

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 2 部門第 1 区分

【発行日】平成 28 年 5 月 12 日 (2016.5.12)

【公表番号】特表 2015-515369 (P2015-515369A)

【公表日】平成 27 年 5 月 28 日 (2015.5.28)

【年通号数】公開・登録公報 2015-035

【出願番号】特願 2015-503406 (P2015-503406)

【国際特許分類】

C 0 2 F 1/44 (2006.01)

B 0 1 D 61/08 (2006.01)

B 0 1 D 61/58 (2006.01)

B 0 1 D 63/06 (2006.01)

B 0 1 D 63/10 (2006.01)

B 0 1 D 63/08 (2006.01)

B 0 1 D 71/02 (2006.01)

B 0 1 D 61/18 (2006.01)

B 0 1 D 65/08 (2006.01)

【F I】

C 0 2 F 1/44 A

B 0 1 D 61/08

B 0 1 D 61/58

B 0 1 D 63/06

B 0 1 D 63/10

B 0 1 D 63/08

B 0 1 D 71/02

B 0 1 D 61/18

B 0 1 D 65/08

【手続補正書】

【提出日】平成 28 年 3 月 11 日 (2016.3.11)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】濾過または選択的な流体工学的分離及び回収の装置のための調整可能な膜構成

【技術分野】

【0001】

本出願は、2012 年 3 月 29 日出願の米国仮出願 No. 61/617,264 の優先権を主張し、当該仮出願は、参照によってここに取り込まれる。

【0002】

全体として、本発明は、濾過及び選択的な流体工学的分離及び回収の装置のための膜構成の設計に関する。具体的には、濾過または選択的な流体工学的分離及び回収の装置のための層状の膜構成に関する。より具体的には、本発明は、少なくとも 1 つの高流量で高い選択性の膜を有する材料の層状の構成に、向けられる。当該層は、平面状、スパイラル状、または、デッドエンド流れまたは横断流れにおける他の代替的な複数の通路構成で、配置され得る。

【背景技術】**【0003】**

現在、脱塩水の稼働能力（online capacity）の略半分が、逆浸透の濾過工程を通じて達成されている。逆浸透の市場シェアは成長しているが、近年の逆浸透技術は、依然として資本集約的且つエネルギー集約的であり、現在の高分子濾過膜に基づく製品設計及び性能には限界がある。高分子濾過に関する近年の業界標準は、400から440平方フィートの活性膜面積を有する直径8インチで長さ40インチのスパイラル状の膜である。そのような装置は、浸透性が制限されており、それが今度は、単位面積当たりの出力水または流量を制限し、増大された膜面積及び作動圧力を必要とする。これらの高い膜面積の必要性及び高い作動圧力は、濃度分極、スケール、汚れ等と同様に、膜の抵抗（すなわち、浸透性）の結果である。このため、これらの濾過装置は、頻繁な清掃及び最終的には交換が、必要である。流量及び関連する膜面積の要求に関する制限は、著しい資本コストに帰結する。高い作動圧力の装置のニーズは、濾過装置を作動するために必要とされるエネルギーを増加させ、これは、作動コストを増す汚れ及び圧密（compaction）に起因する膜の劣化に、更に帰結する。

【0004】

現在の逆浸透用の濾過装置は、直径8インチで長さ40インチのスパイラル状の設計を利用する。濾過媒体の内部には、最大の濾過出力のための活性膜面積を規定する20枚から34枚の膜がある。濾過媒体において改良がなされているが、それは、単に逐次的な改良であり、限られた流量のスループット（処理能力）または高い作動圧力の必要性に関連して生じる問題を、処理していない。

【0005】

濾過及び／または脱塩への逆浸透のアプローチは、ポリイミド成分を利用する活性濾過層を採用することである。そのような技術は、供給材料を濃縮物と浸透物とに分離するために、溶液分散（solution diffusion）を利用する。逆浸透技術において、膜は、汚れ、スケール及び圧密に、影響を受けやすい。これらの材料はまた、清掃方法が限られているためにわずかな化学的及び生物学的な抵抗力しか有さず、これは、今度は濾過装置の頻繁な交換の必要に関係する。

【0006】

膜の材料を保護するために、脱塩に先立つ着手段階として強固な化学的条件付け及び前処理が、必要とされる。前処理は、資本集約的であり、工場スペース、装置、エネルギー及び化学物質を必要とする。現在の前処理方法は、従来の濾過及び膜濾過を含む。従来の濾過のタイプは、カートリッジ濾過、並びに、凝集、沈降、溶解空気浮上、珪藻土、粒状体、圧力濾過及び重力濾過等の媒体濾過（media filtration）を、含む。膜濾過は、水没式の精密濾過／限外濾過、及び、加圧式の精密濾過／限外濾過を、含む。

【0007】

更に、いくつかの装置における現状の逆浸透膜は、所望の生産水を達成するために多段階の後処理を、必要とする。これらの追加的な段階は、追加の工場スペース及びエネルギー消費を、必要とする。

【0008】

従って、本技術においては、改善された流れ特性、減少された大きさ及び重量並びに増大された作動寿命を提供する一方、広範な前処理及び後処理の必要性を減少させ及び整理統合する濾過装置のニーズがある。

【発明の概要】**【0009】**

前述の観点から、本発明の第1の特徴は、濾過または選択的な流体力学的分離及び回収の装置のための調整可能な膜構成を提供することである。

【0010】

本発明の他の特徴は、一側の端部における入口と反対側の端部における出口とを有するハウジングであって、前記入口から前記出口まで延在する開口を有するハウジングと、前

記開口内に保持される内部支持構造と、前記内部支持構造に支持される層状の濾過媒体であって、前記入口で受容される供給物を少なくとも3つに分かれた出力流に分離する濾過媒体と、を備えたことを特徴とする濾過または選択的な流体力学的分離及び回収の装置のための調整可能な膜構成を、提供することである。

