

臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：化學科

作 品 名 稱：就是那道光-色素增感型太陽能電池改良之探討

得 獎 獎 項：佳作

學校 / 作者：國立屏東高級中學 蘇家弘
國立屏東高級中學 張惟捷

作者自介



姓名：蘇家弘。

星座：射手座。

學校：國立屏東高中。

興趣：作實驗、騎單車、看電影。

對自己的評價：認真、熱心、有時候過度樂觀。

出生在最熱情的南台灣的我，個性開朗活潑。爸爸在營造公司擔任測量的工作，媽媽則從事服務業。從小功課就不錯的我，對自然科目較有興趣，尤其是化學。

目前就讀於屏東高中的數理資優班，成績還算不錯，跟同學一起研究、探討科學的真相，讓我很快樂的作完整個實驗。



姓名：張惟捷

星座：天秤座

學校：國立屏東高級高中

興趣：打羽毛球、待實驗室

自己的評價：努力、隨和、極具責任心

我來自蕉風椰雨的屏東！目前就讀屏東高中數理資優班，在班上擔任過副班長、班代、學藝股長及數學小老師；在學校社團方面我是羽球社的社長，在今年寒假主辦過 2006 南區高中羽球邀請賽。現在也是教育部高中基礎培育人才計畫中的一員，目前在成大化學系擔任高中研究生。並在今年從成大高資班化學組結業！希望能在這次活動中和大家互相學習，請多指教。

目錄：

| | |
|------------------------|----|
| 中英文摘要 | 1 |
| 一、前言 | 2 |
| 二、研究過程及方法 | 2 |
| (一) 實驗原理 | |
| (二) 研究設備與器材 | |
| (三) 實驗步驟 | |
| (四) 變因探討 | |
| 三、研究結果與討論 | 8 |
| (一) 代表實驗 | |
| (二) 環境溫度對色素增感型太陽能電池的影響 | |
| (三) 導電玻璃與非導電玻璃 | |
| (四) 奈米二氧化鈦與非奈米二氧化鈦 | |
| (五) 奈米氧化鋅與非奈米氧化鋅 | |
| (六) 二氧化鈦與氧化鋅混合比例 | |
| (七) 二氧化鈦與二氧化錫混合比例 | |
| (八) 氧化鋅與二氧化錫混合比例 | |
| (九) 色素種類 | |
| (十) 浸泡色素時間 | |
| (十一) 酒精濃度對色素浸泡的影響 | |
| (十二) 電解質濃度 | |
| (十三) 溫度 | |
| (十四) 面積 | |
| (十五) 導電材質-銅片的運用 | |
| (十六) 串聯 | |
| 四、結論與應用 | 23 |
| 五、參考文獻 | 25 |

就是那道光—色素增感型太陽能電池改良之探討

Dye-Sensitized Solar Cells

中文摘要：

在這能源短缺的時代，開發替代能源已經成爲主要課題。利用光觸媒特性所製成的色素增感型太陽能電池，因二氧化鈦光觸媒受到紫外光照射才產生電子躍遷，吸收光的頻率區域狹小，實用性不高。因此研究氧化鋅、二氧化錫與二氧化鈦混合，是否能提升該電池的轉換效率。藉由各種變因的探討，從中選取最有利的方式，使太陽能電池發揮更大的效益。除了以溫度、電解質、混合比例等因素外，增加電極面積以及串聯均可提高電壓與電流，以增加日常生活的實用性。如不斷的改進發展，諸如電解水、使小燈泡發光，甚至各種小家電用品的使用，都可應用於其中。

英文摘要：

In times of energy shortage, exploring the alternative energy has already become a main issue. The dye solar photocell is using photocatalyst characteristic. Because the electron transition is caused by lighting up the titanium dioxide photocatalyst by the ultraviolet, the frequency of spectrum is narrow and small. It is thus impractical. Therefore, we research whether or not the mixtures of zinc oxidize and tin oxide with titanium dioxide can improve the conversion efficiency of the dye solar photocell. Through discussion on various kinds of factors, we can choose the best way to make the dye solar cell yield more efficiency. In addition to the factors such as temperature, electrolyte, mixed proportion, etc., increasing the area of electrodes and contact can improve the voltage and electric current. That way we can increase the practicability for daily use. With constant improvement, it can be applied to many kinds of things, such as electrolyzing water, small bulb lights, even small household appliances.

壹、 前言：

在高一的基礎化學課程中，提到現今全世界能源缺乏，石油也即將耗盡，並提到各種電池，因此我們便由老師補充得知有關太陽能電池的一些資料。因為太陽能電池不僅能夠利用「取之不盡、用之不竭」的太陽作為能量的來源，且對環境不會造成很大的影響，於是我們從網路上查到一些有關太陽能電池的資料，而發現文獻上所記載太陽能電池的能量轉換效率並不高，但他的確是未來能源發展的一大趨勢。其中近十年來剛興起的奈米光觸媒，製成的色素增感型太陽能電池具有很大的發展空間，而且我們又對此電池產生很大的興趣，於是我們想深入研究。

我們的目的包含了三個主軸，其一是奈米二氧化鈦太陽能電池，另一則是奈米氧化鋅太陽能電池，最後則是奈米二氧化錫太陽能電池，並探討這三種太陽能電池的轉換效率，並嘗試利用在日常生活中，以達到科技真正的目的。

- 一、利用溫度對氧化鋅、二氧化鈦製程的影響，研究是否能提高電池能量轉換效率。
- 二、利用色素對氧化鋅、二氧化鈦製程的影響，研究是否能提高電池能量轉換效率。
- 三、利用電解質對氧化鋅、二氧化鈦製程的影響，研究是否能提高電池能量轉換效率。
- 四、利用導電材質的不同對氧化鋅、二氧化鈦製程的影響，研究是否能提高電池能量轉換效率。
- 五、以各種比例混合二氧化鈦與氧化鋅觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 六、以各種比例混合二氧化鈦與二氧化錫觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 七、以各種比例混合氧化鋅與二氧化錫觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 八、以 1：1：1 比例混合二氧化鈦、氧化鋅及二氧化錫，觀察是否能提升電池的能量轉換效率。
- 九、將做好的太陽能電池串聯，使其增加電壓與電流，看是否能使用於日常生活中。
- 十、擴大太陽能電池受光的面積，研究是否能使其提供較大的功率。

貳、 研究過程及方法：

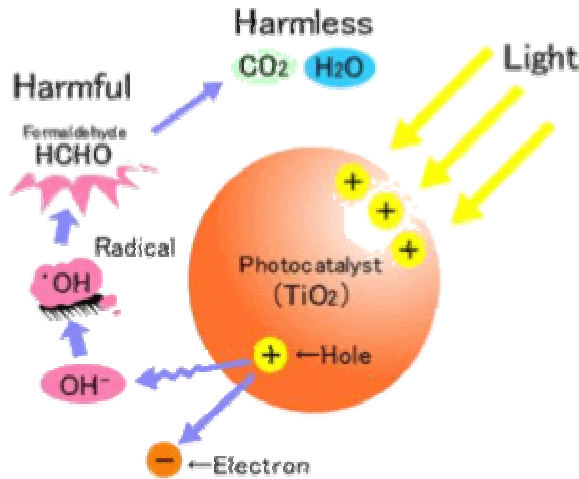
一、實驗原理：

1. 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(NO_x)、氧化硫(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河川污染的綠色尖兵。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(OH)氧化(即奪取其電子)，使其成為活性極大的氫氧自由基(OH radical)。



