

第九屆旺宏科學獎

成果報告書

參賽編號：SA9-244

作品名稱：以廢棄液晶面板製作染料敏化電池之
探討

姓名：陳柏銘

關鍵字：液晶面板、氧化銦錫、太陽能

摘要

傳統染料敏化電池（Dye-Sensitized Solar Cell，DSSC）是以 ITO 導電玻璃製成，本作品研究主軸為將傳統染料敏化電池的製法轉移到廢棄電腦液晶螢幕之面板上，這樣可以用低成本製作敏化染料電池，又可廢物利用以減少廢棄物，可說是十分環保。

本作品研究目的為：

- 一、找到最佳處理廢棄液晶面板之方法。
- 二、找出最低阻抗，提升整體效率。
- 三、證實以廢棄液晶面板來製作敏化染料電池是否可行。
- 四、完整利用整片的廢棄液晶面板來製作敏化染料電池。

因液晶面板的廠牌不同，構造有所差異，所處裡的方法與效果也不同，因此製作染料敏化電池之前，所使用的廢棄液晶面板須作一些簡單的分析，才能得到效果良好的染料敏化電池。

以廢棄液晶面板製作染料敏化電池是可行的，與市售的 ITO 導電玻璃製作的染料敏化電池效果差異並不大，未來有滿大的發展的空間。

壹、研究動機

科技的日新月異帶給人類美好的生活，但製造不少廢棄物污染地球、影響環境，包括氣候異常。某天由於我們看到學校淘汰許多電腦液晶螢幕，於是激起回收廢電腦液晶螢幕再利用的想法，開始蒐集資料及相關文獻，希望賦予它新的生命！因此我們決定拿廢棄的液晶面板來做染料敏化太陽能電池，因為染料敏化太陽能電池較不需很多昂貴的器材與藥品，而且我們要把染料敏化電池從 ITO 導電玻璃轉移到液晶面板的導電玻璃上，這樣就解決許多廢棄液晶面板的問題，成品又是綠色能源，如此，即可達到廢物利用做環保的目的。

貳、研究目的

- 一、找到處理廢棄液晶面板之方法。
- 二、測量液晶面板之阻抗，找出效果最佳者。
- 三、比較分別以廢棄液晶面板和市售 ITO 導電玻璃製作染料敏化電池之差異。
- 四、比較以整面與切割成尺寸 4x4 公分廢棄液晶面板製作染料敏化電池之差異。

參、實驗原理

電腦液晶螢幕（Liquid Crystal Display，LCD）之原理

液晶螢幕成像原理是把液晶分子夾在兩塊導電玻璃之間，兩片導電玻璃上都有一層配向膜，配向膜的功用是讓液晶分子會依配向膜的細溝槽方向依序旋轉排列，這樣在不加電壓下的情況下，光線會沿著液晶分子的間隙前進而轉折 90 度，所以光可通過偏光膜，但加入電壓後，光順著液晶分子的間隙直線前進，因此光被偏光膜所阻隔，電壓的加入，是利用玻璃基板上的透明電極（氧化銦錫，ITO）所加入的。

因為液晶是沒有顏色也不會發光，所以我們所看到的光線及色彩都是靠背光模組及彩色濾光片，當拆開電腦液晶螢幕時，我們可以看到液晶面板背後有一個背光模組，這個模組是一散光板、數片濾光片和發光器組成，這樣照亮了不會發光的液晶面板，光線進入了彩色濾光片，會被過濾出 RGB 三原色，就成了我們所看到的彩色影像。

液晶面板的導電玻璃和市面上所販售的 ITO 導電玻璃的導電層都是氧化銻錫，所以我們想知道液晶面板的導電玻璃是否能替代市面上所販售的 ITO 導電玻璃。

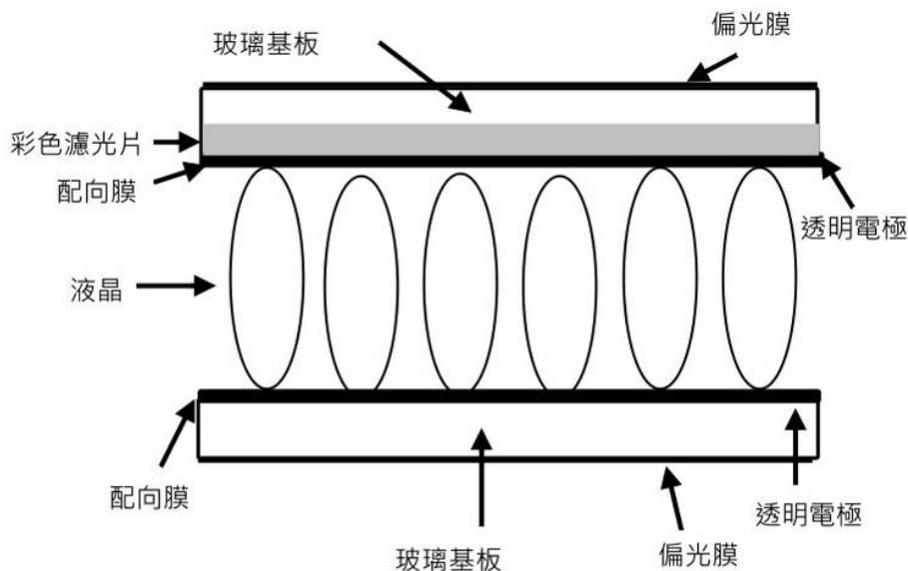


圖 1.液晶面板構造圖

肆、研究設備及器材

一、器材

廢棄液晶面板	自製切割台
超音波清洗器	ITO 導電玻璃
燒杯	研鉢
銅箔膠帶	導電銀漆筆
27W PL 檯燈	噴槍
自製旋轉塗布機	三用電表
烘箱	滴管
蠟燭	計時器
針筒	長尾夾
鱷魚夾	檢流計
磁石攪拌機/加熱板	雙面膠
照度計	吸塵器

