

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 化工、衛工及環工科

最佳創意獎

091106

創新型 DSSC 積木應用

學校名稱：高雄市私立立志高級中學

作者： 職二 王昞鈞 職二 張家祥 職二 郭權鋒	指導老師： 蔡宇軒 楊凱盛
-----------------------------------------------	-----------------------------

關鍵詞：染料敏化太陽能電池、積木應用

摘要

科技的進步和生活品質提升，加上新鮮人的創新想法，品質上追求使用壽命和損壞的機率降到最低，本作品有 DSSC 積木創新應用、DSSC 積木娛樂。為了節省能源又要讓廣告亮眼突出，我們研究製作一套搭配 LED 和太陽能板的結合作出的廣告看板。

利用自製的染料敏化太陽電池做為積木創新作品，搭配程式控制電路顯示英文字母【L、E、D】、娛樂玩法【一點、二點、三點、四點、五點、六點】和使用一個大區域電路可搭配不同染料顏色區別【紅藥水粉紅面、紫藥水深紫面】為作品創新與娛樂積木應用；希望透過程式控制外，加上染料敏化太陽能電池來增加壽命並提升使用的時間。



團隊學生與作品

【程式控制 LED、染料敏化太陽能電池之娛樂性積木】

壹、研究動機

在機場、火車站、大型購物中心等地方，為了讓更多的人看到多媒體資訊、交通資訊、促銷、廣告資訊等各種資訊，電視螢幕成了必須的顯示工具如圖一。例如：在機場、火車站等人流量很大的公共場所投放廣告已經越來越受廣告主們的青睞，為了取得更好的宣傳效果，這些投放的廣告通常採用海報的宣傳形式，但海報的更換週期長、成本高、顯示資訊少等缺點已經嚴重影響了它對商家的吸引力。

廣告看板的光源五花八門，有傳統的日光燈、霓虹燈、鎢絲燈、白熾燈以及當下最流行的 LED 燈等等，原因是它具有反應速度快、體積小、耗電量少及壽命長等優點。



圖 1-1、LED 電視牆範例

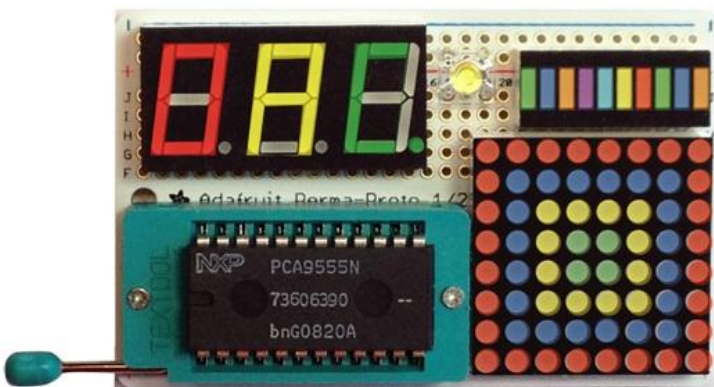


圖 1-2、程式控制、娛樂積木。

在科技應用中有所需求的都是程式或晶片控制、還有適合中老年人及小朋友喜歡玩樂的積木，算是生活的科技一部分。因此將這兩個搭配再一起，並結合染料敏化太陽能電池與 LED 程式控制，展現出不同的創新想法與作品。

貳、研究目的

運用有微透光的染料敏化太陽電池做為廣告看板之圖樣的部分，以馬賽克的方式排列，再以 LED 作為背光源結合 IC 控制、並與蓄電池結合成為節能應用。白天時，利用程式和晶片控制電路，然而有在加上染料敏化太陽能電池來呈現。當夜晚時，藉由可程式 IC 控制，透過太陽能板應用呈現出動態背光源，達到染料敏化太陽能電池應用的效果。

團隊開始進行製作時，透過平時知識、認知搭配學校課程如專題製作來製作，並藉由【電子課程】、【生活應用】、【實習課程】、【綠能節能】、【創新應用】。

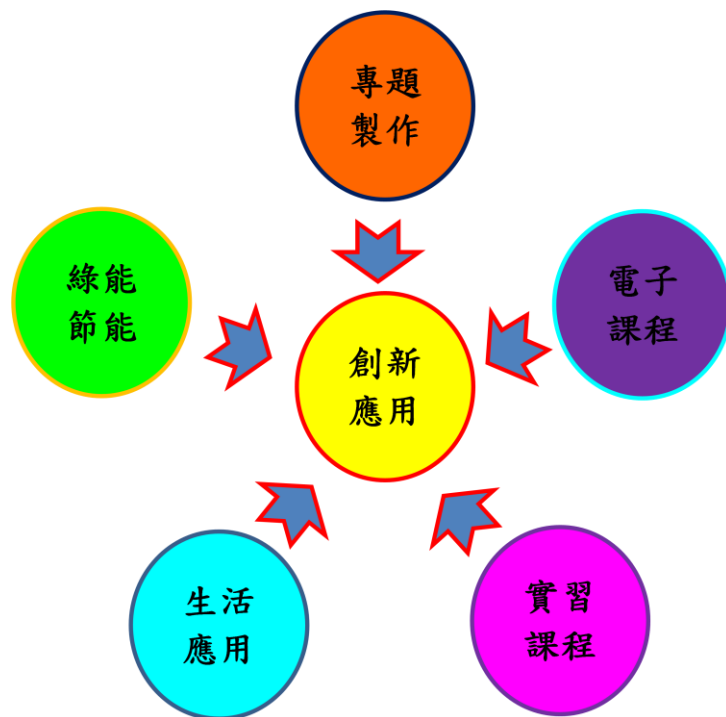


圖 2-1、相關課程融入研發創新型 DSSC 積木應用

製作出光電創新應用，相關課程(如圖 2-1 所示)與所學的理论及新知，運用電腦程式設計與硬體電路之設計，設計製作出一系列的『創新型 DSSC 積木應用』，有 LED 程式控式，與積木式概念來達到創新型作品的應用與開發。

參、研究設備及器材

團隊研發小組作品之【創新型 DSSC 積木應用】，製作簡單、程式撰寫容易，且採用容易取得與便宜材料，表 1-1 所列為本專題所使用到之相關器材設備、儀器項目與製作創新型染料敏化太陽能電池積木應用統材料表。利用三用電表測量染料太陽能電池，再透過程式控制電路 8051 晶片呈現，增加作品使用時間與壽命，達到作品創新與應用方面。

表 1-1 研究相關之設備與材料

使用設備	規格	數量	
熱烤板		一台	
旋轉塗佈機	自製馬達離心力	一組	
使用器具	規格	數量	
研鉢	山淼化學儀器行	一個	
研杵		一支	
杓子		三支	
滴管		五支	
量筒		兩個	
三用電表		一個	
燒杯		三個	
3M 魔術膠帶		一捲	
玻璃棒		一支	
鑷子		一支	
蠟燭		一支	
測試導線		大林電子	一捲
白熾燈泡			兩顆
使用材料	規格	數量	
二氧化鈦	友合生化科技股 份有限公司	600 克	
乙酸溶劑		300 毫升	
Triton X-100		300 毫升	
表面介面活性劑		50 毫升	
碘粒		3 克	
碘化鉀電解液		600 毫升	
有機染料分子(紅藥水)		1000 毫升	
有機染料分子(紫藥水)		800 毫升	
去離子水(DI 水)		1000 cc	
優質酒精		0.5 公升	