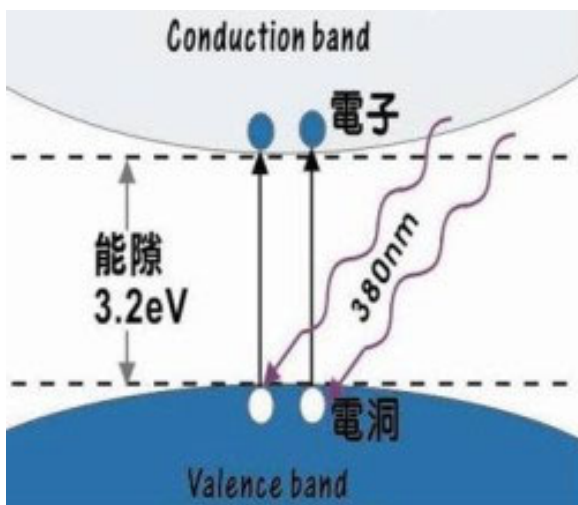
圖一：光觸媒之催化反應機制圖 郭昭延 繪

做為光觸媒的材料眾多，包括 TiO₂、ZnO、SnO₂、ZrO₂等氧化物及 CdS、ZnS 等硫化物，其中二氧化鈦(Titanium Dioxide, TiO₂)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 λ 之間具有反比關係：

$$E = hc / \lambda$$

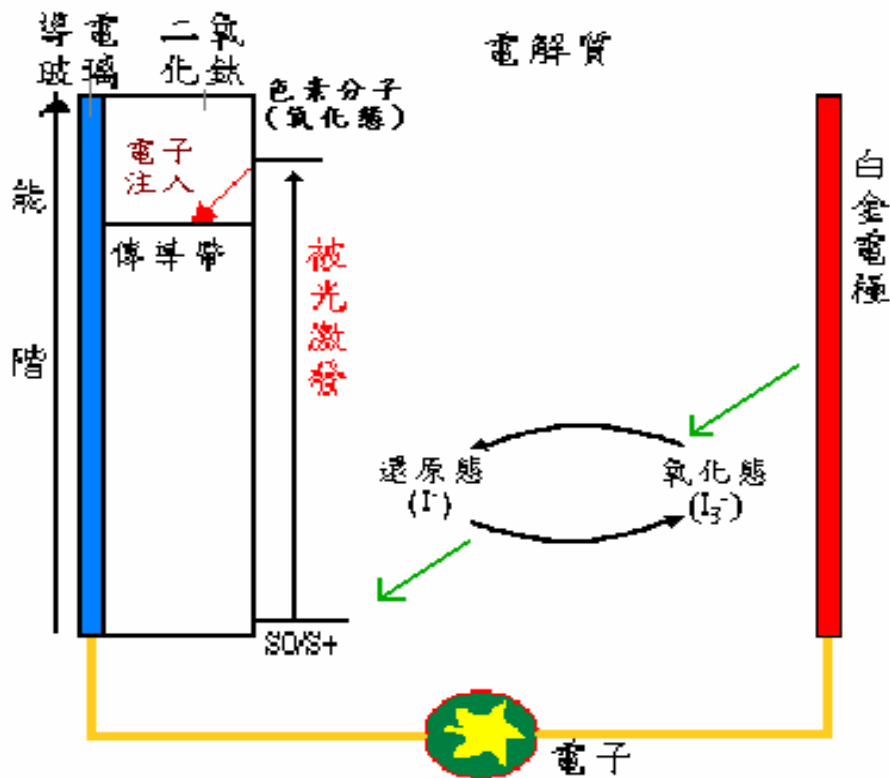
其中 h 是普朗克常數(Planck constant)，C 是光速。二氧化鈦能隙的寬度為 3.2 eV，對應的波長為 380 nm，正是紫外光波段。



圖二：二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。爲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。

2. 色素增感型太陽能電池：



- 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爲氧化態。
- 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 I₃⁻ 結合形成 I⁻。
- 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⁻，而完成一個光電化學反應的循環。

二、研究設備及器材：

1. 藥品：

- 二氧化鈦粉末(TiO₂)奈米級與非奈米級。
- 氧化鋅粉末(ZnO)奈米級與非奈米級。
- 乙醯丙酮 CH₃COCH₂COCH₃(Acetyl Acetone)。
- 界面活性劑 C₃₄H₆₂O₁₁(Triton X-100)。

- E. 汞紅(Mercurochrome,24-27% Hg)。
- F. 絕對酒精 C₂H₅OH(99.5%)。
- G. 紅藥水。
- H. 紫藥水。
- I. 黃藥水。
- J. 丙醯碳酸酯(Propylene Carbonate,99%)。
- K. 碘 I₂。
- L. 碘化鉀 KI。
- M. 二氧化錫粉末(SnO₂)奈米級。

2. 器材：

- A. 透明膠帶。
- B. 透明導電玻璃(ITO,面電阻 20Ω, 400x400x1.1 mm)。
- C. 導電銅膠帶。
- D. 量筒、燒杯、滴管。
- E. AB 膠。
- F. 培養皿。
- G. Para Film。
- H. 銅片。

3. 研究設備：

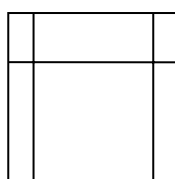
- A. 三用電表。
- B. 自製暗箱。
- C. 500W 燈泡。
- D. 小風扇。
- E. 高溫烤箱、烘箱。
- F. 溫度計。

三、實驗步驟：

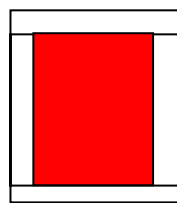
製作色素增感型太陽能電池：(以下為擇一代表撰寫)

步驟一：取 15 g 奈米級二氧化鈦，逐步加入 25 mL 水，而後加入 0.5 mL 乙醯丙酮，0.5 mL 介面活性劑，攪拌均勻後，靜置 15 分鐘即可製成奈米二氧化鈦溶液。

步驟二：將一片規格長 2 cm，寬 2 cm 之導電玻璃清洗乾淨，並在導電面左右兩側 0.3 cm 及上端 0.5 cm 貼上膠帶 (如下圖)。



- 步驟三：將步驟一所得溶液，利用玻棒均勻塗抹在 步驟二 所圍的範圍上，並置入烤箱烘烤，500°C，1Hr。
- 步驟四：浸泡在色素溶液中 18 小時。
- 步驟五：步驟四經 18 小時後取出，並將周圍擦拭乾淨。
- 步驟六：另取一片規格長 2 cm，寬 2 cm 之導電玻璃並清洗乾淨，將兩片玻璃之導電面相對，並利用 Para Film（石蠟膜）使之相連（如下圖），送入烘箱 90°C，5 分鐘。
- 步驟七：取出後，利用毛細現象將電解質溶液置入其中。
- 步驟八：將光電池未封之兩邊，以 AB 膠密封。
- 步驟九：於凸出兩側貼上導電銅膠帶。
- 步驟十：進行測試。

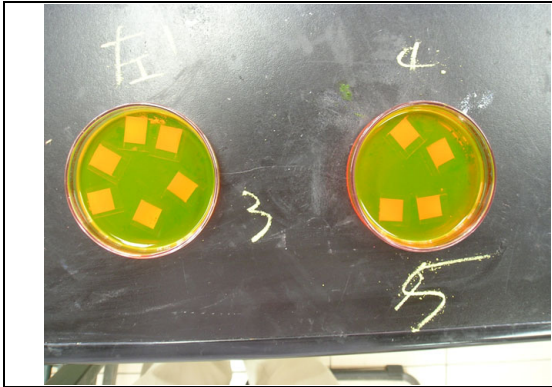


正面示意圖

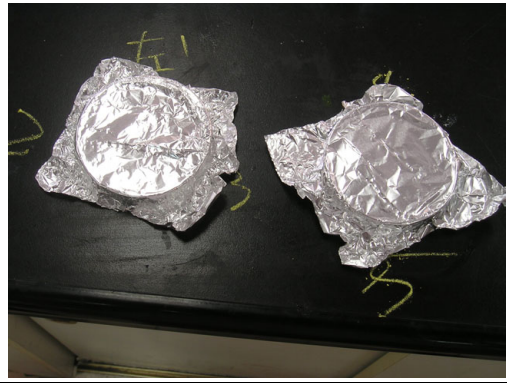


側面示意圖

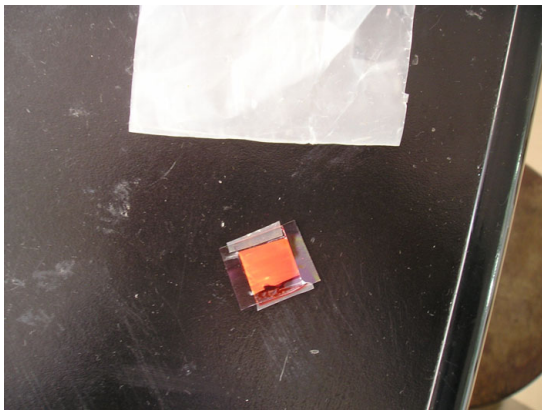
| | |
|-------------------------|----------------------|
| | |
| <p>步驟一：二氧化鈦溶液</p> | <p>步驟二：貼上膠帶的導電玻璃</p> |
| | |
| <p>步驟三：將二氧化鈦溶液塗在玻璃上</p> | <p>步驟四：從烤箱中取出</p> |



