

中華民國第四十六屆中小學科學展覽會
作品說明書

高中組 化學科

最佳創意獎

040210

燃起希望之電

學校名稱： 國立內壢高級中學

作者：	指導老師：
高二 李勤東	游麗如
高二 邱騰毅	葉治明

關鍵詞：燃料電池、甲醇滲透、甲醇

壹、摘要：

目前商業上，由於石油隨著時間不斷減少，帶起研究替代能源的風潮，燃料電池為近代訊東崛起的一項發明，花一些時間深入了解後，在電池的組成和燃料上，都引起了我們許多的疑惑，所以我們先試著組成一個模型，後再探討燃料對電池的影響，後根據實驗過程中，產生的問題加以研究改良，在我們的研究過程中，發現了許多可以研究的方向和發展的問題，也由於我們剛接觸燃料電池，所以我們再研究時的問題應該和大眾有的問題雷同，這份報告可以供給對燃料電池有興趣的初學者閱讀並了解燃料電池。

貳、研究動機：

德國 CeBit 科技大展，東芝 toshiba 展出了一台以甲醇燃料電池功電的筆記型電腦，官方數據號稱燃料加滿的情況下，可以連續使用十四小時，我看了後，對甲醇燃料電池產生濃厚的興趣，加上我們身邊的資訊一再傳出能源危機，石油只能再使用五十年。想了想，會有能源危機，是因為燃料的多元性不足，但是甲醇燃料電池，幾乎只要燃料化學式中，含有氫原子的都可以當成進料來源，擁有燃料多元性，於是興起念頭，想動手製作一顆電池模型。

參、研究目的：

- 一、了解電池原理
- 二、製作可作用之電池模型
- 三、觀察燃料濃度、溫度對電池影響
- 四、觀察 Nafion 各類型膜材的優缺點
- 五、觀察電池滲透量

肆、研究設備器材：

- 一、Nafion117
- 二、Nafion115
- 三、Nafion211
- 四、Nafion Solution
- 五、Pt/Ru-C
- 六、Pt/C
- 七、碳紙
- 八、甲醇
- 九、燒杯
- 十、量筒
- 十一、磁石加熱器

- 十二、 分析天平
- 十三、 滴管
- 十四、 漏斗
- 十五、 水彩筆
- 十六、 硫酸
- 十七、 雙氧水
- 十八、 異丙醇

Nafion117是美國杜邦 (DuPont) 公司的商品名稱，是一種氟烯磺酸的聚合物，其單體化學式為： $CF_2 = CFCF_2CF(CF_3)OCF_2CF_2CF_2SO_3H$ 由於分子結構中有磺酸根 ($-SO_3^-$) 存在，可以讓氫離子在磺酸根之間傳遞，是一種氫離子交換膜，也可當作是固態的電解液。

Nafion solution 的功用和 Nafion 117 質子交換膜的功用類似，只是它扮演類似接著劑的角色，且用以填補觸媒和觸媒間的空隙，畢竟有空隙的產生會使反應面積減少。

Nafion solution 的功用和 Nafion 117 質子交換膜的功用類似，只是它扮演類似接著劑的角色，且用以填補觸媒和觸媒間的空隙，畢竟有空隙的產生會使反應面積減少。

伍、研究過程：

- 一. 依據論文知道，過渡金屬可催化醇類，其中以金屬(鉑)最常被使用，原因在於添加的燃料(醇類)反應不完全會產生氣體(CO)，並毒化觸媒，且醇類燃料為酸性燃料，而鉑具有耐腐蝕的特性，且部分過渡金屬(鎳)，本身也會參與反應。使電池效能逐漸降低，故以鉑最適當。
- 二. 老師告訴我們 Ru 會吸收 CO 也會稍微催化水的解離使 CO 和氫氧根結合成 CO₂，依據勒沙克列原理，當水中氫氧根增加時，反應會趨向右邊進行。
- 三. 根據文獻知道，碳紙本身對觸媒有保護作用，且可以均勻分散燃料，藉此增加燃料和觸媒接觸的面積，以提高效率，並且可以將電子導入〔陽極〕及導出〔陰極〕。

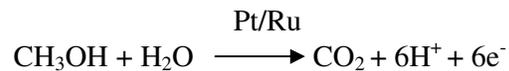
四. 我以 Pt-Ru/C (20wt%)當作陽極觸媒，觸媒中含有金屬(Ru)的原因

