

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6514852号
(P6514852)

(45) 発行日 令和1年5月15日 (2019.5.15)

(24) 登録日 平成31年4月19日 (2019.4.19)

(51) Int. Cl. F I
CO2F 1/469 (2006.01) CO2F 1/469
BO1D 61/48 (2006.01) BO1D 61/48

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-80182 (P2014-80182)	(73) 特許権者	000004400
(22) 出願日	平成26年4月9日 (2014.4.9)		オルガノ株式会社
(65) 公開番号	特開2015-199039 (P2015-199039A)		東京都江東区新砂1丁目2番8号
(43) 公開日	平成27年11月12日 (2015.11.12)	(74) 代理人	100123788
審査請求日	平成28年11月17日 (2016.11.17)		弁理士 宮崎 昭夫
前置審査		(74) 代理人	100127454
			弁理士 緒方 雅昭
		(72) 発明者	佐々木 慶介
			東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内
		(72) 発明者	池田 菜穂
			東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 脱イオン水製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

各々が開口を有し、射出成形可能なプラスチック材料から形成されて互いに積層された複数の枠体と、

前記複数の枠体の積層方向に沿って前記複数の枠体の一端に配置された陽極と、

前記積層方向に沿って前記複数の枠体の他端に配置された陰極と、

枠体間の領域のうちのいくつかの領域に設けられ、液体が通る室を形成するように隣接する枠体の開口を互いに分離するイオン交換膜と、を有し、

前記室は、脱イオン処理部を構成する室と、前記脱イオン処理部をはさんで前記積層方向の両側に配置される濃縮室とを含み、

前記複数の枠体のうちの少なくとも2つの枠体は、前記少なくとも2つの枠体の開口が共同で、前記脱イオン処理部を構成する1つの第1の室を形成するように互いに隣接し、

前記第1の室は、水中のイオン成分を捕捉するイオン交換体を収容した脱イオン室であり、

前記枠体の厚みは4～15mmの範囲にあり、

前記積層方向に沿った前記第1の室の厚みが15mm以上であり、かつ、前記積層方向に沿った前記濃縮室の厚みよりも大きい、脱イオン水製造装置。

【請求項 2】

前記第1の室を形成する前記少なくとも2つの枠体は、互いに同一の形状を有する、請求項1に記載の脱イオン水製造装置。

10

20

【請求項 3】

前記複数の枠体のうちの少なくとも 2 つの枠体の厚みと前記開口の形状とが、互いに同一である、請求項 1 または 2 に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 4】

前記脱イオン室の両側に配置された前記イオン交換膜のうち的一方が、カチオン交換膜であり、

前記脱イオン室の両側に配置された前記イオン交換膜のうちの他方が、アニオン交換膜である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 5】

前記脱イオン室内の液体の通水空間速度が $200 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ である、請求項 4 に記載の脱イオン水製造装置。

10

【請求項 6】

前記第 1 の室である前記脱イオン室は第 1 の脱イオン室であり、

前記脱イオン処理部は、前記室のうちの 1 つとして、前記第 1 の脱イオン室に隣接する第 2 の脱イオン室を備え、

前記第 1 の脱イオン室にはカチオン交換体が充填されており、

前記第 2 の脱イオン室にはアニオン交換体が充填されており、

前記脱イオン処理部において、前記第 1 の脱イオン室の、前記第 2 の脱イオン室と反対側に位置する前記イオン交換膜は、カチオン交換膜であり、

前記脱イオン処理部において、前記第 2 の脱イオン室の、前記第 1 の脱イオン室と反対側に位置する前記イオン交換膜は、アニオン交換膜である、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の脱イオン水製造装置。

20

【請求項 7】

前記第 1 の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $200 \sim 300 \text{ h}^{-1}$ であり、前記第 2 の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $400 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ である、請求項 6 に記載の脱イオン水製造装置。

【請求項 8】

各々が開口を有し、射出成形可能なプラスチック材料から形成されて互いに積層された複数の枠体と、前記複数の枠体の積層方向に沿って前記複数の枠体の一端に配置された陽極と、前記積層方向に沿って前記複数の枠体の他端に配置された陰極と、枠体間の領域のうちのいくつかの領域に設けられ、液体が通る室を形成するように隣接する枠体の開口を互いに分離するイオン交換膜と、を有し、前記室は、脱イオン処理部を構成する室と、前記脱イオン処理部をはさんで前記積層方向の両側に配置される濃縮室とを含む、脱イオン水製造装置の製造方法であって、

30

前記複数の枠体のうちの少なくとも 2 つの枠体を、当該少なくとも 2 つの枠体の開口が共同で前記脱イオン処理部を構成する 1 つの第 1 の室を形成するように互いに隣接させ、

前記第 1 の室に、水中のイオン成分を捕捉するイオン交換体を収容して脱イオン室とし、

前記枠体の厚みを $4 \sim 15 \text{ mm}$ の範囲内とし、前記積層方向に沿った前記第 1 の室の厚みを 15 mm 以上としかつ前記積層方向に沿った前記濃縮室の厚みよりも大きくする、脱イオン水製造装置の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、脱イオン水製造装置に関するものであり、特に液体が流れる各室を形成するよう互いに積層された複数の枠体を有する脱イオン水製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

イオン交換体に水を通すことにより水中のイオンを取り除く、すなわち脱イオン化をする脱イオン水製造装置が知られている（特許文献 1 ～ 3）。電気式の脱イオン水製造装置

50

は、電気泳動と電気透析とを組み合わせた装置である。脱イオン水製造装置は、脱イオン室と、脱イオン室に隣接する濃縮室と、陽極室と、陰極室と、を有する。脱イオン室及び濃縮室は、陽極室と陰極室との間に配置されている。脱イオン室及び濃縮室は、それぞれ、イオン交換体を収容する開口を有する枠体と、当該枠体を挟む一対のイオン交換膜と、によって形成されている。これらの枠体は、通電方向に互いに積層されている。

【0003】

上記のような構成を有する脱イオン水製造装置によって脱イオン水（以下、処理水とも称する。）を製造するには、陽極室及び陰極室にそれぞれ設けられている電極間に直流電圧を印加した状態で脱イオン室に水を通す。脱イオン室内のイオン交換体は、水中のイオン成分を捕捉する。イオン成分の捕捉と同時に、アニオン交換体とカチオン交換体の界面で水の解離反応が起こり、その結果、水素イオンと水酸化物イオンが発生する（ $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ）。イオン交換体に捕捉されたイオン成分は、この水素イオン及び水酸化物イオンと交換され、イオン交換体から遊離する。遊離したイオン成分は再びイオン交換体に捕捉される。イオン成分は、イオン交換体への捕捉とイオン交換体からの遊離を繰り返しながら、電圧の作用により濃縮室の方へ移動する。濃縮室に移動したイオン成分は、濃縮室を流れる濃縮水と共に排出される。

【0004】

特許文献2は、処理水の水素イオン指数（pH）を制御する観点から、脱イオン室の厚みを調整することを開示している。特許文献3は、被処理水が流入する第2小脱塩室と、第2小脱塩室を通った水が流入する第1小脱塩室と、を有する脱イオン水製造装置を開示している。第1小脱塩室は、カチオン交換体とアニオン交換体の混合体を収容する。第2小脱塩室は、アニオン交換体を収容する。特許文献3は、電気抵抗及び電流効率の観点から、第1小脱塩室の厚さが0.8～8mmであり、第2小脱塩室の厚さが5～15mmであると好適であるということを示唆している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2013-34920号公報

【特許文献2】特開2001-113281号公報

【特許文献3】特開2001-239270号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

脱イオン水製造装置では、様々な理由から、各室の厚み、すなわち各室を形成する枠体の厚みを大きくすることが望ましい場合がある。例えば、各室に流す液体の流量を大きくすると、各室の入口と出口との間での通水差圧が増大する。この通水差圧を低下させるには、液体が通る各室の厚みを増大させることが有利である。本明細書では、枠体の厚みは、枠体の積層方向における厚みを意味する。

【0007】

本願の発明者は、枠体の厚みを増大させると、枠体の形状精度が低下することがあるという問題を見出した。枠体の形状、特に枠体の表面の平面度の精度が低下すると、枠体間に予期しない隙間が生じることがある。これにより、室内の液体が、枠体間に形成された隙間から漏れるという問題が生じ得る。

したがって、室内からの流体の漏れを抑制しつつ、室の厚みを増大することができる脱イオン水製造装置が望まれる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

