

(21)申請案號：102118152

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 23 日

(51)Int. Cl. : H01M8/02 (2006.01)

(30)優先權：2012/05/28 英國

1209385.2

(71)申請人：智慧能源有限公司 (英國) INTELLIGENT ENERGY LIMITED (GB)
英國

(72)發明人：胡德 彼得 大衛 HOOD, PETER DAVID (GB)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：16 共 33 頁

(54)名稱

用於燃料電池之雙極板

A BIPOLAR PLATE FOR A FUEL CELL

(57)摘要

本發明提供一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板包含界定陽極表面之一陽極板及界定陰極表面之一陰極板。在該陽極板與該陰極板之間界定一腔穴。一或多個開口提供於該陰極板中且在該陰極表面與該腔穴之間延伸。該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

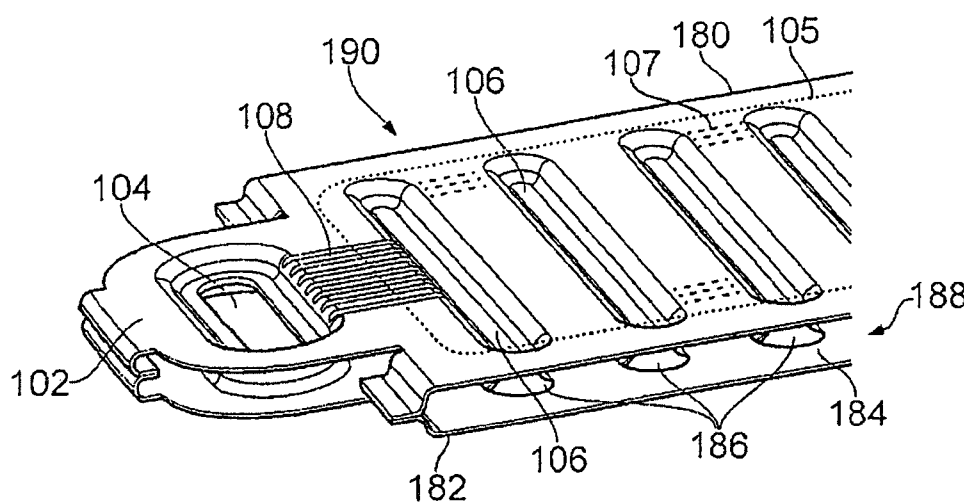


圖 1

102：雙極板

104：口

105：活性區

106：流動流動通道

107：連接通道

108：口通道

180：陽極板

182：陰極板

184：腔內

186：開口

188：第一周圍邊緣

190：第二周圍邊緣

(21)申請案號：102118152

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 23 日

(51)Int. Cl. : H01M8/02 (2006.01)

(30)優先權：2012/05/28 英國

1209385.2

(71)申請人：智慧能源有限公司 (英國) INTELLIGENT ENERGY LIMITED (GB)
英國

(72)發明人：胡德 彼得 大衛 HOOD, PETER DAVID (GB)

(74)代理人：閻啟泰；林景郁

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：16 共 33 頁

(54)名稱

用於燃料電池之雙極板

A BIPOLAR PLATE FOR A FUEL CELL

(57)摘要

本發明提供一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板包含界定陽極表面之一陽極板及界定陰極表面之一陰極板。在該陽極板與該陰極板之間界定一腔穴。一或多個開口提供於該陰極板中且在該陰極表面與該腔穴之間延伸。該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

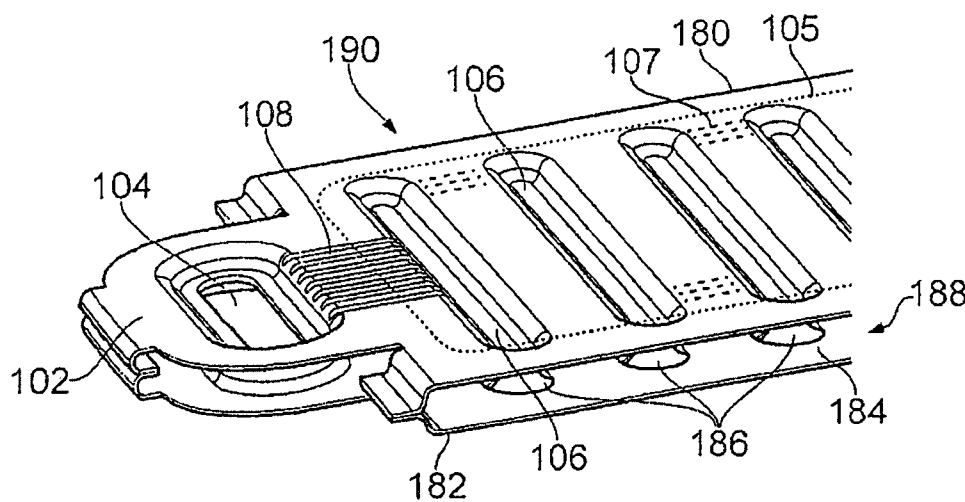


圖 1

102：雙極板

104：口

105：活性區

106：流動流動通道

107：連接通道

108：口通道

180：陽極板

182：陰極板

184：腔內

186：開口

188：第一周圍邊緣

190：第二周圍邊緣

發明摘要

※ 申請案號：102118152

※ 申請日：102.5.23

※IPC 分類：H01M8/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於燃料電池之雙極板

A BIPOLAR PLATE FOR A FUEL CELL

【中文】

本發明提供一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板包含界定陽極表面之一陽極板及界定陰極表面之一陰極板。在該陽極板與該陰極板之間界定一腔穴。一或多個開口提供於該陰極板中且在該陰極表面與該腔穴之間延伸。該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

【英文】

A bipolar plate for a fuel cell, the bipolar plate comprising an anode sheet defining an anode surface and a cathode sheet defining a cathode surface. A cavity is defined between the anode sheet and the cathode sheet. One or more openings are provided in the cathode sheet and extend between the cathode surface and the cavity. The cavity is configured to receive coolant/oxidant for cooling the anode and cathode sheets and also provide at least a portion of the coolant/oxidant to the exterior of the cathode sheet through the one or more openings.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

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)

用於燃料電池之雙極板

A BIPOLAR PLATE FOR A FUEL CELL

【技術領域】

【0001】 本揭露內容係關於用於燃料電池之雙極板領域。

【先前技術】

【0002】 習知電化學燃料電池將燃料及氧化劑(通常二者皆呈氣體流形式)轉化為電能及反應產物。用於使氫與氧起反應之常見類型的電化學燃料電池包含聚合離子(質子)轉移薄膜，其中燃料及空氣經過薄膜之個別側。質子(亦即氫離子)經引導而穿過薄膜，由經引導而穿過電路之電子進行平衡，該電路連接燃料電池之陽極與陰極。為增大可獲得之電壓，可形成包含許多此類薄膜的堆疊，其配置有分開的陽極及陰極流體流動路徑。此堆疊通常呈方塊形式，其包含由在堆疊之任一端的端板固定在一起之眾多個別燃料電池板。

【0003】 因為燃料與氧化劑之反應產生熱及電力，所以一旦達到操作溫度，燃料電池堆疊就需要冷卻。可藉由迫使空氣穿過陰極流體流動路徑而達成冷卻。在打開之陰極堆疊中，氧化劑流動路徑與冷卻劑路徑係同一路徑，亦即迫使空氣穿過堆疊，空氣既供應氧化劑給陰極又冷卻堆疊。

【發明內容】

【0004】 根據本發明之第一觀點，所提供的是一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板包含：

一陽極板，其界定一陽極表面；

一陰極板，其界定一陰極表面；

一腔穴，其介於該陽極板與該陰極板之間；及

該陰極板中之一或多個開口，該一或多個開口在該陰極表面與該腔穴之間延伸；

其中該腔穴經構形以接收用於冷卻陽極板及陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至陰極板的外部。

【0005】 以此方式，可使用共同的冷卻劑/氧化劑來既冷卻該等板又向電極之陰極側提供氧化劑，而無需任何複雜之通路或管道。

【0006】 腔穴在雙極板之第一周圍邊緣處可具有至少一個冷卻劑/氧化劑進入口以用於接收冷卻劑/氧化劑。腔穴在第二周圍邊緣處可具有至少一個冷卻劑/氧化劑排出口以用於排放冷卻劑/氧化劑之至少一部分。在周圍邊緣上使用共同的進入口及/或共同的排出口可使冷卻劑/氧化劑容易出入雙極板。

【0007】 雙極板可包含介於至少一個冷卻劑/氧化劑進入口與冷卻劑/氧化劑排出口之間的兩個流動路徑：

第一流動路徑，其由陽極板與陰極板二者完全封閉；及

第二流動路徑，其通過陰極板中之兩個開口，以便將冷卻劑/氧化劑暴露於陰極板之陰極表面。

【0008】 陰極板可包含冷卻劑/氧化劑分佈結構，該分佈結構可包含用於分佈冷卻劑/氧化劑之至少一個斷面部分及界定腔穴與陰極表面之間的

開口之至少一個穿通區段。以此方式，可將腔穴內之冷卻劑/氧化劑方便地提供至分佈結構以便分佈在陰極表面上。

【0009】 冷卻劑/氧化劑分佈結構可包含界定自腔穴之進入開口的第一穿通區段及界定自腔穴之排出開口的第二穿通區段。冷卻劑/氧化劑分佈結構可包含一或多個流體流動通道。流體流動通道可在個別進入開口與排出開口之間延伸。在一些實施例中，僅有流體流動通道之子集可包含穿通區段/開口。舉例而言，交替的流體流動通道可包含一進入開口或者一排出開口。

【0010】 雙極板可包含複數個流體流動通道。交替的(包括第一)流體流動通道可於一端包含進入開口且在相反端封閉。其他(包括第二)流體流動通道可於一端包含排出開口且在相反端封閉。較之冷卻劑/氧化劑排出口，進入開口可更靠近冷卻劑/氧化劑進入口。較之冷卻劑/氧化劑進入口，排出開口可更靠近冷卻劑/氧化劑排出口。以此方式，冷卻劑/氧化劑可通過氣體擴散層，以便自進入開口到達排出開口，進而改良冷卻劑/氧化劑在雙極板之陰極表面處的暴露。

