

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7619732号  
(P7619732)

(45)発行日 令和7年1月22日(2025.1.22)

(24)登録日 令和7年1月14日(2025.1.14)

(51)国際特許分類	F I
C 2 3 C 14/34 (2006.01)	C 2 3 C 14/34 K
C 2 3 C 14/52 (2006.01)	C 2 3 C 14/52
G 0 1 K 11/12 (2021.01)	G 0 1 K 11/12 Z
H 0 1 L 21/3065(2006.01)	H 0 1 L 21/302 1 0 3

請求項の数 9 (全15頁)

(21)出願番号	特願2021-8971(P2021-8971)	(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
(22)出願日	令和3年1月22日(2021.1.22)	(74)代理人	100107766 弁理士 伊東 忠重
(65)公開番号	特開2022-112931(P2022-112931 A)	(74)代理人	100070150 弁理士 伊東 忠彦
(43)公開日	令和4年8月3日(2022.8.3)	(72)発明者	アバラ アインシュタイン ノエル 東京都府中市住吉町2-30-7 東京 エレクトロン テクノロジーソリューシ ヨンス株式会社内
審査請求日	令和5年8月29日(2023.8.29)	(72)発明者	千早 宏昭 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650 東京 エレクトロン テクノロジーソリューシ ヨンス株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ホルダー温度検出方法、ホルダー監視方法及び基板処理装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板を保持する回転可能なホルダーの温度を測定するホルダー温度検出方法であって、  
前記ホルダーの前記基板を保持する面と対向する面に熱的に取り付けられた蛍光体と、  
第1波長の光パルスを照射する光源と、  
前記蛍光体から発光される第2波長の蛍光を検出する検出器と、  
一端が前記蛍光体と離間して配置され、他端が前記光源及び前記検出器に接続される光  
導波路と、を備え、  
前記蛍光体に前記第1波長の前記光パルスを照射するステップと、  
前記光パルスに起因して前記蛍光体から発光される前記第2波長の前記蛍光を検出する  
ステップと、  
検出した前記蛍光に基づいて、前記ホルダーの温度を推定するステップと、を有する、  
ホルダー温度検出方法。

【請求項2】

前記光導波路の一端から前記蛍光体までの離間する距離は、1mm以上50mm以下で  
ある、  
請求項1に記載のホルダー温度検出方法。

【請求項3】

前記ホルダーは回転され、前記蛍光体と前記光導波路の一端とが位置合わせされたタイ  
ミングで、前記光パルスを照射し、前記蛍光を検出する、

請求項 1 または請求項 2 に記載のホルダー温度検出方法。

【請求項 4】

前記蛍光体は、前記ホルダーの前記基板を保持する面と対向する面に熱的に第 1 蛍光体と、前記対向する面よりも前記基板を保持する面に近接した面に取り付けられる第 2 蛍光体と、を有し、

前記光導波路の一端から前記第 2 蛍光体までの距離が前記光導波路の一端から前記第 1 蛍光体までの距離となるように前記光導波路の一端を移動させる位置調整部を備える、  
請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載のホルダー温度検出方法。

【請求項 5】

前記ホルダーの温度を推定するステップは、  
前記蛍光の強度減衰に基づいて、前記ホルダーの温度を推定する、  
請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項に記載のホルダー温度検出方法。

10

【請求項 6】

前記ホルダーの温度を推定するステップは、  
前記蛍光の強度減衰に基づいて減衰時定数を算出し、  
算出した前記減衰時定数と、前記減衰時定数と前記ホルダーの温度とを対応付けしたテーブルと、に基づいて、前記ホルダーの温度を推定する、  
請求項 5 に記載のホルダー温度検出方法。

【請求項 7】

基板と前記基板を保持するホルダーとの伝熱状態を監視するホルダー監視方法であって、  
前記ホルダーに前記基板を載置し、前記ホルダーと前記基板の間に熱交換ガスを導入するステップと、  
請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載のホルダー温度検出方法で前記ホルダーの温度を検出し、所定時間までの前記ホルダーの温度変化の積分値を算出するステップと、  
前記積分値に基づいて、前記ホルダーに前記基板との熱伝導率を評価するステップと、  
を備える、ホルダー監視方法。

20

【請求項 8】

前記評価に基づいて、アラームを発報する、  
請求項 7 に記載のホルダー監視方法。

【請求項 9】

基板を保持する回転可能なホルダーと、  
前記ホルダーの前記基板を保持する面と対向する面に熱的に取り付けられた蛍光体と、  
前記蛍光体に第 1 波長の光パルスを照射する光源と、  
前記光パルスに起因して前記蛍光体から発光される第 2 波長の蛍光を検出する検出器と、  
一端が前記蛍光体と離間して配置され、他端が前記光源及び前記検出器に接続される光導波路と、  
検出した前記蛍光に基づいて、前記ホルダーの温度を推定する温度検出部と、を有する、  
基板処理装置。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本発明は、ホルダー温度検出方法、ホルダー監視方法及び基板処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

基板を保持するホルダーが回転可能に構成される基板処理装置が知られている。特許文献 1 には、真空環境下での処理を可能に構成された処理容器と、前記処理容器内に配置された固定部と、前記固定部に対して移動可能に設けられた可動部と、前記固定部に設けられ、気密封止構造を有する送受信モジュールと、前記可動部に設けられ、気密封止構造を有するセンサモジュールと、を備え、前記送受信モジュールと前記センサモジュールとは非接触で信号の送受信を行う、可動体構造が開示されている。

50

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

【0003】

【文献】特開2018-178163号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、基板処理装置において、回転可能なホルダーの温度を検出することが求められている。