一形態における脱イオン水製造装置は複数の枠体及びイオン交換膜を有する。各々の枠体は開口を有する。複数の枠体は互いに積層されている。イオン交換膜は、枠体間の領域のうちのいくつかの領域に設けられている。イオン交換膜は、液体が通る室を形成するよ

10

20

30

40

50

うに隣接する枠体の開口を互いに分離する。複数の枠体のうちの少なくとも２つの枠体は、当該少なくとも２つの枠体の開口が共同で１つの第１の室を形成するように互いに隣接している。すなわち、当該少なくとも２つの枠体の開口は、イオン交換膜で分離されていない。

【０００９】

各枠体の枠体の厚みを増大させるのではなく、少なくとも２つの枠体で１つの第１の室を形成することにより、枠体の形状精度を維持しつつ１つの第１の室の厚みを大きくすることができる。枠体の形状精度が維持されるため、互いに積層された枠体間からの液体の漏れが抑制される。

【発明の効果】

10

【００１０】

本発明によれば、室内からの流体の漏れを抑制しつつ、室の厚みを増大することができる。

【図面の簡単な説明】

【００１１】

【図１】第１の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。

【図２】第１の実施形態に係る脱イオン処理部と脱イオン処理部に隣接する濃縮室との模式的分解斜視図である。

【図３】図３（Ａ）は第１の脱イオン室用の枠体の模式的平面図であり、図３（Ｂ）は第２の脱イオン室用の枠体の模式的平面図である。

20

【図４】濃縮室用の枠体の模式的平面図である。

【図５】第１の比較例に係る脱イオン処理部の模式的断面図である。

【図６】第２の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。

【図７】第２の実施形態に係る脱イオン処理部と脱イオン処理部に隣接する濃縮室との模式的分解斜視図である。

【図８】第２の比較例に係る脱イオン処理部の模式的断面図である。

【図９】第３の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１２】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。下記実施形態に係る脱イオン水製造装置は、特に電圧を印加する一対の電極を含む電気式の脱イオン水製造装置に関する。

30

【００１３】

図１は、第１の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。本実施形態に係る脱イオン水製造装置１００は、少なくとも１つの脱イオン処理部１０８と、複数の濃縮室１１４と、を備えている。図２は、脱イオン処理部１０８と脱イオン処理部１０８に隣接する濃縮室１１４との模式的分解斜視図である。少なくとも１つの脱イオン処理部１０８及び複数の濃縮室１１４は、陰極室１１６と陽極室１１８との間に配置されている。

【００１４】

40

本実施形態では、脱イオン水製造装置１００は、３つの脱イオン処理部１０８を有している。この代わりに、脱イオン水製造装置１００は、１つ又はそれ以上の脱イオン処理部１０８を有してよい。濃縮室１１４は、各脱イオン処理部１０８を挟んで両側に配置されていてよい。複数の脱イオン処理部１０８が存在する場合、濃縮室は、脱イオン処理部１０８どうしの間と、脱イオン処理部１０８と電極室１１６、１１８との間に配置される。図１に示す例の代わりに、脱イオン処理部１０８と陰極室１１６とは互いに隣接していてもよく、脱イオン処理部１０８と陽極室１１８とは互いに隣接していてもよい。すなわち、脱イオン水製造装置は、陰極室１１６と脱イオン処理部１０８との間と陽極室１１８と脱イオン処理部１０８との間の濃縮室１１４を有していなくてもよい。

【００１５】

50

各脱イオン処理部 108 は、第 1 の脱イオン室 110 と、第 2 の脱イオン室 112 と、を有してよい。第 1 の脱イオン室 110 は、第 2 の脱イオン室 112 と隣接している。第 1 の脱イオン室 110 の、第 2 の脱イオン室 112 とは反対側に、濃縮室 114 が配置されている。また、第 2 の脱イオン室 112 の、第 1 の脱イオン室 110 とは反対側に、別の濃縮室 114 が配置されている。

【0016】

上記の各室 110, 112, 114, 116, 118 は、互いに積層された複数の枠体 130, 132, 134, 136, 138 と、それら枠体 130, 132, 134, 136, 138 の間に配置されたイオン交換膜 120, 122, 124, 126, 128 と、によって形成されている。各々の枠体 130, 132, 134, 136, 138 は、各室 110, 112, 114, 116, 118 を形成するための開口 160 を有している。具体的には、枠体に形成された開口が、一对のイオン交換膜で塞がれることによって、外部から区画された空間が形成される。この区画された空間が上記の各室を形成している。なお、陰極室 116 及び陽極室 118 については、枠体に形成された開口が、イオン交換膜と端板 136, 138 で塞がれることによって各室が形成されてもよい。

10

【0017】

陰極室 116 及び陽極室 118 を形成する枠体 136, 138 の外側には、端板 104, 106 が設けられている。端板 104, 106 は、互いに積層された複数の枠体 130, 132, 134, 136, 138 からなる積層体を、その両側から押し付けている。両端板 104, 106 は、例えばボルトにより互いに締結されていてよい。

20

【0018】

本実施形態に係る脱イオン水製造装置 100 は、陰極室用の枠体 136 と、濃縮室用の枠体 134 と、第 1 の脱イオン室用の枠体 130 と、第 2 の脱イオン室用の枠体 132 と、陽極室用の枠体 138 と、を有している。濃縮室用の枠体 134 と第 2 の脱イオン室用の枠体 132 との間には第 1 のイオン交換膜 120 が設けられている。第 1 のイオン交換膜 120 は、濃縮室用の枠体 134 の開口 160 と第 2 の脱イオン室用の枠体 132 の開口 160 とを互いに分離している。第 1 のイオン交換膜 120 は例えばカチオン交換膜であってよい。

【0019】

第 1 の脱イオン室用の枠体 130 と濃縮室用の枠体 134 との間には第 2 のイオン交換膜 122 が設けられている。第 2 のイオン交換膜 122 は、第 2 の濃縮室用の枠体 134 の開口 160 と第 1 の脱イオン室用の枠体 130 の開口 160 とを分離している。第 2 のイオン交換膜 122 は例えばアニオン交換膜であってよい。上記のように、脱イオン処理部 108 の陰極側に配置された第 1 のイオン交換膜 120 がカチオン交換膜であり、かつ脱イオン処理部 108 の陽極側に配置された第 2 のイオン交換膜 122 がアニオン交換膜であることが好ましい。

30

【0020】

第 1 の脱イオン室用の枠体 130 と第 2 の脱イオン室用の枠体 132 との間には第 3 のイオン交換膜 124 が設けられている。第 3 のイオン交換膜 124 は、例えばバイポーラ膜であってよい。バイポーラ膜は、アニオン交換膜とカチオン交換膜とが互いに接合されて一体化されたイオン交換膜である。バイポーラ膜は、アニオン交換膜とカチオン交換膜との接合面において水の解離反応が非常に促進されるという特徴を有する。バイポーラ膜のアニオン交換膜が第 1 の脱イオン室 110 側に面していることが好ましい。これにより、脱イオン水製造装置 100 の運転電圧の上昇を抑制することができる。その結果、高電流での運転に対する耐久性が向上する。

40

【0021】

互いに隣接する脱イオン処理部 108 間に配置された濃縮室用の枠体 134 の開口 160 は、第 1 のイオン交換膜 120 と第 2 のイオン交換膜 122 とによって塞がれている。脱イオン処理部 108 と陰極室 116 の間に配置された濃縮室用の枠体 134 の開口 160 は、第 1 のイオン交換膜 120 と別のイオン交換膜 126 とによって塞がれている。ま

50

た、脱イオン処理部 1 0 8 と陽極室 1 1 8 の間に配置された濃縮室用の枠体 1 3 4 の開口 1 6 0 は、第 2 のイオン交換膜 1 2 2 とさらに別のイオン交換膜 1 2 8 とによって塞がれている。

【 0 0 2 2 】

第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 内にはイオン交換体が充填されている。好ましくは、第 1 の脱イオン室 1 1 0 内にアニオン交換体が充填されている。アニオン交換体は、第 1 の脱イオン室 1 1 0 内に単床形態で充填されていてよい。アニオン交換体は、水中のアニオン成分を捕捉する。好ましくは、第 2 の脱イオン室 1 1 2 内にカチオン交換体が充填されている。カチオン交換体は、第 2 の脱イオン室 1 1 2 内に単床形態で充填されていてよい。カチオン交換体は、水中のカチオン成分を捕捉する。カチオン交換体及びアニオン交換体としては、それぞれ、カチオン交換樹脂及びアニオン交換樹脂を用いることができる。

