

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-95937
(P2018-95937A)

(43) 公開日 平成30年6月21日(2018.6.21)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
C 2 3 C	16/52	(2006.01)	C 2 3 C	16/52		2 G O 6 O		
C 2 3 C	16/27	(2006.01)	C 2 3 C	16/27		4 K O 3 O		
C 2 3 C	16/54	(2006.01)	C 2 3 C	16/54				
G O 1 N	27/00	(2006.01)	G O 1 N	27/00	Z			
G O 1 N	27/04	(2006.01)	G O 1 N	27/04	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2016-243361 (P2016-243361)
(22) 出願日 平成28年12月15日 (2016.12.15)

(71) 出願人 309036221
三菱重工機械システム株式会社
兵庫県神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号
(74) 代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎
(74) 代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
(74) 代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
(74) 代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男
(74) 代理人 100149548
弁理士 松沼 泰史

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電極状態評価装置、成膜装置及び電極状態評価方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】プラスチック容器の内側にCVD法で原料ガスをプラズマ化して、ガスバリア層を形成する方法において、成膜装置の電極の性能劣化をチェックする装置の提供。

【解決手段】容器に対して成膜工程で電極を挿入して成膜を行う成膜装置の電極状態評価装置20は、成膜工程とは異なる工程であって電極の状態をチェックするチェック工程で電極に所定の定電圧を印加した際の電流値を取得する電流値取得部22と、電流値取得部22が取得した電流値に基づいて電極の状態を評価する電極状態評価部23とを備える電極状態評価装置。

【選択図】 図3

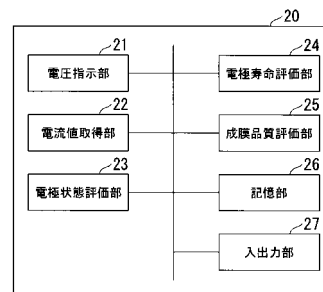


図3

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

容器に対して成膜工程で電極を挿入して成膜を行う成膜装置の電極状態評価装置であって、

前記成膜工程とは異なる工程であって前記電極の状態をチェックするチェック工程で前記電極に所定の定電圧を印加した際の電流値を取得する電流値取得部と、

前記電流値取得部が取得した電流値に基づいて前記電極の状態を評価する電極状態評価部と、

を備える電極状態評価装置。

【請求項 2】

前記電極状態評価部は、前記電流値が所定の範囲に収まらない場合、前記電極の状態が異常であると評価する、

請求項 1 に記載の電極状態評価装置。

【請求項 3】

前記電極は熱触媒であって、前記チェック工程における前記電極への所定の定電圧の印加を、前記印加による熱反応および化学反応が生じない環境に前記電極が位置するときに実行する電圧指示部、

をさらに備える請求項 1 または請求項 2 に記載の電極状態評価装置。

【請求項 4】

前記電圧指示部は、前記電極が前記容器を収容するチャンバーの外部に位置するときに前記電極への所定の定電圧の印加を実行する、

請求項 3 に記載の電極状態評価装置。

【請求項 5】

前記電圧指示部は、前記電極への所定の定電圧の印加を、前記成膜工程の後に設けられた前記チェック工程にて行う、

請求項 3 または請求項 4 に記載の電極状態評価装置。

【請求項 6】

前記電圧指示部は、前記電極への所定の定電圧の印加を、前記成膜工程において前記容器の開口部から前記容器内へ挿入された前記電極が前記成膜工程の後に前記開口部から前記容器の外部に移動した後に行う、

請求項 5 に記載の電極状態評価装置。

【請求項 7】

前記電圧指示部は、前記電極への所定の定電圧の印加を、前記成膜工程の前に設けられた前記チェック工程にて行う、

請求項 3 から請求項 6 の何れか 1 項に記載の電極状態評価装置。

【請求項 8】

前記電極の抵抗値の変化に基づく前記電極の寿命を評価する電極寿命評価部、

をさらに備える請求項 1 から請求項 7 の何れか 1 項に記載の電極状態評価装置。

【請求項 9】

前記電流値取得部が取得した電流値に基づいて前記成膜工程で形成されたガスバリア膜の品質を評価する成膜品質評価部、

をさらに備える請求項 1 から請求項 8 の何れか 1 項に記載の電極状態評価装置。

【請求項 10】

請求項 1 から請求項 9 の何れか 1 項に記載の電極状態評価装置、を備え、当該電極状態評価装置による前記チェック工程の前または後に前記成膜工程を実行する、成膜装置。

【請求項 11】

容器に対して成膜工程で電極を挿入して成膜を行う成膜装置の電極状態評価装置が、

前記成膜工程とは異なる工程であって前記電極の状態をチェックするチェック工程で前記電極に所定の定電圧を印加した際の電流値を取得し、

前記取得した電流値に基づいて前記電極の状態を評価する、

10

20

30

40

50

電極状態評価方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電極状態評価装置、成膜装置及び電極状態評価方法に関する。

【背景技術】

【0002】

飲料などを充填するPET（ポリエチレンテレフタレート）ボトル等のプラスチック容器を製造する際に内容物の品質の劣化を防ぐため、容器の内側にDLCコーティングを行う技術が知られている。例えば、特許文献1には、CVD（chemical vapor deposition）成膜装置によって、プラスチック容器の内側にガスバリア膜を形成する方法が記載されている。

10

【0003】

一般にCVD成膜装置では、プラスチック容器を真空チャンバー内に收容し、真空引きを行った後にプラスチック容器の内側を原料ガスで満たす。その後、高周波電力を加えて原料ガスをプラズマ化し、容器の内表面にガスバリア膜を形成する。膜の形成が完了するとプラスチック容器を真空チャンバーから取り出して、新たなプラスチック容器と交換し、そのプラスチック容器について同様の工程を繰り返す。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開2005-36260号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の工程において、高周波電力を加える電極の状態は重要である。例えば、電極が酸化したり窒化したりすると触媒性能が劣化してガスバリア膜の品質に影響したり、電極が脆くなって電極の一部がプラスチック容器内に落下する等の不都合が生じる。電極の性能劣化等を原因とする成膜品質の劣化を未然に防ぐために、上記の工程が繰り返される中で、電極の状態を評価する方法が求められている。

