



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102906028 B

(45) 授权公告日 2014. 11. 12

(21) 申请号 201180024162. 3

(22) 申请日 2011. 05. 17

(30) 优先权数据

10163021. 8 2010. 05. 17 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 11. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2011/058001 2011. 05. 17

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/144636 EN 2011. 11. 24

(73) 专利权人 沃尔泰亚公司

地址 荷兰萨森海姆

(72) 发明人 H·R·赖因霍特 A·范德瓦尔

P·E·德卢戈莱茨基

(74) 专利代理机构 北京戈程知识产权代理有限公司

公司 11314

代理人 程伟 王锦阳

(51) Int. Cl.

C02F 1/469 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2008185294 A1, 2008. 08. 07,

US 2008185294 A1, 2008. 08. 07,

US 5779891 A, 1998. 07. 14,

US 2003079992 A1, 2003. 05. 01,

CN 101518748 A, 2009. 09. 02,

US 2009218227 A1, 2009. 09. 03,

US 5736023 A, 1998. 04. 07,

CN 1788831 A, 2006. 06. 21,

CN 1607183 A, 2005. 04. 20,

审查员 林珊

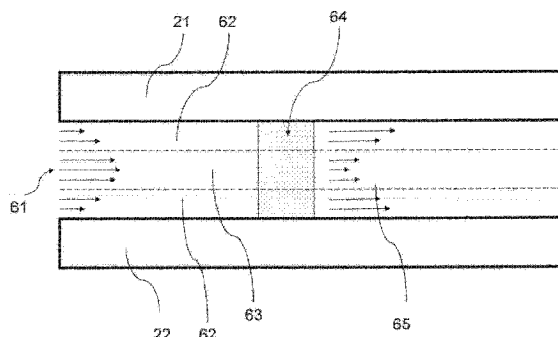
权利要求书2页 说明书13页 附图10页

(54) 发明名称

去除离子的装置以及去除离子的方法

(57) 摘要

一种从水中去除离子的装置和方法。所述装置具有外壳并且包括用于让水进入外壳的进水口、用于让水流出外壳的出水口、连接到用于在第一和第二电极之间产生电势差的电源的第一和第二电极以及在第一和第二电极之间并允许水流入第一和第二电极之间的间隔区。所述装置具有被构造和设置为相对于在第一和第二电极之间流动的水的第二部分, 调节在第一和第二电极之间流动的水的第一部分的流速的速度调节器(64)。



1. 从水中去除离子的装置,所述装置具有外壳 (31),所述装置包括:

用于让水进入所述外壳 (31) 的进水口 (32);

用于让水流出所述外壳 (31) 的出水口 (33);

第一和第二电极 (21、22),其连接到用于在所述第一和所述第二电极 (21、22) 之间提供电势差的功率控制器 (PC);

其中所述装置还包括速度调节器 (64),其被构造和设置为相对于在所述第一和第二电极之间流动的水的第二部分的流速,调节在所述第一和第二电极之间流动的水的第一部分的流速以使之减小,并且所述速度调节器 (64) 包括多孔材料,而多孔结构从所述速度调节器 (64) 的中间到其中一个所述电极 (21、22) 增大,并且所述速度调节器 (64) 的流动阻力从靠近其中一个电极的位置向所述速度调节器 (64) 的中间连续地增加,并且所述速度调节器 (64) 中的水的所述第一部分流动在更远离所述第一电极或所述第二电极的位置,并且水的所述第二部分在更靠近其中一个电极的位置 (62) 上流动。

2. 根据权利要求 1 所述的装置,其中水的所述第一部分在所述速度调节器 (64) 的中间 (63) 流过。

3. 根据权利要求 1 到 2 任一项所述的装置,其中水的所述第二部分在所述速度调节器 (64) 的边缘 (62) 流过。

4. 根据权利要求 1 到 2 任一项所述的装置,其中所述速度调节器 (64) 包括具有流动阻力的材料,所述流动阻力可被调节并以此调节水的流动速度。

5. 根据权利要求 1-2 任一项所述的装置,其中所述速度调节器 (64) 包括多孔材料,其中在所述速度调节器的所述中间 (63) 的流动阻力大于更靠近边缘的流动阻力,使得与流经所述速度调节器 (64) 的所述边缘的水相比,流经所述速度调节器 (64) 的所述中间的水速被减小。

6. 根据权利要求 1-2 任一项所述的装置,其中所述速度调节器 (64) 沿着间隔区设置,或设置在间隔区外部,或包含在间隔区中。

7. 根据权利要求 1-2 任一项所述的装置,其中所述速度调节器 (64) 包括具有网格结构的间隔区,所述网格结构相对于所述电极可转换和 / 或可旋转以调节流经所述间隔区的水的所述速度。

8. 根据权利要求 1-2 任一项所述的装置,其中所述速度调节器 (64) 包括在所述电极之间具有多层的间隔区,靠近所述电极的所述层具有低流动阻力,而远离所述电极的所述层具有相对较高的流动阻力。

9. 根据权利要求 8 所述的装置,其中所述层具有多孔材料,所述多孔材料在第一方向上具有低流动阻力而在第二方向上具有更高的流动阻力,而靠近所述电极的所述层取向为基本上等于水流方向的所述第一方向。

10. 根据权利要求 9 所述的装置,其中远离所述电极的所述层取向为基本上等于水流方向的所述第二方向。

11. 根据权利要求 1 所述的装置,其中所述速度调节器包括具有小通道的材料,并且更靠近所述电极的区域中的所述通道的横截面大于所述速度调节器 (64) 的所述中间的所述通道的横截面。

12. 根据权利要求 11 所述的装置,其中所述速度调节器包括封闭所述间隔区的材料,

但是所述材料在所述间隔区的纵向方向中具有一些小通道,通过所述小通道水从一侧流到另一侧,并且靠近所述边缘的所述区域中的所述通道的总横截面大于所述速度调节器 (64) 的所述中间区域的所述通道的总横截面。

13. 去除离子的方法,所述方法包括:

在外壳 (31) 中设置第一和第二电极 (21、22);

在所述第一和所述第二电极 (21、22) 之间提供电势差;

允许水从所述外壳中的进水口 (32) 流入所述第一和所述第二电极 (21、22) 之间,并流到所述外壳 (31) 中的出水口 (33);以及,

通过提供包括多孔材料的所述速度调节器 (64) 来调节相对于水的第二部分的水的第一部分的流速,而多孔结构从所述速度调节器 (64) 的中间到其中一个所述电极 (21、22) 增大,并且所述速度调节器 (64) 的流动阻力从靠近其中一个电极的位置向所述速度调节器 (64) 的中间连续地增加,其中水的所述第一部分的所述流速低于水的所述第二部分的所述流速,并且水的所述第一部分流动在比水的所述第二部分更远离所述电极的位置上。

去除离子的装置以及去除离子的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种从水中去除离子的装置,所述具有外壳的装置包括用于让水进入外壳内部的进水口、用于让水流出外壳内部的出水口以及连接到在第一和第二电极之间提供电势差的功率控制器的第一和第二电极。

背景技术

[0002] 近年来人们越来越意识到人类活动对环境的影响及这些影响可以导致的负面后果。减少、再利用和循环利用资源的方法正在变得更加重要。特别是,净水正在变成一种稀缺商品。因此,开发了各种用于净化水源的方法和设备。

[0003] 一种水质净化的方法是通过电容消除离子,其使用设置有流过式电容器(FTC)的装置去除水中的离子。FTC如同电再生电池那样运行以电容消除离子。通过向电极供电,离子从电解质中去除并且保留在电极的双电层中。电极在不添加化学物质的情况下,能够被(部分的)电再生以释放先前去除的离子。

[0004] 去除离子的装置包括一对或多对被隔开的电极(阴极和阳极),该装置也可以包括分隔电极并且允许水流入电极之间的间隔区。

[0005] 该具有外壳的装置包括让水进入外壳的进水口和让水流出外壳的出水口。在去除离子的装置的外壳中,电极层(和间隔区)通过压力堆叠为“三明治”型,通常是通过机械紧固。

[0006] 该装置的效率在净化过程中十分重要,因为其表示在一段时间中该装置可净化的水的量。

发明内容

[0007] 本发明的目的是优化去除离子的装置的效率。

[0008] 根据本发明实施方案提供了从水中去除离子的装置,所述装置具有外壳 31,其包括:

[0009] 用于让水进入外壳 31 的进水口 32;

[0010] 用于让水流出外壳 31 的出水口 33;

[0011] 第一和第二电极 21、22,其连接到用于在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差的功率控制器 PC;

[0012] 其中该装置还包括速度调节器 64,其被构造和设置为相对于在第一和第二电极之间流动的水的第二部分,调节在第一和第二电极之间流动的水的第一部分的流速,并且所述速度调节器(64)的流动阻力从靠近其中一个电极的位置向所述速度调节器(64)的中间连续地增加。

[0013] 根据本发明的另一个实施方案,本发明涉及去除离子的方法,该方法包括:

[0014] 在外壳 31 中设置第一和第二电极 21、22;

[0015] 在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差;

[0016] 允许水从外壳中的进水口 32 流入第一和第二电极 21、22 之间,并且流到外壳 31 中的出水口 33;以及

[0017] 相对于水的第二部分调节水的第一部分的流速,并且所述速度调节器(64)的流动阻力从靠近其中一个电极的位置向所述速度调节器(64)的中间连续地增加。

附图说明

[0018] 本发明的实施方案将只通过举例方式、结合参考所附示意图的方式描述,图中相应的附图标记代表相应的部分,并且其中:

[0019] 图 1 显示了用于本发明的电极的实施方案示意图;

[0020] 图 2 显示了用于本发明的电极的叠层的实施方案示意图;

[0021] 图 3 显示了用于本发明的去除离子的装置的实施方案示意图;

[0022] 图 4 示意地显示了在两个电极之间的离子浓度;

[0023] 图 5a-c 显示了根据本发明实施方案的去除离子的装置的部分横截面示意图;

[0024] 图 6 显示了两个间隔区的横截面示意图;

[0025] 图 7 显示了用于本发明的去除离子的装置的配置示意图;