【0011】 一或多個對空氣流動之限制體可提供於陽極板與陰極板之間的腔穴中，以便增大進入開口處之冷卻劑/氧化劑的壓力。一或多個對空氣流動之限制體可包含擋板。一或多個對空氣流動之限制體可在交替的流體流動通道之單個側上提供於腔穴中。以此方式，爲了進入口與排出口之間的相對暢通之流體流動而提供之貫通通道可提供爲穿過雙極板之交替的流體流動路徑。

【0012】 流體流動通道之尺寸可沿著雙極板之長度及/或橫跨雙極板

之寬度而變化。改變流體流動通道之尺寸可允許橫跨電極之表面調節電極活性，以便改良電極效率。

【0013】 斷面區段可鄰接陽極板，進而為介於陽極板與陰極板之間的腔穴提供支撐。

【0014】 至少一個冷卻劑/氧化劑進入口可包含介於陽極板與陰極板之間的腔穴之打開的周圍邊緣。至少一個冷卻劑/氧化劑排出口可包含介於陽極板與陰極板之間的腔穴之打開的周圍邊緣。

【0015】 陰極板可包含沿著其縱向邊緣延伸之陰極板波形結構。陽極板可包含沿著其縱向邊緣延伸之陽極板波形結構。陰極板波形結構可鄰接陽極板波形結構，進而界定至腔穴之複數個冷卻劑/氧化劑進入口及自腔穴之複數個冷卻劑/氧化劑排出口。以此方式，可為陽極板與陰極板之間的腔穴提供支撐。

【0016】 陰極板中之開口的大小可沿著雙極板之長度及/或橫跨雙極板之寬度而變化。改變開口之尺寸可允許橫跨電極之表面調節電極活性，以便改良電極效率。開口中之一或多者的橫截面積可小於由對應的流體流動通道提供之走道的橫截面積，其可取決於特定流體/空氣的需要。

【0017】 所提供的是一種燃料電池板總成，其包含：

本文揭露之任何雙極板；

一陽極流體擴散層；及

一層疊層，其包含一陰極流體擴散層及一薄膜電極總成，該薄膜電極總成包含一電極。

【0018】 所提供的是一種燃料電池堆疊，其包含複數個本文所揭露之

任何燃料電池板總成。

【0019】 所提供的是一種燃料電池堆疊，其包含複數個本文所描述之燃料電池板總成。

【圖式簡單說明】

【0020】 現參看附圖僅藉由舉例給出描述，在附圖中：

圖 1 展示根據本發明之一實施例的雙極板；

圖 2 至圖 4 示意性地展示可如何組裝根據本發明之一實施例的燃料電池板總成；

圖 5 展示定位於圖 4 之燃料電池板總成之頂部的第二雙極板之剖視圖；

圖 6 至圖 12 示意性地示出根據本發明之一實施例可如何建構燃料電池板總成；

圖 13 示意性地示出根據本發明之一實施例可如何將燃料電池堆疊裝在一起；

圖 14 示意性地示出根據本發明之替代實施例可如何將燃料電池堆疊裝在一起；

圖 15 示出根據本發明之一實施例的燃料電池堆疊；且

圖 16 示出根據本發明之另一實施例的雙極板。

【實施方式】

【0021】 本文揭露之一或多個實施例係關於一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板具有界定外陽極表面之陽極板及界定外陰極表面之陰極板。介於陽極板與陰極板之間的腔穴經構形以接收用於冷卻陽極板及陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過陰極板中之一

或多個開口提供至陰極板的外部。以此方式，可使用共同的冷卻劑/氧化劑來既冷卻該等板又向電極之陰極側提供氧化劑，而無需任何複雜之通路或管道。

【0022】 圖 1 展示根據本發明之一實施例的雙極板 102 的一端。

【0023】 圖 1 所示之雙極板 102 的該端具有口 104。將瞭解，雙極板 102 的另一端亦可具有口，如圖 6 所示。口 104 係用於接收將要提供至電極之活性區的流體，諸如氫氣。圖 1 中用參考符號 105 展示電極之活性區的覆蓋區，但並未展示電極本身。以下參看圖 4 更詳細地描述電極。

【0024】 如此項技術中所知，活性區 105 為具有氣體擴散層(GDL)的區域，該等 GDL 與電極表面接觸以便給電極提供必要的反應氣體來促進穿過薄膜之質子交換。

【0025】 口 104 接收在穿過雙極板 102 之厚度方向上的流體。除向電極提供流體之外，口 104 亦將流體送至燃料電池堆疊中之鄰近燃料電池總成，因為在建構堆疊時使各雙極板之口對準。

【0026】 在此實例中，雙極板 102 具有複數個流體流動通道 106，該等流體流動通道並不連續且橫跨雙極板 102 之橫向寬度而延伸。以此方式，當流體進入流體流動通道 106 時，流體可橫跨活性區 105 的寬度而橫向分散。

【0027】 如將在以下更詳細地論述，流體沿著雙極板 102 之縱向長度通過氣體擴散層。然而，一或多個可選擇之口通道 108 可提供口 104 與活性區 105 之間的流體連接。口通道 108 可提供為雙極板 102 中之凹槽。以下將參看圖 2 更詳細地描述口通道 108 與流體擴散層之間的關係。

【0028】 此外，一或多個可選擇之連接通道 107 亦可沿著雙極板 102

之長度在連續的流體流動通道 106 之間輸送流體。此連接通道 107 亦可提供為雙極板 102 中之凹槽。

【0029】 連接通道 107 可在連接流體流動通道 106 之不同端之間交替，以便沿著雙極板 102 之縱向長度提供彎曲或交叉數位化的(inter-digitized)路徑。此可促使流體滲透流體擴散層的大部分，以使得均勻地向電極呈現流體。

【0030】 雙極板包含陽極板 180 及陰極板 182。陽極板 180 之外表面將稱為陽極表面，且陰極板 182 之外表面將稱為陰極表面。

【0031】 陽極板 180 與陰極板 182 之間有一個腔穴 184。在一些實例中，可個別地模壓或衝壓出陽極板 180 及陰極板 182，然後將其點焊在一起，來提供圖 1 之雙極板 102，進而界定兩個板 180、182 之間的腔穴 184。

【0032】 陰極板 182 中之流體流動通道 106 包括在陰極表面與腔穴 184 之間延伸的至少一個開口 186。該開口使得腔穴 182 與陰極表面流體連通。在此實例中，陰極板 182 中之每個流體流動通道 106 在每一端皆被穿通，以便提供自腔穴 184 至陰極表面之進入開口及自陰極表面至腔穴 184 之排出開口。流體流動通道 106 在進入開口與排出開口之間延伸。進入開口將為流體流動通道 106 中最靠近接收冷卻劑/氧化劑之雙極板側的開口。類似地，排出開口將為流體流動通道 106 中離接收冷卻劑/氧化劑之雙極板側最遠的開口。

【0033】 冷卻劑/氧化劑可通過雙極板 102 之第一周圍邊緣 188 中的一或多個冷卻劑/氧化劑進入口而進入腔穴 184 中。進入冷卻劑/氧化劑進入口之冷卻劑/氧化劑中的一些接著通過腔穴 184 且離開雙極板 102 之第二周

圍邊緣 190 中的一或多個冷卻劑/氧化劑排出口。此外，進入腔穴 184 之冷卻劑/氧化劑中的一些通過流體流動通道 106 中之進入開口且暴露於雙極板 102 之陰極表面。直接通過腔穴 184 之冷卻劑/氧化劑可冷卻陽極板 180 及陰極板 182。雙極板之第二周圍邊緣 190 在此實例中與雙極板之第一周圍邊緣 188 相對。

【0034】 根據本發明之此實施例的雙極板在冷卻劑/氧化劑進入口與冷卻劑/氧化劑排出口之間界定兩個流動路徑：第一流動路徑，其由陽極板 180 與陰極板 182 二者完全封閉；第二流動路徑，其通過陰極板 182 中之兩個開口 186，以便將冷卻劑/氧化劑暴露於陰極板 182 之陰極表面。

【0035】 如將自以下描述瞭解，暴露於陰極表面之冷卻劑/氧化劑可經由陰極氣體擴散層(GDL)擴散，以便向薄膜電極總成(MEA)的陰極提供氧化劑。在經由雙極板 102 之第二周圍邊緣 190 離開雙極板 102 之前，未進入陰極 GDL 之任何冷卻劑/氧化劑可通過流體流動通道 106 中之排出開口回到腔穴 184 中。

【0036】 以此方式，第一周圍邊緣 188 可為冷卻劑/氧化劑提供共同的進口，取決於冷卻劑/氧化劑穿過雙極板 102 而到達第二周圍邊緣 190 之路徑，冷卻劑/氧化劑可既冷卻陽極板 180 及陰極板 182 又向相鄰 MEA 提供氧化劑。

【0037】 陰極板 182 中之流體流動通道 106 可稱為冷卻劑/氧化劑分佈結構，該分佈結構具有至少一個斷面部分(自陰極板 182 之平面延伸出去的流體流動通道側)及至少一個穿通區段(流體流動通道 106 之末端中的開口 186)。在此實例中之冷卻劑/氧化劑分佈結構的斷面區段鄰接陽極板 108 中之

對應流體流動通道 106，進而為陰極板 182 與陽極板 180 之間的腔穴 184 提供支撐。

【0038】 在此實例中，雙極板 102 具有延伸範圍為雙極板 102 之大部分長度的單個冷卻劑/氧化劑進入口及單個冷卻劑/氧化劑排出口。此與圖 6 所示之雙極板形成對比，圖 6 所示之雙極板具有由沿著陽極板側及陰極板側之波形結構所界定的複數個冷卻劑/氧化劑進入口及冷卻劑/氧化劑排出口。

【0039】 將瞭解，在一些實例中，穿過陰極板 182 之開口 186 無需成對提供，因為冷卻劑/氧化劑可在電極處被消耗。因此，可能不需要自陰極表面至冷卻劑/氧化劑排出口之流動路徑，且至陰極表面之流動路徑可提供為閉端。

