

中華民國第四十八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

040803

光敏染料太陽能電池

學校名稱：國立竹北高級中學

|                                                             |                             |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| 作者：<br><br>高二 李秀晟<br><br>高二 鄭承平<br><br>高二 謝孟瑾<br><br>高二 李哲源 | 指導老師：<br><br>蕭雅君<br><br>陳怡君 |
|-------------------------------------------------------------|-----------------------------|

關鍵詞： 太陽能電池、二氧化鈦、光敏染料

## 壹、摘要

本實驗利用二氧化鈦的光觸媒特性，搭配導電玻璃及數種日常生活中常見的染料來製作色素增感型太陽能電池，並且找出何種染料製作的太陽能電池以及何種製作太陽能電池的方式的效率最好；且在不同的溫度、光線下測試所製作的電池，比較環境的差異對太陽能電池有何影響。

## 貳、研究動機

工業革命後，人類從人力、獸力進而發展至機械力，要使機械運作最重要的無非是所需的能源。工業革命時期，瓦特改良了蒸汽機，使它在後來廣泛地運用在火車、船等器械上面。到了今日，石化燃料（如石油、煤）成了最主要的使用能源，石化燃料是古代生物埋藏在地底，經過高溫高壓複雜處理數萬年而出現的產物，為非再生能源，遲早一日，它必定會消耗殆盡，而我們現今所使用的部份機車、汽車、船、飛機以及部份的發電將難以運作。燃燒石化燃料會釋放大量的二氧化碳，將造成溫室效應加劇，全球暖化，海平面上升，冰山融化，陸上生物的生活空間變小，熱帶疾病的南北擴張等難以避免的後果。

因此，在石油資源逐漸匱乏的時代，對於人類來說，尋找替代能源變成十分的重要，太陽能是未來十分看好的可再生資源，使用後所造成的危害幾乎沒有，而現有的矽太陽能電池，造價昂貴，生產量少，且轉換效率差，對於太陽能電池的普及是一大障礙。我們希望以普遍的素材作為原料，製作出性能價格比高的成品。而身旁可得之物質，適用於光敏染料電池者雖然不多，但取得上較矽容易，也比較便宜，所以這種便宜的太陽能電池有希望取代目前的矽電池，而成為未來太陽能電池的主流。

## 參、研究目的

- 一、 比較不同面積之ITO發電效率。
- 二、 比較混合染劑及TiO<sub>2</sub>與一般電池之差異。
- 三、 比較不同色光對於電池發電效率的影響。
- 四、 比較立可白及TiO<sub>2</sub>不同之光觸媒功率差異。
- 五、 探討不同染料對於光敏染料電池的影響。
- 六、 找出易取得的染料中，能產生最大能量之染料。
- 七、 在高溫的狀態下，對光敏染料電池的發電功率影響。
- 八、 不同電解液對光敏染料太陽能電池的影響。

## 肆、研究設備及器材

### 一、藥品

- (一) 二氧化鈦 ( $\text{TiO}_2$ ) 奈米級
- (二) 丙酮
- (三) 界面活性劑(沙拉脫)
- (四) 藥用酒精( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )
- (五) 紅藥水(主要成分:紅汞)
- (六) 紫藥水(主要成分:龍膽紫)
- (七) 黃藥水(主要成分:rivano)
- (八) 碘 $\text{I}_2$
- (九) 碘化鉀 KI
- (十) 葉綠素(製備)
- (十一)紫高麗菜汁(製備)
- (十二)各式茶類(紅茶、綠茶、烏龍茶)
- (十三)甲基藍

### 二、器材

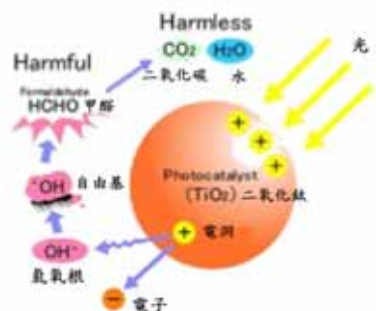
- (一) 銅片 x10
- (二) 量筒 10ml x2 50ml x2
- (三) 培養皿
- (四) 三秒膠
- (五) 燒杯 50ml x2 100ml x2
- (六) 滴管 x8
- (七) 量瓶 100ml 數個
- (八) 鱷魚夾 +電線(紅 x5 黑 x5)
- (九) 三用電錶x2
- (十) 塑膠容器(大於導電玻璃) x1
- (十一) 導電玻璃(不同尺寸)數片
- (十二) 電腦風扇 8CM x4 12CMx1
- (十三) 硬碟機 x1
- (十四) 矽力康
- (十五) 含氟牙膏
- (十六) 光敏電阻 x1
- (十七) 無段式電源供應器

## 伍、原理

### 一、光觸媒：

全球經工業化後，人們的生活水準雖獲得改善，但是伴隨而來的卻是環境污染以及能源危機，光觸媒技術就在這樣的時空背景下因應而生。光觸媒技術能有效處理液相污染物中的氯苯有機物、氯酚化合物、氰化物、金屬離子等污染物質；在空氣污染方面，光觸媒技術也能有效處理如氧化氮( $\text{NO}_x$ )、氧化硫( $\text{SO}_x$ )等污染物質。由於光觸媒在反應中僅扮演催化劑角色，本身並不會消耗掉，又沒有不良副作用，因此成為防治空氣及水污染河川的綠色尖兵。此外，若將半導體光觸媒(如二氧化鈦)放入水中，並照射紫外光，可以使水分解為氧與氫。這種將光能轉換為化學能的反應類似植物的光合作用，因而在石油危機時曾被用來生產乾淨又環保的能源—氫，但因效率不高，目前仍停留在研究階段。「光觸媒反應」的原理如圖一所示，藉由紫外光或太陽光的照射，使觸媒表面的電子吸收足夠能量而脫離，而在電子脫離的位置便形成帶正電的電洞，電洞會將附近水分子游離出的氫氧基( $\text{OH}^-$ )氧化(即奪取其電子)，使其成為活性極大的氫氧自由基( $\text{OH radical}$ )。

