



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105050694 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 11

(21) 申请号 201480016103. 5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2014. 03. 11

B01D 61/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

B01D 69/10(2006. 01)

61/793, 184 2013. 03. 15 US

B01D 71/00(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2015. 09. 15

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/023354 2014. 03. 11

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/150475 EN 2014. 09. 25

(71) 申请人 OASYS 水有限公司

地址 美国马萨诸塞州

(72) 发明人 埃里克·马克斯韦尔

因加·B·埃尔金纳

内森·T·汉考克 加里·麦格甘

(74) 专利代理机构 北京信慧永光知识产权代理

有限责任公司 11290

代理人 杨国强 张淑珍

权利要求书2页 说明书14页 附图13页

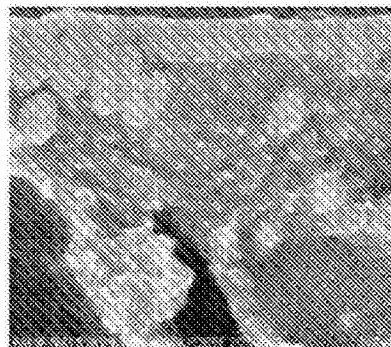
(54) 发明名称

膜模块

(57) 摘要

本发明涉及膜、膜模块及其应用。具体而言，
本发明涉及用于渗透驱动膜工艺的膜和膜模块的
构造。

具有纳米颗粒Mg/Al (3:1)
LDH的聚酰胺薄层



1. 正向渗透膜模块,所述正向渗透膜模块包含:

膜片材,所述膜片材至少包含支撑层和位于所述支撑层上的阻挡层,该膜片材被设置用于通过正向渗透原理使溶剂穿过;

第一筛网,所述第一筛网邻近于所述膜片材的所述阻挡层;

第二筛网,所述第二筛网紧邻于所述膜片材的所述支撑层;以及

保护层,所述保护层位于所述第二筛网和所述膜片材的所述支撑层之间;从而减少或消除所述第二筛网和所述膜片材的所述支撑层之间的接触。

2. 如权利要求1所述的膜模块,其中,所述保护层包含厚度为约 1.5mils 至约 20mils 的无纺布物层。

3. 如权利要求1所述的膜模块,其中,所述保护层包含聚对苯二甲酸乙二醇酯。

4. 如权利要求1所述的膜模块,其中,所述保护层包含约 50g/m^2 至约 100g/m^2 的基重。

5. 如权利要求1所述的膜模块,其中,所述保护层包含约 100cfm/ft^2 至约 1000cfm/ft^2 的 Frazier 空气透过率。

6. 如权利要求1所述的膜模块,其中,所述第一筛网的厚度为约 0.020 英寸,股间距为 16 股每英寸,股取向为 90 度。

7. 如权利要求1所述的膜模块,其中,所述第二筛网的厚度为约 0.034 英寸,股间距为 18 股每英寸,股取向为 90 度。

8. 如权利要求1所述的膜模块,其中,通过粘合剂将所述第一筛网、所述第二筛网或所述保护层中的至少一个固定到所述膜片材上。

9. 膜组装件,所述膜组装件包含正向渗透膜模块和外壳:

所述外壳至少部分地包围所述正向渗透膜模块,并包含用于流体流入和流体流出的装置;

所述正向渗透膜模块包含:

膜片材,所述膜片材至少包含支撑层和位于所述支撑层上的阻挡层,所述膜片材被设置为用于通过正向渗透原理使溶剂穿过;

第一筛网,所述第一筛网邻近于所述膜片材的所述阻挡层;

第二筛网,所述第二筛网紧邻于所述膜片材的所述支撑层;

保护层,所述保护层位于所述第二筛网和所述膜片材的所述支撑层之间;从而减少或消除所述第二筛网和所述膜片材的所述支撑层之间的接触。

10. 如权利要求9所述的膜组装件,其中,所述用于流体流入的装置包含:第一入口,所述第一入口用于将进料溶液引入到所述膜模块的一侧;以及第二入口,所述第二入口用于将驱动溶液引入到所述膜模块的对侧。

11. 如权利要求9所述的膜组装件,其中,所述用于流体流出的装置包含:第一出口,所述第一出口用于将浓进料溶液从所述膜模块的一侧排出;以及第二出口,所述第二出口用于将稀驱动溶液从所述膜模块的对侧排出。

12. 如权利要求9所述的膜组装件,其中,所述外壳包含压力容器,并将所述膜模块缠绕在中心管上以形成螺旋缠绕膜组装件。

13. 具有改进排斥特性的正向渗透膜,所述正向渗透膜包含:

基本上为平面的基板;

聚合物支撑层,所述聚合物支撑层位于所述基本上为平面的基板上;以及

聚合物阻挡层,所述聚合物阻挡层位于所述聚合物支撑层上,所述阻挡层包含基本上均匀分散在所述阻挡层内的多个层状双氢氧化物纳米颗粒。

14. 如权利要求 13 所述的膜,其中,所述层状双氢氧化物纳米颗粒包含 Mg/Al-LDH 片屑。

15. 如权利要求 14 所述的膜,其中,所述纳米颗粒片屑包含纵向轴,所述纵向轴相对于所述阻挡层水平取向。

16. 如权利要求 13 所述的膜,其中,所述层状双氢氧化物纳米颗粒包含比例为约 1:1 至约 10:1 的镁和铝。

17. 生产正向渗透膜的方法,所述方法包含以下步骤:

提供基本上为平面的基板;

将聚合物支撑层浇注到所述基本上为平面的基板上;以及

将聚合物阻挡层浇注到所述聚合物支撑层上,其中,所述阻挡层包含基本上均匀分散在所述阻挡层内的多个层状双氢氧化物纳米颗粒。

18. 如权利要求 17 所述的方法,其中,浇注所述阻挡层的步骤包含以下步骤:

将所述层状双氢氧化物纳米颗粒引入到包含第一单体的溶剂浴中;

将所述基本上为平面的基板和所述支撑层引入到所述溶剂浴中;

将所述基本上为平面的基板和所述支撑层使用下述分散装置进行处理,上述分散装置用于将所述层状双氢氧化物纳米颗粒分散;

将所述基本上为平面的基板和所述支撑层引入到第二浴中,其中,所述第二浴包含第二单体;以及

使单体反应以形成所述阻挡层,并使所述纳米颗粒就位于所述阻挡层中。

19. 如权利要求 18 所述的方法,其中,所述分散装置包括使所述溶剂浴经受超声波。

20. 如权利要求 18 所述的方法,其中,所述分散装置包括使所述溶剂浴经受电磁能。

膜模块

[0001] 本申请要求享有 2013 年 3 月 15 日提交的美国临时专利申请 No. 61/793, 184 的优先权；所述专利的全部公开内容以引用的方式整体并入本文。

技术领域

[0002] 发明总体而言涉及膜、膜模块，更具体而言涉及膜模块的生产和布置以及其用途。

背景技术

[0003] 在现有技术中，基于膜的流体分离系统（例如，渗透和全蒸发）一般是已知的。通常，这些系统包含安设在一起的若干组件，这会增加系统的复杂性和总尺寸。另外，将各种组件安设在一起的需求导致需要更多的组件（例如阀、配件等），而对该系统造成额外的缺点（例如，额外的组件成本和管道泄漏）。

[0004] 此外，这些传统的系统趋向于被安排用于单一应用（例如单程或单一类型的工艺）。因此，在需要施行多种工艺和 / 或需要施行单一类型工艺的附加阶段时，额外的组件部分和管件是必须的，再次增加了系统的复杂性和尺寸。具体而言，为了适应特定的应用，将需要串联和 / 或并联地安设多个模块，一旦构造好，将不容易修改（例如，从而在系统要求中作调整改变或修复缺陷）。

[0005] 此外，在上述流体分离系统 / 工艺中使用的膜通常包括位于多孔支撑层上的薄膜阻挡层。传统上，已通过传统工艺生产膜层以适应特定的应用。参见例如美国专利号 7, 882, 963，该专利的公开内容以引用的方式整体并入本文。通常，膜投入使用后，除定期清理外，在其使用期限中执行其预定功能。可作各种修改以提高膜的性能，例如，在成品膜层掺入纳米颗粒，以提高耐污损性并提高通量；然而，对于每一个应用，仅仅向膜中引入纳米颗粒不能自动地提高典型的膜性能。此外，由于正向渗透膜模块的组装 / 排布，各种膜层处于受到损坏的风险，其中，该损坏可导致各种溶质穿过膜。因此，仍需要解决方案以提高膜的性能，特别是对于正向渗透膜，与常规的膜（例如，纳米过滤或反向渗透膜）相比，其运行方式不同且在优化时具有不同的要求。

发明内容

[0006] 通常，本文所描述的膜以及膜盒 (cartridge) / 膜模块可单独使用或组合使用，可位于封闭的外壳内或浸于槽中（开放或封闭的槽）。此外，可将各种膜设置为板框式或螺旋缠绕式的构造。可在美国专利号 8, 181, 794、美国专利公开号 2011/0036774、PCT 公开号 W02013/022945 中找到各种膜构造的实例，上述专利的公开内容以引用的方式整体并入本文。此外，可将本文所述的各种膜纳入多种渗透驱动膜系统 / 工艺中。在美国专利号 6, 391, 205、7, 560, 029 和美国专利号 2012/0067819、2011/0203994、2012/0273417、2012/0267306 中公开了渗透驱动工艺的实例，上述专利的公开内容以引用方式整体并入本文。

[0007] 一方面，本发明涉及正向渗透膜模块。所述正向渗透膜模块包括：膜片材，所述膜

片材至少包含支撑层和位于支撑层上的阻挡层；邻近于膜片材阻挡层的第一筛网；紧邻于膜片材支撑层的第二筛网；位于第二筛网和膜片材支撑层之间的保护层。保护层减少或消除第二筛网和膜片材支撑层之间的接触。膜片材被设置用于通过正向渗透原理使溶剂穿过。

[0008] 在本发明上述方面的各种实施例中，保护层扩展于基本上整个阻挡层的表面，并包括厚度为约 1.5mils 至约 20mils 的无纺织物层。保护层由聚对二苯甲酸乙二醇酯 (PET) 或类似材料制成。在一些实施方式中，保护层具有约 50g/m^2 至约 100g/m^2 的基重和 / 或约 100cfm/ft^2 至约 1000cfm/ft^2 的 Frazier 空气透过率。在一个或多个实施方式中，第一筛网具有约 0.020 英寸的厚度、16 股每英寸的股间距和 90 度的股取向，第二筛网具有约 0.034 英寸的厚度、18 股每英寸的股间距和 90 度的股取向。可通过粘合剂将第一筛网、第二筛网或保护层中的一个或多个固定到膜片材上，例如在膜的周边施以少量胶水，以便不干扰膜的活性面积。热密封和 / 或声波焊接也在考虑之列。在各种实施方式中，将膜模块缠绕在中心管上以形成螺旋缠绕膜组装件。

[0009] 在另一方面，本发明涉及膜组装件，所述膜组装件包括正向渗透膜模块和至少部分包围正向渗透膜模块的外壳。所述正向渗透膜模块包括：膜片材，所述膜片材至少包含支撑层、位于支撑层上的阻挡层；邻近于膜片材阻挡层的第一筛网；紧邻于膜片材支撑层的第二筛网；位于第二筛网和膜片材支撑层之间的保护层。保护层减少或消除第二筛网和膜片材支撑层之间的接触。膜片材被设置用于通过正向渗透原理使溶剂穿过。外壳可包括用于流体流入和流体流出的装置。此外，外壳可以是将膜模块完全包围住的容器，例如处于螺旋缠绕式或板框式的构造。或者，为了将模块保持在一起，外壳可被配置为仅部分包围住膜模块或可由骨架或框架构成，从而用于浸入应用。

[0010] 在前述方面的各个实施方式中，用于流体流入的装置包括将进料溶液引入到膜模块一侧的第一入口和将驱动溶液引入到膜模块对侧的第二入口。用于流体流出的装置包括将浓进料溶液从膜模块的一侧排出的第一出口和将稀驱动溶液从膜模块的对侧排出的第二出口。在一个或多个实施方式中，外壳是压力容器，将膜模块缠绕在中心管上以形成螺旋缠绕的膜组装件。在替代性的实施方式中，膜模块具有基本上为平面的构造，并组装成板框式构造。

