

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5111030号
(P5111030)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/683 (2006.01)	HO 1 L 21/68 N
HO 1 L 21/3065 (2006.01)	HO 1 L 21/302 I O 1 G
C 2 3 C 16/46 (2006.01)	C 2 3 C 16/46
C 2 3 C 14/50 (2006.01)	C 2 3 C 14/50 E
HO 1 L 21/02 (2006.01)	HO 1 L 21/02 Z

請求項の数 23 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2007-238090 (P2007-238090)
 (22) 出願日 平成19年9月13日(2007.9.13)
 (65) 公開番号 特開2008-85329 (P2008-85329A)
 (43) 公開日 平成20年4月10日(2008.4.10)
 審査請求日 平成22年5月12日(2010.5.12)
 (31) 優先権主張番号 11/525,818
 (32) 優先日 平成18年9月25日(2006.9.25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 000219967
 東京エレクトロン株式会社
 東京都港区赤坂五丁目3番1号
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦
 (72) 発明者 塚本 雄二
 アメリカ合衆国 マサチューセッツ州 O
 1 8 8 7 ウィルミントン ウェストデ
 ール・アヴェニュー 3 9

審査官 松浦 陽

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板処理システムに用いられる耐浸食性絶縁層を有する温度制御された基板ホルダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセスシステム中の基板を支持する基板ホルダであって：

第 1 温度を有する温度制御された支持体基盤；

前記温度制御された支持体基盤に対向し、前記基板を支持するように備えられた基板支持体；

前記基板支持体と結合し、該基板支持体を前記第 1 温度よりも高い第 2 温度に加熱するように備えられた 1 以上の加熱素子；及び

前記温度制御された支持体基盤と前記基板支持体との間に設けられているハロゲン含有ガスの腐食に対して耐性を示す耐浸食性断熱材であって、前記温度制御された支持体基盤を前記基板支持体へ結合させるように機能し、かつハロゲン含有ガスの腐食に対して耐性を示すアクリル型の接着剤を有する耐浸食性断熱材；

を有する基板ホルダ。

【請求項 2】

前記耐浸食性断熱材がアクリル系材料又はアクリレート系材料を有する、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

【請求項 3】

前記耐浸食性断熱材が、SF₆を有するクリーニング用化学物質、若しくはSF₆及びO₂を有するクリーニング用化学物質又はこれら両方による浸食に対して耐性を有するように備えられている、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

【請求項 4】

前記耐浸食性断熱材が、集束リングにより生じる前記基板の端部領域での加熱に対抗するように、前記温度制御された支持体基盤と前記基板支持体との間に設けられた状態で、不均一な空間変化をする伝熱係数 ($W/m^2 \cdot K$) を有する、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

【請求項 5】

前記伝熱係数が、前記耐浸食性断熱材の中心領域と、前記耐浸食性断熱材の端部領域との間で、半径方向に変化する、請求項 4 に記載の基板ホルダ。

【請求項 6】

前記耐浸食性断熱材の熱伝導率が、不均一に空間変化する、請求項 4 に記載の基板ホルダ。

10

【請求項 7】

前記熱伝導率が、前記耐浸食性断熱材の中心領域から端部領域の間で、半径方向に変化する、請求項 6 に記載の基板ホルダ。

【請求項 8】

前記熱伝導率が、 $0.2 W/m \cdot K$ から $0.8 W/m \cdot K$ である第 1 値から、 $0.2 W/m \cdot K$ から $0.8 W/m \cdot K$ である第 2 値までの範囲で変化する、請求項 7 に記載の基板ホルダ。

【請求項 9】

前記耐浸食性断熱材の中心領域での前記熱伝導率が、 $0.2 W/m \cdot K$ で、かつ、前記耐浸食性断熱材の端部領域での前記熱伝導率は、 $0.8 W/m \cdot K$ である、請求項 7 に記載の基板ホルダ。

20

【請求項 10】

前記の熱伝導率の変化が、前記耐浸食性断熱材の半径方向に中間な領域と、前記耐浸食性断熱材の周辺領域との間で生じる、請求項 7 に記載の基板ホルダ。

【請求項 11】

前記耐浸食性断熱材の厚さが均一である、請求項 7 に記載の基板ホルダ。

【請求項 12】

前記耐浸食性断熱材が、前記耐浸食性断熱材の厚さの不均一な空間変化を有する、請求項 4 に記載の基板ホルダ。

30

【請求項 13】

前記耐浸食性断熱材が、該耐浸食性断熱材の端部領域でよりも前記耐浸食性断熱材の中心領域で薄い、請求項 12 に記載の基板ホルダ。

【請求項 14】

前記の耐浸食性断熱材の熱伝導率が均一である、請求項 12 に記載の基板ホルダ。

【請求項 15】

前記 1 以上の加熱素子が、前記基板支持体内部に埋め込まれている、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

【請求項 16】

前記 1 以上の加熱素子が、1 以上の抵抗加熱素子、若しくは 1 以上の熱電素子又はこれら両方を有する、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

40

【請求項 17】

前記 1 以上の加熱素子が、前記耐浸食性断熱材の中心領域に位置する第 1 加熱素子、及び前記耐浸食性断熱材の端部領域に位置する第 2 加熱素子を有する、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

【請求項 18】

前記基板支持体が前記基板支持体内部に埋め込まれたクランプ電極を有し、前記クランプ電極は前記基板を前記基板支持体へ電氣的に固定するように備えられている、請求項 1 に記載の基板ホルダ。

50

【請求項 19】

前記クランプ電極及び前記 1 以上の加熱素子が、前記基板支持体内部に埋め込まれている、請求項 18 に記載の基板ホルダ。

【請求項 20】

前記クランプ電極及び前記 1 以上の加熱素子が、同一面内に存在する、請求項 19 に記載の基板ホルダ。

【請求項 21】

前記クランプ電極及び前記 1 以上の加熱素子が、それぞれ別な面内に存在する、請求項 19 に記載の基板ホルダ。

【請求項 22】

前記クランプ電極及び前記 1 以上の加熱素子が、同一の物理電極を有する、請求項 19 に記載の基板ホルダ。

10

【請求項 23】

前記基板支持体が前記基板支持体の上側面に 1 以上の開口部を有し、
前記 1 以上の開口部を介して、伝熱ガスは前記基板背面へ供給することが可能である、
請求項 18 に記載の基板ホルダ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板の温度を制御するシステムに関し、より詳細には基板の温度を制御する
基板ホルダに関する。

20

【背景技術】

【0002】

半導体製造及びプロセスでは、たとえばエッチング及び堆積プロセスを含む様々なプロセスは基板温度に大きく依存することが知られている。このため、基板温度を制御し、基板温度を制御可能な状態で調節する能力は、半導体プロセスシステムの必須要素となっている。基板温度は、基板とプラズマとの相互作用、化学過程等、及び、放射線及び/又は電気による周辺環境との熱のやり取りを含む多くの過程によって決定される。基板の上側表面に適切な温度を供することで、基板温度が制御されて良い。

