

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480006631.9

B01D 63/08 (2006.01)

B01D 63/10 (2006.01)

B01D 69/10 (2006.01)

B01D 61/24 (2006.01)

B01D 11/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2010年1月6日

[11] 授权公告号 CN 100577268C

[22] 申请日 2004.1.22

[21] 申请号 200480006631.9

[30] 优先权

[32] 2003.3.13 [33] US [31] 10/388,099

[86] 国际申请 PCT/US2004/001729 2004.1.22

[87] 国际公布 WO2004/082812 英 2004.9.30

[85] 进入国家阶段日期 2005.9.12

[73] 专利权人 3M 创新有限公司

地址 美国明尼苏达州

[72] 发明人 丹·L·范泽洛 托德·W·约翰逊

[56] 参考文献

US5104532A 1992.4.14

US5626752A 1997.5.6

CN1054379A 1991.9.11

JP62079808A 1987.4.13

JP63209704A 1988.8.31

CN1124174A 1996.6.12

WO93/23150A 1993.11.25

EP508646A 1992.10.14

审查员 马彩霞

[74] 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司

代理人 郭国清 樊卫民

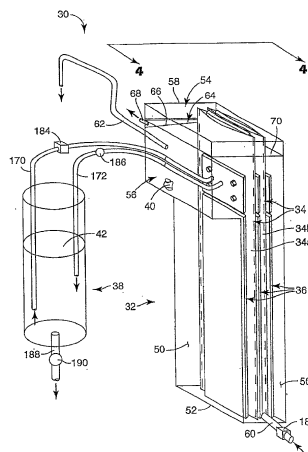
权利要求书 2 页 说明书 33 页 附图 18 页

[54] 发明名称

液-液萃取系统和方法

[57] 摘要

本发明公开一种液-液萃取系统，其包括外室和内室或通过膜分开的两个相对框架。该外室用于容纳萃取进料和液体萃取剂中的一种，并限定容纳区域。该内室用于在该内室下部中容纳萃取进料和液体萃取剂中的另一种。该内室由内部容纳框架的微孔膜套限定。最终组装后，至少该内室的下部位于该外室的容纳区域内，使得该微孔膜套在该内室和外室的内含物之间建立萃取界面。在一个实施方案中，该微孔膜套的流动区域浸在该外室所含的萃取进料内。



1. 一种液液萃取系统(30)，其包括：

容纳萃取进料(40)且入口(60)和出口(62)与萃取进料贮存器流体连接的外室(32)，该外室(32)限定容纳区域(54)；及

在其流动区域(100)中容纳液体萃取剂(42)的多个内室(34)，其中每个内室由内部容纳框架(82)的微孔膜套(80)限定，其中各内室(34)具有入口(124)和出口(126)，并与液体萃取剂贮存器(38)流体连接；

其中最终组装后，至少多个内室(34)中每个内室的流动区域(100)位于该外室(32)的容纳区域(54)内，使得各个微孔膜套(80)在该内室(34)和外室(32)的内含物之间建立萃取界面，且其中萃取进料(40)和萃取剂基本上是不混溶的，

所述框架(82)包括中心板(110)和相对的外板(112)，外板(112)组装到中心板(110)的相对侧，所述中心板限定流动区域(114)、设于该流动区域之下的下部区域(118)和设于该流动区域114之上的上部区域(120)，而且在该流动区域(114)中延伸通过中心板(110)厚度的多个孔形成多个流动通道(116)，使流体从中心板(110)一侧流到另一侧；中心板(110)还形成从上部区域(120)延伸到下部区域(118)的导管(122)用于从入口(124)输送液体萃取剂并导入下部区域(118)并释放到流动区域(114)；所述外板限定与上述流动区域(114、100)相应的流动区域(130)、下部区域(132)和上部区域(134)，该流动区域(130)包括封闭部分(136)和打开部分(138)，该封闭部分(136)的尺寸和形状与中心板的导管122相应，使得最终组装后，该封闭部分136盖住导管以防止流体流动，打开部分没有材料，使得中心板的流动区域(114)中释放的液体萃取剂容易流过该打开部分。

2. 如权利要求1所述的系统，还包括固定在相邻的第一和第二内室(34)间的顶部部分(150)。

3. 如权利要求 2 所述的系统，其中该顶部部分(150)形成第一和第二孔，该系统还包括：

与该第一和第二内室流体连接并通过该顶部部分(150)中的第一孔的入口管道(170)；及

与该第一和第二内室流体连接并通过该顶部部分(150)中的第二孔的出口管道(172)。

液-液萃取系统和方法

领域

本发明涉及将溶解的溶质从第一种液体萃取进第二种液体的系统和方法。

背景

液-液萃取是将溶解在第一种液体中的溶质转移到基本上不与第一种液体混溶的第二种液体的常用技术。第一种液体中的溶质的溶液通常称作"萃取进料",第二种液体通常称作"萃取剂"或"液体萃取剂"。当萃取进料与液体萃取剂接触时,根据溶质在两种液体中的相对溶解度,溶质在两种液体中分配。

实现液-液萃取的一种常规技术是将萃取进料和液体萃取剂直接混合。不幸的是,这种技术经常在混合物中形成永久分散体或乳液,从而使萃取过程就时间和最终结果而言极其没有效率。

已经发展了微孔膜萃取方法来解决上述分散体问题。特别地,微孔膜的一侧通常与萃取进料接触,微孔膜的相对侧与液体萃取剂接触。这样在萃取进料和液体萃取剂间在微孔膜的微孔内形成转移溶质的液-液界面。

通过微孔膜在萃取进料和液体萃取剂间提供大量分离的构思证实是可行的。然而,在工业上微孔膜液-液萃取的可行性通常取决于萃取速率(其是微孔膜的液-液界面表面积的函数)和取决于更换膜(如果其被损坏或污染)的容易性。常规微孔膜液-液萃取装置和方法使用有限的液-液界面表面积,并且不利于更换膜。这些固有的缺点妨碍了微孔膜萃取的大规模商业应用。

许多商业应用，如从发酵的肉汤中得到乙醇，都可以非常有利地使用微孔膜液-液萃取技术。因此，从成本效益考虑，需要使用微孔膜的高产液-液萃取系统和方法。

概述

本发明的一个方面涉及一种液-液萃取系统，其包括外室和内室。该外室用于容纳萃取进料和液体萃取剂中的一种，并限定容纳区域。该内室用于在该内室的流动区域中容纳萃取进料和液体萃取剂中的另一种。就此而言，该内室由内部容纳框架的微孔膜套限定。最终组装后，至少该内室的流动区域位于该外室的容纳区域内，使得该微孔膜套在该内室和外室的内含物之间建立萃取界面。在一个实施方案中，该微孔膜套的流动区域浸在该外室所含的萃取进料内。在另一个实施方案中，每一个都由内部容纳框架的微孔膜套限定的多个内室中以并排的方式位于该外室内，其中相对的一对内室由隔板分开。

本发明另一方面涉及一种液-液萃取系统，其包括萃取剂框架、进料框架和微孔膜。每个框架限定入口、出口、具有多个开口区域的前表面和位于该入口和该出口间的多个流体通道。微孔膜密封在萃取剂框架和进料框架的各前表面间。使用这种结构，萃取剂框架和进料框架的各开口区域基本上对齐，并且该微孔膜在该萃取剂框架内的液体萃取剂和该进料框架的萃取进料间的开口区域处建立萃取界面。在一个实施方案中，每个萃取剂框架和进料框架限定格子结构，该格子结构包括组合形成多个室的多个横杆，每个室通过共用横杆部分形成的一个或多个孔流体连接。

本发明另一方面涉及一种将溶解的溶质从第一种液体萃取进第二种液体的方法。该方法包括提供外室和在该外室内设置内室。就此而言，该内室包括内部容纳框架的微孔膜套。该第一种液体分配到该外室，该第二种液体分配到该内室。就此而言，该第一种液体接触该微

孔膜套的外部，该第二种液体接触该微孔膜套的内部。最后，该溶质通过该微孔膜套的孔从该第一种液体转移至该第二种液体。在一个实施方案中，该第二种液体连续流通该内室。在另一个实施方案中，该内室充入一定体积的该第二种液体，该体积在该内室中保持停留时间，在此期间内该溶质萃取进该第二种液体。在另一个实施方案中，在萃取操作后，更换该微孔膜套。

本发明另一方面涉及一种将溶解在第一种液体中的溶质萃取进第二种液体的方法。该方法包括提供萃取装置，其包括相对的第一和第二框架和微孔膜。每个框架限定多个开口区域和多个流体通道。该微孔膜密封在该第一和第二框架间。该第一种液体引入该第一框架，使得该第一种液体通过该第一框架通道。相似地，该第二种液体引入该第二框架，使得该第二种液体通过该第二框架通道。就此而言，该第一和第二种液体分别在该第一和第二框架的开口区域处接触该微孔膜。最后，溶质通过该微孔膜的孔从该第一种液体转移至该第二种液体。在一个实施方案中，该第一和第二种液体分别穿过由该第一和第二框架限定的弯曲流道。

附图简要说明

图 1 是本发明一个实施方案的液-液萃取系统的立体图；

图 2 是图 1 系统内室和隔板的分解图；

图 3A 是图 2 内室中心板的主视图；

图 3B 是图 2 内室外板的主视图；

图 4 是图 1 系统一部分沿线 4-4 的剖视图；

图 5 是本发明可选择实施方案的液-液萃取系统的分解图；

图 6 是最终组装后图 5 系统的立体图；

图 7 是图 6 系统一部分沿线 7-7 的剖视图；

图 8 是本发明另一个可选择实施方案的液-液萃取系统的分解立体图；

图 9 是本发明另一个可选择实施方案的液-液萃取系统的分解立

体图；

图 10 是本发明另一个可选择实施方案的液-液萃取系统的分解图；

图 11A 是图 10 系统进料框架部分的立体图；

图 11B 是图 10 系统萃取剂框架部分的立体图；

图 12 是最终组装后图 10 系统的侧视图；

图 13 是本发明另一个可选择实施方案的液-液萃取系统的分解立体图；

图 14A 是图 13 系统进料框架元件的立体图；

图 14B 是图 13 系统萃取剂框架部分的立体图；

图 15 是最终组装后图 13 系统的侧视图；

图 16 是本发明另一个可选择实施方案的液-液萃取系统的分解立体图；

图 17 是图 16 系统框架元件的主视图；及

图 18 是最终组装后图 16 系统的侧视图。

详细说明

液-液萃取系统 30 的一个实施方案表明在图 1 中。系统 30 包括外室 32、多个内室 34、多个隔板组件 36 和液体萃取剂贮存器 38。下面详细说明各元件。一般而言，外室 32 与萃取进料贮存器(图未示)流体连接，并含有一定体积的萃取进料 40(图 1 中)。内室 34 与液体萃取剂贮存器 38 流体连接，将一定体积液体萃取剂 42 供应至每一内室 34 的内部。内室 34 位于外室 32 内，每个内室在外室 32 中的萃取进料 40 和各内室 34 内所含的液体萃取剂 42 间提供微孔膜界面。隔板组件 36 也位于外室 32 内，用于分离相邻一对内室 34。萃取进料 40 内的溶质转移至(即萃取进)液体萃取剂 42，随后以连续或定期方式从内室 34 中移出。

外室 32 可以是刚性结构槽的形式，包括从底部 52 延伸出的侧壁 50，二者限定用于容纳所需体积的萃取进料 40 的容纳区域(图 1 中用

54 表示)。外室 32 还限定上部 56, 其包括与底部 52 相对的上部开口 58。入口 60 靠近底部 52, 其与内部容纳区域 54 流体连接。相似地, 出口 62 在上部 56, 其与内部容纳区域 54 流体连接。在一个实施方案中, 入口和出口 60、62 与萃取进料贮存器(图未示)流体连接, 使得可通过外室 32 连续供应萃取进料 40。可选择地, 入口 60 可与"新"(即未处理的)萃取进料 40 的贮存器流体连接, 而出口 62 与萃取后的萃取进料(即已经过下面萃取过程的萃取进料)的单独贮存器流体连接。此外, 入口和出口 60、62 的贮存器连接可以颠倒和/或端口 60、62 之一在下面取消。

在一个实施方案中, 外室 32 的上部 56 限定的截面积与外室 32 其余部分相比是增加的, 这样有助于从外室 32 内所含的萃取进料 40 中除去杂质(图未示)。特别地, 上部 56 的壁可形成槽 64, 其部分地由相对于水平面成角度延伸的底壁 66 所限定。槽 64 与出口 68 流体连接。漂浮或升至所含的萃取进料 40 液面水平线(在图 1 中用 70 表示)的杂质收集在槽 64 内, 其底壁 66 将杂质引导至出口 68, 而从外室 32 除去。在这种结构中, 出口 68 位于出口 62 上方, 从而不会干扰萃取进料 40 从外室 32 进入/移出。可选择地, 可以使用其他结构从所含的萃取进料 40 中撇去至少一种杂质, 或完全取消撇去特征。

内室 34 更详细地表明在图 2 中。特别地, 每个内室 34 包括微孔膜套 80 和框架 82。框架 82 保持在相应套 80 内。为清楚起见, 应注意到图 2 还表明了隔板组件 36, 下文详述。

微孔膜套 80 可以包括在底部 86 彼此密封的相对主侧壁 84a、84b 和相对侧面 88a、88b。此外, 每个侧壁 84a、84b 限定上边缘 90a、90b, 至少在组装框架 82 之前, 没有彼此连接, 这样在套 80 内部提供用于插入/移出框架 82 的开口 92。在一个实施方案中, 套 80 设有封闭/密封装置(图未示), 用于选择性地封闭和/或密封开口 92。例如, 可使用带子封闭开口 92, 相应的再封闭带可沿侧壁 84a、84b 内部靠近上边

缘 90a、90b 设置，上边缘 90a、90b 可加热彼此密封等。可选择地，开口 92 在全部时间可以保持为不受阻碍的。

尽管套 80 被表示作信封状，但是也可以使用其他结构。例如，可以设置连接主侧壁 84a、84b 的小侧壁，使套 80 的横截面更接近矩形。相似地，在底部 86 可提供额外部分微孔膜材料。此外，套 80 可带有侧和/或底部褶皱物，以更容易容纳框架 82。

套 80 优选在预定位置沿套 80 长形成一系列孔 94(图 2 中所示)。孔 94 穿过侧壁 84a、84b 并对齐。下面详细说明，孔 94 包括有助于液体流进和流出内室 34 的管道孔 94a、94b 及促进隔板组件 36 与相应内室 34 组装的组装孔 94c-94f，可能还带有衬垫(图未示)。总之，套 80 和内室 34 在孔 94 下限定延伸至底部 86 的流动区域 100。使用时，流动区域 100 内含有和/或流动有液体萃取剂 42(图 1)。套 80 还可以包括与流动区域 100 相对的上部 102。上部 102 长度以预期的萃取进料液面水平线 70(图 1)和外室 32(图 1)内的内室 34 位置为基础。在一个实施方案中，最终组装和操作后，调节上部 102 尺寸延伸在萃取进料液面水平线 70 上方，从而防止所含的萃取进料 40(图 1)进入内室 34。可选择地，如果在上边缘 90a、90b 处密封套 80，那么上部 102 可以是任何尺寸/长度，也可完全取消。

微孔膜套 80 用的材料可以采用任何形式。本发明的微孔膜材料通常在膜主表面上延伸有微米尺寸的孔(即微孔)。例如，结合图 2 实施方案，每个侧壁 84a、84b 限定外表面 106(图 2 中在侧壁 84a 上)和内表面 108(图 2 中侧壁 84b)。因此，微孔在每个侧壁 84a、84b 上的外和内表面 106、108 之间延伸。总之，微孔可以是例如分离的或互联的。微孔膜材料可以从任何具有微孔的材料制成，例如微孔热塑性聚合物。套 80 用的微孔膜材料可以是柔性或刚性的。

微孔膜材料的微孔尺寸、厚度和组合通常决定了本发明的萃取速

率。微孔膜的微孔尺寸应大至足以允许微孔内的萃取进料 40(图 1)和液体萃取剂 42(图 1)接触,但不能大到使萃取进料通过微孔膜溢流进萃取剂。

用于本发明的微孔膜材料可以是例如亲水或疏水性材料。通过本领域中公知的方法和公开于例如美国专利 3,801,404 (Druin 等人); 3,839,516 (Williams 等人); 3,843,761 (Bierenbaum 等人); 4,255,376 (Soehngen 等人); 4,257,997 (Soehngen 等人); 4,276,179 (Soehngen); 4,973,434 (Sirkar 等人)中的方法可以制备微孔膜,和/或商业上从供应商得到,例如 Celgard, Inc. (Charlotte, North Carolina), Tetratex, Inc. (Ivyland, Pennsylvania), Nadir Filtration GmbH (Wiesbaden, Germany) 或 Membrana, GmbH (Wuppertal, Germany)。示例性亲水膜包括多孔聚酰胺(例如多孔尼龙)、多孔聚碳酸酯、多孔乙烯、乙烯醇共聚物和多孔亲水聚丙烯的膜。示例性疏水膜包括多孔聚乙烯、多孔聚丙烯(例如热引发相分离多孔聚丙烯)和多孔聚四氟乙烯的膜。

