

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

040805

鈦陽，有你真好！- 奈米二氧化鈦太陽能電池之探討

學校名稱：國立花蓮女子高級中學

作者： 高二 夏鈺筑 高二 蔡思盈 高二 簡玉瑋 高二 陳以芬	指導老師： 王立中
---	------------------

關鍵詞：電池、太陽能、奈米二氧化鈦

壹、摘要

本實驗利用參考文獻中色素增感型太陽能電池的製作方法，將其中色素之變因去除，以建立簡易的太陽能電池。實驗分為前置實驗與主要實驗：

一、前置實驗：

在烘烤方面討論：有烘烤的比沒烘烤的好。在電解液方面討論：電池滴入水比完全不注入的電池電壓為佳，電池加入電解液後電壓比滴入水的電池為佳，固定 NaI : I₂ 比例時，兩者濃度愈稀薄愈佳；固定 I₂ 濃度時，NaI : I₂ 的比例愈大愈佳；測量面為有烘烤面(反面)的電壓較高。

二、主要實驗：

以前置實驗中的最佳實驗結果作為探討二氧化鈦漿糊的基礎：實驗範圍內，漿糊濃度 125 % 最佳，二氧化鈦漿糊放置時間愈長愈好。由實驗結果得知，平均電壓與水分關係密切。

貳、研究動機

高一基礎化學課程中曾介紹太陽能電池，引起了我們的好奇心，於是我們查詢了相關的資料，太陽能電池是利用太陽光與電池相互作用直接產生電力之一種無污染的可再生能源，其中，我們最感興趣的是色素增感型太陽能電池，此種太陽能電池是利用二氧化鈦及色素受到光激發產生電子而能導電。為了做出簡易的太陽能電池，又因二氧化鈦及色素皆會受到光的激發而產生電子，而我們決定排除色素的影響，製作不添加色素的太陽能電池。目前市面上研究此型電池大多是以原有製作電池之技術加以改進，以追求更高效率，但卻少有人探討電池中各個因素之間的交互關係以及它們在電池中扮演的角色，所以我們期望建立太陽能電池的簡易模型並探討。

參、研究目的

一、前置實驗：

- (一) 烘烤對電壓的影響
- (二) 電解質對電壓的影響

二、主要實驗：

- 二氧化鈦漿糊對電壓的影響

肆、研究設備及器材

- 一、藥品：二氧化鈦（二氧化鈦）粉末、乙醯丙酮（acetylacetone）、界面活性劑（Triton X-100）、碘化鉀（KI）、碘（I₂）、碘化鈉（NaI）、丙酮（Aceton）
- 二、器材：導電玻璃、吸量管、加熱板、三用電表、單鍵開關、紫外光燈、電子天平

	
藥品	加熱攪拌器
	
電解質	二氧化鈦漿糊
	

伍、實驗原理

一、染料敏化太陽能電池工作原理：

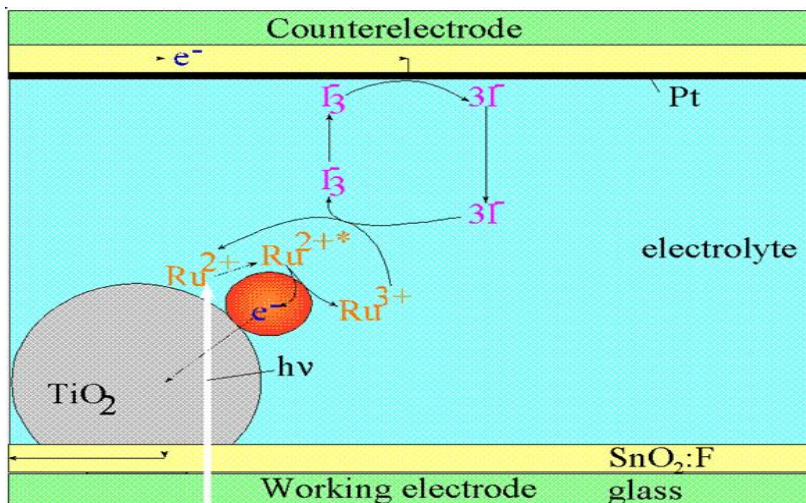
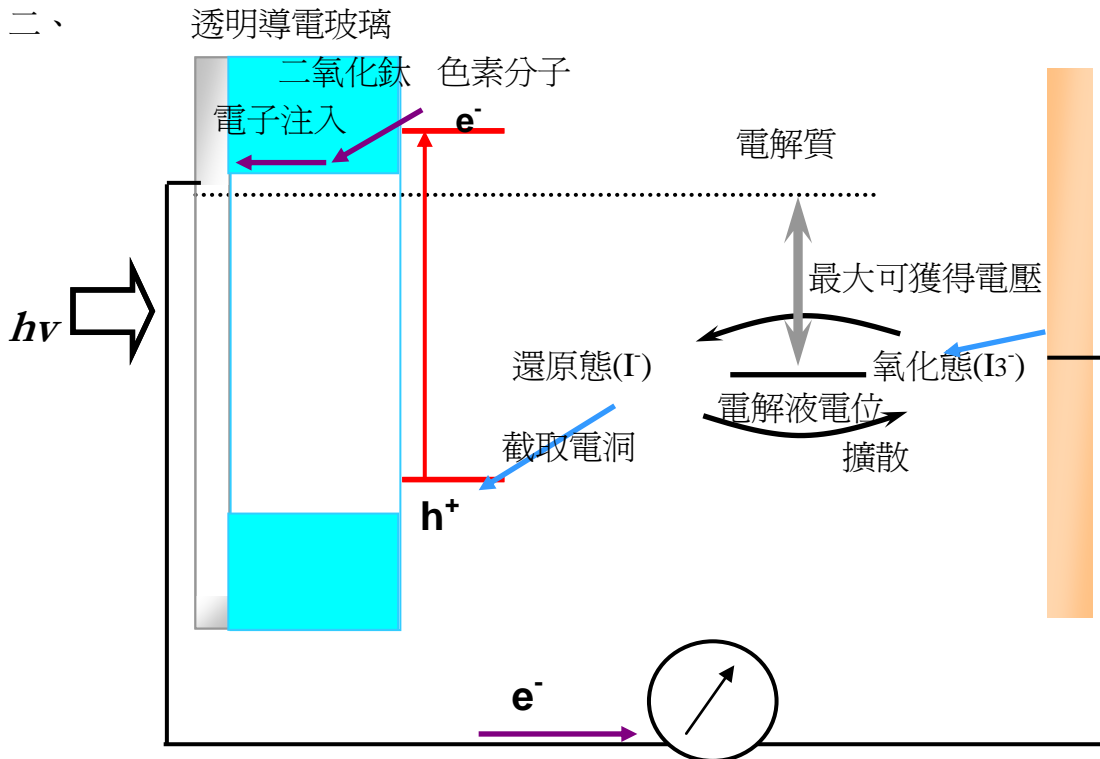


