、加熱器 64 からの高温のフラッシュで照射され、より高温の目標温度まで加熱される一方、工作物の残部は、より低温の中間温度50

のまま残されるが、この加熱段階で、工作物 24 が、再び急熱による弓そりを生じることは、既に述べた通りである（この弓そりは、フラッシュ時間の短さと、工作物残部の中間温度・デバイス側 26 の最終アニール温度間の差の大きさとによるものである）。この急熱による弓そりが、工作物の初期の急激な変形時に発生すると仮定すれば、工作物 24 の外縁は、支持部材 104 の接触部（及び他の複数支持器の同様の支持部材接触部）に対しかなりの下向き力を突然に加えることになろう。この突然の下向き力に対応して、コイル 128 内の電流が突然に増大することは理解されよう。したがって、熱に誘発された工作物 24 の運動を検出するため、この実施例では、検出・制御器 132 の各々が、それぞれのアクチュエータ 106 内で、工作物の前記運動により各支持部材 104 の接触部に力が加わる結果生じる電流を検出するように構成されている。より詳しく言えば、検出・制御器 132 は、目標電流レベルからのコイル 128 内の電流の偏差を検出するように構成されており、該目標電流レベルは、工作物により支持部材に加えられる重力に精密に釣り合わせるための目標値を有する既述の定電流を表している。10

【 0063 】

熱に誘発される運動を前述の形式で検出するさい、検出・制御器 132 は、各支持部材 104 の位置調節によって、工作物 24 の重量と、支持部材の接触部により工作物に加えられる上向き力との差を目標範囲内に維持するように構成されている。より詳しく言えば、検出・制御器 132 の各々は、前記差を最小化するように構成されている。これを達成するために、この実施例では、熱に誘発された運動の結果であるコイル 128 内の電流レベルの前記偏差検出時に、検出・制御器 132 が、アクチュエータ 106 を制御して支持部材 104 の位置を調節することで偏差を最小化するように構成されている。これを達成するため、検出・制御器 132 は、給電ユニット 130 を制御して、コイル 128 のリードに印加される電圧を調節し、コイル内の実電流を目標値に戻すことにより、支持部材 104 から工作物 24 に加えられる上向き力が低減され、その結果、支持部材 104 は、工作物に作用する下向きの重力のみに釣り合わせ続け、熱による工作物の初期変形又は弓そりにより加えられる付加的な下向き力に釣り合わせる必要がない。20

【 0064 】

したがって、実際には、支持部材 104 は、初期弓そり時に工作物外縁が急に下降するのを許容するために下降する。既述のように、熱による弓そりは急激に発生する傾向があり、それにより工作物がその平衡状態の形状を超えることが十分に生じがちであり、その場合、ほぼ平衡状態の形状のあたりで発振又は振動が発生しがちである。30

したがって、工作物の外縁が上方へ戻り始め、工作物中心部が下方へ戻り始めると、検出・制御器 132 は、支持部材 104 へ目標値の電流を加え続けるが（支持部材へ加わる工作物重量を精密に平衡化する上向き力に対応する）、熱による工作物縁部の上方への弓そり運動のため、この上向き力は、工作物により支持部材に加えられる下向き力では、もはや完全には釣り合わされず、その結果、支持部材 104 は工作物縁部と共に上昇する。

【 0065 】

同じように、工作物の振動運動の次の周期が始まり、工作物縁部が再び下降し始めると、工作物縁部により支持部材 104 に加えられる下向き力が、もう一度、支持部材 104 により加えられる上向き力を超え、コイル 128 内の電流変化を誘発するため、検出・制御器 132 は迅速に給電ユニット 130 を制御し、コイル内の実電流を調節する。その結果、支持部材 104 が工作物に加える上向き力が重力のみに釣り合わされ、それにより支持部材 104 が、工作物外縁の、熱による下方への弓そり運動により加えられる付加力を受けて下降できる。工作物が振動を続けると、工作物外縁が上下動を許容される一方、振動が止むまで支持部材 104 （及び同様の複数支持部材）との接触が維持される。40

【 0066 】

あるいはまた、アクチュエータ 106 は別の種類のアクチュエータを含んでいてよい。例えばアクチュエータ 106 はリニア・サーボアクチュエータを含むことができる。あるいはまた、別の形式として、アクチュエータ 106 は圧電式アクチュエータを含むことが50

できる。この場合、圧電式アクチュエータは、反応速度が速く（通常、少なくとも 10^{-5} 秒）、運動が正確で、利用可能な力がかなり大きいために有利である。しかし、従来の大抵の圧電式アクチュエータは、利用可能な運動範囲が限られており、そのために幾つかの用途には不適となろう。

あるいはまた、別の種類のアクチュエータにアクチュエータ106を代えてもよい。

【0067】

前記実施例では、支持部材運動システムは、熱に誘発された工作物の運動の検出パラメータに応じて、つまり熱に誘発された工作物の運動の結果、工作物から支持部材104に加わる力の変化で生じるコイル128内の電流変化の検出値に応じて、支持部材を動かすように構成されている。あるいはまた、所望とあれば、運動システムは、熱に誘発される運動の予測値に応じて支持部材を動かすように構成してもよい。この予測値は、例えば類似の工作物の熱処理を観察することで経験的に得ることができる。同様に、アクチュエータ106の各々に別々の検出・制御器132を用いずに、むしろ、所望とあれば、単一の検出・制御器132を用いてアクチュエータの幾つか又はすべての検出及び制御目的を果たしてもよい。10

【0068】

図6に戻ってみると、アクチュエータ106の可動部材122は、支持部材104に直接結合させる必要はない。例えばアクチュエータ106は支持部材104に間接結合させてもよい。その場合、工作物24の外縁の、熱による弓そり運動は、垂直線をたどることはなく、むしろ円弧により近いことが理解されよう。したがって、工作物外縁の運動も水平方向成分を有することになる。例えば、工作物外縁の下向き運動と工作物中心部の上向き運動とを考慮すると、幾つかの用途の場合、工作物外縁は、1ミリメートル程度の距離だけ水平方向内方へ移動することが予想される。したがって、支持部材104が水平方向に固定されている場合、支持部材先端が工作物外縁区域と接触している箇所が、事実上、さらに外方へ工作物外縁へ向かってスライドするだろう。20

【0069】

この内方への水平移動距離は、通常、工作物の外側除外帯域の半径方向幅より小さく、したがって、工作物の弓そり時の内方への予想水平移動距離より更に除外帯域内方に支持部材104の初期位置を決めるこによって、工作物と支持部材との間の接触が維持され、工作物外縁が、支持部材の先端より更に内方へ移動して、支持部材から外れて落下するようなことはない。とはいえ、工作物の外側除外帯域が支持部材先端のところでスライドすることは、用途によっては望ましくないこともある。例えば、そのようなスライドは、工作物下面に搔き傷を付け、それによって粒子による汚染が生じ、工作物下面に望ましくないざらつきを生じさせる。30

したがって、所望とあれば、支持部材104を直接にアクチュエータ106の可動部材122に結合するより、むしろ、可動部材は、可動部材の垂直運動を垂直・水平の両方向成分を有する支持部材104の運動へ転換する運動転換機構を介して、支持部材104に結合されるのがよい。

【実施例4】

【0070】

例えば図8及び図9を見ると、本発明の第4実施例によるアクチュエータが符号200で示されている。アクチュエータ200は、図7のアクチュエータ106と類似し、可動部材122と固定部材120とを含んでいる。しかし、この実施例では、可動部材122は直接には支持部材104に結合されておらず、運動転換機構202を介して結合されている。この実施例では、運動転換機構202はアクチュエータ106の可動部材の線形運動を転換するよう、より詳しく言えば、可動部材122の線形運動を支持部材104の円弧状運動へ転換するように構成されている、これを達成するために、この実施例では、運動転換機構202は第1連結アーム208を含み、この連結アームにアクチュエータ200の可動部材122が剛性結合されている。運動転換機構は、更に第2連結アーム210を含み、この連結アームに第1連結アーム208が懸垂可能に結合されている。第2連4050

結アーム 210 は、第 1 自由可動搖動点 12 のところで第 1 剛性バー 214 と搖動可能に結合している。

【0071】

第 1 剛性バー 214 は、第 2 自由可動搖動点 215 と第 1 固定搖動点 216 との間に剛性的に延びている。この実施例では、第 1 自由可動搖動点 212 が、第 2 自由可動搖動点 215 より第 1 固定搖動点 216 に近い、第 1 剛性バー 214 に沿った 1 箇所に設けられている。第 1 剛性バー 214 は、第 2 自由可動搖動点 215 のところで、変更態様の支持部材 204 に搖動可能に結合されている。第 1 固定搖動点 216 はハウジング（図示せず）に結合されることで、固定搖動点 216 のどの空間次元での並進運動又は変位も防止される一方、搖動点 216 を中心とする第 1 剛性バー 214 の搖動が可能になる（したがって搖動点 212, 215 の搖動も可能になる）。運動転換機構は、更に第 2 剛性バー 218 を含み、このバーが、第 1 固定搖動点 216 と第 2 固定搖動点 220 とに結合され、固定搖動点 220 は、またその並進運動又は変位を防止するためにロックされる。運動転換機構 202 は、また支持部材 204 に沿って配置された第 3 自由可動搖動点 224 に第 2 固定搖動点 220 を結合する第 3 剛性バー 222 を含んでいる。10

【0072】

したがって、アクチュエータ 200 の可動部材 122 のどのような垂直線形運動も、第 1 と第 2 の自由可動搖動点 212, 215 を、第 1 固定搖動点 216 を中心とする各円弧径路に沿って運動させ、かつまた同じように、支持部材 204 の第 3 自由可動搖動点 224 を、第 2 固定搖動点 220 を中心とする円弧に沿って運動させる。したがって、アクチュエータ 200 の可動部材 122 の垂直線形運動は、支持部材 204 の支持先端 228 を、図 9 に示した円弧状径路 230 に沿って運動させる。加えて、第 1 自由可動搖動点 212 が第 1 剛性バー 214 に沿って（第 1 固定搖動点 216 の近くに）位置するため、可動部材 122 の比較的小さな下向き線形運動が、支持部材 204 の支持先端 228 の、円弧状径路 230 に沿った比較的大きい下向き円弧運動へと効果的に増幅される。20

【0073】

説明を容易にするため、図 9 に示した種々の部材の寸法は縮尺どおりではなく、誇張されている。それらの構成部材の実際寸法は、支持部材 204 の支持先端 228 がたどる円弧状径路 230 が、熱による弓そり時の工作物 24 の外縁の予想径路に合うように変更されよう。あるいはまた、所望とあれば、他のどのような適当な種類の運動転換機構に代えてよい。30

【実施例 5】

【0074】

図 5 - 図 7 及び図 10 - 図 12 を見ると、図 10 には、本発明の第 5 実施例による工作物支持システムが、全体を符号 300 で示されている。この実施例では、複数支持部材の複数可動接觸部が、図 5 に示した形式と類似の形式で工作物と弾性接觸可能である。この実施例でも、図 6 及び図 7 に示したのと類似した支持部材運動システムが、熱に誘発された工作物 24 の運動に応じて複数支持部材を動かすように構成されている。

より詳しく言えば、この実施例では、システム 300 は、図 10 に示す第 1 支持器 302 を含む複数支持器を含むが、この第 1 支持器は図 5 に示した支持器 80 に似たものである。したがって、各支持器 302 は、搖動点 306 を有する支持部材 304 を含み、搖動点 306 を中心として支持部材 304 は搖動できる。各ばね 308 は、搖動点 306 とは別の箇所で各支持部材 304 に結合されている。40

【0075】

より詳しく言えば、この実施例では、搖動点 306 は、支持部材 304 がばね 308 に結合されている箇所と工作物 24 に接觸する支持部材接觸部 310（先端）との間に配置されている。したがって、図 5 に示した構成の場合のように、この実施例の場合、ばね 308（この実施例では、定力ばねを含む）は、工作物との接觸部 310 の接觸維持に役立てるため、搖動点 306 を中心として支持部材 304 にトルクを加えるように構成されたトルク作用器として働く。これを達成するために、ばね 308 は、支持部材 304 の一端50

に下向き力を加え、それにより工作物 24 の重量が支持部材 304 の接触部（先端）310 に加えるトルクに釣り合うトルクが与えられる。

【0076】

図 4 及び図 10 - 図 12 を見ると、この実施例では、支持部材運動システムが支持部材 304 の揺動点 306 を動かすように構成されている。その点で、この実施例では、揺動点 306 が、チャンバー 60 の残りの部分に対し空間的に固定されておらず、アクチュエータ 320 に結合されている。この結合は、直接でよいが、また間接でもよい（例えば、揺動点 306 は、ハウジング 312 の両側壁部間に取り付けられた揺動バーによって得ることができ、あるいはまた、直接結合であれば、揺動バーをアクチュエータに結合することで得ることができ、また間接結合であれば、ハウジングをアクチュエータ 320 に結合することで得ることができよう）。アクチュエータ 320 は、既述のようなボイスコイル・アクチュエータを含むことができ。あるいはまた、他の何らかの適当な種類のアクチュエータを使用することもできる。この実施例では、運動システムはアクチュエータ 320 の各々に電流を供給して、アクチュエータに接続されている支持部材 304 を動かすことで、支持部材の揺動点 306 を動かすように構成されている。10

【0077】

これを達成するために、この実施例では、アクチュエータ 320 が加熱器 64 と同期されており、それによって加熱器 64 が発生させる急加熱フラッシュの結果として誘発される工作物 24 の弓そり運動開始とほぼ同時に、アクチュエータ 320 が支持器 302 全体を下方へ動かし、それにより支持部材 304 もまた、工作物 24 の外縁の熱による初期下向き弓そりと同時に下方へ動かされるが、揺動点 306 を中心とする支持部材 304 の有意な揺動は生じない。支持器 302 の下向き運動の大きさは、例えば、熱に誘発される工作物 24 運動の予想値に応じて予め決めることができ。この実施例では、アクチュエータ 320 は既に図 7 に関連して説明した検出・制御器（図示せず）を含んでいるが、この検出・制御器は、熱に誘発される工作物の運動の検出に使用できる。したがって、所望とあれば、前記の同期化や予想を省略して、アクチュエータ 320 及び支持器 302 の下向き初期運動が、熱に誘発される運動の検出に応答して開始され制御されるようにしてもよい。20

