

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

低功率直接甲醇燃料電池之電池組設計與研製

計畫類別： 個別型計畫

計畫編號： NSC91-2212-E-002-099-

執行期間： 91 年 12 月 01 日至 92 年 10 月 31 日

執行單位： 國立臺灣大學機械工程學系暨研究所

計畫主持人： 蘇金佳

報告類型： 精簡報告

處理方式： 本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 2 月 3 日

低功率直接甲醇燃料電池之電池組設計與研製

蘇金佳 李昭仁 侯人友

國立台灣大學機械工程研究所

國科會計劃編號 NSC91-2212-E-002-099

前言：

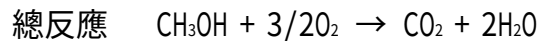
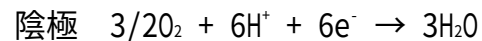
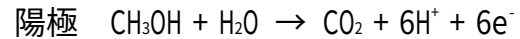
燃料電池為最具潛力的新式能源，由化學能直接轉化為電能，目前發展最多的是質子交換膜燃料電池 (PEMFC)，其中氫燃料電池(HFC)更廣為研究，但是 HFC 的發展受限於儲氫設備的安全性，無法使用於個人電子產品，為一種無法突破的瓶頸。甲醇燃料電池(DMFC)使用液態甲醇，安全性高，為滿足短小輕薄的電子產品，極可能取代傳統電池。

研究目的：

有鑒於直接甲醇燃料(DMFC)電池反應中，化學能轉化為電能效率偏低，若要應用於高電量電子產品仍有待加強，本研究以研製 DMFC 中新型且保有良好的電能、導熱、密封等物理特性。同時考慮到價格、製作成本、是否容易量產等相關因素。配合各種條件之下，例如：甲醇壓力、流量、氧氣濃度、溫度等條件，決定最好的電池效率。

研究方法：

本研究使用甲醇為燃料電池陽極反應物，未經過甲醇重組器。透過質子交換膜和陰極氧氣反應，DMFC 的反應式：



在陽極反應中，所產生的電子 e^- 經雙極板導至外部負載釋放電能，作功之後回到陰極。而氫離子 H^+ 穿過交換膜到達陰極。電子 e^- 和氫離子 H^+ 在陰極結合成水 H_2O 。

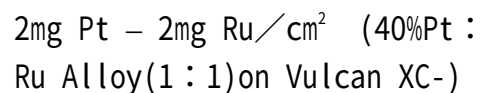
本研究進行過程，分成兩大部分 (1)電池組 (2)相關量測系統，以下分做說明：

1.電池組：

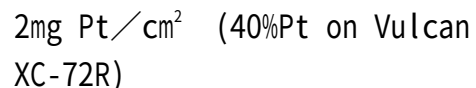
a. 膜極組(MEA)選用：

膜極組(MEA)主要有五層材料所構成：甲醇側觸媒層，氧氣側觸媒層，甲醇側擴散層，氧氣側擴散層，質子交換膜(PEM)。本實驗直接甲醇燃料電池(DMFC)所使用的 MEA 和一般氫氣燃料電池(HFC)構造大致相同，主要分別在於“觸媒層”這部份的差異。

甲醇側觸媒層：



氧氣側觸媒層：



質子交換膜：

Nafion 117 (area = 10cm * 10cm)

甲醇側擴散層：

碳布 Toray Carbon Paper (Wet

Proofed 25wt %)
氧氣側擴散層：
碳布 Toray Carbon paper (Wet
Proofed 25wt %)
(註：觸媒層面積 5cm * 5cm)

b. 雙極板選用：

如同氫氣燃料電池(HFC)一樣，直接甲醇燃料電池(DMFC)也使用雙極板串聯多個 cell 以提供較高電壓。目前現行使用上有石墨板和金屬板二種，石墨缺點質脆易裂、價格高昂，優點耐腐蝕、耐高溫；金屬缺點易腐蝕，優點強度佳、價格低廉。本實驗以甲醇作為反應物，根據理論所產生的廢物有CO、CO₂ 等酸性物質，極可能對金屬雙極板造成腐蝕，若鍍層貴重金屬亦大大提高價錢，一樣不符合需求。故延用傳統石墨雙極板是本實驗的構想。

石墨雙極板：厚 6.5mm * 長 100mm * 寬 100mm

● 雙極流場分析與設計：（如圖一所示）

本實驗陽極是使用甲醇液體，陰極是氧氣（空氣），且中心膜極組（MEA）是使用 Nafion117，兩側電極面積為 5cm*5cm 的規格

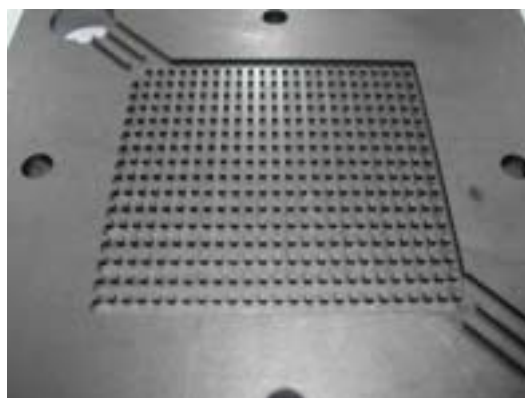
由於本實驗陽極所使用的燃料是液態甲醇，與一般質子交換膜燃料電池（PEMFC）中所使用的陽極氫氣燃料不同，所以在流道設計上採用如下圖之連續性流道。甲醇液體在流道中藉著濃度差所產生的擴散作用流動，但由於在出入口

