

然後被加溫以供分解成甲烷及經除鹽的水。該經除鹽的水被收集，且甲烷被循環。

用於除鹽作用之蒸發及冷凝通常被認為是具能量效率的，但需要經集中之熱的來源。當大規模的操作時，用於除鹽作用之蒸發及冷凝通常是與電廠處於同位置，且容易受限於地理分布及大小。

電容去離子化作用並不被廣泛使用，這可能是因為該電容電極容易被所移除之鹽所汙染且需要頻繁的維修。必要的電壓傾向於依照各板之間隔及流速而定，且電壓可以有危害的。

逆滲透（RO）過濾器被廣泛用於水之純化。該 RO 過濾器使用多孔性或半滲透膜，其一般由纖維素乙酸酯或聚醯亞胺薄膜複合材料製成，一般具有超過 200 微米之厚度。這些材料是親水的。該膜常被螺旋纏繞成類似管的形式以方便處置且供膜支持。該膜顯現出隨機尺寸之孔分布，其中最大尺寸之孔足夠小以致允許水分子通過且不允許或阻礙離子（諸如溶於該水之鹽）通過。儘管一般 RO 膜有 1 毫米厚度，該 RO 膜之固有的隨機結構限定供水流過該膜時之長且迂曲或迂迴曲折的路徑，且這些路徑長度可以遠大於 1 毫米。該等路徑之長且隨機之構型需要大的壓力以將表面的水分子由該離子剝除，然後對抗該滲透壓力，使該水分子移動通過該膜。因此，該 RO 過濾器傾向不具有能量效率。

圖 1 是 RO 膜 10 剖面之抽象說明。在圖 1 中，膜 10

限定上游表面 12（其面向上游離子水溶液 16）及下游表面 14。在該上游面上所說明之離子被選擇為具有+電荷之鈉（Na）及具有-電荷之氯（Cl）。該鈉被說明為與四個溶劑化的水分子（H₂O）相關聯。每一水分子包括一個氧原子及二個氫原子（H）。在圖 1 之 RO 膜 10 中的水流動路線 20 之一被說明為由在該上游表面 12 上之孔 20u 延伸至在該下游表面 14 上之孔 20d。路徑 20 被說明為旋繞的，但不可能顯示該一般路徑之真實迂迴曲折的本質。並且，被說明為 20 之該路徑可被預期是與多個上游孔及多個下游孔互相連接。通過該 RO 膜 10 之路徑 20 並非僅是旋繞的，而是彼可隨著時間改變，因為某些孔被無法避免之碎片阻塞。

替代的水除鹽、去離子化或流體分離是需要。

【發明內容】

鑒於前文，本發明之第一方面是要提供有孔之石墨烯的去離子化或除鹽作用。

本發明之另一方面是要提供一種由介質分離成分之方法，其包含使具有至少一層石墨烯之主片配備多個經穿孔之孔，該孔經選擇以允許介質通過且不允許使介質中所選之成分通過；將該具有至少一層石墨烯之主片配備在主室內，該主室具有主入口、主出口及下方之主流動路徑；及加壓該介質，使之在一實質與該具有至少一層石墨烯之主片平行的路徑上，由該主入口流至該主出口，該介質流至

該具有至少一層石墨烯之主片的第一表面上，以致一部分之該介質經由該多個經穿孔之孔流至該具有至少一層石墨烯之主片的第二面，同時其餘部分之該介質及該不允許之所選成分由該主出口流出。

還有本發明之另一方面是要提供一種分離設備，其包含：至少一室，其具有入口、出口及下方流動路徑；至少一片石墨烯，其經穿孔以具有尺寸適合允許介質通過且不允許該介質中所選之成分通過的孔，該至少一片石墨烯定位在該至少一室內；及該介質之加壓源，其連接至具有該入口之該至少一室，該加壓源導引該介質，使之沿著一實質與該至少一片石墨烯平行之路徑，由該入口至該出口，該介質流至該至少一片石墨烯之第一表面上，以致一部分之該介質經由該多個經穿孔之孔，流至該至少一片石墨烯之第二面，同時其餘部分之該介質及該介質中不允許之所選成分由該出口流出。

【圖式簡單說明】

圖 1 是先前技藝之逆滲透（RO）過濾膜之概念剖面圖；

圖 2 是依照本揭示之一方面之使用有孔的石墨烯片的濾水器的概念圖；

圖 3 是可用於圖 2 之配置中的有孔石墨烯片的平面圖，其顯示該多個孔之一的形狀；

圖 4 是有孔的石墨烯片的平面視圖，其顯示 0.6 奈米

直徑之穿孔或孔及穿孔間尺寸；

圖 5 是可與圖 2 之有孔石墨烯結合使用之支撐用片的平面圖；

圖 6 是依照本揭示之各方面之使用多個有孔石墨烯片以供分離該濃縮之離子的去離子化濾水器的概念圖；

圖 7 是說明通常對應於圖 6 之配置的鉛垂配置的簡化圖示，其中該有孔的石墨烯片係經螺旋纏繞且封在圓柱體中；及

圖 8 是依照本揭示之各方面的分離設備的概念圖。

【實施方式】

圖 2 是依照本揭示之例示具體例或方面之基本的除鹽、除鹽或去離子化設備 200 的概念圖。在圖 2 中，通道 210 傳送含離子之水至安裝在支持室 214 中之過濾膜 212。該含離子之水可以是例如海水或微鹹的水。在一例示具體例中，該過濾膜 212 可用已知方式纏繞成螺旋體。流經圖 2 之通道 210 的含離子之水的流動衝力或壓力可藉由槽 216 之重力或可由泵 218 來提供。閥 236 及 238 允許含離子之水之來源的選擇。在設備或配置 200 中，過濾膜 212 是有孔的石墨烯片。石墨烯是一種單一原子層厚度之碳原子層，其結合在一起以限定片 310，如圖 3 中所說明的。單一石墨烯片之厚度約 0.2 至 0.3 奈米（nm）。多重石墨烯片可被形成以具有較大厚度及對應之較大強度。隨著石墨烯片被增大或形成，多重石墨烯片可提供於多層

中。或者，多重石墨烯片可藉由層合或定位一片在另一片上方而達成。對於本文所揭示之所有具體例而言，單一石墨烯片或多重石墨烯片可被使用。試驗揭示多重石墨烯層維持其整體性且由於自身黏合而作用。這改良該片強度且在某些情況中改良流動效能。圖 3 之石墨烯片 310 之碳原子限定由六個碳原子所構成之六角形環結構（苯環）的重複圖形，其形成碳原子之蜂巢形晶格。空隙孔 308 藉由在該片中之每六個碳原子之環結構所形成且此空隙孔少於 1 奈米寬度。事實上，熟練之技工將意識到：該空隙孔 308 之最長尺寸據相信是約 0.23 奈米寬度。因此，該孔 308 之尺寸及構型及該石墨烯之電子本質排除任何分子輸送穿過該石墨烯之厚度，除非有穿孔。此尺寸太小以致不允許水或離子之任一者通過。為要形成圖 2 之有孔的石墨烯片 212，如圖 3 中所說明之一或多個穿孔被製作。代表性之一般或標稱圓孔 312 被限定穿過該石墨烯片 310。孔 312 具有約 0.6 奈米之標稱直徑。該 0.6 奈米之尺寸被選擇以阻擋在鹽水或微鹼之水中普遍所預期之最小的離子，其為鈉離子。該孔 312 之一般圓形是受下述事實所影響：該孔之邊緣係部分地藉由該石墨烯片 310 之六角形碳環結構所限定。

孔 312 可以藉由選擇性氧化來製作，該選擇性氧化是指曝於氧化劑歷一段經選擇的時間。據相信：該孔 312 也可以是經雷射鑽孔的。如在刊物 Nano Lett 2008, Vol. 8, no.7, pg 1965-1970 中所述的，最簡單之穿孔策略是在高

