

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第5899242号
(P5899242)

(45) 発行日 平成28年4月6日 (2016.4.6)

(24) 登録日 平成28年3月11日 (2016.3.11)

(51) Int.Cl.

F I

BO1D 61/48 (2006.01)

CO2F 1/469 (2006.01)

BO1D 61/48

CO2F 1/46 1 O 3

請求項の数 9 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-547496 (P2013-547496)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成23年12月7日 (2011.12.7)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
(65) 公表番号	特表2014-501174 (P2014-501174A)		アメリカ合衆国、ニューヨーク州 1 2 3
(43) 公表日	平成26年1月20日 (2014.1.20)		4 5、スケネクタデイ、リバーロード、1
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/063631		番
(87) 国際公開番号	W02012/091863	(74) 代理人	100137545
(87) 国際公開日	平成24年7月5日 (2012.7.5)		弁理士 荒川 聡志
審査請求日	平成26年11月26日 (2014.11.26)	(74) 代理人	100105588
(31) 優先権主張番号	12/980,506		弁理士 小倉 博
(32) 優先日	平成22年12月29日 (2010.12.29)	(74) 代理人	100129779
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 黒川 俊久
		(74) 代理人	100113974
			弁理士 田中 拓人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スケーリング抵抗の向上した電気脱塩デバイス及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極が設けられた陽極コンパートメント (2 0) と、
陽極コンパートメントから離隔し、陰極が設けられた陰極コンパートメント (2 4) で
あって、陽極及び陰極が、直流電源に結合して、陽極と陰極の間に電位差をもたらし、電
位差の影響によって液体媒体及びイオン交換媒体中のイオン材料の輸送に影響を及ぼすよ
うに構成される、陰極コンパートメント (2 4) と、
供給溶液 (4 0) を受け取る供給入口と、
生産水出口 (4 8) と、
陽極コンパートメントと陰極コンパートメントの間に交互に配置された複数の陰イオン
交換膜 (2 8) 及び複数の陽イオン交換膜 (3 0) と、
複数のスペーサ (2 1 2 , 2 1 3 , 2 1 2 ' , 2 1 3 ') と
を備える電気脱塩装置 (1 0 ') であって、複数のスペーサと陰イオン交換膜と陽イオン
交換膜とが、供給入口から供給溶液を受け取る第 1 の希釈コンパートメント (2 1 4) と
、第 1 の希釈コンパートメントと直列の、生産水を生産水出口に引き渡す第 2 の希釈コン
パートメント (2 1 6) と、第 1 の濃縮コンパートメント (2 1 5) と、第 2 の濃縮コン
パートメント (2 1 7) とを形成するように構成されていて、第 1 及び第 2 の希釈コンパ
ートメント (2 1 4 , 2 1 6) が、陽極に最も近い側の陰イオン交換膜 (2 8) と陰極に
最も近い側の陽イオン交換膜 (3 0) とによって境界が画成され、かつ、第 1 及び第 2 の
濃縮コンパートメント (2 1 5 , 2 1 7) が、陽極に最も近い側の陽イオン交換膜 (3 0

10

20

)と陰極に最も近い側の陰イオン交換膜(2 8)とによって境界が画成されており、

第 1 及び第 2 の希釈コンパートメント(2 1 4 , 2 1 6)並びに第 1 及び第 2 の濃縮コンパートメントを形成するスペーサと、陰イオン交換膜及び陽イオン交換膜とが共に電気脱塩グループを形成し、電気脱塩装置(1 0 ')が、スタックとしてまとめて組み立てられた複数の反復電気脱塩グループ(G)を備えており、

スペーサ(2 1 2 , 2 1 3 , 2 1 2 '、2 1 3 ')が、第 1 及び第 2 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2 , 2 1 2 ')と第 1 及び第 2 の濃縮コンパートメントスペーサ(2 1 3 , 2 1 3 ')とを備えていて、

第 1 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2)が第 1 の希釈コンパートメント(2 1 4)と第 2 の希釈コンパートメント(2 1 4 , 2 1 6)とを形成し、第 1 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2)がその一方の端部に入口ポート(2 2 0)を有しているとともに反対側の端部に出口ポート(2 2 2)を有しており、第 1 の希釈コンパートメントスペーサが、その供給入口から供給溶液を受け取る第 1 の希釈コンパートメント(2 1 4)を形成する第 1 の部分と、第 1 の希釈コンパートメントから供給溶液を受け取る第 2 の希釈コンパートメント(2 1 6)を形成する第 2 の部分とを有しており、

第 2 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2 ')内の流れの方向が、第 1 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2)内の流れの方向と逆方向になるように、第 2 の希釈コンパートメントスペーサの入口ポート(2 2 0)及び出口ポート(2 2 2)が第 1 の希釈コンパートメントスペーサの入口ポート(2 2 0)及び出口ポート(2 2 2)とは反対側の端部に位置するように構成されていて、第 2 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2 ')が、直列に構成された第 1 及び第 2 の希釈コンパートメント(2 1 4 , 2 1 6)を形成しており、

