

(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2005-539141

(P2005-539141A)

(43) 公表日 平成17年12月22日(2005. 12. 22)

(51) Int. Cl.⁷

C25B 9/00

B01D 61/48

C02F 1/469

C25B 13/02

F I

C25B 9/00

B01D 61/48

C25B 13/02

C02F 1/46

テーマコード (参考)

4D006

4D061

4K021

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2004-536273 (P2004-536273)
 (86) (22) 出願日 平成15年9月12日 (2003. 9. 12)
 (85) 翻訳文提出日 平成17年5月13日 (2005. 5. 13)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2003/028815
 (87) 国際公開番号 W02004/024992
 (87) 国際公開日 平成16年3月25日 (2004. 3. 25)
 (31) 優先権主張番号 60/410, 144
 (32) 優先日 平成14年9月12日 (2002. 9. 12)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

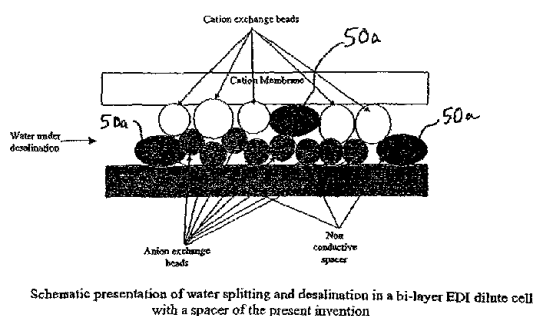
(71) 出願人 505093518
 アイオニクス インコーポレイテッド
 アメリカ合衆国、02472、マサチュー
 セッツ、ウォータータウン、グローブ・ス
 トリート、65番
 (74) 代理人 100093908
 弁理士 松本 研一
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100106541
 弁理士 伊藤 信和
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】疎ら媒体の電気式脱イオン水製造装置及び方法

(57) 【要約】

電気脱イオン化 (EDI) 装置は、イオン交換 (IX) 物質又はビーズのまばなら分布の流れセルを持つ。ビーズはセルの対向する壁を規定する膜の間に展延し、膜を分離し、また支え、及び行き止まりのビーズ - ビーズの反転結合と実質的に無縁の層を形成する。希釈セルにおいて、ビーズは周囲の流体からのイオンの捕捉を高め、また操作電流が増加したときに塩を放出しない。濃縮セルにおいて、ビーズの疎ら充填は安定な低インピーダンスのブリッジを提供し、スタック中の電力利用率を高める。単型の疎ら充填は濃縮セルで使用可能であり、他方、混合の、層を成す、縞状の、勾配をつけた、或いは他のビーズを希釈セル中で採用可能である。イオン伝導経路は粒子数個分の長さ以下であり、より低い充填密度は流体の効率的な流れを許容する。流れセルの厚さは1 mm未満で良く、ビーズは離散的に間隔を空け、混合した又は模様化した単層を形成し、又は順序付けた二層を形成可能であり、かつ、格子間隔が樹脂粒子の大きさと同程度の、又は同じオーダーであるメッシュは、疎ら充填の安定な分布を保証し、かつ長期間均一な導電性と良好



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオン透過性膜の間に画成された希釈セル及び濃縮セルを含む電氣的脱イオン化装置であって、前記希釈及び濃縮セルはアノード電極及びカソード電極の間に配置され、また希釈セルを通り抜ける供給水流中に存在するイオンが交換樹脂によって捕捉されて電極によって印加される電位の影響の下に隣り合う濃縮セル中に移動するように構成され、それにより少なくとも部分的に脱イオン化された生成水を形成するように上記流れから除去され、そして前記セルの少なくとも幾つかが疎らに分布したイオン交換樹脂を含有する装置。

【請求項 2】

イオン交換樹脂がある公称直径を持つビーズを包含し、希釈セルが前記直径の約 2 倍未満の厚さを持ち、前記疎ら分布が、流れが通り抜ける有効な空隙率を備えながら、膜の間隔を維持するのに有効な、またセルを横切るイオン電導に有効な充填密度を持つ請求項 1 記載の電氣的脱イオン化装置。 10

【請求項 3】

前記疎ら分布が直径のおよそ 2 倍の厚さを持つビーズの床である請求項 2 記載の電氣的脱イオン化装置。

【請求項 4】

前記疎ら分布が直径のおよそ 1 倍の厚さを持つ層である請求項 2 記載の電氣的脱イオン化装置。

【請求項 5】

前記疎ら分布が混合床、層化床、編化床、勾配化床及び単型床から選択される床である請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載の電氣的脱イオン化装置。 20

【請求項 6】

前記疎ら分布がメッシュによって適所に安定化されている請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項記載の電氣的脱イオン化装置。

【請求項 7】

前記疎ら分布がビーズを分布させたものであり、装置が、充填物を安定化させるためにビーズ 1 個の直径より大きい寸法のメッシュを持つスクリーンを含有する請求項 1 記載の電氣的脱イオン化装置。

【請求項 8】

前記疎ら分布が、スクリーン上に接着剤、静電気、磁氣的又は電氣的相互作用で固定されたビーズにより安定化されている請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項記載の電氣的脱イオン化装置。 30

【請求項 9】

第一の膜の上に、第一の膜に隣り合う流体の流れ領域を画成するスペーサーを組立てるステップ、疎ら分布として前記流れ領域中にイオン交換ビーズを散布するステップ、及び前記スペーサーを覆って第二の膜を組立てて、それにより疎らに充填された E D I セルを形成するステップ、を含む E D I セルを充填する方法。

【請求項 10】

前記流れ領域にメッシュを準備するステップをさらに含み、前記メッシュは、前記ビーズの疎ら分布を分離し、かつ支持するように流れ領域を十字形に横切る紐の網目を形成している請求項 8 記載の方法。 40

【請求項 11】

濃縮セルと交互に在り、各々が陰イオン交換膜と陽イオン交換膜の間に画成されている複数の希釈セルと、セル中に在る、セル中を通り抜ける流体からイオンを剥ぎ取り剥ぎ取られたイオンを隣り合う膜に導くための、実質的に相互に離れているイオン交換ビーズの疎ら分布から成る E D I 装置。

【請求項 12】

前記相互に分離しているイオン交換ビーズの実質的な部分が前記陰イオン交換膜と前記陽イオン交換膜の両方に接している請求項 11 記載の E D I 装置。 50

【請求項 13】

前記ビーズの実質的な部分が前記陰イオン交換膜と前記陽イオン交換膜の表面に変形接触を強いられ、それらの間に改良された導電性を提供する請求項 12 記載の E D I 装置。

【請求項 14】

濃縮セルと交互に在り、各々が陰イオン交換膜と陽イオン交換膜の間に画成されており、かつ前記陰イオン交換膜と前記陽イオン交換膜の間に配置された混合型のイオン交換ビーズの単層を含んでいる複数の希釈セルから成る E D I 装置。

【請求項 15】

濃縮セルと交互に在り、各々が第一の膜と第二の膜の間に画成されている複数の希釈セルと、前記第一の膜と前記第二の膜の間に設置された一層のイオン交換ビーズから成り、前記層が実質的にビーズ - ビーズ反転接合と無縁である E D I 装置。

10

【請求項 16】

前記層が単層又は順序付けられた二層である請求項 15 記載の E D I 装置。

【請求項 17】

濃縮セルと交互に在り、各々が第一のイオン交換膜と第二のイオン交換膜の間に画成されている複数の希釈セルと、前記第一のイオン交換膜と第二のイオン交換膜の間に設置されているイオン交換ビーズとから成り、前記イオン交換ビーズは前記セルを通り抜ける流体からイオンを剥ぎ取るための陰イオン交換ビーズ及び陽イオン交換ビーズを包含し、かつ前記ビーズは操作において印加電圧が増大したときに塩を放出しないように構成された層に設置されている E D I 装置。

20

【請求項 18】

濃縮セルと交互に在り、各々が第一のイオン交換膜と第二のイオン交換膜の間に画成されている複数の希釈セルと、前記第一のイオン交換膜と第二のイオン交換膜の間に設置されているイオン交換ビーズとから成り、前記イオン交換ビーズは前記セルを通り抜ける流体からイオンを剥ぎ取るための陰イオン交換ビーズ及び陽イオン交換ビーズを包含し、前記ビーズは実質的にビーズ反転接合と無縁の実質的に非連続的なビーズのまばら層に設置され、かつその際に一個のビーズが前記第一及び第二の膜の両方に接触し、かつ横方向に印加された電場の影響の下でイオンを一つの膜に導く E D I 装置。

【請求項 19】

濃縮セルと交互に在り電極の間に設置されている複数の希釈セルから成り、セルが、突き出したイオン交換物質の隆起を持つ第一のイオン交換膜と、第二のイオン交換膜の間に画成され、その際に前記突き出したイオン交換物質の隆起が前記第一の膜と第二の膜を支えて分離し、前記膜の間に厚さ 1 mm 未満の流れ空間を画成する E D I 装置。

30

【請求項 20】

樹脂が充填された E D I セルを形成する改良された方法であって、複数のイオン交換膜を、前記膜に横方向に電位を印加するように構成された一对の電極の間に配列するステップ、及び前記膜の隣り合う同士の上にイオン交換物質の疎ら分布を提供するステップ、を含む方法。

【請求項 21】

電氣的脱イオン化により流体を精製する改良された方法であって、前記改良が電氣的脱イオン化装置内の一以上の型のセルにおいてイオン交換物質の疎ら分布を提供するステップであることを特徴とする方法。

40

【請求項 22】

前記疎ら分布が希釈セル、濃縮セル及び電解質セルから成るセルの群から選択される一以上のセルで提供される請求項 21 記載の方法。

【請求項 23】

前記疎ら分布が陰イオン交換樹脂と陽イオン交換樹脂の両者を含む請求項 22 記載の方法。

【請求項 24】

前記疎ら分布が一の型の樹脂（陰イオン交換又は陽イオン交換型の樹脂）を含む請求項

50

２２記載の方法。

【請求項２５】

前記一の型が濃縮セル中に提供される請求項２４記載の方法。

【請求項２６】

制御した量のイオン交換ビーズを疎ら分布としてＥＤＩ流れ室中に散布するためのスタック組立部品を含むＥＤＩセルを充填するための装置。

【請求項２７】

スクリーンを通してビーズを湿式篩い分けしてスクリーン中に層を捕捉するステップを包含するイオン交換ビーズ層を形成する方法。

【請求項２８】

電氣的脱イオン化装置のセル中にイオン交換ビーズの分布を形成する方法であって、メッシュにより前記ビーズの疎ら分布を位置決めし、かつビーズの移動を抑制して、セル中に安定な疎ら分布を提供するステップを包含する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は電気透析に関し、さらに具体的には、電気式脱イオン充填セルＥＤＩ、或いは単にＥＤＩとも呼ばれる充填セル電気透析用の装置及び工程に関する。

【背景技術】

【０００２】

ＥＤＩにおいては、選択的イオン透過性膜のそれぞれの対の間に、複数の流体流通セル、一般には長い平らな部屋が画成されている。これらのセルは、給水流が流れる「希釈」セルと、給水流から除去されたイオンを受け取る、交互に希釈セルに隣接して設けられた「濃縮」セルを包含する。全てのセルは、全て、層のスタック又は連続物の両端に設置され、流体流の方向（及び面）を横切る方向に電場を供給する、一対の電極の間に配置されている。一包みのイオン交換物質、一般にはイオン交換樹脂ビーズが希釈セル内に置かれ、流体が希釈セルを通るときに流体からさらに効率良くイオンを引き剥がす。そして、これは捕捉されたイオンを加えられた電場の方向に輸送するためのイオン導電性媒体を提供する。希釈セルにおいては、流体流中に存在する陽イオン及び陰イオンはイオン交換物質によって捕捉され、加えられた電場の影響の下、そのセルの境界をなす（陰又は陽）イオン交換膜を横切って、対応する電極に向かい、かつ隣り合う濃縮セル中へと、反対方向に移動する。これらのイオンは濃縮セル内に放出され、濃縮セル中を通り抜ける、又は再循環される濃縮又は「塩水」流によって掃き出される。この工程は、給水流が希釈セルを通り抜ける間にそこからイオンを除去し、実質的に脱イオン化した、又は脱塩化した生成流体の出力物を産出する。ＥＤＩ機器は、水の小部分に由来する局所的に存在するイオンが、イオン交換樹脂を、その活性を維持しながら連続的に再生する様に、十分な電流で操作する。濃縮セルはいかなるイオン交換媒体をも含有する必要は無い。これらのセルは、イオン交換物質の充填体を持っても良く、及び／又は、単に塩水の流れ又は循環に適応しても良い。後者の場合、一定の放出速度を維持して、スケールの発生、逆拡散の増加、すなわち隣り合う希釈区画中の生成流の純度低下をもたらす可能性がある塩水の過濃縮を防ぐ。

【０００３】

ある種のＥＤＩ系では、濃縮セルもイオン交換ビーズを含有し、希釈及び濃縮流を、その前には濃縮及び希釈流を受けていた口にそれぞれ接続し、かつ電極の極性を逆転させて、区画の機能を周期的に交換することが可能である。

【０００４】

セル中のイオン交換物質は粒状又は繊維状かつ不連続的、ゲル様、フェルト状又は織物状の幾分連続的であって良く、発泡体、フェルト又はゲル相中に保持された粒状物質を含んで良く、或いはこれらの特徴のなんらかの組合せを持って良い。イオン交換物質は、一般的に相当量の流体、例えば水を保持できる組成を持ち、また、その物質は、一定量の圧

10

20

30

40

50

力下で作動する様に、また区画の各側にある広い面積の膜の機械的支持体として働く様に、膨らんで、電氣的脱イオン化区画を一杯にして良い。この様な膨潤はセルが崩壊しないことを確実にし、また膜と充填物との間の良好なイオン導電性接触も提供する。一部の製造業者 (Electropure, U.S. Filter) も、或いは、先ず近接している骨状物により画成される狭いセルの使用に頼って、複数の狭いセルを原則的に複製してスタックの全体的容量又は規模を大きくしながら、短い膜の間隔、及び/又は膜の追加的支持体を提供し、かつセル内部の十分に画成された流れを促進している。薄いセルに均一に充填するのは技術的にやりがいがある。幾つかの組立「外皮」構造は、長い間、単に、EDIスタックのセルを、各区画が多数の閉じた下位の区画を形成する幾つかの骨材又は分割材を持つ、密閉式の組立区画サブユニットとして設計することでこれに対処してきた。これらの密閉式ユニットを充填し、またセル製造の特定ライン上で個別に組立てることにより、堆積体の全体的組立は、単に複数の予め組立てられたセル或いはセルの対を、単に堆積体に配列し、それらを2つの電極と端板組立体の間に安定化させれば、達成される。

【0005】

イオン交換物質を充填した希釈又は濃縮セルにおいて、そのイオン交換物質の幾ばくかは、少なくとも部分的にそのセルを形成している膜と接触している。希釈セルにおいては、イオン交換物質は給水流由来のイオンを効率的に捕捉し、それを通して流体から捕捉されたイオンが直交する電場方向に移動可能な、静止した導電性媒体を提供する。交換物質がある場所ならどこでも、それはセル又は堆積体を介して良好な導電性も提供する。この様に、効率的な脱イオン化は、別の方法よりも大きな定常状態流密度及び高い流体流速度で実行可能である。注目すべきだが、充填セル電気透析 (EDI) では、イオン交換樹脂は広い面積の流体接触を示し、これは、希釈流から速やかに、溶解したイオンを効率的に除去し (希釈セル中)、又はこれらを塩水流中に放出する (濃縮セル中)。一方、直交電場は、イオンを濃縮通路中に直角に動かし、また交換物質のイオン交換機能を再生させる、両方に働く。得られるEDI装置は高効率であり、またイオン交換ビーズの床と異なって、イオン交換媒体を化学的に回復するための定期的な停止を必要とせずに、水の様な流体を脱塩するために使用可能である。イオンの除去は非常に多目的であり、供給流体を、目的の特定イオンをもっと効率的に除去するように整えることが可能である。さらに、選択的イオンの減少、分極操作及び他の効果に起因する流路に沿って起こりえるpH変化は、給水流に外部からの化学的な添加物を必要としないで、シリカの様な中性pHでは比較的不溶性の種を効率的に除去するためのEDIの能力を高めることができる。この様な装置において、流れセルは、比較的短い相互作用路、例えばセルを通る0.1~1.0メートルのオーダーの流路で、効率的な脱イオン化を達成可能である。

【0006】

幾つかの一般的なEDI機器構造物が使用されてきている。螺旋巻形状のものは、円筒状の容器にはめ込まれ、放射状の電場に晒された、種々の層状膜構造を持っている。もう一つは直線形状であり、複数の一般的に長方形の平らな膜及びスペーサーが希釈及び濃縮流セルの堆積体を画成し、電極はその堆積体の端部に設置されている。この構造物の円板層状変形体も記載されている。本発明の原理は、全てのEDI機器に適用可能であるが、以下の説明を簡単にするために、主にさらに普通の堆積構成を用いて例を説明する。

【0007】

現代の、汎用性EDI機器のセルは、一般に比較的平ら又は平面的な流水部屋であり、一般的には厚さが約16分の1インチと2分の1インチの間である (もっと厚いセルが用いられてきたが)。これらは共通の入り口及び出口の連結管で、約2分の1メートルから約2と2分の1メートルの幅 (水平方向に堆積した場合) 又は高さ (垂直に堆積した場合) の「堆積体」又はEDI組立体に組み上げることができる。堆積構造により多数 (例えば20-300以上) のセルを通る平行流が許容され、高い全流水処理容量が提供される。他の幾何形、例えば米国特許第5376253号に示されている螺旋巻円筒形EDIモジュールは、円筒状/放射状構成と類似の膜、交換媒体及び電極を用いている。

