

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5783475号  
(P5783475)

(45) 発行日 平成27年9月24日(2015.9.24)

(24) 登録日 平成27年7月31日(2015.7.31)

(51) Int.Cl.

C02F 1/48 (2006.01)

F 1

C02F 1/48

B

請求項の数 16 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2013-510605 (P2013-510605)  
 (86) (22) 出願日 平成23年5月17日 (2011.5.17)  
 (65) 公表番号 特表2013-529131 (P2013-529131A)  
 (43) 公表日 平成25年7月18日 (2013.7.18)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2011/058001  
 (87) 國際公開番号 WO2011/144636  
 (87) 國際公開日 平成23年11月24日 (2011.11.24)  
 審査請求日 平成26年5月15日 (2014.5.15)  
 (31) 優先権主張番号 10163021.8  
 (32) 優先日 平成22年5月17日 (2010.5.17)  
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 512268491  
 ボルテア ビー. ブイ.  
 オランダ, エヌエル-2171 エ-イ  
 - サッセンハイム, ワスペーケルラー  
 ン, 24  
 (74) 代理人 100107456  
 弁理士 池田 成人  
 (74) 代理人 100148596  
 弁理士 山口 和弘  
 (74) 代理人 100123995  
 弁理士 野田 雅一  
 (72) 発明者 ラインホウト, ハンク ロバート  
 オランダ, エヌエル-2613 ディー  
 エス デルフト, ウィレムシュトラート  
 , 51

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】イオンを除去するための装置、およびイオンを除去するための方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ハウジング(31)が設けられた、水からイオンを除去するための装置であつて、前記ハウジングが、該ハウジング(31)内に水を流入させるための水入口(32)と、該ハウジング(31)から水を流出させるための水出口(33)と、電力コントローラ(PC)に接続されて間に電位差が与えられる第1の電極(21)および第2の電極(22)とを備え、

当該装置が、前記第1の電極と前記第2の電極との間で流れる水の第1の部分の流速を前記第1の電極と前記第2の電極との間で流れる水の第2の部分に対して調整するように構成されて配置される速度調整器(64)を備え、

水の前記第1の部分が、前記第1の電極から前記第2の電極へ向かう方向と垂直な方向に沿って前記速度調整器(64)の中心(63)を通じて流れ、

水の前記第2の部分が、前記第1の部分と比較して前記速度調整器(64)において前記第1の電極と前記第2の電極のうちの一方のより近傍で前記第1の電極から前記第2の電極へ向かう方向と垂直な方向に沿って流れ、

前記速度調整器(64)が多孔質材料からなり、その多孔率が前記速度調整器(64)の中心から前記第1の電極(21)と前記第2の電極(22)のうちの前記一方にかけて増大している、装置。

10

20

**【請求項 2】**

前記速度調整器（64）が、水の前記第1の部分の流速を水の前記第2の部分の流速と比べて減少されるように調整するべく構成されて配置される、請求項1に記載の装置。

**【請求項 3】**

水の前記第1の部分が、水の前記第2の部分よりも前記第1の電極または前記第2の電極からより離れて流れる、請求項1または2に記載の装置。

**【請求項 4】**

水の前記第2の部分が前記速度調整器（64）の縁部（62）を通じて流れる、請求項1～3のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 5】**

前記速度調整器（64）が、水の流速を調整するように調整され得る流れ抵抗を有する材料からなる、請求項1～4のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 6】**

前記速度調整器（64）が多孔質材料からなり、前記速度調整器の前記中心（63）の流れ抵抗が縁部付近よりも大きく、それにより、前記速度調整器（64）の前記中心を通過する水の速度が前記速度調整器（64）の前記縁部を通過する水と比べて低下される、請求項1～5のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 7】**

前記速度調整器（64）の流れ抵抗が、前記第1の電極（21）および前記第2の電極（22）のうちの一方の近傍から前記速度調整器（64）の前記中心へ向けて連続的に増大する、請求項1～6のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 8】**

前記速度調整器（64）が、スペーサに沿って設けられ、スペーサの外側に設けられ、または、スペーサに組み込まれる、請求項1～7のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 9】**

前記速度調整器（64）が、グリッド構造とされたスペーサを備え、該グリッド構造は、前記スペーサを通じて流れる水の速度を調整するために前記第1の電極および前記第2の電極に対して移動されおよび／または回転される、請求項1～8のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 10】**

前記速度調整器（64）が、前記第1の電極と前記第2の電極との間に複数の層を有するスペーサを備え、前記第1の電極と前記第2の電極に近い前記層が低い流れ抵抗を有し、前記第1の電極と前記第2の電極からより離れた前記層が比較的高い流れ抵抗を有する、請求項1～9のいずれか一項に記載の装置。

**【請求項 11】**

前記層には、第1の方向で低い流れ抵抗を有しつつ第2の方向でより高い流れ抵抗を有する多孔質材料が設けられ、前記第1の電極と前記第2の電極に近い前記層は、前記第1の方向が水流方向にほぼ等しいように方向付けられる、請求項10に記載の装置。

**【請求項 12】**

前記第1の電極と前記第2の電極からより離れた前記層が、前記第2の方向が前記水流方向にほぼ等しいように方向付けられる、請求項11に記載の装置。

**【請求項 13】**

前記速度調整器は小チャネルが設けられる材料からなり、前記第1の電極と前記第2の電極に近い領域の前記小チャネルの断面が前記速度調整器（64）の前記中心の前記小チャネルの断面より大きくなり得る、請求項1に記載の装置。

**【請求項 14】**

前記速度調整器は、スペーサを閉鎖するが幾つかの前記小チャネルを前記スペーサの長手方向に有する材料からなり、前記小チャネルを通じて水が一方側から他方側に通過でき、縁部付近の領域の前記小チャネルの全断面が前記速度調整器（64）の中心領域の前記小チャネルの全断面より大きくなり得る、請求項13に記載の装置。

10

20

30

40

50

**【請求項 15】**

イオンを除去するための方法であって、

ハウジング(31)内に第1の電極(21)および第2の電極(22)を設けるステップと、

前記第1の電極(21)と前記第2の電極(22)との間に電位差を与えるステップと、

前記第1の電極(21)と前記第2の電極(22)との間で水が前記ハウジングの入口(32)から前記ハウジング(31)の出口(33)に流れることができるようとするステップと、

多孔質材料からなる速度調整器(64)によって、前記第1の電極から前記第2の電極へ向かう方向と垂直な方向に沿って前記速度調整器(64)の中心(63)を通じて流れれる水の第1の部分の流速を、前記第1の部分と比較して前記第1の電極と前記第2の電極のうちの一方のより近傍で前記第1の電極から前記第2の電極へ向かう方向と垂直な方向に沿って流れれる水の第2の部分に対して調整するステップとを備え、

前記多孔質材料の多孔率が前記速度調整器(64)の中心から前記第1の電極(21)と前記第2の電極(22)のうちの前記一方にかけて増大している、方法。

**【請求項 16】**

水の前記第1の部分の流速が水の前記第2の部分の流速よりも低く、水の前記第1の部分が水の前記第2の部分よりも前記第1の電極と前記第2の電極から離れて流れる、請求項15に記載の方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、水からイオンを除去するための装置に関し、該装置にはハウジングが設けられ、該ハウジングは、ハウジング内に水を流入させるための水入口と、ハウジングから水を流出させるための水出口と、第1および第2の電極であって、第1および第2の電極間に電位差を加えるための電力コントローラに接続される第1および第2の電極とを備える。

**【背景技術】****【0002】**

近年、多くの人々は、環境に対する人間活動の影響およびこれが有し得るマイナスの結果を益々自覚するようになってきた。資源を減らし、再使用し、再資源化するための方法がさらに重要になってきている。特に、清浄水が不足する産物となってきている。したがって、水を浄化するための様々な方法および機器が公開してきた。

**【0003】**

水浄化のための方法は、水中のイオンを除去するための流水通過式キャパシタ(FTC)を備える装置を使用する、容量性イオン除去によるものである。FTCは、容量性イオン除去のための電気的に再生可能なセルとして機能する。電極を帯電することにより、イオンは、電解液から除去されて、電極の電気的二重層に保持される。電極は、化学物質を加えることなくそのような既に除去されたイオンを脱着させるように(部分的に)電気的に再生され得る。

**【0004】**

イオンを除去するための装置は、1つ以上の対の離間された電極(陰極および陽極)を備えており、また、電極を分離するとともに水が電極間で流れることができるようにするスペーサを備える場合がある。

