

臺灣二〇〇六年國際科學展覽會

科 別：化學科

作 品 名 稱：台灣植物染與光敏有機太陽能電池

學 校 / 作 者：國立臺南第一高級中學 洪志凱

作者簡介



大家好，我叫洪志凱，生於 1988 年 11 月 13 日，天蠍座，體重 90 公斤，身高 185 分，現就讀於國立台南第一高級中學二年級。對我而言，數學、物理和化學雖不是很專長，但頗感興趣。在休閒時刻，我時常聽一些柔和的音樂來放鬆自己；此外，我也時常打排球。

我想親切待人、真誠對友和幽默應該就是我的優點吧！至於粗心應該是我最大的缺點。或許我應該針對這點作出改進，避免把實驗搞砸。

在這次的實驗裡，我學到好多東西，像是如何把一個實驗作的完整以及如何分析實驗；此外，我也認識關於 BET、SEM、AFM。希望在未來的實驗裡我可以做的更好。

作品名稱：台灣植物染與光敏有機太陽能電池

(一)、中英文作品摘要：

1、 中文作品摘要：

由於低廉成本、無毒及其他原因，由二氧化鈦、有機染料及電解液所製造的光敏有機太陽能電池(DSC)被預測即將成為一種大規模廣泛流行的太陽能電池。本實驗比較合成染料(像紅汞和疊氮離子)及成本較低且無毒的天然植物染料用於太陽能電池的效能。有些天然植物染料的效能大於合成染料的效能，像是紫色高麗菜、地瓜……等。

在研製太陽能電池的過程中，本研究利用自製的幾丁質燒結出的奈米顆粒成效極佳，不但粒徑大小符合，在燒結的過程中也不需經過物理研磨及介面活性劑的輔助，並且在低溫下即可燒結，並由 BET 和 SEM 測得幾丁質燒結的 TiO₂ 的孔隙度大於標準燒結的 TiO₂ 的孔隙度，因此本實驗決定利用去乙酰化之幾丁質扮演太陽能電池的二種角色：介面活性劑及保護劑。

在本實驗中，部分的電池效能不盡理想，或許是因為所有的太陽電池樣本均使用相同的電解液(I₃⁻)。要找到每種太陽能電池最適合的電解液則需要更多的研究。

2、 英文作品摘要：

Because of the desirable features of low cost, non-toxin, and other reasons a dye-sensitized nanostructured solar cell (DSC) composed of nanocrystalline TiO₂, organic dyes and electrolytes is expected to be in prevalent use. This study compared the differences in the functioning of different dyes in the solar cells, specifically those between the synthetic dyes, such as Merchromronate and Polypyridyl complexes of ruthenium (N₃⁻), and dyes made of natural plants which cost less and are not toxic. Some natural dyes, such as purple cabbage, sweet potato, etc, were found to have better efficiency than the synthetic dyes.

The study makes use of self-made chitin to sinter nano particles, and the result is excellent. First, the particle radius meets the size requirements. Second, in the process of sintering nano particles, no physical pulverizing or surfactant assistance was needed. Third, the nano particles can be sintered at a low temperature. Fourth, from BET and SEM measurements, the degree of aperture of TiO₂ sintered with chitin is superior to that sintered with Triton X-100. For these reasons, the de-acetylated chitin was chosen to serve as surfactant assistance and protector in the solar cells in this study.

The study also found that some solar cells were not efficient enough. Maybe it is because all the samples of solar cells in this study were produced with the same electrolyte (I₃⁻). Further study is needed to figure out the most suitable electrolytes for each solar cell.

二、內文：

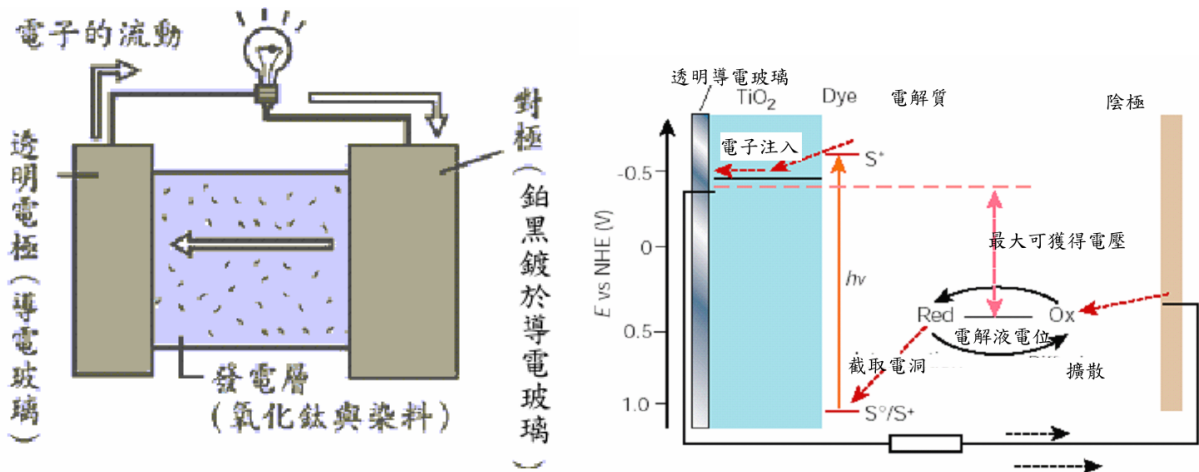
(一)、 研究動機：

台灣傳統的靛藍（馬藍或木藍），通常製藍及建藍由於採用天然微生物發酵法，基本化學原理即為氧化還原的方法，和 Ru 態光敏劑作用原理近似，並且根據文獻紀錄，藍靛染色後布料可持續使用多年，且色澤在兩年後達到高峰；那是否植物染料可解決光敏有機太陽能電池料在效率上及染料劣化上的問題？光敏有機太陽能電池(DSC)的成本為比矽晶太陽能電池的 1/5~1/10，但其合成光敏劑價格仍然偏高，且通常具有毒性，本實驗希望透過植物染光敏劑成本較低且無毒性的特性，提供一乾淨且便宜的再生能源。另外光敏有機太陽能電池電極上利用溶膠凝膠法燒結奈米級的二氧化鈦需使用介面活性劑及保護劑，並要在高溫燒結，是否有更簡易的方法取代？本實驗希望利用分子量較高的幾丁質，在燒結時扮演關鍵角色，使製備流程更為簡易。

(二)、 研究目的：

- 1、 尋找適合燒結奈米膠體於玻璃上最佳的溫度及時間。
- 2、 比較傳統燒結及幾丁溶膠的體顆粒大小之比較（利用 SEM 掃描燒結體）。
- 3、 比較傳統燒結及幾丁溶膠的表面積之比較（利用 BET 測量不同之燒結體）。
- 4、 各種植物染料之萃取及能隙檢測。
- 5、 光敏有機太陽能電池之封裝及測試（公稱效率及時間劣化率）。

