



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I510440 B

(45)公告日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：099132855

(22)申請日：中華民國 99 (2010) 年 09 月 28 日

(51)Int. Cl. : C02F1/469 (2006.01)

(30)優先權：2009/09/30 美國

12/570,227

(71)申請人：奇異電器公司(美國) GENERAL ELECTRIC COMPANY (US)
美國(72)發明人：牛冉 NIU, RAN (CN)；楊海 YANG, HAI (CN)；巴柏 約翰 H BARBER, JOHN H.
(CA)；胡敏 HU, MIN (CN)；熊日華 XIONG, RIHUA (CN)；蔡巍 CAI, WEI
(CN)；高新 GAO, XIN (CN)；劉雲峰 LIU, YUNFENG (CN)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

US 2008/0105551A1

審查人員：張展瑋

申請專利範圍項數：17 項 圖式數：10 共 32 頁

(54)名稱

電化學脫鹽系統及方法

ELECTROCHEMICAL DESALINATION SYSTEM AND METHOD

(57)摘要

本發明係關於一種電化學脫鹽系統，其包括第一及第二電化學裝置及一控制器。該第一及第二電化學裝置各包括一電化學脫鹽模組，該模組包括至少一對電極及位於各對電極之間用於容納電解質溶液之隔室。各第一及第二電化學脫鹽裝置包括複數個連續操作循環。各循環包括使各對電極充電及將電解質溶液中的離子吸附至該等電極上的充電操作模式，及使該對電極放電及使離子自該對電極去吸附之放電操作模式。該控制器係經組態以控制該系統，該第一及第二電化學脫鹽裝置具有交錯之充電及放電操作模式。該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者係處於放電模式及該至少一對電極釋放電流，同時第一及第二電化學脫鹽裝置之另一者係處於充電操作模式及接受自該第一及第二電化學脫鹽裝置中之該一者所釋放之電流。

An electrochemical desalination system includes a first and a second electrochemical device and a controller. The first and second electrochemical devices each comprises a electrochemical desalination module comprising at least one pair of electrodes and a compartment between each pair of electrodes for receiving an electrolyte solution. Each of the first and second electrochemical desalination devices comprises a plurality of successive operation cycles. Each cycle comprises a charging mode of operation for charging each pair of electrodes and for adsorbing ions in the electrolyte solution on the electrodes, and a discharging mode of operation for discharging the pair or electrodes and for desorbing ions from the pair of electrodes. The controller is configured to control the system that the first and second electrochemical desalination devices have interleaved charging and discharging modes of operation. One of the first and second electrochemical desalination devices is in a discharging mode and the at least one pair of electrodes release electrical current, while the other of the first and second electrochemical desalination devices is in a charging

mode of operation and receives the electrical current released from said one of the first and second electrochemical desalination device.

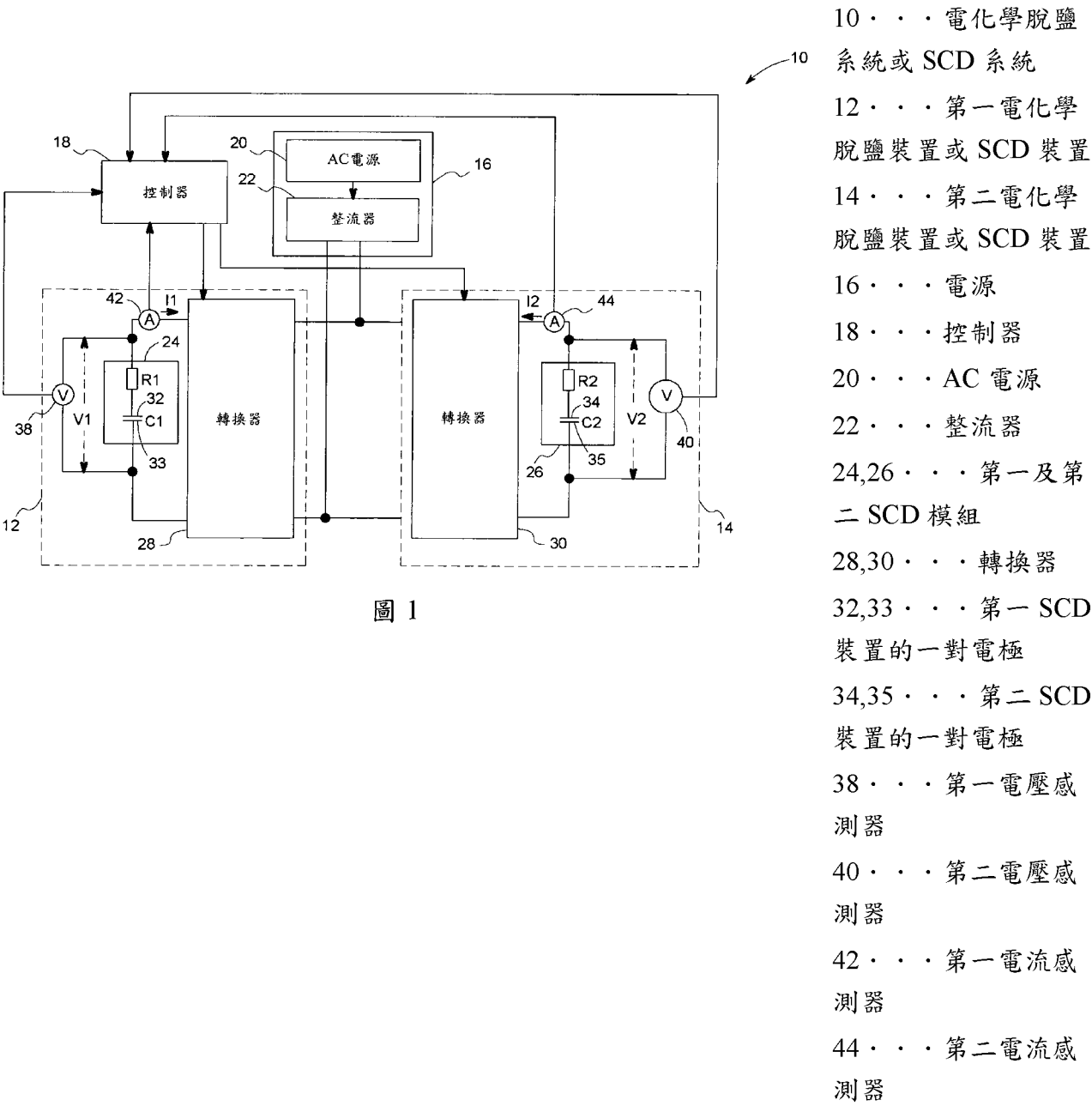


圖 1

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：99132855

※申請日：99.9.28

※IPC 分類：C02F 1/469 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

電化學脫鹽系統及方法

ELECTROCHEMICAL DESALINATION SYSTEM AND METHOD

二、中文發明摘要：

本發明係關於一種電化學脫鹽系統，其包括第一及第二電化學裝置及一控制器。該第一及第二電化學裝置各包括一電化學脫鹽模組，該模組包括至少一對電極及位於各對電極之間用於容納電解質溶液之隔室。各第一及第二電化學脫鹽裝置包括複數個連續操作循環。各循環包括使各對電極充電及將電解質溶液中的離子吸附至該等電極上的充電操作模式，及使該對電極放電及使離子自該對電極去吸附之放電操作模式。該控制器係經組態以控制該系統，該第一及第二電化學脫鹽裝置具有交錯之充電及放電操作模式。該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者係處於放電模式及該至少一對電極釋放電流，同時第一及第二電化學脫鹽裝置之另一者係處於充電操作模式及接受自該第一及第二電化學脫鹽裝置中之該一者所釋放之電流。

三、英文發明摘要：

An electrochemical desalination system includes a first and a second electrochemical device and a controller. The first and second electrochemical devices each comprises a electrochemical desalination module comprising at least one pair of electrodes and a compartment between each pair of electrodes for receiving an electrolyte solution. Each of the first and second electrochemical desalination devices comprises a plurality of successive operation cycles. Each cycle comprises a charging mode of operation for charging each pair of electrodes and for adsorbing ions in the electrolyte solution on the electrodes, and a discharging mode of operation for discharging the pair of electrodes and for desorbing ions from the pair of electrodes. The controller is configured to control the system that the first and second electrochemical desalination devices have interleaved charging and discharging modes of operation. One of the first and second electrochemical desalination devices is in a discharging mode and the at least one pair of electrodes release electrical current, while the other of the first and second electrochemical desalination devices is in a charging mode of operation and receives the electrical current released from said one of the first and second electrochemical desalination device.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

