

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：96115452

※ 申請日期：96.5.01

※IPC 分類：H01M8/24 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於堆積燃料電池的系統及方法

SYSTEMS AND METHODS FOR STACKING FUEL CELLS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

小人國系統公司 / Lilliputian Systems Inc.

代表人：(中文/英文)

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻州威明頓市強賓路 36 號

36 Jonspin Road, Wilmington, MA 01887, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 / U.S.A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 山謬 B 史雀維茲 / SCHAEVITZ, SAMUEL B.

2. 亞歷山大 法蘭茲 / FRANZ, ALEKSANDER

3. 渣伽里 拜亞斯 / BYARS, ZACHARY

4. 羅傑 W 巴頓 / BARTON, ROGER W.

國 籍：(中文/英文)

1.~4. 美國 / U.S.A.

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：

美國、2006.05.02、11/416,219

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 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】

本發明係關於用於堆積燃料電池的系統及方法。

【先前技術】

燃料電池會經由化學反應來產生電力。該等化學反應通常會讓一作為反應劑的燃料發生反應，例如氫、以及空氣/氧，且所產生的主要副產物為水蒸氣。氫可以氫氣的形式直接提供，或是可經由其它材料來產生，例如碳氫液體或氣體，該等材料會經過轉化(reform)以便隔離氫氣。燃料電池組件可能會在一燃料電池殼體之中包含一或多個燃料電池，該殼體會耦接一含有該氫及/或該等碳氫材料的燃料罐。和可攜式、可更換、及/或可再填充的燃料罐進行可攜耦接的燃料電池殼體可媲美電池，作為較佳電源，用以提供電力給各種可攜式消費性電子產品，例如蜂巢式電話及個人數位助理。相較於電池，該些燃料電池組件的競爭性會相依於眾多因素，其包含它們的尺寸、效率、以及可靠性。

不過，該些因素卻會受限於本技術的限制。舉例來說，現有的製造方法會限制能夠被置入一給定尺寸之燃料電池殼體內的燃料電池單元的數量。除此之外，一殼體內的每一個燃料電池均包含一有限區域，其會在其中產生電力，該區域稱為該燃料電池的作用區域，而且現有的製造方法還會限制每一個該等燃料電池單元的作用區域。再者，現有的製造方法亦不會平衡可攜式燃料電池固有的設計取舍

條件。特定的燃料電池會運作在極高的溫度，其會對燃料電池組件造成熱應力並且可能會讓該燃料電池失能。現有的裝置並未充份地支援該等燃料電池組件使它們能夠耐受該等應力。

因此，需要有可提供會克服本技術中之限制的燃料電池的燃料電池組件及製造方法。

【發明內容】

本發明的各實施例藉由將複數個燃料電池單元排列在一燃料電池殼體內的一或多個平面堆疊之中並且電耦接該等燃料電池單元以提供高電壓、電流、及/或功率來解決先前技術中的缺陷。於特定的實施例中，製造商會調整設計參數(其包含燃料電池組件的實體維度)以平衡可攜式平面燃料電池堆疊固有的基礎取捨條件。更明確地說，在其中一項觀點中，該等燃料電池單元會有效地排列在該等平面堆疊內，俾使每一個燃料電池單元的作用區域會大於約70%。在其中一項觀點中，該等平面堆疊係內含在一小於約30立方公分的燃料電池殼體之中及/或會在該殼體的每立方公分中產生大於約0.1伏特。於特定的組態中，本文所揭示的燃料電池組件會在每立方公分中產生大於約0.5伏特，而在其它實施例中，則會在每立方公分中產生大於約2伏特。在另一項觀點中，該等平面堆疊係設置在一體積介於約0.1立方公分與約30立方公分之間的殼體之中，而且作用區域則介於約0.5平方公分與約100平方公分之間。於特定的組態中，該等作用區域係介於約0.5平方公

分與約 20 平方公分之間，或者介於約 2 平方公分與約 10 平方公分之間。於特定的實施例中，本發明包含設置在該燃料電池之上的結構性支撐，用以降低因高溫與熱循環所造成的熱應力。在其中一項觀點中，本發明包含利用微米級製造技術(例如蝕刻)來製造該等燃料電池單元、該等結構性支撐、以及其它結構的方法。在另一項觀點中，會將複數群燃料電池單元排列在個別的平面堆疊之中。藉由改變該等群之中的燃料電池單元數量及/或改變個別燃料電池單元的尺寸，製造商便可改良特定的效能度量值，例如功率密度及/或電壓產量。

在其中一項觀點中，該等裝置包含一由複數個燃料電池所組成的平面燃料電池堆疊，其包括：一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極；一電解層；一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極；至少一互連，其至少一部份係設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極；以及一細長的結構性支撐，其定向會垂直一延伸穿過該平面堆疊的平面並且至少一部份係橫向設置在兩個相鄰電極之間。

於其中一組態中，該堆疊還進一步包含一第二結構性支撐，其會接觸該堆疊並且與該細長的結構性支撐隔開。該堆疊可能包含一絕緣材料。舉例來說，該結構性支撐包含一電絕緣塗層。於其中一特點中，該結構性支撐包含一氧化表面。該結構性支撐可能包含下面一或多者：矽質材料、鈦安定氧化鋯(YSZ)材料、氧化鎂材料、鉻鐵材料、

以及陶瓷材料。

於特定的組態中，該結構性支撐的寬度介於約 30 微米與約 200 微米之間，高度則大於約 100 微米。在其中一組態中，該結構性支撐會機械性耦接該電解層。

根據其中一項特點，該第一陽極與該第二陽極會橫向分隔一第一距離，該第一陰極與該第二陰極會橫向分隔一第二距離，且該第一距離與該第二距離中至少其中一者係介於約 5 微米與約 500 微米之間。舉例來說，該第一距離與該第二距離中至少其中一者可能介於約 5 微米與約 200 微米之間。

在其中一項特點中，申請專利範圍第 1 項之堆疊，其中，該電解層包含：一第一電解層區，其係設置在該第一陽極與該第一陰極之間並且會在該第一陽極與該第一陰極之間提供一第一電壓差；一第二電解層區，其係設置在該第二陽極與該第二陰極之間並且會在該第二陽極與該第二陰極之間提供一第二電壓差，且該第一電解層區與該第二電解層區會構成一整體的電解層結構。

根據本發明特定的組態，該堆疊包括下面一或多者：固態氧化物燃料電池以及質子交換膜燃料電池。

根據其中一項特點，該堆疊包含該電解層的作用區域，其中，個別的陽極與陰極會在該電解層的一表面上具有重疊的突出部，且該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少 70%。該堆疊可能係內含在一體積小於約 30 立方公分的殼體內。該堆疊可產生大於約 5 伏特的電壓差，且於

特定的組態中則可產生大於約 10 伏特的電壓差，甚至可產生大於約 15 伏特的電壓差。

該至少一互連平行於延伸穿過該電解層之平面的剖面可能會小於約 $(100 \text{ 微米})^2$ 。該堆疊可能還進一步包含複數條互連，它們係至少部份設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極。該等複數條互連可能包括一線性的互連陣列，其中，該等複數條互連中相鄰互連的中心至中心間隔實質上相等。

在其中一項特點中，該堆疊包含三或多個電串聯的燃料電池，其中，該等三或多個燃料電池包括一非線性的燃料電池陣列。該等裝置可能包含由被耦接在一平行電連接線之中的燃料電池所組成的二或更多條串聯電連接線。

在其中一項觀點中，該等裝置包含一由複數個燃料電池所組成的平面燃料電池堆疊，其包括：一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極；一電解層；一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極；至少一互連，其至少一部份係設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極；以及一細長的結構性支撐，其定向會垂直一延伸穿過該平面堆疊的平面且該細長的結構性支撐中至少一部份會在垂直一延伸穿過該燃料電池堆疊之平面的一軸線上對齊該至少一互連。

該等複數個燃料電池可能包括下面一或多者：固態氧化物燃料電池及/或質子交換膜(PEM)燃料電池。該結構性支撐的寬度介於約 30 微米與約 200 微米之間，高度則大

於約 100 微米。在其中一組態中，該第一陽極與該第二陽極會橫向分隔一第一距離，該第一陰極與該第二陰極會橫向分隔一第二距離，且該第一距離與該第二距離中至少其中一者係介於約 5 微米與約 500 微米之間。

在其中一項特點中，該堆疊係內含在一體積小於約 30 立方公分的殼體內。該堆疊可產生大於約 10 伏特的電壓差。

在另一項觀點中，該等裝置包含一燃料電池組件，其包括：一體積小於約 30 立方公分的殼體；以及一平面燃料電池堆疊，其係內含於該殼體之中並且具有一陽極層，其包含被排列在一第一平面之中的複數個陽極，一陰極層，其包含被排列在一第二平面之中的複數個陰極，以及一電解層，其係設置在該陽極層與該陰極層之間，其中，該堆疊包含該電解層的作用區域，其中，個別的陽極與陰極會在該電解層的一表面上具有重疊的突出部，且該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少約 50%。在特定的組態中，該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少約 70%，甚至會構成該電解層之表面積的至少約 85%。

在其中一項觀點中，該等裝置包含一燃料電池組件，其包括：一殼體；以及一平面燃料電池堆疊，其係內含於該殼體之中並且具有被排列在一陽極層之中的複數個個別陽極、被排列在一陰極層之中的複數個個別陰極、以及一電解層，其中，該燃料電池組件會在該殼體的每立方公分中產生大於約 0.1 伏特。

根據其中一項特點，該殼體的體積小於約 30 立方公分。

在另一項觀點中，該等裝置包含一燃料電池組件，其包括：一體積介於約 0.1 立方公分與約 30 立方公分之間的殼體；以及一平面燃料電池堆疊，其具有一陽極層，其包含被排列在一第一平面之中的複數個陽極，一陰極層，其包含被排列在一第二平面之中的複數個陰極，以及一電解層，其係設置在該陽極層與該陰極層之間，其中，該堆疊包含該電解層的作用區域，其中，個別的陽極與陰極會在該電解層的一表面上具有重疊的突出部，且該等作用區域在該電解層的表面上的面積係介於約 0.5 平方公分與約 100 平方公分之間。

在其中一項觀點中，該等方法包含一種製造一具有至少一結構性支撐的平面燃料電池堆疊的方法，其包括：提供一基板；在該基板上方放置一電解層與一或多個電極層；以及藉由選擇性地移除部份該基板以從該基板中形成該至少一結構性支撐。

根據其中一種組態，該至少一結構性支撐在形成之後係細長的且係垂直於一延伸穿過該電解層之平面來延伸。在其中一項特點中，選擇性地移除部份該基板包括蝕刻該基板。在其中一項特點中，該等方法包含利用一絕緣材料來塗佈該至少一結構性支撐。舉例來說，該等方法可能包含氧化該至少一結構性支撐。該方法可能包含將該電解層直接放置在該基板之上。

在其中一項特點中，該等方法包含：提供一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極；提供一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極；以及經由該電解層來電性與機械性互連該第一陽極與該第二陰極。提供一陽極層與提供一陰極層中至少其中一者可能包含：在該電解層之上提供一屏障結構，用以界定一第一電極區及一第二電極區；以及在該第一電極區及該第二電極區之上放置電極材料。該屏障結構可能包括該結構性支撐。該等方法可能還進一步包含移除該屏障結構，用以界定至少兩個電極。

該等方法可能包含電性與機械性互連該第一陽極與該第二陰極，其包含蝕刻該電解層內的微特徵圖案並且在該等微特徵圖案內放置導體材料。蝕刻微特徵圖案可能包含蝕刻一線性微特徵圖案陣列，該等微特徵圖案中相鄰的微特徵圖案的 centre 至中心間隔實質上相等。蝕刻複數個微特徵圖案可能包含蝕刻具有個別面積小於約 $(100 \text{ 微米})^2$ 之個別剖面的微特徵圖案。在其中一項特點中，係在一整體電解層結構內蝕刻該等複數個微特徵圖案。

因此，本文所述的系統與方法會：在單一燃料電池殼體中排列眾多燃料電池單元，該燃料電池殼體的尺寸會經過設計以用在可攜式電子裝置之中；提供具有高作用區域的燃料電池；產生高功率密度，且其尺寸與形狀會經過設計以用在可攜式電子應用之中；提供製造方法，用以平衡可攜式燃料電池組件固有的設計取捨條件，並且耐受極高的熱應力。

【實施方式】

本發明的各實施例提供用於可攜式燃料電池組件的裝置與方法。圖 1 所示的係根據本發明一解釋性實施例的燃料電池組件 5。明確地說，該燃料電池組件 5 包含複數個燃料電池單元，元件符號 7 所示的便係特定的示範燃料電池單元。每一個該等燃料電池單元 7 均包含一陽極 4 與一陰極 6，其係設置在一電解層/膜層 14 或一電解膜層 16 之上。該等燃料電池單元 7 會透過將在下文作更詳細討論的電互連(圖中並未顯示)來進行電串聯。該組件 5 還進一步包含內含在一殼體 18 之中的一燃料轉化器 10 及一尾氣燃氣機 12。該燃料電池組件 5 可能還包含一燃料罐(圖中並未顯示)。

當燃料接觸該等陽極 4 而氧接觸該等陰極 6 時，該等燃料電池單元 7 便會產生電力。燃料的示範類型包含：氫；一氧化碳；以碳氫化合物為主的燃料，例如甲烷、乙烷、甲醇、丁烷、戊烷、甲酸、乙醇、及/或丙烷；及/或非碳氫化合物為主的燃料，例如氨或聯氨。該等陽極 4 與陰極 6 可能有孔，而且視情況可將催化劑(舉例來說，以鉑為主催化劑)放置在該等陽極 4 與該等電解層 14 與 16 的介面處及/或該等陰極 6 與該等電解層 14 與 16 的介面處。氫與氧會與該等陽極 4、該等陰極 6、該等電解膜 14 與 16、以及催化劑(圖中並未顯示)進行電化學反應，以便在個別的陽極與陰極之間產生電壓差。由該等燃料電池 7 所產生的個別電壓差會經由燃料電池 7 的串聯而結合，並且可用

來驅動電流並且供電給一負載(圖中並未顯示)。

在運作中，一燃料流 20 會經由燃料入口 32 進入。該燃料流 20 可能包含液體或氣體，並且可能包括上面所述的示範燃料類型。供應純氫給該等燃料電池單元 7 便可改良組件 5 的效率，因此，於特定的實施例中，例如當使用碳氫化合物為主的燃料時，該燃料流 20 可能會經過一轉化區 10 並且會與該轉化區 10 中的催化劑進行化學反應，以便從該燃料流 20 之中隔離/產生氫及/或一氧化碳。不過，倘佯該燃料流 20 包括純氫的話，或者倘若該等燃料電池單元 7 被配置成用以直接使用上面所述之其它燃料類型的運作的話，那麼便可能不需要該轉化區 10。該轉化區 10 可能包括下面一或多者：燃料流轉化器、部份氧化轉化器、優先氧化轉化器、水變換轉化器、及/或熱裂解轉化器。實際使用的轉化器將視應用而定，且任何合宜的轉化器均可運用。

接著，包含該轉化區 10 所產生的氫氣的燃料流 20 變會沿著路徑 21 流動並且會在流經尾氣燃氣機 12 之前先接觸該等陽極 4，未耗盡的燃料會在尾氣燃氣機 12 處與氧(圖中並未顯示)進行燃燒。除此之外，一空氣流 26(其可能包括空氣及/或氧氣)也會流過內繞送通道(圖中並未顯示)並且會經由空氣繞送層 15 而接觸該等陰極 6。如上面所述，該等陰極 6 與陽極 4 包含小孔(圖中並未顯示)，因此，該氫與氧/空氣便會流經該等小孔並且接觸該等電解膜 14 與 16。當氫與氧接觸該等陰極 6、陽極 4、以及電解膜 14 與

16 時，它們便會進行化學反應以產生電力。

更明確地說，燃料電池組件 5 包含：複數個陽極 4，它們係設置在該電解膜層 16 的外表面 16b 與電解膜層 14 的外表面 14b 之上；複數個陰極 6，它們係設置在該電解膜層 16 的內表面 16a 與電解膜層 14 的內表面 14a 之上；以及結構性支撐 44，它們係設置在電解膜 14 與 16 之上。設置在表面 14a 之上的該等陰極 6 會面向設置在膜 16 之表面 16a 之上的該等陰極 6。其好處係部份因為兩個陰極層會共用相同的空氣流 26 與空氣繞送通道 15，因而不需要分離的空氣繞送通道。於特定的實施例中，該空氣繞送通道 15 的厚度可能為 1.0mm，甚至薄於約 0.5mm。

該等陽極 4 可由各種材料所構成，其包含：金屬陶瓷複合物，例如鎳與 YSZ 金屬陶瓷；鉑；銀；鈮；鐵；鈷；鈾；其它氧化物母質材料；或是其組合。該等陰極可由下面所構成：錳酸釷鋇(LSM)、鈷酸釷鋇(LSC)、以及鈷鐵釷鋇(LSCF)。該等電解層 14 與 16 可能包括鈮安定氧化鋯(YSZ)及/或摻雜鈾的材料。在 PCT 申請案第 WO 2005/030376 號中便說明過該等電解層 14 與 16 的其它材料、組態、以及製造方法，本文以引用的方式將其完整併入。

該等電解膜 14 與 16 很容易因該燃料電池的熱循環(舉例來說，當該燃料電池反覆地開啟與關閉時)所造成的熱應力而受到損害，而結構性支撐 44 則會提高該等電解膜 14 與 16 的結構完整性。下文將會更詳細地討論該等結構性支撐 44。

該等陽極 4、陰極 6、以及電解膜 14 與 16 係內含在第一/內殼體 18 之中。內殼體 18 的體積可能介於約 0.1 立方公分與約 100 立方公分之間。於特定的實施例中，內殼體 18 的體積可能介於約 0.1 立方公分與約 30 立方公分之間，介於約 0.1 立方公分與約 10 立方公分之間，或是介於約 1 立方公分與約 5 立方公分之間。

圖中所示的殼體 18 包括一導熱材料，因而，該殼體會包括一實質的等溫帶。其好處係，該殼體內的所有組件會運作在實質相同的溫度。

於特定的實施例中，該內殼體 18 內的操作溫度會大於攝氏 400 度，而於其它的實施例中則可能大於攝氏 750 度。因此，為維持此溫度並且為保護末端使用者不受到前述高溫的傷害，該內殼體 18 會被放置在一外殼體 30 之中，該外殼體 30 會藉由一絕緣體 28 來與內殼體 18 產生熱隔離。該絕緣體 28 可能包括各種低導熱性的絕緣材料，不過於特定的實施例中，此絕緣體則會包括一低壓區，且於特定的情況中則包括真空。為維持真空，吸氣材料 42 會吸收氣體並且維持類真空的狀態。於特定的實施例中，該吸氣材料 42 包括不可蒸發吸氣材料，其可經由電加熱而被啟動。

不過，真空卻可能無法防止/消除因輻射所導致的熱損失。因此，外殼體 30 會在其內表面上包含輻射反射體 40。該等反射體 40 可能包括一被沉積在壁部 30 之內表面上的金屬塗層，或是使用一被機械性附著至該真空壁部之內表

面上的金屬或紅外線反射材料。此外，亦可在外殼體 30 的內外表面之間提供一連串平行的紅外線反射體。如上面所述，該燃料電池組件 5 可為可攜式，且於特定的實施例中，外殼體 30 的體積可能介於約 0.1 立方公分與約 100 立方公分之間。於特定的實施例中，外殼體 30 的體積可能介於約 0.1 立方公分與約 30 立方公分之間，介於約 0.1 立方公分與約 10 立方公分之間，或是介於約 1 立方公分與約 5 立方公分之間。

圖 2A 所示的係根據本發明一解釋性實施例由複數個燃料電池單元 54 至 57 所組成的一平面燃料電池堆疊 50 的剖面圖。明確地說，該等燃料電池單元 54 至 57 和圖 1 的燃料電池單元 7 雷同，並且包含和圖 1 的電解膜 14 與 16 雷同的電解膜 52。每一個燃料電池單元 54 至 57 均包含一個別的陽極 60 至 63 與一個別的陰極 65 至 68。該等陽極 60 至 63 係被排列在一第一平面之中，而該陰極 65 至 68 則係被排列在一第二平面之中。每一個燃料電池單元的陰極均會透過電互連 51 至 53 電耦接至一相鄰燃料電池的陽極。明確地說，燃料電池單元 54 的陰極 65 會透過互連 51 電耦接至燃料電池 55 的陽極 61，燃料電池單元 55 的陰極 66 會透過互連 52 電耦接至燃料電池單元 56 的陽極 62，而陰極 67 則會透過互連 53 電耦接至燃料電池單元 57 的陽極 63。雖然圖中所示的陽極 60 至 63 係位於電解層 52 的上表面之上而圖中所示的陰極 65 至 68 係位於電解層 52 的下表面之上，不過，情況並未必係如此，且明確地說，

