(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4497388号
(P4497388)
(45)発行日　平成22年7月7日(2010.7.7)　(24)登録日　平成22年4月23日(2010.4.23)

(51)Int.Cl.　F I
C02F 1/469 (2006.01)　C02F 1/46 103
B01D 61/48 (2006.01)　B01D 61/48

請求項の数 4　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願2000-141249(P2000-141249)
(22)出願日　平成12年5月15日(2000.5.15)
(65)公開番号　特開2001-321773(P2001-321773A)
(43)公開日　平成13年11月20日(2001.11.20)
審査請求日　平成19年4月13日(2007.4.13)

(73)特許権者　000004400
オルガノ株式会社
東京都江東区新砂１丁目２番８号
(74)代理人　100098682
弁理士　赤塚　賢次
(74)代理人　100071663
弁理士　福田　保夫
(72)発明者　中沢　孝治
東京都江東区新砂１丁目２番８号　オルガノ株式会社内

審査官　富永　正史

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電気式脱イオン水製造装置及び脱イオン水製造方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される２つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置して形成される電気式脱イオン水製造装置において、前記アニオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体であり、前記カチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体単層又はカチオン交換体単層であるか、あるいはアニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層であることを特徴とする電気式脱イオン水製造装置。
【請求項２】
前記複層は、アニオン交換体単層とカチオン交換体単層とが交互に積層されたものであることを特徴とする請求項１記載の電気式脱イオン水製造装置。
【請求項３】
前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜であることを特徴とする請求項１又は２記載の電気式脱イオン水製造装置。
【請求項４】

一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される２つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら前記アニオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に被処理水を流入し、次いで、該小脱塩室の流出水を前記カチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に流入すると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造する方法において、前記アニオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体であり、前記カチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、アニオン交換体単層又はカチオン交換体単層であるか、あるいはアニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層であることを特徴とする脱イオン水の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体製造分野、医製薬製造分野、原子力や火力等の発電分野、食品工業などの各種の産業又は研究所施設において使用される省電力型電気式脱イオン水製造装置及びこれを用いる脱イオン水の製造方法に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

脱イオン水を製造する方法として、従来からイオン交換樹脂に被処理水を通して脱イオンを行う方法が知られているが、この方法ではイオン交換樹脂がイオンで飽和されたときに薬剤によって再生を行う必要があり、このような処理操作上の不利な点を解消するため、近年、薬剤による再生が全く不要な電気式脱イオン法による脱イオン水製造方法が確立され、実用化に至っている。

【０００３】

図２はその従来の典型的な電気式脱イオン水製造装置の模式断面図を示す。図２に示すように、カチオン交換膜１０１及びアニオン交換膜１０２を離間して交互に配置し、カチオン交換膜１０１とアニオン交換膜１０２で形成される空間内に一つおきにイオン交換体１０３を充填して脱塩室とする。脱塩室の被処理水流入側（前段）にはアニオン交換樹脂１０３ａが充填され、脱塩室の被処理水流出側（後段）にはカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の混合イオン交換樹脂１０３ｂが充填されている。また、脱塩室１０４のそれぞれ隣に位置するアニオン交換膜１０２とカチオン交換膜１０１で形成されるイオン交換体１０３を充填していない部分は濃縮水を流すための濃縮室１０５とする。また、脱塩室の一側に陰極１０９を配設すると共に、他端側に陽極１１０を配設する。また、両端の濃縮室１０５の両外側に必要に応じカチオン交換膜１０１、アニオン交換膜１０２、あるいはイオン交換性のない単なる隔膜等の仕切り膜を配設し、仕切り膜で仕切られた両電極１０９、１１０が接触する部分をそれぞれ陰極室１１２及び陽極室１１３とする。このように、従来の電気式脱イオン水製造装置においては、濃縮室の数は脱塩室の数より１つ多い形態のものであるか、あるいは両端に濃縮室を仕切り膜無しで電極室とした場合、１つ少ないものであった。

【０００４】

このような電気式脱イオン水製造装置によって脱イオン水を製造する場合を図２を参照して説明する。すなわち、陰極１０９と陽極１１０間に直流電流を通じ、また、被処理水流入ライン１１１から被処理水が流入すると共に、濃縮水流入ライン１１５から濃縮水が流入し、且つ電極水流入ライン１１７、１１７からそれぞれ電極水が流入する。被処理水流入ライン１１１から流入した被処理水は脱塩室１０４を流下し、先ず、前段のアニオン交換樹脂１０３ａを通過する際、塩化物イオンや硫酸イオンなどのアニオン成分が除去され

