I874502

(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 I874502 B**

(45)公告日： 中華民國 114 (2025) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：109141027 (22)申請日： 中華民國 109 (2020) 年 11 月 23 日

(51)Int. Cl.： *C25B1/04 (2021.01)* *C25B15/02 (2021.01)*
C25B15/08 (2006.01)

(30)優先權：2019/11/21 美國 62/938,494

(71)申請人：美商歐米恩國際公司 (美國) OHMIUM INTERNATIONAL, INC. (US)
美國

(72)發明人：巴藍汀 艾恩 BALLANTINE, ARNE (US)；萊特 彼得 LIGHT, PETER (US)；艾瑟 艾爾伯特 ESSER, ALBERT (US)；卡魯帕伊安 喬克卡林安 KARUPPAIAH, CHOCKKALINGAM (US)；伯匹 克斯汀 BURPEE, KIRSTEN (US)

(74)代理人：閻啓泰；林景郁

(56)參考文獻：

CN	105036254A	CN	105518184B
CN	109338394A	CN	206872952U
US	5980726A	US	2004/0045815A1

審查人員：黃敬皓

申請專利範圍項數：32 項 圖式數：3 共 48 頁

(54)名稱

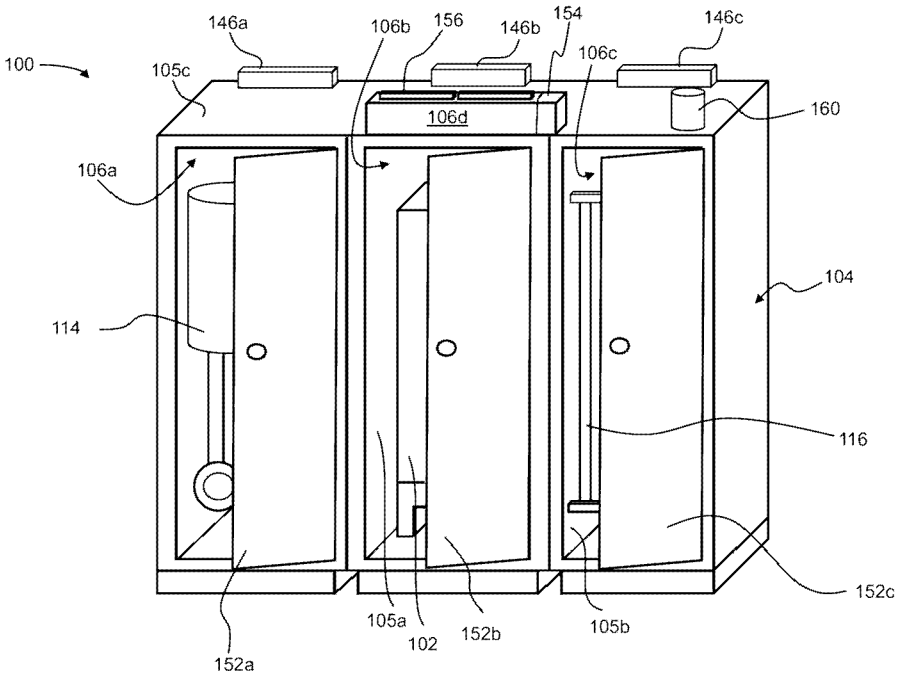
產氫之電化學裝置、模組及系統與其操作方法

(57)摘要

本發明係關於一種產氫系統，其包含：至少一個箱櫃，其界定第一體積、第二體積及第三體積，其中該第一體積、該第二體積及該第三體積彼此流體隔離；水迴路，其位於該第一體積中；電化學模組，其包含位於該第二體積中之電解槽電化學堆疊；氫迴路，其位於該第三體積中；至少一個第一流體連接器，其流體連接該水迴路及該電解槽電化學堆疊；及至少一個第二流體連接器，其流體連接該電解槽電化學堆疊及該氫迴路。

A system for hydrogen generation includes at least one cabinet defining a first volume, a second volume, and a third volume, where the first volume, the second volume and the third volume are fluidically isolated from each other, a water circuit located in the first volume, an electrochemical module including an electrolyzer electrochemical stack located in the second volume, a hydrogen circuit located in the third volume, at least one first fluid connector fluidly connecting the water circuit and the electrolyzer electrochemical stack, and at least one second fluid connector fluidly connecting the electrolyzer electrochemical stack and the hydrogen circuit.

指定代表圖：



【圖1A】

符號簡單說明：

100:系統

102:電化學模組

104:箱櫃

105a:內壁或隔斷/第一內壁

105b:內壁或隔斷/第二內壁

105c:頂板

106a:第一體積

106b:第二體積

106c:第三體積

106d:第四體積

114:水迴路

116:氫迴路

146a:氣體增流器

146b:氣體增流器

146c:氣體增流器

152a:第一門

152b:第二門

152c:第三門

154:風扇

156:電觸點

160:釋壓閥

專利案號：109141027

公告本

I874502

【發明摘要】

【中文發明名稱】

產氫之電化學裝置、模組及系統與其操作方法

【英文發明名稱】

ELECTROCHEMICAL DEVICES, MODULES, AND SYSTEMS FOR HYDROGEN GENERATION AND METHODS OF OPERATING THEREOF

【中文】

本發明係關於一種產氫系統，其包含：至少一個箱櫃，其界定第一體積、第二體積及第三體積，其中該第一體積、該第二體積及該第三體積彼此流體隔離；水迴路，其位於該第一體積中；電化學模組，其包含位於該第二體積中之電解槽電化學堆疊；氫迴路，其位於該第三體積中；至少一個第一流體連接器，其流體連接該水迴路及該電解槽電化學堆疊；及至少一個第二流體連接器，其流體連接該電解槽電化學堆疊及該氫迴路。

【英文】

A system for hydrogen generation includes at least one cabinet defining a first volume, a second volume, and a third volume, where the first volume, the second volume and the third volume are fluidically isolated from each other, a water circuit located in the first volume, an electrochemical module including an electrolyzer electrochemical stack located in the second volume, a hydrogen circuit located in the third volume, at least one first fluid connector fluidly connecting the water circuit and the electrolyzer electrochemical stack, and at least one

second fluid connector fluidly connecting the electrolyzer electrochemical stack and the hydrogen circuit.

【指定代表圖】

圖1A

【代表圖之符號簡單說明】

100:系統

102:電化學模組

104:箱櫃

105a:內壁或隔斷/第一內壁

105b:內壁或隔斷/第二內壁

105c:頂板

106a:第一體積

106b:第二體積

106c:第三體積

106d:第四體積

114:水迴路

116:氫迴路

146a:氣體增流器

146b:氣體增流器

146c:氣體增流器

152a:第一門

152b:第二門

152c:第三門

154:風扇

156:電觸點

160:釋壓閥

【發明說明書】

【中文發明名稱】

產氫之電化學裝置、模組及系統與其操作方法

【英文發明名稱】

ELECTROCHEMICAL DEVICES, MODULES, AND SYSTEMS FOR HYDROGEN GENERATION AND METHODS OF OPERATING THEREOF

【技術領域】

【0001】 本發明概言之係關於化學生產且更具體而言係關於產氫之電化學模組及系統。

【先前技術】

【0002】 氫係具有許多工業用途(例如石油精煉、金屬處理、食物處理及氨產生)之常用氣體。儘管氫較為豐富且可自各種可再生及不可再生能源形成，但氫在空氣中之可燃性使得氫難以儲存及運輸。因此，氫通常不適於在集中式設施處大規模生產以隨後供應至較大地理區域。而係，氫通常用於其生產場所處或附近。

【發明內容】

【0003】 根據一實施例，產氫系統包含：至少一個箱櫃，其界定第一體積、第二體積及第三體積，其中該第一體積、該第二體積及該第三體積彼此流體隔離；水迴路，其位於該第一體積中；電化學模組，其包含位於該第二體積中之電解槽電化學堆疊；氫迴路，其位於該第三體積中；至少一個第一流體連接器，其流體連接該水迴路及該電解槽電化學堆疊；及至少一個第二流體連接器，其流體連接該電解槽電化學堆疊及該氫迴路。

【0004】 在一實施例中，至少一個箱櫃包括單一箱櫃，其中第一體積與第二體積由第一內壁隔離，且第二體積與第三體積由第二內壁隔離，至少一個第一流體連接器延伸穿過第一內壁，且至少一個第二流體連接器延伸穿過第二內壁。

【0005】 在一實施例中，該系統進一步包括：第一空氣增流器，其與第一體積流體連接但不與第二或第三體積流體連接，且經構形以使第一體積通風而不使第二或第三體積通風；第二空氣增流器，其與第二體積流體連接但不與第一或第三體積流體連接，且經構形以使第二體積通風而不使第一或第三體積通風；及第三空氣增流器，其與第三體積流體連接但不與第一或第二體積流體連接，且經構形以使第三體積通風而不使第一或第二體積通風。

【0006】 在另一實施例中，用於氫處理之電化學模組包含：液體管控區段，其包含複數個水連接器及至少一個水歧管；及氣體管控區段，其包含電解槽電化學堆疊及氫連接器，該氣體管控區段位於液體管控區段上方且與液體管控區段流體連接。電解槽電化學堆疊包含至少一個雙極板及複數個膜電極總成(MEA)，至少一個雙極板與複數個MEA中之一者密封嚙合以界定其間之陽極通道，至少一個雙極板與複數個MEA中之另一者密封嚙合以界定其間之陰極通道，複數個水連接器中之每一者與陽極通道經由至少一個歧管流體連通，且氫連接器與陰極通道流體連通。

【0007】 在另一實施例中，電解槽電化學堆疊之雙極板包括：具有彼此相對之陽極側及陰極側之基板，該基板界定複數個陽極埠及複數個陰極埠，每一埠自基板之陽極側延伸至陰極側，陽極側界定經定向以在複數個陽極埠中之至少一些之間引導水之陽極流場，且陰極側界定經定向以將

氫氣引向複數個陰極埠之陰極流場；陽極墊片，其沿基板之陽極側外接陽極流場及複數個陽極埠，其中複數個陰極埠位於陽極墊片外側；及陰極墊片，其沿基板之陰極側外接陰極流場、複數個陽極埠及複數個陰極埠。

【0008】 在另一實施例中，產氫方法包含在電解槽中電解水以產生濕氫流，在乾燥器中乾燥濕氫流以產生乾燥氫流及含有水及氫之流，及將含有水及氫之流提供至氫幫浦中以將含有水及氫之流中之氫泵送至乾燥器中。