圖：光觸媒之催化反應機制圖 郭昭延 繪



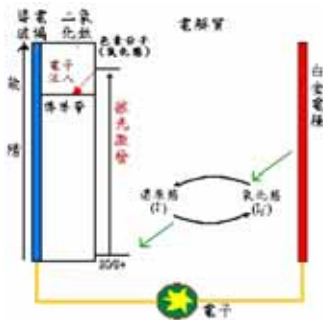
做為光觸媒的材料眾多，包括 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{ZnO}$ 、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{ZrO}_2$ 等氧化物及 $\text{CdS}$ 、 $\text{ZnS}$ 等硫化物，其中二氧化鈦(Titanium Dioxide,  $\text{TiO}_2$ )因氧化能力強、化學性安定又無毒，自1972年發現至今，已成為最近當紅的奈米光觸媒家電、口罩等民生

用品的最愛。二氧化鈦是一種半導體，分別具有銳鈦礦(Anatase)、金紅石 (Rutile)及板鈦礦(Brookite)三種結晶結構，其中只有銳鈦礦結構具有光觸媒特性。要使二氧化鈦的電子由價帶(valence band)躍遷至導帶(conduction band)並脫離材料，外來的光源必須提供電子足夠的能量以跨越能隙(band gap)。光源的能量  $E$  與波長  $\lambda$  之間具有反比關係：

$$E = hc / \lambda$$

其中  $h$  是普朗克常數(Planck constant)， $c$  是光速。二氧化鈦能隙的寬度為3.2 eV，對應的波長為380 nm，正是紫外光波段。

圖：二氧化鈦電子受激躍遷示意圖 郭昭延繪

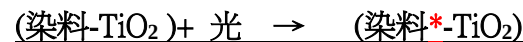


換言之，波長超過380 nm(即能量低於3.2 eV)的光源是無法使二氧化鈦發揮光觸媒功能的。為了擴大光觸媒的應用範圍，日本已成功開發出可見光(390~780 nm)適用的光觸媒；另一方面，應用奈米科技將二氧化鈦製成奈米級顆粒，則可藉由大幅增加表面積與體積的比例，

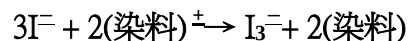
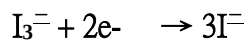
提高光觸媒作用的效率。這些發展預期將帶動更多的光觸媒應用。

## 二、奈米光敏染料太陽能電池：

奈米光敏染料太陽能電池主要利用TiO<sub>2</sub>膠態溶液，經均勻塗佈在一透明的導電玻璃(ITO)上，這些奈米結構的TiO<sub>2</sub>電極層，因為具有多孔的特性提高了它的表面積層，比起單層的TiO<sub>2</sub>電極層，大大的增加了染料的吸附量。當吸附其上的染料被光激發後，電子會由原先的基態(ground state)躍遷至激發態(excited state)。此激發態的電子能階，超過TiO<sub>2</sub>傳導帶的能階，因此電子就由染料上注入(injection)至TiO<sub>2</sub>的傳導帶，並由外部電路向外導出：



而向外導出的電子流至陰極 (Cathode) 時，便和電解液中的碘離子 ( $I_3^-$ ) 產生還原反應形成碘離子 ( $I^-$ )。已變成氧化態的染料分子，會與電解液中的碘離子( $I^-$ )產生還原反應回到原本基態的分子：



如此，整個太陽能電池便會形成一個循環的通路，不會中斷，整個光敏染料電池也可重複的再運作。其中電解液中的 ( $I^-$ )/ ( $I_3^-$ ) 更是作為重要的平衡電荷之角色，可以使電池照光後不斷的循環而產生連續的電流。此種電池舊型矽太陽能電池最大的不同點在於使用奈米級的TiO<sub>2</sub> 使得吸附的光敏劑大大的增加。

## 陸、研究過程及方法

### 前置實驗一、葉綠素製備

(一) 目的: 製作「色素種類」實驗所需之葉綠素

(二) 實驗步驟:

1. 把地瓜葉去柄及較大的葉脈，放入研鉢中。
2. 使用研鉢將其搗碎，並加入酒精萃取葉綠素。
3. 使用丙酮加入溶液中，溶出葉綠素。

4. 使用濾紙，將溶液中的雜質去除。
5. 靜置等待水份減少，。

#### 前置實驗二、紫高麗菜汁及不同茶類色素製備

(一) 目的: 製作「色素種類」實驗所需之紫高麗菜汁及茶類色素

(二) 實驗步驟:

1. 把紫高麗菜用水果刀切成小塊碎片。
2. 放入研鉢將紫高麗菜搗碎，並加入 95%酒精溶出紫高麗菜汁。
3. 使用濾紙過濾含有碎渣的紫高麗菜汁，以將溶液中的雜質去除。
4. 在 3 個不同的燒杯中各放入 5 個茶包。
5. 各加入 100ml 水並加熱濃縮至 20ml。
4. 靜置並妥善保存用於製程的染料。

#### 前置實驗三、製作並測試及改良旋轉塗布機

(一) 目的: 製作旋轉塗布機已使用旋轉塗布之方式製作太陽能電池

(二) 實驗步驟:

1. 將一個 3.5 英吋硬碟拆開，移除讀取臂及磁鐵，僅保留碟盤、馬達和 IC 板
2. 將一直徑為 6cm 之圓型塑膠容器（底面平滑）以強力膠黏在硬碟轉軸中心上。
3. 將 5x5 導電玻璃中心對準容器圓心（導電面朝上），將其以雙面膠黏在容器內。
4. 取 5g 奈米級二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )加入 9ml 稀醋酸溶液(50ml 水加入 0.2ml 冰醋酸)。
5. 將硬碟固定在紙箱中，開啓硬碟使其加速至 4200rpm，以滴管吸取膠態  $\text{TiO}_2$  於玻璃中心上方滴入。
6. 關閉硬碟電源，取出完成之導電玻璃。

#### 前置實驗四、改良旋轉塗布機

(一) 目的: 改正硬碟式旋轉塗布轉速過快以及不穩定之缺點

(二) 實驗步驟:

1. 將一個 8cm 電腦系統風扇以泡棉雙面膠固定於一紙箱中上，接至無段式電源供應器上
2. 將一直徑為 6cm 之圓型塑膠容器（底面平滑）以泡綿雙面膠黏在風扇轉軸中心上。
3. 將 5x5 導電玻璃中心對準容器圓心（導電面朝上），將其以雙面膠黏在容器內。
4. 取 5g 奈米級二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )加入 9ml 稀醋酸溶液(50ml 水加入 0.2ml 冰醋酸)。
5. 開啓電源供應器使其加速至 200rpm，以滴管吸取膠態  $\text{TiO}_2$  於玻璃中心上方滴入。
6. 將風扇加速至 2000rpm，並維持高速旋轉 30 秒，關閉風扇電源，取出完成之導電玻璃。

