

## 明 細 書

**発明の名称： 薄膜の成膜装置**

### 技術分野

[0001] 本発明は、ペットボトル（PETボトル）等の容器の内面、外面のいずれか一方、または両方にDLC（Diamond Like Carbon）膜、SiO<sub>x</sub>膜、SiOC膜、SiOCN膜、SiN<sub>x</sub>膜、AlO<sub>x</sub>膜等のガスバリア性の高い薄膜を成膜する成膜装置に関するものである。

### 背景技術

[0002] 従来から、清涼飲料などを充填するためにペットボトルをはじめとする軽量のプラスチック製中空容器が用いられているが、利便性やコスト面から飲料・食品分野でのプラスチック容器使用の拡大が急速に進み、現在では、総容器のかなりな部分をペットボトルが占めるまでになっている。しかしながら、プラスチック容器は、金属缶やガラス壺と比較するとガスバリア性が低く、容器内への酸素侵入や容器外への炭酸ガスの放出等が生じ、内容物の品質保持性能に劣る場合がある。そのため、DLC膜等のガスバリア性の高い薄膜を容器内面に成膜する試みがなされている。DLC膜等のガスバリア性の高い薄膜は、真空減圧下にある真空チャンバ内でプラズマCVD法、金属蒸着法、発熱体CVD法、スパッタリング法等により、容器内表面又は外表面に形成でき、容器内への酸素の流入や容器外への炭酸ガスの放出等に対するガスバリア性を飛躍的に高めることができる。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2008-127054号公報

特許文献2：特開2004-107781号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 表面にDLC膜等の薄膜を成膜した容器を量産しようとする場合、真空状

態に保持された真空チャンバ内で容器の成膜を行い、成膜完了後に真空チャンバ内を大気圧に戻して処理後の容器を取り出した後に、次の容器を真空チャンバに入れて真空引きをして成膜をすることを繰り返す。そのため、真空チャンバの真空引きを行う際は、常に大気圧からの真空引きとなるため、真空チャンバの真空引き時間が長くなり、サイクルタイムが遅延するという問題点がある。真空引き時間を短くして少サイクルタイム化を図るためには、大型の真空ポンプが必要となり、設備コストおよびランニングコストが上昇するという問題がある。

[0005] また、発熱体CVD法は、ホットワイヤーCVD法、ホットフィラメントCVD法、触媒化学気相堆積法などとも呼称される製法であり、容器表面に薄膜を成膜する工程では、容器近傍に発熱体を配置して成膜処理を行うため、発熱体は真空チャンバ内に設置される。真空チャンバは、成膜工程完了後、大気圧に戻されるため、発熱体は定期的に空気中に晒される。結果、酸化等による発熱体の劣化が進み、成膜機能が低下するという問題がある。

[0006] 本発明は、上述の事情に鑑みなされたもので、容器表面に薄膜を成膜する際に膜厚分布の形成が容易になり、かつ発熱体の劣化を防止することができるとともに成膜時にチャンバ内を真空引きする際の真空引き時間を短縮することができる薄膜の成膜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

[0007] 上述の目的を達成するため、本発明の成膜装置は、発熱体を用いて真空状態で容器の表面に成膜を行うための真空チャンバと、前記真空チャンバを真空引きする真空排気手段と、前記真空チャンバの真空引き開始後に、前記真空チャンバ内で容器と発熱体とを相対的に移動させる相対移動手段とを備えることを特徴とする。発熱体とは、それ自身は実質的に揮発せず、原料ガスを触媒化学反応によって及び／又は熱的に化学種に分解させうる部材であり、例えば、タンタル、炭化タンタル、タングステン、炭化タングステン、ニッケル-クロム合金又は炭素を表層の主成分とするワイヤーである

本発明によれば、発熱体を容器に挿入する段階、発熱体と容器を相対移動

させている段階、発熱体を容器から抜き出す段階のいずれの段階でも成膜を行うことができる。挿入・抜き出しを1回だけではなく、繰り返し行うこともできる。したがって、熱変形の観点で成膜時間の制約となりうる箇所は、短時間のみ成膜することが可能となり、他の部分は十分に成膜でき、その結果、容器全体のバリア性の向上が容易となる。

[0008] 本発明の好ましい態様によれば、前記相対移動手段は、容器と前記発熱体とを可変速で相対移動させることを特徴とする。

本発明によれば、容器と発熱体とを可変速で相対移動させることができるため、容器形状、容器耐熱特性や容器に要求する性能に応じて、容器の各部分の成膜時間を調整でき、バリア性能や容器外観の調整が容易となるため、本発明のより好ましい態様となる。

[0009] 本発明の好ましい態様によれば、前記真空チャンバを、容器の成膜を行うための成膜用チャンバと前記発熱体を真空状態で保持するための発熱体保護用チャンバとに分割し、前記成膜用チャンバと前記発熱体保護用チャンバとの間に真空隔離手段を設けたことを特徴とする。

本発明によれば、真空チャンバを、容器を入れて成膜を行うための成膜用チャンバと発熱体を真空状態で保持するための発熱体保護用チャンバとに分割しているため、発熱体保護用チャンバ内を常時真空状態で維持することができる。そのため、発熱体の劣化を防止することができ、成膜機能が低下することがない。また、成膜時に成膜用チャンバを大気圧から真空引きをして成膜用チャンバが所定の真空圧になったときに、成膜用チャンバより低い真空圧にある発熱体保護用チャンバと連通させることにより、成膜用チャンバの真空圧を下げるができる。すなわち、発熱体保護用チャンバが真空バッフア機能を果たすため、成膜用チャンバの真空引き時間を短縮することができ、サイクルタイムを短くすることができる。

