

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第4868193号
(P4868193)

(45) 発行日 平成24年2月1日(2012.2.1)

(24) 登録日 平成23年11月25日(2011.11.25)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 21/3065 (2006.01)	H O 1 L 21/302 1 O 4 H
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 7 2 A
H O 5 H 1/00 (2006.01)	H O 5 H 1/00 A
H O 5 H 1/46 (2006.01)	H O 5 H 1/46 A
G O 3 F 7/42 (2006.01)	G O 3 F 7/42

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-339066 (P2000-339066)	(73) 特許権者 500266634 アクセリス テクノロジーズ インコーポ レーテッド アメリカ合衆国 マサチューセッツ O 1 9 1 5 ベバリー チェリー ヒル ドラ イブ 1 O 8
(22) 出願日 平成12年11月7日(2000.11.7)	(74) 代理人 100068618 弁理士 萼 経夫
(65) 公開番号 特開2001-203195 (P2001-203195A)	(74) 代理人 100104145 弁理士 宮崎 嘉夫
(43) 公開日 平成13年7月27日(2001.7.27)	(74) 代理人 100109690 弁理士 小野塚 薫
審査請求日 平成19年11月7日(2007.11.7)	
(31) 優先権主張番号 436681	
(32) 優先日 平成11年11月9日(1999.11.9)	
(33) 優先権主張国 米国 (US)	
前置審査	
	最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置、温度制御装置及びその制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ発生器（14）と、これに連通する処理室（16）とを含み、前記プラズマ発生器内のプラズマが前記処理室内を通過し、かつこの処理室内に置かれた基板（18）の表面と反応するプラズマ処理装置（10）のための温度制御装置（20、22、24）であって、

(a) 複数のゾーン(a - n)内に配置された複数の放射加熱要素（58）を含み、前記各ゾーン(a - n)に、少なくとも1つの加熱要素と、前記基板に向けて放射要素から放射エネルギーを集束させるための集光反射器（56）とを備えて、前記基板（18）を加熱する放射加熱アセンブリ（20）と、

(b) 前記基板の温度フィードバック信号を与えるためのフィードバック機構（24）と、

(c) 温度設定点信号（27）と前記温度フィードバック信号を受信し、これらの信号に応じて、前記放射加熱要素の複数のゾーンに加えられる出力を独立に制御するコントローラ（22）とを含み、

(d) 前記コントローラ（22）は、

前記温度設定点信号（27）と前記温度フィードバック信号（25）との間の差（RS、TS、SS）の大きさに応じて、第1のランプ状態（82）、該第1のランプ状態（82）と第2の定常状態（84）との中間にある移行状態（86）、および前記第2の定常状態（84）において作動し、可変制御信号（89）を出力するPIDコントローラ（80）と、

前記可変制御信号（89）にตอบสนองして、プロセッサ（87）のメモリに記憶された温度ゾーンマップ（88）に基づいた前記第1のランプ状態（82）、前記移行状態（86）、および前

10

20

記第 2 の定常状態 (84) における放射加熱要素の複数のゾーン (a - n) に加えられる出力を、独立に制御する出力コントローラ (90) とを含むことを特徴とする装置。

【請求項 2】

プラズマ発生器 (14) と、これに連通する処理室 (16) とを含み、前記プラズマ発生器内のプラズマが前記処理室内を通過し、かつこの処理室内に置かれた基板 (18) の表面と反応するプラズマ処理装置 (10) に設けた基板 (18) の温度を制御するための方法であって、

(a) 複数のゾーン (a - n) 内に配置された複数の放射加熱要素 (58) を含み、前記各ゾーン (a - n) に、少なくとも 1 つの加熱要素と、前記基板に向けて放射要素から放射エネルギーを集束させるための集光反射器 (56) とを備える、放射加熱アセンブリ (20) を用いて前記基板 (18) を加熱し、

(b) フィードバック機構 (24) を用いて前記基板の温度フィードバック信号を供給し、

(c) 温度設定点信号 (27) と前記温度フィードバック信号を受信し、前記ゾーンに相当する数のパワーレベル制御信号 (79a - 79n) を出力するためのコントローラ (22) を用いて、放射加熱要素の複数のゾーンに加えられる出力を独立に制御する、各工程を含み、

(d) 前記コントローラ (22) は、前記温度設定点信号 (27) と前記温度フィードバック信号 (25) との間の差 ($\frac{R_s - T_s}{S_s}$) の大きさに応じて、第 1 のランプ状態 (82)、該第 1 のランプ状態 (82) と第 2 の定常状態 (84) との間にある移行状態 (86)、および前記第 2 の定常状態 (84) において、可変制御信号 (89) を出力する PID コントローラ (80) を作動させ、さらに、

