(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4089113号
(P4089113)

(45)発行日　平成20年5月28日(2008.5.28)　(24)登録日　平成20年3月7日(2008.3.7)

(51)Int.Cl.		F I		
B01J 19/00	(2006.01)	B01J	19/00	K
B01J 3/00	(2006.01)	B01J	3/00	M
B01J 3/02	(2006.01)	B01J	3/02	N
C23C 16/46	(2006.01)	C23C	16/46	
H01L 21/205	(2006.01)	H01L	21/205	

請求項の数 10　(全 13 頁)　最終頁に続く

(21)出願番号　特願平11-374422
(22)出願日　平成11年12月28日(1999.12.28)
(65)公開番号　特開2001-187332(P2001-187332A)
(43)公開日　平成13年7月10日(2001.7.10)
審査請求日　平成18年10月25日(2006.10.25)

早期審査対象出願

(73)特許権者　000000099
株式会社ＩＨＩ
東京都江東区豊洲三丁目１番１号
(74)代理人　100097548
弁理士　保立　浩一
(72)発明者　上田　仁
東京都府中市四谷５丁目８番１号アネルバ株式会社内
(72)発明者　高木　朋子
東京都府中市四谷５丁目８番１号アネルバ株式会社内

審査官　本間　友孝

最終頁に続く

(54)【発明の名称】薄膜作成装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板を室温より高い温度である成膜温度にして成膜を行う真空チャンバーである成膜チャンバーと、バルブを介してこの成膜チャンバーに対して直接又は間接的に接続された加熱チャンバーとを備えており、加熱チャンバーは、大気圧又は大気圧より高い圧力下で基板の加熱を行うものであり、室温より高い所定の高温の気体を加熱チャンバー内において強制的に対流させることにより基板の表面に供給して基板を加熱する加熱機構を備えていることを特徴とする薄膜作成装置。

【請求項２】

前記加熱チャンバーは、大気圧より高い圧力下で基板の加熱を行うものであることを特徴とする請求項１記載の薄膜作成装置。

【請求項３】

前記加熱機構は、前記成膜温度又はそれより高い温度に前記基板を加熱するものであることを特徴とする請求項１又は２記載の薄膜作成装置。

【請求項４】

前記加熱機構は、前記成膜温度より高い温度に前記基板を加熱するものであることを特徴とする請求項１又は２記載の薄膜作成装置。

【請求項５】

前記成膜チャンバーと前記加熱チャンバーとの間には、前記成膜チャンバーと大気側との間で基板の出し入れが行われる際に基板が一時的に滞留する真空チャンバーであるロー

ドロックチャンバーが設けられていて、加熱チャンバー、ロードロックチャンバー及び成膜チャンバーがバルブを介在させながらこの順で直接又は間接的に接続されていることを特徴とする請求項３又は４記載の薄膜作成装置。

【請求項６】

前記ロードロックチャンバーには、基板が前記成膜温度より低い温度になるのを防止する温度低下防止機構が設けられていることを特徴とする請求項５記載の薄膜作成装置。

【請求項７】

前記基板は、太陽電池用の基板であり、前記成膜は太陽電池用の薄膜の作成であることを特徴とする請求項１乃至６いずれかに記載の薄膜作成装置。

【請求項８】

前記基板の表面には透光性導電性酸化物膜が形成されており、前記加熱チャンバーは、この透光性導電性酸化物膜が表面に形成された基板を加熱するものであることを特徴とする請求項７記載の薄膜作成装置。

【請求項９】

前記加熱機構は、熱源と、熱限を通して前記基板に風を送る送風機と、送風機によって送られる風の通風路を形成する通風板とを備えていることを特徴とする請求項１乃至８いずれかに記載の薄膜作成装置。

【請求項１０】

前記通風路上には、基板の汚損を防止するフィルタが設けられており、このフィルタの耐熱温度は前記成膜温度より高いことを特徴とする請求項９記載の薄膜作成装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本願の発明は、太陽電池等の製造に好適に使用される薄膜作成装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

基板の表面に薄膜を作成する薄膜作成装置は、各種ＬＳＩ（大規模集積回路）等の電子デバイスや液晶ディスプレイ等の表示装置の製造に盛んに使用されている。また、太陽電池の製造においても、薄膜作成装置が使用されることがある。太陽電池は、電卓用等として実用化されて久しいが、エネルギー問題の高まりを背景として、通産省のニューサンシャイン計画等に見られるように太陽光発電用としての利用が非常に注目されている。太陽電池には、大きく分けてシリコン系のものと化合物半導体系のものがある。このうち、シリコン系太陽電池には、シリコン単結晶やシリコン多結晶やシリコン多結晶等の結晶系のものもあるが、近年アモルファス系のものの実用化が精力的に行われている。アモルファス系の太陽電池は、結晶系のものに比べ、光吸収率が高いため半導体層を薄くでき、製造コストも比較的安価にできるからである。また、結晶系の場合、原料である結晶シリコンに限りがあるのに対し、アモルファス系はガスを原料に用いるため、無くなる心配がない。

