

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

國中組 化學科

佳作

030217

簡便型黏貼式的染敏電池

學校名稱：臺中市立大甲國民中學

作者： 國三 高湘琪	指導老師： 楊麗親 楊鍾鳴
---------------	---------------------

關鍵詞：染敏電池、發電效益、電解質

# 摘要

本研究的目的是以日常生活中可取的材料如立可白、鋁箔、銅箔、白板筆、藍莓汁…等進行簡易的組裝具有可撓性的染敏電池。經研究發現，立可白可以取代二氧化鈦膠態溶液、市售的白板筆可以代替藍莓汁，以燃燒蠟燭燻上碳黑於銅片上，加以透明膠模封裝即可以簡便的方式製作出染敏電池。本研究所得之單一 cell 之發電效益為：0.519V、3.720mA、1.931mW。以 2x2cm 大小 8 cell 四串聯、二並聯所組裝的自製簡易電池其最高發電功率可達 14.427mW 足以驅動一顆 LED 燈。此外，利用白板筆與立可白可以任意的創作畫出圖形於護背膠模上，且膠膜同時具有可撓性的功能，使用鋁箔與銅箔可以增加發電效益，並且具有區分正負極的方便性以利串、並聯的使用。

## 壹、 研究動機

傳統的染敏電池為了透光與導電的目的會使用 ITO 玻璃，一來 ITO 玻璃在日常生活中並不容易取得；再者，玻璃不容易彎曲。日常生活中立可白、鋁箔、銅片與碳黑是容易取得的導電材料，同時護貝膜、膠帶、雙面膠是軟性可撓的，亦是方便取得的物品。此外，學校的窗戶為了怕誤擊時破裂傷到人，常常在玻璃上貼上一層薄膜，若此薄膜黏貼於玻璃上，安全與發電兩者功效可以兼得。因此本研究以從日常生活中取材，製作簡易組裝且方便黏貼的染敏電池為研究動機。

## 貳、 研究目的與問題

本研究所欲製作的染敏電池需黏貼於窗戶玻璃上，因此需有下列的特性「簡易組裝」、「可黏貼」、「高發電效益」，本研究依據染敏電池構造分成「正極」、「負極」、「電解液」、「封裝處理提升效益及電路應用」等四個部分進行探討，所延伸出來的研究問題分類如下：

### 一、染敏電池負極處理的探討

1.  $\text{TiO}_2$  層的附著方式對發電效益與透光性的影響為何？
2. 立可白層與不同種類的染料層對發電效益的影響為何？
3. 染料層位置與立可白層厚度對發電效益的影響為何？

### 二、染敏電池正極處理的探討

1. 碳層的處理方式對發電效益與透光性的影響為何？

### 三、電解液處理的探討

1. 電解液中硫酸銅濃度對發電效益與透光性的影響為何？

### 四、封裝處理提升效益及電路應用的探討

1. 以鋁箔替代負極 ITO 玻璃及不同處理方式的影響為何？
2. 電解液載層對發電效益與電池壽命的影響為何？
3. 日常常用之非液狀電解質對發電效益與電池壽命的影響為何？
4. 串並聯後時間與電池效果的關係為何？

## 參、 研究設備及材料

### 一、 染敏電池的製作材料：

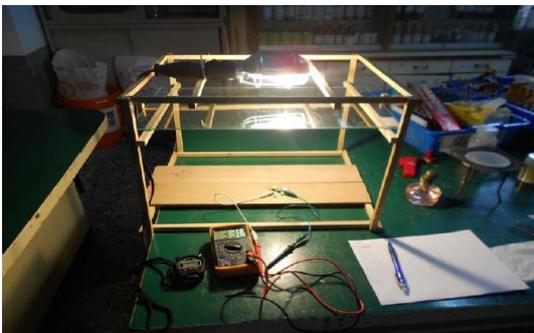
奈米晶化的  $\text{TiO}_2$  粉末、乙酸溶液、Triton X-100 表面介面活性劑、鋁粉、蒸餾水或去離子水、研鉢和研杵、滴管、ITO 導電玻璃、三用電表、平板式加熱器。