10

【 0 0 2 3 】

液体を第 2 の脱イオン室 1 1 2 内に流入させる第 1 の供給路 1 4 2 が、第 2 の脱イオン室 1 1 2 に連通している。第 2 の脱イオン室 1 1 2 から流出した液体は、第 1 の排出路 1 5 2、中間路 1 5 9 及び第 2 の供給路 1 4 0 を経て、第 1 の脱イオン室 1 1 0 内へ流入されることが好ましい。第 1 の脱イオン室 1 1 0 内へ流入した液体は、第 2 の排出路 1 5 0 を通って外部へ排出される。第 2 の排出路 1 5 0 を通って外部へ排出された液体は、第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 内で脱イオン化された処理水である。

【 0 0 2 4 】

20

第 2 の脱イオン室 1 1 2 内に流入する被処理水は、二段の逆浸透膜 (R O 膜) 1 0 2 を透過した水であってよく、さらに脱炭酸処理した水でもよいし、軟化処理した水でもよい。この代わりに、第 2 の脱イオン室 1 1 2 内に流入する被処理水は、一段の R O 膜を透過した水でもよく、脱炭酸処理されていない水でもよく、軟化処理されていない水でもよい。この場合、第 2 の脱イオン室 1 1 2 内に流入する液体は一段 R O 膜を透過した透過水であってよい。

【 0 0 2 5 】

液体は、陰極室 1 1 6 に設置されている陰極板 1 1 7 と陽極室 1 1 8 に設置されている陽極板 1 1 9 との間に直流電圧を印加した状態で、第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 に通される。脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 内のイオン交換体は、液体中のイオン成分を捕捉する。イオン成分の捕捉と同時に、イオン交換体の界面で水の解離反応が起こり、その結果、水素イオンと水酸化物イオンが発生する。イオン交換体に捕捉されたイオン成分は、この水素イオン及び水酸化物イオンと交換され、イオン交換体から遊離する。遊離したイオン成分は再びイオン交換体に捕捉される。このイオン成分は、イオン交換体への捕捉とイオン交換体からの遊離を繰り返しながら、電圧の作用により濃縮室 1 1 4 内へ移動する。

30

【 0 0 2 6 】

各濃縮室 1 1 4 には、濃縮室用の供給路 1 4 4 を通して濃縮水が供給される。濃縮室 1 1 4 を通った濃縮水は、濃縮室用の排出路 1 5 4 を通して排出される。脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 から濃縮室 1 1 4 へ移動したイオン成分は、濃縮水と共に外部へ排出される。各濃縮室 1 1 4 内には、スケールの発生を抑制するため、アニオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましい。

40

【 0 0 2 7 】

陰極室 1 1 6 及び陽極室 1 1 8 には、電極水 (陽極水又は陰極水) が供給される。これらの電極水は、電極近傍での電気分解により、水素イオン及び水酸化物イオンを発生させる。脱イオン水製造装置 1 0 0 の電気抵抗を抑えるために、陰極室 1 1 6 及び陽極室 1 1 8 には、イオン交換体がそれぞれ充填されていることが好ましい。具体的には、陰極室 1 1 6 にはアニオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましく、陽極室 1 1 8 にはカチオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましい。

【 0 0 2 8 】

50

本実施形態では、2つの枠体130の開口160が共同で第1の脱イオン室110を形成するように、2つの枠体130が互いに隣接している。言い換えると、これら2つの枠体130の間にはイオン交換膜は設けられていない。この実施形態の代わりに、少なくとも3つの枠体の開口が共同で第1の脱イオン室を形成するように、3つの枠体が互いに隣接していてもよい。

【0029】

少なくとも2つの枠体130の開口160が共同で1つの室（第1の脱イオン室）を形成することにより、各枠体130の厚みを増大させることなく、第1の脱イオン室110の厚みを大きくすることができる。単一の枠体130の厚みを増大させる必要がないため、枠体130の形状精度を向上させることができる。特に枠体130の表面の平面度が高い水準に維持されることにより、互いに隣接する枠体130同士がぴったりと密着する。これにより、第1の脱イオン室110を形成する少なくとも2つの枠体130間からの液体の漏れが抑制される。

10

【0030】

脱イオン水製造装置100は、脱イオン室110、112よりも上流側に、1つ又はそれ以上の逆浸透膜102を有していてもよい。また、脱イオン水製造装置100は、脱イオン室110、112の上流側又は下流側に、水中の炭酸成分を除去する別個の炭酸除去設備を備えていてもよい。これにより、原水が脱イオン室110、112に流入する前に、原水中のイオン成分や炭酸成分を少なくしておくことができる。

【0031】

20

各枠体130、132、134、136、138は、プラスチック材料、特に射出成形可能なプラスチック材料から形成されることが好ましい。射出成形されたプラスチック材料からなる枠体は、射出成形後の熱収縮により変化する。枠体のサイズ、特に枠体の厚みが大きいほど、枠体は、この熱収縮によって著しく変形する。したがって、各枠体の厚みの増大を抑制することによる液体の漏れの防止は、射出成形可能なプラスチック材料からなる枠体にとって特に大きな意義を有する。

【0032】

射出成形によって、高い平面度を有する枠体130、132、134、136、138を作成するという観点から、各枠体130、132、134、136、138の厚みは、4～15mmの範囲であることが好ましい。この場合であっても、少なくとも2つの枠体130の開口160が共同で1つの第1の脱イオン室110を形成することにより、第1の脱イオン室110の厚みを15mm以上にすることができる。第1の脱イオン室110の厚みは、例えば15～30mmの範囲であってよい。なお、互いに積層された複数の枠体130、132、134、136、138全体の製作精度の観点から、複数の枠体130、132、134、136、138全体の厚みは1000mm以下であることが好ましい。

30

【0033】

図3は、脱イオン室用の枠体の模式的平面図である。図3(A)は、第1の脱イオン室用の枠体130を示している。図3(B)は、第2の脱イオン室用の枠体132を示している。図4は、濃縮室用の枠体134の模式的平面図である。

40

【0034】

各枠体130、132、134は、略長方形の開口160が形成されたプレートから構成されていてよい。各枠体130、132、134の開口160の周りには、第1～第6の貫通孔161～166が形成されている。なお、各枠体130、132、134の開口160又は貫通孔161～166を取り囲む環状のガスケットが設けられていてもよい。ガスケットは、開口160又は貫通孔161～166内からの液体の漏れを防止する機能を向上させる。

【0035】

各枠体130、132、134の第1の貫通孔161は、互いに連通しており、第2の供給路140を形成している。各枠体130、132、134の第2の貫通孔162は、

50

互いに連通しており、第1の供給路142を形成している。各枠体130, 132, 134の第3の貫通孔163は、互いに連通しており、第2の排出路150を形成している。各枠体130, 132, 134の第4の貫通孔164は、互いに連通しており、第1の排出路152を形成している。各枠体130, 132, 134の第5の貫通孔166は、互いに連通しており、濃縮室内に液体を供給する供給路144を形成している。各枠体130, 132, 134の第6の貫通孔165は、互いに連通しており、濃縮室内から液体を排出する排出路154を形成している。

【0036】

第1の脱イオン室用の枠体130は、第2の供給路140から第1の脱イオン室110内に液体を導入するため、第1の貫通孔161を開口160に連通させる溝180を有する。また、第1の脱イオン室用の枠体130は、第1の脱イオン室110内から第2の排出路150へ液体を排出するため、開口160を第3の貫通孔163に連通させる溝181を有する。

10

【0037】

第2の脱イオン室用の枠体132は、第1の供給路142から第2の脱イオン室112内に液体を導入するため、第2の貫通孔162を開口160に連通させる溝182を有する。また、第2の脱イオン室用の枠体132は、第2の脱イオン室112内から第1の排出路152へ液体を排出するため、開口160を第4の貫通孔164に連通させる溝183を有する。

【0038】

20

濃縮室用の枠体134は、濃縮水用の供給路144から濃縮室114内に液体を導入するため、第5の貫通孔166を開口160に連通させる溝185を有する。また、濃縮室用の枠体134は、濃縮室114から濃縮水用の排出路154へ液体を排出するため、開口160を第6の貫通孔165に連通させる溝184を有する。

【0039】

上記のように、各枠体130, 132, 134は、溝180~185の形状を除き、互いに同一の形状であってよい。また、陰極室用の枠体136及び陽極室用の枠体138も、上記の枠体と同様の形状を有してよい。ただし、端板104, 106付近の枠体は、供給路140, 142, 144又は排出路150, 152, 154が不要な場合もある。この場合、それらの枠体は、供給路又は排出路に対応する貫通孔を有していなくてもよい。

