

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第6088970号
(P6088970)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/26 (2006.01)

HO 1 L 21/31 (2006.01)

HO 1 L 21/26 G

HO 1 L 21/31 E

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2013-521130 (P2013-521130)	(73) 特許権者	510158794
(86) (22) 出願日	平成23年7月27日 (2011.7.27)		テーエーエル・ソーラー・アーゲー
(65) 公表番号	特表2013-541176 (P2013-541176A)		スイス・CH-9477・トリューバッハ
(43) 公表日	平成25年11月7日 (2013.11.7)		・ハウプトシュトラッセ・1アー
(86) 国際出願番号	PCT/EP2011/062912	(74) 代理人	110000154
(87) 国際公開番号	W02012/013707		特許業務法人はるか国際特許事務所
(87) 国際公開日	平成24年2月2日 (2012.2.2)	(72) 発明者	ピンク エドウィン
審査請求日	平成26年7月25日 (2014.7.25)		スイス チュール エンガディンシュトラ
(31) 優先権主張番号	61/367, 910		ーセ 12
(32) 優先日	平成22年7月27日 (2010.7.27)	(72) 発明者	ホッツ フィリップ
(33) 優先権主張国	米国 (US)		スイス チュール ベルクガッセ 10
		審査官	右田 勝則
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加熱配置構成及び基板を加熱するための方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板（2）を処理するための真空処理システムであって、処理される前記基板（2）を基板平面（4）に保持するための格納容器（1）を有し、

前記格納容器（1）は、第1の反射手段（6）と、第1の平面表面（10）及び反対側の第2の平面表面（11）を有する加熱手段（5）とを備え、

前記加熱手段（5）は、前記第1の平面表面（10）及び前記第2の平面表面（11）を介することによってのみ加熱用エネルギーを照射するように構成され、

前記第1の反射手段（6）は、前記加熱手段（5）によって照射される前記加熱用エネルギーを前記基板平面（4）上に反射するように構成され、

前記加熱手段（5）は、前記第1の平面表面（10）が前記第1の反射手段（6）の方を向くように配置され、前記第1の反射手段（6）から生じる反射によって前記基板（2）を照射するように構成され、

前記加熱手段（5）は、前記第2の平面表面（11）が前記基板平面（4）の方を向くように配置され、前記基板（2）を直接照射するように構成され、

前記加熱手段（5）は、それぞれが長さ（c）、幅（a）、及び厚さ（b）を有する複数の矩形加熱素子（14）を備え、

前記加熱素子（14）は、直列に及び／又は並列に電気接続され、

前記加熱素子（14）は、前記加熱手段（5）の前記第1の平面表面（10）と前記第2の平面表面（11）とをそれぞれ形成する平面であって、かつ、前記基板平面（4）に

平行な平面に、前記加熱素子（１４）の幅（ａ）及び長さ（ｃ）に沿って配置され、

前記格納容器（１）は、前記反射手段（６、７）を冷却するための冷却ユニット（８）を備え、

前記反射手段（６、７）は、前記加熱手段（５）の方を向いている第１の面（１２）と、前記加熱手段（５）の方を向いていない、反対側の第２の面（１３）とを備え、

前記冷却ユニット（８）は、前記反射手段（６、７）の前記第２の面（１３）上に設けられ、前記反射手段（６、７）と熱接触状態である、

基板を処理するための真空処理システム。

【請求項２】

前記格納容器（１）は、前記加熱手段（５）によって照射される前記加熱用エネルギーを前記基板（２）上に反射するように構成された第２の反射手段（７）を備え、

前記第２の反射手段（７）は、前記加熱手段（５）の前記第２の平面表面（１１）が前記第２の反射手段（７）の方を向き、前記基板平面（４）が、前記加熱手段（５）と前記第２の反射手段（７）との間に設けられるように配置される、

請求項１に記載の真空処理システム。

【請求項３】

前記加熱手段（５）の前記第２の平面表面は、前記基板平面（４）から５０mm以下、好ましくは４０mm以下、より好ましくは１０mm以下離れて配置される、

請求項１～２のいずれか１項に記載の真空処理システム。

【請求項４】

前記加熱手段（５）は、前記格納容器（１）内で保持可能な前記基板（２）の表面積より５％以上大きい表面積を有する２次元平面サイズを有し、

前記加熱手段（５）は、炭素複合材、炭素繊維強化炭素、炭素繊維、SiCコーティングした繊維、グラファイト、グラファイト繊維及び／又はSiC板からなる群から選択される材料を含み、かつ／又は、前記加熱手段（５）は、６００以上の温度に不変のまま耐える耐熱性材料を含む、

請求項１～３のいずれか１項に記載の真空処理システム。

【請求項５】

前記格納容器（１）は、前記加熱手段（５）を支持するための、及び／又は、前記加熱手段（５）に電気エネルギーを提供するためのバスバー（９）を備える、

請求項１～４のいずれか１項に記載の真空処理システム。

【請求項６】

前記格納容器（１）は、処理される前記基板（２）を前記基板平面（４）に保持するための基板キャリア（３）を備える、

請求項１～５のいずれか１項に記載の真空処理システム。

【請求項７】

各加熱素子（１４）は、前記それぞれの加熱素子（１４）の前記厚さ（ｂ）の５００倍以上である幅（ａ）と、前記それぞれの加熱素子（１４）の前記厚さ（ｂ）の３０００倍以上である長さ（ｃ）とを有し、かつ／又は、前記加熱素子（１４）は、前記それぞれの加熱素子（１４）の前記厚さの２倍以上の距離（ｄ）で、好ましくは互いに４mm以上の距離（ｄ）で互いに隣接して配置される、

請求項１～６のいずれか１項に記載の真空処理システム。

【請求項８】

前記矩形加熱素子（１４）の前記厚さ（ｂ）は、０．５mm以下、好ましくは０．１５mm以下である、

請求項１～７のいずれか１項に記載の真空処理システム。

【請求項９】

前記反射手段（６、７）は、銅、銅コーティング、ニッケル、ニッケルコーティング、金、金コーティング、銀、銀コーティング、アルミニウム、及び／又はアルミニウムコーティングからなる群から選択される材料を含み、かつ／又は、前記反射手段（６、７）は

