

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7548457号
(P7548457)

(45)発行日 令和6年9月10日(2024.9.10)

(24)登録日 令和6年9月2日(2024.9.2)

(51)国際特許分類	F I	
B 0 1 D 63/08 (2006.01)	B 0 1 D 63/08	
B 0 1 D 63/00 (2006.01)	B 0 1 D 63/00	5 1 0
B 0 1 D 71/02 (2006.01)	B 0 1 D 71/02	
B 0 1 D 46/10 (2006.01)	B 0 1 D 46/10	A
請求項の数 13 (全22頁)		

(21)出願番号 特願2023-566437(P2023-566437)	(73)特許権者 000002130
(86)(22)出願日 令和5年4月19日(2023.4.19)	住友電気工業株式会社
(86)国際出願番号 PCT/JP2023/015600	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
審査請求日 令和6年4月22日(2024.4.22)	
早期審査対象出願	(74)代理人 110001195
	弁理士法人深見特許事務所
	(72)発明者 森田 徹
	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
	(72)発明者 野々村 和也
	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
	(72)発明者 宮永 美紀
	大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内
	最終頁に続く

(54)【発明の名称】 平膜モジュール

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

微細粒子を含む流体から前記微細粒子を分離する平膜モジュールであって、

前記微細粒子を含む流体を導入可能な導入隙間を保持した状態で積層された複数の平膜エレメントを有するエレメント積層体と、

前記エレメント積層体を収容可能な内部空間および外部から前記内部空間に前記微細粒子を含む流体を導入する流入孔を有するハウジングとを備え、

前記平膜エレメントは、前記微細粒子を含む流体のうち前記微細粒子がトラップされるとともに流体が通過する細孔が形成された分離層と、前記分離層に隣接して前記分離層の前記細孔を通過した流体である濾過流体が通過可能な流路を含む支持層とを有し、

前記エレメント積層体は、前記複数の平膜エレメントが積層された方向を第1方向、前記第1方向に垂直な方向を第2方向、前記第1方向および前記第2方向に垂直な方向を第3方向として前記第2方向に伸びた形状を有し、

前記内部空間は前記ハウジングの軸方向に伸びた形状を有し、前記内部空間の前記軸方向に垂直な断面形状は円形であり、

前記ハウジングは、前記内部空間に収容された前記エレメント積層体における前記導入隙間に導入されたが前記平膜エレメントの内部を通過しなかった前記微細粒子を含む流体を前記内部空間から外部に排出する流出孔を有し、

前記ハウジングの前記軸方向において前記流入孔と前記流出孔との中間点となる点を中心とした点対称となる位置に、前記流入孔と前記流出孔とが配置され、

前記エレメント積層体が前記ハウジングの前記内部空間に收容されたとき、前記エレメント積層体の前記第2方向と前記ハウジングの前記軸方向とが平行となり、かつ、前記流入孔は前記エレメント積層体において前記第3方向に垂直な面に対向する、平膜モジュール。

【請求項2】

前記分離層は無機物質を含む、請求項1に記載の平膜モジュール。

【請求項3】

前記無機物質はセラミック材料である、請求項2に記載の平膜モジュール。

【請求項4】

前記平膜エレメントは、前記分離層と前記支持層との間に配置されている緩衝材をさらに有する、請求項1に記載の平膜モジュール。

10

【請求項5】

前記分離層は第1分離層と第2分離層とを含み、

前記支持層は前記第1分離層と前記第2分離層との間に配置されている、請求項1に記載の平膜モジュール。

【請求項6】

前記複数の平膜エレメントの周端部のうち、少なくとも前記エレメント積層体が前記ハウジングの前記内部空間に收容されたときに前記ハウジングの前記流入孔に対向する部分における前記第1方向の厚さが、前記複数の平膜エレメントにおける中央部の厚さよりも小さい、請求項1に記載の平膜モジュール。

20

【請求項7】

前記複数の平膜エレメントの前記周端部は熱融着部からなる、請求項6に記載の平膜モジュール。

【請求項8】

前記エレメント積層体は、前記複数の平膜エレメントのうち隣り合う二つの前記平膜エレメントの間に配置され、前記導入隙間を保持するとともに前記微細粒子を含む流体が移動可能な流路を有するスペーサを含む、請求項1に記載の平膜モジュール。

【請求項9】

前記内部空間の内壁と前記内部空間に收容された前記エレメント積層体との隙間に配置され、前記微細粒子を含む流体が前記内壁と前記内部空間に收容された前記エレメント積層体との前記隙間を通して移動することを阻害する偏流防止部材を備える、請求項1に記載の平膜モジュール。

30

【請求項10】

前記複数の平膜エレメントは、第1平膜エレメントと第2平膜エレメントとを含み、

前記第2方向に対して垂直な断面において、

前記第1平膜エレメントは、前記第1方向において前記内部空間の内壁に最も近く、

前記第2平膜エレメントは、前記内壁から前記第1方向において前記第1平膜エレメントよりも遠い位置に配置され、

前記第1平膜エレメントの前記第3方向における第1幅は、前記第2平膜エレメントの前記第3方向における第2幅よりも小さい、請求項1に記載の平膜モジュール。

40

【請求項11】

前記ハウジングは、前記濾過流体を前記内部空間から外部に排出する回収孔を有する、請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の平膜モジュール。

【請求項12】

前記ハウジングの前記軸方向における前記流入孔から前記流出孔までの距離である流入ー流出間距離は、前記ハウジングの前記軸方向における長さに対して0.8倍以上1.0倍以下である、請求項11に記載の平膜モジュール。

【請求項13】

前記エレメント積層体が前記ハウジングの前記内部空間に收容されたとき、前記流入孔は前記エレメント積層体において前記第3方向に垂直な面に対向し、

50

前記流出孔は第 1 流出孔および第 2 流出孔を含み、
前記回収孔は第 1 回収孔および第 2 回収孔を含み、
前記流入孔は前記ハウジングの前記軸方向において前記第 1 流出孔および前記第 2 流出孔に挟まれた位置に配置され、

前記第 1 回収孔は前記ハウジングの前記軸方向において前記流入孔から見て前記第 1 流出孔と同じ側に配置され、

前記第 2 回収孔は前記ハウジングの前記軸方向において前記流入孔から見て前記第 2 流出孔と同じ側に配置され、

前記ハウジングの前記軸方向における前記流入孔から前記第 1 流出孔までの距離である第 1 流入－流出間距離は、前記ハウジングの前記軸方向における前記流入孔から前記第 1 回収孔までの距離である第 1 流入－回収間距離よりも小さく、

前記ハウジングの前記軸方向における前記流入孔から前記第 2 流出孔までの距離である第 2 流入－流出間距離は、前記ハウジングの前記軸方向における前記流入孔から前記第 2 回収孔までの距離である第 2 流入－回収間距離よりも小さい、請求項 1 1 に記載の平膜モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、平膜モジュールに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、中心管の周りに巻き付けられたスパイラル型膜エレメントと、当該スパイラルエレメントが収納された円筒状のハウジングとを備えるスパイラル型モジュールが知られている。（たとえば、特許 7200427 号公報参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特許 7200427 号公報

【発明の概要】

【0004】

本開示の平膜モジュールは、微細粒子を含む流体から微細粒子を分離する平膜モジュールであって、エレメント積層体とハウジングとを備える。エレメント積層体は、複数の平膜エレメントを有する。複数の平膜エレメントは、微細粒子を含む流体を導入可能な導入隙間を保持した状態で積層される。ハウジングは、内部空間および流入孔を有する。内部空間はエレメント積層体を収容可能である。流入孔は、外部から内部空間に微細粒子を含む流体を導入する。平膜エレメントは、分離層と支持層とを有する。分離層には細孔が形成されている。細孔では、微細粒子を含む流体のうち微細粒子がトラップされるとともに流体が通過する。支持層は分離層に隣接している。支持層は流路を含む。流路は、分離層の細孔を通過した流体である濾過流体が通過可能である。複数の平膜エレメントが積層された方向を第 1 方向とする。第 1 方向に垂直な方向を第 2 方向とする。第 1 方向および第 2 方向に垂直な方向を第 3 方向とする。エレメント積層体は、第 2 方向に伸びた形状を有する。内部空間はハウジングの軸方向に伸びた形状を有する。内部空間の軸方向に垂直な断面形状は円形である。エレメント積層体がハウジングの内部空間に収容されたとき、エレメント積層体の第 2 方向とハウジングの軸方向とが平行となる。流入孔はエレメント積層体において第 2 方向または第 3 方向に垂直な面に対向する。

【図面の簡単な説明】

【0005】

【図 1】図 1 は、本実施の形態 1 に係る平膜モジュールの概略斜視図である。

【図 2】図 2 は、図 1 の線分 I I - I I における断面図である。

【図 3】図 3 は、図 2 の線分 I I I - I I I における断面図である。

【図 4】図 4 は、平膜エレメントの断面模式図である。

【図 5】図 5 は、図 4 の領域 V における部分拡大断面模式図である。

【図 6】図 6 は、平膜エレメントの変形例を示す部分拡大断面模式図である。

【図 7】図 7 は、平膜エレメントの変形例を示す部分拡大断面模式図である。

【図 8】図 8 は、平膜エレメントの変形例を示す部分拡大断面模式図である。

【図 9】図 9 は、本実施の形態 1 に係る平膜モジュールを用いた濾過装置の概略図である。

【図 10】図 10 は、本実施の形態 2 に係る平膜モジュールの断面図である。

【図 11】図 11 は、本実施の形態 3 に係る平膜モジュールの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0006】

