

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

佳作

091103

綠能小餅乾－太陽能染敏電池

學校名稱：高雄市立中正高級工業職業學校

作者： 職二 楊知育 職二 楊培裕 職二 許印天	指導老師： 卓啟豐 陳怡君
---	-----------------------------

關鍵詞：DSSC、TiO₂、CVD

綠能小餅乾—太陽能染敏電池

摘要

本實驗主要研究如何提升染料敏化太陽能電池的電壓與電流。

我們研究的項目有：改變染料種類、測試不同濃度的電解液、改變升溫速率、改變浸泡染料的時間。

我們使用的染料主要以雜環為主，染料有茄子(主要含花青素)、薑黃素與葉綠素，去比較各種染料在上敘條件下，如何達到最高的發電效率？實驗發現**染料為茄子時**(1)低溫浸泡時24hr 間最佳電壓 **0.59V**、電流 **15uA**；(2)電解液 I₂ 濃度以 **0.00025M** 電壓最穩定；(3)升溫速率以 **5°C/min** 最佳電壓 **0.547V**、電流 **24uA**。

而為了加快 TiO₂ 薄膜的製程，以 CVD 化學氣相沉積製做 TiO₂ 薄膜，進而研究提升電壓的最佳方法，並觀察能否延長電壓在一個較大的數值或延緩電壓下降的速率，以延長電池的壽命。

壹、 研究動機

時代的進步，讓我們的生活更加的便利，但對環境造成嚴重的汙染，環境保護才是地球永續經營的關鍵，令人擔憂的能源危機，仍然是全球矚目的焦點。其中太陽能對環境造成的汙染較低，用之不絕，取之不盡是他最大的優點，可代替一些高汙染的能源，而現在油電雙漲使得民不聊生，這時綠色能源再次受到關注。

在一次機緣下有機會接觸到太陽能染敏電池，對其深感興趣，從普通化學課本中學到元素週期表與氧化還原的基本概念，讓我們對太陽能電池如何將光能轉換為電能有更深的了解，並且想加以應用在生活中，讓我們在享受便利的生活時，不對環境造成任何負擔。

而我們探討的太陽能染料敏化電池(Dye-sensitized solar cell, DSSC)，它是全新的太陽能電池，跟一般太陽能電池不同的是材料較易取得、製造過程簡單、成本低，可說是新時代的綠色能源。

貳、 研究目的

一、 提升電池的電壓與電流進而延長電池的壽命。

(一) 改變染料種類，不同的染料有不同的吸收光譜，其吸收峰也坐落在不同的波長。

(二) 測試不同濃度的電解液，電解液的濃度會影響電池內化學反應的速率。

二、 縮短製做電池所花費的時間，主要是改變升溫速率、浸泡染料的時間。

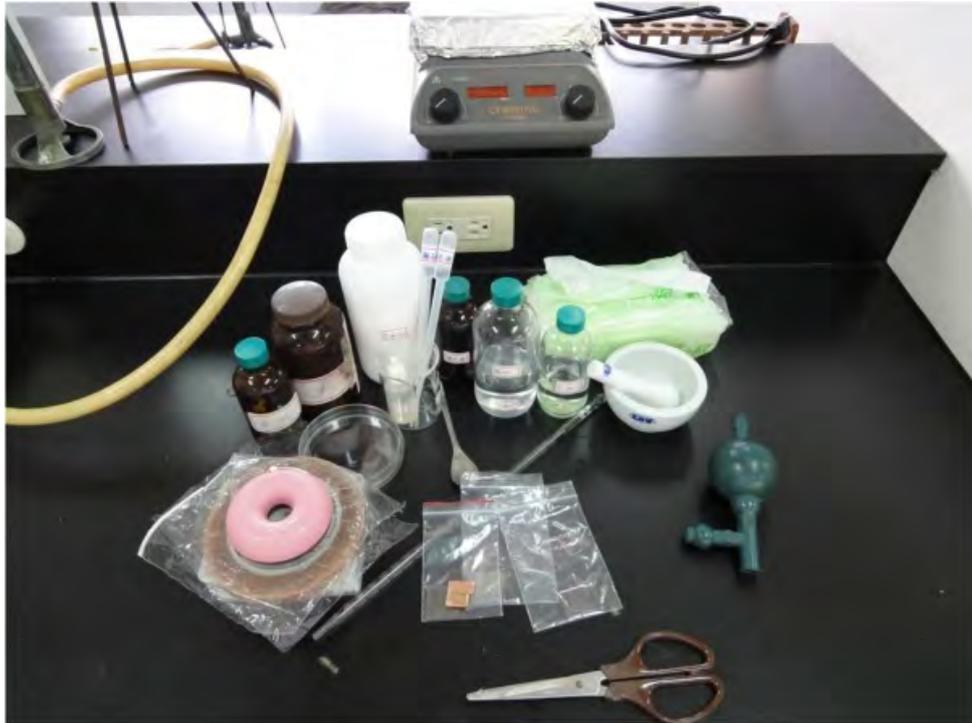
(一) 改變升溫速率，縮短燒結 TiO_2 薄膜所需得時間。

(二) 改變浸泡染料的時間，浸泡染料找出最適當的時間。

三、 利用 CVD(化學氣相沉積法)製做 TiO_2 薄膜，並與刀刮法比較。

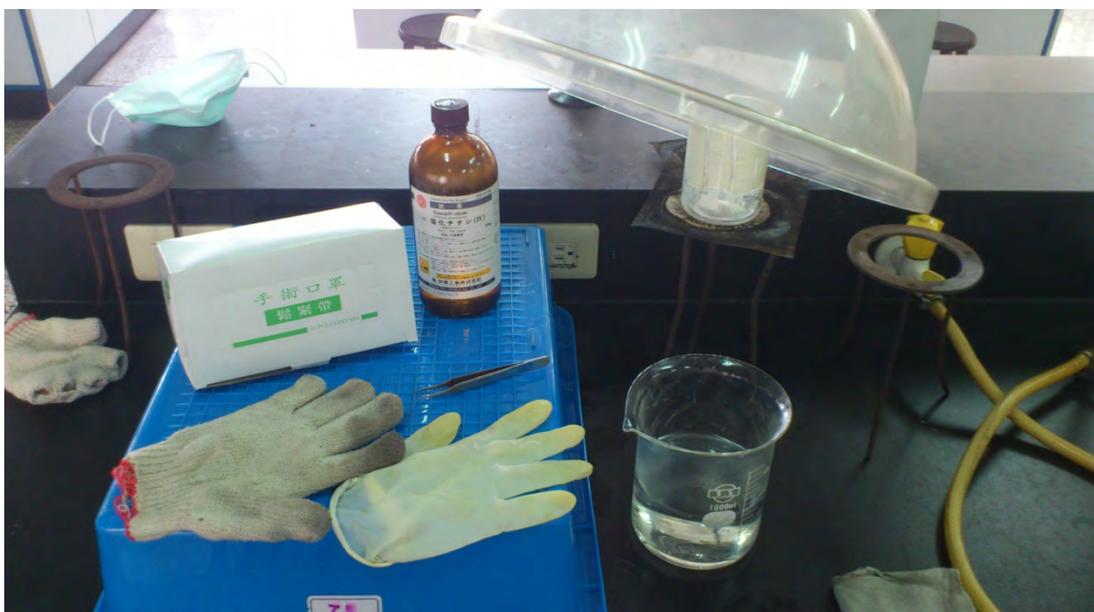
參、 研究設備及器材

一、實驗器材



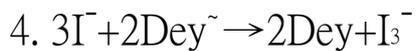
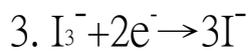
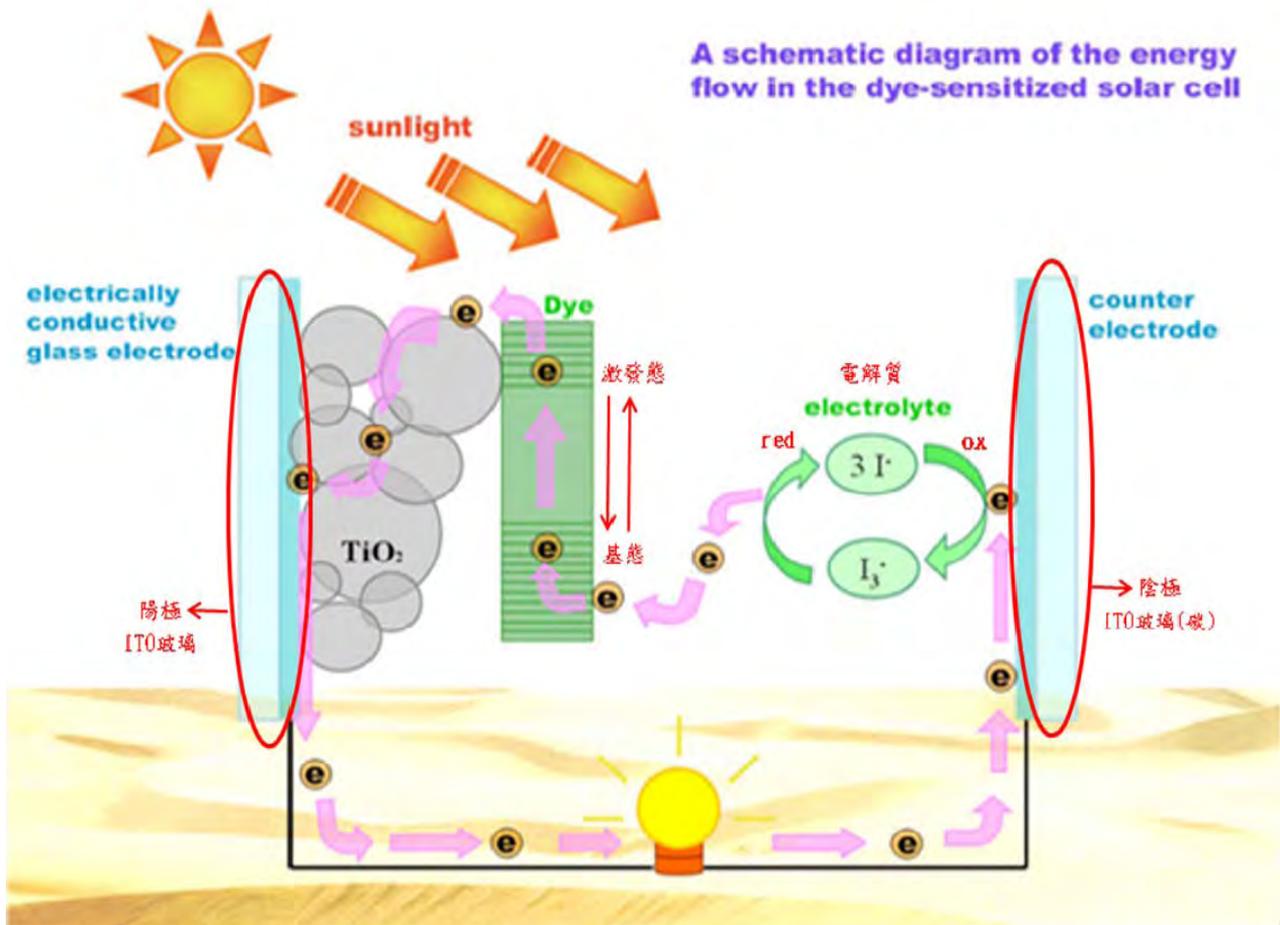
奈米級二氧化鈦粉末	稀醋酸 (約 0.048M)	電解質 KI、碘固體	研鉢、研杵
染料 (葉綠素、茄子)	安全吸球	2 ml 刻度吸量管	界面活性劑
ITO、FTO 玻璃	碳膠帶	銅膠帶	3M 膠帶
10ml 球形吸量管	50ml 球形吸量管	100ml 定量瓶	加熱面板
滴管	培養皿	剪刀	燒杯
酒精(95%)	載玻片	三用電表	藥杓