、次に、後段のカチオン交換樹脂及びアニオン交換樹脂の混合イオン交換樹脂１０３ｂを通過する際、マグネシウム、カルシウム及びナトリウムなどのカチオン成分が除去される。濃縮水流入ライン１１５から流入した濃縮水は各濃縮室１０５を上昇し、カチオン交換膜１０１及びアニオン交換膜１０２を介して移動してくる不純物イオンを受取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮水流出ライン１１６から流出され、さらに電極水流入ライン１１７、１１７から流入した電極水は電極水流出ライン１１８、１１８から流出される。従って、脱イオン水流出ライン１１４から脱塩水が得られる。

【０００５】

一方、このような電気式脱イオン水製造装置を使用して被処理水中の不純物イオンを省電力で除去するために、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を低減する種々の試みがなされている。この場合、脱塩室においては、脱塩室に使用されるイオン交換体の充填層の電気抵抗はその充填層の厚さが薄ければ薄いほど小さく、電流効率は厚ければ厚いほどよいため、イオン交換体の種類毎に電気抵抗を低減し、且つ高い性能を得るための最適な厚さが存在するのであるが、従来の脱塩室構造では、カチオン交換体、アニオン交換体及びカチオン交換体とアニオン交換体の混合イオン交換体の３種のイオン交換体単層のうち、２種以上のイオン交換体単層が存在すると、電気抵抗を低減する観点からの厚さ設計はできなかった。このような理由から脱塩室の電気抵抗を低減させるには限界がある。そこで、濃縮室の電気抵抗を低減するための対策が採られることが多い。例えば、特開平９－２４３７４号公報には、濃縮室に電解質を添加供給して濃縮室における電気抵抗を低減する方法が開示されている。また、濃縮水の循環によって導電率の上昇を促進し、濃縮室の電気抵抗を低減する方法も多数報告されている。

【０００６】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、濃縮室に電解質を添加供給して濃縮室の電気抵抗を低減する方法は、電解質を濃縮室へ供給するためのポンプ、薬剤貯留タンク及び供給配管などを設置しなければならず、設置面積の増加、設置コストの上昇などを招く、また、定期的に薬剤の補給や管理を行わなければならず、連続再生型装置であるにもかかわらず人手がかかるという問題がある。また、濃縮水の循環によって導電率の上昇を促進し、濃縮室の電気抵抗を低減する方法は、濃縮水中に含まれるカルシウムやマグネシウムなどの硬度成分も濃厚となりスケールの発生を促進して、結果的に電気抵抗の上昇を招来するという問題がある。

【０００７】

従って、本発明の目的は、電気式脱イオン水製造装置の構造面からの抜本的な改善と、特定のイオン交換体の組み合わせにより電気抵抗を可能な限り低減することのできる省電力型電気式脱イオン水製造装置及びこれを用いる脱イオン水の製造方法を提供することにある。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

かかる実情において、本発明者らは鋭意検討を行った結果、（１）枠体の一側にカチオン交換膜が封着され、他側にアニオン交換膜が封着された従来の脱塩室構造において、このカチオン交換膜とアニオン交換膜の間にさらに、脱塩室を２分割する中間イオン交換膜を配設して、２つの小脱塩室を隣合わせに有する脱塩室とし、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら被処理水を一方の小脱塩室に流入させ、該小脱塩室の流出水を他方の小脱塩室に流入させると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造するようにすれば、イオン交換体が充填された脱塩室１つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できること、（２）この電気式脱イオン水製造装置において、被処理水が最初に流入するアニオン交換膜と中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体とし、次いで、該小脱塩室の流出水が流入するカチオン交換膜と中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン

交換体は、アニオン交換体単層又はカチオン交換体単層であるか、あるいはアニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層とすれば、脱塩室の厚さを電気抵抗を低減し、且つ高い電流効率を得る最適な厚さに設計することができることなどを見出し、本発明を完成するに至った。