### 二、 光源：

150W 110V 鎢絲燈泡

### 三、 發電功率的量測與時效：

以木棒做成 A3 紙箱尺寸的框架，距離底部 20cm 處放置一透明的玻璃片隔絕燈泡的熱，並成立一個開放空間，排除照光時因高溫而影響實驗的。



### 四、 日常生活中的簡易材料：

立可白、鋁箔、白板筆、銅箔、蠟燭、塑膠封口機、護貝膜。

## 肆、 研究過程、結果與討論

### 實驗一、 TiO<sub>2</sub>層的附著方式對發電效益的影響為何？

為了清楚了解各部分處理對發電效益的影響，在此仍以 ITO 玻璃作為載體，實驗一試著添入活性大的金屬鋁協助導電進行研究。

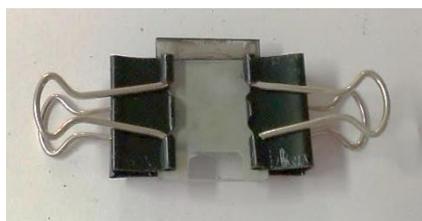
#### 一、 實驗步驟：

1	傳統製作方式 使用 ITO 玻璃	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將數克重的奈米級 TiO<sub>2</sub> 及稀釋過的乙酸溶液(0.1ml 的濃縮乙酸混合 50ml 的蒸餾水或去離子水)放入研鉢中均勻研磨。</li> <li>2. 加入幾滴介面活性劑均勻研磨後可得膠態混合物。</li> <li>3. ITO 玻璃導電面側邊黏貼膠帶後，將步驟二所得的膠態混合物均勻塗抹於上方，塗抹完成後將側邊膠帶撕去。</li> <li>4. 將塗上 TiO<sub>2</sub> 的 ITO 玻璃置於加熱器加熱至 450°C 燒結 10 分鐘。</li> </ol>
2	TiO <sub>2</sub> 膠態溶液 無燒結 與鋁粉混合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將數克重的奈米級 TiO<sub>2</sub>、稀釋過的乙酸溶液(0.1ml 的濃縮乙酸混合 50ml 蒸餾水或去離子水)及鋁粉放入研鉢中混合並均勻研磨。</li> <li>2. 加入幾滴介面活性劑均勻研磨後可得膠態混合物。</li> <li>3. 將步驟二可得的膠態混合物塗抹於 ITO 玻璃，並加熱 80°C 烘乾。</li> </ol>
3	TiO <sub>2</sub> 膠態溶液 無燒結 與鋁粉分層	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依傳統方式製得膠態 TiO<sub>2</sub> 溶液。</li> <li>2. 將 TiO<sub>2</sub> 膠態溶液塗抹於 ITO 玻璃，並加熱烘乾。</li> <li>3. 再將鋁粉均勻塗抹在 TiO<sub>2</sub> 層上方。</li> </ol>
4	TiO <sub>2</sub> 膠態溶液 燒結後磨成粉 與鋁粉混合	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依傳統方式製得膠態 TiO<sub>2</sub> 溶液先進行燒結。</li> <li>2. 取燒結後的 TiO<sub>2</sub> 磨成粉與鋁粉混合塗於 ITO 玻璃上。</li> </ol>
5	TiO <sub>2</sub> 膠態溶液 燒結後磨成粉 與鋁粉分層	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 依傳統方式製得膠態 TiO<sub>2</sub> 溶液先進行燒結。</li> <li>2. 取燒結後的 TiO<sub>2</sub> 磨成粉塗抹於 ITO 玻璃導電面。</li> <li>3. 再將鋁粉均勻塗抹在上方。</li> </ol>
6	以立可白取 TiO <sub>2</sub> 膠態溶液無燒結	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將立可白塗抹在 ITO 玻璃上，並加熱烘乾。</li> </ol>
7	以立可白取 TiO <sub>2</sub> 膠態溶液有燒結	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將立可白塗抹在 ITO 玻璃上，並加熱烘乾。</li> <li>2. 加熱至 450°C 燒結 10 分鐘。</li> </ol>
8	以立可帶取 TiO <sub>2</sub> 膠態溶液無燒結	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將立可帶塗在 ITO 玻璃上。</li> </ol>
9	以立可帶取 TiO <sub>2</sub> 膠態溶液有燒結	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 將立可帶塗在 ITO 玻璃上。</li> <li>2. 加熱至 450°C 燒結 10 分鐘。</li> </ol>

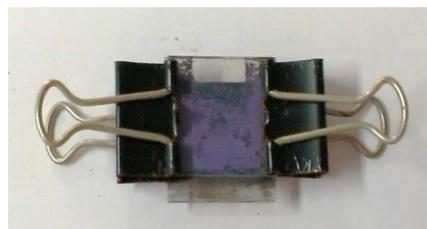
不同的實驗處理範例圖片：



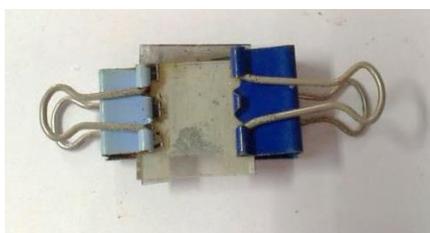
圖(1-1) 傳統的染敏電池



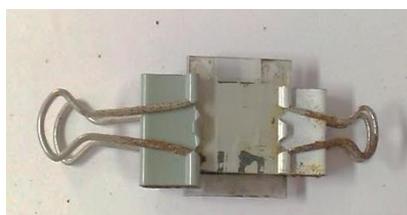
圖(1-2) 使用鋁粉混合加入二氧化鈦作為負極



圖(1-3) 使用鋁粉分層加入二氧化鈦作為負極



圖(1-4) 使用立可白作為負極



圖(1-5) 使用立可帶作為負極



圖(1-6) 鋁粉



圖(1-7) 立可白

1. 接著將上述過程製作好之負極浸泡於染料中一天。
2. 使用三用電表測量 ITO 玻璃之電阻值。
3. 取一 ITO 玻璃將鉛筆塗滿於導電面。
4. 使用鑷子將塗滿之導電面朝下，在燭火上方來回移動。
5. 待冷卻後，取出先前浸泡之負極，將兩者合併。
6. 用兩個小夾子固定於兩側，滴入電解液。
7. 使用三用電表測量其電壓及電流並記錄。

## 二、實驗記錄與資料處理：

負極處理方式	燒結	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)
使用 ITO 玻璃 傳統製作方式	有	暗	0.334	0.589	0.197
		亮	0.334	0.741	0.247
TiO <sub>2</sub> 溶液與鋁粉混合 塗於 ITO 玻璃	無	暗	0.406	0.108	0.044
		亮	0.290	0.092	0.027
	有	暗	0.335	0.169	0.057
		亮	0.262	0.160	0.042
TiO <sub>2</sub> 溶液與鋁粉分層 塗於 ITO 玻璃	無	暗	0.218	0.030	0.007
		亮	0.140	0.029	0.004
	有	暗	0.230	0.040	0.009
		亮	0.199	0.037	0.007
立可白取代 TiO <sub>2</sub> 溶液	無	暗	0.455	0.593	0.270
		亮	0.475	0.686	0.326
	有	暗	0.532	0.067	0.036
		亮	0.205	0.409	0.084
立可帶取代 TiO <sub>2</sub> 溶液	無	暗	0.575	0.003	0.002
		亮	0.566	0.002	0.001
	有	暗	0.290	0.354	0.103
		亮	0.463	0.537	0.249

## 三、小結：

1. 使用立可白取代 TiO<sub>2</sub> 溶液的發電效益最好約 0.326mW，優於立可帶的取代方式。
2. 摻有鋁粉之 TiO<sub>2</sub> 層混合處理效果優於分層處理。
3. 摻有鋁粉之 TiO<sub>2</sub> 層分層處理，照光後的電壓值下降，而電流值變化不多。