圖 (1)：電池內部反應圖⁽²⁾

圖(1)為太陽能電池內部的反應圖，上、下兩片為導電玻璃，在下方的導電玻璃上的較大顆粒為二氧化鈦，其上的是鈦錯合物，而在兩片導電玻璃中為含有 I 和 I₃ 的電解質，其中 I₃ 相對於 I 是氧化態，「氧化態」是指被氧化的狀態，一般在水中，I₃ 較 I 常見且安定。當光從外界照進太陽能電池時，二氧化鈦和鈦錯合物的電子受到激發，因而產生電子-電洞對，此時，電子有兩條路可以選擇：第一，藉由電解質去填補電洞。第二，經由外電路的金屬到正電極。因為電子在水中較在金屬中移動困難，所以電子利用外電路到正電極，將自己傳給氧化態的 I₃，I₃ 因為得到電子，而還原成 I，較二氧化鈦不安定的 I 又將電子傳給了二氧化鈦的電洞。



圖(2)：染料敏化太陽能電池工作原理⁽²⁾

二氧化鈦和鈦錯合物吸收光子能量後，變成激發態所放出的自由電子會經由外電路到電解質，使之進行氧化還原反應以傳遞能量，其中，「電解液電位」指的就是因為電解質 I₃ 和 I 進行氧化還原時，其中的電子得失所造成的電位差；在二氧化鈦和鈦錯合物尚未被激發時，它們的電子是安定的，所以不容易被 I₃ 搶走以還原成 I，但當它們變為激發態時，電子就會變得極度不安定，也就容易被搶走，所以當所有環境條件都理想的狀況下，理論上此時電池的電壓可以達到最大。

- (一) 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。而後電子注入到二氧化鈦的傳導帶內，在此時色素分子轉變為氧化態。
- (二) 注入二氧化鈦的電子經外部電路流向正電極，形成電流。
- (三) 在電極端的電子，與 I₃ 結合形成 I⁻。
- (四) 處於氧化態的色素分子，與 I⁻ 反應，色素分子還原成基態，而 I⁻ 氧化成 I₃，完成一個光電化學反應的循環。

陸、研究過程及研究結果

※二氧化鈦電池的製作方式、步驟（此作法為「代表電池」）

*調配漿糊

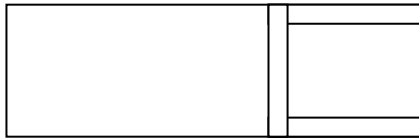
- 燒杯中倒入 10 mL水及乙醯丙酮 1 mL並加入二氧化鈦30 g。
- 加入 40 mL水和界面活性劑Triton X-100 1 mL並攪拌均勻。
- 靜置 15 min即完成二氧化鈦漿糊。

*配置電解質方法：(以碘化鉀(KI)為例)

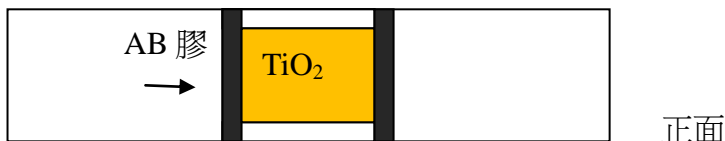
- 於樣品瓶內裝入20 mL的丙醯碳酸酯(propylene carbonate)。
- 加入 0.254 g的碘(I₂)以及 1.66 g的碘化鉀(KI)。
- 均勻混合後電解質溶液即配製完成。

*組裝電池：

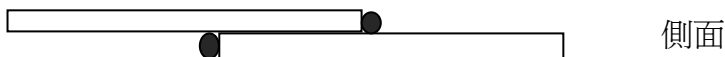
- 將一片規格長 3 cm，寬 2 cm之導電玻璃以丙酮清洗乾淨。
- 在導電面右側 1 cm貼上膠帶及上下端 0.05 cm貼上雙面膠。