[0026] 图 8a 到 8c 显示了根据本发明实施方案的去除离子的装置;以及

[0027] 图 9a 到 9e 显示了根据本发明实施方案的去除离子的装置。

具体实施方式

[0028] 图 1 显示了电极(第一或第二电极)的实施方案的横截面示意图。在这个实例中,电极 11 为呈矩形状的薄片,但是也可以是例如圆形、多角形或六边形的其他形状。在电极中设置有通孔 12,该通孔可以为矩形也可以是其他形状,例如其可能是圆形。当电极 11 工作时,水可以从外边缘沿着电极向通孔流动,如在图 1 中由虚箭头 13 所示。典型地,电极 11 的外部尺寸大约是 16x16cm,而通孔 12 的尺寸大约是 3x3cm。

[0029] 矩形或六边形电极的优点是生产这些电极时对于材料的高效利用。而中间具有圆形孔的圆形电极的优点是对于所有流动方向在外边缘与内边缘之间的距离(即水沿着电极流动的距离)恒定。

[0030] 图 2 显示了电极的叠层。第一电极 21 和第二电极 22 分别包括在图 3 中由 34 表示的集流体和在图 3 中由 35 表示的离子储存材料。集流体连接到在两个邻近电极之间提供电势差的功率控制器 PC。离子储存材料可以储存从水中去除的离子。离子储存材料可以是所谓的大于 $500\text{m}^2/\text{gr}$ 的高表面积材料,或优选大于 $1000\text{m}^2/\text{gr}$,或甚至更优选大于 $2000\text{m}^2/\text{gr}$ 。该材料在电极与水接触的两侧上都可以包含活性碳、碳气凝胶、石墨、碳纳米纤维和/或碳纳米管。

[0031] 图 3 显示了用于本发明的去除离子的装置的示意图。该装置具有外壳 31,并且具有进水口 32 和出水口 33。在去除水中离子的过程中,水将从进水口 31 通过流过式电容器(FTC)流到出水口 33,该流过式电容器包括一对第一电极 21 和邻近的第二电极 22。水流由虚线箭头表示。

[0032] 在两个邻近的电极之间可以设置间隔区 36。间隔区 36 可以具有如在图 1 中描述的形状。间隔区的主要功能是分隔第一电极和第二电极,例如通过保持两个电极之间恒定

的或固定的距离。

[0033] 通过由功率控制器 PC 在第一和第二电极之间提供电势差,例如施加正电压到相对第二电极 22 的第一电极(阳极) 21 上,第二电极为阴极,流过间隔区 36 的水中的阴离子被吸附到第一电极 21,而阳离子被吸附到第二电极 22。通过这种方法流过间隔区 36 的离子(阴离子和阳离子)将从水中去除。

[0034] 为了提高该装置去除离子的效率,电极可以设置有电荷屏障,例如离子交换膜或离子选择膜。例如,设置在阴极上的薄膜可以是可渗透阳离子的并且基本上只允许阳离子的传输而基本上屏蔽阴离子的传输,设置在阳极上的薄膜可以是可渗透阴离子的并且基本上屏蔽阳离子的传输。

[0035] 在阳极和阴极之间的电势差相当低,例如低于 2 伏特,优选低于 1.7 伏特甚至更优选低于 1.4 伏特。功率控制器用来控制来自电源的电压和电流变换以满足第一和第二电极所需的电压差。

[0036] 该装置的效率基础是离子通量,因此离子通量可以定义为从水中去除离子的数量,例如每单位时间每投影电极面积($\text{liter}/\text{m}^2\text{projected electrode area}/\text{min}$)从间隔区中到其中一个电极的水中去除离子的数量。

[0037] 图 4 显示了去除离子的装置中两个邻近的电极。虚线 41 表示在两个电极之间流动的水中的离子浓度。如图 4 中所示,靠近电极表面的离子浓度低于其在中间的离子浓度。例如,在区域 42 中的水中离子浓度可以低于在区域 43 中的离子浓度。虽然在图 4 中只显示出两个区域,但是应当了解离子浓度可以逐渐降低或者甚至与其中一个电极的距离为线性关系,因此可任意选择区域。在使用离子交换膜或离子选择膜的情况下,该薄膜放置在电极和间隔区之间,那么类似的情况可以发生,从而在区域 42 中的水中离子浓度可以低于在区域 43 中的离子浓度。

[0038] 靠近电极(或薄膜)的低离子浓度可以造成到电极的低离子通量(或通过薄膜到电极)。通过增加靠近电极(或薄膜)的离子浓度,离子通量可以增加,因此提高了去除离子的效率。靠近电极的离子浓度可以例如通过混合水、通过在垂直于电极的方向中水的移动或通过提高离子在水中的移动性而增加。

[0039] 根据一个实施方案,离子通量优化设备包括混合设备。混合设备可以是具有特殊结构的间隔区,其造成了水的混合并且甚至可以在水中造成湍流。间隔区可以具有盘旋或螺旋结构。

[0040] 螺旋间隔区可以通过使液体沿间隔区旋动而影响水流,产生的效果可以是水的更快的局部速度,或者可以使得具有更高离子浓度且远离电极(或薄膜)的水被带到更靠近电极(或薄膜)的位置,这可以增加向着电极的离子通量。与非螺旋间隔区相比,螺旋间隔区可以将离子通量提高到两倍。另外,螺旋间隔区可以在水流为平稳层流的位置增强水的混合。螺旋间隔区也可以提升流动通道中的湍流,其可以进一步改善水的混合。

[0041] 根据另一个实施方案,混合设备造成水中的非稳定流。在非稳定流中,流的形态(flow profile)不是恒定的,也就是说其随时间变化。例如流速在特定点可以随时间和/或方向改变。

[0042] 离子通量优化设备也可以包括在间隔区的水中制造湍流的湍流制造器或具有泵的再循环通路,以及储存设备。在储存设备中,来自 FTC 且具有低离子浓度的水可以与在储

存设置中且具有高离子浓度的水进行混合。储存的水可以用于其他目的,例如游泳池或用于灌溉。

[0043] 根据一个实施方案,离子通量优化设备包括间隔区,该间隔区是离子导电的或包含离子导电材料。离子导电间隔区可以改善向着其中一个电极的离子移动性。离子导电间隔区可以包括薄膜(例如:阴离子交换膜、阳离子交换膜、镶嵌膜(用于混合电荷)和双极膜)或离子交换树脂(例如阴离子交换树脂、阳离子交换树脂和混合离子交换树脂)。离子导电间隔区成为如离子的带电物的通道并且可以提高离子向其中一个电极的移动性。

[0044] 图 5a 显示了第一和第二电极的横截面示意图,水在两个电极之间流动。在图 5 中示意性地显示了如电极 21 和 22 的元件的尺寸和相互距离。通过间隔区的水流可以近似为层流,例如在没有混合水或没有水沿垂直于电极的方向分量流动的情况下,水在近似恒定的层中(平行于电极)流动。在区域 61 中显示了平行于电极的层流的流速,其中直箭头的长度表示流速:更长的箭头表示更高的速度。

[0045] 根据实施方案,离子优化设备可以包括用于调节相对于水的第二部分而言的水的第一部分流速的速度调节器 64,在工作中,也就是在从水中去除离子的过程中,所述第一部分的水中的离子浓度高于所述第二部分水中的离子浓度。在水中离子浓度相同的情况下,如果水的某一部分经历电势差的时间长于(也就是流速较低)水的另一部分,那么从这部分水中去除离子的数量将高于经历电势差的时间较短的水的另一部分。

[0046] 速度调节器 64 可以放置在间隔区中、沿着间隔区放置、或放置在间隔区外部或也可以被包含在间隔区中。在没有速度调节器 64 时,流动通道中的水流具有在流动通道中间为最大流速而在电极两个表面为零流速的类似抛物线(“Poisueille”)曲线(profile)的流速分布。速度调节器 64 被构造成如此改变水的速度,即相对于更靠近其中一个电极(例如在区域 62 中)流动的部分水,远离其中一个电极(例如在区域 63 中)流动的那部分水流动的更慢。区域 65 显示了可能对水的流速产生的影响,其中直箭头的长度表示绝对流速:更长的箭头表示更高的速度,而箭头的方向表示流动的方向。在图 5 中显示了一种情况,其中速度调节器 64 较多减小水速使得流动通道中间的水流速度变得比更靠近电极的速度更低。然而,在另一个实施方案中,速度调节器 64 可以实现在中间流速的降低程度更小,而水流速度从中间至靠近电极的位置将逐渐减小。在另一个实施方案中,速度调节器可以使得在间隔区内部的速度更加一致,从而流速将基本上与电极的距离无关。

[0047] 速度调节器 64 可以包括多孔材料,其中速度调节器中间的流动阻力大于在边缘处的流动阻力,使得与经过速度调节器 64 的边缘(例如在区域 62 中)的水相比,经过速度调节器 64 中间(例如区域 63)的水速被减小。这个速度调节器的流动阻力可以从靠近其中一个电极的边缘位置向速度调节器的中间即间隔区的中央轴线连续地增加。例如,速度调节器 64 的多孔结构可以在靠近电极的位置(例如区域 62)从大于 70% 的值(优选大于 80%,并且最优选大于 90%),向着速度调节器的中间(例如区域 63)改变至小于 70% 的值(更优选小于 60%,并且最优选小于 50%)。多孔结构可以空隙的量占总量的百分比来测量。

[0048] 根据本发明实施方案的去除离子的装置中使用的速度调节器 64 可以包括在电极之间具有多层的间隔区,并且靠近电极的层可以具有低流动阻力而远离电极的层具有相对更高的流动阻力。低流动阻力可以使得靠近电极的水速更高,而更高的流动阻力可以使得远离电极的水速更低。在没有速度调节器 64 时,因为这些离子将必须迁移更长的距离,所

以从间隔区或流动通道中间的水中去除的离子将更少,然而离子在间隔区或流动通道的中间的滞留时间短于在更靠近电极位置的滞留时间。由于远离电极的水比更靠近电极的水更不容易消除离子,因此远离电极的水具有更低的速度是有利的,使得水在电极之间停留更久从而导致电极有更多的时间来吸附离子。由于靠近电极以及离子的迁移距离更短,所以靠近电极的水可以相对快速地消除离子,因此靠近电极的水在电极之间停留的时间可以相对较短。间隔区中的层可以具有在第一方向中具有低流动阻力而在第二方向中具有更高流动阻力的多孔材料。这可以通过在间隔区中基本上平行于第一方向和/或垂直于第二方向的取向纤维来实现。间隔区中靠近电极的层可以取向为基本上等于水流方向的第一方向。因此水可以遇到靠近电极的低流动阻力,因此水速可以相对较高。间隔区中远离电极的层取向为基本上等于水流方向的第二方向,使得远离电极的水遇到较高阻力,其导致水速较低。具有速度调节器的间隔区的厚度可以为 20-300 微米,优选 40-200 微米,更优选 60-150 微米以及最优选 70-120 微米。