【本開示が解決しようとする課題】

従来のスパイラル型モジュールはその構造上、膜エレメントに曲げ応力が付与されるため、膜エレメントの寿命向上および高圧への対応の観点から改良の余地がある。

【0007】

本開示は、上記のような課題を解決するために成されたものである。より具体的には、膜エレメントに曲げ応力を付与することなく使用可能な平膜モジュールを提供する。

【0008】

【本開示の効果】

本開示による平膜モジュールによると、膜エレメントに曲げ応力を付与することなく使用することができる。

【0009】

【実施形態の概要】

最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

【0010】

(1) 本開示の平膜モジュールは、微細粒子を含む流体から微細粒子を分離する平膜モジュールであって、エレメント積層体とハウジングとを備える。エレメント積層体は、複数の平膜エレメントを有する。複数の平膜エレメントは、微細粒子を含む流体を導入可能な導入隙間を保持した状態で積層される。ハウジングは、内部空間および流入孔を有する。内部空間はエレメント積層体を収容可能である。流入孔は、外部から内部空間に微細粒子を含む流体を導入する。平膜エレメントは、分離層と支持層とを有する。分離層には細孔が形成されている。細孔では、微細粒子を含む流体のうち微細粒子がトラップされるとともに流体が通過する。支持層は分離層に隣接している。支持層は流路を含む。流路は、分離層の細孔を通過した流体である濾過流体が通過可能である。複数の平膜エレメントが積層された方向を第 1 方向とする。第 1 方向に垂直な方向を第 2 方向とする。第 1 方向および第 2 方向に垂直な方向を第 3 方向とする。エレメント積層体は、第 2 方向に伸びた形状を有する。内部空間はハウジングの軸方向に伸びた形状を有する。内部空間の軸方向に垂直な断面形状は円形である。エレメント積層体がハウジングの内部空間に収容されたとき、エレメント積層体の第 2 方向とハウジングの軸方向とが平行となる。流入孔はエレメント積層体において第 2 方向または第 3 方向に垂直な面に対向する。

【0011】

本開示によれば、膜エレメントに曲げ応力を付与することなく使用可能な平膜モジュールが得られる。

【0012】

(2) 上記 (1) の平膜モジュールにおいて、分離層は無機物質を含んでもよい。

(3) 上記 (2) の平膜モジュールにおいて、無機物質はセラミック材料であってもよい。

【0013】

(4) 上記 (1) から (3) の平膜モジュールにおいて、平膜エレメントは、分離層と支持層との間に配置されている緩衝材をさらに有してもよい。

【0014】

10

20

30

40

50

(5) 上記(1)から(4)の平膜モジュールにおいて、分離層は第1分離層と第2分離層とを含んでもよい。支持層は第1分離層と第2分離層との間に配置されていてもよい。

【0015】

(6) 上記(1)から(5)の平膜モジュールにおいて、複数の平膜エレメントの周端部のうち、少なくともエレメント積層体がハウジングの内部空間に収容されたときにハウジングの流入孔に対向する部分における第1方向の厚さが、複数の平膜エレメントにおける中央部の厚さよりも小さくてもよい。

【0016】

(7) 上記(6)の平膜モジュールにおいて、複数の平膜エレメントの周端部は熱融着部からなってもよい。

【0017】

(8) 上記(1)から(7)の平膜モジュールにおいて、エレメント積層体は、スペーサを有してもよい。スペーサは、複数の平膜エレメントのうち隣り合う二つの平膜エレメントの間に配置される。スペーサは、導入隙間を保持するとともに微細粒子を含む流体が移動可能な流路を有するスペーサを含んでもよい。

【0018】

(9) 上記(1)から(8)の平膜モジュールは、偏流防止部材を備えてもよい。偏流防止部材は、内部空間の内壁と内部空間に収容されたエレメント積層体との隙間に配置されてもよい。偏流防止部材は、微細粒子を含む流体が上記内壁と内部空間に収容されたエレメント積層体との隙間を通して移動することを阻害してもよい。

【0019】

(10) 上記(1)から(9)の平膜モジュールにおいて、複数の平膜エレメントは、第1平膜エレメントと第2平膜エレメントとを含んでもよい。第2方向に対して垂直な断面において、第1平膜エレメントは、第1方向において内部空間の内壁に最も近くてもよい。第2平膜エレメントは、内部空間の内壁から第1方向において第1平膜エレメントよりも遠い位置に配置されてもよい。第1平膜エレメントの第3方向における第1幅は、第2平膜エレメントの第3方向における第2幅よりも小さくてもよい。

【0020】

(11) 上記(1)から(10)の平膜モジュールにおいて、ハウジングは、流出孔と、回収孔とを有してもよい。流出孔は、内部空間に収容されたエレメント積層体における導入隙間に導入されたが平膜エレメントの内部を通過しなかった微細粒子を含む流体を内部空間から外部に排出してもよい。回収孔は、濾過流体を内部空間から外部に排出してもよい。

【0021】

(12) 上記(11)の平膜モジュールにおいて、ハウジングの軸方向における流入孔から流出孔までの距離である流入－流出間距離は、ハウジングの軸方向における長さに対して0.6倍以上1.0倍以下であってもよい。

【0022】

(13) 上記(11)または(12)の平膜モジュールにおいて、エレメント積層体がハウジングの内部空間に収容されたとき、流入孔はエレメント積層体において第3方向に垂直な面に対向してもよい。流出孔は第1流出孔および第2流出孔を含んでもよい。回収孔は第1回収孔および第2回収孔を含んでもよい。流入孔はハウジングの軸方向において第1流出孔および第2流出孔に挟まれた位置に配置されてもよい。第1回収孔はハウジングの軸方向において流入孔から見て第1流出孔と同じ側に配置されてもよい。第2回収孔はハウジングの軸方向において流入孔から見て第2流出孔と同じ側に配置されてもよい。ハウジングの軸方向における流入孔から第1流出孔までの距離である第1流入－流出間距離は、ハウジングの軸方向における流入孔から第1回収孔までの距離である第1流入－回収間距離よりも小さくてもよい。ハウジングの軸方向における流入孔から第2流出孔までの距離である第2流入－流出間距離は、ハウジングの軸方向における流入孔から第2回収孔までの距離である第2流入－回収間距離よりも小さくてもよい。

10

20

30

40

50

【0023】

[実施形態の詳細]

本開示の実施形態の詳細を、図面を参照しながら説明する。以下の図面では、同一又は相当する部分に同一の参照符号を付し、重複する説明は繰り返さない。

【0024】

(実施形態1)

<平膜モジュールの構成>

図1は、本実施の形態に係る平膜モジュール1の概略斜視図である。図2は、図1の線分ⅠⅠ-ⅠⅠにおける断面図である。図3は、図2の線分ⅠⅠⅠ-ⅠⅠⅠにおける断面図である。図4は、平膜エレメント20の断面模式図である。図5は、図4の領域Vにおける部分拡大断面模式図である。

【0025】

図1から図5に示されるように、本開示の一態様に係る平膜モジュール1は、たとえば、微細粒子を含む流体（以下、「被処理流体F1」とも記す。）から微細粒子を分離する分離膜モジュールである。後述するように、被処理流体F1に含まれる微細粒子が平膜エレメント20の分離層21によってトラップされることで、被処理流体F1は微細粒子が除去された濾過流体F3となる。平膜モジュール1は、任意の分離法によって、被処理流体F1から微細粒子を分離してもよい。平膜モジュール1の分離法は、たとえば、被処理流体F1および濾過流体F3がともに液体であるような、液体を濾過する方法であってもよい。平膜モジュール1の分離法は、たとえば、被処理流体F1および濾過流体F3がともに気体であるような、気体を濾過する方法であってもよい。平膜モジュール1の分離法は、被処理流体F1が液体であり、濾過流体F3が気体である、浸透気化法であってもよい。本明細書において、分離対象である微細粒子は、被処理流体から分離される任意の分離対象物であってもよい。具体的には、分離対象の微細粒子は形状が変化しない無機物であってもよいが、当該微細粒子の形状は任意の形状であってもよい。たとえば微細粒子の形状は球形状であってもよいし多面体状、板状、棒状などであってもよい。また、微細粒子の材質は無機物に限定されない。本明細書における微細粒子には、たとえばアメーバのような形状が変化し得る有機物からなる物体も含まれる。また、本明細書において、分離対象である微細粒子には、固体のみならず液体および気体も含まれる。たとえば、被処理流体F1が海水である時、ナトリウムイオンあるいは塩化物イオンが分離対象物としての微細粒子であってもよい。たとえば、被処理流体F1がメタノールである時、ビタミンB₁₂のような分子量が1350程度の溶質が高分子体が分離対象の微細粒子であってもよい。たとえば、被処理流体F1がヘキサンのような有機溶剤である時、大豆油が分離対象の微細粒子であってもよい。たとえば、被処理流体F1がビールである時、より分子サイズの小さい水分子が分離対象の微細粒子で、エチルアルコールが膜を通過してもよい。たとえば、被処理流体F1が空気である時、二酸化炭素が分離対象の微細粒子であってもよい。

【0026】

図2に示されるように、平膜モジュール1は、エレメント積層体2とハウジング3と偏流防止部材4とを主に備えている。エレメント積層体2は、複数の平膜エレメント20を有する。複数の平膜エレメント20は微細粒子を含む流体を導入可能な導入隙間を保持した状態で積層されている。具体的には、エレメント積層体2は、導入隙間を保持するスペーサ7を有する。スペーサ7は、複数の平膜エレメント20のうち隣り合う二つの平膜エレメント20の間に配置され、導入隙間を保持する。スペーサ7は被処理流体F1が移動可能な流路を有してもよい。たとえば、隣り合う二つの平膜エレメント20の間に、図3に示されるように複数のスペーサ7が分散して配置されることによって、エレメント積層体2の導入隙間に被処理流体F1が移動可能な流路が形成されてもよい。

