

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 96131286

※ 申請日期： 96.8.27

※IPC 分類：C02F 1/469 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於自液體移除離子物種之非法拉第為基礎之系統、裝置及方法
NON-FARADAY BASED SYSTEMS, DEVICES AND METHODS FOR
REMOVING IONIC SPECIES FROM LIQUID

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美商奇異電器公司

GENERAL ELECTRIC COMPANY

代表人：(中文/英文)

麥可 M 尼伯斯

GNIBUS, MICHAEL M.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國紐約州司安納他地市河道1號

ONE RIVER ROAD SCHENECTADY, NEW YORK 12345 U. S. A.

國籍：(中文/英文)

美國 U.S.A.

三、發明人：(共 5 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 張偉
WEI, CHANG
2. 杜宇
DU, YU
3. 蔡巍
CAI, WEI
4. 熊日華
XIONG, RIHUA
5. 曹雷
CAO, LEI

國 籍：(中文/英文)

1. 美國 U.S.A.
2. 中華人民共和國 P.R.C.
3. 中華人民共和國 P.R.C.
4. 中華人民共和國 P.R.C.
5. 中華人民共和國 P.R.C.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2006年09月06日；11/515,653

2.

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1.

2.

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明一般係關於用於自流體移除離子物種之系統及裝置，且更特定言之，係關於利用非法拉第電極之電透析及/或倒極式電透析系統、裝置及方法。

【先前技術】

使用電透析分離溶液中離子物種為吾人所知。例如參見美國專利第4,539,091號。已知之用於分離溶液中離子物種之電透析方法基本上包含用於選擇性通過陽離子之陽離子交換膜與選擇性通過陰離子之陰離子交換膜在一對電極之間交替排列。在電極之間通過的直流電引起陽離子向陰極轉移，且陰離子向陽極轉移。此等離子選擇性通過離子交換膜。定位淡化槽及濃縮槽以接收離子溶液之分離部分。

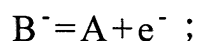
自二十世紀六十年代早期以來，商業上已瞭解電透析(ED)。已知之電透析方法依賴於以下一般原理：(1)溶解於水中之大部分鹽為離子的，帶正電(陽離子)或負電(陰離子)；(2)該等離子吸引至具有相反電荷之電極；及(3)可建構膜以選擇性通過陰離子或陽離子。

離子溶液中所溶解之離子組份(諸如 Na^+ 、 Ca^{2+} 及 CO_3^{2-})分散於水中，有效中和其個別電荷。當連接外部直流電源(諸如電池)之電極置於包括鹽水之電路中時，電流通過鹽水，且離子傾向於向具有相反電荷之電極遷移。例如且尤其參見圖1，展示電透析系統10，其包括一陰極12及一陽極24。此外，系統10包括一第一陽離子轉移膜14、一陰離

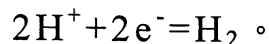
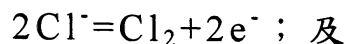
子轉移膜18、一第二陽離子轉移膜22及一直流電源26。閉合包括電源26、陽離子12及陰離子24之電路後，鈉離子(Na^+)向陰極12遷移，而氯離子(Cl^-)向陽極24遷移。此遷移導致單輸入受損水流分成去礦質產物流16及濃縮流20。

自二十世紀七十年代早期以來，已瞭解倒極式電透析(EDR)技術。除EDR之電極性經常倒轉外，EDR系統以與標準電透析系統相同之一般原理操作。一小時相隔數次，將電極極性倒轉，且同時轉換流動，使得鹽水通道成為產物水通道，且產物水通道成為鹽水通道。此倒轉之基本原理在於藉由隨時間交替鹽水通道與產物通道(含有淡化水)來倒轉產物通道。倒轉方法用於在單元中水垢、泥渣及其他沈積物可逐漸形成及產生問題前分散及沖洗該等物質。沖洗使該單元以較少預處理化學物質操作，最小化膜淤塞。

已知之用於海水之電透析系統及方法包含使用法拉第反應。法拉第反應為發生在電池及電解池中電極與電解質之間的反應或當電通過電解質時發生在電解質中之反應。重要特徵之一在於其為電子轉移過程。電子轉移反應由發生在每一電極處之還原反應及氧化反應組成。當化學物種經由還原反應獲得電子時，稱化學物種被還原，且當其經由氧化反應失去電子時，其被氧化。法拉第反應之實例提供於下文中。舉例而言，在以下所示反應中，物種B氧化成A，