【０００９】

すなわち、請求項１の発明（１）は、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される２つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置して形成される電気式脱イオン水製造装置において、前記アニオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体であり、前記カチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体単層又はカチオン交換体単層であるか、あるいはアニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層であることを特徴とする電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、イオン交換体が充填された脱塩室１つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、２つの小脱塩室のうち、被処理水が最初に流入する一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体をアニオン交換体単層とし、次いで流入する他方の小脱塩室をイオン交換体の単層など特定のイオン交換体とするため、イオン交換体が充填された脱塩室の厚さを電気抵抗を低減し、且つ高い電流効率を得る最適な厚さに設定することができる。すなわち、被処理水が最初に流入する一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体単層であるから、アニオン交換体の特性に応じた厚さ設計ができる。一方、次いで流入する他方の小脱塩室には当該小脱塩室全層に亘り、カチオン交換体とアニオン交換体の混合イオン交換体は使用されないから、カチオン交換体とアニオン交換体の接触部分で生じる水の電気分解に費やされる無駄な電力消費が抑制される。

【００１０】

請求項２の発明（２）は、前記複層は、アニオン交換体単層とカチオン交換体単層とが交互に積層されたものである前記（１）記載の電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、前記発明と同様の効果を奏する他、アニオン成分を多く含む被処理水、特にシリカ、炭酸等の弱酸性成分を多く含む被処理水を十分に処理することが可能となる。

【００１１】

請求項３の発明（３）は、前記中間イオン交換膜は、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜の単一膜、又はアニオン交換膜及びカチオン交換膜の両方を配置した複式膜である（１）又は（２）記載の電気式脱イオン水製造装置を提供するものである。かかる構成を採ることにより、前記発明と同様の効果を奏する他、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。すなわち、被処理水中の陽イオンをより低減したい場合はカチオン交換膜を使用し、被処理水中の陰イオンをより低減したい場合はアニオン交換膜を使用することができる。また、複式膜は装置上部又は装置下部にカチオン交換膜又はアニオン交換膜を配置するものであるが、この場合、例えば、第１小脱塩室被処理水側（入口側）にカチオン膜、第１小脱塩室処理水側（出口側）にアニオン交換膜を配置すると、第２小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第１小脱塩室のｐＨがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第１小脱塩室処理水側（出口側）に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという作用を奏する。従来、中間イオン交換膜にバイポーラ膜を使用した電気透析槽もあるが、バイポーラ膜はアニオン交換膜とカチオン交換膜を張り合わせた構造を持つため、膜の一方の側から他方の側へのイオンの透過は行わ

れず、本発明の目的を達成することはできない。

【００１２】

請求項４の発明（４）は、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜及び当該カチオン交換膜と当該アニオン交換膜の間に位置する中間イオン交換膜で区画される２つの小脱塩室にイオン交換体を充填して脱塩室を構成し、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室を設け、これらの脱塩室及び濃縮室を陽極と陰極の間に配置し、電圧を印加しながら前記アニオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に被処理水を流入し、次いで、該小脱塩室の流出水を前記カチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に流入すると共に、濃縮室に濃縮水を流入して被処理水中の不純物イオンを除去し、脱イオン水を製造する方法において、前記アニオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体であり、前記カチオン交換膜と前記中間イオン交換膜で区画される他方の小脱塩室に充填されるイオン交換体は、アニオン交換体単層又はカチオン交換体単層であるか、あるいはアニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層である脱イオン水の製造方法を提供するものである。かかる構成を採ることにより、上記電気式脱イオン水製造装置を使用して、従来と同等水質の処理水を省電力で得ることができる。

【００１３】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置を図１を参照して説明する。図１は本実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の模式図である。図１に示すように、カチオン交換膜３、中間イオン交換膜５及びアニオン交換膜４を離間して交互に配置し、カチオン交換膜３と中間イオン交換膜５で形成される空間内にイオン交換体８、例えばアニオン交換体単層とカチオン交換体単層が交互に積層された複層８２を充填して第１小脱塩室d_1、d_3、d_5、d_7を形成し、中間イオン交換膜５とアニオン交換膜４で形成される空間内にアニオン交換体８１を充填して第２小脱塩室d_2、d_4、d_6、d_8を形成し、第１小脱塩室d_1と第２小脱塩室d_2で脱塩室D_1、第１小脱塩室d_3と第２小脱塩室d_4で脱塩室D_2、第１小脱塩室d_5と第２小脱塩室d_6で脱塩室D_3、第１小脱塩室d_7と第２小脱塩室d_8で脱塩室D_4とする。また、脱塩室D_2、D_3のそれぞれ隣に位置するアニオン交換膜４とカチオン交換膜３で形成されるイオン交換体８を充填していない部分は濃縮水を流すための濃縮室１とする。これを順次に併設して図中、左より脱塩室D_1、濃縮室１、脱塩室D_2、濃縮室１、脱塩室D_3、濃縮室１、脱塩室D_4を形成する。また、中間膜を介して隣合う２つの小脱塩室において、第２小脱塩室の処理水流出ライン１２は第１脱塩室の被処理水流入ライン１３に連接されている。