【0009】 在一實施例中，該方法亦包含將含有水及氧之流自電解槽提供至分離器中，在分離器中分離含有水及氧之流中之水與氧，及將經分離水提供至電解槽中。

【圖式簡單說明】

【0010】 圖1A係包含箱櫃及電化學模組之系統之透視圖。

【0011】 圖1B係圖1A之系統之方塊圖，其代表電化學模組與箱櫃中之水迴路及氫迴路之連接。

【0012】 圖2A係圖1A及1B之系統中電化學模組之電化學堆疊之示意圖示。

【0013】 圖2B係圖2A之電化學堆疊中雙極板之陽極側之俯視圖。

【0014】 圖2C係圖2B之雙極板之陰極側之俯視圖。

【0015】 圖3A係圖1A及1B之系統之電化學模組之透視圖，其展示電化學模組中展示為彼此耦合之液體管控區段及氣體管控區段。

【0016】 圖3B係圖1A及1B之系統之電化學模組之部分分解圖，其展示電化學模組中彼此去耦合之液體管控區段及氣體管控區段。

【0017】 在各個圖式中，相同之參考符號指示相同之元件。

【實施方式】

相關申請案之交叉參考

【0018】 本申請案主張2019年11月21日提出申請之美國臨時專利申請案第62/938,494號之權益，該申請案之全部內容以引用方式併入本文中。

【0019】 現將參照附圖在下文更充分地闡述實施例，在該等附圖中展示實例性實施例。然而，前述內容可以許多不同形式來體現且不應解釋為限於本文所陳述之實例性實施例。除非另外指定，否則所有流體流可流經導管(例如管道及/或歧管)。

【0020】 本文所提及之所有文件之全部內容皆以引用方式併入本文中。除非另外明確陳述或根據上下文可明瞭，否則對單數條目之提及應理解為包含複數條目且反之亦然。除非另外陳述或根據上下文可明瞭，否則文法連詞意欲表示所合取分句、句子、詞語及諸如此類之任何及所有分離及合取組合。因此，術語「或」通常應理解為意指「及/或」，且術語「及」通常應理解為意指「及/或」。

【0021】 除非另外指示於本文中，否則本文中之值範圍之引述並不意欲具有限制性，而係個別地提及落入該範圍內之任何及所有值，且此一範圍內之每一單獨值併入本說明書中，如同其個別地引述於本文中一般。如熟習此項技術者所瞭解，詞語「約」、「大約」或諸如此類在伴隨數值時應解釋為包含任一偏差，以滿意地操作用於預期目的。值及/或數值之範圍在本文中僅提供為實例，且並不限制所闡述實施例之範圍。任何及所有實例或實例性語言(「例如」、「諸如」或諸如此類)之使用僅意欲更佳地說明實施例且並不對該等實施例之範圍加以限制。本說明書中之任何語言皆

不應解釋為指示任何未主張要素對於所揭示實施例之實踐係必不可少的。

【0022】 將產氫與其最終工業應用並置在一起可呈現與設備佔用面積、安全性及資源可用性相關之特有難題。因此，仍需要可成本有效地實施於佔用面積較小之設備中之產氫，該等設備適於安全實施於廣泛位置(包含資源受限區域)中。在下列說明中，在使用用於電解(亦即電解槽堆疊位置)、氧處理及氫處理之單獨通風之箱櫃區段(亦即空間)自水及電以電化學方式電解氫之背景中闡述電化學裝置、模組及系統之各種態樣。此構形藉由將氧及氫處理設備隔離至單獨通風之空間中以減小洩漏氧及氫之間之混合及放熱反應的可能性來增加系統安全性。

【0023】 然而，除非另外指定或自上下文顯而易見，否則應理解，本文所闡述各種不同裝置、模組或系統中之任一者或多者可另外或替代地用於其中將較低壓力反應物輸入產生較高壓力產物之電化學製程中之各種不同電化學製程中的任一者或多者中。舉例而言，除非指示相反之目的，否則，本文所闡述各種不同裝置、模組及系統中之任一者或多者可用於以電化學方式泵送氫，如可用於再循環氫以增加化學製程之整體產率。作為一較具體實例，作為頒予Ballantine等人、標題為「SYSTEMS AND METHODS OF AMMONIA SYNTHESIS」、與本文同日提出申請且具有代理案號35055-001US之美國專利申請案(該等參考文獻中之每一者之全部內容以引用方式併入本文中)中所闡述各種系統及方法中之任一者或多者之一部分，本文所闡述各種不同裝置、模組及系統中之任一者或多者可用於產生氫及/或再循環氫以供氨合成。

【0024】 現參照圖1A及1B，用於產生氫之系統100可包含電化學模組102及至少一個箱櫃104。至少一個箱櫃104可界定各自彼此隔離之第一

體積106a、第二體積106b及第三體積106c，只是第二體積106b中之電化學模組102與第一體積106a及第三體積106c中之設備之間流體連接。儘管在圖1A中展示具有三個隔離體積(106a、106b、106c)之一個箱櫃(亦即外殼) 104，但應注意，可代之以使用兩個或三個單獨箱櫃104，每一箱櫃含有三個隔離體積中之一或兩者。若使用單一箱櫃104，則毗鄰隔離體積彼此由箱櫃104之內壁或隔斷105a、105b隔離。舉例而言，第一內壁105a可隔離第一體積106a與第二體積106b，且第二內壁105b可隔離第二體積106b與第三體積106c。如本文中所使用，若除經由連接兩個體積且經構形以在兩個體積之間提供氣體或液體之指定流體導管(例如管道或歧管)外一個體積中之氣體不能進入另一體積中，則兩個體積彼此隔離。在一實施例中，體積106a、106b及106c中之每一者由單獨專用通風設備單獨通風，如下文更詳細地所闡述。

【0025】 電化學模組102可包含電解槽模組，例如基於質子交換膜(PEM)之電解槽模組。模組102可包含一或多個電化學堆疊200，例如一或多個基於PEM之電解槽堆疊。模組102亦可包含複數個第一流體連接器110a、b (統稱為複數個第一流體連接器110a、b且個別地稱為第一流體連接器110a及第一流體連接器110b)及第二流體連接器112。如下文更詳細地所闡述，電化學模組102可佈置於第二體積106b (例如在第一體積106a與第三體積106c之間)中，且經連接以經由複數個第一流體連接器110a、b與第一體積106a中之水迴路114流體連通並經由第二流體連接器112與第三體積106c中之氫迴路116流體連通。電化學模組102、水迴路(其包含氧處理設備) 114及氫迴路116以此方式分隔至各別體積106b、106a、106c (其彼此隔離於一或多個箱櫃104內)中可有利於在空間緊湊之佔用面積內安全

產生商業規模量之氫。此尤其可用於使用系統100在具有有限空間之裝置中產生氫及/或將系統100傳輸至遠程安裝場所。另外或替代地，如亦在下文中更詳細地所闡述，箱櫃104內電化學模組102與水迴路114及氫迴路116中之每一者之間之連接性可包含促進安裝、維護及維修的模組性。

【0026】 在使用中，如下文中更詳細地所闡述，可將水及電提供至電化學堆疊200中，其中一些水可以電化學方式電解以形成氫(例如經由使氫離子自電解槽之陽極側擴散穿過PEM電解質而到達PEM電解槽之陰極側)。舉例而言，水迴路114可經致動以經由第一流體耦合將來自箱櫃104之第一體積106a之純化水遞送至箱櫃104之第二體積106b中的電化學堆疊200中。隨著純化水移動穿過電化學堆疊200，遞送至電化學堆疊200中之功率可使至少一些純化水之質子移動穿過PEM電解質以形成氫。藉由純化水電解形成於槽之陽極側上之氧以及過量純化水可自第二體積106b中之電化學堆疊200返回第一體積106a中之水迴路114中。另外或替代地，藉由電解形成於電化學堆疊200中之氫可自箱櫃104之第二體積106b中電化學堆疊200之陰極側移動至箱櫃104之第三體積106c中的氫迴路116中。因此，在氧及氫存在於第二體積106b內之情形下，與在同一封閉體積內處理氧及氫之構形相比，電化學堆疊200單獨管控該等流且將該等流引導至箱櫃104之不同部分(亦即隔離體積)中以減小氧及氫發生無意混合而形成可燃性混合物之可能性。

【0027】 一般而言，水迴路114可視情況包含經由各別流體導管在分離器120與幫浦122之間流體連通之儲槽(例如水罐) 118。在某些實施方案中，儲槽118可耦合至外部水源(例如水管，未展示)以接收適於滿足電化學堆疊200之需求之供水。儲槽118與外部水源之間之連接可位於箱櫃

104外側以促進系統100與工業供水系統之連接，且在一些情況下減小在外部水源與儲槽118之間之連接發生洩漏時損壞第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c中之一或多者中之設備的可能性。應瞭解，水迴路114可包含各種不同類型之可用於管控流經系統100之水之性質之設備中的任一者。作為一實例，水迴路114可包含可用於純化製程水以減小可隨時間降低其他組件(例如電化學堆疊200)之性能之污染物之濃度的過濾或其他處理設備。另外或替代地，水迴路114可包含與儲槽118、分離器120或幫浦122中之一或多者熱連通之熱交換器(未展示)以管控每一組件之溫度及/或管控流經每一組件之水的溫度。

【0028】 幫浦122可經由進料導管124與電化學堆疊200流體連通，該進料導管自第一體積106a中之幫浦122延伸至電化學模組102之第一流體連接器110a。進料導管124可延伸穿過第一體積106a與第二體積106b之間之壁105a。在使用中，可驅動幫浦122以沿自第一體積106a延伸至第二體積106b之進料導管124自儲槽118移動純化水且進入第二體積106b中之電化學堆疊200中。因此，幫浦122可經操作以將純化水遞送至第二體積106b中，同時與第二體積106b及第三體積106c中之每一者中之設備分隔。幫浦122以此方式分隔可尤其有利於減小在操作期間由幫浦122產生之熱可用作含氫混合物之點火源之可能性。舉例而言，在第二體積106b及/或第三體積106c中發生氫洩漏之情形下，可燃性氫-空氣混合物可無意地形成於第二體積106b及/或第三體積106c中。繼續此實例，使幫浦122與第二體積106b及第三體積106c保持分隔可由此減小點火可發生於可檢測到可燃性氫-空氣混合物且系統安全關閉之前之可能性。

【0029】 在一些實施方案中，水迴路114可包含在第一流體連接器

110b與分離器120之間流體連通之再循環迴路126。經由與第一流體連接器110b流體連通，再循環迴路126可接收來自電化學堆疊200之陽極部分之基本上由水及氧組成之出口流。再循環迴路126之至少一部分可經由壁105b自第二體積106b延伸至第一體積106a以將水及氧之流自第二體積106b中之電化學堆疊200引導至第一體積106a中的分離器120中。藉由將氧攜載至與第二體積106b分隔之第一體積106a中之分離器120中，再循環迴路126可減小在電化學模組102中流動之過量水中之氧可無意地逃逸至第二體積106b及/或第三體積106c中以與氫形成可燃性混合物之可能性。

【0030】 分離器120可為各種不同類型之適於自返流(自電化學模組102移經再循環迴路126)中之過量水分離氧之氣-液分離器中的任一者或多者。舉例而言，分離器120可包括乾燥器、冷凝器或另一經由重力自過量水分離氧之裝置(其中過量水沿分離器120之底部部分沉降且氧沿分離器120之頂部部分收集)。更通常而言，分離器120可用於在不使用動力或移動可另外用作系統100中之潛在點火源之部件下自過量水分離氧。可將由分離器120收集之氧引導出第一體積106a以排放至箱櫃104之外部環境或用作另一設備部件之製程氣體。舉例而言且並不加以限制，可使用抽吸幫浦或鼓風機自分離器120去除由分離器120收集之氧。可將由分離器120收集之過量水引導至儲槽118在以再次循環穿過電化學堆疊200。亦即，更通常而言，分離器120可在遠離第二體積106b及第三體積106c中之氫相關設備之位置處自箱櫃104去除氧，同時促進水在氫形成中之有效使用。

