

# 中華民國第 56 屆中小學科學展覽會 作品說明書

---

高級中等學校組 化學科

050206

「銅」樣是「鈦」陽能

—探討太陽能電池組裝情形

學校名稱：國立新竹高級中學

作者：  高二 汪毓恩  高二 鄭宇軒  高二 涂祐寧	指導老師：  鍾裕霖  劉宛欣
---	-----------------------------

關鍵詞：染料光敏化電池、二氧化鈦、氧化亞銅

## 摘要

為了能增進太陽能電池效率，以及了解太陽能電池作用的原理，我們試圖結合N型半導體的二氧化鈦及P型半導體的氧化亞銅成為一個光電池。首先嘗試組裝出簡易的DSSC(染料光敏化太陽能電池)。實驗過程中發現二氧化鈦的塗佈濃度會影響其效能，故以不同塗佈濃度互相比較，尋找較佳塗佈濃度。接著組裝氧化亞銅作為半導體的太陽能電池。以直接燒結、改良燒結過程和以電鍍法等方式製造出氧化亞銅薄膜，比較不同方法製造出的氧化亞銅間之差異。並且以XRD及SEM觀測二氧化鈦以及氧化亞銅晶體結構，找出最適合成為光電池的條件。最後再將二氧化鈦和氧化亞銅結合，期望帶來更高的效益。

## 壹、研究動機

常常仰望著天空，總覺得陽光如此強烈，刺眼的張不開眼睛。我們心想：「能不能善加利用這種強烈又取之不盡的能源？有沒有容易取得又污染性小的材質可以利用呢？」答案是：「太陽能電池」—能將光能轉換成電能的裝置。但什麼是染料敏化電池呢？氧化亞銅也可以當光電池嗎？半導體和光能轉換有什麼關係？為了瞭解更多我們便踏上了組裝的旅程。

## 貳、研究目的

- 一、組裝出簡易的DSSC( $\text{TiO}_2$ )電池
- 二、探討製造氧化亞銅的方法並比較之間的差異
- 三、組裝氧化亞銅太陽能電池
- 四、尋找提高效率的方法
- 五、結合二氧化鈦與氧化亞銅的染料敏化太陽能電池

## 參、研究設備及器材

- 一、器材：
  - (一) 電路：降壓模組(0.6V)、導電玻璃(FTO)、鹵素燈(50Wx1)、可變電阻等。
  - (二) 檢測：SEM電子顯微鏡、三用電錶、酸鹼度計、溫度計、X-射線繞射分析儀等。
  - (三) 加熱：電磁加熱攪拌儀、高溫電磁爐、瓦斯噴燈等。
  - (四) 實驗：電腦散熱扇(60Hz)、研鉢、燒杯、鑷子等。

降壓模組(0.6V)	高溫電磁爐
	
電磁加熱攪拌儀	三用電錶
	
鹵素燈	電腦風扇
	

圖(3-1)

二、藥品：

二氧化鈦(奈米級粉末)、氧化亞銅、碘化鉀、羧甲基纖維素鈉(CMC)、酒精(95%)、純水、硫酸銅、乳酸、氫氧化鈉、硝酸、葉綠素、鹽酸、碳酸鈣等。

## 肆、 研究過程或方法

### 一、實驗原理：

利用半導體的特性，電子的價帶與傳導帶有一定的能隙，可藉由照射特定波長的光來提供電子跨越能隙的能量，恰巧可作為轉換太陽光能的媒介。而在 DSSC 中，將染料與半導體鍵結，可增強轉換的效率、提升電壓，是效率高又環保的電池。

#### (一) 染料光敏化：

特定染料在照到特定波長的光時，可以讓自身的電子獲得能量躍升至傳導帶。

#### (二) 光觸媒半導體：

1. 二氧化鈦為 N 型半導體，能隙約為 3.5eV，可吸收紫外光波段的光能。
2. 氧化亞銅為 P 型半導體，能隙約為 2.1eV，可吸收可見光波段的光能。

#### (三) 氧化還原電位：

1.  $\text{Cu}^+ + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$  +0.5210 eV
2.  $\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}^+$  +0.1530 eV
3.  $\text{Cu}^{2+} + e^- \rightleftharpoons \text{Cu}$  +0.3419 eV
4.  $\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Cu} + 2(\text{OH}^-)$  -0.3600 eV