溫氬氣中以稀釋之氧處理該石墨烯片。如其中所述的，在 20 至 180 奈米範圍內之通孔或洞係使用 350mTorr 之氧於 500°C 之 1 大氣壓 (atm) 的氬氣中 2 小時而在石墨烯中被蝕刻出。該論文合理地提示：洞的數目與石墨烯片中之缺陷相關且洞之尺寸與滯留時間相關。此據相信是在包含單一片或多重片之石墨烯結構中製作該所要之穿孔的較佳方法。該結構可以是石墨烯奈米薄片及石墨烯奈米帶。因此，在所要範圍內之孔可藉由較短之氧化時間來形成。如在 Kim 等人之 "Fabrication and Characterization of Large Area Semiconducting Nanoperforated Graphene Materials," Nano Letters 2010 Vol. 10, No. 4, March 1, 2010, pp 1125-1131 中所述之另一更相關之方法利用自身組合之聚合物，其產生適合於使用反應性離子蝕刻之圖形化的罩。P (S-嵌段 MMA) 嵌段共聚物形成 PMMA 管柱之陣列，其在再次發展時形成用於該 RIE 之通孔。洞之圖形是極稠密的。洞之數目及尺寸受控於該 PMMA 嵌段之分子量及在該 P (S-MMA) 中該 PMMA 之重量分率。任一方法皆可能製造一或多個有孔的石墨烯片。

如所述的，圖 3 之石墨烯片 310 具有僅單一原子之厚度。因此，該片易於可撓。該石墨烯片之撓曲可藉由將支撐用結構施加至該片 212 或藉由提供多於一個石墨烯片而改善。在圖 2 中，有孔石墨烯片 212 之支撐用結構（其也可稱為支撐用片）被說明為 220。在此具體例中之支撐用結構 220 是有孔的聚四氟乙烯片，有時已知為聚四氟乙

烷。該結構 220 也可以是有孔的聚碳酸酯膜、奈米結構碳、其他適合之聚合材料或燒結之多孔金屬。該支撐用片之厚度可以是例如 100 微米至 1 毫米 (mm)。

應注意：在圖 2 之設備或配置中，經由途徑 210 施加至該有孔的膜 212 之含離子之水的壓力可藉由來自槽 216 之重力所提供，藉此強調該設備 200 之一方面。亦即，與該 RO 膜不同地，形成該有孔之膜 212 的該有孔的石墨烯片 312 是疏水性的，且通過該穿孔（圖 3 之 312）的水不受因溼化所致之引力的阻礙。並且，如所述，經由在石墨烯片 310 中之孔 312 的流動路徑長度等於該片之厚度，其是約 0.2 至 0.3 奈米。此長度遠小於延伸經 RO 膜之隨機路徑長度。因此，需要極小壓力以提供流體流動，或相反地，在該有孔的石墨烯片 310 中在特定壓力下之流動是甚大的。此轉而可說成離子分離之低能量需求。精於此技藝者已知：在 RO 膜中驅使水對抗滲透壓力以通過該膜所需之壓力包括摩擦分力，其導致膜之加熱。因此，一些必須施加至該 RO 膜之壓力並非是要克服滲透壓力，而是變為熱。模擬的結果顯示：該有孔的石墨烯片明顯地降低所需之壓力。另外，由降低之預處理所致之能量節省及由石墨烯之化學及生物中和性所致之經降低的隨時間的堵塞也導致明顯的節省。如所述，在任一具體例中，在圖 2 之石墨烯片 212（或等於圖 3 之石墨烯片 310）或多重石墨烯片中的穿孔 312 被製成合適尺寸以不允許在該源水中所預期之最小的離子通過。因此，尺寸等於或大於該最小者的任

何離子將不會通過該有孔之石墨烯片 212，且可預期此離子會累積在該石墨烯片支持室 214 之上游面 226 中。在上游"室"226 中離子的累積在本文中被稱為"污泥"，且至終將降低水流動經過該有孔的石墨烯片 212，藉此易使其不能有效去離子化。如在圖 2 中所說明的，另外之路徑 230 連同排放閥 232 被提供，以允許該污泥清空或排放。因此，圖 2 之設備或配置 200 之操作可以是"分批"模式。該分批操作的第一模式隨著含離子之水流經路徑 210 而發生，而排放閥 232 關閉以防止流動。該含離子之水充滿該支持室 214 之上游面 226。該水分子被允許流經圖 2 之有孔石墨烯片 212 且經該支撐用片 220，至該支持室 214 之下游面 227。因此，去離子化之水累積在下游部分 227 中一段時間，且可用以經路徑 222 引流出而至捕集容器，其說明為槽 224。最終，在該支持室之上游部分 226 中離子的累積或濃縮將易於降低水流經該有孔石墨烯片 212。為要清空在該上游室中或在面 226 上所累積之濃縮的離子/水混合物，閥 232 被打開，而允許該濃縮的離子/水混合物清空，同時該上游部分 226 再次充滿來自槽 216 或泵 218 之含離子之水。閥 232 然後被關閉且開始另一過濾循環。這在容器 224 中產生去離子化之水及該去離子化之水的累積。

圖 4 是具有多個穿孔之石墨烯片（諸如圖 3 者）的圖。圖 4 之片限定[三、四或五個]孔。原則上，該流速將與孔密度成正比。隨著孔密度增加，通過該孔之流動可變

為"擾流"，而在特定壓力下可不利地影響該流動。並且，隨著該孔密度增加，下方之石墨烯片的強度可局部地降低。此種強度的降低在某些情況下可導致該膜之破裂。在各孔間中心至中心的間隔據相信在 15 奈米之值時對於該 0.6 奈米之孔而言係接近最佳值。

圖 5 是支撐用片之簡化圖示，其可與圖 2 之石墨烯片一同使用或若使用多重石墨烯片。在圖 5 中，支撐用片 220 是由排成四邊形網格且在其交叉處黏合或熔合之聚四氟乙烯（也已知是聚四氟乙烷）之纖維 520 製成。該支撐用片 220 也可以是有孔的聚碳酸酯膜、奈米結構碳、其他適合之聚合材料或燒結之多孔金屬。正如該有孔之石墨烯片，在該支撐用片中之尺寸應盡可能地大以有最大的流動，而與充分的強度相配。定向於相同方向之互相接鄰的纖維 520 間的間隔可以是標稱 100 奈米，且該纖維可具有 40 奈米之標稱直徑。該石墨烯片之抗張強度是大的，且因此在該支撐用片中相對大之未經支持的區域應不造成問題。

圖 6 是依照本揭示之另一具體例或方面之去離子化或除鹽設備 600 之概念圖示，其中使用多重不同之有孔石墨烯片層。在圖 6 中，對應於圖 2 之元件者藉由類似之參考字母與數字來指明。將要領會：在圖 6 中每一"層"可以是單一石墨烯片或多重石墨烯片。在圖 6 之支持室 614 內，上游及下游有孔石墨烯片 612a 及 612b 分別將該室隔成三個體積或部分，亦即上游部分或室 626a、下游部分或室

626b 及中間部份或室 629。每一有孔的石墨烯片 612a 及 612b 與支撐用片聯合。更特別地，有孔的石墨烯片 612a 被片 620a 支撐，且有孔的石墨烯片 612b 被片 620b 支撐。該有孔石墨烯片 612a 及 612b 之穿孔彼此不同。更特別地，上游石墨烯片 612a 因孔 612ac 而成為有孔的，該孔 612ac 不允許氯離子流動或使氯離子不能流動且使含有鈉離子之水能流動；這些孔標稱直徑是 0.9 奈米。因此，具有比 0.9 奈米大之有效直徑的氯離子不能通過有孔的石墨烯片 612a，但留在上游部分或室 626a 中。含有鈉離子之水可流經過有孔之石墨烯片 612a 進入中間室 629。下游之有孔石墨烯片 612b 是經穿孔而具有經選擇以不允許鈉離子流動或使鈉離子不能流動且使水分子能流動的孔 652bs；這些孔標稱直徑是 0.6 奈米。因此，具有比 0.9 奈米大之有效直徑的氯離子不能通過有孔石墨烯片 612a 之孔 612ac，但含有鈉離子之水可流經有孔石墨烯片 612a 之孔 612ac 進入中間室 629。鈉離子不能通過下游之有孔石墨烯片 612b，故留在或累積在中間部分或室 629 中。不含至少氯及鈉離子之水分子（ H_2O ）可自中間部分或室 629 流經有孔石墨烯片 612b 之孔 652bs 且進入下游部分或室 626b，從那裏該去離子水可經由路徑 222 及收集容器 224 被收集。

