



(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 I661602 B

(45)公告日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 01 日

(21)申請案號：106121384

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 27 日

(51)Int. Cl. : H01M4/86 (2006.01)

H01M4/90 (2006.01)

(30)優先權：2017/06/09 中國大陸

201710433158.1

(71)申請人：鴻海精密工業股份有限公司 (中華民國) HON HAI PRECISION INDUSTRY CO., LTD. (TW)

新北市土城區自由街 2 號

(72)發明人：付紅穎 FU, HONG-YING (CN)；李文珍 LI, WEN-ZHEN (CN)

(56)參考文獻：

TW 201515311A

審查人員：吳國宇

申請專利範圍項數：項 圖式數： 共頁

(54)名稱

燃料電池電極及燃料電池

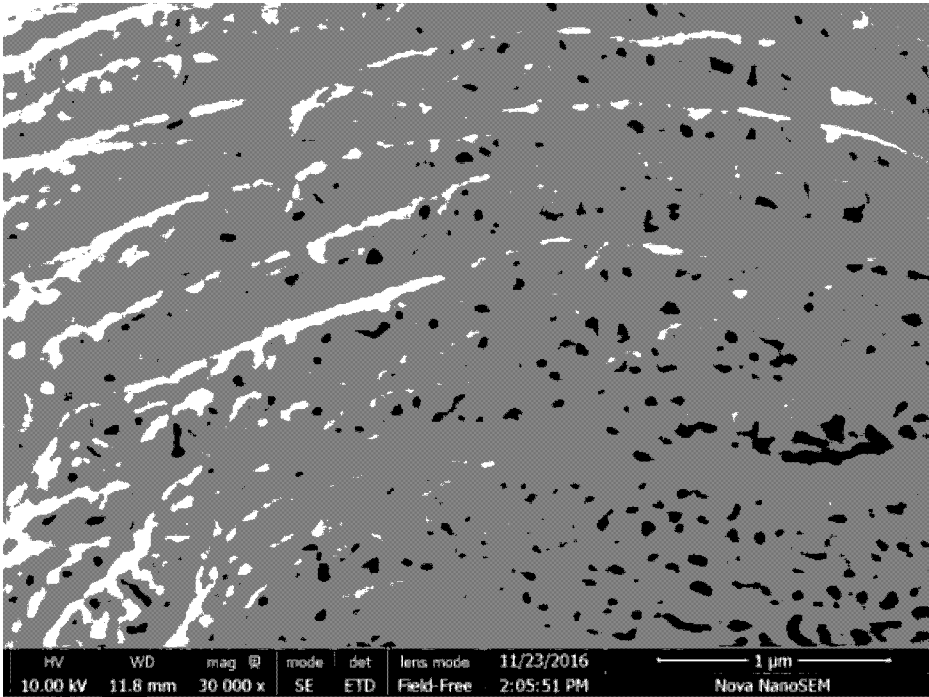
A FUEL CELL ELECTRODE AND A FUEL CELL USING THE SAME

(57)摘要

本發明涉及一種燃料電池電極，該電極包括一多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括一多孔金屬結構及一奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。本發明進一步涉及一種燃料電池。

The invention relates to a fuel cell electrode, comprising a porous metal composite structure, comprising a porous metal structure and a carbon nanotube structure, the carbon nanotube structure is fixed to the surface of the porous metal structure, the carbon nanotube structure comprising a plurality of nanocarbons, the porous metal composite structure includes a plurality of pleated parts. The present invention further relates to a fuel cell.