#### (四) N-P 型半導體結合

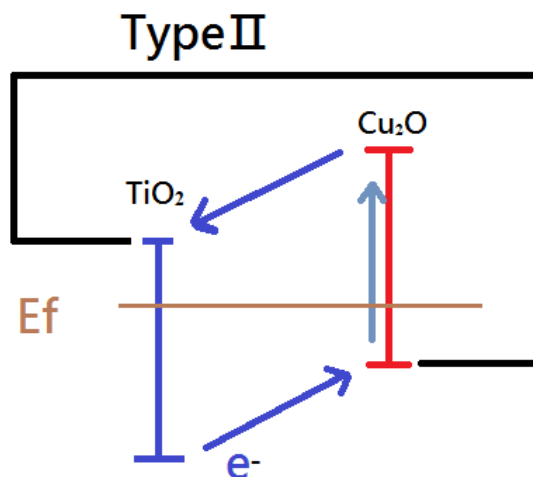
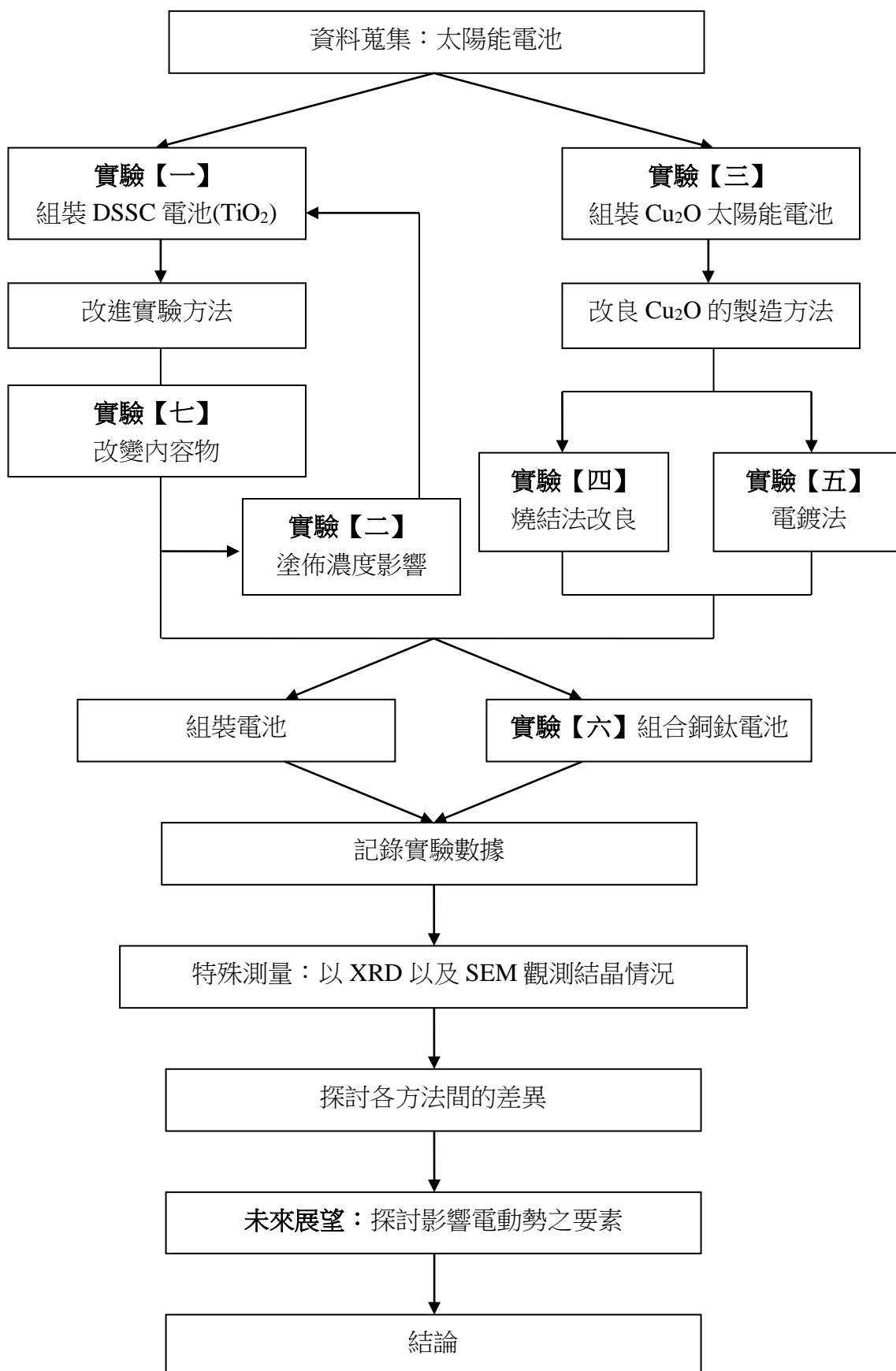


圖 4-1

## 二、實驗內容



### 三、實驗理論模型：

#### (一) 簡易組裝 DSSC( $\text{TiO}_2$ )電池：

參考文獻製作染料光敏電池。在染料照光時，吸收可見光能產生光敏化現象提高電壓，與此同時二氧化鈦吸收紫外光將電子躍升至傳導帶，而後染料的電子填入二氧化鈦電子躍升時留下的電洞，並從電解液中獲取一個電子，取得電荷平衡。

##### 1. 萃取色素

(1) 將葉子放入研鉢磨碎與酒精一同放入燒杯萃取

##### 2. 塗佈

(1) 配製約 0.03M 之硝酸水溶液

(2) 取 1 公克二氧化鈦加入 1ml 稀硝酸溶解並用研鉢研磨成膠狀液體

(3) 用玻棒在 FTO 可導電面上塗上二氧化鈦薄膜

(4) 將 FTO 放入高溫電磁爐以  $500^\circ\text{C}$  燒結 30 分鐘

(5) 取第二片 FTO 並用鉛筆在導電面上塗上碳粉

(6) 將燒結完的 FTO 放入染料中浸泡 10 分鐘

(7) 以  $\text{KI/I}_2$  水溶液為電解液，正極為有碳粉的 FTO，負極為有二氧化鈦之 FTO  
組裝電池(周圍可墊石臘膜以避免直接碰觸)

##### 3. 改良裝置(參照附錄一)

(1) 將膠帶更換為塑膠薄片→可重複使用

(2) 將玻棒更換為塑膠卡片→較不易因施力不均導致不完整塗佈

(3) 將電解液改為羧甲基纖維素鈉→黏滯性較高且不易與金屬反應

##### 4. 改變內容物

(1) 有無碳粉、染料

#### (二) 塗佈濃度影響

燒結過程中，二氧化鈦若是太厚容易因結晶時間不同而碎裂，進而減少使用壽命。利用不同濃度的塗佈狀況來減少碎裂情形，或是使用拆下的電腦散熱風扇進行旋轉塗佈，進而達到均勻薄層。

## 1. 配置

- (1) 配置 0.03M 硝酸水溶液並取 1g 二氧化鈦數份
- (2) 分別配置 1g 二氧化鈦對上 1ml、1.5ml、2ml、2.5ml、3ml 硝酸水溶液和 1.5g 二氧化鈦對上 1ml 硝酸水溶液，放入研鉢研磨成膠狀溶液

## 2. 燒結

- (1) 將配置好的膠狀溶液塗佈在 FTO 上後
- (2) 放入高溫電磁爐以 500°C 燒結 30 分鐘

## 3. 以 XRD 及 SEM 分析其晶體結構

### (三) 組裝氧化亞銅太陽能電池

參考文獻，利用高溫燒結快速冷卻，產生氧化亞銅，並組裝光電池。

#### 1. 製備氧化亞銅

- (1) 用瓦斯噴燈燒至銅片變紅
- (2) 將銅片快速放入冷水中冷卻

#### 2. 組裝電池

- (1) 將燒結完的銅片用硝酸浸泡一角落將其清洗或以砂紙磨出銅底
- (2) 用 CMC 作為電解液，氧化亞銅作為正極，FTO 作為負極組裝電池

### (四) 燒結法的改良：

銅在受高溫加熱後，因為氧氣缺乏或氧化不均勻產生氧化亞銅。改良不同燒結方式取得較佳燒結結果。

#### 1. 改良為加熱板加熱

- (1) 將準備好的銅片放上加熱板以 540°C 加熱
- (2) 等到銅片完全氧化呈黑色時取出放入冷水中冷卻

#### 2. 改良為高溫電磁爐加熱

- (1) 將準備好的銅片放入電磁爐加熱
- (2) 等到溫度到達預設值時取出放入冷水中冷卻
- (3) 改變溫度再次試作

### 3. 改良為無氧燒結

- (1) 將準備好的銅片放上加熱板以 540°C 加熱氧化
- (2) 銅片完全氧化時放在室溫下冷卻，並取另一銅片相疊
- (3) 放在平面上以橡膠槌輕捶以密合並以鋁箔紙完整包覆
- (4) 將氧化銅片與銅片同時放入電磁爐中以 900°C 加熱
- (5) 冷卻後燒結完成