前記可変制御信号 (89) に応答して、プロセッサ (87) のメモリに記憶された温度ゾーンマップ (88) に基づいた前記第 1 のランプ状態 (82)、前記移行状態 (86)、および前記第 2 の定常状態 (84) における放射加熱要素の複数のゾーン (a - n) に加えられる出力を独立に制御するための出力コントローラ (90) を用いることを特徴する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般的にフォトリソグラフィ技術のような半導体製造装置の分野に関し、特に集光反射器を使用する放射加熱装置、あるいは類似の装置に使用するものである。

【0002】

【従来の技術】

集積回路の製造において、フォトリソグラフィ技術は、基板上に集積回路パターンを形成するために使用される。典型的には、基板はフォトリソグラフ上に所望の回路パターンを描写するために、マスクを介して紫外線 (UV) 照射される部分をフォトリソグラフで被覆される。紫外線照射に曝されずに残された部分は、基板上の曝された部分のみを残して、溶解処理によって取り去られる。残された部分は、露光安定処理中に焼き付けられ、フォトリソグラフを次工程に耐えることができるようになる。

【0003】

このような処理の後に、集積回路の各要素が形成されるが、一般的に、焼き付けられたフォトリソグラフをウエハから取り除くことが必要である。加えて、エッチングのような工程を介して基板表面に持ち込まれた残存物は、取り除かれなければならない。一般的に、フォトリソグラフは、“アッシング (灰化)” されるか “焼き付け” られ、残留物に沿ってアッシングされあるいは焼き付けられたフォトリソグラフは、基板の表面から “はがされ”、あるいは “清浄化” される。

【0004】

フォトリソグラフや残留物を取り去る一つのやり方は、基板表面でマイクロ波のエネルギーを有するプラズマ処理によるものである。フォトリソグラフアッシング工程において、基板は赤外線放射によって、予め決められた温度まで、急速加熱される。アッシング工程中、基板表面の発熱反応、熱流方向での変化、及び基板の熱放射特性の変化は、基板上に絶え

間ない熱の過渡現象や温度勾配を生じる。基板は、望ましいレベルで安定状態の段階に維持されるとき、勾配はより少なく保たれるけれども、基板温度がこの望ましいレベルまで上昇するランプ状態中に、この温度勾配がより多く現れる。そのような熱変移及び温度勾配は、基板の不均一な加熱が、フォトレジストの不均一なアッシングを生じるので、アッシング工程では好ましくない。

【0005】

基板を均一に加熱する一つの手段は、複数の加熱ゾーンを用いる加熱構造を使用することであり、反射器によって基板の特定のゾーンへ向けられるそれぞれの出力照射が得られる。そのような場合、ゾーンの出力制御信号を決定することを助けるために、個々のゾーンからのそれぞれのフィードバック（例 光学パイロメータ出力信号）を使用して、加熱ゾーンが独立に制御されるので、反射器の形状は、あまり重要ではない。しかしながら、複数のパイロメータを使用する複雑さ及びコストに加えて、そのような装置では、一般的にそれぞれのゾーンに加えられる全出力で最大限に達成され得るものより、よりなだらかなランプ率（温度上昇率）であることを経験する。加えて、そのような装置は、光学パイロメータが一般的に200以下ではうまく作動しないので、低い温度処理工程では効率が悪い。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

したがって、本発明の目的は、フォトレジストや残留物を取り去るアッシング処理に用いるプラズマ処理装置、温度制御装置及びその制御方法を提供することである。

【0007】

本発明の更なる目的は、単一の温度フィードバック装置のみ使用して、基板の均一加熱を行う装置を提供することであり、また、低温（200以下）処理条件下で、温度を制御するような装置を提供することである。

さらに、本発明の目的は、ゾーン制御と熱反射器の組み合わせが、加熱される基板上のある点から別の点までの温度勾配が、設定温度値の2%以下である、定常状態に従う、最大勾配率を得るために使用されるような装置を提供することである。

【0008】

さらに本発明の目的は、必要とされるスイッチギアの大きさ、及び装置の取り付けに必要とされる面積を小さくするために、装置に要求されるピーク出力及び加熱源の数を減少することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明は各請求項に記載の構成を有する。

