

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C02F 1/469 (2006.01)

B01D 61/48 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200380109656.7

[43] 公开日 2006年3月15日

[11] 公开号 CN 1747902A

[22] 申请日 2003.12.26

[21] 申请号 200380109656.7

[30] 优先权

[32] 2002.12.27 [33] JP [31] 381262/2002

[86] 国际申请 PCT/JP2003/017033 2003.12.26

[87] 国际公布 WO2004/060815 日 2004.7.22

[85] 进入国家阶段日期 2005.8.10

[71] 申请人 株式会社荏原制作所

地址 日本东京

[72] 发明人 高桥洋平 中西收

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商
标事务所
代理人 陈昕

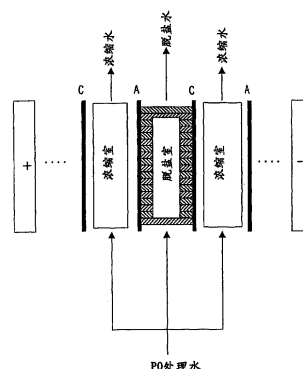
权利要求书 2 页 说明书 31 页 附图 18 页

[54] 发明名称

电脱盐装置

[57] 摘要

本发明的目的提供一种脱盐效率优良的具有新型结构的电脱盐装置。作为解决该课题的手段，本发明一实施方案提供一种电脱盐装置，该装置是在阴极和阳极之间，具有用多块离子交换膜分隔的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及/或浓缩室及/或电极室内把阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层的至少一种，在通水方向交叉层叠配置。



具有阴离子交换功能的纤维材料层

具有阳离子交换功能的纤维材料层

1. 一种电脱盐装置，该装置是在阴极和阳极之间具有通过多块离子交换膜分隔的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及浓缩室及电极室的至少一个室中把阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层的至少一种，在通水方向交叉层叠配置。

2. 按照权利要求1中所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，在该室内使层叠配置的阴离子交换纤维材料和划定该室的阴离子交换膜接触地进行配置，及/或在该室内使层叠配置的阳离子交换纤维材料和划定该室的阳离子交换膜接触地进行配置。

3. 按照权利要求1中所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，在该室内使层叠配置的阴离子交换纤维材料和该室内层置配置的阳离子交换纤维材料的一种或两种，与划定该室的阴离子交换膜及阳离子交换膜两者接触地进行配置。

4. 按照权利要求1中所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，沿阴离子交换膜表面配置阴离子交换纤维材料，及/或沿阳离子交换膜表面配置阳离子交换纤维材料。

5. 按照权利要求1~4中任何一项所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，把阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层，在通水方向交叉交替层叠配置数层。

6. 按照权利要求1~5中任何一项所述的电脱盐装置，在阴极室阴离子交换纤维材料在通水方向交叉层叠配置。

7. 按照权利要求6中所述的电脱盐装置，该阴离子交换纤维材料与划定该阴极室的阴离子交换膜及阴电极的至少一种接触地进行配置。

8. 按照权利要求6中所述的电脱盐装置，该阴离子交换纤维材料与划定该阴极室的阴离子交换膜及阴电极的两者接触地进行配置。

9. 按照权利要求6中所述的电脱盐装置，在阴极室，沿着划定

该室的阴离子交换膜及/或阴电极的表面，配置阴离子交换纤维材料。

10. 按照权利要求 1~9 中任何一项所述的电脱盐装置，阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料为纺织布或无纺布。

11. 按照权利要求 1~9 中任何一项所述的电脱盐装置，阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料层的至少一种利用放射线接枝聚合方法向基材导入离子交换基。

12. 一种电脱盐装置，该装置是在阴极和阳极之间具有通过多块离子交换膜分隔的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及浓缩室及电极室的至少一个室中，赋予离子交换功能的通水性多孔性材料层，在通水的流通方向交叉层叠配置。

13. 一种电脱盐装置，该装置是在阴极和阳极之间具有通过多块离子交换膜分隔的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，把长片状阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料重合，将其折叠成与脱盐室尺寸吻合，形成褶状的离子交换纤维材料结构体，把该褶状结构体充填至脱盐室内，使褶状面与通水方向交叉，并且使结构体的两断面分别接触划定脱盐室的阳离子交换膜及阴离子交换膜。

14. 一种电脱盐装置，该装置是在阴极和阳极之间具有通过多块离子交换膜分隔的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室内及浓缩室及电极室的至少一个室中，把长片状阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料重合，将其卷绕形成的纤维材料结构体 1 个或多个填充，使结构体的两断面分别接触划定该室的阳离子交换膜及阴离子交换膜。

电脱盐装置

技术领域

本发明涉及所谓电脱盐装置 (electrical deionization apparatus) 的改良, 提供一种现有的电脱盐装置性能得到很大提高的电脱盐装置。

背景技术

所谓电脱盐装置, 是在阴极和阳极的电极之间通过配置阳离子交换膜及阴离子交换膜, 形成浓缩室及脱盐室, 以电位梯度作为驱动源, 在脱盐室内被处理水中的离子通过离子交换膜向浓缩室移动、分离, 由此除去离子成分。

图 1 示出了现有的典型的电脱盐装置示意图。示于图 1 的电脱盐装置, 在阴极 (-) 和阳极 (+) 之间交替配置阴离子交换膜 A、阳离子交换膜 C, 形成脱盐室及浓缩室。阴离子交换膜及阳离子交换膜反复多次交替配置, 借此交替形成多个脱盐室及浓缩室。根据需要, 在脱盐室及浓缩室填充离子交换体, 借此促进各室内的离子移动。另外, 把与两端的阳极及阴极接触的区域一般称作阳极室及阴极室, 发挥接收通过直流电施加的电流电子的功能。

在这种电脱盐装置运行时, 在向阳极及阴极施加电压的同时, 向脱盐室、浓缩室及电极室 (electrode compartments) 通水。向脱盐室供给离子处理对象的被处理水, 向浓缩室及电极室分别通入适当水质水。在图 1 中示出向所有的脱盐室、浓缩室及电极室供给 RO 处理水的例子。当向这种脱盐室及浓缩室通水时, 在脱盐室中, 被处理水中的阳离子及阴离子分别导向阴极侧及阳极侧, 阴离子交换膜及阳离子交换膜仅分别选择通过阴离子及阳离子, 故被处理水中的阳离子 (Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 Mg^{2+} 、 H^{+} 等), 通过阳离子交换膜 C, 移至阴极侧的浓

缩室，而阴离子 (Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HSiO_3^- 、 HCO_3^- 、 OH^- 等)，通过阴离子交换膜 A，移至阳极侧的浓缩室。另一方面，从阴极侧的浓缩室向脱盐室的阴离子移动及从阳极侧的浓缩室向脱盐室的阳离子移动，由于离子交换膜的不同符号离子遮断性而被阻止。结果是从脱盐室得到离子浓度被降低的脱盐水，从浓缩室得到离子浓度被提高的浓缩水。

如采用这种电脱盐装置，例如采用 RO (反渗透膜) 处理过的杂质相当少的水作为被处理水，则可以得到纯度更高的纯水作为脱盐水。最近，例如半导体制造用超纯水等，要求更高纯度的超纯水。最近，在电脱盐装置中，已知有在脱盐室及/或浓缩室及/或电极室中，将作为离子交换体的阳离子交换树脂珠粒 (resin beads) 和阴离子交换树脂珠粒混合、填充，促进这些室内的离子移动的方法。另外，作为离子交换体，在脱盐室内，对着阳离子交换膜侧配置阳离子交换纤维材料 (无纺布等)，对着阴离子交换膜侧配置阴离子交换纤维材料，在这些离子交换纤维材料之间填充间隔板 (spacer) 或赋予离子传导性的离子传导间隔板的方法也被提出 (例如，参照特开平 5-64726 号公报及国际公开 W099/48820 号公报)。

如上所述，当向填充了离子交换体的脱盐室通入被处理水时，被处理水中的除去对象盐和离子交换体的离子交换基发生离子交换反应而除去盐。例如，当作为除去对象盐为 NaCl ，而作为阳离子交换基用磺酸基，作为阴离子交换基用季铵盐时，可按下法进行说明。

当溶解了除去对象盐 (NaCl) 的被处理水与阳离子交换体接触时，被处理水中的阳离子 (Na^+) 通过阳离子交换基进行离子交换，被吸附到固相 (阳离子交换体) 上而被除去 (式 1)：



与阳离子交换体接触，除去某种程度阳离子的被处理水，接着与阴离子交换体接触。此时，通过阳离子交换基的离子交换反应 (式 1) 生成的酸 (HCl)，按式 2 所示被完全中和：



另一方面，不与阳离子交换体反应的被处理水中的除去对象盐，

与阴离子交换体接触，如式 3 所示，通过阴离子交换基与阴离子 (Cl^-) 进行离子交换，被吸附到固相 (阴离子交换体) 上而被除去 (式 3)：



其次，被处理水与阳离子交换体接触，通过阴离子交换基进行离子交换 (式 3)，生成的碱 (NaOH) 按式 4 进行被中和：



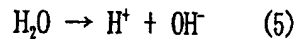
上式 1 及 3 是平衡反应，因此，被处理水中所含的除去对象盐，通过与阴离子交换体及阳离子交换体 1 次接触，不能被离子交换完全除去，而在被处理水中有某种程度残留。因此，为了有效除去离子，上式 1~式 4 的反应必须反复进行，因此，被处理水与阴离子交换体及阳离子交换体尽可能多地多次交替接触，通过式 1~式 4 的反应，使除去对象盐移至固相是重要的。

为使上述被处理水中的除去对象离子发生离子交换反应及中和反应，必须使除去对象离子移动至官能基附近，然后发生离子交换的二步过程。在电脱盐装置中，由于被处理水被连续供给脱盐室，在短时间通过脱盐室期间，必须发生离子交换反应及中和反应，故希望被处理水中的除去对象离子在短时间内扩散至离子交换体的官能基附近，保持官能基和离子的高频率接触。

另外，在电脱盐装置中，通过上式 1~4 的离子交换反应及中和反应吸附在固相 (离子交换体) 上的除去对象离子，必须通过通电运行，从脱盐室移至浓缩室或电极室。此时，希望吸附在离子交换体上的除去对象离子，不要在液相中脱离，而连接在固相 (离子交换体) 上，移动至脱盐室和浓缩室之间的离子交换膜。即，希望在脱盐室，在阳离子交换膜及阴离子交换膜之间，与阳离子交换膜接触的阳离子交换体及与阴离子交换膜接触的阴离子交换体，分别填充形成连续相 (continuous phase)。

另外，在上述室内填充离子交换体的电脱盐装置中，在填充离子交换体的脱盐室及/或浓缩室内，存在阳离子交换基和阴离子交换基接触的部位。特别是在脱盐室内的阳离子交换基和阴离子交换基接触的

部位，在激烈的电位梯度下发生水的解离（式5）：



通过该解离（水解）生成的 H^+ 离子及 OH^- 离子，使脱盐室内的离子交换体再生，可得到高纯度纯水。因此，为了效率良好地进行脱盐，希望水解发生场所，即阴离子交换体和阳离子交换体的接触部位多。另外，通过水解生成的 H^+ 离子及 OH^- 离子，分别依次与相邻的阳离子交换体和阴离子交换体的离子交换基接触而再生。在该结构中，当通电运行时，在阳离子交换体和阴离子交换体的接触部位，官能基的抗衡离子（counter-ions）产生局部不足，必须补偿这种不足的抗衡离子，使官能基附近的水发生解离，连续向阳离子交换基和阴离子交换基供给 H^+ 离子及 OH^- 离子。另外，不仅水，即使醇等非电解质，通过强电场的作用发生分极及解离，变成阴离子和阳离子，吸附在官能基上而可以除去。因此，阳离子交换体和阴离子交换体的接触部位（水解场所），特别希望在脱盐室内全面均匀分散而存在多处，另外，希望阳离子交换体和阴离子交换体分别从该接触部位进行配置形成连续相。

近几年来，要求纯度更高的纯水，希望处理水中含有的 TOC（有机碳）成分的浓度更低。采用电脱盐处理得到的处理水中含有的 TOC 成分，有来自内因性的填充至脱盐装置的离子交换体的洗提成分以及来自外因性的被处理水中含有的 TOC 成分。其中，从离子交换体洗提的 TOC 成分，在离子交换体合成时，在离子交换体上附着很多的未反应单体或未交联的高分子电解质。这些通过通水洗涤，缓慢洗提至液相，因此，希望离子交换体具有用尽可能短时间可加以洗涤的结构。另外，希望从离子交换体合成工艺中排除交联反应，防止未交联的高分子电解质混入离子交换体。另一方面，关于被处理水中含有的 TOC 成分，可以在阳离子交换基和阴离子交换基之间的水的解离反应同样强的电位梯度下，通过离子化加以去除。因此，希望含 TOC 成分的被处理水均匀通过阳离子交换体和阴离子交换体的接触部位。

另外，作为所得到的处理水（纯水），还希望二氧化硅成分、碳酸等弱电解质的浓度低。对此，在阳离子交换基和阴离子交换基之间

的水的解离反应同样强的电位梯度下，通过离子化可有效去除弱电解质。因此，此时也同样希望含弱电解质的被处理水均匀通过阳离子交换体和阴离子交换体的接触部位。

以上列举了电脱盐装置所要求的功能，但现有结构的电脱盐装置无法全部满足这些要求。

例如，在现有的电脱盐装置中，阴离子交换树脂珠粒及阳离子交换树脂珠粒混合填充在脱盐室者多。在这种情况下，树脂的填充状态是无规的，另外，水在室内的流动也是无规的，所以，从微观上看，被处理水和离子交换体的接触，未必是阴离子交换体及阳离子交换体交替接触。另外，填充的离子交换树脂珠粒的粒径，为了降低压力损失，通常采用一般 500 μm 左右的粒径，但离子交换树脂珠粒的大部分官能基，由于存在于珠粒内部的大孔及微孔内，所以，除去对象离子难以扩散至官能基附近，故除去对象离子与官能基的接触频率不太高。另外，由于阳离子交换体和阴离子交换体的无规填充，故阳离子交换体和阴离子交换体分别难以形成连续相，除去对象离子难以从脱盐室向浓缩室在固相中连续移动，TOC 成分的除去性能及弱电解质除去性能也低。另外，离子交换树脂珠粒的 TOC 成分洗提多，特别是从大孔及微孔内洗提的 TOC 成分，即使长时间通水洗涤树脂珠粒也难以完全除去。