【0005】

上記課題に対して、一側面では、回転可能なホルダーの温度を検出するホルダー温度検出方法、ホルダー監視方法及び基板処理装置を提供することを目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、一の態様によれば、基板を保持する回転可能なホルダーの温度を測定するホルダー温度検出方法であって、前記ホルダーの前記基板を保持する面と対向する面に熱的に取り付けられた蛍光体と、第1波長の光パルスを照射する光源と、前記蛍光体から発光される第2波長の蛍光を検出する検出器と、一端が前記蛍光体と離間して配置され、他端が前記光源及び前記検出器に接続される光導波路と、を備え、前記蛍光体に前記第1波長の前記光パルス照射するステップと、前記光パルスに起因して前記蛍光体から発光される前記第2波長の前記蛍光を検出するステップと、検出した前記蛍光に基づいて、前記ホルダーの温度を推定するステップと、を有する、ホルダー温度検出方法が提供される。

## 【発明の効果】

【0007】

一の側面によれば、回転可能なホルダーの温度を検出するホルダー温度検出方法、ホルダー監視方法及び基板処理装置を提供することができる。

## 【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本実施形態に係る基板処理装置の一例を示す縦断面図。

【図2】本実施形態に係る基板処理装置の一例を示す縦断面図。

【図3】ホルダーを監視方法を説明するフローチャートの一例。

【図4】ホルダーと基板との熱伝導率が基準値の場合における温度変化を示すグラフの一例。

【図5】ホルダーと基板との熱伝導率が基準値の50%の場合における温度変化を示すグラフの一例。

【図6】基板の温度変化を示すグラフの一例。

【図7】基板を冷却するのに要する予測時間を示すグラフの一例。

【図8】積分値の増加を示すグラフの一例。

## 【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明を実施するための形態について図面を参照して説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の構成については、同一の符号を付することにより重複した説明を省く。

【0010】

## &lt; 基板処理装置 &gt;

本実施形態に係る基板処理装置100について、図1及び図2を用いて説明する。図1及び図2は、本実施形態に係る基板処理装置100の一例を示す縦断面図である。また、図1は、冷凍装置30の接触プレート37がホルダー21から離間した状態を示す。図2は、冷凍装置30の接触プレート37がホルダー21と接触した状態を示す。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 1 】

図 1 に示す基板処理装置 1 0 0 は、例えば、超高真空かつ極低温の雰囲気を形成し、処理ガスによる基板処理を実行する処理容器 1 0 の内部において、被処理体である半導体ウエハ等の基板 W に対して膜を形成する P V D ( Physical Vaper Deposition ) 装置である。ここで、超高真空とは、例えば  $1 0^{-5}$  Pa 以下の圧力雰囲気を意味しており、極低温とは、 $- 3 0$  以下で、例えば  $- 2 0 0$  程度の温度雰囲気を意味している。

## 【 0 0 1 2 】

基板処理装置 1 0 0 は、処理容器 1 0 と、処理容器 1 0 の内部において基板 W を保持するホルダー 2 1 と、冷凍装置 3 0 と、ホルダー 2 1 を回転可能に支持する回転支持部 4 0 と、ホルダー 2 1 を昇降させる第 1 昇降装置 5 0 と、冷凍装置 3 0 を昇降させる第 2 昇降装置 6 0 と、を備える。なお、図 1 , 2 に示す基板処理装置 1 0 0 は、ホルダー 2 1 を昇降させる第 1 昇降装置 5 0 と、冷凍装置 3 0 を昇降させる第 2 昇降装置 6 0 の二つの昇降装置を備えるものとして説明するが、ホルダー 2 1 と冷凍装置 3 0 が共通の昇降装置によって昇降される形態であってもよい。

10

## 【 0 0 1 3 】

処理容器 1 0 の内部において、下方にはホルダー 2 1 が配置される。また、ホルダー 2 1 の上方には、複数のターゲットホルダー 1 2 が水平面に対して所定の傾斜角 を有した状態で固定されている。各ターゲットホルダー 1 2 の下面には、ターゲット T が取り付けられている。なお、図 1 , 2 において、ターゲットホルダー 1 2 の数は、1 であってもよく、3 以上であってもよい。また、ターゲットの材料は、ターゲットホルダー 1 2 ごとに異なってもよく、同じであってもよい。

20

## 【 0 0 1 4 】

処理容器 1 0 は、真空ポンプ等の排気装置 ( 図示せず ) を作動することにより、その内部が超高真空に減圧されるように構成されている。さらに、処理容器 1 0 には、処理ガス供給装置に連通するガス供給管 ( いずれも図示せず ) を介して、スパッタ成膜に必要な処理ガス ( 例えばアルゴン ( Ar ) 、クリプトン ( Kr ) 、ネオン ( Ne ) 等の希ガスや窒素 ( N<sub>2</sub> ) ガス ) が供給される。

## 【 0 0 1 5 】

ターゲットホルダー 1 2 には、プラズマ発生用電源 ( 図示せず ) からの交流電圧もしくは直流電圧が印加される。プラズマ発生用電源からターゲットホルダー 1 2 及びターゲット T に交流電圧が印加されると、処理容器 1 0 の内部においてプラズマが発生し、処理容器 1 0 の内部にある希ガス等がイオン化され、イオン化した希ガス元素等によりターゲット T がスパッタリングされる。スパッタリングされたターゲット T の原子もしくは分子は、ターゲット T に対向してホルダー 2 1 に保持されている基板 W の表面に堆積する。

30

## 【 0 0 1 6 】

基板 W に対してターゲット T が傾斜していることにより、ターゲット T からスパッタされたスパッタ粒子が基板 W に入射する入射角を調整することができ、基板 W に成膜された膜の膜厚の面内均一性を高めることができる。尚、処理容器 1 0 の内部において、各ターゲットホルダー 1 2 が同一の傾斜角 で設置されている場合であっても、ホルダー 2 1 を昇降させてターゲット T と基板 W の間の距離を変化させることにより、基板 W に対するスパッタ粒子の入射角を変化させることができる。従って、適用されるターゲット T ごとに、各ターゲット T に最適な距離となるようにホルダー 2 1 が昇降制御されるようになっている。

40

## 【 0 0 1 7 】

ホルダー 2 1 は、熱伝導性の高い材料 ( 例えば、Cu ) で形成され、円板形状に形成されている。

## 【 0 0 1 8 】

ホルダー 2 1 の上面側には、ESC プレート 2 2 が設けられる。ESC プレート 2 2 は、誘電体内に埋設されたチャック電極を有する。チャック電極には、配線を介して所定の電位が与えられるように構成されている。この構成により、基板 W を静電チャックにより

