

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

C02F 1/469

B01D 61/44



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99804317.6

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 28 日

[11] 授权公告号 CN 1136155C

[22] 申请日 1999.3.19 [21] 申请号 99804317.6

[30] 优先权

[32] 1998.3.24 [33] JP [31] 93868/1998

[86] 国际申请 PCT/JP99/01391 1999.3.19

[87] 国际公布 WO99/48820 日 1999.9.30

[85] 进入国家阶段日期 2000.9.22

[71] 专利权人 株式会社荏原制作所

地址 日本东京

[72] 发明人 赤堀晶二 川本孝善 中西收

三浦信二 秋山徹 齐藤孝行

藤原邦夫 小西聪史

审查员 王海才

[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

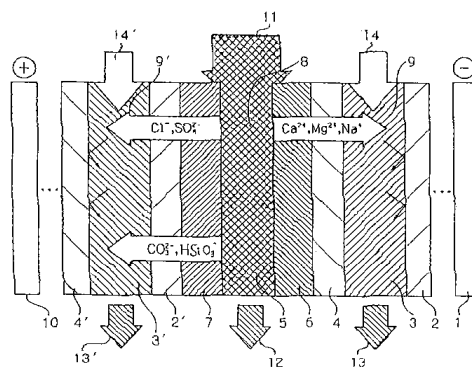
代理人 段承恩

权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图 7 页

[54] 发明名称 去离子电气装置

[57] 摘要

本发明的目的是提供一种可用其很高效地稳定将其类型包括从高离子浓度水到低离子浓度水的各种给水进行去离子处理的去离子电气装置。至少一部分的阳离子交换膜和阴离子交换膜交替地布置在电极之间并从而形成了交替排列的去离子室和浓缩室，在所述去离子室中装有由阳离子交换纤维构成的且放置在阳离子交换膜侧的无纺布或无纺布，所述无纺布或无纺布与放置在阴离子交换膜侧的且由阴离子交换纤维构成的无纺布或无纺布是面对面放置的，而在位于两种无纺布或无纺布之间的给水通道中装了一种具有离子交换能力的导离子间隔材料。



ISSN 1008-4274

1. 一种去离子电气装置, 其中至少一部分的阳离子交换膜和阴离子交换膜交替地布置在电极之间并从而形成了交替排列的去离子室和浓缩室, 在所述去离子室中装有由阳离子交换纤维构成的且放置在阳离子交换膜侧的无纺布或无纺布, 所述无纺布或无纺布与放置在阴离子交换膜侧的且由阴离子交换纤维构成的无纺布或无纺布是面对面放置的, 而在位于两种无纺布或无纺布之间的给水通道中装了一种具有离子交换能力的导离子间隔材料。

2. 一种去离子电气装置, 其中将至少一部分的阳离子交换膜和阴离子交换膜交替布置以形成交替排列的去离子室和浓缩室, 在各去离子室中安放了由阳离子交换纤维构成的无纺布或无纺布, 从而使该布以与安放在阴离子交换膜侧的且由阴离子交换纤维构成的无纺布或无纺布面对面方式安放在阳离子交换膜侧, 在位于这两种无纺布或无纺布之间的给水通道中装入了一种具有离子交换能力的导离子间隔材料, 从而组成了一张薄板件, 它接着被缠绕到一个电极上而卷成圆柱形并且被具有另一极性的电极包围住。

3. 如权利要求1所述的去离子电气装置, 其特征在于, 在去离子室中的给水通道中, 在阳离子交换无纺布侧装了一种导阳离子间隔材料, 而在阴离子交换无纺布侧装了一种导阴离子间隔材料。

4. 如权利要求1所述的去离子电气装置, 其特征在于, 在去离子室中的给水通道装有一个或多个导阳离子间隔材料。

5. 如权利要求1所述的去离子电气装置, 其特征在于, 在去离子室中的给水通道装有一个或多个导阴离子间隔材料。

6. 如权利要求1所述的去离子电气装置, 其特征在于, 在浓缩室中的浓缩水通道装有具有离子交换能力的导离子间隔材料。

7. 如权利要求6所述的去离子电气装置, 其特征在于, 在浓缩室中的浓缩水通道中, 在阳离子交换膜侧装了一种导阳离子间隔材料, 而在阴离子交换膜侧装了一种导阴离子间隔材料。

8. 如权利要求 1 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 在各电极和靠近该电极的离子交换膜之间形成了电极室。

9. 如权利要求 1 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 靠近各电极的浓缩室确定了一个电极室。

10. 如权利要求 8 或 9 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 至少一部分流过各电极室的水流通道装有一种具有离子交换能力的导离子间隔材料。

11. 如权利要求 10 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 至少一部分流过阳极室的水流通道装有一种导阴离子间隔材料, 而至少一部分流过阴极室的水流通道装有一种导阳离子间隔材料。

12. 如权利要求 1 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 由离子交换纤维制成的无纺布或无纺布包含一种由其中通过辐射诱导接枝聚合法加入了离子交换基团的高分子聚烯烃纤维构成的基质。

13. 如权利要求 1 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 导离子间隔材料包括由其中通过辐射诱导接枝聚合法加入了离子交换基团的高分子聚烯烃纤维构成的斜纹网状基质。

14. 如权利要求 12 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 由离子交换纤维制成的无纺布或无纺布基于这样的复合纤维基质, 即它包括聚丙烯芯部分和聚乙烯外皮部分并且在该外皮中通过辐射诱导接枝聚合法加入了磺酸基或季铵基。

15. 如权利要求 13 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 导离子间隔材料包括通过辐射诱导接枝聚合法将磺酸基或季铵基加入其中的斜纹聚乙烯网状基质。

16. 如权利要求 1 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 去离子室和浓缩室都由一个框架件构成, 它具有允许给水、净化水和浓缩水流过的导管, 并且许多这样的去离子室和浓缩室堆叠组成了该去离子装置。

17. 如权利要求 1 所述的去离子电气装置, 其特征在于, 给浓缩室输入电阻率至少为 $5\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的去离子水。

去离子电气装置

技术领域

本发明涉及去离子装置。确切地说，本发明涉及能够在离子浓度范围很广的情况下有效并稳定地去除水中离子的去离子电气装置。

背景技术

在将水基溶液分解成溶剂和溶质的技术中，分离出仅占溶液一小部分的溶质从理论上讲要比分离出占溶液大部分的溶剂更节约能量，这对技术人员来说是显而易见的。

这种差别也反应在去除液体所含少量离子的方法中并且所述方法被分成了两类，第一类是要去除溶剂水并且它包括蒸馏法和反渗透法，第二类是要去除溶质离子并且它包括离子交换法和电渗析法。

蒸馏是一种通过加热-冷却循环而引起水状态变化的方法，而反渗透是一种用高压泵给水加压并从而使水经过一层渗透膜的方法。这两种方法都是能量密集型的方法。

离子交换法是一种使用造成有选择的交换和吸附液体中的离子的离子交换树脂的方法。在该方法中，酸或碱被用作离子交换树脂的再生剂并且必须很小心地操作所述酸或碱。设备因再生剂引起的腐蚀和泄漏也是必须考虑的缺点。其它要求是处理由再生步骤产生的废液。

电渗析法采用了其中阳离子交换膜与阴离子交换膜交替布置而在电极间形成交替的浓缩室和去离子室的电渗析器。在电势梯度被用作驱动力的情况下，液体中的离子通过有选择地从去离子室经离子交换膜而进入浓缩室而被分离。尽管电渗析法允许连续的操作而不用使用任何化学试剂，但由于以下原因，它的实际应用能力不得不要受到限制：必须通入其量足以传送有关离子的电流；如果要增大脱盐百分比，则硬质部分容易沉积在离子交换膜界面上，由此不可能生产出具有高电

阻率（即高纯度）的去离子水；如果来料溶液的离子浓度低，在需要较高电压来传送离子。

在这些情况下，人们通常认为盐浓度高的溶液能够有利地通过反渗透法进行去离子，而盐浓度低的溶液能够通过电渗析法进行去离子，盐浓度更低的溶液能够通过离子交换法进行去离子。

保罗·考尔斯曼（日本专利公开号 1859/1958 和 4681/1959）首先提出了在离子交换膜之间把离子交换材料填放在电渗析器的去离子室内的并且能够更有效地去离子生产出其纯度比用传统电渗析法获得的更高的去离子产品的可再生的去离子电气装置及其方法。但是，25 年过去了，人们仍然没有生产出可靠的这类装置来进行工业规模的生产。

尽管如此，主要是由于受到了离子交换膜性能的改进、预处理法的进步、工业部门迫切希望不需要复杂再生设备的去离子装置以及全球对节约资源和能源的关注的推动，人们一直在努力研制实际可行的在离子交换膜之间填入离子交换材料的电气式去离子技术并且近年来已经有人提出了许多显著的改进方案。