[0010] 本発明の好ましい態様によれば、前記相対移動手段は、前記発熱体を移動させることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記成膜用チャンバと前記発熱体保護用

チャンバをそれぞれ個別の真空排気手段に連結したことを特徴とする。

[0011] 本発明の好ましい態様によれば、前記成膜用チャンバは、容器の成膜時に大気圧から真空引きされて真空状態とされ、成膜完了後に大気圧に戻されることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記発熱体保護用チャンバは、常時真空状態で維持されていることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記真空隔離手段は、前記成膜用チャンバが真空引きされているときに開き、前記成膜用チャンバと前記発熱体保護用チャンバとを連通させることを特徴とする。

[0012] 本発明の好ましい態様によれば、前記発熱体は、前記真空隔離手段が開いた後に前記成膜用チャンバ内に挿入され、成膜完了後に前記発熱体保護用チャンバに戻されることを特徴とする。

本発明によれば、発熱体を常に真空状態で保持することができるため、発熱体の劣化を防止することができ、成膜機能が低下することがない。

本発明の好ましい態様によれば、前記真空隔離手段は、成膜完了後に前記発熱体が前記発熱体保護用チャンバに戻された後に、閉じることを特徴とする。

[0013] 本発明の好ましい態様によれば、前記真空チャンバを、前記発熱体を真空状態で保持するとともに容器の成膜を行うための成膜専用チャンバと、容器を前記成膜専用チャンバに出し入れするための容器出入用チャンバとに分割し、前記成膜専用チャンバと前記容器出入用チャンバとの間に真空隔離手段を設けたことを特徴とする。

[0014] 本発明によれば、真空チャンバを、発熱体を真空状態で保持するとともに成膜を行うための成膜専用チャンバと、容器を成膜専用チャンバに出し入れするための容器出入用チャンバとに分割しているため、成膜専用チャンバ内を常時真空状態で維持することができる。そのため、発熱体の劣化を防止することができ、成膜機能が低下することがない。また、容器出入用チャンバのみを真空と大気開放を繰り返すようにし、成膜専用チャンバは常に真空状

態にしているため、成膜時には容器出入用チャンバのみを真空引きすればよい。したがって、成膜時における真空チャンバ全体の真空引き時間を短縮することができ、サイクルタイムを短くすることができる。

[0015] 本発明の好ましい態様によれば、前記相対移動手段は、容器を移動させることを特徴とする。特に、容器を移動させる移動速度を調整可能な機構にすると、容器形状、容器耐熱特性や容器に要求する性能に応じて、容器の各部分の成膜時間を調整でき、バリア性能や容器外観の調整が容易となるため、本発明のより好ましい態様となる。

本発明によれば、容器出入用チャンバと成膜専用チャンバとの間で容器を昇降させることにより、未処理の容器を容器出入用チャンバから成膜専用チャンバに供給することができるとともに処理済の容器を成膜専用チャンバから容器出入用チャンバに取り出すことができる。

[0016] 本発明の好ましい態様によれば、前記成膜専用チャンバと前記容器出入用チャンバをそれぞれ個別の真空排気手段に連結したことを特徴とする。

[0017] 本発明の好ましい態様によれば、前記成膜専用チャンバは、常時真空状態で維持されていることを特徴とする。

本発明によれば、成膜専用チャンバが常時真空状態で維持されているために、発熱体を常に真空状態で保持することができるので、発熱体の劣化を防止することができ、成膜機能が低下することがない。

[0018] 本発明の好ましい態様によれば、前記容器出入用チャンバは、容器の成膜時に大気圧から真空引きされて真空状態とされ、成膜完了後の容器取出し時に大気圧に戻されることを特徴とする。

本発明の好ましい態様によれば、前記真空隔離手段は、前記容器出入用チャンバが真空引きされて真空状態になったときに開き、前記成膜専用チャンバと前記容器出入用チャンバとを連通させることを特徴とする。

[0019] 本発明の好ましい態様によれば、前記発熱体は、容器を前記成膜専用チャンバ内に移動させた時に、容器内に挿入されることを特徴とする。これにより、容器内表面に成膜されるため、成膜後に容器外部から加わる物理的な接

触から薄膜が保護され、容器の品質管理が容易となる。

ただし、容器の外表面に成膜することは、内容物と接触しない等の長所があり、本発明の別の態様により実施可能である。この場合、発熱体が容器の外部に配置されるように前記成膜専用チャンバを構成すれば良い。発熱体の配置により、一度に容器外表面の一部のみを成膜できるようにも、あるいは一度に外面の全部を成膜できるように選択できる。

[0020] 本発明の好ましい態様によれば、前記容器出入用チャンバは、該容器出入用チャンバに容器を出し入れするための開閉ゲートを備えていることを特徴とする。

本発明によれば、開閉ゲートを開くことにより、容器を容器出入用チャンバに出し入れすることができる。そして、開閉ゲートを閉じて容器出入用チャンバを気密にした後に真空ポンプにより容器出入用チャンバ内の真空引きをすることができる。