#### (五) 電鍍法製氧化亞銅：

以 Cu 為陽極、FTO 為陰極，由氧化還原電位計算可知，提供電壓約小於 0.37V 時，銅有機會被氧化成氧化亞銅。因此純硫酸銅電鍍中以 <0.3V 電壓進行電鍍。而利用乳酸錯合銅離子的鹼性條件下，以 <0.6V 的電壓進行電鍍。改善燒結法產率不穩定以及產物不均的問題。

##### 1. 硫酸銅電鍍(參照附錄一)

- (1) 配置 0.1M 的硫酸銅溶液
- (2) 以陰極為 FTO、陽極為銅片，在 80°C 下以約 0.3V 電鍍

##### 2. 乳酸銅電鍍(參照附錄一)

- (1) 配置乳酸濃度 0.4M、硫酸銅 0.1M 水溶液
- (2) 加入氫氧化鈉同時以酸鹼度計調整溶液至不同 pH 值
- (3) 以陰極為 FTO、陽極為銅片，在 80°C 下以電壓約 0.6V 電鍍

##### 3. 以 XRD 及 SEM 分析其晶體結構

#### (六) 組合銅鈦電池(請參照附錄一)

因二氧化鈦為 N 型半導體、氧化亞銅為 P 型半導體，若是能成功結合為 N-P 型半導體，理論上可提高光電池效率。

##### 1. 組裝電池

- (1) 取二氧化鈦附著之 FTO 與氧化亞銅附著之 FTO
- (2) 以氧化亞銅為正極、二氧化鈦為負極組裝為電池

##### 2. 組裝方法(並排法)



第一項為本實驗目前數據取得採用之方法，其餘為正在嘗試的方法

- (1) 利用 3D Printer 製作基板模型
- (2) 銅膠取代電解液
- (3) 利用電鍍法鍍銅取代電解液

#### (七) TiO<sub>2</sub> 薄膜改良

嘗試製作高效率之鈣鈦礦，利用高溫去除碳酸根，使之與二氧化鈦形成 CaTiO<sub>3</sub>，並探討不同添加物對於光電池的影響。

##### 1. 準備

- (1) 取 1g 二氧化鈦、取 1.25g 碳酸鈣、氫氧化鈣
- (2) 分別配置 0.03M 硝酸水溶液、硝酸鈣水溶液

##### 2. 燒結

- (1) 以硝酸鈣水溶液作為溶劑塗佈二氧化鈦
- (2) 以硝酸水溶液作為溶劑、碳酸鈣和二氧化鈦作為溶質塗佈
- (3) 放入高溫電磁爐以 650°C 燒結
- (4) 冷卻後組裝電池

#### (八) 實際測量部分：

第一~三項為主要方法，其餘為日後可嘗試方法

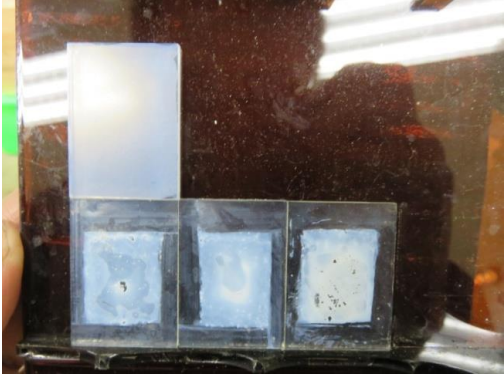
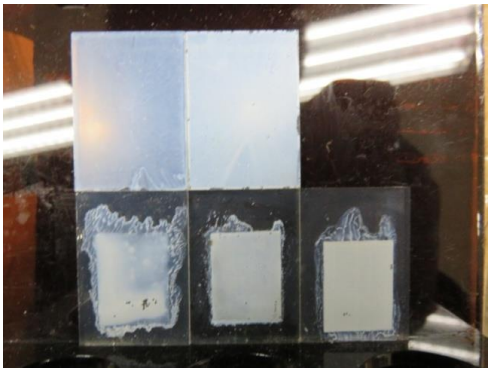
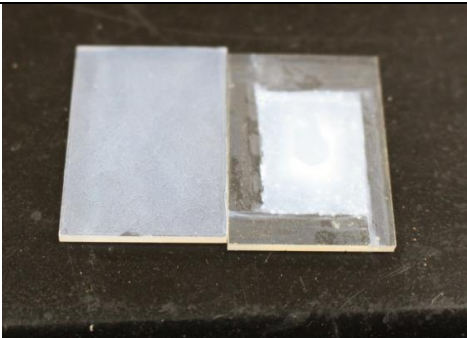
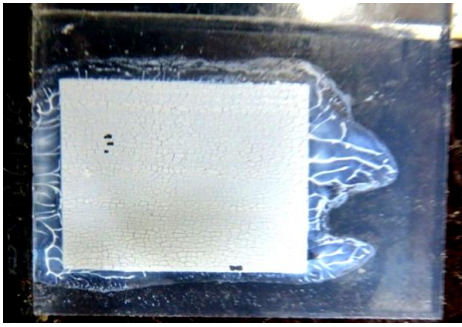
1. 測量光電壓、電流
2. 以 XRD 觀測晶體結構
3. 以 SEM 觀察晶體大小
4. 串聯並驅動電器
5. 以光降解來檢驗效率
6. 給予電壓測量迴響電流值(需與研究單位商借器材)
7. 以特殊儀器同時測量光電流光電壓(需與研究單位商借器材)

## 伍、 研究結果

一、 功率比較(LA=lactic acid 乳酸、Chl=Chlorophyll 葉綠素、LA 後數字代表 pH)