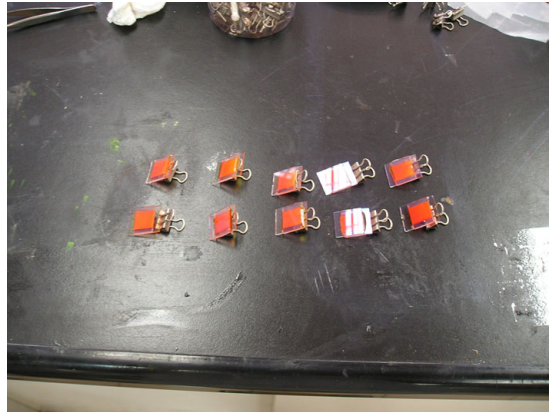
步驟五:浸泡色素



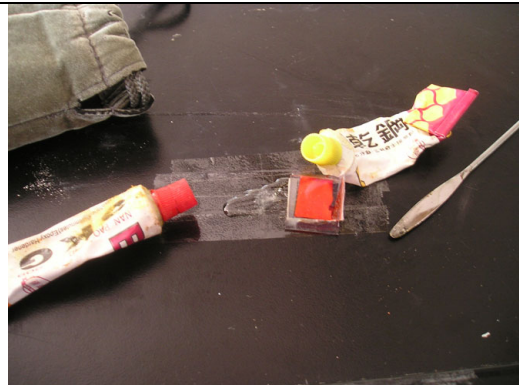
步驟五:浸泡色素+封蓋



步驟六:兩邊貼上 PE 膜



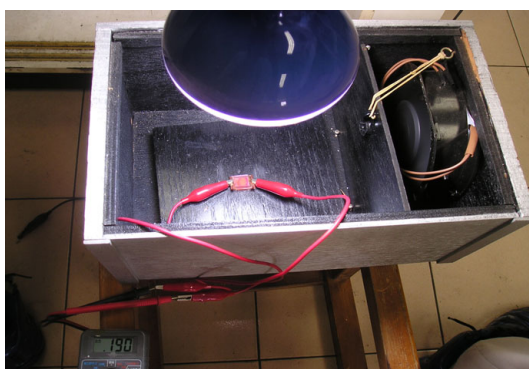
步驟七:滴入電解液



步驟八:用 AB 膠密封兩端



步驟九:貼上導電銅膠帶



步驟十:測試



步驟十一:保存

四、變因探討：

1. 材質。
2. 電解液濃度。
3. 面積。
4. 溫度。
5. 色素有無。
6. 導電材料。
7. 串聯。

參、 研究結果與討論：

一、 代表實驗：

1. 想法：依照代表實驗步驟做出一個標準的色素增感型太陽能電池。
2. 目的：了解色素增感型太陽能電池的製作過程。
3. 實驗步驟：
 - A. 取 15 g 的二氧化鈦奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 以另一片導電玻璃封 Para Film（石蠟膜）、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | | |
|------------------|--------|-----|-----------------------------|--|-----------|--------|
| TiO ₂ | 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | | | |
| | 代表實驗 A | | 代表實驗 B | | - | - |
| 電壓 (V) | 0.298 | | 0.304 | | 平均電壓 (V) | 0.3010 |
| 電流 (mA) | 0.004 | | 0.003 | | 平均電流 (mA) | 0.0035 |

5. 結果與討論：

在此實驗中，我們對於太陽能電池的製作有清楚的了解，確立了一個標準太陽能電池的電壓及電流。

二、 環境溫度對色素增感型太陽能電池的影響：

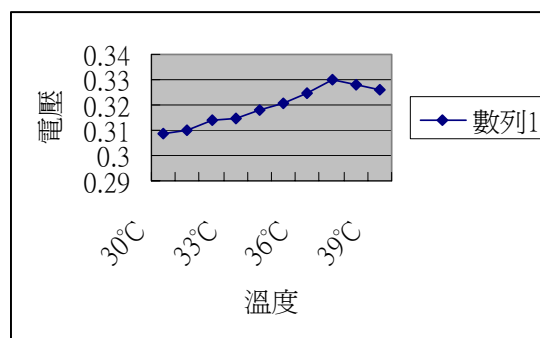
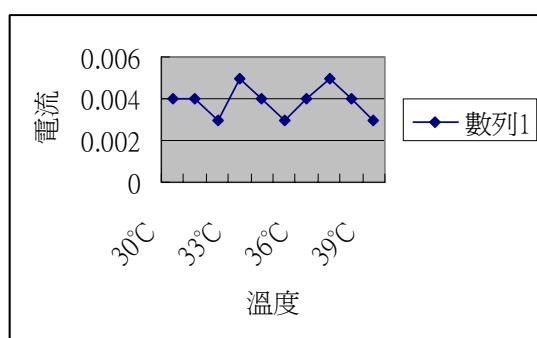
1. 想法:外界溫度是否對色素增感型太陽能電池造成影響。
2. 目的:找出最適合對電池最好的溫度。
3. 實驗步驟:
 - A. 取 15 g 的二氧化鈦奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，

0.5ml 的乙醯丙酮。

- B. 塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
- C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
- D. 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
- E. 在不同的室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | | | | | | |
|------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TiO ₂ | 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | | | | | | | |
| | 30°C | 31°C | 32°C | 33°C | 34°C | 35°C | 36°C | 37°C | 38°C | 39°C |
| 平均電壓 (V) | 0.309 | 0.310 | 0.314 | 0.315 | 0.318 | 0.321 | 0.325 | 0.330 | 0.328 | 0.326 |
| 平均電流(mA) | 0.004 | 0.004 | 0.003 | 0.005 | 0.004 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | 0.004 | 0.003 |



5. 結果與討論：

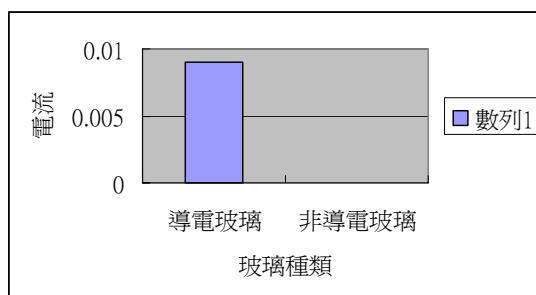
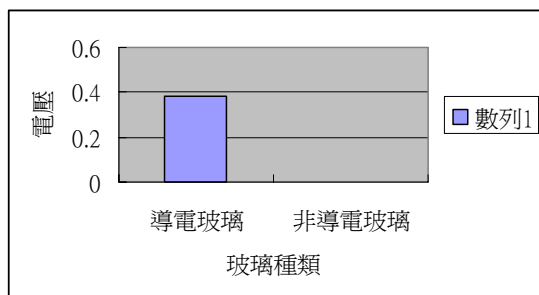
實際上，電壓及電流的變化幅度並不是很大，雖然在 37°C 時達最大值，但是因為室溫大多在 25~35°C 之間，所以我們希望暗箱的測試環境維持在 25~35°C 之間。

三、導電玻璃與非導電玻璃：

1. 想法：使用導電玻璃 (ITO) 與非導電玻璃是否影響電池。
2. 目的：了解表面積對太陽能電池所造成的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取 15 g 的二氧化鈦奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 塗抹在導電玻璃與非導電玻璃上面，進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試 (500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | |
|------------------|--------|---------|-----------------------------|--|
| TiO ₂ | 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | |
| | 使用導電玻璃 | 使用非導電玻璃 | | |
| 平均電壓 (V) | 0.384 | - | | |
| 平均電流 (mA) | 0.009 | - | | |



5. 結果與討論：

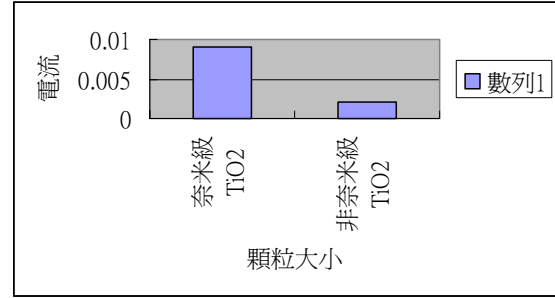
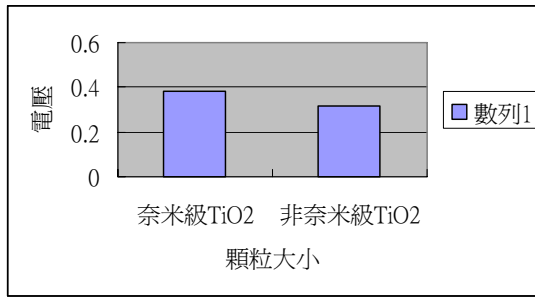
由實驗得知，電子必須在導電材質上才能移動產生電流，而在電阻高的絕緣體上，沒辦法產生電壓或電流。

