

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6088533号
(P6088533)

(45) 発行日 平成29年3月1日(2017.3.1)

(24) 登録日 平成29年2月10日(2017.2.10)

(51) Int.Cl. F I
BO 1 D 63/10 (2006.01) BO 1 D 63/10
BO 1 D 63/00 (2006.01) BO 1 D 63/00 5 1 0

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2014-537093 (P2014-537093)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成24年10月3日 (2012.10.3)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2014-532546 (P2014-532546A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公表日	平成26年12月8日 (2014.12.8)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2012/058551		番
(87) 国際公開番号	W02013/058986	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成25年4月25日 (2013.4.25)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成27年9月30日 (2015.9.30)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	13/276,802		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成23年10月19日 (2011.10.19)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久
(31) 優先権主張番号	13/473,252	(74) 代理人	100113974
(32) 優先日	平成24年5月16日 (2012.5.16)		弁理士 田中 拓人
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 膜エレメントの材料効率及び作製の改善

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

a) 中央部分と、

b) 中央部分の一方又は両方の側縁部に沿った 1 以上の境界と

を備えるスパイラル巻回膜の透過液キャリアであって、

1 以上の境界が中央部分より薄く、境界が、最初は中央部分と同じ厚さであるが、圧縮されて中央部分より薄くなっている、

透過液キャリア。

【請求項 2】

1 以上の境界が、中央部分より 2 ミル以上薄い、請求項 1 記載の透過液キャリア。

10

【請求項 3】

1 以上の境界が、中央部分より 2 ミル～5 ミル薄い、請求項 2 記載の透過液キャリア。

【請求項 4】

a) 中央部分と、

b) 中央部分の一方又は両方の側縁部に沿った 1 以上の境界と

を備えるスパイラル巻回膜の透過液キャリアであって、

1 以上の境界が中央部分より薄く、境界が、中央部分と比較して、a) より細いヤーンを用いる、b) より変形しやすいヤーンを用いる、及び c) インチ当たりの畝を少なくする、又は畝をなくす、の 1 以上を採用して編まれる、透過液キャリア。

【請求項 5】

20

1 以上の境界が、中央部分より 2 ミル以上薄い、請求項 4 記載の透過液キャリア。

【請求項 6】

1 以上の境界が、中央部分より 2 ミル～5 ミル薄い、請求項 5 記載の透過液キャリア。

【請求項 7】

a) 中央部分と、

b) 中央部分の一方又は両方の側縁部に沿った 1 以上の境界と

を備えるスパイラル巻回膜の透過液キャリアであって、

1 以上の境界が中央部分より薄く、中央部分の幅が、エレメントのトリミング後の長さより、境界のみに十分な接着剤の幅をもたらすような長さだけ短い、透過液キャリア。

【請求項 8】

1 以上の境界が、中央部分より 2 ミル以上薄い、請求項 7 記載の透過液キャリア。

【請求項 9】

1 以上の境界が、中央部分より 2 ミル～5 ミル薄い、請求項 8 記載の透過液キャリア。

【請求項 10】

スパイラル巻回膜モジュールの膜リーフを作製する方法であって、

a) 請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか 1 項記載の透過液キャリアを 2 枚の膜シートの間に配置する段階と、

b) 境界に接着剤を塗布する段階と、

c) 膜シートを圧着させる段階と

を含む、方法。

【請求項 11】

膜シートを圧着させる段階が、膜シート及び透過液キャリアを中央管の周りに巻き付けることを含む、請求項 10 記載の方法。

【請求項 12】

接着剤が、透過液キャリアの 1 以上の境界と中央部分の間の 1 以上の移行部の外側でのみ、境界に塗布される、請求項 10 記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本明細書は、膜エレメント及び膜モジュール、並びに膜エレメント及び膜モジュールの透過液キャリアに関する。

【背景技術】

【0002】

以下の記述は、以下に述べるものがいずれも、広く一般に知られている、又は従来技術として引用可能であることを承認するものではない。

【0003】

スパイラル巻回膜エレメントは、1 枚以上の膜リーフ及びフィードスペーサシートを有孔中央管に巻き付けることによって作製される。膜リーフは、2 枚のほぼ方形の膜シートの間に配置された透過液キャリアシートを有する。これらの膜シートは、3 つの縁部がシールされている。リーフの第 4 の縁部は開いており、中央管に当接している。また、1 層以上の透過液キャリアシートを中央管の周りに巻き付けて、中央管の孔の上で膜リーフを支持し、リーフの縁部と中央管の間に流路を形成することができる。透過液とも呼ばれる生産水は、膜シートを通過した後、透過液キャリアシートの中を流れて、中央管に到達する。米国特許出願公開第 2007/0068864 号に、スパイラル巻回膜エレメントの 1 例が記載されている。

【0004】

透過液キャリアシートは、ポリエステル、ポリプロピレン、ナイロン又はその他の適当な合成材料のうちの 1 種類以上で構成されたヤーン又はフィラメントで編んだトリコット生地とすることができる。エポキシコーティング、メラミンコーティング又は熱処理によ

10

20

30

40

50

って、フィラメントの相対的な移動を低減し、トリコット生地を強化することができる。トリコット生地は多孔質であり、生地の片側に、溝によって隔てられた一連の平行なリッジを形成しており、これにより膜リーフが潰れないようになっている。溝は、中央管に対して直交するように配向されて、透過液が膜リーフを通して中央管まで内側に流れる通路を塞がりにくくしている。例えばフェルト或いはその他の不織又はその他の多孔性シート材料で構成された、別個の補強又はバギング防止層を、膜シートとトリコット生地の上に配置して、膜シートがトリコットの溝の中に押し込まれないように補助することができる。

【0005】

米国特許第6656362号には、高圧スパイラル巻回膜とともに使用することができる透過液キャリアシート及び補強シートの様々な寸法及び材料が開示されている。国際公開第WO03/101575号には、流れの抵抗を小さくするように意図された透過液キャリアの材料が開示されている。米国特許第4802982号及び第7048855号には、膜シートに直接接着される透過液キャリアの材料が記載されている。米国特許出願公開第2004/0195164号には、a) 中央管の孔の総面積に中央管の周りに巻き付けた透過液キャリアの1つの層の開口の割合を掛けた積が、b) 中央管の内側の断面積以上となる、スパイラル巻回膜エレメントが記載されている。