30

【0006】

そこでこの発明は、上述の課題を解決することのできる電極状態評価装置、成膜装置及び電極状態評価方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の第1の態様は、容器に対して成膜工程で電極を挿入して成膜を行う成膜装置の電極状態評価装置であって、前記成膜工程とは異なる工程であって前記電極の状態をチェックするチェック工程で前記電極に所定の定電圧を印加した際の電流値を取得する電流値取得部と、前記電流値取得部が取得した電流値に基づいて前記電極の状態を評価する電極状態評価部と、を備える電極状態評価装置である。

40

【0008】

本発明の第2の態様における前記電極状態評価部は、前記電流値が所定の範囲に収まらない場合、前記電極の状態が異常であると評価する。

【0009】

本発明の第3の態様によれば、前記電極は熱触媒であって、前記電極状態評価装置は、前記チェック工程における前記電極への所定の定電圧の印加を、前記印加による熱反応および化学反応が生じない環境に前記電極が位置するときに行う電圧指示部、をさらに備える。

【0010】

本発明の第4の態様における前記電圧指示部は、前記電極が前記容器を收容するチャン

50

バーの外部に位置するとき前記電極への所定の定電圧の印加を実行する。

【0011】

本発明の第5の態様における前記電圧指示部は、前記電極への所定の定電圧の印加を、前記成膜工程の後に設けられた前記チェック工程にて行う。

【0012】

本発明の第6の態様における前記電圧指示部は、前記電極への所定の定電圧の印加を、前記成膜工程において前記容器の開口部から前記容器内へ挿入された前記電極が前記成膜工程の後に前記開口部から前記容器の外部に移動した後に行う。

【0013】

本発明の第7の態様における前記電圧指示部は、前記電極への所定の定電圧の印加を、前記成膜工程の前に設けられた前記チェック工程にて行う。

10

【0014】

本発明の第8の態様における前記電極状態評価装置は、前記電極の抵抗値の変化に基づく前記電極の寿命を評価する電極寿命評価部、をさらに備える。

【0015】

本発明の第9の態様における前記電極状態評価装置は、前記電流値取得部が取得した電流値に基づいて前記成膜工程で形成されたガスバリア膜の品質を評価する成膜品質評価部、をさらに備える。

【0016】

本発明の第10の態様は、上述の何れかに記載の電極状態評価装置を備え、当該電極状態評価装置による前記チェック工程の前または後に前記成膜工程を実行する成膜装置である。

20

【0017】

本発明の第11の態様は、容器に対して成膜工程で電極を挿入して成膜を行う成膜装置の電極状態評価装置が、前記成膜工程とは異なる工程であって前記電極の状態をチェックするチェック工程で前記電極に所定の定電圧を印加した際の電流値を取得し、前記取得した電流値に基づいて前記電極の状態を評価する、電極状態評価方法である。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、成膜装置の発熱線の状態を評価することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の一実施形態におけるロータリー式成膜ユニットの第1の概略図である。

【図2】本発明の一実施形態におけるバリア膜形成装置の概略図である。

【図3】本発明の一実施形態における電極状態評価装置の機能ブロック図である。

【図4】本発明の一実施形態におけるチェック工程の電極状態評価処理を説明する第1の図である。

【図5】本発明の一実施形態におけるチェック工程の電極状態評価処理を説明する第2の図である。

【図6】本発明の一実施形態におけるチェック工程の電極状態評価処理を説明する第3の図である。

40

【図7】本発明の一実施形態における電極状態評価装置の処理の一例を示すフローチャートである。

【図8】本発明の一実施形態におけるロータリー式成膜ユニットの第2の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

<実施形態>

以下、本発明の一実施形態による電極状態評価装置を図1～図8を参照して説明する。

図1は、本発明の一実施形態におけるロータリー式成膜ユニットの第1の概略図である。

50

図 1 に示すロータリー式成膜装置 40 は、Cat-CVD (触媒化学気相成長法) 法によって、プラスチック容器の内表面にガスバリア膜を形成する装置である。ロータリー式成膜装置 40 は、供給装置 41 と、ロータ 42 と、排出装置 43 と、制御装置 44 とを備える。以下、図示したプラスチック容器 10a、10b・・・等を総称して容器 10、バリア膜形成装置 30a、30b・・・等を総称してバリア膜形成装置 30 と記載する場合がある。供給装置 41 は、プラスチック容器 (以下、単に容器と称することがある。) 10a、10b をロータ 42 側へ送出する。ロータ 42 は、例えば円盤状をしており、その外周に沿って複数のバリア膜形成装置 30a、30b・・・等を備える。ロータ 42 は、中心軸周りに破線矢印方向に回転し、供給装置 41 から送出された容器 10 をバリア膜形成装置 30 に収容して排出装置 43 まで搬送する。

10

【0021】

この搬送中、バリア膜形成装置 30 では、容器 10 の内表面にガスバリア膜を形成する成膜処理を行う。後述するように本実施形態の成膜処理は、成膜工程、チェック工程を含んでいる。まず、成膜工程では、供給装置 41 によってロータ 42 側へと送出された容器 10 が、バリア膜形成装置 30 (後述する真空チャンバー 11) に収容され、真空引き、電圧の印加、原料ガスの投入などの処理が行われる。これにより、原料ガスがプラズマ化し、容器 10 の内表面へのガスバリア膜が形成される。この成膜工程は、容器 10 が区間 51 を搬送される間に行われる。

【0022】

次のチェック工程は、容器 10 が区間 52 を搬送される間に行われる。チェック工程では、原料ガスを加熱しプラズマ化するために用いる電極 (後述する発熱線 14) の状態を確認するための評価処理が行う。本実施形態では、電極に低電圧を短時間かけ、その時に計測される電流から逆演算される抵抗値が電極の劣化度に関係することを利用して、電極の性能低下を検出する。