亦可倒置陽極 60 至 63 與陰極 65 至 68 的佈置方式。更大體言之，在本文所述的任何燃料電池組件組態中，均可對稱地重新排列該等燃料電池單元，倒置該等陽極與該等陰極的佈置方式並且相應地更換燃料與氧及/或空氣的流動，以便讓該燃料會接觸該等陽極而該氧及/或空氣會接觸該等陰極。

在運作中，該等互連 51 至 53 會串聯該等燃料電池單元 54 至 57 並且提供相加性的電壓增益。明確地說，在運作期間，燃料電池 54 的電化學反應會在陽極 60 與陰極 65 之間產生一電壓差，而燃料電池 55 的電化學反應會在陽極 61 與陰極 66 之間產生一電壓差。互連 51 包括一低阻值材料，例如鉑及/或鉻酸鋇，並且從而會在陰極 65 與陽極 61 與之間產生一低阻值電連接線，且陰極 66 會因而維持在約等於陰極 65 之電壓加上陽極 61 與陰極 66 間之電壓差的電壓處。利用串聯連接線來連接額外的燃料電池單元便能夠增加電壓增益。於特定的實施例中，包含 15 至 20 個燃料電池單元 7 的平面堆疊所產生的總電壓差可能大於 15 伏特。於其它的實施例中，該等平面堆疊則會產生大於約 3 伏特，大於約 5 伏特，或是大於約 10 伏特。該些示範電壓適用於本文所述的其它燃料電池堆疊。因此，本文所述的平面堆疊能夠在很小的體積中提供比較高的電壓。可攜式殼體內較高電壓的好處至少部份係因為用於本文所述之可攜式燃料電池組件的眾多商業應用(例如蜂巢式電話或膝上型電腦)需要較高的電壓。

如本文所述，在運作期間，燃料電池單元 54 至 57 的該等電化學反應會在陽極 60 與陰極 65 之間產生一電壓差，而燃料電池 55 的電化學反應會在陽極 61 與陰極 66 之間產生一電壓差。不過，該等電壓差通常係產生在燃料電池單元 54 至 57 的作用區域內，其中，陰極 65 至 68 與對應的陽極 60 至 63 會直接彼此疊置。舉例來說，圖中所示的係燃料電池單元 54 作用區域 54a。作用區域 54a 通常會侷限在區域 54a，其中，陰極 65 與陽極 60 會在電解層 52 的上表面之上具有重疊的突出部。同樣地，燃料電池單元 55 至 57 具有作用區域 55a、56a、以及 57a。如圖所示，相鄰電極之間的間隙(也就是相鄰陰極 65 至 68 之間的間隙及相鄰陽極 60 至 63 之間的間隙)以及該等互連 51 至 53 會縮減該等作用區域 54a、55a、56a、以及 57a。在其中一項特點中，下文所討論的裝置與方法則會藉由縮減該些間隙且藉由縮減該等互連 51 至 53 的面積來提高燃料電池組件的作用區域。

圖 2B 所示的係圖 2A 的堆疊 50 的俯視圖。在圖中所示的組態中，陰極 65 至 68 會偏離陽極 60 至 63；不過，情況並未必係如此。除此之外，剖面 69 所示的係相對於圖 2B 的圖 2A 剖面。如圖所示，互連 51 至 53 包括長列/溝槽的互連材料，其會延伸堆疊 50 的長度 50a。這會在互連 51 至 53 與其它燃料電池組件(其包含電解層 52、陰極 65 至 68、以及陽極 60 至 63)之間造成冗長的平面介面。下文將討論避免出現冗長平面介面的替代互連組態。

圖 3A 所示的係根據本發明一解釋性實施例，圖 2A 的平面燃料電池堆疊 50 的放大圖。明確地說，圖 3A 所示的係陰極 65 至 66、陽極 60 至 61、互連 51、以及電解膜 52。圖 3A 還進一步包含一陽極電連接器 70 以及一陰極電連接器 72。在此圖中，陽極電連接器 70 會耦接至電接地。如本文所述，在運作期間，燃料電池單元 54 會產生一第一電壓差，燃料電池單元 55 會產生一第二電壓差，而電連接器 72 則會維持在約等於第一電壓差加上第二電壓差之大小的電壓處。該些電壓差與內部電流(如示範的電流路徑 74 所示)相關聯，其係從陽極 60 流至陰極 65，經過互連 51，並且從陽極 61 流至陰極 66。

不過，於特定的情況中，電連接器 72 處所維持的電壓可能會小於兩個電壓差的總和，部份係因為堆疊 50 的內阻值的關係而部份則係因為和路徑 74 之電流反向的洩漏電流及/或寄生電流的關係。藉由調整及/或最佳化堆疊 50 之各組件的維度、組態、以及製造材料，便可降低前述阻值、洩漏電流、以及寄生電流。不過，該些調整卻可能會縮減燃料電池堆疊 50 的作用區域，從而產生一組設計取捨條件，該組設計取捨條件可能必須加以平衡方能提高該燃料電池堆疊的效率。

舉例來說，內阻值的其中一個來源為陽極 60 至 61 及陰極 65 至 66。藉由縮小該等陰極與陽極的橫向寬度 65a 與 61a 便可降低此內阻值。不過，縮小該等橫向寬度 65a 與 61a 卻會縮小燃料電池堆疊 50 的作用區域。或者，藉由

分別提高陰極 65 的厚度 65b 與陽極 61 的厚度 61b 亦可降低堆疊 50 的內阻值。於特定的實施例中，本發明則係使用上述方式之組合來降低內阻值。明確地說，表 1 所示的係經過選擇用以達到較低內阻值目的之對應於不同橫向寬度 65a 與 61a 的電極厚度 65b 與 61b。請注意，括弧中所示的係單位與材料。

表 1

橫向寬度	每個燃料電池單元的電流	橫向電極阻值 (針對每個燃料電池單元損失 < 0.1V 的情況)	許可的片阻值 (每平方的歐姆)	陰極的厚度 (LSM) (微米)	陽極的厚度 (Ni-YSZ) (微米)
0.5mm	0.06	1.667	33.33	2.1	0.6
1mm	0.12	0.833	8.33	8.4	2.4
2mm	0.24	0.417	2.08	33.6	9.6
3mm	0.36	0.278	0.93	75.6	21.6

於特定的實施例中，並且根據表 1 的結果，堆疊 50 係利用小於約 2mm 的橫向寬度 65a 與 61a 以及小於約 50 微米的電極厚度 65b 與 61b 製作而成。不過，於其它實施例中，該等橫向寬度 65a 與 61a 則可能介於約 5 微米與約 500 微米之間。於特定的組態中，該等橫向寬度 65a 與 61a 則係介於約 500 微米與約 2mm 之間。

用以降低陽極 60 至 61 及陰極 65 至 66 之阻值的另一種組態包含電流收集膜。於此組態中，會將一具有高導電率的材料(例如鉑，圖中並未顯示)設置成該等陽極 60 至 61

下方(也就是，在該等陽極 60 至 61 中背向電解層 52 的表面上)以及該等陰極 65 至 66 上方(也就是，在該等陰極 65 至 66 中背向電解層 52 的表面上)的一或多層薄膜。於特定的實施例中，電極厚度 65b 與 61b 非常地薄(也就是小於約 25 微米)且該等鉑質膜也非常地薄(也就是小於約 25 微米)，所以，該等陰極 65 至 66 與鉑質膜的層疊層以及該等陽極 60 至 61 與鉑質膜的層疊層個別厚度會小於約 50 微米。加入該高導電率的材料會降低內阻值。不過，於其它實施例中，則會使用較厚的電極與鉑質膜層(也就是各小於約 50 微米)。該等鉑質膜係有孔的，且因而可讓燃料流經該等鉑質膜以接觸該等陽極 60 至 61，並且讓氧/空氣流經該等鉑質膜以接觸該等陰極 65 至 66。

如上所述，除了內阻值之外，洩漏電流亦可能會降低在電連接器 72 處所維持的電壓。洩漏電流，如電流路徑 80 與 82 所示，部份係因為相鄰陰極 66 與 65 之間的電壓差以及相鄰陽極 61 與 60 之間的電壓差所產生的。該等電流路徑 80 與 82 必需橋接個別的電極間隙 86 與 88。藉由增加相鄰陰極 65 與 66 之間的間隙 88 的長度 88a 以及相鄰陽極 60 與 61 之間的間隙 86 的長度 86a，便可降低及/或消除該些洩漏電流。於特定的實施例中，該等長度 86a 與 88a 大於約電解膜 52 的厚度 52a 的五倍，而於其它實施例中，該等長度 86a 與 88a 則大於約電解膜 52 的厚度 52a 的五十倍，以便降低及/或消除該些洩漏電流。

不過，如上所述，增加間隙 86 的長度 86a 及間隙 88

的長度 88a 卻會縮減燃料電池堆疊 50 的作用區域。因此，在其中一項觀點中，電解膜 52 的厚度 52a 會被選為非常小。如此可讓該等間隙的長度 86a 與 88a 為電解膜 52 的厚度 52a 的數倍，同時又仍非常小而足以保留堆疊 50 的作用區域。更明確地說，於特定的實施例中，電解膜 52 的厚度 52a 會小於約 40 微米，而於其它實施例中，該厚度則會小於約 10 微米甚至小於約 5 微米。

據此，於特定的實施例中，間隙 86 的長度 86a 及間隙 88 的長度 88a 會小於約 500 微米、小於約 100 微米、或小於約 25 微米。利用前述維度，堆疊 50 的作用區域可能會大於約 50%，於特定的組態中會大於約 70%，甚至大於約 85%。利用前述非常小的厚度，電解膜層 52 可能無法為電極提供足夠的結構性支撐及/或可能無法耐受熱循環的熱應力。所以，於特定的實施例中，電解膜層 52 便會具備下文將作更詳細討論的結構性支撐部件。

除了洩漏電流 80 與 82，寄生電流亦可能會降低堆疊 50 的效率。一般來說，燃料電池單元的運作方式係在該燃料電池單元的陽極與陰極重疊的區域中在該陽極與該陰極之間傳輸離子，使其通過電解層 52(也就是，帶負電的氧離子會從陰極 65 傳輸通過電解層 52 而抵達陽極 60，並且會從陰極 66 傳輸至陽極 61)。不過，在圖中所示的堆疊 50 中，相鄰燃料電池的陽極與陰極也會在特定區域中重疊。舉例來說，陰極 65 通常會在互連 51 的區域附近重疊陽極 61 且離子亦可傳輸通過此區域中的電解層(也就是，帶負

電的氧離子可從陰極 65 傳輸至陽極 61)。因為陰極 65 會藉由互連 51 被電連接至陽極 61，所以，帶負電的電子便可經由該互連 51 從陽極 61 被回傳至陰極 65。結果便係產生一寄生電流迴圈，其會消耗燃料但卻不會產生實用的電力供由該燃料電池堆疊 50 所供電的負載來使用。

於特定的實施例中，藉由在電極 65 與 61 重疊的區域之中佈置一不會在該電解層 52 與該等電極 65 與 61 一或二者之間導通離子的屏障材料便會降低/消除此寄生電流。該屏障材料可能包括下面一或多者：鉑、金屬、以及陶瓷材料。該屏障材料可利用本文中其它地方所討論的沉積技術中任何一或多項技術來沉積成一薄膜。

或者，甚至除了上述技術之外，當接觸燃料或氧時，在陰極 65 與陽極 61 重疊的區域之中利用會產生極低甚至不會產生任何電壓差的材料來更換或置換堆疊 50 的材料亦可降低/消除該等寄生電流。舉例來說，製造商可更換或置換陰極 65 及/或陽極 61 的材料，俾使它們包括較少的催化材料。或者，甚至除此之外，製造商亦可避免在陰極 65 與電解層 52 之間，或是在陽極 61 與電解層 52 之間，放置催化材料。於特定的實施例中，該等材料會經過選擇，俾使堆疊 50 在陰極 65 與陽極 60 重疊的區域中的功率密度會大於陰極 65 與陽極 61 重疊的區域中的功率密度約 10 倍。

於其它實施例中，則係藉由將堆疊 50 配置成讓相鄰燃料電池單元中的電極不會重疊來降低/消除該寄生電流。圖

3B 所示的便係此堆疊 80。堆疊 80 包含：一第一燃料電池單元 81，其具有一陰極 82 與一陽極 83；以及一第二燃料電池單元 84，其具有一陰極 85 與一陽極 86。一互連 87 會從陰極 82 展開至陽極 86 並且會將陰極 82 電連接至陽極 86。如圖所示，陰極 82 並未重疊陽極 86，因此，經由互連 87 所產生的寄生電流將會非常少/甚至完全沒有寄生電流。下文將說明使用結構性支撐來降低寄生電流的另一種方法。

圖 4 所示的係根據本發明一解釋性實施例的一平面堆疊 100 的剖面圖，其包含替代的互連 102 用以將一燃料電池單元 108 的一陰極 104 連接至另一燃料電池單元 111 的一陽極 106；而圖 5 所示的則係該平面堆疊 100 的俯視圖。該等互連 102 係部份設置在電解層 112 內並且包含：一頂蓋部 102a，其會電耦接至陽極 106；以及一軸部 102b，其係設置在電解膜層 112 之內。

如圖 5 中所示，於此實施例中，複數條互連 102 會將陰極 104 電耦接至陽極 106。該等互連 102 包括一線性的互連陣列 102。如圖中所示，該等互連的中心至中心間隔 127 實質上相等。介於一系列之中通道之間的間隔 127 可能小於約 500 微米並且大於約 160 微米。更明確地說，該等互連 102 係沉積在位於一整體電解膜層 112(圖 5 中並未顯示)之中的孔洞/通道之中。該等通道會填充著該互連材料，如上所述，該互連材料可能包括任何低阻值材料。該等通道在延伸穿過該電解膜層 112 的一平面之中具有圓形剖

面。於特定的實施例中，該等圓形剖面的面積小於約(100微米)²。該圓形剖面的好處至少一部份係因為其在該互連102與該電解層112之間並不包含冗長的線性/平面介面。此類介面在高溫或熱循環下可能會產生應力與裂解。於特定的實施例中，該等圓形剖面的直徑約為40微米或是小於約20微米。前述較小的直徑會保留該堆疊100的作用區域。

於特定的實施例中，該互連材料會密封堆疊100的陰極側116使用者其隔離堆疊100的陽極側114。該密封會防止氫從陽極106附近的區域114擴散至陰極104附近的區域116，並且同樣會防止空氣及/或氧從區域116擴散至區域114。當氣體擴散穿過膜層112時，堆疊100便可能會喪失效率。為形成更緊密的密封，廠商會選擇一熱膨脹係數高於電解層112之熱膨脹係數的互連材料。因此，當堆疊100加熱至其運作溫度時，該互連102便會相對於電解層112而膨脹，並且從而會在該電解層112與該互連102的介面處形成一緊密的密封。

此外，該等互連102還包含一頂蓋部102a與一底蓋部102c，其會改良區域114與116之間的密封效果。於特定的實施例中，軸部102b具有直徑約40微米的圓形剖面，而頂蓋部102a與底蓋部102c在它們與該軸部102b的個別介面處則具有直徑約80微米的圓形剖面。

介於互連102的中心與相鄰陰極104與105間之間隙的中心之間的距離120稱為陽極螺柱120，而介於相鄰陽

極 106 與 107 之間的距離 122 則稱為陰極螺柱 122。於特定的實施例中，陽極螺柱 120 與陰極螺柱 122 兩者均小於約 100 微米，小於約 95 微米，或小於約 70 微米。

表 2 說明的係在本發明其中一解釋性實施例中所獲得的作用區域。在此解釋性實施例中，介於相鄰燃料電池單元中對應組件之間的距離(稱為反覆距離 126)為 2.25mm，不過，於其它實施例中，該反覆距離 126 則係介於約 1mm 與約 4mm 之間。在此解釋性實施例中的作用區域約為 89%，不過，使用上面所述之技術亦可獲得更高的作用區域。舉例來說，製造商只要使用較薄的電解層 112 並且縮短相鄰陰極及/或相鄰陽極之間的間隙 129 的長度便可提高作用區域而不會大幅地損及電壓增益。

表 2

電解層厚度 112a	5 微米
頂蓋部與底蓋部剖面直徑	80 微米
電極間隙 129	60 微米
電極至互連螺柱 120、122	95 微米
電池的反覆距離 126	2.25 微米
作用區域的寬度 128	2.0 微米
作用區域涵蓋範圍	89%

如上面所述，於特定實施例中的燃料電池組件係運作在極高的溫度，其會因過度加熱及因熱循環的關係而對燃料電池組件產生應力。明確地說，本發明特定實施例中的

固態氧化物燃料電池會運作在超過攝氏 400 度、攝氏 500 度、攝氏 600 度、攝氏 700 度、或攝氏 800 度的溫度。於特定的情況中，該等燃料電池會運作在超過攝氏 1100 度的溫度。供電給可攜式消費性電子產品的燃料電池組件可能會在該產品的使用壽命期間反覆地開啟與關閉。因此，該燃料電池便會在環境溫度及上面所述的高操作溫度之間反覆地進行熱循環。因為燃料電池組件的組件可能包括數種材料，且因為該等材料可能會具有不同的熱膨脹係數，所以，熱循環便可能會在燃料電池組件與其它組件的介面處產生應力。因此，於特定的實施例中，該燃料電池組件便會包含額外的結構性支撐。

圖 6 所示的係根據本發明一解釋性實施例的平面燃料電池堆疊 150，其包含和個別電極互連 158 與 159 對齊的結構性支撐部件 154 與 155。圖中所示的結構性支撐部件 154 與 155 為細長狀並且定向成垂直於一延伸穿過堆疊 150 的平面。該等互連 158 與 159 和圖 2 的互連 51 至 53 雷同。結構性支撐部件 154 包含一塗層 154a，並且會機械性耦接至陽極 162 與 163。同樣地，結構性支撐部件 155 亦包含一塗層 155a，並且會機械性耦接至陽極 163 與 164。結構性支撐部件 154 至 155 會提供結構性支撐並且會減少及/或吸收因高溫及/或熱循環所造成的應力。此外，或者在替代例中，與支撐 154 至 155 雷同的結構性支撐部件亦能夠機械性耦接陰極 166 至 168 中一或多者。圖中所示的結構性支撐 154 與 155 係對齊個別的電極互連 158 與 159，不過

更大體言之，於特定的實施例中，結構性支撐 154 與 155 中至少一部份會對齊個別的互連 158 與 159。此外，圖中所示的結構性支撐 154 與 155 還會橋接陽極間隙 176 與 177。陽極間隙 176 與 177 以及陰極間隙 180 與 181 包含介面，其可提供路徑讓燃料藉以從堆疊 150 的陽極側 178 擴散至陰極側 180，如上所述，其可能會降低堆疊 150 的效率。在圖中所示的位置中，結構性支撐 154 與 155 會密封電極間隙 176 與 177，從而降低及/或消除擴散。在其中一項觀點中，此定位的好處在於陽極間隙 176 至 177、陰極間隙 180 至 181、以及互連 158 與 159 重疊該電解膜 170 的區域會對應於堆疊 150 的非作用區域。因此，將結構性支撐 154 至 155 定位成對齊該些特徵圖案並不會影響堆疊 150 的作用區域。

該定位的好處還有降低/消除寄生電流。如上面的討論，寄生電流通常發生在相鄰燃料電池單元的電極重疊且與燃料及氧進行反應以傳輸離子經過該電解層 170 的區域之中。在圖中所示的堆疊 150 之中，結構性支撐 154 會在陽極 163 重疊相鄰燃料電池的陰極 166 的區域之中阻止燃料觸及陽極 163。因此，燃料便不會在該區域中和陽極 163 產生反應從而導致寄生電流。除此之外，或者，藉由陰極 166 重疊陽極 163 的區域上方被設置在陰極 166 上方的結構性支撐來防止氧接觸到此區域中的陰極 166 便可降低/消除該等寄生電流。