[0011] 在另一方面，本发明涉及具有改进排斥特性的正向渗透膜。所述膜包括：基本上为平面的基板、位于基本上为平面的基板上的聚合物支撑层、位于聚合物支撑层上的聚合物阻挡层。该阻挡层包括基本上均匀分散在阻挡层内的多个层状双氢氧化物纳米颗粒。通常，“均匀分散”一词用于表示纳米颗粒并未固着到聚合物支撑层上，而是通常位于支撑层和阻挡层之间的接合处上方。在一些实施方式中，可将表面活性剂加入到具有纳米颗粒的第一浴中，以防止纳米颗粒在层的顶部或底部分层。

[0012] 在前述方面的各个实施方式中，基本上为平面的基板包括聚合物纸或其它类型的无纺基板。通过例如界面聚合或其它合适的方式，将支撑层和阻挡层沉积于膜组装件上。在一个或多个实施方式中，层状双氢氧化物纳米颗粒包含 $\text{Mg}/\text{Al-LDH}$ 片屑 (flake)，例如 $\text{Mg}_n\text{Al}_{n-1}(\text{OH})_2$ 。纳米颗粒片屑可包括纵向轴，所述纵向轴水平取向或相对于阻挡层平行（例如片屑在阻挡层中基本上处于“平的”状态）。在各个实施方式中，层状双氢氧化物纳米颗粒包含比例约为 1:1 至约 10:1 的镁 (Mg) 和铝 (Al)。在特定实施方式中，该比例为 3:1。

[0013] 在另一方面,本发明涉及生产正向渗透膜的方法。所述方法包括以下步骤:提供基本上为平面的基板;将聚合物支撑层浇注到基本上为平面的基板上;将聚合物阻挡层浇注到聚合物支撑层上。阻挡层包含多个层状双氢氧化物纳米颗粒,该纳米颗粒基本上均匀分散在阻挡层内。

[0014] 在前述方面的各个实施方式中,浇注阻挡层的步骤包含以下步骤:将层状双氢氧化物纳米颗粒引入到包含第一单体的溶剂浴中;将基本上为平面的基板和支撑层引入到溶剂浴中;将基本上为平面的基板和支撑层使用下述分散装置进行处理,上述分散装置用于使层状双氢氧化物纳米颗粒分散;将基本上为平面的基板和支撑层引入到第二浴中,其中,第二浴包含第二单体;使单体反应以形成阻挡层,并使纳米颗粒就位于阻挡层中。分散装置包括以持续施加或脉冲施加的方式,使溶剂浴经受能量场处理,例如超声、电磁、或热。随着膜基板和支撑层从溶剂浴中穿过,可将分散装置连续地施加至溶剂浴。可替代地或另外地,例如随着膜基板穿过第一浴进入第二浴,可将分散装置直接施加至膜基板。

[0015] 在另外的方面,本发明涉及正向渗透膜系统和/或有助于正向渗透分离操作的方法,其可包括本文所描述的任何膜模块。

[0016] 渗透分离工艺通常包括基于渗透压差产生穿过半透膜的水通量。就膜的选择性阻挡而言,由于水的透过性比溶质更大,溶质受到膜的排斥并保留在一侧。溶质可能是不需要的,因此通过膜分离纯化从工艺流中除去;或者溶质可能是需要的,在这种情况下可通过膜分离工艺将其浓缩并收集。可将膜用于各种渗透驱动分离工艺中,例如但不限于:脱盐、废水的纯化和再利用、FO 或 PRO 生物反应器、各种液体流的浓缩或脱水、在制药和食品级应用中的浓缩、PRO 发电和通过渗透热机发电。

[0017] 通常,聚合物膜通常包含多孔支撑结构,为选择层提供机械和结构支撑。根据预期应用,膜可成型为各种形状,包括螺旋缠绕、中空纤维、管状和平板状。应定制膜的特性以达到理想性能,并可依据具体应用而变化。例如在 FO 和 PRO 应用中,可以通过减小膜的厚度和曲率来提高分离工艺的有效性,同时增加膜的孔隙率和亲水性,而不牺牲强度、盐排斥率(salt rejection) 和水透过性。

[0018] 在膜的生产工艺期间,可将选择层(即阻挡层)或其它活性层应用于基板的支撑材料中。在一些实施方式中,可将半透层用作活性层。半透层可包含聚合物。在某些实施方式中,半透层包含聚酰胺,例如聚酰胺脲、嵌段共聚物或聚哌嗪。在一些非限制性的实施方式中,可将聚砜层应用于双层基板的 PET 支撑层。

[0019] 可将基板材料输送到聚合物应用设备中,所述聚合物应用设备采用处于溶剂(例如二甲基甲酰胺)中的聚合物(例如聚砜)溶液。一经涂层,基板可进入淬火浴,聚合物在其中沉淀成双层材料的顶层。淬火浴的温度可以变化,并会影响所得膜一种或多种性质。在至少一些优选的非限制性实施方式中,改进的正向渗透膜性质可与 100° F 至 110° F 的淬火浴温度有关。

[0020] 根据一个或多个实施方式,在所公开的薄膜复合膜中的选择性阻挡物是半透的三维聚合物网络,例如脂肪族或芳香族聚酰胺、芳香族聚酰肼、聚苯并咪唑酮、聚表胺/酰胺、聚表胺/脲、聚乙烯亚胺/脲、磺化聚呋喃、聚苯并咪唑、聚哌嗪间苯二甲酰胺、聚醚、聚醚-脲、聚酯、聚酰亚胺、上述物质的共聚物或任意混合物。在某些实施方式中,选择性阻挡物可以是芳香族或非芳香族聚酰胺,例如下述物质的残基:苯二甲酰卤(例如间苯二甲酰

卤或对苯二甲酰卤)、三甲磺酰卤、或上述物质的混合物。在另一实例中,聚酰胺可以是:二苯胺、三苯胺、聚醚亚胺、哌嗪或聚-哌嗪的残基;或均苯三甲酰卤的残基和二苯胺的残基。选择性阻挡物也可包含间苯二胺和均苯三甲酰氯的残基。此外,选择性阻挡物可以是均苯三甲酰氯和间苯二胺的反应产物。

[0021] 根据一个或多个实施方式,选择性阻挡物其特征可在于具有适合给予期望的盐排斥率和水透过性的厚度,同时通常使总体的膜厚度最小化。在某些实施方式中,选择性阻挡物可具有约 50nm 至约 200nm 的平均厚度。期望尽可能地限制阻挡层的厚度,但也要足够厚以防止涂层表面缺陷。通过将聚酰胺膜成型为压力驱动半透膜的实践,可得知如何选择适当的阻挡物膜厚度。可通过聚合、例如界面聚合,在多孔支撑物表面形成选择性阻挡物。

[0022] 根据一个或多个实施方式,可适于用作多孔支撑物的聚合物包括:聚砜、聚醚砜、聚(醚砜酮)、聚(醚乙基酮)、聚(酞嗪醚砜酮)、聚丙烯腈、聚丙烯、聚(氟乙烯)、聚醚醚亚胺、醋酸纤维素、二醋酸纤维素和三醋酸纤维素聚丙烯腈。

[0023] 根据一个或多个实施方式,支撑层的特征可在于具有在生产和使用期间适于对膜提供支撑和结构稳定性的厚度,同时通常使总体的膜厚度最小化。在某些实施方式中,聚合物支撑物具有约 10 μm 至约 75 μm 的平均厚度。通常期望支撑层尽可能地薄,但不损害用于阻挡层界面聚合的支撑物表面质量。通常,支撑层越光滑,对于该标准所需的支撑物材料厚度越薄。在至少一些优选的实施方式中,支撑层厚度约小于 40 μm 。在一些实施方式中,多孔支撑物包含具有第一组多个孔的第一侧(活性侧)和具有第二组多个孔的第二侧(支撑侧)。在某些实施方式中,第一组多个孔和第二组多个孔彼此流体连接。在一个实施方式中,聚合物添加剂分散在多孔支撑物中。添加剂可提高亲水性、强度或其它期望的性质。

[0024] 在活性层中可达到所需的交联程度,以便提高膜的阻挡物性质。为了提高盐排斥率和总体性能,通常期望在聚酰胺层中引发交联。根据一个或多个实施方式,以下述方式实现交联,使得在整个生产和处理工艺中,不降低亲水材料的性能并使其维持在湿的状态。在一些实施方式中,可使用热水退火促进交联。在其它实施方式中,可在活性层沉积或成型工艺期间或之后,在膜制造工艺的一个或多个浸润步骤中进行热处理。在其它实施方式中,可使用化学处理。在至少一个实施方式中,不使用热干燥、例如烘箱干燥。在一些这样的实施方式中,通过将膜浸入水中而容易地再润湿;在一些实施方式中,通过将膜暴露到结合水的润湿剂中进行再润湿,以便在准备用时,膜基本上是湿的。在一些实施方式中,膜的特征可在于具有至少 99% 以上的盐排斥率。正向渗透膜通常较薄,并且其特征在于具有高孔隙率、低曲率和高润湿性。所述膜可用于多种应用,包括:渗透驱动水纯化和过滤、海水脱盐、受污染的废水流的纯化、各种水流的分离、渗透发电等。

[0025] 在一些实施方式中,在材料上或材料周围涂覆的聚合物的相转化可用于产生膜支撑物,所述材料主要旨在给予聚合物耐拉伸形变的性能。例如,非常开放且薄的纺织材料或无纺材料可由聚合物包围,而非处于聚合物的下面。然后,可在此支撑结构上进行排斥聚合物的界面聚合。根据一个或多个实施方式,正向渗透膜可以是纺织织物或无纺织物的亲水相转化膜。在一些非限制性的实例中,亲水材料可以是单独的 PAN 或与其它单体混合的 PAN。织物层可以具有任何所需的厚度。在一些非限制性的实例中,织物可具有约 25 微米的厚度。正向渗透膜的特征可进一步在于其表面上的聚酰胺界面聚合。可使用聚酰胺活性层以产生任意所需厚度的膜。在一些非限制性的实施方式中,膜可具有约 25 微米的厚度。

可修饰正向渗透膜的活性层以提高对驱动溶质的排斥。支撑薄膜可以是无纺的且由任何材料制成,但是厚度薄、高孔隙率、低曲率和亲水性通常是期望的。支撑薄膜的厚度可以变化。在一些实施方式中,支撑薄膜可具有小于约 100 微米、小于约 80 微米、小于约 50 微米或更薄的厚度。在至少一个实施方式中,可将多孔聚酯无纺支撑薄膜用作基板。

[0026] 根据一个或多个实施方式,可通过首先创建支撑层以形成正向渗透膜。在一些非限制性的实施方式中,可使用处于二甲基甲酰胺中的约 10% 至约 20%、优选约 12% 至 16%、更优选约 13.5% 至 15% 的聚砒溶液对小于约 30 微米的薄的织物背层进行涂覆。可使用更低溶度的聚砒进一步提高正向渗透膜的性质,包括通量。在一些实施方式中,聚砒涂层的量可通常少于约 16g/m^2 ,从而使得对支撑层扩散方面的影响最小化。然后可将所得的支撑层前体浸入到室温下的水中,使得聚合物发生相转化。可在高于 90°F 的温度进行浸入来改善支撑层的孔径特性。这可产生薄且具有微孔的开放式支撑结构,并嵌入有为轧制和操作提供聚合物强度的网。然后,可将活性层应用于支撑结构上。对具有活性层的支撑结构进行涂覆的一个实例是将支撑物浸入在含有聚酰胺或其它所需活性材料的溶液中。在一个实施方式中,可将支撑结构浸入在 1-3 苯二胺在室温水中的 3.4% 溶液中。可根据所采用的活性层的期望特性改变溶液的浓度。浸入的持续时间也可发生变化。在一些实施方式中,持续时间可为小于约 5 分钟。在一个示例性的实施方式中,浸入持续时间可为约 2 分钟。可使用例如辊或气刀除去膜表面多余的溶液。

