

# 2016 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100016  
參展科別 工程學  
作品名稱 太陽光熱分離的神奇之旅!  
得獎獎項 大會獎：四等獎

就讀學校 高雄市立高雄女子高級中學

高雄市立中正高級中學

指導教師 王欽戊

作者姓名 王育涵、王子洋

關鍵字 空氣膠、熱轉電、可透光太陽電池

## 作者簡介



本作品作者共有兩位，分別是王育涵(現就讀於高雄女中 2 年級)以及王子洋(現就讀於高雄市立中正高中 2 年級)，同時我們也是雙胞胎的兄妹(見附圖照片一)。正由於是雙胞胎的緣故，從小我們兩人感情甚篤、彼此關懷、默契十足；雖然小爭吵難免，但總是能相處愉快樂趣無窮。儘管我們兩人發展的性向有所不同，妹妹王育涵對於醫學領域的探索深感興趣，哥哥王子洋則興趣廣泛，任何科技新知皆頗嚮往。而且我們向來對於學習新知與發明事物，總是能抱持著極強烈的學習態度與熱誠，至今我們二人通力合作已參加過多次的國內外重要比賽與發明，累計已獲得的重要獎項有：(1)2015 年全國能源科技創意實作競賽高中職組銀牌獎(2015/10/4)；(2)2015 年中華民國第 55 屆中小學科學展覽高中組生活與應用科學科第一名暨台灣 IBM 智慧科技創新獎(2015/7/23)；(3)高雄市第 55 屆中小學科學展覽高中組生活與應用科學科第一名(2015/4/25)；(4)2014 年 International Exhibition for Young

Inventors (IEYI)世界青少年發明展金牌獎(獲獎地點：印尼、2014/11/1)；(5)高雄市102年度國中學生獨立研究成果發表競賽自然類第一名(2013/11/9)；(6)高雄市第53屆中小學科學展覽國中組生活與應用科學科第三名(2013/5/4)；(7)2012年IEYI世界青少年發明展台灣區選拔賽救難逃生組金牌獎並獲推薦為國家代表隊(2012/8/16)；(8)高雄市第52屆中小學科學展覽國中組生活與應用科學科佳作(2012/5/5)；(9)另已獲三項台灣發明專利證書(I412390、I504806、I511913)。而今我們二人為了準備此次2016台灣國際科學展覽會比賽，全程付出的時間約有1年半，其過程可謂是歷經諸多挫折與辛苦。實現此作品包括：資料的搜集與閱讀、材料的購置、實驗架構的設計與步驟安排、工作的分配、實驗的進度掌控與數據整理、實驗的結果與分析、應用例影片的拍攝、以及與指導老師的充分討論與經驗分享等，著實讓我們學習到許多前所未有的體驗。本作品題目：『太陽光熱分離的神奇之旅！』最重要的創意突破乃是我們創新地應用空氣膠的高透光與高隔熱特性，先讓聚焦的太陽能透過空氣膠玻璃進行光熱分離後，再分別將太陽光透過太陽電池作光轉電，讓太陽熱經由熱電晶片作熱轉電，成功地改變傳統利用太陽能源的方式，相信本作品絕對有助於減緩地球的溫室效應！

## 中文摘要

本作品創新地利用空氣膠研製出太陽光熱分離器，分離後的太陽光與太陽熱再分別透過太陽電池作光轉電，以及熱電晶片作熱轉電。經由完整的實驗得到：

(1)本作品小面積架構(5cm×5cm)在室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能結合最佳空氣膠玻璃(濃度：2.5wt.%、厚度：0.08mm)、太陽電池模組、與**雙邊**熱電晶片模組之最佳結構可產出 48.75mW 的再生電能、(2)本作品小面積架構(5cm×5cm)在戶外用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與**單邊**熱電晶片模組之最佳結構可產出 174.5mW 的再生電能、(3)本作品大面積架構(15cm×15cm)在戶外用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽電池模組、**雙邊**太陽熱轉電模組，除了成功應用在：微小電力儲能、風扇轉動、LED 燈亮、及玩具車與機器人行走外，空氣膠玻璃的透光度至少 88% 且隔熱度至少 12°C 以上，不但有助於太陽電池的光轉電與散熱降溫，更實現節能與應用科學目的。

## 英文摘要

This work has innovatively fabricated the solar-light/solar-heat separator by using the aerogel powder. The separated solar-light and solar-heat could be transformed into renewable electricity by the action of the solar cell module and thermoelectric module, respectively. Through the complete experiment data, it has been concluded as followings: (1).At inside door by using 150W halogen lamp to imitate solar energy, the optimal article with small sized construction (5cm×5cm) by constituting with the optimal aerogel film glass (concentration:2.5wt.%, thickness:0.08mm), solar cell module, and double-sided thermoelectric modules could create 48.75mW renewable electricity. (2).At outside door by using real solar energy, the optimal article with small sized construction (5cm×5cm) by constituting with the convex lens, the optimal aerogel film glass (concentration:2.5wt.%, thickness:0.08mm), solar cell module, and one-sided thermoelectric module could create 174.5mW renewable electricity. (3).At outside door by using real solar energy, the optimal article with large sized construction (15cm×15cm) by constituting with the brightness enhancement film, the optimal aerogel film glass (concentration:2.5wt.%, thickness:0.08mm), transparent solar cell module, and double-sided thermoelectric modules, has been successfully applied on the complex small-electricity storage, electric fan turning, LED light on, toy car and mini robot moving, etc. Besides, it has also been demonstrated that by combining the unique properties of transpance of aerogel film glass greater than 88% and heat-blocking ability of aerogel film glass higher than 12°C, this article could not only enhance the photoelectric transform effect as well as the temperature-cooling of solar cell, but also realize the promotion purpose of energy-saving and applied engineering science.

## 一、前言：

### (一)研究動機：

從高一物理課本第七章有關能量的各種形式與轉換以及網路資訊搜尋，我們可以得知在眾多的能量種類當中，包括核能、化學能、動能、位能、電能及機械能等，就以電能最容易儲存及輸送，也可以輕易的產生各種功能，包括照明、傳播、保溫、運輸、與動作等。但不幸的是以任何其他能源轉換成電能往往都會遭遇到困難，而且會造成環境的污染。因應而起的是各種再生能源(如：太陽能、風能、生物質能、燃料電池、氫能、海洋能、地熱、以及聲能等)【文獻 1】廣泛地被提倡，而這其中又以太陽能源可謂是永不耗竭且無所不在的最佳綠色能源。

也誠如大家所熟知，目前要讓太陽能源轉換成電能一般都是透過太陽電池將太陽的可見光能轉換成電能；但太陽能源中另有一重要且不可見的熱能卻無法透過太陽電池將之轉換成電能，這正是一種能源的浪費。因此我們想：平常在學校老師都會教導我們如何節省能源的辦法以及做好各項資源的分類回收，那麼我們何不嘗試著先將太陽的光能與熱能作分離，再分別透過太陽光轉電以及太陽熱轉電技術轉換成可再利用的電能呢？這不就是可以充分善用太陽的能源了嗎？於是就展開了我們這次如何先將太陽能的光與熱分離後，再分別轉成電能的研究之旅。

## (二)、研究目的：

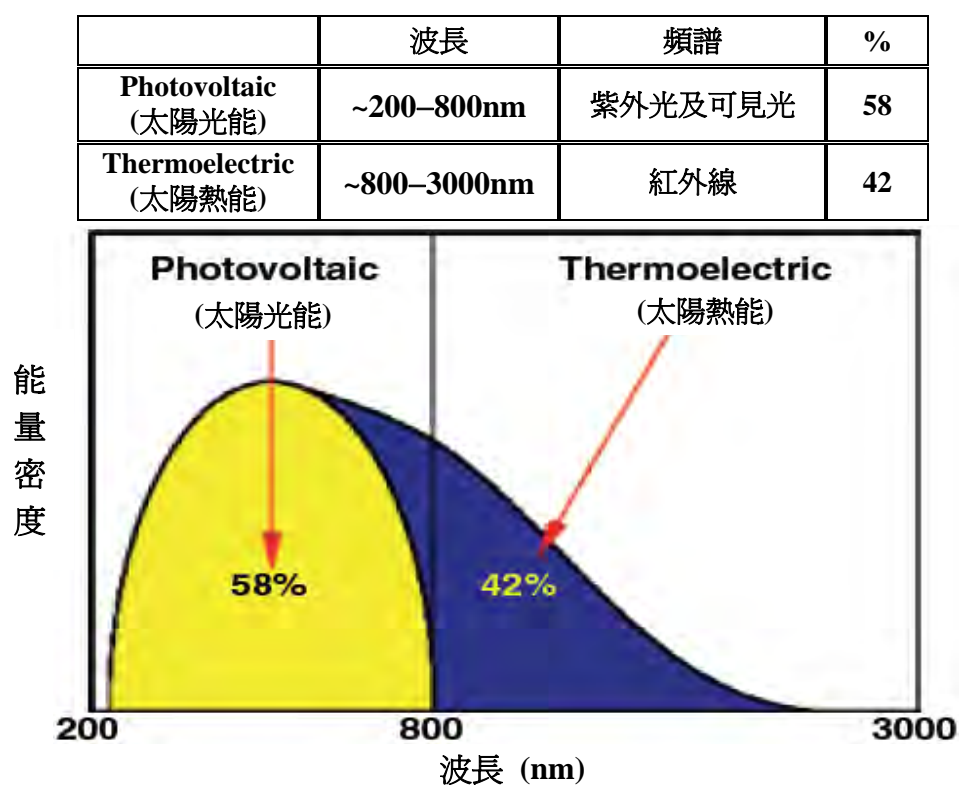
我們的研究目的主要有三個：

- 1、研究如何利用空氣膠製作出頗具效益的太陽光熱分離器。
- 2、讓分離後的太陽光與太陽熱分別透過太陽電池模組作光轉電，以及透過熱電晶片模組作熱轉電，除了可以更有創意地產出複合式再生能源外，又可協助聚光型太陽電池作散熱降溫，增加其光電轉換效率與使用壽命。
- 3、將此一創新的太陽光熱分離器所產生的再生能源，搭配複合式儲能充電裝置的使用，實際應用在日常生活中並進行各項節能應用的展示，包括：電池充電儲能、風扇轉動、LED 燈亮、以及玩具車與迷你機器人行走等；此外，更完成一款兼具有『太陽光轉電、太陽熱轉電、及室內照明』功效之創意節能窗，真正落實再生能源的善用以及科展推廣生活與應用科學的目的。

## 二、研究設備及器材：

### (一)、文獻探討：

太陽能一直是我們地球所有人們想要利用的能源，而其中可見光與紫外光的部分大約占了 58%，紅外光部分則約占 42% [文獻 2](如圖一所示)，若能有效的利用太陽能那麼對現今能源短缺的問題將會有很大的幫助，這正是目前各先進國家急欲發展的焦點所在。此外，爲了提高太陽能的轉換效率，通常多會採用聚光型太陽電池技術，但聚集太陽光的同時也會聚集太陽熱，而所聚集的太陽熱則會使太陽電池裝置溫度過高進而造成轉換效率變差。所以，爲了有效地利用太陽能源，如何將太陽光與太陽熱先進行分離後，再分別吸收再利用，無疑地是一項極具前瞻與挑戰的課題。因此我們將使用一項嶄新技術作爲我們將太陽能的光能與熱能分離的工具，此一嶄新技術乃是使用空氣膠(或稱氣凝膠、Aerogel) [文獻 3]，它是一種世界上密度最低的人造發泡物質，其內部 97% 爲空氣，只有約 3% 的固體成份，因此擁有極低導熱係數而可將紅外線阻隔並只讓可見光穿透的特性，所以被稱爲改變未來的十大科技之一，我們深信利用此一特性將可以製造出極具創意的太陽光熱分離裝置。表一所示是有關空氣膠之文獻資料蒐集與整理。