- 塗抹漿糊：以玻棒沿同一方向塗抹導電面。
- 烘烤玻璃：把玻璃置於加熱攪拌機上以「low」的定溫烘烤 15分鐘。
- 將此片玻璃和另一片導電玻璃的導電面組合。
- 滴加電解液－以滴管吸取少許電解質溶液，滴一兩滴電解液於電池未封住的一邊，藉由毛細作用吸入電池內。
- 將電池未封之兩側，以AB膠密封。

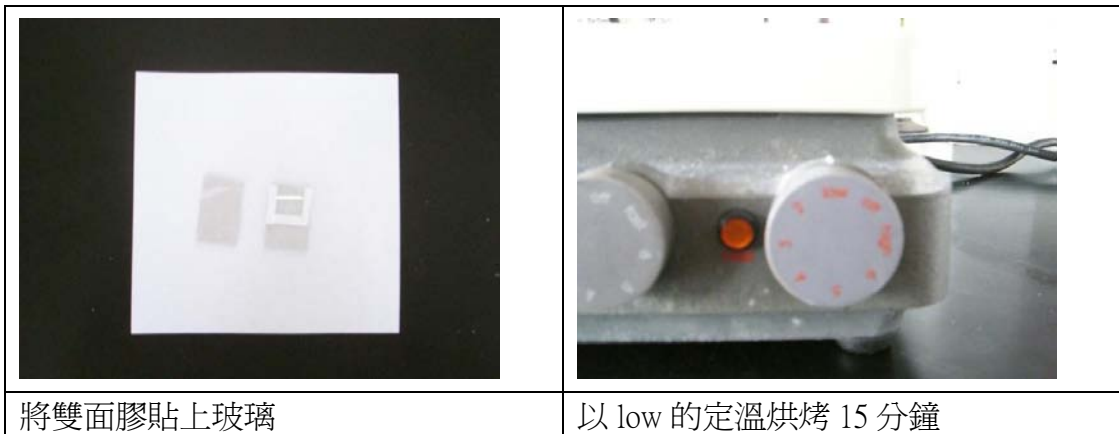


正面



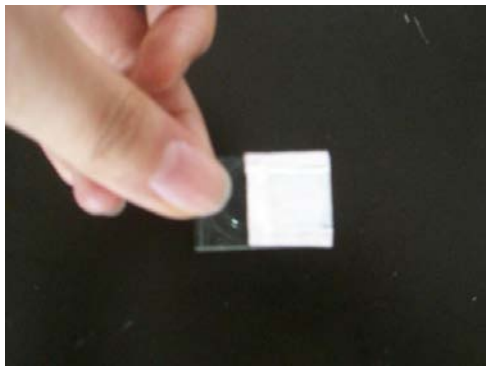
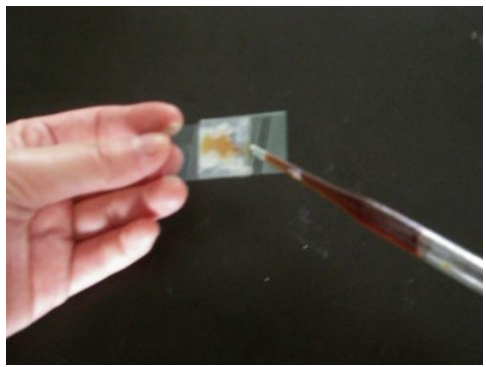