、N 9 以下の表面粗さ等級を有する反射表面を備える、
請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の真空処理システム。

【請求項 1 0】

前記格納容器 (1) は、該格納容器 (1) が、前記真空処理システム内に設けられるとき、真空を破ることなくアクセス可能であるように密封可能開口を備えるロードロックとして設けられる、

請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の真空処理システム。

【請求項 1 1】

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の真空処理システムを動作させるための方法であって、

a) 1 m² 以上の表面サイズを有する平面基板 (2) を、前記基板 (2) が前記基板平面 (4) に設けられるように前記格納容器 (1) 内に設けるステップと、

b) 前記格納容器 (1) を、8 * 1 0 - 2 m b a r 以下でかつ 1 * 1 0 - 5 m b a r 以上に排気するステップと、

c) 前記基板 (2) を加熱するために、2 6 k W 以上の電力を前記加熱手段 (5) に提供するステップとを含む、

請求項 1 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載の真空処理システムを動作させるための方法。

【請求項 1 2】

ステップ c) 中に、前記電力は、前記基板 (2) の加熱レートが 2 . 5 K / s 以上になるように提供される、

請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

ステップ c) 中に、前記基板 (2) は、前記格納容器 (1) 内で周期的に又は直線的に移動される、

請求項 1 1 及び 1 2 のいずれか 1 項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、基板を処理するための真空処理システムであって、処理される基板を基板平面に保持するための格納容器を有する、真空処理システムに関する。本発明は更に、真空処理システムを動作させるための方法に関し、本方法は、1 m² 以上の表面サイズを有する平面基板を、この基板が基板平面内に設けられるように格納容器内に設けるステップを含む。

【背景技術】

【0 0 0 2】

光起電力デバイス、光電変換デバイス、又は太陽電池は、光、特に太陽光を直流 (D C) 電力に変換するデバイスである。低価格大量生産のために、薄膜太陽電池が、基材、すなわち基板として、結晶又は多結晶シリコンの代わりにガラス、ガラスセラミック、又は他の剛性若しくは可撓性基板を使用することを可能にするため、関心が持たれている。太陽電池構造、すなわち光起電力効果を担う又はそれを可能にする層シーケンスが、薄層に堆積される。

【0 0 0 3】

光起電力セルの工業規模生産では、製造シーケンスにおける手順上の特徴の最適化が非常に重要である。信頼性、スループット、及び / 又はエネルギー効率、は、製造される製品の価格に直接影響を及ぼす。光起電力セルを製造するための多くの堆積プロセスは、2 0 0 以上の高いプロセス温度で行われる。しかし、基板を扱うこと、輸送すること、及び / 又は検査することは、複数の周囲温度を必要とすることが多い。したがって、基板が、製造プロセス中に幾つかの加熱 / 冷却サイクルを受ける必要がある可能性がある。しばしば、こうした加熱 / 冷却サイクルは、ロードロック、すなわち、真空処理システムに動作

10

20

30

40

50

可能に接続され、かつ、密封可能開口又はドアを介して真空処理システムにアクセスすることを可能にする排気可能格納容器内でポンプ／ダウン又は換気サイクル中に実施される。

【 0 0 0 4 】

そのため、基板材料の迅速な加熱及び／又は冷却は、必要とされるハードウェアが高価であるため製造業者についての必須の基準である総システムスループットに直接影響を及ぼす。その結果、システムスループットは、ロードロックの熱効率に直接関連する。熱効率は更に、ランプ等の加熱素子の加熱レート及び基板の不均一性に依存し、それらは共に、薄膜層の品質に影響を及ぼす。

【 0 0 0 5 】

薄膜光起電力セルの製造プロセスを参照すると、基板材料のロードロック温度処理は、DVD、CVD、PECVD、APCVD、又はMOCVD等の薄膜用途において前電極及び／又は後電極用の高品質ZnO層を堆積させるための必須条件である。温度処理の種々の方法は、周囲温度からプロセス温度まで基材を加熱するために現在使用されている。

【 0 0 0 6 】

当技術分野で知られている加熱技術は、タングステン、炭素、グラファイト等から製造されるフィラメントを有する短波、中波、及び／又は長波ランプを使用する。各ランプ組立体は、フィラメントを収容する透過性チューブを含む。ハウジングは、ランプ基材を酸化から保護し、寿命を増大させる。ランプハウジングは、フィラメントが、例えば周囲雰囲気内で酸化することを防ぐために必要である。一方、ランプハウジングは、放出放射を一定の割合だけ狭くする。このフィルタ効果は、熱効率に直接影響を及ぼす。その結果、ランプベースの加熱システムの効率は、スループットに直接影響を及ぼし、こうしたシステムの製造業者について市場競争力の低下をもたらす。

【 0 0 0 7 】

従来技術から知られている改良型の透過性が高いランプハウジングは、一定の質量を有する。質量は通常、熱リザーバとして機能し、システムダイナミクスを減少させ、加熱システムの可制御性を損なう。温度の可制御性及び／又は安定性を減少させることは、温度均一性が一定値だけ変動することを意味する。さらに、冷却メカニズムが、温度変動に対抗するために必要であり、このことが投資量の増加をもたらす。先に述べた過効果に加えて、ランプに対する印加電力は、放出光のスペクトル損失を補償する程度まで増加されなければならない、やはり、エネルギー消費の増加、その結果、低いシステムエネルギー効率をもたらす。さらに、拡張した2次元基板を加熱するために、幾つかのチューブ状ランプが、加熱素子のアレイを形成するように並んで配置されなければならない。しかし、この加熱素子のパターンは、基板の熱分布に見てとることができる、すなわち、悪い影響も及ぼすことになる。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

