

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4176848号
(P4176848)

(45) 発行日 平成20年11月5日(2008.11.5)

(24) 登録日 平成20年8月29日(2008.8.29)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 L 21/683 (2006.01) HO 1 L 21/68 R
 HO 1 L 21/205 (2006.01) HO 1 L 21/205
 HO 1 L 21/3065 (2006.01) HO 1 L 21/302 1 O 1 G

請求項の数 17 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願平9-109602 (22) 出願日 平成9年4月25日(1997.4.25) (65) 公開番号 特開平10-41378 (43) 公開日 平成10年2月13日(1998.2.13) 審査請求日 平成16年4月6日(2004.4.6) (31) 優先権主張番号 08/641147 (32) 優先日 平成8年4月25日(1996.4.25) (33) 優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(73) 特許権者 390040660 アプライド マテリアルズ インコーポレ イテッド APPLIED MATERIALS, I NCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95 054 サンタ クララ パウアーズ ア ベニュー 3050 (74) 代理人 100088155 弁理士 長谷川 芳樹 (74) 代理人 100089978 弁理士 塩田 辰也 (74) 代理人 100092657 弁理士 寺崎 史朗</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板支持体及び処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を保持するための基板支持体であって、
誘電体で覆われた電極部及び表面を有し、第1の通路を内部に有する本体部を有してお
 り、

前記表面は、前記基板支持体と前記基板との間でガスが流れるのを可能とする複数の離
 間した窪み領域を有し、

前記複数の離間した窪み領域は、第1のゾーン及び第2のゾーン、並びに、これらのゾ
 ーン間に配されたシールを画成しており、

前記第2のゾーンは、前記第1のゾーンの周囲にあり、

前記第1のゾーンと前記第2のゾーンはそれぞれ容積を有しており、前記第1のゾ
 ンの前記容積は、前記第2のゾーンの前記容積よりも大きく、

前記第1の通路が、前記第2のゾーンの前記表面の近傍で終端して、前記第2のゾ
 ンにガスを導入し、

前記表面では、前記基板全体に対して接触する接触領域が非接触領域よりも狭くなっ
 ている、基板支持体。

【請求項2】

前記シールが、環形状を有し、その幅が50mil~300milである、請求項1に
 記載の基板支持体。

【請求項3】

前記シール及び前記第 2 のゾーンはそれぞれ幅を持っており、
前記第 2 のゾーンの幅は、前記シールの幅よりも広い、請求項 2 に記載の基板支持体。

【請求項 4】

前記第 1 のゾーンに配された開口で終端する前記本体部内の第 2 の通路を更に備える、請求項 3 に記載の基板支持体。

【請求項 5】

前記シールは、環形状を有し、前記表面の連続部分である、請求項 1 に記載の基板支持体。

【請求項 6】

前記シールは、環形状を有し、環状シールを画成しており、前記環状シールを囲う外側シールを更に備える、請求項 1 に記載の基板支持体。

【請求項 7】

前記本体部は、前記第 1 のゾーンにおいて前記シールに隣接して配された環状開口と、前記第 2 のゾーンにおける環状開口と本体部の対向する主面の一つとの間に延びる第 2 の通路と、

を備える、請求項 1 に記載の基板支持体。

【請求項 8】

処理チャンバ内に設けられている請求項 1 に記載の基板支持体であって、前記処理チャンバに取り付けられ、前記ガスの圧力を変化させる前記コントローラに結合された少なくとも一つの温度センサを更に備える、請求項 1 に記載の基板支持体。

【請求項 9】

前記温度センサが、前記基板に直接接触している、請求項 8 に記載の基板支持体。

【請求項 10】

前記コントローラに接続され、コード化された命令を記憶しているメモリーを更に備えており、

前記コード化された命令が、

前記温度センサからの温度指示を読み取るための第 1 の命令と、

前記温度指示を、前記基板の所望温度に対応する所望温度と比較するための第 2 の命令と、

前記基板を前記基板の前記所望温度に近付けるよう、前記ガスの熱伝達特性を変化させるために、前記第 1 のゾーン及び前記第 2 のゾーン内での前記ガスの前記圧力を変化させるための第 3 の命令と、を含んでいる、請求項 8 に記載の基板支持体。

【請求項 11】

前記第 1 のゾーンに配された、複数の離間した突出部を更に備え、

前記突出部間の空間は、前記突出部の面積よりも広い面積を有する、請求項 1 に記載の基板支持体。

【請求項 12】

前記突出部の高さの間隔は、少なくとも一つのガス圧力に関して、前記基板と前記基板支持体との間に自由分子熱伝達を提供するための寸法である、請求項 11 に記載の基板支持体。

【請求項 13】

前記空間は、前記基板支持体と前記基板との間に複数のギャップを画成し、

各ギャップは、所与の圧力に関して、前記ガスの平均自由行程の 200 パーセント未満である、請求項 11 に記載の基板支持体。

【請求項 14】

前記電極部を覆う前記誘電体材料は、前記支持体の周縁において静電吸引力がより強く、且つ前記基板からの熱伝達がより大きくなるよう、前記支持体の周縁部分において前記支持体の中央部分よりも薄くされている、請求項 1 に記載の基板支持体。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

基板処理チャンバと、

基板を保持するよう前記チャンバ内に取り付けられた基板支持体であって、誘電体で覆われた電極部、上面及び下面を有する本体部と、前記上面の近傍で終端する前記本体部内の第1の通路とを有しており、前記上面は、複数の離間した窪み領域を有し、該複数の離間した窪み領域は、第1のゾーン及び第2のゾーン、並びに、これらのゾーンの間に配された環状シールを画成しており、前記第1の通路が前記第2のゾーンと流体連通している、前記基板支持体と、

前記第2のゾーンにガスを流せるように前記第1の通路と流体連通し、前記基板支持体と前記基板の間にガスを導入可能なガス源と、を備え、

前記環状シールは、前記基板と接触し、前記第2ゾーンの圧力を前記第1のゾーンの圧力よりも高くするように構成されており、

前記第1のゾーンの容積は、前記第2のゾーンの容積よりも大きく、

前記上面では、前記基板全体に対して接触する接触領域が非接触領域よりも狭くなっている、処理装置。

【請求項16】

前記上面と前記基板との間の前記ガスの圧力を制御するガスコントローラと、

前記基板に近接して取り付けられ、出力部を有する少なくとも一つの温度センサと、

前記温度センサの出力部に接続された入力部と、前記温度センサの出力にตอบสนองして前記ガスの圧力を変化させるために前記ガスコントローラに接続された出力部とを有しているコントローラと、