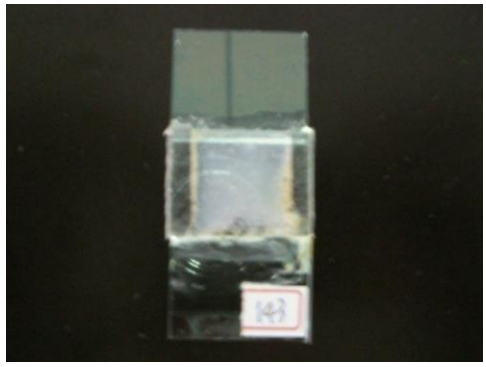
側面

- 放置紫外光燈下測試成品之效率。



將雙面膠貼上玻璃

以 low 的定溫烘烤 15 分鐘

	
塗上二氧化鈦漿糊	滴入電解質
	
放置加熱攪拌器上烘烤	封膠後成品完成

一、前置實驗：

(一) 烘烤

1. 烘烤與否對電池的影響

(1) 實驗目的：比較烘烤與否對電池的影響

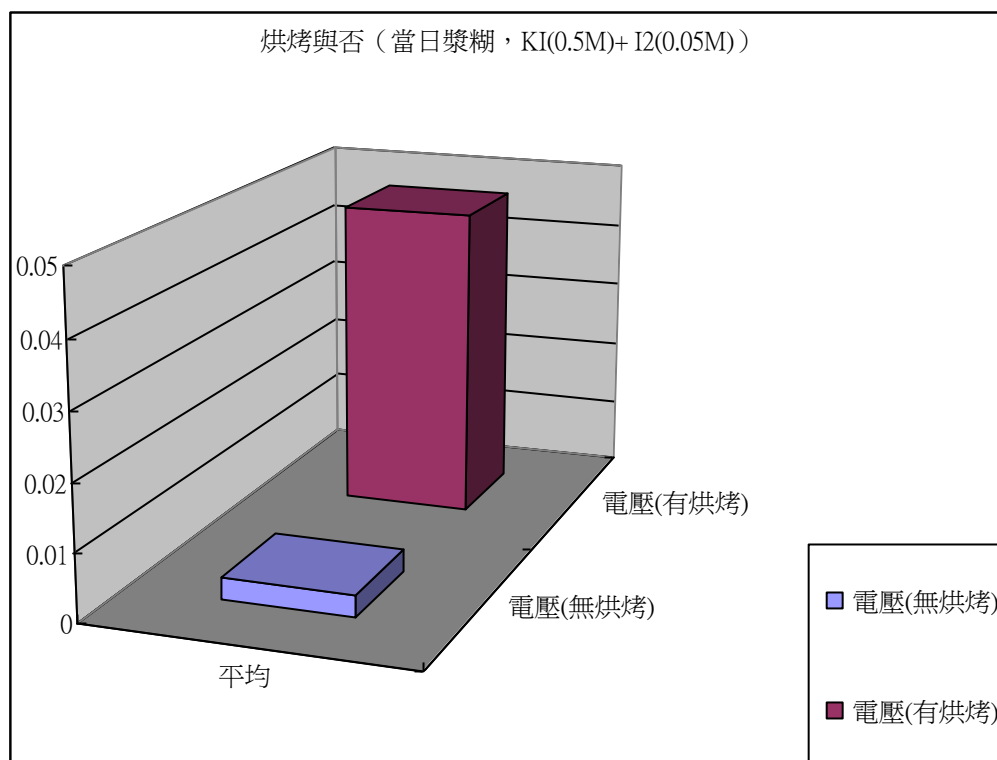
(2) 操縱變因：烘烤與否

a. 有烘烤

b. 沒烘烤

(3) 實驗紀錄：【電解質 KI (0.5 M) + I₂ (0.05M)】

	電壓 (V)
無烘烤	0.003
有烘烤	0.047



(4)結果與討論：

電壓為有烘烤的電池較佳。在這個實驗中，我們發現電壓皆為有烘烤的電池較佳於無烘烤的電池，我們認為是因為一些附於其上的雜質、氣體及易揮發的物質經過加熱後會揮發，提高電池的電壓。