為，Ru 本身也是種觸媒，不過效率不如鉑，可是 Ru 在反應過程中可以減少氣體(CO)的產生。減少 CO 毒化觸媒的速度。而碳的功能為增加反應面積，減少白金含量。

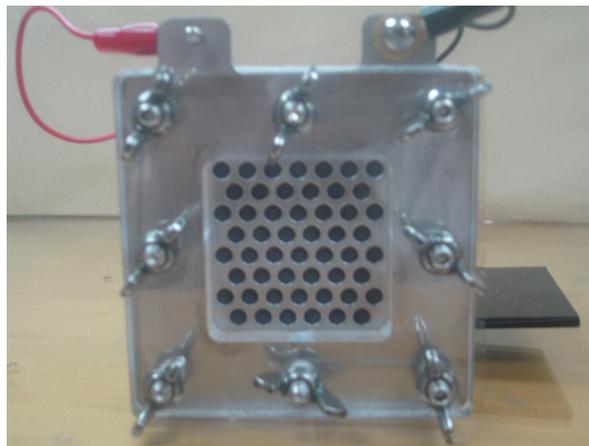
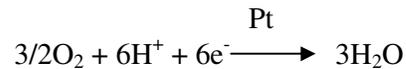
五.陰極以 Pt/C(20wt%)作為觸媒，陰極沒有 CO 毒化觸媒的困擾，故以 Pt/C(20wt%)

五.反應：

陽極：甲醇經由白金觸媒催化，釋放出電子，轉變為氫離子，電子透過導線至陰極，氫離子則透過質子交換膜和氧離子及電子反應。



陰極：電子和氫離子交會，加上空氣中的氧〔由後方進氣口加入〔圖一〕〕，反應出水。



〔圖一〕電池後方進氣口。

全反應：

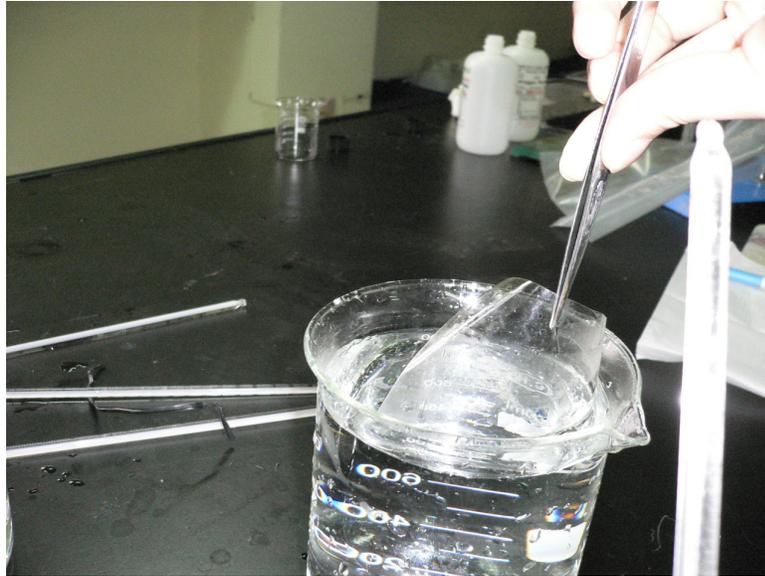


〔一〕首先把 Nafion 117 質子交換膜切割成所需大小，我們設定為 10cm×10cm

〔二〕起初拿到的質子交換膜上面有很多有機、無機物雜質。
我們以 35% 雙氧水 70 度煮半小時已去除有機物，再以 1N 硫酸
70 度煮半小時，去除無機物。本來是黃褐色的膜〔圖二〕，經
過這兩到手續後，變成透明狀〔圖三〕。膜的處後告此完成，
暫時先放到蒸餾水內保存以免又弄髒。



〔圖二〕未處理前質子交換膜。



〔圖三〕處理後質子交換膜。

〔三〕我以 3.5mg20%Pt-Ru，為陽極觸媒，加上 17ml 蒸餾水〔稍後會加入異丙醇使觸媒均勻分散，但醇類會和鉑產生燃燒反應，故需先加水，以降低反應溫度〕，再以磁石攪拌五分鐘，後加入 3.5ml 異丙醇，以均勻分散觸媒，加入後再攪拌五分鐘。加入 Nafion solution 5% 3.5ml 攪拌五分鐘，完成後，以 60~70 度隔水加熱〔圖四〕至黏稠狀〔方便稍後塗布〕



