

明 細 書

発明の名称：

網状構造層形成装置及び網状構造層を備えるガラスの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ガラス基材の表面に網状構造層を形成する網状構造層形成装置及び網状構造層を備えるガラスの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 車、航空機、船舶、鉄道、建材用の窓、外壁、ドア、ミラー、ショーケース、電子機器用ディスプレイ、カメラのレンズ、又はスマートフォン等の表示画面等には、ガラス基材が使用されている。ガラス基材の表面は、用途や使用される製品に応じて、防汚機能、撥水機能、親水機能、反射防止機能等（以下、「防汚機能等」という。）が求められる。例えば、ガラス基材に反射防止機能を付与するために、誘電体の多層膜を積層することが一般に知られている。しかし、ガラス基材に膜を積層させる手法は、耐熱性能、耐薬品性能、耐摩耗性能の観点では限界がある。一方、ガラス基材に複数の機能性を付与する優れた構造として、特許文献１に示すように、ガラス基材の表面に網状構造層を備える構造がある。

[0003] ガラス基材の表面に網状構造層を形成するために、特許文献２には、炭酸水素カリウム水溶液の中にガラス基材を浸漬し、溶液の温度を、３０～９０℃、好ましくは５０～８０℃に加熱して形成することが提示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特許第６２１１２４７号公報

特許文献２：国際公開第２０１６／０２１５５８号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献２に開示された形成方法により十分な厚さの網状

構造層を形成するためには、24時間近い長い浸漬時間が必要であった。また、溶液を加熱するのみでは、ガラス基材の表面に、防汚機能等の好ましい効果を発揮するための最適な深さを備える網状構造層は形成されず、更に表面にムラが発生し、均一に加工することが難しいという問題があった。

[0006] 本発明は、上記実情に鑑みてなされたものであり、ガラス基材の表面に十分な深さの網状構造層を形成するとともに、均一な表面処理が短時間でできる網状構造層形成装置及び網状構造層を備えるガラスの製造方法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] 本発明の第1の観点に係る網状構造層形成装置は、
ガラス基材の表面に網状構造層を形成する網状構造層形成装置であって、
処理溶液と前記処理溶液に浸漬されたガラス基材とを所定の圧力下で収容する圧力容器と、

前記圧力容器を加圧する加圧手段と、

前記処理溶液を攪拌する攪拌手段と、を備え、

アルカリ環境下で前記ガラス基材の表面に網状構造層を形成する。

[0008] 前記圧力容器の内部を加熱する加熱手段を、更に備える、
こととしてもよい。

[0009] 前記攪拌手段は、前記ガラス基材を回転させて前記処理溶液を攪拌する基材回転手段である、
こととしてもよい。

[0010] 前記攪拌手段は、前記処理溶液を攪拌部材により直接攪拌する溶液攪拌手段である、
こととしてもよい。

[0011] 前記処理溶液の処理速度を制御する制御ガスを前記処理溶液に供給する制御ガス供給手段、を更に備える、
こととしてもよい。

[0012] 前記処理溶液は、炭酸水素塩を含む溶液であり、

前記制御ガス供給手段は、前記処理溶液の反応により生じるガスと同一の前記制御ガスを供給する、

こととしてもよい。

[0013] 前記処理溶液の中で前記ガラス基材を保持する基材保持部材を、更に備え、

前記基材回転手段は、前記基材保持部材を回転させる、

こととしてもよい。

[0014] 前記ガラス基材は、前記加熱手段により、100℃以上の前記処理溶液の中で処理される、

こととしてもよい。

[0015] 前記基材回転手段は、前記基材保持部に取り付けられた第1の磁性体と、前記処理溶液を収容する容器の外側に配置された第2の磁性体と、により非接触で前記基材保持部を回転させる、

こととしてもよい。

[0016] 前記圧力容器の内部に配置される溶液容器を、更に備え、前記処理溶液と前記ガラス基材は、前記溶液容器に収容される、
こととしてもよい。

[0017] 前記圧力容器又は前記溶液容器は、耐アルカリ性の材質で形成された、
こととしてもよい。

[0018] 本発明の第2の観点に係る網状構造層を備えるガラスの製造方法は、圧力容器内の処理溶液によりガラスを処理して網状構造層を備えるガラスを製造する方法であって、

前記圧力容器内を加圧するステップと、

前記圧力容器内の前記処理溶液を攪拌するステップと、

アルカリ環境下において前記処理溶液によりガラス基材の表面に網状構造層を形成するステップと、を備える。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、ガラス基材の表面に十分な深さの網状構造層を形成する

とともに、均一な表面処理が短時間でできる網状構造層形成装置及び網状構造層を備えるガラスの製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明の実施の形態に係る網状構造層形成装置の概念図である。
- [図2]本実施の形態の網状構造層形成装置の縦断面図を示す図である。
- [図3]網状構造層形成装置の要部の分解斜視図である。
- [図4A]非接触型駆動部の駆動の原理を示す図であり、第1駆動着磁回転体と第1従動着磁回転体の関係を示す。
- [図4B]非接触型駆動部の駆動の原理を示す図であり、第2駆動着磁回転体と第2従動着磁回転体の関係を示す。
- [図5]変形例1の概念図である。
- [図6A]網状構造層の膜厚の変化と、処理時間との関係を二酸化炭素の供給有無により比較したグラフである。
- [図6B]二酸化炭素の濃度を变化させたときのガラス基材の断面の、走査型電子顕微鏡（以下、「SEM」という。）を用いたSEM像を示す。
- [図7]変形例2の概念図である。
- [図8]変形例3の概念図である。
- [図9]変形例4の概念図である。
- [図10]変形例5の概念図である。
- [図11A]表面処理をしたガラス基材のSEM像であり、ガラス基材の表面のSEM像である。
- [図11B]表面処理をしたガラス基材のSEM像であり、ガラス基材の断面のSEM像である。