[0027] 然后可将膜短暂地浸入到另一种溶液中,从而在两相交会处的支撑材料表面上,通过使水相中二胺和例如非水相中的酰氯进行结合,引发聚酰胺排斥层发生聚合。在一些实施方式中,可将膜在溶液中浸入约 2 分钟。在一个实施方式中,可在室温下使用处于 Isopar RTM C 或 G 中的 98% 3,5- 苯三甲酰氯的 0.15% 溶液。然后可将膜取出,经过一段时间、例如小于约 5 分钟使 Isopar RTM 从膜上蒸发。在一些实施方式中,蒸发步骤的持续时间可为约 2 分钟。在一些实施方式中,浸入可采用浸涂工艺的形式,例如基本上只有膜表面与溶液接触的形式。在其它实施方式中,可将整个膜浸没在浴中。在一些实施方式中,可使用这些技术的组合,例如连续使用不同的浸入步骤。在其它实施方式中,可在任何或若干用于其它目的的浸入步骤中对膜进行热处理,例如在活性层聚合或沉积步骤期间或之后。

[0028] 通过参照如下描述和附图,本文公开的本发明的这些和其它目的以及优点和特征将变得显而易见。此外,应了解本文描述的各个实施方式的特征并非互相排斥,并且可以以各种组合和排列存在。

附图说明

[0029] 在附图中,类似的附图标记通常在不同的视图指代相同的部分。而且,附图不必为成比例的,相反,通常强调示出了本发明的原理,而并非旨在作为限定本发明的界限。为了清楚的目的,在每个附图中并未标记每个组件。在如下描述中,本发明的各实施方式参照如下附图进行描述,其中:

[0030] 图 1 是本发明的一个或多个实施方式所述膜模块组装件的透视图;

[0031] 图 2A 和 2B 是在局部剖视图中的图 1 所述膜模块的端视图和侧视图;

[0032] 图 3A-3D 是本发明的一个或多个实施方式所述膜框架的示意图;

[0033] 图 4 是本发明的一个或多个实施方式所述膜模块列阵的示意图;

- [0034] 图 5 是本发明的一个或多个实施方式所述膜模块的平面示意图；
- [0035] 图 5A 是根据本发明的一个或多个实施方式，图 5 的模块沿 A-A 线的横截面图；
- [0036] 图 5B 是根据本发明的一个或多个实施方式，图 5 的模块沿 A-A 线的替代性横截面图；
- [0037] 图 5C 是根据本发明的一个或多个实施方式，图 5 的模块沿 A-A 线的另一替代性横截面图；
- [0038] 图 6A-6G 是根据本发明的一个或多个实施方式，替代性膜模块结构的局部横截面图；
- [0039] 图 7 是根据本发明的一个或多个实施方式，替代性膜模块的平面示意图；
- [0040] 图 8 是根据本发明的一个或多个实施方式，另一替代性膜模块的透视图；
- [0041] 图 8A 是根据本发明的一个或多个实施方式，图 8 的模块沿 A-A 线的局部横截面图；
- [0042] 图 9 是根据本发明的一个或多个实施方式，替代性膜模块的平面示意图；
- [0043] 图 10 是根据本发明的一个或多个实施方式，安装有膜模块的进料槽的局部截面图；
- [0044] 图 11A 是根据本发明的一个或多个实施方式，可成型为膜模块的层排布方式的局部分解图；
- [0045] 图 11B 是螺旋缠绕构型的图 11A 的膜层排布方式的局部横截面图；
- [0046] 图 12 是示例性的层状双氢氧化物纳米颗粒和其化学式的图示；
- [0047] 图 13A 和 13B 是根据本发明的一个或多个实施方式，纳入和未纳入纳米颗粒的膜的 SEM 图像；
- [0048] 图 14A-14B 是根据本发明的一个或多个实施方式，膜阻挡层和支撑层的放大的局部横截面图；以及
- [0049] 图 15 是根据本发明的一个或多个实施方式，膜生产工艺的一部分的示意图。

具体实施方式

[0050] 图 1 显示了本发明的一个或多个实施方式所述膜模块 10 的透视图。模块 10 具有板框式排布，且包括外壳 16 和多个位于其中的膜板 12、14。应当指出的是，可有两个或多个膜板构造包含在任何给定的模块中，从而引导多个流体流过模块；然而，根据膜模块的用途，膜板也可在类型方面发生变化以执行不同的功能。例如，模块可包括渗透膜、蒸汽接触膜和热交换膜的任何组合。此外，膜板可全部相同，其中举例来说模块被配置为仅用于正向渗透。在一个实施方式中，外壳 16 包含中心主体 15 和位于主体 15 各个端部的堵头 (bulkhead) 17。如图 1 所示，外壳 16 基本上为矩形；然而，其它形状也在考虑之列，并且认为在本发明范围内，例如具有半球形堵头的圆柱形，其类似于典型的压力容器。可通过任何已知的机械方式对主体 15 和堵头 17 进行组装，例如焊接、螺纹连接或法兰连接。在螺纹连接的情况下，可将堵头 17 从主体 15 上卸下，从而对膜的堆叠进行维护（例如，替换单个膜板），或者使用例如替代性的端口布置 (porting arrangement) 替换可替代的堵头。

[0051] 如下所述，膜板 12、14 包含互补的形状和流动路径，并以交替的方式排布以沿预定的流动路径引导不同的工艺流。堵头 17 和主体 15 包括多个端口 22、23，为各流体提供入

口和出口。如图 1 所示,模块 10 包括:第一工艺流的入口 22a 和出口 22b;以及第二工艺流的入口 23a 和出口 23b。在所示出的实施方式中,入口 22a、23a 和出口 22b、23b 位于模块 10 的相同的通用端,使得工艺流以相同的方向流动;然而,可将任一流的入口/出口位置颠倒,从而提供两个流之间的反向流动。在一些实施方式中,主体 15 和/或堵头 17 可包含额外的端口,用于容纳额外的工艺流或用于维护的目的(例如,引入空气或清洁溶液)。端口可以是例如螺纹、法兰,或配有快卸接头。图 2A 和 2B 示出了膜板 12、14 和端口 22、23 的排布方式的一个实例。

[0052] 图 2A 显示了图 1 的膜模块 10 的端视图,移除了一个堵头 17 的一部分以对膜板的排布进行说明。图 2B 显示了膜模块 10 在横截面上的部分侧视图。由图中可见,模块 10 包含交替的膜板 12、14,膜板 12、14 直接固定在外壳上或通过端板 24、26 固定在外壳上。示出的膜模块 10 包括两个内端板 26 和两个外端板 24,内端板 26 和外端板 24 密封至其周边的外壳 16 和/或堵头 17 上。例如,在一个实施方式中,内端板 26 可被密封至外壳 16 的主体 15 的端部开口 19 上,并包括用于使各个膜板 12、14 从中穿过的开口。将膜板密封(例如,通过焊接或其它机械方式),使得气体或液体(例如水性溶液或非水性溶液)只能在由外壳主体 15 和/或堵头 17 的端口以及膜板端口所确定的特定膜板之间流动。在一个或多个实施方式中,外端板 24 可位于堵头 17 内并密封其周边。外端板 24 也可包括允许膜板从中穿过的开口。膜板还与外端板 24 密封地接合,从而基于堵头 17 的端口和膜板端口,引导液体或气体在特定膜板之间流动。在替代性的实施方式中,可联合使用额外的端板和额外的端口,从而引导多于两个的不同的流穿过膜模块 10。

[0053] 根据一个或多个实施方式,膜被构造为平的片材正向渗透膜模块设计 200。平的片材膜包封物(envelope)可促进驱动溶液流进入膜包封物。如图 3A 所示,可将膜片材 201 粘结至提供结构支撑的两个塑料框架 203 之间。或者,可将膜直接热密封至框架上。如图 3B 所示,可将两个膜框架组合成一个膜包封物。如图 3C 所示,可对框架 203 进行设计以在框架 203 的相对两端创建一排孔口(orifices)205,从而促进驱动溶液在包封物内的均匀分布和收集。

[0054] 在至少一些实施方式中,由于水的跨膜输送,驱动溶液的体积随着其流过包封物会大幅度增加。使用这样的流动构造,穿过模块 200 的驱动溶液的速度随体积的增加而增大,这可造成需要泵送能量和压降得以增加。根据一个或多个实施方式,随着从模块 200 的入口到出口的体积的增加,可有利地维持相对恒定的驱动溶液速度。或者,如图 3D 所示,模块 200' 就其内部体积而言是不对称的,例如,在在更高体积流动的底部会更厚。另外地或可替代地,模块在一定程度上是柔性的。

[0055] 根据一个或多个实施方式,可将膜包封物配置为由多个膜包封物组成的模块。在产品开发期间,可确定包封物的最终间距和模块的尺寸。例如,在一个非限制性的实例中,对于每单位体积预计的膜面积而言,可使用每英寸模块宽度对应三个包封物。参照图 4,可将多个模块 200 垂直排列成堆叠组装件,每个模块之间具有塑料支撑框架,设计用于允许水和驱动溶液两者垂直流动。可基于包括在组装、分拆、和/或从薄膜槽上卸下期间的操作便利性在内的因素,来决定整体的各个模块和堆叠尺寸。可对模块、间隔和堆叠进行设计以维持进料和驱动溶液的水压特征。

[0056] 图 5 显示了由框架 303 以及一个或多个膜片材 301 形成的膜模块 300 的另一实施

方式。框架显示为矩形,但可为任意形状或形状的组合以适应特定的应用。如图 5 所示,框架由聚碳酸酯制成;然而,可选择其它聚合物(例如 PVC、PS 或 PET)或各种金属以适应特定的应用(例如材料的相容性)。在一些实施方式中,使用了方形管件或 C-形通道,然而,可使用具有合适厚度的热成型板。框架 303 还包括两个端口 305a、305b(例如入口和出口),用于溶液(例如,暴露至膜片材的透过侧的驱动溶液)的引入和去除。在替代性的实施方式中,端口 305 可为包括一个或多个端口的歧管排布,并沿着框架 303 顶部、底部或侧面的部分或全部进行延伸(或形成于其中)。

[0057] 图 5A、5B 和 5C 显示了一些可能的框架和膜排布方式的横截面。如图 5A 所示,框架 303 通常具有方形、C-形横截面,并包括焊接或以其它方式连接在一起的四个零件(顶部、底部和两侧),从而形成框架 303。间隔物 307(通常为筛)包裹在框架 303 中,可通过固接(焊接或粘合剂)或机械紧固件将其固定到框架 303 上。在一些实施方式中,间隔物 307 在框架 303 内是自由浮动的,和/或在模块/盒的组装期间滑入框架内。

[0058] 同样如图 5A 所示,模块 300 包含附着于框架 303 每一侧的两个膜片材 301。在一个或多个实施方式中,通过声波焊接对膜进行热固接,将膜 301 固定到框架 303 上。或者,只要将膜片材 301 的整个周边 311 密封至框架 303 上,可通过溶剂固接、粘合剂或机械紧固装置(例如,额外的框架和紧固件)将膜 301 进行附着。通常,将使膜片材 301 进行取向,从而使得相同侧将会面向框架 303 的内侧。例如,如果将驱动溶液引导通过模块 300 的内侧,膜 301 的透过侧将会是朝里的。在另外的实施方式中,框架/模块可包括样品端口 315,用于检测和/或调节流经模块 300 和/或连接装置(723,参见图 10)的溶液的组成,该连接装置用于将额外的模块、外壳和/或槽(例如,图 10 所示的开放式进料溶液槽)固定至和/或接口连接(interfacing)至模块 300。

[0059] 图 5B 显示了类似于图 5A 的模块 300 的模块 300';然而,通过例如机械加工、3D 打印、挤出或上述方式的组合,将框架 303'和间隔物 307'成型为整体件。可在本文所述的任何间隔物 307 和膜 301 之间设置额外的层。例如,如图 5B 所示,模块 300'包括位于间隔物 307'和各个膜 301'之间的保护层 313'。在一些实施方式中,保护层 313'被包裹在框架 303 内;在其它实施方式中,将层 313'固定到具有膜 301 的框架 303'上。在至少一个实施方式中,同时将膜 301'和保护层 313'声波焊接到框架 303 上。关于保护层的额外细节将在下文图 11A 和 11B 中提供。