另外，有人提出在现有的电脱盐装置中，把离子交换树脂珠粒充填成层状的提案。作为这种提案，可以举出在脱盐室内把阴离子交换树脂珠粒和阳离子交换树脂珠粒，根据需要借助塑料筛网等交替填充；把脱盐室用隔板分隔，在分隔的区域，交替形成阴离子交换树脂珠粒单床 (resin bead-only beds) 和阳离子交换树脂珠粒单床；离子交换树脂珠粒是用粘合剂粘结而形成的块，阴离子交换树脂珠粒的块和阳离子交换树脂珠粒的块交替填充等。但是，在脱盐室内阴离子交换树脂珠粒和阳离子交换树脂珠粒，交替形成层以整体填充极为困难。另外，在层间借助筛网等或用隔板把脱盐室分隔交替形成层时，阴离子交换基和阳离子交换基接触的部位（水解发生场所），受离子交换

膜和填充至室内的离子交换体的接触面所限，水解发生场所在脱盐室内不能形成许多。另外，在用隔板分隔脱盐室时，可以形成的树脂层数，从在室内容易安装性及整个装置大小考虑，限于数段至数十段。另外，采用离子交换树脂珠粒，如上所述，除去对象离子和离子交换基的接触频率不太高。另外，在用粘合剂粘结树脂珠粒时，由于粘合剂限制水的流路，故除去对象离子和离子交换基的接触频率显著降低。另外，关于 TOC 洗提量，由于采用离子交换树脂珠粒，如上所述，洗提量高，特别是在采用粘合剂时，由于粘合剂自身变成洗提成分，故处理水的 TOC 浓度变得更高。另外，如上所述，由于阴离子交换基和阳离子交换基的接触部位限于离子交换膜和填充至室内的离子交换体的接触面，所以，大部分被处理水不能流过此处，TOC 成分及弱电解质的离子化困难，因此，去除性能也低。

为了解决伴随着使用上述离子交换树脂珠粒的各种问题点，把在纺织布、无纺布等纤维材料上采用放射线接枝聚合法等导入离子交换基的离子交换纤维材料，用作脱盐室的填充材料的提案已经提出（例如，上述特开平 5-64726 号公报）。离子交换纤维材料，比表面积比离子交换树脂珠粒大，也不是离子交换树脂珠粒的珠粒内部的大孔及微孔内存在离子交换基，故大多数离子交换基配置在纤维表面上。因此，被处理水中的除去对象离子容易流至离子交换基附近而被输送（通过对流）。因此，当采用离子交换纤维材料时，与使用离子交换树脂珠粒的情况相比，除去对象离子和离子交换基的接触频率格外提高。

然而，普遍认为纺织布、无纺布等纤维材料，一般由于通水性不太高，在现有的薄型脱盐池内填充纤维材料时，由于压力损失相当大，则得不到充分的处理流量。

在脱盐室，在阳离子交换膜侧，无纺布等阳离子交换纤维材料，而在阴离子交换膜侧，阴离子交换纤维材料，分别面对面配置，在这些离子交换纤维材料之间，设置斜交网状间隔板，或填充赋予其离子传导性的离子传导间隔板的电脱盐装置已有人提出（例如，上述国际公开 W 0 99/48820 号小册子）。当为这种结构的装置时，被处理水在

斜交网状隔板或离子传导间隔板中变成湍流，与阳离子交换纤维材料及阴离子交换纤维材料接触。因此，被处理水多少与阳离子交换纤维材料及阴离子交换纤维材料发生交替接触，故不能说在这里发生充分有效的交替接触。另外，虽然采用表面积大、具有多个可利用离子交换基的纤维材料时，但由于纤维材料和间隔板的通水性差，多数被处理水流过间隔板部，而贯穿流过无纺布内部者极少。因此，除去对象离子和离子交换基的接触频率低。

发明内容

本发明人对电脱盐装置要求的功能，通过上述系统考察的结果进行了说明，为了提高脱盐性能及 TOC 去除性能，认为使被处理水与阳离子交换体及阴离子交换体交替多段接触；提高被处理水中的除去对象离子与离子交换基的接触频率；在脱盐室，在阴离子交换膜和阳离子交换膜之间，阴离子交换体及阳离子交换体分别形成连续相；阳离子交换基和阴离子交换基的接触部位，在遍布整个脱盐室内形成多处，同时使被处理水充分流过此处是重要的。而且，为提供全部满足这些条件的电脱盐装置而悉心探讨的结果表明，通过合适材料的选定和填充方法的改良，可大幅改善电脱盐装置的脱盐性能及 TOC 去除性能。

下面参照附图对本发明的各种具体方案加以说明。

附图说明

图 1 是电脱盐装置的原理示意图。

图 2 是本发明一方案的电脱盐装置的结构示意图。

图 3 是本发明又一方案的电脱盐装置的结构示意图。

图 4 是本发明另一方案的电脱盐装置的脱盐室结构示意图。

图 5 是本发明另一方案的电脱盐装置的脱盐室结构示意图。

图 6 是实施例 1 使用的本发明电脱盐装置的结构示意图。

图 7 是实施例 1 的通水实验结果图。

图 8 是比较例 1 使用的现有技术的电脱盐装置的结构示意图。

图 9 是比较例 2 使用的现有技术的电脱盐装置的结构示意图。

图 10 是实施例 2 使用的本发明第 2 方案的电脱盐装置的结构示意图。

图 11 是比较例 3 使用的电脱盐装置的结构示意图。

图 12 是实施例 2 的运行实验结果图。

图 13 是比较例 3 的运行实验结果图。

图 14 是实施例 3 使用的本发明第 3 方案的电脱盐装置的结构示意图。

图 15 是实施例 4 使用的本发明第 3 方案的电脱盐装置的结构示意图。

图 16 是实施例 3 的运行实验结果图。

图 17 是实施例 2 的运行实验中两电极室两端的电压经时变化图。

图 18 是实施例 4 的运行实验结果图。

具体实施方式

图 2 是表示本发明一方案的电脱盐装置的结构示意图。在阴极(-)和阳极(+)之间配置阴离子交换膜(A)和阳离子交换膜(C),划定浓缩室及脱盐室。另外,把与两电极接触的室称作电极室。如本领域人员所知,两电极室具有脱盐室或浓缩室的任一功能。一般多把最外侧的浓缩室作为电极室。例如,在图 2 所示的装置中,当在中央的脱盐室两侧的浓缩室配置电极时,即在阳极和阴极之间仅形成浓缩室-脱盐室-浓缩室等 3 室时,两侧的浓缩室也发挥电极室的功能。但是,这种结构的装置,也包括在本申请书权利要求范围中规定的“具有脱盐室、浓缩室及电极室的电脱盐装置”的范围内,本领域技术人员对此是毫无疑问的。

在由阳极侧的阴离子交换膜和阴极侧的阳离子交换膜划定的脱盐室内,把具有阳离子交换功能的纤维材料(称作阳离子交换纤维材料)和具有阴离子交换功能的纤维材料(称作阴离子交换纤维材料),在被处理水的流通方向(通水方向)交叉加以多层层叠。即,在现有

的电脱盐装置中，在往脱盐室或浓缩室填充离子交换纤维材料或离子传导间隔板等片状材料时，如图8所示，沿被处理水的流通方向（通水方向），即，与构成各室的离子交换膜平行填充，但在本发明涉及的电脱盐装置中，在脱盐室，把离子交换纤维材料在被处理水的流通方向（通水方向）交叉，并且在与构成室的离子交换膜交叉的方向填充。离子交换纤维材料在上述方向层叠配置是优选的，如图2所示，把阳离子交换纤维材料的层与阴离子交换纤维材料的层交替层叠是更优选的。

在这种构成的电脱盐装置中，由于把阴离子交换纤维材料和阳离子交换纤维材料，与被处理水的流通方向交叉层叠配置，所以，被处理水贯穿全部纤维材料中，从一个表面通过另一表面流动。因此，由于向具有多个可利用交换基的全部离子交换纤维材料，充分供给被处理水，所以，这些离子交换基可得到有效利用。因此，脱盐室的每单位长度（被处理水的流通方向）的可利用离子交换基的数量大幅增加，所以，脱盐室的长度与原来的相比可以缩短。离子交换纤维材料有上述压力损失问题，而本发明的电脱盐装置中沿脱盐室的被处理水的流通方向的长度，与原来的相比可大幅缩短，所以，被处理水的压力损失加大，但在实用上并无问题。

另外，按照本发明，脱盐室内的阴离子交换体和阳离子交换体的接触部位，即发生水解的场所，沿被处理水流的整个断面形成，所以，供给发生水解场所的被处理水量大，可以促进水解引起的离子交换体再生及TOC和二氧化硅等弱电解质的分解。为了达到该目的，在脱盐室内填充的阴离子交换纤维材料和阳离子交换纤维材料互相接触者是优选的。

还有，在本发明中，阴离子交换纤维材料和阳离子交换纤维材料的至少一种最好交叉配置在被处理水的流通方向。例如，阴离子交换纤维材料在被处理水的流通方向交叉配置几层，同时在阴离子交换纤维材料的层间填充阳离子交换树脂珠粒等，也可以发挥本发明的效果，该方案也包括在本发明中。或者，在脱盐室内，在被处理水的流通方

向交叉配置几层阴离子交换纤维材料，同时在该阴离子交换纤维材料的层间填充阳离子交换树脂珠粒等的部分，和在被处理水的流通方向交叉配置多层阳离子交换纤维材料，同时在该阳离子交换纤维材料的层间填充阴离子交换树脂珠粒等的部分，一起存在这两种结构者是优选的。

在本发明中，在脱盐室内，在被处理水的流通方向交叉层叠配置阴离子交换纤维材料和划定该脱盐室的阴离子交换膜，或层叠配置阳离子交换纤维材料和划定该脱盐室的阳离子交换膜的至少一种接触是优选的。即，在图2所示的结构中，配置在脱盐室内的阴离子交换纤维材料与阴离子交换膜(A)接触，或在脱盐室内配置的阳离子交换纤维材料与阳离子交换膜(C)接触，或该两者接触是优选的。通过采用这种结构，离子交换纤维材料通过离子交换，把被处理水中吸附的除去对象离子传送至离子交换纤维材料，移动至离子交换膜，通过离子交换膜移动至相邻的浓缩室。因此，离子交换体上吸附的除去对象离子在液相中不脱离，在固相(离子交换体)上可连续移动到达离子交换膜。

另外，在本发明中，配置在脱盐室内的阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料的至少一种，配置成与阴离子交换膜及阳离子交换膜两者接触是优选的。在图2所示的方案中，阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料两者，与划定脱盐室的阴离子交换膜及阳离子交换膜两者接触。当采用该构成时，例如，阴离子交换纤维材料与阳离子交换膜(C)的接触点，发挥作用水解发生场所的功能。在该部分通过水解产生的 OH^- 离子，向着阳极，阴离子交换纤维材料的阴离子交换基相继边再生边移动。因此，通过水解产生的 OH^- 离子，从脱盐室一端移向另一端进行再生，效率极好。在阴离子交换膜(A)和阳离子交换纤维材料的接触点产生的 H^+ 离子也是同样。

另外，在本发明中，如图3所示，在脱盐室内，沿着阴离子交换膜表面配置阴离子交换纤维材料，及/或，沿着阳离子交换膜表面配置阳离子交换纤维材料是优选的。当不沿着这种离子交换膜表面配置离

子交换纤维材料的层时，在被处理水流通方向交叉层叠配置的离子交换纤维材料，和沿着被处理水流通方向配置的离子交换膜之间的接触，由于在离子交换纤维材料的端部进行，所以，接触不紧密，因而可能产生离子传导性变低的问题，该问题有使运行电压上升的危险。但按照图3所示的方案，是可以解决该问题。

另外，在本发明中，在脱盐室内，在被处理水流通方向交叉配置的阴离子交换纤维材料的层及阳离子交换纤维材料的层交替且尽可能多的配置是优选的。如阴离子交换纤维材料的层及阳离子交换纤维材料的层，交替多层配置，则可以满足上述“被处理水与阳离子交换体及阴离子交换体尽可能多的交替接触次数”的条件，通过离子交换从被处理水中可以把除去对象离子完全除去。另外，如阳离子交换体的层及阴离子交换体的层交替数层层叠，则阴离子交换体和阳离子交换体的接触部位，即水解发生场所在遍及整个脱盐室形成多处，所以，离子交换体的再生及TOC成分和二氧化硅等的分解可以极为有效地进行。

还有，在本发明涉及的电脱盐装置中，对浓缩室及电极室的构成未作特别限定，但在这些浓缩室及/或电极室内填充离子交换体也是优选的。作为填充至浓缩室或电极室内的离子交换体，可以采用电脱盐装置中提案使用的任意材料。例如，可以把与填充至脱盐室的同样的赋予离子交换功能的离子交换纤维材料等作为离子交换体填充至电极室内，另外，专利文献2中公开的赋予离子传导性的斜交网等形态的离子传导间隔板等，可以用作填充至浓缩室及电极室内的离子交换体。另外，在浓缩室或电极室也可以填充不赋予离子传导性的斜交网形态的间隔板。

另外，作为本发明涉及的电脱盐装置，具有下列结构：(i)在多个交替配置脱盐室及浓缩室的电脱盐装置中，设置具有本发明基本结构的脱盐室；(ii)在脱盐室内，阴离子交换纤维材料的层及/或阳离子交换纤维材料的层沿被处理水流动方向交叉层叠配置，在这些层之间插入至少1层是由其他离子交换体构成的层；(iii)在脱盐室内，

把阴离子交换纤维材料的层及/或阳离子交换纤维材料的层加以层叠，其至少1层由阴离子交换纤维材料或具有阳离子交换功能的纤维材料与其他离子交换体的复合而构成。

另外，在电脱盐装置的脱盐室内的阳离子交换体和阴离子交换体的接触部位，阳离子交换基和阴离子交换基发生结合，随着运行时间的推移，阴离子交换体和阳离子交换体变得更牢固地结合。像本发明的电脱盐装置那样，在脱盐室内，离子交换体在被处理水的流通方向交叉配置，即与划定脱盐室的离子交换膜交叉配置离子交换体时，由于为了防止被处理水优先在离子交换膜及填充的离子交换体之间流过，所以，离子交换膜和离子交换体的接触部位必须更加牢固地密合。在这里，在本发明涉及的电脱盐装置中，在运行初期，以低速（例如， $SV < 100h^{-1}$ ）进行通电运行，脱盐室的阳离子交换膜和阴离子交换体，以及阴离子交换膜和阳离子交换体的结合，通过通电运行形成后，使流速上升进行通常的运行是优选的。另外，在长时间内，为了保持脱盐室的离子交换膜与离子交换体之间的结合，各浓缩室的压力和各脱盐室的压力保持在相同程度，使离子交换膜与离子交换体不发生剥离者是更优选的。