【特許文献 1】米国特許第 7 2 3 0 2 0 4 号明細書

30

【特許文献 2】米国特許出願公開第 2 0 0 6 / 0 0 8 1 5 6 4 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は基板温度を制御するシステムに関する。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の一の態様に従うと、処理システム内で基板を支持する基板ホルダは、第 1 温度を有する温度制御された支持体基盤、該温度制御された支持体基盤に対向し、かつ基板を支持するように備えられた基板支持体、及び該基板支持体と結合し、かつ前記基板支持体を第 1 温度よりも高温である第 2 温度に加熱するように備えられた 1 以上の加熱素子、を有する。耐浸食性断熱材が、前記温度制御された支持体基盤と基板支持体との間に設けられている。前記耐浸食性断熱材は、ハロゲン含有ガスによる腐食に耐える材料組成物を有する。

40

【0005】

本発明の第 2 態様は、処理システム内で基板を支持する基板ホルダに関する。当該基板ホルダは、第 1 温度を有する温度制御された支持体基盤、該温度制御された支持体基盤に対向し、かつ基板を支持するように備えられた基板支持体、及び該基板支持体と結合し、かつ前記基板支持体を第 1 温度よりも高温である第 2 温度に加熱するように備えられた 1 以上の加熱素子、を有する。断熱材が、前記温度制御された支持体基盤と基板支持体との

50

間に設けられている。当該断熱材は、ハロゲン含有ガスによる腐食に耐える手段を有する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

以降の説明では、限定ではない説明目的で、それはたとえば基板処理システムで用いられる基板ホルダの具体的な幾何学形状、並びに様々な構成要素及びプロセスについての記述のような、特定の詳細について説明されている。しかし本発明はこれらの具体的詳細から逸脱した他の実施例でも実行可能であることに留意すべきである。

【0007】

本発明の実施例に従うと、材料プロセスシステム1が図1に図示されている。当該材料プロセスシステム1は、基板ホルダ20及び該ホルダ20上に基板25を有するプロセスツール10を有する。基板ホルダ20は、基板温度を調節する温度制御素子を供するように備えられている。それに加えて温度制御素子は、基板温度が均一又は不均一であることを保証するように、空間的に配備されて良い。制御装置55は、プロセスツール10及び基板ホルダ20と結合し、かつ後述するように基板温度を監視、調節及び制御するように備えられている。

【0008】

図1に図示された実施例では、材料プロセスシステム1はエッチングチャンバを有して良い。たとえばエッチングチャンバは、ドライプラズマエッチング、又はその代わりにドライである非プラズマエッチングを行うように備えられて良い。あるいはその代わりに、材料プロセスシステム1は、たとえばフォトリソグラフィシステムのようなフォトレジストコーティングチャンバ、たとえばフォトリソグラフィシステムのようなフォトレジストパターンニングチャンバ、たとえばスピン・オン・グラス(SOG)若しくはスピン・オン・誘電体(SOD)のような誘電体コーティングチャンバ、気相成長(CVD)システム、プラズマCVD(PECVD)システム、原子層堆積(ALD)システム、プラズマ原子層堆積(PEALD)システム若しくは物理気相成長(PVD)システムのような堆積チャンバ、又は熱アニーリング用の急速熱処理(RTP)チャンバを有する。

【0009】

ここで図2Aを参照して、一実施例に従った基板ホルダについて説明する。基板ホルダ100は、第1温度を有しかつ基板110を支持するように備えられた基板支持体130、基板支持体130の下に位置しかつ第1温度よりも低い(つまり基板110の所望温度よりも低い)第2温度になるように備えられた温度制御された支持体基盤120、並びに、基板支持体130及び温度制御された支持体基盤120との間に設けられた断熱材140、を有する。それに加えて、基板支持体130は、該基板支持体130と結合しかつ前記基板支持体130の温度を昇温(つまり基板を加熱する)するように備えられた1以上の加熱素子を有する。第1温度は本発明の実施例に従った基板支持体にわたって温度勾配を有して良く、かつ第2温度は本発明の実施例に従った温度制御された基盤にわたって温度勾配を有して良いことに留意して欲しい。

【0010】

一実施例に従うと、断熱材140は、基板支持体130及び温度制御された支持体基盤120の各対応する熱伝導率よりも低い熱伝導率を有する。たとえば断熱材140の熱伝導率は $1\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 未満である。望ましくは、断熱材の熱伝導率は約 $0.05\text{ W/m}\cdot\text{K}$ から約 $0.8\text{ W/m}\cdot\text{K}$ の範囲である。より望ましくは、断熱材の熱伝導率は約 $0.2\text{ W/m}\cdot\text{K}$ から約 $0.8\text{ W/m}\cdot\text{K}$ の範囲である。

【0011】

断熱材140は、ポリマー、プラスチック又はセラミックスで作られた接着剤を有する。断熱材140は無機又は有機材料を有して良い。たとえば断熱材140は、室温硬化(RTV)接着剤、熱可塑性であるプラスチック、熱硬化性樹脂若しくは注型用樹脂(すなわち注入可能なプラスチック又はエラストマー化合物)、又はエラストマー等を有して良い。基板支持体130と温度制御された支持体基盤120との間に熱抵抗を供するため、

10

20

30

40

50

断熱材 140 は、基板支持体 130 と温度制御された支持体基盤 120 との間に結合層すなわち接着層を供して良い。

【0012】

断熱材 140 の厚さ及び材料組成は、必要なときに、基板支持体 120 とプラズマとの間で適切な高周波 (RF) 結合が維持できるように選択されなければならない。さらに熱勾配及び材料特性つまり熱膨張係数の差異によって駆動される熱による機械剪断に耐えるように、断熱材 140 が選択されなければならない。たとえば断熱材 140 の厚さは、約 10 mm (ミリメートル) 以下であって良い。望ましくは、厚さは 5 mm 以下で、たとえば約 2 mm 以下であって良い。

【0013】

それに加えて、断熱材 140 の材料組成は、利用される環境の範囲内で浸食に対する耐性を示すようなものであることが好ましい。たとえばドライプラズマエッチング環境のときには、断熱材 140 は、エッチングプロセス中に用いられる浸食性エッチング用化学物質、及びエッチングシステムのクリーニングプロセス中に用いられる浸食性クリーニング用化学物質に対して耐性を有していなければならない。多くのエッチング用化学物質及びクリーニング用化学物質では、以下に限定されるわけではないが Cl_2 、 F_2 、 Br_2 、 HBr 、 HCl 、 HF 、 SF_6 、 NF_3 、 ClF_3 等を含むハロゲン含有プロセスガスが利用される。これらの化学物質、特にクリーニング用化学物質では、たとえばフッ素原子等のような反応性であるハロゲン原子を高濃度にすることが望ましい。

【0014】

一の実施例に従うと、断熱材 140 は、耐浸食性断熱材を有する。一の実施例では、断熱材全体が耐浸食性材料で作られる。あるいはその代わりに、たとえばハロゲン含有ガスに曝露される部分のような断熱材 140 の一部のみが耐浸食性材料を有して良い。たとえば耐浸食性材料が、断熱材の周辺である曝露された領域にのみに含まれて良い一方で、断熱材の残りの領域は、所望の伝熱係数を供するように選ばれた、耐浸食性材料とは異なる材料組成を有する。