【0008】

イオン交換物質の発泡体、フェルト、ビーズ及び繊維は、全て、種々の構成においてEDIセルの充填物として使用されてきた。けれども、最も普通の、先行技術の市販EDI堆積体は、粒状のイオン交換又はビーズ充填物を用いており、これは単型で良く、或いは陰イオン(A⁻X)交換樹脂ビーズ及び陽イオン(C⁺X)交換樹脂ビーズ(本明細書では粒又は粒子とも呼ぶ)の混合床であって良い。これらの樹脂は、強い又は弱い陰イオン又は陽イオン交換機能性を持って良く、或いはこれらの混合物で良く、そして樹脂の型は、特定の給水、又は特定の給水に対する所望の操作条件又は除去特性を目指すように変えて良い。他の態様では、或いは堆積体のある層では、単一樹脂型(A⁻X又はC⁺X)が使用されて良く、或いはA⁻X樹脂粒子がC⁺X樹脂粒子とは別個の層を形成しても良く(「層化床」)、或いはA⁻X及びC⁺X型が給水流体の流路及び/又は濃縮流の異なる帯域又は区域に並べられていて良い(例えば、「シマウマ状」、「海島状」、「縞状」、又は「帯状」ビーズ)。これらの配列により、局地的な流れ、pH又は他の操作条件を制御して、特定のイオンが給水流から除去される、又は濃縮流中に現れる領域又は時間を制御する;どこで、及び/又はどのように水の分離を起こさせるかを制御する;及び機器中の流水処理路の種々の領域に沿う環境を制御する、ことができる。樹脂の選択及び配置により、特定の給水流のイオンの除去又は他の特性をよりよく成し遂げることも可能であろう。

10

【0009】

一般的に、水又はある種の食物成分のような流体の大量処理用に構成されたEDI堆積体は、それでもなお取り囲む流体と接触する十分に大きい表面を示している低流水インピーダンスの比較的透過性の良い床を形成するのに十分な大きさの樹脂ビーズにより、効率的に働くことが見いだされている。これらのビーズは、クロマトグラフィー用途で一般に用いられる粉末化イオン交換媒体よりも実質的に大きい。これらの粒子は、一般に平均直径が約100 - 900 µm、通常は約300 - 700 µm、最も典型的には約350 - 650 µmである(説明を簡明にするため、再生、又は乾燥、又は水和の際に起こる可能性がある実質的な直径の変化、及び多くの異なる市販の樹脂に在る粒子サイズ分布の極端値を無視している)。ビーズの大きさがこのようなとき、充填された2cm厚のEDI希釈セルは、顆粒の深さが20から100以上の樹脂層を含有して良く、一方3から10mm厚の濃縮セルは、約5から約50の顆粒の深さを持つであろう。通例のセルの厚さ及び交換ビーズの大きさは、イオンを引き剥がし、また流体流と相互作用するさめの大きな活性表面領域を示し;流体が、低い又はほんの僅かな流れ抵抗で流れ方向に沿って浸透することを可能にし;そして、EDIR操作用に構成された堆積体において、周期的な逆モード操作において電極の極性、及び希釈/濃縮口が交換されたときに、無理なく急激なパージを可能にする。しかしながら、ビーズの大きさの転換、及びセル寸法に対する大きさは、全体としての脱イオン化工程にある種の制限を課し、また、堆積体中のセルを充填するのに、或いは時間経過にわたるセルの充填の分布又は均一性を維持するのに、或いは適切な流れインピーダンスを維持するのに、困難が生じる可能性がある。

20

30

【0010】

一般的に、EDI工程の性格を高めるように、イオン除去の速度を制御することが望ましい。これは、堆積体の電圧、堆積体の電流、又は堆積体流の部分の導電性を制御して行うことが多い。これにより、極端な分極、流路の一部におけるイオンの過負担、或いはスケールの形成又は析出の様な逆イオン相互作用工程、の様な条件の発生を防ぐ。前記パラメータを制御して、特定イオンの除去を促進すること、又は特定のイオンを除去する流路の部分を決することも可能である。これらの目的のために、EDI堆積体内における電力の使用又は電荷移動の機構は、全体的工程として扱われることが多い。

40

【0011】

しかしながら、巨視的尺度では、混合型のイオン交換樹脂床を通る、給水流体から濃縮経路へのイオン移送現象は、不連続的な、又は分割された機構で進行する。イオン交換(I⁻X)顆粒によって捕捉されたイオンは、ネルンスト伝導 - 直角の電場により駆動されるイオン泳動 - により、反対荷電の電極方向へ移動する。イオンは、粒子を通り抜けて、隣

50

り合う交換膜又はI X 顆粒が次のI X 顆粒に接触している表面に到達するまで進む。もしこれが反対の型のI X 顆粒(「逆接合」)なら、電荷が蓄積し、水が分極し、かつイオンはヒドロニウム又はヒドロキシルイオンを拾い上げそして周囲の流体に放出される。このような中間の境界の場合、顆粒がイオンを放出すると、それは適切な電荷の利用できるイオン、例えばヒドロキシル又はヒドロニウムイオンを拾い上げ、一方、放出された種は、次に利用できる適切な型のイオン交換ビーズに捕捉されるまで、周囲の流れの中を漂流する。この様に、EDIセル内のイオン交換ビーズは、逆接合において「塩を投げる」。イオンが粒子を通り抜けて隣り合う、同じイオン交換型の粒子へと進むと、又は同じ型のイオン交換膜と接触しているセルの一つの境界における粒子を通り抜けて進むと、次いで、イオンは直接隣り合う交換粒子又は膜中に放出される(即ち、イオンは単にその中にネルンスト泳動を続ける)可能性がある。このような移動は、型が異なるI X 粒子の境界における多重放出によるイオンの進行、又は粒子-水の境界における放出により生じる、周囲の流体への完全な放出と引き続く他の粒子による再捕捉よりも、電氣的に電力効率が良い。何故ならば、同種の交換媒体に接触しながらの連続的な進行は、水の分割が生じることを必要とせず、従って利用できる過剰の電荷を必要としないからである。

【0012】

移動の機構と効率は、非常に多数の理論的及び経験的モデル化の対象となっている。結果として、利用可能な樹脂について、大きさが均一化された適切な比率の、又は分布が既知の陰イオン及び陽イオン顆粒、又は樹脂床の寸法、又は層の大きさを、最適な操作のために決定することが可能であり、また、異なる深さを持つ床と共に、変化する寸法分布を持つビーズの移動特性が十分に理解されている(例えば、Vladimir Grebenyuk, 1965、及びその後この著者の文献に発表された解とモデル化を参照)。しかしながら、実働においては、数多くの一般的に受け入れられる設計が、局所加熱、スケールリング、又はこのような条件に関与し又は製品の品質を損なう不規則な、局在する過剰の又は不足する電流分布のような問題を抱えていることが見いだされている。これらは、樹脂の混合又は分布を変える、電圧又は電流を所定の操作範囲内に制御する、及び他の技術などの手法により、取り組まれている。

【0013】

厚さがビーズ直径の10倍以上の深さを持つ混合床中の、低い電圧比例性を持つ、又はほぼ等量の陰イオン及び陽イオン交換顆粒又はビーズを持つ典型的な充填物は、高い流れ又は浸透を提供するが、それでもなお、流体の流れが陰イオン及び陽イオン交換顆粒の両方に十分な程度まで接触し、流体中に存在するイオンが高度に捕捉され、また除去されることを保証できる。しかしながら、これらの寸法的な制約は、必然的に、上述の粒界におけるイオンの放出及び水の分離を含む不連続的な輸送機構に起因する何らかの操作の非効率をもたらす。これらは、反転型ビーズ接合部での頻繁な放出に起因して、製品の水中の残留イオンに何らかの閾値レベルももたらす。

【0014】

他の非効率性が、典型的な現在のEDI堆積体の設計に存在する。導電性及びその結果である電位差が機器の内部で広く変化する可能性がある。樹脂中に存在する除去されたイオンの負荷は非常に大きく、EDI機器を逆モードで運転すると、置き換え及び他の工程が、操作を損なう、又は品質を維持するために製品又は濃縮流の段階的な迂回路を必要とする、長期間のにじみをもたらす可能性がある。もしも、例えば希釈セル及び濃縮セルの厚さを減らして、イオンが動く全距離を短くすることができれば、EDI堆積体の操作について何らかの効率化が実現できるかもしれない。そうすれば、直近の適切な極性の膜(希釈セル中)へのイオンの泳動距離はもっと短くなり、イオンはもっと速やかに濃縮路中に駆動されて除去されるであろう。電極上のもっと低い駆動電位により適切な電場勾配を生み出すことができ、かつ、セルがもっと薄いので、堆積体中のセルの数を増やすことができ、及び/又は全貫通流を増やすことができるかもしれない。堆積体に加えられる電位を減らすことができ、又は強い電場をかけてイオン輸送速度を上げ、そして泳動時間をさらに減らすことができるかもしれない。これは、給水流体の線形流速を上げることもでき

るであろう。

【0015】

しかしながら、セルの厚さを減らすことは些細な変更ではない。充填セル中の樹脂は、一般的に、イオンの捕捉と除去、流体（流）インピーダンス、及び隣り合うセルの膜の寸法的な間隔及び支持の、一定の水準及び均一性を保証するのに役立っている。もしも、もっと薄いセルを使用するとすれば、このような変更は、樹脂の大きさに比べてセルの寸法が小さくならない様に、もっと細かい樹脂を必要とし、脱イオン効率に思いがけない変化を持ち込むかもしれない。さらに、もっと小さい粒子による充填、例えば粒子スラリーの流れ堆積による組上げた堆積体の充填、又は堆積体の組上げ前の、個々のセル「外皮」の組立ライン充填は、樹脂型による不規則な、或いは予測できない偏析又は沈降をもたらす、もしくは、従来法により又はもっと大きな路中を輸送されて、もっと大きなビーズで充填されたもっと大きなセルと比較して、閉塞又は不規則な詰め込みを結果する可能性がある。或いは、このような非大量生産機器は、競争力のある機器を生産するには原価が高すぎるという可能性がある。樹脂の不均一な分布、又は内部流の変化は、過電流領域、低電流領域、極端なpH又は特定イオン濃度の局在領域、及び種々のスケーリング、或いは関連する問題をもたらすことがあり得る。また、もっと小さいセル及び樹脂粒子に同時に切り替えると、もっと小さいセル内における交換樹脂の実質的に均一な分布を維持できるようにするかもしれないが、もっと小さい粒子は、異なる流体力学と交換特性を持っているであろう。これらは、流れのインピーダンスを増加させることができる、即ち、浸透距離がもっと小さい、流体抵抗がもっとおおきい、そして逆圧がもっと高い、もっと障害の多い流路を産生できるかもしれない。これは、与えられた運転圧力、又は圧力差に対して達成できる流速を減少させるであろうし、また、おそらくはよどみ、分極及びスケーリングをもたらしたり、他の有害な影響を導入するかもしれない。交換粒子を効率的に取付ける又は分配する方法、目詰まりしている口や他の実際的な問題無しにセル内に粒子を保有する方法も、目指されるべきであろう。

【0016】

実際、イオン交換物質により課される機構的な制約及び製造又は組立の実際的な問題を心に留めて置かねばならない。小さなビーズが充填されたイオン交換膜の大きな平行シートによる流れセルの構造により、流路の締め付け又は膨らみ、或いは不規則充填又は分布が悪い（「水路ができた」）流れを引き起こす可能性がある。これは、いくつかの供給業者、例えばElectropure及びIonpure（現在はUSF）により、膜に結合された長い分割骨状物を用いた補助区画によってもっと小さい十分に画成された水路が形成される構造を必要とすると、主張されている。他方、一製造業者は（米国特許第6379518号）、区画は非常に厚くすべきである、そしてEDI工程は、単にヒドロニウムイオンが濃縮セルに泳動するもっと大きい速度により誘発されるpHシフトを利用して、選択的なイオン除去を優先的に高める、この仕組みは、流路の局在位置に沿った、一連の非中性の流れを活用するであろう、と提案している。他の人達は、スケーリングの条件を避ける、又は回収可能な成分の分離を高めるやり方で機器内部の流れを分離するために、二極性の膜又は追加の分割膜を伴う構造を提案している。

【0017】

上述した様なEDI堆積体の全体骨格の中で、親和性がの型が異なる交換及び他の樹脂、又は混合型の樹脂及び粒子、又は流路の異なる領域における特定の型とともに、数々の異なる膜の使用が提案又は採用されている。さらに、イオンの選択的除去を目指して、供給水中の種々の成分を、それがイオン化して除去されるように可溶化するために、或いは水又は膜の分極に起因して起こる可能性がある、又は特定の供給水に伴って起こる可能性がある望ましくない副作用を処置するために、多くの異なる操作方法が提案又は採用されている。2つの膜のユニットを繰り返すことによって画成される希釈及び濃縮水路の厳格な交互性に加えて、化学薬品の精製又は生産、スケーリング又は他の望ましからぬ出来事の回避又は軽減、ビーズ又は膜接合部における電流の相対分布、或いは酸、塩基又は特定イオン種の増大又は選択的な減少等の特別の用途又は問題に取り組むために、追加の膜又

10

20

30

40

50

は異なる（例えば、二極性の、不透過性の、網様の）膜又は分離材を必要とする種々の分割された、段化した又は補助水路の配列が開発されてきた。

【0018】

この型の既知の構造及び変形は、乳糖、糖シロップ又は他の食材の脱灰から、放射性的又は他の排水から複合塩を除去するまで、出発無機物及び有機不純物の逆マトリクスを伴う給水から超高純水を生産するまで、多くの具体的なEDI業務を高度の有効性で取り扱うために修正可能である。

【特許文献1】米国特許第5376253号明細書

【特許文献2】米国特許第6379518号明細書

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0019】

しかしながら、大きな範囲の問題の流体を処置するための技術的能力にも拘わらず、EDI堆積体は、一般に、特注工程ではなく、バルクのイオン交換樹脂の標準化された床が実質的に充填された同一のセル又は水路が全体として固定された配列を持ち、定常状態又は小さな範囲の定常状態で何年もの間作動することが意図されている、製造された物件として設計されている。この様な標準化された物件の一つの望ましい特性は、給水は非常に変化するとして、任意の無理無く予測できた給水又は操作条件に直面したときに、それが性能における予測できなかった問題又は劣化に晒されないことである。もう一つの望ましい特性は、EDIユニットが高度の無機物除去を達成することである。さらにもう一つの望ましい特性は、煩わしい、又は時間を浪費する立ち上げプロトコル或いは仕様外の操作を必要とせずに、ユニットを停止及び又は再始動できることである。さらにもう一つの望ましい特性は、ユニットを、高品質レベルで、コスト効率良い手法で製造可能なことである。

20

【0020】

この様に、実用的な寿命にわたって劣化又は逆変化に抵抗しながら、かつこの分野で効率的に作動しながら、種々の用途範囲で利用可能な基本的構造に関する途切れることのない要求が存在する。

【0021】

電力の妥当な利用を伴って高レベルの精製を達成する基本的な構造に対する途切れることのない要求も存在する。

30

【0022】

不純物の残留水準が低い精製を達成する基本的な構造に対する途切れることのない要求も存在する。

【課題を解決するための手段】

【0023】

一つ以上の前記の、及び他の望ましい目的が本発明により達成される。本発明は、厚さが薄い流水路又はセルが少量の、又は疎ら量の活性樹脂、例えばイオン交換（IX）ビーズ又は顆粒を持っている、電氣的脱イオン化（EDI）装置を提供する。ビーズは、一以上の型で良いが、セルの対向する壁を画成する膜の間に展延し、けれども隣り合う膜と一緒にになって長さが短いイオン電導路を形成し、そして充填密度が75%より十分に下の、実施態様によっては5%から20%の範囲内又はその下である、有空隙充填である。

40

【0024】

本機器のセルは、セルの内に負荷された物質が実質的に逆接合と無縁である様に、膜-膜厚さの寸法と、対応する樹脂床の高さを持っている。ビーズの床は数粒子より小さい厚さで良く、好ましくは1又は2個の粒子だけの厚さで良い。ビーズは一層より少なくても、例えば実質的に疎らに分布した単層のビーズ（即ち、孤立した又は非連続的なビーズ）から成って良く、或いは薄い、実質的に単層の粒子分布を持って良い。他の態様では、二層構造のイオン交換ビーズ、又は各粒子が限定された数の隣人を持つ分布を持っている。充填が二層の場合、陽イオン交換膜に隣り合う薄い又は単層の陽イオン交換ビーズ又は

50

物質、及び陰イオン膜の隣の陰イオン交換ビーズ又は物質を包含するようにイオン交換の型により分離された、規則正しい二層であって良い。最も好ましくは、交換物質の充填、層化又は他の構成は、逆接合が殆ど無い、又は無視できる数であるように配列される。本発明の種々の方法は、このような充填又は分布を産生し、またEDIユニットの全体的な製作の為に改良された工程を提供する。

【0025】

一つの好ましい態様において、ビーズは単層の状態にあり、そして、全ての、又は実質的な部分は両方の膜に接している。対向する膜の有効な間隔は公称の粒子サイズに匹敵し、また、例えば、約2分の1mmと約1mmの間であってよい。単層の、又は孤立した不連続的なビーズにより、各々のビーズは効率的に両方の膜に接触可能である。ビーズの下側のモジュール及び/又は湿潤状態にある膜材料は、ビーズが接点で膜に馴染むことを許容し、これにより、膜-ビーズの直接的なイオン流の界面領域を増やし、また、膜面にわたる相対的なイオン除去電流及び全体としての電流分布の均一性を増進している。色々な態様において、層がビーズ一個の深さを超える場合は、粒子は順次の、又は層をなした状態であってよい。この構造が好ましく採用しているのは、陰イオン交換膜に接している希釈セル中の陰イオン交換樹脂粒子が実質的に単層であり、かつ、一般的に陰イオン交換ビーズ上に堆積し、また陽イオン交換膜に接している陽イオン交換樹脂ビーズが実質的に単層である態様である。この二層構造は、逆荷電のイオンが放出される得る逆接合とは実質的に無縁の、隙間の多い床において、粒子-粒子接触の配分をもたらしている。この二層構造及びこれらの単層構造において、普通の操作で或いは電流密度が増大したとき、床は塩を放出せず、それ故、この構造は、広い範囲で変化する条件の下で、高純度の流体生成物を生産するために信頼をもって操作できる。この構造は、電氣的脱イオン化ユニットの頑強な操作を提供することも期待できる。生産水の品質の不都合な変化、貯蔵/捕捉されたイオンの過剰な又は急激な放出、或いは操作の他の不都合な変化等を惹起せずに、操作パラメータを、信頼性高く変えて、異なる給水や異なる濃度状態に適応させることが可能である。EDI堆積体の組立は、一時的な又は永久的な接着剤を用いて、層及びビーズ分布を安定化させることにより促進可能である。網目をセルの中に備えてビーズ分布を安定化させることも可能である。幾つかの態様では、予備組立の製作の間、網目を用いて一以上のビーズ充填層を画成して成功している。