30

【0040】

第1の脱イオン室110を形成する少なくとも2つの枠体130は互いに同一の形状を有することが好ましい。具体的には、第1の脱イオン室用の少なくとも2つの枠体130に形成されている開口160、貫通孔161~166及び溝180, 181の形状が互いに同一であり、かつ第1の脱イオン室用の少なくとも2つの枠体130の厚さが互いに同一であってよい。これにより、第1の脱イオン室用の少なくとも2つの枠体130は、同一の金型で成形可能となる。

【0041】

各枠体130, 132, 134, 136, 138において、開口160が形成された中央部材170, 172, 174と、溝180~185及び貫通孔161~166が形成された周辺部材(中央部材170, 172, 174以外の部分)とは、互いに別個の部品から構成されていてよい。この場合、この中央部材に周辺部材を取り付けることにより、枠体130, 132, 134, 136, 138が形成される。

40

【0042】

複数の枠体130, 132, 134, 136, 138のうちの少なくとも2つの枠体は、周辺部材を除き、互いに同一の形状であってよい。具体的には、各枠体の厚み及び各枠体の開口の形状が互いに同一であることが好ましい。これにより、少なくとも枠体の中央部材を同一の形状にすることができる。その結果、少なくとも2つの枠体の特に中央部材が、同一の金型で成形可能となる。複数の枠体を共通の金型で製造できれば、脱イオン水

50

製造装置の製造コストを削減することができる。一例では、第１の脱イオン室用の枠体１３０が、周辺部材を除き、第２の脱イオン室用の枠体１３２と同一の形状であってよい。別の例では、第１又は第２の脱イオン室用の枠体１３０，１３２が、周辺部材を除き、濃縮室、陰極室又は陽極室用の枠体１３４，１３６，１３８と同一の形状であってよい。

【００４３】

互いに積層する枠体１３０，１３２，１３４，１３６，１３８の数が多くなりすぎると、端板１０４，１０６で枠体を押し付けたとしても、押し付け力が各枠体に均等に働かず、室内から液体が漏れることがある。したがって、室内からの液体の漏れを防止するという観点から、互いに積層される枠体の枚数に上限を設定することが好ましい。以下、第１の実施例における脱イオン水製造装置と、第２の実施例における脱イオン水製造装置について、液体の漏れについての実験結果を説明する。

【００４４】

第１の実施例及び第２の実施例は、図１に示す脱イオン水製造装置と同様の構成を有する。ただし、両実施例では、脱イオン処理部１０８の数が互いに異なっている。表１は、第１及び第２の実施例について、脱イオン処理部１０８の数、第１の脱イオン室１１０の数、第２の脱イオン室１１２の数、濃縮室１１４の数、陰極室１１６の数、陽極室１１８の数及び枠体１３０，１３２，１３４，１３６，１３８の総数を示している。なお、両実施例において、第１の脱イオン室１１０は２つの枠体１３０から構成されていることに留意すべきである。

【００４５】

【表１】

	第１の実施例	第２の実施例
脱イオン処理部の数	18	20
第１の脱イオン室の数	18	20
第２の脱イオン室の数	18	20
濃縮室の数	19	21
陽極室の数	1	1
陰極室の数	1	1
枠体の総数	75	83

【００４６】

両実施例では、各枠体１３０，１３２，１３４，１３６，１３８の形状は互いに同一とした。各枠体の縦方向の長さは４５０ｍｍ、各枠体の横方向の長さは２８０ｍｍであり、各枠体の厚みは１０ｍｍである。各枠体の開口１６０の縦方向の長さは３００ｍｍ、開口１６０の横方向の長さは１５０ｍｍである。

【００４７】

複数の枠体１３０，１３２，１３４，１３６，１３８を互いに積層した積層体を端板１０４，１０６により互いに押し付けた。また、第１及び第２の脱イオン室１１０，１１２、濃縮室１１４、陰極室１１６及び陽極室１１８を水で満たし、第２の排出路１５０と濃縮水用の排出路１５４を塞いだ。そして、第１の供給路１４２及び濃縮水用の供給路１４４から各室内へ０．６ＭＰａの水圧をかけた。この状態で脱イオン水製造装置を３０分間維持した。

【００４８】

枠体の総数が７５枚の場合（第１の実施例）、各室からの水の漏れは検出されなかった。一方、枠体の総数が８３枚の場合（第２の実施例）、１時間あたり２３ｍＬの水の漏れが検出された。よって、脱イオン水製造装置を構成する枠体の総数は、好ましくは８０以下、より好ましくは７５以下であってよい。ただし、枠体の数の上限値は、枠体のサイズや実験条件等によって変化し得る。したがって、本発明は、必ずしも上記の上限値に制約

されるわけではないことに留意されたい。

【 0 0 4 9 】

また、図 1 に示すように、第 1 の脱イオン室 1 1 0 は、少なくとも 2 つの枠体 1 3 0 の開口 1 6 0 により形成されるため、1 つの大きな空間となる。その結果、第 1 の脱イオン室 1 1 0 内の液体の流速が増大しても、第 1 の脱イオン室 1 1 0 の入口と出口との間での液体の通水差圧が低下する。通水差圧が低下するので、互いに積層された複数の枠体の耐圧性が比較的低くてもよいという利点が得られる。また、通水差圧が低下すれば、液体を送液するためのポンプの容量を小さくすることもできる。その結果、省エネルギーで脱イオン水製造装置を運転することができたり、脱イオン水製造装置全体のコストを削減したりすることができる。

10

【 0 0 5 0 】

以下、第 1 の実施例及び第 1 の比較例における脱イオン水製造装置の処理量（単位時間あたりの処理量）について考察する。第 1 の実施例に係る脱イオン水製造装置は上述したとおりである。

【 0 0 5 1 】

第 1 の比較例に係る脱イオン水製造装置は、脱イオン処理部の構成を除き、第 1 の実施例における脱イオン水製造装置と同様の構成を有する。図 5 は、第 1 の比較例に係る脱イオン水製造装置に備えられた脱イオン処理部の模式的断面図である。第 1 の比較例の脱イオン処理部 8 0 8 は、第 1 の脱イオン室 8 1 0 と第 2 の脱イオン室 8 1 2 とを有する。第 1 の比較例の脱イオン処理部 8 0 8 では、第 1 の脱イオン室 8 1 0 と第 2 の脱イオン室 8 1 2 は、それぞれ 1 つの枠体 8 3 0 , 8 3 2 から形成されている。

20

【 0 0 5 2 】

第 1 の実施例及び第 1 の比較例ともに、第 1 の脱イオン室 1 1 0 , 8 1 0 と第 2 の脱イオン室 1 1 2 , 8 1 2 との間に配置された第 3 のイオン交換膜 1 2 4 , 8 2 4 はバイポーラ膜である。第 1 の実施例及び第 1 の比較例ともに、第 1 の脱イオン室 1 1 0 , 8 1 0 の、第 3 のイオン交換膜 1 2 4 , 8 2 4 と反対側のイオン交換膜 1 2 2 , 8 2 2 はアニオン交換膜である。第 1 の実施例及び第 1 の比較例ともに、第 2 の脱イオン室 1 1 2 , 8 1 2 の、第 3 のイオン交換膜 1 2 4 , 8 2 4 と反対側のイオン交換膜 1 2 0 , 8 2 0 はカチオン交換膜である。第 1 の実施例及び第 1 の比較例ともに、第 1 の脱イオン室 1 1 0 , 8 1 0 はアニオン交換体を単床形態で収容し、第 2 の脱イオン室 1 1 2 , 8 1 2 はカチオン交換体を単床形態で収容する。

30

【 0 0 5 3 】

上述したように、枠体の数に上限値が存在することを考慮し、第 1 の実施例と第 1 の比較例における枠体の総数を互いに一致させた。上述したように、第 1 の実施例において、各枠体 1 3 0 , 1 3 2 , 1 3 4 , 1 3 6 , 1 3 8 の厚みは 1 0 mm である。一方、第 1 の比較例において、第 1 の脱イオン室 8 1 0 を形成する枠体 8 3 0 の厚みは 1 0 mm とし、第 2 の脱イオン室 8 1 2 を形成する枠体 8 3 2 の厚みは 5 mm とした。その他の枠体の厚みは 1 0 mm とした。第 1 の実施例及び第 1 の比較例について、陰極室及び陽極室に流入する電極水の流量は 2 0 L / h とした。また、陰極室に設置された陰極板と陽極室に設置された陽極板との間に印加する電流値は 2 . 5 A とした。