濃縮コンパートメントスペーサ(2 1 3 , 2 1 3 ')の各々がその中央部分に濃縮流を受け取る入口ポートを有し、濃縮コンパートメントスペーサが流入する濃縮流を 2 つの流れ方向に導き、濃縮コンパートメントスペーサが第 1 及び第 2 の濃縮コンパートメント(2 1 5 , 2 1 7)を形成し、第 1 の濃縮コンパートメント(2 1 5)が第 1 の方向(2 6 0)に導かれる濃縮流の第 1 の部分を受け取り、第 2 の濃縮コンパートメント(2 1 7)が第 2 の方向(2 6 2)に導かれる濃縮流の第 2 の部分を受け取る、電気脱塩装置(1 0 ')。

【請求項 2】

電気脱塩グループが、第 1 及び第 2 の陽イオン交換膜(3 0)並びに第 1 及び第 2 の陰イオン交換膜(2 8)を有し、かつ、第 1 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2)に隣接する第 1 の陽イオン交換膜、第 1 の陽イオン交換膜に隣接する第 1 の濃縮コンパートメントスペーサ(2 1 3)、第 1 の濃縮コンパートメントスペーサに隣接する第 1 の陰イオン交換膜、第 1 の陰イオン交換膜に隣接する第 2 の希釈コンパートメントスペーサ(2 1 2 ')、第 2 の希釈コンパートメントスペーサに隣接する第 2 の陽イオン交換膜、第 2 の陽イオン交換膜に隣接する第 2 の濃縮コンパートメントスペーサ(2 1 3 ')、及び第 2 の濃縮コンパートメントスペーサに隣接する第 2 の陰イオン交換膜と共に配置される、請求項 1 記載の電気脱塩装置(1 0 ')。

【請求項 3】

希釈コンパートメント及び濃縮コンパートメントの厚さが 1 . 0 mm ~ 1 0 . 0 mm である、請求項 1 記載の電気脱塩装置(1 0 ')。

【請求項 4】

第 1 の希釈コンパートメントの厚さが第 2 の希釈コンパートメントの厚さよりも大きい、請求項 1 記載の電気脱塩装置(1 0 ')。

【請求項 5】

第 1 の希釈コンパートメントの厚さが第 2 の希釈コンパートメントの厚さよりも 2 ~ 4 倍大きい、請求項 4 記載の電気脱塩装置(1 0 ')。

【請求項 6】

第 1 の希釈コンパートメントの厚さが第 2 の希釈コンパートメントの厚さよりも 4 ~ 8

10

20

30

40

50

倍大きい、請求項 4 記載の電気脱塩装置 (1 0 ')。

【請求項 7】

第 1 の希釈コンパートメントの厚さが第 2 の希釈コンパートメントの厚さよりも小さい、請求項 1 記載の電気脱塩装置 (1 0 ')。

【請求項 8】

第 1 の希釈コンパートメントの厚さが第 2 の希釈コンパートメントの厚さの $1/2 \sim 1/4$ の厚さである、請求項 7 記載の電気脱塩装置 (1 0 ')。

【請求項 9】

第 1 の希釈コンパートメントの厚さが第 2 の希釈コンパートメントの厚さの $1/4 \sim 1/8$ の厚さである、請求項 7 記載の電気脱塩装置 (1 0 ')。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、水を精製するために電気脱塩を実施するための装置及び方法に関し、より詳細には、スケーリング抵抗の向上した電気脱塩デバイス及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電気脱塩 (E D I) は、電気透析技術とイオン交換技術を組み合わせた膜分離脱塩技法である。E D I 精製装置は、水の連続的な生産、アルカリ及び酸を使用しないイオン交換樹脂再生、自動運転など多くの利点を有している。E D I は、純水準備システムに使用される最終水处理装置として、混合層の標準的な代替になっている。プレート及びフレームタイプの E D I 装置は、陽極、陰極、陰イオン透過性膜及び陽イオン透過性膜を含む。これらの膜は、陽極と陰極の間のスタック中に濃縮コンパートメント及び脱塩コンパートメント (希釈コンパートメント) が交互に形成されるように交互に配置される。脱塩コンパートメントには、イオン交換樹脂ビーズなどのイオン交換体が充填される。希釈コンパートメント内で処理される液体は、濃縮コンパートメント内の液体が濃縮コンパートメントの個々の膜を通る移動イオンで豊富になり、かつ、それらを濃縮された形態で運んでいる間、イオンが減損する。

20

【0003】

30

E D I 装置への供給水中のイオンである陽イオン及び陰イオンは、それぞれ陽イオン交換樹脂及び陰イオン交換樹脂中の H^+ 及び OH^- とのイオン交換を実施することができ、したがって樹脂粒子にイオンによって付着する。イオンは、樹脂粒子によって形成されるイオン流通路を通る電界の影響下で移動する。これは、E D I の応用システムでは、樹脂の導電率が水溶液の導電率より数桁大きいことによるものである。イオンは、イオン交換膜を介して濃縮チャンバの中へ移動し、したがって水脱塩のプロセスを完了する。特定の電位降下の下では、水は、2 種類の異なる樹脂及び膜の界面における促進された水解離のため、 H^+ 及び OH^- に分解し、したがって樹脂が再生される。