圖一、太陽能源中光能與熱能的比例。



表一、空氣膠之相關研究發展背景

年代	空氣膠發展事蹟	發明人	參考文獻
1931	加拿大太平洋大學學者契史特勒 (Steven S. Kistler) 使用溶膠－凝膠法，在催化劑的催化下，使矽酸鹽類經過水解縮合後製造出全球第一塊空氣膠。	Steven Samuel Kistler	[文獻3]
1970's	法國里昂第一大學Stanislaus Teichner教授在二氧化矽空氣膠製備中，使用四甲氧基矽烷(TMOS)取代矽酸鈉作為製備二氧化矽空氣膠之新方法。	Stanislaus Teichner	[文獻4]
1983	Arlon Hunt 跟他的微結構材料部門的伙伴在美國柏克萊大學實驗室發現更便宜的正矽酸乙酯(TEOS)，可用來取代有毒的四甲氧基矽烷(TMOS)而製備空氣膠。	Arlon Hunt and the Materials Group	[文獻4]
1985	特瓦利(Tewari)、韓特(Hunt)、及羅夫特斯(Lofftus)提出新的超臨界乾燥方式，使用超臨界二氧化碳進行空氣膠的萃取乾燥。	Tewari, Hunt, and Lofftus	[文獻5]
1999	美國NASA為星塵號的太空探測船製造出充滿空氣膠的手套來收集彗星的尾巴星塵。	NASA	[文獻6]
2001~2002	美國亞士朋空氣膠公司在2001年以獨特專利生產工法，首先研製成功具有柔軟彈性奈米級的超級空氣膠保溫纖維毯。隨即在2002年產出一種耐受性和柔韌性更強的空氣膠，它現在正被美國NASA用來製作太空服的隔熱保溫裏襯。	Aspen Aerogels	[文獻7]
2012	美國NASA研發出最新的空氣膠材料其強度比傳統二氧化矽空氣膠強韌500倍。	NASA	[文獻8]

至於本作品使用到熱電轉電及太陽熱發電之相關文獻資料的蒐集與整理如表二所示。

表二、熱電轉電及太陽熱發電之相關研究發展背景

年代	熱電轉電及太陽熱發電之發展事蹟	發明人	資料來源
1821	德國物理學家席貝克(T. J. Seebeck)發現當兩個不同材料所構成的迴路中兩接點的溫度不同時，會產生熱能轉電能的現象，稱為席貝克效應(Seebeck effect)。	Thomas Johann Seebeck	【文獻9】
1834	法國科學家帕爾帖(J. C. Peltier)發現兩種不同金屬所構成的迴路中，當有直流電通過時兩接點之間將產生溫差，稱為帕爾帖效應(Peltier effect)。	Jean-Charles Peltier	【文獻9】
1851	科學家湯姆森(L.K. Thomson)發現當單一導體或半導體在兩端有溫差及有電流通過時，會在此導體或半導體上產生吸放熱的現象，他進一步將Seebeck係數與Peltier係數之關係連結起來，建立熱電現象的理論基礎，稱之為湯姆森效應(Thomson effect)。	Lord Kelvin Thomson	【文獻9】
1955	美國SNAP(Systems for Nuclear Auxiliary Power)計劃，開發出以核能做為熱源的熱電發電器。	USA	【文獻10】
2004	報告有關太陽能熱能發電系統，乃是將太陽的熱能，經過拋物型、平面型或碟型集熱器的聚焦升溫，驅動發電設備而產生電力；是一種太陽熱能轉換為機械能，再產生電能之系統設備。	潘俊煌	【文獻11】

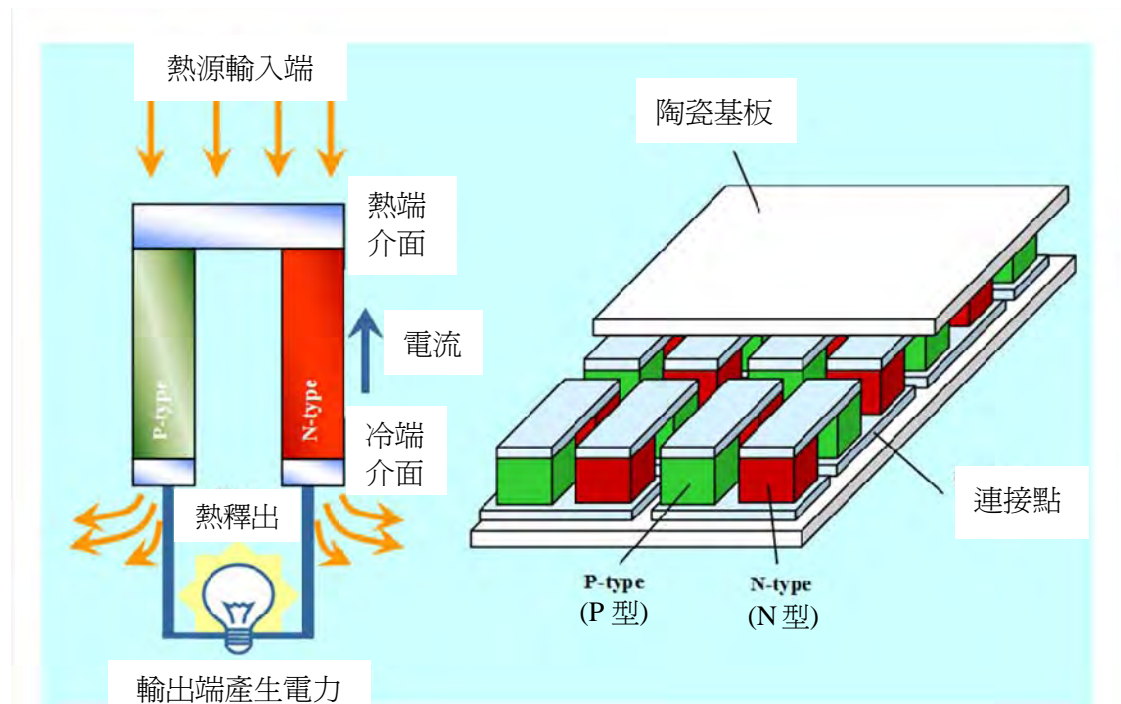
2007	美國猶他大學Orest Symko教授的研究團隊開發出的「熱-聲發電管」，主要是利用加熱使發電管內產生聲音駐波（ Standing Waves ），之後將熱能產生的聲響轉換成電能。	Orest Symko 教授	【文獻12】
2011	PS20 太陽能發電塔是一座西班牙太陽能商業發電廠，2011 年為止是全世界最大的聚光式高溫太陽能發電廠(CSP)，它的發電塔有 20MW的發電力，能量來源全靠定日追蹤反射鏡反射的陽光熱能。PS20 反射區共有 1,255 面定日反射鏡，所有日光反射集中到 165 公尺高的發電塔接受器，將蒸氣加熱後送入渦輪機組。	Ciemat公司	【文獻13】
現在	經過跨世紀的研究與努力，熱電轉電以及太陽熱發電技術也正逐步走進人們的生活中。		

此外，由於太陽熱能所造成熱電晶片的冷熱端溫差通常不會很大也不會很穩定，導致靠太陽熱能轉電能所產生的再生電力就不會太大而很難被儲存；因此對於好不容易透過太陽熱能轉電能所產生的微小電力究竟要如何妥善儲能與應用，也是另外一項挑戰。在本作品中，我們將採用複合式儲能充電裝置【文獻 14】，利用它超低功耗及可收集各種微小能量的特性，來實現將太陽熱能轉電能所產生的微小電力作有效的儲能與應用。

至於在太陽光轉電方面，自從 1893 年法國物理學家Alexandre Edmond Becquerel觀察到光伏效應之後，科學家們對此一新能源科技從此展開嶄新的研究領域，也因而發展出單晶矽、多晶矽、非晶矽以及各類有機無機半導體所製成的各種太陽電池[文獻 15]。另外，由於可透光太陽電池同時兼具有太陽光轉電與透光照明之功效，目前也普遍受到各式建築窗戶、車窗、飛機窗戶、園藝溫室、以及廣告看板等的青睞。

## (二)、熱電轉電之原理探究：

熱電元件的構造，可以從基本的熱電偶機制來著手。基本的熱電偶是由 P 型與 N 型半導體所組成，再加上具電性隔離、熱傳導率高的基板形成一閉迴路系統。一個熱電偶包含有兩個熱單元，分別為 P 型和 N 型半導體，而若有多組 P 型和 N 型半導體相串聯，此時則稱為熱電堆，基本熱電晶片結構如圖二所示。