使用電路	規格	數量
LED	大林電子	24 顆
電池		8 個
電路板		8 個
排差		20 條
8051 程式模組	自行撰寫	2 套

肆、研究過程與方法

創作係有關於一種太陽能廣告看板，係於基板上組設有複數模組單元，該模組單元係包含染料敏化太陽電池及控制組設於染料敏化太陽電池下方之發光體，藉此，當光線昏暗時，即可利用程式控制模組之來提升使用時間與壽命。且於染料敏化太陽能模組單元損壞時，只須將損壞的模組單元單獨換新即可，另欲變化廣告宣傳文字、創新創作，更可直接將模組單元重新拼貼組設成欲、圖案積木娛樂，據此，達到簡便快速維修組裝，及大幅節省維修與製作廣告看板成本等實質效益者。

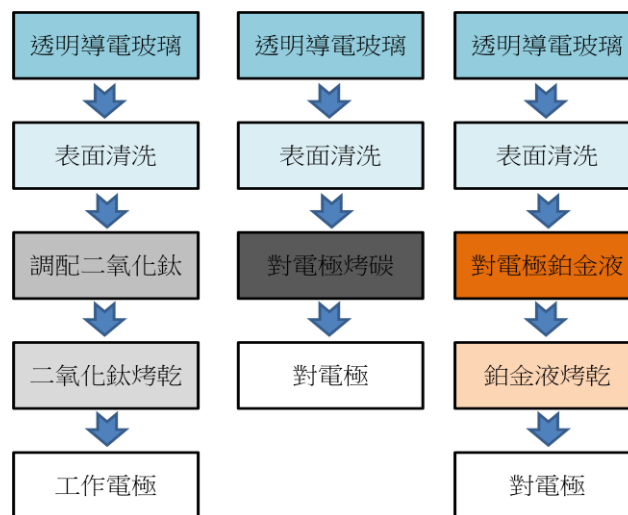


圖 3-1、染料敏化太陽能電池製作過程流程分類

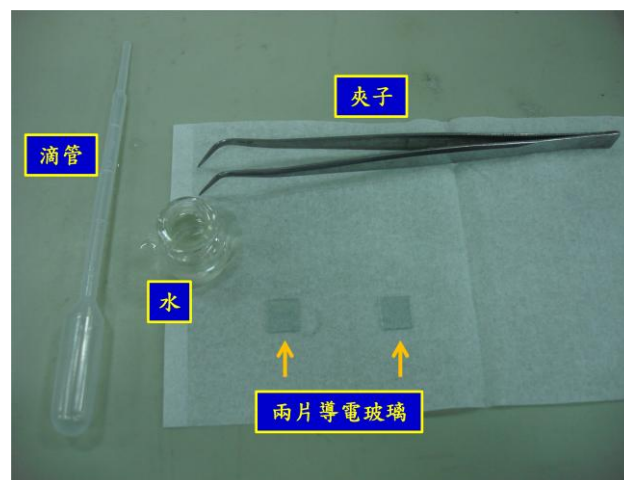


圖 3-2、製作工具

◇ 染料敏化太陽能電池製作流程圖如圖：

● 工作電極

步驟一、拿取透明導電玻璃。

步驟二、使用酒精將導電玻璃清洗擦拭乾淨。

步驟三、將二氧化鈦粉末道進鉢加上化學藥劑調配二氧化鈦漿。

步驟四、在裡用旋轉塗佈機把二氧化鈦漿塗佈在透明導電玻璃上。

步驟五、塗佈完的工作電極再利用加熱烤板以 100°C 進行表面烤乾。

步驟六、得到二氧化鈦工作電極。

● 對電極

步驟一、拿取透明導電玻璃。

步驟二、使用酒精將導電玻璃清洗擦拭乾淨。

步驟三、方法一使用蠟燭進行火烤形成對電極；方法二使用鉑金液體。

步驟四、使用方法二鉑金液體需要加熱烤板以 100°C 進行表面烤乾。

步驟五、可得到碳、鉑金對電極。

DSSC 組裝

步驟一、將二氧化鈦工作電極與對電極兩個利用文書夾以三明治結構組裝。

步驟二、在利用有機材料與化學藥劑調配電解液體。

步驟三、將電解液滴入對電極與工作電極之中。

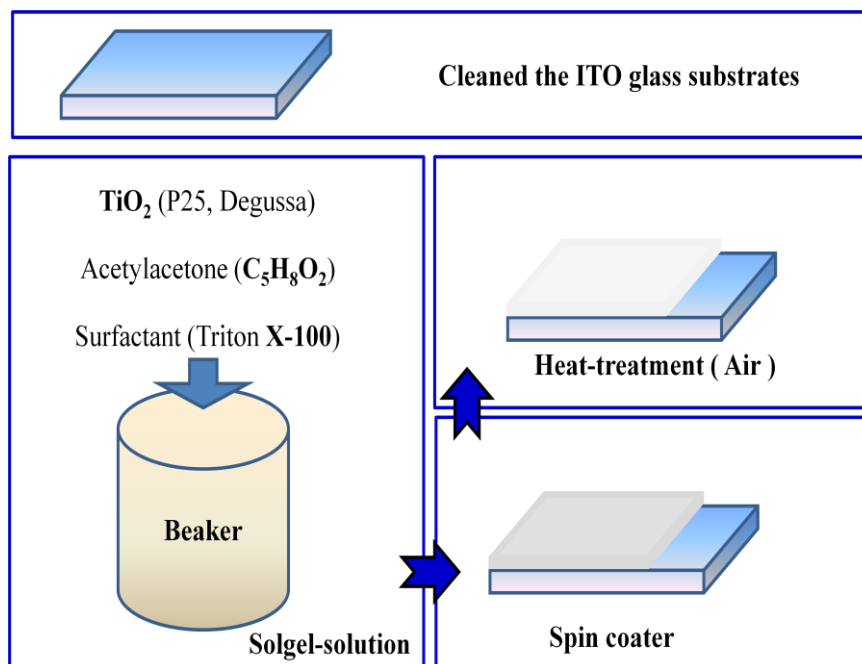


圖 4-1、工作電極

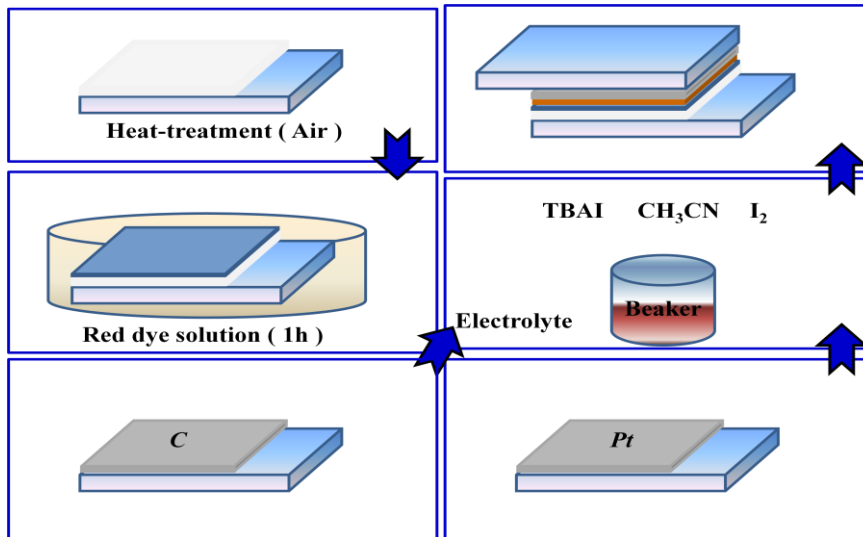


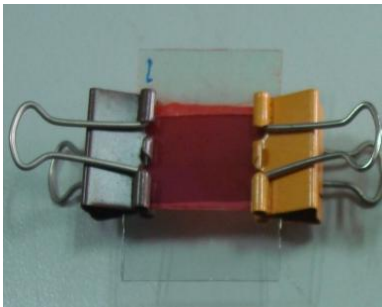
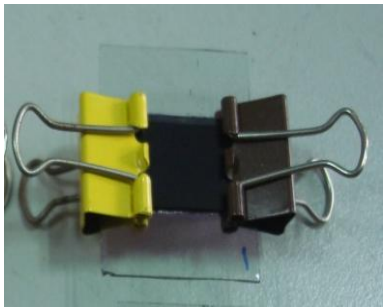
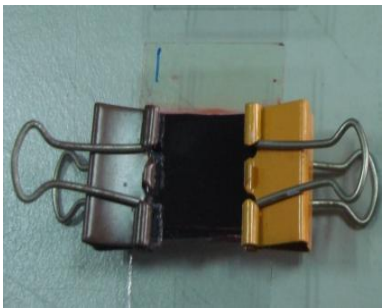
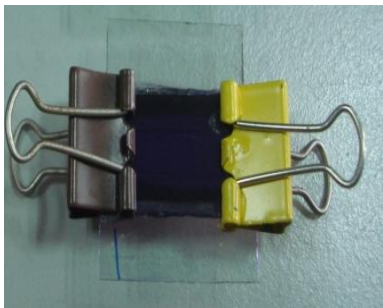
圖 4-2、對電極與電解液

- 製作圖說明

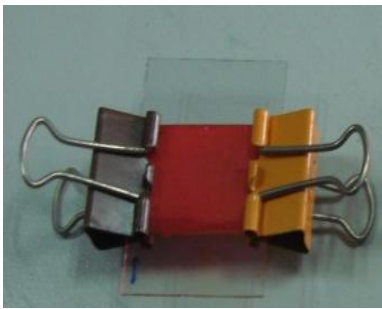
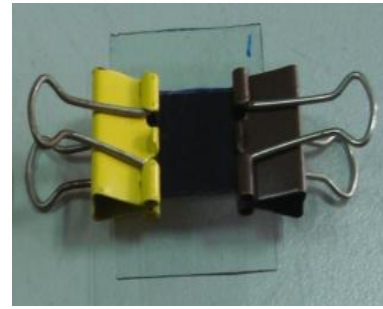
