

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6270815号
(P6270815)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.	F 1
B 0 1 D 63/08 (2006.01)	B 0 1 D 63/08
B 0 1 D 69/06 (2006.01)	B 0 1 D 69/06
B 0 1 D 71/02 (2006.01)	B 0 1 D 71/02
B 0 1 D 63/00 (2006.01)	B 0 1 D 63/00 5 1 O

請求項の数 10 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2015-503405 (P2015-503405)
(86) (22) 出願日	平成25年3月22日 (2013.3.22)
(65) 公表番号	特表2015-512332 (P2015-512332A)
(43) 公表日	平成27年4月27日 (2015.4.27)
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/033400
(87) 国際公開番号	W02013/148479
(87) 国際公開日	平成25年10月3日 (2013.10.3)
審査請求日	平成28年3月11日 (2016.3.11)
(31) 優先権主張番号	61/617,261
(32) 優先日	平成24年3月29日 (2012.3.29)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	596134851 ロッキード・マーチン・コーポレーション アメリカ合衆国、メリーランド州 208 17、ベセスタ、ロックレッジ・ドライブ 6801
(74) 代理人	100091982 弁理士 永井 浩之
(74) 代理人	100117787 弁理士 勝沼 宏仁
(74) 代理人	100107537 弁理士 磯貝 克臣
(72) 発明者	ショーン、ピー、フレミング アメリカ合衆国ニュージャージー州、マウント、ローレル、コンパス、サークル、5 6

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】平面濾過及び選択的分離並びに回収のための装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入口と出口とを有するハウジングであって、当該入口から当該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よって支持される少なくとも1つの平面状の濾過媒体と、
を備え、

前記濾過媒体は、

少なくとも1つの第1浸透性スペーサ、少なくとも1つの第2浸透性スペーサ及び少なくとも1つの供給チャネルを有する、少なくとも3つの平面チャネルと、

供給水の第1成分をブロックするように寸法決めされた開口を有する少なくとも1つの第1有孔膜、及び、前記供給水の第2成分をブロックするように寸法決めされた開口を有する少なくとも1つの第2有孔膜と、

各有孔膜に関連付けられ、且つ、前記内部支持構造によって保持される、膜支持構造であって、前記ハウジングから取外可能である膜支持構造と、
を有しており、

前記第1有孔膜は、前記供給チャネルと第1の前記膜支持構造との間に位置付けられており、

前記第2有孔膜は、前記少なくとも1つの第1浸透性スペーサと第2の前記膜支持構造との間に位置付けられており、

10

20

前記少なくとも 1 つの第 2 浸透性スペーサは、前記第 2 の有孔膜の反対側の、前記第 2 の前記膜支持構造の一側に隣接して位置付けられており、

前記第 1 有孔膜の開口の大きさは、前記第 2 有孔膜の開口の大きさよりも大きく、

前記平面状の濾過媒体は、前記入口で受容される供給水を、前記出口で分離して流出する、少なくとも第 1 浸透物、第 2 浸透物及び 1 つの濃縮物に、分離し、

前記少なくとも 1 つの第 1 有孔膜は、第 1 有孔グラフエン膜であり、

前記少なくとも 1 つの第 2 有孔膜は、第 2 有孔グラフエン膜である

ことを特徴とする濾過または選択的な流体工学的分離及び回収の装置。

【請求項 2】

前記出口に関連付けられる出口蓋を更に備え、

10

前記出口蓋は、

供給水の前記第 2 成分を収集するために前記少なくとも 1 つの第 1 浸透性スペーサに関連付けられる、第 1 浸透管と、

前記第 1 有孔膜及び第 2 有孔膜によってブロックされない供給水の成分を収集するために前記少なくとも 1 つの第 2 浸透性スペーサに関連付けられる、第 2 浸透管と、

供給水の前記第 1 成分を収集するために前記供給チャネルに関連付けられる、濃縮管と

、

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 3】

20

前記第 1 有孔膜の前記開口は、2 倍のイオンをブロックするように構成されており、

前記第 2 有孔膜の前記開口は、1 倍のイオンをブロックするが水分子がそこを通過することを許容するように構成されている

ことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの第 1 有孔膜は、1.2 nm ~ 1.6 nm の間に寸法決めされた開口を有しており、

前記少なくとも 1 つの第 2 有孔膜は、0.8 nm ~ 1.2 nm に寸法決めされた開口を有している

ことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

30

【請求項 5】

前記濾過媒体は、追加の第 1 有孔膜、追加の第 2 有孔膜、追加の供給チャネル、追加の第 1 浸透性スペーサ、第 3 の前記膜支持構造、及び第 4 の前記膜支持構造を、更に有しております、

前記追加の第 1 有孔膜は、前記追加の供給チャネルと前記第 3 の前記膜支持構造との間に位置付けられており、

前記追加の第 2 有孔膜は、前記追加の第 1 浸透性スペーサと前記第 4 の前記膜支持構造との間に位置付けられており、

前記第 2 浸透性スペーサは、前記追加の第 2 有孔膜の反対側の、前記第 4 の前記膜支持構造の一側に隣接して位置付けられている

40

ことを特徴とする請求項 1 に記載の装置。

【請求項 6】

前記平面状で層状の濾過媒体は、所望の粒子、溶質または分析物の選択的分離及び回収のために、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 7】

入口と出口とを有するハウジングであって、当該入口から当該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よって支持される少なくとも 1 つの平面状の濾過媒体と、を備え、

