



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104254388 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 24

(21) 申请号 201380018165. 5

B01D 63/08(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 03. 22

B01D 65/08(2006. 01)

B01D 69/06(2006. 01)

(30) 优先权数据

61/617, 264 2012. 03. 29 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2014. 09. 29

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/033403 2013. 03. 22

(87) PCT国际申请的公布数据

W02013/151799 EN 2013. 10. 10

(73) 专利权人 洛克希德马丁公司

地址 美国马里兰州

(72) 发明人 肖恩·P·弗莱明

(74) 专利代理机构 北京英赛嘉华知识产权代理

有限责任公司 11204

代理人 余滕 杨莘

(56) 对比文件

WO 2011/063458 A1, 2011. 06. 03,

CA 2411935 A1, 2002. 12. 05,

CN 101108194 A, 2008. 01. 23,

US 2012/0048804 A1, 2012. 03. 01,

审查员 谭小敏

(51) Int. Cl.

B01D 61/02(2006. 01)

B01D 61/12(2006. 01)

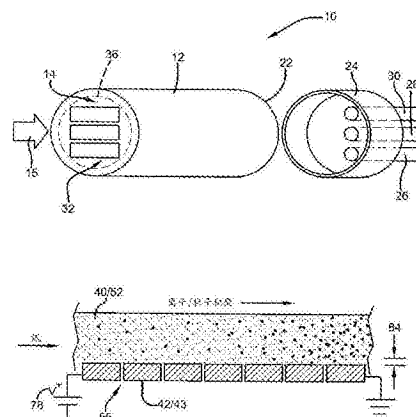
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

用于过滤和选择性分离和回收装置的可调谐
分层石墨烯膜配置

(57) 摘要

一种用于过滤或选择性流体分离和回收装置的可调谐膜配置 (10) 包括外壳 (12), 外壳 (12) 具有位于一端处的入口和位于相对端处的出口, 并具有从入口向出口延伸的开口。内部支撑结构保持在开口中, 包括石墨烯膜 (42/43) 的分层过滤介质由内部支撑结构承载, 介质将在入口处接纳的给送物分离成至少三个分离的输出流 (26、28、30)。能够通过电荷控制 (78) 来控制浓度极化 (84) 和孔隙尺寸 (55)。



1. 一种过滤或选择性流体分离和回收装置,包括:
外壳,在一端具有入口并且在相对端处具有出口,所述外壳具有从所述入口向所述出口延伸的开口;
内部支撑结构,保持在所述开口中;
可调谐膜配置,所述可调谐膜配置包括:
分层过滤介质,由所述内部支撑结构承载,用于将在所述入口处接纳的给送物分离成至少三个分离的输出流路径;其中所述分层过滤介质包括:
至少三个流通道;以及
至少两个不同的平面膜,与所述至少三个流通道中的两个相邻设置,其中所述至少两个不同的平面膜中的至少一个包括可电调谐的石墨烯材料;以及
可开关电压源,被配置为沿着所述可电调谐的石墨烯材料的长度供给电压。
2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述分层过滤介质还包括:
膜支撑结构,与所述平面膜中的每一个相关联并由所述内部支撑结构承载。
3. 根据权利要求2所述的装置,其中所述至少三个流通道中的一个为第一通道,所述第一通道在其每侧上具有第一平面膜中的至少一个。
4. 根据权利要求3所述的装置,其中所述至少三个输出流路径中的一个为第二通道,所述第二通道在一侧上具有所述膜支撑结构并且在相对侧上具有第二平面膜。
5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述至少三个输出流路径中的一个为第三通道,所述第三通道在其两侧上都具有所述膜支撑结构。
6. 根据权利要求1所述的装置,其中所述可电调谐的石墨烯材料为有孔石墨烯材料。
7. 根据权利要求6所述的装置,其中所述平面膜被功能化。
8. 根据权利要求6所述的装置,其中所述平面膜被间歇地充电以破坏所述膜表面处的浓差极化效应。
9. 根据权利要求1所述的装置,其中所述分层过滤介质包括由有孔石墨烯构成的平面膜,并且其中所述平面膜被配置为用于多个渐进选择性过滤阶段。
10. 根据权利要求1所述的装置,其中所述分层过滤介质包括由有孔石墨烯构成的平面膜,并且其中所述平面膜被配置为用于多个相同选择度过滤阶段。
11. 根据权利要求9所述的装置,其中压力和浓差极化在多个渐进选择性过滤阶段中的每一个处减少。
12. 根据权利要求1所述的装置,其中所述分层过滤介质被配置成平面、管状或螺旋缠绕配置。
13. 根据权利要求1所述的装置,其中所述可电调谐的石墨烯材料具有0.3nm至5nm的厚度。
14. 根据权利要求1所述的装置,其中所述分层过滤介质阻挡尺寸为5nm至100nm的颗粒。
15. 根据权利要求1所述的装置,其中所述分层过滤介质阻挡尺寸大于1nm的颗粒。
16. 根据权利要求1所述的装置,其中所述至少两个不同的平面膜中的第一平面膜阻挡尺寸为5nm至100nm的颗粒,所述至少两个不同的平面膜中的第二平面膜阻挡尺寸大于1nm的颗粒。

17. 根据权利要求16所述的装置, 其中穿过所述第一平面膜的渗透物可从所述外壳回收。

18. 根据权利要求7所述的装置, 其中所述平面膜在孔洞外围处功能化。

19. 根据权利要求1所述的装置, 其中所述平面膜中的任何一个都不与所述外壳直接接触。

20. 可调谐膜配置, 包括

分层过滤介质, 用于将给送物分离成至少三个分离的输出流路径; 其中所述分层过滤介质包括:

至少三个流通道; 以及

至少两个不同的平面膜, 与所述至少三个流通道中的两个相邻设置, 其中所述至少两个不同的平面膜中的至少一个包括可电调谐的石墨烯材料; 以及

可开关电压源, 被配置为沿着所述可电调谐的石墨烯材料的长度供给电压。

21. 根据权利要求20所述的可调谐膜配置, 其中所述分层过滤介质还包括:

膜支撑结构, 与所述平面膜中的每一个关联。

22. 根据权利要求21所述的可调谐膜配置, 其中所述至少三个流通道中的一个为第一通道, 所述第一通道在其每侧上具有第一平面膜中的至少一个。

23. 根据权利要求22所述的可调谐膜配置, 其中所述至少三个输出流路径中的一个为第二通道, 所述第二通道在一侧上具有所述膜支撑结构并且在相对侧上具有第二平面膜。

