

2016 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 200005
參展科別 環境工程科
作品名稱 高效率藍光 LED 路燈的再改造及應用
得獎獎項 大會獎：二等獎

就讀學校 高雄市立高雄女子高級中學
指導教師 林孝正
作者姓名 唐笠馨

關鍵字 高效率、路燈、LED

作者簡介



我是唐笠馨，目前就讀於高雄女中。對於新知識總是抱持著一顆好奇的心。

在這件科展當中，我學習到了許多關於路燈及植物生長燈的知識，也讓我深深地思考到我們為了科技而付出相當大的環保代價。也因為這件科展，讓我看見了在平常生活中不經意的浪費，造成的卻是對環境的危害。所以我希望自己可以為環保發聲，讓更多的人看見與思考。

壹、摘要

由於 LED 的節能效用，全球已有數百萬盞路燈改用 LED 路燈。LED 路燈含有包括燈的一個面板，一個散熱模組，一個變壓器和鋁基板四個主要組件。然而，整組 LED 路燈只要輕微受損即被替換丟棄。事實上，被丟棄的 LED 路燈中，95%的路燈是可以繼續被重組利用。回收的 LED 路燈並且重新組裝它們作為植物生長燈是這個作品的主要目的。

在這個作品中，回收的 LED 路燈是從高雄市政府機構回收而來。該 LED 發出白光是由於藍光 LED 外加黃色螢光劑。然而，植物生長需要紅色和藍色的光。因此，將紅色螢光劑塗佈至透鏡蓋中，並將此透鏡蓋放置移除黃色螢光劑的 LED 上，使 LED 能發出藍光及紅光滿足植物需求。回收的 LED 路燈比白熾燈節省 82%的能量，且比市售植物生長燈節省 37%的能源。這是因為它們使用高效率 A 級的 LED（100 流明/瓦或更多）。相比於市售 LED 植物生長燈，重組後的積木式植物生長燈的成本低廉且擁有高效率的植物生長。

重新組裝回收 LED 路燈作為積木式植物生長燈有很大節能潛力，他們也很容易依植物需求進行更換。積木式植物生長燈不僅環保而且也是作為未來綠色環保產品很大的商機。

Abstract

Millions of LED street lights are used because of their energy saving potential. LED street lights contain four main components including a panel of lights, a cooling fin, a power source and an aluminum plate. However, the entire light needs to be discarded even if it's only slightly damaged. In fact, 95% of discarded LED street lights could be collected and reassembled. Recycling LED street lights and reassembling them as greenhouse brick lamps is the main purpose of this project.

For this project, the recycled LED street lights were donated by the Municipal Office of Road and Accessory Maintenance. The LEDs emit only blue light after the yellow phosphor fluorescent was removed. However, both red and blue light are needed for plant growth. A coating of red phosphor was added to the reassembled LEDs for both, red and blue light emission. The intensity ratio of blue/red lights was controlled by the concentrations of coated red phosphor. Recycled LED Street lights use 82% less energy than those of incandescent lights and 37% less energy when compared to commercial lamps. This is because they use high efficiency A- Class LEDs (100 lm / W or more). Compared to commercial LED greenhouse plant light panels, the reassembled greenhouse brick light was cost effective and highly efficient for plant growth.

Reassembling recycled LED street lights as LED greenhouse brick plant lights has a great potential impact in energy saving and they are also easy to replace if damaged. The LED greenhouse brick light is not only environmental friendly but is also a great new opportunity as a green product in the future.

貳、動機

由於 LED 的節能效用，全球已有數百萬盞路燈改用 LED 路燈。LED 路燈含有包括燈的一個面板，一個散熱模組，一個變壓器和鋁基板四個主要組件。然而，整組 LED 路燈只要輕微受損即被替換丟棄。廢棄的 LED 具有有害金屬元素在他們的零件中，造成環境汙染也影響人類健康。事實上，被丟棄的 LED 路燈中，95%的路燈是可以繼續被重組利用。回收的 LED 路燈並且重新組裝它們作為植物生長燈是這個作品的主要目的。