【0015】

耐浸食性断熱材は、たとえばアクリルベースの材料又はアクリレートベースの材料のようなアクリル系材料を有して良い。アクリルベース材料及びアクリレートベースの材料は、適切な触媒による反応によってアクリル酸又はメタクリル酸を重合することによって生成されて良い。表 1 は、材料組成に対する浸食に対する耐性の依存性を示すデータを供する。たとえばシリコン含有接着剤、及び一連のアクリル/アクリレート含有接着剤 (これらは様々な製造供給社 X、Y、Z、Q、R 及び T によって調製された) についてのデータが供される。データは、プラズマ (すなわち RF 電源がオンである) 時間 (hr) の関数としての浸食量 (mm^3)、つまり mm^3/hr を有する。表 1 に示されているように、アクリル/アクリレート含有接着剤は、クリーニング用プラズマ (たとえば SF_6 ベースのプラズマ) に曝露されたときよりも、2 桁以上小さい浸食を示す。

【0016】

【表 1】

	シリコンの種類	アクリルの種類					
		X	Y	Z	Q	R	T
厚さ(mm)	0.13	0.13	0.25	0.13	0.15	0.05	0.12
熱伝導率(W/m-K)	0.25	0.35	0.6	0.37	0.3	0.6	0.2
熱抵抗(E^{-4})	5.2	3.7	4.2	3.5	7.5	8.3	6
浸食速度(mm^3/hr)	5.5	0.32	0.3	0.22	0.25	0.15	0

さらに別な実施例に従うと、断熱材 140 は、温度制御された支持体基盤 120 と基板支持体 130 との間に設けられた断熱材 140 の伝熱係数 ($W/m^2 \cdot K$) の不均一な空

10

20

30

40

50

間変化を有する。たとえば伝熱係数は、(基板110の下である)断熱材140の実質的に中心領域から(基板110の下である)断熱材140の実質的に端部領域までの半径方向で変化して良い。伝熱係数の空間変化は、断熱材140の熱伝導率(W/m-K)の不均一な空間変化及び/又は断熱材140の厚さの不均一な空間変化を有して良い。本明細書で用いられているように、パラメータの“不均一な空間分布”という語は、そもそも存在する基板ホルダにわたるパラメータの小さな変化ではなく、むしろ設計による生じる、基板ホルダの領域にわたるパラメータの空間変化を意味する。さらに、“断熱材の実質的に中心領域”という語は、基板が基板ホルダ上に位置する場合に、その基板の中心と重なる断熱材の領域を意味する。“断熱材の実質的に端部領域”という語は、基板が基板ホルダ上に位置する場合に、その基板の端部と重なる断熱材の領域を意味する。

10

【0017】

図2Bに図示されているように、熱伝導率は、基板110の下である断熱材140の実質的に中心領域から、基板110の下である断熱材140の実質的に端部領域までの半径方向で変化して良い。たとえば熱伝導率は、約0.2W/m-Kから約0.8W/m-Kである第1値から、約0.2W/m-Kから約0.8W/m-Kである第2値までの範囲で変化して良い。それに加えて、たとえば熱伝導率は、断熱材140の実質的に中心領域近くでは約0.2W/m-Kで、断熱材140の実質的に端部領域近くでは約0.8W/m-Kであって良い。それに加えてさらに、たとえば熱伝導率の変化は実質的には、断熱材140のほぼ半径方向に中間な領域と、断熱材140のほぼ周辺領域との間で生じる。図2Bに図示されているように、温度は、中心から端部にかけて、第1温度(T_1)から第2温度(T_2)へ変化して良い。係る熱伝導率(及び温度)変化が与えられることで、その変化はたとえば基板周辺のピントリングによる基板端部領域の過剰な加熱に対抗することができる。

20

【実施例1】

【0018】

図3に図示されているように、別な実施例に従った基板ホルダについて説明する。基板ホルダ200は、第1温度を有しかつ基板210を支持するように備えられた基板支持体230、基板支持体230の下に位置しかつ第1温度よりも低い(つまり基板210の所望温度よりも低い)第2温度になるように備えられた温度制御された支持体基盤220、並びに、基板支持体230及び温度制御された支持体基盤220との間に設けられた断熱材240、を有する。それに加えて、基板支持体230は、該基板支持体230と結合しかつ前記基板支持体230の温度を昇温(つまり基板を加熱する)するように備えられた1以上の加熱素子を有する。断熱材240は不均一な厚さを有する。

30

【0019】

図示されているように、(基板210の下である)断熱材240の実質的に中心領域での厚さは薄く、かつ基板210の下である断熱材240の実質的に端部領域での厚さは相対的に厚い。あるいはその代わりに、基板210の下である実質的に中心領域で厚く、かつ基板210の端部領域で相対的に薄くても良い。断熱材240の不均一な厚さは、支持体基盤220上の非平坦上側面によって与えられて良い。及び/又は断熱材240の不均一な厚さは、基板支持体240の非平坦下側面によって与えられて良い。あるいはその代わりに、断熱材240とは異なる熱伝導率を有する材料の層が、支持体基盤220の上側面の一部又は基板支持体230の下側面の一部に設けられて良い。たとえばカプトン(Kapton)(登録商標)、ベスペル(Vespe1)(登録商標)、テフロン(Teflon)(登録商標)等の層が、基板210の下である実質的に中心領域に設けられて良い。又は係る層は、基板210の下である実質的に周辺領域に設けられて良い。

40

【実施例2】

【0020】

ここで図4を参照して、別な実施例に従った基板ホルダについて説明する。基板ホルダ300は、第1温度を有しかつ基板310を支持するように備えられた基板支持体330、基板支持体330の下に位置しかつ第1温度よりも低い(つまり基板310の所望温度

50

よりも低い)第2温度になるように備えられた温度制御された支持体基盤320、並びに、基板支持体330及び温度制御された支持体基盤320との間に設けられた断熱材340、を有する。それに加えて、基板支持体330は、該基板支持体330と結合しかつ前記基板支持体330の温度を昇温(つまり基板を加熱する)するように備えられた1以上の加熱素子を有する。

【0021】

図4に図示されているように、支持体基盤320は、複数の突起物すなわち隆起物342を有する。その複数の隆起物342は、断熱材340へ入り込んだ状態で(又は貫通するまで)延びている。さらに突起物の個数密度は、基板ホルダの実質的に中心領域344と実質的に周辺領域346との間で変化して良い。たとえば周辺領域346で突起物の個数密度が高い一方で、中心領域344での突起物の個数密度は相対的に低くて良い。あるいはその代わりに、たとえば中心領域344で突起物の個数密度が高い一方で、周辺領域346での突起物の個数密度は相対的に低くても良い。突起物の個数密度の変化に加えて、又は密度変化の代わりに、突起物の大きさ及び/又は形状が変化しても良い。