24. 根据权利要求23所述的可调谐膜配置, 其中所述至少三个输出流路径中的一个为第三通道, 所述第三通道在其两侧上都具有所述膜支撑结构。

25. 根据权利要求20所述的可调谐膜配置, 其中所述可电调谐的石墨烯材料是有孔石墨烯材料。

26. 一种过滤方法, 包括:

提供过滤装置, 所述过滤装置包括:

外壳, 在一端具有入口并且在相对端处具有出口, 所述外壳具有从所述入口向所述出口延伸的开口;

内部支撑结构, 保持在所述开口中; 以及

可调谐膜配置, 所述可调谐膜配置包括:

分层过滤介质, 由所述内部支撑结构承载; 其中所述分层过滤介质包括:

至少三个流通道; 以及

至少两个不同的平面膜, 与所述至少三个流通道中的两个相邻设置, 其中所述至少两个不同的平面膜中的至少一个包括可电调谐的石墨烯材料; 以及

向所述入口引入给送物以通过所述分层过滤介质分离成至少三个分离的输出流路径;

沿着所述可电调谐的石墨烯材料的长度施加电压。

用于过滤和选择性分离和回收装置的可调谐分层石墨烯膜配置

[0001] 本申请要求于2012年3月29日提交的第61/617,264号美国临时申请的优先权,该美国临时申请通过引用并入本文。

技术领域

[0002] 一般地,本发明涉及用于过滤和选择性流体分离和回收装置的膜配置设计。具体地,本发明涉及用于过滤或选择性流体分离和回收装置的分层膜配置。更具体地,本发明涉及包括至少一个高通量、高选择性膜的材料的分层配置。这些层可布置为平面、螺旋缠绕、或闭端流或交叉流中的其他替代的多路通道配置中。

背景技术

[0003] 目前,淡化水的将近一半的线上能力通过反渗透过滤处理来实现。反渗透的市场份额不断增长,但是目前反渗透技术仍然是资本和能源密集型的,并且产品的设计和性能受到目前的聚合物过滤膜的限制。目前对于聚合物过滤的行业标准是八英寸直径乘以四十英寸长度的螺旋缠绕膜,其具有400至440平方英尺的有效膜面积。这些装置在渗透率上收到限制,这转而限制了每单位面积的输出水或通量,并且需要增加的膜面积和操作压力。这些高的膜面积要求和操作压力是膜阻力(即渗透性)以及浓差极化、结垢、污染等的结果。因此,需要频繁地清洁并且最终更换这些过滤装置。与通量和相关膜面积要求有关的限制导致显著的资本成本。对高操作压力装置的需求增加了操作过滤装置所需的能量,并且进一步导致由污染和压缩引起的膜的劣化,这也增加了操作成本。

[0004] 目前用于反渗透的过滤装置利用八英寸直径乘四十英寸长度的螺旋缠绕设计。过滤介质中有二十至三四个膜叶,膜叶提供活性膜面积以最大程度地过滤输出。尽管已经对过滤介质进行了改善,但是这些仅是渐进性改善并且没有解决关于有限的通量吞吐率提出的问题或满足对高操作压力的要求。

[0005] 过滤和/或脱盐的反渗透方法采用利用聚酰亚胺组分的活性过滤层。该技术利用溶液扩散来将进给材料分离成浓缩物和渗透物。在反渗透技术中,易受污染、结垢和压缩的影响。这些材料也具有有限的化学和生物抗性以及有限的清洁方法,这转而涉及对频繁更换过滤装置的需要。

[0006] 为了保护膜材料,在脱盐之前需要具有鲁棒性的化学调节和预处理作为前端阶段。预处理是资本密集型的并且需要工厂空间、设备、能量和化学品。当前的预处理方法包括传统的过滤和膜过滤。传统的过滤类型包括筒式过滤和介质过滤,例如絮凝、沉积、溶气浮选、硅藻土、颗粒介质、压力过滤器和重力滤器。膜过滤包括浸没式微过滤/超过滤和增压式微过滤/超过滤。

[0007] 此外,在一些装置中目前状态的反渗透膜需要多个后处理阶段以实现期望的产物水。这些附加阶段需要附加的工厂空间和能量消耗。

[0008] 因此,在本领域对于过滤装置有必要提供改善的流动特性、减小的尺寸和重量以

及增加的使用寿命同时降低或整合对大量预处理和后处理的需要。

发明内容

[0009] 根据以上所述,本发明的第一方面提供一种用于过滤和选择性分离和回收装置的可调谐的分层膜配置。

[0010] 本发明的另一方面提供用于过滤或选择性流体分离和回收装置的可调谐的膜配置,其包括外壳,其中该外壳具有位于一端的入口和位于相对端的出口,并具有从入口向出口延伸的开口;保持在开口中的内部支撑结构以及由内部支撑结构承载的分层过滤介质,介质将在入口处接纳的给送物分离成至少三个分离的输出流。

[0011] 本发明的又一方面提供一种根据以上所述的装置,其中过滤介质包括至少三个流通道,并且至少两个不同的平面膜与至少三个通道中的两个相邻设置,膜具有不同的可调谐的选择性,产生有效的孔隙率,以将给送物过滤成至少两种排出物/渗透物。

[0012] 上述实施方式的另一方面提供该装置,其中过滤介质还包括与每个膜相关并由内部支撑结构承载的膜支撑结构。

[0013] 上述实施方式的另一方面提供该装置,其中至少三个通道中的一个是第一通道,该第一通道在其每侧上具有至少一个第一平面膜。

[0014] 上述实施方式的又一方面提供该装置,其中至少三个通道中的一个第二通道,第二通道在一侧上具有膜支撑结构并且在相对侧上具有第二平面膜。

[0015] 上述实施方式的另一方面提供该装置,其中至少三个通道中的一个第三通道,该第三通道在其两侧上具有膜支撑结构。

[0016] 上述实施方式的另一方面提供该装置,其中平面膜由有孔石墨烯材料构成。

[0017] 上述实施方式的又一方面提供该装置,其中平面膜可通过电荷或功能化调谐以获得增加的选择性通孔尺寸或电荷特性,或者提供能够承载电荷的平面膜,该平面膜以这种方式被控制以破坏膜表面处的浓差极化效应,或者提供平面膜中的一个,用于通过孔隙控制和电荷的结合使用选择性分离或回收给送物中的特定目标。