50

前記濾過媒体は、
膜支持構造と、
 間隔が置かれた一対の端部膜と、
 間隔が置かれた一対の内部膜と、
 前記一対の内部膜の間に配置された一の浸透性スペーサ、及び、前記一対の内部膜の各々と各隣接する端部膜との間に配置される他の浸透性スペーサと、
 を有しており、

各前記端部膜は、第1平面膜であり、各前記端部膜は、前記膜支持構造に結合される外径を有しており、

各前記内部膜は、第2平面膜であり、各内部膜は前記膜支持構造に結合される外径を有しており、10

前記端部膜の開口の大きさは、前記内部膜の開口の大きさよりも大きく、

前記内部支持構造は、前記浸透性スペーサに隣接する複数の開口を有する少なくとも1つの出口流路と、前記他の浸透性スペーサの各々に隣接する複数の開口を有する他の出口流路と、を有しております、

前記平面状の濾過媒体は、前記入口から受容した供給水を、前記出口から分離して流出する、少なくとも第1浸透物、第2浸透物及び1つの濃縮物に、分離し、

前記内部膜及び端部膜は、有孔グラフエン材料から構成されている
 ことを特徴とする濾過または選択的な流体分離及び回収の装置。

【請求項8】20

前記端部膜の前記開口は、2価のイオンをブロックするように構成されており、

前記内部膜の前記開口は、1価のイオンをブロックするが水分子がそこを通過することを許容するように構成されている

ことを特徴とする請求項7に記載の装置。

【請求項9】20

前記端部膜は、1.2~1.6nmに寸法決めされた開口を有しており、

前記内部膜は、0.8nm~1.2nmに寸法決めされた開口を有している
 ことを特徴とする請求項7に記載の装置。

【請求項10】30

前記平面状で層状の濾過媒体は、所望の粒子、溶質または分析物の選択的分離及び回収のために、構成されている

ことを特徴とする請求項7に記載の装置。

【発明の詳細な説明】30

【技術分野】

【0001】

本出願は、2012年3月29日出願の米国仮出願No.61/617,261の優先権を主張する。当該仮出願は、参照によってここに取り込まれる。

【0002】40

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に関する。具体的には、本発明は、層状の平面濾過及び選択的な流体工学的分離及び回収の装置に関する。より具体的には、本発明は、少なくとも1つの高流量の膜材料を含む積層材料に向かられる。

【背景技術】40

【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

50

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。より高い流れのレート（flux rate）は、濾過膜の汚れを悪化させ得る。このように、これらの濾過装置は、頻繁な清掃及び最終的には交換を必要とする。流れ及び関連する膜面積の要求に関する制限は、著しい資本コストをもたらす。高い圧力装置のニーズは、濾過装置を作動させるために必要とされるエネルギーを増加させ、それは更に、作動コストを増す汚れ及び圧密（compaction）に起因する膜の劣化をもたらす。

【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。

10

【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。これらの構成は、複合材料またはポリマの特性を変更するための化学的処理を、含み得る。全ての場合において、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關係する。

20

【0006】

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濾過装置のニーズがある。システム全体を交換する代わりに、選択した構成部分の交換によって保守点検され得るような濾過装置のニーズもある。

【発明の概要】

【0007】

前述の観点から、本発明の第1の特徴は、平面濾過及び選択的分離並びに回収のための装置を提供することである。

【0008】

30

本発明の他の特徴は、入口と出口とを有するハウジングであって、当該入口から当該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よって支持される少なくとも1つの平面状の濾過媒体と、を備え、前記媒体は、前記入口で受容される供給水を少なくとも、前記出口で分離して流出する浸透物と濃縮物とに、分離することを特徴とする濾過または選択的な流体工学的分離及び回収の装置を提供することである。

【0009】

前記一実施の形態についての本発明の他の特徴は、少なくとも2つの平面チャネルと、前記少なくとも2つの平面チャネル間に配置される少なくとも1つの平面膜と、を有しており、前記平面膜は、前記供給水を前記浸透物と前記濃縮物とに濾過する、という少なくとも1つの濾過媒体を提供することである。

40

【0010】

前記一実施の形態についての本発明の更なる特徴は、各前記平面膜に關連付けられ、且つ、前記内部支持構造によって保持される、膜支持構造を更に有しており、前記膜支持構造は、清掃、保守点検または交換のために、前記ハウジングから取外可能であるという少なくとも1つの濾過媒体を提供することである。

【0011】

本発明の更なる特徴は、前記一実施の形態について、前記少なくとも2つの平面チャネルの一方は、隣接する複数の膜支持構造の間に配置される浸透性スペーサであり、前記少なくとも2つの平面スペーサの他方は、少なくともその一側に隣接する前記平面膜を有す

50

る供給チャネルである。

【0012】

前記一実施の形態についての本発明の更なる特徴は、有孔グラフェン材料から構築される平面膜を、供給することである。

【0013】

他の実施の形態における本発明の更に他の特徴は、一側上に隣接する膜構造と、隣接する供給チャネルと、の間に配置される各平面膜を、規定することである。

【0014】

更に他の実施の形態における本発明の更に他の特徴は、少なくとも1つの第1浸透性スペーサ、少なくとも1つの第2浸透性スペーサ及び少なくとも1つの供給チャネルである、少なくとも3つの平面チャネルの1つを、規定することである。前記少なくとも1つの平面膜は、前記供給水の第1成分をブロックするように寸法決めされた開口を有する少なくとも1つの第1有孔グラフェン材料、及び、前記供給水の第2成分をブロックするよう寸法決めされた少なくとも1つの第2有孔グラフェン材料である。10