10

【0022】

温度制御された支持体基盤120(220,320)は、金属材料又は非金属材料から作製されて良い。たとえば支持体基盤120(220,320)は、アルミニウムで作製されて良い。それに加えて、たとえば支持体基盤120(220,320)は、比較的熱伝導率の高い材料で形成されて良い。それにより、支持体基盤の温度を、比較的一定の温度に保持することができる。温度制御された支持体基盤の温度は、たとえば冷却素子のような1以上の温度制御素子によって能動的に制御されることが好ましい。しかし温度制御された支持体基盤は、たとえば周辺環境と接する表面積の増大によって自由対流を増大させるクーリングフィンを用いた受動的冷却を供しても良い。支持体基盤120(220,320)は、電力と基板支持体が有する1以上の加熱素子との結合、電力と静電クランプ電極との結合、伝熱ガスと基板背面との空気結合等、を可能にする通路(図示されていない)をさらに有して良い。

20

【0023】

支持体基盤120(220,320)は、金属材料又は非金属材料で作製されて良い。支持体基盤120(220,320)は、たとえばセラミックスのような非導電性材料で作製されて良い。たとえば支持体基盤120(220,320)はアルミナで作製されて

30

【0024】

一の実施例に従うと、1以上の加熱素子は基板支持体130(230,330)内部に埋め込まれる。1以上の加熱素子は2のセラミックス部位間に設けられて良い。その2のセラミックス部位は共に焼成されて、1つの部位を形成する。あるいはその代わりに、セラミックスの第1層は、断熱材上に熱的に塗布される。それに続いて1以上の加熱素子にわたって第2セラミックス層が熱的に塗布される。同様の手法を用いることで、他の電極又は金属層が、基板支持体130(230,330)内部に挿入されて良い。たとえば静電クランプ電極は、セラミック層間に挿入され、かつ上述したような焼成又は塗布手法によって形成されて良い。1以上の加熱素子及び静電クランプ電極は、同一面内又はそれぞれ別な面内であって良い。また1以上の加熱素子及び静電クランプ電極は、別個の電極として実装されても良いし、又は同一の物理電極として実装されても良い。

40

【実施例3】

【0025】

ここで図5を参照して、別な実施例に従った基板ホルダについて説明する。基板ホルダ400は、第1温度を有しかつ基板410を支持するように備えられた基板支持体430、該基板支持体430の下に位置しかつ第1温度よりも低い(つまり基板410の所望温度よりも低い)第2温度になるように備えられた温度制御された支持体基盤420、並びに、基板支持体430及び温度制御された支持体基盤420との間に設けられた断熱材440、を有する。それに加えて、基板支持体430は、該基板支持体430と結合しかつ

50

前記基板支持体430の温度を昇温(つまり基板を加熱する)するように備えられた1以上の加熱素子を有する。さらに支持体基盤420は、該支持体基盤420と結合する1以上の冷却素子421を有する。その1以上の冷却素子421は、断熱材440を介して基板支持体430から熱を除去することによって基板支持体430の温度を減少させるように備えられている。

【0026】

1以上の加熱素子431は、加熱流体チャネル、抵抗加熱素子、又はウエハへ向けて熱を輸送するように電圧印加された熱電素子のうちの少なくとも1を有して良い。さらに図5に図示されているように、1以上の加熱素子431は、加熱素子制御ユニット432と結合する。加熱素子制御ユニット432は、各加熱素子の独立又は従属制御を供するよう

10

【0027】

たとえば1以上の加熱素子431は、1以上の加熱チャネルを有して良い。その1以上の加熱チャネルは、たとえば水、フルオリナート(Fluorinert)(商標)、ガルデンHT-135(登録商標)等の流体の流速を、伝導・対流加熱を供するよう

【0028】

あるいはその代わりに、たとえば1以上の加熱素子431は、1以上の抵抗加熱素子を有して良い。抵抗加熱素子とはたとえば、たとえばタングステン、ニッケル-クロム合金、アルミニウム-鉄合金、窒化アルミニウム等である。抵抗加熱素子を製造に用いられる市販材料の例には、カンタル(Kanthal)、ニクロタル(Nikrothal)、アクロタル(Akrothal)が含まれる。これらは、カンタルコーポレーションによって製造されている金属合金に係る登録商標名である。カンタルシリーズは鉄系合金(FeCrAl)を有し、ニクロタルシリーズはオーステナイト系合金(NiCr、NiCrFe)を有する。たとえば加熱素子は、予め備え付けられたヒーター、又はフィルムヒーターを有して良い。予め備え付けられたヒーターは、ワトロー(Watlow)社から販売されている、最大400 から450 の温度で動作する能力を有する。フィルムヒーターは、ワトロー(Watlow)社から販売され、窒化アルミニウムを有し、300

20

30

【0029】

あるいはその代わりに、たとえば1以上の加熱素子431は、熱電素子のアレイを有して良い。そのアレイは、それぞれの素子を流れる電流の方向に依存して基板を加熱又は冷却する能力を有する。よって素子431が“加熱素子”と呼ばれる一方で、これらの素子は、温度間の急速な遷移を供するよう

40

【0030】

1以上の冷却素子421は、冷却チャネル又は熱電素子のうちの少なくとも1を有して良い。さらに図5に図示されているように、1以上の冷却素子421は、冷却素子制御ユニット422と結合する。冷却素子制御ユニット422は、各冷却素子421の従属又は

50

独立制御を供し、かつ制御装置 4 5 0 と情報のやり取りをするように備えられている。

【 0 0 3 1 】

たとえば 1 以上の冷却素子 4 2 1 は、1 以上の冷却チャネルを有して良い。その 1 以上の冷却チャネルは、たとえば水、フルオリナート (Fluorinert) (商標)、ガルデン HT - 1 3 5 (登録商標) 等の流体の流速を、伝導 - 対流加熱を供するようにすることを可能にする。流体の温度は、熱交換器を介して降温する。流速及び流体温度はたとえば、冷却素子制御ユニット 4 2 2 によって設定、監視、調節及び制御が可能である。あるいはその代わりに、たとえば加熱中に、1 以上の冷却素子 4 2 1 を流れる流体の流体温度が上昇することで、1 以上の加熱素子 4 3 1 による加熱が補われて良い。あるいはその代わりに、たとえば冷却中に、1 以上の冷却素子 4 2 1 を流れる流体の流体温度が減少しても良い。

10

【 0 0 3 2 】

あるいはその代わりに、たとえば 1 以上の冷却素子 4 2 1 は、熱電素子のアレイを有して良い。そのアレイは、それぞれの素子を流れる電流の方向に依存して基板を加熱又は冷却する能力を有する。よって素子 4 3 1 が“冷却素子”と呼ばれる一方で、これらの素子は、温度間の急速な遷移を供するように加熱する能力を有して良い。さらに加熱及び冷却機能は、温度制御された支持体基盤 4 2 0 内部の各分離した素子によって供されて良い。典型的な熱電素子は、アドバンスドサーモエレクトリック (Advanced Thermoelectric) 社から販売されている、モデル ST - 1 2 7 - 1 . 4 - 8 . 5 M (最大伝熱出力 7 2 W を有する 4 0 mm x 4 0 mm x 3 . 4 mm の熱電素子) である。従