[0018] 选择性分离实施方式的又一方面提供结合的孔隙控制和电荷以创建有效的孔隙率以用于增加的给送物中的带电粒子的阻隔选择性。

[0019] 上述第一实施方式的另一方面提供过滤介质,其包括由有孔石墨烯构成的平面膜,并且其中平面膜被配置成在单个装置中包括微过滤/超过滤和纳米过滤/反渗透的过滤的多个阶段,或者具有更多选择带的过滤的一个类型的多个阶段。

[0020] 上述第一实施方式的另一方面提供过滤介质,其包括由有孔石墨烯构成的平面膜,并且其中平面膜被配置成反渗透脱盐的多个阶段以在单个装置中使用具有相同选择性的膜实现产物水质量。

[0021] 上述第一实施方式的又一方面是过滤介质,其包括由有孔石墨烯构成的平面膜,并且其中平面膜被配置成反渗透脱盐的逐步选择阶段以降低每个递增步骤的压力和膜表面处相应的浓差极化。

[0022] 上述第一实施方式的再一方面提供过滤介质,其包括由有孔石墨烯构成的平面,并且其中平面膜被配置成选择性分离和回收一个或多个渗透流中的目标粒子、溶质或分析物。

[0023] 上述第一实施方式的又一方面提供分层过滤介质,其能够被配置成平面、管状或螺旋缠绕配置。

附图说明

[0024] 参考以下描述、所附权利要求以及附图,本发明的这些及其他特征和优点将被更好地理解,附图都不是按比例示出的,在附图中:

[0025] 图1是根据本发明构思的过滤装置的右侧放大立体示意图;

[0026] 图2是根据本发明构思的过滤装置的左侧放大立体示意图;

[0027] 图3是示出了根据本发明构思的过滤介质的过滤装置的横截面示意图;

[0028] 图4是示出了位于过滤介质中的、在表面上出现浓差极化的膜的横截面示意图;

[0029] 图5是示出了连接至破坏用于带电粒子的浓差极化的边界层的外加电压源的膜的横截面示意图;以及

[0030] 图6是示出了连接至外加电压源的膜结合调整后的用于带电粒子的高通量、高选择性过滤的膜孔尺寸的横截面示意图。

具体实施方式

[0031] 现在参照图1和图2,可以看到过滤装置大体上由数字10表示。图1示出了过滤装置入口侧的一般立体横截面视图,同时图2示出了过滤装置出口侧的一般立体横截面视图。装置10包括外壳12,外壳12可具有如图所示的圆柱形结构,但是根据最终用途应用其他形状被认为是可能的。在任何情况下,外壳12包括入口14,其接纳用于过滤或选择性分离和回收的给水15或其他流体。尽管在本说明书中使用术语给送物(feed),将要理解提供给过滤装置的给送物或流体材料可能不包括水。如本文所使用的,给送物是指包括提供给过滤装置用于进行分离和去除的组分的介质。

[0032] 附接至入口的是入口盖16,入口盖16设置有允许将给送物引导至外壳之内的给送物管18。本领域技术人员将要理解,如将要描述的,入口盖16将接收的给送物15引导至多个进给通道之内。在一些实施方式中,盖16可具有将给送物引导至进给通道之内的导管。在其他实施方式中,进给通道可由无孔表面包围从而给送物被引导至进给通道中。

[0033] 出口22设置在外壳12的相对端并设置有出口盖24。出口盖24包括至少两个排尿管、渗透管和浓缩管。在另一实施方式中,出口盖包括渗透管26、中间渗透管28和浓缩管30。这些管、出口流或导管基于给送物后过滤之后的属性引导过滤的给送物,以供进一步使用。出口盖24被配置成保持渗透物、中间渗透物和浓缩物彼此分离。将要理解,浓缩物也可被称作渗透物。

[0034] 根据本申请,给送物的任何过滤可包括用于恢复的目标产物或用于去除的目标杂质或污染物。如果仅期望一个目标浓缩物,渗透物流可结合起来进行处理或分别处理。可期望回收中间产物,如贵金属回收,其中中间阶段为产物并且所有其他阶段被收集以用于处理或再使用。在水回收应用中,通常,最后的分离产生滤液并且其他阶段将被浓缩以进行处理。如将要讨论的,膜和出口管的分层可针对任何期望数量的浓缩物流和渗透物流进行调节。

[0035] 现在参照图1至3,外壳12包括沿着其整个长度延伸的开口32。保持在外壳12之内

的是内部支撑结构34,内部支撑结构34其包括各个突出部、台阶或其他结构特征以支撑大体上由数字36标示的过滤介质。其他封装布置是可能的,包括螺旋缠绕或管状配置。

[0036] 过滤介质36包括平面分层配置,该平面分层配置包括至少一个进给通道40、至少一个高通量第一膜42、至少一个高通量第二膜43、至少一个膜多孔支撑结构44、至少一个第一渗透间隔件52和至少一个第二渗透间隔件54。字母数字标示FC(进给通道40)、M1(第一膜42)、M2(第二膜42)、SS(支撑结构44)、PS1(渗透间隔件52)、PS2(渗透间隔件54)设置在图3中以提供关于每个层的清楚的标示。将要理解,为了清楚起见,尽管过滤介质的各个层显示为略微间隔开来,在实践中,各个相邻层将处于彼此接触的状态,膜、进给通道、和渗透间隔件之间适当密封以在渗透物和浓缩物之间提供分离的输出流路径。还应理解,膜和膜多孔支撑结构可以是单个复合膜。可根据给送物中的组分以及如何使这些组分可以最好地、彼此有效地分离或过滤来使用上述部件的不同的位置布置。如本文中所使用的,给送物可包含不期望的成分,如钠、氯、盐、毒素、病毒、细菌以及由流体介质(如溶剂或水)携带的相似尺寸的其他悬浮污染物。