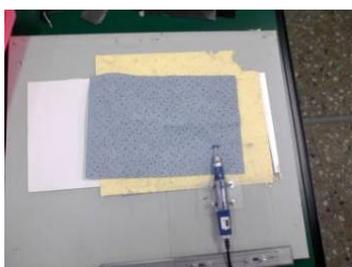


圖 2.自製切割台 1



圖 3.自製旋轉塗布機



圖 4.噴槍

(二) 藥品

異丙醇

冰醋酸

異丙氧基鈦(TTIP)

N3 染料

碘化鋰(LiI)

95%乙醇

蒸餾水

無水乙醇

活性碳粉

奈米級二氧化鈦(TiO₂)

碘(I₂)

丙烯碳酸鹽

丙酮

鹽酸

玻璃膠

伍、研究過程

一、廢棄液晶面板之處理

(一) 切割廢棄液晶面板

- 1.比較用玻璃刀與鑽石磨刀切割效果何者較佳。
- 2.比較保留與未保留偏光膜切割，何者破損率較低。
- 3.把液晶面板上下兩塊導電玻璃分開：依不同廠牌使用不同處理方法。

A 廠牌液晶面板(圖 5)

使用投影片把面板四周封裝膠刮除，再把投影片漸漸插入面板裡，令兩片導電玻璃分離。

B 廠牌液晶面板(圖 6)

先用切割台切除面板的一角，再將投影片漸漸插入切除的一角裡，令兩片導電玻璃分離。

兩片導電玻璃分離後，保留偏光膜，用切割台切割成 4x4 公分尺寸，方便製作小片的染料敏化電池(圖 7)。

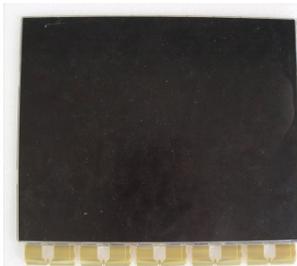


圖 5.A 廠牌液晶面板



圖 6.B 廠牌液晶面板

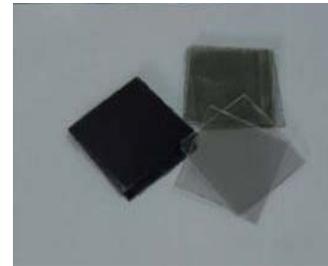


圖 7. 切割完成之面板
(已去偏光膜)

(二) 清洗液晶面板

把切割好及去除偏光膜的面板放入超音波清洗器中，分別以丙酮、水和 95%乙醇各震盪清洗十分鐘後，取出晾乾。

(三) 刮除配向膜

使用面板碎片刮除面板的下層導電玻璃(以下簡稱白)的配向膜，刮的方向與導電玻璃上的導線平行較好刮除，刮除配向膜後的導電玻璃會失去金屬光澤。

二、面板阻抗之測試

在製作過程中，面板加熱數次，高溫可能會氧化面板上的氧化銻錫，而導致阻抗增加，使面板的光電轉換效率降低，面板 ITO 上的配向膜也許具有保護的功能影響阻抗，由以下實驗設計探討面板組抗是否受配向膜影響。

(一) 實驗一：比較有無刮除配向膜，對阻抗的影響。

- 1.準備已切好的面板（可用切割過程中破掉的面板）。
 - 2.在上層的導電玻璃（黑）和下層的導電玻璃（白），各標示已刮和未刮之後，貼上銅箔膠帶，作為電極，再以三用電表測試其阻抗。
- ※面板的上層的導電玻璃的顏色是黑色所以用「黑」表示，下層的導電玻璃的顏色是半透明所以用「白」表示。

（二）實驗二：比較白導電玻璃加溫過後，有無刮除配向膜，對阻抗的影響。

- 1.準備已切好的面板（可用切割過程中破掉的面板）。
 - 2.拿三組面板分別標示烤後且未刮、刮後再烤、烤後再刮。
 - 3.以 115°C 烘烤 30 分鐘後貼上銅箔膠帶，作為電極，再以三用電表測試其阻抗。
- ※烤後且未刮是表示烘烤後不刮除配向膜，刮後再烤是表示刮除配向膜後再烘烤，烤後再刮是表示烘烤後再刮除配向膜。

三、以廢棄液晶面板來製作敏化染料電池的前置準備

（一）塗布液的製作

先取異丙醇 42.4 毫升、TTIP 10.4 毫升和醋酸 12.4 毫升放入燒杯中，以磁石攪拌機攪拌，在緩慢滴入蒸餾水 6.4 毫升，此時溶液變成白色且表層會有些凝固，可用玻棒攪拌一下，即可解決凝固問題，攪拌 30 分鐘後，將溶液倒到研鉢裡，再加入 4 克 TiO₂ 研磨 5 分鐘後，再倒入另一個乾淨的燒杯中，以磁石攪拌機攪拌 12 小時後即為成品。

（二）酸化液的製作

先在 1 公升的容量瓶中放入一些蒸餾水後，放入鹽酸 3.65 克，再加入蒸餾水即可得 0.1M 的酸化液。

（三）N3 染料的配製

取 0.1 克 N3 (Mt.741.7) 溶於 40 毫升乙醇中，可得濃度 $3.37 \times 10^{-3} \text{M}$ ，要使用時再以乙醇稀釋 10 倍可得濃度 $3.37 \times 10^{-4} \text{M}$ 即可使用，如果不馬上使用，須密封以鋁箔紙包起避光，以免受光照而變質。

（四）電解液的製作

取 LiI 0.67 克和 I₂ 0.127 克溶於 50 毫升丙烯碳酸鹽，可得 LiI 0.1M + I₂ 10mM 之濃度，若不立刻使用，必須以鋁箔紙密封，避免受光照變質。