20

【 0 0 3 3 】

それに加えて図 5 に図示されているように、基板ホルダ 4 0 0 は、基板支持体 4 3 0 内部に埋め込まれた 1 以上のクランプ電極 4 3 5 を有する静電クランプ (ESC) をさらに有して良い。ESC は、電氣的に接続を介してクランプ電極 4 3 5 と結合する高電圧 (HV) DC 電圧供給体 4 3 4 をさらに有する。係るクランプの設計及び実装は、静電クランプシステム分野の当業者には周知である。さらに HV DC 電圧供給体 4 3 4 は、制御装置 4 5 0 と結合し、かつ制御装置 4 5 0 と情報をやり取りするように備えられている。

【 0 0 3 4 】

さらに図 5 に図示されているように、基板ホルダ 4 0 0 は、少なくとも 1 のガス供給ライン及び複数のオリフィスとチャネルのうちの少なくとも 1 (図示されていない) を介して基板 4 1 0 の背面へ、伝熱ガスを供給する背面ガス供給システム 4 3 6 をさらに有して良い。伝熱ガスとはたとえば、ヘリウム、アルゴン、キセノン、クリプトンを含む不活性ガス、プロセスガス、又は、酸素、窒素若しくは水素を含む他のガスである。背面ガス供給システム 4 3 6 はたとえば、2 領域系 (中心 / 端部) 又は 3 領域系 (中心 / 半径方向の中間 / 端部) のような多領域供給システムであって良い。背面圧は、半径方向に中心から端部へ向けて変化して良い。さらに背面ガス供給システム 4 3 6 は、制御装置 4 5 0 と結合し、かつ制御装置 4 5 0 と情報をやり取りするように備えられている。

30

【 0 0 3 5 】

さらに図 5 に図示されているように、基板ホルダ 4 0 0 は、温度監視システム 4 6 0 と結合する 1 以上の温度センサ 4 6 2 をさらに有して良い。1 以上の温度センサ 4 6 2 は、基板 4 1 0 の温度を測定するように備えられて良い、及び / 又は 1 以上の温度センサ 4 6 2 は、基板支持体 4 3 0 の温度を測定するように備えられて良い。たとえば 1 以上の温度センサ 4 1 0 は、図 5 に図示されているように基板支持体 4 3 0 の下側面の温度、又は基板 4 1 0 の基盤の温度が測定される、ように設置されて良い。

40

【 0 0 3 6 】

温度センサは、光ファイバ温度計、光学パイロメータ、特許文献 5 に記述されているようなバンド端温度計システム、又は (破線で示されている) K 型熱電対のような熱電対を有して良い。光学温度計の例には、アドバンスドエナジー社から市販されている OR 2 0 0 0 F 型光ファイバ温度計、ラクストロンコーポレーションから市販されている M 6 0 0

50

型光ファイバ温度計、又は高岳製作所から市販されているFT-1420型光ファイバ温度計が含まれる。

【0037】

温度監視システム460は、プロセス前、プロセス中又はプロセス後に、加熱素子、冷却素子、背面ガス供給システム、又はESC用のHVDC電圧供給体のうちの少なくとも1を調節するために制御装置450へセンサ情報を供して良い。

【0038】

制御装置450は、マイクロプロセッサ、メモリ、及びデジタルI/Oポート(場合によってはD/A及び/又はA/Dコンバータを含む)を有して良い。そのデジタルI/Oポートは、基板ホルダ400への入力を送りかつ活性化させ、及び基板ホルダ400からの出力を監視するのに十分な制御電圧を発生させる能力を有する。図5に図示されているように、制御装置450は加熱素子制御ユニット432、冷却素子制御ユニット422、HVDC電圧供給体434、背面ガス供給システム及び温度監視システム460と結合して、これらと情報をやり取りして良い。プロセスを実行するためのプロセスレシピに従って、メモリ中に保存されるプログラムは、基板ホルダ400に係る上述の構成要素と相互作用するように利用されて良い。制御装置450の一例は、デルコーポレーションから販売されているデル・プレジジョン・ワークステーション(DELLEPRECISIONWORKSTATION610TM)である。

【0039】

制御装置450は汎用コンピュータ、プロセッサ、デジタル信号プロセッサ等として実装されて良い。制御装置450は、基板ホルダに、コンピュータによる読み取り可能な媒体内に含まれる1以上の命令に係る1以上のシーケンスを実行する制御装置450にตอบสนองして、本発明のプロセス工程の一部又は全部を実行させる。コンピュータによる読み取り可能な媒体又はメモリは、本発明の教示に従ってプログラムされた命令を保持するように備えられている。コンピュータによる読み取り可能な媒体又はメモリは、データ構造体、テーブル、レコード又は本明細書で述べられている他のデータを有して良い。コンピュータによる読み取り可能な媒体の例には、コンパクトディスク(たとえばCD-ROM)、ハードディスク、フロッピーディスク、テープ、磁気光学ディスク、PROMs(EPROM、EEPROM、フラッシュEPROM)、DRAM、SRAM、SDRAM、他の如何なる磁気媒体、他の如何なる光学媒体、パンチカード、ペーパーテープ、穴のパターンを有する他の物理媒体、搬送波、又はコンピュータで読み取りが可能な他の如何なる媒体がある。

【0040】

制御装置450は、基板ホルダ400に対して局所的に設けられても良いし、又はインターネット若しくはイントラネットを介して基板ホルダ400に対して遠くに設けられても良い。よって制御装置450は、直接接続、イントラネット、インターネット、及びワイヤレス接続のうちの少なくとも1を用いて、基板ホルダ400とデータのやり取りをして良い。制御装置450は、たとえば顧客の側(つまり素子メーカー等)でイントラネットと接続して良いし、又は、たとえば装置供給元(つまり装置製造メーカー)の側でイントラネットと接続しても良い。さらに、別なコンピュータ(つまり制御装置、サーバ等)は、たとえば直接接続、イントラネット、インターネット、及びワイヤレス接続のうちの少なくとも1を介してデータのやり取りをする制御装置450へアクセスして良い。

【0041】

任意で、基板ホルダ400は電極を有して良い。その電極を介して、RF出力は、基板410の上にあるプロセス領域内でプラズマと結合する。たとえば支持体基盤420は、RF発生装置からインピーダンス整合ネットワークを通して基板ホルダ400へ向かうRF出力の透過を介したRF電圧で電氣的にバイアス印加されて良い。RFバイアスは、電子を加熱することでプラズマの生成及び保持をする、並びに/又は基板410に入射するイオンエネルギーを制御するために基板410にバイアス印加する役割を果たして良い。この構成では、システムは反応性イオンエッチング(RIE)炉として動作して良い。チ

10

20

30

40

50

チャンバ及び上側ガス注入電極は接地面として機能する。RFバイアスの典型的周波数は、1 MHz から 100 MHz の範囲であって良く、13.56 MHz であることが好ましい。

【0042】

あるいはその代わりに、RF出力は、他種類の周波数で、基板ホルダ電極に与えられて良い。さらにインピーダンス整合ネットワークは、出力の反射を最小にすることによって、プロセスチャンバ内のプラズマへのRF出力の付与を最大にする役割を果たして良い。様々な整合ネットワークトポロジー（たとえばL型、型、T型など）及び自動制御法が利用されて良い。