負極	正極	V	$\mu A$	$\mu W$
TiO <sub>2</sub>	blank FTO	0.003	4.6	0.0138
TiO <sub>2</sub>	FTO+Carbon	0.006	10.6	0.0636
TiO <sub>2</sub> +Chl(stable)	Cu <sub>2</sub> O LA 8	0.01	12.8	0.128
TiO <sub>2</sub> +Chl(stable)	Cu <sub>2</sub> O CuSO <sub>4</sub>	0.014	12.2	0.1708
TiO <sub>2</sub>	Cu <sub>2</sub> O CuSO <sub>4</sub>	0.016	16	0.256
TiO <sub>2</sub>	Cu <sub>2</sub> O LA 8	0.017	15.5	0.2635
TiO <sub>2</sub>	Cu <sub>2</sub> O LA 9	0.016	16.5	0.264
TiO <sub>2</sub>	Cu <sub>2</sub> O LA 10	0.019	16.4	0.3116
TiO <sub>2</sub> +Chl(Max)	blank FTO	0.019	16.9	0.3211
TiO <sub>2</sub> +Chl(stable)	Cu <sub>2</sub> O LA 9	0.031	26.9	0.8339
TiO <sub>2</sub> +Chl(Max)	Cu <sub>2</sub> O LA 9	0.035	37	1.295
TiO <sub>2</sub> 1.5ml	blank FTO	0.006	6.6	0.0396
TiO <sub>2</sub> 3.0ml	blank FTO	0.026	0.7	0.0182
CaTiO <sub>3</sub>	blank FTO	0.01	1.6	0.016

二、實驗【二】

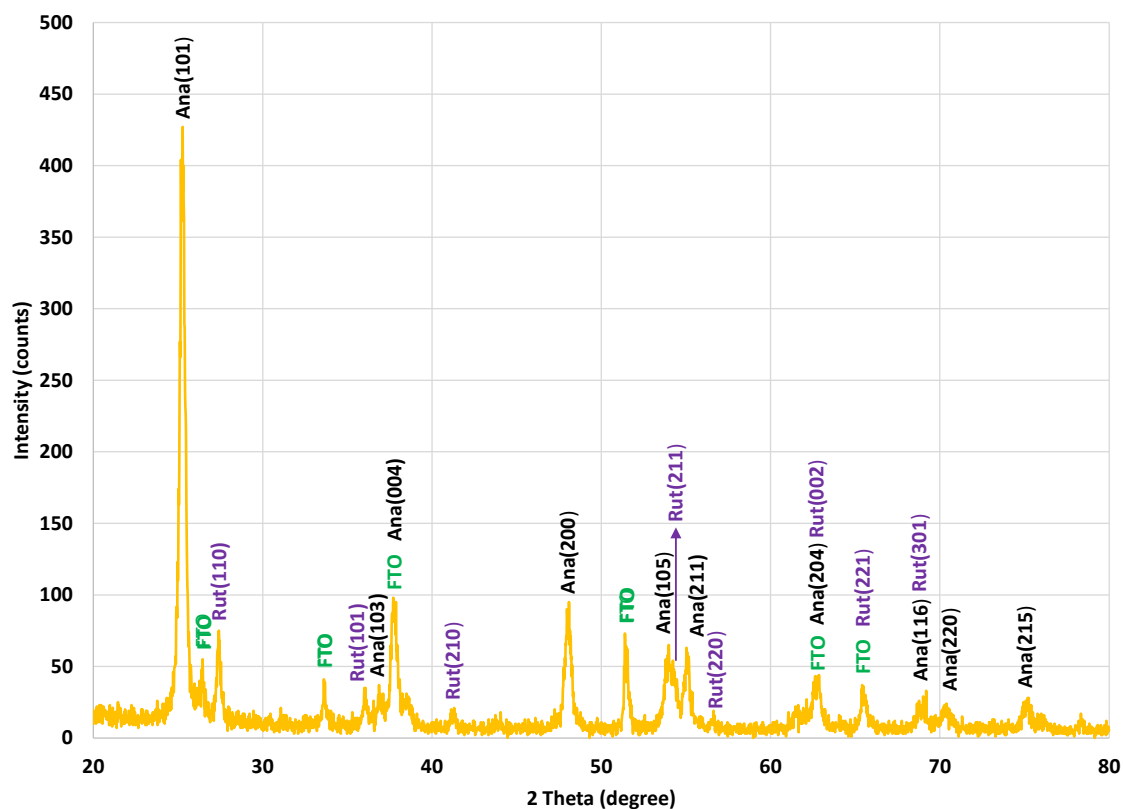
1.0g/3.0ml	1.0g/2.5ml	1.0g/2.0ml	1.0g/1.5ml	1.0g/1.0ml	1.5g/1ml
					
1g/3ml 左旋轉 右刮取 表面概況			1.5g/1ml 刮取塗佈 表面概況		
					

圖左上 5-4、右上 5-5、左下 5-6、右下 5-7

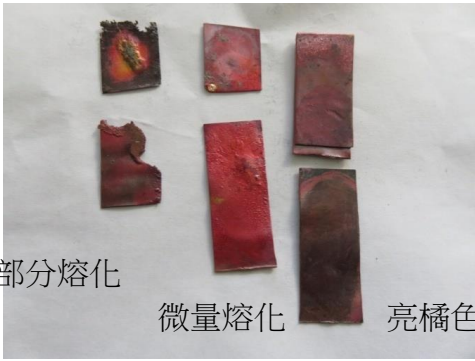

	均勻程度	厚度	碎裂程度	觸摸後
1.5g/1ml	均勻	極厚	大裂痕	大量剝落
1g/1.0ml	均勻	厚	微小裂痕	少量剝落
1g/1.5ml	部分不均	部分厚	厚：碎裂	極少量剝落
1g/2.0ml	部分不均	中厚外薄	厚：碎裂	極少量剝落
1g/2.5ml	部分不均	中厚外薄	厚：碎裂	極少量剝落
1g/3.0ml	極少不均	中厚外薄	厚：碎裂	極少量剝落
旋轉塗佈				
1g/1.0ml	極少不均	薄	厚：碎裂	極少量剝落
1g/1.5ml	均勻	薄	無	不剝落
1g/2.0ml	極均勻	極薄	無	不剝落
1g/3.0ml	極均勻	極薄	無	不剝落