參、器材&設備

<p>LED 路燈</p>	
<p>紅色螢光粉</p>	
<p>環氧樹脂 & 環氧樹脂硬化劑</p>	
<p>烤箱</p>	
<p>變壓器</p>	

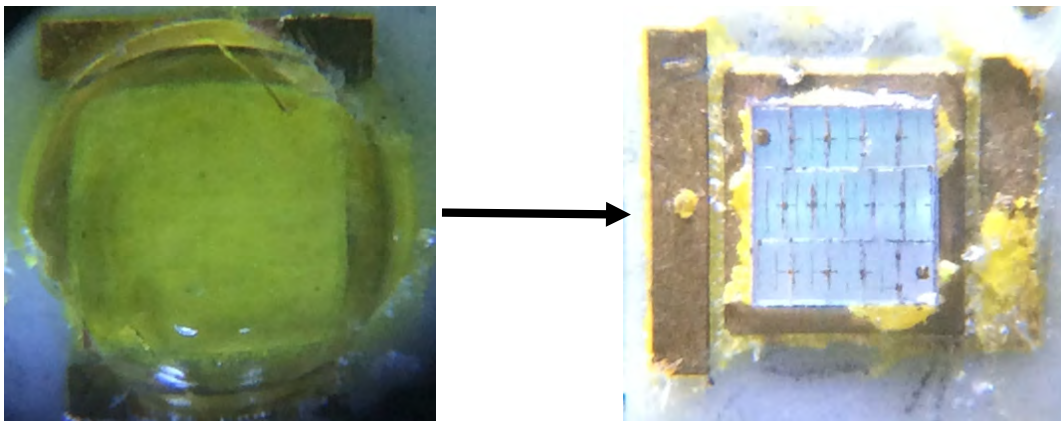
肆、研究過程及方法

一、 收集回收 LED 路燈並進行重新組裝作業

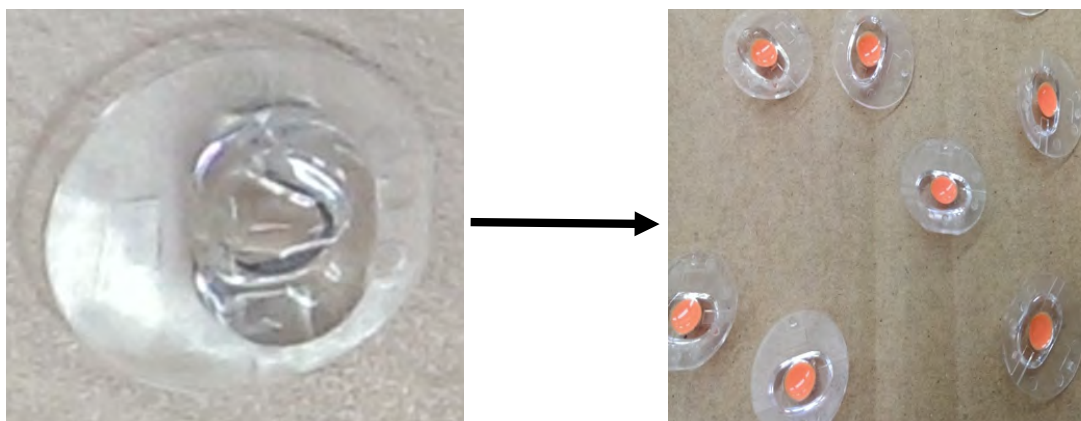


(圖一) 回收的 LED 路燈

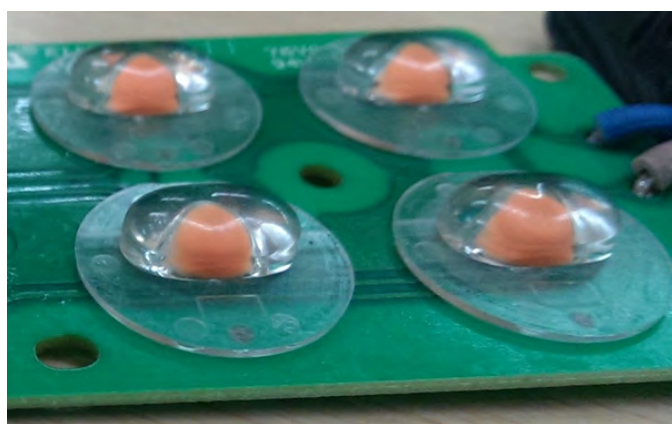
- (一) 利用雕刻刀移除 LED 路燈上的黃色螢光劑，使 LED 發出藍光。
- (二) 將紅色螢光劑塗佈至透鏡蓋中，並將此透鏡蓋放置已移除黃色螢光劑的 LED 上，使 LED 發出藍光及紅光，滿足植物需求。



(圖二) 移除 LED 上的黃色螢光劑

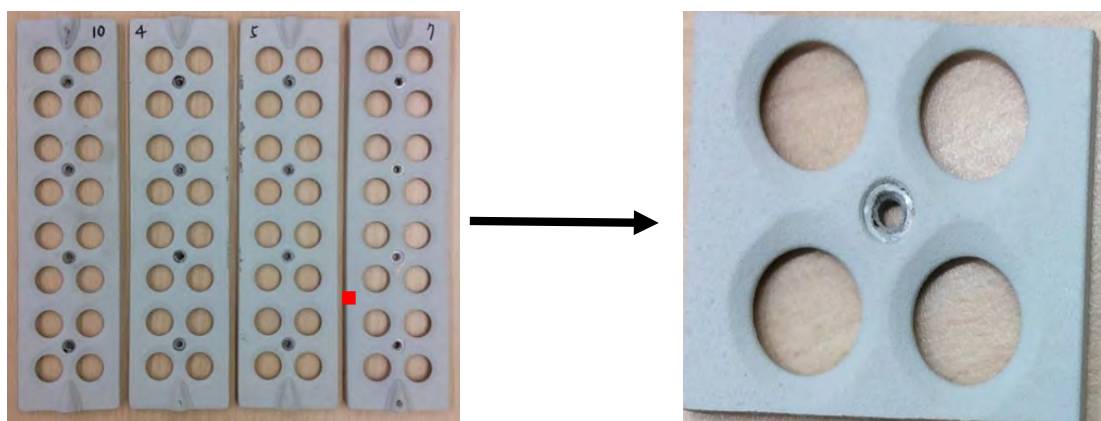


(圖三) 將紅色螢光劑塗佈至透鏡蓋



(圖四) 將透鏡蓋放置 LED 燈上

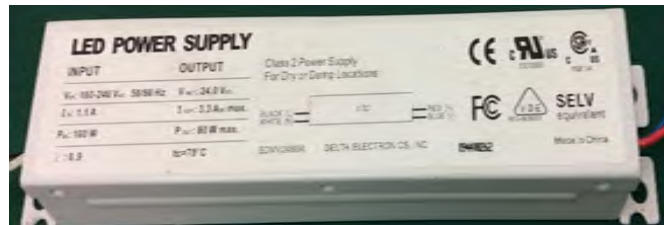
- (三) 將 LED 燈之保護蓋切割成以 4 顆燈為一組的正方塊。
- (四) 將正方塊狀的保護蓋與圖四的 LED 組裝在一起，形成積木式植物生長燈。
- (五) 接上變壓器，使 LED 發光。