したがって、本発明の目的は、従来技術の、前述した欠点を克服すること、すなわち、システムスループットの増加をもたらす、したがって、製造コストの低減をもたらす薄膜光起電力セルのために使用される基板用の加熱システムを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

この目的は、独立請求項によって達成される。有利な実施の形態は、従属請求項で詳述される。

【 0 0 1 0 】

特に、本目的は、基板を処理するための真空処理システムであって、処理される前記基板を基板平面に保持するための格納容器を有し、前記格納容器は、第1の反射手段と、第1の平面表面及び反対側の第2の平面表面を有する加熱手段とを備え、

前記加熱手段は、前記第1の表面及び／又は第2の表面を介することによってのみ加熱

10

20

30

40

50

用エネルギーを照射するように構成され、

前記第1の反射手段は、前記加熱手段によって照射される前記加熱用エネルギーを前記基板平面上に反射するように構成され、

前記加熱手段は、前記第1の表面が前記第1の反射手段の方を向き、第2の表面が前記基板平面の方を向くように配置される、基板を処理するための真空処理システムによって達成される。

【0011】

そのため、本発明は、先に述べた従来技術のシステムで知られているように、別個のハウジングを持たない「平面(plane)」加熱手段を提供するという中心的な考えに基づく。こうして、例えば石英ハウジングを有する従来技術の加熱ラジエータと比較して、エネルギー変換プロセスが大幅に改善される。本発明による解決策によって、加熱手段の熱質量もまた低減されるため、仮定されるサイクルプロセスに関する熱システムの可制御性及び安定性もまた、従来技術のシステムと比較して大幅に増加する。好ましくは、加熱手段は、平坦表面加熱器等の平坦ストリップ様電気抵抗性加熱器素子として提供される。格納容器は、好ましくは、基板が、格納容器内に設けられるとき、基板平面内に設けられるように格納容器の内部に基板を挿入し、格納容器から基板を取出すように適合されている。

【0012】

用語「処理すること(processing)」は、本発明の意味で、基板に作用する任意の化学的效果、物理的效果、及び/又は機械的效果を含む。

【0013】

用語「基板(substrate)」は、本発明の意味で、本発明による真空処理システムによって処理される構成要素、部品又は工作物を含む。基板は、矩形、正方形又は円形の形状を有する平坦な板状部品を含むが、それに限定されない。好ましくは、基板は、薄膜太陽電池を製造するのに適し、また、フロートガラス、セキュリティガラス、及び/又は石英ガラスを備える。より好ましくは、基板は、薄いガラス板等の、サイズが 1 m^2 以上の平面表面を有する、本質的に、最も好ましくは、完全に平坦な基板として設けられる。

【0014】

用語「真空処理(vacuum processing)」又は「真空処理システム(vacuum treatment system)」は、本発明の意味で、周囲雰囲気圧力より低い圧力下で基板が処理されるための少なくとも格納容器を含む。

【0015】

用語「ロードロック(load lock)」は、本発明の意味で、真空処理システムに動作可能に接続された、密封可能開口又はドアを介して真空処理システムに対するアクセスを可能にする排気可能格納容器を含む。真空処理システム格納容器は、好ましくは、処理システムの内部の真空を破ることなくロードロックを介してアクセス可能である。

【0016】

用語「CVD」、すなわち化学気相堆積(chemical vapour deposition)及びそのフレーバは、本発明の意味で、加熱済み基板上への層の堆積を可能にするよく知られている技術を含む。通常、液体又は気体の前駆体材料が、処理システムに送給され、そこで、前駆体の熱反応が層の堆積をもたらす。しばしば、DEZ、ジエチル亜鉛が、低圧CVD、LPCVDを使用する真空処理システム内でTCO層を生産するための前駆体材料として使用される。用語「TCO」は、透明導電性酸化物を表す。すなわち、TCO層は、透明導電性層であり、層、コーティング、堆積、及び膜の用語は、CVDであれ、LPCVDであれ、プラズマ強化CVD(PECVD)であれ、又は物理気相堆積(PVD)であれ、真空プロセス内で堆積される膜のために本発明の中で交換可能に使用される。

【0017】

用語「太陽電池(solar cell)」又は「光起電力セル(photovoltaic cell)」、「PVセル(PV cell)」は、本発明の意味で、光起電力効果によって、光、本質的に太陽光を電気エネルギーに直接変換することが可能である電気構成要素を含む。薄膜太陽電池は、通常、第1の電極又は前の電極、1つ又は複数の半導体薄膜PIN接合、及び第2の

10

20

30

40

50

電極又は後の電極を含み、それらは、基板上で連続して積重ねられる。各 P I N 接合又は薄膜光電変換ユニットは、p 型層と n 型層との間に挟まれた i 型層を含み、「p」は正にドーピングを表し、「n」は負にドーピングを表す。i 型層（実質的に真性半導体層である）は、薄膜 P I N 接合の厚さのほとんどの部分を占め、それにより、光電変換が、この i 型層内で主に起こる。そのため、基板は、好ましくは、薄膜光起電力セルを製造するために使用される基板である。

【0018】

用語「平面（plane）」は、本発明の意味で、粗くない、すなわち溝又は同様なものを有しない表面を有する手段を含む。好ましくは、用語「平面」は、それぞれの表面の表面粗さ等級が N 9 以下であることを意味する。

10

【0019】

本発明の真空処理システムは、好ましくは、反射手段、例えば第 1 の反射手段が、基板の方を向いていない加熱手段の面から照射される熱エネルギーを、基板の方に反射させるように構成される。そのため、加熱手段は、好ましくは格納容器内で、生成される熱放射を多重反射させるような方法で配置され、それにより、基板は、好ましくは、加熱手段によって直接、また、次に反射手段から生じる反射によって照射され、その結果、基板の吸収率が高くなるため、熱効率が更に増加する。より好ましくは、反射手段の表面は、基板平面、すなわち、格納容器内に設けられるときの、基板平面にある基板に平行に配置される。最も好ましくは、基板は、格納容器内に設けられるときに、反射手段と加熱手段との間にサンドイッチ様外観で配置される。