指定代表圖：



【圖2】

**【發明說明書】**

**【中文發明名稱】** 燃料電池電極及燃料電池

**【英文發明名稱】** A FUEL CELL ELECTRODE AND A FUEL CELL USING THE SAME

**【技術領域】**

**【0001】** 本發明涉及一種燃料電池電極及燃料電池。

**【先前技術】**

**【0002】** 隨著化石燃料的日益枯竭及化石燃料引起的環境污染，人們努力去尋找新的清潔能源。先前，最具有應用前景的是燃料電池，燃料電池作為一種把有機小分子的化學能轉化成電能的能源，具有低雜訊、可持續、無污染的優點。燃料電池裝置的性能與其電極材料中的催化劑性質密切相關，當前燃料電池中的催化劑的活性較低，穩定性較差且價格昂貴，成為了制約燃料電池發展的主要因素，因此開發高效、穩定的電催化劑，是解決當前能源問題的一個重要途徑。

**【0003】** 當前，人們採用低維奈米催化劑作為新的電催化劑，常見的低維奈米催化劑可以為奈米顆粒、奈米棒、奈米花等形狀，該低維奈米催化劑具有很大的比表面積。在應用該低維奈米催化劑時，需要引入各種各樣的添加劑，用來支撐催化劑以及收集電子，這些引入的添加劑會導致電極的接觸內阻增大，降低了催化劑的活性。

**【0004】** 為了解決上述問題，先前人們採用奈米多孔金屬來作電極材料，該多孔金屬為Pt、Pd、Au、Ag、Cu、Ni等這類本身就具有催化活性的過渡金屬，這些金屬可以直接用於電催化和收集電子。然而，請參閱圖1，該皺縮的奈米多孔金屬存在韌帶連接不完整的現象，容易發生斷裂，使電極材料的韌性差及導電性差，從而減少燃料電池電極及燃料電池的使用壽命。

**【發明內容】**

**【0005】** 有鑑於此，確有必要提供一種使用壽命較長的燃料電池電極及燃料電池。

【0006】一種燃料電池電極，該電極包括一多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括一多孔金屬結構及一奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。

【0007】一種燃料電池，包括正極、負極、電解質以及分別設置於所述正極和負極的氣體流路，該正極與負極分別設置於所述電解質的兩側，所述氣體流路用於供給燃料氣體和氧化劑氣體，所述正極或負極包括一多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括一多孔金屬結構及一奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。

【0008】與先前技術相比較，本發明提供的燃料電池電極及燃料電池中奈米碳管固定於所述多孔金屬結構的表面，且由於奈米碳管具有良好的機械強度及韌性，所述多孔金屬複合結構不容易斷裂，提高了燃料電池電極及燃料電池的韌性。

#### 【圖式簡單說明】

【0009】圖 1 是先前技術中褶皺的奈米多孔金膜在高倍下的掃描電鏡圖。

【0010】圖 2 是本發明實施例提供的形成有  $\text{MnO}_2$  的多孔金屬複合結構在高倍鏡下的掃描電鏡圖。

【0011】圖 3 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構在低倍鏡下的掃描電鏡圖。

【0012】圖 4 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構在高倍鏡下的掃描電鏡圖。

【0013】圖 5 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構的掃描電鏡圖。

【0014】圖 6 是本發明實施例圖 5 中褶皺部的結構示意圖。

【0015】圖 7 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構製備方法的流程示意圖。

【0016】圖 8 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構中奈米多孔金膜的掃描電鏡表徵圖。

【0017】圖 9 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構中第二複合結構的掃描電鏡表徵圖。

【0018】圖 10 是本發明實施例提供的多孔金屬複合結構中第二複合結構的掃描電鏡圖。

【實施方式】

【0019】接下來，根據說明書圖式並結合具體實施例對本發明的技術方案進一步詳細表述。

【0020】本發明提供一種燃料電池電極，該電極為多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括多孔金屬結構和一個奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。

【0021】所述燃料電池電極可僅由多孔金屬複合結構組成，因為一方面所述奈米碳管結構具有良好的機械強度、韌性和導電性，另一方面多孔金屬結構和奈米碳管結構均具有良好的催化性能，所以該多孔金屬複合結構既有導電性又有催化性，可以同時收集電子和進行催化反應。

