

# 中華民國第 61 屆中小學科學展覽會

## 作品說明書

---

國中組 生活與應用科學(二)科

第三名

032903

「觸」水「浮」「能」-探討漂浮太陽能板之效能提升

學校名稱：臺南市立復興國民中學

作者：  國二 劉書廷  國二 陳宥霖  國二 張冠錡	指導老師：  黃怡綸  黃吉楠
---	-----------------------------

關鍵詞：光熱分離、太陽能板、菲涅爾透鏡

## 摘要

為了提升太陽能發電功率，我們設計出能將光熱分離的蓄熱器，裝置包括：一、雙層壓克力板的底層，有效降低太陽傳到太陽能板的熱；二、微傾斜的側邊設計，在木板上黏貼具隔熱且環保的厚紙板；側邊致冷晶片熱端貼上塗黑鋁箔將蓄熱發電；三、利用菲涅爾透鏡當成上蓋，具聚集太陽能量的效果，也能阻擋向上的熱對流，使致冷晶片發電量提升。

實驗中利用四片串聯的致冷晶片，將太陽能板發電時背面產生的廢熱用來發電，能有效降低太陽能板溫度並大量提升太陽能板的發電功率。

我們製作出的漂浮複合式發電裝置，**整體發電功率與原先太陽能板相互比較，發電量可達到 2.05 倍**，有效增加綠能發電效率，同時具有**節省水資源、環保素材再利用、節省佔地面積**等多項優勢。

## 壹、研究動機

台灣目前發電方式仍是以**火力發電**為主，但對於其會**排放許多的熱與廢氣以及二氧化碳**，仍無法有效的改善或解決，進而對環境造成汙染。在 2021.04.21 的全球氣候在線峰會，拜登承諾美國 2030 年前減少 50-52 % 碳排放，除美國以外，加拿大、日本的等國家都做出更大幅度減排的新承諾。**綠能發電是現階段全球發電的趨勢，其中太陽能在眾多綠能發電中，佔有極為重要的地位**。因此提升其發電效率是我們想要研究的方向，延伸找資料時發現體積小、成本較低的菲涅爾透鏡有聚光的功用，於是我們便想利用菲涅爾透鏡，來探討增加太陽能板發電效率的可行性。

## 貳、研究目的

- 一、 尋找製作光熱分離蓄熱器底層的透光隔熱材料
- 二、 尋找製作光熱分離蓄熱器側邊的隔熱材料
- 三、 研究如何提升太陽能板和致冷晶片發電模組的發電效率
- 四、 製作漂浮複合式發電裝置

## 參、研究設備及器材

菲涅爾透鏡	照度計	抽氣幫浦與三通管	三用電表
			
鹵素燈(220~240 V , 500 W)		充電保護板	太陽能板 8*9 cm <sup>2</sup> (5.5 V , 160 mA)
			
自製 arduino 溫度計	紅外線溫度計	散熱膏	散熱膏、散熱膠
			
制冷晶片(TEC1-12706)	冷卻裝置(水冷裝置)	廢棄 CPU 散熱鰭片	鋁製散熱鰭片
			

## 肆、實驗流程圖

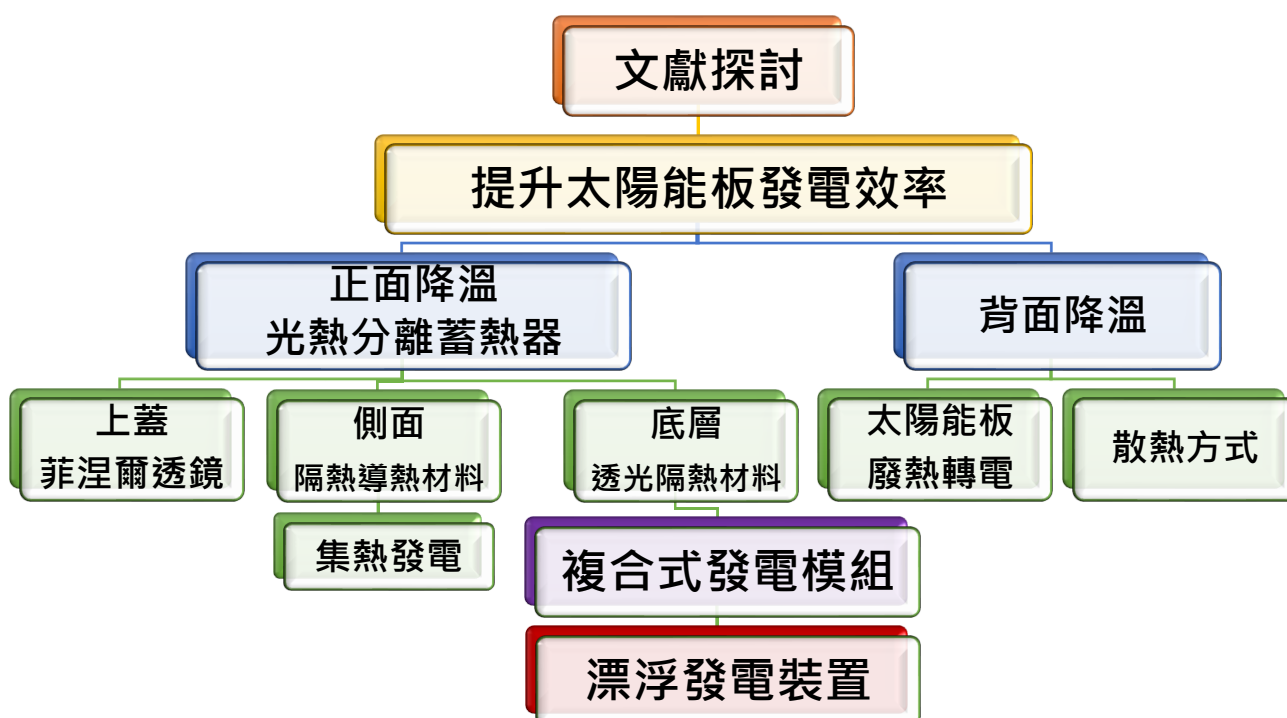


圖 4-1 實驗流程圖

## 伍、研究過程與結果

### 一、 文獻探討

#### (一) 歷屆科展作品

##### 1. 第 50 屆中小學科展-以菲涅爾透鏡改善太陽能板發電功率探討

他們利用九片分散式菲涅爾透鏡分散聚光型，有效的增大照光面積，其發電功率是未加透鏡的 55 倍左右，有效改善單晶太陽能板的發電，並大大增加太陽能板的經濟效益。另外分散式菲涅爾透鏡每片的光照強度也稍稍降低，此現象對太陽能板有利，可以避免過度集中聚焦的光束將太陽能板燒毀或使背板溫度提升過高。



圖 5-1-1 截圖自 50 屆科展作品

## 2. 第 55 屆中小學科展-

### 神奇的太陽光熱分離之旅！

第一個提出利用**空氣膠**將太陽的光和熱分離，並將收集的熱利用電熱裝置轉成電，最佳發電結構除了可產出 174.5 mW 的複合式再生電能外，又可阻隔太陽熱約 12°C，有效協助太陽電池作**散熱降溫**，進而提升太陽能板的發電效率。最後還將上述兩者(太陽電池和電熱裝置)的電力串聯使用，能應用於日常生活中。

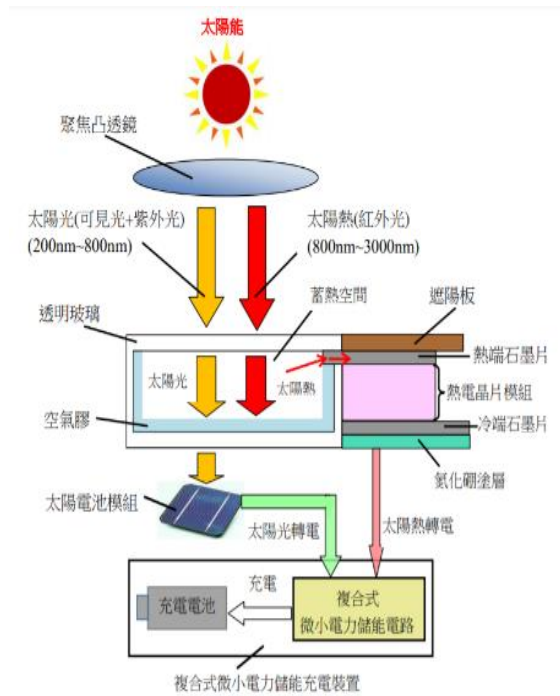


圖 5-1-2 截圖自 55 屆科展作品

## 3. 第 55 屆中小學科展-「增」光「擠」熱 拚綠能 —— 探討太陽能板發電效能提升及應用

此研究探討溫度、灰塵、仰角對太陽能板發電效能的影響，並比較不同散熱方式的差異。實驗中**自製的簡易水冷裝置**，改善太陽能板因**溫升**而效能降低的問題，日照實驗中太陽能板輸出功率增加約 12%，回收熱水效率約 32.2%。薄型大面積的水冷板，搭配溫控型的間歇性強制水冷及軌道式清潔系統，會是較佳設計組合，應用在屋頂太陽能板，可達到**提升發電量、回收熱水及屋頂隔熱**的功效。

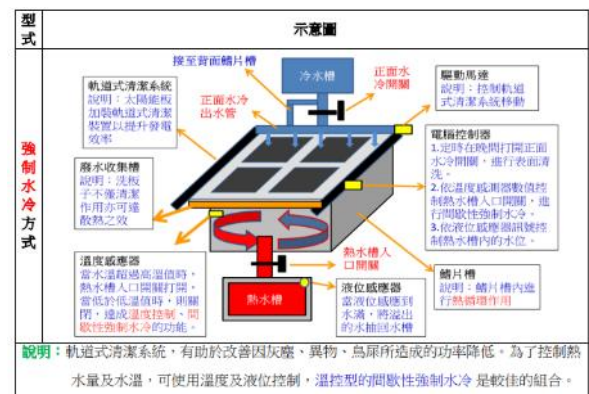


圖 5-1-3 擷圖自 55 屆科展作品

## 4. 第 58 屆中小學科展-會發電的夾心餅乾(致冷磚發電)

將四片致冷晶片、銅片和一些材料製成發電磚，並進行熱源模擬及冷面散熱，把太陽曝曬外牆的熱經由發電磚來發電。實驗數據證明當有溫度差 25°C 時的 1 米平方大小的發電磚可有 90W 的發電功率，即 0.09 度(KWh)的發電量。



## 5. 第 59 屆中小學科展-廢熱不廢晶來電

此研究在探討如何**回收廢熱**，包含太陽熱、熱湯熱、蒸汽熱、火源熱(以石頭蓄熱)，以**致冷晶片為工具進行溫差發電**，並結合 3D 列印與雷射切割技術，自製發電箱與電器用品進行實際的生活運用。最後更**研發出整合型廢熱發電箱以驅動自製的電器用品**，包括風扇、夜燈、攪拌器、食物解凍器，並可對手機充電，使廢熱不再廢而無用。



圖 5-1-4 截圖自 59 屆科展作品

### (二) 太陽能板發電機制

太陽能發電的主要設備包含太陽能電板、專用電池、專用變頻器等。太陽能板是發電的第一步，太陽能板中的光電半導體受到陽光的照射之後，就會將熱輻射轉換成直流電。

### (三) 致冷晶片發電機制

目前採用半導體材料碲化鉍做成 N 型和 P 型兩種半導體熱電偶，用模式的方法組成半導體致冷器件。原理是：當一塊 N 型半導體材料和一塊 P 型半導體材料聯成電偶對時，在這個電路中接通直流電流後，就能發生能量的轉移，電流由 N 型元件流向 P 型元件的接頭吸收熱量，成為冷端；由 P 型元件流向 N 型元件的接頭釋放熱量，成為熱端，從而說明放熱由電流的方向決定，吸收熱量和放出熱量的大小由電流大小來決定。

### (四) 菲涅爾透鏡

別稱為螺紋透鏡，此設計原來被用在燈塔上，這個設計可以建造更大孔徑的透鏡，其特點是焦距短，且比一般的透鏡的材料用量更少、重量與體積更小。和早期的透鏡相比，菲涅爾透鏡更薄，因此可以傳遞更多的光，使得燈塔即使距離相當遠仍可看見。

## 二、 初步構思實驗裝置

太陽能發電模組主要是從太陽中取得能量來轉為電力，其瞬間功率的輸出取決於太陽的日照度，本研究希望利用菲涅爾透鏡的會聚特性，來提升太陽能板發電模組的發電效率，但太陽能板會因升溫而使得發電效率降低，為了有效提高太陽能板的發電效率，我們以降溫為首要目標，分成太陽能板的正面降溫和背面降溫兩部分，初步構思實驗裝置如圖 5-2 所示。

**正面降溫**：為了將太陽的熱隔離，讓大部分的光能到達太陽能板上，設計出**光熱分離蓄熱器**，並將蓄住的熱加以利用，此裝置主要分成三個部分來說明。

1. **底層**：為了讓「光」能到達太陽能板，又希望將「熱」隔離在蓄熱器內，需要尋找**透光且隔熱**的材料。
2. **側邊**：想要讓太陽的熱留在蓄熱盒內，不讓熱由側邊傳出，必須尋找適合的隔熱材料，並貼上導熱材料將所蓄的熱傳導到致冷晶片上，將蓄住的熱予以發電。
3. **上蓋**：加蓋可擋住蓄熱器向上對流的熱，但卻會遮住部分的太陽能量，於是構思使用菲涅爾透鏡，使其聚光又可讓蓄住的熱不易散失，再就整體發電效率來評估。