【００１４】

このような脱塩室は２つの内部がくり抜かれた枠体と３つのイオン交換膜によって形成される脱イオンモジュールからなる。すなわち、図では省略するが、第１枠体の一側にカチオン交換膜を封着し、第１枠体のくり抜かれた部分にイオン交換体を充填し、次いで、第１枠体の他方の部分に中間イオン交換膜を封着して第１小脱塩室を形成する。次に中間イオン交換膜を挟み込むように第２枠体を封着し、第２枠体のくり抜かれた部分にイオン交換体を充填し、次いで、第２枠体の他方の部分にアニオン交換膜を封着して第２小脱塩室を形成する。なお、イオン交換膜は比較的柔らかいものであり、第１枠体、第２枠体内部にイオン交換体を充填してその両面をイオン交換膜で封着した時、イオン交換膜が湾曲してイオン交換体の充填層が不均一となるのを防止するため、第１枠体、第２枠体の空間部に複数のリブを縦設する。また、第１枠体、第２枠体の上方部に被処理水又は処理水の流出入口が、また枠体の下方部に被処理水又は処理水の流出入口が付設されている。このような脱イオンモジュールの複数個をその間に図では省略するスペーサーを挟んで、並設した状態が図１に示されたものであり、並設した脱イオンモジュールの一側に陰極６を配設すると共に、他端側に陽極７を配設する。なお、前述したスペーサーを挟んだ位置が濃縮

室１であり、また両端の脱塩室Ｄの両外側に必要に応じカチオン交換膜、アニオン交換膜、あるいはイオン交換性のない単なる隔膜等の仕切り膜を配設し、仕切り膜で仕切られた両電極６、７が接触する部分をそれぞれ電極室２、２としてもよい。

【００１５】

このような電気式脱イオン水製造装置によって脱イオン水を製造する場合、以下のように操作される。すなわち、陰極６と陽極７間に直流電流を通じ、また被処理水流入ライン１１から被処理水が流入すると共に、濃縮水流入ライン１５から濃縮水が流入し、かつ電極水流入ライン１７、１７からそれぞれ電極水が流入する。被処理水流入ライン１１から流入した被処理水は第２小脱塩室d_2、d_4、d_6、d_8を流下し、アニオン交換体８１の充填層を通過する際に不純物イオンが除去される。更に、第２小脱塩室の処理水流出ライン１２を通った流出水は、第１小脱塩室の被処理水流入ライン１３を通って第１小脱塩室d_1、d_3、d_5、d_7を流下し、ここでも例えばアニオン交換体単層とカチオン交換体単層が交互に積層された複層８２を通過する際に不純物イオンが除去され、脱イオン水が脱イオン水流出ライン１４から得られる。また、濃縮水流入ライン１５から流入した濃縮水は各濃縮室１を上昇し、カチオン交換膜３及びアニオン交換膜４を介して移動してくる不純物イオンを受取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮水流出ライン１６から流出され、さらに電極水流入ライン１７、１７から流入した電極水は電極水流出ライン１８、１８から流出される。上述の操作によって、被処理水中の不純物イオンは電気的に除去される。

【００１６】

本発明において、第１小脱塩室に充填されるイオン交換体としては、アニオン交換体単層又はカチオン交換体単層であるか、あるいはアニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層である。具体例の一部を次に示す。具体例の記号Ｋはカチオン交換体単層、Ａはアニオン交換体単層、Ｋ／Ａはカチオン交換体とアニオン交換体の混合イオン交換体単層を示し、左から右へ順に第１小脱塩室流入水の通過する順序である。なお、下記（１）及び（２）は単層、（３）以降は複層の例であり、積層数（繰返し数）は適宜決定される。