#### 實驗一、色素染料種類

(一) 想法: 了解不同的色素染料(化學色素和天然植物色素)對太陽能電池的影響。

(二) 目的: 比較不同的染料所產生之電功率之大小，並找出效果最好的染料。

(三) 實驗步驟:

1. 取 5g 奈米級二氧化鈦( $\text{TiO}_2$ )加入 9ml 稀醋酸溶液(50ml 水加入 0.2ml 冰醋酸)。
2. 利用前置實驗二之旋轉塗布法(2000rpm)塗抹  $\text{TiO}_2$  至導電玻璃(5cmx5cm)上。

3. 將塗抹過 $\text{TiO}_2$ 之導電玻璃利用電烤箱於 250 度烘烤 15 分鐘，取出於室溫下冷卻。
4. 將烤過之導電玻璃浸泡不同的染料 22 小時。
5. 將另一片導電玻璃黏上雙面膠，覆蓋前一片導電玻璃並以滴管於兩片玻璃之夾縫中加入碘電解液，並用矽利康將縫封死。
6. 在室溫下測試(13W PL 省電燈泡距離 2.5cm)。

#### 實驗二.觸媒種類:

(一).想法: 了解不同的光觸媒種類對太陽能電池的影響。

(二).目的: 比較不同的光觸媒所產生之電壓電流之大小，並找出最好的光觸媒。

(三).實驗步驟:

1. 取 4 片導電玻璃(5cmx5cm)並用立可白均勻塗上，刮除其中一邊 0.5cm 的立可白，並用”色素種類”實驗之製作方式製作四片太陽能池。
2. 取 4 片導電玻璃(5cmx5cm)，用”色素種類”實驗之製作方式製作四片太陽能電池但光觸媒材質由奈米 $\text{TiO}_2$ 改為使用非奈米 $\text{TiO}_2$ 。
3. 在室溫下測試(13W PL 省電燈泡距離 2.5cm)。

#### 實驗三. 染料浸泡方法。

(一).想法: 了解不同的染料浸泡方法對太陽能電池的影響。

(二).目的: 比較不同的染料浸泡方法所產生電壓電流之大小，並找出最好的塗布方法。

(三).實驗步驟:

1. 秤取 5g 奈米級 $\text{TiO}_2$ 並加入 4ml 稀醋酸溶液及 0.1ml 介面活性劑。
2. 加入 5ml 甲基藍，均勻混合膠狀溶液。
3. 使用旋轉塗布法，將混合色素之膠狀 $\text{TiO}_2$ 均勻塗布在導電玻璃上。
4. 將另一片導電玻璃黏上雙面膠，覆蓋前一片導電玻璃並以滴管於兩片玻璃之夾縫中加入碘電解液，並用矽利康將夾縫封死。
5. 用”色素種類”實驗之製作方式製作四片甲基藍太陽能電池。
6. 在室溫下測試(13W PL 省電燈泡距離 2.5cm)。

#### 實驗四.玻璃尺寸

(一).想法: 了解不同的導電玻璃尺寸對太陽能電池的影響。

(二).目的: 比較不同尺寸之導電玻璃所產生之電壓電流之大小。

(三).實驗步驟:

1. 用玻璃刀切割 3x3cm 5x5cm 7x7cm 各 4 片。
2. 使用”色素種類”實驗之製作方式各製作四片紅藥水太陽能電池。
3. 在室溫下測試(13W PL 省電燈泡距離 2.5cm)。

#### 實驗五、色光

(一).想法: 了解不同的色光對太陽能電池的影響。

(二).目的: 比較照射不同色光之導電玻璃所產生之電壓電流之大小。

(三).實驗步驟:

1. 利用”色素種類”之製作方式製作紅藥水太陽能電池 2 片。
2. 將一個光敏電阻以鱷魚夾夾住電極，將電線連至電表之電阻檔位，調整檯燈高度至數值顯示為 1.5 處。
3. 先於室溫及白光下測試太陽能電池 1 枚。
4. 更換不同顏色之玻璃紙，並調整檯燈高度使自製光度計數值至數值 1.5 處及重新測試。

實驗六、溫度

(一).想法: 了解不同的溫度對太陽能電池的影響。

(二).目的: 比較不同溫度下之所產生之電壓電流之大小。

(三).實驗步驟:

1. 將一個 50x30x30 cm的紙箱挖出 3 個 8x8 cm及 1 個 12x12 cm的正方形孔洞。
2. 將風扇分別固定於方形孔洞上。
3. 在紙箱側邊挖出 3x40 cm的開口。
4. 將檯燈從開口置入，並貼緊開口使熱風不漏出。
5. 在箱子之上方插入一溫度計，在放置電池的部位貼上電阻式溫度計。
6. 將一良好之紅藥水電池放於檯燈正下方。
7. 將吹風機從紙箱口放入，但不對準電池。
8. 開啓檯燈、風扇、吹風機，微調風扇轉速使箱內溫度能緩慢上升。
9. 紀錄每升高一度之電流及電壓。

實驗七、電解液種類

(一).想法: 了解不同的電解液對太陽能電池的影響。

(二).目的: 比較不同電解液下之所產生之電壓電流之大小。

(三).實驗步驟:

1. 將 4 片 5x5cm 之導電玻璃 3 邊貼上雙面膠。
2. 蓋上浸泡過紅藥水之TiO<sub>2</sub>玻璃。
3. 將含氟牙膏約 10ml 擠至一燒杯，並加水 50ml。
4. 均勻攪拌牙膏混合液。
5. 分別在各 2 片紅藥水電池注入碘電解液及氟電解液。
6. 在室溫下測試(13W PL 省電燈泡距離 2.5cm)。