[0060] 在一些实施方式中,可通过将熔融的塑料注入(例如,通过注射模塑法)软筛网(例如,间隔物)的周边,使组合的框架 303'和间隔物 307'成型,其中硬化塑料将形成框架 303'并具有足以能够使膜片材固定(例如,通过声波焊接或热密封)在其上的刚度。硬化的塑料也将允许额外的板或膜组装件进行接口连接,并为整个组装件提供刚度。此外,可将熔融的塑料施加到筛网上并进行必要的模制,以同时形成流动通道、歧管和端口,从而替代本文其它地方描述的多个板、歧管、端口等。

[0061] 图 5C 还显示了类似于图 5A 模块的另一模块 300"。然而,在此实施方式中,通过例如焊接或机械装置(例如,在有或没有垫片的情况下,使用使框架部分 303a、303b 卡扣连接的紧固件或相应的结构),将两个分离的框架 303a、303b 连接在一起而制成框架 303"。与其它模块 300、300'一样,可通过焊接或其它方式将膜 301"附着于框架 303"上,并且膜 301"包括样品端口 315"和/或保护层 313"。如图 5C 所示,框架 303"是对称的。

[0062] 图 6A-6E 显示了替代性的膜模块 400 的结构。如图 6A 和 6B 所示, 框架 403 由两个不对称件 403a、403b 形成。框架部分 403a 与上述框架部分类似, 在此实施方式中由实心板件制成。如图 6F 和 6G 所示, 实心框架的一个优势是可对框架的一部分进行钻孔以形成端口和歧管, 从而供给具有多个端口的模块的内部空间。框架包括第二个、更薄的板件 403b, 该板件比框架 403a 更宽, 由此形成阻挡物以使间隔物 407 保持被包裹在其中。虽然只在一侧示出了框架 403b, 在框架 403a 的另一面, 模块 400 可包括额外的框架 403b。一些实施方式也将包括如前文图 5B 描述的任意的保护层。如图 6A 所示, 将框架部分 403a、403b 如前文图 5C 描述的方式连接在一起, 并且也如前文所述将膜片材 401 附着于框架 403 上。此外, 如前文图 5B 描述, 框架部分 403a、403b 均可包括整合的间隔物。

[0063] 图 6B 的模块 400 与图 6A 的模块类似; 然而, 框架部分 403b 位于膜 401 的外侧, 并用于在将框架部分 403a、403b 连接在一起之后, 将膜 401 固定至框架 403 上。例如, 可将两个框架部分 403a、403b 和膜全部焊接在一起, 在框架部分之间对膜进行保护。在此实施方式中, 在模块 400 至少一面上的膜 401 由框架 403 包裹。或者, 框架 403 可包括三个部分, 从而对模块 400 每一面上的膜 401 进行包裹。在另外的实施方式中, 框架部分 403b 可包括下述结构: 该结构的至少外侧面可用于接口连接, 或者可将多个模块 400 固定至彼此或外壳上。

[0064] 图 6E 的模块 400 类似于图 6B 的模块; 然而, 框架部分 403b 包括凹部 417, 以更好地容纳和固定膜 401 和保护层 413。虽然未示出, 在框架 403a 的相对面, 模块 400 可包括相同的结构。

[0065] 图 6C 和 6D 显示了模块 400, 其中膜片材 401 和保护层 413 以平面排列且共同附着于框架 403 上。在图 6C 中, 框架 403 的外表面具有凹部 417 以容纳保护层 413 和 / 或任何额外的层 / 间隔物。同样, 在框架 403 的相对面, 模块 400 可包括相同的结构。

[0066] 图 6F 是框架 403 的一部分 (例如, 顶部) 的放大横截面图, 但此处可为任何本文所述的框架。通路 441 钻入框架头部 403-1, 在其末端具有螺纹以形成至少一个端口 405。可钻出与主通路 441 交叉的额外的通路 443, 该通路提供在通路 / 端口和模块内部之间的流体连通。图 6G 显示了替代性的顶部 403-1, 具有从每一端钻入的两个通路 441a、441b, 但二者不相交叉。同时将有一组额外的通路 443a、443b, 将每个通路 441a、441b 与模块内部的部分连接。此构造可用于为模块排布提供端口的入口和出口 (例如由图 7 所示)。

[0067] 图 7 显示了替代性的膜模块 500, 其中端口 505a、505b 位于框架 503 的同一侧 / 表面。在这种情况下, 端口 505a、505b 位于框架 503 的顶部; 然而, 为了适应特定的应用, 端口可位于任何表面 (例如替代性地示出的, 位于临近顶部的一侧)。此外, 模块 500 包括至少一条沿膜 501 垂直延伸的胶线或接缝 519 (或其它结构), 用于控制溶液流经模块 500。在这种情况下, 接缝位于膜 501 的中心。对接缝 519 的数量、位置、取向以及 505a、505b 的数量和位置进行协调以适应特定的应用。例如, 如果端口 505a、505b 位于框架临近中心的一侧, 接缝 519 可为水平取向。此外, 额外的接缝 519 可用于延长溶液在模块 500 中的停留时间。

[0068] 图 8 和 8A 显示了另一替代性的模块 600, 该模块使用了多个框架 603 和单一的连续膜片材 601。框架 603 类似于上述的任何框架, 且可使用上述的任何方式将膜片材 601 附着于其上。通常, 作为最佳示于图 8A 中, 将膜片材 601 以蛇形方式“包围”框架 603, 由此形

成进料通道 619 和透过或驱动通道 621。此外,模块 600 可包括任何数量和组成的间隔物和保护层,以适应特定应用。如图 8 所示,模块 600 可包括多个端口 605 以对应多个通道。例如,在位于进料槽内的开放式模块的情况下,端口可以是连接到透过通道的入口和出口。在替代性的实施方式中,模块 600 被至少部分地包封在外壳内,并包括对应于进料通道和透过通道的端口。在各种实施方式中,可在歧管内设置多个端口,所述歧管附着于一个或多个模块或形成框架的一部分。

[0069] 通常,可选择通道宽度以适应特定的应用,例如,流动的要求、间隔物的尺寸等,通常由框架的尺寸决定通道宽度。在一个或多个实施方式中,驱动通道具有约 0.010 英寸至约 0.50 英寸、优选约 0.018 英寸至约 0.060 英寸的厚度。在一个实施方式中,框架具有约 0.034 英寸的厚度以容纳 0.034 厚的间隔物。进料通道可具有相同的尺寸(虽然通常更大),通常设置其大小而为进料溶液的流动提供空间,并可为从溶液中沉淀出的物质提供空间。在设置多个单一模块的情况下、例如在槽中,可通过槽中模块的位置决定进料通道的间隔,而且可通过间隔物 and 任何必要的保护层来决定驱动通道的间隔(例如,模块内部空间)。

[0070] 图 9 还显示了另一替代性的膜模块 700。通常,模块 700 具有与上述模块相同的结构。如图 9 所示,模块包括保护筛 702。筛 702 可为位于框架 703 的两个外侧面的网片材或更刚性类型的格栅。在多个膜模块 700 堆叠的情况下,筛 702 只位于堆叠物暴露出的外侧面。通常,在膜一侧相对于对侧具有更高压力的情况下,可将筛用于对膜进行保护使其免受被“吹出”。例如,在模块位于开放式槽中的情况下(参见图 10),其中的溶液处于大气压力下而引入模块的溶液是在加压下(通常为低压,但仍高于开放式槽中的压力),其趋向于导致膜向外隆起。在另外的实施方式中,可将筛用于对膜的外表面进行保护,使其免受损害(例如,与锋利的结构或大的颗粒接触)。

[0071] 模块 700 还包括用于将模块附着至或以其它方式固定至槽或其它模块的装置 723。在一个实施方式中,附着装置 723 是从框架延伸出的支臂,并包括对应于槽上类似结构的接受器和/或突起(receptacles and/or protuberances)。在一个实施方式中,附着装置 723 是用于结合槽侧壁的简单的钩。可将附着装置 723 构建为框架 703 的一部分,或作为附着于框架的任选件。在一个或多个实施方式中,附着装置 723 包括硬件 725、例如机械紧固件或夹具,用于协助将模块固定至槽上或彼此固定,或者在一些情况下,将附着装置 723 固定于框架/模块上。另外地或替代性地,槽可包括用于维持槽中的膜模块在特定取向的结构(例如,挡板或其它突起)和/或将模块固定于其上。

[0072] 图 10 显示了模块和槽的排布方式,其可使用本文所述的任何模块。如图所示,槽 727 是包含进料溶液 729 的开放式进料槽,从进料溶液(例如,海水、微咸水等)中提取溶剂。槽 727 包括至少部分浸没其中的一个或多个正向渗透膜模块 700。槽 727 也包括用于使进料溶液循环通过的端口 730、732。将渗透压大于进料溶液的驱动溶液泵送穿过模块,从而使溶剂从进料溶液驱动穿过膜进入驱动溶液,并稀释驱动溶液。通常,设置槽的大小并进行设计,以满足特定的系统要求,例如流动、通量/膜面积和环境。在一些情况下,可设置槽的大小使得在模块下方具有使污染物或进料溶液中的其它物质沉降的空间(739)。开放式槽和模块设计使得系统易于维护。例如,可从槽中除去单个模块进行维护或更换,同时剩余模块能够继续运行。在一些实施方式中,模块端口独立地垂直设置;然而,在一些实施方式

中,端口与普通的歧管排布处于流体连通。

[0073] 在替代性的实施方式中,槽具有封闭式的设计,允许对槽中的溶液(例如,进料溶液)加压。这可通过增加穿过膜的通量促进整个工艺,并可在膜模块中减少或消除在溶液(例如驱动溶液)的压力下产生的任何膜隆起的问题。替代性地或另外地,可在真空下“拉动”(驱动)溶液穿过膜模块。

[0074] 图 11A 是层排布方式的局部分解横截面图,所述层可形成上述膜模块的其中之一,或可如图 11B 所示以螺旋缠绕的构造进行使用。如图 11A 所示,该排布方式由膜片材 851 开始,进料筛 853 位于临近膜片材 851 的一侧(在一些情况下,位于膜片材 851 的折叠处),透载体 855(或驱动筛)位于膜片材 851 的另一侧(或折叠在折叠膜片材 851 周围)。将膜 851 示出为单一片材,如果将其应用到螺旋缠绕膜模块中,膜 851 将以通常的排布方式进行折叠;然而,如果将其应用到板框式排布方式中,膜 851 可为单一层片材。

[0075] 膜 851 具有通常对应于膜阻挡层的进料侧以及通常对应于膜支撑层的透过侧。通常对于正向渗透应用,进料侧比驱动侧处于更高的压力下,这往往将膜从进料侧推出并接触驱动筛。(对于 PRO 应用,随后将成为膜的阻挡层侧的驱动侧,将处于更高的压力)在膜非常薄的情况,特别是例如依据本受让人共同拥有的美国专利号 8,181,794 制成的具有非常薄的支撑层的情况下,驱动筛表面上的高点可刺穿支撑层和阻挡层,并将膜损坏,尤其是对于螺旋缠绕构造。通常,进料和驱动筛 853、855 是相对多孔和有弹性的,这是因为其需要维持膜层之间的间隔。因此,不能替换或去掉驱动筛,而且在驱动筛 855 和膜片材 851 之间额外的保护层 857 是必要的。然而,保护层 857 必须在保护脆弱的膜 851 和不妨碍驱动溶液的通量或流动之间保持平衡。