【0004】

希釈コンパートメントには、脱塩すべき水が通って流れる空隙を粒子間に生成する多孔性イオン交換固体材料が充填されている。イオン交換材料は、通常、陽イオン交換樹脂と陰イオン交換樹脂の混合物、又は繊維織物と不繊維織物の混合物である。「セル対」と呼ばれている 1 以上の対の希釈コンパートメント及び濃縮コンパートメントのアセンブリは、通常、液体が流れる全体的な方向に対して直角の電界を印加する陽極及び陰極によって両側に境界が画成される。しかしながら他の構成では、電流及び液体は、同じ方向又は逆方向に流れる。印加された電界によって陰イオンが希釈コンパートメントから陰イオン交換膜を横切って陽極に近い濃縮コンパートメントの中へ移動し、また、陽イオンが希釈コンパートメントから陽イオン交換膜を横切って陰極に近い濃縮コンパートメントの中へ移動する。陰イオン及び陽イオンは、陽極へ向かう陰イオンの移動が陽イオン交換膜によって阻止され、また、陰極へ向かう陽イオンの移動が陰イオン交換膜によって阻止されるため

40

50

、濃縮コンパートメント内にトラップされるようになる。濃縮コンパートメントからイオンが除去されるように水の流れが用意される。このプロセスの正味の結果は、希釈コンパートメントを通して流れる水の流れからイオンが除去され、濃縮コンパートメントを通して流れる水中にイオンが集中することである。

【0005】

通常、EDI供給水は、電気脱塩に先立って、EDI供給水中のイオン負荷及びコロイド状汚染物質を低減するために、最初に逆浸透ステップで予備処理される。そうすることにより、電気脱塩に使用される樹脂ビーズの有効寿命が長くなる。しかしながら、逆浸透予備処理ステップを使用しても、カルシウム陽イオン及び/又はマグネシウム陽イオンの濃縮、及び硫酸塩陰イオン及び/又は炭酸塩陰イオンの濃縮は、沈殿のため、濃縮コンパートメント内におけるいわゆる「スケーリング」の原因になりかねない。スケーリングの結果、濃縮流が制限され、スタック電気抵抗が大きくなり、電流密度が小さくなり、最終的には生産水の純度が急激に低下することになる。これは、運転費が増加し、生産水の品質が低下し、或いはEDIスタックが動作不能になるため、性能特性に悪影響を及ぼすことになる。

10

【0006】

スケーリング抵抗の向上した電気脱塩デバイス及び方法を有することが望ましい。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

20

【特許文献1】国際公開第2005/011849号

【発明の概要】

【0008】

一態様では、本発明は電気脱塩装置を対象とする。電気脱塩装置は、陽極が設けられた陽極コンパートメントと、陽極コンパートメントから離隔し、陰極が設けられた陰極コンパートメントとを含み、陽極及び陰極は、直流電源に結合して、陽極と陰極の間に電位差をもたらし、電位差の影響によって液体媒体及びイオン交換媒体中のイオン材料の輸送に影響を及ぼすように構成されている。また、電気脱塩装置は、供給溶液を受け取る供給入口と、生産水出口と、陽極コンパートメントと陰極コンパートメントの間に交互に配置された複数の陰イオン交換膜及び複数の陽イオン交換膜とを含む。また、電気脱塩装置は複数のスペーサを含み、これらのスペーサ及び陰イオン交換膜並びに陽イオン交換膜は、供給入口から供給溶液を受け取る第1の希釈コンパートメント、第1の希釈コンパートメントと直列の、生産水を生産水出口に引き渡す第2の希釈コンパートメント、第1の濃縮コンパートメント及び第2の濃縮コンパートメントを形成するように構成されている。第1及び第2の希釈コンパートメントは、陽極に最も近い側の陰イオン交換膜及び陰極に最も近い側の陽イオン交換膜によって境界が画成される。第1及び第2の濃縮コンパートメントは、陽極に最も近い側の陽イオン交換膜及び陰極に最も近い側の陰イオン交換膜によって境界が画成される。

30

【0009】

他の態様では、スペーサ及び陰イオン交換膜並びに陽イオン交換膜は、共に電気脱塩グループを形成する。電気脱塩装置は、スタックとしてまとめて組み立てられた複数の反復電気脱塩グループを含む。

40

【0010】

従来技術に優る本発明及びその利点は、添付の図面を参照しながら以下の詳細な説明及び添付の特許請求の範囲を読むことによって明らかになるであろう。

【0011】

本発明の上記及び他の特徴は、添付の図面に関連して行う本発明の実施形態についての以下の説明を参照することによってより明らかになり、また、本発明自体をより深く理解することができるであろう。

【図面の簡単な説明】

50

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の一実施形態による、手に負えない有機汚染物質を少なくするためのシステムの略図である。

【図 2】本発明の一実施形態による、手に負えない有機汚染物質を少なくするためのシステムの略図である。

【図 3】本発明の一実施形態による、手に負えない有機汚染物質を少なくするためのシステムの略図である。

【 0 0 1 3 】

対応する参照文字は、すべての図面を通して対応する部品を表している。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、本発明について、図面を参照しながら説明するが、以下の詳細な説明では、本発明の実践を可能にするための好ましい実施形態が詳細に説明されている。本発明について、これらの特定の好ましい実施形態を参照して説明されているが、本発明は、これらの好ましい実施形態に限定されないことは理解されよう。それとは逆に、本発明は、以下の詳細な説明を考察すれば明らかになるであろう多くの代替、修正形態及び均等物を含む。

