

# 【2021 全國科學探究競賽-這樣教我就懂】

## 高中（職）組 成果報告表單

題目名稱：感光性蔬果的光化學性質討論

### 一、摘要

常被提及的染敏電池(DSSC)，其染料過去是利用合成的方法進行製造，本次研究利用光敏性蔬果紅蘿蔔、菠菜、九層塔等三種萃取液替代合成染料，並利用二氧化鈦薄膜層，進行染料薄膜層光電轉換效率特性的性質討論。

### 二、探究題目與動機

在一年級物理課本曾經初步提到太陽能電池的種類，而眾多太陽能電池的總類，我們最感興趣的是以光化學進行反應的染料敏化太陽能電池(Dye-sensitized solar cell, DSSC)的機制。其反應的機制所需要用到的染料塗層，據資料顯示，感光性的合成物可提升太陽能電池的發光效率，我們利用報導指出含呋喃香豆素的可食性蔬果：紅蘿蔔、菠菜、九層塔。作為合成染料層的替代物。藉以初步了解光化學特性在染敏電池的影響。

### 三、探究目的與假設

(一)找出最適合運用在 DSSC 之染料

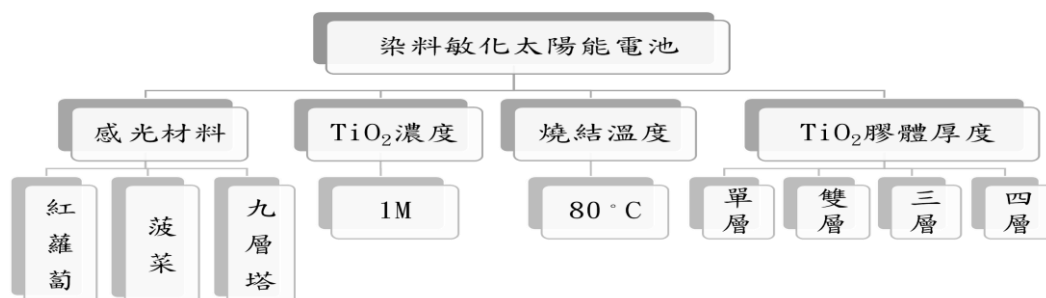
(二)探討各種材料在 DSSC 內對電阻值的影響

(三)探討不同  $\text{TiO}_2$  層數在 DSSC 內對電阻值的影響

(三)比較自然光源與無光源照射下，光敏性蔬果提升導電特性的證據

### 四、探究方法與驗證步驟

#### (一)研究架構



圖一：本次研究架構

## (二)元件製備

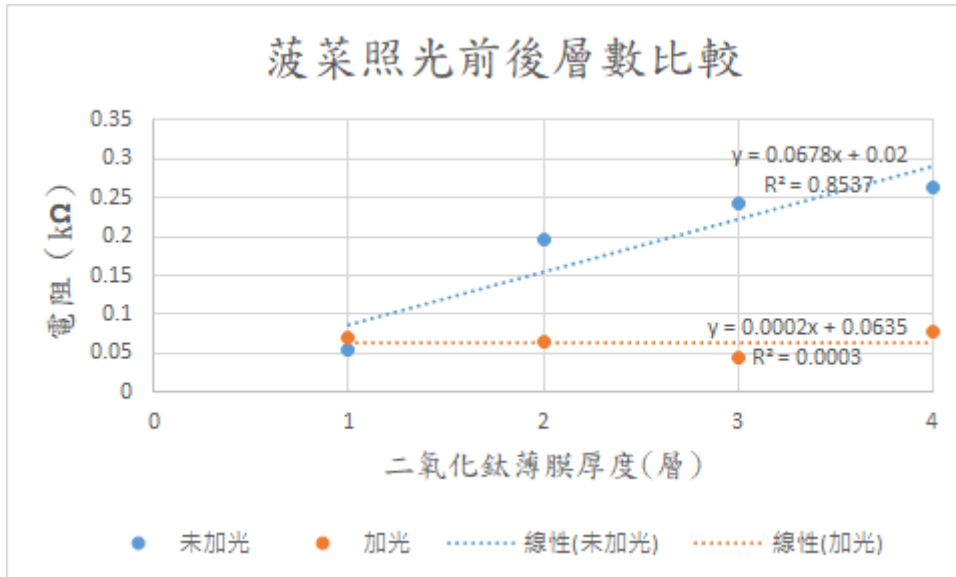
- 1、將感光食材和水利用果汁機打碎，並加熱，分別萃取出 3 種染料
- 2、製備 1M 的  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$  並與二氧化鈦及介面活性劑混和，製成二氧化鈦膠體。
- 3、將二氧化鈦膠體均勻塗布在 ITO 導電面，放入烘箱  $80^\circ\text{C}$  20 分鐘。
- 4、將燒結好的導電玻璃分別泡至染料 3 分鐘，再用吹風機吹乾，即完成 DSSC 負極。
- 5、利用蠟燭燒導電玻璃導電面，使其產生碳黑，作為 DSSC 正極
- 6、將正極與負極結合，用長尾夾固定即可利用三用電表測量其電阻。