50

吸着し、ホルダー 2 1 の上面に基板 W を固定することができる。

【 0 0 1 9 】

ホルダー 2 1 の下面側には、円筒状スタンド 2 3 が設けられる。円筒状スタンド 2 3 は、熱伝導性の低い材料（例えば、オーステナイト系ステンレス鋼、フェライト系ステンレス鋼など）で形成され、円筒形状に形成されている。円筒状スタンド 2 3 は、ホルダー 2 1 を支持する。また、円筒状スタンド 2 3 は、円筒状スタンド 2 3 より内側の空間 1 5 a と、円筒状スタンド 2 3 より外側の空間 1 5 b とを区画する。また、ホルダー 2 1、E S C プレート 2 2 及び円筒状スタンド 2 3 は、回転軸 C L で回転する回転体 2 0 を構成する。なお、円筒状スタンド 2 3 は、円筒形状に肉抜きされた空間を有していてもよい。これにより、円筒状スタンド 2 3 の熱伝導性を更に低くすることができる。

10

【 0 0 2 0 】

冷凍装置 3 0 は、コールドヘッド 3 1 と、コールドリンク 3 2 と、伝熱プレートアセンブリ 3 3 と、を有する。

【 0 0 2 1 】

コールドヘッド 3 1 は、支持部材 3 8 に支持されている。また、コールドヘッド 3 1 は、冷凍機（図示せず）によって冷却される。冷凍機は、冷却能力の観点から、G M（Gifford-McMahon）サイクルを利用する形態が好ましい。

【 0 0 2 2 】

コールドリンク 3 2 は、コールドヘッド 3 1 からホルダー 2 1 に向かって形成される。コールドリンク 3 2 は、熱伝導性の高い材料（例えば、C u）で形成され、コールドヘッド 3 1 と伝熱プレートアセンブリ 3 3 とを熱的に接続する。

20

【 0 0 2 3 】

伝熱プレートアセンブリ 3 3 は、プレート 3 4 と、同心ペロー 3 5 a , 3 5 b と、プレート 3 6 と、接触プレート 3 7 と、を有する。プレート 3 4 は、コールドリンク 3 2 と熱的に接続される。同心ペロー 3 5 a , 3 5 b は、プレート 3 4 とプレート 3 6 とを熱的に接続する。プレート 3 6 の上面には、熱的に接続された接触プレート 3 7 が設けられる。

【 0 0 2 4 】

この様な構成により、コールドヘッド 3 1 は、コールドリンク 3 2 及び伝熱プレートアセンブリ 3 3 を介して、伝熱プレートアセンブリ 3 3 の接触プレート 3 7 を極低温に冷却する。また、支持部材 3 8 を上昇させる、または、ホルダー 2 1 を下降させることにより、ホルダー 2 1 の裏面に接触プレート 3 7 を接触させることができる。また、支持部材 3 8 を下降させる、または、ホルダー 2 1 を上昇させることにより、ホルダー 2 1 と接触プレート 3 7 とを離間させることができる。

30

【 0 0 2 5 】

回転支持部 4 0 は、内輪部材 4 1 と、ベアリング 4 2 と、ベアリング 4 3 と、外輪部材 4 4 と、を有する。内輪部材 4 1 と円筒状スタンド 2 3 との間にはベアリング 4 2 が配置される。また、外輪部材 4 4 と円筒状スタンド 2 3 との間にはベアリング 4 3 が配置される。このような構成により、円筒状スタンド 2 3 は、回転可能に支持されている。

【 0 0 2 6 】

また、内輪部材 4 1 と支持部材 3 8 との間には、ペローズ 4 5 a が設けられる。外輪部材 4 4 と底面 1 1 との間には、ペローズ 4 5 b が設けられる。ベアリング 4 2 , 4 3 は、円筒状スタンド 2 3 を回転可能に支持するとともに、磁性流体によってシールする。これにより、冷凍装置 3 0 が配置される空間 1 5 a は、ベアリング 4 2 及びペローズ 4 5 a によって、気密となっている。また、空間 1 5 b は、ベアリング 4 3 及びペローズ 4 5 b によって、気密となっている。

40

【 0 0 2 7 】

また、基板処理装置 1 0 0 は、円筒状スタンド 2 3 を回転させる回転モータ（図示せず）を備える。これにより、回転モータは、円筒状スタンド 2 3 を回転させるホルダー 2 1 を回転させることができる。

【 0 0 2 8 】

50

第1昇降装置50は、円筒状スタンド23、内輪部材41、外輪部材44を昇降させることで、ホルダー21を昇降させる。

【0029】

第2昇降装置60は、支持部材38を昇降させることで、接触プレート37を昇降させる。

【0030】

真空ポンプ70は、支持部材38に設けられた開口部(図示せず)を介して、空間15a内を排気する。また、真空ポンプ(図示せず)は、支持部材38に設けられた開口部(図示せず)を介して、空間15a内を排気する。

【0031】

また、基板処理装置100は、回転するホルダー21の温度を検出する温度検出部を備えている。温度検出部は、蛍光体80a, 80bと、検出部(光導波路の一端)81と、光ファイバ(光導波路)82と、処理ユニット83と、を有する。

【0032】

蛍光体80a, 80bは、ホルダー21の表面に設けられている。例えば、蛍光体80a, 80bは、回転するホルダー21の端部付近の裏面側に熱的に接続して配置されている。なお、蛍光体80aのように、ホルダー21の裏面に配置されていてもよい。また、蛍光体80bのように、ホルダー21の裏面に堀込部が形成され、その内部に配置されていてもよい。また、蛍光体80a, 80bは、Cu、Al等の熱伝導性の高い金属ペレット上に形成され、蛍光体を有する金属ペレットがホルダー21に取り付けられてもよい。また、蛍光体80a, 80bは、ホルダー21の周方向に複数配置されていてもよい。