於特定的實施例中，該等結構性支撐 154 至 155 包括

一熱膨脹係數和平面堆疊 150 中其它裝置雷同的材料。這會降低因熱循環而出現在結構性支撐部件 154 至 155 與堆疊 150 之其它組件的介面處的應力。舉例來說，倘若電解膜 170 包括 YSZ 的話，那麼，該結構性支撐便可能包括：氧化鋯、氧化鎂、鐵素不銹鋼(Fe-Cr)、及/或前述之組合。於其它實施例中，該等結構性支撐的熱膨脹係數會與陽極 162 至 163 及/或陰極 166 至 168 雷同。

於特定的實施例中，該等結構性支撐 154 至 155 包括電絕緣體，用以部份絕緣被該等結構性支撐部件 154 至 155 中其中一者機械性耦接的電極，例如陰極 166 與 167 或陽極 162 與 163。舉例來說，該等結構性支撐 154 至 155 可能包括陶瓷材料，其包含氧化物、非氧化物、及/或複合物。示範性陶瓷材料包含：鈦酸鹽、氧化物、以及氮化物。於特定的實施例中，該等結構性支撐 154 至 155 包括塑膠材料。

不過，在室溫處絕緣的特定材料在上面所述的高操作溫度卻可能會不絕緣(舉例來說，矽)。因此，該等結構性支撐 154 至 155 會包含塗層 154a 與 155a。於特定的實施例中，該塗層包括被塗敷至該等結構性支撐 154 至 155 的一分離材料。不過，於其它實施例中，該等塗層 154a 與 155a 係透過與結構性支撐 154 的表面進行化學反應而形成的。於特定的實施例中，該等結構性支撐 154 至 155 的表面會被氧化以形成氧化塗層 154a 與 155a。

於特定的實施例中，結構性支撐 154 的寬度 154b 介於

約 30 微米與約 200 微米之間，而高度則大於約 100 微米。於特定的實行方式中，該寬度係介於約 10 微米與約 400 微米之間。於特定的實行方式中，該高度係介於約 300 微米與約 500 微米之間，不過，亦可能為 1mm、2mm、或 3mm。該高度亦可能介於約 50 微米與約 100 微米之間。

於特定的實施例中，該等結構性支撐 154 至 155 會支撐堆疊 150，俾使電解層 170 的厚度可能小於約 2 微米或是小於約 1 微米，同時仍可耐熱應力。

圖 7 所示的係圖 6 的平面燃料電池堆疊 150 的俯視圖。圖中所示的結構性支撐 154 至 155 係沿著軸線 194 實質延伸在堆疊 150 的整個長度上，不過，於其它實施例中，該等結構性支撐 154 至 155 則僅會沿著軸線 194 延伸在堆疊 150 的一部份長度上。此外，圖 7 還顯示出陽極螺柱 185、陰極螺柱 188、以及電池反覆距離 190。

圖 8 所示的係圖 7 的堆疊 150，以及同樣被設置在堆疊 150 之陽極下方且被機械性耦接至堆疊 150 之陽極的額外結構性支撐 156 至 157。該等結構性支撐 154 至 157 包括一結構性支撐 154 至 157 格柵。雖然圖中顯示成分離的元件，不過，於特定的實施例中，該等結構性支撐 154 至 157 則係由單一基板所構成並且包括單一整體結構。因此，該等結構性支撐會界定九個不同的燃料電池單元 901、902、903、904、905、906、907、908、以及 909。圖 8 中顯示出燃料電池單元 905 的示範作用區域會在其中一個方向中擴展距離 202 並且在另一個方向中擴展距離 204。圖

8 還顯示出燃料電池單元 905 的示範總區域會在其中一個方向中擴展距離 206 並且在另一個方向中擴展距離 208。作用區域除以總區域代表的係作用區域百分比。表 3 提出兩個不同堆疊設計參數與效能結果範例。

表 3

電解層厚度 170a	2 微米	2 微米
互連寬度 170a	10 微米	10 微米
電極間隙 177a	80 微米	20 微米
陰極螺柱 188 與陽極螺柱 185	65 微米	25 微米
支撐結構的寬度 154b	250 微米	125 微米
單一電池作用區域	1.25x1.35mm	1.35x1.35mm
	1.56mm [^] 2	1.82mm [^] 2
反覆距離 190	1.5x1.5mm	1.5x1.5mm
作用燃料電池區域百分比	69%	84%

圖 9 所示的係結構性支撐的一替代性組態。明確地說，圖 9 所示的係根據本發明一解釋性實施例的平面燃料電池堆疊 220，其包含兩個燃料電池單元 232 與 234 以及一部份橫向設置在相鄰陽極 224 與 225 之間的結構性支撐部件 222，並且包含和圖 4 之互連 102 雷同的互連 221。結構性支撐部件 222 會機械性耦接至電解膜 226，結構性支撐部件 222 係細長狀並且被定向成垂直於一延伸穿過堆疊 220 與電解層 226 的平面。在其中一項觀點中，此定位的好處在於相鄰陽極 224 與 225 之間の間隙 228 會對應於該燃料

電池的非作用區域，因此，將結構性支撐 222 設置在間隙 228 內並不會影響堆疊 220 的作用區域。此外，於此實施例中，亦可利用一黏著性接合劑將結構性支撐 222 直接接合至電解層 226。該接合作用非常緊密的部份原因可能係因為電解層 226 係一緊密結構的關係。該結構性支撐 222 和圖 6 的結構性支撐 154 至 155 雷同。明確地說，結構性支撐 222 可能包含一塗層 222a，而且寬度可能小於約 80 微米，小於約 40 微米，甚至小於約 20 微米。如上面的討論，該結構性支撐部件 222 可能包括一熱膨脹係數實質上和電解層 226 之熱膨脹係數雷同的材料，以便在結構性支撐 222 與電解層 226 之間的介面處降低因熱膨脹所造成的應力。不過，於特定的實施例中，該結構性支撐 222 則包括一熱膨脹係數異於電解層 226 之熱膨脹係數且仍足以支撐該堆疊 220 的材料。舉例來說，於特定的實施例中，結構性支撐 222 包括矽，而電解層 226 則包括 YSZ。

圖 10 所示的係根據本發明一解釋性實施例的平面燃料電池堆疊 220 的俯視圖，其包含結構性支撐 222。除了燃料電池單元 232 與 234 之外，堆疊 220 還包含數個其它燃料電池單元 236、238、240、242、244、246、以及 248；且除了結構性支撐 222 之外，堆疊 220 還包含結構性支撐 226、228、以及 230。如上面參考圖 8 的結構性支撐 154 至 157 所作的討論，結構性支撐 222、226、228、以及 230 包括一結構性支撐格柵，且於特定的實施例中係由一整體基板所構成，下文將作討論。距離 250 與 252 會擴展出堆

疊 220 的單一燃料電池單元 236 的示範作用區域，而距離 254 與 256 則會擴展出堆疊 220 的單一燃料電池單元 238 的示範總區域。

圖 11 所示的係圖 10 的平面燃料電池堆疊 220 的俯視放大圖，且明確地說，圖中顯示出陰極螺柱 260 與陽極螺柱 262。表 4 為堆疊 220 的一示範性施行方式的數種設計參數與效能結果。

表 4

電解層 226 的厚度	2 微米	2 微米
互連剖面的直徑	20 微米	20 微米
電極間隙 227	80 微米	20 微米
螺柱 260 與 262	65 微米	30 微米
支撐結構的寬度 223	80 微米	40 微米
單一電池作用區域	0.85x1.02mm	0.990x1.06mm
	0.87mm [^] 2	1.05mm [^] 2
反覆距離 254	1.1x1.1mm	1.1x1.1mm
作用區域百分比	72%	87%

圖 12 至 15 所示的係用於製造一和堆疊 220 雷同的燃料電池堆疊的示範性技術。更明確地說，圖 12 至 15 所示的係用於圖案化與對齊本發明中所使用之小維度特徵圖案的示範性方法。一般來說，製造商會：提供一最後會構成結構性支撐的基板；放置一電解層並且對該電解層進行圖案化使其具有互連；選擇性地移除該基板的一部份，以便

形成該等結構性支撐；並且接著會在該電解層之上放置該等電極。

現在參考圖 12，製造商會先提供一將會構成和圖 9 之結構性支撐 222 雷同的結構性支撐的基板 500。接著，製造商便會利用濺鍍技術、真空蒸發技術、化學氣相沉積技術、雷射燒蝕技術、滴塗技術、以及電漿或氣相噴塗技術在該基板 500 之上沉積一電解層 502。

接著，製造商便會在該電解層之中圖案化通道孔 504。在示範性技術中，製造商會讓一正向光活化光阻材料 506 在電解層 502 之上流動及/或擴散且該光阻 506 會固化。光阻 506 的厚度 506c 可能介於約 1 微米與約 50 微米之間。製造商會利用一光罩(圖中並未顯示)讓該電解層中位於通道 504 上方的區域曝露在可見光之中。接著，製造商便會塗敷一顯影溶液，該顯影溶液將會移除經由該光罩曝露在該光之中的區域 508 之中的光阻。剩餘的光阻部份 506a 與 506b 則會在該製造商製造通道 504 時用以保護下方的電解層 502 區域。

接著，製造商便會蝕刻通道 504。於特定的實施例中，該蝕刻包括離子研磨法，其中，會有一氫離子流撞擊該電解層 502。該氫離子流的通量可能大於約 $10\text{mA}/\text{cm}^2$ 而加速電壓則超過 500 伏特。接著便會在大於約每分鐘 40 埃的速率處來蝕刻通道 504。不過，於其它實施例中，該蝕刻則包括：濕式蝕刻法，其會使用氫氟酸溶液、使用氫氟酸與氫氯酸之組合溶液；電漿蝕刻法，其會利用 CFCl_3 氣

體電漿來進行蝕刻；及/或雷射燒蝕法。

視情況，接著，製造商便會形成凹腔 512，其將會塑形成一互連的蓋部形狀。於特定的實施例中，製造商會讓結構 501 曝露在含有六氟化硫的電漿之中超過約 10 分鐘。

接著，製造商便會電鍍通道 504 與凹腔 512，以便形成一互連。更明確地說，製造商會塗敷一互連材料的晶種層。於特定的實施例中，係藉由讓結構 501 於真空或低壓環境之中曝露在一互連材料原子通量之中來塗敷該晶種層。

參考圖 13，接著，製造商便會移除光阻 506。互連材料會被放置在通道孔 504 的附近位置 512 之中並且放置在基板 500 的背側 514 之上。

接著，製造商便會電鍍凹腔 512 與通道 504。明確地說，製造商會讓結構 501 曝露在氯鉑酸或硫酸鉑的電鍍溶液之中。製造商會提供一晶圓夾盤，該夾盤會電耦接至該矽晶圓的背側 514。電鍍電流會流過該矽基板 500。電解層 502 會讓該電鍍電流與區域 512 之中以外的電鍍溶液產生絕緣。因此，該互連材料便會填充凹腔 512 並且接著會填充通道 504。該等電鍍電流會流過基板 500，直到一蓋部 516 形成為止，從而便會完成該互連 518。

接著，製造商便會從基板 500 之中形成該等結構性支撐，並且明確地說，會選擇性地移除部份的基板 500 以形成結構性支撐。現在參考圖 14，製造商會在基板 500 的背側 514 之上塗敷且固化一負向光阻 520。光阻 520 會經由

一光罩而選擇性地曝露在可見光之中，且接著，製造商便會利用一顯影溶液來移除部份光阻 520(圖中並未顯示)，並且蝕刻基板 500 中未受到光阻 520 保護的部份。在前述步驟之後，未經由該光罩曝露在可見光之中的區域 522 便會殘留。於特定的實施例中，該蝕刻包括各向異性的乾式蝕刻。明確地說，製造商會將結構 501 放進一真空反應室內，並且利用由六氟化硫(SF_6)與八氟環丁烷(C_4F_8)所組成的電漿來交替地填充與激發該反應室。製造商會將結構 501 附接至該真空反應室中具有一負偏壓的電極處，俾使正離子(其包含硫離子，例如 S^{6+})會在正交於基板 500 之背側 514 的角度處進行加速，從而提高該曝露矽表面的蝕刻速率。 C_4F_8 電漿會在該等矽壁的側邊上沉積一保護性碳氟化合物層，並且從而降低任何橫向蝕刻速率，並且提高對結構性支撐 526 之最終寬度 524 的控制性。

如上面所述，燃料電池堆疊的作用區域會因相鄰電極之間的間隙長度以及螺柱距離而受到影響。上面所討論的電極間隙及螺柱距離具有非常小的維度(於特定的實施例中，它們係小於約 100 微米)，而且希望本文所述的各種沉積步驟、圖案化步驟、以及蝕刻步驟均具有非常高的對齊精確度。舉例來說，倘若在圖 9 中，互連 221 在製造期間出現對齊誤差並且橋接電極間隙 227 時，互連 221 將會電短路陰極間隙 227 並且消除燃料電池單元 232 與 234 之間的電壓增益。

因此，示範性製造技術便會以小於約 10 微米、小於約

5 微米、甚至小於約 1 微米的精確度來對齊該等光罩與光阻 506 及/或基板 500。於特定的實施例中，會利用經蝕刻或形成在基板 500 之表面上的對齊標記來標記基板 500。舉例來說，可將盒形或圓形的對齊標記設置在基板 500 之上，用以表示互連 518 的目標區域。上面所討論的光罩還可能包含匹配標記，該等匹配標記會對齊基板 500 上對應的標記。基板 500 可以上面所述的精確度藉由一光對齊組件來橫向移動，以便精確地對齊該等光罩。於特定的實施例中，該光對齊組件對定位且成像該等對齊標記。該成像可能包含紅外光光學偵測，俾使該光對齊組件能夠從基板 500 的背側 514 處來偵測基板 500 之表面 532 上的標記。

圖 15 所示的係根據本發明一解釋性實施例用於在電解膜 502 之上沉積電極材料 540 與 542。於此項技術中，製造商會沉積一聚合物模具或屏障 544。屏障 544 會讓一陰極 540 與另一陰極 542 隔離並且會界定它們的個別邊緣。於特定的實施例中，聚合物屏障 544 包括一層液體型的光阻，其會被固化至大於陰極 540 與 542 之所希厚度的厚度處。製造商可利用一光罩以及和上面所述之光界定技術雷同的顯影溶液來光界定該屏障 544。

接著，製造商便會在電解層 502 之上滴塗陰極油墨 540 與 542。該油墨可能包括上面所述的示範性陰極材料。於特定的實施例中，製造商會針頭滴塗該陰極油墨。該針頭可能係靜止的，而一對齊組件(例如上面所述的光對齊組件)則會相對於該靜止針頭來橫向移動該電解層 502 與結構性

支撐 515。該針頭的滴塗劑量可能每滴小於約 100 奈升的油墨。該等微滴會擴散在電解膜 502 之上，直到該油墨緊靠屏障 544 為止。接著，製造商便會在氧之中於攝氏 500 度處來點燃陰極油墨 540 與 542，並且接著會燃燒該油墨系統之中的接合劑或增塑劑。製造商可視情況藉由旋轉或擠壓來平坦化該等陰極 540 與 542。在被點燃之後，該等陰極 540 與 542 便可能處於有孔的狀態之中，以便讓氣體(例如氧或空氣)經由該等陰極 540 與 542 來擴散。於其它實施例中，可利用網印法、沉浸法、浸塗法、濺鍍法、電漿或氣相噴塗法、及/或電泳沉積法來沉積該油墨。

可以同樣的方式來圖案化陽極。在圖中所示的實施例中，結構性支撐 515 本身係充當該屏障，用以隔離且界定該等相鄰的陽極 546 與 548。在放置陽極油墨 546 與 548 以及陰極油墨 540 與 542 之後，製造商便會在氧之中於攝氏 800 度處來點燃點燃結構 501，用以燒結該陽極 546 與 548 以及陰極 540 與 542 之中的顆粒。這也會利用一氧化物塗層 515a 來塗佈該支撐結構 515。如上面所述，塗層 515a 會讓該支撐結構 515 與結構 501 的其餘部份產生絕緣。

圖 2 至 15 所示的係串聯電耦接複數個燃料電池單元的平面燃料電池堆疊。可以各種組態來排列數個此等平面燃料電池堆疊，且於特定的實施例中，可以各種方式來電耦接數個此等平面燃料電池堆疊，以便在一給定的殼體之中提供更多的燃料電池及/或提高它們的運作效率。

更明確地說，圖 16 所示的係根據本發明一解釋性實施

例的燃料電池組件，其包含一由平面燃料電池堆疊 602、604、以及 606 所組成的垂直堆疊 600。該等平面燃料電池堆疊 602、604、以及 606 可能包含上面所述之任何示範性平面燃料電池堆疊。每一個堆疊 602、604、以及 606 均包含個別的陽極 602a、604a、與 606a 以及個別的陰極 602b、604b、與 606b，它們會被排列成用以共享燃料與空氣流。

平面燃料電池堆疊群可被排列成包括複數個燃料電池單元陣列。圖 17 所示的係根據本發明一解釋性實施例之並聯的複數條燃料電池單元串聯電連接線，其中，該等並聯連接線係由薄膜連接器所構成。包含並聯的燃料電池串聯電連接線的燃料電池組件的好處部份係因為它們所產生的電流會大於個別的串聯連接線。更明確地說，圖 17 顯示出 4 列燃料電池單元 620、621、622、以及 623。每一列 620、621、622、以及 623 均包含 5 個燃料電池單元。舉例來說，列 620 包含燃料電池單元 620a、620b、620c、620d、620e，如上面所述，它們會藉由互連 622 被串聯電耦接。列 621 至 623 均和列 620 雷同。該等列會藉由電連接器 624 與 626 被並聯電耦接。連接器 624 會藉由直接接觸該等燃料電池單元的個別陰極(也就是，燃料電池 620a 的陰極)而耦接至相鄰的燃料電池單元。連接器 626 會藉由接觸被耦接至相鄰陽極的互連 622(也就是，與燃料電池 620e 的陽極耦接的互連 622)而電耦接至相鄰的燃料電池單元。

該等連接器 624 與 626 可能包括鉑質薄膜，該等薄膜

會藉由真空蒸發法被沉積在該裝置的一部份之上。製造商可利用上面針對圖案化電解膜層所述的光阻以及一光罩來圖案化該等連接器 624 與 626。於特定的實施例中，製造商會在沉積電極之前及/或在圖案化支撐結構之前先沉積該等連接器 624 與 626。接著，在該等電極被點火燃燒成有孔狀態之後，該等連接器 624 與 626 的鉑便無法污染該等電極。該鉑可利用濺鍍法或真空蒸發法之類的技術形成一密集薄膜，或者該鉑亦可藉由點火燃燒而從油墨來形成或是藉由膏狀物構形法來形成，從而可利用針頭滴塗法、網印法、以及沉浸或浸塗法來沉積油墨或膏狀物。

圖 18 所示的係根據本發明一解釋性實施例之串聯的複數條燃料電池單元串聯電連接線，其中，該等燃料電池單元係被排列在複數列之中且該等互連係由薄膜連接器所構成。如上所述，包含串聯的燃料電池單元串聯連接線的燃料電池組件的好處部份係因為它們所產生的輸出電壓會高於個別的串聯連接線。更明確地說，燃料電池組件 630 包含四列燃料電池單元 632、633、634、以及 635，該等燃料電池單元包括一非線性的燃料電池陣列。如同圖 17 的組件 619 中，每一列 632 至 635 均包含五個燃料電池單元。不過，該等燃料電池單元列卻會在交錯的方向中導送電流。明確地說，列 633 與 635 會在第一方向 638 之中導送電流，而列 632 與 634 則會在第二方向 640 之中導送電流。電連接器 641、642、以及 644 會耦接該等列 632 至 635 以形成該等列 632 至 635 的串聯連接線。更明確地說，連接

器 642 會耦接列 634 與 635，連接器 641 會耦接列 633 與 634，而連接器 644 則會耦接列 632 與 633。連接器 646 會耦接至電接地，而電連接器 648 則會耦接至組件 630 的輸出電壓。如圖 18 中所示，一示範性電流路徑 650 係起始在連接器 646 並且流至連接器 648。

