

太陽能電池

- 國立臺灣大學化學系，大學普通化學實驗，第十二版，國立臺灣大學出版中心：台北，民國九十七年。
- 版權所有，若需轉載請先徵得同意；疏漏之處，敬請指正。
- 臺大化學系普化教學組魏聖軒助教（2008.03.15）。

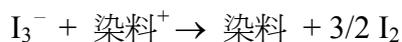
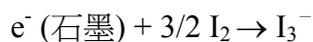
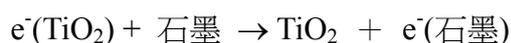
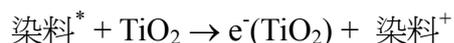
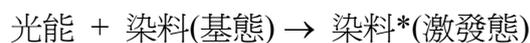
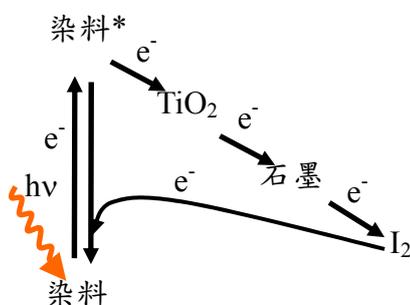
一、目的：學習太陽能電池之製作原理及性質測定。

二、實驗技能：學習研磨、三用電表之使用、塗布 (coating) 及組裝 (assembling) 太陽能電池。

三、原理：

(一) 太陽能電池

本實驗將學習製備經染料敏化 (dye-sensitized) 的二氧化鈦 (TiO_2) 太陽能電池，以瞭解其設計的原理與作用機制。所製備之染料敏化太陽能電池裝置是以塗布石墨之導電玻璃為正極，塗布二氧化鈦之導電玻璃作為負極，二氧化鈦上所吸附之染料作為光敏劑 (photosensitizer)，二片導電玻璃間以 I_2/I_3^- 為電解液所組裝成。當光照到二氧化鈦上所吸附的染料 (如 N3 合成染料或者天然染料)，染料吸收光能後，電子自基態 (ground state) 躍遷到激發態 (excited state)，激發的電子再進入二氧化鈦半導體之傳導帶 (conduction band)，而後經由導電玻璃傳導進入外電路而至塗布石墨之導電玻璃正極。由於石墨正極與二氧化鈦負極之導電玻璃間含有 I_2/I_3^- 電解液，利用 $\text{I}^- \rightleftharpoons \text{I}_2$ 氧化還原反應將染料還原，構成電子的迴路。染料敏化二氧化鈦太陽能電池電子傳遞過程示意圖如圖 1 所示。



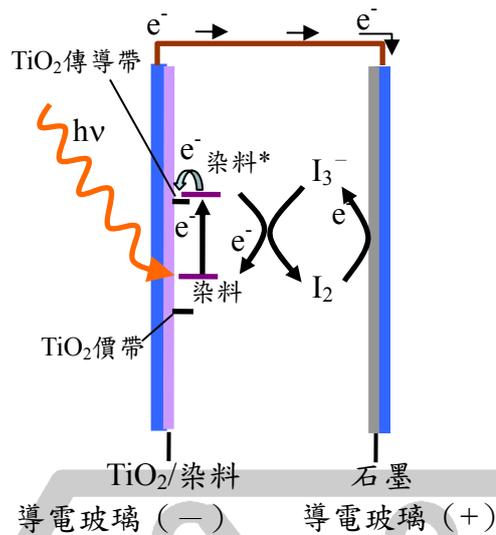


圖 1 染料敏化二氧化鈦太陽能電池電子傳遞過程圖

染料敏化太陽能電池利用負極上二氧化鈦所吸附之染料吸收光能，經由一連串的電子傳遞，將光能轉變為電能。自然界中的花青素 (anthocyanin) 或葉綠素也具有此一吸光作用。因此可利用可見光光譜儀測定染料或花青素的吸收光譜 (absorption spectrum)，也就是電磁輻射吸收強度 (absorbance, A) 與波長 (wavelength) 的關係圖，並與相對太陽光強度比較，可瞭解其吸光情形，作為選擇染料的參考。