10	電化學脫鹽系統或SCD系統
12	第一電化學脫鹽裝置或SCD裝置
14	第二電化學脫鹽裝置或SCD裝置
16	電源
18	控制器
20	AC電源
22	整流器
24, 26	第一及第二SCD模組
28, 30	轉換器
32, 33	第一SCD裝置的一對電極
34, 35	第二SCD裝置的一對電極
38	第一電壓感測器
40	第二電壓感測器
42	第一電流感測器
44	第二電流感測器

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

(無)

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明之實施例係關於脫鹽技術之領域，及更特定言之係關於一種電化學脫鹽系統及控制該系統之方法。

【先前技術】

一類電化學脫鹽系統係利用在電解質溶液中之至少一對電極。該電化學脫鹽系統包括複數個連續操作循環，及各操作循環包括充電操作模式及放電操作模式。在該電化學脫鹽系統之充電操作模式中，該對電極係藉由內部電源帶相反電荷，以在該對電極之間形成電場。該電解質溶液中之離子係藉由朝向相反電荷之電極及吸附於該電極之表面上之電場驅動。因此，該對電極形成一在充電操作模式期間儲存電能之電容器。在充電操作模式期間，該電解質溶液中離子之濃度隨時間減少，及因此自該電化學脫鹽系統排出之電解質溶液相較於餵入該電化學脫鹽系統之電解質溶液係具有較少離子之稀釋水。在放電操作模式期間，儲存於該電容器(電極)中之電能釋放，及自該對電極之表面去吸附之離子至該電解質溶液中。因此，在放電操作模式期間，自該電化學脫鹽系統排出之電解質溶液相較於進料溶液係具有更高離子濃度之濃縮水。該電化學脫鹽裝置亦稱為「超級電容器脫鹽(SCD)系統」。

在放電操作模式期間使一對電極放電之習知方法包括在該對電極之間形成短路，或連接該對電極與設備以消耗該對電極所釋放之電流，或反轉該對電極之極性以釋放儲存

於該對電極中之電能。無習知方法可直接利用該SCD系統本身中放電操作模式期間所釋放之電能。因此，希望具有一種與彼等系統或目前可獲得且可直接利用放電製程期間所釋放的電能之系統不同之SCD系統。希望具有一種與彼等目前可獲得者不同之控制SCD系統操作之方法。

【發明內容】

根據一實施例，提供一種電化學系統。該電化學脫鹽系統包括第一及第二電化學裝置及一控制器。該第一及第二電化學裝置各包括含至少一對電極及位於該對電極之間用於容納電解質溶液之隔室之電化學脫鹽模組。各第一及第二電化學脫鹽裝置包括複數個連續操作循環。各循環包括用於使各對電極充電及使電解質溶液中之離子吸附至該等電極上之充電操作模式，及用於使該對電極放電及使離子自該對電極去吸附之放電操作模式。該控制器係經組態以控制該系統，該第一及第二電化學脫鹽裝置具有交錯之充電及放電操作模式。該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者係處於放電模式及至少一對電極釋放電流，然而該第一及第二電化學脫鹽裝置中之另一者係處於充電操作模式及接受來自該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者所釋放之電流。

根據一實施例，提供一種電化學脫鹽方法。該方法包括以充電操作模式操作第一電化學脫鹽裝置。該充電操作模式包括使具有相反極性之第一電化學脫鹽裝置的至少一對電極充電；使電解質溶液通過位於該第一電化學脫鹽裝置

之各對電極之間的隔室；將該電解質溶液中之離子吸附至該至少一對電極上；及將稀釋溶液排出該第一電化學脫鹽裝置。該電化學脫鹽方法包括以放電操作模式操作該第一電化學脫鹽裝置，其包括將儲存於該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極中之電能釋放至第二電化學脫鹽裝置，及利用藉由該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極所釋放之電能使該第二電化學脫鹽裝置之至少一對電極充電；及將累積於該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極上之離子去吸附至該隔室中之電解質溶液中。

【實施方式】

當參照隨附圖式閱讀上列詳細描述時可更好地理解本發明之此等及其他特徵、態樣及優勢，其中類似的特徵物代表該等圖式整體之類似部件。

本發明之實施例係關於一種電化學脫鹽系統。該電化學脫鹽系統包括第一及第二電化學脫鹽裝置及一控制器。該第一及第二電化學脫鹽裝置各包括一對電極及位於該對電極之間用於容納電解質溶液之隔室。該第一及第二電化學脫鹽裝置各包括複數個連續操作循環，及各循環包括用於使該對電極充電及將電解質溶液中之離子吸附至該等電極之表面上的充電操作模式，及用於釋放儲存於該對電極上之電能及使累積於該等電極上之離子去吸附至該電解質溶液中的放電操作模式。該控制器係經組態以控制該電化學脫鹽系統，以使得當該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者處於放電操作模式及該對電極釋放電能時，該第一及第

二電化學脫鹽裝置中之另一者係處於充電操作模式及該對電極接受自該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者所釋放之電能。因此，藉由一個電化學脫鹽裝置的放電操作模式所釋放之電能係為另一電化學脫鹽裝置所利用，及該電化學脫鹽系統之能效有係獲得改善。電化學脫鹽系統之「能效」係指用於離子移除之能量對該電化學脫鹽系統之電源所提供之總能量的比率。該電化學脫鹽系統亦係稱為「超級電容器脫鹽系統」及該電化學脫鹽裝置在下文中亦係稱為「超級電容器脫鹽裝置」。

近似語言，如在此本說明書及請求項中整個所用者，可在不造成其相關基本功能變化下用於修飾任何容許改變之數量表示。因此，經諸如「約」之術語修飾之值並不限於所指定之精確值。在某些情況下，近似語言可對應於用於測量值的儀器之精確度。

除非另外指出，否則文中所用技術及科學術語具有通常熟悉本發明所屬之技術者所瞭解之相同意義。術語「第一」、「第二」及類似物，如文中所用般並未意指任何順序、數量或重要性，而係用於元件間之相互區別。同樣，術語「一」及「一個」並未指數量之限制，而意指至少一種參考項目之存在性。

「超級電容器」係一種當與常見電容器相比較時具有相對較高的能量密度之電化學電容器。如文中所用，「超級電容器」包括其他高性能電容器，諸如超高電容器。電容器係一種能夠在一對緊密導體(稱為「電極」)之間的電場

中儲存能量之電裝置。當對該電容器施加電壓時，等量但極性相反的電荷會積聚於各電極上。

參照圖1，電化學脫鹽系統，諸如超級電容器脫鹽(SCD)系統10包括第一SCD裝置12、第二SCD裝置14、至少一個電源16、及控制該第一及第二SCD裝置12、14的操作之控制器18。

在圖1之所述實施例中，第一及第二SCD裝置12、14係經電連接至一常見電源16。在其他實施例中，SCD系統10可包括一個以上的電源。舉例而言，SCD系統10包括分別連接至第一及第二SCD裝置12、14之第一及第二電源(未顯示)。在所述實施例中，電源16包括提供交流電之AC電源20及用於將交流電轉化成直流電以施加至該第一及第二SCD裝置12、14之整流器22。在其他實施例中，電源16可為在不使用整流器下對第一及第二SCD裝置12、14提供直流電或DC電壓之DC電源。在所述實施例中，第一及第二SCD裝置12、14可(例如)經由分流器電連接至一常見整流器22。在其他實施例中，電源16可包括可對於分別連接至第一及第二SCD裝置12、14操作之第一及第二整流器。

在圖1之所述實施例中，第一SCD裝置12包括至少一個SCD模組24(第一SCD模組24)及位於該第一SCD模組24與該電源16之間的第一轉換器28。在某些實施例中，該第一SCD模組24包括至少一對電極32、33及位於該對電極32、33之間用於容納電解質溶液(圖7及8)之隔室36(圖7及8)。同樣，在所述實施例中，第二SCD裝置14包括至少一個

SCD模組26(第二SCD模組26)及位於該第二SCD模組26與該電源16之間的第二轉換器30，及該第二SCD模組26包括至少一對電極34、35及位於該對電極34、35之間用於容納電解質溶液之隔室36。在所述實施例中，該第一及第二SCD單元24、26分別包括內電阻R1及R2。在一實施例中，該第一及第二轉換器28、30各係一雙向DC/DC轉換器。在一替代實施例中，該第一及第二SCD單元24、26包括一常見雙向轉換器。