【0026】

一態様において、EDI装置の流れセル、例えば希釈セル、濃縮セル又は電極スペーサーセルは、2つのイオン交換膜の間に画成されており、セルの厚さは約3mm未満、有利には約2mm未満である。境界となる膜の内側面の間のセルの厚さは、約0.3から1.0mmの間隔であることが好ましい。一態様を例示すると、この厚さはおよそ0.5mmである。このセルは、実質的に単層を形成している陰イオン交換(A⁻X)顆粒、又は実質的に単層を形成している陽イオン交換(C⁺X)顆粒、或いは構造化された層を形成している陰イオン及び陽イオン交換樹脂の両者を含む、顆粒状樹脂床を保持する。下でさらに説明するように、構造化された層は、混合樹脂が実質的に均一に混合された単層、又は疎らに分散された単層であって良く、又は異なる型のイオン交換体の領域を2以上持つ縞状又は帯状の層であって良く、或いは流路に沿って2つの型のイオン交換体の比率を変えた勾配層であって良い。本発明の、単層の又はビーズが疎ら構造を電極スペーサーセルに適用する場合は、好ましくは単一型の樹脂を使用する。好ましくは、膜の間の空隙はメッシュ又は皺状体を保持し、これは分布のある開いた支持体を提供して、樹脂ビーズの安定した又は比較的固定された分布を保証し、また良好なイオン導電性、膜構造の支持又は間隔、及び良好な流体浸透又は透過流という、競合する要求の間の初期バランスを、長期にわたり維持する。すなわち、希釈セルは、ビーズに加えてメッシュ又はスクリーンを保持する。このメッシュは、樹脂粒子の大きさに匹敵する、又は同じオーダーの格子間隔を持って良い。例えば、メッシュは、紐が約0.5と5mmの間の開口を画成するスクリーンメッシュで良い。ビーズを、弾性的に変形してビーズを保持するメッシュに挿入して良いし、或いは濡れたビーズが各々メッシュの一つの開口に貼り付くような大きさのメッシュで、

濡れた状態で篩い分けしても良い。この工程は、別々に装着しても、又は組立の間堆積体上に在るときに搭載してもよい、格子の作用を提供する網目を伴って、疎らに分布したビーズの単層を効率的に提供する。

【0027】

別法として、粒子の大きさよりも大きい、例えばビーズ直径の2から10倍以上の、しかしビーズの泳動又は交換型の分離を妨げるのに十分小さい、或いは、樹脂が、もし凝集しても、それでもなお数多くの比較的小さく分散された塊を形成する、すなわち推計学上均一なしかし疎ら分布のままであると保証するのに十分細かい開口を持つメッシュ上に、ビーズを散布して良い。スクリーンの存在によるこの安定化方法は、全体としてのセルの導電性が良好かつ均一のままであることを保証し、また意図しないpH変化又は高分極領域の発生に対して保護する。メッシュは適切な紐の大きさ又は強度を持って良く、また使用における機械的頑丈さ、及び必須の温度及び化学的環境及び意図される生産水の純度への適合性を保証する適切な材料で造られて良い。メッシュは、編み目又は交差する繊維構造を持って良く、これは乱流又は混合を促進して、セル中の流体と、セル中の交換物質及びその境界をなす膜との効率的な接触を増大させる。例えば、引き伸ばされたメッシュ（流れ面の正常軸に対して捻れた細長片を持つ）、又は流れ面の上下に交互に交差する繊維を持つメッシュをEDIセルの中に設置することが可能である。

10

【0028】

本明細書で説明する疎ら樹脂構造は、セルが空でもなく十分に或いは深く充填されても無いが、効率的な脱イオン化処理のための膜間隔及び開いた流体流路を維持しながら、セルの厚さ及び樹脂のイオン電導路長の寸法を減少させる。例えば、この樹脂分布は、必要なイオン泳動距離を短縮し、かつイオン除去/移動速度を改良して、厚さが1mmに満たない寸法の（加えられる電場方向に沿って）セルを通り抜ける効率的な流れを可能にする。本発明の疎ら樹脂床は、層になった、単一型の、混合型の、勾配型の、縞になった又は他の、厚さが薄い床を包含する。疎ら分布は、行き止まりのイオン電導逆ビーズ接合を減らし又は取り除き、それにより粒子間のイオンの跳躍又は塩の放出を減らし又は取り除く。すなわち、さもなければ、定常状態及び動的条件下において従来技術を特徴付ける、もっと厚い樹脂床のイオン輸送機構で顕著に目立ちやすい、イオン放出、ドリフト及び再捕捉の発生を減らす。このように、本発明のEDIユニットにおいて、希釈セルで捕捉されたイオンの樹脂粒子からの放出は、従来の市販EDIユニットの厚い床セル充填の特徴である、粒子-水又はヘテロ-粒子境界における複数の中間の時間帯において生じるのではなく、粒子-膜接触表面において主に、或いはそこだけで生じる。電氣的効率及び操作の安定性の両者、及びイオン除去のための全体泳動時間は、それ故、改良され、容量の新たな効率と操作の新しい方法を可能にする。好ましくは、充填物が二層又は単層を形成し、ひとたびイオンが樹脂により捕捉されたら、それはセル-境界膜へと単一のビーズ中を進むようにする。同様に、濃縮セルは、その長さに沿って、除去されるイオンの速度及び型が変化するにもかかわらず、所望の均一な又は制御された導電性を達成する。

20

30

【0029】

一の側面において、セル中の交換媒体は、実質的に包まれない、充填が不完全な、又は実質的には散乱した又は不連続であるイオン交換樹脂粒子を含んでよい。例えば、いわゆる床の密充填ではなくて、各粒子は他の粒子と接触せず、或いは0と3の間の他の粒子と接触して良い。詰め込まれた床においては、固体ビーズにより占拠される詰め込み又は空間の割合は、粒子の大きさ又は粒子の大きさの分布だけで、又はそれにより殆ど決定され、膜において多くの隣のビーズと接触しているビーズを除く全ビーズについて、一般的に約60%、或いは80%をも超える。例えば、従来の、均一な球形ビーズの厚い樹脂床においては、当然に六方充填が仮定され、この場合、各ビーズは、約10を超えるビーズ-ビーズ接触点を持ち、セルの体積の20%に満たない量の、給水の浸透用の、かなり曲がりくねった格子間空間を画成している。粒子2つ未満の床を持つ本発明は、顕著に低い充填密度を持ち、また、明らかにもっと開いた流れ又は浸透空間を示す。希釈セルにおいて疎ら媒体を採用している堆積体において、濃縮セルには交換媒体が全く無くて良く、また

40

50

所望の膜支持と浸透空間を維持するためのスクリーン Spacer だけを持って良く、或いはこれらも疎らに分布したイオン導電性媒体を含有して良い。EDI (EDI 反転) 態様においては、希釈セル及び濃縮セルは実質的に同様であって良い。

【0030】

本発明の一態様において、EDI セルはイオン交換顆粒ビーズの疎ら分布を包含し、粒子は、流れセルの表面にわたって散布されるか他の分布を成し、またその膜と隣り合う膜の間に挟まれて、2つの膜の間のイオン電導性の柱又は支持物を提供する。粒子は離れている膜を支持しまた維持し、膜の間の流れセル内にオープンフローの浸出空間を提供する。本発明のさらなる態様において、EDI セルは交換顆粒の疎ら分布を包含し、またセルは、網目の大きさが少なくともビーズの大きさであるスクリーンも含有する。

この様に、ビーズはスクリーンの開口中に置かれ、一方スクリーンを画成している繊維はビーズに隣接して通っており、ビーズを固定位置に「囲って」いる。メッシュは、EDI 水路又は流れセルの全体を横切って延びる二軸の、又は格子様の繊維状のスクリーンメッシュであって良い。樹脂ビーズは、メッシュによって泳動を制限され、また、もっと大きいメッシュ及びもっと多量のビーズ充填により、ビーズも部分的に垂直に支持され、良好なビーズ-膜表面接触及び安定な分布を伴って、高さがビーズの約 1.5 から 2.5 倍の層を形成する。メッシュは交差する繊維で形成されたスクリーンであって良い。第一の繊維は第一の方向に沿って延び、かつセル膜に平行な面内に実質的に横たわり、第二の繊維は第一の繊維とある角度で交差し、かつ第一の面に平行な面内に実質的に横たわる。別法として、メッシュは単一の面内に全ての繊維が横たわって形成されて良く、又は繊維が、膜から膜へ、上方へ及び下方へと交互に斜めに走る上/下の織り方の編んだメッシュであって良い。幾つかの態様では、メッシュはバイアス上に位置合わせされた直角又は長方形又は正方形のメッシュである。すなわち、第一と第二の両方の繊維方向が流体のバルクの流れの公称方向を、例えば流路の公称方向に対して + / - / 4 度で横切っている。メッシュを形成している繊維は、第一及び第二の面内に、異なる高さ又はレベルで横たわっていて良い。繊維は、次いで水路中に、十字の垣根様に延びている切片の格子を形成し、小さい柵の網状組織を画成する。柵は、顆粒が、粒子一個の深さを超えて、例えば公称粒径の平均 1.3 から 1.5 倍の深さに積み上げられて良い床を形成するようにこれらを分け、また支持する。しかし、ビーズは、流れセルの領域にわたって、統計的意味合いでは均一に分布したままである。繊維の面 (又は複数の面) は、一旦セルが充填されたら、流体が流れる間に樹脂粒子がメッシュを超えて (「飛びまわり」)、又はメッシュの下を (「匍匐」) 動くことがないように、繊維から隣り合う膜への高さが最小の樹脂粒子径に匹敵するか、より小さいように置かれて良い。繊維の一又は両方の組は波打っていて良く、スクリーンがイオン交換ビーズのドリフトを効率的に制止する交差繊維をもって対向する膜の間に従順な Spacer を形成するように、公称セル高を効率的に充填する。このように、使用時、樹脂粒子は、ある時点でセルを通した電気伝導性を損なう、又は流体流の邪魔をするかもしれない、くぼみ又は土手へのドリフトを起こさない。しかし、分散は良好なままで、相隔てた関係で、セルの壁を含む膜に接触し、またこれを支持する。大規模な態様、例えば一以上のセルの組が約 1 mm より厚い態様において、セル内で異なる高さに伸びている繊維を持つスクリーンの使用も、堆積体の組立後に樹脂でセルを流動的に充填することを促進するように、形が決められる。例えば、一以上の通路を介して流動化流により充填する場合、例えば同一出願人の、出願日が 2002 年 2 月 2 日の米国仮特許出願第 60 / 354,246 号に示した様に、スクリーンの横に延びている斜めの繊維又は柵は、注入された流体のビーズスラリーを、セルの長さ及び幅方向を横切って充填口から外側へ導くのに有効な、また充填物をセルの全領域にわたって分散させ及び分布させるのに有効な、方向性及び間隙を持って良い。薄いスラリーを用い、また充填処置の間空気パルスでそれを遮断することにより、流動化した移動の間、欠陥が無く、樹脂型の沈降又は分離を生ぜずに、ビーズはセル中に均一に詰め込まれる。しかしながら、下でさらに詳細に説明する様に、樹脂の充填は堆積体の組立前に行うのが好ましい。

【0031】

本発明の好ましい一態様は、それぞれが疎らに分布した交換媒体を保持している、対称的な寸法の希釈セル及び濃縮セルを持つ堆積体である。この堆積体は、この様なセルの数多くの対（例えば100 - 300対）で組み立てられて良く、セルの堆積体は、逆モード（EDIR）で操作する形状になっている。セルの小さい厚さ、また在る場合にはメッシュが、十分に画成された、かつ比較的低い流れインピーダンスを提供し、これは短い、しかし十分に画成されたセルを通る移動時間をもたらす。この様に、常温における水の様な低粘性流体、又はもっと高い温度におけるシロップ及び抽出物の様なもっと高粘性の流体に対して、薄いセルにより、処理容量と空間の利用率が改良される。セル厚の大幅な減少により、堆積体全体としての寸法を減らすことができ、高さが半分のEDIユニット、或いは単一の堆積体に組立てられた幾つかのユニットの構築が可能で、全処理システムの設計に柔軟性が許される。2ステージのEDI堆積体を構成するために、適切な連結管接続を提供し、各ステージにおいて、幾つかの操作特性と共に、塩水路又は給水路を個別に制御して良い。さらに、この構造では、従来技術の構造のピース-ピース逆接合を減らすか除くので、塩の放出、スケーリング又は生成物の品質低下無しに、電流の大きな変化に順応可能である。EDIRの運転において、供給及び塩水流体のバルブは、同一出願人の米国特許第4381232号に示されている様に、流体の入り口のバルブ操作又は電極の操作に対して遅延する相で操作可能である。さらに、下で詳しく説明する様に、逆転の間塩水側を洗浄する様な種々の操作を、生成物の汚染無しに実行可能である。これによりEDI堆積体工程の範囲が広げられ、EDI堆積体は多くの新しい給水流体について安全に操作でき、或いは新しい領域の用途、例えば薬剤や食品工業の工程に拡大できる。

10

20

【0032】

別法として、本発明に合致する堆積体は、一の型のセル、例えば希釈セルが8分の1インチから数インチの従来の厚さを持ち、他方、隣り合うセル（この例では、例えば濃縮セル）が単層の厚さ、又は疎らビーズ分布の構造をもって良い。この構造は、例えば、陽イオン交換膜を持つ密閉された不連続の充填外皮ユニットとして形成された希釈セルと、希釈スパーサーの反対側に密閉された陰イオン交換膜を持ち、かつ混合ビーズが充填された型の市販の堆積体の改装により、容易に導入可能である。この型の現に市販されている堆積体の幾つかは、例えば、単に、各密閉された希釈外皮の間にスパーサーを置いて（「濃縮スパーサー」）濃縮セルを形成する。濃縮スパーサーは、単に、密な周辺領域とスクリーンスパーサーを保持する隙間のある中央領域を伴う、ポリプロピレン又は他のシート様のガスケットとして形成して良い。ガスケット部位は、スクリーン部位の周囲に射出成形されて良いが、正確な厚さの強い構造壁を提供し、スクリーン部位は、膜が閉鎖する、また相互に接触することを妨げる様に働いて、濃縮流に関する開かれた流れ又は浸透を維持する。この様な、現存する市販の機器は、本発明のこの特徴に合致した修正をして、単層又は疎らに充填した濃縮区画を持たせることが可能である。これは、単にイオン交換ビーズをスクリーン開口に押し込むことで達成可能である。スクリーン繊維は僅かに変形して、ビーズを弾性的に疎ら単層状に保持し、また、ビーズが装填されたスクリーン/ガスケットユニットは安心して持ち上げられ、堆積体上の位置に動かされ、そして組立てられる。このように、濃縮セルは、単に、濃縮スクリーンにビーズを添加することにより、堆積体の組立の途中において、非常に簡単にまた安心して充填可能である。従来技術の市販の堆積体には、種々のスパーサー上に、一体形成された嵌合周辺溝及び山と、嵌合位置合わせピン及び開口を伴う成形スパーサーを持ち、ユニットを、安心して配列の良い、漏洩の無い組立体に堆積し、かつ圧縮密閉できるものがある。各密閉希釈セルユニットの間に濃縮スクリーン/単層を置くことにより、濃縮セルの導電性は十分に高く、長ったらしい立ち上げ、濃縮流の調整、又は塩の注入無しに、効率的なレベルで実質的に即時に運転して、低導電性生成物を産生する。さらに、濃縮セルの導電性はその領域にわたって実質的に均一にされ、希釈セルを横切って加えられる電位、及び全体的な堆積体の抵抗は、両者共、十分に制御される。ここで、予め充填された希釈セル外皮で形成された堆積体の疎らビーズ改装に関する構造の更なる詳細のために、2002年7月26日に出願した、同一出願人の米国仮特許出願第60/398,954号を引用する。この米国仮特許出願の全体