(一).自製 CVD(化學氣相沉積)



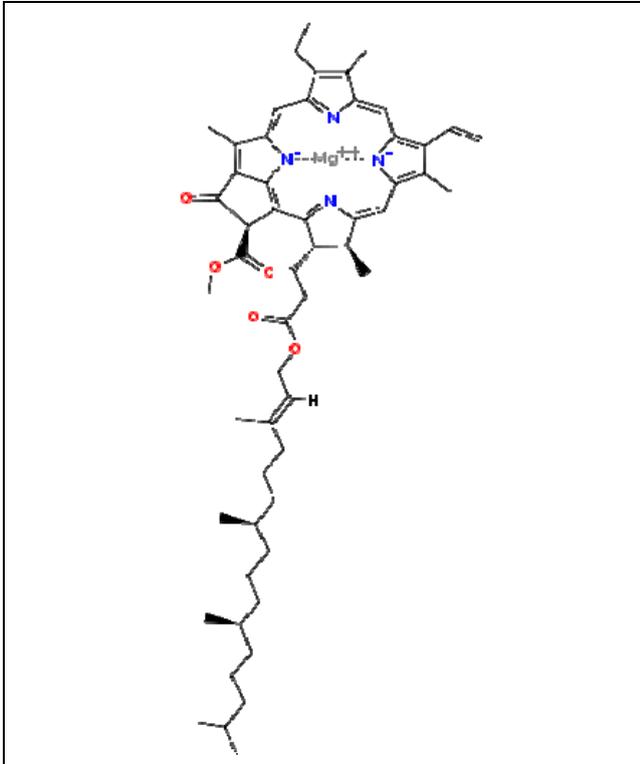
二、實驗原理

(一)、DSSC 發電原理圖

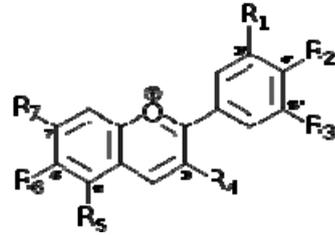


(二)、染料結構

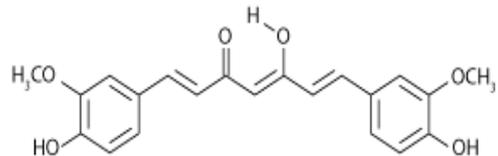
我們使用的染料結構中都含有雜環，雜環是指苯環中有一個碳被氧或其他元素取代
葉綠素主要結構如圖