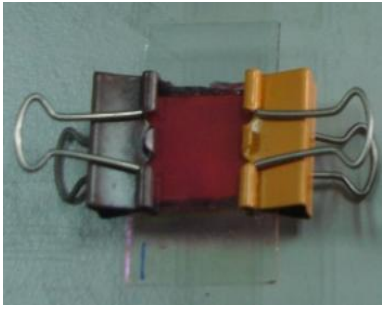
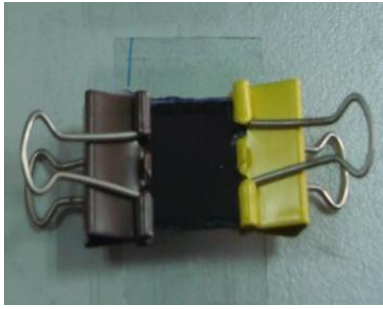
<p>說明一、調配二氧化鈦於鉢</p>	<p>說明二、圖案定義</p>
<p>說明三、將二氧化鈦滴入</p>	<p>說明四、去除邊框</p>
<p>說明五、軟烤</p>	<p>說明六、滴入有機材料(紅、紫藥水)</p>

下表為兩組實驗染料敏化太陽能電池：

- 下圖 DSSC 為左上紅藥水/鉑金液體、右上紫藥水/鉑金液體、左下紅藥水/碳、和右下紫藥水/碳。

	
<p>圖 5-1、紅藥水/鉑金液體。</p>	<p>圖 5-2 紫藥水/鉑金液體。</p>
	
<p>圖 5-3 紅藥水/碳。</p>	<p>圖 5-4 紫藥水/碳。</p>

- 下圖為左上紅藥水/碳、右上紫藥水/碳、左下紅藥水/碳和右下紫藥水/碳。

	
<p>圖 5-5 右圖紅藥水/碳</p>	<p>圖 5-6 紫藥水/碳。</p>
	
<p>圖 5-6 紅藥水/碳。</p>	<p>圖 5-7 紫藥水/碳。</p>

- 程式控制分兩類：

(一)利用 8051 程式撰寫英文字母

```
#include <reg51.h>    //
#define LEDP0
#define LED2    P2
void delay(int);

main()
{
    LED=0xff;
    LED2=0xff;
    while(1)
    {

        delay(30000);
        LED=0xE0;
        LED2=0xBD;
        delay(30000);
        delay(30000);
        delay(30000);
        delay(30000);
        LED=0x40;
        LED2=0xA9;
        delay(30000);
        delay(30000);
        delay(30000);
        delay(30000);
        LED=0xC0;
        LED2=0xC5;
        delay(30000);
        delay(30000);
        delay(30000);
        delay(30000);
```

```
}
```

```
}
```

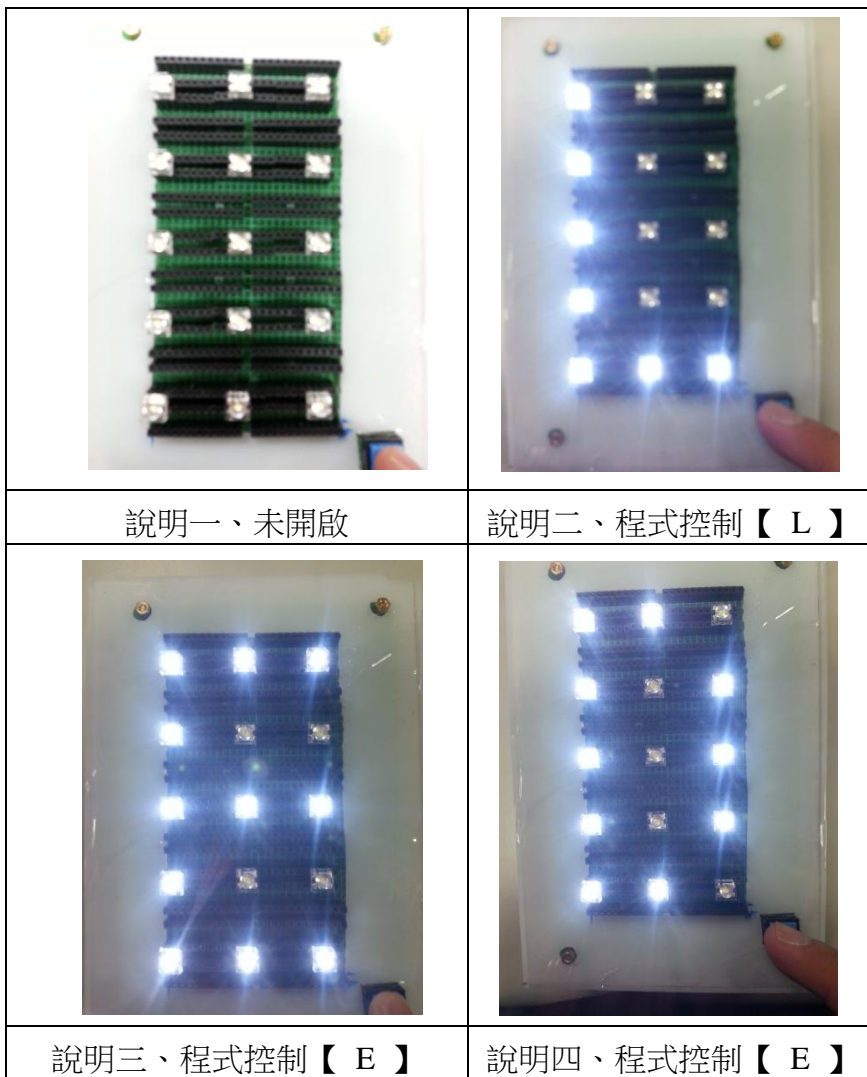
```
void delay(int x)
```

```
{ int i;
```

```
for (i=0;i<x;i++);
```

```
}
```