正如圖 2 之去離子化配置 200 之情況，圖 6 之設備或配置 600 在去離子化操作期間累積或濃縮離子。然而與圖 2 之設備或配置不同的，去離子器 600 產生至少部分分離

的離子濃度。更特別地，在含有氯及鈉離子之水流動的情況下，設備 600 之上游部分或室 626a 累積主要由氯離子組成之污泥濃度且中間部分或室 629 累積主要鈉離子濃度。這些濃縮之離子可分開地藉由清空用接點 630a 及 630b 及其清空閥 632a 及 632b 之分別選擇控制而提取。更特別地，閥 632a 可被打開以允許該濃縮之氯離子由上游部分或室 626a 流至說明為槽 634a 之收集容器中，且閥 632b 可被打開以允許該濃縮之鈉離子由中間部分或室 629 流至說明為槽 634b 之收集容器中。理想上，清空閥 632a 在中間部分或槽 629 開始清空前被關閉，以致在整個有孔石墨烯片 612a 上維持一些壓力，以提供經過有孔石墨烯片 612a 之水流動，以幫助該富鈉離子之污泥由該中間室 629 沖洗出。清空閥 632a 及 632b 在進行去離子化作用前被關閉。至於在鈉情況中轉化成固態或在氯情況中轉化成氣態，該經清空且收集之濃縮的離子具有經濟價值。應注意：海水含有明顯量之鉍鹽及這些鹽若優先被濃縮，則對醫藥工業有作為觸媒的價值。

在圖 6 中也說明交叉流閥 654a 及 654b，其分別聯通於流動路徑 658 及上游部分或室 626a 及中間部分或室 626b 之間。含有離子之未過濾的水 201 可藉由打開閥 652 而被定路線於流動路徑 658，或去離子水 202 可藉由操作泵 660 以由槽 224 提供。由泵 660，該去離子水流經檢查閥 656 至路徑 658。交叉流閥 654a 及 654b 分別與清空閥 632a 及 632b 同時被打開及關閉，以藉此幫助該污泥由該

室清空。

圖 7 是依照本揭示之一方面的去離子化或離子分離配置的簡化圖。對應於圖 6 之元件的圖 7 之元件係藉由類似參考符號及數字表明。在圖 7 中，該有孔之石墨烯片 612a 及 612b 被滾壓或螺旋纏繞成圓柱形，且分別嵌入說明為 712a 及 712b 之殼體中，如由該 RO 技術所得知的。如在其他具體例中的，該石墨烯片 612a 及 612b 可以是單一石墨烯片或多重石墨烯片。並且，如在先前具體例中的，多重片改良其集合強度及流動效能。

精於此技藝者將了解：氯及鈉以外之離子可藉由選擇性之有孔石墨烯片，由水分離出。

圖 8 是依照本揭示之一方面的交叉流分離設備的簡化圖。通常以數字 700 表明之該分離設備係經裝配以使去離子化、除鹽或使經選擇之成分由其他成分分離出，諸如使氣體、顆粒、溶質、分子及烴類或任何其他奈米尺寸或微米尺寸之構成成分由介質分離出。在本具體例中，在具有合適尺寸之容器 704 中提供未過濾或預先過濾之介質 702。該介質可構成一種含有待互相分離之成分的流體或氣體或彼之組合。該未過濾之介質 702 藉由重力輸送或在其他情況下輸送至高壓泵 706，該高壓泵 706 沿著一支可以或可以不具有閥 708 之導管或管推動該介質。若該閥 708 被提供且處於打開狀況，則該未過濾之介質進入交叉流室，其通常由數字 710 表明。該室在一端配備交叉流入口 712 且在相反端提供交叉流出口 714。定位在該室 710

中比該入口及出口相對低的位置上的是石墨烯膜 720。

如在先前具體例中者，單一片或多重片的石墨烯膜 720 具有多個經穿孔的孔 721，使其有合適尺寸以允許該介質之經選擇的部分通過，同時不允許該介質之其他部分通過。通常，用於氣體分離之穿孔直徑範圍在 0.2 至 0.6 奈米，用於鹽是在 0.6 至 2 奈米，且用於烴分子是在 10 至 100 奈米。如在該先前具體例中，該膜 720 是碳原子層黏在一起以限定一片的單一原子層厚度的層。單一石墨烯片之厚度約 0.2 至 0.3 奈米 (nm)。該膜具有曝於該介質之加壓流動的第一或上方表面 722 及與表面 722 相反之第二或下方表面 723。在先前具體例中所述之石墨烯片的所有特徵及屬性在本具體例中提供。然而，在本具體例中，該孔尺寸範圍可為 0.6 奈米之有效直徑至 1.2 奈米之有效直徑，視過濾或分離該介質所適合的。換言之，一些孔可具有 0.6 奈米直徑，一些孔具有 0.9 奈米直徑，還有的具有 1.2 奈米直徑。不同尺寸之孔的任何組合及比例可被使用。在水之除鹽或去離子化的情況中，此範圍的孔據相信充分不允許大部分之鈉離子及氯離子通過該石墨烯膜，同時允許水分子通過。在其他具體例中，對於該交叉流幾何設備而言，用於氣體分離之穿孔直徑範圍是 0.2 至 0.6 奈米，用於鹽分離是 0.6 至 2 奈米，且用於烴分子分離是 10 至 100 奈米。在 0.2 奈米至 100 奈米間之經選擇的範圍可依照該介質及不允許之構成成分之構型來使用。再者，在該 0.2 奈米至 100 奈米之特定範圍可被使用。

在一些具體例中，支撐用片或結構體諸如支持用膜 724 可以設置在該石墨烯膜 722 下方以支持該膜。換言之，該支持用膜 724 被定位以接鄰該膜 720 之表面 723。該支撐用膜被穿孔以具有孔 726，其基本上大於該孔 721。該支持用膜 724 可由聚四氟乙烯（其有時被稱為聚四氟乙烷）構成。其他用於該膜 724 之材料可以是有孔的聚碳酸酯膜、奈米結構碳、其他適合之聚合材料或燒結之多孔金屬。

在該石墨烯膜 720 嵌入或定位於該室 710 中的情況下，形成上方流動路徑 730。該上方流動路徑允許該經加壓之流體在基本上與該膜平行之方向上，由該入口 712 流向該出口 714。結果，該介質切線地流遍該膜且該介質之具有合適尺寸以行經該不同之孔 721 及經該支持用膜 724（若提供）的部分進入在該石墨烯膜下方之下方流動路徑 732。不流經該孔之構成成分沿著導管 733（其可配備閥 734）被引經該出口 714。由該閥，該未過濾之介質（不允許之成分）然後被導至特別之最終用途。例如，若水是該介質，則經收集之鈉及氯離子被收集以供能量回收用途，諸如用在伏打電池或任何其他用途中。在該下方流動路徑中所收集之經純化的介質然後被導至收集容器 740，其容納該經純化之材料或介質 742。

由先前描述將領會：在與該膜基本平行之方向上（或換言之切線定向的）該介質之經加壓的流動允許該介質流經該孔，同時使所收集之不允許的材料往前向出口移動。

該膜之此種"清潔"防止在該膜上之該不允許之材料的結塊或其他無用的聚集。相信這有助於該允許或純化之材料 742 的流經以被收集在該容器 740 中。

在一些具體例中，該設備 700 可包括任何數目之下游交叉流室 710，其中將字母字尾提供給每一室及相關之組件。因此，流經該室出口 714 之不允許的流體材料被導至次要的高壓泵 706a，該泵將該流體導入室 710a，其以基本上同於該室 710 之方式被構造。結果，先前不允許之成分及介質進一步被純化，以收集在容器 740a 中，但該不允許之材料被導引經過該出口至閥 734a，而收集該不允許之材料以供某些其他最終用途。例如，為供移除經選擇之特定尺寸的離子、分析物或顆粒，第一室 710 及相關之石墨烯片首先曝於該介質，其中該第一石墨烯片具有比第二室 710a 及相關之石墨烯片（其具有較小孔直徑及分布）更大尺寸之直徑的孔及分布。若被提供，另外之室 710b-x 會配備孔尺寸進一步降低之對應石墨烯片。換言之，此階段化之交叉流室 710 可被配置以致其在第一室較不具離子選擇性且在下游室順序地更具離子選擇性。結果，在每一增加的階段上需甚為更小的功或抽取力以使介質獲得所要程度之過濾。這是有利的，因為該設備提供甚為改良之過濾與每一增加之鹽移除步驟所需之甚為降低之能量。