其中 B^- 為處於其還原態之物質，且 A 為處於其氧化態之物質。其他實例包括：



已知之 ED 與 EDR 系統之缺點包括系統設計之複雜性、發生在系統(尤其膜)內結垢及淤塞之量及歸因於源自法拉第反應之腐蝕的低電極壽命。特定言之，鹽水中氯引起腐蝕，尤其膜的腐蝕，此降低了膜的有效壽命。此外，氣體(陽極處氧及陰極處氫)放出需要除氣機，此增加了利用 ED 及/或 EDR 技術之複雜性及脫鹽設備成本。

【發明內容】

本發明包括關於離子物種移除系統之實施例，該離子物種移除系統包括一電源、一用於輸送液體通過系統之泵及複數個多孔電極。每一多孔電極包括一導電多孔部分。

本發明包括關於用於形成一多孔電極之方法之實施例。該方法包括形成包括電極材料之漿料，且將漿料塗佈於一基板上。

本發明包括關於一多孔電極之實施例，該多孔電極包括表面積在 $10-10000 \text{ m}^2/\text{g}$ 之範圍內的一導電多孔部分。

此等及其他優點及特徵在結合附圖提供之本發明之較佳實施例的以下實施方式中將更易理解。

【實施方式】

圖 2 及 3 描述根據本發明之實施例之離子物種移除系統。參見圖 2 及 3，展示一用於自液體移除離子物種之 ED 系統

110，其包括進料槽112、一進料泵114、一過濾器116及一膜堆疊130。離子物種自其移除之液體可例如為可在多種應用(諸如水純化、廢水處理及礦物移除)中遇到之受損供水。此外，液體可能需要離子物種移除之可應用工業包括(但不限於)水處理(water and process)、製藥及食品及飲料工業。雖然本文所述之離子物種移除系統之實施例(諸如ED系統110)可用於其中離子物種待自液體移除之任何應用，但為達成示範之目的，根據水純化系統(諸如脫鹽系統)僅描述ED系統110。膜堆疊130包括交替之陽離子轉移膜122與陰離子轉移膜124以及一多孔陰極125及一多孔陽極127。諸如受損水(如鹽水)之液體藉由一輸入線113自進料水槽112轉移至進料泵114，進料泵114抽吸鹽水使其通過過濾器116。過濾器用以防止可能存在於進料水中之小顆粒進入膜堆疊且淤塞或堵塞堆疊。接著經過濾之鹽水劃分至一稀薄物流管線118及一濃稠物流管線120。藉由將鹽水劃分至兩股物流管線118、120，能夠分開控制兩股流之流動速率。物流管線118、120均通過膜堆疊130，以進一步將濃縮物分入濃稠物流管線120。

當來自一DC電源132(圖3)之直流電源通過電極125、127時，陽離子及陰離子向相反電極遷移，藉此引起鹽水分成濃稠物流管線及稀薄物流管線。應瞭解雖然圖3中展示一DC電源，但可使用其他電源。舉例而言，代替DC電源132，可使用一AC電源、一具有短暫持續時間脈衝電流之DC電源或一具有短暫持續時間脈衝電流之AC電源。在來

自DC電源132之直流電下，淡化室中陽離子向陰極125遷移且通過陽離子交換膜122至靠近陰極125之濃縮室，而淡化室中陰離子向陽極127遷移且通過陰離子交換膜124至靠近陽極127之濃縮室。藉由此方式，使淡化室中進料水除去鹽分，形成所謂稀流。同時，雖然在濃縮室中，陰離子及陽離子亦傾向於向相反電極遷移，但此等遷移由具有反離子交換能力之膜阻斷。亦即，離子僅可自淡化室遷移至濃縮室而不可自濃縮室遷移至淡化室。因此，濃縮室中進料水濃度增加，此為濃流形成之原因。

已知之ED及EDR系統利用氧化或還原過程之法拉第反應。參考本發明之實施例所描述之非法拉第過程為靜電過程，其中在該過程中無電子轉移。為有效利用ED及/或EDR系統中非法拉第過程，需要使用低電壓或使用高表面積電極。此需要在以下電荷-電源等式中說明：

$$q=cv,$$

其中 q 為電荷， c 為電容，及 v 為電壓。根據此等式，若電容大，則電壓減至最小，且相反，若電容小則電壓增至最大。

尤其參見圖4，接著描述高表面積多孔電極，諸如電極125、127。多孔電極125、127包括一基板129及一多孔部分131。基板129可由任何合適金屬結構形成，諸如板、網格、箔片或薄片。此外，基板129可由合適導電材料形成，諸如不鏽鋼、石墨、鈦、鉑、鉍、銑或導電塑膠。此外，金屬可未經塗佈或經塗佈。一此類實例為經鉑塗佈之