作为本发明涉及的电脱盐装置中可以使用的离子交换纤维材料，在分子纤维基材上通过接枝聚合法导入离子交换基者是优选的。由分子纤维构成的接枝化基材，既可以是聚烯烃类高分子例如聚乙烯或聚丙烯等一种单纤维，也可以是轴芯和壳部由不同的高分子构成的复合纤维。作为可以使用的复合纤维的例子，可以举出聚烯烃类高分子例如聚乙烯作为壳成分，作为壳成分以外的高分子例如聚丙烯作为芯成分的具有芯壳结构的复合纤维。在该复合纤维材料中，利用放射线接枝聚合法导入离子交换基，由于可制造离子交换能力优异、厚度均匀的材料，所以，在本发明中用作离子交换纤维材料是优选的。作为离子交换纤维材料的形态，可以举出纺织布、无纺布等。

另外，作为本发明涉及的电脱盐装置中可以使用的离子传导性隔板，聚烯烃类高分子制成的树脂，例如原来的电透析槽中使用的聚乙

烯制成的斜交网（网织物）作为基材，采用放射线接枝法对其赋予离子交换性能，得到离子传导性优良、被处理水分散性优良的材料，是优选的。

本发明涉及的电脱盐装置中可以使用的离子交换纤维材料或离子传导性间隔板等，制用放射线接枝聚合法制造是优选的。所谓放射线接枝聚合法，是对高分子基材照射放射线，使形成游离基，再通过其与单体反应，把单体导入基材中的技术方法。

作为放射线接枝聚合法中使用的放射线，可以举出 α 线、 β 线、 γ 线、电子线、紫外线等，但在本发明中采用 γ 线及电子线是优选的。作为放射线接枝聚合法，可以采用：首先对接枝基材照射放射线后，与接枝单体接触进行反应的预照射接枝聚合法；以及，在基材和单体共存下照射放射线的同时照射接枝聚合法，在本发明中，任何一种方法均可采用。另外，根据单体与基材的接触方法，可以举出：把基材浸渍在单体溶液中直接进行聚合的液相接枝聚合法；使基材接触单体蒸气进行聚合的气相接枝聚合法；把基材浸渍在单体溶液中从单体溶液取出后在气相中进行反应的浸渍气相接枝聚合法等，在本发明中任何一种方法均可以采用。

作为在无纺布等纤维基材或间隔板基材上导入的离子交换基，未作特别限定，可以采用各种阳离子交换基或阴离子交换基。例如，作为阳离子交换基，可以采用磺酸基等强酸性阳离子交换基、磷酸基等中酸性阳离子交换基、羧基等弱酸性阳离子交换基，作为阴离子交换基，可以采用1级~3级氨基等弱碱性阴离子交换基、季铵基等强碱性阴离子交换基，或者，也可以采用兼有上述阳离子交换基及阴离子交换基两者的离子交换体。

这些各种离子交换基，采用具有这些离子交换基的单体进行接枝聚合，优选进行放射线接枝聚合，或采用具有可转换成这些离子交换基的基团的聚合性单体进行接枝聚合后，把该基转变成离子交换基，借此，可以导入纤维基材或间隔板基材。用于该目的的具有离子交换基的单体，可以举出丙烯酸(AAc)、甲基丙烯酸、苯乙烯磺酸钠(SSS)、

甲代磺酸钠、烯丙基磺酸钠、乙烯基磺酸钠、乙烯基苄基三甲基氯化铵 (VBTAC)、二乙基氨基乙基甲基丙烯酸酯、二甲基氨基丙基丙烯酰胺等。例如,用苯乙烯磺酸钠作单体,进行放射线接枝聚合,借此往基材上直接导入作为强酸性阳离子交换基的磺酸基,另外,采用乙烯基苄基三甲基氯化铵作单体的放射线接枝聚合,借此往基材上直接导入作为强碱性阴离子交换基的季铵基。另外,作为具有可转化成离子交换基的基团的单体,可以举出丙烯腈、丙烯醛、乙烯基吡啶、苯乙烯、氯甲基苯乙烯、甲基丙烯酸缩水甘油酯 (GMA) 等。例如,甲基丙烯酸缩水甘油酯,通过放射线接枝聚合而导入基材,然后与亚硫酸钠等磺化剂反应,借此向基材导入作为强酸性阳离子交换基的磺酸基,或者,氯甲基苯乙烯接枝聚合后,把基材浸入三甲胺水溶液进行季铵化,借此向基材导入作为强碱性阴离子交换基的季铵基。

还有,在图 2 及图 3 中示出,片状离子交换纤维材料,在脱盐室内在被处理水的流通方向的交叉方向,即横向进行层叠,构成本发明涉及的电脱盐装置的实例,另外,采用下述的离子交换纤维材料的填充方法也可以构成本发明涉及的电脱盐装置。

首先,如图 4 所示,把长片状阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料重合,将其折叠成与脱盐室尺寸吻合,形成褶状的离子交换纤维材料结构体,把该褶状结构体充填至脱盐室内,使褶状面与通水方向交叉,并且使结构体的两断面分别接触划定脱盐室的阳离子交换膜及阴离子交换膜,构成本发明涉及的电脱盐装置。另外,如图 5 所示,把长片状阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料重合,卷成辊筒状,将该辊筒状 1 个或多个填充至脱盐室内,使两断面分别接触划定脱盐室的阳离子交换膜及阴离子交换膜,构成本发明涉及的电脱盐装置。如图 4 及图 5 所示的方案,阴离子交换纤维材料的层及阳离子交换纤维材料的层,在被处理水的流通方向交叉,层叠配置,也包括在本发明的电脱盐装置的范围内。还有,在这些方案中,如图 3 所示,沿着划定脱盐室的阴离子交换膜表面配置阴离子交换纤维材料,及/或,沿着阳离子交换膜表面配置阳离子交换纤维材料,填充至脱盐

室内的离子交换体和划定脱盐室的离子交换膜接触更加牢固。

构成本发明涉及的电脱盐装置中所用的离子交换膜，作为阳离子交换膜，例如采用 NEOSEPTA CMK (Tokuyama Corporation) 等，作为阴离子交换膜，例如采用 NEOSEPTA AMX (Tokuyama Corporation) 等。

由于具有上述构成，如采用本发明涉及的电脱盐装置，则可以得到下述效果，使本发明涉及的电脱盐装置的脱盐效率大幅提高，电脱盐装置可小型化。被处理水完全交替多段接触阳离子交换体和阴离子交换体是可能的。

1. 具有离子交换功能的纤维材料层，由于由纤维直径小的纤维构成，离子的固相移动扩散距离短，表面积大，故除去对象离子和官能基的接触频率高，离子交换反应达到平衡状态的时间短，容易完成中和反应。

2. 具有阳离子交换功能的纤维材料层及具有阴离子交换功能的纤维材料层，分别与阳离子交换膜和阴离子交换膜密合，横切脱盐室，同种离子交换体连续在电极方向填充，通过离子交换吸附在固相的除去对象离子及水解产生的 H^+ 离子及 OH^- 离子容易移动至固相中，不在水相中脱离而运送至浓缩室。

3. 设置阳离子交换膜和阴离子交换纤维材料层的接触部位、阴离子交换膜和阳离子交换纤维材料层的接触部位、以及阳离子交换纤维材料层和阴离子交换纤维材料层的接触部位，作为阳离子交换体和阴离子交换体的接触部位。另外，在离子交换纤维材料多层交替填充时，大部分水解在阳离子交换纤维材料层和阴离子交换纤维材料层的接触部位发生。因此，当被处理水大量流过水解发生场所时，在水解发生场所可以促进 TOC 成分及弱电解质的离子化，提高 TOC 成分及弱电解质的去除率。

根据以上的原理，按照本发明涉及的电脱盐装置，例如以 RO 处理水的相当的水作为处理水，以 $10Lh^{-1}$ 供给时，以 SV (空间速度：被处理水供给速度/总脱盐室体积) = $200h^{-1}$ 、运行电流 0.4A，可以稳定得到比电阻值 $18.0M\Omega cm$ 左右、TOC 浓度 10ppb 以下、二氧化硅浓度

30 ppb 以下的处理水。

在上述说明的脱盐室内，通过采用阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层的至少一种在被处理水的流通方向交叉层叠配置的本发明的结构，可大幅提高脱盐室的每单位体积的脱盐效率，故电脱盐装置的尺寸比原来的大幅减小也成为可能。

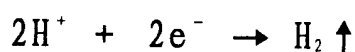
然而，根据本发明人以后的研究发现，当上述小型电脱盐装置长时间运行时，特别是被处理水含钙成分及碳酸成分多，即硬度高时，运行电压随时间上升的倾向增强。这是由于被处理水中的钙离子及碳酸离子从相邻的脱盐室导入浓缩室，在浓缩室内被浓缩，生成的碳酸钙以结晶析出，其作为绝缘体阻碍电的流通，故运行电压上升。在原来的电脱盐装置中，这种现象已被确认，但由于装置大型，电极面积大，电流密度低，碳酸钙整体的生成变薄，溶解在水中，因此，存在产生因碳酸钙结晶析出而引起的重大问题少。但是，本发明的电脱盐装置伴随着大幅度地小型化，此问题有时明显。

当对该浓缩室内碳酸钙的结晶析出现象进行考察时，首先发现在浓缩室内，在阴离子交换体/阳离子交换体的接触界面生成碳酸钙。由于生成的碳酸钙溶解度低，其变成结晶析出，生成的结晶粒子变成种核又进行结晶析出。本发明人针对该碳酸钙结晶析出机理，着眼于当碳酸钙生成时，因阴离子交换体/阳离子交换体的接触界面遍及整个浓缩室而分散，所以，即使碳酸钙生成也不会作为结晶析出，脱盐运行可以稳定进行。因此，在上述说明的脱盐室内本发明的构成也在浓缩室采用，故可以推定浓缩室内的阴离子交换体/阳离子交换体的接触界面遍及整个室而分散，完成本发明的优选第2方案。

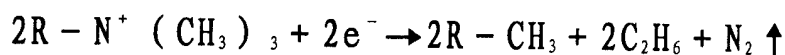
即，本发明的优选第2方案，其特征在于，在电脱盐装置的浓缩室内，阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层的至少一种与通水方向交叉、层叠配置。

在本发明的第2方案中，浓缩室内的离子交换纤维材料的填充方法及通水方法，可参照图2~图5，参考脱盐室内的离子交换纤维材料的填充方法及通水方法，采用上述说明的各种方案。

另外, 根据本发明人的进一步研究表明, 在电极室内通过离子交换纤维材料在通水方向交叉层叠配置, 可使脱盐运行的运行电压更加稳定。在电极室特别是在阴极室内, 已知伴随着脱盐运行的时间推移, 在室的两端, 该电压上升。本发明人考察得到的结论是, 该现象, 在电极表面通过水的电解而生成 OH^- 离子, 其与通水中的钙离子结合, 生成氢氧化钙, 在电极表面析出, 形成绝缘体膜, 而使电阻上升。因此, 在电极室特别是在阴极室内, 通过离子交换纤维材料在通水方向交叉层叠配置, 电极与通水的接触面积格外增大, 生成的氢氧化钙的局部存在被抑制, 在全部电极室内分散, 因此, 电极室内的氢氧化钙析出可被抑制, 结果是电极室的电压差的上升被抑制。另外, 在阴极室两端的这种电压上升可认为是下列原因引起的, 当在阴极室填充离子交换体时, 通常可用阴离子交换体。阴离子交换基, 例如季铵基 ($\text{R}-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3$) 由于带正电, 从而有助于电极(阴极)。在电极上通常为水的还原反应:



即, 引起水的电解, 与此同时, 季铵基也被还原:



当季铵基被还原时, 失去离子交换功能, 变成绝缘体, 所以, 极室的两端电压上升。在原有的电脱盐装置中, 当向电极室填充离子交换体时, 由于采用离子传导隔板, 所以, 电极和离子交换体可以说是以点接触, 则通过上述阴离子交换基的绝缘化而阻碍电的流通, 电极室的两端电压显著上升。但是, 按照本发明的第3实施方案, 特别是在阴极室, 通过阴离子交换纤维材料在与通水方向交叉的方向层叠配置, 阴电极和阴极室内的阴离子交换体的接触面积格外增大, 可以说是以面接触, 所以, 其一部分发生阴离子交换基的绝缘化, 但在电极室两端不发生像引起电压上升那样的影响, 结果是可以抑制电极室两端电压的上升。但是, 本发明更优选的第3实施方案, 其特征在于, 在电脱盐装置的电极室内, 阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层至少一种, 在通水方向交叉层叠配置。在本发明的第3实

实施方案中，在阴极室内，阴离子交换纤维材料与通水方向交叉层叠配置是特别优选的。

还有，在本发明的第3实施方案中，特别是在阴极室内，离子交换纤维材料与通水方向交叉层叠配置是优选的，阳离子交换纤维材料与通水方向交叉层叠配置是更优选的。其他离子交换纤维材料的填充方法及通水方法，参考对脱盐室的离子交换纤维材料的填充方法及通水方法，参照图2~图5，可以采用上述说明的各种方案。但是，在阴极室的情况，阴极和通常用阴离子交换膜划定的室，在阴极室内层叠配置的阴离子交换纤维材料和划定该室的阴离子交换膜及阴电极的至少一种接触地进行配置，另外，阴极室内层叠配置的阴离子交换纤维材料，与划定该室的阴离子交换膜及阴电极两者接触地进行配置也可，还有，在阴极室中，配置划定该室的阴离子交换膜及/或沿阴电极表面配置阴离子交换纤维材料也可以。

上述本发明的各种实施方案的特征，既可分别加以组合，也可分别单独采用。即，在本发明的电脱盐装置中，离子交换纤维材料在通水方向交叉层叠配置的室，可以是脱盐室、浓缩室及电极室的任何一种，或脱盐室及浓缩室、或脱盐室及电极室、或浓缩室及电极室、或脱盐室、浓缩室及电极室全部。另外，如上所述，在脱盐室一部分、浓缩室一部分或电极室一部分中，离子交换纤维材料在通水方向交叉层叠配置也可以。