四、奈米二氧化鈦與非奈米二氧化鈦：

- 想法：奈米級二氧化鈦和非奈米級二氧化鈦對電池影響是否不一樣。
- 目的：了解顆粒大小不同的二氧化鈦對太陽能電池所造成的影響。
- 實驗步驟：
 - 取 15 g 的二氧化鈦奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - 取 15 g 的二氧化鈦非奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - 分別塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - 在不同的室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | |
|------------------|------------------------|-------------------------|-----------------------------|--|
| TiO ₂ | 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | |
| | 使用奈米級 TiO ₂ | 使用非奈米級 TiO ₂ | | |
| 平均電壓 (V) | 0.384 | 0.319 | | |
| 平均電流 (mA) | 0.009 | 0.002 | | |



5. 結果與討論：

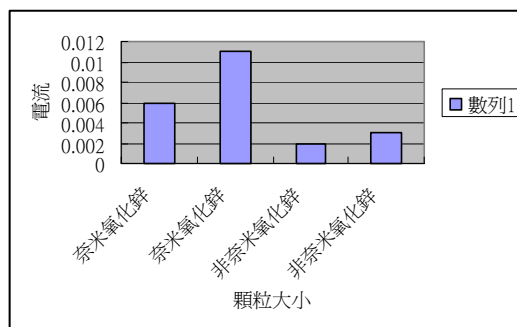
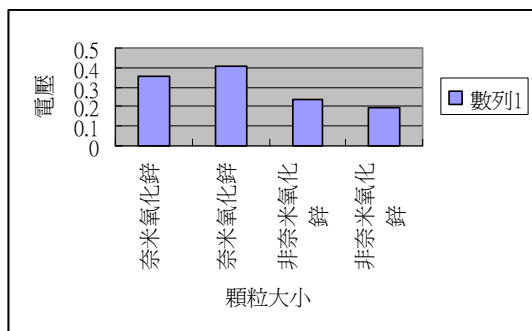
在這個實驗中，我們知道不同顆粒大小的二氧化鈦會影響光電池的電壓及電流，顯然，使用奈米級二氧化鈦所做成的太陽能電池電壓與電流都比非奈米級所做成的太陽能電池來的高。我們推測可能是因為奈米級的二氧化鈦顆粒微小化，造成光吸收的波長範圍較非奈米級廣，並且它能與較多的色素分子結合，造成更多的電子躍遷，進而產生較高的電壓及電流。

五、 奈米氧化鋅與非奈米氧化鋅：

1. 想法：奈米級氧化鋅和非奈米級氧化鋅對電池影響是否不一樣。
2. 目的：了解顆粒大小不同的氧化鋅對太陽能電池所造成的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取 15 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 取 15 g 的氧化鋅非奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - C. 塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - D. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - E. 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - F. 在不同的室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | |
|-----------|-------|-----------|-----------------------------|-------|-------|
| ZnO | 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | | |
| | | 使用奈米級 ZnO | 使用非奈米 ZnO | | |
| 平均電壓 (V) | | 0.354 | 0.403 | 0.237 | 0.198 |
| 平均電流 (mA) | | 0.006 | 0.011 | 0.002 | 0.003 |



5. 結果與討論：

我們知道不同顆粒大小的氧化鋅會影響太陽能電池的電壓及電流，結果如上一個實驗結果，使用奈米級氧化鋅所做成的太陽能電池電壓與電流都比非奈米級所做成的太陽能電池來的高。我們推測可能是因為奈米級的氧化鋅顆粒微小化，造成光吸收的波長範圍較非奈米級廣，並且它能與較多的色素分子結合，造成更多的電子躍遷，進而產生較高的電壓及電流。

六、 二氧化鈦與氧化鋅混合比例：

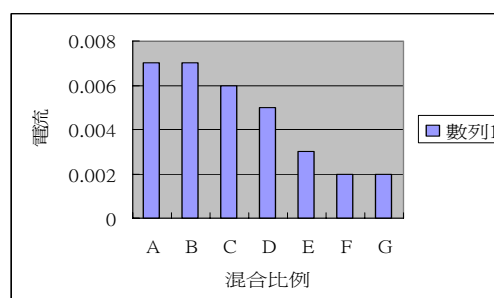
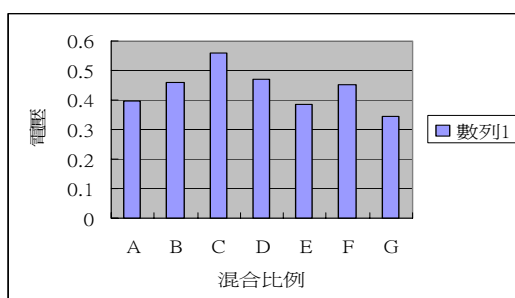
1. 想法：既然二氧化鈦和氧化鋅都可製作成電池，那麼想知道二氧化鈦和氧化鋅的不同比例是否影響電池。
2. 目的：了解二氧化鈦及氧化鋅的不同比例對電池的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取二氧化鈦奈米級粉末及氧化鋅奈米級粉末以下列比例，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。

| | TiO ₂ | ZnO | 界面活性劑 | 乙醯丙酮 | 水 | TiO: ZnO ₂ |
|------|------------------|-------|-------|-------|--------|-----------------------|
| 比例 A | 15.0g | 0.0g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 3 : 0 |
| 比例 B | 12.5g | 2.5g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 5 : 1 |
| 比例 C | 10.0g | 5.0g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 2 : 1 |
| 比例 D | 7.5g | 7.5g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 1 : 1 |
| 比例 E | 5.0g | 10.0g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 1 : 2 |
| 比例 F | 2.5g | 12.5g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 1 : 5 |
| 比例 G | 0.0g | 15.0g | 0.5ml | 0.5ml | 25.0mL | 0 : 3 |

- B. 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
- C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
- D. 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
- E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。

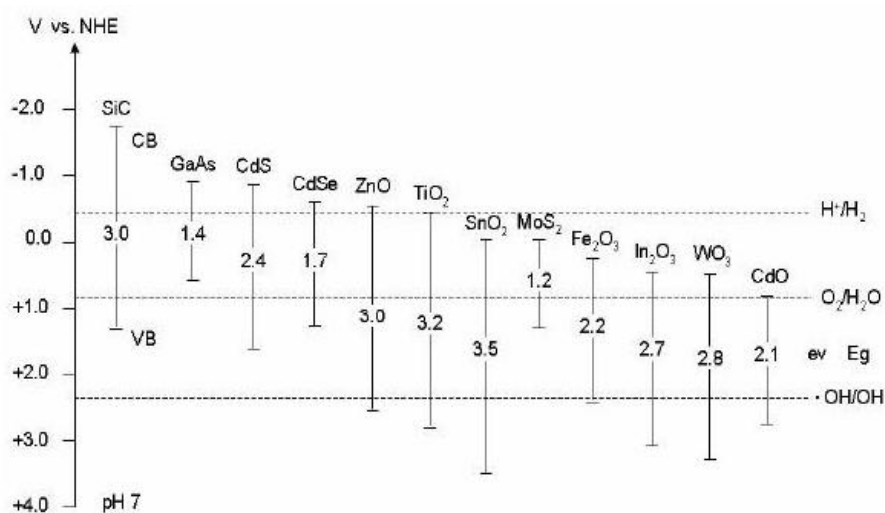
4. 實驗紀錄：

| | | | | | | | |
|-----------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | | | | |
| 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | | | | | |
| 混合比例 | A | B | C | D | E | F | G |
| 平均電壓 (V) | 0.396 | 0.459 | 0.561 | 0.470 | 0.384 | 0.452 | 0.346 |
| 平均電流 (mA) | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.005 | 0.003 | 0.002 | 0.002 |



5. 結果與討論：

由此實驗得知，在使用比例 C (TiO₂ : ZnO=2 : 1)，產生的電壓與電流都相當的不錯，而且由實驗內容可知，當二氧化鈦比例越高，電流就越大；而且和實驗（五）、實驗（四）比較，若將氧化鋅和二氧化鈦做適當的比例搭配，將做出比純氧化鋅或二氧化鈦的太陽能電池更高的電壓（最高曾做出電壓 0.8 伏特）。若以能隙概念推測，二氧化鈦能隙為 3.2eV，氧化鋅能隙為 3.0eV（如圖三），如果將二氧化鈦與氧化鋅以適當比例混合，電子從價帶躍遷至傳導帶時，會較單純二氧化鈦或氧化鋅容易，故依據此推測，當使用比例 C (TiO₂ : ZnO=2 : 1) 為最佳是合理的。