【0040】 以下參看圖 16 描述陰極板 182 中之開口 186 之替代配置的另一個實例。

【0041】 陽極板 180 中之流體流動通道 106 不具有開口，因為在 MEA 之陽極側無需冷卻劑/氧化劑。

【0042】 圖 2 至圖 4 展示如何可將圖 1 之雙極板 102 組裝為根據本發明之一實施例的燃料電池板總成。圖 2 展示置放於雙極板 102 上的第一流體擴散層 210。圖 3 展示分散於雙極板 102 及第一流體擴散層 210 上的黏合劑 314、黏合劑 316。圖 4 展示置放於第一流體擴散層及黏合劑 316 上的層疊層 418，其包括薄膜電極總成及第二流體擴散層。以下提供進一步細節。

【0043】 圖 2 展示定位於圖 1 之雙極板 102 上的流體擴散層 210。流體擴散層通常稱為氣體擴散層(GDL)，且在此實例中將稱為陽極 GDL 210，

因爲其向電極之陽極側的活性區提供氣體。

【0044】 陽極 GDL 210 具有在雙極板 102 之口 104 與活性區 105 之間延伸的延伸區域 212。凸片 212 在活性區 105 之覆蓋區之外。延伸區域將稱爲凸片 212。凸片 212 自陽極 GDL 210 之主體延伸，在此實例中，該主體與活性區 105 大體上共同定位。陽極 GDL 之凸片 212 可將於口 104 處接收之氫氣傳遞至活性區 105。如以上所指出，圖 1 所示之口通道 108 亦可將氫氣自口 104 傳遞至活性區 105。然而，將瞭解，該等口通道 108 爲可選擇的，因爲氫氣之輸送可僅經由陽極 GDL 210 發生。類似地，圖 1 之連接通道 107 亦爲可選擇的，因爲陽極 GDL 210 可爲用於在流體流動通道 106 之間傳遞氫氣的僅有機構。

【0045】 圖 3 展示沈積於圖 2 之雙極板 102 及陽極 GDL 210 上之兩個黏合劑軌道 314、316。第一黏合劑軌道 314 提供圍繞口 104 的連續環，且經過陽極 GDL 210 之凸片 212。第二黏合劑軌道 316 圍繞陽極 GDL 210 之外側沈積於雙極板 102 上，該第二黏合劑軌道亦經過陽極 GDL 210 之凸片 212。以此方式，第二黏合劑軌道 316 經定位以使得其在薄膜電極總成定位於部分燃料電池板總成上時圍繞陽極 GDL 210 提供密封。

【0046】 黏合劑經選擇以使得黏合劑滲入陽極 GDL 210 之凸片 212 中的程度爲最小，進而不會顯著地阻礙經由陽極 GDL 210 之流體輸送。

【0047】 在其他實施例中，可使用模製而成之子墊片(sub-gasket)代替黏合劑。舉例而言，模製而成之子墊片可具備以下參看圖 4 論述之層疊層 418。

【0048】 圖 4 展示燃料電池板總成 400，其中層疊層 418 被添加至圖

3 之部分燃料電池板總成。層疊層為四層薄膜電極總成(MEA)且包含陰極流體擴散層、第一觸媒層、電極薄膜及第二觸媒層。兩個觸媒層及電極薄膜可一起稱為包含電極之薄膜電極總成。

【0049】 四層 MEA 418 定位於第二黏合劑軌道 316 上。自圖 4 可見，第二黏合劑軌道 316 已移動且展開以使得其鄰接第一黏合劑軌道 314，進而圍繞陽極 GDL 210 之凸片 212 提供位於口 104 之外側的密封。同樣，該兩個已移動之黏合劑軌道 314、316 在凸片 212 表面上交會，進而完成陽極封閉且為電池提供完整的陽極密封。

【0050】 在四層 MEA 418 之周圍內界定活性區，因為四層 MEA 418 之外部帶定位於黏合劑 316 上，該黏合劑阻止陽極氣體(氫氣)輸送至電極。將瞭解，可控制黏合劑之置放，以便使黏合劑移動至所希望之活性區 105 的程度為最小。

【0051】 圖 5 展示定位於圖 4 之燃料電池板總成 400 之頂部的第二雙極板 502 之剖視圖。如此項技術中所知，可組裝複數個燃料電池板總成 400 來形成燃料電池堆疊。

【0052】 如圖 5 所示，當第二雙極板 502 定位於燃料電池總成 400 之頂部時，其接觸圍繞第一雙極板 102 之口 104 的第一黏合劑軌道 314。第一黏合劑軌道 314 因此產生圍繞該兩個雙極板之口的密封，陽極 GDL 210 之凸片 212 在該密封之下經過。若雙極板 102 包括口通道(如圖 1 中用參考符號 108 所示)，則陽極 GDL 210 之凸片 212 可足夠堅硬以防止陷入該等口通道之凹槽中。此可與先前技術的燃料電池形成對比，在先前技術的燃料電池中，與電極相關之子墊片定位於凹槽上，且可凹陷至凹槽中。

【0053】 如圖 5 中可見，第一雙極板 102 之陽極板 180 的陽極表面接觸陽極 GDL 210 之底部表面；陽極 GDL 210 之頂部表面接觸四層 MEA 418 之底部表面；且四層 MEA 418 之頂部表面接觸第二雙極板 502 之陰極板 582 的陰極表面。

【0054】 介於陽極板 580 與陰極板 582 之間的腔穴 584 的剖視圖展示於圖 5 中。將自圖 1 之描述瞭解，進入第二雙極板 502 之冷卻劑/氧化劑可經由未在圖 5 中展示之開口進入陰極板 582 中之流體流動通道 506。以此方式，向四層 MEA 418 之陰極 GDL 層提供必要的氧化劑。

【0055】 在一些實例中，雙極板 102 之幾何形狀可包括提供變化的表面面積來與 GDL 210、GDL 418 接觸之特徵。例如，流體流動通道 106 之尺寸可沿著雙極板 102 之長度及/或橫跨雙極板 102 之寬度而變化。以此方式，與流體流動通道之間的個別 GDL 210、GDL 418 接觸之陰極表面及/或陽極的表面面積亦沿著或橫跨雙極板 102 而變化。或者或此外，陰極板 182 中之開口 186 的大小可沿著雙極板 102 之長度及/或橫跨雙極板 102 之寬度而變化。以此方式改變雙極板 102 之特徵的尺寸可允許橫跨電極之表面調節電極活性，以便改良電極效率。

【0056】 圖 6 至圖 12 示意性地示出根據本發明之一實施例可如何建構燃料電池板總成。

【0057】 圖 6 示出提供至組裝點之雙極板 102 之條帶。可見在此實例中之雙極板 102 具有兩個口 104、622。第一口 104 為進口，如以下詳細地論述。第二口 622 可為出口或進口。在一些實施例中，在燃料電池中與氫之反應的化學計量效率大於一，且因此第二口 622 應被用作出口以便為產物

水管理提供穿透流。在其他實施例中，若化學計量效率及/或水管理技術容許，則第二口 622 亦可為進口。

【0058】 雙極板可包含分開之陽極板 602a 及陰極板 602b，該陽極板及陰極板僅在雙極板 102 進入組裝點之前不久才接合在一起，例如以電阻、雷射或黏合劑方式黏結在一起。此展示於圖 6 中，因為陽極板 602a 及陰極板 602b 最初係分開供應的。

【0059】 如圖 6 中亦可見，可使陽極板及陰極板之縱向邊緣成波形結構來為雙極板提供額外支撐。例如，陽極板中之波形結構可與陰極板中之波形結構對準且鄰接，以便經由雙極板之厚度提供額外支撐。陽極板中之波形結構可稱為陽極板波形結構 692，且陰極板中之波形結構可稱為陰極板波形結構 694。由陽極板波形結構與陰極板波形結構界定之孔口提供經由多個冷卻劑/氧化劑進入口及多個冷卻劑/氧化劑排出口對陽極板與陰極板之間的腔穴之進入。

【0060】 此等波形結構之使用可形成堅硬的平台來抵抗因燃料電池總成中之墊片所施加之力而發生的撓曲，但仍允許用於陰極氧化劑及冷卻空氣之不中斷的空氣通道。

【0061】 陽極 GDL 210 之堆疊及四層 MEA 418 之堆疊定位於組裝點之任一側。

【0062】 圖 7 展示已自堆疊上取下第一陽極 GDL 210，準備好定位於雙極板上，其方式與圖 2 所示之方式相同。將瞭解，此操作及隨後操作可為自動的。圖 8 展示定位於雙極板 102 上之適當位置中的陽極 GDL 210。

【0063】 圖 9 展示在陽極 GDL 210 及雙極板 102 上方的適當位置中之

黏合劑分配器 930。

【0064】 圖 10 展示已由黏合劑分配器 930 分配之三個黏合劑軌道 314、316、1040。第一軌道 314 及第二軌道 316 與參看圖 3 描述之軌道相同。圖 10 亦展示第三黏合劑軌道 1040，其提供圍繞第二口 622 之連續環。其方式與第一黏合劑軌道 314 提供圍繞第一口 104 之連續環的方式相同。

【0065】 圖 11 展示已自堆疊上取下四層 MEA，準備好定位於雙極板 102 及陽極 GDL 210 上，其方式與圖 4 所示之方式相同。圖 12 展示定位於雙極板 102 及陽極 GDL 210 上之適當位置中的四層 MEA 418。

【0066】 將瞭解，由圖 6 至圖 12 所示之建構步驟中之每一者可在同一組裝點處執行。

【0067】 圖 13 發展了圖 6 至圖 12 所示之建構方法，以使得可將燃料電池堆疊裝在一起。圖 13 示出與圖 6 至圖 12 中所示相同之雙極板 102 之條帶、陽極 GDL210 之堆疊及四層 MEA 418 之堆疊。此外，圖 13 展示用於燃料電池堆疊之頂端板的兩個構件堆疊 1350、1352 及用於燃料電池堆疊之底端板的兩個構件堆疊 1354、1356。來自用於底端板之堆疊 1354、1356 的板係在燃料電池板總成的建構開始之前定位於組裝點，且來自用於頂端板之堆疊 1350、1352 的板係在燃料電池堆疊已組裝至所要大小時定位於燃料電池總成之頂部。接著可自組裝點移動燃料電池堆疊(如圖 13 中用參考符號 1362 所示)。

