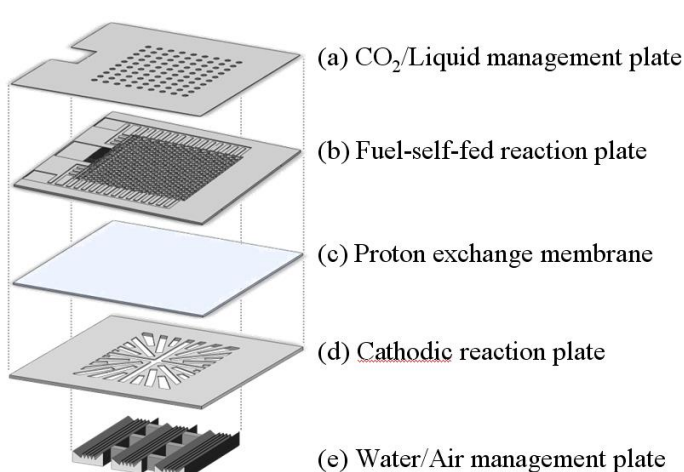


微流體產學技術聯盟可移轉技術摘要表

類別	<input type="checkbox"/> 技術(knowhow) <input checked="" type="checkbox"/> 專利
技術名稱	被動式微型燃料電池
技術所屬領域	氫能與燃料電池
技術簡介 (請加圖片)	<p>一種高效能被動式微型燃料電池(passive micro fuel cell)，包含(a)氣/液分離板、(b)自進料反應板(陽極)、(c)質子交換膜、(d)陰極反應板與(e)自進氣/排水板，如圖 1 所示。該陽極板利用熱毛細力梯度、馬勒岡尼與液珠凝結等微流體作用原理將燃料槽內燃料汲取至輸送微流道中，該燃料再經由交錯排列之微陣列結構快速且均勻地將燃料輸送並散佈於陽極反應區內，此一連串過程無需使用任何外加動力源而可連續且自發性地(spontaneously)運作。緊接著，該燃料傳遞至反應區中密集排列之微陣列反應孔，該反應孔內壁沉積著複數個奈米碳管(carbon nanotube)及奈米顆粒觸媒，此奈微米複合結構設計用以提高反應表面積與加速電催化反應的進行；位於陽極上方之氣/液分離板可將陽極氧化反應所產生二氧化碳與甲醇/水蒸氣透過該板上複數個疏水處理排氣孔與親水梯度之放射狀分佈表面，利用凝結、表面張力梯度及毛細原理來分離二氧化碳與甲醇/水蒸氣並有效地將二氧化碳排至大氣中，同時將凝結水珠經輸送微流道回收至廢液槽內；氧化反應後產生之質子會經由多孔高分子膜傳遞至陰極板，同樣該板之反應孔內壁附著複數個奈米碳管及奈米顆粒觸媒可催化空氣(或氧氣)還原為水。該陰極板下方具有可同時將所需空氣(或氧氣)傳遞至陰極反應板並能自排還原水至排水微通道之高開孔率氣/液管理板。</p>  <p>圖 1、被動式微型燃料電池各元件分解示意圖。</p>

2013年，曾繁根教授實驗室於 *J. Power Sources* 發表一篇具備良好陰極反應效能之矽基微型氫氧燃料電池(圖 2)，其總體積與市售 AA(3 號)乾電池大小相當。本篇研究所整合的關鍵要素分別為：(1)奈/微米複合結構，此結構可提供 3~4 個數量級增加的反應比表面積，有效提升單位電極面積的電流密度( $\sim 300 \text{ mA cm}^{-2}$ )、(2)奈/微交錯(interlock)結構，此設計能夠提供 3 個 MPa 以上膜電極組(membrane electrode assembly, MEA)間的介面強度，並可有效降低 MEA 的介面阻抗、(3)微放射狀反應區設計，此設計搭配液態質子交換膜(liquid Nafion®)填入該電極微結構內之旋佈(spin-coat)技術來有效地控制質子傳遞所需之質子交換膜厚度至奈米等級，可大幅提升陰極端氧氣擴散至反應三相區的能力並促成陰極端提高白金(Pt)觸媒的利用率。圖 3 為全電池性能測試結果，其中僅需使用少量燃料(氫氣/氧氣： $20/40 \text{ ml min}^{-1}$ )即可在 Pt 觸媒承載量僅為  $0.69 \text{ mg cm}^{-2}$  的條件下獲得最佳功率密度高達  $26 \text{ mW cm}^{-2}$ (被動條件： $14 \text{ mW cm}^{-2}$ )。考慮 Pt 觸媒利用率下，相當於  $38 \text{ W g}_{\text{Pt}}^{-1}$ (被動條件： $20 \text{ W g}_{\text{Pt}}^{-1}$ )，此成果已經超越目前所有微型燃料電池相關文獻之功率密度。