【0022】請參閱圖 2，所述燃料電池電極可進一步包括催化材料，該催化材料設置於所述多孔金屬複合結構的表面。進一步，所述催化材料位於奈米碳管結構中相鄰奈米碳管之間的間隙和多孔金屬結構的韌帶上。所述催化材料與多孔金屬結構一體化，無需引入任何添加劑，降低了燃料電池電極的內部電阻，提高了燃料電池電極的導電性。

【0023】該催化材料可以為金屬氧化物、金屬等，能夠進一步提高燃料電池電極的催化性能。所述奈米金屬氧化物可以為  $\text{Co}_3\text{O}_4$ 、 $\text{MnO}_2$ 、 $\text{TiO}_2$  等材料，所述催化材料的形狀可以為奈米顆粒、奈米片、奈米花等。所述燃料電池電極可以為正極或負極。本實施例中，將多孔金屬複合結構放入含有  $\text{KMnO}_4$  和水合肼的水溶液中， $\text{KMnO}_4$  被還原形成  $\text{MnO}_2$  顆粒， $\text{MnO}_2$  顆粒形成在奈米碳管結構的表面、奈米碳管結構中相鄰奈米碳管之間的間隙及多孔金屬結構的韌帶上。

【0024】請參閱圖 3 及圖 4，該多孔金屬複合結構包括多孔金屬結構和一個奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。

【0025】所述多孔金屬結構可以為多孔金屬膜、多孔金屬奈米片等任意結構。所述多孔金屬結構呈三維網狀，所述多孔金屬結構包括多個韌帶，該多個韌帶

之間形成多個孔，所述多個孔可以呈規則分佈，如三維雙連續網路形式分佈，也可以呈不規則分佈。所述韌帶的材料為金、銀、鉑中的任意一種。該多個孔的孔徑為奈米級，優選的，所述多個孔的孔徑小於 1000nm。

【0026】所述奈米碳管結構可以通過一連接材料固定於所述多孔金屬結構表面。具體地，所述奈米碳管結構中的奈米碳管與所述多孔金屬結構中的韌帶接觸形成多個接觸面，該接觸面周圍設置有連接材料，使奈米碳管結構不容易脫離多孔金屬結構的表面。優選的，所述連接材料將所述接觸面包裹住。所述連接材料可以為有機粘結材料或金屬材料。所述有機粘結材料可以為苯酚等具有粘結作用的材料，所述金屬材料可以為 Au、Ag、Cu 等。優選的，所述金屬材料與所述多孔金屬結構的材料相同，減小金屬材料與多孔金屬結構中韌帶的接觸電阻。

【0027】請參閱圖 5 及圖 6，所述多個褶皺部 100 相互連接形成一連續結構。該褶皺部 100 由多孔金屬結構 110 和奈米碳管結構 120 共同彎折構成。這一點也可以從上述圖 3 中看出。在所述褶皺部 100 處，奈米碳管結構 120 的褶皺處的奈米碳管可以沿同一方向延伸。具體的，奈米碳管之間通過凡得瓦力首尾相連且沿同一方向排列。可以理解，奈米碳管結構的排列方向也可以不限。

【0028】所述褶皺部為不可逆轉的變形。由於奈米碳管具有良好的韌性，奈米碳管橫穿所述褶皺部，起到加固所述褶皺部的作用，奈米碳管結構與所述多孔金屬結構固定形成的多孔金屬複合結構具有良好的韌性，褶皺部不容易發生斷裂，該多孔金屬複合結構具備自支持的性能。

【0029】請參閱圖 7，本發明實施例進一步提供一種多孔金屬複合結構的製備方法，其包括以下步驟：

【0030】步驟 S20，提供一基板；

【0031】該基板的材料選擇受熱能夠收縮的材料。優選的，所述基板為塑膠板，該塑膠板的材料為聚苯乙烯、聚丙烯、聚對苯二甲醇乙二醇酯等。本實施例中，該塑膠板的材料為聚苯乙烯。