20

【0020】

本発明の別の好ましい実施の形態によれば、前記格納容器は、前記加熱手段によって照射される前記加熱用エネルギーを前記基板上に反射するように構成された第 2 の反射手段を備え、前記第 2 の反射手段は、前記加熱手段の前記第 2 の表面が前記第 2 の反射手段を向き、前記基板平面が、前記加熱手段と前記第 2 の反射手段との間に設けられるように配置される。こうした実施の形態は、基板の吸収率が更に増加するため、熱効率を更に増加させる。その理由は、こうした実施の形態によって、加熱手段と基板平面が共に、第 1 の反射手段と第 2 の反射手段との間に「挟まれる（sandwiched）」からである。

【0021】

別の好ましい実施の形態では、前記格納容器は、前記反射手段を冷却するための冷却ユニットを備え、前記反射手段は、前記加熱手段の方を向いている第 1 の面と、前記加熱手段の方を向いていない、反対側の第 2 の面とを備え、前記冷却ユニットは、前記反射手段の前記第 2 の面上に設けられ、前記反射手段と熱接触状態である。好ましくは、冷却ユニットは、水又は同様なもの等の冷却流体を循環させるパイプを備える。こうした実施の形態は、やはり、熱効率を増加させる。その理由は、冷却ユニットが、反射手段の反射率を増加させ、基板の熱エネルギーの吸収率の増加をやはりもたらすからである。

30

【0022】

一般に、加熱手段の第 2 の表面は、基板平面、すなわち格納容器内に設けられるときの基板から任意の距離離れて配置することができる。特に好ましい実施の形態によれば、前記加熱手段の前記第 2 の表面は、前記基板平面から 50 mm 以下、好ましくは 40 mm 以下、より好ましくは 10 mm 以下離れて配置される。こうした実施の形態は、さらに、システムスループットを増加させ、また、全体のコストを下げる。

40

【0023】

更に好ましい実施の形態では、前記加熱手段は、前記格納容器内で保持可能な前記基板の表面積より 5 % 以上大きい表面積を有する 2 次元平面サイズを含み、前記加熱手段は、炭素複合材、炭素繊維強化炭素、炭素繊維、SiC コーティングした繊維、グラファイト、グラファイト繊維及び / 又は SiC 板からなる群から選択される材料を含む、及び / 又は、前記加熱手段は、600 以上の温度に不変のまま耐える耐熱性材料を含む。したがって、加熱手段が、そのサイズにおいて基板の全表面積を覆い、また、電力が印加されると加熱手段がその平面表面から加熱エネルギーを照射する、先に概説した材料を含むこと

50

が好ましい。そのため、こうした実施の形態は、格納容器内に設けられると非常に効率的に基板を加熱する平面表面を有する平面加熱手段をもたらす。

【0024】

更に好ましい実施の形態では、前記格納容器は、前記加熱手段を支持するための、及び／又は、前記加熱手段に電気エネルギーを提供するためのバスバーを備える。バスバーは、所定の場所に加熱手段を保持するためのクランプ又は同様な手段を含むことができる。更なる好ましい実施の形態では、格納容器は、処理される基板を基板平面内に保持するための基板キャリアを備える。基板キャリアは、格納容器に入るようにまた格納容器から離れて戻るように基板を移動させるための基板搬送システムを備えることができる。

【0025】

特に好ましい実施の形態では、前記加熱手段は、それぞれが長さ、幅、及び厚さを有する複数の矩形加熱素子を備え、前記加熱素子は、直列に及び／又は並列に電気接続され、前記加熱素子は、前記加熱手段の前記第1の平面表面と前記第2の平面表面とをそれぞれ形成する前記基板平面に平行な平面内で、前記加熱素子の幅及び長さに沿って配置され、各加熱素子は、前記それぞれの加熱素子の前記厚さの500倍以上である幅及び前記それぞれの加熱素子の前記厚さの3000倍以上である長さを含み、及び／又は、前記加熱素子は、前記それぞれの加熱素子の前記厚さの2倍以上の距離で、好ましくは互いに4mm以上の距離で互いに隣接して配置される。3つの加熱素子は、直列に配置され、次に、互いに並列に接続され、例えば3相1000Vエネルギー源に電気接続されることが特に好ましい。好ましくは、加熱素子は、真空処理システム内で加熱される基板に平行な平面内に位置し、それにより、幅がそれぞれの加熱素子の厚さの500倍以下であり、長さがそれぞれの加熱素子の厚さの3000倍以下である場合、それが、特に有効である、すなわち加熱／冷却サイクルについて効率的であることがわかった。これらの比を使用することによって、特に均一でかつ効率的な基板の加熱を実施することができ、したがって、従来技術のシステムと比較して、真空処理システムのスループットの大幅な増加が可能になる。これに関して、矩形加熱素子の厚さが0.5mm以下、好ましくは0.15mm以下であることが特に好ましい。

【0026】

一般に、反射手段は、従来技術から知られるように、加熱エネルギーを反射するための任意の手段として設けることができる。しかしながら、前記反射手段は、銅、銅コーティング、ニッケル、ニッケルコーティング、金、金コーティング、銀、銀コーティング、アルミニウム、及び／又はアルミニウムコーティングからなる群から選択される材料を含む、及び／又は、前記反射手段は、N9以下の表面粗さ等級を有する反射表面を備える。

【0027】

特に好ましい別の実施の形態では、前記格納容器は、該格納容器が、前記真空処理システム内に設けられるとき、真空を破ることなくアクセス可能であるように密封可能開口を備えるロードロックとして設けられる。

【0028】

本発明の目的は、請求項1～11のいずれか1項に記載の真空処理システムを動作させるための方法であって、

a) 1 m^2 以上の表面サイズを有する平面基板を、前記基板が前記基板平面内に設けられるように前記格納容器内に設けるステップと、

b) 前記格納容器を、 $8 \times 10^{-2}\text{ mbar}$ 以下でかつ $1 \times 10^{-5}\text{ mbar}$ 以上に排気するステップと、

c) 前記基板を加熱するために、26kW以上の電力を前記加熱手段に提供するステップとを含む、請求項1～11のいずれか1項に記載の真空処理システムを動作させるための方法によって更に対処される。