在圖1之所述實施例中，第一SCD裝置12包括用於測量橫穿第一SCD單元24之電壓(V1)之第一電壓感測器38，及用於測量施加至或自該對電極32、33釋放之充電/放電電流(I1)之第一電流感測器42。第二SCD裝置14包括用於測量橫穿第二SCD單元26之電壓(V2)的第二電壓感測器40，及用於測量施加至或自該對電極34、35釋放之充電/放電電流(I2)之第二電流感測器44。所測量之電壓(V1，V2)及電流(I1，I2)係傳輸至控制器18，及該控制器18利用此等信號來控制第一及第二SCD裝置12、14。

在某些實施例中，第一及第二SCD裝置12、14各包括複數個連續操作循環。各循環包括用於使一對電極32、33(34、35)充電及將電解質溶液中之離子吸附至電極32、33(34、35)的表面上之充電操作模式，及用於釋放儲存於該對電極32、33(34、35)上之電能及將累積於該對電極32、33(34、35)上之離子去吸附至電解質溶液中的放電操作模式。

在某些實施例中，控制器18係經組態以控制第一及第二SCD裝置12、14，以使其具有交錯之充電及放電操作模式。當第一及第二SCD裝置12、14中之一者處於放電操作模式及該對電極32、33或34、35釋放電流時，第一及第二SCD裝置12、14中之另一者則係處於充電操作模式及該對電極34、35或32、33接受自該第一及第二SCD裝置12、14中之該一者所釋放之電流。舉例而言，當第一SCD裝置12係處於放電操作模式時，該第一SCD裝置12之該對電極32、33釋放電流，同時第二SCD裝置14係處於充電操作模式及該第二SCD裝置14中之該對電極34、35接受來自第一SCD裝置12之該對電極32、33所釋放之電流。當第二SCD裝置14轉變成放電操作模式時，第二SCD裝置14之該對電極34、35釋放電流，同時第一SCD裝置12係處於充電操作模式及第一SCD裝置12之該對電極32、33接受來自第二SCD裝置14之該對電極34、35所釋放之電流。因此，藉由一個SCD裝置之放電操作模式所釋放之電能係為另一SCD裝置所利用，及該SCD系統10之能效獲得改善。

在某些實施例中，控制器18係經組態以根據使兩對電極32、33及34、35充電所需之電荷(Q)，計算及儲存第一及第二SCD裝置12、14之充電電流分佈(未顯示)及充電時間(t_1)。在一實施例中，該充電電流係恒定DC電流。在一實施例中，該第一及第二轉換器28、30係經操作以根據充電電流分佈輸出充電電流至第一及第二SCD裝置12、14。在所述實施例中，在放電操作模式中，由第一SCD裝置12之

該對電極32、33所釋放的電流係經由第一轉換器28傳輸至第二SCD裝置14，及係進一步藉由第二轉換器30轉換成使第二SCD單元28之該對電極34、35充電之充電DC電流。同樣，由第二SCD裝置14之該對電極34、35所釋放之電流係經由第二轉換器30傳輸至第一SCD裝置12，及進一步經由第一轉換器28轉化成使第一SCD裝置12之該對電極32、33充電之充電DC電流。

在一實施例中，第一及第二SCD裝置12、14具有相等的循環時間(T)。圖2及3分別闡釋在一個操作循環內，根據第一電流感測器42及第一電壓感測器38所測量之第一SCD單元24之示範性充電/放電電流曲線及電壓曲線。圖3中之電壓曲線V1及Vc1分別表示橫穿第一SCD單元24之電壓及橫一對電極32、33之電壓。圖4及5分別闡述在與圖2及3相同的操作循環內及相同的時間段內，根據第二電流感測器44及第二電壓感測器40所測得之第二SCD裝置14之第二SCD單元28的放電/充電電流曲線及電壓曲線。圖5中之電壓曲線V2及Vc2分別表示橫穿第二SCD單元26之電壓及橫穿該對電極34、35之電壓。在所述實施例中，第一及第二SCD裝置12、14之操作循環各具有充電時間(t1)的充電操作模式及放電時間(t2)之放電操作模式，即 $T = t1 + t2$ 。在一實施例中，充電時間(t1)係等於放電時間(t2)。

參照圖2及3，在充電時間(t1)內的充電操作模式期間，可操作第一轉換器28以提供充電電流(I1)至第一SCD單元24。在所述實施例中，在充電時間(t1)期間之充電電流(I1)

係恒定DC電流。在其他實施例中，在充電時間(t_1)期間之充電電流(I_1)可隨著時間改變。如圖3所示，在充電時間(t_1)期間，橫穿第一SCD單元24之充電電壓(V_1)及橫穿該對電極32、33之電壓(V_{c1})係逐漸增加。在充電時間(t_2)內的放電操作模式期間，該對電極32、33經由第一轉換器28釋放放電電流(I_1)。在放電操作模式期間，放電電流(I_1)相較於處於充電操作模式之充電電流(I_1)係處於相反方向。在圖3之所述實施例中，橫穿第一SCD單元24之放電電壓(V_1)及橫穿該對電極32、33之電壓(V_{c1})在放電時間(t_2)期間降低。

在圖2及3之所述實施例中，放電操作模式包括正常放電時間(t_3)之正常放電操作模式。在正常的放電時間(t_3)期間，該對電極32、33經由第一轉換器28釋放藉由儲存於其中之電能所驅動之放電電流(I_1)，橫穿第一SCD單元24之電壓(V_1)及橫穿一對電極32、33之電壓(V_{c1})降低。然而，在正常放電操作模式末期，由於橫穿內電阻(R_1)之電壓使電能不能完全釋放，其不利於改善SCD系統10之能效。

在圖2及3之所述實施例中，第一及第二SCD裝置12、14之放電操作模式進一步包括強制放電時間(t_4)的強制放電操作模式。在強制放電操作模式期間，電源16提供強制放電電流(I_1)至該對電極32、34，但相較於處於充電操作模式之充電電流(I_1)具有相反極性。控制器18係經組態以控制該系統，以使得在強制放電操作模式末期，橫穿該對電

極32、33之電壓(V_{c1})係實質上等於零，橫穿第一SCD單元24之電壓(V_1)係低於零。因此，儲存於第一SCD單元24中之電荷得以完全釋放。

在某些實施例中，第二SCD裝置14具有與第一SCD裝置12相同的操作循環。當第一SCD裝置12在充電時間(t_1)內係處於充電操作模式時，第二SCD裝置14係處於放電操作模式及釋放電流以使第一SCD裝置12充電之。當第一SCD裝置12在放電時間(t_2)期間係處於放電操作模式並釋放電流時，第二SCD裝置14係處於充電操作模式及係藉由第一SCD裝置12及電源16所釋放之電流充電。

在某些實施例中，在充電時間(t_1)中第一SCD裝置12之充電操作模式期間，可操作第一轉換器28以根據藉由控制器18所操控之電流分佈傳輸充電電流(I_1)。控制器18係經組態以控制該系統，以使得當由第二SCD裝置14所釋放之正常放電電流(I_2)能滿足用於產生充電電流(I_1)的能量需求時，第一轉換器28在不接受來自電源16之電流下，僅接受用於產生充電電流(I_1)之正常放電電流(I_2)。當由第二SCD裝置14所釋放之正常放電電流(I_2)不能滿足用於產生充電電流(I_1)之能量需求時，可操作第一轉換器28以接受藉由正常放電電流(I_2)與來自電源16之電流二者所驅動之能量。

在某些實施例中，藉由控制器18所進行之第一及第二SCD裝置12、14之充電及放電製程類似但在時間上有交錯。為使第一SCD裝置12放電之藉由控制器18所進行之示

範性製程100係闡述於圖6中。所述製程100係開始於步驟102，同時操作控制器18以使得第一SCD裝置12之該對電極32、33開始一正常放電操作模式及經由第一轉換器28釋放正常放電電流(I1)。正常放電電流(I1)之電能係進一步轉化成用於使第二SCD裝置14之該對電極34、35充電之充電電流(I2)。

在某些實施例中，在步驟104中，控制器18決定由第一SCD裝置12之該對電極32、33所釋放之電能是否滿足使第二SCD裝置14之該對電極34、35充電之電能需求。在一實施例中，控制器18比較根據下式由第一SCD裝置12所釋放之瞬間電能(P1)：

$$P1 = V1 \times I1,$$

與根據下式由第二SCD裝置14所接受之瞬間電能(P2)係：

$$P2 = V2 \times I2。$$

若 $P1 \geq P2$ ，則認為由第一SCD裝置12所釋放之電能可滿足第二SCD裝置14之能量需求，用步驟106進行製程100。

在步驟106中，在某些實施例中，控制器18計算及控制第一轉換器28以傳輸最大可能放電電流至第二SCD裝置14，及隨後返回至步驟104直至由第一SCD裝置12釋放之電能不能滿足第二SCD裝置14之能量需求為止，(即 $P1 < P2$)。用步驟108進行製程100，及可操作第二SCD裝置14之第二轉換器30以接受來自由第一SCD裝置12所釋放之放電能量及來自電源16之電能二者之電流。