【実施例4】

【0043】

ここで図6を参照して、別な実施例に従った基板ホルダについて説明する。基板ホルダ500は、第1温度を有しかつ基板510を支持するように備えられた基板支持体530、該基板支持体530の下に位置しかつ第1温度よりも低い（つまり基板510の所望温度よりも低い）第2温度になるように備えられた温度制御された支持体基盤520、並びに、基板支持体530及び温度制御された支持体基盤520との間に設けられた断熱材540、を有する。それに加えて、基板支持体530は、該基板支持体530と結合しかつ前記基板支持体530の温度を昇温するように備えられた、（基板510の下でほぼ中心領域に位置する）中心加熱素子533、及び（基板510の下でほぼ端部すなわち周辺領域に位置する）端部加熱素子531を有する。さらに支持体基盤520は、該支持体基盤520と結合する1以上の冷却素子521を有する。その1以上の冷却素子521は、断熱材540を介して基板支持体530から熱を除去することによって基板支持体530の温度を減少させるように備えられている。

【0044】

図6に図示されているように、中心加熱素子533及び端部加熱素子531は、加熱素子制御ユニット532と結合する。加熱素子制御ユニット532は、各加熱素子の従属又は独立制御を供するように備えられ、かつ制御装置550と情報のやり取りをする。

【0045】

それに加えて図6に図示されているように、基板ホルダ500は、基板支持体530内部に埋め込まれた1以上のクランプ電極535を有する静電クランプ（ESC）をさらに有して良い。ESCは、電氣的に接続を介してクランプ電極535と結合する高電圧（HV）DC電圧供給体534をさらに有する。係るクランプの設計及び実装は、静電クランプシステム分野の当業者には周知である。さらにHV DC電圧供給体534は、制御装置550と結合し、かつ制御装置550と情報をやり取りするように備えられている。

【0046】

さらに図6に図示されているように、基板ホルダ500は、2のガス供給ライン及び複数のオリフィスとチャネルのうちの少なくとも2（図示されていない）を介して基板510の背面へ、伝熱ガスを供給する背面ガス供給システム536をさらに有して良い。伝熱ガスとはたとえば、ヘリウム、アルゴン、キセノン、クリプトンを含む不活性ガス、プロセスガス、又は、酸素、窒素若しくは水素を含む他のガスである。背面ガス供給システム536はたとえば、2領域系（中心/端部）又は3領域系（中心/半径方向の中間/端部）のような多領域供給システムであって良い。背面圧は、半径方向に中心から端部へ向けて変化して良い。さらに背面ガス供給システム536は、制御装置550と結合し、かつ制御装置550と情報をやり取りするように備えられている。

【0047】

さらに図6に図示されているように、基板ホルダ500は、基板510の下のほぼ中心領域での温度を測定する中心温度センサ562、及び、基板510の下のほぼ端部領域での温度を測定する端部温度センサ564をさらに有する。中心温度センサ562及び端部温度センサ564は、温度監視システム560と結合する。

【0048】

10

20

30

40

50

ここで図 8 を参照して、別な実施例に従ったプロセスシステム内にある基板ホルダ上の基板温度を制御する方法 700 を示す。たとえば温度制御手順は、図 1 から図 6 で説明されている基板ホルダのいずれか 1 を有するプロセスシステム中でのプロセスに係る複数のプロセス工程が付随して良い。方法 700 は、工程 710 において基板ホルダ上に基板を設けることから始まる。

【0049】

基板ホルダは、少なくとも基板の内側領域及び外側領域の温度、並びに / 又は基板ホルダの温度を知らせる複数の温度センサを有する。それに加えて基板ホルダは、内側領域を加熱する第 1 加熱素子、外側領域を加熱する第 2 加熱素子、並びに内側領域及び外側領域を冷却する冷却素子を有する支持体基盤を有する。第 1 加熱素子及び第 2 加熱素子並びに冷却素子は温度制御システムによって制御されることで、基板ホルダを選択可能な設定温度に維持する。さらに基板ホルダは、基板支持体と支持体基盤との間に設けられた断熱材を有する。

10

【0050】

720 では、基板は第 1 温度プロファイルに設定される。温度制御システムを用いることで、第 1 温度プロファイル（たとえば基板温度）よりも低い支持体基盤の第 1 基盤温度、並びに第 1 内側設定温度及び第 1 外側設定温度が選択される。その後温度制御システムは、冷却素子並びに第 1 及び第 2 加熱素子を調節することで、上述の選択された温度を実現する。

【0051】

730 では、基板は第 2 温度プロファイルに設定される。温度制御システムを用いることで、支持体基盤の第 2 基盤温度、並びに第 2 内側設定温度及び第 2 外側設定温度が選択される。その後温度制御システムは、任意で冷却素子を調節することで第 1 基盤温度を変化させ、かつ第 2 内側及び外側設定温度が実現されるまで内側及び外側加熱素子を調節することによって、第 1 温度プロファイル（つまり第 1 内側及び外側設定温度）から第 2 温度プロファイル（つまり第 2 内側及び外側設定温度）へ基板温度を変化させる。

20

【0052】

一例では、基板温度が、第 1 温度プロファイルから第 2 温度プロファイルへ上昇（又は減少）一方で、第 2 基盤温度は、第 1 基盤温度と同一のままである。第 1 温度プロファイルから第 2 温度プロファイルへ基板を加熱（又は冷却）するため、内側及び外側加熱素子へ供給される電力は増大（又は減少）する。

30

【0053】

別な例では、基板温度が、第 1 温度プロファイルから第 2 温度プロファイルへ上昇（又は減少）一方で、第 2 基盤温度は第 1 基盤温度と異なる値に変化する。第 1 温度プロファイルから第 2 温度プロファイルへ基板を加熱（又は冷却）するため、内側及び外側加熱素子へ供給される電力は増大（又は減少）する一方で、第 1 基盤温度から第 2 基盤温度へ変化させるため、冷却素子に供給される電力は増大（又は減少）する。よって本発明の一の実施例に従うと、基板温度を制御するとき、支持体基盤の温度は、基板支持体を支援するために変化する。本願発明者らは、支持体基盤に係るこの温度変化によって、基板のより正確及び / 又は急速な温度遷移が供されることを理解していた。

40

【0054】

温度制御システムは、温度監視システムによって供される測定値に応じて、温度を安定的に調節する制御アルゴリズムを利用する。その制御アルゴリズムは、たとえば PID（比例（proportional）、積分（integral）、微分（derivative））コントローラであって良い。PID コントローラでは、s 領域（つまりラプラス空間）での伝達関数は、以下のように表すことができる。

【0055】

$$G_c(s) = K_p + K_D s + K_I s^{-1} \quad (1)$$

ここでは K_p 、 K_D 、 K_I は定数で、本明細書では PID パラメータの組と呼ぶ。制御アルゴリズムに係る設計上の課題は、温度制御システムの所望の特性を実現する PID パ