【0031】 一般而言，氫迴路116可收集由第二體積106b中之電化學堆疊200形成之含氫產物流且使用與第一體積106a及第二體積106b分隔之設備處理此產物流。在此背景中，處理產物流可包含自產物流去除水分以

產生實質上純之氫。亦即，自氫去除水分可減小水分干擾一或多種下游製程之可能，其中該干擾潛在地包含使下游設備降格。另外或替代地，考慮到與系統100之安全性及能-氫效率有關之因素，處理氫迴路116中之產物流可需要極少能量，同時回收所有或實質上所有(例如大於約99%)由電化學堆疊200產生之氫。

【0032】 在一些實施方案中，氫迴路116可包含彼此流體連通之產物導管128及乾燥器130。更具體而言，產物導管128可延伸穿過第二體積106b與第三體積106c之間之壁105b。產物導管128可在乾燥器130之入口部分132與電化學模組102之第二流體連接器112之間流體連通。因此，在使用中，基本上由氫及水(例如水蒸氣)組成之產物流可經由第二流體連接器112及產物導管128自電化學堆疊200之陽極側移動至乾燥器130之入口部分132。與自電化學堆疊200之陽極部分進入再循環迴路126中之出口流中之氧及過量水的混合物相比，產物流可處於較高壓力下。為減小氫洩漏至第三體積106c中之可能性，產物導管128與第二流體連接器112及乾燥器130中之每一者之間之連接可包含氣密性密封件。

【0033】 乾燥器130可為(例如)變壓吸附(PSA)、變溫吸附(TSA)系統或混合式PSA-TSA系統。乾燥器130可包含吸水材料(例如活性碳、二氧化矽、沸石或氧化鋁)之一或多個床。因基本上由氫及水組成之產物混合物自乾燥器130之入口部分132移動至出口部分134，故可經由在吸水材料床中吸附水或氫而自產物混合物去除至少一部分水。若吸附氫，則在變壓及/或變溫循環期間將其移入出口導管138中。若吸附水，則在變壓及/或變溫循環期間將其移入幫浦導管140中。在一些情況下，藉由乾燥器130實施之吸附可為被動式，其中並不添加可另外用作可燃性含氫混合物

之點火源之熱或電。然而，在該等情況下，與由與電化學堆疊200流體連通之乾燥器130所產生反壓相關之考慮因素可限制乾燥器130之大小且由此限制其自產物流去除水分之單程有效性。

【0034】 至少鑒於該等與乾燥器130之單次有效性相關之考慮，氫迴路116可進一步或替代地包含在乾燥器130之出口部分134與入口部分132之間流通連通之氫幫浦136以再循環氫及水的產物混合物(從而再次通過乾燥器130)。舉例而言，乾燥器130可將經乾燥氫自乾燥器130之出口部分134引導至出口導管138中，出口導管將經乾燥氫引導至箱櫃104之外部環境中之下游製程中或加以儲存。另外或替代地，乾燥器130可將未充分乾燥之一部分產物流自乾燥器130之出口部分134引導至與氫幫浦136流體連通之幫浦導管140中。在某些情況下，沿幫浦導管140移動之產物混合物中之至少一部分水可自產物混合物冷凝出來且在到達氫幫浦136之前收集於與幫浦導管140流體連通的除濕機142中。可將冷凝於除濕機142中之該水分收集及/或引導至箱櫃104之外部環境中。

【0035】 氫幫浦136可為(例如)電化學幫浦。如本上下文中所使用，電化學幫浦應理解為包含佈置於陽極與陰極之間之質子交換膜(亦即PEM電解質)。氫幫浦136可產生可經由質子交換膜自陽極移動至陰極之質子且形成加壓氫。因此，此一電化學幫浦可尤其用於再循環氫迴路116內之氫，此至少係因為由電化學幫浦提供之電化學泵送會分離經由幫浦導管140遞送至氫幫浦136之混合物中之氫與水，同時亦對所分離氫加壓以有利於加壓氫移動至乾燥器130之入口部分132。

【0036】 或者，氫幫浦136可包括可與電化學氫幫浦組合使用或代替電化學氫幫浦之另一氫泵送及/或分離裝置，例如隔膜壓縮機或鼓風機

或金屬氫化物分離器(例如其選擇性吸附氫)。在一實施例中，可使用複數個氫泵送及/或再加壓階段。每一階段可包括隔膜壓縮機或鼓風機、電化學幫浦或金屬氫化物分離器中之一或多者。在一實施方案中，該等階段可為級聯(亦即串聯)構形及/或可位於單獨包殼中。

【0037】 在某些實施方案中，氫幫浦136可與除濕機142流體連通，其中可將氫幫浦136中之與氫分離之水收集及/或引導至箱櫃104之外部環境中。另外或替代地，可沿在氫幫浦136與乾燥器130之入口部分132之間流通連通之回收迴路144引導由氫幫浦136形成的加壓氫(例如經由與產物導管128中之產物流混合)以使加壓氫再循環至乾燥器130中。與其他優點相比，以此方式使加壓氫再循環穿過乾燥器130有利於將僅經由單一導管(例如出口導管138)將氫移出箱櫃104，此與使用多個出口點相比可減少潛在故障模式。

【0038】 在一些實施方案中，第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之每一者內之單獨通風及/或強制對流可用於減小在各別體積中形成可燃性含氫混合物之可能性。另外或替代地，強制對流可有利於控制第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c之封閉環境中之溫度。該溫度控制可用於(例如)減小每一各別體積中之設備可變為點火源及/或可過早失效之可能性。

【0039】 因此，系統100可包含複數個氣體增流器146a、b、c (統稱為複數個氣體增流器146a、b、c且個別地稱為氣體增流器146a、氣體增流器146b及氣體增流器146c)。除非另外指定或自上下文顯而易見，否則複數個氣體增流器146a、b、c可包含各種不同類型之風扇(例如吹掃風扇)、鼓風機或壓縮機中之任一者或多者。在某些實施方案中，可將複數

個氣體增流器146a、b、c中之每一者之驅動迴路分級為1類2區操作，如根據National Fire Protection Association (NFPA) 70®, National Electric Code® (NEC)，第500-503條，2020 (其全部內容以引用方式併入本文中)所指定。在該等實施方案中，複數個氣體增流器146a、b、c中之每一者可佈置於箱櫃104內。或者，複數個氣體增流器146a、b、c中之每一者可安裝於箱櫃104外部(例如安裝至箱櫃之頂板或側壁)以減小熱或火花用作第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c之內容物之無意點火源的可能。

【0040】 一般而言，氣體增流器146a可與第一體積106a流體連通，氣體增流器146b可與第二體積106b流體連通，且氣體增流器146c可與第三體積106c流體連通。舉例而言，複數個氣體增流器146a、b、c中之每一者可在箱櫃104之外部環境與第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之相應者之間流通連通，且可經構形以使箱櫃104之各別體積單獨通風。另外或替代地，複數個氣體增流器146a、b、c中之每一者可經操作以相對於箱櫃104之外部環境在第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之相應者中形成負壓。該負壓可用於(例如)將空氣自環境抽吸至第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中，從而減小任何洩漏至第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c中之氫可以高於氫-空氣混合物在與箱櫃104有關之溫度及壓力下之點火下限之濃度發生累積的可能性。另外或替代地，第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之負壓可減小可燃性含氫混合物可自箱櫃104逃逸之可能性。在某些情況下，箱櫃104可絕熱以有利於將第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之一或多個組件維持於適於操作電化學堆疊200之溫度範圍內(例如

介於約60℃與約80℃之間)。

【0041】 儘管複數個氣體增流器146a、b、c可用於減小不安全條件形成於第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c中之可能性，但應瞭解，該等體積中之一或多者可另外或替代地包含區域分類性組件。在該等情況下，相應體積可不通風。

【0042】 在某些實施方案中，系統100可包含至少與第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c中之一或多個組件電連通之控制器148。一般而言，控制器148可包含一或多個處理器及非暫時性電腦可讀儲存媒體，該非暫時性電腦可讀儲存媒體上儲存有使一或多個處理器控制系統100之各種態樣中之任一者或多者之啟動、操作或關閉中之一或多者以促進安全及有效操作的指令。舉例而言，控制器148可包含用於第一體積106a、第二體積106或第三體積106c中之一或多個組件之一或多個嵌入式控制器。另外或替代地，控制器148可至少與電化學堆疊200及電源150電連通。繼續此實例，控制器148可在檢測到異常條件之情形下中斷電化學堆疊200之供電。另外或替代地，控制器148可在啟動方案之後向電化學堆疊200提供電力(例如吹掃第一體積106a、第二體積106b及或第三體積106c)以減小點燃箱櫃104中之含氫混合物之可能性。

【0043】 在一些實施方案中，箱櫃104可界定第四體積106d，且控制器148可佈置於第四體積106d中並同時與在闡述中本文為佈置於第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c中之一或多者中之各種不同組件中之一或多者無線或有線連通。第四體積106d通常可位於第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c之附近以有利於進行及/或斷開電連接(作為安裝、啟動、常規操作、維護或維修中之一或多者之一部分)。因

此，舉例而言，第四體積106d可沿箱櫃104之頂部部分及/或沿箱櫃104之背部部分佈置，兩個位置皆可用於接近第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之每一者而遠離可分別用於接近第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c之第一門152a、第二門152b及第三門152c。另外或替代地，在控制器148佈置於其中之情形下，第四體積106d可與第一體積106a、第二體積106b及/或第三體積106c中之每一者由箱櫃104之頂板105c或背壁流體隔離以減小在安裝、啟動、常規操作、關閉、維護或維修期間將控制器148暴露於一或多種製程流體(此可損害控制器148之操作)之可能性。

【0044】 儘管第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c已闡述為具有由複數個氣體增流器146a、146b及146c提供之負壓，但第四體積106d可與風扇154流體連通，該風扇可經操作以相對於第四體積106d之外部環境在第四體積106d中產生正壓且控制控制器148及/或第四體積106d內之其他組件之溫度。另外或替代地，儘管第四體積106d已闡述為容納控制器148，但應瞭解，第四體積106d可容納系統100之所有控件及電力電子元件，此可用於減小該等組件中之一或多者之無意點火或過熱可點燃第一體積106a、第二體積106b或第三體積106c中之一或多者中之含氫混合物的可能性。

【0045】 在某些實施方案中，控制器148可進一步或替代地監測第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之一或多種環境條件以有利於在異常條件結果損壞系統100及/或系統100之周圍區域之前採取一或多種補救行動。特定而言，考慮到可因在箱櫃104內存在可燃性含氫混合物而引起之潛在損壞，系統100可包含複數個氣體感測器158a、b、c (統