(圖五) 將 LED 的保護蓋切割成正方塊



(圖六) 正方塊狀的保護蓋與 LED 組裝成積木式植物生長燈



(圖七) 接上變壓器，使 LED 發光

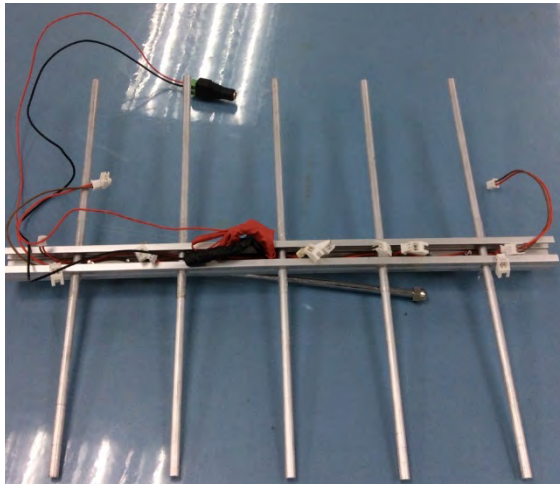
(六)回收的 LED 路燈重組成積木式植物生長燈照射植物



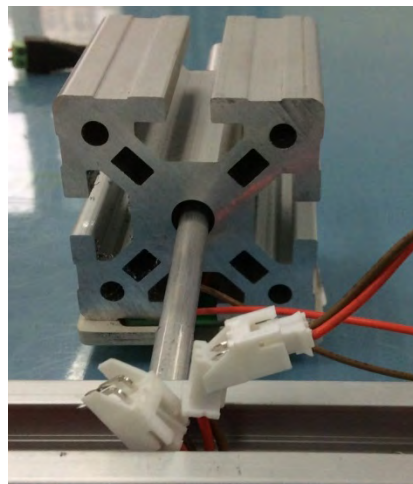
(圖八) 重組的積木式植物生長燈發光的模樣

二、將積木式植物生長燈配接線路

(一)將積木式植物生長燈放入以配置好並聯電路的電線桿上。

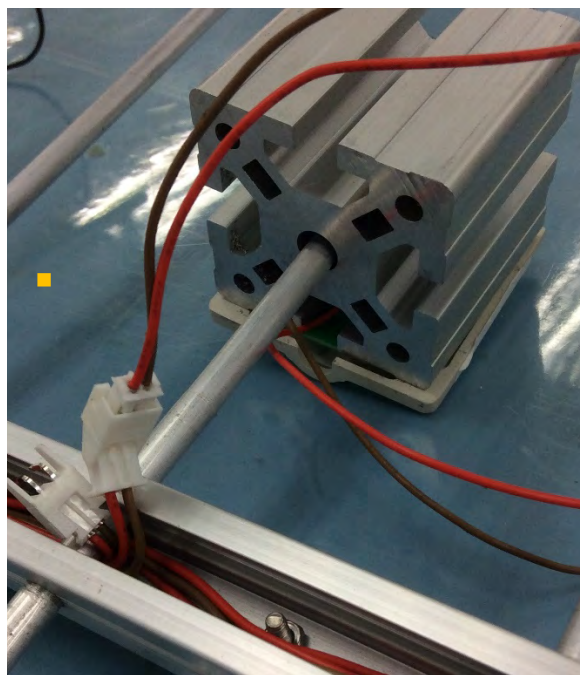


(圖九) 以配置好電路的電線桿



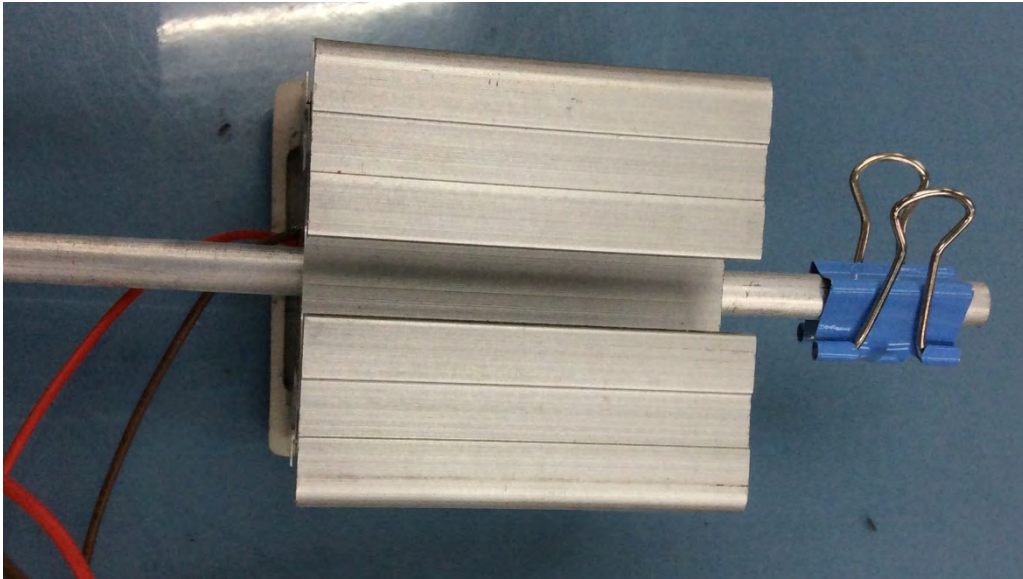
(圖十) 將積木式植物生長燈掛於桿上

(二)以並聯方式相互連接。



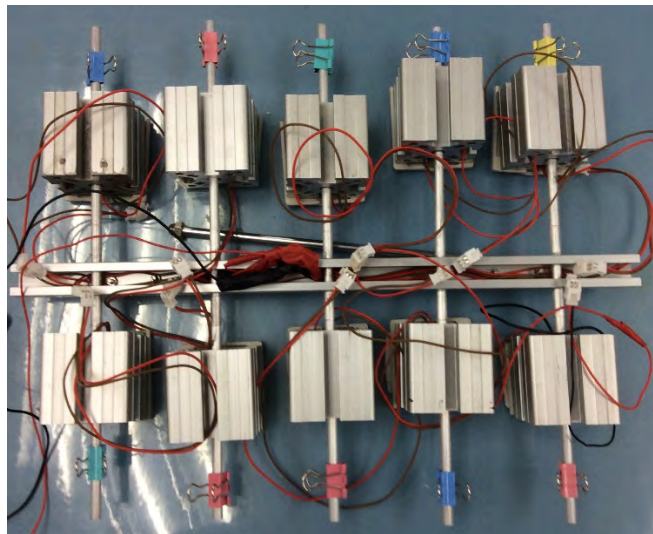
(圖十一) 積木式植物生長燈以並聯方式連接(黃框處)