**背面降溫**：將太陽能板發電時產生的廢熱，利用致冷晶片轉成電能，尋找有效的散熱方式，藉此達到讓太陽能板降溫，並提升太陽能板以及致冷晶片的發電效率。

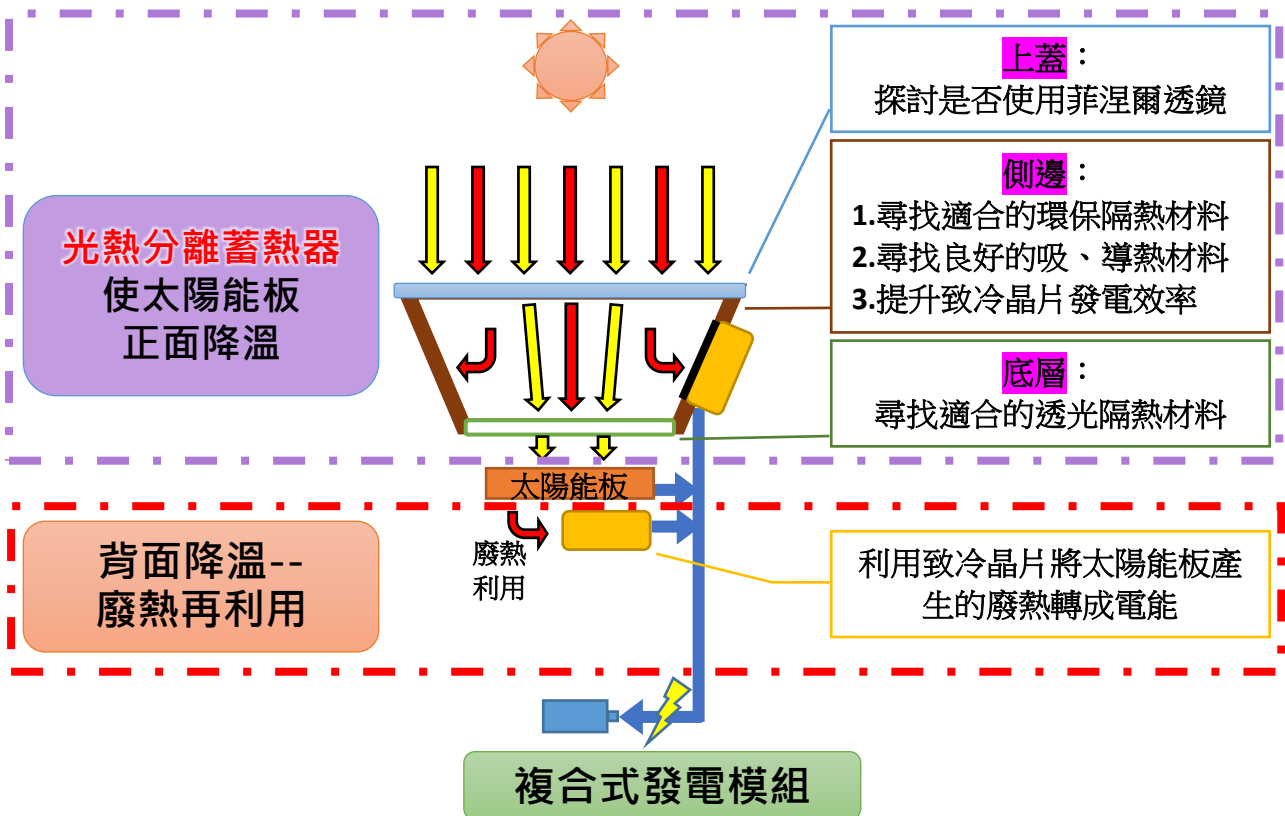


圖 5-2 實驗裝置圖

### 三、 實驗裝置圖與各項物理性質的測量方式

#### (一) 透光率的測量

1. 將照度計置於燈源下方 20 cm 處，紀錄初使照度值  $E_{v0}$  (lux)，如圖 5-3-1 左。
2. 將待測透光隔熱材料放在照度計上方，量測照度值  $E_{v1}$  (lux)，如圖 5-3-1 右。
3. 透光率算法： $[(E_{v0} - E_{v1}) / E_{v0}] \times 100\%$ ，實驗五次並取平均值。
4. 透光率數值愈高，代表待測物透光性愈佳。

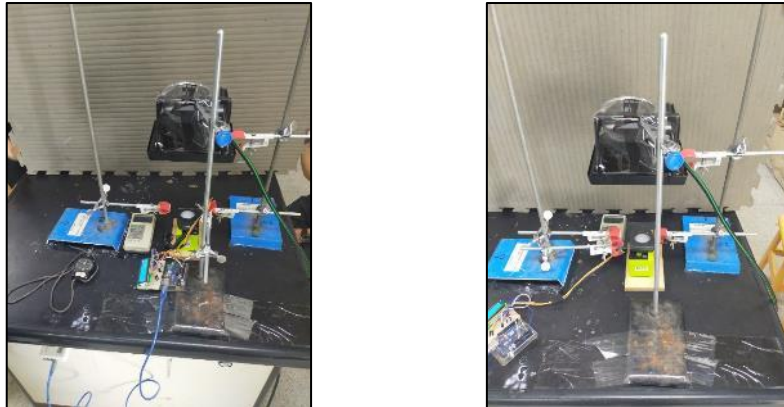


圖 5-3-1 透光率測量裝置

#### (二) 隔熱率的測量

1. 將待測材料置於燈源下方 20 cm 處。
2. 分別將溫度計放在待測透光隔熱材料的上方及下方，分別紀錄溫度  $T_1$  ( $^{\circ}\text{C}$ )、 $T_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ )，如圖 5-3-2 所示。
3. 隔熱率算法： $[(T_1 - T_2) / T_1] \times 100\%$ ，實驗五次並取平均值。
4. 隔熱率數值愈高，代表待測物隔熱效果愈佳。

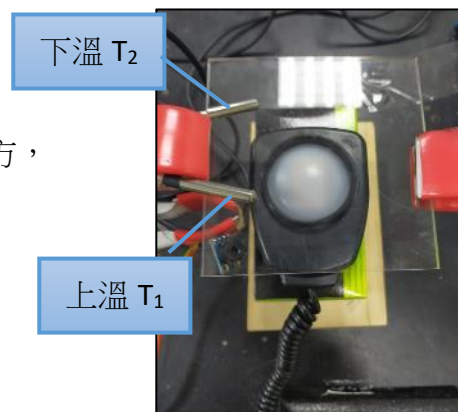


圖 5-3-2 隔熱率測量裝置

#### (三) 發電功率

1. 紀錄待測物的電流與電壓。
2. 發電功率 ( $\text{mW}$ ) = 電流( $\text{mA}$ )  $\times$  電壓( $\text{V}$ )。



#### 四、 找出適合光熱分離蓄熱器側邊的隔熱材料

為了讓熱能有效地保留，又考量方便裁切，於是採用木板做為光熱分離蓄熱器之側邊基材，但為了更能蓄熱，對下列常見的隔熱材料進行測試，由左至右依序為木板(不另加隔熱材料的側邊基材)、塑膠地墊、保麗龍、厚紙板、泡泡紙。

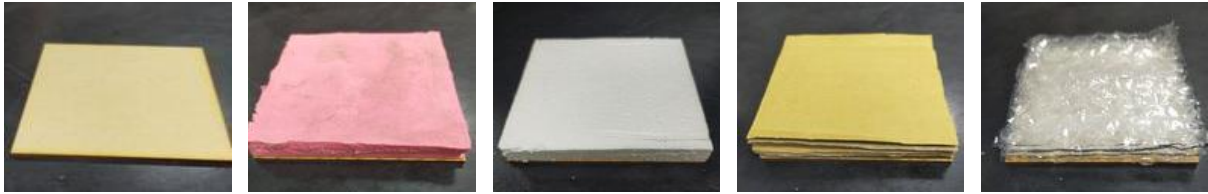


圖 5-4-1 各項隔熱材料

##### (一) 實驗步驟

1. 利用雷切機裁切 10\*10 cm<sup>2</sup> 木板放置於鹵素燈下 20 cm，維持 3 分鐘。
2. 分別測量木板上、下溫度，計算木板的隔熱率，進行五次(序號 1~5)並求出平均值。
3. 依序在厚度 0.3 cm 的木板上黏貼厚度皆為 1 cm 的塑膠地墊、保麗龍、厚紙板、泡泡紙，依照上述步驟計算出各材料的平均隔熱率。

##### (二) 實驗結果

表 5-4-2 不同材料其隔熱率的實驗結果

各項材料	序號 1	序號 2	序號 3	序號 4	序號 5	平均隔熱率
不加	34.2%	34.2%	34.3%	34.3%	34.4%	34.3%±0.06%
塑膠地墊	43.9%	44.0%	44.1%	44.1%	44.1%	44.0%±0.07%
保麗龍	44.5%	44.5%	44.5%	44.6%	44.5%	44.5%±0.06%
厚紙板	44.3%	44.3%	44.3%	44.4%	44.3%	44.3%±0.03%
泡泡紙	40.2%	40.3%	40.2%	40.3%	40.2%	40.2%±0.03%

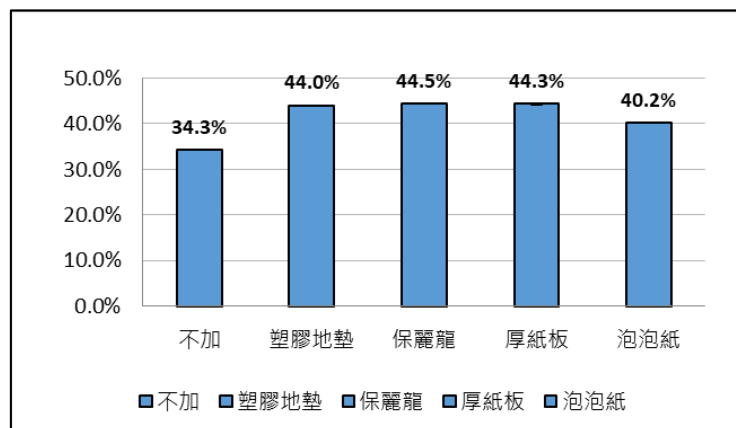


圖 5-4-2 不同材料其隔熱率的實驗結果

### (三) 分析與討論

1. 單純木板貼上上述材料後，隔熱率都明顯提升。
2. 木板在貼上泡泡紙塑膠地墊、保麗龍、厚紙板後，都有很好的隔熱效果，但為了環保起見，後續實驗我們將以厚紙板當成側邊隔熱材料。

## 五、 研究光熱分離蓄熱器側邊使用之致冷晶片的發電功率

為了讓光熱分離蓄熱器所收集到的熱能有效利用，本實驗採用致冷晶片做為發電工具，如何將熱有效的傳至致冷晶片的熱端，且讓冷端有效的散熱，於是進行以下實驗。

### 【實驗 5-1】探討致冷晶片冷端散熱對發電效率的影響

#### (一) 實驗步驟：

1. 將致冷晶片熱端朝上放置在鹵素燈下 20cm，維持 3 分鐘
2. 每十秒測量一次制冷晶片的電壓及電流，並計算其電功率。
3. 將致冷晶片加上水冷裝置，依照上述步驟，計算出電功率。

#### (二) 實驗結果

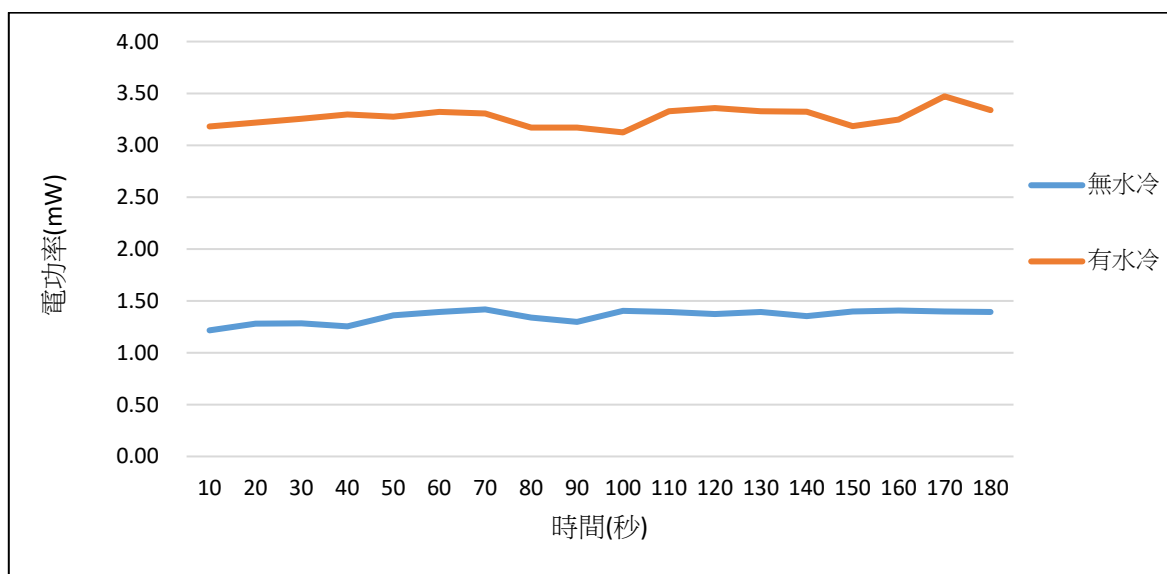


圖 5-5-1-1 致冷晶片發電功率與時間的關係圖

表 5-5-1-1 致冷晶片(無水冷)實驗結果

時間(秒)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	平均
電流(mA)	12.8	13.2	13.1	12.8	13.6	13.8	13.9	13.8	13.8	13.9	13.8	13.6	13.8	13.4	13.7	13.8	13.7	13.8	13.6
電壓(V)	0.095	0.097	0.098	0.098	0.100	0.101	0.102	0.097	0.097	0.102	0.101	0.101	0.101	0.102	0.102	0.102	0.102	0.101	0.100
電功率(mW)	1.216	1.280	1.284	1.254	1.360	1.394	1.418	1.339	1.339	1.418	1.394	1.374	1.394	1.367	1.397	1.408	1.397	1.394	1.36