圖三：能隙與價帶、傳導帶的關係圖 徐慧宜

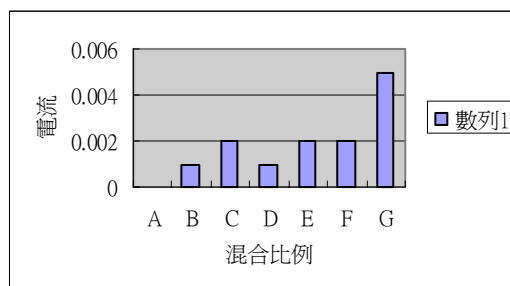
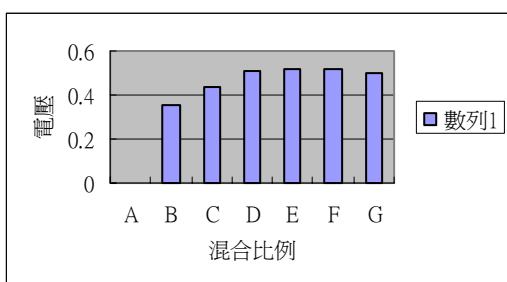
七、 二氧化鈦與二氧化錫混合比例：

1. 想法：既然二氧化鈦和二氧化錫都可製作成電池，那麼想知道二氧化鈦和二氧化錫的不同比例是否影響電池。
2. 目的：了解二氧化鈦及二氧化錫的不同比例對電池的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取二氧化鈦奈米級粉末及二氧化錫奈米級粉末以下列比例，加入 5ml 的水，0.1ml 的界面活性劑，0.1ml 的乙醯丙酮。

| | TiO ₂ | SnO ₂ | 界面活性劑 | 乙醯丙酮 | 水 | TiO ₂ : SnO ₂ |
|------|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------------------------------------|
| 比例 A | 0.0g | 3.0g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 0 : 3 |
| 比例 B | 0.5g | 2.5g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 1 : 5 |
| 比例 C | 1.0g | 2.0g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 1 : 2 |
| 比例 D | 1.5g | 1.5g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 1 : 1 |
| 比例 E | 2.0g | 1.0g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 2 : 1 |
| 比例 F | 2.5g | 0.5g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 5 : 1 |
| 比例 G | 3.0g | 0.0g | 0.1ml | 0.1ml | 5.0mL | 3 : 0 |

- B. 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。
4. 實驗紀錄：

| 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | | | | |
|-----------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 | | | | | |
| 混合比例 | A | B | C | D | E | F | G |
| 平均電壓 (V) | 0.000 | 0.358 | 0.435 | 0.512 | 0.517 | 0.515 | 0.499 |
| 平均電流 (mA) | 0.000 | 0.001 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.005 |



5. 結果與討論：

由此實驗得知，在使用比例 E ($\text{TiO}_2 : \text{SnO}_2 = 2 : 1$)，產生的電壓與電流都相當的不錯，而且由實驗內容可知，當二氧化鈦比例越高，電流就越大；若將二氧化錫和二氧化鈦做適當的比例搭配，將做出比純二氧化錫或二氧化鈦的太陽能電池更高的電壓。若以能隙概念推測，二氧化鈦能隙為 3.2eV，二氧化錫能隙為 3.5eV（如圖三），如果將二氧化鈦與二氧化錫以適當比例混合，電子從價帶躍遷至傳導帶時，會較單純二氧化鈦或二氧化錫容易，故依據此推測，當使用比例 C ($\text{TiO}_2 : \text{SnO}_2 = 2 : 1$) 為最佳是合理的。

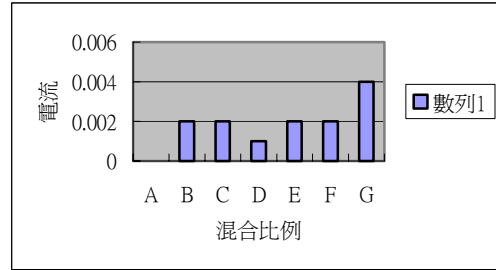
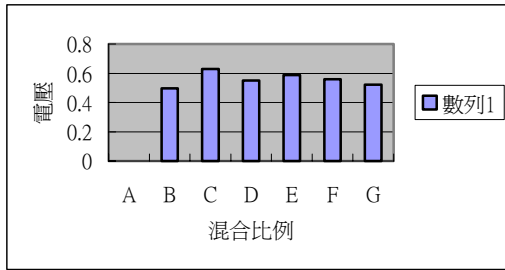
八、氧化鋅與二氧化錫混合比例：

1. 想法：既然氧化鋅和二氧化錫都可製作成電池，那麼想知道氧化鋅和二氧化錫的不同比例是否影響電池。
2. 目的：了解氧化鋅及二氧化錫的不同比例對電池的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取氧化鋅奈米級粉末及二氧化錫奈米級粉末以下列比例，加入 5ml 的水，0.1ml 的界面活性劑，0.1ml 的乙醯丙酮。

| | ZnO | SnO ₂ | 界面活性劑 | 乙醯丙酮 | 水 | ZnO: SnO ₂ |
|------|------|------------------|-------|-------|-----|-----------------------|
| 比例 A | 0g | 3g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 0:3 |
| 比例 B | 0.5g | 2.5g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 1:5 |
| 比例 C | 1.0g | 2.0g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 1:2 |
| 比例 D | 1.5g | 1.5g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 1:1 |
| 比例 E | 2.0g | 1.0g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 2:1 |
| 比例 F | 2.5g | 0.5g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 5:1 |
| 比例 G | 3.0g | 0g | 0.1ml | 0.1ml | 5mL | 3:0 |

- B. 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 以另一片導電玻璃封 Para Film（石蠟膜）、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。
4. 實驗紀錄：

| 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | | | | |
|-----------|-------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ = 10 : 1 | | | | | |
| 混合比例 | A | B | C | D | E | F | G |
| 平均電壓 (V) | 0.000 | 0.497 | 0.629 | 0.550 | 0.589 | 0.559 | 0.522 |
| 平均電流 (mA) | 0.000 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.004 |



5. 結果與討論：

由此實驗得知，在使用比例 C (ZnO : SnO₂=1 : 2)，產生的電壓與電流都相當的不錯，而且由實驗內容可知，當氧化鋅比例越高，電流就越大；若將氧化鋅和二氧化錫做適當的比例搭配，將做出比純氧化鋅或二氧化錫的太陽能電池更高的電壓。若以能隙概念推測，氧化鋅的能隙為 3.0eV，二氧化錫的能隙為 3.5eV (如圖三)，如果將氧化鋅與二氧化錫以適當比例混合，電子從價帶躍遷至傳導帶時，會較單純氧化鋅或二氧化錫容易，故依據此推測，當使用比例 C (ZnO : SnO₂=1 : 2) 為最佳是合理的。

九、 二氧化鈦、氧化鋅及二氧化錫的混合：

1. 想法：既然氧化鋅和二氧化錫都可製作成電池，那麼想知道氧化鋅和二氧化錫的不同比例是否影響電池。
2. 目的：了解氧化鋅及二氧化錫的不同比例對電池的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 各取 5 g 的二氧化鈦、氧化鋅及二氧化錫，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 |
|-----------|-----|-----------------------------|
| 500°C | 汞紅 | KI : I ₂ =10 : 1 |
| 混合比例 | | |
| 平均電壓 (V) | | 0.624 |
| 平均電流 (mA) | | 0.003 |

5. 結果與討論：

此實驗是與實驗(七)、(八)一起進行，故與實驗(七)、(八)比較，可發現三者經混合後 (1 : 1 : 1)，會比其餘大部分比例還來的好。以能隙的概念推測之，複合材料在傳遞電子時，可以以間接的方式，從價帶躍遷至傳導帶，這期間的能隙較單一材料的小，故效能較單一材料者佳。