其中一些改进方案是可以用于工业上的并且它们包括：一种去离子室的结构参数如宽度、厚度有限并且在去离子室中装了阳离子交换树脂和阴离子交换树脂的混合物的方法（日本专利公开 72567/1992）；一种去离子室内部被分成几段并交替地装有阳离子交换膜和阴离子交换膜的方法（日本专利公开 71624/1992）；一种去离子室装有阳离子交换纤维、阴离子交换纤维和惰性合成纤维的方法（日本专利公开 236889/1995）；一种去离子室装有阳离子/阴离子交换树脂和阳离子/阴离子交换纤维的方法（日本专利公开 277344/1993）；一种其中引入阳离子交换基并具有海-岛形状的多芯复合纤维与加入阴离子交换基并具有相同形状的多芯复合纤维混合且对混合物进行成形填充的方法（日本专利公开 192163/1996）。这些方法的共同特征就是将混合床型离子交换树脂技术（MB）与电渗析法融合了起来。

但是，所有这些提案都难于连续长时间地生产高纯度去离子水，因为它们具有至少一个以下问题：为了防止来料流短路，必须通过一个

很麻烦的工序在去离子室中紧密地填充离子交换材料；由于紧密填充，必须使流入去离子室的料流的压力保持高压状态；被送入去离子室的水流变化可能潜在地破坏了混合离子交换材料的均匀性；具有刚性交联结构的离子交换树脂可能在工作中变得破碎；由于设置在离子移动方向上的充负电离子交换材料迟滞了离子顺利的传送，所以离子交换材料变得随着工作进行而逐渐“加载”，这潜在地导致了不完整的去离子；必须通过很麻烦的工序来均匀地混合离子交换材料；很难保证成型离子交换材料的强度；控制成型离子交换材料的孔隙度是很麻烦的；很难足够干净地清理离子交换材料以防止有机碳（TOC）的溶解。

传统电渗析器的结构的特点是，间隔材料为来料流确保了必需的通道，从而可以在入流压力低的情况下进行分离并且没有在离子移动方向上设置妨碍离子运动的离子交换材料。人们一直试图设计出通过给去离子室装有导离子间隔材料并从而在保留该结构的有利特征的同时又降低了电耗的更先进的电渗析器。尽管事实证明节约了百分之几十的能量，但是这些尝试因以下原因而没能到达工业化水平：由于难于控制与将离子交换基引入间隔材料有关的化学反应，批量生产间隔材料是很困难的；还很难保证间隔材料强度；在抑制 TOC 从间隔材料中溶出时也遇到了麻烦。尤其是在去离子室中代替离子交换树脂地只装有导离子间隔材料，则作为离子交换材料的具有比离子交换树脂小的表面积间隔材料仅不充分地接触去离子室中的离子，要处理的水就象它使去离子室内短路那样流动，因此不能高效地去离子。类型先进的电渗析器迫切需要一种具有与迄今常用的聚丙烯或聚乙烯斜纹网形间隔材料相当的性能和强度，它具有导离子性并且适用于工业规模的设备。就本发明人目前所知，还没有一种其中将具有离子交换能力的无纺布与导离子间隔材料混合使用的去离子电气装置的例子。

图 4 示出了属于现有技术的装有离子交换树脂的去离子电气装置的一个例子。

图 4 所示的去离子电气装置从阴极侧开始地包括一个阴极 1、一个阴离子交换膜 2、一个浓缩室 3、一个阳离子交换膜 4、一个去离子室

5、一个阴离子交换膜 2'、一个浓缩室 3'、一个阳离子交换膜 4' 和一个阳极 10，这些部件是按照所写的顺序布置的。如果需要，许多去离子室可以与许多浓缩室平行排列交替布置在两个电极之间。在去离子室 5 中填充了阳离子交换树脂与阴离子交换树脂的混合物。为了使该装置投入运行，在阴极 1 和阳极 10 之间通电压并同时将要处理的水 11 送入去离子室 5 并将浓缩水流（将水送入浓缩室）14、14' 分别送入浓缩室 3、3'。当如此注入要处理的水与浓缩水时，水中的阴离子和阳离子分别被吸引向阴极和阳极；由于阳离子交换膜有选择地渗透阳离子，而阴离子交换膜只允许渗透阴离子，所以给水中的阳离子（如 Ca^{2+} 和 Na^+ ）在填放在去离子室 5 中的阳离子交换树脂上进行离子交换并穿过阳离子交换膜 4 而进入浓缩室 3，而阴离子（如 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HSiO_3^- 和 CO_3^{2-} ）在填放在去离子室 5 中的阴离子交换树脂上进行离子交换并穿过阴离子交换膜 2' 而进入浓缩室 3'。另一方面，阴离子从浓缩室 3 到去离子室 5 的运动和阳离子从浓缩室 3' 到去离子室 5 的运动由于阳离子交换膜不渗透阴离子且阴离子交换膜不渗透阳离子而受到阻挡。结果，在去离子室 5 中获得了离子浓度降低的净化水 12 并在浓缩室 3、3' 中获得了离子浓度增高的浓缩水流 13、13'。在去离子室中，水的离子浓度随着水向下流向底面而降低。在不同类型的离子交换树脂间的界面附近，水分解（ $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$ ）而使离子交换树脂连续再生，由此允许连续将离子滞留在去离子室中。

在去离子室 5 中，离子也通过正接受处理的水，但是大多数离子经过同类型的离子交换树脂（阳离子经过阳离子交换树脂，阴离子经过阴离子交换树脂），并且除非同类型的离子交换树脂连续相连，否则不会出现顺利的离子转换。结果，去离子操作过程绝不是连续的，而且也不是以连续地将其纯度与通过 RO（反渗透）法而去除了硬质组分的水的纯度相似的水去离子到更高纯度。处理离子浓度更高的过滤水或将离子浓度低的高纯水去离子制成超高纯水也是很困难的。

为了解决这些问题，有人提出了其离子交换材料装在去离子室中的去离子电气装置的改进方案（见日本专利公开 99221/1997）。该提案涉

及将无纺布（聚合纤维）用作离子交换材料并且将阴离子交换无纺布和阳离子交换无纺布面对面地安放并用传统电渗析器所用的合成树脂网将其相互分开。离子交换无纺布具有以高密度分布于纤维表面上的离子交换基并由此对于捕获离子是很有利的。当使用表面积大于离子交换膜的离子交换无纺布时，当给水流过去离子室时捕获离子的效果可以明显提高。另外，在所提出的装置中，离子交换无纺布紧密地贴在离子交换膜上，由此被截留在离子交换无纺布上的离子可以顺利地转移到离子交换膜上，这些离子穿过所述离子交换膜而进入浓缩室。

在该装置中，给水不必总是流过离子交换材料密填层，由此可以降低压力损失并简化离子交换材料填装操作并降低装置的复杂性。结果，可以实现解决各种现有技术问题并能长时间保证净化水高纯度的去离子电气装置。

但实际上，如果人们尝试着用所提出的其离子交换无纺布和合成树脂网装在去离子室中的装置来进一步提高水去离子效果，则提高阴极-阳极电压而消耗更多电能。

尤其是，如果人们需要可以与超高纯水媲美的水质量，则净化水基本上没有残余离子，并且在靠近合成树脂的区域内，水变得几乎象是绝缘的并且需要施加很高的电压来继续工作，从方便的角度出发，这当然是经济上不利的因素。

该装置具有另一个问题，当去离子室中的离子浓度降低时，浓缩水的离子浓度增高并且由浓缩水与去离子水之间的离子浓度差引起的离子扩散量（即从浓缩水到去离子水的离子转移量）也提高以便平衡因电势差引起的离子转移量（即从去离子水到浓缩水的离子转移量）。为了在这样的情况下也获得高纯度净化水，不得不降低浓缩水中的离子浓度。

众所周知的是，适于获得有效的离子转移的浓缩水的离子浓度不超过净化水的离子浓度的 200 倍其最好是不超过 100 倍。因此，如果人们希望获得电阻率为 $18\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的超高纯水，则最好在一开始就为浓缩水入口提供去离子程度达到电阻率为 $5\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的水。

另一方面，如果浓缩水的离子浓度降低了，则浓缩室电阻提高而消

耗了更多电能。因此，为了降低电能消耗，有人提出提高而不是降低浓缩水的离子浓度（见日本专利公开 24374/1997 和 290271/1997）。

发明内容

在这样的情况下，完成了本发明，本发明的目的是要提供一种可以在这样低的阴极-阳极电压下工作的去离子电气装置，从而它可以被广泛地应用到从离子浓度高的过滤水的去离子工作到超高纯水的生产中并且它具有提高了的生产率。