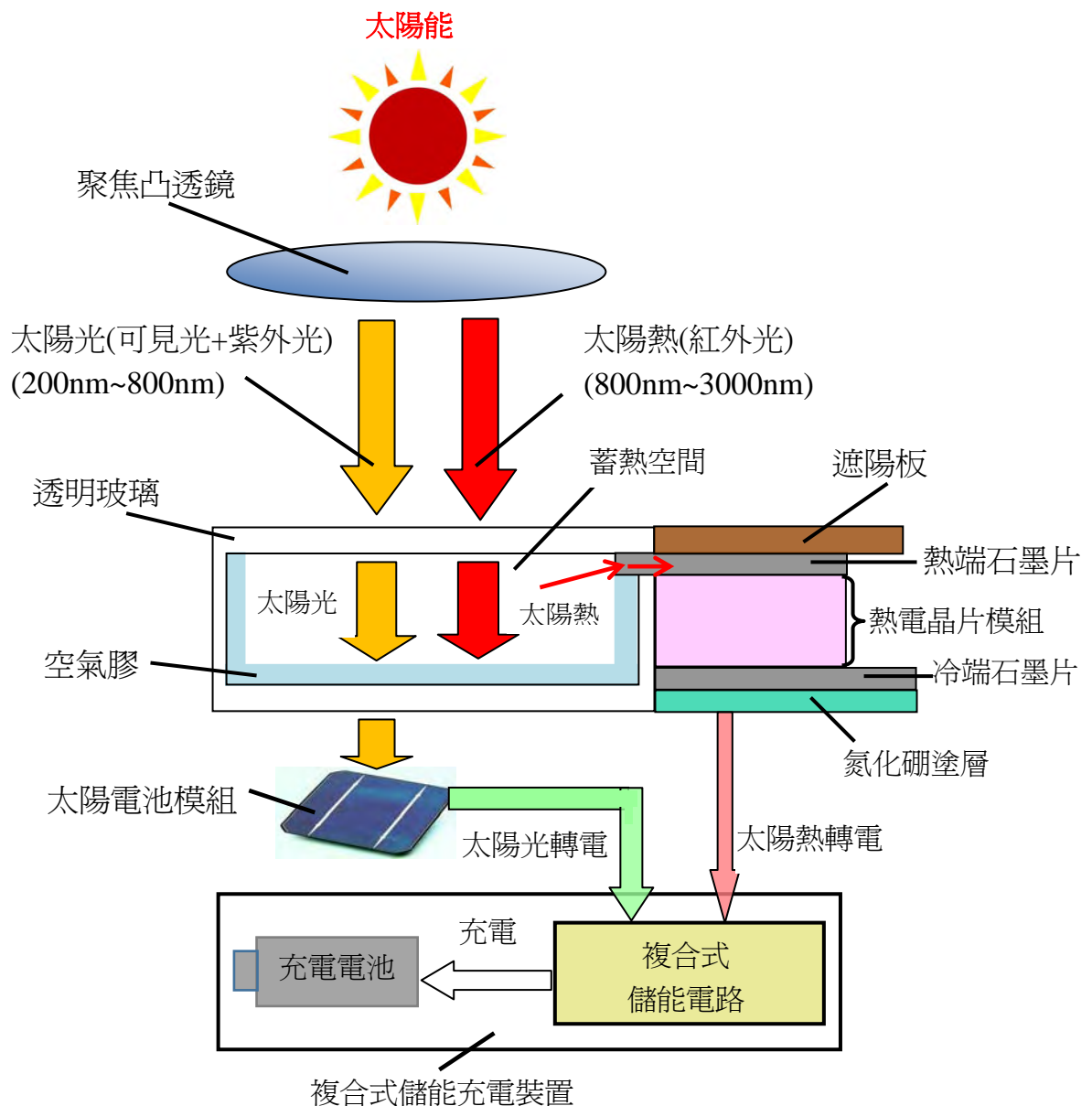
圖二、熱電晶片結構及作用示意圖。

熱電元件的工作原理可用單一組 P 型和 N 型材料上的現象來說明(如圖二)：因為 P 型半導體的多數載子為帶正電的電洞，N 型半導體的多數載子為帶負電的電子，其中半導體的載子會成為傳熱的媒介，且經由熱端(Hot junction)吸收熱能後使得載子向冷端(Cold junction)移動，致使載子因濃度分佈不均所造成電動勢而有電能的產生。所以在每個熱電單元上，若能在熱端接面的基板上給予熱量，而造成冷熱端兩側有溫度差，就會因為熱電的 Seebeck 效應【文獻 9】而產生電力，這就是熱電轉電的基本原理【文獻 16】。一般而言，冷熱端的溫度差越大其所產生熱電轉電的電能也就越大；因此如何設計並製作出能夠形成高冷熱端溫差的太陽熱轉電，也是本組首要積極努力的目標。

### (三)、研究設備與實驗器材說明：

#### 1、實驗裝置

本作品所設計太陽能經凸透鏡聚焦後，透過空氣膠所製作的太陽光熱分離裝置並結合太陽光轉電與太陽熱轉電模組以及複合式儲能充電裝置之實驗架構示意圖如圖三所示：



圖三：本組所設計太陽能經聚焦後，透過太陽光熱分離裝置結合光轉電與熱轉電模組以及複合式儲能充電裝置之實驗架構示意圖。

## 2、實驗器材說明：

### (1)空氣膠：

由空氣膠粉末所製作的空氣膠玻璃可提供本作品將太陽能作光熱分離之用。

### (2)透明玻璃：

除了可作為空氣膠玻璃的承載用之外，更可放置在空氣膠玻璃之上方，用來固定本裝置以及可以使太陽熱不會因為風吹而散逸。

### (3)聚焦凸透鏡：

在戶外實驗時，須放置在空氣膠玻璃之上方適當距離處，用來讓太陽能匯聚成約 3 公分直徑的光圈，達到匯聚太陽光熱之用。

### (4)熱電晶片模組：

提供本作品之太陽熱轉電模組用，本模組使用熱電晶片作為基本元件，熱電晶片的熱端貼有熱端石墨片，熱端石墨片上端再覆蓋遮陽板。熱電晶片的冷端貼有冷端石墨片，冷端石墨片下面則塗有氮化硼。

### (5)熱端石墨片：

貼附在熱電晶片的熱端接面處，作為太陽熱之熱源進入熱電晶片的熱端所須熱傳導之用。

### (6)冷端石墨片：

貼附在熱電晶片的冷端接面處，作為部份太陽熱之熱源進入熱電晶片後再到達冷端處所須快速熱傳導之用。

### (7)氮化硼塗層：

用以協助降低熱電晶片冷端之溫度，使熱電晶片有更大的冷熱端溫度差，增加太陽熱轉電的發電電力。

### (8)遮陽板：

本作品為了降低熱電晶片冷端的溫度而增加冷端石墨片的面積，但所增加的面積會超出熱電晶片的範圍，因此為了讓所增加冷端石墨片的面積

避免被太陽熱直射到，須加裝遮陽板用來擋住太陽熱的直射。

(9) **太陽電池模組**：

太陽能經由空氣膠玻璃所分離出來的太陽光可透過本太陽電池模組進行光轉電而產生再生電能。

(10) **複合式儲能充電裝置**：

其功能是将太陽光轉電與太陽熱轉電所產生微小電力作有效的儲能，該裝置包括有兩個單元即：(i)複合式儲能電路、與(ii)充電電池。

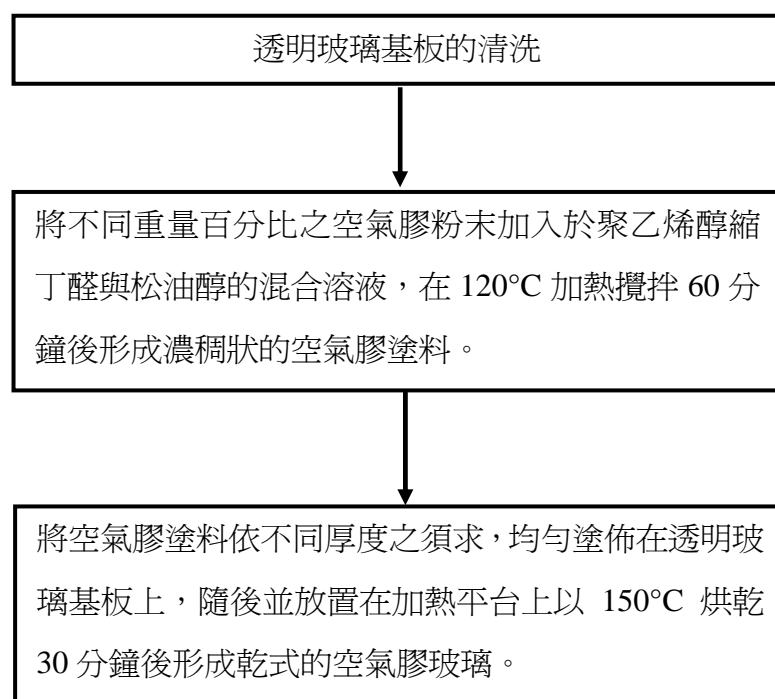
### 三、研究方法或過程：

本作品的研究過程共分四個階段來進行，其詳細的實驗步驟規劃如下：

《階段一》：在室內完成以 150W 鹵素燈模擬太陽能進行結合空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)、太陽電池模組、以及熱電晶片模組之最佳發電結構的設計與製作。

- **【實驗一】**：首先製作出不同濃度與不同厚度之空氣膠玻璃及其相關特性量測。

首先將空氣膠粉末(平均粒徑：20~40  $\mu\text{m}$ )依不同重量百分比(實驗規劃的空氣膠濃度有：1.0%、2.5%、4.0%)加入於聚乙烯醇縮丁醛(PVB、作增塑劑用途)以及松油醇(Terpineol、作分散劑用途)的混合溶液後，在 120°C 加熱攪拌 60 分鐘讓該空氣膠混合溶液形成均勻濃稠狀的空氣膠塗料。緊接著，使用載玻片作為刮刀，將空氣膠塗料依不同厚度之須求(實驗規劃的厚度有：0.02mm、0.08mm、0.32mm)均勻塗佈在清洗乾淨後的透明玻璃基板上(5cm×5cm)，隨後並放置在加熱平台上，以 150°C 烘乾 30 分鐘後形成乾式的空氣膠薄膜玻璃。**【實驗一】**的步驟流程如圖四所示。



圖四、**【實驗一】**的簡單步驟流程示意圖。



- **【實驗二】**：進行室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合空氣膠玻璃、太陽電池模組、與單邊熱電晶片模組之發電量測試與特性分析。

將【實驗一】所製作不同濃度不同厚度之空氣膠玻璃，除了觀察空氣膠薄膜的表面形態以及量測空氣膠薄膜的透光度與隔熱度之相關特性外，更將所製作各種空氣膠玻璃搭配太陽電池模組、與單邊熱電晶片模組，在室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能，進行各項發電量測試與特性分析。

- **【實驗三】**：將【實驗二】已獲得之最佳濃度與厚度的空氣膠玻璃進行室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及單雙邊熱電晶片模組之發電量測試與特性比較；並完成室內結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及熱電晶片模組之最佳發電結構評估報告。

針對【實驗二】已獲得之最佳空氣膠玻璃，本組緊接著在室內進行以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及單雙邊熱電晶片模組之發電量測試與特性比較，並找出最佳發電結構設計與製作。

《階段二》：將室內所完成結合最佳空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)、太陽電池模組、以及熱電晶片模組之最佳發電結構，進行最佳複合式儲能充電裝置之設計與製作並評估其儲能效益。

- **【實驗四】**：針對室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及熱電晶片模組之最佳發電結構裝置所產生的再生電能，設計並製作出所須最佳複合式儲能充電裝置，並評估其儲能效益。

從【實驗三】已得到室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及熱電晶片模組之最佳發電結構裝置後，緊接著本組將進行最佳複合式儲能充電裝置的電路設計與製作，並評估其儲能效益。

《階段三》：在戶外完成本作品利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)、太陽光轉電模組、以及太陽熱轉電模組之最佳發電結構的設計與製作。

- **【實驗五】**：在戶外進行利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)、太陽光轉電模組、以及**單雙邊**太陽熱轉電模組之發電量測試與特性比較，並完成戶外結合最佳空氣膠玻璃、太陽光轉電模組、以及太陽熱轉電模組之最佳發電結構設計與製作。

本組緊接著在戶外利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)、太陽光轉電模組，分別針對**單邊**與**雙邊**太陽熱轉電模組進行最佳發電結構的測試與分析。

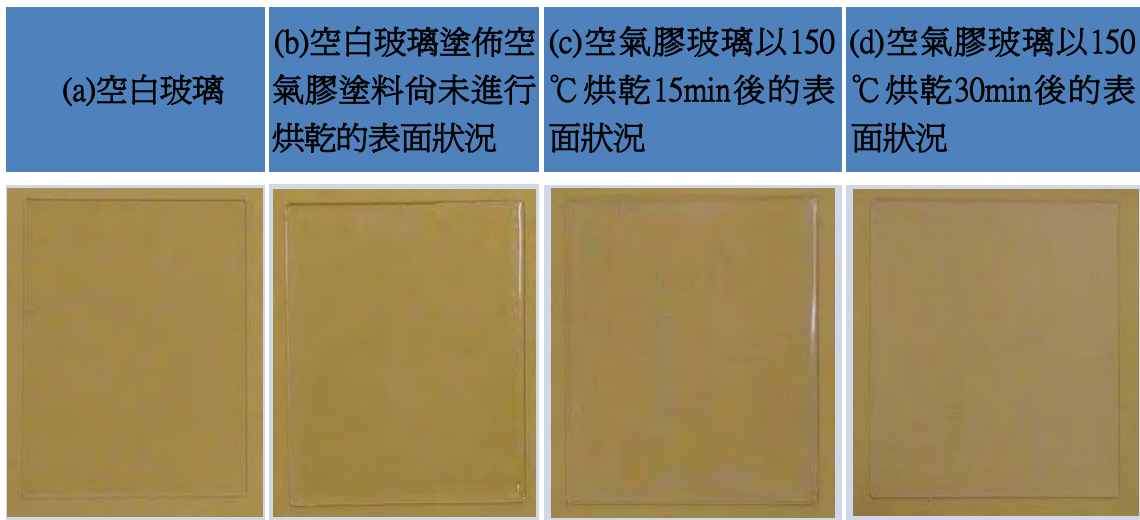
《階段四》：在戶外放大本作品架構(大面積尺寸：15cm×15cm)並完成利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、以及**雙邊**太陽熱轉電模組所產生的再生能源，實際應用在日常生活中。