表 5-5-1-2 致冷晶片(有水冷)實驗結果

時間(秒)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	平均
電流(mA)	20.8	20.9	21.0	21.0	21.0	21.3	21.2	20.2	20.2	19.9	21.2	21.4	21.2	20.9	19.9	20.3	21.7	21.0	20.8
電壓(V)	0.201	0.201	0.202	0.207	0.206	0.209	0.206	0.210	0.211	0.213	0.209	0.219	0.213	0.219	0.225	0.225	0.225	0.228	0.213
電功率(mW)	4.181	4.201	4.242	4.347	4.326	4.452	4.367	4.242	4.262	4.239	4.431	4.687	4.516	4.577	4.478	4.568	4.883	4.788	4.432

表 5-5-1-3 冷端加裝散熱裝置的各項實驗結果

項目	致冷晶片(無水冷)	致冷晶片(有水冷)
電流(mA)	13.57	20.84
電壓(V)	0.10	0.21
電功率(mW)	1.36	4.43

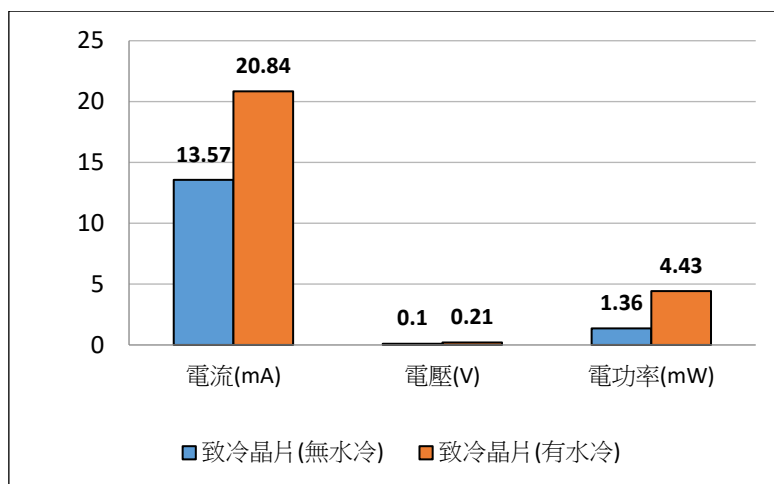


圖 5-5-1-2 致冷晶片加裝水冷裝置後各項數值比較圖

### (三) 結果分析與討論

1. 致冷晶片的電功率會隨著時間增加而有增加的趨勢。
2. 有水冷裝置的致冷晶片，其電壓、電流值皆大於無水冷裝置。
3. 將上水冷裝置後，致冷晶片的發電效率增加約 228.1%，算式如下：

$$[(4.43-1.35)/1.35]*100\%=228.1\%$$

故往後實驗我們皆裝設水冷裝置，稱為致冷晶片發電模組。

### 【實驗 5-2】在致冷晶片熱端貼上導熱材質對其發電功率的影響

為了提高致冷晶片的發電效率，我們嘗試在致冷晶片熱端上貼上不同導熱材質，來增加熱端的溫度，藉以提升冷熱端的溫差，來增加發電效率。

#### (一) 實驗步驟

1. 將致冷晶片發電模組的熱端塗上散熱膏，分別黏貼與發電模組之熱端一樣大小的銅箔、鋁箔、高導熱石墨片後，將其放置在鹵素燈下 20cm，維持三分鐘。
2. 每 10 秒測量一次致冷晶片的電壓及電流，並計算其電功率。

#### (二) 實驗結果

表 5-5-2-1 熱端加上導熱材料之各項實驗結果

致冷晶片熱端添加的材料	電功率(mW)
不加	4.43
銅箔	0.79
鋁箔	0.36
高導熱石墨片	6.63

#### (三) 分析結果與討論

1. 由表 5-5-2-1 結果可得致冷晶片熱端貼上高導熱石墨片後，能產生最大的電功率
2. 實驗結果發現，致冷晶片在貼上銅箔及鋁箔後，發電效率反而下降，推測兩者表面可能太過光滑以至於會反射光線，反而減少熱能吸收。

### 【實驗 5-3】在致冷晶片熱端貼上塗黑導熱材質對其發電功率的影響

我們想到國中二上時教過的黑色容易吸熱的特性，於是我們將上述三種材料分別塗上黑色廣告顏料以減少材質對光或熱的反射，以增加熱端的溫度，進而增加發電效率。

#### (一) 實驗步驟

1. 將致冷晶片熱端上抹上一層散熱膏，分別貼上塗黑後的銅箔、鋁箔、石墨片，將其放置在鹵素燈下 20 cm，維持三分鐘。
2. 每十秒測量一次制冷晶片的電壓及電流，並計算其電功率。

#### (二) 實驗結果

表 5-5-3-1 熱端加上導熱材料之各項實驗結果

致冷晶片熱端添加的材料	電功率(mW)	導熱材料不塗時電功率(mW)	塗黑後與不塗黑做比較	塗黑後電功率提升百分比(註)
不加	4.43	4.43	-	-
塗黑銅箔	5.92	0.79	7.49 倍	33.63%
塗黑鋁箔	14.86	0.36	41.28 倍	235.44%
塗黑石墨片	12.28	6.63	1.85 倍	177.20%

註：提升百分比是以未黏貼任何材料時的電功率 4.43 mW 為基準做比較。

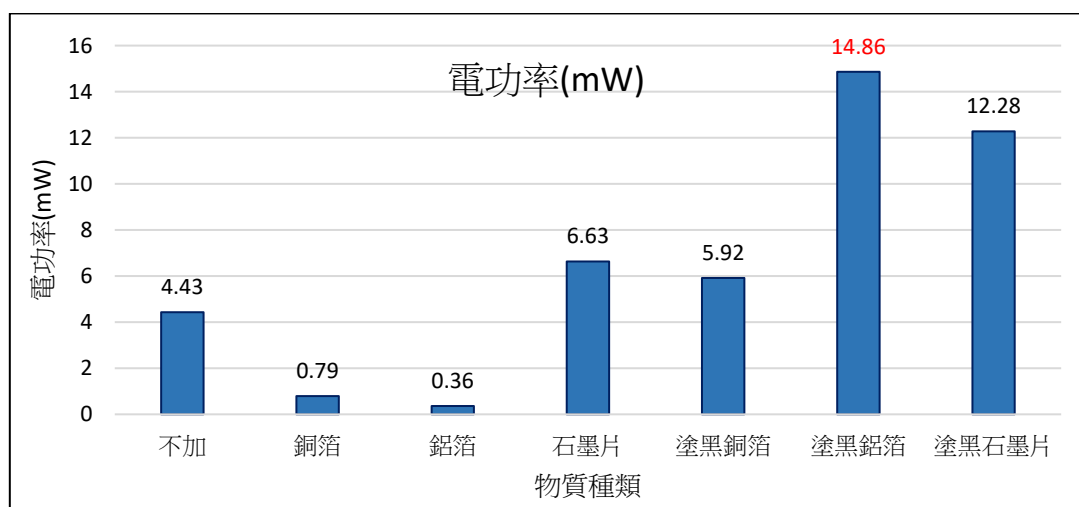


圖 5-5-3-1 致冷晶片黏貼各項導熱材質後的電功率

### (三) 分析結果與討論

1. 經實驗我們發現各材質塗黑後電功率都大大的上升，其中以黏貼了塗黑鋁箔的致冷晶片，產生的電功率是未塗黑前的 41.28 倍，其電功率也比熱端未貼任何材料時增加了 235.44%。
2. 基於成本及電功率的比較下，我們選擇能產生最大電功率且成本較低的塗黑鋁箔來進行之後的實驗。

## 六、 找出適合光熱分離器底層的透光隔熱材料

### 【實驗 6-1】研究不同材料的透光率和隔熱率

#### (一) 實驗步驟：

1. 準備透光隔熱材料有：大小皆為 10 cm × 10 cm、厚度為 0.3 cm，計有單層玻璃板、單層壓克力板、玻璃塗上一層膠水、泡泡紙。
2. 依前述各項物性的實驗步驟，測量待測物之透光率和隔熱率。



## (二) 實驗結果

表 5-6-1 不同透光隔熱材料其透光率與隔熱率的實驗結果

材料別	序	透光率	隔熱率	材料別	序	透光率	隔熱率
單層 玻璃	1	90.70%	12.50%	玻璃 塗膠水	1	90.80%	9.00%
	2	90.80%	12.50%		2	83.50%	9.00%
	3	90.60%	12.30%		3	83.10%	9.10%
	4	90.80%	12.40%		4	83.10%	8.90%
	5	90.60%	12.40%		5	83.30%	8.90%
	平均	90.70% ± 0.09 %	12.40% ± 0.07 %		平均	84.80% ± 3.02 %	9.00% ± 0.07 %
單層 壓克力	1	95.20%	10.80%	泡泡紙	1	85.60%	8.90%
	2	94.50%	10.80%		2	85.50%	9.10%
	3	94.00%	11.00%		3	85.40%	8.90%
	4	95.30%	11.00%		4	85.70%	9.10%
	5	93.90%	11.00%		5	86.30%	9.20%
	平均	94.60% ± 0.58 %	10.90% ± 0.10 %		平均	85.70% ± 0.32 %	9.00% ± 0.12 %

表 5-6-2 統整各種透光隔熱材料其透光率與隔熱率的實驗結果

透光隔熱材料	透光率平均值	隔熱率平均值
單層玻璃	90.7 % ± 0.09 %	12.4 % ± 0.07 %
單層壓克力	94.6 % ± 0.58 %	10.9 % ± 0.10 %
玻璃塗膠水	84.8 % ± 3.02 %	9.0 % ± 0.07 %
泡泡紙	85.7 % ± 0.32 %	9.0 % ± 0.12 %

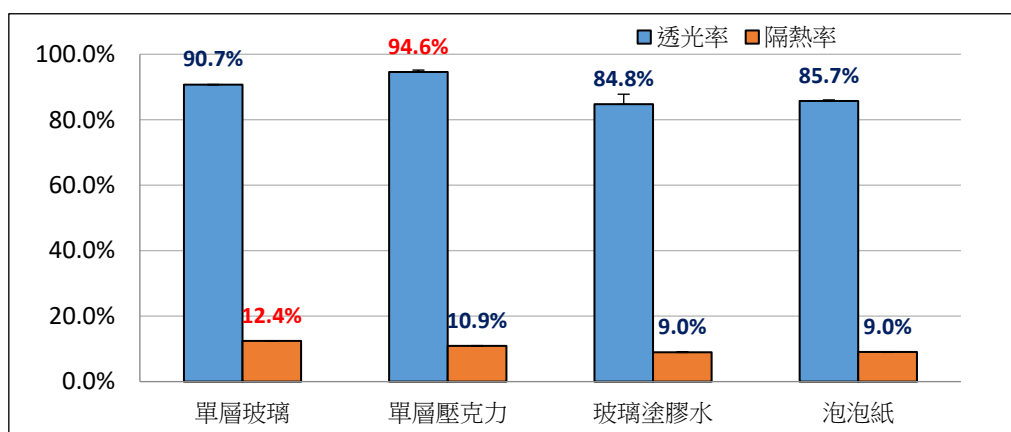


圖 5-6-1-1 各種透光隔熱材料其透光率和隔熱率的實驗結果

## (三) 結果與分析

1. 經由這個實驗，我們發現單層壓克力透光效果最佳，單層玻璃隔熱效果最好。
2. 這個實驗結果統計下來，為了增加隔熱率，我們嘗試將玻璃和壓克力板改成雙層。

## 【實驗 6-2】研究雙層材料的透光率和隔熱率

### (一) 實驗步驟：

1. 利用雷切機雷切厚度為 0.3 cm 的壓克力板，10\*10 cm<sup>2</sup> 的兩片，中間夾層為寬 0.5 cm、厚度為 0.5 cm 的框，並預留三通管的空間，利用快乾將三者黏起來，外層在塗上一層熱熔膠密封，形成一個雙層壓克力板。
2. 利用熱融膠將三通管固定於雙層壓克力板的預留空間。
3. 依照上述步驟製作雙層玻璃(中間夾層使用亦壓克力板)。
4. 如前述測量各項物性的實驗步驟，測量待測物(單層玻璃、單層壓克力、雙層玻璃、雙層壓克力)之透光率和隔熱率。

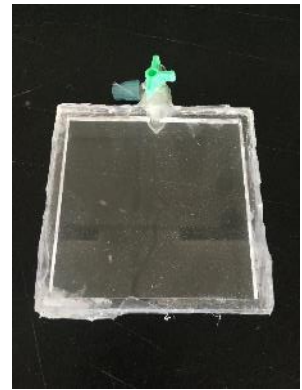


圖 5-6-2-1 雙層壓克力板

### (二) 實驗結果

表 5-6-2-1 單層雙層透光隔熱材料，其透光率與隔熱率的實驗結果

透光隔熱材料	平均透光率	平均隔熱率
單層玻璃	90.7 % ± 0.07 %	12.4 % ± 0.06 %
單層壓克力	<b>94.6 % ± 0.58 %</b>	10.9 % ± 0.08 %
雙層玻璃	83.3 % ± 0.19 %	18.0 % ± 0.12 %
雙層壓克力	90.4 % ± 0.13 %	<b>22.6 % ± 0.05 %</b>