50

ラメータの組を選択することである。

【0056】

図7Aを参照すると、PIDパラメータの組が異なることで如何に温度応答が変化するかを示す、複数の典型的な温度の時間変化が図示されている。各場合において、温度は第1値から第2値へ増加する。温度601の第1時間変化は、たとえば相対的に小さな値の K_I を有する相対的に変化の大きな制御方法を示している。その時間変化は、“オーバーシュート”を示し、一連の振動がそのオーバーシュートに続く。温度602の第2時間変化は、たとえば相対的に大きな値の K_I を有する相対的に変化の小さな制御方法を示している。その時間変化は相対的に遅く、徐々に第2温度へ上昇する。温度603の第3時間変化は、たとえば時間変化601に係る K_I と時間変化603に係る K_I との間の値の K_I を有する所望である穏やかな変化する制御方法を示している。その時間変化は、オーバーシュートすることなく、第2温度へ相対的に速く上昇する。しかし本願発明者らは、1のPIDパラメータの組のみを用いるのは、安定性及び上昇速度にとっての所望条件を供するには十分ではないことを理解していた。

10

【0057】

一の実施例に従うと、2組以上のPIDパラメータの組が、初期値と最終値との間の温度の迅速かつ安定な調節を実現するのに利用される。図7Bは、2組のPIDパラメータを利用した温度600の典型的な時間変化を図示している。PIDパラメータの第1組は第1時間経過622に用いられ、PIDパラメータの第2組は第2時間経過624に用いられる。第1時間経過は、温度の最終値からの温度オフセット620を設定することによって決定されて良い。たとえば温度オフセットは、初期値と最終値との間の温度差の約50%から99%の範囲であって良い。それに加えて、たとえば温度オフセットは、初期値と最終値との間の温度差の約70%から95%の範囲であって良い。望ましくは、温度オフセットは、初期値と最終値との間の温度差の約80%から95%の範囲であって良い。

20

【0058】

たとえば相対的に変化の大きいPIDパラメータの組が第1時間経過622に用いられて良い一方で、相対的に変化の小さいPIDパラメータの組は第2時間経過624に用いられて良い。あるいはその代わりに、たとえばPIDパラメータ K_D が、第1のPIDの組から第2のPIDの組へ増加して良く、PIDパラメータ K_I が、第1のPIDの組から第2のPIDの組へ減少して良いし、両方が起こっても良い。

30

【0059】

たとえ本発明の特定実施例のみが上で説明されたとしても、本発明の新規な教示及び利点から実質的に逸脱することなく、実施例に係る多くの修正型が可能であることは、当業者にはすぐ分かる。従ってすべての係る修正型は、本発明の技術的範囲内に含まれると解される。

【図面の簡単な説明】

【0060】

【図1】本発明の実施例に従った基板処理システムのブロック図を示している。

【図2A】本発明の実施例に従った基板ホルダの概略的断面図を示している。

【図2B】基板ホルダの熱伝導性及び基板温度の典型的プロファイルを図示している。

40

【図3】本発明の別な実施例に従った基板ホルダの概略的断面図を示している。

【図4】本発明の別な実施例に従った基板ホルダの概略的断面図を示している。

【図5】本発明の別な実施例に従った基板ホルダの概略的断面図を示している。

【図6】本発明の別な実施例に従った基板ホルダの概略的断面図を示している。

【図7A】典型的な温度の時間変化を図示している。

【図7B】典型的な温度の時間変化を図示している。

【図8】本発明の実施例に従った基板温度の調節方法のフローチャートを図示している。

【符号の説明】

【0061】

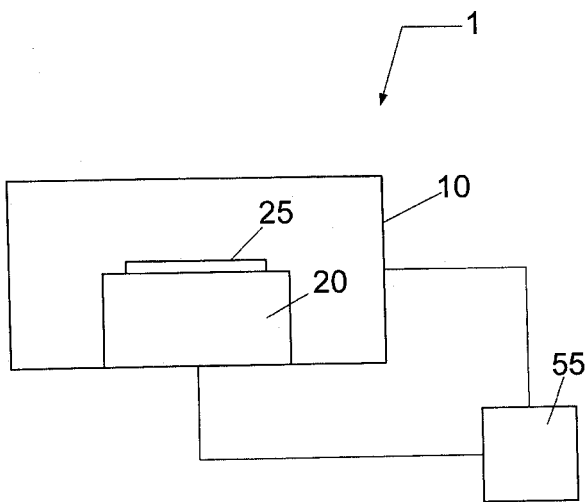
1 材料プロセスシステム

50

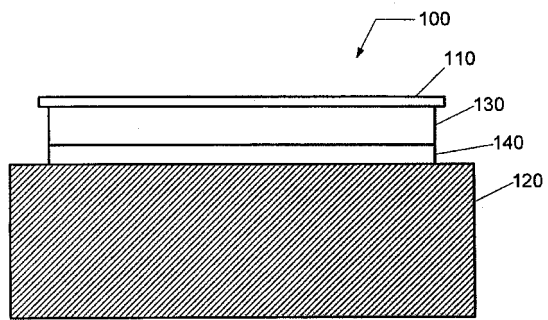
1 0	プロセスツール	
2 0	基板ホルダ	
2 5	基板	
5 5	制御装置	
1 0 0	基板ホルダ	
1 1 0	基板	
1 2 0	温度制御された支持体基盤	
1 3 0	基盤支持体	
1 4 0	断熱材	
2 0 0	基板ホルダ	10
2 1 0	基板	
2 2 0	温度制御された支持体基盤	
3 3 0	基盤支持体	
2 4 0	断熱材	
3 0 0	基板ホルダ	
3 1 0	基板	
3 2 0	温度制御された支持体基盤	
3 3 0	基盤支持体	
3 4 0	断熱材	
3 4 2	隆線	20
3 4 4	中心領域	
3 4 6	周辺領域	
4 0 0	基板ホルダ	
4 1 0	基板	
4 2 0	温度制御された支持体基盤	
4 2 1	冷却素子	
4 2 2	冷却素子制御ユニット	
4 3 0	基盤支持体	
4 3 1	加熱素子	
4 3 2	加熱素子制御ユニット	30
4 3 4	高電圧 D C 電圧供給体	
4 3 5	クランプ電極	
4 3 6	背面ガス供給システム	
4 4 0	断熱材	
4 5 0	制御装置	
4 6 0	温度監視システム	
4 6 2	温度センサ	
5 0 0	基板ホルダ	
5 1 0	基板	
5 2 0	温度制御された支持体基盤	40
5 2 1	冷却素子	
5 2 2	冷却素子制御ユニット	
5 3 0	基盤支持体	
5 3 1	端部加熱素子	
5 3 2	加熱素子制御ユニット	
5 3 3	中央加熱素子	
5 3 4	高電圧 D C 電圧供給体	
5 3 5	クランプ電極	
5 3 6	背面ガス供給システム	
5 4 0	断熱材	50

- 5 5 0 制御装置
- 5 6 0 温度監視システム
- 5 6 2 中央温度センサ
- 5 6 4 端部温度センサ
- 6 0 0 温度
- 6 0 1 温度
- 6 0 2 温度
- 6 0 3 温度
- 6 2 0 温度オフセット
- 6 2 2 第1時間間隔
- 6 2 4 第2時間間隔
- 7 0 0 プロセス方法
- 7 1 0 工程
- 7 2 0 工程
- 7 3 0 工程