不鏽鋼網格。在一實施例中，基板129為鈦網格。在其他實施例中，基板129為不鏽鋼網格、石墨網格或鈦板。

多孔部分可由具有高表面積之任何導電材料或複合物形成。該等電極材料之實例包括碳、碳奈米管、石墨、碳纖維、碳織布、碳氣凝膠、金屬粉末(例如鎳)、金屬氧化物(例如氧化鈦)、導電聚合物及任何以上材料之任何混合物。應瞭解整個電極125、127可足夠多孔及導電，使得無需一基板。亦應瞭解基板可由經導電塗層(諸如鉑、銦(Rh)、銱(Ir)或任何以上金屬之合金)塗佈之非導電材料形成。

形成多孔部分131之方法產生高表面積，使電壓減至最小。離子物種可利用多孔部分131之高表面積。藉由使多孔部分131與離子電解質接觸，電極之表觀電容可在帶電時非常高。當多孔電極帶電作為陰極時，電解質中陽離子在靜電力下吸引至多孔電極表面。雙電層電容器可藉由此方式形成。在電容增強下，當在兩電極125、127之間施加電流時可帶之電荷量亦可增強，接著電極上電壓達到水解極限。

現參見圖5，展示EDR系統210形式之一離子物種移除系統，其包括一對進料泵214_{a,b}、一對變頻驅動器216_{a,b}及一對將膜堆疊130夾在中間之換向閥228_{a,b}。進料泵214_a用以自進料槽(未圖示)牽拉鹽水。接著經抽吸之鹽水劃分至一對物流管線221、223。變頻驅動器216_a控制進料泵214_a之速度。進料泵214_b抽吸一部分鹽水使其通過物流管線

223，且其速度由變頻驅動器216_b控制。一壓力指示器220_a及一電導計222_a位於第一換向閥228_a上游之物流管線221，而一壓力指示器220_b及一電導計222_b位於第二換向閥228_b下游之物流管線221。壓力指示器220_{a,b}用以量測及控制分別在膜堆疊130上游及下游之流221之壓降。電導計222_{a,b}監測物流管線221中水的電導率。

定位一壓力差指示器226_a以監測膜堆疊130上游之物流管線221與223之間的壓力差，而一壓力差指示器226_b位於膜堆疊130之下游以監測物流管線221與223之間的壓力差。重要的是保持兩物流管線221與223之間的壓力差在一定程度以確保最小反向擴散。

定位一流量指示器224以監測及控制物流管線221中流體流動之量。定位一流量指示器232以監測及控制物流管線223中流體流動之量。一流回線229自膜堆疊130之下游物流管線223延伸，且傳輸流體回到進料泵214_b之上游。

換向閥228_{a,b}使流體通過膜堆疊130之流動週期性換向。同時流動之換向為膜堆疊130中電極極性之換向。在極性及流動換向後立刻傾倒足夠產物水，直至堆疊及線沖洗，且恢復所需水品質。

流經物流管線221之流體最後分成一不合格產物線234及一產物線236，而流經物流管線223及換向閥228_b之流體經由流回線229及泵214_b部分流回物流管線223，且其他部分以濃縮物形式在一濃縮物排放線238中離開系統210。對物流管線221而言，分成不合格產物線234及產物線236由電

導計222_b控制。當流出物之電導率在產物規格內時，物流管線221轉換至產物線236，否則其轉換成不合格線234。對物流管線223而言，其分成流回線229及排放線238。以上兩條線之流動速率由預定水回收率決定。在較高水回收率下使用較小排放流量，且在較低水回收率下使用較大排放流量。

應瞭解ED系統110及EDR系統210不包括除氣機。雖然在ED系統110及EDR系統210中未利用法拉第為基礎之反應，但改為利用非法拉第過程。非法拉第過程之靜電性質意謂在ED系統110及EDR系統210中不形成待用除氣機移除之氣體。此外，膜堆疊130中之膜可能比已知之ED及EDR系統中之膜需要更少清潔程序且具有更長有效壽命。