【００１７】

（１）Ｋ
（２）Ａ
（３）Ｋ－Ａ・・・
（４）Ａ－Ｋ・・・
（５）Ｋ－Ｋ／Ａ・・・
（６）Ｋ／Ａ－Ｋ・・・
（７）Ａ－Ｋ／Ａ・・・
（８）Ｋ／Ａ－Ａ・・・
（９）Ｋ－Ａ－Ｋ／Ａ・・・
（１０）Ｋ－Ｋ／Ａ－Ａ・・・
（１１）Ｋ／Ａ－Ｋ－Ａ・・・
（１２）Ａ－Ｋ－Ｋ／Ａ・・・
（１３）Ａ－Ｋ／Ａ－Ｋ・・・
（１４）Ｋ／Ａ－Ａ－Ｋ・・・

【００１８】

また、アニオン交換体単層、カチオン交換体単層及びアニオン交換体とカチオン交換体の混合体単層から選ばれる相異なる２種又は３種の単層が交互に積層した複層は、上記具体例を更に組み合わせた形態の複層であってもよい。上記具体例のうち、（３）Ｋ－Ａ・・・及び（４）Ａ－Ｋ・・・が、イオン交換体単層が積層されるため電気抵抗が低く抑えられると言う点で好適である。使用されるイオン交換体としては、イオン交換樹脂、イオン交換繊維等イオン交換機能を有する物質であればいずれでもよく、また、それらを組合せ

たものであってもよい。

【００１９】

本発明において、中間のイオン交換膜としては、カチオン交換膜又はアニオン交換膜の単一膜、あるいはアニオン交換膜、カチオン交換膜の両方を配置したとした複式膜のいずれであってもよい。装置上部又は装置下部にアニオン交換膜又はカチオン交換膜とした複式膜とする場合、アニオン交換膜及びカチオン膜のそれぞれの高さ（面積）は被処理水の水質又は処理目的などによって適宜決定される。また、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオン種に応じてイオン交換膜が決定される。

【００２０】

第１小脱塩室又は第２小脱塩室の厚さは特に制限されず、第１小脱塩室又は第２小脱塩室に充填されるイオン交換体の種類と充填方法によって、最適な厚さを決定すればよい。従って、第１小脱塩室の厚さを３㎜、第２小脱塩室の厚さを６㎜として、全体の厚さ、すなわち脱塩室の厚さを９㎜としてもよい。このように、複数の脱塩室と濃縮室を交互に配置し、脱塩室の両側に配されるカチオン交換膜とアニオン交換膜で区画される脱塩室の厚みは、従来のものよりも厚くでき、１．５～１８㎜の範囲、好適には、６．５～１５㎜、更に好適には９～１３㎜の範囲で適宜決定される。

【００２１】

また、被処理水の第１小脱塩室及び第２小脱塩室での流れ方向は、特に制限されず、上記実施の形態例の他、第１小脱塩室と第２小脱塩室での流れ方向が異なっていてもよい。また、濃縮水の流れ方向も適宜決定される。

【００２２】

図１から明らかなように、本実施の形態例ではイオン交換体が充填された脱塩室１つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、２つの小脱塩室のうち、被処理水が最初に流入する一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体をアニオン交換体単層とし、次いで流入する他方の小脱塩室をイオン交換体の単層など特定のイオン交換体とするため、イオン交換体が充填された脱塩室の厚さを電気抵抗を低減し、且つ高い電流効率を得る最適な厚さに設定することができる。

【００２３】

【実施例】

次に、実施例を挙げて本発明を更に具体的に説明するが、これは単に例示であって、本発明を制限するものではない。

実施例１

下記装置仕様及び運転条件下において、図１に示す構成で３個の脱イオンモジュール（６個の小脱塩室）を並設して構成される電気式脱イオン水製造装置の脱塩室及び濃縮室にそれぞれ通水して、５００時間の通水運転を行った。評価は５００時間の通水運転における平均電圧、平均電流及び運転終了時の第１脱塩室の通水差圧及び処理水質で行い、結果を表１に示す。なお、使用したアニオン交換樹脂はIRA-402BL 、カチオン交換樹脂はIR-124(それぞれローム& ハース社製)である。

【００２４】

・被処理水及び濃縮水；工業用水を逆浸透膜装置で処理して得た透過水
・被処理水の抵抗率；０．３１ＭΩ- ｃｍ
・第１小脱塩室；幅１５０㎜、高さ３００㎜、厚さ３㎜
・第１小脱塩室充填イオン交換樹脂；被処理水流入側より、アニオン交換樹脂とカチオン交換樹脂をそれぞれ７５㎜ずつの積層を繰り返して４層とした。
・第２小脱塩室；幅１５０㎜、高さ３００㎜、厚さ８㎜
・第２小脱塩室充填イオン交換樹脂；アニオン交換樹脂
・中間イオン交換膜；アニオン交換膜
・装置全体の流量；０．２m^3 ／ｈ．