30

40

50

を、本明細書に援用する。

【0033】

本発明は、本明細書に記載したEDI堆積体の製造方法、及びEDI機器のセル中にイオン交換物質を分配する種々の方法も包含する。

【0034】

本発明の薄いセル又は疎らビーズのEDI堆積体は、セルの組立時に設置される交換媒体を持って良い。疎らビーズのEDI堆積体を組立する方法において、中央の内部領域（例えば、希釈セル又は濃縮セルの活性部屋、例えば周辺のスペーサー体、中央の切り出し又は開口領域により画成される部屋）を画成するためのセルの第一の膜を設置することにより、セル中に樹脂を添加する。次いで、樹脂粒子を膜上に撒き散らし、スペーサー上に第二の膜を設置してセルを閉じる。第二の膜の上にもう一つのスペーサーを位置決めする。このステップを繰り返して、隣の逆型のセル、例えば濃縮セルを充填し形成する。この様に構成される希釈セルを充填するときは、所望量の交換ビーズを一の型の第一層として撒き散らし、次いで異なる型の第二の層を撒き散らして、二層の床を形成可能である。この場合、第一層が主に第一の膜に接し、第二層は第一層を覆って堆積して、第二の膜に主に接するであろう。別法として、樹脂はビーズ一個分の深さで適用されて良く、又は実質的に不連続の、孤立したビーズの疎ら層として、適用されて良い。これらの場合、層は混合組成の層、すなわち陰イオン交換型と陽イオン交換型の両方を含む良い。均一に混合した樹脂充填物に加え、充填物は物質の相対比率が変化する物であって良い。例えば、それは組成に勾配のある供給源から適用して、或いはセルの長さに沿って動くときに量が変化する異なる樹脂を吐出するように制御されている2つの別々の源（ノズル又はホッパーの様な）から適用して、流路の領域又は一端における純粋なA×樹脂又はA×が潤沢な混合物から、他の領域又は流路の他端における純粋なC×樹脂又はC×が潤沢な樹脂へと、或いはこの逆に、変化する交換物質の堆積床を形成して良い。樹脂の分配を実行する機械的な組立体は散布機構を包含して良い。例えば、それは樹脂の配分を促進する、膜上にビーズを所定の割合で散布したときにそれになんらかの運動成分を付与するスクリーン篩い、下方にある膜の所望の領域を目指してビーズを落下流として散布したときに、動的な（衝突による）再配分によってビーズ配分をランダムにしながらそれを閉じこめる煙突、又は膜表面にビーズを滝の様に落としたときに所望の単層を単純に保持する膜上のパターン化した（例えば印刷した、型版で刷り込んだ又は吹き付けた）接着剤のような、一以上の構成要素を包含して良い。充填工程においてこのような接着剤を使用するときは、接着剤はEDIと両立できる永久性接着剤で良く、或いは、操業開始後に（例えば澱粉）、又は最初の洗浄サイクル（例えば酸又はアルカリ洗浄処方）の間に運び去られるように選択される一時的な接着剤で良い。セル中に堆積させる間適用される樹脂型は、幾つかの態様では、セルの流れ方向に沿ってレベル又は体積比を変えて、型が異なる樹脂の帯又は縞を形成するように制御して良い。

【0035】

ある態様では、充填物の動きを固定する又は拘束するためにスクリーン又はメッシュが使用される。このような構成は、疎ら充填物において特に好まれ、また、充填物が交換物質の孤立した又は非連続的なビーズの床で構成されているときに最も好ましい。スクリーンが、セル膜を所定の距離だけ分離して、開いた流路を維持するためのスペーサーとして本来的に働く従来のEDIメッシュ構造と違い、各々小さな柵の端部を形成しているメッシュの繊維は、セル中の樹脂粒子を泳動に対して分離するのに有効である。層がビーズ一個の深さを超える場合（例えばビーズ1個と約2個の間の深さの場合）、スクリーン繊維は樹脂粒子を支えるためにも機能する。充填密度は相対的に80%より十分低く、単層又は二層が用いられる場合は約40%から約65%のレベルで相対的に均一であり、そして、非連続的なビーズの疎ら層が用いられる場合は、15 - 20%と低い。粒子を支持し及び/又は拘束するための、開口格子の小さいスクリーンの使用は、粒子数個分の厚さの床を信頼をもって形成した適所にしっかりと維持することを許容する。充填物は相対的に粒子数個分なので、広い粒子サイズ分布を伴う、安価な、未分別のイオン交換樹脂を用い

た場合でさえ、開いた（浸透性が高い）充填物が得られ、また良好な膜接触が達成される。サイズが均一な樹脂では、厳密な単層を容易に達成可能であり、他方、ガウス型の、多様な又は広い粒子サイズ分布を持つ樹脂では、平均粒子寸法の数倍までのセルにおいて、疎ら充填物の分布の確率論的均一性を達成し、また維持しながら、単層又は二層の厚さを信頼性良く達成可能である。

【0036】

操作においては、流体がこのように構成されたEDIセルを流れるときに、水路の異なる方向及び/又は異なるレベルに展延しているメッシュ繊維断片の存在は、さらに、流れを、曲がりくねった形状で、セルの厚さを横切って偏向させる働きをして、水路の陽イオン及び陰イオン膜側の両方においてイオンの捕捉及び除去に対する剪断効果を高め

10

【0037】

もう一つの一般的な構造形では、本発明のEDI装置は、堆積体ではなく、螺旋に巻かれたEDIモジュールとして構成される。螺旋態様においては、希釈セル、濃縮セル又は両者は、上記の様な、交換物質の疎ら充填物を伴って構成される。本発明に合致するモジュールは、容易に螺旋形状に製造可能であり、また、この様に構成された薄いセルは、空洞や、閉塞、スケーリング、或いは機能不良、老化又は初期故障を助長する他の望ましか

20

【0038】

本発明の疎ら充填物は、ビーズの疎ら分布を持つ濃縮セルのみ、又は希釈セルのみを実装しても良い。その場合、逆の型のセル（希釈又は濃縮）は、従来技術のEDI機器のそれらと同様、例えば、もっと厚い、かつビーズが充填された希釈セル、或いは空の濃縮セル又はもっと厚い、かつビーズが充填された濃縮セル（スクリーンスペーサーを伴い又は伴わず）であって良い。本発明のユニットにおいて、希釈及び濃縮セルの両方に疎らビーズ分布を持たせるためには、希釈セル及び濃縮セルは、ビーズ充填を同じ型にする必要はない。一般的な脱塩用途のためには、希釈セルが両方の型の交換樹脂を、混合して、又は層状で又は一連の縞状で包含することが一般的に好ましい。しかしながら、本発明の幾つ

40

50

の全てが疎らに充填されていることも要求されない。ユニットは従来の厚さ及び充填の第一のセルの組、及び疎ら充填を持つ第二のセルの組を採用して良い。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

本発明は、構成の詳細と例示的な態様を示している図面と一纏めに捉えて、明細書及び請求の範囲から理解されるであろう。

【0040】

本発明は、従来技術のEDIユニットの構造に係わる典型的な方法と相対的な寸法の簡単な説明により、より一層理解されるであろう。図1に、従来技術の多セル電気的脱イオン化(EDI)堆積体を示し、図解的に堆積型電気的脱イオン化反転(EDIR)ユニットを示して、本発明の改良された構成を有利に適用可能なこのような堆積体及び種々の要素の一般的な構造を図解する。周知の通り、この様な脱イオン機器は非常に多数の異なる大きさ、形、操作手順、膜及び充填物を伴って作られる。以下の議論に従って明らかであろうが、これらの内任意のものは、示した以外のEDI及びEDIRシステム及び構造の両方のために、本発明に合致して修飾することも可能である。さらに、膜、イオン交換充填物質及びユニットの電極の間に配置された部屋の構成は、図2-9に関連して以下にさらに詳しく説明する本発明の原理から逸脱することなく、諸々の既知の観点において修飾可能であることが理解される。さらに、図解したユニットは堆積体だが、本発明は、他のEDI構造様式、例えば螺旋に巻かれたカートリッジ構造にも適用できる。この様に、図1の説明は、模式的であり背景だけを目的とする。

10

20

【0041】

図1は、給水流を脱塩するためのEDI装置を図解する。具体的な機器は、種々の方向に、ユニットへ又はユニットから溶液を通すための連結管又は導管を包含し、また、直流の方向を周期的に逆転させる原理を用いている。図解したEDIユニットは、第一及び第二の電氣的に絶縁された端板又は壁1、アノードとして接続された第一の電極3及びカソードとして接続された第二の電極3aを含んでいる。電極は、それぞれ電極室又は区画5及び5aに配置され、これを通して電解質の適切な流れが維持される。陽イオン選択性の多数の第一のイオン選択膜Cが陰イオン選択性の第二の膜Aと交互に設置されて、2つの電極室の間に延びている堆積体となり、そして各膜はイオン交換機能を持っていてイオンの伝導を許容し、膜は、選択的にそれぞれ正又は負のイオンがアノード及びカソードの間に加えられた電場の方向に通過することを許可する。隣り合う膜の各対はスペーサー11で隔てられ、スペーサーは開いた中央領域を持ち、膜は2つの電極室の間の空間を、交互に2つの型7及び9である、通例希釈セル(7)及び濃縮セル(9)と呼ばれる隣接している部屋又はセルへと細分する。希釈セルは、膜Aがセルのアノード側に、膜Cはカソード側にあるセルであり、イオンはセルからそれぞれの電極に向かい隣り合うセルへと輸送される。各希釈セルの両側に位置する濃縮セルは逆の膜構成を持ち、セルが膜を通して受け取ったイオンがさらに電極へと前進するのを有効に妨げ、イオンは濃縮室中の流体の流れに再度入る。

30

【0042】

従来のEDI堆積体においては、ガasket様又は部屋を画成するスペーサー膜11は、一般に1インチの小部分と1インチの間の厚さであり、また、開いた内部領域を囲んでいる壁厚が画成された固い周辺壁領域を持ち、隣り合う膜の間で、流れセル7又は9を構成する。陽イオン選択透過性膜の製造と特性は、米国特許第2702272号、同第2730768号、同第2731408号、同第2731411及び他の多くに開示されており、同様に、陰イオン選択透過性膜は米国特許第2730768号、同第2800445号、同第2860097及び他の多くに開示されている。膜は、バインダ中に保持されたイオン交換樹脂粉末の混合物を押し出して形成された、不均一な膜で良く、或いは、膜そのものの本体が適切に交換機能化された高分子材料で形成された均一な膜で良い。

40

【0043】

EDIユニットにおいて、イオン希釈室7、イオン濃縮室9、又は両者は、その内部に

50

、粒状、球状又は繊維状、又は他のイオン交換媒体の流体透過性充填物又は床 20 及び 21 を含有し、これは流体流からイオンを剥ぎ取り、イオン除去の実効速度を大幅に上げる作用をする。交換充填物は、一般に、強い陰イオン及び陽イオン交換媒体、又は種々の強い及び / 又は弱い交換媒体の密接な混合物であり、また、随意に、何らかの他の樹脂ビーズ又は媒体を包含して、意図する工程又は用途に合う様に、インピーダンスを調節し、特異的な不純物又は汚染物を捕捉し、或いは他の機能を生じさせることが可能である（例えば、米国特許第 5066375 号、同第 5120416 号及び同第 5203976 号その他を参照）。交換媒体及び他の媒体は、一般的に、食品処理、電力、又は他の工業において、脱塩、甘味化、透明化又は無色化等を目的とするイオン交換床に使用するために購入できる多数のイオン交換樹脂及び処理媒体から選択され、一般に、ポリマーであり、これは所望の操作特性を持つ、ゲル、大きい孔のある、大きい皺のある、又は他のマトリクスを伴う樹脂を包含して良い。四級アンモニウム型構造を含有する陰イオン交換樹脂、スチレン及びジビニルベンゼンのスルホネート共重合体を含む陽イオン交換樹脂、強い又は弱い塩基性の、或いは強い又は弱い酸性の機能を持つ樹脂、及び大きい範囲の有効な架橋、含水量又は水輸送特性、及び劣化に対する種々の型の物理的強度又は環境抵抗性を持つ樹脂は、Dow、Rohm & Haas、Puro-lite、Sybron を包含する多くの会社及び世界中の他の多くの会社から容易に購入できる。充填物は、重量、比率又は活性により混合可能であり、或いは、層状に（イオン輸送方向を横切って）、帯又は縞状に（流体流の方向を横切って）、又はステージ等の部分に沿う処理領域として、分離可能である。

10

20

【0044】

図 1 に示した EDI 装置の電気状態の図解において、直流場電源の極性は、図の上側に設置された電極がアノード又は正極、そして下側に設置された電極がカソード又は負電極となるように接続されている。この様に、アノード及びカソードの間には、イオン除去（流体脱塩又は希釈）室 7 及びイオン富裕化又は濃縮室 9 から成る複数の中間室が画成されている。給水流体は、模式的に図解した、各室に入っている引き込み口 15 に繋がる共通の連結管注入口 13 により、室に供給可能である。最近の実務では、連結管及び導管は、簡単に整列された、膜の全堆積体及びスパーサー A、C、11 の固い領域を通り抜ける供給及び帰還開口により提供されて良く、各セルに対して個別のコネクタは用いない。給水、製品及び濃縮物注入及び排出導管は、全体として又は部分的に、スパーサーと膜を通り抜ける開口により形成される。この開口は、スパーサーが堆積体中に押し込まれているときは、貫通導管を形成するように配列される。各型のセル - 希釈又は濃縮 - を形成しているスパーサーは、中央のセル領域とそのセルに供給する開口の間に延びている横方向の水路、溝又は他の流路を持って良い。それにより、全てのスパーサー中の、一組の配列した開口は、希釈セルのみ、又は濃縮セルのみを選択して開き、それらを端末連結管の一以上の対応する口と連通させる。ビーズ固定装置の種々の形は、スクリーン、繊維状又は櫛様の障害物を形成し、充填物を固定し、樹脂の損失又は泳動を防ぐ。

30

【0045】

一般的に、処理すべき給水溶液は、連続的に又は回分式に、直列又は並列流で、又は当業者に周知の他の種々のやり方で電氣的脱イオン化反転（EDIR）ユニットに送り込まれて良い。例えば、濃縮室には、再循環塩水濃縮ループにより、給水からのもっと小さい容積の流出により、又は脱塩された希釈生成物（すなわち、希釈セルを通り抜けてきた給水流）の流出により、給水可能である。濃縮室中における流体流の方向は希釈室の流れ方向と同じ（並流）であって良く、又は希釈室の方向と反対（向流）であって良い。部屋 7 及び 9 への給水溶液の塩濃度が同様でない場合、或いはそれらが異なる流体から成る場合、又は流れ制御の近接した圧力を必要とする場合は、別々の連結管が各型の区画に注入口結合を提供し、区画の一組 7 へは第一の連結管から給水し、他の組 9 へは第二の連結管から給水しても良い。EDIR（反転）モードで使用するために構成されている場合、複数口の水压反転バルブ（図示せず）の様な、流れ反転機構も備えられる。バルブは、例えば、操作の 2 サイクルの間に希釈給水流を一組の部屋から交互に並ぶ部屋の組に方向転換さ

40

50

せ、また、同期した（かつ一般的に段階的な）やり方で、濃縮給水流を正確に反対の手法で方向転換させて、2つの異なる流体の流れを入れ替える様に作動することが可能である。同様に、結合バルブは、希釈及び濃縮流出物を所望の下流の位置（製品、廃液又は保持タンク、或いは配水管）へ導くことが可能である。両方のサイクルにおいて、電極室への流れも逆転させて又は入れ替えて良く、したがって、例えば、前のアノード（現在のカソード）を電解質溶液の流れで洗い流し、かつ前のカソード（現在のアノード）はそれを通るもう一つの流体流を持って良い。この場合、アノードの、又はカソードの操作に適する電極構造が準備される。これは、特別のチタン又はプラチナ化電極構造、或いは、（さもないければアノードのみに採用されるかもしれない）他の比較的高価な電極がアノードとカソードの両方に使用されることを要求する可能性がある。

10

【0046】

溶液が電氣的脱イオン化反転（EDIR）ユニットの部屋を通り抜けるにつれて、希釈室7中に在るイオンは、交換樹脂充填物の表面における捕捉により給水流から除去され、除去されたイオンを一の又は他の隣り合う濃縮室9中へと、その電荷の極性に従って移送しながら、樹脂及び隣り合う膜を通してイオン電導により移動する。得られる精製された希釈流は導管17を介して共通の排水又は生成物出口連結管19へと通過する。一以上の電解質の出口、例えば出口パイプ29を用いて電極室5及び5aから液体（及び気体）を除去することが可能である。種々の既知のシステムにおいて、一以上の電解質流を適用して、追加の機能、例えば濃縮流又は他の流れのpHの調節を達成することが可能である。同様に、部屋9の第二の組は、これは図解したEDIRの状態ではイオン濃縮室であろうが、希釈室7から部屋9へと移動するイオンを拾い上げる。この濃縮塩溶液は、濃縮室から導管17aを介して共通の排水連結管19aへと通過する。電磁弁（図示せず）が電氣的に結合され、また、その操作は極性反転スイッチに対して調整されて、部屋の各組から流出する溶液が回収されること、或いは、迂回路で、例えば他の部屋又は工程を目指すことを許容する。電極導線30及び30aは、電極を、極性反転スイッチ32を介して、直流電源34に接続する。説明を明快にするために、図では、当業者に理解される様に、処理システム中のこの様な電氣的脱イオン化反転（EDIR）ユニットに関連して使用されて良い普通のポンプ、流量レストリクタ、ロタメータ又はバルブを省略している。

20

【0047】

念のために、従来技術のEDIRユニットは、上記の単純なシステムから幾つかのやり方で設計変更可能であることに注目すべきである。このような改装の一つは「内部ステージ化」である。ここでは、希釈及び/又は濃縮室の一組の流出溶液は、同じ電氣的脱イオン化反転（EDIR）ユニット及び一対の電極の間に設置されている、希釈及び/又は濃縮室のそれに続く組への流入給水として通過する。希釈及び濃縮室のこの様な組は「水力学的」ステージと名付けられ、装置は2つの末端電極の間に複数のステージを結合することができる。もう一つの変形は、2つのステージの間に中間電極を挿入することである。電極は共通に接続されて良く、また、2つのステージは、堆積体の中間、例えば中間電極の間に置かれた流れ分配ブロックから、電流が、一の電荷の末端電極と反対電荷の中間電極の間の隣り合う電氣的ステージを通して反対方向に流れる様に、水圧で供給されて良い。一以上の水圧又は電氣的ステージ、又はそれらの結合体が、一つのEDI/EDIR堆積体中で使用可能である。構造の他の変形は、密閉した2つ（3つ）のモジュラーユニット膜を一つ（又は2つ、それぞれ）のスペーサーに組立ることにより別々の希釈又は濃縮セルを提供すること、全てのセルを横方向に通って延びる注入/排出導管を提供すること、を包含する。交換媒体、樹脂又は充填物の存在、型、比率及び空間分布について大きな変形もできる。