在步驟107中，在某些實施例中，控制器18計算及決定

正常放電電流(I1)、正常放電時間(t3)及強制放電時間(t4)。在一實施例中，控制器18利用第二SCD裝置14之先前操作循環之充電電流(I2)及電壓(V2)及諸如內電阻(R1)及電容(C1)之其他資訊計算正常放電時間(t3)及強制放電時間(t4)。在其他實施例中，舉例而言，控制器18可利用許多循環之電流及電壓之平均值。

在所述實施例中，步驟107包括步驟108，其中控制器18計算放電電流(I1)以使來自第一SCD裝置12之能量輸出(E1)最大化。在所述實施例中，步驟107進一步包括步驟110，其中假定第一SCD裝置12開始進行強制放電操作模式，則控制器18係經組態以計算強制放電電流(I1)。在一實施例中，強制放電電流(I1)係恒定DC電流。在某些實施例中，強制放電電流(I1)係根據強制時間(t4)計算，其係總放電時間(t2)與正常放電時間(t3)之差。由於充電時間(t1)等於放電電流時間(t2)，因此強制時間(t4)係充電時間(t1)與正常放電時間(t3)之差。在一實施例中，控制器18係經組態以計算殘留於該對電極32、33中之電荷(Q)，及根據 $Q = \int_0^{t_4} I_1(t) dt$ 計算強制電流。

在所述實施例中，步驟107進一步包括步驟112，其中控制器18計算在強制放電操作模式期間，輸入至第一SCD裝置12之能量。

在所述實施例中，控制器18以預定時間間隔重複步驟108、110及112之計算直至放電時間(t2)末期。在一實施例中，例如，該時間間隔係5秒。

在某些實施例中，在步驟116中，控制器18決定正常放電時間(t_3)及強制放電時間(t_4)以使得所釋放之能量與所輸入之能量之間的差異在放電時間(t_2)期間最大。

在某些實施例中，在步驟118中，控制器18控制第一SCD裝置12以在預定正常放電時間(t_3)之末期開始進行強制放電操作模式，及在預定強制放電時間(t_4)末期於步驟120結束。

圖7闡述第一及第二SCD裝置12、14之示範性SCD模組，諸如在充電操作模式期間之第一SCD模組24。圖8闡述在放電操作期間之示範性第一SCD模組24。在所述實施例中，示範性SCD模組24包括界定容積之脫鹽容器46，及封裝於該容積及電連接至轉換器28之至少一對電極32、33。

在圖7及8之所述實施例中，SCD模組24進一步包括位於該對電極32、33之間之電絕緣隔片48。此外，脫鹽容器46包括至少一個入口(未標示)，來自進料來源52之進料電解質溶液50係自其進入隔室36，及用於自該隔室46排出輸出液體之至少一個出口54。該電解質溶液可藉由使用外力而引入脫鹽容器46內。適宜的外力包括重力、吸力及泵抽力。

在某些實施例中，第一及第二電極32、33各包括具有高表面積之導電材料，及該導電材料內用於電連接至第一轉換器28之電流收集器(未顯示)。在本發明之某些實施例中，電極、電流收集器及絕緣隔片48之適宜材料及特徵可為共同讓與的U.S. 20080185346之中所述及闡釋之類型，

該揭示案之全文係以引用的方式併入本文中。

參照圖7，在充電操作模式期間，該對電極32、33分別作為正極及負極由第一轉換器28充電。使來自進料來源52之進料電解質溶液50通過SCD模組24及位於該對電極32、33之間。陽離子(M^+)朝負極33移動及吸附於其上，及陰離子(X^-)朝正極32移動並吸附於其上。由於此電荷累積於SCD模組24內部，輸出液體(自該SCD模組24流出之稀釋液體56)相較於進料電解質溶液50具有較低濃度的陽離子(M^+)及陰離子(X^-)。在一實施例中，稀釋液體56可藉由餵回至第一SCD裝置12而經受進一步去離子化。例如，在另一實施例中，稀釋液體56係輸出以供工業用途用。

參照圖8，在充電操作模式之後之放電操作模式期間，所吸附之陽離子及陰離子自該對電極32、33去吸附。在某些實施例中，在SCD模組24之放電操作模式期間，雖然該對電極32、33之極性可保持相同，但該對電極32、33之間的電位差將變小，因此可使陰離子及陽離子自該等電極32、33去吸附。然而在其他實施例中，在SCD模組24之放電模式期間，電極32、33之極性可相反。因此，稱為濃縮液體58之輸出液體具有比進料電解質溶液50更高濃度之陽離子及陰離子。

參照圖9，根據本發明之另一實施例之SCD模組60包括封裝於脫鹽容器46中之複數對電極32、33。該複數對電極32、33係並聯設置及藉由離子障壁62彼此連接。在所述實施例中，脫鹽容器46包括用於分別同時引入進料電解質溶

液50至並聯的相應隔室36中之複數個入口，及用於將輸出液體排出之複數個出口54，該輸出液體係在充電操作模式期間之稀釋液體56及在放電操作模式期間之濃縮液體58。在一替代實施例中(其未顯示於圖式中)，僅有一個入口引入進料電解質溶液50至隔室36中之一者中，及隔室36係以一種方式相互連接，該方式使一個隔室36之出口54與另一隔室36之入口串聯連通，以使該液體通過各隔室36。在所述實施例中，僅有一個出口54係輸出液體之出口。因此，濃縮液體58可具有更高濃度的離子。在另一實施例中，SCD模組60可以上述並聯及串聯模式之任何組合方式組態。

參照圖10，根據本發明另一實施例之SCD系統64包括串聯連接之複數個第一SCD裝置12及串聯連接之複數個第二SCD裝置14以分別連續移除進料電解質溶液50之離子。控制器18係經組態以控制該系統，以使得第一SCD裝置12各具有與對應第二SCD裝置14交錯之充電及放電操作模式(如參照圖1至6之描述所述)。因此，一個SCD裝置之放電電流係為用於使該SCD單元充電之另一SCD裝置所利用。在其他實施例中，第一SCD裝置12中之一者可具有與兩個或更多個第二SCD裝置14交錯之充電及放電操作模式。由第一SCD裝置12所釋放之放電電流係用於使兩個或更多個第二SCD裝置14充電。

文中所述實施例係具有對應於請求項中所述本發明元件之元件的組合物、結構、系統及方法之實例。此書面描述

可使一般技術者可製造及利用具有同樣對應於請求項中所述之本發明元件的替代元件之實施例。本發明之範疇因此包括不同於請求項之書面表述之組合物、結構、系統及方法，及進一步包括與請求項之書面表述有非實質性差異的其他結構、系統及方法。雖然文中僅已闡釋及闡述某些特徵及實施例，但相關技術中之一般技術者可做出許多改良及變化。附屬請求項涵蓋所有該等改良及變化。

【圖式簡單說明】

圖1係根據本發明之一實施例包括第一及第二電化學脫鹽裝置之電化學脫鹽系統之示範性示意圖；

圖2闡述在一個操作循環內圖1之第一電化學脫鹽裝置之示範性充電及放電電流圖；

圖3闡述在該操作循環內圖1之第一電化學脫鹽裝置之示範性充電及放電電壓圖；

圖4闡述在一操作循環內圖1之第二電化學脫鹽裝置之示範性充電及放電電流圖；

圖5闡述在該操作循環內圖1之第二電化學脫鹽裝置之示範性充電及放電電壓圖；

圖6係在該第一電化學脫鹽裝置之放電操作模式期間，一種方法之示範性流程圖；

圖7及8分別闡述根據本發明一實施例在充電操作模式及放電操作模式期間，圖1之第一電化學脫鹽裝置之示範性電化學脫鹽單元；

圖9係根據本發明另一實施例之電化學脫鹽單元之截面

圖；及

圖 10 闡述根據本發明另一實施例之電化學脫鹽系統。

【主要元件符號說明】

10	電化學脫鹽系統或SCD系統
12	第一電化學脫鹽裝置或SCD裝置
14	第二電化學脫鹽裝置或SCD裝置
16	電源
18	控制器
20	AC電源
22	整流器
24, 26	第一及第二SCD模組
28, 30	轉換器
32, 33	第一SCD裝置的一對電極
34, 35	第二SCD裝置的一對電極
36	位於一對電極之間之隔室
38	第一電壓感測器
40	第二電壓感測器
42	第一電流感測器
44	第二電流感測器
45	示範性電化學脫鹽模組
46	容器
48	電絕緣隔片
50	進料電解質溶液
52	進料來源

