

中華民國第 54 屆中小學科學展覽會

作品說明書

高職組 電子、電機及資訊科

佳作

091001

日夜熱電共舞

學校名稱：新竹縣私立內思高級工業職業學校

作者： 高二 莊宇航 高二 彭義皓 高二 廖建明	指導老師： 黃培聲 嚴大福
---	-----------------------------

關鍵詞：致冷晶片、LED、發電

摘要

「致冷晶片」是種將電能轉換成（高溫與低溫）的設備，如果反向操作，致冷晶片內半導體材料會拉大其電位差，變成具有提供電動勢的發電設備，進一步研究自製一台靠太陽熱能發電的系統。

研究內涵：

- （一）瞭解致冷晶片其結構與功能。
- （二）「溫差→發電」實驗，進行發電量之研究。
- （三）進行白天與夜間溫差實驗，溫差時間加長讓發電量增加。
- （四）設計出構造簡單、體積小、又能長時間維持發電的機構。

我們的研究重點是將太陽能蓄熱之熱水加至於致冷晶片的受熱面，在背面進行散熱，形成穩定的溫差進行發電。白天使用致冷晶片系統供電，晚上仍應用熱水槽內剩餘的熱水繼續發電，同時也達到 24 小時的供電系統。

壹、研究動機

在一次偶然的機會下參加了學校的社團活動，接觸了科展這項活動；課題內容提到了現在工業社會所運用的致冷晶片，是一種運用低電流製造低溫度的方式，造成極大的溫度差，產生低溫之功效。於是我們逆向思考，給予致冷晶片溫度差，是否能造成發電之功效；單憑理論是無法證實這種思考方向是否正確的，所以我們決定實驗來證實我們的理論，經過簡單的實驗，完全印證推測之理論，實驗的成功，使我們認為其意義重大，必須經過不斷的實驗，才能發展出實用的技術，本組便開始致力於晶片溫差的各種實驗。

由於科技的快速發展，人們大量使用無法再生的能源，如石油、煤、核能等，不僅造成溫室效應、氣候異常，對環境產生極大的破壞，並且能源消耗殆盡，使得國際油價飆漲、影響經濟發展；為尋求適當的替代能源，是目前急為迫切的研究課題。太陽能、風力能、水力能及潮汐能等可再生能源，具有取之不盡、用之不竭、低污染等特性，適合做為替代能源，所以我們想到是否可以運用人們生活中的各種資源，轉換或製造成人們所需之能源。

貳、研究目的

- 一、 太陽能有效的運用。
- 二、 致冷晶片及太陽能組合及運用。
- 三、 自然能源：光、熱之有效利用。
- 四、 建構一套能源再生的簡易供電系統，以降低大自然的污染。
- 五、 找出適用一般家庭小型用電之發電系統，進而擴展至社區規模，連結成普及性的用電系統。〔符合省電、省錢、省能〕
- 六、 可以省下不少的電費及電能，如果取之於大自然，增加其利用率，擴張其發電規模，試想，若電能夠供應全台灣綽綽有餘，又使其不耗任何成本，電價將大大的降低，並且可以代替許多能源。

參、文獻探討

致冷器 (Cooler) 是由半導體所組成的一種冷卻裝置，於1960 年代左右才出現，然而其理論基礎Peltier effect 卻可追溯到19世紀。依據冷卻機制的不同，一般可分為熱電冷卻 (Thermoelectric, TE) 以及熱激發 (Thermionic, TI) 兩種。依據量子物理中的transport equations，以一維空間為例，對於熱電材料而言，除了電場會造成電流及熱流的變化之外，材料兩端的溫度差也會對電流及熱流產生貢獻。

- 一、席貝克效應 (Seebeck effect)：將兩條材料不同金屬線的兩端互相連接起來而形成一個封閉的迴路，且維持兩端點的溫度 T_1 、 T_2 的值保持固定 ($T_1 \neq T_2$)，則整個迴路會誘發出電流流動及發生熱流分佈不均的情況，此種現象稱為熱電效應 (thermoelectric effect) 或席貝克效應 (Seebeck Effect)。
- 二、皮爾特效應 (Peltier effect)：兩條材質不同的金屬線端點相連接，若在此迴路中通入電流，則會產生能量吸收或釋放的變化，因而造成溫度的差異，這種現象稱為皮爾特效應。皮爾特效應最早是在1821 年，由一位德國科學ThomasSeebeck 首先發現，不過他當時做了錯誤的推論，並沒有領悟到背後真正的科學原理。到了1834 年，才由一位法國錶匠，同時也是兼職研究這現象的物理學JeanPeltier 發現背後真正的原因，這個現象直到近代隨著半導體的發展才有了實際的應用，也就是「致冷器」的發明。P7之圖2、圖3是一個熱電致冷器之典型結構，由許多n 型和p 型半極體之顆粒互相排列而成，目前致冷器所採用的半導體材料最主要為碲化鉍 (BismuthTelluride)，加入不純物經過處理後，便形成n 型或 p 型半導體相互交錯的半導體界面。至於n 極與p 極之間以一般的導體相連接而成一完整線路，通常是銅、鋁或其他金屬導體，最後由兩片陶瓷片像夾心餅乾一樣夾起來，陶瓷片必須絕緣且導熱良好，這種致冷晶片目前已廣泛地被應用在日常生活的各項用途。