稱為複數個氣體感測器158a、b、c且個別地稱為氣體感測器158a、氣體感測器158b及氣體感測器158c)。複數個氣體感測器158a、b、c中之每一者可包含各種不同類型之氫感測器中之任一者或多者，例如光學纖維感測器、電化學氫感測器、薄膜感測器及諸如此類中之一或多者。為有利於穩定地檢測箱櫃104內之氫，氣體感測器158a可佈置於第一體積106a中，氣體感測器158b可佈置於第二體積106b中，且氣體感測器158c可佈置於第三體積106c中。可校準複數個氣體感測器158a、b、c中之每一者以檢測低於氫點火限值之氫濃度值，從而有利於在點火事件可能發生之前採取補救行動。為此，控制器148可與複數個氣體感測器158a、b、c中之每一者電連通，且控制器148之非暫時性電腦可讀儲存媒體上可儲存有指令，該等指令使控制器148之一或多個處理器基於自複數個氣體感測器158a、b、c中之一或多者接收且指示危險氫濃度之信號來中斷電源150與箱櫃104中之設備之間的電連通。另外或替代地，自複數個氣體感測器158a、b、c中之一或多者接收之信號可指示氫濃度之快速增加。

【0046】 儘管控制器148可用於針對箱櫃104中之潛在危險條件來採取補救行動，但系統100可另外或替代地包含一或多個可用於在爆炸情形下減小對系統100及/或系統周圍之損壞之安全特徵。舉例而言，系統100可包含至少與箱櫃104之第三體積106c流體連通之釋壓閥160。釋壓閥160可為在第三體積106中之預定臨限壓力下自動打開之機械閥。在一些情況下，預定臨限壓力可為源自第三體積106c中之加壓氫洩漏之壓力增加。或者，預定臨限壓力可為與由含氫混合物之燃燒所致之快速壓力上升有關之高壓。在每一情形下，釋壓閥160可將第三體積106c之內容物排放至環境中以減輕可另外發生之損壞。

【0047】 一般而言，箱櫃104內之組件可自箱櫃104之外側位置(例如沿箱櫃104之一或多個表面)連接至外部資源。無需人工打開箱櫃104，該等連接可促進系統100之安裝。另外或替代地，對於其他可比之組件配置而言，在箱櫃104外側進行之連接可在第一體積106a、第二體積106b及第三體積106c中之每一者中之組件之間提供額外間隔。此繼而可用於使受訓人員更佳地接近箱櫃104內之組件。另外或替代地，沿箱櫃104之一或多個外表面連接組件可提供關於安全性之優點。舉例而言，電觸點156可佈置於箱櫃104之外表面上(例如沿箱櫃104中界定第四體積106d之外表面)，電觸點156可至少經由控制器148與電化學堆疊200電連通。繼續此實例，電觸點156可以可釋放方式嚙合(例如經由接觸器或熔斷器)以與位於箱櫃104外側之電源150電連通。在斷開功能引起火花之情形下，火花位於箱櫃104外側且通常遠離可無意地形成於第一體積106a、第二體積106b及/或第三體積106c中之潛在可燃性含氫氣體混合物。

【0048】 在已闡述可用於在較小佔用面積內安全產生氫之系統100之整體佈置之某些態樣後，現將注意力轉向電化學模組102本身之特定特徵，該等特定特徵可有利於單獨管控電化學模組102中之水及氣體以提供在操作系統100期間之額外或替代安全性及/或有利於系統100之安裝、維護及/或維修以由此減小與該等事件有關之停機時間。

【0049】 現參照圖2A-2C，電化學堆疊200可包含第一膜電極總成(MEA) 201、第二膜電極總成(MEA) 202及雙極板204，該等組件共同界定用於產生氫之兩個完整電化學電池。電化學堆疊200亦可包含第一端板206及第二端板208，該等端板可夾持第一MEA 201、第二MEA 202及雙極板204以使其彼此接觸且引導流體流動進出電化學堆疊200。儘管將電

化學堆疊200闡述為包含兩個完整電池-單一雙極板及兩個MEA，但應瞭解，此形式僅出於清晰闡釋及圖解說明之目的。應更普遍地理解，電化學堆疊200可包含任一數量之MEA及雙極板，該等組件可用於滿足圖1A及1B中所展示系統100之產氫需求，同時維持流經電化學堆疊200之加壓氫與較低壓力之水及氧之間的分離。亦即，除非另外指定或自上下文顯而易見，否則電化學堆疊200可包含一個以上之雙極板、單一MEA及/或兩個以上之MEA。另外或替代地，儘管電化學堆疊200展示為包含與第一MEA 201接觸之第一端板206 及與第二MEA 202接觸之第二端板208，但應瞭解，此同樣係出於清晰且有效地闡述之目的。亦即，在一些情況下，雙極板204之一個實例可佈置於第一端板206與第一MEA 201之間及/或第二端板208與第二MEA 202之間，此並不背離本發明範圍。

【0050】 一般而言，第一MEA 201及第二MEA 202可彼此相同。舉例而言，第一MEA 201可包含陽極210a、陰極212a及其間之質子交換膜(例如PEM電解質) 214a。類似地，第二MEA 202可包含陽極210b、陰極212b及其間之質子交換膜214b。陽極210a、210b可各自包括接觸膜及可選陽極流體擴散層之陽極觸媒(亦即電極)。陰極212a、212b可各自包括接觸膜及可選陰極氣體擴散層之陰極觸媒(亦即電極)。陽極電極可包括任一適宜陽極觸媒，例如銥層。陽極流體擴散層246可包括多孔材料、網狀物或織物，例如多孔鈦片或多孔碳片。陰極電極可包括任一適宜陰極觸媒，例如鉑層。陰極氣體擴散層可包括多孔碳。其他貴金屬觸媒層亦可用於陽極及/或陰極電極。電解質可包括任一適宜質子交換(例如氫離子遷移)聚合物膜，例如由具有式$C_7HF_{13}O_5S \cdot C_2F_4$之基於磺酸化四氟乙烯之氟聚合物-共聚物構成之Nafion®膜。

【0051】 雙極板204可佈置於第一MEA 201之陰極212a與第二MEA 202之陽極210b之間。一般而言，雙極板204可包含基板222、陽極墊片224及陰極墊片226。基板222具有彼此相對之陽極(亦即水)側228及陰極(亦即氫)側230。陽極墊片224可固定至基板222之陽極側228，且陰極墊片226可固定至基板222之陰極側230。陽極墊片224及陰極墊片226以此方式固定定位於基板222之相對側可有利於在雙極板204之任一側上形成兩個相對於彼此且相對於第一MEA 201及第二MEA 202一致放置之密封件。該等墊片在位於雙極板204之各別相對側228、230上之主動區域(亦即陽極(例如水)流場234及陰極(例如氫)流場240)周圍形成雙重密封。另外或替代地，在電化學堆疊在雙極板204之兩個實例之間包含一個MEA實例之情況下，陽極墊片224及陰極墊片226可沿MEA之主動區域形成雙重密封。因此，更通常而言，應瞭解，陽極墊片224及陰極墊片226可與電化學堆疊中之一或多個MEA形成密封嚙合以隔離電極堆疊內之流，且由此減小加壓氫可無意地與離開電化學堆疊之水及氧之流混合以在圖1A及1B中所展示之系統100中產生可燃性氫-氧混合物的可能性。

【0052】 基板222可由各種不同類型之材料中之任一者或多者形成，該等材料導電、導熱且具有適於承受在使用期間沿基板222之陰極側230流動之氫之高壓的強度。因此，舉例而言，基板222可至少部分地由塑化石墨或碳複合物中之一或多者形成。另外或替代地，基板222可有利地由一或多種適於承受長時間暴露於基板222之陽極側228上之水之材料形成。因此，在一些情況下，基板222之陽極側228可包含導電之氧化抑制劑塗層(其實例包含鈦、氧化鈦、氮化鈦或其組合)。氧化抑制劑可通常至少沿基板222之陽極側228中在操作電化學堆疊200期間暴露於水之彼等

部分延伸。亦即，氧化抑制劑可至少沿基板222之陽極側228上之陽極墊片224內側之陽極流場234延伸。在一些實施方案中，氧化抑制劑可沿自基板222之陽極側228延伸至陰極側230之複數個陽極埠(亦即水升管開口)232延伸。氧化抑制劑亦可位於連接基板222之陽極側上之陽極部分232與陽極流場234之陽極充氣室235。

【0053】 陰極密封環237可位於基板之陽極側228上之每一陰極埠(亦即氫升管開口) 238周圍，如圖2B中所展示。陰極密封環237可防止氫洩漏至基板222之陽極側228上之陽極流場234中。與之相比，陽極密封環233可位於基板222之陰極側230上之每一或多個陽極埠232周圍。舉例而言，如圖2C中所展示，兩個陽極埠232由公用陽極密封環233環繞以防止水流入基板222之陰極側上之陰極流場240中。

【0054】 陽極流場234包含複數個由流動通道236隔開之筆直及/或彎曲肋部235，該等流動通道經定向以引導複數個陽極埠232中之至少一些之間之液體(例如純化水)，例如可用於沿圖2A中所展示構形中之第二MEA 202之陽極210b均勻分佈純化水。陽極墊片224可沿基板222之陽極側228外接陽極流場234及複數個陽極埠232以限制沿陽極210b移動之純化水之移動。亦即，基板222之陽極側228可經由陽極墊片224與第二MEA 202之陽極210b密封嚙合，從而陽極通道236位於其間。在由電化學堆疊200之外部來源(例如圖1B中所展示水迴路114之幫浦122)提供之壓力下，將自沿陽極通道236之第一流體連接器110a流提供之液體引導穿過第二MEA 202之陽極210b (自複數個陽極埠232中之一個實例至複數個陽極埠232中之另一實例)，其中可經由另一第一流體連接器110b將液體(例如剩餘水及氧)引導離開電化學堆疊200。

【0055】另外，基板222可包含複數個陰極埠(亦即氫升管開口)238，每一陰極埠自基板222之陽極側228延伸至陰極側230。基板222之陰極側230可包含陰極流場240。陰極流場240包含複數個由陰極流動通道242隔開之筆直及/或彎曲肋部241，該等陰極流動通道經定向以將氣體(例如氫)引向複數個陰極埠238，例如可用於引導沿圖2A中所展示構形中之第一MEA 201之陰極212a形成之加壓氫。陰極充氣室239可位於各別陰極埠238與陰極流場240之間。陰極墊片226可沿基板222之陰極側230外接陰極流場240、陰極充氣室239及複數個陰極埠238以限制加壓氫沿陰極212a之移動。舉例而言，基板222之陰極側230可經由陰極墊片226與第一MEA 201之陰極212a密封嚙合，從而在第一MEA 201之陰極212a與基板222之陰極側230之間界定陰極流動通道242。沿陰極212a形成之氫壓可使氫沿陰極通道242之至少一部分移向與陰極入口埠相對地對角定位之陰極埠238。加壓氫可經由第二流體連接器112流離陰極埠238及電化學堆疊200以藉由氫迴路116進行處理，如圖1B中所展示。