將含有不需要之離子的水（201）離子化的方法包含以下步驟：將石墨烯片（310）穿孔以具有多個經選擇以

允許水分子通過且不允許一種經選擇之不需要的離子（例如 Na）通過的孔（諸如 312），藉此產生有孔的石墨烯（212）。作為一替代方式，經如此穿孔之石墨烯片可被提供。該含有不需要之離子之水（201）被加壓（216、218）以藉此產生經加壓之水。該經加壓之水被施加該有孔石墨烯（212）之第一表面（212u），以致水分子比離子優先地流至該有孔石墨烯片（212）之第二面（212d）。該水分子（202）被收集在該石墨烯片之第二面（212d）。在此方法之一模式中，該經選擇的離子是氯，不允許該氯離子之孔的標稱直徑是 0.9 奈米，且該等孔之標稱間隔是 15 奈米。在本方法之另一模式中，該經選擇的離子是鈉，且不允許鈉離子之孔的標稱直徑是 0.6 奈米，且該等孔之標稱間隔是 15 奈米。該方法可包括利用支撐物（220）（其可為聚四氟乙烯網格（520））強化該有孔的石墨烯片（212）。

將含不需要之離子之水（201）離子化之方法包含以下步驟：將第一石墨烯片（612a）穿孔以具有多個直徑經選擇以不允許經選擇之第一不需要之離子（例如氯）通過且允許含有經選擇之第二不需要之離子（例如鈉）的水通過的孔（312），藉此產生有孔的第一石墨烯片（612a）。第二石墨烯片（612b）被穿孔以具有多個直徑經選擇以允許水分子通過且不允許該經選擇之第二不需要之離子通過的孔，藉此產生有孔之第二石墨烯片（612b），其中該等孔具有比該有孔之第一石墨烯片

(612a) 的孔小的直徑。第一 (612a) 及第二 (612b) 有孔石墨烯片被並列，以藉此形成並列片，其具有由該第一有孔石墨烯片 (612a) 所限定之第一面、由該第二有孔石墨烯片 (612b) 所限定之第二面及其間之用於液體流動之路徑 (629)。該含有不需要之離子的水被施加至該並列片之第一面 (612a)，以致水分子比離子優先流經該並列片 (612a) 及該路徑 (629) 至該並列片之第二面，以藉此產生標稱去離子水。該標稱去離子水分子由該並列片之第二面 (612b) 被收集。

水去離子器包含石墨烯片 (212)，其經穿孔以具有尺寸適合允許水分子流動且不允許第一型離子（例如鈉）流動的孔 (312)。含有該特別型之離子的水源被提供。路徑 (210、226、227) 被提供以供含有該特別型之離子的水流動經過該經穿孔以具有孔 (212) 之石墨烯片。在此去離子器之特別具體例中，清空配置 (220、232) 偶合於該用於流動之路徑以供該流動轉離該經穿孔以具有孔 (212) 之石墨烯片。

分離器 (600) 包含經穿孔以具有尺寸適合允許水分子流動且不允許第一型離子流動之孔的第一石墨烯片 (612a) 及經穿孔以具有尺寸適合允許水分子流動且不允許第二型離子流動之第二石墨烯片 (612b)，其中該第二型離子 (Na) 小於該第一型離子 (Cl)。含有第一及第二型離子之水 (201) 的源頭 (210、216、218) 被提供。路徑 (210、626a) 被提供以供含有第一及第二型離子之水

(201) 流動至該第一石墨烯片 (612a)，其經穿孔以具有尺寸適合不允許該第一型離子流動的孔。結果，(a) 該第一型離子 (C1) 累積在該經穿孔以具有尺寸適合不允許該第一型離子流動的孔的第一石墨烯片 (626a) 的上游面 (626a) 及 (b) 含有第二型離子 (Na) 之水流動經過該經穿孔以具有尺寸適合不允許該第一型離子流動的孔的第一石墨烯片 (626a)，至該經穿孔以具有尺寸適合不允許該第一型離子流動的孔的第一石墨烯片 (612a) 的下游面 (629)。該分離器 (600) 另外包含路徑 (629)，其用於使含該第二型離子之水流動至該經穿孔以具有尺寸適合不允許該第一型離子流動的孔的石墨烯片 (612b) 的上游面。結果，(a) 該第二型離子累積在該經穿孔以具有尺寸適合不允許該第二型離子流動的孔的第二石墨烯片 (612b) 的上游側 (629) 及 (b) 不含第一及第二型離子之水流動經過該經穿孔以具有尺寸適合不允許該第二型離子流動的孔的第二石墨烯片 (612b)。收集配置 (222、224) 經偶合以接收不含第一及第二型離子之水 (202)。另外的收集配置 (630a、632a、634a；630b、632b、634b) 可被提供分開地收集所累積之離子。

一種將含有無用離子之流體去離子化之方法，其包含以下步驟：提供至少一石墨烯片，其具有多個經選擇以允許流體通過且不允許不需要之離子之至少一者通過之經穿孔之孔；將該至少一石墨烯片形成於圓柱形體內；將該圓柱形體嵌入殼體中，將該含有不需要之離子的流體加壓以

藉此產生經加壓之流體以流經該殼體；將該經加壓之流體施加至該圓柱形體之有孔的石墨烯的第一表面上，以致流體比離子優先地流至該至少一有孔石墨烯片的第二面；且由該至少一石墨烯片之第二面收集該流體。該方法之延伸是其中至少一離子是氯且不允許該氯離子通過之孔是標稱 0.9 奈米且該等孔標稱間隔是 15 奈米。該方法之進一步延伸是其中至少一離子是鈉，且不允許該鈉離子通過之孔是標稱 0.6 奈米且該等孔標稱間隔是 15 奈米。該方法也可提供第二組之至少一石墨烯片，其具有多個經選擇以允許流體通過且不允許不需要之離子之另外一或多者通過之經穿孔之孔；將該第二組之至少一石墨烯片形成於第二圓柱形體中；將該圓柱形體嵌入第二殼體中，將該來自該殼體之含有不需要之離子的流體加壓以藉此產生經加壓之流體以流經該第二殼體；將該經加壓之流體施加至該第二圓柱形體中之該第二組之該至少一有孔的石墨烯的第一表面上，以致流體比離子優先地流至在第二圓柱形體中之該第二組之至少一有孔石墨烯片的第二表面。該方法之延伸是其中不允許不需要之氯離子通過之至少一石墨烯片的經穿孔的孔是標稱 0.9 奈米，且不允許不需要之鈉離子通過之該第二組之該至少一石墨烯片的經穿孔的孔是標稱 0.6 奈米。該方法也可提供該第一殼體，其具有比該第二殼體低的離子排除選擇性。

流體去離子器包含至少一石墨烯片的圓柱形體，其經穿孔以具有尺寸適合允許流體流動且不允許至少一特別形

式之離子之孔；含有特別形式之離子的流體源；及一路徑，其用於該含有至少一特別形式之離子的流體流動經過該經穿孔以具有孔之至少一石墨烯片的圓柱形體。該去離子器可另外包含至少一石墨烯片之第二圓柱形體，其經穿孔以具有尺寸適合允許流體流動且不允許另一特別形式之離子流動的孔，其中該第二圓柱形體是在用於該流體之流動的路徑中。該至少一石墨烯片之圓柱形體是經捲繞或螺旋纏繞的。該去離子器另外包含與每一圓柱形體及用於該流體之流動的路徑相聯之清空閥，以使不被該圓柱形體允許之濃縮離子能流至收集容器。

流體去離子器也包含至少一石墨烯片，其經穿孔以具有尺寸適合允許流體流動且不允許該流體中所含之至少一特別形式之離子流動的孔；具有該至少一石墨烯片之支持室，該支持室具有接收該至少一石墨烯片的上游部分；含有該至少一特別形式之離子的流體源；一路徑，其用於使含有該至少一特別形式之離子的流體流動經過該至少一個經穿孔以具有孔之石墨烯片；及與該上游部分相聯之清空閥，該清空閥置於開放位置以收集不被該至少一石墨烯片所允許之該至少一特別形式之離子。該流體去離子器可包含支撐該經穿孔以具有孔之至少一石墨烯片的多孔介質。該介質係選自聚四氟乙烯、聚四氟乙烷、聚碳酸酯、奈米結構碳或燒結之多孔金屬。該去離子器可提供一種第二至少一石墨烯片，其經穿孔以具有尺寸適合允許流體流動且不允許該流體中所含之特別形式之離子流動，其中該支持