[0021] 本発明の好ましい態様によれば、未処理の容器を所定位置から前記容器出入用チャンバに移送するとともに処理済の容器を前記ボトル出入用チャンバから所定位置に移送する容器移送装置を備えたことを特徴とする。

本発明によれば、容器移送装置により、未処理の容器を所定位置、例えばコンベアの搬送面から容器出入用チャンバに移送することができ、また処理済の容器を容器出入用チャンバから所定位置、例えばコンベアの搬送面に移送することができる。

[0022] 成膜専用チャンバにおいて容器を倒立状態で成膜処理する場合には、容器移送装置は反転装置を含み、容器移送装置は、所定位置、例えばコンベアの搬送面上にある未処理の容器を反転装置で反転させて倒立状態にした後に容器出入用チャンバに移送する。なお、容器を移送後に待機位置で反転してもよい。また、容器移送装置は、処理済の容器を容器出入用チャンバから反転装置に移送した後に、反転装置で反転させて正立状態にして所定位置、例えばコンベアの搬送面上に戻す。

成膜専用チャンバにおいて容器を正立状態で成膜処理する場合には、容器

移送装置は、所定位置、例えばコンベアの搬送面上にある未処理の容器を保持して容器出入用チャンバに移送する。また、容器移送装置は、処理済の容器を容器出入用チャンバから取り出した後に、所定位置、例えばコンベアの搬送面上に移送する。

[0023] 本発明の好ましい態様によれば、前記所定位置は、コンベア上の位置であることを特徴とする。

[0024] 本発明の好ましい態様によれば、前記成膜用チャンバの容積は、前記発熱体保護用チャンバの容積より小さいことを特徴とする。

本発明によれば、成膜用チャンバを真空引きする際に、真空引きの時間を短縮することができる。

[0025] 本発明の好ましい態様によれば、前記成膜用チャンバを上側に配置し、前記発熱体保護用チャンバを下側に配置したことを特徴とする。

本発明によれば、成膜時に発熱体を発熱体保護用チャンバから成膜用チャンバ内の容器内に挿入する際に、容器を倒立状態にしておき、発熱体を上昇させるだけでよい。また、成膜後に発熱体を容器から引き抜いて発熱体保護用チャンバに戻す際に、発熱体を下降させるだけでよい。したがって、発熱体の駆動機構に昇降用電動シリンダ等の単純な機構を採用することができる。

[0026] 本発明の好ましい態様によれば、前記成膜用チャンバ側の真空ポンプの容量は、前記発熱体保護用チャンバ側の真空ポンプの容量より小さいことを特徴とする。

本発明によれば、成膜用チャンバ側の真空ポンプを小型化することができる。

## 発明の効果

[0027] 本発明は、以下に列挙する効果を奏する。

(1) 熱変形の観点で成膜時間の制約となりうる箇所は、短時間のみ成膜することが可能となり、他の部分は十分に成膜でき、その結果、容器全体のバリア性の向上が容易となる。

(2) 容器の用途・要求外観品質に応じた膜厚分布の形成が容易となる。グラデーションがある呈色などを実現することが可能となる。

(3) 従来は、容器熱変形を防止する策として、発熱体が完全挿入された後に成膜を開始することがあったが、本発明によれば、発熱体の容器への挿入段階から成膜を開始できるため、サイクルタイムの削減が可能となる。

(4) 発熱体を常に真空状態で保持することができるため、発熱体の劣化を防止することができ、成膜機能が低下することがない。

(5) 容器出入用チャンバのみを真空と大気開放を繰り返すようにし、成膜専用チャンバは常に真空状態にしているため、成膜時にはボトル出入用チャンバのみを真空引きすればよい。したがって、成膜時における真空チャンバ全体の真空引き時間を短縮することができ、サイクルタイムを短くすることができる。

(6) 容器をボトル出入用チャンバに投入した後に容器出入用チャンバを大気圧から真空引きして所定の真空圧になったときに、容器出入用チャンバより低い真空圧にある成膜専用チャンバと連通させることにより、容器出入用チャンバの真空圧を下げるができる。すなわち、成膜専用チャンバが真空バッファ機能を果たすため、容器出入用チャンバの真空引き時間を短縮することができ、サイクルタイムを短くすることができる。

(7) 容器出入用チャンバと成膜専用チャンバとの間で複数の容器を昇降させることにより、複数の未処理の容器をボトル出入用チャンバから成膜専用チャンバに供給して複数の容器を同時に成膜処理することができる。また、複数の処理済の容器を成膜専用チャンバから容器出入用チャンバに取り出すことができる。

## 図面の簡単な説明

[0028] [図1] 図1は、本発明に係る薄膜の成膜装置の全体構成を示す模式的断面図である。

[図2] 図2は図1に示す成膜装置の側断面図である。

[図3] 図3は、本発明の第2の実施形態に係る薄膜の成膜装置の全体構成を示

す模式的断面図である。

[図4]図4は、図3に示す薄膜の成膜装置の側断面図である。

[図5]図5は、ペットボトルとペットボトル内に挿入された発熱体線とを示す模式的断面図である。

[図6]図6は、容器と発熱体とを示す模式図である。

[図7]図7は、発熱体と容器内面までの距離と、発熱体と容器の相対移動速度との関係を示すグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0029] 以下、本発明に係る薄膜の成膜装置の実施形態を図1乃至図7を参照して説明する。なお、図1から図7において、同一または相当する構成要素には同一の符号を付して重複した説明を省略する。