【0027】

複数の平膜エレメント20が積層された方向を第1方向Xとする。導入隙間の第1方向Xにおける幅は、たとえば、0.1mm以上10mm以下である。導入隙間の第1方向X

10

20

30

40

50

における幅は、微細粒子を含む流体が導入され得る大きさであればよい。そのため、導入隙間の第1方向Xにおける幅は、分離対象の微細粒子の大きさによって変更されてもよい。なお、ここで導入隙間の第1方向Xにおける幅は、上述したスペーサ7の第1方向Xにおける幅により規定される。

【0028】

第1方向Xに垂直な方向を第2方向Yとする。エレメント積層体2が伸びている方向を第2方向Yとする。つまり、エレメント積層体2は、第2方向Yに延びた形状を有する。なお第1方向Xから見たエレメント積層体2および平膜エレメント20の平面形状は任意の形状を採用し得るが、たとえば長形状である。なお、第1方向Xおよび第2方向Yの各々に対して垂直な方向を第3方向Zとする。

【0029】

たとえば、図2に示されるように、ハウジング3は、外筒30aと一对のフランジ30b1, 30b2とを含む。外筒30aの形状は円筒形状である。一对のフランジ30b1, 30b2に挟まれるように外筒30aが配置されている。外筒30aの端面にフランジ30b1, 30b2の各々が接続されている。つまり、ハウジング3の内部空間35は、外筒30aの内壁30sと、外筒30aの端面に接しているフランジ30b1, 30b2の面とに囲まれた領域である。このようにして、ハウジング3に、エレメント積層体2を収納可能な内部空間35が形成される。外筒30aおよび一对のフランジ30b1, 30b2の材料は、たとえば、ステンレス鋼などの鉄鋼材料、チタン、あるいはFRP (Fiber Reinforced Plastics) などの高強度な材料である。外筒30aおよび一对のフランジ30b1, 30b2の呼び径は、たとえば、JIS規格において200Aである。なお、ハウジング3是一对のフランジ30b1, 30b2を含んでいなくてもよく、たとえば、クランプを用いて外筒30aを挟んでもよい。

【0030】

外筒30aの軸方向に垂直な断面において、外筒30aの内壁30sの形状は円形である。つまり、内部空間35の軸方向に垂直な断面形状は円形であり、内部空間35は、ハウジング3の軸方向に延びた形状を有している。つまり、内部空間35の形状は、たとえば、円柱形状となる。

【0031】

図2に示されるように、ハウジング3は、流入孔31、流出孔32、および回収孔33を有する。流入孔31は、ハウジング3の外部から内部空間35に被処理流体F1を導入する。流出孔32は、ハウジング3の内部空間35から外部に被処理流体F2を排出する。回収孔33は、エレメント積層体2により被処理流体F1から分離された濾過流体F3をハウジング3の内部空間35から外部に排出する。具体的には、流入孔31および流出孔32は、外筒30aの外壁から内壁30sにまで到達するように外筒30aに形成されている。回収孔33は、フランジ30b1が外筒30aの端面に接続されている面から反対側の面にまで到達するようにフランジ30b1に形成されている。つまり、回収孔33は軸方向に沿って形成されている。なお、回収孔33に面するエレメント積層体2の具体的な構成例については後述する。

【0032】

本実施の形態1に係る平膜エレメント20において、一对のフランジ30b1, 30b2の内、片方のフランジ30b1にのみ回収孔33が形成されている。図2に示されるように、流出孔32と流入孔31とは外筒30aの軸方向において互いに離れて配置されていることが好ましい。具体的には、回収孔33が形成されているフランジ30b1の近傍に、流出孔32が配置されている。一方、回収孔33が形成されていないフランジ30b2の近傍に、流入孔31が配置されている。また、ハウジング3の内部空間35の中心軸に対して垂直な方向において、中心軸からみて流出孔32が配置されている領域の反対側に流入孔31が配置されている。異なる観点から言えば、ハウジング3の軸方向において流入孔31と流出孔32との間の中間点となる点（たとえば内部空間35の中心点）を中心とした点対称となる位置に、流入孔31と流出孔32とが配置されている。なお、フラ

10

20

30

40

50

ンジ 30b2 に回収孔 33 が形成されていてもよい。フランジ 30b2 に回収孔 33 が形成されていることで、当該フランジ 30b2 の回収孔 33 から任意の流体を内部空間 35（より具体的には濾過流体 F3 が流れる流路）に流すことができる。たとえば、不活性化ガスなどをフランジ 30b2 の回収孔 33 から当該流路に流すことで、濾過流体 F3 を速やかに平膜エレメント 20 の外部に排出することができる。

【0033】

ハウジング 3 の軸方向における流入孔 31 から流出孔 32 までの距離を流入－流出間距離とする。当該流入－流出間距離は、たとえば流入孔 31 の内周壁のうち最も流出孔 32 寄りの部分と、流出孔 32 の内周壁のうち最も流入孔 31 寄りの部分との間の、軸方向における距離である。流入－流出間距離は、ハウジング 3 の軸方向における長さに対して 0.6 倍以上 1.0 倍以下であることが好ましい。ハウジング 3 の軸方向における長さは、たとえば、軸方向における一对のフランジ 30b1、30b2 間の距離である。ハウジング 3 の軸方向における流出孔 32 から回収孔 33 までの距離を流出－回収間距離とする。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 31 から回収孔 33 までの距離を流入－回収間距離とする。流入－流出間距離がハウジング 3 の軸方向における長さに対して 0.6 倍であるとき、流出－回収間距離は、ハウジング 3 の軸方向における長さに対して 0.2 倍未満となり得る。流出－回収間距離が小さければ、流出孔 32 からフランジ 30b1 までにおける被処理流体 F1 が滞留する領域を縮小できる。その結果、被処理流体 F1 が平膜エレメント 20 の分離層 21 により濾過されてできる濾過流体 F3 の流量が増加する。同様の観点から、流入－回収間距離が大きければ、流入孔 31 からフランジ 30b2 までにおける被処理流体 F1 が滞留する領域を縮小できる。その結果、被処理流体 F1 が平膜エレメント 20 の分離層 21 により濾過されてできる濾過流体 F3 の流量が増加する。つまり、流出孔 32 は、軸方向において流入孔 31 からある程度離れていることによって、被処理流体 F1 が平膜エレメント 20 の分離層 21 により濾過されてできる濾過流体 F3 の流量が増加する。その結果、流入－流出間距離を大きくすることで濾過効率が向上する。

【0034】

図 2 に示されるように、外筒 30a には、流入孔 31 および流出孔 32 がハウジング 3 の軸方向に対して垂直な方向に形成されている。また、流入孔 31 が形成されている方向と流出孔 32 が形成されている方向とは一致している。つまり、被処理流体 F1 がハウジング 3 の外部から内部空間 35 に流入孔 31 を介して導入される方向は、被処理流体 F2 がハウジング 3 の内部空間 35 から外部に流出孔 32 を介して排出される方向と一致している。回収孔 33 はハウジング 3 の軸方向に沿って形成されているため、濾過流体 F3 がハウジング 3 の内部空間 35 から外部に排出される方向は、ハウジング 3 の軸方向と一致している。

【0035】

エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 35 に収容されたとき、エレメント積層体 2 は、エレメント積層体 2 の延在方向である第 2 方向 Y がハウジング 3 の軸方向と一致するように、ハウジング 3 の内部空間 35 に収納される。また、エレメント積層体 2 の導入隙間に被処理流体 F1 が導入され得るため、エレメント積層体 2 の第 3 方向 Z における表面の少なくとも一部分が、ハウジング 3 の流入孔 31 に面するように、エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 35 に収納されている。つまり、エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 35 に収容されたとき、エレメント積層体 2 の第 2 方向 Y とハウジング 3 の軸方向とが平行となっている。また、流入孔 31 はエレメント積層体 2 において第 3 方向 Z に垂直な面（第 3 方向 Z における表面）に対向する。この結果、複数の平膜エレメント 20 が積層されている第 1 方向 X に対して垂直な方向（図 2 では第 3 方向 Z）が、被処理流体 F1 が導入される方向と一致するように、エレメント積層体 2 がハウジング 3 に収納される。エレメント積層体 2 において第 1 方向 X に対して垂直な方向の表面は、複数の平膜エレメント 20 の間に形成されている導入隙間の端部を含む。このため、流入孔 31 から供給された被処理流体 F1 がエレメント積層体 2 の導入隙間に導入される。

【0036】

図2において回収孔33が形成されていないフランジ30b2に流入孔31が形成されてもよい。この場合、フランジ30b2に形成される流入孔31の方向（被処理流体F1の流入方向）とハウジング3の軸方向とが一致する。つまり、エレメント積層体2がハウジング3の内部空間35に収容されたとき、流入孔31はエレメント積層体2において第3方向Zに垂直な面に対向してもよい。このようにしても、被処理流体F1がエレメント積層体2の導入隙間に導入される。なお、この場合の流入孔31近傍の構成例については後述する。