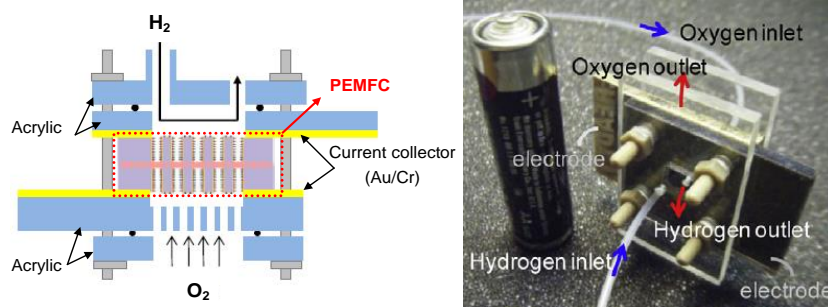


圖 2、微型氫氧燃料電池測試系統(左)與 AA 乾電池比較(右)。

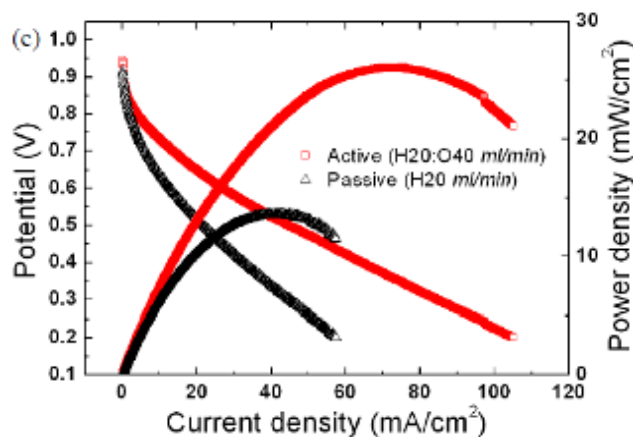


圖 3、矽基微型氫氧燃料電池全電池測試結果。(陰極 □：主動式供應氧氣，△：被動式供應空氣，室溫下操作)

技術特點	<p>本被動式微型燃料電池裝置能夠自發性進行流體輸送與排出等操作，並可維持持續與穩定的發電輸出直至燃料使用完畢，完全無需外加之動力源、感測及控制裝置的輔助。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>被動式操作</b>：有效地解決主動式需藉由微型幫浦、微風扇輸送流體所需消耗的電力，使得該微型燃料電池之燃料消耗能發揮最大的發電效益。</li> <li>2. <b>氣/液分離裝置</b>：藉由表面親疏水處理之微流體結構使氣體與液體能自發性分路傳遞並回收，讓燃料電池穩定發電。</li> <li>3. <b>自推動式進料反應裝置</b>：發展出一無需消耗任何額外能源之陽極自推動式(self-propelled)進料反應裝置，此裝置設計三種奈微流體結構來達到以表面張力與漸縮漸擴(nozzle-diffuser)效應驅動甲醇輸送、反應與 CO<sub>2</sub> 移除。       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 密集排列的微流道(寬度為 2-5 μm)不僅可藉由毛細壓力被動地汲取並輸送甲醇，同時亦可阻擋反應區產生的氣體壓力，防止甲醇逆流(backflow)現象。</li> <li>(2) 利用交錯排列 V 字型微肋板(micro rib)結構，可快速且均勻地將燃料佈滿整個反應區(流速為 5.4 mm s<sup>-1</sup>)。</li> <li>(3) 結合微型孔洞陣列與奈米碳管之奈微結構當作 Pt 的觸媒載體(即反應區)，來增加電催化的反應表面積與有效地排除 CO<sub>2</sub> 產物，進而提升電池的發電效率。</li> </ol> </li> <li>4. <b>電極(陽/陰極)三相反應區</b>：提高燃料/氧化物(分述於第 3 與第 6 點)、觸媒與高分子電解質三者間的有效接觸。       <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 新型開放式觸媒還原系統：成功地於奈米碳管載體上沉積高均勻性、分散性佳與高活性之奈米級顆粒(3~5 nm)Pt 觸媒，用以提供作為燃料電池中電極觸媒之用途。縮短觸媒還原時間(&lt;1.5 h)，相較傳統迴流系統(reflux system): ~4 h；Pt 觸媒呈現較多(1 1 1)晶格面向，提高在甲醇氧化反應的活性；此自製系統所製作之 Pt 電極觸媒於 130 °C 溫度條件下具有優異的電化學性能表現(MA: 435 A g<sub>Pt</sub><sup>-1</sup> and Rct: ~30 Ω·cm<sup>2</sup> vs. reflux system, MA: 100-360 A g<sub>Pt</sub><sup>-1</sup> and Rct: 40-80 Ω·cm<sup>2</sup>)。</li> <li>(2) 旋佈液態高分子電解質技術：提供一種幫助陽極氧化反應所產生的質子能快速且順利藉由質子傳遞路徑(三相區局部 3~5 nm 厚度之質子傳遞薄層)以傳導而非擴散方式穿透多孔高分子膜而抵達陰極進行還原反應，以提高三相區質子的傳遞效率。</li> </ol> </li> </ol>