室具有該第二至少一石墨烯片以致在該至少一石墨烯片與該第二至少一石墨烯片之間形成中間室，及在該第二至少一石墨烯片下方形成下游室，以致該下游室收集不含該特別形式之離子（其不能通過該石墨烯片）的流體流動。該流體去離子器可具有第二清空閥，其中該第二清空閥與中間室相聯且當置於一開放位置時收集該第二至少一石墨烯片不允許之另一特別形式的離子。該去離子器可另外包含與該上游部分相聯之交叉流閥，該清空閥及該交叉流閥同時打開及關閉以幫助該不允許之離子型由該支持室清空。

一種由介質分離成分之方法，其包含以下步驟：使具有至少一層石墨烯之主片配備多個經穿孔之孔，該孔經選擇以允許介質通過且不允許介質中所選之成分通過；將該具有至少一層石墨烯之主片配備在主室內。該主室包含主入口、主出口及下方之主流動路徑。該方法之延伸是藉由加壓該介質，使之在一實質與該具有至少一層石墨烯之主片平行的路徑上，由該主入口流至該主出口，其中該介質流至該具有至少一層石墨烯之主片的第一表面上，以致一部分之該介質經由該多個經穿孔之孔流至該具有至少一層石墨烯之主片的第二面，同時其餘部份之該介質及該不允許之所選成分由該主出口流出。該方法之延伸是配備 0.6 至 1.2 奈米範圍內之該多個經穿孔之孔，以供鈉及氯之去離子化。該方法也可配備具有合適尺寸之該多個經穿孔之孔，以選擇性地不允許選自離子、顆粒、分析物、氣體及烴類之任何所選的成分通過。該方法也在與該流動路徑相

對之該具有至少一層石墨烯之主片的一面上，配備支持用膜，該支持用膜係選自聚四氟乙烯、經穿孔之聚碳酸酯膜及燒結之多孔金屬。該方法另外也使該主要出口連接次要分離設備且使該次要設備配備具有至少一層石墨烯之第二片，其配備多個經選擇以允許由該出口所接收之介質通過且不允許該介質中所選之成分通過的經穿孔的孔；將該具有至少一層石墨烯之第二片配備在第二室內，該第二室具有對應之入口、出口及下方之流動路徑；及加壓經該次要入口而由該主出口所接收之介質，使之在一實質與該具有至少一層石墨烯之第二片平行的路徑上，由該次要入口流至該次要出口，該介質流至該具有至少一層石墨烯之第二片的第一表面上，以致一部分之該介質經由該多個經穿孔之孔流至該具有至少一層石墨烯之第二片的第二面，同時其餘部分之該介質及該介質中不允許之所選成分由該次要出口流出。

一種分離設備包含：至少一室，其具有入口、出口及下方流動路徑；至少一片石墨烯，其經穿孔以具有尺寸合適允許介質通過且不允許該介質中所選之成分通過的孔，該至少一片石墨烯定位在該至少一室內；及該介質之加壓源，其連接至具有該入口之該至少一室，該加壓源導引該介質，使之沿著一實質與該至少一片石墨烯平行之路徑，由該入口至該出口，該介質流至該至少一片石墨烯之第一表面上，以致一部分之該介質經由該多個經穿孔之孔，流至該至少一片石墨烯之第二面，同時其餘部分之該介質及

該介質中不允許之所選成分由該出口流出。該設備可另外包含該多個尺寸定在 0.6 至 1.2 奈米範圍內之經穿孔的孔。支持用膜可配備在與該流動路徑相對之該至少一片石墨烯的面上，其中該支持用膜係選自聚四氟乙烯、經穿孔之聚碳酸酯及燒結之多孔金屬。該設備可包含與該至少一室之該出口串聯連接之另外室，其中該另外室藉由利用對應之具有比該先前室更小之孔直徑的至少一石墨烯片，由該介質，逐漸移除特定成分。該設備也可包含與該至少一室之該出口串聯連接之另外室，其中該另外室藉由利用該另外室內之對應的至少一石墨烯片（其利用更具選擇性離子排除作用），由連接至該至少一室之該出口的另外之加壓源，允許逐漸降低壓力。

因此，本發明之目的可見已藉由以上所呈現之結構及其使用方法滿足。雖然依照專利法規，僅最佳模式及較佳具體例已被呈現且詳細描述，要了解本發明不限於此或藉此受限。因此，為供領會本發明之真實範圍及廣泛性，應引用以下申請專利範圍。

【符號說明】

10：RO 膜

12：上游表面

14：下游表面

16：上游離子水溶液

20：路徑

20d：孔

200：基本的除鹽、除鹽或去離子化設備

201：未過濾之水

202：去離子水

210：通道

212：過濾膜（有孔的石墨烯片）

214：支持室

216：槽

218：泵

220：支撐用片

222：路徑

224：收集容器

226：上游面

227：上游部分

230：路徑

232：排放閥

308：空隙孔

310：石墨烯片

312：孔

520：纖維

600：去離子化或除鹽設備

612a、612b：有孔的石墨烯片

614：支持室

620a、620b：片

- 626a：上游部分或室
- 626b：下游部分或室
- 629：中間部分或室
- 630a、630b：清空用接點
- 632a、632b：清空閥
- 652：閥
- 652bs：孔
- 654a、654b：交叉流閥
- 660：泵
- 700：交叉流分離設備
- 702：未過濾之介質
- 704：容器
- 706：高壓泵
- 706a：次要的高壓泵
- 708：閥
- 710：交叉流室
- 710a：室
- 710b-x：另外的室
- 712：交叉流入口
- 712a、712b：殼體
- 714：室出口
- 720：石墨烯膜
- 721：孔
- 722：石墨烯片 720 之第一或上方表面