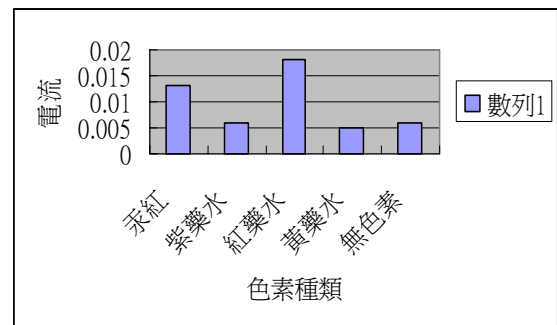
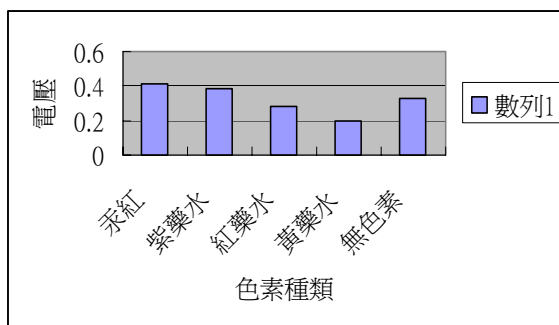
※ 以上四個實驗，為探討複合材料對太陽能電池的影響，但因奈米二氧化錫材料昂貴，故往後之實驗基材皆以以 $TiO_2 : ZnO = 2 : 1$ (即比例 C) 進行以下實驗。

十、色素種類：

1. 想法：對於色素的不同是否影響電池。
2. 目的：了解色素對電池的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 $500^{\circ}C$ 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡不同的色素 18Hr。
 - D. 以另一片導電玻璃 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 電解質 | | | |
|-----------|----------------|-----------------------------|-------|-------|-------|
| 比例 C | $500^{\circ}C$ | KI : I ₂ =10 : 1 | | | |
| 色素種類 | 汞紅 | 紫藥水 | 紅藥水 | 黃藥水 | 無色素 |
| 平均電壓 (V) | 0.408 | 0.386 | 0.283 | 0.197 | 0.327 |
| 平均電流 (mA) | 0.013 | 0.006 | 0.018 | 0.005 | 0.006 |



5. 結果與討論：

由實驗得知，汞紅仍是最好的染色質，但與汞紅成分類似的紅藥水，可能是參有其它物質，純度較汞紅低，所以電壓較低；但電流與汞紅差不多，可能是紅藥水的主要成分與汞紅類似，導致有相似的電流。而其他的色素吸附在薄膜上的程度較低，所以不適合做其太陽能電池的染色質。

十一、 浸泡色素時間：

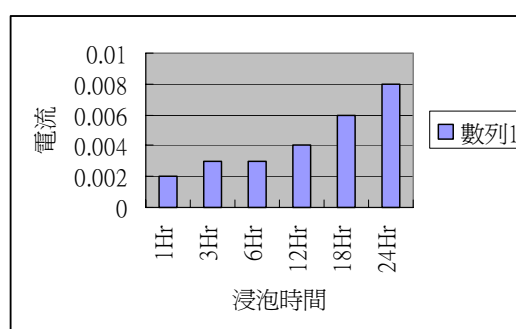
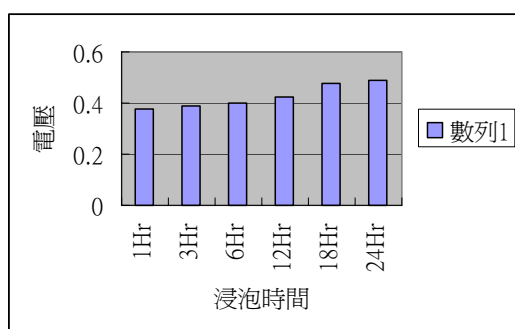
1. 想法：對於浸泡色素時間的不同是否影響電池。
2. 目的：了解浸泡色素的時間對電池的影響。

3. 實驗步驟：

- 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
- 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
- 以不同的時間浸泡色素。
- 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
- 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 電解質 | | 染色質 | | |
|-----------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 比例 C | 500°C | KI : I ₂ =10 : 1 | | 汞紅 | | |
| 浸泡時間 | 1Hr | 3Hr | 6Hr | 12Hr | 18Hr | 24Hr |
| 平均電壓 (V) | 0.378 | 0.386 | 0.402 | 0.424 | 0.475 | 0.486 |
| 平均電流 (mA) | 0.002 | 0.003 | 0.003 | 0.004 | 0.006 | 0.008 |



5. 結果與討論：

由實驗知，色素浸泡時間越久，電壓越高，電流也越大，可能是因為浸泡時間久，色素吸附的程度也增加，但浸泡時間在 12 小時之後，電壓增加的幅度增加，可能是其吸附的量在此段時間驟增。而 24 小時之後電流較大，亦可能是因為吸附的量趨近飽和，而產生比其他更多的電子躍遷，而有更大的電流。

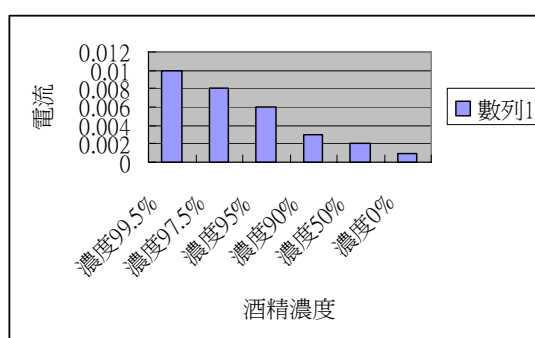
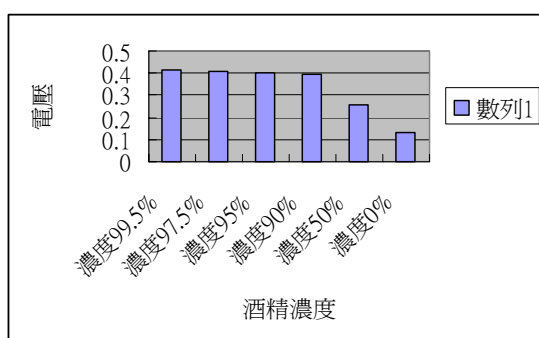
十二、 酒精濃度對色素浸泡的影響：

- 想法：對於酒精濃度的不同是否影響電池。
- 目的：了解酒精濃度對電池的影響。
- 實驗步驟：
 - 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 500°C 烘烤 1 小時。
 - 浸泡以不同濃度製成的色素浸泡 18Hr。
 - 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。

E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| | | | | | | |
|----------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|
| 基材 | 烘烤溫度 | 電解質 | | 染色質 | | |
| 比例 C | 500°C | KI : I ₂ =10 : 1 | | 汞紅 | | |
| 酒精濃度 | 99.5% | 97.5% | 95% | 90% | 50% | 0% |
| 平均電壓 (V) | 0.412 | 0.405 | 0.401 | 0.392 | 0.258 | 0.131 |
| 平均電流(mA) | 0.010 | 0.008 | 0.006 | 0.003 | 0.002 | 0.001 |



5. 結果與討論：

由實驗知，酒精濃度越高，其電壓電流越大，可能是因為汞紅極易溶於水中，因此水分越低者，薄膜吸水量較低，效果越好，電壓電流也越高。

十三、 電解質濃度：

1. 想法：碘化鉀與碘的濃度比例不同是否影響電池。

2. 目的：了解電解液的濃度比例對電池的影響。

3. 實驗步驟：

A. 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。

B. 塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中烘烤 500°C。

C. 浸泡色素汞紅 18Hr。

D. 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入不同的電解質。

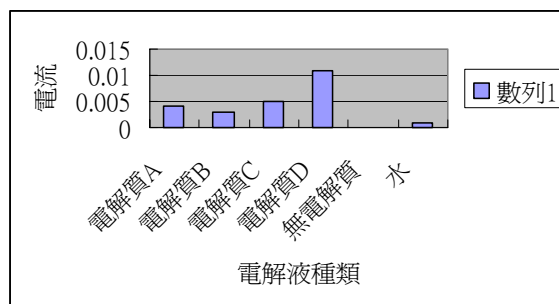
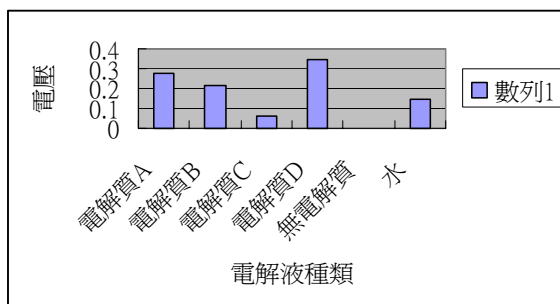
| | KI | I ₂ | 丙醯碳酸酯 | 莫耳數比 KI:I ₂ |
|-------|--------|----------------|-------|------------------------|
| 電解質 A | 0.83g | 0.254g | 20mL | 5:1 |
| 電解質 B | 1.66g | 0.254g | 20mL | 10:1 |
| 電解質 C | 0.166g | 2.54g | 20mL | 1:10 |
| 電解質 D | 0.166g | 0.254g | 20mL | 1:1 |