【発明の概要】

【0006】

以下に詳細に述べる透過液キャリアは、その中央部分より薄い1以上の境界を、その側縁部に有する。この透過液キャリアは、スパイラル巻回膜エレメント又はモジュールの膜リーフで使用する事ができる。膜リーフ内では、透過液キャリアは、上側膜シートと下側膜シートの間に位置する。これらの1以上の境界と、その他にシールする必要がある縁部がリーフにあればその縁部にも、接着剤を複数本の線状に塗布する。リーフを中央管の周りに巻き付ける前、又は巻き付けている間、或いはその両方で、膜リーフに圧縮力を加えることにより、接着剤を透過液キャリアの中に浸透させて、2枚の膜シートを結合する。

【0007】

膜リーフに加えた圧縮力により、接着剤の線も広がる、又は拡大するが、その広がりには場合によっては不均一になる。接着剤の線の幅が太くなれば、有効膜面積、すなわち生産水が透過することができる膜面積は、それに応じて減少する。さらに、透過液キャリアは、一連の透過液チャンネルを含むが、広がっていく接着剤が局所的に膨らむと、これらのチャンネルの1以上が閉塞する可能性がある。透過液キャリアの比較的薄い境界と中央部分の間の移行部は、接着剤が移行部を超えて透過液キャリアの中央部分に広がらないようにする。移行部は、エレメントの端部をトリミングして最終的な長さにした後で、接着剤が十分な幅を持つように位置づけられる。移行部は、接着剤が、境界に接着剤が不足している部分がなければその部分まで、又はエレメントを最終的な長さにとりミングしたときに除去されることになる膜リーフの外側まで、移行部と平行に広がるように促す。これにより、膜リーフの有効面積の喪失が軽減され、十分な量の接着剤を提供するのに必要な程度を超えて透過液チャンネルが閉塞されるのを軽減されることになる。

【0008】

膜リーフを中央管の周りに巻き付けた後、接着剤ライン付きの側縁部は、中央管の周りに渦巻き状に延びる。比較的薄い境界でなければ、膜エレメントの端部は中央部分より直径が大きくなる。エレメントの端部の外径によって、所与の内径を有する圧力容器内に配置することができる膜リーフの数又は長さが制限される。透過液キャリアの境界を比較的薄くすることで、普通なら接着剤によってエレメントの端部の直径が増大する可能性があるが、そうした増大があったとしても、少なくとも軽減はされる。したがって、所与の内径を有する圧力容器内に、より多くの、又はより長い膜リーフを配置することができ、これによりエレメントの有効膜面積を増大させることができる。

【0009】

以下に詳細に述べる第2の透過液キャリアは、薄くはないが膜リーフ内の関連付けられた膜シートの寸法より細い境界を、1以上有する。これにより、第2の透過液キャリアの側縁部を、膜シートの側縁部から離間させることができる。

【0010】

接着剤を膜シートの縁部に塗布して、第2の透過液キャリアを含む膜リーフの1以上の縁部をシールすることができる。スパイラル巻回膜エレメントを中央管の周りに巻き付ける前、又は巻き付けている間、或いはその両方で、膜リーフに圧縮力を加えることができる。この圧縮力により、接着剤を、第2の透過液キャリアの縁部に向かって進出させる、又は広げることができ、第2の透過液キャリアに浸透させることができる。この接着剤の染み込みにより、第2の透過液キャリアを膜シートの少なくとも一部分にシール又は接着

10

【0011】

通常のスパイラル巻回膜エレメントは、膜シートとほぼ同じ幅の透過液キャリアシートを使用する。接着剤のラインは、透過液キャリアシートの上及び／又は下に塗布される。通常の膜リーフの構築では、接着剤は、透過液キャリアシートと膜シートの間の界面に残る傾向があることがあり、これにより、上述のように側縁部に沿って膜リーフの厚さが増大することがある。膜リーフ及びフィードチャンネルスペーサを中央管に巻き付けたとき、接着剤を含む膜リーフの側縁部は、中央管の周りに渦巻き状に複数の同心の層として延びる。透過液キャリアシート、膜シート及び接着剤の厚さにより、スパイラル巻回膜エレメントは、複数の接着剤層がないその中央部分より、両端部の方が厚くなる可能性がある。

20

【0012】

スパイラル巻回膜エレメントの端部の厚さにより、所与の内径を有する圧力容器内に嵌合する膜リーフの数が制限されることがある。膜リーフの側縁部の厚さの低減に寄与する透過液キャリアシートを提供することにより、膜エレメントの端部の厚さを減少させる。第2の透過液キャリアシートは、膜リーフの構築中に接着剤が第2の透過液キャリアを覆う、第2の透過液キャリアに広がる、又は第2の透過液キャリアに染み込むことを可能にし、それにより膜リーフの側縁部の厚さに対する接着剤の寄与を減少させることができることが好ましい。エレメントの端部の厚さが減少すれば、所与の内径を有する圧力容器内により多くの、又はより長い膜リーフを嵌合させることができ、それにより有効膜面積を増大させることができる。

30

【0013】

スパイラル巻回膜エレメントの基本要件は、高い透過液スループット又は透過液流量、高い溶質阻止率、低い膜汚れ傾向、及び効率的なエネルギー利用である。本明細書に記載する透過液キャリアは、溶質阻止率に実質的に影響を及ぼすことなく、又は膜汚れを増加させることなく、透過液流量を向上させることを目的としている。エネルギー入力を増加させることなく、所与の内径を有する圧力容器内の有効膜面積を増大させることによって、透過液流量を増加させる。

【0014】

いくつかの濾過の適用分野では、供給水が、フィードスペーサのチャンネルとも呼ばれる孔を詰まらせる粒子状物質又は固体物質を含有している可能性がある。このフィードチャンネルの詰まりにより、膜の両側にかかる圧力が失われ、透過液生成速度が低下する可能性がある。適宜、透過液キャリアシートがスパイラル巻回膜エレメントの端部の直径を減少させる場合には、さらに厚いフィードスペーサを使用することもできる。フィードスペーサが厚くなると、チャンネルも大きくすることができ、これにより詰まりを軽減する、又は詰まりの発生を遅らせることができる。

40

【0015】

本明細書に記載する透過液キャリアは、様々な構成の膜エレメント及びモジュールで 사용할ことができる。特に、構築中に膜リーフをシールした結果として縁部が厚くなった1枚以上の膜リーフによって、透過液流量又はその他の点で制限される膜エレメント及び

50

モジュールで使用する事ができる。適宜、本明細書に記載する透過液キャリアは、スパイラル巻回膜エレメント又はモジュールの膜リーフ、或いはその他のタイプのシート型膜エレメント及びモジュールで使用する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】スパイラル巻回膜エレメントを示す切欠き斜視図である。