四、染料敏化電池基本製作流程及方法

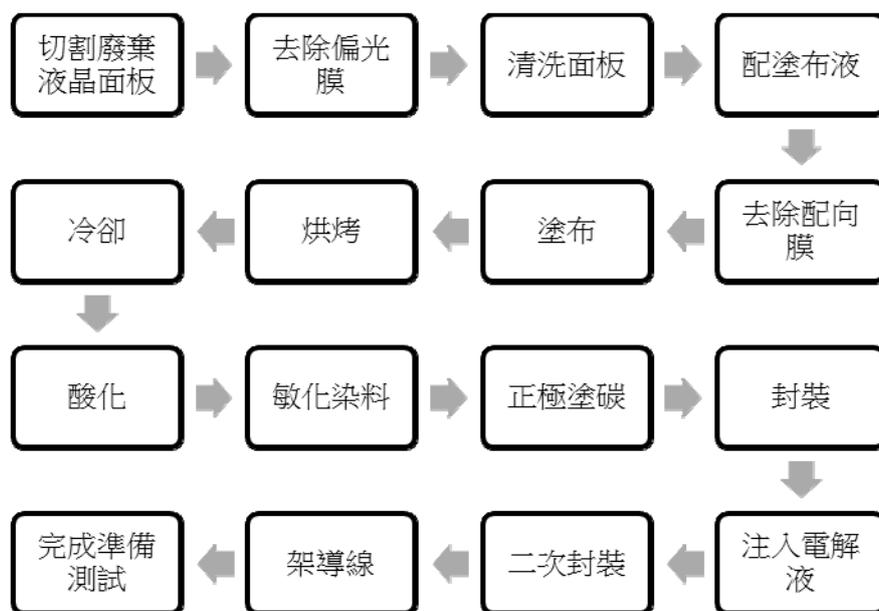


圖 8. 染料敏化電池製作流程圖

(一) 塗布方法

1. 旋轉塗布

製作 4x4 公分尺寸染料敏化電池之塗布，採用旋轉塗布法，面板在塗布前，先用乙醇沖洗後用試鏡紙擦乾，用膠帶貼四邊各 7mm，預留架導線之用，再放到我們自製的旋轉塗布機上（導電面朝上），調好水平後，把轉速調到 1800rpm，於中央滴入 1 毫升塗布液後，5 秒內把電源關閉，把模板拿起約等待 10 秒，表面的塗布液乾燥後（圖 9），把膠帶撕起，即完成塗布，如圖 10。

2. 噴槍塗布法

面板在塗布前，先用乙醇沖洗後，用試鏡紙擦乾，用膠帶貼四邊各 10mm，預留架導線之用，在使用噴漆設備把噴嘴與桌面水平方式放置以水平方式來回噴，完成等表面的塗布液乾燥後，把膠帶撕起(圖 11)，即完成塗布，如圖 12。



圖 9. 旋轉塗布完成



圖 10. 旋轉塗布完顯微照 (100 X)

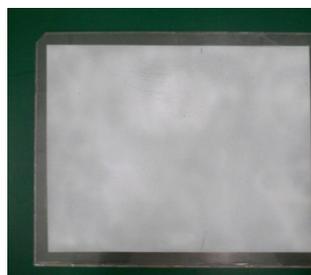


圖 11. 噴槍塗布完成

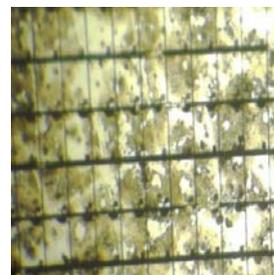


圖 12. 噴槍塗布完顯微照 (100 X)

(二) 烘烤

把塗布完成的二氧化鈦之模板放入烘箱，用 115°C 烘烤 30 分鐘，如果不立即酸化，保存在無水乙醇中，使用前在加熱板上以 80°C 烘乾。

(三) 酸化

把烘烤後的模板放入 0.1M 鹽酸裡浸泡 1.5 小時，再以無水乙醇沖洗後，於加熱板上以 80°C 烘乾或保存在無水乙醇中。

(四) 敏化染料

把已酸化之模板放入稀釋 10 倍 N3 染料裡，敏化過程，容器需以鋁箔紙紙包起避光，避免受光照影響結果，浸泡 18 小時，再以無水乙醇沖洗後，於加熱板上以 80°C 烘乾(圖 15、16)。

(五) 正極塗碳

1. 4x4 公分尺寸染料敏化電池之塗碳

用鑷子夾住面板邊緣，在蠟燭的火焰上以旋入方式燻黑面板的導電面之後，再用棉花棒抹除邊緣的碳（預留電極），即完成塗碳(圖 13)。

2. 整片面板染料敏化電池之塗碳

用膠帶貼四邊各 10mm，預留架導線之用，把活性碳粉混於丙酮中，利用噴槍把混合液均勻噴灑在液晶面板導電面上，等丙酮揮發後，完成塗碳(圖 14)。

(六) 封裝

將二氧化鈦模板的兩邊黏上雙面膠(圖 16)，避免膠擴散到二氧化鈦塗層上，再把玻璃膠塗在雙面膠外側，把塗炭模板合上手重壓，完成封裝。

(七) 注入電解液

電解液以 $10 \mu\text{l}/\text{cm}^2$ 的量注入其中一個電極裡，用吸塵器在另一個電極的縫把空氣吸出，令電解液進入，製作 4x4 公分染料敏化電池可直接注入電解液，不用吸塵器抽氣。

(八) 二次封裝

注完電解液後，用玻璃膠把注射邊封住，避免電解液流出。

(九) 架導線

等二次封裝完成後，在兩電極黏上銅箔膠帶，再用銀漆筆劃過銅箔與模板之交界處，製作 4x4 公分廢棄液晶面板染料敏化電池務必注意銅箔膠帶的方向要與模板上的導線垂直(圖 17)，即完成組裝，整面染料敏化電池須以原本液晶面板訊號線的接點處貼上銅箔(圖 18)。