为了实现上述目的，本发明人就在去离子室中装了离子交换材料的去离子电气装置进行了细致研究，其中所述离子交换材料由离子交换无纺布或纱布构成，阳离子交换无纺布或无纺布与阴离子交换无纺布或无纺布面对面地安放在一起，同时它们被合成树脂网间隔开。作为研究成果，本发明发现了，可以通过官能化赋予合成树脂网以离子交换性能并从而使其起到导离子间隔材料作用的方式而显著提高所述装置性能。本发明就是在这样的研究结果的基础上完成的。

因此，本发明涉及一种去离子电气装置，其中至少一部分的阳离子交换膜和阴离子交换膜交替地布置在电极之间并从而形成了交替排列的去离子室和浓缩室，在所述去离子室中装有由阳离子交换纤维构成的且放置在阳离子交换膜侧的无纺布或无纺布，所述无纺布或无纺布与放置在阴离子交换膜侧的且由阴离子交换纤维构成的无纺布或无纺布是面对面放置的，而在位于两种无纺布或无纺布之间的给水通道中装了一种具有离子交换能力的导离子间隔材料。

要用在本发明的去离子电气装置中的离子交换纤维最好是通过将离子交换基接枝到由聚合纤维构成的基质上而获得的。基质可以由单一类型纤维的单丝构成；或者，它可以是由具有不同聚合物的芯和表皮构成的复合纤维。一个可用复合纤维的例子就是具有芯-皮结构的纤维，其中芯由聚烯烃聚合物如聚乙烯构成，而表皮由其它聚烯烃聚合物如聚丙烯构成。离子交换基可以通过辐射诱导接枝聚合法被加入这样的复合纤维材料中，所得产品优选地被用作本发明的离子交换纤维材料，这是因

为它具有很强的离子交换性能并可以以厚度均匀的方式获得。

为了制备出本发明所用的导离子间隔材料,可以将由高分子聚烯烃树脂(如电渗析器常用的聚乙烯)构成的斜纹网用作基质并且使它接受辐射诱导接枝聚合处理而官能化以具有离子交换性能。由此获得的产品被优选地用于本发明,这是因为它导离子性能强并且可以用于有效地分配给水。

在本发明的去离子装置中,去离子室的厚度最好为2.5毫米-5毫米,而包括电极室在内的浓缩室的厚度最好为0.5毫米-2.0毫米。去离子室和浓缩室最好都由具有导管的框架件构成,所述导管允许给水、净化水和浓缩水流过,而许多个这样的去离子室和浓缩室被堆叠起来以便形成一个去离子电气装置。

如果人们需要其质量可与超高纯水媲美的净化水(电阻率至少为 $18\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$),将电阻率至少为 $5\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的纯水供应给浓缩室并且可任选送入电极室。通过在其出口处分流出部分净化水而方便地获得了这样的纯水。如果需要,至少两组本发明的去离子电气装置可以串连布置,从而给其中一个去离子装置的浓缩室和电极室输送已流过下一个去离子装置的浓缩室和电极室的水,而给后者的浓缩室和电极室输送电阻率至少为 $5\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的去离子水。

以下,参见附图来描述本发明的优选实施例。

附图说明

图1示意地表示根据本发明的一个实施例的去离子电气装置。

图2是同一装置的分解视图,它在只具有一个去离子室(单室结构)的情况下具体示出了其内部结构。

图3是表示其内部结构的去离子室的分解视图。

图4是传统去离子电气装置的示意图。

图5表示当在使用一个包括两个本发明的串联去离子电气装置的去离子装置的例4中进行通水实验时获得的性能曲线。

图6-图9是表示浓缩水流是如何被送入本发明去离子装置的两级组合形式中的各装置中的流程图。

图 10 以概念图表示根据本发明另一个实施例的去离子电气装置的结构。

在图 1、2 中，数字 1 表示阴极，2、2' 表示阴离子交换膜，3、3' 表示浓缩室，4、4' 表示阳离子交换膜，5 表示去离子室，6 表示由阳离子交换纤维构成的无纺布，7 表示由阴离子交换纤维构成的无纺布，8 表示被安放在去离子室中以便提供给水通道的去离子室间隔材料，9、9' 表示安放在浓缩室中以便提供浓缩水通道的浓缩室间隔材料，10 表示阳极，数字 11 表示给水，12 表示净化水（去离子水），13、13' 表示来自浓缩室的流出水流，14、14' 表示被注入浓缩室的浓缩水流。

具体实施方式

图 1 示意地示出了根据本发明一个实施例的去离子电气装置。在该所示实施例中，在位于相反端的阴极 1、阳极 10 的之间按照以下书写顺序设置了以下部件：阴离子交换膜 2、浓缩室 3、阳离子交换膜 4、由阳离子交换纤维构成的无纺布 6、去离子室 5、由阴离子交换纤维构成的无纺布 7，阴离子交换膜 2'、浓缩室 3'、阳离子交换膜 4'。根据需要，可以至少在装置一部分中反复地交替设置两组阳离子交换膜和阴离子交换膜，从而平行地形成由至少两个去离子室（浓缩室、去离子室和另一个浓缩室的对）构成的阵列。导离子间隔材料 8 被安放在去离子室 5 中以便提供给水通道。在图 1 中没有表示出电极室，但如果需要，最靠近电极的浓缩室可以被用作电极室。或者，可以在最靠近电极且近得足以接触到电极的浓缩室邻近设置一个独立的电极室。如果最靠近电极的浓缩室被用作电极室，则不必在较靠近电极的该室侧设置离子交换膜。离子交换膜的布置形式可以是这样的，即同类型的离子交换膜在至少装置的一部分中一个接一个地排列。

图 2 示出了构成图 1 所示的本发明去离子电气装置的膜结构。值得注意的是，图 2 所示的装置只有一个去离子室。如上一段所述的那样，如果最靠近电极的浓缩室被用作电极室，则不必在较靠近电极的该室侧设置离子交换膜。因此，在图 2 所示的装置中，在浓缩室两侧在电极上

没有设置离子交换膜。图 3 具体地画出了去离子室结构 5。通常，已被官能化赋予离子交换能力的间隔材料的两斜纹网被夹在阳离子交换无纺布 6 和阴离子交换无纺布 7 之间，并且将该组件装在去离子室中。

现在来描述图 1-图 3 所示的且根据本发明一个实施例的去离子电气装置是如何工作的。首先，在阴极 1 和阳极 10 之间施加直流电压并将给水 11 注入装置中。接着，给水中的阳离子如 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} 在去离子室 5 的阳离子交换无纺布 6 上进行离子交换并被电场驱动而转移给阳离子交换无纺布 6 和阳离子交换膜 4 以便透过浓缩室 3，水作为浓缩水流 13 被从浓缩室 3 中排出。另一方面，象 Cl^- 、 SO_4^{2-} 这样的给水中的阴离子在去离子室 5 的阴离子交换无纺布 7 上进行离子交换并被电场驱动而转移给阴离子交换无纺布 7 和阴离子交换膜 2' 以便透过浓缩室 3'，它作为浓缩水流 13' 被排出所述浓缩室。在浓缩室 3 (或 3') 中，所提供的浓缩水流 9 (9') 中的阳离子被吸引向阴极，而阴离子被吸引向阳极；但是，由于阻塞了离子交换膜，它们不能透过，而是原样在浓缩水中残留下来并且在浓缩水 13 (13') 中被清理掉。

进一步参见本发明的去离子电气装置，当给水 11 在间隔材料 8 的斜纹网作用下形成涡流的情况下同时分散穿过去离子室 5 时，阳离子被截留在阳离子交换无纺布 6 上，而阴离子被截留在阴离子交换无纺布 7 上。结果，很有效地除去了给水 11 的离子态物质，从而生产出了高度去离子的净化水 12。

随着去离子的进行，更少的离子留在给水中，这造成更少的电流流过净化水。但是，由于在去离子室给水通道中设置了导离子间隔材料，所以可以明显降低工作电压的升高。另外，导离子间隔材料的截留离子能力有助于明显提高去离子系数。我们还发现，利用传统的去离子电气装置很难除去的可弱离解的碳酸盐、二氧化硅和其它成分可得到有效清除。我们还发现，本发明的去离子电气装置具有吃惊的高效除 TOC 的效果，而过去无论是通过传统的去离子电气装置，还是利用离子交换树脂技术，都很难除去 TOC。

至少一个导离子间隔材料 8 可以被安放在去离子室中。如果需要，

可以按照任何适当的组合方式使用具有不同导离子能力的导阳离子间隔材料和导阴离子间隔材料。通过根据要处理的水的质量而选择适当的组合，可以制成具有各种操作功能水平的去离子装置。例如，可以分别靠近阴离子交换纤维和阳离子交换纤维地将导阴离子间隔材料和导阳离子间隔材料设置在去离子室中。本发明人在实验中发现，只在去离子室中加入至少一种导阳离子间隔材料是最有效的降低工作电压的方式，而去除包括二氧化硅、碳酸盐和 TOC 的阴离子的工作性能可以通过只在去离子室中加入至少一种导阴离子间隔材料而得到提高。但是，还没有人提出过能解释这些组合为什么是可以有效地降低工作电压或提高阴离子去除性能的理论。至少可以假定，当在去离子室中同时存在阳离子和阴离子交换材料时，在不同离子交换材料之间的接触点必须出现并且在这些部位分解水，这有助于在去离子室中的离子交换材料的再生。