【0015】

前記一実施の形態の本発明の更なる特徴は、前記供給チャネルと第1の前記膜支持構造との間に位置付けられる第1有孔グラフェン膜を、規定することである。前記第2有孔グラフェン膜は、前記少なくとも1つの第1浸透性スペーサと第2の前記膜支持構造との間に位置付けられており、第1の前記少なくとも1つの第2浸透性スペーサは、前記第2有孔グラフェン材料の反対側の、前記第2の前記膜支持構造の一側に隣接して位置付けられている。20

【0016】

本発明の更なる特徴は、前記一実施の形態に対して、前記出口に関連付けられる出口蓋を更に備え、前記出口蓋は、供給水の前記第2成分を収集するために前記少なくとも1つの第1浸透性スペーサに関連付けられている第1浸透管と、前記第1及び第2の膜によってブロックされない供給水の成分を収集するために前記少なくとも1つの第2浸透性スペーサに関連付けられている第2浸透管と、供給水の前記第1成分を収集するために前記供給チャネルに関連付けられている濃縮管と、を有している。

【0017】

更に他の実施の形態における本発明の更なる特徴は、切替可能な電圧供給源を更に備え、前記平面膜は、導電性の有孔グラフェンであり、前記供給水中に含まれる分極種 (polarized species) のために生じる濃度分極の影響を破壊するべく当該平面膜を電気的に帯電させるために、前記切替可能な電圧供給源に接続されている。30

【0018】

更なる実施の形態における本発明の追加的な特徴は、切替可能な電圧供給源を更に備え、前記平面膜は、前記平面膜及び/または周囲の構造の生物学的な汚染物質を破壊または無能化するために、特定の持続期間に亘り、前記切替可能な電圧供給源からの直流の帯電(充電)を受け、その後、取り外される。

【0019】

他の実施の形態における本発明の更に他の特徴は、間隔が置かれた一対の内部膜と、前記内部膜の間に配置される浸透性スペーサと、を有する濾過媒体を、規定することである。各前記内部膜は、前記膜支持構造に結合される外径を有しており、前記内部支持構造は、前記浸透性スペーサに隣接する複数の開口を有する少なくとも1つの出口流路を有している。40

【0020】

前記一実施の形態についての本発明の更なる特徴は、間隔が置かれた一対の端部膜 (end membranes) と、各隣接する端部膜と前記内部膜との間に配置される他の浸透性スペーサと、を更に有する濾過媒体を、規定することである。各前記端部膜は、前記膜支持構造に結合される外径を有しており、前記内部支持構造は、前記他の浸透性スペーサに隣接する複数の開口を有する他の出口流路を有している。50

【0021】

異なる実施の形態における本発明の更に他の特徴は、2以上の濃縮流として、不必要な粒子、溶質または分析物を濾過して除去することに対立するものとして、所望の粒子、溶質または分析物の選択的分離及び回収のために構成されている前記平面状で層状の濾過媒体を、有する。

【図面の簡単な説明】**【0022】**

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、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、ハウジング内に保持されている平面状の濾過装置の右側の概略的な拡大斜視図である。 10

【図2】本発明のコンセプトによる、ハウジング内に保持されている平面状の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装置の概略的な拡大断面図である。

【図4】本発明のコンセプトによる選択的な濾過装置の概略的な拡大断面図である。

【図5】平面状の膜配置を有する濾過装置からの2以上の出力流を分離するための出口蓋の概略図である。

【図6】本発明のコンセプトによる他の選択的な濾過装置の概略的な拡大断面図である。

【発明を実施するための形態】**【0023】**

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流体工学的分離及び回収のための供給水15または他の流体を受容する入口14を、有する。この説明を通じて供給水という語が使用されるが、濾過装置に供給される供給水または流体材料は、水を含み得ないということが理解されるであろう。ここで使用されているように、供給水とは、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。他の実施の形態では、供給水は、選択的な流体工学的分離及び回収のための関心のある粒子、溶質または分析物を、含み得る。入口14に取り付けられているものは、供給水がハウジング内に方向付けられることを許容する供給水管18を有する、入口蓋16である。当業者によって理解されるであろうが、入口蓋16は、後述されるように、受容される供給水15を複数の供給スペーサ内に方向付ける。いくつかの実施の形態では、複数の供給チャネルは、供給水が当該複数の供給チャネル内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。 30

【0024】

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26及び濃縮管27を有している。これらの管または流路は、濾過された供給水 浸透物28及び濃縮物29、時に残留物と呼ばれる を、濾過後のそれらの特性に基づいて更なる使用のために、方向付ける。出口蓋24は、浸透物と濃縮物との分離を維持するように、構成されている。 40

【0025】

今、図1乃至図3を参照すると、ハウジング12がその全体の長さに延在する開口32を有しているということが、理解され得る。ハウジング12内に支持されているものは、内部支持構造である。当該内部支持構造は、全体として数字36によって示されている濾過媒体を支持するために、一連のリッジ34及びレッジ35、ステップまたは他の構造的特徴