発明を実施するための形態

- [0021] 以下、本発明に係る網状構造層形成装置の実施の形態について、図面を参照して説明する。以下に説明する実施の形態は説明のためのものであり、本願発明の範囲を制限するものではない。したがって、当業者であればこれらの各要素もしくは全要素をこれと均等なものに置換した実施の形態を採用す

ることが可能であるが、これらの実施の形態も本発明の範囲に含まれる。

[0022] (実施の形態)

本発明の一実施の形態である成膜装置の構造について、図1-4を参照して説明する。本実施の形態に係る網状構造層形成装置は、ガラス基材を処理溶液に浸漬して、ガラス基材表面に微細な網状構造層を形成させる装置である。本実施の形態の網状構造層形成装置により表面を処理されたガラスを、階層性ナノ多孔層(HNL: Hierarchical Nano porous Layer)ガラスと定義する。

[0023] 図11Aは、SEMを用いた、HNLガラスのサンプルの表面のSEM像であり、図11Bは、サンプルの断面のSEM像である。画像に示すように、HNLガラスは、立体的な網状構造層の網目が、表面から内側に入る方向に次第に小さくなる網目を備えている。HNLガラスは、優れた親水性を発揮し、汚れを浮かして落とすセルフクリーニング効果があり、防汚機能等の機能を有する。

[0024] 網状構造層の表面の網目の大きさは、一般的なホコリのサイズより小さい1 μ m以下とすることが好ましく、網状構造層の厚さは、目的とする機能に合わせて適宜選択することが好ましい。

[0025] (網状構造層形成装置の全体構成)

図1は、本実施の形態に係る網状構造層形成装置1の全体構成を示す概念図である。網状構造層形成装置1は、压力容器10と、压力容器10の内部に配置される溶液容器20と、溶液容器20に入れた処理溶液21を攪拌する攪拌手段30と、压力容器10の内部を加圧する加圧手段40と、を備える。網状構造層形成装置1は、溶液容器20にガラス基材22と処理溶液21を入れて加圧するとともに、処理溶液21を攪拌手段30で攪拌することにより、ガラス基材22の表面を処理する装置である。

[0026] 压力容器10は、図2に示すように、内部または外部からの圧力に耐えるように設計された密封容器であって、本実施の形態では、大気圧より高い状態に内部圧力を保持できる压力容器を用いる。また、压力容器10は、耐圧

性の高いステンレスで形成されている。耐圧性及び耐アルカリ性を有する金属を用いればよく、一部をアルミナ (Al_2O_3) 等で構成してもよい。

[0027] 圧力容器 10 は、円筒状の胴部 11 と、胴部 11 の上端部を閉塞する半球状の上鏡板 12 と、胴部 11 の下端部を閉塞する半球状の下鏡板 13 と、圧力容器 10 を床面に設置するための足であるレグ 14 と、を備える。

[0028] 圧力容器 10 は、攪拌手段 30 を設置するための支持部材を備える。具体的には、図 2、3 に示すように、圧力容器 10 の底部に取り付けられた第 1 支持部 11a と、上部に取り付けられる第 2 支持部 11b とを備える。第 1 支持部 11a は、胴部 11 の内周に沿った円形の支持部本体 11aa と、支持部本体 11aa の内部をクロスするように設けられた板状の部材であり、攪拌手段 30 の一要素である後述する平歯車を搭載するための歯車支持部 11ab を備える。第 2 支持部 11b は、胴部 11 の内周に沿った円形の支持部本体 11ba と、支持部本体 11ba を直径方向に横切って支持部本体 11ba に取り付けられた板状の部材であり、攪拌手段 30 の一要素である後述する傘歯車を搭載するための歯車支持部 11bb を備える。

[0029] 溶液容器 20 は、処理溶液 21 にガラス基材 22 を入れるための円筒状の容器であり、圧力容器 10 の内部に配置される。溶液容器 20 は、内部に処理溶液 21 を入れるので、処理溶液 21 により腐食しない材質、具体的には耐アルカリ性の材質、例えば、アルミナ等のセラミック、樹脂や、テフロン（登録商標）コーティングを施したステンレス鋼で成形されている。また、溶液容器 20 の内部には、図 2 に示すように、ガラス基材 22 を載置して保持するための基材保持部材 22a が設置されている。なお、圧力容器 10 も、耐アルカリ性の材質で形成することが好ましい。

[0030] 処理溶液 21 には弱アルカリ塩溶液を使用する。本実施の形態では、炭酸水素ナトリウム ($NaHCO_3$) 水溶液を使用する。本発明では、炭酸水素ナトリウムに限定されず、炭酸水素カリウム ($KHCO_3$) 水溶液や他のアルカリ水溶液も使用することができる。

[0031] ガラス基材 22 は、ソーダ石灰ガラス、ホウケイ酸ガラス等を使用する。

樹脂やサファイヤの表面にガラスを形成したものをガラス基材 2 2 として用いることもできる。ガラス基材 2 2 は、ガラス材料のみから構成される基材に限定されず、非ガラス材料とガラス材料とを接合したもの、非ガラス材料の表面にスパッタ・蒸着・塗布等の手法によりガラス材料からなる薄膜を堆積させたものを含む。ガラス基材 2 2 は、溶液容器 2 0 の底部に、その板面を水平にして、基材保持部材 2 2 a に載置される。そして、攪拌手段 3 0 により、板面を水平にした状態で回転される。