前記コントローラに接続され、コード化された命令を記憶するメモリーと、を備え、

前記コード化された命令が、

前記温度センサからの温度指示を読み取るための第1の命令と、

前記温度指示を、前記基板の所望温度に対応する所望温度と比較するための第2の命令と、

前記基板を前記基板の前記所望温度に近付けるよう、前記ガスの熱伝達特性を変化させるために、前記ガスの前記圧力を変化させるための第3の命令と、を含んでいる、請求項15に記載の処理装置。

【請求項17】

周縁部を有する基板を保持する基板支持体であって、

誘電体で覆われた電極部及び表面を有する本体部と、前記表面の近傍で終端する前記本体部内の第1の通路とを有しており、

前記表面は、前記基板支持体と前記基板との間でガスが流れるのを可能とする複数の離間した窪み領域を有し、

前記複数の離間した窪み領域は、第1のゾーン及び第2のゾーン、並びに、これらのゾーンの間に配されたシールを画成しており、

前記第2のゾーンは、前記周縁部に近接して配されると共に、前記第1のゾーンを囲い、前記ガスを前記第2のゾーンに導入できるように前記第1の通路と流体連通しており、

前記シール及び前記第2のゾーンはそれぞれ幅を持っており、前記第2のゾーンの前記幅は、前記シールの前記幅よりも広く、

前記表面では、前記基板全体に対して接触する接触領域が非接触領域よりも狭くなっている、基板支持体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、基板支持体に関し、詳細には基板の温度分布を均一化するための手段に関する。

【0002】

【従来の技術】

基板用処理チャンバは、基板をチャンバ内で位置決めするために、ペDESTALのような基

10

20

30

40

50

板支持体を含むのが普通である。基板は、半導体ウェーハ、液晶ディスプレイ、ガラス板、鏡等である。基板支持体は、基板の加熱や、冷却に用いることができる。チャンバ内で行われる処理は、例えば、化学蒸着(CVD)やプラズマ促進式CVD(PECVD)のような、所望する任意の処理とすることができる。PECVD処理においては、基板支持体とチャンバ上部の電極との間に高周波電界(RF FIELD)が印加される。プラズマ処理での基板支持体電極を保護するため、又は静電チャックの一部として、セラミック材料を支持体の上部に付加して誘電体を提供することができる。

【0003】

静電チャックは、処理中のウェーハをそのままの位置に保持する装置の一つである。他の方法の場合、ウェーハの下側に真空を加えたり、又はウェーハを下へ押圧するクランプを
10
含んでいる。クランプは力を一様には与えず、しかもウェーハの端部を覆ってしまう。他方、チャンバ間が真空状態である時、ウェーハの下側に真空を加えても効果的に保持することができる。

【0004】

静電チャックは、高密度プラズマ反応のような製造工程中に半導体ウェーハをクランプする装置として、半導体産業では幅広く用いられてきた。静電チャックは、ウェーハをチャックに固定するために、正負にそれぞれ帯電された表面間の静電気力を用いる。ある種の静電チャックを製作する場合、アルミニウムのようなプロセスに適した金属を適切な支持
20
ペDESTALに機械加工し、ペDESTALの上面をグリットブラスト加工(grit blasting)する。次に、セラミックのような誘電体材料層が、ペDESTAL上面にプラズマ溶射され、ウェーハを支持する滑らかな平坦面になるまで研削する。代替として、数多くの著名なサプライヤから入手できるKapton(商標)のようなポリマーフィルムを、誘電体として用いてもよい。基板の化学処理中、誘電体層の一侧に正電荷を、他側に負電荷を生じさせることによって、チャンバ壁と金属ペDESTAL間に、直流高電圧を印加して、チャックが機能する。この電荷が、誘電体層の両側間に実質的に均一な吸引クーロン力を発生し、誘電体層にウェーハを固定する。代替として、複数の電極をペDESTALに形成してもよい。

【0005】

基板処理チャンバの重要な工程パラメータの一つは、ウェーハの温度である。処理中、熱は、基板とその下地である基板支持体との間の表面伝導及び/又は対流を介して、若しくは介在するバックサイドガスを介して、基板へ、あるいは基板から伝達する。基板支持
30
体の温度は通常、基板支持体内のチャネルを介して、水やガス等の、熱交換流体を循環させることによって調節される。他に、基板支持体を加熱するために抵抗コイルを用いることができる。基板支持体はこのように、基板を加熱したり、冷却するのに用いることができる。しかし、極微レベルで、実際に2表面のほんのわずかな領域だけが互いに接触しているので、基板の裏側が基板支持体の上面と実際に接触する範囲によって、この方法による効率は一般的に制限される。基板と基板支持体との間の熱伝達を促進するには、接触点間の領域を、ヘリウム、アルゴン、酸素、 CF_4 のようなガス分子で満たすことにより、基板と基板支持体との間の熱交換を高める。

【0006】

静電チャックへのウェーハ保持にともなう機械的問題の一つは、平らではなく、幾分反
40
っていたり、曲がっていたりするウェーハがあることである。米国特許第4,692,836号では、反り返って、ウェーハの中心とチャックとの間に間隙のあるウェーハを保持するのに効果的なチャックを示している。この特許では、静電チャックの中間付近で誘電体コーティングの厚みを薄くすることにより、より大きな電荷を中間部に発生させ、より強い力をウェーハの反った中央部に付与することを示している。

【0007】

ヨーロッパ出願公開第0,452,222号では、環状の外部電極付き静電チャック用に設計した
50
2電極を示している。この出願では、外部環状電極の幅が狭められているので、その表面積は小さく、面積当たりの電荷が大きくなる。従ってチャック周辺により強い力が提供される。このことにより、静電チャック周辺での熱交換が改善される。

【0008】

一枚のウェーハの異なる領域への、又は異なる領域からの熱伝達を変化させる別の方法が使用されている。米国特許第4,502,094号では、サセプタの誘電体層を超えて、前記サセプタから突出する熱伝導部を設けることによって、熱伝導率を高めている。特に、銅ピラーを設けて、ウェーハに直接接触させ、熱をより速く取り出す。また、熱伝導突出部は導電体でもある。この設計の別の利点は、チャック上にあるどんな破片の微粒子も、銅ピラー間の隙間の誘電体に吸引される傾向があることである。そのようなチャックは、非プラズマリアクタでは明らかに有効である。プラズマ反応において、誘電体は、プラズマ電極と、静電チャック内の電極との間の短絡を防ぐ必要があるため、静電チャック電極を誘電体で覆う必要がある。また、米国特許第5,160,152号にも、静電チャックの表面の上方に延在する突出部を使用するという解決手段が検討されている。この、米国特許第5,160,152号は、ウェーハの下にガスを提供するという以下に検討する構造とは異なる旨を記載している。むしろ、突出部は静電チャックの上部に備えられている。この特許は、チャックの側面を介する熱伝達、及びチャック側面の冷却ジャケットを原因として、中間がより熱くなるウェーハを扱っている。ウェーハ中心部により多く熱伝達を行うために、突出部の面積はウェーハの中央部分で広がっている。狭い面積の突出部はウェーハ周辺部で用いられる。この特許は、これらの突出部自身を介した直接熱伝達に依存している。

