

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-531256

(P2012-531256A)

(43) 公表日 平成24年12月10日 (2012. 12. 10)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 M 1/14 (2006. 01)</b>	A 6 1 M 1/14 5 5 0	4 C 0 7 7
<b>B 0 1 D 61/28 (2006. 01)</b>	B 0 1 D 61/28	4 D 0 0 6
<b>B 0 1 D 71/02 (2006. 01)</b>	B 0 1 D 71/02	
<b>B 0 1 D 71/68 (2006. 01)</b>	B 0 1 D 71/68	
<b>B 0 1 D 71/10 (2006. 01)</b>	B 0 1 D 71/10	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 39 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2012-517554 (P2012-517554)  
 (86) (22) 出願日 平成22年6月7日 (2010. 6. 7)  
 (85) 翻訳文提出日 平成24年2月21日 (2012. 2. 21)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/037621  
 (87) 国際公開番号 W02010/151419  
 (87) 国際公開日 平成22年12月29日 (2010. 12. 29)  
 (31) 優先権主張番号 61/220, 117  
 (32) 優先日 平成21年6月24日 (2009. 6. 24)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 506253388  
 ステイト オブ オレゴン アクティング  
 バイ アンド スルー ザ ステイト  
 ボード オブ ハイヤー エデュケーショ  
 ン オン ビハーフ オブ オレゴン ス  
 テイト ユニバーシティー  
 アメリカ合衆国 オレゴン州 コーバリス  
 カール アドミニストレイティブ ビル  
 ディング 3 1 2 オフィス オブ テク  
 ノロジー トランスファー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透析用マイクロ流体デバイス

## (57) 【要約】

本開示はマイクロ流体移動デバイスに関するものである。本デバイスは、作動流体間の相互汚染のリスクを軽減し、大容量で低コストの製造技術に適している。本デバイスは質量移動、熱移動または双方のために構成することができる。例えば、ある開示された実施形態では半透性膜を組込み、対象の物質をある流体から別の流体へと移動する。さらに本デバイスは熱移動コンポーネントと質量移動コンポーネントのどちらも組込むことができる。

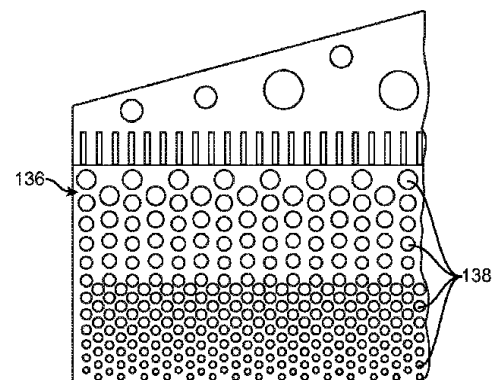


FIG. 8

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

透析を行うためのマイクロ流体デバイスであって、  
動作中にその周りを血液が流れる支持構造体の第 1 セットを含む第 1 流れ場と、  
動作中にその周りを透析液が流れる支持構造体の第 2 セットを含む第 2 流れ場と、  
前記第 1 および第 2 流れ場の間に挟まれた少なくとも一つの質量移動層であって、その層を通して動作中に血液の透析が生じる質量移動層とを備えるマイクロ流体デバイス。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記第 1 流れ場は第 1 入口ヘッダをさらに含み、前記第 2 流れ場は第 2 入口ヘッダをさらに含むデバイス。

10

**【請求項 3】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記第 1 または第 2 流れ場のどちらもヘッダを含まないデバイス。

**【請求項 4】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体は前記第 1 流れ場を含み、第 2 積層体は前記第 2 流れ場を含み、さらに前記第 1 および第 2 積層体は前記挟まれた質量移動層と共にサブユニットを形成するデバイス。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載のデバイスにおいて、複数のサブユニットを有するデバイス。

20

**【請求項 6】**

請求項 5 に記載のデバイスにおいて、前記複数のサブユニットは第 1 および第 2 圧縮板の間に位置するデバイス。

**【請求項 7】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体および第 2 積層体は前面および裏面を有し、前記移動層は前記第 1 積層体の裏面と前記第 2 積層体の前面との間に位置するデバイス

**【請求項 8】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記質量移動層は膜または半透明膜であるデバイス。

30

**【請求項 9】**

請求項 8 に記載のデバイスにおいて、前記膜または半透明膜はポリマー、共重合体、セラミック、合成物または流体膜材料から成るデバイス。

**【請求項 10】**

請求項 9 に記載のデバイスにおいて、前記半透明膜はポリスルホン ナノ結晶セルロース合成膜であるデバイス。

**【請求項 11】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記第 1 および第 2 流れ場の各々は流れの卓越方向を有するデバイス。

40

**【請求項 12】**

請求項 11 に記載のデバイスにおいて、血液の流れの卓越方向は前記透析液の流れの卓越方向に対して向流であるデバイス。

**【請求項 13】**

請求項 11 に記載のデバイスにおいて、血液の流れの卓越方向は前記透析液の流れの卓越方向に対して交差流であるデバイス。

**【請求項 14】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体はほぼ同一の幾何学的形状を画定するデバイス。

**【請求項 15】**

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は複数の異なる幾何学的形状を画

50

定するデバイス。

【請求項 16】

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記流れ場の各々の支持構造体は各々の流れ場に亘って均一に分布されるデバイス。

【請求項 17】

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、前記流れ場の各々の支持構造体は各々の流れ場に亘ってランダムに分布されるデバイス。

【請求項 18】

請求項 5 に記載のデバイスにおいて、第 1 サブユニットの前記血液の流れ場は、第 2 サブユニットの前記血液の流れ場にほぼ平行であるデバイス。

10

【請求項 19】

請求項 1 に記載の透析デバイスであって、

少なくとも第 1 および第 2 積層体であって、各積層体は流体流れ場を画定する支柱を有し、前記第 1 積層体の流体流れ場は血液を受けるためのものであり、前記第 2 積層体の流体流れ場は透析液を受けるためのものである、第 1 および第 2 積層体と、

隣接する積層体を交互に積層する半透明膜とを備える透析デバイス。

【請求項 20】

請求項 19 に記載のデバイスにおいて、前記半透明膜はポリスルホン ナノ結晶セルロース合成膜であるデバイス。

20

【請求項 21】

請求項 19 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体、第 2 積層体および移動層はサブユニットを形成するデバイス。

【請求項 22】

請求項 21 に記載のデバイスにおいて、複数のサブユニットを有するデバイス。

【請求項 23】

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、

流体の卓越方向を有する流体流れ場をまとめて画定する複数の支持構造体を画定する複数の積層体と、

積層体を交互に積層する少なくとも一つの移動層とを備えるデバイス。

30

【請求項 24】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、前記流れ場は液体の流れ場であるデバイス。

【請求項 25】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、入口ヘッダおよび出口ヘッダをさらに備えるデバイス。

【請求項 26】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体、第 2 積層体および移動層はサブユニットを形成するデバイス。

【請求項 27】

請求項 26 に記載のデバイスにおいて、複数のサブユニットを有するデバイス。

40

【請求項 28】

請求項 27 に記載のデバイスにおいて、前記複数のサブユニットは第 1 および第 2 圧縮板の間に位置するデバイス。

【請求項 29】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体および第 2 積層体は前面および裏面を有し、前記移動層は該第 1 積層体の裏面と該第 2 積層体の前面との間に位置するデバイス。

【請求項 30】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、前記少なくとも一つの移動層は質量移動層であ

50

るデバイス。

【請求項 3 1】

請求項 3 0 に記載のデバイスにおいて、前記質量移動層は膜または半透明膜であるデバイス。

【請求項 3 2】

請求項 3 1 に記載のデバイスにおいて、前記膜または半透明膜は、ポリマー、共重合体、金属、セラミック、合成物または流体膜材料から成るデバイス。

【請求項 3 3】

請求項 3 2 に記載のデバイスにおいて、前記半透明膜はポリスルホン ナノ結晶セルロース合成膜であるデバイス。

【請求項 3 4】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、前記少なくとも一つの移動層は熱移動層であるデバイス。

【請求項 3 5】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、熱移動および質量移動の双方のために構成されたデバイス。

【請求項 3 6】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、流れ場を画定する形状は流体流れの卓越方向を有するデバイス。

【請求項 3 7】

請求項 3 5 に記載のデバイスにおいて、複数の支持構造体は流体流れの卓越方向とずれて回転するデバイス。

【請求項 3 8】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体はほぼ同じ幾何学的形状を画定するデバイス。

【請求項 3 9】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は複数の異なる幾何学的形状を画定するデバイス。

【請求項 4 0】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は前記流れ場内でほぼランダムに分布されるデバイス。

【請求項 4 1】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は前記流れ場内にサイズおよび/または密度勾配を有するデバイス。

【請求項 4 2】

請求項 4 1 に記載のデバイスにおいて、流体流れの卓越方向に前記サイズは減少し前記密度は増加するデバイス。

【請求項 4 3】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、前面形状を画定する前面および裏面形状を画定する裏面を有する少なくとも一つの積層体を有し、該前面形状は少なくとも一つのピアによって該裏面形状に流体接続されるデバイス。

【請求項 4 4】

請求項 4 3 に記載のデバイスにおいて、前記少なくとも一つのピアは前記前面および前記裏面に非直角であるデバイス。

【請求項 4 5】

請求項 2 3 に記載のデバイスにおいて、少なくとも一つのマイクロチャネルをさらに備えるデバイス。

【請求項 4 6】

請求項 4 5 に記載のデバイスにおいて、マイクロチャネルを画定する複数の積層体を備え、各積層体のマイクロチャネルは少なくとも一つの隣接する積層体のマイクロチャネル

10

20

30

40

50

にほぼ平行またはほぼ直角であるデバイス。

【請求項 47】

請求項 46 に記載のデバイスにおいて、前記マイクロチャネルのかなりの部分は前記前面から前記裏面に延在してスルーカットマイクロチャネルを形成し、該スルーカットマイクロチャネルは第 1 パーシャルシクネスマイクロチャネルによって一つまたは複数の入口ピアに流体接続され、該スルーカットマイクロチャネルは第 2 パーシャルシクネスマイクロチャネルによって一つまたは複数の出口ピアに流体接続されるデバイス。

【請求項 48】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体、第 2 積層体および移動層はサブユニットを形成し、該デバイスは複数のサブユニットを備え、第 1 サブユニットの流れ場は第 2 サブユニットの流れ場に対してほぼ平行またはほぼ直角であるデバイス。

10

【請求項 49】

請求項 23 に記載のデバイスにおいて、前記少なくとも一つの移動層は入口ヘッダおよび出口ヘッダに対応する切り欠きを画定するデバイス。

【請求項 50】

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、透析用に構成されるデバイス。

【請求項 51】

請求項 1 に記載のデバイスにおいて、  
前記第 1 および第 2 流体流れ場を画定する支持構造体を画定する複数の積層体であって、該第 1 流体流れ場は血液を受けるためのものであり、該第 2 流体流れ場は透析液を受けるためのものである積層体と、  
隣接する積層体を交互に積層し、入口ヘッダおよび出口ヘッダに対応する切り欠きを画定する半透明膜と  
を備えるデバイス。

20

【請求項 52】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、前記半透明膜はポリスルホン ナノ結晶セルロース合成膜であるデバイス。

【請求項 53】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、第 1 積層体、第 2 積層体および移動層はサブユニットを形成するデバイス。

30

【請求項 54】

請求項 53 に記載のデバイスにおいて、複数のサブユニットを有するデバイス。

【請求項 55】

請求項 54 に記載のデバイスにおいて、前記複数のサブユニットは第 1 および第 2 圧縮板の間に位置するデバイス。

【請求項 56】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、流れ場を画定する支持形状は流体流れの卓越方向を有するデバイス。

【請求項 57】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体はほぼ同じ幾何学的形状を画定するデバイス。

40

【請求項 58】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は複数の異なる幾何学的形状を画定するデバイス。

【請求項 59】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は前記流れ場内にほぼランダムに分布されるデバイス。

【請求項 60】

請求項 51 に記載のデバイスにおいて、前記支持構造体は前記流れ場内にサイズおよび/または密度勾配を有するデバイス。

50

**【請求項 6 1】**

請求項 6 0 に記載のデバイスにおいて、流体流れの卓越方向にサイズは減少し密度は増加するデバイス。

**【請求項 6 2】**

透析を行う方法であって、

動作中にその周りを血液が流れる支持構造体の第 1 セットを含む第 1 流れ場と、動作中にその周りを透析液が流れる支持構造体の第 2 セットを含む第 2 流れ場と、該第 1 および第 2 流れ場の間に挟まれた少なくとも一つの質量移動層であって、動作中にその層を通して血液透析が生じる質量移動層とを含むデバイスを提供するステップと、

透析を行うために前記デバイスを使用するステップとを含む方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0 0 0 1】**

関連出願の相互参照

本願は、2009 年 6 月 24 日に出願された米国仮特許出願第 61 / 220, 117 号の恩恵を主張するものであり、これを本明細書に援用する。

**【0 0 0 2】**

本開示はマイクロ流体デバイスならびにそれらの使用および製造方法に関する。

**【背景技術】****【0 0 0 3】**

マイクロ流体技術の出現により、熱および質量移動の用途に大きな期待が見込めるようになった。例えば、成分の分離、加熱もしくは除熱またはそれらの組合せを必要とする多くの重要なシステムがある。これらの例には、血液透析、携帯用水の汚染水源からの分離、水の低温殺菌および小型熱交換機がある。

**【0 0 0 4】**

血液透析、すなわち体外から体内への血液の浄化は、腎不全の治療に利用される処置である。血液の化学成分は、栄養素や酸素を身体の細胞に運び、そしてそれらの細胞から老廃物を持ち去るというその本質的な機能を行うために管理されなければならない。血液は多くの異なる大きさや種類の粒子を含み、これらには、細胞、タンパク質、溶解イオンおよび有機老廃物がある。ヘモグロビンやアルブミンなどのタンパク質を含む粒子の中には身体が適切に機能するためには不可欠なものがある。尿素、タンパク質の代謝から生じる老廃物および血液透析濾過のみで除去することのできる大型分子老廃物などのその他のものは、血液から取り除かなければならない。そうしなければ、それらは蓄積されて通常の代謝過程を妨げることとなる。さらに血液中に溶解した多くの単純イオンを含む他の粒子は身体が一定の濃度で必要とし、特にこれらの物質の摂取量が変わる場合には嚴重に調整されなければならない。膜技術は、種々の塩の濃度が慎重に管理された透析液で血液を透析する場合に典型的に用いられる。より効率的かつコスト効率よく血液の透析および透析濾過を行うためには、透析に関連するメカニズムを向上させる必要がある。さらに、臨床現場以外の透析、例えば日中または夜間の自宅における透析に関しては、長い処理時間にわたってより低い流量（従来の透析システムの最低血流量よりも著しく低い）で血液を透析する必要があり、これらの技術はどちらも患者の身体の外にある血液量の減少を常に補助し、失血の可能性や損傷のリスクを低減し、患者の安全を増やす。

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 5】**

本開示はマイクロ流体移動デバイスの実施形態に関するものである。本デバイスは質量移動用に構成することができる。例えば、ある開示された実施形態では、半透明膜をマイクロ流体移動デバイスに組み込み、血液透析手順に沿って対象である物質をある流体から別の流体へと移動する。マイクロ流体移動デバイスは他の使用にも適しているが、本明細書

10

20

30

40

50

においては、時折マイクロ流体移動デバイスを血液透析手順に使用するものとして記載している。

【 0 0 0 6 】

従来のシステムでの膜内の質量移動速度は、バルク流体と膜表面との間の比較的厚い境界層の拡散速度に影響を受ける可能性がある。膜表面の近くの流体速度を例えば攪拌によって上げることが、境界層の厚さ、つまり有効拡散長を低減させる慣用法である。マイクロ流体デバイス内における膜の分離は、マイクロチャネルまたは流れ場などのマイクロ流体構成を使ってこの困難を克服する。マイクロ流体デバイスのチャネル深さの減少は、バルク流体を通る拡散によって生じる質量移動の制限に影響を与えることがある。しかしながらマイクロ流体デバイスの製造には、商業的な生産をより実行不可能にする複雑で遅い工程が含まれている。