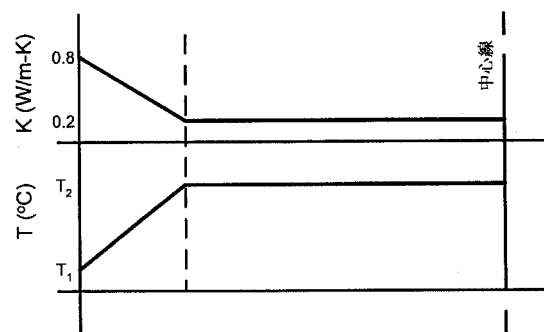
【図1】



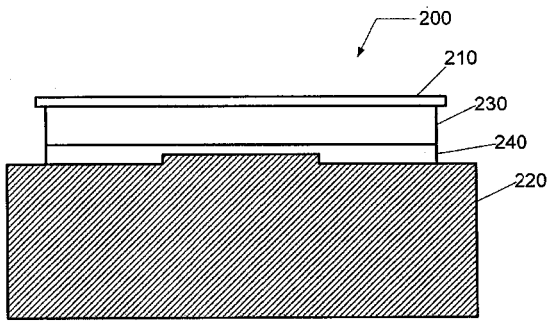
【図2A】



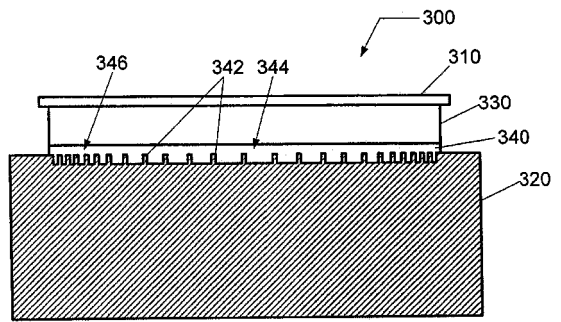
【図2B】



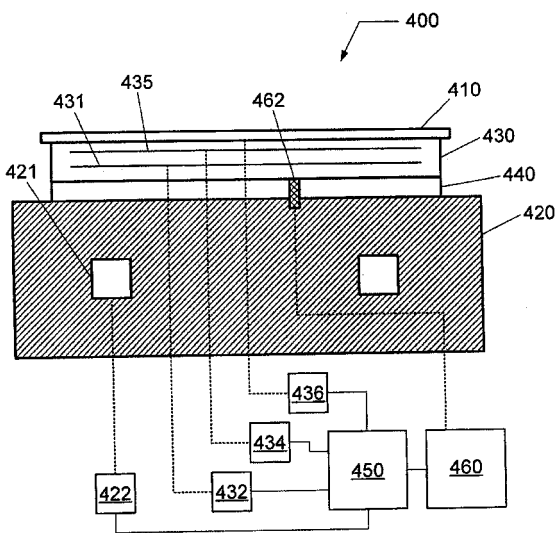
【図3】



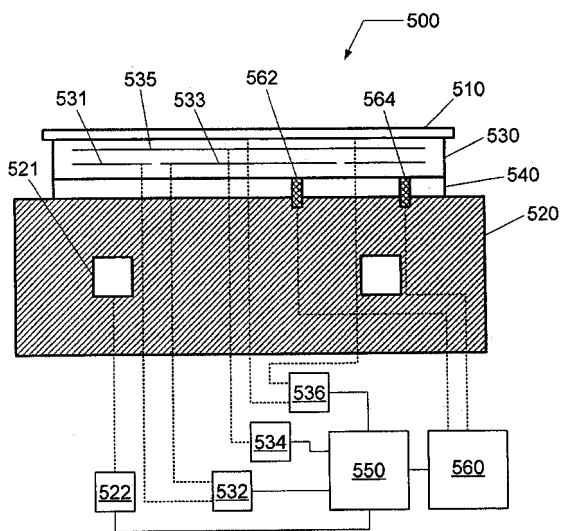
【図4】



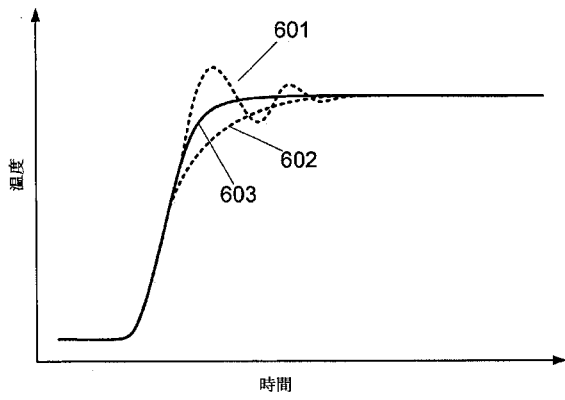
【図5】



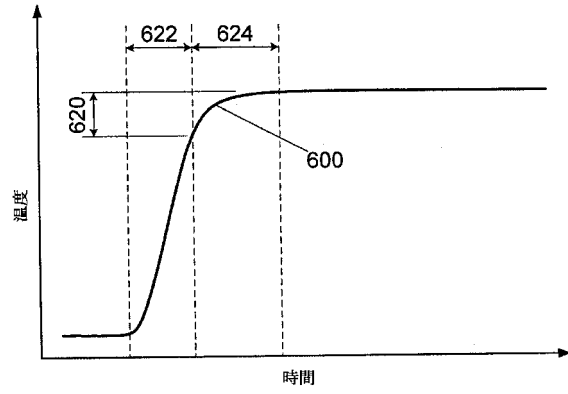
【図6】



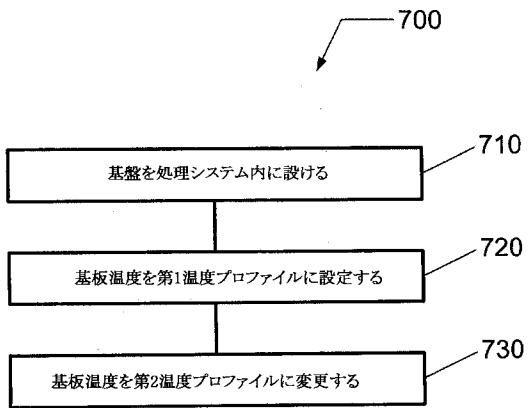
【図7A】



【図7B】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-104113(JP,A)
特開2001-068538(JP,A)
特開平09-213781(JP,A)
特表2008-522446(JP,A)
特表2004-533718(JP,A)
特開平11-087481(JP,A)
特開2005-032898(JP,A)
特開2005-191056(JP,A)
特開平05-129210(JP,A)
特開2001-314761(JP,A)
特開平01-246723(JP,A)
特開2002-025912(JP,A)
特開2006-140455(JP,A)
特表2010-506381(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/67 - 21/687
B65G 49/06 - 49/07
H02N 13/00
B23Q 3/15
C23C 14/50
C23C 16/46
H01L 21/02
H01L 21/3065