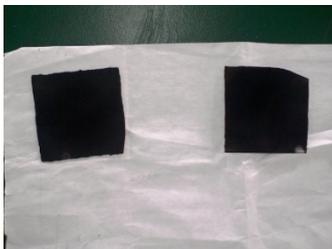


圖 13.尺寸 4x4 公分塗碳

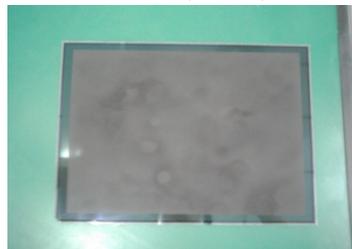


圖 14.整面塗碳



圖 15.尺寸 4x4 公分敏化

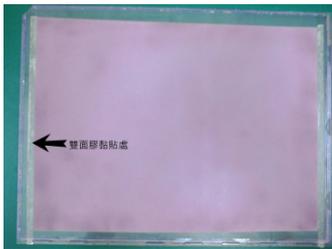


圖 16.敏化完成與黏上雙面膠

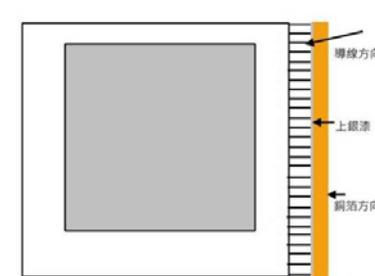


圖 17.組裝示意圖

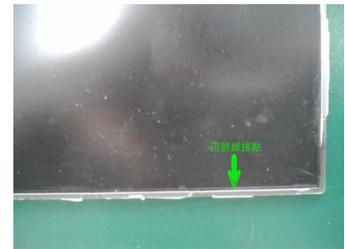


圖 18.組裝示意圖

五、照度測試

測出 4x4 公分染料敏化電池與光源距離 1、10、20、30 公分的照度，再以此照度為測試比較的基準。測出的照度分別為 67100lux、8860lux、3340lux、1570lux。

六、比較分別以廢棄液晶面板和市售 ITO 導電玻璃製作染料敏化電池之差異

製作以市售 ITO 導電玻璃（以下稱純 ITO 導電玻璃）的染料敏化電池為標準，把以液晶面板製作的敏化染料電池分為一黑一白(上層導電玻璃簡稱黑)和二白兩組，在相同的照度下，測量出電壓與電流值，在計算出最大輸出功率，來比較效果的差異。

七、比較以整片與切割成尺寸 4x4 公分廢棄液晶面板製作染料敏化電池之差異

液晶面板製作的敏化染料電池分為整面的面板與上述實驗的液晶面板製作的敏化染料電池中效果最佳者兩組，在相同的照度下，測量出電壓與電流值，在計算出最大輸出功率，來比較效果的差異。

※最大輸出功率的公式： $P_{\max}=I \times V$ 。

陸、結論

一、找到處理廢棄液晶面板之最佳方法

我們有使用過玻璃刀來切割液晶面板，但無法切割，每次切割面板非常容易破裂(圖 20)，於是改用鑽石磨刀切割及保留偏光膜的方式切割，即可改善此問題，又利用鑽石磨刀及廢棄電腦桌改裝成切割台，讓切割更順手(圖 19)。

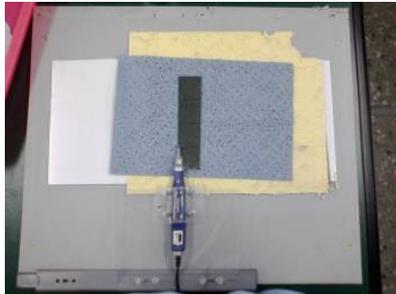


圖 19. 準備切割面板之切割台



圖 20. 使用玻璃刀切割面板的破裂情形

(二) 測量液晶面板之阻抗，找出效果最佳者

我們發現液晶面板之氧化銻錫層的分布並不是整面，是以導線狀分布，所以銅箔膠帶貼的方向與面板上的導線平行或垂直，都會影響到阻抗值。當配向膜刮除後，導電玻璃（白）(圖 21) 的導電面會失去金屬光澤，而導電玻璃（黑）(圖 22) 的彩色濾光片會一起被刮除，看起來像導電玻璃（白）(圖 23)。