- 如圖成所式【L、E、D】



如上圖說明所式說明一、程式控制上未開啟、說明二、程式控制英文字母 L、說明三、程式控制英文字母 E、說明四、程式控制英文字母 D。

(二) 利用 8051 程式撰寫數目字

```
#include <reg51.h>    //
#define LEDP0
void delay(int);
main()
{

    LED=0xff;
    while(1)
    {
        LED=0xF7;//1
        delay(30000);

        LED=0xEB;//2
        delay(30000);

        LED=0xB6;//3
        delay(30000);

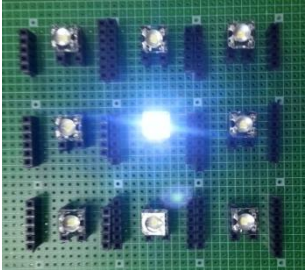
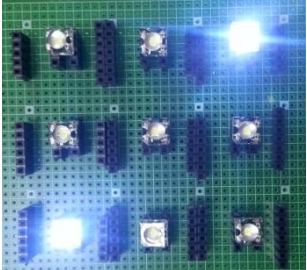
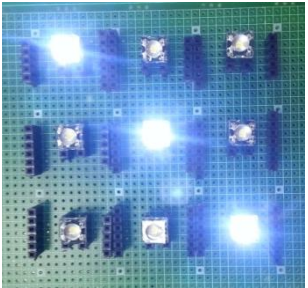
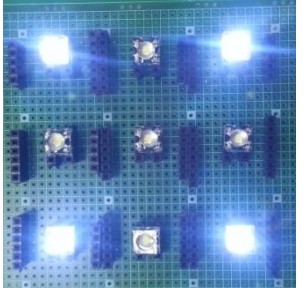
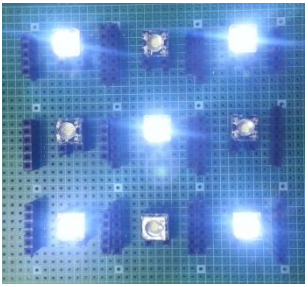
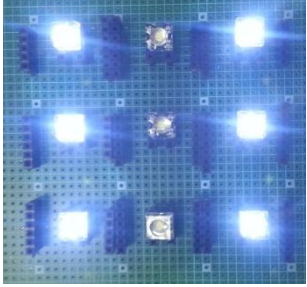
        LED=0xAA;//4
        delay(30000);

        LED=0xA2;//5
        delay(30000);

        LED=0x88;//6
        delay(30000);
    }
}
```

```
void delay(int x)
{
    int i;
    for (i=0;i<x;i++);
}
```

- 如圖成所式【一、二、三、四、五、六】

	
<p>說明一、程式控制【 一點 】</p>	<p>說明二、程式控制【 二點 】</p>
	
<p>說明三、程式控制【 三點 】</p>	<p>說明四、程式控制【 四點 】</p>
	
<p>說明五、程式控制【 五點 】</p>	<p>說明六、程式控制【 六點 】</p>

如上圖說明所式說明一、程式控制一點、說明二、程式控制二點、說明三、程式控制三點、說明四、程式控制四點、說明五、程式控制五點和說明六、程式控制六點，除此之外並非單純數目字，未來科技與觀光產業也可利用骰子娛樂方式呈現出創意及創新想法。

- 染料敏化太陽能電池說明

染料敏化太陽能電池之基本結構包括：工作電極(導電玻璃基板、半導體薄膜及染料)、對電極(導電玻璃基板和 Pt 催化薄膜或碳材催化薄膜)、電解質。其染料敏化太陽能電池之基本原理顯示於下圖。

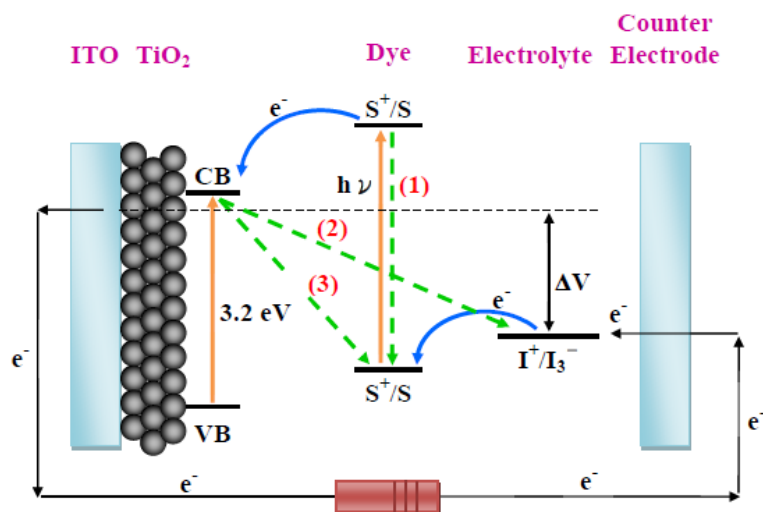
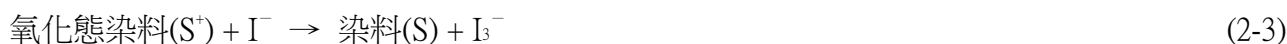
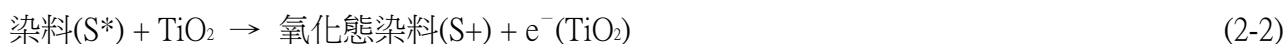
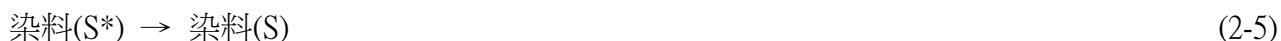


圖 6-1、染料敏化太陽能電池之光電轉換原理示意圖

染料分子吸收太陽光之能量後，基態(ground state)染料分子(S_0)躍遷至激發態(S^* , excited state)，產生染料分子中心原子到配位體的電荷遷移(metal to ligand charge transfer, MLCT)。激發態的染料分子會同時激發出電子，並形成氧化態的染料分子(S^+)。而氧化態染料分子會與 I^- 會還原成基態染料分子及 I_3^- ，其 I_3^- 會再與相對電極之電子還原出 I^- 。由於染料分子激發態能階在 TiO_2 導帶(CB)之上，染料激態分離出的電子(e^-)會藉由染料分子與 TiO_2 的相互作用面快速注入至相對較低能級之 TiO_2 傳導帶(CB)中。最後電子經由工作電極之導電薄膜收集，並由外迴路通過負載傳輸至對電極。其電化學反應如下列反應式(2-1)至(2-4)[11]：