【0032】步驟 S30，在所述基板的表面固定多孔金屬結構，形成第一複合結構；

【0033】所述固定的方法不限，在某個實施例中，可以通過加熱所述基板，使基板稍微熔化從而粘住所述多孔金屬結構，優選的，將基板與多孔金屬結構在 80°C 的溫度下加熱 30min~60 min；在另外一個實施例中，通過在所述基板與所述

多孔金屬結構的接觸面周圍生長金屬，具體的，將所述第一複合結構轉移到含有  $\text{Au}^+$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cu}^+$  等任意一種金屬離子溶液中，在所述含有金屬離子的溶液中添加還原劑形成金屬顆粒，該金屬顆粒通過化學鍍的方式沉積在所述多孔金屬結構中韌帶與奈米碳管結構中奈米碳管的接觸處周圍，從而使多孔金屬結構固定在基板的表面。本實施例中，將基板與多孔金屬結構在  $80^\circ\text{C}$  的溫度下加熱 30min，加熱過程中所述基板的表面稍微發生熔融，多孔金屬結構粘合在所述基板的表面。

【0034】所述多孔金屬結構的獲取方法不限，可以為目前市場上售賣的各種多孔金屬，也可以自行製備。本實施例中，所述多孔金屬結構為奈米多孔金膜，該奈米多孔金膜通過化學腐蝕的方法製備得到，具體方法如下：

【0035】S31，提供一 Au-Ag 合金薄膜。

【0036】該 Au-Ag 合金薄膜為表面光滑的薄膜材料，具有銀白色的光澤，其厚度範圍為 50nm-200nm。該 Au-Ag 合金薄膜的尺寸不限，可以根據需要任意選擇。本實施例中，所述 Au-Ag 合金薄膜的厚度為 100nm，該 Au-Ag 合金薄膜中所述金原子的百分比為 35%，銀的原子百分比為 65%。

【0037】S32，將所述 Au-Ag 合金薄膜放置於濃硝酸溶液中，直到該 Au-Ag 合金薄膜由銀白色變成棕紅色，形成奈米多孔金膜。

【0038】所述濃硝酸的濃度範圍可為 50%-80%。通過玻璃片靜電吸附將該 Au-Ag 合金薄膜轉移到所述濃硝酸溶液中。本實施例中，所述濃硝酸的濃度為 70%。所述 Au-Ag 合金中的 Ag 與濃硝酸進行反應，當 Ag 與濃硝酸反應完全後，所述 Au-Ag 合金薄膜變成棕紅色，此時，所述 Au-Ag 合金薄膜的表面形成多個不規則的孔，從而形成奈米多孔金膜。

【0039】請參閱圖 8，所述奈米多孔金膜具有多個孔，多個孔之間通過韌帶連接，該多個孔的孔徑及韌帶尺寸與所述 Au-Ag 合金薄膜腐蝕的時間、濃硝酸濃度等因素有關。

【0040】S33，將所述奈米多孔金膜放置於去離子水中進行清洗。

【0041】採用玻璃片將所述形成的奈米多孔金膜轉移到去離子水中浸泡清洗，在浸泡過程中不斷更換去離子水，使殘留在所述奈米多孔金膜韌帶上的硝酸徹底清洗掉。

【0042】步驟 S40，在所述第一複合結構中多孔金屬結構的表面固定一個奈米碳管結構，形成第二複合結構；

【0043】請參閱圖 9 及圖 10，所述奈米碳管結構可以機械平鋪在所述多孔金屬結構的表面，該奈米碳管結構可以為線狀結構，如奈米碳管線，或可以為一奈米碳管膜狀結構。

【0044】所述奈米碳管線可以為一條或多條，當所述奈米碳管線為多條時，該多條奈米碳管線可以並排設置成束狀結構，也可以交叉設置成網狀結構，或者將該多條奈米碳管線相互扭轉形成一相互纏繞的絞線結構。