【0068】 最後，可將夾具 1358、1360 附接至燃料電池堆疊 1362 之每一側，來將燃料電池板總成以所希望之工作尺寸固定在一起，以便提供完成之燃料電池堆疊 1361。

【0069】 燃料電池堆疊 1361 之一個側面可稱為冷卻劑/氧化劑進入面 1363，其包含雙極板之第一周圍邊緣中的進入口。相反側面可稱為冷卻劑/氧化劑排出面 1365，其包含雙極板之第二周圍邊緣中的排出口。根據以上描述，將瞭解，氧化劑穿過冷卻劑/氧化劑進入面 1363 進入燃料電池堆疊，其通過腔穴來冷卻陽極板及陰極板或者穿過陰極板中之開口暴露於陰極板 GDL，然後任何未消耗掉之冷卻劑/氧化劑穿過冷卻劑/氧化劑排出面 1365 離開燃料電池堆疊。

【0070】 圖 14 示出用於建構根據本發明之一實施例之燃料電池堆疊的替代方法。在此實例中，在拾取及置放過程之前不久，以條帶的方式供應且分割陽極 GDL、四層 MEA 及用於端板之構件。

【0071】 圖 15 示出根據本發明之一實施例的燃料電池堆疊 1500。燃料電池堆疊之頂端板 1570 包括兩個孔口 1572、1574，該等孔口分別與燃料電池板總成之每一端的口(未在圖 15 中展示)流體連接。將瞭解，若需要，可在底端板 1576 中提供類似之孔口。

【0072】 圖 16 示出根據本發明之另一實施例的雙極板 1600。在圖 16 中，陰極板 1682 展示於頂部，其與圖 1 之陰極板展示於底部的雙極板 102 形成對比。圖 16 之雙極板的陰極板中之開口的配置不同於圖 1 所示之開口的配置，且可改良在陰極板 1682 之陰極表面處的空氣之暴露。可選擇的擋板 1653 亦包括於圖 16 之雙極板 1600 中，來阻止空氣進入口與空氣排出口之間的直接空氣流動，進而進一步改良橫跨陰極板 1682 之陰極表面的氣體流動。以下提供進一步細節。

【0073】 在此實例中，第一流體流動通道 1606a 具有陰極板 1682 中

之進入開口 1658 及相反封閉端 1659。封閉端不具有排出開口。第二流體流動通道 1606b 具有陰極板 1682 中之排出開口 1654 及無進入開口之相反封閉端。藉由開口 1658、1654 之此配置，空氣自第一流體通道 1606a 穿過鄰近的氣體擴散層(GDL)(未在圖 16 中展示)，到達第二流體流動通道 1606b。空氣流動之方向由圖 16 中之箭頭 1660 展示。使空氣以此方式在流體流動通道 1606a、1606b 之間流動可改良向相關薄膜電極總成(未在圖 16 中展示)提供空氣的均勻性。

【0074】 視情況，可提供對雙極板之第一周圍邊緣上的空氣進入口與雙極板之第二周圍邊緣上的空氣排出口之間的直接空氣流動之障礙物 1653，以便增大空氣進入開口 1658 處之空氣壓力，進而促使空氣自第一流體流動通道 1606a 流過 GDL，到達第二流體流動通道 1606b。在此實例中之障礙物為擋板 1653，該擋板提供對自陽極板與陰極板之間的腔穴 1657 至空氣排出口之空氣流動的限制。

【0075】 圖 16 之雙極板 1600 可被視為經由陰極 GDL 提供受迫擴散。此可至少部分地藉由添加擋板 1653 來達成，以便部分地遮擋提供空氣進入口與空氣排出口之間的直接流動路徑之冷卻通道 1657。此流動路徑係直接的，因為其不通過陰極板 1682 中之任何開口 1658、1654。

【0076】 雙極板 1600 可被視為具有介於空氣進入口與空氣排出口之間的三個流動路徑：

由陽極板 180 及陰極板 182 二者完全封閉的第一流動路徑 1655、1651，該第一流動路徑如以上所論述地與擋板 1653 相遇；

由陽極板 180 及陰極板 182 二者完全封閉的第二流動路徑 1656，該第

二流動路徑不與擋板 1653 相遇且可稱為貫通冷卻通道；及

第三流動路徑 1655、1660、1652，其通過陰極板 1682 之第一流體流動通道 1606a 中之空氣進入開口 1658 及第二流體流動通道 1606b 中之空氣排出開口 1654，以便將空氣暴露於陰極板 1682 之陰極表面。

【0077】 與第二(貫通冷卻)通道 1656 相比較，第一流動路徑 1655、1651 及第三流動路徑 1655 可以稍微提高之壓力運轉。可橫跨雙極板 1600 在直徑上特徵化開口/孔口 1658、1654，以便成為用於陰極流動域中之走道的進入孔口及排出孔口。交替的流體流動通道 1606a 可具備空氣進入開口 1658。其他/交錯的流體流動通道 1606b 可具備空氣排出開口 1654。

【0078】 空氣進入開口 1658 及空氣排出開口 1654 之間的隨後壓力差可促進橫跨雙極板 1606 之陰極表面的空氣流動。類似地，擋板 1653 可沿著雙極板 1600 單位元交替的冷卻通道 1656 中。

【0079】 圖 16 之實施例可實現對以下三個變數的成比例調節：

- 1.沿著第二流動路徑 1656 之貫通冷卻空氣的量；
- 2.沿著第三流動路徑 1660 之擴散空氣的量；及
- 3.沿著第一流動路徑 1651 之冷卻/反應空氣與沿著第三流動路徑 1660 之擴散空氣的比率。

【符號說明】

【0080】

申請專利範圍

1.一種用於一燃料電池之雙極板，該雙極板包含：

一陽極板，其界定一陽極表面；

一陰極板，其界定一陰極表面；

一腔穴，其介於該陽極板與該陰極板之間；及

該陰極板中之一或多個開口，該一或多個開口在該陰極表面與該腔穴之間延伸；

其中該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將該冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

2.如申請專利範圍第 1 項之雙極板，其中該腔穴在該雙極板之第一周圍邊緣處具有至少一個冷卻劑/氧化劑進入口以用於接收該冷卻劑/氧化劑，且該腔穴在第二周圍邊緣處具有至少一個冷卻劑/氧化劑排出口以用於排放該冷卻劑/氧化劑之至少一部分。

3.如申請專利範圍第 2 項之雙極板，其包含介於該至少一個冷卻劑/氧化劑進入口與該冷卻劑/氧化劑排出口之間的兩個流動路徑：

一第一流動路徑，其由該陽極板與該陰極板二者完全封閉；及

一第二流動路徑，其通過該陰極板中之兩個開口，以便將該冷卻劑/氧化劑暴露於該陰極板之該陰極表面。

4.如前述申請專利範圍中任一項之雙極板，其中該陰極板包含一冷卻劑/氧化劑分佈結構，該分佈結構包含用於分佈該冷卻劑/氧化劑之至少一個斷面部分及界定該腔穴與該陰極表面之間的該開口之至少一個穿通區段。

5.如申請專利範圍第 4 項之雙極板，其中該冷卻劑/氧化劑分佈結構包含界定自該腔穴之一進入開口的第一穿通區段及界定自該腔穴之一排出開口的第二穿通區段。

6.如申請專利範圍第 5 項之雙極板，其中該冷卻劑/氧化劑分佈結構包含在該進入開口與該排出開口之間延伸的一流體流動通道。

7.如申請專利範圍第 5 項之雙極板，其中該冷卻劑/氧化劑分佈結構包含複數個流體流動通道，其中：

一第一流體流動通道在一端包含一進入開口且在相反端封閉；且

一第二流體流動通道在一端包含一排出開口且在相反端封閉。

8.如申請專利範圍第 7 項之雙極板，其在該陽極板與該陰極板之間的該腔穴中包含一或多個對空氣流動之限制體，以便增大該進入開口處之該冷卻劑/氧化劑的壓力。

9.如申請專利範圍第 8 項之雙極板，該一或多個對空氣流動之限制體包含一擋板。

10.如申請專利範圍第 6 至 9 項中任一項之雙極板，其中該流體流動通道之尺寸沿著該雙極板之長度及/或橫跨該雙極板之寬度而變化。

11.如申請專利範圍第 4 至 10 項中任一項之雙極板，其中該斷面區段鄰接該陽極板，進而為介於該陽極板與該陰極板之間的該腔穴提供支撐。

12.如申請專利範圍第 2 至 11 項中任一項之雙極板，其中該至少一個冷卻劑/氧化劑進入口包含介於該陽極板與該陰極板之間的該腔穴之一打開的周圍邊緣。

13.如申請專利範圍第 2 至 12 項中任一項之雙極板，其中該至少一個冷

卻劑/氧化劑排出口包含介於該陽極板與該陰極板之間的該腔穴之一打開的周圍邊緣。

14.如申請專利範圍第 2 至 13 項中任一項之雙極板，其中該陰極板包含沿著其縱向邊緣延伸之陰極板波形結構，且該陽極板包含沿著其縱向邊緣延伸之陽極板波形結構，其中該等陰極板波形結構鄰接該等陽極板波形結構，進而界定至該腔穴之複數個冷卻劑/氧化劑進入口及自該腔穴之複數個冷卻劑/氧化劑排出口。