10

【0009】

静電チャックや他の基板支持体における熱伝達に対する別の手段では、ウェーハの下の基板支持体面に与えられるヘリウムなどのガスを用いている。静電チャック上部の静電気力に必要なセラミック誘電体は、セラミック材自体の熱伝達特性に限界があり、しかも充分滑らかに磨くことが不可能である、という両方の理由から、極微的レベルでは、均一な接触を妨げる隙間が残ってしまい、熱伝達に対して特に効率のよいものではない。しかし、それらの隙間は利点でもあり得る。ヘリウムガスを基板支持体の細孔を通して付与した場合、ヘリウムガスは基板とウェーハとの間の空間を満たし、熱伝達機構として作用する。ヘリウムガスをそのように使用する場合の問題の一つは、基板支持体周辺からチャンバ内へのヘリウムガス漏れ防止という点である。

20

【0010】

解決法の一つが米国特許第5,096,536号にあり、そこでは第1のO-リングによって画成される領域内であって、ウェーハの中心にあるガス源が述べられている。真空ポンプは、第1のO-リングと第2のO-リングとの間の領域が画成する第2リング領域に備えられている。これによって、第1のO-リングシールを通して漏れるガスはほとんど全部排除される。

30

【0011】

特開昭63-78975号では、一对の同心溝が設けてあり、溝内の孔を介してウェーハの後方にヘリウムを供給する。ここで、中央のバキューム（真空引き）装置は、ヘリウムを抜くために使用されるので、中央部は真空に近い低ガス圧となり、周辺部は高ガス圧になり、冷却効率が変わってしまう。既に検討を加えたヨーロッパ公開特許第0,452,222号もまた、ウェーハの下側にヘリウムを与える溝グリッドを備えている。

【0012】

PECVDプロセスのようないくつかのプロセスにおいて、基板支持体の側部を化学反応から保護するため、又は支持体上への材料堆積を防ぐために、基板端がわずかに基板支持体の側部を超えて延在するように、基板支持体が設計されている。基板端をオーバーハングさせる欠点は、基板端は基板支持体と接触せず、熱伝達に影響を与えるので、基板端がより熱くなるという点である。加えて、反応による熱は、オーバーハング部の基板の上下面側に加えられる。このことは、ウェーハ上での化学反応の均一性に問題をもたらす。ウェーハの場所によって温度が異なる場合、ウェーハ上で同一となるよう意図されたウェーハ構造は、場所によって異なる速さで形成され、構造が一貫性を欠くことになる。よって、プラズマ環境で作動可能な機構により、熱伝達に変化をもたらして、ウェーハ全域にわたって均一温度にすることが望ましい。

40

50

【 0 0 1 3 】

【 発明の概要 】

本発明は、改良された基板支持体と、多数の圧力ゾーンを基板支持体表面に提供する操作方法とを提供する。異なるゾーン内が異なるガス圧となるように、異なるゾーン間にシール領域が設けられる。より多くの熱伝達が望ましい基板領域に対応するゾーンには、より高いガス圧が加えられる。基板支持体とウェーハとの間の間隙、及びガス圧はそれぞれ、所望の熱伝達量が得られるように選択される。

【 0 0 1 4 】

一実施態様において、ゾーン毎に圧力を制御するために、フィードバック制御ループを使用して、基板温度を制御する。少なくとも一個の温度センサを使用して温度信号を提供し、その信号にコントローラが応答して、ガス圧を制御することにより、それに応じた加熱又は冷却を行う。

10

【 0 0 1 5 】

一実施態様において、幾つかの突出部が、熱伝達ガスの流れを基板の下側で促進する空間を提供するために、基板支持体の上部から多数の突出部が延在する。従って、熱伝達は、基板及び基板支持体の表面粗さとは実質的に無関係になる。突出部は、静電チャックの上部面全体にわたって均等な間隔を空け、突出部間の間隙の非接触面積は、前記突出部の接触面積よりも大きいことが望ましい。

【 0 0 1 6 】

突出部の高さ、即ち、基板と基板支持体の上部との間隙は、最適化されている。まず、自由分子熱伝達を確保して、電界によるガス分解を防ぐために、十分小さい間隙を選択する。加えて、基板上の突出部の接触点での異常形成を防ぐために、間隙の大きさは、誘電体の厚さ全体と比較して小さくしなければならない。これらの接触点の誘電値は、間隙と比べると、実質的に異なる誘電値を有し、接触点毎に電界を異ならせる。第2に、ガスの圧力分布が素早く安定状態に到達するよう、間隙は十分大きくなければならず、それによって、工程立上げ時間が影響を受けることはない。その高さは伝達ガスの平均的自由行程よりも低いことが望ましい。突出部の大きさは、ガス用空間を最大化する一方で、基板を過度に反らさないで支持するのに十分な大きさである。

20

【 0 0 1 7 】

静電チャックの他の実施態様では、誘電体の厚さに変化をもたせる。特に、誘電体は、ウェーハの周縁部周りに強い静電気力を持つように、支持体の中間を厚くしてある。このことは、端部の熱の差が原因である反りを防ぐことによって、そして、一実施態様において、ウェーハ周縁部で高圧の熱伝達ガスを逃がすことのないようにすることを可能にすることによって、ウェーハ周縁部の熱伝達を改良する。

30

【 0 0 1 8 】

本発明の特徴と利点を更に理解するために、添付図面に関連した以下の説明を参照すること。

【 0 0 1 9 】

【 発明の実施の形態 】

図1は、本発明の原理による静電チャック14を含む代表的なウェーハ処理装置2を示す。静電チャックは一例として用いられており、静電チャック14以外の基板支持体を用いることもできる。静電チャック14は、装置2の高密度プラズマ反応チャンバ8内の半導体ウェーハWを支持して電氣的に保持する。

40

【 0 0 2 0 】

図1において、ウェーハ処理装置2は、チャンバのためにガスとウェーハを電氣的にハンドリングしたり、他の支持する機能を提供するメインフレームユニット(図示せず)に取り付けられる。装置2は通常、例えばボルトで、メインフレームユニットへ脱着可能に取り付けられており、メンテナンスや修理のために、プラズマ反応チャンバ8を取り外すことができたり、他のチャンバと交換可能となっている。ウェーハ処理装置2の図示実施形態と互換性のあるメインフレームユニットは、現在、サンタクララ市のアブライドマテリ

50

アルインコーポレイテッドから Precision 5000 (商標)、Centura 5200 (商標)、Endura 5500 (商標) システムとして販売されている。しかし、本発明は、マルチチャンバ処理システムでのプラズマ反応チャンバの一部として図示説明しているが、この方法に限定されるものではないことを理解すべきである。即ち、本発明は、様々な処理チャンバに用いることができる。