- **【實驗六】**：在戶外放大本作品架構(大面積尺寸：15cm×15cm)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、以及**雙邊**太陽熱轉電模組所產生的再生能源，實際應用在日常生活中並進行各項應用例展示，包括：讓小風扇轉動、讓 LED 燈亮、讓玩具車行駛、以及讓機器人行走等；此外，更完成一款兼具有『太陽光轉電、太陽熱轉電、及室內照明』功效之創意節能窗，真正落實科展推廣能源善用與應用科學生活化的目的。

## 四、研究結果：

### <結果一>、空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)的製作結果：

本作品所製作空氣膠玻璃所含空氣膠重量百分比濃度計有：1.0%、2.5%、4.0%等三種，而空氣膠薄膜的厚度也有：0.02mm、0.08mm、0.32mm 等三種。圖五所示是本組以空氣膠重量百分比濃度為 2.5%(濃度最適中)，空氣膠薄膜厚度為 0.08mm(厚度最適中)作示範例，展示其如何從空白玻璃、空白玻璃塗佈空氣膠塗料、以及空氣膠玻璃在不同烘乾時間的表面觀察情形。

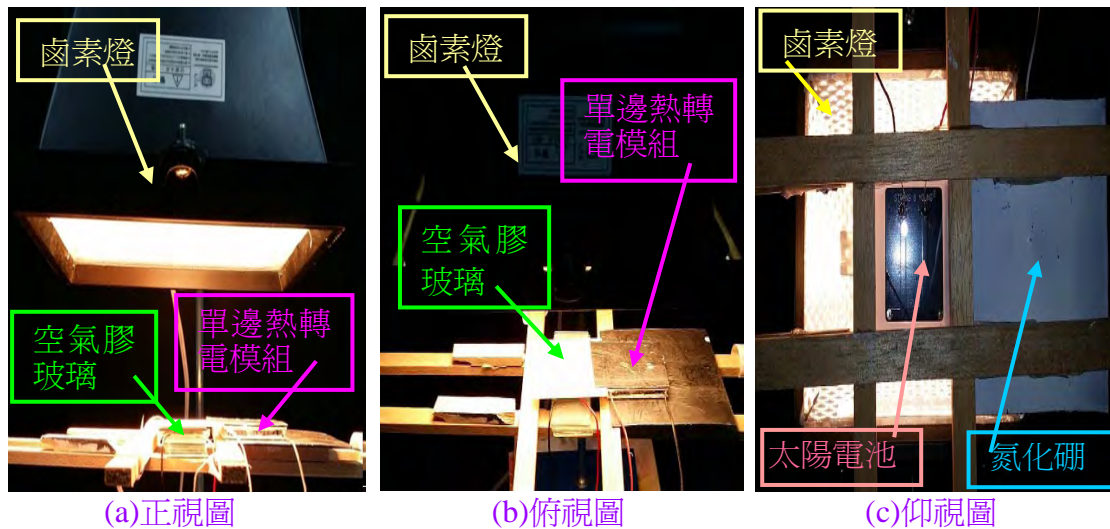


圖五、本組以空氣膠重量百分比濃度為 2.5%(濃度最適中)，空氣膠薄膜厚度為 0.08mm(厚度最適中)作示範例，展示如何從空白玻璃、空白玻璃塗佈空氣膠塗料、以及空氣膠玻璃在不同烘乾時間的表面觀察情形。

### <結果二>、室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合空氣膠玻璃(小面積尺寸：5cm×5cm)、太陽電池模組、與單邊熱電晶片模組之發電量測試與特性分析之結果：

本組所建構室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合空氣膠玻璃、太陽電池模組、與單邊熱電晶片模組之發電架構如圖六所示，而經由不同濃度與不同厚度之空氣膠玻璃所產生光轉電與熱轉電之再生電力量測結果，則如表三所示。由表三的實驗結果顯示，在室內以 150W 鹵素燈模擬太陽光時，空氣膠濃度不管是低濃度重量百分比的 1.0% 以及中濃度的 2.5%，所量測到的光轉電電能都會隨著空氣膠膜厚的增加而些許的降低；相反地，熱轉電電能則會隨著空氣膠膜厚的增加而

稍微的增大。另一個有趣的現象則是，當空氣膠濃度增加到高濃度的 4.0%時，所量測到的光轉電電能與熱轉電電能都明顯少於低濃度 1.0%以及中濃度 2.5%的樣品。至於**總再生電能(光轉電電能與熱轉電電能的相加)**最大的情況則是出現在空氣膠濃度最適中的 2.5%以及空氣膠膜厚最適中的 0.08mm 的樣品上，因為此時的光轉電電能(60.20mW)以及熱轉電電能(1.01mW)都很接近九種不同樣品中最大值的狀況。為了要深入了解上述發電量測試結果的原因，本組同時就各種空氣膠薄膜的表面均勻性、空氣膠玻璃的透光率與隔熱度等相關特性作進一步的量測與分析，相關量測結果如表四所示。從表四的量測結果得知，當空氣膠薄膜是低濃度的 1.0%以及中濃度的 2.5%時，不同厚度(0.02mm、0.08mm、0.32mm)的空氣膠薄膜樣品，其表面觀察皆表現得蠻透光且均勻性佳的狀況。此外，總再生電能最大(61.21mW)的樣品(空氣膠濃度最適中的 2.5%、厚度最適中的 0.08mm)，其透光率為 92.0%雖然稍小於總再生電能第二大(61.11mW)的樣品(空氣膠濃度最淡的 1.0%、厚度最薄的 0.02mm、透光率為 92.5%)，但所產生光轉電電能二者相差極為有限(僅相差 0.26mW)，分別為 60.20mW 與 60.46mW(詳見表三)。反而二者在隔熱度的表現上相差較為明顯，總再生電能最大(61.21mW)的樣品(空氣膠濃度最適中的 2.5%、厚度最適中的 0.08mm)，其隔熱度 15.7°C 明顯優於總再生電能第二大(61.11mW)的樣品(空氣膠濃度最淡的 1.0%、厚度最薄的 0.02mm、隔熱度為 9.3°C)，前者所產生熱轉電電能為 1.01mW 也明顯大於後者的熱轉電電能 0.65mW(詳見表三)，進而導致空氣膠濃度最適中的 2.5%、厚度最適中的 0.08mm 的樣品，其總再生電能為最大(61.21mW)，也因此本作品將其定義為**最佳空氣膠薄膜玻璃**。另一方面，當空氣膠濃度增加到高濃度重量百分比的 4.0%時，由於透光度明顯低於低濃度 1.0%以及中濃度 2.5%的樣品(詳見表四)，而導致光轉電電能明顯少於低濃度 1.0%以及中濃度 2.5%的樣品(詳見表三)，這是可以理解的。但為何高濃度 4.0%的樣品其隔熱度反而較差呢？這是因為我們觀察到高濃度 4.0%的樣品，其表面比較不容易均勻，也普遍會產生表面裂痕現象(詳見表四)，一旦產生表面裂痕空氣膠的隔熱效果自然就會大打折扣，這也就是高濃度 4.0%的樣品其總再生電能普遍都較差的原因。












圖六、本作品所建構室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合空氣膠玻璃 (5cm×5cm)、太陽電池模組、與單邊熱電晶片模組的發電結構之實際照片。

表三、室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合空氣膠玻璃、太陽電池模組、與單邊熱電晶片模組經由不同濃度與不同厚度之空氣膠玻璃所產生光轉電、熱轉電、以及總再生電能(光轉電電能與熱轉電電能相加)的量測結果。

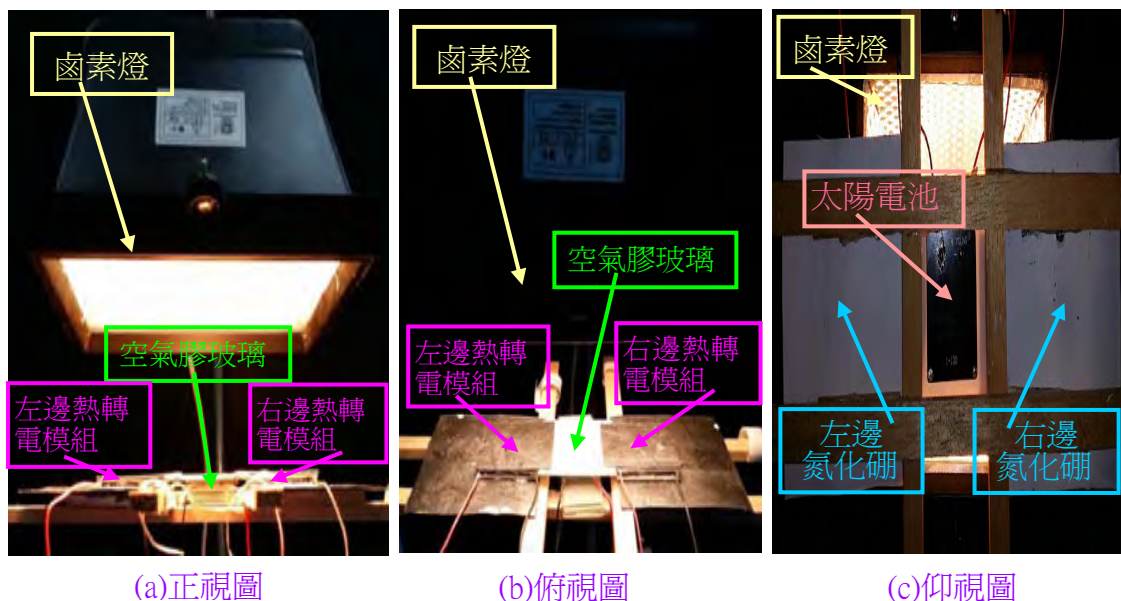
空氣膠 膜厚 (mm)	空氣膠 濃度 (wt.%)		1.0	2.5	4.0
	0.02	鹵素燈光轉電能:60.46mW 鹵素燈熱轉電能:0.65mW 總再生電能:61.11mW	鹵素燈光轉電能:60.23mW 鹵素燈熱轉電能:0.87mW 總再生電能:61.10mW	鹵素燈光轉電能:56.48mW 鹵素燈熱轉電能:0.34mW 總再生電能:56.82mW	
0.08	鹵素燈光轉電能:60.33mW 鹵素燈熱轉電能:0.74mW 總再生電能:61.07mW	鹵素燈光轉電能:60.20mW 鹵素燈熱轉電能:1.01mW 總再生電能:61.21mW	鹵素燈光轉電能:55.93mW 鹵素燈熱轉電能:0.35mW 總再生電能:56.28mW		
0.32	鹵素燈光轉電能:58.92mW 鹵素燈熱轉電能:0.78mW 總再生電能:59.70mW	鹵素燈光轉電能:57.83mW 鹵素燈熱轉電能:1.02mW 總再生電能:58.85mW	鹵素燈光轉電能:55.28mW 鹵素燈熱轉電能:0.39mW 總再生電能:55.67mW		

