

# 中華民國 第 49 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

高中組 化學科

佳作

040210

絕佳默契-光複合材料與 D.S.C 之改良

學校名稱：國立屏東高級中學

作者：  高二 陳振豪  高二 潘彥廷  高二 鄭弘煒  高二 吳忠穎	指導老師：  林重興
---	------------------

關鍵詞：複合材料、能階、染敏化太陽能電池

## 絕佳默契—奈米與非奈米級複合材料

### 壹、摘要:

色素增感型太陽能電池是利用光觸媒原理成的，因為光觸媒(ex. 二氧化鈦)接受光子而產生電子躍遷，但單一基材光譜吸收範圍狹小，因此使用單一基材的電池轉換效率並不高。在此將帶入「複合光觸媒材料」的概念，混合各種基材並擴展其光譜吸收範圍，然而價格昂貴的奈米級基材(除了奈米級二氧化鈦較為平價)提高電池的製造成本，導致普遍性不高，因此將研究奈米級與非奈米級基材搭配，以降低成本並且達到提升轉換效率的效果，藉由複合光觸媒，減低電子再複合的機率(電子進入非正確電路方向的機率)，將以奈米級二氧化鈦與非奈米級氧化鋅、二氧化錫、三氧化二鐵為基材，混合並找出提升電池的轉換效率之最佳比例。

### 貳、研究動機

高一基礎化學課程之中，介紹了太陽能電池，在科學領域中常提起，產生深入探討的興趣，經由老師補充說明並且接觸到學長的研究報告(作品名稱:就是那道光-色素增感型太陽能電池改良之探討,2006年國際科學展覽會)，能了解目前的困窘之處，以及可以改進的部份，而從各類書籍中顯示現今太陽能電池的能量轉換效率仍然不高(或者已克服效率問題但造價昂貴)，然而我們認為仍可期待光電池將會是未來主流替代能源之一，因此我們將實驗目的定為「如何提高電壓?」，並且以「複合光催化材料」為出發點。

### 參、研究目的

- 一、使用不同波長的光，探討對二氧化鈦太陽能電池影響，並找出最適合光源。
- 二、以各種比例混合奈米級二氧化鈦與非奈米級二氧化錫，觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 三、以各種比例混合奈米級二氧化鈦與非奈米級氧化鋅觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 四、以各種比例混合奈米級二氧化鈦與非奈米級三氧化二鐵，觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 五、從以上(三、四、五)選取各自最佳比例，在以此為根據在以各種比例混合，觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 六、用各種電解質配成溶液來作為光電池電解液，測試是否可替代目前使用的KI+I<sub>2</sub>溶液或者有更好的效果。
- 七、以不同濃度的電解質(I<sub>2</sub>溶液)作為光電池電解質，測試電解液濃度對光電池的影響如何。
- 八、從電路著手設計不同的光電池，找出能減小電阻又能維持不錯電壓，進而提高電流量的設計方式。

- 九、使用電場，測試是否可以加速電子跑動，增加電池轉換效率。
- 十、嘗試不同厚度的鍍金電極，測試電極厚度是否影響。
- 十一、嘗試不同燒結溫度，並且拍攝表面 SEM 圖
- 十二、使用不同波長的光，探討對使用混合比例材料的電池的影響，並找出適合光源。

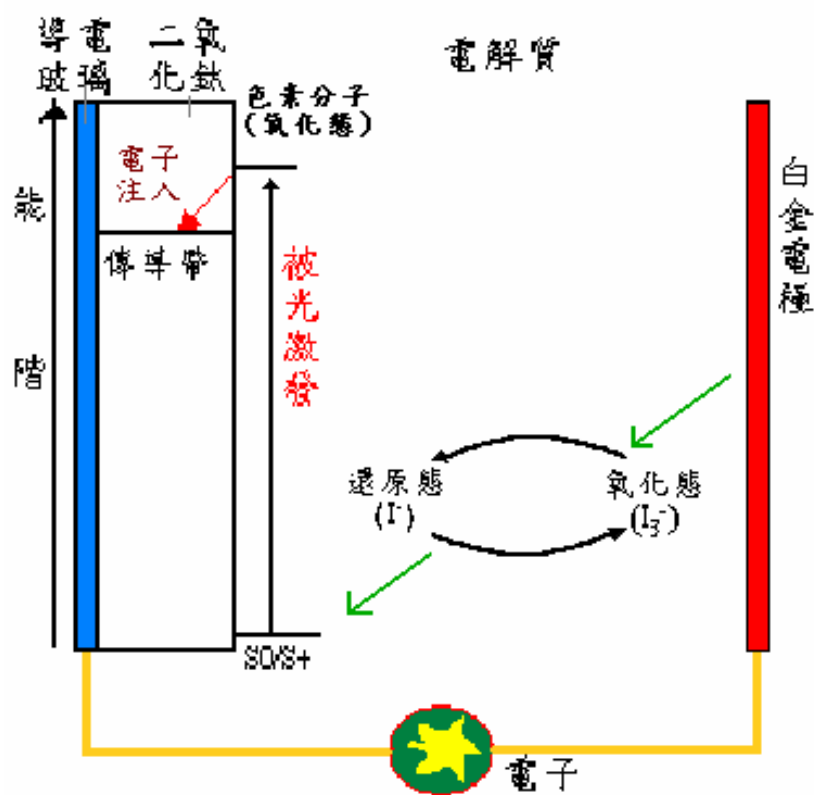
#### 肆、研究設備與器材

<p>1.藥品與器材：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. 二氧化鈦(<math>\text{TiO}_2</math>)奈米級與非奈米級。</li> <li>B. 氧化鋅粉末(<math>\text{ZnO}</math>)非奈米級。</li> <li>C. 二氧化錫粉末(<math>\text{SnO}_2</math>)非奈米級。</li> <li>D. 三氧化二鐵(<math>\text{Fe}_2\text{O}_3</math>)。</li> <li>E. 乙醯丙酮 <math>\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{COCH}_3</math> (Acetyl Acetone)。</li> <li>F. 介面活性劑 <math>\text{C}_{34}\text{H}_{62}\text{O}_{11}</math>(Triton X-100)。</li> <li>G. 汞紅(Mercurochrome,24-27% Hg)。</li> <li>H. 丙醯碳酸酯(PropyleneCarbonate,99%)。</li> <li>I. 碘 <math>\text{I}_2</math>。</li> <li>J. 碘化鉀 KI。</li> <li>K. 透明膠帶。</li> <li>L. 透明導電玻璃 (ITO,面電阻 <math>1200\Omega/20\Omega</math>,厚度 11 mm)</li> <li>M. 導電銅膠帶。</li> <li>N. 量筒、燒杯、滴管、玻棒。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>O. 乳膠。。</li> <li>P. 熱融膠。</li> <li>Q. 熱融膠。</li> <li>R. 培養皿。</li> <li>S. 銅片。</li> </ul> <p>2.研究設備：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>A. 三用電表。</li> <li>B. 電源供應器。</li> <li>C. 安培計(<math>\mu\text{A}</math>)</li> <li>D. 自製暗箱。</li> <li>E. 日光燈泡。</li> <li>F. UV 燈管。</li> <li>G. 高溫烤箱、烘箱。</li> <li>H. 溫度計。</li> <li>I. 太陽眼鏡。</li> <li>J. 小燈泡。</li> </ul>
---	---