【００２５】

実施例２
第１小脱塩室の厚さ３㎜を８㎜とした以外は、実施例１と同様の方法で行った。結果を表１に示す。
【００２６】
比較例１
第１小脱塩室に充填されたカチオン交換樹脂とアニオン交換樹脂の積層イオン交換樹脂に代えて、アニオン交換樹脂（Ａ）とカチオン交換樹脂（Ｋ）との混合イオン交換樹脂（混合比は体積比でＡ：Ｋ＝１：１）とした以外は、実施例１と同様の方法で行った。結果を表１に示す。
【００２７】
比較例２
下記装置仕様及び運転条件下において、図２に示す構成で、６個の脱イオンモジュールを並設して構成される電気式脱イオン水製造装置の脱塩室及び濃縮室にそれぞれ通水して、５００時間の通水運転を行った。その結果を表１に示す。但し、被処理水、濃縮水の水質、装置全体の流量及び評価項目は実施例１と同様である。
【００２８】
・脱塩室；幅１５０㎜、高さ３００㎜、厚さ８㎜
・脱塩室充填イオン交換樹脂；脱塩室内の上半分に比較例１と同じアニオン交換樹脂を配置し、下半分に比較例１と同じ混合イオン交換樹脂を配置した。
【００２９】
【表１】

	実施例１	実施例２	比較例１	比較例２
平均印加電圧（Ｖ）	５０	８０	１００	１５０
電流（Ａ）	１．５	１．５	１．５	１．５
第１小脱塩室差圧（ＭＰａ）	０．１５	０．０２	０．１５	０．０２
５００時間後の処理水の抵抗率（ＭΩ-㎝）	１８．１	１７．９	１７．９	１７．７

【００３０】
表１より、実施例１は比較例１に比して、１．５Ａの電流を流すのに半分の電力を低減することができる。
【００３１】
【発明の効果】
請求項１の発明によれば、イオン交換体が充填された脱塩室１つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気式脱イオン水製造装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、２つの小脱塩室のうち、被処理水が最初に流入する一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体をアニオン交換体単層とし、次いで流入する他方の小脱塩室をイオン交換体の単層など特定のイオン交換体とするため、イオン交換体が充填された脱塩室の厚さを電気抵抗を低減し、且つ高い電流効率を得る最適な厚さに設定することができる。すなわち、被処理水が最初に流入する一方の小脱塩室に充填されるイオン交換体はアニオン交換体単層であるから、アニオン交換体の特性に応じた厚さ設計ができる。一方、次いで流入する他方の小脱塩室には当該小脱塩室全層に亘り、カチオン交換体とアニオン交換体の混合イオン交換体は使用されないから、カチオン交換体とアニオン交換体の接触部分で生じる

水の電気分解に費やされる無駄な電力消費が抑制される。

【００３２】

請求項２の発明によれば、前記発明と同様の効果を奏する他、アニオン成分を多く含む被処理水、特にシリカ、炭酸等の弱酸性成分を多く含む被処理水を十分に処理することが可能となる。

【００３３】

請求項３の発明によれば、単一膜を使用する場合、被処理水中から除去したいイオンが陽イオンか、陰イオンかによって、イオン交換膜の選択ができる。すなわち、被処理水中の陽イオンをより低減したい場合はカチオン交換膜を使用し、被処理水中の陰イオンをより低減したい場合はアニオン交換膜を使用することができる。また、複式膜は装置上部又は装置下部にカチオン交換膜又はアニオン交換膜を配置するものであるが、この場合、例えば、第１小脱塩室被処理水側（入口側）にカチオン膜、第１小脱塩室処理水側（出口側）にアニオン交換膜を配置すると、第２小脱塩室からのカチオン成分の移動がなされ、第１小脱塩室のｐＨがアルカリ側へと移りやすくなり、非イオン状シリカのイオン化が進み、第１小脱塩室処理水側（出口側）に配置されたアニオン交換膜を通して更なるシリカの低減が行われるという効果を奏する。