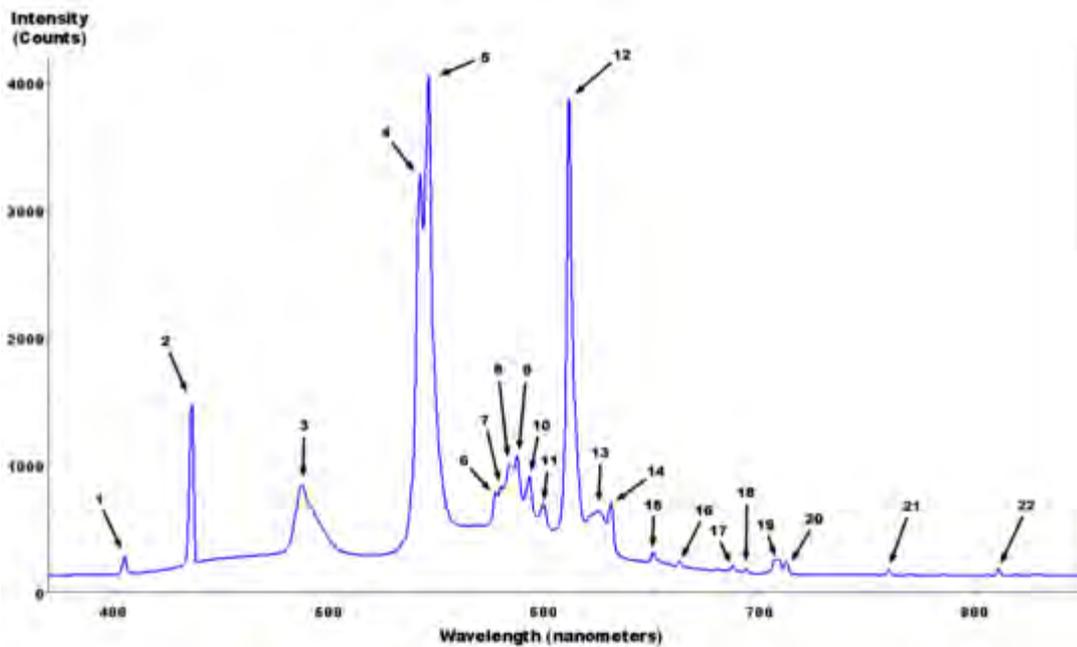
葉綠素主要結構如圖
結構中含四個雜環是三種染料中最複雜



花青素主要結構如圖
結構中雜環與兩側的碳環形成類似菲的結構



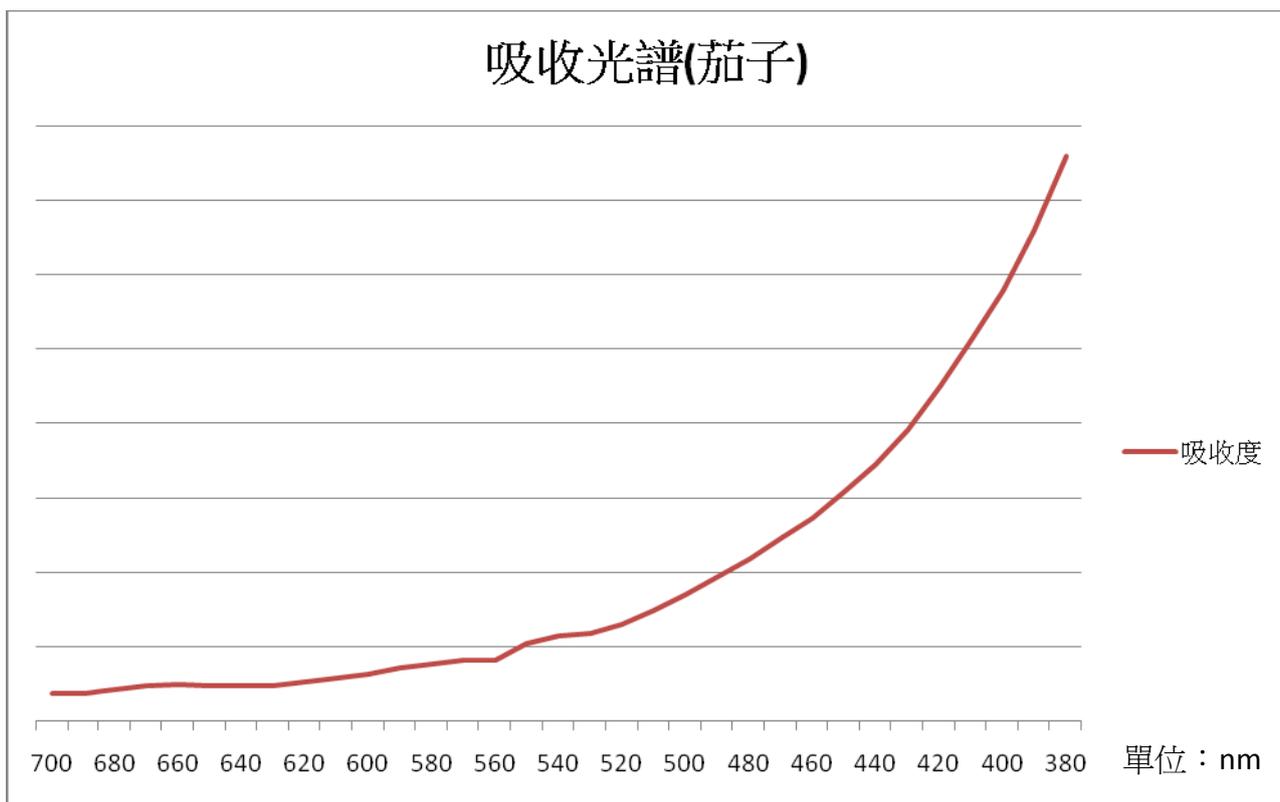
薑黃素主要結構如圖



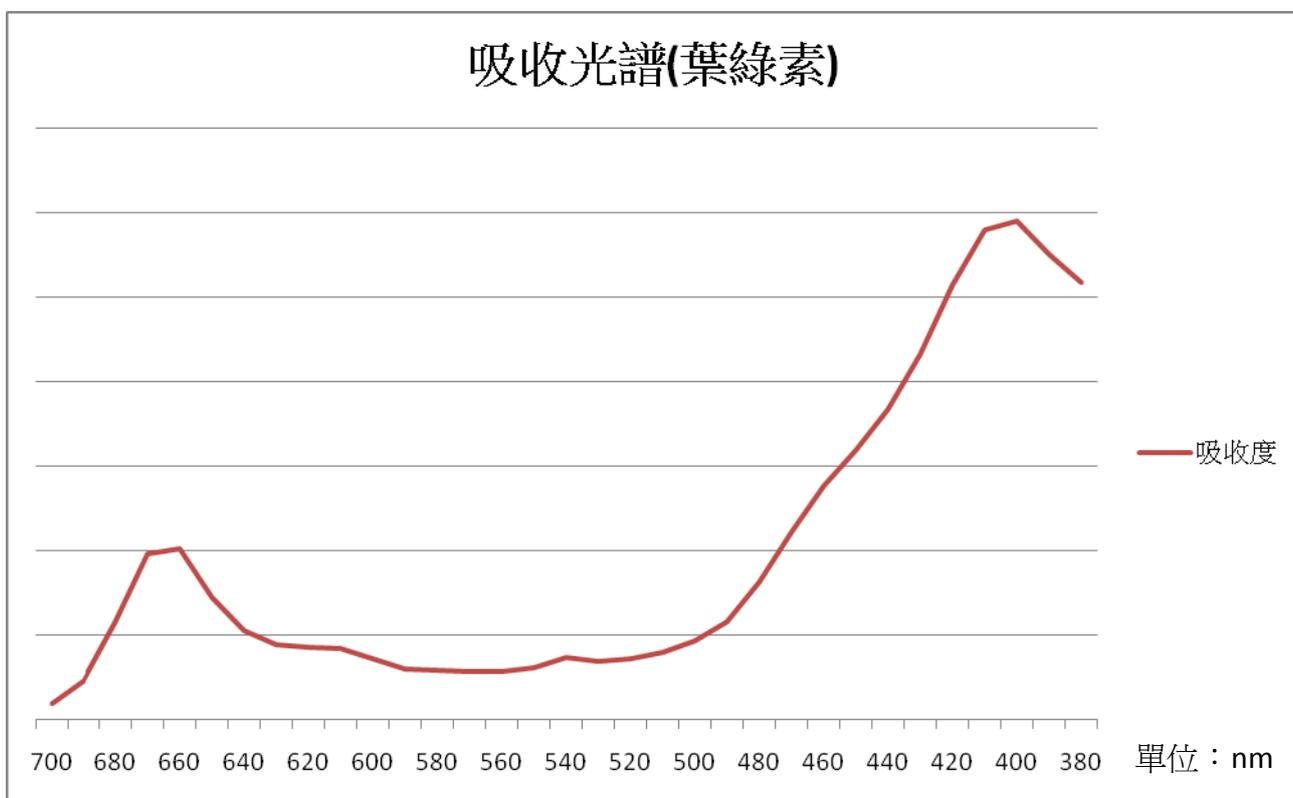
上圖為用來測定電壓電流時用的日光燈光譜，若染料的吸收光譜與日光燈光譜重和的部分越多則可的到較高的電光轉換效率。

(三)、各種染料(茄子、葉綠素、薑黃素)吸收光譜圖

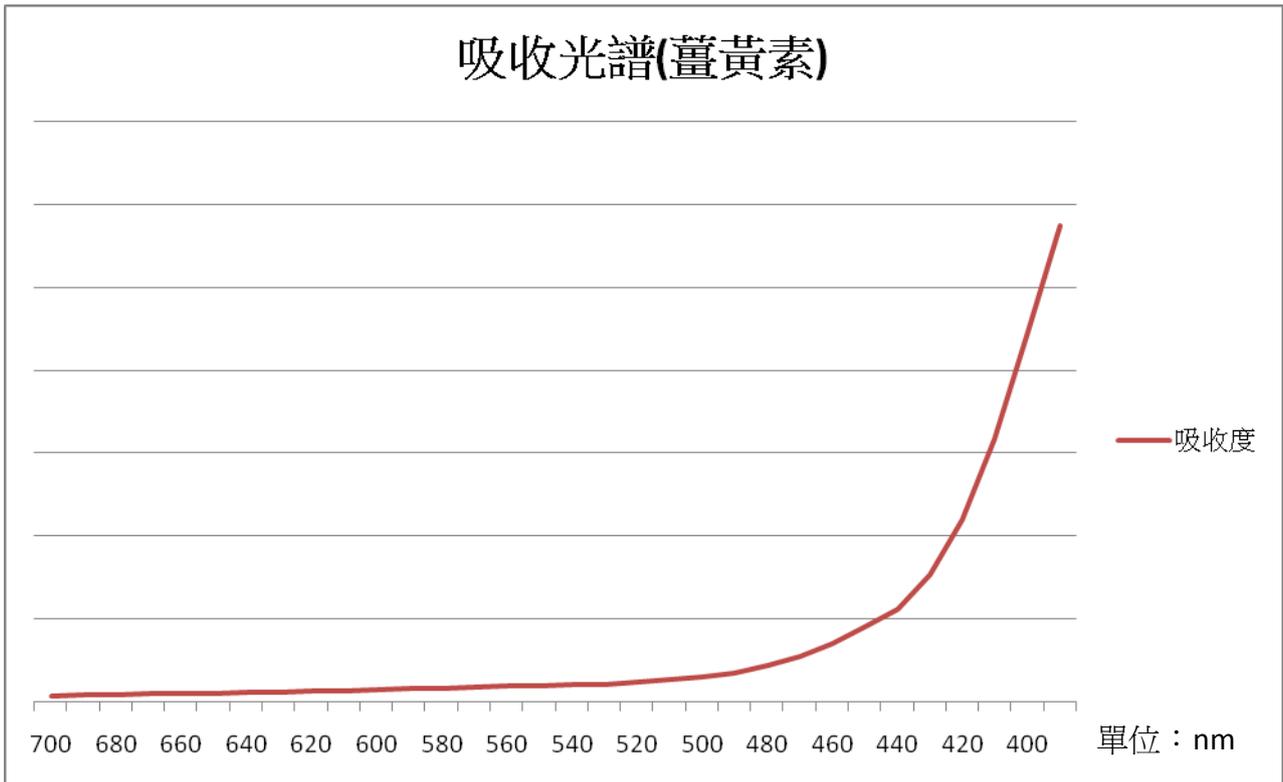
1.染料：茄子



2.染料：葉綠素

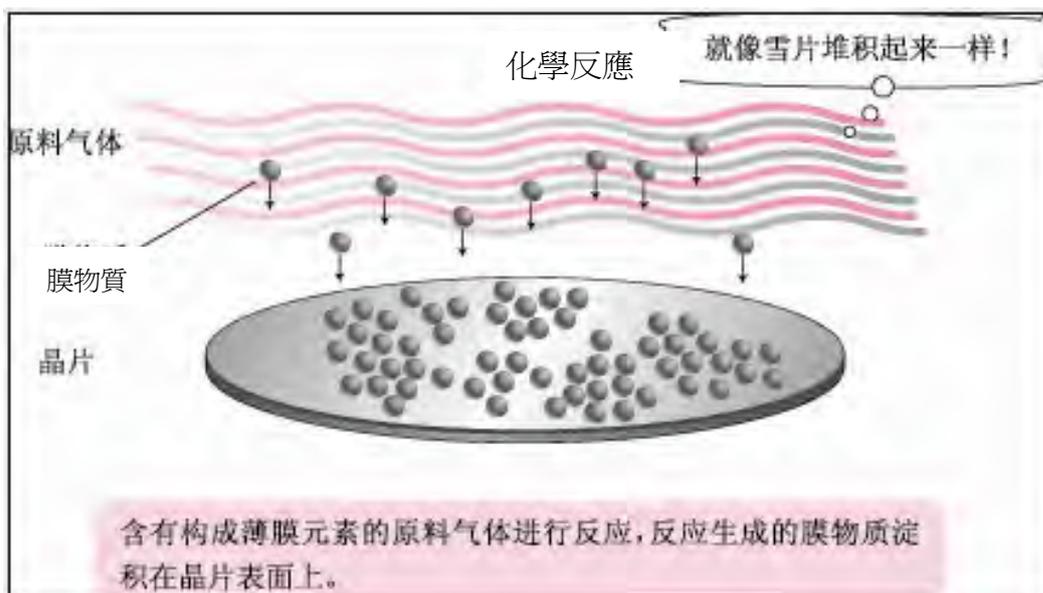


3.染料：薑黃素



(四)、CVD 化學氣相沉積製做 TiO₂ 薄膜原理

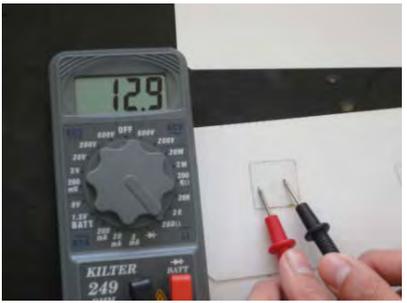
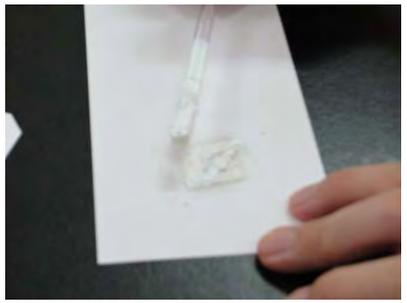
1. 利用 TiCl₄ 與水會激烈反應產生大量熱能與 HCl 氣體。
2. 大量熱能將未反應的 TiCl₄ 氯化，再利用 HCl 氣體將 TiCl₄ 氣體往上推到導電玻璃上。
3. 玻璃上的 TiCl₄ 分子遇上熱蒸氣反應成 TiO₂
方程式為 $\text{TiCl}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{TiO}_2 + 4\text{HCl}$
4. TiO₂ 分子結成晶核後吸收新生的 TiO₂ 分子生成薄膜。