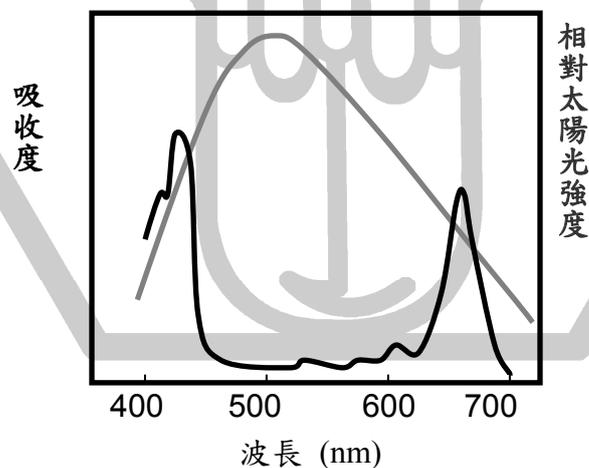


圖 2 相對太陽光強度 (灰線) 與葉綠素 (黑線) 之吸收光譜

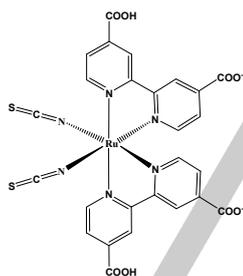
四、儀器與材料：透明導電玻璃 (2.5 cm × 2.5 cm，4 片)、瑪瑙研鉢、陶瓷研鉢、氧化鋁坩堝 (3 個)、扁金屬刮杓、3M 膠帶、剪刀、玻璃棒、鑷子、2B 鉛筆、長尾夾 (4 支)、濾紙、三用電表及鱷魚夾連接線一組、小玻璃培養皿 (2 組)、石蠟膜 (parafilm)、口罩、乳膠手套、擦手紙、長坩堝夾、塑膠滴管、洛神花、榛椗、樹葉 (自備)、投影機 (3 台，共用)、日光燈。

五、藥品：二氧化鈦 (titanium(IV) oxide, TiO_2)、稀硝酸 (nitric acid, 10^{-3} M HNO_3)、碘電解液 (iodine, 0.5 M KI/0.05 M I_2 無水乙二醇溶液)、95%酒精 (ethanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)、N3 合成染料 (N3*無水酒精溶液)。

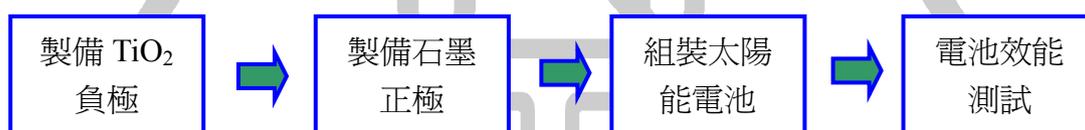
* N3 : *cis*-bis(thiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylato)ruthenium(II) , 簡記為 $\text{RuL}_2(\text{SCN})_2$

*合成染料 ($\text{RuL}_2(\text{SCN})_2$, N3) :

cis-bis(thiocyanato)bis(2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylato)ruthenium(II)

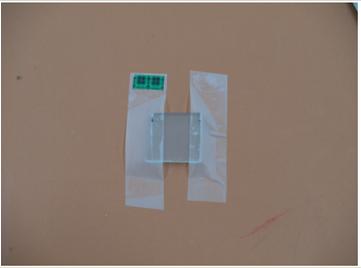
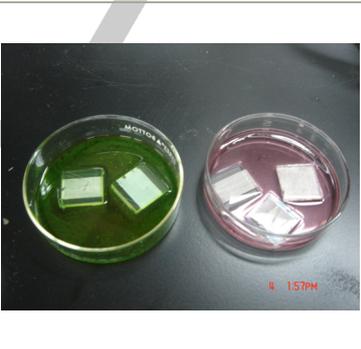


實驗流程



六、實驗步驟：

步驟	示範
(一) 製備二氧化鈦膠體溶液	
1. 秤取約 1 g 之 TiO_2 於乾淨之瑪瑙研鉢中，滴加約 10 滴硝酸，以杵將粉末研磨均勻，再滴加 10 滴硝酸再次研磨，共加入約 2~3 次硝酸，製得二氧化鈦膠體溶液。	
(二) 製備染料敏化二氧化鈦負電極	
2. 4 片導電玻璃以 95%酒精淋洗導電玻璃表面，紙巾沾乾後再以電表之兩支探棒碰觸玻璃表面量測，確定玻璃導電的一面 (電阻極大者為非導電面)。 注意：以鑷子拿持導電玻璃或用手拿玻璃板的邊緣不要碰觸表面，保持導電玻璃面朝上。	