## 伍、研究過程及方法

### 一、實驗原理

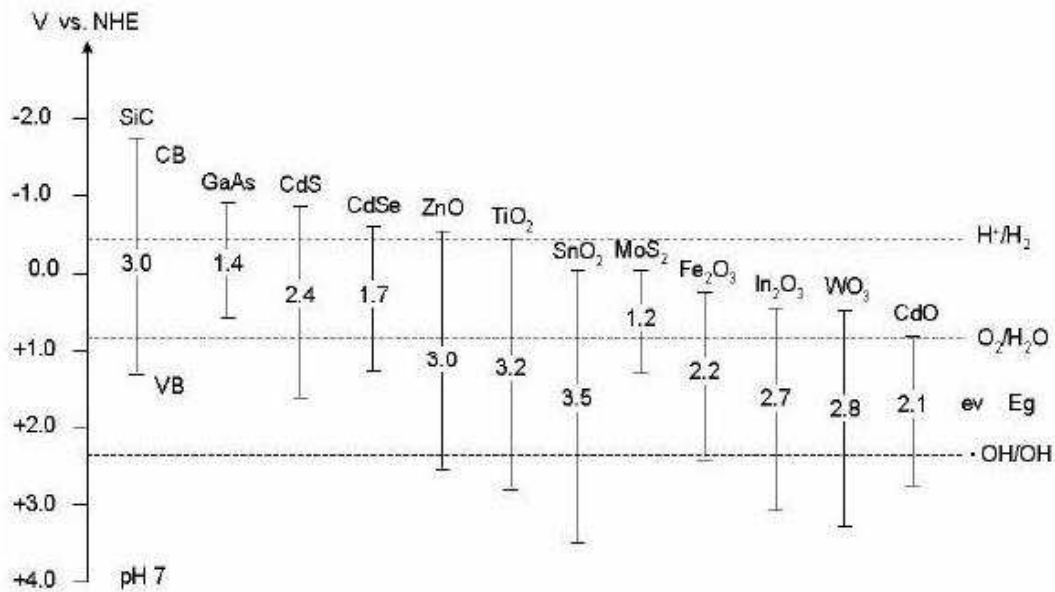
#### (一)色素增感型太陽能電池：



圖一：DSC太陽能電池原理圖

- 當光照射電池時，吸附在二氧化鈦表面的色素分子中的電子，受光激發成激發態。而後電子注入二氧化鈦的傳導帶內，在此時色素分子轉變為氧化態。
- 注入二氧化鈦的電子經外部電路流向對電極（即白金電極），形成電流。
- 在白金電極端的電子，與I<sub>3</sub><sup>-</sup>結合形成I<sub>2</sub>。
- 處於氧化態的色素分子，與I<sub>2</sub>反應，色素分子還原成基態，而I<sub>2</sub>氧化成I<sub>3</sub><sup>-</sup>，而完成一個光電化學反應的循環。

## (二)複合光催化材料之偶合半導體



圖二：能隙與價帶、傳導帶的關係圖 徐慧宜

半導體的偶合是提高光催化效率的有效方式。藉由半導體偶合可提高系統的電荷分離效果，擴展光譜響應的範圍(即提高轉換效率)。其修飾方法包括簡單的組合、摻雜、多層結構和異相組合等。偶合半導體的特點如下：

1. 容易地調節半導體的帶隙和光譜吸收範圍
2. 半導體微粒的光吸收成帶邊型，有利於太陽光的有效採集
3. 通過粒子的表面改性可增加其光穩定性

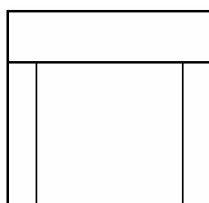
在半導體偶合的例子中，CdS-TiO<sub>2</sub>體系研究最普遍深入，在TiO<sub>2</sub>沒有的吸收帶，經過複合CdS後，擴展其吸收的光譜範圍。原因是因為當激發能不足以激發複合光觸媒中的TiO<sub>2</sub>，卻激發CdS，由於TiO<sub>2</sub>導帶電位較高，使得CdS受激發的電子易遷移到TiO<sub>2</sub>的導帶上，而空穴留在CdS上，這種偶合利於電荷的分離，提高光催化的效率。

## 二、實驗步驟

製作色素增感型太陽能電池：(以下為擇一代表撰寫)

步驟一：取 3g 奈米級二氧化鈦，逐步加入 5mL 水，而後加入 0.2mL 乙醯丙酮、0.2mL 介面活性劑，攪拌均勻後，靜置 10 分鐘即可製成奈米二氧化鈦濃稠狀溶液。

步驟二：將一片規格長 2cm、寬 2cm 之導電玻璃清洗乾淨，並在導電面上端 0.5cm，左右各 0.2cm 貼上膠帶固定(如下圖)。

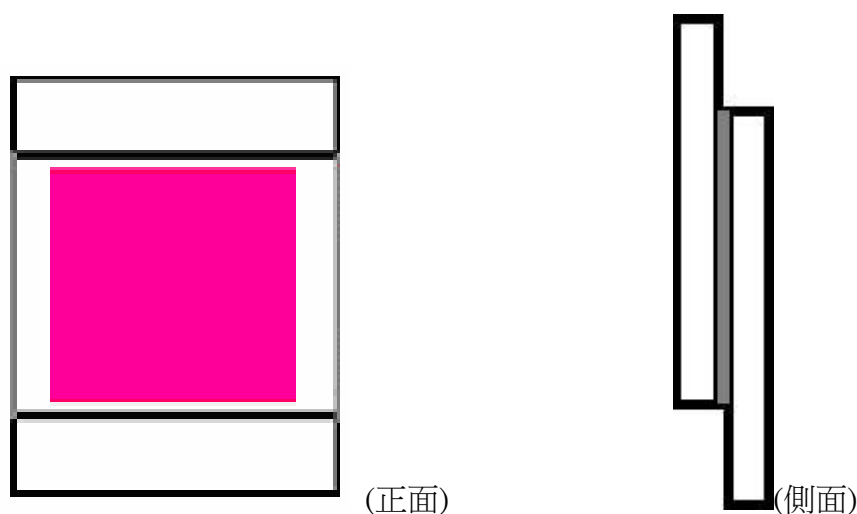


步驟三：將步驟一所得溶液，利用玻棒均勻塗抹再步驟二所圍的範圍上，接著置入烤箱烘烤，500°C，1Hr。

步驟四：取出後浸泡在色素溶液(汞紅粒 0.2g+絕對酒精 25ml)中 24 小時。

步驟五：經過 24hr 後電池取出後，將周圍擦拭乾淨。

步驟六：另取一片規格長 2cm、寬 2cm 之導電玻璃並清洗乾淨，將兩片導電玻璃之導電面對，並利用熱融膠黏貼兩側邊緣，使之相連，黏接之後(如下圖)。



圖三：灰色部分為熱融膠，粉紅色為基質塗取部份

步驟七：兩側封合後，利用毛細現象於尚未封存端將電解質溶液置入其中。

步驟八：擦拭光電池尚未封存端，接著將此二端，以乳膠密封。

步驟九：於電池凸出兩側貼上導電銅膠帶，以利測試。

步驟十：放置測試使用器材，開始進行測試。

## 陸、研究結果

### 一、D.S.C 色素增感型太陽能電池之初體驗

(一)想法：根據實驗步驟做出一個標準的色素增感型陽能電池(D.S.C)，

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質		浸泡時間	染色質	
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1		24hr	汞紅	
組別	代表 A	代表 B	代表 C	代表 D	平均值
電壓(V)	0.573	0.557	0.527	0.601	0.565
確立標準製程，將以此數據為根據比照後續實驗。					