54	出口
56	稀釋液體
58	濃縮液體
60	電化學脫鹽模組
62	離子障壁
64	電化學脫鹽或SCD系統
66, 68	第一及第二電化學脫鹽或SCD線
100	放電控制製程
102-116	製程100之步驟

七、申請專利範圍：

104年5月18日修正
劃線頁(本)

1. 一種電化學脫鹽系統，其包括：

各包括一電化學脫鹽模組之第一及第二電化學脫鹽裝置，該模組包括至少一對電極及位於各對電極之間用於容納電解質溶液之隔室，各第一及第二電化學脫鹽裝置包括複數個連續操作循環，各循環包括用於使各對電極充電及用於將該電解質溶液中之離子吸附至該等電極上之充電操作模式，及用於使該對電極放電及使離子自該對電極去吸附之放電操作模式；及

經組態以控制該系統之控制器，其使該第一及第二電化學脫鹽裝置具有交錯之充電及放電操作模式，其中該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者係處於放電模式及該至少一對電極釋放電流，同時該第一及第二電化學脫鹽裝置中之另一者係處於充電操作模式及接受來自該第一及第二電化學脫鹽裝置中之該一者所釋放之電流，

其中該控制器係經組態以控制該系統，以使得各第一及第二電化學脫鹽裝置之放電操作模式包括正常放電操作模式及強制放電操作模式，以及在強制放電操作模式之末期，於放電模式橫穿該電化學脫鹽裝置之至少一對電極之電壓係實質上等於零，及於放電模式橫穿該電化學脫鹽裝置之電壓係低於零。

2. 如請求項1之系統，其中該控制器係經組態以控制該系統，以使得各第一及第二電化學脫鹽裝置具有相等的循環時間。

3. 如請求項1之系統，其中該控制器係經組態以控制該系統，以使得就各第一及第二電化學脫鹽裝置而言，充電操作模式的充電時間等於放電操作模式的放電時間。
4. 如請求項1之系統，其中該第一及第二電化學脫鹽裝置包括電連接於該電化學脫鹽模組與電源之間的至少一個雙向轉換器。
5. 如請求項4之系統，其中各雙向轉換器包括用於在充電操作模式期間將直流電傳輸至該第一及第二電化學脫鹽裝置中之一者之電化學脫鹽模組，及將直流電傳輸至該第一及第二電化學脫鹽裝置中之另一者之雙向DC/DC轉換器。
6. 如請求項1之系統，其包括至少兩個串聯連接之第一電化學脫鹽裝置及至少兩個串聯連接之第二電化學脫鹽裝置以分別連續移除離子。
7. 如請求項6之系統，其中該控制器係經組態以控制該至少兩個電化學脫鹽裝置中之一者，使其具有與該至少兩個第二電化學脫鹽裝置中之至少一者交錯之充電及放電操作模式。
8. 一種電化學脫鹽方法，其包括：
以充電操作模式操作第一電化學脫鹽裝置，其包括：
使具有相反極性的該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極充電；
使電解質溶液通過位於該第一電化學脫鹽裝置之各對電極之間的隔室；

將該電解質溶液中之離子吸附至該至少一對電極上；及

將稀釋溶液排出該第一電化學脫鹽裝置；及

以放電操作模式操作該第一電化學脫鹽裝置，其包括：

將儲存於該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極中之電能釋放至第二電化學脫鹽裝置中，及利用由該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極所釋放之電能使該第二電化學脫鹽裝置之至少一對電極充電；及

使累積於該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極上之離子去吸附至該隔室中之電解質溶液中。

9. 如請求項8之方法，其中使該第一電化學脫鹽裝置之至少一對電極充電包括接受在該第二電化學脫鹽裝置之至少一對電極的放電操作模式期間所釋放之直流電。
10. 如請求項9之方法，其進一步包括獲得該第一及第二電化學脫鹽裝置之充電/放電電流分佈，及控制轉換器以分別根據該充電/放電電流分佈輸出使該對電極充電/放電之電流。
11. 如請求項8之方法，其中該放電操作模式包括正常放電時間及藉由在該正常放電時間期間儲存於該第一電化學脫鹽裝置的該至少一對電極中之電能所驅動而釋放直流電之正常放電操作模式。
12. 如請求項11之方法，其中該正常放電操作模式包括比較自該第一電化學脫鹽裝置之該對電極所釋放之瞬時放電

能量是否滿足使該第二電化學脫鹽裝置之該對電極充電之瞬時能量需求。

13. 如請求項12之方法，其中該比較包括比較該第一電化學脫鹽裝置之瞬時放電電能與該第二電化學脫鹽裝置之瞬時充電電能。
14. 如請求項11之方法，其中該放電操作模式進一步包括在強制放電時間內藉由傳輸直流電至該具有相反極性之第一電化學脫鹽裝置的該至少一對電極之強制放電操作模式。
15. 如請求項14之方法，其進一步包括基於先前操作循環或若干先前操作循環之平均計算及測定正常放電電流、正常放電時間、強制放電電流及強制放電時間。
16. 如請求項15之方法，其中該正常放電時間及強制放電時間之計算及測定係以一特定時間間隔重複進行。
17. 如請求項16之方法，其中該正常充電時間及強制放電時間係經測定，以使來自該第一電化學脫鹽裝置之能量輸出與該第一電化學脫鹽裝置之能量輸入之差異最大化。