10

【 0 0 0 7 】

マイクロ流体デバイスを使った膜分離のもう一つの問題は、処理することのできる容量の固有の限界である。先に開示されたマイクロ流体膜デバイスは、複数のセパレータを平行にスタックすることによって所望の体積流量に到達することにより、この困難を克服した。このようなマイクロ流体膜デバイスは、米国特許出願第 1 1 / 2 4 3 , 9 3 7 号、米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 9 3 2 9 8 号明細書および同第 2 0 0 8 / 0 1 0 8 1 2 2 号に開示されており、これらを参照として本明細書に援用する。加えて、相互汚染は流体分離工程における大きなリスクである。本願は、相互汚染を緩和するマイクロ流体デバイスの実施形態に関するものである。例えば、ある開示された実施形態では、圧縮シールを使って流体の相互汚染を低減またはほぼ削減している。特定の開示された実施形態では、各流体含有領域の周囲に完全な圧縮シールを組込んで相互汚染を防止している。さらに本デバイスは従来の低コスト、高容量技術を用いて製造することができる。

20

【 0 0 0 8 】

マイクロ流体および熱移動技術は、米国特許第 6 , 7 9 3 , 8 3 1 号明細書、同第 6 , 6 8 8 , 3 8 1 号、同第 6 , 6 7 2 , 5 0 2 号、同第 5 , 8 1 3 , 2 3 5 号、米国特許出願公開第 2 0 0 8 / 0 0 0 6 0 4 0 号明細書および同第 2 0 0 4 / 0 1 5 7 0 9 6 号に記載されており、これらを参照として本明細書に援用する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

開示されたデバイスの一実施形態は複数の積層体を備え、少なくとも一つの積層体は前面形状を画定する前面と裏面形状を画定する裏面とを有する。前面形状は少なくとも一つのピアによって裏面形状に流体接続することができる。積層体は少なくとも一つの移動層によって交互に積層される。前面形状は、例えば、入口ヘッダおよび出口ヘッダとすることができる。裏面形状は、一つまたは複数のマイクロチャネルまたは流れ場とすることができる。一実施形態では、入口ヘッダは入口ポートを備え、出口ヘッダは出口ポートを備えることができる。

30

【 0 0 1 0 】

所望される容積に合わせてデバイスを縮小または拡大するために、デバイスは流体浄化などの単位動作を行うことのできる複数のサブユニットのスタックを備えることができる。各サブユニットは、第 1 積層体、第 2 積層体および第 1 積層体の裏面と第 2 積層体の裏面との間に位置する移動層を有する。このデバイスはサブユニットの間に位置するガスケットをさらに備えることができる。各積層体は第 1 側面、第 2 側面および流れ場または少なくとも一つの、典型的には複数のマイクロチャネルを備える。複数のサブユニットは位置決めされてスタックされる。スタックは第 1 圧縮板と第 2 圧縮板との間に位置することができる。その後スタックは圧縮され、全ての流体含有領域のかんりのシールに影響を与えることができる。

40

【 0 0 1 1 】

種々の実施形態のガスケットの設計は切り欠きを有することができ、流体が層間および / または流体入口および出口にわたる切り欠きを連通し、ガスケット材料が入口にたるん

50

で流れを閉鎖するのを防止することができる。種々の実施形態において移動層は隣接する層の入口ヘッダと出口ヘッダに対応する領域に切り欠きを備えることができる。ガスケットと同様に、これによって移動層がヘッダに崩れ落ち、流れが閉鎖されるのを防止する。

#### 【0012】

個々の積層体は前面と裏面に形状を持つことができ、これらの形状は一つまたは複数のビアで流体接続される。例えば、積層体は前面に一つの入口および一つの出口を、そして裏面に複数のマイクロチャネルまたは一つもしくは複数の流れ場を備えることができる。入口および出口は流体ヘッダまたはマニホールドと結合され、マイクロチャネルまたは流れ場の反対端に位置する一つまたは複数の第1ビアまたは一つもしくは複数の第2ビアによって、複数のマイクロチャネルまたは流れ場の反対端に流体接続することができる。流体入口および流体出口には支柱を画定して、隣接する積層体が入口および出口にたるんで流れを閉鎖するのを防ぐことができる。

10

#### 【0013】

前面と裏面とを接続するビアはマイクロチャネルまたは流れ場に対して直角とすることができる。しかしながら、ビアは非直角の角度で積層体と交わることが所望される。非直角の角度とは0°以上90°以下であるが、より典型的には約45°~約90°である。非直角のビアは流体の滞留またはガスの捕捉領域を最小限にすることなどにより、種々の恩恵を提供することができる。

#### 【0014】

開示されたデバイスは種々の方法で構成することができる。例えば、開示されたデバイスの一実施形態では、サブユニットはほぼ同じ配向のスタック内の個々の積層体とほぼ同一である。例えば、サブユニットは全て第1積層体の前面を同じ圧縮板の方を向かせて配向させることができる。マイクロチャネルまたはサブユニット内の隣接する層の一つまたは複数の流れ場は相互に平行とするか、または直角とすることができる。平行するマイクロチャネルを有するサブユニットは隣接するサブユニットに対して直角とすることができ、圧縮シールをヘッダの周囲に維持する。

20

#### 【0015】

また隣接するサブユニットは互いの鏡像とすることができ、スタック内に配向され、隣接するサブユニットの第1積層体の前面が互いに向き合い、隣接するユニットの第2積層体の前面が互いに向き合うようにすることができる。本実施形態の一つの利点は、簡素化されたガスケット設計である。本実施形態のもう一つの利点は、同じ流体を有する層の相互隣接による相互汚染の低減である。

30

#### 【0016】

個々の積層体は2つ以上の個々の流路を有することができる。例えば、一つの積層体は、第1側面に画定される第1流路および同じ積層体の反対側面に画定される第2流路を有することができる。本実施形態では、積層体は両面積層体を意味する。例えば、上述の積層体に加え、サブユニット内の第1積層体および第2積層体の裏面は入口ヘッダおよび出口ヘッダをさらに備えることができ、第1積層体および第2積層体の前面はマイクロチャネルまたは一つもしくは複数の流れ場をさらに備えることができる。前面のマイクロチャネルまたは一つもしくは複数の流れ場は、一つまたは複数のビアによって裏面の入口ヘッダに流体接続し、一つまたは複数のビアによって裏面の出口ヘッダに流体接続することができる。サブユニットの間にはガスケットよりもむしろ移動層が位置する。移動層は質量移動層とすることができる。

40

#### 【0017】

本実施形態は移動ユニットあたりの必要な積層体の数を低減する。片面の実施形態では、各移動ユニットに2つの積層体が必要とされ、一方で両面の実施形態では、各移動ユニットに $(n+1)$ の積層体が必要とされる。ここで $n$ は所望される移動ユニットの数である。このように、100ヶの移動ユニットを有するデバイスの場合、両面の実施形態では101のみの積層体が必要とされ、一方で片面の実施形態では200の積層体が必要とされる。本実施形態における前面の入口および出口に含まれる流体と前面のマイクロチャネ

50



ルに含まれる流体との間の相互汚染を軽減するために、移動層は入口ヘッダとマイクロチャネルまたは流れ場との間および出口ヘッダとマイクロチャネルまたは流れ場との間の隣接する積層体をほぼシールすることができる。裏面に存在する相互汚染のリスクも同様に緩和することができる。

#### 【0018】

スルーカット(through-cut)マイクロチャネルまたは流れ場を用いる実施形態も、両面の実施形態の効率を実現しながら相互汚染を改善する。スルーカット実施形態において、各積層体の複数のマイクロチャネルまたは流れ場のかなりの部分は積層体の厚さ全体、つまり前面から裏面まで延在してスルーカットマイクロチャネルまたは流れ場を形成する。このように、マイクロチャネルまたは流れ場は2つの分離ユニットと同時に動作する。

10

#### 【0019】

本実施形態の積層体は前面および裏面を備え、前面は入口および出口を有する。入口は一つまたは複数の入口ビアによって裏面に流体接続される。一つまたは複数の入口ビアは裏面のパーシャルシックネス(partial thickness)マイクロチャネルまたは流れ場によって、スルーカットマイクロチャネルまたは流れ場に流体接続され、出口は一つまたは複数の出口ビアによって裏面に流体接続される。出口ビアは裏面のパーシャルシックネスマイクロチャネルによってスルーカットマイクロチャネルまたは流れ場に流体接続される。スルーカットマイクロチャネルまたは流れ場に安定性を加えるために、パーシャルシックネス直角支持構造体をマイクロチャネルまたは流れ場に沿って一定間隔で配置することができる。スルーカット積層体は、第1積層体、第2積層体および移動層を有するサブユニットに配置することができる。本デバイスは複数のサブユニットを有することができ、第1積層体のマイクロチャネルは第2積層体のマイクロチャネルまたは流れ場とはほぼ平行またはほぼ直角とすることができ、隣接するサブユニットのマイクロチャネルまたは流れ場とは直角とすることができ。

20

#### 【0020】

マイクロ流体デバイスの実施形態は複数の積層体を備え、積層体の内の少なくとも一つは入口ヘッダおよび出口ヘッダを画定する前面と、少なくとも一つの裏面形状を画定する裏面とを有する。入口ヘッダおよび出口ヘッダは一つまたは複数のビアによって少なくとも一つの裏面形状に流体接続することができる。ビアの内の一つまたは複数の非直角とすることができる。本実施形態において、入口ヘッダおよび出口ヘッダに対応して切り欠きを画定する一つまたは複数の移動層は積層体を交互に積層する。

30

#### 【0021】

本開示はまた複数の積層体を備えるマイクロ流体デバイスに関するものであり、少なくとも一つの積層体は入口ヘッダおよび出口ヘッダを有し、入口ヘッダおよび出口ヘッダに対応する切り欠きを画定する移動層は積層体を交互に積層する。先の実施形態の様に、本実施形態は、第1積層体、第2積層体および移動層を備えるサブユニットに構成することができる。一つまたは複数のサブユニットは圧縮板の間にスタックすることができる。ヘッダは流体入口および出口のための複数の支柱およびポートを画定することができる。積層体はマイクロチャネルあるいは一つまたは複数の流れ場を画定することができ、ヘッダは入口ポートと出口ポートとの間にほぼ同等の流路長さを設けるような形状とすることができる。ヘッダは、例えばほぼ三角形とすることができる。

40

#### 【0022】

本実施形態は、先に開示された実施形態と同様に、鏡像サブユニットとして構成することができ、この場合、隣接するサブユニットの第1積層体の前面は互いに向き合い、隣接するサブユニットの第2積層体の前面は互いに向き合う。加えて、積層体は両面積層体とすることができる、または前述のスルーカットマイクロチャネルを画定することができる。本実施形態は、平行な、またはヘリングボーンパターンのマイクロチャネルまたは一つもしくは複数の流れ場などの種々の構成をとることができる。隣接する積層体は、サブユニット内またはサブユニット間に相互にほぼ平行な、または相互にほぼ直角なマイクロチャネルまたは流れ場を有することができる。

50

## 【0023】

本開示の別の実施形態は、前面および裏面を有する複数の積層体を備えるマイクロ流体デバイスであり、この場合、少なくとも一つの積層体は前面と裏面を流体接続するためのピアを画定し、このピアは前面と裏面に非直角に交わる。本デバイスは積層体を交互に積層する移動層をさらに備える。積層体は、例えば、入口ヘッダ、出口ヘッダおよびマイクロチャネルまたは流れ場などの前面および裏面の形状を有することができ、一つまたは複数のサブユニット内に配置させることができる。これらのサブユニットは圧縮板の間にスタックすることができ、ガスケットはサブユニットの間に配置することができる。

## 【0024】

種々の実施形態の複数のマイクロチャネルはほぼ平行している。しかしながら用途によってはその他のマイクロチャネルのパターンが所望される。当業者であればマイクロチャネルは入れ子式ヘビ状 (nested serpentine)、フラクタル分岐、収束的またはヘリングボーンパターンとすることが可能なことを理解するであろう。加えて、マイクロチャネルの代わりに、流れ場を形成することのできる支持構造体のアレイも設けることができる。流れ場は移動層の活性表面積を増やし、捕捉された気泡またはその他の閉鎖物の周囲を流体が流れるようにして流体流れの分布を向上させるという付加的な利点を有することができる。

## 【0025】

流れ場は、そこを流体が流れる流体空間を画定する一組の対向する外壁に形成することができる。流れ方向に平行に、または流れ方向に対してある角度をなして、あるいはヘリングボーンパターンに配置されたパーシャルシックネス壁セグメントなどの一つまたは複数の支持構造体が空間に配置される。あるいは、支持構造体は複数の支柱を備えるピンアレイによって形成することができる。ピンアレイはマイクロチャネルに対する質量移動を向上させ、移動物質に露出される移動層の量を増やすこととなる。加えて、ピンアレイにおいては流量の誤分布が向上される、というのも、ピンによって流路間で流れることができるからである。一つの流路が遮断されると、流れは隣接する流路へ進むことができる。支柱は円筒状の円形基部を有するプリズムとすることができ、しかしながら、プリズムの基部は長方形、滴形、三角形、楕円形、多角形またはそのほかの幾何学的形状またはそれらの組合せなどの任意の形状とすることができ、ヘリングボーンパターンなどのアライメント許容設計は製造上の制約を緩和させる。例えば、流れ場は、流れ方向の右側に対してある角度をなして配向された複数の壁セグメントから形成される支持構造体を備えることができ、隣接する層は流れ方向の左側に対してある角度をなして配向された複数の壁セグメントを備えることができる。スルーカットマイクロチャネルはヘリングボーンパターンの壁セグメントを備え、隣接する壁セグメントが積層体の前面と同一平面となったり積層体の裏面と同一平面となったりを交互に繰り返すようにすることができる。

## 【0026】

流れ場は一樣な密度で秩序配列の支持構造体を画定することができる。あるいは、流れ場は密度勾配と様々なサイズを有する支持構造体のアレイを画定することができる。例えば、流れ場の一端は反対端に近づくにつれて小さくなり、密度が増える、より大きく、そしてまばらな支持構造体を有することができる。加えて、流れ場の内のいくつかまたは全てに対しては、流動力学を増強させるために表面処理を行ってもよい。例えば、表面を処理して親水性にし、空気の捕捉を低減することができる。あるいは、支持のまばらな領域を疎水性にし、そして支持の濃密な領域を親水性にするなどして表面を選択的に処理し、捕捉された空気がまばらな領域から濃密な領域に移動して、ウィッキングおよび機械的な力で空気が外に出されるように促すこともできる。設計の制約に従って支持構造体を流れ場の中でランダムに分布させることができる。

## 【0027】

種々の実施形態の隣接する層は、マイクロチャネルまたは流れ場がそれらのそれぞれの流体を同じ方向 (並流)、反対方向 (向流)、または直角 (交差流) など、相互にある角度をなして流すように配向することができる。流れ場の場合、流れの方向は流れ場を通

10

20

30

40

50

て流れる流体の卓越方向を含むことができる。設計の考察においては、移動駆動力（温度勾配または濃度勾配）の増強の必要性和構成に固有の構造および動作の困難性とのバランスをとる。このような困難性には位置決めと層間の圧力差がある。当業者であれば、好適な相対流れ方向は用途によるものであることを理解するだろう。