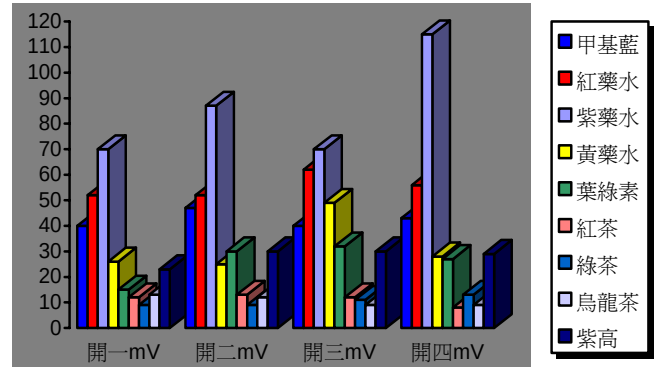
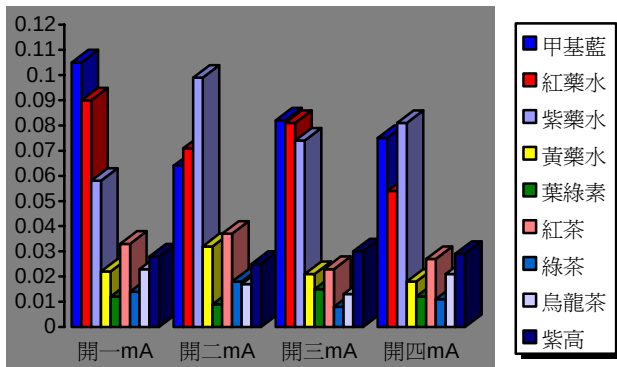
## 柒、研究結果

| 表(一)紅藥水 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 337        | 0.142      | 0          | 0          |
| 開1      | 389        | 0.232      | 0.09       | 52         |
| 關2      | 353        | 0.152      | 0          | 0          |
| 開2      | 405        | 0.223      | 0.071      | 52         |
| 關3      | 368        | 0.157      | 0          | 0          |
| 開3      | 430        | 0.238      | 0.081      | 62         |
| 關4      | 401        | 0.202      | 0          | 0          |
| 開4      | 457        | 0.256      | 0.054      | 56         |

| 表(二)甲基藍 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 335        | 0.203      | 0          | 0          |
| 開1      | 375        | 0.308      | 0.105      | 40         |
| 關2      | 272        | 0.247      | 0          | 0          |
| 開2      | 319        | 0.311      | 0.064      | 47         |
| 關3      | 317        | 0.215      | 0          | 0          |
| 開3      | 357        | 0.297      | 0.082      | 40         |
| 關4      | 306        | 0.23       | 0          | 0          |
| 開4      | 349        | 0.305      | 0.075      | 43         |

| 表(三)紫藥水 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 196        | 0.077      | 0          | 0          |
| 開1      | 266        | 0.135      | 0.058      | 70         |
| 關2      | 201        | 0.07       | 0          | 0          |
| 開2      | 288        | 0.106      | 0.099      | 87         |
| 關3      | 252        | 0.086      | 0          | 0          |
| 開3      | 322        | 0.16       | 0.074      | 70         |
| 關4      | 177        | 0.085      | 0          | 0          |
| 開4      | 292        | 0.166      | 0.081      | 115        |

| 表(四)黃藥水 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 177        | 0.06       | 0          | 0          |
| 開1      | 203        | 0.082      | 0.022      | 26         |
| 關2      | 202        | 0.079      | 0          | 0          |
| 開2      | 227        | 0.111      | 0.032      | 25         |
| 關3      | 190        | 0.062      | 0          | 0          |
| 開3      | 239        | 0.083      | 0.021      | 49         |
| 關4      | 184        | 0.085      | 0          | 0          |
| 開4      | 212        | 0.103      | 0.018      | 28         |



| 表(五)葉綠素 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 122        | 0.034      | 0          | 0          |
| 開1      | 137        | 0.046      | 0.012      | 15         |
| 關2      | 90         | 0.055      | 0          | 0          |
| 開2      | 120        | 0.064      | 0.009      | 30         |
| 關3      | 97         | 0.044      | 0          | 0          |
| 開3      | 129        | 0.059      | 0.015      | 32         |
| 關4      | 86         | 0.04       | 0          | 0          |
| 開4      | 113        | 0.052      | 0.012      | 27         |

| 表(六)紅茶 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| 關1     | 82         | 0.021      | 0          | 0          |
| 開1     | 94         | 0.054      | 0.033      | 12         |
| 關2     | 78         | 0.018      | 0          | 0          |
| 開2     | 91         | 0.055      | 0.037      | 13         |
| 關3     | 67         | 0.014      | 0          | 0          |
| 開3     | 79         | 0.037      | 0.023      | 12         |
| 關4     | 75         | 0.017      | 0          | 0          |
| 開4     | 83         | 0.044      | 0.027      | 8          |

| 表(七)綠茶 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| 關1     | 52         | 0.018      | 0          | 0          |
| 開1     | 61         | 0.032      | 0.014      | 9          |
| 關2     | 59         | 0.020      | 0          | 0          |
| 開2     | 68         | 0.038      | 0.018      | 9          |
| 關3     | 56         | 0.025      | 0          | 0          |
| 開3     | 67         | 0.033      | 0.008      | 11         |
| 關4     | 53         | 0.022      | 0          | 0          |
| 開4     | 66         | 0.033      | 0.011      | 13         |

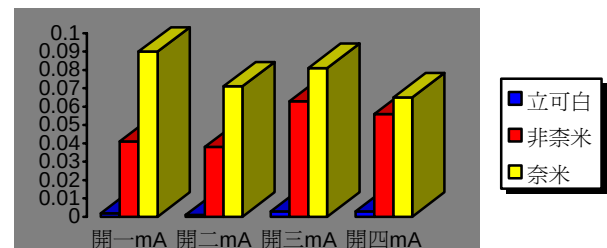
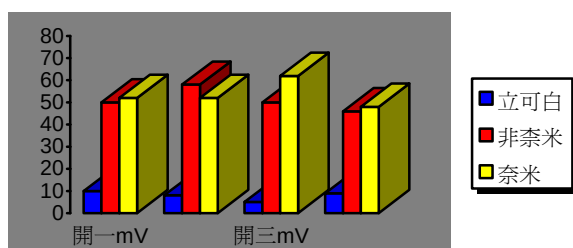
| 表(八)烏龍茶 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 61         | 0.023      | 0          | 0          |
| 開1      | 74         | 0.046      | 0.023      | 13         |
| 關2      | 59         | 0.02       | 0          | 0          |
| 開2      | 71         | 0.037      | 0.017      | 12         |
| 關3      | 63         | 0.024      | 0          | 0          |
| 開3      | 72         | 0.037      | 0.013      | 9          |
| 關4      | 60         | 0.018      | 0          | 0          |
| 開4      | 69         | 0.039      | 0.021      | 9          |