20

その後、成膜後の容器 10 はバリア膜形成装置 30 から取り出されて、排出装置 43 によってロータリー式成膜装置 40 から排出される。制御装置 44 は、この一連の成膜処理において供給装置 41、ロータ 42、排出装置 43、複数のバリア膜形成装置 30 の動作を制御する。次に図 2 を用いて成膜処理 (成膜工程、チェック工程) についてさらに詳しく説明する。

【0023】

図 2 は、本発明の一実施形態におけるバリア膜形成装置の概略図である。

30

図 2 に示すバリア膜形成装置 30 は、CVD (chemical vapor deposition) 法によって DLC (Diamond Like Carbon) 等のガスバリア膜を容器 10 の内表面に成膜する装置である。図 2 のバリア膜形成装置 30 は、プラスチック容器 10 を収容する空間を有する真空チャンバー 11 と、原料ガスを吹き出すための原料ガス供給管 12 と、原料ガスの流量を計測するガス流量計 13 と、発熱により原料ガスをプラズマ化する発熱線 14 と、発熱線 14 に電力を供給する電源 15 と、発熱線 14 に流れる電流を計測する電流計 16 と、配管 Q1 を介して真空チャンバー 11 へ流入する大気の流入量を制御する大気バルブ 17 と、図示しない真空ポンプにより排気されるガスの排気経路である排気管 Q2 および真空チャンバー 11 の内外を隔離する真空バルブ 18 と、真空チャンバー 11 の内部圧力を計測する圧力計 19 と、電極状態評価装置 20 と、を備えている。電極状態評価装置 20 は、発熱線 14 の劣化度合いを評価する装置である。また、原料ガス供給管 12 および発熱線 14 は、制御装置 44 の制御により上下方向の移動が可能である。

40

【0024】

次にバリア膜形成装置 30 で行われる成膜工程、チェック工程の各処理について説明する。まず、制御装置 44 は、供給装置 41 によって送出された容器 10 を、真空チャンバー 11 内に収容する。成膜工程 (区間 51) では、制御装置 44 は、例えば、次の各処理を実行する。まず、制御装置 44 は、容器 10 内のガスを排気管 Q2 経由で図示しない真空ポンプにより排気して、圧力計 19 が計測する圧力値を監視しつつ、真空チャンバー 11 内の圧力を規定の真空度に到達させる。次に制御装置 44 は、原料ガス供給管 12 およ

50

び発熱線 14 を下方方向に移動し、開口部 10 m を介して容器 10 内に挿入する。次に制御装置 44 は、電源 15 を制御して、発熱線 14 に電圧を印加し、真空チャンバー 11 内の温度を昇温させる（事前昇温）。また、制御装置 44 は、所定のタイミングで原料ガス供給管 12 を通して、原料ガスの容器 10 内への供給を開始する。なお、制御装置 44 は、ガス流量計 13 の計測値を監視しつつ、所定の流量で原料ガスを継続的に供給し続ける。また、制御装置 44 は、電源 15 を介して所定の電圧を継続的に発熱線 14 へ印加し続ける。すると、電流が流れて高温（例えば 2000 以上）となった発熱線 14 により、原料ガスが加熱されてプラズマ化し、成膜種が生成される。この成膜種は、容器 10 の内面に堆積して炭素膜（ガスバリア膜）を形成する。容器 10 が所定の位置に至ると、制御装置 44 は、発熱線 14 への電圧の印加および原料ガスの供給を停止する。次に制御装置 44 は、配管 Q1 から残留ガスの排気をして、真空チャンバー 11 内を大気圧に戻す。また、制御装置 44 は、原料ガス供給管 12 および発熱線 14 を上方方向に移動させ、開口部 10 m より容器 10 の外部に取り出す。なお、容器 10 内部への異物の落下を防ぐために、原料ガス供給管 12 および発熱線 14 を上方方向に移動させたときに、原料ガス供給管 12 および発熱線 14 と開口部 10 m との間に仕切り板を設けるようにしてもよい。

10

【0025】

次のチェック工程では、電極状態評価装置 20 が、区間 52 を搬送中のバリア膜形成装置 30 について、電源 15 を制御することにより所定の低電圧を印加して発熱線 14 に微弱電流を流す。電極状態評価装置 20 は、電流計 16 によって計測された微弱電流の電流値を取得し、取得した電流値に基づいて発熱線 14 の状態（触媒性能の劣化等）を評価する。電極状態評価装置 20 は発熱線 14 の評価結果を例えばディスプレイ装置（図示せず）に出力する。このように電極状態評価装置 20 は、成膜に影響を及ぼさないタイミングで発熱線 14 の評価処理を行う。

20

【0026】

チェック工程を終了すると制御装置 44 は、最後に容器 10 を真空チャンバー 11 から取り出して容器 10 を排出装置 43 側へ送出する。排出装置 43 が容器 10 を排出すると、ガスバリア膜が形成されたプラスチック容器 10 が得られる。これで 1 つの容器 10 に対する成膜処理が終了する。ロータリー式成膜装置 40 を運転すると、ロータ 42 の外周に設けられた複数のバリア膜形成装置 30 によって同様の工程を経た成膜後の容器 10 が、次々と排出装置 43 から排出される。電極状態評価装置 20 は、1 つの容器 10 に対する成膜工程が終了すると、その容器 10 が排出される直前にチェック工程の処理を行って、発熱線 14 の状態評価を行う。発熱線 14 の評価結果が異常である場合、排出される容器 10 の成膜品質も劣化している可能性がある。電極状態評価装置 20 は、成膜品質の確認にも用いることができる。

30

【0027】

図 2 に示すバリア膜形成装置 30 のうち、本実施形態に固有の電極状態評価装置 20 を除いた構成は、一般的なバリア膜形成装置の基本的な構成例を示したものであって、この構成に限定されない。また、成膜工程の各処理についても、上記で説明した方法に限定されない。

【0028】

本実施形態のチェック工程によれば、ユーザ（成膜処理の管理者等）は、電極状態評価装置 20 による評価結果を参照して、異常と評価された発熱線 14 によって処理された容器 10 を出荷対象外としたり、各バリア膜形成装置 30 に設けられた発熱線 14 の寿命を確認したり、急に発熱線 14 の異常が生じた場合などはロータリー式成膜装置 40 の運転を一旦停止して、発熱線 14 を交換したりすることができる。