还有，上述说明是对脱盐室及浓缩室的至少一室中的离子交换纤维材料在通水方向交叉层叠配置的方案加以说明，与离子交换纤维材料比较，如采用具有同等程度的可利用离子交换基量、具有同等程度的通水性、赋予离子交换性的通水性多孔质材料，代替离子交换纤维材料，或者，与其组合配置在脱盐室内，通过采用该方案，可以发挥本发明的效果。即，本发明的又一方案涉及的电脱盐装置，是在阴极和阳极之间，具有采用多个离子交换膜隔开的脱盐室及浓缩室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及浓缩室的至少一个室内，与被处理水的流通方向交叉层叠配置赋予离子交换功能的通水性多孔性材料

层。

在本发明的该实施方案中使用的通水性多孔性材料，例如可以举出具有连通空孔的多孔性基材等。所谓“具有连通空孔的多孔性基材”，是指从基材一侧面向基材另一侧面具有贯穿内部的连续相连的空孔的所有结构体，例如，由聚乙烯、聚丙烯等烯烃性合成树脂构成的连续气泡泡沫体、海绵等天然连续气泡泡沫体、在纵向及横向把纤维纺织成的平纹织物再在厚度方向也进行纤维纺织所构成的三维织物等。其中，聚乙烯类多孔体、聚丙烯类多孔体等聚烯烃类连续气泡泡沫体是优选的，作为三维织物，采用聚乙烯纤维、聚丙烯纤维等织成三维所构成的聚烯烃类三维织布是优选的。把离子交换基导入这些材料后，在脱盐室内，可在与流通方向交叉的方向层叠配置。

用于这种目的的具有连通空孔的多孔性基材，空隙率：93~96%、平均孔径 0.6~2.6mm、比表面积：21000~38000m²/m³、特别是具有约 30000 m²/m³者是优选的。另外，作为导入离子交换基的基材的功能是必须的，聚烯烃类高分子例如聚乙烯、聚丙烯及由这些的复合体构成是优选的。具体的使用空隙率：93~96%、平均孔径 0.6~2.6mm、比表面积：约 30000m²/m³的聚乙烯类多孔体（积水化学工业公司制造）是特别优选的。在本发明中，采用向具有这种连通空孔的多孔性基材导入离子交换基所构成的离子交换体时，通过将其在被处理水的流通方向交叉层叠配置，不阻碍被处理水的流通而使通过离子交换体中，被处理液的流入压力不必保持在高值，被处理液与离子交换体可充分接触。

向上述通水性多孔材料导入离子交换基，可以采用上述说明的放射线接枝聚合法进行。离子交换基的导入，使满足在阴离子交换体的情况，中性盐分解容量为 2.8~3.3meq/g，在阳离子交换体的情况，中性盐分解容量为 2.7~3.1meq/g 是优选的。如离子交换体的中性盐分解容量在上述范围内，可与被处理水中的离子接触的离子交换基多，可发挥良好的离子交换功能。

关于赋予上述离子交换功能的通水性多孔材料，配置这些材料的

室是脱盐室、浓缩室及电极室的任何一个，或脱盐室和浓缩室，或脱盐室和电极室，或浓缩室和电极室、或脱盐室、浓缩室及电极室全部。另外，如上所述，在脱盐室一部分、浓缩室一部分或电极室一部分中，也可以配置赋予离子交换功能的通水性多孔性材料。

本发明的各种实施方案如下所述：

1. 一种电脱盐装置，其是在阴极和阳极之间具有用多个离子交换膜隔开的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及浓缩室及电极室的至少一个室中，把阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层的至少一种在通水方向交叉层叠配置。

2. 上述1中所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，使该室内层叠配置的阴离子交换纤维材料和划定该室的阴离子交换膜接触地进行配置，及/或使该室内层叠配置的阳离子交换纤维材料和划定该室的阳离子交换膜接触地进行配置。

3. 上述1中所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，使该室内层叠配置的阴离子交换纤维材料，及划定该室的层叠配置的阳离子交换纤维材料的一者或两者，使与划定该室的阴离子交换膜及阳离子交换膜两者接触地进行配置。

4. 上述1中所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，沿阴离子交换膜的表面配置阴离子交换纤维材料，及/或沿阳离子交换膜的表面配置阳离子交换纤维材料。

5. 上述1~4中任何一项所述的电脱盐装置，在脱盐室及浓缩室的至少一个室中，阴离子交换纤维材料的层与阳离子交换纤维材料的层，在通水方向交叉交替层叠配置数层。

6. 上述1~5中任何一项所述的电脱盐装置，阴离子交换纤维材料与阳离子交换纤维材料为纺织布或无纺布 (a woven fabric or nonwoven fabric material)。

7. 上述1~6中任何一项所述的电脱盐装置，阴离子交换纤维材料与阳离子交换纤维材料的至少一种，用放射线接枝聚合法向基材导入离子交换基。

8. 上述 1~7 中任何一项所述的电脱盐装置, 该阴离子交换纤维材料或该阳离子交换纤维材料配置在脱盐室的至少一部分中。

9. 上述 1~7 中任何一项所述的电脱盐装置, 该阴离子交换纤维材料或该阳离子交换纤维材料配置在浓缩室的至少一部分中。

10. 上述 1~7 中任何一项所述的电脱盐装置, 该阴离子交换纤维材料或该阳离子交换纤维材料配置在电极室的至少一部分中。

11. 上述 1~7 中任何一项所述的电脱盐装置, 该阴离子交换纤维材料或该阳离子交换纤维材料配置在脱盐室的至少一部分及浓缩室的至少一部分中。

12. 上述 11 中所述的电脱盐装置, 该阴离子交换纤维材料或该阳离子交换纤维材料配置在电极室的至少一个中。

13. 上述 10 或 12 中所述的电脱盐装置, 该阴离子交换纤维材料的层配置在电极室中。

14. 上述 13 中所述的电脱盐装置, 在阴极室中, 在该室内层叠配置的阴离子交换纤维材料, 和划定该室的阴离子交换膜及阴电极的至少一种接触地进行配置。

15. 上述 13 中所述的电脱盐装置, 在阴极室中, 在该室内层叠配置的阴离子交换纤维材料, 与划定该室的阴离子交换膜及阴电极两者接触地进行配置。

16. 上述 13 中所述的电脱盐装置, 在阴极室中, 沿划定该室的阴离子交换膜及/或阴电极的表面配置阴离子交换纤维材料。

17. 一种电脱盐装置, 其是在阴极和阳极之间具有用多个离子交换膜隔开的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置, 其特征在于, 在脱盐室及浓缩室及电极室的至少一个室中, 赋予离子交换功能的通水性多孔性材料层, 与通水的流通方向交叉层叠配置。

18. 上述 17 中所述的电脱盐装置, 赋予离子交换功能的通水性多孔性材料, 采用放射线接枝聚合法向基材导入离子交换基。

19. 上述 17 或 18 中所述的电脱盐装置, 赋予离子交换功能的通水性多孔性材料, 配置在脱盐室的至少一部分中。

20. 上述 17 或 18 中所述的电脱盐装置，赋予离子交换功能的通水性多孔性材料，配置在浓缩室的至少一部分中。

21. 上述 17 或 18 中所述的电脱盐装置，赋予离子交换功能的通水性多孔性材料，配置在电极室的至少一部分中。

22. 上述 17 或 18 中所述的电脱盐装置，赋予离子交换功能的通水性多孔性材料，配置在脱盐室的至少一部分及浓缩室的至少一部分中。

23. 上述 22 中所述的电脱盐装置，赋予离子交换功能的通水性多孔性材料，配置在电极室的至少一部分中。

24. 上述 21 或 23 中所述的电脱盐装置，赋予离子交换功能的通水性多孔性材料，配置在电极室中。

25. 一种电脱盐装置，其是在阴极和阳极之间具有用多个离子交换膜隔开的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及浓缩室及电极室的至少一个室中，把长片状（a long sheet-shaped）阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料重合，将其折叠，使与该室尺寸一致而形成褶状的离子交换纤维材料结构体加以填充，使褶状面与通水方向交叉，并且结构体两断面分别与划定该室的阳离子交换膜及阴离子交换膜接触。

26. 一种电脱盐装置，其是在阴极和阳极之间具有用多个离子交换膜隔开的脱盐室及浓缩室及电极室的电脱盐装置，其特征在于，在脱盐室及浓缩室及电极室的至少一个室中，把长片状阴离子交换纤维材料及阳离子交换纤维材料重合，卷绕而形成的辊筒状结构体 1 个或多个加以填充，使结构体两断面分别与划定该室的阳离子交换膜及阴离子交换膜接触。

下面采用具体的实施例更详细地说明本发明。下列记载是表示本发明的一具体例子，但本发明不被这些记载所限定。

制造例 1: 阳离子交换无纺布的制造

作为基材，采用纤维直径 17 μm 的聚乙烯（壳）/聚丙烯（芯）的

复合纤维构成的单位面积重量 $55\text{g}/\text{m}^2$ 、厚 0.35mm 的热熔粘无纺布。对无纺布基材在氮气氛围气中照射电子线 (150kGy)。把照射过的无纺布基材浸渍在甲基丙烯酸缩水甘油酯的 10% 甲醇溶液中, 于 45°C 使反应 4 小时。把反应后的无纺布基材在 60°C 的二甲基甲酰胺溶液中浸渍 5 小时, 除去未结合在基材上的单体聚合物 (均聚物), 得到用甲基丙烯酸缩水甘油酯接枝聚合的无纺布材料 (接枝率 131%)。把该接枝无纺布浸渍在亚硫酸钠: 异丙醇: 水 = $1: 1: 8$ (重量比) 的溶液中, 于 80°C 使反应 10 小时, 导入磺酸基后用盐酸 (5 重量%) 进行再生处理, 得到强酸性阳离子交换无纺布 (中性盐分解容量 $471\text{meq}/\text{m}^2$)。将其作为“阳离子交换无纺布”。

制造例 2: 阴离子交换无纺布的制造

与制造例 1 同样, 在氮气氛围气中对无纺布基材照射电子线 (150kGy)。使氯甲基苯乙烯 (Seimi chemical 公司制造, 商品名 CMS-AM) 通过活性氧化铝填充层, 除去阻聚剂, 进行氮曝气。在脱氮处理后的氯甲基苯乙烯溶液中浸渍照射过电子线的无纺布基材, 于 50°C 使反应 6 小时。然后, 从氯甲基苯乙烯溶液中取出无纺布, 于甲苯中浸渍 3 小时除去均聚物, 得到用氯甲基苯乙烯进行接枝聚合的无纺布 (接枝率 161%)。把该接枝无纺布在三甲胺溶液 (10 重量%) 中季铵化后, 用氢氧化钠水溶液 (5 重量%) 进行再生处理, 得到具有季铵基的强碱性阴离子交换无纺布 (中性盐分解容量 $350\text{meq}/\text{m}^2$)。将其作为“阴离子交换无纺布”。

制造例 3: 阳离子传导间隔板的制造

采用厚 1.2mm 、间矩 3mm 的聚乙烯制造的斜交网, 作为离子传导间隔板基材, 用苯乙烯磺酸钠作为接枝单体, 和用丙烯酸作为辅助单体。

边用干冰冷却边在氮气氛围气中对聚乙烯制造的斜交网照射 γ 线 (150kGy)。把该照射过的斜交网浸渍在磺酸钠和丙烯酸的混合单

体溶液中，于 75℃使反应 3 小时。得到具有磺酸基和羧基的接枝斜交网材料（阳离子传导间隔板）（接枝率 153%）。中性盐分解容量为 189meq/m²、总交换容量为 834meq/m²。将其作为“阳离子传导间隔板”。

制造例 4：阴离子传导间隔板的制造

边用干冰冷却边在氮气氛围气中对制造例 3 同样的聚乙烯制造的斜交网照射 γ 线（150kGy）。把该照射过的斜交网浸渍在 VBTAC（乙烯基苄基三甲铵）及 DMAA（二甲基丙烯酰胺）的混合单体溶液中，于 50℃使反应 3 小时。得到 VBTAC 及 DMAA 的接枝斜交网。计算的接枝率为 156%。计算所得到的接枝斜交网的中性盐分解容量为 198meq/m²。将其作为“阴离子传导间隔板”。

实施例 1

组装图 6 构成的电脱盐装置。在阴极和阳极之间按图 6 所示设置阳离子交换膜 C（Tokuyama Corporation 制造，NEOSEPTA CMB）和阴离子交换膜 A（Tokuyama Corporation 制造，NEOSEPTA AHA），从阳极侧开始依次设置阳极室、浓缩室、脱盐室、浓缩室、阴极室，构成电脱盐装置。脱盐室的厚度为 20mm，电极的大小为纵 50mm × 横 50mm，浓缩室及电极室的厚度为 3mm。脱盐室按制造例 1 进行制造的用盐酸再生的阳离子交换无纺布，以及按制造例 2 进行制造的用碱再生的阴离子交换无纺布，按图 6 所示，在被处理水的流通方向的交叉方向（即横向），分别交替层叠填充 25 块。在两浓缩室中，在阴离子交换膜上，把制造例 4 制造的 2 块阴离子传导间隔板，与阴离子交换膜平行配置，在阳离子交换膜上，把制造例 3 制造的 2 块阳离子传导间隔板，与阳离子交换膜平行配置。另外，在阳极室，把制造例 3 制造的 4 块阳离子传导间隔板，与阳离子交换膜平行配置，在阴极室，把制造例 4 制造的 4 块阴离子传导间隔板，与阴离子交换膜平行配置。

在两电极间，施加 0.4A 的直流电流，把 0.2M Ω cm 的 RO 处理水（反渗透膜处理水：二氧化硅浓度 0.1 ~ 0.3ppm、水温 14℃ ~ 26℃、

TOC 浓度 120ppb)，用流量 10Lh^{-1} ($SV=200\text{h}^{-1}$) 通入脱盐室，关于浓缩室及电极室，把 $0.2\text{M}\Omega\text{cm}$ 的 RO 处理水从阴极侧电极室向阴极侧浓缩室串联，从阳极侧极室向阳极侧浓缩室串联，分别以 2.5Lh^{-1} 通水。结果是，运行 1 分钟后，从脱盐室得到作为脱盐水的 $18.2\text{M}\Omega\text{cm}$ 以上的水，而运行 1000 小时后，可稳定得到 $18.0\text{M}\Omega\text{cm}$ 以上的水。图 7 示出运行 1200 小时时的处理水比电阻的经时变化曲线。另外，处理水的 TOC 浓度在 25 小时后就达到 7.2ppb，达到 5.3ppb 的平衡值。在 1000 小时运行后，脱盐室的压力损失达到 0.5kgf/cm^2 。