(三)、 研究原理：

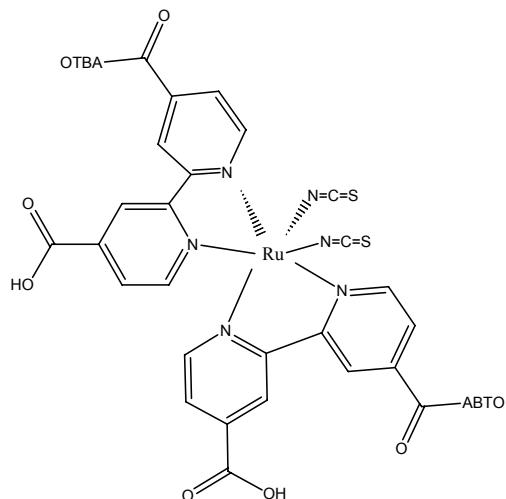


$$\text{BET 等溫吸附} \frac{P}{V(P^* - P)} = \frac{1}{cV_0} + \frac{(c-1)P}{cV_0P^*} ; \text{固體表面積} : S = \left(\frac{V_0}{V_M} \right) N_A A$$

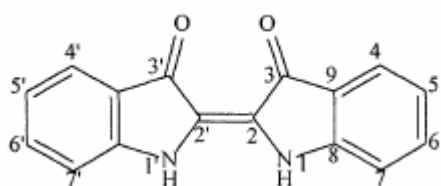
V_M ：吸附分子莫耳體積； N_A ：亞佛加厥數； A ：吸附分子所覆蓋面積； P ：平衡壓力； P^* 吸附氣體飽和蒸氣壓； c ：常數

(四)、 研究器材：

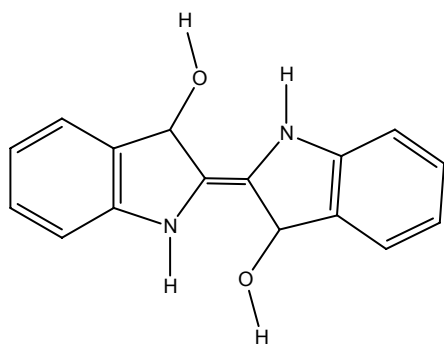
分光光度計(日立 U-2001) ，電壓電流及功率感測器、電子天平、石英玻璃、普通玻璃、自製旋轉台、微量滴管、超音波震盪器、磁石攪拌器、AFM 掃描、BET 表面積分析儀 Polypyridyl complexes of ruthenium、Merchrochronate(紅汞染料)、各種植物染料。



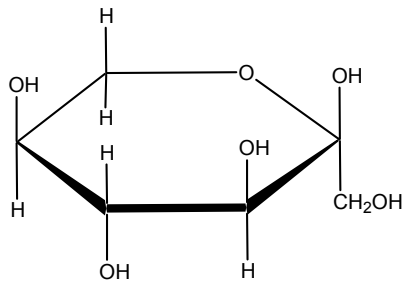
Polypyridyl complexes of ruthenium



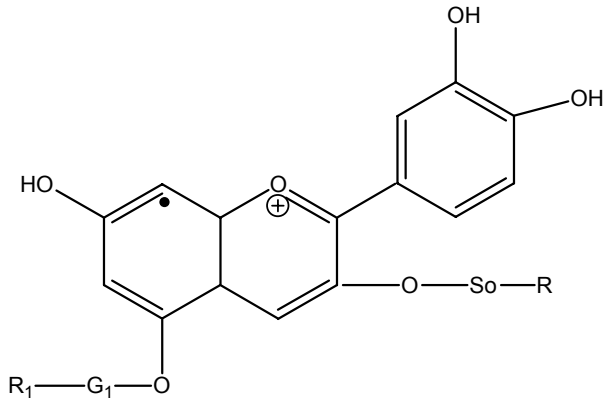
天然植物藍靛



靛白隱色鹽



sorbose 山梨糖

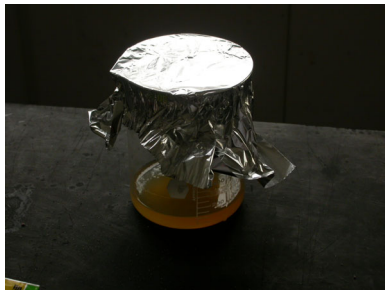


紫色高麗菜的色素 rubrobrassicine 為 anthocyanin 的配醣體
其中 So 為 sorbose 山梨糖；G1 為 glucose

(五)、 研究步驟：

〔實驗一〕幾丁質溶膠製備、燒結奈米二氧化鈦及燒結體顆粒大小之比較

- 1、蟹殼處理。
- 2、以針筒注射方式使其在 2M 之 NaOH 溶液中還原為球珠。
- 3、再將其加入 2M 之 NaOH 溶液中，利用加熱使幾丁質球珠去乙酰化。
- 4、最後將球珠加入 H_2O 中與 CH_3COOH 、 $Mg(NO_3)_2$ (pH=1~2) 共煮使其溶解成飽和幾丁聚醣溶液。
- 5、測每 1ml 中 chitin 之含量。



(去乙酰化前)



(去乙酰化後)

- 6、取 15ml 之飽和溶液置入烘乾機之中使其乾燥測得飽和溶液中每 1ml 中 chitin 之含量。(每 1ml 中 chitin 之含量 0.018g)
- 7、配製二氧化鈦的幾丁聚醣溶膠。(0.23ml 之 $Ti(OR)_4$ 溶液配置成 1ml 之混合溶液。)

8、清洗導電玻璃片。

9、1.5 克二氧化鈦 (1.15ml 之 $\text{Ti}(\text{OR})_4$) +5mL 幾丁聚醣溶膠+10 滴 acetylacetone (幾丁奈米二氧化鈦漿糊)

10、 3 克二氧化鈦+5mL 水+5 滴 acetylacetone+5 滴 triton-x100 介面活性劑

11、找尋低溫燒結的條件。

12、燒結體顆粒大小之比較 (利用 SEM 掃描之燒結體)

[實驗二] 各種植物染料之萃取及能隙檢測。(選用不用媒染劑的植物材料, 如洋蔥—黃色系; 山藍—藍色系; 桑椹、紫色高麗菜—紫紅色系; 紫色地瓜地下根—紅色系; 參考電池 1—用 Merchromochrome—藍色系; 參考電池 2—Polypyridyl complexes of ruthenium—紫色系)