**【0005】**

装置にはハウジングが設けられ、該ハウジングは、ハウジング内に水を流入させるための水入口と、ハウジングから水を流出させるための水出口とを備える。イオンを除去するための装置のハウジング内では、通常は機械的な締結による圧縮力によって、電極(およ

10

20

30

40

50

びスペーサ)の層が「サンドイッチ」態様で積層される。

**【0006】**

浄化中の装置の効率は、それが所定期間にわたって装置により浄化され得る水の量を示すので重要である。

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

**【0007】**

本発明の目的は、イオンを除去するための装置の効率を向上させることである。

**【課題を解決するための手段】**

**【0008】**

本発明の一実施形態によれば、水からイオンを除去するための装置であって、該装置にはハウジング(31)が設けられ、該ハウジングが、

ハウジング(31)内に水を流入させるための水入口(32)と、

ハウジング(31)から水を流出させるための水出口(33)と、

第1および第2の電極(21、22)であって、第1および第2の電極(21、22)間に電位差を加えるための電力コントローラ(PC)に接続される第1および第2の電極(21、22)と

を備え、

前記装置が、第1および第2の電極間で流れる水の第1の部分の流速を第1および第2の電極間で流れる水の第2の部分に対して調整するように構成されて配置される速度調整器(64)を備え、この速度調整器(64)が多孔質材料からなり、多孔率が速度調整器(64)の中心から電極(21、22)のうちの一方へ向けて増大する、装置が提供される。

**【0009】**

本発明のさらなる実施形態によれば、本発明はイオンを除去するための方法に関し、該方法は、

ハウジング(31)内に第1および第2の電極(21、22)を設けるステップと、

第1および第2の電極(21、22)間に電位差を与えるステップと、

第1および第2の電極(21、22)間で水がハウジングの入口(32)からハウジング(31)の出口(33)に流れることができるようとするステップと、

多孔質材料からなる速度調整器(64)によって水の第1の部分の流速を水の第2の部分に対して調整するステップと

を備える。なお、多孔質材料の多孔率は速度調整器(64)の中心から電極(21、22)のうちの一方へ向けて増大している。

**【0010】**

対応する参照符号が対応する部分を示す添付の概略図を参照して、本発明の実施形態を単なる一例として説明する。

**【図面の簡単な説明】**

**【0011】**

**【図1】**本発明で用いる電極の一実施形態の概略図を示している図である。

**【図2】**本発明で用いる電極の積層体の一実施形態の概略図を示している図である。

**【図3】**本発明で用いるイオン除去用の装置の一実施形態の概略図を示している図である。

**【図4】**2つの電極間のイオン濃度を概略的に示している図である。

**【図5a】**本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置の一部の概略断面図を示している図である。

**【図5b】**本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置の一部の概略断面図を示している図である。

**【図5c】**本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置の一部の概略断面図を示している図である。

10

20

30

40

50

【図6】2つのスペーサの概略断面図を示している。

【図7】本発明を使用するためのイオン除去用の装置の概略配置を示している図である。

【図8a】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図8b】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図8c】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図9a】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図9b】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図9c】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図9d】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

【図9e】本発明の実施形態に係るイオン除去用の装置を示している図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

図1は、第1の電極または第2の電極の一実施形態の概略断面を示している。この例では、電極11が長方形の形態を伴うシート状の形状を有するが、円形、多角形、または六角形の形状などの他の形状も可能である。電極には穴12が設けられ、この穴は、長方形の形状を有してもよいが、円形状などの他の形状も可能である。電極11が使用されるときには、図1に破線矢印13で示されるように、水が外縁から穴へ向かって電極に沿って流れてもよい。一般に、電極11の外寸法は約16×16cmであり、また、穴12の寸法は約3×3cmである。

【0013】

電極の長方形または六角形の形状の利点は、これらの電極が材料の使用に関して効率的に形成される可能性があることである。中心に円形穴を伴う円形形状の電極の利点は、外縁と内縁との間の距離（すなわち、水が電極に沿って流れる距離）が全ての流れ方向で一定である可能性があることである。

20

【0014】

図2は電極の積層体を示している。第1の電極21および第2の電極22はそれぞれ、図3の34により示される電流コレクタと、図3の35により示されるイオン蓄積材料とを備える。電流コレクタは、2つの隣接する電極間に電位差を加えるための電力コントローラP Cに接続される。イオン蓄積材料は、水から除去されたイオンを蓄えることができる。イオン蓄積材料は、 $500\text{ m}^2/\text{gr}$ を超える、または、好ましくは $1000\text{ m}^2/\text{gr}$ を超える、または、さらに好ましくは $2000\text{ m}^2/\text{gr}$ を超える表面積を有する、いわゆる高表面積材料であってもよい。イオン蓄積材料は、水と接触する電極の両側に、活性炭、カーボンエアロゲル、グラフィーム(grapheme)、カーボンナノファイバ、および／または、カーボンナノチューブを備えててもよい。

30

【0015】

図3は、本発明で用いるイオン除去用の装置の一実施形態の概略図を示している。装置は、水入口32と水出口33とが設けられるハウジング31を有する。水のイオン除去中、水は、入口31から、一対の第1の電極21と、隣接する第2の電極22とを備える流水通過式キャパシタ(FTC)を通じて、出口33に流れる。水の流れが破線矢印により示されている。

40

【0016】

2つの隣接する電極間にはスペーサ36が設けられてもよい。スペーサ36は図1に描かれるような形状を有してもよい。スペーサの主な機能は、例えば2つの電極間で一定のあるいは固定された距離を維持することによって、第1の電極を第2の電極から分離することである。

【0017】

電力コントローラP Cによって第1の電極と第2の電極との間に電位差を加えることにより、例えば陰極である第2の電極22に対してプラスの電圧を第1の電極(陽極)21に印加することにより、スペーサ36を通じて流れる水の陰イオンが第1の電極21に引き付けられ、また、陽イオンが第2の電極22に引き付けられる。このようにして、スペ

50

一セ 3 6 を通じて流れる水からイオン（陰イオンおよび陽イオン）が除去される。

【 0 0 1 8 】

装置のイオン除去効率を高めるために、電極には、電荷障壁、例えばイオン交換膜またはイオン選択膜が設けられてもよい。例えば、陰極上に設けられる膜は、陽イオンを透過でき、陽イオンの輸送だけを実質的に可能にするとともに陰イオンの輸送を実質的に妨げてもよく、また、陽極上に設けられる膜は、陰イオンを透過でき、陽イオンの輸送を実質的に妨げてもよい。

【 0 0 1 9 】

陽極と陰極との間の電位差は、かなり低く、例えば 2 ボルトよりも低く、好ましくは 1 . 7 ボルトよりも低く、さらに好ましくは 1 . 4 ボルトよりも低い。電力コントローラは、電源からの電圧および電流を第 1 および第 2 の電極にわたる所要の電圧差に変換することを制御するために使用される。

10

【 0 0 2 0 】

装置の効率の要素はイオン流束であり、この場合、イオン流束は、水から、例えばスペーサ中の水から電極のうちの一方に除去されるイオンの投影電極面積ごとの単位時間当たりの数として規定されてもよい。

【 0 0 2 1 】

図 4 は、イオン除去用の装置における 2 つの隣接する電極を示している。破線 4 1 は、2 つの電極間を流れる水におけるイオンの濃度を示している。図 4 に示されるように、電極の表面付近では、イオン濃度が中心におけるよりも低い。例えば、領域 4 2 内の水におけるイオン濃度は、領域 4 3 内のイオン濃度よりも低い場合がある。図 4 には 2 つの領域だけが描かれているが、電極のうちの一方からの距離に伴ってイオン濃度が徐々にあるいはさらには直線的に減少する場合があり、したがって、領域の選択が任意であることは言うまでもない。電極とスペーサとの間に配置されるイオン交換膜またはイオン選択膜が使用される場合には、同様の状況が起こる場合があり、それにより、領域 4 2 内の水におけるイオン濃度が領域 4 3 内のイオン濃度よりも低い場合がある。

20

【 0 0 2 2 】

電極（または膜）付近の低いイオン濃度は、電極間の（あるいは、膜を通じた電極への）小さなイオン流束をもたらし得る。電極（または膜）付近のイオン濃度を高めることにより、イオン流束を増大させることができ、それにより、イオン除去の効率を高めることができる。電極付近のイオン濃度は、例えば、水を混合させることにより、または電極に対して垂直な方向に水を移動させることにより、または水中のイオンの移動度を高めることにより、高めることができる。