为了降低浓缩室 3 的电阻并抑制在离子交换膜表面上的离子浓度增高，最好将另一个导离子间隔材料放置在浓缩室 3 中。尽管可以使用导阳离子间隔材料或导阴离子间隔材料，但如果人们希望抑制在阳离子交换膜表面上的阳离子浓度增高，则优选用导阳离子间隔材料，而如果要抑制在阴离子交换膜表面上的阴离子浓度升高，则优选用导阴离子间隔材料。

如在浓缩室内，另一个导离子间隔材料理想地位于电极室内以便降低其电阻。通常希望将导阳离子间隔材料安放在由阳离子交换膜和阴极构成的阴极室内，尤其是在人们希望抑制阴极表面上的阳离子浓度的情况下，导阳离子间隔材料可以安放在阳离子交换膜侧，而没有加入离子交换基的导阴离子间隔材料或聚烯烃间隔材料被安放在阴极表面侧，这对抑制在阳离子交换膜表面和阴极表面上的离子浓度升高是有效的。相反地，通常希望将导阴离子间隔材料安放在由阴离子交换膜和阳极构成的阳极室内，尤其是在人们希望抑制阳极表面上的阴离子浓度的情况下，导阴离子间隔材料可以安放在阴离子交换膜侧，而没有加入离子交换基的导阳离子间隔材料或聚烯烃间隔材料被安放在阳极表面侧，这对抑制在阴离子交换膜表面和阳极表面上的离子浓度升高是有效的。

不仅在去离子室中设置了导离子间隔材料,而且在电极室和浓缩室内安放了导离子间隔材料,这产生了这样的优点,即使使用的是离子浓度低的浓缩水时,存在导离子间隔材料的区域变得就象它们具有增大的离子浓度,并且电阻相应地降低以便允许更强的电流流过。另外,如果在浓缩流内的离子浓度被降低,则更少的离子从浓缩室扩散到去离子室并且去离子过程就在这样低的电压下进行,从而给水可以轻易地被去离子处理到其离子浓度接近超高纯水水平的程度。还要参照处理离子浓度低的净化水和浓缩水的情况,在这种情况下,增加的电流量在那些存在导离子间隔材料的区域流动但导管和管接头具有低离子浓度并存在高电阻从而使导管和管接头不会漏电。结果,电流效率得到提高,装置安全性也得到提高。

本发明的去离子电气装置基于以下工作原理来工作,即在去离子室中的水被分解而生成了 H^+ 和 OH^- 离子,它们使去离子室内的离子交换材料再生,从而允许连续进行离子交换。如果在浓缩室内没有使用导离子间隔材料,则所产生的 OH^- 离子在它们透过阴离子交换膜时在膜中要比在水中更快速地移动,从而它们聚集在面向浓缩室的阴离子交换膜侧边界层上。浓缩的 OH^- 离子与象 Ca 、 Mg 这样的浓缩水中的硬质成分反应而形成了象 $CaCO_3$ 、 $Mg(OH)_2$ 这样的沉淀物,由此很难继续进行连续工作。但是,如果如上所述地在本发明的去离子电气装置的浓缩室内设置了导阴离子间隔材料,则在浓缩室内的阴离子活动能力增大,从而限制了在阴离子交换膜边界层上的 OH^- 离子浓度的增高,由此允许更轻松地连续工作。

如果具有对应于至少 $5M\Omega \cdot cm$ 电阻率的低离子浓度的流体被用作浓缩水,则不容易形成沉淀物,这是因为浓缩水本身含有很少量硬质成分如 Ca 、 Mg 。

利用本发明的去离子电气装置,可以连续地由离子浓度为城市用水水平的过滤水(电阻率最大约为 $0.005M\Omega \cdot cm$)生产出其质量至少可与通过 RO (反渗透)法处理而具有至少为 $0.1M\Omega \cdot cm$ 电阻率的水质相媲美的去离子水,并且可以连续地由其质量可以与 RO 处理水质相媲

美的水生产出高纯水(电阻率至少约为 $15\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$),还可以由高纯水生产出超高纯水(电阻率至少约为 $18\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$)。另外,该装置消耗更少电能并由此可以建造得更大型一些。

在本发明的去离子电气装置中,无纺布和间隔材料有利地通过接枝法且优选是辐射诱导接枝聚合法被官能化而赋予了离子交换能力。辐射诱导接枝聚合法是一种其中使聚合物基质接受辐射而形成官能团的方法,这些官能团与单体反应而由此被加入基质中。

聚烯烃聚合物且尤其是聚乙烯是常用的无纺布基质;尤其是优选聚乙烯和聚丙烯的复合物,但是这不是可以采用的唯一例子。

间隔材料的基质包括聚烯烃聚合物如聚乙烯和聚丙烯。在本发明中,优选聚乙烯,这是因为它便于辐射诱导接枝聚合。

要加入无纺布基质和间隔材料中的离子交换基不受任何特定限制,并且可以采用各种阳离子交换基和阴离子交换基。阳离子交换材料的例子包括那些含有象磺酸基、羧基、磷酸基、酚醛羟基这样的阳离子交换基的材料,而阴离子交换材料的例子包括含象伯氨基、仲氨基、叔氨基和季铵基这样的阴离子交换基的那些。或者,可以使用同时含有阳离子交换基和阴离子交换基的离子交换材料。

可聚合单体被接枝到要用到本发明的去离子电气装置中的无纺布用基质和间隔材料上并且它们具有离子交换基或可被转换成离子交换基的基团。含离子交换基的单体例如可以是丙烯酸(AAc)、甲基丙烯酸、苯乙烯磺酸钠(SSS)、甲代烯丙基磺酸钠、烯丙基磺酸钠、乙烯基苄基三甲基氯化铵(VBTAC),这些物质可以接受辐射诱导接枝聚合处理,从而直接将离子交换基加入基质中。具有可被转换成离子交换基的基团的单体包括乙烯腈、丙烯醛、乙烯基吡啶、苯乙烯、氯甲基苯乙烯和甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)。例如,甲基丙烯酸缩水甘油酯可以通过辐射诱导接枝聚合法被加入基质中,接着它们与磺化剂如亚硫酸钠反应而加入磺酸基或与二乙醇胺等进行胺化反应,从而产生离子交换无纺布或离子间隔材料。

当加入阳离子交换基时,最好至少将一个磺酸基加入,而在加入阴

离子交换基时，最好至少加入一个季铵基。在制造纯水的情况下，给水的 pH 位于中性范围内，除非可获得的离子交换基是即使在这样的 pH 范围内也分解的磺酸基或季铵基，则工作电压变得如此高，从而本发明的去离子电气装置可能偶尔会无法显示出所指望的工作性能。不用说，是弱酸性阳离子交换基的羧基以及是若碱性阴离子交换基的叔氨基和更低级的氨基也可以存在与无纺布或间隔材料中，但在无纺布的情况下，磺酸基、季铵基都最好是 0.5meq/g-3.0meq/g 盐分解能力，在间隔材料的情况下，它们分别是 0.5meq/g-2.0meq/g 盐分解能力。可以通过改变接枝比来调整离子交换能力，接枝比越高，离子交换能力越强。

在本发明去离子电气装置中的去离子室优选地具有 2.5 毫米-5 毫米的厚度并且考虑到低电压和大流量的要求，它的厚度最好如在日本专利公开 99221/1997 所述地为 3 毫米-4 毫米。本发明人对装有各种离子交换无纺布和导离子间隔材料的去离子室进行了许多实验。结果我们发现，为了连续生产出质量令人满意的净化水，无纺布用基质优选地应该具有 0.1 毫米-1.0 毫米的厚度、 $10\text{g}/\text{m}^2$ - $100\text{g}/\text{m}^2$ 的面积密度、50%-98% 的孔隙度、10 微米-70 微米的丝径，而间隔材料基质最好具有 0.3 毫米-1.5 毫米的厚度。

斜纹网是要填入本发明去离子电气装置的去离子室和浓缩室内的间隔材料的优选形状。间隔材料应该满足许多条件，其中以下条件是非常重要的：给水应该容易产生流动时四散流动的湍流；间隔材料应该足够紧密地接触离子交换纤维；不需要物质的溶出和粒子产生应该最小；压力损失应该小；间隔材料应该充分地接触无纺布以防止它们变形或被压实。满足这些条件的一种有利基质就是图 3 所示类型的斜纹网，但这不是可采用的唯一例子。网厚度有利地为 0.3 毫米-1.5 毫米，这是因为可以充分增大给水流量以便降低压力损失。如果总厚度位于上述范围内，则可以使用多于一种的间隔材料。