〔圖四〕隔水加熱中之陽極漿料。

〔四〕以 20%Pt-C 為陰極觸媒，用 1.7mg20%Pt-C 加入 8.5ml 蒸餾水，攪拌五分鐘使其均勻，並且加入 1.5ml IPA 使其更為細小均勻，之後加入 1.74ml Nafion solution，並且攪拌五分鐘。後以 65 度隔水加熱至黏稠狀。

〔五〕隔水加熱到兩極漿料都是黏稠狀以後，開始裁切碳紙至所需大小，我設定為 5cm×5cm。

〔六〕之後塗布漿料於碳紙上〔圖五〕並且烘乾，反覆秤重到所需的重量，我做了兩份，差別在於上面所含的漿料重量不同(50mg&5mg)。



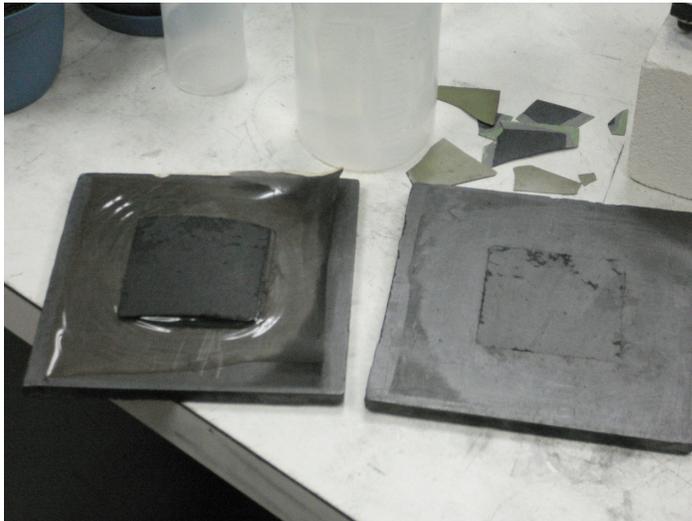
〔圖五〕塗布於碳紙上。

〔七〕每塗布一次，吹乾，就放到分析天平上秤重，直到到我要的重量為止。〔圖六〕

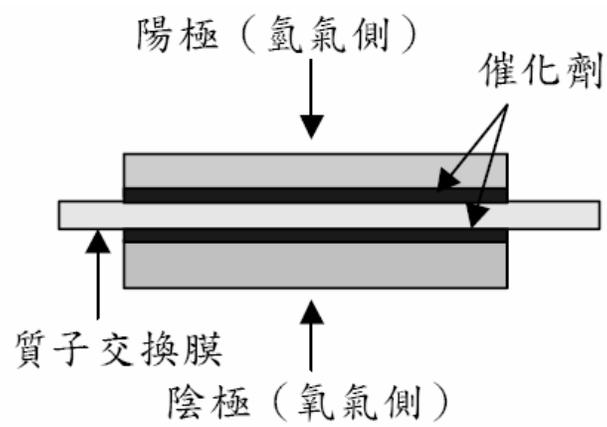
〔八〕爲了把塗布好漿料的碳紙，還有交換膜結合在一起，讓我傷透腦筋，一開始我們用銀膠黏合，但是測試後的數據微乎其微，浪費了一份高昂的材料，後來去詢問後，才隻砲要用熱壓的方式，一開始我們不隻到有熱壓機這種器材，所以我們用熨斗加熱到 130 度 c，但是處理完後，材料們還是各自分離，後來我們用熱壓機，130 度 c 每平方公分一百公斤的壓力，終於製作完成電極組。