40

例えば、発熱線 14 が脆くなっている場合、成膜工程最後の上方向への移動による振動や衝撃により、発熱線 14 の一部が落下したり破損したりする可能性がある。従来から成膜品質の管理のために、成膜工程における発熱線 14 での電流の監視等は行われている。この監視により成膜工程での発熱線 14 の状態を把握することは可能である。しかし、成膜工程での監視だけでは、成膜工程の終了後に生じる発熱線 14 の異常を検知することが

50

できない。本実施形態では、成膜工程の終了後にチェック工程を設けることで、成膜工程では検知できなかった異常や、成膜工程の終了後に生じる（例えば発熱線 14 が移動することによって生じる）異常を検出することができる。これにより、新たな容器 10 に対する成膜処理が開始される前に異常を検知し、異常への対処ができるようになる。

【0029】

次に図 3 を用いて電極状態評価装置 20 について説明する。

図 3 は、本発明の一実施形態における電極状態評価装置の機能ブロック図である。

電極状態評価装置 20 は、例えばマイコン等のコンピュータ装置である。電極状態評価装置 20 は、電圧指示部 21 と、電流値取得部 22 と、電極状態評価部 23 と、電極寿命評価部 24 と、成膜品質評価部 25 と、記憶部 26 と、入出力部 27 とを備えている。

10

【0030】

電圧指示部 21 は、前記チェック工程における発熱線 14 への一定レベルの電圧（低電圧）の印加を電源 15 に指示する。電圧指示部 21 は、電源 15 への印加の指示を、発熱線 14 が、電流を流しても熱反応や化学反応が生じない安定した環境に位置するときに行う。

【0031】

電流値取得部 22 は、電圧指示部 21 の印加指示により発熱線 14 に流れる電流値を取得する。例えば電流値取得部 22 は、電流計 16 が計測した電流値を計測時刻とともに取得する。電流値取得部 22 は、取得した電流値および時刻情報を記憶部 26 に記録する。

【0032】

電極状態評価部 23 は、電流値取得部 22 が取得した電流値に基づいて発熱線 14 の状態を評価する。例えば、電極状態評価部 23 は、電流値取得部 22 が取得した電流値が所定の範囲に収まらない場合、発熱線 14 の状態が異常であると評価する、チェック工程では電圧指示部 21 の指示により、一定の低電圧を短時間、発熱線 14 に印加する。その時に得られる電流により、発熱線 14 の抵抗値を算出することができる。この抵抗値により、発熱線 14 の劣化度合いを評価することができる。なお、劣化度合いと抵抗値の関係については、事前に実験や計算などで求められているとする。本実施形態では一例として電極状態評価部 23 が、劣化度合いと抵抗値の関係および電圧指示部 21 が指示する電圧値から算出できる電流値に基づいて、発熱線 14 の状態評価を行う。

20

【0033】

電極寿命評価部 24 は、電流値取得部 22 が取得した電流値から算出した発熱線 14 の抵抗値の変化に基づく発熱線 14 の劣化度合いによって、発熱線 14 の寿命を評価する。電極寿命評価部 24 は、電極状態評価部 23 と同様に、劣化度合いと抵抗値の関係および電圧指示部 21 が指示する電圧値から算出できる電流値に基づいて、発熱線 14 の寿命評価を行ってもよい。または、電極寿命評価部 24 は、例えば、使用開始からの経過時間と劣化度合いの関係、あるいは、使用回数（成膜工程を行った累積回数）と劣化度合いに基づいて、発熱線 14 の寿命を評価してもよい。

30

【0034】

成膜品質評価部 25 は、電流値取得部 22 が取得した電流値に基づいて、成膜工程で容器 10 の内表面に形成されたガスバリア膜の品質を評価する。

40

【0035】

記憶部 26 は、電流値取得部 22 が取得した電流値や、電極状態評価部 23 が発熱線 14 の状態評価に用いる電流値と発熱線 14 の状態との関係を規定するデータテーブルや関数、電極寿命評価部 24 が発熱線 14 の寿命の評価に用いる例えば電流値と寿命の関係を規定するデータテーブルや関数、成膜品質評価部 25 がガスバリア膜の品質評価に用いる電流値と品質との関係を規定するデータテーブルや関数などを記憶する。

【0036】

入出力部 27 は、制御装置 44 による電極状態評価装置 20 への電極状態評価処理の開始指示情報の入力を受け付けや、電極状態の評価結果情報の出力等を行う。

なお、電圧指示部 21、電流値取得部 22、電極状態評価部 23、電極寿命評価部 24

50

、成膜品質評価部 25 は、電極状態評価装置 20 が備える CPU (Central Processing Unit、中央処理装置) が、記憶部 26 からプログラムを読み出して実行することで実現される機能である。

【0037】

図 4 は、本発明の一実施形態におけるチェック工程の電極状態評価処理を説明する第 1 の図である。

図 4 のグラフは、1 回のチェック工程において、電圧指示部 21 が電源 15 を介して発熱線 14 へ印加する電圧値の推移を示している。図 4 の横軸は時間を、縦軸は電圧値の大きさを示す。

図示するように電圧指示部 21 は、チェック工程中の所定時間において一定の電圧を印加するよう指示する。このとき、発熱線 14 へ印加する電圧の大きさについては、発熱線 14 の状態評価に必要な大きさであって、発熱線 14 への負担が掛からない程度の比較的低電圧に設定することが好ましい。比較的低い電圧であれば、連続して容器 10 への成膜処理を繰り返すうえで、成膜環境への影響も抑えることができる。

10

【0038】

図 5 は、本発明の一実施形態におけるチェック工程の電極状態評価処理を説明する第 2 の図である。

図 5 のグラフ L1、L2 は、1 回のチェック工程において、電流計 16 が計測する電流値の推移を示している。図 5 の横軸は時間を、縦軸は電流値の大きさを示す。