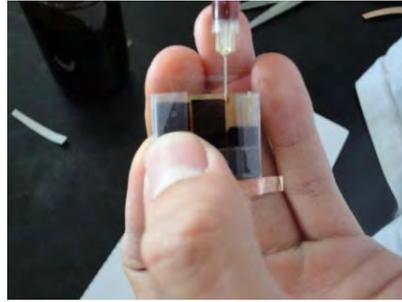


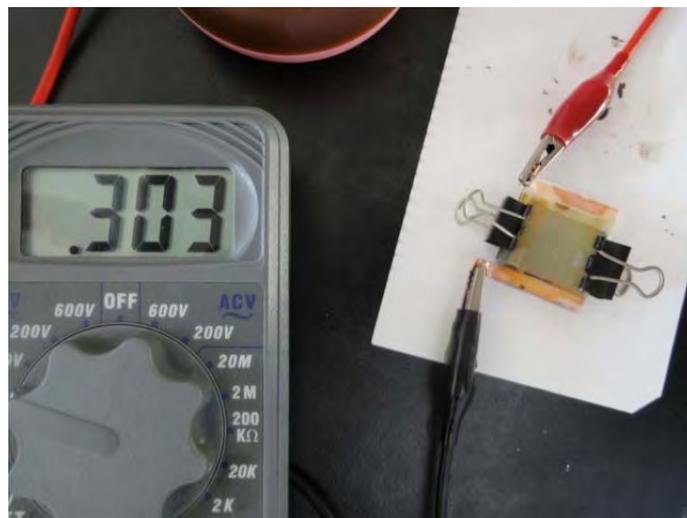
肆、 研究過程或方法

一、 實驗方法

(一). 製作太陽能染敏電池(DSSC)

		
1. 使用 100mL 燒杯容器→ 精秤 2g TiO ₂ 。	2. 先加約 60 滴稀醋酸成稀 狀後，再加入 3 滴介面活 性劑，攪拌後會凝結在一 起。	3. 取 2 片電阻為 7 歐姆的 ITO，以洗碗精搓洗乾 淨，再以酒精清洗一次。
		
4. 以三用電表測器導電面。	5. 將導電玻璃三側分別貼上 三段膠帶形成口字形。	6. 以玻棒沾取 TiO ₂ 膠體塗 抹至未貼膠帶的 ITO 上。
		
7. 以載玻片使用刀刮法將 TiO ₂ 膠體均勻分布在 ITO 上。	8. 將塗有 TiO ₂ 膠體的 ITO 放 置導熱板上加熱。升溫速率 分別為 5、10、15 度/分鐘 加熱時間為 1 小時 15 分鐘 或升溫到 450 度後停止。	9. 從加熱板上取下，使其冷 卻。

		
10. 放入染料(茄子、葉綠素)中浸泡 2、4、8、12 小時。	11. 將玻璃(無 TiO ₂)覆蓋至 Step10.中的 ITO 上，緊密貼合。	12. 貼合後再分別加入 0.0005、0.00025、0.000125 mol I ₂ 碘化鉀電解液。

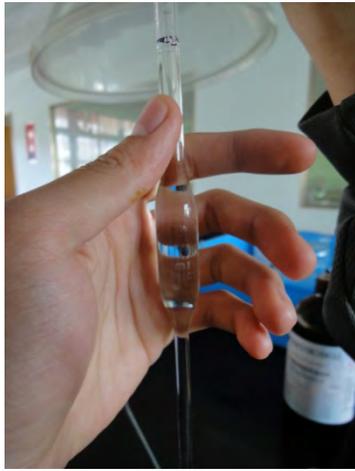
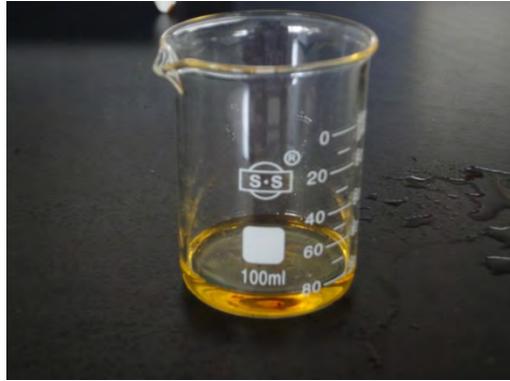


13. 以楔型夾夾住兩側未覆蓋的導電面並以三用電表測其電壓。

(二)、以 CVD 製做 TiO₂ 薄膜

		
1. 將玻璃貼在燒杯內壁上。	2. 倒入適量 TiCl ₄ 約 3~5ml。	3. 快速倒入 25ml 沸水。

(三)、電解質之調配

		
<p>1. 精秤 0.83 克 KI 無水晶體。</p>	<p>2. 依需求秤取適量碘固體。</p>	<p>3.將 KI 融入乙二醇並定量至 100ml。</p>
		
<p>4.以球形吸量管吸取 10ml 之 KI 溶液。</p>	<p>5.將 10ml 之 KI 加入碘固體之燒杯中以溶解碘固體。</p>	

伍、研究結果

一、數位電壓：

(一). 浸泡溫度和時間對不同染料(茄子、葉綠素、薑黃素)之影響

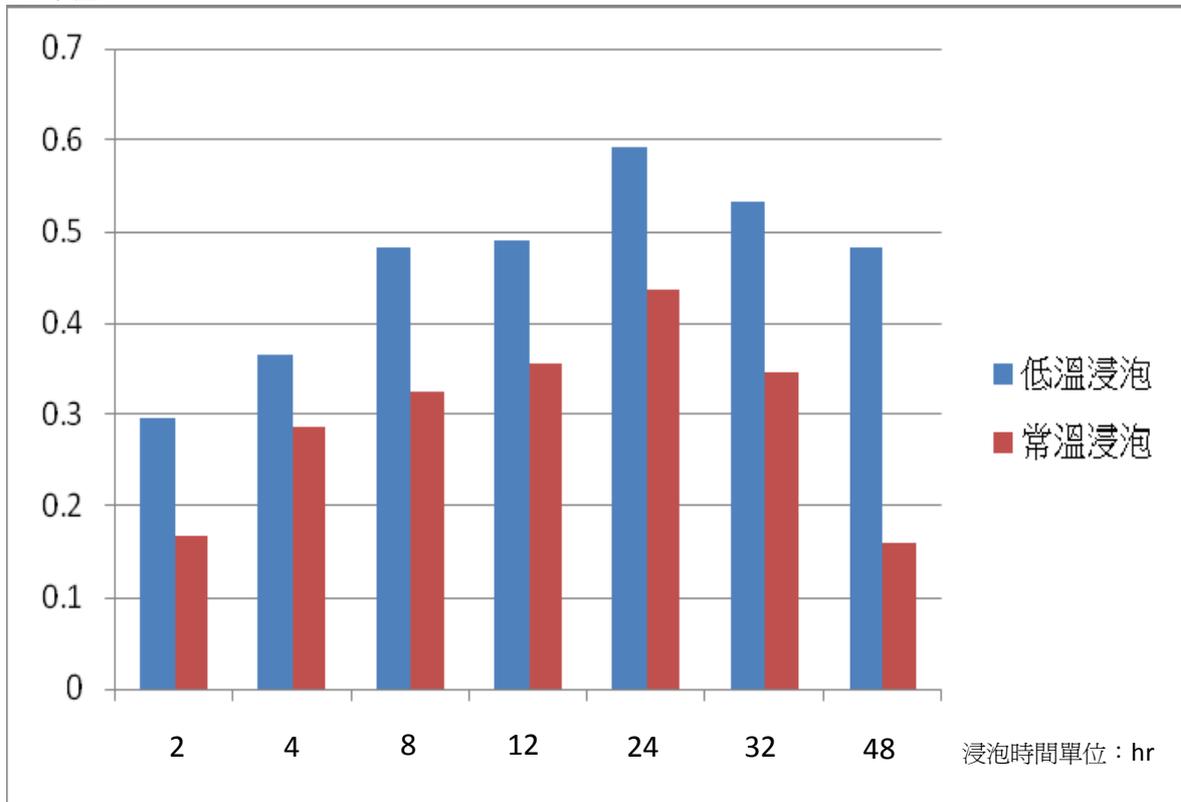
1. 固定變因：染料(茄子)

低溫(約 4°C)

常溫(約 30°C)

浸泡時間	電壓與電流		浸泡時間	電壓與電流	
2hr	0.294V	3 uA	2hr	0.165V	1 uA
4hr	0.365V	4 uA	4hr	0.285V	3 uA
8hr	0.482V	6 uA	8hr	0.324V	4 uA
12hr	0.490V	7 uA	12hr	0.355V	5 uA
24hr	0.590V	15 uA	24hr	0.435V	9 uA
32hr	0.532V	2 uA	32hr	0.345V	5uA
48hr	0.482V	1 uA	48hr	0.158V	3uA