【0011】

本発明の更に他の特徴は、前記濾過媒体が少なくとも3つの流れチャンネルと、前記少なくとも3つの流れチャンネルの2つに隣接して配置される少なくとも2つの異なる平面膜と、を有し、前記平面膜が、供給物を少なくとも2つの排出物/浸透物に濾過するために、実効的な多孔度を生成する異なる調整可能な選択性を有することを特徴とする前記装置を、提供することである。

【0012】

前記発明の一実施の形態の他の特徴は、前記濾過媒体が、各前記膜に関連付けられ、且つ、前記内部支持構造に保持される、膜支持構造を更に有するという装置を、提供することである。

【0013】

前記発明の一実施の形態の更に他の特徴は、前記少なくとも3つのチャンネルの1つが、その各側に少なくとも1つの第1平面膜を有する第1チャンネルであることを特徴とする前述の装置を、提供することである。

【0014】

前記発明の一実施の形態の更に他の特徴は、前記少なくとも3つのチャンネルの1つが、一側に前記膜支持構造を有し、且つ、反対側に第2平面膜を有する、第2チャンネルであることを特徴とする前述の装置を、提供することである。

【0015】

前記発明の一実施の形態の更に他の特徴は、前記少なくとも3つのチャンネルの1つが、その両側に前記膜支持構造を有する、第3チャンネルであることを特徴とする前述の装置を、提供することである。

【0016】

前記発明の一実施の形態の他の特徴は、前記平面膜が、有孔グラフェン材料から構成されることを特徴とする前述の装置を、提供することである。

【0017】

前記発明の一実施の形態の更に他の特徴は、平面膜が、孔寸法を通じて増大した選択性、帯電による荷電特性、または、機能化、のために調整され得ることを特徴とする前述の装置を提供すること、あるいは、電荷を保持することが可能であり、膜表面の濃度分極の効果を破壊するような態様で制御される平面膜を提供すること、あるいは、孔の制御と帯電とを組み合わせる用いることによって前記供給物中の特定の目標の選択的な分離または回収のために使用される平面膜の1つを提供すること、である。

【0018】

選択的な分離の実施の形態の更に他の特徴は、前記供給物中の荷電粒子の排除の増大した選択性のために実効的な多孔度を生成するべく、孔の制御と帯電とを組み合わせる提供することである。

【0019】

前記発明の第1の実施の形態についての他の特徴は、有孔グラフェンから構成される平面膜を有する濾過媒体であって、前記平面膜が、単一の装置において精密濾過/限外濾過及びナノ濾過/逆浸透を含む多段階の濾過のために、または、より多くの選択的帯域を有する多段階のあるタイプの濾過のために、配置されるという濾過媒体を、提供することである。

【0020】

前記発明の第1の実施の形態についての更なる特徴は、有孔グラフェンから構成される平面膜を有する濾過媒体であって、前記平面膜が、同一の選択性の膜を使用して、単一の

装置で生産水の品質を達成するべく、逆浸透の多段階の脱塩のために配置されるという濾過媒体を、提供することである。

【 0 0 2 1 】

前記発明の第 1 の実施の形態についての更なる特徴は、有孔グラフェンから構成される平面膜を有する濾過媒体であって、前記平面膜が、各逐次工程の圧力及び前記膜表面での相応する濃度分極を減少させるような前進的選択的段階の逆浸透による脱塩のために配置されるという濾過媒体を、提供することである。

【 0 0 2 2 】

前記発明の第 1 の実施の形態についての更なる特徴は、有孔グラフェンから構成される平面膜を有する濾過媒体であって、前記平面膜が、1 以上の浸透流中の目標の粒子、溶質または分析物の選択的な分離及び回収のために構成されるという濾過媒体を、提供することである。

【 0 0 2 3 】

前記発明の第 1 の実施の形態についての更なる特徴は、平面状の、チューブ状の、または、スパイラル状の形状で構成され得る層状の濾過媒体を、提供することである。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 4 】

本発明のこれら及び他の特徴及び利点は、後述の説明、添付の特許請求の範囲、及び、いずれも正確な縮尺ではない付随する図面を参照することで、より良く理解されるであろう。

【 図 1 】 本発明のコンセプトによる濾過装置の右側の概略的な拡大斜視図である。

【 図 2 】 本発明のコンセプトによる濾過装置の左側の概略的な拡大斜視図である。

【 図 3 】 本発明のコンセプトによる濾過媒体を示す濾過装置の概略断面図である。

【 図 4 】 膜表面で濃度分極が生じている濾過媒体内の膜を示す概略断面図である。

【 図 5 】 荷電粒子の濃度分極の境界層を破壊する印加電圧源に接続された膜を示す概略断面図である。

【 図 6 】 荷電粒子の高流量で高い選択性の濾過のために調整された膜の開口寸法と組み合わせられて印加電圧源に接続された膜の概略断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 5 】

今、図 1 及び図 2 を参照すると、濾過装置が、全体として数字 10 によって示されていることが、視認される。図 1 は入口側の全体的な断面斜視図を表している一方、図 2 は濾過装置の出口側の全体的な断面斜視図を表している。装置 10 は、図示されているように筒状の構造であり得るハウジング 12 を有しているが、最終使用の応用によって他の形状が可能であると信じられる。いずれにせよ、ハウジング 12 は、濾過または選択的な分離及び回収のための供給物 15 または他の流体を受容する入口 14 を有している。この説明を通じて供給物という語が使用されるが、濾過装置に供給される供給物または流体材料は、水を含み得ないということが理解されるであろう。ここで使用される時、供給物とは、複数の成分を含有し、分離及び除去のために濾過装置に供給される媒体を、指す。