表四、不同濃度與不同厚度之空氣膠玻璃的透光率、與隔熱度的量測。【註 1：透光率(%)定義為在空氣膠玻璃之表面，透出光強度(L2)與入射光強度(L1)的比值，即  $L2/L1$ 】。【註 2：隔熱度(°C)定義為在空氣膠玻璃之表面，熱入射溫度(H1)與熱透出溫度(H2)的差值，即  $H1-H2$ 】。【註 3：本作品所使用空白玻璃的透光率約為 96.5%、隔熱度約為 2.1°C】。

空氣膠 濃度 (wt.%)  空氣膠 膜厚 (mm)	1.0	2.5	4.0
0.02	 透光率:92.5% 隔熱度:9.3°C	 透光率:92.2% 隔熱度:14.2°C	 透光率:88.7% 隔熱度 6.1°C
0.08	 透光率:92.3% 隔熱度:9.7°C	 透光率:92.0% 隔熱度:15.7°C	 透光率:88.2% 隔熱度:6.3°C
0.32	 透光率:91.4% 隔熱度:9.9°C	 透光率:90.3% 隔熱度 15.8°C	 透光率:87.5% 隔熱度 6.5°C

<結果三>、室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與單雙邊熱電晶片模組之發電量測試與相關特性比較之結果：

爲了產生更多的光轉電與熱轉電之再生電能，本組乃進一步建構出室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與雙邊熱電晶片模組之發電架構如圖七所示，並將本作品分別結合單雙邊熱電晶片模組所產生光轉電、熱轉電、以及複合式光轉電串聯熱轉電之再生電力進行量測，其結果如表五所示。由表五的實驗結果顯示，在室內以鹵素燈模擬太陽能結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與雙邊熱電晶片模組，其所產生光轉電電能(60.17mW)幾乎是和結合單邊熱電晶片模組的所產生光轉電電能(60.20mW)非常地接近，明顯有差別的是表五所示結合雙邊熱電晶片模組所產生熱轉電電能(左邊熱轉電+右邊熱轉電=2.01mW)幾乎是結合單邊熱電晶片模組的所產生熱轉電電能(1.01mW)的 2 倍。推測其原因乃是鹵素燈的光線透過空氣膠玻璃到達太陽電池模組所產生光轉電電能幾乎不受熱電晶片模組組數增倍的影響；相反地，鹵素燈所幅射的熱到達空氣膠薄膜表面約有 62.5°C，這樣的高溫可以提供足夠的熱給雙邊熱電晶片模組進行左邊及右邊的熱轉電，而不影響鹵素燈所幅射到達空氣膠薄膜表面有約 62.5°C 的穩定高熱。因此，就《階段一》：在室內完成以 150W 鹵素燈模擬太陽能進行結合空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及熱電晶片模組之最佳發電結構的設計與製作而言，本組一致推薦當空氣膠薄膜的濃度最適中(2.5wt.%)與厚度最適中(0.08mm)，而且是結合雙邊熱電晶片模組的架構乃爲最佳的發電結構設計，因爲此時其所建構光轉電串聯雙邊熱電晶片模組的熱轉電所產生複合式再生電能是最大的，達到 48.75mW(=1.22V×39.96mA)。



圖七、本作品所建構室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與雙邊熱電晶片模組的發電結構之實際拍照圖。

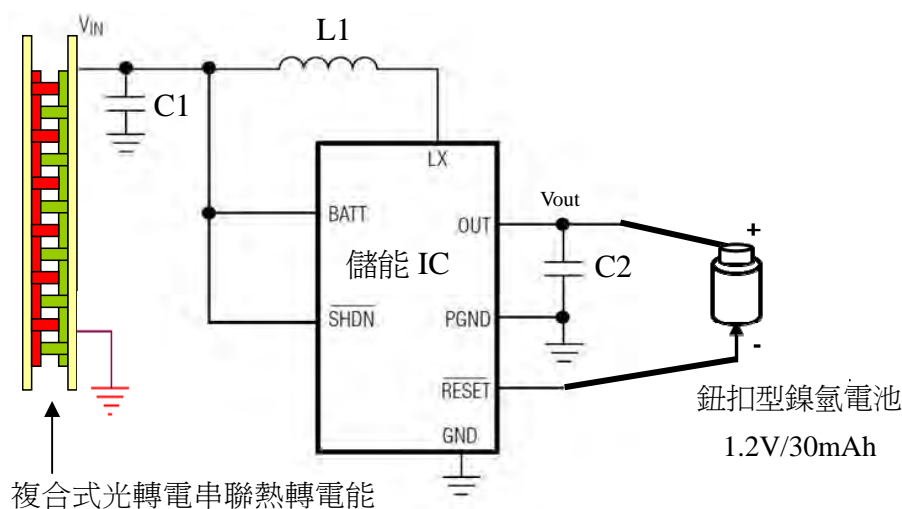
表五、室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與單雙邊熱電晶片模組所產生光轉電、熱轉電、以及複合式光轉電串聯熱轉電之再生電力的量測結果。

室內鹵素燈熱轉電模組結構	空氣膠薄膜溫度(°C)	太陽電池表面溫度(°C)	熱電晶片冷熱端溫度差(°C)	鹵素燈光轉電電能(mW)	鹵素燈熱轉電電能(mW)	鹵素燈光轉電串聯鹵素燈熱轉電電能(mW)
(1)單邊熱轉電模組	62.6	46.9	9.2	60.20mW (=0.92V×65.43mA)	1.01mW (=0.15V×6.73mA)	42.29mW (=1.07V×39.52mA)
(2)雙邊熱轉電模組	62.5	46.8	左邊：9.1 右邊：9.2	60.17mW (=0.92V×65.40mA)	左邊： 1.00mW (=0.15V×6.67mA) 右邊： 1.01mW (=0.15V×6.73mA)	48.75mW (=1.22V×39.96mA)

<結果四>、針對室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能之結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、與雙邊熱電晶片模組之最佳發電結構，設計並製作出最佳複合式儲能充電裝置並評估其儲能效益之測試結果：



由於一般市售充電電池的最小電壓規格是 1.2V，因此任何電力要對 1.2V 的空電池直接充電的話，其充電電壓至少須大於 1.2V 以上才行。雖然本組在《階段一》有得到在室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及雙邊熱電晶片模組的最佳發電結構設計，而且所建構光轉電串聯雙邊熱電晶片模組所產生最大的複合式再生電能為 48.75mW(=1.22V×39.96mA)，其電壓 1.22V 雖然勉強可以直接對規格 1.2V 的空電池充電；但就表五中所建構光轉電串聯單邊熱電晶片模組所產生的複合式再生電能為 42.29mW(=1.07V×39.52mA)，其電壓 1.07V 明顯小於 1.2V 而無法對空電池直接充電，因此研發出一款充電電壓小於 1.2V 也能適用的微小電力儲能充電裝置無疑是必要的。圖八是本組所設計最佳複合式儲能充電裝置的電路示意圖，其中充電電池是使用鈕扣型鎳氫電池(1.2V/30mAh)，儲能 IC 是使用 MAX1947，它可將任何輸入的充電電壓介於 0.9V~1.2V 的微小電力轉換成爲 2.53V 的輸出電壓；而儲能電路中 C1 電容、C2 電容、及 L1 電感之最佳值取得，是本組成員依據表六(A)→表六(B)→表六(C)的實驗順序並從測試結果作判斷，最後證實 C1 最佳值爲 2.2μF、C2 最佳值爲 10μF、及 L1 最佳值爲 22μH。圖九是所完成最佳複合式儲能充電裝置的實際照片圖。圖十(a)及圖十(b)分別是室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及雙邊熱電晶片模組的最佳發電結構，直接充電以及透過最佳複合式儲能充電裝置充電的實際照片圖。



圖八、本組所設計複合式儲能充電裝置的電路設計示意圖。

表六(A)、先固定廠商所提供 C1 為 2.2 $\mu$ F、C2 為 10 $\mu$ F，找出 L1 最佳值為 22 $\mu$ H。

L1 電感 ( $\mu$ H)	輸出電壓 (V)	輸出電流 (mA)	輸出功率 (mW)	實驗過程說明
2	2.53	1.92	4.86	(1)先固定廠商所提供 C1 為 2.2 $\mu$ F、C2 為 10 $\mu$ F； (2)其次，改變 L1 值從 2 $\mu$ H~34 $\mu$ H 作變化，找出有最大輸出功率的條件； (3)確認 L1 的最佳值為 22 $\mu$ H。
4.7 (原始廠商所提供)	2.53	2.18	5.52	
10	2.53	3.18	8.04	
22	2.53	8.02	20.29	
34	2.53	4.68	11.84	



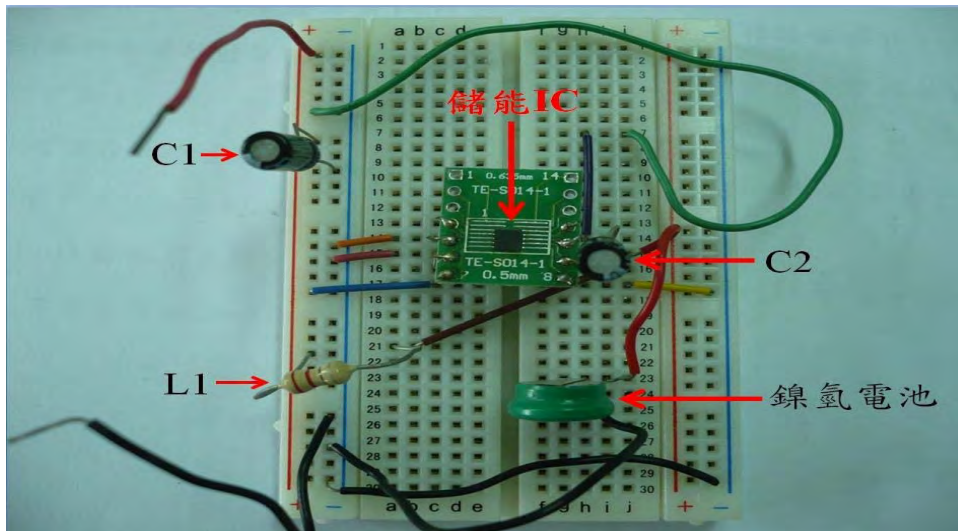
表六(B)、其次固定 C1 為 2.2 $\mu$ F、L1 為 22 $\mu$ H，找出 C2 最佳值為 10 $\mu$ F。

C2 電容 ( $\mu$ F)	輸出電壓 (V)	輸出電流 (mA)	輸出功率 (mW)	實驗過程說明
2	2.53	7.24	18.32	(1)先固定廠商所提供 C1 為 2.2 $\mu$ F、L1 已得之最佳值 22 $\mu$ H； (2)其次，改變 C2 值從 2 $\mu$ F~44 $\mu$ F 作變化，找出有最大輸出功率的條件； (3)確認 C2 的最佳值為 10 $\mu$ F。
4.7	2.53	7.31	18.49	
10 (原始廠商所提供)	2.53	8.02	20.29	
22	2.53	7.20	18.21	
44	2.53	7.06	17.86	