肆、研究器材

一、器材

瞭解致冷晶片的特性卻不能善用是不足的，我們還需要能做成能循環的發電系統之器具，例如致冷晶片的組合、相關零件與器具……。

材料	數量	規格
鱷魚夾線	20 條	紅.黑.黃.綠
麵包板	2 組	
銅片	6 片	中
散熱片	6 片	新式 CPU 專用型
散熱鋁片	6 片	一般
散熱膏	1 條	
水箱	3 個	
電子材料	數量	規格
LED	1 批	
致冷晶片	6 片	
電子溫度計	2 支	上限 275 度
三用電表	2 台	類比
行動電源	1 組	
小型電扇	2 個	
器具	數量	規格
水管	數根	
水閥控制器	2 組	
電磁爐	1 台	加熱與保溫用

二、系統控制及研究進行

(一) 致冷晶片透過正反兩面的溫差，產生發電作用。

利用致冷晶片的兩面，正面受熱使其溫度大大的提升，正面的高溫會經由致冷晶片內 N 型和 P 型半導體傳導致晶片反面(較低溫)，使其造成大的溫差，產生溫差發電。此為本項實驗設計的主軸「溫差發電」

(二) 我們期望將熱水引至致冷晶片上，致冷晶片的另一面用散熱的方式(水冷+散熱片)，讓致冷晶片的兩面拉大溫差，也是我們逆向操作的實驗進行發電。

(三) 散熱器有效的幫助散熱。

致冷晶片所吸收的熱能直接提供在晶片正面上，反面則是接上銅板散熱器，將正面傳導過來的高溫移除，造成有效的溫差，增加其總發電量、功率、效率、及穩定維持兩端之溫差，有助於提升發電之效率。因此我們研究出，將銅板散熱器鑽孔(如照