於特定的實施例中，燃料電池單元會分群並且根據配合一燃料源的個別燃料電池單元群的位置來進行電耦接，以便產生更多功率、電壓、電流、及/或提供更高的效率。更明確地說，圖 19 所示的係一燃料電池組件 660，其具有兩個燃料電池單元群 662 與 664。在此解釋性實施例中，以氫為主的燃料流會在方向 666 之中流動，其會先接觸到群 662 之中的燃料電池單元的陽極，並且接著會接觸到群 664 之中的燃料電池單元的陽極。該以氫為主的燃料流 666 在接觸群 662 時會含有較高的氫濃度，因為該等燃料電池單元 662 會消耗且與來自該以氫為主的燃料流 666 的氫進行反應，因此，該以氫為主的燃料流 666 在接觸群 664 之中的燃料電池單元的陽極時便會含有較少的氫。此外，群 662 之中的燃料電池單元還會產生二氧化碳與水之類的副產物，該等副產物會稀釋該以氫為主的燃料流 666 之中的氫的濃度。因為燃料流 666 之中具有不同氫濃度的關係，所以，群 662 與 664 便會運作在不同的功率密度與效率處。

於特定的實行方式中，不同的燃料電池群會包含個別不同的燃料電池單元組態，以便利用不同的電流密度來驅動該等群，用以部份補償上面所述的不同功率密度，且因

而改良總功率密度。圖 20 所示的係兩個燃料電池單元群 702 與 704，其中，群 704 係位於燃料流 706 的下游處而且電流密度高於群 702，現在將作討論。更明確地說，群 702 包含各由兩個燃料電池單元(分別為 706a 至 b 以及 708a 至 b)所組成的兩列 706 與 708，且該等兩列 706 與 708 會藉由連接器 710 與 712 來並聯。群 704 具有各由三個燃料電池單元(分別為 714a 至 c 以及 716a 至 c)所組成的兩列 714 與 716，且該等兩列 714 與 716 會藉由連接器 718 與 720 來並聯。連接器 710 與 720 兩者會電耦接至連接器 722，而連接器 712 與 718 兩者則會電耦接至連接器 724。因此，群 702 與 704 係被連接在一並聯電連接線之中，而且群 702 與 704 的輸出電壓會相同。群 704 包含較多的燃料電池單元，因此，每個燃料電池單元的電壓會較低且因而具有較高的電流密度。

藉由在群 702 與 704 之中加入燃料電池單元或是從群 702 與 704 之中移除燃料電池單元製造商便能夠調整群 702 與 704 的電流密度。於特定的實施例中，製造商可能會讓群 702 之中的燃料電池單元多過群 704 之中的燃料電池單元。

圖 21 所示的係根據本發明一解釋性實施例的一燃料電池組件 740，其包含兩群燃料電池單元，每一群均具有不同數量的燃料電池，並且還進一步包含介於該等燃料電池單元之間的串聯互連與並聯互連的各種組合。更明確地說，燃料電池組件 740 包含兩群 742 與 744。群 742 包含

各由兩個燃料電池單元(分別為 746a 至 b 以及 748a 至 b)所組成的兩列 746 與 748。該等兩列 746 與 748 會藉由連接器 754 與 756 來並聯。群 744 具有各由三個燃料電池單元(分別為 750a 至 c 以及 752a 至 c)所組成的兩列 750 與 752。該等兩列 750 與 752 會藉由連接器 760 來串聯。群 742 與 744 會藉由連接器 756 與連接器 758 之間的電連接線 757 來串聯。連接器 766 會被電耦接至接地，而連接器 764 則會提供組態 740 的輸出電壓差。因為區塊 742 與 744 係被串聯，所以，流經它們的電流便會被限制成約為相同。不過，因為流經區塊 742 的所有電流實質上均會流經列 750 與 752，所以，群 744 中的燃料電池單元的電流密度便會高於群 742 中的燃料電池單元的電流密度。

除了依據燃料電池單元群相對於一燃料源的個別位置以不同的方式來配置燃料電池單元群以調整用於驅動該等燃料電池單元的電流密度之外，亦可依據燃料電池單元群相對於一燃料源的個別位置以不同的方式來設計個別燃料電池單元的尺寸與形狀。更明確地說，圖 22 所示的係一包含複數個燃料電池單元的燃料電池組件 800 及一燃料流 826。在此解釋性實施例中，在該燃料流 826 的越下游方向中的燃料電池的尺寸會越小。舉例來說，位於燃料流 826 之上游位置處的燃料電池單元 802 與 804 會大於(也就是具有較大的作用區域)位於燃料流 826 之下游位置處的燃料電池單元 812 與 814。在一示範性製造技術中，製造商會塗敷光阻及一光罩，以便改變互連 828 及橫向設置在燃料電

池單元之間的結構性支撐(圖中並未顯示)的位置，用以改變該等燃料電池單元的尺寸。

因為下游的燃料電池單元(例如燃料電池單元 812 與 814)具有較小的面積，所以，它們的電流密度會高於上游的燃料電池單元(例如燃料電池單元 802 與 804)。不過，在替代實施例中，下游的燃料電池單元則具有較大的作用區域，這可能有利於特定的情況。

上面所述的組態、裝置、以及方法可與其它組態、裝置、以及方法進行任何運作組合來使用，其包含下面的美國專利案與專利申請案中所述者：第 2005/0069737 號、第 2005/0132648 號、第 6,939,632 號、第 2004/0241061 號、第 2004/0072039 號、第 2005/0249993 號、第 6,680,139 號、第 2004/0028975 號、第 6,852,436 號、第 6,623,881 號、第 2003/0096147 號、第 2005/0221131 號、第 5,925,477 號、第 5,190,834 號、第 5,479,178 號、第 6,183,897 號、以及第 5,595,833 號，本文以引用的方式將它們全部完整併入。

上面所討論的燃料電池組件可攜式能係任何類型的燃料電池，例如，固態氧化物燃料電池及/或質子交換膜(PEM)燃料電池。它們可設置在一殼體之中用以整合一燃料轉化器、一組燃料電池膜、一尾氣燃氣機、以及一熱帶之中的所有內部流體歧管中的一或多項功能，其可利用任何數量的製造技術來製造。明確地說，本發明的實施例可利用 MEMS 技術(微電機系統)或微加工技術來製造。此等技術使其能夠整合薄膜材料(舉例來說，薄膜電解層、陽極、陰

極、及/或電連接線)以及經蝕刻的微通道，用以在具導熱性與機械耐用性的一共用基板之上控制流體流動。

舉例來說，可從一群實質平面或非平面的半導體結構中來組裝一整合殼體。明確地說，可將五個矽質基板接合在一起，用以形成可在其中整合各種燃料電池設備組件的「盒體」。將該等五個矽質基板接合在一起會造成一堆疊組態。於其中一實施例中，可以下面的順序來堆疊該等基板：(1)含有流體互連的燃料轉化器基板；(2)一膜電極組件；(3)一流體繞送層；(4)另一膜電極組件；以及(5)一含有尾氣燃氣機的頂端流體繞送層。因此，一層堆疊可形成該整合燃料電池設備的一部份或全部。

於特定的實施例中，係選擇矽作為用來建立該等燃料電池膜與其它歧管結構的基板。不過，微加工技術亦可用來在剛性的玻璃與陶瓷晶圓之中建立流體流動通道，所有的材料均具有固態氧化物燃料電池所需要的高溫強度。為防止在該膜組件的不同點之間出現電短路，可利用氧化矽層或氮化矽層來塗佈一矽基板，以便使其具有電絕緣性。

經蝕刻的流體微通道係藉由各種技術形成在上面的基板之中，該等技術包含：濕式與乾式化學蝕刻技術、雷射燒蝕技術、鑽石研磨技術、帶狀澆鑄技術、或射出成形技術。可用的各種基板或晶圓接合技術包含：融熔接合法(fusion bonding)、陽極接合法(anodic bonding)、利用共熔焊接材料或是薄膜來進行密封、或是利用玻璃熔塊來進行密封。

包含陽極、陰極、以及電解層的燃料電池組件可利用各種薄膜與厚膜沉積技術來沉積，其包含：濺鍍技術、蒸發技術、化學氣相沉積技術、雷射燒蝕技術、網印技術、滴塗技術、或氣相噴塗技術。

雖然本文已經參考本發明的較佳實施例來特別顯示與說明本發明，不過，熟習本技術的人士便會瞭解，在不脫離隨附申請專利範圍所涵蓋的本發明範疇下，仍可對其形式與細節進行各種變更。

【圖式簡單說明】

從上文的解釋性說明中，參考圖式，便會完全瞭解前述與其它特點及優點，其中，相同的元件標示著相同的元件符號，且該等圖式並未依比例繪製。

圖 1 所示的係根據本發明一解釋性實施例的燃料電池組件。

圖 2A 所示的係根據本發明一解釋性實施例由複數個燃料電池單元所組成的一平面堆疊的剖面圖。

圖 2B 所示的係圖 2A 的堆疊的俯視圖。

圖 3A 所示的係根據本發明一解釋性實施例，圖 2 的平面燃料電池堆疊的放大圖。

圖 3B 所示的係一替代的平面堆疊組態，其中，相鄰燃料電池單元中的電極並未重疊。

圖 4 所示的係根據本發明一解釋性實施例的一平面堆疊的剖面圖，該平面堆疊具有替代的互連用以將該平面堆疊中的一燃料電池單元的一電極連接至一相鄰燃料電池單

元的一電極。

圖 5 所示的係圖 4 的平面燃料電池堆疊的俯視圖。

圖 6 所示的係一平面燃料電池堆疊，其包含和個別電極互連對齊的結構性支撐部件。

圖 7 所示的係根據本發明一解釋性實施例，圖 6 的平面燃料電池堆疊的俯視圖。

圖 8 所示的係圖 7 的堆疊，其具有額外的結構性支撐。

圖 9 所示的係根據本發明一解釋性實施例的結構性支撐的一替代性組態。

圖 10 所示的係根據本發明一解釋性實施例的平面燃料電池堆疊的俯視圖。

圖 11 所示的係圖 10 的俯視放大圖。

圖 12 所示的係用於製造一平面燃料電池堆疊的方法中的步驟，其包含提供一基板及沉積一電解層。

圖 13 所示的係根據本發明一解釋性實施例用於製造一平面燃料電池堆疊的方法中的步驟，其包含形成互連。

圖 14 所示的係根據本發明一解釋性實施例用於製造一平面燃料電池堆疊的方法中的步驟，其包含蝕刻一基板以形成結構性支撐。

圖 15 所示的係根據本發明一解釋性實施例用於製造一平面燃料電池堆疊的方法中的步驟，其包含在一電解膜之上沉積電極。

圖 16 所示的係根據本發明一解釋性實施例由平面燃料電池堆疊所組成的一垂直堆疊。

圖 17 所示的係根據本發明一解釋性實施例的平面燃料電池堆疊，其包含並聯的複數條燃料電池單元串聯電連接線，其中，該等並聯連接線係由薄膜連接器所構成。

圖 18 所示的係根據本發明一解釋性實施例串聯的複數條燃料電池單元串聯電連接線，其中，該等燃料電池單元係被排列在複數列之中且該等互連係由薄膜連接器所構成。

圖 19 所示的係根據本發明一解釋性實施例的兩群燃料電池單元，每一者均具有不同的輸出。

圖 20 所示的係根據本發明一解釋性實施例的兩群燃料電池單元，其中，其中一群係位於一燃料流的下游處而且電流密度高於另一群。

圖 21 所示的係根據本發明一解釋性實施例的一燃料電池組件，其包含兩群燃料電池單元，每一群均具有不同數量的燃料電池，並且還進一步包含介於該等燃料電池單元之間的串聯互連與並聯互連的各種組合。

圖 22 所示的係根據本發明一解釋性實施例的複數個燃料電池單元及一燃料流，其中，該等燃料電池單元的尺寸係根據它們在該燃料流中的個別位置來設計。

【主要元件符號說明】

- | | |
|---|--------|
| 4 | 陽極 |
| 5 | 燃料電池組件 |
| 6 | 陰極 |
| 7 | 燃料電池單元 |

10	燃料轉化器
12	尾氣燃氣機
14	電解膜層
14a	內表面
14b	外表面
15	空氣繞送層
16	電解膜層
16a	內表面
16b	外表面
18	內殼體
20	燃料流
21	路徑
26	空氣流
28	絕緣體
30	外殼體
32	燃料入口
40	輻射反射體
42	吸氣材料
44	結構性支撐
50	燃料電池堆疊
50a	長度
51	互連
52	互連
52	電解膜層

53	互連
54	燃料電池單元
54a	作用區域
55	燃料電池單元
55a	作用區域
56	燃料電池單元
56a	作用區域
57	燃料電池單元
57a	作用區域
60	陽極
61	陽極
61a	寬度
61b	厚度
62	陽極
63	陽極
65	陰極
65a	寬度
65b	厚度
66	陰極
67	陰極
68	陰極
70	陽極電連接器
72	陰極電連接器
74	電流路徑

80	燃料電池堆疊
81	燃料電池單元
82	陰極
83	陽極
84	燃料電池單元
85	陰極
86	電極間隙
86a	長度
87	互連
88	電極間隙
88a	長度
100	燃料電池堆疊
102	互連
102a	頂蓋部
102b	軸部
102c	底蓋部
104	陰極
105	陰極
106	陽極
107	陽極
108	燃料電池單元
111	燃料電池單元
112	電解膜層
112a	厚度

114	陽極側
116	陰極側
120	陽極螺柱
122	陰極螺柱
126	反覆距離
127	中心至中心間隔
128	作用區域的寬度
129	電極間隙
150	燃料電池堆疊
154	結構性支撐
154a	塗層
154b	寬度
155	結構性支撐
155a	塗層
156	結構性支撐
157	結構性支撐
158	互連
159	互連
162	陽極
163	陽極
164	陽極
166	陰極
167	陰極
168	陰極

170	電解膜層
170a	厚度
176	陽極間隙
177	陽極間隙
177a	電極間隙
178	陽極側
180	陰極側
180	陰極間隙
181	陰極間隙
185	陽極螺柱
188	陰極螺柱
190	反覆距離
194	軸線
202	擴展距離
204	擴展距離
206	擴展距離
208	擴展距離
220	燃料電池堆疊
221	互連
222	結構性支撐
222a	塗層
223	支撐結構的寬度
224	陽極
225	陽極

226	結構性支撐
227	電極間隙
228	結構性支撐
230	結構性支撐
232	燃料電池單元
234	燃料電池單元
236	燃料電池單元
238	燃料電池單元
240	燃料電池單元
242	燃料電池單元
244	燃料電池單元
246	燃料電池單元
248	燃料電池單元
250	擴展距離
252	擴展距離
254	擴展距離
256	擴展距離
260	陰極螺柱
262	陽極螺柱
500	基板
501	結構
502	電解層
504	通道孔
506	正向光阻

506a	正向光阻
506b	正向光阻
506c	厚度
508	顯影區域
512	凹腔
514	背側
515	結構性支撐
515a	塗層
516	蓋部
518	互連
520	負向光阻
522	殘留區域
524	最終寬度
526	結構性支撐
532	表面
540	電極
542	電極
544	屏障
546	陽極
548	陽極
600	垂直燃料電池堆疊
602	燃料電池堆疊
602a	陽極
602b	陰極

604	燃料電池堆疊
604a	陽極
604b	陰極
606	燃料電池堆疊
606a	陽極
606b	陰極
619	燃料電池組件
620	燃料電池單元列
620a	燃料電池單元
620b	燃料電池單元
620c	燃料電池單元
620d	燃料電池單元
620e	燃料電池單元
621	燃料電池單元列
622	燃料電池單元列
622	互連
623	燃料電池單元列
624	電連接器
626	電連接器
630	燃料電池組件
632	燃料電池單元
633	燃料電池單元
634	燃料電池單元
635	燃料電池單元

638	電 流 方 向
640	電 流 方 向
641	電 連 接 器
642	電 連 接 器
644	電 連 接 器
646	電 連 接 器
648	電 連 接 器
650	電 流 路 徑
660	燃 料 電 池 組 件
662	燃 料 電 池 單 元 群
664	燃 料 電 池 單 元 群
666	燃 料 流
702	燃 料 電 池 單 元 群
704	燃 料 電 池 單 元 群
706	燃 料 流
706	燃 料 電 池 單 元 列
706a	燃 料 電 池 單 元
706b	燃 料 電 池 單 元
708	燃 料 電 池 單 元 列
708a	燃 料 電 池 單 元
708b	燃 料 電 池 單 元
710	連 接 器
712	連 接 器
714	燃 料 電 池 單 元 列

714a	燃料電池單元
714b	燃料電池單元
714c	燃料電池單元
716	燃料電池單元列
716a	燃料電池單元
716b	燃料電池單元
716c	燃料電池單元
718	連接器
720	連接器
722	連接器
724	連接器
740	燃料電池組件
742	燃料電池單元群
744	燃料電池單元群
746a	燃料電池單元
746b	燃料電池單元
748a	燃料電池單元
748b	燃料電池單元
750a	燃料電池單元
750b	燃料電池單元
750c	燃料電池單元
752a	燃料電池單元
752b	燃料電池單元
752c	燃料電池單元

754	連接器
756	連接器
757	電連接線
758	連接器
760	連接器
764	連接器
766	連接器
800	燃料電池組件
802	燃料電池單元
804	燃料電池單元
812	燃料電池單元
814	燃料電池單元
826	燃料流
828	互連
901	燃料電池單元
902	燃料電池單元
903	燃料電池單元
904	燃料電池單元
905	燃料電池單元
906	燃料電池單元
907	燃料電池單元
908	燃料電池單元
909	燃料電池單元

五、中文發明摘要：

本發明的各實施例提供一由複數個燃料電池所組成的平面燃料電池堆疊，其包括：一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極；一電解層；一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極；以及至少一互連，其至少一部份係設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極。本發明在各實施例中提供結構性支撐，該等燃料電池的尺寸會被設計成為可攜的，並且會被製造成用以產生所希望的功率密度及/或電壓。

六、英文發明摘要：

The invention, in various embodiments, provides planar fuel cell stack of a plurality of fuel cells, comprising an anode layer including a first anode and second anode, an electrolyte layer, a cathode layer including a first cathode and a second cathode, and at least one interconnect at least partially disposed within the electrolyte layer, and electrically and mechanically coupling the first anode and the second cathode. In various embodiments, structural supports are provided, the fuel cells are sized to be portable, and are manufactured to produce desired power densities and/or voltages.