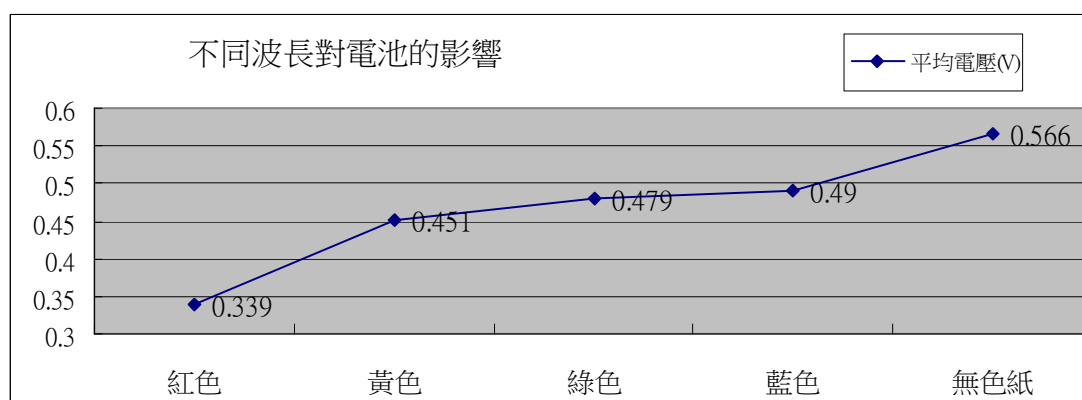
### 二、不同波長(顏色)的光對光電池影響

(一)想法：染色質吸收光子的能力影響電池使用效率，要是以不同色光照射電池，不同色光是否影響電池的轉換效率。

在室溫下以日光燈通過不同顏色濾光片測試。					
光色	紅色	黃色	綠色	藍色	無色(日光)
波長(nm)	620~740	575~585	500~575	445~500	400~760
能量大小	小←		→大		
原理	在同樣振幅時，頻率越高(波長越短)能量越強。				

(二)實驗紀錄：

基材	烘烤溫度	電解質	染色質
TiO <sub>2</sub>	500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	汞紅



三、奈米級  $\text{TiO}_2$ 、非奈米級  $\text{SnO}_2$ 、非奈米級  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、非奈米級  $\text{ZnO}$  的混合

$\text{TiO}_2 : \text{SnO}_2$

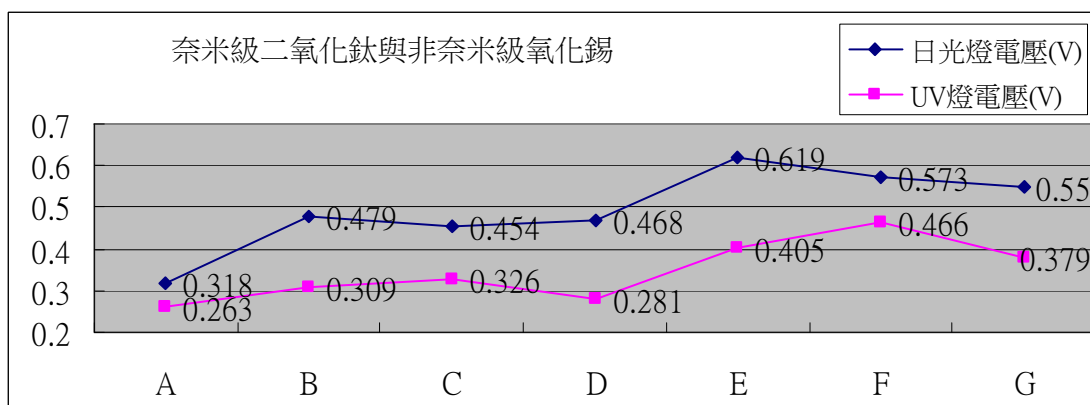
(一)想法：使用光觸媒為基材皆可以製作成電池，所以將奈米二氧化鈦和非奈米二氧化錫以不同比例混合，探討是否能提高電池轉換效率。

以下列比例取出奈米級二氧化鈦粉末及非奈米級二氧化錫粉末共 3g

比例	$\text{TiO}_2(\text{g})$	$\text{SnO}_2(\text{g})$	水(ml)	界面活性劑(ml)	乙醯丙酮(ml)	$\text{TiO}_2:\text{SnO}_2$
A	0	3	5	0.2	0.2	0:3
B	0.5	2.5	5	0.2	0.2	1:5
C	1	2	5	0.2	0.2	1:2
D	1.5	1.5	5	0.2	0.2	1:1
E	2	1	5	0.2	0.2	2:1
F	2.5	0.5	5	0.2	0.2	5:1
G	3	0	5	0.2	0.2	3:0

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅



$\text{TiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$

(一)想法：使用光觸媒為基材皆可以製作成電池，所以將奈米二氧化鈦和非奈米三氧化二鐵以不同比例混合，探討是否能提高電池轉換效率。

以下列比例取出奈米級二氧化鈦粉末及非奈米級三氧化二鐵粉末共 3g

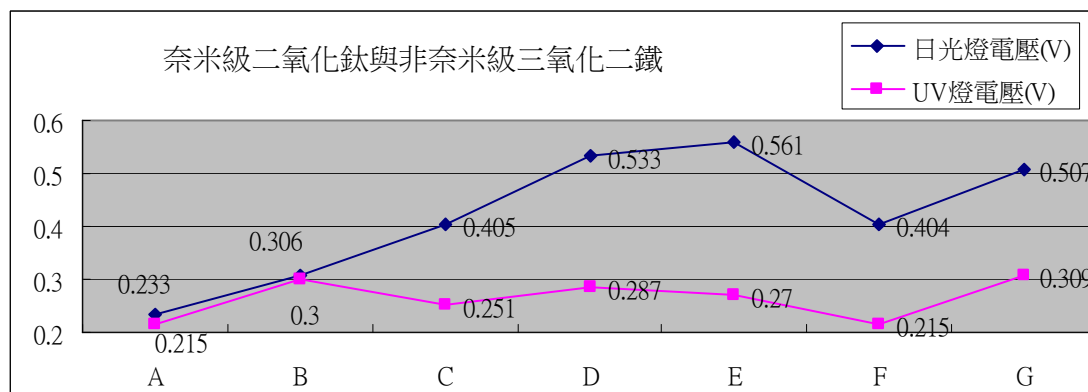
比例	$\text{TiO}_2(\text{g})$	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{g})$	水(ml)	界面活性劑(ml)	乙醯丙酮(ml)	$\text{TiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3$
A	0	3	5	0.2	0.2	0:3
B	0.5	2.5	5	0.2	0.2	1:5
C	1	2	5	0.2	0.2	1:2
D	1.5	1.5	5	0.2	0.2	1:1
E	2	1	5	0.2	0.2	2:1
F	2.5	0.5	5	0.2	0.2	5:1



G	3	0	5	0.2	0.2	3:0
---	---	---	---	-----	-----	-----

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅



TiO<sub>2</sub> : ZnO

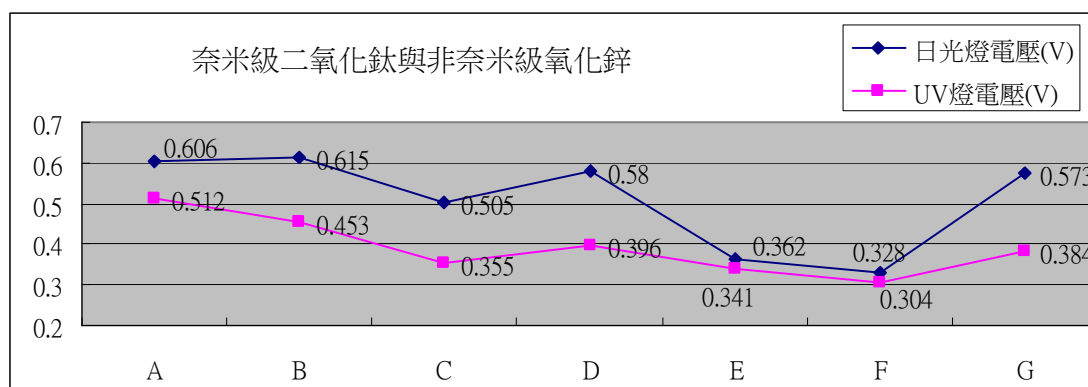
(一)想法：使用光觸媒為基材皆可以製作成電池，所以將奈米二氧化鈦和非奈米氧化鋅以不同比例混合，探討是否能提高電池轉換效率。