を、有している。視認されるように、内部支持構造34、35は、ハウジング12の内部に設けられている。

10

20

30

40

50

【0026】

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つの高流量の膜42、時に多孔性裏打材と呼ばれる少なくとも1つの膜の多孔性支持構造44、及び、少なくとも1つの浸透性スペーサ52、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、文字の名称FC(供給チャネル40)、M(膜42)、SS(支持構造44)及びPS(浸透性スペーサ52)が、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流路を提供するために、様々な隣接する層は、膜、流れ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おそらく相互に接触している、ということが理解されるであろう。供給水中の成分に応じて、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。ここで使用されているように、供給水は、溶媒または水等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。10

【0027】

一般に、供給水は、支持構造44によって支持される高流量の膜42に当該供給水を送る少なくとも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を含み得る。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、構築されている。多孔質セラミクスまたは多孔質焼結金属等の非高分子材料、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、供給スペーサの材料として、使用され得る。供給チャネルの物理的構成は、膜の性能を補佐するように最適化された幾何形状を特徴とし、それは0.02インチ乃至0.04インチの間の厚さを有し得る。他の実施の形態では、供給チャネル、及び、使用される場合には対応するスペーサとして、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、供給水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44は、当該多孔性支持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。本実施の形態では、支持構造は、ポリカーボネットまたはポリエステル等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構造を含むような結合で使用され得る。炭素のナノ構造材料、セラミクス及び多孔質焼結金属を含む類似の流体力学的及び構造的な特性を有する他の材料も、使用され得る。穴48は、直径15ナノメートル乃至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裏打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。スペーサは、供給チャネル40内で使用される場合、供給水が流入及び通流するようにチャネル高さを位置付けるために、使用され得る。いくつかの実施の形態では、チャネル高さは、供給水が膜42に進入するに先立って当該供給水に乱流を生成する機械機構54を受容するためのチャ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、供給チャネル40に隣接する、または、供給チャネル40と一体である、リブまたは突起を有し得る。乱流は、複数のリブまたはスペーサで構築されるメッシュの形態の供給スペーサの使用によっても、生成され得る。典型的な材料は、米国デラウェア州のミドルタウンのDelistar Technologies, Incにより、NaltexTMの商品名の下で、販売されている。乱流は、交流または直流の電荷(限定されない)を有し得る電気的機構によっても、生成され得る。3040

【0028】

本実施の形態では、高流量の膜42は、米国特許No.8,361,321において説明されてい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。当該グラフェン膜は、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互いに結合されている。層またはシートと呼ばれ得る单一のグラフェン膜の厚みは、50

約 0 . 2 から 0 . 3 ナノメートル (n m) 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が、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、わずか数層のグラフェンとして一般に知られている。あるいは、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 . 2 3 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。

10

20

【 0 0 2 9 】

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 5 5 が、グラフェン膜 4 2 を貫通して、規定されている。開口 5 5 は、約 0 . 6 ナノメートルの名目上の直径を有している。当該 0 . 6 ナノメートルの寸法は、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、選択されている。全体的に円形の開口は、当該開口の縁部がグラフェン膜 4 2 の六角形の炭素の環状構造によって部分的に規定されている、という事実によって影響を受ける。他の開口の大きさは、供給水の成分、及び、ブロックまたは濾過されることを所望する供給水の成分または構成、に応じて選択され得る。従って、開口 5 5 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 1 0 n m の範囲に亘り得る。更に、他の実施の形態では、開口 5 5 の大きさは、1 0 n m から 1 0 0 n m の範囲に亘り得る。

30

【 0 0 3 0 】

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 5 5 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、5 0 0 で 2 時間に亘り 1 気圧 (a t m) のアルゴン内の 3 5 0 m T o r r の酸素を用いると、2 0 から 1 8 0 n m の範囲の貫通孔がグラフェン内にエッティングされる。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、ということを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 (graphen 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、反応性イオンエッティングを使用したパターニングに好適なマスクを生成する自己組織化ポリマ (self assembling polymer) を使用する。P (S - ブロック M 50

40

50

M A) ブロック共重合体は、再構築 (redeveloping) の際に R I E のためのビアを形成する PMMA コラムの配列を形成する。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、PMMA ブロックの分子量及び P (S - MMA) 内の PMMA 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。

【0031】

ここで開示される実施の形態では、開口は、供給水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。グラフェンは、高流量の膜 4 2 として使用するための例示的な 2 次元的材料であるが、当業者は、濾過の応用へのこれらの材料の使用がグラフェンと同程度に理想的であるとは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 4 2 は、供給水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、構造穴 4 8 を通過することを許容する、というように機能する。このように、減少された作動圧力により、膜によってブロックされない材料は、膜の開口 5 5 及び膜支持構造 4 4 を通流し、浸透性スペーサ 5 2 に送られる。最終結果として、膜によってブロックされた材料は供給チャネル 4 0 を通り続ける一方、ブロックされない材料は浸透性スペーサ 5 2 を進行及び通流する。本実施の形態では、浸透性スペーサ 5 2 は、高圧作動により供給チャネル 4 0 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、供給チャネル 4 0 内に配置される場合に一般に供給スペーサ材料が生成するような乱流を生成するには機能しないため、異なる。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、供給水の特性に応じて、従って、作動圧力及び浸透物の流れレートに応じて、変更され得るということを理解するであろう。

【0032】

複数のチャネル 4 0 及び複数のスペーサ 5 2 は、それらのそれぞれの流体を、浸透管 2 6 (浸透性スペーサ 5 2) 及び濃縮管 3 0 (供給スペーサ 4 2) に、直接的に供給する。