通常,有用的微孔膜材料的平均孔径(例如,根据 ASTM E1294-89 (1999) "Standard Test Method for Pore Size Characteristics of Membrane Filters Using Automated Liquid Porosimeter")可以大于 0.07 微米(例如,大于 0.1 微米或大于 0.25 微米)和可以小于 1.4 微米(例如,小于 0.4 微米或小于 0.3 微米),不过也可以使用具有较大或较小平均孔径的微孔膜。为降低乳液形成和/或穿过膜的溢流,微孔膜可以基本上没有直径超过 100 微米的孔、裂缝或其它孔。

套 80 用的微孔膜材料通常其孔隙度占微孔膜材料体积的至少 20%(例如至少 30%或至少 40%)到 80%、87%或 95%。

通常,套 80 用的微孔膜材料其厚度至少 25 微米(例如,至少 35 微米或至少 40 微米),和/或其厚度小于 80 微米(例如,小于 60 微米或小于 50 微米),尽管可以使用任何厚度的膜材料。通常,套 80 用的

微孔膜材料单独或与可选择的多孔支撑元件组合都应具有足够的机械强度，以承受在目标操作条件下对微孔膜套 80 所施加的任何压力差。

套 80 用的微孔膜材料可以包括至少一种疏水(即不能被水自发地浸润)材料。示例性疏水材料包括聚烯烃(例如，聚丙烯、聚乙烯、聚丁烯、上述任何物质与可选择地烯键式不饱和单体的共聚物)和其组合。如果微孔膜材料是疏水的，那么相对于液体萃取剂 42(图 1)，正压力可以施加到所含的萃取进料 40(图 1)上以有助于浸润微孔膜套 80。

在本发明某些实施方案中，套 80 用的微孔膜材料可以是亲水性的，例如，平均孔径为 0.2~0.45 微米的亲水多孔聚丙烯膜材料(例如，Pall Life Sciences, Inc., Ann Arbor, Michigan 以商品名"GH POLYPRO MEMBRANE"出售的产品)。套 80 用的微孔膜材料是亲水的，那么相对于所含的萃取进料 40(图 1)，正压力可以施加到所含的液体萃取剂 42(图 1)上，以有助于固定微孔膜套 80 内的液-液界面。示例性套 80 用的膜材料包括公开于美国专利 3,801,404 (Druin 等人)；3,839,516 (Williams 等人)；3,843,761 (Bierenbaum 等人)；4,255,376 (Soehngen)；4,257,997 (Soehngen 等人)；和 4,276,179 (Soehngen)；4,726,989 (Mrozinski)；5,120,594 (Mrozinski)；和 5,238,623 (Mrozinski)中的微孔膜。

调节框架 82 尺寸以选择性地保持在套 80 内。参考图 3A 和 3B，框架 82 可以包括中心板 110 和相对的外板 112(其中之一表示在图 3B 中)。外板 112 组装到中心板 110 的相对侧，经置于相应的套 80 内，外板组合可防止侧壁 84a、84b 彼此接触，并促进液体萃取剂 42(图 1)在内室 34 的流动区域 100 内的流动。

在一个实施方案中，中心板 110 由刚性材料制成，例如聚甲基丙烯酸甲酯，并限定流动区域 114，其内形成有多个流体通道 116。中

心板 110 的流动区域 114 其尺寸相应于套 80 的流动区域 100。流体通道 116 优选是延伸通过中心板 110 厚度的孔,从而使流体从中心板 110 一侧流到另一侧。中心板 110 还限定下部区域 118 和上部区域 120。下部区域 118 设于流动区域 114 之下,而上部区域 120 设于流动区域 114 之上(相对于图 3A 的方向)。

记住上述约定,中心板 110 形成从上部区域 120 延伸至下部区域 118 的狭槽或导管 122。导管 122 与上部区域 120 的入口 124 流体连接,以将液体萃取剂 42(图 1)输送进导管 122。反之,导管 122 在下部区域 118 打开(例如,多个开口(图未示))。使用这种结构,在入口 124 进入导管 122 的液体通过导管 122 从上部区域 120 导入下部区域 118,并释放进流动区域 114。

中心板 110 在上部区域 120 中还形成出口 126。如下面所详细说明的,进入流动区域 114 的液体萃取剂 42(图 1)通过导管 122 向上流到出口 126。然后使用与出口 126 流体连接的单独管道(图未示)从内室 34 除去液体萃取剂 42。

最后,中心板 110 形成一系列组装孔 128(图 3A 中所示)。如下所述,设置组装孔 128 以有助于相应内室 34 和隔板组件 36 相互间及与外室 32(图 1)的组装。

外板 112 优选其尺寸和形状相应于图 3B 的中心板 110。就此而言,每个外板 112 限定与上述流动区域 114、100 相应的流动区域 130、下部区域 132 和上部区域 134。流动区域 130 包括封闭部分 136 和打开部分 138。封闭部分 136 其尺寸和形状与中心板 110(图 3A)的导管 122(图 3A)相应,使得最终组装板 110、112 后,封闭部分 136 盖住导管或狭槽 122,从而防止流体流动。反之,打开部分 138 的特征是没有材料,这样不会防止流体相对于外板 112 向外流动。即,在中心板 110 的流动区域 114(图 3A)中释放的液体萃取剂(图未示)容易流过打开

部分 138。然而，在一个实施方案中，筛子或相似的带眼材料 140 被固定在打开部分 138 内。如下所述，当液体流过筛子 140 时，对液体产生混合作用，从而增强萃取过程。各种可选择的结构可作为筛子 140(例如带格结构)，或者可以完全没有筛子 140。

最后，每个外板 112 优选形成多个孔(图 3B 中的 142)。多个孔 142 包括用于使适合管道分别通过中心板 110(图 3A)的入口 124(图 3A)和出口 126(图 3A)的管道孔 142a、142b。孔 142 的其余部分是组装孔 142c-142f，用于促进内室 34/分离组装 136 的组装及与外室 32(图 1)的组装。

参照图 2，每个隔板组件 36 用于置于相应一对内室 34 间，在一个实施方案中每一个包括顶部部分 150 和隔板 152。作为参考，图 2 表了三个隔板组件 36，包括外隔板组件 36a、36b。每个隔板组件 36 通常结构相同，具有下述外隔板组件 36a、36b 的任选特征。然而，为易于说明，隔板组件 36(包括外隔板组件 36a、36b)的通用特征参见图 2 的一个隔板组件 36(即隔板组件 36a)，应该理解，除非另有所述，每个隔板组件 36(包括外隔板组件 36a、36b)包括通用特征。因此，在下面的说明中，“顶部部分 150”和“隔板 152”的特征在一个实施方案中同样适用于图 2 中所有相关元件。记住上述约定，在一个实施方案中，顶部部分 150 和隔板 152 作为分离元件。可选择地，顶部部分 150 和隔板 152 可以形成为一体板。

顶部部分 150 是用于组装内室 34 的刚性体，可形成有管道孔 154a、154b 和组装孔 154c-154f。作为参考，在图 2 中外隔板组件 36a 的顶部部分 150a 的孔 154a-154f，应该理解为：在一个实施方案中，每个顶部部分 150(包括顶部部分 150b)包括相似的特征。与内室 34 的各种元件相同，管道孔 154a、154b 提供连通内室 34 的管道(图未示)。反之，组装孔 154c-154f 用于如通过螺栓 156 组装顶部部分 150/内室 34，及可能地组装外室 32(图 1)。

隔板 152 也是刚性体, 其结构可以配置成促进流体沿其长度流动。因此, 在一个实施方案中, 隔板 152 形成多个狭槽 158 和多个孔 160。在图 2 中外隔板组件 36a 的隔板 152a 的狭槽 158 和孔 160, 应该理解为: 在一个实施方案中, 每个隔板 152(包括隔板 152b)包括相似的特征。狭槽 158 和孔 160 可以在隔板 152 厚度内延伸, 例如, 狭槽 158 以向上成角的方式延伸(如图 2 所示)。使用这种方向, 当流体从隔板 152 底部充入时, 狭槽 158 将流体导向其中心。最后, 在一个实施方案中, 在隔板 152 两侧(图 2 中表明隔板 152、152a、152b 的一侧)上设置筛子或其他带眼材料 162。如前所述, 筛子 162 对穿过筛子 162 的流体起到有益的混合作用。

如前所述, 在一个实施方案中, 每个隔板组件 36 的顶部部分 150 和隔板 152 是分离元件。使用这种实施方案, 外隔板组件(图 2 中的 36a 和 36b)的外隔板(图 2 中的 152a 和 152b)与内室 34、特别是微孔膜套 80 及任何中间隔板 152 相比宽度略大(图 2 中未显示)。使用这种结构, 外隔板 152a、152b 如通过其外周的螺栓(图未示)彼此固定。可选择地, 与任何中间隔板 152 相比, 外隔板 152a、152b 可以有相同尺寸, 并以不同方式组装(例如, 如果每个隔板组件 36 形成为一体结构, 那么顶部部分 150 的连接完全相应隔板 152 的连接)。

结合图 1、2 和 4 说明内室 34 和隔板组件 36 的组装。通过将一个框架 82 放入相应的一个套 80 中来组装每个内室 34。然后通过将一个顶部部分(图 4 中的 150c)置于两个内室间(图 1 和图 4 中的 34a 和 34b), 这样组装成的内室 34 组装到隔板组件 36。在一个实施方案中, 衬垫(图未示)分别置于顶部部分 150c 和内室 34a、34b 间。另一个顶部部分(图 4 中的 150a、150b)置于内室 34a、34b 的相对侧, 衬垫(图未示)可能插在顶部部分 150a 和内室 34a 间, 衬垫(图未示)也可能插在顶部部分 150b 和内室 34b 间。然后螺栓 156 分别通过套 80 的各组装孔 94、128、142、154(图 2、3A、3B)、中心板 110、外板 112 和顶部

部分 150，从而连接各元件。通过将—个隔板(图 4 中的 152c)置于内室 34a、34b 之间、相应的顶部部分 150c 之下来组装隔板 152。外隔板 152a、152b 分别置于内室 34a、34b 的相对侧，并例如通过螺栓(图未示)连接到一起。

尽管在图 1 和图 4 中仅表明了两个内室 34a、34b 和三个隔板组件 36，但是任何其他数量同样可以接受。例如，可以提供多于 10 个内室 34(相应数量隔板组件 36)。

然后将这样组装成的内室 34/隔板组件 36 组装到外室 32。例如，在一个实施方案中，其中框架 80 和隔板 152 是相对刚性的，内室 34/隔板 152 可按图 1 所示装入外室 32 中，置于外室 32 的底部 52 上。可选择地，如通过用螺栓 156 连接到外室 32，可更牢固地将内室 34/隔板组件 36 与外室 32 固定。此外，可以设置单独连接机构，这样内室 34/隔板 152 与外室的底部 52 隔开。

入口和出口管道 170、172 流体连接在液体萃取剂贮存器 38 和内室 34 间。特别地，入口和出口管道 170、172 分别流体连接到每个内室 34 中心板 110 的入口 124 和出口 126(图 3A 所示)。在一个实施方案中，内室 34 串联地与入口和出口管道 170、172 流体连接；可选择地，内室 34 可并联地流体连接。总之，入口和出口管道 170、172 分别通过如前所述的各管道孔 94a、142a、154a、和 94b、142b、154b(图 2、3A、3B)。

使用时，根据本发明—个方法，萃取进料 40 分配到外室 32 内，液体萃取剂 42 分配到内室 34 内。在一个实施方案中，最后萃取进料进入液面水平线 70 高于内室 34 的流动区域 100；然而，每个套 80 的上部 102 延伸在萃取进料液面水平线 70 上方，使得套 80 不必须在其上部密封。可选择地，如果套 80 完全密封，那么全部套 80 可低于最终溶液进入液面水平线 70。总之，每个内室 34 的至少流动区域 100

浸在所舍的萃取进料 40 中。

萃取进料 40 和液体萃取剂 42 可以分别连续输送到外和内室 32、34，并从此移出。就此而言，萃取进料 40 可以通过入口 60(如通过泵 182)进入外室 32，并从外室 32 通过出口 62 移出(例如重力引流、泵等)。随着萃取进料 40 进入/流入外室 32 内，内室 34 产生体积压力。尽管各内室 34 内的一定体积液体萃取剂 42 优选抵销这种体积压力，但是与每个内室 34 相连的框架 82(图 2)可以防止相应套 80 的侧壁 84a、84b 彼此接触，从而不产生"死"流区。此外，隔板 152 防止相邻内室 34 接触，再一次避免减少流动区的可能性。隔板 152 中的狭槽 158 和孔 160(图 2)确保萃取进料 40 接触每个内室 34 的外表面。此外，当萃取进料 40 进入/流入外室 32 内时，优选与每个隔板 152 相连的筛子 162(图 2)对萃取进料 40 具有轻微的混合作用。

相似地，可能通过泵 184，通过与相应中心板 110(图 3A)中的入口 124(图 3A)流体连接的入口管道 170 将液体萃取剂 42 引入每个内室 34，通过与出口管道 172 流体连接的出口 126(图 3A)从内室 34 移出。如前所述，结合图 3A，液体萃取剂 42 引向中心板 110 的下部区域 118，从而引向每个内室 34 的内部流动区域 100 的底部。随后当液体萃取剂 42 进入微孔膜套 80 时，每个内室 34 内的流体通道 116 和筛子 140 产生弯曲的流动图案，使进入/流入的液体萃取剂 42 混合。

在一个实施方案中，每个内室 34 内的最终液体萃取剂液面水平线 180(图 4 所示)低于最终萃取进料液面水平线 70。可以选择液面水平线 70/180 使微孔膜套 80 具有所需的压差。因此，在其中萃取进料 40 和液体萃取剂 42 连续流过各自室 32、34 的实施方案中，通过调节液体萃取剂 42 的流速和/或液面水平线 180 可以达到所需的压差，例如通过出口管道 172 上的控制阀 186 和/或入口管道 170 上的泵 184。可选择地，可以使用如美国专利 RE 34,828 中所述的其它压力/流动调节系统。最后，在一个实施方案中，管道 188 与液体萃取剂贮存器 38

的底部流体连接，并带有控制阀 190。可选择的管道 188/控制阀 190 提供了用于从液体萃取剂贮存器 38 中移出不希望进入的液体萃取料流的萃取进料的机械装置。

不管萃取进料 40 和/或液体萃取剂 42 连续送至各室 32、34，和/或在其内流动，或停留时间内在室 32、34 的一个或两个内保持固定体积，穿过每个微孔膜套 80 的侧壁 84a、84b 都建立萃取界面。萃取进料 40 内的溶质通过侧壁 84a、84b 的孔转移至液体萃取剂 42。最后，在一个实施方案中，萃取进料 40 中的杂质(图未示)通过槽 64 撇出。

随着时间的推移，由于无意中与系统 30 的其他元件接触和/或孔内材料的积聚，微孔膜套 80 可能开始变差。在这种情况下，套 80 是容易更换的元件。具有待更换的套 80 的内室 34 可以简单地与其余内室 34/隔板组件 36 分开，并从中取出相连的框架 82。就此而言，结合图 2，如果在套 80 的上边缘 90a、90b 上临时密封，那么需除去密封以便于接近框架 82。然后框架 82 插进新套 80 中，该内室 34 与其他元件再组装。与其中微孔膜有效地永久密封在壳体内、不容易更换的现有萃取装置相比，这是明显的改进。

图 1 系统 30 的额外特征涉及更彻底地从所含的萃取进料 40 中"清除"杂质。如前所述，外室 32 可以包括槽 64(或相似的结构)，用于从萃取进料 40 中除去/撇去杂质。然而，随着时间的推移，萃取进料 40 中的杂质可能升到不可接受的水平。在这种情况下，例如可以通过用经萃取进料 40 再循环的适合烃基净化溶液萃取除去杂质，如十二烷。

上述系统 30 和相关操作方法极有益于大规模商业应用。因此，调节外室 32 尺寸以容纳需要的多个内室 34，其中每个内室 34 可以是尺寸。例如，在一个实施方案中，内室 34 其长度为 15 英尺(4.57 米)，并提供多于 30 个内室 34(和相应数量的隔板组件 36)。使用这种或相

似的结构，大体积的萃取进料可如地被用于萃取过程，例如，从发酵肉汤中萃取乙醇，优选的液体萃取剂配方公开于相同转让一并提交的美国专利申请 10/387697 中，标题为"Method for Obtaining Ethanol"，代理机构卷号 57637US002。可选择地，本发明的系统 30 和相关方法同样适用于各种其它萃取过程，适用于不同萃取进料和/或液体萃取剂。基本上任何溶剂都可用系统 30(和下面所述的可选择系统)处理。