【0037】

図3に示されるように、ハウジング3の軸方向に垂直な断面において、ハウジング3の中心から外筒30aの内壁30sに近づくにつれて、平膜エレメント20の第3方向Zにおける幅が小さくなるように複数の平膜エレメント20が積層されていてもよい。具体的には、平膜エレメント20は複数の第1平膜エレメント20aと複数の第2平膜エレメント20bと複数の第3平膜エレメント20cとを含む。複数の第1平膜エレメント20aは、第1方向Xにおいて内部空間35の内壁30sに最も近い位置に配置されている。複数の第2平膜エレメント20bは、内部空間35の内壁30sから第1方向Xにおいて第1平膜エレメント20aよりも遠い位置に配置されている。複数の第3平膜エレメント20cは、内部空間35の内壁30sから第1方向Xにおいて第2平膜エレメント20bよりも遠い位置に配置されている。つまり、第1方向Xにおいて、複数の第2平膜エレメント20bは第1平膜エレメント20aと第3平膜エレメント20cとの間に配置されている。第1平膜エレメント20aの第3方向Zにおける第1幅W1は、第2平膜エレメント20bの第3方向Zにおける第2幅W2よりも小さい。第2平膜エレメント20bの第3方向Zにおける第2幅W2は、第3平膜エレメント20cの第3方向Zにおける第3幅W3よりも小さい。複数の第1平膜エレメント20aの内、第1方向Xにおいて最も外筒30aの内壁30sに近い第1平膜エレメント20aは内壁30sに接していてもよい。具体的には、複数の第1平膜エレメント20aの内、第1方向Xにおいて最も外筒30aの内壁30sに近い第1平膜エレメント20aの第3方向Zにおける端部は、内壁30sに接していてもよい。複数の第2平膜エレメント20bの内、第1方向Xにおいて最も外筒30aの内壁30sに近い第2平膜エレメント20bの第3方向Zにおける端部は内壁30sに接していてもよい。複数の第3平膜エレメント20cの内、第1方向Xにおいて最も外筒30aの内壁30sに近い第3平膜エレメント20cの第3方向Zにおける端部は内壁30sに接していてもよいし、接していなくてもよい。このように、ハウジング3の中心から内壁30sに近づくにつれて平膜エレメント20の第3方向Zの幅が段階的に小さくなるように平膜エレメント20が積層されていることで、内部空間35におけるエレメント積層体2の充填率が向上する。その結果、エレメント積層体2の断面形状が四角形状である場合よりも、エレメント積層体2の体積を増やすことが出来る。このため、ハウジング3内のエレメント積層体2の有効膜面積が増加し、ハウジング3の容積あたりの濾過効率が向上する。

【0038】

上述のように、内部空間35におけるエレメント積層体2の充填率を向上させてもよいが、この場合でも図2および図3に示されるようにエレメント積層体2とハウジング3の内壁30sとの間に隙間が生じる。そのため、平膜モジュール1は、偏流防止部材4を備えてもよい。偏流防止部材4は、内部空間35において内壁30sと内部空間35に収容されたエレメント積層体2との隙間に配置されている。このようにすることで、偏流防止部材4は、外筒30aの内壁30sと内部空間35に収容されたエレメント積層体2との間の隙間を被処理流体F1が通って移動することを阻害する。その結果、エレメント積層体2の内部を通る被処理流体F1の流量が増加し、平膜モジュール1の被処理流体F1に対する濾過効率が向上する。偏流防止部材4の材料は、被処理流体F1の流通を阻害できれば任意の材料を適用できる。当該材料として、たとえば金属、あるいはFRPなどの樹脂材料を用いてもよい。

【0039】

平膜モジュール 1 は、一対の端末封止部 6 および O リング 5 を備えてもよい。図 2 に示されるように、フランジ 30b1, 30b2 において、当該フランジ 30b1, 30b2 が外筒 30a の端面に接続されている部分に連なる面に端末封止部 6 が接続されていてもよい。フランジ 30b1, 30b2 の近傍において、エレメント積層体 2 の導入隙間を埋めるように端末封止部 6 が平膜エレメント 20 の端部と接続されている。端末封止部 6 は偏流防止部材 4 の第 2 方向 Y における端部にも接続されている。端末封止部 6 は偏流防止部材 4 の外周面（外筒 30a の内壁 30s に面する表面）上に部分的に延在してもよい。このように第 2 方向 Y における両端部において、複数の平膜エレメント 20 と偏流防止部材 4 とが端末封止部 6 によって固定される。フランジ 30b1, 30b2 の近傍において、O リング 5 は端末封止部 6 または偏流防止部材 4 と外筒 30a の内壁 30s との間に配置されている。O リング 5 は、当該 O リング 5 からみて第 2 方向 Y での内側領域から、被処理流体 F1 がフランジ 30b1, 30b2 側に流れることを防止する。このようにすることで、導入隙間を通った被処理流体 F2 が内部空間 35 から漏れることなく、流出孔 32 から排出される。なお、フランジ 30b1 近傍に位置する端末封止部 6 により固定された平膜エレメント 20 の端部では、後述する支持層 23 の流路の端部が端末封止部 6 から露出して回収孔 33 に濾過流体 F3 を排出可能となっている。また、上述したようにフランジ 30b2 に流入孔 31 を形成する場合、フランジ 30b2 近傍に位置する端末封止部 6 には、エレメント積層体 2 における導入隙間に連なる貫通孔が形成される。フランジ 30b2 に形成された流入孔 31 は当該貫通孔を介してエレメント積層体 2 の導入隙間と接続される。

【0040】

端末封止部 6 の材料は、たとえば、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂などの熱硬化性樹脂、フッ素樹脂、ポリオレフィン系樹脂などの熱溶融性樹脂、フッ素ゴム、あるいはシリコンゴムなどのゴム系材料などの樹脂材料であってもよい。端末封止部 6 の材料は樹脂材料だけでなく、たとえば、ステンレスなどの金属材料、あるいは金属材料と樹脂材料とが接合された複合材料であってもよい。

【0041】

O リング 5 の材料は、たとえば、NBR ゴム、シリコンゴム、フッ素系シリコンゴム、バイトンなどのゴム系材料であってもよい。O リング 5 の材料はゴム系材料でなくてもよく、たとえば、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）などのフッ素樹脂、あるいはゴム材料にフッ素樹脂を被覆した複合材料でもよい。

【0042】

平膜エレメント 20 の構成について説明する。図 4 および図 5 に示されるように、平膜エレメント 20 は、分離層 21、緩衝材 22、および支持層 23 を主に有する。平膜エレメント 20 は、分離層 21、緩衝材 22、および支持層 23 が積層されて構成されている。分離層 21 は第 1 分離層 21a と第 2 分離層 21b とを含む。支持層 23 は第 1 分離層 21a と第 2 分離層 21b との間に配置されている。緩衝材 22 は分離層 21 と支持層 23 との間に配置されている。なお、緩衝材 22 を配置しない構成としてもよい。分離層 21 には、被処理流体 F1 のうち微細粒子がトラップされるとともに流体が通過する細孔が形成されている。支持層 23 は分離層 21 の細孔を通過した流体である濾過流体 F3 が通過可能な流路を含む。支持層 23 は、たとえば、濾過流体 F3 が流通する流路を構成する細孔が形成されている多孔質材料からなる基材である。濾過流体 F3 は、当該基材の細孔を流路として通過できる。図 4 および図 5 に示されるように、平膜エレメント 20 は、シート状の支持層 23 の両面上にそれぞれ緩衝材 22 および分離層 21 を積層して積層体を構成し、当該積層体の外周部（周端部）の少なくとも一部を固定することにより構成されている。積層体の外周部を固定する方法としては任意の方法を用いることができるが、たとえば当該外周部を熱融着により固定してもよい。積層体の平面形状は四角形状であるが他の任意の形状としてもよい。分離層 21 が高分子材料により構成された膜であるとき、細孔は、当該分離層 21 を構成する膜における分子間の隙間であってもよい。たとえば、分離対象の微細粒子が CO₂ 等であるとき、高分子に溶解した CO₂、すなわち微細粒子

を構成する分子の大きさに対応して当該微細粒子が内部でトラップされ、内部で拡散し移動するように、微細粒子を構成する分子の大きさに対応して当該微細粒子が内部でトラップされるように、分離層 2 1 における細孔（分子間の隙間）が設定されてもよい。

【0043】

スパイラルモジュールに使用される分離膜モジュールは円筒状となるため、分離層に曲げ応力が加わる。本実施の形態 1 に係る平膜モジュール 1 において、複数の平膜エレメント 2 0 は円筒状に屈曲するような加工を受けない。そのため、エレメント積層体 2 の製造時に、曲げ応力が平膜エレメント 2 0 には加わらない。また、当該平膜モジュール 1 の使用時においても、エレメント積層体 2 が内部空間 3 5 に収容されている間は、分離層 2 1 に曲げ応力が加えられない。したがって、分離層 2 1 は脆い材料で構成されてもよい。

10

【0044】

分離層 2 1 は、たとえば、無機物質、または有機物質を含んでいてもよい。分離層 2 1 に含まれる無機物質は、たとえば、セラミック材料でもよい。分離層 2 1 は、たとえば、有機シリカ、ゼオライト、金属酸化物系の薄膜材料、グラフェン系ナノシート、酸化物系ナノシート、あるいはカーボンナノチューブ系材料を含んでもよい。分離層 2 1 に含まれる有機材料は、たとえば樹脂材料でもよい。一般的に分離層 2 1 は、流体に対して高い透過性を有することが好ましい。そのため、高い流量を確保するため当該分離層 2 1 は極薄であることが好ましい。ただし、その場合は、分離層 2 1 単独で形成することが難しい。そのため、分離層 2 1 を補強するために、分離層 2 1 は分離機能層と補強層とを含む複合体であってもよい。支持体としての補強層を構成する材料は、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）、ポリエチレン（PE）、ポリプロピレン（PP）、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）、ポリサルフォン（PSF）、ポリエーテルサルフォン（PES）、ポリケトン（PK）、ポリジメチルシロキサン（PDMS）、ポリビニルアルコール（PVA）、ポリビニルブチラール（PVB）などである。