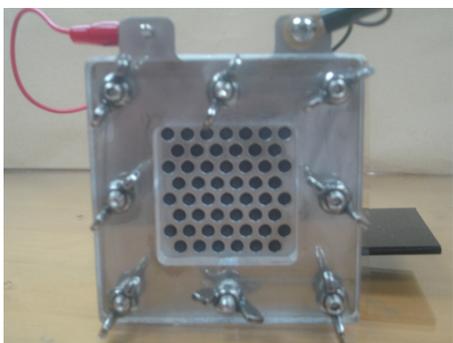
〔圖六〕用吹風機吹乾。



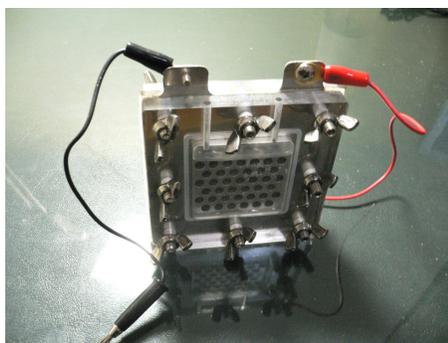
〔圖七〕壓合完成之質子交換膜。



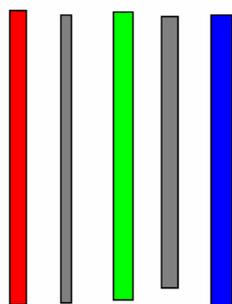
〔圖八〕壓合完成之質子交換膜之側面結構圖。



外殼反面



外殼正面



左為外殼側面，紅色為外殼正面，灰色為金屬片，藍色為外殼反面，綠色為電極組。

初期設計圖，正面可以看到上方有兩個小孔，那是添加燃料用的，反面並沒有隔絕陰極和外界的接觸，因為我直接使用空氣中的氧進行反應。但沒有把電池組封閉的情況，也造成了我之後實驗的麻煩。

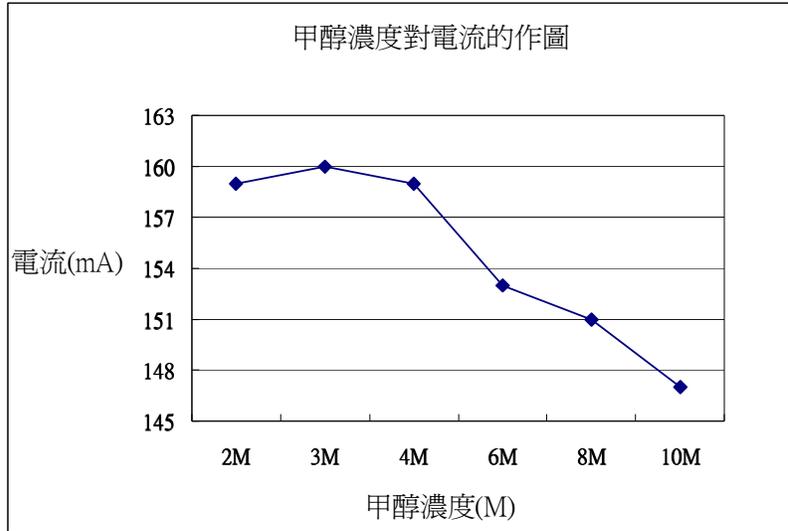
陸、研究數據：

- 一、 我測試各種不同濃度的甲醇，並且找出其中關係，觀察濃度愈高是否效率也會提高。並在添加燃料後用罩子將電池蓋起來，以防氣體流速的不同，會影響電池反應。並以三用電表測量。
- 二、 我有兩張電極組，差別在上面的觸媒重量不同，分別是 5mg(簡稱電極組一)和 50mg(簡稱電極組二)，看下面圖表可以發現，觸媒愈多，效率反而不好。於是我們選用電極組一來測試不同濃度、溫度的甲醇對電池影響。

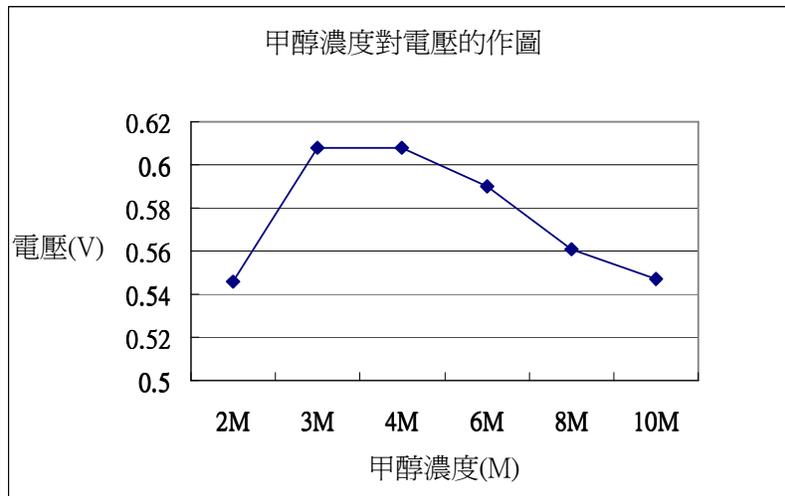
	電極組一	電極組二
1M 電流(mA)	157	0.002
1M 電壓(V)	0.552	0.015
2M 電流(mA)	159	0.007
2M 電壓(V)	0.554	0.007
3M 電流(mA)	160	0.015
3M 電壓(V)	0.55	0.004