上述系统 30 仅是适于大规模应用的本发明液-液萃取系统和方法的一个实施例。例如，可选择的实施方案液-液萃取系统 200 表明在图 5 中。系统 200 与上述系统 30(图 1)相似，包括外室 202 和内室 204。通常，萃取进料(图未示)含在外室 202 内，液体萃取剂(图未示)含在内室 204 内。内室 204 在所含的萃取进料和液体萃取剂之间建立微孔膜界面。萃取进料内的溶质转移到或萃取到液体萃取剂，随后周期性或连续地从内室 204 除去。

外室 202 优选是刚性结构容纳槽，并可采用各种形状/尺寸。总之，外室 202 包括从底部 208 延伸并一起限定容纳区域 210 的壁 206(图 5 所示)。在一个实施方案中，端口 212 在外室 202 的底部，并与容纳区域 210 流体连接。外室 202 结构使得液体可通过端口 212 分配进容纳区域并从其除去。记住这一点，如图 5 所示，底部 208 可以成角以促进液体从外室 202 移出。最后，外室 202 的上侧 214 可以向容纳区域 210 打开。

内室 204 包括多孔膜套 220、框架 222 和导管 224。多孔膜套 220 可由上述套 80(图 2)的材料制成，并限定沿底部 228 和相对侧面 230 相互密封的相对主侧壁 226a、226b。在一个实施方案中，衬底材料 232(图 5 中用于侧壁 226b)，例如软网或吹制微纤维织布，应用到侧壁 226a、226b 的内表面，以防止微孔膜材料因接触框架 222 而受损。与套 80 相同，侧壁 226a、226b 的上边缘 234a、234b 开始没有相互密封，从而可进入套 220(从而内室 204)限定的内部流动区域 236，如插入框

架 222 和导管 224。最后，调节套 220 尺寸，使其长度大于外室 202 内萃取进料(图未示)的最终进入液面水平线。

框架 222 可以是刚性结构，由顶部元件 240、底部元件 242、相对的侧部元件 244 和多个横杆 246(图 5 所示)限定。横杆 246 包括在相对的侧部元件 244 间延伸的至少一个水平横杆 246a 和在顶部和底部元件 240、242 间延伸的至少一个垂直横杆 246b。就此而言，横杆 246 彼此交叉，产生多个开口区域 248。通过在相应的水平横杆 246b 中形成的至少一个流体通道 250 使区域 248 相互流体连接。流体通道 250 是小孔，调节其尺寸，使得当液体萃取剂(图未示)进入内室 204 时产生非层流流动。可选择地，可以提供或多或少的横杆 246 和/或流体通道 250。在一个可选择的实施方案中，完全没有横杆 246。

导管 224 可与框架 222 连接，并限定位于框架 222 的底部元件 242 之下的引导端 256。引导端 256 形成有助于流体流进和流出导管 224 的多个开口 258。

结合图 6，通过将框架 222 插进套 220 组装内室 204，其中如图 5 所示的导管 224 的引导端 256 位于框架 222 之下。然后将内室 204 置于外室 202 内。在一个实施方案中，套 220 的底部 228(图 5)置于外室 202 的底部 208 上，由导管 224 和框架 222 的引导端 256 支撑。可选择地，内室 204 通过单独连接装置与外室 202 更稳定地连接。总之，导管 224 从内室 204 延伸，并与液体萃取剂的供应源/贮存器(图未示)流体连接。

使用时，参考图 7，一定体积萃取进料 260 分配到外室 202 的容纳区域 210(例如，通过上部开口侧 214)，一定体积液体萃取剂 262 通过导管 224(图 5)分配到内室 204 的流动区域 236。因此，随着液体萃取剂 262 从底部 228(图 5)进入内室 204，液体萃取剂 262 流过框架 222。随着液体萃取剂进入线(图 7 中的最终水平线 264)通过每个垂直横杆

246b(图 5), 一部分液体萃取剂 262 通过相应的流体通道 250。每个流体通道 250 的减小直径使通过其中的液体萃取剂 262 具有非层流流动, 并给予液体萃取剂 262 有益的混合作用, 这作为下述萃取中进入操作的一部分。

在一个实施方案中, 除了为进入的液体萃取剂 262 提供弯曲/混合流动图案外, 框架 222 还防止相对的侧壁 226a、226b 因所含的萃取进料 260 产生的压力而彼此接触。

如图 7 所示, 萃取进料 260 的最终进入液面水平线(图 7 中的 266)优选高于最终液体萃取剂进入液面水平线 264, 从而沿微孔膜套 220 的侧壁 226a、226b 产生所需的压差。内室 204 的流动区域 236 浸在所含的萃取进料 260 中。在一个实施方案中, 上边缘 234a、234b 延伸在萃取进料进入液面水平线 266 上方, 因此不需要密封套 220。可选择地, 如果完全密封微孔膜套 220, 那么其全部可浸在萃取进料 260 内。

然后将萃取进料 260 和液体萃取剂 262 的进入体积保持在预定停留时间, 在此期间萃取进料 260 中的溶质(图未示)通过微孔膜套 220 萃取进液体萃取剂 262。使用系统 200(和上述系统 30), 增大了萃取界面表面积, 从而加速萃取过程。更特别地, 萃取界面设在两个侧壁 226a、226b 上。

适合的停留时间尤其是萃取进料 260 和液体萃取剂 262、及系统 200 尺寸的函数。就此而言, 尽管系统 200 被表示成具有单个内室 204, 但是可以提供多个内室 204, 优选通过隔板(如参考图 1 系统 30 的隔板 152)彼此分离。通常停留时间是 1-15 分钟。总之, 系统 200 高度适用于如前所述的大规模萃取应用。

另一种实施方案的液-液萃取系统 280 表明在图 8 中。系统 280

包括外室 282 和内室 284。外室 282 用于容纳一定体积萃取进料(图未示), 而内室 284 保持供应液体萃取剂(图未示)。因此, 内室 284 是卷筒形状, 并在所含的萃取进料和液体萃取剂间提供微孔膜界面。萃取进料内的溶质转移至液体萃取剂, 随后连续地或周期性地从内室 284 除去。

外室 282 是刚性结构槽, 其尺寸可接受内室 284。因此, 外室 282 限定容纳区域 286, 并优选形成上部开口侧 288。

在一个实施方案中, 内室 284 包括微孔膜套 290、插入框架 292(图 8 中所示)、隔离卷 293、入口导管 294 和出口导管 296(图 8 中部分表示)。此外, 套 290 用的微孔膜材料可以采用上述任何形式, 其中套 290 优选由沿相对侧面 300、引导边缘 302 和后边缘(图 8 中未显示, 但形成在卷筒中心)彼此密封的相对主侧壁 298a、298b 限定。侧壁 298a、298b 内表面可衬有保护性的筛子或带眼材料。总之, 套 290 是延长体, 其本身可缠绕形成卷筒形的内室 284。内部流动区域 306(图 8 所示)限定在套 290 内, 从而内室 284 沿套 290 的缠绕层以螺旋方式延伸。

在一个实施方案中, 插入框架 292 包括带有多个肋 310 的筛子或带眼材料 304。插入框架 292 置于套 290 内, 在相对侧壁 298a、298b 之间。经最后组装, 在图 8 的实施方案中, 每个肋 310 基本上沿套 290 的长度延伸。这样, 最终形成卷筒形的内室 284, 肋 310 在缠绕套 290 的中心轴 A 的切线方向延伸。流体通道 312 限定在相邻的肋 310 之间, 其中每个流体通道 312 在入口和出口导管 294、296 间延伸, 并流体连接它们。就此而言, 每个流体通道 312 限定流体开向入口导管 294 的引导端 314 和流体开向出口导管 296 的后端(图未示)。肋 310 由足够柔性的材料制成, 例如聚氯乙烯, 从而不会妨碍内室 284 形成为卷筒, 并可通过任何可接受的技术如缝合、热密封等与筛子 304 固定, 经最后组装后在侧壁 298a、298b 间形成一致间距。在可选择的实施方案中, 肋 310 可采用不同形式, 或可没有, 从而仅有筛子 304 插在

套 290 内。

隔离卷 293 其长度和宽度基本上与套 290 一致，并用以在套 290 的连续卷之间提供小的分离(例如，图 8 中的卷层 316a、316b)，从而促进液体在卷间的流动。在一个实施方案中，隔离卷 293 包括筛子或带眼材料，其中固定多个分离臂 318。臂 318 在垂直方向(即平行于中心轴 A)上延伸，使得液体在所需方向在套 290 的卷之间流动。臂 318 相对较薄，例如 0.03-0.1 英寸(0.76-2.5 mm)，从而不会明显增大内室 284 卷的直径。可选择地，可以使用其他结构的隔离卷 293(例如，一系列分开材料插在套 290 的卷间)或完全取消。如果使用，隔离卷 293 应足够柔性，从而不会妨碍内室 284 形成为卷筒。

入口导管 294 在套 290 外部和接近引导边缘 302 的内部流动区域 306 间延伸。根据插入框架 292 包括肋 310 的实施方案，入口导管 294 在接近流体通道 312 的引导端 314 处形成多个开口 320。如图 8 所示，入口导管 294 可以略微与流体通道 312 分开，使得通过开口 320 从入口导管 294 排出的液体(图未示)容易进入每个流体通道 312。在一个实施方案中，入口导管 294 与相对开口 320 的液体萃取剂源(图未示)流体连接。使用其中没有提供肋 310 的可选择实施方案，入口导管 294 和特别是开口 320 与接近引导边缘 302 的内部流动区域 306 流体连接。

相似地，出口导管 296 在套 290 外部和接近套 290 后边缘(图未示)的内部流动区域 306 间延伸。"后边缘"被限定在套 290 的内缠绕层。根据插入框架 292 包括肋 310 的实施方案，出口导管 296 形成与流体通道 312 的后端(图未示)流体连接的多个开口(图未示)。因此，从流体通道 312 流出的液体(图未示)易于被出口导管 296 接收，然后将收集的液体导向分离的贮存器(图未示)。使用其中没有肋 310 的可选择实施方案，出口导管 296 与接近后边缘的流动区域 306 流体连接。

使用时，外室 282 充入萃取进料(图未示)。内室 284 置于外室 282

内,使得内部流动区域 306 浸在所含的萃取进料中。就此而言,隔离卷 293 在套 290 的各卷之间保持小间距,使得萃取进料易于在内室 284 的各缠绕层之间渗透。在一个实施方案中,内室 284 的芯 322 打开和/或设有一个或多个排放孔 324,从而促进萃取进料在芯 322 内的流动。液体萃取剂(图未示)通过入口导管 294 引入内室 284。如图 8 中箭头所示,液体萃取剂从入口导管 294 的开口 320 进入流体通道 312。然后,流体通道 312 以螺旋方式将液体萃取剂沿套 290 的缠绕层引导至出口导管 296。出口导管 296 收集并从套 290 中除去液体萃取剂。使用其中没有肋 310 的可选择实施方案,液体萃取剂以螺旋方式从入口导管 294 沿内部流动区域 306 流至出口导管 296。

在一个实施方案中,液体萃取剂(图未示)从入口导管 294 连续流至出口导管 296。可选择地,套 290 充入所需体积的液体萃取剂,并保持停留时间。总之,沿套 290 的两个侧壁 298a、298b 在所含的萃取进料(图未示)和液体萃取剂之间建立微孔膜萃取界面。特别地,萃取沿卷筒内室 284 的所有卷层进行,从而增大了萃取界面表面积。

另一种可选择实施方案的液-液萃取系统 340 表明在图 9 中。系统 340 与前述系统 280(图 8)相似,包括外室 342 和内室 344。外室 342 优选与前述外室 282(图 8)相同。内室 344 包括微孔膜套 350、隔离卷 352、入口导管 354 和出口导管 356。此外,套 350 用的微孔膜材料可以采用上述任何形式,其中套 350 优选由沿相对的上侧和下侧 360a、360b、引导边缘 362 和后边缘(图 9 中未显示,但形成在卷筒中心)彼此密封的相对主侧壁 358a、358b 限定。侧壁 358a、358b 内表面可衬有保护性的筛子或带眼材料。总之,套 350 是延长体,其本身可缠绕形成卷筒形的内室 344。内部流动区域 366(图 9 所示)限定在套 350 内,从而沿套 350 的缠绕层以螺旋方式延伸。

在一个实施方案中,插入框架 364 置于套 350 内(在相对侧壁 358a、358b 之间),其与部分入口和出口导管 354、356 一起提供用于

支撑套 350 的内部框架。插入框架 364 可以是筛子或带眼材料，与图 8 系统 280 所述的相似。然而，可选择地，插入框架 354 可带有更复杂的内部框架或肋结构，从而在入口和出口导管 354、356 间建立流体通道(图未示)，如下所述。使用这种可选择的结构，最终组装后，肋(图未示)在缠绕套 350 的中心轴 C 的轴向方向上延伸。有效地是，肋可与下述隔离卷 352 的臂 370 相似。

隔离卷 352 与上述的隔离卷 293(图 8)相似，并用以在套 350 的连续卷之间提供小间距或分离(例如，图 9 中的卷层 372a、372b)。在一个实施方案中，隔离卷 352 包括固定多个分离臂 370 的筛子或带眼材料。隔离卷 352 其长度和宽度基本上与套 350 相应。此外，可以使用其他结构提高套 350 卷间的间距，或没有隔离卷 352。

入口导管 354 在套 350 外部和内部流动区域 366 之间延伸。特别地，入口导管 354 包括输送部分 378 和限定多个开口 382 的释放部分 380。输送部分 378 与液体萃取剂源(图未示)流体连接。释放部分 380 靠近套 350 底部 360b，并沿套 350 长度延伸。开口 382 优选等距间隔，每个开口 382 间隔 1-20 英寸(2.5-50.8 cm)，并与内部流动区域 366(例如，流体通道 372 的引导端 374)流体连接。总之，入口导管 354 和特别是释放部分 380 优选采用适合方式如缝合、热密封等与套 350 的侧壁 358a、358b 固定。

相似地，出口导管 356 在套 350 外部和内部流动区域 366 间延伸。出口导管 356 包括输送部分 386 和形成多个开口 390 的收集部分 388。收集部分 388 靠近套 350 的顶部 360a，并沿其长度延伸。开口 390 优选与入口导管 354 的开口 382 相同，并与内部流动区域 366(和/或，如果有内部框架结构，那么与套 350 内的流体通道)流体连接。收集部分 388 可以适合方式与套 350 的侧壁 358a、358b 固定。输送部分 386 优选与贮存器(图未示)流体连接，使得从收集部分 388 流出的流体通过输送部分 386 分配到贮存器。

使用时，外室 342 充入萃取进料(图未示)。内室 344 置于外室 342 内，使得内部流动区域 366 浸在所含的萃取进料中。就此而言，隔离卷 352 在套 350 的各卷之间提供小间距，使得萃取进料易于在内室 344 的各缠绕层之间渗透。在一个实施方案中，内室 344 的芯 392 打开和/或设有一个或多个排放孔 394，从而促进萃取进料在芯 392 内的流动。液体萃取剂(图未示)通过入口导管 354 引入内室 344。如图 9 中箭头所示，液体萃取剂从释放部分 378 的开口 382 沿套 350 长度移动。随着内部流动区域 366 被充满，释放的液体萃取剂向上流到出口导管 356 的收集部分 388(图 9 中箭头所示)。使用其中插入框架 364 包括肋(图未示)的可选择实施方案，相应的流体通道有助于将液体萃取剂从入口导管 354 引向收集部分 388。总之，液体萃取剂通过孔 390 收集在收集部分 388 内。出口导管 356 通过输送部分 386 从套 350 收集并除去液体萃取剂。

在一个实施方案中，液体萃取剂(图未示)从入口导管 354 连续流至出口导管 356。可选择地，套 350 充有所需体积的液体萃取剂，并保持停留时间。总之，沿套 350 的两个侧壁 358a、358b 在所含的萃取进料(图未示)和液体萃取剂之间建立微孔膜萃取界面。特别地，萃取沿卷筒内室 344 的所有卷层进行，从而增大萃取界面表面积。

本发明另一种实施方案的液-液萃取系统 400 表明在图 10 中。系统 400 包括第一进料框架 402、第二进料框架 404、萃取剂框架 406、第一微孔膜 408 和第二微孔膜 410。下面详细说明各元件。然而，通常第一微孔膜 408 密封在第一进料框架 402 和萃取剂框架 406 之间；而第二微孔膜 410 密封在第二进料框架 404 和萃取剂框架 406 之间。使用时，液体萃取剂(图未示)分配到萃取剂框架 406，萃取进料(图未示)分配到第一和第二进料框架 402、404 中的每一个。在萃取剂框架 406 内的液体萃取剂和第一进料框架 402 内的萃取进料之间的第一微孔膜 408 处、在萃取剂框架 406 内的液体萃取剂和第二进料框架 404