【 0 0 2 6 】

入口に取り付けられるものは、入口蓋 16 である。当該入口蓋 16 は、供給物がハウジング内に方向付けられることを許容するような供給管 18 を、規定している。当業者によって理解されるであろうが、入口蓋 16 は、受容される供給物 15 を今後説明されるような複数の供給チャンネルに、方向付ける。いくつかの実施の形態では、蓋 16 は、供給物を複数の供給チャンネルに方向付けるための流路を、有し得る。他の実施の形態では、複数の供給チャンネルは、供給物が当該複数の供給チャンネルに方向付けられるように、非多孔性の表面によって囲まれ得る。

【 0 0 2 7 】

出口 22 が、ハウジング 12 の反対側の端部に配置されており、出口蓋 24 を提供している。当該出口蓋 24 は、浸透管及び濃縮管の少なくとも 2 本の出口管を有している。他

の実施の形態では、出口蓋は、浸透管 26、中間浸透管 28 及び濃縮管 30 を有する。これらの管、出力流または流路は、濾過後のそれらの特性に基づいて、濾過された供給物を更なる使用のために、方向付ける。出口蓋 24 は、浸透物、中間浸透物及び濃縮物の互いからの分離を維持するように、構成されている。濃縮物はまた、浸透物としても呼ばれるということが、理解されるであろう。

【0028】

応用に応じて、供給物のあらゆる濾過は、回収のための目標産物または除去のための不純物もしくは汚染物質を、含有し得る。1つの目標濃縮物のみが所望される場合、浸透流は、処分（廃棄）のために併合され得るか、別々に処分され得る。貴金属の回収等では、中間生産物を回収することが所望され得る。この場合、ある中間段階が産物であり、他の全段階は、処分または再利用のいずれかのために収集（回収）される。水回収の応用では、典型的には、最後の分離が濾過物を生成し、他の段階は処分のために濃縮される。今後論じられるように、膜及び出口管の重層化は、任意の所望の数の濃縮流及び浸透流に合わせて、調整され得る。

【0029】

今、図 1 乃至図 3 を参照すると、ハウジング 12 は、その全体の長さに延びる開口 32 を有している。ハウジング 12 内に支持されているものは、内部支持構造 34 である。当該内部支持構造 34 は、全体として数字 36 によって示される濾過媒体を支持するために、様々なレッジ、ステップまたは他の構造的特徴を、有している。スパイラル状またはチューブ状の構成を含む他のパッケージ配置も、可能である。

【0030】

濾過媒体 36 は、少なくとも 1つの供給チャネル 40、少なくとも 1つの高流量の第 1の膜 42、少なくとも 1つの高流量の第 2の膜 43、少なくとも 1つの膜の多孔性支持構造 44、少なくとも 1つの第 1浸透性スペーサ 52、及び、少なくとも 1つの第 2浸透性スペーサ 54、を含む平面積層構造を有している。各層について明確な呼称を提供するために、英数字の名称 FC（供給チャネル 40）、M1（第 1の膜 42）、M2（第 2の膜 43）、SS（支持構造 44）、PS1（浸透性スペーサ 52）、PS2（浸透性スペーサ 54）が、図 3 において提供されている。清澄目的のための様々な濾過媒体の層がわずかな隙間を隔てて示されているものの、実務においては、浸透物と濃縮物との間に分離された出力流路を提供するために、様々な隣接する層は、膜、供給チャネル及び浸透性スペーサの間に適切なシールを伴って相互に接触する、ということが理解されるであろう。膜及び膜の多孔性支持構造は単一の合成物の膜であり得る、ということが更に理解されるであろう。供給物中の成分に応じて、及び、いかにすれば当該成分が最も効率的に互いから分離または濾過され得るかに応じて、前述の構成の異なる位置的配置が利用され得る。ここで使用される時、供給物は、溶媒または水などの流体媒体によって保持されるナトリウム、塩素、塩、毒素、ウイルス・バクテリア及び類似の大きさの浮遊汚染物等の不所望の成分を、含有し得る。

【0031】

一般に、供給物 15 は、当該供給物を支持構造 44 によって支持される高流量の膜 42 に送る少なくとも 1つの供給チャネル 40 によって、受容される。供給チャネル 40 は、織布または不織布のいずれかから構成されるスペーサ材料を、有し得る。供給スペーサの材料は、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリエステル、ポリアミド及び/またはフッ素ポリマ等の高分子材料から、構築される。多孔質セラミクスまたは多孔質焼結金属等の所望の流体力学的及び応用特有の特性を有する非高分子材料、あるいは、所望の流体力学的及び応用特有の特性を有する他の材料も、供給スペーサとして使用され得る。供給チャネルは、0.02 インチ乃至 0.04 インチの厚さを有し得る。他の実施の形態では、供給チャネルとして 0.02 インチ乃至 0.20 インチの厚さが、使用され得る。供給チャネル 40 は、供給物が入口から出口に向かって流れることを許容するように、構成されている。各膜支持構造は、当該構造が最小の流体抵抗をもたらすように、複数の穴 48 を有する。あるパッケージ構成では、供給スペーサは、供給物が通流するようにチャネル高さを