図1および図2は、本発明に係る薄膜の成膜装置の第1の実施形態を示す図である。

図1は、本発明の第1の実施形態の第1の実施形態に係る薄膜の成膜装置の全体構成を示す模式的断面図である。図2は図1に示す成膜装置の側断面図である。図1および図2に示すように、本発明の薄膜の成膜装置は、真空チャンバを成膜用チャンバ1と発熱体保護用チャンバ2の2つに分割した構成を備えている。成膜用チャンバ1は上側に配置され、発熱体保護用チャンバ2は下側に配置されている。成膜用チャンバ1の容積は発熱体保護用チャンバ2の容積より小さく設定されている。成膜用チャンバ1と発熱体保護用チャンバ2は、真空隔離手段としてのゲートバルブ3を介して連結されている。成膜用チャンバ1は連結部1aを介して真空排気手段としての真空ポンプ（図示せず）に連結されており、成膜用チャンバ1内は真空ポンプによって真空引きされるようになっている。また、成膜用チャンバ1は、ペットボトル4を成膜用チャンバ1に出し入れする際に開閉する扉又はシャッタ（図示せず）を備えている。成膜用チャンバ1内には、ペットボトル4を倒立状態で保持するボトル保持部11が設置されている。

[0030] また、発熱体保護用チャンバ2は連結部2aを介して真空排気手段として

の真空ポンプ（図示せず）に連結されており、発熱体保護用チャンバ2内は真空ポンプによって真空引きされるようになっている。本実施形態においては、成膜用チャンバ1と発熱体保護用チャンバ2とは、それぞれ個別の真空ポンプに連結されている。成膜用チャンバ1側の真空ポンプの容量は発熱体保護用チャンバ2側の真空ポンプの容量より小さい。発熱体保護用チャンバ2内には、電源（図示せず）と電氣的に接続された発熱体21を備えた発熱体ユニット22と、発熱体ユニット22を昇降させる発熱体ユニット昇降用電動シリンダ23とが配置されている。なお、図示されていないが、発熱体21の一部は、ペットボトル4の内部に挿入・抜き出し可能な銅製の棒状部品からなり、発熱体が加熱した際には実質加熱されない構成となっている。発熱体ユニット昇降用電動シリンダ23は、スピードコントローラにより発熱体ユニット22を昇降させる昇降速度が可変になっている。発熱体ユニット昇降用電動シリンダ23は、ペットボトル4と発熱体21を相対的に移動させる相対移動手段を構成し、ペットボトル4と発熱体21とを相対的に移動させてペットボトル4の被成膜部分と発熱体21を対向させる。なお、図1および図2においては、発熱体21が上昇した状態を示している。

[0031] 図1および図2に示すように構成された成膜装置において、発熱体保護用チャンバ2内は常に真空状態とし、発熱体保護用チャンバ2内にある発熱体21が常に真空状態で保持されるようになっている。このとき、ゲートバルブ3は閉止状態とし、発熱体保護用チャンバ2と成膜用チャンバ1との連通を遮断している。

[0032] 成膜用チャンバ1内にペットボトル4が入れられてペットボトル4がボトル保持部11上にセットされた後に、成膜用チャンバ1内の真空引きを開始する。そして、成膜用チャンバ1内が発熱体保護用チャンバ2内の真空圧よりは低いが、所定の真空圧になったときに、ゲートバルブ3を開き、成膜用チャンバ1と発熱体保護用チャンバ2とを連通させる。これにより、成膜用チャンバ1内の真空圧が上昇し、発熱体保護用チャンバ2内の真空圧と同等になる。したがって、成膜用チャンバ1の真空引き時間を短縮することがで

きる。発熱体ユニット22には、図示しない電源から電力が供給されて発熱体21が発熱するようになっている。発熱体ユニット昇降用電動シリンダ23を作動させて、あらかじめ定められた速度に従って発熱体ユニット22を昇降させ、発熱体21およびガス供給管25をペットボトル4内に挿入・拔出しする。この間に、成膜用チャンバ1内は成膜可能な真空圧に達し、ガス供給管25からペットボトル4内に原料ガスを供給するとともに発熱体21に電流が流される。これによって、発熱体21が高温となり、発熱体21は熱触媒体となる。ガス供給管25から吹き出た原料ガスは、熱触媒体となった発熱体21に接触し、触媒化学反応によって及び／又は熱的に化学種に分解される。この化学種がペットボトル4の内面に到達し、ペットボトル4の内面に薄膜を形成する。

[0033] 本発明によれば、発熱体ユニット22を昇降させる昇降速度を調整可能な構成にすることにより、容器形状、容器耐熱特性や容器に要求する性能に応じて、容器の各部分の成膜時間を調整でき、バリア性能や容器外観の調整が容易となる。この点については、後述する。

[0034] ペットボトル4の内面に所定の膜厚の薄膜が成膜されたら、成膜を完了し、発熱体ユニット22を下降させ、発熱体21を発熱体保護用チャンバ2内に戻す。そして、ゲートバルブ3を閉じ、成膜用チャンバ1と発熱体保護用チャンバ2との連通を遮断する。その後、成膜用チャンバ1内を大気圧に戻し、処理済のペットボトル4を成膜用チャンバ1から取り出した後に、次のペットボトル4を成膜用チャンバ1に入れて真空引きをして成膜をする。上述の工程において、発熱体21は常時真空状態で維持される。その後、上述の工程を繰り返す。