【０００３】

アモルファス系の太陽電池を製造する場合、ガラス、金属又は樹脂等で形成された基板の上に薄膜を作成する工程が必要であり、薄膜作成装置が使用される。典型的なアモルファス系太陽電池であるアモルファスシリコン太陽電池を製造する場合、シランと水素の混合ガスを使用したプラズマ化学蒸着（ＣＶＤ）の手法が多く採用される。例えば、シランと水素の混合ガスに高周波放電を生じさせ、シランの分解を利用して基板の表面に水素化アモルファスシリコン膜を作成する。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

上述したような薄膜作成装置において、成膜の際に維持すべき基板の温度（以下、成膜温度）は、室温より高い場合が多い。ＣＶＤによる成膜の場合、最終的な反応を基板の表面の熱により生じさせたり、又は、成膜速度や膜質を向上させたりする目的で、成膜温度は室温より高い所定の温度に設定される。この場合、成膜に先だって基板を加熱する工程が

必要になる。
【０００５】
基板加熱のための構成としては、通常、内部に輻射加熱ランプを備えた加熱チャンバーが用意される。加熱チャンバーは、バルブを介して成膜チャンバーに気密に接続される。加熱チャンバー内で基板は真空雰囲気において成膜温度まで加熱され、成膜チャンバーに搬送されて成膜される。輻射加熱を採用するのは、薄膜作成装置内の環境が、対流加熱や伝導加熱が期待できない１０Ｐａ程度以下の真空圧力下であることが多いという理由による。
尚、成膜チャンバー内が直接大気に開放されないよう、成膜チャンバーにはロードロックチャンバーが接続されることが多い。そして、ロードロックチャンバー内に輻射加熱ランプを設けてロードロックチャンバーを加熱チャンバーに兼用する場合もある。
【０００６】
しかしながら、上述した輻射加熱方式の場合、以下のような問題がある。
まず、輻射加熱方式の場合、他の方式に比べ加熱効率があまり良くなく、ランニングコストが高いという問題がある。また、電力用太陽電池の製造の場合のように、基板が大型化すると、大きな輻射加熱ランプを多く使用しなければならず、装置コストの上昇が顕著になる。さらに、電力用太陽電池の場合、一つの太陽電池が産出する電力よりも充分に小さい電力でその太陽電池を製造するというエネルギーペイバックタイム短縮の問題も考慮しなければならない。この点、輻射加熱方式の場合、製造の際の消費電力が大きくなり易く、この要請に見合わない。
【０００７】
また、輻射加熱方式の場合、輻射を受けた瞬間に基板の温度が急激に上昇するため、温度をフィードバック制御した場合のオーバーシュートの問題がある。即ち、目標温度を遥かに越えた後に目標温度に落ち着く温度変化となる。このようなオーバーシュートがあると、急激な熱応力が基板に与えられるため、最悪の場合には基板の変形や破損、応力の残留等を生ずる恐れがある。
【０００８】
さらに、加熱の際の基板の温度制御の精度を向上させることが膜質の維持や再現性の確保の上で重要であるが、輻射加熱の場合、加熱温度を精度よく制御することが難しい。高精度制御のためには、性能のよい放射温度計を用いて基板の温度を計測することが好ましいが、輻射加熱される基板からは、温度固有の輻射線の他、基板の表面に反射した輻射線も放出されるため、精度よく基板の温度を計測するのは困難である。
尚、熱電対を用いて基板の温度を計測することもできるが、基板の表面に熱電対を接触させることができない場合が多く、高精度の温度計測は難しい。特に、基板が真空雰囲気に配置される場合、対流による雰囲気温度の均一化が期待できないため、基板と熱電対の接点との温度差が生じやすく、計測精度が低下する。
【０００９】
さらに、輻射加熱方式は、太陽電池製造等においては本質的な問題がある。即ち、太陽電池の構造においては、光起電力層の少なくとも一方の側には光透過性の電極が必要となる。例えば、アモルファスシリコン太陽電池の製造では、ＴＣＯ（Transparent conductive oxide,透光性導電性酸化物）膜が基板の表面に形成されており、この上にアモルファスシリコン系膜を作成することが多い。ここで問題なのは、ＴＣＯ膜は殆どの場合赤外線の反射率が非常に高いという性質があることである。このため、ＴＣＯ膜付きの基板に対しては輻射加熱によって充分効率良く加熱することは本質的に不可能である。
輻射加熱によらない構成として、基板の裏面に熱伝導性の良い板（以下、裏板と称す）を接触させ、裏板を加熱することで裏板を介して基板を伝導加熱する構成がある。しかしながら、この構成は、エネルギーペイバックタイムの問題等を考慮して裏板を使用しない場合には適用不可能である。また、裏板の基板に対する接触性を良好にかつ均一に行うことは困難であり、均一で効率の良い加熱が行えない欠点がある。
【００１０】

そして、裏面の側からのみ加熱される構成では、基板の厚さが厚くなると、基板の厚さ方向で温度差が生じやすく、必要な温度に達する前に基板に熱変形等が生じてしまう恐れもある。基板の表と裏の両側から輻射加熱する方法もあるが、この方法でも、表面がＴＣＯ膜であって殆ど赤外線を吸収しないため、両側からの加熱のバランスを取ることが非常に難しい。特に、基板を真空中に配置して加熱する構成でこれを行うと、対流と伝導による熱の伝達が期待できないため、表裏からバランス良く加熱することは殆ど不可能である。