#### 【0028】

開示された実施形態は質量移動を行うように構成することができる。開示されたデバイスは特定の用途に適した任意の膜に対応するものである。質量移動用の典型的な膜は半透明膜である。このような膜としては、ポリマー、共重合体、金属、セラミック、合成物および/または液体膜がある。合成膜の一例として、ポリスルホン ナノ結晶セルロース合成膜があり、これはマイクロチャネル透析デバイスに使用することができ、この場合、代謝老廃物は血液から透析液に移動する。ガス 液体コンタクター膜も液体とガスとの間で物質を移動させるために使用することができる。このような用途の一つには血液の酸素化があり、この場合二酸化炭素と酸素は膜を移動することができ、酸素は酸素または酸素富化空気から血液に移動し、二酸化炭素は血液からガスへ移動する。流体膜も使用することができる。流体膜は流体を含むスルーカットマイクロチャネルを有する積層体と、マイクロチャネル内に流体を含むように位置する第1および第2膜支持体とを備える。移動層は燃料電池用に構成することもでき、その場合、移動層は、陰極層と陽極層との間に位置するポリマー電解質膜を備える。

10

#### 【0029】

種々の実施形態に使用される積層体は、マイクロチャネル形状または一つもしくは複数の流れ場を生成することのできる形状でパターン化することのできる任意の材料とすることができる。典型的な積層体材料には、ポリマー、金属、合金、超合金または金属間化合物がある。適切なポリマーとしては、下記のものに限定しないが、ポリカーボネート、テレフタル酸ポリエチレン（PET）、ポリエーテルイミド（PEI）、ポリ（メタクリル酸メチル）（PMMA）またはポリ（テトラフルオロエチレン）（PTFE）などのハロゲン化ポリエチレンがある。適切な金属または合金としては、下記のものに限定しないが、ステンレススチール、銅、チタン、ニッケルまたはアルミニウムがある。

20

#### 【0030】

マイクロチャネル/流れ場の深さは一般にできる限り浅くすることができ、一方でマイクロチャネルを通して流体を流すことも可能である。この深さは拡散または伝導長さに対応するか、またはそれらに合わせて深くしたり浅くしたりしなければならず、よって、マイクロチャネル/流れ場が浅くなればなるほど拡散または伝導経路は短くなり、移動効率は増大する。流れ閉鎖のリスクにより、深さの不規則性、プロセス流体の粘度、プロセス流体の汚染物質、または血液透析もしくは血液酸素化の場合における細胞損傷などの生物学的懸念により、最小深さは抑制される可能性がある。マイクロチャネル現象からの恩恵を実現するためには、マイクロチャネルの寸法は典型的に0以上約1000 μm以下である。より典型的には、マイクロチャネルは0以上約400 μm以下、さらに典型的には約10 μm～約90 μmなどの、0以上約100 μm以下である。

30

#### 【0031】

本開示の実施形態は、熱または物質のある流体から別の流体への移動に有用である。第1積層体および第2積層体を有し、第1および第2積層体の各々は移動層によって分離されたマイクロチャネルまたは一つもしくは複数の流れ場に接続された入口ヘッダおよび出口ヘッダを有し、第1流体を第1積層体の入口ヘッダに供給し、第2流体を第2積層体の入口ヘッダに供給する本開示の実施形態を提供することにより、デバイスの構成に応じて、熱または物質を第1流体から第2流体へ、またはその逆に移動する。例えば、移動層がポリスルホン ナノ結晶セルロース合成膜などの半透明膜であるデバイスを供給することにより、そして血液を一つの積層体に、透析液を別の積層体に供給することにより、血液中の物質は透析液に移動する。

40

#### 【0032】

同様に、ある開示された実施形態は熱移動システムに有用である。熱伝導性層をそのよ

50

うなデバイスに組込むことによって、熱を一つの流体から別の流体へ移動することができる。このように、いくつかの実施形態では、移動層は熱移動層とすることができる。

【0033】

本発明の上述の、およびその他の目的、特徴ならびに利点は、添付の図面を参照して説明する下記の詳細な説明によってより明確になるだろう。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】貫通ビアを有するマイクロ流体移動デバイスの概略図である。

【図2】マイクロ流体移動デバイスの単一層の一実施形態の斜視図である。

【図3】壁セグメント支持体を有するマイクロ流体流れ場の平面図である。

10

【図4】角度のついた壁セグメントを有するマイクロ流体流れ場の平面図である。

【図5】角度のついた壁セグメントを有する流れ場を並置した平面図である。

【図6A】円筒状の支持体を有するマイクロ流体流れ場の平面図である。

【図6B】一組の円筒状の支持体の上面図である。

【図6C】一組の円筒状の支持体の側面図である。

【図7】滴形状の支持構造体を有するマイクロ流体流れ場の平面拡大図である。

【図8】密度およびサイズ勾配の支持構造体を有するマイクロ流体流れ場の平面拡大図である。

【図9】ランダムに分布された支持構造体を有するマイクロ流体流れ場の平面拡大図である。

20

【図10】流体の入口および出口を示す組立てデバイスの部分斜視図である。

【図11】流体ヘッダを取り付けた2つの組合せられた組立てデバイスの斜視図である。

【図12】片面積層体を有するマイクロ流体移動デバイスの一実施形態の組立て図である

【図13】積層体の一実施形態の平面図である。

【図14】図6に示す組立てデバイスの斜視図である。

【図15】図6のデバイスの内部流体流路の詳細図である。

【図16】交差流を有する隣接層の流体ヘッダおよびマイクロチャネルの並置の略平面図である。

【図17】図3に示す流れ場を有する隣接層の並置の部分略平面図である。

【図18】片面ミラー設計である一実施形態の内部流体流路の詳細図である。

30

【図19】平行マイクロチャネルを有する片面ミラー設計である一実施形態の流体流路の詳細斜視図である。

【図20】両面積層体を有するマイクロ流体移動デバイスの一実施形態の部分組立て図である。

【図21】両面積層体の平面図である。

【図22】移動層の平面図である。

【図23】両面積層体を有するマイクロ流体移動デバイスの流路の詳細図である。

【図24】並流の両面積層体を有するマイクロ流体移動デバイスの流路の詳細図である。

【図25】スルーカットマイクロチャネルを有する積層体の平面図である。

【図26】横支持体を持つスルーカットマイクロチャネルを有する積層体の詳細平面図である。

40

【図27】ヘリングボーンパターンを持つスルーカットマイクロチャネルを有する積層体の詳細平面図である。

【図28】ヘリングボーンパターンを持つスルーカットマイクロチャネルを有する積層体の詳細斜視図である。

【図29】スルーカット積層体を有するマイクロ流体移動デバイスの組立て図である。

【図30】スルーカット積層体を有するデバイスの流体流路の詳細図である。

【図31】交互に平行および直角なスルーカットマイクロチャネルを有するデバイスの斜視図である。

【図32】流体膜を組込んだサブユニットの層の並置における平面図である。

50

- 【図 3 3】流体膜を有するデバイスの概略図である。
- 【図 3 4】燃料電池を有するデバイスの概略図である。
- 【図 3 5】ヘッダ領域のない流れ場透析装置の積層体の一実施形態の平面図である。
- 【図 3 6】ヘッダ領域のない流れ場透析装置の積層体の別の実施形態の平面図である。
- 【図 3 7】流れ場を形成するレーザー経路の平面概略図である。
- 【図 3 8】レーザー形成チャンネルが交差する積層体の一部の拡大図である。
- 【図 3 9】チャンネルの間に形成された波状のチャンネルとピンを示す積層体表面の拡大図である。
- 【図 4 0】交互するヘッダのない積層体が交差流的にスタックされた実施形態である。
- 【発明を実施するための形態】

10

【0035】

A. 定義

透析液とは、適切な濃度で適切な溶質を有する血液透析用の水溶性流体である。

【0036】

マイクロチャンネルとは流体を流すことのできるマイクロ流体デバイス内のほぼ束縛された空間であり、この空間は約  $1000\text{ }\mu\text{m}$  以下の少なくとも一つの容量を有する。

【0037】

流れ場とはアスペクト比が約 10 以上のマイクロ流体経路のことをいう。この場合、アスペクト比はマイクロ流体経路の幅とマイクロ流体経路の深さの比率と定義され、流体はほぼマイクロ流体経路の長さの方向に流れる。

20

【0038】

スルーカットマイクロチャンネルとは、マイクロチャンネルが形成される積層体の厚さと同等の深さを持つマイクロチャンネルのことをいう。

【0039】

片面積層体とは、移動層上における熱または質量移動が片面のみで生じるマイクロチャンネルまたは流れ場形状などの形状を有する積層体のことをいう。

【0040】

両面積層体とは、両面にマイクロチャンネルまたは流れ場形状などの形状を有する積層体のことをいう。

【0041】

半透明膜とは、ある物質はそれを通ることができるが他の物質はそれを通ることが制限された膜のことをいう。

30

【0042】

ビアとは、積層体前面のマイクロチャンネルまたは流れ場と積層体裏面とを流体接続するために、積層体を通して流体を流すマイクロチャンネルのことをいう。

【0043】

B. マイクロ流体移動デバイスの説明

図 1 は第 1 流体および第 2 流体の向流図 100 を示す。流路はマイクロチャンネルという形で示されているが、流路は流れ場を通して使用することもできる。さらに、本明細書に記載する種々の実施形態はマイクロチャンネル構成と共に示されるが、各実施形態はマイクロチャンネルよりもむしろ流れ場を使って構成および動作することができる。

40

【0044】

第 1 流体はマイクロチャンネル入口 102 に入り、ビア 108 を通って上部積層体 104 をマイクロチャンネル 106 へと流れ、ビアで流体は移動層 110 と接触する。同時に、マイクロチャンネル 112 内の第 2 流体は、ビア 118 を通って下部積層体 114 を出口 116 へと流れる前に、移動層 110 と接触する。移動層 110 は特定の用途のために選ばれた半透明膜とすることができ、一つまたは複数の物質をマイクロチャンネル 106 内の流体からマイクロチャンネル 112 内の流体へ、またはその逆に移動することができる。例えば、特定の用途として血液透析処置がある。

【0045】

50

マイクロチャネル 106 および 112 の幅は、動作パラメータと構造要件を考慮してできる限り広くして、移動層 110 がマイクロチャネルにたるむのを防止する。実際の幅は、移動層 110 の剛性および移動層における圧力差などの特定の要因によって変化する。典型的なマイクロチャネルの幅は  $100\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$  であり、より典型的には約  $200\ \mu\text{m} \sim 400\ \mu\text{m}$  である。

#### 【0046】

質量移動デバイスに関しては、移動層 110 は移動層を通して対象物質の選択的移動を可能にする任意の材料とすることができる。当業者であれば、膜の選択は他の設計基準によるものであることを理解するであろう。他の設計基準としては、下記に限定されないが、移動する物質、流体内に存在するその他の物質、移動の所望速度、物質を運ぶ流体、物質を受け取る流体、動作温度および作動圧力がある。適切な膜としては、下記に限定されないが、ポリマー、共重合体、金属、セラミック、合成物、ポリスルホン、ナノ結晶セルロース合成膜、ガス液体コンタクター膜、中空繊維膜および流体膜がある。

10

#### 【0047】

質量移動デバイスが血液透析デバイスである場合、移動層に適切な膜としては、下記に限定されないが、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリアクリロニトリル、アセチルセルロース、二酢酸セルロースおよび三酢酸セルロースがある。

#### 【0048】

積層体 104 および 114 は、ピアおよびマイクロチャネルまたは流れ場用の支持構造体などの特定の用途に有用な形状にパターン化することのできる任意の材料とすることができる。積層体の厚さは約  $200\ \mu\text{m} \sim 1000\ \mu\text{m}$  とすることができ、典型的な厚さは約  $300\ \mu\text{m} \sim 500\ \mu\text{m}$  である。適切な積層体材料としては、下記に限定されないが、ポリマーと金属がある。適切なポリマー材料の例としては、ポリカーボネート、テレフタル酸ポリエチレン (PET)、ポリエーテルイミド (PEI)、ポリ (メタクリル酸メチル) (PMMA) およびポリ (テトラフルオロエチレン) (PTFE) などのハロゲン化ポリエチレンがある。金属積層体は金属積層体の中に形成された所望の形状を有することのできる任意のものとしてことができ、例えば、光化学エッチングまたは加工してブラインド形状を含む所望の形状を有することのできる材料であってもよい。例としては、ステンレススチール、銅、チタン、ニッケルおよびアルミニウムがある。

20

#### 【0049】

図 2 は積層体設計の一実施形態の斜視図を示す。図 2 はマイクロチャネルという形で示されているが、流れ場に流れる流体には同様のヘッダ構成を使用することができる。積層体 104 のヘッダ側 120 は、流体を受け取り、その流体をピア 108 に向ける入口 102 を備え、ピア 108 では、流体は板を通して板のマイクロチャネル側 122 (または流れ場側) へと流れる。その後流体はマイクロチャネル 106 または流れ場を流れ、そこで流体は図示しない移動層と接触する。入口 102 は支持構造体 124 を有し、隣接する積層体が入口 102 に崩れ落ちるのを防ぐ。図 2 ではマイクロチャネル 106 を複数の平行するマイクロチャネルとして開示しているが、本開示はこの構成に制限されない。

30

#### 【0050】

##### 1. 流れ場

40

上述のように、実施形態の何れもマイクロチャネルではなく一つまたは複数の流れ場を組込むことができる。図 3 は、図 1 および図 2 の実施形態で使用される平行するマイクロチャネルではなく流れ場 126 を利用した実施形態を示す。流れ場 126 は流れ場 126 の外周を画定する一組の対向する壁 127 によって一般に形成することができる。壁の間には空間があり、流体は空間内を入口から出口に流れる。壁セグメント 128 のような一つまたは複数の個々の支持構造体は壁の間の空間に位置する。支持構造体は少なくとも部分的に隣接する積層体に支持を提供し、積層体が相互に崩れ落ちるのを防ぐように機能する。支持構造体はまた、膜が流路に崩れ落ち、血液または透析液の流れが遮断されるのを防ぐ。支持構造体は種々の空間配置に相対的に配置することができる。支持構造体は種々の形状またはサイズとすることができ、ピン、壁セグメント、パンプ、突起などの形状と

50

することができる

【 0 0 5 1 】

支持構造体はマイクロチャネルを形成する細長い壁またはデバイダとは異なるため、支持構造体は個々の細長い流路を画定しない。むしろ、複数の支持構造体は流体を特定の方向に明確に向けることなく、対向する壁 1 2 7 の間の全体的な流れ空間に位置する。支持構造体は、マイクロチャネルの精密に誘導された方向性のある流れと比べてより自由な流体の流れ方向を可能にする。

【 0 0 5 2 】

加えて、支持構造体の分離された、そして間隔のあいた特質により、隣接的なマイクロチャネルデバイダが使用される場合よりも多くの移動層の表面が露出されることになる。介在する移動層を透析する流体により多く露出することは、例えば、デバイス全体の効率を向上することとなる。当業者であれば、流体に露出される移動層の面積を最大限にする一方で、移動層の十分な支持構造体とのインテグリティを保ち、移動層が流れ場の一部に崩れ落ちないようにすることが所望されることを理解するであろう。さらに、流れ場の実施形態は、流体を気泡の周りに流すことによって、捕捉された気泡によって生じる流れの閉鎖を緩和する。これはより抑制された容量のマイクロチャネルでは容易に起こらない、というのも気泡は特定のチャネル内において流れを著しく遮断する大きさだからである。