【0033】

いくつかの実施の形態では、前述の乱流を生成するための電気的機構は、切替電圧源 7 0 である。当該切替電圧源 7 0 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く、一対の導電体 7 2 によって膜 4 2 に接続されている。大多数の実施の形態では、導電体は、膜 4 2 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、特に供給水中の分極塩 (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 4 2 への電気電圧の適用が、供給水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、様々な層を通過しての浸透物の移動を、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ように制御され得る電気的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。更に、帯電されたグラフェン膜は、膜表面上または周囲の支持構造上の生物学的な蓄積を破壊するために必要な電荷を保持する理想的な導電材料であると、信じられている。特定の持続時間に亘り電圧源 7 0 から直流または交流の帯電 (充電) を適用し、その後当該帯電を取り除くことにより、膜上及び / または周囲の構造上の生物学的な汚染物質が、破壊または無能化され得る。

【0034】

当業者が理解するように、複数のチャネル 4 0 、複数のスペーサ 5 2 、支持構造 4 4 及び膜 4 2 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する。

10

20

30

40

50

【0035】

本実施の形態では、支持構造44は、内部支持構造34によるそれらの保持力のおかげで、それらが支持する膜42に沿ってハウジングから取外可能である。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を有する。各ハンドル75は、溝76を有する。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及び支持され得る。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複数の膜へのアクセスを、許容する。

【0036】

図3に示されている実施の形態では、最も上方の膜支持構造44は、膜42を支持する。供給水は、開口55を介して膜42を通流し、及び、穴48を介して膜支持構造44を通流し、浸透性スペーサ52によって受容される。その特定の浸透性スペーサ52の下側に配置されているものは、他の支持構造44である。当該他の支持構造44は、他側に他の膜42を有している。他の供給チャネル40が、当該膜に隣接して配置されている。このように、複数の内部の供給チャネル40のうちの1つに進入するあらゆる供給水は、膜42のすぐ上方またはすぐ下方に進入し得て、そこを通流する材料は、適切な浸透性スペーサ52に進入する。供給スペーサ材料は、複数の膜を互いから分離されたままに維持するために使用され得る。装置を通流する流れは、浸透チャネルを下って移動する浸透流及び供給水チャネルを下って移動する供給水流と共に、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。この方向は、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(及び図4以後)において提供されている方向矢印は、いかにして供給水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。濾過媒体36を視認することによって理解され得るように、各支持構造44は、その一側で膜42に、及び、反対側で浸透性スペーサ52に、関連付けられている。この積層された平面設計は、必要に応じて膜を交換するのに資する。

【0037】

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ている。このため、各供給チャネル40は、その一側に少なくとも1つの膜を有しており、いくつかの例では、両側に有する。各浸透性スペーサ52は、その両側に支持構造44を有している。最後に、各膜は、一側の支持構造44と反対側の供給スペーサとの間に、位置付けられている。浸透性スペーサ52内に集まる濾過された材料は、その後、浸透管26を通じてハウジングから流出する。供給チャネル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29を通じてハウジングから流出する。

【0038】

隣接する層が互いに明確に関連付けられ得るということも、理解されるであろう。例えば、膜の葉構造(leaf structure)を形成するために、膜42、支持構造44、浸透性スペーサ52、他の支持構造及び他の膜42という層状のシーケンスが、構成され得る。当該葉構造は、交換可能なユニットであり得て、欠陥があると認められる場合、除去及び交換が可能である。関連する支持構造は、挿入及び除去を容易にするために、相互に固定され得る。他の反復するシーケンスも、葉構造として構成され得る。

【0039】

濾過装置10は、いくつかのすでに明らかとなった利点を有する。極薄のまたは2次元的材料を利用することによって、スパイラル状の設計の代わりに層状の平板設計が取得され得る。有孔グラフエン等の超浸透膜(ultra-permeable membrane)の場合、層状の平板設計は、現状の従来の濾過装置と比較して全体の大きさが削減されて利用され得る一方、線形的な寸法可変性(scability)、膜のアクセス性、及び、濃度分極、スケーリング、汚れ等を軽減するためのチャネル設計、という利益を維持する。実際、有孔グラフエン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膜の表面積の削減を、許容する。本実施の形態はまた、取外可能な支持構造、スペーサ及

10

20

30

40

50

び膜の使用によって、組立ての容易さを増大させ、及び、製造に関する要求を減少させるという点に利点がある。濾過装置 10 の更に他の利点は、必要に応じて追加的な濾過を提供するために連続的に取り付けられる複数の装置を許容することである。

【 0 0 4 0 】

今、図 4 及び図 5 を参照すると、全体として数字 80 によって示されている濾過媒体を有する濾過装置の選択的な実施の形態が、示されている。当該濾過媒体 80 は、ハウジング 12 内に受容され得て、図 1 に示されている場合と実質的に同一の態様で、供給水の入力を受容する。濾過媒体 80 の産出物は異なっており、図 5 に関連して説明される。いずれにせよ、濾過媒体は層状の平面構造であり、図 3 に示されているそれに酷似しているが、いくつかの新しい構成部分を有している。前述の実施の形態のように、濾過媒体は、供給チャネル 40 (F C) 及び複数の開口 55 を有する高流量の膜 42 (M1) を、有している。