40

【 0 0 5 4 】

上記の条件の下で、第 1 の実施例における第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 の通水空間速度が、それぞれ第 1 の比較例における第 1 及び第 2 の脱イオン室 8 1 0 , 8 1 2 の通水空間速度と一致するように、供給路 1 4 0 , 1 4 2 から脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 , 8 1 0 , 8 1 2 へ流入させる液体の流量を設定した。なお、濃縮室内の濃縮水の流量は、概ね脱イオン水の流量の 1 / 1 0 となるように設定した。

【 0 0 5 5 】

表 2 は、第 1 の脱イオン室の液体の通水空間速度を 200 h^{-1} とし、第 2 の脱イオン室の液体の通水空間速度を 400 h^{-1} としたときの、各室内での液体の流量及び通水差圧を示している。ここで、通水空間速度は、液体の流量を室の体積で割った値で定義され

50

る。ある室での空間通水速度の逆数は、当該室内に充填されたイオン交換体に対する接触時間を意味する。接触時間は、液体中のイオン成分が脱イオン室内のイオン交換体と接触する時間を意味する。

【 0 0 5 6 】

【表 2】

	第 1 の実施例				第 1 の比較例			
	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h ⁻¹]	通水差圧 [MPa]	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h ⁻¹]	通水差圧 [MPa]
第 1 の脱イオン室	18	180	200	0.04	24	90	200	0.04
第 2 の脱イオン室	18	180	400	0.08	24	90	400	0.08
濃縮室	19	17.1	38		25	8.7	19	
陽極室	1	20	44		1	20	44	
陰極室	1	20	44		1	20	44	

【 0 0 5 7 】

上述したように、第 1 の実施例と第 1 の比較例とで脱イオン室の通水空間速度を一致させた。これにより、第 1 の実施例における第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 内の液体の通水差圧が、それぞれ第 1 の比較例における第 1 及び第 2 の脱イオン室 8 1 0 , 8 1 2 内の液体の通水差圧と概ね一致する。第 1 の実施例と第 1 の比較例との間で通水差圧がほぼ同一の値になるにもかかわらず、第 1 の実施例での第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 の流量は、第 1 の比較例での第 1 及び第 2 の脱イオン室 8 1 0 , 8 1 2 の流量よりも大きくなっている。具体的には、第 1 の比較例では、2 4 個の第 1 の脱イオン室又は 2 4 個の第 2 の脱イオン室全体の流量が、2 1 6 0 L / h となる。一方、第 1 の実施例では、1 8 個の第 1 の脱イオン室又は 1 8 個の第 2 の脱イオン室全体の流量が、3 2 4 0 L / h となる。したがって、第 1 の実施例の脱イオン水製造装置は、単位時間あたりにより多くの量の液体を処理することができる。

【 0 0 5 8 】

表 3 は、第 1 の脱イオン室の液体の通水空間速度を 3 0 0 h⁻¹ とし、第 2 の脱イオン室の液体の通水空間速度を 6 0 0 h⁻¹ としたときの、各室内での液体の流量及び通水差圧を示している。

【 0 0 5 9 】

【表 3】

	第 1 の実施例				第 1 の比較例			
	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h ⁻¹]	通水差圧 [MPa]	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h ⁻¹]	通水差圧 [MPa]
第 1 の脱イオン室	18	270	300	0.06	24	135	300	0.06
第 2 の脱イオン室	18	270	600	0.14	24	135	600	0.15
濃縮室	19	25.6	57		25	12.3	29	
陽極室	1	20	44		1	20	44	
陰極室	1	20	44		1	20	44	

【 0 0 6 0 】

上述したように、第 1 の実施例と第 1 の比較例とで脱イオン室の通水空間速度を一致させた。これにより、第 1 の実施例における第 1 及び第 2 の脱イオン室 1 1 0 , 1 1 2 内の

液体の通水差圧が、それぞれ第１の比較例における第１及び第２の脱イオン室８１０，８１２内の液体の通水差圧と概ね一致する。第１の実施例と第１の比較例との間で通水差圧がほぼ同一の値になるにもかかわらず、第１の実施例での第１及び第２の脱イオン室１１０，１１２の流量は、第１の比較例での第１及び第２の脱イオン室８１０，８１２の流量よりも大きくなっている。具体的には、第１の比較例では、２４個の第１の脱イオン室又は２４個の第２の脱イオン室全体の流量が、３２４０Ｌ／ｈとなる。一方、第１の実施例では、１８個の第１の脱イオン室又は１８個の第２の脱イオン室全体の流量が、４８６０Ｌ／ｈとなる。したがって、第１の実施例の脱イオン水製造装置は、単位時間あたりにより多くの量の液体を処理することができる。

【００６１】

一般に、通水空間速度の増加にともない処理水の流量も一様に増加させることができる。したがって、第１の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $200 \sim 300 \text{ h}^{-1}$ であり、かつ第２の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $400 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ であっても、第１の実施例の脱イオン水製造装置は、第１の比較例の脱イオン水製造装置よりも多くの流量の液体を処理できると考えられる。

【００６２】

一般に、脱イオン製造装置１００の排出路１５０を通して処理水を外部へ移送するために、 0.1 MPa 程度の水圧を確保することが好ましい。そのためには、脱イオン製造装置１００の供給路１４２に供給する液体の水圧は、 0.1 MPa に第１及び第２の脱イオン室１１０，１１２の通水差圧の合計値を加算した値以上である必要がある。ここで、ＲＯ膜１０２を透過した液体の水圧は、一般に 0.3 MPa 程度以下である。したがって、第１及び第２の脱イオン室１１０，１１２の通水差圧の合計値が概ね 0.2 MPa 以下であれば、ＲＯ膜１０２を透過した液体をポンプで昇圧することなく、第１及び第２の脱イオン室１１０，１１２へ供給することができる。また、イオン交換膜の機械的強度（破裂強度）の観点から、通水差圧は概ね 0.2 MPa 以下であることが好ましい。

【００６３】

一般に、通水差圧は、通水空間速度の増加とともに増加する。したがって、表２および表３から、第１の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $200 \sim 300 \text{ h}^{-1}$ であり、かつ第２の脱イオン室内の液体の通水空間速度が $400 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ であれば、第１及び第２の脱イオン室１１０，１１２の通水差圧の合計値を 0.2 MPa 以下にすることができると分かる。

【００６４】

図６は、第２の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。なお、第１の実施形態と同一の部材については同一の符号が付されている。第２の実施形態に係る脱イオン水製造装置２００は、少なくとも１つの脱イオン処理部２０８と、複数の濃縮室１１４と、を備えている。図７は、脱イオン処理部２０８と脱イオン処理部２０８に隣接する濃縮室１１４との模式的分解斜視図である。少なくとも１つの脱イオン処理部２０８及び複数の濃縮室１１４は、陰極室１１６と陽極室１１８との間に配置されている。

【００６５】

濃縮室１１４は、各脱イオン処理部２０８を挟んで両側に配置されていてよい。複数の脱イオン処理部２０８が存在する場合、濃縮室１１４は、脱イオン処理部２０８どうしの間と、脱イオン処理部２０８と電極室１１６，１１８との間に配置される。本実施形態では、各脱イオン処理部２０８は１つの脱イオン室２１０を有していてよい。この場合、脱イオン室２１０は、２つの濃縮室１１４に挟まれている。図６に示す例の代わりに、脱イオン処理部２０８と陰極室１１６又は陽極室１１８とは互いに隣接していてもよい。すなわち、脱イオン水製造装置は、陰極室１１６又は陽極室１１８と脱イオン処理部２０８との間の濃縮室１１４を有していなくてもよい。

【００６６】

上記の各室２１０，１１４，１１６，１１８は、互いに積層された複数の枠体２３０，１３４，１３６，１３８と、それら枠体２３０，１３４，１３６，１３８の間に配置され

10

20

30

40

50

たイオン交換膜 2 2 0 , 2 2 2 , 1 2 6 , 1 2 8 と、によって形成されている。各々の枠体 2 3 0 , 1 3 4 , 1 3 6 , 1 3 8 は、各室 2 1 0 , 1 1 4 , 1 1 6 , 1 1 8 を形成するための開口 1 6 0 を有している。具体的には、枠体に形成された開口が、一対のイオン交換膜で塞がれることによって、外部から区画された空間が形成される。この区画された空間が上記の各室を形成している。なお、陰極室 1 1 6 及び陽極室 1 1 8 については、枠体に形成された開口が、イオン交換膜と端板 1 3 6 , 1 3 8 で塞がれることによって各室が形成されてもよい。