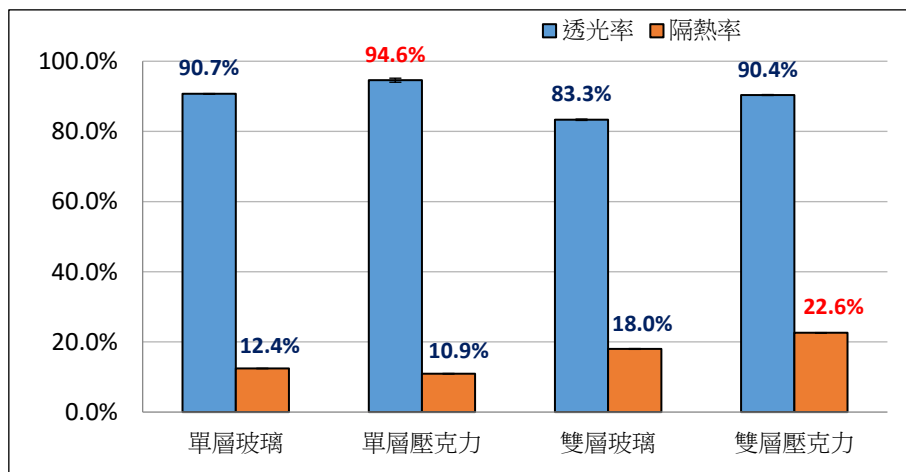


圖 5-6-2-1 單層雙層透光隔熱材料，其透光率和隔熱率的實驗結果

### (三) 結果與分析

1. 經由這個實驗，我們發現**單層壓克力透光率最好**。
2. 經由這個實驗，我們發現**雙層壓克力隔熱率最好**。
3. 實驗結果統計下來，我們發現雙層壓克力透光率差了 4.2%，但隔熱率卻變成 2 倍。

### 【實驗 6-3】探討雙層材料間抽氣，對透光率和隔熱率的影響

#### (一) 實驗步驟：

1. 測試的材料有：雙層玻璃、雙層壓克力。
2. 將三通管打開，利用抽氣幫浦抽氣 30 秒後，將三通管關閉。
3. 依照前述測量各項物性的實驗步驟，測量待測物之透光率和隔熱率。

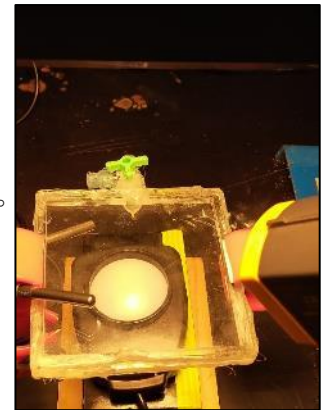


圖 5-6-3-1 抽氣雙層裝置

#### (二) 實驗結果

表 5-6-3-1 將雙層材料抽氣後，其透光率與隔熱率的實驗結果

透光隔熱材料	平均透光率	平均隔熱率
雙層玻璃	83.3 % ± 0.07 %	18.0 % ± 0.06 %
雙層壓克力	90.4 % ± 0.58 %	22.6 % ± 0.08 %
抽氣雙層玻璃	84.8 % ± 0.19 %	18.6 % ± 0.12 %
抽氣雙層壓克力	91.1 % ± 0.13 %	23.5 % ± 0.05 %

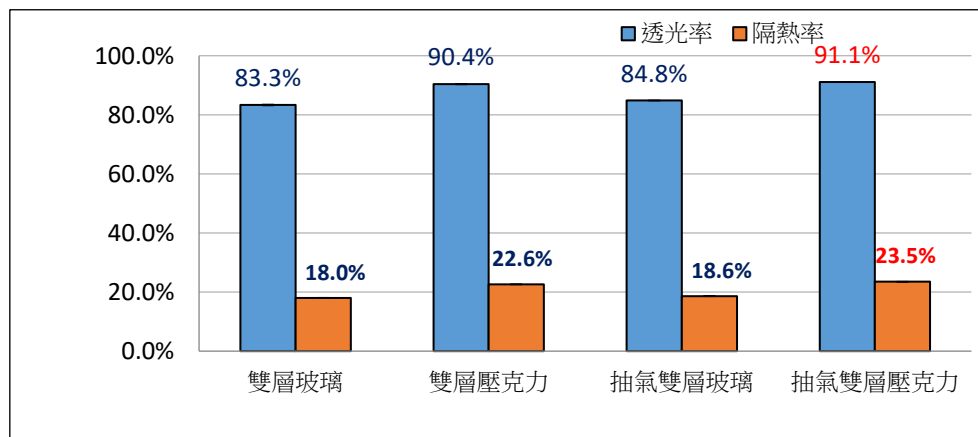


圖 5-6-3-2 將雙層材料抽氣，其透光率和隔熱率的實驗結果

#### (三) 結果與分析

1. 經由這個實驗，我們發現**抽氣雙層壓克力隔熱率、透光率都是最好**。
2. 雖然抽氣雙層壓克力有最好的效果，但跟未抽氣的雙層材料差異性不大，考慮實驗成本與繁瑣性，先暫**以未抽氣雙層壓克力做後續實驗**。

## 七、 研究降溫對太陽能板發電功率的影響

### 【實驗 7-1】太陽能板在鹵素燈下的發電功率

(一) 實驗步驟：

1. 將太陽能板放在鹵素燈下 20cm。
2. 每 30 秒測量電壓與電流，並計算出電功率，歷時共 10 分鐘。

(二) 實驗結果：

表 5-7-1-1 太陽能板各項資料與時間的實驗結果

時間(min)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0
正面溫度(°C)	36.5	38.0	40.0	42.5	46.0	48.8	51.5	54.5	56.5	58.5	59.5	60.0	60.5	61.5	61.5	62.0	62.5	63.0	64.0	64.5
背面溫度(°C)	33.4	35.5	38.6	42.3	44.9	47.4	50.7	53.1	56.2	57.7	58.7	59.4	60.3	60.8	61.6	62.2	63.2	63.3	63.4	64.3
電流(mA)	75.0	76.3	76.9	77.5	77.8	79.0	79.5	80.2	80.8	81.0	81.5	81.6	81.9	82.0	82.2	82.3	82.3	82.5	82.6	82.6
電壓(V)	6.29	6.16	6.10	6.04	6.01	5.91	5.86	5.80	5.74	5.72	5.68	5.67	5.64	5.63	5.61	5.60	5.59	5.57	5.56	5.56
電功率(mW)	471.8	470.0	469.1	468.1	467.6	466.9	465.9	465.2	463.8	463.3	462.9	462.7	461.9	461.7	461.1	460.9	460.1	459.5	459.3	459.3

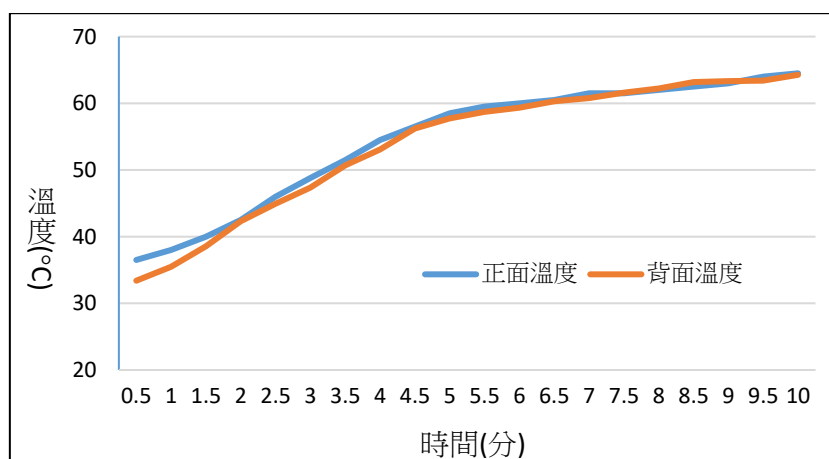


圖 5-7-1-2 太陽能板正面和背面溫度與時間的關係圖

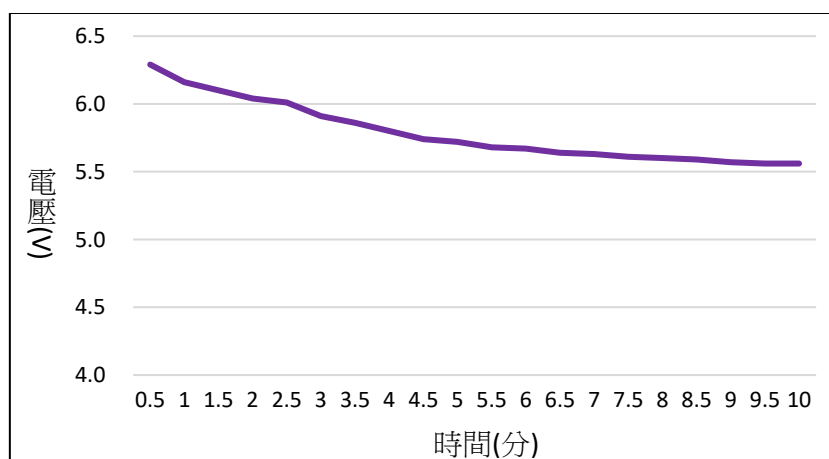


圖 5-7-1-2 太陽能板電壓與時間的關係圖

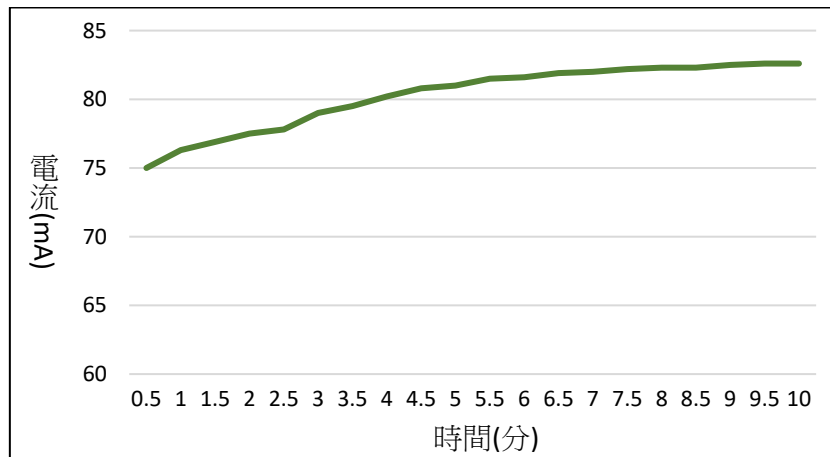


圖 5-7-1-3 太陽能板電流與時間的關係圖

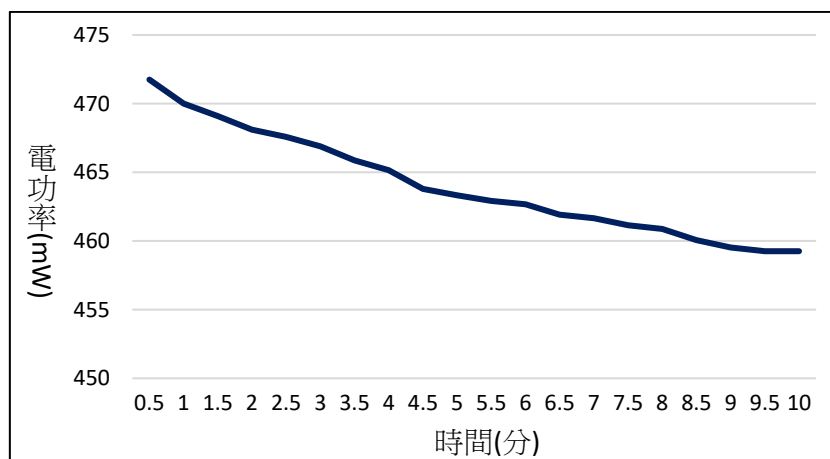


圖 5-7-1-4 太陽能板電功率與時間的關係圖

(三) 結果分析與討論：

1. 由圖 5-7-1-1 可看出太陽能板正面、背面溫度，皆會隨時間增加而增加，而且背面溫度上升的幅度較大。
2. 由圖 5-7-1-2~5-7-1-4 可看出隨著時間增加，電壓逐漸下降，電流有上升的趨勢，但電功率仍然有下降趨勢。
3. 推測太陽能板發電時，背面會產生大量廢熱，因而使太陽能板發電功率略有下降。



## 【實驗 7-2】加上隔熱材料讓太陽能板正面降溫，對其發電功率的影響

由圖 5-7-2-1 可看出隨著太陽能板正面溫度越高，太陽能板的電功率隨之下降的趨勢。由 5-3 的實驗可知雙層壓克力板有最佳的透光隔熱材料，於是在太陽能板正面加裝此材料，來探討其對太陽能板發電功率的影響。

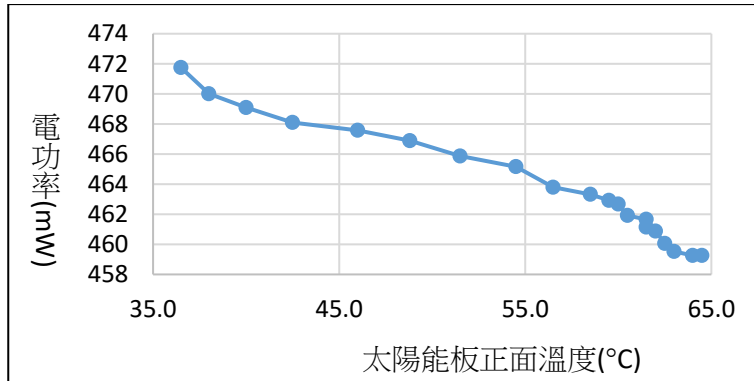


表 5-7-2-1 太陽能板正面溫度上升趨勢對電功率的影響

溫度上升幅度	電功率變化 (mW)	電功率變化百分比
約10°C	-4.17	0.88%
約20°C	-7.96	1.69%
約30°C	-12.5	2.65%

圖 5-7-2-1 太陽能板電功率與正面溫度的關係圖

### (一) 實驗步驟：

1. 將上述步驟中之太陽能板，上方加裝透光隔熱材料-雙層壓克力板，並重複實驗 7-1 之操作步驟。
2. 每 30 秒測量太陽能板正、背面溫度，以及電壓與電流，並計算出電功率，共歷時 10 分鐘。

### (二) 實驗結果：

表 5-7-2-2 正面降溫(加裝雙層壓克力板)對太陽能板發電功率的結果(10 分鐘)