【0045】所述奈米碳管線可以為一非扭轉的奈米碳管線或扭轉的奈米碳管線。

【0046】該非扭轉的奈米碳管線包括多個沿該非扭轉的奈米碳管線長度方向排列的奈米碳管，該多個奈米碳管基本相互平行，且該奈米碳管的軸向基本平行於該奈米碳管線的長度方向。具體地，該非扭轉的奈米碳管線中的沿非扭轉奈米碳管線軸向上的相鄰的奈米碳管通過凡得瓦力首尾相連。該非扭轉的奈米碳管線長度不限，直徑為 0.5 奈米~100 微米。進一步地，該非扭轉的奈米碳管線可以用有機溶劑處理。

【0047】所述扭轉的奈米碳管線包括多個繞該扭轉的奈米碳管線軸向螺旋排列的奈米碳管。該扭轉的奈米碳管線可採用一機械力將所述非扭轉的奈米碳管線兩端沿相反方向扭轉獲得。

【0048】上述扭轉的奈米碳管線和非扭轉的奈米碳管線均由於其中的奈米碳管之間通過凡得瓦力緊密結合而使得該扭轉的奈米碳管線和非扭轉的奈米碳管線均具有自支撐結構。所述自支撐為奈米碳管線不需要大面積的載體支撐，而只要相對兩邊提供支撐力即能整體上懸空而保持自身線狀狀態，即將該奈米碳管線置於（或固定於）間隔一定距離設置的兩個支撐體上時，位於兩個支撐體之間的奈米碳管線能夠懸空保持自身線狀狀態。

【0049】所述奈米碳管膜狀結構可以為奈米碳管拉膜、奈米碳管絮化膜或奈米碳管碾壓膜中任意一種膜狀結構。兩種以上膜狀結構的組合。當該奈米碳管膜狀結構為兩種以上膜狀結構，該兩種以上膜狀結構可以為共面設置或層疊設置，當該兩種以上膜狀結構層疊設置時，相鄰兩層奈米碳管膜狀結構中奈米碳管之間的夾角可以為  $0^{\circ} \leq \alpha \leq 90^{\circ}$ 。



【0050】所述奈米碳管拉膜可以為一層或多層，當奈米碳管拉膜為多層時，該多層奈米碳管拉膜可以為共面設置或層疊設置。本實施例中，所述奈米碳管結構為奈米碳管拉膜，由於該奈米碳管拉膜中的奈米碳管通過凡得瓦力首尾相連且沿同一方向延伸，能夠減小所述多孔金屬複合結構的內部阻抗，提高其導電性。

【0051】所述奈米碳管拉膜為由若干奈米碳管組成的自支撐結構。所述若干奈米碳管基本沿同一方向擇優取向排列，所述擇優取向排列是指在奈米碳管拉膜中大多數奈米碳管的整體延伸方向基本朝同一方向。而且，所述大多數奈米碳管的整體延伸方向基本平行于奈米碳管拉膜的表面。進一步地，所述奈米碳管拉膜中大多數奈米碳管是通過凡得瓦力首尾相連。具體地，所述奈米碳管拉膜中基本朝同一方向延伸的大多數奈米碳管中每一奈米碳管與在延伸方向上相鄰的奈米碳管通過凡得瓦力首尾相連。當然，所述奈米碳管拉膜中存在少數隨機排列的奈米碳管，這些奈米碳管不會對奈米碳管拉膜中大多數奈米碳管的整體取向排列構成明顯影響。