【0033】

蛍光体80a, 80bは、第1波長の光が照射されると励起し、第1波長とは異なる第2波長の光(蛍光)を放射して基底状態に遷移する。蛍光体80a, 80bとしては、例えば、YAG等を用いることができる。

【0034】

処理ユニット83は、処理容器10外に設けられ、第1波長のパルス光を照射する光源(図示せず)と、第2波長の光を検出する検出器(図示せず)と、を有する。光ファイバ(光導波路)82は、一端が処理容器10内の検出部81に接続され、処理容器10の底面11を貫通するフィッティング82aを介し、他端が処理ユニット83(光源、検出器)に接続される。このような構成により、処理ユニット83の光源は、光ファイバ82を介し、検出部81から光86aを照射する。また、検出部81に入射された光86bは、光ファイバ82を介し、処理ユニット83の検出部に導かれる。

【0035】

また、温度検出部は、検出部81の位置を調整する位置調整部を備える。図1, 2に示す例において、位置調整部は、支持部材84及び当接部材85を有する。支持部材84は、外輪部材44から立設され、検出部81を上下方向に移動可能に支持する。具体的には、支持部材84に設けられた穴部84aに検出部81が挿入され、検出部81が上下方向に移動可能に支持されている。当接部材85は、処理容器10の底面11から立設されている。これにより、図1に示す状態において、検出部81の拡径部が穴部84aの縁と係止することで、蛍光体80aから検出部81までの距離87が維持される。一方、図2に示す状態において、検出部81の底部が当接部材85と係止することで穴部84aから検出部81が押し上げられ、蛍光体80bから検出部81までの距離87が維持される。このように、位置調整部は、検出部81の位置を調整することで、蛍光体80a, 80bから検出部81までの距離87が一定となるように維持することができる。なお、距離87は、1mm以上50mm以下が好ましく、5mm以上20mm以下がより好ましい。

【0036】

また、基板処理装置100は、基板処理装置100全体を制御する制御部90を備える。制御部90には、温度検出部(処理ユニット83)で検出されたホルダー21の温度が入力される。また、制御部90は、円筒状スタンド23を回転させる回転モータ(図示せ

10

20

30

40

50

ず)、第1昇降装置50、第2昇降装置60等を制御する。

【0037】

<ホルダー温度検出方法>

まず、ホルダー21の回転時におけるホルダー21の温度検出について、図1を用いて説明する。スパッタ粒子を基板Wに堆積させる堆積プロセスにおいて、図1に示すように、ホルダー21が接触プレート37から離間し、ホルダー21が回転する。ホルダー21が回転することにより、蛍光体80aも回転している。

【0038】

回転するホルダー21が所定の角度に到達し、蛍光体80aと検出部81とが位置合わせされたタイミング(換言すれば、検出部81の照射方向及び検出方向に蛍光体80aが到達したタイミング)で、処理ユニット83は、蛍光体80aに第1波長のパルス光を照射する。そして、処理ユニット83は、蛍光体80aの第2波長の蛍光を検出する。そして、処理ユニット83は、検出した蛍光に基づいて、ホルダー21の温度を推定する。

10

【0039】

ここで、第1波長のパルス光を照射された蛍光体80aは、強度を減衰しながら第2波長の蛍光を放射する。蛍光体80aが放射する蛍光の強度減衰は、蛍光体80aの温度(換言すれば、ホルダー21の温度)に依存する。処理ユニット83は、検出した蛍光の強度減衰に基づいて減衰時定数を算出する。また、処理ユニット83は、減衰時定数とホルダー21の温度とを対応付けしたテーブルをあらかじめ記憶している。処理ユニット83は、テーブル及び算出した減衰時定数に基づいて、ホルダー21の温度を推定(検出)する。

20

【0040】

なお、蛍光体80aは、極低温において、短い時間(例えば、1~10ms)で蛍光の強度が減衰する材料を用いることが好ましい。これにより、検出時間を短縮することができる。また、蛍光体80aが移動(ホルダー21が回転)することによる蛍光体80aから検出部81までの光路長の変化を抑制することができる。なお、蛍光体80aと検出部81との位置および角度の関係に基づいて、検出した蛍光の強度を補正してもよい。

【0041】

また、蛍光体80aを周方向に複数設けることにより、ホルダー21の回転速度及び蛍光体80aの数に応じて、周期的にホルダー21の温度を検出することができる。

30

【0042】

また、検出部81は、回転軸CLを中心とする円弧状に複数設けられていてもよい。これにより、ホルダー21の回転速度が速い構成や、蛍光の強度減衰時間が長い蛍光体80aを用いる構成であっても、ホルダー21の温度を好適に検出することができる。

【0043】

また、処理ユニット83は、蛍光の強度減衰の温度依存に基づいて、温度を推定するものとして説明したがこれに限られるものではない。蛍光の他の光学特性(例えば、Siのband edge等)の温度依存に基づいて、ホルダー21の温度を推定してもよい。

【0044】

次に、ホルダー21の冷却時におけるホルダー21の温度検出について、図2を用いて説明する。冷却プロセスにおいて、ホルダー21の回転角度が蛍光体80bと検出部81とが位置合わせされた角度で、ホルダー21が下降L1する。これにより、図2に示すように、ホルダー21が接触プレート37と接触し、冷却される。

40

【0045】

処理ユニット83は、蛍光体80bに第1波長のパルス光を照射する。そして、処理ユニット83は、蛍光体80bの第2波長の蛍光を検出する。そして、処理ユニット83は、検出した蛍光に基づいて、ホルダー21の温度を推定する。