電壓單位：V

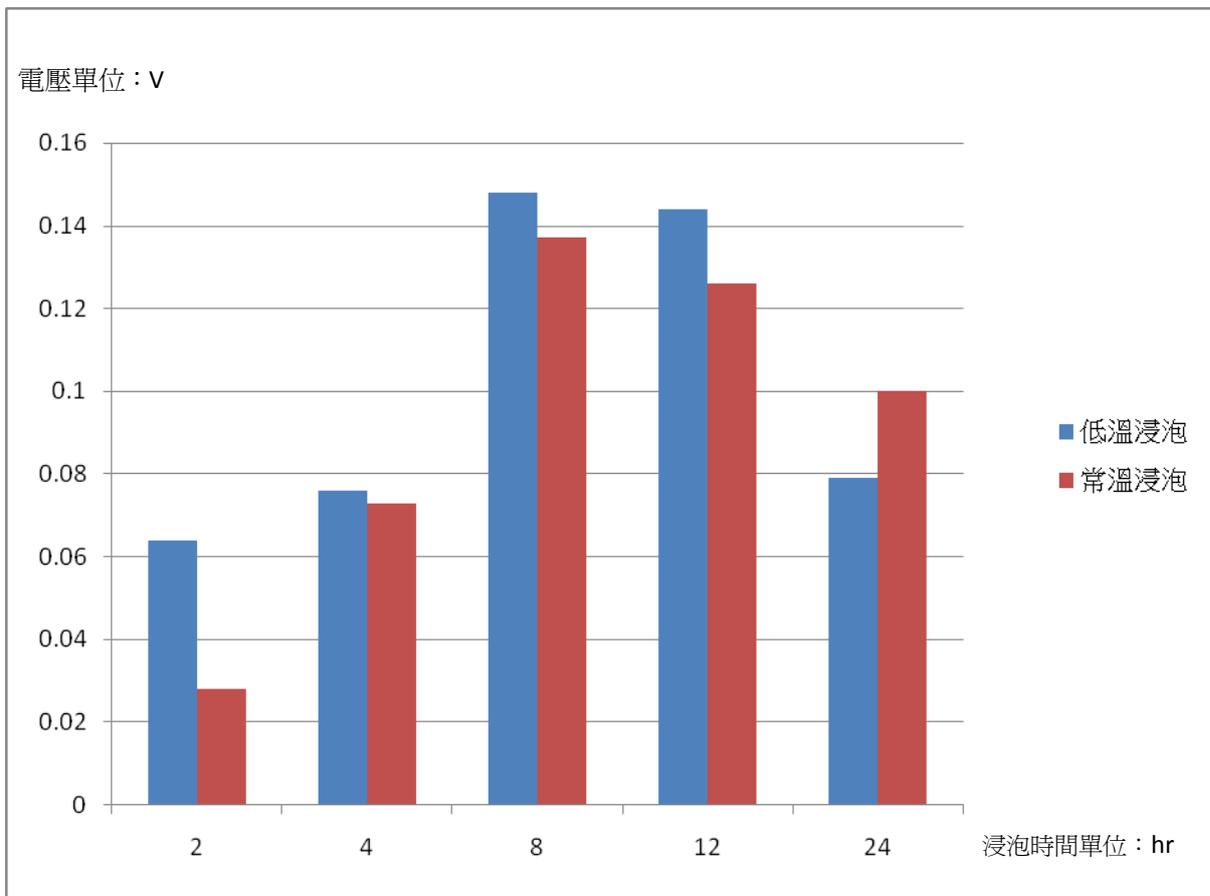


2. 固定變因：染料(葉綠素)

低溫(約 4°C)

常溫(約 30°C)

浸泡時間	電壓與電流		浸泡時間	電壓與電流	
2hr	0.064 V	3 uA	2hr	0.028 V	2 uA
4hr	0.076 V	6 uA	4hr	0.073 V	3 uA
8hr	0.148 V	10 uA	8hr	0.137 V	9 uA
12hr	0.144 V	15 uA	12hr	0.126 V	6 uA
24hr	0.079 V	4 uA	24hr	0.100 V	4 uA

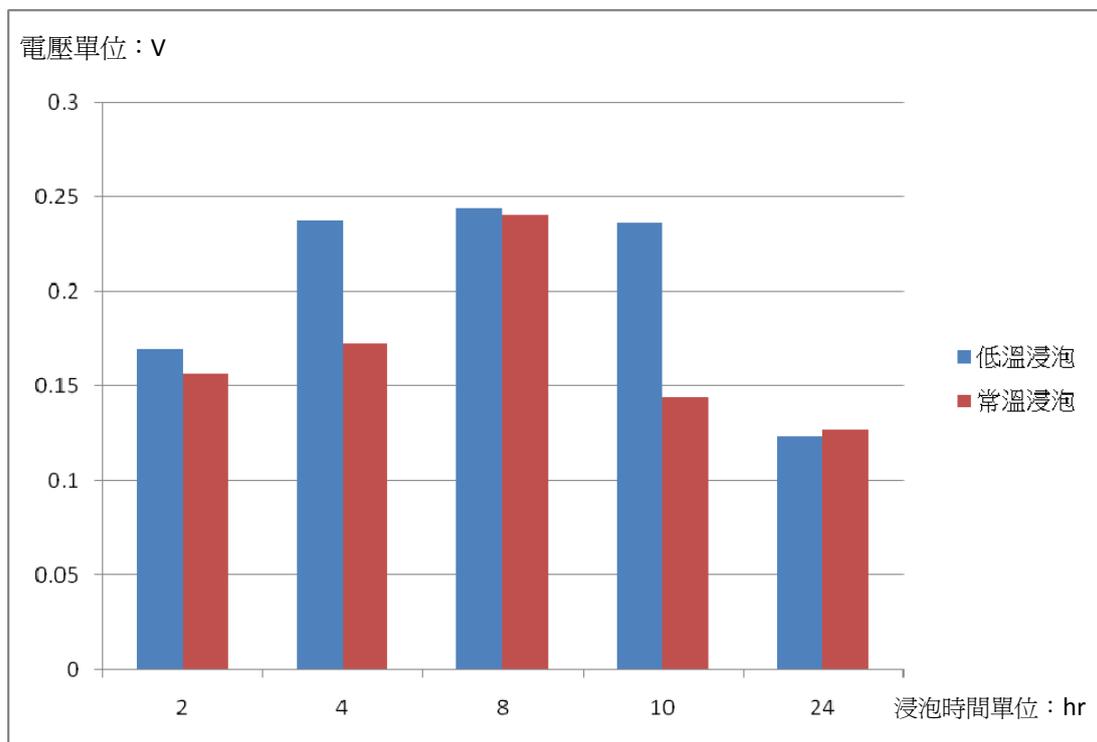


3. 固定變因：染料(薑黃素)

低溫(約 4°C)

常溫(約 30°C)

浸泡時間	電壓與電流		浸泡時間	電壓與電流	
2hr	0.169 V	3 uA	2hr	0.156 V	4 uA
4hr	0.237 V	9 uA	4hr	0.172 V	5 uA
8hr	0.243 V	15 uA	8hr	0.240 V	7 uA
10hr	0.236 V	6 uA	10hr	0.144 V	3 uA
24hr	0.123 V	3 uA	24hr	0.126 V	3 uA



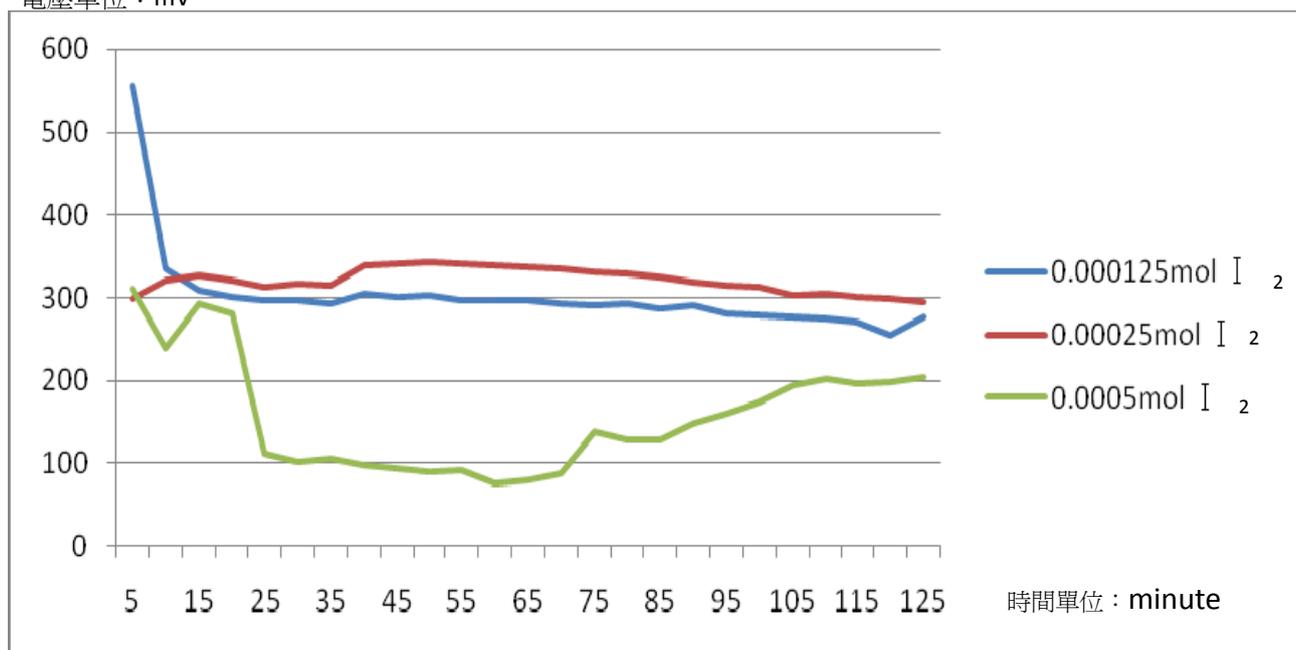
(二). 電解液濃度對電池的影響

固定變因：三碘鎘離子濃度分別為 0.0005M、0.00025M、0.000125M 的電解液

1. 染料：茄子

時間(minute)	0.000125mol I ₂	0.00025mol I ₂	0.0005mol I ₂
5	557	298	311
10	335	321	239
15	310	327	292
20	302	322	280
25	298	313	112
30	297	317	103
35	294	315	106
40	306	339	99
45	302	341	95
50	303	343	90
55	297	342	92
60	297	340	76
65	297	338	80
70	293	335	89
75	291	332	138
80	294	328	128
85	288	325	129
90	291	320	148
95	281	316	161
100	280	313	174
105	277	304	195
110	276	305	203
115	271	302	196
120	255	298	199
125	277	295	205