現參見圖6，接著討論用於形成一諸如電極125、127之多孔電極的方法步驟。在步驟300，將一部分電極材料懸浮於水中。對電極面積為1.5 cm×1.5 cm(2.25 cm²)而言，應使用約22.5至2250毫克之電極材料。接著，在步驟305，添加不溶於水之黏合劑，例如氟化物聚合物，諸如聚四氟乙烯(PTFE)或聚乙烯二氟乙烯(PVDF)。在一實施例中，添加介於6 wt%與8 wt%之間的量之PTFE。在一態樣中，可添加呈20-60%之水性乳液形式之PTFE。應瞭解不溶於水之黏合劑可在攪拌下添加。在步驟310，執行進一步攪動，直至形成均勻分散糊狀物。在步驟315，乾燥混合物。在一實施例中，在諸如100°C之高溫下，乾燥混合物。接著，在步驟320，將混合物懸浮於乙醇中以形成漿

料。應瞭解混合物可懸浮於DI水、醇為基礎之液體或乙醇水溶液中而代替懸浮於乙醇中。接著，在步驟325，將漿料塗佈在一集電器或基板上，諸如基板129，且在空氣中乾燥以形成具有與一導電基板相鄰接之一多孔部分的一電極。接著，在步驟330，可在高壓下壓製電極且在高溫下乾燥電極以產生最終電極。高壓之實例在8與15兆帕斯卡之間，且高溫之實例為約80°C。經由此過程，最終電極形成，成為高表面積電極，諸如電極125、127。在一實施例中，電極材料之表面積可在10-10000 m²/g之範圍內。

雖然已結合僅限制數量之實施例來詳細描述本發明，但應易於瞭解本發明不限於該等所揭示實施例。相反，本發明可經修改以併入迄今未描述但與本發明之精神及範圍相等之任何數量的變化、改變、取代或等效安排。舉例而言，雖然本發明之實施例已針對脫鹽系統，但應瞭解本發明之實施例對離子物種自流體移除之通用過程(諸如水純化、廢水處理、礦物移除等)而言均可應用。可應用工業包括(但不限於)水處理、製藥及食品及飲料工業。此外，雖然已描述本發明之多個實施例，但應瞭解本發明之態樣可僅包括某些所述實施例。因此，本發明不應視為受前面描述限制，而僅受隨附申請專利範圍之範疇限制。

【圖式簡單說明】

圖1為已知之電透析方法之示意圖。

圖2為根據本發明之一實施例建構之一電透析系統示意圖。

圖3為圖2之電透析系統中電流動示意圖。

圖4為根據本發明之一實施例建構之一多孔電極之示意圖。

圖5為根據本發明之一實施例建構之一倒極式電透析系統的示意圖。

圖6展示用於形成根據本發明之一實施例之一多孔碳電極的方法步驟。

【主要元件符號說明】

10	電透析系統
12	陰極
14	第一陽離子轉移膜
16	去礦質產物流
18	陰離子轉移膜
20	濃縮流
22	第二陽離子轉移膜
24	陽極
26	直流電源
110	ED系統
112	進料槽
113	輸入線
114	進料泵
116	過濾器
118	稀薄物流管線
120	濃稠物流管線

122	陽離子轉移膜
124	陰離子轉移膜
125	多孔陰極
127	多孔陽極
129	基板
130	膜堆疊
131	多孔部分
132	DC電源
210	EDR系統
214 _{a, b}	進料泵
216 _{a, b}	變頻驅動器
220 _{a, b}	壓力指示器
221、223	物流管線
222 _{a, b}	電導計
224	流量指示器
228 _{a, b}	換向閥
229	流回線
232	流量指示器
234	不合格產物線
236	產物線
238	排放線
300	將電極材料懸浮於溶液中
305	添加不溶於水之黏合劑
310	攪動混合物

- 315 乾燥混合物
- 320 將混合物懸浮於溶液中
- 325 將漿料塗佈於基板上
- 330 完成電極

五、中文發明摘要：

本發明描述一種非法拉第離子物種移除方法及系統。系統包括一電源、一用於輸送液體通過系統之泵及複數個多孔電極。電極各包括一導電多孔部分。電極亦可包括一與多孔部分相鄰接之基板。多孔電極可用於電透析及倒極式電透析系統中。本發明描述一種用於形成多孔電極之方法。

六、英文發明摘要：

A non-Faraday ionic species removal process and system is described. The system includes a power supply, a pump for transporting a liquid through the system, and a plurality of porous electrodes. The electrodes, each include an electrically conductive porous portion. The electrodes may also include a substrate contiguous with the porous portion. The porous electrode can be utilized in electrodialysis and electrodialysis reversal systems. A method for forming a porous electrode is described.