【0078】

図 11 は、アクチュエータ 320 により生ぜしめられたこの初期運動に続く支持器 302 の位置状態を示している。この運動に続いて、図 12 に示すように、工作物 24 の外縁の、熱による下向き弓そり運動が続くと、支持部材 304 が揺動点 306 を中心として揺動し始めるが、この揺動運動は、図 5 に示した実施例と似た形式で、定力ばね 308 の抵抗を受ける。工作物 24 の外縁が振動しながら上方へ戻り始めると、所望とあれば、アクチュエータ 320 も同様に全支持器 302 の上向き運動を発生させることができる。したがって、この実施例では、支持部材 304 の上向き及び下向きの運動は、一部はばね 308 により受動式に、一部はアクチュエータ 320 により能動式に可能になる。あるいはまた、所望とあれば、他の種類の能動式 / 受動式混合型支持システムに代えてもよい。同様に、既述のような運動転換機構を使用することもでき、その場合には、アクチュエータ 320 による揺動点 306 の運動は、熱による弓そり時に工作物の外縁の予想径路に対応する円弧状径路をたどる。3040

【実施例 6】

【0079】

図 6、図 13、図 14 を見ると、図 13 には、本発明の第 6 実施例による工作物支持システムが、全体を符号 400 で示されている。この実施例では、支持システム 400 は、工作物 24 の下面に接触する複数の各第 1 支持部材の複数第 1 可動接触部を含み、また工作物上面に接触可能な複数第 2 支持部材の複数第 2 可動接触部を含んでいる。この実施例では、第 1 と第 2 の複数接触部は、それぞれ、工作物外周帯域で工作物の下面と上面とに接触可能である。この外周帯域は、この実施例では、工作物の外側除外帯域である。

【0080】

より詳しく言えば、この実施例では、複数第1支持部材の各々は、図6に示した支持器102に幾分類似している第1支持器402の支持部材404を含み、かつアクチュエータ406を含んでいる。この実施例では、複数第2支持部材の各々は、抑制器410の抑制部材414を含み、該抑制器410が、またアクチュエータ416を含んでいる。この実施例では、抑制部材414と抑制器410とは、図6に示した支持部材104及び支持器102と幾分類似しているが、工作物のデバイス側26、それも工作物外側除外帯域に接觸することで工作物に接觸するように構成されている。この実施例では、しかし、アクチュエータ406, 416が制御器420によって制御され、制御器420はアクチュエータの各々内の力検出器(図示せず)と接続されている。制御器420は力検出器からの信号を受信するが、この信号は、熱による弓そり時又は他の熱に誘発された運動時に支持部材404及び抑制部材414へ工作物24から加えられる力を表わす信号である。この力検出信号に応答して、制御器420は、支持部材404と抑制部材414の相対位置及び/又はこれら部材により加えられる力を調節することで、支持部材及び抑制部材は、例えば図14に示したように、熱による工作物の弓そりとその結果の振動時に、工作物の外側除外帯域との接觸を維持し得るようにする。

【0081】

これを達成するために、制御器420は、図6-図9と関連して既に説明したのと同様の形式で、支持部材404の複数第1接觸部を動かして工作物重量と第1接觸部/工作物間に加えられる力との差を最小化するように構成されている。同じように、制御器420は、抑制部材414の複数第2接觸部を動かして工作物と第2接觸部との間に加えられる力を最小化するように構成されている。この後者の最小化は前者の最小化と類似しているが、次の点が異なっている。すなわち、抑制部材414の場合には、アクチュエータ416のコイル内の目標電流レベルが抑制部材と工作物との間に加わるゼロ力に対応するのに對して、支持部材404の場合は、アクチュエータ406のコイル内の目標電流レベルが、重力、つまり支持部材404に加わる工作物重量に対応する点である。

【0082】

制御器420は、これらの目標電流レベルからの偏差を検出し、アクチュエータ406, 416に印加される電圧を制御することで、支持部材404と抑制部材414とを動かし、両アクチュエータのコイル内の電流レベルを各アクチュエータの目標レベルに回復させる。理想的には、力の検出・制御器420は、コンデンサバンクの突発放電又は他のパルス電力給電の結果生じる電気的な干渉や騒音を最小化するために遮蔽しておくべきだろう。このパルス電力は、工作物のデバイス側26を最終アニール温度まで加熱するフランシュを得るために加熱器64に給電される。既述のこのような形式での工作物支持の利点に加えて、制御器420の命令による抑制部材414とアクチュエータ416の動作により、工作物の振動抑制が補助され、それにより振動の結果、工作物が損傷する恐れが低減される。所望とあれば、既述の運動転換機構も、支持部材と抑制部材とに使用することができる。

【実施例7】

【0083】

図1-図5、図15を見ると、図15には、本発明の第7実施例による支持器が、全体を符号500で示してある。支持器500は、図5に示した支持器80に幾つかの点で類似しており、支持部材82に似た支持部材502を含み、該支持部材502が、揺動軸504のところで支持部材ハウジング503に揺動可能に取り付けられ、該揺動軸を中心として揺動する。ハウジング503は、図4-図1に示した工作物平面板30を有することができる。あるいはまた所望とあれば、例えば図1に示したハウジング36のような別個のハウジングを有していてもよい。揺動軸504は、支持部材502が、ばね506(この実施例では、定力ばねを含む)に結合されている箇所と支持部材先端508及び工作物24との接觸箇所との間に配置されている。このような揺動結合を実現するために、この実施例では、クォーツピンを含む支持部材502がケーシング510に剛性結合され、ケーシング510のほうは、ケーシング両側の第1と第2の取り付け部材(その一方が符号

512で示されている)に揺動軸504のところで揺動可能に結合され、取り付け部材の各々はハウジング503に剛性固定されている。

【0084】

図1-図3に示した実施例の場合のように、この実施例の支持器500は、支持部材502に接続された加力器を含み、支持部材に力を加えることで支持部材502の接触部が、熱に誘発される工作物運動時に工作物との接触を維持できるようにされる。しかし、この実施例では、加力器は支持部材502に第1と第2の逆のトルクを与えるように構成された第1と第2のトルク作用器を含んでおり、この第2トルクは、支持部材502が平衡位置を超えるのに逆作用する。より詳しく言えば、この実施例では、第1トルク作用器は、ばね506を含み、このばねが、支持部材502の先端508へ工作物24の重量によって加えられる逆トルクを釣り合わせるために役立つトルク(図15では時計回り方向の)を作用させる。この実施例では、第2トルク作用器は第2ばね520を含み、このばねが、この実施例では、支持部材502の遠位端、つまり先端508とは反対側の端部で支持器500に結合されている。この実施例では、第2ばね520は、工作物24から遠ざかる方向へ支持器500から延びる細長の可とう性金属部材を含んでいる。

10

【0085】

工作物24が静止し、支持器が平衡状態にあるとき、第2ばね520の遠位端は、ハウジング503の底面から上方へ突出する剛性ストップ522に接触している。使用時、工作物24の外縁が熱により下方へ初期弓そりするさい、支持部材502は、ハウジング503に対し揺動し(図15では逆時計回り方向に)、このため第2ばね520の遠位端は、逆時計回りの円弧径路に沿ってストップ522から上方へ運動する。数ミリ秒後、工作物24の外縁が上方へ戻り振動すると、第1ばね506により支持器500に加えられる力により、支持部材502が時計回り方向に揺動させられ、最終的に第2ばね520が、ストップ522に接触し、支持器が平衡角位置を超過すると、曲がることで、支持器に対し逆時計回りのトルクを作用させ、支持器が平衡角度へ復帰するのに役立つ。この実施例では、支持器500がその平衡角位置を時計回り方向に超過し過ぎないように、ストップ522が防止することが理解されよう。これを達成するために、好ましくは、第2ばね520はストップ522と弾性接触し、このため、他の場合には発生する恐れのある有害な効果(例えば支持器の剛性部分とストップとの突発的な衝突から結果する粒子による汚染)は最小化されるか又は防止される。

20

【実施例8】

【0086】

図16には、本発明の第8実施例による支持器が、全体を符号600で示されている。この実施例では、支持器600は、全体を符号602で示された複数の可とう性支持部材を含んでいる。この実施例では、可とう性支持部材602の各々は、符号604で示した拘束部と、符号606で示した非拘束部とを有している。この実施例では、支持部材602の各々の可動接触部は非拘束部606を含んでいる。

30

【0087】

この実施例では、可とう性支持部材602の各々が可とう性ファイバを含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、その種のファイバには光ファイバが含まれる。より一層詳しく言えば、この実施例では、可とう性ファイバの各々がクォーツ光ファイバを含んでいる。この実施例で光ファイバが選択されたのは、用途によっては脆いため不適だが、利用範囲が広く、低コストで、十分な機械特性を備えているからである。しかし、他の種類のファイバに代てもよい。例えば(制限なしに)、サファイア、アモルファスクォーツ被覆の結晶性クォーツ、炭化シリコン、カーボンファイバ、金属-クォーツ、ガラス、金属-ガラスのいずれかで構成されたファイバに代てもよい。例えばサファイア・ファイバは、通常、クォーツより強度が大であり、詳しくは後述するが、ファイバの外側クラッドが除去されるか又は存在しないこの実施例のような場合には有利だろう。より一般的にいえば、他の種類の可とう性支持部材を用いてもよい。この実施例の目的の場合、好適な可とう性支持部材は、非汚染性、可とう性、低質量で、既述の熱サイクルに対する十分

40

50

な温度非破壊性を有していかなければならない。

【0088】

光ファイバは、通常、外側にアルミニウムの被覆又はクラッドを有するものが販売されている。したがって、アルミニウム・クラッドが工作物に接触し工作物を汚染するがないようにするために、この実施例では、アルミニウム被覆は、可とう性支持部材602の非拘束部の遠位端（「遠位」とはケーシング610から遠位の意）から化学的に除去してある。より詳しく言えば、この実施例では、アルミニウム・クラッドは、非拘束部606の各々の遠位端から2mmの長さにわたり除去してある。非拘束部606の各々のクラッドを除去した遠位端表面は、例えば図37に関連して後述する滑らかな表面のようなものが好ましい。

10

【0089】

図16を見ると、この実施例では、支持器600は、可とう性支持部材602の拘束部604を拘束するように構成された少なくとも1つの拘束体を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、少なくとも1つの拘束体が支持器600のケーシング610を含んでいる。この実施例では、拘束部604の各々が10mm長さであり、ケーシング610内に拘束又はロックされている。この実施例では、また非拘束部606の各々が17mm長さを有し、この長さのうちの15mmはアルミニウム・クラッド、残りの2mmはクラッドを除去された遠位端である。非拘束部606の各々は、クラッドなしの遠位端が工作物の外側除外帯域で工作物24に接触するように、ケーシング610から伸びている。この実施例では、また可とう性支持部材602の各々が2mm未満の直径を有している。しかし、また特定実施例では、別の寸法又は寸法の組み合わせに代えてもよい。概して、寸法は、可とう性であることと十分に反応時間が速いこととの所望のバランスが得られるように選択される。

20

【0090】

それに関連して言えば、支持部材の直径を大きくすれば、通常は、支持部材の剛度を増すのに役立つ。支持部材の非拘束部を長くすれば、剛度が減少するので、直径をより太くするよう考慮されようが、そのような手法は支持部材の応答時間定数を遅くする傾向があり、このことも、この実施例では望ましくない。可とう性支持部材の質量を最小化することも望ましい。したがって、工作物が、極端な急熱による弓そりと振動にさらされることが予想される半導体ウェーハであるこの実施例のような場合、直径を十分に小さく、非拘束長さは十分に長くして、目標レジリエンス及び可とう性が得られるようにする一方、長さを十分に短くして応答時間を速くすることで、可とう性支持部材が工作物の運動に対してほぼ1ミリ秒未満の時間尺度で反応するようにし、同時に、これらの目標を最小質量の非拘束部で実現せねばならないだろう。

30

【0091】

概して、支持部材の振動数は、下記のように物理的寸法及び質量と関係付けられる：

【数1】

$$\omega_n = A \sqrt{\frac{EI}{\mu * t^4}} \text{ RAD/SEC}$$

40

この式で、E = ヤング率 [N / m²] 、 I = 支持部材断面の慣性面積モーメント [m⁴] 、 t = 支持部材長さ、 μ = 支持部材単位長さ当たりの質量 [kg / m] 、 A = 係数（振動モード2の場合、A = 3.52；モード2の場合、A = 22.0；モード3の場合、A = 61.7, etc.）

したがって、前記関係及び観察は、所与の用途に対し、支持部材の目標長さと直径とを選択するさいの補助手段として利用できよう。

【0092】

50

図15、図16、図19を見ると、この実施例では、図16と図19に示した支持器600は、図15に示した支持器500と幾分似ているが、最も重要な相違点は、剛性の支持部材502の代わりに可とう性の支持部材602（この実施例では、可とう性のクオーツ・ファイバ）が用いられている点である。したがって、この実施例は、熱に誘発される工作物の運動時に、工作物24との接触維持に非拘束部606の各々が役立つように複数支持器600に加力可能に構成された複数加力器を含んでいる。より詳しく言えば、この加力器はトルク作用器、より具体的に言えば、ばね506, 520を含んでいる。

【0093】

この実施例では、支持システムが、支持器600と同様の複数支持器を含み、該支持器が工作物24の外周縁に異なる間隔をおいて配置されている。10 したがってこの実施例では、少なくとも1つの拘束体が、工作物の外周を囲んで配置された複数拘束体、すなわち各支持器600の複数ケーシング610を含んでいる。図16とは異なり、この実施例では、複数拘束体が可とう性支持部材の数より少數の拘束体から成り、拘束体の各々が可とう性支持部材の2つ以上を拘束するように構成され、例えば図16に示すように、支持部材602が6本1組になっている。より詳しく言えば、この実施例では、拘束体の各々が、すなわちケーシング610の各々が概して互いに平行な可とう性支持部材の2つ以上を拘束するように構成されている。

【実施例9】

【0094】

図16及び図17を見ると、図17には、本発明の第9実施例による支持器が、全体を符号650で示されている。支持器650は、概して支持器600と類似しており、全体を符号652で示した複数の可とう性支持部材を含み、該支持部材の各々は、符号654で示したような拘束部と、符号656で示したような非拘束部を有している。拘束部の各々は拘束体内、より詳しく言えば、ケーシング内の定位置に拘束又はロックされている。先行実施例でのように、各拘束体は可とう性支持部材652を2つ以上拘束している。しかし、この実施例では、各拘束体は、概して互いに未広がりに離れた可とう性支持部材の2本以上を拘束するように構成されている。したがって、この実施例では、可とう性支持部材652は、概して平行ではなく、ケーシング660から工作物24へ向かって未広がりに延在している。図17に示した実施例では、可とう性支持部材は概して直線状であり（しかし、詳しくは図20に関連して詳述する曲線状端部区域を含む）、ケーシング660から外方へ未広がりに開く径路に沿って延在している。2030