#### 四、討論：

##### 1. 為何使用立可白取代 TiO<sub>2</sub> 的發電效益會較好？

立可白（修正液）主要的成分包括固體的鈦白粉（TiO<sub>2</sub>）和液體的溶劑，主要溶劑有三種：三氯乙烷（C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>、CH<sub>3</sub>CCl<sub>3</sub>）、甲基環己烷（C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>）、環己烷（C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>）。在傳統染敏電池製作上是利用介面活性劑與醋酸分子形成奈米結構的 TiO<sub>2</sub> 包覆。推測有機溶劑的環烷構造可以形成奈米級的孔洞，因而對染料有較好的吸附或產生較多電子電洞的結構，故有助於提升發電效益。

##### 2. 為何摻有鋁粉之 TiO<sub>2</sub> 層處理的發電效益下降？且照光後發電效益變差？

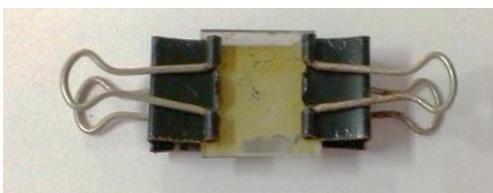
實驗摻入金屬粉來增加導電性以利用日後的導電層的取代，但從實驗數據可以發現，摻入鋁粉後不論是電流或電壓值都下降。推測可能的原因是，金屬粉與 TiO<sub>2</sub> 混和時會被緊密固定住，但卻破壞了 TiO<sub>2</sub> 的電子導帶，產生較少的電子電洞結構，因而電壓較小。而鋁粉與 TiO<sub>2</sub> 分層處理的時候，鋁粉不易固定牢靠而容易造成內部電路的短路，因而電流通常都非常小。另一方面，摻入鋁粉會使照光產生的電子流向金屬粉，而不利於透過 TiO<sub>2</sub> 電子導帶從 ITO 玻璃上導出電子，因此電壓值較小。

從實驗結果可以知道，從日常生活中容易取得的立可白（修正液）可以取代傳統 TiO<sub>2</sub> 層繁瑣的塗佈方式，且無須燒結。然而，不透光的 TiO<sub>2</sub> 層會阻礙染料吸收光線，其塗佈方式是否有簡便的方式，以及不同的位置是否會影響發電效益值得探討，因而作為接下來實驗二的問題探討。

## 實驗二、立可白層與不同種類的染料層對發電效益的影響為何？

### 一、實驗步驟：

1. 如實驗一，在 ITO 玻璃導電面上塗上立可白，以 80°C 烘乾。
2. 以傳統方式將此 ITO 玻璃浸泡於藍莓汁一天後進行組裝，作為對照組。
3. 接下來使用藍色系之螢光筆、白板筆、色鉛筆、奇異筆、彩色筆等分別塗抹於立可白上作為染料，組裝後進行發電效益的測量。



圖(2-1)以白板筆作為染料之染敏電池



圖(2-2)藍莓

### 二、實驗記錄與資料處理：

染料種類	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)	照光前後的功率差異 (mW)
藍莓	暗	0.455	0.593	0.270	0.056
	亮	0.475	0.686	0.326	
螢光筆	暗	0.272	0.250	0.068	0.070
	亮	0.310	0.446	0.138	
白板筆	暗	0.646	0.718	0.463	0.098
	亮	0.680	0.825	0.561	
色鉛筆	暗	0.318	0.540	0.172	0.107
	亮	0.335	0.833	0.279	
奇異筆 (油性)	暗	0.372	0.687	0.255	0.103
	亮	0.370	0.969	0.358	
彩色筆 (酒精)	暗	0.253	0.204	0.051	-0.006
	亮	0.221	0.206	0.045	

### 三、小結：

1. 以白板筆為染料照光時所得的發電電壓與發電功率最大。
2. 以白板筆、色鉛筆、油性彩色筆為染料時，照光前後所得的電功率有較大的提升。
3. 水性彩色筆照光前後的影響並不大。
4. 以色鉛筆為染料時有最大的發電電流。

### 四、討論：

1. 為何使用色鉛筆為染料時其照光前後有最大的電功率提升？

從發電電壓比較來看，白板筆、色鉛筆、油性筆組其照光前後的電壓變化值並不大，推測電壓與組裝的結構有關（染料與立可白的附著性）。而造成電功率變化主要的因素在於發電電流，從結果推論色鉛筆的染料照光後會有較多的激發電子所以產生的電流變化較大，因而會有較多的電功率提升。而色鉛筆本身的材料含有石墨等導電物質，有可能是電阻較小的原因而有較大的發電電流。

2. 為何使用白板筆為染料時有最大的發電功率？

檢視白板筆有最大的發電功率的原因在於其發電電壓較高，因此推測白板筆的材料成分塗抹於立可白上時會造成較好的電子電洞對結構。另外油性筆的溶液會對立可白有溶解作用，因此使用油性筆染料時可能會與立可白厚度有關，較厚的立可白可能導電性不良，而較薄的立可白可能會使染料滲透至導電玻璃層而降低電壓。染料層如果在立可白層的上方可以直接吸收光線放出激發的電子，同時可以解決  $\text{TiO}_2$  不透光的問題。但也可能因此與立可白層產生電子電洞對結構的逆電流，因而降低發電電壓與電流。