表六(C)、最後固定最佳值 L1 為 22 $\mu$ H、C2 為 10 $\mu$ F，找出 C1 最佳值為 2.2 $\mu$ F。

C1 電容 ( $\mu$ F)	輸出電壓 (V)	輸出電流 (mA)	輸出功率 (mW)	實驗過程說明
1	2.53	2.98	7.54	(1)先固定已得之 C2 的最佳值為 10 $\mu$ F、L1 的最佳值為 22 $\mu$ H； (2)其次，改變 C1 值從 1 $\mu$ F~9.4 $\mu$ F 作變化，找出有最大輸出功率的條件； (3)確認 C1 的最佳值為 2.2 $\mu$ F。
2.2 (原始廠商所提供)	2.53	8.02	20.29	
4.7	2.53	7.36	18.62	
9.4	2.53	5.50	13.91	



圖九、本組所完成最佳複合式儲能充電裝置的實際照片圖。



(a)直接充電的情形



(b)透過最佳複合式儲能充電裝置  
充電的情形

圖十、室內以 150W 鹵素燈模擬太陽能結合最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、以及雙邊熱電晶片模組的最佳發電結構進行：(a)圖是直接充電、(b)圖是透過最佳複合式儲能充電裝置充電的實際照片圖。【註】：表五中當最佳空氣膠薄膜結合所建構光轉電串聯雙邊熱電晶片模組的熱轉電所產生複合式再生電能為  $48.75\text{mw}(=1.22\text{V}\times 39.96\text{mA})$ ，若直接對鎳氫電池(1.2V/30mAh)充電則約須 45 分鐘充滿電；若透過最佳複合式儲能充電裝置充電則約須 3 小時又 45 分鐘充滿電，因為經過儲能 IC 轉換後的充電電能為  $20.29\text{mW}=2.53\text{V}\times 8.02\text{mA}$ (詳見表六(A)~表六(C))。因此，所完成最佳複合式儲能充電裝置的轉換效率經計算為  $41.6\%【=(2.53\text{V}\times 8.02\text{mA})/(1.22\text{V}\times 39.96\text{mA})】$ 。

<結果五>、戶外利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽光轉電模組、與單雙邊太陽熱轉電模組之最佳發電結構的測試與分析結果：

圖十一是本組在戶外利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽光轉電模組、以及單雙邊太陽熱轉電模組進行最佳發電結構測試的實際拍照圖，其中圖十一(a)為單邊太陽熱轉電模組，圖十一(b)為雙邊太陽熱轉電模組。另外，表七則詳列出戶外利用太陽能結合不同模組架構發電的測試報告。由表七的實驗數據得知，戶外的單邊太陽熱轉電模組其發電量(0.14mW)是明顯優於雙邊太陽熱轉電模組的發電量之總合( $0.11\text{mW}=0.05\text{mW}+0.06\text{mW}$ )，推測其原因應該是本作品使用聚焦凸透鏡只是讓太陽光在空氣膠玻璃上聚成一個直徑約 3cm 的光圈而非聚焦在一個微小光點上，因此在空氣膠薄膜的熱度經本組量測大約只有  $52^{\circ}\text{C}$ ，而如此的溫度並不能提供足夠的熱能給雙邊熱電晶片模組作有效的太陽熱轉電之故。又，戶外利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽光轉電模組、以及單邊太陽熱轉電模組應該是最佳發電結構，因為它能產生最大的複合式太陽光轉電串聯太陽熱轉電之電能( $174.5\text{mW}=1.26\text{V}\times 138.5\text{mA}$ )。此外，由表七的量測結果可以得知，最佳空氣膠玻璃明顯也發揮不錯的隔熱效果，因為它讓聚光在空氣膠玻璃表面溫度的  $52^{\circ}\text{C}$  在透過最佳空氣膠玻璃而到達太陽電池表面時只剩下  $39.9^{\circ}\text{C}$ ，幾乎約有  $12^{\circ}\text{C}$  的隔熱效果。這樣的隔熱效果對於聚光型太陽電池而言，不但有效地協助聚光型太陽電池作降溫散熱而提升其光電轉換效率外，更可增加其使用壽命。



(a)：單邊太陽熱轉電模組



(b)：雙邊太陽熱轉電模組

圖十一、本組在戶外利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽光轉電模組、以及單雙邊太陽熱轉電模組進行最佳發電結構測試的實際照片。

表七、戶外利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽光轉電模組、以及單雙邊太陽熱轉電模組進行最佳發電結構之測試報告。

戶外太陽熱轉電模組結構	空氣膠薄膜溫度(°C)	太陽電池表面溫度(°C)	熱電晶片冷熱端溫度差(°C)	太陽光轉電電能(mW)	太陽熱轉電電能(mW)	複合式太陽光轉電串聯太陽熱轉電電能(mW)
(1)單邊太陽熱轉電模組	52.0	39.9	6.2	183.5mW (=1.16V×158.2mA)	0.14mW (=0.10V×1.42mA)	174.5mW (=1.26V×138.5mA)
(2)雙邊太陽熱轉電模組	52.1	40.1	左邊：4.4 右邊：4.5	157.4mW (=1.12V×140.6mA)	左邊：0.05mW (=0.06V×0.83mA) 右邊：0.06mW (=0.07V×0.85mA)	149.0mW (=1.25V×119.2mA)

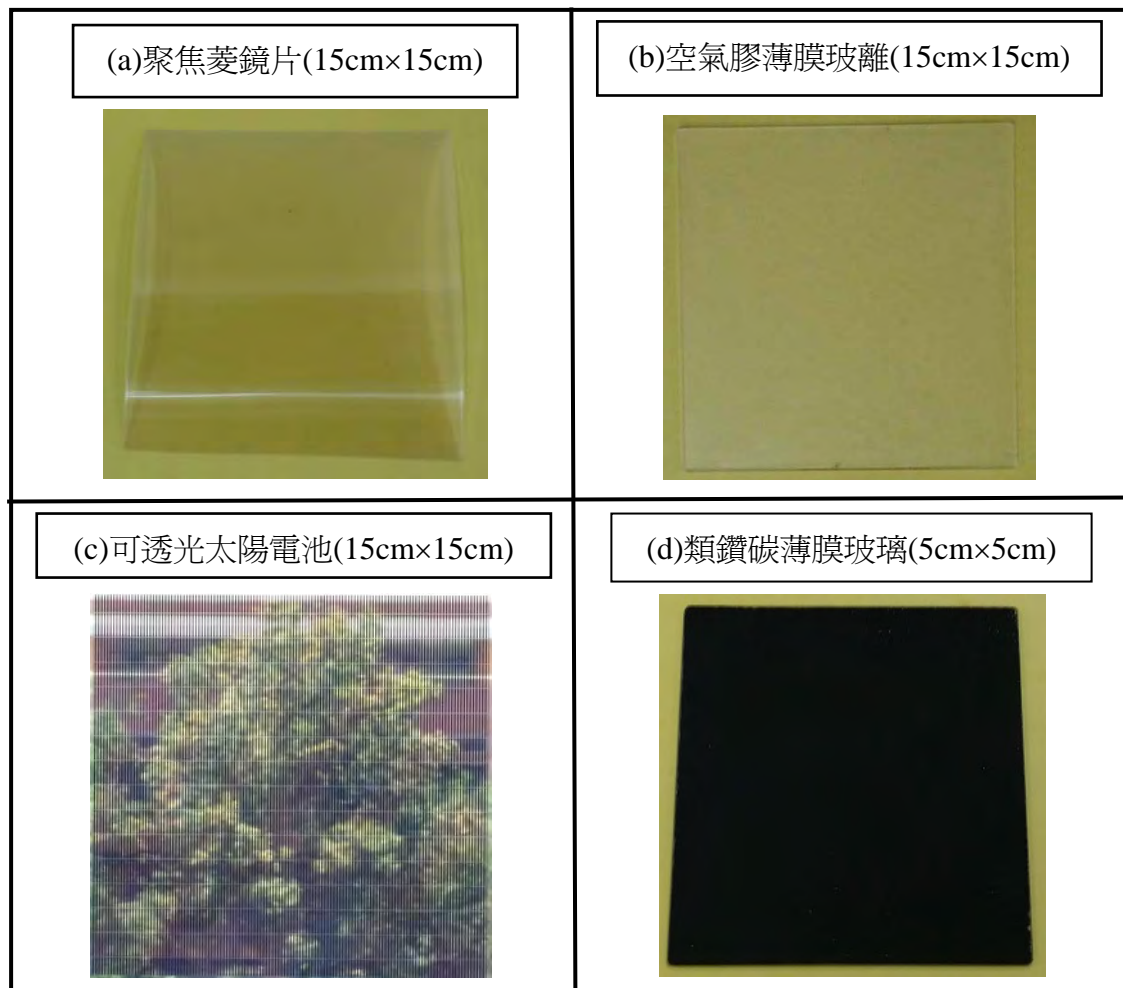
(註)：測試時，戶外環境溫度為 30.8°C

<結果六>、在戶外放大本作品架構(大面積：15cm×15cm)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、以及雙邊太陽熱轉電模組所產生的再生能源，實際進行各項應用例展示之測試結果：

在戶外實際應用時，爲了要讓本作品更具實用性，同時實現本作品最終要完成一款兼具『太陽光轉電、太陽熱轉電、及室內照明』功效之創意節能窗，本組成員因此決定將本作品架構作以下幾項重大的改變，包括：

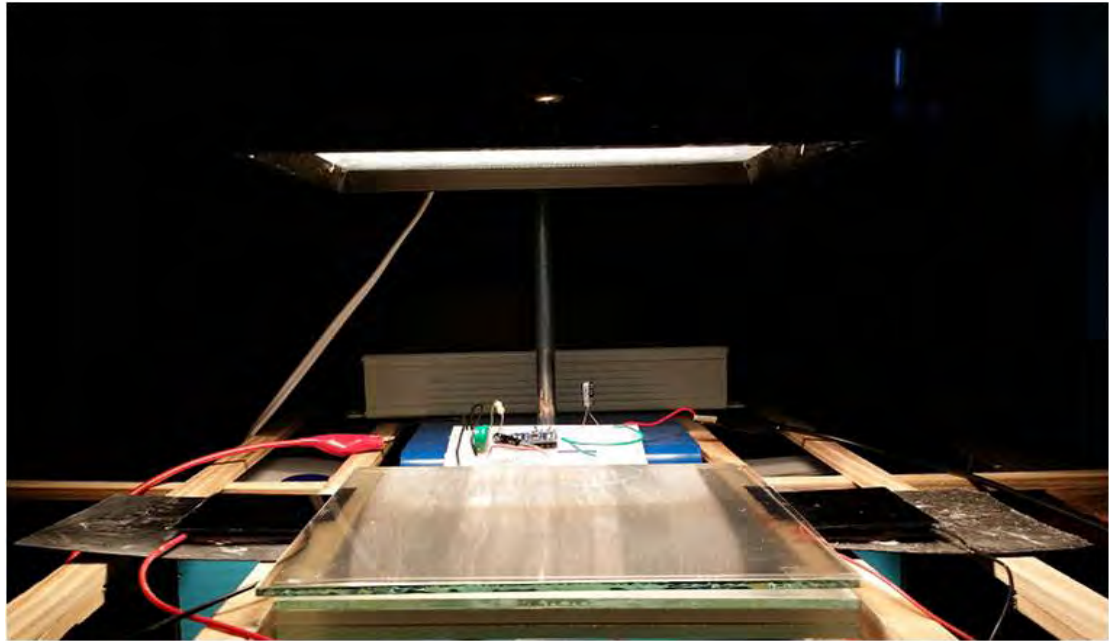
- (1)、將《階段一》~《階段三》所用聚焦凸透鏡改爲大面積 15cm×15cm的聚焦菱鏡片來取代，其原因除了聚焦凸透鏡不易攜帶外，更因爲戶外太陽有升落不容易對焦的問題，因此實務上每天要時時刻刻用聚焦凸透鏡來對準太陽，在技術上是相當難操作的。
- (2)、將《階段一》~《階段三》所用小面積 5cm×5cm的空氣膠玻璃改爲大面積 15cm×15cm的空氣膠玻璃來取代，其原因是讓空氣膠玻璃可以有更多的太陽熱阻隔。
- (3)、將《階段一》~《階段三》所用小面積 3cm×3cm的不透光太陽電池改爲大面積 15cm×15cm的可透光太陽電池來取代，其原因是讓被分離的太陽光到達可透光太陽電池時，除了部份太陽光可作光轉電外，部份太陽光穿透過可透光太陽電池後也可提供室內作日間照明用。
- (4)、將熱端石墨片改爲類鑽碳薄膜來取代，其原因乃是使用導熱性更佳的類鑽