[0037] 通常,给送物15由至少一个进给通道40接纳,该进给通道40将给送物输送至由支撑结构44支撑的高通量膜42。进给通道40可包括由编织或非编织材料组成的间隔材料。进给间隔材料由聚合物材料构成,如聚丙烯、聚乙烯、聚酯、聚酰胺和/或含氟聚合物。具有期望的流体动力学属性和应用特定属性的非聚合物材料(如多孔陶瓷或多孔烧结金属),或者具有期望的流体动力学属性和应用特定属性的其他材料也可被用作进给间隔件。进给通道可具有0.02"至0.04"之间的厚度。其他实施方式可使用用于进给通道的0.02"至0.20"之间的厚度。进给通道40被配置成允许给送物从入口朝向出口流动。每个膜支撑结构包括多个孔洞48从而该结构提供最小的流动阻力。在某些封装配置中,进给间隔件可用于设置使给送物流过的通道高度。

[0038] 在本实施方式中,支撑结构由聚合物材料构成,如聚碳酸酯或聚酯,它们可根据应用结合使用以包括分层的或合成的衬垫结构。可使用具有类似结构的流体动力学属性的其他材料。孔的直径尺寸为15至200纳米之间的任何值并且可根据使用的孔洞大小彼此间隔开来,并期望使用尽可能打开的衬底材料以在充分支撑膜的同时保持期望的流动。

[0039] 事实上,可使用具有高达25%的开口区域的结构44。可使用具有其他尺寸和间隔的孔洞。

[0040] 在一些实施方式中,通道高度的尺寸可以为适应通道间隔件设计的范围以接纳机械机构57,在给送物进入高通量膜42之前,机械机构57生成流体的湍流。如果使用时,机械机构57可包括,但不限于,与进给通道40或进给间隔件相邻或成一体肋或突出。湍流也可通过电气机制生成,电气机制可包括,但不限于交流或直流电荷。

[0041] 在本实施方式中,高通量膜42和43中的每个为第8,361,321号美国专利中所述的石墨烯膜,该美国专利通过引用并入本文。石墨烯膜是单原子层厚的碳原子层,碳原子结合在一起以限定片。可被称作层或片的单个石墨烯膜的厚度约为0.2至0.3纳米(nm)。在一些实施方式中,可形成多个石墨烯层,从而具有更大的厚度并相应地具有更大的强度。随着膜的产生或形成,多个石墨烯片可设置在多个层中,并且通常被称为是少层石墨烯时。可替换地,可通过层叠或将一个石墨烯层放置在另一石墨烯层之上来实现多个石墨烯片。对于本文所公开的所有实施方式,可使用单层石墨烯或多层石墨烯层。测试表明,可能是自我粘附

的结果,多层石墨烯保持层的完整性和功能性。这提高了膜的强度并且在一些情况下改善了流动性能。相对于聚酰胺或其他聚合物材料的过滤材料,有孔石墨烯高通量吞吐率材料提供了显著提高的过滤性能。在大多数实施方式中,石墨烯膜为0.5至2纳米厚。石墨烯层的碳原子限定由六个碳原子构成的六角环形结构(苯环)的重复型式,这形成碳原子的蜂窝晶格。间隙孔由片中的每六个碳原子环结构形成,并且此间隙孔的跨度小于1纳米。事实上,本领域技术人员将理解,间隙孔被认为在其最长尺寸处具有约0.23纳米的跨度。因此,除非具有穿孔,否则间隙孔洞的尺寸和配置以及石墨烯的电子性质阻止任何分子跨过石墨烯的厚度运输。该尺寸太小而难以允许水或离子通过。

[0042] 为了形成有孔的石墨烯膜,制成一个或多个穿孔。典型的一般或标称圆形的孔或穿孔55被限定为通过石墨烯膜42。石墨烯膜43将具有在直径上比孔55小的孔56。例如,孔55可具有约1.4纳米的公称直径或具有1.2至1.6nm的直径,同时孔56可具有约0.9nm的直径或在0.8至1.2nm之间的范围。选择十分之八纳米的尺寸以阻挡通常预期在盐水或含盐的水中的最小的离子,该离子为钠离子。以类似的方式,选择1.2纳米的尺寸以阻挡如二价离子的离子,二价离子也在盐水中发现。为了适当地将给送物过滤为渗透物,给送物将被引导通过具有逐渐变小的直径的两个或两个以上的膜。在本实施方式中,第一膜将阻挡二价离子以及第二膜将阻挡一价离子。孔大体上为圆形的形状受以下事实的影响:即孔的边缘由石墨烯膜42的六边形碳环结构部分地限定。其他孔的尺寸可根据给送物的成分和该给送物期望被阻挡或过滤的成分或组分选择。因此,在一些实施方式中,孔55和56的尺寸可在0.5nm至1.2nm的尺寸范围内变化,或者在其他实施方式中在1.0nm至10nm的尺寸范围内变化。并且在其他实施方式中,孔55和56的尺寸可在10nm至100nm的范围内变化。

[0043] 石墨烯膜中的孔可通过选择性氧化制成,选择性氧化意味着在氧化剂下暴露选定的时间段。相信孔55/56还可通过激光钻孔制成。如在出版物Nano Lett. 2008年第8卷第7期的1965-1970页中所描述的,最直接的穿孔策略是在升高的温度下用氩气中的稀释氧气来处理石墨烯膜。如其中所描述的,通过在1个大气压(atm)的氩中使用350毫托的氧气在500℃的温度下-在石墨烯中将20至180nm范围中的通孔或孔洞蚀刻2个小时。该论文合理地建议孔洞的数量与石墨烯片中的缺损相关,并且孔洞的大小与停留时间相关。这被认为是在石墨烯结构中制造期望的穿孔的优选方法。该结构可以是石墨烯纳米片和石墨烯纳米带。因此,期望范围中的孔可通过较短的氧化时间形成。Kim等在“Fabrication and Characterization of Large Area, Semiconducting Nanoperforated Graphene Materials(大范围、半导化的纳米有孔石墨烯材料的制造和表征)” (Nano Letters 2010, 第10卷,第4期,2010年3月1日,第1125-1131页)中所描述的另一更相关的方法利用自组装聚合物,该自组装聚合物使用反应离子刻蚀来制造适于形成图案的掩模。A P(S-blockMMA)块状共聚物形成PMMA柱的阵列,PMMA柱的阵列在重建时形成用于RIE的通孔。孔洞的格局非常密集。孔洞的数量和尺寸通过PMMA块的分子量和P(S-MMA)中的PMMA的重量百分率控制。任一种方法都有可能产生有孔的石墨烯片。也可采用形成孔的其他方法。在本文所公开的实施方式中,将要理解的是孔的尺寸被设置为阻挡给送物的选定组分并允许其他组分通过。此外,可修改孔的边缘以帮助阻挡或通过选定的组分。