[0035] 次に、本発明に係る薄膜の成膜装置の第2の実施形態を図3乃至図5を参照して説明する。

図3は、本発明の第2の実施形態に係る薄膜の成膜装置の全体構成を示す模式的断面図である。図4は図3に示す薄膜の成膜装置の側断面図である。図3および図4に示すように、本発明の薄膜の成膜装置は、装置フレームF

内に成膜専用チャンバ3 1とボトル出入用チャンバ3 2の2つのチャンバを備えている。成膜専用チャンバ3 1は下側に配置され、ボトル出入用チャンバ3 2は上側に配置されている。成膜専用チャンバ3 1とボトル出入用チャンバ3 2は、真空隔離手段としてのゲートバルブ3 3を介して連結されている。

[0036] 成膜専用チャンバ3 1は連結部3 1 aを介して真空排気手段としての真空ポンプVP 1に連結されており、成膜専用チャンバ3 1内は真空ポンプVP 1によって真空引きされるようになっている。成膜専用チャンバ3 1には発熱体4 2を備えた発熱体ユニット4 4が複数個配置されている。発熱体ユニット4 4には図示しない電源から電力が供給され、これにより発熱体4 2が発熱するようになっている。各発熱体4 2は倒立状態で保持された各ペットボトル4内に挿入されるようになっている。なお、発熱体の加熱には通電加熱が容易で、そのためにはプラズマCVD法で用いるような高周波電源及び整合器の組合せよりも安価な交流または直流の電源が使用可能である。本実施形態では、8個の発熱体ユニット4 4が配置されており、成膜専用チャンバ3 1内で同時に計8本のペットボトル4の成膜処理が可能になっている。

[0037] また、ボトル出入用チャンバ3 2は連結部3 2 aを介して真空排気手段としての真空ポンプVP 2に連結されており、ボトル出入用チャンバ3 2内は真空ポンプVP 2によって真空引きされるようになっている。ボトル出入用チャンバ3 2内には、複数のペットボトル4を保持して昇降させるボトル昇降装置5 1が2セット設置されている。各ボトル昇降装置5 1は、4本のペットボトル4を保持して昇降可能に構成されており、4本のペットボトル4を保持して成膜専用チャンバ3 1に下降することができ、また4本のペットボトル4を成膜専用チャンバ3 1からボトル出入用チャンバ3 2に取り出すことができるようになっている。ボトル昇降装置5 1は、ペットボトル4を成膜専用チャンバ3 1とボトル出入用チャンバ3 2との間で昇降させる昇降速度が可変になっている。ボトル昇降装置5 1は、ペットボトル4と発熱体4 2を相対的に移動させる相対移動手段を構成し、ペットボトル4と発熱体

４２とを相対的に移動させてペットボトル４の被成膜部分と発熱体４２を対向させる。ボトル昇降装置５１の昇降機構部は、チャンバの内部に設置してもよいし外部に設置してもよい。昇降機構部をチャンバの外部に設置した場合には、ペットボトル４を保持する部分のみがチャンバの内部にあってこの部分が外部の昇降機構部により昇降される構成となる。

[0038] ボトル出入用チャンバ３２は上端に開閉ゲート５６を備えており、開閉ゲート５６を閉じることによりボトル出入用チャンバ３２内を気密状態にして真空ポンプＶＰ２により真空引きすることができるようになっている。そして、開閉ゲート５６を開くことにより、ボトル出入用チャンバ３２内に未処理のペットボトル４を導入し又はボトル出入用チャンバ３２内の処理済のペットボトル４を取り出すことができるようになっている。

[0039] 次に、ペットボトル４を反転させる反転装置５７と、反転したペットボトル４をボトル出入用チャンバ３２に投入するとともに処理済のペットボトル４をボトル出入用チャンバ３２から取り出すためのボトルハンドリング装置６０について説明する。反転装置５７とボトルハンドリング装置６０は、ボトル移送装置を構成する。

図４に示すように、装置フレームＦ内には、直立状態のペットボトル４を搬送するコンベア７０が設置されている。コンベア７０に並列して、コンベア７０上のペットボトル４に定間隔を形成するためのピッチ割り用のスクリーュー７１が配置されている。また、コンベア７０に隣接してペットボトル４を反転するための反転装置５７が設置されている。

[0040] 反転装置５７はペットボトル４の胴部を掴む複数のチャック５８を備えている。反転装置５７は、コンベア７０上においてスクリーュー７１によりピッチ割りされた複数のペットボトル４を複数のチャック５８にて掴み反転させることができるようになっている。また、反転装置５７は、倒立状態の複数のペットボトル４を複数のチャック５８にて掴み反転させて正立状態としてコンベア７０に戻すことができるようになっている。本実施形態では、反転装置５７は８本のペットボトル４を同時に反転できるようになっている。

[0041] 図3および図4に示すように、ボトルハンドリング装置60は、ボトル出入用チャンバ32およびコンベア70の上方の位置において装置フレームF上に設置されている。ボトルハンドリング装置60は、倒立状態の複数の未処理のペットボトル4をボトル出入用チャンバ32内に投入するとともにボトル出入用チャンバ32内でボトル昇降装置51により倒立状態で保持されている複数の処理済のペットボトル4をボトル出入用チャンバ32から取り出すようになっている。本実施形態では、ボトルハンドリング装置60は、8本のペットボトルをハンドリングできるようになっている。