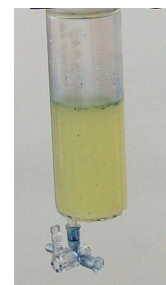
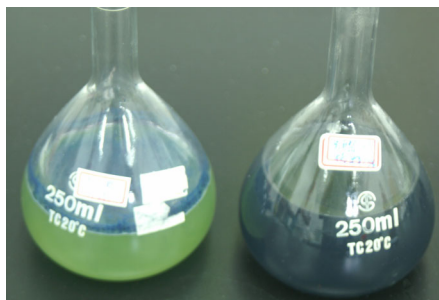
1、將選定天然植物染料的染用部份洗淨後, 將材料切小塊, 放入 -20°C 的冰箱一天

2、真空冷凍乾燥。

3、以乙醇及異丙醇浸泡萃取。

4、分子篩鉑黑催化還原靛藍生成靛白隱色鹽

5、以 UV/Visible 光譜進行吸收波長及能隙評估。



左側為化學還原所得靛白隱色鹽; 右側為靛藍為鉑黑分子篩所得靛白隱色鹽

[實驗三] 光敏有機太陽能電池之封裝。

1、取一培養皿, 加入色素溶液, 將二氧化鈦電極浸泡其中, 浸泡時間 18 小時。

2、浸泡完畢後, 取出待其自然陰乾, 再裝入乾燥密封罐, 保持乾燥! 需注意避免水氣吸附在二氧化鈦電極表面, 以免影響奈米太陽能電池之效率。

3、取一導電玻璃電極與二氧化鈦電極, 導電玻璃電極與二氧化鈦面, 面對面錯開 5 mm 對貼, 在其兩側各夾一片 PE 膜做為間隙子(spacer), 並以長尾夾固定。

4、以矽利光密封組裝光電池兩邊 (其效果比快乾、AB 膠和熱熔膠好)。

5、乾硬後, 以滴管吸取少許電解質溶液(20mL 丙醯碳酸酯 propylene carbonate+0.254 克碘+1.66 克碘化鉀), 滴一兩滴電解液於奈米太陽能電池未封住的一邊, 讓其藉由毛細作用吸入整個奈米太陽能電池之中。

6、待電解液完全充滿整個奈米太陽能電池後, 以牙籤沾取少許矽利光, 將剩下尚未封住的兩邊封住, 並以快乾密封四周。

7、剪下兩片長 2 cm 寬 5 mm 銅膠帶, 貼在兩側露出之透明導電玻璃上, 做為電池輸出端。

[實驗四] 光敏有機太陽能電池測試。

使用 oriel class A solar simulator (newport oriel instruments model 91160A) 測試組裝的電池之開路電壓(V)、短路電流(mA)、FF 因子和公稱效率

(六)、 實驗結果：

1、 不同比例幾丁質溶膠製備之比較

(表一) P. S 其他比例效果不彰，故不列入討論。

Chitin 量	9ml	8ml	7ml	6ml	5ml
ABS(320~500nm)	0.390	0.441	0.553	0.452	0.356
沉澱量	無	極少	極少	少	少
微泡均勻度	優	優	佳	良	良

(a) 幾丁聚醣所含單元醣之莫耳數 = $\frac{\text{所取 } \bar{V} \times \text{每ml所含重量}}{\text{單元醣之分子量}} = \frac{9 \times 0.018}{180} = 9 \times 10^{-4} (\text{mole})$

(b) 由實際操作可知，含 9 毫升 chitin 在配置過程中，不會產生沉澱，且在超音波震盪時，產生之微泡較為均勻。

(c) 幾丁質在本實驗中扮演保護劑及介面活性劑之功能。根據實驗結果，較多的幾丁質效果較好，所以筆者認為應取 9 毫升 chitin 較為妥當。

2、 幾丁聚醣溶膠的燒結與添加介面活性劑燒結之比較

(表二)

種類 \ 表現	時間	溫度	次數	燒結能力
Chitin	1 小時	400°C	1 次	佳
Triton X-100	2 小時	600°C	8 次	極差

(a) 在使用旋轉塗佈法時，筆者發現 Triton X-100 黏度較大不易塗均。

(b) 在實際的實驗中，筆者發現 Triton X-100 在燒結的條件上(溫度、時間、次數)困難度皆比 Chitin 高。

(c) 根據實驗結果，Triton X-100 不符合本實驗的需求，所以筆者決定用 Chitin 作為燒結玻璃之介面活性劑。

3、傳統燒結及幾丁溶膠的表面積之比較（利用 BET 測量不同之燒結體）

（表三）

	空白表面積(m ²)	全部表面積(m ²)	TiO ₂ 實際表面積(m ²)
幾丁質燒結	0.4145	0.458	0.0435
標準燒結	0.4989	0.5705	0.0716

(a) 上表是以玻璃棒塗抹奈米漿糊於導電玻璃上所測得的值。

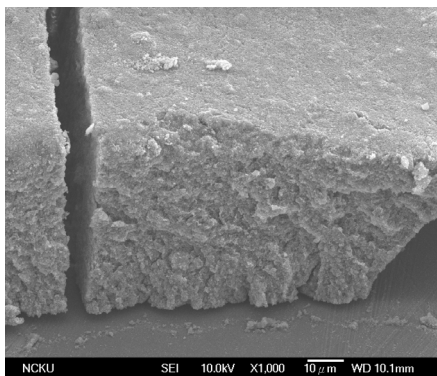
(b) 為了使奈米 TiO₂ 吸附較多的染料，所以改採以玻璃棒塗抹的方式來增加其厚度。

4、利用 SEM 測量不同之燒結體

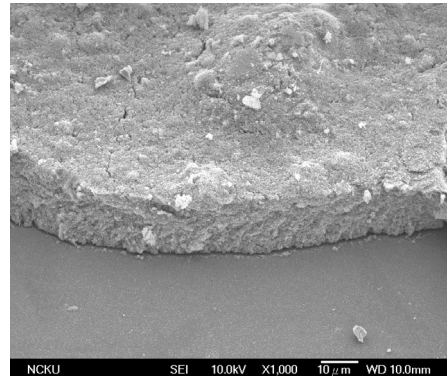
（表四）

	TiO ₂ 實際厚度 (μm)	TiO ₂ 實際體積 (10 ⁻¹⁰ ×m ³)	TiO ₂ 單位體積孔隙表面積 (10 ⁶ ×m ² / m ³)	TiO ₂ 實際狀態
幾丁質燒結	14.1	14.1	51.14	裂縫較少且較淺
標準燒結	49.6	49.6	8.77	有深裂縫