【００１１】

本願の発明は、このような課題を解決するためになされたものであり、輻射加熱によらない実用的な加熱の構成を備えた優れた薄膜作成装置を提供するという技術的意義を有する。

【００１２】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本願の請求項１記載の発明は、基板を室温より高い温度である成膜温度にして成膜を行う真空チャンバーである成膜チャンバーと、バルブを介してこの成膜チャンバーに対して直接又は間接的に接続された加熱チャンバーとを備えており、加熱チャンバーは、大気圧又は大気圧より高い圧力下で基板の加熱を行うものであり、室温より高い所定の高温の気体を加熱チャンバー内において強制的に対流させることにより基板の表面に供給して基板を加熱する加熱機構を備えているという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項２記載の発明は、前記請求項１の構成において、前記加熱チャンバーは、大気圧より高い圧力下で基板の加熱を行うものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項３記載の発明は、前記請求項１又は２の構成において、前記加熱機構は、前記成膜温度又はそれより高い温度に前記基板を加熱するものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項４記載の発明は、前記請求項１又は２の構成において、前記加熱機構は、前記成膜温度より高い温度に前記基板を加熱するものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項５記載の発明は、前記請求項３又は４の構成において、前記成膜チャンバーと前記加熱チャンバーとの間には、前記成膜チャンバーと大気側との間で基板の出し入れが行われる際に基板が一時的に滞留する真空チャンバーであるロードロックチャンバーが設けられていて、加熱チャンバー、ロードロックチャンバー及び成膜チャンバーがバルブを介在させながらこの順で直接又は間接的に接続されているという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項６記載の発明は、前記請求項５記載において、前記ロードロックチャンバーには、基板が前記成膜温度より低い温度になるのを防止する温度低下防止機構が設けられているという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項７載の発明は、前記請求項１乃至６いずれかの構成において、前記基板は、太陽電池用の基板であり、前記成膜は太陽電池用の薄膜の作成である前記基板は、太陽電池製造用の基板であるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項８の発明は、前記請求項７の構成において、前記基板の表面には透光性導電性酸化物膜が形成されており、前記加熱チャンバーは、この透光性導電性酸化物膜が表面に形成された基板を加熱するものであるという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項９載の発明は、前記請求項１乃至８いずれかの構成において、記加熱機構は、熱源と、熱限を通して前記基板に風を送る送風機と、送風機によって送られる風の通風路を形成する通風板とを備えているという構成を有する。

また、上記課題を解決するため、請求項１０載の発明は、前記請求項９の構成において、前記通風路上には、基板の汚損を防止するフィルタが設けられており、このフィルタの耐熱温度は前記成膜温度より高いという構成を有する。

【００１３】

【発明の実施の形態】
以下、本願発明の実施の形態について説明する。
図１は、本願発明の実施形態の薄膜作成装置の概略構成を示す正面断面図である。図１に示す薄膜作成装置は、基板９を室温より高い成膜温度にして成膜を行う成膜チャンバー１と、成膜チャンバー１と大気側との間で基板９の出し入れが行われる際に基板９が一時的に滞留するロードロックチャンバー２及びアンロードロックチャンバー２０と、大気圧より高い圧力下で基板９を加熱する加熱チャンバー３とを備えている。加熱チャンバー３、ロードロックチャンバー２、成膜チャンバー１及びアンロードロックチャンバー２０は、バルブ４を介在させながらこの順で直接的に気密に接続されている。また、大気側及び各チャンバー３，２，１，２０間で基板９を搬送する搬送機構５が設けられている。
尚、バルブ４は、各チャンバー３，２，１，２０の境界部分に設けられた基板搬送用の開口を開閉する構成である。このバルブ４には、真空管路が直線状になっているところで用いられるバルブで開いたときに障害物が管路の残らないタイプのバルブであるゲートバルブが適している。
【００１４】
成膜チャンバー１、ロードロックチャンバー２及びアンロードロックチャンバー２０は、真空チャンバーであり、専用の排気系１１，２１，２０１を備えている。加熱チャンバー３は、気密なチャンバーではあるが、真空チャンバーではなく、排気系は備えていない。
【００１５】
図１及び図２を使用して、搬送機構５の構成について説明する。図２は、搬送機構５の構成を説明する側面概略図である。搬送機構５は、ラックアンドピニオン機構より成るものであり、下面にラック５０を備えた水平な姿勢のラック板５１と、ラック板５１を水平方向（図２の紙面垂直方向）に移動させるピニオン機構５２とから主に構成されている。ピニオン機構５２は、ラック５０に噛み合う複数のピニオン５２１と、各ピニオン５２１を回転させてラック板５１を水平方向に移動させるモータ５２２等から構成されている。また、ラック板５１の移動をガイドするリニアガイド５４が設けられている
【００１６】
ラック板５１には、図１及び図２に示すように、複数の支柱５３が立てて設けられている。各支柱５３には、不図示のフックが設けられており、このフックに係止された状態で基板９が各支柱５３に保持されるようになっている。
複数のピニオン５２１は、所定間隔をおいて搬送方向に沿って設けられている。図１に示すように、ピニオン機構５２は、一方の大気側、加熱チャンバー３内、ロードロックチャンバー２内、成膜チャンバー１内、アンロードロックチャンバー２０、及び、他方の大気側に設けられている。各ピニオン機構５２が順次動作し、ラック板５１が、一方の大気側、加熱チャンバー３、ロードロックチャンバー２、成膜チャンバー１、アンロードロックチャンバー２０、他方の大気側の順に移動するようになっている。
【００１７】
尚、図１及び図２から解るように、ラック板５１は長方形であり、ラック板５１の長さ方向が搬送方向になっている。また、基板９も長方形であり、板面が垂直な姿勢であるとともに、その長さ方向が搬送方向に向いた姿勢で保持されるようになっている。図２に示すように、本実施形態では、六枚の基板９を並べて一括して保持するようになっている。上記ラック板５１の移動の際、各支柱５３に保持されている六枚の基板９も同時に移動して搬送されるようになっている。
尚、搬送機構５を一部チャンバー１，２，３，２０外に配置する構成もある。例えば、チャンバー１，２，３，２０の壁を通して磁気カップリングする機構を採用し、基板９を保持する部材を大気側から駆動して動かすようにする。これによると、塵埃等の生じ易い機構をチャンバー１，２，３，２０外に置けるので好適である。
【００１８】
次に、成膜チャンバー１の構成について、図１及び図３を使用して説明する。図３は、成膜チャンバー１の側面概略図である。