十、申請專利範圍：

1.一種由複數個燃料電池所組成的平面燃料電池堆疊，其包括：

一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極，

一電解層，

一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極，

至少一互連，其至少一部份係設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極，以及

一細長的結構性支撐，其定向會垂直一延伸穿過該平面堆疊的平面並且至少一部份係橫向設置在兩個相鄰電極之間。

2.如申請專利範圍第 1 項之燃料電池堆疊，其中，該等複數個燃料電池係運作在大於約攝氏 400 度的溫度。

3.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其進一步包括一第二結構性支撐，其會接觸該堆疊並且與該細長的結構性支撐隔開。

4.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐包含一絕緣材料。

5.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐包含一電絕緣塗層。

6.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐包含一氧化表面。

7.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐包含下面一或多者：矽質材料、鈮安定氧化鋯

(YSZ)材料、氧化鎂材料、鉻鐵材料、以及陶瓷材料。

8.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐的寬度介於約 30 微米與約 200 微米之間，而高度則大於約 100 微米。

9.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐會機械性耦接該電解層。

10.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該第一陽極與該第二陽極會橫向分隔一第一距離，該第一陰極與該第二陰極會橫向分隔一第二距離，以及

該第一距離與該第二距離中至少其中一者係介於約 5 微米與約 500 微米之間。

11.如申請專利範圍第 10 項之堆疊，其中，該第一距離與該第二距離中至少其中一者係介於約 5 微米與約 200 微米之間。

12.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該電解層包含：

一第一電解層區，其係設置在該第一陽極與該第一陰極之間並且會在該第一陽極與該第一陰極之間提供一第一電壓差，

一第二電解層區，其係設置在該第二陽極與該第二陰極之間並且會在該第二陽極與該第二陰極之間提供一第二電壓差，以及

該第一電解層區與該第二電解層區會構成一整體的電

解層結構。

13.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其包括一固態氧化物燃料電池。

14.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該設備包含該電解層的作用區域，其中，個別的陽極與陰極會在該電解層的一表面上具有重疊的突出部，以及該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少 70%。

15.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該堆疊係內含在一體積小於約 30 立方公分的殼體內。

16.如申請專利範圍第 15 項之燃料電池堆疊，其中，該堆疊會產生大於約 10 伏特的電壓差。

17.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其進一步包括複數條互連，它們係至少部份設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極。

18.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其包含複數條互連，該等複數條互連包括一線性的互連陣列，其中，該等複數條互連中相鄰互連的中心至中心間隔實質上相等。

19.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其中，該至少一互連平行於延伸穿過該電解層之平面的剖面會小於約 $(100 \text{ 微米})^2$ 。

20.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其進一步包括：

三或多個電串聯的燃料電池，其中，該等三或多個燃

料電池包括一非線性的燃料電池陣列。

21.如申請專利範圍第 2 項之燃料電池堆疊，其進一步包括：

由被耦接在一平行電連接線之中的燃料電池所組成的二或更多條串聯電連接線。

22.一種由複數個燃料電池所組成的平面燃料電池堆疊，其包括：

一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極，

一電解層，

一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極，

至少一互連，其至少一部份係設置在該電解層內，並且會電性與機械性耦接該第一陽極與該第二陰極，以及

一細長的結構性支撐，其定向會垂直一延伸穿過該平面堆疊的平面且該細長的結構性支撐中至少一部份會在垂直一延伸穿過該燃料電池堆疊之平面的一軸線上對齊該至少一互連。

23.如申請專利範圍第 22 項之燃料電池堆疊，其中，該等複數個燃料電池係運作在大於約攝氏 400 度的溫度。

24.如申請專利範圍第 23 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐的定向係用於在一區域之中的該第一陽極與該第二陰極中其中一者之上形成一流體密封，其中，該第一陽極與該第二陰極會在該電解層之上具有重疊突出部。

25.如申請專利範圍第 23 項之燃料電池堆疊，其進一步包括一第二結構性支撐，其中，該第一結構性支撐與該

第二結構性支撐的定向係用於在該區域之中的該第一陽極與該第二陰極中其中一者之上形成一流體密封，其中，該第一陽極與該第二陰極會在該電解層之上具有重疊突出部。

26.如申請專利範圍第 23 項之燃料電池堆疊，其中，該等複數個燃料電池包括固態氧化物燃料電池。

27.如申請專利範圍第 23 項之燃料電池堆疊，其中，該結構性支撐的寬度介於約 30 微米與約 200 微米之間，高度則大於約 100 微米。

28.如申請專利範圍第 23 項之燃料電池堆疊，其中，該第一陽極與該第二陽極會橫向分隔一第一距離，該第一陰極與該第二陰極會橫向分隔一第二距離，以及

該第一距離與該第二距離中至少其中一者係介於約 5 微米與約 500 微米之間。

29.如申請專利範圍第 23 項之燃料電池堆疊，其中，該堆疊係內含在一體積小於約 30 立方公分的殼體內。

30.如申請專利範圍第 29 項之燃料電池堆疊，其中，該堆疊會產生大於約 10 伏特的電壓差。

31.一種燃料電池組件，其包括：

一體積小於約 30 立方公分的殼體，以及
一平面燃料電池堆疊，其係內含於該殼體之中並且具有：

一陽極層，其包含被排列在一第一平面之中的複數個

陽極，

一陰極層，其包含被排列在一第二平面之中的複數個陰極，以及

一電解層，其係設置在該陽極層與該陰極層之間，

其中，該堆疊包含該電解層的作用區域，其中，個別的陽極與陰極會在該電解層的一表面上具有重疊的突出部，

該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少約 50%。

32.如申請專利範圍第 31 項之組件，其中，該平面燃料電池堆疊係運作在大於約攝氏 400 度的溫度。

33.如申請專利範圍第 32 項之組件，其中，該平面燃料電池堆疊包括固態氧化物燃料電池。

34.如申請專利範圍第 32 之組件，其中，該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少約 70%。

35.如申請專利範圍第 32 之組件，其中，該等作用區域會構成該電解層之表面積的至少約 85%。

36.一種燃料電池組件，其包括：

一殼體，以及

一平面燃料電池堆疊，其係內含於該殼體之中並且具有被排列在一陽極層之中的複數個個別陽極、被排列在一陰極層之中的複數個個別陰極、以及一電解層，其中，

該燃料電池組件會在該殼體的每立方公分中產生大於約 0.1 伏特。

37.如申請專利範圍第 36 項之組件，其中，該平面燃料電池堆疊係運作在大於約攝氏 400 度的溫度。

38.如申請專利範圍第 37 項之組件，其中，該平面燃料電池堆疊包括固態氧化物燃料電池。

39.如申請專利範圍第 37 項之組件，其中，該燃料電池組件會在該殼體的每立方公分中產生大於約 0.5 伏特。

40.如申請專利範圍第 37 項之組件，其中，該殼體的體積小於約 30 立方公分。

41.一種燃料電池組件，其包括：

一體積介於約 0.1 立方公分與約 30 立方公分之間的殼體，以及

一平面燃料電池堆疊，其具有：

一陽極層，其包含被排列在一第一平面之中的複數個陽極，

一陰極層，其包含被排列在一第二平面之中的複數個陰極，以及

一電解層，其係設置在該陽極層與該陰極層之間，

其中，該堆疊包含該電解層的作用區域，其中，個別的陽極與陰極會在該電解層的一表面上具有重疊的突出部，且該等作用區域在該電解層的表面上的面積係介於約 0.5 平方公分與約 100 平方公分之間。