[0032] 攪拌手段 3 0 は、処理溶液 2 1 を攪拌するための手段であり、処理溶液 2 1 に浸漬されたガラス基材 2 2 を回転させる方式（以下、「基材回転方式」という。）と、処理溶液 2 1 自体を攪拌部材により直接攪拌する方式（以下、「溶液攪拌方式」という。）と、に大別される。本実施の形態では、基材回転方式と溶液攪拌方式を組み合わせた方式を使用している。本実施の形態では、代表的な一例として 2 つの攪拌方式を組み合わせたパターンを説明し、他の攪拌のパターンについては、後述の変形例で説明する。

[0033] 攪拌手段 3 0 は、図 2、3 に示すように、第 1 非接触駆動部 3 1 と、第 1 接触駆動部 3 2 と、第 2 非接触駆動部 3 3 と、第 2 接触駆動部 3 4 と、を備える。非接触駆動部 3 1、3 3 は、第 1 磁性体である駆動部材と、第 2 磁性体であると従動部材を使用して、第 1 磁性体と第 2 磁性体とが接触しないで動力を伝達する駆動部である。接触駆動部 3 2、3 4 は、歯車により駆動部材と従動部材を接触させながら動力を伝達する駆動部である。

[0034] 第 1 非接触駆動部 3 1 は、図 2 に斜線を引いて示すように、第 1 駆動回転体 3 1 a と第 1 従動回転体 3 1 b とを備える。第 1 駆動回転体 3 1 a は、圧力容器 1 0 の外部の胴部 1 1 の側面に沿った垂直な回転軸 X 1 を中心に回転する円筒状の回転体であり、図示しないモータ等の駆動部により回転される。回転体の周囲は、図 4 A に示すように、S 極と N 極が交互に着磁されている。第 1 従動回転体 3 1 b は、第 1 駆動回転体 3 1 a と平行な回転軸 X 2 を中心に回転される円筒状の回転体であり、第 1 駆動回転体 3 1 a と同様に、回転体の外周は、S 極と N 極が交互に着磁されている。第 1 従動回転体 3 1 b

は、圧力容器 10 の内部に配置され、圧力容器 10 の外部に配置された第 1 駆動回転体 31 a が駆動部により回転されることにより、非接触で回転される。非接触により回転されることにより、駆動用の導入ポートが不要となり、耐アルカリ性のシール構造を省略することができる。装置構造の複雑化を避けるだけでなく、装置をコンパクトにすることもできる。また、圧力容器 10 内部の汚染を抑制する効果もある。

[0035] 第 1 接触駆動部 32 は、図 2、3 に示すように、4 つの平歯車である第 1 平歯車 32 a、第 2 平歯車 32 b、第 3 平歯車 32 c、及び第 4 平歯車 32 d を噛み合わせて構成される。第 1 平歯車 32 a は、第 1 従動回転体 31 b の下部に同軸に連結され、第 1 従動回転体 31 b が回転することにより回転される。4 つの平歯車は、圧力容器 10 の底部の歯車支持部 11 a b に、第 1 平歯車 32 a、第 2 平歯車 32 b、第 3 平歯車 32 c、第 4 平歯車 32 d の順に配列される。第 4 平歯車 32 d の回転軸は、溶液容器 20 の中心に配置される。4 つの歯車は、それぞれ直径を変更して、適切な減速比となるように組み合わせられる。

[0036] 第 2 非接触駆動部 33 は、図 2 に斜線を引いて示すように、第 2 駆動回転体 33 a と第 2 従動回転体 33 b とを備える。第 2 駆動回転体 33 a は、第 4 平歯車 32 d の上面に取り付けられる円板状の回転体である。第 2 駆動回転体 33 a は、第 4 平歯車 32 d の回転軸と同一の回転軸 Y 上に配置され、第 4 平歯車 32 d が回転することにより回転される。第 2 駆動回転体 33 a の板面は、図 4 B に示すように、円板上に S 極と N 極が交互に着磁されている。第 2 従動回転体 33 b は、溶液容器 20 の底面内部に固定された円板状の回転体である。第 2 従動回転体 33 b は、第 2 駆動回転体 33 a の回転軸 Y と同一の回転軸を中心に回転される。第 2 駆動回転体 33 a と同様に、円板上に S 極と N 極が交互に着磁されている。第 2 従動回転体 33 b は、第 2 駆動回転体 33 a が回転することにより回転され、基材保持部材 22 a を回転させる。第 1 非接触駆動部 31、第 1 接触駆動部 32、第 2 非接触駆動部 33 により、基材回転方式の攪拌手段 30 が形成される。

[0037] 第2接触駆動部34は、図2、3に示すように、4つの傘歯車を組み合わせて動力を伝達する駆動部であり、第1傘歯車34a、第2傘歯車34b、第3傘歯車34c、及び第4傘歯車34dを備える。第1傘歯車34aは、第1従動回転体31bの回転軸と同軸である第1駆動軸34eの上端部に取り付けられる。第1傘歯車34aは、第1駆動軸34eと直交して配置された第2駆動軸34fの一端部に取り付けられた第2傘歯車34bと噛み合う。第1傘歯車34aと第2傘歯車34bが噛み合うことにより、回転の力の向きを90度変換して第2駆動軸34fを回転させる。第2駆動軸34fの他端部には第3傘歯車34cが取り付けられる。第3傘歯車34cは、第2駆動軸34fと直交して配置された第3駆動軸34gの一端部に取り付けられた第4傘歯車34dと噛み合う。第3傘歯車34cの回転は第4傘歯車34dにより回転の力の向きを90度変更され、第3駆動軸34gを回転させる。第3駆動軸34gの他端部には、攪拌翼35が取り付けられている。第3駆動軸34gが回転することにより攪拌翼35が回転して、溶液容器20の処理溶液21を攪拌させる。第1非接触駆動部31、第2接触駆動部34により、溶液攪拌方式の攪拌手段30が提供される。また、第2傘歯車34b、第2駆動軸34f、第3傘歯車34c、第4傘歯車34d、第3駆動軸34g、及び攪拌翼35は、歯車支持部11bbにより支持される。