項目	時間 (min)	正面溫度 (°C)	背面溫度 (°C)	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
太陽能板	10.0	64.5	64.27	82.6	5.56	459.26
太陽能板加裝雙層壓克力	10.0	47.5	47.38	68.7	5.91	406.02

### (三) 結果分析與討論：

1. 太陽能板在加裝雙層壓克力板後，正面背面溫度明顯降低，但同時也降低了透光效果，導致太陽能板的發電功率下降 11.59%。計算式如下：

$$[(406.02-459.26)/459.26] \times 100\% = -11.59\%$$

2. 我們也發現，當太陽能板溫度降低後，電壓有上升的趨勢。

### 【實驗 7-3】加上致冷晶片讓太陽能板背面降溫，對其發電功率的影響

由實驗 7-1 的結果可知(如圖 5-7-3-1)，太陽能板發電時背面溫度會升高，且會使得電功率下降，因此我們推估若能將此廢熱有效再利用，不但能降低太陽能板的溫度，使得發電效率提升，也能收集廢熱再利用，更加提升整體發電功率，於是我們嘗試在太陽能板背面加裝致冷晶片發電模組。

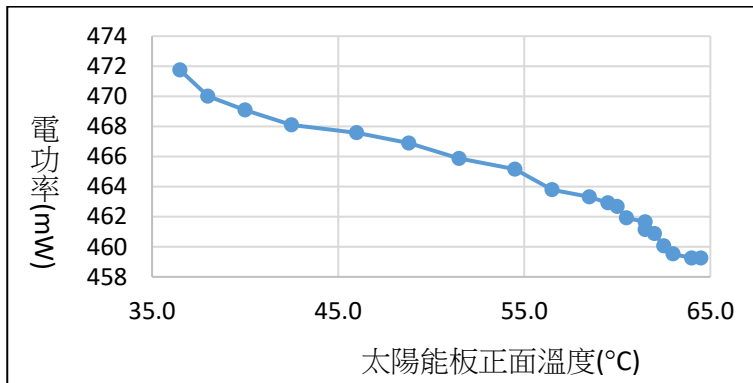


表 5-7-3-1 太陽能板背面溫度上升趨勢對電功率的影響

溫度上升幅度	電功率變化 (mW)	電功率變化百分比
約10°C	-3.6	-0.77%
約20°C	-6.6	-1.40%
約30°C	-12.5	-2.65%

圖 5-7-3-1 太陽能板電功率與正面溫度的關係圖

#### (一) 實驗步驟：

1. 在太陽能板背面加裝致冷晶片發電模組(有水冷裝置)，並重複實驗 5-1 之操作步驟。
2. 每 30 秒測量太陽能板正背面溫度，及電壓與電流，並計算出電功率，歷時 10 分鐘。
3. 每 30 秒測量致冷晶片發電模組之電壓與電流，並計算出電功率，共歷時 10 分鐘。

#### (二) 實驗結果：

表 5-7-3-2 背面降溫(加裝致冷晶片)對太陽能板發電功率的結果(10 分鐘)

太陽能板加裝致冷晶片發電模組	時間 (min)	正面溫度 (°C)	背面溫度 (°C)	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
太陽能板-光轉電	10.0	65.5	63.47	94.6	5.89	557.19
致冷晶片-熱轉電	10.0	-	-	58.6	0.23	13.48

#### (三) 結果分析與討論：

1. 太陽能板的底部在加裝致冷晶片模組後，正面、背面溫度並未有效降低。
2. 加裝致冷晶片模組後，測得太陽能板的電壓、電流皆有增加，使得原太陽能板發電功率 459.26 mW，在加裝致冷晶片發電模組後提升了 21.32%。計算式如下：  

$$[(557.19-459.26)/459.26] \times 100\% = 21.32\%$$
3. 加裝致冷晶片發電模組，除了可提高太陽能板發電功率，將其廢熱利用在發電，又可增加 13.48 mW。

## 【實驗 7-4】正面背面都降溫，對整體發電功率的影響

結合實驗 7-2 和 7-3，若能有效隔熱，又能將太陽能板發電時產生的廢熱加以利用，讓太陽能板正背面都降溫後，是否可以更加提升太陽能板的發電功率呢？於是我們進行以下實驗。

### (一) 實驗步驟：

1. 將上述步驟中之太陽能板，正面加裝透光隔熱材料-雙層壓克力板，而背面加裝致冷晶片，並重複實驗 7-1 之操作步驟。
2. 每 30 秒測量太陽能板正背面溫度，及電壓與電流，並計算出電功率，歷時 10 分鐘。
3. 每 30 秒測量致冷晶片發電模組之電壓與電流，並計算出電功率，共歷時 10 分鐘。

### (二) 實驗結果：

太陽能板 正面降溫：上方加雙層壓克力板 背面降溫：下方加裝致冷晶片發電模組	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
太陽能板-光轉電	79.4	6.24	495.46
致冷晶片-熱轉電	41.7	0.175	7.30

### (三) 結果分析與討論：

1. 太陽能板在加裝雙層壓克力板以及致冷晶片發電模組後，太陽能板的發電功率較原先提升了 7.88 %。計算式如下：  
$$[(495.46-459.26)/459.26] \times 100\% = 7.88 \%$$
2. 我們也發現，當太陽能板溫度降低後，電壓有上升的趨勢。

## 八、複合式發電裝置的實作

經過上述實驗，製作出光熱分離蓄熱器的裝置。

### (一) 實驗裝置介紹

1. 利用雷切機裁切出四個梯形木板，其中一面預留致冷晶片發電模組的位置，利用熱融膠將四面貼合成似天燈的裝置，如圖 5-8-1。
2. 將四側內壁先黏上厚紙板，再黏貼鋁箔紙，並在裝有致冷晶片的鋁箔紙處塗黑。
3. 底層由上而下依序放置雙層壓克力板、太陽能板、致冷晶片發電模組，如圖 5-8-2。
4. 每 30 秒測量太陽能板與致冷晶片的電壓、電流值，共 10 分鐘



圖 5-8-1 雷切機製作似天燈型的蓄熱裝置

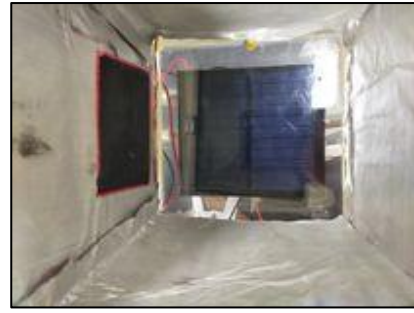


圖 5-8-2 黏貼鋁箔的蓄熱裝置俯視圖

## (二) 實驗結果

	太陽能板 平均發電功率	太陽能板 最大發電功率	底層致冷晶片發 電模組發電功率	側邊致冷晶片發 電模組發電功率
電功率(mW)	949.76	1015.51	24.28	12.06
電功率提升 百分比	106.80%	121.12%	232.60%	-18.84%

註 1：太陽能板是以實驗 5-1 未加任何裝置的發電功率 459.26 mW 來做比較。

註 2：底層致冷晶片發電模組是以實驗 7-4 的發電功率 7.30 mW 來做比較。

註 3：側邊致冷晶片發電模組是以實驗 5-3 的發電功率 14.86 mW 來做比較。

## (三) 結果分析與討論

1. 加裝複合型發電裝置後，太陽能板本身的**平均發電功率提升** $[(949.76-459.26)/459.26] = 106.80\%$ ，最大功率更提升 121.12%，顯現此裝置有效提升太陽能板的發電功率。
2. 在太陽能板發電功率提高下，產生的廢熱變多，使得**底層致冷晶片發電模組發電功率**較原先**增加了** $[(24.28-7.3)/7.3] = 232.60\%$ 。
3. 在四邊環繞集中下，側邊的致冷晶片發電模組發電功率不升反降，推測是照射角度已非 90 度，且上方未加蓋，熱量容易流失，反而較原先的發電功率小。

## (四) 加裝菲涅爾透鏡

1. 因考量複合型發電裝置少了蓋子，而讓熱量流失，於是加裝菲涅爾透鏡，更能匯集能量，得到的結果如表：

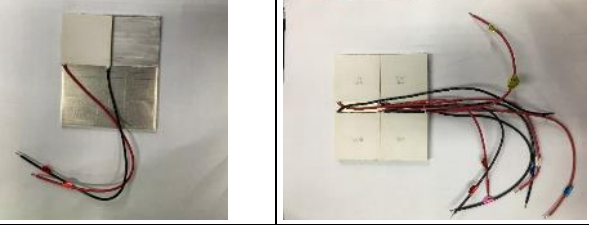
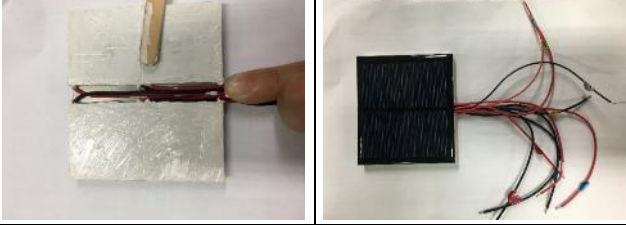






表 5-7-2 加上菲涅爾透鏡對發電功率的影響

	太陽能板平均 發電功率(mW)	底層致冷晶片發電模 組發電功率(mW)	側邊致冷晶片發電模 組發電功率(mW)
未加菲涅爾透鏡	949.76	24.28	12.06
加了菲涅爾透鏡	997.67	33.08	29.51

## 九、 裝置再改良-提升廢熱轉換效率

從前述實驗可看出太陽能板在發電時，其背板會產生大量的廢熱，於是我們嘗試更密集的收集廢熱，使其廢熱更有效的利用，因此在太陽能板背面加裝四個致冷晶片；考量到先前的水冷裝置必須利用抽水馬達，讓冷水循環來降溫，需要額外用到電能，故嘗試將散熱鰭片直接浸泡在冷水中來當冷端散熱的方式，而散熱裝置則是利用廢棄電腦 CPU 的散熱鰭片，並加裝一塊鋁塊來提升四個致冷晶片與散熱鰭片的密合度，於是進行以下一系列的實驗。

### (一) 實驗步驟

<p>1. 在 <math>8*9\text{ cm}^2</math> 的鋁塊上塗上散熱膠，將四個致冷晶片冷端貼於鋁塊上，並將致冷晶片的電線整理在一起。</p>	<p>2. 在致冷晶片熱端塗上散熱膠，將太陽能板緊密貼在致冷晶片上。</p>
	
<p>3. 整個裝置黏貼於廢棄電腦 CPU 之散熱鰭片上。</p>	<p>4. 將四個致冷晶片並聯，每一分鐘測量太陽能板與致冷晶片的電流與電壓值，持續 5 分鐘。實驗重複 3 次，並計算平均值。</p>
	
<p>5. 將整個裝置放入裝有 3cm 深的冷水水槽中，重複上述步驟，計算 5 分鐘後電功率之平均值。</p>	<p>6. 依序將四個致冷晶片的串接方式，改成二個串聯二個並聯和四個串聯，並重複上述步驟，計算 5 分鐘後電功率之平均值。</p>
	
<p>7. 加上光熱分離蓄熱器(無透鏡)，重複上述步驟，計算 5 分鐘後電功率之平均值。</p>	<p>8. 加上光熱分離蓄熱器(有透鏡)，重複上述步驟，計算 5 分鐘後電功率之平均值。</p>
	



## (二) 實驗結果

改良裝置	太陽能板背面致冷晶片串接方式	太陽能板表面溫度變化(°C)	太陽能板平均發電功率(mW)	太陽能板背面致冷晶片平均發電總功率(mW)	光熱分離蓄熱器之側面致冷晶片平均發電功率(mW)	總平均發電功率(mW)	冷卻水上升溫度(°C)
散熱鰭片放置空氣中	四個並聯	+18.5	572.79	7.76	-	580.55	-
散熱鰭片浸泡在水中	四個並聯	+16.5	587.94	10.33	-	598.27	2.5
散熱鰭片浸泡在水中	二個串聯 二個並聯	+16.0	580.30	19.72	-	600.02	4.5
散熱鰭片浸泡在水中	四個串聯	+17.0	576.87	25.79	-	602.66	6.5
散熱鰭片浸泡在水中，並加裝光熱分離蓄熱器(無菲涅爾)	四個串聯	+7.5	721.11	15.38	1.56	738.05	4.0
散熱鰭片浸泡在水中，並加裝光熱分離蓄熱器(有菲涅爾)	四個串聯	+9.5	918.55	22.50	0.75	941.80	5.5

## (三) 分析與討論

1. 單一太陽能板原始發電功率為 459.26 mW，原先在背面加裝一塊致冷晶片所組成的水冷式發電模組，並使用抽水馬達水冷裝置時，太陽能板和致冷晶片的總發電功率為 570.67 mW，經改良後在未使用其他電力的情形下，總發電功率為 602.66 mW，顯示將太陽能板發電時背面產生的廢熱移走，可使太陽能板發電功率提升有效提升。
2. 廢棄 CPU 散熱鰭片浸泡在水中比放置在空氣中，有較優的散熱效果，使得廢熱轉電的功率提升，連帶太陽能板的發電功率亦跟著提升。
3. 將四個致冷晶片串聯的連接方式，有最大的總電功率。
4. 致冷晶片的發電功率愈大，冷卻水的溫度上升愈多。
5. 在加裝光熱分離蓄熱器後，太陽能板表面溫度上升幅度下降，使其太陽能板發電功率提升了 100%，為原來發電功率的 2.05 倍，並使總發電功率提升了 105.1%。

計算如下：

(1) 太陽能板發電增加率 =  $[(918.55 - 459.26) / 459.26] \times 100\% = 100\%$

(2) 總發電功率提升率 =  $[(918.55 + 22.5 + 0.75 - 459.26) / 459.26] \times 100\% = 105.1\%$