圖 21. 導電玻璃（白）
已刮顯微照（40 X）

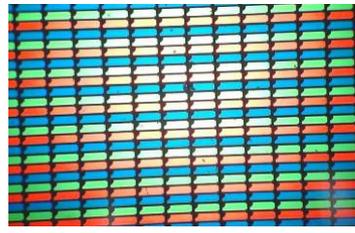


圖 22. 導電玻璃（黑）
未刮顯微照（40 X）

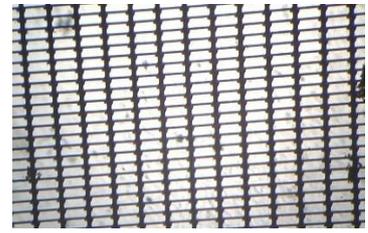


圖 23. 導電玻璃（黑）
已刮顯微照（40 X）

表 1. 電極與上面的導線平行

導電玻璃種類	已刮阻抗值(Ω)	未刮阻抗值(Ω)
黑	66	16
白	71	無限大

表 2. 電極與上面的導線垂直

導電玻璃種類	已刮阻抗值(Ω)	未刮阻抗值(Ω)
黑	66	16
白	61	無限大

※面板的上層的導電玻璃的顏色是黑色以「黑」表示，下層的導電玻璃的顏色是半透明以「白」表示。

表 3. 電極與上面的導線平行

刮後再烤阻抗值(Ω)	烤後且未刮阻抗值(Ω)	烤後再刮阻抗值(Ω)
19	無限大	28

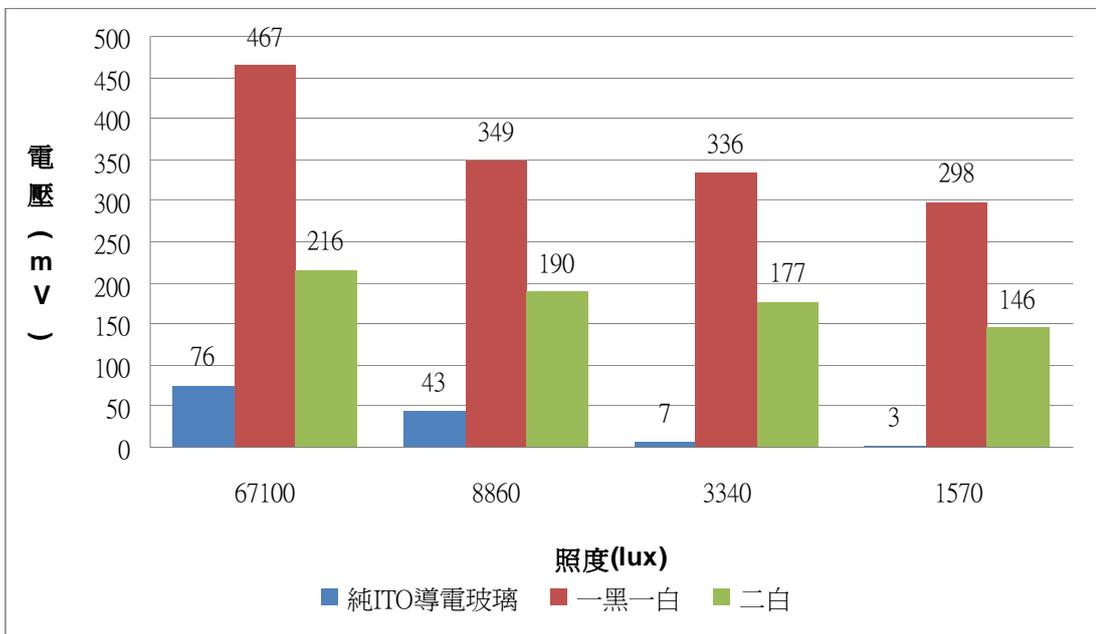
表 4. 電極與上面的導線垂直

刮後再烤阻抗值(Ω)	烤後且未刮阻抗值(Ω)	烤後再刮阻抗值(Ω)
23	無限大	10

由上表得知，黑導電玻璃刮除配向膜後，阻抗會升高，白導電玻璃刮除配向膜後，阻抗會降低，白導電玻璃電極與上面的導線垂直且烤後再刮阻抗值，因此製作染料敏化電池時，黑導電玻璃不刮除配向膜，白導電玻璃的電極與上面的導線垂直且烤後再把配向膜刮除，這樣的組合，效果最佳。