[0044] 尽管石墨烯是用作高通量膜42/43的示例性材料,但本领域技术人员将理解,其他材料如氮化硼、金属硫族化合物、硅烯和锗烯以及二硫化钼也可以提供二维薄膜,虽然这些

材料在用于过滤应用时被认为不如石墨烯理想。在任何情况下,膜42/43用于阻止给送物的不需要的组分通过,同时允许期望的组分从中通过,并相应地借助于穿过膜42/43设置的结构孔洞48穿过支撑结构44。在穿过第一支撑结构44之后,流体材料流入第一渗透物间隔件52中。位于间隔件52下面的是第二膜43,第二膜43由另一个下面的支撑结构44支撑或承载。流过下面支撑结构44的流体然后被接纳至第二渗透物间隔件54中。在本实施方式中,渗透物间隔件54的两侧都与支撑结构44相邻。该分层结构如图所示重复布置或者根据将给送物过滤成期望的浓缩物和渗透物。在本实施方式中,渗透间隔件52被构造和确定尺寸以用于压缩性负荷,该压缩性负荷的大小将与那些用于高压操作的进给间隔件42的压缩性负荷的大小基本不同。渗透间隔件的目的不同,因为其主要向膜提供结构支撑并且通常不用于产生如进给间隔件所产生的流动湍流,因此。渗透间隔件也提供用于使渗透物从膜的后侧流向共同的渗透物收集装置的导管。本领域技术人员将要理解,渗透间隔件的结构和大小可根据给送物的特性变化,因此操作压力和渗透通量率也可变化。

[0045] 在图3所示的实施方式中,最上面的膜支撑结构44支撑第一膜42。该过滤后的材料流过膜42和膜支撑结构44并由渗透间隔件52接纳。设置在间隔件52的下侧的是由另一支撑结构44支撑的另一膜43。设置在支撑结构和另一相同结构之间的是间隔件54。以间隔件54为中间组件,设置有倒序的层:第二膜43、间隔件52、支撑结构44、膜42和进给通道40。这些平面层被配置成提供期望的材料流。通过装置的流顺着外壳的长度从输入侧移动至输出侧,渗透流顺着相应的渗透通道移动,流的移动与相应的膜表面相切。如图3中所示,流动方向是进入或离开页面的方向。图3中提供的指向箭头是为了示出给送物如何从一个层流动至另一个层。

[0046] 过滤介质36被配置成优化各个层彼此之间的关系。因此,每个进给通道40具有位于其一侧上的至少一个膜,并且在某些情况下在其两侧上都具有膜。间隔件可设置在彼此相邻的膜之间。每个渗透间隔件52具有位于一侧上的支撑结构44和位于另一侧上的第一膜42。每个第二膜43具有位于一侧上的渗透间隔件52和位于另一侧上的支撑结构44。每个渗透间隔件54在其两侧上具有支撑结构44。最后,每个膜42位置在位于一侧上的支撑结构44与位于另一侧的进给通道之间。收集在渗透间隔件52中的过滤材料随后通过渗透管26流出外壳。收集在渗透间隔件54中的过滤材料随后通过渗透管28流出外壳。保持在进给间隔件中的未过滤的或被阻挡的材料通过浓缩管30流出外壳。

[0047] 本领域技术人员将会理解,通道40、间隔件52和54、以及膜42和43具有平面结构。换句话说,每个都设置有接纳进给供应和过滤的流体的宽度和长度。在本实施方式中,支撑结构44连同与其支撑的膜42是能够凭借它们由内部支撑结构34的保持而从外壳移除的。支撑结构44沿着每个侧包括设置有柄状物75的侧边缘74。每个柄状物75包括凹槽76。每个凹槽76能够可滑动地接纳在相应的脊34上。此外,每个柄状物75的下侧能够可滑动地接纳在相应的突出部35上。支撑结构44可机械固定至内部支撑结构(脊34,突出部35)以在操作期间维持压力。松开该支撑结构允许进入位于外壳内部的间隔件和膜。在其他实施方式中,结构可以是螺旋缠绕,或实现多次通过的其他几何结构。如先前所讨论的,膜42和43可以是高通量吞吐率材料。

[0048] 相邻层可特定地彼此相关。例如,第一膜42、支撑结构44、渗透间隔件52、第二膜43、另一支撑结构44、渗透间隔件54、又一支撑结构44、另一第二膜43、另一渗透间隔件52、

再一支撑结构44以及另一第一膜42可以按顺序层叠配置以形成膜叶结构。该叶结构可根据需要拆卸与更换,其中,该叶结构可具有任意数量的具有不同孔尺寸的不同的膜。相关的支撑结构可根据需要彼此固定。

[0049] 在一个实施方式中,膜是由具有多个授权的可调谐特性的有孔石墨烯材料构成,授权的可调谐特性包括通过使用各种穿孔技术的孔尺寸控制(其示例已经在上面描述)、以及电荷、电气或化学变化,如第13/422,753号美国专利申请“Functionalization of Graphene Holes for Deionization(用于去离子作用的石墨烯孔洞的功能化)”中所述,该申请通过引用并入本文。分层石墨烯基膜可利用联接至支撑多孔衬垫的大尺寸石墨烯片制成或通过沉积在多孔衬垫上的微尺寸片晶制成以在所述衬垫上有效地创建固态石墨烯过滤层。在所有情况下,石墨烯是多孔的以允许期望的流体流动。在一些情况下,生长为具有纳米级缺陷的石墨烯可能适合于某些应用。

[0050] 在一些实施方式中,开关电压供给78通过一对导体80连接至膜42和/或43,开关电压供给78保持在外壳外部但是也可以位于外壳内部。在大多数实施方式中,导体附接在各个膜42和43的在直径相对的端部处。如本领域技术人员将要理解的,向石墨烯膜42或43或具有其他电传导性的材料的膜42或43施加电压产生引起被传输或转移至给送物(尤其是给送物内的极化盐离子)的湍流的斥力。在一些实施方式中,力将在斥力和引力之间交替以产生最大湍流。该湍流有助于移动渗透物和浓缩物离开膜的表面并通过各个层。在有孔石墨烯实施方式中,该材料能够传导可被控制的电荷以破坏浓差极化,从而降低操作压力。