## TiO<sub>2</sub>

anatase JCPDS 21-1272  
rutile JCPDS 21-1276


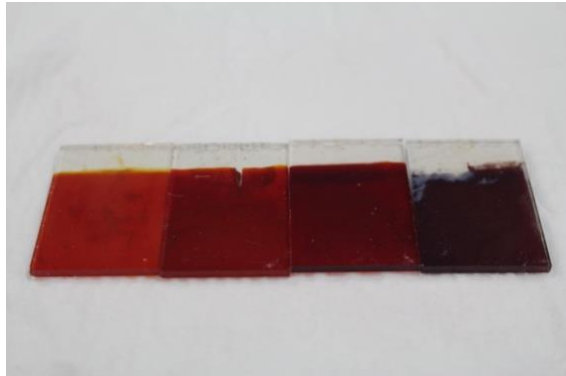


### 三、實驗【四】光源：鹵素燈 電解液：CMC

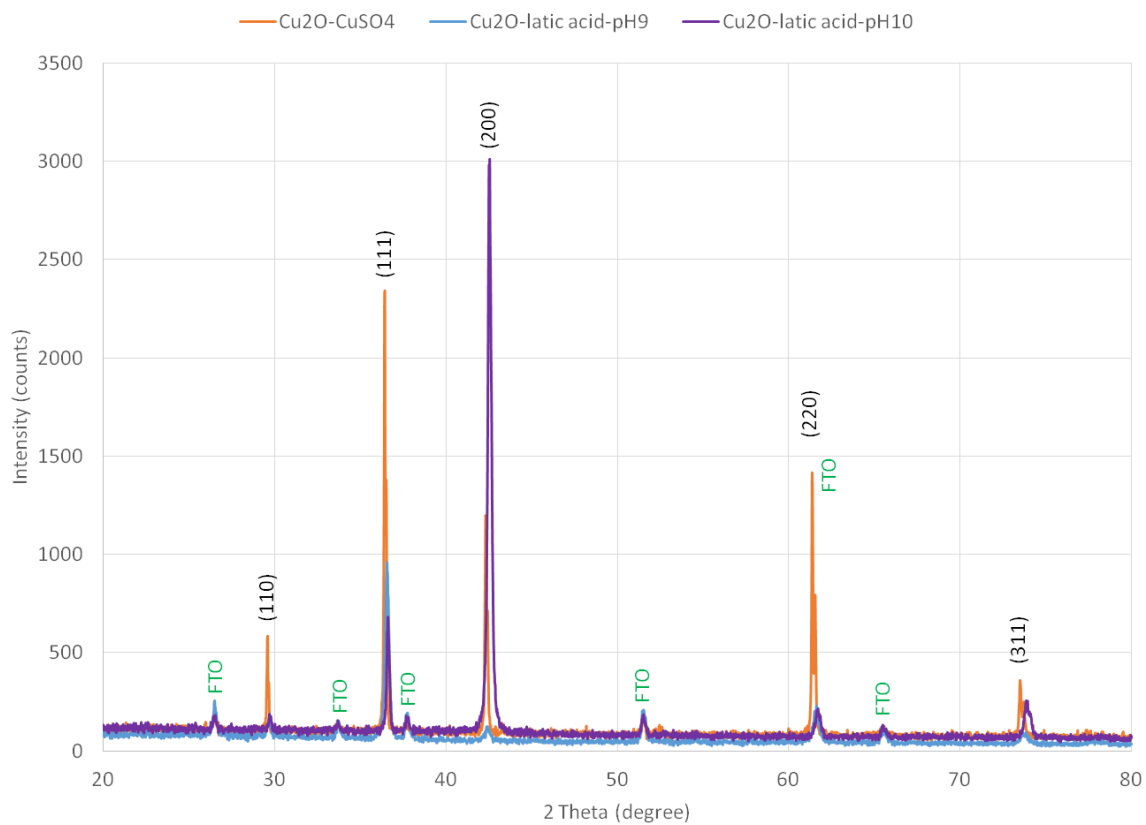
	噴燈燒結	加熱板燒結
表面	粗糙不平整	均勻平整
產率	普通	極低
特色	1.溫度低→高 銅色→黑色→亮黃色→亮橘色→亮金色 2.加熱不均勻	1.冷卻時氧化層易脫落 2.加熱均勻
照片	 <p>部分熔化 微量熔化 亮橘色</p>	

	高溫爐燒結	無氧燒結
表面	散佈	不均勻
產率	高	極低
特色	1.冷卻時氧化層易脫落 2.溫度超過 1000°C時， 會產生極亮面的氧化層	
照片		

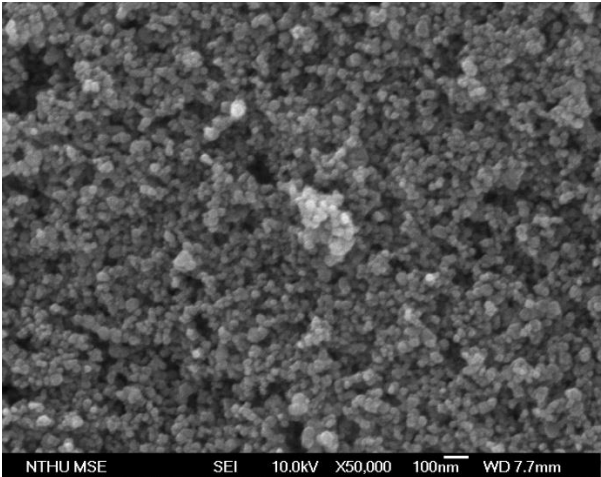
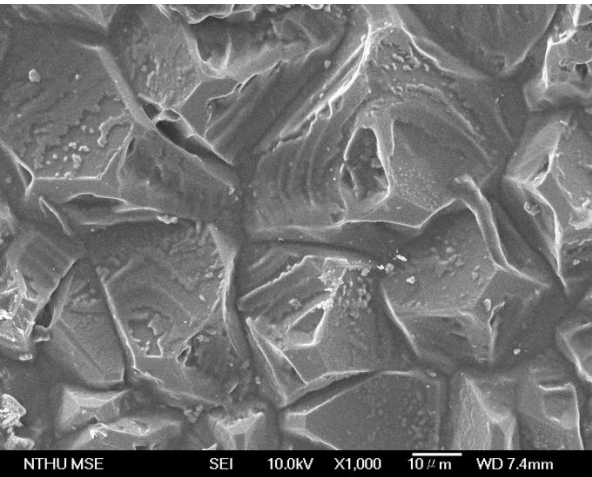
#### 四、實驗【五】