【実施例10】

【0095】

あるいはまた、図17及び図18に見られるように、所望とあれば、可とう性支持部材を各曲線状径路に沿って延在させて未広がりになるようにしてもよい。例えば、図18には、本発明の第10実施例による支持器が、全体を符号680で示されている。支持器680は、支持部材650と概して類似し、全体を符号682で示したような複数の可とう性支持部材を含み、該支持部材の各々は符号684で示したような拘束部と、符号686で示したような非拘束部とを含んでいる。拘束部の各々は、ケーシング690内の定位置に拘束又はロックされている。この実施例では、しかし、可とう性支持部材682は、ケーシング690から各未広がりの曲線状径路に沿って工作物24へ向かって延在している。これを実現するために、複数の可とう性支持部材682は予熱され、目標曲率となるよう曲げられる。40

【0096】

別の形式として、所望とあれば、各拘束体が、複数可とう性支持部材のうちの対応する单一の各支持部材を拘束するようにしてもよい。より一般的には、支持器600の可とう性支持部材602を、本発明の別の実施例、例えば本明細書で説明した別の実施例に使用することもできる。

図17及び図18に示したような実施例は、工作物との接触箇所を、より広く分配可能にするのに役立っている。50

図16 - 図19を見ると、前記実施例の場合、工作物を弾性的に支持するための支持システムが、工作物外縁に沿って異なる角位置で配置された支持器600（又は650, 680）に似た複数支持器を含んでいる。用途によっては、これらの支持器は3つ、あるいは2つでも十分だが、好ましくは4つ以上用いて、1つが故障しても工作物が安定的に支持され、適正に保持されるようにする。

図19を参照すると、この実施例では、可とう性支持部材602（又は652, 682）が工作物平面に対し約25°の角度で工作物の外側除外帯域に接触している。あるいはまた、他の角度に代えてもよい。

【実施例11】

【0097】

あるいはまた、図20を見ると、本発明の第11実施例の場合、可とう性支持部材602（又は652, 682）は、例えば図20に示した可とう性支持部材602の非拘束部606と工作物24との接触角度のように、より急角度で工作物の外側除外帯域に接触している。このように急な接触角度を採用する場合は、可とう性支持部材602の各々の非拘束部606は、工作物24の外方の除外帯域に接触するための曲線状端区域620を有するのが好ましい。この曲線状端区域は、例えば、可とう性支持部材を予熱し、端部を加熱しながら機械式に曲げることで達せられる。端区域620を曲線状にすることで、熱に誘発される工作物の運動や振動で他の場合には発生する恐れのある端区域620による工作物基板側の掻き傷を最小化するのに役立つ。

【0098】

前記実施例では、1個以上のばね（例えば、図15及び図19に示したばね506, 520）と共に使用される支持器600の可とう性支持部材602（又は652, 682）が説明されたが、幾つかの実施例では、工作物を弾性的に支持するには、可とう性支持部材602（又は652, 682）によって得られる可とう性で十分であり、前記のようならばねその他の弾性部材又は可とう性部材を必要としない。したがって、この実施例では、ケーシング610の位置と配向は固定され、可とう性支持部材の非拘束部のみが可動である。

【実施例12】

【0099】

例えば、図21を見ると、本発明の第12実施例による工作物24の支持システムが、全体を符号700で示されている。この実施例の場合、支持システム700は、複数支持器701、例えば符号702, 704, 706, 708で示された複数支持器を含み、これらの支持器が、工作物平面板710の工作物支持開口内側に沿って異なる間隔で配置されている。この実施例では、支持器702その他の同様の支持器が工作物平面板710の下方区域から内方かつ上方へ延び、工作物24の基板側28の外側除外帯域に弹性接觸している。

【0100】

図21及び図22を見ると、図22には、支持器702が詳細に示されている。この実施例では、支持器702が可とう性支持部材712を含み、支持部材712は、この実施例では、クオーツ光ファイバを含むが、既述のように、他の適当な支持部材に代えてもよい。この実施例では、可とう性支持部材712は、部分的にクラッド層714により被覆され、該クラッド層は、この実施例では、アルミニウム・クラッド層であり、このクラッド層に被覆されたクオーツ・ファイバが市販されている。アルミニウム・クラッド層は、工作物平面板710とは反対側の可とう性支持部材712の（工作物24に近い）端区域716から化学的に除去されることで、クオーツ・ファイバの露出した、つまりクラッド層無しの端区域716が、工作物24の基板側28の外側除外帯域に接觸する。前の実施例と関連して説明したように、この実施例では、支持部材712の端区域716が曲線状に形成され、熱に誘発される工作物の運動や振動により発生する端区域620による工作物基板側の掻き傷が最小化されるようになっている。この実施例では、アルミニウム・クラッド層が、ケーシング718内に堅く固定され、該ケーシングは、この実施例では、ス

10

20

30

40

50

テンレス鋼管を含んでいる。ケーシング 718 は、工作物平面板 710 内に堅く固定されている。

【0101】

この実施例では、可とう性支持部材 712 は、27mm の長さを有し、このうちの工作物平面板 710 に近い 10mm 長さの支持部材端区域は、クラッド層 714 及びケーシング 718 の両方に包容され、13mm 長さの中間部はクラッド層 714 のみに被覆され、工作物平面とは反対側の長さ 4mm の端区域 716 は、ケーシングにもクラッド層にも包まれずに露出している。この実施例では、ケーシング 718 及びクラッド層 714 は、垂直線に対し 35° の角度（又は工作物平面に対し 55° の角度）で工作物平面板 710 から伸びているが、この角度は、第一に、工作物平面板に対し要求される変更を最小限にとどめるのに好都合なように選択された。別の角度については、詳しく後述する。より一般的には、所望とあれば、寸法、角度、形状を別の組み合わせに代えてもよい。

【0102】

図 21 及び図 22 を見ると、この実施例では、支持システム 700 は、工作物平面板の内縁に沿って異なる箇所に配置された複数の支持器、例えば図 21 及び図 22 に示した支持器 702 を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、工作物支持システム 700 は、狭い間隔で 8 対配置された 16 個の支持器を有し、各対が、工作物 24 の周囲に 45° の間隔で対称的に配置されている。この点で、とりわけ好都合なことは、狭い間隔の対形式で各角度位置に支持器を配置することにより、効果的に支持が得られ、その結果、支持器対のうちの一方が所期の作業に失敗しても、当該対の他方の支持器が、概して、前記角度位置に工作物を適宜に支持することで、工作物の落下又は損傷が避けられる。

しかし、また支持器は別の数や角度に構成することもできる。概して、本発明のこの実施例に類似する複数実施例の場合、支持器の数及び位置の選択は、支持器の質量を最小化する目標によって決められる一方、同時に、熱に誘発される工作物の弓そりや振動時に工作物を支持するのに十分な数量を得る観点から行われることが好みしい。

【0103】

例えば、また図 21 及び図 22 を参照すれば、例えば 200mm 直径のウェーハの加工に適した別の類似の実施例では、変更態様の工作物支持システム 700 が、6 個の支持器 702 を含み、その場合、狭い間隔の 3 対の支持器は、各対が 120° の間隔で工作物周縁に沿って対称的に配置される。例えば 300mm 直径のウェーハの加工に適した別の実施例でも、同じように、変更態様の工作物支持システム 700 が、8 個の支持器 702 を含んでいる。該支持器は、4 対の狭い間隔の支持器が 90° 間隔で工作物 24 の周縁に沿って対称的に配置される。これら別形式の実施例の支持器 702 は、図 22 に示した支持器に類似しており、それら別形式の実施例でも、クラッド層無しの露出端区域 716 は、2mm 長さである。これに関連して、クラッド層無しの端区域 716 の長さを短縮することにより、ファイバの破損の恐れが減少することが判明した。これらの実施例では、短縮された露出端区域 716 は、図 37 に関連して後述するが、滑らかな表面を有している。

【0104】

これら別形式の実施例では、工作物 24 の平面に対する支持器 702 の接触角度は一致していない。これらの実施例では、接触部の各々が、工作物平面に対し 10 度～80 度の角度で工作物 24 の下面と接触可能である。より詳しく言えば、これらの実施例では、15 度～35 度の角度で接触可能である。更に、具体的に言えば、25 度の角度で接触可能である。この点から言えば、目標角度の選択は用途に応じて変更可能ではあるが、半導体ウェーハの幾つかの用途の場合、例えば 80°～90° の急な接触角度では、ウェーハがえぐられたり、支持部材又はウェーハが損傷する危険が増し、他方、例えば 0°～10° のゆるやかな角度では、可とう性支持部材 712 が折れる危険が増すことが分かった。したがって、幾つかの用途の場合には、工作物平面に対する接触角度は、10°～80° が好みしいが、15°～35° 角度のほうが、はるかに好みしい。更に、或る用途の場合には、25° の接触角が、より好みしい。しかし、また別の角度に代えることもできる。

【0105】

10

20

30

40

50

これらの実施例すべての場合、可とう性支持部材 712 の非包囲部分、つまりケーシング 718 から出ている支持部材部分については、所定システム内で使用される他の可とう性支持部材の非包囲部分と長さが正確に合致するのが好ましい。これは支持部材ごとの可とう性が統一的に維持されるようにするためである。同じ理由から、クラッド層無しの端区域 716 の長さも、可とう性と耐破損性とが統一的されるように精密に制御することが好ましい。同じように、支持器 702 の各々が等しい角度で工作物 24 に接触するのが好ましい。

より一般的には、対称的かつ統一的であろうと、そうでなかろうと、別の適当な形状及び寸法に代えることも可能である。

【実施例 13】

10

【0106】

図 23 及び図 24 を見ると、図 23 には、本発明の第 13 実施例による工作物 24 の支持システムが、全体を符号 800 で示されている。この実施例では、支持システム 800 は、複数支持器 802 を含み、該支持器は、例えば符号 804, 806, 808 で示され、工作物平面板 810 の工作物支持開口内縁に沿って異なる間隔で配置されている。この実施例では、支持器 802 は、工作物平面板 810 の下方区域から内方かつ上方へ延び、工作物 24 の基板側 28 の外側除外帯域に弾性的に接触する。しかし、図 21 及び図 22 に示した前の実施例とは異なり、図 23 と図 24 の実施例では、各支持器が工作物の除外帯域に弾性接觸する可とう性湾曲支持部材を含んでいる。

【0107】

20

のことと関連して、図 24 には、支持器 804 が詳細に示されている。この実施例では、支持器 804 は、可とう性湾曲支持部材 812 を含み、該支持部材 812 が、この実施例では、クオーツ光ファイバを含んでいるが、別種の可とう性支持部材に代えてもよい。この実施例では、可とう性湾曲支持部材 812 は、間隔をおいて位置する第 1 と第 2 の拘束部を含み、非拘束部が拘束部の間に曲線状に延びている。より詳しく言えば、この実施例では、第 1 拘束部が第 1 端区域 815 を含み、非拘束部が中間区域 816 を含み、第 2 拘束部が第 2 端区域 817 を含んでいる。

【0108】

第 1 と第 2 の拘束部は、したがって、支持部材 812 の両端に所在し、間に非拘束部が延びている。第 1 と第 2 の拘束部は、より詳しく言えば、第 1 端区域 815 と第 2 端区域 817 とは、拘束部の運動を防止するために工作物平面板 810 に取り付けられている。この実施例では、可とう性湾曲支持部材 812 は、部分的にクラッド層 814 に被覆され、クラッド層 814 は、この実施例ではアルミニウム層であり、クオーツ・ファイバはアルミニウム層で被覆されて市販されている。アルミニウム・クラッド層は、可とう性湾曲支持部材 812 の中間区域 816 から化学的に除去されているので、クオーツ・ファイバの露出した中間区域 816 が工作物 24 の基板側 28 の外側除外帯域に接觸する。

30

【0109】

この実施例では、支持システム 800 は、間隔をおいて配置された第 1 と第 2 の拘束部（すなわち第 1 と第 2 の端区域 815, 817）を拘束するように構成された第 1 と第 2 の拘束体を含み、拘束部間に曲線状の非拘束部（すなわち中間区域 816）が延びるようになっている。より詳しく言えば、この実施例では、第 1 と第 2 の拘束体が、第 1 と第 2 のケーシング 818, 819 を含んでいる。第 1 端区域 815 には、可とう性湾曲支持部材 812 を取り囲むアルミニウム・クラッド層 814 が、第 1 ケーシング 818 内に堅く固定され、該ケーシングは、この実施例では、ステンレス鋼管を含んでいる。同じように、この実施例では、第 2 端区域 817 のところで、可とう性湾曲支持部材 812 を包囲しているアルミニウム・クラッド層 814 が 同様のステンレス鋼管を含む第 2 ケーシング 819 内に堅く固定されている。ケーシング 818, 819 は工作物平面板 810 内に堅く固定されている。

40

【0110】

図 22 及び図 24 を見ると、この実施例では、ケーシング 818, 819 の各々は図 2

50

2に示したケーシング718に似ており、同じように、工作物平面板に固定されている。しかし、この実施例では、ケーシング818, 819を含む第1と第2の拘束体は、第1と第2の拘束部（すなわち第1と第2の端区域815, 817）を拘束するように構成され、これにより非拘束部（中間区域816）が、第1拘束部から工作物24へ向かって上方かつ内方へ工作物との接触域へ延び、かつ該接触域から下方かつ外方へ第2拘束部へ向かって延びるようにされている。より詳しく言えば、可とう性湾曲支持部材812は、工作物へ向かって直線状に内方かつ上方へ延びるというより、むしろ第1端区域815のケーシング818及びクラッド層814から突出して、ほぼ弓形に内方かつ上方へ工作物24へ向かって延び、これによって中間区域816の中央が工作物24の基板側28の外側除外帯域に接触し、支持するようになっている。

10

【0111】

可とう性湾曲支持部材812は、次いでその中央部から弓形に下方かつ外方へ第2端区域817へ向かって延び続け、第2端区域817では、該端区域を包囲するクラッド層814がケーシング819内に固定されている。工作物と接触する中間区域816の中央部では、非拘束部に対する接線（すなわち中間区域816の中央部に対する接線）が、接触区域近くでの工作物24の外周に対する接線と事実上平行である。この実施例では、図22の実施例に見られるように、可とう性湾曲支持部材812弓形の角度は、垂直線に対しほぼ35°。だが、この角度は、現在の工作物平面板に対する変更を最小限にとどめるために、便宜的に選択した角度である。したがって、他の角度及び構成に代えることもできる。