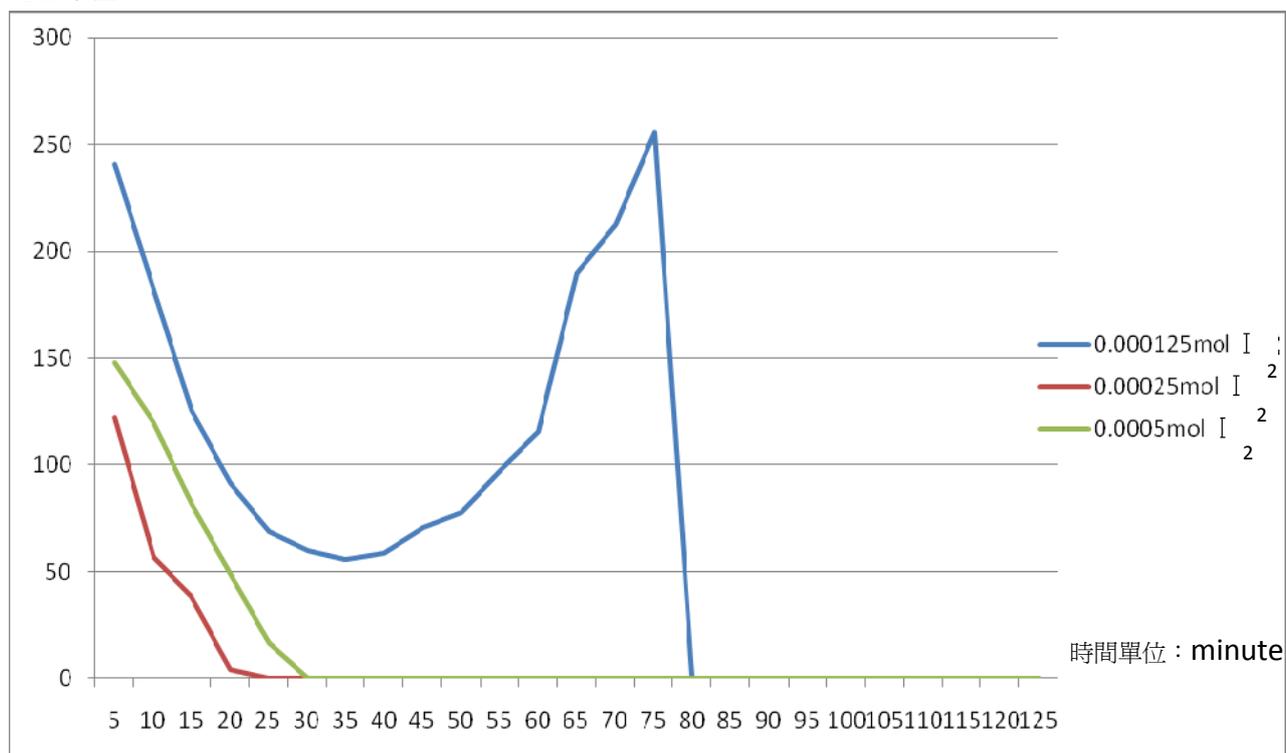
電壓單位：mV



2.染料：葉綠素

時間(minute)	0.000125mol I ₂	0.00025mol I ₂	0.0005mol I ₂
5	241	122	148
10	182	57	120
15	126	38	82
20	92	4	49
25	69	0	17
30	60	0	0
35	56	0	0
40	59	0	0
45	71	0	0
50	78	0	0
55	97	0	0
60	116	0	0
65	190	0	0
70	213	0	0
75	256	0	0
80	0	0	0
85	0	0	0
90	0	0	0
95	0	0	0
100	0	0	0
105	0	0	0
110	0	0	0
115	0	0	0
120	0	0	0
125	0	0	0

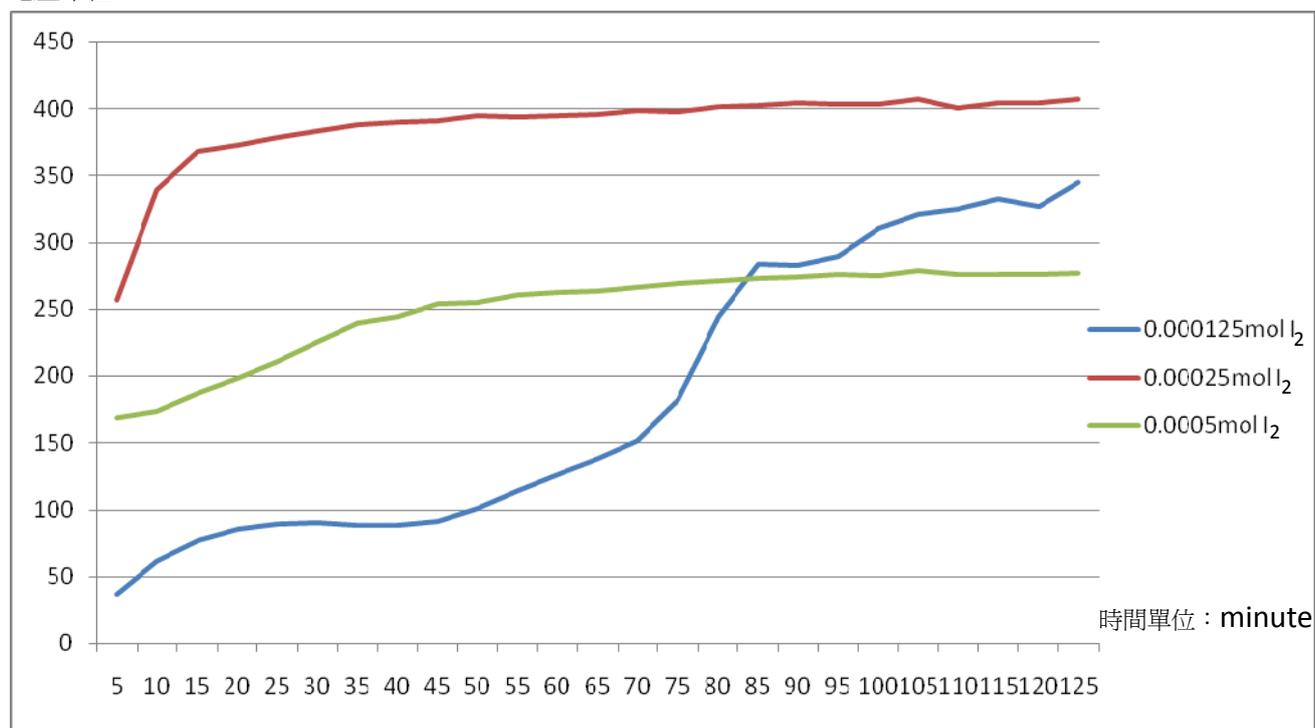
電壓單位：mV



3.染料：薑黃素

時間(minute)	0.000125mol I ₂	0.00025mol I ₂	0.0005mol I ₂
5	37	257	169
10	62	339	174
15	77	368	187
20	86	373	199
25	90	378	211
30	91	383	225
35	89	388	240
40	89	390	245
45	92	391	254
50	101	395	255
55	114	394	261
60	127	395	263
65	138	396	264
70	152	398	267
75	182	397	269
80	245	401	271
85	284	402	273
90	283	404	274
95	290	403	276
100	311	403	275
105	321	407	279
110	325	400	276
115	333	404	276
120	327	404	276
125	345	407	277