【0052】所述奈米碳管碾壓膜可以為一層或多層，當奈米碳管碾壓膜為多層時，該多層奈米碳管碾壓膜可以為共面設置或層疊設置。

【0053】所述奈米碳管碾壓膜包括均勻分佈的奈米碳管，該奈米碳管無序，沿同一方向或不同方向擇優取向排列。優選地，所述奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管基本沿同一方向延伸且平行於該奈米碳管碾壓膜的表面。所述奈米碳管碾壓膜中的奈米碳管相互交疊，從而使所述奈米碳管碾壓膜的表面較為粗糙。所述奈米碳管碾壓膜中奈米碳管之間通過凡得瓦力相互吸引並形成多個間隙。該奈米碳管碾壓膜具有很好的柔韌性，可以彎曲折疊成任意形狀而不破裂。所述奈米碳管絮化膜可以為一層或多層，當奈米碳管絮化膜為多層時，該多層奈米碳管絮化膜可以為共面設置或層疊設置。

【0054】所述奈米碳管絮化膜包括相互纏繞的奈米碳管。該奈米碳管之間通過凡得瓦力相互吸引、纏繞形成網狀結構，從而使所述奈米碳管絮化膜的表面較為粗糙。所述奈米碳管絮化膜中的奈米碳管為均勻分佈，無規則排列。

【0055】所述固定奈米碳管結構的方法有兩種：(一)通過有機粘結材料來固定：在所述第一複合結構中奈米碳管結構的表面滴加有機粘結材料，該有機粘結材料通過所述奈米碳管中的間隙進入所述多孔金屬結構，該有機粘結材料將所述

多孔金屬結構和奈米碳管結構的接觸面包裹住；（二）通過金屬材料固定：將所述第二複合結構轉移到含有  $\text{Au}^+$ 、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cu}^+$  等任意一種金屬離子溶液中，在所述含有金屬離子的溶液中添加還原劑形成金屬顆粒，該金屬顆粒通過化學鍍的方式沉積在所述多孔金屬結構中韌帶與奈米碳管結構中奈米碳管的接觸處周圍，從而使多孔金屬結構和奈米碳管結構結合在一起。本實施例中，將第一複合結構轉移到含有  $\text{Au}^+$  溶液中，採用水合肼對  $\text{Au}^+$  進行還原生成  $\text{Au}$ ，生成的  $\text{Au}$  包裹所述韌帶與奈米碳管的接觸面周圍。

【0056】步驟 S50，使所述第二複合結構發生皺縮，形成一多孔金屬複合結構。

【0057】該第二複合結構發生皺縮的方法不限，只要能夠使所述基板、多孔金屬結構及奈米碳管結構形成的第二複合結構發生褶皺即可。本實施例中，將所述第二複合結構在  $160^\circ\text{C}$  的溫度下加熱 2min，該基板發生皺縮，由於所述多孔金屬結構固定在所述基板表面，奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構表面，因此所述基板發生皺縮的過程中會帶動所述多孔金屬結構與所述奈米碳管膜一起發生皺縮，此時所述多孔金屬結構不容易斷裂，形成的多孔複合結構具有良好的韌性。

【0058】本發明實施例提供的多孔金屬複合結構及其製備方法具有以下優點：其一，奈米碳管具有良好的韌性，提高了多孔金屬複合結構的韌性，使多孔金屬複合結構不容易發生脆斷；其二，由於奈米碳管具有良好的導電性，從而提高了多孔金屬複合結構的導電性。

【0059】本發明進一步提供一種燃料電池，包括正極、負極、電解質以及分別設置於所述正極和負極的氣體流路，該正極與負極分別設置於所述電解質的兩側，所述氣體流路用於供給燃料氣體和氧化劑氣體，所述正極或負極包括一多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括一多孔金屬結構及一奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。