【図2】図1のエレメントを含むスパイラル巻回膜モジュールを示す切欠き斜視図である。

【図3】透過液キャリアを示す上面図である。

【図4】図3の透過液キャリアの一部分を示す側面図である。

【図5】第2の例示的な透過液キャリアを備えた、巻きを解いた状態のスパイラル巻回膜エレメントを示す切欠き斜視図である。

【図6】第2の透過液キャリアを含む膜リーフを示す切欠き上面図である。

【図7】3つの例示的なスパイラル巻回膜エレメントの外径の測定値を示す折れ線グラフである。

【発明を実施するための形態】

【0017】

図1及び図2を参照すると、スパイラル巻回膜エレメント10は、1枚以上の膜リーフ12及びフィードスペーサシート14を、穿孔した中央管16の周りに巻き付けることによって形成される。膜リーフ12は、エンベロープと呼ばれることもある。フィードスペーサシート14は、ブラインチャネルスペーサと呼ばれることもある。中央管16は、コア、透過液チューブ、又は生産水収集チューブと呼ばれることもある。リーフ12は、透過液キャリア20を取り囲む2枚のほぼ方形の膜シートを備える。膜リーフ12の縁部のうち、中央管16に当接する縁部は開いているが、残り3つの縁部は、例えば接着剤でシールされている。それほどよくあるケースではないが、膜リーフ12の2枚の膜シート18は、リーフの先端では折り目に沿って接合することもでき、その場合には、膜リーフ12の2つの側縁部のみが接着剤でシールされる。図1及び図2では、透過液キャリア20は概略的にしか示していないが、図3及び図4にさらに詳細に示す。

【0018】

膜シート18は、支持層又は裏地層にキャストされた分離層を有することもある。この分離層は、例えば酢酸セルロース、ポリアミド、薄膜複合材、又はその他の分離膜を形成することができる材料とすることができる。分離層は、例えば逆透過、ナノ濾過又はウルトラ濾過の範囲の孔を有することもある。透過液とも呼ばれる濾過された生産水は膜シートを通過するが、溶解塩又は浮遊物質或いはその他の汚染物質の通過は、膜シート18により、その孔サイズに応じて拒絶される。

【0019】

透過液キャリア20は、膜リーフ12の開放当接縁部を介して中央管16の複数列の小孔22と流体接触している。第1の膜リーフ12を中央管16に取り付ける前に、膜リーフ12の透過液キャリア20と同じ材料であることもそうでないこともある追加の透過液キャリアシート（図示せず）、又は第1の膜リーフ12の透過液キャリア20の延長部を、中央管16に1層以上巻き付けてもよい。この最初に巻き付けた透過液キャリア20が、孔22の上で膜リーフ12を支持し、透過水を膜リーフ12から中央管16の孔22に送る経路を形成する。孔22は、通常は約0.125インチ（3.2mm）の直径を有し、生産水を中央管16の内側に送る。

【0020】

各リーフ12は、やはり中央管16に巻き付けられるフィードスペーサシート14によって分離される。フィードスペーサ14は、エレメント10の両端部と流体接触しており、膜シート18の表面を横切る供給溶液の導管として働く。供給流の方向は、中央管16の軸Aと平行な、導入端部24から濃縮端部26に向かう方向である。

【0021】

10

20

30

40

50

図2を参照すると、スパイラル巻回膜モジュール30は、圧力容器32内に配置されたエレメント10を有する。圧力容器32は、ほぼ管状の本体34、入口端部36、及び出口端部38を有する。供給水は、圧力容器32の入口（図示せず）から入る。供給水は、エレメント10のフィードスペーサ14を通して移動する。ブライン、濃縮水又は廃水と呼ばれることもある膜シート18を通過しない供給水の一部は、排出管42を通過して圧力容器32から出る。生産水又は透過液は、中央管16内に集まった後、通常は、中央管16の第1の端部52から第2の端部54の方向に移動する。最後のエレメント10、又はエレメント10が1つしかない場合にはそのエレメント10の第2の端部54は、シールされていてもよいし、圧力容器32から出ていてもよいし、又は圧力容器から出ている取付具に接続されていてもよい。最初のエレメント10、又はエレメント10が1つしかない場合にはそのエレメント10の第1の端部52は、シールされていてもよいし、圧力容器32から出ていてもよいし、又は圧力容器32から出ている取付具に接続されていてもよい。圧力容器32内に複数のエレメント10がある場合には、上流側のエレメント10の第2の端部54は、通常は、下流側のエレメントの第1の端部52に接続される。供給水は、圧力容器内の複数のエレメント10のフィードスペーサ14の中を順番に流れる。エレメント10の外側ラップ（図示せず）と圧力容器32の内側の間に周縁シールを設けて、供給水がフィードスペーサ14を通過せずにエレメント10を流れることを防止することができる。

10

【0022】

図3及び図4は、透過液キャリア20をさらに詳細に示す図である。透過液キャリア20は中央部分60と、1つ又は好ましくは2つの境界62とを有する。境界62は、中央管16に対して開く透過液キャリア20の前縁部64に対してほぼ直交している。透過液キャリア20は、例えば高分子フィラメントの織物シートとすることができる。透過液キャリア20のフィラメントは、ナイロン、ポリプロピレン又はポリエステルなどの有機高分子で構成することができる。フィラメントをエポキシ又はメラミンでコーティングする、或いは織物の透過液キャリア20にエポキシ又はメラミンを含浸させて、透過液キャリア20の安定化を助けることもできる。

20

【0023】

中央部分60、及び適宜境界62は、織り込んでトリコット生地にすることができる。トリコット生地では、ヤーンはニットの列に沿って垂直方向にジグザグに走り、生地の内側とも呼ばれる表側に透過液チャネル68を隔てる一連の平行な一段高い畝66を生じる。生地のコース側とも呼ばれる裏側には、一段高い畝66に対して直交するリブが形成されるが、リブは一段高い畝66ほど明確に画定されておらず、一段高い畝66ほど高くもない。移行部70が、中央部分60と境界62を隔てている。

30

【0024】

境界62は、最初は均質であった透過液キャリア20の側縁部に圧力を印加することによって形成することができる。例えば、側縁部をカレンダー加工してもよい。或いは、薄い境界62を用いて透過液キャリア20を作製することもできる。例えば、従来の透過液スペーサの作製に用いられるような縦編みプロセス中で、シートの縁部に（縦方向に）細いヤーンを使用することができる。さらに別の例として、シートは、その縁部に畝をつくらないように編んでもよい。これら2つの基本技術を組み合わせてもよい。例えば、縁部に用いるヤーンをより変形しやすいものにして、又は縁部ではインチ当たりの畝の数を減らして生地を編み、その後に縁部に圧力を印加することもできる。