【 0 0 1 5 】

図 1 を参照すると、以下でさらに説明する複数の希釈チャンバ 1 2 及び複数の濃縮チャンバ 1 3 を有する電気脱塩装置 1 0 が示されており、複数の希釈チャンバ 1 2 及び複数の濃縮チャンバ 1 3 の中には、いずれも陰イオン交換樹脂及び陽イオン交換樹脂が入っている。本発明によれば、個々の希釈チャンバ 1 2 は、第 1 の希釈コンパートメント 1 4 及び第 2 の希釈コンパートメント 1 6 をその中に備えている。個々の濃縮チャンバ 1 3 は、第 1 の濃縮コンパートメント 1 5 及び第 2 の濃縮コンパートメント 1 7 に分割されている。図 1 から分かるように、電気脱塩装置 1 0 は、第 1 及び第 2 の希釈コンパートメント 1 4 、 1 6 並びに第 1 及び第 2 の濃縮コンパートメント 1 5 、 1 7 からなる構成要素の反復グループ G でできている。

【 0 0 1 6 】

電気脱塩装置 1 0 は、陽極 2 2 が設けられた陽極コンパートメント 2 0、及び陽極コンパートメントから離隔し、陰極 2 5 が設けられた陰極コンパートメント 2 4 を含む。コンパートメント 2 0、2 4 の各々は、供給水又は水溶液などの電解材料 2 6 の流れを受け取るように構成されている。陽極 2 2 及び陰極 2 5 は、陽極 2 2 と陰極 2 5 の間に電位差をもたらして、電位差の影響によって液体媒体及びイオン交換媒体中のイオン材料の輸送に影響を及ぼすように、直流電源に結合するように構成されている。陽極コンパートメント 2 0 及び / 又は陰極コンパートメント 2 4 は、いくつかの実施形態では濃縮チャンバ 1 3 に隣接して配置することができるため、コンパートメント 2 0 及び 2 4 も同じく希釈チャンバ 1 2 と見なすことができる。

【 0 0 1 7 】

陽極コンパートメント 2 0 及び / 又は陰極コンパートメント 2 4 が希釈チャンバ 1 2 と見なされる実施形態では、陽極コンパートメント 2 0 及び / 又は陰極コンパートメント 2 4 は、供給溶液 4 0 を受け取るように構成される。陽極コンパートメント 2 0 及び / 又は陰極コンパートメント 2 4 が濃縮チャンバ 1 3 と見なされる実施形態では、陽極コンパートメント 2 0 及び / 又は陰極コンパートメント 2 4 は、第 1 の濃縮溶液 5 1 又は第 2 の濃縮溶液 5 5 を受け取るように構成される。

【 0 0 1 8 】

図 1 では、陽極コンパートメント 2 0 は希釈チャンバ 1 2 として構成されており、供給溶液 4 0 を受け取っている。しかしながら、希釈チャンバ 1 2 又は濃縮チャンバ 1 3 のいずれかとして構成されていない陰極コンパートメント 2 4 は、電解材料 2 6 の流れを受け取ることになる。

【 0 0 1 9 】

複数の陰イオン交換膜 2 8 及び陽イオン交換膜 3 0 は、第 1 及び第 2 の希釈コンパート

10

20

30

40

50

メント14、16並びに第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17を形成するために、陽極コンパートメント20と陰極コンパートメント24の間に交互に配置されている。本明細書では、「陰イオン交換膜」という用語は、電気脱塩装置10が動作している間、第1及び第2の希釈コンパートメント14、16から第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17への陰イオンの輸送を陽イオンの輸送より優先的に許容するように構成される膜を意味しており、また、「陽イオン交換膜」という用語は、電気脱塩装置10が動作している間、第1及び第2の希釈コンパートメント14、16から第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17への陽イオンの輸送を陰イオンの輸送より優先的に許容するように構成される膜を意味している。図1では、図に示されている、膜28、30を横切るイオン束は、分かり易くするためにナトリウムイオン、カルシウムイオン、水素イオン、水酸化物イオン、塩化物イオン及び炭酸塩イオンに限定されている。同様にして他のイオンを移動させることも可能であることは当業者には理解されよう。

10

【0020】

第1及び第2の希釈コンパートメント14、16の各々は、陽極側（すなわち陽極22に最も近い側）の陰イオン交換膜28及び陰極側（すなわち陰極25に最も近い側）の陽イオン交換膜30によって境界が画成される。第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17の各々は、陽極側の陽イオン交換膜30及び陰極側の陰イオン交換膜28によって境界が画成される。陰イオン交換膜28は、濃縮コンパートメント15、17内への陰イオンの優先的な輸送を許容するように構成されている。陽イオン交換膜30は、濃縮コンパートメント15、17内への陽イオンの優先的な輸送を許容するように構成されている。図1には、3つの反復グループGを有する電気脱塩装置10が示されている。反復するグループの数は、本発明の範囲を逸脱することなく、もっと多くすることも、或いはもっと少なくすることも可能であることは当業者には理解されよう。

20

【0021】

図1に示されている構成要素は、ボルト又は水圧ラムによって一体に保持された圧力板（図示せず）の間のスタックとしてまとめて組み立てられているか、或いはこれらの構成要素を収納し、かつ、希釈コンパートメント14、16及び濃縮コンパートメント15、17に流入する液体、及び希釈コンパートメント14、16及び濃縮コンパートメント15、17から流出する液体を導くためのマニホールドを提供するハウジング内のスタックとしてまとめて組み立てられている。希釈コンパートメント14、16及び濃縮コンパートメント15、17の厚さは、通常、約1.0mm～10.0mmであり、また、通常、装置10内には約10個～300個の希釈コンパートメントが存在している。個々の交換膜28、30の表面積は、通常、約0.5平方フィート（0.0465m²）～5.0平方フィート（0.465m²）である。