【 0 0 6 7 】

第 2 の実施形態に係る脱イオン水製造装置 2 0 0 は、陰極室用の枠体 1 3 6 と、濃縮室用の枠体 1 3 4 と、脱イオン室用の枠体 2 3 0 と、陽極室用の枠体 1 3 8 と、を有している。脱イオン室用の枠体 2 3 0 の、陰極室 1 1 6 に近い側のイオン交換膜 2 2 0 は、例えばカチオン交換膜であってよい。脱イオン室用の枠体 2 3 0 の、陽極室 1 1 8 に近い側のイオン交換膜 2 2 2 は、例えばアニオン交換膜であってよい。脱イオン室 2 1 0 内にはイオン交換体が充填されている。好ましくは、脱イオン室 2 1 0 内にアニオン交換体とカチオン交換体とが混床形態、ならびに複床形態で充填されている。

【 0 0 6 8 】

液体を脱イオン室 2 1 0 内に流入させる供給路 1 4 0 が、脱イオン室 2 1 0 に連通している。脱イオン室 2 1 0 から流出した液体は、排出路 1 5 0 を通って外部へ排出される。排出路 1 5 0 を通って外部へ排出された液体は、脱イオン室 2 1 0 内で脱イオン化された処理水である。

【 0 0 6 9 】

液体は、陰極室 1 1 6 と陽極室 1 1 8 との間に直流電圧を印加した状態で、脱イオン室 2 1 0 に通される。脱イオン室 2 1 0 内のイオン交換体は、被処理水中のイオン成分を捕捉する。このイオン成分は、イオン交換体への捕捉とイオン交換体からの遊離を繰り返しながら、電圧の作用により濃縮室 1 1 4 内へ移動する。

【 0 0 7 0 】

各濃縮室 1 1 4 には、濃縮室用の供給路 1 4 4 を通して濃縮水が供給される。濃縮室 1 1 4 を通った濃縮水は、濃縮室用の排出路 1 5 4 を通して排出される。脱イオン室 2 1 0 から濃縮室 1 1 4 へ移動したイオン成分は、濃縮水と共に外部へ排出される。各濃縮室 1 1 4 内には、スケールの発生を抑制するため、アニオン交換体が単床形態で充填されていることが好ましい。

【 0 0 7 1 】

本実施形態では、2つの枠体 2 3 0 の開口 1 6 0 が共同で1つの脱イオン室 2 1 0 を形成するように、2つの枠体 2 3 0 が互いに隣接している。言い換えると、これら2つの枠体 2 3 0 の間にはイオン交換膜は設けられていない。この実施形態の代わりに、少なくとも3つの枠体の開口が共同で1つの脱イオン室を形成するように、3つの枠体が互いに隣接していてもよい。

【 0 0 7 2 】

少なくとも2つの枠体 2 3 0 の開口 1 6 0 が共同で1つの室（脱イオン室）を形成することにより、各枠体 2 3 0 の厚みを増大させることなく、脱イオン室 2 1 0 の厚みを大きくすることができる。単一の枠体 2 3 0 の厚みを増大させる必要がないため、枠体 2 3 0 の形状精度を向上させることができる。これにより、脱イオン室 2 1 0 を形成する少なくとも2つの枠体 2 3 0 間からの液体の漏れが抑制される。

【 0 0 7 3 】

枠体 2 3 0 , 1 3 4 , 1 3 6 , 1 3 8 の形状や材質、枠体の総数の上限等については第 1 の実施形態と同様であるため、その説明を省略する。ただし、脱イオン室 2 1 0 を形成する枠体 2 3 0 の溝 2 8 0 , 2 8 1 の形状は、第 1 の実施形態における脱イオン室用の枠体 1 3 0 , 1 3 2 の溝の形状と異なってもよい。

【 0 0 7 4 】

図 6 に示すように、脱イオン室 2 1 0 は、少なくとも2つの枠体 2 3 0 の開口 1 6 0 に

10

20

30

40

50

より形成されるため、1つの大きな空間となる。その結果、脱イオン室210内の液体の流速が増大しても、脱イオン室210の入口と出口との間での液体の通水差圧が低下する。

【0075】

以下、第3の実施例及び第2の比較例における脱イオン水製造装置の処理水の流量について考察する。第3の実施例における脱イオン水製造装置は、図6に示すものと同様の構成を有する。ただし、第3実施例における脱イオン水製造装置は、24個の脱イオン処理部208を有する。

【0076】

第2の比較例に係る脱イオン水製造装置は、脱イオン処理部の構成を除き、第3の実施例における脱イオン水製造装置と同様の構成を有する。第2の比較例の脱イオン水製造装置は、36個の脱イオン処理部を有する。図8は、第2の比較例に係る脱イオン水製造装置に備えられた脱イオン処理部の模式的断面図である。各脱イオン処理部908は、1つの脱イオン室910を有する。この脱イオン室910は、1つの枠体930から形成されている。

【0077】

第3の実施例及び第2の比較例ともに、脱イオン室210、910の陰極室側に配置されたイオン交換膜220はカチオン交換膜である。第3の実施例及び第2の比較例ともに、脱イオン室210、910の陽極室側に配置されたイオン交換膜222はアニオン交換膜である。第3の実施例及び第2の比較例ともに、脱イオン室210、910はカチオン交換体とアニオン交換体とを混床形態で収容している。

【0078】

上述したように、枠体の数に上限値が存在することを考慮し、第3の実施例と第2の比較例における枠体の総数を75に一致させた。第3の実施例及び第2の比較例において、各枠体230、930、134、136、138の厚みは10mmである。各枠体の縦方向の長さは450mm、各枠体の横方向の長さは280mmである。各枠体の開口160の縦方向の長さは300mm、開口160の横方向の長さは150mmである。

【0079】

第3の実施例及び第2の比較例について、陰極室及び陽極室に流入する電極水の流量はそれぞれ20L/hとした。また、陰極室に設置された陰極板と陽極室に設置された陽極板との間に印加する電流値は2.5Aとした。

【0080】

上記の条件の下で、第3の実施例における脱イオン室210の通水空間速度が、第2の比較例における脱イオン室910の通水空間速度と一致するように、供給路140から脱イオン室210、910へ流入させる液体の流量を設定した。なお、濃縮室内の濃縮水の流量は、概ね脱イオン水の流量の1/10となるように設定した。

表4は、脱イオン室の液体の通水空間速度を200h⁻¹としたときの、各室内での液体の流量及び通水差圧を示している。

【0081】

【表4】

	第3の実施例				第2の比較例			
	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h ⁻¹]	通水差圧 [MPa]	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h ⁻¹]	通水差圧 [MPa]
脱イオン室	24	180	200	0.04	36	90	200	0.04
濃縮室	25	17.3	38		37	8.8	20	
陽極室	1	20	44		1	20	44	
陰極室	1	20	44		1	20	44	

【 0 0 8 2 】

上述したように、第3の実施例と第2の比較例とで脱イオン室の通水空間速度を一致させた。これにより、第3の実施例における脱イオン室210内の液体の通水差圧が、第2の比較例における脱イオン室910内の液体の通水差圧と概ね一致する。第3の実施例と第2の比較例との間で通水差圧がほぼ同一の値になるにもかかわらず、第3の実施例での脱イオン室210の流量は、第2の比較例での脱イオン室910の流量よりも大きくなっている。具体的には、第2の比較例では、36個の脱イオン室全体の流量が、3240 L/hとなる。一方、第3の実施例では、24個の脱イオン室全体の流量が、4320 L/hとなる。したがって、第3の実施例の脱イオン水製造装置は、単位時間あたりにより多くの量の水を処理することができる。

10

表5は、脱イオン室の液体の通水空間速度を 600 h^{-1} としたときの、各室内での液体の流量及び通水差圧を示している。

【 0 0 8 3 】

【表5】

	第3の実施例				第2の比較例			
	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h^{-1}]	通水差圧 [MPa]	室数	各室あたりの流量 [L/h]	各室あたりの通水空間速度 [h^{-1}]	通水差圧 [MPa]
脱イオン室	24	540	600	0.15	36	270	600	0.14
濃縮室	25	43.2	96		37	21.9	49	
陽極室	1	20	44		1	20	44	
陰極室	1	20	44		1	20	44	

20

【 0 0 8 4 】

上述したように、第3の実施例と第2の比較例とで脱イオン室の通水空間速度を一致させた。これにより、第3の実施例における脱イオン室210内の液体の通水差圧が、第2の比較例における脱イオン室910内の液体の通水差圧と概ね一致する。第3の実施例と第2の比較例との間で通水差圧がほぼ同一の値になるにもかかわらず、第3の実施例での脱イオン室210の流量は、第2の比較例での脱イオン室910の流量よりも大きくなっている。具体的には、第2の比較例では、36個の脱イオン室全体の流量が、9720 L/hとなる。一方、第3の実施例では、24個の脱イオン室全体の流量が、12960 L/hとなる。したがって、第3の実施例の脱イオン水製造装置は、単位時間あたりにより多くの量の水を処理することができる。