[0049] 速度调节器的另一个实例包括封闭间隔区的材料,但是其在间隔区的纵向方向中具有一些小通道,通过这些小通道水可以从一侧流到另一侧。在接近边缘的区域中的通道总横截面可以大于速度调节器 64 的中间区域的通道总横截面。

[0050] 图 5b 为根据本发明实施方案的去除离子的装置中使用的速度调节器 64 的实例。速度调节器 64 具有在间隔区 64 中构造小通道 67、68 的通道壁 66。通道壁 66 可以渗透流过水和/或离子,但是其给水流制造了阻力。如图所示通道壁平行于电极,但是它们也可以更随机地取向。间隔区中间的小通道 68 制造了更高的流动阻力,那么越靠近电极的小通道 67 越大。从而在流动方向 69 上水的流速被调节使得间隔区中间的流速低于更靠近电极 21、22 的流速。小通道的流动阻力可以从接近边缘处(接近其中一个电极 21、22)的较大的小通道 67 向中间处(也就是向间隔区中间的小通道 68)连续不断地增加。远离电极的水可以得到更低的速度使得其在电极之间停留更长时间,并且电极 21、22 具有更多的时间来吸附离子。由于邻近电极,靠近电极的水可以相对快速地消除离子,这些水在电极之间停留的时间相对较短。由于远离电极处的较高流动阻力,远离电极的水也可以向着电极移动使得离子更容易吸附到电极。

[0051] 图 5c 显示了垂直于流动方向 69 的图 5b 所示的速度调节器 64 的横截面。图 5c 显示了小通道所具有的总横截面,其在靠近流动通道的中间 68 的位置减小而在更靠近电极 21、22 的位置 67 增加。

[0052] 速度调节器的另一个实例可以是如图 6 中所示的可变换间隔区(shifted spacer)。该间隔区可以包括网格结构 71。该网格结构将影响流过间隔区的水速,也可以造成水的混合或造成水在垂直于电极方向上移动。通过变换或旋转网格相对于电极的取向,可以进一步优化这些效果。图 6 显示了做了变换的网格结构 72。取向的变换或旋转可以是大约 45 度,即间隔区的纹理(threads)相对于其中一个电极的侧面成约 45 度角,从图 6 中可知。或者换句话说,间隔区的纹理平行于电极的对角线。注意到间隔区的尺寸与图 1 中所示的电极的尺寸大概相同或略大,例如 17x17cm。

[0053] 图 7 显示了离子通量优化设备的另一个实施方案,其包括电流测量设备 A 和水流控制器 FC。电流测量设备 A 测量流到第一电极 21 或第二电极 22 的电流。离子通量是电流的函数,因此电流可以用于离子通量的测量。电流测量设备 A 提供电流信号给水流控制器

FC,其可以根据所测量的电流来调节水流。水流控制器 FC 可以被设置以调节水的流速,例如通过控制信号来控制泵 P。在这种方法中,离子通量可以通过水流控制器来控制。

[0054] 通过提高流速,到电极(或到离子交换膜或离子选择膜)附近(如图 4 中的区域 42)的离子浓度增加,离子通量就可以增加。

[0055] 但是,在流速较高时,进一步提高流速可能不会增加离子通量。当每周期从水中去除离子的百分比相对较低时,可以获得到电极(或薄膜)的最佳离子通量,该百分比例如低于 80%,优选低于 60%,更优选低于 40%,或甚至更优选低于 20%。在一个周期中水在两个 FTC 电极之间流过一次。

[0056] 在例如流速高于 1 升 / 平方米投影电极面积 / 分钟,或高于 2 升 / 平方米投影电极面积 / 分钟,或甚至高于 3 升 / 平方米投影电极面积 / 分钟,直到甚至高于 4 升 / 平方米投影电极面积 / 分钟时,可以得到高离子通量。

[0057] 虽然增加流速可以使得每周期从水中去除离子的离子数量或百分比更低,但是定义为每单位时间每投影电极面积的离子通量可以增加,因为每单位时间的周期数量也可以随更高流速而增加。

[0058] 根据本发明的设备的实施方案中,离子通量优化设备可以包括消除离子速率测量设备以测量每周期消除离子的速率(也就是从水中去除离子的百分比)。消除离子速率测量设备可以包括两个离子浓度测量设备,一个在水流入两个电极之间以前测量水的离子浓度,一个在水流入两个电极之间以后测量水的离子浓度。消除离子速率测量设备可以只包括这两个离子浓度测量设备中的一个,以及如上所述的电流测量设备。消除离子速率测量设备可以根据离子浓度的一个测量值和流到其中一个电极的电流的测量值来计算消除离子速率。消除离子速率测量设备可以给出显示测量或计算的消除离子速率的消除离子速率信号。

[0059] 离子通量优化设备可以进一步包括水流控制器以根据消除离子速率信号来控制水流。通过这种方法,有可能(自动地)通过调节流速以保持每周期特定的消除离子速率,例如每周期消除离子速率低于 20%,从而每周期水中只有 20% 的离子被去除。可替代地,也有可能增加每周期去除离子的百分比,例如从第一周期中的 20% 到第二周期中的 40% 到第三周期中的 60% 以及到第四周期中的 80%,并且在第五周期中几乎有效地完成去除。

[0060] 使用上述设备以从水中去除盐,离子通量可以高于 0.5 克盐每平方米投影电极面积每分钟,优选高于 1 克盐每平方米投影电极面积每分钟,更优选高于 1.5 克盐每平方米投影电极面积每分钟,甚至更优选高于 2 克盐每平方米投影电极面积每分钟。

[0061] 增加流速可以使得流态(flow regime)从层流改变至非稳定流或湍流。在层流状态中压降显示了与流速的线性关系。但是,在非稳定流或湍流的流态中,在间隔区或流动通道上的压降不再与流速成线性,但是其随着流动而增加得更快。这需要更大的泵送能量。为了防止流动从层流变为(半)湍流,应该限制压降,例如在 0-20 巴每平方米投影电极面积的范围中,或更优选在 15-18 巴每平方米投影电极面积的范围中,并且甚至更优选地在 2-10 巴每平方米投影电极面积的范围中,也可以将压降限制为 0.1-20 巴,优选 1-15 巴每平方米投影电极面积。

[0062] 图 8a 表示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子装置的横截面,其包括第一和第二电极 21、22 以及在第一和第二电极 21、22 之间的间隔区。该间隔区可以具有螺旋

结构 81。具有螺旋结构 81 的间隔区的厚度可以为 20-300 微米,优选 40-200 微米,更优选 60-150 微米以及最优选 70-120 微米。螺旋结构 81 可以通过使液体在方向 85 中沿螺旋结构旋动而影响主水流 83,其效果可以是水更快的局部速度,或者可以使得具有更高离子浓度的远离电极(或薄膜)的水可以被带至更靠近电极(或薄膜)的位置,这可以增加向着电极的离子通量。间隔区中的螺旋结构与没有螺旋结构的间隔区相比可以将离子通量提高到两倍。另外,螺旋结构可以对于平缓层流增强水的混合。螺旋结构也可以提升流动通道中的湍流,其可以进一步提高水的混合。电极可以具有平展的表面,并且多个螺旋结构可以夹在第一电极的平展表面和第二电极的平展表面之间。间隔区的一个功能是保持两个电极的表面基本上恒定的例如在 0.02 至 0.5mm 之间的距离上。后者是重要的,因为如果电极之间的距离是不规律的,那么可以影响朝向电极的离子通量,这时该电极在间隔区较厚的位置具有较低通量。螺旋结构 81 沿着螺旋结构的长度具有 7 个旋动。7 个旋动保证了水流过每个电极至少 7 次。具有螺旋结构的间隔区的多孔结构可以大于 50%,优选大于 60%,更优选大于 70%,并且最优选大于 90%。

[0063] 图 8b 表示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子装置的横截面,其包括第一和第二电极 21、22 以及在第一和第二电极 21、22 之间的间隔区。间隔区具有螺旋结构 81,该螺旋结构具有较缓的旋动(less steep torsion),一共只有半个旋动。这种情况的优点是其流动阻力更低,而水仍将沿电极旋转。在低流动阻力和充分接触电极之间的最佳选择可以是旋动的数量在 0.5 和 7 之间,优选在 1 和 5 之间,以及最优选在 2 和 4 次旋动之间。

[0064] 图 8c 显示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子的装置的横截面。图 8c 给出一个去除了其中一个电极的间隔区的俯视图,可以看到电极 22 的平展表面上的多个相邻的螺旋结构 81。螺旋结构具有四个半旋动并且两个邻近螺旋结构 81 的旋动是相反的。螺旋结构 81 使得水到了围绕水的主流动方向 83 的旋动 85,由于两个邻近的螺旋结构 81 具有相反的旋动,因此在螺旋结构 81 之间的水在垂直于主水流方向 83 的相同方向中移动。这可以提高水在螺旋结构 81 之间的位置 89 朝向电极的流动。由于两个邻近的螺旋结构的合作,所增加的流动阻力可以相对较低。

[0065] 两个邻近的螺旋结构 81 的旋动方向也可以相同,其造成了在螺旋结构之间的湍流并且增强了混合。图 8c 中的螺旋结构在其中心具有支架 87,这使得水离开螺旋结构的中心,流向消除水中离子的电极。

[0066] 上述去除离子的装置的任意实施方案可以用于从游泳池中的水、从存放槽中的水中或从植物工厂的水中或从地下水去除离子。

[0067] 图 9a 表示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子装置的横截面,其包括第一和第二电极 21、22 以及在第一和第二电极 21、22 之间的间隔区。间隔区可以具有如支撑 91 的结构以保持电极在固定的距离上。具有支撑结构的间隔区的厚度可以为 20-300 微米,优选 40-200 微米,更优选 60-150 微米以及最优选 70-120 微米。支撑结构 91 可以在网结构或框架结构 93 中产生以形成可以形成间隔区的层。间隔区是电绝缘的,但同时其打开足够久让水和离子通过。术语支撑被解释为结构元件,其将第一和第二电极保持在一定距离上。网 93 保持支撑 91 相对于间隔区的主方向的垂直。网框架使在电极 21、22 之间的流动通道中间具有更高的流动阻力,从而使得在流动通道中的水移动以更靠近第一或第二电极,并导致增加在水中消除离子。网框架和支撑可以使得流动通道中的水更好的混合,以提