(三)利用長尾夾固定於積木式植物生長燈後方，以防止滑落。



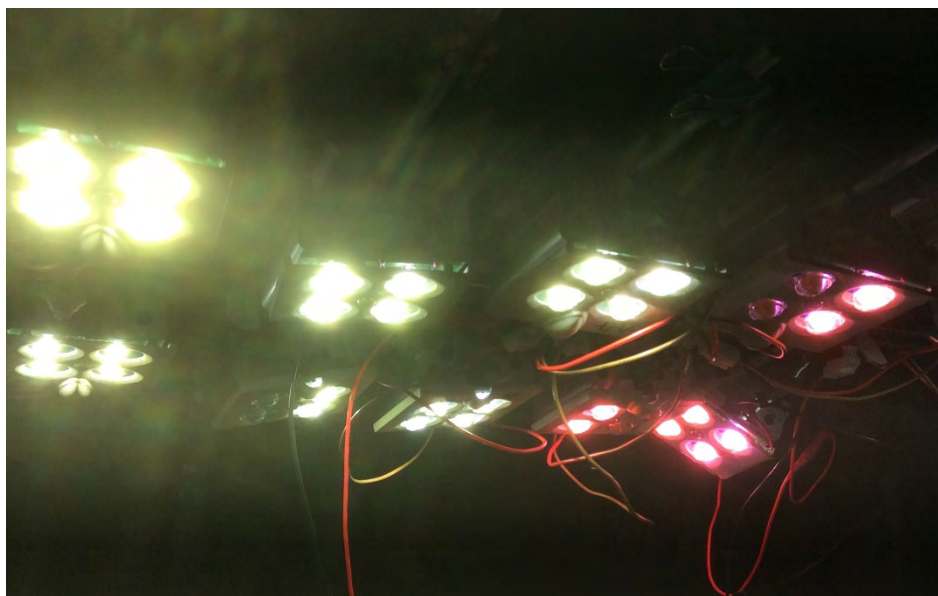
(圖十二) 長尾夾固定於積木式植物生長燈後方

(四)重複(一)到(三)的步驟，組裝完成 10 個積木式植物生長燈。



(圖十三) 連接完成的積木式植物生長燈

(五)接上變壓器，使積木式植物生長燈發光。



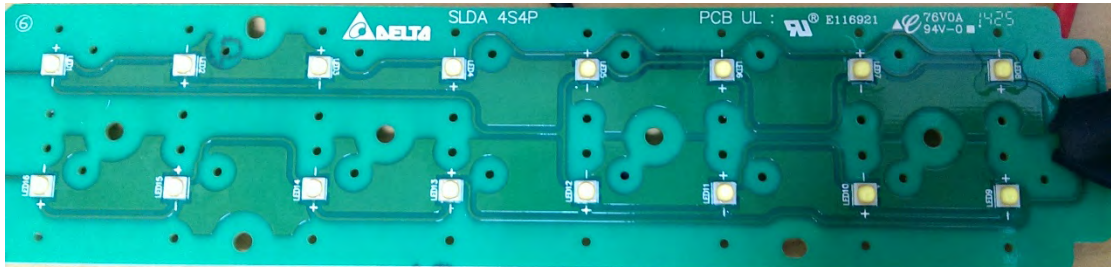
(圖十四) 積木式植物生長燈可發光



(圖十五) 積木式植物生長燈可移動、可調整角度。

伍、討論與結果

一、常見植物生長燈 v.s.積木式植物生長燈



(圖十六) LED 路燈

(一)LED 路燈大致分為兩類：高電流低電壓(舊型)、低電流高電壓(新型)。

1.常見植物生長燈：高電流低電壓 (350mA、3.7V)

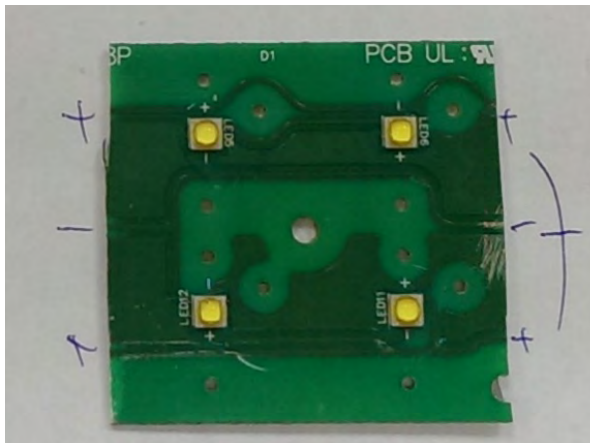
→只能串聯使用，當一顆燈壞掉全部燈不亮。

2.積木式植物生長燈：低電流高電壓 (22mA、45V)