20

【0045】

緩衝材 2 2 は、たとえば、不織布である。緩衝材 2 2 を介して、分離層 2 1 の細孔を透過した流体が支持層 2 3 に向かって通過する。分離層 2 1 が分離機能層と補強層との複合体として形成されていても、膜強度は不十分な場合がある。また、支持層 2 3 を構成する材料が、たとえば、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリテトラフルオロエチレンである場合、当該支持層 2 3 は可撓性を有する。そのため、予め分離層 2 1 と緩衝材 2 2 とを熱融着などで一体化することが好ましい。そして、緩衝材 2 2 に支持層 2 3 を隣接させることで平膜エレメント 2 0 の剛性を向上させることができる。特に、当該平膜モジュール 1 を高圧条件で使用する際に、緩衝材 2 2 として不織布を用いることで、分離層 2 1 における欠陥の発生を抑制することができる。不織布を構成する材料は、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリテトラフルオロエチレン、ポリフェニレンサルファイドなどであってよい。

30

【0046】

支持層 2 3 を構成する材料は樹脂材料であってよく、たとえば、ポリテトラフルオロエチレン、ポリエチレン、ポリプロピレンなどでもよい。支持層 2 3 を構成する材料は、剛性を持たせるために、金属材料であってもよい。支持層 2 3 の形状は、たとえば、ステンレスのメッシュであってもよく、レーザ加工などにより流路が形成された板材であってもよい。

40

【0047】

分離層 2 1 の第 1 方向 X における厚みは、たとえば、5 μm 以上 50 μm 以下である。分離機能層の第 1 方向 X における厚みは、たとえば、10 nm 以上 10 μm 以下である。支持層 2 3 の第 1 方向 X における厚みは、たとえば、0.1 mm 以上 5 mm 以下である。図 5 に示されるように、分離層 2 1、緩衝材 2 2、支持層 2 3 が積層されて構成されている平膜エレメント 2 0 の第 1 方向 X の厚みは、たとえば、1 mm である。なお、平膜エレメント 2 0 の第 1 方向 X の厚みは 0.5 mm 以上 2 mm 以下としてもよい。平膜エレメント 2 0 の第 1 方向 X の厚みの下限は 0.1 mm でもよく、0.4 mm でもよい。平膜エレメント 2 0 の第 1 方向 X の厚みの上限は 5 mm としてもよく、10 mm としてもよい。第

50

2方向Yおよび第3方向Zにおける平膜エレメント20の長さは、平膜モジュール1の構成に合わせて適宜決定できる。第2方向Yにおける平膜エレメント20の長さはたとえば100cmである。第3方向Zにおける平膜エレメント20の長さLはたとえば20cmである。

【0048】

平膜エレメント20の周端部25には、熱融着部24aが形成されている。平膜エレメント20の周端部25にて、分離層21および支持層23は熱融着によって接続されている。図4および図5に示された平膜エレメント20では、熱融着部24aは分離層21と支持層23と緩衝材22とが熱融着されることで形成されている。熱融着部24aは、第3方向Zにおいて支持層23などの端部から外側に伸びている。たとえば、第3方向Zにおいて、熱融着部24aの幅はたとえば5mmである。なお、熱融着部24aの幅は、分離層21および支持層23を固定することができれば任意の値とすることができる。

【0049】

熱融着による接続方法によって、平膜エレメント20の周端部25の第1方向Xの厚みが小さくなる。たとえば、第1方向Xにおける周端部25（熱融着部24a）の厚みは0.3mmである。つまり、平膜エレメント20の周端部25の第1方向Xにおける厚みは、平膜エレメント20において周端部25以外の第1方向Xにおける厚みより小さい。特に、複数の平膜エレメント20のうち、少なくともエレメント積層体2がハウジング3の内部空間35に収容されたときにハウジング3の流入孔31に対向する部分における第1方向Xの厚さ（熱融着部24aの厚さ）が、平膜エレメント20の中央部の厚さよりも小さいことが好ましい。このようにすることで、平膜エレメント20においてハウジング3の流入孔31に対向する部分における導入隙間の幅が、平膜エレメント20の周端部25以外の導入隙間の幅よりも大きくなり、ハウジング3の外部から内部空間35に流入した被処理流体F1が、導入隙間に導入されやすくなる。また、熱融着による接続方法であれば、余分な材料が熱融着部24aに含まれていないため、耐薬品性の観点から被処理流体F1の影響を受けず、濾過できる被処理流体F1の種類を増やすことができる。

【0050】

図6から図8は、平膜エレメント20の変形例を示す部分拡大断面模式図である。平膜エレメント20の周端部25において、任意の接続方法を採用し得る。図6から図8に示された平膜エレメント20は、基本的には図4および図5に示された平膜エレメント20と同様の構成を備えるが、下記に示す構成が図4および図5に示された平膜エレメント20と異なっている。すなわち、図6に示された平膜エレメント20では、第1分離層21aと第2分離層21bとが直接接続されるように熱融着されている。支持層23は、第3方向Zにおいて周端部25まで延在していない。つまり、熱融着部24aは第1分離層21aと第2分離層21bとが熱融着されることにより構成されている。なお、熱融着部24aは、第1分離層21aと第2分離層21bとに予め熱融着によって一体化された緩衝材22とが熱融着されることにより構成されてもよい。第1分離層21aおよび第2分離層21bは融着テープを介して熱融着によって接続されてもよい。

【0051】

図7に示された平膜エレメント20では、熱融着による接続方法ではなく、接着材を用いて平膜エレメント20の周縁部を固定している。すなわち、第1分離層21aおよび第2分離層21bは、支持層23と接着材26を介して接続されてもよい。具体的には、平膜エレメント20の周端部25に接着部24bが形成されている。接着部24bでは、支持層23の表面および裏面に接着材26が配置されている。第1分離層21aの外周部が接着材26により支持層23の表面に固定されている。第2分離層21bの外周部が接着材26により支持層23の裏面に固定されている。上述のとおり、接着材26を使用すると、耐薬品性の観点から被処理流体F1の種類について制限を受けやすくなるが、分離層21および支持層23について熱融着が困難な材料を適用できる。また、図8に示された平膜エレメント20では、第1分離層21aと第2分離層21bとが接着材26を介して接続されている。この場合、支持層23は接着部24bにまで延在していない。また、緩

衝材 2 2 も接着部 2 4 b にまで延在していない。なお、第 1 分離層 2 1 a および第 2 分離層 2 1 b は薄板材（図示せず）を介して接着材 2 6 によって接続されてもよい。つまり、第 1 分離層 2 1 a と第 2 分離層 2 1 b との間に薄板材を配置し、当該薄板材と第 1 分離層 2 1 a および第 2 分離層 2 1 b とを接着材により接続してもよい。

【0052】

図 9 は、本実施の形態 1 に係る平膜モジュール 1 を用いた濾過装置 1 0 0 の概略図である。濾過装置 1 0 0 は、たとえば、液体を濾過する濾過装置 1 0 0 である。本実施の形態 1 に係る濾過装置 1 0 0 は、平膜モジュール 1 と、原水タンク 4 0 0 と、原水供給ポンプ 3 0 0 と、処理水タンク 2 0 0 とを主に備えている。原水タンク 4 0 0 は、原水供給ポンプ 3 0 0 を介して配管により平膜モジュール 1 の流入孔 3 1 に接続されている。平膜モジュール 1 の流出孔 3 2 は配管を介して原水タンク 4 0 0 に接続されている。平膜モジュール 1 の回収孔 3 3 は配管を介して処理水タンク 2 0 0 に接続されている。原水タンク 4 0 0 に、被処理流体 F 1 が貯蔵されている。原水タンク 4 0 0 に貯蔵されている被処理流体 F 1 は原水供給ポンプ 3 0 0 によって加圧されて平膜モジュール 1 に輸送される。原水タンク 4 0 0 から供給された被処理流体 F 1 は流入孔 3 1 から平膜モジュール 1 に導入される。平膜モジュール 1 によって、原水タンク 4 0 0 から供給された被処理流体 F 1 は濾過された濾過流体 F 3 と、濾過されないで排出される被処理流体 F 2 とに分離される。濾過された濾過流体 F 3 は、回収孔 3 3 から排出される。回収孔 3 3 から排出された濾過流体 F 3 は処理水タンク 2 0 0 に輸送される。一方、濾過されないで排出される被処理流体 F 2 は、流出孔 3 2 から排出される。流出孔 3 2 から排出された被処理流体 F 2 は再び原水タンク 4 0 0 に輸送されて貯蔵される。原水タンク 4 0 0 に輸送された被処理流体 F 2 は、原水タンク 4 0 0 の中の被処理流体 F 1 に合流し、循環する形で平膜モジュール 1 に輸送される。

【0053】

ここで、本実施の形態 1 に係る平膜モジュール 1 の特徴は、図 1 から図 3 に示されるように、複数の平膜エレメント 2 0 を有するエレメント積層体 2 が円筒状のハウジング 3 の内部空間 3 5 に収容されている点である。エレメント積層体 2 は複数の平膜エレメント 2 0 が積層して形成されているため、製造時および使用時において平膜エレメント 2 0 に曲げ応力が加えられない。そのため、平膜モジュール 1 の寿命が向上する。また、ハウジング 3 の形状は直方体ではなく、円筒状である。そのため、断面形状が円形状の内壁 3 0 s にかかる内圧が均一になり、耐圧性が向上する。したがって、高圧条件でも当該平膜モジュール 1 を使用できる。また、エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 3 5 に収容されたとき、複数の平膜エレメント 2 0 が積層されている方向に対して垂直な面に対向して流入孔 3 1 が配置されているため、被処理流体 F 1 がエレメント積層体 2 の導入隙間に容易に導入される。