【0056】基板222之陽極側228上之陽極墊片224及基板222之陰極側230上之陰極墊片226可具有不同形狀(如圖2B及2C中所展示)。舉例而言，陽極墊片224可在基板222之陽極側228上之複數個陽極埠232與複數個陰極埠238之間延伸。換言之，陽極墊片224在一個橫向側環繞陽極埠232及陽極流場234，但將陰極部分238置於其外接區域外側。在安裝位置中，因此，陽極墊片224可流體隔離陽極流與陰極流。

【0057】與之相比，基板222之陰極側230上之陰極墊片226並不在複數個陽極埠232及複數個陰極埠238之間延伸。換言之，陰極墊片226環繞陽極埠232、陰極部分238及陰極流場240。然而，陽極密封環233隔離

陽極部分232與基板222之陰極側230上之陰極埠238及陰極流場240。

【0058】 在一種構形中，儘管位於基板222之相對側上，但陽極流場234及陰極流場240可具有相同形狀以沿第一MEA 201及第二MEA 202提供相同主動區域。因此，總而言之，應瞭解，陽極墊片224與陰極墊片226之間之形狀差異以及陽極密封環之定位及陽極流場234及陰極流場240的相同形狀可產生不同密封區域。該等不同密封區域彼此互補以有利於流體隔離沿陽極通道236之純化水之較低壓力流與沿陰極通道242之加壓氫流，而容許每一流移動穿過電化學堆疊200且最終沿不同通道離開電化學堆疊200。

【0059】 在某些實施方案中，陰極流場240可成型以便陰極流場240之最小邊界矩形係正方形。如此上下文中所使用，術語最小邊界矩形應理解為由陰極流場240之最大x-及y尺寸界定之最小矩形。複數個陰極埠238可包含每一基板222之兩個陰極埠，該等陰極埠相對於最小邊界矩形(例如在最小邊界矩形內)彼此相對地定位於對角拐角中。其他兩個對角拐角缺少陰極埠238。在最小邊界矩形係正方形之情況下，陰極埠238相對於最小邊界矩形之對角定位可促進加壓氫以對角方式沿整個陰極流場240之流動，同時使得基板222材料抵抗所含內部氫壓之強度留有較大容限。或者，基板222可為矩形。複數個陰極埠238定位於遠離基板222之邊緣處，從而複數個陰極埠238中之每一者由複數個陰極埠238中之各別者與基板222之最靠近邊緣間之基板222的材料充分強化。

【0060】 考慮到沿陰極通道242之加壓氫流與沿陽極通道236之水及氧流之間的較大壓力差，電化學堆疊200可包含陽極流體擴散層，該陽極流體擴散層佈置於陽極通道236中及視情況第二MEA 202之陽極210b之陽

極電極與基板222之陽極側228 (例如陽極肋部235)之間。陽極流體擴散層246之多孔材料通常可允許水及氧流經陽極通道236而不實質上增加穿過陽極通道236之流動限制，同時在基板222之陽極側228上提供結構支持以抵抗可源自基板222之相對側上之壓力差的塌陷。為清晰闡釋起見，多孔材料246展示為僅沿一個陽極通道236。然而，應理解，多孔材料246在某些實施方案中可佈置於所有陽極通道236內側。

【0061】 作為其他或替代安全措施，電化學堆疊200可包含佈置於第一MEA 201、第二MEA 202、雙極板204、第一端板206及第二端板208周圍之外殼248，如圖2A中所展示。更具體而言，外殼248可由一或多種可用於吸收一或多種可在故障事件(例如在加壓氫之力下之故障及/或源自無意含氫混合物之爆炸之故障)之情形下噴射之材料之力的材料形成。作為一實例，外殼248可包含金屬或聚芳醯胺(例如Kevlar®)纖維中之一或多者。

【0062】 在已闡述電化學堆疊200之各種特徵後，現將注意力轉向操作電化學堆疊200以使用水及電作為輸入來形成加壓氫之闡述。特定而言，如圖2A中所展示，可自圖1B中所展示之電源150跨越電化學堆疊200(亦即在端板206及208之間)施加電場E (亦即電壓)。雙極板204可以串聯形式第一MEA 201及第二MEA 202彼此電連接，從而電解可發生於第一MEA 201及第二MEA 202處以形成與較低壓力之水及氧維持流體隔離之加壓氫流，只是經由質子交換膜214a及質子交換膜214b發生質子交換。

【0063】 可經由如圖1B中所展示電化學模組102之第一流體連接器110a將純化水(例如來自圖1B中所展示之水迴路114)引入電化學堆疊200

中。在電化學堆疊200內，純化水可較其他組件尤其沿延伸穿過雙極板204之進口通道216流動以將純化水引導至第一MEA 201之陽極210a及第二MEA 202之陽極210b中。在跨越第一MEA 201之陽極210a與陰極212a施加電場E之情形下，純化水可沿陽極210a分解成質子(H^+)及氧。質子(H^+)可經由質子交換膜214a自陽極210a移動至陰極212a。在陰極212a處，質子(H^+)可彼此組合以沿陰極212a形成加壓氫。經由類似製程，亦可沿第二MEA 202之陰極212b形成加壓氫。藉由第一MEA 201及第二MEA 202中之每一者形成之加壓氫流可彼此組合且較其他組件尤其經由延伸穿過雙極板204之兩個排氫通道218流出電化學堆疊200，從而最終引導加壓氫離開電化學模組102之第二流體連接器112且引向氫迴路116以供處理(如圖1B中所展示及上文所論述)。沿陽極210a及陽極210b之氧及水之流可彼此組合且較其他組件尤其經由出口陽極埠232及延伸穿過端板206之出口通道220流出電化學堆疊200，從而引導水及氧之此流離開電化學模組102之第一流體連接器110b且引向水迴路114以供處理(如圖1B中所展示及上文所論述)。

【0064】 如上文所論述，雙極板204可與第一MEA 201之陰極212a及第二MEA之陽極210b密封嚙合以有利於加壓氫保持沿第一MEA 201之陰極212a形成且與沿第二MEA 202之陽極210b流動的水及氧分離。此分離可用於減小加壓氫自電化學堆疊200洩漏之可能性且由此可另外或替代地用於系統100 (展示於圖1A及1B中)關於經由電解安全產生工業規模數量氫之模組性的任一或多個態樣。另外或替代地，如下文中針對圖3A及3B更詳細地所闡述，由雙極板204促進之密封嚙合可有利於拆卸電化學模組102 (例如用以維修、維護及/或更換電化學堆疊200)且在圖1A中所展示

之箱櫃104附近溢水之可能性較低。

【0065】 現參照圖3A及3B，電化學模組102可包含液體管控區段302及氣體管控區段304，該等區段彼此可沿界面305以可釋放方式固定(例如使用夾鉗、螺栓或其組合)以促進安裝、維護及/或維修。舉例而言，可自液體管控區段302去除氣體管控區段304而無需斷開第一流體連接器110a、b處之水連接。與需要去除水連接之裝置相比，能夠自液體管控區段302去除氣體管控區段304可減少實施與安裝、維護及/或維修相關之機械操作所需之時間。另外或替代地，因水連接可保留完整，故水較不可能無意分散於圖1A中所展示之箱櫃104周圍。

【0066】 一般而言，液體管控區段302可包含複數個流體連接至各別入口及出口水歧管306a、b之第一流體連接器110a、b。複數個第一流體連接器110a、b中之每一者可與各別歧管306a、b流體連通。歧管306a、b可繼而包含可固定至氣體管控區段304之各別液體連接310a、310b (例如O形環及/或管)以將經由第一流體連接器110a及液體連接310a純化水遞送至氣體管控區段304中且經由第一流體連接器110b及液體連接310b接收水及氧之陽極外流。歧管306a、b可包括空心塑膠或金屬盒。液體管控區段302可包含支撐件，例如支腿308或基座型支撐件。

【0067】 可選隔離板309 (例如不銹鋼板)可位於液體管控區段302之頂部，從而各別液體連接310a、310b延伸穿過隔離板。舉例而言，各別液體連接310a、310b可在隔離板309中包括由各別O形環環繞之孔。

【0068】 現參照圖2A與圖3A及3B，電化學模組102之氣體管控區段304可包含電化學堆疊200、收集板312及第二流體連接器112。因此，換言之，液體管控區段302及氣體管控區段304可沿低壓水連接110a、b彼此

分離，而與加壓氫流離電化學模組102有關之高壓連接112無需干擾，且由此與重複斷開及重建高壓連接有關之故障模式不存在於電化學模組102中。收集板312可垂直於連接器110a、b及112之方向(例如在圖3A中之頁面外)進行定向。

【0069】 可在本文所闡述適於控制、數據獲取及數據處理之硬體、軟體或其任一組合中實現上述系統、裝置、方法、製程及諸如此類。此包含在一或多個微處理器、微控制器、嵌入式微控制器、程式化數位信號處理器或其他程式化裝置或處理電路以及內部及/或外部記憶體中實現。此亦可或替代地包含一或多個專用積體迴路、可程式化閘陣列、可程式化陣列邏輯組件或可經構形以處理電子信號之任一或多個其他裝置。進一步應瞭解，上述製程或裝置之實現可包含可使用以下語言產生之電腦可執行代碼：結構程式化語言(例如C)、目標定向程式化語言(例如C++)或可儲存、編輯或詮釋以在上述裝置中之一者上運行之任一其他高級或低級程式化語言(包含組合語言、硬體闡述語言與資料庫程式化語言及技術)；以及處理器、處理器架構之非均質組合或不同硬體及軟體之組合。同時，處理可分佈於諸如各種上述系統等裝置中，或所有功能性皆可整合至專用之獨立裝置中。所有該等排列及組合皆意欲在本發明範圍內。

【0070】 本文所揭示之實施例可包含含有電腦可執行代碼或電腦可用代碼之電腦程式產品，該代碼在執行於一或多種計算裝置上時會實施上述控制系統之任何及/或所有步驟。該代碼可以非暫時性方式儲存於電腦記憶體(其為自其執行程式之記憶體，例如與處理器有關之隨機存取記憶體)或儲存裝置(例如磁碟驅動、快閃記憶體或任一其他光學、電磁、磁、紅外或其他裝置或裝置組合)中。在另一態樣中，任一上述控制系統可體

現於攜載電腦可執行代碼及/或來自其之任何輸入或輸出之任一適宜傳輸或傳播媒體中。

【0071】 除非明確提供不同含義或另外自上下文顯而易見，否則本文所闡述實施方案之方法步驟意欲包含與下列申請專利範圍之專利性一致之使得該等方法步驟得以實施之任一適宜方法。因此，舉例而言，實施步驟X包含使另一當事方(例如遠程使用者、遠程處理資源(例如伺服器或雲電腦)或機器)實施步驟X之任一適宜方法。類似地，實施步驟X、Y及Z可包含指導或控制該等其他個體或資源之任一組合實施步驟X、Y及Z以獲得該等步驟之益處之任一方法。因此，除非明確提供不同含義或另外自上下文顯而易見，否則本文所闡述實施方案之方法步驟意欲包含與下列申請專利範圍之專利性一致之使一或多個其他當事方或實體實施該等步驟之任一適宜方法。該等當事方或實體無需處於任一其他當事方或實體之指導或控制下，且無需處於特定管轄範圍內。