高朝向电极的离子通量。具有支撑和网的间隔区的优点是其创造了十分开放的间隔区,特别是在具有低流动阻力的流动方向中,其可以使通道中的压降更低,或者增加在流动通道中的流动,并且其也可以使间隔区的故障风险降低。具有支撑结构的间隔区的多孔结构可以大于 50%,优选大于 60%,更优选大于 70%,以及最优选大于 90%。

[0068] 电极可以具有平展的表面,并且由网支承多个支撑可以夹在第一电极的平展表面和第二电极的平展表面之间。间隔区的其中一个功能是保持两个电极的表面在基本上恒定或固定的距离上,例如在 0.02 至 0.5mm 之间。后者是重要的,因为如果在电极之间的距离是不规律的,那么可以影响朝向电极的离子通量。

[0069] 图 9b 给出了具有去除其中一个电极的部分间隔区的俯视图,使得可以看到被支撑在网 93 中的电极 22 的平展表面顶端上的多个邻近的支撑 91。网 93 在电极的整个表面上提供支持使得其保持支撑 91 垂直于电极表面以及支撑相互之间的固定距离。

[0070] 图 9c 显示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子的装置的横截面。在这个实施方案中的支撑 95 可以具有球面形、椭圆形或蛋形,使得支撑结构可以具有更厚的中间部分以此在流动通道中间提供更高的流动阻力,以便使得水在电极 21、22 之间的流动通道的中间部分中沿电极的方向流动。同时流动通道中间的水相比于更靠近第一和 / 或第二电极流动的水,其流速降低。支撑也可以具有中间比边缘更厚的锥形或菱形结构。间隔区具有网 97 以保持支撑 95 在其位置中。图 9c 的网可以被构造为与图 9b 中的网相似。

[0071] 图 9d 显示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子的装置的横截面。这个实施方案与图 9c 的实施方案相同,除了其不包括网。支撑 97 可以为球面形、椭圆形、锥形、菱形或球形以此为远离电极 21、22 的位置提供更高的流动阻力,因此相比于间隔区的边缘增加了水在通道中间的滞留时间。支撑 97 可以附到电极使得电极通过例如胶水或特定涂层保持支撑垂直于电极表面。支撑也可以通过用如 3D 打印机在第一电极上印刷支撑而产生,接着将第二电极设置在已经被印刷的电极的上面。支撑也可以印刷在例如离子交换膜的附加层的上面,其可以作为分隔层或作为涂层或层板(laminate)放置在电极的上面。

[0072] 图 9e 显示了根据本发明的另一个实施方案的去除离子的装置的横截面。这个实施方案与图 9a 和 9b 的实施方案相同,除了其不包括网。支撑 99 可以连接到电极使得电极保持支撑垂直于电极。支撑可以通过如用 3D 打印机在电极上印刷支撑而产生。

[0073] 无网支撑的优点是创造了十分开放的间隔区,其中流动阻力被降低,而故障的风险也被降低。

[0074] 另外,本描述也解释了通过提供包含如下步骤的方法如何能够去除离子:a) 在外壳内部设置第一和第二电极;b) 在第一和第二电极之间提供电势差;c) 允许水从外壳中的进水口流入第一和第二电极之间,并流到外壳中的出水口;以及 d) 优化水到第一和第二电极其中之一的离子通量。

[0075] 下面描述从水中去除离子的装置,该装置可以具有外壳,该装置包括:用于让水进入外壳的入水口;用于让水流出外壳的出水口;连接到用于在第一和第二电极之间提供电势差的功率控制器的第一和第二电极;该装置可以具有用于优化流入第一和第二电极之间的水到第一和第二电极的其中之一的离子通量的离子通量优化设备。离子通量优化设备可以包括被构造和设置以混合水的混合设备,或者用于在水中制造非稳定流的非稳定流制造器,或者用于在水中制造湍流的湍流制造器,或者在第一和第二电极之间并允许水流入第

一和第二电极之间的间隔区,该间隔区可以具有用于改变水的流态的螺旋结构。混合设备可以包括被构造和设置以将在第一和第二电极之间流动的水再循环的再循环通路,该再循环通路可以优选地包括泵和储存设备。离子通量优化设备可以包括在第一和第二电极之间并允许水流入第一和第二电极之间的间隔区;并且该间隔区可以包括离子导电材料以增强向着第一和第二电极其中之一的离子的移动性。离子通量优化设备可以包括在第一和第二电极之间并允许水流入第一和第二电极之间的间隔区,该第一和第二电极以及间隔区可以具有基本上为矩形的薄片状,其中可以设置通孔;并且该间隔区可以包括网格结构,网格结构的取向相对于第一和第二电极的直边可以有至少 30 度的旋转,或优选在 30-50 度的范围中,或更优选大概 45 度。离子通量优化设备可以包括被构造和设置以相对于水的第二部分调节水的第一部分的流速的速度调节器,其在运行中,也就是当从水中去除离子时,在所述第一部分中离子浓度高于在所述第二部分中的离子浓度。离子通量优化设备可以包括被设置和构造以测量在第一和第二电极之间的电流并且发送表示所述电流的电流信号的电流测量设备;以及被设置和构造以接收所述电流信号并且调节与所述电流信号相对应的在第一和第二电极之间流动的水的流速的水流控制器。离子通量优化设备可以包括被设置和构造以测量在第一和第二电极之间的水的每周期消除离子速率并且发送表示所述消除离子速率的消除离子速率信号的消除离子速率测量设备;以及被设置和构造以接收所述消除离子速率信号并且调节与所述消除离子速率信号相对应的在第一和第二电极 21、22 之间流动的水的速率的水流控制器 FC。水流控制器可以被设置和构造以维持消除离子速率每周期去除离子的比例低于 60%,优选低于 40% 或甚至更优选低于 20%。可替代地,可以增加每周期去除离子的百分比,例如从第一周期中的 20% 到第二周期中的 40% 到第三周期中的 60% 以及到第四周期中的 80%,并且在第五周期中几乎有效地完成去除。水流控制器可以被设置和构造以维持流速高于 2 升/平方米投影电极面积/分钟,优选高于 3 升/平方米投影电极面积/分钟,或甚至更优选高于 4 升/平方米投影电极面积/分钟。水流控制器 FC 可以被构造和设置以发送控制信号到泵 P,该泵 P 被构造和设置以接收所述控制信号并且抽吸在第一和第二电极 21、22 之间具有与所述控制信号相对应的流速的水。

[0076] 实施方案也可以设置在下面编号的条款中:

[0077] 1、从水中去除离子的装置,所述具有外壳 31 的装置包括:

[0078] 用于让水进入外壳 31 的进水口 32;

[0079] 用于让水流出外壳 31 的出水口 33;

[0080] 连接到用于在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差的功率控制器 PC 的第一和第二电极 21、22;

[0081] 其中所述装置包括被构造和设置以相对于在第一和第二电极之间流动的水的第二部分,调节在第一和第二电极之间流动的水的第一部分的流速的速度调节器 64。

[0082] 2、根据条款 1 所述的装置,其中速度调节器 64 被构造和设置以相对于水的第二部分流速,调节水的第一部分的流速,并使之减小。

[0083] 3、根据条款 1 或 2 所述的装置,其中水的第一部分比水的第二部分在更远离第一或第二电极的位置上流动。

[0084] 4、根据条款 1 到 3 任一项所述的装置,其中水的第一部分在速度调节器 64 的中间 63 流过。

[0085] 5、根据条款 1 到 4 任一项所述的装置，其中水的第二部分在速度调节器 64 的边缘 62 流过。

[0086] 6、根据条款 1 到 5 任一项所述的装置，其中水的第二部分在更靠近速度调节器 64 中的其中一个电极 62 的位置上流动。

[0087] 7、根据条款 1 到 6 任一项所述的装置，其中速度调节器 64 包括具有流动阻力的材料，所述速度调节器 64 可以被调节并以此调节水的流速。

[0088] 8、根据条款 1 到 7 任一项所述的装置，其中速度调节器 64 包括多孔材料，其中速度调节器中间 63 的流动阻力大于更靠近边缘的流动阻力，使得相比于流过速度调节器 64 边缘的水，流过所述速度调节器 64 中间的水速被降低。

[0089] 9、根据条款 1 到 8 任一项所述的装置，其中速度调节器 64 包括多孔材料，从而多孔结构从速度调节器 64 的中间到电极 21、22 的其中之一而增大。

[0090] 10、根据条款 7、8 或 9 所述的装置，其中速度调节器 64 的流动阻力从靠近其中一个电极的位置向速度调节器 64 的中间连续地增加。

[0091] 11、根据条款 1-10 任一项所述的装置，其中速度调节器 64 沿着间隔区设置，或设置在间隔区的外部，或被包含在间隔区中。

[0092] 12、根据条款 1-11 任一项所述的装置，其中速度调节器 64 包括具有网格结构的间隔区，该网格结构相对于电极可转换和 / 或可旋转以调节流经间隔区的水速。

[0093] 13、根据条款 1-12 任一项所述的装置，其中速度调节器 64 包括在电极之间具有多层的间隔区，并且靠近电极的层具有低流动阻力，而远离电极的层具有相对较高的流动阻力。

[0094] 14、根据条款 13 所述的装置，其中具有多孔材料的层在第一方向中具有低流动阻力，而在第二方向中具有较高的流动阻力，从而靠近电极的层被取向为基本上等于水流方向的第一方向。

[0095] 15、根据条款 14 所述的装置，其中远离电极的层被取向为基本上等于水流方向的第二方向。

[0096] 16、根据条款 1 所述的装置，其中速度调节器包括具有小通道的材料，并且在更靠近电极的区域中通道的横截面可以大于在速度调节器 64 中间的通道的横截面。

[0097] 17、根据条款 16 所述的装置，其中速度调节器包括封闭间隔区的材料，但是该材料在间隔区的纵向方向中具有一些小通道，通过这些通道水可以从一侧流到另一侧，并且在接近边缘区域中的通道的总横截面可以大于在速度调节器 64 中间区域的通道的总横截面。