30

【 0 0 2 3 】

一実施形態によれば、イオン増進デバイスが混合デバイスを備える。この混合デバイスは、水の混合を引き起こして水中に乱流をもたらすことさえある特別な構造を有するスペーサであってもよい。スペーサはスパイラル構造またはヘリカル構造を有してもよい。

【 0 0 2 4 】

ヘリカルスペーサは、流体をスペーサに沿ってねじらせることにより水流に影響を及ぼすことができる。その効果は、より速い水の局所速度であってもよく、あるいは、それにより、電極（または膜）からより離れたイオン濃度がより高い水を電極（または膜）付近に近づけて、電極へ向けてイオン流束を増大させてよい。ヘリカルスペーサは、非ヘリカルスペーサと比べて最大で 2 倍のファクタ分だけイオン流束を増大させることができる。さらに、ヘリカルスペーサは、流れが依然として層流である水の混合を増進させてもよい。ヘリカルスペーサはまた、流路内の乱流を促進させてもよく、それにより、水の混合をさらに増進させてもよい。

40

【 0 0 2 5 】

別の実施形態によれば、混合デバイスは水の非定常流を引き起こす。非定常流では、流れプロファイルが一定ではない。すなわち、流れプロファイルが経時的に変化する。例えば、特定のポイントにおける流速が経時的に変化し、および / またはその方向を変える場

50

合がある。

**【0026】**

イオン流束増進デバイスはまた、スペーサにおける水に乱流を生み出すための乱流生成器、またはポンプと貯留設備とを有する再循環回路を備えてよい。貯留設備内では、イオン濃度が低いFTCからの水が、イオン濃度が高い貯留設備内の水と混合されてもよい。貯留水は、例えばスイミングプールのような他の目的のため、あるいは、灌漑のために使用されてもよい。

**【0027】**

一実施形態によれば、イオン流束増進デバイスは、イオン伝導性があるスペーサを備え、あるいは、イオン伝導性材料を備える。イオン伝導性スペーサは、電極のうちの一方に向かうイオンの移動度を高めることができる。イオン伝導性スペーサは、膜（例えば、陰イオン交換膜、陽イオン交換膜、（混合電荷のための）モザイク膜、および両極性膜）、またはイオン交換樹脂（例えば、陰イオン交換樹脂、陽イオン交換樹脂、および混合イオン交換樹脂）を備えてよい。イオン伝導性スペーサは、イオンなどの荷電種の通過を可能にし、電極のうちの一方に向かうイオンの移動度を高めることができる。

10

**【0028】**

図5aは第1および第2の電極の概略断面を示しており、これらの電極間で水が流れている。電極21、22ならびにそれらのサイズおよび相互距離などの図5における要素が、概略的に描かれている。スペーサを通じた水の流れは層流であってもよく、例えば、水は、水の混合を伴うことなくあるいは水が電極に対して垂直な方向成分を伴って流れることなく、ほぼ一定の（電極と平行な）層を成して流れる。領域61には、電極と平行な層流の流速が描かれており、この場合、直線矢印の長さが流れの速さを示している。すなわち、より長い矢印がより高い速度を示す。

20

**【0029】**

一実施形態によれば、イオン増進デバイスは、水の第1の部分の流速を水の第2の部分に対して調整するための速度調整器64を備えてもよく、この場合、使用時、すなわち、水からのイオン除去中、前記第1の部分ではイオン濃度が前記第2の部分よりも高い。水の一部が水の他の部分よりも電位差を受ける時間がより長い（すなわち、水の一部の流速が他の部分よりも低い）場合、水の同じイオン濃度では、この部分から除去されるイオンの数は、電位差を受ける時間がより短い別の水の部分からよりも多い。

30

**【0030】**

速度調整器64は、スペーサ内に、スペーサに沿って、または、スペーサの外側に配置されてもよく、あるいは、スペーサ中に組み込まれてもよい。速度調整器64がなければ、流路内の流れは、流路の中心の流速が最大で、かつ両電極表面で流れがゼロとなる放物線（「ポアズイユ」）プロファイルに従うことになる。速度調整器64は、電極のうちの一方からより離れて流れる水の部分（例えば領域63）が電極のうちの一方の付近を流れる部分（例えば領域62）に対してより遅く流れているように水の速度を変えるべく構成される。領域65は、水の流速に対する想定し得る効果を描いており、この場合、直線矢印は流れの絶対速度を示している。すなわち、より長い矢印がより高い速度を示し、矢印の方向が流れの方向を示す。図5には、流路の中心の速度が電極付近の速度よりも低くなるように速度調整器64が水の速度を減らした状況が描かれている。それにもかかわらず、別の実施形態の速度調整器64では、中心の流速の低下をより小さくし、それにより、中心から電極付近へ向かって流れが徐々にしか減少しないようにしてもよい。別の実施形態では、速度調整器が速度をスペーサの内側でより均一にし、それにより、流速が電極からの距離とは実質的に無関係になるようにしてもよい。

40

**【0031】**

速度調整器64は多孔質材料を備えてもよく、その場合、速度調整器の中心の流れ抵抗が縁部におけるよりも大きく、それにより、速度調整器64の中心（例えば領域63）を通過する水の速度が、速度調整器64の縁部（例えば領域62）を通過する水と比べて減少される。この速度調整器の流れ抵抗は、電極のうちの一方の近傍の縁部から、速度調整

50

器の中心へ向けて、すなわち、スペーサの中心軸線へ向けて、連続的に増大していくてもよい。例えば、速度調整器 6 4 の多孔率は、電極付近（例えば領域 6 2）の 70% よりも大きい値、好ましくは 80% よりも大きい値、最も好ましくは 90% よりも大きい値から、速度調整器の中心（例えば領域 6 3）に向かって 70% よりも小さい値、より好ましくは 60% よりも小さい値、最も好ましくは 50% よりも小さい値に変化されてもよい。多孔率は、全体の体積に対する空隙の体積の百分率として測定されてもよい。

#### 【0032】

本発明の一実施形態に係るイオン除去用の装置で用いる速度調整器 6 4 は、電極間に複数の層を有するスペーサを備えてもよく、電極に近い層は低い流れ抵抗を有してもよく、また、電極からより離れた層は比較的より高い流れ抵抗を有してもよい。低い流れ抵抗は、電極に近い水のより高い速度を引き起こすことができ、また、より高い流れ抵抗は、電極からより離れた水のより低い速度を引き起こすことができる。速度調整器 6 4 がなければ、イオンが流路またはスペーサの中心の水から殆ど除去されない。これは、これらのイオンがより長い距離にわたって移動しなければならない一方で、流路またはスペーサの中心におけるイオンの滞留時間が電極付近のそれよりもより短いからである。電極からより離れた水は電極により近い水ほどより容易にイオン除去がされないため、水が電極間により長くとどまって、それにより、電極がイオンを引き付けるための時間がより長くなるように、電極からより離れた水がより低い速度を有することが有益である。電極付近の水は、電極に近接しており、したがってイオンの移動距離がより短いため、比較的高速でイオン除去することができ、したがって、この水は、電極間に比較的より短い時間にわたってとどまればよい。スペーサの層には、第 1 の方向で低い流れ抵抗を有しあつ第 2 の方向で高い流れ抵抗を有する多孔質材料が設けられてもよい。これは、第 1 の方向に対して略平行に、および／または第 2 の方向に対して略垂直にスペーサの纖維を方向付けることによって実現されてもよい。電極付近のスペーサの層は、第 1 の方向が水流方向にほぼ等しいように方向付けられてもよい。したがって、水は電極付近で低い流れ抵抗を受け、そのため、水の速度が比較的高くなり得る。電極からより離れたスペーサの層は、第 2 の方向が水流方向にほぼ等しいように方向付けられ、それにより、電極からより離れた水は、水のより低い速度をもたらすより高い抵抗力を受ける。速度調整器を有するスペーサの厚さは、20～300ミクロン、好ましくは40～200ミクロン、より好ましくは60～150ミクロン、最も好ましくは70～120ミクロンであってもよい。

#### 【0033】

速度調整器の別の例は、スペーサを閉鎖するが幾つかの小チャネルをスペーサの長手方向に有する材料を備え、このチャネルを通じて水が一方側から他方側に通過できる。縁部付近の領域のチャネルの全体の断面は、速度調整器 6 4 の中心領域のチャネルの全体の断面より大きくてよい。