30

【 0 0 8 5 】

表4及び表5から、脱イオン室内の液体の通水空間速度が 200 h^{-1} 及び 600 h^{-1} のとき、第3の実施例の脱イオン水製造装置は、第2の比較例の脱イオン水製造装置よりも多くの流量の液体を処理することができる。通水空間速度の増加にともない処理水の流量も一様に増加させることができる。したがって、通水空間速度が $200\text{ h}^{-1} \sim 600\text{ h}^{-1}$ の範囲であっても、第3の実施例の脱イオン水製造装置は、第2の比較例の脱イオン水製造装置よりも多くの流量の液体を処理できると考えられる。

40

【 0 0 8 6 】

表4および表5から、脱イオン室内の液体の通水空間速度が $200 \sim 600\text{ h}^{-1}$ であれば、脱イオン室210の通水差圧を0.15 MPa以下にすることができることが分かる。これにより、RO膜102を透過した液体をポンプで昇圧することなく脱イオン室210へ供給することができる。また、第3の実施例の脱イオン水製造装置は、イオン交換膜の機械的強度（破裂強度）の観点からも、十分に小さい通水差圧となっている。

【 0 0 8 7 】

図9は、第3の実施形態に係る脱イオン水製造装置の模式的断面図である。なお、第1の実施形態と同一の部材については同一の符号が付されている。第3の実施形態に係る脱

50

イオン水製造装置 300 は、少なくとも 1 つの脱イオン処理部 308 と、複数の濃縮室 114 と、を備えている。図 9 は、1 つの脱イオン処理部 308 のみを示しているが、脱イオン水製造装置 300 は複数の脱イオン処理部 308 を有していてもよい。少なくとも 1 つの脱イオン処理部 308 及び複数の濃縮室 114 は、陰極室 116 と陽極室 118 との間に配置されている。

【0088】

各脱イオン処理部 308 は、第 1 の脱イオン室 310 と、第 2 の脱イオン室 312 と、を有していてもよい。第 1 の脱イオン室 310 は、第 2 の脱イオン室 312 と隣接している。第 1 の脱イオン室 310 の、第 2 の脱イオン室 312 とは反対側に、濃縮室 114 が配置されている。また、第 2 の脱イオン室 312 の、第 1 の脱イオン室 310 とは反対側に、別の濃縮室 114 が配置されている。図 9 に示す例の代わりに、脱イオン処理部 308 と陰極室 116 又は陽極室 118 とは互いに隣接していてもよい。すなわち、脱イオン水製造装置は、陰極室 116 又は陽極室 118 と脱イオン処理部 308 との間の濃縮室 114 を有していなくてもよい。

【0089】

上記の各室 310, 312, 114, 116, 118 は、互いに積層された複数の枠体 130, 132, 134, 136, 138 と、それら枠体 130, 132, 134, 136, 138 の間に配置されたイオン交換膜 320, 322, 324, 126, 128 と、によって形成されている。各々の枠体は、各室 310, 312, 114, 116, 118 を形成するための開口を有している。具体的には、枠体に形成された開口が、一対のイオン交換膜で塞がれることによって、外部から区画された空間が形成される。この区画された空間が上記の各室を形成している。なお、陰極室 116 及び陽極室 118 については、枠体に形成された開口が、イオン交換膜と端板 136, 138 で塞がれることによって各室が形成されてもよい。

【0090】

濃縮室用の枠体 134 と第 1 の脱イオン室用の枠体 130 との間には第 1 のイオン交換膜 320 が設けられている。第 1 のイオン交換膜 320 は、例えばカチオン交換膜であってよい。第 2 の脱イオン室用の枠体 132 と濃縮室用の枠体 134 との間には第 2 のイオン交換膜 322 が設けられている。第 2 のイオン交換膜 322 は、例えばアニオン交換膜であってよい。上記のように、脱イオン処理部 308 の陰極側に配置された第 1 のイオン交換膜 320 がカチオン交換膜であり、かつ脱イオン処理部 308 の陽極側に配置された第 2 のイオン交換膜 322 がアニオン交換膜であることが好ましい。

【0091】

第 1 の脱イオン室用の枠体 130 と第 2 の脱イオン室用の枠体 132 との間には第 3 のイオン交換膜 324 が設けられている。第 3 のイオン交換膜 324 は、例えばバイポーラ膜であってよい。バイポーラ膜のアニオン交換膜が第 2 の脱イオン室 312 側に面していることが好ましい。これにより、脱イオン水製造装置 300 の運転電圧の上昇を抑制することができる。その結果、高電流での運転に対する耐久性が向上する。

【0092】

第 1 及び第 2 の脱イオン室 310, 312 内にはイオン交換体が充填されている。好ましくは、第 1 の脱イオン室 310 内にカチオン交換体が充填されている。カチオン交換体は、第 1 の脱イオン室 310 内に単床形態で充填されていてよい。これに代えて、カチオン交換体とアニオン交換体が、第 1 の脱イオン室 310 内に混床形態で充填されていてよい。好ましくは、第 2 の脱イオン室 312 内にアニオン交換体が充填されている。アニオン交換体は、第 2 の脱イオン室 312 内に単床形態で充填されていてよい。

【0093】

液体を第 1 の脱イオン室 310 内に流入させる第 1 の供給路 342 が、第 1 の脱イオン室 310 に連通している。第 1 の脱イオン室 310 から流出した液体は、第 1 の排出路 352、中間路 359 及び第 2 の供給路 340 を経て、第 2 の脱イオン室 312 内へ流入されることが好ましい。第 2 の脱イオン室 312 内へ流入した液体は、第 2 の排出路 350

を通過して外部へ排出される。第2の排出路350を通過して外部へ排出された液体は、第1及び第2の脱イオン室310、312内で脱イオン化された処理水である。

【0094】

本実施形態では、2つの枠体130の開口が共同で第1の脱イオン室310を形成するように、2つの枠体130が互いに隣接している。言い換えると、これら2つの枠体130の間にはイオン交換膜は設けられていない。この実施形態の代わりに、少なくとも3つの枠体の開口が共同で第1の脱イオン室を形成するように、3つの枠体が互いに隣接していてもよい。

【0095】

少なくとも2つの枠体130の開口が共同で1つの室（第1の脱イオン室）を形成することにより、各枠体130の厚みを増大させることなく、第1の脱イオン室310の厚みを大きくすることができる。単一の枠体130の厚みを増大させる必要がないため、枠体130の形状精度を向上させることができる。これにより、第1の脱イオン室310を形成する少なくとも2つの枠体130間からの液体の漏れが抑制される。

10

【0096】

枠体130、132、134、136、138の形状や材質、枠体の総数の上限等については第1の実施形態と同様であるため、その説明を省略する。また、第1の実施形態と同様に、少なくとも2つの枠体から形成される第1の脱イオン室310内の液体の通水空間速度が $200 \sim 300 \text{ h}^{-1}$ であり、かつ第2の脱イオン室312内の液体の通水空間速度が $400 \sim 600 \text{ h}^{-1}$ であることが好ましい。

20

【0097】

以上、本発明の望ましい実施形態について提示し、詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、要旨を逸脱しない限り、さまざまな変更及び修正が可能であることを理解されたい。

【0098】

例えば、上記実施形態及び実施例では、少なくとも2つの枠体の開口が共同で形成する第1の室は、脱イオン室であった。しかしながら、少なくとも2つの枠体の開口が共同で形成する第1の室は、脱イオン室に限られず、濃縮室、陰極室又は陽極室であってもよい。つまり、少なくとも2つの枠体の開口が共同で任意の1つの第1の室を形成するように、少なくとも2つの枠体が互いに隣接していればよい。これにより、互いに積層された枠体間からの液体の漏れを抑制しつつ、各室の厚みを増大させることができる。ただし、処理水の単位時間当たりの流量を増大するという観点では、少なくとも2つの枠体の開口が共同で形成する第1の室は脱イオン室であることが好ましい。