以下列比例取出奈米級二氧化鈦粉末及非奈米級氧化鋅粉末共 3g

比例	TiO <sub>2</sub> (g)	ZnO(g)	水(ml)	界面活性劑(ml)	乙醯丙酮(ml)	TiO <sub>2</sub> :ZnO
A	0	3	5	0.2	0.2	0:3
B	0.5	2.5	5	0.2	0.2	1:5
C	1	2	5	0.2	0.2	1:2
D	1.5	1.5	5	0.2	0.2	1:1
E	2	1	5	0.2	0.2	2:1
F	2.5	0.5	5	0.2	0.2	5:1
G	3	0	5	0.2	0.2	3:0

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅



根據上面三組實驗數據取出  
最佳比例 (A)  $\text{TiO}_2:\text{SnO}_2=2:1$  (B)  $\text{TiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3=2:1$  (C)  $\text{TiO}_2:\text{ZnO}=1:2$ ，  
使用於下列實驗中，進行進一步的混合。

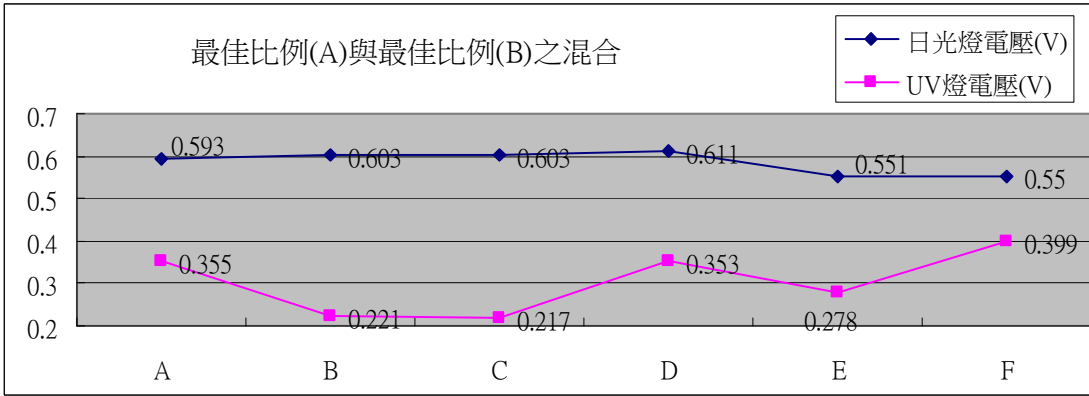
**最佳比例(A)：最佳比例(B)**

(一)想法：在奈米級二氧化鈦分別與非奈米級二氧化錫和非奈米級三氧化二鐵的混合的兩組實驗中，根據數據得知某比例混合後可比單一基材的電池有較佳的轉換效率，將之再以各種比例加以混合，嘗試是否能有更好的效果。(根據:實驗  $\text{TiO}_2:\text{SnO}_2$  與實驗  $\text{TiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

最佳比例(A)( $\text{TiO}_2:\text{SnO}_2=2:1(\text{g})$ )				最佳比例(B)( $\text{TiO}_2:\text{Fe}_2\text{O}_3=2:1(\text{g})$ )		
界面活性劑(ml)		0.2ml		乙醯丙酮(ml)		0.2ml
比例	A:B	$\text{TiO}_2(\text{g})$	$\text{SnO}_2(\text{g})$	$\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{g})$	基材比	水(ml)
A	1:0	2	1	0	2:1:0	5
B	2:1	2	0.66	0.34	6:2:1	5
C	1:1	2	0.5	0.5	4:1:1	5
D	1:2	2	0.34	0.66	6:1:2	5
E	0:1	2	0	1	2:0:1	5
F(對照)	純 $\text{TiO}_2$	3	0	0	3:0:0	5

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅



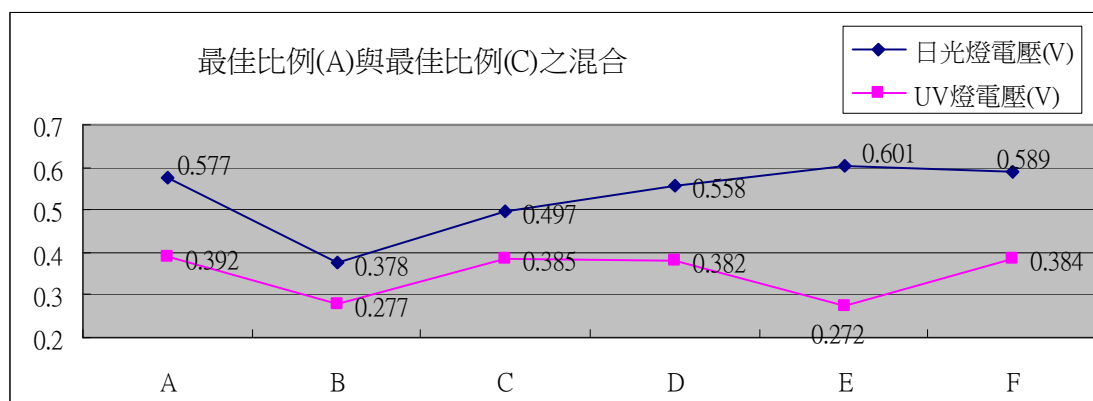
**最佳比例(A)：最佳比例(C)**

(一)想法：在奈米級二氧化鈦分別與非奈米級二氧化錫和非奈米級氧化鋅的混合的兩組實驗中，根據數據得知某比例混合後可比單一基材的電池有較佳的轉換效率，將之再以各種比例加以混合，嘗試是否能有更好的效果。(根據:實驗  $\text{TiO}_2:\text{SnO}_2$  與實驗  $\text{TiO}_2:\text{ZnO}$ )

最佳比例 A(TiO <sub>2</sub> :SnO <sub>2</sub> =2:1(g))				最佳比例 C(TiO <sub>2</sub> :ZnO=1:2(g))		
界面活性劑(ml)		0.2ml		乙醯丙酮(ml)		0.2ml
比例	A:C	TiO <sub>2</sub> (g)	SnO <sub>2</sub> (g)	ZnO(g)	基材比	水(ml)
A	1:0	2	1	0	2:1:0	5
B	2:1	1.67	0.67	0.67	5:2:2	5
C	1:1	1.5	0.5	1	3:1:2	5
D	1:2	1.33	0.34	1.33	4:1:4	5
E	0:1	1	0	2	1:0:2	5
F(對照)	純 TiO <sub>2</sub>	3	0	0	3:0:0	5

(二) 實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅



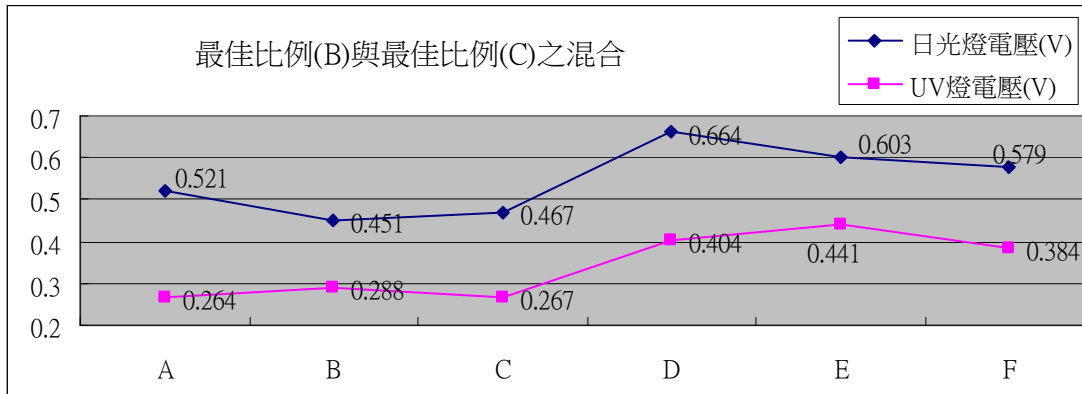
最佳比例(B)：最佳比例(C)

(一) 想法：在奈米級二氧化鈦分別與非奈米級氧化鋅和非奈米級三氧化二鐵的混合的兩組實驗中，根據數據得知某比例混合後可比單一基材的電池有較佳的轉換效率，將之再以各種比例加以混合，嘗試是否有更好的效果。(根據：實驗 TiO<sub>2</sub>: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 與實驗 TiO<sub>2</sub>:ZnO)