#### 【0034】

図 5 b は、本発明の一実施形態に係るイオン除去用の装置で用いるそのような速度調整器 6 4 の一例である。速度調整器 6 4 には、小チャネル 6 7、6 8 をスペーサ 6 4 内に形成するチャネル壁 6 6 が設けられる。チャネル壁 6 6 は、それらを通じて流れる水および／またはイオンを透過できるが、水流に対する抵抗力をもたらす。図示のように、チャネル壁は、電極と平行であるが、また無作為に方向付けられてもよい。スペーサの中央の小チャネル 6 8 は、電極により近い大きい方の小チャネル 6 7 よりも高い流れ抵抗力をもたらす。それにより、流れ方向 6 9 で流れる水の流速は、スペーサの中央における流速が電極 2 1、2 2 付近の流速よりも低くなるように調整される。小チャネルの流れ抵抗は、電極 2 1、2 2 のうちの一方に近い縁部付近の大きい方の小チャネル 6 7 から、中央へ向けて、すなわち、スペーサの中心の小チャネル 6 8 へ向けて連続的に増大していくてもよい。電極からより離れた水は、それが電極間により長くとどまって電極 2 1、2 2 によりイオンを引き付ける時間がより長く存在するように、より低い速度を得ることができる。電極付近の水は、電極に近接していることから比較的高速でイオン除去することができ、したがって、電極間に比較的短い時間にわたってとどまればよい。電極からより離れた水は、

10

20

30

40

50

電極から離れれば離れるほど流れ抵抗が高くなるため、イオンを電極へより容易に引き付けることができるよう電極へ向けて移動されてもよい。

#### 【0035】

図5cは、流れ方向69に対して垂直な、図5bの速度調整器64の断面を開示する。図5cは、流路の中心68付近へ向けて減少しかつ電極21、22付近67へ向けて増大する全断面を小チャネルが有することを開示する。

#### 【0036】

速度調整器の別の例は、図6に描かれるようにシフトスペーサであってもよい。このスペーサはグリッド構造71を備えてもよい。このグリッド構造は、スペーサを通じて流れる水の速度に影響を与えることになる。グリッド構造はまた、水の混合を引き起こしてもよく、あるいは、電極に対して垂直な方向に水を移動させてもよい。グリッドの配向を電極に対してシフトさせ、あるいは回転させることにより、これらの効果がより最適化されてもよい。図6はシフトされたグリッド構造72を示している。配向のシフトまたは回転は約45度であってもよく、その場合、図6から分かるように、スペーサのスレッドが電極のうちの一方の側に対して約45度の角度を成す。あるいは、言い換えると、スペーサのスレッドは電極の対角線に対して平行である。なお、スペーサの寸法は、図1に示される電極の寸法とほぼ同じであり、あるいは、やや大きい、例えば $17 \times 17 \text{ cm}$ であってもよい。

10

#### 【0037】

図7は、電流測定デバイスAおよび流量コントローラFCを備えるイオン流束増進デバイスの別の実施形態を示している。この電流測定デバイスAは、第1の電極21あるいは第2の電極22へ流れる電流を測定する。イオン流束は電流の関数であり、したがって、電流がイオン流束の指標として使用されてもよい。電流測定デバイスAが電流信号を流量コントローラFCに与え、流量コントローラFCが、測定された電流に応じて水の流量を調整してもよい。流量コントローラFCは、例えば、制御信号を介してポンプPを制御することによって水の流速を調整するように構成されてもよい。このようにして、イオン流束が流量コントローラにより制御されてもよい。

20

#### 【0038】

流速を増加させることにより、イオン流束が電極のうちの一方へ向かって（または、イオン交換膜あるいはイオン選択膜へ向かって）増大してもよい。これは、電極付近、例えば図4の領域42のイオン濃度が増大するからである。

30

#### 【0039】

しかしながら、高流速では、流量のさらなる増大がイオン流束の増大をもたらさない場合がある。電極（または膜）に対する最適なイオン流束は、サイクル毎に水から除去されるイオンの割合が比較的低い、例えば80%未満、好ましくは60%未満、より好ましくは40%未満、あるいは、さらに好ましくは20%未満であるときに得られる場合がある。1サイクルでは、水が2つのFTC電極間で1回流れる。

#### 【0040】

したがって、大きなイオン流束は、例えば、1リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも高い流速で、あるいは、2リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも高い流速で、あるいは、さらには3リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも高く最大で4リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分の流速で得られる場合がある。

40

#### 【0041】

流速の増大により、サイクル毎に水から除去されるイオンの数またはイオンの割合が低くなり得るが、投影電極面積ごとの単位時間当たりとして規定されるイオン流束が増大する場合がある。これは、単位時間当たりのサイクル数も流速が高くなるにつれて増大するからである。

#### 【0042】

本発明に係るデバイスの実施形態において、イオン流束増進デバイスは、サイクル毎のイオン除去率（すなわち、水から除去されるイオンの割合）を測定するためのイオン除去

50

率測定デバイスを備えてもよい。イオン除去率測定デバイスは2つのイオン濃度測定デバイスを備えてもよく、一方のイオン濃度測定デバイスは、水が2つの電極間を流れる前の水のイオン濃度を測定し、もう一方のイオン濃度測定デバイスは、2つの電極間を流れた後の水のイオン濃度を測定する。イオン除去率測定デバイスは、これらの2つのイオン濃度測定デバイスのうちの一方のみと、前述した電流測定デバイスとを備えてもよい。イオン除去率測定デバイスは、イオン濃度の1つの測定値と電極のうちの一方に流れる電流の測定値とに基づいてイオン除去率を計算してもよい。イオン除去率測定デバイスは、測定されたあるいは計算されたイオン除去率を示すイオン除去率信号を与えてよい。

#### 【0043】

イオン流束増進デバイスは、イオン除去率信号に応じて水流量を制御するための流量コントローラをさらに備えてもよい。このようにすると、流速を調整することによって、サイクル毎に特定のイオン除去率を（自動的に）維持することができ、例えばサイクル毎のイオン除去率を20%未満に維持することができ、それにより、水中の最大で20%のイオンだけがサイクル毎に除去される。あるいは、サイクル毎にイオン除去の割合を高めることもでき、例えば、第1のサイクルの20%から、第2のサイクルの40%に、第3のサイクルの60%に、および、第4のサイクルの80%に高めて、第5のサイクルではほぼ完全に効果的に除去することもできる。10

#### 【0044】

前述したデバイスを使用して水から塩を除去すると、イオン流束を、0.5グラム塩/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも大きくすることができ、好ましくは1.0グラム塩/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも大きくすることができ、より好ましくは1.5グラム塩/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも大きくすることができ、あるいは、さらに好ましくは2.0グラム塩/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも大きくすることができる。20

#### 【0045】

流速を増大させることにより、流れ状態が層流から非定常流または乱流に変化させ得る。層流状態では、圧力降下が流速と線形関係を示す。しかしながら、非定常状態または乱流状態では、スペーサまたは流路にわたる圧力降下がもはや流速と線形関係にならず、前記圧力降下が流量に伴ってさらに急速に高まる。これにより、さらに多くのポンプエネルギーが必要となる。流れが層流から（半）乱流に変化しないように、圧力降下は、例えば0~20bar/m<sup>2</sup>投影電極面積の範囲内、あるいは、より好ましくは15~18bar/m<sup>2</sup>投影電極面積の範囲内、さらに好ましくは2~10bar/m<sup>2</sup>投影電極面積の範囲内に制限されなければならない。圧力降下はまた、0.1~20bar/m<sup>2</sup>投影電極面積、好ましくは1~15bar/m<sup>2</sup>投影電極面積に制限されてもよい。30

#### 【0046】

図8aは、第1および第2の電極21、22と、第1および第2の電極21、22間のスペーサとを備える本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。スペーサはヘリカル構造81を有してもよい。ヘリカル構造81を伴うスペーサの厚さは、20~300ミクロン、好ましくは40~200ミクロン、より好ましくは60~150ミクロン、最も好ましくは70~120ミクロンであってもよい。ヘリカル構造81は、流体をヘリカル構造に沿って方向85でねじることにより主水流83に影響を及ぼすことができる。その効果は、より速い水の局所速度であってもよく、あるいは、それにより、電極（または膜）からより離れたイオン濃度がより高い水をより電極（または膜）に近づけて、電極へ向けてイオン流束を増大させてもよい。スペーサのヘリカル構造は、ヘリカル構造を伴わないスペーサと比べて最大で2倍のファクタ分だけイオン流束を増大させることができる。さらに、ヘリカル構造は、流れが依然として層流である水の混合を増進させてもよい。ヘリカルス構造は流路内の乱流を促進させてもよく、それにより、水の混合を増進させてもよい。電極には平坦面が設けられてもよく、また、複数のヘリカル構造が第1の電極の平坦面と第2の電極の平坦面との間に挟まれてもよい。スペーサの機能のうちの1つは、2つの電極の表面を例えば0.02~0.5mmの略一定の距離に維持することである。この機能は重要である。なぜなら、電極間の距離が不規則であれば、4050