【0072】 應瞭解，上述方法及系統係以實例方式進行陳述且並不加以限制。諸多變化、添加、刪除及其他修改為熟習此項技術者所明瞭。另外，除非明確需要特定順序或另外自上下文顯而易見，否則上述說明及圖式中之方法步驟之順序或呈現並不意欲需要以此順序來實施所引述步驟。因此，儘管已展示及闡述特定實施例，但熟習此項技術者應明瞭，可對其中之形式及細節作出各種改變及修改，此並不背離本發明範圍。

【符號說明】

【0073】

100:系統

102:電化學模組

104:箱櫃

105a:內壁或隔斷/第一內壁

105b:內壁或隔斷/第二內壁

105c:頂板

106a:第一體積

106b:第二體積

106c:第三體積

106d:第四體積

110a:第一流體連接器

110b:第一流體連接器

112:第二流體連接器

114:水迴路

116:氫迴路

118:儲槽

120:分離器

122:幫浦

124:進料導管

126:再循環迴路

128:產物導管

130:乾燥器

132:入口部分

134:出口部分

136:氫幫浦

138:出口導管

140:幫浦導管

142:除濕機

144:回收迴路

146a:氣體增流器

146b:氣體增流器

146c:氣體增流器

148:控制器

150:電源

152a:第一門

152b:第二門

152c:第三門

154:風扇

156:電觸點

158a:氣體感測器

158b:氣體感測器

158c:氣體感測器

160:釋壓閥

200:電化學堆疊

201:第一膜電極總成(MEA)

202:第二膜電極總成(MEA)

204:雙極板

206:第一端板

208:第二端板

210a:陽極

210b:陽極

212a:陰極

212b:陰極

214a:質子交換膜(例如PEM電解質)

214b:質子交換膜

216:進口通道

218:排氫通道

220:出口通道

222:基板

224:陽極墊片

226:陰極墊片

228:陽極(亦即水)側

230:陰極(亦即氫)側

232:陽極埠(亦即水升管開口)/陽極部分/出口陽極埠

233:陽極密封環

234:陽極(例如水)流場

235:陽極充氣室/陽極肋部

237:陰極密封環

238:陰極埠(亦即氫升管開口)/陰極部分

239:陰極充氣室

240:陰極(例如氫)流場

241:肋部

242:陰極流動通道

246:陽極流體擴散層/多孔材料

248:外殼

302:液體管控區段

304:氣體管控區段

305:界面

306a:入口水歧管

306b:出口水歧管

308:支腿

309:隔離板

310a:液體連接

310b:液體連接

312:收集板

E:電場

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種產氫系統，其包括：

至少一個箱櫃，其界定第一體積、第二體積及第三體積，其中該第一體積、該第二體積及該第三體積彼此流體隔離；

水迴路，其位於該第一體積中；

電化學模組，其包括位於該第二體積中之電解槽電化學堆疊；

氫迴路，其位於該第三體積中；

至少一個第一流體連接器，其流體連接該水迴路及該電解槽電化學堆疊；及

至少一個第二流體連接器，其流體連接該電解槽電化學堆疊及該氫迴路。

【請求項2】

如請求項1之產氫系統，其中：

該至少一個箱櫃包括單一箱櫃，其中該第一體積與該第二體積由第一內壁隔離，且該第二體積與該第三體積由第二內壁隔離；

該至少一個第一流體連接器延伸穿過該第一內壁；且

該至少一個第二流體連接器延伸穿過該第二內壁。

【請求項3】

如請求項1之產氫系統，其進一步包括：

第一氣體增流器，其流體連接至該第一體積但不流體連接至該第二或該第三體積，且經構形以使該第一體積通風而不使該第二或該第三體積通風；

第二氣體增流器，其流體連接至該第二體積但不流體連接至該第一或該第三體積，且經構形以使該第二體積通風而不使該第一或該第三體積通風；及

第三氣體增流器，其流體連接至該第三體積但不流體連接至該第一或該第二體積，且經構形以使該第三體積通風而不使該第一或該第二體積通風。

【請求項4】

如請求項3之產氫系統，其中該等第一、第二及第三氣體增流器可操作以相對於該至少一個箱櫃外部之環境在該第一體積、該第二體積及該第三體積中之每一者中形成負壓。

【請求項5】

如請求項1之產氫系統，其中：

該電解槽電化學堆疊包括至少一個雙極板及複數個膜電極總成(MEA)；

該複數個MEA及該至少一個雙極板界定彼此由該至少一個雙極板隔開之至少一個陽極通道及至少一個陰極通道；

該至少一個陽極通道經由該至少一個第一流體連接器與該水迴路流體連通；

該至少一個陰極通道經由該第二流體連接器與該氫迴路流體連通；

該MEA包含陽極、陰極及其間之質子交換膜；且

該第二體積位於該第一體積與該第三體積之間。

【請求項6】

如請求項5之產氫系統，其中：

該水迴路包含幫浦、儲槽及分離器；

該至少一個第一流體連接器包括兩個第一流體連接器；

該儲槽在該分離器與該幫浦之間流體連通；

該幫浦經由該兩個第一流體連接器中之一者與該電解槽電化學堆疊之該陽極通道流體連通；且

該分離器經由該兩個第一流體連接器中之第二者與該電解槽電化學堆疊之該至少一個陽極通道流體連通。

【請求項7】

如請求項5之產氫系統，其中該氫迴路包括：

乾燥器，其具有經由該第二流體連接器與該電解槽電化學堆疊之該至少一個陰極通道流體連通之入口部分；及

氫幫浦，其與該乾燥器之出口部分及入口部分流體連通，其中該氫幫浦可操作以使加壓氫自該乾燥器之該出口部分再循環至該乾燥器之該入口部分。

【請求項8】

如請求項4之產氫系統，其進一步包括：

控制器，其與該電解槽電化學堆疊電連通且位於該至少一個箱櫃之第四體積中，該第四體積與該第一體積、該第二體積及該第三體積中之每一者流體隔離；及

電觸點，其佈置於該至少一個箱櫃之外表面上，其中：

該等電觸點可以可釋放方式嚙合以與電源電連通；且

該等電觸點經由該控制器與該電解槽電化學堆疊電連通。

【請求項9】

如請求項8之產氫系統，其進一步包括與該第四體積流體連通之風扇，其中該風扇可操作以相對於該至少一個箱櫃外部之環境在該第四體積中形成正壓。

【請求項10】

如請求項8之產氫系統，其進一步包括複數個氣體感測器，其中：

該複數個氣體感測器中之每一者經構形以量測含氫氣體；

每一氣體感測器佈置於該第一體積、該第二體積及該第三體積中之一者中；

每一氣體感測器與該控制器電連通；且

該控制器經構形以基於自該複數個氣體感測器中之一或多者接收之信號中斷該電源與該至少一個箱櫃中之設備之間的電連通。

【請求項11】

一種用於氫處理之電化學模組，其包括：

液體管控區段，其包含複數個第一流體連接器及至少一個水歧管；及

氣體管控區段，其包含電解槽電化學堆疊及第二流體連接器，該氣體管控區段位於該液體管控區段上方且與該液體管控區段流體連接，其中：

該電解槽電化學堆疊包含至少一個雙極板及複數個膜電極總成(MEA)，

該至少一個雙極板與該複數個MEA中之一者密封嚙合以界定其間之陽極通道，

該至少一個雙極板與該複數個MEA中之另一者密封嚙合以界定其間之陰極通

道。

【請求項12】

如請求項11之電化學模組，其中該複數個第一流體連接器中之每一者經由該至少一個水歧管與該陽極通道流體連通。

【請求項13】

如請求項11之電化學模組，其中該第二流體連接器與該陰極通道流體連通。

【請求項14】

如請求項11之電化學模組，其中該複數個第一流體連接器及該至少一個水歧管中之每一者可以可釋放方式固定以與該陽極通道流體連通。

【請求項15】

如請求項11之電化學模組，其中該液體管控區段及該氣體管控區段可沿該至少一個水歧管與該電解槽電化學堆疊之間之界面彼此拆開。

【請求項16】

如請求項11之電化學模組，其中該電解槽電化學堆疊是基於質子交換膜(PEM)之電解槽堆疊。

【請求項17】

如請求項11之電化學模組，該至少一個水歧管包括入口歧管及出口歧管。

【請求項18】

如請求項11之電化學模組，該至少一個水歧管包括至少一個液體連接可固定到該氣體管控區段。

【請求項19】

如請求項18之電化學模組，其進一步包括隔離板。

【請求項20】

如請求項19之電化學模組，其中該至少一個液體連接延伸穿過該隔離板。

【請求項21】

如請求項11之電化學模組，該氣體管控區段進一步包括收集板。

【請求項22】

如請求項21之電化學模組，其中該收集板垂直於該第二流體連接器之方向。

【請求項23】

如請求項11之電化學模組，該電解槽電化學堆疊進一步包括第一端板及第二端板。

【請求項24】

如請求項23之電化學模組，其中該至少一個雙極板佈置於該第一端板及該第二端板之間。

【請求項25】

如請求項11之電化學模組，其中該複數個MEA中之每一者包括陽極、陰極、及質子交換膜。

【請求項26】

如請求項25之電化學模組，其中該複數個MEA包括第一MEA及第二MEA。

【請求項27】

如請求項25之電化學模組，該質子交換膜包括具有式

$C_7HF_{13}O_5S \cdot C_2F_4$之基於磺酸化四氟乙烯之氟聚合物-共聚物。

【請求項28】

如請求項11之電化學模組，該至少一個雙極板包括基板、陽極墊片及陰極墊片。

【請求項29】

一種用於氫處理之電化學模組，其包括：

液體管控區段，其包含複數個第一流體連接器及至少一個歧管；及

氣體管控區段，其包含電解槽電化學堆疊及第二流體連接器，該氣體管控區段位於該液體管控區段上方且與該液體管控區段流體連接；

其中：

該電解槽電化學堆疊包含至少一個雙極板及第一膜電極總成(MEA)及第二MEA；

該至少一個雙極板與該第一MEA密封嚙合以界定其間之陽極通道；

該至少一個雙極板與該第二MEA密封嚙合以界定其間之陰極通道；

該複數個第一流體連接器中之每一者經由該至少一個歧管與該陽極通道流體連通，且

該第二流體連接器與該陰極通道流體連通。

【請求項30】

如請求項29之電化學模組，其中

該複數個第一流體連接器及該至少一個歧管中之每一者可以可釋放

方式固定以與該陽極通道流體連通，及

該液體管控區段及該氣體管控區段可沿該至少一個歧管與該電解槽電化學堆疊之間之界面彼此拆開。

【請求項31】

一種用於氫處理之電解槽電化學堆疊，其包括：

雙極板，其包括：

基板，其具有彼此相對之陽極側及陰極側，該基板界定複數個陽極埠及複數個陰極埠，每一埠自該基板之該陽極側延伸至該陰極側，該陽極側界定經定向以在該複數個陽極埠中之至少一些之間引導水之陽極流場，且該陰極側界定經定向以引導氫氣朝向該複數個陰極埠之陰極流場；