八、圖式：

10

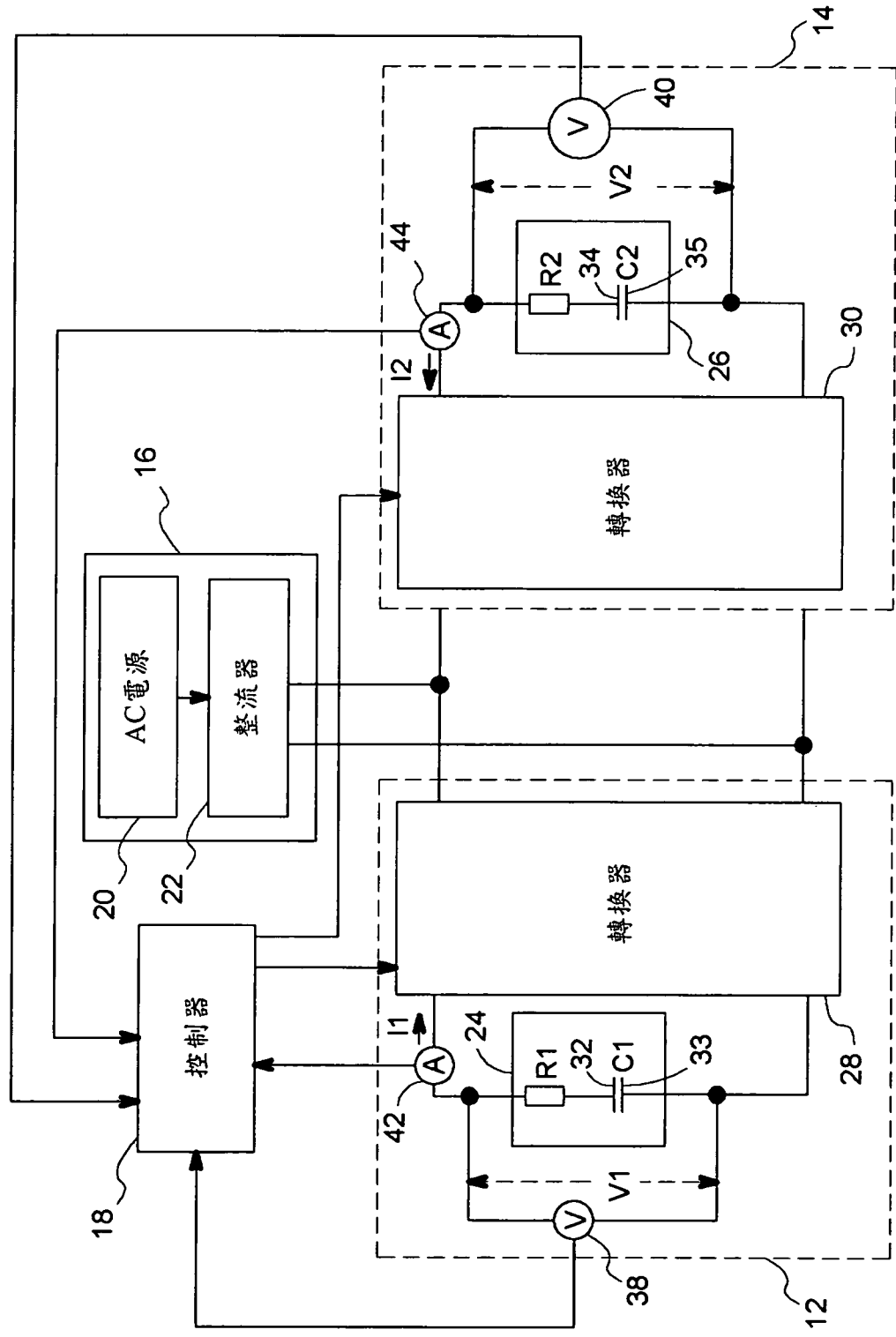


圖 1

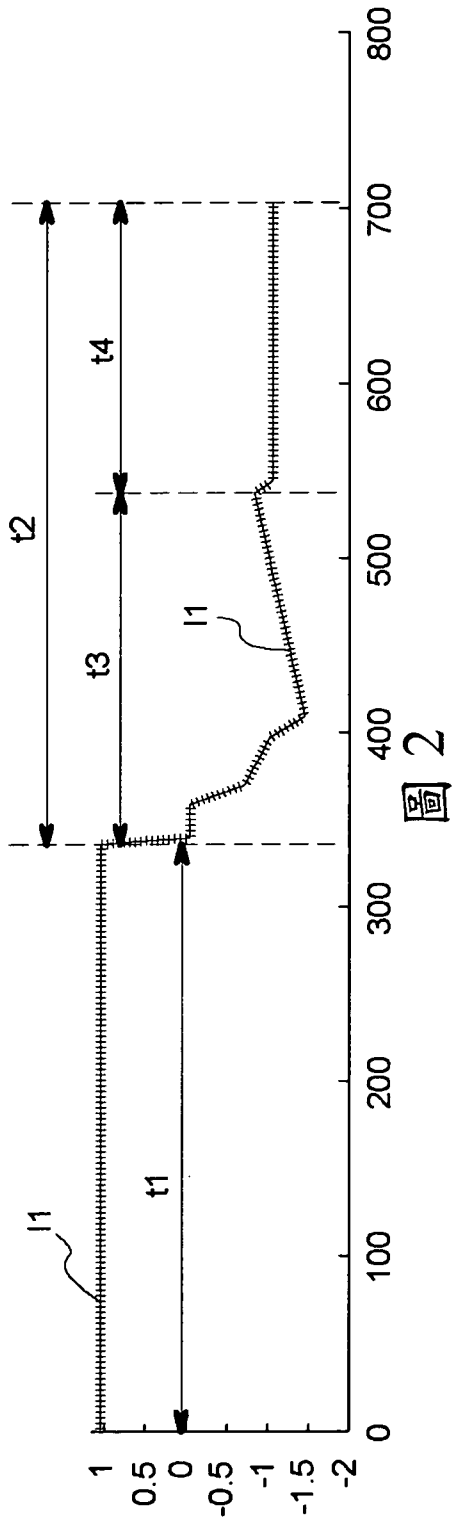


圖 2

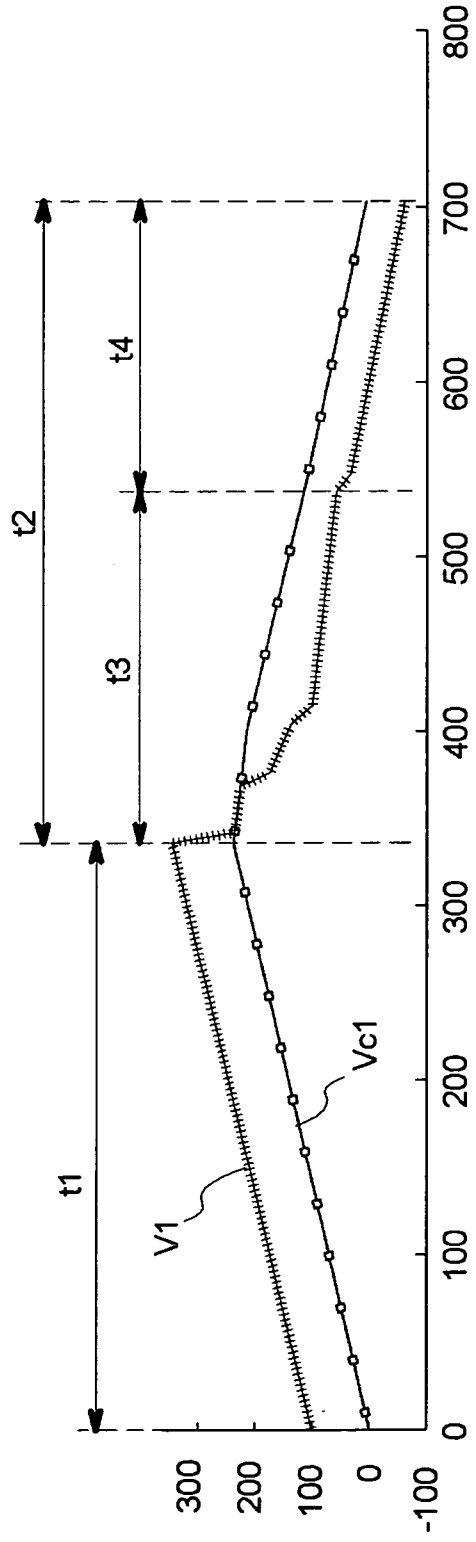


圖 3