【0010】

また、本発明の温度制御装置は、プラズマ発生器と、これに連通する処理室とを含み、前記プラズマ発生器内のプラズマが前記処理室内を通過し、かつこの処理室内に置かれた基板の表面と反応するプラズマ処理装置のために設けられている。この温度制御装置は、複数のゾーン内に配置された複数の放射加熱要素を含み、前記各ゾーンに、少なくとも1つの加熱要素と、前記基板に向けて放射要素から放射エネルギーを集束させるための集光反射器とを備えて、前記基板を加熱する放射加熱アセンブリと、前記基板の温度フィードバック信号を与えるためのフィードバック機構と、温度設定点信号と前記温度フィードバック信号を受信し、これらの信号に応じて、前記放射加熱要素の複数のゾーンに加えられる出力を独立に制御するコントローラとを含み、前記コントローラは、前記温度設定点信号と前記温度フィードバック信号との間の差（ $R_{TS} - T_{SS}$ ）の大きさに応じて、第1のランプ状態、第1のランプ状態と第2の定常状態との中間にある移行状態、および前記第2の定常状態において作動し、可変制御信号（89）を出力するPIDコントローラと、前記可変制御信号（89）に応答して、プロセッサのメモリに記憶された温度ゾーンマップ（88）に基づいた前記第1のランプ状態、前記移行状態、および前記第2の定常状態における放射加熱要素の複数のゾーン(a-n)に加えられる出力を独立に制御する出力

コントローラとを含んでいる。

【 0 0 1 1 】

このコントローラは、P I D 閉ループコントローラ及びランプ出力コントローラを含んでいる。P I D 閉ループコントローラは、温度フィードバック信号だけでなく、オペレータが選択した処理設定（例えば、水温設定、処理室の壁温度、混合ガス及び質量流量）を受信し、そして、出力コントローラへの制御変数出力を調整する。出力コントローラは、P I D 閉ループコントローラの操作と平行して、しかし独立して操作され、温度フィードバック信号を受信し、それを温度設定点信号と比較する。それから出力コントローラは、放射加熱要素を有する複数のゾーンに加えられる出力を調整する。

【 0 0 1 2 】

出力コントローラは、温度設定点信号と温度フィードバック信号との間の差（ ）の大きさに応じて、少なくとも第 1 のランプ状態および第 2 の定常状態において作動する。出力コントローラは、制御変数とは独立に、記憶された温度ゾーンマップに応じて、複数のゾーンの放射加熱要素に加えられる出力を調整する。ゾーンマップは、(i) 設定点温度への勾配及び(ii) 定常状態条件の双方に対するシステム作動条件の変化に対してルックアップ表の形式でプロセッサのメモリ内に格納することが可能である。

【 0 0 1 3 】

ゾーンマップにより、P I D 閉ループコントローラからの制御変数信号とは独立して、各ゾーンのランプ配列の独立した状態調整によって、プロセッサが出力コントローラの出力を制御することができる。異なる処理の設定のためのゾーンマップは、ウエハの異なる部分の照射密度の調整、例えば、中心から端部への調整を可能とする。上記マップはまた、処理室の外形及び壁温度の放射による冷却効果、特に処理中にウエハの中心から端部への急激な温度勾配を生じる冷却効果を補償する加熱装置を可能にする。

【 0 0 1 4 】

各ゾーンに加えられる出力は、式

$$P_{\text{actual}} = P_{\text{maximum}}(d)^{.77}$$

（ここで、d は、個々のゾーンに加えられる適用可能な出力の割合に等しい。）に従う出力コントローラ内部のゾーンマップにより変更可能である。変数dは、出力コントローラのプロセッサメモリのルックアップ表の形式で記憶される。

【 0 0 1 5 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。図 1 において、フォトリソスト用アッシャー装置（プラズマ処理装置）10 が示され、この装置は、ガスボックス 12、マイクロ波出力発生器（プラズマ発生器）14、ウエハ 18 等の半導体基板を加熱する処理室 16、この処理室 16 の底部に配置されてウエハ 18 を加熱する放射加熱アセンブリ (radiant heater assembly) 20、およびこの加熱アセンブリへの出力を制御するコントローラ 22 とを含んでいる。

【 0 0 1 6 】

熱電対等の温度プローブ 24 が、ウエハ 18 の温度を監視するのに用いられ、その値を表す信号をコントローラ 22 に供給する。真空ポンプ 26 は、必要な真空状態を処理するために処理室 16 を排気するのに使用される。モノクロメータ 28 は、処理室内のガスの光放出特性を監視してアッシング処理における終了点を決定するために使用される。ここで、放射加熱装置 20、コントローラ 22、および温度プローブ 24 を含む構成を温度制御装置という。

【 0 0 1 7 】

作動において、所望のガスの混合物は、ガスボックス 12 から入口導管 34 を介してサファイア管 32 内に導かれる。所望の混合比を形成するガスは、分離した供給源 (図示略) に貯蔵され、バルブ 36 およびパイプ手段 38 によってガスボックス内で混合される。所望のガス混合物の一例は、形成ガス（一般的に数パーセントの水素ガスを含む主として窒素ガス）、酸素ガス及び炭素 を含んでいる。