[0051] 如图4-6所示,当给送物流过膜并且盐被膜阻隔时,在膜表面附近形成边界层,其中,边界层中的含盐浓度超过本体溶液中的含盐浓度。盐浓度的增加被称作浓差极化。浓差极化的效果是与理论估计相比减少实际的产物水流率和盐阻隔率。如4中所示,示例性膜42/43和通道40/52与浓差极化的表示一起示出,当阻挡的离子或粒子(在图4-4中标记为“离子/粒子积聚”并示意性表示为点)在孔55附近积累并且朝向流动区域的后方积累时出现浓差极化。如果层84留在原处,则可有效地阻挡或阻塞孔。因此,如图5中所示,可连接至膜42/43中的任何一个或全部的可开关电压供给78的使用在排斥阻挡的离子并保持浓缩物和渗透物通过过滤介质流动方面是有益的。此外,由供给78提供的电荷承载能力可在至少一个层上与孔尺寸控制结合以在膜中增加盐阻隔的选择性,如图6所示。孔尺寸控制允许使用扩大的孔55',孔55'允许更高的流量通过膜同时仍充分地阻挡所关注的离子/粒子。在另一实施方式中,电荷特性可通过前面提到的第13/422,753号美国专利申请所述的化学功能化实现。在利用有孔石墨烯的水过滤应用中,分离可通过单个层实现,在单个层中阻隔控制通过孔尺寸控制或孔尺寸控制和充电特性的结合来进行调谐以获得所需的选择性。此外,如图6中所示,随着电荷的使用,可缓和浓差极化效应以破坏现有技术的聚合膜的目前状态所遭受的边界层效应。

[0052] 相对于聚酰亚胺或其他聚合物材料的过滤材料,高通量吞吐率材料提供了显著提高的过滤性能。在大多数实施方式中,石墨烯材料为0.3至5纳米厚。不考虑所使用的材料的厚度或类型,膜42和43将设置有不同的孔隙率以选择性通过和/或阻挡给送物中的组分。例如,使用分层平面设计,膜42可被配置成具有适于执行超滤作用并阻隔包括胶体、蛋白质、微生物污染物和大的有机分子的、在5-100纳米或更大范围中的粒子的孔隙率。浓缩物将由堆中的第一膜保持,同时渗透物(仍包括一价和二价盐)将传递到第二膜表面。第二高通量

膜将被配置成具有适合于盐阻隔的孔隙率,其中,该孔隙率阻隔约1纳米以上的所有盐而仅允许纯水穿过。如果期望的话,这将导致可分别获取的两个阻隔流,和用于每个膜堆的一个产物水流。该示例用于双膜堆中的两个阻隔阶段。根据需要,该堆可针对多个阻隔阶段进行扩展。如果需要的话,该构思还可用于用于精确地阻隔(提高盐阻隔,硼阻隔)并提高输出水质量的多级反渗透。此外,该构思可用于逐步选择性盐过滤,这意味着每个层都被调谐以增加盐阻隔的选择性。这允许在每个步骤中以较低的压力下实现递增的盐去除,缓和浓差极化和相关的压力低效率以及材料结构负荷。

[0053] 在另一实施方式中,可调的膜配置可用于选择性地回收所关注的粒子、溶质或分析物。物质可以以其作为产物(如贵金属)的价值为目标,或者将其分离以进行遗弃(如污染物)的重要性为目标。在这种情况下,第一膜将被调谐或确定尺寸以阻隔大于目标物质的所有物质,允许目标物质和较小的所有物质穿过。第二膜将被调谐或确定尺寸以阻挡目标物质,允许所有较小的物质穿过并选择性分离所关注的物质。再次,在有孔石墨烯的实施方式中,电荷的使用可进一步用于增加通量的选择性,在该选择性下,出现过滤或回收处理。如本文中所使用的,可调的选择性是控制特定的溶质或粒子的能力,膜通过膜孔隙控制基于实际尺寸阻隔、回收或分离该特定的溶质或粒子,并且可选地通过利用孔洞外围的材料功能化或向传导膜施加的电荷来作为补充。

[0054] 在本实施方式中,膜支撑结构44与其支撑的膜42和43一起可借助于它们由内部支撑结构34和35的支撑从外壳移除。

[0055] 过滤介质16可被配置成具有所公开的各种层和膜孔尺寸的选择以通过在每个膜中使用逐渐变小的孔尺寸在单个介质和/或具有更多选择性过滤带的一类过滤的多个阶段中提供微过滤、超过滤、纳米过滤和反渗透。在另一实施方式中,过滤介质可被配置成提供反渗透脱盐的多个状态以在使用具有相同选择性的膜的单个装置中实现产物水质量。在又一实施方式中,过滤介质可被配置成提供反渗透脱盐的逐步选择阶段以降低每个递增步骤的压力和膜表面处的相应的浓差极化。

[0056] 在过滤装置10中示出的膜配置具有几个显而易见的优点。通过利用超薄型材料或二维的材料,其在单个装置设计中提供多级过滤的整合。该设计可以是分层的平面设计、螺旋缠绕设计、或适应多次通过的其他几何结构。过滤阶段的整合降低了过滤运行需要的总体尺寸。事实上,高通量吞吐率材料(如有孔石墨烯材料)的使用允许膜体积和重量减少为五至五十分之一。过滤装置10的再一优点是,其允许多个装置根据需要连续地附接在一起以提供额外的过滤。另一个优点是可调谐的膜设计允许进给供应的“调谐(tuned)”过滤。换句话说,选择性材料可被分离以用于其期望被处理或使用的最终用途。此外,电荷的使用可与有孔石墨烯结合以在过滤或回收运行期间进一步提高选择性和通量。

[0057] 因此,可以看出已经通过上述结构及其使用实现了本发明的目标。虽然根据专利法规,仅示出和描述了最佳方式和优选实施方式,但是应理解,本发明并不限于此,或由此限制。因此,应参考权利要求来认识本发明的真正范围和宽度。