(二)電解液

1.注水與否對電池的影響

(1)實驗目的：研究注水與否對電池的影響

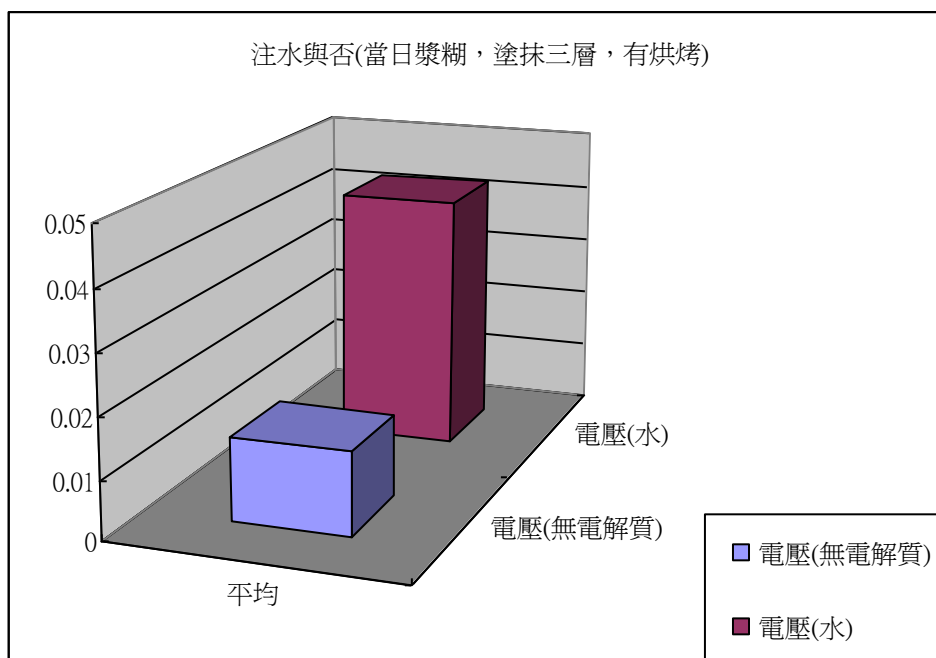
(2)操縱變因：

a.不加電解液及水

b.注入水

(3)實驗紀錄：

	電壓 (V)
無電解液	0.014
水	0.043



(4)結果與討論：

由實驗可以看出，注入水後的電池比完全不注入的電池之平均電壓佳，由此可知，為提高電池的效能，水是不可或缺的角色。

2.注水及電解質對電池的影響

(1)實驗目的：研究注水及電解質對電池的影響

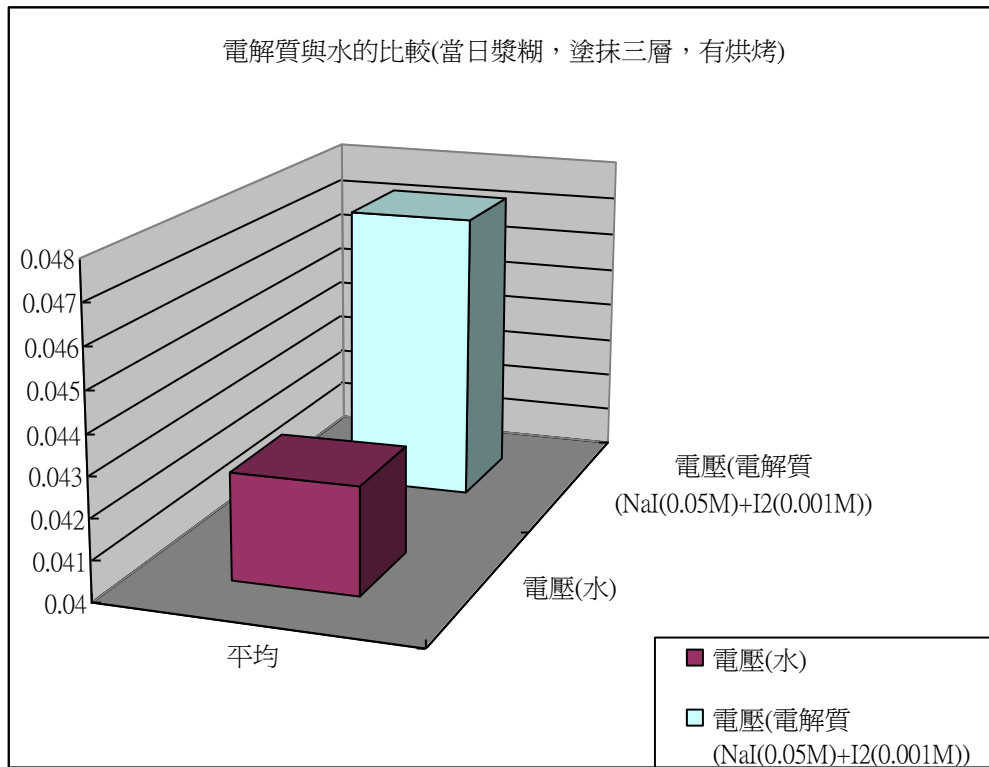
(2)操縱變因：

a.注入水

b.注入 NaI(0.05M)+I₂(0.001M)

(3)實驗紀錄：

	電壓 (V)
水	0.043
NaI(0.05M)+I ₂ (0.001M)	0.047



(4)結果與討論：由實驗中可以看出，加入電解質 NaI+I₂的電池電壓較只注入水的電池佳，我們認為電解質能幫助電子傳遞，因此使電壓較佳，由此可知，為提高電池的效能，必須加入電解質。

3.電解質濃度對電池的影響

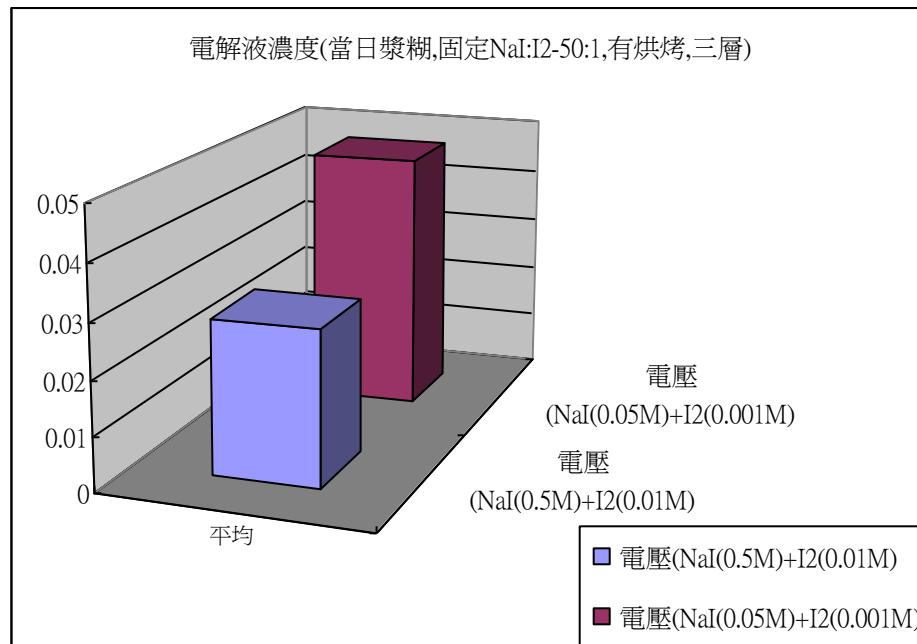
(1)實驗目的：研究電解質濃度對電池的影響

(2)操縱變因：

- a.注入 NaI(0.5M)+I₂(0.01M)
- b.注入 NaI(0.05M)+I₂(0.001M)