碳薄膜(導熱係數：617 W/mK)取代熱端石墨片(導熱係數：450 W/mK)，可讓更多被空氣膠玻璃所阻隔的熱導引到熱電晶片的熱端，進而提升熱電晶片的冷熱端溫度差，增大熱轉電之功效。圖十二所示是本作品放大架構(大面積尺寸：15cm×15cm)的主要構建組件及材料照片圖。

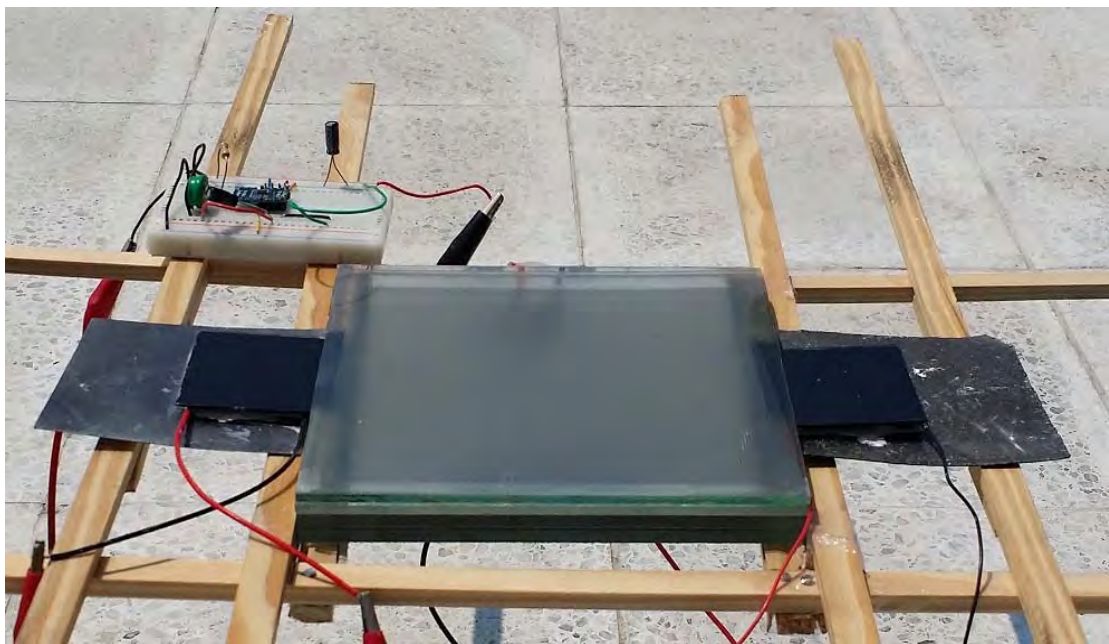


圖十二、本作品放大架構(大面積尺寸：15cm×15cm)的主要構建組件及材料照片圖。

另外，圖十三是本作品放大架構(大面積尺寸：15cm×15cm)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、**雙邊**太陽熱轉電模組、以及複合式儲能充電裝置在室內與戶外的實際照片圖。



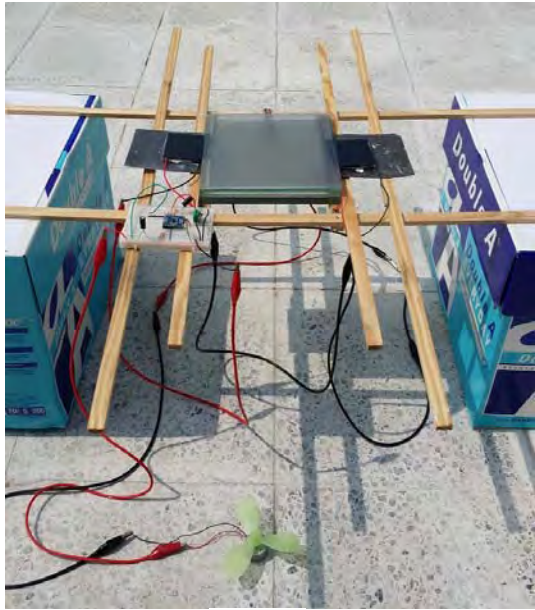
(a)在室內



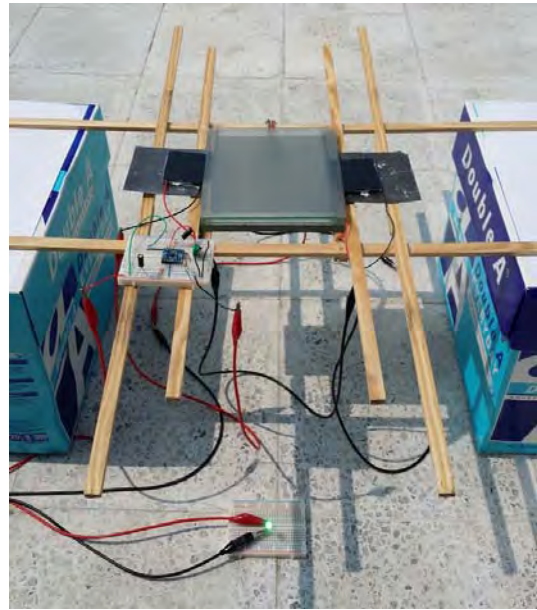
(b)在戶外

圖十三、本作品(大面積尺寸：15cm×15cm)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、**雙邊**太陽熱轉電模組、以及複合式儲能充電裝置的實際照片圖，其中：(a)在室內、(b)在戶外。

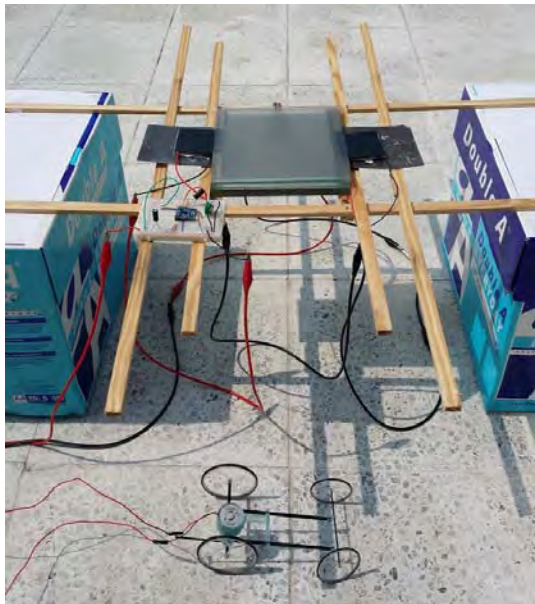
圖十四(a)~(d)分別是本作品(大面積尺寸：15cm×15cm)在戶外利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、**雙邊**太陽熱轉電模組、及複合式儲能充電裝置所進行的實際應用例照片。包括：(a)驅動小風扇轉動、(b)驅動 LED 燈亮、(c)驅動玩具車行駛、以及(d)驅動機器人行走的實際應用例照片。



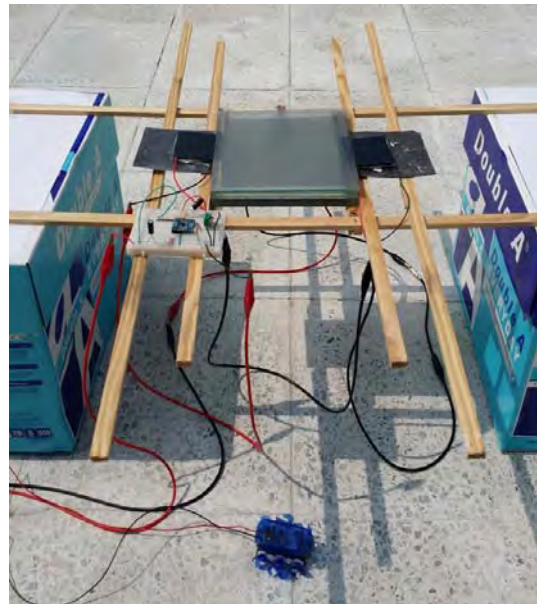
(a)



(b)



(c)



(d)

圖十四、本作品(大面積尺寸：15cm×15cm)在戶外利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、**雙邊**太陽熱轉電模組、及複合式儲能充電裝置所進行的實際應用例照片。包括：(a)驅動小風扇轉動、(b)驅動 LED 燈亮、(c)驅動玩具車行駛、以及(d)驅動機器人行走的實際應用例照片。

另外，爲了落實本作品最終要完成一款兼具『太陽光轉電、太陽熱轉電、及室內照明』功效之創意節能窗，本組成員特別在戶外實際從上午 9 點(9:00AM)到下午 4 點(16:00PM)針對本作品(大面積尺寸：15cm×15cm)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、以及**雙邊**太陽熱轉電模組進行相關特性



的測試報告如表八所示。由表八的實驗結果顯示：(1).不論白天何種時段，也不管太陽放晴或陰天，本作品的最佳空氣膠薄膜玻璃(濃度：2.5wt.%、厚度：0.08mm)在戶外之透光度至少都可以維持在 88%以上，而且越是豔陽天其透光度越佳，甚至可達 90%以上。(2).空氣膠薄膜玻璃的隔熱度明顯受太陽的陰晴影響很大，只要太陽不是完全被雲層遮蔽，在正常狀況下空氣膠薄膜玻璃都可以約有 12°C 以上的隔熱度(見表八的 09:00AM~15:00PM)，而且越是大太陽的情況，可量測到空氣膠薄膜的隔熱度表現越佳，甚至可以超過 20°C 以上的隔熱度(見表八的 11:00AM~12:30PM)。表八中的下午 3 點(15:00PM)以後，因為那時候太陽已幾乎被烏雲所遮蔽，造成太陽照射到空氣膠薄膜表面的熱度不夠，而導致空氣膠薄膜的隔熱度表現欠佳。

表八、是本作品(大面積尺寸：15cm×15cm)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、以及雙邊太陽熱轉電模組在戶外實際從上午 9 點(9:00AM)到下午 4 點(16:00PM)所作的相關特性量測報告。