【0046】

ここで、蛍光体80bは、ホルダー21の掘込部の中に配置されている。これにより、基板Wにより近い位置でホルダー21の温度を計測することができる。したがって、ホル

50

ダー 2 1 の検出温度に基づいて、基板 W の温度を推定する際、推定精度を向上させることができる。

【 0 0 4 7 】

また、位置調整部（支持部材 8 4、当接部材 8 5）によって、図 2 に示す蛍光体 8 0 b から検出部 8 1 までの距離 8 7 は、図 1 に示す蛍光体 8 0 a から検出部 8 1 までの距離 8 7 に維持されている。これにより、蛍光体 8 0 a、8 0 b から検出部 8 1 までの光路長による強度減衰の影響を均一化することができる。よって、図 2 の状態においても、図 1 の状態と同様に、ホルダー 2 1 の温度を検出することができる。

【 0 0 4 8 】

以上のように、本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 によれば、温度検出部（蛍光体 8 0 a、8 0 b、検出部 8 1、光ファイバ 8 2、処理ユニット 8 3）を用いて、ホルダー 2 1 の温度を検出することができる。

10

【 0 0 4 9 】

ところで、回転体の温度を測定する方法として、回転体内に温度を計測するための素子を設け、導電リング及び摺動接点を有するスリップリングを介し、外部から温度を測定する構成が知られている。しかしながら、本実施形態に係る基板処理装置 1 0 0 では、回転体 2 0 の径が大きいため、スリップリングの適用は困難である。また、ホルダー 2 1 は極低温まで冷却されるため、パイロメータを用いたホルダー 2 1 の温度計測も困難である。

【 0 0 5 0 】

これに対し、本実施形態の温度検出部は、回転するホルダー 2 1 に設けられた蛍光体 8 0 a、8 0 b と、検出部 8 1 とを、非接触として、ホルダー 2 1 の温度を検出することができる。また、本実施形態の温度検出部は、極低温に冷却されるホルダー 2 1 の温度を検出することができる。

20

【 0 0 5 1 】

<ホルダー監視>

次に、ホルダー 2 1 の監視について、図 3 を用いて説明する。図 3 は、ホルダー 2 1 を監視方法を説明するフローチャートの一例である。ここでは、制御部 9 0 は、ホルダー 2 1 と基板 W との間の伝熱状態を監視し、成膜処理を行う場合を例に説明する。

【 0 0 5 2 】

ステップ S 1 0 1 において、ホルダー 2 1 を回転角  $\theta_0$  まで回転させる。ここで、基板処理装置 1 0 0 は、ホルダー 2 1 の回転角を検出するエンコーダ（図示せず）を有する。エンコーダの検出角は、制御部 9 0 に入力される。制御部 9 0 は、回転モータ（図示せず）を制御して、ホルダー 2 1 を回転角  $\theta_0$  まで回転させる。また、回転角  $\theta_0$  とは、蛍光体 8 0 b が検出部 8 1 と整列される位置となるホルダー 2 1 の回転角である。

30

【 0 0 5 3 】

ステップ S 1 0 2 において、ホルダー 2 1 に接触プレート 3 7 を接触させる。ここでは、制御部 9 0 は、第 1 昇降装置 5 0 を制御して、ホルダー 2 1 を下降させる。これにより、基板処理装置 1 0 0 の状態は、図 2 に示す状態となる。

【 0 0 5 4 】

ステップ S 1 0 3 において、ホルダー 2 1 の温度を所定温度  $T_0$  まで冷却する。コールドヘッド 3 1 とホルダー 2 1 とがコールドリンク 3 2 及び伝熱プレートアセンブリ 3 3 を介して熱的に接続されることにより、ホルダー 2 1 の冷却が開始される。ここで、処理ユニット 8 3 は、蛍光体 8 0 b にパルス光を照射し、検出した蛍光体 8 0 b の蛍光に基づいて、ホルダー 2 1 の温度を計測（推定）する。ホルダー 2 1 の温度が所定温度  $T_0$  以下となると、制御部 9 0 の処理は、ステップ S 1 0 4 に進む。

40

【 0 0 5 5 】

ステップ S 1 0 4 において、基板 W を載置し、伝熱ガスを供給する。搬送装置（図示せず）によって、ホルダー 2 1 の載置面に高温の基板 W が載置される。制御部 9 0 は、ESC プレート 2 2 の電極に電力を印加する電源（図示せず）を制御して、基板 W を ESC プレート 2 2 に吸着させる。また、制御部 9 0 は、伝熱ガス供給部（図示せず）を制御して

50

、基板Wの裏面とESCプレート22の上面との間に伝熱ガス（例えば、Heガス）を供給する。ESCプレート22の上面は、凹部と、凹部の底面から立接する凸部と、を有する、凸部の上面で基板Wの裏面と接する。基板Wの裏面と凹部とで形成される空間に伝熱ガスが供給される。

【0056】

ステップS105において、基板Wを載置してから所定時間までのホルダー21の温度変化の積分値Eを算出する。ここで、処理ユニット83は、蛍光体80bにパルス光を照射し、検出した蛍光体80bの蛍光に基づいて、ホルダー21の温度を検出する。また、処理ユニット83は、所定のサイクルで温度計測を繰り返すことにより、ホルダー21の温度の時間変化 $T(t)$ を取得する。制御部90は、ホルダー21の温度の時間変化 $T(t)$ 、初期温度 $T_0$ 、継続時間 $t$ に基づいて、積分値 $E(= \int (T(t) - T_0) dt)$ を算出する。なお、積分値Eは、ホルダー21と基板Wとの間の伝熱状態に依存する値である。ホルダー21と基板Wとの間の伝熱状態が悪化すると、積分値Eは小さくなる。

10

【0057】

ステップS106において、制御部90は、積分値Eは、閾値 $E_0$ 以上であるか否かを判定する。積分値Eが閾値 $E_0$ 以上である場合(S106・Yes)、制御部90の処理は、ステップS107に進む。積分値Eが閾値 $E_0$ 以上でない場合(S106・No)、制御部90の処理は、ステップS111に進む。

【0058】

ステップS107において、制御部90は、成膜処理を行う。制御部90は、第1昇降装置50を制御して、ホルダー21を上昇させる。そして、制御部90は、回転モータ（図示せず）を制御して、ホルダー21を回転させる。これにより、基板処理装置100の状態は、図1に示す状態となる。そして、ターゲットTからスパッタ粒子を放出させることにより、基板Wに成膜する。なお、。処理ユニット83は、ホルダー21とともに回転する蛍光体80aが検出部81の上に配置されたタイミングでパルス光を照射し、検出した蛍光体80aの蛍光に基づいて、ホルダー21の温度を計測（推定）する。