40

【0025】

発明者等は、均質な透過液キャリアを用いて作製した膜リーフは、膜リーフの他の部分より2～5ミル（1ミルは1/1000インチであって $2.54 \times 10^{-3} \text{ cm}$ に等しいので、約 $5.08 \times 10^{-3} \text{ cm} \sim 1.27 \times 10^{-2} \text{ cm}$ ）、又は10～22%厚い側縁部（中央管と直交する縁部）を有する傾向があることを発見した。この厚さの増大は、膜リーフの縁部をシールするために使用するグルーラインとも呼ばれる接着剤によってもたらされるものである。架橋型接着剤、熱接着剤、紫外線硬化性接着剤、ホットメルト接着剤な

50

ど（ただしこれらに限定されない）、様々なタイプの接着剤を使用することができる。エレメントの外径は、通常は圧力容器の内径に関連して狭い範囲内に維持されるので、エレメントの制限直径は、通常は、膜リーフの側縁部によって与えられる。

【0026】

上述の透過液キャリア20では、境界62の厚さが薄くなるので、膜リーフ12の側縁部の厚さも薄くなる。例えば、透過液キャリア20の境界62における厚さを、透過液キャリア20の中央部分60より2〜5ミル薄くすることができる。膜リーフ12の側縁部の厚さの増大が少なくとも緩和はされ、適宜、膜リーフ12の側縁部を、膜リーフ12の中央部分より薄くするか、又はそれと同じ厚さにすることもできる。各膜リーフ12を長くする、又は別の膜リーフ12を追加して、エレメント10の総膜面積を増大することができる。

10

【0027】

また、発明者等は、グルーラインが膜リーフの有効面積を著しく減少させることも発見した。通常の製造プロセスでは、1枚の膜シートをテーブル上に水平に敷き、その上に均質な透過液キャリアを置く。グルーラインを、この均質な透過液キャリアの2つの側縁部及びリーフ先端縁部に配置する。この均質な透過液キャリア及びグルーラインの上に別の膜シートを配置して、リーフが完成する。リーフの縁部は、テーブル上に載っている間に圧縮することができる。また、リーフは、その中央管に巻き付けてあるときに加わる張力によっても圧縮される。リーフが圧縮されるにつれて、グルーは、その最初の位置から広がる。グルーが内側に広がることにより、有効膜面積が減少する。グルーラインの幅は、例えば自動的にグルーを塗布したときの1インチ（約2.54cm）から手作業でグルーを塗布したときの1.75インチ（約4.44cm）の間で変化する可能性がある。グルーラインを配置するときにグルーラインが内側に逸れたり、グルーラインを塗布するときにグルーラインの太さが局所的に太くなったり、又は局所的に強く圧縮されたりすることにより、グルーラインの幅が局所的にさらに太くなることもある。

20

【0028】

同様の製造技術をエレメント10とともに使用することもできるが、さらに薄い境界62を有する透過液キャリア20を使用するときには、接着剤は、移行部70を超えて内側に広がるより、外側に広がりやすい。移行部70は、膜リーフ12の側縁部における接着剤の幅が十分ではあるが大きくなりすぎないように位置づけられる。このように、境界62は、膜の有効面積が過度に失われないようにしている。通常の手作業で丸めるエレメントと比較すると、自動グルーイングで得られる1インチの側方グルーラインを超えて接着剤が広がるのを制限することにより、有効膜面積を約4%増大させることもできる。ただし、発明者等は、移行部70の存在によりさらに細いグルーラインでも十分である可能性があり、それに応じてエレメント当たりの有効膜面積も増大するものと考えている。さらなる利点は、本来開いているはずの透過液チャネルの局所的な閉塞が減少することであり、これにより、閉塞部の先の膜領域の生産的を高めることができる。場合によっては、エレメント当たり使用されるグルーの量を減らすこともできる。

30

【0029】

図5は、巻きを解いた状態の第2の例示的なスパイラル巻回膜エレメント110を示す図である。このスパイラル巻回膜エレメント110は、使用される透過液キャリア以外は、エレメント10と同じでよい。例えば、スパイラル巻回膜エレメント110は、有孔中央管116の周りに巻き付け、圧力容器32内に収容することができる、1枚以上の膜リーフ112及び1枚以上のフィードスペーサシート114を備える。これらの膜リーフ112も、膜エンベロープと呼ばれることがある。各膜リーフ112は、2枚のほぼ方形の膜シート118の間に位置する第2の例の透過液キャリア120を含む。膜リーフ112は、3つの縁部をシールし、中央管116に最も近い縁部を開放状態にしておくことができる。フィードスペーサシート114は、膜リーフ112に隣接して位置決めすることができる。スパイラル巻回膜エレメント110内に複数の膜リーフ112が存在する場合には、フィードスペーサシート114は、隣接する膜リーフ112どうしの間に位置決めす

40

50

ることができる。例えば、各膜リーフ 1 1 2 ごとに 1 枚以上のフィードスペーサシート 1 1 4 を設けることができる。

【0030】

第 2 の透過液キャリア 1 2 0 は、上述の透過液キャリア 2 0 と同じ材料で構成することができる。

【0031】

開放縁部に対して直交する膜リーフ 1 1 2 の縁部は、それぞれ、第 2 の透過液キャリアシート 1 2 0、膜シート 1 1 8 及び膜リーフ 1 1 2 の側縁部と呼ばれる。第 2 の透過液キャリアシート 1 2 0 の側縁部は、上述の透過液キャリア 2 0 上に 1 以上の境界がある場合と同じ縁部である。ただし、透過液キャリア 1 2 0 の側縁部の薄膜化は行われていない。透過液キャリア 1 2 0 の側縁部は、膜シート 1 1 8 の側縁部と関連付けられる。例えば、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の 1 つの側縁部は、膜リーフ 1 1 2 の同じ側にある膜シート 1 1 8 の側縁部と関連付けられる。側縁部と側縁部の間の距離は、それぞれ、第 2 の透過液キャリアシート 1 2 0、膜シート 1 1 8 及び膜リーフ 1 1 2 の幅と呼ばれる。