723：石墨烯片 720 之第二或下方表面

724：支持用膜

726：孔

730：上方流動路徑

732：下方流動路徑

733：導管

734：閥

740：收集槽

740a：容器

742：純化之材料或介質



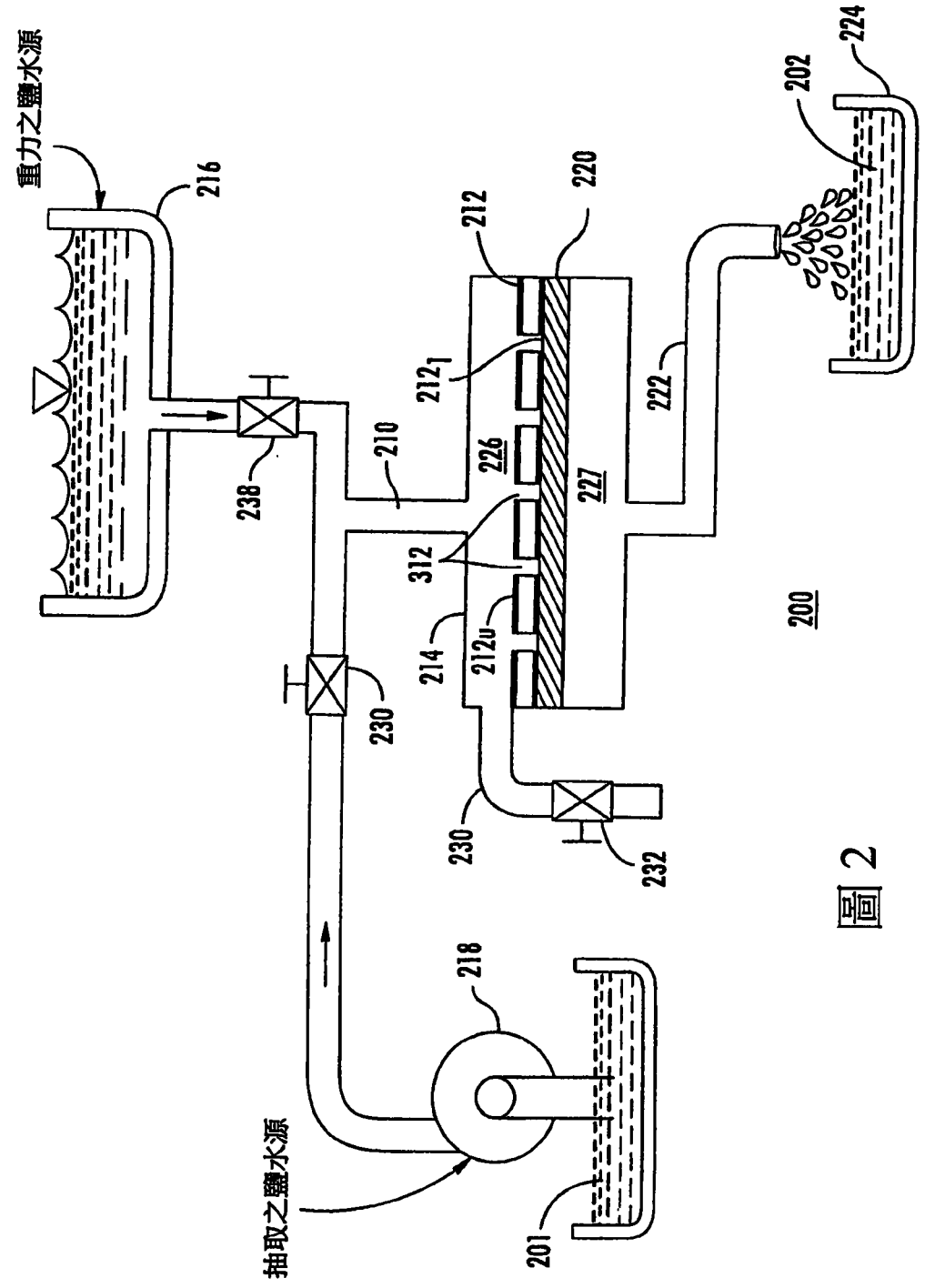


圖 2

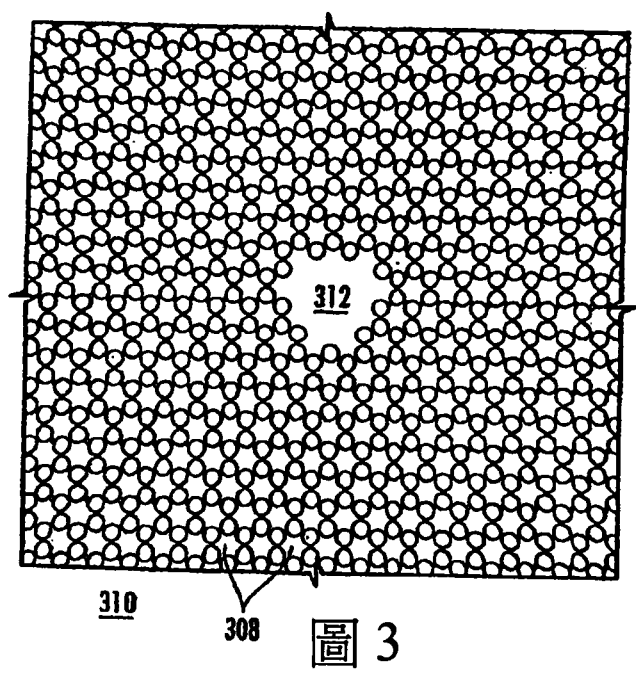


圖 3

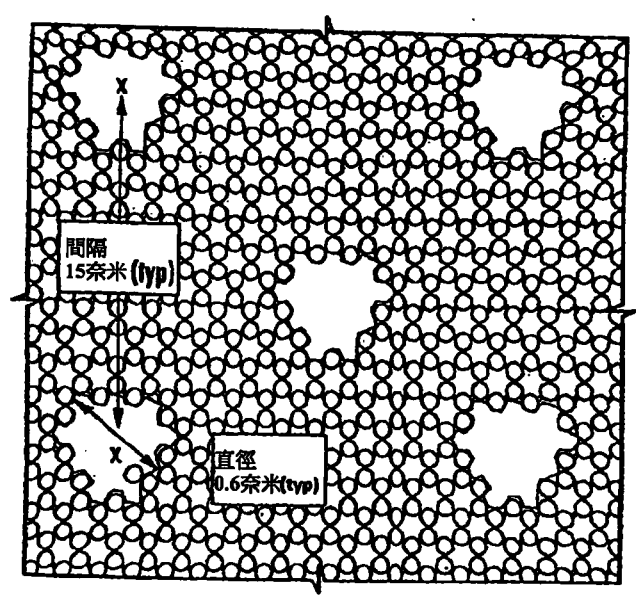


圖 4