42.如申請專利範圍第 41 項之燃料電池組件，其中，該平面燃料電池堆疊係運作在大於約攝氏 400 度的溫度。

43.如申請專利範圍第 42 項之組件，其中，該平面燃

料電池堆疊包括固態氧化物燃料電池。

44.一種製造一具有至少一結構性支撐的平面燃料電池堆疊的方法，其包括：

提供一基板，

在該基板上方放置一電解層與一或多個電極層，以及藉由選擇性地移除部份該基板以從該基板中形成該至少一結構性支撐。

45.如申請專利範圍第 44 項之方法，其包括，該至少一結構性支撐在形成之後係細長的且係垂直於一延伸穿過該電解層之平面來延伸。

46.如申請專利範圍第 44 項之方法，其中，選擇性地移除部份該基板包括蝕刻該基板。

47.如申請專利範圍第 44 項之方法，其進一步包括利用一絕緣材料來塗佈該至少一結構性支撐。

48.如申請專利範圍第 44 項之方法，其進一步包括氧化該至少一結構性支撐。

49.如申請專利範圍第 44 項之方法，其進一步包括將該電解層直接放置在該基板之上。

50.如申請專利範圍第 44 項之方法，其進一步包括：

提供一陽極層，其包含一第一陽極與一第二陽極，

提供一陰極層，其包含一第一陰極與一第二陰極，以及

經由該電解層來電性與機械性互連該第一陽極與該第二陰極。

51.如申請專利範圍第 50 項之方法，其中，

提供一陽極層與提供一陰極層中至少其中一者包含在該電解層之上提供一屏障結構，用以界定一第一電極區及一第二電極區，以及

在該第一電極區及該第二電極區之上放置電極材料。

52.如申請專利範圍第 51 項之方法，其中，該屏障結構包括該結構性支撐。

53.如申請專利範圍第 51 項之方法，其進一步包括：

移除該屏障結構，用以界定至少兩個電極。

54.如申請專利範圍第 44 項之方法，其中，

電性與機械性互連該第一陽極與該第二陰極包含蝕刻該電解層內的微特徵圖案並且在該等微特徵圖案內放置導體材料。

55.如申請專利範圍第 54 項之方法，其中，

蝕刻微特徵圖案包含蝕刻一線性微特徵圖案陣列，該等微特徵圖案中相鄰的微特徵圖案的 center 至 center 間隔實質上相等。

56.如申請專利範圍第 54 項之方法，其進一步包括：

蝕刻具有個別面積小於約 $(100 \text{ 微米})^2$ 之個別剖面的複數個微特徵圖案。

57.如申請專利範圍第 54 項之方法，其進一步包括：

在一整體電解層結構內蝕刻該等複數個微特徵圖案。

十一、圖式：

如次頁。



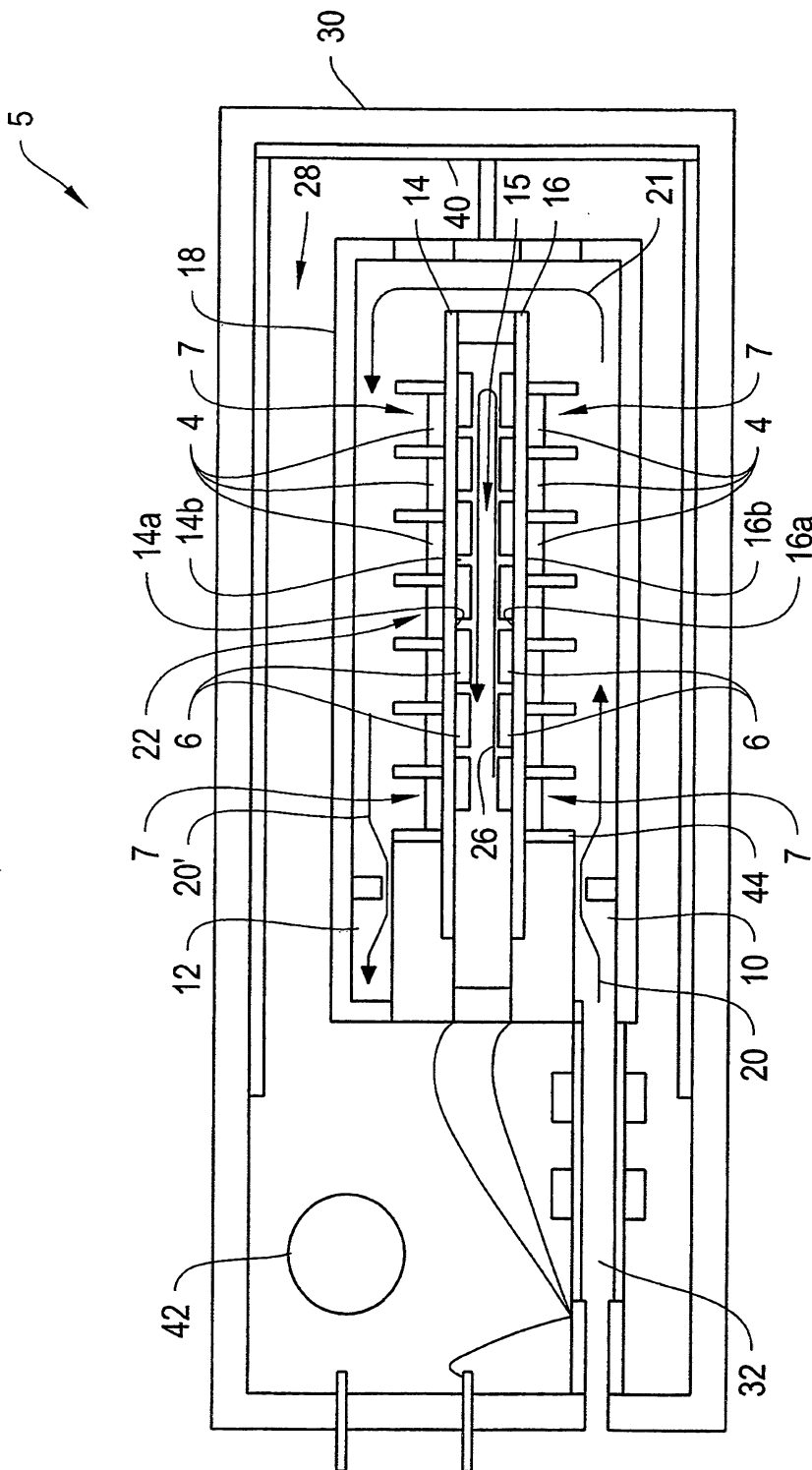


圖 1

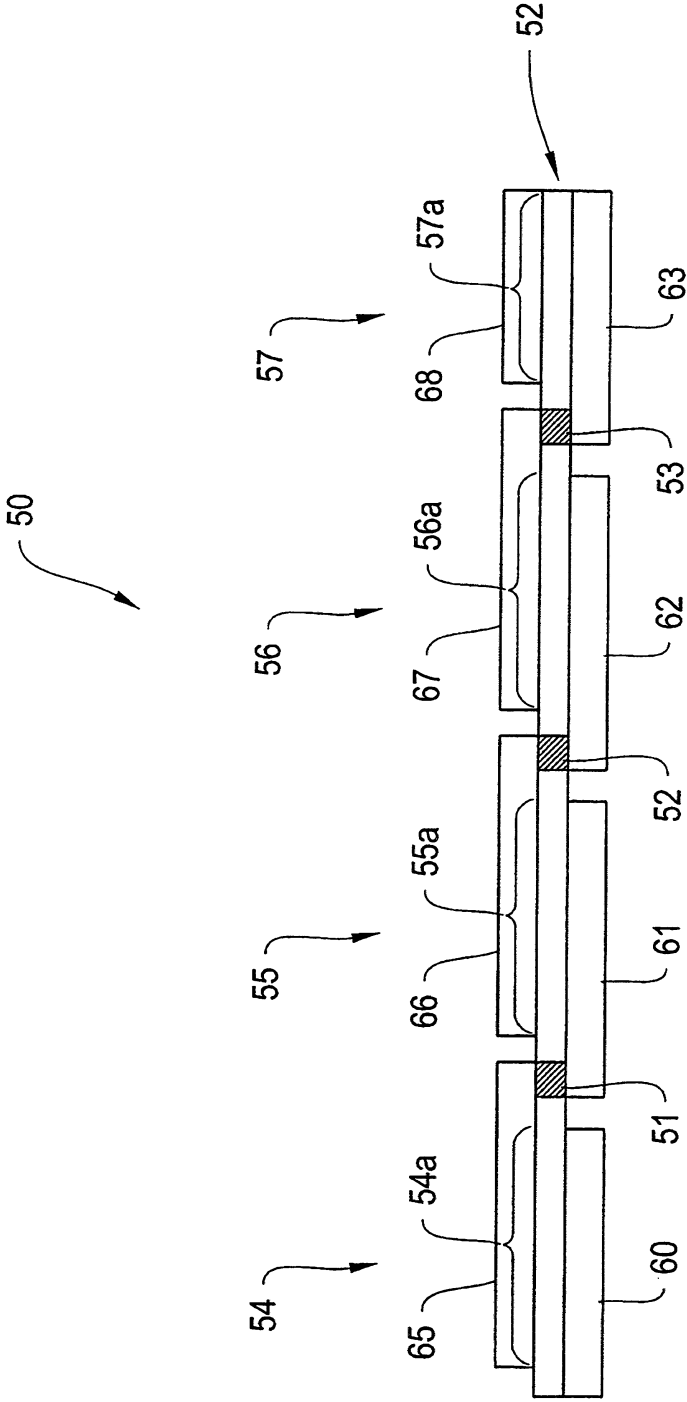


圖 2A

+

50 ↗

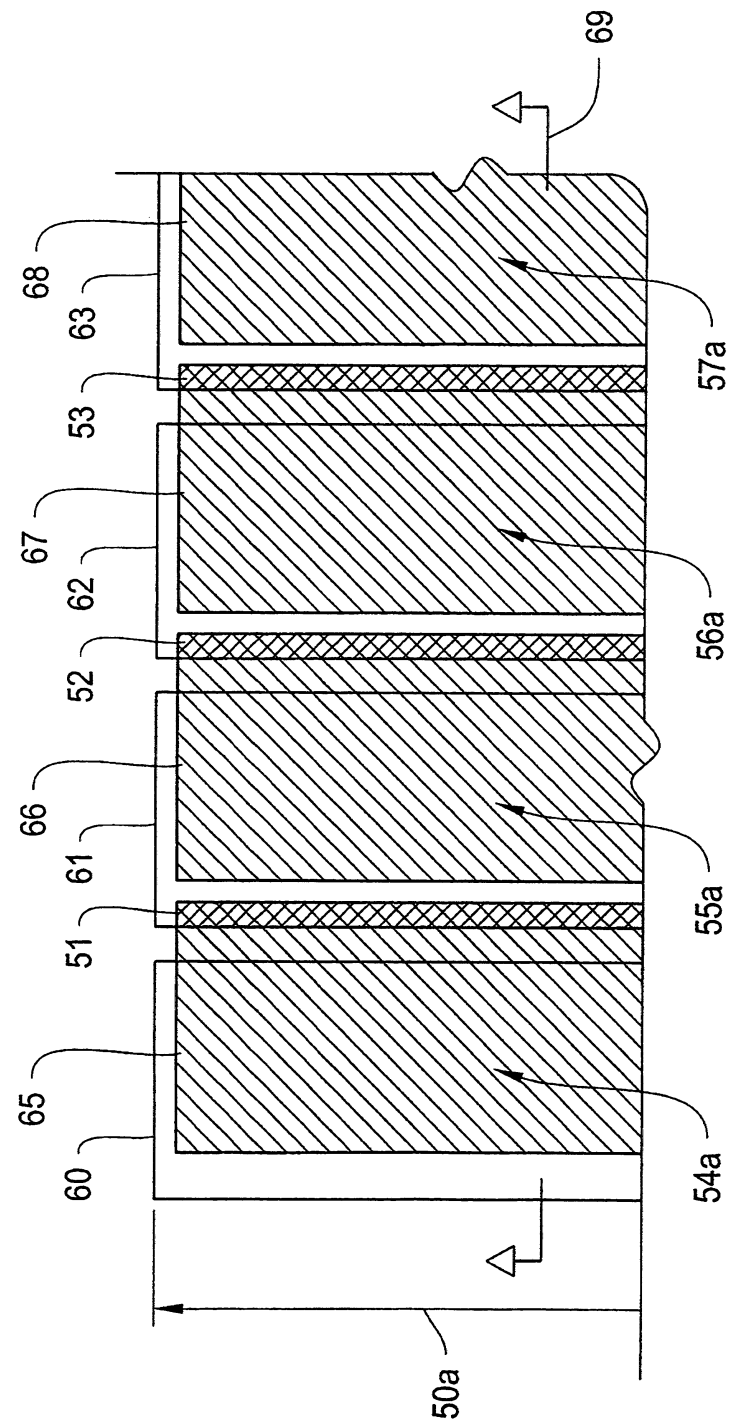


圖 2B

+

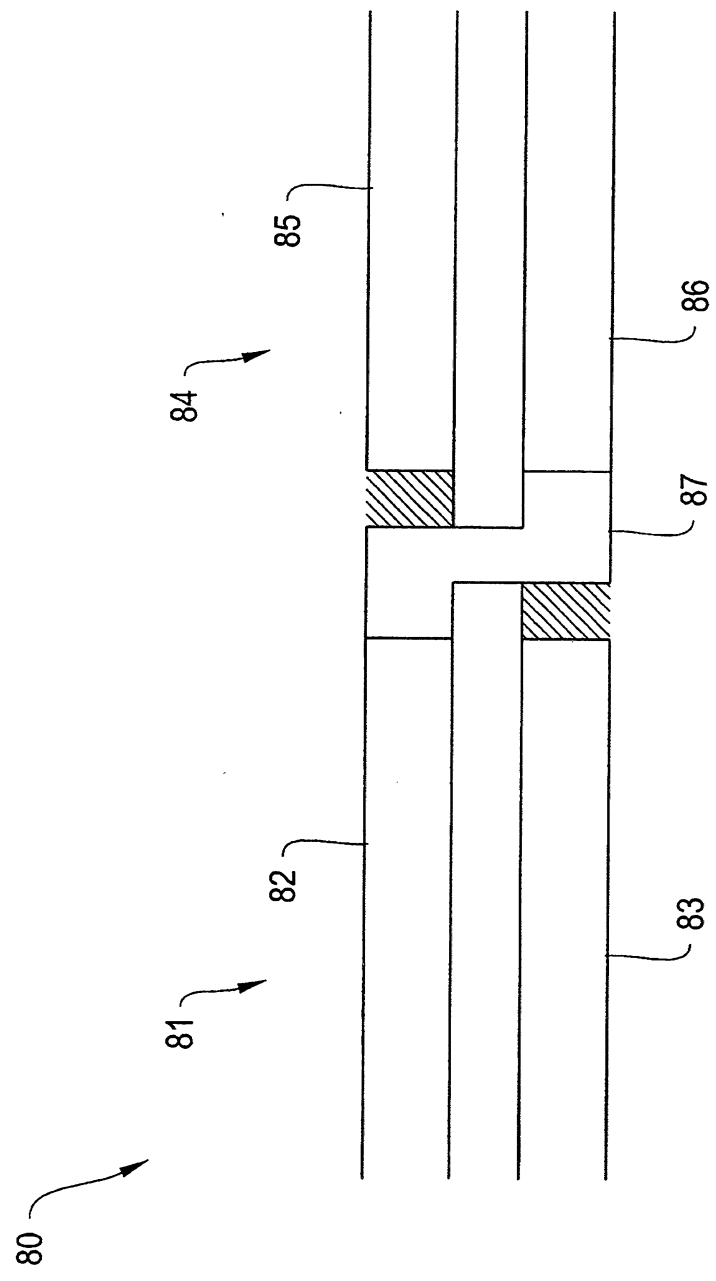


圖 3B

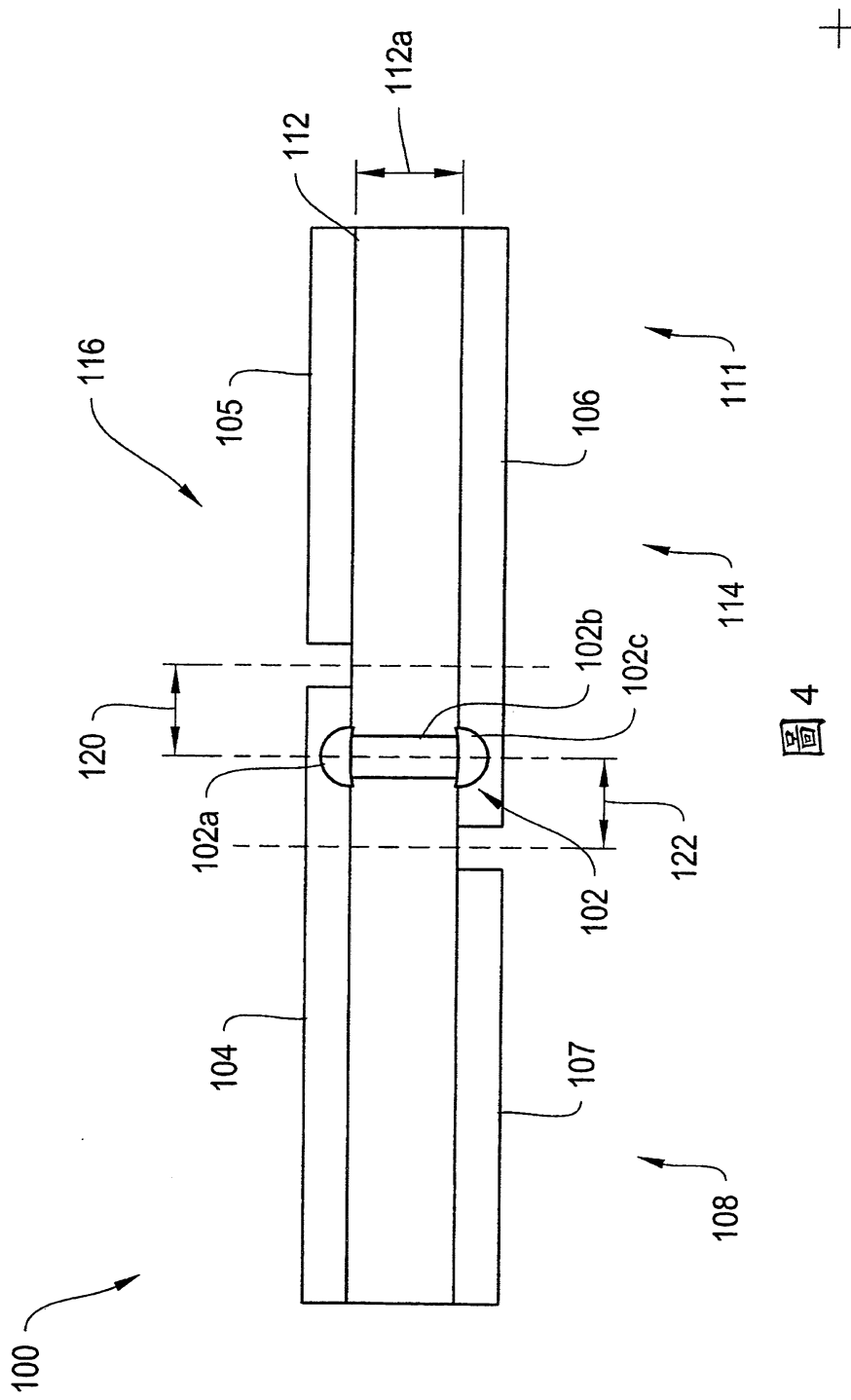
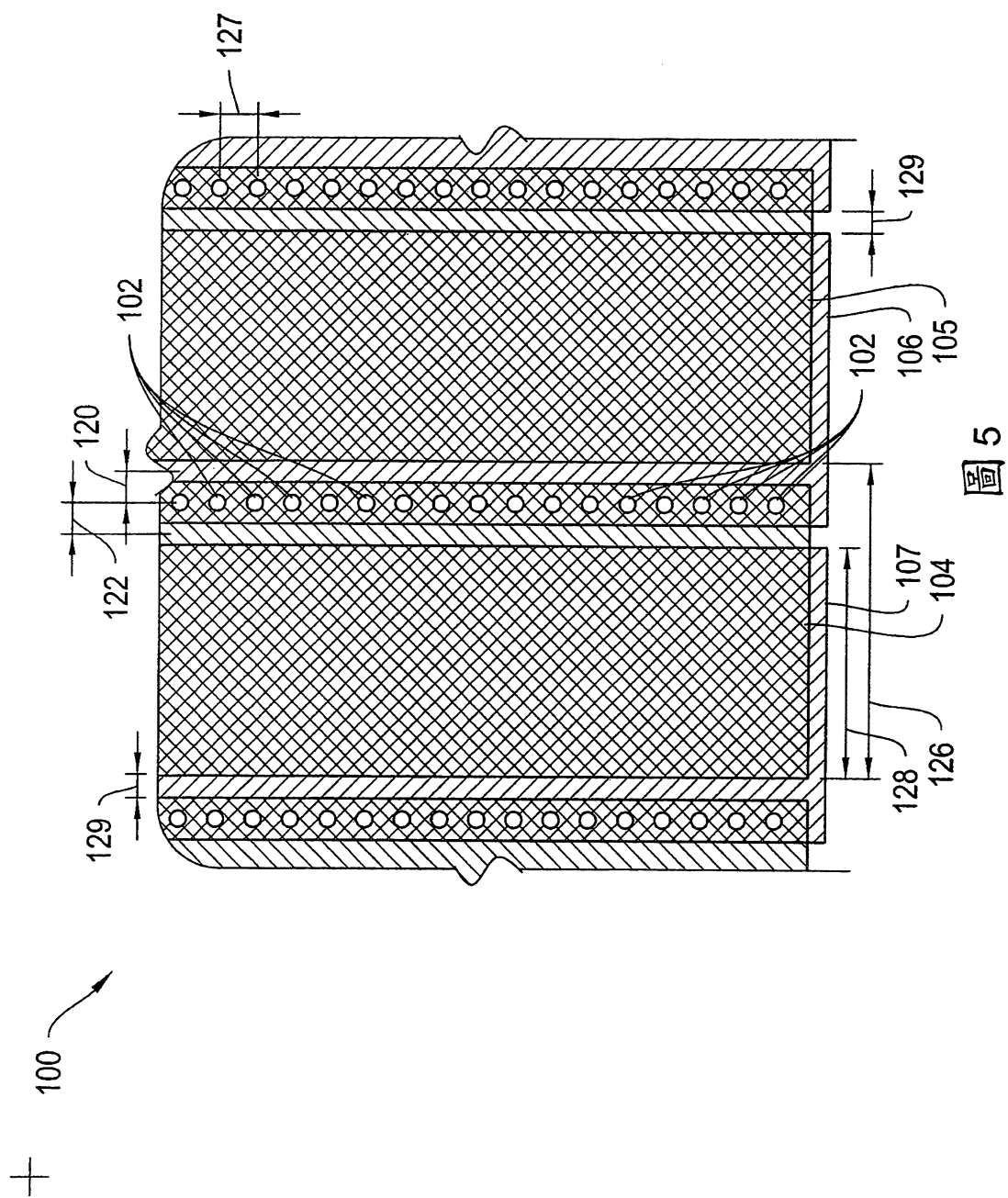
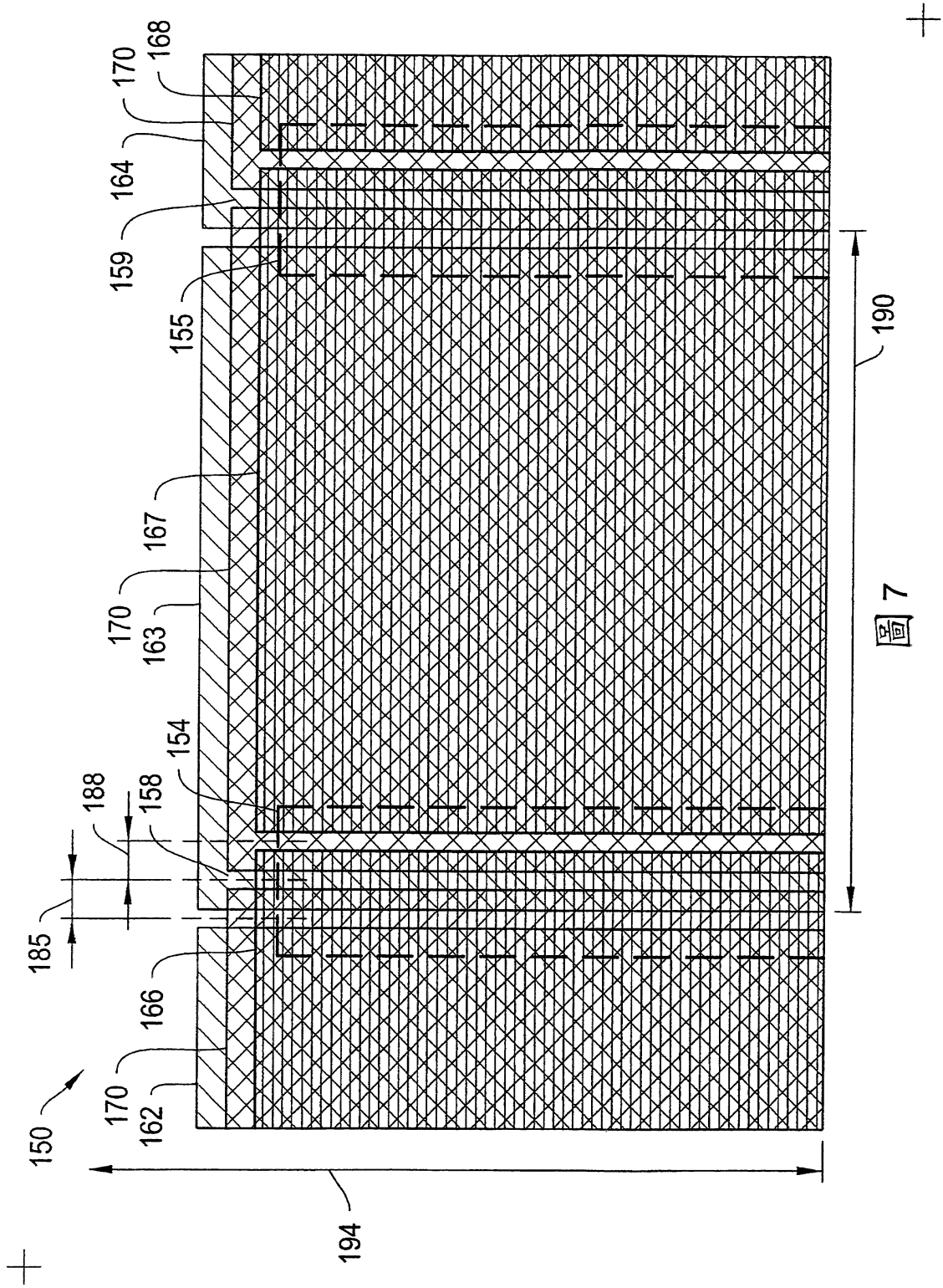


圖 4





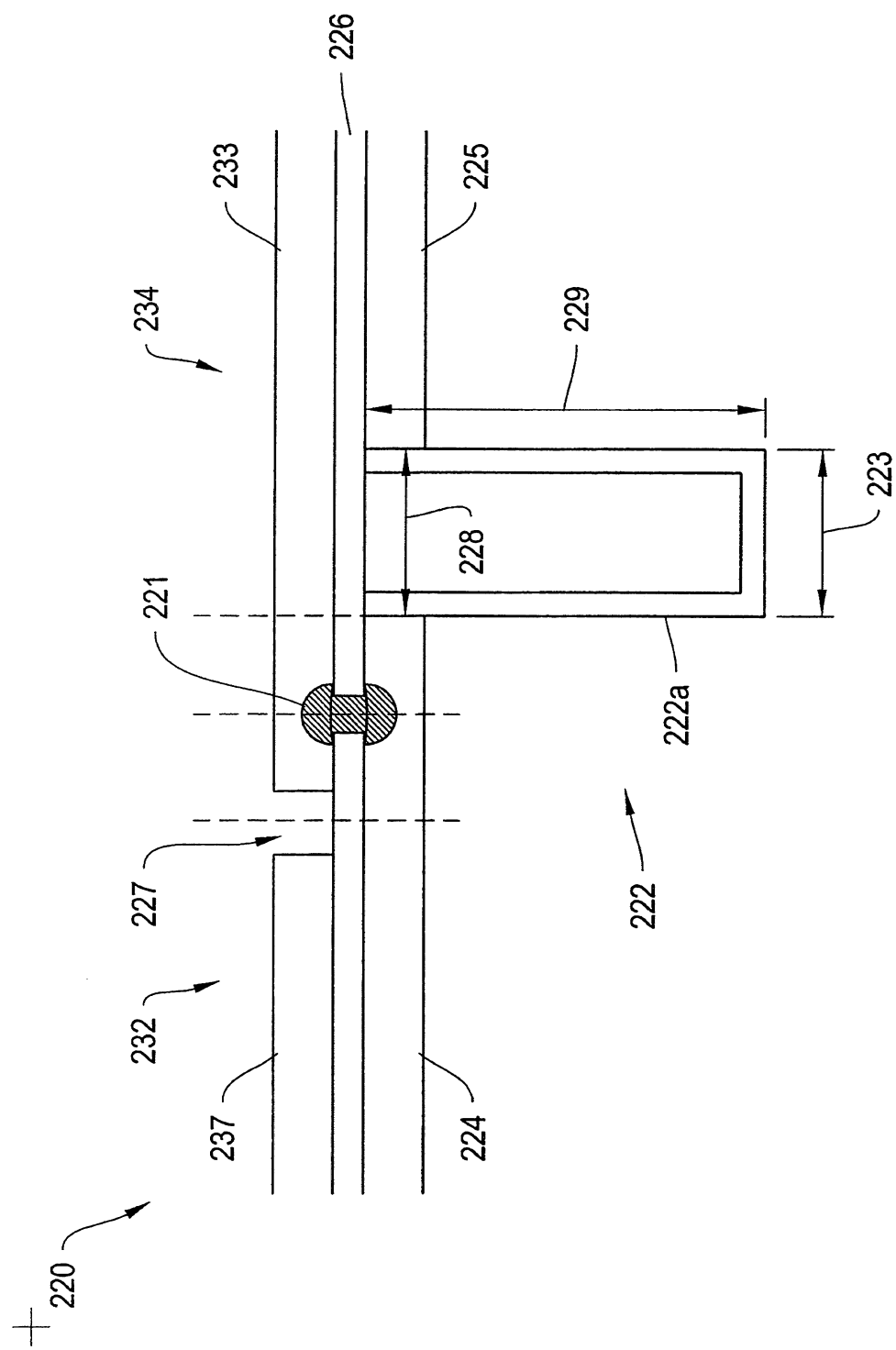
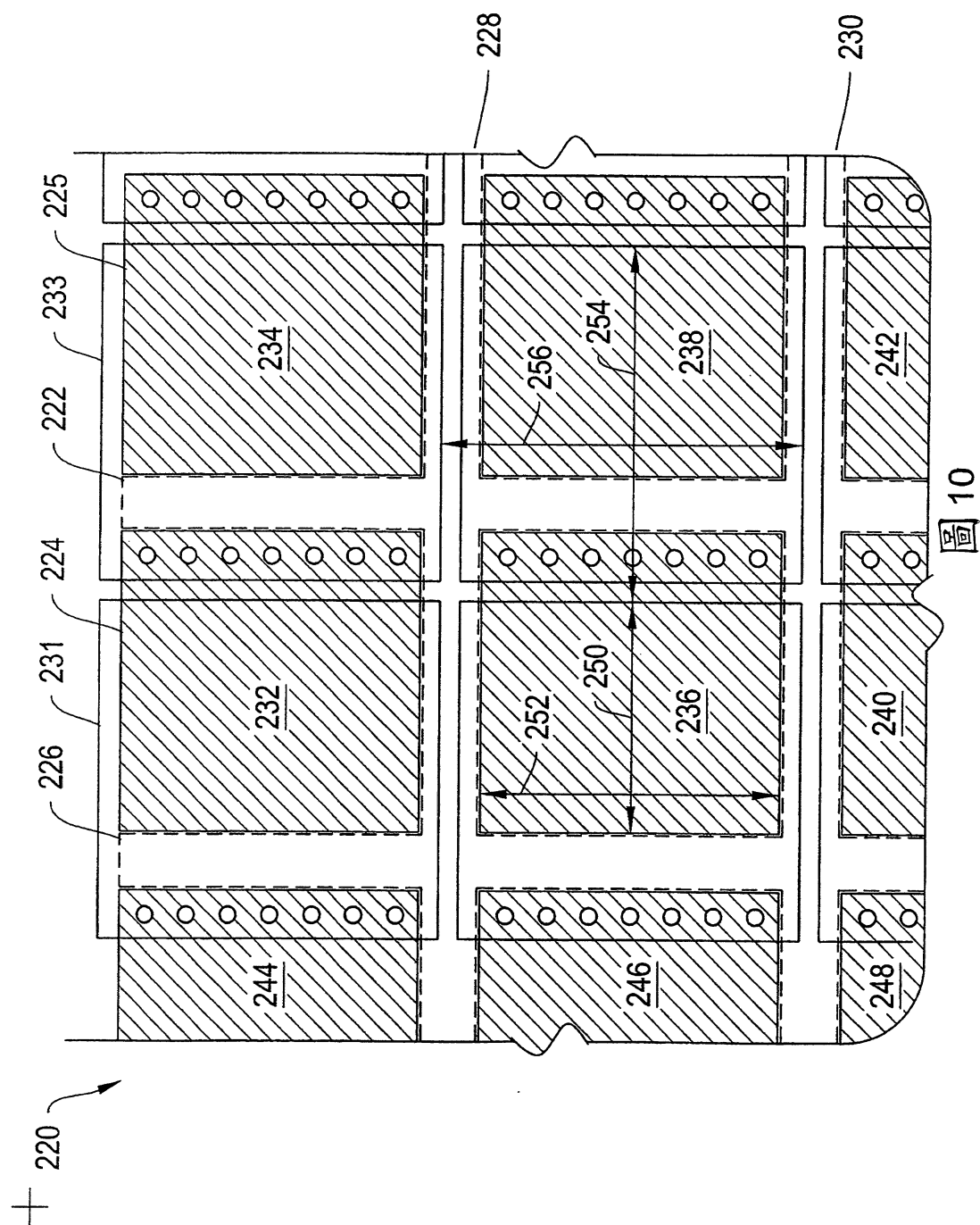
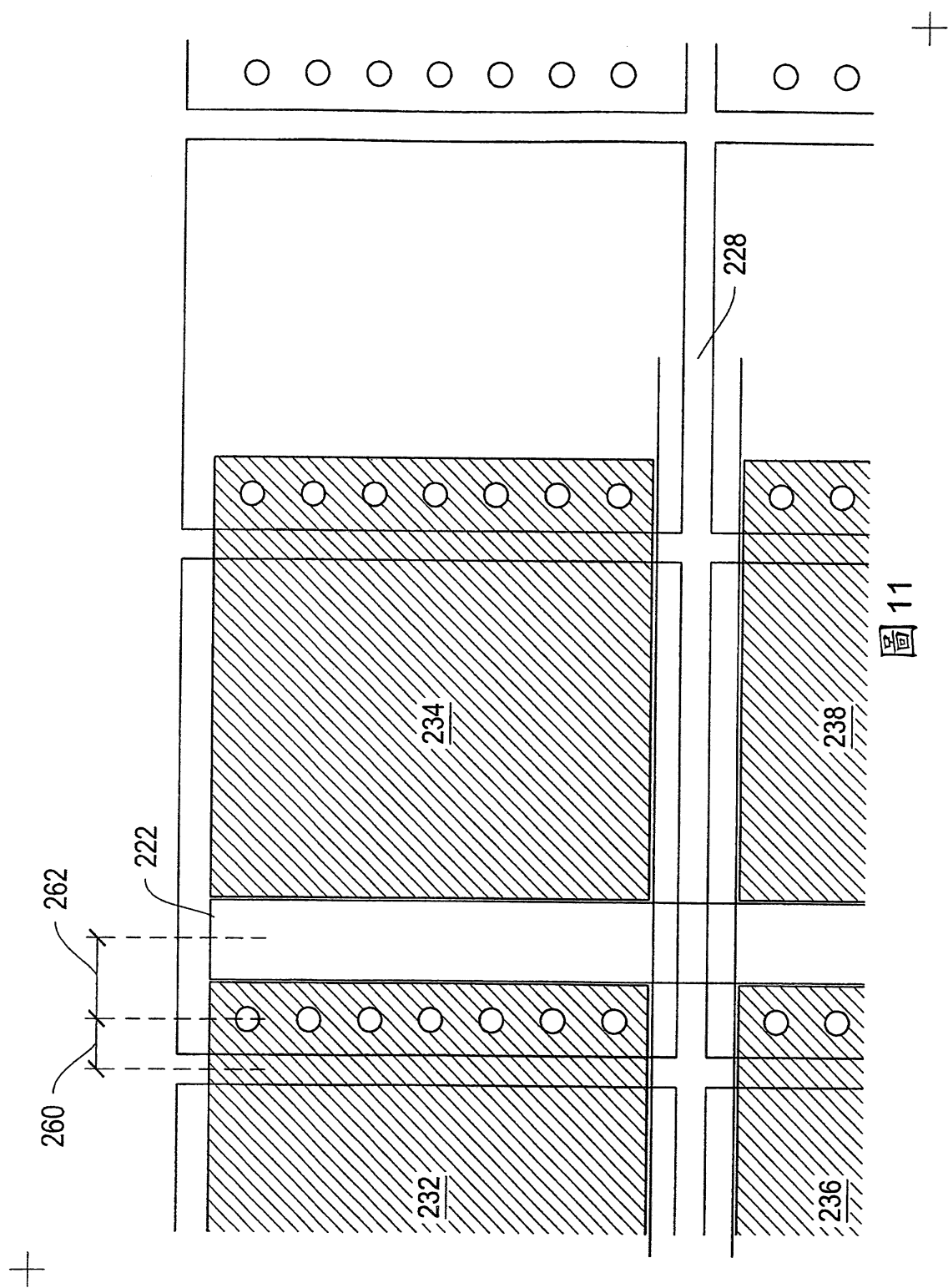