(3)實驗紀錄：【NaI：I₂=50：1 比例相同，濃度比較】

	電壓 (V)
NaI(0.5M)+I ₂ (0.01M)	0.028
NaI(0.05M)+I ₂ (0.001M)	0.047



(4)結果與討論：電壓為濃度稀薄的電解液較佳。我們認為是電解質愈稀薄解離度愈大、離子導電愈自由，故能幫助提升電壓。

4.電解液種類對電池的影響

(1)實驗目的：研究電解液種類對電池的影響

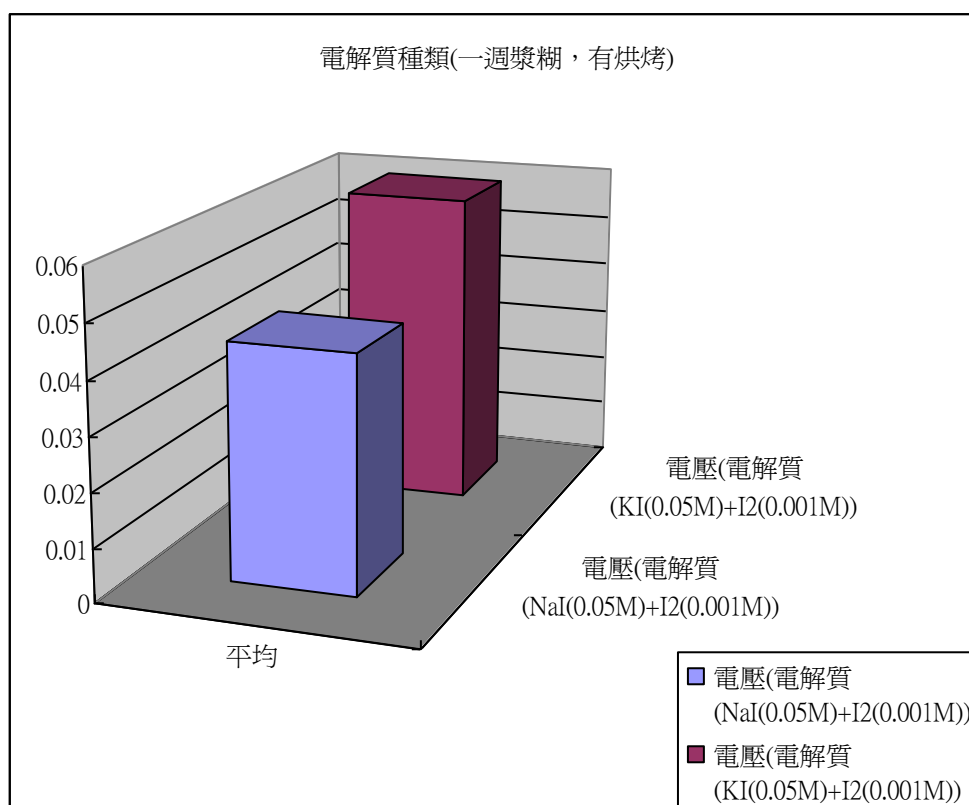
(2)操縱變因：

a.注入 NaI(0.05M)+I₂(0.001M)

b.注入 KI(0.05M)+I₂(0.001M)

(3)實驗紀錄：

	電壓 (V)
NaI (0.05M) +I ₂ 0.001M)	0.0440
KI (0.05M) +I ₂ (0.001M)	0.0596



(4)結果與討論：

平均電壓 KI+I₂的數值較佳。我們認為是因為 KI 的解離度較 NaI 佳，故能形成較多的 I₃⁻，較能幫助導電。

(三)測量有無烘烤面數據的差異

1.測量有無烘烤面數據的差異

(1)實驗目的：比較有無烘烤面數據的差異

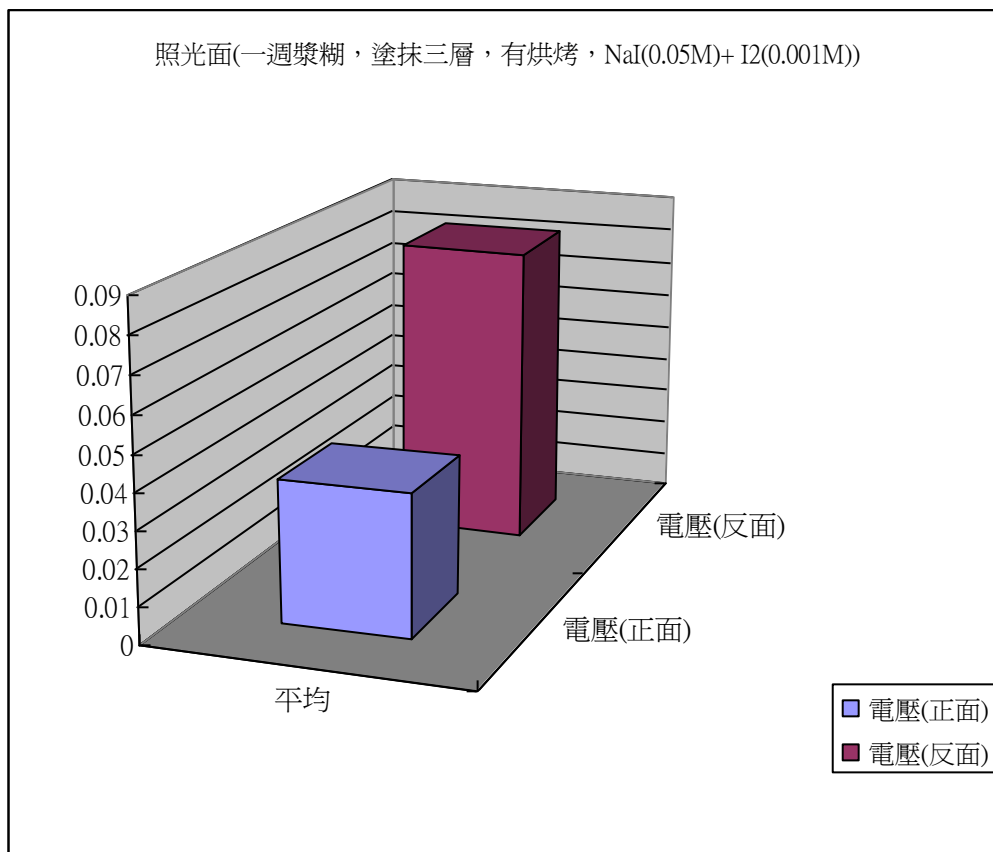
(2)實驗步驟：

a.未烘面測量 (正面)

b.有烘面測量 (反面)