在本发明的去离子电气装置中，其厚度最好为 2.5 毫米-5 毫米的去离子室与包括阳离子交换无纺布和阴离子交换无纺布的组件装配在一起，其中所述阳离子交换无纺布和阴离子交换无纺布通过导离子间隔材

料相互隔开。通常，各部件的总厚度大于去离子室的厚度。在考虑了各种因素如流量、压力损失、给水质量、电压的情况下，可适当地确定各部件厚度。

在本发明的优选实施例中，要装入浓缩室和电极室的间隔材料形状和上述情况一样，在考虑各因素如流量、压力损失、浓缩水弥散性的情况下，可以适当地确定各部件的厚度。

在本发明的去离子电气装置中，包括电极室的浓缩室与去离子室由一个框架件确定，它有利地由刚性聚氯乙烯、聚乙烯或 EPDM 构成，这是因为这些材料是容易获得的并且容易进行处理并具有良好的形状稳定性。但是，它们不是本发明可用的唯一例子，并且可以采用任何常用于本领域已知电渗析器范围内的材料。

在图 1 中，具有代表性地示出了本发明的去离子电气装置的组成；在电极相反两端之间设置了至少一个由保持在两个浓缩室之间的去离子室构成的室，每个室由离子交换膜、离子交换无纺布和导离子间隔材料构成。在图 10 中示出了本发明的另一个实施例，离子交换膜、离子交换无纺布和导离子间隔材料片相互重叠布置形成了一个包含一个由保持在两个浓缩室之间的去离子室构成的室的组合薄片件。接着，将该组合薄片件成圆柱形地缠绕到一个电极上，它被另一个电极环绕而形成了去离子装置。不用说，可以交替地布置许多离子交换膜，由此形成了具有平行排列有许多去离子室的薄片件。因此，根据本发明的第二实施例，阳离子交换膜与阴离子交换膜交替布置，从而形成了与浓缩室交替布置的去离子室，并且将由阳离子交换纤维构成的无纺布或无纺布安放在每个去离子室内，以使它与由阴离子交换纤维构成的且安放在阴离子交换膜侧的无纺布或无纺布面对面地布置位于阳离子交换膜侧，具有离子交换能力的导离子间隔材料被安放在两个无纺布或无纺布的给水通道中，从而形成了一个薄片件。接着，将该薄片件成圆柱形地缠绕到一个电极上，该电极被具有相反极性的电极所环绕，由此构成了去离子电气装置。在图 10 中，除了阳极 10 位于中心而阴极 1 位于四周以外，与图 1 所示的去离子装置相同的部件用相同数字表示。

例子

为了进一步描述本发明而给出了以下例子，但这些例子绝不应被认为是对本发明的限定。

例 1

制备离子交换无纺布

表 1 表示用来制备例 1 离子交换无纺布的无纺布基质的规格。无纺布基质是通过热熔由聚丙烯芯和聚乙烯表皮构成的复合纤维而制成的。

表 1

芯/表皮	聚丙烯/聚乙烯
面积密度	50 g/m ²
厚度	0.55 mm
丝径	15 微米-40 微米
工艺	热熔
孔隙度	91%

导离子间隔材料的制备

表 2 表示用作制备在例 1 中导离子间隔材料的基质的斜纹网的规格。

表 2

构成材料	聚乙烯
形状	斜纹网
厚度	0.8 毫米
网眼	6 毫米 × 3 毫米

在氮气气氛下用 γ 射线照射表 1 所列无纺布的一个试样并接着将它浸泡在甲基丙烯酸缩水甘油酯 (GMA) 溶液中以便反应。获得了 163% 的接枝比。随后，将接枝的无纺布浸泡在亚硫酸钠、异丙醇和水的混合液中以便磺化。如此获得的无纺布的离子交换能力的测量结果表明，它是盐分解能力为 2.82meq/g 的强酸性阳离子交换无纺布。

同一无纺布的另一个样品在氮气气氛下中接受 γ 射线照射并接着被浸泡在氯甲基苯乙烯(CMS)中以便反应并获得了148%的接枝比。随后,将接枝的无纺布浸泡在10%的三甲胺水溶液中以便加入季铵基。所获产品是盐分解能力为2.49meq/g的强碱性阴离子交换无纺布。

表2所列的斜纹网基质的一个试样在氮气气氛下中接受 γ 射线照射并随后浸入甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)与二甲基甲酰胺(DMF)的混合液中以便反应并获得了53%的接枝比。接枝的网接着被浸泡在亚硫酸钠、异丙醇和水的混合液中以便磺化。所获产品是盐分解能力为0.62meq/g的强酸性阳离子交换间隔材料。

在与上述相同的条件下照射表2所列的斜纹网基质的另一个试样并将它浸泡在乙烯基苄基三甲基氯化铵(VBTAC)、二甲基丙烯酰胺(DMAA)和水的混合液中以便反应并获得了36%的接枝比。所获产品是盐分解能力为0.44meq/g的强碱性导阴离子的间隔材料。

通水实验

利用如此制得的离子交换无纺布和导离子间隔材料以及工业用离子交换膜,组装出具有图1所示结构的去离子电气装置。工业用离子交换膜是由Tokuyama公司生产的阳离子交换膜和阴离子交换膜其商品名称分别为C66-10F和AMH。所装配的去离子装置具有一11个图1结构的去离子室的平行阵列,每个去离子室大小为400毫米 \times 600毫米,厚为3毫米,而每个浓缩室厚0.8毫米。在每个去离子室中,在阳离子交换无纺布侧装入一片导阳离子间隔材料(见上面),在阴离子交换无纺布侧装入一片导阴离子间隔材料(见上面)。没有在浓缩室内装入导离子间隔材料,而是分别给它们装入了没有接受接枝聚合处理的单片聚乙烯斜纹网。

利用这样的装置,在表3所述的条件下进行通水实验。净化水(在每个去离子室出口获得的水)具有连续一致的17 M Ω ·cm的电阻率。工作电压为360伏,压力损失不超过0.2kg/cm²。

表 3

给水	RO (反渗透) 处理水
给水的电阻率	约 0.35 MΩ · cm
二氧化硅	0.1ppm-0.3ppm
水温	14℃-20℃
流量	1.0 m ³ /h

对比例 1

用与例 1 所用相同的装置进行通水实验，但不同的在去离子室中装了两只由斜纹网基质（见表 2）构成的间隔材料，其中这些斜纹网基质未接枝聚合处理并因此不导离子。就电阻率而言，净化水的质量不超过 15 MΩ · cm，但是室间电压提高到 720 伏。

例 2

按照相同的方式布置其类型与例 1 所用相同的离子交换膜、离子交换无纺布和导离子间隔材料，从而组装成了具有图 1 所示结构的去离子装置。形成了 11 个去离子室。利用这样的去离子装置，在表 4 所示条件下进行通水实验。给水是因综合进行了活性炭吸收、微过滤（MF）和毫微过滤（NF）而没有有机物质和铁的自来水。净化水的电阻率为 3 MΩ · cm -3.5 MΩ · cm。

表 4

给水	过滤水
给水导电率	160 μ S/cm -230 μ S/cm
水温	12℃-18℃
流量	0.5 m ³ /h

例 3

利用其类型与例 1 所用相同的离子交换无纺布、导离子间隔材料和离子交换膜，组装成了具有图 1 所示结构的去离子电气装置。每个去离

子室的尺寸为 400 毫米 × 600 毫米并且厚为 3 毫米。浓缩室的厚度均为 1.5 毫米。组装成的去离子装置具有图 1 所示结构一排平行的 11 个去离子室。在每个去离子室中，在阳离子交换无纺布侧安放了一片导阳离子间隔材料，而在阴离子交换无纺布侧安放了一片导阴离子间隔材料。在每个浓缩室中，在阴离子交换膜侧安放了一片 0.8 毫米厚的导阴离子间隔材料并在阳离子交换膜侧安放了一片 0.8 毫米厚的导阳离子间隔材料。

象在例 1 中那样，在表 3 所示的条件下使给水流过该装置。净化水具有连续不变的等于 $17.2\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率值和等于 28ppb-35ppb 的 TOC。工作电压为 240 伏并且压力损失不超过 $0.3\text{kg}/\text{cm}^2$ 。二氧化硅去除率也高达 96%。净化水的电阻率可以通过控制所加电压和电流进行控制。