E. 以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。

F. 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | | | | |
| 比例 C | 500°C | 汞紅 | | | | |
| 電解質種類 | 電解質 A | 電解質 B | 電解質 C | 電解質 D | 無電解質 | 水 |
| 平均電壓 (V) | 0.277 | 0.218 | 0.063 | 0.343 | - | 0.15 |
| 平均電流 (mA) | 0.004 | 0.003 | 0.005 | 0.011 | - | 0.001 |



5. 結果與討論：

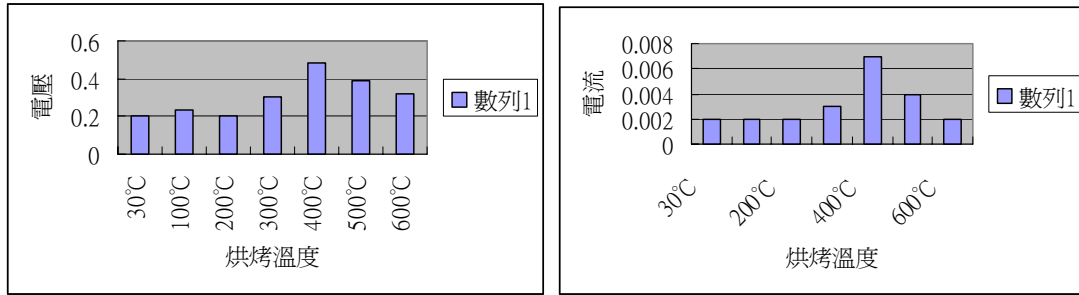
由實驗知，使用電解液 D (KI:L=1:1)，其產生的電壓電流為最好，可能是因為在其實驗環境下，較容易產生 I₃⁻ 離子，而使電池產生更大的電壓及電流。

十四、 溫度：

- 想法：二氧化鈦及氧化鋅在烤箱溫度的不同是否影響電池。
- 目的：了解烘烤溫度對電池的影響。
- 實驗步驟：
 - 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 30°C、100°C、200°C、300°C、400°C、500°C、600°C 烘烤 1 小時。
 - 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質 D，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| | | | | | | | | |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| 基材 | 電解質 | 染色質 | | | | | | |
| 比例 C | D | 汞紅 | | | | | | |
| 溫度 | 30°C | 100°C | 200°C | 300°C | 400°C | 500°C | 600°C | |
| 平均電壓 (V) | 0.201 | 0.237 | 0.200 | 0.302 | 0.485 | 0.389 | 0.319 | |
| 平均電流 (mA) | 0.002 | 0.002 | 0.002 | 0.003 | 0.007 | 0.004 | 0.002 | |



5. 結果與討論：

在本實驗中我們發現，在使用基材為比例 C ($\text{TiO}_2 : \text{ZnO} = 2 : 1$) 時，最適合的烘烤溫度為 400°C ，這可能與加入氧化鋅及二氧化鈦的比例有關。

十五、 面積：

1. 想法：電池的表面積是否對電池有所影響。

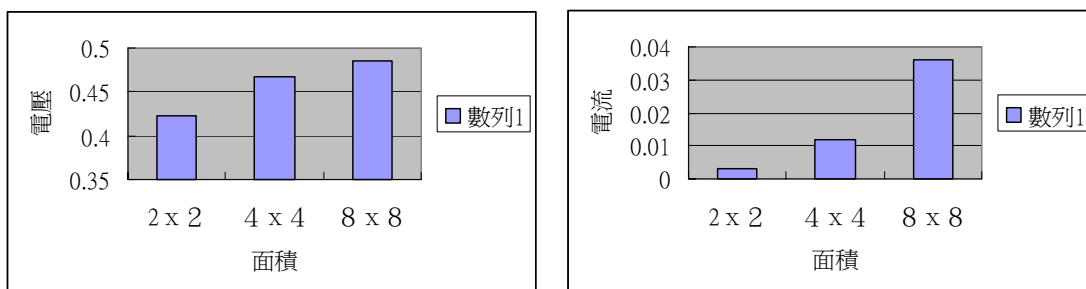
2. 目的：了解不同面積的電池其電壓電流的變化。

3. 實驗步驟：

- 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
- 塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中以 400°C 烘烤 1 小時。
- 浸泡色素汞紅 18Hr。
- 以另一片導電玻璃封 Para Film (石蠟膜)、加入電解質 D，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
- 在室溫下測試(500W 燈泡)。

4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | |
|-----------|---------------------|-------|-------|--|
| 比例 C | 400°C | 汞紅 | D | |
| 面積 | 2 x 2 | 4 x 4 | 8 x 8 | |
| 平均電壓 (V) | 0.423 | 0.467 | 0.485 | |
| 平均電流 (mA) | 0.003 | 0.012 | 0.036 | |



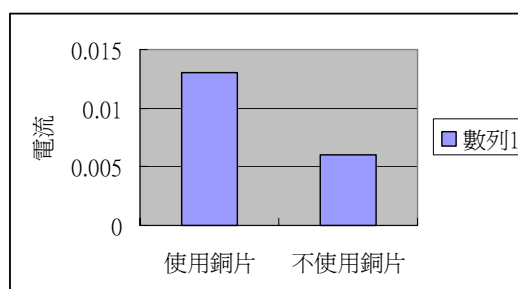
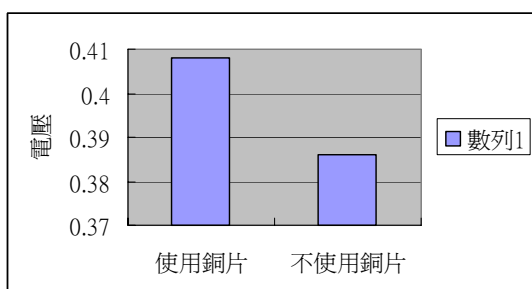
5. 結果與討論：

由實驗得知，基材塗抹的面積越大，產生的電壓及電流也越高，是因為面積越大，其產生電子躍遷的範圍也越廣，而有更大的電壓及電流產生。

十六、 導電材質-銅片的運用：

1. 想法：若將導電玻璃換成銅片，其對電池是否造成影響。
2. 目的：了解使用銅片作為另一導電面對電池的影響。
3. 實驗步驟：
 - A. 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 塗抹在導電玻璃上面，分別進入烤箱中以 400°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 以銅片為另一導電面以 Para Film (石蠟膜) 黏著、加入電解質 D，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。
4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | |
|-----------|-------|-------|-----|--|
| 比例 C | 400°C | 汞紅 | D | |
| 溫度 | 使用銅片 | 不使用銅片 | | |
| 平均電壓 (V) | 0.408 | 0.386 | | |
| 平均電流 (mA) | 0.013 | 0.006 | | |



5. 結果與討論：

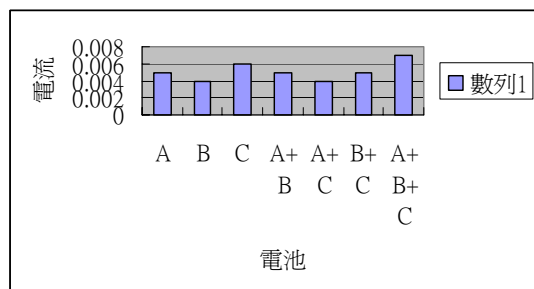
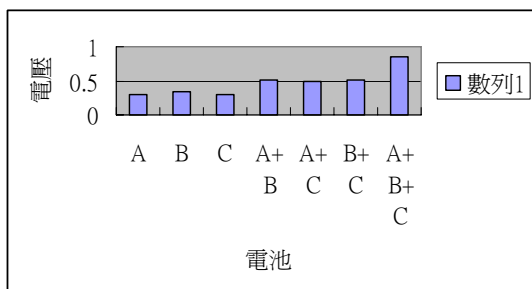
由實驗得知，使用銅片導電比使用導電玻璃導電效果來的更好，可能是因為銅為良好的金屬導體，相較於在玻璃面上鍍上導電物質，效果還是金屬較佳。且有明顯放大電流的效果。