| 表(九)紫高 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|--------|------------|------------|------------|------------|
| 關1     | 118        | 0.064      | 0          | 0          |
| 開1     | 141        | 0.092      | 0.028      | 23         |
| 關2     | 106        | 0.058      | 0          | 0          |
| 開2     | 136        | 0.083      | 0.025      | 30         |
| 關3     | 113        | 0.049      | 0          | 0          |
| 開3     | 143        | 0.079      | 0.03       | 30         |
| 關4     | 109        | 0.063      | 0          | 0          |
| 開4     | 138        | 0.092      | 0.029      | 29         |

| 表(十)立可白 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 100        | 0.005      | 0          | 0          |
| 開1      | 110        | 0.007      | 0.002      | 10         |
| 關2      | 97         | 0.001      | 0          | 0          |
| 開2      | 105        | 0.002      | 0.001      | 8          |
| 關3      | 82         | 0.001      | 0          | 0          |
| 開3      | 87         | 0.004      | 0.003      | 5          |
| 關4      | 99         | 0.003      | 0          | 0          |
| 開4      | 108        | 0.006      | 0.003      | 9          |

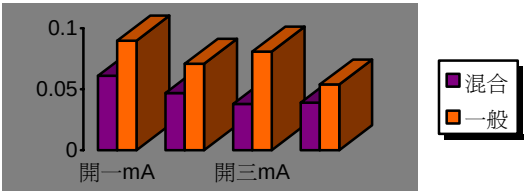
| 表(十一)非奈米 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|----------|------------|------------|------------|------------|
| 關1       | 370        | 0.194      | 0          | 0          |
| 開1       | 420        | 0.235      | 0.041      | 50         |
| 關2       | 347        | 0.137      | 0          | 0          |
| 開2       | 405        | 0.175      | 0.038      | 58         |
| 關3       | 378        | 0.142      | 0          | 0          |
| 開3       | 428        | 0.205      | 0.063      | 50         |
| 關4       | 355        | 0.155      | 0          | 0          |
| 開4       | 401        | 0.211      | 0.056      | 46         |

| 表(十二)奈米 | 原始電壓<br>mV | 原始電流<br>mA | 修正電流<br>mA | 修正電壓<br>mV |
|---------|------------|------------|------------|------------|
| 關1      | 337        | 0.142      | 0          | 0          |
| 開1      | 389        | 0.232      | 0.09       | 52         |
| 關2      | 353        | 0.152      | 0          | 0          |
| 開2      | 405        | 0.223      | 0.071      | 52         |
| 關3      | 368        | 0.157      | 0          | 0          |
| 開3      | 430        | 0.238      | 0.081      | 62         |
| 關4      | 310        | 0.16       | 0          | 0          |
| 開4      | 358        | 0.225      | 0.065      | 48         |

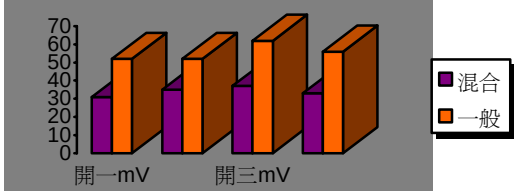




| 表(十)<br>混合 | 原始電壓 mV | 原始電流 mA | 修正電流 mA | 修正電壓 mV |
|------------|---------|---------|---------|---------|
| 關 1        | 330     | 0.171   | 0       | 0       |
| 開 1        | 361     | 0.232   | 0.061   | 31      |
| 關 2        | 340     | 0.197   | 0       | 0       |
| 開 2        | 375     | 0.244   | 0.047   | 35      |
| 關 3        | 493     | 0.177   | 0       | 0       |
| 開 3        | 530     | 0.215   | 0.038   | 37      |
| 關 4        | 314     | 0.184   | 0       | 0       |
| 開 4        | 347     | 0.223   | 0.039   | 33      |



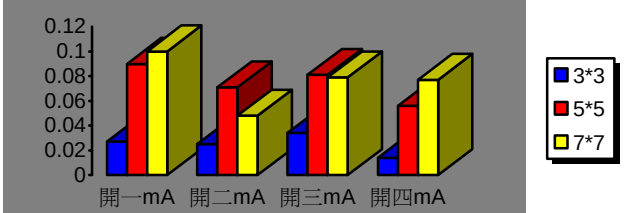
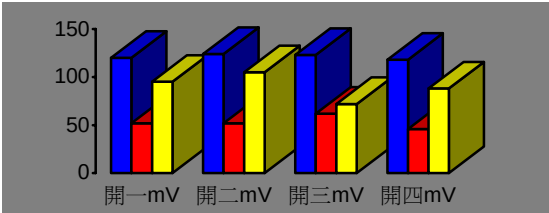
| 表(十三)<br>普通 | 原始電壓 mV | 原始電流 mA | 修正電流 mA | 修正電壓 mV |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| 關 1         | 337     | 0.142   | 0       | 0       |
| 開 1         | 389     | 0.232   | 0.09    | 52      |
| 關 2         | 353     | 0.152   | 0       | 0       |
| 開 2         | 405     | 0.223   | 0.071   | 52      |
| 關 3         | 368     | 0.157   | 0       | 0       |
| 開 3         | 430     | 0.238   | 0.081   | 62      |
| 關 4         | 401     | 0.202   | 0       | 0       |
| 開 4         | 457     | 0.256   | 0.054   | 56      |



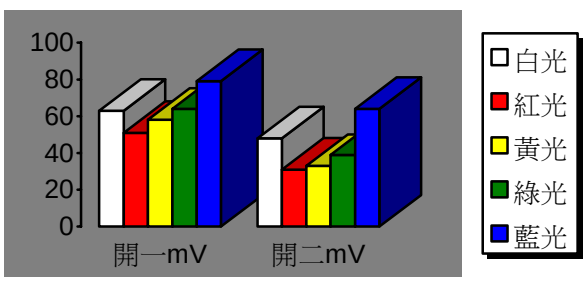
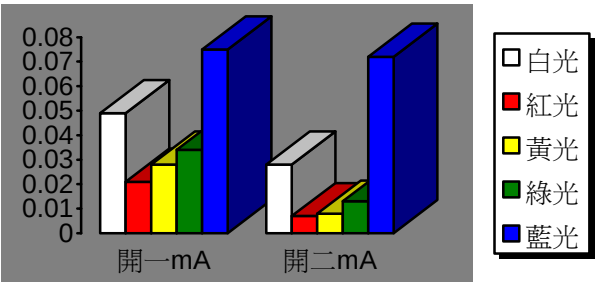
| 表(十四)<br>3x3 紅 | 原始電壓 mV | 原始電流 mA | 修正電流 mA | 修正電壓 mV |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 關 1            | 249     | 0.201   | 0       | 0       |
| 開 1            | 369     | 0.228   | 0.027   | 120     |
| 關 2            | 221     | 0.151   | 0       | 0       |
| 開 2            | 345     | 0.176   | 0.025   | 124     |
| 關 3            | 220     | 0.151   | 0       | 0       |
| 開 3            | 343     | 0.185   | 0.034   | 123     |
| 關 4            | 241     | 0.163   | 0       | 0       |
| 開 4            | 359     | 0.177   | 0.014   | 118     |