20

【0059】

ステップS108において、ホルダー21を回転角 $\theta_0$ まで回転させる。ここで、基板処理装置100は、ホルダー21の回転角を検出するエンコーダ（図示せず）を有する。エンコーダの検出角は、制御部90に入力される。制御部90は、回転モータ（図示せず）を制御して、ホルダー21を回転角 $\theta_0$ まで回転させる。また、回転角 $\theta_0$ とは、蛍光体80bが検出部81と整列される位置となるホルダー21の回転角である。

30

【0060】

ステップS109において、ホルダー21に接触プレート37を接触させる。ここでは、制御部90は、第1昇降装置50を制御して、ホルダー21を下降させる。これにより、基板処理装置100の状態は、図2に示す状態となる。

【0061】

ステップS110において、基板Wを搬出する。制御部90は、ESCプレート22の電極に電力を印加する電源（図示せず）を制御して、ESCプレート22による基板Wの吸着を解除する。そして、搬送装置（図示せず）によって、ホルダー21の載置面から基板Wが搬出される。

40

【0062】

なお、基板処理装置100に次の基板Wが搬入されると、制御部90の処理は、S104からS110を繰り返す。

【0063】

また、ステップS106において、積分値Eが閾値 $E_0$ 以上でない場合(S106・No)、制御部90の処理は、ステップS111に進む。ステップS111において、制御部90は、警告を発報する。

【0064】

ここで、高温の基板Wをホルダー21に載置した際の温度変化のシミュレーションにつ

50

いて、図 4 から図 8 を用いて説明する。

【 0 0 6 5 】

図 4 は、ホルダー 2 1 と基板 W との熱伝導率が基準値の場合における温度変化を示すグラフの一例である。図 5 は、ホルダー 2 1 と基板 W との熱伝導率が基準値の 5 0 % の場合における温度変化を示すグラフの一例である。

【 0 0 6 6 】

図 4 及び図 5 において、縦軸は温度 ( K ) を示し、横軸は時間を示す。また、横軸の時間は、基板 W をホルダー 2 1 に接触させた時刻を 0 とする。破線は、コールドヘッド 3 1 の温度を示す。一点鎖線は基板 W の温度を示す。実線で示す温度曲線 T 1 ~ T 1 2 は、ホルダー 2 1 を所定の間隔で板厚方向にスライスした各スライスの温度を示す。なお、T 1 が表面側のスライスにおける温度曲線、T 1 2 が裏面側のスライスにおける温度曲線である。また、基板 W を載置する前のホルダー 2 1 及びコールドヘッド 3 1 の温度 T 0 を 1 0 0 K とする。また、図 4 の熱伝導率の基準値において、ESC プレート 2 2 と基板 W との間に充填される伝熱ガス ( He ガス ) の圧力を 6 Torr とする。

10

【 0 0 6 7 】

ホルダー 2 1 に高温の基板 W が載置されると、基板 W に近い側のスライスの温度曲線 T 1 は、他のスライスの温度よりも、最も高い温度上昇を示す。また、コールドヘッド 3 1 に接触するスライスの温度曲線 T 1 2 は、基板 W の熱負荷に応じて 1 0 0 K 以下に冷却される。

【 0 0 6 8 】

図 6 は、基板 W の温度変化を示すグラフの一例である。

20

【 0 0 6 9 】

図 6 において、縦軸は温度 ( K ) を示し、横軸は時間を示す。また、横軸の時間は、基板 W をホルダー 2 1 に接触させた時刻を 0 とする。なお、接触前の基板 W の温度低下は、輻射熱による放熱である。また、ESC プレート 2 2 と基板 W との間に充填される伝熱ガス ( He ガス ) の圧力を、2 Torr、3 Torr、4 Torr、6 Torr の場合を示す。

【 0 0 7 0 】

図 6 に示すように、基板 W の冷却効率は、伝熱ガスの圧力によって改善される。また、基板 W の冷却に要する時間は、伝熱ガスの圧力が高くなるほど短くなる。

30

【 0 0 7 1 】

図 7 は、基板 W を冷却するのに要する予測時間を示すグラフの一例である。

【 0 0 7 2 】

図 7 において、縦軸は 4 9 8 K から 1 0 1 K まで基板 W を冷却するのに要する予測時間を示し、横軸はホルダー 2 1 と基板 W との熱伝導率を示す。なお、横軸は、基準値における熱伝導率を 1 として正規化している。

【 0 0 7 3 】

ホルダー 2 1 と基板 W との熱伝導率は、伝熱ガスの圧力 ( 図 6 参照 )、ESC プレート 2 2 の凸部と基板 W の裏面との接触条件に依存する。例えば、基板 W の載置位置がズレたり、ESC プレート 2 2 と基板 W との間に粒子が存在したりすると、冷却効率に影響を及ぼす。この場合、成膜処理 ( ステップ S 1 0 7 ) において、設計温度よりも高い温度でスパッタ粒子の堆積が行われるおそれがある。

40

【 0 0 7 4 】

ここで、基板 W の温度を直接測定することは困難である。制御部 9 0 は、ホルダー 2 1 の温度を検出するとともに、ホルダー 2 1 と基板 W との熱伝導率を推定する。そして、熱伝導率を推定することにより、基板 W が適切に位置決めされ、基板 W とホルダー 2 1 とが適切に熱的に接触しているか否かを確認することができる。

【 0 0 7 5 】

ここで、図 4 及び図 5 を対比して示すように、基板 W との接触面に近接するホルダー 2 1 のスライスの温度は、ガスコンダクタンスに応じて、また、基板 W とホルダー 2 1 との