[0042] ボトルハンドリング装置60は、昇降軸63を備え、昇降軸63の下端にペットボトル4の底部を吸着する吸着ヘッド64が設けられている。ボトルハンドリング装置60は、往復移動機構62によりボトル出入用チャンバ32の上方の位置と反転装置57の上方の位置との間を往復移動可能に構成されている。したがって、ボトルハンドリング装置60は、昇降軸63を下降させて反転装置57の位置にある倒立状態の複数の未処理のペットボトル4を吸着ヘッド64により吸着して昇降軸63を上昇させ、その後、往復移動機構62によりボトル出入用チャンバ32の上方まで移動した後に、昇降軸63を下降させて複数のペットボトル4をボトル出入用チャンバ32に投入することができる。また、ボトルハンドリング装置60は、昇降軸63を下降させてボトル出入用チャンバ32内にある倒立状態の複数の処理済のペットボトル4を吸着ヘッド64により吸着して昇降軸63を上昇させ、その後、往復移動機構62により反転装置57の上方まで移動した後に、昇降軸63を下降させて複数のペットボトル4を反転装置57に戻すことができる。

[0043] 図3および図4に示すように構成された成膜装置において、真空ポンプVP1を作動させることにより成膜専用チャンバ31内は常に真空状態とし、成膜専用チャンバ31内にある発熱体42が常に真空状態で保持されるようになっている。このとき、ゲートバルブ33は閉止状態とし、成膜専用チャンバ31とボトル出入用チャンバ32との連通を遮断している。コンベア70によって直立状態で連続的に搬送されるペットボトル4は、ピッチ割り用

のスクリー７１によりピッチ割りされて隣接するボトル間に定間隔が形成される。ピッチ割りされた複数のペットボトル４は、反転装置５７により反転されて倒立状態になる。倒立状態の複数のペットボトル４は、ボトルハンドリング装置６０の吸着ヘッド６４により吸着される。このとき、ボトル出入用チャンバ３２の開閉ゲート５６は開いている。ボトルハンドリング装置６０は、複数の未処理のペットボトル４を移送してボトル出入用チャンバ３２内に投入する。本実施形態では、８本のペットボトル４を同時にボトル出入用チャンバ３２内に投入可能である。ボトル出入用チャンバ３２内に投入された複数のペットボトル４がボトル昇降装置５１に保持されると、開閉ゲート５６を閉じ、真空ポンプＶＰ２を作動させてボトル出入用チャンバ３２内の真空引きを開始する。

[0044] 真空ポンプＶＰ２の作動によりボトル出入用チャンバ３２内が成膜専用チャンバ３１内の真空圧より低い、所定の真空圧になったときに、ゲートバルブ３３を開き、成膜専用チャンバ３１とボトル出入用チャンバ３２とを連通させる。これにより、ボトル出入用チャンバ３２内の真空圧が上昇し、成膜専用チャンバ３１内の真空圧と同等になる。したがって、ボトル出入用チャンバ３２の真空引き時間を短縮することができる。そして、ボトル出入用チャンバ３２内のボトル昇降装置５１を作動させて複数の未処理のペットボトル４を成膜専用チャンバ３１内に供給する。成膜専用チャンバ３１内に供給された複数のペットボトル４は、ボトル昇降装置５１により保持されている。ペットボトル４はボトル昇降装置５１に保持され、あらかじめ定められた速度で上昇・下降されることにより、各発熱体４２が各ペットボトル４内に挿入・抜き出しされる。

[0045] 図５は、ペットボトル４とペットボトル４内に挿入された発熱体４２とを示す模式的断面図である。図５では、ペットボトル４がボトル昇降装置５１の上昇・下降により、発熱体ユニット４４の発熱体４２およびガス供給管４３がペットボトル４内に挿入された状態となっている。なお、ボトル昇降装置５１の図示は省略している。上述した挿入・抜き出し工程の間に、成膜専

用チャンバ3 1内は成膜可能な真空圧に達し、ガス供給管4 3からペットボトル4内に原料ガスを供給するとともに発熱体4 2に電流が流される。これによって、発熱体4 2が高温となり、発熱体4 2は熱触媒体となる。ガス供給管4 3から吹き出た原料ガスは、熱触媒体となった発熱体4 2に接触し、触媒化学反応によって及び／又は熱的に化学種に分解される。この化学種がペットボトル4の内面に到達し、ペットボトル4の内面に薄膜を形成する。

[0046] 本発明によれば、ペットボトル4を昇降させる昇降速度を調整可能な構成にすることにより、容器形状、容器耐熱特性や容器に要求する性能に応じて、容器の各部分の成膜時間を調整でき、バリア性能や容器外観の調整が容易となる。この点については、後述する。