| 表(十五)<br>5x5 紅 | 原始電壓 mV | 原始電流 mA | 修正電流 mA | 修正電壓 mV |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 關 1            | 337     | 0.142   | 0       | 0       |
| 開 1            | 389     | 0.232   | 0.09    | 52      |
| 關 2            | 353     | 0.152   | 0       | 0       |
| 開 2            | 405     | 0.223   | 0.071   | 52      |
| 關 3            | 368     | 0.157   | 0       | 0       |
| 開 3            | 430     | 0.238   | 0.081   | 62      |
| 關 4            | 355     | 0.155   | 0       | 0       |
| 開 4            | 401     | 0.211   | 0.056   | 46      |

| 表(十六)<br>7x7 紅 | 原始電壓 mV | 原始電流 mA | 修正電流 mA | 修正電壓 mV |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 關 1            | 106     | 0.125   | 0       | 0       |
| 開 1            | 201     | 0.225   | 0.1     | 95      |
| 關 2            | 109     | 0.186   | 0       | 0       |
| 開 2            | 214     | 0.234   | 0.048   | 105     |
| 關 3            | 91      | 0.097   | 0       | 0       |
| 開 3            | 163     | 0.176   | 0.079   | 72      |
| 關 4            | 51      | 0.107   | 0       | 0       |
| 開 4            | 139     | 0.184   | 0.077   | 88      |



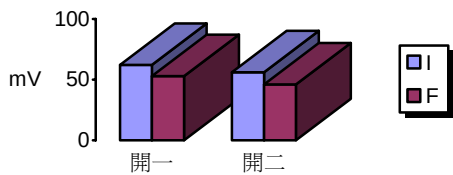
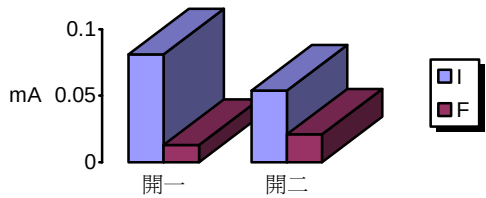
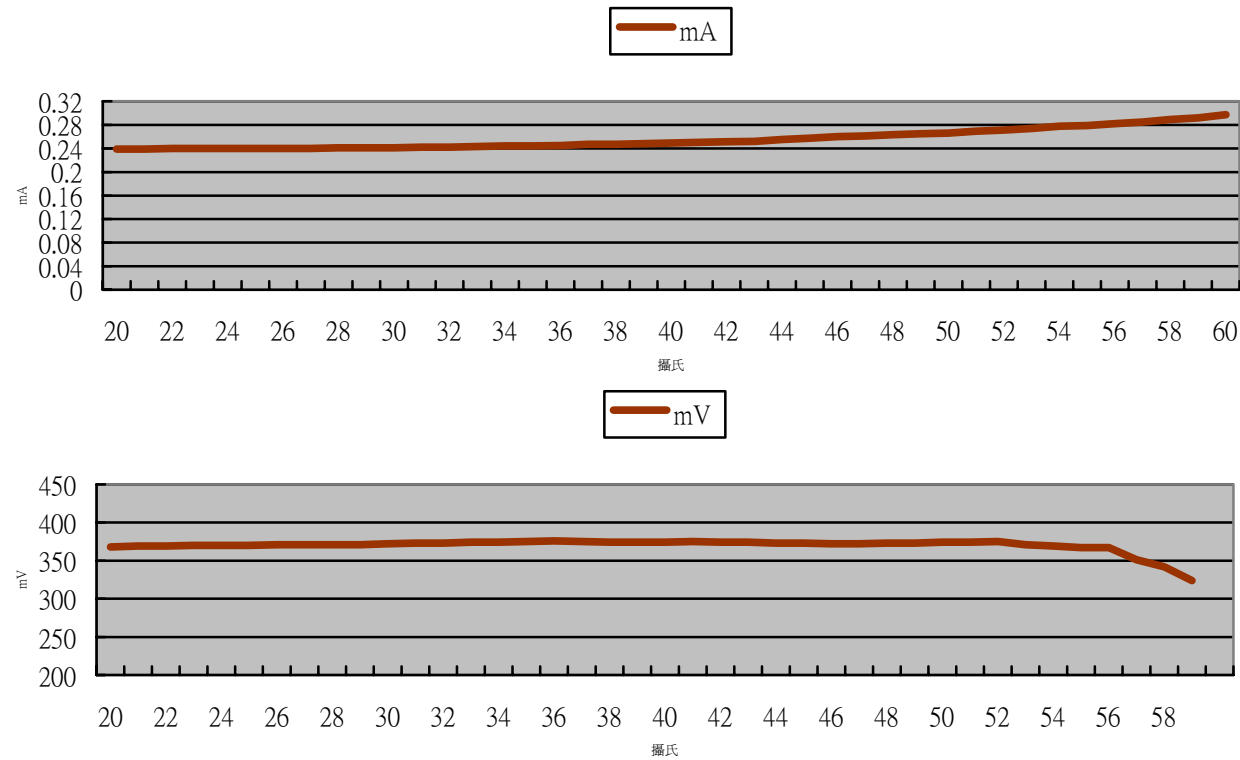
| 表(十七)<br>色光 1 | 白光 關  | 白光 開  | 紅 關   | 紅 開   | 黃 關   | 黃 開   | 綠 關   | 綠 開   | 藍 關   | 藍 開   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| K             | -     | 1.5   | -     | 1.5   | -     | 1.5   | -     | 1.5   | -     | 1.5   |
| 電流 mA         | 0.203 | 0.252 | 0.203 | 0.224 | 0.203 | 0.231 | 0.203 | 0.237 | 0.203 | 0.278 |
| 電流值           | -     | 0.049 | -     | 0.021 | -     | 0.028 | -     | 0.034 | -     | 0.075 |
| 電壓 mV         | 292   | 355   | 292   | 343   | 292   | 350   | 292   | 356   | 292   | 371   |
| 電壓值           | -     | 63    | -     | 51    | -     | 58    | -     | 64    | -     | 79    |