【0060】所述負極或正極分別可以為上述實施例提供的燃料電池電極，在此不一一陳述。

【0061】所述燃料氣體為氫氣、甲醇、乙醇、天然氣或碳氫化合物。本實施例中，所述燃料氣體為氫氣，所述氧化劑氣體為空氣中的氧。所述負極與所述氣體流

路引入的燃料氣體發生氧化反應產生電荷，電荷通過外部回路流入所述正極，參與正極的還原反應。

【0062】本發明實施例提供的燃料電池電極及燃料電池具有如下優點：其一，奈米碳管結構固定於多孔金屬結構的表面，多孔金屬複合結構具有良好的機械強度、韌性和導電性，提高了燃料電池電極及燃料電池的韌性、機械強度和導電性，延長了燃料電池電極及燃料電池的使用壽命；其二，所述多孔金屬結構和奈米碳管結構均具有良好的催化性能，所述燃料電池電極可同時收集電子和進行催化，無需額外引入催化材料，結構簡單、方便；其三，在所述多孔金屬複合結構表面直接形成催化材料，降低了燃料電池電極的內阻，進一步提高了燃料電池電極及燃料電池的導電性。

【0063】綜上所述，本發明確已符合發明專利之要件，遂依法提出專利申請。惟，以上所述者僅為本發明之較佳實施例，自不能以此限制本案之申請專利範圍。舉凡習知本案技藝之人士援依本發明之精神所作之等效修飾或變化，皆應涵蓋於以下申請專利範圍內。

【符號說明】

【0064】無

【生物材料寄存】

【0065】無



I661602

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】燃料電池電極及燃料電池

【英文發明名稱】A FUEL CELL ELECTRODE AND A FUEL CELL USING THE SAME

## 【中文】

本發明涉及一種燃料電池電極，該電極包括一多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括一多孔金屬結構及一奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。本發明進一步涉及一種燃料電池。

## 【英文】

The invention relates to a fuel cell electrode, comprising a porous metal composite structure, comprising a porous metal structure and a carbon nanotube structure, the carbon nanotube structure is fixed to the surface of the porous metal structure, the carbon nanotube structure comprising a plurality of nanocarbons, the porous metal composite structure includes a plurality of pleated parts. The present invention further relates to a fuel cell.

【指定代表圖】第(2)圖

【代表圖之符號簡單說明】

無

【特徵化學式】

無

**【發明申請專利範圍】**

【第 1 項】一種燃料電池電極，其包括一多孔金屬複合結構，該多孔金屬複合結構包括一多孔金屬結構及一奈米碳管結構，該奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面，所述奈米碳管結構包括多根奈米碳管，所述多孔金屬複合結構包括多個褶皺部。

【第 2 項】如請求項第 1 項所述的燃料電池電極，其中，所述燃料電池電極進一步包括催化材料，該催化材料設置於所述多孔金屬複合結構的表面。

【第 3 項】如請求項第 1 項所述的燃料電池電極，其中，所述褶皺部由多孔金屬結構和奈米碳管結構共同彎折構成。

【第 4 項】如請求項第 3 項所述的燃料電池電極，其中，所述褶皺部處的奈米碳管通過凡得瓦力首尾相連且沿同一方向延伸。

【第 5 項】如請求項第 1 項所述的燃料電池電極，其中，所述多個褶皺部相互連接形成一連續結構。

【第 6 項】如請求項第 1 項所述的燃料電池電極，其中，所述多孔金屬複合結構進一步包括一連接材料，該連接材料用於將奈米碳管結構固定在所述多孔金屬結構的表面。

【第 7 項】如請求項第 6 項所述的燃料電池電極，其中，所述連接材料包裹所述多孔金屬結構與奈米碳管結構形成的接觸面。

【第 8 項】如請求項第 6 項所述的燃料電池電極，其中，所述連接材料為有機粘結材料或金屬材料。

【第 9 項】如請求項第 1 項所述的燃料電池電極，其中，所述奈米碳管結構包括多根沿同一方向延伸的奈米碳管。

【第 10 項】一種燃料電池，包括正極、負極、電解質以及分別設置於所述正極和負極的氣體流路，該正極或負極為所述請求項 1-9 中任意一項所述的燃料電池電極。