位置付けるべく、機能し得る。

【0032】

本実施の形態では、支持構造は、ポリカーボネートまたはポリエステルなどの高分子材料から構成されており、応用に応じて、薄板状（ラミネート状）のまたは合成の裏打ち構造を含むような結合で使用され得る。類似の構造的流体力学的特性を有する他の材料も、使用され得る。穴48は、直径15乃至200ナノメートルの間の任意の値であり、使用される穴の大きさに応じて相互に間隔が置かれ得る。所望の流れを維持するために可能な限り開いている一方、十分に膜を支持するために、それと共に裏打ち材料を使用することが好ましい。実際、25%に達する開口面積を有する構造44が使用され得る。他の穴の大きさ及び間隔も、使用され得る。

【0033】

いくつかの実施の形態では、チャンネル高さは、供給物が高流量の膜42に進入するに先立って流体に乱流を生成する機械機構57を受容するためのチャンネルスペーサの設計範囲を考慮に入れて、寸法決めされ得る。機械機構57は、限定されないが、供給チャンネル40に、または、使用される場合には供給スペーサに、隣接するまたはそれと一体であるリップまたは突起を、有し得る。乱流は、交流または直流の電荷（限定されない）を有し得る電氣的機構によっても、生成され得る。

【0034】

本実施の形態では、高流量の膜42及び43の各々は、米国特許No. 8,361,321において説明されるグラフェン膜であり、当該特許は、参照によってここに取り込まれる。グラフェン膜は、複数の炭素原子の単一原子層厚の層であり、1枚のシートを規定するように互いに結合される。層またはシートと呼ばれ得る単一のグラフェン膜の厚みは、約0.2から0.3ナノメートル（nm）である。いくつかの実施の形態では、より大きな厚みと相応するより大きな強度とを有する多層のグラフェン層が、形成され得る。多層のグラフェンシートは、膜が成長または形成されるにつれて複数の層で提供され得て、わずかに数層のグラフェンとして一般に知られている。選択的に、多層のグラフェンシートは、1枚のグラフェン層を他のグラフェン層の上に積層または配置することによって、達成され得る。ここで開示される全ての実施の形態に対して、単層のグラフェンまたは多層のグラフェンが使用され得る。おそらく自己粘着性の結果としてグラフェンの複数の層がそれらの一体性及び機能を維持するということを、試験が明らかにしている。これは、シートの強度、及び、いくつかの場合において電流性能（flow performance）を、改善する。高流量のスループットを有する材料である有孔グラフェンは、ポリアミドまたは他の高分子材料の濾過材料とは対照的に、非常に改善された濾過特性を提供する。大多数の実施の形態では、グラフェン材料は、厚さが0.5から2ナノメートルである。グラフェン層の複数の炭素原子は、炭素原子のハニカム格子を形成する6つの炭素原子から構築される六角形の環状構造（ベンゼン環）の繰り返しのパターンを、規定する。6つの炭素原子毎の環状構造によって格子間開口がシート内に形成され、この格子間開口は、1ナノメートル未満の幅である。実際、当業者は、格子間開口がその最長の寸法に亘り約0.23ナノメートルであると信じられているということを、理解するであろう。従って、格子間開口の寸法及び形態、並びに、グラフェンの電子特性（electron nature）は、孔が無いならば当該グラフェンの厚みを横切るあらゆる分子の移動を、排除する。この寸法は、水やイオンの通過を許容するには、あまりにも小さい。

【0035】

有孔グラフェンを形成するために、1または複数の孔が形成される。全体的にまたは名目上は円形の代表的な開口または孔55が、グラフェン膜42を貫通して、規定される。グラフェン膜43は、直径が開口55よりも小さい開口56を有する。例えば、開口55は、名目上の直径が約1.4ナノメートル、つまり、1.2乃至1.6ナノメートルの範囲の直径を有し得る一方、開口56は、約0.9nm、つまり、0.8乃至1.2nmの範囲の直径を、有し得る。塩または塩水において通常想定される最小のイオンであるナトリウムイオンをブロックするためには、0.8ナノメートルの寸法が選択される。類似の

態様において、塩水中にやはり見られる２価のイオン等のイオンをブロックするためには、１．２ナノメートルの寸法が選択される。供給物を適切に浸透物に濾過するために、当該供給物は、次第により小さい直径を有する２以上の膜を通過するように、方向付けられる。本実施の形態において、第１の膜は２価のイオンをブロックし、第２の膜は１価のイオンをブロックする。全体的に円形の開口は、開口の縁部がグラフェン膜４２の六角形の炭素の環状構造によって部分的に規定される、という事実によって影響を受ける。他の開口の大きさは、供給物の成分、及び、ブロックまたは濾過されることを所望する供給物の成分または構成、に応じて選択され得る。従って、開口５５及び５６は、いくつかの実施の形態では、大きさが０．５ナノメートルから１．２ナノメートルの範囲に亘り得る。あるいは、他の実施の形態では、大きさが１．０から１０ｎｍの範囲に亘り得る。更に、他の実施の形態では、開口５５及び５６の大きさは、１０ｎｍから１００ｎｍの範囲に亘り得る。