30

40

【0048】

図1に示したような従来技術の機器の希釈室及び濃縮室は、一般的に、部屋を満たしているイオン交換ビーズの直径の何倍も大きい厚さを持つ。結果として、充填されたセルにおけるイオンの捕捉、伝導及び放出工程は、厚い床のそれらであり、その場合、除去されたイオンの実質的な部分に対して、型が異なる多数のイオン交換ビーズがイオン電導路の

50

部分を形成する。

【0049】

図1Aは、従来技術の典型的なEDI希釈セル中で起きる、結果的な水の分離、脱塩及び再汚染の詳細を図解する。図に示す通り、多くの陰イオン及び陽イオン交換ビーズが膜の間の距離を橋渡ししており、そのため、ビーズの鎖がイオン電導に関与し、また、これらはイオン泳動に対して様々な可能性を示す。電流がオンの時間の間、正及び負イオンの一般的な移動方向を支配する電場が構築される。陽イオン(C)及び陰イオン(A)交換樹脂ビーズの混合床においては、4つの型のビーズ-ビーズ(又はビーズ-膜)接合がある。ここでは、これらをC-C、A-A、A-C、C-Aの表記法で、文字で模式的に示す。C及びAは、それぞれ陽イオン交換物質及び陰イオン交換物質を表し、矢印「 \rightarrow 」は電場の方向を表す。電場拡散の工程により、接合A-Cにおける局地的な限定された電流の下で、塩陽イオンは取り囲む水から陽イオン交換ビーズCに移送され、また、塩陰イオンは取り囲む水から陰イオン交換ビーズAに移送される。水素及び水酸イオンは、電流移送の工程において電流が限界値を超えると、「水の分離」として既知の工程に顕著に参加し始める。この様に、接合A-C(水分離接合)において、ここで局地的電流密度が限界値を超えると、塩の吸着と水素及び水酸イオンの生成が起きる。塩の吸着に起因して、水分離接合A-Cの近傍で溶液の電導度が低下する。この工程は水の電気抵抗を局地的に増大させ、局地的な電流密度を減少させ、また、これらの接合における水素及び水酸イオンの生成も減少させる。取り囲んでいる流体中の電場拡散によって、従って、接合A-Cで生成した水素及び水酸イオンは他の陽イオン及び陰イオンビーズに到達し、そこにおいて、これらの存在はこれらの粒子における塩イオンの吸着も可能にする。しかし、逆接合C-Aにおいて、対の陽イオンビーズC中に既に動いている陽イオンは、ドナン排斥のため、陰イオンビーズAを通して移送されることが出来ない。この様に、逆接合C-Aにおいて、以前に吸着され一のビーズ中を動いている塩イオンは、単に取り囲んでいる水に再度入り込み、処理された流体を局在的に再汚染する。この再汚染は逆接合のインピーダンスを低下させ、局在的な電流密度を増加させる。全体としての工程は水分離接合と逆接合の間に電流の再分配をもたらし、この効果は水のさらなる再汚染を生じさせる。

10

20

30

40

50

【0050】

この様に、従来技術の厚い床の充填物は、本質的に「ザラザラな」電流分布とEDI室のいたる処で流れを再汚染する塩放出レベルをもたらし。全体の効果は、EDIユニットによって達成されるイオン除去の程度に上限を規定する(例えば、達成可能な水の品質を制限する)ことであり、また、導電性の終点に加えて速度、電気効率、及び他の操作特性に影響することであろう。

【0051】

本発明は、セルが薄く(加えられる電場の方向に)、また、実質的に各々のビーズが直接、又は直接的な経路によって、隣り合う膜に導電するような充填で、ビーズの様なイオン交換物質を含有する電氣的脱イオン化装置又は操作方法を提供することにより、従来技術のこの難点に対処する。得られる充填密度(すなわち、全セルの断面積に対するビーズの断面積の比率)は、最大密度より十分に低い。交換物質この分布は、本明細書では「疎ら」又は「やせた」と呼ばれ、後記の幾つかの実施例の考察から最も良く理解される。例証として、ビーズの二層、ビーズ単層、何らかの三層及び四層構造、かつ、単層で孤立した又は非連続的なビーズから成るビーズ分布を持つ実施例を説明する。孤立したビーズは秩序立った、又は規則的なパターンを形成可能であり、或いはもっと不規則な分布を形成可能である。本発明のさらなる態様は、バラバラな充填物の空間的分布を規定し、固定し又は制約するために、物質(例えば接着剤)又は構造(例えばメッシュ)を包含する。これら及び他の特徴は、本発明によるEDI装置の特徴を示している図2との関連で理解されるであろう。

【0052】

図2は、本発明のEDI装置100の一態様の拡大詳細図であり、代表的なセル107と109を示している。セル107と109は図1のセル7と9に対応し、僅かな距離離

れている選択透過性の陰イオン又は陽イオン交換膜（図１で「Ａ」又は「Ｃ」と表示されている）の間に画成されている。「僅かな距離」とは、セル中に搭載されたイオン交換媒体の公称寸法（例えばビーズの直径）のたかだか約１又は２倍の距離を意味する。この距離は、従来の充填された希釈セル厚に比べて小さく、また、それ故隣り合う膜ＣとＡ（希釈セル中）に対して短いイオン移送路長を提供し、又は反対の膜（濃縮セル中）の間に低抵抗の電氣的ブリッジを提供する。この理由により、本発明のセルを伴う堆積体は、従来のＥＤＩ堆積体に比べて、改良された速度、容量又は電氣的効率を提供する。図２の堆積体は、希釈セル１０７の周辺部を形成する第一のスペーサー／ガスカート１１０と、濃縮セル１０９の周辺部を形成する第二のスペーサーガスカート１２０を伴って構成され、各スペーサーは、この様に、対応する希釈又は濃縮室を形成する開いた中央領域を画成する。部屋内のイオン交換ビーズ１２５は、膜が一定の最小距離離れたままでいるように、かつ操作においてセルを通して適切な流れが維持可能なように、スペーサーの中央又は内部領域の膜Ａ、Ｃを支持し、かつ分離する。簡単にするために、ビーズ分布は、一つの希釈セル及び一つの濃縮セル中だけに、明白に図解されている。一又は両方の型の部屋は、スクリーン又はメッシュも含有して良く、その紐１４０がこの断面図で見られ、図２の一の濃縮セル１０９中に示されている。メッシュは、もし使用する場合は、流れ面に沿う交換ビーズ１２５の泳動を妨げる大きさにして、イオン交換物質の初期分布を維持し、ビーズの局地化された集積、沈降又は枯渇、又はセル中のビーズ型の再分布を防ぐ。種々の態様において、スペーサー１１０、１２０をスクリーンメッシュと一体化して（例えば射出成形により）形成でき、又はそれと組み立てて良く（例えば、メッシュの周辺領域の周りの一以上の、例えば上側及び下側のガスカート部分を固め、かつ密閉して）、或いはＥＶＡの様な硬化性ポリマーをメッシュの境界領域にスクリーン印刷するような工程により形成して良い。さらに、メッシュは、抗張力の高い材料で形成して良い。これにより、スペーサーの元の、一般的には長方形を維持する伸長抑止力を提供し、例えばスペーサーの周辺領域の隆起又は突出を防ぐ。この様な構造的に強いメッシュ材料の使用は、セルをより高い内部水圧の下に置くこと、又はスペーサー材料の寸法のズレ、隆起又は突出を伴わずに、もっと高トルクの圧縮ボルトで堆積体中に締め付けることを許容する。

【００５３】

図２Ａは、説明上二層の交換ビーズを持つ、本発明の疎ら分布のＥＤＩ希釈セルの一態様における水分離及び脱塩の模式的描写を示す。図解した疎ら二層は、希釈セル中の陰イオン交換膜Ａに隣接して設けられている実質的に陰イオン交換ビーズＡ×だけの第一層と、陽イオン交換膜Ｃに隣接して設けられている実質的に陽イオン交換ビーズＣ×だけの第二層を伴う、順序付けられた二層である。図示の様に、負イオンはＡ×樹脂に捕捉され、直接、隣り合う陰イオン交換膜へと動き、他方、陽イオンはＣ×樹脂に捕捉され、直接、隣り合う陽イオン交換膜へと動くであろう。陰イオン及び陽イオン交換ビーズの接合において、水分離はイオン交換物質を再生する。この順序付けた二層により、陰イオン又は陽イオン電導経路中に位置する交換型の異なるビーズは実質的に存在せず、これから、方向性を誤った（行き止まりの）反転接合Ｃ→Ａ接合は存在しない。

【００５４】

上述の通り、約１ｍｍ厚を下回るセルにおける順序付けた二層の創造は、注意深い組立を必要とする。さらに、交換ビーズは、寸法を減らした塩の形態で搭載されることが多く、そして水和後又はＥＤＩユニットの運転後でのみ、セル壁に対してきつく適合するであろうから、層を形成しているビーズの初期位置安定性はお粗末であろう。しかしながら、陽イオン交換ビーズ及び陰イオン交換ビーズの順序付けた層を維持することが望ましい。何故なら、層構成が原型を保つと、ビーズに捕捉された各イオンは、直接濃縮セルに移送されるからである。すなわち、経路長とインピーダンスは最小であり、また、効率は最大である。

【００５５】

図２Ｂは、模式的な展開透視図の形で、本発明のＥＤＩ堆積体２００の例示的な態様を示している。ここでは、濃縮セル２０５と希釈セル２０３の両者が疎ら分布をもって構成

されている。堆積体は、第一と第二の端板 206 a、206 b から成り、これらは第一及び第二電極 E 1、E 2 及びその間の交互セル 203、205 を伴って、貫通ボルトでボルト止めされている。堆積体はさらに、本技術分野で既知の通り、電極支持及びスペーサー構造体、及び電解質セル充填物（図示せず）を包含する。濃縮セル及び希釈セルは各々、それぞれ固体の周辺部 205 a、203 a 及び中央の開口領域 205 b、203 b、及び各開口領域を覆って設けられ、かつ各セル及び隣のセルを画成しているスペーサー同士の間固定された選択的に透過性の、例えばイオン交換膜 M（模式的に図解されている）を持つそれぞれのスペーサーにより画成される。堆積体の中間から、3つの希釈セルと2つの濃縮セルだけが示されているが、市販の構造では、堆積体は、一般的に15と数百の間のセル対を包含するであろう。

10

【0056】

図2Bに図解されている様に、各スペーサーの本体203 a、205 aは薄く、ビーズ又は交換樹脂の疎ら分布を保持するために各セルの有効厚さを規定している。希釈スペーサー203の引き込み口208、209、及び濃縮スペーサー205の引き込み口211 a、211 bは、セルを通り抜ける流れの一般的な方向を規定し、また、各区画の流れは、必要に応じて、本技術分野で既知の種々の補助的な構造体、例えば全体的な又は部分的な分割器（215、希釈区画中表示）、開いた、スクリーンにした又は未充填の流れ均等化領域又は区画（図解せず）等により、分配され又は均一化される。この構成において、膜、スペーサーを連続的に設置し、ビーズを分配し、他の膜で閉鎖し、そしてこの手法で、所望の数のセルが完成するまで、スペーサー、ビーズ及び膜と続けることにより、水平のセルを伴う方向に堆積体を組立てることが可能である。有利なことに、濃縮セル中に設置された媒体は、セルの導電性を増すために大いに働き、また、一般的なイオン交換物質として必要性は最適化される。この様に、材料はその導電特性、化学的又は熱的条件に対する抵抗、或いは他のこのような特性に対して選択可能である。希釈区画において、材料は、混合した疎ら床、又は模様化した分布として、本明細書に記載した形状の任意のものをとることが可能である。一の又は両方の型のセルは、濃縮セル中スクリーン250により表示されているように、メッシュビーズ安定化スクリーンを包含して良く、これはスペーサー自身の部品であって良く、或いは適切な位置決め又は組立手順で別個に追加して良い。さらに、複数のスペーサーはこのような異なる幾何学的構造を持つ必要は無い。これらは、個々のスペーサー内の実質的に対称的な配置を伴って、或いは、流れ導管を別々に、また全体的操作条件をEDI R操作に対して相対的に同様に保ちながら、濃縮及び希釈セルの交換を許容するように構成された非対称的な引き込み口配列（希釈及び濃縮スペーサーの間の様な）を伴って、構成されて良い。

20

30

【0057】

この様に、図2Bの態様において、希釈及び濃縮セルの両者は疎ら分布を含有する。他の態様において、一以上のセルの組は従来の厚さであって良い。例えば、堆積体の一部又は内部ステージは、まばなら分布を持つ濃縮セルだけで配列されて良い。これは、例えば、第二ステージが比較的純粋な水（例えば第一ステージの生成水）の非常に低い流れで運転され、そこでより厚い又は空のセルが高い又は不規則な抵抗を示すかもしれない場合に望ましい可能性がある。

40

【0058】

図3は、やはりスクリーンスペーサー50を包含する本発明の二層EDI希釈セルの実用的な一態様における水の分離及び脱塩を模式的に図解する。スクリーンスペーサーは、複数の交差した紐又は繊維50 aで規定されるスクリーン、メッシュ又は格子作用物を包含する。スクリーン自身は、セルを閉鎖し、かつ隣り合う膜を分離するスペーサー又は周辺ガasketに固定されて良く、好ましくは固定される。図解したスクリーンの紐50 aは、少なくとも約数個のビーズの直径の分離したメッシュ空間を持つが、好ましくは約2から10 mmを超えず、かくしてセルの充填、輸送及び/又は運転の間、交換ビーズの移動又は位置決めを制限し、ビーズが非常に遠くへずれることも、一つの場所に凝集することも出来なくする。種々の態様及び製造方法において、スクリーンスペーサーは、均一なかつ

50

効果的なビーズ分布の敷設を促進する小さなメッシュを持って良く、及び／又は一度堆積した分布の安定性の維持を助ける、おそらくもっと大きいメッシュを持って良い。メッシュは、対応する希釈又は濃縮セルの開路流の均等化又は流れ改良領域を規定するビーズの無い領域を包含することも可能である。本発明のこの側面に従って、充填セル中のスクリーンの包含、及びスクリーン構造上のビーズの分布（これは、例えばスクリーン上にビーズを固定する接着剤の適切な模様をスクリーン印刷して、空の及び充填された領域を規定することにより規定される）は、以前は、注入連結管流れ分配機、ビーズ保持機、及び抗水路化偏向翼のような特別なアクセサリを挿入し又は成形して達成された機能の多くを実行可能である。以下で、本発明の疎らビーズ層を形成する実用的かつ有効な工程の一つとして、充填セル中にスクリーンスペーサーを準備する幾つかの組立技術が説明される。

10

【0059】

この様に形成される層は、図3に示す様に、単型の第一の樹脂層及びその上に堆積した反対の型の層を持つ二層を包含して良く、或いは本明細書で後に説明する疎ら分布の別形であって良い。一つの簡単な場合において、ビーズは比較的均一の大きさであって良い。しかしながら、層は、大きさの分布が変動するビーズ、又はマルチモードの大きさ分布を持つビーズの混合物のような、粒子の大きさが異なるビーズから構成されて良い。一般的に、ビーズはセルの膜にしっかりと接触すべきであり、このような接触は、大きさがかなり均一なビーズ、或いは種々の大きさの又は集合して安定な層を形成する分布のビーズを用いて最も簡単に達成される。膨潤性が高いゴム状のマトリクスの複合膜を使用する場合、ビーズと隣り合う膜（類）との間の良好な接触は、比較的広い大きさの分布を伴う未分別ビーズに対して容易に得られる。同様に、本発明の疎らに充填されたセルが従来の厚さのセルと交互にある場合、膨潤した過充填の従来のセルは膜上に十分な圧力を保証し、隣り合う疎らセル中におけるビーズ-膜の良好な接触を提供する。さもなければ、セルが全て疎ら型、すなわち、その中にビーズが詰め込まれてはいなくて単に疎らに分布しているとき、スペーサー（及び使うなら、スクリーン）容積物を設置して接触を促進することが重要である。

20

【0060】

図3に示した順序付けた二層分布において、スクリーンは、第一層-例示的に陰イオン交換ビーズの下側の単層-が紐50aの間の領域を実質的に満たすことを許容することにより、セル組立体中で助けとなる。紐50aは、次いで、例示的に陽イオン交換ビーズの第二の単層を第一層の上に安定な薄い構成に支持し、それにより、各型のビーズが適切な膜に接触する。図解したスクリーンは、上側及び下側のレベルに交互にある紐50aを持つ。この、高さが複数のスクリーンは、順序付けた層構造の規定及び維持の助けとなる。図2Aの態様における様に、この様に得られた疎ら分布は逆接合と無縁である。この態様において、スクリーン自身は非交換物質で形成され、繊維50aの直径は、繊維そのものがビーズ-膜接触を妨害又は阻止しない様に、十分に小さい。

30

【0061】

前述の図は、説明を簡単にするため、丸い（球形の）理想的なビーズを示してきた。しかしながら、実務においては、イオン交換ビーズは全体の形がもっと不規則である。本発明は、実用において、十分な球に形作られたビーズの使用に限定されないし、十分に分別された、「単球」、大きさが均一なビーズ、又は大きさが均一なビーズの混合物の使用にも限定されない。ここで、これらのビーズに言及すると、用語「大きさ」は、本明細書では直感的な又は通称的な意味で使用されているが、分布曲線、公称の大きさ、最大/最小径の対、平均の、最頻値の、又は重み付け平均交差寸法値、或いは他の粒子の大きさの特徴付け又は値を包含することが理解されよう。有利なことに、ビーズが2枚の膜の間に疎らに分布すると、この分布の疎ら性は、ビーズ間の間隔にわたる膜の撓みを許容し、一般的に、大きさの大きな自由度を許容しながら、本発明の態様により達成される膜-ビーズの接触度又は表面の一致度（これからイオン電導）を改善する。部屋の内部でスクリーンを使用し、ビーズの充填及び／又は大きさがばらつく樹脂との安定性を改良することが可能であり、また、これらの特徴の組合せは大きさが全く異なるビーズを含有するときでさ