|             |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 表(十九)<br>溫度 | 20℃   | 21℃   | 22℃   | 23℃   | 24℃   | 25℃   | 26℃   | 27℃   | 28℃   | 29℃   |
| 電流<br>mA    | 0.239 | 0.239 | 0.24  | 0.24  | 0.24  | 0.24  | 0.24  | 0.24  | 0.241 | 0.241 |
| 電壓<br>mV    | 368   | 369   | 369   | 370   | 370   | 370   | 371   | 371   | 371   | 371   |
| 溫度          | 30℃   | 31℃   | 32℃   | 33℃   | 34℃   | 35℃   | 36℃   | 37℃   | 38℃   | 39℃   |
| 電流<br>mA    | 0.241 | 0.242 | 0.242 | 0.243 | 0.244 | 0.244 | 0.245 | 0.247 | 0.247 | 0.248 |
| 電壓<br>mV    | 372   | 373   | 373   | 374   | 374   | 375   | 376   | 375   | 374   | 374   |
| 溫度          | 40℃   | 41℃   | 42℃   | 43℃   | 44℃   | 45℃   | 46℃   | 47℃   | 48℃   | 49℃   |
| 電流<br>mA    | 0.249 | 0.25  | 0.251 | 0.252 | 0.255 | 0.257 | 0.26  | 0.261 | 0.263 | 0.265 |
| 電壓<br>mV    | 374   | 375   | 374   | 374   | 373   | 373   | 372   | 372   | 373   | 373   |
| 溫度          | 50℃   | 51℃   | 52℃   | 53℃   | 54℃   | 55℃   | 56℃   | 57℃   | 58℃   | 59℃   |
| 電流<br>mA    | 0.266 | 0.269 | 0.271 | 0.274 | 0.278 | 0.279 | 0.282 | 0.285 | 0.289 | 0.292 |
| 電壓<br>mV    | 374   | 374   | 375   | 371   | 369   | 367   | 367   | 351   | 342   | 324   |

|           |                |                |                |                |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 表(廿)<br>I | 原始<br>電壓<br>mV | 原始<br>電流<br>mA | 修正<br>電流<br>mA | 修正<br>電壓<br>mV |
| 關 1       | 368            | 0.157          | 0              | 0              |
| 開 1       | 430            | 0.238          | 0.081          | 62             |
| 關 2       | 401            | 0.202          | 0              | 0              |
| 開 2       | 457            | 0.256          | 0.054          | 56             |

|            |                |                |                |                |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 表(廿一)<br>F | 原始<br>電壓<br>mV | 原始<br>電流<br>mA | 修正<br>電流<br>mA | 修正<br>電壓<br>mV |
| 關 1        | 108            | 0.061          | 0              | 0              |
| 開 1        | 161            | 0.074          | 0.013          | 53             |
| 關 2        | 112            | 0.055          | 0              | 0              |
| 開 2        | 158            | 0.076          | 0.021          | 46             |



## 捌、討論

### 前置實驗一、旋轉塗布

在硬碟型旋轉塗布中，由於硬碟的轉速過高，導致大部分的TiO<sub>2</sub>遭到甩出；而且在硬碟高速旋轉時，會產生相當嚴重的振動，可能使玻璃遭到振落而飛出，所以我們根據以上缺點改良出風扇型旋轉塗布機；此種塗布機藉由 3 層的泡棉膠來有效的減少震動，而風扇也不如硬碟是固定轉速，可藉由無段式電源供應器輸出不同電壓之直流電，來自由的控制轉速，以解決硬碟轉速過高的問題。

### 實驗一、色素種類

由實驗一得知，紫藥水之電功率為最強。而紅藥水次之，甲基藍則與紅藥水相差不多，但紅藥水還是略強於甲基藍。原因可能是紫藥水對TiO<sub>2</sub>的吸附力較優於其他染劑，但由於吸附上去的紫藥水過多導致TiO<sub>2</sub>及易從導電玻璃上脫落，所以紫藥水電池很不做。因此，我們在其他的實驗中均改用效果次之的紅藥水製作。其他如黃藥水、葉綠素、紅茶、綠茶、烏龍茶則較難以滲入至TiO<sub>2</sub>之塗層，導致有較少的色素被光線照到，因此在電功率輸出的效能較差。在紫高麗菜汁方面，則出現和紫藥水相同的剝落問題，所以我們研判紫高麗菜汁應有與紫藥水類似之色素成分，但可能紫高麗菜汁是由植物種萃取而出的，濃度較低，所以剝落不如紫藥水嚴重。在本實驗中，植物色素均較化學色素低很多，其原因不僅是濃度較低以外，植物色素汁液成分較化學色素複雜了許多，很可能會互相引響，導致其輸出電壓電流的表現不如化學色素。

### 實驗二、觸媒種類

根據實驗的結果，奈米級之TiO<sub>2</sub>產生之電壓電流最高。因為奈米化的光觸媒和染料所接觸的面積均較非奈米TiO<sub>2</sub>大上許多，所以有更多的電子可以受到染料的激發，產生更大的電流。而至於立可白由於是使用較便宜之金紅石型TiO<sub>2</sub>所製作，所以比較不具有光觸媒的特性；而且立可白中TiO<sub>2</sub>緊密的結構不易使染料滲透至底層，更降低了立可白對可見光的敏化容易度，導致立可白所製作的太陽能電池無法有效發電。

### 實驗三、染料製作方法

根據實驗的結果，一般塗布之TiO<sub>2</sub>產生之電壓電流最高。原因可能是因為在混合塗布中，每個小分子TiO<sub>2</sub>都被染料所包覆，使TiO<sub>2</sub>之激發電子無法傳導至玻璃層中；而使用一般塗布方法中，烘烤過的TiO<sub>2</sub>和玻璃緊密貼合，而染料則卡在TiO<sub>2</sub>間的隙縫中，所以此種方式之太陽能電池效能較混合塗布高。