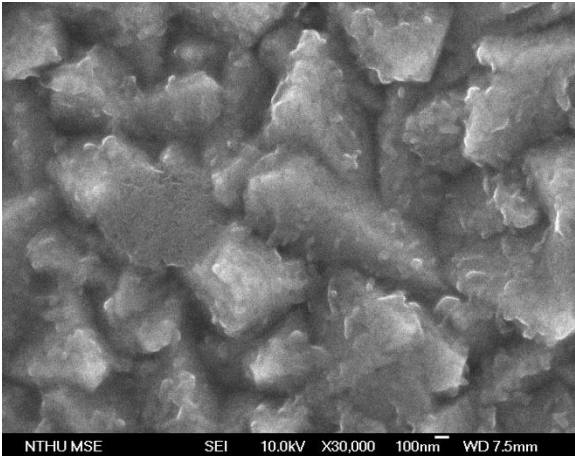
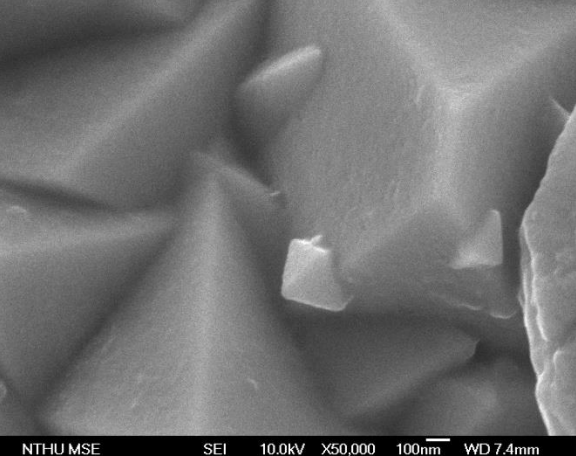
	硫酸銅電鍍	乳酸銅電鍍
表面	平均但不平整	平均且平整
產率	高	低
顏色	紅色	橘→深紅(隨 pH 值升高)
特色	電鍍時間長	電鍍速度快
照片		

## Cu<sub>2</sub>O JCPDS 05-0667



## 五、SEM 分析

二氧化鈦	硫酸銅電鍍
 <p>NTHU MSE SEI 10.0kV X50,000 100nm WD 7.7mm</p>	 <p>NTHU MSE SEI 10.0kV X1,000 10 μm WD 7.4mm</p>

乳酸銅電鍍(pH9)	乳酸銅電鍍(pH10)
	

## 陸、 討論

### 一、實驗【一】

在實驗中，期望染料可吸收可見光補足二氧化鈦所無法吸收的部分。故採用全波段的鹵素燈以彰顯葉綠素效果。而實驗也證明葉綠素確實能提高功率。是否添加碳粉也會帶來影響，我推測碳粉可以增進導電能力，或是能階傳遞較適合，進而達到較高效益。電解液的部分，碘液容易控制濃度且電阻較低，但缺點為容易與金屬電極反應成為化學電池，若是需要應用到銅鈦組合時不適合應用。CMC 則是較為濃稠不易滑動，且不與金屬電極反應，因此大部分的實驗中主要採用 CMC。另外發現有添加葉綠素的組合，光電池功率會隨時間下降。我們推測其是因為鹵素燈的高溫導致其染料作用機制的 PS I、II 將低效能。為證明以上猜測我將進一步設計實驗：(1)針對碳粉：使用碳膠帶或銅膠帶增加導電度或增加反光以互相比較。(2)針對染料：使用不同萃取法或是不同染料來比較。

### 二、實驗【二】

(一) 此實驗結果中可發現，塗佈時濃度越高，二氧化鈦燒結時容易產生破裂情形，超過 1g/1.5ml 濃度者也容易因過稀，燒結時粉體隨液體減少而集中，導致集中部分過厚而破裂。故較佳濃度為 1g 二氧化鈦對上 1ml~1.5ml 之間。而在旋轉塗佈的部分，因旋轉離心力將多餘水分甩出，產生一極薄二氧化鈦層面，幾乎不需擔心結晶破裂的情形，重複使用性高出許多。且藉由功率比較也可發現其確實較薄時功率較高。



## (二) XRD( $\text{TiO}_2$ ) :

為了觀測晶體結構，我們藉由 XRD 繞射圖譜的對照中可發現，X-Ray 在銳鈦礦對應的結晶角上有較強的高峰，尤其在(101)對應的結晶面有強度極高的高峰，可明顯看出銳鈦礦(Anatase)與金紅石(Rutile)的含量差別。而 FTO 本身的部分則是結晶情況極低，在 X-Ray 的繞射圖譜上的訊號較低(約 100~500 個單位)。

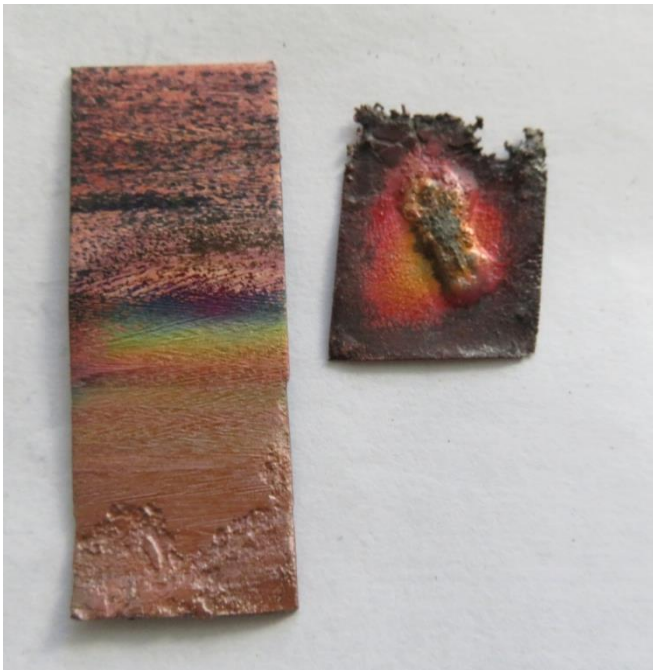
## (三) SEM( $\text{TiO}_2$ ) :