本実施形態では、成膜チャンバー１は高周波プラズマＣＶＤ法によりアモルファスシリコン膜を作成する構成となっている。具体的に説明すると、成膜チャンバー１は、その内部に設けられた高周波電極１２と、高周波電極１２に高周波電圧を印加する高周波電源１３と、内部にシランと水素の混合ガスを導入するガス導入系１４等を備えている。

【００１９】

高周波電極１２は、成膜チャンバー１の上壁部から下方に延びるアンテナ状のものであり、複数設けられている。各高周波電極１２は、棒状の金属製部材をＵ字状に丸めた形状である。各高周波電極１２は、両端が成膜チャンバー１の上壁部に設けられた絶縁ブロック１５に気密に固定されている。そして、この両端部が高周波電源１３に接続されている。

【００２０】

シランと水素の混合ガスがガス導入系１４によって導入されている状態で、高周波電源１３が高周波電極１２に高周波電圧を印加すると、混合ガスに高周波放電が生じてプラズマが形成される。プラズマ中ではシランが分解し、成膜チャンバー１内の所定位置に搬入されている各基板９の両面（表と裏）に、水素化アモルファスシリコン膜が堆積する。

【００２１】

さて、本実施形態の大きな特徴点は、加熱チャンバー３の構成にある。以下、この点について図４を使用して説明する。図４は、加熱チャンバー３の側面概略図である。

本実施形態の装置の大きな特徴点の一つは、ロードロックチャンバー２に加熱のための機構を設けず、別に加熱チャンバー３を設け、これに加熱機構３１を備えた点である。また、本実施形態の別の大きな特徴点は、加熱チャンバー３は大気圧より高い圧力下で基板９を加熱するものであるとともに、強制対流によって基板９を加熱するようになっている点である。

【００２２】

より具体的に説明すると、加熱チャンバー３は、大気側との境界部分と、ロードロックチャンバー２との境界部分のそれぞれにバルブ４を備えている。加熱チャンバー３には、圧縮空気又は乾燥空気を送り込んで加圧する加圧用ガス供給系３２が設けられている。

また、加熱チャンバー３に設けられた加熱機構３１は、熱源３１１と、熱源３１１を通る通風路を形成する複数の通風板３１２，３１３，３１４，３１５と、通風路に沿って送風するよう設けられた送風機３１６とから主に構成されている。

熱源３１１には、本実施形態では、ボイラに使用される燃焼装置のようなエネルギー効率が良いものが使用されている。熱源３１１は、都市ガスを原料としており、４０００ジュール／秒（６００００Ｋｃａｌ／時）程度の熱を発生させるようになっている。

【００２３】

送風機３１６には、遠心力ターボファンが使用されている。複数の通風板３１２，３１３，３１４，３１５は、基板９が配置される領域と熱源３１１等が設けられた領域とを区画する第一の通風板３１２と、第一の通風板３１２とともに熱源３１１を挟む第二の通風板３１３と、第一の通風板３１２の上端と第二の通風板３１３の上端との間を塞いだ第三の通風板３１４と、第二の通風板３１３の下端と加熱チャンバー３の器壁との間を塞いだ第四の通風板３１５とからなっている。

第二の通風板３１３には、風穴３１７が設けられている。送風機３１６は、加熱チャンバー３の側壁部に固定されており、風穴３１７とほぼ同じ高さの位置に位置している。送風機３１６が動作すると、熱源３１１を通過して熱風となった風が風穴３１７を通して吸い込まれ、上方に向けて送り出されるようになっている。