十、申請專利範圍：

1. 一種離子物種移除系統，其包含：
 - 一電源；
 - 一用於輸送液體通過該系統之泵；及
 - 複數個多孔電極，各包含一導電多孔部分。
2. 如請求項1之系統，其中該等多孔電極經組態以經由非法拉第過程自該液體移除離子物種。
3. 如請求項1之系統，其中該系統為一倒極式電透析系統。
4. 如請求項1之系統，其中該系統為一電透析系統。
5. 如請求項4之系統，其包含分別用於輸送經預過濾之稀薄部分及濃稠部分穿過該複數個多孔電極的一稀薄物流管線及一濃稠物流管線。
6. 如請求項1之系統，其中該等多孔部分之每一者的表面積在 $10\text{-}10000\text{ m}^2/\text{g}$ 之範圍內。
7. 如請求項1之系統，其進一步包含一與該多孔部分相鄰接之基板，且其中該基板為來自由板、網格、箔片及薄片組成之群之一者。
8. 如請求項7之系統，其中該基板由來自由不鏽鋼、石墨、鈦及導電塑膠組成之群之材料形成。
9. 如請求項8之系統，其中該基板由經導電塗層塗佈之非導電材料形成。
10. 如請求項9之系統，其中該導電塗層包含鉑、銦、銱或其合金。

11. 如請求項1之系統，其中該多孔部分包含選自由下列各材料組成之群之電極材料：碳、碳奈米管、石墨、碳纖維、碳織布、碳氣凝膠、金屬粉末、金屬氧化物、導電聚合物及其任何組合。
12. 如請求項1之系統，其中該電源為一DC電源、一AC電源、一具有短暫持續時間脈衝電流之DC電源或一具有短暫持續時間脈衝電流之AC電源。
13. 如請求項1之系統，其中該系統經組態用於水純化、廢水處理、礦物移除、製藥及食品及飲料製程。
14. 一種用於形成一多孔電極之方法，其包含：
形成包含電極材料之漿料；且及
將該漿料塗佈於一基板上。
15. 如請求項14之方法，其中該形成包含形成包含選自由下列各材料組成之群之電極材料的漿料：碳、碳奈米管、石墨、碳纖維、碳織布、碳氣凝膠、金屬粉末、金屬氧化物、導電聚合物及其任何組合。
16. 如請求項14之方法，其中該形成包含：
將電極材料糊狀物懸浮於溶液中；
將不溶於水之黏合劑添加至該溶液中以形成混合物；
攪動該混合物；及
將該混合物懸浮於去離子水溶液、醇為基礎之溶液、乙醇溶液或乙醇水溶液中。
17. 如請求項16之方法，其中該形成包含在懸浮該混合物前乾燥該混合物。

18. 如請求項16之方法，其包含對該電極進行最後加工。
19. 如請求項18之方法，其中該最後加工包含在高壓下壓製該電極及在高溫下乾燥該電極。
20. 如請求項14之方法，其中該塗佈包含將該漿料塗佈於由選自由下列各材料組成之群之材料形成之一基板上：不鏽鋼、石墨、鈦、鉑、銱、銦及導電塑膠。
21. 如請求項14之方法，其中該塗佈包含將該漿料塗佈於板、網格、箔片或薄片形式之一基板上。
22. 一種多孔電極，其包含表面積在 $10\text{-}10000\text{ m}^2/\text{g}$ 之範圍內的一導電多孔部分。
23. 如請求項22之電極，其進一步包含一與該多孔部分相鄰接之基板。
24. 如請求項23之電極，其中該基板為來自由板、網格、箔片及薄片組成之群之一者。
25. 如請求項23之電極，其中該基板由選自由下列各材料組成之群之材料形成：不鏽鋼、石墨、鈦、鉑、銱、銦及導電塑膠。
26. 如請求項23之電極，其中該電極由用導電塗層塗佈之非導電材料形成。