比较例 1

采用在脱盐室/浓缩室中，把离子交换纤维材料及离子传导间隔板，在与被处理水的平行方向填充的现有的电脱盐装置进行通水试验。如图 8 所示，通过在电极间交替配置阴离子交换膜 (A) 及阳离子交换膜 (C)，组装成具有 3 个脱盐室的现有公知型电脱盐装置。各脱盐室池及各极室的厚度为 2.5mm，各浓缩室的厚度 1.5mm、电极大小为纵 240mm × 横 50mm。离子交换膜与实施例 1 的材料同样。各脱盐室中，阴离子交换膜面用制造例 2 制造的阴离子交换无纺布，而阳离子交换膜面用制造例 1 制造的阳离子交换无纺布，各配置 1 块，在两无纺布之间填充制造例 4 制造的 2 块阴离子传导间隔板。在各浓缩室，在阴离子交换膜面用制造例 4 制造的阴离子传导间隔板，而阳离子交换膜面用制造例 3 制造的阳离子传导间隔板，各填充 1 块。另外，在阳极室，把制造例 3 制造的阳离子传导间隔板配置 4 块，在阴极室，把制造例 4 制造的阴离子传导间隔板配置 4 块。

在两电极间，施加 0.13A 的直流电流，把 $0.2\text{M}\Omega\text{cm}$ 的 RO 处理水（反渗透膜处理水：二氧化硅浓度 0.1~0.3ppm、水温 $14^\circ\text{C}\sim 26^\circ\text{C}$ 、TOC 浓度 120ppb），用流量 5Lh^{-1} ($SV=55.6\text{h}^{-1}$) 通入串联的脱盐室 D1、D2、D3，关于浓缩室及电极室，把 $0.2\text{M}\Omega\text{cm}$ 的 RO 处理水从阴极侧极室 (K2) 经过浓缩室 C2、C1，串联向阳极侧极室 (K1) 以 2.5Lh^{-1} 通水。结果是，运行 100 小时后，作为脱盐水得到 $17.9\text{M}\Omega\text{cm}$ 的水，

而运行 1000 小时后，也得到 17.6 MΩcm 以上的水。另外，处理水的 TOC 浓度在 200 小时后达到 10ppb，几乎达到 9.2ppb 的平衡值。1000 小时运行后，脱盐室的压力损失，3 室达到 0.5kgf/cm²。

采用同样的装置，把流向脱盐室的流量提高至 20Lh⁻¹ (SV=222 h⁻¹)，把流向浓缩室的流量提高至 10Lh⁻¹，进行同样的实验，水质随着运行时间加长而上升，在运行 1000 小时后可以得到 1.3MΩcm 的水质。在运行 1000 小时后，脱盐室的压力损失，3 室达到 2.3kgf/cm²。

比较例 2

采用在脱盐室/浓缩室中填充离子交换树脂珠粒的现有的电脱盐装置进行通水试验。如图 9 所示，组装成具有 9 个脱盐室的现有公知型电脱盐装置。脱盐室池的厚度为 3mm，浓缩室及电极室的厚度 3mm，电极大小为纵 220mm × 横 35mm。离子交换膜与实施例 1 的材料同样。各脱盐室、各浓缩室及两电极室中，混合填充阳离子交换树脂珠粒(Dow Chemical 公司制造，Dowex MONOSPHERE 650C)及阴离子交换树脂珠粒(Dow Chemical 公司制造，Dowex MONOSPHERE 550A)。在两电极间，施加 0.1A 的直流电流，把 0.2MΩcm 的 RO 处理水(反渗透膜处理水：二氧化硅浓度 0.1~0.3ppm、水温 14℃~26℃、TOC 浓度 120ppb)，用流量 12Lh⁻¹ (SV=57.7h⁻¹) 通入图 9 所示的脱盐室，关于浓缩室及电极室，把 0.2MΩcm 的 RO 处理水从阴极侧电极室(K2)经过图 9 所示的各浓缩室，向阳极侧极室(K1)以 6Lh⁻¹ 通水。结果是，运行 1000 小时后，得到 4.3 MΩcm 的水质。处理水的 TOC 浓度在 1000 小时后达到 20ppb。1000 小时运行后，脱盐室的压力损失为 0.8kgf/cm²。

采用同样的装置，把流向脱盐室的流量提高至 36Lh⁻¹ (SV=173 h⁻¹)，把流向浓缩室的流量提高至 18Lh⁻¹，进行同样的实验，水质随着运行时间加长而上升，在运行 1000 小时后可以得到 0.5MΩcm 的水质。处理水的 TOC 浓度在 1000 小时后达到 15ppb，脱盐室的压力损失为 2.5kgf/cm²。

从上述实施例 1 及比较例 1、2 可知，采用本发明的电脱盐装置，

与原来的电脱盐装置相比，以高得多的原水流量都可以得到良好的处理水质。另外，由于装置小型化，故脱盐室的压力损失也无问题。

实施例 2

组装图 10 构成的电脱盐装置。在阴极和阳极之间按图 10 所示设置阳离子交换膜 C (Tokuyama Corporation 制造, NEOSEPTA CMB) 和阴离子交换膜 A (Tokuyama Corporation 制造, NEOSEPTA AHA), 从阳极侧开始依次设置阳极室、浓缩室、脱盐室、浓缩室、阴极室, 制成电脱盐装置。脱盐室及浓缩室的厚度为 20mm, 电极的大小为纵 50mm × 横 50mm, 电极室的厚度为 3mm。在脱盐室及浓缩室, 把按制造例 1 进行制造的用盐酸再生的阳离子交换无纺布, 以及按制造例 2 进行制造的用碱再生的阴离子交换无纺布, 按图 10 所示, 在相对于被处理水的流通方向的交叉方向 (即横向), 分别交替层叠填充 25 块。另外, 在阳极室, 把制造例 3 制造的阳离子传导间隔板 4 块, 与阳离子交换膜平行配置, 在阴极室, 把制造例 4 制造的阴离子传导间隔板 4 块, 与阴离子交换膜平行配置。

在两电极间, 施加 0.4A 的直流电流, 把 0.2MΩcm 的 RO 处理水 (反渗透膜处理水: 二氧化硅浓度 0.1~0.3ppm、水温 14℃~26℃、TOC 浓度 120ppb、碳酸浓度 6.5ppm、钙浓度 208ppb), 用流量 20Lh⁻¹ (SV=400 h⁻¹) 通入脱盐室, 关于两浓缩室, 把 0.2MΩcm 的 RO 处理水以 12Lh⁻¹ 通入, 关于两电极室, 把 0.2MΩcm 的 RO 处理水以 8Lh⁻¹ 通入。结果是, 运行 1 分钟后, 作为脱盐水的 18.2 MΩcm 的水, 从脱盐室得到, 30 小时后的运行电压为 40.75V。另外, 此时的阴极侧浓缩室及阳极室两侧的该电压分别为 4.87V、2.71V。继续进行 2000 小时的连续运行, 测定运行电压及两浓缩室及脱盐室两端的该电压经时变化。结果示于图 12。从运行一开始, 运行电压及浓缩室两端的该电压上升, 在 200 小时左右, 浓缩室两端的该电压达到大致一定, 运行电压的上升率在 500 小时左右达到极小。2000 小时后的运行电压为 130V, 阴极侧浓缩室两端的该电压为 8.0V。运行后分解装置, 观察浓

缩室内的离子交换无纺布，但未看到特别的结垢析出。

还有，浓缩室两端的该电压，是在图 10 构成的脱盐装置中，阳极室内的阳离子交换膜侧、阳极侧浓缩室的阴离子交换膜侧、阴极侧浓缩室的阳离子交换膜侧及阴极室的阴离子交换膜侧，填充用白金制成的电极线（直径 0.4mm），测定各电极间的电位差而得到。

比较例 3

组装图 11 构成的电脱盐装置。在阴极和阳极之间按图 11 所示设置阳离子交换膜 C（Tokuyama Corporation 制造，NEOSEPTA CMB）和阴离子交换膜 A（Tokuyama Corporation 制造，NEOSEPTA AHA），从阳极侧开始依次设置阳极室、浓缩室、脱盐室、浓缩室、阴极室，制成电脱盐装置。脱盐室的厚度为 20mm，电极的大小为纵 50mm × 横 50mm，浓缩室及电极室的厚度为 3mm。在脱盐室，把按制造例 1 进行制造的用盐酸再生的阳离子交换无纺布，以及按制造例 2 进行制造的用碱再生的阴离子交换无纺布，按图 11 所示，在相对于被处理水的流通方向的交叉方向（即横向），分别交替层叠填充 25 块。在两浓缩室，在阴离子交换膜上把制造例 4 制造的阴离子传导间隔板 1 块，与阴离子交换膜平行配置，在阳离子交换膜面上把制造例 3 制造的阳离子传导间隔板 1 块，与阳离子交换膜平行配置。另外，在阳极室，把制造例 3 制造的阳离子传导间隔板，与阳离子交换膜平行配置 4 块，在阴极室，把制造例 4 制造的阴离子传导间隔板，与阴离子交换膜平行配置 4 块。

在两电极间，施加 0.4A 的直流电流，把 0.2MΩ cm 的 RO 处理水（反渗透膜处理水：二氧化硅浓度 0.1~0.3ppm、水温 14℃~26℃、TOC 浓度 120ppb、碳酸浓度 6.5ppm、钙浓度 208ppb），用流量 20Lh⁻¹（SV=400 h⁻¹）通入脱盐室，关于两浓缩室，分别把 0.2MΩ cm 的 RO 处理水以 12Lh⁻¹通入。关于两电极室，分别把 0.2MΩ cm 的 RO 处理水以 8Lh⁻¹通入。结果是，运行 1 分钟后，作为脱盐水的 18.2 MΩ cm 的水，从脱盐室得到，30 小时后的运行电压为 81.2V。另外，此时的阴

极侧浓缩室及阳极室两端的该电压分别为 11.9V、13.1V。继续进行 2000 小时的连续运行，测定运行电压及两浓缩室及脱盐室两端的该电压经时变化。结果示于图 13。与图 12 所示的实施例 2 的结果比较，运行电压及两浓缩室两端的该电压上升程度极大，即使在 1000 小时运行后，也有上升倾向。2000 小时后的运行电压为 293.9V，阴极侧浓缩室两端的该电压为 44.0V，阳极侧浓缩室两端的该电压为 82.7V。

运行 2000 小时后分解装置，观察浓缩室内的离子传导间隔板的结果是，整个隔板碳酸钙垢激烈析出。在阴离子传导间隔板和阳离子传导间隔板的接触部分析出碳酸钙结晶，其作为种核又在整个隔板上析出结晶。

当实施例 2 及比较例 3 相比时可知，浓缩室内的阴离子交换无纺布及阳离子交换无纺布，相对于流通方向横置、层叠、填充的实施例 2 的方案，运行电压的稳定性优良。长时间运行后分解装置，观察的结果认为，该运行电压的稳定性主要是浓缩室内碳酸钙结垢的析出难以发生所致。

实施例 3

组装图 14 构成的电脱盐装置。在阴极和阳极之间按图 14 所示设置阳离子交换膜 C (Tokuyama Corporation 制造, NEOSEPTA CMB) 和阴离子交换膜 A (Tokuyama Corporation 制造, NEOSEPTA AHA)，从阳极侧开始依次设置阳极室、浓缩室、脱盐室、浓缩室、阴极室，制成电脱盐装置。脱盐室及浓缩室的厚度为 20mm，电极的大小为纵 50mm × 横 50mm，电极室的厚度为 5mm。在脱盐室及浓缩室，把按制造例 1 进行制造的用盐酸再生的阳离子交换无纺布，以及按制造例 2 进行制造的用碱再生的阴离子交换无纺布，按图 14 所示，在被处理水的流通方向的交叉方向（即横向），分别交替层叠填充 25 块。在阳极室，把按制造例 1 进行制造的阳离子交换无纺布，按图 14 所示，在通水方向的交叉方向（横向），层叠填充 50 块。在阴极室，把按制造例 2 进行制造的阴离子交换无纺布，按图 14 所示，在通水方向的交叉方

向（横向），层叠填充 50 块。

在两电极间，施加 0.4A 的直流电流，把 0.2MΩ cm 的 RO 处理水（反渗透膜处理水：二氧化硅浓度 0.1~0.3ppm、水温 14℃~26℃、TOC 浓度 120ppb、碳酸浓度 6.5ppm、钙浓度 208ppb），用流量 20Lh⁻¹（SV=400 h⁻¹）通入脱盐室，关于两浓缩室，把 0.2MΩ cm 的 RO 处理水以 12Lh⁻¹通入，关于两电极室，把 0.2MΩ cm 的 RO 处理水以 8Lh⁻¹通入。结果是，运行 1 分钟后，作为脱盐水的 18.2 MΩ cm 的水，从脱盐室得到，30 小时后的运行电压为 36.6V。另外，此时的阴极侧浓缩室及阳极室两侧的该电压分别为 5.25V、2.71V。继续进行 2000 小时的连续运行，测定运行电压及两浓缩室及脱盐室两端的该电压经时变化。结果示于图 16。两电极室两端的该电压，从运行开始稳定地显示低值，在 2000 小时运行后，运行电压为 76.6V，阴极侧浓缩室两端的该电压分别为 5.33V 及 1.65V。另一方面，在实施例 2 的电脱盐装置运行中，测定的两电极室两端的该电压经时变化示于图 17。

与图 17 所示的实施例 2 的结果比较可知，阴极室中的阴离子交换无纺布横向层叠配置的实施例 3，在阴极室两端的该电压上升被大大抑制。

实施例 4

组装图 15 构成的电脱盐装置。在阴极和阳极之间按图 15 所示设置阳离子交换膜 C（Tokuyama Corporation 制造，NEOSEPTA CMB）和阴离子交换膜 A（Tokuyama Corporation 制造，NEOSEPTA AHA），从阳极侧开始依次设置阳极室、浓缩室、脱盐室、浓缩室（兼阴极室），制成电脱盐装置。脱盐室及浓缩室及浓缩室兼阴极室的厚度为 20mm，电极的大小为纵 50mm × 横 50mm，阳极室的厚度为 5mm。在脱盐室及浓缩室及浓缩室兼阴极室，把按制造例 1 进行制造的用盐酸再生的阳离子交换无纺布，以及按制造例 2 进行制造的用碱再生的阴离子交换无纺布，按图 15 所示，在相对于被处理水的流通方向的交叉方向（即横向），分别交替层叠填充 25 块。在阳极室，把按制造例 1 进行制造