然而，染料敏化太陽能電池常會因電荷再結合(chargerecombination)的情形發生，對光電位勢造成影響，因此有部分學者針對電荷結合現象進行研究，如：瞬時光電流技術(transient photocurrent technique) 和 EIS (electrical impedance spectroscopy)技術等[15,16]。如圖 6-1 中的虛線路徑(1)~(3)所示，路徑(1)為染料自身的電子-電洞對再結合，如反應式(2-5)。路徑(2)為逆向之光電流(暗電流, dark current)，其反應式為(2-6)所示。路徑(3)則是 TiO_2 薄膜中的電子與氧化態染料直接產生電荷復合情形，為反應式(2-7)[11]。



然而 TiO_2 照光產生電子-電洞對的過程中，電子-電洞對的分離(separation)與再結合(recombination) 是相互競爭的機制，唯有電子-電洞對的分離並分別進行自由基反應(radical reactions)，才能顯現出光催化活性。反之，不論其為何種電子-電洞的再結合過程均會釋放熱能，而無光催化活性。所以欲提升光催化效率，應著重思考以下兩種方式：(一)增加電子-電洞對的生成速率；(二)降低電子-電洞對的再結合速率。圖 6-2 為太陽光譜，提昇工作電極對太陽光的吸收效率，進而提升整體的光催化效率，為當前研究的重點之一。一般又分為修飾 TiO_2 表面或晶體結構以增加其對光波的吸收率，以及設計特殊之光催化反應器，來增加光催化效率的兩種方式[12-13]。

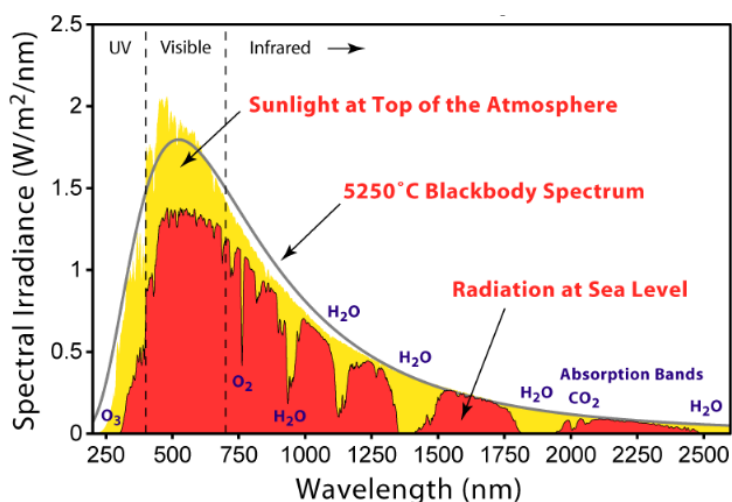


圖 6-2、太陽光譜示意圖

而在染料敏化太陽能電池的光電化學反應過程中，電解質中的氧化還原對要在對電極上被還原催化劑所還原，該反應越快，光電響應越好。目前 DSSC 所用的對電極多為碳對電極和鉑對電極。構成碳粉的石墨本身除了可以增加對電極在 DSSC 中的導電性，還具備催化性能；鉑對電極除了可以引起 DSSC 的正極作用以外，還能引起光反射和促進催化作用，且優於碳對電極。鉑族元素催化活性高主要是由於其表面易於吸附反應物質，且化學吸附強度適中，恰好能使分子的電子和幾何結構發生變化，形成中間的活性化合物(active compound)，促使反應速度的提高。此種性質可用鉑族原素具有未充滿的空的 d 軌域來解釋。但鉑的成本太高，不利於 DSSC 的應用。另外，多孔性碳有光陰極和催化劑的作用，可利用孔性碳為對電極，只是無法反射入射光，光催化性能也不如鉑好，因而整體的光電轉換效率較低，只適用於大規模生產和對電池效率要求不高的領域[14]。

(一)設計原理【概念】

下圖為希望未來產業界製作出良好及高效率的染料敏化太陽能電池來應用。下圖 7-1 太陽能模組、蓄電池模組，再搭配程式控制模組，提供給 LED 呈現創新作品，有效展示美觀之文字或圖案，蓄電池部分驅動 LED 光源，運用 IC 增強畫面呈現效果，透過染料敏化太陽能電池達到積木應用創意想法。

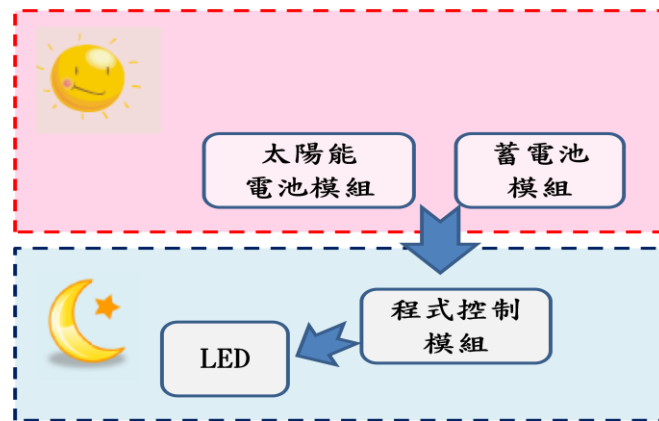


圖 7-1、設計原理圖

(二)製作過程【創新創意應用】

1. 製備染料敏化太陽能電池圖案美觀設計。
2. 蓄電功能利用順向二極體控制電壓電流源。
3. 選用白光 LED 設計觀念來作為本作品背光照明。
4. 使用 IC 控制背光源，提升圖樣顯示的可能性。
5. 整合染料敏化太陽能電池、白光 LED、IC 控制、蓄電功能和夜間顯示結合展示平台達成節能動態室內、戶外之創意構想概念。

伍、研究結果

本創作運用有微透光的染料敏化太陽電池做為廣告看板之圖樣的部分，以馬賽克的方式排列，再以 LED 作為背光源結合 IC 控制、並與蓄電池結合成為節能應用。白天時，利用程式和晶片控制電路，然而有在加上染料敏化太陽能電池來呈現。當夜晚時，藉由可程式 IC 控制，透過太陽能板應用呈現出動態背光源，達到染料敏化太陽能電池應用的效果。

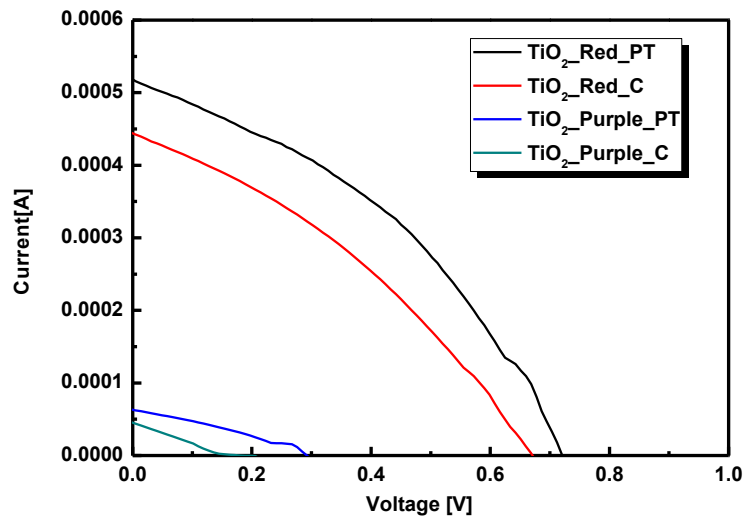


圖8-1、紅藥水、紫藥水、鉑金和烤碳

研究結果發現，染料敏化太陽能電池使用兩種不同吸附染料與兩者不同對電極鉑金液體、碳，最後選用便宜好取得材料，工作電極吸附染料為紅藥水，對電極則使用碳。後續額外製作出可娛樂性質的染料敏化太陽能電池積木應用。最後也希望在太陽能產業中染料敏化太陽能電池可製作出高效率電池；可來提供本創新作品，達到早上照光晚上利用太陽能電池的蓄電，來符合創意想法。