【 0 0 5 3 】

図 3 の例では、支持構造体は積層体の表面から上方に延在する長方形またはプリズム形状の本体からなる壁セグメント 1 2 8 の形状である。壁セグメント 1 2 8 は、単一のグループが図 3 の視点から列を形成するようにグループで配置される。流れ場 1 2 6 全体は一連の列を含む。各列は列内の端から端に、相互に間隔を空けて並べられた複数の壁セグメント 1 2 8 を有する。列の各々は隣接する列と間隔が空いている。壁セグメント間の間隔は、一つの列と隣接する列との間隔が可能であるように、単一の列内で変えることができる。さらに壁セグメント 1 2 8 は他の空間パターンで配置することもでき、列パターンの配置に限定されない。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、対向壁 1 2 7 の長軸に対してわずかに角度のついた壁セグメント 1 2 8 を持つ流れ場 1 2 6 の別の例を示す。対向壁 1 2 7 に対する壁セグメントの角度の大きさは変えることができる。壁セグメント 1 2 8 は全て同じ角度で配向させることができる。あるいはこの角度は、一つの壁セグメント 1 2 8 をある角度で配向し、他の壁セグメントを異なる角度で配向するといった具合に、壁セグメントによって変えることができる。

【 0 0 5 5 】

壁セグメント 1 2 8 に角度をつけると、デバイスが並流または向流用に組立てられた際にアライメント許容設計となる。隣接する層をスタックする際に、一つの壁セグメントを別のセグメントに少なくとも一部が重なるように設置して、スタック内の層の間に適切な構造的サポートを提供することが所望される。この点において、壁セグメント 1 2 8 は相対的なサイズおよび形状を有することができ、層がスタックされる際に、壁セグメントを相互に重ねて位置決めする可能性を最大限にするパターンに配置することもできる。図 5 は交差流構成 1 3 0 および並流構成 1 3 2 における隣接する層の並置を示し、各々は角度のついた壁セグメント 1 2 8 を有する。壁セグメントの角度のついた特質により、積層体がスタックされる際に、壁セグメントが相互に交差または重ねてスタックされる可能性が高まる。一つの層の他の層に対する x または y 方向への僅かな動きにより、壁セグメントの交差において膜はさらに支持されるだろう。

【 0 0 5 6 】

図 6 A は流れ場 1 3 6 を有する積層体 1 3 4 を開示しており、この場合、支持構造体は複数の円筒状の支柱 1 3 8 を備える。壁セグメント 1 2 8 (図 3) と同様に、複数の支柱 1 3 8 は移動のために露出される移動層 (図示せず) の表面積を増やす。加えて、マイクロチャネル 1 0 6 (図 2) のように、流体は狭いチャネルに閉じ込められないので、流体は気泡または汚染物質などの流れ閉鎖の周りを横断することができる。図 6 B は円筒状の

支柱 1 3 8 よりなる一組の支持構造体の上面図を示す。図 6 C は一組の円筒状の支柱 1 3 8 の略側面図を示す。円筒状の支柱 1 3 8 の大きさは隣接する円筒状の支柱 1 3 8 との間の相対的な空間に合わせて変化させ、流れ場に所望の流れ特性を与えることができる。例えば、各支柱 1 3 8 の半径  $R$  は、隣接する支柱 1 3 8 の間の距離  $S$  のように、予め定めることができる。各支柱の高さ  $H$  も変えることができる。支柱 1 3 8 は円筒のような円形基部を有するプリズムであってもよい。しかしながらプリズムの基部は、長方形、滴形、三角形、楕円形、多角形またはそのほかの幾何学的図形などの任意の形状とすることができる。例えば、図 7 は滴形状の支柱 1 3 8 に形成された支持構造体を有する流れ場 1 3 6 を開示している。本実施形態は流れ場 1 3 6 を通る流線形の流体流れ用に構成される。

#### 【0057】

ある実施形態では、支柱の大きさは、円筒状の柱に関しては直径、長方形の柱に関しては幅において最小限とすることができ、または不規則な形状に関しては幾何学的中心までの平均距離の 2 倍とすることができ、移動層を穿刺せずに隣接する層の支柱の位置決めが可能なくらい十分に大きくすることができる。支持構造体は典型的には  $0\ \mu\text{m}$  以上  $1000\ \mu\text{m}$  以下である。より典型的には、支持構造体は約  $100\ \mu\text{m}$  以上約  $400\ \mu\text{m}$  以下のように、 $0\ \mu\text{m}$  以上  $500\ \mu\text{m}$  以下である。当業者であれば、支持構造体の所望される形状および大きさは、移動層の材料と厚さ、関与する流体、製造アライメント許容、および移動層の効率などの種々の要因によるものであることを理解するだろう。

#### 【0058】

流れ場 136 は図 8 に示すように、密度勾配および様々なサイズを有する支持構造体 138 のアレイを画定することができる。例えば、流れ場 136 の一端は、より大きく、そしてまばらな支持構造体 138 を有し、これは反対端に近づくにつれてサイズが徐々に小さくなり、密度が徐々に増える。加えて、流れ場のいくつかまたは全てには、流動力学を増強させるために表面処理を行ってもよい。例えば、表面を処理して親水性にし、空気の捕捉を低減させるようにしてもよい。あるいは、支持密度の低い領域を疎水性にし、支持密度の濃い領域を親水性にするなどして表面を選択的に処理して、捕捉された空気がまばらな領域から濃い領域に移動するようにし、そこでウィッキングおよび機械的な力で空気を外に出すようにすることもできる。また、図 9 に示す設計の制約に従い、支持構造体 138 は流れ場全体にランダムに分布させることもできる。

#### 【0059】

支持構造体 138 間の距離  $S$  は動作パラメータと構造要件とを考慮してできる限り広くし、移動層 110 (図 1) が流れ場 136 にたるまないようにすることができる。実際の幅は移動層 110 (図 1) の剛性および移動層の圧力差などの特定の要因によって変えることができる。典型的な幅は  $100\ \mu\text{m}$  ~  $500\ \mu\text{m}$  であり、より典型的には約  $200\ \mu\text{m}$  ~  $400\ \mu\text{m}$  である。

#### 【0060】

マイクロチャネルまたは流れ場の深さは移動効率の利点を生み出す。ミクロンスケールの寸法は、バルク流体中の拡散長または伝導長を減少することによって質量移動の制限を低減し、これによって移動層 110 (図 1) の単位面積あたりの質量率を増やし、結果として効率を増やし、デバイスのサイズを低減させることができる。マイクロチャネルまたは流れ場の深さは典型的には  $0$  以上  $1000\ \mu\text{m}$  以下である。より典型的には、深さは  $0$  以上約  $400\ \mu\text{m}$  以下である。さらに典型的には、約  $10\ \mu\text{m}$  ~  $90\ \mu\text{m}$  などのような、 $0$  以上約  $100\ \mu\text{m}$  以下である。

#### 【0061】

### 2. 質量移動デバイス

図 10 および図 11 を参照すると、組立てられた質量移動デバイス 200 は、積層体 202、積層体 204 および移動層 206 より構成される。圧縮板 208 は、層状の板 202 および 204 ならびに移動層 206 に圧力をかけ、ほぼシールされた流体マイクロチャネルまたは流れ場を提供するために設けられる。圧縮板 208 は、例えば、圧縮板を連結する留め金具を使って、またはデバイス 200 を加締め機に設置して圧力をかける。当業

10

20

30

40

50



者であれば、圧縮板に力を与える種々のさらなる方法が当技術分野に存在することを理解するであろう。流体ヘッダ 2 1 0 は質量移動デバイス 2 0 0 に動作可能に接続され、内部マイクロチャンネル 1 0 6 および 1 1 2 (図 1) に流体を供給するために、マイクロチャンネル入口 2 1 2 およびマイクロチャンネル出口 2 1 4 に流体接続される。図 1 1 は平行に配置された 2 つのマイクロ流体移動デバイスを示す。しかしながら当業者であれば任意の数のデバイスを平行、直列またはこれらの両方で構成することができることを理解するであろう。

#### 【0 0 6 2】

圧縮板 2 0 8 は、積層体 2 0 2 および 2 0 4 ならびに移動層 2 0 6 を均一に圧縮するのに十分な剛性を有する材料で作製することができる。適切な材料としては、下記に限定されないが、ポリマー、金属、セラミックまたは合成物がある。模範的な材料としては、例えばアクリルがある。しかしながら当業者であれば圧縮板の材料およびその厚さは、種々の要因、例えばスタック内の層の数、シールに影響を与えるために必要とされる形状、および動作温度などによるものであることを理解するだろう。圧縮板 2 0 8 は平らであってもよく、または、圧力をデバイス 2 0 0 に好適に均一に分布するのに適切な湾曲を有する凸面のような曲がり面を有することもできる。

#### 【0 0 6 3】

図 1 2 はマイクロ流体移動デバイス 3 0 0 の一実施形態の組立て図を示す。質量移動デバイス 3 0 0 は圧縮板 3 0 2 の間に保持された、積層体の連続するスタックを備える。連続するスタックはヘッドガスケット 3 0 4 およびガスケット 3 0 6 によって分離された反復サブユニットを備える。反復サブユニットは順に第 1 積層体 3 0 8、移動層 3 1 0 および第 2 積層体 3 1 2 を備える。サブユニットの数は用途ならびに必要とされる容量処理能力および移動能力による。加えて、デバイスは図 1 1 に示すように平行に接続することができる。積層体 3 0 8 および 3 1 2 はほぼ同じ設計である。図 1 3 を参照すると、積層体 3 0 8 および 3 1 2 は流体ヘッダ 3 1 4、流体入口 3 1 6、支持構造体 3 1 8、ピア 3 2 2、反対側に位置するマイクロチャンネル 3 2 4 (または流れ場) および出口 3 2 6 を有する。これは下記の図 1 6 の考察においてより詳しく見ることができる。再び図 1 2 を参照すると、ガスケット 3 0 4 および 3 0 6 は切り欠き 3 2 5 を有し、ガスケットが流体ヘッダ 3 1 4 を覆わず、ガスケット材料がヘッダ内に崩れ落ちて流体の流れを妨げないようにする。支持構造体 3 1 8 はスタックを通して圧縮力を伝達し、スタック内の圧縮シールを容易にして隣接する積層体がヘッダ内に崩れ落ちるのを防ぐ。支持構造体は移動膜がヘッダ内で流体の流れを遮断するのを防ぐ。圧縮板 3 0 2 に動作可能に接続されるのは、流体コネクタ 3 2 8、3 3 0、3 3 2 および 3 3 4 である。

#### 【0 0 6 4】

図 1 4 は組立てられたマイクロ流体移動デバイス 3 0 0 の斜視図を示す。圧縮板 3 0 2 は留め金具を受け、圧縮板を連結させてスタック 3 3 8 を圧縮するための開口 3 3 6 を有する。第 1 流体は流体コネクタ 3 2 8 を通ってデバイス 3 0 0 に入り、流体コネクタ 3 3 0 を通ってデバイスから出る。第 2 流体は流体コネクタ 3 3 2 を通ってデバイス 3 0 0 に入り、流体コネクタ 3 3 4 を通ってデバイスから出る。

#### 【0 0 6 5】

図 1 5 はスタック 4 0 0 の 2 つのサブユニットの内部流路の詳細図である。流体流路 4 0 2 は流体入口 4 0 4 から入る第 1 流体を示す。流体入口 4 0 4 は貫通孔であり、貫通孔は第 1 流体をスタック内のサブユニットに流体接続する。流体はヘッダ 4 0 5 に入り、支持構造体 4 0 6 の周囲を流れてピア 4 0 8 を通ってマイクロチャンネル 4 1 0 または流れ場に流れ、ここで流体は移動層 4 1 2 と接触する。移動層 4 1 2 は第 1 流体を含むマイクロチャンネル 4 1 0 または流れ場および第 2 流体を含むマイクロチャンネル 4 1 4 または流れ場を動作可能に接続し、熱の移動または流体内の物質の選択を可能にする。例えば、質量移動層、例えば膜は、第 1 および第 2 流体の膜透過性コンポーネントをある流体から別の流体へと膜を介して移動できるようにする。

#### 【0 0 6 6】

図 1 6 は並置された双方の流体の流体流れのパターンの概略図である。流体入口 4 0 4 は第 1 流体を入口ヘッダ 4 2 2 に提供し、ここで第 1 流体は支持構造体 4 0 6 の周囲をマイクロチャネル 3 2 4 の方へ流れ、出口ヘッダ 4 2 4 内のマイクロチャネルの反対端で回収され、流体出口 4 1 8 から出る。図 1 6 の実施形態がマイクロチャネル 4 2 3 ではなく流れ場を含んでいるのであれば、流体は入口ヘッダ 4 2 2 から流れ場を通して出口ヘッダ 4 2 4 へと流れる。流体が流れ場を通して流れる際に、流体は流れ場内に設置された種々の支持構造体の周囲を流れる。

【 0 0 6 7 】

第 2 流体は流体入口 4 1 6 から入口ヘッダ 4 2 6 へ入り、ここで第 2 流体はマイクロチャネル 4 2 7 または流れ場に向けられ、出口ヘッダ 4 2 8 で回収され、出口 4 2 0 から出る。図 1 6 は相互に直交して流れる第 1 および第 2 流体を有するデバイスを開示する。しかしながら当業者であれば、本デバイスを並流、向流または交差流のために構成することができることを理解するだろう。

【 0 0 6 8 】

図 1 7 は、複数の平行するマイクロチャネルではなく、流れ場 4 3 0 および 4 3 2 を使った別の実施形態の隣接する層の並置を開示する。

【 0 0 6 9 】

ある実施形態では、質量移動デバイスは第 1 流体が血液で第 2 流体が透析液の透析装置である。血液は流体入口 4 0 4 に入り、入口ヘッダ 4 2 2 に流れる。それから血液は流れ場またはマイクロチャネルを出口ヘッダ 4 2 4 に向かって流れ、流体出口 4 1 8 から出る。透析液は流体入口 4 1 6 を通って透析装置に入り、入口ヘッダ 4 2 6 に流れ、そこで透析液はマイクロチャネル 4 2 7 または流れ場に向けられ、出口ヘッダ 4 2 8 で回収されて出口 4 2 0 から出る。血液および透析液がそれぞれの流れ場を流れる際に、溶質は質量移動層を通して拡散される。個々の流れ場の間で圧力勾配が形成され、血液の透析濾過が実現される。この場合、流体は透析液から血液へ、および / または血液から透析液へと周期的に通過し、そうすることによって対流的な溶質移動により、分子を移動させる。拡散のみでは膜バリアの横断が遅くなる。限外濾過は透析における工程であり、この場合、患者の血流から余分な流体を除去する目的のために、流体は血液から透析液への拡散によって透析装置膜を通して移動する。水と共にいくつかの溶質もまた拡散よりはむしろ対流によって膜を通して取り出される。限外濾過は血液区分と透析液区分との間の圧力差によるものであり、この場合、流体はより高い圧力からより低い圧力の方へと移動する。

【 0 0 7 0 】

図 1 8 は交互する鏡像サブユニット 5 0 2 および 5 0 4 を有するデバイス 5 0 0 の実施形態を開示する。本実施形態では組合せた流体ヘッダ 5 0 6 を作製し、流体ヘッダはピア 5 1 0 を通ってマイクロチャネル 5 0 8 (または流れ場)へと流体を向ける。サブユニット 5 0 2 および 5 0 4 はヘッダ 5 0 6 用の切り欠きを持つガスケット 5 1 2 によって分離される。この配置は相互に向き合う異なる流体を持つヘッダを有する実施形態と比較すると、流体の相互汚染を低減する。さらに、サブユニット 5 0 2 および 5 0 6 をこのように配置することにより、図 1 2 に 3 0 4 および 3 0 6 として示す 2 つのガスケット設計に対して、単一の簡素なガスケット設計を可能にする。本実施形態は図 1 8 に示すような交差流または図 1 9 に示すような並流または向流用に構成することができる。

【 0 0 7 1 】

図 1 9 を参照すると、デバイス 5 2 0 は組合せられたヘッダ 5 2 4 および 5 2 6 を有するサブユニット 5 2 2 を備える。積層体 5 2 8 および 5 3 0 は移動層 5 3 7 によって分離された平行なマイクロチャネル 5 3 2 および 5 3 4 (または流れ場)を備える。平行なマイクロチャネル 5 3 2 および 5 3 4 によって並流する流路 5 3 8 および 5 4 0 が可能になる。あるいは、流路 5 3 8 または 5 4 0 の何れかの方向を反対にすることによって向流が実現される。