40

50

えも、樹脂が有効であることを許容する。この様に、ビーズの大きさ、スクリーンメッシュ及びスペーサー厚は、全て、組立及び運転の効率的条件を維持するのに適切な様に選択される。機能的には、スクリーンは、ビーズの位置固定に、又は極端に疎ら充填物の分布安定性を提供するのに特に有用であり、この際、各ビーズは、全部又は多くの直近の仲間から孤立して、かつこれらに支えられていない、又は、ビーズはセル膜の表面積の低い割合だけを覆い、及び/又はビーズ分布は大きさの異なるビーズから成り、及び/又は層及び/又は縞の様な模様化された領域から成る。スクリーンは、十分な流れ断面を保証しながら、また、膜-膜の接触また短絡を防ぎながら、膜間の最小の空間の設定もする。

【0062】

あるスクリーン態様では、スクリーンを用いて、後における維持と共に、さらに、疎ら分布における縞もしくは他の単型の層又は副層の模様構造を初期規定する。例えば、約20ミルのメッシュのスクリーンを用いてビーズを湿式篩分けすることにより、一定の大きさ分布(例えば18-23ミル)を持つビーズは表面張力によりメッシュの中又は上に捕捉される、或いはもっと狭い分布はスクリーン開口に物理的に保持され、かつ残留するビーズは、スクリーンと貼り付けられたビーズの単層から成る組立中間体を離れて、天辺から払い落とされて良い。この組立体は、自由に扱い、また疎ら単層として、或いは二層分布の一部として、堆積体に組み込まれて良い。二層は、2つのこの様なスクリーンで形成されて良く、又は第二層の材料を計量して撒き散らして追加した第二層を持っても良い。さらに、スクリーンに接触接着剤を適用して、第一の型のビーズの単層をスクリーンの片側に接着させ、かつ同じ型又は第二の型のビーズをスクリーンの他の側に、選択的に接着させて良い。スクリーンの開口は、各側のビーズが他の側のビーズに接触する様な大きさにされて良い。これは、EDIユニットの膜の間に直接設置可能な、扱いが容易な二層組立体を生産し、又はこのようなビーズ配置の2つのスクリーンを選択して膜の間に設置し、順序付けた4つのビーズ層を形成することが可能である。さらに、スクリーンに接着剤を適用して、ビーズ-ビーズ接触の間になんらかの接着層が生じることを回避し、それにより関連する電気的経路は損なわれない。

【0063】

EDI機器を水を脱塩又は精製するために運転する場合、装置が、希釈区画中において陰イオン交換及び陽イオン交換樹脂型の両者を採用するのが好ましいことが多い。もっとも、これらの型を帯又は順序付けた二層に分離する必要は無い。

【0064】

図4は、本発明に合致して構成された単層EDI希釈セルにおける水分離と脱塩の模式図を示し、疎ら分布は単層でビーズ1個の深さだが、混合ビーズ型で形成されている。すなわち、この単層は、陽イオン交換樹脂ビーズCXが撒き散らされた陰イオン交換樹脂ビーズAXを包含し、セルの陰イオン交換膜Aと陽イオン交換膜Cの壁の間に圧着された疎らビーズ床を構成している。ビーズは型の、規定された比率、例えば1:1等モル、3:2重量基準、或いは他の固定された又は選択された比を持って良く、しかし、2つの型は、セル面積を横断して、不規則に又は带状に、単層に分布して良い。図2A及び3の態様の様に、この構成も反転ビーズ接合C-Aを排除しており、また、EDIの性能について同様の改良を惹起している。特に、反転接合におけるイオン放出の排除は残留する再汚染源を取り除き、製品の高レベルの純度をもたらしている。他方、同じ要因は、非生産的な分離事象の回避に起因する、一般的にもっと大きい、また確率論的に均一なセル導電性、及び一般的にもっと良い電気効率をもたらす。

【0065】

図5は、本発明のもう一つの態様を図解し、また、図4の様に構成され、しかしセル中に設置されたスクリーンスペーサーを追加して包含する単層EDI希釈セルにおける水分離と脱塩の工程を模式的に示している。このスペーサーの紐50bは交換樹脂ビーズの動きを制限し、また一般的に、セル充填工程の間、ビーズを固定位置に維持する。この結果、安定した均一なビーズ分布を達成しながら、堆積体組立手順を大幅に単純化している。図解したスクリーンは同一面内に設置された自身の紐を持ち、それらの厚さは、好ましく

10

20

30

40

50

はビーズ直径より幾分小さく、スクリーンは膜 - ビーズ接触を損なわない。しかしながら、詳細を示した通り、ビーズは、直径がもっと小さいビーズを包含して良く、またスクリーンの紐は、ある程度、積み上げられて膜に接触しているビーズを支持することも可能である。この様に、メッシュの大きさ、紐の直径ならびにビーズの大きさ及び分布に依存して、ビーズ1個から1個半又は2個まで変わる床厚を、良好な膜接触と実質的に反転接合に無縁で、信頼性高く形成可能である。

【0066】

有利なことに、EDI流れセルを梱包する組立工程は、スクリーン体上に交換ビーズを設置することから始まり、次いでスクリーン体を膜の間に組立るステップに従って実施して、一又は幾つかの層の非常に均一な梱包体を形成することが可能である。この工程において、スクリーンはビーズの大きさより大きいメッシュの大きさを持って良く、また、本方法の一形態において、スクリーンは、意図した量のビーズの少なくとも一部を先ず捕捉する。さらに、ビーズを、次いで、例えば静電引力によって、初期に捕捉されたビーズの晒された表面へと拾い上げ、さらに、それがビーズにより全体的に覆われるが、ぎっしりと詰まらないように、スクリーン組立体を搭載する。このビーズ被覆されたスクリーンのシートを、次いで膜の間に組立て、ビーズを緊密化して十分な導電層とする。この工程の中間段階を図5A - 5Cに図解する。

【0067】

図5A、5B及び5Cにおいて、「S」はスクリーンスペーサーの繊維を指す。初期ビーズはスクリーン上に固定される。これは、表面張力、接着力、静電的、磁氣的又は電気的相互作用力で行って良い。例えば、スクリーンを濡らし、そのメッシュはビーズが液体の表面張力でスクリーンに貼り付くような大きさにされていて良い。接着剤をスクリーンに適用して、次いで、ビーズがそれに貼り付くように所定量のビーズをスクリーンに適用して良い。別法として、磁性物質を包含するスクリーンに対して磁性粒子を持つビーズを用い、初期量のビーズが磁氣的引力でスクリーンに貼り付くようにすることも可能である。図5Aは、ビーズがスクリーンに接着している状況を図解する。交換ビーズは相対的に分散され、本来的にスクリーン繊維だけに接触しているように見える。スクリーンは、ビーズを拾い上げる様に接着剤で被覆されて良く、ビーズは、陽イオン及び陰イオン交換ビーズが反対側にある様に、選択的にスクリーンに接して良い。この段階はビーズ直径より大きさが幾分小さいメッシュを持つスクリーン（図示せず）を用いて実行して、スクリーンの片側に実質的に連続的な陽イオンビーズ層が形成され、また他の側に実質的に連続的な陰イオン交換ビーズ層が形成され、かつ2つの型のビーズが、メッシュの開口を通して単接合で互いに接触するようにすることが可能である。しかしながら、図5Aはもっと広いメッシュを図解し、これは離れ離れの、スクリーンに貼り付いたビーズ分布の生産に用いられる。図5Bは、図5Aの様に調製された、スクリーン上にビーズ分布を形成する際使用される第二段階を図解するが、混合樹脂分布で出発している。この段階において、これは好ましくは乾燥条件下で実行され、星印(*)で表示された追加の交換ビーズが、自身、静電引力によってビーズ/スクリーン組立体に貼り付いている。すなわち、A*印の陰イオン交換ビーズは存在する陽イオン交換ビーズCに貼り付き、またC*印の陽イオン交換ビーズは存在する陰イオン交換ビーズAに貼り付いている。得られる分布は、スクリーンに貼り付いた実質的に連続な、しかしゆるやかなマットに自己組織化する。適用する樹脂の量に依存して、最終的な組立体は完全な層の手前まで達し、或いは疎らビーズ分布は、表面張力、接着力、静電的、磁氣的又は電気的相互作用力によりスクリーン上に安定化され、固定された一、二、三、四又は多層を形成して良い。組立体は、次いで自由に取り扱われ、またイオン交換膜の間に組立られて、実用的なEDI装置を形成することが可能である。この時点で、図5Cに示す通り、ビーズはさらにしっかりと包み込まれる。

【0068】

薄いEDIセル中の疎ら分布を伴う堆積組立体の他の可能な機構をさらに考察する。2mm未満の厚さを持つ大面積の希釈又は濃縮セルは、有効な充填に対して問題を引き起こす可能性がある特別な制約を示すことが理解されよう。出願人は、完成したセル内で有効

10

20

30

40

50

な疎らビーズ分布を達成するために、幾つかの E D I 製造又は充填方法を開発した。これらの方法で目指す課題は、ビーズを疎らに、しかし均一に分布させること、ビーズ型の異なる二層を形成すること（図 4 に示した様な二層化態様に関して）又は、さもなければ所定の模様（例えば縞）に分布させること、及びビーズをセルの流れ処理領域中だけに堆積させ、密閉表面には堆積させないこと、を含む。用語「均一に」は、極端に疎ら分布の場合は、確率論的な意味合いにおける均一性を包含することが理解されるであろう。この様に、この分布は、近接した流れ処理面積の全体を覆っているビーズを提供する。ただし、任意の与えられた小面積は偶々ビーズが無くても良いし、又は平均比率より多い一の型のビーズを持っても良い。

【0069】

10

実際面では、ビーズがセル内だけに横たわり、密閉スパーサー膜表面から離れているという様な疎ら分布を形成する要求は、比較的高く付く製造技術を要求する様に見えるであろう。しかしながら、上述のスクリーン固定法及び構造に加え、本発明は、以下に説明する、幾つかの方法及び特化した装置を包含し、これらは、疎らセル構造の、一以上のこれらの問題のある領域に対応している。

【0070】

図 6 は、本発明を実施するための E D I セル中にビーズを分布するための一機器 100 及び方法を図解する。機器 100 は、個々のセルの組立又は層 - 層の連続する堆積体の組立に使用されることを意図し、これは型板の中央開口領域 R に沿ってビーズを拡げることにより作動し、型板は、例えば、上述の様に、ビーズ 1 又は 2 個の厚さの周辺スパーサー / ガスケットの開口中央領域に対応して良い。この機器は、ビーズを調節し、かつ分散させるための振動節を持つ、機械化されたビーズ散布機を包含する。散布機組立体（又は篩、図には見えない）は、台又は台車 105 上に据え付けられ、これは基礎支持体 106 又は枠に対して移動する。基礎 106 は、充填すべきセルの上に位置決め可能であり、開口領域 R はスパーサーの中央領域と一列に並ぶ。台 105 は、適切に制御されたギアモーター 108 に連結された駆動機構、例えばベルト又はチェーン 107 により、基礎台に沿って動かされる、又はステッピングモーターや油圧式駆動のような他の手段により動かされて良い。台の動き及び散布機の操作は所望のビーズ分布を堆積させるように制御される。移動する台がスパーサーの端に達すると、それは、例えば、スイッチを入れて台車を停止させ及び / 又はその移動を反転させる。散布機構は、篩の開口の比較的詰まった大きさに起因して、スクリーンが勢いよく振動していないときはビーズがつかえて非常に容易に篩開口に栓をして、播種を速やかに停止する様に、ビーズ 2 個の直径未満の開口を持つ篩を採用して良い。しかしながら、振動が加えられると、開口につかえたビーズがズレてビーズを解放し、スクリーンメッシュの開口を通して落下して、篩を通り抜けるビーズの流れを再スタートさせる。膜上への I X 樹脂の播種は（スパーサーに沿う I X 樹脂スタックの全体密度も同様に）、スパーサー、及び篩面積に沿う台車の移動速度だけではなく、篩の振動の周期及び振幅のような関連する条件の制御にもよって、正確に調節される。

20

30

【0071】

交換樹脂貯蔵ユニット又は供給導管は、これらは異なる I X 樹脂に対する 2 以上の別々に制御されるサブユニットを持っても良いが、篩 / 散布機機構 100 に仕込みをする。移動台の速度、又は振動の周期及び / 又は振幅を変えらることにより、スパーサー流路の長さに沿う I X 樹脂の散布密度を変えることができ、また、流路に沿う混合床の各点において堆積した異なる型の交換樹脂の間の比率も変えることができる。台車の移動、篩の振動の管理、及び他のパラメータは、セル中に所望の分布のイオン交換ビーズが堆積するようにプログラムされ、均一に組み立てられた多セル E D I スタックの構造が許容される。

40

【0072】

出願人は、疎らに分布した E D I セル構造に向けて、本発明に合致する別の制御可能な分配又はビーズ堆積機構を開発し、これらは、堆積した媒体の密度、型の比率又は他の特徴を変えらるため、操作可能であり、或いは操作のため修正が可能である。このような態様の一つにおいて、台車は、振動する篩が在る又は無い、一つが各型の樹脂に対応する、幾

50

つかの回転するスクリーンドラムを支え、I X樹脂を分配する。図7に、この様な分配機構を示す。この態様において、2つのビーズ分注ドラムが、傾斜壁の散布ホッパーにビーズを分注し、これはビーズを狭い隙間に注ぎ込み、ビーズは、そこから下にあるEDIセルの中央膜領域上に落下する。

【0073】

出願人は、散布塔の一般的な形状を持つ、もう一つの有用な樹脂分配機器も開発している。図8は、移動する移送機関を伴わずに、EDIスペーサーの開口中心に沿って、ビーズ一個又は二個分の深さにI X樹脂を分配するための、このユニットの一態様を模式的に図解する。閉じられた高い塔Tは、流れセルの上方に配列可能な煙突様の構造体として備えられ、これはEDIスペーサーの天辺に設置され又は設定される。塔の垂直の壁はスペーサーの内縁と一致し、塔はそれに合わせて配列され、そして、各ビーズの充填後に取り除かれて、次の膜が設置される。

10

【0074】

運転に際しては、樹脂ビーズの流れを制御して塔の天辺又は上方の領域に提供し、また、一以上のスクリーンが、色々な高さで煙突内部を横切って延びている。I X樹脂（又は、混合した単層EDIの疎ら分布を望むなら混合物）の流れ又は計量した部分が塔の天辺から注がれ、ビーズを分布させるのに適応するメッシュを持つ中間のスクリーンと衝突しながら、煙突を落下する。落下するビーズの速度と方向は、ビーズが落下する際に煙突壁及びスクリーンと衝突することにより、両者とも不規則化される。一以上のスクリーンを振動させ又は揺すり、目詰まり無し及び/又はスクリーンを通過するビーズに横方向の（幾つかの）運動成分を付与することを保証可能である。スクリーンの、相互の及び下に在るセルとの相対的な高さは、得られるビーズの疎ら分布が、端部の欠如又は畝の無い実質的に均一な広がりでは着地することを保証するように、実験に基づいて調節可能である。より高いスクリーン又は複数のスクリーンは、利用できる全面積にわたって、ビーズを打ち付け、また、かくして拡げ、また篩い分けするために有効な、一般的により小さいメッシュを持つことが可能であり、一方、より低いスクリーンは、広がった分配物をもっと容易に通過させるより大きいメッシュを持って良い。

20

【0075】

説明した様なスクリーン塔は、着地前に横方向の運動成分を実質的に削ぎ又は除去し、ビーズが着地する場所にさらに信頼性高く留まるように、落下するビーズを遅くし、またその方向を揃える様な寸法にされかつ設置されたスクリーン又は他の膜（例えばハニカム）も備えて良い。下に横たわる膜を濡らして、ビーズが本来の場所に付着し、スタック上に引き続く部品を組み立てる間に跳ねて居なくならないことを保証しても良い。このような対策は、周辺壁近傍の密度ゼロ又は密度2倍の領域の形成を防いで、ビーズ堆積の確率論的な均一性を向上させることができる。

30

【実施例1】

【0076】

セル対が8個の、2個のIONICS 4 x 20 EDIスタックを組立てた。一は、従来の厚さ120ミルの希釈セルスペーサーを持ち、他は厚さ30ミル（.75mm）の希釈セルスペーサーを持ち、二層希釈室を定義するのに有効であった。ビーズ層は、インチ当たり紐が9本のスクリーンで覆われた濡れた膜上に篩掛けして、30ミルスペーサーの中央領域中の膜上に分配され、固定された。スクリーンは堆積したビーズを所定位置に維持した。両方のスタックは製造者の通常の陰イオン交換及び陽イオン交換膜と、通常の陰イオン交換及び陽イオン交換樹脂ビーズを使用した。2つのスタックは、両者とも、導電率が23 $\mu S m / c m$ でシリカの負荷が650 - 695 p p bの水を給水し、流速0.32 GPMで試験した。

40

【0077】

表1は試験結果を示す。まばならビーズのEDI機器の性能は、製品の抵抗値が高いこと、シリカの排斥がより良いこと、及び全体としてのスタックの電気抵抗がより低いことで特徴付けられる。これらのパラメータにおける違いは多大であった。そして、材料コス

50

トの削減だけではなく、より大きなエネルギーの節約と改良された制御性又は性能に対する将来性を示している。薄いセルの結果は、2つの端ブロックの間にもっとずっと多数のセル対を組立てて、製品の品質を損なわずにスタックの容量を増大させるであろうEDIスタックを形成する可能性も示唆している。

【0078】

【表1】

表1

標準及び二層EDI疎分布の比較

	セルの樹脂 充填容積率 (%)	IX樹脂体積 比陰イオン; 陽イオン	8セル対スタック 電気抵抗(Ω)	シリカ排 除(%)	生成物抵抗 ($M\Omega\cdot cm$)
標準	100	1.65	30.3	68	13.37
二層疎分布	74	1.12	16.8	95	17.35