【 0 0 1 8 】

所望のガス混合物は、マイクロ波出力発生器によって励起されて、反応性プラズマを形成する。このプラズマは、放射加熱アセンブリ 20 によって加熱されるとき、処理室 16 内でウエハ(基板) 18 上のフォトレジストをアッシングする。マグネトロン 40 は、導波管 42 に結合されてマイクロ波エネルギーを発生する。マイクロ波エネルギーは、導波管からプラズマが通るサファイア管 32 を取り囲むマイクロ波エンクロージャ 44 内の開口(図示略)を介して供給される。石英でできた外側管 46 は、わずかに離れたサファイア管 32 を取り囲んでいる。圧縮空気が管 32、46 の間の隙間に供給され、作業中サファイア管 32 を効果的に冷却する。

【 0 0 1 9 】

マイクロ波エンクロージャは、4つの部分 44a, 44b, 44c, 44d に区画されている。このエンクロージャの区分により、適当な入力供給されたとき、受入れがたい大きな温度勾配が長手軸線方向に沿って展開するのを防止する。エンクロージャの各部分は、石英管 46 を介して通過するマイクロ波エネルギーを分離して供給しており、かつサファイア管 32 は、エンクロージャを貫通する。内側サファイア管 32 内のガスは、プラズマを作り出すために励起される。マイクロ波トラップ 48, 50 がマイクロ波エンクロージャ 44 の両端部に設けられ、マイクロ波の漏れを防止する。

【 0 0 2 0 】

励起されたプラズマは、処理室の上部壁 52 に設けた開口(図示略)を介して処理室 16 に入る。反応性プラズマは、ウエハ 18 上のフォトレジストをアッシングする。ウエハ上のフォトレジストのアッシング率を均一にするために、次の点を保つ必要がある。(a) 反応性プラズマは、ウエハの表面を横切って均一に分配されなければならない。(b) 反応性プラズマの温度は、このプラズマによってウエハに加えられる熱エネルギーを最小にするように維持されなければならない。(c) 均一な温度は、ウエハの表面上で維持されなければならない。

【 0 0 2 1 】

開口した、二重層のバッフル板アセンブリ 54 は、上側バッフル板 54a と、下側バッフル板 54b からなり、処理されるウエハ 18 の表面上に反応性プラズマを均等に分配し、かつバッフル板アセンブリを通過する反応性プラズマの温度を下げる。

【 0 0 2 2 】

本発明は、ウエハ 18 を加熱するための放射加熱アセンブリ 20 と、このアセンブリへの出力を制御するためのコントローラ 22 (PID コントローラとランプコントローラを含む)と、この PID コントローラにウエハ温度をフィードバックするための熱電対 24 との組合せにより、具現化される。熱電対は、200 以下の測定で正確な温度をフィードバックさせる。この組合せは、ウエハ 18 の表面間の温度を処理設定点温度において 2 以内で均一に維持するように機能する。このような温度の均一性により、フォトレジストの均一なアッシング速度を常に保つ。

【 0 0 2 3 】

図 2 は、放射加熱アセンブリ 20 の平面図を示す。放射加熱アセンブリ 20 は、リフレクタ(集光反射器) 56 と、複数のタングステンハロゲンランプ 58 とを含み、このハロゲンランプは、内側環状アレイ 60 と外側環状アレイ 62 を形成している。これらの配列は、バルブリングまたはトラフと称することもできる。内側環状アレイ 60 に設けたランプ 58 は、内側環状リフレクタ 64 のトラフ内で互いに円周方向に等距離に配置され、このリフレクタは、ほぼ半球または断面がパラボラ形状を有する。同様に、外側環状アレイ 62 に設けられたランプ(放射加熱要素) 58 は、外側環状リフレクタ 66 のトラフ内で互いに円周方向に等距離に配置され、このリフレクタも、ほぼ半球または断面がパラボラ形状(図 1 参照)を有している。

【 0 0 2 4 】

パラボラまたは半球状(凹部)のリフレクタは、その形により、ランプが放射した熱を、処理室 16 内でピン 68 (図 1 参照)上に配置されたウエハ 18 の裏面に戻すように仕向

10

20

30

40

50

ける。外側環状リフレクタ 66 の外側エッジは、その上に配置されたウエハの外側エッジの半径方向外側まで少なくとも伸びており、ウエハのエッジが冷却されるのを防止している。ランプ 58 は、リフレクタ 56 の中央開口 70 の位置には配置されていない。その理由は、ウエハの中心部は、一般的に加熱中最も高い温度となるからである。リフレクタにおける中央開口 70 は、通路を備えており、処理室 16 は、この通路を介して真空ポンプ 26 (図 1 参照) により排気することができる。