【 0 0 2 1 】

ウェーハ処理装置 2 は、前記プラズマ反応チャンバ 8 及び静電チャック 1 4 を格納するエンクロージャアセンブリ 1 2 を包含する。エンクロージャアセンブリ 1 2 は、好ましくは 4 本のロッド (図示せず) によって静電チャック 1 4 の上方で支持されたカバーリング 2 0 ないしはホットプロセス (熱間プロセス) キットを包含する。カバーリング 2 0 は誘電体材料から成り、この誘電体材料は、ウェーハ W 上方のチャンバ 8 内のプラズマが静電チャック 1 4 の一部に接触することによって腐蝕するのを阻止するか最小限に抑制する。

10

【 0 0 2 2 】

静電チャック 1 4 を採用するこのシステムは、プラズマ反応チャンバ 8 用に、従来の電気回路要素を包含する。電気回路要素には、直流電源 2 4 及び R F 電源 2 7 が含まれる。直流電源 2 4 は、例えば +700 ボルトや -1200 ボルトの適切なクランプ電圧を、静電チャック 1 4 と (接地された) チャンバ壁との間に供給する。電源 2 4 は、直流電源 2 4 を R F 電源 2 7 から絶縁する低域フィルタ 2 6 を介して、静電チャック 1 4 に接続される。

【 0 0 2 3 】

R F 電源は、プラズマ反応電力を提供する。R F ソース電源及びバイアス電源はそれぞれ、インピーダンス整合回路網 2 8 を介してチャンバと接続され、ソース電源は誘導アンテナ 3 0 に接続され、バイアス電源は静電チャック 1 4 に接続される。ソース R F 発生器は、所望の化学反応に必要な、プラズマ状態のイオンを生じる。バイアス R F はそれらのイオンをウェーハ基板へ向けて駆動する。バイアス電源及び直流電圧両方の接地基準は、接地された上部電極 3 2 である。直流電源 2 4 は、ウェーハ W を静電保持する電界を生成させるために、クランプ電圧をペDESTAL に供給する。ウェーハ W を解放したい時 (つまり「チャックから外」したい時) に、ウェーハの解放を早めたい場合は、電源 2 4 をゼロ出力電圧か、又は逆極性電圧に切り替えてもよい。

20

【 0 0 2 4 】

プラズマ反応チャンバは、高密度で低エネルギーのプラズマを発生して、それを維持するために、誘導結合 R F 電源を採用している。R F バイアス電源は、ウェーハ W 及び静電チャック 1 4 を介してプラズマに容量結合され、プラズマソース領域に配置した反対の接地電極 3 2 がバイアス電流用の戻り路を提供する。図示したプラズマ反応チャンバ 8 のより詳細な説明と、ウェーハ W の処理における操作方法は、米国特許第 5,350,479 号で見出すことができる。

30

【 0 0 2 5 】

静電チャック 1 4 は、吸水管 3 4 及び排水管 3 8 を包含し、両管は熱交換器 3 3 に連結されている。ヘリウムガスの入口 4 7 及び 5 2 は、ウェーハの下側の静電チャック面にヘリウムを供給するため、ヘリウム供給装置 5 3 に接続されている。オプションの真空ライン 3 5 が、ヘリウムガスを静電チャック面から排気するため、真空ポンプ 3 7 に接続されている。配水管に加えて、静電チャックを抵抗加熱して、ウェーハを加熱するヒータ 4 3 に接続した加熱ライン 4 1 をオプションとして設けてもよい。

40

【 0 0 2 6 】

熱交換器 3 3、真空ポンプ 3 7、ヘリウム供給装置 5 3 及びヒータ 4 3 は全て、記憶装置 4 5 に保存されたプログラムで作動するコントローラ 3 9 によって制御される。コントローラ 3 9 は、直流電源 2 4 及び R F 電源 2 7 も、図 1 に示されていない他のウェーハ処理システムと同じように制御する。ウェーハの温度にフィードバックを与えるため、コントローラ 3 9 に接続した温度センサ 9 6 も示す。

【 0 0 2 7 】

図 2 の (A) 及び (B) は、ウェーハの不均一加熱を示す。図 2 の (A) は、周縁部 6 0

50

が基板支持体 61 からオーバーハングした状態のウェーハ W を示す。通常、このような、フッ素、スパッタリング、あるいはその他のウェーハ処理によって、基板支持体の側面及び上面のアルミナコーティングが、エッチングによって除去されてしまわないようにこれらのオーバーハングを設ける。矢印 63 は、プラズマや化学反応からウェーハに伝達される熱を示している。図示のように、ウェーハの中央部 62 は、上部からのみ熱を受けるが、周縁部 60 は上部、側部、下部から熱を受ける。加えて、ペDESTAL は、中央部 62 の直下であり、熱を奪うことができるが、周縁部からの熱を容易に直接的に奪うことはできない。

【0028】

ウェーハ W の通常の温度分布を図 2 に示す。図示のように、ウェーハ周縁部が最も熱くなっている。図 2 の (C) は、本発明が達成に努める、基板の理想的な熱伝達プロファイルを表す。図示のように、周縁部付近の狭い領域では非常に大きな熱伝達量が必要である。熱除去の位置は、熱投入位置にほとんど一致させて横断方向の熱伝達を避けるのが理想的である。

10

【0029】

図 3 は、本発明による静電チャック 64 の一実施形態の平面図である。滑らかな上面に代わって、多数の溝を表面に設けてあり、多数の突出部 66 が形成されている。これら突出部の中央ゾーン 68 は、シール 72 によって、周縁ゾーン 70 と隔てられている。シール 72 は、突出部を設けるべく溝を形成するにはしない単なる領域であり、ウェーハと本質的に均一に接触する固体表面を形成する。外側のシール 74 は、ヘリウムガスのチャンパ内への漏洩を最小化するためのバリアを提供している。

20

【0030】

ヘリウムガスは、リング 76 を介して周縁ゾーン 70 内に入れられる。このリングは内部に、一連の孔を有する溝であり、図 1 の高圧ヘリウムライン 47 から高圧ヘリウムをこのゾーン内に受け入れる。内側リング 78 は、低圧ヘリウムライン 47 から低圧ガスを中央ゾーン 68 へ入れる。操作時には、中央ゾーン 68 でヘリウムの初期低圧が達成されてから後、ヘリウムリング 78 は、シール領域 72 を通して漏れるヘリウムガスを排除して、ヘリウムを所望する低圧力に維持する。オプションとしての別の実施形態において、リフトピンホールであってもよい真空ホール 80 を用いて、図 1 の真空ライン 35 を利用して中央ゾーン内のガスをポンプ抜きして、中央ゾーンの圧力を更に低くすることが可能である。任意に、真空ホールを追加してもよい。