20

【0112】

例示した複数実施例では、可とう性支持部材812は、第1端区域815からケーシング818内を10-20mmの長さだけ延び、更に、ケーシングを出てクラッド層814内を20-40マイクロメートルにわたって延在し、更に、支持部材812が工作物24と接触する中央部ではクラッド無しで2-4mmの長さにわたり延びている。可とう性支持部材812は、次いで第2端区域817へ向かってクラッド層814内を20-40mmにわたって延び、更にケーシング819内を10-22mmにわたり延びている。可とう性支持部材は、例えば0.5-2mmの直径を有することができる。あるいはまた、所望とあれば、別の長さや直径に代えてもよい。別の実施例、例えば可とう性支持部材812がサファイア等の材料を含む実施例では、所望とあれば、クラッド層814は完全に除去することができる。

30

この実施例では、複数の支持器802が、支持器804と同様の少なくとも4つの支持器を含んでいることで、支持器の1つが破断その他の故障を生じても十分に安定的な支持が得られる。より詳しく言えば、この実施例では、複数支持器802が、同様の20個の支持器を含んでいる。しかし、所望とあれば、他の数の支持器を用いてもよい。

【実施例14】

【0113】

図25-図30を見ると、本発明の第14実施例による工作物24の支持システム800が、全体を符号900で示されている。この実施例では、支持システム900が、全体を符号902で示された複数可とう性支持部材を含んでいる。この実施例では、可とう性支持部材902の各々が工作物と弹性接触可能な可とう性ファイバを含んでいる。より詳しく言えば、前の実施例のように、この実施例では、可とう性ファイバの各々はクォーツ光ファイバを含むが、本明細書の他の箇所で説明したように、サファイアその他の種類のファイバ、又はより一般的に他の種類の可とう性支持部材に代えてもよい。好ましくは、この実施例の目的の場合には、別の可とう性支持部材は、非汚染性、可とう性、低質量の部材でなければならず、また本明細書で説明した熱サイクルに耐えられる十分な耐熱性を有していなければならない。

40

【0114】

図28及び図30を見ると、図28には例として可とう性支持部材が、全体を符号903で示してある。説明を容易にするため、代表的な支持部材のみを説明するが、残りの可

50

とう性支持部材 902 も同様であることを理解されたい。この実施例では、可とう性支持部材 903 は、拘束部 904 と非拘束部 906 を有している。より詳しく言えば、この実施例では、可とう性支持部材 903 は、一端に拘束部 904 を有し、非拘束部 906 は、拘束部 904 から工作物 24 の中心区域へ向かって内方へ延びている。

【0115】

この実施例では、可とう性支持部材 903 はファイバ 907 を含んでいる。この実施例では、可とう性ファイバ 907 の長さの一部が外側クラッド層 908 に被覆され、該クラッド層は、この実施例では、ファイバと一緒に市販されているアルミニウム被覆層である。これと関連し、アルミニウム・クラッド層が工作物に接触し汚染するのを防止するため、この実施例では、アルミニウム被覆は、可とう性支持部材 903 の非拘束部 906 の長さの一部から化学式に除去されている。より詳しく言えば、この実施例では、可とう性支持部材 903 は長さ 65mm であり、アルミニウムのクラッド又は被覆は、この長さの最も内方の 40mm 部分から化学的に除去されている。10

あるいはまた、可とう性支持部材 902 の目標可とう性及び質量に応じて他の適当な長さに代えてもよい。例えばアルミニウムのクラッド又は被覆は、幾つかの実施例、例えば支持部材がサファイアを含む実施例では、完全に除去してもよい。

【0116】

この実施例では、支持システム 900 は、拘束部 904 を拘束するための少なくとも 1 つ拘束体を含んでいる。この実施例では、この少なくとも 1 つ拘束体が、工作物平面板 920 を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、この少なくとも 1 つ拘束体は、複数可とう性支持部材 902 の拘束部をクランプするために、工作物平面板内に形成された複数クランプを含んでいる。更に詳しく言えば、この実施例では、各拘束部 904 が、図 28 及び図 30 に全体を符号 910 で示されたクランプ内の定位置に拘束又はロックされている。この実施例では、クランプ 910 は、上部クランプ部材 912 と下部クランプ部材 914 とを含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、上部クランプ部材 912 は、概して平面的な下面を有し、下部クランプ部材 914 は、上面に V 字形溝又は通路が形成され、該溝又は通路が、下部クランプ部材 914 の長さに沿って延びている。20

【0117】

V 字形溝 916 の寸法は、可とう性支持部材 903 が V 字形溝 916 に挿入できるように選択され、これによって上部クランプ部材 912 の下面が下部クランプ部材 914 の上面に押し付けられた場合に、外側クラッド層 908 が、上部クランプ部材 912 の下面と V 字形溝 916 の 2 面との間にぴったりはまり込むことで、可とう性支持部材 903 の、クランプ 910 内に固定された部分がクランプと相対運動することが防止される。クランプ 910 は、V 字形溝と、ひいては可とう性支持部材 903 とが、工作物 24 の中心へ向かって半径方向内方を指すように配向される。30

この実施例では、例えば符号 910 で示した複数クランプが、複数上部クランプ部材 912 として効果的に働く上部クランプリングと、複数下部クランプ部材 914 として効果的に働く、複数 V 字形溝の形成された下部クランプリングとで形成される。上部と下部とのクランプリングは、半径方向内方へ約 10mm だけ延び、該クランプリング内に各可とう性支持部材 902 の拘束部 904 がぴったりと固定される。あるいはまた、所望とあれば、別の拘束長さに代えてもよい。40

【0118】

図 28 と図 29 を見ると、この実施例では、工作物平面板 920 が、その内面に複数の工作物支持開口を形成し、拘束部 904 が工作物平面板 920 に取り付けられ、非拘束部 906 が工作物支持開口内方へ工作物へ向かって延びている。より詳しく言えば、この実施例では、工作物支持開口の各々は、工作物平面板 920 の内面に形成された垂直のスロット 918 を含んでいる。したがって、この実施例では、可とう性支持部材 903 の非拘束部 906 は、垂直のスロット 918 を通って工作物 24 の中心へ向かって突出しており、該スロットにより、可とう性支持部材 903 の非拘束部 906 が工作物平面板 920 に対し上方と下方へ動くことが可能になる。この実施例では、各非拘束部 906 の内側先端50

924は、工作物24の外縁922より内方へ突入しており、工作物の外縁922より、半径方向で工作物中心から近い位置にある。

【0119】

より詳しく言えば、この実施例では、内側先端924は、工作物の外縁922より更に内方へ約10mm延びているが、この長さは別の値に代えてもよい。したがって、この実施例では、支持部材903の接触部は、拘束部904と内側先端924との間の非拘束部906に沿った中間点926を含んでいる。非拘束部906、つまり、より詳しく言えば、非拘束部に沿った中間点926は、工作物を接触支持するために、工作物外縁922と接触可能である。

この実施例では、工作物平面板920は、概して水平方向に拘束部904を拘束するように構成され、非拘束部906は、工作物24の中心区域へ向かって概して水平方向内方へ延びる一方、下方へたわんでいる。これと関連して、工作物外縁922によって中間点926に加えられる下向きの重力のため、可とう性支持部材903が下方へ曲がることで、可とう性支持部材の内側先端924は、工作物24の平面より下方への「たわみ変位」により垂直方向に変位せしめられる。

【0120】

更に図28及び図29を見ると、この実施例では、複数の可とう性支持部材902が、少なくとも20個の細長可とう性支持部材を含んでいる。より詳しく言えば、複数支持部材902は、少なくとも50個の支持部材を含んでいる。より一層詳しく言えば、この実施例では、複数支持部材902は、工作物平面板920内に形成された内側工作物支持開口の周囲にほぼ等間隔に配置された、例示の支持部材903同様の約60個の可とう性支持部材を含んでいる。工作物が半導体ウェーハであり、可とう性支持部材902が既述のように光ファイバであるこの実施例では、前記「たわみ変位」は、通常、約3mm - 約5mmの範囲である。したがって、この実施例では、非拘束部906が、工作物平面に対し下方へ約10度未満の角度で工作物24の外縁922と接触可能である。あるいはまた、別のたわみ変位や角度も、特定の用途に応じて許容又は所望可能である。

【0121】

通常、図28と図29とに示した実施例では、可とう性支持部材902の各々は、約0.4mm - 2mmの直径を有している。しかし、また他の実施例との関連で説明したように、別の適当な寸法に代え、例えば所与の用途のために所望の弾性や迅速な応答時間が得られるように長さや直径を選択してもよい。

図29及び図28を見ると、図28に示した可とう性支持部材903の内側先端924は、図20に示した曲線状端区域620に似た曲線状端区域を備え、それによって、熱に誘発される運動及び振動時に工作物24の基板側28に掻き傷を与える可能性が最小化されている。

【実施例15】

【0122】

図31を見ると、本発明の第15実施例による工作物支持システムが、全体を符号100で示されている。この実施例では、支持システム1000は、工作物の振動を抑制するように構成されており、より詳しく言えば、この実施例では、工作物の少なくとも1つの自然振動モードを抑制するように構成されており、この実施例では、自然振動モードには第1と第2の自然振動モードが含まれる。この目的を達成するために、支持システム1000は、全体を符号1002と1004で示した第1と第2の支持器を含んでいる。支持器1002, 1004は、それぞれ可とう性支持部材1006, 1008を含み、該支持部材は、この実施例では、クオーツ・ファイバを含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、クオーツ・ファイバは、アルミニウム・クラッド層を化学的に除去したクオーツ光ファイバであり、約100マイクロメートルの直径を有している。

あるいはまた、既出の複数実施例に関連して説明したように、他の種類のファイバに代えてもよく、更に一般的にいえば、適当な他の種類の可とう性支持部材に代えてもよい。

【0123】

10

20

30

40

50

この実施例では、可とう性支持部材 1006, 1008 が、間隔をおいた第 1 と第 2 の拘束部を有し、該拘束部間に曲線状に非拘束部が延在している。より詳しく言えば、可とう性支持部材 1006 の第 1 と第 2 の拘束部は、それぞれ固定端 1010 と調節可能端 1014 を含み、同じように可とう性支持部材 1008 の第 1 と第 2 の拘束部は、それぞれ固定端 1012 と調節可能端 1016 を含んでいる。可とう性支持部材 1006 の固定端 1010 は、工作物平面板 1018 の工作物 24 寄りの箇所、それも工作物平面の直ぐ下方に取り付けられ、同じように、可とう性支持部材 1008 の固定端 1012 は、工作物平面の直ぐ上方で工作物平面板に取り付けられている。したがって、工作物平面板 1018 は、可とう性支持部材 1006, 1008 の固定端 1010, 1012 を拘束するための第 1 拘束体として機能している。

10

【0124】

この実施例では、工作物との接触区域での非拘束部に対する接線が工作物中心へ向かって半径方向内方へ延在するように、各支持部材の非拘束部が拘束部間に曲線状に延在している。例えばこの実施例では、可とう性支持部材 1006 は、その固定端 1010 から(図 31 に見られるように逆時計回りに)、概してループ状の径路に沿って延び、工作物の外側除外帯域近くで工作物 24 の基板側 28 に接触し支持している。可とう性支持部材 1006 は、ループ形状の径路に沿って工作物との接点からループを描いて(逆時計回りに)工作物平面板 1018 の下面に形成された開口 1020 を通って工作物平面板内へ挿入されている。可とう性支持部材 1006 の調節可能端 1014 は、長さ調整器 1022 内へ挿入され固定されており、該調整器は、可とう性支持部材 1006 の調節可能端 1014 を拘束する第 2 拘束体として機能している。

20

【0125】

これと関連して、この実施例では、可とう性支持部材 1006, 1008 の各々の第 1 と第 2 の拘束部の少なくとも一方が、引込み可能に拘束されている。したがって、この実施例では、支持システム 1000 は、長さ調整器 1022 を含み、該調整器が、この実施例では、機械式の引込み器を含み、可とう性支持部材 1006 の第 2 拘束部(すなわち調節可能端 1014)を引込み可能に拘束している。引込み器は、第 2 拘束部を引込め、効果的に非拘束部を短縮するように構成され、かつまた逆に第 2 拘束部を伸長して、効果的に非拘束部を延長するように構成されている。この実施例では、長さ調整器 1022 は、工作物平面板 1018 が配置された加工チャンバの外部から遠隔操作して、可とう性支持部材 1006 の有効長さを延長又は短縮でき、それにより、工作物を弾性的に支持するように延在するループ状径路の形状及び寸法を変更できる。

30

【0126】

同じように、この実施例では、可とう性支持部材 1008 が、固定端 1012 から概してループ状の径路に沿って(図 31 に示すように時計回り方向で)延在し、工作物 24 の外側除外帯域近くで工作物のデバイス側 26 に接触し、ループ状の径路に沿って延び続け(時計回りに)、工作物平面板の上面に形成された開口 1024 ~ 工作物平面板 1018 内へ挿入される。可とう性支持部材 1008 の調節可能端 1016 は、長さ調整器 1022 同様の長さ調整器 1026 内に挿入され固定される。この実施例では、長さ調整器 1026 は、工作物平面板 1018 が配置された加工チャンバ外部から遠隔操作して、可とう性支持部材 1008 を、工作物平面上方に形成される円筒形体積の外部へ完全に移動させるのに十分な長さだけ引込め可能であり、それによって、工作物 24 を、第 1 可とう性支持器 1002 により支持される位置へ下降させ、熱処理が完了すれば、前記位置から上方へ戻すことが可能である。熱処理の間、長さ調整器 1026 は、可とう性支持部材 1008 の長さを十分に延ばすように遠隔制御され、該支持部材のループ形状の径路が工作物の外側除外帯域でデバイス側に接触するようにされる。

40

【0127】

概して、可とう性支持部材 1006, 1008 の概してループ状の経路の有効直径は、支持部材用に選択された材料と、工作物の予想運動範囲とに依存する。例えば、概してループ状の径路の有効直径は、幾つかの実施例の場合、約 30 mm - 100 mm でいいが、

50

他の有効直径に代えることもできる。

この実施例では、前記熱処理時の工作物支持のため、支持システム 1000 は、支持器 1002 同様の複数の下方支持器と、支持器 1004 同様の複数の上方支持器とを含み、これらが工作物平面板 1018 の内縁に沿って異なる間隔で配置されている。したがって、支持システム 1000 は、複数の第 1 と第 2 の細長可とう性支持部材を含んでいる。複数の第 1 可とう性支持部材の非拘束部は、工作物 24 の下面と接触可能であり、複数の第 2 可とう性支持部材の非拘束部は工作物 24 の上面と接触可能である。

【0128】

上方支持器は、既述の熱サイクル時に工作物 24 の安定性を高め、振動を抑制するのに役立つ。例えば、この実施例では、第 1 と第 2 の支持器 1002, 1004 が協働して、少なくとも部分的に、工作物 24 の第 1 と第 2 の自然振動モードを抑制する。10

あるいはまた、幾つかの用途では、支持器 1004 とその他同様の上方支持器は、所望とあれば、除去して、支持器 1002 と他の同様の下方支持器のみで工作物を支持してもよい。