處的甲醇濃度可能變化很大，導致產生一壓力阻力，故必須在陽極甲醇燃料側再施加一額外的壓力，以克服此壓力差。

本實驗所設計流道，主流道寬度為 1.5mm，副流道寬度為 1mm，骨架寬度為 1mm，如此方可使甲醇液體平均流至電池反應區，且也同時考慮流道寬度與骨架寬度，因若流道寬度過寬，則液體反應面積愈大，但愈會提高電池內電阻及甲醇液體直接穿透過 MEA 之機率，故在此兩者間取一平均值以克服之。



（圖一 a）陽極甲醇側石墨板流道



（圖一 b）陰極氧氣側石墨板流道

c. 甲醇水的配製 (陽極反應物)：

本實驗甲醇濃度設定為 3M 之莫耳濃度，甲醇化學式 CH_3OH ，分子量 32，若欲調配 1 公升溶液，必須有 3 莫耳甲醇。意即 96 公克甲醇配成 1 公升溶液。溶液所用之水，乃是蒸餾水等級之上的工業用純水，以避免水中雜質影響實驗結果。

d. 氧氣 (陰極反應物)：

為測試氧氣濃度對電池效率的影響，本實驗以空氣進行測試，壓力均定在 1atm。用氧氣鋼瓶提供 100% O_2 ，而空氣則用泵加壓進入陰極。

e. 集電板：

兩片集電板用黃銅製成，加以表面電鍍處理，鍍上高純度 Au 確保內電阻損失最小。黃銅鍍金集電板乃夾在雙極板之外，一方面可以加壓使雙極板結合，達到密封性。另一方面由於銅金屬導電能力佳，可蒐集雙極板上的電子，將之導致外部負載作功。

f. 壓力端板：

電池組需要強力夾緊，為此電池組最外層用厚度 16mm 之鋁製端板，四個角落、四根螺紋桿、八顆螺絲，給予強力扭矩，緊壓電池組。端板中央配合石墨板流道設計管路進出口，始能將工作物引入電池。

2. 相關量測設備：

電池組：組合膜集組 MEA、雙極流道石墨板、雙極黃銅集電板、鋁製

端板(如圖二所示)。為本實驗中心系統，如前文所述，包含流道設計，排水設計，散熱設計，密封性。



(圖二) 電池組組合圖外觀

甲醇水儲存槽：儲存配製好的甲醇水溶液。

反應物回收槽：回收反應完或未反應的甲醇水。

甲醇泵：提供甲醇側入口壓力。

空氣泵：提供空氣入口壓力。

氧氣鋼瓶：提供 100% O_2 ，並附有調壓閥。

壓力錶：系統中配置多個壓力錶，掌控管路中壓力變化。

壓力調整閥：多個流量開關，配合洩壓閥、溢流閥，調整管路壓力。

甲醇流量計：量測甲醇水流量。

氧氣流量計：量測氧氣、空氣流量。

電力計：採用電子式負載計，可設定在定電流、定電壓之下量測電池電壓、電流、功率。
(如圖七)

溫度計：用熱電偶量測雙極板溫度。

實驗過程：

所需設備架設完成，包含甲醇水槽、空氣泵、管路、壓力錶、控制閥類、甲醇液體泵、電力計。實驗進行中將有部分細節會做調整

本實驗的條件是：

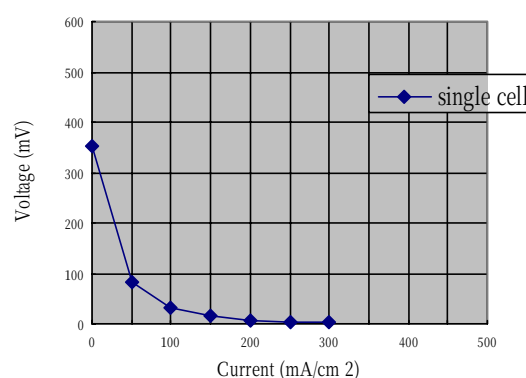
1. 甲醇濃度 3M(莫耳濃度)。
2. 甲醇測入口壓力：甲醇測入口壓力 1.0atm。
3. 氧氣濃度：一般空氣。
4. 空氣測入口壓力為 1.5atm。
5. 保持室溫之下，不加溫。
6. 膜極組(MEA)內部，包含觸媒層、擴散層、質子交換膜，所有成分均不改變。
7. 流道設計：如圖(一)所示。