【0029】

これは、ステップb)によって排気された格納容器内に、ステップa)によって設けられた平面基板を、例えば、70s以下のサイクル時間に達するために電力を段階的に増加

10

20

30

40

50

させることによってステップc)によって加熱することができることを意味する。こうして、本発明による加熱手段を用いることによって、従来技術のシステムと比較してはるかに速く基板を加熱することができる。こうして、ステップc)中に、基板の加熱レートが 2.5 k/s 以上になるように電力が提供されることが好ましい。ステップc)中に、加熱エネルギーの均質性を増加させるために、基板が格納容器内で断続的に又は直線的に移動されることが更に好ましい。

【0030】

本発明のこれらの態様又は他の態様は、以下で述べる実施形態から明らかになり、また、その実施形態を参照して説明される。

【図面の簡単な説明】

10

【0031】

【図1】本発明の好ましい実施形態による真空処理システムを示す概略図である。

【図2】本発明の好ましい実施形態による複数の加熱素子の概略上面図である。

【図3】本発明の好ましい実施形態による2つの加熱素子の概略側面図である。

【図4】パッシェンの曲線を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0032】

本発明は、ロードロック格納容器の一体部分である真空処理システムを取り扱う。図1を見てわかるように、真空処理システムは、基板平面4において基板キャリア3上に配置されるときに基板2を処理するための格納容器1を備える。格納容器は、加熱手段5、第1の反射手段6、第2の反射手段7、冷却ユニット8、及びバスター9を備える。この加熱手段は、第1の平面表面10と、反対側の第2の平面表面11とを備える。反射手段6、7は、加熱手段5の方を向いている第1の面12と、加熱手段5を向いていない反対側の第2の面13とを備え、冷却ユニット8は、反射手段6、7の第2の面13上に設けられる。

20

【0033】

ロードロックの更なる要素(図示されない)は、格納容器1内の圧力を下げるための手段、ロードロック内の圧力を制御するための手段、エネルギー送給部、基板2及び加熱手段5の温度を直接的に又は間接的に制御するための手段、及び冷却流体送給部とすることができる。本発明の加熱手段5は、垂直、水平、又は傾斜位置で 사용할 ことができる。水平配置では、上記システムは、加熱手段5が、基板2の下方、基板2の上方、又は基板2の両側、すなわち上方と下方とに配置された状態で設置することができる。好ましい実施形態では、基板2は、図1に示すように、加熱手段5の下方に配置される。

30

【0034】

一実施形態では、ロードロックは、加熱手段5として複数のランプ様組立体、すなわち加熱素子14を、別個のハウジングなしで含む。こうして、エネルギー変換プロセスは、例えば石英ハウジングを有するラジエータを利用する従来技術と比較して直接改善される。

【0035】

本発明の実施形態は、加熱手段5の、基板2の方を向いていない面10から照射される熱を、基板2の方に反射させるための反射手段6、7、例えば反射体を備える。これらの反射体6、7は、冷却ユニット2、例えば、冷却流体、例えば水又は同様なものを循環させるパイプと熱接触状態にある。反射体6、7は、生成される放射を多重反射させるように格納容器1内に配置されて、それによって、基板2の吸収率が高くなるため、やはり熱効率が増加する。水冷却に関して、反射体6、7の反射率が増加し、さらに、システムの熱質量が減少する。低い熱質量は、仮定されるサイクルプロセスに関して加熱システムの可制御性及び安定性のための必須条件である。

40

【0036】

バスター3は、図1に示すように、例えば冷却ユニット8、反射体6、7、及び加熱ユニット5を実質的にその間に挟んで収容するサイドレールのように、基板2の上方にある

50

反射表面の下方に及び/又は、下側反射表面の上方にある基板 2 の下方に配置され、それが、システムにサンドイッチ様外観を与える。代替の実施形態では、バスバー 3 のキャリア構造は、加熱手段 5、反射体 6、7、及び冷却ユニット 8 の背後に配置することができる。基板 2 は、一定距離で平坦表面ラジエータ 5 の下に設置される。基板 2 は、図 1 に示すように、第 2 の反射手段 7 の、基板 2 の背面に向いている別の反射表面の上に保持され、加熱均一性を改善するために、加熱プロセス中に定期的に移動され得る。

【0037】

好ましい実施形態では、平坦な 2 次元加熱器素子 14 は、図 2 に示すように、上側反射体 6 の下でかつ上側反射体 6 に密接に関連して位置決めされ、図 1 に示すように、基板 2 の上の全エリアを覆う。好ましくは、耐火性材料が、加熱素子 14 としてシステムで利用される。炭素複合材、炭素繊維強化炭素材料、炭素繊維、SiC コーティングした繊維、グラファイト、グラファイト繊維、SiC 板、又はそれらの任意の組合せのような材料は、600 を超える温度に耐え得る耐火物質である。これらの平坦なストリップ様の電気抵抗性加熱素子 14 に印加される電力は、従来技術から知られている直線状ランプ配置構成に比較して、加熱表面を有する平面加熱手段 5 をもたらす。そのため、加熱器組立体 5、14 自体は、1 つの均一な平坦表面加熱器として考えられ得る。

【0038】

加熱器実施形態の熱効率、素子組立体の総合抵抗に関連する。加熱素子 14 は、図 2 に示すように、並列にまた直列に配置することができる。総合電気抵抗は、直列接続のまた並列接続の加熱素子 14 の数とともに変動する。同様に、固有抵抗が塗布材料の厚さ b に比例することが、一般に知られている。