これにより、スペーサが厚い場所でイオン流束が低下して、電極に向かうイオンの流束に影響が及ぶ場合があるからである。ヘリカル構造 8 1 は、ヘリカル構造の長さにわたって 7 つのねじれを与える。7 つのねじれは、水が各電極に沿って少なくとも 7 回流れているようとする。ヘリカル構造を有するスペーサの多孔率は、50 % より大きくてよく、好みしくは 60 % より大きくてよく、より好みしくは 70 % より大きくてよく、最も好みしくは 90 % より大きくてよい。

#### 【0047】

図 8 b は、第 1 および第 2 の電極 2 1、2 2 と、第 1 および第 2 の電極 2 1、2 2 間のスペーサとを備える本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。スペーサには、あまり急激でないひねりを有するとともに全体で半分のねじれだけを有するヘリカル構造 8 1 が設けられる。利点は、そのようなケースにおける流れ抵抗がより低く、水が電極に沿って回転するという可能性があることである。低い流れ抵抗と電極との十分な相互作用との間の最適条件は、0.5 ~ 7 個のねじれ数、好みしくは 1 ~ 5 個のねじれ数、最も好みしくは 2 ~ 4 個のねじれ数を伴ってもよい。

10

#### 【0048】

図 8 c は、本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。図 8 c は、電極 2 2 の平坦面上の複数の隣接するヘリカル構造 8 1 が見えるように電極のうちの一方が除去されたスペーサの上面図を与える。ヘリカル構造には 4.5 個のねじれが与えられており、隣接する 2 つのヘリカル構造 8 1 のねじれは反対である。ヘリカル構造 8 1 によって水が主水流方向 8 3 の周りでねじれ 8 5、また、2 つの隣接するヘリカル構造 8 1 が反対のねじれを有するので、ヘリカル構造 8 1 間の水が主水流方向 8 3 に対して垂直な同じ方向に移動する。これにより、ヘリカル構造 8 1 間の位置 8 9 で、電極に向かう水の流れを増大させることができる。隣接する 2 つのヘリカル構造が協働しているので、流れ抵抗の増大を比較的に小さくすることができる。

20

#### 【0049】

2 つの隣接するヘリカル構造 8 1 のねじれ方向はまた、同じであってもよく、その場合には、ヘリカル構造間で乱流が引き起こされ、混合が増進される。図 8 c のヘリカル構造には中心に支持体 8 7 が設けられる。これにより、水は、ヘリカル構造の中心から、水がイオン除去される電極へ向けて押し出される。

30

#### 【0050】

水からイオンを除去するための前述した装置の任意の実施形態は、スイミングプール内の水から、貯留タンク内の水から、あるいは工場プラント内の水から、または地下水からイオンを除去するために使用されてもよい。

#### 【0051】

図 9 a は、第 1 および第 2 の電極 2 1、2 2 と、第 1 および第 2 の電極 2 1、2 2 間のスペーサとを備える本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。スペーサは、電極を所定の距離で隔てたまま維持するために、ピラー 9 1 のような構造を有してもよい。ピラー構造を有するスペーサの厚さは、20 ~ 300 ミクロン、好みしくは 40 ~ 200 ミクロン、より好みしくは 60 ~ 150 ミクロン、最も好みしくは 70 ~ 120 ミクロンであってもよい。ピラー構造 9 1 は、スペーサを形成し得る層を形成するように、網目構造または骨格 9 3 を成して形成されてもよい。スペーサは、電気的に絶縁されるが、同時に、水およびイオンが貫いて移動できるように十分開放している。ピラーという用語は、第 1 および第 2 の電極を、距離を隔てたまま維持する構造要素として解釈されるべきである。網目構造 9 3 は、ピラー 9 1 をスペーサの主方向に対して垂直に維持する。網目骨格は、電極 2 1、2 2 間の流路の中央により高い流れ抵抗をもたらし、それにより、流路内の水を第 1 または第 2 の電極へより近づくように移動させ、その結果、水のイオン除去を向上させる。網目骨格およびピラーは、流路内の水のより良い混合を引き起こすことができ、それにより、電極へ向かうイオン流束を増大させることができる。ピラーおよび網目骨格を有するスペーサの利点は、それが特に流れ方向で大きく開放した流れ抵抗力の低いスペーサをもたらし、その結果、チャネルにわたる圧力降下をさらに

40

50

小さくでき、あるいは流路内の流量を増大できるとともに、スペーサの汚染の危険を減らすことができるという点である。ピラー構造を有するスペーサの多孔率は、50%より大きくてよく、好ましくは60%より大きくてよく、より好ましくは70%より大きくてよく、最も好ましくは90%より大きくてよい。

#### 【0052】

電極には平坦面が設けられてもよく、また、網目骨格により保持される複数のピラーが第1の電極の平坦面と第2の電極の平坦面との間に挟まれてもよい。スペーサの機能のうちの1つは、2つの電極の表面を例えば0.02~0.5mmの略一定のあるいは所定の距離に維持することである。この機能は重要である。なぜなら、電極間の距離が不規則であれば、電極に向かうイオンの流束に影響があるからである。

10

#### 【0053】

図9bは、網目骨格93中で保持される電極22の平坦面上の複数の隣接するピラー91が見えるように電極のうちの一方が除去されたスペーサの一部の上面図を与える。網目骨格93は、それがピラー91を電極の表面に対して垂直に維持するとともにピラー91同士を所定の距離を隔てて維持するように、電極の全面にわたって支持を行なう。

#### 【0054】

図9cは、本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。この実施形態のピラー95には、ピラー構造が厚い中央部分を有することができるように球形状、楕円形状、または、卵形状が与えられてもよく、それにより、流路の中央でより高い流れ抵抗力を与えて、電極21、22間の流路の中心部分で流れる水を電極の方向へ押し進めてもよい。同時に、流路の中心の流速が第1および/または第2の電極付近で流れる水の流速と比べて減少されてもよい。ピラーは、縁部におけるよりも中央における方が厚い円錐構造または菱形構造を有してもよい。スペーサには、ピラー95を所定位置に維持するための網目骨格97が設けられる。図9bの網目骨格は図9bの網目骨格と同様に構成されてもよい。

20

#### 【0055】

図9dは、本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。この実施形態は、網目骨格が省かれている点を除き、図9cの実施形態と同じである。ピラー97は球形状、楕円形状、円錐形状、菱形形状、または、ボール形状であってもよく、それにより、電極21、22から離れるほどより高い流れ抵抗力を与え、しがたって、流路の中心での水の滞留時間をスペーサの縁部の滞留時間と比べて増大させてもよい。ピラー97は、電極がピラーを電極表面に対して垂直に維持するように例えば接着剤または特定のコーティングにより電極に取り付けられてもよい。ピラーはまた、例えば3Dプリンタを用いて第1の電極上にピラーを印刷した後に既に印刷された電極の上に第2の電極を設けることによって形成されてもよい。ピラーは、別個の層としてあるいはコーティングまたは積層体として電極上に配置されてもよい追加の層、例えばイオン交換膜の上に印刷されてもよい。

30

#### 【0056】

図9eは、本発明のさらなる実施形態に係るイオン除去用の装置の断面を開示する。この実施形態は、網目骨格が省かれている点を除き、図9aおよび図9bの実施形態と同じである。ピラー99は、電極がピラーを電極に対して垂直に維持するように電極に接続されてもよい。ピラーは、例えば3Dプリンタを用いて電極上にピラーを印刷することにより形成されてもよい。

40

#### 【0057】

網目骨格を伴わないピラーの利点は、流れ抵抗力が減少されるとともに汚染の危険も減る大きく開放したスペーサがもたらされるという点である。

#### 【0058】

さらに、本明細書本文は、a)ハウジング内に第1および第2の電極を設けるステップと、b)第1の電極と第2の電極との間に電位差を与えるステップと、c)第1の電極と第2の電極との間で水がハウジングの入口からハウジングの出口に流れることができるよ

50

うにするステップと、d) イオン流束を水から第1および第2の電極のうちの一方へ向けて増進させるステップとを備える方法を提供することによって、イオンをどのように除去できるのかについても説明する。