電流値取得部 22 は、電流計 16 から計測された電流値を取得する。電極状態評価部 23 は、この電流値に基づいて発熱線 14 の状態を評価する。具体的には、電極状態評価部 23 は、電流値取得部 22 が取得した電流値が、図中の上限値と下限値で規定された所定の範囲内に収まっていれば (グラフ L1)、発熱線 14 の状態は正常であると評価する。また、電極状態評価部 23 は、電流値取得部 22 が取得した電流値が、図中の上限値と下限値で規定された範囲内に収まらない場合 (グラフ L2)、発熱線 14 の状態は異常であると評価する。発熱線 14 の異常とは、繰り返し加熱することにより、タンタル等の材質でできた発熱線 14 が酸化、窒化し、熱触媒としての性能が劣化した状態である。また、発熱線 14 の異常とは、例えば、発熱線 14 が断線した状態である。なお、発熱線 14 が断線した場合、電流値取得部 22 が取得する電流値は 0 となり、図示した範囲に収まらないため、電極状態評価部 23 は、発熱線 14 の異常を評価することができる。

20

30

【0039】

このように本実施形態では、所定の電圧を印加したときに発熱線 14 に流れる電流値に基づいて状態評価を行う。この電流値を、なるべく発熱線 14 の状態だけが反映された値とするため、熱触媒 (発熱線 14) に熱反応や化学反応が生じない安定した環境でチェック工程を行うことが必要である。本実施形態では、成膜工程終了後であって、制御装置 44 が発熱線 14 と原料ガス供給管 12 を容器 10 から引き上げた後にチェック工程を実行する。このため、容器 10 内に存在する原料ガス等が無く、外乱による影響を受けない環境で電流値を計測することが可能である。これにより、精度良く、発熱線 14 の性能劣化評価を行うことができる。

【0040】

また、単に発熱線 14 の性能劣化、異常の有無を評価するだけでなく、チェック工程に計測した電流値に基づいて、発熱線 14 の残りの寿命がどの程度かを評価することも可能である。例えば、電極寿命評価部 24 は、チェック工程中に電流値取得部 22 が取得した電流値が範囲 H1 の範囲に含まれていれば、性能の劣化がかなり進んでおり、その発熱線 14 で成膜処理を行うことができるのは例えばあと 10 回であるなどと評価する。また、例えば、チェック工程中の電流値が範囲 H2 の範囲であれば、電極寿命評価部 24 は、性能の劣化が中程度に進んでおり、その発熱線 14 で成膜処理を行うことができるのは例えばあと 30 回であるなどと評価する。

40

【0041】

また、発熱線 14 の状態評価だけでなく、チェック工程に計測した電流値に基づいて

50

、その発熱線 14 を用いて容器 10 の内表面に形成されたガスバリア膜の品質を評価することも可能である。例えば、成膜品質評価部 25 は、チェック工程中の電流値が所定の範囲内であれば、当該発熱線 14 を用いて形成されたガスバリア膜の品質は正常であると評価する。また、例えば、成膜品質評価部 25 は、チェック工程中の電流値が所定の範囲内に収まらない場合、当該発熱線 14 を用いて形成されたガスバリア膜の品質は異常であると評価する。なお、ガスバリア膜の品質評価に用いる電流値の範囲と、発熱線 14 の状態評価に用いる電流値の範囲とは同じでも良いし、異なってもよい。

【0042】

図 6 は、本発明の一実施形態におけるチェック工程の電極状態評価処理を説明する第 3 の図である。

図 6 のグラフは、ある発熱線 14 の使用が開始されてから性能劣化して異常判定されるまで間にチェック工程で計測された電流値の推移を示している。使用開始直後からしばらくの間、電流値は上昇している。これは、使用開始からしばらくの間は、2000 以上まで加熱されることによる発熱線 14 の酸化や窒化が進行するためと考えられる。しばらくすると、発熱線 14 の反応が安定し、チェック工程で計測される電流値も安定する。図 6 のグラフが示すように、この安定した状態は長く持続し、この間も、発熱線 14 は、成膜工程において例えば 2000 以上にまで繰り返し加熱される。やがて、発熱線 14 が寿命を迎えると、計測された電流値は、適正な電流値の範囲を上回るようになる。発熱線 14 がこの状態になると、電極状態評価装置 20 は、当該発熱線 14 は性能が劣化した異常な状態であると評価する。図 5 で説明した範囲 H1、H2 は、図 6 に例示するグラフに基づいて設定することができる。

【0043】

また、記憶部 26 には、例えば、図 6 に例示する発熱線 14 で計測された電流値の経時的变化に基づく、性能変化特性を判定するための電流値以外の管理値が記録されていてもよい。電流値以外の管理値とは、例えば、電流値が適正範囲を上回ったときまでに、発熱線 14 が何本の容器 10 に対して成膜処理を行ったか、又は、どれぐらいの期間使用されたか等である。また、その一方で、記憶部 26 には、チェック工程で計測された発熱線 14 の電流値とその計測時間の情報を蓄積してもよい。これらの情報を用いると、電極寿命評価部 24 は、図 5 で説明した方法（電流値による寿命判定）とは別に、成膜処理を行った累積回数や累積期間に基づいた寿命評価を行うことができる。具体的には、電極寿命評価部 24 は、記憶部 26 に蓄積されたチェック工程の記録と管理値とを比較して、その発熱線 14 はあとどれぐらい（回数や期間）使用できるのかを判定する。

このようにチェック工程で計測した電流値を長期的に管理することで、発熱線 14 の適正な交換時期を予測したり、過去の実績に基づく性能が劣化する時期と現在使用している発熱線 14 について記録した情報との比較により、性能劣化の早期発見を行ったりすることができる。これにより、成膜品質が実際に劣化する前に対策を講じることができるので、成膜品質を高く保つことができる。