【0039】

本発明の実施形態では、3 つの加熱素子 14 が、直列に配置され、3 つの加熱素子 14 が、次に、互いに並列に接続される。それにより、500 : 1 の加熱素子 14 の幅 a と厚さ b の比及び 3000 : 1 の加熱素子 14 の長さ c と厚さ b の比が有効であることがわかった。

【0040】

加熱素子 14 は、各加熱素子 14 の間で数 mm、好ましくは 4 mm の距離 d を維持しながら、真空チャンバー内で、加熱される基板 2 に実質的に平行な平面内で均等に分配されて位置する。バスバー 3、クランプ、又は同様なもののような保持メカニズムは、所定の場所でラジエータ 14 を保持する。さらに、保持メカニズムは、全システムの幅及び長さによって電力を均等に加熱素子 14 に供給する。ここで、加熱素子 14 を水平方向に位置決めするために、スクロールばね又は同様なもののような引張り手段を使用することが有効であることがわかった。それにより、平坦加熱器表面は、加熱素子 14 に電力を印加している間に、温度上昇によって生じる熱膨張及び/又は収縮中に画定される。

【0041】

平坦な 2 次元加熱素子 14 は、単一エリアとして、又は、並んで配置された矩形ストリップの配置構成として作ることができる。個々のストリップ 14 の間の距離 d は、上記ストリップ 14 の幅 a よりずっと小さくなるように選択することができ、好ましくは、ギャップ距離 d と厚さ b の比は 2 : 1 である。加熱素子 14 は、電氣的に、別個の電力源によって個々に動作することができるか、又は、好ましくは直列に配線することができる。

【0042】

電力源として、交流 (AC) と直流 (DC) との間で選択がなされなければならない。DC 電源の利点は、電圧の柔軟性のある可制御性と調整性である。DC 電力源を適用することは、パッシェンの法則に関して真空手段において熱ブレイクスルー電圧を回避する。

【0043】

AC 電源は、一般に、キロワット当たりの全体システムコストに関してより競争力がある。しかし、400 V 供給電圧を有する AC 3 相電源は、一定の真空中で、ブレイクスルー、アーク放電を受ける。ここで、ブレイクスルー電圧によって生じるシステム損傷を回避するために、調整されたエネルギー供給プロセスが使用されなければならない。

【0044】

こうしたアーク放電は、大量の電力が真空チャンバーに注入されるときの一般的な問題である。本発明は、図4に示すように、パッシェン曲線に関して一定の真空レベルを可能にし、互いに上述した素子距離を維持することによってブレイクダウン電圧を回避する。パッシェンの法則は、広く知られており、圧力(Torr)と2つの平行板間のギャップ距離(cm)の関数としてブレイクダウン電圧(ボルト)を決定する。

【0045】

本発明の実施形態では、排気手段によって達成可能な圧力は、高電圧が使用され得るパッシェン曲線の低圧側をもたらす。そのため、26kW以上の大電力を安全に使用するために、加熱プロセスの圧力範囲は、 $8 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-5}$ mbar 内にある。

10

【0046】

加熱プロセス中に低圧を達成することは、残留反応物分子、例えば酸素の量が低減されるため、加熱素子14の平均故障間隔(mean time between failure)(MTBF)にとって有利である。先に述べたように、十分な残留反応物がロードロックキャビティ内にある場合、高温は、平坦表面加熱器上で酸化を生じる。

【0047】

本発明の実施形態では、DC電源及びAC電源が、加熱素子14の構成(直列的及び/又は並列的)に応じて利用され得る。3相AC電源、例えばサイリスタコントローラ又は同様なものを使用することが有効であることがわかった。さらに、基板2のヒートアッププレート(ケルビン/秒(K/s)単位)は、利用可能な電力、及びそれとともにサイクル時間に正比例する。

20

【0048】

加熱器の実施形態、すなわち真空処理システムは、送給されるエネルギーを、直接、放射に変換し、従来技術のシステムで使用されるランプハウジングの過剰効果を取り除く。その上、システム効率、当技術分野で知られている方法と比較して大幅に増加する。その結果、基板2における熱吸収が増加し、熱処理時間が低減される。そのため、サイクル時間の最適化によって、エネルギー消費が減少する。

【0049】

プロセスは次の通りである。すなわち、室温でサイズ 1 m^2 以上を有する拡張した平坦基板2が、供給システム、例えばコンベア又はフォークから、コンパートメント、例えばロードロック又はプロセスチャンバー内に輸送される。上記コンパートメントは、密封可能でかつ排気可能であり、平坦表面ホルダーすなわち基板キャリア3を収容する。

30

【0050】

基板2の予め規定された位置にいつ達したかを示すためのセンサーが予見され得る。基板2が、基板平面4内のその意図される位置に設置された後、真空チャンバーが密封され、加熱プロセスが開始する。加熱プロセスの一部は、大気中レベルから、一定の所望の圧力範囲 $8 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-5}$ mbarまで下げる排気である。ゲージのような圧力測定手段が、プロセス圧力を制御する。加熱素子14は、所定のプロセス圧力に達したときにスイッチオンされる。先に述べたように、圧力の低減は、電力供給される加熱素子14から、通常接地される格納容器1への望ましくないブレイクスルー電圧を回避するのに役立つ。

40

【0051】

さらに、本発明の実施形態で温度処理プロセスを制御するために、コントローラ、例えばPIDコントローラを有利に利用する。そのため、注入される電力と無関係に、柔軟性のある温度調整を確立することができる。

【0052】

注入される電力の量は、ヒートアッププレート(ケルビン/秒単位)、及びそれとともに処理時間を決定する。室温から200℃まで平坦基板2を加熱するためのサイクル時間を減少させるために、電力を、段階的に及び/又は柔軟に増加することができる。

【0053】

50

ここで、サイクル時間 70 s 以下に達するために、性能レベル 26 kW 以上を使用することができる。室温から処理温度まで約 1.4 m² サイズの平坦基板 2 を加熱するためのサイクル時間は、熱効率に依存する。ここで、実施形態内での部品の配置構成が重要な役割を果たす。サイクルプロセスにおけるシステム安定性は、加熱器実施形態、すなわち、反射手段 6、7、冷却ユニット 8、バスバー 9、加熱素子 14、格納容器 1、及び基板キャリア 3 の周囲条件の和である。