十一、圖式：

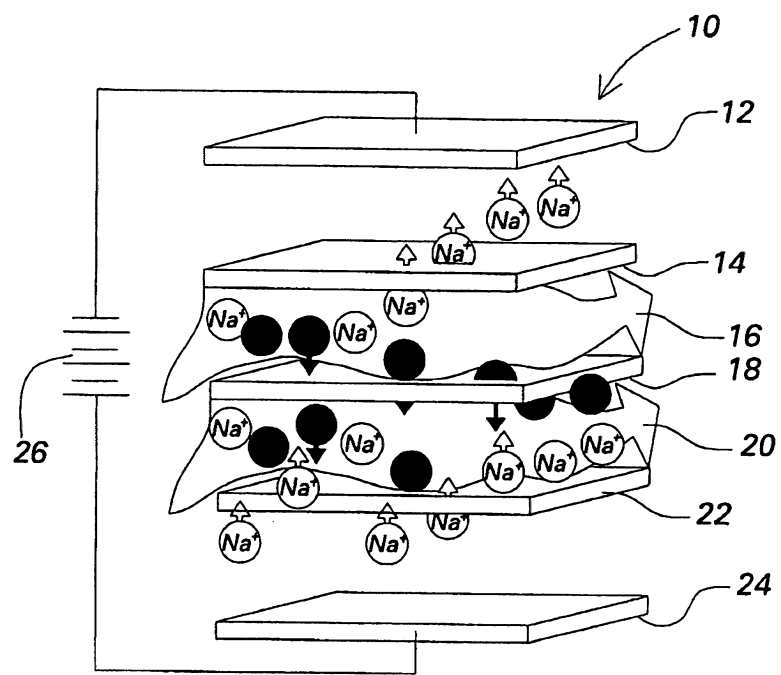


圖1

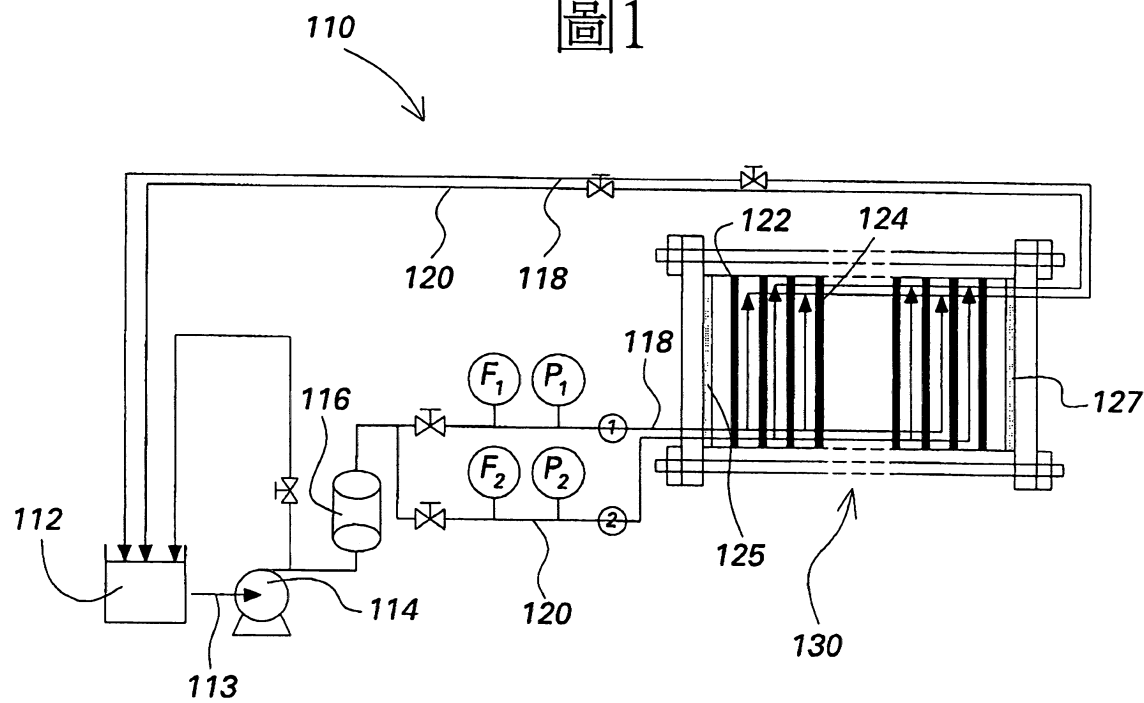


圖2

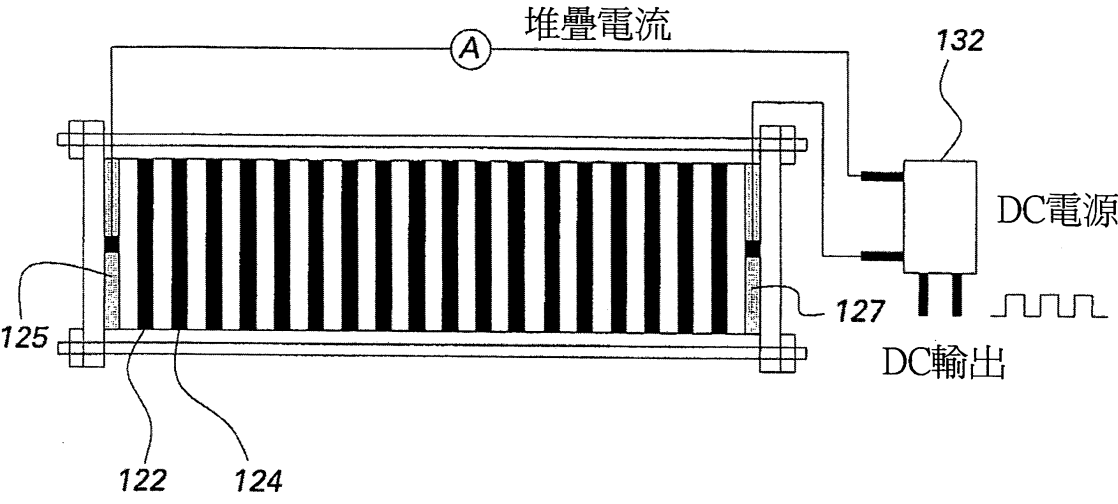


圖3

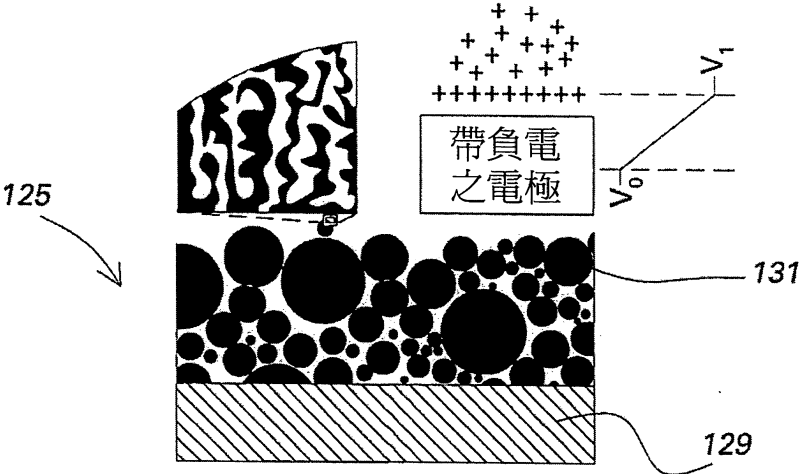


圖4