【0044】

次に図 7 を用いて本実施形態の発熱線 14 の電極状態評価処理の流れについて説明する。

図 7 は、本発明の一実施形態における電極状態評価装置の処理の一例を示す第 1 のフローチャートである。

まず、制御装置 44 の制御により、バリア膜形成装置 30 が容器 10 に対して成膜工程を実行する（ステップ S10）。具体的には、制御装置 44 は、容器 10 を真空チャンバー 11 に開口部 10m を上向きに収容し、真空引きを行う。また、制御装置 44 は、発熱線 14 と原料ガス供給管 12 を下方方向に移動し、開口部 10m からそれらを容器 10 の内部に挿入する。次に制御装置 44 は、電源 15 を介して発熱線 14 に印加して事前昇温を行い、所定のタイミングで原料ガスを投入する。すると、原料ガスがプラズマ化し、容器 10 の内表面にガスバリア膜を形成する。成膜工程が終了すると、次に電極状態評価装置 20 がチェック工程の処理を行う。

【 0 0 4 5 】

まず、制御装置 4 4 が、発熱線 1 4 を容器 1 0 から取り出す（ステップ S 1 1）。具体的には、制御装置 4 4 は、発熱線 1 4 と原料ガス供給管 1 2 を上方向に移動させ、開口部 1 0 m から容器 1 0 の外側に発熱線 1 4 等を取り出す。発熱線 1 4 等を容器 1 0 から取り出すと、制御装置 4 4 は、電極状態評価装置 2 0 にチェック工程の実行を指示する。すると、電極状態評価装置 2 0 では、まず、電圧指示部 2 1 が電源 1 5 に所定時間（短時間）だけ所定電圧（低電圧）を発熱線 1 4 に印加することを指示する。電源 1 5 は、低電圧を発熱線 1 4 に印加する（ステップ S 1 2）。電流値取得部 2 2 は、発熱線 1 4 に流れる電流値を電流計 1 6 から取得する（ステップ S 1 3）。電流値取得部 2 2 は、取得した電流値と電流値の計測時刻とを対応付けて記憶部 2 6 に記録する。次に電極状態評価部 2 3 は、記憶部 2 6 からステップ S 1 3 で記録した電流値と発熱線 1 4 の評価に用いる閾値（上限値と下限値）を読み出して、発熱線 1 4 の性能劣化状態を評価する。具体的には、電極状態評価部 2 3 は、電源 1 5 が低電圧を印加している間に電流値取得部 2 2 が取得した電流値が、上限値と下限値で規定される所定の範囲内に収まるかどうかを判定する（ステップ S 1 4）。電流値が所定の範囲内に収まっている場合（ステップ S 1 4；Yes）、電極状態評価部 2 3 は、発熱線 1 4 は正常であると評価する（ステップ S 1 5）。電極状態評価部 2 3 が発熱線 1 4 は正常であると評価すると、入出力部 2 7 はその評価結果を、例えばディスプレイ装置等に出し表示させる。ユーザはこの表示を見て評価対象の発熱線 1 4 の性能は劣化しておらず、引き続き使用できる状態であることを把握することができる。

10

20

【 0 0 4 6 】

一方、電流値が所定の範囲内に収まらない場合（ステップ S 1 4；No）、電極状態評価部 2 3 は、発熱線 1 4 は異常であると評価する（ステップ S 1 6）。この場合も、入出力部 2 7 は評価結果を、ディスプレイ装置等に出し表示させる。ユーザはこの表示を見て評価対象の発熱線 1 4 の性能は劣化しており、交換の必要があること、当該発熱線 1 4 で成膜処理を行った容器の内表面に形成されたガスバリア膜は不良である可能性があることなどを認識し、発熱線 1 4 の交換や容器 1 0 の破棄などの対処を行う。

【 0 0 4 7 】

次に電極寿命評価部 2 4 が記憶部 2 6 からステップ S 1 3 で記録した電流値と、発熱線 1 4 の寿命の評価に用いる閾値を読み出して、発熱線 1 4 の寿命を評価する（ステップ S 1 7）。例えば、寿命の評価に用いる閾値が図 5 で例示した範囲 H 1、H 2 等を規定する情報の場合、電極寿命評価部 2 4 は、電流値取得部 2 2 が取得した電流値が、範囲 H 1 や範囲 H 2 に収まるかどうかを判定する。なお、記憶部 2 6 には、範囲 H 1、H 2 と対応付けて発熱線 1 4 の残りの寿命を示す情報が記録されている。例えば、範囲 H 1 と対応付けて成膜工程の実行可能残り回数が 1 0 回であることを示す情報が記録されている。電極寿命評価部 2 4 は、電流値取得部 2 2 が取得した電流値が、範囲 H 1 に収まる場合、発熱線 1 4 の寿命は残り 1 0 回であると評価する。なお、寿命情報は残り回数ではなく残り使用可能期間であってもよい。

30

【 0 0 4 8 】

また、電極寿命評価部 2 4 が行う寿命評価は、電流値取得部 2 2 が取得した電流値に基づくものでなく、チェック工程の実行累積回数（成膜工程の実行累積回数）に基づくものであってもよい。記憶部 2 6 には、電流値取得部 2 2 が取得した電流値が計測時刻と共に記録されているので、電極寿命評価部 2 4 はこの記録を集計することで何回目のチェック工程を実行しているかが分かる。例えば、図 6 で説明したように記憶部 2 6 には成膜工程を何回行うと限界を迎えるかを示す情報が記録されていて、電極寿命評価部 2 4 は、この情報に基づいてあとどれくらい発熱線 1 4 を使用することができるかを評価してもよい。

40

【 0 0 4 9 】

また、電極寿命評価部 2 4 が行う寿命評価は、電流値取得部 2 2 が取得した電流値と、チェック工程の実行累積回数（成膜工程の実行累積回数）の両方に基づくものであってもよい。例えば累積回数が 1 0 0 0 回で寿命を迎える場合、電極寿命評価部 2 4 は、電流値

50

取得部 2 2 が取得した電流値が正常であっても、累積回数が 1 0 0 0 回に近づくと発熱線 1 4 の寿命が近いと評価する。また、累積回数が例えば未だ 3 0 0 回程度であっても電流値取得部 2 2 が取得した電流値が範囲 H 1 の範囲内であれば発熱線 1 4 の寿命が近いと評価する。