[0038] 攪拌翼35は、溶液容器20の中央に配置され、プロペラ翼、パドル翼、アンカー翼等、溶液容器20の処理溶液21を攪拌できるものであれば、いかなる形状の攪拌翼を使用してもよい。

[0039] 加圧手段40は、圧力容器10の内部に大気圧以上の圧力をかける手段であり、本実施の形態では、圧力容器10内に所定量の水を入れ、加熱手段であるヒータ41により水を加熱して水蒸気42を発生させて、圧力容器10の内部を加圧する。圧力容器10の内部の温度は、例えば、100-150℃、圧力は、例えば、1-5kgf/cm²（大気圧は1kgf/cm²）とする。加圧手段40を備えることにより、処理溶液21の温度を100℃以上に維持することができる。処理溶液21の温度は超臨界を超えない温度を

上限とし、 100°C 以上 374°C 以下、より好ましくは 105°C 以上 140°C 以下が望ましい。

[0040] ヒータ41は、図2に示すように、圧力容器10の底部に配置され、発熱体であるニクロム線を金属パイプで覆ったシースヒータを用いる。本実施の形態では、シースヒータを、圧力容器10の底部全体に蛇行するように曲げて配置し、底部全体を加熱するが、カーボンヒータやカートリッジヒータ等の他の加熱源を用いてもよいし、圧力容器の外部にヒータを設けてもよい。ヒータ41は、水蒸気42を発生させるために使用される以外に、圧力容器10内の温度制御をするためにも使用される。圧力容器10内の温度制御をすることにより、ガラス基材22の表面処理レートを制御することができる。

[0041] (網状構造層を備えるガラスの製造方法)

上述の網状構造層形成装置1を使用して、網状構造層を備えるガラス(非ガラス材料の表面にガラスを形成したものを含む。)は、以下に記載する方法により製造される。各ステップは同時進行で並列処理してもよい。まず、溶液容器20にアルカリ水溶液を処理溶液21として入れ、処理溶液21にガラス基材22を浸漬させる。圧力容器10に所定量の水を入れ、ヒータ41をONにして圧力容器10内の水を蒸発させて水蒸気42とし、圧力容器10内を加圧する(加圧ステップ)。

[0042] 圧力容器10の内部が所定の圧力になったら、攪拌手段30を稼働させる(攪拌ステップ)。すなわち、第1非接触駆動部31をモータにより駆動させ、第1非接触駆動部31から第1接触駆動部32、第2非接触駆動部33の順に動力を伝達する。第2非接触駆動部33に伝達された動力により、基材保持部材22aが回転軸Yを中心に回転し、溶液容器20に浸漬されたガラス基材22も回転する。そして、ガラス基材22の回転により、処理溶液21が攪拌される。処理溶液21は、弱アルカリ性の水溶液を使用するが、酸性または中性の水溶液であってもよい。酸性または中性の水溶液の場合には、時間の経過でアルカリ性の水溶液に変化する。ガラス基材22は、アル

カリ環境下におかれて、その表面に網状構造層が形成される。また、加圧下において処理が進行するため、ガラス基材 2 2 の表面には、防汚機能等を発揮できる十分な厚さの網状構造層が形成される（網状構造層形成ステップ）。

[0043] ガラス基材 2 2 は、その板面を水平にして溶液容器 2 0 内に配置され、攪拌される処理溶液 2 1 が均等にガラス基材 2 2 の板面に接触することができるので、その板面を垂直に配置する場合と比較して、表面をより均一に処理することができる。

[0044] また、第 1 非接触駆動部 3 1 と第 2 接触駆動部 3 4 により、攪拌翼 3 5 が回転される。攪拌翼 3 5 は、直接、処理溶液 2 1 を攪拌することができる。基材保持部材 2 2 a 及びガラス基材 2 2 を回転させて処理溶液 2 1 を攪拌する動作と併用して使用することにより、攪拌による相乗効果を発揮する。

[0045] 攪拌手段 3 0 により、処理溶液 2 1 の内部の温度ムラ、溶液の濃度ムラが減少し、ガラス基材 2 2 の表面は均一な表面加工が施されるので、ガラス基材 2 2 の表面には、均一な網状構造層を形成することができる。

[0046] 所望する厚さの網状構造層がガラス基材 2 2 の表面に形成されたら、運転を停止し、処理されたガラス基材 2 2 を、処理溶液 2 1 から取り出す。所望する厚さの網状構造層が形成されたか否かは、分光式光学モニタ等で膜厚を計測して決定する。また、所望の膜厚に到達したときには、処理溶液 2 1 を溶液容器 2 0 から排出し、水を溶液容器 2 0 に導入することで処理を終了させてもよい。

[0047] このようにして形成された網状構造層は、アンカー効果があり、種々の機能を備える機能性材料をコーティングまたは充填することで、所望の機能を有する表面特性を付与することもできる。

[0048] 以上のように、本実施の形態に係る網状構造層形成装置を使用してガラス基材を処理することにより、網状構造層を備えた階層性ナノ多孔層ガラスを製造することができる。

[0049] 本実施の形態では、網状構造層形成装置 1 の一例を説明したが、本発明は

、上述の実施の形態に限定されることはない。特に、溶液の攪拌方法、加圧手段として、種々の態様を適用することができる。以下に、変形例を示して説明する。

[0050] (変形例 1)

変形例 1 を、図 5 を参照して説明する。網状構造層形成装置 1 の基本的構成は、実施の形態と同様であり、圧力容器 10 の内部に溶液容器 20 を配置し、溶液容器 20 に処理溶液 21 を入れ、処理溶液 21 にガラス基材 22 を浸漬する。また、圧力容器 10 の内部は、ヒータ 41 により水蒸気 42 を発生させて加圧されている。一度に多くの基材処理を行うために、複数のガラス基材 22 をラック等の基材保持部材 22a に保持させる。