空氣膠薄膜 特性與 產電量測	空氣膠薄 膜之上層 照度 (lux)	空氣膠薄 膜之下層 照度 (lux)	空氣膠 薄膜之 透光度 (%)	空氣膠薄 膜之上層 溫度 (°C)	空氣膠薄 膜之下層 溫度 (°C)	空氣膠 薄膜之 隔熱度 (°C)	太陽光 轉電之 電力 (mW)	太陽熱 轉電之 電力 (mW)
量測 時刻								
09:00	78800	69817	88.6	57.4	43.6	13.8	932.4	1.21
09:30	81200	72186	88.9	61.3	45.9	15.4	1006.0	2.06
10:00	83500	74816	89.6	64.3	46.8	17.5	1046.2	3.56
10:30	88000	79024	89.8	65.5	47.2	18.3	1102.5	4.27
11:00	110200	100612	91.3	69.2	48.4	20.8	1534.2	7.34
11:30	98000	88886	90.7	68.4	48.1	20.3	1364.3	5.91
12:00	101600	92558	91.1	68.9	48.3	20.6	1414.5	6.77
12:30	96200	87061	90.5	67.7	47.6	20.1	1339.3	5.32
13:00	88200	79291	89.9	66.6	47.4	19.2	1227.9	4.60
13:30	83200	74380	89.4	63.3	46.5	16.8	1042.4	3.19
14:00	82000	73062	89.1	62.8	46.3	16.5	1027.4	2.46
14:30	79400	70507	88.8	60.0	45.5	14.5	983.8	1.43
15:00	76200	67437	88.5	53.3	41.2	12.1	901.6	1.06
15:30	15000	13215	88.1	44.2	38.8	5.4	182.2	0.45
16:00	13200	11616	88.0	40.9	36.6	4.3	150.7	0.30

## 五、討論：

### (一)、太陽能光熱分離的創新意義探索：

#### 1、本作品為何要將太陽能的光與熱分離呢？

本作品創新地使用空氣膠讓太陽能的光與熱分離，其積極意義有兩項：(1)因為太陽光轉電是產生再生電能的主力，被分離出來的太陽光不但可以讓聚光型太陽電池提升其光電轉換效率，更可加強太陽電池使用壽命。(2)被分離出來的太陽熱經熱電晶片的熱轉電後，不但有助於太陽電池降溫散熱，又可減少溫室效應，極具節能減碳的新意。

#### 2、如何得知本作品的空氣膠玻璃明確且有效地達到隔熱透光之功效？

不論是室內鹵素燈或戶外太陽能，經光譜分析儀的檢測可得知波長  $> 800\text{nm}$  的紅外線明顯會被空氣膠玻璃所阻隔；至於波長  $< 800\text{nm}$  的可見光則大部份可以穿透。因此空氣膠玻璃明確具有隔熱透光之功效。

### (二)、複合式儲能充電裝置的創意探索：

#### 1、本作品所展示太陽熱轉電模組產生的電力較小，對它儲能有意義嗎？

許多再生電能往往都很微小而無法直接使用，因此常被迫放棄。本作品讓太陽熱轉電的微小電力能以積沙成塔的方式作儲能，頗富創意。

### (三)、本作品小面積尺寸(5cm×5cm)與大面積尺寸(15cm×15cm)之架構，在戶外實際應用時的最佳發電結構探索：

#### 1、本作品大小不同面積尺寸的架構，所展現在戶外實際應用時的最佳發電結構為何不同？

(1)、本作品小面積尺寸(5cm×5cm)在戶外最佳發電結構為：利用太陽能結合聚焦凸透鏡、最佳空氣膠玻璃、太陽電池模組、**單邊**熱電晶片模組、以及複合式儲能充電裝置，此乃因為空氣膠所聚集的太陽熱能不足以讓**雙邊**熱電晶片模組進行有效的熱轉電。

(2)、本作品大面積尺寸(15cm×15cm)在戶外最佳發電結構為：利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、**雙邊**太陽熱轉電模組、以及複合式儲能充電裝置，此乃因為空氣膠所聚集的太陽熱能足以讓**雙邊**熱電晶片模組進行有效的熱轉電。

## 六、結論與應用：

綜合以上完整的實驗量測結果與討論，本組所獲致的具體結論如下：

### 結論一：本作品之小面積架構(尺寸：5cm×5cm)在室內最佳發電結構及特性為：

- (1)利用 150W 鹵素燈模擬太陽能；
- (2)結合最佳空氣膠玻璃(濃度：2.5wt.%、厚度：0.08mm)進行光熱分離；
- (3)結合太陽電池模組進行光轉電；
- (4)結合**雙邊**熱電晶片模組進行熱轉電；
- (5)所建構最佳光轉電串聯**雙邊**熱電晶片模組的熱轉電所產生複合式再生電能為 48.75mW(=1.22V×39.96mA)。

### 結論二：本作品之複合式儲能充電裝置具有以下特性表現：

- (1)利用室內所建構小面積架構(尺寸：5cm×5cm)之最佳光轉電串聯**雙邊**熱電晶片模組的熱轉電所產生複合式再生電能 48.75mw(=1.22V×39.96mA)，若直接對鎳氫電池(1.2V/30mAh)充電則約須 45 分鐘充滿電；若透過最佳複合式儲能充電裝置充電則約須 3 小時又 45 分鐘充滿電，該複合式儲能充電裝置的最佳轉換效率可達 41.6%。

### 結論三：本作品之小面積架構(尺寸：5cm×5cm)的戶外最佳發電結構及特性為：

- (1)用聚焦凸透鏡將太陽光在空氣膠玻璃上匯聚成直徑約 3cm 的光圈；
- (2)結合最佳空氣膠玻璃(濃度：2.5wt.%、厚度：0.08mm)進行光熱分離；
- (3)結合太陽電池模組進行光轉電；
- (4)結合**單邊**熱電晶片模組進行熱轉電；
- (5)所建構最佳光轉電串聯**單邊**熱電晶片模組的熱轉電所產生複合式再生電能為 174.5mW(=1.26V×138.5mA)。

### 結論四：本作品之大面積架構(尺寸：15cm×15cm)的戶外發電結構與實際應用：

- (1)利用太陽能結合聚焦菱鏡片、最佳空氣膠玻璃、可透光太陽光轉電模組、**雙邊**太陽熱轉電模組、以及複合式儲能充電裝置；本架構經戶外實際測試除了可直接驅動小風扇轉動、點亮 LED 燈、讓玩具車行駛、以及讓機器人行走外，同時也真正落實一款兼具『太陽光轉電、太陽熱轉電、及室內照明』功效的創意節能窗；
- (2)空氣膠玻璃的透光度至少 88% 以上，可強化太陽電池的光轉電效益；
- (3)空氣膠玻璃的隔熱度在一般白天至少有 12°C 以上，在豔陽高照的情況下甚至可隔太陽熱 20°C 以上，能有效協助太陽電池降溫散熱。

## 七、未來展望與省思：

本組成員由衷地感謝指導老師們的教導與打氣，也非常感謝父母親們不斷地鼓勵與支持，而得以完成此一作品。

本研究可謂歷經諸多挫折與辛苦，其中最主要的創意突破乃是本組成員應用網路所搜集到的資訊，並綜合課本所教的學理與知識，創新地應用空氣膠的高透光高隔熱特性，先讓聚焦的太陽能透過空氣膠玻璃進行光熱分離後，再分別將太陽光透過太陽電池模組作光轉電，以及讓太陽熱經由熱電晶片模組作熱轉電，成功地改變傳統利用太陽能源的方式。本作品將太陽能進行光與熱分離，不但可以讓聚光型太陽電池吸收較多的太陽光而提高其光電轉換效率，同時也避免因吸收過多的太陽熱而導致溫度過高或散熱不良而造成光電轉換效率的衰減，進而可以增加其使用壽命。此外，當看到太陽能透過我們所製作的空氣膠玻璃而光熱分離後，再分別經由光轉電與熱轉電而產生再生電能，進而可以被本組所設計的複合式儲能裝置滴水成涓般地儲能起來，心中真是感動不已，相信它絕對有助於減緩地球溫室效應。誠摯地希望未來這種透過空氣膠將太陽能進行光熱分離再分別透過光轉電與熱轉電而產生再生電力的創新技術能大量地被開發，進而發展出新式的太陽能源應用方式，且讓我們善盡地球公民一份子的責任吧！

## 八、參考文獻：

1. 華健、吳怡萱編著，「再生能源概論」，五南出版社（2008年8月初版、ISBN:978-957-11-5246-2）。
2. T.M. Tritt, H. Bottner, and L. Chen, “Thermoelectrics: Direct Solar Thermal Energy Conversion”, MRS BULLETIN, Vol.33, pp.366-368 (2008).
3. S.S. Kistler, “Coherent expanded aerogels and jellies”, Nature, Vol.127, No.3211, p.741 (1931).
4. <http://energy.lbl.gov/ecs/aerogels/sa-home.html> (Silica Aerogels- Energy Tech.)
5. P.H. Tewari, A.J. Hunt, and K.D. Lofftus, “Ambient-temperature supercritical drying of transparent silica aerogels”, Materials Letters, Vol. 3, No. 9-10, pp. 363–367 (1985).
6. T. Phillips, “Leonids Sample Return Payload Recovered”, NASA Scientists Will Describe Initial Results from A Program to Catch Meteoroids in Flight at the NASA/AMES Leonids Workshop, April 12-15 (1999).
7. <http://green-life-technology.blogspot.tw/2009/11/aspen-aerogels-notebooklaptop-desk.html> (綠生活科技)
8. M.A. Meador, and F. Miranda, “Design and Development of Aerogel-Based Antennas for Aerospace Applications”, NASA Aeronautics Mission Directorate FY11 Seedling Phase I Technical Seminar, June 7 (2012).
9. <http://web.nchu.edu.tw/~lschang/Thermoelectric.htm> (熱電材料介紹)
10. <http://zh.wikipedia.org/wiki/GPHS-RTG> (通用熱源熱電機-維基百科)
11. Sandia National Laboratories News Center News-Releases, Nov. 9, (2004).
12. 吳國光、張育誠、焦鴻文，「行動發電廠-淺談振動能源利用」，能源新知，14期，(2010年)。
13. <http://zh.wikipedia.org/zh-mo/PS20%E5%A4%AA%E9%99%BD%E8%83%BD>

[%E7%99%BC%E9%9B%BB%E5%A1%94](#) (太陽能發電塔-維基百科)

14. <http://www.eettaiwan.com/SEARCH/ART/%AF%E0%B6q%B1%C4%B6%B0.H>

[TM](#) (能量採集-電子工程專輯)

15. 沈輝、曾祖勤 主編/馬振基 校訂，「太陽能光電技術」，五南出版社 (2008 年 2 月初版、ISBN:978-957-11-5078-9)。

16. 朱旭山，「熱電材料與元件之發展與應用」，工業材料雜誌，220 期，pp.93-103, (2005 年)。

## 【評語】 100016

1. 本作法能思考運用 Aerogel 來將太陽光的“光電”與“光熱”進行分離，此一創意亦可運用於隔熱玻璃上，在整體創意上可算相當精彩。
2. 在以太陽光發電的部份，中規中矩。
3. 在以太陽光熱輔以“致冷晶片”部份，由於致冷晶片的效率僅得 1%左右的效率，此一選擇浪費了一般太陽光中光熱效率約為光電效應 5 倍以上的優勢，應可考慮選擇其他方法來提升光熱部份的整體功率。
4. 整體而言，本作品表現優異，具成長空間。