最佳比例 B(TiO <sub>2</sub> : Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> =2:1(g))				最佳比例 C(TiO <sub>2</sub> :ZnO=1:2(g))		
界面活性劑(ml)		0.2ml		乙醯丙酮(ml)		0.2ml
比例	B:C	TiO <sub>2</sub> (g)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g)	ZnO(g)	基材比	水(ml)
A	1:0	2	1	0	2:1:0	5
B	2:1	1.67	0.67	0.67	5:2:2	5
C	1:1	1.5	0.5	1	3:1:2	5
D	1:2	1.33	0.34	1.33	4:1:4	5
E	0:1	1	0	2	1:0:2	5
F(對照)	純 TiO <sub>2</sub>	3	0	0	1:0:0	5

(二) 實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅

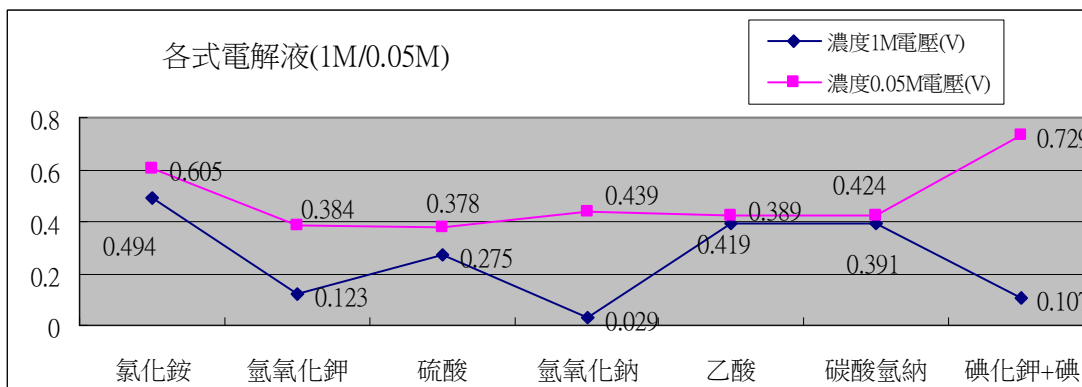


#### 四、各式電解液(1M/0.05M)

(一)想法：KI+I<sub>2</sub> 是目前光電池使用的電解質，那麼想知道其他種類電解質是否也能作為電池的電解質。

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	浸泡時間	染色質
500°C	24hr	汞紅
燈源=日光燈		
濃度=1M 及 0.05M，溶劑=H <sub>2</sub> O(除 KI+I <sub>2</sub> 溶劑=丙醯碳酸酯)		

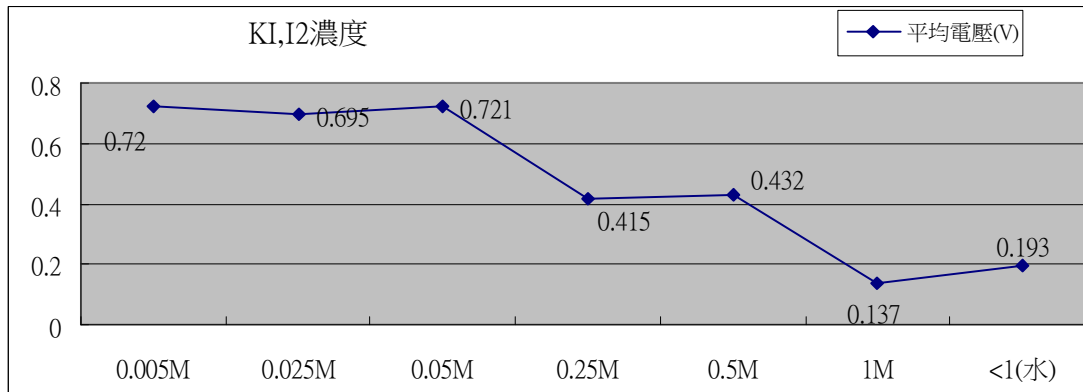


#### 五、KI, I<sub>2</sub> 濃度

(一)想法：從實驗十六可知 KI+I<sub>2</sub> 的電解質能使電池有好的轉換效率，那想知道如果改變電解質濃度是否會有更好的效果。

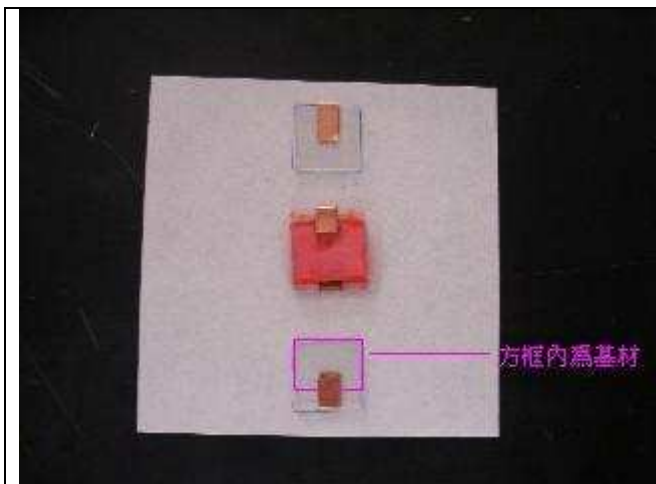
(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅
溶劑 0.005~1M 皆為丙醯碳酸酯		最右數據溶劑為水，未全溶	

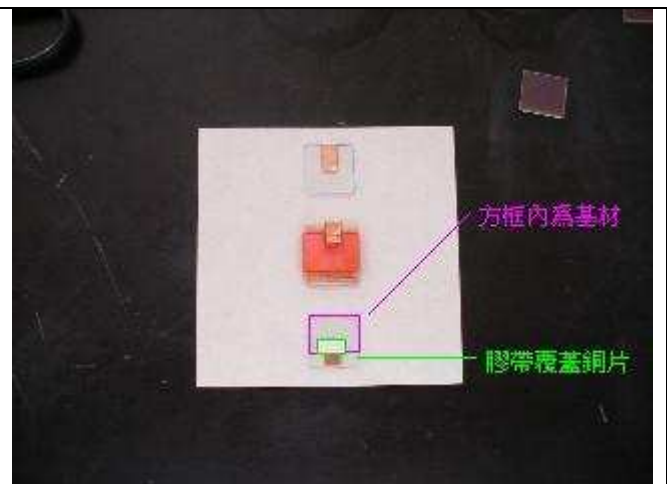


## 六、光電池的設計

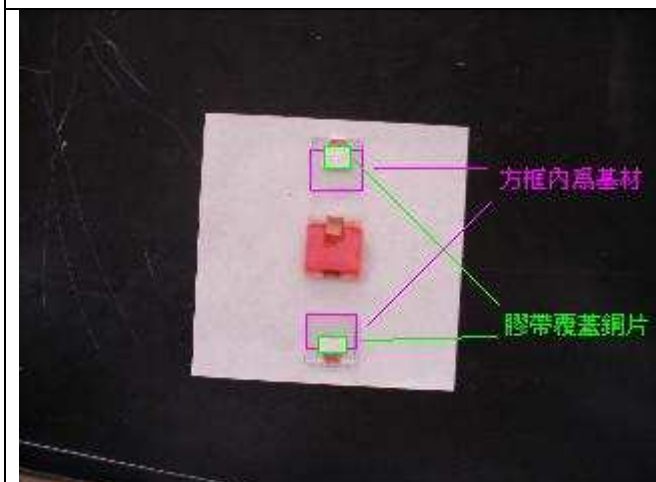
(一)想法：既然導電玻璃導電面電阻很大，而銅金屬電阻較小，想試試看各種搭配銅金屬的設計方式，利用銅的低電阻特性來使光電池的總電阻下降，進而提升電流量。