甲醇濃度〔M〕	電流〔mA〕	電阻〔歐姆〕	電壓
2M	159	0.554	0.546
3M	160	0.548	0.608
4M	159	0.55	0.608
6M	153	0.535	0.59
8M	151	0.533	0.561
10M	147	0.542	0.554

〔表一〕 甲醇濃度對應電池電流、電壓、電阻圖。



〔圖表一〕 甲醇濃度對電池電流改變圖



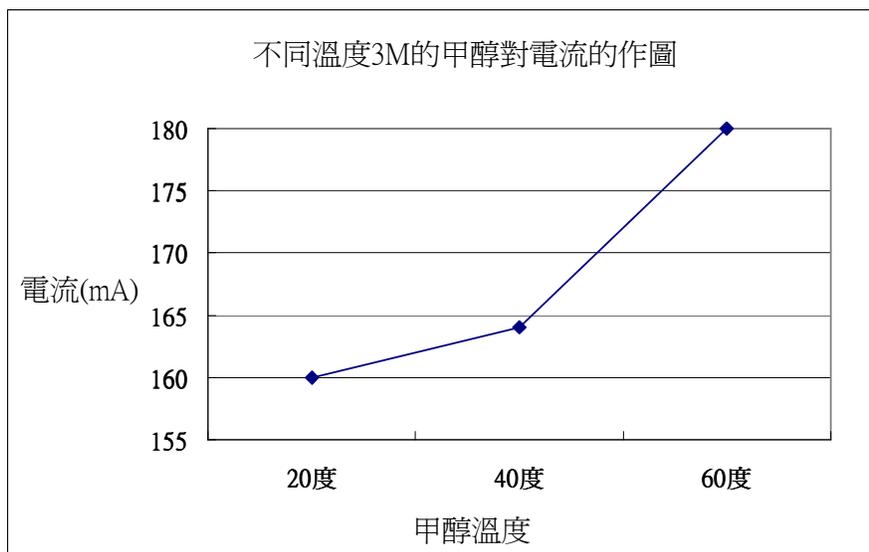
〔圖表二〕 甲醇濃度對電池電壓改變圖。

根據實驗數據可以發現，電池的電流大小並不和濃度成正比，而是在大約 3M 時達到最高值。這個問題很有趣，很值得再加強研究。

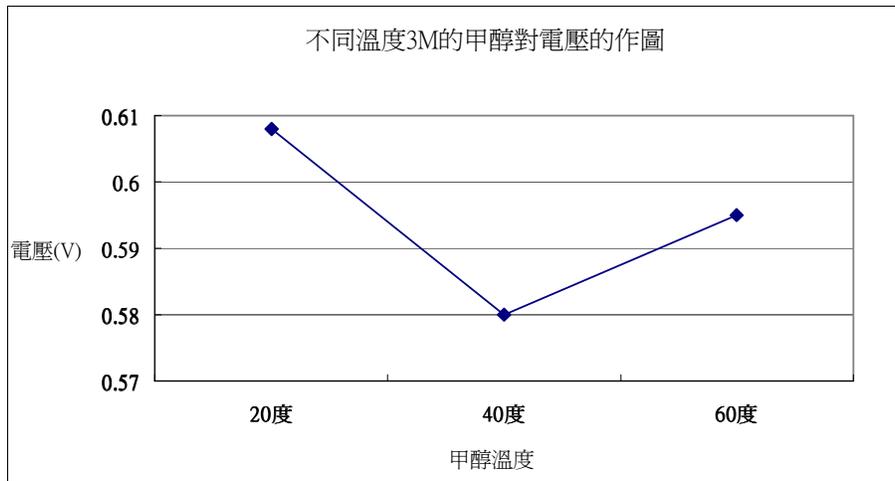
三、我選擇燃料濃度測試當中，效率表現最好的濃度 3M 燃料，來測試燃料溫度改變對電池的影響，因為高二學到化學反應速率，反應速率中的速率常數 k 會受到反應物種類、催化劑、溫度所影響，然而反應物種類、催化劑，這些因素我們的實驗中都是固定的，唯獨溫度不固定，所以選擇改變溫度來探測其效率。我們選擇室溫〔大約 20°C 〕和 40°C 、 60°C 來測試，〔因甲醇的沸點約莫在 64°C ，所以溫度控制在不超過甲醇沸點。〕。但是我們並沒有把電池組封閉，所以不能直接對電池加熱，所以我把甲醇搭配熱水到我們想測試的溫度。