[0047] ペットボトル4の内面に所定の膜厚の薄膜が成膜されたら、成膜を完了する。次に、ボトル昇降装置5 1により処理済のペットボトル4を成膜専用チャンバ3 1から取り出してボトル出入用チャンバ3 2に戻した後に、ゲートバルブ3 3を閉じ、その後、ボトル出入用チャンバ3 2に設置された真空破壊弁（図示せず）を作動させてボトル出入用チャンバ3 2内を大気開放する。このとき、成膜専用チャンバ3 1内は常に真空状態とし、成膜専用チャンバ3 1内にある発熱体4 2が常に真空状態で保持される。次に、開閉ゲート5 6を開いてボトルハンドリング装置6 0によりボトル出入用チャンバ3 2内のペットボトル4を取り出して反転装置5 7に戻す。そして、ボトルハンドリング装置6 0は新たな未処理の複数のペットボトル4を吸着してボトル出入用チャンバ3 2内に投入する。新たなペットボトル4がボトル出入用チャンバ3 2内に投入された後は、上述のペットボトル4の成膜専用チャンバ3 1への供給工程およびペットボトル4の成膜工程が繰り返される。

[0048] 図3乃至図5に示す成膜装置においては、複数のペットボトル4を倒立状態で成膜処理する場合を例示したが、複数のペットボトル4を正立状態で成膜処理してもよい。この場合には、成膜専用チャンバ3 1は上側に配置され、ボトル出入用チャンバ3 2は下側に配置され、発熱体4 2は成膜専用チャンバ1の天板部から下方に延びる構成となり、ボトル出入用チャンバ3 2の

開閉ゲートはボトル出入用チャンプ32の下端部に設置される構成となる。反転装置57は省略される。また、ボトルハンドリング装置60は、コンベア上で正立状態にある複数の未処理のペットボトル4を保持してボトル出入用チャンプ32に投入することができ、ボトル出入用チャンプ32内にある複数の処理済のペットボトル4を保持してコンベアに戻すことができるよう構成されている。

[0049] 本発明の第1実施形態および第2実施形態の説明から明らかなように、本発明においては、真空チャンプを閉じて真空引き開始後に容器と発熱体とを相対的に移動させるように構成し、かつ容器と発熱体との相対移動速度を可変にしている。以下に、その理由を説明する。

本発明の対象である発熱体CVD法には、以下の特徴がある。

(1) 発熱体に近いほど、成膜速度が大きく、また容器に対する熱負荷が大きい。

通常は10cm～100cmが、数Paの真空下では成膜に適した距離とされる。

(2) 結果として、立体容器に成膜する場合、発熱体と容器との距離と、発熱体の加熱時間により、立体容器の各部位に形成される膜厚(膜質)および熱負荷が決まることになる。

(3) 膜厚および膜質は、各部位のバリア性及び呈色を決め、熱負荷は、熱変形の有無を決めることになる。熱変形した場合、一般にはその立体容器の商品価値がなくなる。

(4) 立体容器には、用途により、容器全体のバリア性のほか、好ましい膜厚や呈色の分布があり、また、形状により、薄膜形成速度が速い／遅いと

[0050] 従来の成膜装置においては、発熱体と容器の位置を固定して成膜する方法が採用されていたが、このような方法では、発熱体と容器との距離により、容器の用途や形状に応じた成膜部位間の調整が困難である。

[0051] 本発明によれば、発熱体と立体容器とを相対的に移動させながら成膜する

構成であって、当該相対移動手段を可変速とすることで、成膜部位間の薄膜形成を微細に調整しながら、容器の用途や形状に応じた成膜が可能となる。この点について、図6および図7を参照して説明する。

図6は、容器と発熱体とを示す模式図である。図7は、発熱体と容器内面までの距離と、発熱体と容器の相対移動速度との関係を示すグラフである。厳密には、同質の薄膜の形成速度が、発熱体と容器内面までの距離に比例する場合の事例を用いて説明する。図6には、立体容器の輪郭（実線で示す）と発熱体通過位置（点線で示す）とが図示されている。図6に示すように、容器の口部から底部に向かう容器の軸心方向をx軸、容器の軸心から容器内面に向かう半径方向をY軸とすると、発熱体通過位置は容器の軸心方向（x軸）と一致している。容器の口部（ $x = 0$ ）から容器の底部（ $x = 100$ ）までにおける発熱体と容器内面までの距離（Y軸）をプロットすると、図7の細い実線のように表すことができる。図示するように、発熱体と容器内面までの距離は変動する。この距離の変動に応じて、発熱体と容器の相対移動速度を図7の太い実線で示すように可変にする。すなわち、発熱体と容器内面までの距離が近い箇所では、相対移動速度を速くし、発熱体と容器内面までの距離が遠い箇所では、相対移動速度を遅くする。この可変速移動手段の例としては、

- 1) サーボモーター、ステッピングモーター
- 2) 電磁制御スピードコントローラー付きエアシリンダー
- 3) 機械式（カムとカムフォロワー）などがある。

[0052] 上述のように構成することにより、以下のような効果を期待できる。

（1）バリア性向上（容器熱変形防止）

熱変形の観点で成膜時間の制約となりうる箇所は、短時間のみ成膜することが可能となり、他の部分は十分に成膜でき、結果、容器全体のバリア性の向上が容易となる。

（2）呈色調整

容器の用途・要求外観品質に応じた膜厚分布の形成が容易となる。グラデ

ーションがある呈色などを実現することが可能となる。

### (3) 生産性向上

これまでは、容器熱変形を防止する策として、発熱体が完全挿入された後に成膜を開始することがあったが、本発明によれば、発熱体の容器への挿入段階から成膜を開始できるため、サイクルタイムの削減が可能となる。