[0076] 在一个或多个实施方式中,保护层是无纺织物层,具有约 1.5mils 至约 20mils、优选约 5mils 至约 15mils、更优选约 7mils 至约 10mils 的厚度。通常该层由 PET 制成;然而,适合于各种方案的其它聚合物也在考虑之列,并认为在本发明的范围之内。另外,保护层 857 具有约 50-100g/m²、优选约 60-80g/m²、更优选约 70-75g/m²的基重,而且具有约 100-1000cfm/ft²、优选约 200-500cfm/ft²、更优选约 350-400cfm/ft²的 Frazier 空气透过率。在一个或多个实施方式中,驱动筛具有约 10mils 至约 60mils、优选约 20mils 至约 40mils、更优选 34mils(即 0.034 英寸)的厚度,具有约 8-24 股每英寸(SPI)、优选 12-20SPI、更优选 18SPI 的股间距,股取向角度为约 90 度。在一个或多个实施方式中,进料筛具有约 10mils 至约 60mils、优选约 20mils 至约 40mils、更优选 20mils(即 0.020 英寸)的厚度,具有约 8-24SPI、优选 12-20SPI、更优选 16SPI 的股间距,股取向角度为约 90 度。筛 853、855 通常由聚丙烯制成;然而,其它适合的聚合物也是可能的。

[0077] 图 11B 显示了膜组装件 850(膜和各个其它层)在一个可能的螺旋缠绕构造中如何取向。通常,如图所示,膜组装件以膜组装件 850 的长度连续缠绕在中心管 859 上,各层交替存在。如图 11B 所示,自中心管 859 向外,具有驱动筛层 855、保护层 857、膜层 851、进料筛层 853、另一膜层 851、另一保护层 857、另一驱动筛层 855 等。

[0078] 模块的各组件可由多种材料(包括例如聚合物、聚合物共混物和嵌段共聚物)进行生产,并可通过例如模塑、挤出、冲压或其它已知的制造技术进行生产。可从任何合适的材料生产各种膜片材,例如美国专利公开号 2007/0163951、2011/0036774、2011/0073540 和 2012/0073795 所公开的内容;上述专利的公开内容以引用的方式整体并入本文。对所用

材料进行选择以适应特定的应用,并应当能够承受各种工艺条件(例如高温)以及具有流体相容性。

[0079] 将对膜模块和膜的总尺寸和数量进行选择,以适应着重于提供特定的膜总表面积 of 的特定应用。此外,也将对膜的参数进行选择,以适应着重于得到特定的通量率的特定应用,其中通量(JW) = $A(\Delta\pi - \Delta P)$,其中A = 特定透过率(m/s/atm), $\Delta\pi$ = 膜选择层的表面的渗透压差, ΔP = 跨膜压力。通量率也将受到驱动溶液和进料溶液的流动速率的影响,对通量率进行选择,以使停留时间最大化,而同时使浓差极化(CP)最小化。在一个实例中,组装件具有50个膜模块,每个膜模块具有约1'到3'(3ft²)的活性膜面积,产生的近似总有效膜表面积为150ft²。如果使用例如为渗透驱动通量而设计的薄膜复合聚酰胺膜,在具有约10加仑每ft²每天(GFD)的平均通量的海水脱盐环境中使用,预计这种类型的组装件每天将具有约1500加仑的通量。

[0080] 在并入本文的美国专利号8,181,794中,公开了合适的膜的一个实例。可通过例如使用聚醚砜支撑结构对本文公开的膜作进一步的加强,在FO或RO应用中,聚醚砜支撑结构可产生不同的孔结构并提供改进的通量/排斥性能。此外,可改变在膜层之一(例如阻挡层)上的电荷,这也可改进膜的性能。同时,可通过引入纳米颗粒或抗菌物质对膜的各层进行修饰。例如,可将层状双氢氧化物(LDH)纳米颗粒引入阻挡层以改进膜的通量/排斥特性。这些多种修饰也可提高膜的反向盐通量性能。此外,这些多种改进也适用于中空纤维型膜。

[0081] 在一个或多个实施方式中,所述膜包含处于Mg_nAl_{n-1}(OH)₂形式的LDH。Mg与Al的比例可为约1:1至约10:1、优选约2:1至约5:1、更优选约3:1;然而,将选择特定的比例以适应特定的应用。在一些实施方式中,纳米颗粒为有机金属化合物。图12描绘了这一特定组成,该组成形成了具有阴离子粘粒层的膜(虽然阳离子粘粒层也是可能的)。在特定的实施方式中,纳米颗粒的通式为[Mg_(1-x)Al_x(OH)₂]_q[An-q/n*mH₂O],其中A是指阴离子,可同时具有有机和无机性质。该层可在紧邻处于膜支撑层和优先排斥溶质的膜阻挡层之间的结合处产生电荷,造成某些溶质的反向通量得以减少或消除。此外,这些纳米颗粒的加入也可提高膜的总体性能特征。参见表1为包含本发明所述纳米颗粒的膜的示例性测试结果。

[0082]

化学组成	排斥率 %	RO 通量, GFD	FO 通量, GFD
mPD/TMC	98.8	11.9	9.1
mPD/LDH/TMC	98.2	11.9	12.0

[0083] RO 测试 :2000ppm NaCl, 225psi/25°C

[0084] FO 测试 :去离子水进料, 1.5M NaCl 驱动

[0085] 表 1

[0086] 图 13A 和 13B 是具有和不具有本发明纳米颗粒组成的膜 SEM 图像。

[0087] 图 14A 显示了依据本发明制造的膜 900 的一个实施方式的局部放大截面图。具体而言,示出了支撑层 902 和阻挡层 904。在一个或多个实施方式中,阻挡层 904 最终包括通常平均分布于阻挡层中的 LDH 纳米颗粒 906 和聚酰胺。如下文所讨论的,可使用各种装置协

助控制纳米颗粒在阻挡层中的分散。纳米颗粒特定的分散模式可用于帮助控制膜的性能。

[0088] 图 14B 显示了图 14A 的另一实例；然而，重点是通过引入纳米颗粒，对于电荷的添加或修改以及膜 900 的功能。如图所示，阻挡层 904 中的纳米颗粒 906 在紧邻于阻挡层 904 和支撑层 902 的结合处产生电荷 910。

[0089] 通常，在膜 900 的一侧有进料溶液 911，在其另一侧有驱动溶液 912。溶剂（例如水）通过阻挡层并稀释驱动溶液 912。通常，阻挡层将进料溶液 911 中的溶质 908 排斥。通常，在现有技术的系统中，来自驱动溶液的溶质将尝试反向通过膜，进入进料溶液。在阻挡层 904 和支撑层 902 之间的结合处具有额外的电荷，纳米颗粒提供的电荷将会抵制 / 排斥驱动溶液 912 中的某些溶质 914。在所示的实施方式中，纳米颗粒提供负电荷；然而，可使用提供正电荷的其它纳米组合物，从而优先排斥其它溶质 914。此外，也可选择某些支撑层材料以在其中提供电荷，该电荷和纳米颗粒的电荷可以是累积的，以提供特定的强排斥力。例如，更亲水性的聚醚砜可给予更强的负电荷，对纳米颗粒的电荷具有加和作用，由此产生双电层。通常，可对膜材料、驱动溶质、膜电荷进行选择以适应特定的应用。

[0090] 图 15 显示了用于依据本发明生产膜的一个可能工艺 1000 的一部分。如图 15 所示，将支撑材料片材 1002（通常为在其上浇注有薄的支撑层的基板）进料（通常通过卷）通过第一浴 1004，所述第一浴 1004 包含处于第一单体溶液中的溶剂（例如 mDP），并至少包含纳米颗粒 906。浴 1004 中也可包括其它组分，以使得工艺增强或以其它方式对工艺产生影响。通常，将溶剂至少部分吸收在支撑层中，所述支撑层在其顶部沉积有纳米颗粒。该浴可包括装置 1006，用于增强或控制纳米颗粒在溶液中和在最终的阻挡层中的分散。装置 1006 可包括：使用超声波（或其它给予纳米颗粒振动力的机构）、热、电信号、电磁能（包括 UV、声、或无线电波）；以及向溶液中引入表面活性剂或催化剂。通常，可控制纳米颗粒的尺寸和形状以适应特定的应用，在示例性实施方式中为约 100nm 至约 250nm。理想情况下，纳米颗粒形成为“片屑”，这可增强纳米颗粒在阻挡层中的排列（例如，如图 14A 和 14B 中通常描述的平行排列）。此外，纳米颗粒也可形成为具有偶极结构，能够进一步协助纳米颗粒在阻挡层中的分散 / 排列（例如，通过向第一浴和 / 或支撑层中引入电信号）。通常，希望防止纳米颗粒在层的顶部或底部分层。

[0091] 然后，将支撑层 1002 进料通过第二浴 1008，所述第二浴 1008 在己烷或 Isopar G 的溶液中具有 TMC，但其它溶剂也在考虑之列，并认为在本发明范围内。将单体从具有单体的第一浴中引入到第二浴中，产生了聚合物阻挡层（例如聚酰胺），纳米粒子至少部分地分散在阻挡层中并固定就位。然后，可将膜（支撑层和阻挡层）直接送入额外的、传统的工艺（例如清洗、淬火等），以完成膜的制造工艺。

[0092] 现在已描述了本发明的一些说明性的实施方式，对于本领域技术人员而言应当显而易见的是，前述内容仅为说明性的，而非限制性的，仅以举例的方式表示。许多改变和其它实施方式是在本领域普通技术人员能力范围内的，并预期落入本发明的范围内。特别地，尽管本文呈现的许多实例包括方法行为或系统元件的特定组合，但应理解可将上述行为和上述元件以其它方式组合以实现相同的目的。

[0093] 此外，还应了解本发明针对本文所述的每个特征、系统、子系统或技术以及两个以上本文所述的特征、系统、子系统或技术的任何组合，若这种特征、系统、子系统和技术相互并无不一致，则认为两个以上特征、系统、子系统和 / 或技术的任何组合处于任何权利要求

中具体描述的本发明范围内。此外,仅与一个实施方式结合讨论的行为、元件和特征并非旨在从其它实施方式中的类似作用中排除。

[0094] 此外,本领域技术人员应了解本文所述的参数和构造为示例性的,实际的参数和/或构造将取决于使用本发明的系统和技术的特定应用。本领域技术人员在仅仅使用常规实验的情况下,也应认识到或能够确定本发明的特定实施方式的等同物。因此应理解,本文所述的实施方式仅以举例的方式呈现,可以以不同于具体描述的方式实施本发明。