圖 9





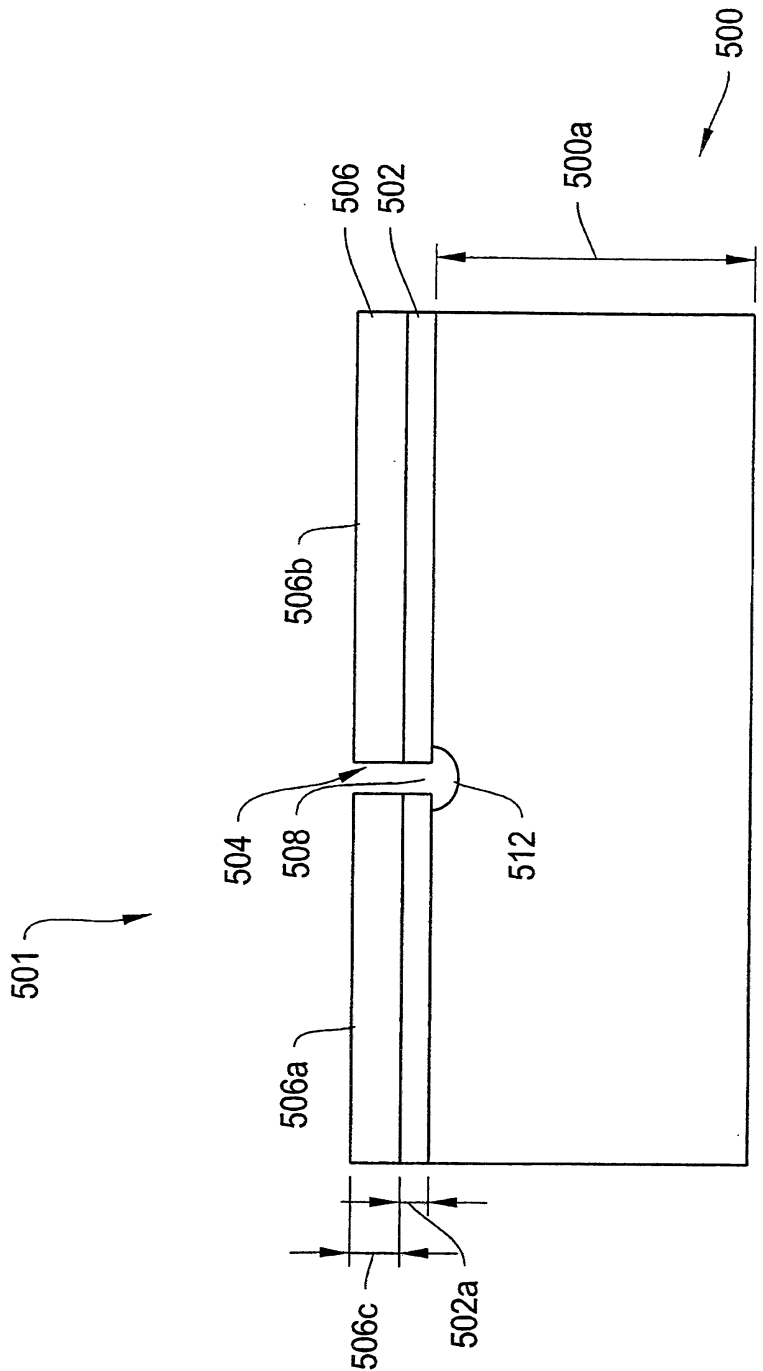


圖 12

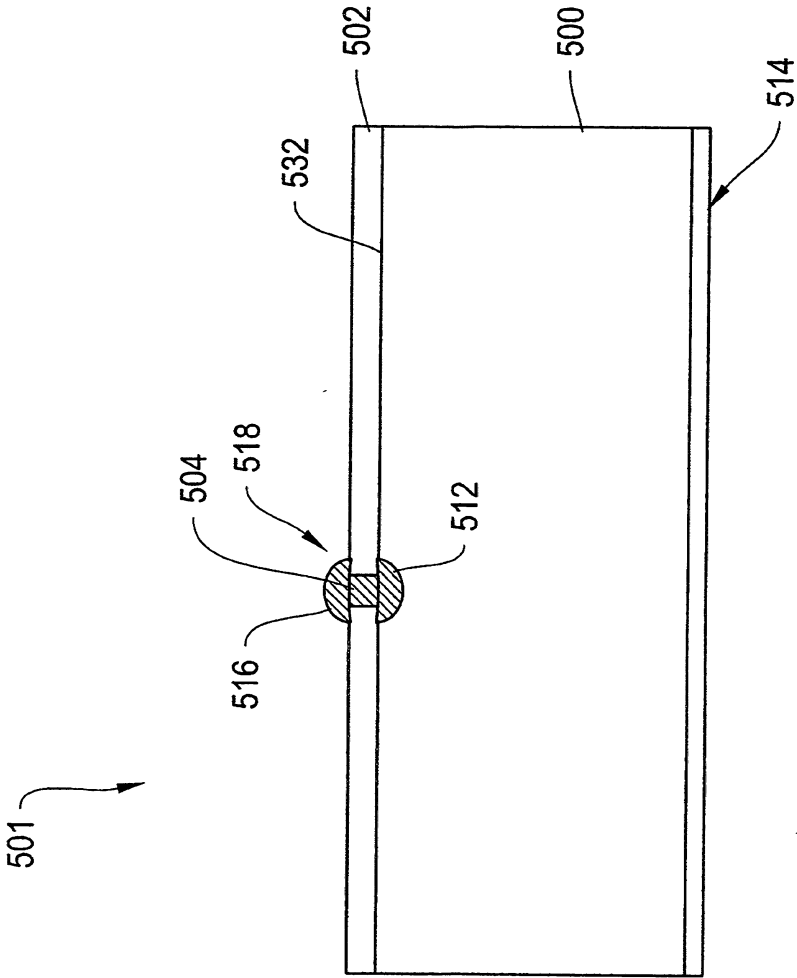


圖 13

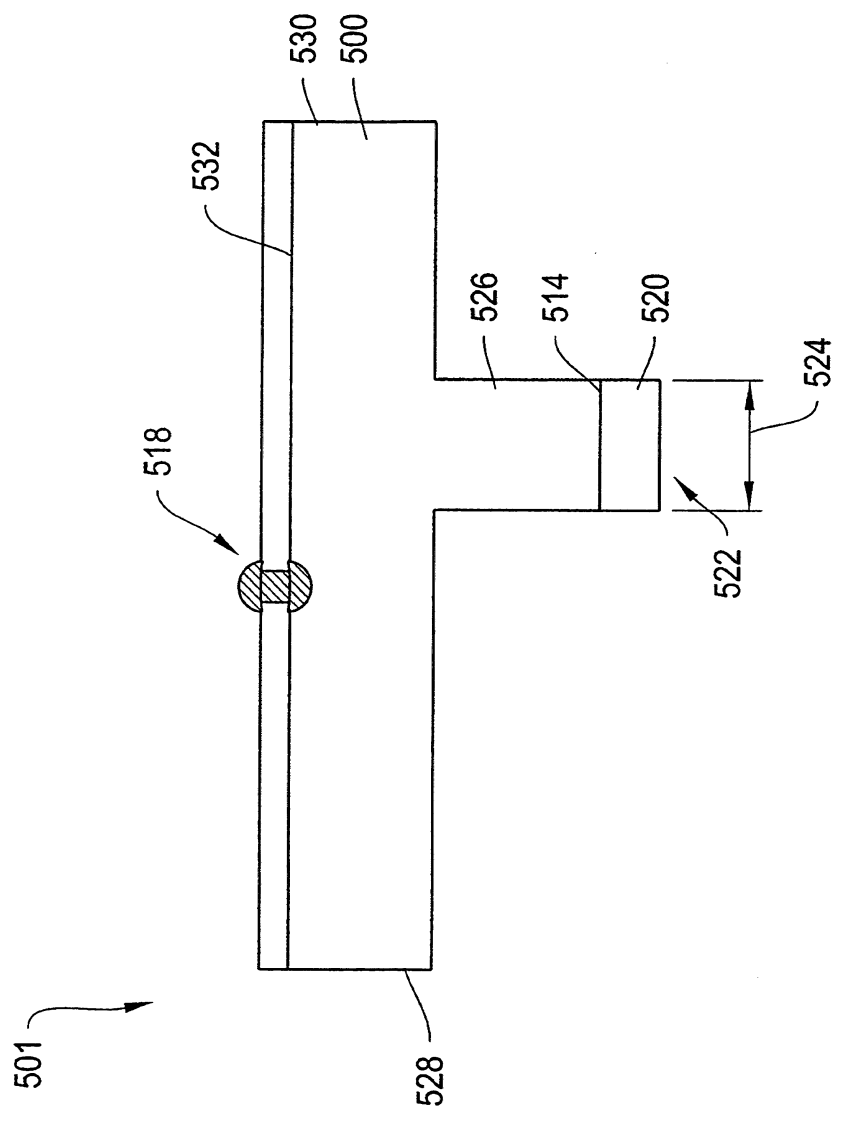


圖 14

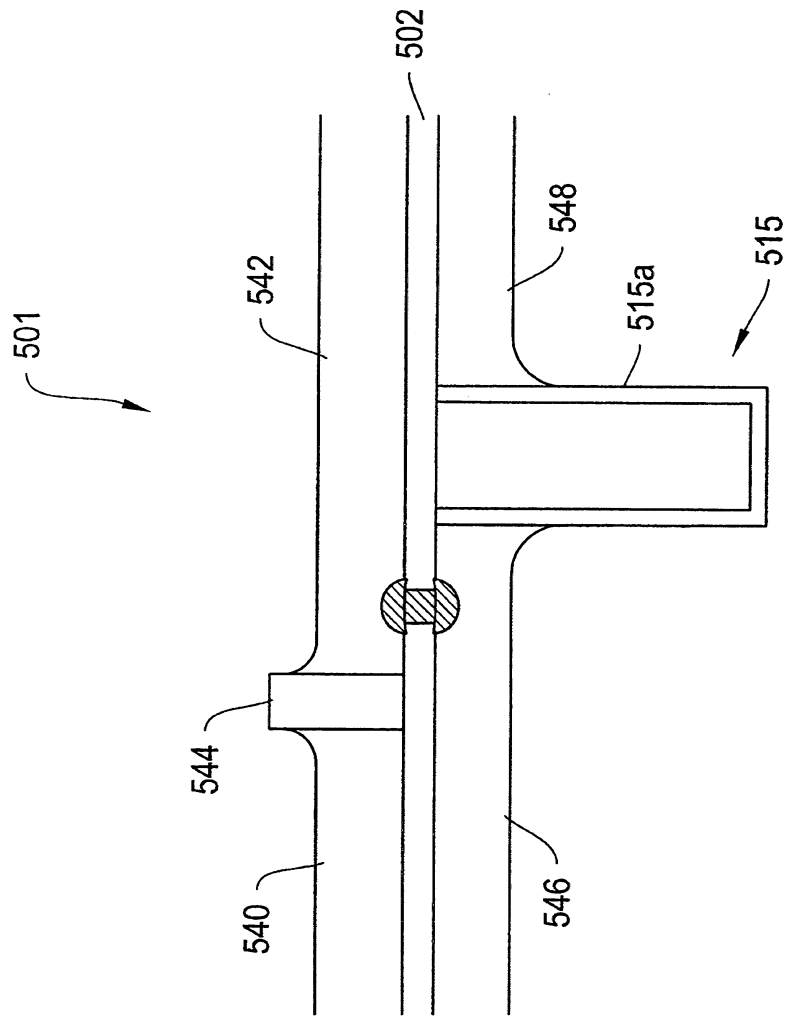
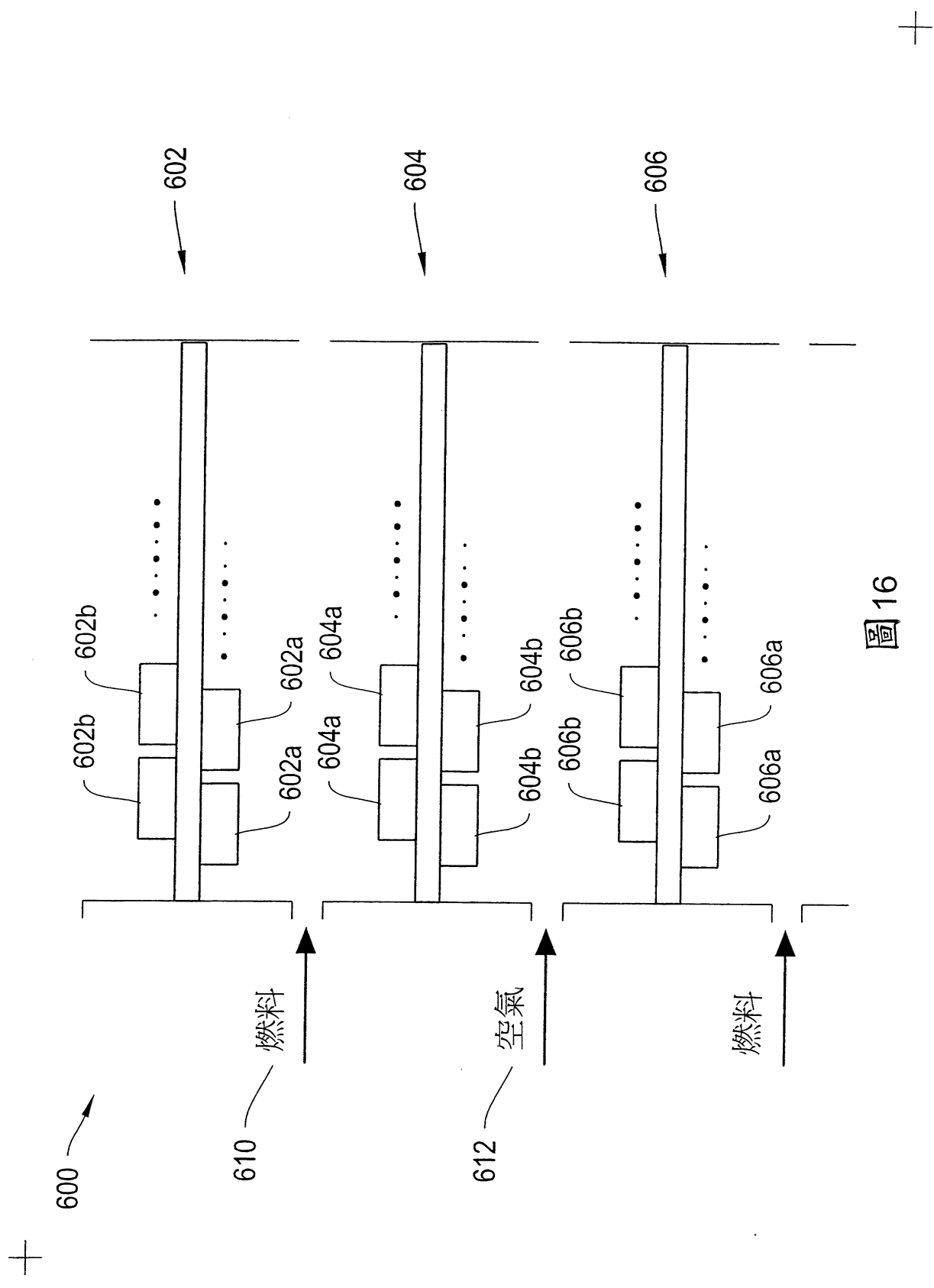
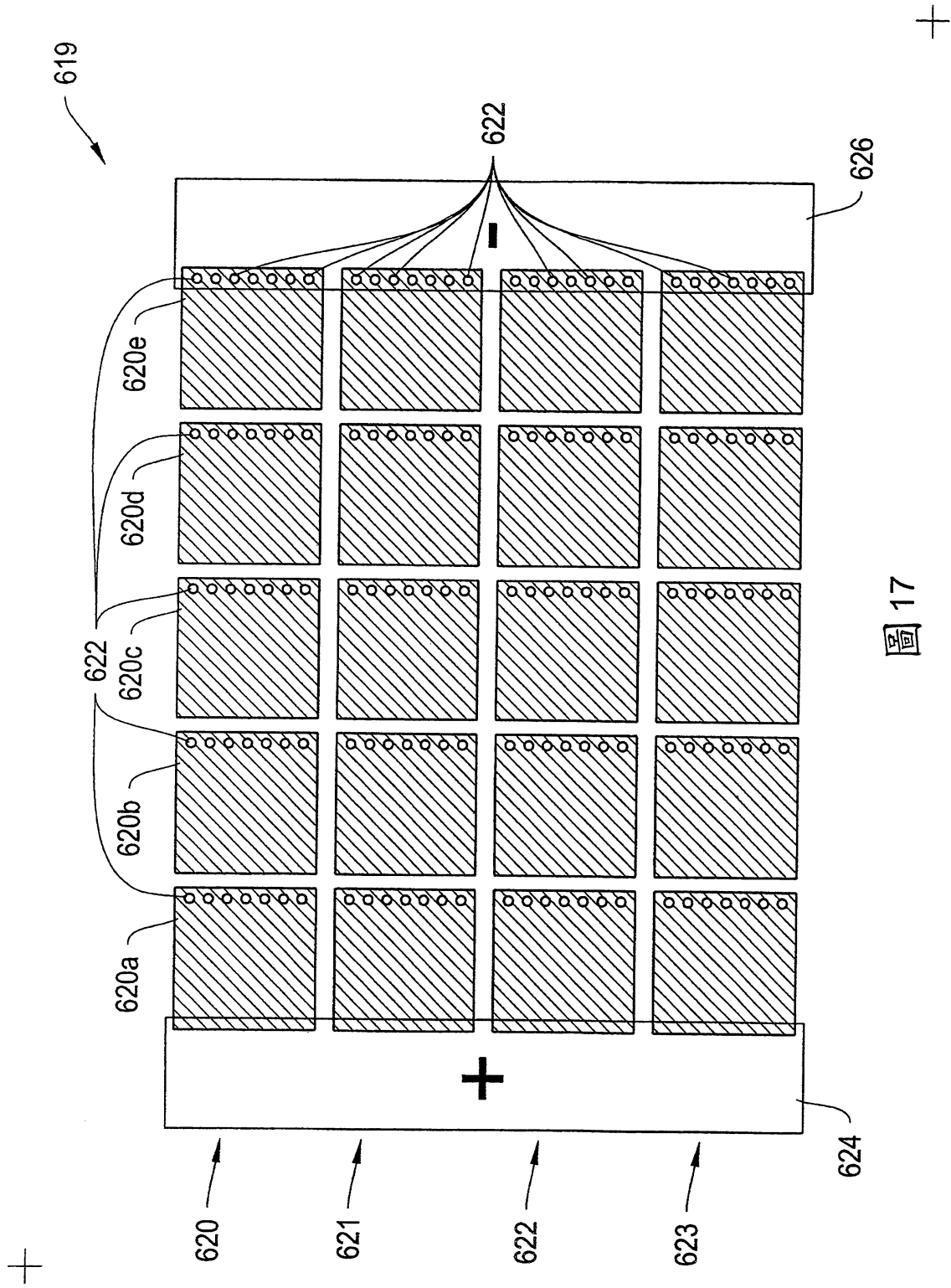
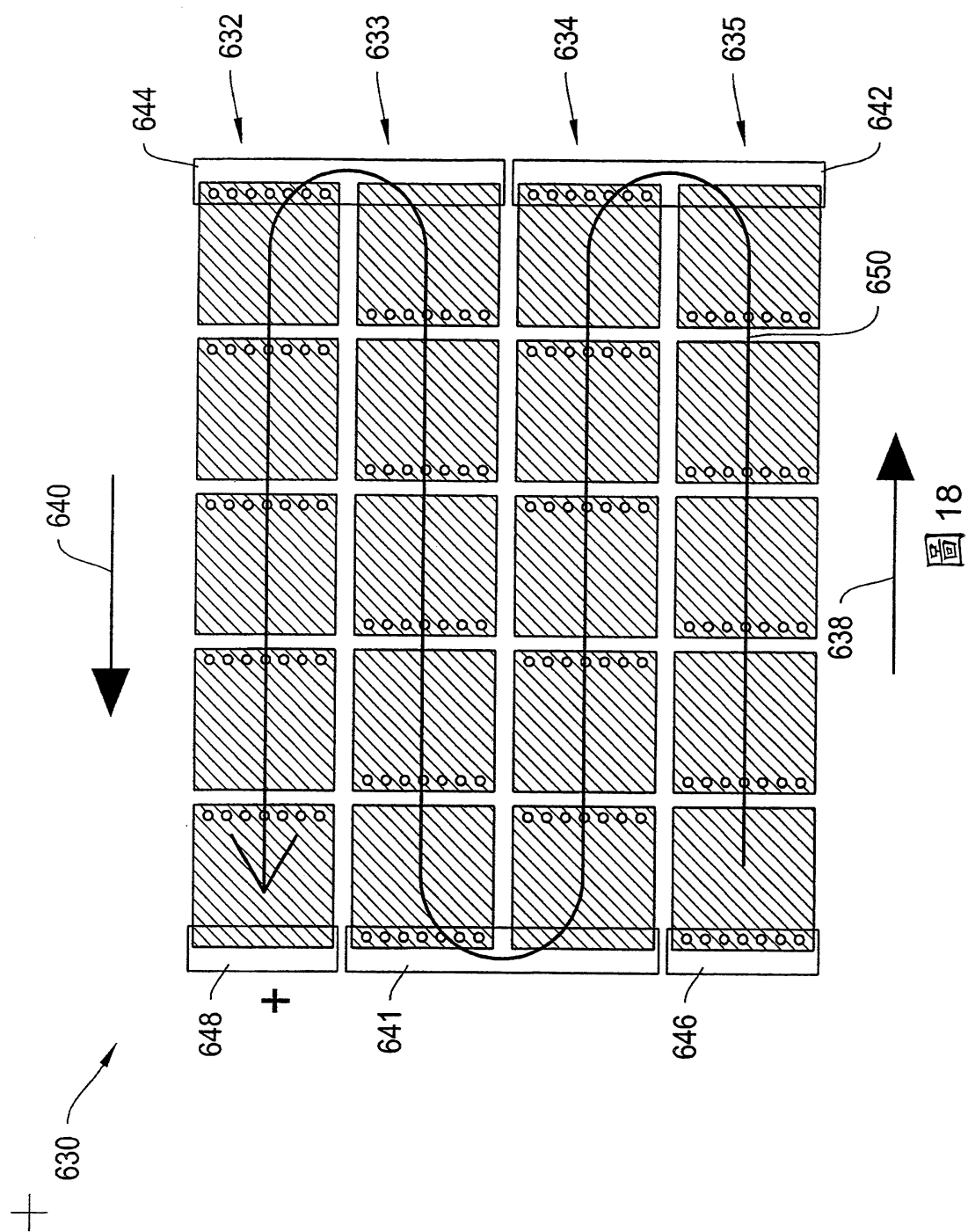