(3)實驗紀錄：【一週漿糊，塗抹三層，有烘烤，NaI(0.05M)+I₂(0.001M)】

	電壓 (V)
未烘面測量 (正面)	0.039
有烘面測量 (反面)	0.082



(4)結果與討論：

有烘烤面(反面)的電池平均電壓較佳。我們認為是因為有烘烤面二氧化鈦層與玻璃附著度較佳。

二、主要實驗：(以前置實驗的最佳條件，用於二氧化鈦漿糊的調漿比例與放置時間對電池效能的影響)

(一)TiO₂漿糊濃度對電池的影響

1.實驗目的：比較 TiO₂ 漿糊濃度差異對電池效能之影響

2.操縱變因：調配漿糊：以「代表電池」漿糊濃度為 100% 基準

(1)TiO₂漿糊濃度25%

(2)TiO₂漿糊濃度50%

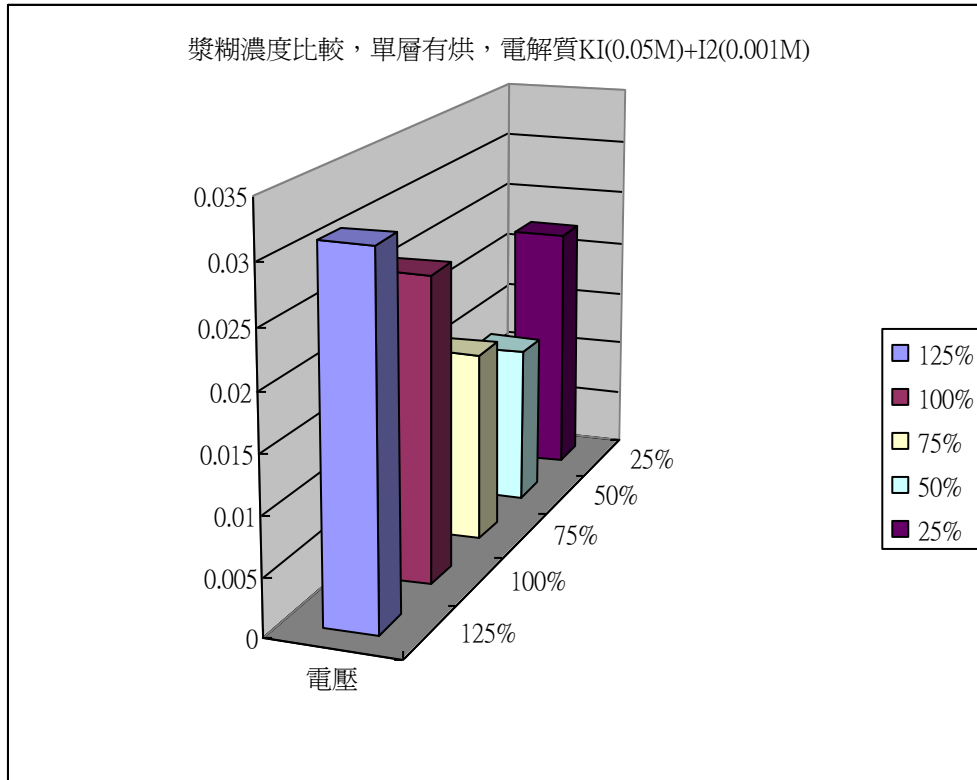
(3)TiO₂漿糊濃度75%

(4)TiO₂漿糊濃度100%

(5)TiO₂漿糊濃度125%

3.實驗紀錄：【電解質KI (0.05M) +I₂ (0.001M)】

	電壓
TiO ₂ 漿糊濃度25%	0.022
TiO ₂ 漿糊濃度50%	0.014
TiO ₂ 漿糊濃度75%	0.017
TiO ₂ 漿糊濃度100%	0.026