【００２４】

また、基板９が配置される領域の上側には、フィルタ３３が設けられている。フィルタ３３は、その下面において第三の通風板３１４との面一になるように設けられている。フィルタ３３は、通風路を横断する状態である。送風機３１６によって送り出された熱風は、第三の通風板３１４と加熱チャンバー３の上壁部との間を通り、フィルタ３３の上方に達する。そして、熱風は、加熱チャンバー３の壁面に衝突しながらフィルタ３３を通って下方に送られ、基板９に到達して基板９を加熱するようになっている。フィルタ３３は、

基板９の汚損等を防止する目的で設けられている。フィルタ３３には、２５０℃程度の耐熱性を有するＨＥＰＡフィルタ（High Efficiency Particle Air-filter）が好適に用いられる。また、加熱チャンバー３の壁部には、断熱材が必要に応じて設けられる。

【００２５】

尚、図４中矢印で示すように、熱風は、上から下に流れて基板９を加熱する。その後、風は加熱チャンバー３の下壁部等に衝突しながら第一の通風板３１２と第二の通風板３１３との間の通風路に達する。そして、再び熱源３１１を通ることでその温度が上昇し、送風機３１６によって再び送り出されるようになっている。ラック板５１やピニオン機構５２は、必要に応じて熱風が通過し易い構成とされる。

【００２６】

このような加熱機構３１により、基板９は成膜温度より高い所定の温度に加熱されるようになっている。加熱の一例について説明すると、例えば、成膜が前述したようなアモルファスシリコンの成膜である場合、成膜温度は２００℃程度とされる。この場合、基板９は加熱チャンバー３で２３０℃程度まで加熱される必要がある。熱風の温度が２５０℃、基板９の表面付近における風量が１００立方メートル／分程度になるように加熱機構３１を構成すると、１０～１５分程度で基板９をこの程度の温度まで加熱できる。

【００２７】

一方、本実施形態におけるロードロックチャンバー２には、基板９の温度が成膜温度以下に低下するのを防止する温度低下防止機構２２が設けられている。この点について、図１及び図５を使用して説明する。図５は、ロードロックチャンバー２の側面概略図である。

【００２８】

温度低下防止機構２２としては、本実施形態では、複数の輻射加熱ランプ２２１が使用されている。輻射加熱ランプ２２１は、ハロゲンランプのようなフィラメントランプであり、棒状である。各輻射加熱ランプは、水平な姿勢で上下に並べられており、給電線が内部に設けられた保持棒２２２によって両端を一括して保持されたものが一つのセットなっている。このようなセットが、ロードロックチャンバー２に搬入された各基板９の間、基板９とロードロックチャンバー２の壁面との間に一つずつ位置するよう設けられている。

【００２９】

前述した通り、基板９がＴＣＯ膜付きである場合のように赤外線の吸収率が非常に低い場合、輻射加熱ランプ２２１による基板９の加熱は困難である。しかしながら、本実施形態では、加熱チャンバー３の加熱機構３１が基板９を成膜温度以上に加熱するものであるため、ロードロックチャンバー２における加熱は補助的である。つまり、ロードロックチャンバー２内に滞留する間に成膜温度より低くならない程度に加熱すればよい。従って、本実施形態では、ロードロックチャンバー２における温度低下防止機構２２として、輻射加熱ランプ２２１による加熱の構成を採用している。

【００３０】

より具体的な例について説明すると、前述した例のように加熱チャンバー３内で基板９が２３０℃程度まで加熱され、成膜温度が２００℃程度であり、ロードロックチャンバー２内に基板９が９分程度滞留する場合、温度低下防止機構２２としての輻射加熱ランプ２２１は、１ｋＷ程度のものが一枚の基板９につき１５本程度程度使用される。尚、ロードロックチャンバー２内の圧力は、１Ｐａ程度である。

【００３１】

輻射加熱ランプ２２１による加熱量は、加熱チャンバー３での加熱温度との兼ね合いで適宜選定されることは言うまでもない。基板９が加熱チャンバー３から成膜チャンバー１に搬送される際に熱放散によって徐々に温度低下する分と、ロードロックチャンバー２内の温度低下防止機構２２としての輻射加熱ランプに２２１よって加熱される分とを考慮し、成膜チャンバー１に到達した際に基板９の温度が丁度成膜温度になっているようにすることが好ましい。

【００３２】

次に、本実施形態の装置の全体の動作について概略的に説明する。

まず、未成膜の基板９は、大気側に設けられた不図示のプラットホームにおいてラック板５１にセットされ、各支柱５３に保持される。搬送機構５が動作し、加熱チャンバー３の大気側のバルブ４が開けられ、基板９が加熱チャンバー３に搬送される。加熱チャンバー３内は、加圧用ガス供給系３２によって大気圧より少し高い圧力に常時維持されている。バルブ４を閉じた後、送風機３１６が動作して加熱チャンバー３内のガスを強制対流させ、基板９を加熱する。尚、熱源３１１は、装置の稼働中は常時動作させておく。送風機３１６についても、常時動作としてもよい。