内的萃取进料之间的第二微孔膜 410 处建立萃取界面。在这些萃取界面处萃取进料内的溶质转移至液体萃取剂。

第一进料框架 402 详细地表明在图 11A 中, 应该理解进料框架 402、404 优选是相同的。在一个实施方案中, 进料框架 402 具有格子状结构, 限定第一或前表面和第二或后表面(在图 11A 中被隐藏)。多个横杆 420 在外框架结构 422 内延伸。通过互联, 横杆 420 产生多个开口区域或室 424, 相对于前表面 416 和后表面打开。横杆部分 426 限定的相邻开口区域 424 通过形成在共用横杆部分 426 中的一个或多个流体通道 428 相互流体连接。例如, 开口区域 424 包括第一、第二、第三和第四开口区域 424a-424d。横杆部分 426a 限定第一和第二开口区域 424a、424b 的一部分, 并包括与第一和第二开口区域 424a、424b 流体连接的流体通道 428。相似地, 限定部分第二和第三开口区域 424b、424c 的横杆部分 426b 包括与第二和第三开口区域 424b、424c 流体连接的流体通道 428。第三和第四开口区域 424c、424d; 和第一和第四开口区域 424a、424d 相似地由流体通道 428 流体连接。尽管许多横杆部分 426 都表明为三个流体通道 428, 但是任何其他数量, 或者更多或更少, 都是可接受的。

特别地, 不是每对相邻开口区域 424 都需要由流体通道流体连接。例如, 相邻开口区域 424e、424f 彼此没有直接流体连接。可选择地, 流体通道可以在每个横杆部分内。总之, 进料框架 402 包括入口 430、第一出口 432 和第二出口 434。入口 430 流体连接至开口区域 424g; 第一出口 432 流体连接至开口区域 424h; 第二出口 434 流体连接至开口区域 424i。使用这种优选结构, 开口区域 424/流体通道 428 在入口 430 和出口 432、434 间限定弯曲流道, 如图 11A 中箭头所示。

在优选的实施方案中, 进料框架 402、404 由刚性、非腐蚀性材料制成, 如铝、不锈钢或刚性聚烯烃, 例如高密度聚乙烯。如下所述, 使用时, 萃取进料(图未示)优选在相对较高压力下通过进料框架 402、

404。因此，进料框架 402、404 的材料和厚度应能够在相对高应力下保持完整性。

萃取剂框架 406 详细地表明在图 11B 中。萃取剂框架 406 基本上与前述进料框架 402、404(图 11A)相同，具有格子状结构，限定第一或前表面 440 和第二或后表面(在图 10 和图 11B 中被隐藏)。多个横杆 420 在外框架结构 444 内延伸，并限定多个开口区域或室 446。在一个实施方案中，开口区域 446 相对于前表面 440 和后表面打开。此外，通过相邻开口区域 446 共用的横杆部分 450 形成一个或多个流体通道 448。此外，在一个实施方案中，不是每个横杆部分 450 都提供流体通道 448。总之，弯曲的流道限定在分别与开口区域 446a、446b、446c 流体连接的入口 452 和出口 454、456 内。

参考图 10，微孔膜 408、410 优选是相同的，并根据框架 402-406 的尺寸来调节其尺寸。上述任何微孔膜材料可用作微孔膜 408、410。

系统 400 的组装包括在第一进料框架 402 和萃取剂框架 406 间密封第一微孔膜 408。就此而言，衬垫 460 可固定于第一进料框架 402 的后表面(在图 10 中被隐藏)。衬垫 460 由适合弹性材料制成，如聚氯乙烯或氯丁橡胶，用于密封进料框架 402 的前表面。衬垫 460 包括限定多个孔 464 的多个延长物 462。延长物 462 的尺寸和位置与第一进料框架 402 的几个横杆 420 相应，使得最终组装后，衬垫延长物 462 与横杆 420 对齐，孔 464 通常与相应的开口区域 424 对齐。这样，组装衬垫 460 后能露出至少部分开口区域 424。可以类似地提供相似的衬垫 466、468、470，并固定于萃取剂框架 406 和第二进料框架 404，如图 10 所示。

第一微孔膜 408 位于第一进料框架 402/衬垫 460 和萃取剂框架 406/衬垫 466 之间。就此而言，第一进料框架 402 的后表面(在图 10 中被隐藏)和萃取剂框架 406 的前表面 440 面对，这样对齐开口区域

424、446。此外，每个开口区域 424、446 的至少一部分相对于第一微孔膜 408 保持露出，使得萃取界面可以穿过第一微孔膜 408。相似地，第二微孔膜 410 在第二框架 404/衬垫 470 和萃取剂框架 406/衬垫 468 之间。第二进料框架 404 的前表面 416 和萃取剂框架 406 的后表面(在图 10 中被隐藏)面对，这样对齐开口区域 424、446。开口区域 424、446 的至少一部分相对于第二微孔膜 410 保持露出，使得萃取界面可以穿过第二微孔膜 410。

参考图 12，这样组装成的框架 402-406 如通过螺栓 482 夹在板 480a、480b 之间，尽管同样可以接收其他形式的连接。第一板 480a 密封第一进料框架 402 的前表面 416(图 12 中所示)，而第二板 480b 密封第二进料框架 404 的后表面(图 12 中的 484)。因此，额外的密封材料(例如衬垫)可置于板 480a、480b 和相应的进料框架 402、404 之间以确保流体紧密密封。

使用时，萃取进料(图未示)进入第一和第二进料框架 402、404 的入口 430(在图 12 中被隐藏)，液体萃取剂(图未示)进入萃取剂框架 406 的入口 452。萃取进料和液体萃取剂流过各自框架 402-406 限定的弯曲流体通道，对各自液体流产生混合作用。在一个实施方案中，萃取进料和液体萃取剂连续地流过或再循环地通过相应的框架 402-406，其中液体通过相应的框架 402-406 的各自第一出口 432、454 流出。可选择地，可以使用充入和释放方法，从而进料框架 402、404 充入一定体积萃取进料，萃取剂框架 406 充入一定体积液体萃取剂。相应框架 402-406 中的萃取进料和液体萃取剂体积保持停留时间，然后释放。就此而言，第二出口 434、456 位于每个框架 402-406 的同一侧，以有助于同时重力引导释放或从框架 402-406 排出所含的体积(即当系统 400 相对于图 12 的方向颠倒)。此外，第二出口 434、456 在充入或流动操作中可以保持打开(完全或部分地)，从而从各自框架 402-406 带走空气。

不论使用连续流动或充入和释放技术，第一进料框架 402 内的萃取进料(图未示)都在开口区域 424 与第一微孔膜 408 接触，第二进料框架 404 内的萃取进料(图未示)都在开口区域 424 与第二微孔膜 410 接触。相似地，萃取剂框架 406 内的液体萃取剂(图未示)都在开口区域 446 与第一和第二微孔膜 408、410 接触。由于开口区域 424、446 对齐，所以穿过第一和第二微孔膜 408、410 建立萃取界面，从而使得萃取进料(在进料框架 402、404 内所含的)内的溶质转移至液体萃取剂。

使用其中萃取进料(图未示)和液体萃取剂(图未示)连续通过各自框架 402-406 再循环的实施方案，通过控制萃取进料和/或液体萃取剂的流速，保持穿过多孔膜 408、410 的所需压差。结合图 10，进料框架 402、404 的入口 430 与萃取剂框架 406 的入口 452 相对。这样，进料框架 402、404 中的一般流体流方向与萃取剂框架 406 相对，从而在相应的液-液萃取界面处的萃取进料和液体萃取剂间产生较大剪切。

尽管图 10 的系统 400 包括两个进料框架 402、404 和单个萃取剂框架 406，但是多个其他结构也是可以接受的。例如，可以使用单个进料框架和单个萃取剂框架。可选择地，可以提供多个进料框架和萃取剂框架(例如，10 个或更多)。因此，进料框架可以比萃取框架多，萃取框架可以比进料框架多，或二者相等。然而，每个进料框架面对一个萃取剂框架，反之亦然。

另一种可选择实施方案的液-液萃取系统 500 表明在图 13 中。系统 500 与前述系统 400(图 10)高度相似，包括第一进料框架 502、第二进料框架 504、萃取剂框架 506、第一微孔膜 508 和第二微孔膜 510。下面详细说明各元件。然而，一般地，第一微孔膜 508 密封在第一进料框架 502 和萃取剂框架 506 之间；而第二微孔膜 510 密封在第二进料框架 504 和萃取剂框架 506 之间。使用时，液体萃取剂(图未示)分

配到萃取剂框架 506，萃取进料(图未示)分配到第一和第二进料框架 502、504 中的每一个。在萃取剂框架 506 内的液体萃取剂和第一进料框架 502 内的萃取进料之间的第一微孔膜 508 处、在萃取剂框架 506 内的液体萃取剂和第二进料框架 504 内的萃取进料之间的第二微孔膜 510 处建立萃取界面。在这些萃取界面处萃取进料内的溶质转移至液体萃取剂。

第一进料框架 502 详细地表明在图 14A 中，应该理解在一个实施方案中进料框架 502、504 是相同的。进料框架 502 具有格子状结构，限定了第一或前表面 516 和第二或后表面(在图 14A 中被隐藏)。多个横杆 518 在外框架结构 520 内延伸，限定多个开口区域或室 522。开口区域 522 相对于前表面 516 和后表面打开或露出。与前述进料框架 402(图 11A)相比，进料框架 502 包括较少数量的横杆 518，因此开口区域 522 数量较少(尽管进料框架 502 的开口区域 522 其截面积比进料框架 402 的开口区域 424(图 11A)更大)。此外，一个或多个流体通道 524 形成在各横杆部分 526 中，更多限定的流道形成在进料框架 502 中。特别地，排列流体通道 524 以限定相对弯曲流道，如图 14A 中箭头所示。

进料框架 502 还包括入口 530、主出口 532 和副出口 534a-534d。每个端口 530-534d 与各自开口区域 522 流体连接。为更清楚起见，在一个实施方案中，每个副出口 534a-534d 包括单独控制阀 536，用于选择性地控制相应副出口 534a-534d 的打开和关闭。

萃取剂框架 506 详细地表明在图 14B 中，在一个实施方案中，基本上与进料框架 502、504(图 14A)相同。因此，萃取剂框架 506 具有格子状结构，限定了第一或前表面 540 和第二或后表面(在图 14B 中被隐藏)。多个横杆 542 在外框架结构 544 内延伸，并限定多个开口区域或室 546。开口区域 546 相对于前表面 540 和后表面打开或露出。一个或多个流体通道 548 形成在各横杆部分 550 中，被排列以限定相

对弯曲流道，如图 14B 中箭头所示。最后，萃取剂框架 506 包括入口 554、主出口 556 和副出口 558a-558d，每个与各自开口区域 546 流体连接。与进料框架 502 相同，每个副出口 558a-558d 包括单独控制阀 560。

参考图 13，微孔膜 508、510 优选是相同的，并根据框架 502-506 的尺寸来调节其尺寸。上述任何微孔膜材料可用作微孔膜 508、510。

系统 500 的组装包括在第一进料框架 502 和萃取剂框架 506 间密封第一微孔膜 508。就此而言，衬垫 570 可固定于第一进料框架 502 的后表面(在图 13 中被隐藏)，衬垫 572 可固定于萃取剂框架 506 的前表面 540。相似地，衬垫 574 固定于萃取剂框架 506 的后表面(在图 14 中被隐藏)，衬垫 576 可固定于第二进料框架 504 的前表面 516。衬垫 570-576 与系统 400(图 10)所述的相似，并根据框架 502-506 的尺寸来调节其尺寸。

此外，每个衬垫 570-576 形成多个孔 580，最终组装各自框架 502-506 后，至少部分地露出相应的开口区域 522、546。因此，最终组装后，至少部分第一进料框架 502 的开口区域 522 相对于第一微孔膜 508 露出；至少部分萃取剂框架 506 的开口区域 546 相对于第一和第二微孔膜 508、510 露出；至少部分第二进料框架 504 的开口区域 522 相对于第二微孔膜 510 露出。由于最终组装后开口区域 522、546 对齐，所以可以建立穿过第一和第二微孔膜 508、510 的萃取界面。

参考图 15，这样组装成的框架 502-506 如通过螺栓 586 夹在板 584a、584b 之间，尽管同样可以接受其他形式的连接。第一板 584a 密封第一进料框架 502 的前表面 516(图 15 中所示)，而第二板 584b 密封第二进料框架 504 的后表面(图 15 中的 588)。因此，额外的密封材料(例如衬垫)可置于板 584a、584b 和相应的进料框架 502、504 之间以确保流体紧密密封。

使用时，萃取进料(图未示)进入第一和第二进料框架 502、504 的入口 530(图 14A)，液体萃取剂(图未示)进入萃取剂框架 506 的入口 554。萃取进料和液体萃取剂流过各自框架 502-506 限定的流体通道，使各自液体流发生混合作用。在一个实施方案中，进料框架 502、504 充入所需体积的萃取进料，萃取剂框架 506 充入所需体积的液体萃取剂。第一进料框架 502 的主出口 532、第二进料框架 504 的主出口 532 和/或萃取剂框架 506 的主出口 556 在部分或完全充入操作中保持完全或部分打开，以允许空气从相应的框架 502、504 和/或 506 排出。所含体积保持停留时间，在此期间萃取进料中的溶质通过第一和第二微孔膜 508、510 萃取进液体萃取剂。停留时间之后，控制阀 536、560 打开，所含体积通过副出口 534a-534d、558a-558d 从框架 502-506 排出。

可选择地，萃取进料和/或液体萃取剂可通过各自框架 502-506 连续流动或再循环。因此，萃取进料通过各自主出口 532 从第一和第二进料框架 502、504 除去(例如通过泵)，而液体萃取剂通过主出口 556 从萃取剂框架 506 除去(例如通过泵)。

尽管图 13 的系统 500 包括两个进料框架 502、504 和单个萃取剂框架 506，但是多个其他结构也是可以接受的。例如，可以使用单个进料框架和单个萃取剂框架。可选择地，可以提供多个进料框架和萃取剂框架(例如，10 个或更多)。因此，进料框架可以比萃取框架多，萃取框架可以比进料框架多，或二者相等。然而，每个进料框架面对一个萃取剂框架，反之亦然。

本发明另一种可选择实施方案的液-液萃取系统 600 表明在图 16 中。系统 600 通常包括进料框架 602、萃取剂框架 604 和微孔膜 606。下面详细说明各元件。然而，一般地，微孔膜 606 密封在框架 602、604 间。使用时，萃取进料(图未示)进入进料框架 602，液体萃取剂(图未

示)进入萃取剂框架 604。在进料框架 602 的萃取进料和萃取剂框架 604 的液体萃取剂之间穿过微孔膜 606 建立萃取界面。萃取进料内的溶质沿萃取界面萃取进液体萃取剂。

在一个实施方案中，进料框架 602 和萃取剂框架 604 相同。参考图 17，更详细地表明了进料框架 602，进料框架 602 是在其前表面 608 形成延伸的相对肩部 607 的板状体。入口区域 610 和出口区域 612 是前表面 608 中的凹陷。入口和出口 614、616 形成在框架 602 中，并分别与入口区域 610 和出口区域 612 流体连接。此外，多个肋 618 是相对于前表面 108 向外的突出物，以线性方式延伸限定多个通道 620。每个肋 618 包括相对的第一和第二端部 622、624，它们从各自端壁 626、628 偏移，限定部分入口区域 610 和出口区域 612。使用这种结构，每个通道 620 相似地由分别在入口区域 610 和出口区域 612 终止的相对入口端 632 和出口端 634 限定。每个通道入口端 632 与入口 614 流体连接，每个通道出口端 634 与出口 616 流体连接。特别地，图 17 表明了最外通道 620a、620b，它们分别被限定在最外肋 618 和密封衬垫 630a、630b 之间。在一个实施方案中，密封衬垫 630a、630b 不是由框架 602 物理形成。代替的是，经过其中衬垫(图 17 未示)压向前表面 608 最终组装后，衬垫沿密封衬垫 630a、630b 密封前表面 608，从相应的最外肋 618 偏移。然后，此结构建立通道 620a、620b。因此，相对于仅表示框架 602 的图 17，密封衬垫 630a、630b 是可想象的。

使用上述结构，通道 620 在入口 614 和出口 616 间提供流体通道。在一个实施方案中，框架 602 用于产生经过通道 620 的相对较高流速，而且压力损失最小。因此，框架 602 和特别是限定通道 620 的表面由高光滑材料制成，如铝。相对于宽度和深度，通道 620 相对较小，在一个实施方案中宽度为 0.4-1.4 cm，例如 0.9 cm。此外，根据一个实施方案，通道 620 深度为 0.02-0.15 cm，例如 0.08 cm。此外，每个通道 620 的底部表面 636 在入口和出口端 632、634 向内逐渐收缩(相对于图 17 的平面)，并进入入口和出口区域 610、612，从而限定了收缩