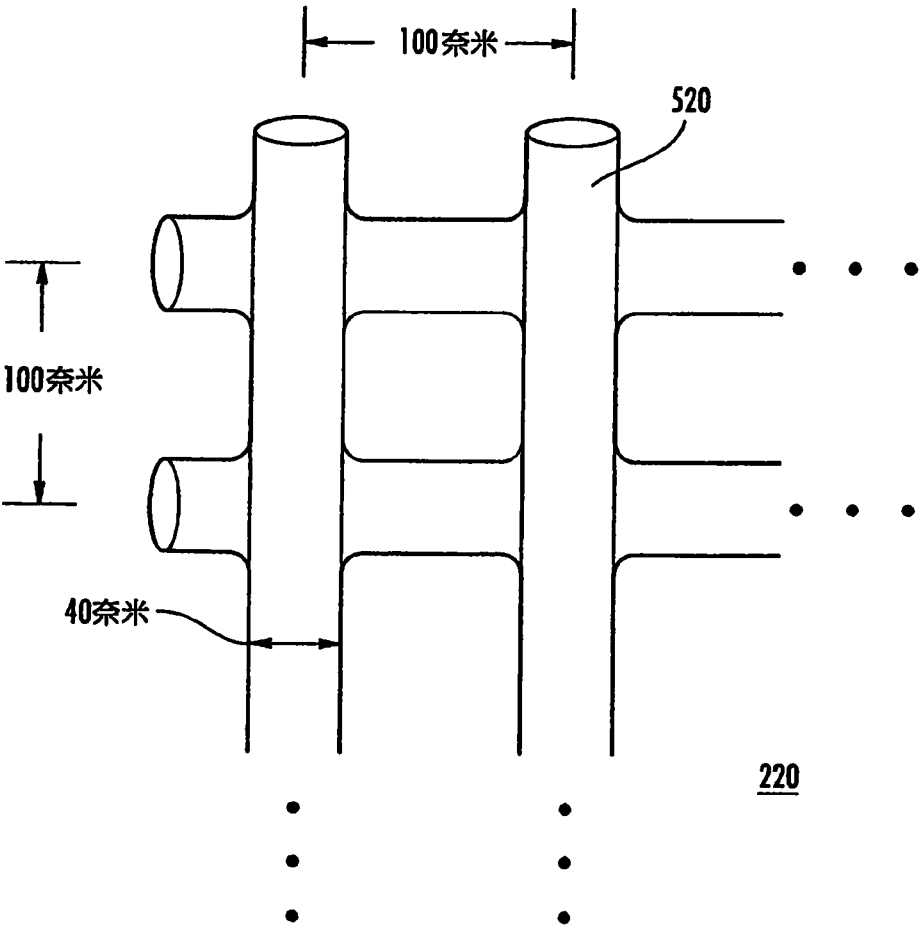


圖 5

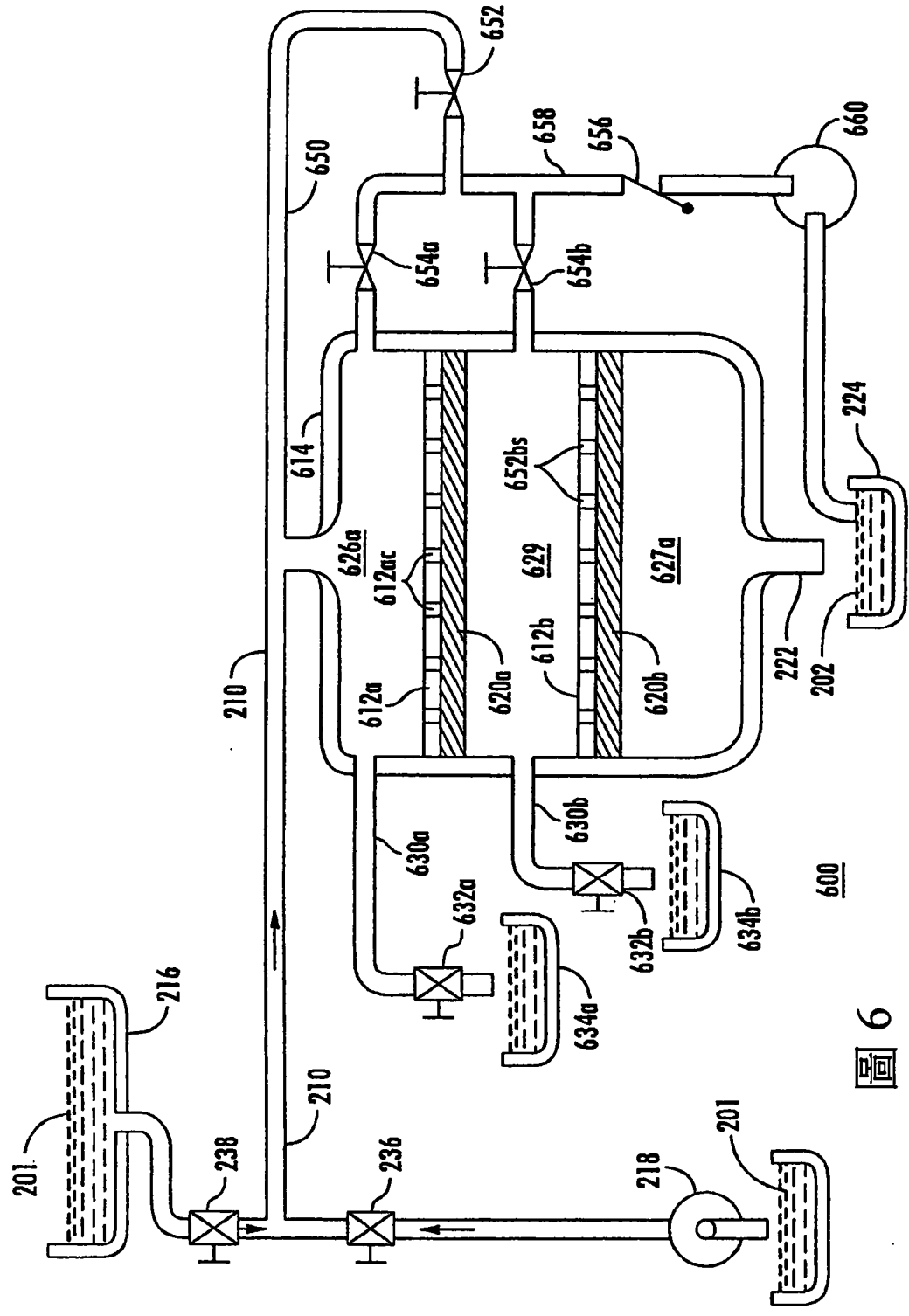


圖 6

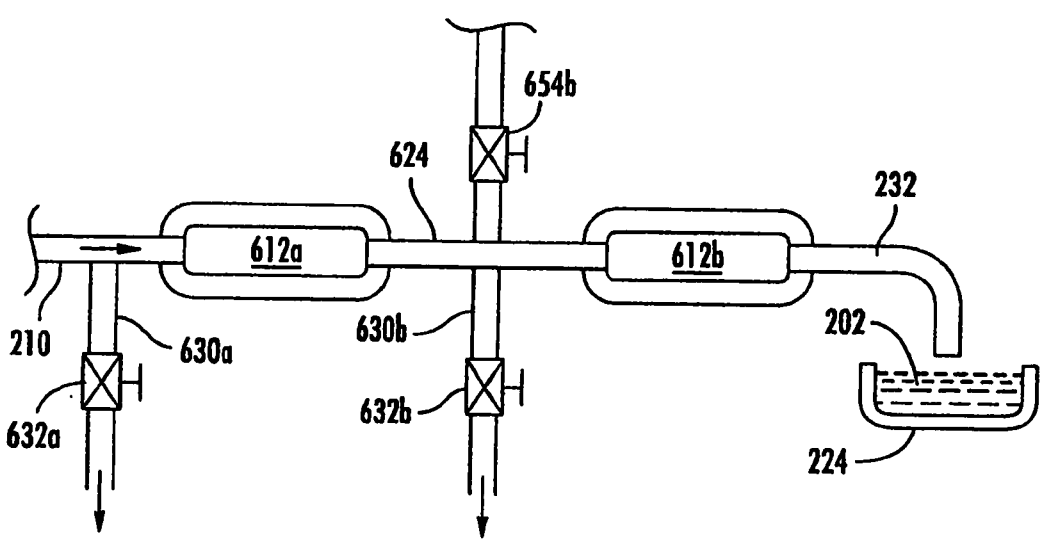


圖 7

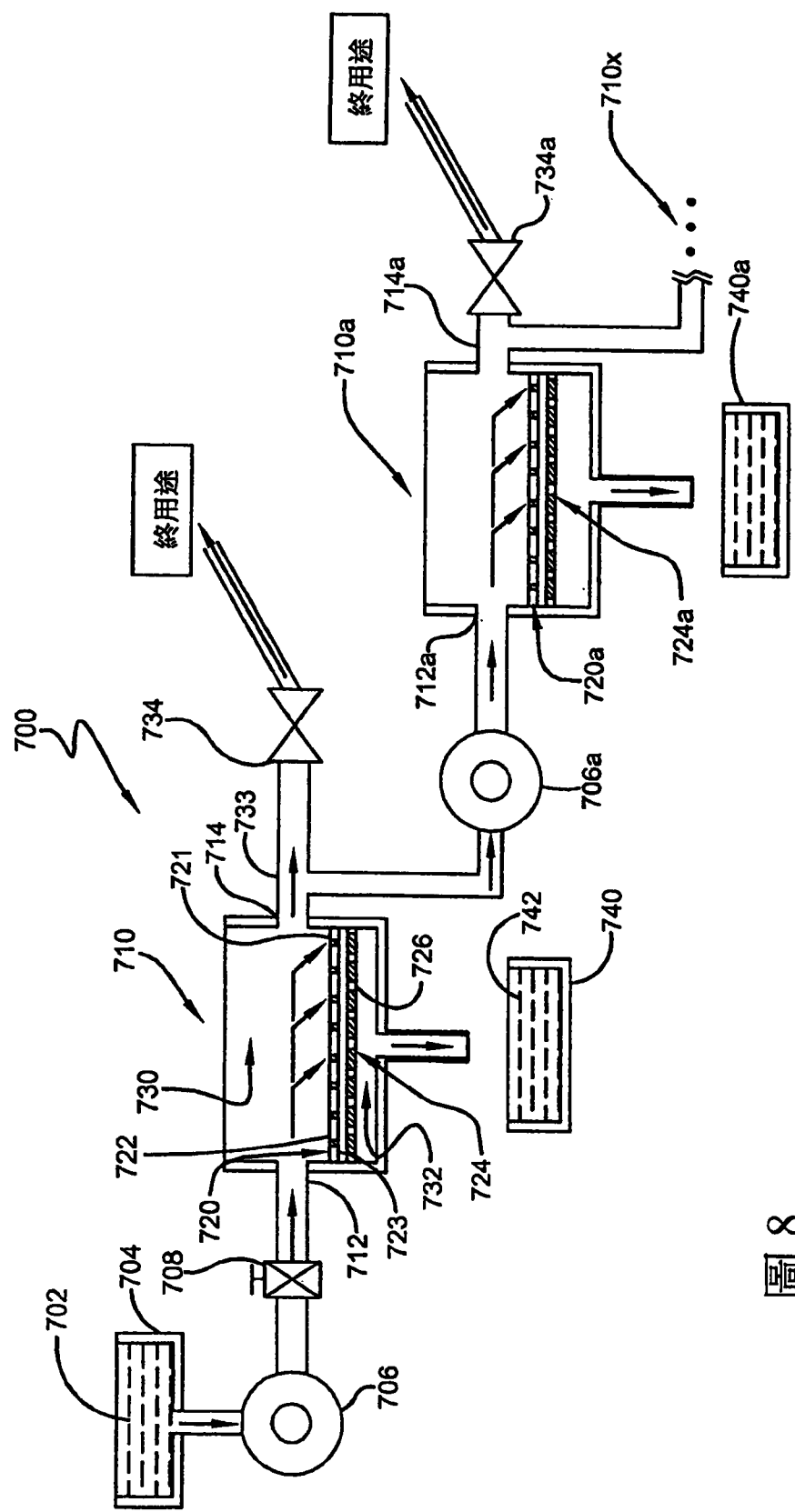


図 8

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】(中文/英文)