標準燒結 SEM 圖



幾丁質燒結 SEM 圖



5、各種植物染料之萃取及能隙檢測

（表五）

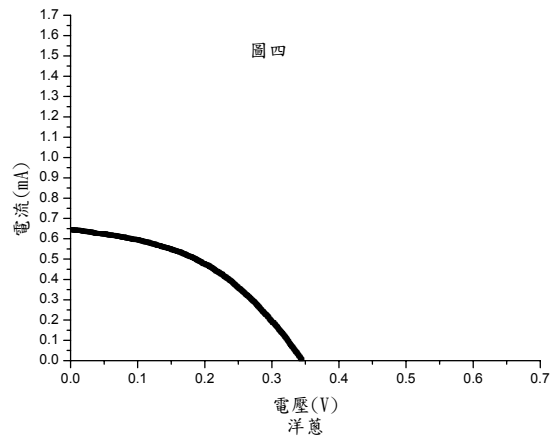
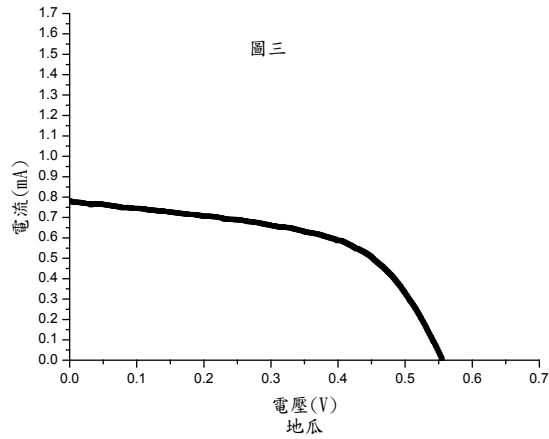
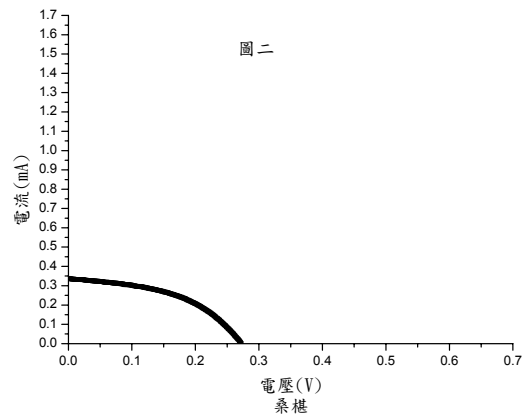
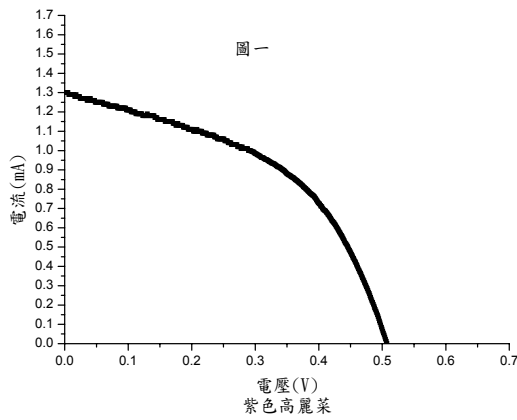
	吸收峰波長(nm)	吸收度(ABS)	吸收峰波長(nm)	吸收度(ABS)
Merchrochronate	517.0	0.716	384.5	0.056
N ₃ ⁻ ruthenium(II)	511.0	0.052	377.0	0.066
桑椹	664.0	0.392	536.5	1.857
紫色高麗菜	542.5	0.768	472.5	0.572
紫色地瓜	520.0	1.200	390.5	3.279
洋蔥	467.5	0.821	409.0	3.042
馬藍	538.5	0.438		

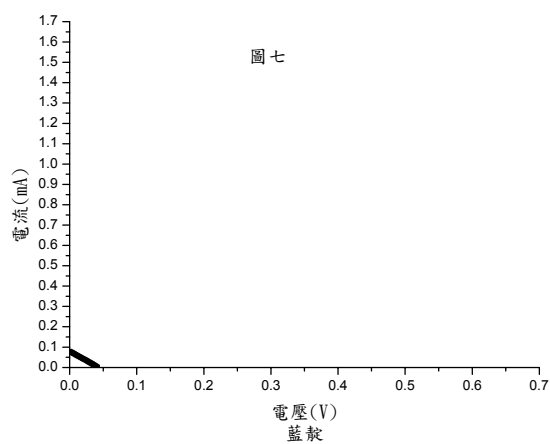
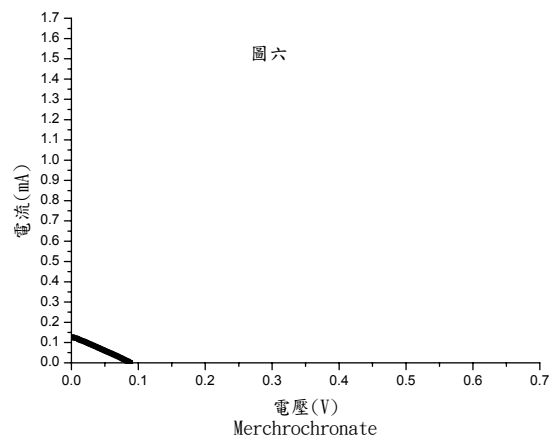
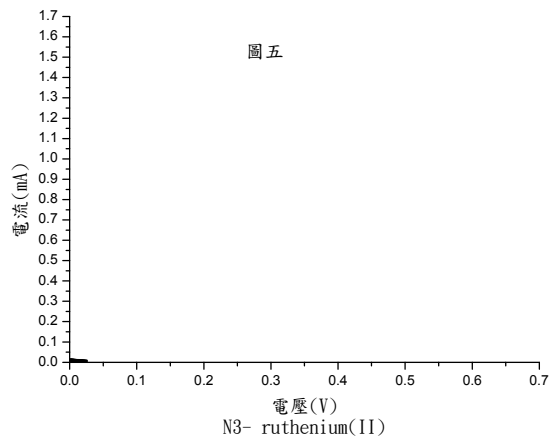
6、光敏有機太陽能電池之封裝及測試（公稱效率及時間劣化率）

(1) 幾丁質奈米漿糊

(表六)

	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF	公稱效率
桑椹	0.2724	0.3380	0.092	0.465	0.0427
紫高高麗菜	0.5074	1.3000	0.660	0.468	0.3090
紫色地瓜	0.5554	0.7810	0.434	0.546	0.2370
洋蔥	0.3450	0.6460	0.223	0.433	0.0964
藍靛	0.0417	0.0794	0.003	0.263	0.0009
Merchrochronate	0.0887	0.1280	0.011	0.267	0.0030
N_3^- ruthenium(II)	0.0235	0.0064	0.000	0.230	0.0000