的锥度，2.5 cm 的距离收缩 0.1-1.0 cm，例如 2.5 cm 距离收缩 0.5 cm。最后，根据一个实施方案，每个肋 618 的第一和第二端部分 622、624 的宽度比中心部分 638 大。例如，每个肋 618 的中心部分 638 宽度为 0.05-0.1 cm，例如 0.08 cm；而第一和第二端部分 622、624 宽度为 0.1-0.8 cm，例如 0.3 cm。尽管已说明了各种进料框架 602 元件的优选特征和尺寸，但是其他结构也是可接受的。例如，可以使用其他尺寸，可以改变或取消某些特征(例如，通道端 632、634 的锥形；改变肋 618 的宽度；等)。

参考图 16，根据框架 602、604 的尺寸调节微孔膜 606 的尺寸。上述的微孔膜材料都可用作微孔膜 606。

在一个实施方案中，系统 600 还包括与进料框架 602 相连的衬垫 640 和与萃取剂框架 604 相连的衬垫 642。衬垫 640、642 由适合的弹性材料制成，如聚氯乙烯或氯丁橡胶，并根据相应框架 602、604 的尺寸来调节尺寸。

每个衬垫 640、642 限定与框架 602、604 的前表面 608 形状相似的中心开口 644、646。因此，经将衬垫 640 组装到进料框架 602 的前表面 608 和将衬垫 642 组装到萃取剂框架 604 的前表面(被隐藏在图 16)，至少部分形成于其中的通道 620 保持打开。

最后，在一个实施方案中，萃取剂框架 604 可带有筛子或带眼材料 650，并置于衬垫 642 和微孔膜 606 之间。筛子 650 限定多个相对较大开口 652(例如，0.3 cm×0.3 cm 方孔)，并由相对较强材料形成，如聚乙烯。筛子 650 用于支撑微孔膜 606，利于施加较大的压力/力穿过膜 606。如下所述，筛子 650 还略微妨碍均匀液体沿微孔膜 606 表面的流动，从而对流体产生混合作用。

系统 600 的组装包括以图 16 中所示的顺序排列的进料框架 602、

衬垫 640、微孔膜 606、筛子 650、衬垫 642 和萃取剂框架 604。由于框架 602、604 基本上相同，所以框架 602、604 的肋 618 和通道 620 对齐。框架 602、604(因此其间的各元件)如通过螺栓 654 相互固定。参考图 18，组装后的系统 600 高度紧凑，其进料框架 602 的端口 614、616 相对萃取剂框架 604 的入口和出口 656、658 延伸。在一个实施方案中，控制阀 660 与进料框架 602 的出口 616 相连，控制阀与萃取剂框架 604 的出口 658 相连。

使用时，萃取进料(图未示)通过入口和出口 614、616 连续循环地通过进料框架 602。例如，入口和出口 614、616 可与萃取进料贮存器(图未示)流体连接，可以使用泵使萃取进料通过进料框架 602 连续循环。萃取进料通过进料框架 602 所需的流体压力可由适合的阀系统(包括例如控制阀 660)保持，其可以包括压力计。相似地，液体萃取剂(图未示)通过入口和出口 656、658 连续循环地通过萃取剂框架 604。例如，可以使用泵(图未示)使贮存器(图未示)的液体萃取剂连续循环到萃取剂框架 604 并从其出来。此外，液体萃取剂通过萃取剂框架 604 所需的流体压力可由适合的阀系统(包括例如控制阀 662)保持，其可以包括压力计。

当萃取进料(图未示)和液体萃取剂(图未示)分别通过进料框架 602 和萃取剂框架 604 时，萃取进料和液体萃取剂沿开口通道 620(图 17)接触微孔膜 606。由于框架 602、604 的通道 620 对齐，所以在微孔膜 606 处产生萃取界面，使得萃取进料中的溶质通过微孔膜 606 转移至液体萃取剂。通道 620 的相对平滑、浅的结构使萃取进料和液体萃取剂以相对较高流速(例如，至少 4 mL/sec)流过各自框架 602、604，同时压降最小。筛子 650(图 16)使液体萃取剂以非层流方式在微孔膜 606 界面流动，使得溶质不容易收集在微孔膜 606 的孔内，并且液体萃取剂中含溶质的部分更容易从微孔膜 606 表面除去，被"新"液体萃取剂替换。

尽管已结合优选实施方案说明了本发明，但是本领域所属技术人员应该理解，在不脱离本发明精神和范围内，可以做出各种形式和细节上的变化。例如，各种萃取系统优选被描述为包括萃取进料元件和液体萃取元件；然而，这些元件可以颠倒。也就是说，上述实施方案中的任何一个中，优选含有/保持萃取进料的室或框架可以改为含有/保持液体萃取剂，反之亦然。