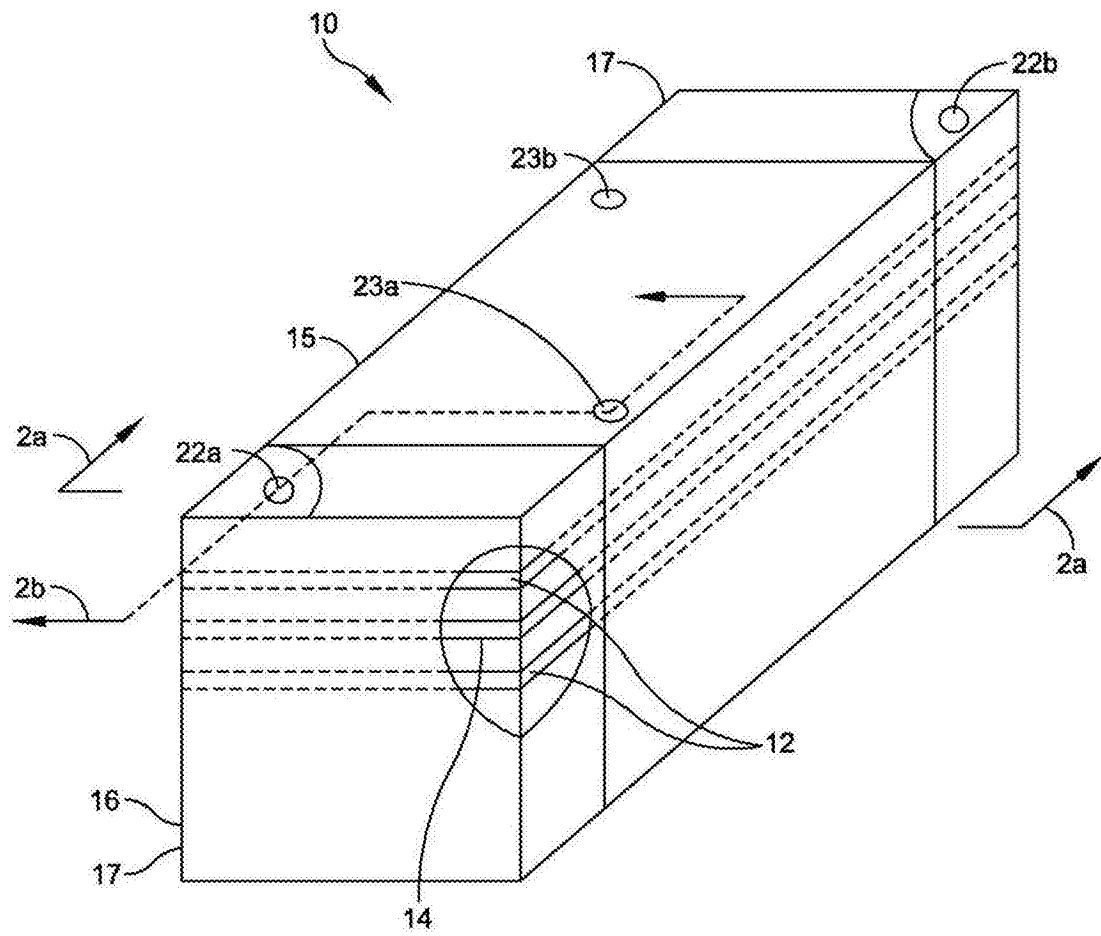


图 1

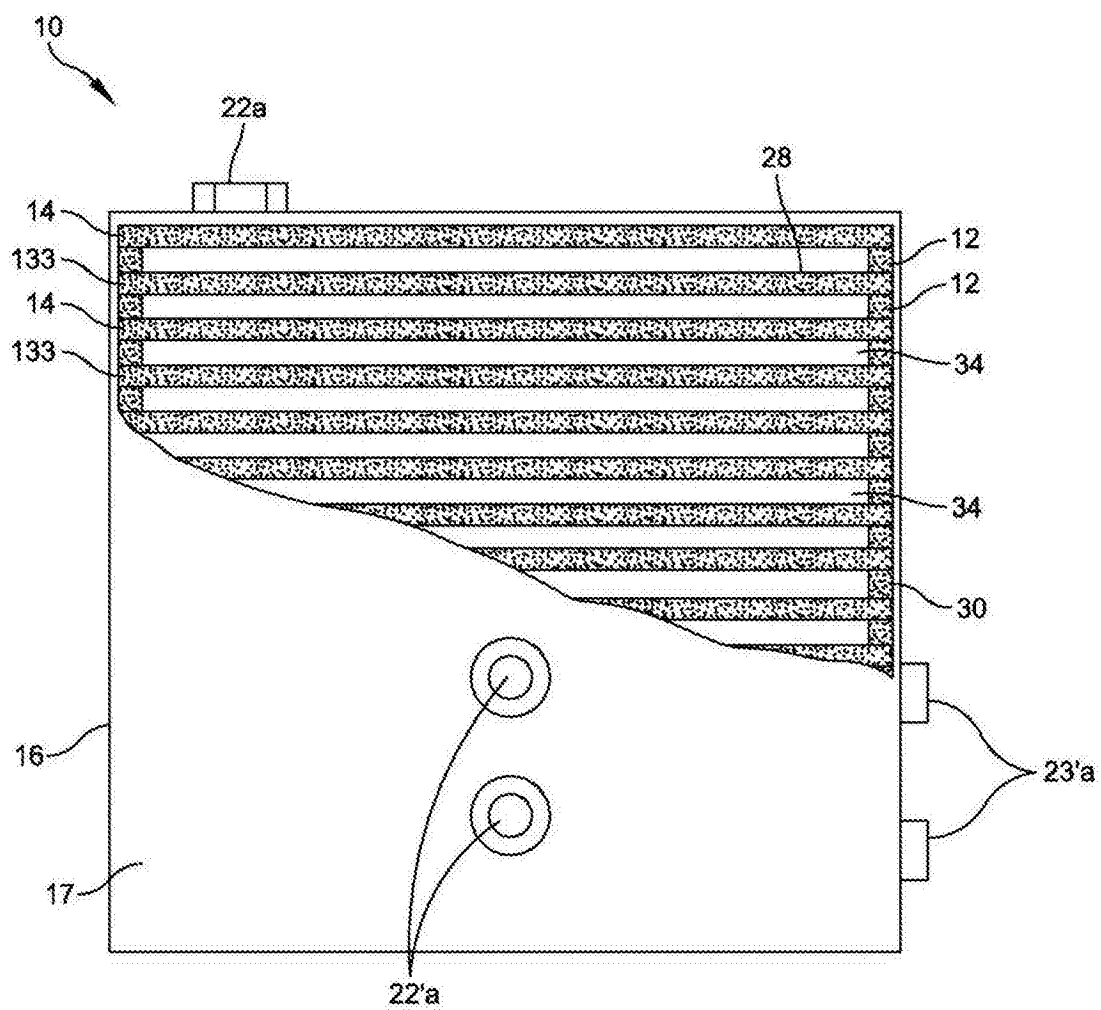


图 2A

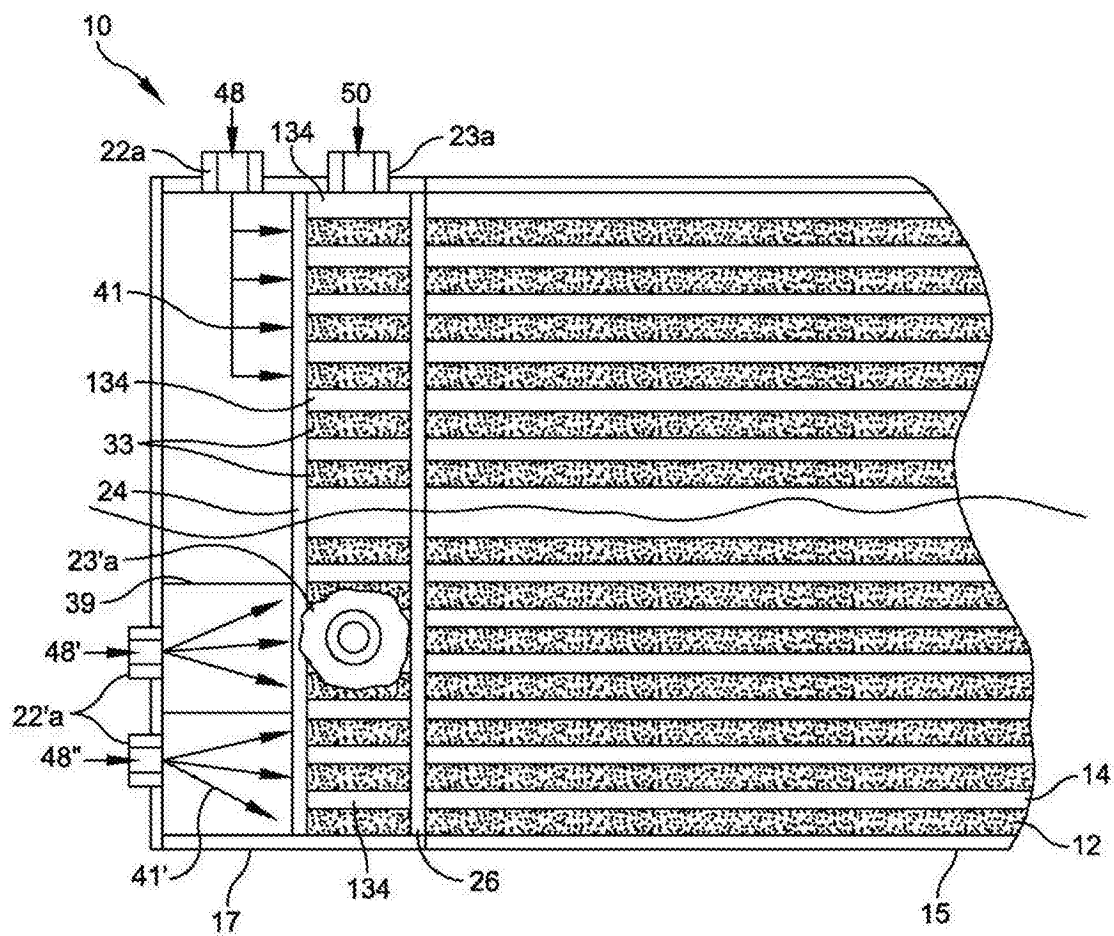


图 2B

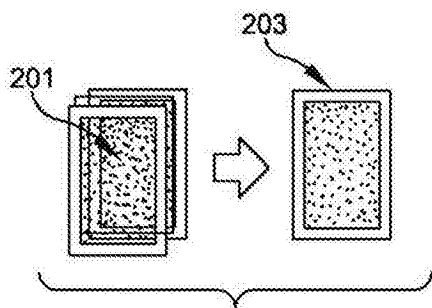


图 3A

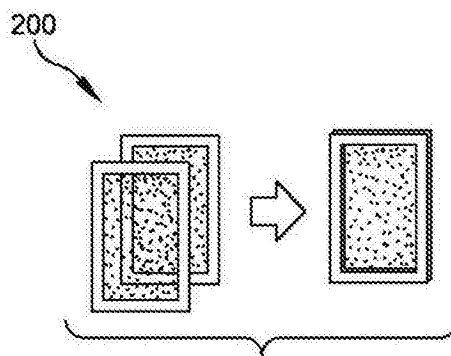


图 3B

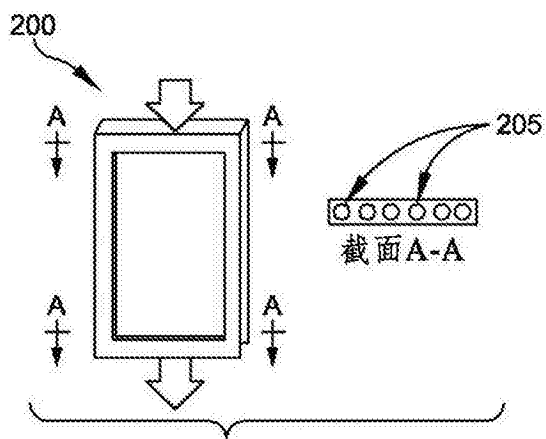


图 3C

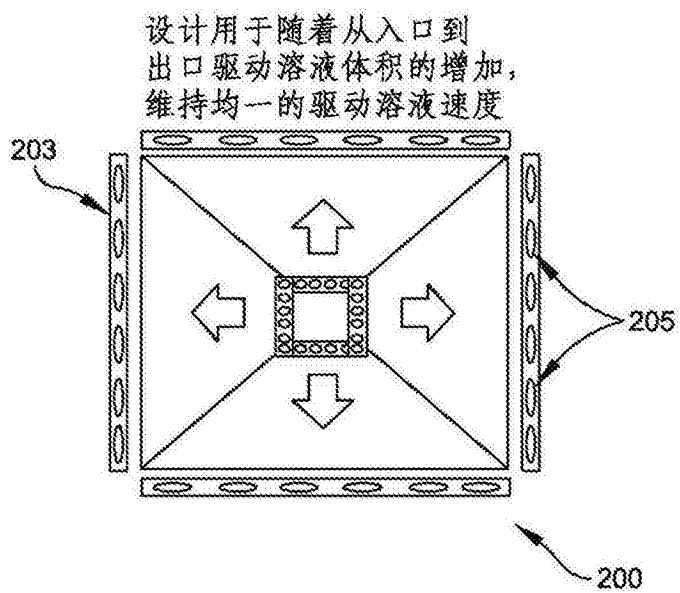


图 3D

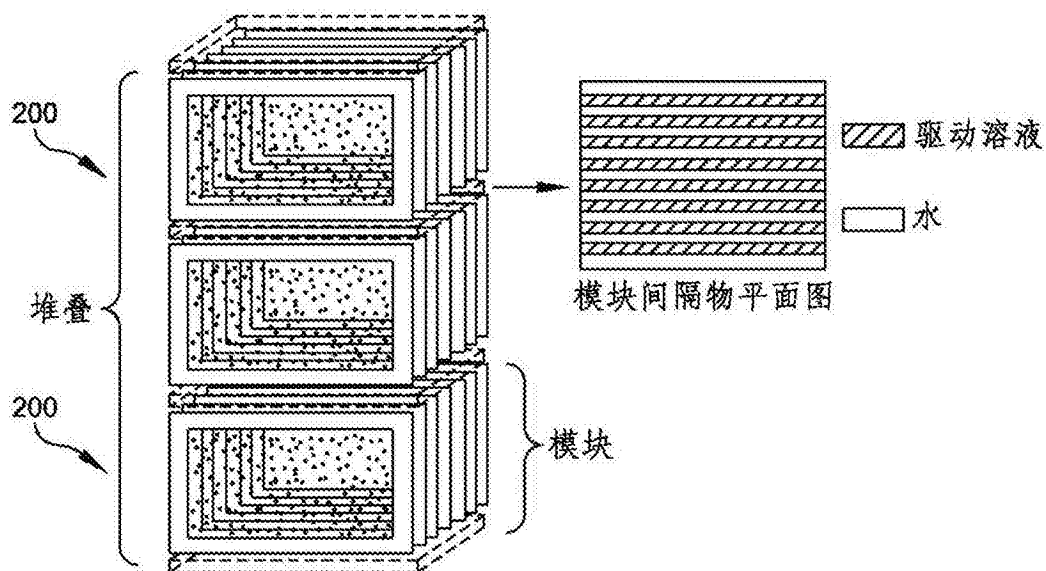


图 4

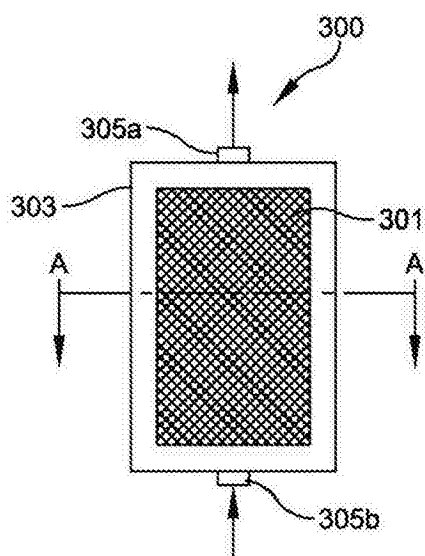


图 5

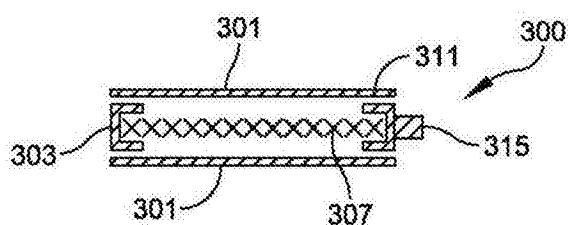


图 5A