30

【0022】

供給溶液40（通常、RO装置の生産水出力）は、第1の希釈コンパートメント14の入口42に流入する。第1の希釈コンパートメントは、陽イオン交換膜30によって第1の濃縮コンパートメント15から分離されており、また、陰イオン交換膜28によって第2の濃縮コンパートメント17から分離されている。望ましいことには、供給溶液40に存在するイオン汚染物質の主要な部分は、第1の希釈コンパートメント14を通過している間に、隣接する第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17へ移動する。したがって陽イオンの大部分は第1の濃縮コンパートメント15へ移動し、また、陰イオンの大部分は第2の濃縮コンパートメント17へ移動することになる。

40

【0023】

一実施形態では、第1の希釈コンパートメント14の厚さは第2の希釈コンパートメント16の厚さよりも大きい。他の実施形態では、第1の希釈コンパートメント14の厚さは、第2の希釈コンパートメント16の厚さの約2～4倍大きい。追加実施形態では、第1の希釈コンパートメント14の厚さは、第2の希釈コンパートメント16の厚さの約4～8倍大きい。

【0024】

50

さらに、他の実施形態では、第1の希釈コンパートメント14の厚さは第2の希釈コンパートメント16の厚さよりも小さい。他の実施形態では、第1の希釈コンパートメント14の厚さは、第2の希釈コンパートメント16の厚さの約 $1/2 \sim 1/4$ の厚さである。追加実施形態では、第1の希釈コンパートメント14の厚さは、第2の希釈コンパートメント16の厚さの約 $1/4 \sim 1/8$ の厚さである。

【0025】

供給溶液は、第1の希釈コンパートメント14を通過した後、第2の希釈コンパートメント16に流入する。このステージの間、残りの微量汚染物質が除去される。第2の希釈コンパートメント16から隣接する陰イオン交換膜及び陽イオン交換膜28、30を通過する優勢なイオンは、水分解によって生成される水素イオン及び水酸化物イオンである。より詳細には、イオン交換樹脂とイオン交換樹脂並びにイオン交換膜28、30の間の界面では、水が能動的に解離して H^+ 及び OH^- を形成する。このような場合、 H^+ イオンの一部が陽イオン交換膜30を通過して第2の濃縮チャンバ17へ透過し、また、 OH^- の一部が陰イオン交換膜28を通過して第1の濃縮チャンバ15へ透過することになる。陽イオン交換膜30の濃縮チャンバ側の表面は、局部的に高い H^+ 濃度の存在を示す強い酸性を示す。それと比較すると、陰イオン交換膜28の濃縮チャンバ側の表面は、高い OH^- 濃度の存在を示す強いアルカリ性を示す。したがって第1の濃縮コンパートメント15内の流れは陽イオンの大部分を運んで高いpHを有しており、また、第2の濃縮コンパートメント17内の流れは陰イオンの大部分を運んで低いpHを有している。陽イオン/陰イオンの分離により、スケーリング陽イオンとスケーリング陰イオンの間の接触時間が短縮されて、電気脱塩装置内におけるカルシウム/炭酸マグネシウム/硫酸塩スケール形成の危険が低減される。

【0026】

供給溶液40は、第1及び第2の希釈コンパートメント14、16内で精製され、かつ、精製された液体流として出口48から吐出される。第1の濃縮コンパートメント15は、水又は水溶液などの液体の第1の濃縮流51を受け取るように構成されており、この第1の濃縮流51は、第1の濃縮コンパートメント15の外側の隣接する第1及び第2の希釈コンパートメント14、16から輸送されるイオンを受け取る。これらのイオンが濃縮した液体流53は、第1の濃縮コンパートメント15から吐出される。第2の濃縮コンパートメント17は、水又は水溶液などの液体の第2の濃縮流55を受け取るように構成されており、この第2の濃縮流55は、第2の濃縮コンパートメント17の外側の隣接する第1及び第2の希釈コンパートメント14、16から輸送されるイオンを受け取る。これらのイオンが濃縮した液体流59は、第2の濃縮コンパートメント17から吐出される。第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17を流れる液体は、第1及び第2の希釈コンパートメント14、16を流れる供給溶液40の液体に対して、並流方向もしくは向流方向又は逆流方向に流れることができ、或いは他の可能な流れ構成で流れることができる。

【0027】

図2に示されている実施形態では、1つの反復グループGは、流れを希釈するための第1の希釈コンパートメントスペーサ114及び第2の希釈コンパートメントスペーサ116、流れを濃縮するための第1の濃縮コンパートメントスペーサ115及び第2の濃縮コンパートメントスペーサ117、2つの陽イオン交換膜30及び2つの陰イオン交換膜28からなっている。スペーサ114、115、116、117及び膜28、30は交互方式で置かれている。陰イオン交換膜及び陽イオン交換膜28、30は、液体流に対して実質的に不浸透性であり、隣接するスペーサ内の流れを分離する。個々のスペーサは、対応する流れの流入及び流出を許容し、或いは以下で説明するように他の流れのための隔離された接続を提供するポートを有している。