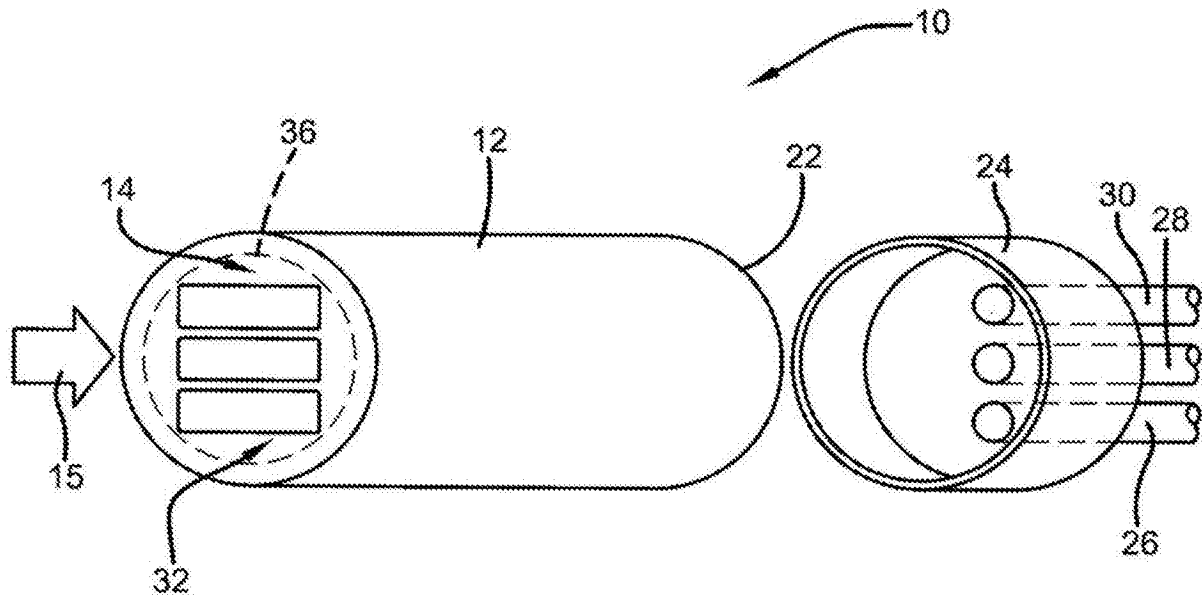


图1

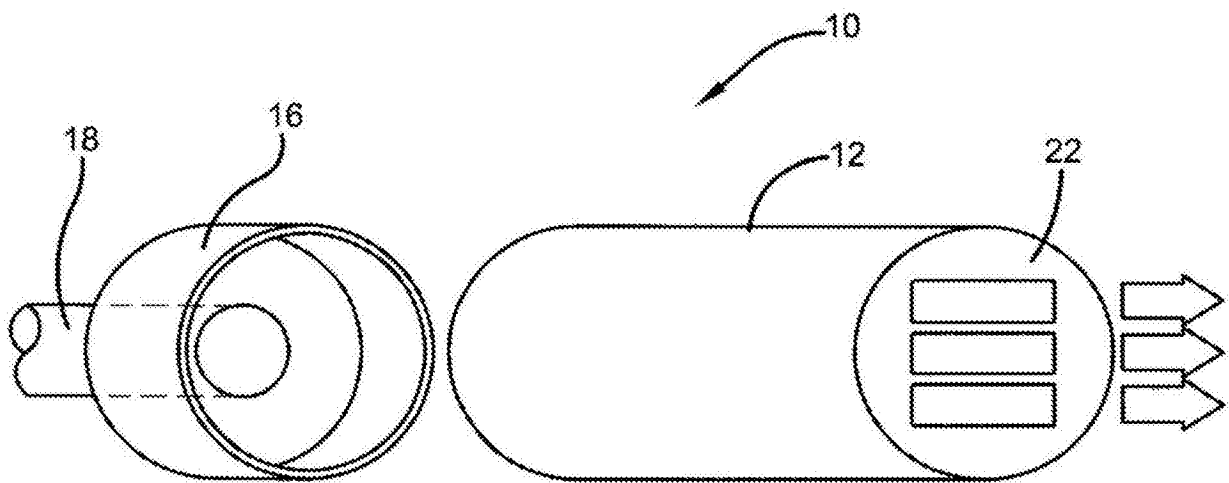


图2

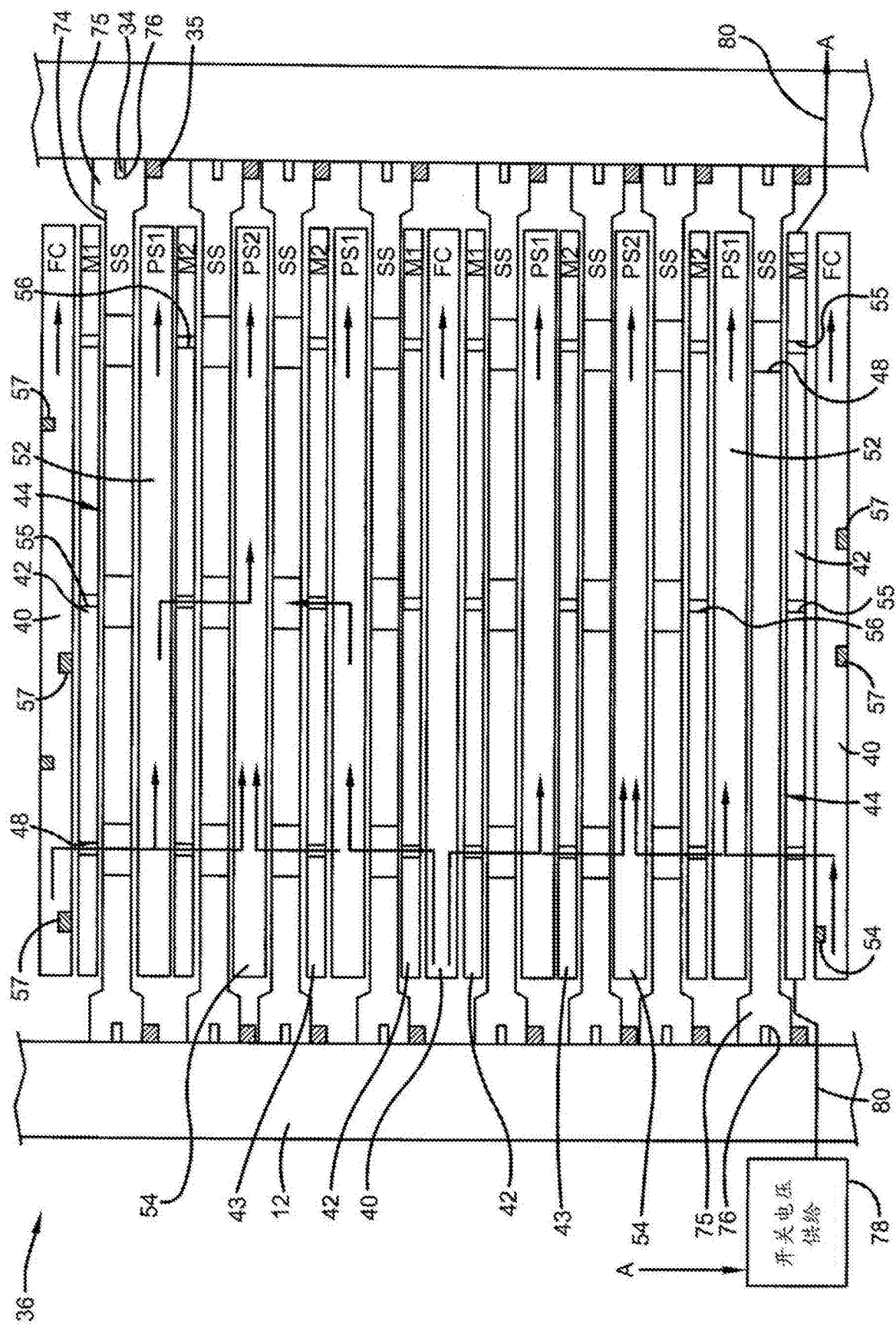


图3