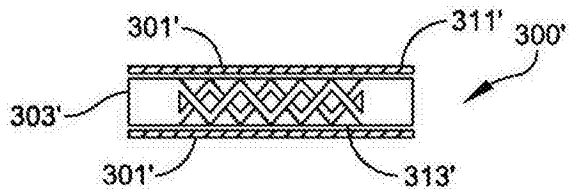


图 5B

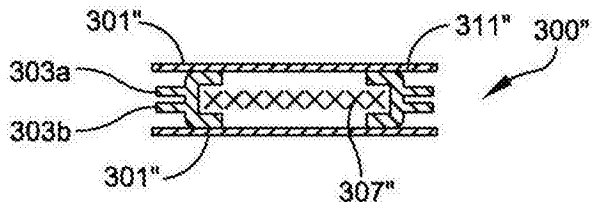


图 5C

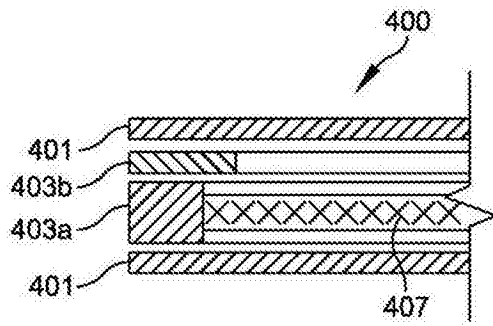


图 6A

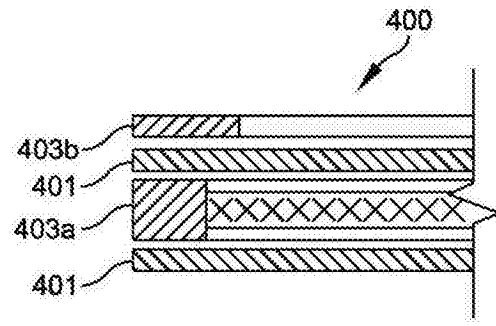


图 6B

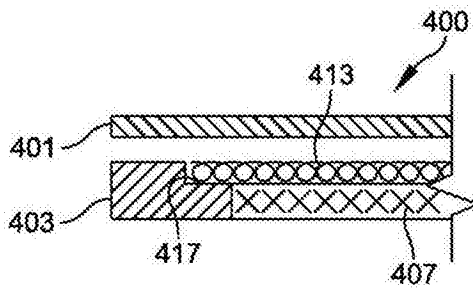


图 6C

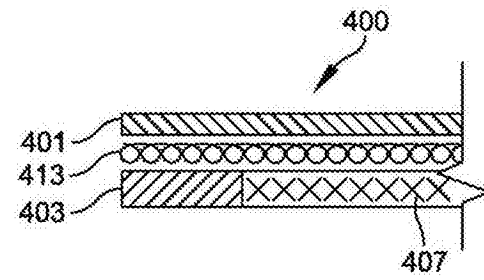


图 6D

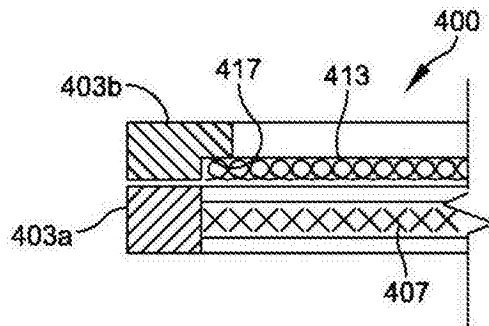


图 6E

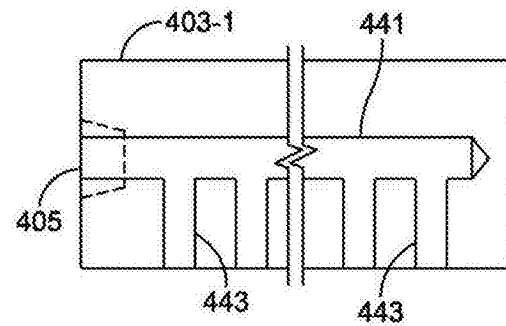


图 6F

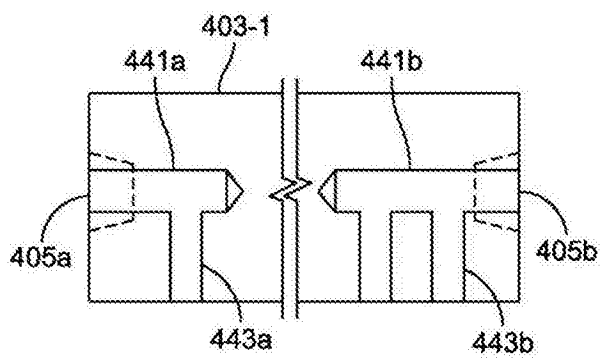


图 6G

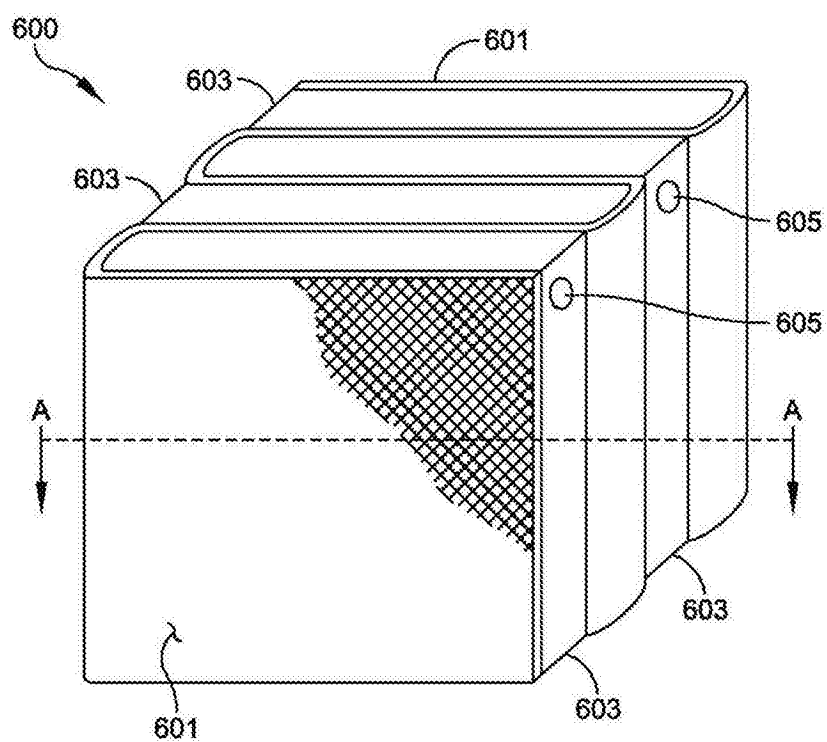


图 8

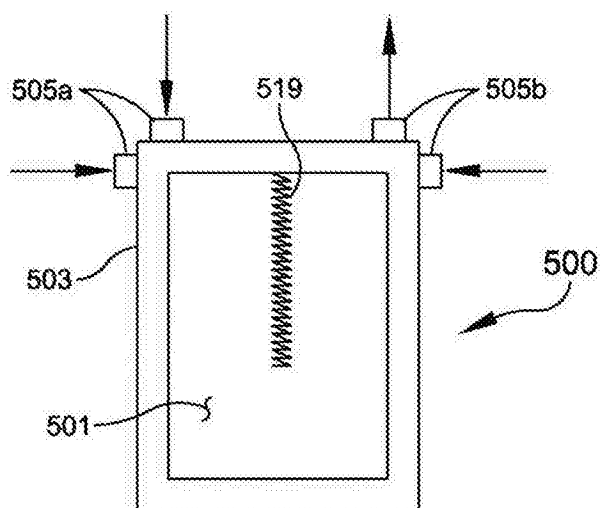