【実施例 16】

【0129】

図 32 及び図 33 には、本発明の第 16 実施例による工作物の支持システムが、全体を符号 1200 で示されている。この実施例では、支持システム 1200 は工作物 24 を横方向に支持するように構成された横支持部材を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、支持システム 1200 は、工作物 24 に弾性的な横方向支持を与える横支持器 1202 を含んでいる。これと関連して、幾つかの場合には、既述の熱サイクルでは、例えば、フランジに応じて工作物デバイス側が不一様に加熱されるために、また例えば既述のような異なる（垂直方向の）支持器の応答が不一様なために、工作物の非対称の弓そり又は振動が生じがちなことが理解されよう。こうした非対称の運動には、例えば符号 1204 で示した工作物平面板に対する工作物 24 の横方向運動が含まれている。工作物 24 が半導体ウェーハであるこの実施例では、この横方向運動で工作物 24 と（この実施例では、アルミニウムである）工作物平面板 1204 とが衝突すると、この衝突の影響には、粒子による汚染その他、工作物への物理的損傷が含まれるよう。20

【0130】

したがって、このような衝突を防止するために、この実施例では、横方向支持器 1202 が、工作物 24 を横方向に支持するように構成された横支持部材 1206 を含んでいる、より詳しく言えば、この実施例では、支持部材 1206 が、複数の横支持部材、例えば図 33 に符号 1208, 1210, 1212 で示した横支持部材を、工作物 24 の外縁に對してそれぞれの位置に含んでいる。この実施例では、横支持部材の各々は、工作物外縁と弹性接触可能である。より詳しく言えば、この実施例では、横支持部材の各々は可とう性ファイバを含み、該ファイバは、この実施例では、光ファイバを含んでいる。より一層詳しく言えば、この実施例では、支持部材の各々はクオーツ・ファイバを含んでいる。あるいはまた、種々の実施例に關連して説明したように、サファイア・ファイバ、その他のファイバ、別の種類の可とう性支持部材、より一般的にいえば、別の種類の横支持部材を代わりに使用してもよい。3040

【0131】

図 32 に戻ると、この実施例では、横支持部材 1206 が位置決め器と結合され、位置決め器は、この実施例では、アルミニウム・ブロックを含んでいる。位置決め器 1214 は、工作物平面板 1204 に結合され、工作物平面板内に形成された工作物支持開口内へ、工作物 24 の外縁に密接して横支持部材 1206 を配置するのに十分なだけ深く突入している。この実施例では、可とう性ファイバを含む横支持部材 1206 及び同様の支持部材が、工作物 24 の平面に対し事実上直角に位置している。

【0132】

この実施例では、複数横支持部材はクオーツ光ファイバを含み、通常、クオーツ光ファイバと一緒に市販されているアルミニウム被覆又はクラッド層は化学的に除去されるので50

、少なくとも工作物と接触するであろう横支持部材 1208, 1210, 1212 の部分ではクォーツが露出しており、したがって汚染は発生しない。この実施例では、熱処理の間、工作物はクォーツ・ファイバの長さの大部分（位置決め器 1214 内に固定された長さ部分以外の）と接触し、したがってこの実施例では、アルミニウムの被覆又はクラッド層は、ファイバの全長から除去されている（所望とあれば、アルミニウム・クラッド層は、位置決め器内に固定される長さ部分だけは残してもよい）。あるいはまた、クォーツ・ファイバに代えて、通常、このようなアルミニウム・クラッド層と一緒に市販されていない別の材料、例えばサファイアを用いてもよい。

【0133】

図 32 及び図 33 に示した実施例同様の実施例では、横支持部材及び同様の別の支持部材は、例えば、約 20 - 40 mm の長さと（位置決め器 1214 内に固定された部分を除く）、0.5 - 2 mm の直径を有している。あるいはまた、或る所与の用途の場合には、他の適当な寸法に代えてもよい。

10

この実施例では、支持システム 1200 は、工作物平面板 1204 に形成された工作物支持開口の内縁に沿って異なる間隔で配置された横支持器 1202 同様の複数横支持器を含んでいる。例えば支持システム 1200 は、4 個～20 個の横支持器を含むが、別の数に代えてもよい。前記横支持器は、例えば、既述の他の支持器等の縦方向の支持器と関連させて使用してもよい。

【0134】

あるいはまた、別の実施例では、図 32 及び図 33 に示した横支持部材に幾分似た横方向の支持システムが得られるが、その場合には、横支持部材 1206 に代えて 1 個以上の剛性支持部材が使用できる。例えば、可とう性支持部材に代えて 1 個以上の剛性クォーツピンを使用できる。工作物の横方向運動を抑制するには、これらの実施例で十分だろうが、該実施例では、また工作物が支持部材に衝突した場合、剛性支持部材に対する工作物の横方向モーメントに応じて工作物 24 が損傷又は破壊される結果も生じ得る。

20

【実施例 17】

【0135】

所望とあれば、別個の横方向支持器と縦方向支持器とを備える代わりに、両方の支持を单一の支持器で行ってもよい。例えば図 21、図 22、図 34 を見ると、本発明の第 17 実施例による工作物支持システムが、全体を符号 1300 で示されている。この実施例では、支持システム 1300 が含む支持部材は、縦横双方向の支持部材として機能し、工作物 24 の下面と接触可能な可動縦支持接触部と、工作物外縁と接触可能な横支持接触部とを含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、支持部材が、図 22 に示した支持器 702 の変更態様である支持器 1302 を含んでいる。この実施例では、支持器 1302 の可動縦支持接触部は、クラッド層 714 とケーシング 718 とを含む可とう性支持部材 712 を有し、該ケーシング内で可とう性支持部材が工作物平面板 710 に固定されている。支持器 1302 の横支持接触部は、第 2 可とう性支持部材 1304 を含んでいる。

30

【0136】

この実施例では、第 2 可とう性支持部材 1304 は、第 1 可とう性支持部材 712 に類似し、したがって、クォーツ光ファイバをも含むが、既述のように、所望とあれば、別の種類のファイバに代えてもよく、より一般的に言えば、別の種類の可とう性支持部材に代えてもよい。この実施例では、縦横支持接触部が工作物と弾性接触可能である。

40

この実施例では、第 2 可とう性支持部材 1304 が、第 1 可とう性支持部材 712 より小さい直径を有している。より詳しく言えば、この実施例では、第 2 可とう性支持部材 1304 は直径約 0.5 mm であるのに対し、第 1 可とう性支持部材 712 の直径は約 4 mm である。しかし、また所望とあれば、別の適当な寸法に代えてもよい。

【0137】

この実施例では、第 2 可とう性支持部材 1304 は、外側クラッド層 1306 を含み、該クラッド層は、この実施例では、クォーツ光ファイバと共に市販されているアルミニウム被覆である。この実施例では、アルミニウム被覆は、工作物の汚染を避けるため、少な

50

くとも、支持部材 1304 の、工作物 24 と接触する可能性のある部分から、化学的に除去されている。この実施例及び類似の複数実施例では、第 2 可とう性支持部材 1304 は、外側クラッド層 1306 により 10 - 20 mm の長さ部分が被覆され、長さ 20 - 40 mm が露出しているが、所望とあれば、他の適當な長さに代えてもよい。

この実施例では、第 2 可とう性支持部材 1304 は、カラー 1308 により第 1 可とう性支持部材 712 に固定されている。カラー 1308 は、例えばステンレス鋼又はチタンでよいが、別の適當な材料に代えてもよい。

【0138】

しかし、また第 2 可とう性支持部材 1304 は、適當な他のどのような形式で支持器 1302 の残部に結合されてもよい。

10

所望とあれば、支持部材 1304 には、該支持部材 1304 の一部に結合された引込み器 1310 を備え、工作物平面板 710 へ向かって支持部材 1304 を引戻し、工作物の挿入又は除去ができるようにしてもよい。あるいはまた、第 2 可とう性支持部材 1304 を予熱して、予め工作物平面板 710 方向へ曲げ戻しておいてもよく、その場合には引込み器は不要である。あるいはまた、別の形式として、所望とあれば、所定の実施例で、このような予熱と予め曲げる作業を引込み器と組み合わせることもできる。

この実施例では、図 21 の実施例の場合のように、支持システム 1300 は、図 34 に示した支持器 1302 と同様の複数支持器を含み、該支持器が、工作物平面板 710 内に形成された内側工作物支持開口の周囲に異なる間隔をおいて配置されている。したがって、支持システム 1300 は、工作物と接触可能な複数の縦横支持接触部を有する複数支持部材を含んでいる。

20

【実施例 18】

【0139】

図 35 を見ると、本発明の第 18 実施例による工作物支持システムが、組み合わせ式縦横方向支持器の別の例として、全体を符号 1400 で示されている。この実施例では、支持システム 1400 は支持器 1402 を含んでいる。この実施例では、支持器 1402 は、可とう性支持部材 1404 を含み、該支持部材は、この実施例では、クオーツ光ファイバを含んでいる。あるいはまた、既出の複数実施例に関連して説明したように、別の種類のファイバ、又はより一般的にいえば別の種類の可とう性支持部材に代えることもできる。

30

この実施例では、可とう性支持部材 1404 は第 1 と第 2 の、間隔をおいて配置された拘束部を含み、非拘束部が拘束部間に曲線状径路を描いて延在している。より詳しく言えば、この実施例では、第 1 と第 2 の拘束部は固定端 1406 と調節可能端 1408 とを含んでいる。工作物平面板 1410 は、第 1 拘束部、すなわち固定端 1406 を拘束する第 1 拘束体として機能し、該固定端は、この実施例では、工作物 24 の平面の直ぐ下方の、工作物平面板 1410 の工作物側に取り付けられている。

【0140】

この実施例では、支持部材 1404 の非拘束部が、拘束部間の曲線状径路に沿って延在し、概してループ状の第 1 径路部分 1412 と、概してループ状の第 2 径路部分 1414 と、概してループ状の第 3 径路部分 1416 とを形成しており、第 1 径路部分 1412 が、工作物 24 の平面下の第 1 拘束部から伸び工作物下面に接触し、第 2 径路部分 1414 が工作物 24 の外縁と工作物平面板 1410 の内縁との間に延在し、第 3 径路部分 1416 が工作物平面上方へ伸びて工作物上面に接触しており、曲線状径路は第 2 拘束部で終わっている。より詳しく言えば、この実施例では、可とう性支持部材 1404 は、その固定端 1406 から、概してループ状の第 1 径路部分 1412 に沿って（図 35 に見られるように、時計回り方向に）工作物平面の下方に伸び、工作物外側除外帯域近くで工作物 24 の基板側 28 を接触支持している。

40

【0141】

可とう性支持部材 1404 は、次いで工作物 24 の外縁と工作物平面板 1410 の最も内方の部分との間に形成される第 2 の概してループ状の径路部分 1414 にわたって延在

50

し続ける（時計回りに）。可とう性支持部材 1404 は、次いで、工作物平面上方へ延びる概してループ状の第3径路部分 1416 にわたって延び、工作物平面板上面に形成された開口 1422 から工作物平面板内へ再突入する。可とう性支持部材 1404 の調節可能端 1408 は、第2拘束体内へ挿入され固定されている。該拘束体は、この実施例では、図 31 に示した長さ調整器 1022, 1026 に類似する長さ調整器 1424 を含んでいる。したがって、可とう性支持部材 1404 は、その構成のゆえに、特に、概してループ状径路部分 1412, 1414, 1416 のゆえに、縦横両方向の弹性的な支持を工作物 24 に対し備えている。加えて、可とう性支持部材 1404 のこの構成は、工作物 24 の第1と第2の自然振動モードを部分的に抑制もする。

【0142】

10

この実施例では、第2拘束体、より詳しく言えば、長さ調整器 1424 は、工作物上面上方に形成される体積外へ概してループ状の第3径路部分を移動させるために、第2拘束部を引込めるように構成された引込み器として機能する。この点に関連して、該長さ調整器 1424 は、工作物平面板 1410 が配置されている加工チャンバの外部から遠隔操作可能であり、その操作により可とう性支持部材 1404 の有効長さを延長又は短縮することで、工作物を弹性的に支持するように延びているループ状径路の形状及び寸法を変更することができる。特に、幾つかの用途で望ましいのは、可とう性支持部材 1404 を十分に引込めることができて、それによってループ状の第3径路部分が完全に工作物 24 の平面上方の体積から外部へ引込められ、工作物を熱処理のために挿入し、熱処理完了後に工作物を除去できることである。

20

【0143】

この実施例では、支持システム 1400 は支持器 1402 同様の複数支持器を含み、該支持器は工作物平面板 1410 内に形成された工作物支持開口の内縁に沿って異なる間隔で配置されている。例えば、図 35 に示した実施例に似た実施例では、支持システムが 4 - 20 個の前記支持器を含み、該支持器の可とう性支持部材は、0.5 - 2 mm 直径、50 mm - 300 mm 長さを有することができる。あるいはまた、支持器の数及び可とう性支持部材の寸法は、所望とあれば代えてもよい。

所望とあれば、可とう性支持部材 1404 によって形成された概してループ状の第2径路部分 1414 は、工作物平面板 1410 に固定取り付けして、付加的安定性を得ることもできる。あるいはまた、所望とあれば、その取り付けをしなくともよい。

30

【実施例 19】

【0144】

図 4 と図 36 とを見ると、図 36 には、本発明の第 19 実施例による熱処理チャンバが、全体を符号 1500 で示されている。チャンバ 1500 は、図 4 に示したチャンバ 60 に似ているが、工作物 24 のデバイス側 26 の上方かつ近くにクォーツ窓 1510 が付加されている点が異なっている。より詳しく言えば、この実施例では、窓 1510 が工作物 24 の平面上方約 1 cm のところに設けられている。しかし、工作物から別の距離に設けてもよいが、この実施例では、1 - 10 cm の距離が好ましい。窓 1510 は、好ましくは冷却され、この実施例では気体冷却式だが、加熱又は測定の目的で窓を通過する必要のある波長に応じて、水その他の適当な液体で冷却してもよい。工作物 24 が、既述のように、加熱フラッシュに誘発されて熱による弓そりを生じる場合、工作物 24 と窓 1510 との間のプロセスガスの圧力が、工作物の垂直運動に抵抗する。

40

【0145】

したがって、既述のように、支持部材の可動接触部と組み合わされて、工作物 24 と窓 1510 との間の付加的なガス圧が、工作物 24 の垂直運動に抗するのに役立ち、それによって、工作物質量中心の運動が最小化される。補助的な利点として、フラッシュ加熱前の中間温度への工作物予熱段階中に、窓 1510 により工作物デバイス側からの対流熱損失が低減され、その結果、温度の一様性が改善される。