的阳离子交换无纺布，按图 15 所示，在通水方向的交叉方向（横向），层叠填充 50 块。

在两电极间，施加 0.4A 的直流电流，把 0.2MΩcm 的 RO 处理水（反渗透膜处理水：二氧化硅浓度 0.1~0.3ppm、水温 14℃~26℃、TOC 浓度 120ppb、碳酸浓度 6.5ppm、钙浓度 208ppb），用流量 20Lh⁻¹（SV=400 h⁻¹）通入脱盐室，关于浓缩室，把 0.2MΩcm 的 RO 处理水以 12Lh⁻¹通入，在阳极室及浓缩室兼阴极室，分别把 0.2MΩcm 的 RO 处理水以 8Lh⁻¹通入。结果是，运行 1 分钟后，作为脱盐水的 18.2 MΩcm 的水，从脱盐室得到，30 小时后的运行电压为 33.4V。另外，此时的浓缩室兼阴极室及阳极室两端的该电压分别为 6.71V、1.71V。继续进行 2000 小时的连续运行，测定运行电压及阳极室及浓缩室兼阴极室两端的该电压经时变化。结果示于图 18。阳极室及浓缩室兼阴极室两端的该电压，从运行一开始稳定地显示低值，在 2000 小时运行后，运行电压为 73.9V，浓缩室兼阴极室及阳极室两端的该电压分别为 9.84V 及 1.78V。

产业上利用的可能性

按照本发明，在脱盐室内离子交换纤维材料相对于通液方向的交叉方向横置、层叠、填充而制成所谓新型脱盐室结构，与现有的电脱盐装置相比，装置小，可稳定得到高纯度的纯水（高比电阻及低 TOC）。另外，由于装置小型化，仅把纤维材料填充至脱盐室，故压力损失问题不大。另外，对浓缩室及在电极室，可以采用与脱盐室同样的结构，从而可以抑制起因于碳酸钙析出的运行电压上升问题。

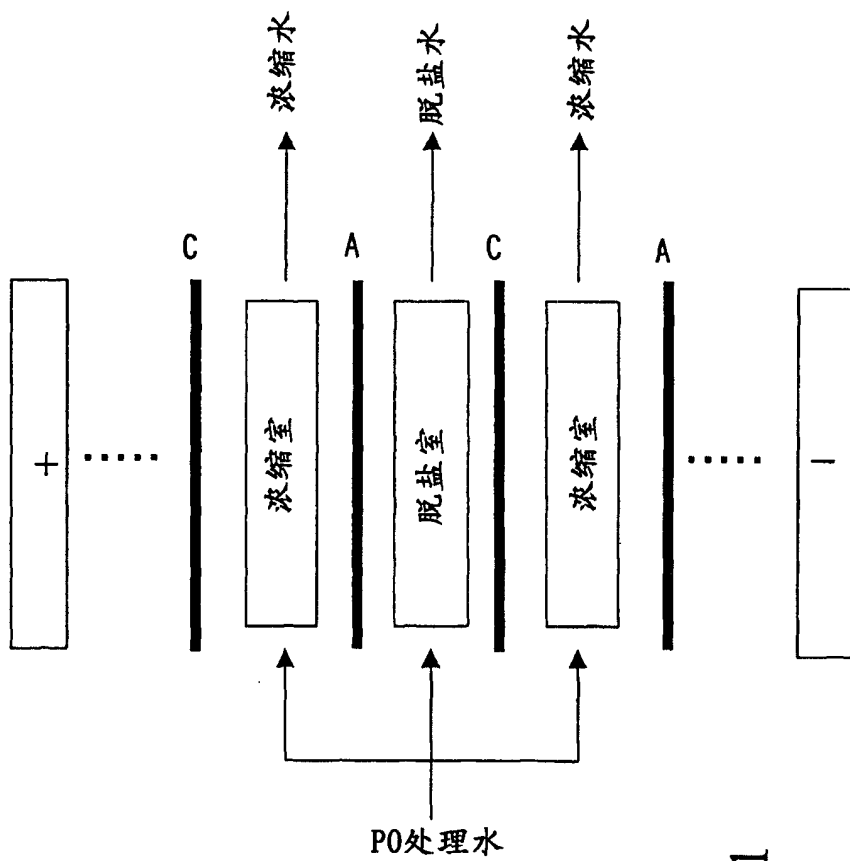
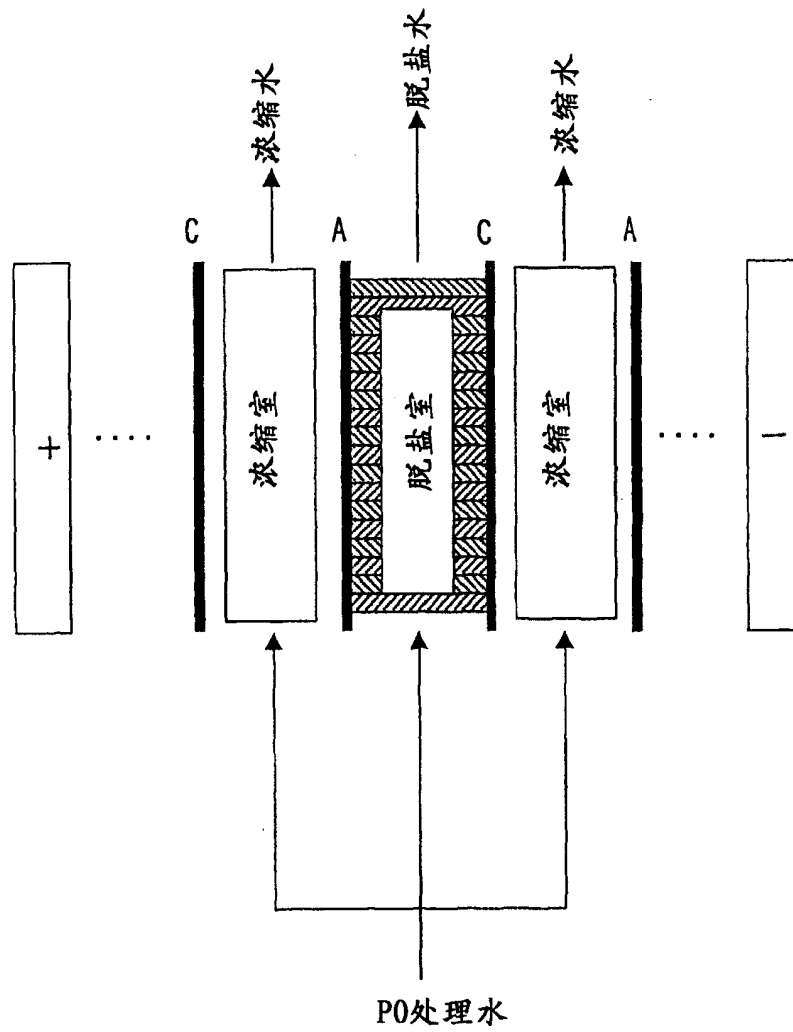
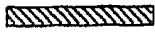


图1



 具有阴离子交换功能的纤维材料层


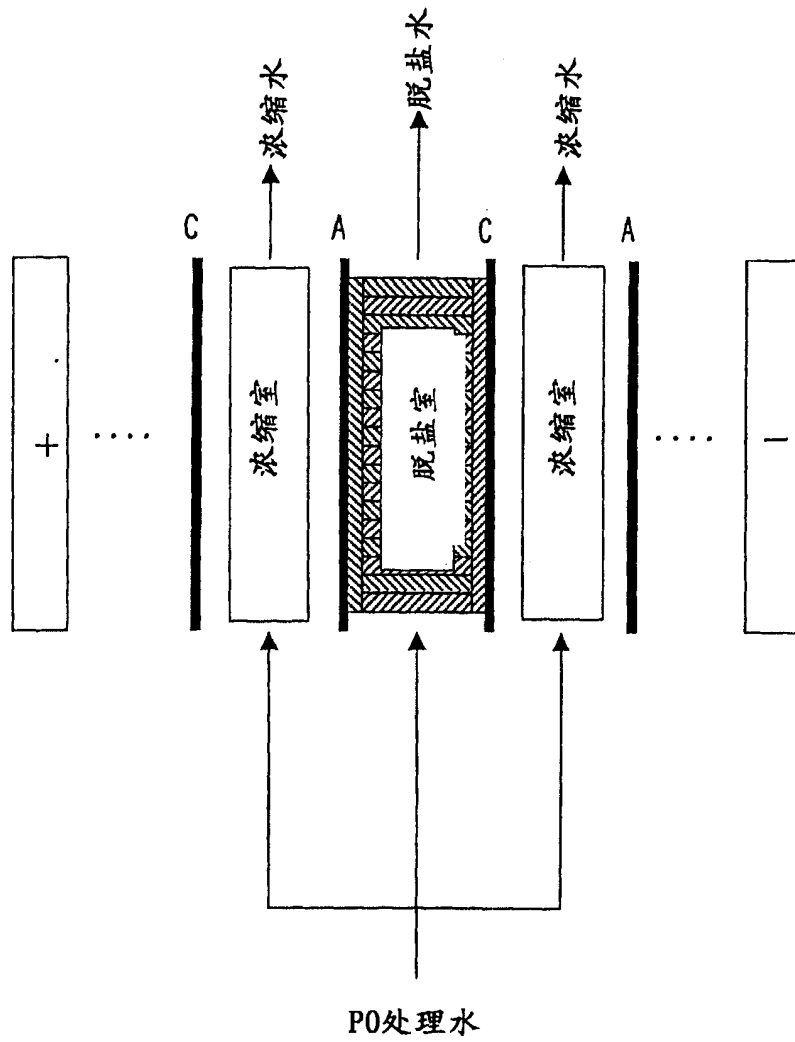
 具有阳离子交换功能的纤维材料层

图2



具有阴离子交换功能的纤维材料层

具有阳离子交换功能的纤维材料层

图3

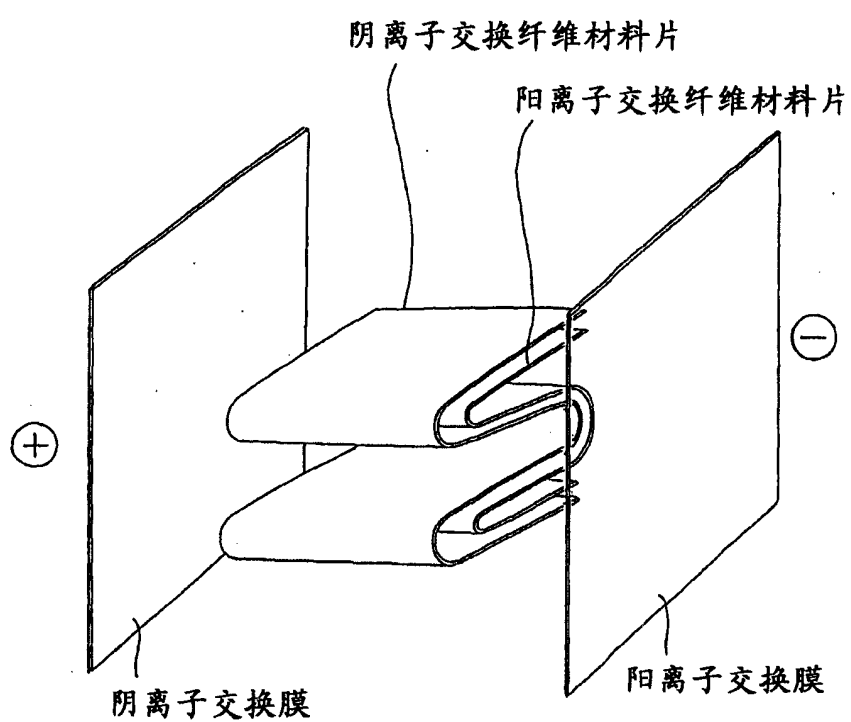


图4

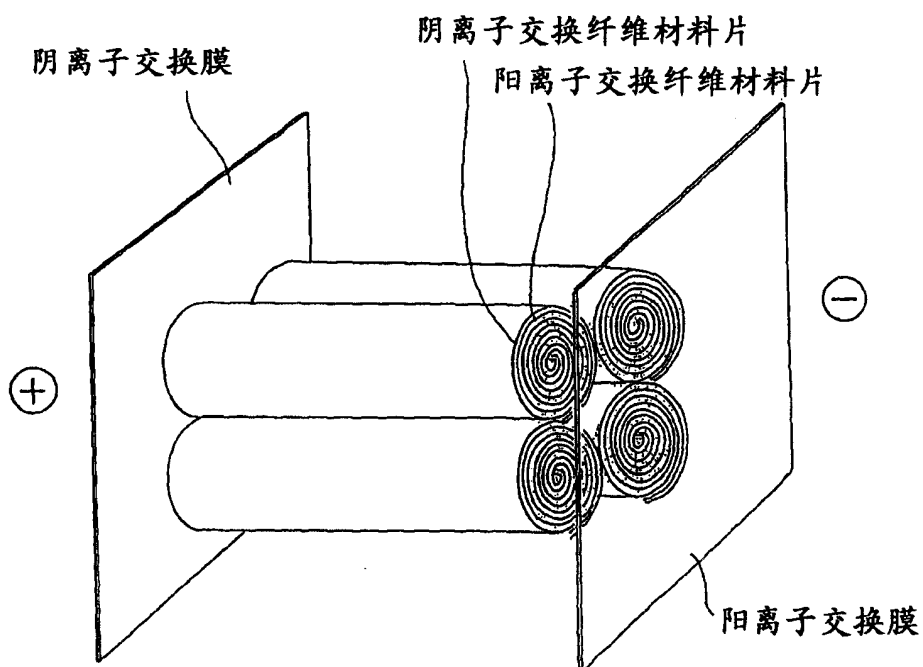
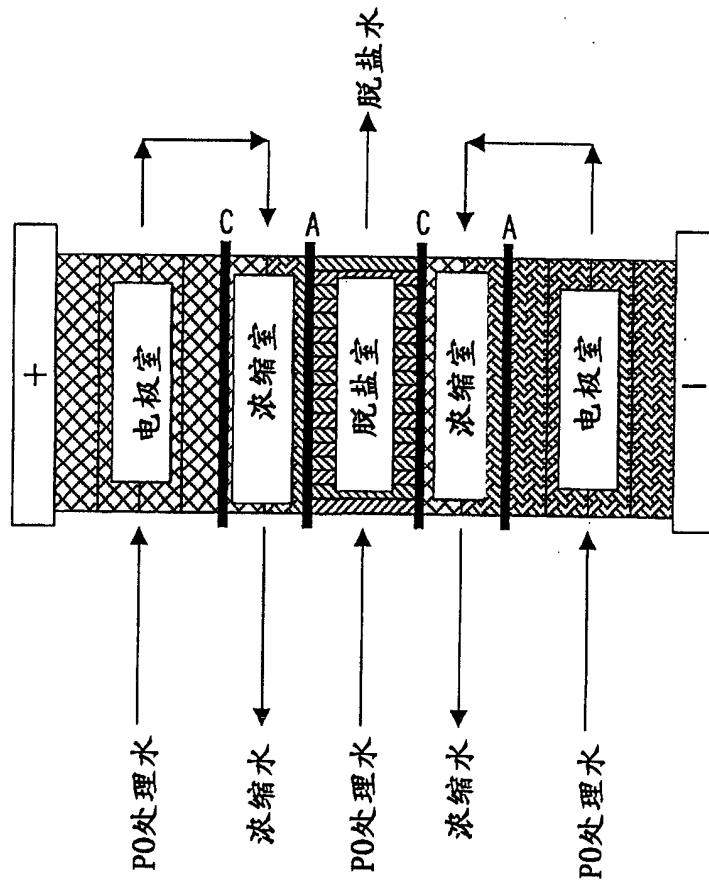