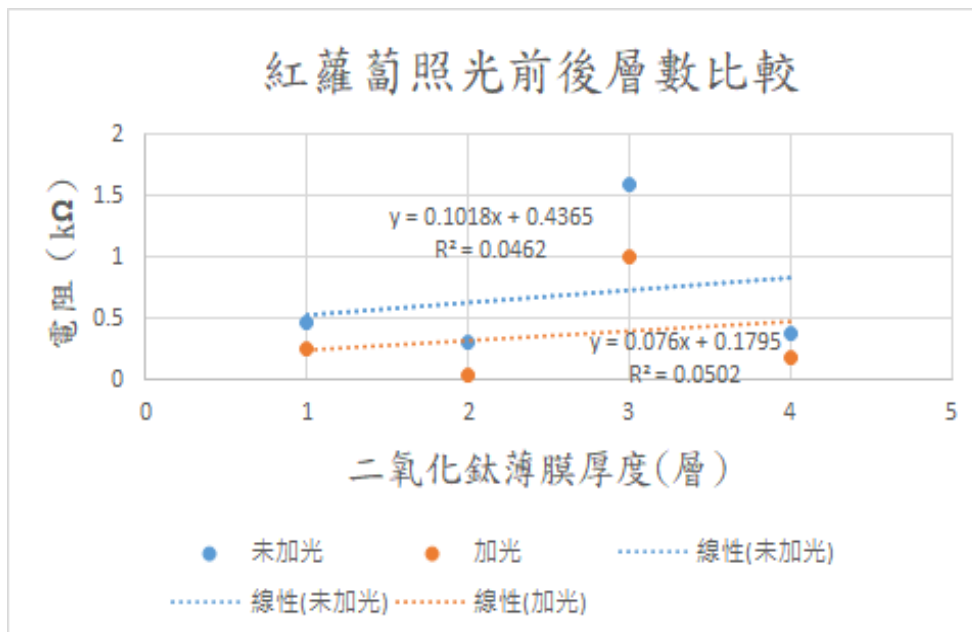
圖二、元件製備完成圖

(四)實驗結果：

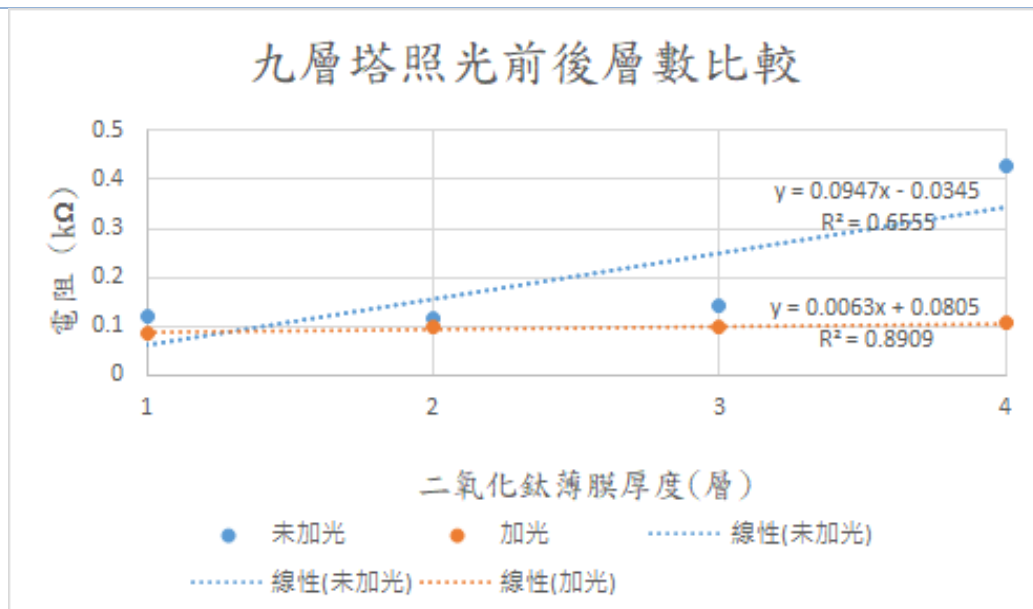
經過多次測量後，我們將實驗結果整理成圖三至圖五的圖表進行分析，藉以了解其照光前後和薄膜層數的相關比較。