10

【0032】

膜リーフ 1 1 2 の 2 枚の隣接する膜シート 1 1 8 の縁部のうち開放縁部と対向する縁部はシールされ、開放縁部と対向する第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の縁部と関連付けられる。第 2 の透過液キャリア 1 2 0 及び 2 枚の隣接する膜シート 1 1 8 の長さは、これらの縁部がそれに沿って整列するように同じにするか、又は近い値にしてもよいし、そのようにしなくてもよい。これらの縁部は、それぞれ、膜シート 1 1 8、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 及び膜リーフ 1 1 2 の遠位縁部と呼ばれることもある。

20

【0033】

図 5 では、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 は、隣接する膜シート 1 1 8 より細く示してある。第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の側縁部は、隣接する膜シート 1 1 8 のそれぞれ関連付けられた側縁部から離間している。第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の側縁部と、それらと関連付けられた膜シート 1 1 8 の側縁部の間の距離によって、膜リーフ 1 1 2 の両側に境界領域 1 6 4 が画定される。境界領域 1 6 4 は、接着剤のラインを膜シート 1 1 8 上に配置して膜リーフ 1 1 2 の側縁部を完成させることができる領域である。

【0034】

第 2 の透過液キャリア 1 2 0 は、様々な幅を有することができる。例えば、膜シート 1 1 8 は、40 インチ（約 101.6 cm）の幅を有することができ、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 は、30 インチ（約 76.2 cm）の幅を有することができ、これにより、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の両側で境界領域 1 6 4 が 5 インチ（約 12.7 cm）になることが決まる。適宜、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 は、ほぼ 32 インチ～38 インチ（約 81.3 cm～96.5 cm）の範囲、又はその間に含まれるそれより小さい範囲内の幅を有することができる。第 2 の透過液キャリア 1 2 0 は、ほぼ 34 インチ～37 インチ（約 86.4 cm～94 cm）の間の幅を有することが好ましい。

30

【0035】

図 6 は、中央管 1 1 6 に隣接して位置決めされる膜リーフ 1 1 2 を示す部分切欠き図である。図示の最上層は、膜シート 1 1 8 の分離層 1 6 0 であり、最下層は隣接する膜シート 1 1 8 の裏地側 1 6 2 である。これら 2 枚の膜シート 1 1 8 の間に、第 2 の透過液キャリア 1 2 0 が位置決めされる。第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の側縁部は、中央管 1 1 6 に対して直交し、膜シート 1 1 8 の側縁部から離間して、膜シート 1 1 8 の両側に境界領域 1 6 4 を画定している。境界領域 1 6 4 は、両側で同じにすることができるが、必ずしも同じにしなくてもよい。

40

【0036】

膜リーフ 1 1 2 の縁部をシールするために、位置合わせした膜シート 1 1 8 及び第 2 の透過液キャリア 1 2 0 の遠位縁部、又はその付近に接着剤を塗布することができる。膜リーフ 1 1 2 は、予めシールされたポケット又は予め形成されたポケットではない。接着剤は、裏地側 1 6 2 の境界領域 1 6 4 内に、通常は膜シート 1 1 8 の側縁部から約 1 インチ

50

(約 2.54 cm) のところに塗布することもできる。接着剤は、スパイラル巻回膜エレメント 110 の圧縮又は丸め中に、境界領域 164 を通って広がることができる。

【0037】

適宜、機械によって、膜シート 118 の幅より広くかつ接着剤の厚さより薄い接着剤のラインを塗布することもできる。この機械塗布したグルーラインは、それと分かるほど広がる必要がない、又は少なくともそれほどは広がる必要がないことがある。適宜、機械塗布したグルーラインは、第 2 の透過液キャリア 120 の側縁部に当接する、又はこれと部分的に重なっていてもよい。適宜、機械塗布したグルーラインは、透過液キャリアの遠位縁部に当接する、又はこれと部分的に重なっていてもよい。

【0038】

境界領域 164 を通って広がる、又は進出する間、かつ硬化する前に、接着剤は、第 2 の透過液キャリア 120 の側縁部に接触してもよい。広がって側縁部に接触することで、接着剤が第 2 の透過液キャリア 120 の織物構造中に染み込むことができる。接着剤は、第 2 の透過液キャリア 120 の側縁部を約 0.1 インチ (約 0.254 cm) 以上超えて、第 2 の透過液キャリア 120 中に染み込むことができる。適宜、接着剤は、0.25 インチ (約 0.635 cm) ~ 3.5 インチ (約 8.89 cm)、又はその間のそれより小さい範囲内の距離だけ第 2 の透過液キャリア 120 の側縁部を超えて、第 2 の透過液キャリアシート 120 に染み込むことができる。接着剤は、第 2 の透過液キャリア 120 の側縁部を 0.5 インチ (約 1.27 cm) ~ 2 インチ (約 5.08 cm) 超えて第 2 の透過液キャリア 120 の織物構造中に染み込むことが好ましい。接着剤が広がり、側縁部において第 2 の透過液キャリア 120 に染み込むことにより、側路の形成を防止し、第 2 の透過液キャリア 120 と膜シート 118 の間の界面に残る接着剤の量を低減することができる。

【0039】

接着剤が広がる又は進出する距離は、塗布される接着剤の量、塗布される接着剤の種類、接着剤を塗布する方法、接着剤又は膜リーフ 112 の部品に印加する機械的な力、及び温度など (ただしこれらに限定されない)、様々な要因によって決まる可能性があることを理解されたい。上記に示した接着剤が第 2 の透過液キャリア 120 の縁部を超えて進出することができる距離の範囲は、単なる例示である。

【0040】

接着剤が硬化すると、第 2 の透過液キャリア 120 を膜シート 118 にシール又は接着し、膜シート 118 を隣接する膜リーフ 118 にシールして、膜リーフ 112 のシール縁部を形成することができる。

【0041】

適宜、第 2 の透過液キャリア 120 の一部分が、膜リーフ 112 以上の幅を有していてもよい。透過液キャリアのこの部分は、中央管 116 に巻き付ける最初のラップ又はベースラップとして使用して、膜リーフ 112 を支持することができる。

【0042】

膜リーフ 112 の別の選択肢として、第 2 の透過液キャリア 120 の遠位縁部も、膜シート 118 の関連付けられた遠位縁部から離間させることができる。この場合には、遠位縁部において接着剤が第 2 の透過液キャリア 120 の中に広がって透過するので、3 つのシール縁部における膜リーフの全体的な厚さを薄くすることができる。これにより、さらに多くの膜リーフ 112、又は適宜さらに長い膜リーフ 122 を含めることが可能になり、それによりスパイラル巻回膜エレメント 110 全体の有効表面積を増大させることができる。