【００３６】

グラフェン膜の開口は、選択的酸化によって形成され得る。当該選択的酸化とは、選択された時間に亘り酸化剤に曝すことが意味される。開口５５／５６は、レーザドリルによっても開けられ得ると信じられている。刊行物Nano Lett. 2008, Vol.8, No. 7, pp 1965-1970で説明されているように、最も簡単な穿孔手法は、アルゴン内に希釈された酸素を用いて、高温でグラフェンフィルムを処理することである。そこで説明されているように、５００で２時間に亘り１気圧（atm）のアルゴン内の３５０mTorrの酸素を用いると、２０から１８０ｎｍの範囲の貫通孔がグラフェン内にエッチングされる。文献は、孔の数がグラフェンシート内の欠陥に関連し、孔の寸法が滞留時間に関連する、ということ合理的に提唱している。このことは、グラフェン構造内に所望の孔を形成するための好ましい方法であると、信じられている。前記構造は、グラフェンナノプレートレット（graphene nanoplatelets）及びグラフェンナノリボンであり得る。従って、所望の範囲での穿孔が、より短い酸化時間によって形成され得る。Kimらの“Fabrication and Characterization of Large Area, Semiconducting Nanoperforated Graphene Materials,” Nano Letters 2010 Vol.10, No. 4, 2010年3月1日, pp 1125-1131に記載されたような、より入り組んだ他の方法は、反応性イオンエッチングを使用したパターンニングに好適なマスクを生成する自己組織化ポリマー（self assembling polymer）を使用する。P（S - ブロックMMA）ブロック共重合体は、再構築（redeveloping）の際にRIEのためのピアを形成するPMMACoolumnの配列を形成する。孔のパターンは、非常に密集している。孔の数及び大きさは、PMMACoolumnの分子量及びP（S - MMA）内のPMMACoolumnの重量分率によって、制御される。どちらの方法も、１または複数の有孔グラフェンシートを生産することの可能性を有している。開口を形成する他の方法も採用され得る。ここで開示される実施の形態では、供給物の選択された成分をブロックし、及び、他の成分の通過を許容するように寸法決めされる、ということが理解されるであろう。更に、開口の縁部は、選択された成分のブロックまたは通過を促進するために、変形され得る。

【００３７】

グラフェンは、高流量の膜４２／４３に使用するための例示的な材料であるが、当業者は、濾過の応用へのこれらの使用がグラフェンと同様に理想的であると知られていないものの、窒化ホウ素、金属カルコゲン化合物、シリセン（silicene）及びゲルマネン（germanene）並びに硫化モリブデン等の他の材料も、２次元的な薄さを提供する、ということを理解するであろう。いずれにせよ、膜４２／４３は、供給物の不所望の成分の通過を排除する一方、所望の成分がそこを通過することを許容し、それゆえに、そこ（支持構造４４）を貫通して提供された構造穴４８のおかげで支持構造４４を通過することを許容する、というように機能する。第１の支持構造４４を通過した後、流体材料は、第１浸透性スペーサ５２に流入する。スペーサ５２の下は、他の下方の支持構造４４によって支持または保持される第２の膜４３である。下方の支持構造４４を通流する流れは、その後、第２浸透性スペーサ５４に受容される。本実施の形態では、浸透性スペーサ５４の両側は、支持構造４４に隣接する。この層状の構造は、供給物を所望の濃縮物と浸透物とに濾過する

ために、図示されるようにまたは必要に応じて、繰り返される。本実施の形態では、浸透性スペーサ 52 は、高圧作動により供給スペーサ 42 のそれとは実質的に異なる大きさを有する圧縮負荷のために、構築及び寸法決めされている。浸透性スペーサの目的は、それが主に膜に構造的な支持を提供し、一般に供給スペーサが生成するような乱流を生成するようには機能しないため、異なっている。浸透性スペーサはまた、膜の裏側から共通の浸透物収集手段までの浸透流のための流路を、提供する。当業者は、浸透性スペーサの構築及び寸法決めが供給物の特性に応じて、従って、作動圧力及び浸透流の割合に応じて、変更され得るということを、理解するであろう。

【0038】

図 3 に示される実施の形態では、最も上方の膜支持構造 44 は、第 1 の膜 42 を支持している。濾過された材料は、膜 42 及び膜支持構造 44 を通流し、それは、浸透性スペーサ 52 によって受容される。スペーサ 52 の下側に配置されるものは、他の支持構造 44 によって支持される他の膜 43 である。その支持構造と他の類似の構造との間に配置されているのは、スペーサ 54 である。中央の構成要素としてのスペーサ 54 と共に、逆順の層：第 2 の膜 43、スペーサ 52、支持構造 44、膜 42 及び供給チャネル 40、が提供されている。これらの平面層は、所望の材料の流れを提供するために配置されている。装置を通流する流れは、対応する浸透チャネルを下って移動する浸透流と共に、対応する膜表面に接して、入口側から出口側までハウジングの長さを下って、移動する。流れの方向は、図 3 において視認されるように、ページの内部にある、及び、ページの外部にある。図 3 において提供されている方向矢印は、いかにして供給物がある層から他の層まで流れるかを示すことを、目的としている。

【0039】

濾過媒体 36 は、様々な層の関係を相互に最適化するために配置される。そのように、各供給チャネル 40 は、その一侧に少なくとも 1 つの膜を有しており、いくつかの例では両側に有する。スペーサが、相互に隣接する膜の間に提供され得る。各浸透性スペーサ 52 は、一侧に支持構造 44 を有し、反対側に第 1 の膜 42 を有している。各第 2 の膜 43 は、一侧に浸透性スペーサ 52 を有しており、反対側に支持構造 44 を有している。各浸透性スペーサ 54 は、両側に支持構造 44 を有している。最後に、各膜 42 は、一侧の支持構造 44 と反対側の供給チャネルとの間に、位置付けられている。浸透性スペーサ 52 内に集まる濾過材料は、その後、浸透管 26 を通じてハウジングから流出する。浸透性スペーサ 54 内に集まる濾過材料も、その後、浸透管 26 を通じてハウジングから流出する。供給スペーサ内に残留する濾過されないまたはブロックされた材料は、濃縮管 30 を通じてハウジングから流出する。