[0098] 18、去除离子的方法，所述方法包括：

[0099] 在外壳 31 中设置第一和第二电极 21、22；

[0100] 在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差；

[0101] 允许水从外壳 31 中的进水口 32 流入第一和第二电极 21、22 之间，并且流到外壳 31 中的出水口 33；以及

[0102] 相对于水的第二部分调节水的第一部分的流速。

[0103] 19、根据条款 18 所述的方法，其中水的第一部分的流速慢于水的第二部分的流速，并且水的第一部分流动在比水的第二部分更远离电极的位置。

- [0104] 20、从水中去除离子的装置,所述具有外壳 31 的装置包括:
- [0105] 用于让水进入外壳 31 的进水口 32;
- [0106] 用于让水流出外壳 31 的出水口 33;
- [0107] 连接到用于在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差的功率控制器 PC 的第一和第二电极 21、22;
- [0108] 其中所述装置包括在第一和第二电极 21、22 之间并允许水在第一和第二电极 21、22 之间流动的间隔区,所述间隔区包括螺旋结构。
- [0109] 21、根据条款 20 所述的装置,其中第一和第二电极都具有基本上平展的表面,所述平展表面设置在相互基本恒定的距离上。
- [0110] 22、根据条款 21 所述的装置,其中螺旋结构夹在第一和第二电极的平展表面之间。
- [0111] 23、根据条款 20-22 任一项所述的装置,其中螺旋结构使水沿着螺旋结构而旋动。
- [0112] 24、根据条款 20-23 任一项所述的装置,其中螺旋结构使得远离电极的水流到更靠近电极的位置。
- [0113] 25、根据条款 20-24 任一项所述的装置,其中螺旋结构在第一和第二电极之间制造了湍流以改善水的混合。
- [0114] 26、根据条款 20-25 中一项所述的装置,其中间隔区包括多个螺旋结构。
- [0115] 27、根据条款 20-26 任一项所述的装置,其中间隔区包括多个螺旋结构并且邻近的螺旋结构的旋转方向是相反的。
- [0116] 28、根据条款 20-27 任一项所述的装置,其中流经间隔区的水具有基本上平行于电极的主方向,并且螺旋结构被取向为基本上平行于主方向。
- [0117] 29、根据条款 28 所述的装置,其中螺旋结构使水在垂直于主方向的方向中旋转。
- [0118] 30、根据条款 29 所述的装置,其中两个邻近的螺旋结构以相反方向旋转水流。
- [0119] 31、根据条款 29 所述的装置,其中两个邻近的螺旋结构以相同方向旋转水流。
- [0120] 32、根据条款 20-31 任一项所述的装置,其中螺旋结构包括在螺旋结构中间的支架。
- [0121] 33、去除离子的方法,所述方法包括:
- [0122] 在外壳 31 中设置第一和第二电极 21、22;
- [0123] 在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差;
- [0124] 允许水从外壳中的进水口 32 流入第一和第二电极 21、22 之间,并且流到外壳 31 中的出水口 33;以及
- [0125] 使水沿围绕基本上平行于电极的主轴的旋转方向旋转;以及
- [0126] 提高从水到第一和第二电极 21、22 其中之一的离子通量。
- [0127] 34、从水中去除离子的装置,所述具有外壳 31 的装置包括:
- [0128] 用于让水进入外壳 31 的进水口 32;
- [0129] 用于让水流出外壳 31 的出水口 33;
- [0130] 连接到用于在第一和第二电极 21、22 之间提供电势差的功率控制器 PC 的第一和第二电极 21、22;
- [0131] 其中所述装置包括在第一和第二电极 21、22 之间并允许水在第一和第二电极 21、

22 之间流动的间隔区,所述间隔区包括支撑结构。

[0132] 35、根据条款 34 所述的装置,其中第一和第二电极都具有基本上平展的表面,并且支撑结构设置在电极之间以保持电极基本相互恒定的距离。

[0133] 36、根据条款 35 所述的装置,其中支撑结构夹在第一和第二电极或提供给第一或第二电极的薄膜的平展表面中。

[0134] 37、根据条款 34-36 任一项所述的装置,其中支撑结构以物理或化学方式连接到电极或提供给第一或第二电极的薄膜的表面上。

[0135] 38、根据条款 34-36 任一项所述的装置,其中支撑结构垂直于流动方向放置在电极之间。

[0136] 39、根据条款 34-38 任一项所述的装置,其中间隔区包括网框架以保持支撑结构相互间的固定距离。

[0137] 40、根据条款 39 所述的装置,其中网框架被构造和设置以保持支撑结构的纵轴相对于在第一和第二电极之间流动的水的流动方向而垂直。

[0138] 41、根据条款 34-40 任一项所述的装置,其中支撑结构的中间部分连接到网框架。

[0139] 42、根据条款 39-41 任一项所述的装置,其中网框架和 / 或支撑结构创造了垂直于在第一和第二电极之间流动的水的流动方向的水的移动。

[0140] 43、根据前述任一项所述的装置,其中支撑结构具有较厚的中间部分以便在第一和第二电极之间的流动通道的中间提供被增加的流动阻力。

[0141] 44、根据条款 34-43 任一项所述的装置,其中支撑结构的厚度从支撑结构的中间向支撑结构的边缘减少。

[0142] 45、根据条款 34-44 任一项所述的装置,其中支撑结构是球面形、椭圆形、菱形、蛋形或球形。

[0143] 46、根据条款 39-45 任一项所述的装置,其中网框架设置在第一和第二电极之间的流动通道中的中间。

[0144] 47、根据条款 34-46 任一项所述的装置,其中支撑结构由在第一和第二电极之间的流动通道的全部宽度上延伸的一整片(one piece)构成。

[0145] 49、制造从水中去除离子的装置的方法,所述方法包括:

[0146] 设置第一电极 21;

[0147] 为第一电极设置包括支撑结构的间隔区;以及

[0148] 为第二电极 22 设置间隔区。

[0149] 50、根据条款 49 所述的方法,其中所述方法包括在为第一电极设置间隔区之前为第一电极设置薄膜。

[0150] 51、根据条款 49 或 50 所述的方法,其中设置的间隔区包括连接支撑结构到第一电极或薄膜。

[0151] 应当了解,公开的实施方案仅仅是本发明的示例性实施方案,其能以各种方式实现。因此,在此公开的特定结构和应用细节不能解释为限制性的,而是仅作为权利要求的基础以及作为教导本领域技术人员在任意适合的具体结构中以各种方式使用本发明。另外,本文所使用的术语和词组并非旨在限制,而是为了提供对本发明的可理解的描述。

[0152] 此处所使用的术语“一”(a)或“一”(an)被定义为一或多于一。在此所使用的

“另一”被定义为至少二或更多。此处所使用的术语包含(including)和/或具有(having)被定义为包括(comprising)(也就是不排除其他元件或步骤)。在权利要求中的任意参考符合不应被理解为限制本发明或权利要求的范围。记载在相互不同从属权利要求中的特定测量值的纯粹事实并不表示这些测量值的不能进行有利的组合使用。本发明的范围只通过权利要求被限制。