【0043】

別の選択肢では、エレメント 10、110 において、さらに厚いフィードスペーサ (図示せず) を使用することができる。例えば、通常のフィードスペーサシート 114 の厚さが約 31 ミル (約 7.87×10^{-2} cm) の場合には、約 32 ミル ~ 35 ミル (約 8.13×10^{-2} cm ~ 8.89×10^{-2} cm) 又はそれ以上、或いはその間のそれより小さい

10

20

30

40

50

範囲内の厚さを有する、さらに厚いフィードスペーサを使用することができる。この場合、エレメント 10、110 のその他の全ての寸法は変えずにそのままとすることができ、エレメントが所与の圧力容器 32 のいずれの寸法制約も超えなければ、含める膜リーフ 12、112 の数を増やすことも、減らすことも、又は同じ数にすることもできる。例えば、フィードスペーサチャンネルの詰まりが極めて起こりやすい濾過の適用分野では、厚さ 35 ミル (約 $8.89 \times 10^{-2} \text{ cm}$) の厚いフィードスペーサを準備して、膜リーフ 12、112 の数は減らすことができる。代替例では、詰まりが起こりにくいが、やはり詰まりが動作を制限する濾過の適用分野では、厚さ 32 ミル (約 $8.13 \times 10^{-2} \text{ cm}$) のフィードスペーサを、通常の数、又は場合によってはそれ以上の数の膜リーフ 12、112 とともに使用することが好ましいことがある。

10

【0044】

別の選択肢では、第 2 の透過液キャリア 120 は、第 2 の透過液キャリア 120 の側縁部が膜シート 118 の側縁部から離間して膜リーフ 112 の両側に境界領域 164 を画定するような位置で、裏地表面 162 に接着することもできる。

【0045】**実施例**

発明者等は、3つの異なるスパイラル巻回膜エレメント 200、202 及び 204 を準備した。表 1 は、スパイラル巻回膜エレメント 200、202、204 を準備するために使用した部品及びそれらの概算寸法をまとめたものである。上述のように、幅の測定値は、中央管と平行に延びる縁部のサイズを反映する。長さの測定値は、中央管に直交するよ

20

【0046】

【表 1】

表 1 - スパイラル巻回膜エレメント 200, 202 及び 204 の部品の概要

	スパイラル巻回膜 エレメント 200	スパイラル巻回膜 エレメント 202	スパイラル巻回膜エ レメント 204
フィードスペーサ長	40 ± 1 in (101.6 cm*)	36 ± 1 in (91.4 cm)	36 ± 1 in (91.4 cm)
フィードスペーサ厚	31 mil (7.87 × 10 ⁻² cm)	31 mil (7.87 × 10 ⁻² cm)	31 mil (7.87 × 10 ⁻² cm)
リーフ数	20	23	23
膜長**	81 ± 2 in (203.8 cm)	78 ± 2 in (198.6 cm)	78 ± 2 in (198.6 cm)
膜シート幅	40 in (101.6 cm)	40 in (101.6 cm)	40 in (101.6 cm)
膜シート厚	5.3 mil (1.34 × 10 ⁻² cm)	5.3 mil (1.34 × 10 ⁻² cm)	5.3 mil (1.34 × 10 ⁻² cm)
透過液キャリアシート 長	41 ± 0.25 in (104 cm)	39.5 ± 0.25 in (100.3 cm)	39.5 ± 0.25 in (100.3 cm)
膜の中央に配置された 透過液キャリアシート の幅	40 ± 0.25 in (101.6 cm)	36 ± 0.25 in (91.4 cm)	34 /- 0.25 in (86.4 cm)
透過液キャリアシート 厚	10 mil (2.54 × 10 ⁻² cm)	10 mil (2.54 × 10 ⁻² cm)	10 mil (2.54 × 10 ⁻² cm)
ベース透過液キャリア 長	56 ± 1 in (142.2 cm)	54.5 ± 1 in (138.4 cm)	54.5 ± 1 in (138.4 cm)
ベース透過液キャリア 幅	40 in (101.6 cm)	40 in (101.6 cm)	40 in (101.6 cm)

* cm 単位の測定値はすべて近似値

** 膜シートは半分に折り畳んで、その間にフィードスペーサシートを挟み込んである

同様の条件を使用して、スパイラル巻回膜エレメント 200、202 及び 204 の 3 つ全てで使用する膜シートを作製した。スパイラル巻回膜エレメント 200 で使用する透過液キャリアシートの材料は、スパイラル巻回膜エレメント 202 及び 204 で使用する透過液キャリアシートとは異なる。使用する材料の違いにより、実際の透過液流量の測定値が、スパイラル巻回膜エレメント 200 で使用する材料より約 2 % 向上し得る。

【0047】

スパイラル巻回膜エレメント 200、202 及び 204 のそれぞれを、上述のように遠位縁部をシールし、また各膜シートの側縁部から約 1 インチ (2.54 cm) のところに接着剤が 1 本の線状に塗布して作製し、次いで、これらのエレメントを、外径が 38.1 mm になるように中央管の周りに巻き、接着剤を硬化させた。スパイラル巻回膜エレメント 200、202、204 の端部を移動防止装置 (ATD) で固定した後、各スパイラル巻回膜エレメント 200、202、204 を、ガラス繊維製の外側ラップで巻いた。

【0048】

図 7 は、スパイラル巻回膜エレメント 200、202 及び 204 の外径を、それぞれの長さ方向に沿った 5 つの位置で測定した値を示すグラフである。位置 1 及び 5 は、両端である。位置 3 は中心点であり、位置 2 は、位置 1 と位置 3 の間の中心点、位置 4 は、位置 3 と位置 5 の間の中心点である。スパイラル巻回膜エレメント 200 の外径測定値では、通常のスパイラル巻回膜エレメントで観測されるように、中央部より端部の方が外径が大

きくなることが予測されると示された。スパイラル巻回膜エレメント 202、204 の外径測定値は、この予想される差違を示さなかった。スパイラル巻回膜エレメント 200 と比較すると、スパイラル巻回膜エレメント 202、204 は、測定した全ての位置で外径が大きかった。このように直径が大きくなるのは、スパイラル巻回膜エレメント 202 及び 204 において内部の膜リーフの数が増えているためである可能性が高い。スパイラル巻回膜エレメント 200、202 及び 204 の端部の断面積を調べ、透過液キャリアシートの同心層間の距離を測定したところ、スパイラル巻回膜エレメント 200 では 6 mm、スパイラル巻回膜エレメント 202 及び 204 では 5.2 mm であった。