例 4

象在例 3 中那样组装出一个 11 室去离子装置，除了在起阳极室和阴极室作用的最外侧浓缩室（在电极侧）中装了导阳离子间隔材料（在阴极室）和导阴离子间隔材料（在阳极室）外，两个这样的装置被串联起来，从而形成了去离子装置。1.5 毫米厚的阴极室都装有两片 0.8 毫米厚的导阳离子间隔材料，而 1.5 毫米厚的阳极室都装有两片 0.8 毫米厚的导阴离子间隔材料。

如图 7b 所示，以 $1.33\text{m}^3/\text{h}$ 流量流出去离子装置第一级的去离子室 5 的净化水以 $0.33\text{m}^3/\text{h}$ 流量被分流并将分流送入第二级的浓缩室 3 中，流出第二级的浓缩室 3 的净化水被送入第一级的浓缩室 3 中，流出第一级的浓缩室 3 的净化水被回收 RO 装置的供水罐中。

象在例 1 中那样，在表 3 所列条件下进行通水实验，从而得到了图 5 所示的工作性能曲线，它作为两级装置总电耗量函数地表示出了来自第二级的去离子室的净化水 12 的质量。净化水 12 具有连续一致的不超过 10ppb 的 TOC 水平。两级的压力损失不超过 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 。在总电耗为 $0.6\text{kWh}/\text{m}^3$ 的情况下，二氧化硅去除率至少为 99%。

图 6-图 9 是表示去离子水流和浓缩水流是如何在去离子装置的两级结构中被供给相应装置的流程图。每个标为 (a) 的曲线表示逆流体系, 标为 (b) 的曲线表示并流体系。在图 6-图 9 中, 下方框表示去离子装置的第一级, 而上方框表示第二级。数字 5 表示去离子室, 3 表示浓缩室, 11 表示供给第一级的去离子室的给水, 12 表示来自第二级的去离子室的净化(去离子)水, 13 表示循环流向给水供水罐的浓缩水。因此, 可以按照各种回路方式串联本发明去离子装置的这两级结构以便实现本发明。

例 5

导离子间隔材料的制备

其类型与例 1 所用相同的斜纹网基质(见表 2)在氮气气氛下接受 γ 射线照射并随后被浸泡在苯乙烯磺酸钠(SSS)、丙烯酸(AAc)和水的混合溶液中以便反应并且获得 160%的接枝比。离子交换传导率的测量结果显示, 获得的强酸性导阳离子间隔材料具有 1.05meq/g 的盐分解能力。

在氮气气氛下用 γ 射线照射斜纹网基质的另一个试样并将它浸泡在乙烯基苄基三甲基氯化铵(VBTAC)、DMAA 和水的混合溶液中以便反应并且获得了 130%的接枝比。所获产品是盐分解能力为 0.82meq/g 的强碱性导阴离子间隔材料。

通水实验

利用在例 1 中制成的离子交换无纺布和上述导离子间隔材料, 象在例 4 中那样组装出具有图 1 所示结构的去离子电气装置。离子交换膜的类型与例 1 所用类型一样。它由两个串联连接的装置构成, 每个装置都具有其结构如图 1 所示 11 个去离子室。每个去离子室的尺寸为 400 毫米 \times 600 毫米并且厚为 3 毫米。每个浓缩室的厚度为 1.5 毫米。在每个去离子室中, 装入了两片导阳离子间隔材料(见上述内容)。而在每个浓缩室中, 在阴离子交换膜侧装入了 0.8 毫米厚的导阴离子间隔片材, 而在阳离子交换膜侧装入了 0.8 毫米厚的导阳离子间隔片材。

象在例 4 中那样, 在表 3 所示条件下使给水流过该装置。这两个装

置的总电耗为 $0.15\text{kWh}/\text{m}^3$ 并且净化水具有连续一致的等于 $17\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率值和至多等于 30ppb 的 TOC。压力损失低到不超过 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 。二氧化硅去除量也令人满意地等于 90% 。可以通过调节所加电压和电流的方式来控制净化水的电阻率。

例 6

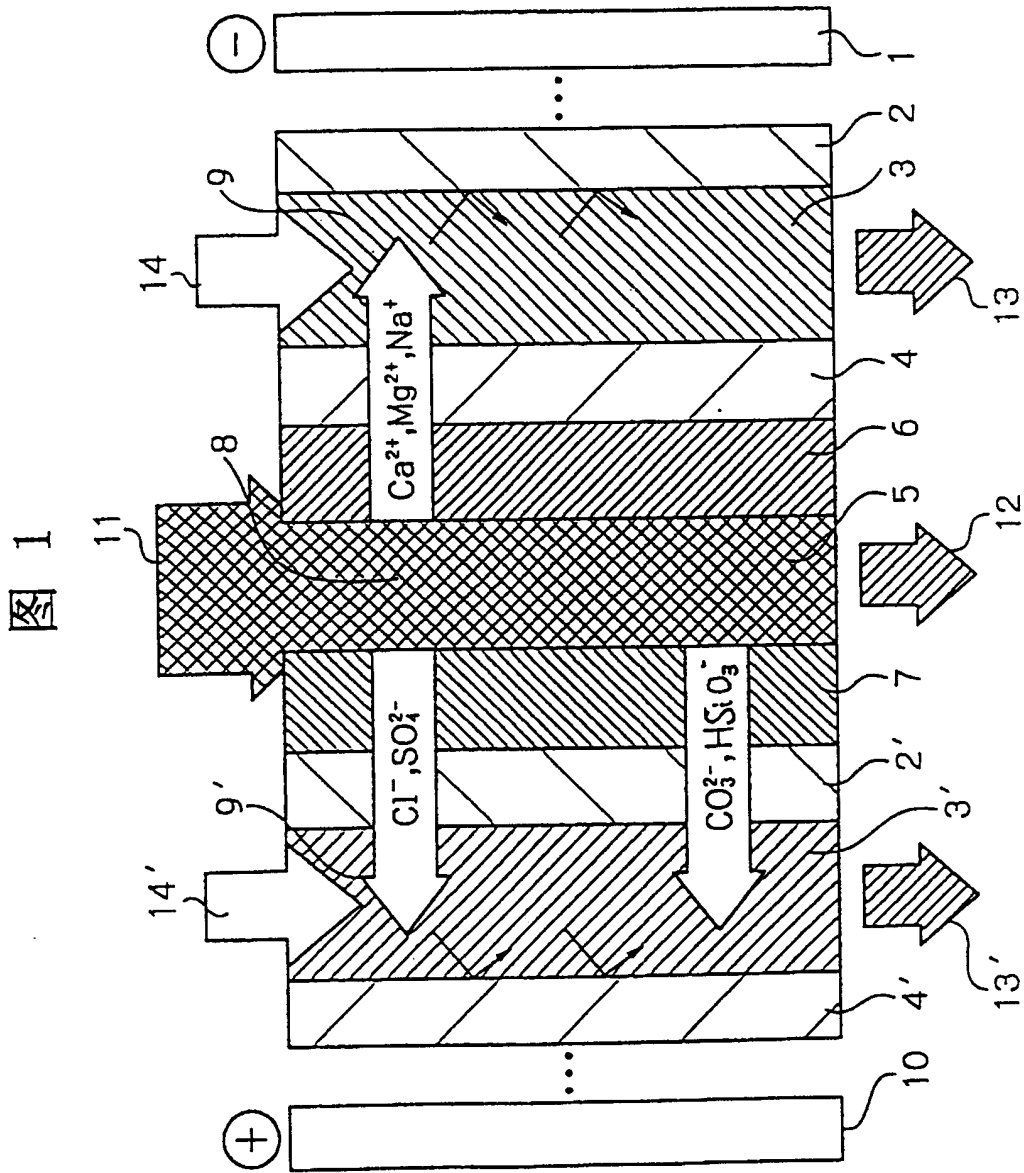
利用例 5 所示的导离子间隔材料和离子交换无纺布，组装出具有图 1 所示结构的去离子电气装置。离子交换膜的类型与例 1 所用类型一样。它由两个串联连接的装置构成，每个装置都具有其结构如图 1 所示 11 个去离子室。每个去离子室的尺寸为 $400\text{毫米} \times 600\text{毫米}$ 并且厚为 3毫米 。每个浓缩室的厚度为 1.5毫米 。在每个去离子室中，装入了两片导阴离子间隔材料（见上述内容）。而在每个浓缩室中，在阴离子交换膜侧装入了 0.8毫米 厚的导阴离子间隔片材，而在阳离子交换膜侧装入了 0.8毫米 厚的导阳离子间隔片材。

象在例 4 中那样，在表 3 所示条件下使给水流过该装置。这两个装置的总电耗为 $0.3\text{kWh}/\text{m}^3$ 并且净化水具有连续一致的等于 $18.1\text{M}\Omega \cdot \text{cm}$ 的电阻率值和至多等于 5ppb 的 TOC。压力损失低到不超过 $0.6\text{kg}/\text{cm}^2$ 。二氧化硅去除率也令人满意地高达 99% 。可以通过调节所加电压和电流的方式来控制净化水的电阻率。