【0054】

<作用効果>

本開示の平膜モジュール 1 は、微細粒子を含む流体から前記微細粒子を分離する平膜モジュール 1 である。平膜モジュール 1 は、エレメント積層体 2 とハウジング 3 とを備える。エレメント積層体 2 は、複数の平膜エレメント 2 0 を有する。複数の平膜エレメント 2 0 は、微細粒子を含む流体（被処理流体 F 1）を導入可能な導入隙間を保持した状態で積層されている。ハウジング 3 は内部空間 3 5 および流入孔 3 1 を有する。内部空間 3 5 は、エレメント積層体 2 が収容可能である。流入孔 3 1 は、外部から内部空間 3 5 に微細粒子を含む流体を導入する。平膜エレメント 2 0 は、分離層 2 1 と支持層 2 3 とを有する。分離層 2 1 には、微細粒子を含む流体のうち微細粒子がトラップされるとともに流体が通過する細孔が形成されている。支持層 2 3 は、分離層 2 1 に隣接している。支持層 2 3 は、分離層 2 1 の細孔を通過した流体である濾過流体 F 3 が通過可能な流路を含む。複数の平膜エレメント 2 0 が積層された方向を第 1 方向 X とする。第 1 方向 X に垂直な方向を第 2 方向 Y とする。第 1 方向 X および第 2 方向 Y に垂直な方向を第 3 方向 Z とする。エレメント積層体 2 は、第 2 方向 Y に伸びた形状を有する。内部空間 3 5 は、ハウジング 3 の軸

方向に延びた形状を有する。内部空間 3 5 の軸方向に垂直な断面形状は円形である。エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 3 5 に収容されたとき、エレメント積層体 2 の第 2 方向 Y とハウジング 3 の軸方向とが平行となる。流入孔 3 1 はエレメント積層体 2 において第 2 方向 Y または第 3 方向 Z に垂直な面に対向する。

【0055】

このようにすれば、エレメント積層体 2 は複数の平膜エレメント 2 0 が積層して形成されているため、平膜エレメント 2 0 に曲げ応力が加えられない。そのため、平膜モジュール 1 の寿命が向上する。また、ハウジング 3 は直方体ではなく、円筒状である。そのため、円形の内壁 3 0 s に加えられる内圧が均一になり、耐圧性が向上する。そのため、高圧条件でも当該平膜モジュール 1 を使用できる。また、円筒状のハウジング 3 は、四角状のハウジングとくらべて、補強部材を多く必要としないため、製造にかかるコストを低減することができる。また、エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 3 5 に収容されたとき、複数の平膜エレメント 2 0 が積層されている方向（第 1 方向 X）に対して垂直な方向（第 2 方向 Y または第 3 方向 Z）に垂直な面に対向して流入孔 3 1 が配置されているため、被処理流体 F 1 がエレメント積層体 2 の導入隙間に容易に導入される。

【0056】

上記平膜モジュール 1 において、分離層 2 1 は無機物質を含んでもよい。すなわち、分離層 2 1 の材料として無機物質を使用してもよい。この場合、被処理流体 F 1 が薬品などを含む場合であっても、当該薬品に耐性を有する無機物質を利用することができるので、分離層 2 1 の材料に関する選択の自由度を大きくできる。

【0057】

上記平膜モジュール 1 において、無機物質はセラミック材料でもよい。すなわち、分離層 2 1 は、セラミック材料を含んでもよい。

【0058】

上記平膜モジュール 1 において、平膜エレメント 2 0 は、分離層 2 1 と支持層 2 3 との間に配置されている緩衝材 2 2 を有する。支持層 2 3 の材料が可撓性を有する場合、たとえば、当該材料が P T F E である場合を考える。このとき、支持層 2 3 に緩衝材 2 2 を隣接させることで当該平膜エレメント 2 0 の剛性を向上させることができる。特に、当該平膜モジュール 1 を高圧条件で使用する際に、緩衝材 2 2 として不織布を用いることで、平膜エレメント 2 0 の剛性を高め変形を抑制できる。この結果、当該変形に起因する分離層 2 1 での欠陥の発生を抑制することができる。

【0059】

上記平膜モジュール 1 において、分離層 2 1 は第 1 分離層 2 1 a と第 2 分離層 2 1 b とを含んでもよい。支持層 2 3 は第 1 分離層 2 1 a と第 2 分離層 2 1 b との間に配置されている。このようにすれば、分離層 2 1 を通る被処理流体 F 1 の流量が増加して、濾過効率が向上する。

【0060】

上記平膜モジュール 1 において、複数の平膜エレメント 2 0 の周端部 2 5 のうち、少なくともエレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 3 5 に収容されたときにハウジング 3 の流入孔 3 1 に対向する部分における第 1 方向 X の厚さが、平膜エレメント 2 0 における中央部の厚さよりも小さくてもよい。このようにすれば、平膜エレメント 2 0 においてハウジング 3 の流入孔 3 1 に対向する部分における導入隙間の幅が、平膜エレメント 2 0 の周端部 2 5 以外の導入隙間の幅よりも大きくなり、ハウジング 3 の外部から内部空間 3 5 に被処理流体 F 1 が導入されやすくなる。

【0061】

上記平膜モジュール 1 において、複数の平膜エレメント 2 0 の前記周端部 2 5 は熱融着部 2 4 a からなってもよい。第 1 分離層 2 1 a、第 2 分離層 2 1 b、および支持層 2 3 が熱融着によって融着されていることで、余分な材料を使用していないため、耐薬品性の観点から被処理流体 F 1 の影響を受けない。

【0062】

上記平膜モジュール 1 において、エレメント積層体 2 は、微細粒子を含む流体が移動可能な流路を有するスペーサ 7 を含んでもよい。スペーサ 7 は、複数の平膜エレメント 20 のうち隣り合う二つの平膜エレメント 20 の間に配置されてもよい。スペーサ 7 は、導入隙間を保持してもよい。このようにすれば、被処理流体 F 1 が流通可能な流路を、エレメント積層体 2 の中に形成できる。

【0063】

上記平膜モジュール 1 は、微細粒子を含む流体が内部空間 35 の内壁 30 s と内部空間 35 に收容されたエレメント積層体 2 との隙間を通して移動することを阻害する偏流防止部材 4 を備えてもよい。偏流防止部材 4 は、内部空間 35 の内壁 30 s と内部空間 35 に收容されたエレメント積層体 2 との隙間に配置されてもよい。このようにすれば、平膜エレメント 20 の分離層 21 を通過する被処理流体 F 1 の流量が増加する。その結果、濾過効率が向上する。

【0064】

上記平膜モジュール 1 において、複数の平膜エレメント 20 は、第 1 平膜エレメント 20 a と第 2 平膜エレメント 20 b とを含んでもよい。第 2 方向 Y に対して垂直な断面において、第 1 平膜エレメント 20 a は、第 1 方向 X において内部空間 35 の内壁 30 s に最も近くてもよい。第 2 平膜エレメント 20 b は、内部空間 35 の内壁 30 s から第 1 方向 X において第 1 平膜エレメント 20 a よりも遠い位置に配置されてもよい。第 1 平膜エレメント 20 a の第 3 方向 Z における第 1 幅 W 1 は、第 2 平膜エレメント 20 b の第 3 方向 Z における第 2 幅 W 2 よりも小さくてもよい。このようにすれば、ハウジング 3 とエレメント積層体 2 との間の隙間を減らせる。その結果、エレメント積層体 2 の断面形状が四角形状である場合よりも、ハウジング 3 内部におけるエレメント積層体 2 の体積を大きくできる。この結果、エレメント積層体 2 の内部を通る被処理流体 F 1 の流量が増加し、平膜モジュール 1 の被処理流体 F 1 に対する濾過効率が向上する。

【0065】

上記平膜モジュール 1 において、ハウジング 3 は、流出孔 32 と回収孔 33 とを有してもよい。流出孔 32 は、内部空間 35 に收容されたエレメント積層体 2 における導入隙間に導入されたが平膜エレメント 20 の内部を通過しなかった微細粒子を含む流体を内部空間 35 から外部に排出する。回収孔 33 は、微細粒子を含む流体から分離された濾過流体 F 3 を内部空間 35 から外部に排出する。このようにすれば、流入孔 31 から入った被処理流体 F 1 の一部は、エレメント積層体 2 の内部を通過して、濾過流体 F 3 として回収孔 33 から外部に排出する。流入孔 31 から入った被処理流体 F 1 の残りは、平膜エレメント 20 の内部を通過しなかった微細粒子を含む被処理流体 F 2 として流出孔 32 から外部に排出する。

【0066】

上記平膜モジュール 1 において、ハウジング 3 の軸方向における流入孔 31 から流出孔 32 までの距離である流入－流出間距離は、ハウジング 3 の軸方向における長さに対して 0.6 倍以上 1.0 倍以下であってもよい。

【0067】

このようにすれば、被処理流体 F 1 が滞留する領域が減る。つまり、流出孔 32 が、軸方向において流入孔 31 から離れていることによって、被処理流体 F 2 が流出孔 32 から排出するまでに複数の平膜エレメント 20 の分離層 21 を通過する被処理流体 F 1 の量を増やすことができる。このため、分離層 21 によって分離されてできる濾過流体 F 3 の流量が増加する。その結果、流入－流出間距離を大きくすることで濾過効率を向上させることができる。