[0051] 攪拌手段 30 として、溶液攪拌方式のみを用い、複数の攪拌翼 301 と、攪拌翼 301 を回転させる駆動部であるモータ 302 を備える。本変形例では、4 つの攪拌翼 301 を使用する。4 つの攪拌翼 301 のうち、2 つは、溶液容器 20 の底部に配置し、他の 2 つは溶液容器 20 の側部に配置する。攪拌翼 301 の数は、4 つに限定されず、4 つより少なくても多くてもよい。

[0052] モータ 302 により、溶液容器 20 の底部と側部に配置された攪拌翼 301 が回転することにより、溶液容器 20 内の処理溶液 21 を均等に十分には攪拌することができる。処理溶液 21 が攪拌されることにより、ガラス基材 22 の表面の処理ムラを減少させることができる。

[0053] 本変形例では、網状構造層形成装置 1 は、更に、処理溶液 21 を循環させる循環手段 303 を備える。循環手段 303 は、ポンプ 303a と、ポンプ 303a と溶液容器 20 とを繋ぐ配管 303b と、配管 303b 上に設けたフィルタ 303c と、を備える。ポンプ 303a を稼働させることにより、処理溶液 21 は、溶液容器 20 の底部から吸い出された後、フィルタ 303c を通過して、フィルタ 303c によりガラス基材 22 から溶出された材料物質を回収する。フィルタ 303c を通過した処理溶液 21 は、溶液容器 20 に戻される。このように、処理溶液 21 を循環させることにより、溶液容

器 20 内の処理溶液 21 は攪拌され、攪拌翼 301 による攪拌とともに相乗効果が発揮され、ガラス基材 22 の表面を均一に処理することができる。

[0054] 更に、網状構造層形成装置 1 は、処理溶液 21 の処理速度を制御するガス（以下「制御ガス」という。）を供給する制御ガス供給手段 50 を備える。本実施の形態では、制御ガスとして、二酸化炭素（ CO_2 ）を処理溶液 21 に供給する。制御ガス供給手段 50 は、溶液容器 20 に直接二酸化炭素を供給する。炭酸水素ナトリウムは容易に分解して二酸化炭素を発生させるが、二酸化炭素を供給することにより分離を防ぎ、処理レートの低下を抑制することができる。したがって、炭酸水素塩である処理溶液 21 に二酸化炭素を注入することにより、処理レートの低下を抑制することができる。図 6A は、処理溶液 21 に浸漬したガラス基材 22 の表面に形成される階層性ナノ多孔層の膜厚と、処理時間との関係を示すグラフである。グラフに示すように、二酸化炭素が供給されることにより短時間で処理が完了することが分かる。また、二酸化炭素の添加により処理レートが安定し、処理時間と処理量の相関が高くなるため、ガラス基材 22 の処理量を、より高精度に制御することができる。また、図 6B に示すように、添加する二酸化炭素の濃度が高いほど、網状構造層の厚さが厚くなることがわかる。更に、添加する二酸化炭素の濃度に依存して、網状構造層の網目の大きさが異なることがわかる。二酸化炭素の濃度が 60% の場合と 100% の場合を比較すると、網状構造層の厚みはほぼ等しいが、100% の方が網目は大きく、反射防止機能が高められている。二酸化炭素の濃度を高くすることで、より短時間で反射防止機能を発現させることもできる。

[0055] 本変形例では、制御ガスとして二酸化炭素を供給するが、処理溶液 21 が分解する際に生成されるガスを、制御ガスとして処理溶液 21 に供給して、処理を促進させてもよい。制御ガスは水溶性であり、網状構造層形成装置 1 の空間内に供給しても良いし、直接、処理溶液 21 に供給してもよい。また、制御ガスとして酸性ガスを導入して処理を抑制させてもよい。酸性ガスとして、塩酸ガスや硫化水素ガスを用いてもよい。このように、処理速度を制

御するための制御ガスは、使用される処理溶液や処理目的に応じて適宜選択すればよい。また、網状構造層の膜厚を計測しながら、供給する制御ガスを適宜選択して、処理溶液の反応速度を制御してもよい。

[0056] 本変形例では、ガラス基材 22 は、溶液容器 20 の中で水平に配置しても、垂直に配置してもよい。攪拌方式として、基材回転方式ではなく、溶液攪拌方式のみを採用しているので、ガラス基材 22 の配置方向に自由度を持つことができる。従って、設置場所に依じて、ガラス基材 22 を、水平に配置したり、垂直に配置したりすることができる。

[0057] 本変形例によれば、攪拌翼 301 による攪拌、循環手段 303 による処理溶液 21 の循環により、十分に処理溶液 21 を攪拌することができるとともに、二酸化炭素を処理溶液 21 に直接添加することにより、処理溶液 21 の処理機能の低下を防止することができる。

[0058] (変形例 2)

変形例 2 を、図 7 を参照して説明する。網状構造層形成装置 1 の基本的構成は、実施の形態と同様であり、圧力容器 10 の内部に溶液容器 20 を配置し、溶液容器 20 に処理溶液 21 を入れ、処理溶液 21 にガラス基材 22 を浸漬する。圧力容器 10 の内部は、ヒータ 41 により水蒸気 42 を発生させて加圧されている。複数のガラス基材 22 は、ラック等の基材保持部材 22a に保持される。本変形例の基材保持部材 22a は、回転軸 311 を上部に取り付けた吊り下げ式のラックを用いる。複数のガラス基材 22 は、基材保持部材 22a に保持され、水平となるようにラックに収納される。