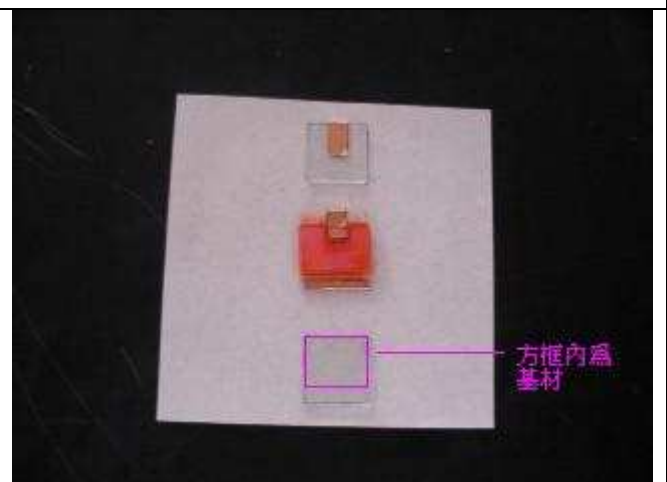
設計 A：在兩導電玻璃上，將銅膠帶延伸至與基材、電解液接觸的範圍。



設計 B：在兩導電玻璃上，將銅膠帶延伸至與基材、電解液接觸的範圍，其中塗抹基材玻璃上的銅膠帶以膠帶封蓋之，使不與電解質和另一導電面接觸。



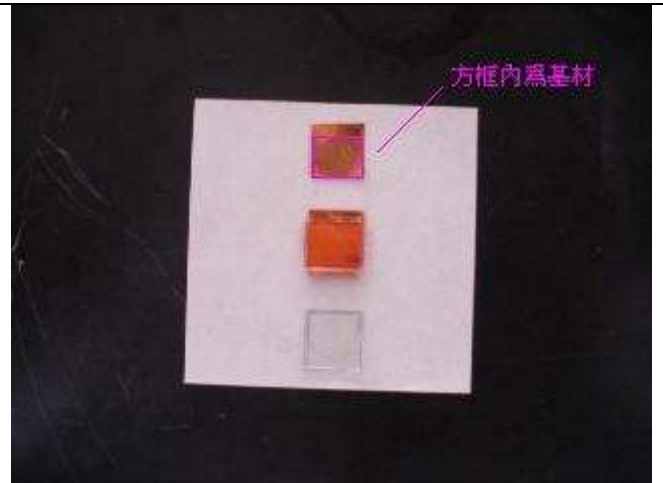
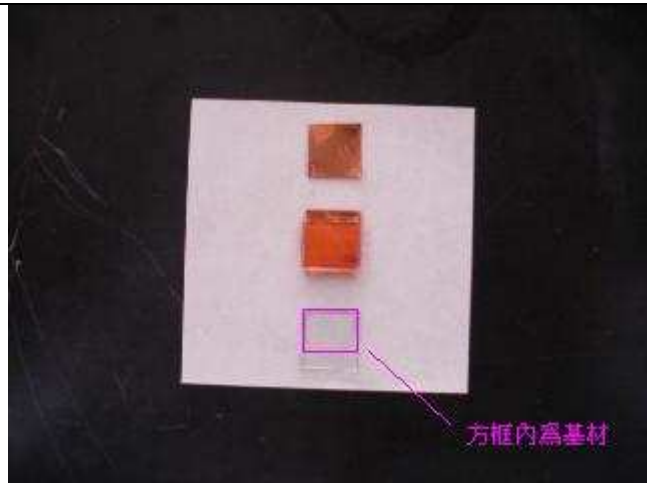
設計 C：在兩導電玻璃上，將銅膠帶延伸至基



設計 D：在未塗抹基材之導電玻璃上，將銅膠

質、電解接觸的範圍，導電面上銅膠帶皆以膠帶封蓋之，使不與電解質和另一導電面接觸。

帶延伸至與基質、電解接觸的範圍。

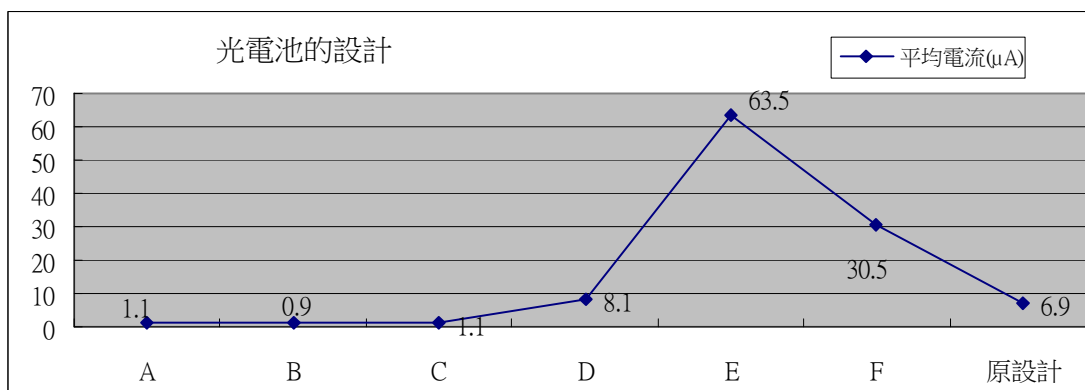


設計 E：取一導電玻璃與一同大小之銅金屬板，並以銅金屬板為塗抹基材面。

設計 F：取一導電玻璃與一同大小之銅金屬板，並以導電玻璃之導電面為塗抹基材面。

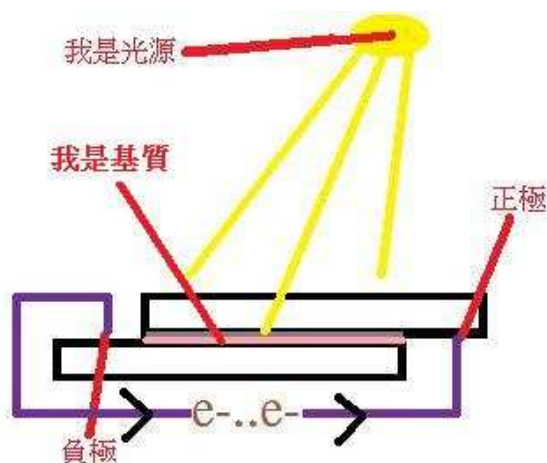
(二) 實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質			浸泡時間		染色質	
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1			24hr		汞紅	
設計方式	A	B	C	D	E	F	原設計
平均電壓(V)	0.086	0.072	0.101	0.09	0.306	0.05	0.676



## 七、電場對電池的影響

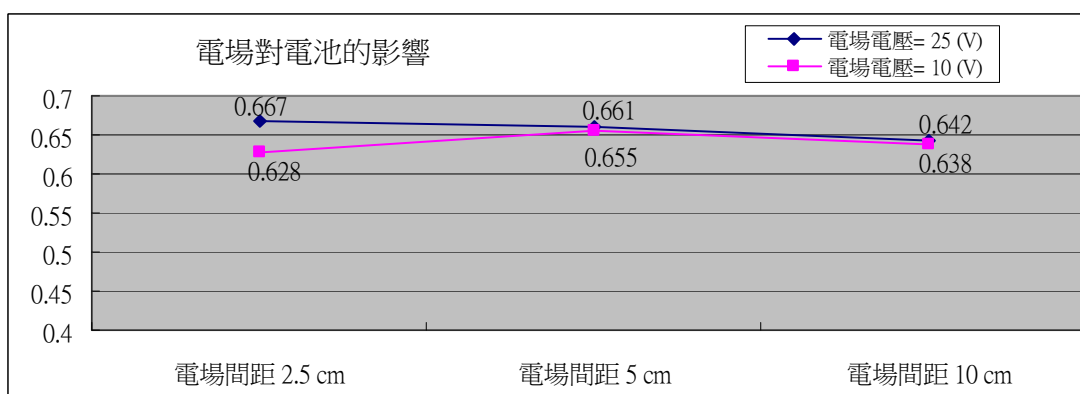
(一)想法：測試得知光電池之正負電極(如圖)，如果使用電場，是否可以加速電子跑動，增加電池轉換效率。