【0068】

(実施形態 2)

<平膜モジュールの構成>

図 10 は、本実施の形態 2 に係る平膜モジュール 1 の断面図である。図 10 は図 2 に対応する。図 10 に示された平膜モジュール 1 は、基本的には図 1 から図 5 に示された平膜

10

20

30

40

50

モジュール 1 と同様の構成を備えるが、流入孔 3 1 がフランジ 3 0 b 2 に形成されている点で異なる。具体的には、ハウジング 3 の外筒 3 0 a に流入孔 3 1 は形成されず、フランジ 3 0 b 2 に流入孔 3 1 が形成されている。このとき、流入孔 3 1 が形成されている方向はフランジ 3 0 b 2 の軸方向と平行である。なお、被処理流体 F 1 が、ハウジング 3 の外部から内部空間 3 5 に導入できるように、流入孔 3 1 が形成されているフランジ 3 0 b 2 の近傍に端末封止部 6 は形成されていない。このため、エレメント積層体 2 における導入隙間の端部は流入孔 3 1 に面しているので、流入孔 3 1 から流入した被処理流体 F 1 はエレメント積層体 2 の導入隙間に容易に導入される。

【0069】

ハウジング 3 の軸方向に対して垂直な断面において、流入孔 3 1 の内周幅は、エレメント積層体 2 の外周幅と同じである。このようにすれば、ハウジング 3 の軸方向に対して垂直な断面において、被処理流体 F 1 が均一にエレメント積層体 2 の導入隙間に導入され得る。このような構成の平膜モジュール 1 によっても、図 1 から図 5 に示された平膜モジュール 1 と同様の効果を得ることができる。

【0070】

(実施形態 3)

<平膜モジュールの構成>

図 1 1 は、本実施の形態 3 に係る平膜モジュール 1 の断面図である。図 1 1 は図 2 に対応する。図 1 1 に示された平膜モジュール 1 は、基本的には図 1 から図 5 に示された平膜モジュール 1 と同様の構成を備えるが、流入孔 3 1、流出孔 3 2 および回収孔 3 3 の構成が図 1 から図 5 に示された平膜モジュールと異なっている。具体的には、図 1 1 に示された平膜モジュール 1 では、流出孔として第 1 流出孔 3 2 a および第 2 流出孔 3 2 b が形成されている。回収孔として第 1 回収孔 3 3 a および第 2 回収孔 3 3 b が形成されている。回収孔 3 3 は、一対のフランジ 3 0 b 1、3 0 b 2 の各々に形成されている。つまり、第 1 回収孔 3 3 a および第 2 回収孔 3 3 b が形成されている方向は同じ方向（ハウジング 3 の軸方向）である。フランジ 3 0 b 2 の近傍におけるエレメント積層体 2 の構造は、フランジ 3 0 b 1 の近傍におけるエレメント積層体 2 の構造と同様である。すなわち、フランジ 3 0 b 2 近傍に位置する端末封止部 6 により固定された平膜エレメント 2 0 の端部では、支持層 2 3（図 4 参照）の流路の端部が端末封止部 6 から露出して第 2 回収孔 3 3 b に濾過流体 F 3 を排出可能となっている。

【0071】

流入孔 3 1 は、ハウジング 3 の軸方向において第 1 流出孔 3 2 a および第 2 流出孔 3 2 b に挟まれた位置に配置されている。流入孔 3 1 は、ハウジング 3 の軸方向において中央部に配置されている。第 1 回収孔 3 3 a はハウジング 3 の軸方向において流入孔 3 1 から見て第 1 流出孔 3 2 a と同じ側に配置されている。第 2 回収孔 3 3 b はハウジング 3 の軸方向において流入孔 3 1 から見て第 2 流出孔 3 2 b と同じ側に配置されている。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 1 流出孔 3 2 a までの距離を第 1 流入－流出間距離とする。当該第 1 流入－流出間距離は、たとえば流入孔 3 1 の内周壁のうち最も第 1 流出孔 3 2 a 寄りの部分と、第 1 流出孔 3 2 a の内周壁のうち最も流入孔 3 1 寄りの部分との間の、軸方向における距離である。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 1 回収孔 3 3 a までの距離を第 1 流入－回収間距離とする。当該第 1 流入－回収間距離は、たとえば流入孔 3 1 の内周壁のうち最も第 1 回収孔 3 3 a 寄りの部分と、第 1 回収孔 3 3 a の内周壁のうち最も流入孔 3 1 寄りの部分との間の、軸方向における距離である。第 1 流入－流出間距離は第 1 流入－回収間距離よりも小さい。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 2 流出孔 3 2 b までの距離を第 2 流入－流出間距離とする。当該第 2 流入－流出間距離は、たとえば流入孔 3 1 の内周壁のうち最も第 2 流出孔 3 2 b 寄りの部分と、第 2 流出孔 3 2 b の内周壁のうち最も流入孔 3 1 寄りの部分との間の、軸方向における距離である。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 2 回収孔 3 3 b までの距離を第 2 流入－回収間距離とする。当該第 2 流入－回収間距離は、たとえば流入孔 3 1 の内周壁のうち最も第 2 回収孔 3 3 b 寄りの部分と、第 2 回収孔 3 3 b の内周壁のうち最も

流入孔 3 1 寄りの部分との間の、軸方向における距離である。第 2 流入－流出間距離は、第 2 流入－回収間距離よりも小さい。

【0072】

このようにすれば、流入孔 3 1 から平膜モジュール 1 に供給された被処理流体 F 1 は、エレメント積層体 2 により濾過されて第 1 回収孔 3 3 a および第 2 回収孔 3 3 b から濾過流体 F 3 が回収される。このため、被処理流体 F 1 の流量が多い場合でも、効率良く被処理流体 F 1 を濾過することができる。

【0073】

＜作用効果＞

上記平膜モジュール 1 において、エレメント積層体 2 がハウジング 3 の内部空間 3 5 に収容されたとき、流入孔 3 1 は前記エレメント積層体 2 において第 3 方向 Z に垂直な面に対向してよい。流出孔 3 2 は第 1 流出孔 3 2 a および第 2 流出孔 3 2 b を含んでよい。回収孔 3 3 は第 1 回収孔 3 3 a および第 2 回収孔 3 3 b を含んでよい。流入孔 3 1 はハウジング 3 の軸方向において第 1 流出孔 3 2 a および第 2 流出孔 3 2 b に挟まれた位置に配置されてもよい。第 1 回収孔 3 3 a はハウジング 3 の軸方向において流入孔 3 1 から見て第 1 流出孔 3 2 a と同じ側に配置されてよい。第 2 回収孔 3 3 b はハウジング 3 の軸方向において流入孔 3 1 から見て第 2 流出孔 3 2 b と同じ側に配置されてもよい。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 1 流出孔 3 2 a までの距離である第 1 流入－流出間距離は、ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 1 回収孔 3 3 a までの距離である第 1 流入－回収間距離よりも小さくてよい。ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 2 流出孔 3 2 b までの距離である第 2 流入－流出間距離は、ハウジング 3 の軸方向における流入孔 3 1 から第 2 回収孔 3 3 b までの距離である第 2 流入－回収間距離よりも小さくてよい。

【0074】

このようにすれば、被処理流体 F 1 の流量が多い場合でも、効率良く被処理流体 F 1 を濾過することができる。

【0075】

今回開示された実施形態は全ての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本開示の基本的な範囲は、上記した実施形態ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【0076】

1 平膜モジュール、2 エレメント積層体、3 ハウジング、4 偏流防止部材、5 Oリング、6 端末封止部、7 スペース、20 平膜エレメント、20a 第1平膜エレメント、20b 第2平膜エレメント、20c 第3平膜エレメント、21 分離層、21a 第1分離層、21b 第2分離層、22 緩衝材、23 支持層、24a 熱融着部、24b 接着部、25 周端部、26 接着材、30a 外筒、30b1, 30b2, 30b2 フランジ、30s 内壁、31 流入孔、32 流出孔、32a 第1流出孔、32b 第2流出孔、33 回収孔、33a 第1回収孔、33b 第2回収孔、35 内部空間、100 濾過装置、200 処理水タンク、300 原水供給ポンプ、400 原水タンク、F1, F2 被処理流体、F3 濾過流体、W1 第1幅、W2 第2幅、W3 第3幅、X 第1方向、Y 第2方向、Z 第3方向。

10

20

30

40

50

【要約】

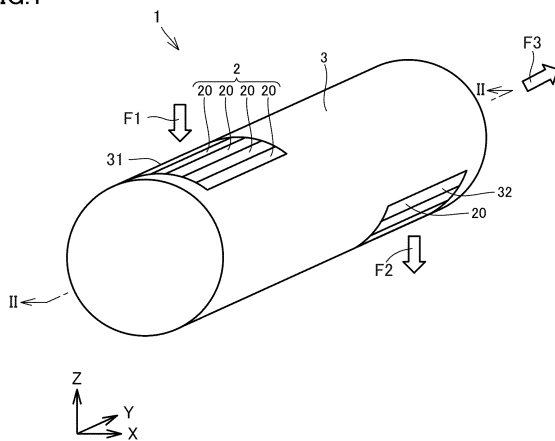
本開示の一態様に係る平膜モジュールは、微細粒子を含む流体から前記微細粒子を分離する平膜モジュールであって、複数の平膜エレメントを有するエレメント積層体と、内部空間および流入孔を有するハウジングとを備える。前記平膜エレメントは、細孔が形成された分離層と、前記分離層に隣接した支持層とを有する。前記エレメント積層体は、前記複数の平膜エレメントが積層された方向を第1方向、前記第1方向に垂直な方向を第2方向、前記第1方向および前記第2方向に垂直な方向を第3方向として、前記第2方向に伸びた形状を有する。前記内部空間は前記ハウジングの軸方向に伸びた形状を有し、前記内部空間の前記軸方向に垂直な断面形状は円形であり、前記エレメント積層体が前記内部空間に収容されたとき、前記第2方向と前記ハウジングの前記軸方向とが平行となり、かつ、前記流入孔は前記第2方向または前記第3方向に垂直な面に対向する。