[0059] 攪拌手段 30 として、基材回転方式を用いる。攪拌手段 30 は、回転軸 311 と、回転軸 311 を回転させるモータ 312 と、を備える。モータ 312 により回転軸 311 が回転されることにより、基材保持部材 22a が回転し、基材保持部材 22a と複数のガラス基材 22 が回転することにより、溶液容器 20 内の処理溶液 21 は攪拌される。基材保持部材 22a の回転方向は、一定の方向に回転させてもよいし、一定の方向と逆の方向に交互に回転させてもよい。基材保持部材 22a を、一定の方向と逆の方向に交互に回転

させることにより、大きな流動と剪断力を発生させることができる。

[0060] 本変形例によれば、複数のガラス基材 2 2 を収納した基材保持部材 2 2 a を、基材保持部材 2 2 a の上部に取り付けた回転軸 3 1 1 により回転させ、処理溶液 2 1 を攪拌する。このような基材回転方式を用いたので、溶液攪拌方式より攪拌する力が強く、十分に処理溶液 2 1 を攪拌することができる。また、基材保持部材 2 2 a の上部に回転軸 3 1 1 を取り付ける構成とすることにより、基材保持部材 2 2 a の処理溶液 2 1 への浸漬、引き上げが容易となる。

[0061] (変形例 3)

変形例 3 を、図 8 を参照して説明する。網状構造層形成装置 1 の基本的構成は、実施の形態と同様であり、圧力容器 1 0 の内部に溶液容器 2 0 を配置し、溶液容器 2 0 に処理溶液 2 1 を入れ、処理溶液 2 1 にガラス基材 2 2 を浸漬する。圧力容器 1 0 の内部は、ヒータ 4 1 により水蒸気 4 2 を発生させて加圧されている。複数のガラス基材 2 2 は、基材保持部材 2 2 a により保持され、水平に配置されている。

[0062] 攪拌手段 3 0 として、基材回転方式である非接触駆動部を使用する。すなわち、攪拌手段 3 0 は、駆動回転体 3 2 1 と従動回転体 3 2 2 とを備える。駆動回転体 3 2 1 は、円板状の回転体であり、溶液容器 2 0 の底部外側に配置され、図示しないモータにより回転される。駆動回転体 3 2 1 と従動回転体 3 2 2 は、図 4 B と同様に作動することにより、処理溶液 2 1 は攪拌される。

[0063] 本変形例では、更に、変形例 1 と同様に処理溶液 2 1 を循環させる循環手段 3 0 3 を備える。循環手段 3 0 3 は、ポンプ 3 0 3 a と、溶液容器 2 0 とポンプ 3 0 3 a を接続する配管 3 0 3 b と、を備える。ポンプ 3 0 3 a を稼働させることにより、処理溶液 2 1 は、溶液容器 2 0 の底部から吸い出された後、再度、溶液容器 2 0 に戻される。このように、処理溶液 2 1 を循環させることにより、溶液容器 2 0 内の処理溶液 2 1 は攪拌され、攪拌手段 3 0 による攪拌とともに相乗効果が発揮される。

- [0064] 本変形例では、更に、変形例 1 と同様に二酸化炭素を処理溶液 2 1 に添加する制御ガス供給手段 5 0 を設けてもよい。
- [0065] 本変形例では、攪拌手段 3 0 として、基材回転方式の攪拌方式を使用し、更に循環手段 3 0 3 を設けたので、処理溶液 2 1 を十分に攪拌できる。また、非接触で基材保持部材 2 2 a 及びガラス基材 2 2 が回転するので、圧力容器 1 0 内部の汚染を防止することができる。更に、二酸化炭素を溶液容器 2 0 内の処理溶液 2 1 に直接添加することにより、処理溶液 2 1 の処理機能の低下を防止することができる。
- [0066] (変形例 4)
- 変形例 4 を、図 9 を参照して説明する。網状構造層形成装置 1 の基本的構成は、実施の形態と同様であり、圧力容器 1 0 の内部に溶液容器 2 0 を配置し、溶液容器 2 0 に処理溶液 2 1 を入れ、処理溶液 2 1 にガラス基材 2 2 を浸漬する。複数のガラス基材 2 2 は、基材保持部材 2 2 a により保持され、ガラス基材 2 2 は、水平に配置されている。加圧手段は、ヒータ 4 1 と水蒸気 4 2 を使用するのではなく、コンプレッサ 6 0 を使用する点で、他の変形例とは相違する。
- [0067] 攪拌手段 3 0 として、溶液攪拌方式と基材回転方式を組み合わせたものを使用する。溶液攪拌方式の攪拌手段 3 0 は、攪拌翼 3 3 1 と、攪拌翼 3 3 1 を回転駆動する駆動部 3 3 2 を備える。本変形例では、攪拌翼 3 3 1 は 1 つである。
- [0068] 基材回転方式の攪拌手段 3 0 として、非接触駆動部を使用し、駆動回転体 3 3 3 と従動回転体 3 3 4 とを備える。駆動回転体 3 3 3 と従動回転体 3 3 4 の形状、機能は、変形例 3 と同一であり、ここでは説明を省略する。駆動回転体 3 3 3 が回転することにより、従動回転体 3 3 4 は、非接触で回転する。従動回転体 3 3 4 の上面に基材保持部材 2 2 a が載置され、従動回転体 3 3 4 が回転することにより、基材保持部材 2 2 a が回転し、ガラス基材 2 2 も回転する。ガラス基材 2 2 が回転することにより、処理溶液 2 1 は攪拌される。