陽極墊片，其沿該基板之該陽極側外接該陽極流場及該複數個陽極埠，其中該複數個陰極埠位於該陽極墊片外部；及

陰極墊片，其沿該基板之該陰極側外接該陰極流場、該複數個陽極埠及該複數個陰極埠；及

複數個膜電極總成(MEA)，每一MEA包含陽極、陰極及其間之質子交換膜；

其中：

該複數個MEA中之一者之陽極經由該陽極墊片與該基板之該陽極側密封嚙合，從而陽極通道界定於其間；且

該複數個MEA中之另一者之陰極經由該陰極墊片與該基板之該陰極側密封嚙合，從而陰極通道界定於其間。

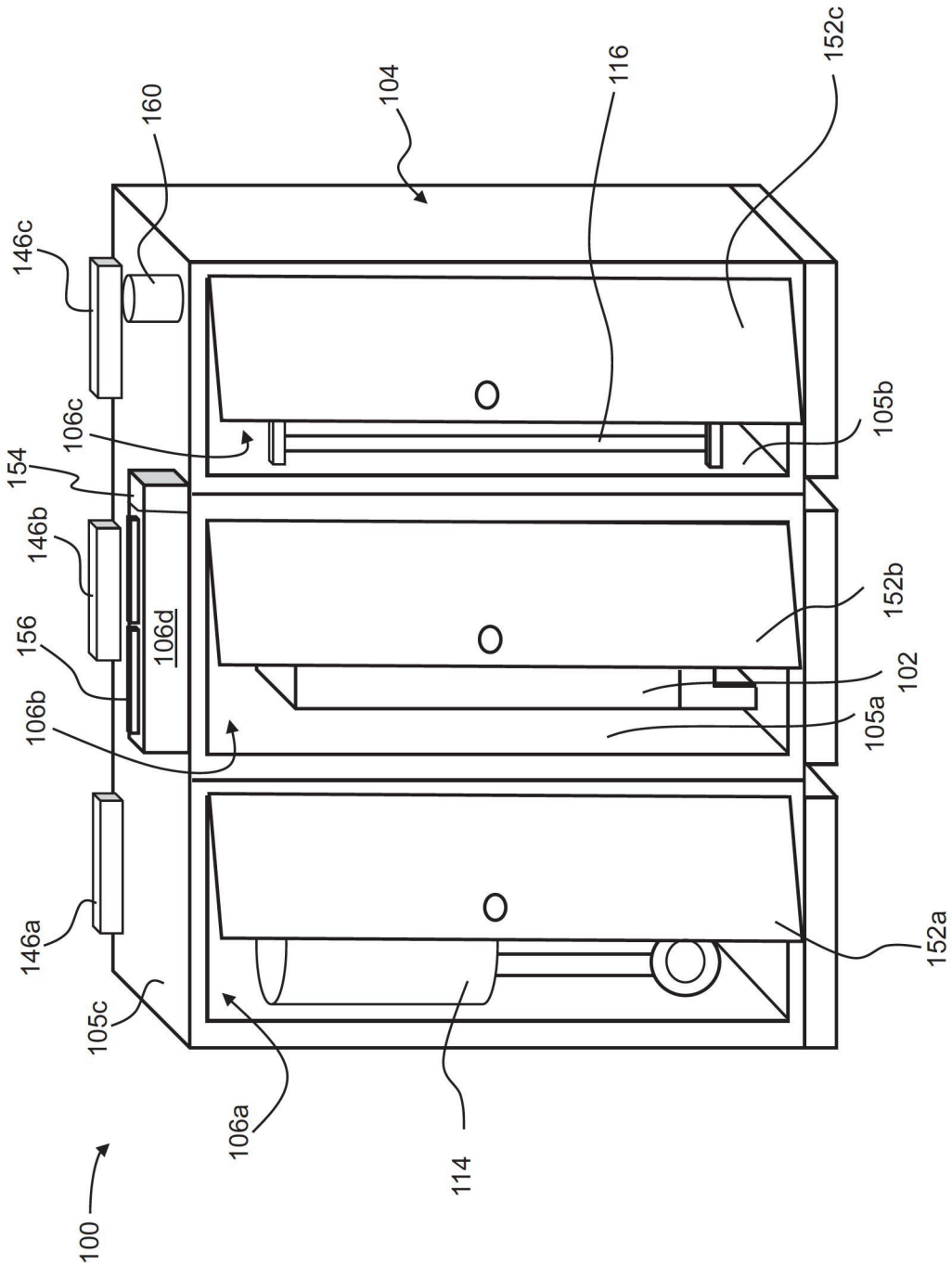
【請求項32】

如請求項31之電解槽電化學堆疊，其進一步包括：

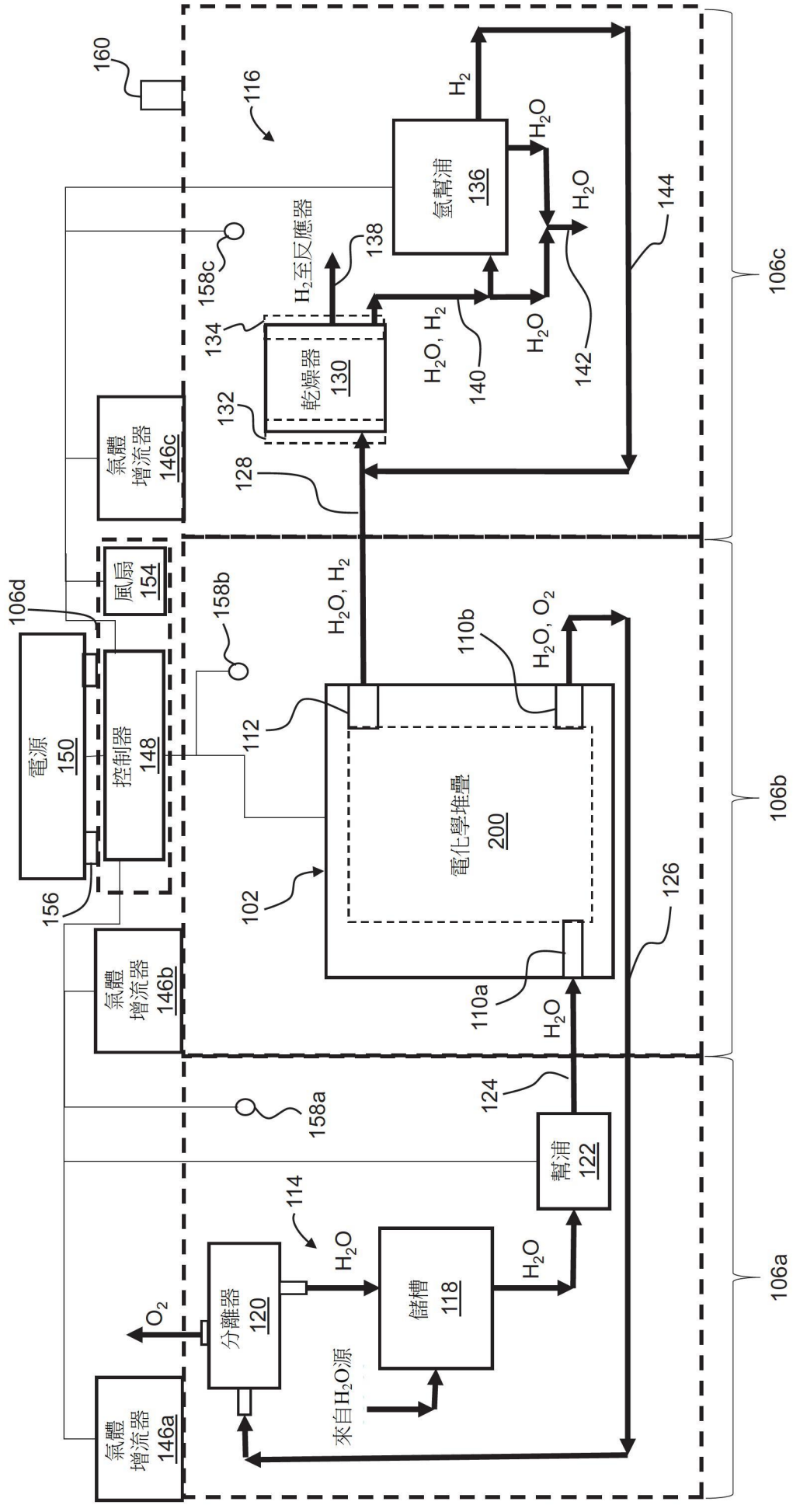
多孔材料，其佈置於該複數個MEA中之一者之陽極與該雙極板之該基板之該陽極側之間的該等陽極通道中；及