あるいはまた、類似の効果は、窓 1510 なしでも、工作物 24 のデバイス側 26 により近い既存の窓 65 を移動させることで達せられる。

50

所望とあれば、複数支持部材の複数可動接触部は、複数の各支持ピンの滑らかな表面を有する複数先端を含むようにすることができます。

【実施例 20】

【0146】

例えば図37を見ると、本発明の第20実施例による支持器が、全体を符号1600で示されている。この実施例では、支持器1600は、滑らかな表面の先端1610を有する支持部材1608を含んでいる。より詳しく言えば、この実施例では、滑らかな表面の先端1610は球形又は半円形だが、別の滑らかな表面に代えてもよい。この滑らかな表面の先端は、工作物24の摩擦と掻き傷を減少させるのに役立つ。この点に関連して言えば、支持部材と工作物下面との間に生じる掻き傷は、望ましくない粒子による汚染を発生させる上に、工作物下面に望ましくないざらつきを発生させる恐れがある。摩擦力を最小化することが望ましいのは、点荷重による応力を低減して支持部材・工作物間の接触点近くでの局所的な応力や掻き傷を低減又は阻止するからだけでなく、既述のように、熱処理中に工作物に加わる全応力をも低減するからである。10

【0147】

この実施例では、支持部材1608はクオーツ製であり、より詳しく言えば、本発明の他の複数実施例と関連して説明したものに似たクオーツ光ファイバ製である。更に詳しく言えば、この実施例では、支持部材1608の滑らかな表面の先端1610は、レーザを用いて支持部材先端を溶融し、冷却することで球形に形成される。この方法により、通常の切削法や研磨法によるより滑らかな表面が得られることが分かった。20

図16及び図37を見ると、ファイバが、例えば図16に示した各可とう性支持部材602の非拘束部606のように、アルミニウム・クラッド層等でクラッド被覆された実施例では、レーザ溶融により滑らかな表面の先端1610を形成する前に、クラッド層を先端から除去するのが好ましい。例えばクラッド層は、滑らかな表面の先端を形成する前に、先端近くのファイバから2mmだけ化学的に除去するのがよい。

あるいはまた、支持部材1608は、別の材料製、例えばサファイア製又は既述のその他の材料製でもよい。

【0148】

あるいはまた別の形式では、支持部材1608は金属製でもよい。例えば支持部材1608は、タングステン製を含む支持ピンを含み、支持ピンの少なくとも先端が、摩擦や掻き傷を低減するための外側被覆を有することができる。外側被覆には、例えば窒化タングステン又は炭化タングステンを含めてよいが、他の種類の被覆に代えてもよい。あるいはまた、別の形式では、その種の被覆を用いなくともよい。被覆なしで所望の滑らかな表面の先端1610を得るには、クオーツ製支持部材と関連して既に説明した形式に似た形式で支持部材1608の先端をレーザ溶融により球形に形成する。あるいはまた、別の形式で所望の滑らかな表面の先端1610を得てもよい。30

この滑らかな表面の支持部材1608は、本発明の別の実施例では、支持ピン又は他の支持部材に使用されるか、又はそれらに代えて使用されよう。

【実施例 21】

【0149】

図20と図38を見ると、図38には、本発明の第21実施例による支持器が、全体を符号1700で示されている。支持器1700は、図20に示した支持器と類似している。しかし、この実施例では、変更態様の支持部材1702は工作物24の外側除外帯域に接触せず、むしろ更に内側の区域で工作物に接触する。すなわち除外帯域より、工作物中心からの半径方向距離が小さい箇所で接触する。この実施例では、工作物は複数の同様の支持部材によって支持され、該支持部材の可動接触部が、工作物中心から共通の半径方向距離のところで工作物下面に、異なる角度間隔で接触する。40

【0150】

この点に関連して、支持部材の可動接触部が工作物と接触する位置は、当該の特定用途、当該の支持部材の利用可能なレジリエンス又は軟度、ウェーハの垂直方向の飛び上がり50

の最小化とフラッシュによる工作物の高次の振動モードの抑制との間の目標バランス等に応じて変更できる。例えば、幾つかの実施例では、複数の支持ピンが、ウェーハ中心からの平衡半径方向距離に位置せしめられ、これにより熱による弓そりが、平衡半径方向距離外にウェーハ外側部分の下向きモーメントを生じさせ、このモーメントがウェーハ中心部の上向きモーメントを平衡化するのに役立ち、その結果、ウェーハは持ピンから飛び上がるがなくなる。説明用の或る実施例では、工作物がシリコン半導体ウェーハを含み、該ウェーハが 150 mm の半径を有し、かつ振動数約 113 Hz (モード 1)、476 Hz (モード 2)、1007 Hz (モード 3) の軸対象自然振動モードを有しているが、この実施例の場合、支持部材可動接触部の接触用に約 104 mm 相当の半径方向距離 r を設定することにより、工作物の上方への飛び上がり傾向が最小化される。

10

【0151】

しかし、この位置決めもウェーハの第 2 自然振動モードを励起する傾向があり、該振動モードによって、デバイス側の温度飛躍の大きさと迅速度とに応じて工作物が損傷したり破碎さえされる傾向がある。したがって、このような構成は、可動接触部が十分に「軟質」(すなわち十分に低い抵抗力と十分に大きい運動範囲を備えている)で、第 2 自然振動モードの励起を低減できる場合には適用できようが、可動接触部があまり「軟質」でない場合には、望ましくない。比較して言えば、支持部材の可動接触部を工作物の外側除外帯域外に位置させることは、通常、高次の振動モードの励起を小さくするには役立つが、除外帯域と可動接触部との初期下向き運動は大きくなり、それによって、工作物・支持部材間に加わる力が増大し、工作物質量中心の垂直運動が増大する結果となる。多くの用途の場合、支持部材の接触部と工作物とを接触させる箇所は、垂直方向の飛び上がりが最小化される平衡距離と外側除外帯域との間のどこかの半径方向距離のところが好ましいだろう。

20

【0152】

この実施例では、変更態様の支持部材 1702 は透明な材料で形成され、工作物上への投影効果が最小化されている。より詳しく言えば、この実施例の場合、透明な材料はクオーツである。あるいはまた別の材料に代えてもよい。この実施例では、変更態様の支持部材 1702 は、寸法も小さくされ、更に残余の投影効果や質量も低減される。

熱による「弓そり」や関連する発振及び振動は、本発明の既述の実施例に関連して説明した、熱に誘発される運動の主な源だが、本発明の別の実施例は、別の種類の、熱に誘発される運動を対象にするのに適している。例えば熱に誘発されるこの運動には、熱による曲げが含まれ、支持システムは、工作物を支持するように構成される一方、工作物の、熱による曲げを許容するように構成できる。

30

【0153】

この点に関連して言えば、最近提案された 1 热処理方法では、機械式クランプ、静電式チャック、真空チャック、同等のつかみ器具のいずれかにより基板が架台に固定保持される。連続的な電磁波放射源が放射線集束用の光学素子と一緒に使用され、基板上面に放射線のラインが造出される。その場合、並進機構を用いて架台と放射源とを相対運動させ、基板上面を横切って放射線のラインが走査される。しかし、架台に基板を固定保持するために機械式クランプその他のつかみ機構を用いることで、熱による基板の曲げが妨げられる。こうしたクランプが無い場合には、放射線のラインに沿って熱による曲げが発生し、基板の内部応力が最小化されるだろう。基板の曲げを妨げることで、その種のクランプ又はつかみ機構は、基板の熱応力を増し、それによって基板の損傷又は破壊の恐れを増大させる。

40

したがって、本発明の別の実施例によれば、前記特定熱処理方法のために提案された機械式クランプその他のつかみ機構の代わりに、例えば本発明の別の実施例に関連して既に説明した支持部材のように、熱に誘発される工作物の運動を許容する可動の接触部を含む支持部材を使用することができる。

【0154】

例えば、図 13 及び図 14 戻ると、図 13 に示した支持器 402 等の支持器は、熱に誘

50

発される工作物の曲げを許容するように構成されることで、放射線のラインにより効果的に走査されるような工作物の内部応力が低減される。所望とあれば、工作物の非加熱部分が、放射線のラインにより加熱されるまで平らに維持されるように、制御器 420 を再プログラミングして、放射線のラインが工作物 24 との支持部材 404 及び抑制部材 414 の接触箇所を通過した後、熱に誘発される工作物 24 の曲げが許容されるまで、支持部材 404 及び抑制部材 414 を固定位置に拘束するようにすることができる。したがって、工作物 24 の相対的に「低温」の未加熱部分は、放射線のラインにより次に加熱されるために平らに維持される一方、同時に、工作物 24 の応力は、工作物の既加熱部分の、熱に誘発された運動が許容されることで最小化される。

【0155】

10

しかしながら、工作物の未加熱部分を放射線ラインによる加熱まで平らに維持することは望ましくはあるが（光源と放射線ラインにより加熱される工作物部分との間に一定の角度と距離を維持するため）、制御器 420 の前記再プログラミングを省略してよい用途の場合には、行わなくともよい。より一般的に言えば、他の種類の支持部材の別の可動接触部に代えてもよい。

あるいはまた、他の種類の支持部材の別の種類の可動接触部の代えてもよい。

既出の複数実施例では、異なる支持システムが工作物から運動エネルギーを吸収するように構成されていることが理解されよう。例えば、既述の可とう性支持部材の実施例では、熱による弓そり時には、工作物の外側除外帯域が初めに下向き運動を行うことで、支持部材の接触部を押し下げ、支持部材に曲げを生じさせるさい、工作物の運動エネルギーの幾分かは、少なくとも一時的に支持部材によって吸収され、そこに潜在エネルギーとして蓄えられる。

20

【0156】

図 4 に戻ると、本発明の別の実施例による工作物熱処理方法は、好ましくは（必ずではない）本明細書に開示した別の実施例と関連付けて使用される。該方法には、工作物の熱伝導時間より短時間にわたり工作物表面を照射し、熱による工作物の少なくとも幾分かの弓そりを十分に許容し、該表面を工作物の残部の温度より高い目標温度まで加熱する作業が含まれている。より詳しく言えば、この実施例では、該方法は、工作物の熱伝導時間より短い第 1 持続時間にわたり工作物表面を照射して、該表面を工作物の残部の温度より高い中間温度まで加熱する作業を含んでいる。該方法は、更に工作物の熱伝導時間より短い第 2 持続時間にわたり表面を照射し、目標温度まで表面を加熱する作業を含んでいる。工作物の第 2 持続時間は、工作物の熱による少なくとも幾らかの弓そりが許容されるのに十分な、第 1 持続時間に続く時間間隔内に開始される。

30

【0157】

更に詳しく言えば、この実施例の場合、フラッシュ・ランプを含む加熱器 64 は、第 1 、第 2 の持続時間中に工作物 24 のデバイス側 26 の表面を照射するのに使用される。この実施例では、工作物 24 の熱伝導時間が 10 - 15 ms 程度であり、第 1 持続時間は 1 ms 程度、第 2 持続時間も 1 ms 程度である。第 1 持続時間に続く前記時間間隔（第 2 持続時間が開始される前の）は、数ミリ秒程度である。

この実施例でも、照射システム、より詳しく言えば、フラッシュ・ランプを含む加熱器 64 は、第 1 持続時間中よりも第 2 持続時間中に工作物表面により多くの放射エネルギーを入射するように構成され、また第 1 持続時間の終わりに続く数ミリ秒以内に第 2 持続時間を開始するように構成されている。したがって、例えば加熱器 64 は、工作物デバイス側 26 を照射して、1 ms の第 1 持続時間にデバイス側へ約 10 J / cm² のエネルギーを放射し、次に、続く数ミリ秒の間はデバイス側へエネルギーを放射せず、次にデバイス側を照射し、1 ms の第 2 持続時間にデバイス側へ約 20 J / cm² のエネルギーを放射できる。

40

【0158】

この実施例では、加熱器 64 によるデバイス側 26 の照射直前に、工作物 24 が予熱器 62 により予熱される。予熱器 64 は、基板側を照射して中間温度まで工作物 24 を予熱

50

する。この予熱は、工作物の熱伝導時間より遅い速度で、例えば $100^{\circ}\text{C}/\text{s} - 400^{\circ}\text{C}/\text{s}$ で行われる。デバイス側 26 が加熱器 64 により最初に照射される第 1 持続時間は中間温度に達すると直ちに開始される。

既述のように、この方法は、工作物の熱応力を低減し、振動を抑制するのに役立つ。この実施例では、約 1 ミリ秒の第 1 持続時間にわたる加熱器 64 によるデバイス側 26 の照射の結果、デバイス側 26 は、フラッシュ ($t = 1 \text{ ms}$) の終了とほぼ同時に第 1 ピーク温度に達する。この時点では、工作物 24 は熱による弓そりを開始するだけのため、熱による最大弓そり幅の比較的小さいパーセンテージに達するだけである。最大幅には、工作物が平衡形状を超える数ミリ秒後まで達しない。1 ミリ秒ほど後、工作物 24 は、なおかなり弓そりを生じてから、かなりの戻り速度で平らな形状に戻る。

10

【0159】

加熱器 64 は、約 1 ms の第 2 持続時間にわたり、工作物 24 のデバイス側 26 に第 2 のフラッシュ照射を行う。第 1 と第 2 の持続時間（すなわち第 1 と第 2 の加熱フラッシュ）の時間間隔は、第 1 フラッシュにより弓そりを生じた工作物が平らな状態に戻りつつある間に、第 2 フラッシュ照射の熱による弓そりが生じるように選択される。第 2 フラッシュの熱による弓そりで生じる工作物内の応力は最小化される。なぜなら、ウェーハが第 1 フラッシュの熱によってすでに弓そりを生じているからである。第 2 フラッシュの熱による弓そりは、また平らな状態へ工作物が戻る速度と逆方向に作用する。このため、第 2 フラッシュの熱による弓そりは第 1 フラッシュによる残留振動を抑制するのに役立つ。このような急速に続く 2 段階のフラッシュ加熱の組み合わせにより、デバイス側に高いピーク温度が実現される一方、工作物内の残留振動が抑制される。

20

あるいはまた、別の照射エネルギー及び照射持続時間に代えてもよい。

【0160】

例えば、デバイス側 26 を、時間的に間隔をおいて前後する 2 回以上の照射フラッシュによって照射するより、むしろ照射システムを、工作物の熱伝導時間より短い時間間隔で、熱による工作物の少なくとも幾らかの弓そりが十分に許容される長さだけデバイス側表面を連続照射するように構成してもよい。より詳しく言えば、加熱器 64 は、工作物の熱伝導時間 $10 - 15 \text{ ms}$ より短いが、熱による工作物の少なくとも幾分の弓そりを十分に許容する長さの持続時間にわたる連続照射パルスにデバイス側 26 をさらすように操作してもよい。前記パルスは、数ミリ秒を超えてよい。例えば約 6 ミリ秒等。所望とあれば、照射システムは、前記時間間隔の間、照射強度を変化させるように構成してもよい。例えば、このことには、デバイス側表面を前記時間間隔の前半よりも後半で、より大きな強度で照射する作業が含まれよう。したがって、パルスは、パルス持続の前半より後半に、より多くのエネルギーを工作物表面に与えるように整形できる。