15.如前述申請專利範圍中任一項之雙極板，其中該陰極板中之該等開口的尺寸沿著該雙極板之長度及/或橫跨該雙極板之寬度而變化。

16.一種燃料電池板總成，其包含：

根據前述申請專利範圍中任一項之一雙極板；

一陽極流體擴散層；及

一層疊層，其包含一陰極流體擴散層及一薄膜電極總成，該薄膜電極總成包含一電極。

17.一種燃料電池堆疊，其包含複數個如申請專利範圍第 16 項之燃料電池板總成。

18.一種大體上如本文所描述且如附圖所示之雙極板。

19.一種大體上如本文所描述且如附圖所示之燃料電池板總成。

20.一種大體上如本文所描述且如附圖所示之燃料電池堆疊。

圖式

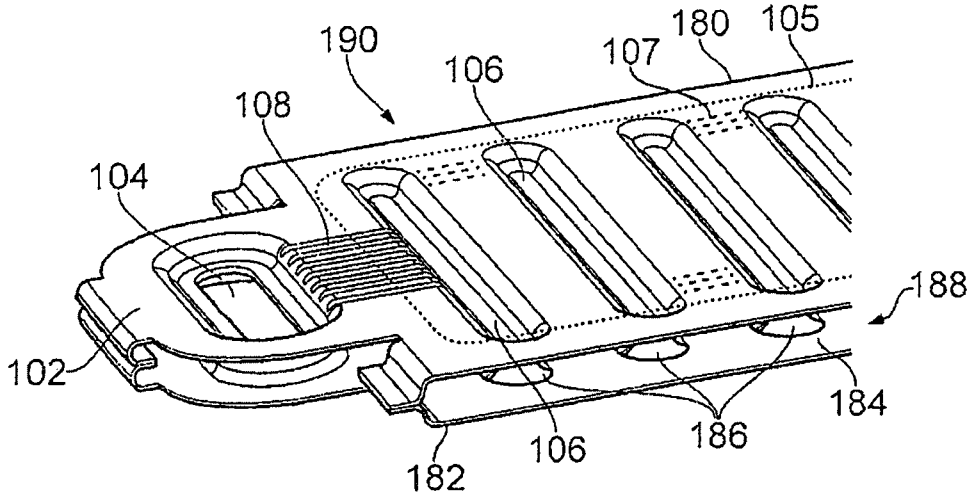


圖 1

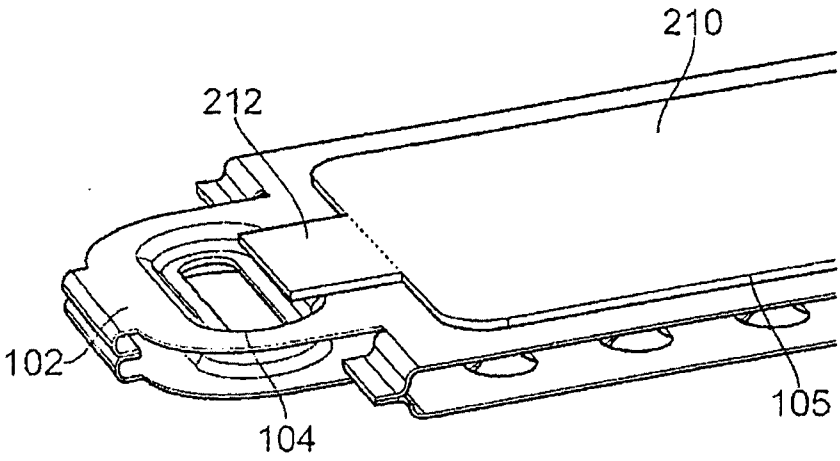


圖 2

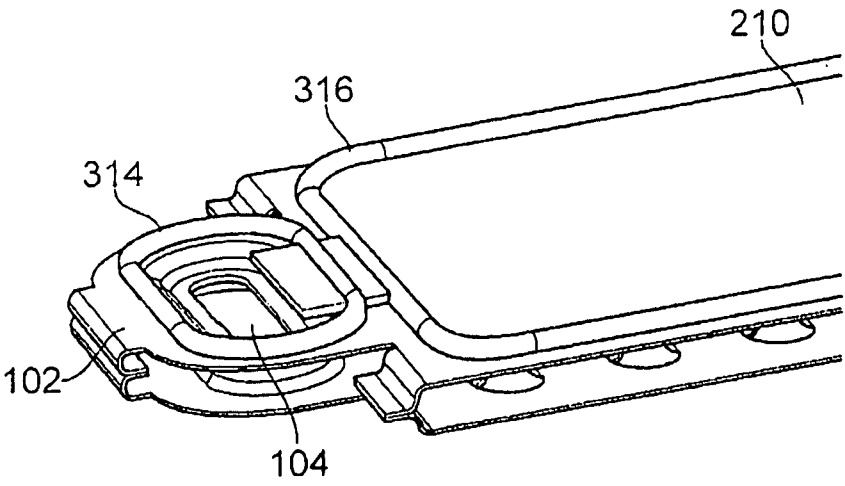


圖 3

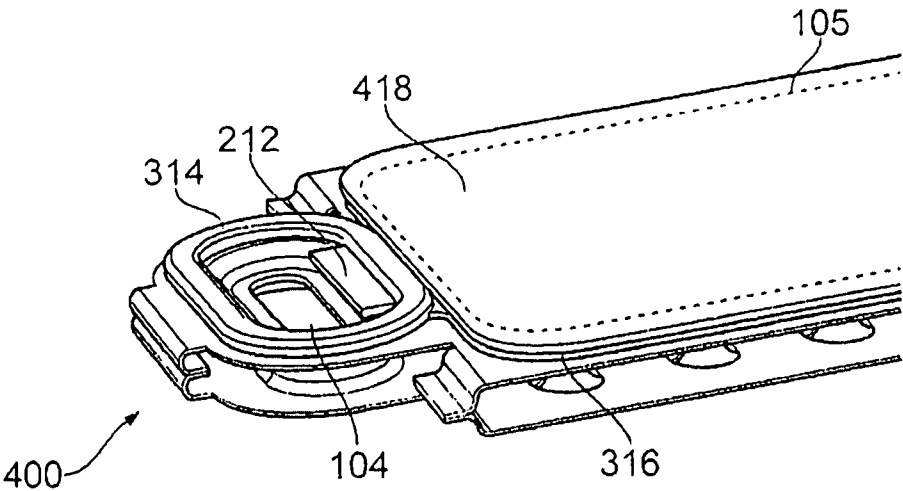