【００３４】

請求項４の発明によれば、上記電気式脱イオン水製造装置を使用して、従来と同等水質の処理水を省電力で得ることができる。

【図面の簡単な説明】

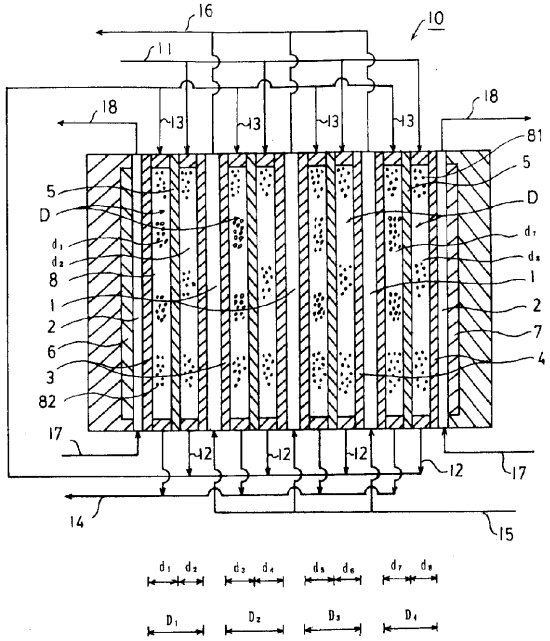
【図１】本発明の実施の形態における電気式脱イオン水製造装置の模式図である。

【図２】従来の電気式脱イオン水製造装置の模式図である。

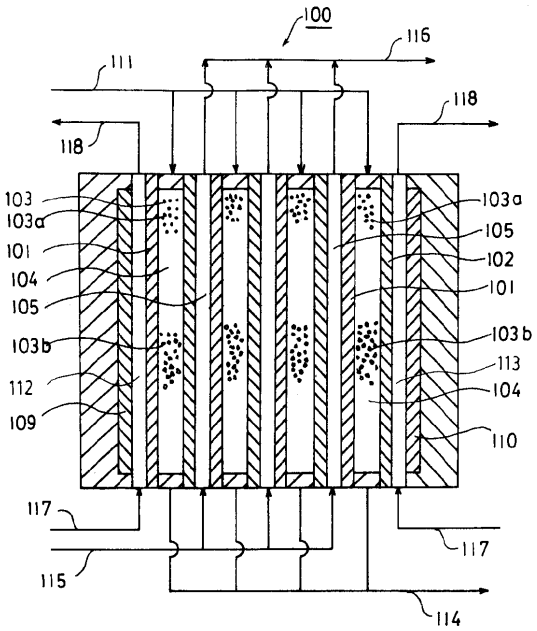
【符号の説明】

Ｄ、$Ｄ_{1}$～$Ｄ_{4}$、１０４	脱塩室
$ｄ_{1}$、$ｄ_{3}$、$ｄ_{5}$、$ｄ_{7}$、	第１小脱塩室
$ｄ_{2}$、$ｄ_{4}$、$ｄ_{6}$、$ｄ_{8}$、	第２小脱塩室
１、１０５	濃縮室
２、１１２、１１３	電極室
３、１０１	カチオン交換膜
４、１０２	アニオン交換膜
５	中間イオン交換膜
６、１０９	陰極
７、１１０	陽極
８、１０３	イオン交換体
１０、１００	電気式脱イオン水製造装置
１１、１１１	被処理水流入ライン
１２	第２小脱塩室の処理水流出ライン
１３	第１小脱塩室の被処理水流入ライン
１４、１１４	脱イオン水流出ライン
１５、１１５	濃縮水流入ライン
１６、１１６	濃縮水流出ライン
１７、１１７	電極水流入ライン
１８、１１８	電極水流出ライン
８１	アニオン交換体
８２	アニオン交換体単層とカチオン交換体単層が交互に積層された複層

【図１】


16
10
11
18
13
18
81
5
D
d1
d2
8
1
2
6
3
82
17
12
14
15
d7
d8
D1
D2
D3
D4

【図２】


100
116
111
118
103
103a
101
104
105
103b
112
109
103a
105
102
101
103b
113
104
110
117
115
114

フロントページの続き

(56)参考文献 特開平０７－１００３９１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１５０３９３（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－０６１２７１（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２３９２７０（ＪＰ，Ａ）
特開昭６１－１０７９０６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１９２６５７（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
C02F 1/46- 1/48
B01D 61/00-71/82