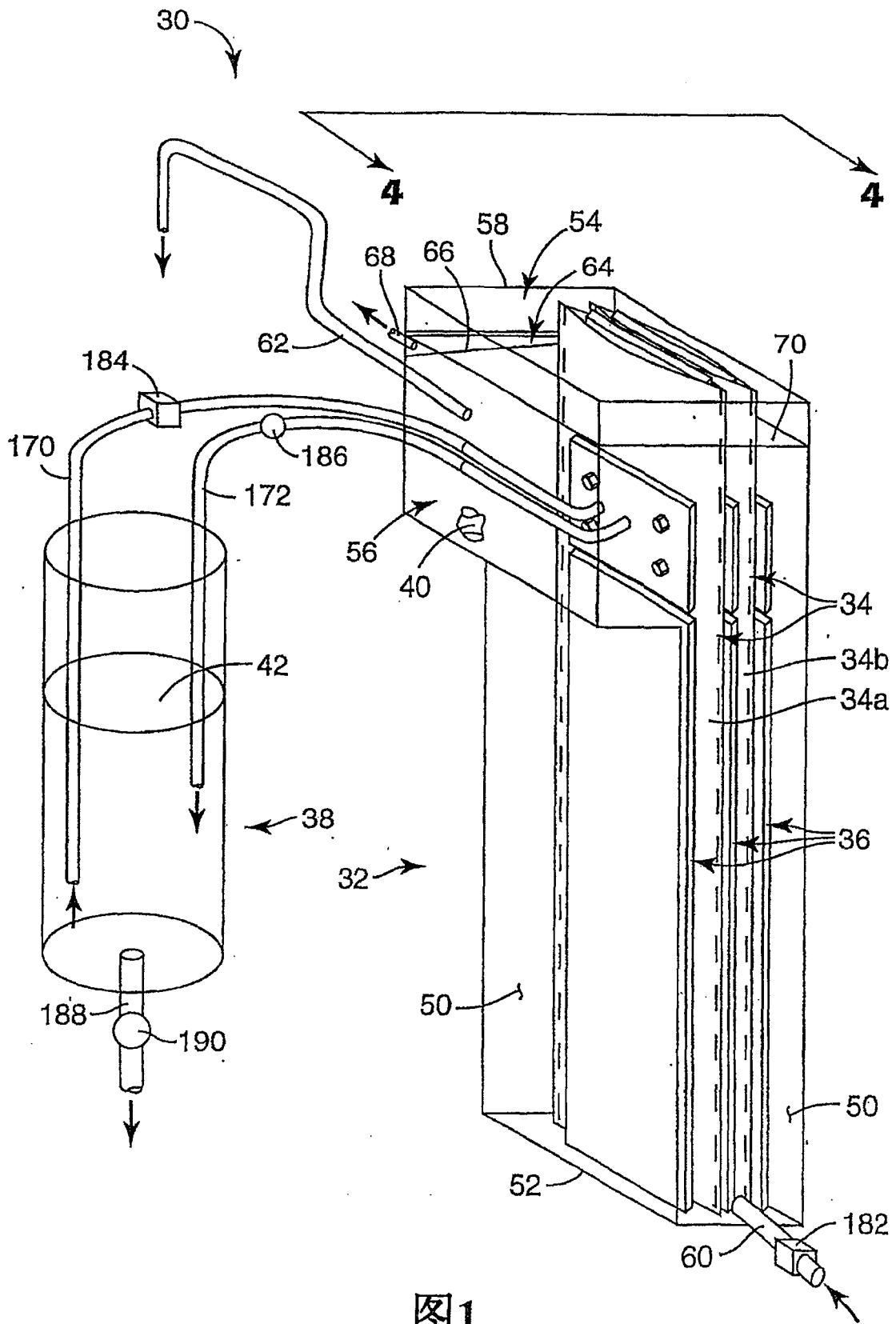


图1

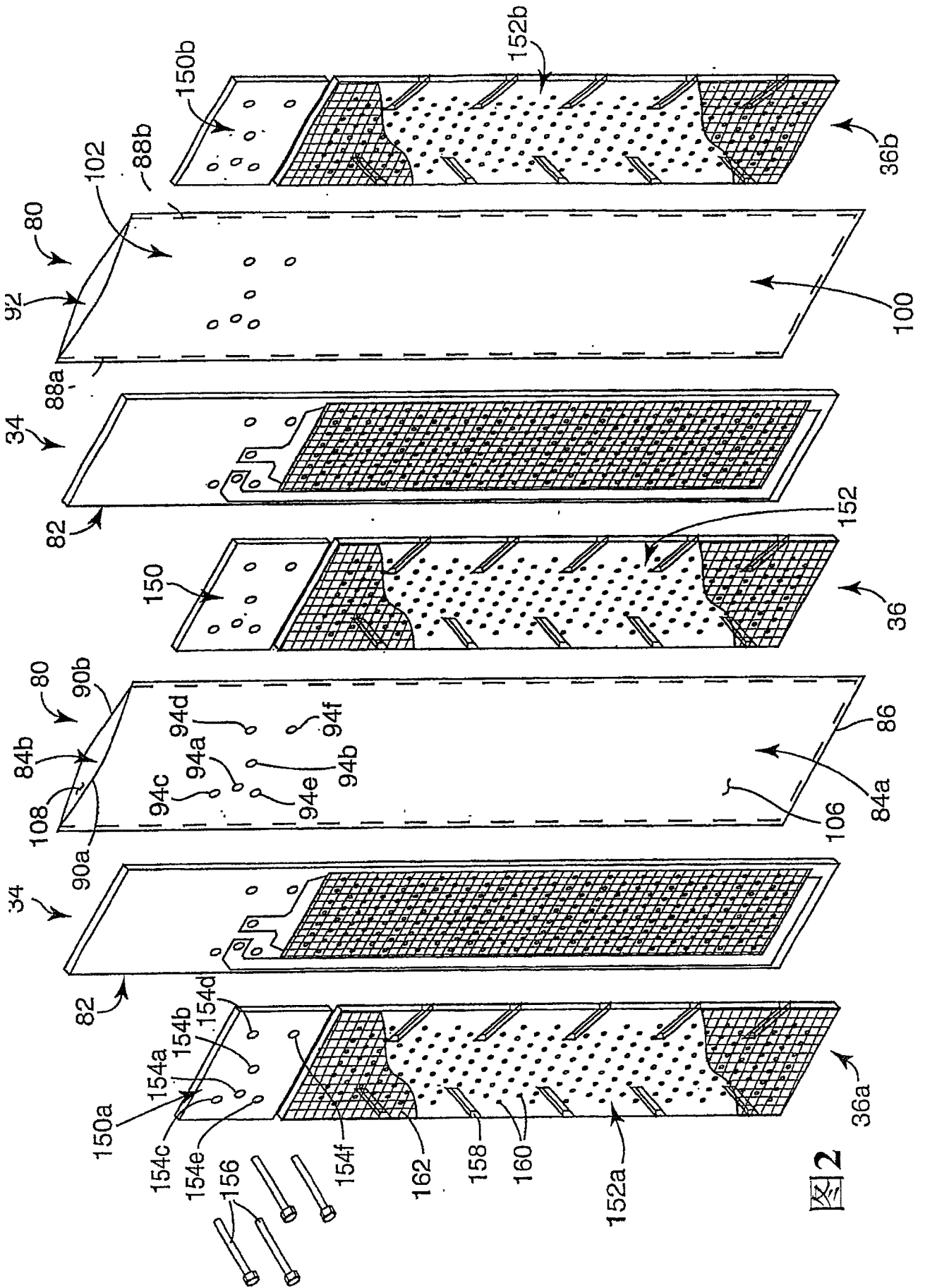


图2

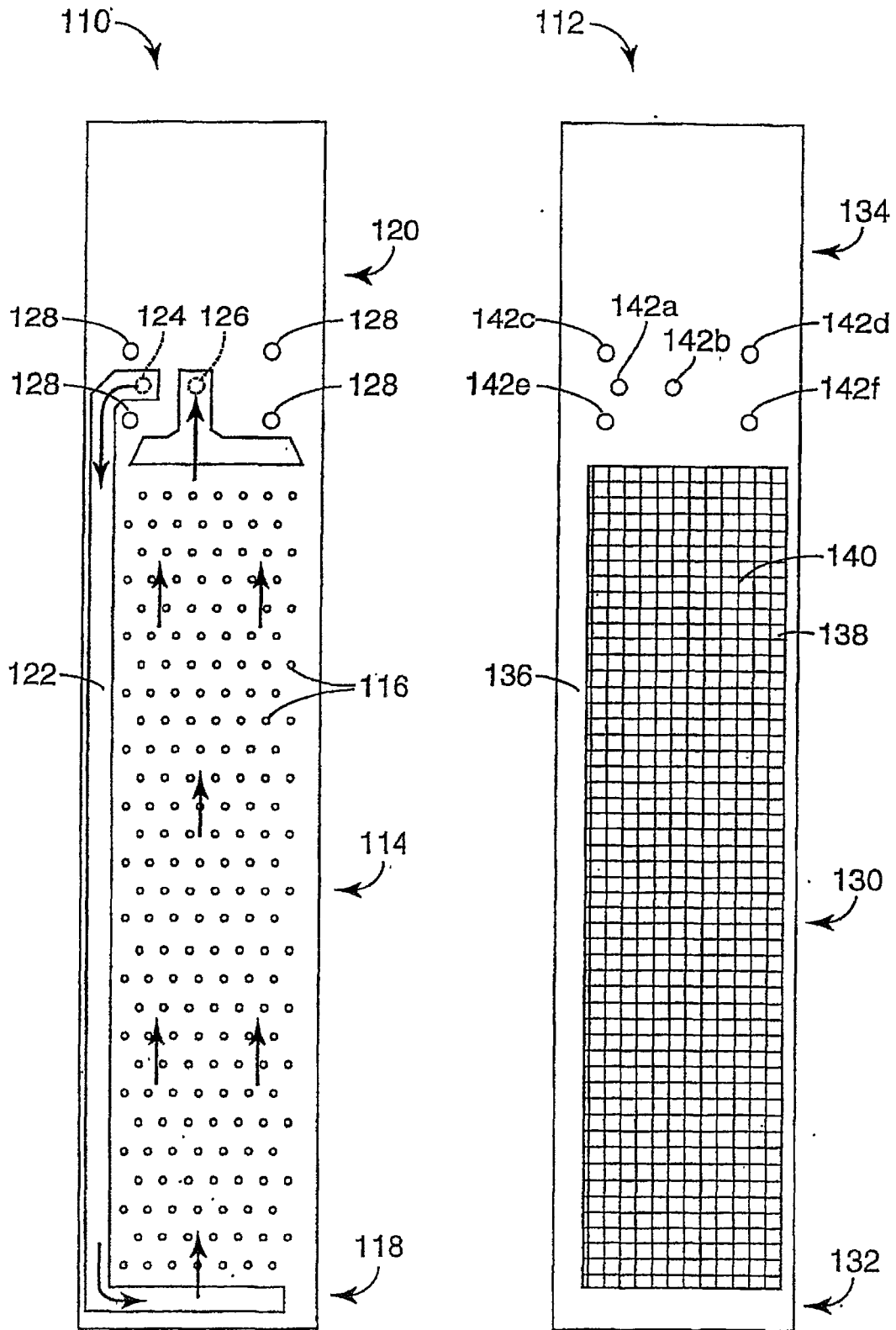


图3A

图3B

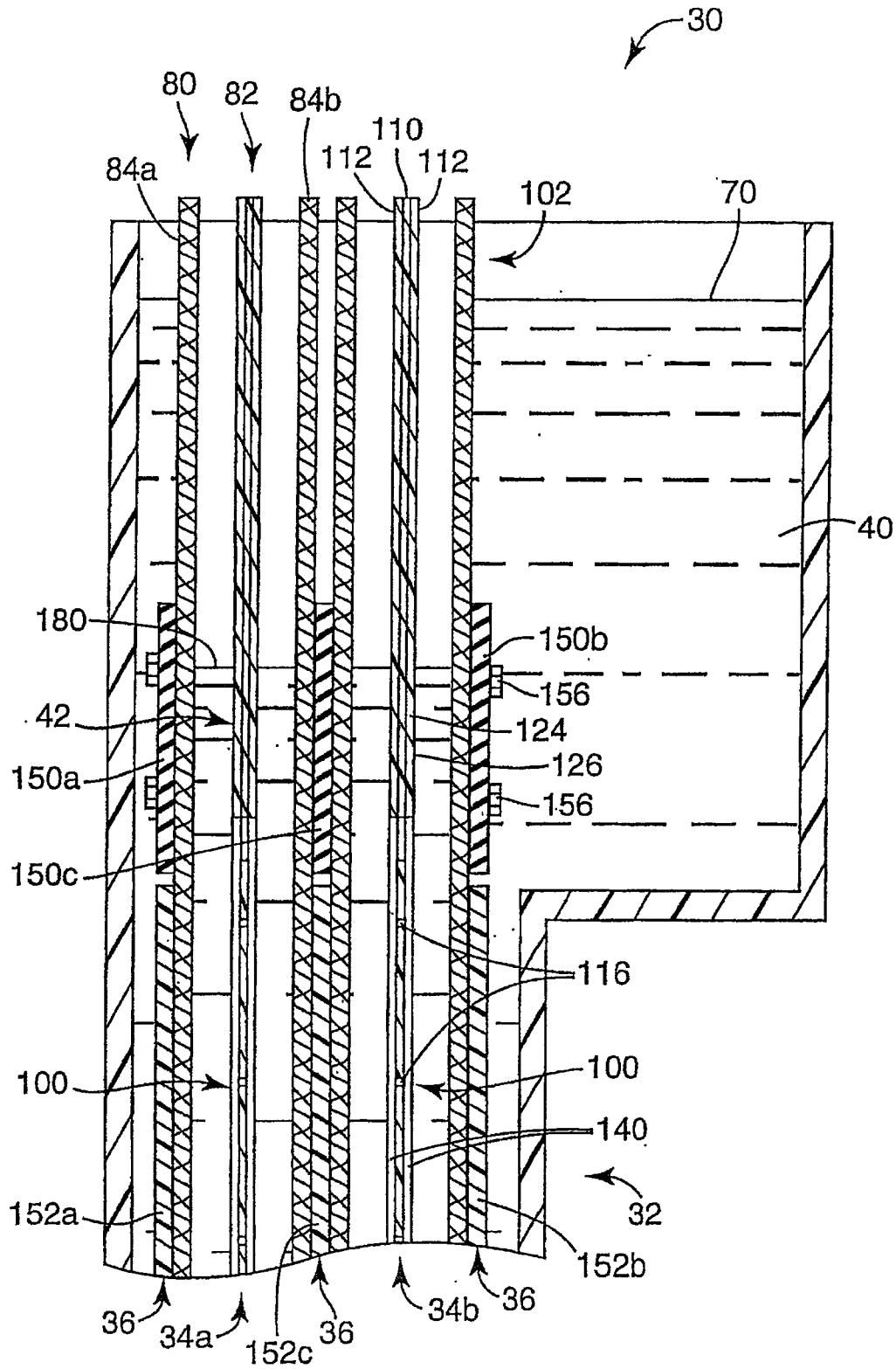


图4

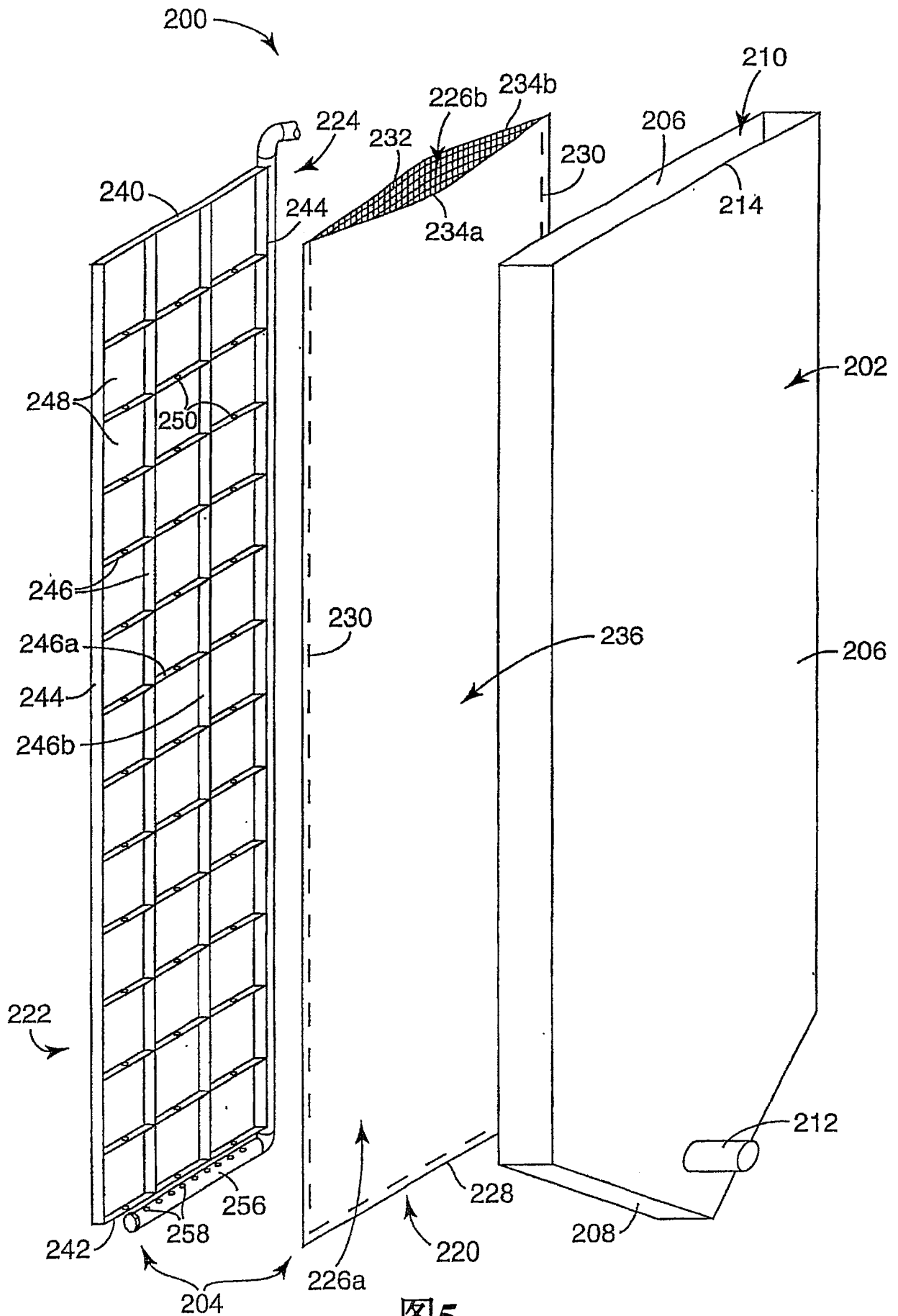


图5

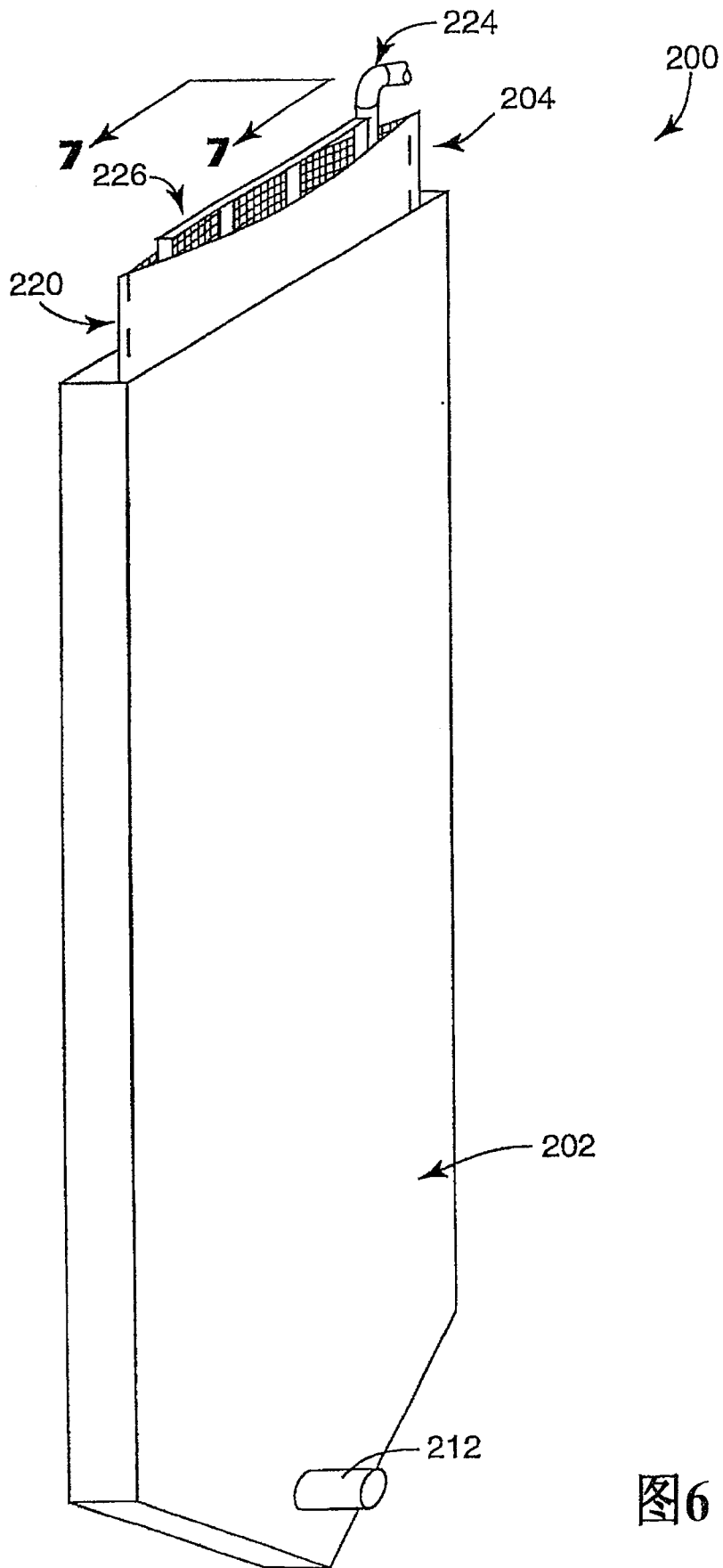


图6