圖 15







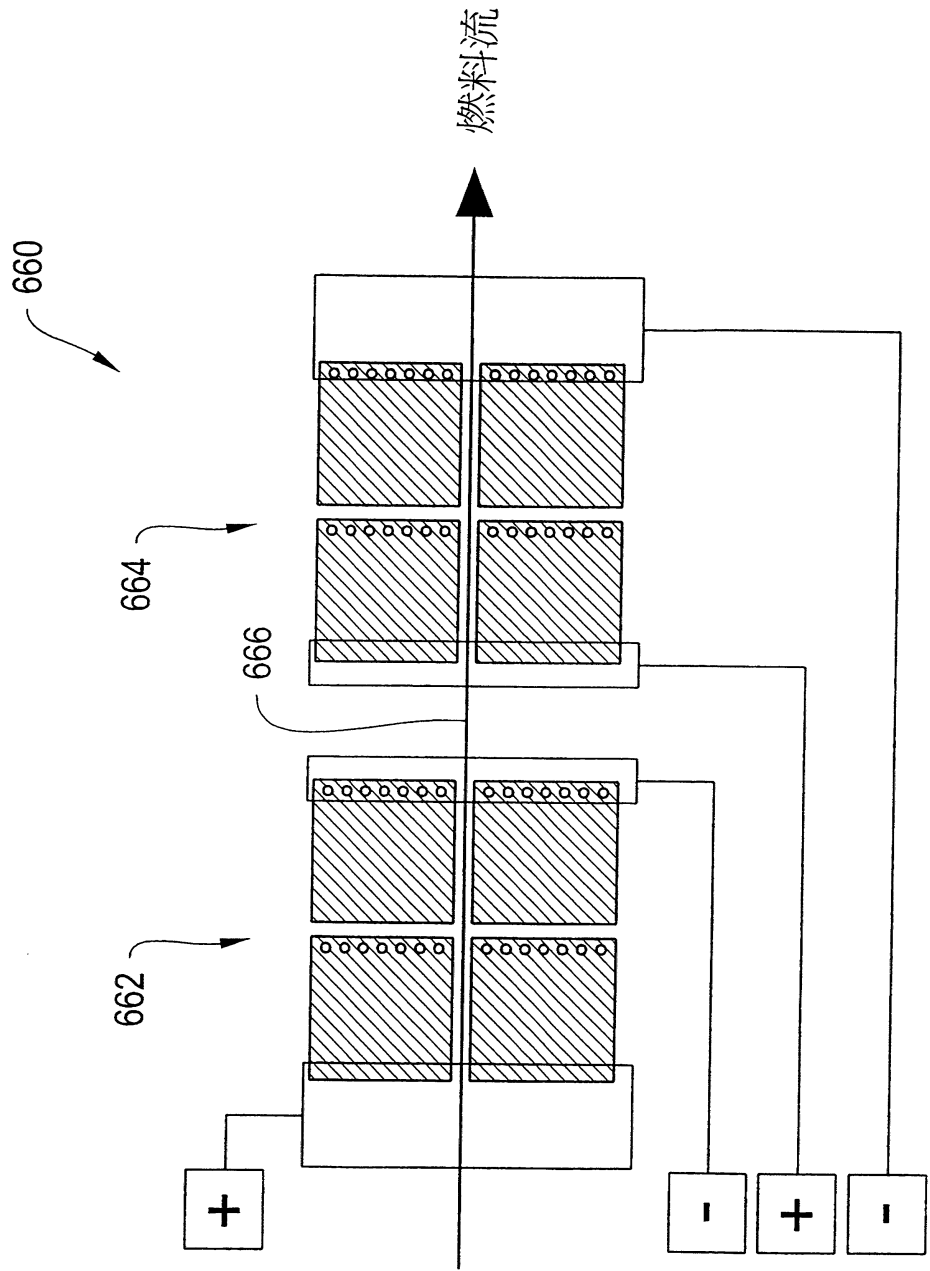


圖 19

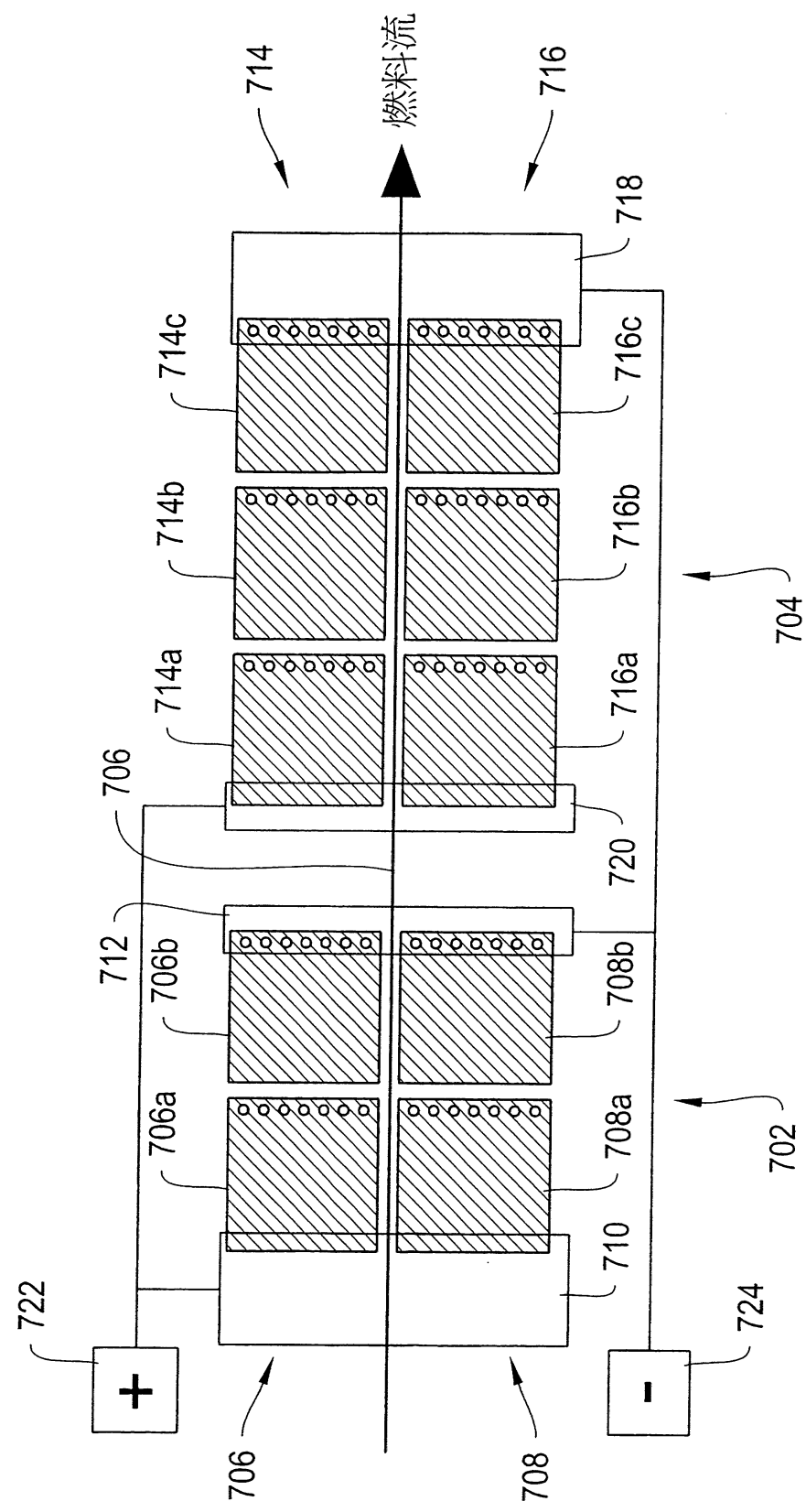


圖 20

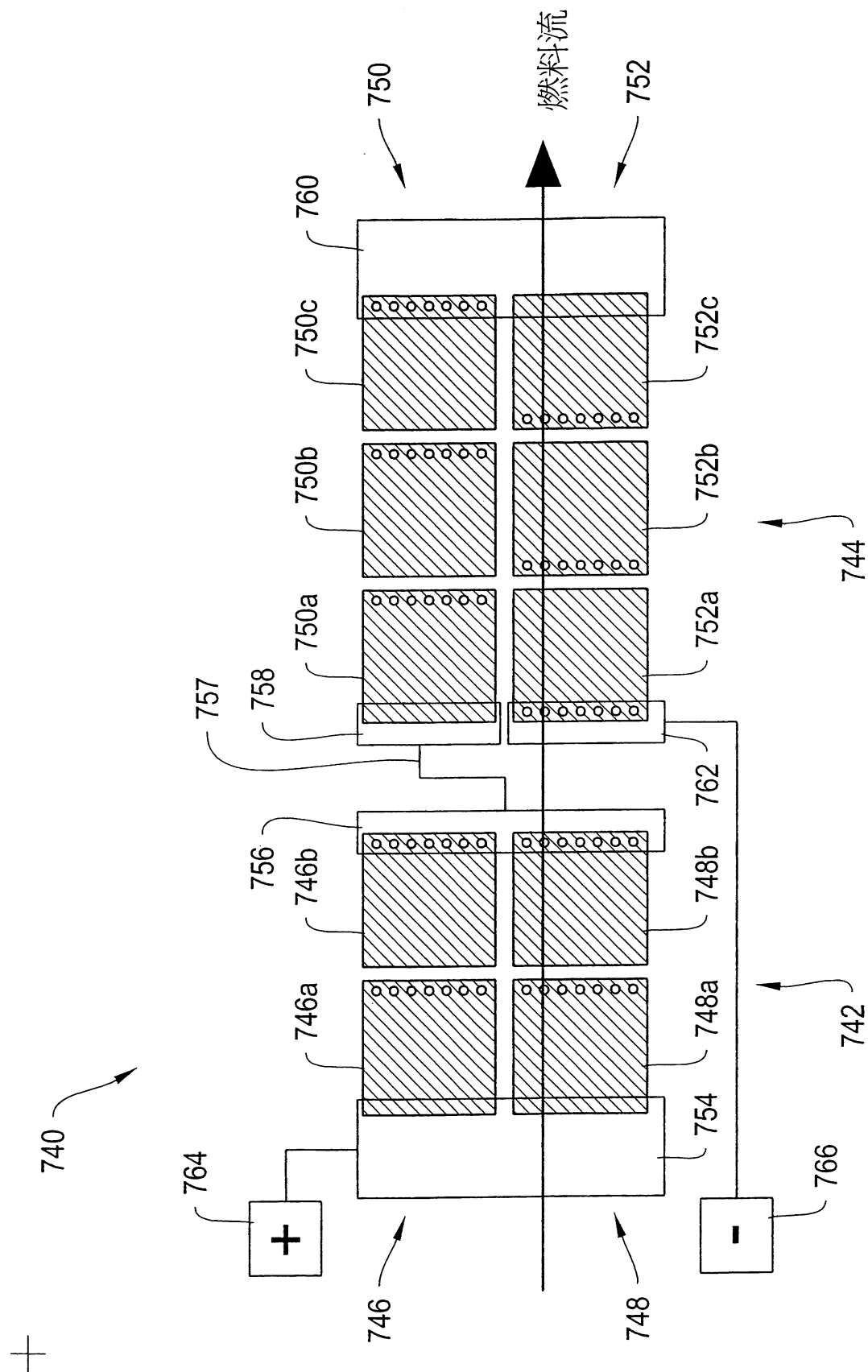


圖 21

+

800

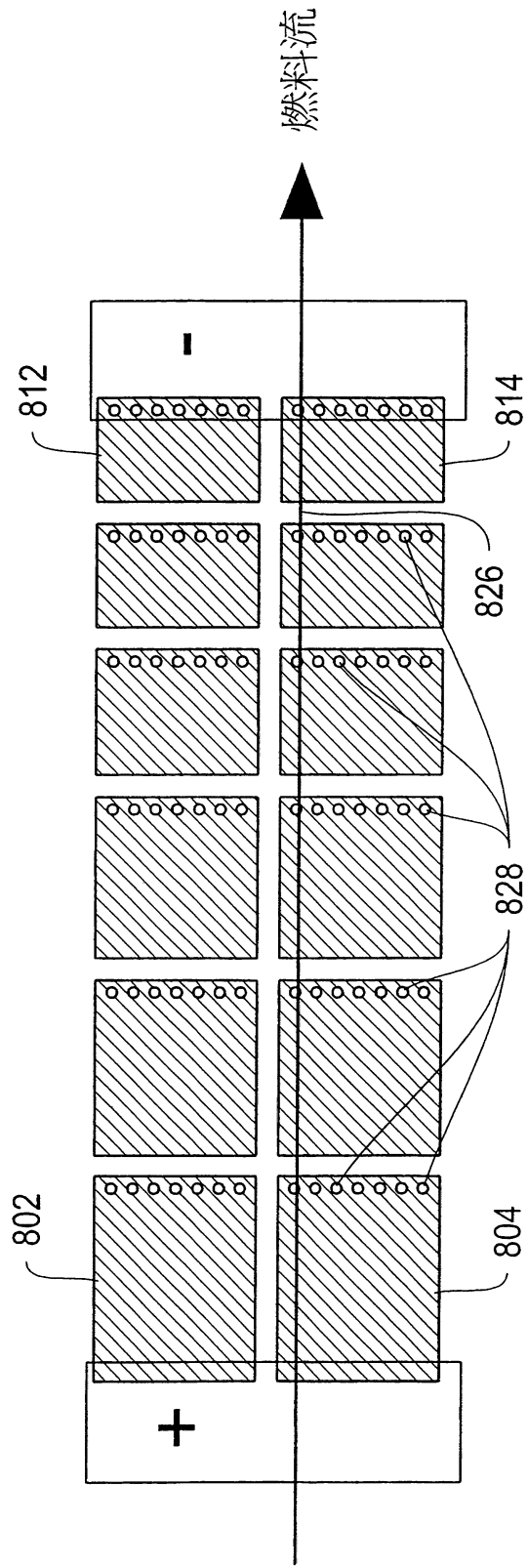


圖 22

+

七、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：

4	陽 極
5	燃 料 電 池 組 件
6	陰 極
7	燃 料 電 池 單 元
10	燃 料 轉 化 器
12	尾 氣 燃 氣 機
14	電 解 膜 層
14a	內 表 面
14b	外 表 面
15	空 氣 繞 送 層
16	電 解 膜 層
16a	內 表 面
16b	外 表 面
18	內 殼 體
20	燃 料 流
21	路 徑
26	空 氣 流
28	絕 緣 體
30	外 殼 體
32	燃 料 入 口
40	輻 射 反 射 體
42	吸 氣 材 料
44	結 構 性 支 撐

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)

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：96115452

※ 申請日期：96.5.1

※IPC 分類：H01M8/24 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

用於堆積燃料電池的系統及方法

SYSTEMS AND METHODS FOR STACKING FUEL CELLS

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

小人國系統公司 / Lilliputian Systems Inc.

代表人：(中文/英文)

山謬 B 史雀維茲 / SCHAEVITZ, SAMUEL B.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國麻州威明頓市強賓路 36 號

36 Jonspin Road, Wilmington, MA 01887, U.S.A.

國 籍：(中文/英文)

美國 / U.S.A.

三、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 山謬 B 史雀維茲 / SCHAEVITZ, SAMUEL B.

2. 亞歷山大 法蘭茲 / FRANZ, ALEKSANDER

3. 渣伽里 拜亞斯 / BYARS, ZACHARY

4. 羅傑 W 巴頓 / BARTON, ROGER W.

國 籍：(中文/英文)

1.~4. 美國 / U.S.A.