【 0 0 5 0 】

電極寿命評価部 2 4 が発熱線 1 4 の寿命の評価を行うと、入出力部 2 7 はその評価結果を、例えばディスプレイ装置等に出し表示させる。ユーザはこの表示を見て、その発熱線 1 4 で成膜処理を行う容器 1 0 の数量の調整を行ったり、発熱線 1 4 の交換計画を立案したりといった対処を行う。

【 0 0 5 1 】

次に成膜品質評価部 2 5 は、今回成膜処理を行った容器 1 0 についての成膜品質の評価を行う（ステップ S 1 8）。例えば、例えば、成膜品質評価部 2 5 は、ステップ S 1 3 で取得した電流値が所定の範囲内に収まるかどうかを判定し、範囲内に収まっている場合、成膜品質は良好であると評価する。また、範囲内に収まらない場合、成膜品質評価部 2 5 は、成膜品質は不良であると評価する。成膜品質の評価に用いる範囲については、ステップ S 1 4 と同様の範囲であってもよいし、異なる範囲であってもよい。

入出力部 2 7 は評価結果を、例えばディスプレイ装置等に出し表示させる。ユーザはこの表示を見て容器 1 0 を破棄するなどの対処を行う。

【 0 0 5 2 】

本実施形態によれば、発熱線の定量的な性能評価を行うことができる。また、発熱線 1 4 の適正な交換時期を把握することができる。これにより、発熱線 1 4 の性能を管理し、安定した成膜品質を保つことができる。

【 0 0 5 3 】

< その他の実施形態 >

上記の実施形態では、チェック工程を成膜工程の後に実行した。しかし、図 8 に示すようにチェック工程を成膜工程の前に行うように構成してもよい。

図 8 は、本発明の一実施形態におけるロータリー式成膜ユニットの第 2 の概略図である。

図 8 に示すロータリー式成膜装置 4 0 a の構成は、第 1 実施形態のロータリー式成膜装置 4 0 と同様である。ただしロータリー式成膜装置 4 0 a では、成膜工程の前にチェック工程を行う。例えば、発熱線 1 4 の上下の移動による落下や破損等の影響を含めて評価を行うために区間 5 2 a のチェック工程にて、発熱線 1 4 の上下の移動を行ってから、発熱線 1 4 へ印加し、性能評価を行うようにしてもよい。成膜工程の前にチェック工程を設けることにより、成膜工程の前に発熱線 1 4 の異常を検知することができる。なお、成膜工程の前と後の両方にチェック工程を設けてもよい。

また、図 1、図 8 の例では、バリア膜形成装置 3 0 がロータ 4 2 の回転に伴って円周方向に搬送されているが、例えばバリア膜形成装置 3 0 を直線状に搬送する Cat - CVD 成膜ユニットに本実施形態の電極状態評価装置 2 0 を設け、成膜工程の前や後に電極状態評価処理を行うようにしてもよい。

【 0 0 5 4 】

その他、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、上記した実施の形態における構成要素を周知の構成要素に置き換えることは適宜可能である。また、この発明の技術範囲は上記の実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。なお、バリア膜形成装置 3 0 は、成膜装置の一例である。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 5 】

- 1 0、1 0 a、1 0 b、1 0 c、1 0 d・・・プラスチック容器
- 1 1・・・真空チャンバー
- 1 2・・・原料ガス供給管
- 1 3・・・ガス流量計

10

20

30

40

50

- 14・・・発熱線
 - 15・・・電源
 - 16・・・電流計
 - Q1・・・配管
 - 17・・・大気バルブ
 - Q2・・・排気管
 - 18・・・真空バルブ
 - 19・・・圧力計
 - 20・・・電極状態評価装置
 - 21・・・電圧指示部
 - 22・・・電流値取得部
 - 23・・・電極状態評価部
 - 24・・・電極寿命評価部
 - 25・・・成膜品質評価部
 - 26・・・記憶部
 - 27・・・入出力部
 - 30、30a、30b、30c、30d、30e、30f、30g、30h・・・バリ
- ア膜形成装置
- 40・・・ロータリー式成膜装置
 - 41・・・供給装置
 - 42・・・ロータ
 - 43・・・排出装置
 - 44・・・制御装置