- [0069] 本変形例では、加圧手段として、コンプレッサ60を使用する。圧力容器10の内部は、コンプレッサ60により圧縮された空気が注入されることにより加圧される。ヒータ41を用いて水を加熱する必要がないので、圧力容器10の大きさをコンパクトにすることができる。また、コンプレッサ60により、空気ではなく、制御ガスを圧縮して圧力容器10に導入してもよい。
- [0070] 本変形例によれば、攪拌手段30として、溶液攪拌方式と基材回転方式を組み合わせたものを使用した。したがって、処理溶液21は、十分に攪拌されて、処理層の面内分布を均一化する。また、攪拌翼331は1つのみでよいので、圧力容器10の構造を簡素化することができる。
- [0071] (変形例5)
- 変形例5を、図10を参照して説明する。網状構造層形成装置1の基本的構成は、圧力容器10の内部に処理溶液21を入れ、処理溶液21にガラス基材22を浸漬する点で、実施の形態と同様であるが、本変形例は、処理溶液21を溶液容器20に入れるのではなく、直接圧力容器10に入れる点で相違する。複数のガラス基材22は、基材保持部材22aにより保持され、ガラス基材22は、水平に配置されている。
- [0072] 攪拌手段30として、基材回転方式である非接触駆動部を使用し、駆動回転体341と従動回転体342とを備える。駆動回転体341と従動回転体342の形状、機能は、変形例3と同一であり、ここでは説明を省略する。駆動回転体341が回転することにより、従動回転体342は、非接触で回転する。従動回転体342の上面に基材保持部材22aが載置され、従動回転体342が回転することにより、基材保持部材22aが回転し、ガラス基材22も回転する。ガラス基材22が回転することにより、処理溶液21は攪拌される。
- [0073] 本変形例によれば、処理溶液21を直接圧力容器10に入れたので、網状構造層形成装置1の構造を簡素化することができる。また、圧力容器10内に溶液容器20を入れる必要がないので、圧力容器10内の空間を有効に使

用することができ、多くのガラス基材 2 2 を処理することができる。

[0074] 本実施の形態によれば、処理溶液 2 1 にガラス基材 2 2 を浸漬して圧力容器 1 0 に入れ、加圧しながら、処理溶液 2 1 を攪拌する。したがって、ガラス基材 2 2 の表面処理に生じるムラを減少させながら短時間で処理ができ、防汚機能等を備えるための十分な膜厚の網状構造層を形成することができる。

[0075] 本実施の形態によれば、処理ムラを減少させることができるので、大型基板の処理、大量の基板の処理が可能となる。

[0076] 本実施の形態によれば、ガラス基材 2 2 を回転させて処理溶液 2 1 を攪拌できるので、溶液容器 2 0 の処理溶液 2 1 全体を十分に攪拌でき、ガラス基材 2 2 の均一な表面処理をすることができる。

[0077] 本実施の形態によれば、攪拌翼 3 5 を使用して、処理溶液 2 1 を直接攪拌することができるので、簡便な方法により処理溶液 2 1 を攪拌して、ガラス基材 2 2 の均一な表面処理をすることができる。

[0078] 本実施の形態によれば、非接触でガラス基材 2 2 を回転させることができるので、導入ポート等の駆動源を圧力容器 1 0 内に入れることが不要となり、網状構造層形成装置 1 の構造を簡素化することができ、コスト削減に繋がる。

[0079] 本実施の形態によれば、加圧手段と加熱手段の双方を備えるので、圧力容器 1 0 内の処理溶液 2 1 の温度を速やか上昇させることができ、ガラス基材 2 2 の表面処理を迅速に行うことができる。

[0080] 本実施の形態によれば、ガス供給手段は、処理溶液 2 1 の反応により生じるガスと同一の制御ガスを供給することにより、処理溶液 2 1 の反応を促進することができる。

[0081] 本実施の形態、変形例 1 - 4 では、圧力容器 1 0 に直接処理溶液 2 1 を入れず、耐久性のある溶液容器 2 0 に処理溶液 2 1 を入れた。したがって、網状構造層形成装置 1 を長く使用することができ、コスト削減に繋がる。

[0082] 本実施の形態では、圧力容器 1 0、溶液容器 2 0 を耐アルカリ性の材料で

形成したので、網状構造層形成装置 1 の寿命を長くすることができ、コスト削減に繋がる。

[0083] 本実施の形態で処理するガラス基材 2 2 は板状のガラス基材に限定されない。

[0084] 本実施の形態では、非接触駆動部と接触駆動部を組み合わせて使用したが、非接触駆動部のみ、接触駆動部のみを使用してもよい。また、組み合わせについても、適宜選択することができる。

[0085] 本実施の形態、変形例 3、4、5 では、非接触駆動部により、ガラス基材 2 2 を保持する基材保持部材 2 2 a を回転させて処理溶液 2 1 を攪拌していたが、回転により攪拌することに限定されない。例えば、非接触駆動部の第 2 の磁性体を揺動させることにより、第 1 の磁性体を揺動させて、溶液を攪拌してもよい。

[0086] 本実施の形態では、圧力容器 1 0、溶液容器 2 0 を耐腐食性の材料で形成すると説明したが、非接触駆動部、接触駆動部等、網状構造層形成装置 1 の内部に配置される部材を耐腐食性の材料で形成してもよい。

[0087] 変形例 1、3 では、攪拌手段 3 0 を補助する役目を果たすポンプ 3 0 3 a を使用した循環手段 3 0 3 を説明した。攪拌手段 3 0 の攪拌を補助または強化するための手段は、循環手段 3 0 3 に限定されない。例えば、新しい処理溶液 2 1 を供給する手段と、内部の使用済みの処理溶液 2 1 を排出する手段を設けて、溶液容器 2 0 の内部に流体の流れを作り出してもよい。

[0088] 本実施の形態、変形例 4 では、加圧手段 4 0 として、ヒータ 4 1 により水蒸気 4 2 を発生させて加圧すること、コンプレッサ 6 0 により圧縮空気を圧力容器 1 0 内に送ることを説明した。本発明は、これらの加圧手段 4 0 に限定されず、例えば、外部で生成した水蒸気 4 2 を圧力容器 1 0 に送り込んで加圧してもよい。