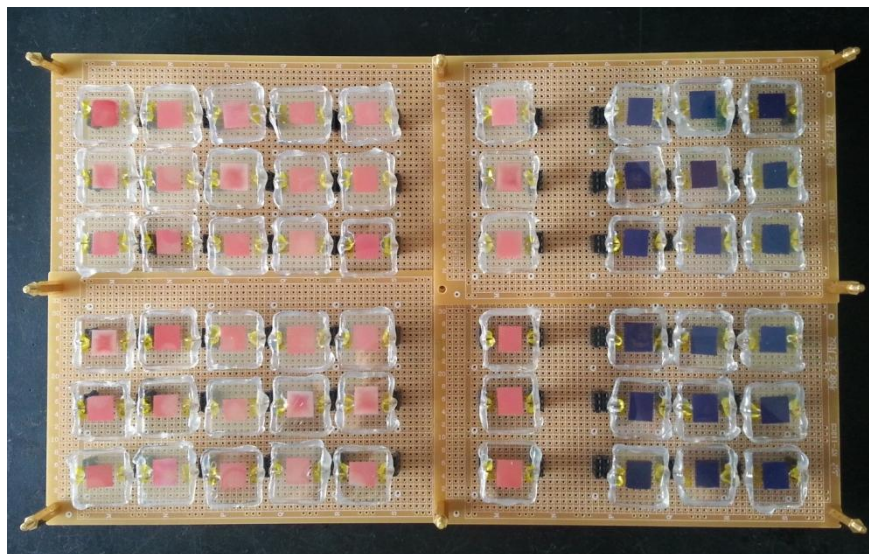
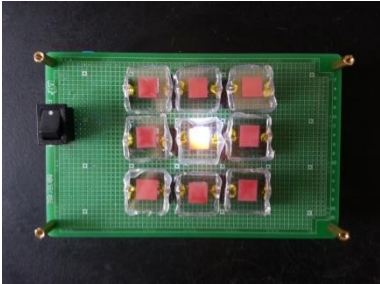
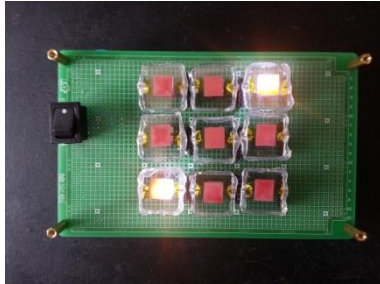
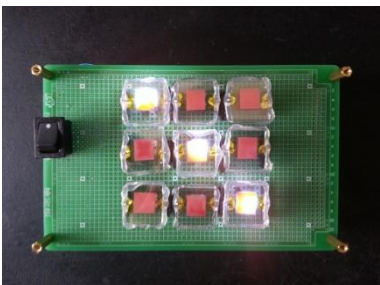
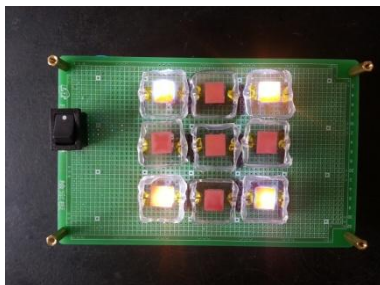
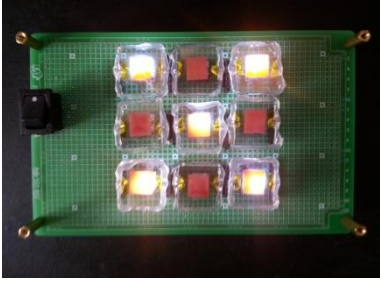
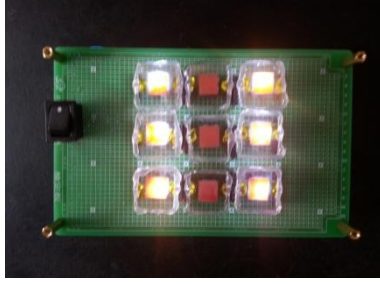
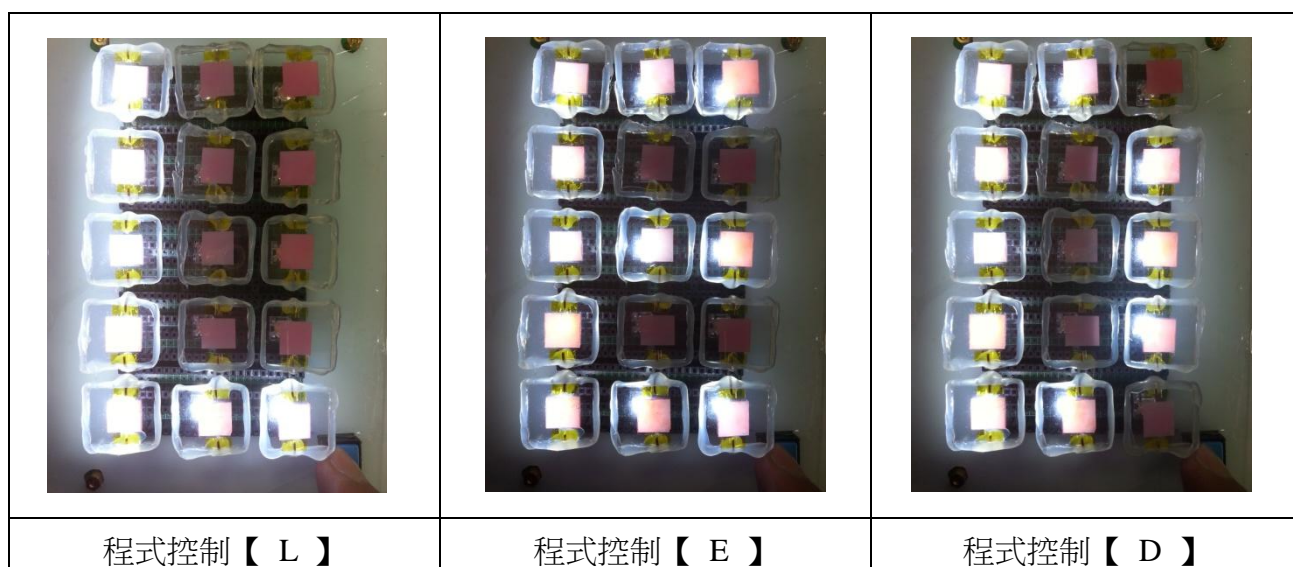