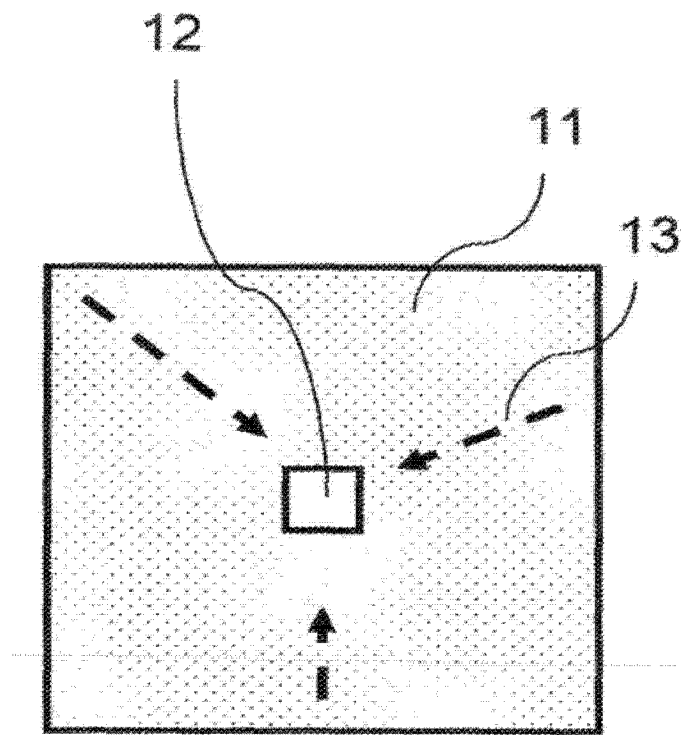


图 1

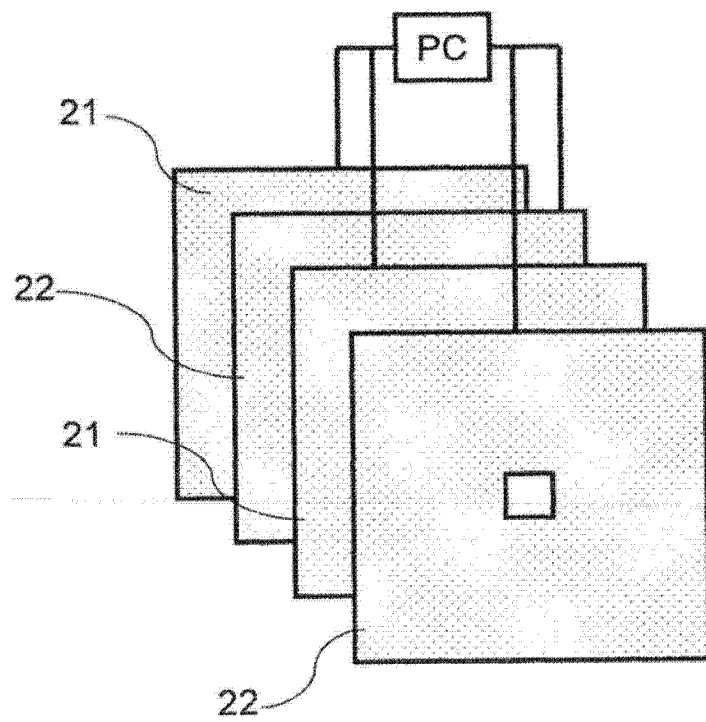


图 2

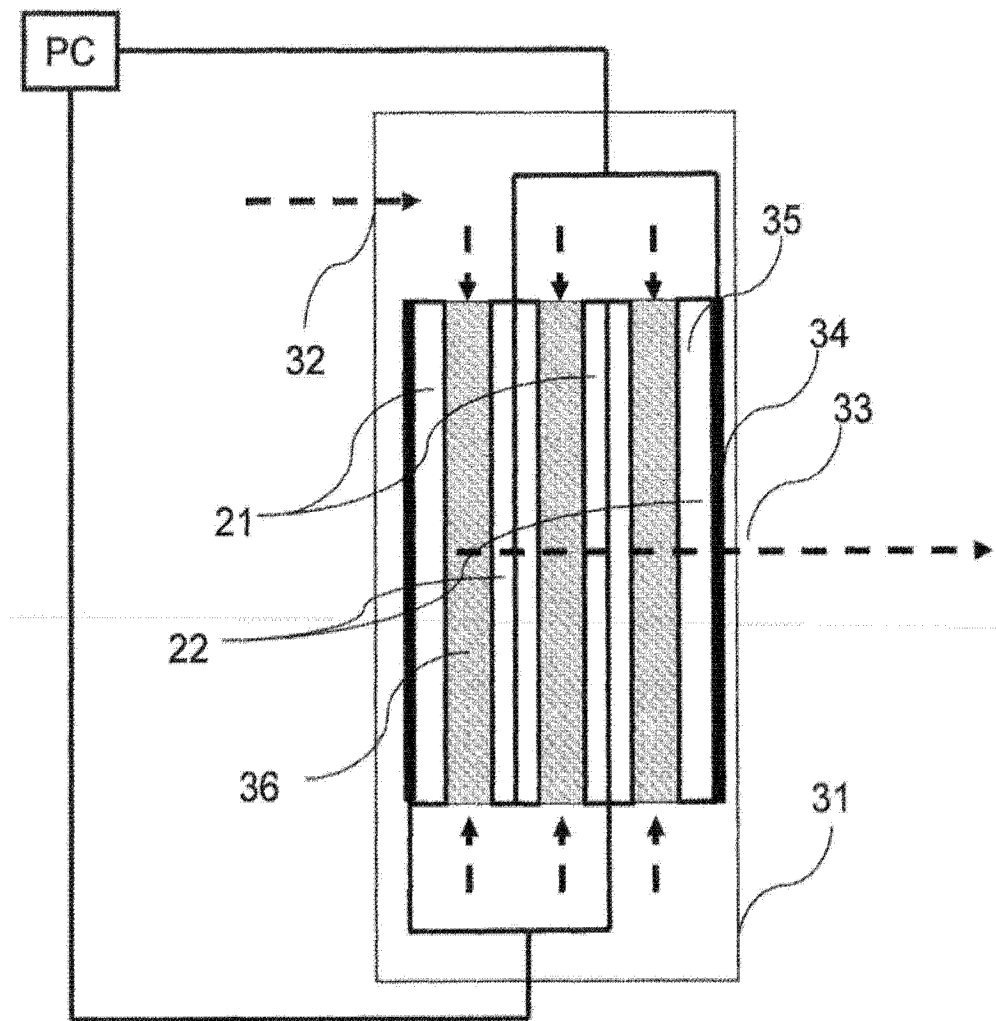


图 3

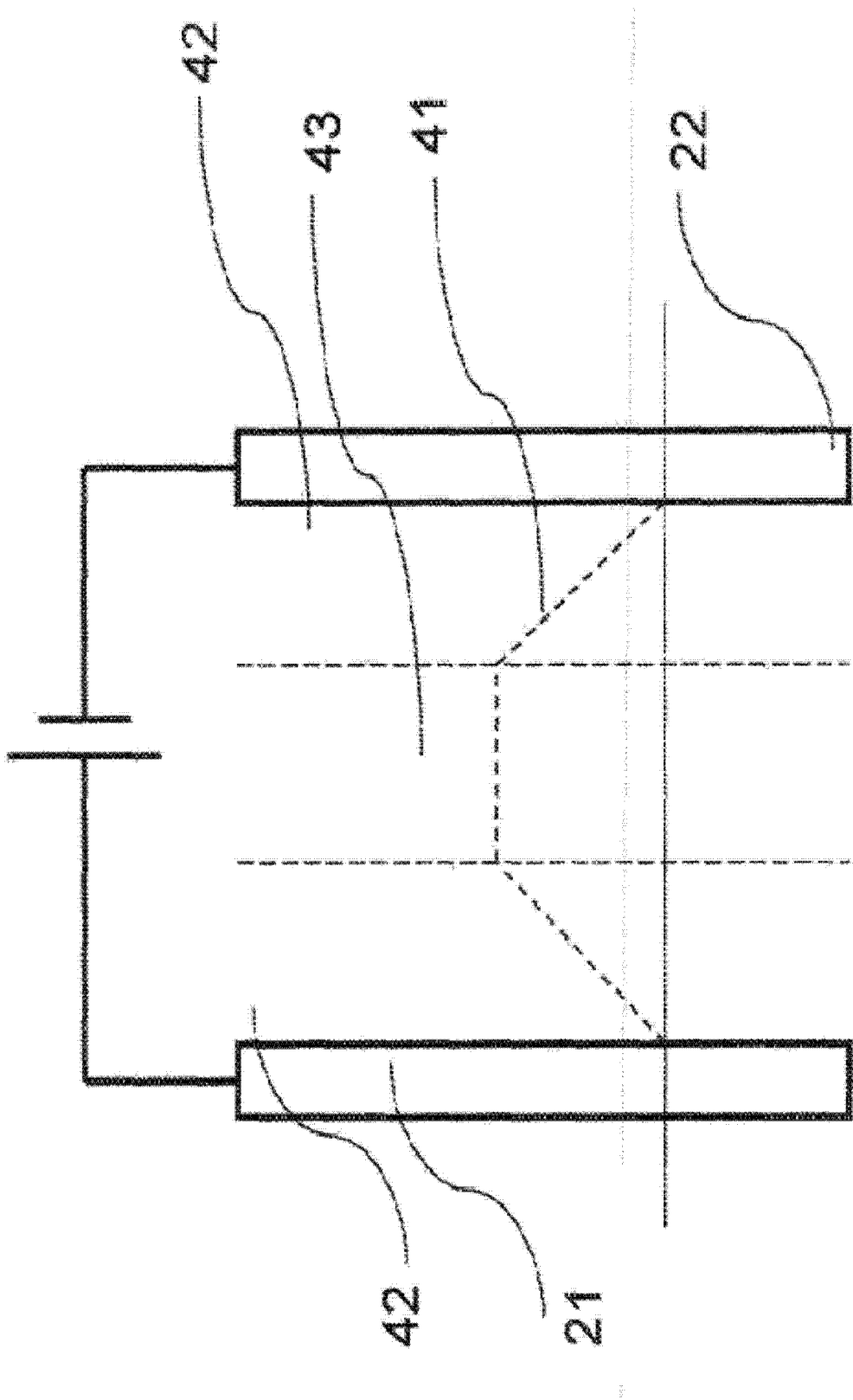


图 4

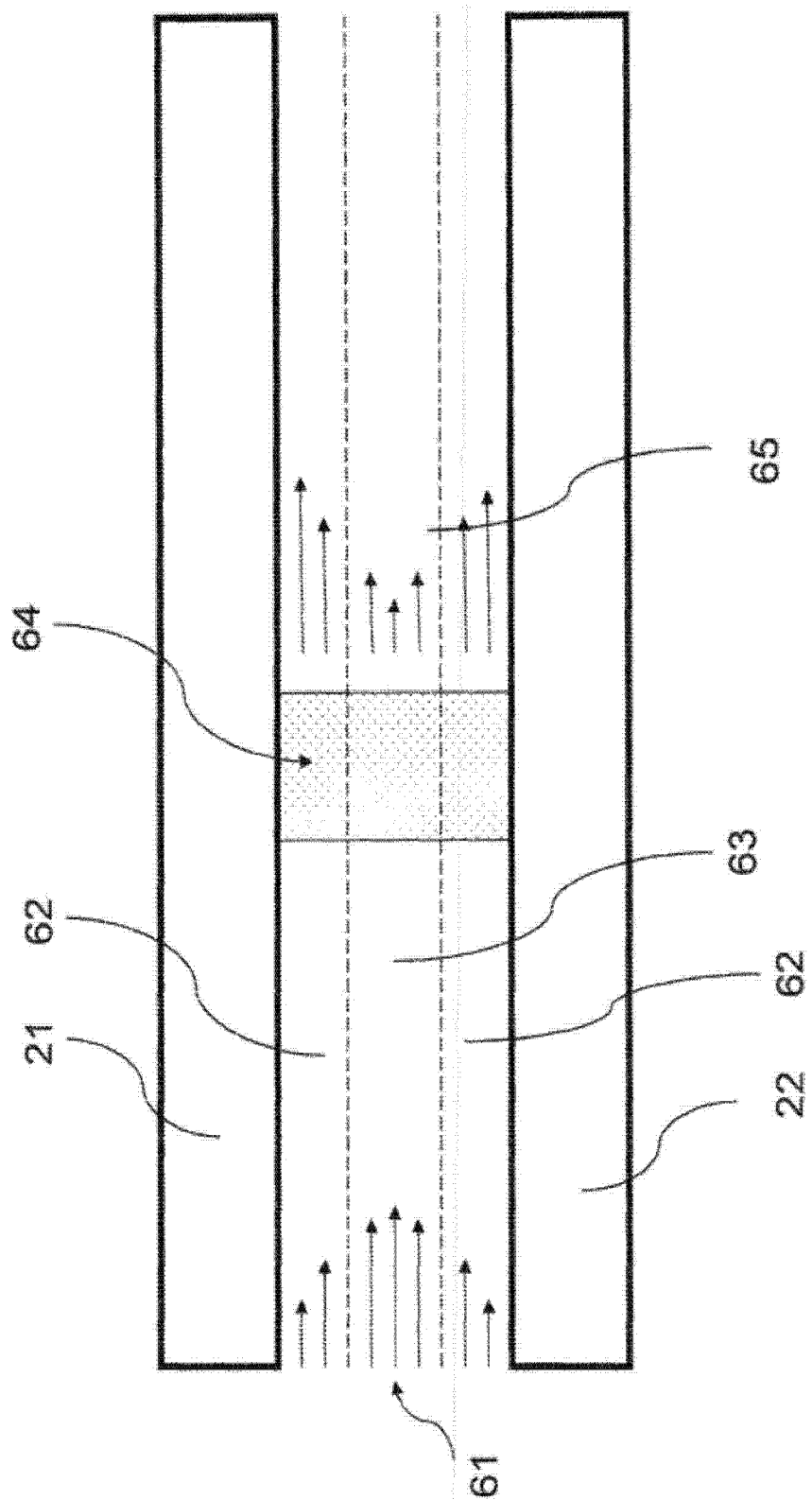


图 5a

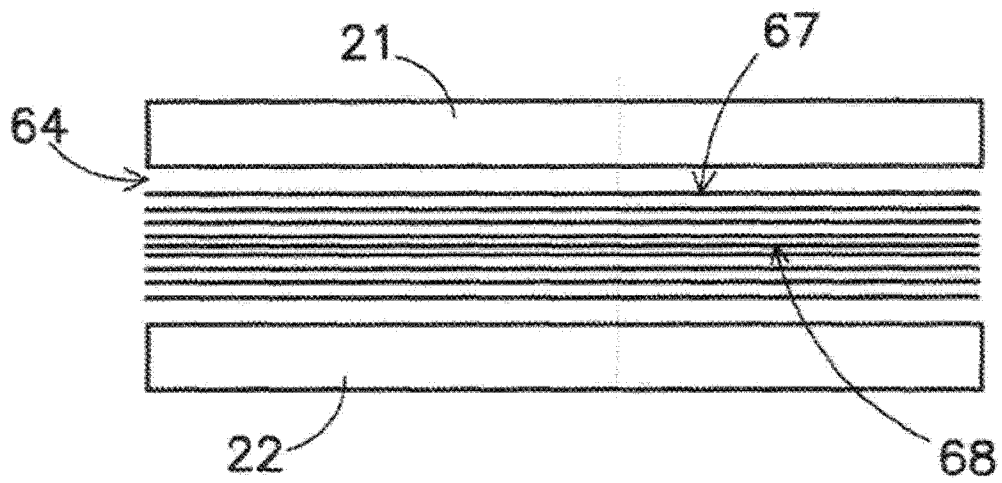