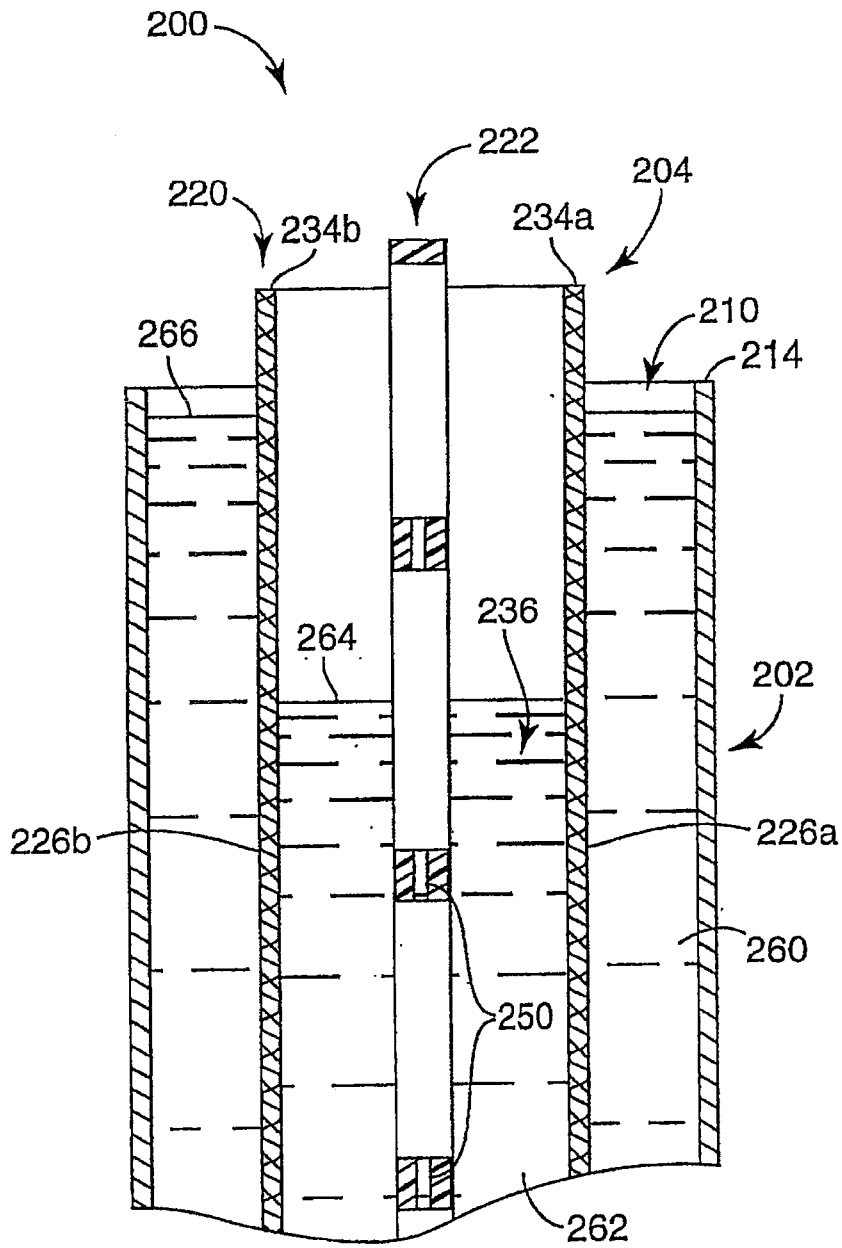


图7

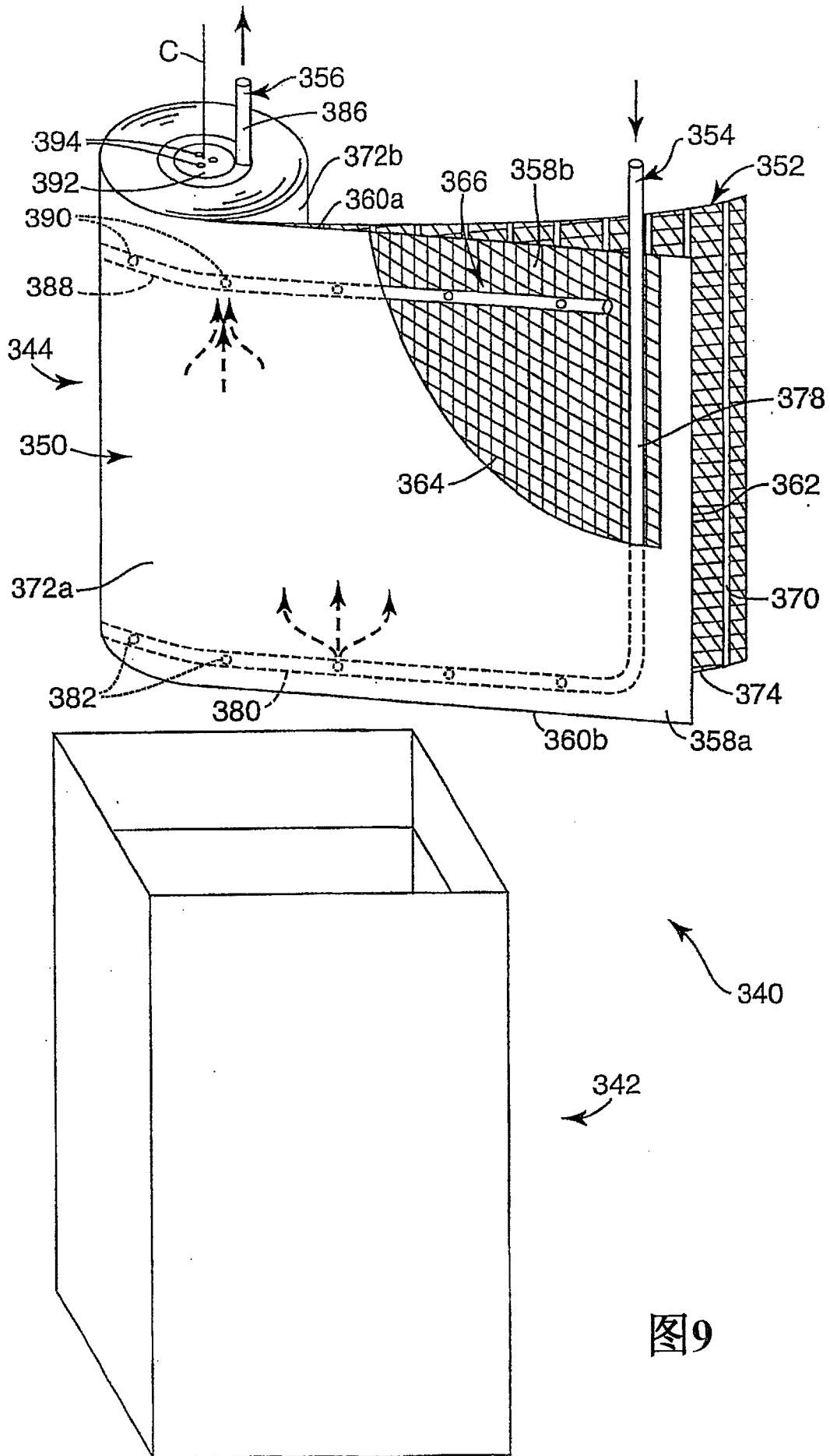


图9

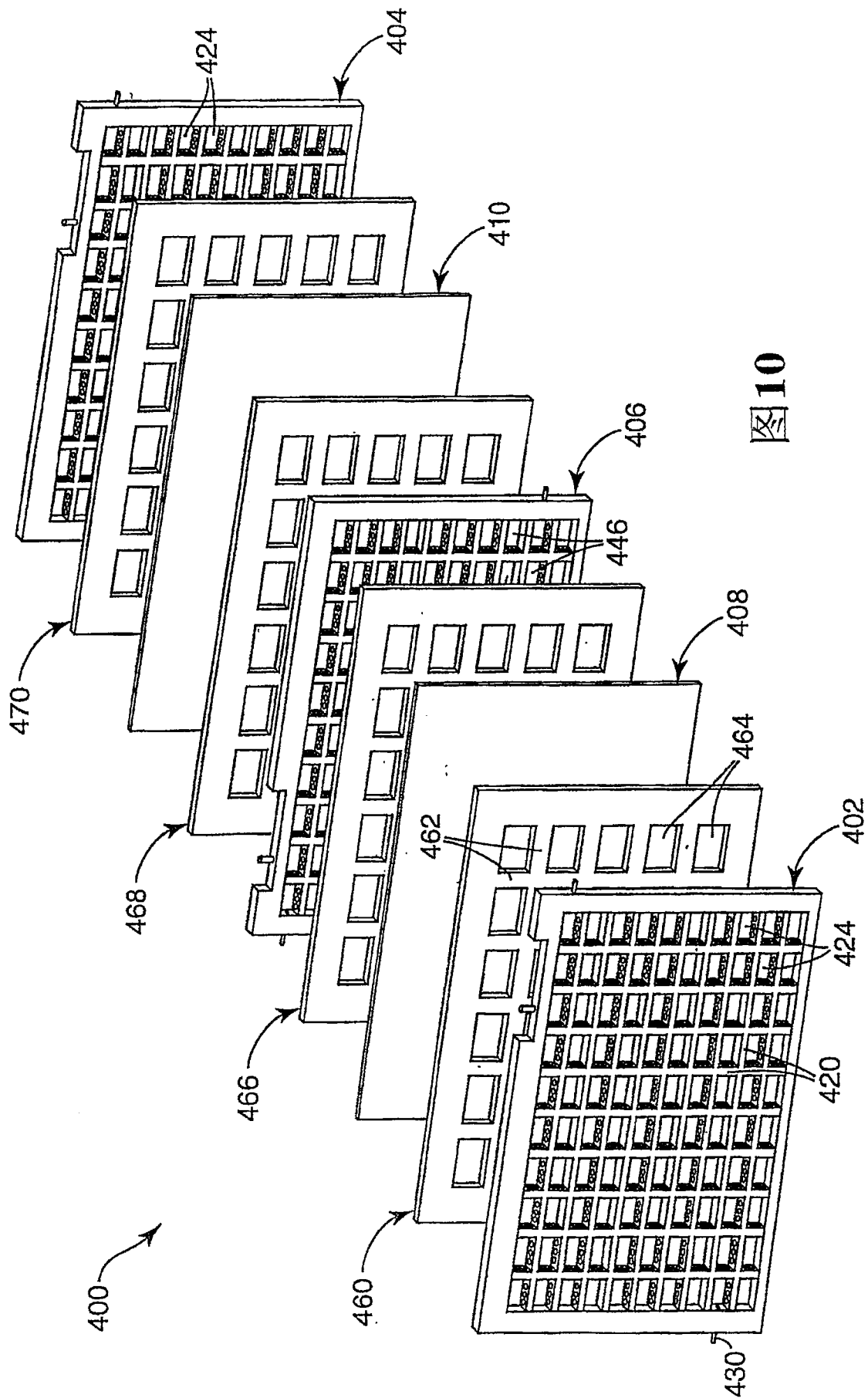


图 10

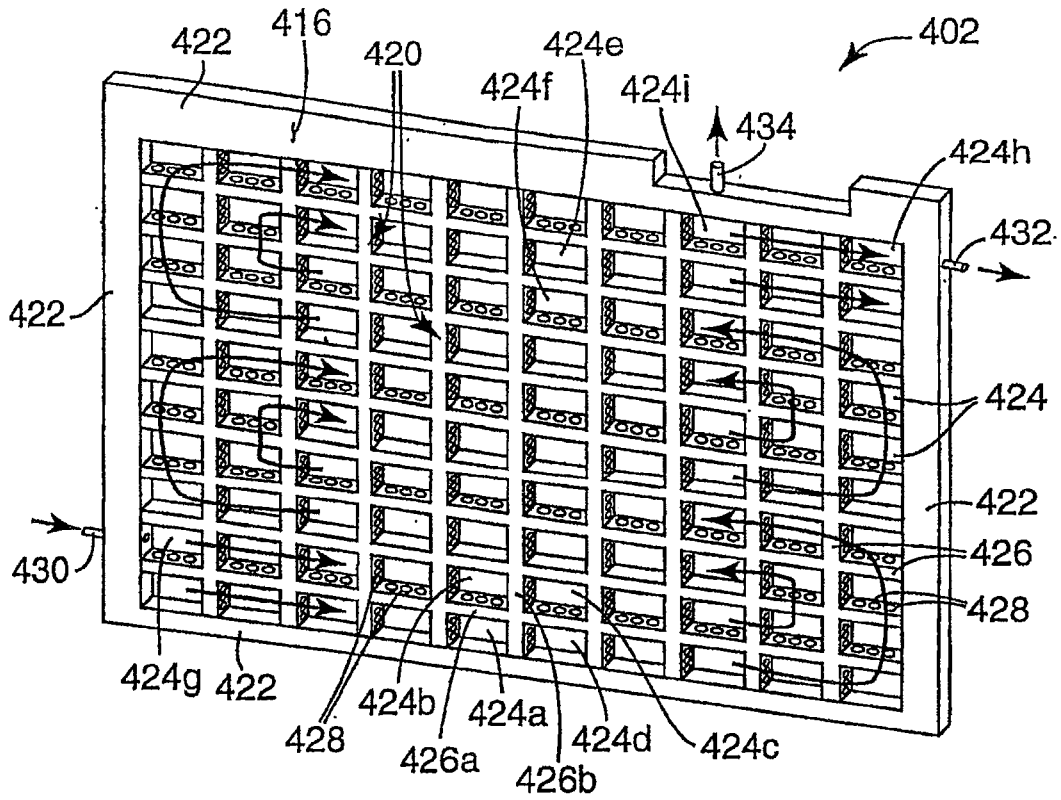


图11A

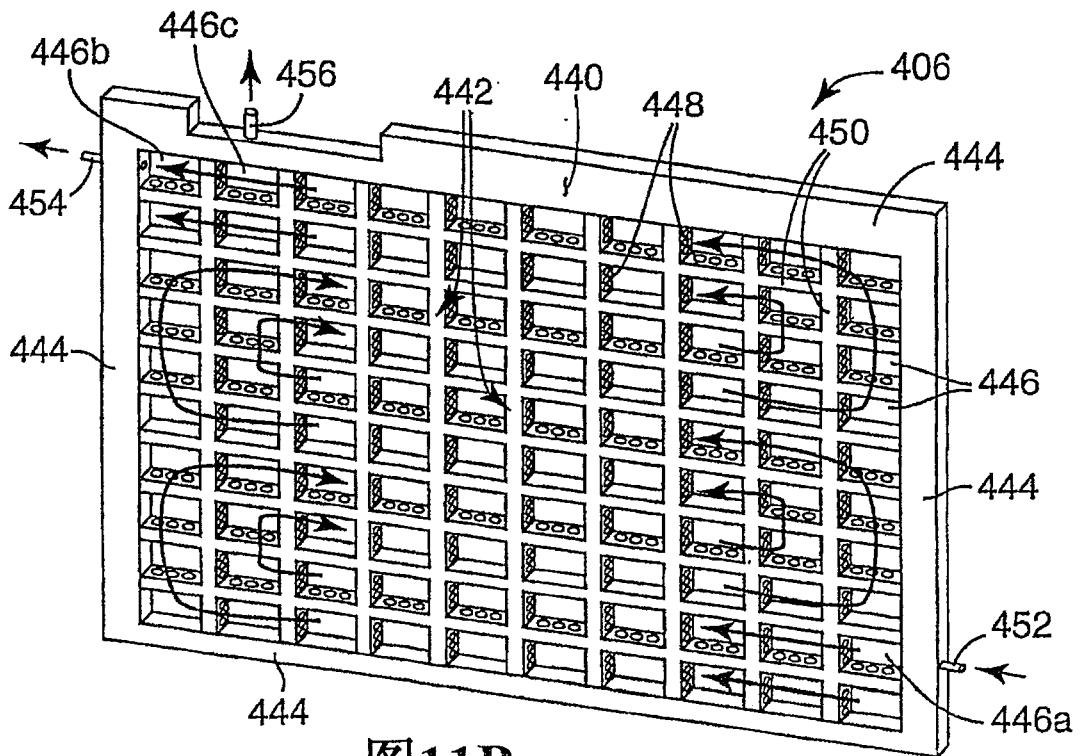


图11B

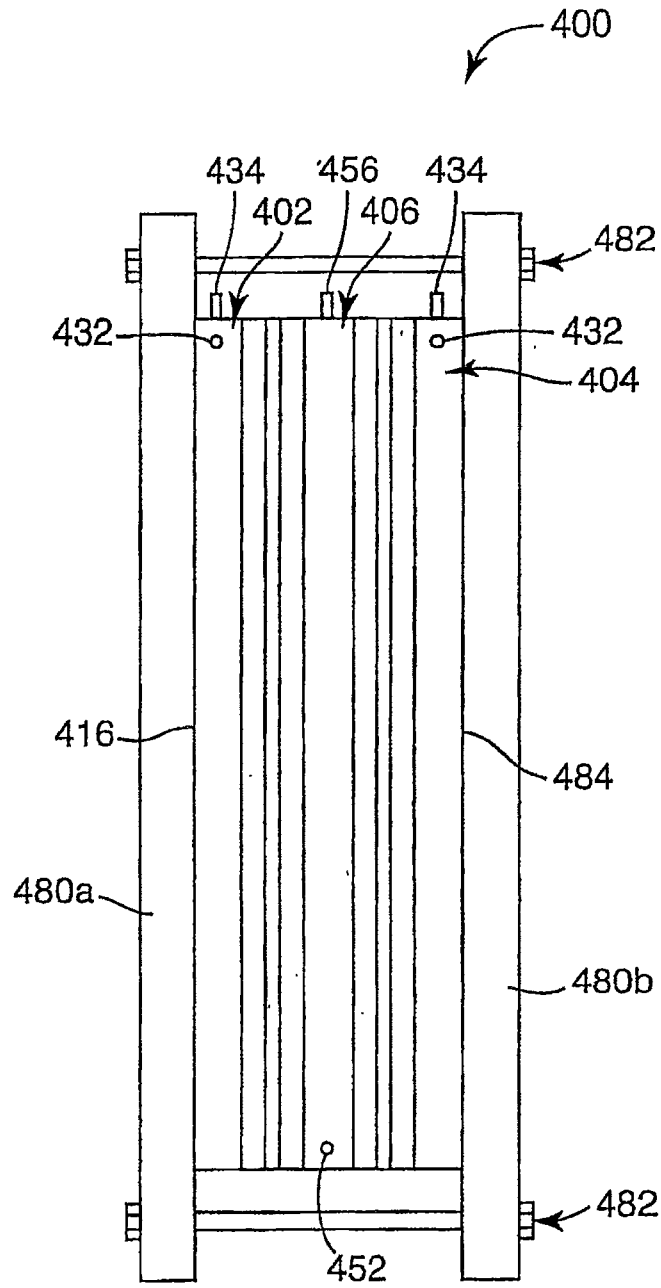


图12