【0025】

内側環状ランプアレイ 60 と外側環状ランプアレイ 62 は、制御目的のための各ゾーン (a-n) 内に区分される。図 2 に示すように、内側環状ランプアレイ 60 は、4 つのゾーンに区分された 8 つのランプを有し、各々のゾーンは、隣接配置された 2 つのランプを含んでいる。外側環状ランプアレイ 62 は、8 つのゾーン内に区分された 16 個のランプを有し、各々のゾーンは、隣接配置された 2 つのランプを含んでいる。このように、各ゾーン (a-n) には、隣接配置したランプを備えて、12 のゾーンに分割されており、合計で 24 個のランプ 58 を有する。もちろん、ゾーン (a-n) の数は、12 よりも少なく、または、多くすることができる。図 2 において、隣接するゾーンは、半径方向に延びる想像線によって区分されている。

【0026】

図 3 は、図 2 に示した放射加熱アセンブリ 20 のためのコントローラ 22 のより詳細に示すブロック図である。このコントローラ 22 は、第 1 レベル制御論理部 74、第 2 レベル制御論理部 76、および出力パワー供給源 78a~78n を含み、各供給源は、ランプ 58 を有する 12 ゾーンの 1 つを駆動する。第 1 レベル制御論理部 74 は、公知の形態である PID 閉ループコントローラ 80 を含んでおり、このコントローラは、熱電対 24 からのウエハの温度フィードバック信号 25 と、指定された処理法を介して作業者により選択された温度設定点信号 27 (例えば、80 ~ 300) とを入力として使用する。この PID 閉ループコントローラ 80 は、信号 25、27 を比較する比較器と、これら 2 つの信号間の差によって表れる誤差信号を増幅するためのアンプとを備えることが可能である。

【0027】

PID 閉ループコントローラ 80 は、ウエハの温度フィードバック信号と所望の温度設定点信号を比較する。これらの 2 つの信号間の差に基づいて、PID 閉ループコントローラ 80 は、第 2 レベル制御論理部 76 内で位相変調されたランプ出力コントローラ 90 に可変制御信号 89 を出力する。この可変制御信号 89 に応答して、ランプ出力コントローラ 90 は、出力パワー供給源 78a~78n によってランプ 58 の 12 ゾーンに供給される出力を制御信号 92 を介して制御する。

【0028】

第 2 レベル制御論理部 76 内のプロセッサ 87 は、入力として、熱電対 24 からのウエハ温度フィードバック信号 25 と、温度設定点信号 27 を受信する。これら 2 つの信号の大きさの差に基づいて、プロセッサは、ランプ出力コントローラ 90 が、ランプ状態 82 (初期の)、定常状態、または移行状態 86 (ランプ状態と定常状態の間) において、作動すべきか否かを決定する。

【0029】

プロセッサは、そのオペレーションソフトウェアでのルックアップ表または温度ゾーンマップ 88 を用いて、ランプ出力コントローラ 90 をどのように調整するかを決定し、作業の特定状態に対する特定ゾーンマップによって必要とされる温度を与えるためのパワー供給源 78a~78n を作り出さなければならない。一般的に、プロセッサ 87 は、ランプアレイにおける 12 のゾーンの各々に対する前段のゾーン出力レベルを再設定する。プロセッサ 87 によるこの動作は、PID コントローラ 80 からランプ出力コントローラ 90 によって受信される変数制御信号に無関係である。設定点信号 27 等の温度設定点信号、および温度ゾーンマップ 88 は、1 つ以上のメモリ装置 (図示略) に記憶される。

【0030】

図 4 は、図 3 のコントローラ 22 の第 2 レベル制御論理部 76 のより詳細なブロック図を

10

20

30

40

50

示す。図4に示すように、プロセッサ87は、所望の温度設定点と熱電対24の出力を入力として受信する。熱電対の出力は、それぞれの測定値を表すアナログ電圧信号の形式となっている。所望の温度設定点信号27とウエハ温度フィードバック信号25の間の差()の大きさに基づいて、プロセッサは、放射加熱アセンブリ20がどのような状態で作動するのかを決定する。

【0031】

例えば、作動において、特定の加熱処理(例えば、処理室の壁温度15において設定点温度270)の開始時において、設定点は、この点を越えることなく最適な温度勾配率を介してできるだけ早く達成できることが望ましい。初期の設定点温度とウエハ温度との差は、多分大きくなる。(設定点温度が270に対してウエハ周囲温度が22である。このように、プロセッサ87は、始めにランプ出力コントローラ90にランプ状態82を出力し、独立の各ゾーン出力供給源78の各々が各ゾーンの最大出力を供給するようになっている。