【００３３】

基板９を所定の温度に加熱した後、加圧用ガス供給系３２のバルブを閉じて、開放弁３４を開き、そして、加熱チャンバー３とロードロックチャンバー２の間のバルブ４を開けて基板９をロードロックチャンバー２に搬送する。その後、加熱チャンバー３とロードロックチャンバー２の間のバルブ４を閉じ、ロードロックチャンバー２を排気系２１により所定の真空圧力まで排気した後、ロードロックチャンバー２と成膜チャンバー１の間のバルブ４を開けて基板９を成膜チャンバー１に搬送する。

次に、バルブ４を閉じ、前述したように成膜チャンバー１内で基板９に成膜処理が行われる。成膜処理が終了した後は、基板９は、アンロードロックチャンバー２０を経由して大気側に搬出される。そして、不図示のプラットホームにおいてラック板５１の各支柱５３から取り外される。

【００３４】

上記構成及び動作に係る本実施形態の装置によれば、加熱チャンバー３に設けられた加熱機構３１が、輻射加熱ではなく強制対流により基板９を加熱するので、エネルギー効率がよく、装置のランニングコストが安いというメリットがある。特に、エネルギーペイバックタイム短縮が要請される電力用太陽電池の製造用には、本実施形態の装置は特に適している。

また、輻射加熱ではないので、ＴＣＯ膜付き基板９のように赤外線の吸収が少ない場合にも問題なく充分に加熱することができる。この点も、本実施形態の装置が太陽電池の製造用に適している別の理由である。

そして、輻射加熱のように基板９が急激に加熱されることはないので、オーバーシュートの問題や基板９の熱変形の問題も生じない。さらに、放射温度計を用いて基板９の温度を高精度に計測することも可能であり、基板９の温度制御も充分に行える。

【００３５】

また、加熱チャンバー３で成膜温度より高い温度に加熱してしまう構成も、エネルギー効率を高めるのに貢献している。即ち、加熱チャンバー３で成膜温度より低い途中の温度まで加熱し、成膜チャンバー１又はロードロックチャンバー２で成膜温度まで加熱するようにすることは可能である。しかしながら、成膜チャンバー１やロードロックチャンバー２は真空チャンバーであり、対流加熱により効率良く加熱することは困難である。従って、輻射加熱にならざるを得ない。この場合、前述したようにエネルギー効率が悪く、ＴＣＯ膜付き等である場合には表側からの加熱は本質的に不可能である。一方、本実施形態のように、加熱チャンバー３で成膜温度以上に加熱するようにすれば、効率の悪い加熱を行う必要はなく、またＴＣＯ膜付き等である場合も充分に加熱が行える。

【００３６】

また、加熱チャンバー３で基板９が成膜温度以上に加熱された後、ロードロックチャンバー２を経て成膜チャンバー１に搬送される構成は、膜質を向上させる技術的意義を有する。即ち、加熱チャンバー３で基板９を加熱することは、基板９の吸着ガスを充分に放出させる技術的意義がある。基板９は、水等のガスを吸着している。充分に脱ガスが完了していない基板９に成膜を行うと、吸着ガスが急減に放出され、作成された膜中に放出ガスが取り込まれて不純物となったり、ガスの放出によって気泡等の形状欠陥を生ずる恐れがある。成膜前に基板９を加熱すると、吸着ガスが充分に放出されるので、このような問題が抑制される。

【００３７】

ここで、吸着ガスの放出量は、基板９が加熱される温度の高さと、その温度に維持される時間に依存している。本実施形態の構成では、加熱チャンバー３で成膜温度以上に加熱され、その温度がほぼ維持された状態でロードロックチャンバー２を経由して成膜チャンバー１に搬送される。従って、成膜チャンバー１に搬送されるまでには吸着ガスが充分に放出された状態となる。一方、ロードロックチャンバー２内のみでの加熱により吸着ガスを放出させる構成であると、高温状態の保持時間が短くなり、吸着ガスの放出が前述した構成に比べ不充分となる。充分な吸着ガスの放出を行うためには長時間を要し、結果的に生産性の低下及びランニングコストの上昇を招くため、好ましくない。

【００３８】

また、ロードロックチャンバー２内に温度低下防止機構２２が設けられている構成は、加熱チャンバー３における加熱の温度をあまり高くする必要を無くすという技術的意義をもたらす。温度低下防止機構２２がないと、ロードロックチャンバー２における温度低下を見込んで、かなり高い温度に加熱チャンバー３で加熱する必要が生ずる。この構成では、場合によっては加熱チャンバー３における加熱に長い時間を要したり、加熱機構３１が大がかりになったりすることがある。それよりは、ロードロックチャンバー２に温度低下防止機構２２を設けた方が、装置のコストとして安価であったり、ランニングコストが安くなったりすることがある。

【００３９】

さらに、加熱チャンバー３が薄膜作成装置の一部として設けられている構成、即ち、加熱チャンバー３と成膜チャンバー１とが、直接又は間接的に接続されている構成は、加熱チャンバー３から成膜チャンバー１への基板９の搬送の際の基板９の汚損が抑制されるという技術的意義をもたらす。即ち、加熱チャンバー３から成膜チャンバー１への搬送の際、基板９が一旦装置から取り出される構成であると、基板９の表面にゴミ等が付着して表面が汚損される恐れが高い。本実施形態のように、加熱チャンバー３が成膜チャンバー１に対して直接又は間接的に接続されている構成では、このような汚損の恐れは低い。