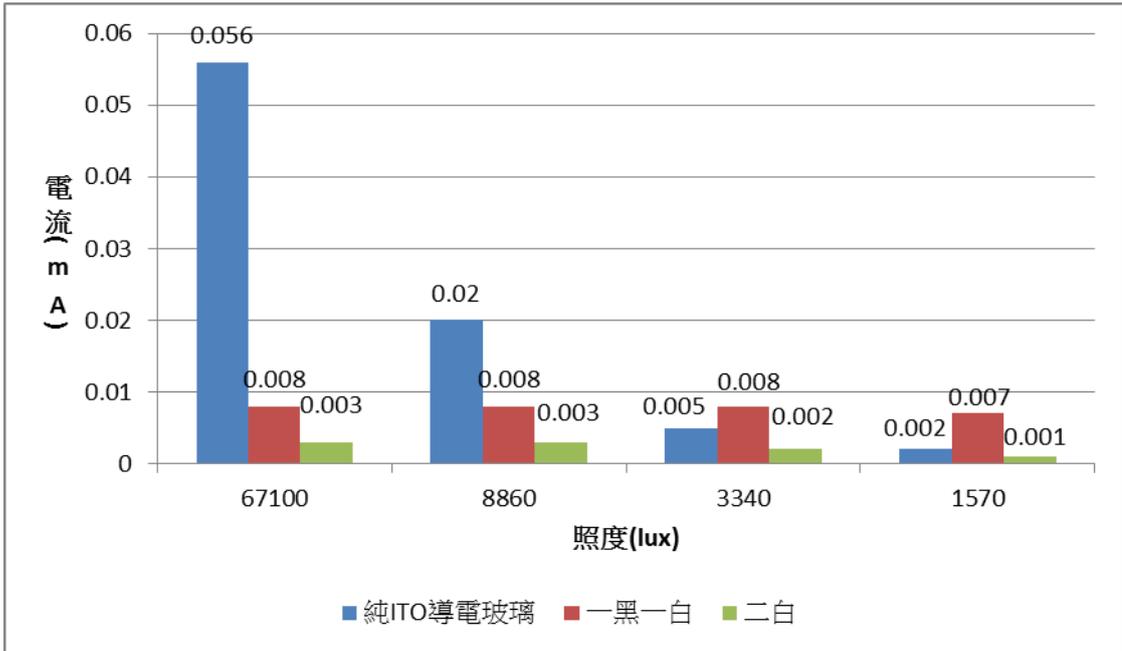
二、比較分別以廢棄液晶面板和市售 ITO 導電玻璃製作染料敏化電池之差異

表 5.比較電壓



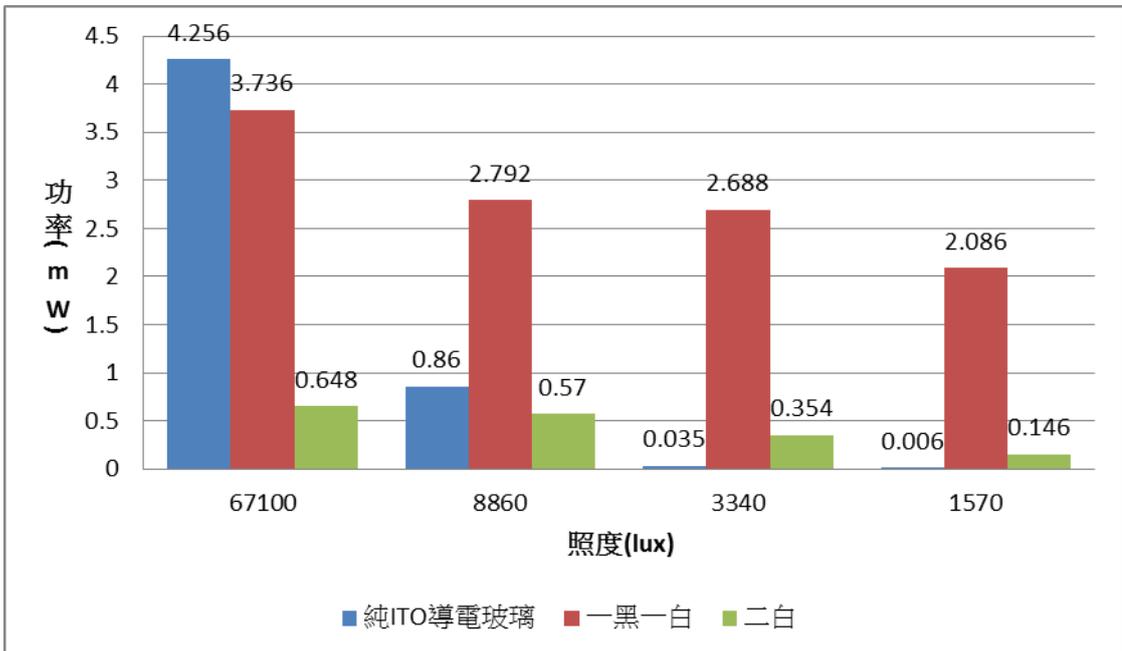
由表 5 可得知一黑一白測的電壓最高、二白次之，且廢棄液晶面板製作的染料敏化電池照度降低電壓的下降幅度比 ITO 導電玻璃少。

表 6. 比較電流



由表 6 可得知純 ITO 導電玻璃的電流最高，一黑一白次之，但從照度 3340lux 之後可發現以廢棄液晶面板的電流比 ITO 導電玻璃高及廢棄液晶面板製作的染料敏化電池隨照度降低電流的下降幅度很少。

表 7. 比較功率



由表 7 可得知純 ITO 導電玻璃的功率最高，一黑一白次之，但從照度 8860lux 之後可發現一黑一白的功率下降幅度少而 ITO 導電玻璃的功率下降幅度最多。

綜合以上圖表得知以下幾點:

1. 廢棄液晶面板製作的染料敏化電池的特色是高電壓低電流，純 ITO 導電玻璃製作的是低電壓高電流，因此未來可以利用各自特色應用在不同的領域。
2. 廢棄液晶面板製作的染料敏化電池隨照度降低電壓與電流的下降幅度很少，因此可以推液晶面板製作的染料敏化電池有電容效應。

3.廢棄液晶面板製作的染料敏化電池與純 ITO 導電玻璃製作的最大功率只差 0.52mW ，證明了可以用廢棄液晶面板製作染料敏化電池。

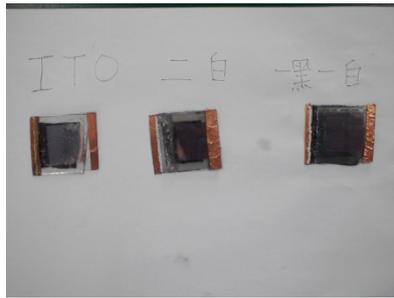
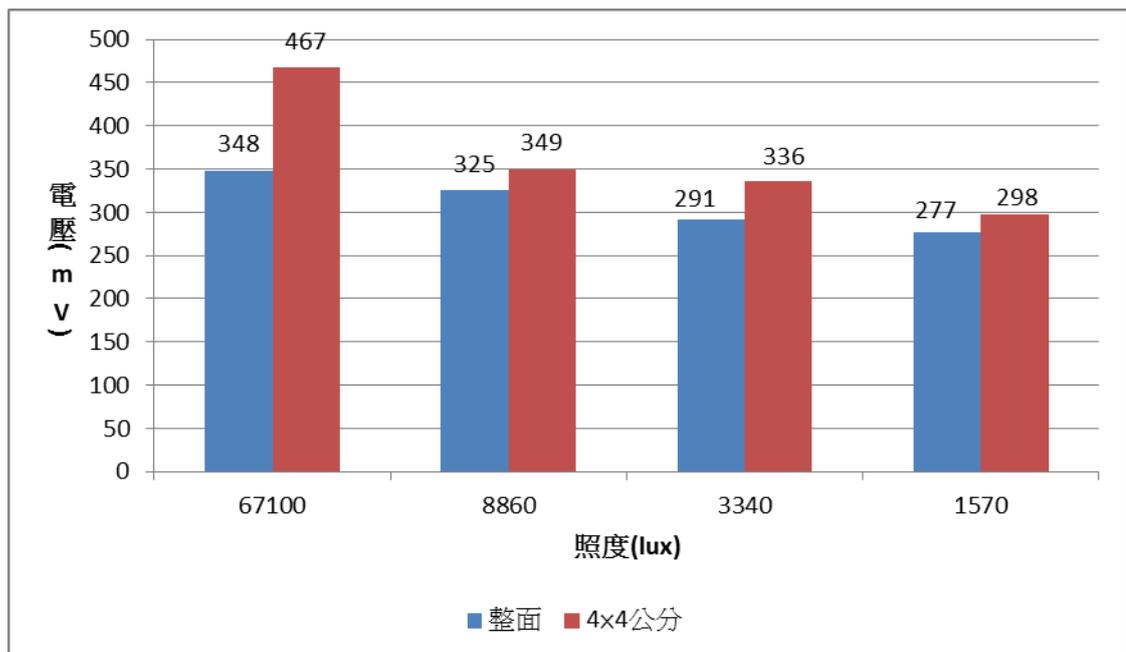