图 5b

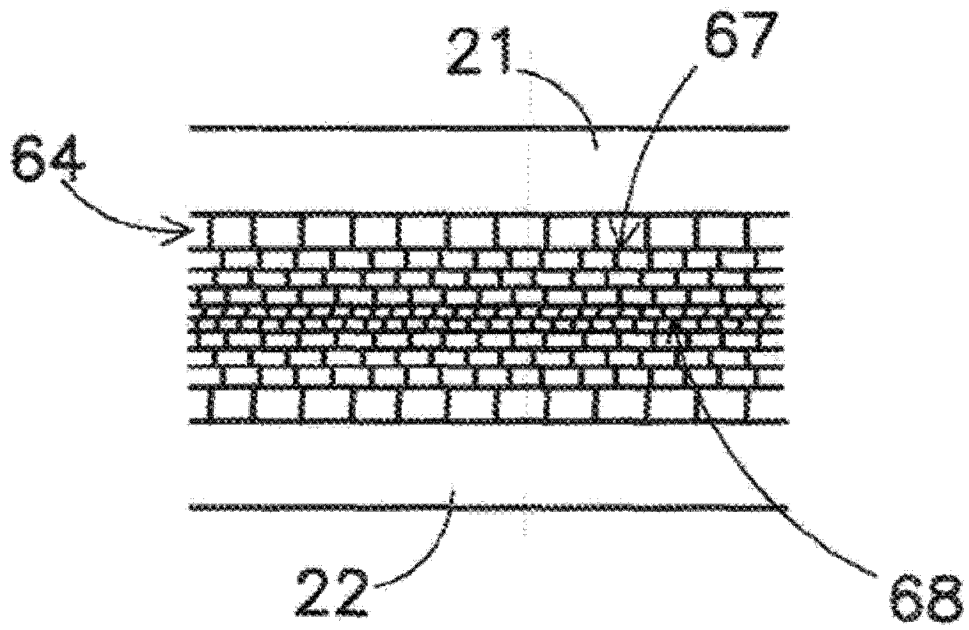


图 5c

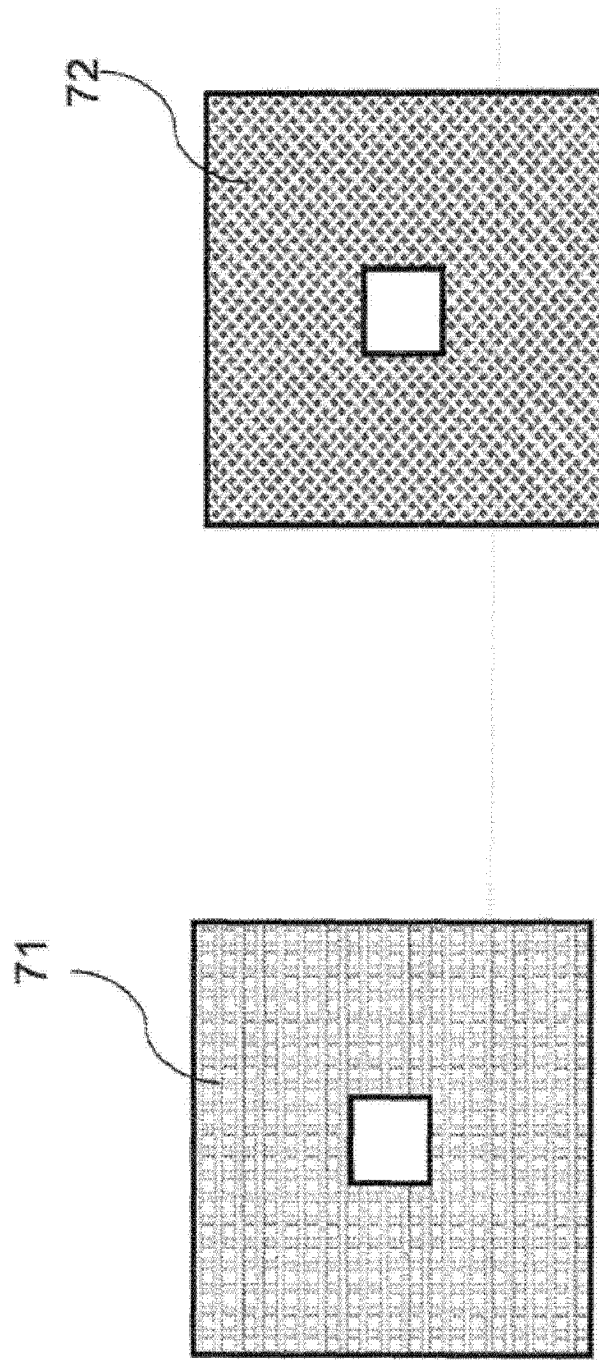


图 6

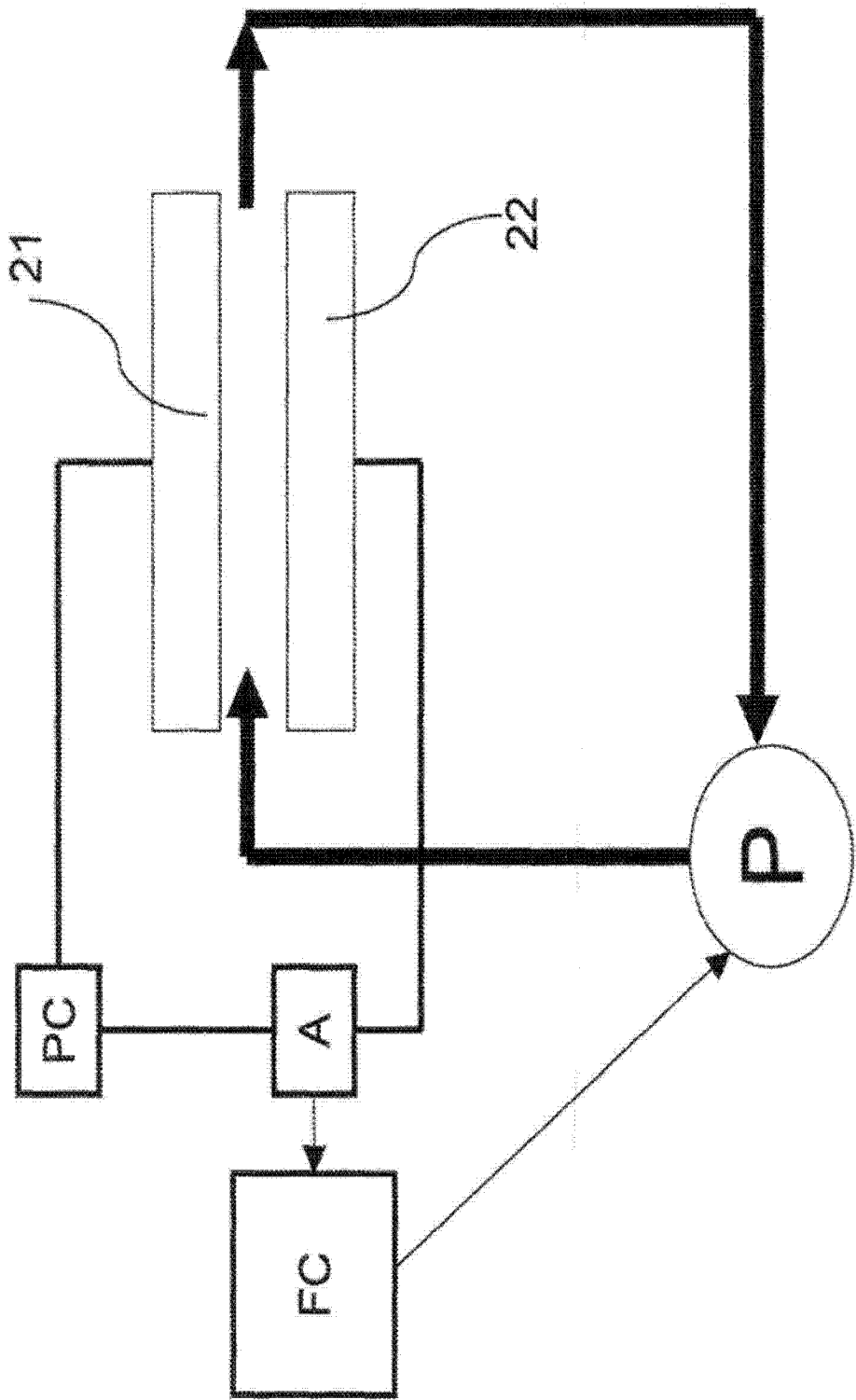


图 7

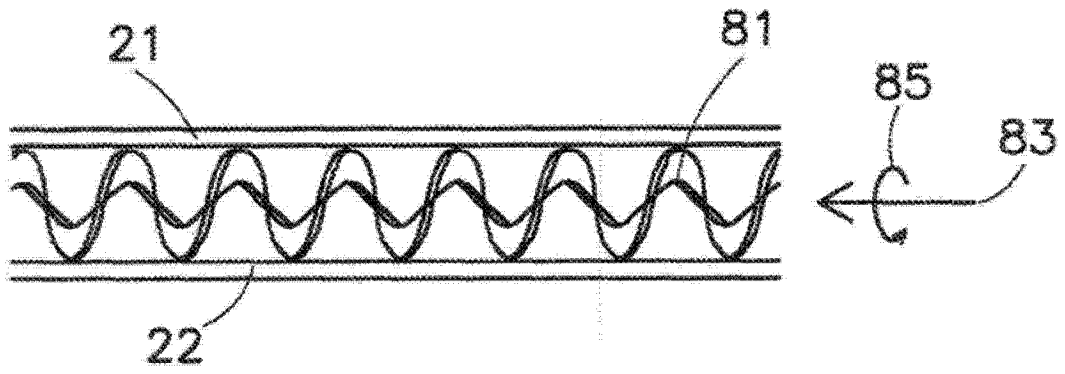


图 8a

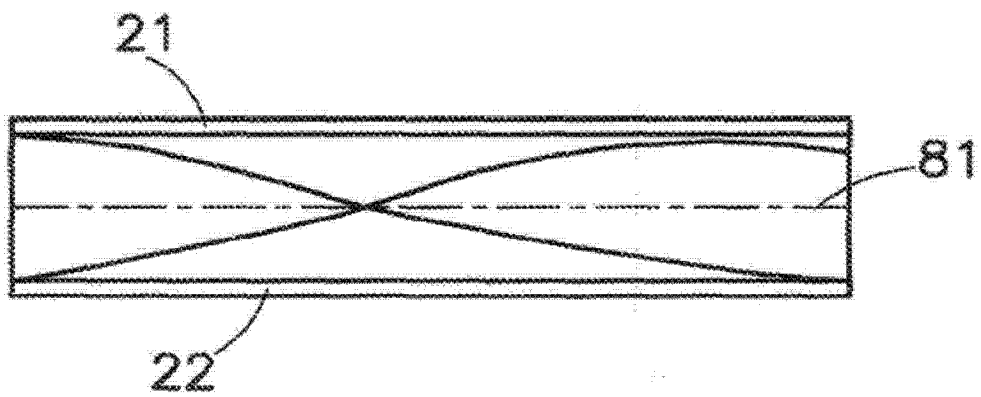


图 8b