10

【実施例2】

【0079】

2シリーズの実験において、従来の陽イオン交換膜を持つ一のEDIセルの表面比抵抗($Ohm\cdot s\cdot 平方cm$)を測定した。実験の第一のシリーズでは、樹脂の充填無しで従来のスクリーンスペーサー#3792(Naltec R)を用いた。実験の他のシリーズでは、同じスクリーンを60mg/平方cmの、グリセロールを用いてスクリーン上に固定したUPWの陽イオン交換樹脂650Cで覆った。1-5mA/平方cmの範囲のDC
20
探査電流を用いて、導電率が200と600 $\mu S\cdot m\cdot cm$ の間の Na_2SO_4 試験溶液で表面比抵抗の測定を行った。セル厚は1.60mmであった。結果を表2に示す。

20

【0080】

【表2】

表2

EDIセル表面比抵抗($\Omega\cdot cm^2$)

Na_2SO_4 溶液導電率 ($\mu S\cdot m\cdot cm$)	陽イオン交換樹脂 のないセル ($\Omega\cdot cm^2$)	陽イオン交換樹脂 を有するセル ($\Omega\cdot cm^2$)
200	1500	110
400	1180	84
600	1025	83

30

【0081】

表中のデータは、スペーサー中に、グリセロールでスクリーンに固定した陽イオン交換樹脂650C-UPWを60mg/平方cm分配すると、EDIセルの表面比抵抗の10
40
倍の減少をもたらすことを示している。

【実施例3】

【0082】

2個の電極セルと1個の希釈セルを伴う、セル3個の4x20の疎らに充填したセルのEDIスタック(活性面積170平方cm)を、Ionics, Incorporated EDI構造体の陰イオン交換及び陽イオン交換膜を用いて構築した。希釈セルは、#4610-Naltec R(20ミル)スクリーンに熔融結合された20ミルのPE又はEVAフィルムで形成したスクリーンスペーサーユニットを用いて形成した。次いで、スクリーンの片側を4.7gの乾燥Dowex Monosphere 550A
UPW(OH)陰イオン交換ビーズで覆い、他の側を0.85gのDowex Mono
50

s p h e r e 6 5 0 C U P W (H) : D o w e x M o n o s p h e r e 5 0 0 C
N . G (H) = 1 : 1 混合物で覆った。希釈セルは 8 5 % の 5 5 0 A U P W (O H) 、
7 . 5 % の 6 5 0 C U P W (H) 及び 7 . 5 % の 5 0 0 C N G (H) を含有した。全
I X 樹脂を、グリセリンでスペーサーに固定した。各電極セルは、T i / P t 電極を持ち
、グリセリンで固定された 3 . 0 0 g の乾燥 6 5 0 C U P W で覆われた、一個の 4 x 2
0 インチの正規の I O N I C S E D I 電極スペーサー (網 # 3 9 5 7 C 、厚さ - 0 .
7 0 m m) で形成されていた。

【 0 0 8 3 】

電流 - 1 0 1 0 m A 、注入水の比抵抗 - 7 . 7 5 M O h m * c m 、T O C - 4 3 p p b
、アノード及びカソードセルを通り抜ける流速 - 1 . 0 7 m l / m i n 、希釈セルを通り
抜ける流速 - 1 2 2 m l / m i n であった。1 3 p s i の圧低下が測定され、また、2 2
p p b の残留 T O C を伴って、製品の比抵抗は 1 7 . 9 M O h m * c m であった。

【 0 0 8 4 】

これらの結果は、非高分子有機液体によりスペーサー上に固定された I X 樹脂を持つ疎
らビーズの E D I ユニットが、非常に高性能であることを示している。

【 実施例 4 】

【 0 0 8 5 】

2 個の電極セルと 1 個の希釈セルを伴う、セル 3 個の 4 x 2 0 E D I ユニット (活
性面積 1 7 0 平方 c m) を I O N I C S の均質陰イオン交換及び陽イオン交換膜を用いて
組立てた。希釈セルは、# 4 6 1 0 - N a l t e x R (2 0 ミル) 網と共に融解された
2 0 ミルの P E フィルムにより形成され、「シマウマ」模様に配列された 8 つの縞状の、
1 . 0 g の乾燥 5 5 0 A U P W 及び 0 . 5 g の乾燥 6 5 0 C U P W で覆われた。ワセ
リンを用いてスペーサー上に I X 樹脂を固定した。各電極セルは、T i / P t 電極と、同
じスクリーンと共に融解された 2 0 ミルの P E フィルムで形成され、及び 3 . 0 g の乾燥
6 5 0 C U P W で覆われ、またワセリンでスペーサー上に固定されたスペーサーユニッ
トを持っていた。電流は 1 0 4 7 m A 、注入水比抵抗は 7 . 0 4 M O h m * c m 、及び T
O C は 4 0 p p b であった。希釈セルを通り抜ける流速は 5 4 m l / m i n 、アノードセ
ルを通り抜ける流れは 2 . 8 m l / m i n 、及びカソードセルを通り抜ける流れは 0 . 9
7 m l / m i n であった。圧力低下は 1 3 p s i 、生成水中の測定した T O C レベル 1 1
. 0 p p b を伴って、生成物の比抵抗は 1 7 . 9 M O h m * c m であった。この運転デー
タは、イオン交換ビーズの疎ら分布を非高分子有機液体 (例えばワセリン) でスペーサ
ー上に固定した疎らビーズ E D I 組立体の、高いレベルの性能を実証している。

【 0 0 8 6 】

上記の説明から明らかな通り、本発明の疎ら分布は、E D I スタックの、手による、機
械的な、又は自動化した組立に関して、一貫した、そして繰り返されるやり方で、独特の
一連の問題を提起する。これらの問題は、種々の機械的な散布又は計量集合体、スクリー
ン又は膜上にビーズを不動化させるための仮の又は永久的な流体又は接着剤、及び、同様
の寸法のビーズを選択的に保持する、或いは堆積したビーズの分布中におけるズレに対し
て安定化させるスクリーン、により対処できる。セルの導電性、イオン輸送の速度、及び
電氣的効率において得られる改善は、荒々しい流れ又は電氣的制御管理の用途を許容し、
そのため、疎ら E D I スタックは、例えば特別な不純物 (例えば多価イオン) をセルの流
路の特定位置で除去することを保証するように運転することが可能であり、もしくは、電
流密度又は他のパラメータを最大化する、或いは塩の放出又は望まない加水分解を避ける
、或いは流れを脱塩するためのより高い容量を持つスタックを開発するように運転可能で
ある。力学的脱イオンモデルを適用して p H 、スケーリング、水分離及びスタック中で生
じる他の条件を予測し、また制御することが可能である。一以上のセルの組における疎ら
交換体の分布を伴って、本発明のさらなる態様を形成する特定の望ましい制御のさらなる
説明のため、同一出願人の国際出願 P C T / U S 0 1 / 2 5 2 2 6 に言及する。W O 0 2
/ 1 4 2 2 4 として公開されたこの出願を、引用によりその全体を本明細書に援用する。
同一出願人の他の米国特許は、給水又は濃縮流路の特定の場所に沿って単型の、又は特化

した樹脂を使用することを含む、有利な制御技術を開示する。この様な制御は、本発明の態様において有利に実施可能であり、そこでは、スクリーン不動化は樹脂分布模様が正確に規定され、また維持されることを許容し、ビーズ分布の疎ら性は基礎を成す脱イオン化性能又はイオン移送機能をさらに正確に定量化すること、及び性能を予見することを許容する。この様に、給水又は生成水の特性的変化に呼応するコントローラと連動させてスタックを使用すると、コントローラはフィードフォワード又はフィードバック制御を伴う所望の定値をもっと厳密に達成することが可能である。

【 0 0 8 7 】

本明細書で一般的に説明したような従来のスタックにおいては、多数のセルが電極間に直列に堆積されることが理解されよう。電極には、なかんずく、スタック中のセルの数及びその厚さに依存して、一般には、数百ボルトから一千ボルトを超える全電位において50アンペアに達する電流を提供できる電源を用い、各セルを横切って約5Vまでの電位差を確立するのに有効な電位が印加される。実用的な用途において、コントローラは、一以上の測定値又は制御パラメータに基づいて電流又は電圧レベルを制御可能であり、或いは、特定の定電流レベル（例えば、流体インピーダンスに呼応して電圧が変化する様に）、特定の定電圧レベル（例えば、特定の給水からのイオン除去のために最適化して）、全当量のイオン除去のための電流効率、又は他の値を維持するように運転可能である。言及した電気的な値は単なる概算であり、普通のEDI工業のスタックの大きさ、断面積、及び構造の典型的な範囲に対応する。本発明のスタックに対するこのような電力供給、運転制御管理等の適合は、本発明の疎らなビーズスタックにおける使用に関し、大部分引き継がれ、或いは従来技術から修正して、可能である。しかしながら、有利なことに、疎らスタックは電気効率を改良し、また、従来の厚床EDIの、ビーズの偏析、非導電性のポケット又は極端な分極又は分離、及び他の問題点に苦しめられることはない。この様に、本発明のスタックは、十分に規定された操作範囲内で完全に操作可能であり、また、操作手続き及び補助的な駆動及び制御機材は、より低い全体の操作電圧又は電力レベル及び/又はより良く規定されたスタックの状態の内部条件における効率的な操作を許容するであろう。

【 0 0 8 8 】

本発明は、例証したスタックとは別の全体的なEDI構成を伴って実施することも可能である。かくして、疎ら分布は、当技術分野で既知の、円板形のセルを伴う円筒形のスタックEDIユニット、或いは単室の実験室又は特化工程EDIユニットの種々の形態、及び他の一般的な構成と共に、円筒形の、螺旋に巻かれたEDIユニットに具体化することが可能である。希釈セル及び濃縮セル中の流れは同じ（共流）で良く、又は反対（向流）で良く、また、濃縮流は、循環している塩水ループ（濃縮セルが未充填の場合普通に使用される）により、希釈給水からの又は生成物からの滲みにより、或いはにじみにより補給され、また、独立の流体源又は他の手段により給水される放出物により有効な濃度に維持される循環ループにより、提供可能である。本明細書における構成は説明のためだけのものであり、非常に多彩なイオン交換樹脂型、組み合わせた及び局地化し又は分離した充填物と共に、分割された又は多重水路のセル、直列結合又は異なるセル又は水路からの滲み、及び複数の膜、二極性膜及び補助的な流体流を含む種々の構成を伴い、EDI装置は全く異なる形態をとり得ることが理解されるであろう。さらに、本発明は、ビーズではなく、「凸凹の」イオン交換膜を用いて実行することが可能である。この場合、表面に押し込まれた疎らビーズを用いるのではなく、交換膜の名目上の表面から疎らに分布した凸凹又は尾根が突き出している。イオン交換又はイオン電導媒体、及び他の材料で形成されたフェルト又はスクリーンのような疎ら充填物質も本発明の実施において使用可能であり、分配とスタック組立段階を簡略化する可能性がある。

【 0 0 8 9 】

特別な構成は、流路に沿って構成された、例えば、流路に沿って各型の相対的比率を変え勾配をつけたAX-CXビーズ、純粋な単型樹脂或いは陰イオン単型、不均一なビーズの帯、陽イオン単型領域と続く様な、混合樹脂の帯を伴う単型の帯、CX-豊富化充填物

へと変化する A X - 豊富化充填物、を包含するビーズ型の模様を採用可能である。分布を形成する様々な模様は、例えば、処理ラインに沿う初期のステージにおいてシリカ又はボロンを除去するために適用可能である。

【 0 0 9 0 】

この様に本発明を開示し、また例示的な態様を説明したが、当業者には本発明の技術的範囲及び精神の内に横たわる、さらなる変形及び改装が思い浮かぶであろう、そしてこのような変形及び改装の全ては、本明細書に、また添付の特許請求の範囲により規定した発明の一部と考えられる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 9 1 】

10

【図 1】従来技術の典型的な E D I 装置及びセルを模式的に図解する。図 1 A は、図 1 の装置の希釈セルにおける水の分離、脱塩及び再汚染の詳細を図解する。

【図 2】本発明の疎ら樹脂分布を持つ E D I 装置のセルを図解する。図 2 A は、図 2 のセルの二層態様の断面における詳細を拡大して示す。図 2 B は、本発明のセルを持つスタックの一態様の模式的な、かつ分解した斜視図を示す。

【図 3】スクリーンを採用した二層態様を図解する。

【図 4】図 2 のセルの単層態様の断面における詳細を拡大して示す。

【図 5】図 2 のセルの混合樹脂の単層態様の断面における詳細を拡大して示す。図 5 A は、図 2 のセルの混合樹脂の三層態様の断面における詳細を拡大して示す。図 5 B は、図 2 のセルの混合樹脂の四層態様の断面における詳細を拡大して示す。図 5 C は、図 2 のセルの混合樹脂の多層態様の断面における詳細を拡大して示す。

20

【図 6】本発明に合致する E D I 堆積組立体用の疎らに分布した樹脂を堆積させるための移動しながら振動する篩を伴う組立体を示す。

【図 7】本発明に合致する複数の交換樹脂を伴う疎らセル充填をもたらすための分配組立体を図解する。

【図 8】本発明の E D I 機器を作るためのスパーサー中に交換樹脂を疎ら分布で堆積させるための分配塔を図解する。

【符号の説明】

【 0 0 9 2 】

3 電極（アノード電極）

30

3 a 電極（カソード電極）

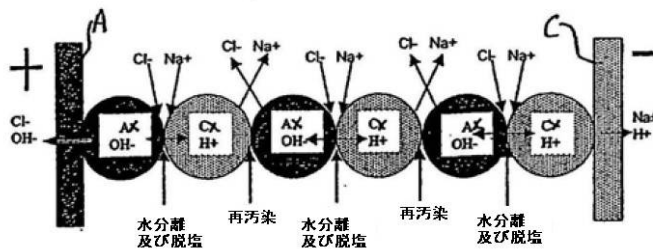
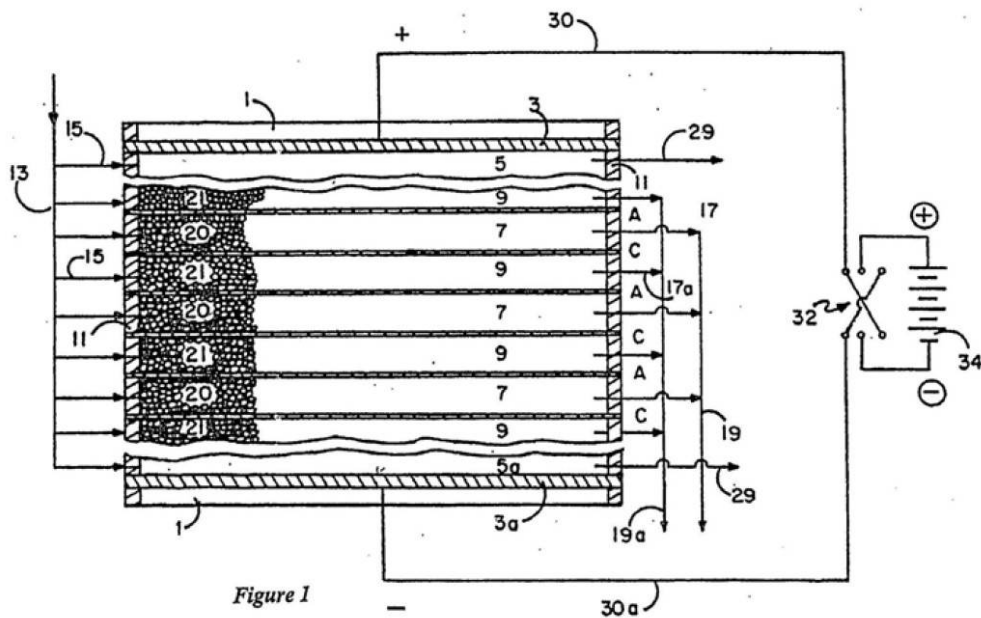
7 希釈セル

9 濃縮セル

A イオン透過性膜（陰イオン選択性膜）

C イオン透過性膜（陽イオン選択性膜）

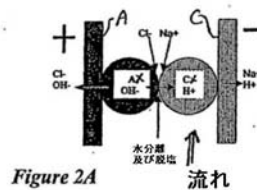
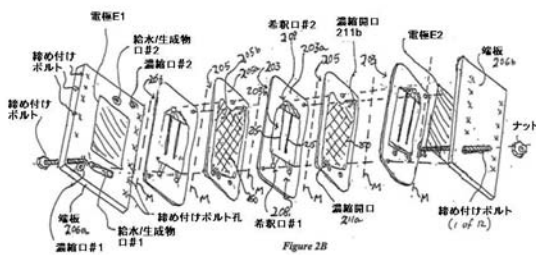
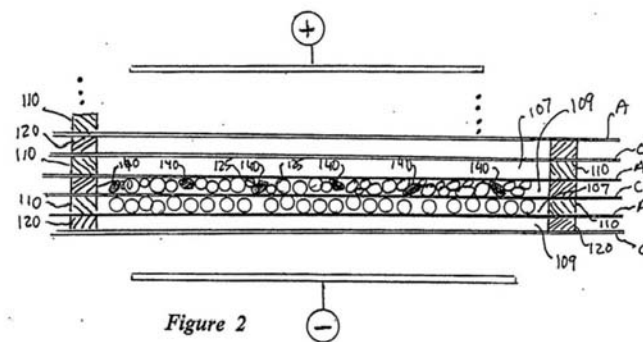
【図 1】