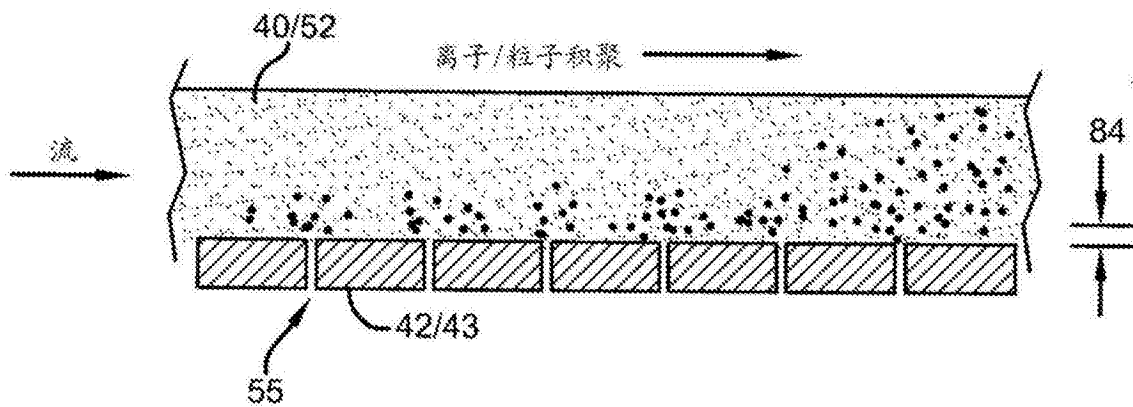


图4

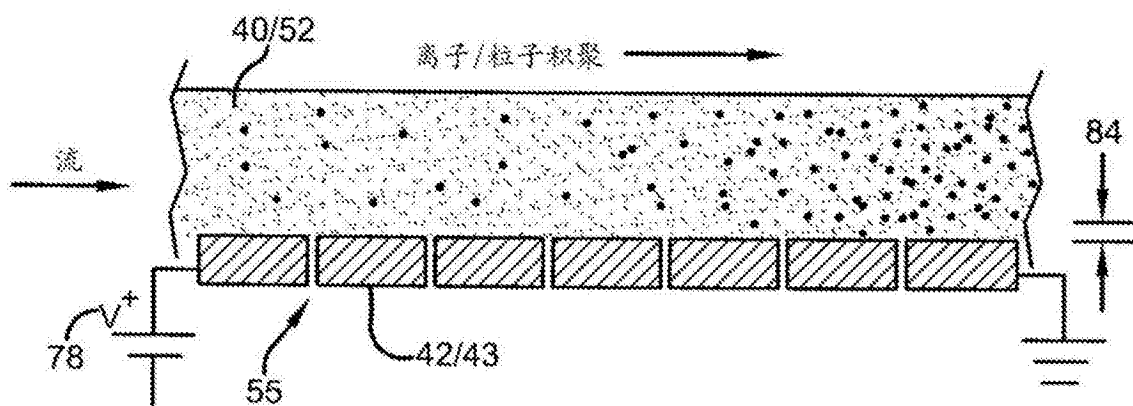


图5

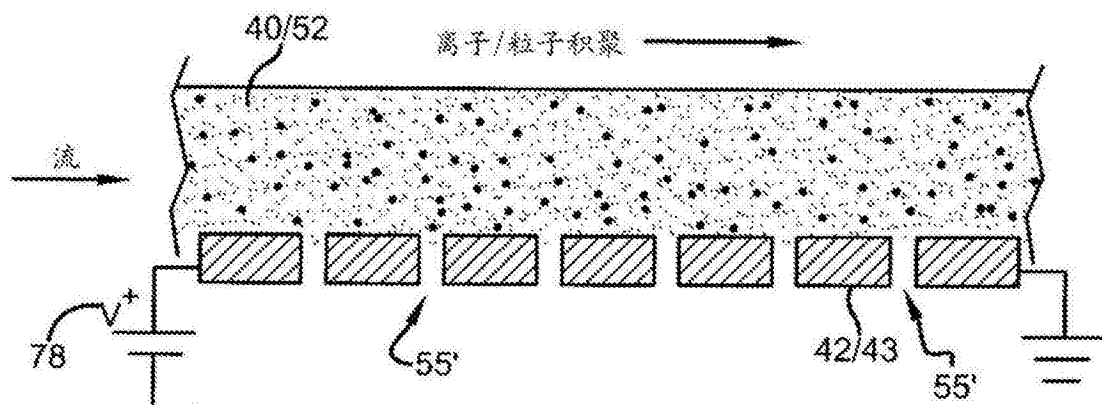


图6