【 0 0 7 2 】

さらに別の実施形態では、サブユニット間へのガスケットの必要性は完全になくなる。

図 20 は質量移動デバイス 600 の部分組立て図を開示し、ここで、積層体 604 は両面にマイクロチャネル（または流れ場）およびヘッダを有する。この構成により、デバイス 600 を同一の移動層 602 および積層体 604 の交互の層として組立てることが可能になる。図 21 は積層体 604 の前面 606 および裏面 608 の平面図である。積層体前面 606 は第 1 流体入口ヘッダ 612 に流体接続された第 1 流体入口 610 を有する。第 1 流体入口ヘッダ 612 はビア 614 を介して積層体裏面 608 の第 1 流体マイクロチャネル 616（または流れ場）へと流体を向ける。マイクロチャネル 616 は流体をビア 618 に向け、ビアはマイクロチャネルを積層体前面 606 の第 1 流体出口ヘッダ 620 に流体接続し、そこで第 1 流体は第 1 流体出口 622 から出る。同様に、積層体裏面 608 は第 2 流体入口 624 を有し、これは第 2 流体入口ヘッダ 626 に流体接続される。第 2 流体入口ヘッダ 626 はビア 628 に流体接続され、ビア 628 は第 2 流体入口ヘッダを積層体前面 606 の第 2 流体マイクロチャネル 630（または流れ場）に流体接続する。第 2 流体マイクロチャネル 630 は流体をビア 632 に向け、ビア 632 は第 2 流体マイクロチャネルと第 2 流体出口ヘッダ 634 とを流体接続し、出口ヘッダは第 2 流体出口 636 に流体接続される。

10

20

30

40

50

#### 【0073】

図 22 はマイクロ流体移動デバイス 600（図 20）に使用される移動層 602 を開示する。移動層 602 は、板 604（図 21）上の流体ヘッダ 612、620、626 および 634 の位置と関係する 4 つの切り欠き 638 を有する。両面積層体 604 は、先に開示された実施形態と比較してほぼ半分の数の積層体を有するデバイスを可能にするが、圧縮のみでは積層体の同じ側に位置するヘッダとマイクロチャネルの間の移動層を適切にシールすることができない。

#### 【0074】

図 23 は両面積層体 604 を用いたマイクロ流体移動デバイス 700 の詳細図である。第 1 流体はヘッダ 706 から積層体 604 を介してマイクロチャネル 702（または流れ場）に流れる。同様に、第 2 流体は積層体 604 の図示しないヘッダからヘッダ 706 としてのプレートの同じ側に位置するマイクロチャネル 704（または流れ場）に流れる。移動層 602 は固体の表面ではなくマイクロチャネルデバイダ 708 によって隣接する層に対して圧縮されるので、流体は移動層の下で漏れ、ヘッダ 706 からの流体はマイクロチャネル 704 に入ることができる。移動層接着 710 はこれを防ぐ。接着またはレーザー溶接は移動層接着 710 を生成するが、しかしながら、当業者であれば他の方法を用いて接着を生成することができることを理解することだろう。このような方法としては、下記のものに限定されないが、RF 溶接、超音波溶接および熱溶接がある。

#### 【0075】

図 23 は交差流の両面デバイスを開示しているが、両面デバイスを並流または向流で構成することも可能である。例えば、図 24 は組合せヘッダ 726 および 728 を提供するように配置された両面積層体 722 および 724 を有するデバイス 720 を示す。マイクロチャネル 730 および 732 は平行で、移動層 734 によって分離されており、並流の流路 736 および 738 を可能にする。同様に、マイクロチャネル 740 および 720 は相互に平行しており、移動層 744 によって分離され、図示しない並流の流路を可能とする。当業者であれば本実施形態は向流も可能であることを理解するだろう。

#### 【0076】

マイクロ流体移動デバイスの一実施形態では、積層体全体の厚さを通り抜けるマイクロチャネルを使用する。図 25 はスルーカット積層体 800 の平面図である。積層体 800 は入口ヘッダ 804 に流体接続された流体入口 802 を有する。入口ヘッダ 804 はビア 808 に流体接続される。スルーカットマイクロチャネル 810 はマイクロチャネル 812 によってビア 808 に流体接続される。マイクロチャネル 814 はスルーカットマイクロチャネル 810 を出口ヘッダ 816 と流体接続し、出口ヘッダは流体流れを出口 818 へと向ける。マイクロチャネルは積層体の厚さ全体を通り抜けるので、マイクロチャネルデバイダは構造的な支持を必要とする。図 26 はパーシャルシックネスデバイダ 812 に

よって支持されたスルーカットマイクロチャネル 810 を有する積層体 800 を示す。頑丈な圧縮シールを可能にするために、積層体 800 は移動層を隣接する層に対して圧縮するための圧縮シール面 820 を有する。スルーカットマイクロチャネル積層体の別の実施形態を図 27 に示す。

#### 【0077】

図 27 はヘリングボーンパターンを形成するマイクロチャネルデバイダを有する積層体 800 の平面図を示す。図 28 を参照すると、マイクロチャネルデバイダ 814 は、ヘリングボーンパターンに配置された複数のパーシャルシックネス壁セグメント 816 を備える。パーシャルシックネス壁セグメント 816 は、隣接する壁セグメントが積層体 800 の反対側と同一平面になるようにヘリングボーンパターンに交互に配置される。この設計は、移動層（図示せず）のより大きな表面積を露出することによってデバイスの効率を上げる。パーシャルシックネス壁セグメント 816 は本質的にマイクロチャネルではなく流れ場を形成する、というのも、パーシャルシックネス壁セグメント 816 は単一チャネルに流れ込む流体を必ずしも拘束しないからである。

#### 【0078】

図 29 はスルーカット積層体 906 を使用したマイクロ流体移動デバイス 900 の組立て図である。ガスケット 904 に動作可能に接続された圧縮板 902 は、順に第 1 流体積層体 906、移動層 908 および第 2 流体積層体 910 を備える反復サブユニットを保持し、圧縮する。サブユニットは移動層 912 によって分離される。本実施形態の一つの利点はマイクロチャネルあたりの増大された移動層の露出である。スルーカットマイクロチャネルはこれらを隣接する板に動作可能に接続する移動層 908 および 912 によって 2 つの側面に連結されるので、積層体あたりの移動層の表面積はほぼ 2 倍になる。このことにより、より少ない数の層が可能となり、また、コストの削減とデバイスの小型化が可能となる。

#### 【0079】

図 30 は流体流路 1000 の詳細図である。流体は入口ヘッダ 1002 に入り、入口ヘッダは流体をピア 1004 に向ける。流体はピア 1004 を通ってマイクロチャネル 1006 に移動し、それからスルーカットマイクロチャネル 1008 へと移動する。スルーカットマイクロチャネル 1008 はスルーカットマイクロチャネル 1010 に対して直角に配向される。スルーカットマイクロチャネル 1008 および 1010 は構造的な支持のためのパーシャルシックネスデバイダ 1012 を有する。加えて、デバイダ 1012 は流体流れをほぼ妨げることなく混合を提供する。移動層 1014 はマイクロチャネル 1008 および 1010 を分離し、そしてそれらを動作可能に接続し、熱または質量が一つの流体から別の流体に移動できるようにする。

#### 【0080】

図 31 は並流および交差流れの両方を有するスルーカットデバイス 1100 の詳細図を開示する。デバイス 1100 は複数のサブユニット 1102 を備える。サブユニット 1102 は第 1 積層体 1106 と第 2 積層体 1108 との間に移動層 1104 を備える。積層体 1106 および 1108 はそれぞれスルーカットマイクロチャネル 1110 および 1112 を備える。マイクロチャネル 1110 および 1112 は互いに平行しており、隣接するサブユニット 1102 のマイクロチャネルに対して直角である。サブユニット 1102 は移動層 1114 によって分離される。従ってサブユニット 1102 はサブユニット 1102 内で積層体 1106 と 1108 との間に並流または向流を有し、サブユニット間では交差流を有する。

#### 【0081】

開示されたデバイスは流体膜を利用することができる。図 32 はプロセス流体流路 1202 および 1204 ならびに流体膜チャネル 1206 の並置における平面図を開示する。流体流路 1202 および 1204 は互いにほぼ平行で、流体膜チャネルに対してほぼ直角である。ここで図 33 を参照すると、流体膜デバイス 1300 は流体膜 1304 によって分離されたスルーカット積層体を有する。流体膜 1304 は流体 1308 を含むスルーカ

10

20

30

40

50

ット積層体 1306 および膜支持体 1310 を備える。スルーカット積層体 1308 はスルーカット積層体 1302 のマイクロチャネル 1314 に対してほぼ直角なマイクロチャネル 1312 を有する。当業者であれば膜支持体は液体膜用途に適切な任意の材料とすることができることを理解するだろう。例えば、そして限定されるものではないが、微孔性ポリエチレンフィルムを膜支持体として使用することができる。当業者であれば、膜支持体の組成および位置は、例えば、流体膜で使用される流体、プロセス流体ならびに動作温度および作動圧力によるものであることを理解するだろう。

#### 【0082】

開示されたデバイスは燃料電池としても構成することができる。図34は、陰極 1406 および陽極 1408 より成る移動層 1404 によって分離された複数のスルーカット積層体 1402 およびスルーカット積層体の間の高分子電極膜 1412 を備える燃料電池デバイス 1400 を開示する。図34のデバイスは、例えば、マイクロチャネル 1414 内に水素を、そしてマイクロチャネル 1416 内に酸素を含むことができる。移動層 1404 は陽極 1408 がマイクロチャネル 1414 に隣接し、陰極がマイクロチャネル 1416 に隣接するように配向される。当業者であれば本デバイスは任意の燃料電池で使うことができ、移動層の構成は、例えば、使用する燃料ならびに動作温度および使用圧力によるものであることを理解するだろう。当業者であれば、本デバイスは並流または向流用に構成することができることを理解するだろう。

#### 【0083】

図35はヘッダ領域のない流れ場透析装置の積層体の実施形態の平面図を示す。本実施形態では、流れ場は流れ場の上部に位置する入口 1505 および流れ場の下部に位置する出口 1510 を有する多角形状である。ピンなどの複数の支持構造体が流れ場内に位置する。説明を明確にするために、支持構造体は図35の流れ場に示していない。流れ場内の支持構造体の構成は、図3～図9を参照して上述のように変更することができる。

#### 【0084】

流れ場は流体流れのための空間をその間に持つ対向する壁 1517 によって画定される。壁 1517 は入口 1505 から分岐し、流れ場が入口 1505 の領域では比較的小さな横方向の大きさを持ち、中央部 1520 では広い横方向の大きさを持つようになっている。中央部 1520 は図35においてはほぼ楕円形に表示されているが、中央部の形状は変えることができる。中央部 1520 から、壁 1517 は出口 1510 に向かって収束し、流れ場は、出口 1510 では中央部 1510 と比べてより小さなサイズとなっている。入口 1505 は流れ場に入る前に比較的均一な分布を実現するために、流体のための特定の流体領域を持たずに流体を流れ場に供給する。

#### 【0085】

中央部 1520 に対する入口 1505 の比較的収束された大きさは、中央部 1520 を流れる流体と入口を流れる流体の間に圧力差を生じることとなる。つまり、流体が幅の広い中央部を流れる際、圧力は降下する。その後圧力は流体が出口 1510 のより小さな領域に向かって流れるにつれて上昇する。このことにより、流体が入口 1505 から中央部 1520 に向かって流れる際の流体速度の増加と、流体が中央部 1520 から出口 1510 に向かって流れる際の流体速度の減少が生じる。流れ場の形状は変えることができ、入口/出口領域および中央部との間でサイズの違いを実現させる種々の任意の形状をとることができる。例えば、図36は入口/出口領域および中央部との間のサイズの違いを実現させる円形の流れ場を示す。楕円形、ダイヤモンド形などのその他の形状も可能である。

#### 【0086】

そのような実施形態では、流れ場自体がそれ自身のヘッダ領域として作用する結果として、ヘッダを必要とせず、流体が衝突してその周りを流れ、均一な流れの分布を生じさせるピンなどの種々の支持体と組合せて、入口 1505 に直接隣接する流入流体の流れに関連する高速の流体領域の比較的高い圧力と流れ場の中央部 1520 に向かう低速の領域 1520 の比較的低い圧力との間の圧力降下の効果によってのみ、比較的均一した流量分布を実現する。入口 1505 を通って流れ場により多くの流体が入るので、すでに流れ場に

ある流体は出口 1 5 1 0 の方に押されて外に出される。さらに、流体が中央部 1 5 2 0 に流れる際の流体速度の減少は、流れ場における流体の滞留時間を増やすこととなる。滞留時間が増えると透析装置膜を通る拡散量が増加して透析装置の効率が上がる。

#### 【 0 0 8 7 】

ある実施形態では、ピン 1 5 1 2 は一列に配置され、ピンが実質的に流れ場を通してチャンネルを形成する。既知の技術を使い、ピンの列の間の一定深さのチャンネルを下記のように実現することができる。まず、例えば、アルミニウムなどの適切な材料を所望する大きさに加工することにより、またはポリイミドシートなどの適切な材料のシートをレーザーエッチングすることによって主積層体を作製する。ある実施形態では、約 1 0 c m × 約 1 0 c m の長方形の流れ場を形成するために、十分な量の積層体が使用される、しかし、変形も可能である。先に作製した主積層体でポリエーテルイミドシートをエンボス加工するか、またはレーザーエッチングと先に作製した主積層体でのエンボス加工とを組合せて行うことにより、主積層体からエンボス加工主積層体を作製する。最後に、各積層体をエンボス加工主積層体から作製する。当然のことながら製造方法の変形は可能である。

10

#### 【 0 0 8 8 】

レーザーエッチングを使って主積層体を作製するにあたり、レーザー光線は基板内に比較的均一した深さの経路を切断する。これは図 3 7 に模式的に示されており、この場合、直線 1 6 1 0 はチャンネルを形成するレーザー光線の連続する経路を表す。積層体内の比較的均一な深さのチャンネルは各レーザー経路の長さに沿って形成される。しかしながら、交差点 1 6 1 5 などのレーザー経路が交差するところでは、積層体はレーザー経路が交差し

20

#### 【 0 0 8 9 】

図 3 8 はレーザーで形成されたチャンネルが交差し、レーザーエッチング切断から生じる波状の床チャンネルを有する積層体の一部分の拡大図を示す。図 3 9 は波状のチャンネルおよびチャンネル間に形成されたピンを示す積層体表面の拡大図を示す。図 3 9 に示す実施形態は、側面と上面が全体的に平らな隆起表面を有する。別の実施形態では、隆起表面が側面と上面で丸みをおびている。波状のチャンネル経路床は、例えばアルミニウムを加工する際に典型的に作製されるもののような、比較的同等の深さの全てのピンの間の経路床で実現されるものよりも、流れのより混合された条件となる。つまり波状のチャンネル経路床は、より深い各領域における流れ速度と流れ方向に局所的なばらつきを生じさせることとなる。これにより、流体がより深い領域を流れる際に、流体の局所的な混合が生じることとなる。移動膜の表面近くに新鮮な透析液を繰り返し運ぶことによって、混合はデバイスの効率を上げる傾向にある。

30

#### 【 0 0 9 0 】

図 4 0 は、例えば、透析液を処理する交互に積層された積層体の入口 1 5 0 5 b および出口 1 5 1 0 b から透析される流体を処理する積層体の入口 1 5 0 5 a および出口 1 5 1 0 a を分離するために、交互の左右対称な積層体が交差流的にスタックされた実施形態を示す。このような実施形態では、各積層体は均一なスタッキングが実現できるように、四角形または円形の中心軸に対してほぼ対称とすることができる。ヘッダのない流れ場を持つほとんどあらゆる程度の向流、交差流または並流および適切に設置された入口および出口を構成することができ、これは本発明の範囲に含まれるだろう。