従来技術の典型的なEDI希釈セルにおける水分離、脱塩
及び再汚染の詳細

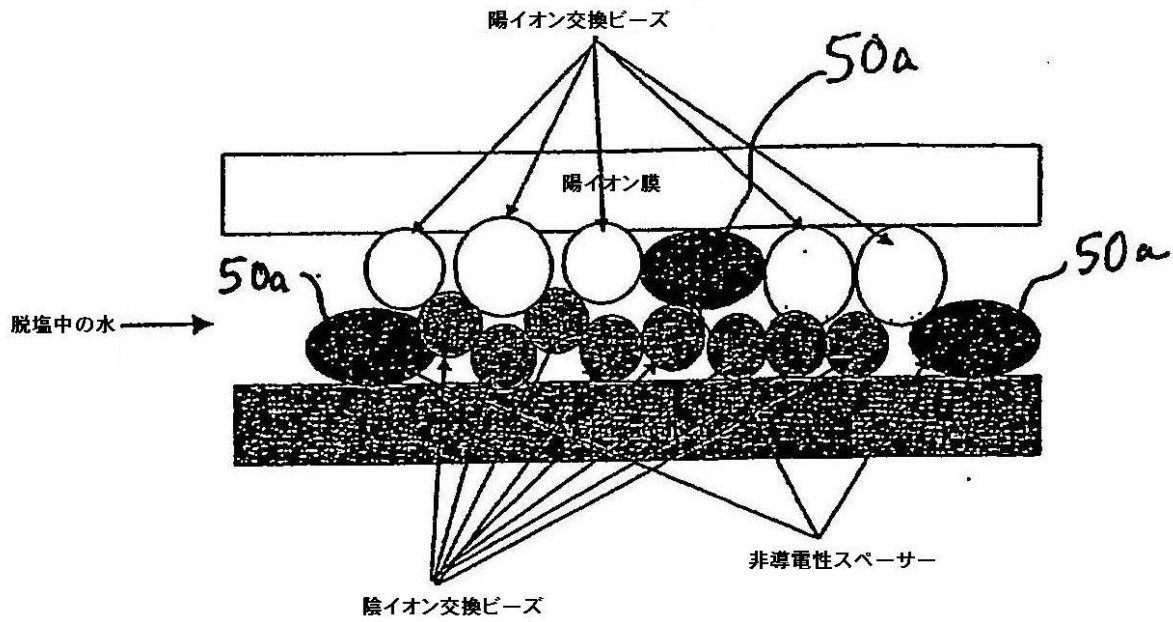
↑
流れ

【図 2】



本発明の二層EDI希釈セルにおける水分離と脱塩の模式図

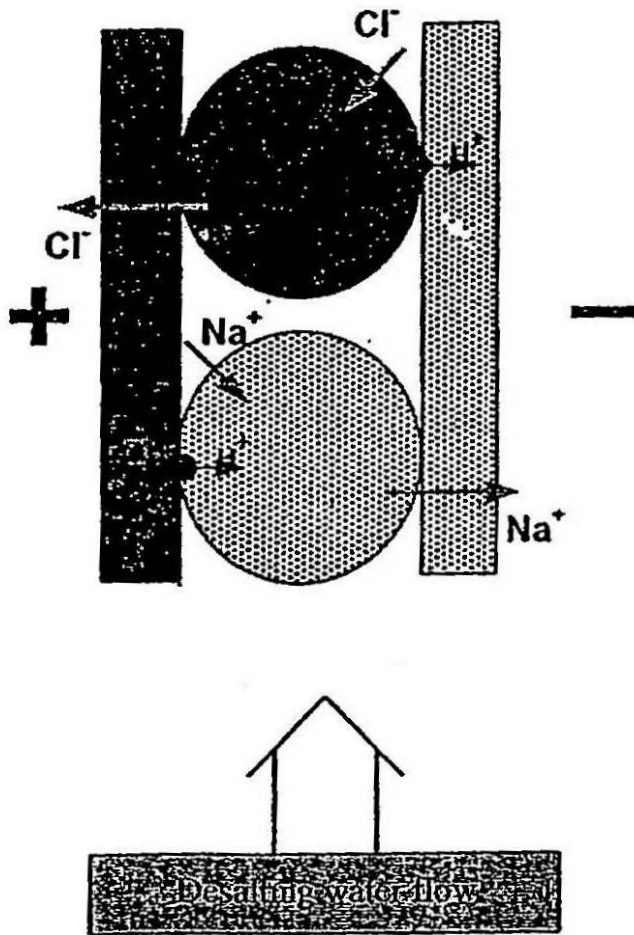
【 図 3 】



本発明のスペーサーを伴う二層EDI希釈セルにおける
水分離と脱塩の模式図

Figure 3

【 図 4 】



本発明の単層EDI希釈セルにおける水分離と脱塩の模式図

Figure 4

【 図 5 】

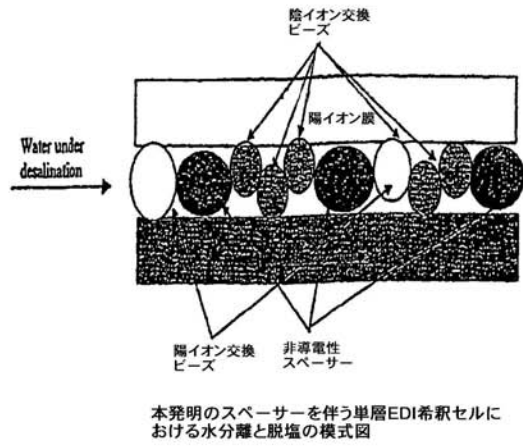


Figure 5

Figure 5A. 図2のセルの混合樹脂三層様断面の拡大詳細

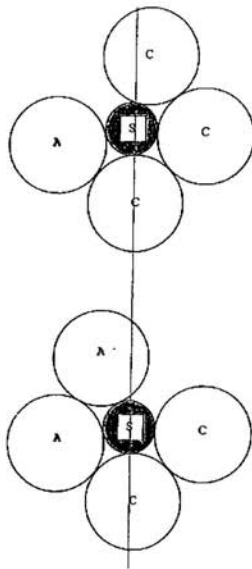
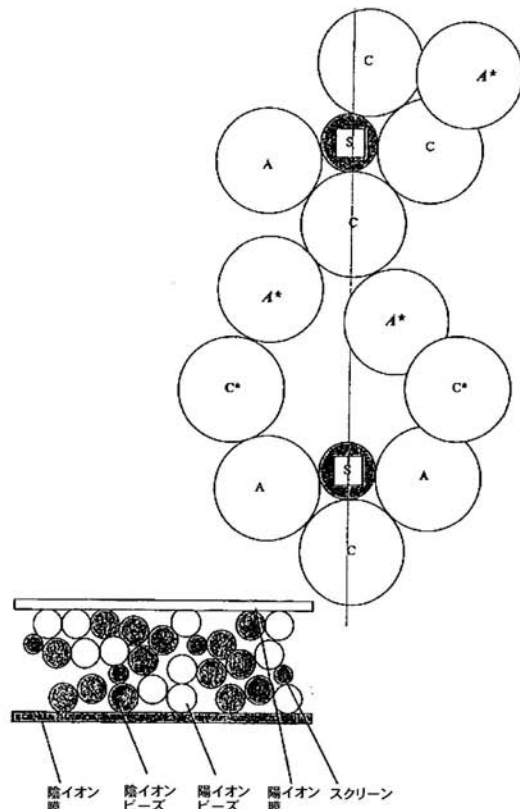
Figure 5B. 図2のセルの混合樹脂四層様断面の拡大詳細。
静電引力でスクリーンに固定されたビーズに星印を付す

Figure 5C. 膜間にスクリーンを伴う多層ビーズ充填

【図6】

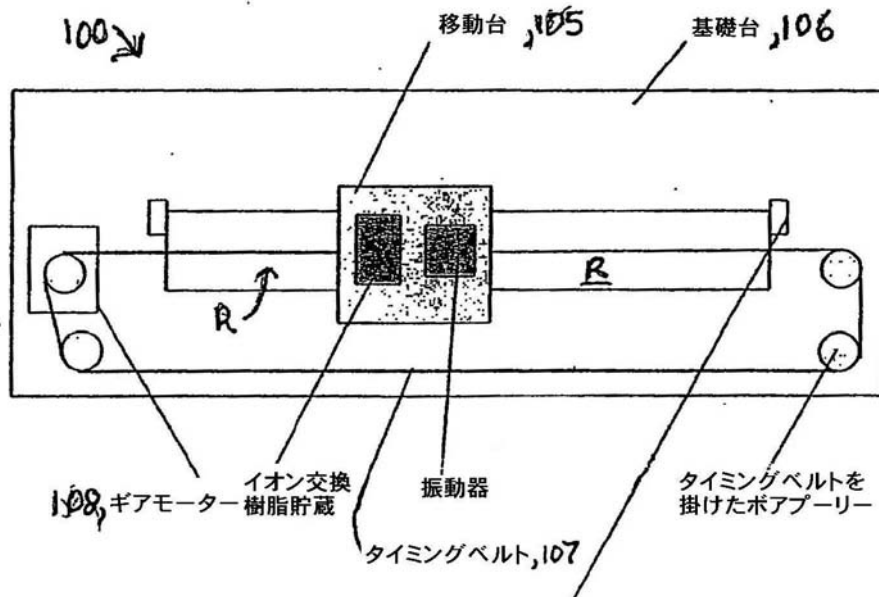


Figure 6

【図7】

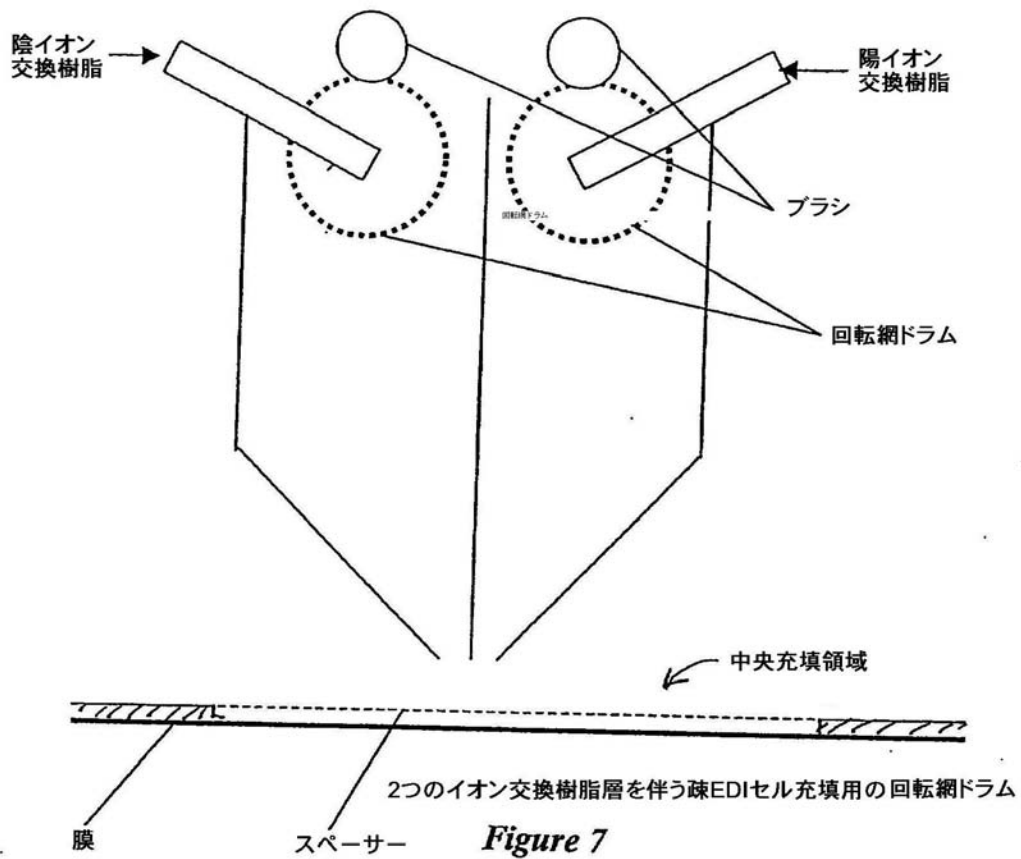
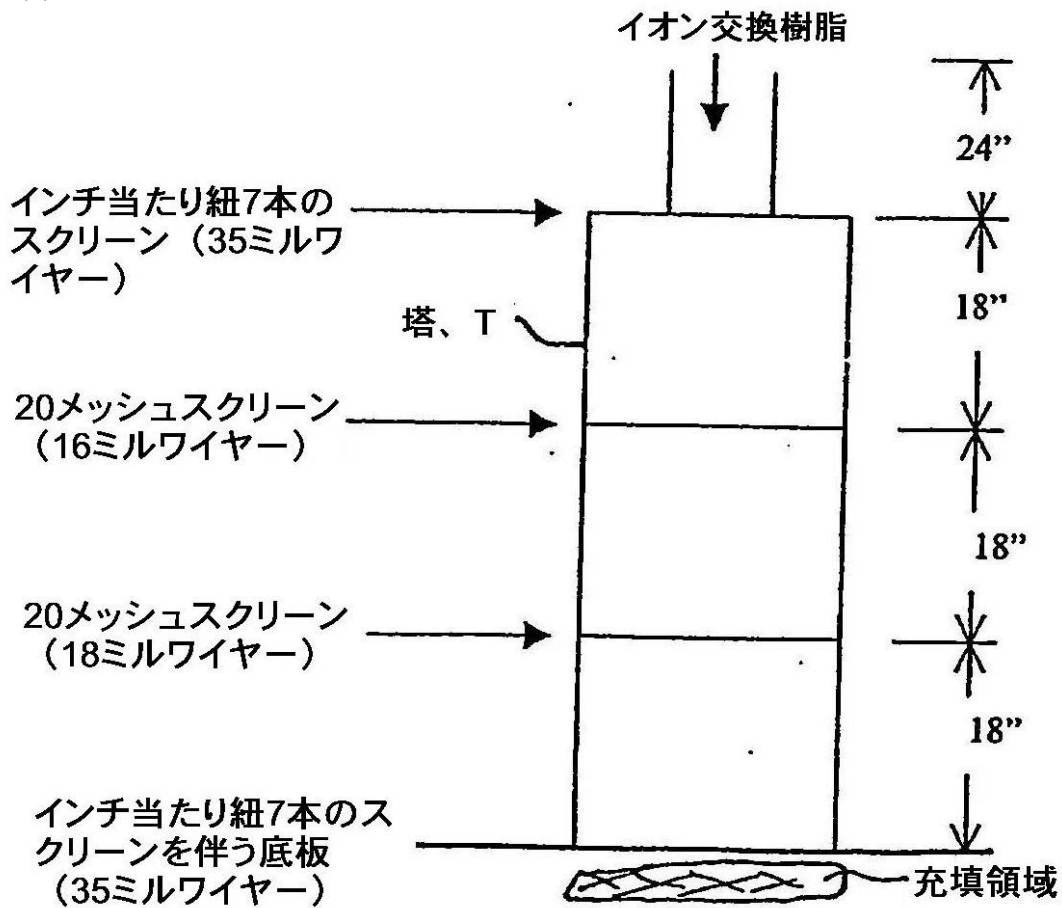


Figure 7

【 図 8 】

*Figure 8*

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

		International application No. PCT/US03/28815
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(7) : C25B 9/00; C02F 1/461 US CL : 204/257; 205/746, 748, 753 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) U.S. : 204/252-258; 205/746, 748, 753 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 practicable, search terms used) EAST: dilute near10 concentrat\$2 near cell; ion adj exchange adj resin; and bead;		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,116,509 A (WHITE) 26 May 1992 (26.09.1992), column 3-4, column 5, lines 15-33; column 7, lines 15-65 and column 8.	1-5, 11-16, 21-25
Y	US 4,931,160 A (GUIFRIDA et al) 05 June 1990 (05.06.1990), column 3, lines 1-40; column 4, lines 1-40; column 6, lines 15-50.	1-5, 11-16, 21-25.
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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
"E"	earlier application or patent published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 13 January 2004 (13.01.2004)		Date of mailing of the international search report 09 FEB 2004
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (703) 305-3230		Authorized officer Donald R. Valentine <i>DR Valentine</i> Telephone No. 571-272-1222

フロントページの続き

(81)指定国 EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 グリーベニュック, ヴラディマー

アメリカ合衆国、01801、マサチューセッツ州、ウォーバーン、ケニー・コート、7番

(72)発明者 カールソン, ウィリアム・ダブリュー

アメリカ合衆国、01748、マサチューセッツ州、ホプキントン、ショフィールド・ロード、14番

(72)発明者 グリーベニュック, オレグ

アメリカ合衆国、01801、マサチューセッツ州、ウォーバーン、ケニー・コート、7番

(72)発明者 シムズ, キース・ジェイ

アメリカ合衆国、01778、マサチューセッツ州、ウェイランド、ライス・スプリング・レーン、47番

(72)発明者 マクドナルド, ラッセル・ジェイ

アメリカ合衆国、01887、マサチューセッツ州、ウィルミントン、ベイ・ストリート、24番

Fターム(参考) 4D006 GA17 HA41 HA61 JA30A JA30Z JB01 KB01 PA01 PB02

4D061 DA01 DB18 EA09 EB01 EB04 EB13 FA08

4K021 AB25 BA02 BC03 DB03 DB31 DB36 EA04

【要約の続き】

な貫流の初期バランスを維持する分散した開いた支持体を提供可能である。厚さが低いセル及び薄い樹脂層は、処理効率及び工程の安定性を提供しながら、スタックの大きさ及び電源供給の制約を緩和する。イオンの泳動距離の減少は、製品の流速を下げずにイオン除去速度を上げる。疎ら樹脂床は層にされ、路の長さに沿って勾配をつけられ、縞状にされ、或いは別の模様になされて良い。粒子間イオン跳躍は減少し又は取り除かれ、かくして、従来技術の構造の反転ビーズ接合において生じる塩の放出を避ける。濃縮セルの導電性が増大して、より小型の機器構造を可能にし、スタックのセル数の増加を許容し、及びイオン添加無しにより効率的な電気的操作を提供する。最後に、ビーズ中のイオン貯蔵は大幅に減少し、反転操作の間の汚染の恐れを取り除く。疎ら床の形成及びスタックの組立の種々の方法が開示される。