	<p>5. <b>奈微交錯固定結構</b>：用來提升電極與質子交換膜間的介面強度(增強高達3倍, 3 MPa)。其特色在於介面強度的提升乃透過物理機制並無添加或塗布任何外來的化學物質輔助介面之接合介面強度。</p> <p>6. <b>進氣/排水管理裝置</b>：氣體/液體輸送通道的交錯式結構，在氣體通道具有疏水性質表面而液體通道則具有親水性質表面，可自發性的將氣/液兩相分離並輸送，適用於燃料電池氣態或液態之燃料或產物的輸送。針對氣體的輸送概念是設計一高開孔率且具疏水性質的窗口提供氣體自由擴散的路徑，而液體的輸送乃利用角落流(corner flow)之概念，此乃利用液體容易聚集於角落之特性，導引液體自發性的進入結構的角落。意即若將角落延伸形成具有角落型態之側向流道，則此流道即可被動式的對液體進行收集並快速輸送的動作。為了提供角落流的功能，液體輸送流道相鄰之兩側壁之夾角可以介於<math>0^{\circ}</math>與<math>90^{\circ}</math>之間，且該流道可以為一個或一個以上次級流道所組合而成複合式流道以提升輸送效率，同時能避免水的積存(water flooding)，以持續電池整體的穩定運作。</p>
市場與應用	
可應用範圍	<p><b>可應用產業</b>：綠色能源、電動汽機車、3C 電子產業。</p> <p><b>可應用產品</b>：可攜式行動電源、電子裝置電源與微型燃料電池、微型超級電容、微型能量轉換裝置或生醫電化學檢測晶片。</p> <p><b>可能授權公司</b>：勝光科技、亞太燃料電池科技、大同世界科技、台達電子、碳能科技、泰新能源、揚光綠能(中強光電集團)及新永裕應用科技材料等公司。</p>
競爭力分析 (SWOT 分析)	<p>近來針對可攜式電子產品功能所衍生出電池續航力不足、充電時間冗長與能源環保等議題，燃料電池因具有較二次電池續航力高、可隨時補充以及污染低等優勢可望成為下世代能源技術的主流。微型燃料電池應用市場從 5-10 W 的需求都有(應用於智慧型手機、數位相機與觸控平板電腦等)，若能將單電池進行奈/微型化並透過串接成電池堆(cell stack)，將使其有機會應用於 3C 行動電子裝置上。本研究團隊利用奈微機電系統製程與微電池封裝測試技術，開發出一高效能微型氫氣燃料電池(理論能量密度<math>3,2940 \text{ Wh/kg}</math>)，全電池最佳功率密度高達 <math>26 \text{ mW cm}^{-2}</math> (<math>38 \text{ W}_{\text{gPt}}^{-1}</math>)，其總體積與市售 AA(3 號)乾電池大小相當，此成果已經超越目前所有微型燃料電池相關文獻之功率密度。未來希望整合上述本實驗室所發展電池製作技術將複數個 MEA 串聯成帶狀型電池堆，實現高電壓與高功率輸出之</p>