50

コンダクタンスに応じて、異なる速度で上昇する。

【0076】

また、ホルダー21の温度上昇と時間との積の合計（ステップS105の積分値E）は、基板Wを冷却するのに必要なエネルギーに比例する。これは、温度曲線と温度T<sub>0</sub>で囲まれる面積に対応する。一例として、図4及び図5において、温度曲線T<sub>3</sub>において所定時間（例えば、20秒）までの温度変化の積分値Eを網掛けを付して示す。そして、ホルダの各スライスの温度は、最終的に冷凍装置30によって100Kに収束する。

【0077】

図8は、積分値Eの増加を示すグラフの一例である。図8において、縦軸は、 $T \times t$ （=積分値E）であり、横軸は時間を示す。また、熱伝導率が、基準値（Ref）、基準値に対して85%、65%、50%の場合を示す。

10

【0078】

曲線は、60秒付近で収束するが、より短い時間で熱伝導率の違いを区別することができる。即ち、ホルダー21の温度を計時的に記録し、短時間（例えば、20秒）で積分値Eを評価する（ステップS106参照）。これにより、基板Wの温度を直接計測することなく、基板Wとホルダー21との熱伝導率を評価することができる。

【0079】

また、蛍光体80bは、掘込部に設ける（図4及び図5の例において、例えば温度曲線T<sub>3</sub>のスライスに設ける）ことにより、温度の検出位置を基板Wの載置面に近づけることができ、好ましい。これにより、ホルダー21に高温の基板Wが載置した後の温度上昇を大きくすることができ、熱伝導率の変化による積分値Eの変化も大きくなる。これにより、基板Wとホルダー21との熱伝導率を評価精度を向上させることができる。

20

【0080】

また、ステップS105で算出した積分値Eが閾値E<sub>0</sub>以上でない場合（S106・No）、基板Wとホルダー21との熱伝導率が不良であるものとして、アラームを発報することができる（ステップS111参照）。これにより、成膜処理（ステップS107）において、設計温度よりも高い温度でスパッタ粒子の堆積が行われることを防止することができる。

【0081】

以上、基板処理装置を上記実施形態により説明したが、本発明に係る基板処理装置は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の範囲内で種々の変形及び改良が可能である。上記複数の実施形態に記載された事項は、矛盾しない範囲で組み合わせることができる。

30

【符号の説明】

【0082】

W	基板
100	基板処理装置
21	ホルダー
22	ESCプレート
23	円筒状スタンド
30	冷凍装置
40	回転支持部
50	第1昇降装置
60	第2昇降装置
70	真空ポンプ
80a, 80b	蛍光体
81	検出部（光導波路の一端）
82	光ファイバ（光導波路）
83	処理ユニット
84	支持部材（位置調整部）

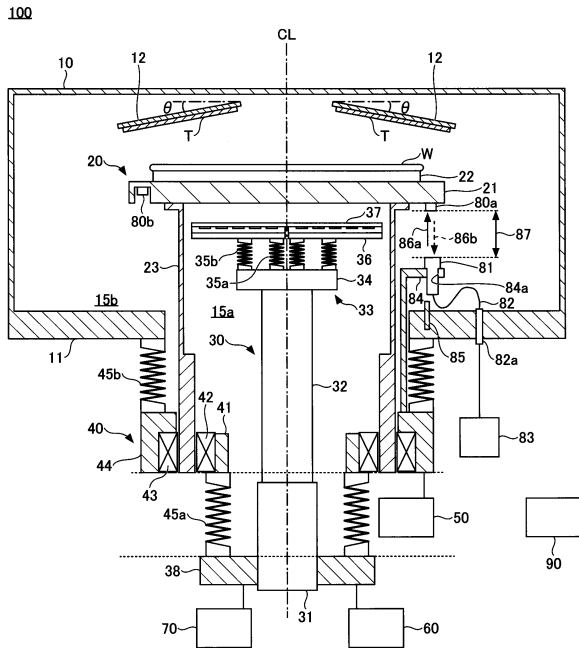
40

50

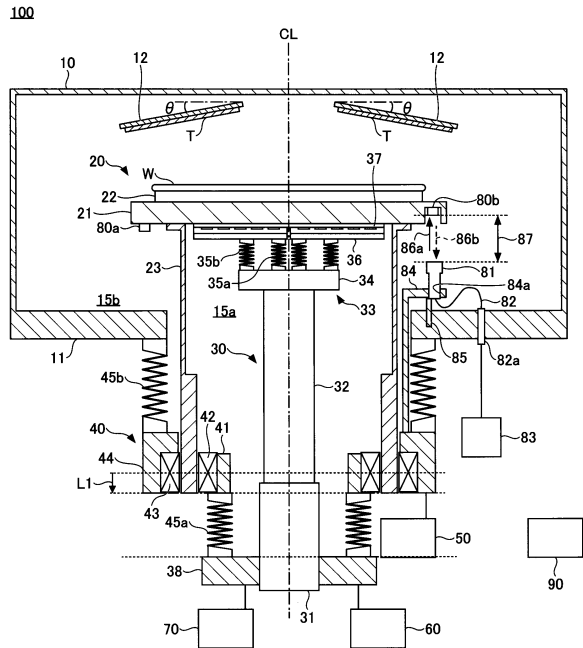
- 8 5 当接部材 (位置調整部)
- 8 6 a 光 (第 1 波長のパルス光)
- 8 6 b 光 (第 2 波長の蛍光)
- 9 0 制御部