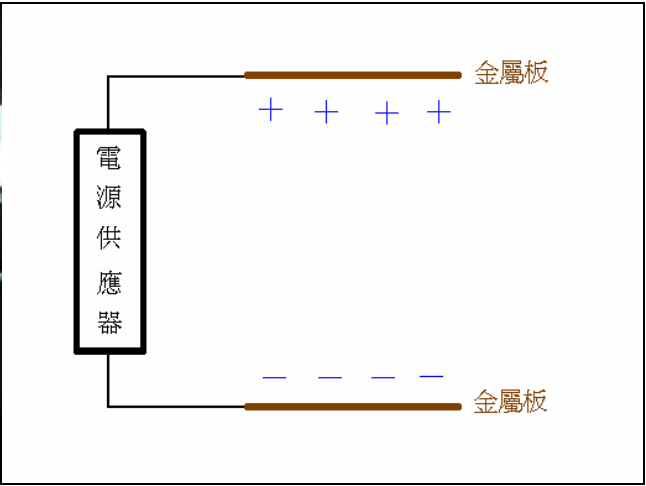


圖三：電子傳導圖

(二)實驗紀錄：

烘烤溫度	電解質	浸泡時間	染色質
500°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	24hr	汞紅
電場	無電場，電壓= 0 (V)		
兩電極間距	無		
平均電流(μA)	7		
電場	有電場，電壓= 10 (V)		
兩電極間距	電場間距= 2.5 cm	電場間距= 5 cm	電場間距= 10 cm
平均電流(μA)	6	8	7
電場	有電場，電壓= 25 (V)		
兩電極間距	電場間距= 2.5 cm	電場間距= 5 cm	電場間距= 10 cm
平均電流(μA)	7	8	7





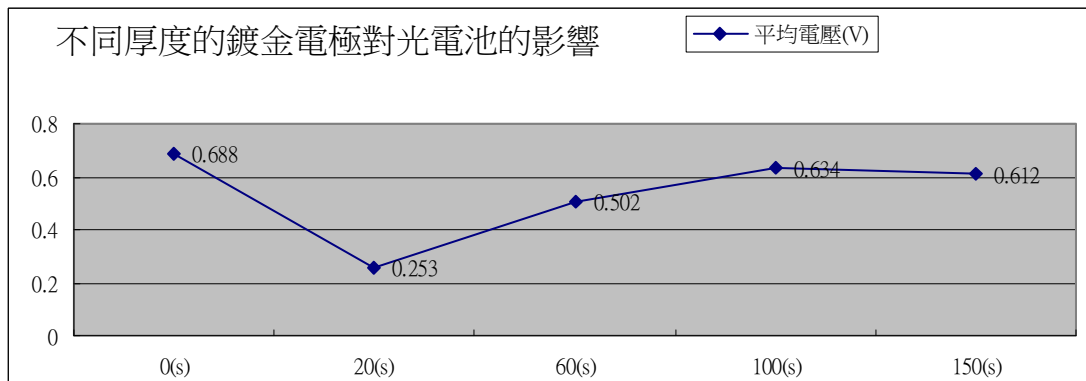
### 八、不同厚度的鍍金電極對光電池的影響

(一)想法：在導電玻璃的導電面上鍍上厚度不同的金，測試是否不同厚度會影響電池電壓。

借助大學儀器真空蒸鍍器，因為厚度無法得知，故以蒸鍍的時間做為厚度調整。

(二)實驗紀錄：

基材	烘烤溫度	電解質	染色質		
TiO <sub>2</sub>	300°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	汞紅		
燈源=日光燈					
蒸鍍時間	0(s)	20(s)	60(s)	100(s)	150(s)
平均電流(μA)	6	6	10	16	17



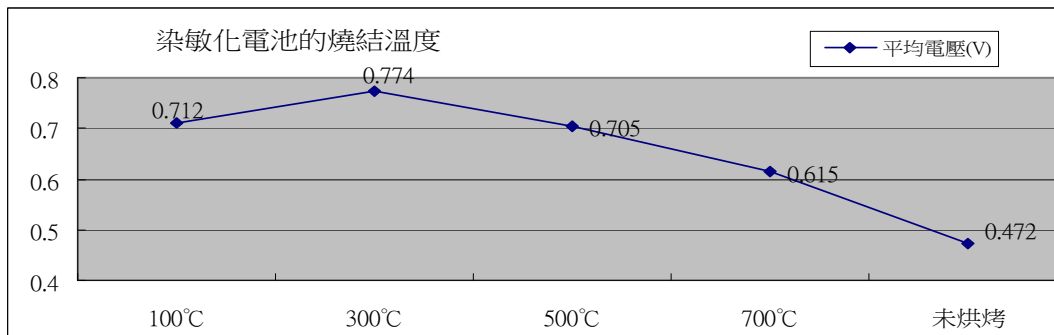


### 九、染敏化電池的燒結溫度

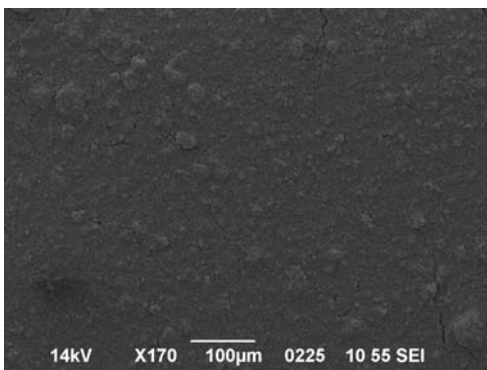
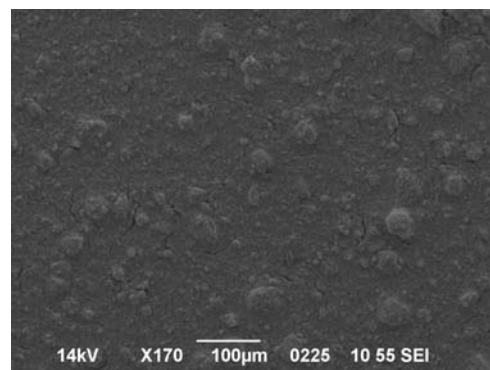
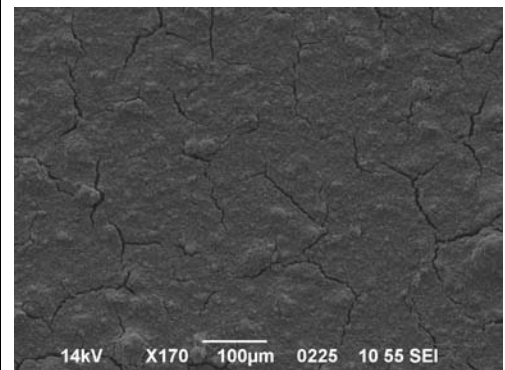
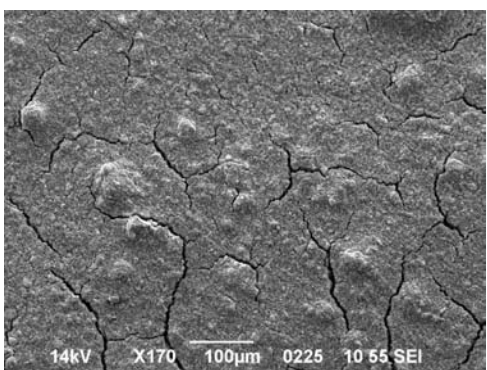
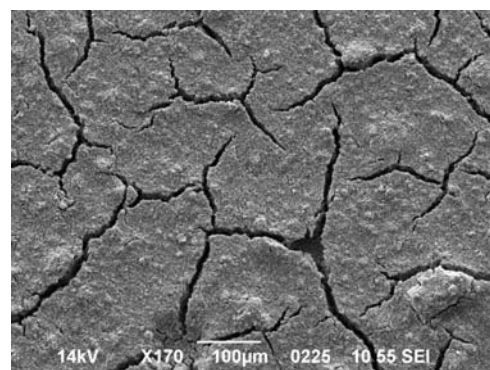
(一)想法：改變燒結溫度，測試不同燒結溫度造成的電池電壓，並以光學顯微鏡照 SEM 圖，觀察排列。