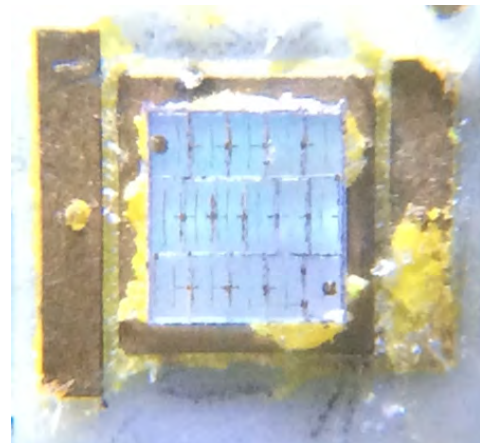
思考：為什麼電壓為 45V？

發現：此類 LED 為集成晶片，集成晶片內部由 15 顆 LED 相互串連而成。

→可並聯使用且可自由調整，當一顆燈壞掉可立即更換。



(圖十七) 積木式植物生長燈以並聯方式
晶連接。



(圖十八) 積木式植物生長燈的
片為集成晶片。

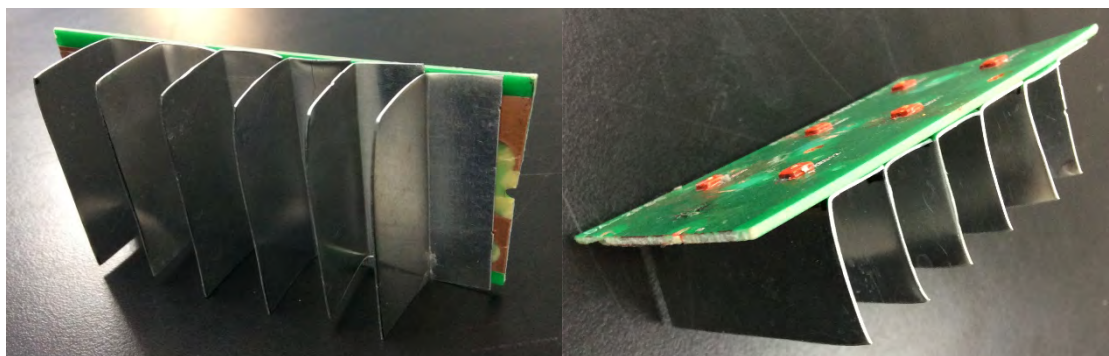
(二)比較串聯、並聯使用

類型	電路設計	可調整 LED 數量	可調整 LED 間距	可調整 LED 角度	可汰換損 壞 LED
常見植物 生長燈	串聯	×	×	×	×
積木式植 物生長燈	並聯	○	○	○	○