30

【その他の実施例】

【0161】

以上、幾つかの具体的な実施例及び別形式を説明したが、開示した種々の態様及び特徴の別の組み合わせも可能である。例えばクオーツ光ファイバ等の可とう性支持部材は、主として受動式の機械式支持システムと関連付けて説明したが、該可とう性支持部材は、例えば図 6 - 図 14 に示した能動式の支持システムと共に使用してもよい。その場合には、複数支持部材が、複数の可とう性支持部材を含み、その各々が、例えば図 16 に関連して説明したような拘束部と非拘束部とを有しており、かつまた可動接触部が非拘束部を含んでいる。その場合、例えば図 6 と関連して説明したような支持部材運動システムは、複数拘束部に結合された複数アクチュエータを含み、支持部材の拘束部を運動させるように構成されている。本明細書に開示された特徴のこれらの組み合わせ及びその他の組み合わせは、本明細書を検討すれば当業者には明らかだろうし、本発明の枠を逸脱するものとは考えられない。

40

【0162】

幾つかの実施例では、或る可とう性支持部材は工作物 24 に部分的に影を投じるだろうことが理解されよう。このことは、そのような影の近辺での工作物の加熱が不一様になる

50

結果を生むだろう。所望とあれば、この難点を緩和ないし低減するために、可とう性支持部材として光ファイバを使用し、1つ以上の照射源（図示せず）から光ファイバ自体を介して工作物へ付加的照明を搬送し、影の近辺で更に工作物を照明することで、工作物に入射する照明域の不一様性を低減することができる。

より一般的に言えば、以上、本発明の特定実施例を説明したが、これらの実施例は、単に本発明を説明するためのもので、添付特許請求の範囲により構成される本発明を制限するものではない。

【図面の簡単な説明】

【0163】

【図1】工作物及び本発明の第1実施例による工作物支持システムの上方から見た斜視図 10
。（実施例1）

【図2】図1に示した支持システムの支持器のばねドラムと支持部材とを下方から見た斜視図。

【図3】図1及び図2に示した支持器の断面図。

【図4】図1-図3に示した複数支持器により熱処理チャンバ内に支持された、図1-図3に示した工作物の断面図。

【図5】工作物及び本発明の第2実施例による工作物支持システムの部分側面図。（実施例2）

【図6】本発明の第3実施例による工作物支持システム、それも工作物と接触可能な支持部材と該支持部材と協働するアクチュエータとを含む支持システムを下方から見た斜視図 20
。（実施例3）

【図7】図6に示した支持部材と協働するボイスコイル・アクチュエータの略示断面図。

【図8】本発明の第4実施例による工作物支持システム、それも図6に示した支持部材へ弓そり運動を伝える運動転換機構と協働するアクチュエータの可動部材を含む支持システムの略示側面図。（実施例4）

【図9】図8に示した可動部材と、運動転換機構と、支持部材とを第2位置で示した略示側面図。

【図10】本発明の第5実施例による工作物支持システムの略示部分側面図。（実施例5）

【図11】本発明の第5実施例による工作物支持システムの略示部分側面図。（実施例5） 30

【図12】本発明の第5実施例による工作物支持システムの略示部分側面図。（実施例5）

【図13】本発明の第6実施例による工作物支持システムの略示部分側面図。（実施例6）

【図14】本発明の第6実施例による工作物支持システムの略示部分側面図。（実施例6）

【図15】本発明の第7実施例による工作物支持システムの支持器の側面図。（実施例7）

【図16】本発明の第8実施例による工作物支持システムの支持器の部分底面図。（実施例8） 40

【図17】本発明の第9実施例による工作物支持システムの支持器の部分底面図。（実施例9）

【図18】本発明の第10実施例による工作物支持システムの支持器の部分底面図。（実施例10）

【図19】図16に示した支持器の側面図。

【図20】本発明の第11実施例による工作物支持システムの略示部分側面図。（実施例11）

【図21】工作物と、本発明の第12実施例による工作物支持システムの支持器との斜視図。（実施例12） 50

【図22】図21に示した支持器の断面図。

【図23】工作物と、本発明の第13実施例による工作物支持システムとの斜視図。（実施例13）

【図24】図23に示した支持システムの支持器の部分底面図。

【図25】工作物と、本発明の第14実施例による工作物支持システムとの平面図。（実施例14）

【図26】工作物と、図25に示した支持システムの上方から見た斜視図。

【図27】工作物と、図25に示した支持システムの断面図。

【図28】工作物と、図27に示した支持システムとの詳細部分断面図。

【図29】工作物と、図25に示した支持システムとの底面図。

【図30】図25-図29に示した支持システムの支持部材クランプの背面図。

【図31】本発明の第15実施例による工作物支持システムの部分断面図。（実施例15）

【図32】本発明の第16実施例による工作物支持システムの部分断面図。（実施例16）

【図33】工作物平面板開口の中心から半径方向外方へ見た、図32に示した支持システムの横支持部材の前面図。

【図34】本発明の第17実施例による工作物支持システムの支持器の部分断面図。（実施例17）

【図35】本発明の第18実施例による工作物支持システムの部分断面図。（実施例18）

【図36】図1-図3に示した複数支持器により熱処理チャンバ内に支持された、図1-図3に示した工作物と、本発明の第19実施例による変更態様のチャンバとの断面図。（実施例19）

【図37】本発明の第20実施例による工作物支持システムの支持部材の側面図。（実施例20）

【図38】本発明の第21実施例による工作物支持システムの支持器の部分側面図。（実施例20）

【符号の説明】

【0164】

20, 100, 300, 400, 700, 800, 900, 1000, 1200, 1300, 1400, 1500 支持システム

21, 32, 34, 80, 102, 410, 500, 600, 650, 680, 701, 702, 704, 706, 708, 802, 804, 806, 808, 1002, 1004, 1302, 1402, 1600, 1700 支持器

22, 82, 104, 108, 304, 414, 502, 1608, 1702 支持部材

24 工作物

26 工作物デバイス側

28 工作物基板側

30, 710, 810, 920, 1018, 1204, 1410 工作物平面板

36, 503 支持部材ハウジング

38 ばね組み立て体

40, 84 摆動ピン

42 ばねドラム

44 ばねドラム・ハウジング

48, 86, 308 ばね

50 リンク

52, 88, 310 接触部

60 热処理チャンバ

10

20

30

40

50

6 2	予熱器	
6 4	加熱器	
1 0 6 , 2 0 0 , 3 2 0 , 4 0 6 , 4 1 6	アクチュエータ	
1 1 0	プラケット	
1 2 0	固定部材	
1 2 2	可動部材	
1 2 4	永久磁石	
1 2 6	強磁性部材	
1 2 8	電線のコイル	
1 3 0	給電ユニット	10
1 3 2	検出 / 制御器	
1 3 4	プログラム・メモリ	
2 0 2	運動転換機構	
2 0 4	変更支持部材	
2 0 8	第1コネクターム	
2 1 0	第2コネクターム	
2 1 2	第1自由可動振動点	
2 1 4	第1剛性バー	
2 1 5	第2自由可動振動点	
2 1 6	第1固定振動点	20
2 2 0	第2固定振動点	
2 2 2	第3剛性バー	
2 2 4	第3自由可動振動点	
2 2 8 , 5 0 8	支持先端	
2 3 0	曲線状径路	
3 0 6	振動点	
4 1 0	抑制器	
4 1 4	抑制部材	
4 2 0	制御器	
5 0 4	振動軸線	30
5 1 0 , 6 1 0 , 6 6 0 、 6 9 0 , 7 1 8 , 8 1 8 , 8 1 9	ケーシング	
5 2 0	第2ばね	
5 2 2	剛性ストップ	
6 0 2 , 6 5 2 , 6 8 2 , 7 1 2 , 8 1 2 , 9 0 2 , 9 0 3 , 1 0 0 6 , 1 0 0 8 , 1		
4 0 4	可とう性支持部材	
6 0 4 , 6 5 4 , 6 8 4 , 9 0 4	拘束部	
6 0 6 , 6 8 6 , 9 0 6	非拘束部	
6 2 0	湾曲端区域	
7 1 4 , 8 1 4 , 1 3 0 6	クラッド層	
7 1 6	クラッド層除去した端区域	40
8 1 5	第1端区域	
8 1 6	中間区域	
8 1 7	第2端区域	
9 0 7	可とう性ファイバ	
9 1 2 , 9 1 4	クランプ部材	
9 1 6	V字形溝	
9 1 8	垂直スロット	
9 2 2	工作物の外縁	
9 2 4	非拘束部の内側先端	
9 2 6	非拘束部中間点	50

1010, 1406 拘束部の固定端
 1016, 1408 拘束部の調節可能端
 1020, 1024 開口
 1022 長さ調整器
 1202, 1206, 1208, 1210, 1212, 1304 横方向支持器
 1214 位置決め器
 1308 カラー
 1412, 1414, 1416 ループ状径路部分
 1510 窓
 1610 滑らかな表面を有する先端