圖 8-2、染料敏化太陽能電池積木應用。

- 分別將染料敏化太陽能電池創意應用，搭配程式控制與 LED 模組如下圖：

	
<p>說明一、程式控制【 一點 】</p>	<p>說明二、程式控制【 二點 】</p>
	
<p>說明三、程式控制【 三點 】</p>	<p>說明四、程式控制【 四點 】</p>
	
<p>說明五、程式控制【 五點 】</p>	<p>說明六、程式控制【 六點 】</p>

- 分別將染料敏化太陽能電池創意應用，搭配程式控制與 LED 模組如下圖：



表二 研究規劃之時間

項目 \ 規 劃 時 間 表	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1.組隊與探討本專題之方向	■	■								
2.蒐集資訊與組員討論		■	■	■						
3.規劃主題		■	■	■	■	■				
4.開始製作染料敏化太陽能電池			■	■	■	■	■	■	■	■
5.開始製作 LED 控制模組			■	■	■	■	■	■	■	■
6.撰寫 8051 程式軟體			■	■	■	■	■	■		
7.測試軟硬體電路結合功能					■	■	■	■	■	■
8.探討與分析系統如何改善						■	■	■	■	■
9.精進各子系統之功能							■	■	■	■
10. 染料敏化太陽能電池數據分析系統性能							■	■	■	■
11. 總問題之探討與分析改善							■	■	■	■
12. 撰寫評估系統報告								■	■	■
13. 撰寫系統使用說明書							■	■	■	■
14. 分析產品未來之應用與擴充								■	■	■

陸、討論與學生成果

一、**問題**：染料敏化太陽能電池製作，發現工作電極二氧化鈦薄膜易脫落。

方法：使用自製的馬達離心力原理製作，求助科上老師與學生簡易方法，或是與科大端協助儀器借用。

結果：(方法一)順利發威創造與想像力，利用自製馬達離心力原理將二氧化鈦薄膜成長在透明導電膜上約 0.1cm。

(方法二)與科大端配合，借用到旋轉塗佈機，二氧化鈦薄膜厚度約 5 μ m。

二、**問題**：染料敏化太陽能電池製作，發現對電極成本高。

方法：我們實驗了兩個方法(方法一)購買鉑金液(方法二)自行製作碳薄膜。

結果：經老師指導後，可先用蠟燭長碳方法製作，並將科大端協助拿取少許鉑金液製作，發現利用鉑金液製作太陽能電池元件效率比碳電極高，但為了成本我們使用碳為對電極。

三、**問題**：染料敏化太陽能電池製作，發現工作電極與對電極組裝問題。

方法：簡易封裝使用長尾夾，電解液容易乾掉。

結果：順利解決使用熱融膠將四周圍封裝。

四、**問題**：染料敏化太陽能電池製作，發現工作電極與對電極引線問題。

方法：引線使用 OK 線，發現不易固定角座。

結果：學生在專題製作和電路實習中，改用排插方式解決固定解決引線。

五、**問題**：電路中預設 LED 控制出英文字母 L、E、D 程式控制撰寫。

方法：自行閱讀程式問題，使用按壓方式呈現。

結果：詢問科上老師程式控制問題，利用程式控制課程順利完成。

六、**問題**：電路中預設 LED 控制出數字一、二、三、四、五、六程式控制撰寫。

方法：透過自行閱讀程式問題，改用開關模式呈現。

結果：詢問科上老師程式不同控制問題，利用程式控制、專題製作課程順利完成。

七、**問題**：電路問題 8051 電路製作麵包版測試程式，再將電路使用焊接於測試版上。

方法：電路控制模組搭配 LED 光源控制。

結果：順利解決電路程式控制模組，利用專題製作、實習課程排除電路與程式控制。

八、問題：染料敏化太陽能電池與 8051 程式控制問題結合對應。

方法：直接將染料敏化太陽能電池垂直於 LED 上。

結果：順利完成，透過 LED 程式控式有效的展示出透光效果。

九、問題：程式控制續電問題排除。

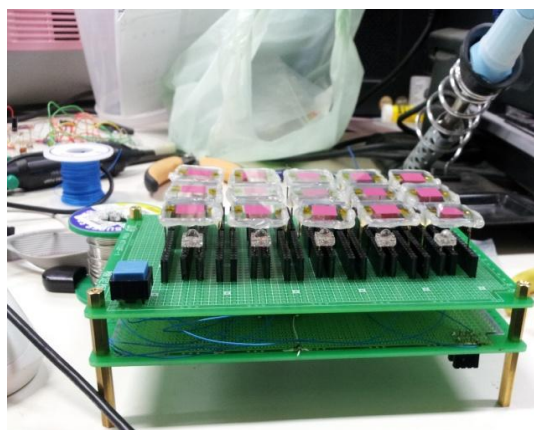
方法：程式控制除了使用電池外，也可使用染料敏化太陽能電池來創新型積木應用。

結果：8051 程式控制部分一樣使用電池，最後將染料敏化太陽能電池來增加使用時間和壽命。

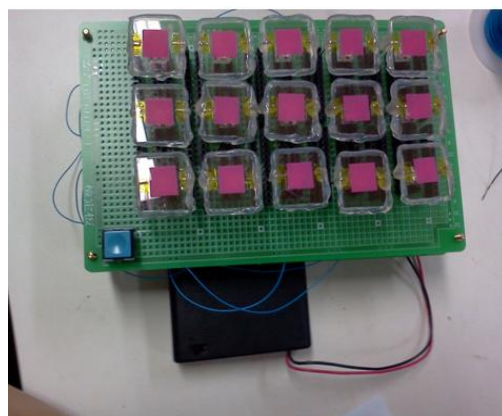
十、問題：希望染料敏化太陽能電池提供早上吸光晚上提供給程式控制 LED。

方法：使用高成本的浸泡染料(N719, 500mg, 2 萬多塊)，來提供電源模組大量的。

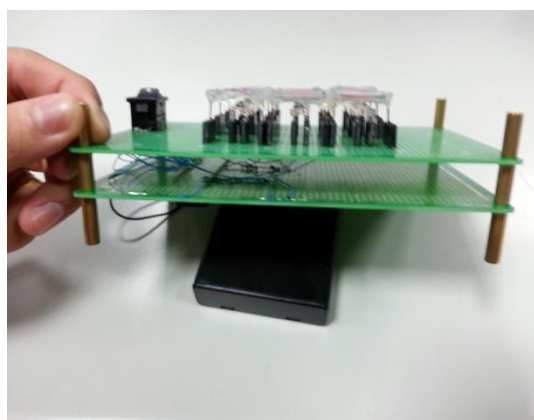
結果：還是需要高成本 N719 浸泡染料，不過為了成本考量使用容易取得紅藥水、紫藥水，並利用浸泡染料薄膜，有效利用，於創意型積木應用。



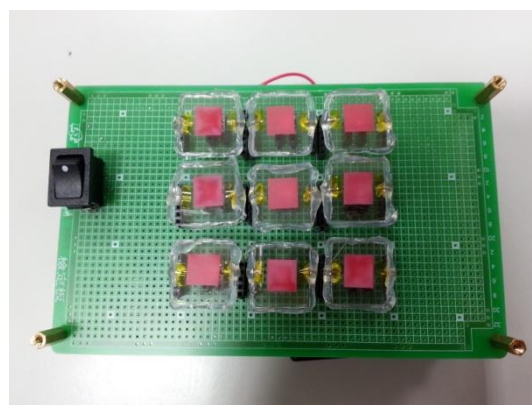
LED 作品測試圖



LED 作品正面圖



數字一至六測試圖



數字一至六正面圖

柒、結論

本作品結合了染料敏化太陽能與創新型積木應用，可能帶給商家與家庭一個商機與娛樂，也可以綠化環境能源，如果家中戶外或樓頂可以與染料敏化太陽能電池做個結合，足以提供家中電源變成自足。下列分為三大特性與作品特色與發展潛能說明：