30

【符号の説明】

【0099】

100、200、300 脱イオン水製造装置

108、208、308 脱イオン処理部

110、112、220、310、320 脱イオン室

114 濃縮室

116 陰極室

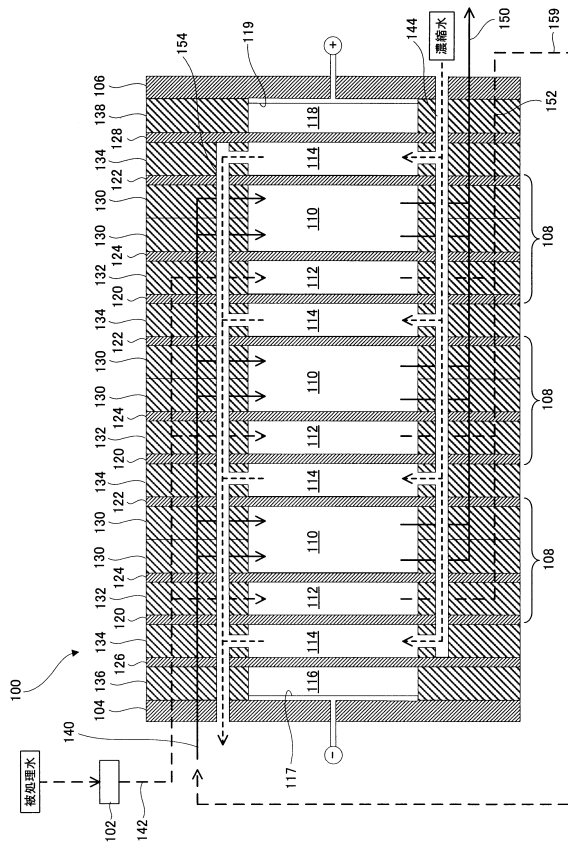
118 陽極室

120、122、124、126、128、220、222、320、322 イオン交換膜

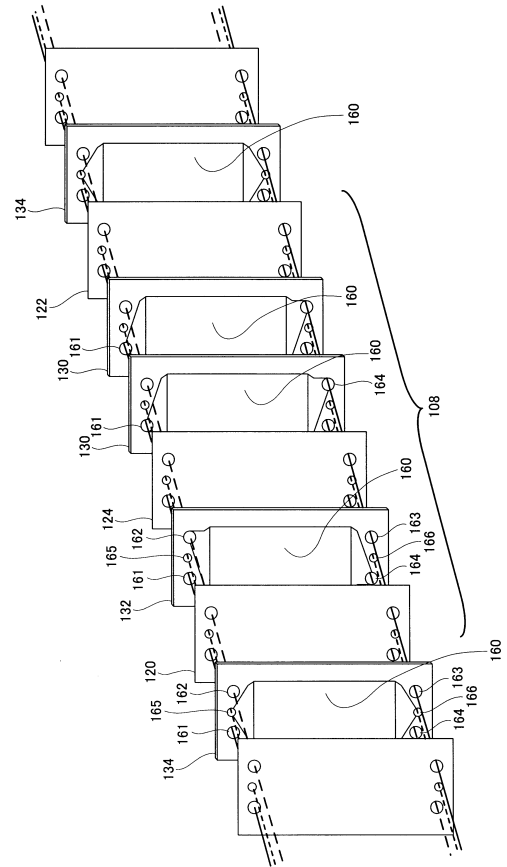
130、132、134、136、138、230 枠体

40

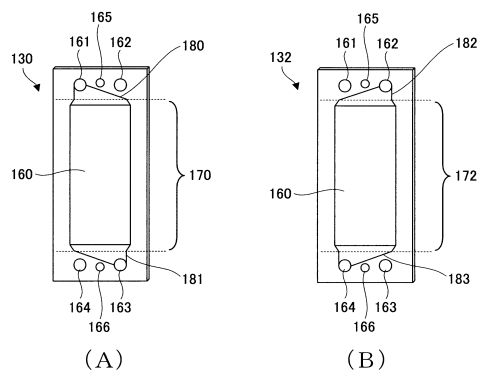
【 図 1 】



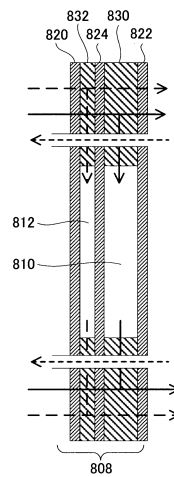
【 図 2 】



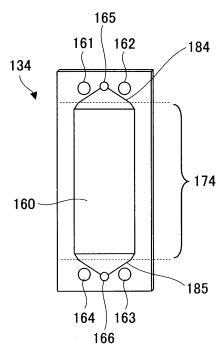
【圖 3】



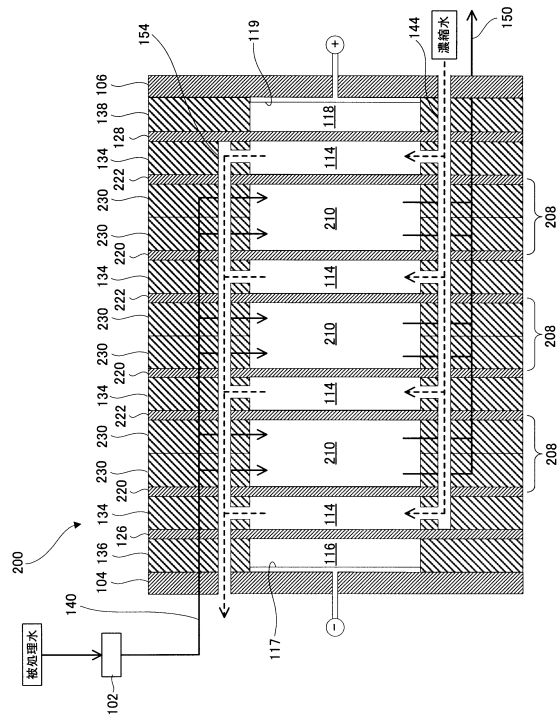
【圖 5】



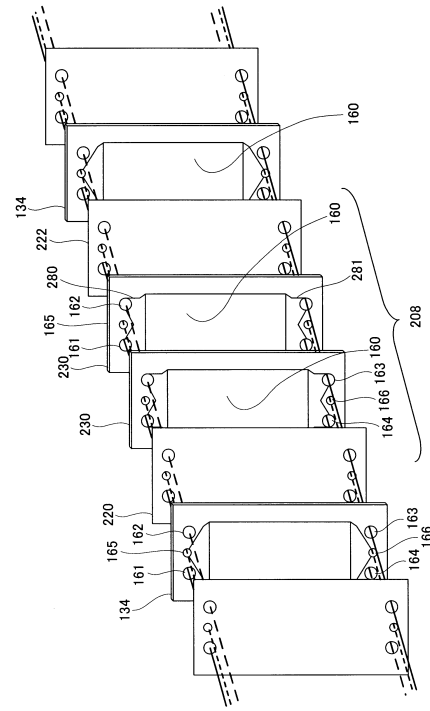
【 図 4 】



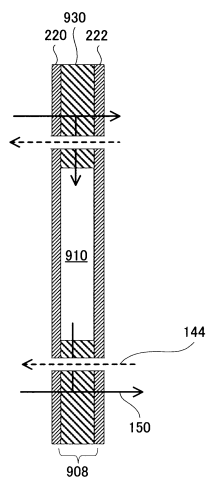
【図 6】



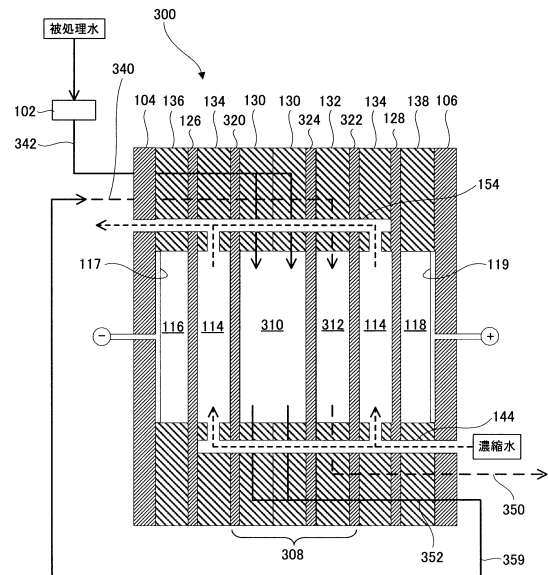
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(72)発明者 浅川 友二

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 岡田 三恵

(56)参考文献 特開2009-142724(JP,A)

特開2013-034920(JP,A)

米国特許出願公開第2014/0183045(US,A1)

特表2009-536094(JP,A)

特開2009-125738(JP,A)

特開2010-201361(JP,A)

米国特許出願公開第2006/0231403(US,A1)

特開2012-061388(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C02F 1/469

B01D 61/48