十七、 串聯：

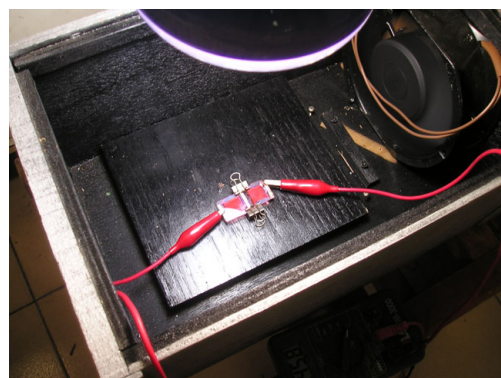
1. 想法：若將電池串聯是否造成更大電壓，更進一步的使燈泡發光。
2. 目的：放大太陽能電池的電壓，增加其實用性。
3. 實驗步驟：
 - A. 取 10 g 的二氧化鈦奈米級粉末及 5 g 的氧化鋅奈米級粉末，加入 25ml 的水，0.5ml 的界面活性劑，0.5ml 的乙醯丙酮。
 - B. 塗抹在導電玻璃上面，進入烤箱中以 400°C 烘烤 1 小時。
 - C. 浸泡色素汞紅 18Hr。
 - D. 以另一片導電玻璃封 PE 膜、加入電解質 D，以 AB 膠封口，貼上導電銅膠帶。
 - E. 在室溫下測試(500W 燈泡)。
4. 實驗紀錄：

| 基材 | 烘烤溫度 | 染色質 | 電解質 | | | | |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| 比例 C | 400°C | 汞紅 | D | | | | |
| | A | B | C | A + B | A + C | B + C | A + B + C |
| 平均電壓(V) | 0.300 | 0.340 | 0.301 | 0.513 | 0.498 | 0.512 | 0.851 |
| 平均電流(mA) | 0.005 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | 0.004 | 0.005 | 0.007 |



5. 結果與討論：

由實驗得知，在串聯的情況下，電壓有較明顯加成的效果，而電流較沒規律，可能是因為在電池與電池串聯之間，有電阻的產生，接觸不良，而產生的結果。



肆、 結論與應用：

- 一、以上實驗中，為同一變因之實驗，皆在同一次實驗中完成，不分批進行，以減少不必要的誤差，主要是因為每次實驗中的電壓與電流，極易受到外在環境的影響，也易受藥品變質而影響實驗之結果。
- 二、經過一連串的實驗探討，要使太陽能電池導電，必須要先有下列基礎：
 1. 兩相對面都必須使用導電玻璃或可導電之物質。
 2. 必須加入電解質溶液。
 3. 必須使用光觸媒材料。
- 三、從實驗過程中，我們推得製作色素增感型太陽能電池的最佳條件，下為影響電壓的條件：
 1. 採用奈米級二氧化鈦與氧化鋅的混合，質量比 2：1 為最佳。
 2. 採用奈米級二氧化鈦與二氧化錫的混合，質量比 2：1 為最佳。
 3. 採用奈米級氧化鋅與二氧化錫的混合，質量比 1：2 為最佳。
 4. 複合材料因電子傳遞時，能隙大小不一，其中以氧化鋅與二氧化錫混合，其電壓表現最為傑出。
 5. 在製成薄膜後，以 400°C 烘烤為佳。
 6. 浸泡色素以汞紅為佳。
 7. 浸泡色素之溶劑—酒精，其含水量越少越好。
 8. 電解質溶液方面，溶質採碘化鉀與碘之莫耳數比 1：1，溶劑使用丙醯碳酸酯。
 9. 串聯電池可提高電壓。
 10. 增加太陽能電池之面積，對電壓有些微的影響，面積越大，其電壓略為上升。
- 四、承三，下為影響電流的條件：
 1. 採用奈米級二氧化鈦與氧化鋅的混合，質量比 2：1 為最佳。
 2. 採用奈米級二氧化鈦與二氧化錫的混合，電流隨二氧化鈦質量增加而增大。
 3. 採用奈米級氧化鋅與二氧化錫的混合，電流隨氧化鋅質量增加而增大。
 4. 在製成薄膜後，以 400°C 烘烤為佳。
 5. 浸泡色素以汞紅為佳。
 6. 浸泡色素之溶劑—酒精，其含水量越少越好。
 7. 電解質溶液方面，溶質採碘化鉀與碘之莫耳數比 1：1，溶劑則使用丙醯碳酸酯。
 8. 串聯電池可些微地提升電流，但成效不彰。
 9. 增加太陽能電池的面積，對電流有顯著的影響，面積越大，電流越大。
 10. 若以銅片作為另一導電面，可提升電流。
- 五、由實驗結果發現，單純材料與複合材料的比較之下，複合材料具較高的電壓及電流，第一種複合材料—二氧化鈦與氧化鋅，所製成的太陽能電池具有比單純二氧化鈦、單純氧化鋅所製成的太陽能電池更高的電壓與電流；第二種複合材料—二氧化鈦與二氧化錫，所製成的太陽能電池具有比單純二氧化鈦、單純二氧化錫所

製成的太陽能電池更高的電壓與電流；第三種複合材料—二氧化錫與氧化鋅，所製成的太陽能電池具有比單純二氧化錫、單純氧化鋅所製成的太陽能電池更高的電壓與電流；特別的是第四種複合材料—將二氧化鈦、氧化鋅及二氧化錫三種光觸媒材料混合，所製成的太陽能電池同樣具有比單純二氧化鈦、單純氧化鋅及單純二氧化錫所製成的太陽能電池更高的電壓與電流。

六、以上為影響太陽能電池之電壓與電流的有利條件，其中以電解質溶液、奈米級二氧化鈦與氧化鋅之混合比例、串聯電池、使用銅片及增加面積之效果較為顯著，其餘變因在實驗時，相差不多。其中以串聯來說，串聯越多的太陽能電池，電壓明顯加成；而擴大太陽能電池之面積，即增加其受光面積，很明顯的可以看到電流增加；而銅片的使用，可降低電阻，提高電流，也可增加其實用性。

七、此外，在實驗進行的過程中，發現了一些現象：

1. 加熱後(165°C)的PE膜，其黏著效果不佳，在偶然的機會中，發現了 Para Film (石蠟膜)，此物質加熱到 80°C 以上時，黏著效果奇佳，因此本實驗皆改以 Para Film (石蠟膜) 將兩導電面黏合。
2. 在進行電解質溶液的實驗時，發現電解質 D 的壽命約為兩星期，而兩星期後，作出的太陽能電池，電流皆為 0.001 毫安培，可作為判定其壽命的依據。此外，在配置完成溶液後的三到四天，所製作成的太陽能電池，效能最好。
3. 奈米級二氧化鈦與氧化鋅的混合膠狀溶液，其壽命約為一個月，一個月後，所作出的太陽能電池，電壓與電流皆明顯降低許多，可作為判定其壽命的依據。

八、應用方面：

目前以電解水為首要目標，因為電解水需 1.5V、0.01A，但目前單一個太陽能電池仍無法達成，因此或許可以藉助於串聯或增加電池面積，以達成此目標。另外，使發光二極體發亮，也是另一個目標。目前發現太陽能電池已發展成摺疊式的薄片，能使用在任一地方，我們也積極的朝這方面研究，如：使用導電塑膠材質，增加其實用性。

伍、 參考文獻：

- 一、林有銘 2003 奈米光觸環境淨化應用技術 科學月刊 三十四卷八期 674-679
- 二、高濂 鄭珊 張清紅 2004 奈米光觸媒 初版
- 三、陳郁文 2003 光觸媒粉體與溶液製備技術 科學月刊 三十四卷八期 664-668
- 四、陳光華 鄧金祥 2004 奈米薄膜技術與應用 初版
- 五、郭昭延 光觸媒

www.mirl.iti.org.tw/mirl-inter/knowledge/mim/255/255-22.pdf

(23/Nov./2005)

- 六、徐慧宜 2005 混合型光觸媒降解水中 4-硝基酚之研究
<http://ethesys.yuntech.edu.tw/ETD-db/ETD-search/getfile?URN=etd-0211105-184801&filename=etd-0211105-184801.pdf>
(29/Jan./2006)
- 七、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
(29/Aug./2005)
- 八、杉原 秀樹，荒川 裕則 2005 The light scattering TiO₂ particle for Dye-Sensitized
- 九、Akira Fujishima and Kenichi Honda 1972 化工資訊月刊 第十六卷第五期及第十二期 Nature 238 p.37
- 十、Biays Bowerman and Vasilis Fthenakis 2001 Dye-Sensitized photovoltaic Solar Cell Production
- 十一、Greg P.Smestad and Michael Gratzel 1998 A Natural Dye-sensitized Nanocrystalline Energy Converter
- 十二、Ruud E.I Schroop and Miro Zeman 1988 New Development in Solar Cells

評語

光敏劑與二氧化鈦形成之太陽能電池為近年熱門的題材，本篇改變 TiO_2 與氧化鋅之含量，檢測電池的電壓與電流的變化。建議製成品的品質可再改進，查文獻確定 TiO_2 與不同氧化物混合之量測結果，電壓量測再改進。題材新穎，值得探討。