結果與討論：

依據以上實驗過程所述的條件，探討電壓-電流之間的關係(圖三)(Voltage-Current Plot)，電流計量單位是 mA/cm^2 ，本 MEA 反應面積為 25 cm^2 ，電子式負載計設定為固定電流模式，每 $50 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 記錄電壓一次，得到以下實驗結果，所量測電壓值：

Cell 定電流與電壓關係圖



(圖三) 電壓-電流之間的關係

圖上可以看出在 $0 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 至 $50 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 電壓下降極快，這其中變化與參考文獻記載類似。 $200 \text{ mA}/\text{cm}^2$ 之後電壓值變化雖呈現平緩趨勢，但考慮到電子式負載計誤差範圍，本實驗測量到 $300 \text{ mA}/\text{cm}^2$ ，尚待日後實驗改進其效能。

我們將結果與[Electrochimica Acta 48 (2003)3869-3878.] (參考文獻 10)做比較，可供日後實驗改進參考，如下圖。圖中參考曲線為 E-TEK 50:50，與本實驗所用 MEA 成分較為類似，唯其電池溫度 90°C ， O_2 壓力 3atm

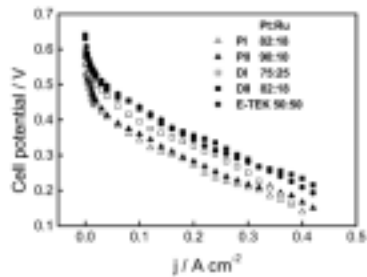


Fig. 8. Cell potential vs. current density curves in a single DMFC. Cell temperature: 90 °C, pO_2 : 3 atm. Electrodes with 1 mg Pt cm⁻², 35% Nafion® and 20% metaPtC, 15% PTFE in the diffusion layer. Anode: Pt-Ru/C FAME, cathode: PtC E-TEK. For comparison Pt-Ru/C 50:50 E-TEK is included.

檢討本實驗結果，受到液體密封性影響之下，是效能不佳主要原因。密封部位集中於流道和出入口，目前使用的方式以及所發現的問題說明如下：

(1) 石墨板流道內部採用矽膠密封材質，厚度 1mm，矽膠片為手工剪裁，因誤差關係，並沒有緊貼流道邊緣，液體易沿著不貼合部位滲出。

(2) 出入口處鋁製端板和銅板之間的夾層，由於管路在此和石墨板流道交接，除了矽膠之外，輔以熱熔膠塗層。液體只要滲入兩板之間，便使得電阻增大。

以上是本研究目前為止亟欲突破的困難，尋找更有效的防漏材質，及施行方式。

參考文獻：

- [1] James Larminie, Andrew Dicks, et al. Fuel Cell Systems Explained
- [2] Jaesung Han, Eun-Sung Park. "Direct methanol fuel-cell combined with a small back-up battery," Journal of Power Sources 112 (2002) 477-483
- [3] 李軒誠，質子交換膜燃料電池研

究-MEA 的製程與應用，中山大學碩士論文，民國 90 年。

- [4] 莊雲羽，質子交換膜燃料電池組之製作與性能最佳化研究，中山大學碩士論文，民國 92 年。
- [5] Theodore M. Besmann, James W. Klett, John J. Henry, Carbon/carbon composite bipolar plate for proton exchange membrane fuel cells, The Electrochemical Society, 147(11), 2000
- [6] Philip L. Hentall, J. Barry Lakeman, Gary O. Mepsted, and Paul L. Adock "New material for polymer electrolyte membrane fuel cell current collectors," Power source, 80, 1999
- [7] S. Miachon, and P. Aldebert "Internal hydration H₂/O₂ 100cm² Polymer electrolyte membrane fuel cell," Journal of Power Source, 56, 1995
- [8] 財團法人工業技術研究院，低溫燃料電池應用與規劃計畫(第三年度)執行報告，經濟部能源研究發展基金會，民國 90 年。
- [9] O. J. Murphy, A. Cisar, and E. Clarke "Low-cost Light Weight High Power Density PEM Fuel Cell," , Electrochemical Acta, Vol. 43, 1998.
- [10] William H. Lizcano-Valbuena, Valdecir A. Paganin, Carlos A.P. Leite, Fernando Galembeck , Ernesto R. Gonzalez "Catalysts for DMFC: relation between morphology and electrochemical

Technical drawing of a mechanical part. The drawing shows a rectangular block with a central rectangular feature. The overall width is 100 mm and the overall height is 110 mm. The central feature has a width of 50 mm and a height of 50 mm. The distance from the left edge to the left side of the central feature is 10 mm. The distance from the right edge to the right side of the central feature is 10 mm. The distance from the top edge to the top of the central feature is 15 mm. The distance from the bottom edge to the bottom of the central feature is 10 mm. There are two circular features, one on the top right and one on the bottom left, both with a diameter of 8/2.5 mm. The drawing includes a section line (hatching) on the central feature.