工业实用性

根据本发明，在去离子电气装置的去例子室中，不仅安放了离子交换无纺布，而且安放了具有导离子能力的间隔材料。与传统的去离子装置相比，本发明的装置在净化水质量方面有明显改善并在电耗方面明显降低，并且可以更高效地并且不希望物质溶出少地进行去离子处理，本发明的装置工作成本低并且需要更小的安装空间。利用本发明的去离子电气装置，甚至可以不用化学试剂而仅利用电能就可生产出超高纯水。在本发明的一个优选实施例中，导离子间隔材料也被加入浓缩室内并且这有助于进一步提高工作性能。本发明的去离子电气装置的另一个优点

是，可以通过只改变处理环境（电力条件）就能获得具有理想质量的净化水。



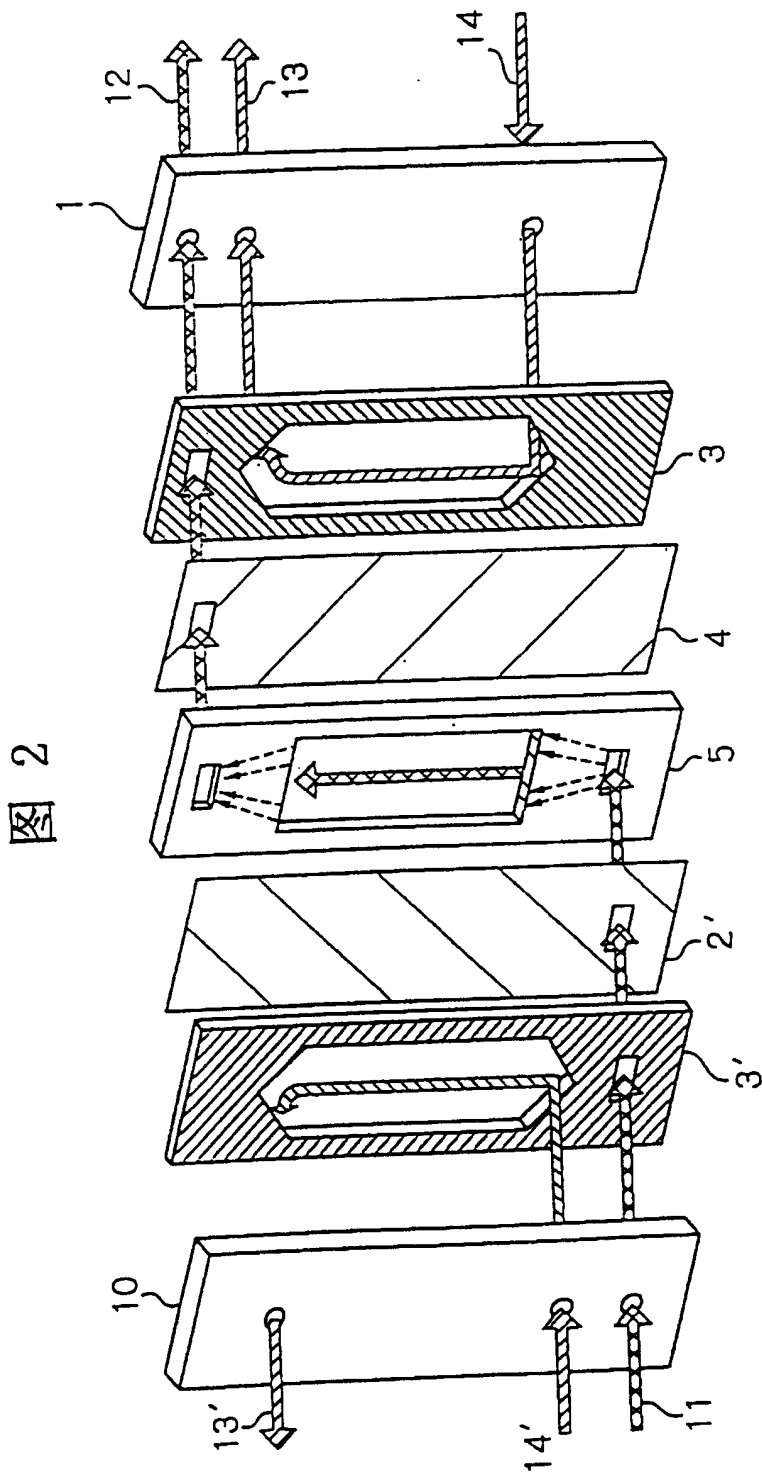


图 2