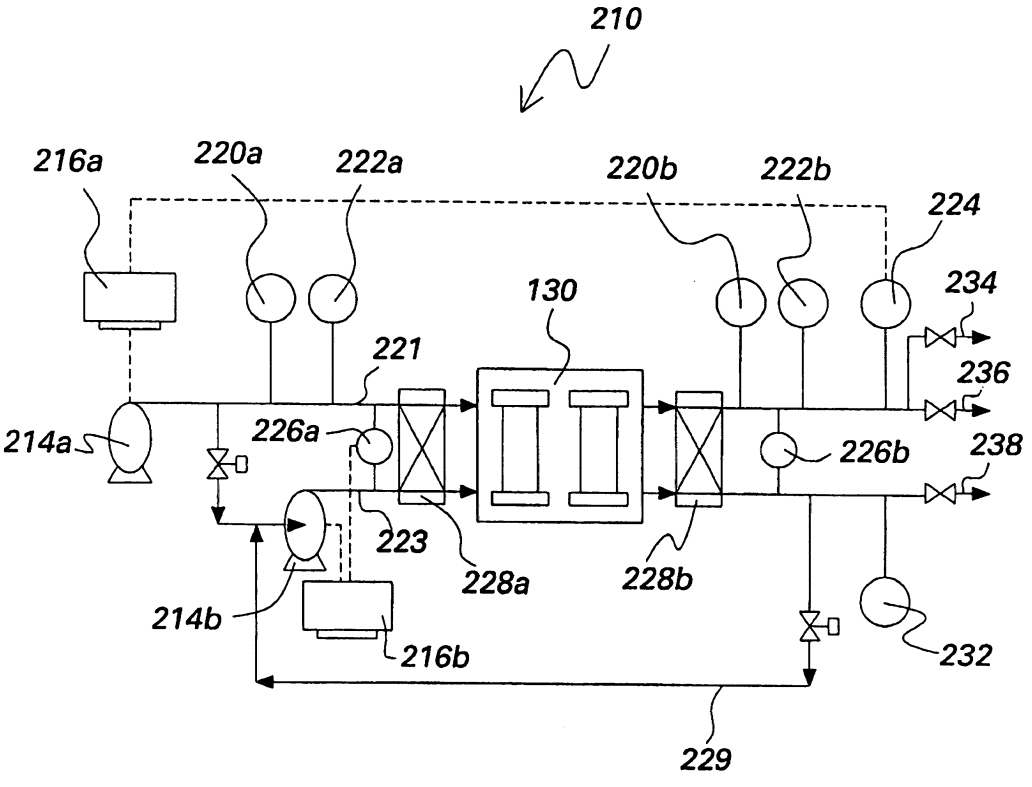


圖5

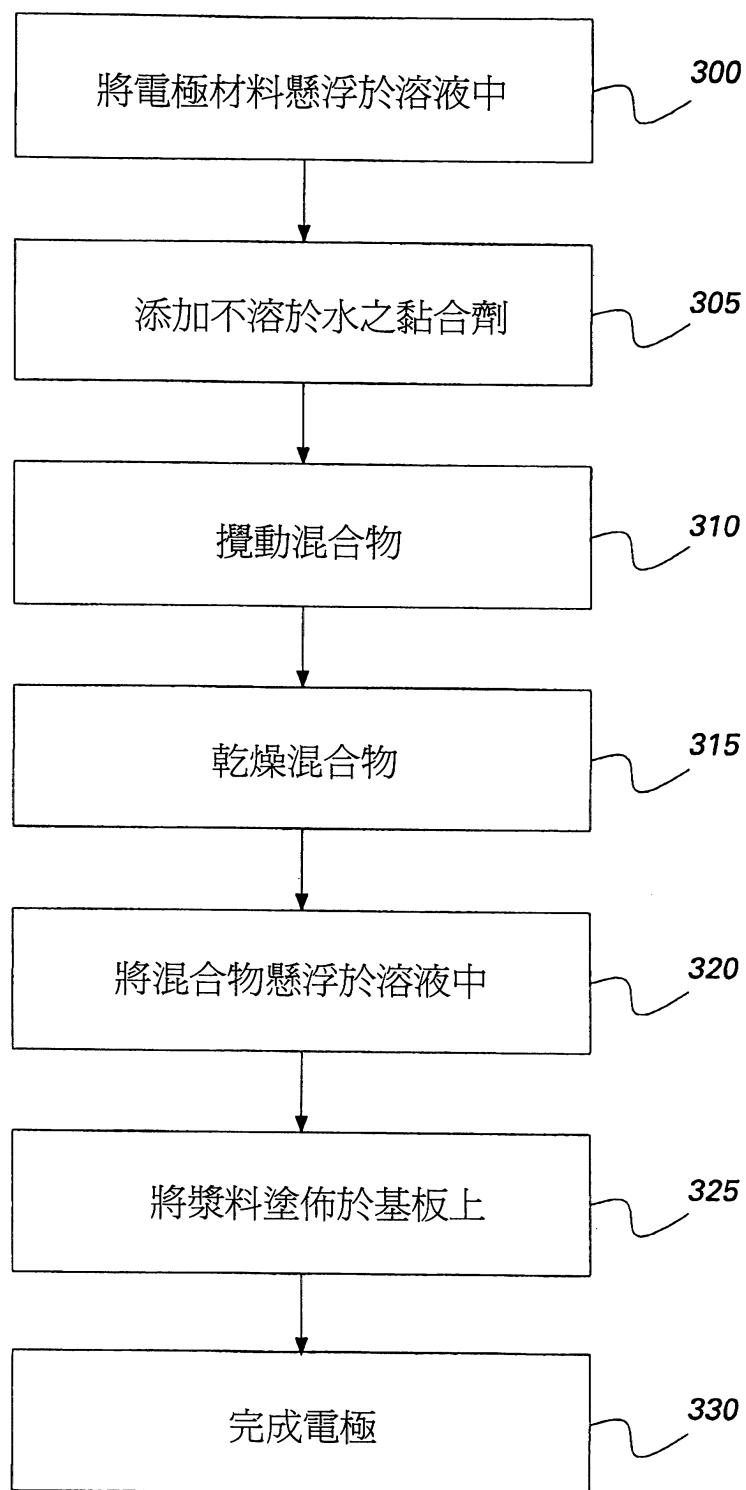


圖6

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (2) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

110	ED系 統
112	進 料 槽
113	輸 入 線
114	進 料 泵
116	過 濾 器
118	稀 薄 物 流 管 線
120	濃 稠 物 流 管 線
122	陽 離 子 轉 移 膜
124	陰 離 子 轉 移 膜
125	多 孔 陰 極
127	多 孔 陽 極
130	膜 堆 疊

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)