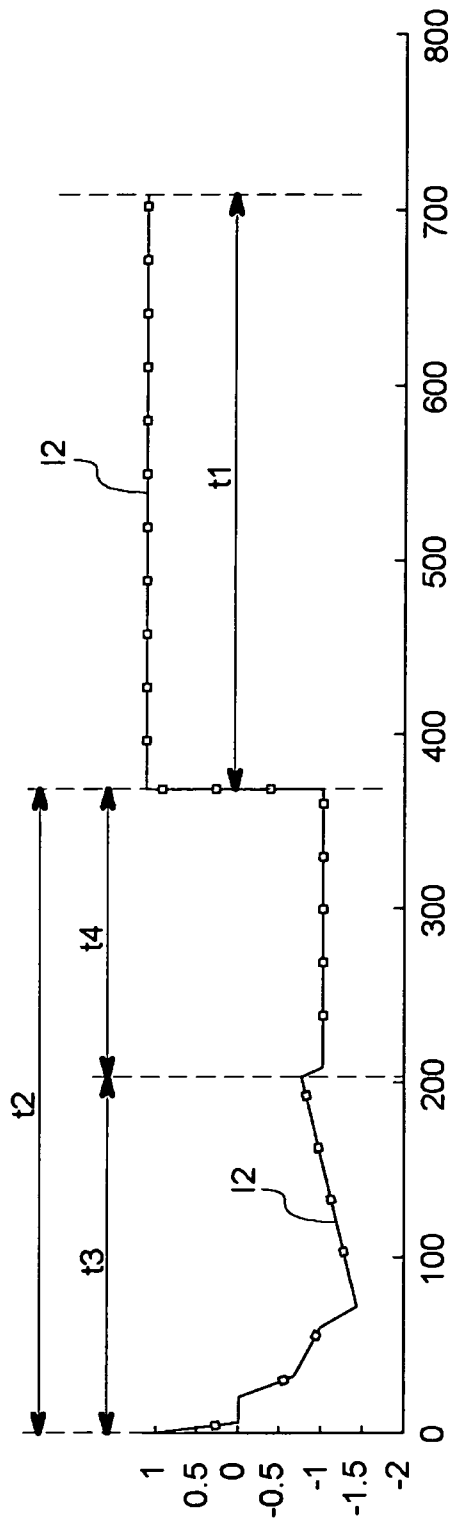


圖 4

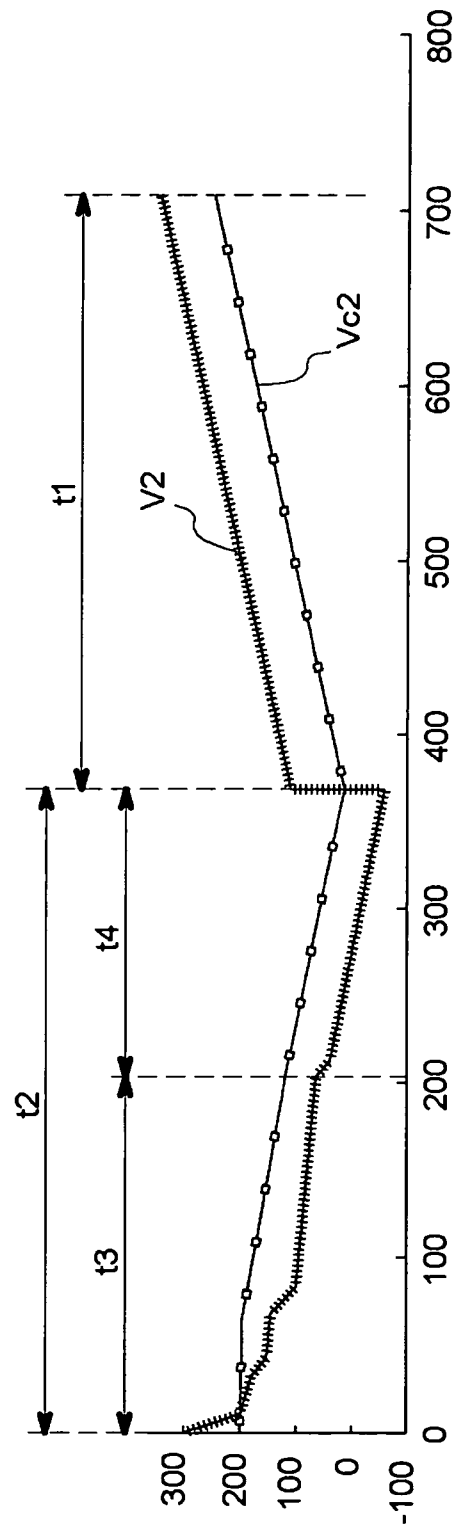


圖 5

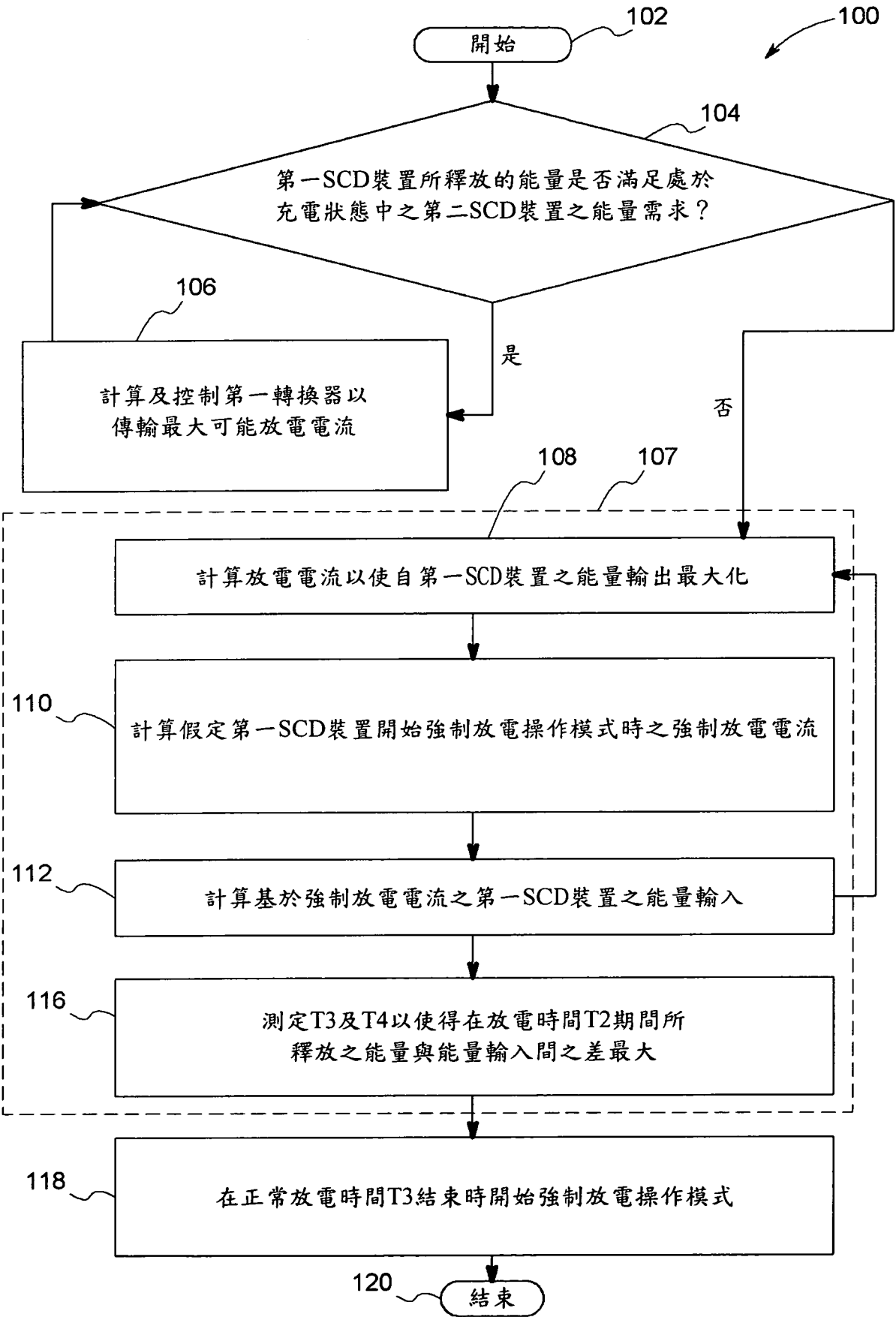


圖 6

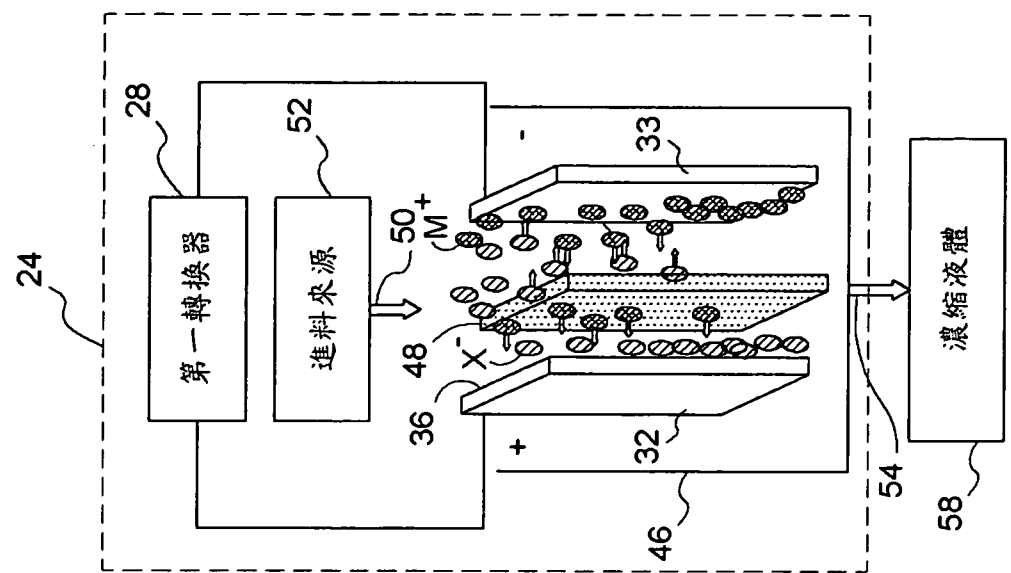