40

#### 【 0 0 9 1 】

血液透析用の開示されたデバイスを使用する実行可能性を決定するために、1 層、3 層、および 5 層のマイクロチャンネルベースのデバイスおよび単一層の流れ場デバイスを作製した。マイクロチャンネルベースのデバイスは、深さ 1 0 0  $\mu\text{m}$ 、幅 4 0 0  $\mu\text{m}$ 、幅 2 0 0  $\mu\text{m}$  のマイクロチャンネルを含む。アレイには 5 1 のチャンネルがあり、層（または移動ユニット）毎に比較的小さな膜移動面積 4 . 2 c m <sup>2</sup> を与えた。流れ場の設計は膜移動面積が

50

6.3 cm<sup>2</sup>で、流れ場の深さが60 μmだった。積層体はホットエンボス加工によって作製およびパターン形成した。全てのデバイスは交差流用に構成し、圧縮によってシールした。移動層はGambro Medical社から入手したAN69フラットシート膜だった。

#### 【0092】

開示された種々のマイクロ流体実施形態の流体の流量は、個々の積層体を通る流量とスタック内の積層体の数による。透析システム内で透析に使用されるマイクロ流体デバイスでは、マイクロ流体透析装置の流量は、透析装置の上流で生成される透析液の流量とほぼ一致し、これは、James R. Curtis氏、Ladislav F. Nonn氏およびJulie Wrazel氏による、2010年6月7日に出願された「超純化制御(ultrapurification control)による透析システム」と題される米国特許出願に開示されており、その全体を本明細書に参照として援用する。このようにして、最大1000 ml/minの流量を実現することができるが、自宅または夜間透析などの臨床現場以外の透析用途には、膜の何れかの側面が10 ml/minなどの低い流量が好適である。Richard B. Peterson氏、James R. Curtis氏、Hailei Wang氏、Robbie Ingram-Gobel氏、Luke W. Fisher氏およびAnna E. Garrison氏による、2010年6月7日に出願された「流体浄化システム」と題される米国特許出願およびJulie Wrazel氏、James R. Curtis氏、Ladislav F. Nonn氏、Richard B. Peterson氏、Hailei Wang氏、Robbie Ingram-Gobel氏、Luke W. Fisher氏、Anna B. Garrison氏、M. Kevin Drost氏、Goran Jovanovic氏、Todd Miller氏、Bruce Johnson氏およびAlana Warner-Tuhy氏による、2010年6月7日に出願された「透析システム」と題される米国特許出願も、それらの全体を本明細書に参照として援用する。

#### 【0093】

##### C. マイクロ流体移動デバイスの作製

本明細書に開示するデバイスは、マイクロ積層として知られる製作手法に関係する多くの技術によって作製することができる。マイクロ積層法は、オレゴン州立大学に譲渡されたいくつかの特許または係属中の出願に記載されている。これらには、米国特許第6,793,831号明細書、同第6,672,502号、「Mecsデバイスの高容量マイクロ積層製作」と題される米国特許出願公開第2007/0029365号、および「マイクロケミカル・ナノ・ファクトリー」と題される米国特許出願公開第2008/0108122号があり、それらの全体を本明細書に参照として援用する。

#### 【0094】

マイクロ積層法は、埋込み形状を有するモノリシックデバイスを生成するための積層体と呼ばれる材料の薄層のパターン形成および接着を含む。マイクロ積層法は生産技術の少なくとも3つのレベル、すなわち、1)積層体のパターン形成、2)積層体の位置合わせおよび3)積層体の接着を含む。よって、デバイスを作製する本発明の方法には、複数の積層体の提供、積層体の位置合わせおよび積層体の接着が含まれる。積層体の接着は開示された実施形態全てに必要なわけではない、というのも位置合わせされた積層体は圧縮板の間で保持されて圧縮シールを提供するからである。さらに別の代替方法として、ある実施形態は、圧縮と組合せて接着された少なくともいくつかの積層体を有することができる。この方法はデバイスを作製するためのコンポーネントの解離(すなわち、構造からサブ構造へ)も含むことができる。コンポーネントの解離は、積層体の接着の前、後または同時に行うことができる。

#### 【0095】

本発明の一態様では、積層体は種々の材料、特に金属；金属間金属および超合金を含む合金；単なる例として、下記に限定されないが、ポリカーボネート、テレフタル酸ポリエチレン(PET)、ポリエーテルイミド(PEI)、ポリ(メタクリル酸メチル)(PM

MA) およびポリ(テトラフルオロエチレン)(PTFE)などのハロゲン化ポリエチレンを含むポリマー材料、セラミックおよびこれらの材料の組合せから形成される。特定の用途用の材料の適切な選択は、金属または合金の物理的特性および費用などの種々の要因によって決定される。金属のマイクロ積層法に特に有用な金属または合金の例としては、下記のものに限定しないが、ステンレススチール、銅、チタン、ニッケル、アルミニウムがある。本発明のマイクロ積層法に有用な積層体は、種々の大きさとすることができる。一般に積層体の厚さは約25 μm ~ 約1000 μm、好適には約25 μm ~ 約500 μm、さらに好適には約25 μm ~ 約250 μmである。スタック内の個々の積層体は異なる厚さとすることができる。

【0096】

10

#### 1. 積層体のパターン

積層体のパターン形成には、積層体におけるパターンの加工またはエッチングが含まれる。積層体のパターン形成はまた、エンボス加工、ロールエンボス加工および/または打抜き加工を含む。生成されるパターンは作製されるデバイスによる。下記に限定されないが、加工、エッチングの技術としては、レーザー光線、電子ビーム、イオンビーム、電気化学、放電加工、化学材料および機械材料の蒸着または除去がある。積層体はリソグラフィー工程および非リソグラフィー工程などの技術の組合せによってパターン形成することができる。リソグラフィー工程としては、微小成形およびLIGAなどの電気めっき法ならびにその他の正味形状製作技術がある。リソグラフィー技術のいくつかの追加例としては、化学マイクロマシニング(すなわちウェットエッチング)、光化学加工(EMM)、プラズマエッチングならびに化学蒸着、スパッタリング、蒸着および電気めっきなどの蒸着技術がある。非リソグラフィー工程としては、放電加工(EDM)、機械微細加工およびレーザー微細加工(すなわちレーザー光剥離)がある。大量生産されるデバイスには光化学的および電気化学的な微細加工が好適であるようだ。

20

【0097】

開示されたデバイス実施形態の積層体のパターン形成のための一つの方法として、微細エンボス加工がある。例えば、本開示のある実施形態は下記の技術を使って作製した。Obducat ナノインプリントリソグラフィーシステム(Obducat Nano Imprint Lithography system)を、マスターからポリマー部分へ微小パターンを転写するために使用した。マスターの製作は、アルミニウムなどの金属内でマスターを微小フライス加工することによって行った。中間体としてポリエーテルイミド(PEI)などの別の材料を使う二重転写工程も使用した。パターン形成されたフォトレジストを開始マスターとして使用する三重転写工程も使用した。パターンは典型的にはSU-8であるフォトレジストからポリジメチルシロキサン(PDMS)に転写され、それから熱硬化性エポキシ(例えばConapox FR-1080)に転写され、それはObducat ツールにおいてエンボスマスターとして使用され、パターンをテレフタル酸ポリエチレン(PET)などのより低い融解温度のポリマーへと転写した。SU-8は複数の層に蒸着およびパターン形成することができ、精密な多面マスターの生成が可能となる。これらの面は、圧縮シールを有する面の上であっても下であってもよく、例えば、シールボスや複数の深さを有するチャンネルなどの隆起形状の形成が可能となる。積層体も2つのマスターを使って両面に同時にエンボス加工することができる。マークやピンなどの位置決め技術をプロトタイピング中に使用した。大量生産は視覚システムを使った自動位置決めを含む変換工程としても知られるロールエンボス加工および積層技術を使って実現することが予想される。

30

40

【0098】

開示された実施形態を作製する別の方法として、金属積層体、例えば316/316L ステンレススチールの光化学エッチングがある。パターン化されたフォトレジストは、積層体の前面および裏面をそれぞれ異なるマスキングでマスクするために使用された。各側面からの部分エッチングによって、片面からもう片面へのピア、および両面に開いたチャンネルを含む入り組んだ流路を生成した。チャンネルデバイダを安定させる小さな支持構造体

50



も生成した。このような構造はセグメント化されたチャネルデバイダ構造を生成するために使用することができ、そうすることによって移動層の活性表面積を増やすことができる。

#### 【0099】

レーザー加工も積層体およびエンボス加工マスターのビア、入口および出口ポートならびに位置決めピンホールの切断に使用した。355nm波長のESI5330をレーザー加工に使用した。大量生産において、レーザーはビアやその他の貫通物の切断に使用することができる。ビアの生成に際して、非直角のビアを生成するには、レーザーの角度は好適には非直角である。こうすることによって流路内のデッドボリュームを削減することができる。あるいは、ビアおよびその他の貫通物を打ち抜き加工によって生成することができる。打ち抜き加工は、適切なエンボス/打ち抜きマスターの設計全体にわたるエンボス加工の一部として行うことができる。特に非直角ビアも適切なエンボス/打ち抜きマスターを設計することによって生成される。

10

#### 【0100】

レーザー微小加工はパルス状または連続するレーザー作用によって行われてきた。Nd:YAGおよびエキシマレーザーに基づく加工システムは典型的にパルス状であり、CO<sub>2</sub>レーザーシステムは連続的なものである。Electro Scientific Industries社のモデル4420は、Nd:YAG用の典型的なシステムである。この微小加工システムはデジタル制御のXY動作で集束レーザー光束を部品上で動かすことによる2つの自由度を使用する。切断作用は加工される材料や使用される波長によって、熱的かまたは化学的に切除される。Nd:YAGレーザーの駆動機構は、およそ2μmの分解能を提供するデジタル制御のサーボアクチュエータとすることができる。しかしながらスルーカットの幅は集束ビームの直径による。

20

#### 【0101】

積層体もCO<sub>2</sub>レーザーシステムで加工されてきた。市販のCO<sub>2</sub>レーザーのほとんどは、切断される材料を半切除または液化する。高速ガスジェットは破片の除去を補助するためにしばしば使用される。Nd:YAGシステムと同様に、レーザー（またはワークピース）は材料に所望のパターンを得るために、X-Y方向に移動される。

#### 【0102】

Nd:YAGパルスレーザーは、例えば厚さ90μmのスチールシムの切断に使用されてきた。これらの切断の線幅はおよそ35μmであるが、スチールではいくらか先細になっていた。前面の切断端にいくらか破片や隆起が発生することがある。この材料は積層体の準備中に表面研磨などによって表面から簡単に除去することができる。

30

#### 【0103】

積層体もCO<sub>2</sub>レーザーを使ってパターン形成することができる。CO<sub>2</sub>スルーカットはおよそ200μm幅で僅かなテーパを呈した。CO<sub>2</sub>レーザー切断の幅は使用されたシステムを使って実現することのできる最小のものだった。その部分は破片を除去する表面研磨によって積層体準備ステップにおいて処理することができる。

#### 【0104】

パルスNd:YAGレーザーもポリイミドから生成される積層体などの、ポリマー材料から作製された積層体の微細加工を行うことができる。パルスNd:YAGレーザーはこれらの材料を高分解能で、破片のリキャストを生じさせずに微細加工することができる。化学的アブレーションが明らかに材料の除去に含まれるメカニズムである場合には、この種の作業には紫外線波長が最適だと思われる。直径範囲25~50μmの汚れのない鋭い穴が生成される。

40

#### 【0105】

### 2. 積層体の準備

使用される積層体およびパターン形成技術に応じて、積層体パターン形成に積層体の準備を含むことができる。積層体は種々の技術によって準備することができる。例えば、パターン形成後の積層体の表面研磨は有益である。さらに、金属または合金の積層体から酸

50

化物を除去するために酸エッチングを使用することができる。積層体の準備は、積層体の一部または全体に酸化物を含まないコーティング処理を含むことができる。この例として、積層体に金の電気めっきを施すことによる周囲条件における酸化防止がある。

#### 【0106】

### 3. 位置合わせ

積層体の位置合わせには、(1) デバイスを作製するために使用されるスタック内の複数の積層体の各々がスタック内の適切な位置にくるような積層体のスタッキングおよび(2) 隣接する積層体を、それらがデバイスの設計によって定められたように適切に位置決めされるような設置が含まれる。積層体を正しく位置決めするには、手作業または視覚的な積層体の位置合わせを含む種々の方法があることを理解されたい。

10

#### 【0107】

積層体を相互に位置決めすることのできる精密さによって、最終的なデバイスが機能するかどうかが決まる。複雑性は、ある程度のミスアラインメントに寛容なマイクロチャネルアレイなどのような構造から、高精度な位置決めを必要とするより洗練されたデバイスまでおおよぼ。当業者であれば、相互に平行な隣接する積層体のマイクロチャネルは交差流れを持つ実施形態よりもより大きな位置決め精度を必要とすることを理解するだろう。所望の精度を実現するためにいくつかの位置決め法を使用することができる。位置合わせは、例えば、積層体のスタックを受け入れて各々の積層体をいくつかの埋込み形状、例えば隅および端部を使って位置決めする位置決めジグを使って実現することができる。これは、そのような形状が全ての積層体に共通する場合に最もよく機能する。別の手法として、他の形状が加工されるのと同時に各積層体に穴などの位置決め形状を組込むものがある。位置決めジグは位置決め穴を貫通するピンを組込むために使用される。積層体の端部がこの精度に正確であるならば、端部位置決め手法によって積層体を  $10\ \mu$  以内の精度で位置合わせすることができる。位置決めピンと高精度な積層体加工技術を使ってマイクロレベルの位置決めが実行可能となる

20

#### 【0108】

視覚システムと熱アシスト積層体の位置合わせも所望であれば使用することができる。熱アシスト積層体の位置合わせに関する追加の詳細は、米国特許出願公開第 2007/0029365 号に記載されており、これを本明細書に参照として援用する。当業者であれば位置合わせ工程は自動化することができることも理解するであろう

30

#### 【0109】

### 4. デバイスの製造

積層体の接着には、複数の積層体のうちの少なくともいくつかを相互に接着してモノリシックデバイス(積層物とも呼ぶ)を生成することも含まれる。積層体の接着は、下記に限定されないが、拡散はんだ付け/接着、熱ろう付け、接着結合、熱接着結合、硬化接着結合、静電接着、抵抗溶接、マイクロ突起溶接およびこれらの組合せを含む多くの方法によって行うことができる。位置合せされた積層体の接着に加えて、またはその代わりとして、開示されたデバイスを圧縮板の間に組付けることができる。しかしながらいくつかの用途では、移動層への積層体の接着が好適である。加えて、接着またはレーザータック溶接などの溶接を製造中の組付けを容易にするために使用することができる。

40

#### 【0110】

デバイス製作の好適な方法には、高スループット、低コストの製作技術が含まれる。積層体パターン形成はとりわけ、エンボス加工、打ち抜き加工、光化学エッチングを含むいくつかの技術を使って実現される。一つの好適な実施形態では、組立てはウェブ加工または変換産業で 사용되는もののようなロール技術によって実現される。ポリマーフィルムはロールエンボス加工およびロール打ち抜き加工され、積層されてサブ組立て体が形成される。金属の積層体は光化学エッチングを使ってパターン形成される。現在開発中のアプレシブウォータージェット技術も金属積層体のパターン形成のために将来使用することができるだろう。サブ組立て体は圧縮フレーム内で分離され、スタックされ、そして組立てられる。主要なシール方法は外部フレームからの圧縮によるものであるが、レーザー溶接