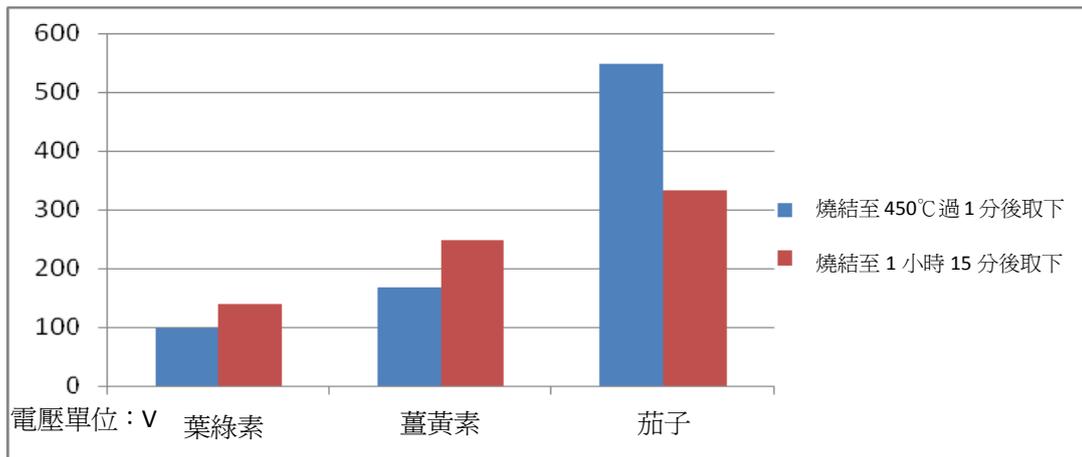
電壓單位：mV



(三)、改變升溫速率

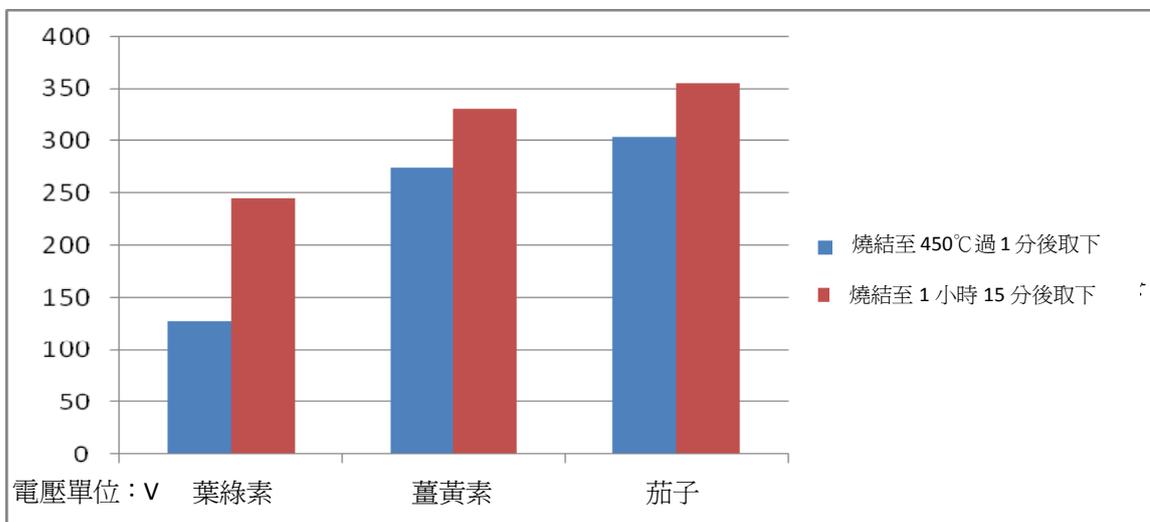
1.升溫速率 5°C/分

		燒結至 450°C 過 1 分後取下	燒結至 1 小時 15 分後取下
葉綠素	電壓 mV	98	139
	電流 uA	3	7
薑黃素	電壓 mV	167	248
	電流 uA	10	8
茄子	電壓 mV	547	332
	電流 uA	24	12



2.升溫速率 10°C/分

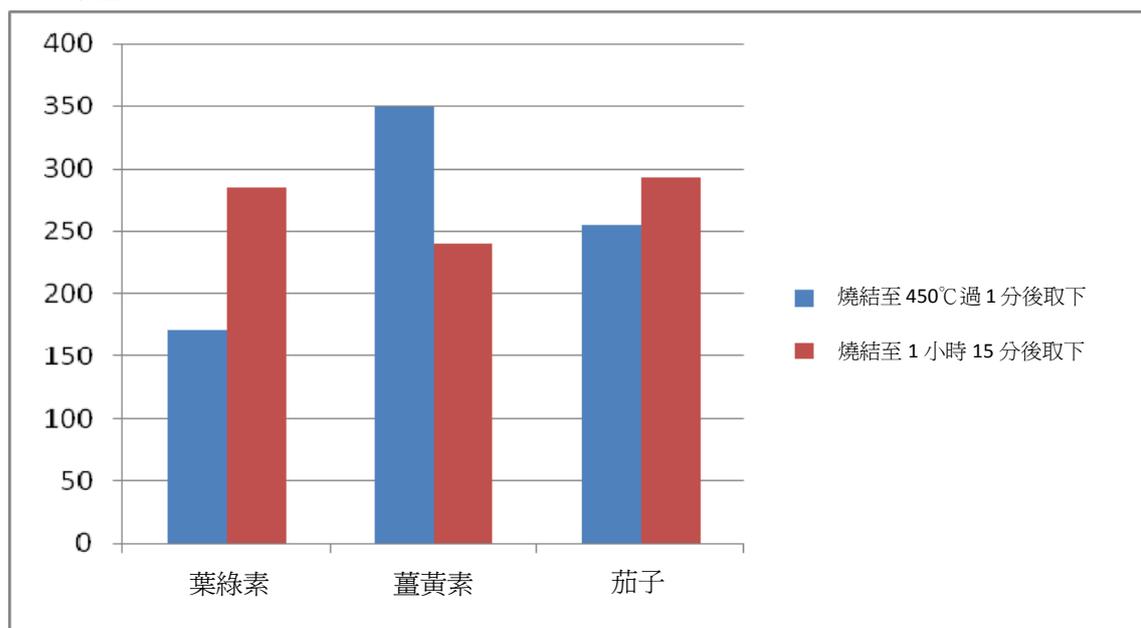
		燒結至 450°C 過 1 分後取下	燒結至 1 小時 15 分後取下
葉綠素	電壓 mV	128	246
	電流 uA	5	21
薑黃素	電壓 mV	275	332
	電流 uA	5	12
茄子	電壓 mV	304	356
	電流 uA	16	29



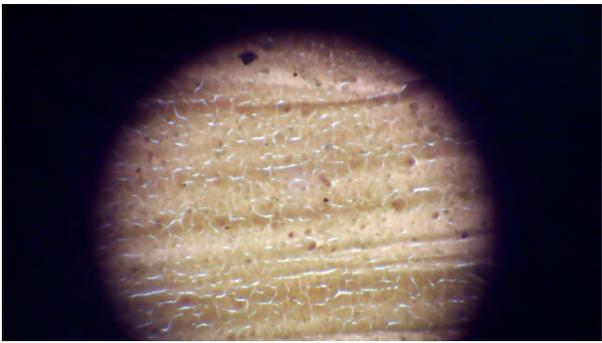
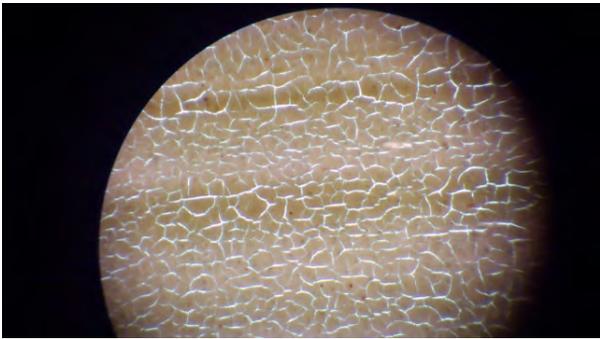
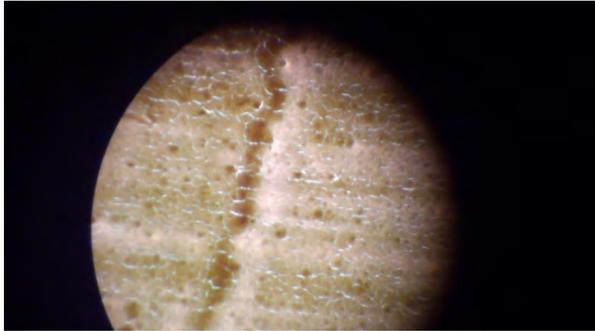
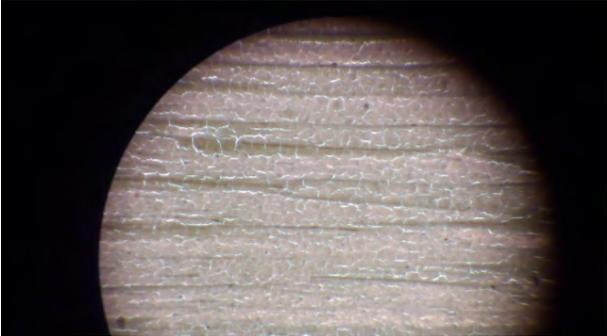
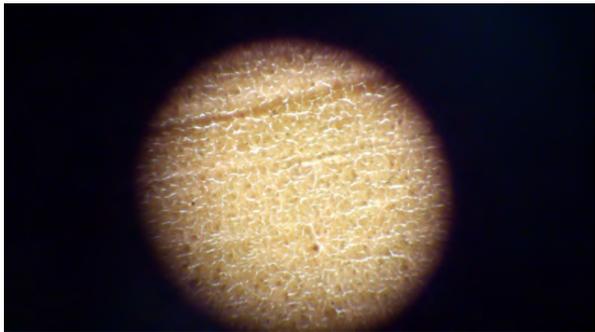
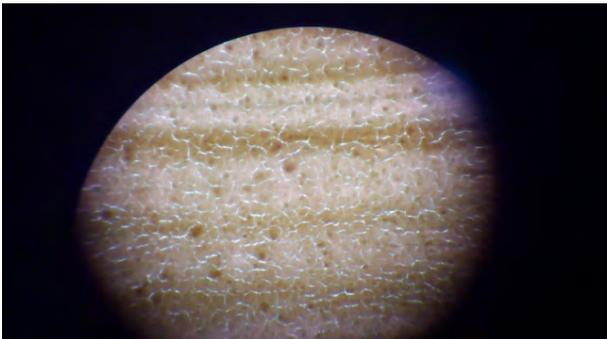
3.升溫速率 15°C/分

		燒結至 450°C 過 1 分後取下	燒結至 1 小時 15 分後取下
葉綠素	電壓 mV	170	284
	電流 uA	7	23
薑黃素	電壓 mV	349	240
	電流 uA	18	5
茄子	電壓 mV	255	293
	電流 uA	19	33