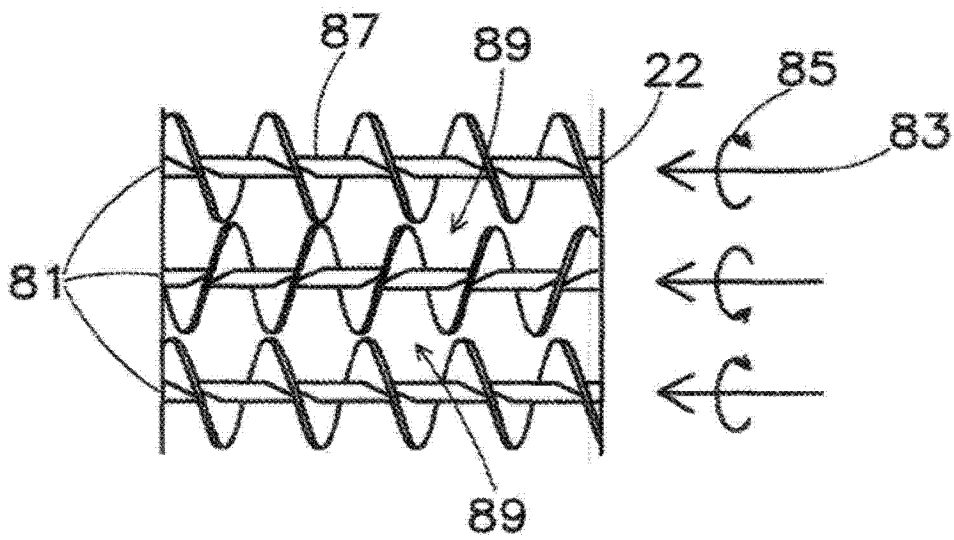


图 8c

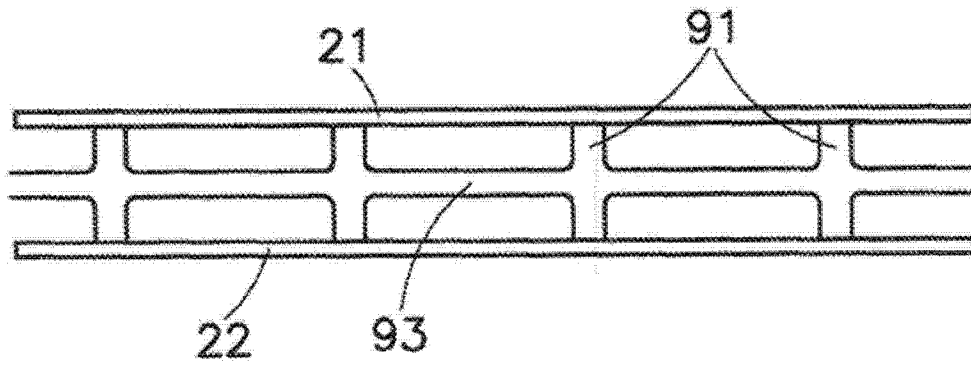


图 9a

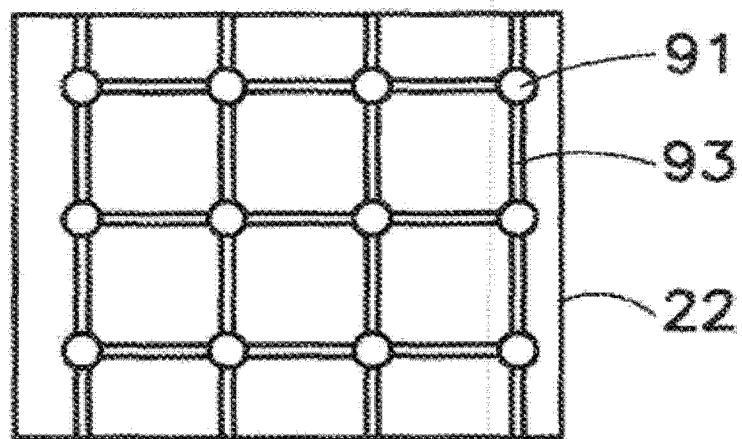


图 9b

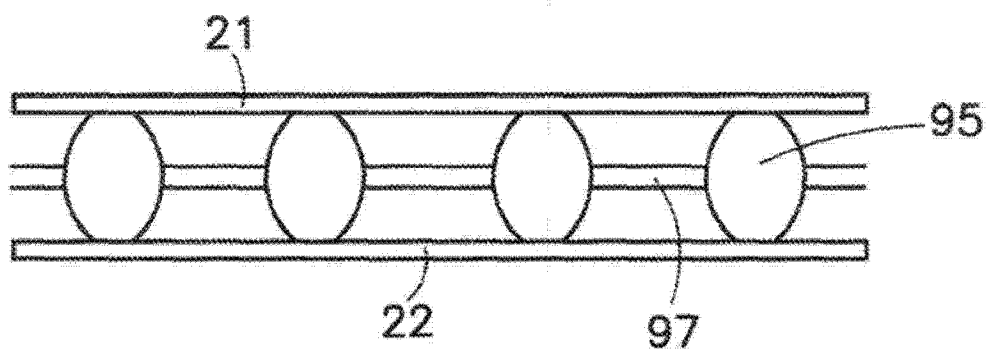


图 9c

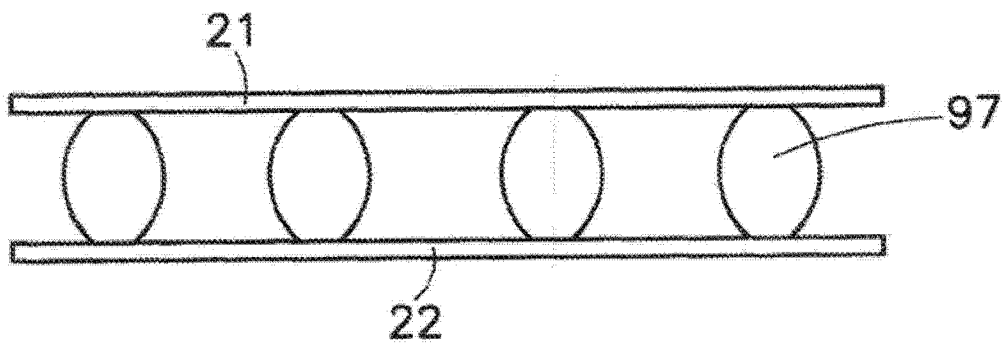


图 9d

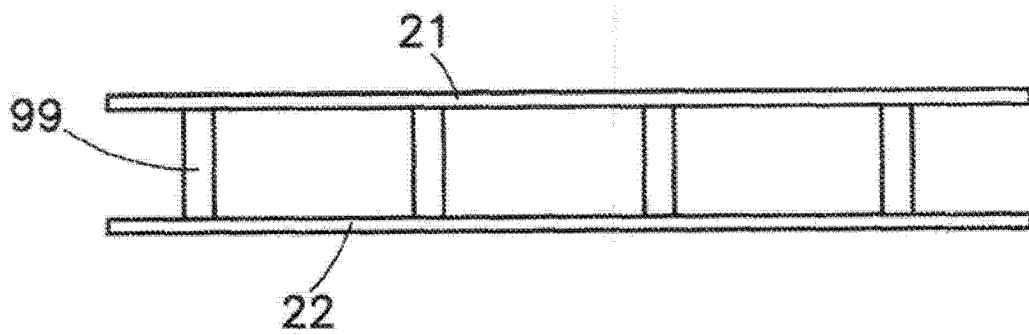


图 9e