圖三：染料照光前後及二氧化鈦薄膜層數之電阻比較(菠菜)



圖四：染料照光前後及二氧化鈦薄膜層數之電阻比較(紅蘿蔔)



圖五：染料照光前後及二氧化鈦薄膜層數之電阻比較(九層塔)

單位:kΩ	九層塔	菠菜	紅蘿蔔
一層	$1.22 \times 10^{-2}$	$5.40 \times 10^{-3}$	$4.75 \times 10^{-2}$
兩層	$1.15 \times 10^{-2}$	$1.96 \times 10^{-2}$	$3.05 \times 10^{-2}$
三層	$1.44 \times 10^{-2}$	$2.44 \times 10^{-2}$	1.60
四層	$4.28 \times 10^{-2}$	$2.64 \times 10^{-2}$	$3.82 \times 10^{-2}$

(表一：照光前各元件電阻值)

單位:kΩ	九層塔	菠菜	紅蘿蔔
一層	$8.50 \times 10^{-3}$	$6.90 \times 10^{-3}$	$2.53 \times 10^{-2}$
兩層	$9.70 \times 10^{-3}$	$6.60 \times 10^{-3}$	$3.30 \times 10^{-2}$
三層	$9.70 \times 10^{-3}$	$4.40 \times 10^{-3}$	1.01
四層	$1.06 \times 10^{-2}$	$7.70 \times 10^{-3}$	$1.80 \times 10^{-2}$

表二：照光後各元件電阻值

## (五) 結果討論

- 1、根據圖三至圖五的結果可以發現光化學特性，可以用來進行太陽能電池轉換的機制探討
- 2、由圖三至圖五可以發現菠菜、紅蘿蔔、九層塔三種蔬果在照射光後，元件整體的電阻有明顯下降的趨勢。
- 4、從圖三至圖五我們可以發現染料的厚度影響了電阻大小，當尚未以日光照射時元件電阻的大小，圖五與圖三的九層塔與菠菜其電阻的改變會隨厚度增加而電阻變大，而菠菜的表現比九層塔更加線性且相關係數更高達 0.85 這點是其他染料所無法達到的。
- 5、我們也由圖三至圖五中發現經照射太陽光後整體的電阻不會隨著其厚度有過多的改變，這點可以由九層塔、菠菜的圖形表現發現。當中菠菜的斜率值更是僅僅只有 0.0002，數值極低。唯獨紅蘿蔔在第三層的表現上有特殊的峰值，這點是未來可以進行持續探討的部分。
- 6、藉由表一及表二可以發現在照光後的電阻值皆小於照光前的電阻值。原先以為薄膜越厚時，其電阻值勢必會上升，但其整體趨勢並非完全上升，也非完全下降。其薄膜厚度可能需要更進一步的設計實驗進行探究。
- 7、我們可以從我們的實驗結果發現，元件會因為照光而影響，而這也符合太陽能電池的特性，未來我們甚至可以變更不同的材料，同時更深入探索提升元件效率以及測量長時間放置後元件的表現為何。

## 五、結論與生活應用

- 一、經過研究後發現，三層的二氧化鈦薄膜去浸泡菠菜葉的染料在照光後電阻表現最小，為  $4.4 \times 10^{-3}$  仟歐姆代表其導電性在三層結構時較好。
- 二、就材質的選擇，選用菠菜是在照光後最為穩定的其斜率為 0.0002，相較於九層塔的斜率 0.0063 的變化趨勢更微小。
- 三、利用感光性蔬果製備出來的薄膜照光後電阻明顯小於照光前的電阻，這點符合太陽能電池的表現，即照光後導電性能符合光伏特徵曲線。

## 六、參考資料

- 一、呂宗昕、吳偉宏(2004)。奈米科技與二氧化鈦光觸媒。
- 二、材料世界網(2008)。鈦金屬染料在染料敏化太陽電池所扮演的關鍵性角色。
- 三、工業材料網(2019)。染料敏化電池自動化生產技術及室內發電應用
- 四、鄭永銘(2015)。淺談光敏蔬菜。
- 五、劉珠松(2020)。興大提升「染料敏化太陽能電池」發電效率。
- 六、國立臺灣大學化學系,大學普通化學實驗,第十二版,民國 97 年。
- 七、光能轉換成電能：材料的光、熱、電特性之影響(2020), 物理雙月刊
- 八、固體半導體敏化太陽電池 - 太陽能的明日之星(2015), 物理雙月刊
- 九、新世代鈣鈦礦材料：合成、光電特性及應用(2018), 物理雙月刊