10

【 0 0 4 1 】

支持構造 44 (S S) は、膜 42 、及び、スペーサ材料を含み得る供給チャネル 40 、を保持しており、及び、当該支持構造 44 は、前述の実施の形態と類似する態様で、複数の穴 48 を規定している。各支持構造 44 は、当該支持構造の各側の縁部 74 に技術者による把持のために十分大きく寸法決めされるハンドル 75 を、提供している。各ハンドル 75 は、ハウジングの壁面から内方へ延在するリッジ 34 に沿って摺動可能に移動し得るように、溝 76 を有している。各ハンドルは、レッジ 35 によって支持され得る。支持構造は、膜及び供給スペーサを容易に保持するように、及び、必要な場合、当該支持構造からのそれらの取外しを許容するように、寸法決めされている。支持構造の下方に位置付けられているものは、浸透性スペーサ 52 (P S 1) である。媒体 80 内の複数の層は、媒体 36 として開示されているそれと、実質的に同一である。

20

【 0 0 4 2 】

濾過媒体 80 に対して、追加的な層が提供されている。これらは、高流量の膜 42 の開口 55 よりも小さく寸法決めされた複数の開口 84 を有する他の高流量の膜 82 (M2) を、含んでいる。他の支持構造 44 が、膜 82 のすぐ下側に位置付けられている。この特定の支持構造の下側に位置付けられているものは、他の浸透性スペーサ 86 (P S 2) である。濾過媒体の残りの構造は、今説明された変化とは鏡面的に反対である。換言すれば、第 2 の支持構造 44 及び浸透性スペーサ 86 の下側に位置付けられているものは、その下側に膜 82 、他の浸透性スペーサ 52 、支持構造 44 、膜 42 及び供給チャネル 40 を有する他の支持構造である。交換を許容するために、前述の実施の形態と類似する態様で、図示されているまたはそのいくつかのバリエーションの層状のシーケンスによって、葉構造が形成され得る。

30

【 0 0 4 3 】

当業者は、図 4 において示されている層状の構造が、供給水材料を濾過するために任意の回数で繰り返され得る、ということを理解するであろう。図示されている本実施の形態では、濾過媒体は、供給水、流体媒体または他の材料から 2 つの成分を分離するために、利用される。例示のみを目的として、図示されている構成は、塩水の脱塩のために利用され得る。適宜に、水分子、1 値のイオン及び 2 値のイオンを含有する供給水は、供給チャネル 40 に供給される。当該供給水は、供給チャネル及び提供される場合にはスペーサ材料を通流し、膜 42 上に投射される。膜 42 の開口 55 は、2 値のイオンの流れを排除またはブロックするように、寸法決めされている。このため、開口は、約 1 . 4 nm 、つまり 1 . 2 乃至 1 . 6 nm の間の大きさに、寸法決めされている。従って、水分子及び 1 値のイオンは、これらの開口を通過することが許可される一方、2 値のイオンは、ブロックされる。開口 55 を通過しないこれらの 2 値のイオン及び残りの成分は、ハウジングの出口まで供給チャネルを通流し続ける。支持構造 44 の開口を通過する水分子及び 1 値のイオンは、その後、浸透性スペーサ 52 によって受容され、膜 82 に向かって流れる。当該膜 82 は、1 値のイオンをブロックするように寸法決めされる開口 84 を提供している。本実施の形態では、当該開口は、約 0 . 9 nm の直径を有すると信じられる。いくつかの

40

50

実施の形態では、開口は、0.8 nmから1.2 nmの寸法に亘り得る。従って、これらの開口は、水分子の通過を許容するのに十分であるが、1価のイオンの移動を排除する。従って、1価のイオンは、開口84を通流しない任意の水分子と共に浸透性スペーサ52に沿って流れ、更なる処理のために適切な出口に受容される。膜82によってブロックされない材料である浄化された水分子は、浸透性スペーサ86に流入し、同様に更なる処理のために出口まで流れる。

【0044】

図5において最も良く視認されるように、装置10は、複数の産出物と共にハウジング12を提供している。特に、ハウジング12は、膜42によってブロックされた材料を保持する供給チャネル40の伸び(extension)を規定しており、及び、更なる処理のために供給チャネル40を適切な出口または流路にルート決めしている。同様の態様で、浸透性スペーサ52は、1価のイオン及びおそらく多数の水分子を、更なる処理のために適切な出口まで運ぶ。最後に、浸透性スペーサ86は、塩のイオンが無く、適切な最終用途に使用され得る、水分子を運ぶ。図4及び図5において示されている実施の形態は、供給水の多数の成分が分離及び処理され得る点で、有利である。これは、供給水中に多数の成分が含有されている場合に有用であり、複数の支持構造を利用する層状化の概念が、流体または気体の媒体からの任意の数の成分の濾過を容易にし得る、ということが理解されるであろう。複数枚の膜及び対応する構成部分が、それらが損傷した場合、あるいは、作動しない場合に、必要に応じて交換され得る、ということも理解されるであろう。更に、膜の開口寸法は、特定の供給水材料に対して、必要に応じて調整され得る。図4及び図5において示されている実施の形態は3つの成分を産出するが、層状の濾過構成は、供給水源において提供される成分の数を増加させるために、寸法が変更され得る。換言すれば、異なる開口寸法を有する複数の高流量の膜を取り込むことによって、任意の数の成分が除去され得る。