在實驗三，我們進行染料層位置的發電功率探討以確定我們的推論。此外對於立可白的厚薄我們以塗佈的次數來代表厚度以進行研究。

### 實驗三、染料層位置與立可白層厚度對發電效益的影響為何？

#### 一、實驗步驟：

A.取一 ITO 玻璃，使用白板筆均勻塗抹於導電面上方，待染料烘乾後，再塗上一層立可白。

B.取一 ITO 玻璃，在導電面滴上一滴立可白及有機溶劑，使其均勻分佈且不破裂，烘乾後再塗上白板筆。

C.D.E.取一 ITO 玻璃，在導電面上方分別塗上一層、兩層、三層立可白，待立可白烘乾後，再用白板筆將塗滿。

#### 二、實驗記錄與資料處理：(使用白板筆作為染料塗色)

	染料位置	立可白厚度	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)	照光前後的功率差異 (mW)
A	上	中	暗	0.414	0.781	0.323	-0.107
			亮	0.378	0.571	0.216	
B	下	薄	暗	0.158	0.310	0.049	0.056
			亮	0.213	0.495	0.105	
C	下	中 (1層)	暗	0.646	0.718	0.463	0.098
			亮	0.680	0.825	0.561	
D	下	厚 (2層)	暗	0.554	0.475	0.263	0.027
			亮	0.566	0.513	0.290	
E	下	極厚 (3層)	暗	0.370	0.209	0.077	0.012
			亮	0.369	0.240	0.089	

#### 三、小結：

1. 染料置於上層時，照光後發電功率下降。
2. 塗佈一層立可白後照光可得最大的發電電壓、電流及電功率。
3. 立可白層的厚薄程度，過薄或過厚都使電壓、電流與發電功率降低。

#### 四、討論：

##### 1. 為何染料置於上層時照光後發電功率會下降？

當染料置於上層時，光因無立可白阻擋而直接照射在染料上，光強度愈強所激發出的電子愈多。染料與立可白產生的電子電洞對時的位置，會使受光激發產生的電子向立可白電洞處移動（被立可白產生之電洞吸引），因此降低了發電電壓，同時可能產生較大的電阻因此發電電流其數值較低。當照光強度愈強時，產生的電子太多反而愈不利於電子的移動，因此發電功率大幅的下降。

##### 2. 為何立可白過薄或過厚都使發電功率降低？

立可白( $\text{TiO}_2$ 層)的目的是產生奈米等級的孔洞以利於染料吸附，因此產生電子電洞對。由於本實驗以圖畫方式塗抹白板筆染料，且立可白不燒結，因此立可白的厚薄程度可能有幾種影響：一、越厚的立可白層其電阻值越大，愈不容易讓電子通過，因此電流較小，同時過厚的立可白會使電子電洞對的距離變大，使得電子不容易跳躍至電洞上，因此在效果上等於沒有電壓的增益效應。所以電壓與電流都會降低。二、立可白層太薄雖然有透光效果，但染料溶液滲透，導致染料層與立可白層的位置混合，因而電壓與電流皆不大，所以發電功率降低。

負極二氧化鈦層與染料層討論完後，正極的碳層在一般傳統的染敏電池製作上使用蠟燭燻黑的方式。但是，將染敏電池應用在軟膠片上時，不容易有耐高溫的導電玻璃可以使用，因此蠟燭燻黑的方式並不方便。在接下來的實驗四，我們將探討不同方式處理正極層對發電效益影響。

## 實驗四、碳層的處理方式對發電效益的影響為何？

### 一、實驗步驟：

1. 負極：如前者實驗以立可白及白板筆製作負極。
2. 鉛筆：接著使用 2B 鉛筆塗畫於另一片 ITO 導電玻璃之導電面
3. 碳黑：使用鑷子將塗滿鉛筆之導電面朝下，在燭火上方來回移動。

銅片：取一銅片置於碳層上方。

4. 取一適當大小的銅片，在任意一面上以蠟燭碳黑。
5. 正極製作完畢後與負極組裝，滴入電解液並測量其電壓、電流。

### 二、實驗記錄與資料處理：

	處理方式	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)
A	鉛筆塗畫	暗	0.490	0.291	0.143
		亮	0.523	0.102	0.053
B	蠟燭碳黑	暗	0.517	0.152	0.079
		亮	0.547	0.187	0.102
C	鉛筆塗畫 蠟燭碳黑	暗	0.646	0.718	0.463
		亮	0.680	0.825	0.561
D	鉛筆塗畫 銅片(無正極 ITO)	暗	0.589	0.085	0.050
		亮	0.607	0.102	0.062
E	蠟燭碳黑 銅片(無正極 ITO)	暗	0.513	0.243	0.125
		亮	0.561	0.266	0.137
F	鉛筆塗畫 蠟燭碳黑 銅片(無正極 ITO)	暗	0.498	0.047	0.023
		亮	0.641	0.063	0.040

\* 前 3 種 ABC 實驗均使用 ITO 玻璃作為基板，後 3 組則以銅片作為基板。再以此 3 種處理比較最大發電功率及處理方式，以銅箔取代 ITO 玻璃進行 DEF 實驗。



圖(4-1)鉛筆塗畫銅片



圖(4-2)蠟燭碳黑銅片

### 三、小結：

1. 正極使用 ITO 玻璃處理時以「鉛筆塗畫+蠟燭碳黑」發電功率較佳。
2. 正極使用銅片取代 ITO 玻璃處理時以「蠟燭碳黑」發電功率較佳。
3. 銅片取代正極 ITO 玻璃後，發電功率降低許多。

### 四、討論：

1. 為何用鉛筆塗畫在 ITO 玻璃上發電功率較佳，但在銅片上卻降低整體發電功率？

碳黑具有活化電解液的還原反應，而石墨的片狀平面結構具有導電性，且因兩者排列結構的不同，比起石墨鬆散的堆疊，碳黑的網狀鏈相較之下比較密集，因此導電性也較佳。以 ITO 玻璃作為基板來說明，因為玻璃上的金屬氧化物導電薄膜與石墨的性質相同，所以當我們將石墨均勻塗抹在上方時是有助於導電的，由實驗結果也可以知道，導電性與活化電解液都有助於整體發電功率，所以建議兩者共同使用，但建議先以鉛筆對基板進行塗畫後再燻上碳黑之效果較佳。以銅片作為基板來說明，雖然石墨本身具有導電功能，但是當我們將石墨均勻的塗抹在金屬銅上時，會因兩者性質不同且層層相疊而產生負面影響，造成電流的下降及整體發電功率的降低。