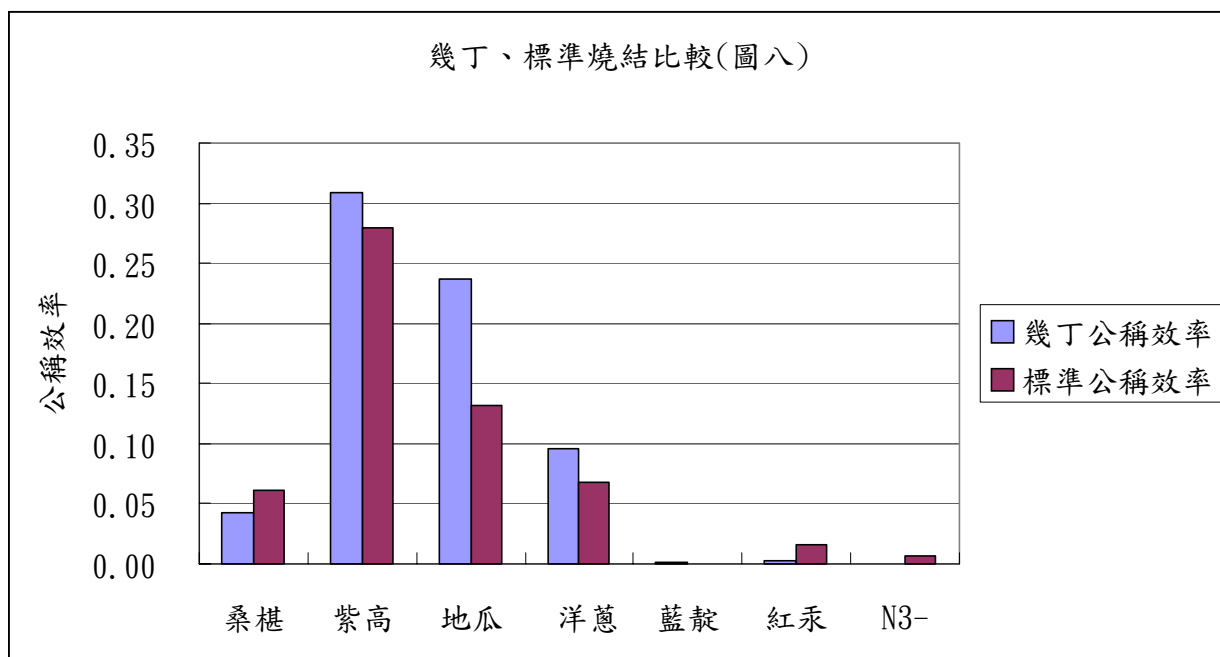




(2) 標準奈米漿糊

(表七)

	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
桑椹	0.360	0.3600	0.1300	0.469	0.0608
紫高高麗菜	0.517	1.2600	0.6510	0.429	0.2800
紫色地瓜	0.613	0.5120	0.3140	0.420	0.1320
洋蔥	0.320	0.4880	0.1560	0.431	0.0673
藍靛	0.022	0.0122	0.0003	0.251	0.0001
Merchrochrodate	0.335	0.1230	0.0412	0.379	0.0156
N_3^- ruthenium(II)	0.143	0.1480	0.0211	0.305	0.0064



7、時間劣化率比較：

(1) 幾丁質奈米漿糊

(表八)

桑椹(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.2734	0.4260	0.116	0.464	0.0541
7	0.2724	0.3380	0.092	0.465	0.0427
14	0.2730	0.5030	0.137	0.336	0.0461
21	0.2678	0.4280	0.115	0.336	0.0385

(表九)

紫高(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.5170	1.2800	0.662	0.492	0.3257
7	0.5074	1.3000	0.660	0.468	0.3090
14	0.5420	2.2500	1.220	0.410	0.5000
21	0.5340	1.5800	0.844	0.068	0.0575

(表十)

地瓜(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.5383	0.7870	0.424	0.516	0.2190
7	0.5554	0.7810	0.434	0.546	0.2370
14	0.5750	1.8700	1.080	0.210	0.2260
21	0.5417	1.4200	0.769	0.222	0.1710

(表十一)

洋蔥(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.3514	0.7340	0.258	0.440	0.1440
7	0.3450	0.6460	0.223	0.433	0.0964
14	0.3450	1.0400	0.359	0.222	0.0797
21	0.2422	0.6130	0.149	0.292	0.0434

(表十二)

藍靛(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.0278	0.0732	0.002	0.253	0.0278
7	0.0417	0.0794	0.003	0.263	0.0417
14	0.0388	0.0752	0.003	0.246	0.0388
21	0.0318	0.0544	0.002	0.262	0.0318

(表十三)

紅汞(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
Merchrochronate 1	0.0865	0.1960	0.017	0.304	0.0052
7	0.0887	0.1280	0.011	0.267	0.0887
14	0.2629	0.0046	0.001	0.134	0.2629
21	0.1332	0.0909	0.001	0.097	0.1332

(表十四)

N_3^- ruthenium(II) (時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.3400	0.0004	0.129	0.234	0.3400
7	0.0235	0.0064	0.000	0.230	0.0235
14	0.0420	0.0061	0.000	0.197	0.0420
21	0.0300	0.0016	0.000	0.117	0.0000

(2) 標準奈米漿糊

(表十五)

桑椹(時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.3311	0.3050	0.1010	0.485	0.0491
7	0.3600	0.3600	0.1300	0.469	0.0608
14	0.3400	0.3500	0.1190	0.306	0.0364
21	0.2990	0.3980	0.1190	0.267	0.0318

(表十六)

紫高 (時間; 天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.5383	1.1200	0.6030	0.462	0.2790
7	0.5170	1.2600	0.6510	0.429	0.2800
14	0.5320	2.7400	1.4600	0.249	0.3630
21	0.5280	1.5500	0.8180	0.275	0.2250

(表十七)

地瓜 (時間; 天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.4999	0.0108	0.0050	0.161	0.0009
7	0.6130	0.5120	0.3140	0.420	0.1320
14	0.6290	1.0500	0.6600	0.164	0.1090
21	0.4980	0.2820	0.1400	0.240	0.0337

(表十八)

洋蔥 (時間; 天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.3098	0.4660	0.1440	0.454	0.0656
7	0.3200	0.4880	0.1560	0.431	0.0673
14	0.2990	0.2720	0.0814	0.148	0.0121
21	0.2720	0.5280	0.1440	0.281	0.0403

(表十九)

藍靛 (時間; 天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
1	0.0075	0.0059	0.0001	0.252	0.0000
7	0.0220	0.0122	0.0003	0.251	0.0001
14	0.0970	0.0391	0.0038	0.326	0.0012
21	0.1740	0.0386	0.0067	0.201	0.0014

(表二十)