圖 8

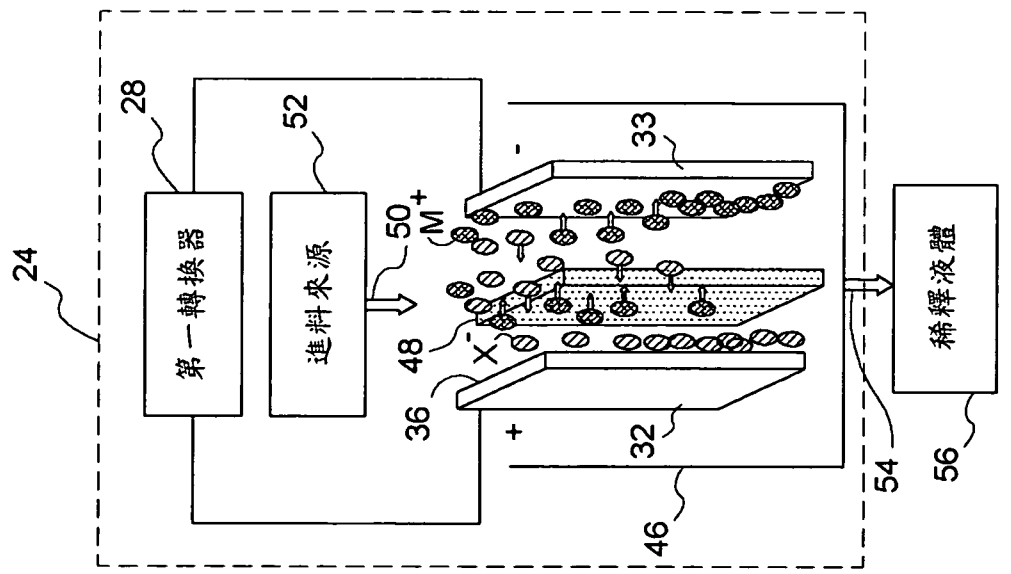


圖 7

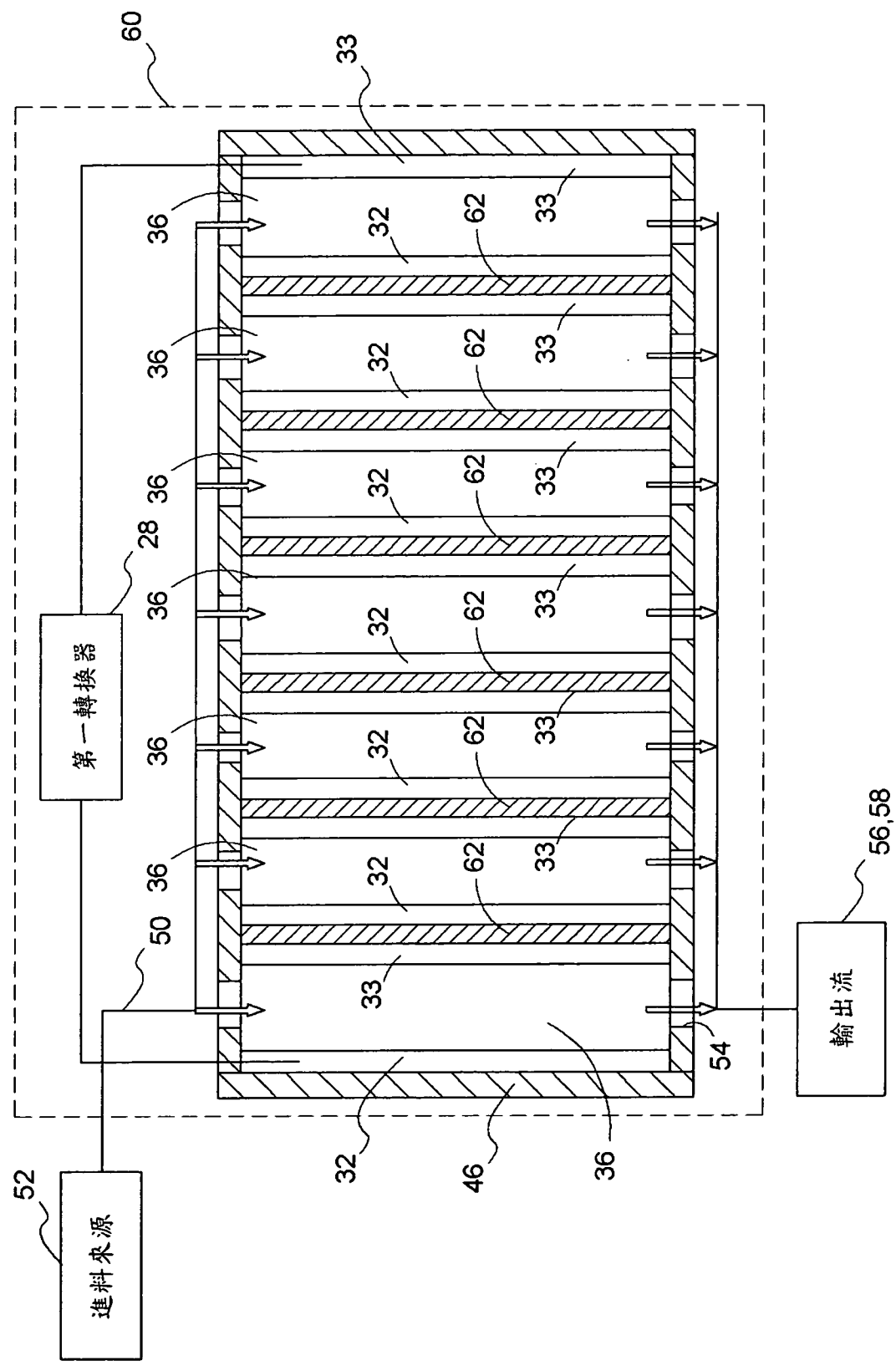


圖 9

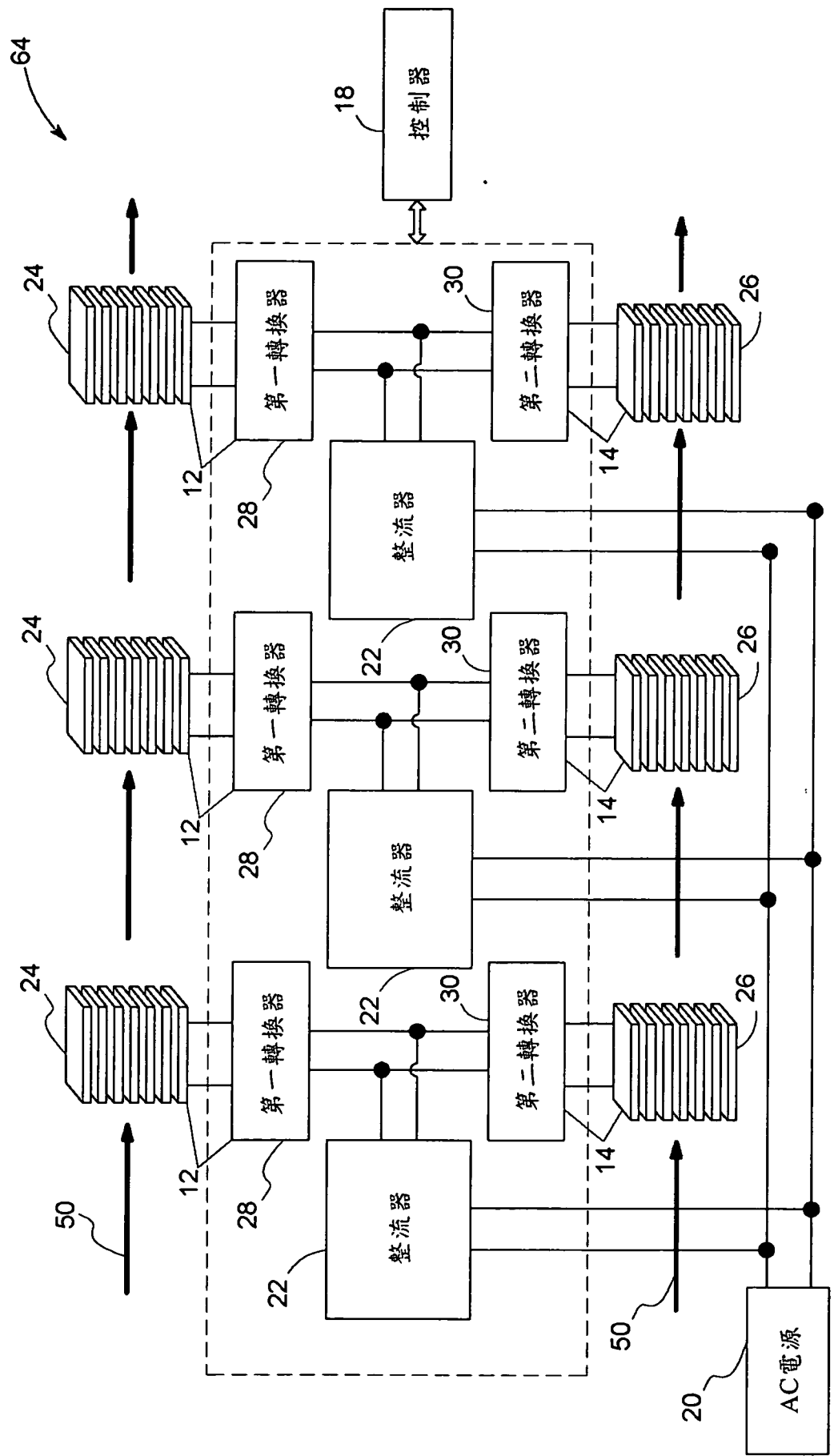


圖 10