图5



- ▨ : 阴离子交换无纺布
- ▧ : 阳离子交换无纺布
- ▩ : 阴离子传导间隔板
- ▦ : 阳离子传导间隔板

图6

实施例1的实验结果

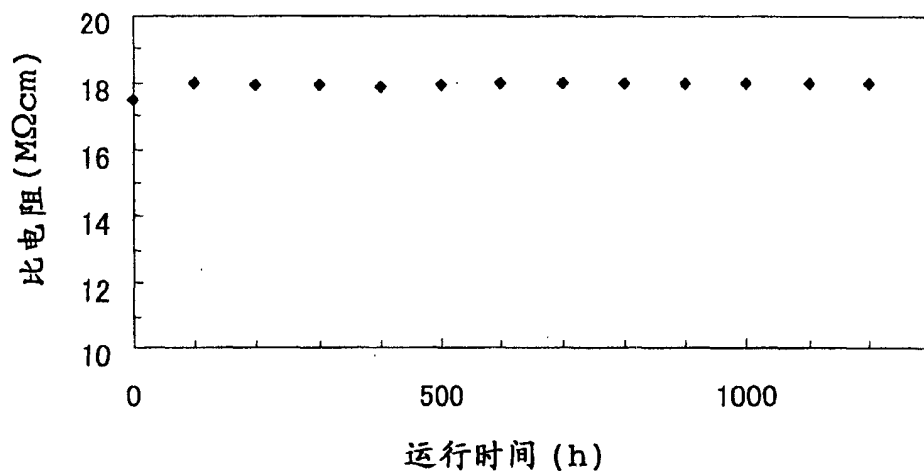


图7

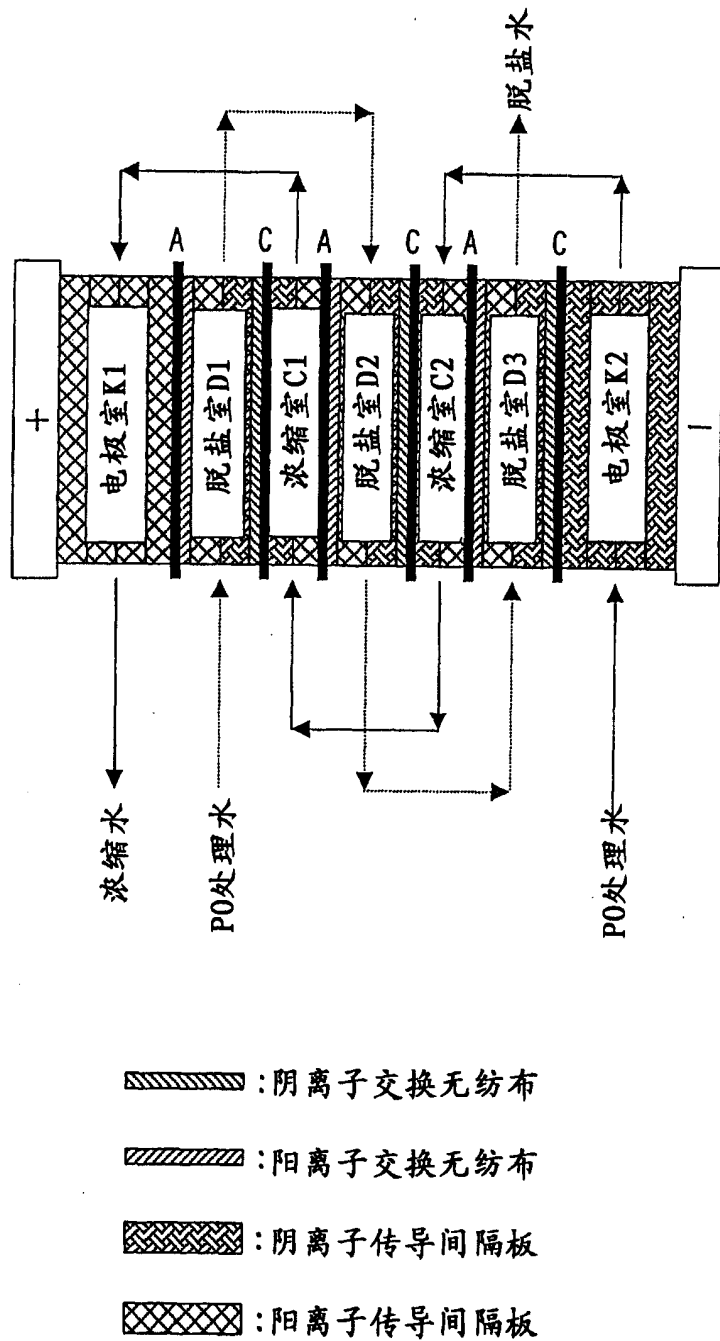


图8

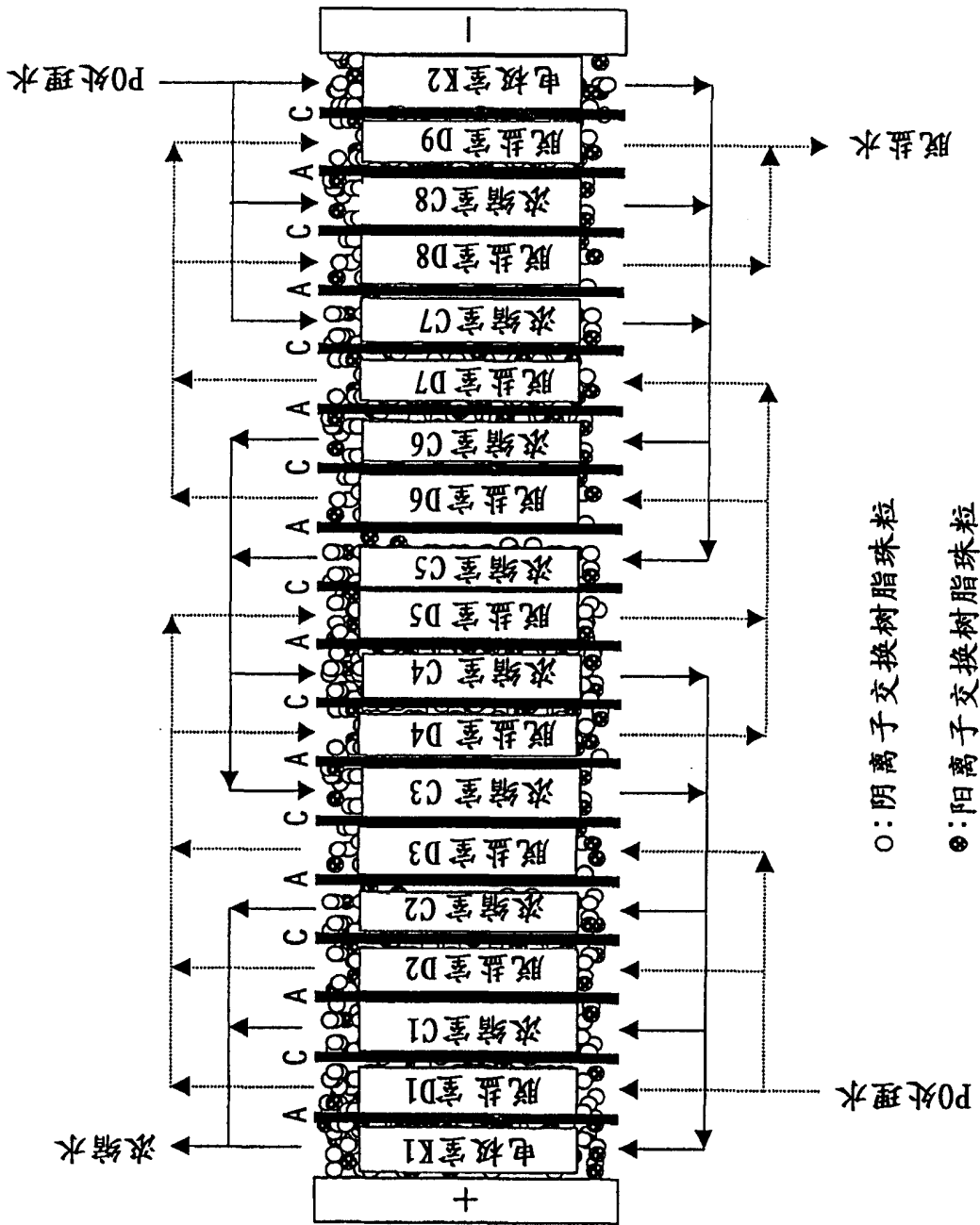
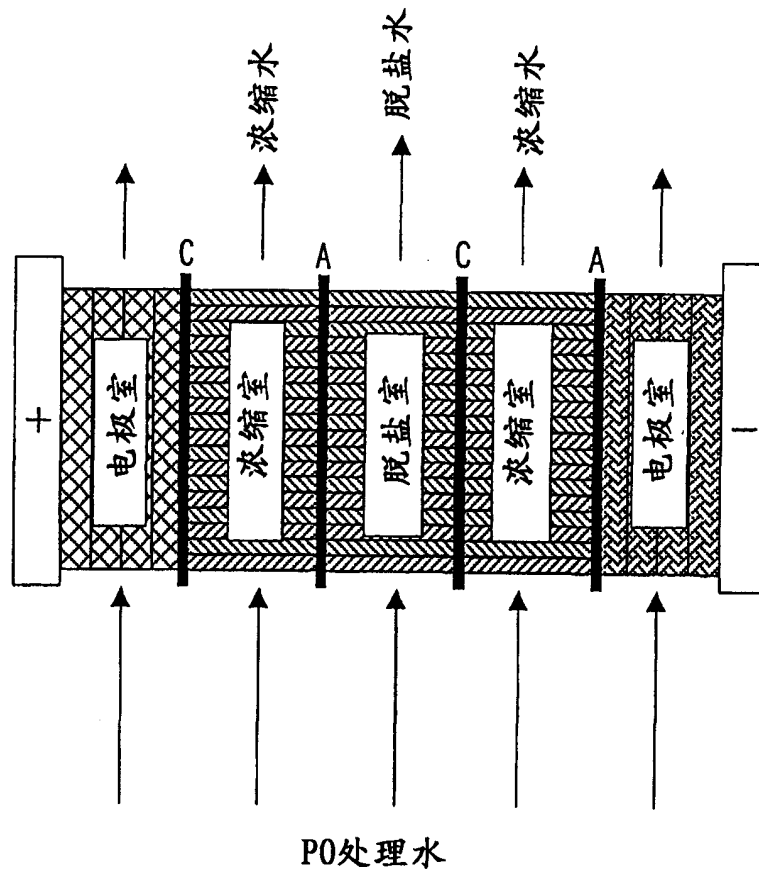


图9



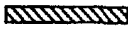



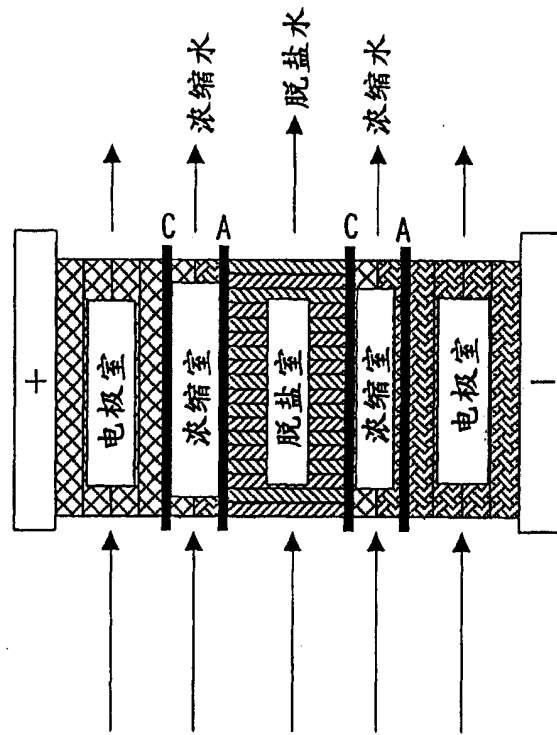
-  : 阴离子交换无纺布
-  : 阳离子交换无纺布
-  : 阴离子传导间隔板
-  : 阳离子传导间隔板