### 【0059】

水からイオンを除去するための装置について説明され、該装置にはハウジングが設けられてもよく、該ハウジングは、ハウジング内に水を流入させるための水入口と、ハウジングから水を流出させるための水出口と、第1および第2の電極であって、第1の電極と第2の電極との間に電位差を加えるための電力コントローラに接続される第1および第2の電極とを備え、前記装置には、第1および第2の電極間を流れる水から第1および第2の電極のうちの一方にイオン流束を増進させるためのイオン流束増進デバイスが設けられてもよい。イオン流束増進デバイスは、水を混合させるように構成されて配置される混合デバイス、または、水中に非定常流を生成するための非定常流生成器、または水中に乱流を生成するための乱流生成器、または水が第1の電極と第2の電極との間で流れることができるようにするための第1および第2の電極間のスペーサであって、水の流れプロファイルを変えるためのスパイラル構造を有してもよいスペーサを備えてもよい。混合デバイスは、第1および第2の電極間で流れる水を再循環するように構成されて配置される再循環回路であって、好ましくはポンプと貯留設備とを備えてもよい再循環回路を備えてもよい。イオン流束増進デバイスは、水が第1の電極と第2の電極との間で流れができるようになるためのスペーサを第1および第2の電極間に備えてもよく、このスペーサは、第1および第2の電極のうちの一方へ向かうイオンの移動度を高めるためのイオン伝導性材料を備えてもよい。イオン流束増進デバイスは、水が第1の電極と第2の電極との間で流れることができるようになるためのスペーサを第1および第2の電極間に備えてもよく、第1および第2の電極とスペーサは、穴が設けられてもよい略長方形のシート状の形状を有してもよく、スペーサがグリッド構造を備えてもよく、このグリッド構造の配向は、第1および第2の電極の直線状の辺に対して少なくとも30度回転され、あるいは、好ましくは30～50度の範囲で回転され、あるいは、より好ましくは約45度回転してもよい。イオン流束増進デバイスは、水の第1の部分の流速を水の第2の部分に対して調整するように構成されて配置される速度調整器を備えてもよく、この場合、使用時、すなわち、水からのイオン除去中、前記第1の部分ではイオン濃度が前記第2の部分よりも高い。イオン流束増進デバイスは、第1の電極と第2の電極との間の電流を測定するとともに前記電流を示す電流信号を送信するように配置されて構成される電流測定デバイスと、前記電流信号を受けるとともに、前記電流信号に応じて水が第1および第2の電極間で流れている流速を調整するように配置されて構成される流量コントローラとを備えてもよい。イオン流束増進デバイスは、第1および第2の電極間を流れる水のサイクル毎のイオン除去率を測定するとともに前記イオン除去率を示すイオン除去率信号を送信するように配置されて構成されるイオン除去率測定デバイスと、前記イオン除去率信号を受けるとともに、前記イオン除去率信号に応じて水が第1および第2の電極(21、22)間で流れている流速を調整するように配置されて構成される流量コントローラ(F C)とを備えてもよい。流量コントローラは、イオン除去率をサイクル毎に除去されるイオンの60%未満に、より好ましくは40%未満に、あるいは、さらに好ましくは20%未満に維持するように配置されて構成されてもよい。あるいは、サイクル毎のイオン除去の割合は、例えば、第1のサイクルの20%から、第2のサイクルの40%に、第3のサイクルの60%に、および、第4のサイクルの80%に高められて、第5のサイクルでほぼ完全に効果的に除去されてもよい。流量コントローラは、2リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも高い流速、好ましくは3リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも高い流速、あるいは、さらに好ましくは4リットル/m<sup>2</sup>投影電極面積/分よりも高い流速を維持するように配置されて構成されてもよい。流量コントローラ(F C)は制御信号をポンプ(P)へ送信するように構成されて配置されてもよく、ポンプ(P)は、制御信号を受けるとともに、前記制御信号に応じた流速を伴って第1および第2の電極(21、22)間で水を圧送するように構成されて配置される。

10

20

30

40

50

**【0060】**

実施形態はまた、以下の番号が付された項で与えられうる。

**【0061】**

1. 水からイオンを除去するための装置であつて、該装置にはハウジング(31)が設けられ、該ハウジングは、

ハウジング(31)内に水を流入させるための水入口(32)と、

ハウジング(31)から水を流出させるための水出口(33)と、

第1および第2の電極(21、22)であつて、第1および第2の電極(21、22)間に電位差を加えるための電力コントローラ(PC)に接続される第1および第2の電極(21、22)と

10

を備え、

前記装置が、第1および第2の電極間で流れる水の第1の部分の流速を第1および第2の電極間で流れる水の第2の部分に対して調整するように構成されて配置される速度調整器(64)を備える、装置。

**【0062】**

2. 速度調整器(64)は、水の第1の部分の流速を水の第2の部分の流速と比べて減少されるように調整するように構成されて配置される第1項に記載の装置。

**【0063】**

3. 水の第1の部分は、水の第2の部分よりも第1の電極または第2の電極から離れて流れている第1項または第2項に記載の装置。

20

**【0064】**

4. 水の第1の部分が速度調整器(64)の中心(63)を通じて流れている第1項～第3項のいずれか一項に記載の装置。

**【0065】**

5. 水の第2の部分が速度調整器(64)の縁部(62)を通じて流れている第1項～第4項のいずれか一項に記載の装置。

**【0066】**

6. 水の第2の部分が速度調整器(64)において電極のうちの一方の付近(62)で流れている第1項～第5項のいずれか一項に記載の装置。

**【0067】**

7. 速度調整器(64)は、水の流速を調整するように調整され得る流れ抵抗を有する材料を備える第1項～第6項のいずれか一項に記載の装置。

30

**【0068】**

8. 速度調整器(64)が多孔質材料を備え、速度調整器の中心(63)の流れ抵抗が縁部付近よりも大きく、それにより、速度調整器(64)の中心を通過する水の速度が速度調整器(64)の縁部を通過する水と比べて低下される第1項～第7項のいずれか一項に記載の装置。

**【0069】**

9. 速度調整器(64)が多孔質材料を備え、多孔率が速度調整器(64)の中心から電極(21、22)のうちの一方へ向けて増大する第1項～第8項のいずれか一項に記載の装置。

40

**【0070】**

10. 速度調整器(64)の流れ抵抗は、電極のうちの一方の近傍から速度調整器(64)の中心へ向けて連続的に増大する第7項、第8項、または第9項に記載の装置。

**【0071】**

11. 速度調整器(64)は、スペーサに沿って設けられ、スペーサの外側に設けられ、あるいは、スペーサに組み込まれる第1項～第10項のいずれか一項に記載の装置。

**【0072】**

12. 速度調整器(64)はグリッド構造が設けられるスペーサを備え、このグリッド構造は、スペーサを通じて流れる水の速度を調整するために電極に対してシフトされ、お

50

および／または回転される第1項～第11項のいずれか一項に記載の装置。

【0073】

13. 速度調整器(64)が電極間に複数の層を有するスペーサを備え、電極に近い層が低い流れ抵抗を有し、電極からより離れた層が比較的高い流れ抵抗を有する第1項～第12項のいずれか一項に記載の装置。

【0074】

14. 前記層には、第1の方向で低い流れ抵抗を有しあつ第2の方向でより高い流れ抵抗を有する多孔質材料が設けられ、電極付近の層は、第1の方向が水流方向にほぼ等しいように方向付けられる第13項に記載の装置。

【0075】

15. 電極からより離れた層は、第2の方向が水流方向にほぼ等しいように方向付けられる第14項に記載の装置。

【0076】

16. 速度調整器は小チャネルが設けられる材料を備え、電極付近の領域のチャネルの断面が速度調整器(64)の中心のチャネルの断面よりも大きくてよい第1項に記載の装置。

【0077】

17. 速度調整器は、スペーサを閉鎖するが幾つかの小チャネルをスペーサの長手方向に有する材料を備え、前記チャネルを通じて水が一方側から他方側に通過でき、縁部付近の領域のチャネルの全断面が、速度調整器(64)の中心領域のチャネルの全断面より大きくてよい第16項に記載の装置。

【0078】

18. イオンを除去するための方法であつて、ハウジング(31)内に第1および第2の電極(21、22)を設けるステップと、第1および第2の電極(21、22)間に電位差を与えるステップと、第1および第2の電極(21、22)間で水がハウジングの入口(32)からハウジング(31)の出口(33)に流れることができるようとするステップと、水の第1の部分の流速を水の第2の部分に対して調整するステップとを備える方法。