紅汞 (時間; 天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_o$	FF 因子	公稱效率
Merchrochronate					
1	0.0758	0.1290	0.0100	0.261	0.0026
7	0.3350	0.1230	0.0412	0.379	0.0156
14	0.2760	0.0862	0.0238	0.152	0.0036
21	0.0390	0.1050	0.0041	0.031	0.0001

(表二十一)

N_3^- ruthenium(II) (時間;天)	開路電壓(V)	短路電流(mA)	$I_{sc} \times V_0$	FF 因子	公稱效率
1	0.3400	0.0004	0.1290	0.234	0.0302
7	0.1430	0.1480	0.0211	0.305	0.0064
14	0.1180	0.1140	0.0134	0.287	0.0039
21	0.0420	0.0827	0.0035	0.225	0.0008

(七)、 實驗討論：

- 1、筆者根據文獻記載得知，在溶膠凝膠法中最重要的部分為溶膠本身的性質，因溶膠的性質會影響燒結顆粒的大小、均勻度以及燒結所需的溫度，而且溫度愈高則多孔性愈高，但是溫度高卻使導電玻璃的電阻升高甚多，使輸出電流降低。筆者所使用幾丁質所需的燒結溫度（350°C），初步實驗的確比其他溶膠凝膠低（標準燒結 500°C），可以使製作奈米顆粒的製程簡化。
- 2、幾丁質同時扮演介面活性劑以及保護劑，使實驗流程簡化，另外在低溫下即可燒結，可控制二氧化鈦的晶相在單一的金紅石晶相上，提升光觸媒的工作效率。
- 3、根據美國賓州大學的 Graig Grimes 表示，排列整齊的二氧化鈦奈米管陣列有很好的電荷轉移及光催化特性，應用在染料太陽能電池上，就像提供了電子移動的「高速公路」；UCLA 的 Yang Yang 也表示分子排列整齊可以提高光吸收率，因此，若在製備 chitin 時可使其分子量的分佈在較小範圍，進而使燒結於玻璃上的 TiO_2 顆粒及孔隙均勻，以產生較大的效能。
- 4、在美國維吉尼亞聯邦大學的研究人員製作水溶性聚合物太陽電池時，在覆蓋一層錫氟化物的玻璃基板上放置沒有保護劑的銳鈦礦二氧化鈦粉末醋酸溶液，以 500°C 烘烤一小時，燒結在基板上，其中二氧化鈦顆粒平均大小僅 80nm；但在本實驗中，筆者加入 chitin 可作為保護劑，因此燒結的二氧化鈦顆粒平均大小為 20nm，此點可由 SEM 證明。
- 5、McLeskey 表示可藉由改變 pH 值來調整電池的吸收光譜。部分植物染料有隨著 pH 值而產生顏色變化的特性，亦即在不同的 pH 值情形有不同的吸收光譜，因此在未來可藉此特性作出電池陣列，利用每個陣列中吸收光譜的不同達到全天候的發電，以獲得最大的效能。以紫色高麗菜為例，紫色高麗菜在 pH 值 1~2 為紅色，3 為粉紅，4 為粉紫，5 為淡藍紫，6 為藍紫，7 為紫青，8 為青綠，9~10 為翠綠，10~11 為草綠，11~13 為黃綠，13 以上則為深黃；此外，紫色高麗菜在本實驗中效能最佳，因此在未來若善加利用紫色高麗菜的此種特性，應有不錯的發展。或許在未來也可對不同的植物染料作出此類的探討和應用。
- 6、高效率光敏染料或許存在於長期在地球上演化的植物上，若能找到適合的染料，可確實降低成本，並且減少污染（人工合成通常含重金屬）。此外，在製程中無須使用任何有機溶劑，因此符合環保精神。由表六及表七可看出桑椹、紫色高麗菜、紫色地瓜及洋蔥的效率都比 Polypyridyl complexes of ruthenium、Merchrochronte(紅汞染料)等人工合成常用光敏染料高。其原因可能為，(一)植物染料濃度較高，此點可

由表五吸收度(ABS)得到證明。(二)植物染料對奈米二氧化鈦的吸附較佳。筆者從資料發現紫色高麗菜及其他植物的色素極性較高，易與極性較高的奈米 TiO_2 產生鍵結，而不易溶解在極性較低的電解液（丙醯碳酸酯 propylene carbonate），因此，這些極性較高的植物色素可長時間的作用而不易衰退；反觀 Polypyridyl complexes of ruthenium、Merchrochronate(紅汞染料)的極性較低，可能導致染料重新溶解在電解液中，而使效率偏低，其證據在極性低的染料 FF 因子都較低，水溶性較高的桑椹及紫色高麗菜都較高，且超越文獻上的值 (0.65~0.45)，此點希望藉由後續改變電解液來證實。

- 7、從藍靛化學式知，傳統方法製成的染料因含不溶性靛藍（且在乙醇中溶解度也偏低），顏色不易染至二氧化鈦上；分子篩催化所生靛白皆完全不含靛藍，此點可由光譜一在 660nm 沒有吸收得到證明，因為靛白對水的可溶性，故在染色上就可有非常好的效果（完全不浪費，且無污染）。其中分子篩催化，因為只要不斷充氫氣，或保持系統中有氫氣，即不怕靛白在浸泡時受氧化，可達到完全不浪費的結果。但靛白的濃度不夠高，而使效果較差，此點希望由溶劑的尋找來突破。
- 8、筆者在實驗中發現到藍靛對光的反應很靈敏，即反應速率很快，在未來應有不錯的發展性；但在此實驗中藍靛的效果不佳，原因在於藍靛對於本實驗所使用的溶劑及電解液並不合適，在未來若能找到適合藍靛的溶劑和電解液，應可發揮其功效。
- 9、實驗結果，燒結的溫度不同，使導電玻璃的電阻變化不同，其中幾丁溶膠燒結為 20~10 Ω/cm ；標準燒結為 110~60 Ω/cm 。
- 10、同濃度下的 Chitin 黏度比 Triton X-100 大，造成塗抹不易均勻，故加以稀釋，因此從 SEM 的圖可看出標準燒結的燒結體厚度大於幾丁質燒結的燒結體的厚度，由 BET 的結果顯示幾丁質燒結 TiO_2 的表面積小於標準燒結 TiO_2 的表面積，但是幾丁質燒結 TiO_2 的單位體積孔隙表面積 ($51.14 \times 10^6 \text{m}^2/\text{m}^3$) 大於標準燒結 TiO_2 的單位體積孔隙表面積 ($8.77 \times 10^6 \text{m}^2/\text{m}^3$)，亦及幾丁質燒結 TiO_2 的孔隙度大於標準燒結 TiO_2 的孔隙度。
- 11、由 SEM 的圖中可看到標準燒結 TiO_2 的圖中有明顯的裂縫，此現象可能造成電池內部的短路，使輸出的電流變小，功率降低；反之，幾丁質燒結 TiO_2 的圖則無，故可擁有較大的輸出電流及功率。
- 12、從表八到表二十一可看出在第一天到第七天的效率有稍微的提升，筆者認為其原因應為矽利光的溶劑已揮發，以致於矽利光收縮而導致兩片電極間的距離減短，因而使電池的內電阻變小，其證據為短路電流增加，但 FF 因子的變化不明顯。
- 13、從表八到表二十一可看出在第七天到第十四天的效率有明顯的提升，但此現象僅限於水溶性的植物染料，而極性較低的化學合成染料則無此現象，筆者認為其原因應為極少部分的水溶性的植物染料溶入電解液中而形成離子，使電池的內電阻下降，其證據為短路電流增加，但 FF 因子下降許多。
- 14、從表八到表二十一可看出在第二十一天時，部分電池的效能衰退不少，其原因在於電池封裝的不慎，致使電池產生漏液的現象，而導致電解液將外部銅膠帶還原造成逆電流，使效能降低。