我們使用不完全燃燒法來製作碳黑，在實驗過程中我們發現，燻上碳黑時，有時會有蠟油的冷卻物附著，在推論上應該不利於導電，因此建議使用燻黑的附著方式時不可太靠近燭火，並且要快速的來回燻黑，這樣產生的碳黑附著會較薄、較均勻、且較無蠟油附著。

2. 為何以銅片代替 ITO 玻璃會使得發電功率大量的降低？

將 ITO 玻璃拿掉後，使得原本經由正極端 ITO 玻璃進入的電子只能強迫經由銅片進入內部。雖然已使用鉛筆塗上石墨有助於導電，但因銅片可能在室溫中或在製作碳黑時受熱所以產生氧化銅增加電阻。此外鉛筆畫痕不容易附著於光滑的銅片上。因此造成導電效果較 ITO 玻璃來得低，使得電子無法完全經由銅片進入內部導致整體電流數值降低。

## 實驗五、電解液中硫酸銅濃度對發電效益的影響為何？

由於正極為銅片，在電解液中添加銅離子或許能增進銅離子的還原，進而提升發電效益，因此選擇硫酸銅來進行濃度對發電效益的影響探討。

### 一、實驗步驟：

1. 負極：如前實驗步驟以立可白及白板筆製作負極。
2. 正極：使用銅片作為基板，使用蠟燭在上方碳黑。
3. (硫酸銅在 30 度時對水的溶解度是 37.8g/30°C，因此硫酸銅水溶液在 30 度的飽和濃度是 0.274...約等於 27%。)

	取飽和硫酸銅	加水混合
A 組	1ml	15 ml
B 組	1ml	7 ml
C 組	1ml	3 ml
D 組	1 ml	2 ml
E 組	2 ml	0 ml

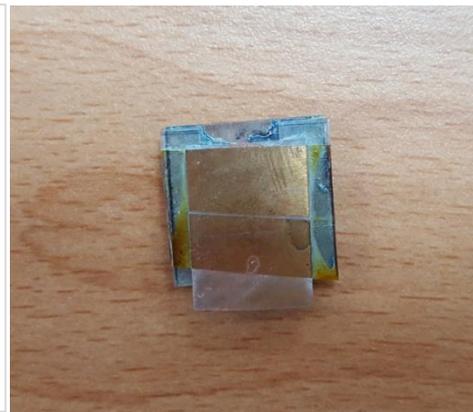
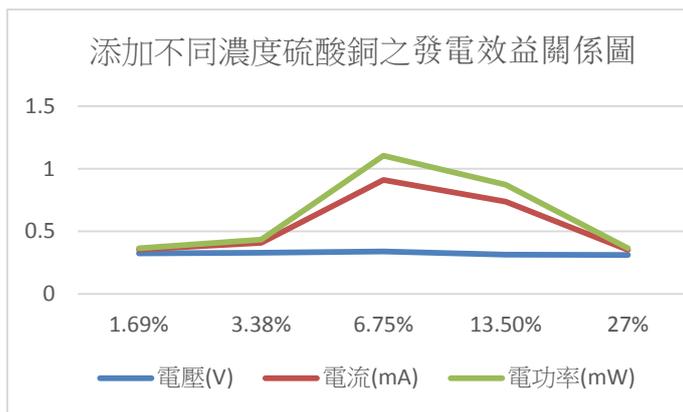


圖(5-1)飽和硫酸銅

4. 取混合後硫酸銅溶液與原本的電解液以 1：1 再混合，並以此完成電池製作。

### 二、實驗記錄與資料處理：

	硫酸銅濃度	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)
A	1.69%	暗	0.307	0.026	0.008
		亮	0.323	0.032	0.010
B	3.375%	暗	0.318	0.063	0.020
		亮	0.329	0.079	0.026
C	6.75%	暗	0.329	0.483	0.159
		亮	0.338	0.573	0.194
D	13.5%	暗	0.323	0.335	0.108
		亮	0.314	0.424	0.133
E	27%	暗	0.296	0.031	0.009
		亮	0.312	0.041	0.012



圖(5-2)不同濃度硫酸銅溶液所產生電功率折線圖

圖(5-3)加入 6.75%硫酸銅染敏電池

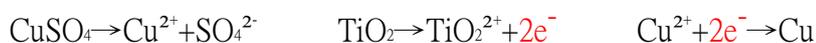
### 三、小結：

1. 使用硫酸銅濃度 6.75%時，整體發電功率最佳。
2. 硫酸銅濃度太低或太高時，發電功率顯得更低。

### 四、討論：

1. 為何硫酸銅濃度太高或太低時電功率不增反減？

在此實驗的數據中，我們發現大部分電壓的變化值並不大，電流是影響發電功率的主要原因，因此我們往電流的方向去討論。硫酸銅溶液在過程中成為銅離子與硫酸根離子，鈦對氧的活性大於銅，因此立可白中的二氧化鈦容易放出電子，硫酸銅中的銅離子易得到電子成為金屬銅，利用這樣的氧化還原化學反應而產生電流。反應式如下：



為了要調配出高濃度的硫酸銅溶液，使用的水的比例相對會較少，我們推測可能是水分較稀少的緣故造成電流不大，表面上的凹凸不平無法藉由水來彌補，造成電子不能以順利無阻的路徑前進。相反地，我們使用較多的水來調配低濃度的硫酸銅溶液，當我們將電解液滴入時，可能因為水分過多使得電子會依循著多餘的水而跑到不正確的位置，造成電流測量結果不佳。