10

20

【図1】

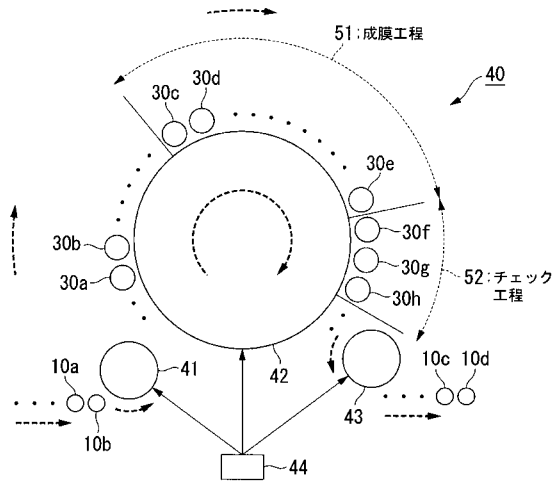


図1

【図2】

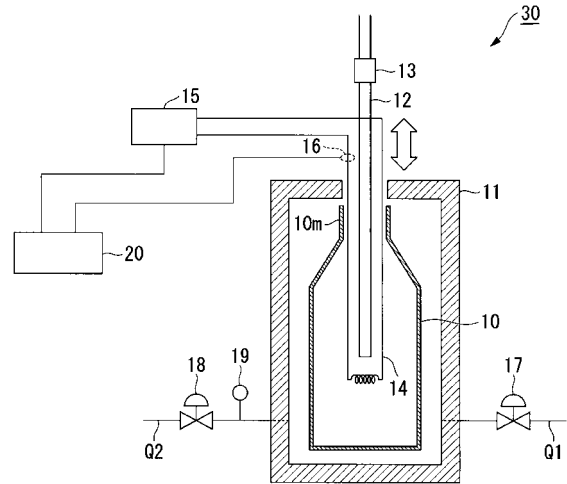


図2

【 図 3 】

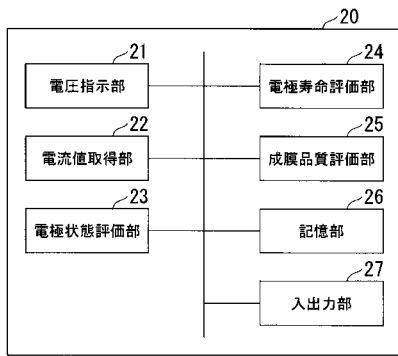


図 3

【 図 4 】

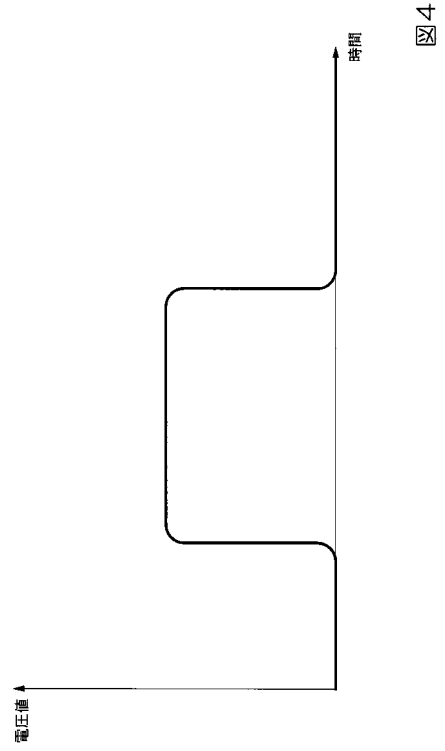


図 4

【 図 5 】

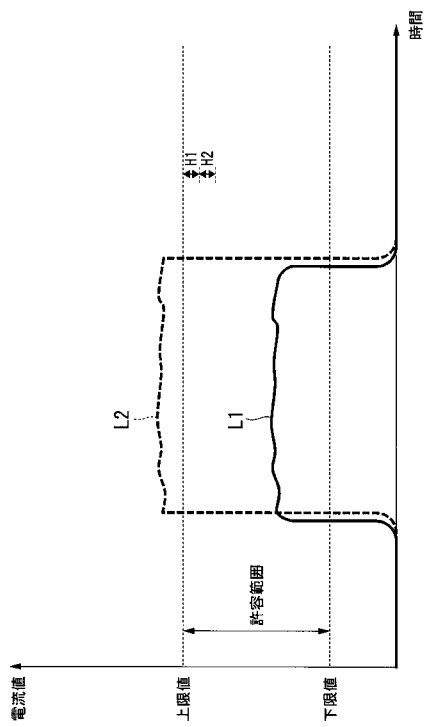


図 5

【 図 6 】

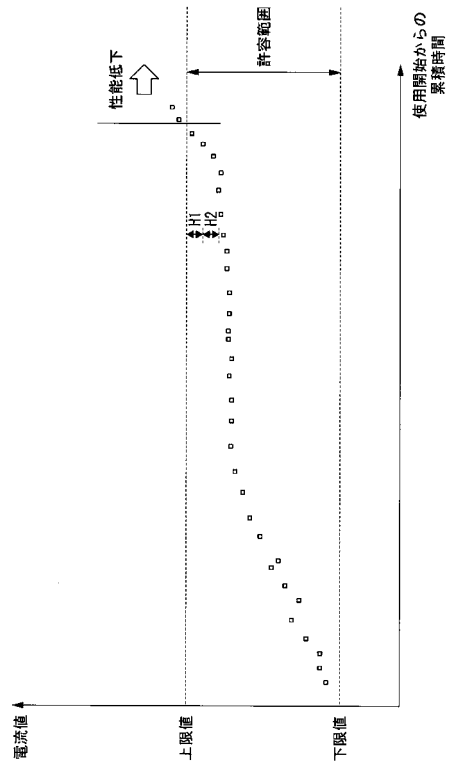


図 6

【 図 7 】

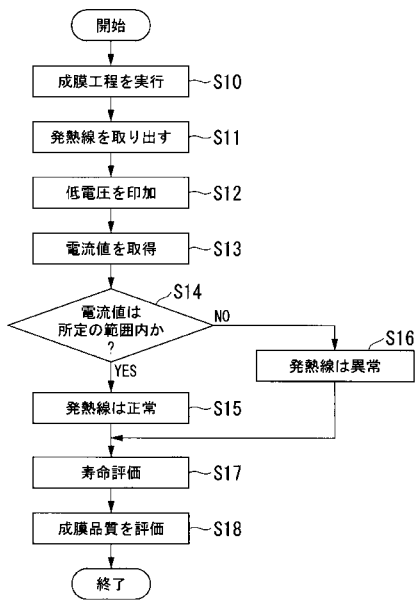


図 7

【 図 8 】

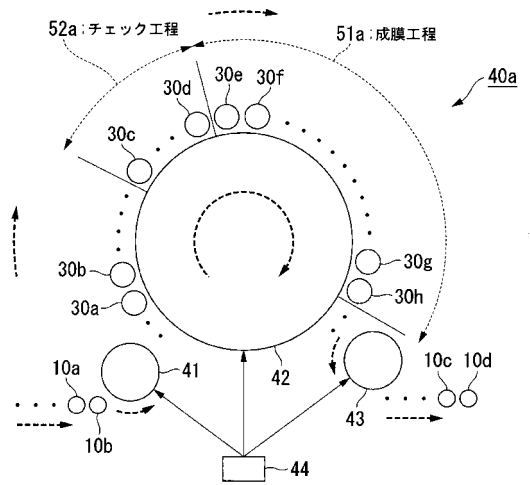


図 8

フロントページの続き

(72)発明者 中西 文一

兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内

(72)発明者 廣谷 喜与士

兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内

(72)発明者 岡田 康弘

兵庫県神戸市兵庫区和田宮通五丁目4番22号 三菱重工メカトロシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 2G060 AE26 AF07 HC07 HC15 HC21 KA11

4K030 BA28 CA07 FA01 GA12 HA12 HA14 KA14 KA39 KA41 LA24