圖 24. 4x4 成品

(三)比較以整面與切割成尺寸 4x4 公分廢棄液晶面板製作染料敏化電池之差異

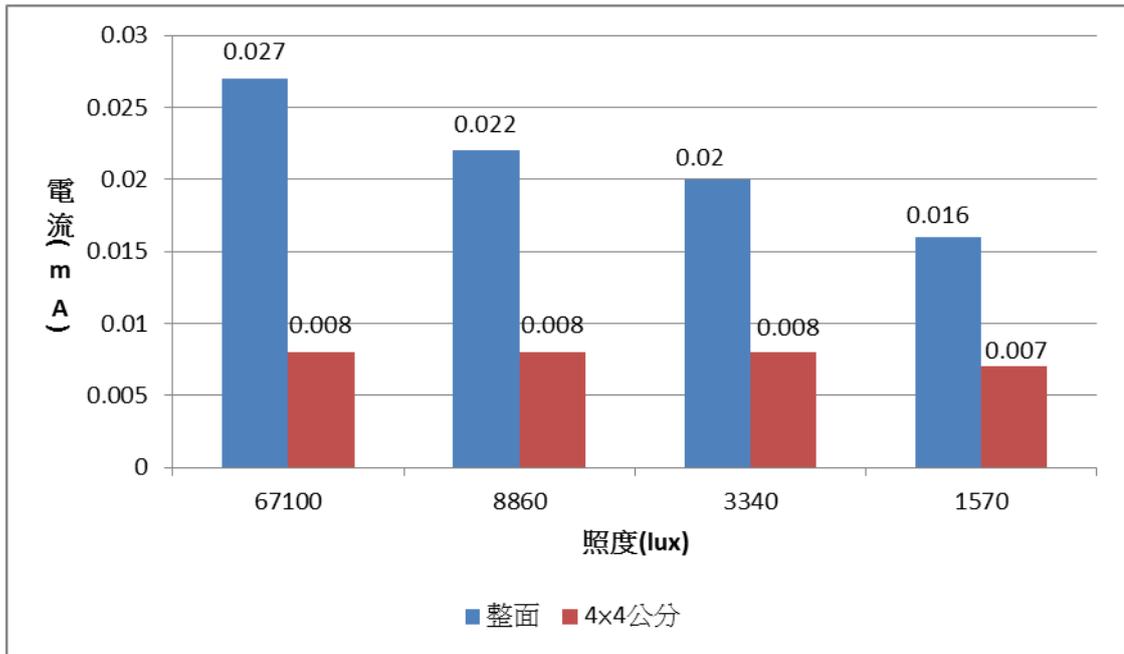
以上實驗結果得知廢棄液晶面板製作的染料敏化電池以一黑一白的效果最佳，所以本實驗用整面與尺寸 4x4 公分廢棄液晶面板製作染料敏化電池用一黑一白的組合來作較。

表 8. 比較電壓



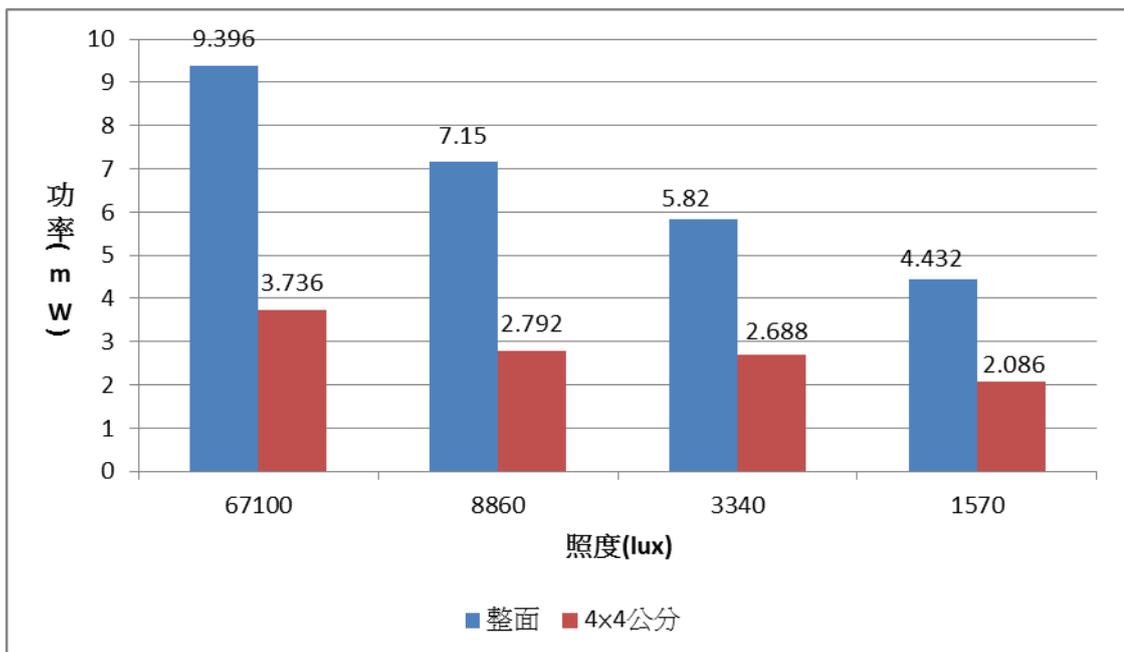
由表 8 可得知 4x4 公分的電壓最高，兩者隨照度降低電壓的下降幅度相近。

表 9. 比較電流



由表 9 可得知整面的電流最高，與 4x4 公分的電流相距很大，但 4x4 公分的電流隨照度下降，電流的下降幅度並不大。

表 10. 比較功率



由表 10 可得知整面的功率最高，與 4x4 公分的功率隨照度降低相距由高→低。綜合以上圖表得知以下幾點:

1. 整面與 4x4 公分比較出的特色低電壓高電流，尤其電流與 4x4 公分相差很大。
2. 4x4 公分隨照度降低，電流與功率下降幅度並不大，所以 4x4 公分的電容效應較整面明顯。
3. 整面的功率比 4x4 公分大很多，所以未來整面較 4x4 公分容易運用。



圖 25.整面成品

柒、討論及應用

一、討論

(一)關於切割液晶面板的方法

利用鑽石磨刀切割液晶面板但偶爾還是有面板破裂情形發生，而且用鑽石磨刀切割速度有點慢，所以還可以嘗試別種切割方法來改善。

(二)關於刮除配向膜的方法

刮除配向膜的方法，我們有嘗試以砂紙(圖 26)和切割損壞的面板碎片(圖 27) 來刮除，目前以面板碎片來刮除效果較佳，刮傷痕跡比較少，如果能找出適當的化學藥品，直接把配向膜去除，效果應該會更佳。

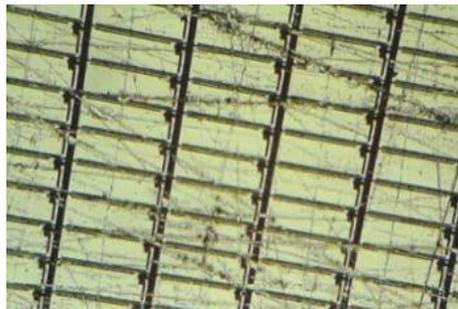


圖 26.以砂紙刮除配向膜之顯微照--刮傷嚴重

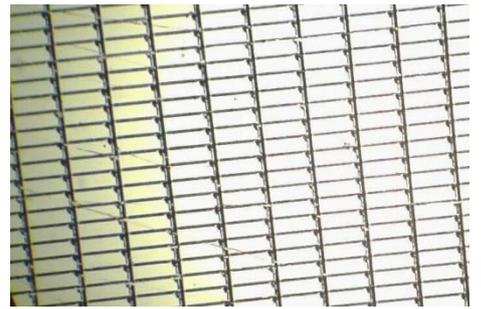


圖 27.以面板碎片來刮除配向膜之顯微照--無明顯的刮痕

(三)塗布方法

由於自製塗布機，無法負荷大面積的液晶面板，所以改用噴槍來塗布大片的的面板，但使用噴槍塗布，二氧化鈦塗層的平均度並不佳，也許會影響我們的品質，未來需再改良塗布方法。

(四)塗碳方法

組裝完成的模組，要注入電解液時，因毛細現象電解液擴散至整模組時，電解液會把正極的碳膜沖散，可能會影響效果。因此期望能夠改用別的方法或材質，來改良此次實驗的正極模板。

(五)封裝

實驗過程中曾嘗試很多種膠來封裝，但這些膠會與電解液反應而失去黏合能力，目前使用的玻璃膠不會與電解液反應，但用量要非常多才能避免電解液流出，因此應可以再嘗試不同的膠來改善面板的封裝。

(六)我們發現以廢棄液晶面板製作的敏化染料電池有電容效應，未來可探討電容效應的發生原因。

(七)我們未來可以探討製作完成的廢棄液晶面板製作的敏化染料電池是否會因時間的流逝而降低光電轉換效率。

(八)因為經費不足，無法使用大片 ITO 導電玻璃來製作染料敏化電池與我們的整面廢棄液晶面板製作染料敏化電池來做比較，未來有機會我們可以來探討大片 ITO 導電玻璃與整面廢棄液晶面板製作染料敏化電池之差異。

二、應用

目前的染料敏化太陽能電池的光電轉換效率比矽晶太陽能電池差，但染料敏化電池製作成本及技術都比矽晶太陽電池低，所以我們的廢棄液晶面板製作的染料敏化電池能夠再提高輸出功率可以最低成本運用在耗電較小且須太陽能電池的場合，例如:玩具、計算機、路標等等……也解決了多餘的廢棄液晶面板的回收問題。

捌、參考資料

周誌宸（民 96）。**改善染料敏化太陽能電池二氧化鈦工作電極之研究**。國立東華大學化學研究所碩士論文，未出版，花蓮。

周昫毅（民 97）。**天然色素染料敏化太陽能電池**。國立臺北科技大學有機高分子研究所碩士論文，未出版，台北。

林鵬、黎上瑋、吳郁萱（民 98）。**新型葉綠素電池的研究與開發**。中華民國第 49 屆中小學科學作品，取自 [http:// science.ntsec.edu.tw/files/15-1004-15891,c2309-1.php](http://science.ntsec.edu.tw/files/15-1004-15891,c2309-1.php)

柯長泰（民 93）。**薄膜電晶體液晶面板生產之製令規劃**。雲林科技大學工業工程與管理研究所碩士論文，雲林。

徐敏賀、劉映君（民 96）。**天然植物色素與人工染料敏化之太陽能電池**。臺灣國際科學展覽 2007 年，取自：<http://science.ntsec.edu.tw/files/13-1004-10528-1.php>

郭正鏞（民 93）。**應用於染料敏化太陽能電池之二氧化鈦薄膜與粉末製程及其特性之研究**。南台科技大學機械工程研究所碩士論文，未出版，台南。