[0089] 本実施の形態、変形例では、攪拌手段 3 0、加圧手段 4 0、制御ガス供給手段 5 0 の様々な組み合わせを説明したが、説明した組み合わせは単なる一例であり、説明した例に限定されない。更に、攪拌手段 3 0、加圧手段 4 0

には、種々の態様が含まれ、種々の態様の中から何を選択するのも限定されない。

産業上の利用可能性

[0090] 本発明は、ガラス基材の表面を処理する網状構造層形成装置及び網状構造層を備えるガラスの製造方法に利用することができる。

符号の説明

- [0091] 1 網状構造層形成装置
- 1 0 圧力容器
- 1 1 胴部
- 1 1 a 第 1 支持部
- 1 1 a a 支持部本体
- 1 1 a b 歯車支持部
- 1 1 b 第 2 支持部
- 1 1 b a 支持部本体
- 1 1 b b 歯車支持部
- 1 2 上鏡板
- 1 3 下鏡板
- 1 4 レグ
- 2 0 溶液容器
- 2 1 処理溶液
- 2 2 ガラス基材
- 2 2 a 基材保持部材
- 3 0 攪拌手段
- 3 1 第 1 非接触駆動部
- 3 1 a 第 1 駆動回転体
- 3 1 b 第 1 従動回転体
- 3 2 第 1 接触駆動部
- 3 2 a 第 1 平歯車

3 2 b	第 2 平歯車
3 2 c	第 3 平歯車
3 2 d	第 4 平歯車
3 3	第 2 非接触駆動部
3 3 a	第 2 駆動回転体
3 3 b	第 2 従動回転体
3 4	第 2 接触駆動部
3 4 a	第 1 傘歯車
3 4 b	第 2 傘歯車
3 4 c	第 3 傘歯車
3 4 d	第 4 傘歯車
3 4 e	第 1 駆動軸
3 4 f	第 2 駆動軸
3 4 g	第 3 駆動軸
3 5	攪拌翼
4 0	加圧手段
4 1	ヒータ
4 2	水蒸気
5 0	制御ガス供給手段
6 0	コンプレッサ
3 0 1	攪拌翼
3 0 2	モータ
3 0 3	循環手段
3 0 3 a	ポンプ
3 0 3 b	配管
3 0 2 c	フィルタ
3 1 1	回転軸
3 1 2	モータ

- 3 2 1 駆動回転体
- 3 2 2 従動回転体
- 3 3 1 駆動回転体
- 3 3 2 従動回転体
- 3 3 1 攪拌翼
- 3 3 2 モータ
- 3 3 3 駆動回転体
- 3 3 4 従動回転体
- 3 4 1 駆動回転体
- 3 4 2 従動回転体

請求の範囲

- [請求項1] ガラス基材の表面に網状構造層を形成する網状構造層形成装置であって、
 処理溶液と前記処理溶液に浸漬されたガラス基材とを所定の圧力下で収容する圧力容器と、
 前記圧力容器を加圧する加圧手段と、
 前記処理溶液を攪拌する攪拌手段と、を備え、
 アルカリ環境下の前記処理溶液の中で前記ガラス基材の表面に網状構造層を形成する、
 網状構造層形成装置。
- [請求項2] 前記圧力容器の内部を加熱する加熱手段を、更に備える、
 請求項 1 に記載の網状構造層形成装置。
- [請求項3] 前記攪拌手段は、前記ガラス基材を回転させて前記処理溶液を攪拌する基材回転手段である、
 請求項 1 に記載の網状構造層形成装置。
- [請求項4] 前記攪拌手段は、前記処理溶液を攪拌部材により直接攪拌する溶液攪拌手段である、
 請求項 1 に記載の網状構造層形成装置。
- [請求項5] 前記処理溶液の処理速度を制御する制御ガスを前記処理溶液に供給する制御ガス供給手段、を更に備える、
 請求項 1 に記載の網状構造層形成装置。
- [請求項6] 前記処理溶液は、炭酸水素塩を含む溶液であり、
 前記制御ガス供給手段は、前記処理溶液の反応により生じるガスと同一の前記制御ガスを供給する、
 請求項 5 に記載の網状構造層形成装置。
- [請求項7] 前記処理溶液の中で前記ガラス基材を保持する基材保持部材を、更に備え、
 前記基材回転手段は、前記基材保持部材を回転させる、

請求項 3 に記載の網状構造層形成装置。

[請求項8] 前記ガラス基材は、前記加熱手段により、100℃以上の前記処理溶液の中で処理される、

請求項 2 に記載の網状構造層形成装置。

[請求項9] 前記基材回転手段は、前記基材保持部材に取り付けられた第 1 の磁性体と、前記処理溶液を収容する容器の外側に配置された第 2 の磁性体と、により非接触で前記基材保持部材を回転させる、

請求項 7 に記載の網状構造層形成装置。

[請求項10] 前記圧力容器の内部に配置される溶液容器を、更に備え、
前記処理溶液と前記ガラス基材は、前記溶液容器に収容された、
請求項 1－9 の何れか 1 項に記載の網状構造層形成装置。

[請求項11] 前記圧力容器は又は前記溶液容器は、耐アルカリ性の材質で形成された、

請求項 10 に記載の網状構造層形成装置。

[請求項12] 圧力容器内の処理溶液によりガラスを処理して網状構造層を備えるガラスを製造する方法であって、
前記圧力容器内を加圧するステップと、
前記圧力容器内の前記処理溶液を攪拌するステップと、
アルカリ環境下において前記処理溶液によりガラス基材の表面に網状構造層を形成するステップと、を備える、
網状構造層を備えるガラスの製造方法。