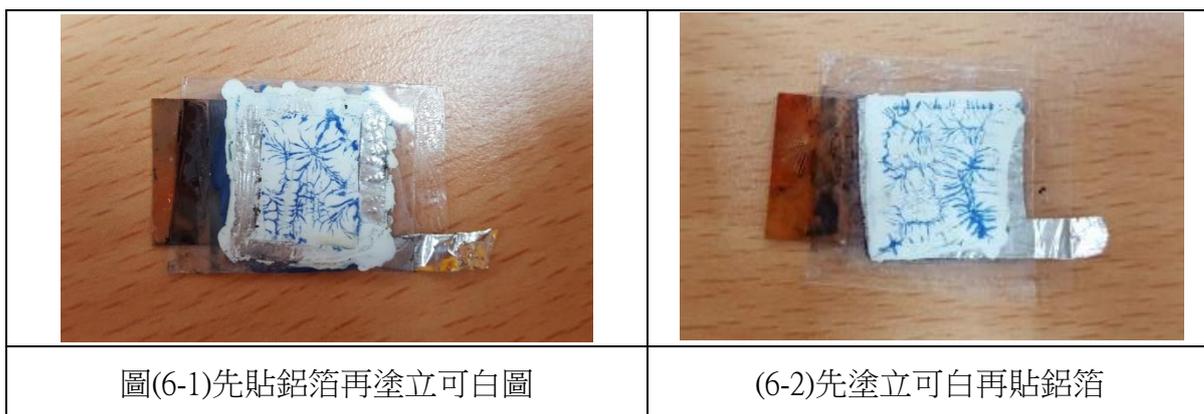
## 實驗六、以鋁箔替代負極 ITO 玻璃及不同處理方式的影響為何？

### 一、實驗步驟：

1. 負極 A：取一護貝膜置於下方，以 1.5cm\*1.5cm 中空的鋁箔浮貼於護貝膜再塗上 2\*2 大小之立可白。
2. 負極 B：取一護貝膜置於下方，塗 2cm\*2cm 大小的立可白再貼上 1.5cm\*1.5cm 中空的鋁箔。
3. 正極：以銅片作為基板，使用蠟燭在上方碳黑。
4. 電解液：加入濃度 6.75% 的硫酸銅。
5. 將正極、負極和電解液拼裝後，以平板加熱器封裝。

### 二、實驗記錄與資料處理：

	鋁箔處理方式	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)
A	先貼鋁箔再塗立可白	暗	0.537	0.645	0.346
		亮	0.590	0.716	0.422
B	先塗立可白再貼鋁箔	暗	0.579	0.138	0.080
		亮	0.614	0.307	0.188



### 三、小結：

1. 先貼鋁箔再塗立可白的電流及整體發電功率較佳。

#### 四、討論：

##### 1. 先貼鋁箔再塗立可白發電功率較佳的原因為何？

染敏電池的發電是藉由照光而激發出染料層（白板筆）的電子，電子往負極立可白的電洞前進，接著經由導電層導出。當我們將鋁箔置於最上層讓立可白層較靠近染料時，剛被激發出的電子能夠有效準確的進入電洞。反之，當我們把立可白放置於上層讓鋁箔較靠近染料時，電子必須繞過鋁箔才能到達立可白層，接著再回到鋁箔導出，由實驗數據可得知電流並不高，我們推測是因為電子走了許多不必要的路徑而降低電子進入電洞的機率導致整體發電功率不佳。

## 實驗七、不同材質的吸水性對電解液吸收及整體效果？

### 一、實驗步驟：

1. 取得各類材質剪取 2cm\*2cm 大小。
2. 使用以上實驗之結果製作出正負極。
3. 將 2cm\*2cm 大小的吸水性材質至於中央，並進行封裝。

### 二、實驗記錄與資料處理：

	種類	照光與否	最大發電電壓 (V)	最大發電電流 (mA)	最大發電功率 (mW)
A	衛生紙	暗	0.587	1.315	0.772
		亮	0.593	1.419	0.841
B	紗布	暗	0.554	1.590	0.865
		亮	0.569	1.730	0.984
C	棉花	暗	0.521	1.850	0.964
		亮	0.543	1.900	1.032
D	科技海綿	暗	0.619	5.690	3.352
		亮	0.629	5.910	3.717



圖(7-1)衛生紙



圖(7-2)紗布



圖(7-3)棉花



圖(7-4)科技海綿

### 三、小結：

1. 以海綿吸收電解液的效果最佳。



圖(7-6)以海綿吸收電解液正面圖 圖(7-7)以海綿吸收電解液背面圖

2. 雖然海綿對電解液吸附力較高，為提高電池使用時間以紗布作為後續實驗材料。

#### 四、討論：

##### 1. 為何要以紗布替代電功率較高的海綿？

在此實驗中，我們使用的材料為科技奈米海綿，起初因為奈米海綿的表面吸附力較差，所以將電解液滴入後，大部分的液體會停留在上層與負極接觸，而能呈現出較高的電壓、電流，但若將電池放置 10 分鐘後再測量，海綿會因吸附力佳將所有的電解液吸在海綿內部，導致兩邊的正負極電池無法妥善接觸到電解液使得電流降低許多。因此我們以能將電解液吸住且不在護貝膜中流動為原則找尋適合的材料，最後選擇了紗布作為承載物。

## 實驗八、電解液載層對發電效益與電池壽命的影響為何？

由於實驗七中電解液無法被紗布完全吸附，導致封裝時四處溢流，降低了發電效益以及縮短使用壽命，因接下來我們試著以膠狀物作為載層來固定電解液。

### 一、實驗步驟：

1. 將麵粉放置電子磅秤測量出所需重量，並添加電解液與水比例為 1:1 之溶液。
2. 攪拌使之成為粘稠膠狀。
3. 將此膠狀電解液塗抹在先前製作好的負極染料面，並且蓋上正極加以封裝。

### 二、實驗記錄與資料處理：

麵粉 (g)	電解液 溶液 (ml)	組裝完成後不同時間之發電效益						兩者功率差(mW)
		0 hr			24 hr			
		電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)	電壓 (V)	電流 (mA)	功率 (mW)	
0.5	0.4	0.410	0.398	0.163	0.358	0.063	0.023	0.140
0.5	0.6	0.414	0.566	0.234	0.383	0.177	0.068	0.166
0.5	0.8	0.417	0.562	0.234	0.368	0.265	0.098	0.136
0.5	1.0	0.525	0.596	0.313	0.378	0.369	0.139	0.174
0.5	1.2	0.476	0.515	0.245	0.323	0.059	0.019	0.226