使用石墨烯之分離設備及分離方法

Separation apparatus and separation method using graphene

【技術領域】

本發明關於有孔的石墨烯之去離子化或除鹽作用。

【先前技術】

隨著淡水資源日漸稀缺，很多國家正尋求可將受到鹽污染之水（最明顯是海水）轉變成清潔之飲用水的解決辦法。

現存之水的除鹽作用的技術分成四大領域，亦即蒸餾、離子程序、膜程序及結晶作用。這些技術之最有效率且最被利用者是多階段急驟蒸餾（MSF）、多效果蒸發（MEE）及逆滲透（RO）。成本是所有這些程序之驅動因素，其中能量及資本成本皆是重大的。RO 及 MSF/MEE 二技術係完全地發展。現在，最佳之除鹽解決辦法需要藉由簡單之水蒸發所建立之理論最小能量限度的 2 至 4 倍，其是在 3 至 7 千焦耳/公斤之範圍內。蒸餾除鹽方法包括多階段急驟蒸發、多效果蒸餾、蒸氣壓縮、太陽能溼化及地熱除鹽作用。這些方法分享一個共同的措施，其為水狀態之改變以進行除鹽作用。這些措施使用熱傳及/或真空

壓力以蒸發鹽水溶液。然後該水蒸氣被冷凝且收集以作為淡水。

離子程序除鹽方法專注於在該溶液內與該等離子之化學及電交互作用。離子程序除鹽方法之實例包括離子交換、電透析及電容去離子化。離子交換將固態之聚合型或無機離子交換劑導入該鹽水溶液。該離子交換劑結合溶液中之所要離子，以致彼可容易地被濾出。電透析是使用陽離子及陰離子選擇膜及電壓電勢以產生淡水及鹽水溶液之交替的通道的程序。電容去離子化是使用電壓電勢以由溶液拉引帶電荷之離子，捕捉該等離子，同時使水分子通過。

膜除鹽程序係使用過濾及壓力，由溶液移除離子。逆滲透（RO）是一種廣用之除鹽技術，其將壓力施加至鹽水溶液以克服該離子溶液之滲透壓力。該壓力將水分子推過多孔膜，進入淡水隔室，同時離子被捕捉，產生高濃度鹽水溶液。壓力是這些措施之驅動成本因素，因為需要壓力以克服捕捉該淡水之滲透壓力。

結晶除鹽作用是基於晶體優先地形成卻不包括離子之現象。藉由產生結晶化之水（冰形式或甲基水合物形式），純水可由溶解之離子離析出。在簡單冷凍之情況中，水被冷卻至其冰點以下，藉此產生冰。該冰然後被溶解以形成純水。所進行之該甲基水合物結晶化使用經由鹽水溶液所滲出之甲烷氣體以形成甲烷水合物，其係在比水結凍者低之溫度下發生。該甲基水合物增加，促進分離，

I641413

發明摘要

※申請案號：102146079

※申請日：102 年 12 月 13 日

※IPC 分類：B01D 39/02 (2006.01)
C01B 32/20 (2017.01)

【發明名稱】(中文/英文)

使用石墨烯之分離設備及分離方法

Separation apparatus and separation method using graphene

【中文】

將分離設備及相關方法提供於交叉流配置中，其中經加壓之源導引介質，使之沿著一實質與石墨烯之至少一片平行的路徑，由入口至出口。該介質流經多個經穿孔之孔，同時介質之其餘部分及該介質中不允許的成份由該出口流出。

【英文】

A separation apparatus and related method is provided in a cross-flow arrangement where a pressurized source directs a medium along a path substantially parallel to at least one sheet of graphene from an inlet to an outlet. The medium flows through the plural perforated apertures while a remaining portion of the medium and the disallowed components in the medium flow out the outlet.

申請專利範圍

1. 一種分離設備，其包含：

至少一片石墨烯，其具多個具有所欲尺寸以允許流體通過且不允許該流體中所選成分通過的經穿孔之孔，該至少一片石墨烯具有第一面及與該第一面對的第二面；及流動路徑，其實質與該至少一片石墨烯平行，該流體沿著該流動路徑被導引，該流體流至該至少一片石墨烯之第一面的第一表面上，以致一部分之該流體經由該多個經穿孔之孔，流至該至少一石墨烯片之第二面，同時防止該流體中不允許之所選成分流過該經穿孔之孔。

2. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該多個經穿孔之孔尺寸定在 0.6 至 1.2 奈米範圍內。

3. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其另外包含：

在與該流動路徑相對之該至少一片石墨烯的一面上的支持用膜，該支持用膜係選自聚四氟乙烯、經穿孔之聚碳酸酯膜及燒結之多孔金屬，該支持用膜經穿孔而具有多個孔。

4. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該等孔之標稱間隔為 15 奈米。

5. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該至少一片石墨烯包含多片石墨烯。

6. 如申請專利範圍第 5 項之設備，其中該多片石墨烯之一片中的孔比該多片石墨烯之另一片中的孔具有不同的尺寸。

7. 如申請專利範圍第 6 項之設備，其中該多片石墨烯之一片與該多片石墨烯之另一片互相分離。

8. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其中經過該至少一片石墨烯之一的孔之流動路徑長度等於該至少一片石墨烯之該片的厚度。

9. 如申請專利範圍第 1 項之設備，其中該流體流係該流體之加壓流。

10. 一種由流體分離所選成分之方法，其包含：

將該流體導引到至少一片石墨烯，該至少一片石墨烯具多個具有所欲尺寸以允許流體通過且不允許該流體中所選成分通過的經穿孔之孔，該至少一片石墨烯具有第一面及與該第一面對的第二面；及

導引該流體沿著一實質與該至少一片石墨烯平行之流動路徑，該流體流至該至少一片石墨烯之第一面的第一表面上，以致一部分之該流體經由該多個經穿孔之孔，流至該至少一片石墨烯之第二面，同時防止該流體中不允許之所選成分流過該經穿孔之孔。

11. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該多個經穿孔之孔尺寸定在 0.6 至 1.2 奈米範圍內。

12. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中在與該流動路徑相對之該至少一片石墨烯的一面上設置支持用膜，該支持用膜係選自聚四氟乙烯、經穿孔之聚碳酸酯膜及燒結之多孔金屬，該支持用膜經穿孔而具有多個孔。

13. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該等孔之

標稱間隔為 15 奈米。

14. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中該至少一片石墨烯包含多片石墨烯。

15. 如申請專利範圍第 14 項之方法，其中該多片石墨烯之一片中的孔比該多片石墨烯之另一片中的孔具有不同的尺寸。

16. 如申請專利範圍第 15 項之方法，其中該多片石墨烯之一片與該多片石墨烯之另一片互相分離。

17. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中經過該至少一片石墨烯之一片的孔之流動路徑長度等於該至少一片石墨烯之該片的厚度。

18. 如申請專利範圍第 10 項之方法，其中導引該流體沿著一流動路徑包含導引加壓流。

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第(8)圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

700：交叉流分離設備	702：未過濾之介質
704：容器	706：高壓泵
706a：次要的高壓泵	708：閥
710：交叉流室	710a：室
710x：另外的室	712：交叉流入口
712a：殼體	714：室出口
720：石墨烯膜	721：孔
722：石墨烯片 720 之第一或上方表面	
723：石墨烯片 720 之第二或下方表面	
724：支持用膜	726：孔
730：上方流動路徑	732：下方流動路徑
733：導管	734、734a：閥
740：收集槽	740a：容器
742：純化之材料或介質	

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無