10

【図面】

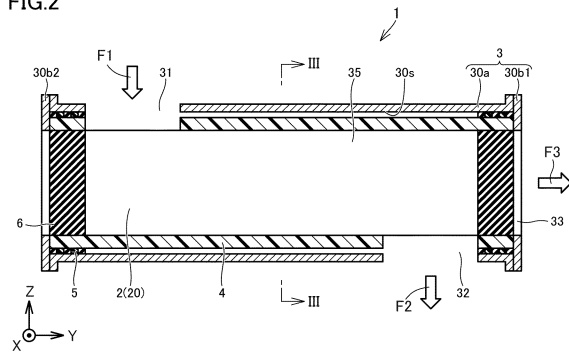
【図 1】

FIG.1



【図 2】

FIG.2



20

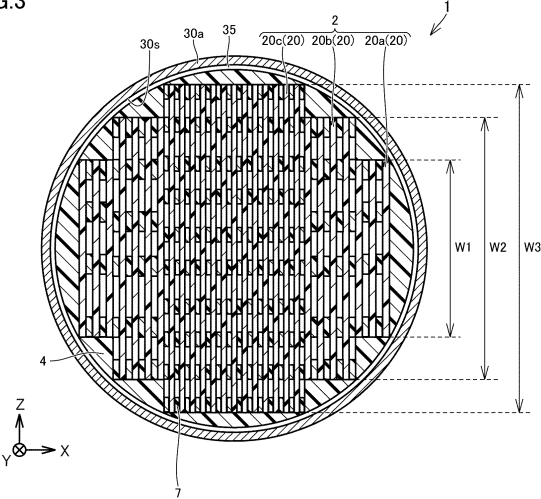
30

40

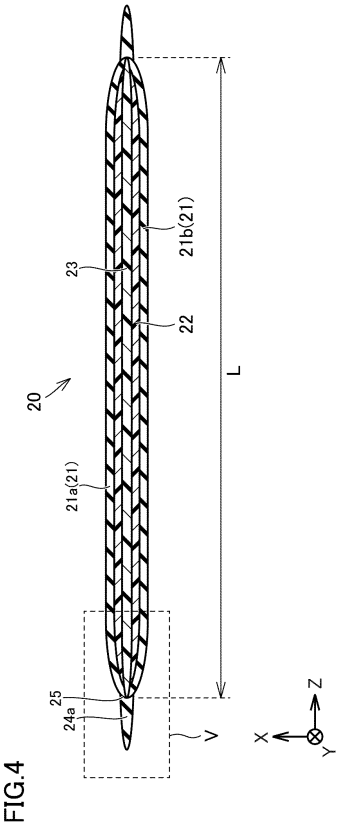
50

【図 3】

FIG.3

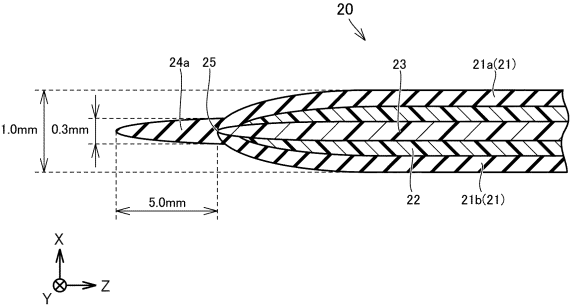


【図 4】



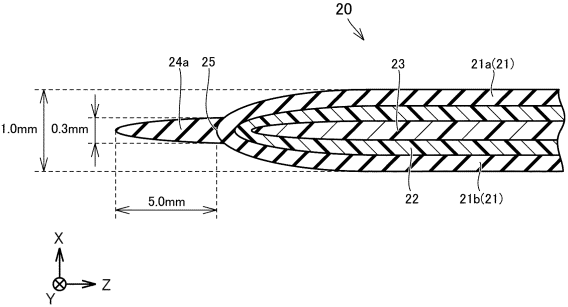
【図 5】

FIG.5



【図 6】

FIG.6



10

20

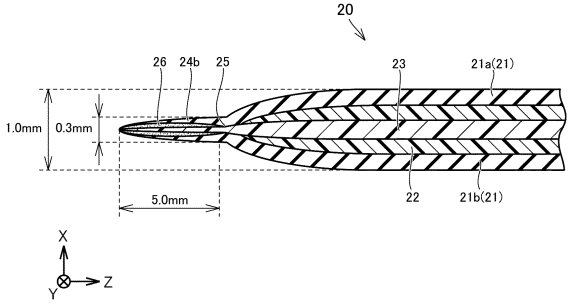
30

40

50

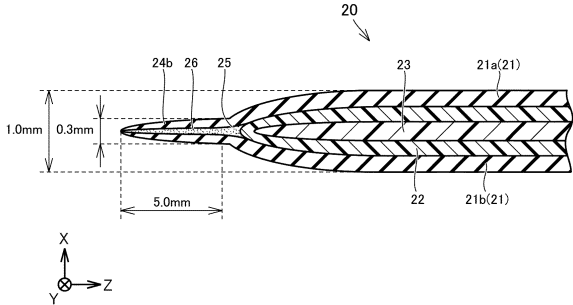
【図 7】

FIG.7



【図 8】

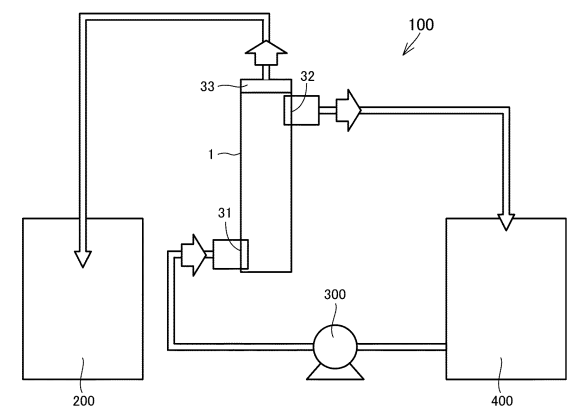
FIG.8



10

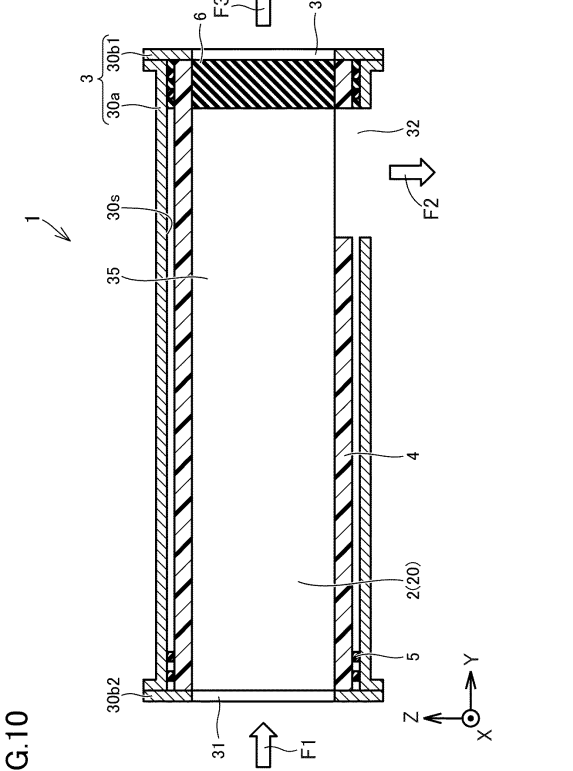
【図 9】

FIG.9



【図 10】

FIG.10



20

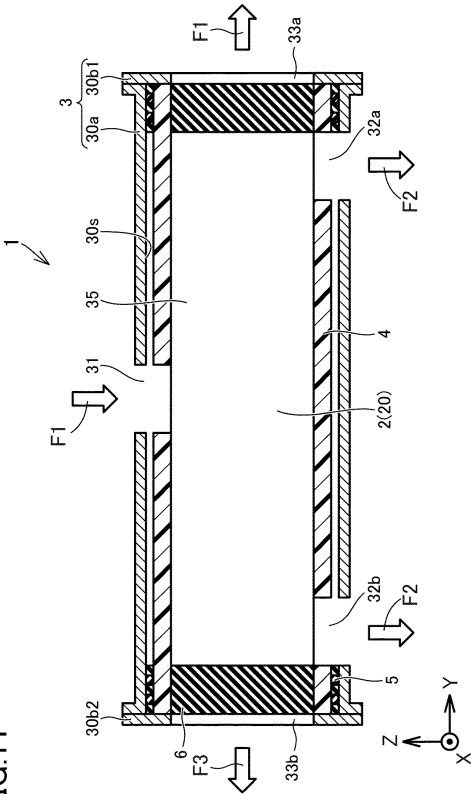
30

40

50

【図 1 1】

FIG.11



10

20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 石岡 隆

- (56)参考文献 特開2008-183561 (JP, A)
特開2018-140335 (JP, A)
特開平8-309162 (JP, A)
特開昭56-51211 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
B01D53/22、61/00-71/82
C02F1/44
B01D46/00-46/90