實用性：

新穎性的設計，主要是染料敏化太陽電池，具低成本優勢。在科技中可利用簡單的充放電路，存取蓄電池中的電力，容易製造與生產。透過電路模組再利用 LED 具高的光電轉換效率，可望取代戶外各種大小廣告看板、住家牆壁與社區美化，皆符合綠能與節能環境。

創新性：

利用白光 LED 光源穿透染料敏化太陽能電池元件的染料，可使用多種顏色讓其有多樣貌的變化，及可搭配程式功能，可達到新穎性創新創意的功能。浸泡染料的不同也有所不同顏色，故本作品有顏色容易變換之優點，整體架構易於組裝與更換，同時可降低修理與維護之成本。同時也希望由染料敏化太陽能電池的元件應用時可增加使用時間與壽命。

發展性：

產業科技中染料敏化太陽能電池具高的穩定性，可望取代家中各種大小窗戶，特色在於電力可自給自足，除了可以做為廣告看板之外，亦可進行周邊商品的研發，如戶外警示燈、兒童玩具拼圖等，可說是電學與美學的完美結合。

- (一)染料敏化太陽電池、LED、IC、蓄電池與展示台多元整合。
- (二)利用不同的染料製作染料敏化太陽電池具相異顏色，方便變換圖案。
- (三)透過 LED 應用與 IC 單晶片控制，應用更為廣泛且有更高呈現可能性。
- (四)突破傳統太陽能電池應用，結合展示效果產生創新性。
- (五)整體架構中易於自行組裝與更換，可配合學校學習課程完成。
- (六)本作品係使用潔淨能源，故無碳排放，符合環保與綠能概念。
- (七)可攜式小模組產品像積木一樣，本架構為創新型染料敏化太陽電池積木應用。
- (八)本作品兼顧程式控制功能、美觀設計與娛樂性積木應用。

捌、參考資料及其他

- [1] Michael Grätzel, Nature, 2001,414,338-344.
- [2] Michael Grätzel, iorg Chem. 2005, 44,6841-6851.
- [3] Guan-Zhi Huang , Hann-rong Hsu , Chin-Hsiang Chen , Shih-Kun Liu ,Shen-Horng,Jou
“Study on Various Fabrication Techniques for Dye-Sensitized Solar Cells” 2009 奈米元件
技術研討會, NP07,
- [4] 徐漢嶸,黃冠智,劉世崑,陳進祥 ” 具氧化鋅阻檔層之染料敏化太陽電池效能研究”
OPT2009, CP077, Taipei (Dec. 11-12, 2009)
- [5] Hann-rong Hsu, Shou-Cheng Chang, Shih-Kun Liu, Chin-Hsiang Chen, Shen-Horng Jou”
Study of the Solar Cells Sensitized by Merbromin” 2101 奈米元件技術研討會,SC18,
Hsinchu(May. 4-5, 2010).
- [6] 國立高雄應用科技大學光電與通訊通黃冠智學位論文.
- [7] 國立高雄應用科技大學光電與通訊通徐漢嶸學位論文.
- [8] 戴明鳳,邱立翰, “奈米 TiO₂ 晶粒和藍莓或覆盆子的汁液作為染料 DIY 製作染料敏化奈
米晶化太陽電池” 實驗九：染料敏化太陽電池.
- [9] Yamakata, A., Ishibashi T. and Onishi, H., “Electron-and hole-capture reactions on Pt/TiO₂
photocatalyst exposed to methanol vapor studied with time-resolved infrared absorption
spectroscopy”, *J. Phys. Chem. B.*, Vol. 106, pp. 9122-9125, 2002.
- [10] Lagemaat, J. V. D., Park, N. G., and Frank, A. J., “Influence of electrical potential distribution,
charge transport, and recombination on the photopotential and photocurrent conversion
efficiency of dye-sensitized nanocrystalline TiO₂ solar cells: a study by electrical impedance
and optical modulation techniques”, *J. Phys. Chem. B*, Vol. 104, pp. 2044-2052, 2000.
- [11] Papageorgiou, N., Grätzel, M., and Infelta, P. P., “On the relevance of mass transport in thin
layer nanocrystalline photoelectrochemical solar cells”, *Solar Energy Materials and Solar
Cells*, Vol. 44, pp. 405-438, 1996.
- [12] Cho, M., Chung, H., Choi, W. and Yoon, J., “Linear correlation between inactivation of E. coli
and OH radical concentration in TiO₂ photocatalytic disinfection”, *Water Research*, Vol. 38,
pp. 1069-1077, 2004.
- [13] 莊家琛, 太陽能工程-太陽能電池, 全華科技圖書股份有限公司, 第3頁, 1997。
- [14] 張正華、李陵嵐、葉楚平、楊平華, 有機與塑膠太陽能電池, 五南圖書出版股份有限公
司, 第245頁, 2007。
- [15] Tennakone, K., Kumara, G., R., R., A., Kottegoda, I. R. M., Perera, V. P. S. and Weerasundara,
P. S. R. S., “Sensitization of nano-porous flms of TiO₂ with santalin (red sandalwood pigment)
and construction of dye-sensitized solid-state photovoltaic cells”, *Journal of Photochemistry
and Photobiology A: Chemistry*, Vol. 117, pp. 137-142, 1998.
- [16] Zhang, C., Wang, K., Hu, L., Kong, F. and Guo, L., “Improved performance of solid-state
dye-sensitized solar cells with p/p-type nanocomposite electrolyte”, *Journal of Photochemistry*

and Photobiology A: Chemistry, Vol. 189, pp. 329-333, 2007.

- [17] 陳明燧編著，單晶片 8051 IAR C 實作入門(附光碟)，台北，松崗圖書有限公司，2009 年。
- [18] 黃嘉輝編著，8051 單晶片原理與應用：使用 C 語言，台科大，2013 年。
- [19] 楊明豐編著，8051 單晶片設計實務：組合語言版(附範例程式)，碁峰，2003 年。
- [20] 同心數位希望工程創作團隊，電子與創意機構之整合技術－專題製作，知行，2006 年。
- [21] 張鴻源編著，工業電子原理與實習，儒林，2007 年。
- [22] 林明德編著，專題製作：電子電路篇，台科大，2010 年。
- [23] 蔡須全、WonDerSun 編著，專題製作 - 創意設計篇，台科大，2008 年。
- [24] 李保宜編著，電子商務應用與專題製作，台科大，2011 年。
- [25] 吳向宸、林毅欽、李浩榕、李振發編著，機電整合應用與實習，新文京，2012 年。
- [26] 日本太陽光發電協會、張振燦編著，太陽光電發電系統設計與施工，科技圖書，2009 年。
- [27] 國科會精密儀器中心編著，光機電系統整合概論(精裝本)，全華圖書，2005 年。

【評語】 091106

1. 本作品運用染料敏化太陽能電池及積木組裝概念，搭配 LED 應用於廣告看板及娛樂用品，具有簡便組裝、快速維修與節能之創新特色。
2. 實驗數據整理與統計之呈現較為缺乏，建議未來可持續加強研究設計與科學實驗之數據分析。