【0028】

グループGは、(上から下へ)第1の希釈コンパートメント14、陽イオン交換膜30、第1の濃縮コンパートメント15、陰イオン交換膜28、第2の希釈コンパートメント

16、陽イオン交換膜30、第2の濃縮コンパートメント17及び陰イオン交換膜28からなっている。供給溶液40は、第1の希釈コンパートメントスペーサ114の前側の右隅に示されているポート120から第1の希釈コンパートメント14に流入し、かつ、第1の希釈コンパートメントスペーサの後側の隅の2つのポート122から流出する。矢印は流れの方向を示している。流入する供給溶液に存在している陽イオンの大部分は、陽イオン交換膜30を通して第1の濃縮コンパートメント15内の濃縮流へ移動する。第1の希釈コンパートメント14の流出ポート122は、第2の希釈コンパートメント16の入口ポート124に水圧で接続されている。図に示されている実施形態では、ポート124は、第2の希釈コンパートメント16を形成する第2の希釈コンパートメントスペーサ116の後側の隅に示されている。矢印は、第2の希釈コンパートメント16内の流れの方向を示している。処理された流れは、前側の左隅に示されているポート128を通して第2の希釈コンパートメント16から流出する。第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17は、流れの矢印で示されているように、対応するスペーサ115、117を通して平行に流れる流れを有している。濃縮流は、共通の入口ポート130（後側の中央）及び共通の出口ポート132（前側の中央）を有している。

10

【0029】

スペーサ内のポート、スペーサの相対配置及び他の必要な水圧接続により、第1及び第2の希釈コンパートメント14、16を直列に接続することができ、また、第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17を並列に接続することができ、これらの接続は、すべて、構成要素の個々の反復グループG内で実施することができる。望ましいことには、電気脱塩装置10の動作パラメータは、供給溶液40中のスケール形成イオンの実質的な部分が第1の希釈コンパートメント14から隣接する第1及び第2の濃縮コンパートメント15、17へ移動するように選択されている。

20

【0030】

第1の希釈コンパートメント14内の流れは、第2の希釈コンパートメント16内の流れに対して向流方向又は並流方向に流れることができ、第1の濃縮コンパートメント15内の流れは、第1の希釈コンパートメント14内の流れに対して向流方向又は並流方向に流れることができ、第1の濃縮コンパートメント15内の流れは、第2の濃縮コンパートメント17内の流れに対して向流方向又は並流方向に流れることができることは当業者には理解されよう。さらに、第1の濃縮コンパートメント15及び第2の濃縮コンパートメント17は、電気誘導水分解/再結合が存在しない場所で再結合することができ、或いはスタック内で分離した状態を維持し、かつ、個別のポートから流出させることも可能である。第1の濃縮コンパートメント15及び第2の濃縮コンパートメント17には、同じ供給源から供給することも、或いは異なる供給源から供給することも可能である。一実施形態では、濃縮流（2つの濃縮流のうちの少なくとも一方）は希釈供給によって供給される。また、濃縮流（2つの濃縮流のうちの少なくとも一方）は希釈生産水によって供給されること、或いは濃縮流（2つの濃縮流のうちの少なくとも一方）は、第1の希釈コンパートメント14と第2の希釈コンパートメント16の間から得られる中間生産水によって供給されることも同じく企図されている。別法としては、濃縮流（2つの濃縮流のうちの少なくとも一方）は、低硬度/低無機炭素水の独立した供給源によって供給することができる。

30

40

【0031】

スペーサ114、115、116、117は、対向する陰イオン交換膜28と陽イオン交換膜30の間に空間が維持されて、液体が流れるための個々の流路を有するコンパートメント14、15、16、17が提供されるように、交互に配置された陰イオン交換膜28と陽イオン交換膜30の間に挿入されている。スペーサ114、115、116、117はメッシュを含むことができ、このメッシュは、電気脱塩装置10の濃縮チャンバの対向する膜の間、又は対向する膜とエンドフレームアセンブリの間の空間を維持するために提供されており、濃縮コンパートメント内における流体流路の準備を容易にする。濃縮コンパートメント内のイオン交換材料は、コンパートメント内における流路の準備を容易

50

にするため、イオン交換材料が入った濃縮コンパートメントには、メッシュを有するスペーサは必ずしも必要ではないことは理解されよう。参照により本明細書に組み込まれているUS 20080073215 Aに、このような濃縮チャンバイオン交換樹脂構造の1つを見出すことができる。したがってその構造がメッシュを有するスペーサを含む濃縮コンパートメントは、本発明の範囲から排除されない。したがって適切なスペーサはメッシュを有し、或いはメッシュを備えていないスペーサを含む。

【0032】

図3は、電気脱塩装置10'の他の実施形態を示したものである。図3には、構成要素の単一の反復グループGが示されているが、もっと多くのグループを装置10'内のスタックとして配置することができることは当業者には理解されよう。希釈コンパートメントスペーサ212(一番上)は、前側の右隅に入口ポート220を有しており、後側の左隅の出口ポート222から流出する。この希釈コンパートメントスペーサ212の第1の半分は、上で説明した第1の希釈コンパートメント14の動作と同様にして動作する第1の希釈コンパートメント214を形成する。希釈コンパートメントスペーサ212の第2の半分は、上で説明した例における第2の希釈コンパートメント16と同様の第2の希釈コンパートメント216を形成する。