(二)實驗紀錄：

基材	電解質				染色質
TiO <sub>2</sub>	KI:I <sub>2</sub> =1:1				汞紅
燈源=日光燈					
溫度°C	100	300	500	700	未烘烤
平均電壓(V)	0.712	0.774	0.705	0.615	0.472



(三)SEM 圖與討論：

 <p>14kV X170 100µm 0225 10 55 SEI</p> <p>未燒結</p>	 <p>14kV X170 100µm 0225 10 55 SEI</p> <p>燒結 100 °C</p>	 <p>14kV X170 100µm 0225 10 55 SEI</p> <p>燒結 300 °C</p>
 <p>14kV X170 100µm 0225 10 55 SEI</p> <p>燒結 500 °C</p>	 <p>14kV X170 100µm 0225 10 55 SEI</p> <p>燒結 700 °C</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>燒結溫度越大，表面裂縫就越多 → 影響電子跨越的障礙越多</li> <li>燒結溫度越大，表面裂縫就越大 → 影響電子跨越的障礙越大</li> <li>燒結溫度越大，表面顏色就越淡 → 由電子顯微鏡的原理推測導電性較不好</li> <li>溫度&gt;100°C 水分蒸發較完整 → 殘留水分子少，影響電流較小</li> </ol>

十、不同波長(顏色)的光對混合比例  $\text{TiO}_2$ :  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ :  $\text{ZnO}$ =4:1:4(g)光電池的影響

(一)想法：從不同色光對二氧化鈦的實驗(三)可得知波長短(藍光)有較高效率，而使用混合比例是否還是如此。

在室溫下以日光燈通過不同顏色濾光片測試。					
光色	紅色	黃色	綠色	藍色	無色(日光)
波長(nm)	620~740	575~585	500~575	445~500	400~760
能量大小	小←				→大
原理	在同樣振幅時，頻率越高(波長越短)能量越強。				

(二)實驗紀錄(比照實驗二)：

基材	烘烤溫度	電解質	染色質
$\text{TiO}_2$	300°C	KI:I <sub>2</sub> =1:1	汞紅

不同波長對不同基材的影響	
◆ 二氧化鈦平均電壓	■ 混合比例平均電壓

光色	二氧化鈦平均電壓	混合比例平均電壓
紅色	0.34	0.34
黃色	0.45	0.53
綠色	0.48	0.48
藍色	0.49	0.54
日光燈	0.57	0.63

柒、討論:

經由實驗各種比例的混合，得到一較佳比例-**實驗三混合比例 D(奈米  $\text{TiO}_2$ : 非奈米  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ : 非奈米  $\text{ZnO}$  質量比=4:1:4)**，混合材料實驗中，以某一至二種光觸媒與二氧化鈦混合，皆存在一比例比使用單純二氧化鈦有更好效率的，推測摻雜二種以上光觸媒，可能減低電子再複合的機率(電子到非正確電路方向)進而提高電池轉換效率，我們暫且稱它為「階梯效應」，而更進一步的證明，則可能需要更大量的實驗資料。

在電池設計實驗中，電池電壓皆有下降，但降低了大部分電阻因此提升了電流，其中以**銅片+導電玻璃的設計 E** 電流為 63.5 $\mu\text{A}$ ，約是原設計 6.9 $\mu\text{A}$  的 9 倍，推測是由於銅片比起電阻 25  $\Omega$  的導電玻璃，製成玻璃的電阻較小(趨近於 0  $\Omega$ )的關係。

而不同鍍金厚度電極的實驗當中，**越薄則電壓越低**，推測厚度較薄，易被電解質侵蝕而導致效率下降，當厚度增加時影響可能較小。

各式電解液實驗中，採用各種電解液 0.05M 及 1M，測出濃度 0.05M 普遍電壓高，推測 1M 的電解液存在更容易電子再複合，而降低效率的情形，而電解液種類仍以 KI+I<sub>2</sub> 溶液最為合適，而電解液普遍皆有腐蝕黏著劑的問題。

實驗二與實驗十-不同波長(顏色)的光對光電池影響，測出結果為單純二氧化鈦電池在可見光的範圍內，當光源波長越短，電池的電壓越高，而混合材料電池吸收範圍在黃光部份吸收能力變強，推測是由於混合材料彼此提供能階進而擴展對較低波長光吸收的能力。

近日發現剛做好的光電池使用日光燈照射，電壓值不高，甚至測不太到(較高電壓只有 0.45 左右)，而放置兩個小時後(隔了個午休)，電壓值變化達到 0.65 左右，為科展所鍵入的數字，而製作完成後的時間可能也是項變因，推測可能剛完成受激發的粒子數較少(可以想成還在暖機中)，而進一步推導，則需要實驗證明。

鍍金厚度對電池影響實驗，電極的作用是導電與催化，電解質可能侵蝕金電極，導致電壓效率降低，在實驗六使用銅電極時也有類似狀況，推測鍍的厚度薄易被侵蝕，當厚度增加時影響可能較小，但仍難解釋，不使用金屬電極為何電壓較高。

從電場對電池影響實驗結果可知，電場對光電池並無明顯影響(沒明顯提升電壓電流)，推測是因為光電池正負極距離相近(兩導體體密合)，與電場正負極距離差距不大，導致上下金屬板影響正負極差別不大。

## 捌、結論

- (一) 以各色光照射二氧化鈦電池，在可見光範圍，波長越短電壓越高。
- (二) 奈米級二氧化鈦與非奈米級二氧化錫、非奈米級三氧化二鐵、非奈米級氧化鋅三種材料個別混合，選出三組最佳比例，在加以混合，根據結果，奈米級二氧化鈦、非奈米級三氧化二鐵與非奈米級氧化鋅質量比為 4:1:4 有較佳的電壓，電壓值為 0.664。
- (三) 用各種電解質配成溶液來作為光電池電解液，大部分電解液在濃度為 0.05M 比 1M 普遍較高，其中以 0.05M KI+I<sub>2</sub> 溶液最高效果。
- (四) 調出不同濃度的電解質 KI+I<sub>2</sub>，測試結果為 0.005M~0.05M 有較好效果而 >0.25M 電壓就開始下降。
- (五) 從電路著手設計不同的光電池，以銅片和導電玻璃為導體的設計 E.F 比較原設計電壓皆會下降，但提高了不少電流。
- (六) 使用電場，對光電池無明顯影響，電壓電流改變幅度並不明顯。
- (七) 使用厚度較厚的鍍金電極，較能維持較高電壓。
- (八) 當使用複合材料 奈米級二氧化鈦、非奈米級三氧化二鐵與非奈米級氧化鋅質量比為 4:1:4 時，燒結溫度 300°C 有較佳效果。
- (九) 以不同的色光照射混合材料太陽能電池，以日光照射之效率高於單一色光之效率。

## 玖.參考資料

- 1.就是那道光—色素增感型太陽能電池改良之探討 (2006 國際科展化學科)
- 2.奈米光觸媒 p.324 奈米氧化鈦之複合光催化材料之偶合半導體  
(高濂 鄭珊 張青紅 著, 陳憲偉 校訂)
- 3.材料科學 (James F. Shackelford 著 彭立祥等 譯)
- 4.有機與塑膠太陽能電池(張正華 李陵嵐 葉楚平 陽平華 編著, 馬振基 校訂)
- 5.化工資訊月刊 第十六卷第五期及第十二期 Akira Fujishima and Kenichi Honda,"  
Nature 238, p.37 (1972).

**【評語】 040210**

實驗結果的解釋如能作進一步更合理的說明將有助於作品的說服力。