【0040】

当業者が理解するように、チャネル 40、スペーサ 52 及び 54 並びに膜 42 及び 43 は、平面構造である。換言すれば、各々は、供給物及び濾過流を受容する幅及び長さを有している。本実施の形態では、支持構造 44 は、それらが支持する膜 42 に沿って、内部支持構造 34 によるそれらの保持力のおかげで、ハウジングから取り外し可能である。支持構造 44 は、ハンドル 75 を提供する、各側に沿った横方向の縁部 74 を有している。各ハンドル 75 は、溝 76 を有している。各溝 76 は、対応するリッジ 34 に摺動可能に受容され得る。更に、各ハンドル 75 の下側は、対応するレッジ 35 上に摺動可能に受容され得る。支持構造 44 は、作動中の圧力を維持するために、内部支持構造 - リッジ 34、レッジ 35 - に機械的に固定され得る。支持構造の非固定は、ハウジング内に位置付けられたスペーサ及び膜へのアクセスを、許容する。他の実施の形態では、本構造は、スパイラル状または複数の通路が達成される他の幾何形状であり得る。前述の通り、膜 42 及び 43 は、高流量のスループットを有する材料であり得る。

【0041】

隣接する層は、相互に明確に関連付けられ得る。例えば、膜の葉構造 (leaf structure) を形成するように、第 1 の膜 42、支持構造 44、浸透性スペーサ 52、第 2 の膜 43、他の支持構造 44、浸透性スペーサ 54、更に他の支持構造 44、他の第 2 の膜 43、

他の浸透性スペーサ 52、一層他の支持構造 44 及び他の第 1 の膜 42 の層状のシーケンスが、構成され得る。葉構造は、異なる開口径を有する任意の数の異なる膜を有し得て、必要に応じて除去及び交換され得る。関連する支持構造は、必要に応じて相互に固定され得る。

【0042】

一実施の形態では、膜は、その例が前述されている、様々な穿孔技術の使用を通じた孔の寸法制御、及び、消イオンのためのグラフェン孔の機能化 (functionalization) なる米国特許出願 No. 13/422,753、参照によってここに取り込まれる、で説明されているような電氣的帯電または化学的変更を含むいくつかの調整可能な特性を有する有孔グラフェン材料から、構成されている。層状のグラフェンに基づく膜は、多孔性の裏打支持材に結合されたマクロサイズのグラフェンシートにより、または、裏打材上に固形のグラフェン濾過層を効果的に生成するために、裏打支持材上に堆積されたマイクロサイズのプレートレットにより、製造され得る。全ての場合において、グラフェンは、所望の流体の流れを許容するように、浸透性である。いくつかの場合では、ナノスケールの欠陥を有して成長したグラフェンは、ある応用に好適であり得る。

【0043】

いくつかの実施の形態では、ハウジングの外側で保持されているがハウジングの内部にあっても良い切替電圧源 78 が、一对の導電体 80 によって膜 42 及び / または 43 に接続される。大多数の実施の形態では、導電体は、それぞれの膜 42 及び 43 の正反対の両端部に取り付けられる。当業者が理解するように、特に供給物中の分極塩 (polarized salt) のイオンにおいて、グラフェン膜またはいくつかの他の導電材料を有する膜 42 または 43 への電気電圧の適用が、供給物に伝達または移動される乱流を引き起こす斥力を、生成する。いくつかの実施の形態では、当該力は、最大の乱流を生成するように斥力と引力との間で交替されるであろう。この乱流は、浸透物及び濃縮物が膜表面から離れて様々な層を通過しての移動を、支援する。有孔グラフェンの実施の形態では、当該材料は、濃度分極を破壊するために制御され得る電荷を伝導することができ、これにより作動圧力を低下させる。

【0044】

供給物が膜を通流し、塩が膜によって排除されるにつれて、図 4 乃至図 6 に見られるように、膜の表面付近に塩濃度がバルク溶液中の塩濃度を超過する境界層が、形成される。この塩濃度の増大は、濃度分極と呼ばれる。濃度分極の影響は、理論推定値に対する実際の生産水流の割合及び塩の排除を、減少させることである。図 4 に示されるように、代表的な膜 42 / 43 及びチャネル 40 / 52 は、ブロックされたイオンまたは粒子が開口 55 付近に蓄積するにつれて、及び、通流領域の後方に向かって蓄積するにつれて生じる、濃度分極の描写と共に示されている。ブロックされたイオンまたは粒子は、図 4 乃至図 6 において「イオン / 粒子蓄積」として特定されており、ドットとして概略的に示されている。元の場所に残される場合、層 84 は、事実上、開口をブロックまたは妨害し得る。このため、膜 42 / 43 のいずれかまたは全てに接続され得る切替え可能な電圧源 78 の使用は、図 5 に示されるように、ブロックされたイオンを寄せ付けない点で、及び、濾過媒体を通じた濃縮物及び浸透物の流れを維持する点で、有益である。更に、供給源 78 によって提供される電荷保持能力は、図 6 に示されるように、膜内における塩の排除の選択性を増大させるために少なくとも 1 つの層で孔の寸法制御と、結合され得る。孔の寸法制御は、膜を通過するより大量の流れを許容する一方、今まで通り関心のあるイオン / 粒子を十分にブロックする拡大された開口 55' の使用を、許容する。他の実施の形態では、帯電特性が、前述の米国特許出願 No. 13/422,753 において説明された化学的機能化を通じて、達成され得る。有孔グラフェンを用いた水濾過の適用では、排除制御が、要求される選択性のために孔の寸法制御を通じて、または、孔の寸法制御と帯電特性との組合せを通じて、調整されるという単一の層を通じて、達成され得る。更に、濃度分極の影響は、図 6 に示されるように、従来的高分子膜の電流状態に伴って体験される境界層効果を破壊するような電荷の使用により、軽減され得る。