10

【0032】

ここで用いるように、最大出力は、必ずしも完全に100%の出力とは限らず、80%出力のように少ないものでもよく、この出力は、受入れ可能でかつ所望のランプ率を達成する。本発明において、各ゾーンに対する80パーセントの出力は、1秒当り約22~25の受入れ可能なウエハ温度の温度勾配を達成することがわかる。

【0033】

個々のゾーン制御は、リフレクタの設計が必要とする均一な放射照度を供給するので、ランプ状態82における装置の初期温度勾配に基づいて必要とされない。こうして、ランプ状態において、プロセッサ87は、プロセッサによって決定した作動のランプ状態に基づいてのみ、かつゾーンマップ88(80%に均一にセットされる。)ではなく、ランプ出力コントローラ90に制御信号を供給する。

20

【0034】

ウエハの温度設定点が所望の設定点に近く、例えば、温度設定点のプリセット百分率(例、20)以下になると、プロセッサ87は、ランプ出力コントローラへ移行状態86の信号を出力する。この移行状態の間、プロセッサ87は、温度ゾーンマップ88を見て、ランプ出力コントローラ90に出力するための制御信号の性質を決定する。ランプ出力コントローラ90は、この制御信号(およびPIDコントローラ80によって出力される変数制御信号89)に基づく出力供給源78a~78nに供給される信号92を調整する。

30

【0035】

温度ゾーンマップ88は、ランプアレイ60,62における異なるウエハゾーンのために入力パワー必要条件を記憶する本質的なルックアップ表である。このルックアップ表は、異なる処理温度およびウエハの形式と大きさに対して得られた経験的な処理データに基づく。また、温度ゾーンマップ88は、処理室52の設計における形状寸法またはウエハの加熱に影響する処理室内で公知の熱損失に対して補正するために変更することができる。

【0036】

例えば、温度ゾーンマップ88は、15に維持された壁を有する処理室52において、実行されるウエハ処理温度(270)に対するゾーン入力パワー必要条件の第1セットと、30に維持された壁を有する処理室52において実行されるウエハ処理温度(100)に対するゾーン入力パワー必要条件の第2セットとの間を識別しかつ区別することができる。いろいろな処理法が記憶(マップ化)され、かつ作業者により間接的にアクセスすることが可能である。作業者が選択する処理法に基づいて、オペレーティングソフトウェアが、プロセッサ87に供給されるべき特定のゾーンマップ88を選択する。

40

【0037】

処理の移行状態の過程、および所望の処理法に対する選択された温度ゾーンマップに基づいて、プロセッサ87は、制御信号をランプ出力コントローラ90に供給する。一般的に、この制御信号は、ランプアレイに供給されるパワーを減少させる。その結果、ウエハ温度が所望の設定点に近づくに従い、時間平均化されたランプ率に比較すると、ウエハの

50

加熱の増加率はゆっくりとなる。

【0038】

ウエハ温度フィードバックが所望の設定点に近づくと、例えば、温度設定点の1%以内に対して、プロセッサ87は、定常状態84の信号をランプ出力コントローラ90に発生する。再び、プロセッサ87は、定常状態および選択された温度ゾーンマップに基づいた制御信号をランプ出力コントローラ90に供給する。一般的に、(いつもとは限らないが)与えられた選択されたマップに対して、定常状態における制御信号は、出力コントローラ90に供給され、制御信号92を介して内側および外側ランプアレイに加えられる出力レベルをさらに減少させる。

【0039】

しかし、内側および外側ランプアレイに対する出力レベルは、定常状態とは多分異なるであろう。例えば、外側ランプアレイ62におけるゾーンは、70%の出力で作動させることができ、一方、内側ランプアレイ60におけるゾーンは、冷却壁の処理システムにおいて固有であるウエハエッジでの熱損失に対して制御するために、50%の出力で作動させることができる。もちろん、アレイにおける各ゾーンの全てを、同一の出力レベルで作動させる必要はない。同一アレイ内の異なるゾーンに対する出力レベルにおける変化は、処理室のウエハ載置スロットおよびドアアセンブリを含む処理室の形状寸法または処理室内の熱損失の既知の面積等の他のファクターに対して補正することが必要となる。

【0040】

定常状態中、ウエハ温度フィードバックは、PIDコントローラ80によって使用され、測定点でのウエハ温度を処理温度の設定点の2%以内に維持するためにランプ出力コントローラ90を調整する。さらに、ランプ出力コントローラ90は、適当なゾーンマップ88毎に、この場合、定常状態において内部の出力を調整する。このようにして、実際に加えられる出力は、上記の例において、要求されるPIDコントローラの出力信号89(外側アレイゾーンに対して)の70%であり、要求されるPIDコントローラの出力信号89(内側アレイゾーンに対して)の50%である。