【0079】

19. 水の第1の部分の流速が水の第2の部分の流速よりも低く、水の第1の部分が水の第2の部分よりも電極から離れて流れている第18項に記載の方法。

【0080】

20. 水からイオンを除去するための装置であつて、該装置にはハウジング(31)が設けられ、該ハウジングは、

ハウジング(31)内に水を流入させるための水入口(32)と、ハウジング(31)から水を流出させるための水出口(33)と、第1および第2の電極(21、22)であつて、第1および第2の電極(21、22)間に電位差を加えるための電力コントローラ(P C)に接続される第1および第2の電極(21、22)とを備え、

前記装置は、水が第1および第2の電極(21、22)間で流れることができるようにするためのスペーサを第1および第2の電極(21、22)間に備え、スペーサがヘリカル構造を備える、装置。

【0081】

21. 第1および第2の電極はいずれも、互いにほぼ一定の距離を隔てて設けられる略平坦面を備える第20項に記載の装置。

【0082】

22. ヘリカル構造が第1の電極の平坦面と第2の電極の平坦面との間に挟まれる第21項に記載の装置。

10

20

30

40

50

**【 0 0 8 3 】**

23. ヘリカル構造が水をヘリカル構造に沿ってねじらせる第20項～第22項のいずれか一項に記載の装置。

**【 0 0 8 4 】**

24. ヘリカル構造は、電極からより離れている水を電極付近の位置に押し進める第20項～第23項のいずれか一項に記載の装置。

**【 0 0 8 5 】**

25. ヘリカル構造は、水の混合を増進させる乱流を第1および第2の電極間にもたらす第20項～第24項のいずれか一項に記載の装置。

**【 0 0 8 6 】**

26. スペーサが複数のヘリカル構造を備える第20項～第25項のいずれか一項に記載の装置。 10

**【 0 0 8 7 】**

27. スペーサが複数のヘリカル構造を備え、隣接するヘリカル構造の回転方向が反対である第20項～第26項のいずれか一項に記載の装置。

**【 0 0 8 8 】**

28. スペーサを通じた水流が電極に対して略平行な主方向を有し、ヘリカル構造が主方向と略平行に方向付けられる第20項～第27項のいずれか一項に記載の装置。 20

**【 0 0 8 9 】**

29. ヘリカル構造は、水を主方向に対して垂直な方向に回転させる第28項に記載の装置。 20

**【 0 0 9 0 】**

30. 2つの隣接するヘリカル構造が水を反対方向に回転させる第29項に記載の装置。 20

**【 0 0 9 1 】**

31. 2つの隣接するヘリカル構造が水を同じ方向に回転させる第29項に記載の装置。 20

**【 0 0 9 2 】**

32. ヘリカル構造が該ヘリカル構造の中心に支持体を備える第20項～第31項のいずれか一項に記載の装置。 30

**【 0 0 9 3 】**

33. イオンを除去するための方法であって、  
ハウジング(31)内に第1および第2の電極(21、22)を設けるステップと、  
第1および第2の電極(21、22)間に電位差を与えるステップと、  
第1および第2の電極(21、22)間で水がハウジングの入口(32)からハウジング(31)の出口(33)に流れることができるようとするステップと、  
電極と略平行な主軸線周りの回転方向で水を回転させるステップと、  
水から第1および第2の電極(21、22)のうちの一方へのイオン流束を増進させる  
ステップと  
を備える方法。 40

**【 0 0 9 4 】**

34. 水からイオンを除去するための装置であって、該装置にはハウジング(31)が設けられ、ハウジングは、

ハウジング(31)内に水を流入させるための水入口(32)と、  
ハウジング(31)から水を流出させるための水出口(33)と、  
第1および第2の電極(21、22)であって、第1および第2の電極(21、22)  
間に電位差を加えるための電力コントローラ(P C)に接続される第1および第2の電極  
(21、22)と  
を備え、

前記装置は、水が第1および第2の電極(21、22)間で流れることができるように 50

するためのスペーサを第1および第2の電極(21、22)間に備え、スペーサがピラー構造を備える、装置。

**【0095】**

35. 第1および第2の電極にはいずれも略平坦面が設けられ、ピラー構造は、電極を互いにほぼ一定の距離を隔てて維持するよう電極間に設けられる第34項に記載の装置。

**【0096】**

36. ピラー構造は、第1の電極の平坦面と第2の電極の平坦面との間、あるいは第1または第2の電極に設けられる膜との間に挟まれる第35項に記載の装置。

**【0097】**

37. ピラー構造は、電極の表面上あるいは第1または第2の電極に設けられる膜上に対して物理的にあるいは化学的に取り付けられる第34項～第36項のいずれか一項に記載の装置。

**【0098】**

38. ピラー構造が流れ方向に対して垂直の電極間に配置される第34項～第36項のいずれか一項に記載の装置。

**【0099】**

39. スペーサは、ピラー構造を互いに所定の距離を隔てて維持するための網目骨格を備える第34項～第38項のいずれか一項に記載の装置。

**【0100】**

40. 網目骨格は、ピラー構造の長手方向軸線を第1および第2の電極間で流れる水の流れ方向に対して垂直に維持するよう構成されて配置される第39項に記載の装置。

**【0101】**

41. ピラー構造の中心部分が網目骨格に取り付けられる第34項～第40項のいずれか一項に記載の装置。

**【0102】**

42. 網目骨格および/またはピラー構造は、第1および第2の電極間を流れる水の流れ方向に対して垂直な水の移動をもたらす第39項～第41項のいずれか一項に記載の装置。

**【0103】**

43. ピラー構造には第1および第2の電極間の流路の中心に高い流れ抵抗力をもたらすための厚い中央部が設けられる第1項～第42項のいずれか一項に記載の装置。

**【0104】**

44. ピラー構造の厚さは、ピラー構造の中心からピラー構造の縁部へ向けて減少している第34項～第43項のいずれか一項に記載の装置。

**【0105】**

45. ピラー構造が球形状、橢円形状、菱形形状、卵形状、または、ボール形状である第34項～第44項のいずれか一項に記載の装置。

**【0106】**

46. 第1および第2の電極間の流路の中央に網目骨格が設けられる第39項～第45項のいずれか一項に記載の装置。

**【0107】**

47. ピラー構造は、第1および第2の電極間の流路の全幅にわたって延びる1つの部品から形成される第34項～第46項のいずれか一項に記載の装置。

**【0108】**

49. 水からイオンを除去するための装置を製造する方法であって、  
第1の電極(21)を用意するステップと、  
ピラー構造を備えるスペーサを第1の電極に設けるステップと、  
第2の電極(22)をスペーサに設けるステップと  
を備える方法。

10

20

30

40

50

## 【0109】

50. スペーサが第1の電極に設けられる前に第1の電極に膜を設けるステップを備える第49項に記載の方法。

## 【0110】

51. スペーサを設ける前記ステップは、ピラー構造を第1の電極または膜に取り付ける工程を備える第49項または第50項に記載の方法。

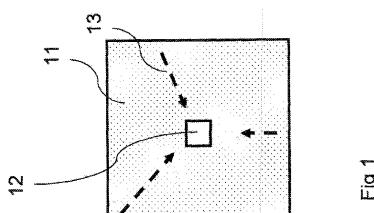
## 【0111】

開示された実施形態が、様々な形態で具現化され得る本発明の單なる例示であることは言うまでもない。したがって、本明細書中に開示される特定の構造的および機能的な詳細は、限定的に解釈されるべきではなく、ほぼ任意の適切に詳しく述べられた構造で本発明を様々な使用するために特許請求の範囲のための單なる基準としておよび当業者に教示するための代表的な基準として解釈されるべきである。本明細書中で使用される用語および表現はまた、限定しようとするものではなく、むしろ、本発明の理解できる説明を与えようとするものである。10