【 0 0 4 5 】

高流量のスループットを有する材料は、ポリイミドまたは他の高分子材料の濾過材料とは対照的に、非常に改善された濾過特性を提供する。大多数の実施の形態では、グラフェン材料は、厚さが0.3から5ナノメートルである。使用される材料の厚さまたはタイプに関わらず、膜42及び43は、供給物中の成分を選択的に通過及び/またはブロックするために、異なる多孔率で提供されるであろう。例えば、層状の平面設計を使用して、膜42は、限外濾過を実行するのに適し、5～100ナノメートルの粒子、または、コロイド、タンパク質、微生物学的な汚染物質及び大きな生体分子を含むより大きな範囲の粒子を排除するのに適する多孔率を伴って、構成され得る。濃縮物は、積み重ねられた第1の膜によって保持される一方、未だに1価または2価の塩を含む浸透物は、第2の膜の表面まで通過するであろう。第2の高流量の膜は、塩の排除に適する多孔率を伴って構成され、約1ナノメートルを上回る全ての塩を排除し、純水のみを通過を許容するであろう。これは、所望の場合別々に採取され得る2つの排除された流れ、及び、各膜の積み重ねに対する1つの生産水の流れに、帰結する。この例は、2つの膜の積み重ねにおける2段階の排除のためのものである。必要に応じて、この積み重ねは、多段階の排除に拡張され得る。このコンセプトは、精製した排除（改善された塩の排除、ホウ素の排除）のための多段階の逆浸透のためにも、及び、必要な場合には改善された品質の出力水のためにも、使用され得る。更に、このコンセプトは、各層が塩の排除の選択性を高めるために調整されることを意味する塩の進行的選択的濾過のために、使用され得る。これは、各工程において低圧で逐次的な塩の除去を可能にし、濃度分極、関連する圧力の非効率性及び材料の構造的負荷を軽減する。

【 0 0 4 6 】

他の実施の形態では、調整可能な膜構成は、粒子、溶質または関心のある分析物を選択的に回収するために、使用され得る。物質は、貴金属等の産物としての価値のために、または、汚染物質等の処分のためにそれを分離することの重要性のために、対象とされ得る。この場合、第1の膜は、目標の物質よりも大きい全ての物質を排除し、当該目標の物質及びそれよりも小さい全ての物質が通過することを許容するように、調整または寸法決めされるであろう。第2の膜は、目標の物質をブロックし、より小さい全ての物質が通過することを許容して関心のある物質を選択的に分離するように、調整または寸法決めされるであろう。再び、有孔グラフェンの実施の形態では、電荷の使用が、濾過及び回収の過程が生じる流れの選択性を増大させるために、更に使用され得る。ここで使用される時、調整可能な選択性とは、穴の周縁部の材料の機能化、または、導電性膜に適用された電荷、の使用による追加的な選択を伴って、膜の孔の制御を介して、物理的な大きさに基づいて膜が排除、回収または分離する特定の溶質または粒子を制御する能力である。

【 0 0 4 7 】

本実施の形態では、複数の膜支持構造44は、それらが支持する膜42及び43に沿っており、内部支持構造34及び35によるそれらの支持のおかげで、ハウジングからの取り外しが可能である。

【 0 0 4 8 】

濾過媒体16は、単一の媒体における精密濾過、限外濾過、ナノ濾過及び逆浸透、並びに/または、各膜において進行的により小さい開口寸法によるより多くの濾過の選択帯域を有する多段階のあるタイプの濾過、を提供するために、開示された様々な層、及び、膜の開口寸法の選択で、構成され得る。他の実施の形態では、濾過媒体は、同一の選択性の膜を用いた単一の装置で、生産水の品質を達成するための多重状態の逆浸透による脱塩を提供するように、構成され得る。更に他の実施の形態では、濾過媒体は、各逐次的な工程の圧力及び対応する膜表面での濃度分極を低下させるために逆浸透による脱塩の進行的選択的段階を提供するように、構成され得る。

【 0 0 4 9 】

濾過装置10において示される膜の構成は、いくつかのすでに明らかになった利点を有する。極薄の材料または2次元的な材料を用いることによって、それは、単一の装置設計

で複数のレベルの濾過の整理統合を、供給する。設計は、層状の平面状の設計、スパイラル状の設計または複数の通路を収容する幾何形状であり得る。複数の濾過段階の整理統合は、濾過動作に必要とされる全体の大きさを、減少させる。実際、有孔グラフェン材料等の高流量のスループットを有する材料の使用は、5乃至50倍の間の任意の倍率による体積及び重量の削減を許容する。濾過装置10の一層他の利点は、必要に応じて追加的な濾過を提供するために複数の装置が連続して取り付けられることを許容する、ということである。他の利点は、調整可能な膜の設計が、供給物の「調整された」濾過を許容する、ということである。換言すれば、選択的材料が、処分または使用という所望の最終使用のために、分離され得る。更に、有効グラフェンと共に、濾過または回収の動作の間の選択性及び流れを更に改善するために、電荷の使用が組み入れられ得る。

【0050】

このように、前述の構造及びその使用方法によって、本発明が満足されているということが、理解され得る。特許法に従って、最良の実施の形態及び好ましい実施の形態のみが示され、詳細に説明されたが、本発明は、それによって限定されないということが、理解されなければならない。従って、本発明の真の範囲及び幅の適用について、後続の特許請求の範囲が参照されるべきである。