30

【0031】

ヘリウム溝 78 は、シール領域 72 近傍に配置するのが望ましい。できるだけ近傍へ配置することにより、図 2 の (C) の所望の熱伝達のステップ状機能に近付けることができる。従って、高圧ガスは、周縁部による狭い領域に收容される。高圧ガスが、ウェーハの中心へ向かって余りにも遠くへ行き渡ってしまうと、冷たい中心はいっそう冷え、高圧ガスによって与えられた温度差の減少を部分的に相殺してしまう。

【0032】

操作時に、ウェーハを加熱するために、低圧ヘリウム (1 ~ 1.5 Torr) が中央ゾーン 68 に供給され、高圧ヘリウム (1 ~ 2.0 Torr) が周縁ゾーン 70 に供給される。周縁ゾーンにおける高い圧力のヘリウムは、図 2 に記載の加熱効果を相殺するように、ウェーハの周縁部でより良好な熱伝達を与える。

40

【0033】

一つの実施態様において、シール部は、静電チャック 64 の上部の残部と同じくセラミックコーティングが施されている。そのようなセラミックコーティングには小さい隙間があるので、シール領域は完璧なシールを提供しない。加えて、基板又はウェーハの裏面で何らかの粗さを持ち、それは基板支持体よりも粗いかもかもしれない。従って、シール領域は、一方の領域から他の領域へのヘリウムの顕著な漏れを防ぐよう、十分な幅を持たなければならない。シール幅は 1 / 10 インチ、つまり 100 mil が有効であることが実験で確かめられた。シール幅は、50 mil から 300 mil の範囲であることが好ましい。外

50

側シール74については、このシールより上のウェーハの領域が、高圧ヘリウムからの熱伝導の恩恵を受けないので、幅を最小にするのが望ましい。同時に、シール幅は、チャンバ内の反応に悪影響を及ぼす、チャンバ内への顕著なヘリウム漏れを防ぐ大きさでなくてはならない。同じように100milのシール幅が効果的であり、50milから300milのシール幅が最適であることが見出された。基板支持体及び基板の材料、滑らかさが違えば別の幅が適切な場合がある。例えば、多くの著名なサプライヤから入手できるKapton(商標)などのポリマーフィルムを用いる場合、そのコンプライシー(融通性)により、小さい幅とすることができる。

【0034】

熱伝達ガスは、不活性で、比較的値段が安いことから、ヘリウムが好ましい。代わりに、アルゴン、酸素、 CF_4 、その他のガスを用いることもでき、また、混合ガスを用いてもよい。混合ガスを用いて、例えば、追加の圧力制御を行うこともできるであろう。漏れガスが、化学反応に与える影響を最小限にするため、チャンバ内での化学処理と互換性を持つように、特定のガスを選択することができる。例えば、フッ素をエッチング核種として用いるエッチング反応において、 CF_4 をバックサイド熱伝達ガスとして用いることが望ましい。

【0035】

熱伝導は、主にヘリウムガスを介して行われるので、突出部の大きさと数、及びシール領域を最小にすることが望ましい。従って、基板の全面積にわたり、接触面積は非接触面積よりも小さくしなければならない。他方、シールはガス漏れを防ぐことが必要であり、突出部は、ウェーハを機械的に支持することのできる大きさと間隔でなければならない。加えて、最適化するために他の要因がある。突出部間の、基板と基板支持体との間隙を決める突出部の高さは、プロセス立ち上げ時間に悪影響を及ぼすことなく、ゾーン全体へ迅速にガスが分布するような高さでなければならない。通常、これは、およそ数秒オーダーでなければならない。好ましくは、10秒以下で分布させるのが好ましい。

【0036】

熱伝達を最適化するには、熱伝達は主として、分子を基板から基板支持体へと直接飛行させ、自由分子による熱伝達を行うように間隙を十分小さくしなければならない。従って、間隙はガスの平均自由行程(又は、混合ガスを用いる場合の平均自由行程)よりも小さくすべきである。平均自由行程は、ガス圧と分子の衝突断面の関数である。様々な圧力を用いる場合、平均自由行程も変わる。好ましい実施形態において、与えられる最大圧の平均自由行程は、間隙寸法の決定に用いられる。

【0037】

加えて、誘電体厚さに対する間隙の比は、基板上での局所不良を避けるために小さくしておかねばならない。この比率が大きい場合、等価静電容量が、空間と突出部との間で著しく変化して、著しく異なる電界を基板に印加する。この異なる電界は、化学処理に悪影響を及ぼし、堆積、エッチング、ドーピング、その他の特性変更を行う処理中、フィルムに不均一性をもたらす。ある程度の差は必要ではあるが、最小にすることが望ましい。また、比の大きさも、誘電体材料、特に材料の誘電定数と、熱伝達ガス(主たるもの)の誘電定数との差によって変わる。2つの誘電定数が近い値である程、間隙を大きくする心配は少なくなる。

【0038】

間隙の大きさを設定する上での別の懸念は、基板支持体とウェーハの裏面との間の熱伝達ガスによりプラズマが発生しないようにすることである。この懸念は、間隙の大きさが熱伝達ガスの平均自由行程の何倍かになると生ずるものと考えられている。

【0039】

静電チャックの一つの実施形態では、セラミックコーティングの厚さは、7~10milのオーダーである。Kapton(商標)を使用する場合、厚さは1~2milがよい。理想的には、チャックを目的とする場合、製造の一貫性を維持し、誘電破壊を防ぐ範囲内で、誘電体をできる限り薄くする。前記2つのゾーンの圧力でのヘリウムの平均自由行程は、約

10

20

30

40

50

1 ~ 5 mil である。(きわめて高い圧力では、平均自由行程は 1 未満でもよい。) 従って、突出部高さを 0.7 ~ 1.2 mil に選択して、試験を行い、この高さが有効であることが判明した。間隙は、適正な圧力で熱伝達ガスの平均自由行程の 2 倍未満であることが好ましく、平均自由行程未満であることがより好ましい。

【0040】

突出部間の間隔は、反りなく基板を支持する一方で、できる限り大きくする。一つの実施形態において基板は平面に保たれるが、他の実施形態では、曲がった基板を適切に支持するために、突出部の高さを変化させたり、(等しい高さの突出部を持った)基板支持体の上面を変化させたりすることができる。別の要因は、電界に局所的異常を招くおそれのある尖った点を避けることである。間隔を大きく取りすぎると、チャック解放時、電荷の移動に悪影響を及ぼし、破壊の原因となる。

10

【0041】

突出部の中心から中心までの最適な間隔は、100 ~ 300 mil の範囲であり、より好ましくは約 300 mil であることが分かった。突出部自身の大きさは、直径 10 mil ~ 150 mil が好ましいが、より好適には直径約 130 mil である。方形突出部が図示されているが、これは単に製造が容易であるという理由であり、他の形状も同じように用いることもできる。例えば、環状のものを用いてもよい。