【0054】

反射手段 6、7 は、2 重の機能を果たさなければならない。加熱素子 14 によって放出される放射、例えば IR を多重反射させることによって、平坦表面加熱素子 14 の温度は、著しく高速にプロセス温度 900 以上に達し得る。その結果、基板 2 の温度処理時間は、減少し、注入される総電力は、例えば基板 2 について 2 kWh 以下に下がり得る。要約すると、システム効率を、従来技術のシステムと比較して、40% 以上の総合効率まで増加させることができる。

10

【0055】

さらに、全基板 2 にわたる温度均一性及び反射される放射の量は、反射手段 6、7 の表面仕上げ及び/又は表面仕上げ品質に依存する。平坦表面加熱素子 14 からの放出放射を反射するための反射手段 6、7 として、銅、銅コーティング、ニッケル、ニッケルコーティング、金、金コーティング、銀、銀コーティング、アルミニウム、アルミニウムコーティング、又はそれらの任意の組合せのような異なる材料が塗布され得る。品質 N9 以下を有する研磨表面は、反射放射を増加させ、その上、熱処理時間を減少させることが一般に知られている。

20

【0056】

本発明の好ましい実施形態では、反射手段 6、7 として、垂直、水平、又は傾斜位置に研磨表面仕上げを有するアルミニウムが使用され得る。水平配置構成では、図 1 に示すように、システムは、反射体を、加熱器及び/又は基板 2 の下方に、上方に、又は両側、すなわち上方と下方に配置された状態で設置することができる。

【0057】

サイクル処理時間に関して、温度的に、繰返し可能なプロセス条件が、システム安定性及びプロセス品質にとって必須である。論じたように、平坦基板 2 の温度処理方法は、プロセス温度に関してサイクル時間を決定することができる。さらに、基板 2 から基板 2 へ相等しいプロセス条件を保証するために、反射手段 6、7、バスバー 9、加熱素子 14、格納容器 1、及び基板キャリア 3 の熱貯蔵容量、熱質量は、サイクル時間、それとともにプロセス品質に直接関連して中心的な重要性を有する。

30

【0058】

電力がスイッチオフされた後、プロセス温度を上記 900 以上から 450 以下まで減少させるために、能動的に又は受動的に冷却する種々の手段 8 を使用することができる。一般的な技術は、冷却用液体、例えば水、油、又は同様の任意のものが、反射手段 6、7、バスバー 9、加熱素子 14、格納容器 1、及び基板キャリア 3 と熱接触状態になることであり、残留熱負荷を上記熱処理チャンバーから外に伝導させる。第 1 に、システム設計は、熱処理チャンバー内の質量を減少させることを目指す。

40

【0059】

一実施形態によれば、2.5 K/s 以上の加熱レートが、基板 2 の熱処理中に生成され得る。さらに、基板 2 のプロセス温度に達した後、5 K/s 以上の熱クールダウンレートは、望ましくない温度オーバーシュート効果がない、動的で制御可能な加熱システムをもたらす。ここで、0.5 mm 未満の、好ましくは 0.15 mm の加熱素子 14 の厚さは、熱質量を減少させ、その上、クールダウンレートにポジティブな影響を及ぼす。最小厚さは、最小電気抵抗及び/又は機械的安定性によって限界を定められる。その上、精密な温度制御を達成することができ、それが、以下の隣接するコーティングプロセスを改善する。

【0060】

50

本発明の一実施形態によれば、速いクールダウンレートは、未処理基板 2 が、処理チャンパー、上記ロードロック内に輸送されている間、大気圧に対する暴露中に、反射手段 6、7、バスバー 9、加熱素子 14、格納容器 1、及び基板キャリア 3 に対する、外部残留反応分子、例えば酸素又は同様なものの影響を減少させるための必須条件である。その上、加熱器構成の平均故障間隔は、例えば大気圧下での温度の上昇によって生じる酸化を回避することによって増加し得る。ここで、本発明の実施形態の本質的な部分は、ランプハウジングを最小に、すなわちゼロに減少させることによって、平坦加熱器素子 14 の熱質量を減少させることである。

【0061】

その上、隣接プロセスの本質的な必須条件である総合温度均一性は、全基板 2 にわたって $+/-10\text{ K}$ 以下の程度まで大幅に増加し得る。従来技術のシステムのランプハウジングの熱質量は、制御不能な熱源であり、熱安定性が達成されるまでプロセス時間を延長することによって総合均一性を悪化させる。

【0062】

熱電対及び/又は放射温度計のような基板 2 の温度を測定するための手段が、更に予見され得る。最終温度に達すると、加熱プロセスが停止され、加熱済み基板 2 を、コンパートメントから出て、例えば隣接する排気済みプロセス環境に輸送するための輸送シーケンスが始動される。同様に、加熱組立体に印加される一定の「保持(holding)」電力が、精密に調整された温度を、時間に無関係に維持するために実装され得る。そのため、加熱組立体は、温度オーバーシュートを生成することなく、完全に制御可能である。

【0063】

加熱プロセス中、基板 2 は、可動基板ホルダー 3 のそれぞれの手段によって断続的に直線状に又は環状に移動することができる。代替的には、基板 2 は、しっかり設置することができる。そのため、温度分布は、均一性要件に従って調整することができる。振動運動が平坦基板 2 上での全体の温度分布を改善したことが上首尾であることがわかった。さらに、本質的に平行平面である加熱素子 14 と基板 2 との間のギャップは、振動中に、50 mm 未満、好ましくは 40 mm 未満の規定された距離に維持される。最小距離は、技術的に規定されるが、10 mm を下回ることはめったにない。