[0053] これまで本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術思想の範囲内において、種々の異なる形態で実施されてよいことは勿論である。

### 産業上の利用可能性

[0054] 本発明は、ペットボトル（PETボトル）等の容器の内面、外面のいずれか一方、または両方にDLC（Diamond Like Carbon）膜、SiO<sub>x</sub>膜、SiOC膜、SiOCN膜、SiN<sub>x</sub>膜、AlO<sub>x</sub>膜等のガスバリア性の高い薄膜を成膜する成膜装置に利用可能である。

### 符号の説明

- [0055]
- 1 成膜専用チャンバ
  - 1 a 連結部
  - 2 発熱体保護用チャンバ
  - 2 a 連結部
  - 3 ゲートバルブ
  - 4 ペットボトル
  - 1 1 ボトル保持部
  - 2 1 発熱体
  - 2 2 発熱体ユニット
  - 2 3 発熱体ユニット昇降用電動シリンダ
  - 2 5 ガス供給管
  - 3 1 成膜専用チャンバ
  - 3 1 a, 3 2 a 連結部
  - 3 2 ボトル出入用チャンバ

|               |             |
|---------------|-------------|
| 3 3           | ゲートバルブ      |
| 4 2           | 発熱体         |
| 4 3           | ガス供給管       |
| 4 4           | 発熱体ユニット     |
| 5 1           | ボトル昇降装置     |
| 5 6           | 開閉ゲート       |
| 5 7           | 反転装置        |
| 5 8           | チャック        |
| 6 0           | ボトルハンドリング装置 |
| 6 2           | 往復移動機構      |
| 6 3           | 昇降軸         |
| 6 4           | 吸着ヘッド       |
| 7 0           | コンベア        |
| 7 1           | スクリュー       |
| F             | 装置フレーム      |
| V P 1 , V P 2 | 真空ポンプ       |

## 請求の範囲

- [請求項1] 発熱体を用いて真空状態で容器の表面に成膜を行うための真空チャンバと、  
前記真空チャンバを真空引きする真空排気手段と、  
前記真空チャンバの真空引き開始後に、前記真空チャンバ内で容器と発熱体とを相対的に移動させる相対移動手段と、  
を備えることを特徴とする薄膜の成膜装置。
- [請求項2] 前記相対移動手段は、容器と前記発熱体とを可変速で相対移動させることを特徴とする請求項1に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項3] 前記真空チャンバを、容器の成膜を行うための成膜用チャンバと前記発熱体を真空状態で保持するための発熱体保護用チャンバとに分割し、前記成膜用チャンバと前記発熱体保護用チャンバとの間に真空隔離手段を設けたことを特徴とする請求項1または2に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項4] 前記相対移動手段は、前記発熱体を移動させることを特徴とする請求項3に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項5] 前記成膜用チャンバと前記発熱体保護用チャンバをそれぞれ個別の真空排気手段に連結したことを特徴とする請求項3に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項6] 前記成膜用チャンバは、容器の成膜時に大気圧から真空引きされて真空状態とされ、成膜完了後に大気圧に戻されることを特徴とする請求項3に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項7] 前記発熱体保護用チャンバは、常時真空状態で維持されていることを特徴とする請求項3に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項8] 前記真空隔離手段は、前記成膜用チャンバが真空引きされているときに開き、前記成膜用チャンバと前記発熱体保護用チャンバとを連通させることを特徴とする請求項3に記載の薄膜の成膜装置。
- [請求項9] 前記発熱体は、前記真空隔離手段が開いた後に前記成膜用チャンバ

内に挿入され、成膜完了後に前記発熱体保護用チャンバに戻されることを特徴とする請求項 8 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項10] 前記真空隔離手段は、成膜完了後に前記発熱体が前記発熱体保護用チャンバに戻された後に、閉じることを特徴とする請求項 9 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項11] 前記真空チャンバを、前記発熱体を真空状態で保持するとともに容器の成膜を行うための成膜専用チャンバと、容器を前記成膜専用チャンバに出し入れするための容器出入用チャンバとに分割し、前記成膜専用チャンバと前記容器出入用チャンバとの間に真空隔離手段を設けたことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項12] 前記相対移動手段は、容器を移動させることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項13] 前記成膜専用チャンバと前記容器出入用チャンバをそれぞれ個別の真空排気手段に連結したことを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項14] 前記成膜専用チャンバは、常時真空状態で維持されていることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項15] 前記容器出入用チャンバは、容器の成膜時に大気圧から真空引きされて真空状態とされ、成膜完了後の容器取出し時に大気圧に戻されることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項16] 前記真空隔離手段は、前記容器出入用チャンバが真空引きされて真空状態になったときに開き、前記成膜専用チャンバと前記容器出入用チャンバとを連通させることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項17] 前記発熱体は、容器を前記成膜専用チャンバ内に移動させた時に、容器内に挿入されることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項18] 前記容器出入用チャンバは、該容器出入用チャンバに容器を出し入

れするための開閉ゲートを備えていることを特徴とする請求項 11 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項19] 未処理の容器を所定位置から前記容器出入用チャンバに移送するとともに処理済の容器を前記ボトル出入用チャンバから所定位置に移送する容器移送装置を備えたことを特徴とする請求項 11 記載の薄膜の成膜装置。

[請求項20] 前記所定位置は、コンベア上の位置であることを特徴とする請求項 19 記載の薄膜の成膜装置。