【0042】

図示の実施形態において、ガス除去用の開口は外側周縁領域には、全く示されていないが、代替の実施形態では設けてもよい。ヘリウムの圧力制御は、高圧又は低圧のヘリウムを供給することか、あるいは真空ポンプを介して更に注入するかのどちらかで行うことができる。同様に、中心領域の圧力も、上記方法のいずれか、又は両方を組み合わせて制御することができる。端部近傍にリングとして配置したヘリウム源は、支持体中間部近傍の真空と連携して、中央領域内の圧力勾配を、中心に向かって追加的に減少させる。従って、本発明の代替の実施形態は、中央部のヘリウム入口と真空排出口との配置を通して行う微調整とともに、2種類の圧力ゾーンを介した、熱伝達の荒調整を提供する。代替実施形態において、2ヶ所以上のゾーンを、ハードウェアを交換する必要もなく、微調整のために使用できるであろう。

20

【0043】

図4は、誘電体86の誘電厚に変化を持たせた静電チャック64の一実施形態の側面図である。ウェーハ82はチャック上に取り付けられている。チャックは、誘電体86で覆われた電極部84を包含する。誘電体は静電チャックの上部を横切り、側面90に沿って延在する。図から分かるように、誘電体は中央部92で厚く、周縁部94で薄くなっている。この側面図には、多数の突出部70を示し、また内側シール72と外側シール74も示している。

30

【0044】

周縁部94が薄い誘電体は、その部分でより強い静電気力を提供する。これは多くの理由で有益である。第1に、ウェーハをより強く保持して、静電チャック上部との良好な接触を提供することによって、より良好な熱伝達が確保される。第2に、より強い締付力により、周縁付近のシール72と74との間の高圧ヘリウム中での保持が助長される。更に、ウェーハの周縁部の温度が中央部の温度と差がある場合、周縁部は中央部に対して曲がってしまっ、上か下に反り返り、この点は、周縁部により大きな適切な静電力をもたらすことで克服できる。

40

【0045】

代替実施形態において、厚さに変化を持たせた誘電体は、2種類の圧力ゾーン、又は突出部なしで用いることができる。誘電コーティングに変化を持たせるには、連続して、あるいは段階的に行うことができる。段階的に差を持って行う方が、製造は容易であり、安上がりである。

【0046】

シール領域74、及びウェーハ端部のより強い静電気力の別の利点は、静電チャックの上

50

面付近の露出金属でプラズマアークが発生しないようにする点である。そのような露出金属は普通、アルミニウム電極を上へ貫通するヘリウム入口ポートにあり、よって、これらの孔を介し電極に通路を露出させる。アーク発生は、もっときついシールを設けて、静電チャックの端部から十分離してヘリウム入口ポートを配置するか、又はそこに溝を付けることによって防ぐ。

【 0 0 4 7 】

図 4 に示すように、温度センサ 9 6 を静電チャック上面とウェーハとの間の空間に設けることができる。従って、ウェーハ温度をセンサで推測することができる。

【 0 0 4 8 】

図 5 は、温度制御を図示するフィードバック制御システムの信号の流れ図である。図 5 は、ヘリウム圧力を制御するための閉ループ温度制御システムを表す図である。代替として、開ループシステムを、温度センサなしで使用することができる。所望するパラメータに関し、ヘリウム圧力の適正值は従来の実験で定められているので、温度センサは代替実施形態においては不要であろう。図 5 は、処理装置で実行される機能、及び物理的効果の両方を含んでいる。

【 0 0 4 9 】

図 5 に示すように、設定温度は、ユーザがプログラミングした入力として、メモリー 4 5 の制御プログラムから図 1 のコントローラ 3 9 に提供される。コントローラは定数 9 8 を、設定温度に乘算し、その結果を加算関数 1 0 2 によって示されるように、フィードバック信号 1 1 3 に加算する。加算関数は、ヘリウム供給装置内の流量絞り又はバルブを制御してヘリウム圧力を制御するよう、コントローラに使用される。これはヘリウムガスの熱伝達範囲を変化させる。好適な実施形態において、ヘリウム圧力は数式モデルに従って制御されるが、実験上の結果もまた、圧力制御の基準として用いられ得る。数式モデルを以下に述べる。ブロック 1 0 2 で示すように、ヘリウム圧力により、静電チャック (E S C) への熱伝達が制御される。(代替として、任意のタイプの基板支持体を用いてもよい。) E S C は、熱交換器 3 3 によって冷却されるか、又はヒータ 4 3 によって加熱されるかのいずれかであり、ウェーハへの熱伝達量はヘリウム圧力で制御される。E S C への熱伝達とで (ブロック 1 0 6 で示されるように) 結び付く、(ブロック 1 0 4 で示されるような) プラズマから転移されるエネルギーにより生じる熱により、この熱伝達は相殺される。(ブロック 1 0 8 で示されるような) ウェーハ熱質量 (thermal mass) に印加される総合的な熱伝達により、ウェーハに温度 1 1 0 を生じさせる。半導体ウェーハではない、別の基板が用いられるかもしれないことに注意すること。また、ウェーハの最終温度 1 1 0 は、フィードバックライン 1 1 1 によって示されるように、静電チャックへの熱伝達量に大きな影響を与える。ブロック 1 0 2 で示す E S C とウェーハとの間の熱伝達関数は、E S C の温度と同じく、ウェーハ温度の関数である。図示したように、E S C への熱伝達 (1 0 2) が、ウェーハから熱を奪う一方、プラズマからの熱 (1 0 4) がウェーハを加熱する。しかし、静電チャックがウェーハの加熱に用いられている場合、それは逆になり、よって、プラズマが低温であるという理由で、又は単にチャンバにプラズマが無いという理由で、熱が奪われる間、熱入力を提供する。

【 0 0 5 0 】

ブロック 1 1 2 は、温度センサによる、温度の電気信号への変換を示している。ブロック 1 1 4 は、温度信号を、フィードバックとしての設定温度と組み合わせる前に、プロセッサに与えられる変換関数を示す。そのような変換関数は、その最も簡単な形で、1 (ユニティ : unity) であるかもしれない定数を乗算したものか、又は単に、アナログ信号からデジタル信号への変換であるかもしれない。

【 0 0 5 1 】

コントローラが実行する機能は、メモリー 4 5 内のプログラムの制御の下で行われる。このプログラムは、様々な手順を実施するための命令、例えば、温度センサからの温度指示を読む命令、その温度を所望の設定入力温度と比較する命令、及び、圧力バルブ (又は流量絞り弁) を制御して特定の圧力ゾーン内へガス圧力を変化させる命令を含んでいる。そ