【0033】

希釈コンパートメントスペーサ212に隣接する濃縮スペーサ213は、その中央部分に濃縮入口ポート230を有しており、流入する濃縮流を2つの流れ方向に分割している。濃縮コンパートメントスペーサ213は、流れの矢印260で示されている第1の方向に導かれる流れの一部を受け取る第1の濃縮コンパートメント215を形成しており、また、流れの矢印262で示されている第2の方向に導かれる流れの第2の部分を受け取る第2の濃縮コンパートメント217を形成する。第1の方向に導かれる流れ260は、図2の第1の濃縮コンパートメントスペーサ115内の流れと同様である。この流れは、上側を流れる希釈流から陽イオンの大部分を受け取り、また、下側を流れる希釈流からほとんどの水酸化物を受け取ることになる。第2の方向に導かれる流れ262は、図2の第2の濃縮コンパートメントスペーサ117内の流れと同様の流れにすることができる。この流れは、下側を流れる希釈流から陰イオンを収集することができ、また、上側を流れる希釈流から水素イオンを収集することができる。図3に示されている2つの他のスペーサ212'及び213'は、スペーサ212及び213内の流れと同様の流れに適応しているが、導かれる方向は逆方向である。望ましいことには、動作条件によって第1の希釈コンパートメント214内のスケール形成イオンの大部分を移動させることができる。

【0034】

適切なイオン透過性膜28、30の例には、非均質イオン交換膜及び均質イオン透過性膜がある。適切な非均質イオン透過性膜には、例えばMembranes International CMI-7000S(商標)(陽イオン交換膜)及びMembranes International AMI-7001S(商標)(陰イオン交換膜)がある。適切な均質イオン透過性膜には、例えばGE Infrastructure Water and Process Technologies(以前はIONICS)CR67HMP(商標)(陽イオン交換膜)、及びGE Infrastructure Water and Process Technologies(以前はIONICS)A103QDP(商標)(陰イオン交換膜)がある。織布、不織布(無作為に配向されたストランド)又は押出し網織の陰イオン交換材料及び陽イオン交換材料を組み合わせたストランドで固定イオン交換材料を提供することも可能である。また、固定イオン交換材料は、連続気泡発泡体によって、また、交換粒子の組合せによって提供することも可能である。また、織物に使用されるストランドは様々な形態を取ることも可能である。ストランドは、複数のフィラメントの束の形態、編組ストランドの形態、及び結合剤によって一体に保持される陽イオン交換粒子及び陰イオン交換粒子でできた交換粒子フィラメントの組合せの形態で構築することができる。連続気泡発泡体は、陽イオン交換粒子、陰イオン交換粒子及び結合剤を含み、流れの通路が通っている相互接続網を有している。イオン交

10

20

30

40

50

換粒子の組合せは、陽イオン交換粒子、陰イオン交換粒子及び結合剤でできており、流れの通路内における圧力降下が許容可能に小さくなるように、十分に大きい。いくつかの実施形態では、イオン交換材料は混合されず、その代わりに膜と膜の間の通路、又は膜と膜の間の通路内の領域に、陰イオン交換材料又は粒子、もしくは陽イオン交換材料又は粒子のみを含む。また、イオン交換材料が材料の圧縮によって所定の位置に固定されて、デバイス内における材料の運動が制限される希釈通路及び濃縮通路内の充填イオン交換を使用することも可能であり、これについては、参照により本明細書に組み込まれているUS 5 961 805を参照されたい。

【0035】

一実施形態では、希釈コンパートメント14、16及び濃縮コンパートメント15、17の各々の中にイオン交換材料が配置される。例えば、イオン交換材料は混合されたイオン交換材料である。適切な形態のイオン交換材料の例には、ビーズ、不規則な形の粒子、繊維、棒、織物又は多孔性モノリスがある。イオン交換材料は、天然材料及び合成材料の両方を含むことができる。

【0036】

本明細書では、「陰イオン交換材料」という用語は、陰イオン種に対して優先的に導電性である材料を意味している。この点に関して、このような材料は、その材料中に存在している陰イオン種を周囲の液体からの陰イオン種に選択的に交換し、かつ、交換された陰イオン種の、印加された電界の下での移動を容易にするように構成される。適切な陰イオン交換材料の例には、ジビニルベンゼンと交差結合した合成ポリスチレンビーズがあり、このようなビーズは、トリメチルアンモニウム基又はジメチルエタノールアンモニウム基を使用して官能化されている（例えばMitsubishi DIAION SA10A（商標）又はMitsubishi DIAION SA20A（商標））。本明細書では、「陽イオン交換材料」という用語は、陽イオン種に対して優先的に導電性である材料を意味している。この点に関して、このような材料は、その材料中に存在している陽イオン種を周囲の液体からの陽イオン種に選択的に交換し、かつ、交換された陽イオン種の、印加された電界の下での移動を容易にするように構成される。適切な陽イオン交換材料の例には、ジビニルベンゼンと交差結合した合成ポリスチレンビーズがあり、このようなビーズはスルホン酸基を使用して官能化されている（例えばMitsubishi DIAION SK-1B（商標））。