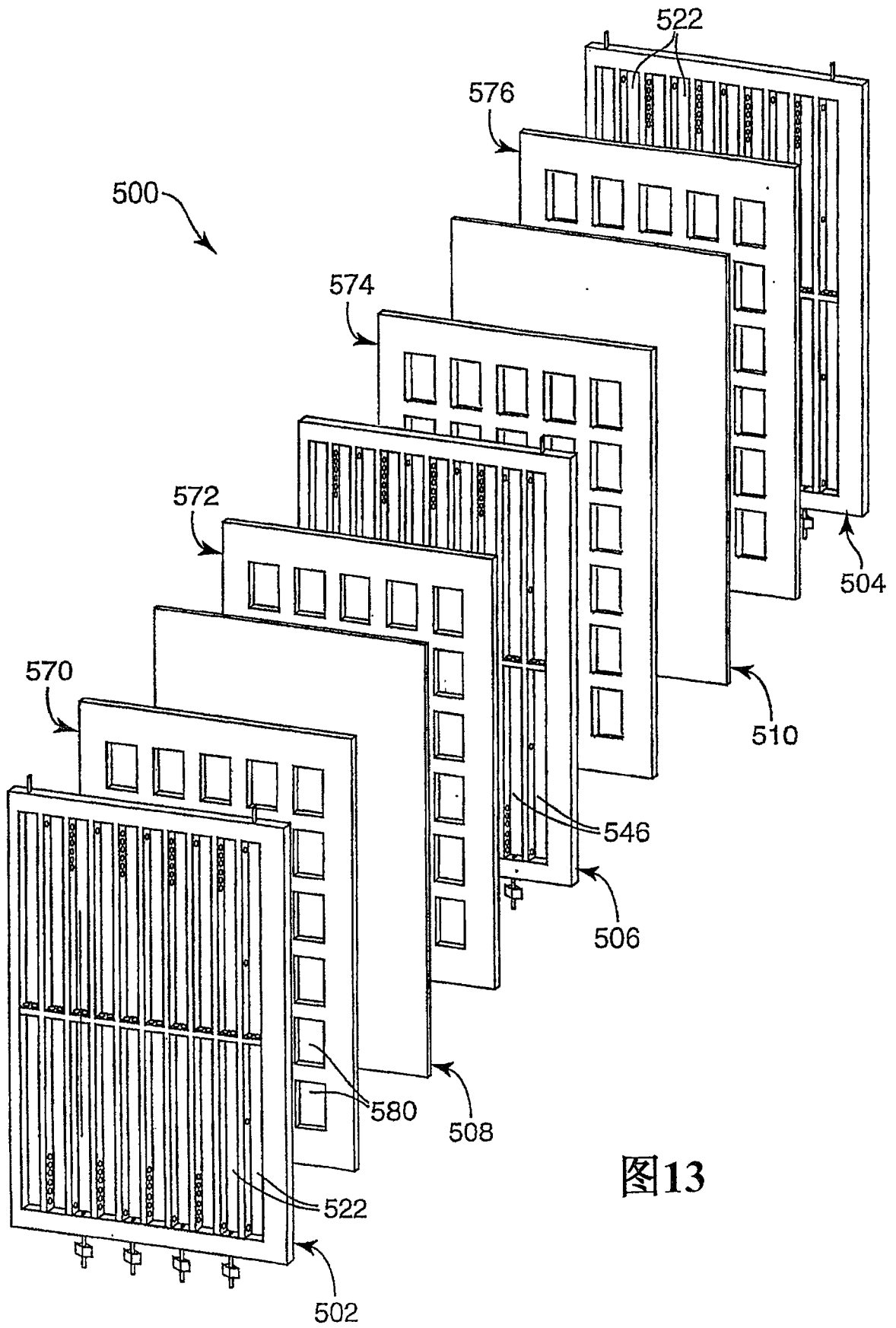


图13

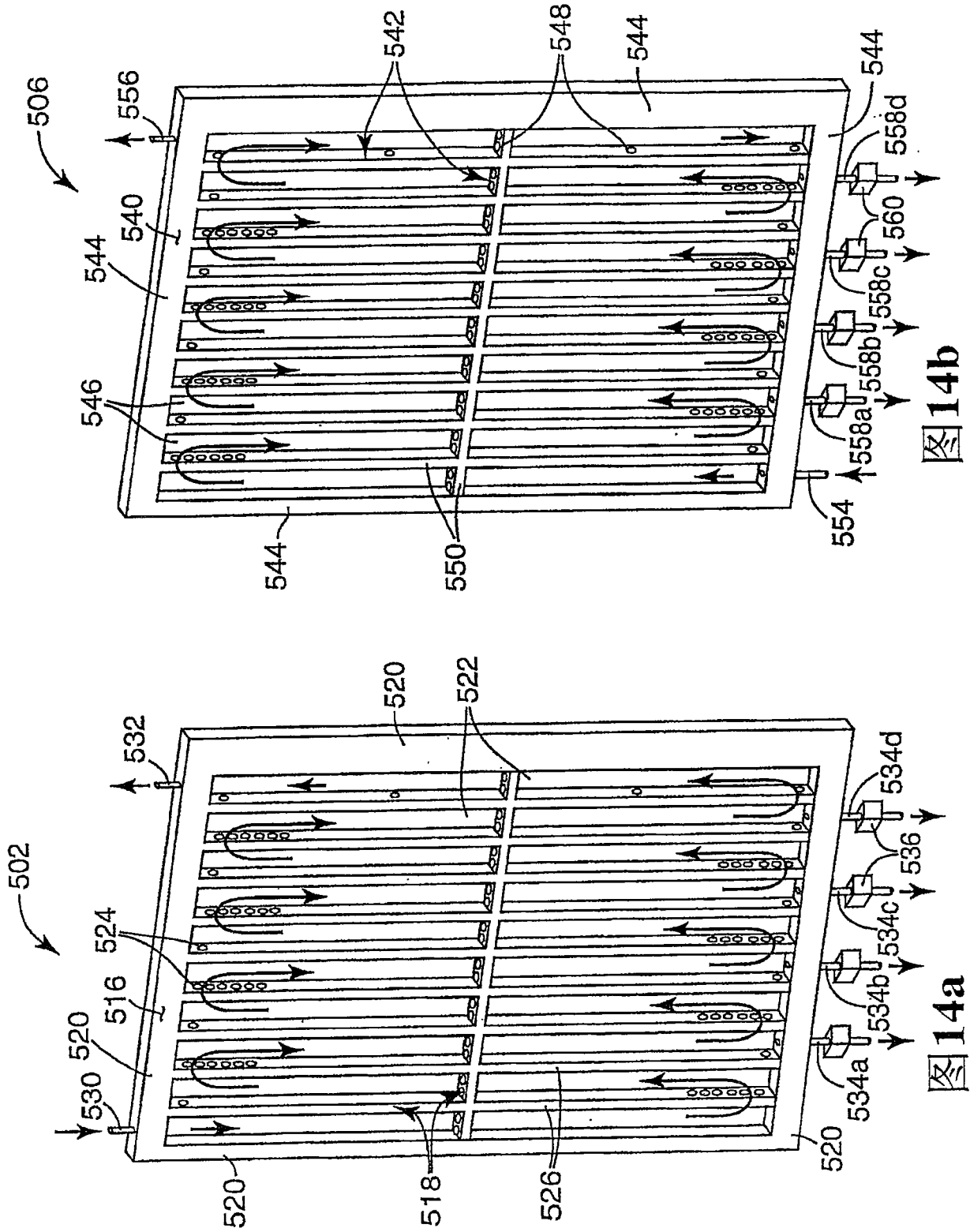


图14b

图14a

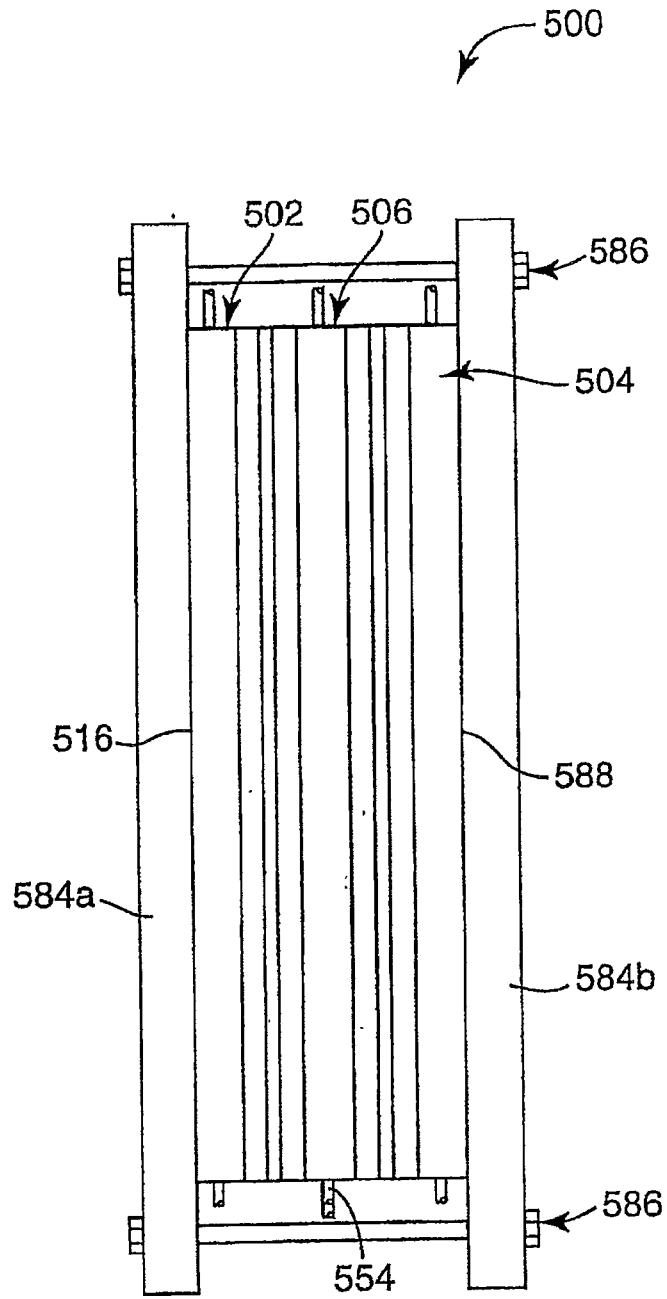


图15

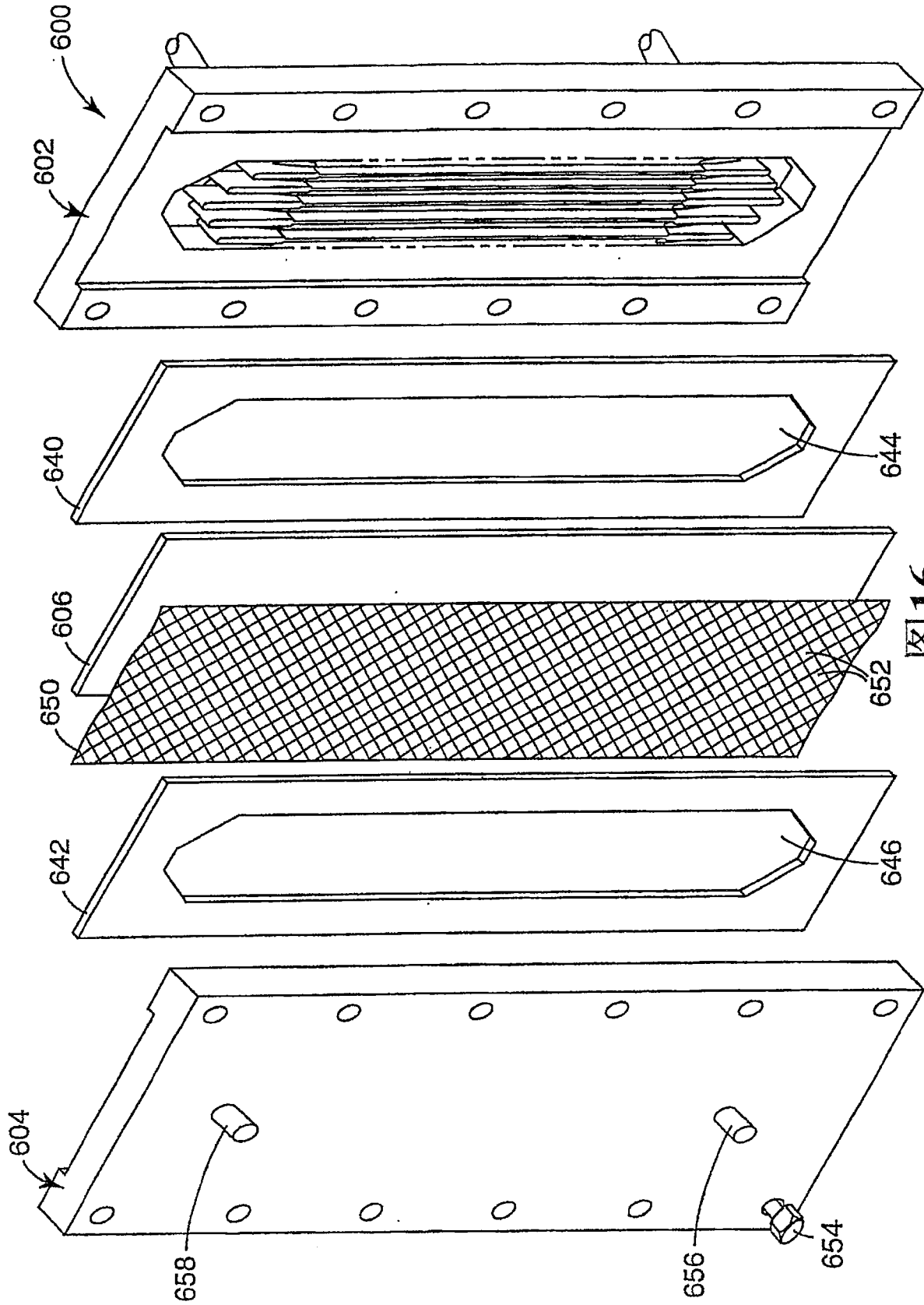


图16

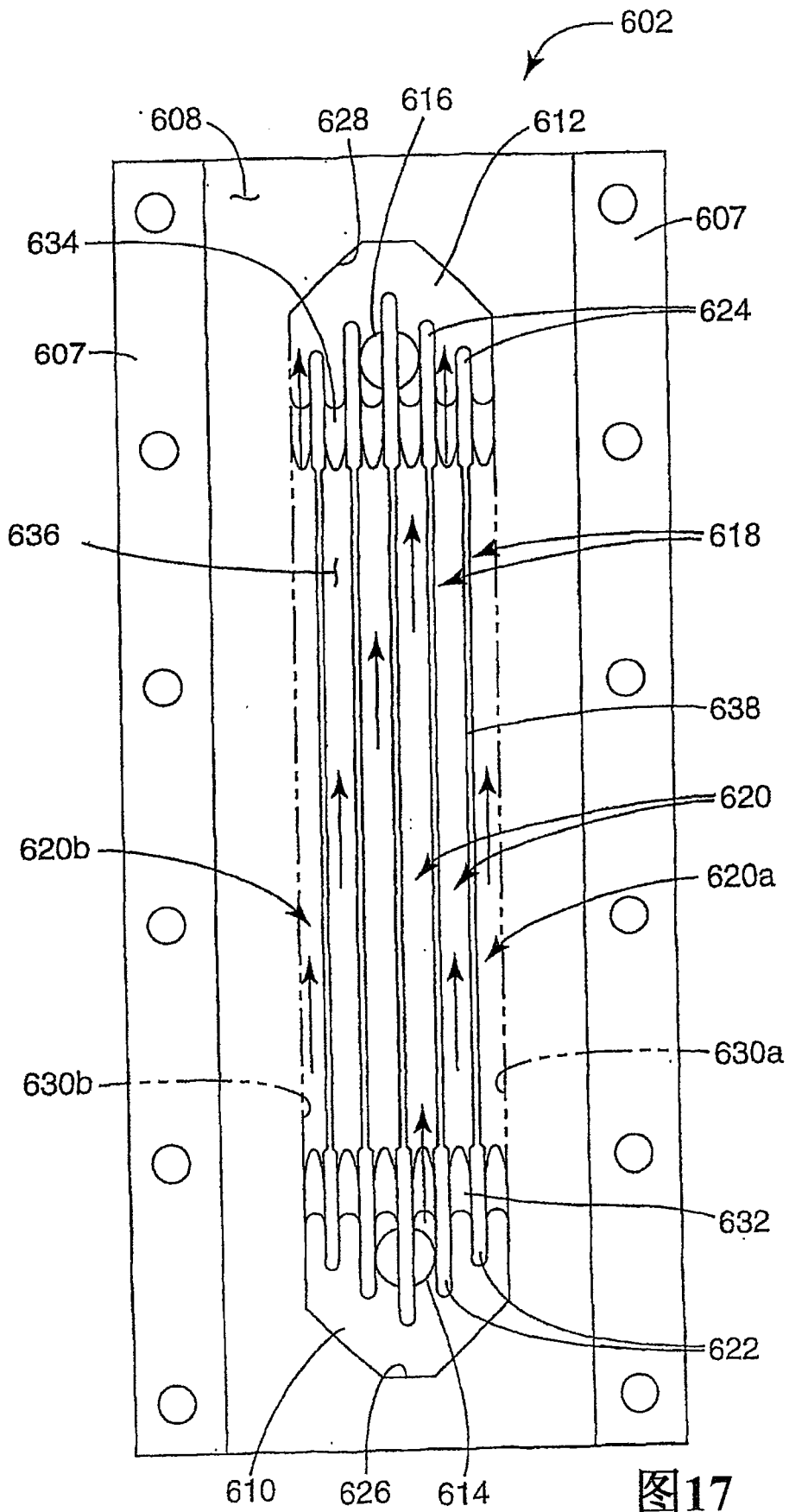


图17

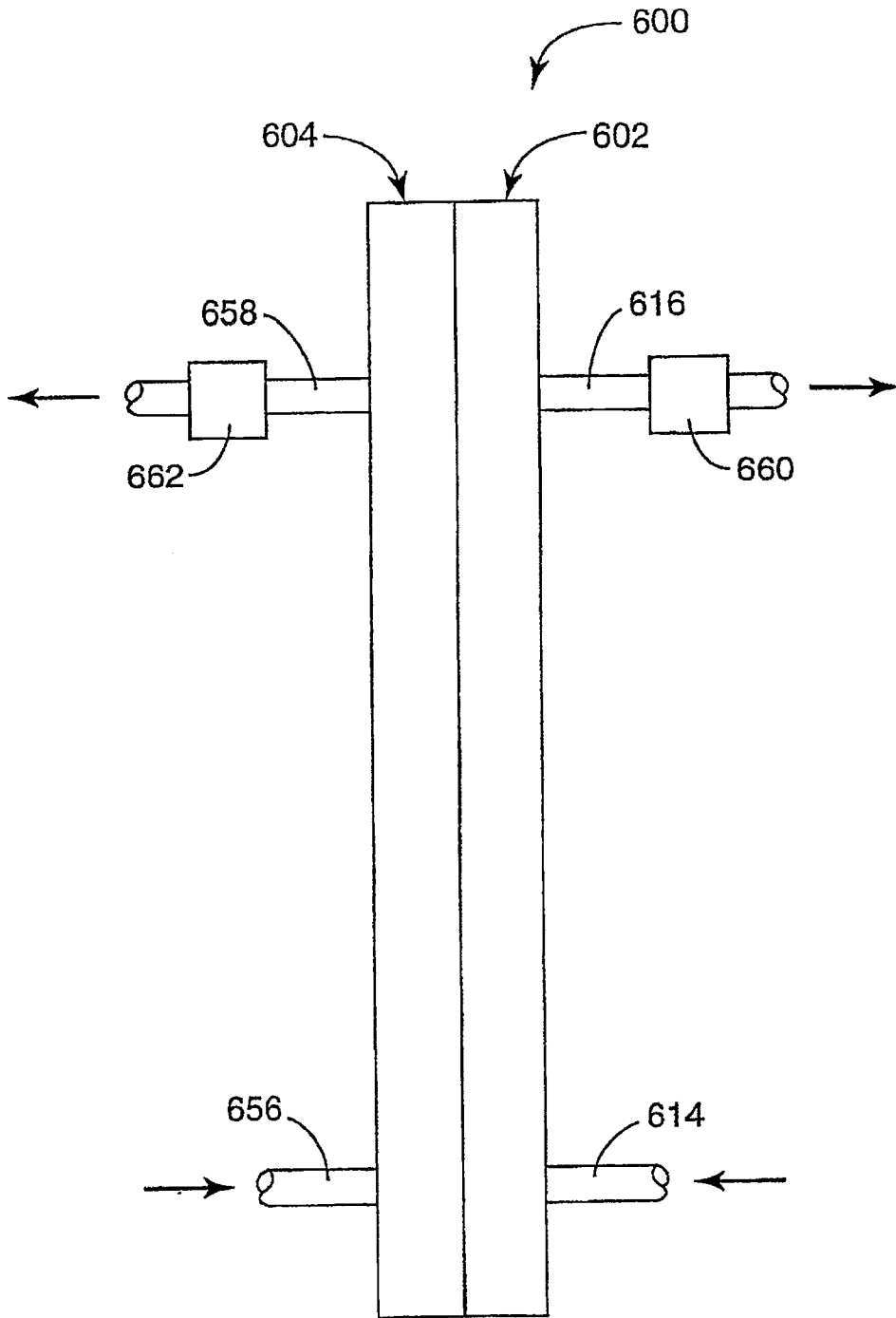


图18