### 三、小結：

1. 0.5g 麵粉加上 1.0ml 的電解液溶液在使用壽命上延長效果為最佳。
2. 0.5g 麵粉加上 1.0ml 的電解液溶液可得最佳的發電效益。
3. 電解液溶液過多或過少都對電池使用壽命的延長造成負面影響。

### 四、討論：

1. 為何電解液溶液過多或過少都對電池使用壽命的延長造成負面影響？

當電解液溶液過少時，電解質部分會因為缺少水分而使得電阻過大，也因如此麵粉團成為電路中的一大阻礙，不僅發電效益低，離子也容易因為麵粉乾掉而無法順利通過。當電解液溶液過多時，麵粉便無法發揮延長使用壽命之功能，也因為溶液量大於麵粉可吸收量，導致溶液四處溢出，減少可使用之電解液。

## 實驗九、日常常用之非液狀電解質對發電效益與電池壽命的影響為何？

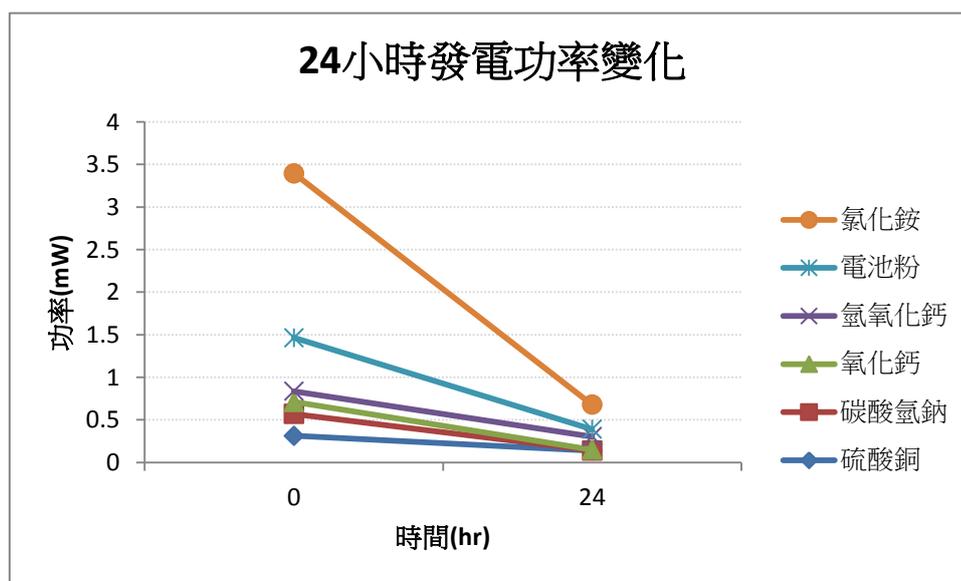
為求環保，進一步選擇日常生活中方便可取得之電解質來替換原先的硫酸銅，以便提升發電效益。

### 一、實驗步驟：

1. 將麵粉、電解液溶液 1 ml(同實驗八)、與下列各項電解質一同攪拌。
2. 攪拌使之成為黏稠膠狀。
3. 將此膠狀電解液塗抹在先前製作好的負極染料面，並且蓋上正極加以封裝。

### 二、實驗記錄與資料處理：

電解質 0.02g	組裝完成後不同時間之發電效益					
	0 hr			4 hr		
	電壓(V)	電流(mA)	功率(mW)	電壓(V)	電流(mA)	功率(mW)
硫酸銅	0.525	0.596	0.313	0.378	0.369	0.139
碳酸氫鈉	0.403	0.637	0.257	0.030	0.024	0.001
氧化鈣	0.711	0.197	0.140	0.155	0.063	0.010
氫氧化鈣	0.635	0.198	0.126	0.801	0.192	0.154
電池粉	0.455	1.382	0.629	0.425	0.204	0.087
氯化銨	0.519	3.720	1.931	0.254	1.135	0.288



### 三、小結：

1. 使用氯化銨作為電解質可得最佳發電功率。

#### 四、討論：

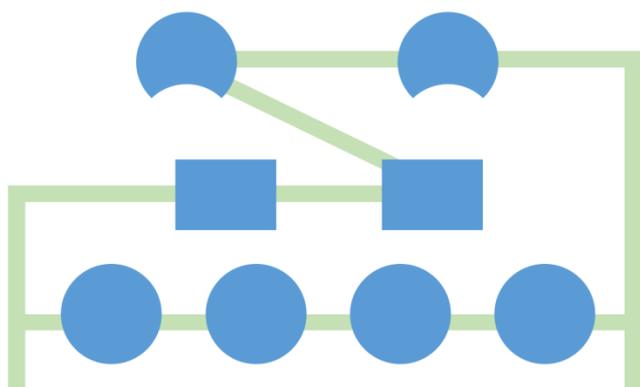
##### 1. 為何使用氯化銨時有最佳的發電功率？

電池是利用氧化還原的原理來發電，從實驗結果可以發現有+1 價的電解質叫含有+2 價電解質的發電效益來得好。推測是因為 +1 價的離子較容易得到電子而發生還原反應，因此會有較好的發電效益。換句話說，電解質的添加應注意離子的價數，以利氧化還原。