10

20

30

40

50

の他の命令は、異常発生時のガス遮断命令などである。

【0052】

単一圧力静電チャックを用いているところでは、圧力を増加したり、減らしたりすることによって、ヘリウム圧力を制御することができる。代替として、本発明の好ましい実施形態のように、2つの圧力ゾーンを使用するところでは、外側及び内側のヘリウム圧を別々に制御することができる。各範囲の温度は、例えば、2つのゾーンの境界近傍に配置した、一個の温度センサだけで推測できる。代替として、2個の温度センサを使用してもよい。他の代替実施形態において、温度センサは静電チャックの上面に取り付けることができ、また、代わりにウェーハ自身に直接接触するよう設置してもよい。温度センサを、圧力変化の原因となるゾーン間の漏れがあるようなところで、圧力を推測するのに用いてもよい。圧力レギュレータは、ウェーハから何らかの距離がある、その出力部の圧力だけを検出するのが普通であろう。温度センサは、ウェーハの下の実際の圧力を推測するのに用いることができるであろう。ウェーハの表面粗さに依存して、漏れが変化し、供給される圧力を変える必要があるかもしれない。

10

【0053】

制御システムは特定の制約を受けるのが普通である。例えば、ウェーハが静電チャックから上へ離れてしまわないよう、ヘリウム圧力は制限されている。さもないと、更に大きな圧力差がもたらされて、熱応力によりウェーハを損傷させる熱勾配が生ずる。そのような制約を超えてしまったり、その他の明らかな故障が発生した場合、ガスフローは停止する。

20

【0054】

上記のように、本発明によるシステムの好ましい実施形態において、熱伝達関数の数式モデルを用いて、ヘリウム圧力を制御する。このモデルを、図6に関連して説明する。図6に示すように、一枚のウェーハが静電チャック上に位置決めされている。モデルを図示するために、チャックとウェーハとの間に拡大した空間を示す。

【0055】

図6に示すシステムにおいて、

- q_P : プラズマからの熱フラックス
- q_{OUT} : 基板(チャック)への熱フラックス
- q_{RAD} : 熱放射による熱フラックス
- q_{GAS} : 自由分子熱伝導による熱フラックス
- T_{WAF} : ウェーハ温度(センサ温度)
- T_C : 静電チャックの温度
- w : ウェーハの適応係数
- w : ウェーハの放射率
- c : チャックの適応係数
- c : チャックの放射率
- : ステファン・ボルツマン定数
- p : ガス圧力
- : 局所境界条件、例えばセンサ位置、ウェーハ位置等、による補正係数
- : ウェーハ密度
- C_P : ウェーハの比熱
- t : ウェーハの厚さ
- : ガスの熱伝導率

30

40

である。

【0056】

ウェーハには、エネルギーの保存を用いる。

【0057】

【数1】

$$\rho c_P \frac{dT_W}{dt} = q_W - q_{OUT}$$

【数 2】

$$q_{IN} = q_P \gamma$$

【数 3】

$$q_{OUT} = q_{RAD} + q_{GAS}$$

10

【数 4】

$$q_{RAD} = \epsilon_W \sigma T_W^4 - \epsilon_C \sigma T_C^4$$

【数 5】

$$q_{GAS} = \frac{\alpha_C \alpha_W}{\alpha_W + \alpha_C - \alpha_W \alpha_C} \Lambda p (T_W - T_C)$$

20

ここで、

【数 6】

$$\beta = \frac{\alpha_C \alpha_W}{\alpha_W + \alpha_C - \alpha_W \alpha_C},$$

また、適応係数

【数 7】

$$\rho c_P \frac{dT_W}{dt} = \gamma q_P - [\{\epsilon_W \sigma T_W^4 - \epsilon_C \sigma T_C^4\} + \beta \Lambda p (T_W - T_C)]$$

30

定常状態では、

【数 8】

$$\frac{dT_W}{dt} \rightarrow 0$$

【数 9】

$$0 = \gamma q_P - [\{\epsilon_W \sigma T_W^4 - \epsilon_C \sigma T_C^4\} + \beta \Lambda p (T_W - T_C)]$$

40

簡単にすると、

【数 10】

$$p = \frac{\gamma q_P + \sigma [\epsilon_C T_C^4 - \epsilon_W T_W^4]}{\beta \Lambda (T_W - T_C)}$$

である。

50

【 0 0 5 8 】

2つの圧力ゾーンのための、圧力制御システムの一つの実施形態形態を、図7に示す。基板支持体120は、別々のゾーンに接続された高圧ガスライン122と低圧ガスライン124を有する。高圧ヘリウムコントローラ126は、加圧ヘリウムタンク128から、高圧ライン122に供給する。コントローラ126は、その出力圧をモニターし、ヘリウムの流量を調整して所望圧力に維持する。バルブ130は、高圧ライン122と低圧ライン124との間に圧力低下を与える。この方法の場合、単一の圧力コントローラを用いて、両方の圧力を制御することができる。また、真空ポンプ132も低圧ライン124に接続され、バルブ131を介してもう一つの制御レベルを提供する。代わりに、2個の別の制御装置を用いてもよく、真空ポンプを別のラインに接続することも可能であろう。また、流量絞り弁をバルブの代わりに用いることもできるだろう。他の実施形態において、別々の圧力コントローラと流量絞り弁とを、別々の圧力ゾーンに用いることもできるだろう。

10

【 0 0 5 9 】

当業者には理解できるように、本発明は、その精神又は本質的な特徴を逸脱することなく、他の具体的な形で実施することができる。例えば、圧力ゾーンを2つの代わりに3つ使うこともできるだろう。代替として、本発明に記載の様々な特徴の異なる組み合わせを用いることができる。例えば、圧力ゾーンを用いずに、突出部を、変化をもたせた誘電体と組み合わせることができる。同様に、他の組み合わせも可能である。従って、前記実施形態は、特許請求の範囲に明記した本発明の範囲の例証となるものを意味するものであり、これに限定されるものではない。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明を用いた、半導体処理装置の一実施形態を示す説明図である。