## 十、 漂浮發電裝置的實作

為了尋找大量且實用的冷卻水，構思利用池塘水或水庫水，於是發想讓整個複合式發電裝置能漂在水面上，既可避免額外使用冷卻水造成水資源的浪費，也能降低水庫水的蒸發速率，進而有效保留水資源，亦可節省太陽能板的占地面積，於是著手進行漂浮發電裝置。

### (一) 實驗步驟

1. 將將太陽能板與致冷晶片串聯，接上二極體後再接在充電保護板上，連接到 18650 充電電池上，另外接上 USB 電流電壓測試儀來量測充電狀況，電線稍作整理後，在兩側底部加裝兩個廢棄的寶特瓶，如圖 5-9-1。



圖 5-10-1 漂浮發電裝置



圖 5-10-2 漂浮發電裝置  
在水中漂浮狀況測試

2. 調整配重使其能水平的浮在水上，如圖 5-10-2。
3. 使用鹵素燈照射 5 分鐘，觀察其充電狀況。
4. 移至學校池塘中，觀察其充電狀況。

### (二) 實驗結果



圖 5-10-3 漂浮發電裝置在  
鹵素燈的照射下，成功充  
電於電池上



圖 5-10-4 放置在學校池塘的漂浮發電裝置  
在太陽的照射下，成功充電於電池上

## 陸、討論

- 一、剛開始實驗時，因各商家都已停賣鹵素燈，而使用一般的白熾燈泡來模擬太陽，雖已自製燈罩來增加照度，如圖 6-1，但仍不足以啟動太陽能板，於是改用家中的鹵素電暖器，如圖 6-2。但是鹵素電暖器的燈管，因安全問題被擋住了，以至於照度仍顯不足，且進行部分實驗時未能完全模擬太陽從上方照射而造成誤差，如圖 6-3。在透過校內老師幫忙跟其他學校借鹵素燈後，便可進行較精準的實驗。

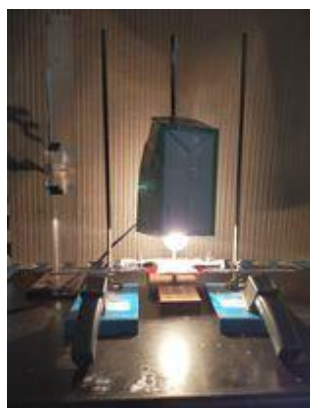


圖 6-1



圖 6-2



圖 6-3

- 二、在進行初步實驗中，我們製作第一代發電裝置，如圖 6-4，但因四邊與太陽光平行，而未能有效吸收太陽能量，於是有了第二代裝置，如圖 6-5，但使用銅片耗材過多，成本過高，於是我們改良成外擴式複合型發電裝置後，成本降低，發電功率也提高許多。



圖 6-4



圖 6-5

- 三、剛開始使用的太陽能板是  $9\text{ cm} \times 11\text{ cm}$ ，而透明壓克力板是  $10\text{ cm} \times 10\text{ cm}$ ，實驗時發現太陽能板只要一陣列的感應線圈被擋住，如圖 6-6 紅色圈圈處，功率瞬間下降許多，僅剩下  $1/10$ ，於是我們改用  $8\text{ cm} \times 9\text{ cm}$  的太陽能板，且在進行實驗時，雙層壓克力邊框不擋住太陽能板，便解決這個問題。





未遮住 76.8 mA；遮住一排 3.6 mA；遮住兩排 1.6 mA；遮住三排 0.7 mA；遮住四排 0.4 mA

圖 6-6 太陽能板遮對電流值的影響

四、剛開始的蓄熱器每一側面採用上底 12 cm、下底 16 cm、高 10 cm 的梯形，實作後發現側板會遮住陽光，於是調整側邊大小，最後採用上底 10 cm、下底 12 cm、高 6 cm 的梯形。



圖 6-7 上下底皆為 10 cm、12 cm，但高度依序為 10、8、6 cm 的蓄熱器側邊

五、本研究製作出的光熱分離蓄熱器裝置，搭配背面降溫且廢熱再利用的複合式發電裝置，有效提升太陽能板的發電功率，其各項裝置功用說明如表 6-1 所列：

表 6-1 複合式發電裝置各項物品的主要功用

	各項改造措施	主要功用
底層- 太陽能板上方	放置底層透光隔熱材料 雙層壓克力板	雖稍微減少透光率，但有隔熱作用
底層- 太陽能板下方	加裝致冷晶片	收集太陽能板的廢熱，將其轉為電能，並降低太陽能板的溫度
側邊致冷晶片	加上塗黑的鋁箔紙	增加吸收太陽的熱，使致冷晶片發電模組發電功率提高
側邊	四邊環繞，做成盒子， 且開口微向外擴	收集太陽及壓克力板隔離的熱， 將熱傳至致冷晶片處

## 柒、結論

- 一、以較環保的厚紙板當作側邊的隔熱材料，其隔熱率為 44.3 %。
- 二、致冷晶片在黏貼上塗黑的鋁箔後，電功率提升了 235.44 %。
- 三、雙層壓克力板的透光率為 90.4 %，隔熱率為 22.4 %，是實驗中最佳的透光隔熱材料。
- 四、太陽能板只在上方加上雙層壓克力板後，發電功率下降 11.59 %，只在下方加裝致冷晶片發電模組後，電功率提升了 21.32 %，兩者都加，則電功率提升了 7.88 %。
- 五、我們製作出的漂浮複合式發電裝置，與其他科展作品做比較，如表 7-1 以及表 7-2。

表 7-1 本作品與 55 屆科展作品-「神奇的太陽光熱分離之旅」做比較

	神奇的太陽光熱分離之旅	本實驗漂浮發電裝置	
聚光材料	利用成本較高的凸透鏡	使用體積較小且輕巧的菲涅爾透鏡	勝
上蓋材料	使用玻璃片	直接使用菲涅爾透鏡，少了一層抵擋太陽光熱的器材	勝
透光隔熱材質	隔熱好透光差的空氣膠但較輕薄	透光好隔熱佳雙層壓克力但較厚重	
側邊隔熱材質	空氣膠	厚紙板(環保廢材)加鋁箔紙	勝
側邊致冷晶片	熱端使用石墨片須加裝遮陽板	熱端使用成本較低的塗黑鋁箔紙	勝
側邊致冷晶片	須加裝遮陽板	直接裝在傾斜側邊的木板上，更能吸收盒內熱能	勝
底層太陽能板	發電廢熱未利用	利用四片串聯的致冷晶片，將發電廢熱轉成電能	勝
複合式發電總功率	174.5 mW	941.80 mW	勝

表 7-2 本作品與 55 屆科展作品-「增光擠能」做比較

	增光擠能	本實驗漂浮發電裝置	
聚光材料	無	使用體積較小且輕巧的菲涅爾透鏡	勝
太陽能板正面降溫方式	使用冷卻水，需額外耗能但可回收的	使用光熱分離蓄熱器，部分阻隔太陽的熱能，但可將其集中再用來發電	勝
太陽能板背面降溫方式	散熱鰭片讓水溫上升，僅用於熱水器的使用	致冷晶片將熱轉電，有效散熱又能轉成電能，用途較廣。	勝
放置地點	屋頂熱水器旁	水庫、魚塢、池塘上皆可	勝
太陽能板本身發電功率提升百分比	12 %	100 %	勝
複合式發電總功率提升百分比	作品未提及	105.1 %	

六、我們製作出第二代的漂浮複合式發電裝置，如圖 7-1 所示。

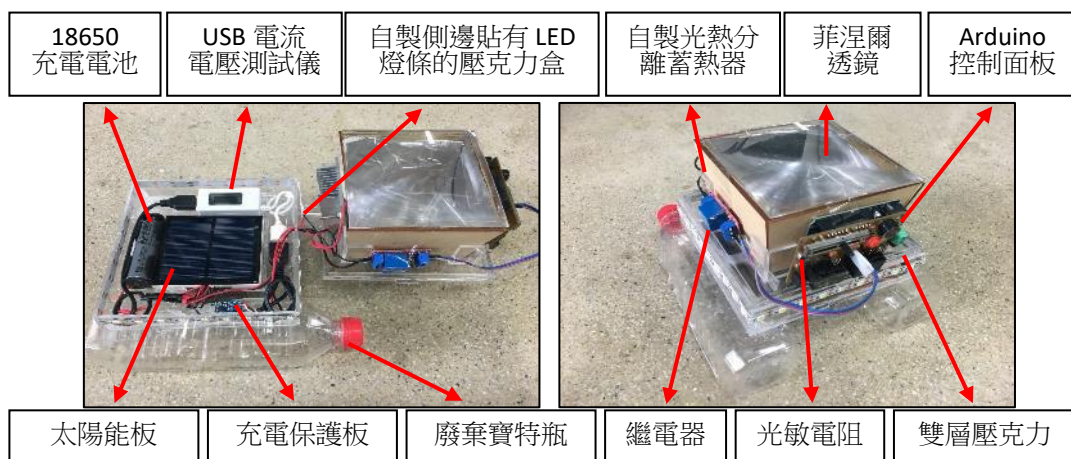


圖 7-1 第二代漂浮複合式發電裝置圖(左圖為分解圖，右圖為組合圖)

將太陽能板發電時產生的廢熱加以利用，讓太陽能板的發電功率提升，特點包括：



1. 本研究利用廢棄寶特瓶、厚紙板、電腦 CPU 散熱鰭片，讓廢棄物有效再利用，達到經濟循環的環保理念。
2. 照光 10 分鐘後，整體複合式發電裝置的電功率共提升了 105.10%，是原先太陽能板發電功率的 2.05 倍。
3. 此裝置漂浮在池塘或水庫後，除了可有效散熱，讓太陽能板發電功率提升，亦可節省原本冷卻水(馬達循環)額外的耗電，並降低水庫水的蒸發速率，還可以減少太陽能板在陸地上使用過多的佔地面積。

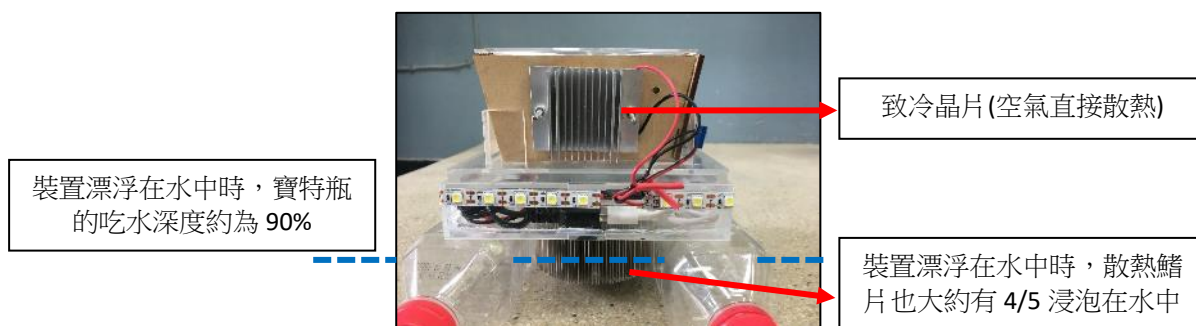


圖 7-2 漂浮式發電裝置有效利用水面水來冷卻

4. 以光敏電阻結合 Arduino 等自動控制設備，用於輔助照明設備，可將白天所存之電力於夜間使用，如圖 7-3、7-4。



圖 7-3 白天光線充足時，複合式方電裝置將電能儲存於電池中



圖 7-4 夜間光線不足時，利用白天儲存在電池中的電能輔助照明

#### 未來展望：

1. 製作此裝置的成本稍高，期待未來量產後可分散成本。
2. 此裝置在水中漂浮時，遇到水流容易有不穩的情形，想到類似赤壁之戰火燒連環船的原理，尋找筏式連結來增加穩定度，進而將此裝置運用在海上，可當成燈塔為船隻照明指引，亦可做為未來電動船的海上充電站。

## 捌、參考資料及其他

- 一、國民中學自然科學第四冊。第五章跨科主題-低碳減塑護地球(140~149 頁)。康軒文教事業有限公司。
- 二、國民中學自然科學第六冊。第二章生活中的電與磁(82~85 頁)。南一書局。
- 三、國民中學自然科學第六冊。第五章能源科技(164~196 頁)。南一書局。
- 四、李建翔等(2010)·以菲涅爾透鏡改善太陽能板發電功率之探討《中華民國第 50 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 五、王育涵等(2015)·神奇的太陽光熱分離之旅《中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 六、陳柏驊等(2015)·「增」光「擠」熱拚綠熱—探討太陽能板發電效能提升及應用《中華民國第 55 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 七、李沁愉等(2018)·會發電的夾心餅乾(致冷磚發電)《中華民國第 58 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。
- 八、曾苡軒等(2019)·廢熱不廢晶來電《中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書》·國立台灣科學教育館·取自 <https://www.ntsec.edu.tw/>。

## 【評語】 032903

1. 研究主題針對過往作品的收集與探討非常到位，針對過去的作品提出不一樣創新概念，針對太陽能與廢熱之議題，尋找出制冷晶片、隔熱材料引入提高太陽能發電效能，具有高度能源議題效應。其中研究設計可以光熱分離蓄熱器來增加太陽能板能力為主題，作了一系列相當完整且目的清晰的實驗，研究所探討的變因拿捏準確，所提出的實驗設計完整且合理，實驗步驟描述詳細使得實驗的結果明確，並且對結果進行有深度的討論，且將本項研究成果與不同屆數科展作品進行比較。本研究的作品設計在水庫中使用，產生多重的應用效果。計畫內容為國中生可以理解，以科學方法有步驟的得到結論，並發展應用於漂浮發電裝置。
2. 此外太陽能電池之基礎學理需要多多加以琢磨，例如三用電表量測太陽能電池所獲得的電壓、電流的物理意義需全面性了解，作品內似乎並不瞭解量測的電壓數值屬於開路電壓、電流數值屬於短路電流，兩者相乘並不是真正的發電功率。作品內主要以發電功率探討提升效能指標，並非正確。
3. 溫度效應對於太陽能電池效能之影響主要在於開路電壓的下降，但卻可以些微增加短路電流，因此在太陽能產業大多會提供溫度係數(Temperature Coefficients)，對於開路電壓、短路電流、發電功率皆有其物理係數數值。建議可將熱轉化成溫度效應時的這幾項數值進行探討，將能更發展提升太陽能電池發電效率之進階研究。