## 實驗十、串並聯後時間與電池效果的關係為何？

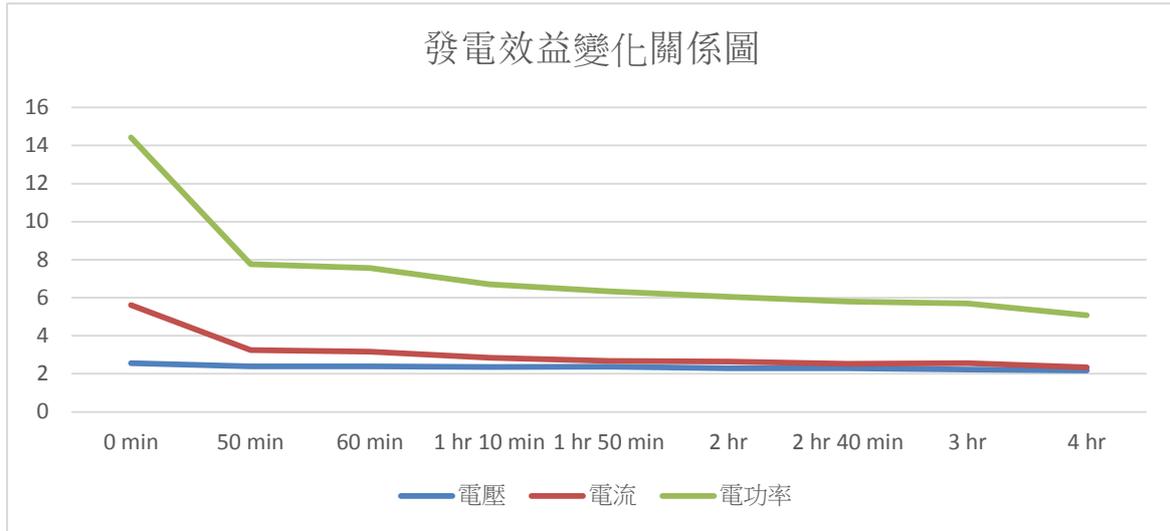
### 一、實驗步驟：

1. 使用電子磅秤秤量出 0.08g 氯化銨以及 2g 麵粉。
2. 在容器中加入 2ml 水、2ml 電解液以及先前測量完成的電解液、麵粉。
3. 攪拌使之成為粘稠膠狀。
4. 負極:鋁箔剪成一半徑為 1cm 的中空圓形，貼於護貝膜再塗上一層立可白。
5. 正極:以銅片作為基板，使用蠟燭在上方碳黑。
6. 將步驟三之膠狀電解液塗抹於先前製作好的負極染料面，並且蓋上正極。
7. 以上步驟重複 8 次，組裝出 4 串聯 2 並聯。
8. 使用各顏色奇異筆加以裝飾。



### 二、實驗記錄與資料處理：

所經時間	電壓(V)	電流(Ma)	電功率(mW)
0 min	2.567	5.62	14.427
50 min	2.389	3.25	7.764
60 min	2.392	3.16	7.559
1 hr 10 min	2.355	2.85	6.712
1 hr 50 min	2.376	2.67	6.344
2 hr	2.284	2.65	6.053
2 hr 40 min	2.295	2.53	5.806
3 hr	2.227	2.56	5.701
4 hr	2.167	2.34	5.071



### 三、小結：

1. 此 4 串聯 2 並聯之染敏電池封黏後經過 4 小時仍可使 LED 燈發亮。

## 伍、 結論

- 一、負極：使用一中空鋁箔取代原先的 ITO 玻璃作為導電基板，再以一層適當厚度的立可白來替代二氧化鈦溶液，此種製作方式的發電效益佳也改善了繁雜的製作過程。
- 二、染料：色鉛筆作為染料時照光前後變化量大，但以整體發電功率而言白板筆數據較佳。
- 三、電解液：電解液中硫酸銅濃度太高或太低都對數據產生負面影響，濃度為 6.75%時發電功率較佳。但因硫酸銅有環保方面的問題，最後使用氯化銨取代作為電解質發電效益高，可達到 1.931 mW。初期使用科技海綿以及紗布作為液態電解液的承載物，但由實驗得知電池使用壽命短，最後我們將電解液溶液加入適當量麵粉延長使用壽命，24 小時後仍可達到 0.139mW。
- 四、正極：當 ITO 玻璃作為基板時以「鉛筆塗畫+蠟燭碳黑」發電功率較佳，為求簡便以銅片代替作為基板時以「蠟燭碳黑」發電功率較佳。
- 五、整體組裝：組裝 8 cell 染敏電池成四串聯、二並聯後以護貝膜進行封裝，經 4 小時仍足以驅動一顆 LED 電池。且可於透明護貝膜上自由繪出圖案，發電效益、使用壽命、美觀三者功能兼得。

## 陸、 建議

為延長電池壽命，我們將液態的電解液加入麵粉使之成為膠狀，不四處流動，但經過實驗發現電池製作完成約六小時後，膠狀電解液部分開始出現乾硬固體使得發電功率下降，原因為麵粉中的水分逐漸蒸發。因此在無法完全隔離電池內外空氣的狀況下，防止電解液溶液蒸發仍是需要努力的部分。

## 參考資料

- 一、戴明鳳（民 95 年），DIY TiO<sub>2</sub> 染料敏化電池製作，清華大學論文，未出版。
- 二、呂宗昕、吳偉宏，奈米科技與二氧化鈦光觸媒，科學發展 376 期。
- 三、蘇建華（民 92 年），生物系統中的電子轉移反應，中華技術學院生物科技系論文。
- 四、藤嶋昭，渡部俊也，喬木和仁(合編)，圖解光觸媒，世茂出版社。
- 五、李明柔等（民 102），發電吧！太陽能彩「漆」，中華民國第 52 屆全國中小學科展作品說明書高職組化工科第一名。
- 六、廖志勳，綠色能源--淺探葉綠素轉換機制的應用構想，（未出版），國立台中一中小論文。
- 七、林鵬，新型葉綠素電池的研究與開發，中華民國第 49 屆中小學科學展覽會作品說明書高中組生活與應用科學科。

## 【評語】 030217

本研究係利用日常生活中的導電材料如立可白、碳墨等製作簡易的染敏電池，實驗探討完整，具有創意且有實用價值，屬於相當好的作品。