【 図 2 】 (A) ~ (C) は、不均一加熱による、ウェーハの温度勾配を示す説明図である。

【 図 3 】 本発明の一実施形態による、圧力ゾーン及び最小接触突出部の平面図である。

【 図 4 】 本発明の一実施形態による、厚さに変化をもたせた誘電体の側面図である。

【 図 5 】 本発明の別の実施形態による、ウェーハ温度制御用の電子制御ループのブロック図である。

【 図 6 】 ガス圧力制御システム用の数学的モデルを示す図である。

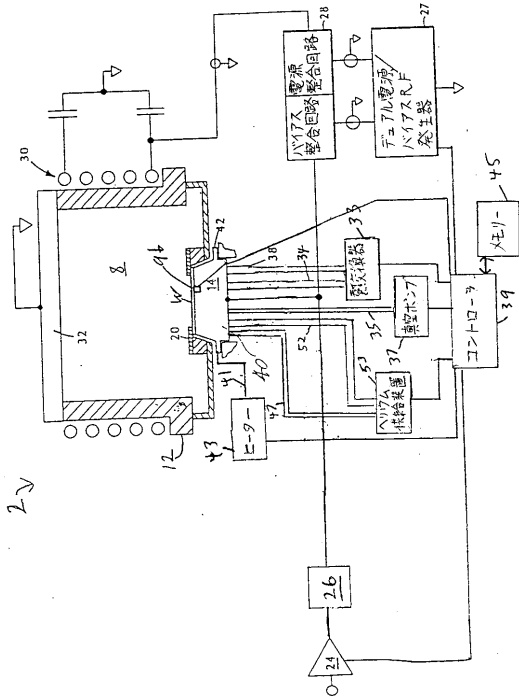
【 図 7 】 本発明によるガス圧力制御システムの一実施形態を示す説明図である。

30

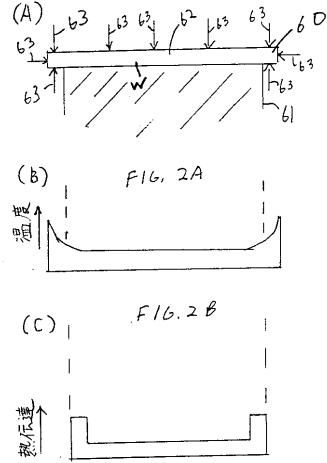
【 符号の説明 】

2 ... ウェーハ処理装置、 8 ... チャンバ、 14 , 64 ... 静電チャック、 20 ... カバーリング、 24 ... 直流電源、 27 ... RF電源、 28 ... 整合器、 32 ... 電極、 33 ... 熱交換器、 34 ... 吸水管、 35 ... 真空ライン、 37 ... 真空ポンプ、 38 ... 排水管、 39 ... コントローラ、 43 ... ヒータ、 45 ... メモリー、 60 ... 周縁部、 61 ... 基板支持体、 62 ... 中央部、 66 ... 突出部、 68 ... 中央ゾーン、 70 ... 周縁ゾーン、 72 , 74 ... シール領域、 76 ... リング、 78 ... 内側リング、 82 ... ウェーハ、 86 ... 誘電体、 96 ... 温度センサ。

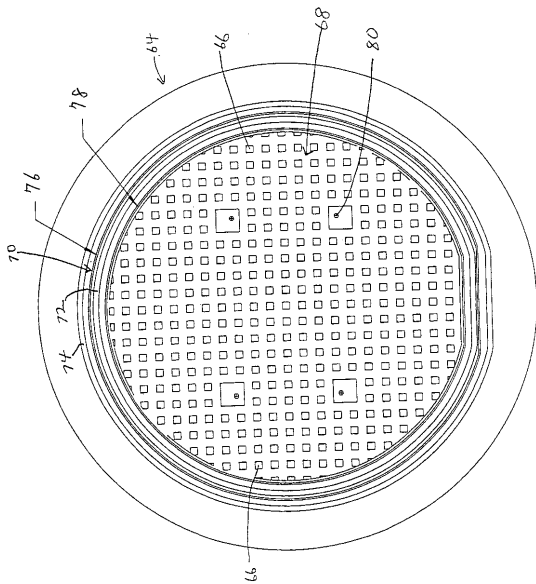
【図1】



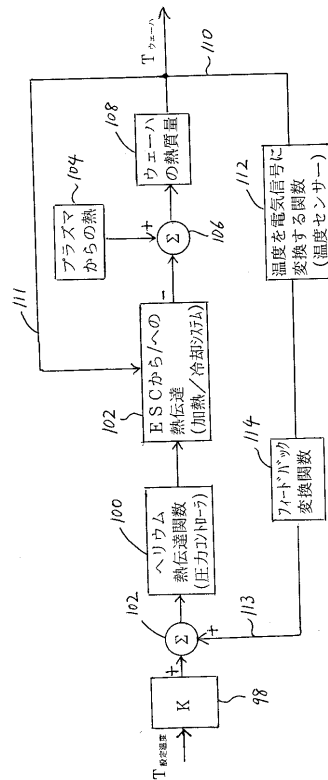
【図2】



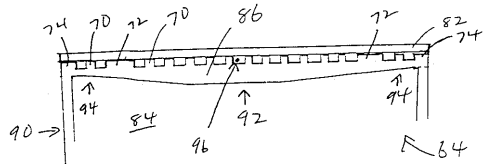
【図3】



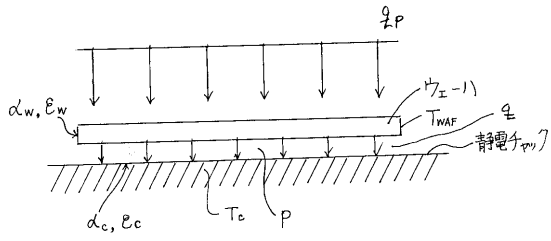
【図5】



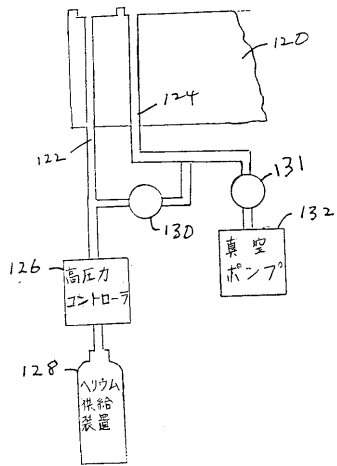
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

- (74)代理人 100094318
弁理士 山田 行一
- (74)代理人 100094008
弁理士 沖本 一暁
- (72)発明者 リュー ブライアン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, マウンテン ヴュー, マウンテン ヴュー アヴェニ
ュー 1027
- (72)発明者 石川 哲也
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サンタ クララ, ブラッサム ドライヴ 873
- (72)発明者 レデカー フレッド シー.
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, フリーモント, スー ドライヴ 1801
- (72)発明者 ワン マナス
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, タイペイ ドライヴ 1570
- (72)発明者 リ シーチャン
アメリカ合衆国, カリフォルニア州, サン ノゼ, ドニントン ドライヴ 1202

審査官 田村 嘉章

- (56)参考文献 特開平07-254557(JP,A)
特開平01-251735(JP,A)
特開平06-112303(JP,A)
特開平07-335630(JP,A)
特開平07-106315(JP,A)
特開平07-153825(JP,A)
特開平06-208959(JP,A)
特開平07-086385(JP,A)
特開平08-055905(JP,A)
特開平06-302678(JP,A)
特開平05-226462(JP,A)
特開平08-186094(JP,A)
特開平07-249586(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205
H01L 21/3065
H01L 21/67-21/687