- 15、從圖八可看出極性較低的染料在標準燒結的 TiO_2 中有較好的效能；水溶性的植物染料在幾丁燒結的 TiO_2 中有較好的效能。
- 16、筆者在實驗中發現到泡了六小時的紫色高麗菜染料所做的電池比泡了十八小時的紫色高麗菜染料所做的電池效果更佳，或許是因為染液中具有功效的物質較易進入 TiO_2 ，若能控制好泡染液的時間，則可獲得其最大功效，未來應針對泡紫色高麗菜染料的時間做出探討。
- 17、本實驗所封裝的電池 FF 因子雖然非常高，但公稱效率偏低，和資料上最領先的團隊所做出的效率 10% 左右仍有非常大的距離，原因在封裝技巧及電解液，但實驗的目的在比較同樣控制變因下，植物染料與合成染料效率之高下，結果顯示，植物染料有非常潛能取代合成染料。
- 18、為了解決進入電池的光能之封存，希望藉由鉑黑電極及背板貼銀色貼紙散射處理。
- 19、未來在燒結的厚度、染液的萃取及純化、電解液、燒結溫度、封裝黏膠等方面仍需進一步探討。
- 20、植物染料污染性較低，萃取簡易，在製作較大面積成本 (Polypyridyl complexes of ruthenium 每 0.1 克 16000 元) 及難度上可有突破。希望透過植物染料的探討，利用混合染料，可找到更寬能量光譜的收集。
- 21、筆者原先使用快乾來封裝電池，但事後發現所使用的電解液會將快乾溶掉，造成嚴重的漏液現象，因此後來的實驗均改用矽利光來封裝電池。以矽利光封裝較不易漏液，希望經由長期比較可確認植物染料的穩定性 (文獻顯示馬藍染布在二年後達到顏色的巔峰)
- 22、根據一份標題為 Nanomaterials for Next-Generation Energy Sources 的報導，這些由瑞士聯邦理工技術學院 (Ecole Polytechnique Federale de Lausanne) 的 GreatCell 公司正與澳洲的 STI 公司合作所生產的少量的「染料增感型太陽能電池」(dye-sensitized solar cell, DSC) 模組可以把約 7% 的入射太陽能轉換為電能，而目前利用昂貴的單晶矽製造的太陽能板轉換效率最高可達 18%，不過，由於 DSC 模組可以吸收較大角度範圍的太陽光，不像矽太陽能電池必須隨太陽的移動而調整擺設的角度才可獲得最大的效能，所以裝設在建築物表面，產生的能量將可媲美效率為 12% 的矽太陽能電池，故 DSC 有其深厚的發展潛力。

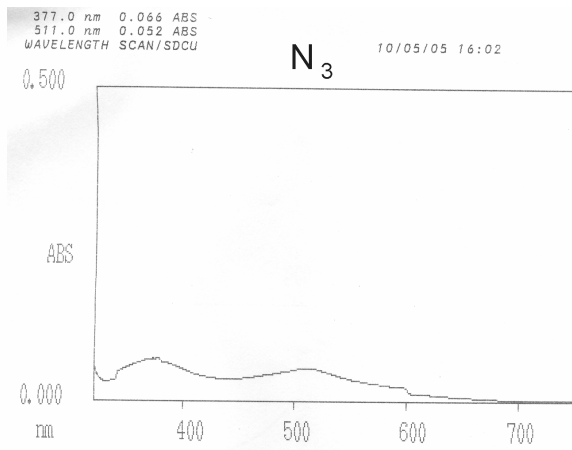
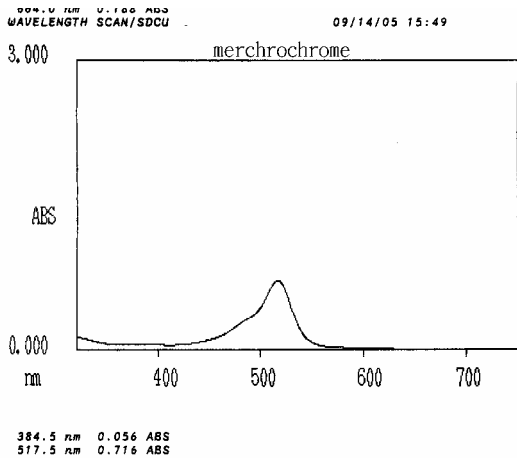
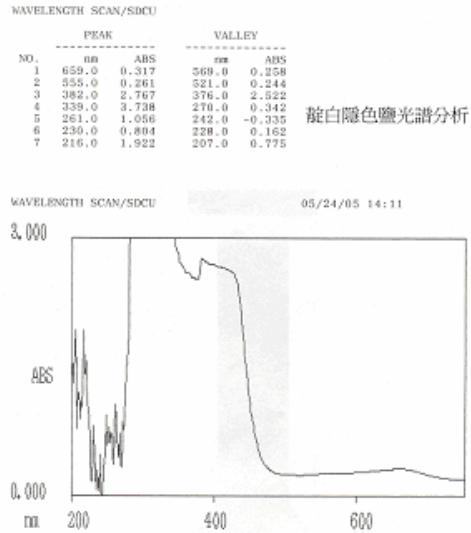
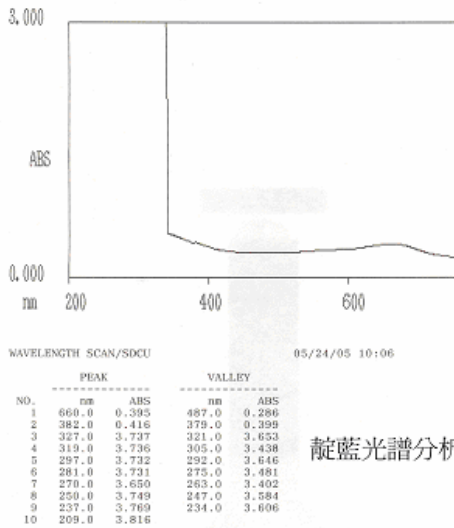
(八)、參考資料