【００４０】

上述したように、本実施形態の装置は、搬送ロボットを内部に設けた搬送チャンバーの周りにロードロックチャンバー２、加熱チャンバー３、成膜チャンバー１等の気密に接続したクラスターツール型のレイアウトを採用することも可能である。

【００４１】

また、本実施形態では、加熱チャンバー３において基板９が成膜温度より高い温度まで加熱される構成であったが、丁度成膜温度まで加熱される構成でもよい。さらに、加熱チャンバー３内の圧力は大気圧より少し高い圧力に維持されたが、大気圧と同程度でもよい。大気圧より高い圧力にすることで、加熱チャンバー３内にゴミが進入しづらいという技術的意義がある。尚、圧縮空気や乾燥空気に代え、窒素等の不活性ガスを供給して大気圧以上の圧力とする場合もある。

【００４２】

また、本実施形態では、ロードロックチャンバー２内の温度低下防止機構２２として輻射加熱ランプを使用したが、セラミックヒータ等でもよい。また、加熱チャンバー３内で成膜温度より充分に高い温度まで加熱することで、ロードロックチャンバー２内での加熱を一切しない構成とすることもある。さらに、ロードロックチャンバー２に特別の断熱機構を設けて温度低下防止機構２２としてもよい。

【００４３】

成膜処理の種類としては、前述した水素化アモルファスシリコン膜の作成の他、フッ素化アモルファスシリコン膜のような他のアモルファスシリコン系薄膜の作成、アモルファスシリコンカーバイド膜、アモルファスシリコンゲルマニウム膜の作成等を挙げることができる。尚、前記薄膜にリンやホウ素をドーピングしたものも含む。

【００４４】

また、本実施形態の装置は、太陽電池製造用以外にも、液晶ディスプレイや情報記録ディスクの製造用等にも適用することができる。例えば、液晶ディスプレイの駆動電極用薄膜

を作成するのに、本願発明のような加熱の構成を採用することができる。特に、カラーフィルタが形成された基板９の表面にスパッタリング法によりスズ・ドープ酸化インジウム（ＩＴＯ）を成膜する場合等には、カラーフィルタは多くの水を含んでいるため、充分なガス放出が必要である。従って、ガス放出が効果的に行える本実施形態の装置の構成が効果的である。

【００４５】

尚、成膜チャンバー１の構成は、成膜プロセスの種類に応じて最適化される。即ち、誘導性結合ではない容量性結合の高周波プラズマＣＶＤの構成としたり、直流放電プラズマの構成としたり、ＣＶＤ以外のスパッタリングやイオンビーム蒸着等の物理蒸着の構成としたりすることがある。

【００４６】

【発明の効果】

以上説明した通り、本願の請求項１記載の発明によれば、加熱チャンバーにおいて輻射加熱ではなく強制対流により基板を加熱するので、エネルギー効率がよく、装置のランニングコストが安いというメリットが得られる。特に、エネルギーペイバックタイム短縮が要請される電力用太陽電池の製造用に特に適している。また、ＴＣＯ膜付き基板のように赤外線の吸収が少ない場合にも問題なく充分に加熱ことができる。そして、輻射加熱のような基板の温度のオーバーシュートや基板の熱変形の問題は生じない。また、請求項３記載の発明によれば、上記効果に加え、加熱チャンバーで成膜温度以上に基板が加熱されるので、効率の悪い加熱を行う必要がなく、全体としてのエネルギー効率がさらに高くなるという効果が得られる。また、請求項５記載の発明によれば、加熱チャンバーで基板が成膜温度以上に加熱された後にロードロックチャンバーで滞留し、その後基板が成膜チャンバーに搬送されるので、基板の吸着ガスの放出が充分となり、成膜の品質が向上するという効果が得られる。また、請求項６記載の発明によれば、上記効果に加え、成膜温度より低い温度に基板がなるのを防止する温度低下防止機構がロードロックチャンバーに設けられているので、加熱チャンバーにおける加熱量をそれほど多くする必要がなく、全体としてのエネルギー効率が最も高くなる条件を適宜選定できるという効果が得られる。また、請求項７記載の発明によれば、上記効果に加え、請求項１乃至６いずれかの効果を得ながら、太陽電池製造用の薄膜を作成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本願発明の実施形態の薄膜作成装置の概略構成を示す正面断面図である。