圖 4

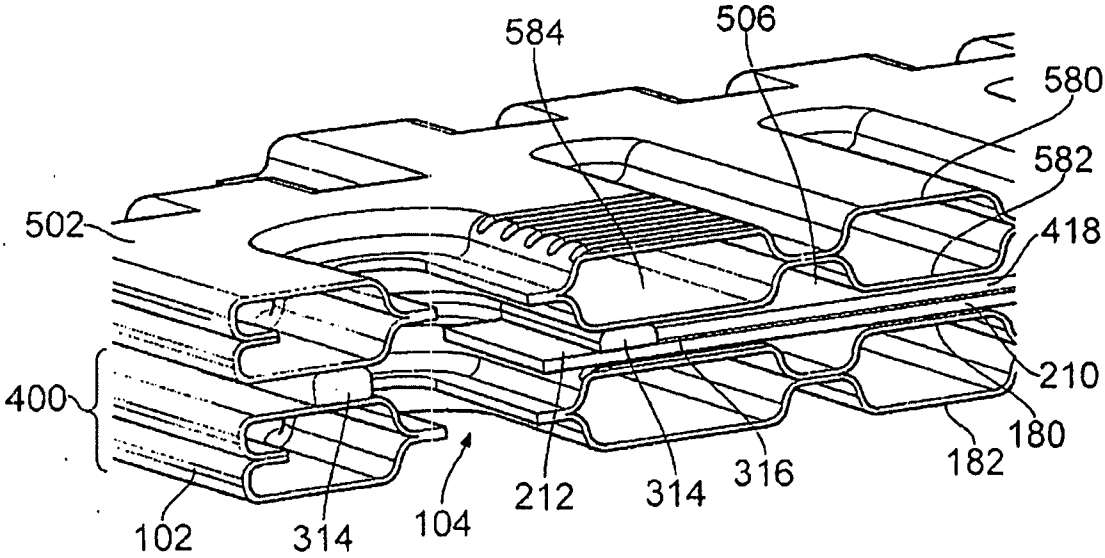


圖 5

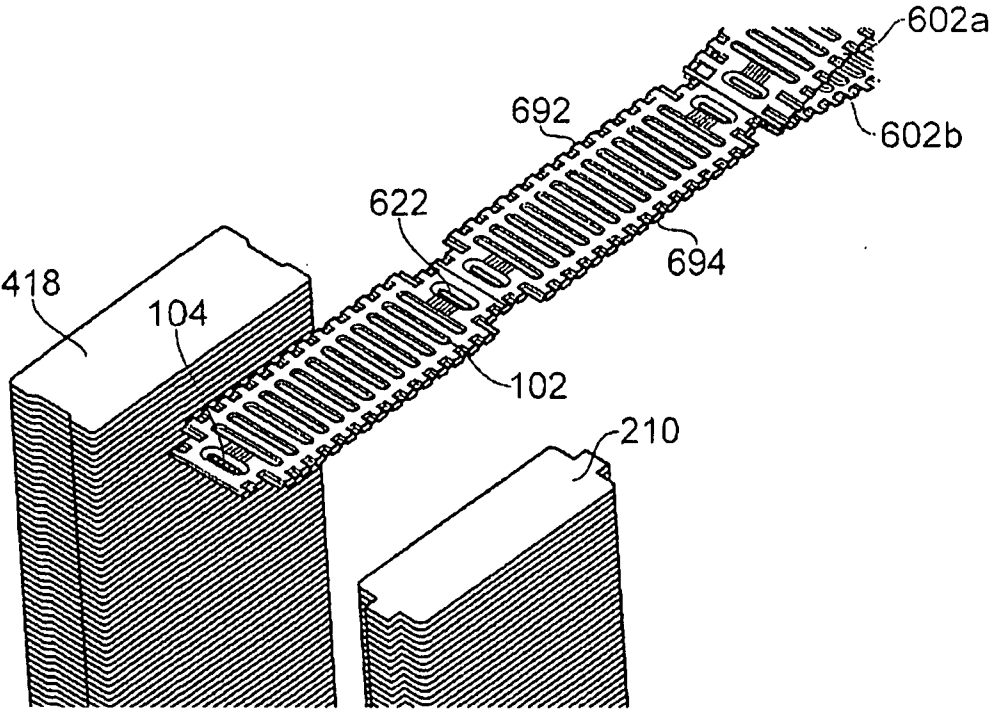


圖 6

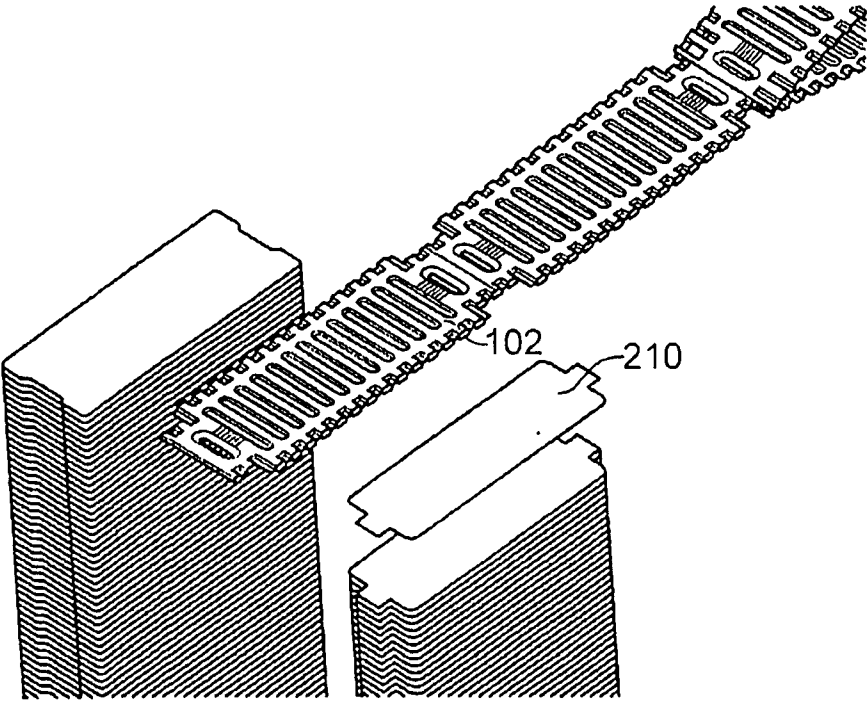


圖 7

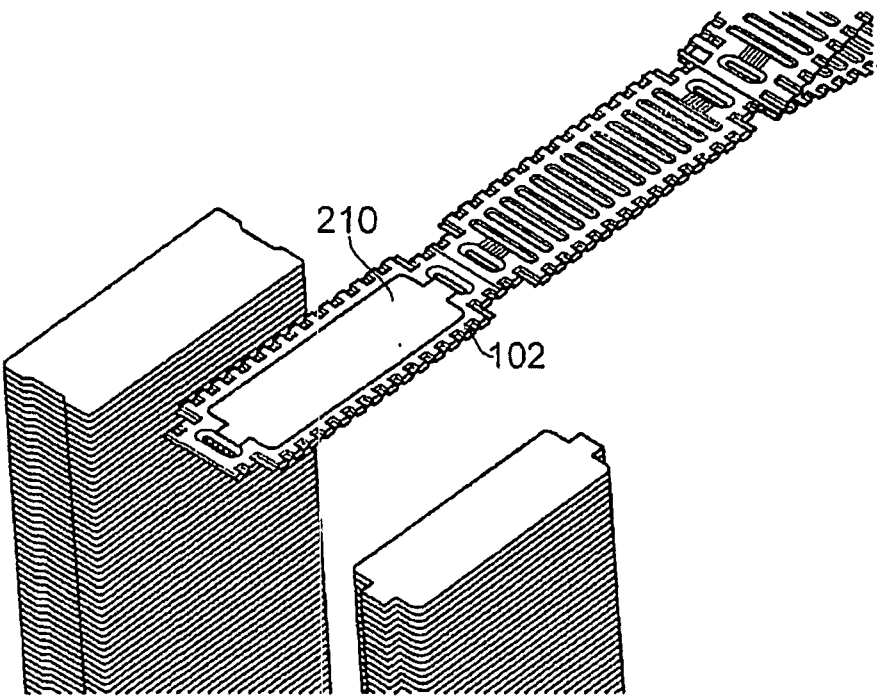


圖 8

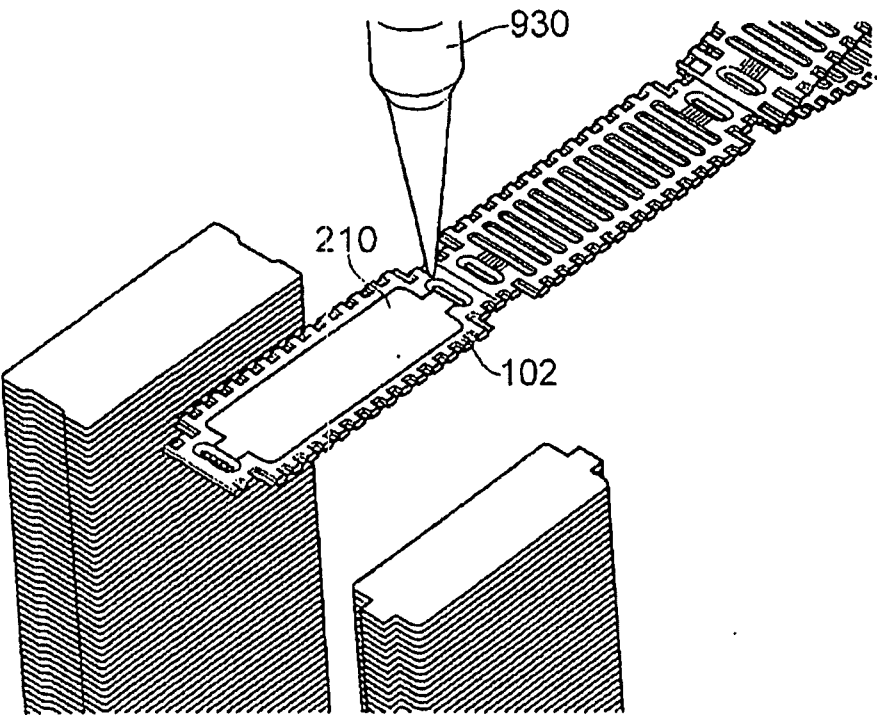


圖 9

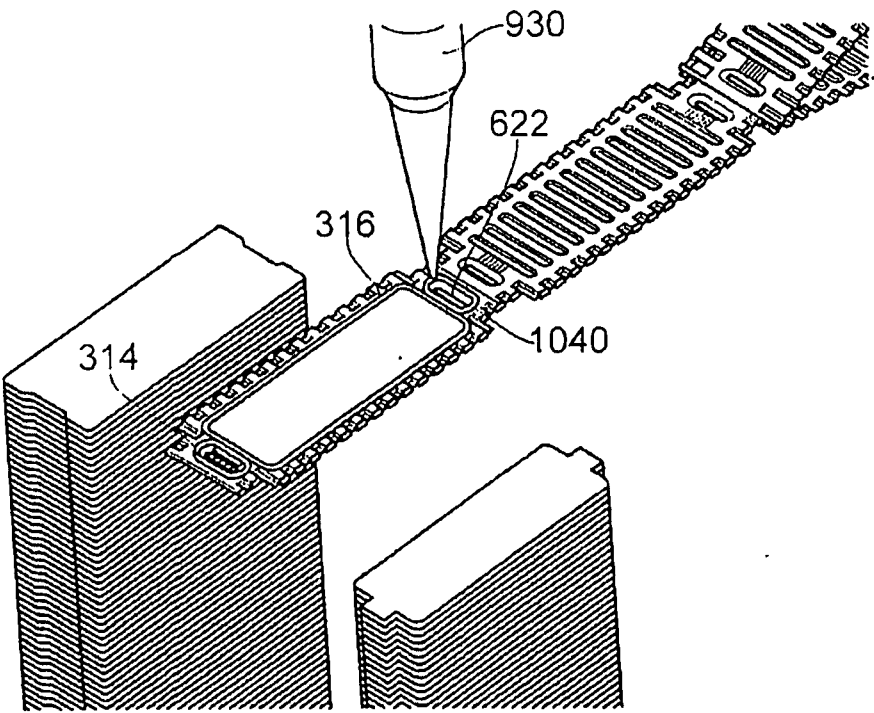


圖 10

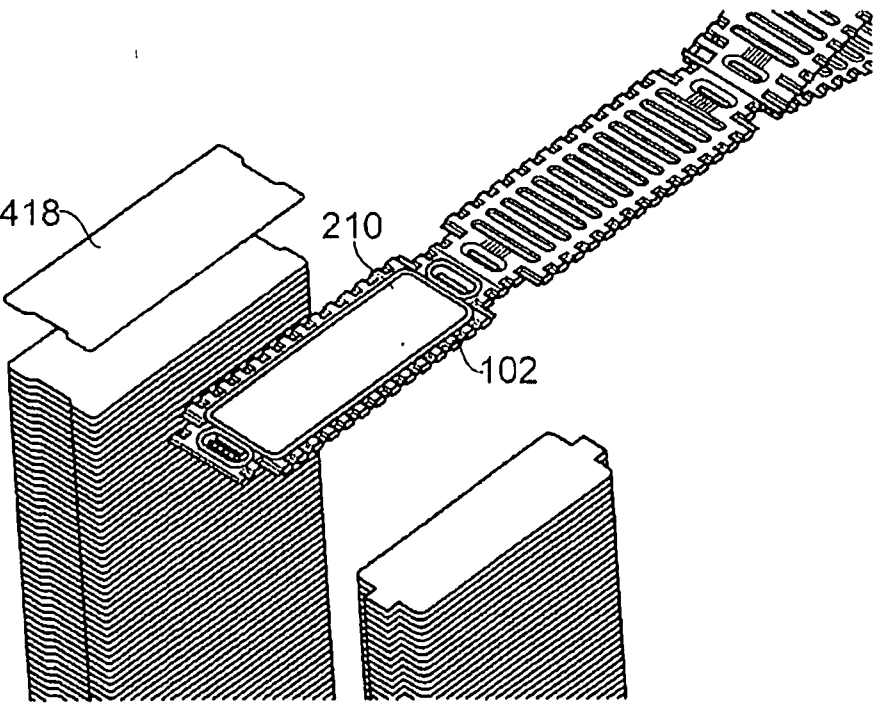


圖 11

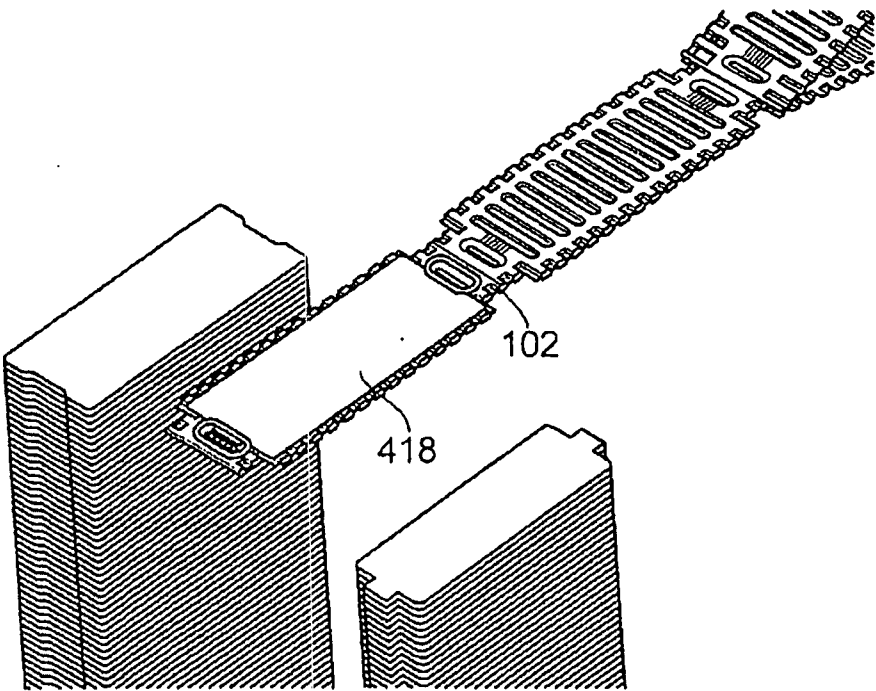


圖 12

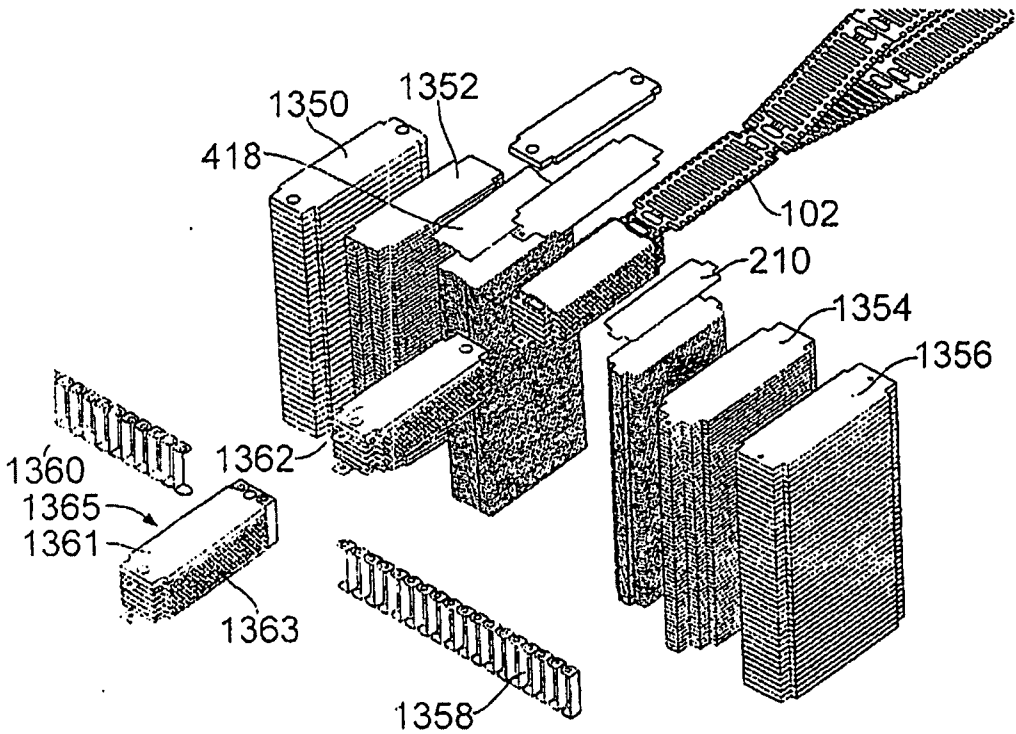


圖 13

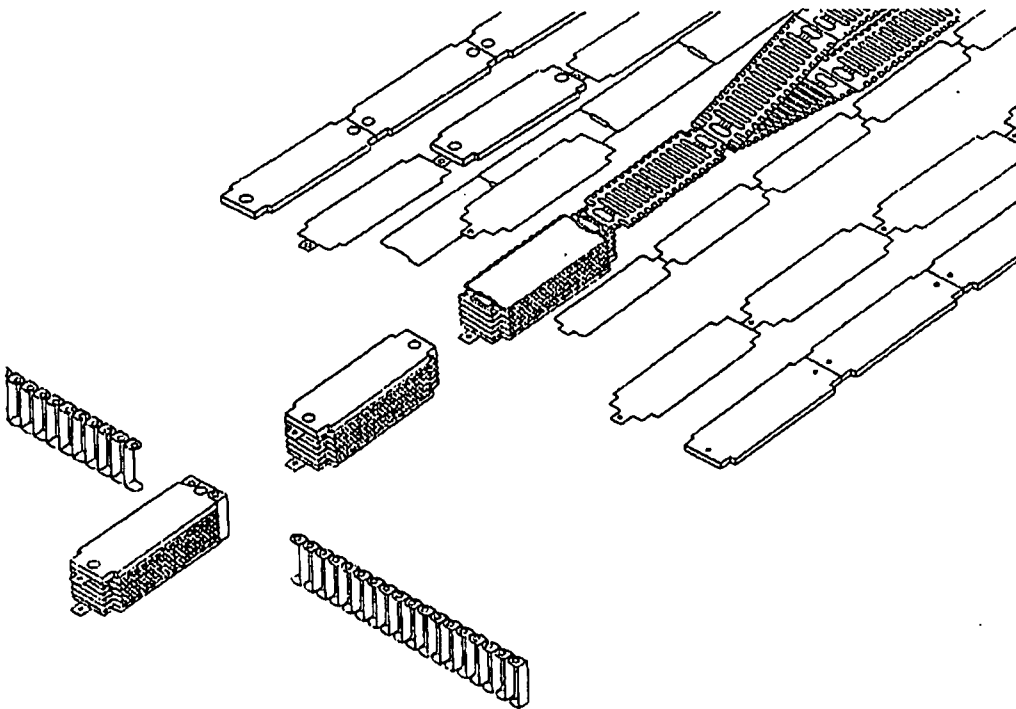