【0064】

さらに、熱分布を改善するために、反射手段 6、7 の最適化が有効であることがわかった。ここで、異なる表面パターン、反射率を変更することは、全体の均一性を改善し得る。本発明の実施形態では、異なる表面品質、例えば異なる反射コーティング及び/又は表面仕上げは、変化する温度分布を示し、隣接プロセスにおいて層品質を改善した。

【0065】

さらに、加熱素子 14 の間のギャップ距離 d は、窪み効果に関して、温度分布に影響を及ぼし得る。本発明の実施形態では、2:1 のギャップ距離 d と厚さ b の比が、温度均一性に影響を及ぼす。したがって、バスバー手段 9 は、加熱素子 14 の互いに対する一定した位置決めを保証し得る。その上、窪み効果が、最小にされ、温度分布が最適化され得る。

【0066】

基板 2 の面積の増加による縁部損失を補償するために、平坦加熱素子 14 の組立体は、幅 b の少なくとも 5 % 以上、また、長さ的に、例えば幅 a の 9 倍に距離 d の 8 倍を足した値だけ基板 2 の表面エリアにオーバーラップする。

【0067】

本発明による加熱システム又は加熱素子 14 組立体は、ロードロック加熱システムとしての用途に限定されない。それは、一般に、パネル、シート、又は同様なもののような拡張した 2 次元基板 2 を加熱するために使用され得る。基板 2 材料は、ガラス、ガラス様材料、金属、又は他の剛性材料を包含することができる。チューブハウジングを有する従来技術のランプ配置構成と比較して、本加熱素子 14 設計は、200 % の総合システム効率の改善を有する。その上、より速いサイクル時間及びその結果のより高いスループットを

10

20

30

40

50

達成することができ、そのことが、やはり真空処理システムについての総所有コストを最適化する。加熱効率を増加させることは、最適化されたエネルギー入力とエネルギー利用とをもたらす。その結果、媒体消費が、従来の加熱システムと比較して減少し得る。

【0068】

炭素複合材料、炭素繊維強化炭素材料、炭素繊維、SiCコーティングした繊維、グラファイト、グラファイト繊維、SiC板、又はそれらの任意の組合せから製造される加熱素子14は、ハウジングによって保護されなければ、周囲雰囲気内での動作中に酸化を受ける。本発明は、一定の真空を維持することにより酸化を排除し、ほぼ無酸素の雰囲気をもたらす。加熱素子14に対する損傷を防ぐために、犠牲電極を使用することができる。犠牲電極は、例えばポンプダウン中にプロセス環境又はロードロックから残留酸素を吸収又は除去し、したがって、主加熱素子14システムが、動作したときに損傷されないことを保証する。加熱素子14の周りの保護ハウジングを放棄すると、例えば石英ハウジングを有する、タングステン、炭素、又は任意の他の耐火性材料から製造された加熱器を使用する従来の方法と比較して、熱処理時間を大幅に低減することができる。

10

【0069】

利用される加熱材料は、かなりの倍率で、すなわち300%以上だけ加熱器コストを低減する。加熱素子14材料の厚さbのために、平坦表面加熱素子14の総熱質量は、最小化され、改善された温度制御をもたらし、任意の制御手段の適用を放棄する。

【符号の説明】

【0070】

20

- 1 格納容器
- 2 基板
- 3 基板キャリア
- 4 基板平面
- 5 加熱素子
- 6 第1の反射手段
- 7 第2の反射手段
- 8 冷却ユニット
- 9 バスバー
- 10 第1の平面表面
- 11 第2の平面表面
- 12 第1の面
- 13 第2の面
- 14 加熱素子

30

【図 1】

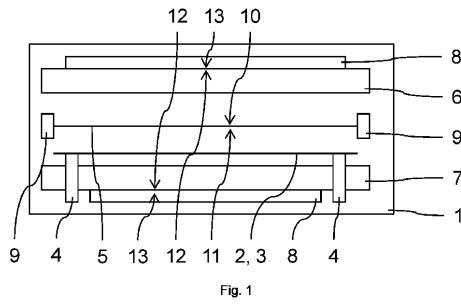


Fig. 1

【図 2】

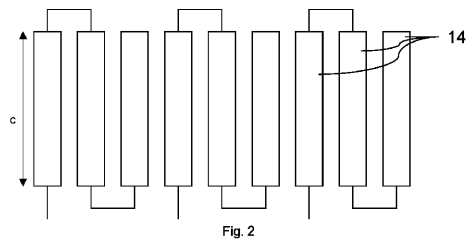


Fig. 2

【図 3】

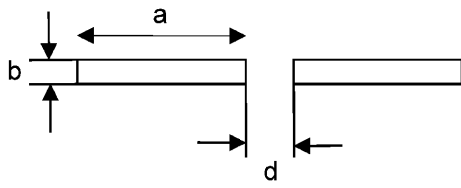
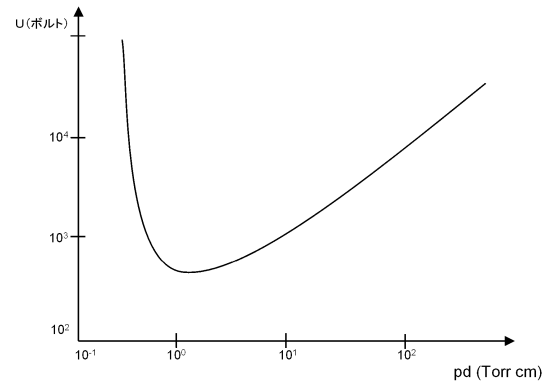


Fig. 3

【図 4】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平08-222360(JP,A)
特開平10-208855(JP,A)
特開2010-135531(JP,A)
特開2007-023380(JP,A)
特開2006-041419(JP,A)
特開平08-191074(JP,A)
特開平11-097448(JP,A)
特開2005-129501(JP,A)
特開2004-146570(JP,A)
特開平07-221037(JP,A)
特開2006-196873(JP,A)
特開2001-332560(JP,A)
特開平08-020868(JP,A)
特開2001-006853(JP,A)
特開昭63-274714(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/26

H01L 21/31