【0049】

発明者等は、標準的な真空試験により、スパイラル巻回膜エレメント 200、202、204 内の膜リーフのシール縁部の結合性を試験した。この真空試験では、スパイラル巻回膜エレメント 200 及び 202 が適切にシールされていることが分かった。以下でさらに述べるように、スパイラル巻回膜エレメント 204 は、膜リーフが適切にシールされていなかった。

【0050】

以下の表 2 は、有効膜シート面積の計算値及び要素流量の計算値をまとめたものである。膜シートの有効面積の計算値は、接着剤のラインの間の供給原料にさらされる膜シートの面積として定義される。

【0051】

【表 2】

表 2-3 種類のスパイラル巻回膜エレメントの計算有効膜面積及び流れ特性の比較

エレメント	計算有効膜面積	計算エレメント流量 (リットル毎分, LPM)
200	334 ft ² (約 31.0 m ²)	36,139
202	381 ft ² (約 35.4 m ²)	41,393
204	376 ft ² (約 34.9 m ²)	**

** エレメント 204 についてはエレメント流量を計算していない

発明者等は、圧力 225 psi 及び温度 25℃ で溶存固体物質の総含有量が 3931 PPM である供給原料の入った圧力容器内のスパイラル巻回膜エレメント 200 及び 202 の実際の機能を試験した。スパイラル巻回膜エレメント 200 の実際の流量は、33962 LPM であり、スパイラル巻回膜エレメント 202 の実際の流量は、27.2% 高い 43191 LPM であった。

【0052】

スパイラル巻回膜エレメント 200、202 及び 204 を切開して、膜リーフの定性評価を行った。スパイラル巻回膜エレメント 200 の 2 枚の膜リーフを調べたところ、これら 2 枚のリーフは、直線的な接着剤ラインを有していた。

【0053】

スパイラル巻回膜エレメント 202 の 1 枚の膜リーフを調べたところ、接着剤ラインの厚さ及び幅は均一に見え、透過液キャリアシートの縁部は接着剤と接触していた。スパイラル巻回膜エレメント 202 の膜シートの折り目で分離層が裏地側から剥離している証拠がある程度あった。観察された欠陥は、スパイラル巻回膜エレメント 202 の機能に大きな影響を及ぼすほど重大なものではなく、膜シートの折り目にテープ又は箔を貼付して支持することができる。

【0054】

スパイラル巻回膜エレメント 204 の 2 枚の膜リーフを調べたところ、リーフに、残留した酸化生成物によるものと思われる多少の退色があった。接着剤ラインは、縦方向の外

観が波形で厚さは不均一であり、接着剤の不均一な広がりが見られた。透過液キャリアシートの縁部は接着剤で覆われておらず、接着剤が透過液キャリアシートと接触してその側縁部に染み込むのに十分なだけ広がらないチャネリングが側縁部に沿って生じていることを示す証拠があった。接着剤が広がって透過液キャリアと接触してその中に染み込んでいれば、チャネリングは避けられた可能性がある。調べた各膜リーフ内の2枚の膜シートの接着は良好であった。

【0055】

さらに別の例として、発明者等は、厚さ約9ミル（約 2.28×10^{-2} cm）の第2の透過液キャリア120及び厚さ約5ミル（約 1.27×10^{-2} cm）の膜シート118を用いて別のスパイラル巻回膜エレメントを構築した。側縁部における第2の透過液キャリア120及び接着剤の全体の厚さは、約15ミル（約 3.81×10^{-2} cm）であった。これに対して、遠位縁部における第2の透過液キャリア120及び接着剤の厚さは、約18ミル（約 4.57×10^{-2} cm）であった。観察された側縁部の厚さと遠位縁部の厚さの差は、第2の透過液キャリア120と膜シート118の間の界面に多くの接着剤が残っていた可能性がある遠位縁部に比べて、境界領域164内に広がって第2の透過液キャリア120の側縁部に染み込んだ接着剤が多かったことによる可能性がある。発明者等は、スパイラル巻回膜エレメントを手作業で構築する間に、遠位縁部のグルーが他のシール縁部より多くなる可能性があることを発見した。この塗布されるグルーの量の差によって、側縁部より遠位縁部の厚さが目立つことになっている可能性がある。さらに、第2の透過液キャリア120の側縁部と、それと関連付けられた膜シート118の側縁部の間の距離によって、スパイラル巻回膜エレメント110の幾何学的形状が変化する可能性がある。幾何学的形状が変化すると、遠位縁部のスペースが大きくなってグルーを貯留又は収集することが可能になり、これによって側縁部より遠位縁部の方が厚くなる可能性がある。

【0056】

適宜、透過液キャリア20及び120は、例えば平膜エレメントなど、その他のタイプの膜エレメントの膜リーフで使用することもできる。平膜エレメントでは、膜リーフを互いに上下に、又は横に並べて積み重ねて、方形の断面を有する膜エレメントを形成することができる。この断面が方形の膜エレメントは、方形又は円形の内部断面を有する圧力容器又はその他のタイプの筐体に収容することができ、膜エレメントは、透過液及び廃棄物収集システムと流体連絡する。例えば、膜リーフは、透過液収集チューブ、パイプ、導管又はその他の収集器と流体連絡して、適宜透過液を収集し、送ることができる。このような圧力容器に通常嵌合する膜リーフの数は、接着剤でシールされる膜リーフの側縁部の厚さによって制限されることもある。これらの膜エレメントの有効表面積は、縁部の厚さに寄与する、又は全く寄与しない透過液キャリア20、120を用いることによって増大させることができる。これにより、所与の筐体の物理的寸法内に、さらに多くの膜リーフ112を垂直方向、水平方向又はその他の方向に詰めることが可能になることがある。

【0057】

本明細書では、本発明の実施形態を開示するために、また当業者なら誰でも、例えば任意の装置又はシステムを作製して使用したり、組み込まれる任意の方法を実行したりするなど、本発明の実施形態を実施することができるようにするために、実施例を用いている。本発明の実施形態の特許性のある範囲は、特許請求の範囲によって定義され、当業者が思い付くその他の実施例を含むことができる。