图 7

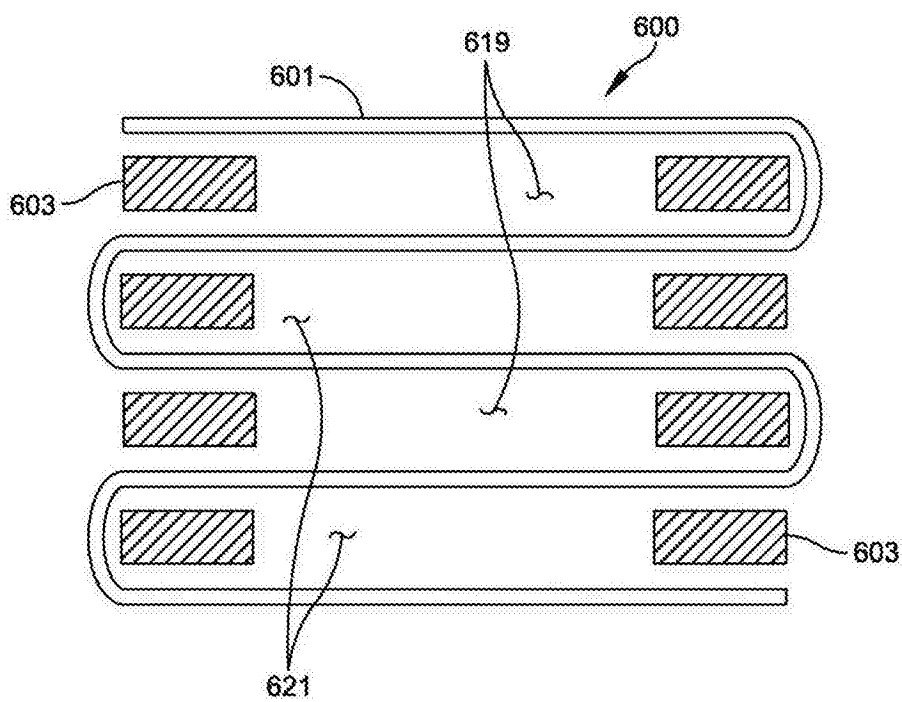


图 8A

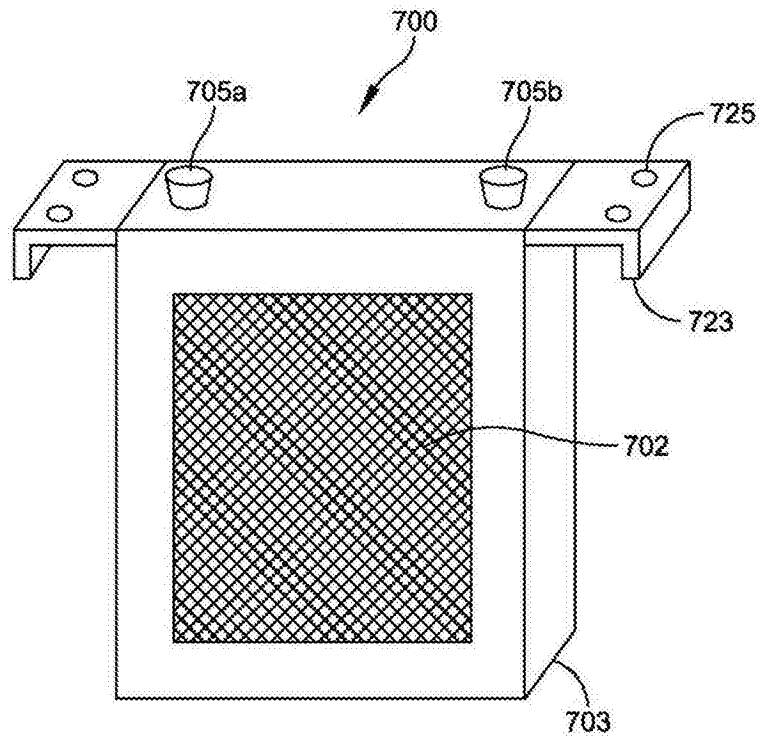


图 9

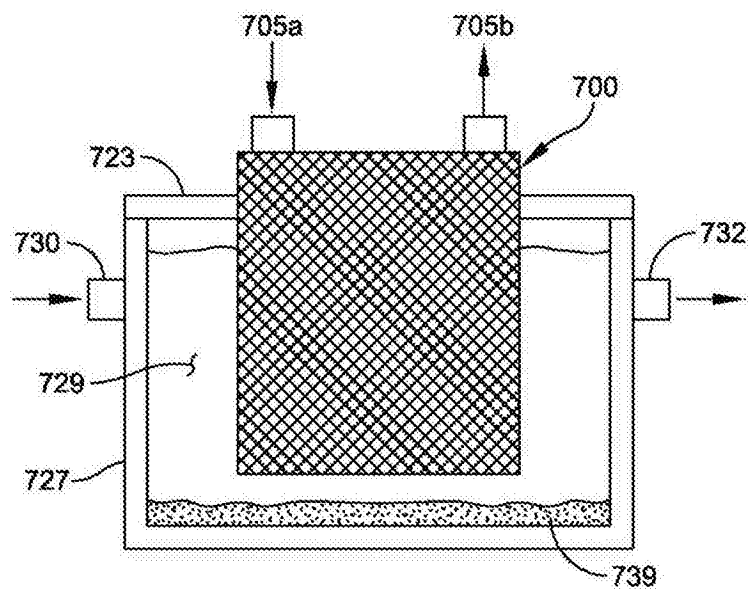


图 10

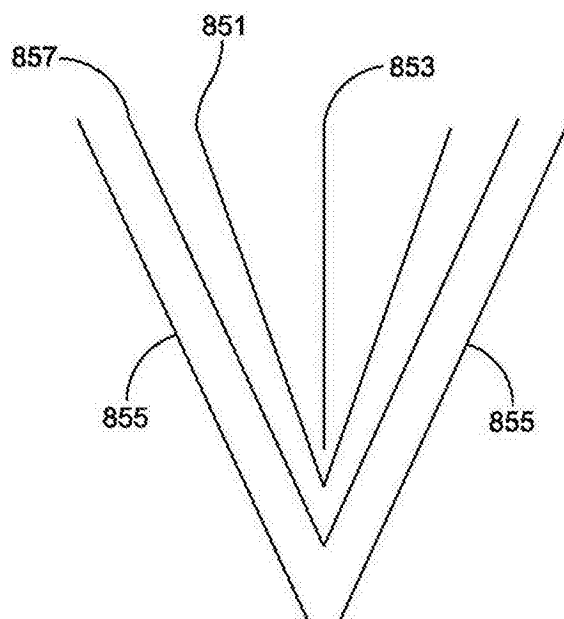


图 11A

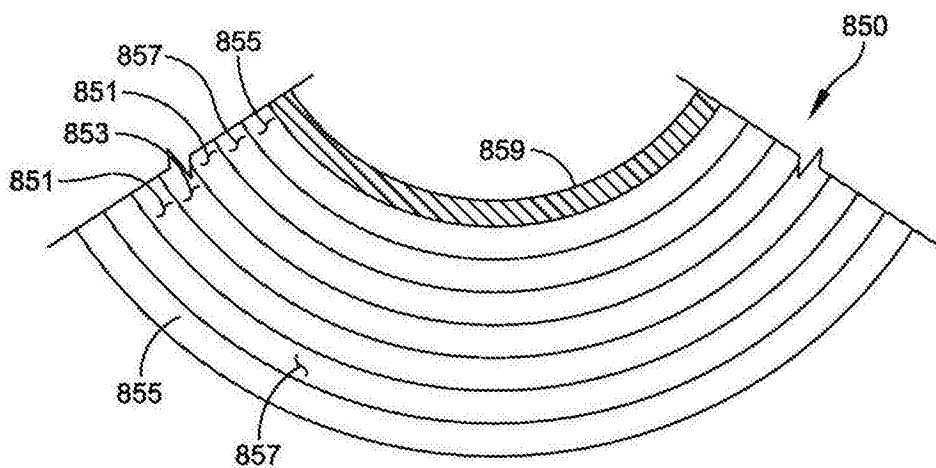


图 11B

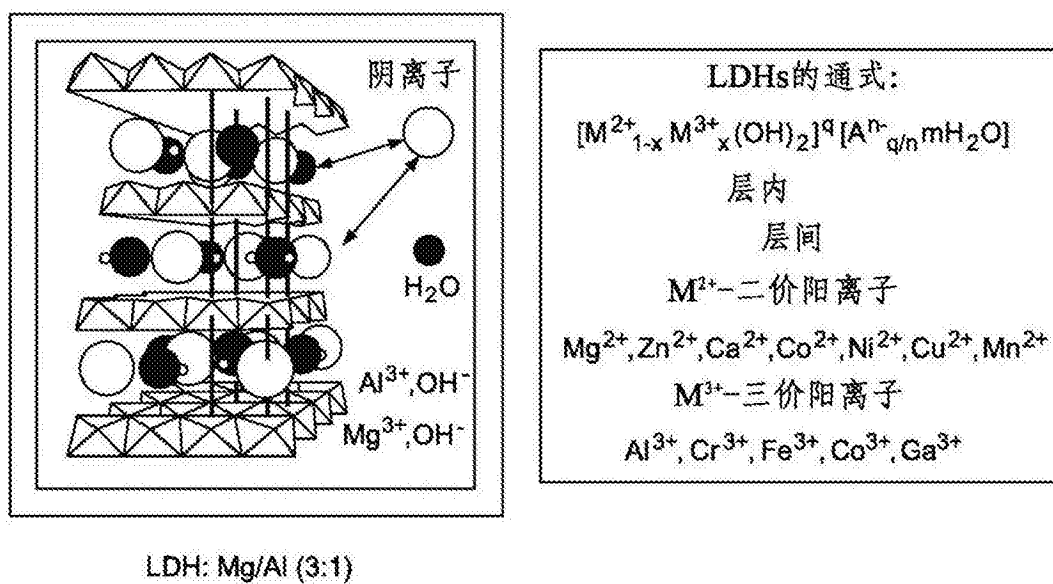


图 12

不具有纳米颗粒的聚酰胺薄层

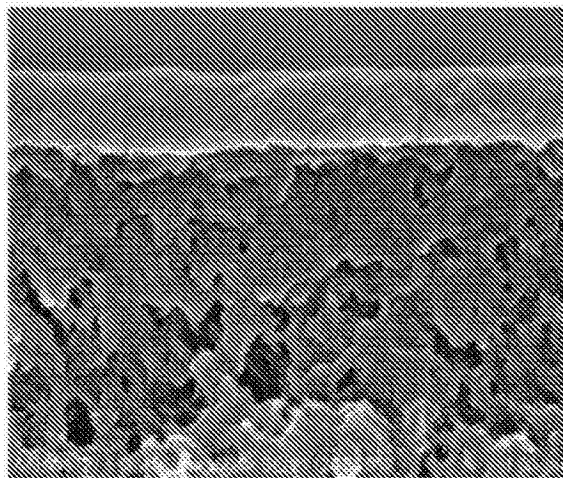


图 13A

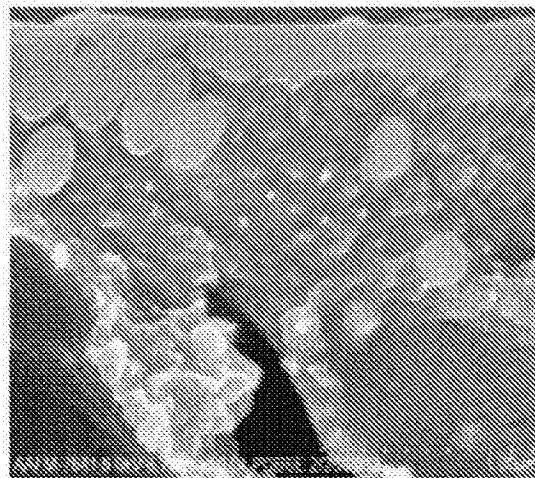
具有纳米颗粒Mg/Al (3:1)
LDH的聚酰胺薄层

图 13B

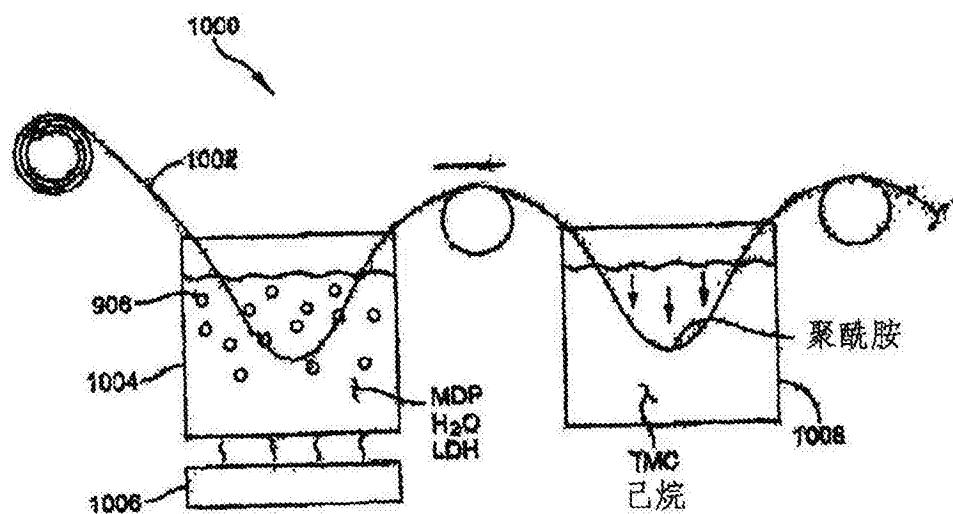


图 15