由 SEM 電顯圖中可看出使用的二氧化鈦為奈米級粉末，即使經過燒結也幾乎皆為奈米圓球形顆粒。

## 三、實驗【三】

燒結法所製出的氧化亞銅不但分布不均且容易造成銅片變形，不利於電池組裝，因此在實驗四、五中選擇了不同燒結與電鍍方法來克服此問題。而電解液的選擇部分，我發現銅會與碘液反應形成化學電池，因此電解液採用 CMC。

## 四、實驗【四】



在噴燈燒結法中可以發現溫度越高產率與成功率隨之提高，我推論其與快速冷卻時造成的氧化不均有關，若是在空氣中滯留過久、溫度過低，原先無法氧化的表面又會再度氧化，進而降低產率與成功率。由左圖舉例來說，觀察銅片的顏色分佈可知，其氧化程度與溫度成負相關，右方銅片中心溫度最高，氧化程度恰由四周向內減少(氧化亞銅為紅色、氧化銅為棕黑色)，左方銅片則是冷卻時只有下方小部分泡入水中，中間彩色部分也可說明氧化程度不同。

對於加熱板的燒結方法，雖然可以均勻加熱銅片，但由於溫度不足無法達到非氧化態的高溫銅，直到冷卻時又因快速熱漲冷縮，導致全部之氧化物表層脫去，造成其產率以及成功率極低。在高溫爐中的燒結，因下方有耐熱磚和大



量線圈，可均勻加熱銅片，又可設定溫度，在燒結上是相當優良的選擇，但是同時也造成環境溫度過高，取出銅片有技術上的困難。最後的無氧燒結中，理論上可成功還原氧化銅，但受限於實驗設備，實驗中難以達成難以達成，且最後幾乎都無氧化亞銅的產生，成功率與產率過低，故不適合採用。綜上所述，在燒結法中仍以噴燈燒結為最方便、快速，但以高溫爐為可發展方向。

## 五、實驗【五】

### (一) 鹼性環境乳酸銅電鍍：

由文獻中讀到，乳酸錯合的銅離子在鹼性溶液環境下，可利用金屬活性不同置換氧化亞銅，因此我們發想以電鍍法合成。而電鍍不但快速且可控制電鍍面厚度，表面平整且均勻，在功率表中也可看出其功率佳，為一優良製造方法。

(二) 硫酸銅溶液電鍍：利用氧化還原電位可得知電位差 0.3V 以下可電鍍出氧化亞銅，實際時間發現確實可電鍍出氧化亞銅，但其電鍍速度極慢且較不均。藉由功率表中可看出其效率略低於乳酸銅電鍍，為次要方法。

(三) XRD( $\text{Cu}_2\text{O}$ )：由圖譜中可看出，無論是乳酸銅電鍍或是硫酸銅電鍍， $\text{Cu}_2\text{O}$  含量皆很高，但兩者的結晶情況相差極大，在(111)和(220)的結晶型面上硫酸銅電鍍比乳酸銅電鍍還來的多，而(200)的結晶型面上則是乳酸銅電鍍比硫酸銅電鍍多許多。

(四) SEM( $\text{Cu}_2\text{O}$ )：由 SME 電顯圖中可看出，硫酸銅電鍍產生的氧化亞銅結晶稍微不完整且顆粒較大，其可能為造成表面粗糙不均之主因。而乳酸銅電鍍則是 pH 值越高，結晶越傾向完整，且顆粒皆較小，表面較為均勻平整。

## 六、實驗【六】

### (一) 並排連結法：

雖可使兩片 FTO 並聯但是其相對電極距離較遠，可能影響電阻等問題，未來仍有進步空間。

## 七、實驗【七】

(一) 直接加碳酸鈣研磨的實驗，因為碳酸鈣未完全脫去二氧化碳，燒結完成後甚至留有微小顆粒，導致其遮蔽二氧化鈦的光源，且額外添加碳酸鈣也相當於減低二氧化鈦

濃度。而後我們嘗試更高溫度使碳酸鈣脫碳完全，但發現如需完全脫碳的溫度同時也將造成 FTO 變形受損，故暫時不適合使用，未來將測試燒結適合溫度範圍。

(二) 而直接使用硝酸溶解氫氧化鈣的實驗中，我們所需的氧化鈣改由硝酸鈣提供，使其可更加均勻地與二氧化鈦混合，並且在燒結過程中比碳酸鈣更加容易分解，使其成為  $\text{CaTiO}_3$  特殊礦物的機率理論值更加提升，在測量功率後也確實有微幅上升，未來將尋找更加有利證據證明其效率的增加。

## 柒、 結論

### 一、各項總結

#### (一) 實驗【一】：

在二氧化鈦的染料光敏化電池中，染料是提高功率的重要部分，添加碳也可稍微提高但仍需實驗證明原因。

#### (二) 實驗【二】：

最佳塗佈濃度實驗中，以刮塗方式進行者，在相同厚度的情況下，濃度介於  $1\text{g}/0.6\sim 1.5\text{ml}$  為最佳，過濃則碎裂不堪使用，太稀則造成厚度不均。而旋轉塗佈為相對優良的塗佈方法，可形成一極薄又均勻的工作電極，且藉由功率表中可看出太厚對於光電池是有不良影響的。

#### (三) 實驗【三】：

燒結法製氧化亞銅為確定可用方法，但燒結法產率、成功率不穩定，需再改進。電解液選擇不與銅反應的 CMC 為佳。

#### (四) 實驗【四】：

瓦斯噴燈燒結法中，發現溫度越高產率越高，但表面不平整且易變形。高溫爐燒結法中，溫度均勻，也有平整加熱面積，但仍需技術上改進。其餘方法皆不適合採用或仍需改進實驗方法。

#### (五) 實驗【五】：

電鍍法不但可將目標產物直接鍍於 FTO 上使用，且表面平整、產率極高，為主要選擇方向。硫酸銅電鍍中，產率高但電鍍時間長且表面顆粒大小不一，進而減低

其功率。乳酸銅電鍍產率高且產速快，又可控制表面厚度與晶體大小，為較佳選擇。

#### (六) 實驗【七】:

添加含氧化鈣之物質並成功結合二氧化鈦可成功提高功率，但仍需更加有力證據來證明效果。

### 二、實驗總結

由功率比較表中可看出，葉綠素可提高光電池的功率。而 N-P 型結合的銅鈦電池的實驗中可確定其比單一型的光電池效率來的高，當中又以乳酸銅電鍍與葉綠素附著之二氧化鈦的組合功率最大，約為 0.8 微瓦，為 N-P 型光電池實驗中的最佳組合。