【0037】

以上、本開示について、典型的な実施形態によって実例で示し、かつ、説明したが、本開示の精神から何ら逸脱することなく様々な修正及び置換を行うことができるため、示されている詳細に限定されることは意図されていない。したがって本明細書において開示されている本開示の他の修正形態及び均等物は、当業者には日常的な実験を使用するだけで思いつくことができ、このようなすべての修正形態及び均等物は、以下の特許請求の範囲で定義されている本開示の範囲内であると見なされる。

【図 1】

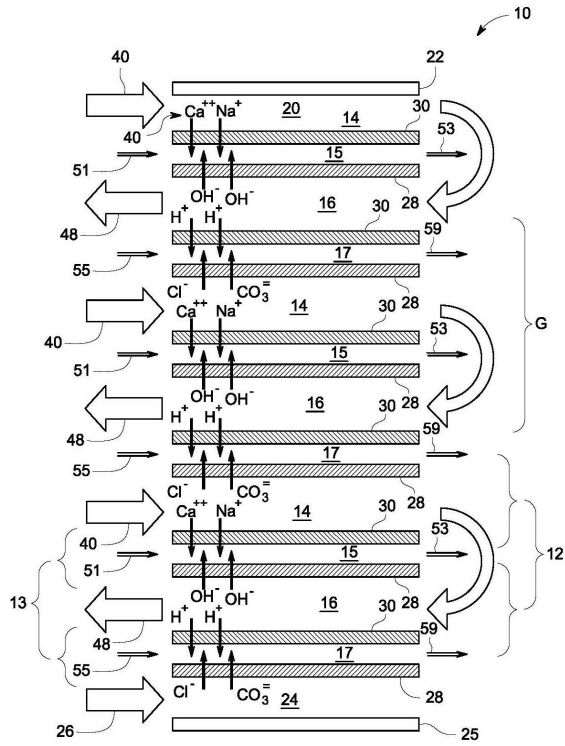


FIG. 1

【図 2】

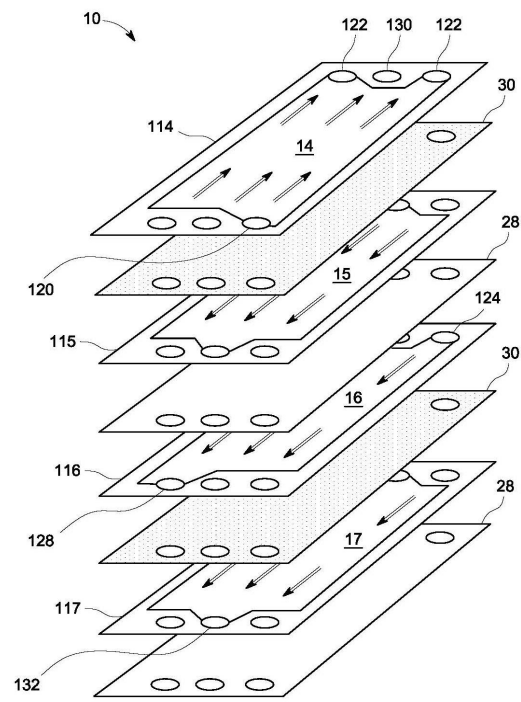


FIG. 2

【図 3】

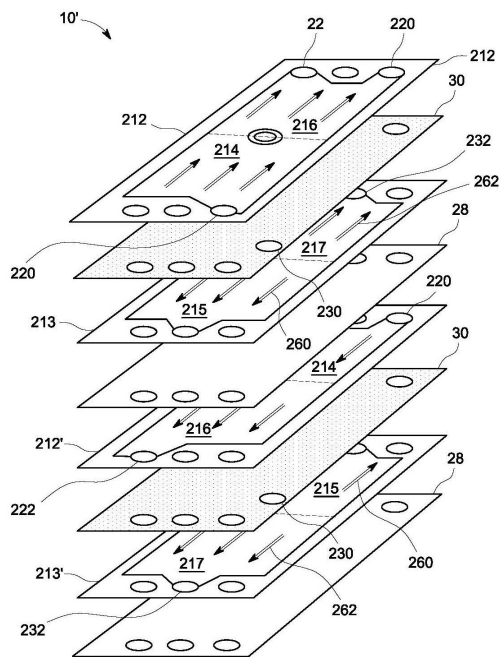


FIG. 3

フロントページの続き

- (72)発明者 グレベニヤック, オレグ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州・01770、シェーボン、プロスペクト・ストリート、5
7番
- (72)発明者 グレベニヤック, ヴラディミール
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州・01801、ウォバーン、ケニー・コート、7番
- (72)発明者 ツァン, リ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州・02478、ベルモント、アマースト・ロード、49番
- (72)発明者 シムス, キース・ジェイ
アメリカ合衆国、マサチューセッツ州・01778、ウェイランド、ライス・スプリング・レーン
、47番
- (72)発明者 バーバー, ジョン
アメリカ合衆国、ペンシルバニア州・19053、トレヴォーズ、ソマートン・ロード、4636
番、ジーイー・ウォーター・アンド・プロセス・テクノロジーズ

審査官 富永 正史

- (56)参考文献 国際公開第98/017590(WO, A1)
特開2010-284638(JP, A)
特開2010-227731(JP, A)
特開2003-190959(JP, A)
特開2009-220060(JP, A)
特開2006-255684(JP, A)
特表2007-516056(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D 61/00 - 71/82
C02F 1/44 - 1/48