圖 14

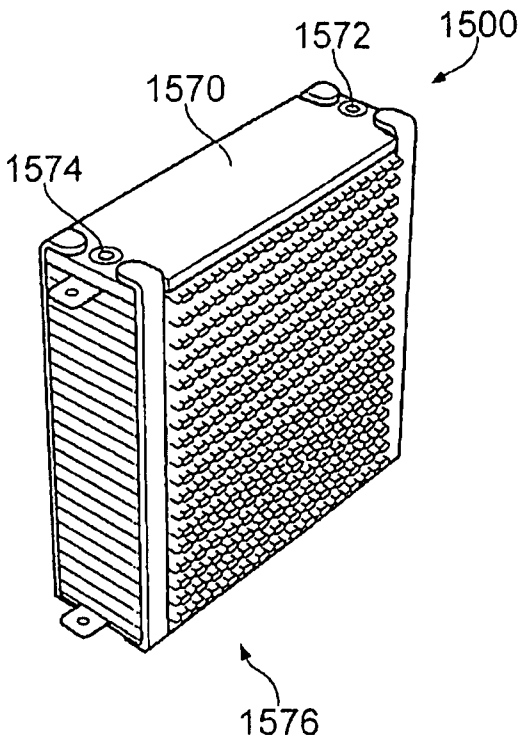


圖 15

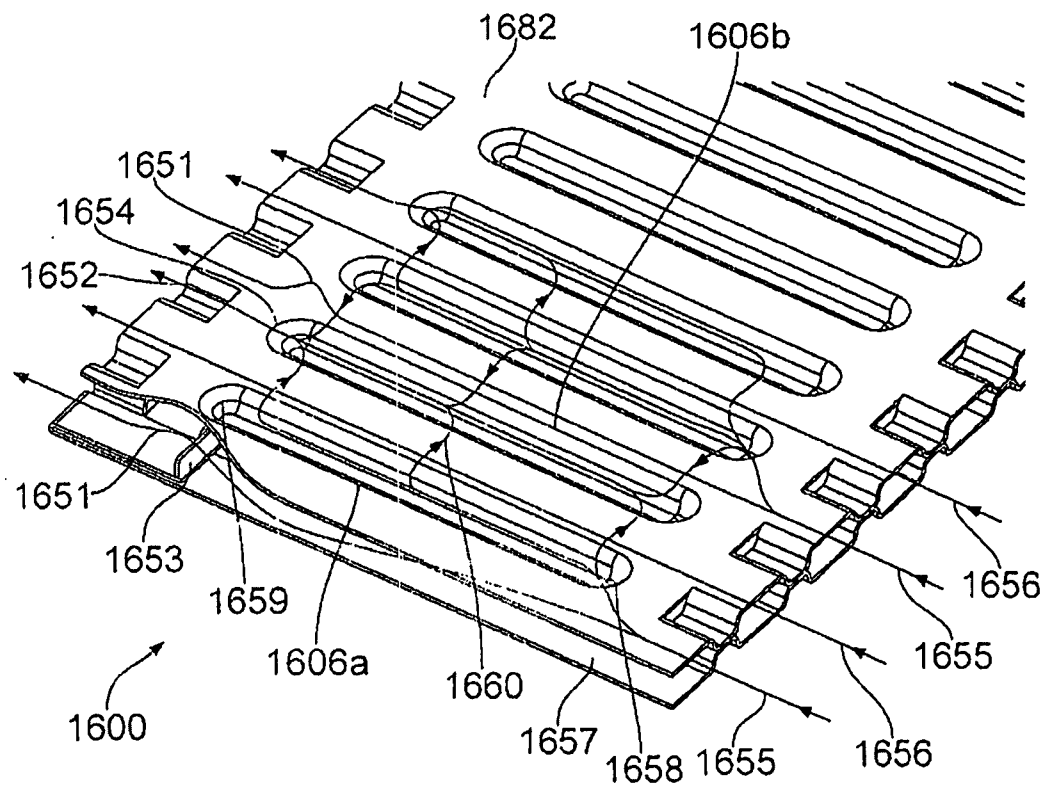


圖 16

發明摘要

※ 申請案號：102118152

※ 申請日：102.5.23

※IPC 分類：H01M8/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於燃料電池之雙極板

A BIPOLAR PLATE FOR A FUEL CELL

【中文】

本發明提供一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板包含界定陽極表面之一陽極板及界定陰極表面之一陰極板。在該陽極板與該陰極板之間界定一腔穴。一或多個開口提供於該陰極板中且在該陰極表面與該腔穴之間延伸。該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