【手続補正2】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

一側の端部における入口と反対側の端部における出口とを有するハウジングであって、前記入口から前記出口まで延在する開口を有するハウジングと、

前記開口内に保持される内部支持構造と、

前記入口で受容される供給物を少なくとも3つの分離した出力流路に分離するための、前記内部支持構造に支持される層状の濾過媒体を有する調整可能な膜構成と、
を備え、

前記層状の濾過媒体は、

少なくとも3つの流れチャンネルと、

前記少なくとも3つの流れチャンネルのうちの2つに隣接して配置される少なくとも2つの異なる平面膜であって、当該2つの異なる平面膜の少なくとも1つが電氣的に調整可能なグラフェン材料を有する平面膜と、

前記電氣的に調整可能なグラフェン膜の長さに沿って電圧を供給するように構成された切替可能な電圧供給器と、を有している

ことを特徴とする、濾過または選択的な流体力学的分離及び回収の装置。

【請求項2】

前記層状の濾過媒体は、前記平面膜の各々に関連付けられ、且つ、前記内部支持構造に保持される、膜支持構造を更に有する
ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】

前記少なくとも3つの流れチャンネルの1つは、その各側に少なくとも1つの第1平面膜を有する第1チャンネルである
ことを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項4】

前記少なくとも3つの出力流路の1つは、一側に前記膜支持構造を有し、且つ、反対側に第2平面膜を有する、第2チャンネルである
ことを特徴とする請求項3に記載の装置。

【請求項5】

前記少なくとも3つの出力流路の1つは、その両側に前記膜支持構造を有する第3チャネルである

ことを特徴とする請求項4に記載の装置。

【請求項6】

前記電氣的に調整可能なグラフェン材料は、有孔グラフェン材料である

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項7】

前記平面膜は、機能化されている

ことを特徴とする請求項6に記載の装置。

【請求項8】

前記平面膜は、膜表面の濃度分極の効果を破壊するために断続的に充電される

ことを特徴とする請求項6に記載の装置。

【請求項9】

前記層状の濾過媒体は、有孔グラフェンから構成される複数の平面膜を有し、

前記複数の平面膜は、多段階の段階的選択濾過のために構成されている

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項10】

前記層状の濾過媒体は、有孔グラフェンから構成される複数の平面膜を有し、

前記複数の平面膜は、多段階の同一的選択濾過のために、構成されている

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項11】

前記多段階の段階的選択濾過の各々で圧力及び濃度分極が減少される

ことを特徴とする請求項9に記載の装置。

【請求項12】

前記層状の濾過媒体は、平面状の、チューブ状の、または、スパイラル状の形態で、構成されている

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項13】

前記電氣的に調整可能なグラフェン材料は、0.3～5nmの範囲から選択された厚みを有している

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項14】

前記層状の濾過媒体は、5～100nmの範囲から選択された大きさを有する粒子を取り除く

ことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項15】

供給物を少なくとも3つの分離した出力流路内に分離するための層状の濾過媒体であって、

少なくとも3つの流れチャネルと、

前記少なくとも3つの流れチャネルのうちの2つに隣接して配置された、少なくとも2つの異なる平面膜であって、当該2つの異なる平面膜のうち少なくとも1つが電氣的に調整可能なグラフェン材料を有している、という平面膜と、を有する層状の濾過媒体と、

前記電氣的に調整可能なグラフェン膜の長さに沿って電圧を供給するように構成された切替可能な電圧供給器と、
を備えた

ことを特徴とする調整可能な膜構成。

【請求項16】

前記層状の濾過媒体は、前記平面膜の各々に関連付けられた膜支持構造を更に有することを特徴とする請求項15に記載の調整可能な膜構成。

【請求項17】

前記少なくとも3つの流れチャネルの1つは、そのいずれかの側に少なくとも1つの第1平面膜を有する第1チャネルである

ことを特徴とする請求項16に記載の調整可能な膜構成。

【請求項18】

前記少なくとも3つの出力流路の1つは、一側に前記膜支持構造を有し、且つ、反対側に第2平面膜を有する、第2チャネルである

ことを特徴とする請求項17に記載の調整可能な膜構成。

【請求項19】

前記少なくとも3つの出力流路の1つは、その両側に前記膜支持構造を有する第3チャネルである

ことを特徴とする請求項18に記載の調整可能な膜構成。

【請求項20】

前記電氣的に調整可能なグラフェン材料は、有孔グラフェン材料である

ことを特徴とする請求項15に記載の調整可能な膜構成。

【請求項21】

一側の端部における入口と反対側の端部における出口とを有するハウジングであって、前記入口から前記出口まで延在する開口を有するハウジングと、

前記開口内に保持される内部支持構造と、

前記内部支持構造に支持される層状の濾過媒体を有する調整可能な膜構成と、を備え、

前記層状の濾過媒体は、

少なくとも3つの流れチャネルと、

前記少なくとも3つの流れチャネルのうちの2つに隣接して配置される少なくとも2つの異なる平面膜であって、当該2つの異なる平面膜の少なくとも1つが電氣的に調整可能なグラフェン材料を有する平面膜と、を有している

という濾過装置を提供する工程と、

前記層状の濾過媒体による少なくとも3つの分離した出力流路内への分離のために、前記入口に供給物を導入する工程と、

前記電氣的に調整可能なグラフェン材料の長さに沿って電圧を適用する工程と、を備えた

ことを特徴とする濾過方法。