二、燈具設計

(一)鰭狀散熱片

缺點：不易固定於 LED 背面、不易調整

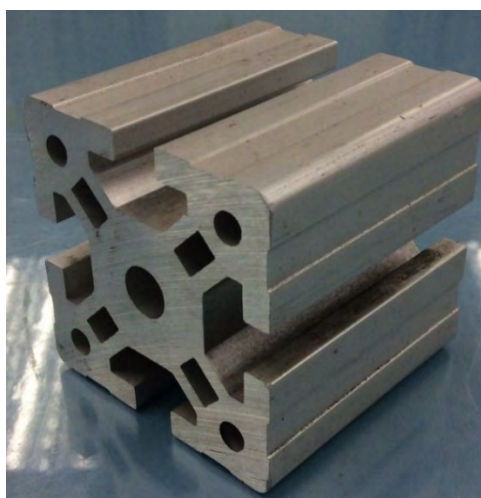


(圖十九) 鰭狀散熱片

(二)思考：如何使散熱片堅固的固定於 LED 背後且兼具散熱及可調整性？

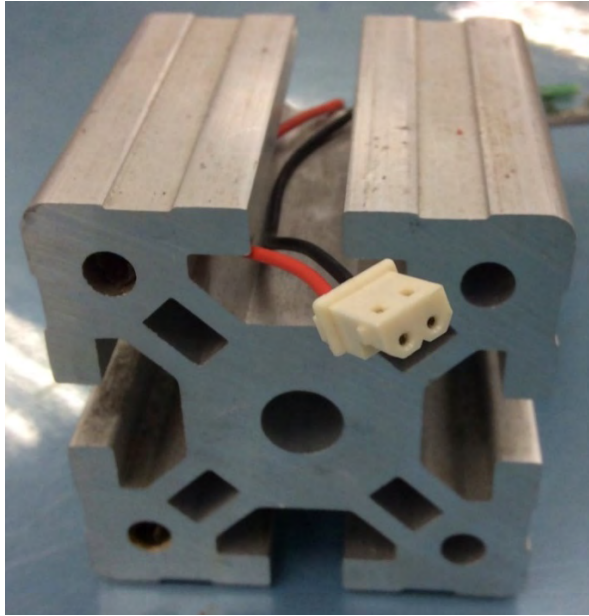
(三)組裝散熱模組

1.將鋁條切割成正方塊狀的鋁塊。



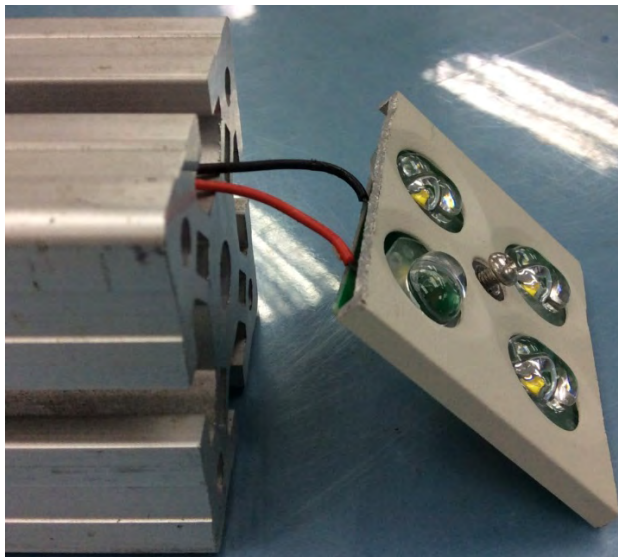
(圖二十) 鋁塊

2.將 LED 模板的電線收齊並放置於鋁塊上方凹槽。



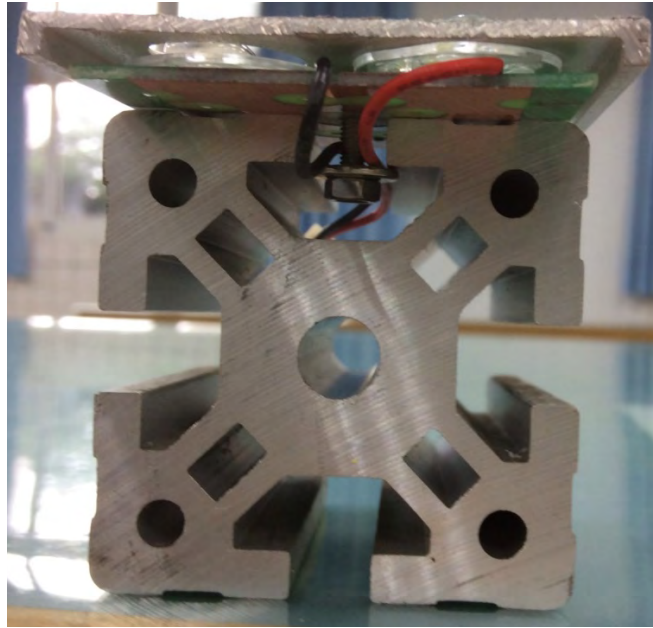
(圖二十一) 將電線收至鋁塊上方的凹槽內

3.將螺絲旋入 LED 模板中間的洞口。

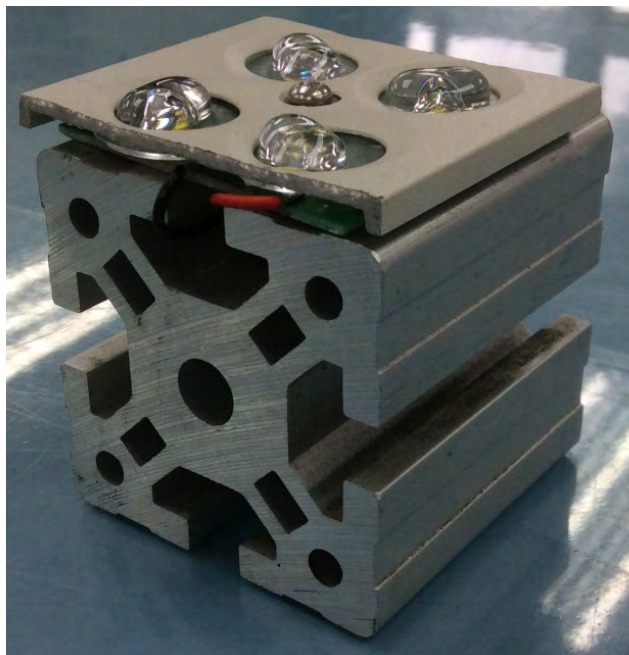


(圖二十二) 螺絲旋入模板中間的洞口

4.將 LED 模板與鋁塊固定，即完成積木式植物生長燈。



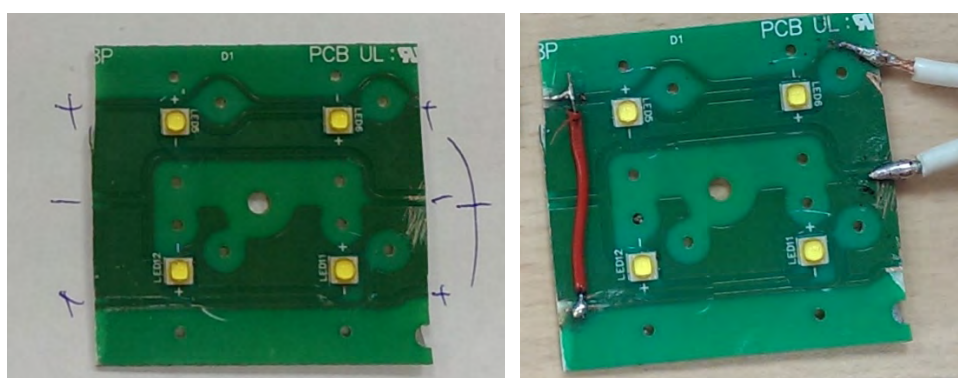
(圖二十三) 將模板與鋁塊固定



(圖二十四) 積木式植物生長燈

三、比較各種植物生長燈

	積木式植物生長燈	市售植物生長燈 A	市售植物生長燈 B
植物燈產生的方法	藍光 LED + 紅色螢光劑	藍光 LED + 黃色螢光劑	紅光 LED + 藍光 LED
電路	並聯	串聯	串聯
電壓	45.0 V	3.2 V	3.2 V
電流	22 mA	350 mA	350 mA



(圖二十五) 積木式植物生長燈的並聯設計

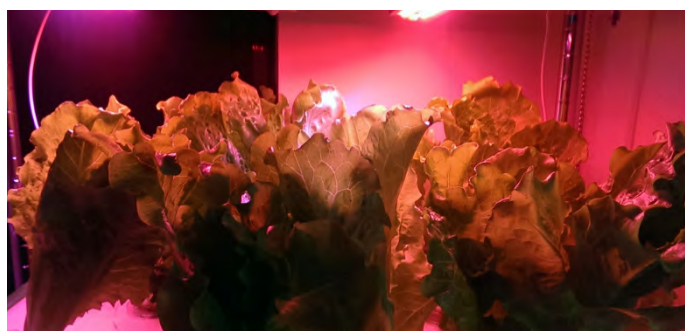
積木式植物生長燈為高電壓低電流，利用其特性，修改其本身電路，製成全以並聯方式連接的植物生長燈。市售植物生長燈為低電壓高電流，因此只能以串聯使用，若以並聯使用則電流過高造成燈泡受損。

並聯的特性為當一顆燈損壞時，不會影響其餘燈泡；相反地，若此損壞燈泡是以串連方式連接則影響到其餘燈泡造成燈泡壽命減短。

而且，市售植物生長燈是由藍光+紅光兩種 LED 製成，由於不同色光的 LED，其最佳工作電流不相同，需要兩個配電才能達到最大效益，因此成本相對提高。但廠商為了減少成本，所以會選用較高的電流，這是適合藍光 LED 卻不適合紅光 LED，因此紅光 LED 會較快受損。積木式植物生長燈為單一 LED，只需單一電流即可讓燈泡發揮最大效用。

四、適合植物生長的積木式植物生長燈

(一)積木式植物生長燈可以配合植物生長調整距離、角度及數量，甚至還可以以側照的方式照射高大植物(例如：番茄)使其整株植物從上到下都能獲得足夠的光。但市售的植物生長燈的數量、間距皆為固定的，所以當燈照射於植物上時，大部分的光照射在沒有植物的地方，這使這些光是被浪費掉的。



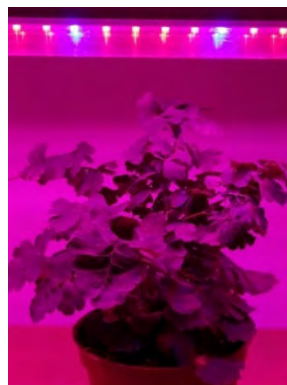
(圖二十六) 利用積木式植物生長燈可將光集中在植物身上



(圖二十七) 市售植物生長燈無法調整數量即兼具造成光被浪費



(圖二十八) 積木式植物生長燈可調整角度使植物有足夠光源生長



(圖二十九) 傳統型植物生長燈只能由上往下照，造成底部光量不足。

(二) 植物生長會因紅藍光比例不同而有所影響，積木式植物生長燈可以針對各種植物調配出其所需的紅藍光比例，例如：萵苣需要 65%的紅光與 35%的藍光。相較受限於燈泡數目、固定紅藍比的市售植物生長燈，積木式植物生長燈更能滿足植物所需。