4.結果與討論：

此實驗中，發現平均電壓為塗抹濃度125%漿糊最佳，我們認為是漿糊濃度125%時，二氧化鈦與水的比例可以使效能最佳。

(二)二氧化鈦漿糊放置時間對電池的影響

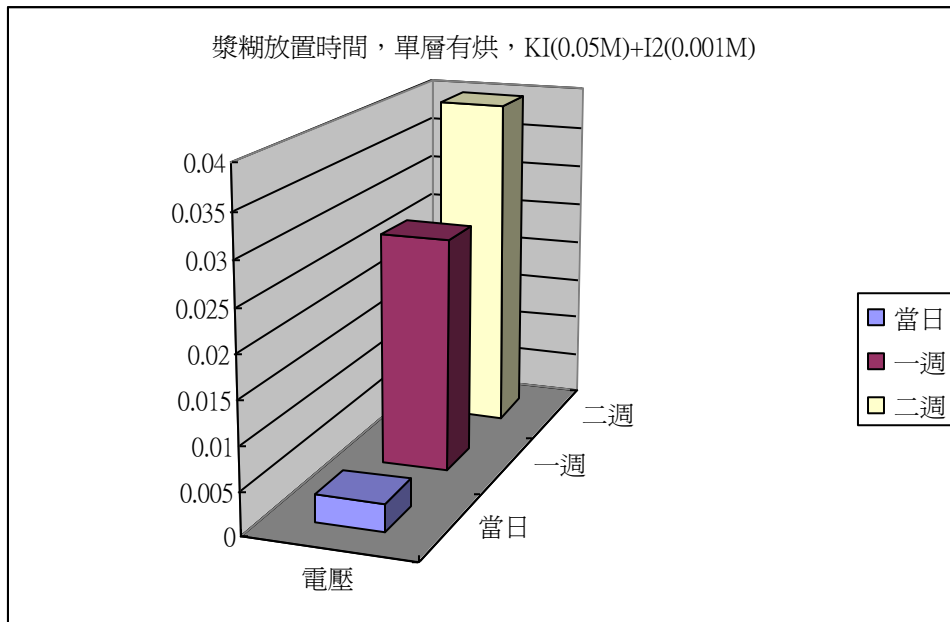
1.實驗目的：比較漿糊放置週數對電池效能的影響

2.操縱變因：

- (1)當日製作
- (2)一週後製作
- (3)兩週後製作

3.實驗紀錄：【電解質KI (0.05M) +I₂ (0.001M)】

	電壓 (V)
當日	0.003
一週	0.027
二週	0.040



4.結果與討論：

平均電壓為放置時間較長的漿糊較佳。在這個實驗中，我們研究了當日製作、放置一週、兩週後的漿糊，發現平均電壓為放置時間較長的漿糊較佳，我們推測是因為水滲入二氧化鈦顆粒的程度隨時間增加而增高，因此漿糊放愈久，二氧化鈦和水親和的程度愈高，單位面積所含的水比例變大，所以電壓較佳。

柒、結論

一、前置實驗：

電壓方面：

- (一)有烘烤的電池較佳。
- (二)電池滴入水比完全不注入的電池電壓為佳。
- (三)電池加入電解液後電壓比滴入水的電池為佳。
- (四)固定 NaI : I₂ 比例時，兩者濃度愈稀薄愈佳。
- (五)固定 I₂ 濃度時，NaI : I₂ 的比例愈大愈佳。
- (六)測量面為有烘烤面(反面)的電壓較高。

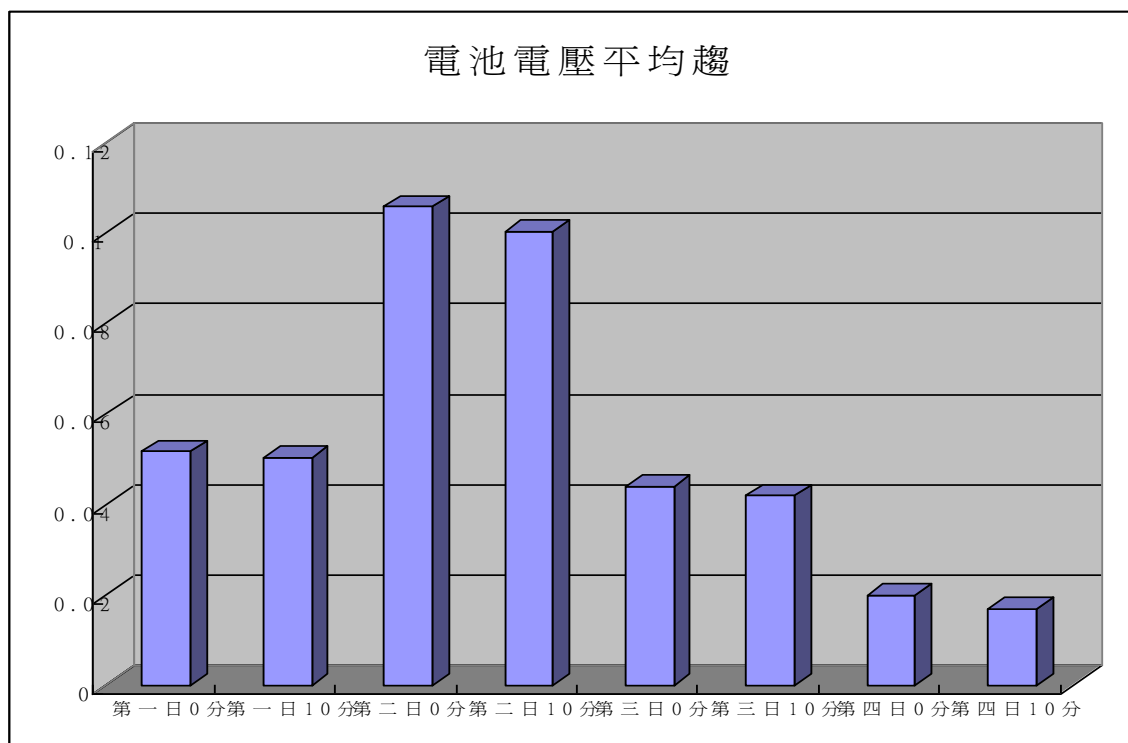
二、主要實驗：

- (一)塗抹 125%之漿糊的太陽能電池較佳。
- (二)放置時間較長的漿糊較佳。

電壓與水分關係密切，加上水滲入二氧化鈦顆粒的程度隨時間增加而增高，因此漿糊放愈久，單位體積所含的水比例變大，電壓較佳。由實驗結果得知，添加電解液可幫助電壓的穩定。

三、經過多次的觀察與測量發現平均電流幾乎無規律性，平均電壓隨著時間大致呈曲線

起伏。



四、我們未來若要繼續研究可朝：

添加色素。

並聯或串聯以增加電池效率。

可繼續深入探討電解質的種類、濃度、相對比例。

電池長時間的持久力以及對時間的趨勢。

捌、參考資料及其他

一、蘇家弘、張惟捷，2006，就是那道光-色素增感型太陽能電池改良之探討，臺灣

二〇〇六年國際科學展覽會

二、吳季珍，2004，奈米太陽能電池論文

【評語】 040805

整體實驗完整，也探討各個變異項的影響，可惜並未與過去的方法及成果做比較，在此次的作品中並未發現新的創意及構想，或是找到較佳的材料。