【図 1】

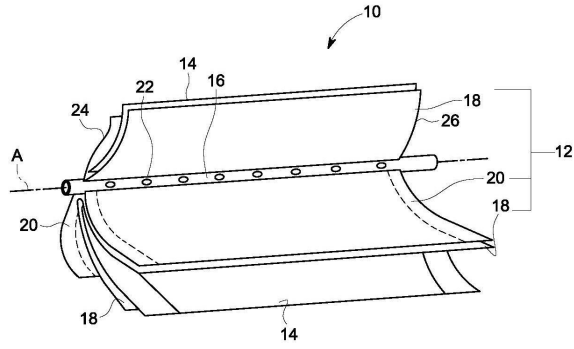


FIG. 1

【図 2】

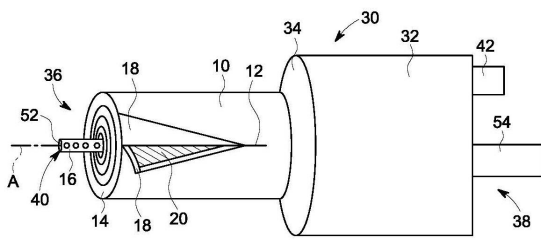


FIG. 2

【図 3】

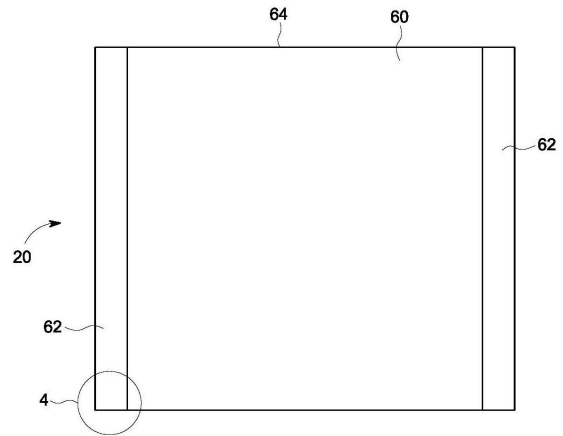


FIG. 3

【図 4】

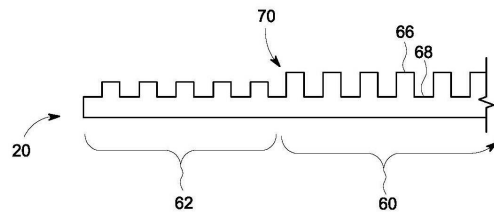


FIG. 4

【図 5】

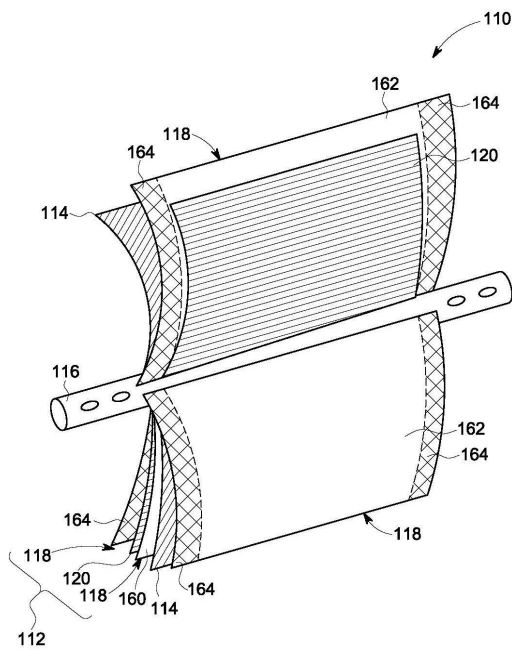


FIG. 5

【図 6】

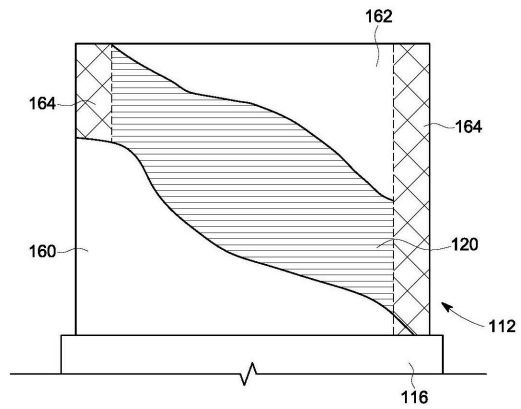


FIG. 6

【図 7】

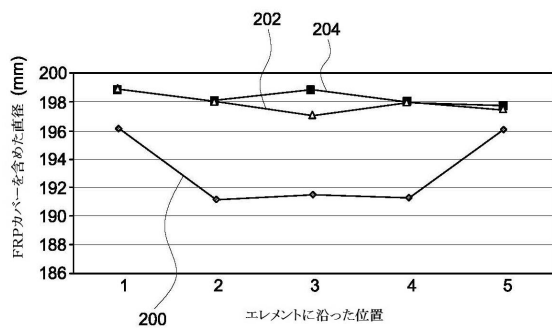


FIG. 7

フロントページの続き

- (72)発明者 シュリカンデ, プラシャント・ヴィシュワナス
アメリカ合衆国、ミネソタ州・５５３４３、ミネトンカ、クリアウォーター・ディーアール、５９
５１番
- (72)発明者 ゴーベル, フィリップ・トーマス
アメリカ合衆国、ミネソタ州・５５３４３、ミネトンカ、クリアウォーター・ディーアール、５９
５１番
- (72)発明者 ドントゥラ, プラサンナ・ラオ
インド、バンガロール・５６００６７、チャナサンドラ、オポジット・エフシーアイ、チャナサン
ドラ、カドゥゴディ・メイン・ロード、サーベイ・２０３、サーベイ・ナンバー２０３、３ジー・
ホームズ・クリムゾン、ナンバー・３１
- (72)発明者 タヤリア, ヤティン
シンガポール、６０８９７３、タンジョン・ペンジュル・クレセント、１０番
- (72)発明者 ハロルド, スティーヴン・ジョン
アメリカ合衆国、カリフォルニア州・９２０５４、ヴィスタ、シャドウリッジ・ドライブ、７６０
番
- (72)発明者 モウア, チャ
アメリカ合衆国、ミネソタ州・５５３４３、ミネトンカ、クリアウォーター・ディーアール、５９
５１番

審査官 岩下 直人

- (56)参考文献 米国特許第０３１７３８６７（ＵＳ，Ａ）
特開２００６－２１８３４５（ＪＰ，Ａ）
特表２００９－５０９７４９（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－３００２７１（ＪＰ，Ａ）
実開昭５４－０８０５４２（ＪＰ，Ｕ）

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
B 01 D 63／１０
B 01 D 63／００