### 三、未來展望

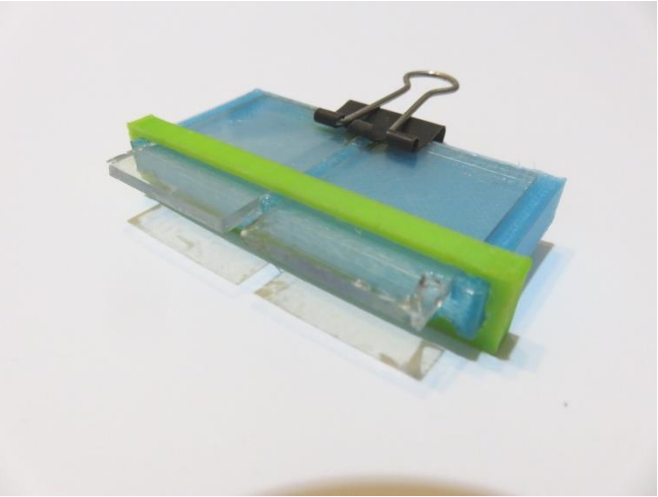
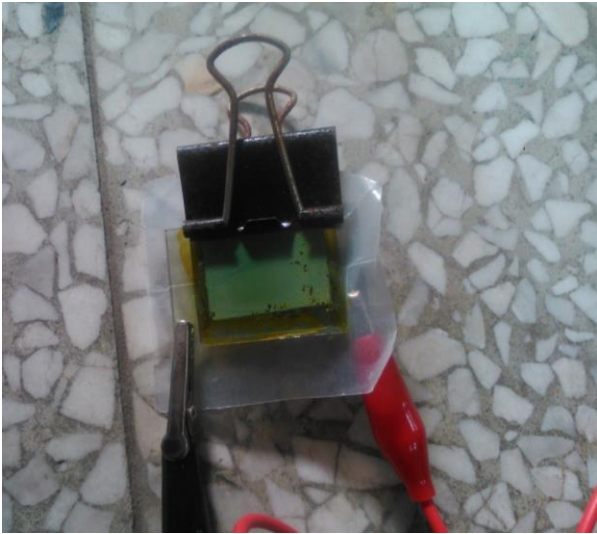
- (一) 探討葉綠素在光電池中的角色
- (二) 探討 N-P 型光電池的組裝方式
- (三) 探討 pH 值對於乳酸銅電鍍之晶體影響
- (四) 探討  $\text{CaTiO}_3$  合成方式以及產率
- (五) 測量光電流等電動勢以比較更完整效率
- (六) 以光度計偵測半導體表面入射光與反射光波長的差異，並利用光電池以不同波長的光激發所得光能的差異
- (七) 將電池改良如矩陣般排列成太陽能板的形式
- (八) 利用 XRD 圖譜半峰高推論晶體大小對照 SEM 電顯圖
- (九) 利用鹼性高溫高壓溶液成長二氧化鈦奈米管，並探討其對於光電池之影響

## 捌、 參考資料及其他

- 一、謝文瑜(民 93)。氧化亞銅太陽電池製作及其晶面再成長實驗。第三屆旺宏科學獎。
- 二、戴明鳳(民 98)。染料敏化太陽電池 DIY 實作教學。國立清華大學。
- 三、臺大化學系普化教學組(民 96)。太陽能電池之製備與性質測定。臺灣大學
- 四、柯怡君(民 99)。電鍍  $\text{Cu}_2\text{O}$  薄膜之表面微觀結構變化之研究。大同大學
- 五、李岳勳、黃景鴻(民100)。電化學沉積氧化亞銅之結構及光電化學性質研究。南台科技大學。
- 六、王乙潛、梁文双、杜庆田、刁飞玉(民 103)。一种氧化亚铜纳米八面体材料的制备方法。青島大學。
- 七、Varun Sivaram、Samuel D.Stranks、Henry J.snaith(民 104)。Perovskite Solar Cells Could Beat the Efficiency of Silicon
- 八、感謝財團法人工業研究技術院提供 XRD(X-ray 繞射儀)以及 SEM 電子顯微鏡測量

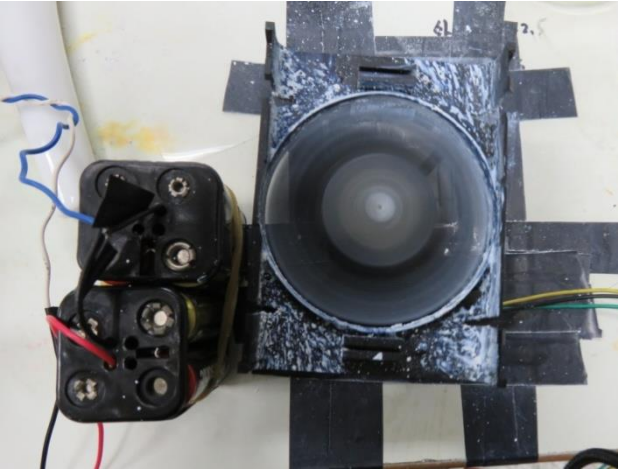
# 附錄一

## 電池組裝方法



### 實驗【一】:

膠帶貼邊→塑膠片固定框架→旋轉塗佈



## 【評語】 050206

此計畫以二氧化鈦為陽極、氧化亞銅為陰極，藉由不同反應條件與燒結法優化電池效能。研究創意極佳、亦能藉由引入葉綠素以增益效率、惟並未考慮電極介面的整合，故最終光電轉換效率未臻理想。此團隊擬轉從事鈣鈦礦太陽電池研究，符合當前世界潮流，惟所提鈣鈦礦，並非  $\text{CaTiO}_3$ ，而為鉛與銨鹽的複合物， $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{NH}_3)\text{X}_3$ ， $\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}$ 。盼未來能持續努力，繼續投身前瞻能源研究，以求百尺竿頭更上一層樓。