### 實驗四、玻璃尺寸

根據實驗結果，7x7 的玻璃所產生的電壓電流最大。因為在相同的亮度下，較大面積的太陽能電池能夠接受更多光能，所以產生之電壓電流較其他尺寸玻璃大。但 3x3 的單位面積電壓電流最大<sup>2</sup>而 5x5 的單位面積電壓電流次之<sup>2</sup>；7x7 的單位面積電壓電流為最小，會造成此結果可能是因為我們拿到的導電玻璃表面之電阻太大(2000Ω)，所以較大的導電玻璃電阻也越大，而較小的 3x3cm玻璃反而所受電阻較小，所以 3x3 和 5x5 單位面積電壓電流才較最大的 7x7cm玻璃大。

### 實驗五、色光

根據實驗結果，藍光的波長最短，頻率最高，所以能量最強，而產生之電壓電流也較其他種類色光強。在表(十四)與表(十五)中紅光之電壓電流最弱，而次之為黃光、綠光，與實驗假設相符

#### 實驗六、溫度

根據實驗結果，溫度並未顯著的影響太陽能電池的電壓電流。而在表(十九)中，溫度超過了 55°C 電壓便快速下降，但電流的變化並不大。可能是導電玻璃上所鍍上的 ITO 導電層發生變化所致。也有可能是電池內部電解液在高溫下變質所導致。

#### 實驗七、電解液種類

根據實驗結果，碘電解液較氟電解液效果好上許多。可能是由於氟電解液示由含氟牙膏製成，濃度比較低。而且碘電解液較氟電解液濃稠了許多，所以產生之電壓電流未較碘好。

## 玖、結論

- 1.紫藥水之電功率為最強，紅藥水次之，其餘皆很弱。
- 2.奈米級之TiO<sub>2</sub>產生之電功率最高
- 3.旋轉塗布浸泡染料之TiO<sub>2</sub>產生之電壓電流最高
- 4.7x7cm 的玻璃所產生的電壓電流最大，但 3x3cm 之單位面積電壓電流最大
- 5.藍光較其他種類色光產生之電壓電流強
- 6.溫度未顯著影響太陽能電池
- 7.碘電解液較氟電解液好

## 拾壹、展望

在本次科展中，我們還有許多值得改進的地方，大致上可分為三部份。第一：改良溫度測定裝置；在本次實驗中，溫度測定裝置的熱能源自於吹風機，但由於是使用直接吹入的方式，所以會造成箱內部份區域溫度偏高，影響實驗之精準度。第二：製作多太陽能電池陣列發電系統；由於本次使用的導電玻璃電阻太高，導致整體發電效能低下，而且不能串連電池；希望在未來能夠取得低電阻的導電玻璃，並配合一些相關的升壓電路以及電池組，以及和其他發電裝置互相輔助下製作成一個小型的展示性綠色能源發電系統，並且評估其效率。第三：製程的精密度提升；由於本實驗所自行製作的離心旋轉塗布裝置在各種試驗中成效良好，而且其旋轉核心是由電腦風扇所組成，所以我們可以利用電腦程式來改變電壓或使用 PWM 控制，並且回報其轉速，使塗布的製程統一，提高製作的良率。經由這些改良，可將電池的性能發揮更多、更有效率。

## 拾貳、參考資料及其他

- 一、郭昭延 光觸媒 [www.mirl.itri.org.tw/mirl-inter/knowledge/mim/255/255-22.pdf](http://www.mirl.itri.org.tw/mirl-inter/knowledge/mim/255/255-22.pdf)
- 二、吳季珍 2004 奈米太陽能電池 [www.iaa.ncku.edu.tw/~nano\\_k12/file/奈米太陽能電池.ppt](http://www.iaa.ncku.edu.tw/~nano_k12/file/奈米太陽能電池.ppt)
- 三、染料敏化太陽能電池網 <http://dssc.brchina.net>
- 四、工研院奈米科技研發中心 <http://www.ntrc.itri.org.tw/dict/index.asp>
- 五、臺灣二〇〇六年國際科學展覽會 化學科



圖一：旋轉塗布機（硬碟版）



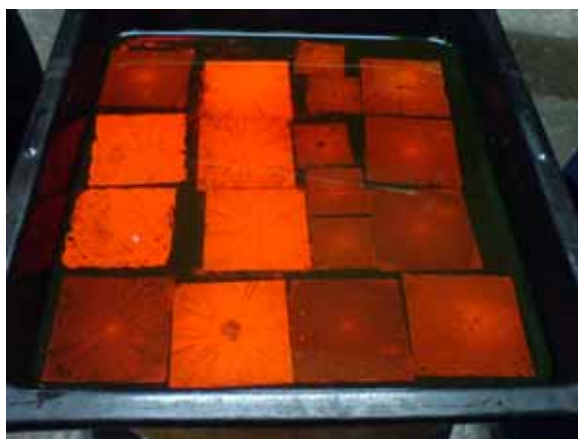
圖二：旋轉塗布機（風扇版）



圖三：研磨葉子



圖四：將粉狀葉子加入丙酮，溶出葉綠素



圖五：ITO+TiO<sub>2</sub>浸泡紅藥水



圖六：塗料（TiO<sub>2</sub>+稀醋酸）

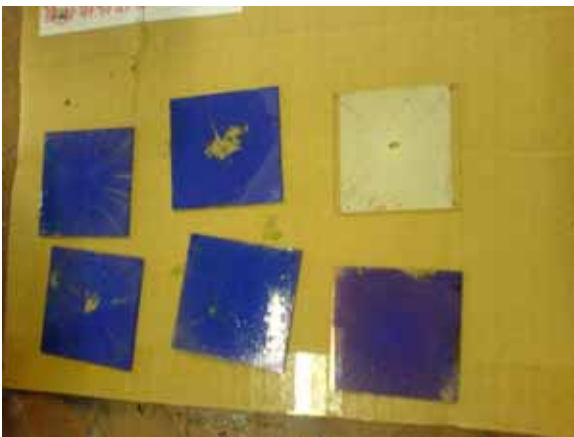




圖七：已塗布塗料之ITO



圖八：混合塗布（甲基藍+塗料）



圖九：甲基藍ITO（左四塊）紫藥水ITO（右下一塊）



圖十：光影響測定暗箱



圖十一：葉綠素ITO



圖十二：在三邊貼上雙面膠

**【評語】** 040803

整體實驗之變異因素設計堪稱完整，但實驗之數據還可以再加強，另外也可以跟過去的作法及製造方式比較。本作品很可惜並沒有能夠證明其作品之新穎性及實用性。