【0041】

熱電対(図1参照)等の1つ以上の温度センサ72が、処理室の壁52の内側に取り付けられ、壁面温度を表示する。このようなセンサは、処理室の壁の温度を維持するための加熱/冷却システムに用いられるが、本発明のゾーン制御された照射ウエハの加熱システムに対する直接入力としては使用されない。しかし、温度ゾーンマップは、本発明の温度ゾーンマップは、本発明におけるウエハの加熱システムに直接影響し、かつ処理室の壁温度に一部基づくので、温度センサおよび処理室壁面の加熱/冷却システムは、正確で信頼性のあるウエハ加熱システムを提供するために効果的に作動しなければならない。

【0042】

図5は、時間に対するウエハ温度を表すグラフ図である。フィードバック用熱電対24によって与えられるウエハの温度は、作動のランプ状態、移行状態、および定常状態で示されている。所望の温度設定点信号27とウエハ温度フィードバック信号25との間の差()は、各状態(それぞれ、 R_S 、 T_S 、 S_S)に対して示されている。図で見られるように、本発明は、行き過ぎ量なしで所望の設定点に対する正確な見積りを与える。温度の行き過ぎが最小量に抑えられる場合、2つの段階(ランプ状態と定常状態)のために、温度設定点が迅速に達成されるように作業の中間移行段階が消去される。

【0043】

以上、ゾーン制御の放射加熱装置を与えるための方法および装置の好ましい実施形態をこれまで説明してきた。本発明を用いて、加熱されたウエハ基板上のある点から別の点までの温度勾配は、温度設定点の2%以下となることがわかった。しかし、上述したこれらの記載は、単に例示のためになされたものであり、本発明は、ここに記載した実施形態に限定されるものではなく、種々の変更及び修正を含み、添付された特許請求の範囲またはその技術的思想から逸脱しない上述の記載を含むものとする。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のゾーン制御される放射加熱装置に組み込まれるフォトレジスタアッシャーの側断面図である。

【図 2】図 1 のアッシャーにおける 2 - 2 線に沿って見た、放射加熱要素がゾーンに区分された状態を示す加熱装置の放射加熱アセンブリの上面図である。

【図 3】図 2 に示す放射加熱要素のためのコントローラのより詳細なブロック図である。

【図 4】図 3 のコントローラの第 2 レベル制御論理部制御器のより詳細なブロック図である。

【図 5】図 1 のフォトレジスタアッシャーを使用する、ウエハ温度対時間で表わされるグラフ図である。

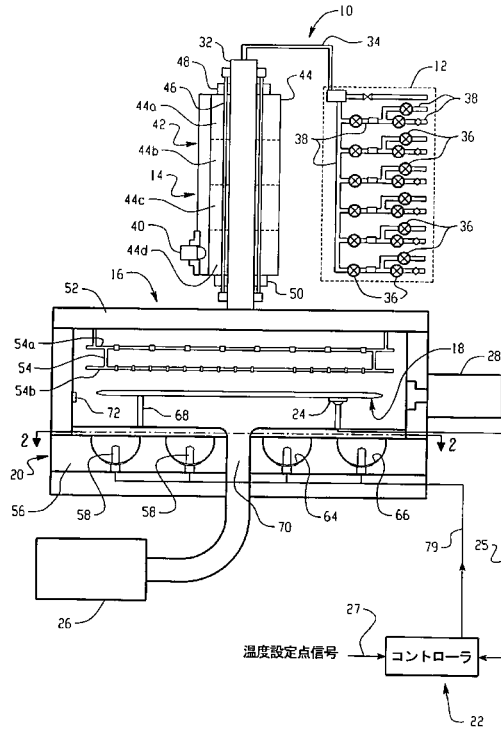
【符号の説明】

10

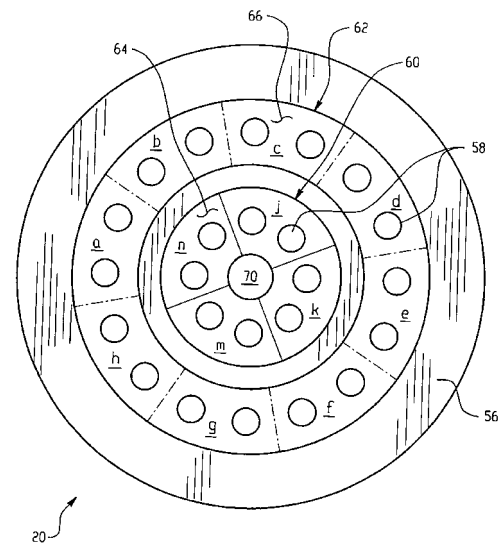
- 1 0 アッシャー装置
- 1 2 ガスボックス
- 1 4 マイクロ波発生器
- 1 6 処理室
- 1 8 ウエハ
- 2 0 放射加熱アセンブリ
- 2 2 コントローラ
- 2 4 熱電対
- 2 5 温度フィードバック信号
- 2 7 温度設定点信号
- 5 2 上部壁
- 5 6 集光反射器
- 5 8 ランプ
- 6 0 環状アレイ
- 7 2 温度センサ
- 7 4 第 1 レベル制御論理部
- 7 6 第 2 レベル制御論理部
- 7 8 出力供給源