## 作品簡報

# 觸水浮能

-探討漂浮太陽能板之效能提升

國中組

生活與應用科學 (二) 科

# 研究動機

綠能發電是現階段全球發電的趨勢，其中太陽能在眾多綠能發電中，佔有極為重要的地位，因此提升其發電效率是我們想要研究的方向，延伸找資料時發現體積較輕薄的菲涅爾透鏡有聚光的功用，藉此來探討增加太陽能板發電效率的可行性。

## 研究過程與裝置設計圖

### 一、研究流程圖

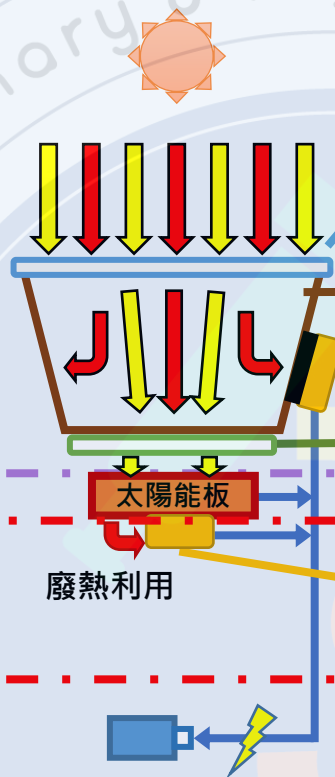


圖1 實驗流程圖



## 二、裝置設計圖

光熱分離蓄熱器  
使太陽能板  
正面降溫



**上蓋：**  
探討是否使用菲涅爾透鏡

- 側邊：**
1. 尋找適合的環保隔熱材料
  2. 尋找良好的吸、導熱材料
  3. 提升致冷晶片發電效率

**底層：**  
尋找適合的透光隔熱材料

背面降溫--  
廢熱再利用

利用致冷晶片將太陽能板產生的  
廢熱轉成電能

圖2 實驗裝置圖

## 三、各項物理性質測量方式

● 透光率算法：
$$\left( \frac{E_{v \text{未加材料}} - E_{v \text{加上材料}}}{E_{v \text{未加材料}}} \right) \times 100\%$$
 透光率數值愈高，透光性愈佳。

● 隔熱率算法：
$$\left( \frac{T_{\text{材料上層}} - T_{\text{材料下層}}}{T_{\text{材料上層}}} \right) \times 100\%$$
 隔熱率數值愈高，隔熱效果愈佳。

● 發電功率 (mW) = 電壓(V) × 電流(mA)

# 研究結果

## 一、光熱分離蓄熱器側邊隔熱材料的研究

表1 不同材料其隔熱率的實驗結果

各項材料	平均隔熱率
不加	34.3%
塑膠地墊	44.0%
保麗龍	44.5%
厚紙板	44.3%
泡泡紙	40.2%

木板貼上塑膠地墊、保麗龍、厚紙板後，都有很好的隔熱效果

## 二、光熱分離蓄熱器側邊致冷晶片的發電功率之研究

【實驗2-1】探討致冷晶片冷端散熱對發電效率的影響

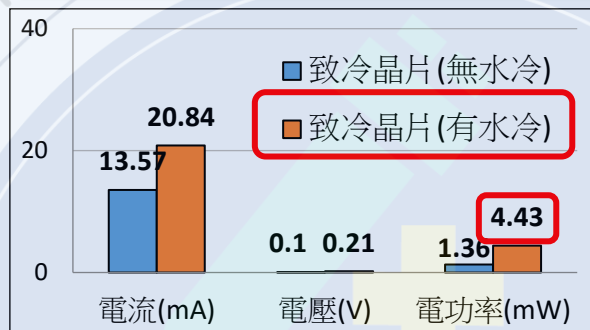


圖3 冷端水冷散熱的各項實驗結果

加上水冷裝置使致冷晶片的發電效率增加約141.0%

【實驗2-2】致冷晶片熱端貼導熱材質對發電功率的影響

表2 致冷晶片貼上各項導熱材質後的電功率

致冷晶片熱端添加的材料	電功率 (mW)	塗黑後的電功率(mW)
不加	4.43	4.43
銅箔	0.79	5.92
鋁箔	0.36	14.86
石墨片	6.63	12.28

熱端貼上塗黑鋁箔的致冷晶片，發電功率是未塗黑前的41.3倍。

## 三、光熱分離器底層的透光隔熱材料的研究

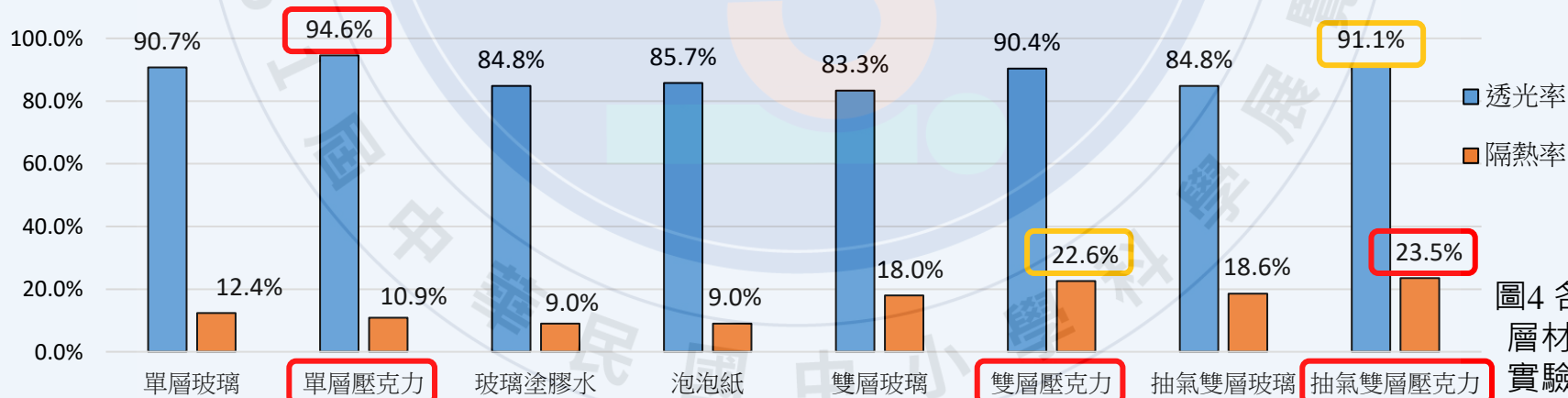


圖4 各種底層材料的實驗結果

單層壓克力透光率最佳，抽氣雙層壓克力有最好的隔熱率。

## 四、研究降溫對太陽能板發電功率的影響

### 【實驗4-1】純太陽能板在鹵素燈照射下的各項資料實驗結果

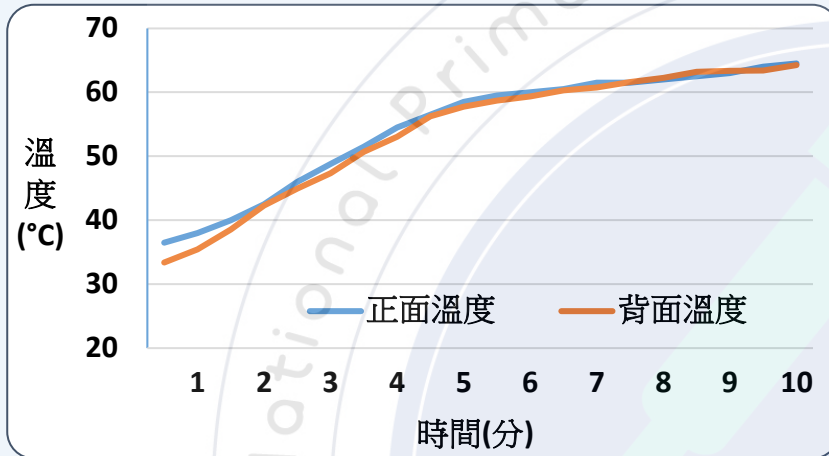


圖5 正背面溫度與時間的關係圖

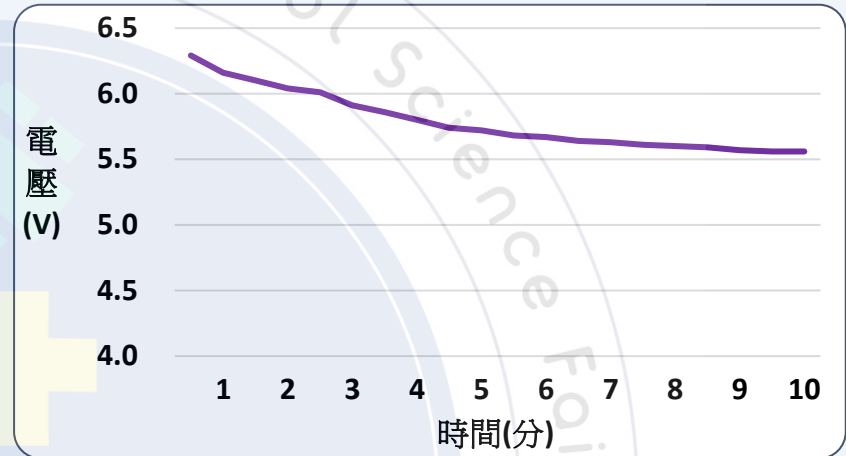


圖6 電壓與時間的關係圖

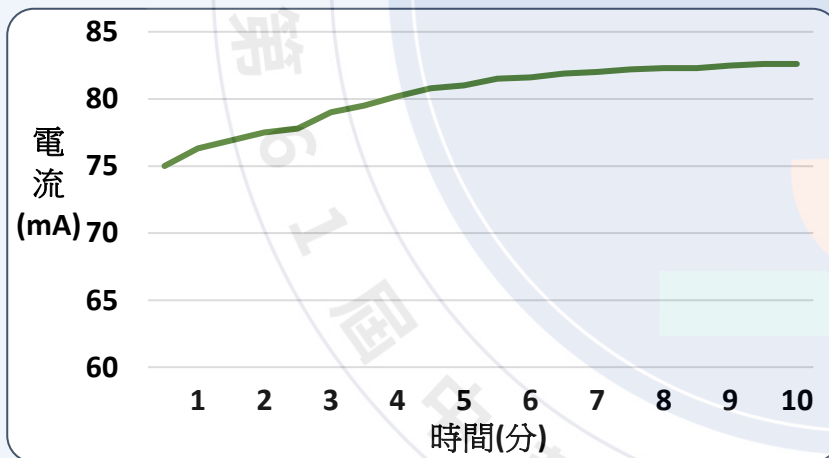


圖7 電流與時間的關係圖

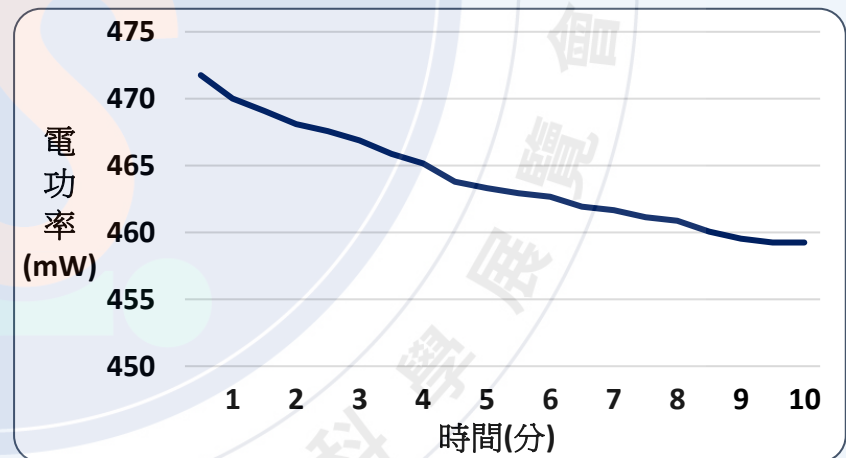


圖8 電功率與時間的關係圖

隨著時間增加，電壓逐漸下降，電流有上升的趨勢，但電功率仍然有下降趨勢，因此推測太陽能板發電時，下層會產生廢熱，而使太陽能板發電功率下降約 **3.0%**。

## 【實驗4-2】以隔熱材料讓太陽能板正面降溫，對其發電功率的影響

## 【實驗4-3】以致冷晶片讓太陽能板背面降溫，對其發電功率的影響

表3 正面降溫對太陽能板發電功率的實驗結果

表4 加上製冷晶片對太陽能板發電功率的實驗結果

太陽能板各項數值	時間 (min)	上層溫度(°C)	下層溫度(°C)	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
不加任何材料	10.0	64.5	64.27	82.6	5.56	459.26
加裝雙層壓克力	10.0	47.5	47.38	68.7	5.91	406.02

太陽能板加裝致冷晶片發電模組	時間 (min)	上層溫度(°C)	下層溫度(°C)	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
太陽能板-光轉電	10.0	65.5	63.47	94.6	5.89	557.19
致冷晶片-熱轉電	10.0	-	-	58.6	0.23	13.48

太陽能板在加裝雙層壓克力板後，上層下層溫度明顯降低，但同時也降低了透光效果，導致太陽能板的發電功率下降**11.59 %**。

測得太陽能板的電壓電流皆有增加，且發電功率提升了**21.32 %**，計算其廢熱利用再發電，又可增加**13.48 mW**。

## 【實驗4-4】正面背面都降溫，對整體發電功率的影響

表5 正面與背面同時降溫對太陽能板發電功率的結果

太陽能板 正面降溫：上方加雙層壓克力板 背面降溫：下方加裝致冷晶片發電模組	電流 (mA)	電壓 (V)	電功率 (mW)
太陽能板-光轉電	79.4	6.24	495.46
底層致冷晶片-熱轉電	41.7	0.175	7.30