【図２】搬送機構５の構成を説明する側面概略図である。

【図３】成膜チャンバー１の側面概略図である。

【図４】加熱チャンバー３の側面概略図である。

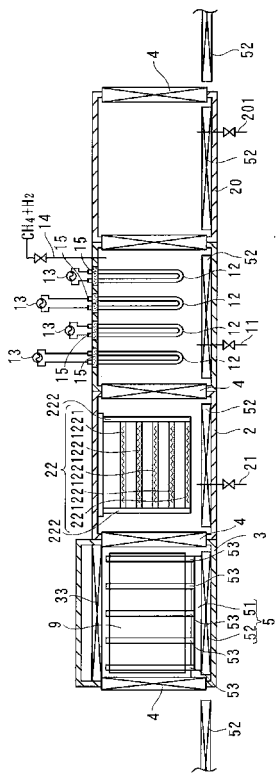
【図５】ロードロックチャンバー２の側面概略図である。

【符号の説明】

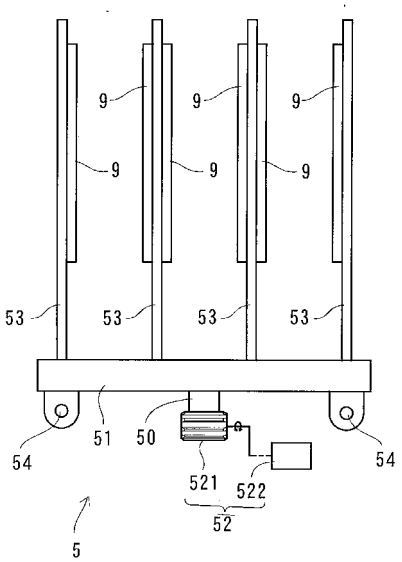
１　成膜チャンバー
１１　排気系
１２　高周波電極
１３　高周波電源
１４　ガス導入系
２　ロードロックチャンバー
２１　排気系
２２　温度低下防止機構
２２１　輻射加熱ランプ
３　加熱チャンバー
３１　加熱機構
３１１　熱源
３１２　通風板
３１３　通風板

３１４　通風板
３１５　通風板
３１６　送風機
３２　加圧用ガス供給系
３３　フィルタ
４　バルブ
５　搬送機構
５１　ラック板
５２　ピニオン機構
５３　支柱

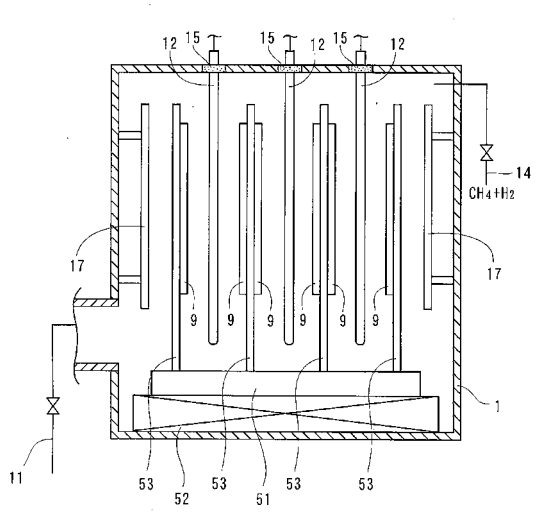
【図１】



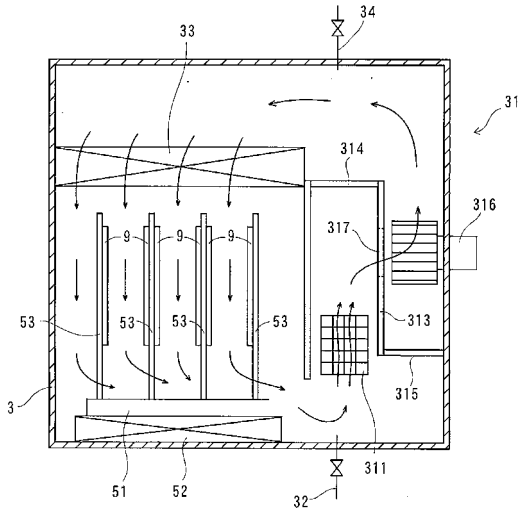
【図２】



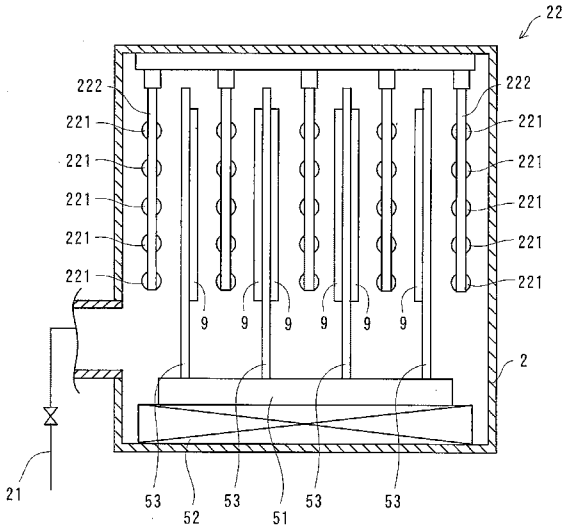
【図３】


12
15
15
12
15
12
14
CH4+H2
17
17
9
9
9
9
9
9
1
11
53
52
53
51
53
53

【図４】


34
33
31
314
316
317
9
9
9
53
53
53
53
313
315
3
51
52
311
32

【図５】


22
222
222
221
221
221
221
221
221
221
221
221
221
9
9
9
9
9
9
2
21
53
52
53
51
53
53

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H01L 31/04 (2006.01) H01L 31/04 V

(56)参考文献 特開昭５９－１４２８３８（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－１２９０９４（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２９５５５１（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２５１２５５（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２４３２２２（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
B01J 3/00-3/04
B01J 19/00-19/32
C23C 14/00-14/58
C23C 16/00-16/56
H01L 21/00-21/98
H01L 31/00-31/18