20

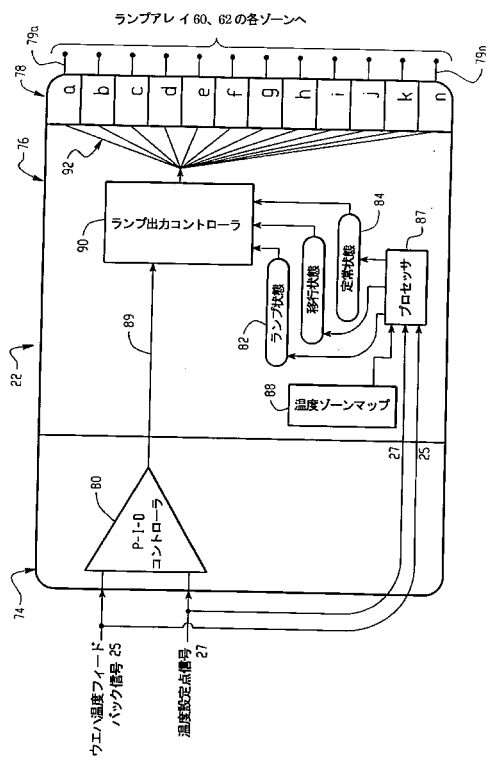
【図 1】



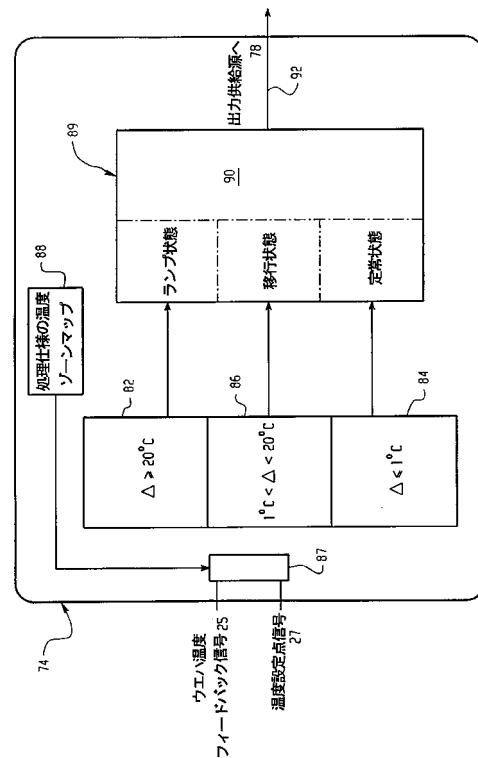
【図 2】



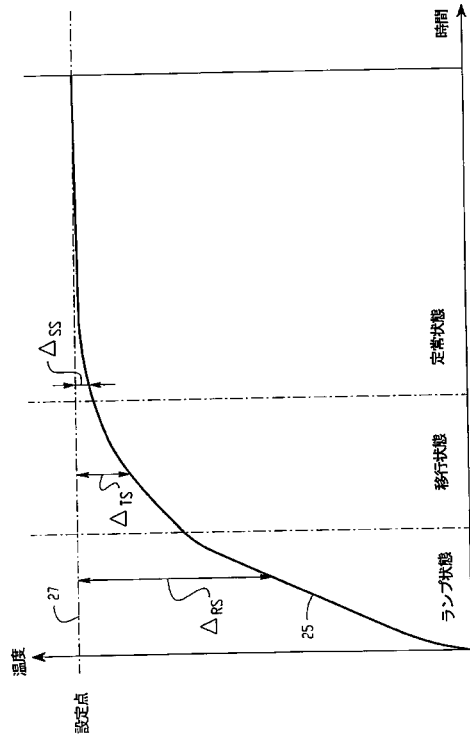
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 デビッド ウィリアム キンナード
アメリカ合衆国 メリーランド 20832 オルニー シャロー ブルック レイン 4120
(72)発明者 アンドレ ギル カルドソ
ポルトガル国 4700-029 ブラガ ルア ディオゴ テイベ 223

審査官 今井 淳一

- (56)参考文献 特開平06-224135(JP,A)
特開平08-167590(JP,A)
特開平10-070112(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/3065
H01L 21/027
H05H 1/00
H05H 1/46
G03F 7/42