外殼，其佈置於該複數個MEA及該雙極板周圍，其中該外殼包含金屬或聚芳醯胺纖維中之一或多者。

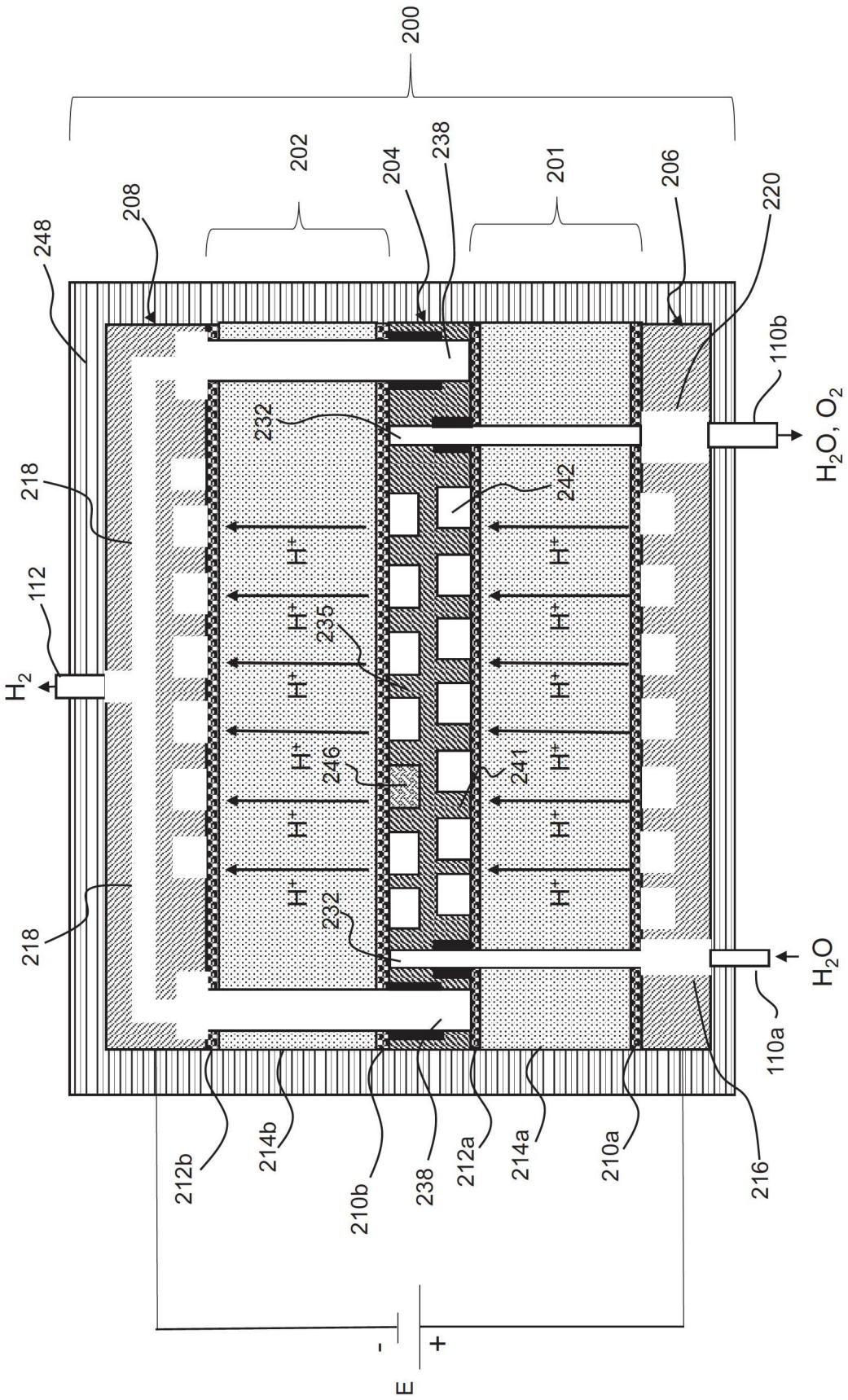
【發明圖式】


160
104
116
152c
146c
106c
154
105b
146b
152b
156
106d
102
106b
105a
146a
152a
105c
106a
114
100

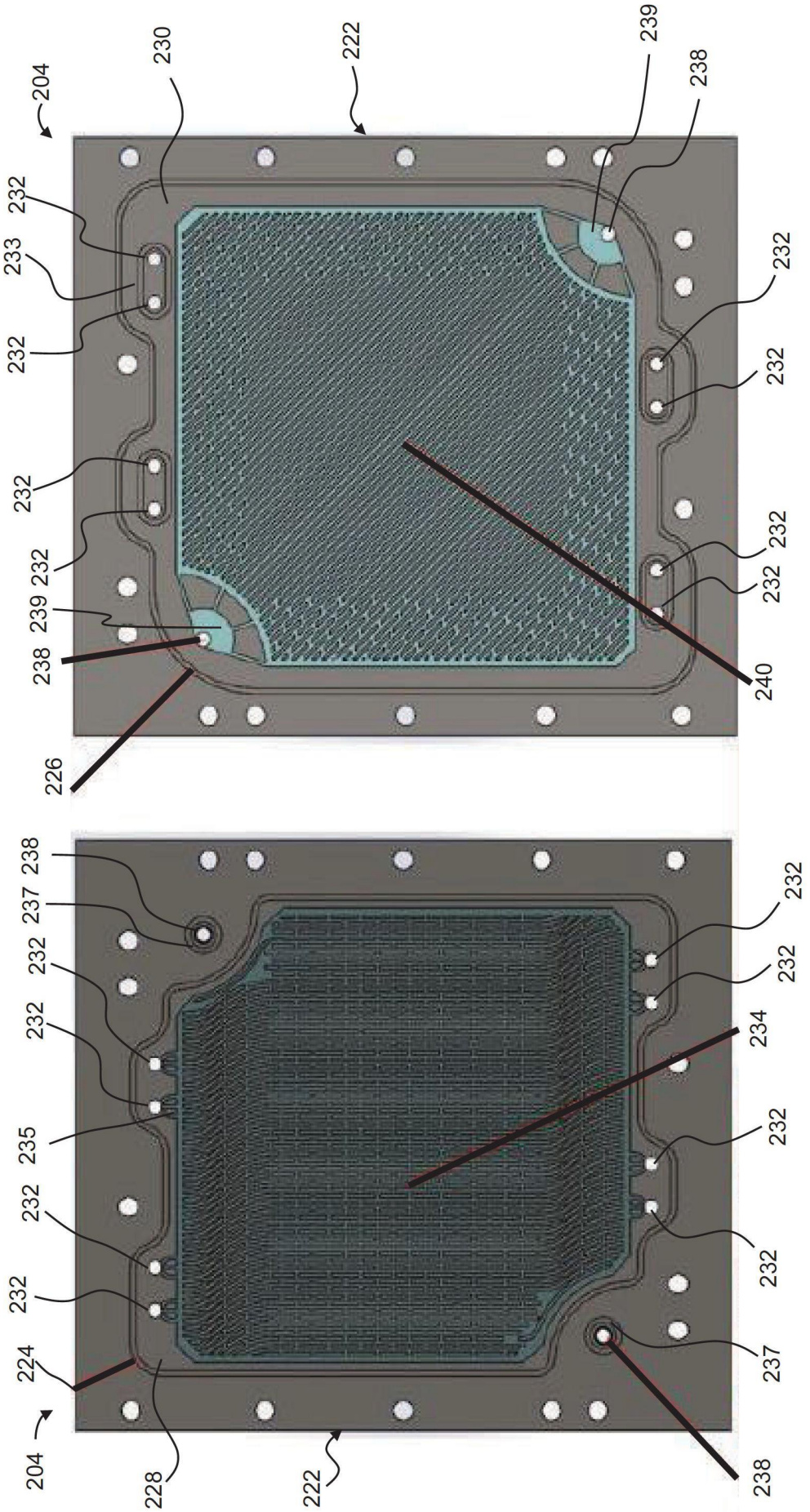
【圖1A】


160
116
H_2
H_2O
氫幫浦 136
H_2O
144
H_2至反應器
138
158c
134
乾燥器 130
H_2O, H_2
140
H_2O
142
132
128
氣體增流器 146c
106c
106d
風扇 154
158b
H_2O, H_2
110b
H_2O, O_2
電源 150
控制器 148
112
電化學堆疊 200
102
126
156
氣體增流器 146b
110a
H_2O
106b
158a
124
幫浦 122
114
H_2O
O_2
分離器 120
儲槽 118
H_2O
來自H_2O源
氣體增流器 146a
106a

【圖1B】

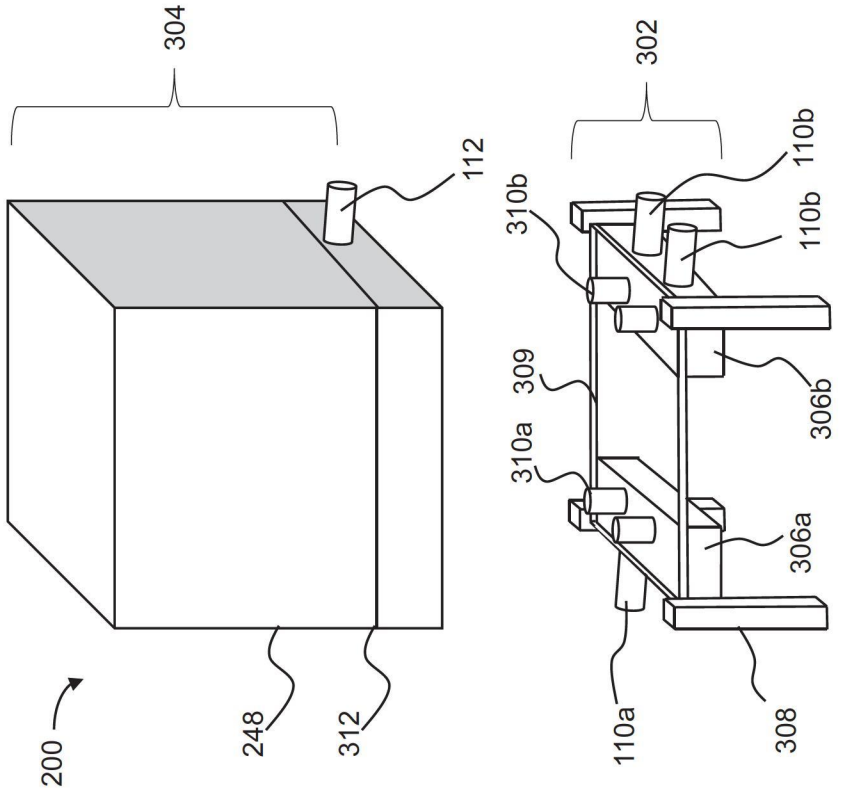

200
202
204
238
201
206
220
208
248
110b
H_2O, O_2
232
242
218
112
H_2
H^+
235
246
241
232
218
H_2O
110a
212b
214b
210b
238
212a
214a
210a
216
E
-
+

【圖2A】

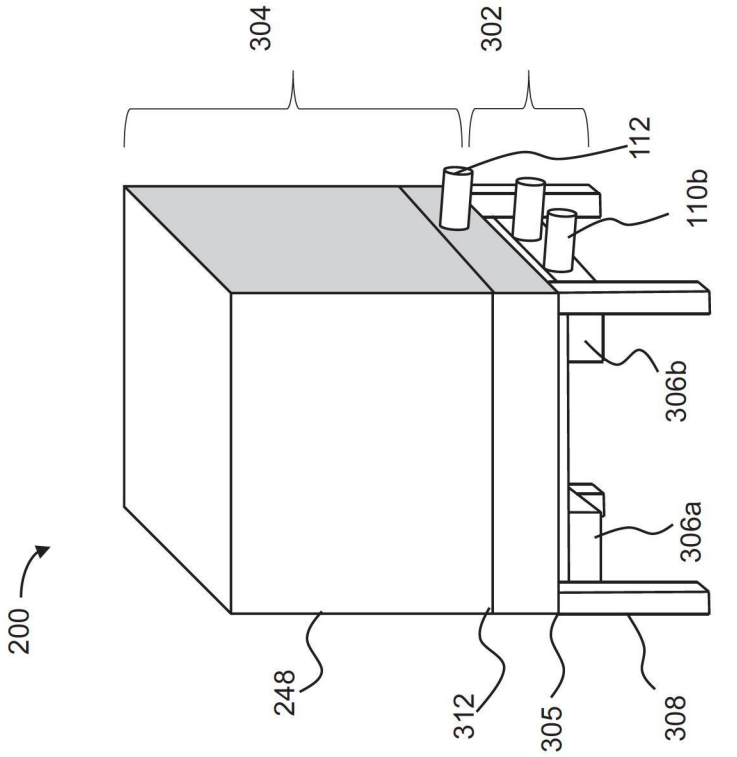

204
230
222
239
238
232
233
232
232
232
232
232
232
232
232
239
238
240
226
238
237
232
232
232
234
235
232
232
232
232
232
224
204
228
222
237
238

【圖2C】

【圖2B】


304
302
112
110b
310b
110b
309
306b
310a
306a
200
248
312
110a
308

【圖3B】


304
302
112
110b
306b
306a
200
248
312
305
308

【圖3A】