50

や接着などの技術はいくつかの実施形態の一部に使用することができる。シーラントまたはシール方法を端部に適用して、膜から外部への漏出を防ぐことができる。

【 0 1 1 1 】

5 . 熱移動動作

その他の実施形態において、本明細書で開示されたマイクロ流体移動デバイスを種々の熱移動動作で 사용할 ことができる。本明細書で開示された質量移動デバイスのように、熱移動デバイスは複数のサブユニットのスタックを備え、所望の容積に合わせてデバイスを縮小または拡大することができる。熱伝導層はそのようなデバイス（例えばサブユニットの間に位置する）に組込んで、ある流体から別の流体に熱を移動するようにすることができる。

10

【 0 1 1 2 】

例えば、図 1 を参照すると、熱移動実施形態において、移動層 1 1 0 は熱をマイクロチャンネル 1 0 6 内の流体からマイクロチャンネル 1 1 2 内の流体に、またはその逆に移動するための熱移動層とすることができる。本実施形態では、移動層 1 1 0 は所望される用途に対する十分な速度で熱を一つの流体から別の流体に移動することのできる任意の材料とすることができる。関連する要因としては、下記に限定されないが、熱移動層 1 1 0 の熱伝導率、熱移動層の厚さおよび所望される熱伝導率がある。適切な材料としては、下記に限定されないが、金属、金属合金、セラミック、ポリマーまたはそれらの合成物がある。適切な金属としては、下記に限定されないが、鉄、銅、アルミニウム、ニッケル、チタン、金、銀またはスズがある。銅はおそらく特に所望される材料であろう。

20

【 0 1 1 3 】

本明細書に記載する質量移動デバイスと同様に、マイクロ流体熱移動デバイスのマイクロ規模の寸法は、バルク流体内の拡散または導電長さを減少することによって熱移動の制限を低減し、そうすることによって移動層 1 1 0（図 1）の単位面積当たりの熱伝導率を増やし、結果的に効率を上げてデバイスのサイズを減少する。

【 0 1 1 4 】

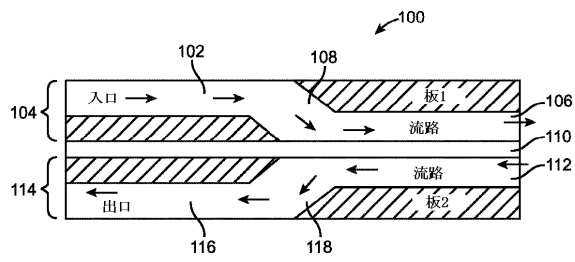
開示された実施形態は、熱移動コンポーネントおよび質量移動コンポーネントの双方を組込むことができる。当業者であれば、多くの構成が可能であり、所望の用途によって最適な構成が決定されることを理解するだろう。

【 0 1 1 5 】

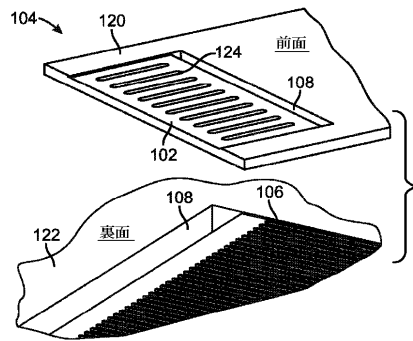
開示された本デバイスの原理が適用される多くの可能な実施形態に照らして、説明された実施形態は単なる好適な例であり、当業者によって理解されるものよりも狭い範囲に請求項を制限するものと解釈してはならないことが理解されるだろう。むしろ範囲は下記の請求項によって定義される。さらに当業者であれば複数の従属項は各独立項にほぼ同等に適用可能であることを理解するだろう。従って私達はそれらが全てこれらの請求項の範囲および趣旨内であることを主張する。

30

【図 1】



【図 2】



【図 3】

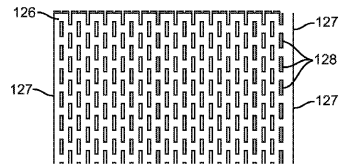


FIG. 3

【図 4】

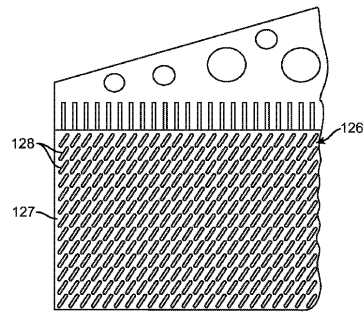


FIG. 4

【図 5】

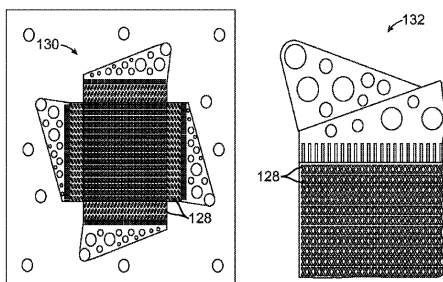


FIG. 5

【図 6 B】

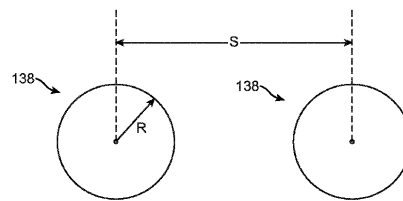


FIG. 6B

【図 6 A】

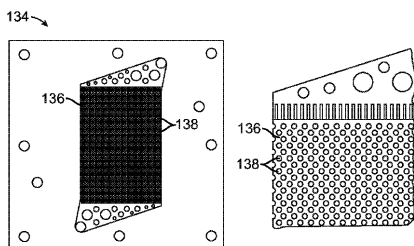


FIG. 6A

【図 6 C】

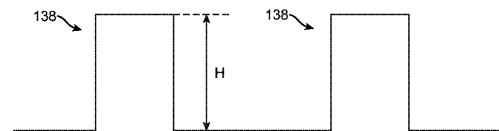


FIG. 6C

【 図 7 】

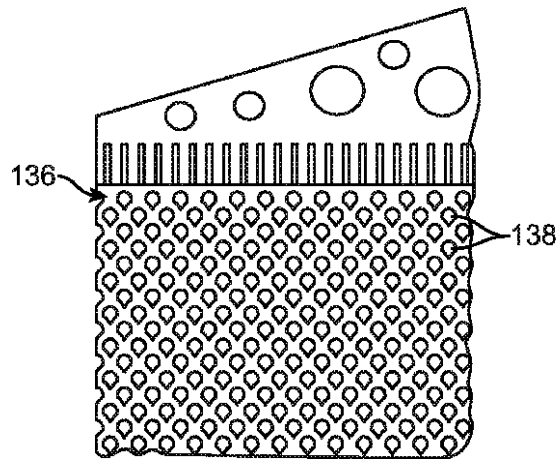


FIG. 7

【 図 8 】

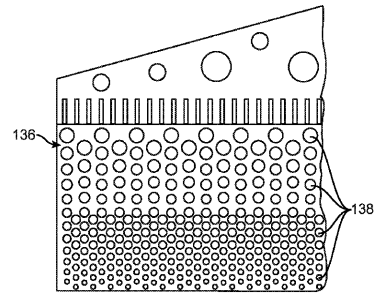


FIG. 8

【 図 9 】

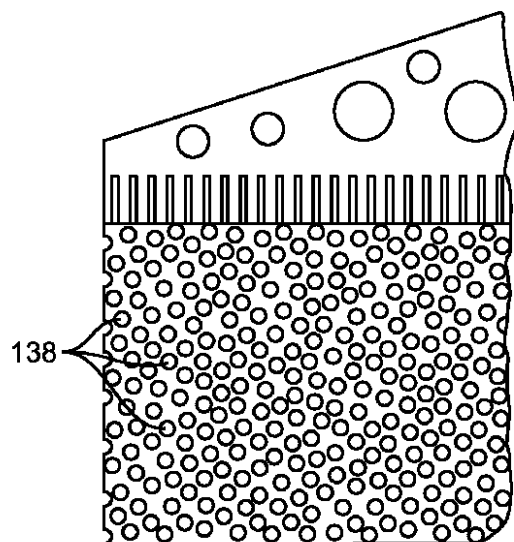


FIG. 9

【 図 10 】

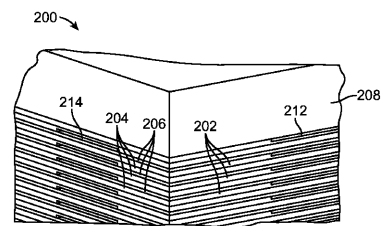


FIG. 10

【 図 11 】

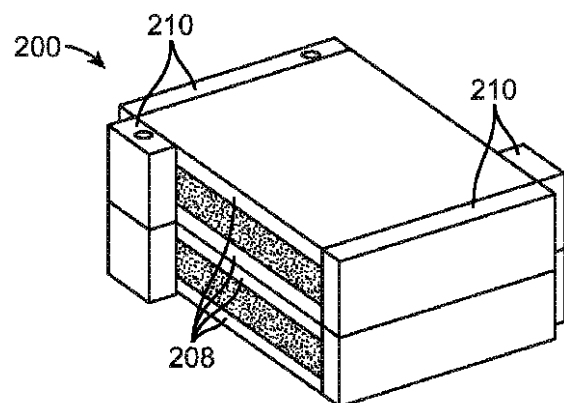


FIG. 11

【図 1 2】

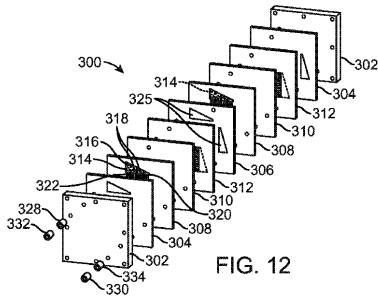
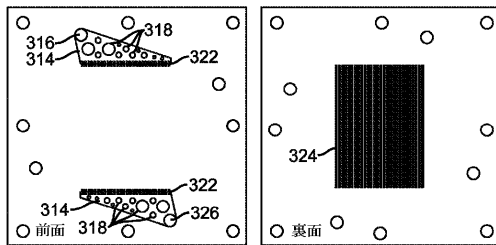


FIG. 12

【図 1 3】

308, 312



【図 1 4】

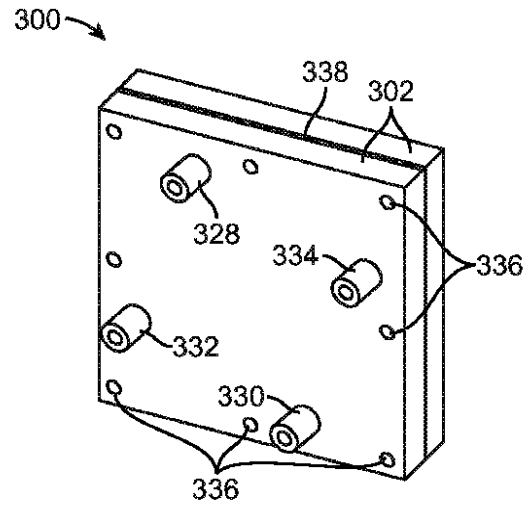


FIG. 14

【図 1 5】

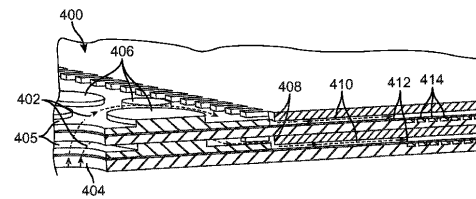


FIG. 15

【図 1 6】

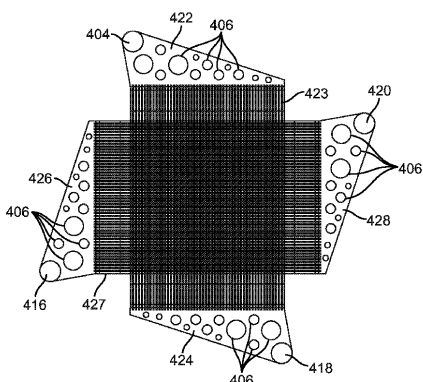


FIG. 16

【図 1 8】

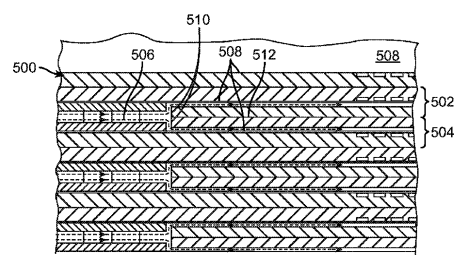


FIG. 18

【図 1 9】

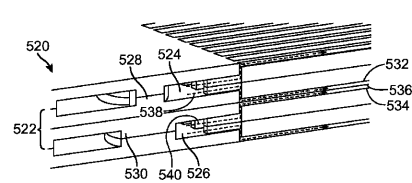


FIG. 19

【図 1 7】

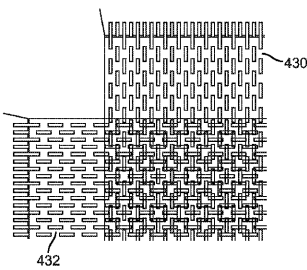


FIG. 17

【図 20】

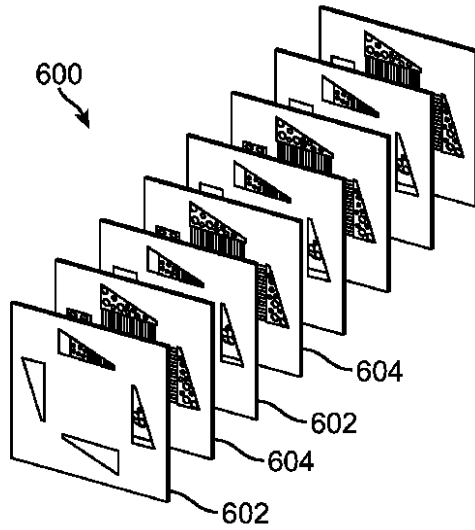


FIG. 20

【図 21】

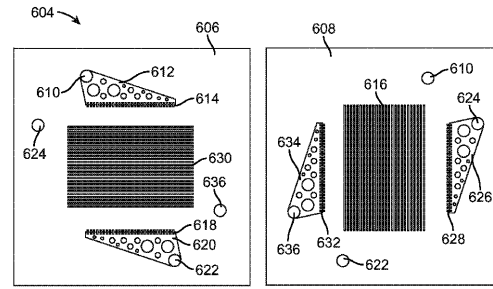


FIG. 21

【図 22】

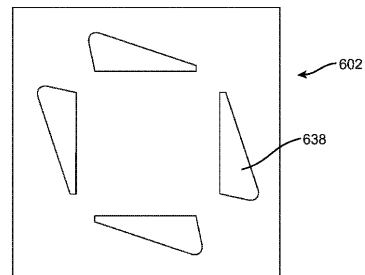


FIG. 22

【図 23】

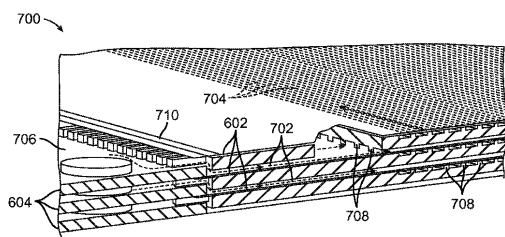


FIG. 23

【図 24】

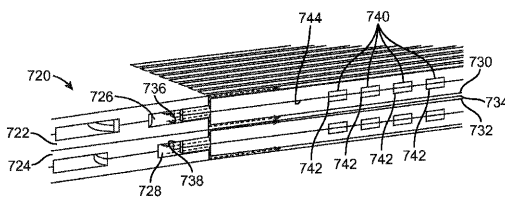
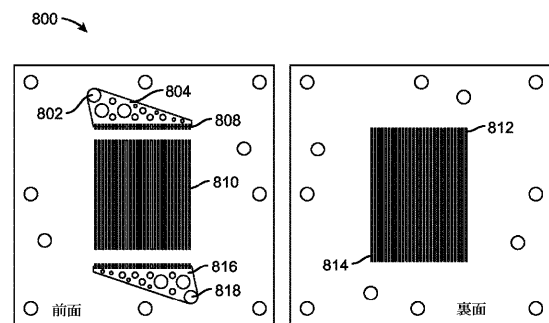