10

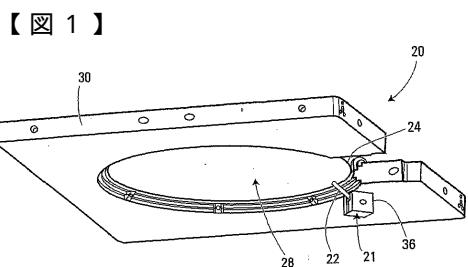


FIG. 1

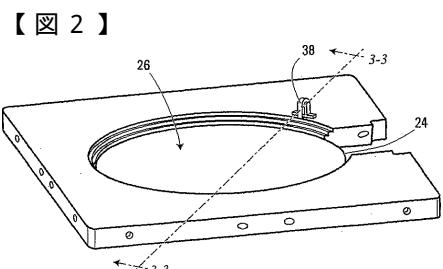


FIG. 2

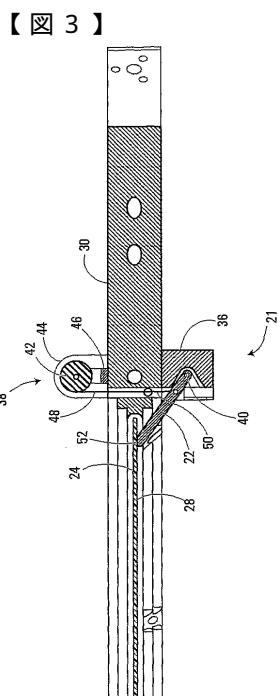


FIG. 3

【図4】

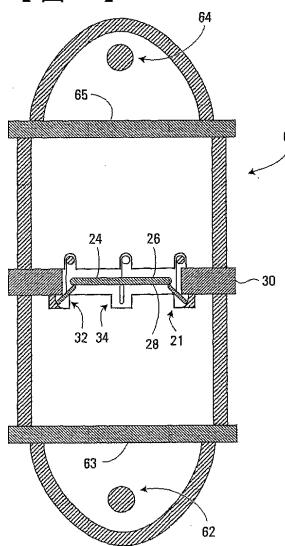


FIG. 4

【図5】

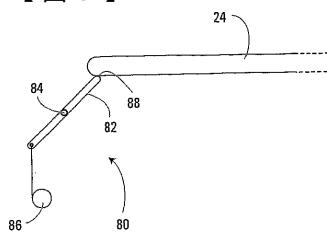


FIG. 5

【図6】

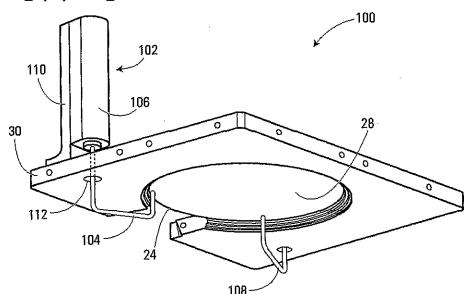


FIG. 6

【図7】

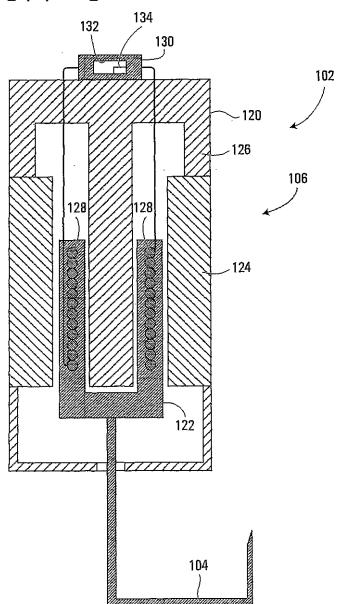


FIG. 7

【図8】

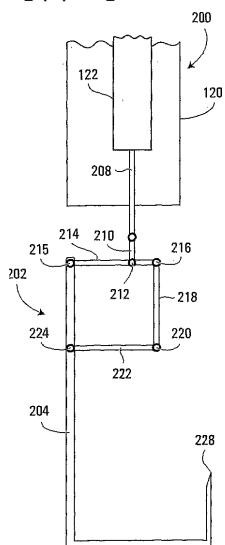


FIG. 8

【図 9】

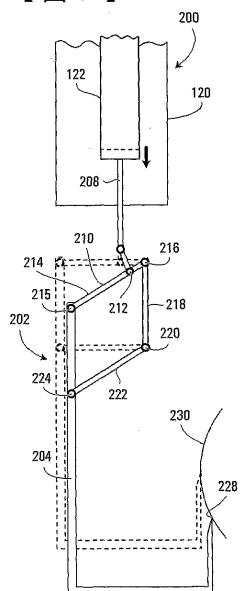


FIG. 9

【図 10】

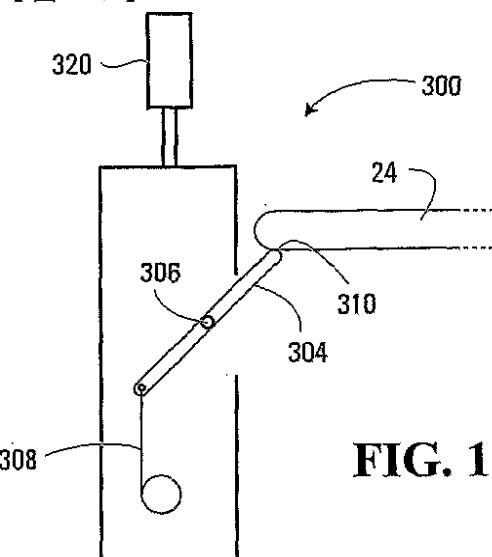


FIG. 10

【図 11】

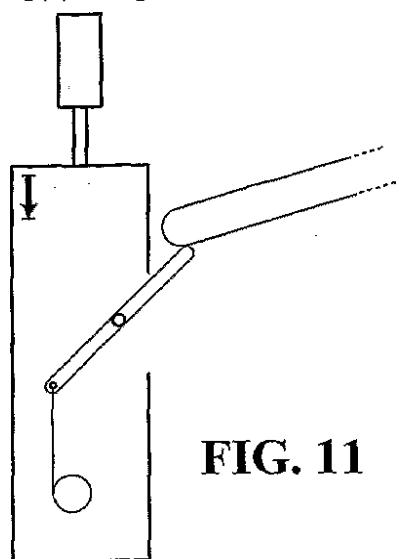


FIG. 11

【図 12】

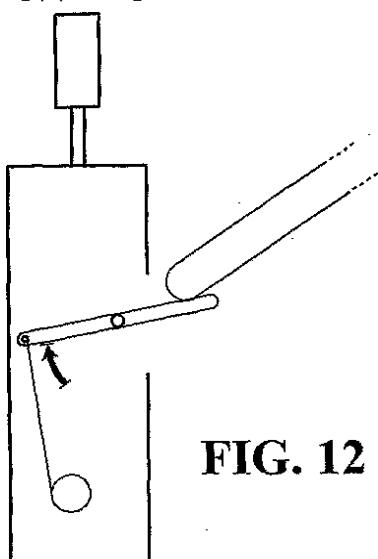


FIG. 12

【図 1 3】

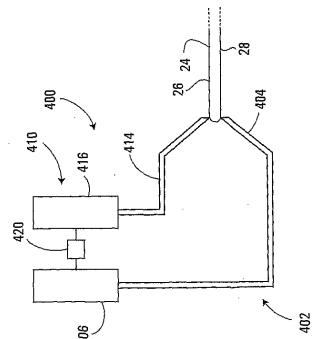


FIG. 13

【図 1 4】

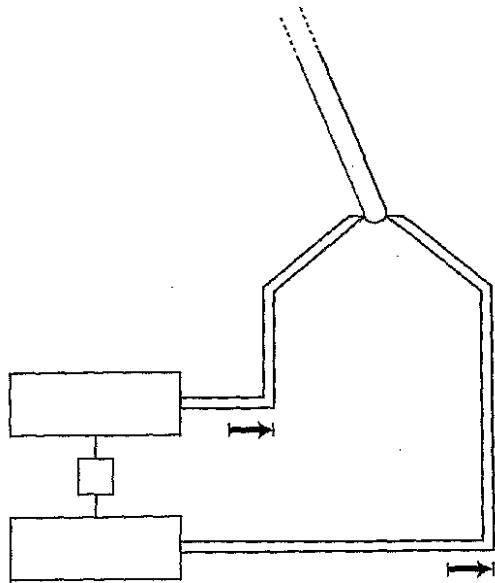


FIG. 14

【図 1 5】

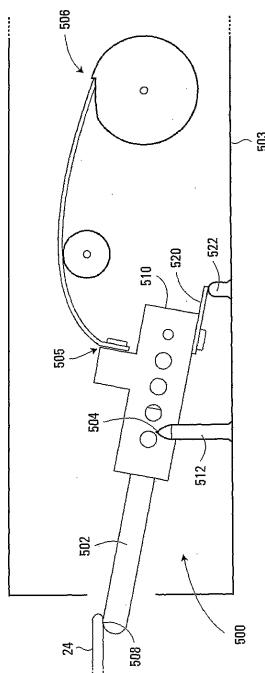


FIG. 15

【図 1 7】

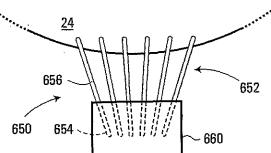


FIG. 17

【図 1 6】

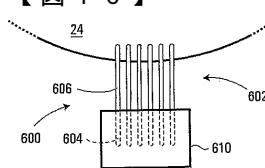


FIG. 16

【図 1 8】

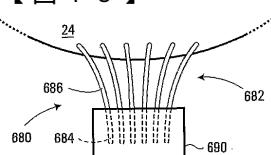


FIG. 18

【図 19】

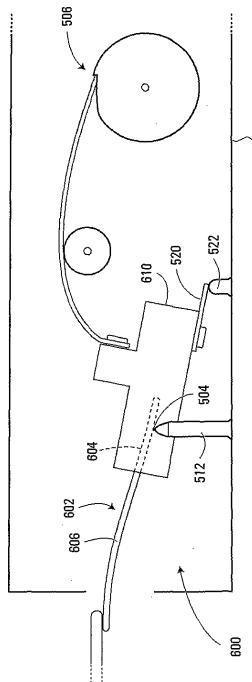


FIG. 19

【図 20】

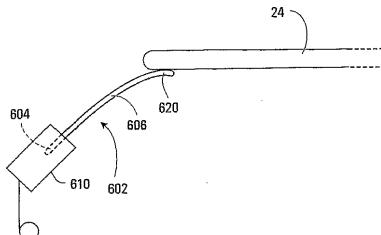


FIG. 20

【図 21】

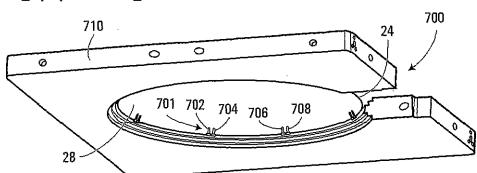


FIG. 21

【図 22】

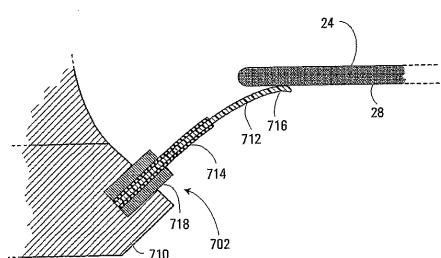


FIG. 22

【図 24】

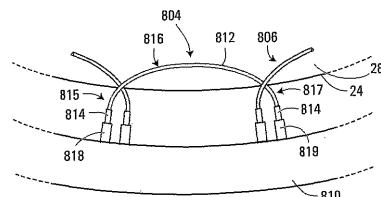


FIG. 24

【図 23】

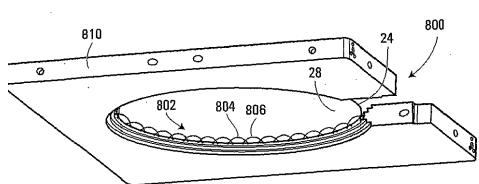


FIG. 23

【図 25】

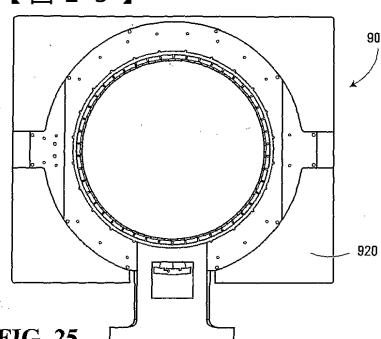


FIG. 25

【図 26】

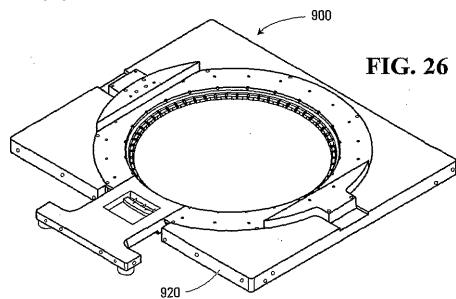


FIG. 26

【図 27】

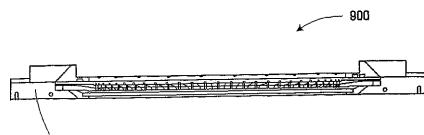


FIG. 27

【図 28】

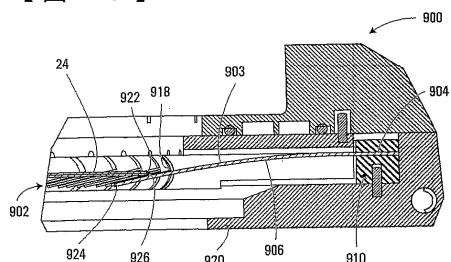


FIG. 28

【図 29】

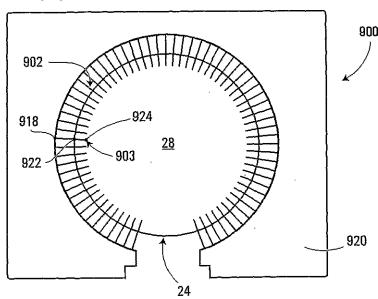


FIG. 29

【図 30】

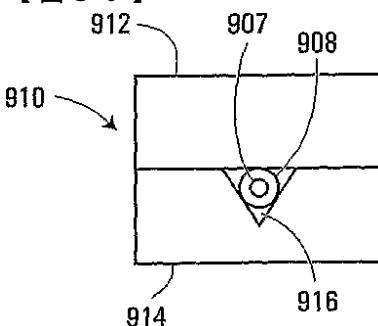


FIG. 30

【図 31】

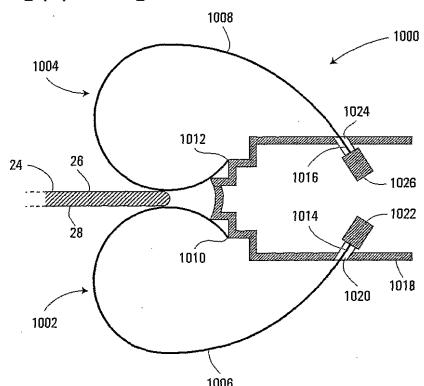


FIG. 31

【図 32】

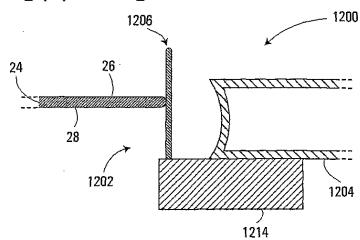


FIG. 32

【図 33】

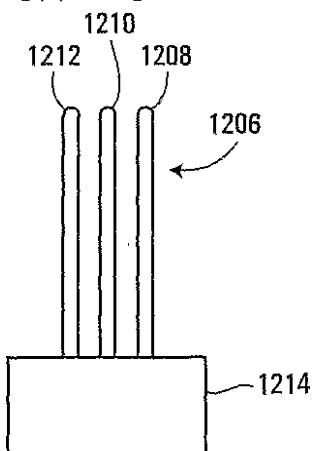


FIG. 33

【図 3 4】

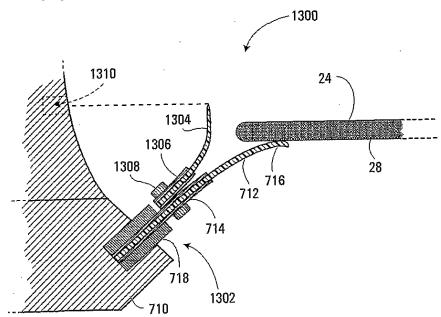


FIG. 34

【図 3 5】

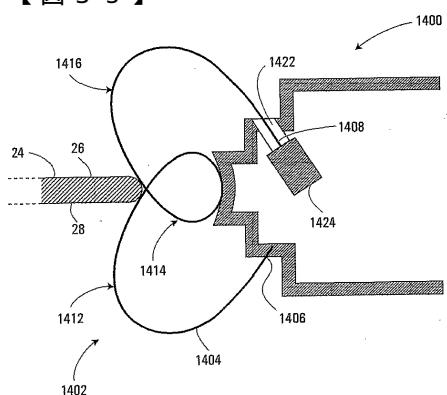


FIG. 35

【図 3 6】

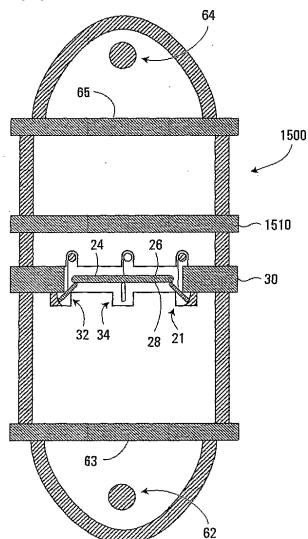


FIG. 36

【図 3 7】

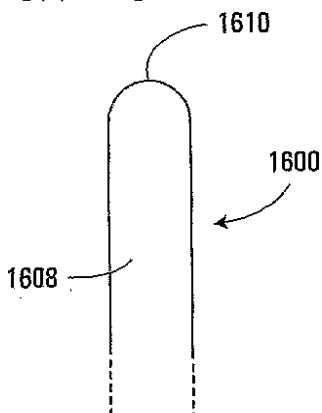


FIG. 37

【図 3 8】

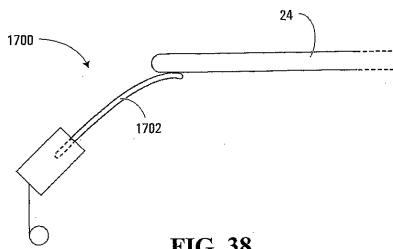


FIG. 38

フロントページの続き

- (72)発明者 カム、デビッド、マルコム
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バンクーバー、ウェスト フォーティーンス アベニュー 3775
- (72)発明者 センペレ、ギヨーム
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バンクーバー、ヴァイン ストリート 404 - 6001
- (72)発明者 カルドジェルシク、リュボミル
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バンクーバー、メルヴィル ストリート 2002 - 1238
- (72)発明者 スチュアート、グレゴリー
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バーナビー、ウィリングドン アベニュー 905 - 6455
- (72)発明者 パンプロヴィク、ムラデン
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バンクーバー、マリーナサイド クレセント 701 - 1288
- (72)発明者 トラン、ティム
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、サリー、ストリート 8739 - 140ビー
- (72)発明者 ジェツ、セルギー
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、リッチモンド、ロイヤルモア アベニュー 3860
- (72)発明者 コマサ、トニー
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バンクーバー、オーク ストリート 4249
- (72)発明者 ルドルフ、マーク
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バンクーバー、ウェスト セブンティーンス アベニュー 935
- (72)発明者 シベール、ジョセフ
カナダ国、ブリティッシュ コロンビア、バーナビー、リッジローン ドライブ 4890

審査官 大嶋 洋一

- (56)参考文献 国際公開第2001/056064 (WO, A1)
特表2002-515656 (JP, A)
特表2002-520808 (JP, A)
特開平10-050629 (JP, A)
特開平09-293684 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/26