图10



P0处理水


-  : 阴离子交换无纺布
-  : 阳离子交换无纺布
-  : 阴离子传导间隔板
-  : 阳离子传导间隔板

图 11

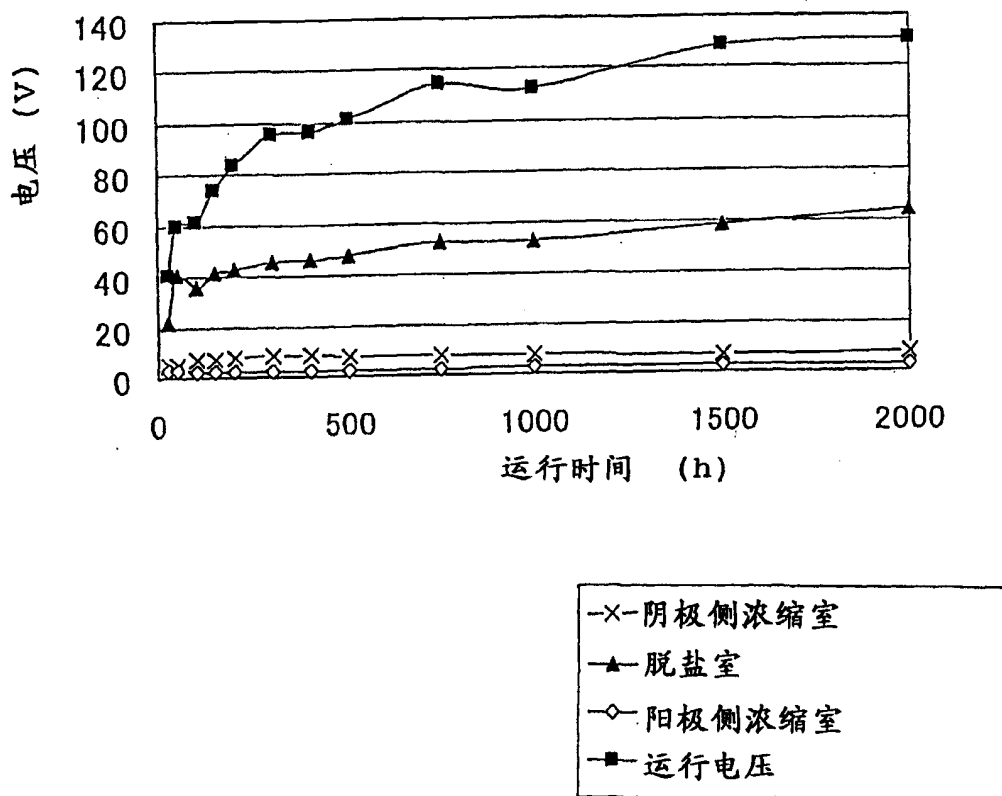


图12

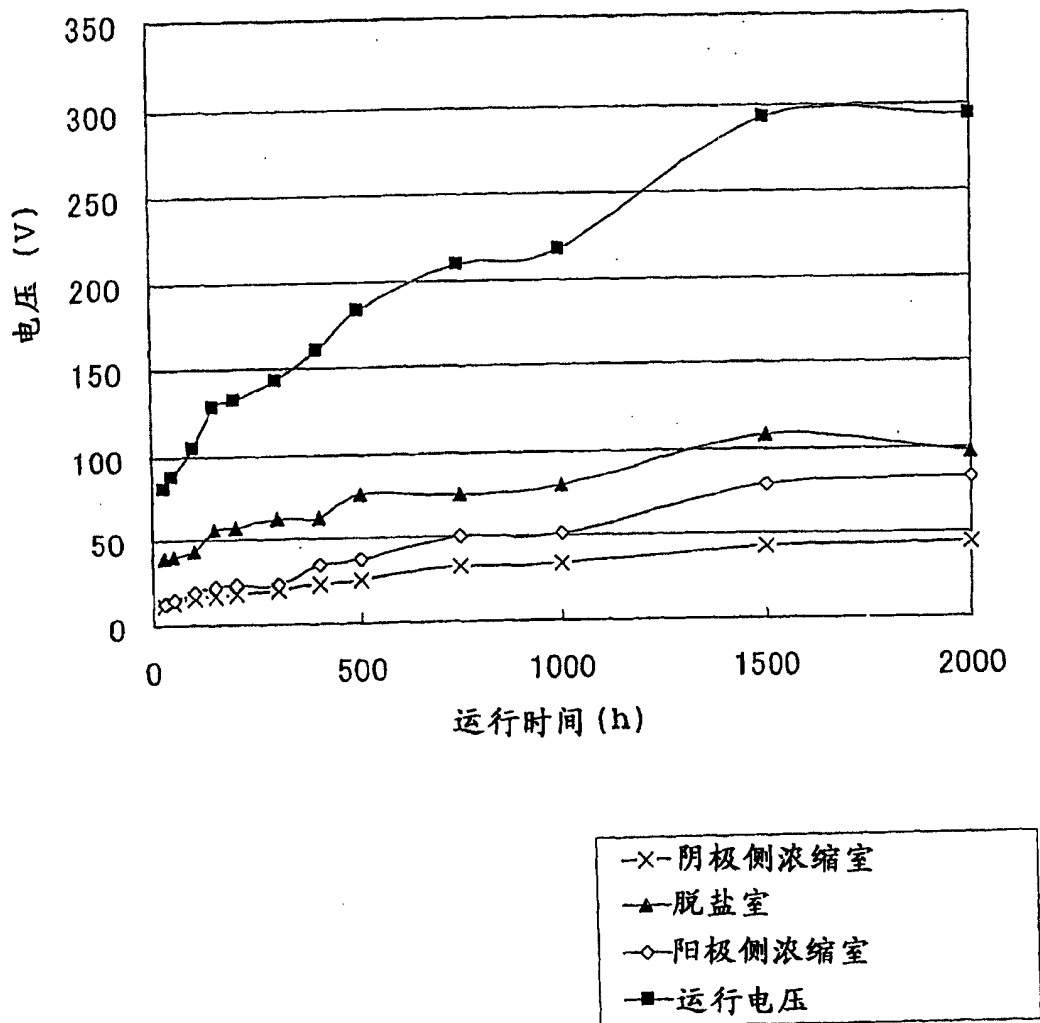
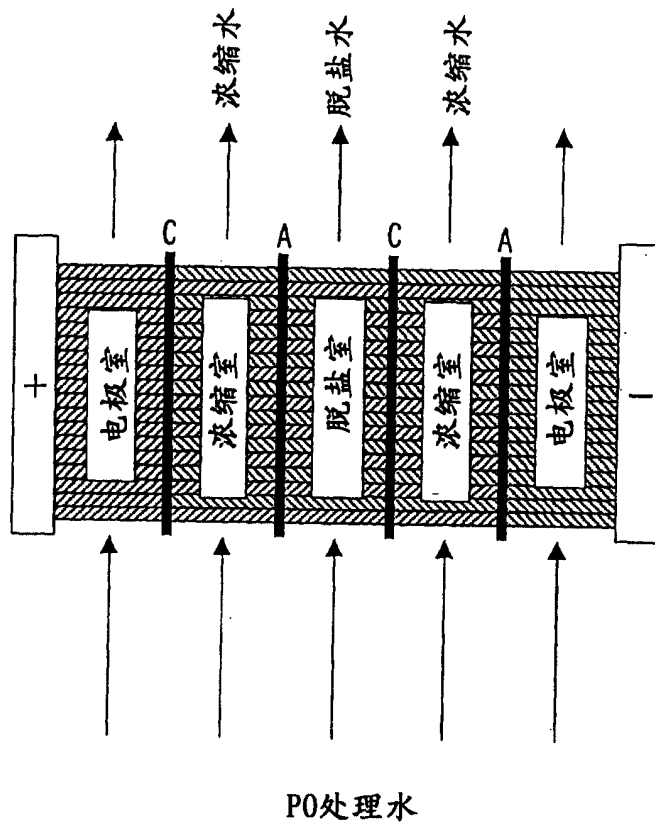
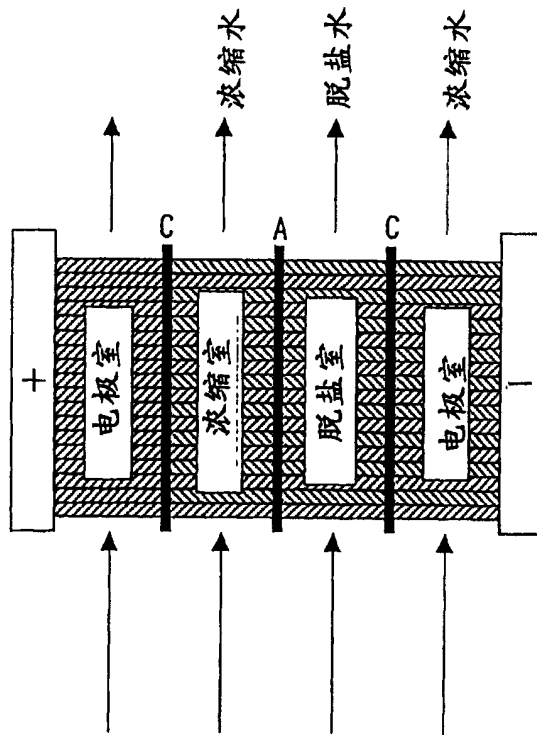


图13



▨ : 阴离子交换无纺布
▨ : 阳离子交换无纺布

图14



PO处理水

▨ : 阴离子交换无纺布

▩ : 阳离子交换无纺布

图15

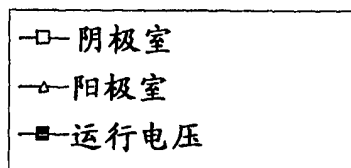
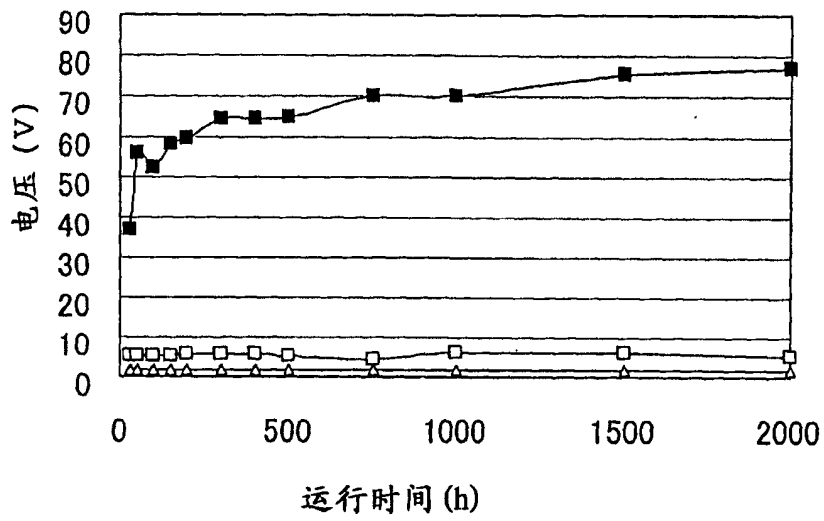


图16

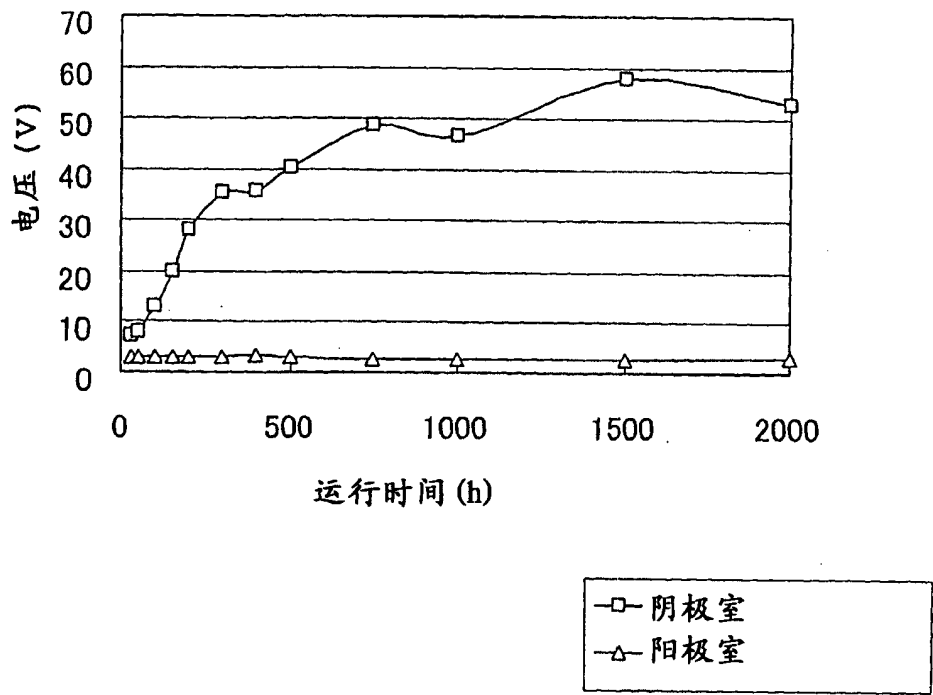


图 17

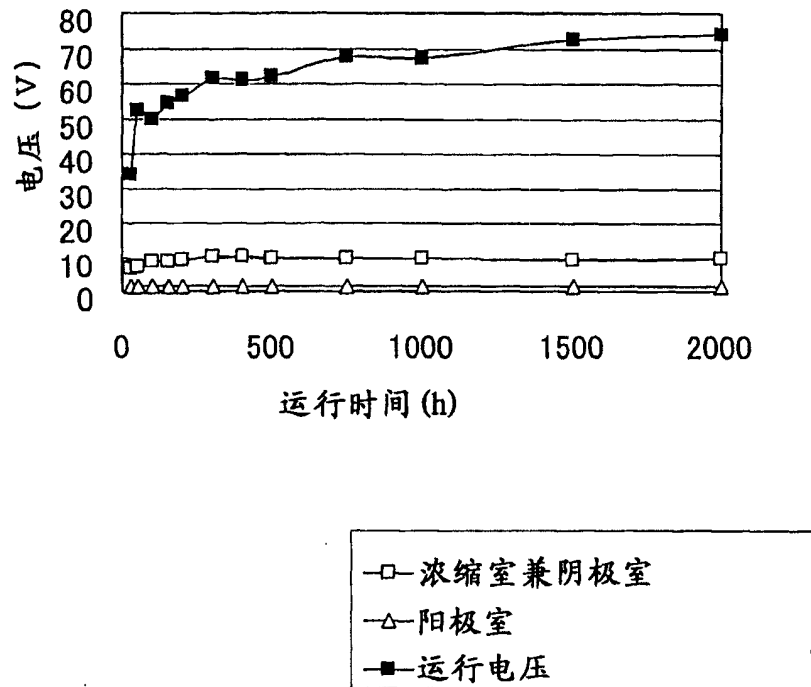


图18