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

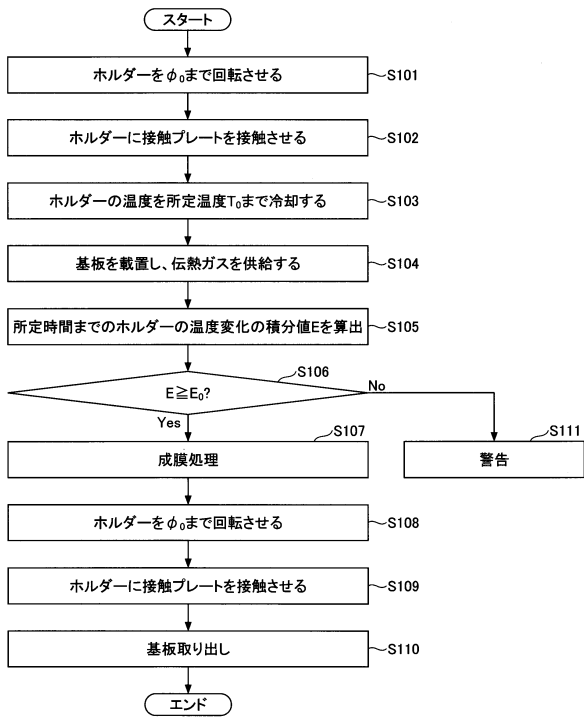
20

30

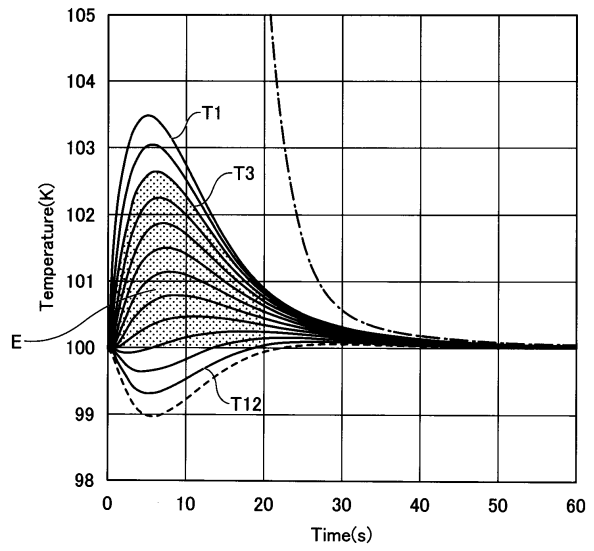
40

50

【 図 3 】



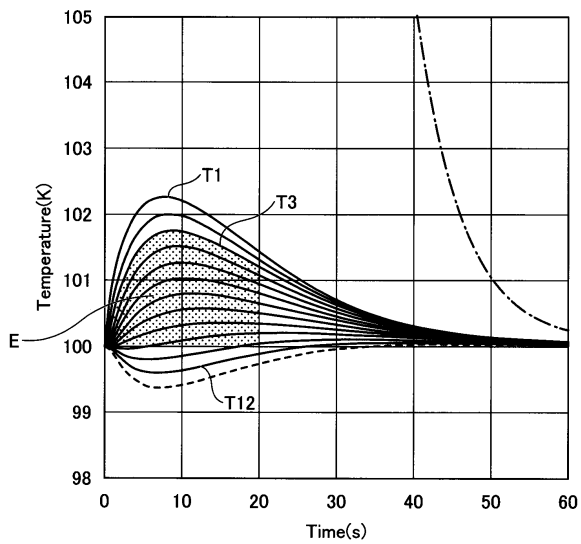
【 図 4 】



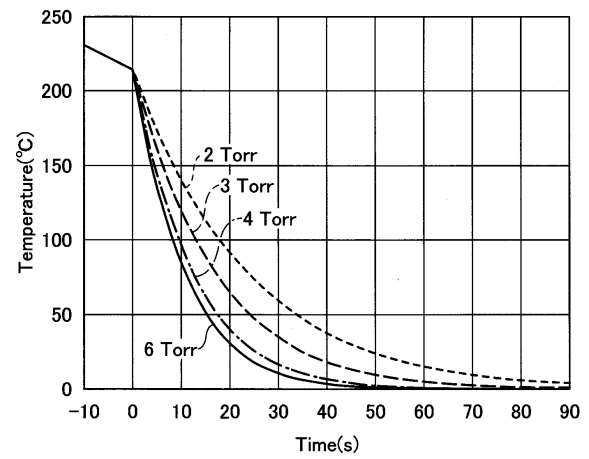
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

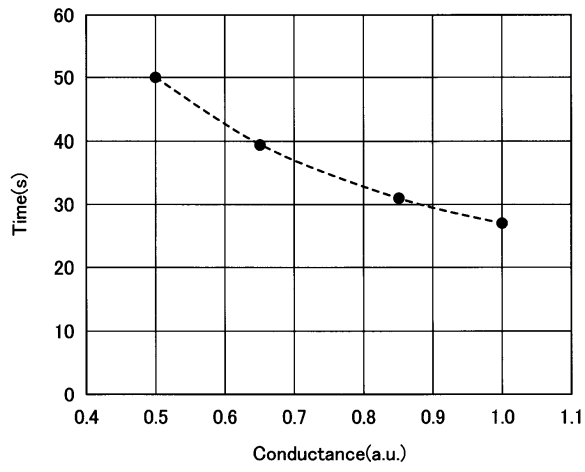


30

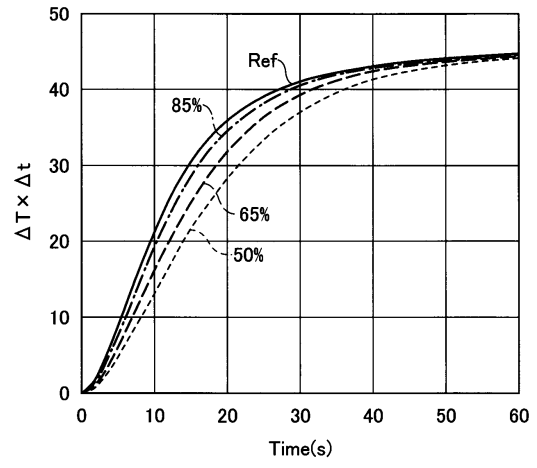
40

50

【 7 】



【 8 】



10

20

30

40

50

## フロントページの続き

審査官 高 橋 真由

- (56)参考文献 特開2015-135250(JP,A)  
特開2007-116098(JP,A)  
特開2003-234330(JP,A)  
特開平09-178575(JP,A)  
特開平06-331457(JP,A)  
特表2010-503231(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
C23C 14/34  
C23C 14/52  
G01K 11/12  
H01L 21/302