【0045】

今、図6を参照すると、選択的な濾過装置が全体として数字100によって示されているのが、視認され得る。当該装置100は、ハウジング102と、全体として数字106で示された少なくとも1つの濾過媒体と、を有している。この特定の実施の形態では、平面状の矩形の濾過媒体を採用する代わりに、濾過された材料のより直接的な収集を許容する平面状の円盤で濾過媒体が構成されていることが、理解されるであろう。このハウジング102には多数の入口が設けられ得るが、同一の材料がハウジング102に流入する限り、当該ハウジングは、单一の入口110を規定する。ハウジング102はまた、供給水からの濾過されない濃縮物を方向付けるために利用される出口112を、提供している。前述の通り、濃縮物は、後述されるように、フィルタを通じて処理されていないあらゆる材料である。ハウジングはまた、浸透流路114及び浸透流路116を有している。流路114及び流路116の双方は、濾過媒体を軸方向に貫通してハウジング102から突出して延在するように、提供されている。流路114及び116は、供給水の直接的な進入を防止するために、シールされている。本実施の形態において、流路114及び116は、濾過媒体を保持するための内部支持構造が提供されている。

【0046】

濾過媒体106は環状の外側バンド120を規定しており、当該外側バンド102は、膜支持構造として機能し、後述される複数の膜の間の領域に進入しないように当該バンドを通じての材料の流れを排除する。本実施の形態における複数の膜は、前述の実施の形態において開示された特性及び特徴と同一の特性及び特徴を、有している。また、前述の実施の形態におけるように、媒体106は、任意の多成分の供給水を分離及び/または濾過するために、利用され得る。外側バンド120の内側表面によって保持されているものは、対向し間隔が開けられた一対の端部膜122である。各端部膜122の外径は、外側バンド120によって保持及びシールされている。各膜122は、選択されたイオンをブロックするように寸法決めされる複数の開口を、規定している。前述の脱塩のための実施の形態において論じられたように、複数の膜は、一例として、全ての他の排除された材料と

10

20

30

40

50

共にハウジング 102 を通流し、その後、出口 112 から流出する 2 値のイオンをプロックするために利用されるであろう。

【 0047 】

中央のハブ 126 が、供給水の流路 114 及び 116 への直接的な流入を排除するため 10 に、各端部膜 122 によって提供されている。ハブ 126 の 1 つは、流路 114 及び 116 を受容し、及び、保持するために、そこを貫通する開口を有するであろう。2 つの端部膜の間に配置されているものは、間隔が置かれた一対の内部膜 130 である。各内部膜は、バンド 120 によって確実に受容される外径を有している。内部膜 130 は、前述の実施の形態における態様と同様の態様で 1 値のイオンをプロックし、且つ、水分子がそこを通過することを許容するように構成される複数の開口 132 を、有している。内部膜にはまた、選択されたイオンの通過を許容し、且つ、選択されていないイオン及び他のデブリの通過を排除するために、流路 114 及び 116 を受容及び保持する内部ハブ 134 が、設けられている。膜を支持するために、浸透性スペーサ 140 が、それぞれの端部膜と内部膜との間に配置され得る。同様の態様で、浸透性スペーサ 142 が、複数の内部膜 130 の間に配置され得る。浸透流路 116 は、端部膜と内部膜との間に配置された複数の流路開口 144 を、提供している。同様の態様で、浸透流路 114 は、複数の内部膜の間に複数の流路開口 146 を提供している。

【 0048 】

従って、作動時に、供給水材料は、ハウジング内に投射され、端部膜 122 と接触する。開口 124 を通過するように寸法決めされた材料は、適宜に当該開口 124 を通過する一方、当該開口を通過するには大き過ぎる材料は、ハウジング上を通流して出口 112 から流出する。ひとたび、材料が端部膜を通過したならば、それは内部膜 130 に出会う。当該材料が大き過ぎる場合、それは、流路開口 144 に受容され、及び、そこを通過して、流路 116 を通流するであろう。当該材料が、内部膜 130 の開口 132 を通過のために十分小さい場合、その後、濾過された材料は、流路開口 146 に受容され、及び、そこを通過して、流路 114 を通流する。

【 0049 】

本実施の形態は、それが流路が中央に位置付けられ、従って、様々な収集容器への取付を容易にすることを許容する点で、有利である。本実施の形態はまた、媒体 106 がハウジング 102 から取り外されることを許容し、膜 122、130 が必要に応じて清掃及び / または交換されることを許容する。