3.	<p>玻璃導電面向上，將二對邊以膠帶貼住，覆蓋 3~4 mm 並固定於桌面。</p>	
4.	<p>於沒有覆蓋膠帶的玻璃邊緣位置滴一、二滴研磨好的 TiO₂ 膠體溶液，並用玻璃棒推拉把膠體溶液塗布均勻。 注意：玻璃棒應擦拭乾淨沒有附著任何粉體，以避免刮破薄膜。塗一層即可，若塗佈失敗，導電玻璃可重新洗淨再用。</p>	
5.	<p>撕去膠帶，將塗布 TiO₂ 的導電玻璃於空氣中晾乾後，放於氧化鋁坩堝中置於高溫爐，以 450°C 燒結 20 分鐘。</p>	
6.	<p>製備天然染料萃取液：將洛神花或樹葉等剪碎後置於陶瓷研鉢中加水或酒精溶液研磨，傾析分離（或過濾）萃取液於培養皿中，標樞則為直接研磨取其汁液。</p>	
7.	<p>取出 TiO₂ 導電玻璃冷卻至約 50°C，將塗膜的一面朝上，浸泡於以培養皿盛裝的合成染料溶液或天然染料萃取液中約 10 分鐘。小心地以鑷子將染料溶液中浸泡的 TiO₂ 電極取出，用水沖洗後再用酒精沖洗，然後輕輕以紙巾沾乾。此片導電玻璃為太陽能電池之負極。</p>	

(三) 製備石墨正電極

8. 取另 2 片導電玻璃，以 2B 鉛筆將導電的一面塗一薄層碳，然後置於氧化鋁坩堝中以高溫爐 450°C 加熱 5 分鐘。取出冷卻後，以酒精沖洗，然後輕輕以紙巾沾乾，此導電玻璃作為太陽能電池的正極。



(四) 組裝與測試太陽能電池

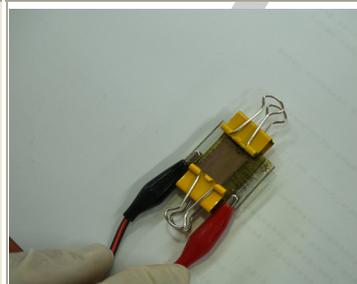
9. 裁剪 2.5 cm × 2.5 cm 石蠟膜，用鉛筆在石蠟膜上畫出 TiO₂ 塗布的凹形區塊，並以剪刀或刀片將此區塊裁剪下來。將凹形之石蠟膜放在 TiO₂ 玻璃電極上，揉壓石蠟膜讓其與導電玻璃密接。



10. 將石墨電極放在 TiO₂ 電極上面，讓導電的一面相對接觸，且將塗抹 TiO₂ 處盡量覆蓋住，但兩片玻璃略微錯開，使沒塗 TiO₂ 的一邊露出來，作為電極連接點。



11. 另外兩對邊的末端則用兩支長尾夾夾住固定，並於兩電極片間滴入 1~2 滴 I₂/I₃⁻ 電解液成為一個碘電解液池；檢查兩片電極間是否有氣泡，若有，則需將兩片電極拆開，趕除氣泡重新再組裝滴加碘電解液。



12. 以鱷魚夾接上太陽能電池的兩邊電極並與三用電表連接，直接測量電壓與電流輸出；比較太陽能電池不照光與照光、室內光或戶外光等改變光源或距離對其效能的影響。測試時需注意，向著光源的應是哪一片導電玻璃？



- 註 1：鱷魚夾不可夾到石蠟膜，否則無法導電。
註 2：紅色鱷魚夾連接石墨正極，黑色鱷魚夾連接二氧化鈦負極。

13.	<p>回收</p> <p>太陽能電池可拆開回收重複使用，用水沖洗塗碳的電極，用紙沾乾後，置於石墨電極盒中。TiO₂電極則用經酒精潤濕的紙將表面 TiO₂ 擦乾淨，放於 TiO₂ 電極盒中。</p>	
(五) 三用電表操作說明		
1.	<p>三用電表可用來量測電壓、電流、電阻。</p> <p>使用時將中央圓盤切到所要量測的量的區域：</p> <p>V 的區域：測量電壓，</p> <p>Ω 的區域：測量電阻</p> <p>A 的區域：測量電流</p> <p>每個區域都有不同的精密度可以選擇。</p> <p>下方有四個接正負極電線的孔，其中 COM 為共用極，使用時固定插黑色接線。</p>	
2.	<p>當要測量電壓或電阻時，正極的紅色接線要接在標明 V 及 Ω 的孔。例如在確定導電玻璃導電面時，</p> <p>就要切到如右圖的配置然後將兩根電極接觸導電玻璃的一面，若值顯示 1，表示電阻值超過可以測量的最上限，非導電面。</p>	
3.	<p>當要測量電流時，就要將正極的紅色接線改插到標有 mA 的插孔。為了方便測量，此時可以將尖頭的電極接線換成鱷魚夾形式的接線，方便夾住完成的太陽能電池。</p>	