燃料溫度〔 $^{\circ}\text{C}$ 〕	電流〔mA〕	電阻〔歐姆〕	電壓〔V〕
20°C	160	0.548	0.608
40°C	164	0.544	0.58
60°C	180	0.542	0.594

〔表二〕 甲醇溫度對應電池電流、電壓、電阻圖。



〔圖表三〕 甲醇溫度對應電池電流圖。



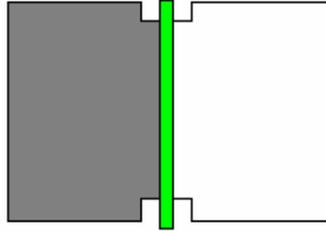
〔圖表四〕 甲醇溫度對應電池電壓圖。

從數據中發現，燃料溫度對電池的效能有很大的影響，當電池工作溫度愈接近 60°C 電池效率就愈好。

推測原因為：

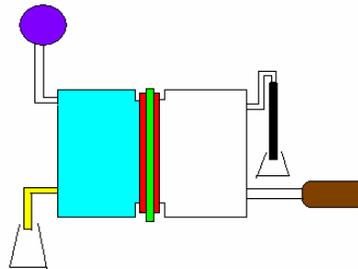
- 〔一〕 燃料溫度愈高，燃料分子動能變大，碰撞更為頻繁。
- 〔二〕 溫度愈高超越低限能分子數變多，反應速率變快。
- 〔三〕 綜合以上兩點，燃料分子碰撞增加，超越低限能分子數變多，所以有效碰撞頻率增加，總碰撞頻率應加，有效碰撞分率也增加。

四、甲醇濃度愈高，效率反而愈差，針對這個問題，我們設計了實驗，來測試甲醇對於膜材的滲透率，觀察是否濃度大的甲醇滲透會愈嚴重。但是基於時間的關係，還沒辦法呈現數據，但是之後在會場時，一定可以展示出來。實驗如下。我們稱這個為靜態實驗(電池並不是在工作中)，而且是膜材接受實驗，並不是已經壓合觸媒的電極組。



定溫定壓下，灰色槽放置定量甲醇，白色槽放定量純水，綠色是膜材，當我放置甲醇後，經一段時間，抽取白色槽的水，並且測量密度，可以推知有多少甲醇滲透過去，藉由此實驗，可以使我知道，不同膜材、不同濃度甲醇和甲醇滲透的關係。

我們還會做動態實驗(電池在工作中，中間放的是電極組)，綠色是電極組，紅色是導電用金屬版，天藍色是甲醇燃料槽，紫色是內裝甲醇點滴袋，黃色管子是燃料槽出口端，黑色粗條是冷凝管，咖啡色是氧氣瓶，



首先由陽極點滴袋(紫色)，供給固定單位時間量的甲醇，電池會消耗部分，剩下的會經過黃色管子流入量杯，陰極由氧氣瓶(咖啡色)進單位時間的氧，出口端用冷凝管，以防有甲醇揮發而收集不到，如此可以藉由消耗掉的甲醇來推算理論電流量，理論扣掉實際，就是滲透的量，可以比較各種不同膜材的滲透。

柒、討論：

- 一、電池效率並不和我們預期的一樣，隨著燃料濃度愈高而上升，反而濃度愈高，效率愈差。
- 二、數據上也可以看到，電池隨著溫度提高，效率也愈來愈好。
- 三、觸媒的量並不和我們原先預期的一樣，愈多愈好。
- 四、觸媒漿料在塗布時，用人工方法，不均勻又麻煩，用噴槍，厚度可能過厚，

也不均勻，而且觸媒浪費多。

五、熱壓過程中，假如可以找到交換膜的 TG，使交換膜軟化並被壓入碳紙中，此時碳紙和交換膜不僅結合度夠高，觸媒和交換膜的接觸面積增加，厚度減少因此內電阻也減少，反應效率變得更好。

評 語

040210 燃起希望之電

同學能將高度成熟的商品進一步改變材質性質，值得鼓勵，
動腦求新研討它的改變，故推薦創意獎。