(圖三十) 萵苣生長良好

五、容易更替損壞的 LED 燈

	積木式植物生長燈	市售植物生長燈 A	市售植物生長燈 B
成本/個	NT 30	NT 2800	NT500
成本 / m ²	NT 2000	NT 9000	NT 15000

由於積木式植物生長燈以 4 顆 LED 為一模組且以並聯方式連接，所以積木式植物生長燈可容易替換損壞的 LED 而不影響其餘燈組，且只需替換綠色模板，鋁製散熱模組能繼續被使用。而市售植物生長燈是以 252 顆 LED 為一模板且為串聯使用，因此只要有一顆燈損壞，整塊模板直接丟棄。

六、比較各種植物生長燈的成本

相較市售植物生長燈，積木式植物生長燈可省下 NT 7000/m² 到 NT 13000/m²，所以積木式植物生長燈比市售植物生長燈更便宜。

七、比較各種植物生長燈的光合作用有效光或輻射能(PAR)

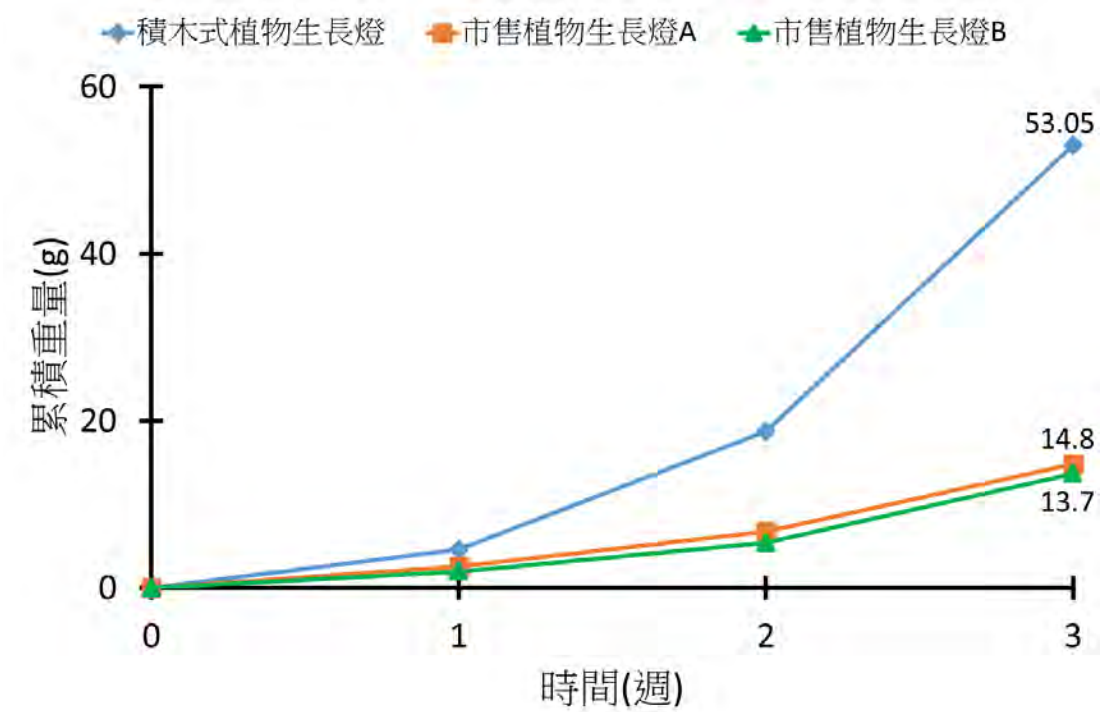
	積木式植物生長燈	市售植物生長燈 A	市售植物生長燈 B
PPFD ¹ ($\mu\text{-mole/s}\cdot\text{m}^2$)	102.8	77.3	82.0
輻照度 (W/m^2)	1.2	2.0	1.1
效率 ($\mu\text{-mole}/\text{J}$)	87	39	74

標註 1：光合作用光子通量密度

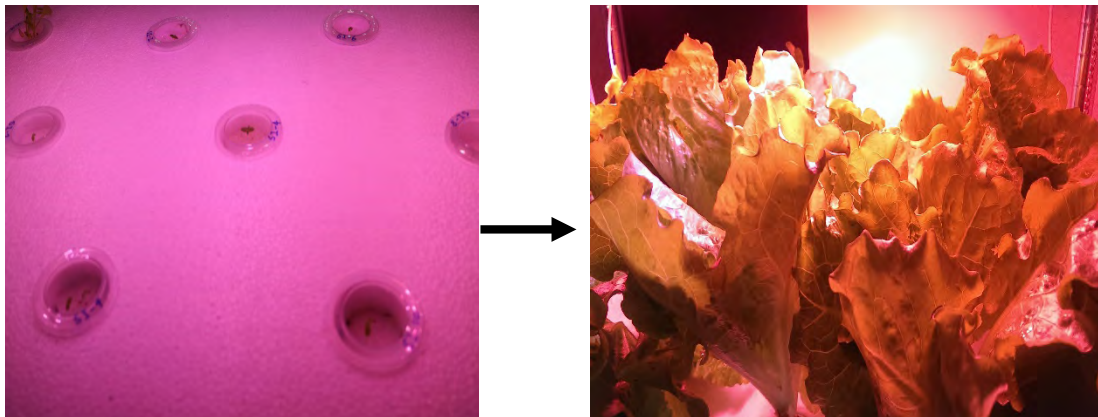
積木式植物生長燈能發出比市售植物生長燈更多的光子。這意味著積木式植物生長燈比市售植物生長燈更有效率且更省電。