【 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。

【図1】

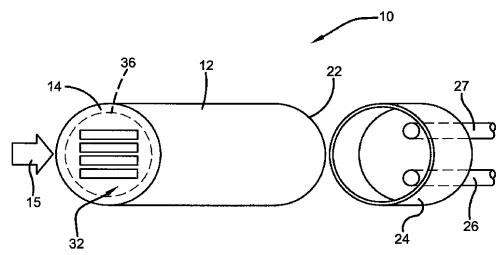


FIG. 1

【図2】

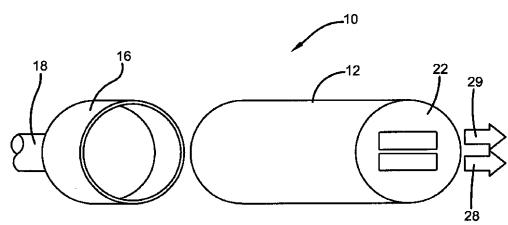
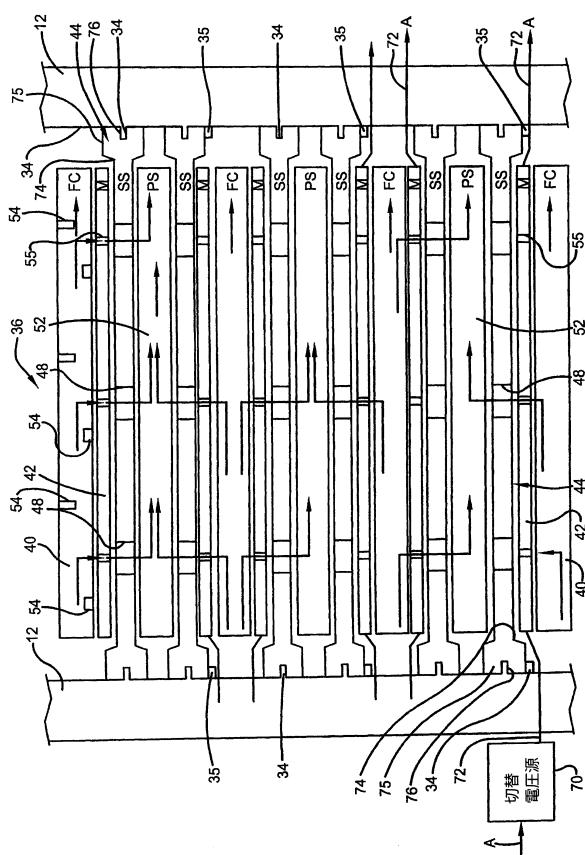


FIG. 2

【図3】



【図4】

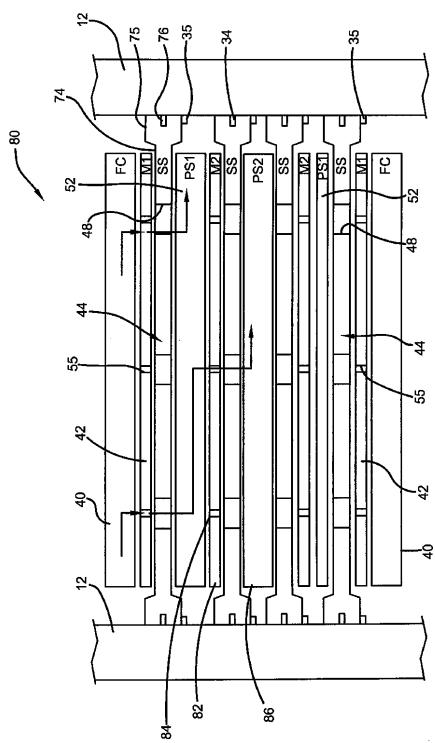


FIG. 4

【図5】

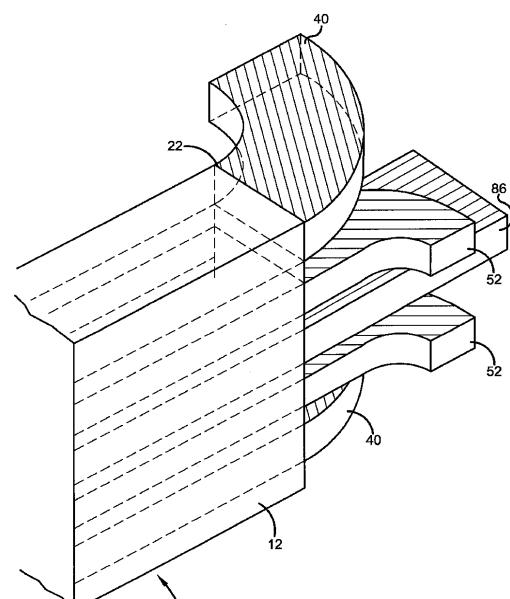


FIG. 5

【図6】

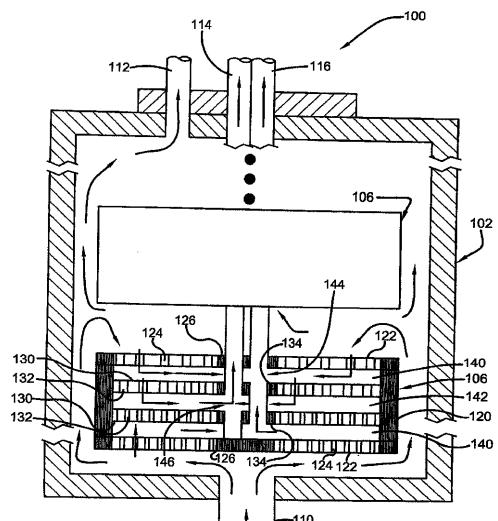


FIG. 6

フロントページの続き

審査官 池田 周士郎

(56)参考文献 米国特許出願公開第2012/0048804(US, A1)

特表平07-504120(JP, A)

特表平10-510471(JP, A)

特開2004-202480(JP, A)

実開昭59-102111(JP, U)

特開2011-168448(JP, A)

Li Liu, et al., Graphene Oxidation: Thickness-Dependent Etching and Strong Chemical Doping, NANO LETTERS, 2008年 6月19日, Vol.8, No.7, pp.1965-1970

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 61/00 - 71/82

C02F 1/44

C01B 32/00 - 32/991

JST Plus / JMEDPlus / JST7580 (JDreamIII)