	<p>高效能微型氫氣燃料電池堆，估計提供 10 W 之 4 顆串聯 MEA 所需電池體積約 4.5 cm × 4.5 cm × 0.3 mm，以期解決傳統鋰離子電池能量密度低(75-160 Wh/kg)、續航力不足的問題。</p>
預估市場價值	<p>在 2010 年，燃料電池產業在全球範圍內總收入超過 <b>7.5</b> 億美元的市場價值[1]，雖然截至 2010 年，在此行業內的上市公司尚未成為有利可圖的。[2]在 2010 年，燃料電池堆的全球出貨量有 <b>140,000</b>，在 2007 年有 11 萬出貨量，在 2010 年全球燃料電池的出貨量的年增長速度為 <b>115%</b>。[3]在 2010 年，燃料電池的出貨量大約 50% 的固定式燃料電池，在 2009 年的出貨量約為三分之一，並且燃料電池產業的四個主要生產國仍然是美國，德國，日本和韓國[4]。</p> <p>[1] Pike Research, “Fuel Cell Industry is Poised for Major Change and Development in 2011,” August 1, 2011.</p> <p>[2] E. Wesoff, “Year-End Reflections on the Fuel Cell Industry in 2010,” Greentech Media, August 3, 2011.</p> <p>[3] “Global Fuel Cell Market by Technology, Application, Component, Installation, Cost, Geography, Trends and Forecasts (2011–2016),” MarketsandMarkets.com, August 1, 2011.</p> <p>[4] K. A. Adamson and W. Clint, “Fuel Cell Annual Report 2011,” Pike Research, August 1, 2011.</p>
專利組合(無專利者免填)	
專利名字	可氣體及液體分離輸送之電極結構及被動式燃料電池
專利國家	中華民國
專利權人	國立清華大學
發明人	曾繁根、彭顯智、陳柏宏
申請號	201131874
證書號	I403018
狀態	<input type="checkbox"/> 審核中 <input checked="" type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>Passive Micro Fuel Cell</b>
專利國家	U.S.
專利權人	National Tsing Hua University
發明人	Fan-Gang Tseng
申請號	11/355,056
證書號	8,227,129
狀態	<input type="checkbox"/> 審核中 <input checked="" type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	可交錯固定之奈微米結構件組及其結構件
專利國家	中華民國

專利權人	國立清華大學
發明人	曾繁根、彭顯智
申請號	099127039
公開號	201206819
狀態	<input type="checkbox"/> 審核中 <input checked="" type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>被動式微型燃料電池</b>
專利國家	中華民國
專利權人	國立清華大學
發明人	曾繁根
申請號	094104435
證書號	I260103
狀態	<input type="checkbox"/> 審核中 <input checked="" type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>燃料電池裝置</b>
專利國家	中華民國
專利權人	財團法人工業技術研究院
發明人	梁世豪、凌守弘、戴椿河、曾繁根、葉易樺、劉庭瑋
申請號	101223552
證書號	M452467
狀態	<input type="checkbox"/> 審核中 <input checked="" type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>Fuel Directing Reaction Device for Passive Fuel Cell</b>
專利國家	U.S.
專利權人	National Tsing Hua University
發明人	Fan-Gang Tseng, Yi-Shiuan Wu, and I-Chi Fang
申請號	13/912,104
公開號	-
狀態	<input checked="" type="checkbox"/> 審核中 <input type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>Method for Preparing Nano-Scale Platinum</b>
專利國家	U.S.
專利權人	National Tsing Hua University
發明人	Fan-Gang Tseng, Yi-Shiuan Wu, Shin-Mei Gong, and Chun-Hsien Wang
申請號	13/683,294
公開號	-
狀態	<input checked="" type="checkbox"/> 審核中 <input type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>被動式燃料電池之進料反應裝置</b>
專利國家	中華民國
專利權人	國立清華大學

發明人	曾繁根、吳宜萱、方逸騏
申請號	101137070
公開號	-
狀態	<input checked="" type="checkbox"/> 審核中 <input type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	奈米級白金之製備方法
專利國家	中華民國
專利權人	國立清華大學
發明人	曾繁根、吳宜萱、龔欣玫、王鈞顯
申請號	101125466
公開號	-
狀態	<input checked="" type="checkbox"/> 審核中 <input type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>Set of Nano/Micro Structured Objects Capable of Interlocking with Each Other and Structured Object Thereof</b>
專利國家	U.S.
專利權人	National Tsing Hua University
發明人	Fan-Gang Tseng, and Hsien-Chih Peng
申請號	20120040129 A1
公開號	-
狀態	<input checked="" type="checkbox"/> 審核中 <input type="checkbox"/> 已獲證
專利名字	<b>Electrode Structure Capable of Separately Delivering Gas and Fluid and Passive Fuel Cell Using the Same</b>
專利國家	U.S.
專利權人	National Tsing Hua University
發明人	Fan-Gang Tseng, Hsien-Chih Peng, and Po-Hung Chen
申請號	20110223503 A1
公開號	-
狀態	<input checked="" type="checkbox"/> 審核中 <input type="checkbox"/> 已獲證