電壓單位：V



4. 裂痕分佈圖

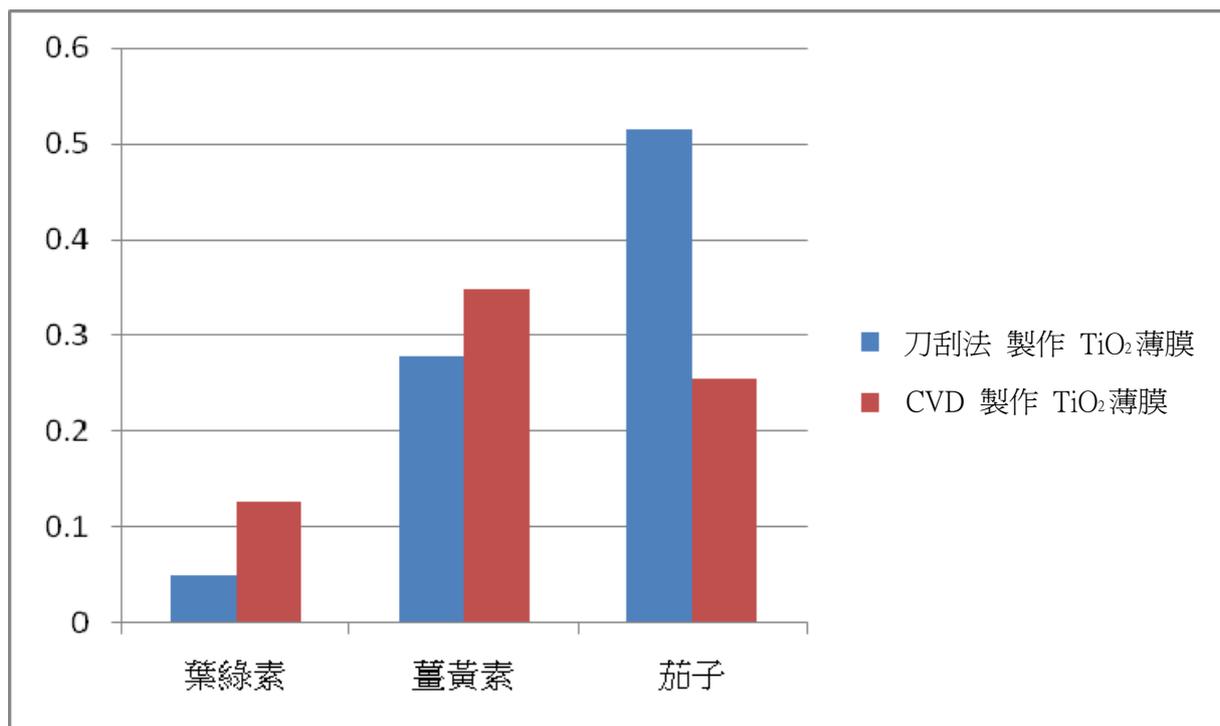
刀刮法裂痕分布圖	
	
5°C/分鐘，不固定加熱時間	5°C/分鐘，固定加熱時間
	
10°C/分鐘，不固定加熱時間	10°C/分鐘，固定加熱時間
	
15°C/分鐘，不固定加熱時間	15°C/分鐘，固定加熱時間

(四)、CVD 與刀刮法製作 TiO₂ 薄膜之比較

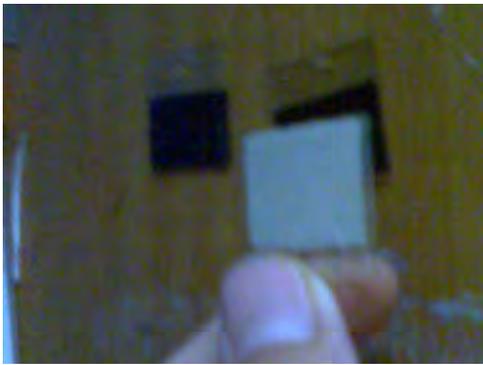
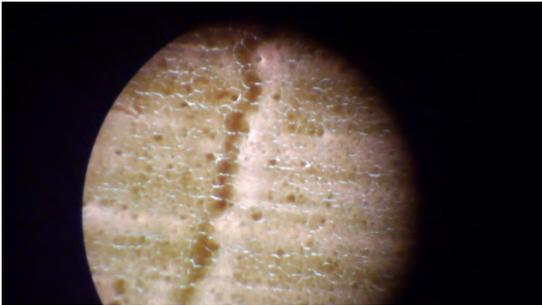
1.固定變因：低溫浸泡 8 小時、升溫速率 10°C/分

CVD 製作 TiO ₂ 薄膜	電壓	電流	刀刮法製作 TiO ₂ 薄膜	電壓	電流
葉綠素	0.050V	2uA	葉綠素	0.128V	5uA
薑黃素	0.279V	2uA	薑黃素	0.349V	18uA
茄子	0.515V	6uA	茄子	0.255V	19uA

電壓單位：V



2.性質比較

比較刀刮法與 CVD 製做 TiO ₂ 薄膜		
	刀刮法製做 TiO ₂ 薄膜	CVD 製做 TiO ₂ 薄膜
TiO ₂ 薄膜	厚、不透光，使染料能充分吸收光線 轉換成電能	薄、可透光，可跟玻璃建材結合
染料的吸 附量	大，有較大電流	小，電流不會受浸泡時間過長而下降
製做薄膜 所花費的 時間	長	短，每次反應可生產大量 TiO ₂ 薄膜
步驟	多	少
表面		
表層放大 45 倍		

陸、討論

- 1.由 TiO₂ 裂痕分布圖發現燒結 TiO₂ 時，不同的升溫速率與加熱時間會使 TiO₂ 表面有不同的裂痕分佈，升溫速率越快裂痕分佈會越密集，使 TiO₂ 薄膜與染料的接觸面積增加，造成染料的吸附量上升。
- 2.固定加熱時間(1 小時 15 分)與不固定加熱時間(加熱至 450°C 後過 1 分鐘取下)，差異是裂痕的深度與大小增加，TiO₂ 薄膜的表面積增加，薄膜與染料的接觸面積增加，使染料的吸附量上升。
- 3.電池的電壓與電流隨浸泡時間加長而增加，但茄子染料在浸泡時間大於 24 小時，電壓與電流會開始下降，原因是 TiO₂ 薄膜吸附的染料分子多寡隨時間增加而增加，但 TiO₂ 薄膜吸附過多染料會造成電壓下降，原因是當碘分子還原染料分子時，需先讓底層得染料氧化放出電子還原上面的染料，而 TiO₂ 薄膜吸附越多的染料時，光的穿透度會下降，當光沒辦法使底層的染料釋出電子時，造成碘離子無法還原染料。其它染料會在浸泡超過一定的時間後，電壓與電流會開始下降。
- 4.一升的電解液中含 0.00025mole 的碘固體時，可得到最穩定的電壓，電解液中的碘大於或小於此濃度會使電壓不穩定，原因是碘分子會與碘離子結合成三碘錯離子，三碘錯離子在電解液中做為氧化劑負責吸收電子，剩餘的碘離子當還原劑，還原染料分子。三碘錯離子具有氧化力，濃度過高會破壞染料分子，過低會來不急吸收從外電路回來的電子，拖慢反應速率使電壓下降。
- 5.實驗得知只有茄子染料較適用於 CVD 製做的 TiO₂ 薄膜，因為 CVD 製做的 TiO₂ 薄膜較薄且可透光，造成染料吸附量不足，且無法有效吸收光線，所以選用深色且吸附量較佳的染料可彌補吸光與吸附量不足的缺點。

柒、結論

1. TiO₂ 薄膜吸附的染料分子多寡，染料的吸附量隨時間增加而增加，但 TiO₂ 的薄膜吸附過多染料會使電壓下降；茄子染料在**低溫**浸泡下**可得最大電壓**；時間 24hr 最佳電壓 **0.590V**、電流 **15uA**。
2. 升溫速率越快會使 TiO₂ 薄膜表面裂縫增加或加深，影響染料的吸附量，依不同的染料種類選用不同的升溫速率使電壓最佳化；**茄子**染料升溫速率以 5°C/min 最佳電壓 **0.547V**、電流 **24uA**。
3. 加熱時間太長會使裂縫加深，造成 TiO₂ 薄膜與染料的接觸面積增加，影響染料的吸附量。
4. 三碘錯離子濃度過高會破壞染料分子，過低會來不急吸收從外電路回來的電子，拖慢反應速率使電壓下降。

染料：(1)**茄子**、**薑黃素**染料**可得穩定電壓**。且在電解液 I₂濃度以 **0.00025M** 時，可得穩定電壓 300~400mV。

(2)**葉綠素**染料**無法得穩定電壓**；因葉綠素容易被三碘錯離子氧化，無法形成氧化還原通路循環。

5. CVD 製作的 TiO₂ 薄膜需使用深色且易吸附於 TiO₂ 薄膜的染料，如茄子染料電壓 **0.515V**、電流 **6uA**。

後續發展

主要以 CVD 為後續發展的主軸

1. CVD 能更均勻的塗抹在導電玻璃上，使它能更有效傳遞電子，提升導電性。
2. 控制導電玻璃表面的 TiO₂厚度，透光及導電皆有最佳效果，達到電流、電壓產生最大值。

捌、參考資料及其他

- 一、林思妤 (2009) 碩士論文 有機染料分子結構對染敏化太陽能電池效能的影響
- 二、王炫富 (2010) 博士學位論文 高效率染料敏化太陽能電池之研製與特性鑑定
- 三、 <http://www2.nsysu.edu.tw/physdemo/E4/E4.htm>
- 四、 http://www.nanoedu.ndhu.edu.tw/labtext/94_Lo_DSSC.pdf
- 五、 <http://www.ch.ntu.edu.tw/~genchem99/suncell.pdf>
- 六、天然植物色素與人工染料敏化之太陽能電池
- 七、 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%9B%9B%E6%B0%AF%E5%8C%96%E9%92%9B>
- 八、 http://elearning.stut.edu.tw/m_factice/ch8.htm (8-4 節)
- 九、 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E8%9E%A2%E5%85%89%E7%87%88>
- 十、 http://zh.wikipedia.org/wiki/File:Chlorophyll_a.svg
- 十一、 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E8%8A%B1%E9%9D%92%E7%B4%A0>
- 十二、 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%A7%9C%E9%BB%84%E7%B4%A0>
- 十三、 <http://sciencep.eefocus.com/book/08-09/415511050945.html>

【評語】 091103

1. 本作品探討染料種類、電解液濃度、升溫速率及浸泡染料時間等因素，對太陽能染敏電池效能之影響，另以 CVD 化學氣相沈積法製作 TiO_2 薄膜，改善傳統刀刮法之缺點，使薄膜上 TiO_2 分布均勻並具透光效能，有助提升電壓。
2. 整個研究方法適切，方向明確，惟所得電流與電壓不高，且未能計算轉換率，致難以評估其效能。
3. 未來宜妥善控制實驗變因、慎選材料及提高實驗精確度，並計算轉換率。