太陽能板在正面背面同時降溫後，太陽能板的發電功率較原先提升了**7.88 %**。



## 五、複合式發電裝置的實作

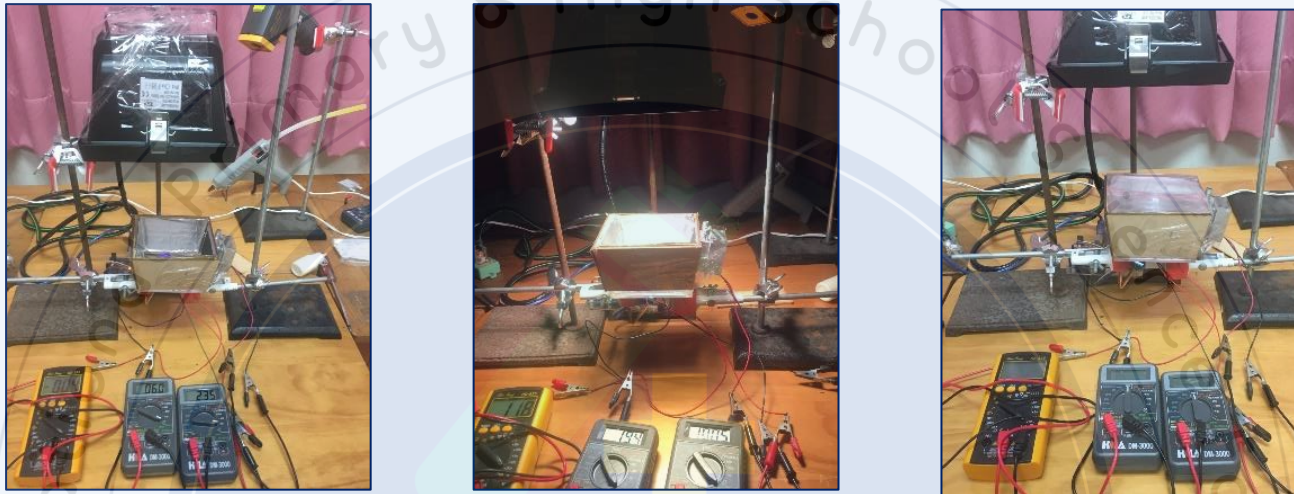


圖9 左為實驗裝置圖，中為照射鹵素燈時，右為加上菲涅爾透鏡的複合式發電裝置

表6 複合式發電裝置的實驗結果

	太陽能板平均發電功率	底層致冷晶片發電模組發電功率	側邊致冷晶片發電模組發電功率
電功率 (mW)	949.76	24.28	12.06
電功率提升百分比	106.80%	232.60%	-18.84%

表7 加上菲涅爾透鏡對複合式發電裝置的實驗結果

菲涅爾透鏡	太陽能板平均發電功率 (mW)	底層致冷晶片發電模組發電功率 (mW)	側邊致冷晶片發電模組發電功率 (mW)
未加	949.76	24.28	12.06
有加	997.67	33.08	29.51

太陽能板發電功率明顯增加；底層廢熱轉電的功率也提升很多；惟側邊的致冷晶片發電模組發電功率不升反降，但在上方加了菲涅爾透鏡的蓋子後，發電功率也提升了。

## 六、裝置再改良-提升總發電功率

改良裝置	太陽能板背面致冷晶片串接方式	太陽能板表面溫度變化(°C)	太陽能板平均發電功率(mW)	太陽能板背面致冷晶片平均發電總功率(mW)	光熱分離蓄熱器之側面致冷晶片平均發電功率(mW)	總平均發電功率(mW)	冷卻水上升溫度(°C)
散熱鰭片放置空氣中	四個並聯	+18.5	572.79	7.76	-	580.55	-
散熱鰭片浸泡在水中	四個並聯	+16.5	587.94	10.33	-	598.27	2.5
散熱鰭片浸泡在水中	二串二並	+16.0	580.30	19.72	-	600.02	4.5
散熱鰭片浸泡在水中	四個串聯	+17.0	576.87	25.79	-	602.66	6.5
散熱鰭片浸泡在水中並加裝光熱分離蓄熱器(無菲涅爾)	四個串聯	+7.5	721.11	15.38	1.56	738.05	4.0
散熱鰭片浸泡在水中並加裝光熱分離蓄熱器(有菲涅爾)	四個串聯	+9.5	918.55	22.50	0.75	<b>941.80</b>	5.5

背面貼上四個串聯的致冷晶片，並使散熱鰭片浸在水中，可得較大的總電功率；加上有菲涅爾透鏡的光熱分離蓄熱器後，總發電功率可達 **941.80 mW**，提升了**105.10%**，是原先太陽能板發電功率的 **2.05倍**。



## 七、漂浮發電裝置的實作

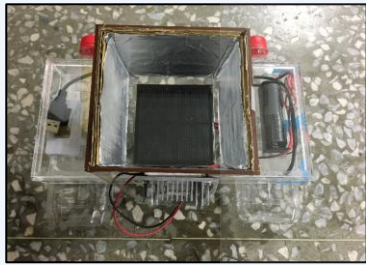


圖10  
漂浮發電裝置

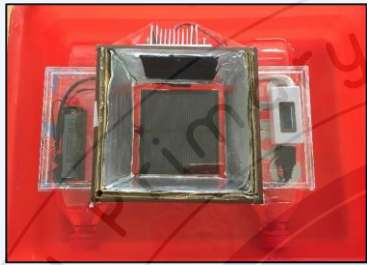


圖11 漂浮發電裝置在  
水中漂浮狀況測試



圖12 在鹵素燈的照射下，  
成功充電於電池上 (亮紅燈)



圖13 在學校池塘中漂浮的發電裝置，  
在太陽的照射下成功充電於電池上

### 討 論

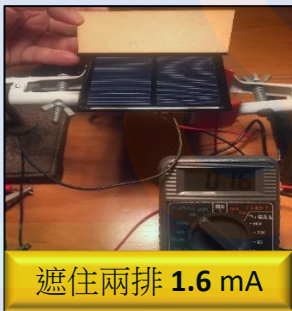
- 一、剛開始使用的太陽能板是 $9 \times 11 \text{ cm}^2$ ，而透明壓克力板是 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ，實驗時發現太陽能板只要一陣列的電極被擋住，如圖14，電流瞬間僅剩下原來的 $1/20$ ，於是改用 $8 \times 9 \text{ cm}^2$ 的太陽能板，這樣在進行實驗時，雙層壓克力邊框就不會擋住太陽能板。



未遮住 76.8 mA



遮住一排 3.6 mA



遮住兩排 1.6 mA

圖14 太陽能板被遮住，電流下降許多



圖15 蓄熱器側面太高會遮住太陽光，  
因此選用較低的側板(箭頭所指)



- 二、剛開始的蓄熱器每一側面採用上底12 cm、下底16 cm、高10 cm的梯形，鹵素燈照射下有較好的聚光效果，但實作後發現側面木板較易遮住陽光，最後採用上底10 cm、下底12 cm、高6 cm的梯形(如圖15)。

### 三、第二代的漂浮複合式發電裝置

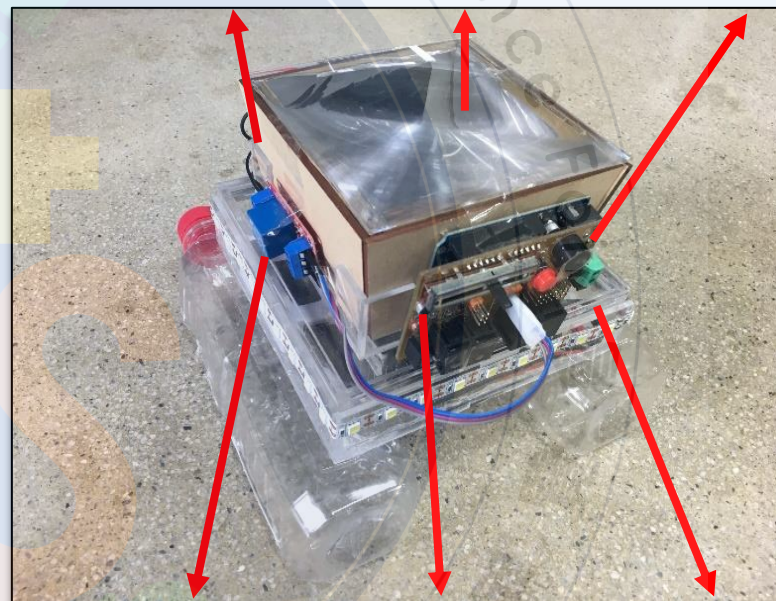
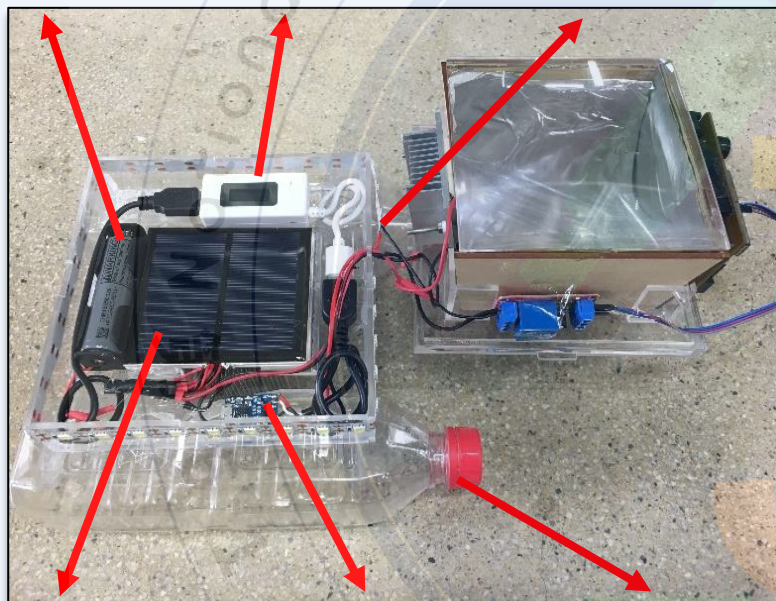


圖16 第二代漂浮複合式發電裝置圖(左圖為分解圖，右圖為組合圖)



# 結 論

## 一、研究特點：

- 利用廢棄寶特瓶、厚紙板、電腦CPU散熱鰭片，讓廢棄物有效再利用，達到經濟循環的環保理念。
- 照光10分鐘後，整體複合式發電裝置的電功率共提升了105.10%，是原先太陽能板發電功率的2.05倍。
- 此裝置漂浮在池塘或水庫後，特色包括
  - (1)有效散熱，讓太陽能板發電功率提升；
  - (2)節省原本冷卻水(馬達循環)額外的耗電；
  - (3)降低水庫水的蒸發速率；
  - (4)減少太陽能板在陸地上使用過多的佔地面積。
- 以光敏電阻結合Arduino等自動控制設備，用於輔助照明設備，可將白天所存之電力於夜間使用。

## 二、未來展望：

- 製作此裝置的成本稍高，期待未來量產後可分散成本。
- 此裝置尋找筏式連結來增加穩定度，可當成燈塔為船隻照明指引，亦可做為未來電動船的海上充電站。



圖17 白天光線充足時，複合式發電裝置將電能儲存於電池中



圖18 夜間光線不足時，利用白天儲存在電池中的電能輔助照明

### 三、與歷屆科展作品的比較

	神奇的太陽光熱分離之旅	本研究 漂浮發電裝置		「增」光「擠」熱拚綠能—探討太陽能板發電效能提升及應用	本研究 漂浮發電裝置
聚光材料	一般的凸透鏡	輕巧的菲涅爾透鏡 <b>勝</b>	聚光材料	無	輕巧的菲涅爾透鏡 <b>勝</b>
上蓋材料	使用玻璃片	直接使用菲涅爾透鏡 <b>勝</b>	太陽能板正面降溫方式	需額外耗能冷卻水，但可回收	光熱分離蓄熱器阻隔部分太陽的熱能將其集中再用來發電 <b>勝</b>
透光隔熱材質	隔熱好透光差的輕薄空氣膠	透光好隔熱佳雙層壓克力但較厚重	太陽能板背面降溫方式	散熱鰭片讓水溫上升熱水回收利用	將廢熱轉成電能 <b>勝</b>
側邊隔熱材質	空氣膠	厚紙板(環保廢材)加鋁箔紙 <b>勝</b>	放置地點	屋頂熱水器旁	水庫、魚塢、池塘皆可 <b>勝</b>
側邊致冷晶片	熱端用石墨片須加裝遮陽板	熱端使用成本較低的塗黑鋁箔紙 <b>勝</b>	太陽能板本身發電功率提升百分比	12 %	100 % <b>勝</b>
側邊致冷晶片	須加裝遮陽板	直接與蓄熱器內部接觸更能吸收盒內熱能 <b>勝</b>	複合式發電總功率提升百分比	作品未提及	105.1 %
底層太陽能板	發電廢熱未利用	利用串聯的致冷晶片將發電廢熱轉成電能 <b>勝</b>			
複合式發電總功率	174.5 mW	941.80 mW <b>勝</b>			

### 參考資料

- 一、李建翔等(2010)·以菲涅爾透鏡改善太陽能板發電功率之探討《中華民國第 50 屆中小學科展作品》。
- 二、王育涵等(2015)·神奇的太陽光熱分離之旅《中華民國第 55 屆中小學科展作品》。
- 三、陳柏驊等(2015)·「增」光「擠」熱拚綠熱—探討太陽能板發電效能提升及應用《中華民國第 55 屆中小學科展作品》 12