图 3

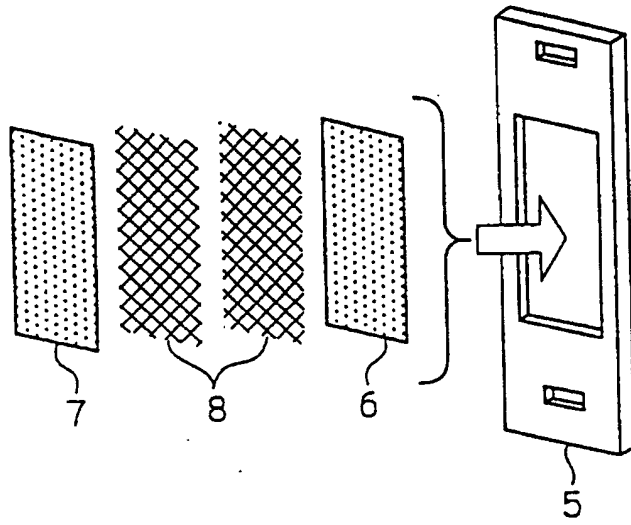


图 4

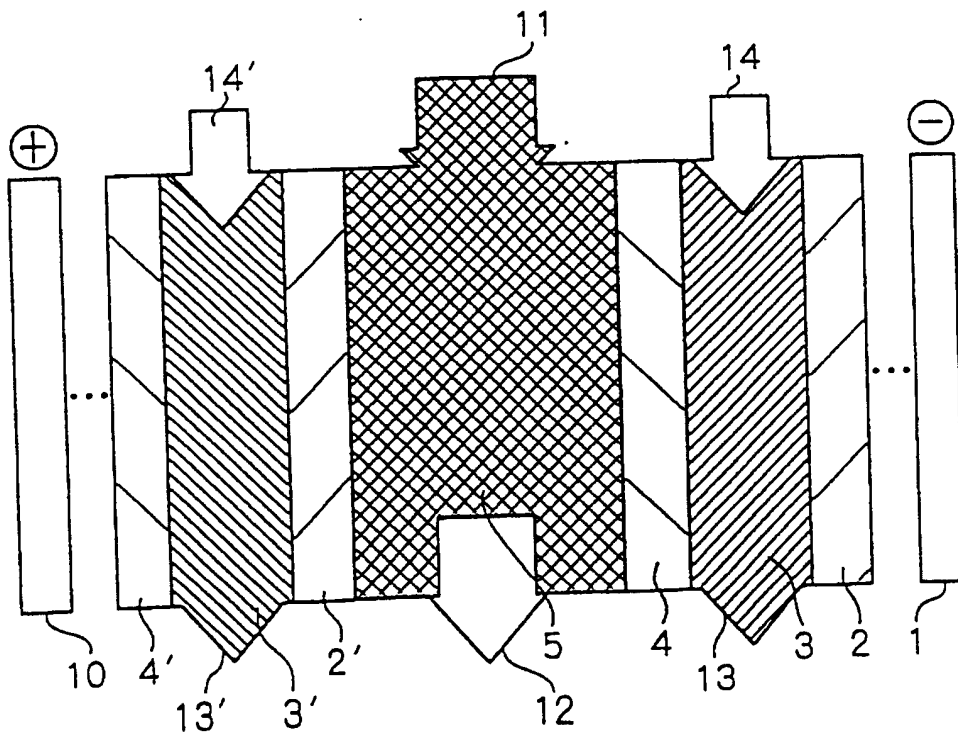


图 5

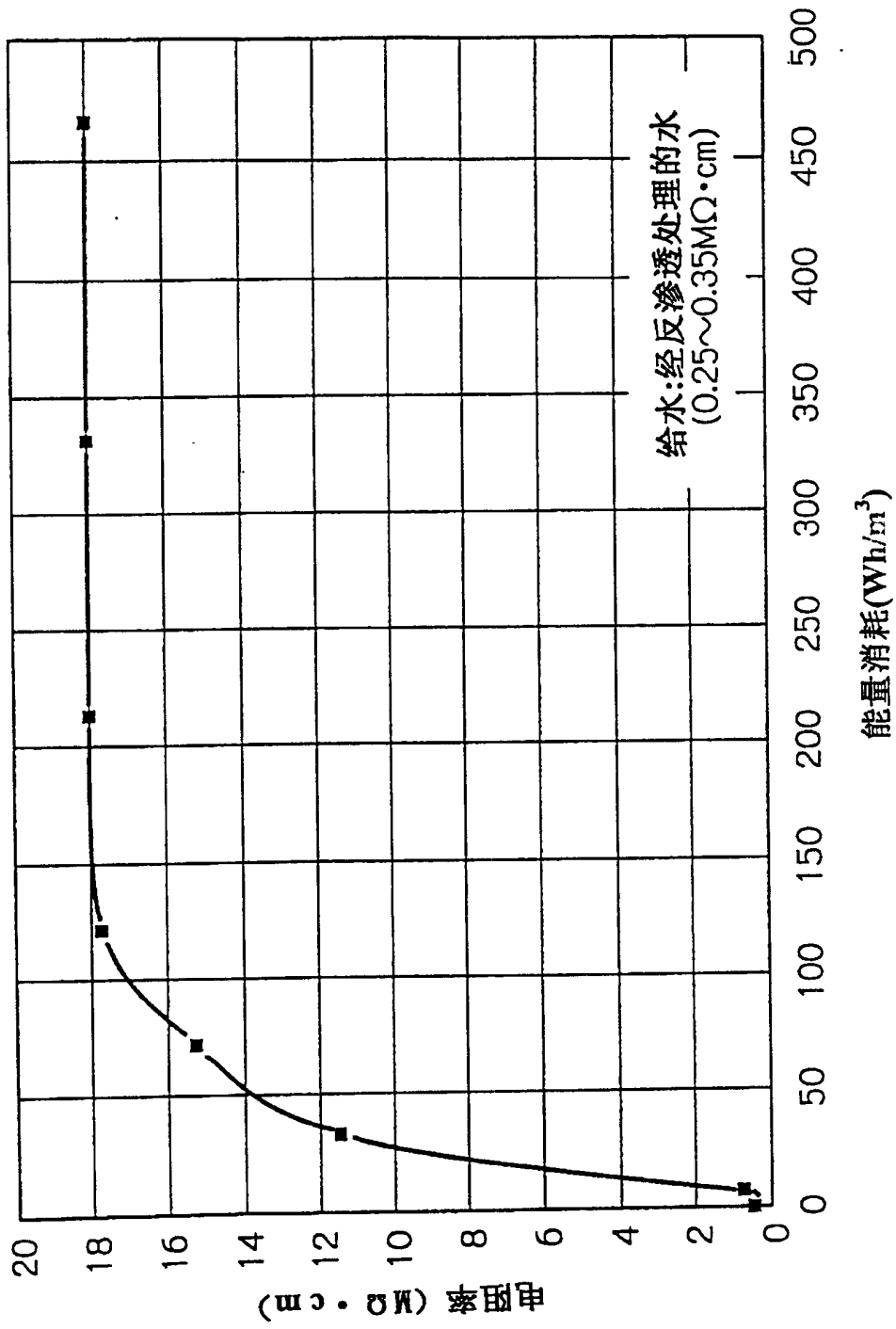


图 6

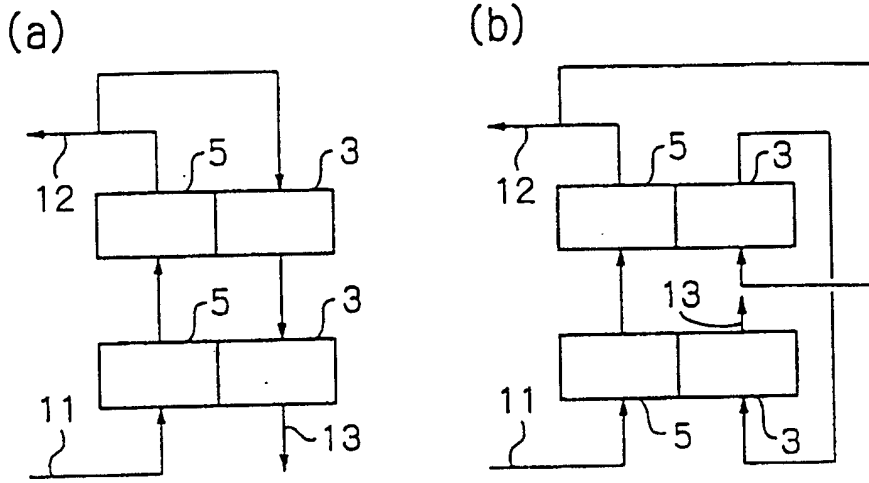


图 7

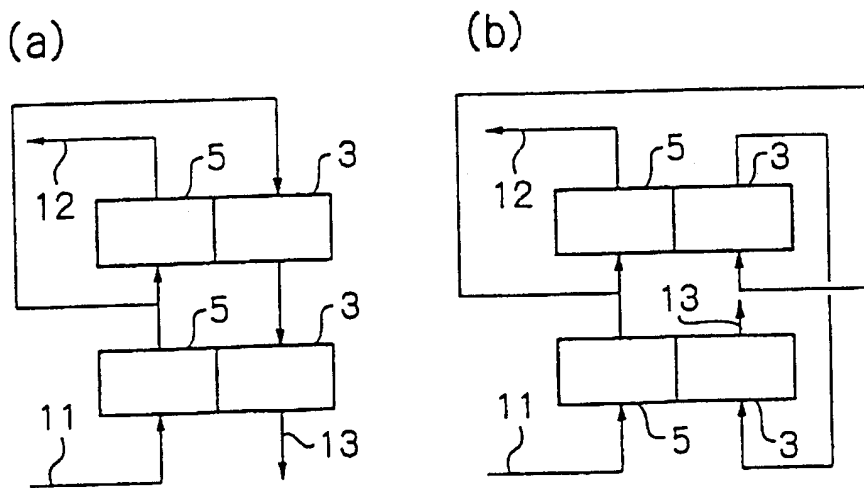


图 8

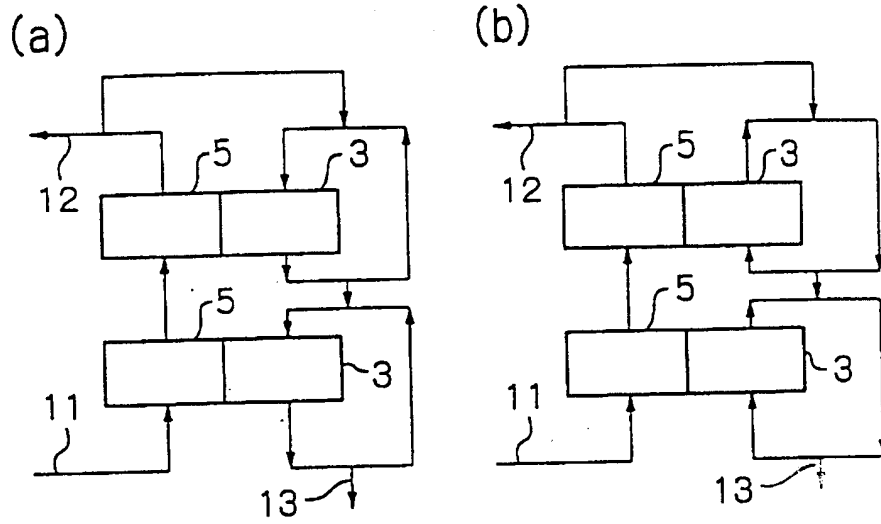


图 9

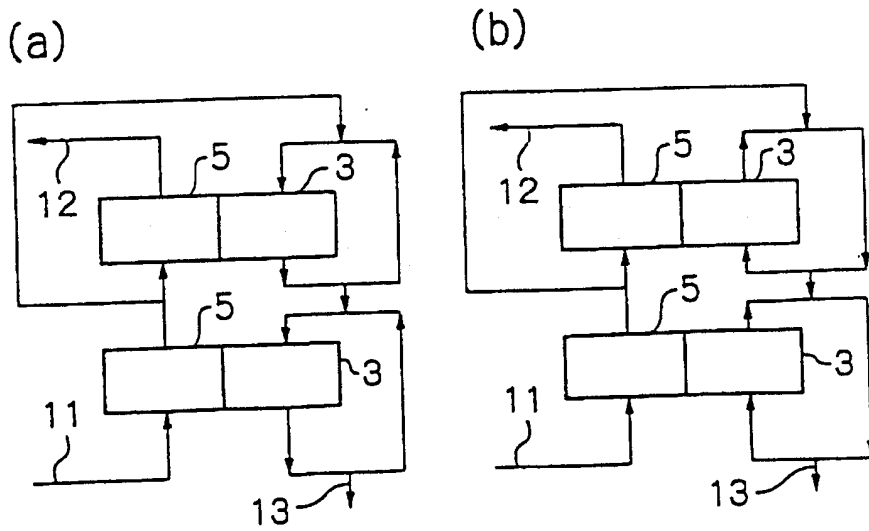


图 10