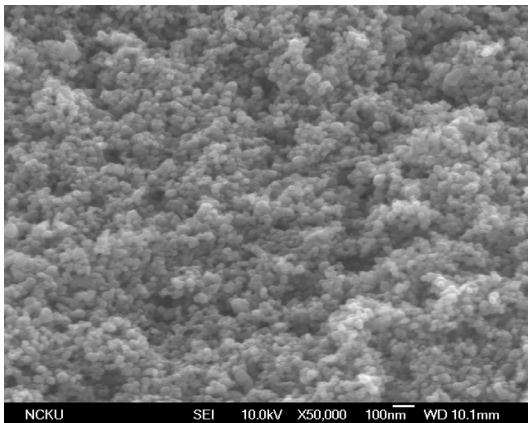
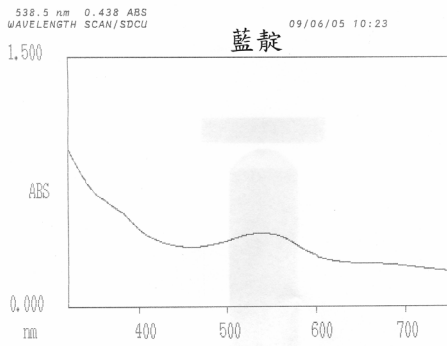
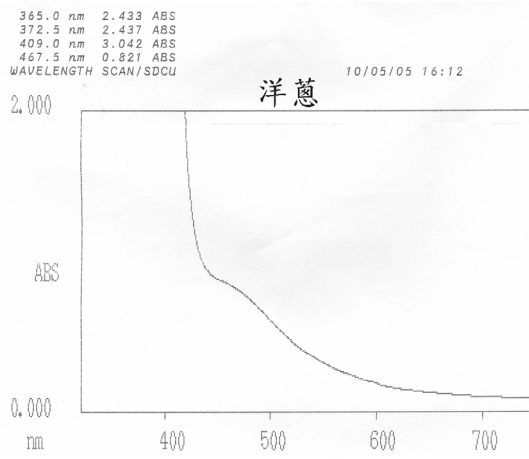
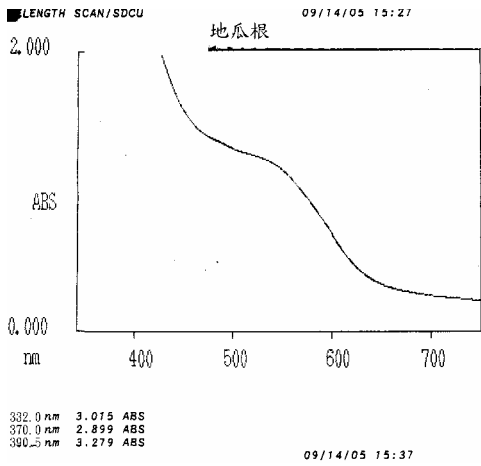
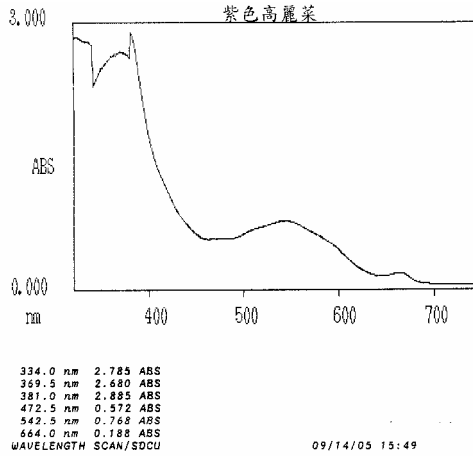
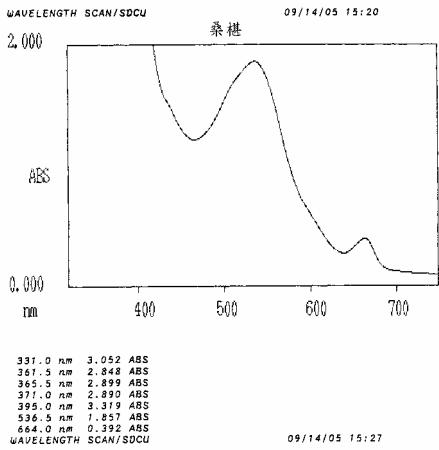
- 1、莊萬發；超微粒子理論應用，復漢出版社
- 2、魏碧玉、賴明雄；奈米材料在光學上的應用及其製造方法，工業材料，第 153 期，88 年 9 月，p. 113~123
- 3、呂英治、洪敏雄；奈米材料及製程介紹，科儀新知，第 22 卷第 6 期，92 年 6 月
- 4、莊嘉琛；太陽能工程(太陽能電池篇)，全華科技圖書股份有限公司，92 年 3 月
- 5、Janne Halme；Dye-sensitized nanostructured and organic photovoltaic cells: technical review and preliminary tests，Espoo, February 12, 2002

- 6、方泰山等；高中化學教師示範實驗，國立台灣師範大學化學研究所，78年4月
- 7、<http://www.optics.org/articles/news/11/10/8/1>
- 8、<http://www.nanotechweb.org/articles/news/4/6/9/1>
- 9、<http://nanotechweb.org/articles/news/4/5/2/1>

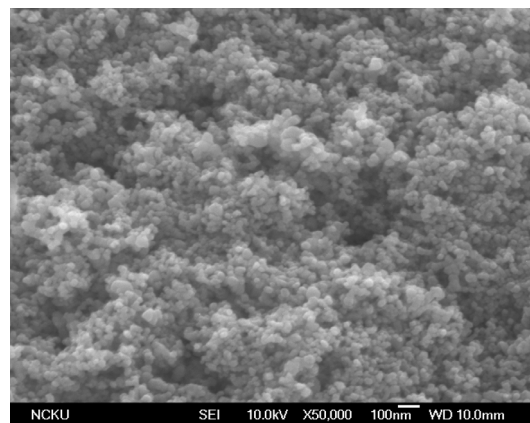
(九)、致謝：本實驗經成大化工系在各方面的全力支援指導，在此一併致謝。

(十)、附錄：





標準燒結 SEM



幾丁燒結 SEM

評語

利用植物染料來探討光敏太陽能電池，具有不錯的創意構想。比較不同染料的效應是繼續開發太陽能電池的一個正確方向。作品不錯，不過仍有改進的空間，在競爭激烈的題目中，找出最好的染料需要相當的苦工。