八、植物成長

用積木式植物生長燈照射植物，由於 PPF 的效率，因此能縮短植物的生長週期，使植物能更快的收成。



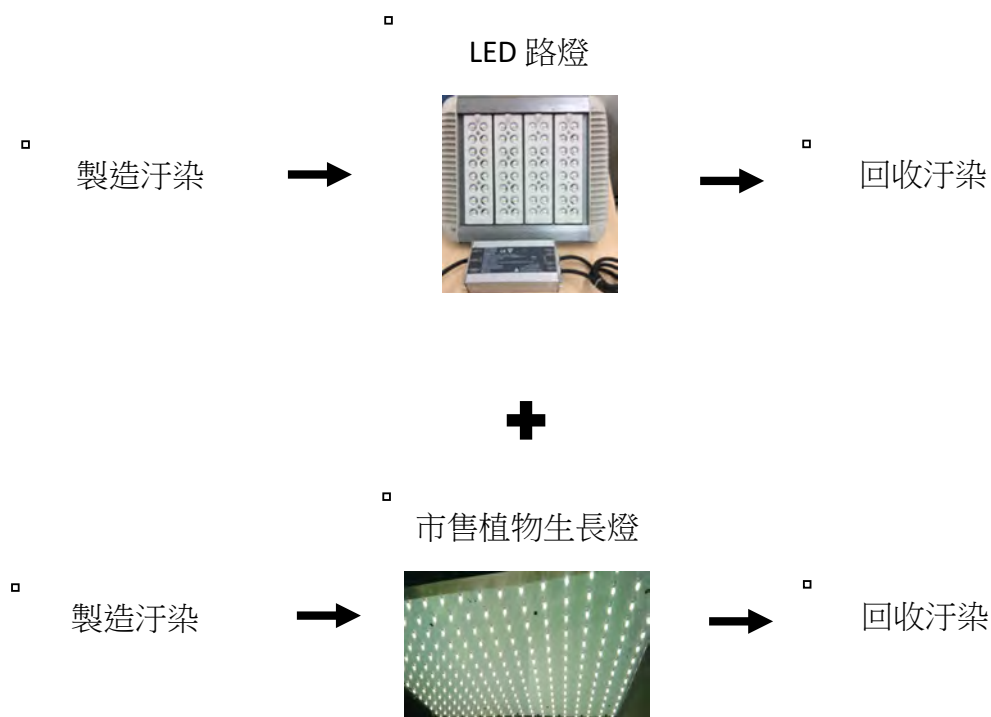
(圖三十一) 三種植物生長燈種植萵苣的生長曲線圖



(圖三十二) 利用積木式植物生長燈種植萵苣只需 3 週即可收成

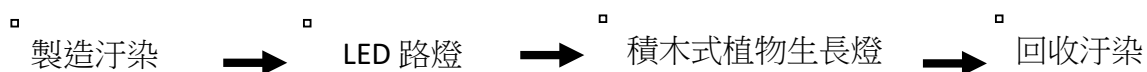
九、環境影響

由於 LED 含有污染環境的成份，因此廢棄的 LED 對環境和人類健康造成嚴重影響。在 LED 製造過程中，對整個環境的影響程度就佔 23%。因此回收 LED 路燈再利用作為積木式植物生長燈可以延長 LED 的壽命，這降低了 LED 對環境的影響



(圖三十三) LED 路燈和市售植物生長燈造成的汙染

若能回收 LED 路燈再製成植物生長燈，則可以減少一次製造汙染和一次回收汙染，降低 LED 對環境的影響。



(圖三十四) 回收 LED 路燈再製成植物生長燈造成的汙染

陸、結論

1. 路燈採用少見的集成晶片 LED 是比較新的技術，以低電流高電壓驅動(22mA、45V)；不同於市售的 LED 的高電流低電壓(350mA、3.7V)。集成晶片 LED 製程上需要更高的技術和成本，因此此類晶片大多為路燈所使用，能創造出更高效品質的路燈，若能回收 LED 路燈再製成積木式植物生長燈能延續其高效率的特質。
2. 回收 LED 路燈再製成積木式植物生長燈可以降低環境污染。
3. 本作品利用集成晶片 LED 的低電流高電壓(22mA、45V)的特性，製作成「並聯式」的 LED 植物生長燈，並以「積木式」組成，若部分損壞則易更壞。
4. 自製「積木式」植物生長燈(並聯)，有別於市售的「串聯式」的 LED 植物生長燈，因使用高電流低電壓晶片(350mA、3.7V)必須以串聯使用，若其一部份損壞，則需全部更換。
5. 積木式植物生長燈成本低廉、高效率照射且可以配合植物生長調整間距、角度及數量。
6. 積木式植物生長燈照射植物，能縮短植物的生長週期。
7. 積木式植物生長燈不但環保，減少對環境影響，還能提供未來綠色環境商品一個新想法。

柒、參考文獻

1. Archer N., Casa R., Jones H.G., Rotenberg E. “Radiation measurement for plant ecophysiology,” 2003, vol. 879, 889
2. Bazzana M., Grannec F., Martinsons C., Ravel P., Tähkämö L., Zissis G. “Life cycle assessment of light-emitting diode downlight luminaire—a case study,” *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 2013, vol. 1009, 1018.
3. Lim S. R., Kang D., Schoenung J. M., Ogunseitan O. A. “Potential Environmental Impacts from the Metals in Incandescent, Compact Fluorescent Lamp (CFL), and Light-Emitting Diode (LED) Bulbs,” *Environmental Science & Technology*, 2013, vol. 1040, 1047
4. Grow Big or Grow Home-Lighting the way and Growing better Every Day. Best LED Grow Light Review Data 2015, <http://www.growbigorgrowhome.com/>
5. 林秦聿 ”高效率路燈藍光 LED 的再改造之應用”, 2015 年, 第十四屆旺宏科學獎

【評語】 200005

本研究將 LED 路燈於廢棄後進行改造再利用於植物生長燈，在將廢棄之藍光 LED 路燈塗佈紅色螢光粉後，即可獲致較便宜且環保之植物生長燈。本研究具創意及成本效益，後續如能再更清楚建立植物生長應用方面之具體數據比較，將可使結果更具可信度。