【英文】

A bipolar plate for a fuel cell, the bipolar plate comprising an anode sheet defining an anode surface and a cathode sheet defining a cathode surface. A cavity is defined between the anode sheet and the cathode sheet. One or more openings are provided in the cathode sheet and extend between the cathode surface and the cavity. The cavity is configured to receive coolant/oxidant for cooling the anode and cathode sheets and also provide at least a portion of the coolant/oxidant to the exterior of the cathode sheet through the one or more openings.

發明摘要

※ 申請案號：102118152

※ 申請日：102.5.23

※IPC 分類：H01M8/2 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

用於燃料電池之雙極板

A BIPOLAR PLATE FOR A FUEL CELL

【中文】

本發明提供一種用於燃料電池之雙極板，該雙極板包含界定陽極表面之一陽極板及界定陰極表面之一陰極板。在該陽極板與該陰極板之間界定一腔穴。一或多個開口提供於該陰極板中且在該陰極表面與該腔穴之間延伸。該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

【英文】

A bipolar plate for a fuel cell, the bipolar plate comprising an anode sheet defining an anode surface and a cathode sheet defining a cathode surface. A cavity is defined between the anode sheet and the cathode sheet. One or more openings are provided in the cathode sheet and extend between the cathode surface and the cavity. The cavity is configured to receive coolant/oxidant for cooling the anode and cathode sheets and also provide at least a portion of the coolant/oxidant to the exterior of the cathode sheet through the one or more openings.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

102	雙極板
104	口
105	活性區
106	流體流動通道
107	連接通道
108	口通道
180	陽極板
182	陰極板
184	腔穴
186	開口
188	第一周圍邊緣
190	第二周圍邊緣

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

二流動路徑不與擋板 1653 相遇且可稱為貫通冷卻通道；及

第三流動路徑 1655、1660、1652，其通過陰極板 1682 之第一流體流動通道 1606a 中之空氣進入開口 1658 及第二流體流動通道 1606b 中之空氣排出開口 1654，以便將空氣暴露於陰極板 1682 之陰極表面。

【0077】 與第二(貫通冷卻)通道 1656 相比較，第一流動路徑 1655、1651 及第三流動路徑 1655 可以稍微提高之壓力運轉。可橫跨雙極板 1600 在直徑上特徵化開口/孔口 1658、1654，以便成為用於陰極流動域中之走道的進入孔口及排出孔口。交替的流體流動通道 1606a 可具備空氣進入開口 1658。其他/交錯的流體流動通道 1606b 可具備空氣排出開口 1654。

【0078】 空氣進入開口 1658 及空氣排出開口 1654 之間的隨後壓力差可促進橫跨雙極板 1606 之陰極表面的空氣流動。類似地，擋板 1653 可沿著雙極板 1600 單位元交替的冷卻通道 1656 中。

【0079】 圖 16 之實施例可實現對以下三個變數的成比例調節：

- 1.沿著第二流動路徑 1656 之貫通冷卻空氣的量；
- 2.沿著第三流動路徑 1660 之擴散空氣的量；及
- 3.沿著第一流動路徑 1651 之冷卻/反應空氣與沿著第三流動路徑 1660 之擴散空氣的比率。

【符號說明】

【0080】	
102	雙極板
104	口
105	活性區

106	流體流動通道
107	連接通道
108	口通道
180	陽極板
182	陰極板
184	腔穴
186	開口
188	第一周圍邊緣
190	第二周圍邊緣
210	第一流體擴散層 (GDL)
212	凸片
314	第一黏合劑軌道
316	第二黏合劑軌道
400	燃料電池板總成
418	四層 MEA
502	第二雙極板
506	流體流動通道
580	陽極板
582	陰極板
584	腔穴
602a	陽極板
602b	陰極板

622	□
692	陽極板波形結構
694	陰極板波形結構
930	黏合劑分配器
1040	第三黏合劑軌道
1350	構件堆疊
1352	構件堆疊
1354	構件堆疊
1356	構件堆疊
1358	夾具
1360	夾具
1361	燃料電池堆疊
1362	燃料電池堆疊
1363	氧化劑進入面
1365	氧化劑排出面
1500	燃料電池堆疊
1570	頂端板
1572	孔口
1574	孔口
1576	底端板
1600	雙極板
1606a	第一流體流動通道

1606b	第二流體流動通道
1651	第一流動路徑
1652	第三流動路徑
1653	擋板
1654	孔口
1655	第三流動路徑
1656	第二流動路徑
1657	腔穴
1658	孔口
1659	封閉端
1660	空氣流動方向
1682	陰極板

申請專利範圍

1.一種用於一燃料電池之雙極板，該雙極板包含：

一陽極板，其界定一陽極表面；

一陰極板，其界定一陰極表面；

一腔穴，其介於該陽極板與該陰極板之間；及

該陰極板中之一或多個開口，該一或多個開口在該陰極表面與該腔穴之間延伸；

其中該腔穴經構形以接收用於冷卻該陽極板及該陰極板之冷卻劑/氧化劑，且亦將該冷卻劑/氧化劑之至少一部分穿過該一或多個開口提供至該陰極板的外部。

2.如申請專利範圍第 1 項之雙極板，其中該腔穴在該雙極板之第一周圍邊緣處具有至少一個冷卻劑/氧化劑進入口以用於接收該冷卻劑/氧化劑，且該腔穴在第二周圍邊緣處具有至少一個冷卻劑/氧化劑排出口以用於排放該冷卻劑/氧化劑之至少一部分。

3.如申請專利範圍第 2 項之雙極板，其包含介於該至少一個冷卻劑/氧化劑進入口與該冷卻劑/氧化劑排出口之間的兩個流動路徑：

一第一流動路徑，其由該陽極板與該陰極板二者完全封閉；及

一第二流動路徑，其通過該陰極板中之兩個開口，以便將該冷卻劑/氧化劑暴露於該陰極板之該陰極表面。

4.如前述申請專利範圍中任一項之雙極板，其中該陰極板包含一冷卻劑/氧化劑分佈結構，該分佈結構包含用於分佈該冷卻劑/氧化劑之至少一個斷面部分及界定該腔穴與該陰極表面之間的該開口之至少一個穿通區段。

5.如申請專利範圍第 4 項之雙極板，其中該冷卻劑/氧化劑分佈結構包含界定自該腔穴之一進入開口的第一穿通區段及界定自該腔穴之一排出開口的第二穿通區段。

6.如申請專利範圍第 5 項之雙極板，其中該冷卻劑/氧化劑分佈結構包含在該進入開口與該排出開口之間延伸的一流體流動通道。

7.如申請專利範圍第 5 項之雙極板，其中該冷卻劑/氧化劑分佈結構包含複數個流體流動通道，其中：

一第一流體流動通道在一端包含一進入開口且在相反端封閉；且

一第二流體流動通道在一端包含一排出開口且在相反端封閉。

8.如申請專利範圍第 7 項之雙極板，其在該陽極板與該陰極板之間的該腔穴中包含一或多個對空氣流動之限制體，以便增大該進入開口處之該冷卻劑/氧化劑的壓力。

9.如申請專利範圍第 8 項之雙極板，該一或多個對空氣流動之限制體包含一擋板。

10.如申請專利範圍第 6 至 9 項中任一項之雙極板，其中該流體流動通道之尺寸沿著該雙極板之長度及/或橫跨該雙極板之寬度而變化。

11.如申請專利範圍第 4 項之雙極板，其中該斷面區段鄰接該陽極板，進而為介於該陽極板與該陰極板之間的該腔穴提供支撐。

12.如申請專利範圍第 2 項之雙極板，其中該至少一個冷卻劑/氧化劑進口包含介於該陽極板與該陰極板之間的該腔穴之一打開的周圍邊緣。

13.如申請專利範圍第 2 項之雙極板，其中該至少一個冷卻劑/氧化劑排出口包含介於該陽極板與該陰極板之間的該腔穴之一打開的周圍邊緣。

14.如申請專利範圍第 2 項之雙極板，其中該陰極板包含沿著其縱向邊緣延伸之陰極板波形結構，且該陽極板包含沿著其縱向邊緣延伸之陽極板波形結構，其中該等陰極板波形結構鄰接該等陽極板波形結構，進而界定至該腔穴之複數個冷卻劑/氧化劑進入口及自該腔穴之複數個冷卻劑/氧化劑排出口。

15.如申請專利範圍第 1 項之雙極板，其中該陰極板中之該等開口的尺寸沿著該雙極板之長度及/或橫跨該雙極板之寬度而變化。

16.一種燃料電池板總成，其包含：

根據前述申請專利範圍中任一項之一雙極板；

一陽極流體擴散層；及

一層疊層，其包含一陰極流體擴散層及一薄膜電極總成，該薄膜電極總成包含一電極。

17.一種燃料電池堆疊，其包含複數個如申請專利範圍第 16 項之燃料電池板總成。

18.一種大體上如本文所描述且如附圖所示之雙極板。

19.一種大體上如本文所描述且如附圖所示之燃料電池板總成。

20.一種大體上如本文所描述且如附圖所示之燃料電池堆疊。