FIG. 24

【図 25】



【図 26】

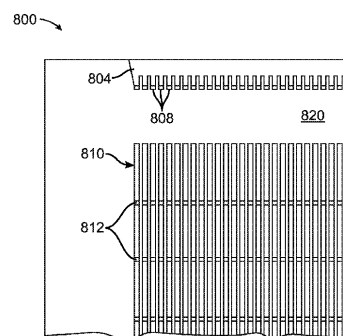


FIG. 26

【図 27】

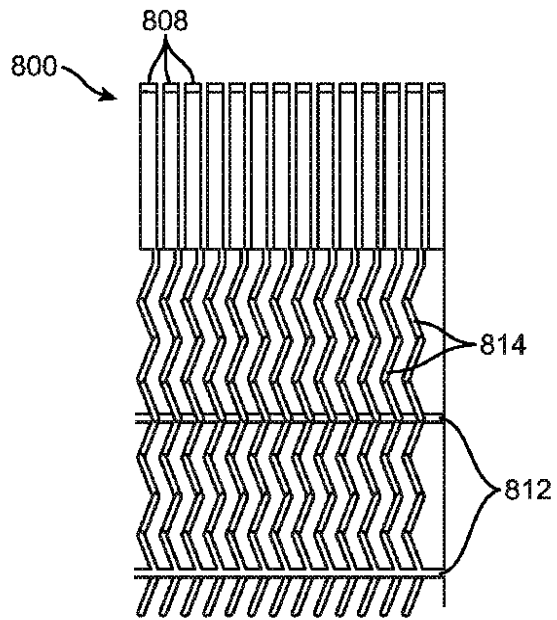


FIG. 27

【図 28】

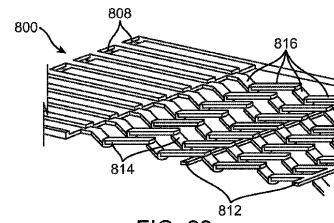


FIG. 28

【図 29】

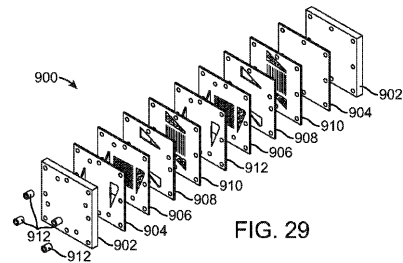


FIG. 29

【図 30】

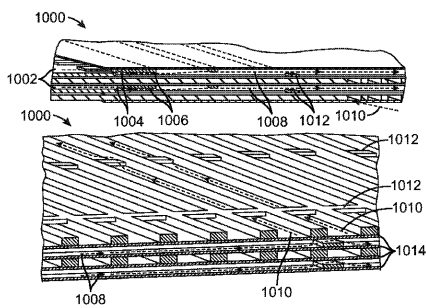


FIG. 30

【図 31】

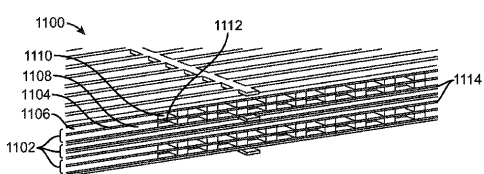


FIG. 31

【図 32】

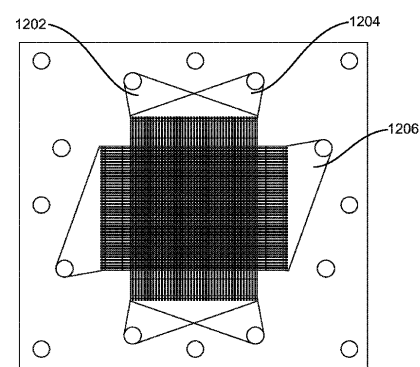


FIG. 32

【図 33】

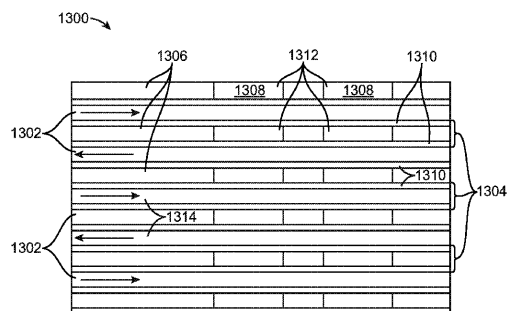


FIG. 33



【 図 3 4 】

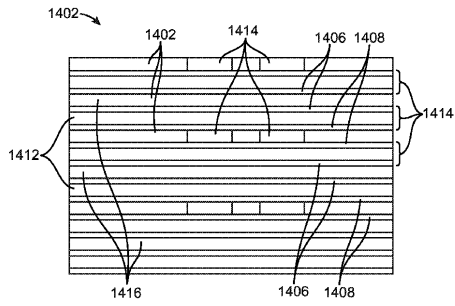


FIG. 34

【 図 3 5 】

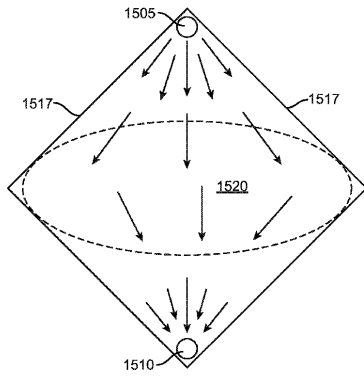


FIG. 35

【 図 3 6 】

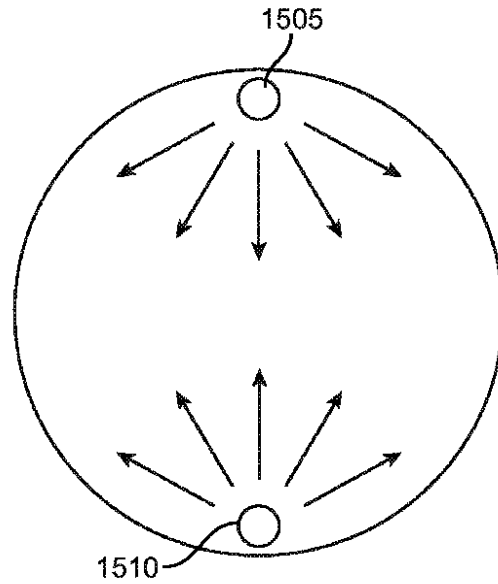


FIG. 36

【 図 3 7 】

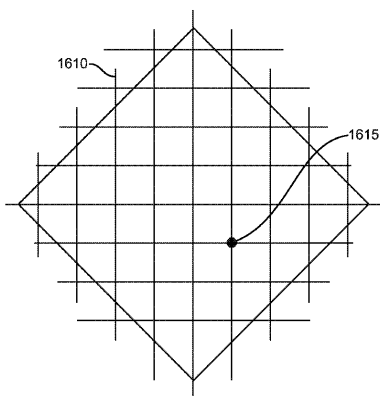


FIG. 37

【 図 3 8 】

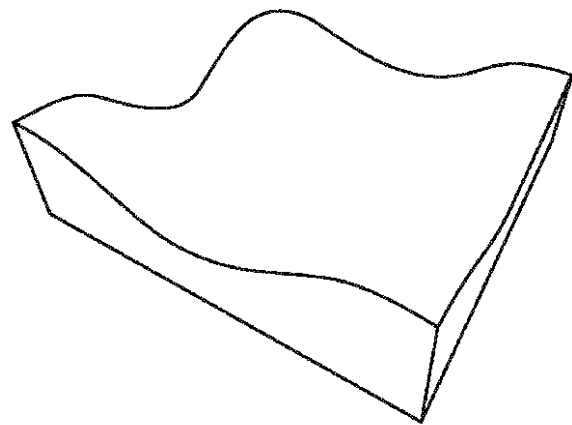


FIG. 38

【 図 3 9 】

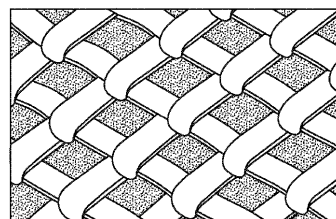


FIG. 39

【 図 40 】

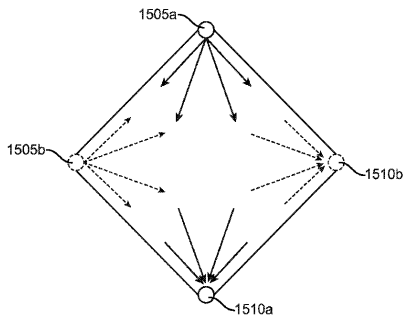


FIG. 40

## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2010/037621

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. B01D63/08  
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	US 2009/211977 A1 (MILLER RICHARD TODD [US]) 27 August 2009 (2009-08-27)	1,2, 4-16, 18-38, 43-58,62
L	the whole document	1,2, 4-16, 18-38, 43-58,62
X	WO 2006/042079 A1 (UNIV ARD OF HIGHER EDUCATION O [US]; HOME DIALYSIS PLUS LTD [US]; BROW) 20 April 2006 (2006-04-20) cited in the application  * abstract; figures	1,2, 4-11,13, 14,16, 18-33, 36,38, 45,46, 48, 50-57,62

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the international filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 September 2010

Date of mailing of the international search report

16/09/2010

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Goers, Bernd

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2010/037621

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/076529 A1 (STICHTING HOGESCHOOL VAN UTREC [NL]; SILLEN ROBERT MATHIEU JOHAN [NL];) 3 October 2002 (2002-10-03)  page 2, line 3 - line 4; figures page 4, paragraph 2	1,2, 4-11,13, 14,16, 18-36, 38,45, 46,48, 50-57,62
X	US 2005/202557 A1 (BORENSTEIN JEFFREY [US] ET AL BORENSTEIN JEFFREY T [US] ET AL) 15 September 2005 (2005-09-15)  paragraph [0123] - paragraph [0125]; figure 4	1,2,4, 7-9,19, 21,23, 25, 29-32, 50,62
X	US 5 094 749 A (SEITA YUKIO [JP] ET AL) 10 March 1992 (1992-03-10) figures	1,3,50, 62
X	US 4 080 295 A (RIEDE GERHARD) 21 March 1978 (1978-03-21) figures 4,5	1,3,50, 62
X	US 4 310 416 A (TANAKA YOSHINOBU ET AL) 12 January 1982 (1982-01-12)  column 15, line 39 - line 52; figures	1,2, 4-12,14, 16, 18-33, 36,38, 43-57,62
A	US 4 115 273 A (WINSTEAD THOMAS W) 19 September 1978 (1978-09-19) figures	17,40,59
A	GB 1 289 738 A (KLINGER, H; SCHILLE, D.; BIER, K.) 20 September 1972 (1972-09-20) page 3, line 13 - line 36; claims 2-4; figures 1,4	41,42, 60,61
X	EP 0 324 922 A2 (GAMBRO AB [SE]) 26 July 1989 (1989-07-26)  figures	1,2, 4-12, 15-33, 36,37, 39-56, 58-62

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/037621

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2009211977 A1	27-08-2009	NONE	
WO 2006042079 A1	20-04-2006	AU 2005294236 A1 CA 2583360 A1 CN 101084054 A EP 1804959 A1 JP 2008515551 T KR 20070083967 A US 2008093298 A1	20-04-2006 20-04-2006 05-12-2007 11-07-2007 15-05-2008 24-08-2007 24-04-2008
WO 02076529 A1	03-10-2002	EP 1370309 A1 NL 1017570 C2	17-12-2003 13-09-2002
US 2005202557 A1	15-09-2005	NONE	
US 5094749 A	10-03-1992	DE 3886053 D1 DE 3886053 T2 EP 0392010 A1 WO 8809200 A1	13-01-1994 07-04-1994 17-10-1990 01-12-1988
US 4080295 A	21-03-1978	AU 505661 B2 AU 2186977 A BE 851426 A1 CA 1064832 A1 CH 615596 A5 DE 2705691 A1 FR 2340758 A1 GB 1540693 A IT 1076316 B JP 52099977 A NL 7700993 A SE 396887 B SE 7601673 A	29-11-1979 10-08-1978 31-05-1977 23-10-1979 15-02-1980 18-08-1977 09-09-1977 14-02-1979 27-04-1985 22-08-1977 18-08-1977 10-10-1977 17-08-1977
US 4310416 A	12-01-1982	GB 2003053 A	07-03-1979
US 4115273 A	19-09-1978	AR 214906 A1 BE 860798 A1 BR 7707278 A CA 1079651 A1 DE 2747904 A1 FR 2370497 A1 GB 1589399 A JP 53087600 A MX 145131 A NL 7712571 A	15-08-1979 16-05-1978 11-07-1978 17-06-1980 18-05-1978 09-06-1978 13-05-1981 02-08-1978 06-01-1982 17-05-1978
US 4115273 A		SE 7711463 A	16-05-1978
GB 1289738 A	20-09-1972	CS 160219 B1 DE 1926907 A1	28-03-1975 18-06-1970
EP 0324922 A2	26-07-1989	DE 3873730 D1 DE 3873730 T2 ES 2034128 T3 SE 457605 B	17-09-1992 24-12-1992 01-04-1993 16-01-1989

## フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**A 6 1 M 1/34 (2006.01)** A 6 1 M 1/34 5 0 0

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(71)出願人 511312791

ホーム ダイアリシス プラス リミテッド

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 2 2 7 ポートランド スイート ビー エヌ ラッセル ストリート 8 1 8

(74)代理人 100147485

弁理士 杉村 憲司

(74)代理人 100164448

弁理士 山口 雄輔

(74)代理人 100165696

弁理士 川原 敬祐

(72)発明者 ケヴィン ドロスト

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 1 - 6 0 0 1 コーバリス ロジャーズ ホール 2 0 4

(72)発明者 グラン ナデージダ ジョヴァノヴィック

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 0 コーバリス エヌ ダブリュー ヘザー ドライブ 1 0 6 0

(72)発明者 リチャード ティー ミラー

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 0 コーバリス 1 0 0 0 エヌイー サークル ブールバード スイート 1 0 1 ビルディング 1 1

(72)発明者 エリック ケイ アンダーソン

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 0 コーバリス エヌダブリュー ファイアーウィード プレイス 2 6 6 8

(72)発明者 アラナ ワーナー テュイ

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 0 6 5 6 4 コーバリス アpartment 6 0 5 エヌダブリュー キングス ブールバード 1 5 5

(72)発明者 ジェイムス アール カーティス

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 2 1 4 ポートランド エスイー 第19 アヴェニュー 6 1 7

(72)発明者 ブルース ダブリュー ジョンソン

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 0 コーバリス ソープ クリーク ロード 3 7 9 0

(72)発明者 ジュリー エス ウラゼル

アメリカ合衆国 オレゴン州 9 7 3 3 0 コーバリス ピーエムビー 2 2 0 エヌダブリュー 第4 ストリート 1 3 1

F ターム(参考) 4C077 AA05 BB01 CC02 CC03 CC07 CC08 DD10 EE01 EE03 HH02

HH03 JJ02 JJ03 KK07 KK12 KK13 KK23 LL12 LL13 LL14

LL15 NN02 NN03 PP04 PP15 PP29

4D006 GA13 HA42 KA16 MA01 MA03 MA18 MC02 MC03 MC16 MC18

MC30 MC37 MC39 MC48 MC49 MC58 MC62 PA01 PB02 PB09

PB62 PB64 PC41