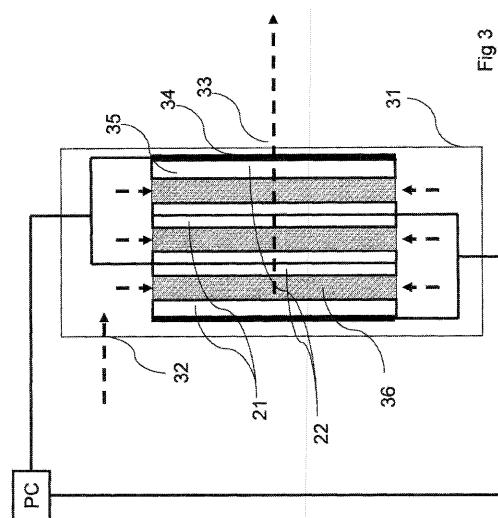
## 【0112】

本明細書中で使用される用語「1つの（a、an）」は、1つあるいは複数として規定される。本明細書中で使用される「別の」という用語は、少なくとも第2のあるいはそれ以上のものとして規定される。本明細書中で使用される「含む」および／または「有する」は、備えるとして規定される（すなわち、他の要素またはステップを排除しない）。特許請求の範囲における任意の参照符号は、請求項または本発明の範囲を限定するものと解釈されるべきでない。特定の手段が互いに異なる従属請求項に記載されているという单なる事実は、これらの手段の組み合わせを有利に使用できないということを示唆するものではない。本発明の範囲は以下の特許請求の範囲によってのみ限定される。20

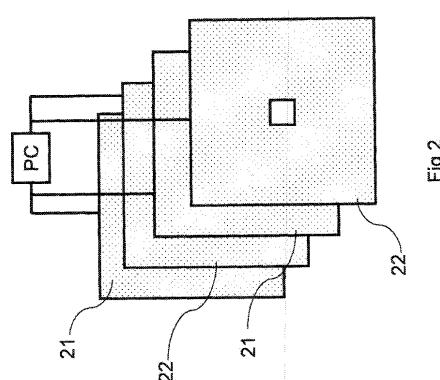
【図1】



【図3】



【図2】



【図4】

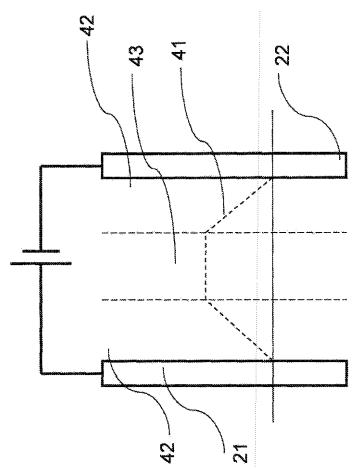


Fig 4

【図5a】

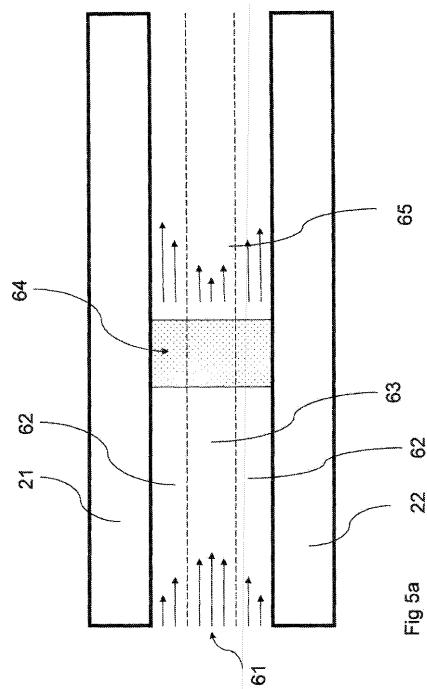


Fig 5a

【図5b】

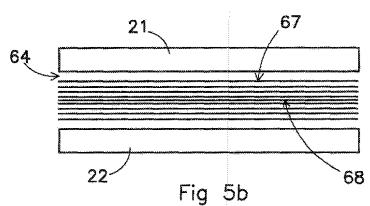


Fig 5b

【図5c】

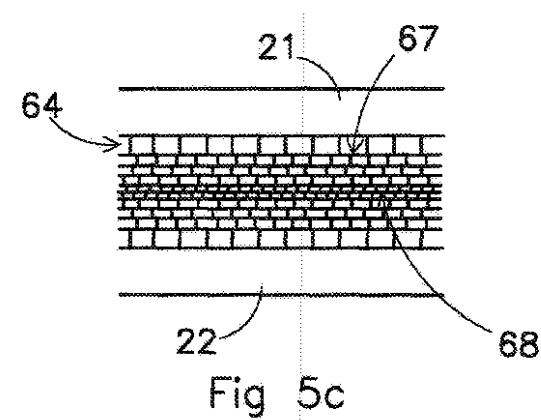


Fig 5c

【図6】

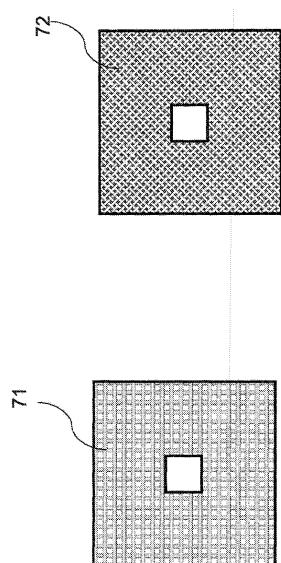
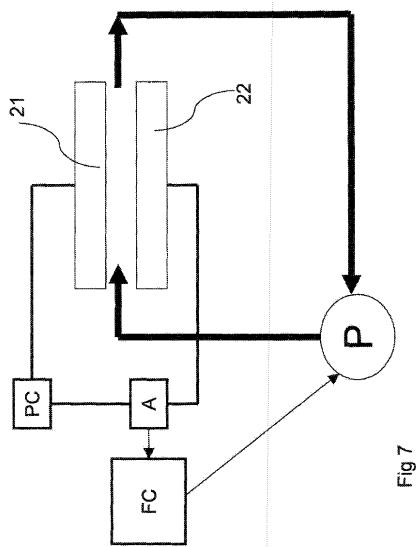
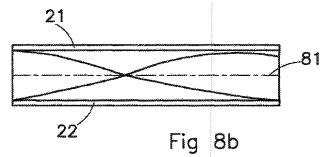


Fig 6

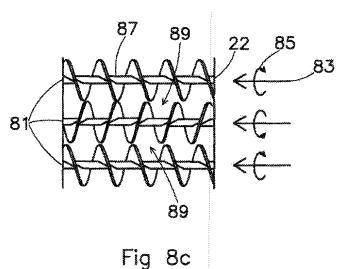
【図7】



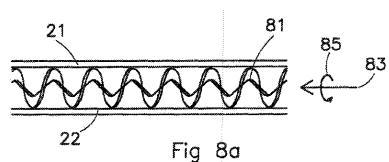
【図8 b】



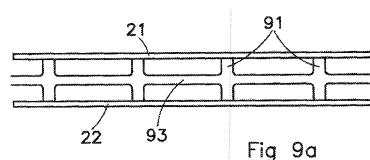
【図8 c】



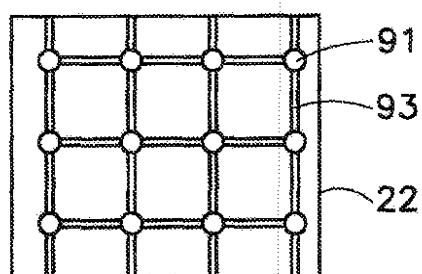
【図8 a】



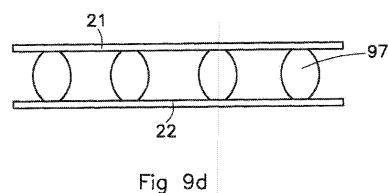
【図9 a】



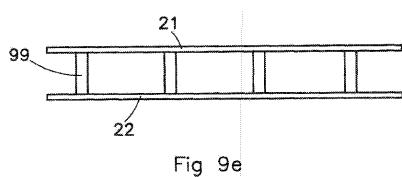
【図9 b】



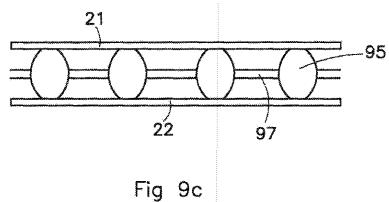
【図9 d】



【図9 e】



【図9 c】



---

フロントページの続き

(72)発明者 フアン デル ワル , アルバート  
オランダ , エヌエル - 2 3 4 1 エルピー ウグストゲースト , ホフブラッカーラーン , 4  
0

(72)発明者 ドルゴレキ , ピオトル エドワード  
ポーランド , ピーエル - 8 0 - 2 9 6 グダンスク , ナ ブズグジュ , 1 エー

審査官 富永 正史

(56)参考文献 国際公開第2008 / 094367 (WO , A1 )  
特表平11 - 514289 (JP , A )  
特開2002 - 313680 (JP , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

C 0 2 F 1 / 4 6 - 1 / 4 8