片 1 所示)，引入冷水增加散熱能力，配合高科技現成的新式 CPU 專用型散熱器，組合成高效能的散熱裝置，此項組合是我們於獲得科展分區特優後新的研究發現。



圖 1-1. 銅板散熱器鑽孔

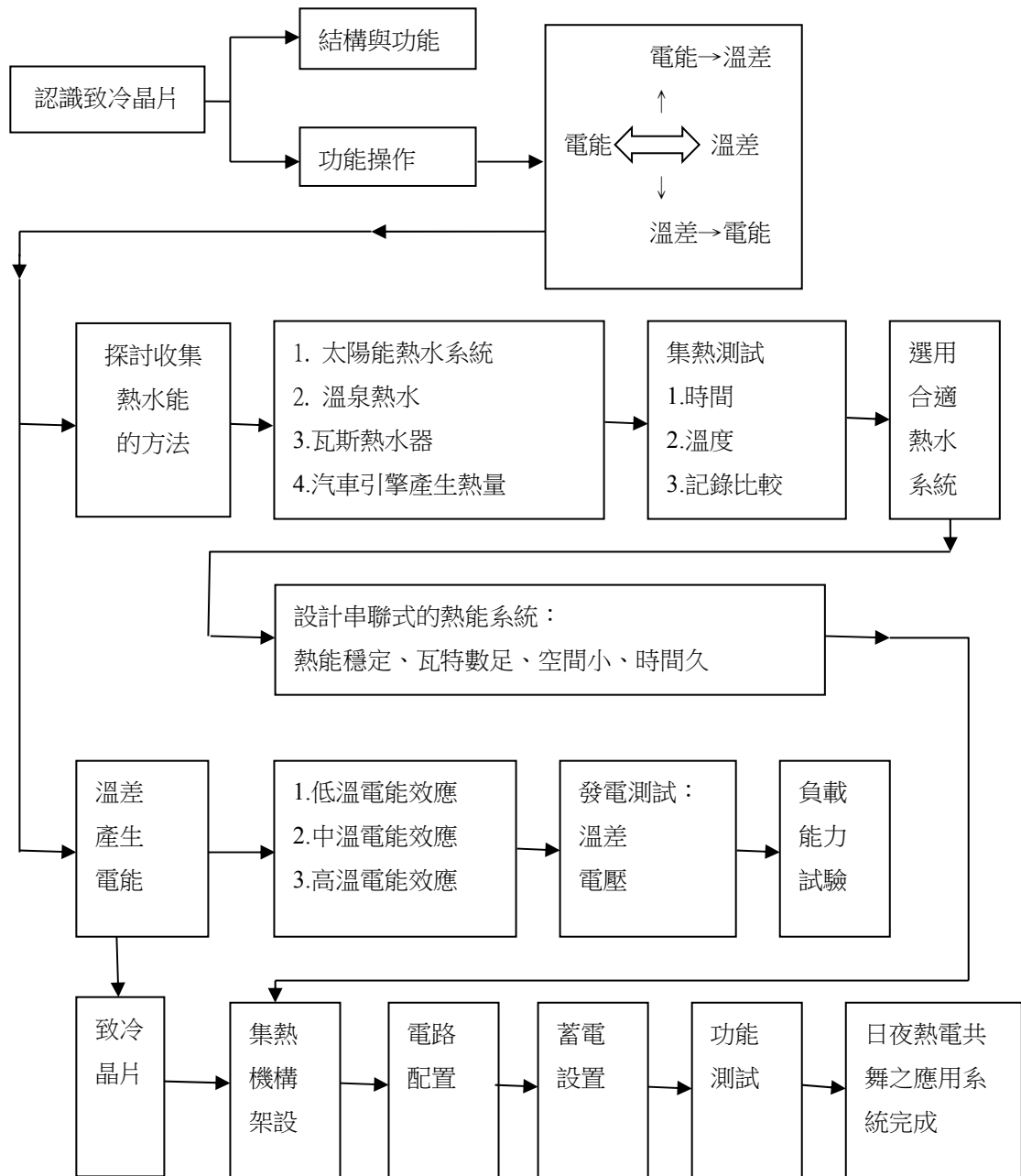


圖 1-2. 新式 CPU 專用型散熱器

- (四) 白天所進行的供電以蓄電池儲存，待需要時再取出使用，因此需要一個蓄電控制電路。我們於獲得科展分區特優後，更新蓄電控制電路採用新科技的「行動電源」裝置，本實驗更臻致實用性與用電的穩定性。
- (五) 讓熱水的來源，經過同學與指導老師共同討論，本實驗聚焦於讓致冷晶片的兩面拉大溫差的效應上，營造有效的溫差，增加其發電量、功率、效率、並能穩定維持兩端溫差等進行實驗與探究。致於熱水的來源我們可用現成的「溫泉水」、太陽能熱水器產生的熱水，因此「白天」有熱水----可發電；「晚上」也有熱水----同樣也可發電，同時我們也發現晚上的溫差更顯著，發電的效果更好，因此也印證「日夜」發電的可能性，日夜熱電共舞是可行的。

伍、研究設計

一、研究架構

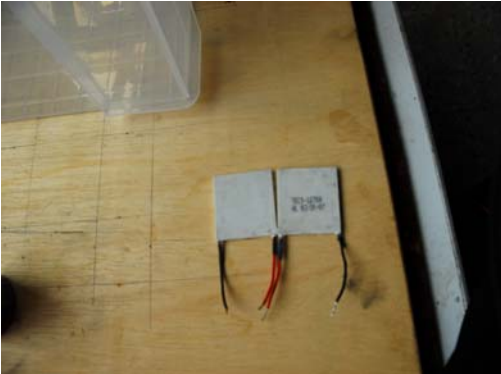


〈圖 1-3〉研究架構

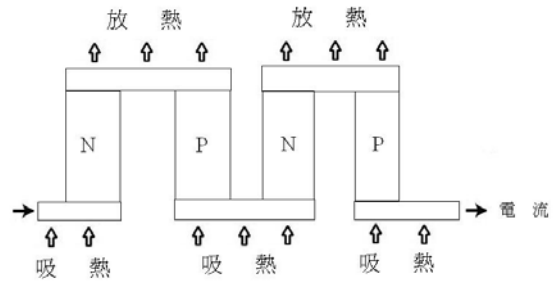
陸、研究過程、結果與討論

一、研究過程

研究一：認識致冷晶片



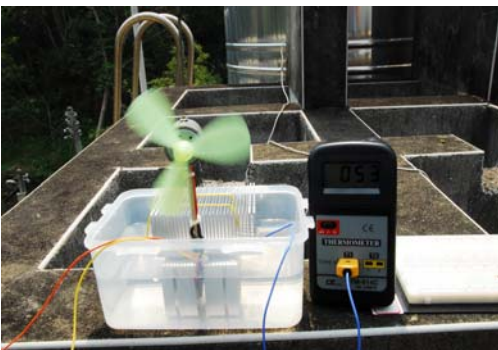
〈圖 2〉致冷晶片



〈圖 3〉內部構造

研究二：比較散熱器材

實驗目的：能夠達到工作溫差 30°C 以上之聚熱器，只需溫差 30°C 便能使風扇轉動。



〈圖 4〉 30°C 便能使風扇轉動



〈圖 5〉溫度計測出水溫 54°C 就能夠高速運轉的風扇



〈圖 6〉改良型散熱系統

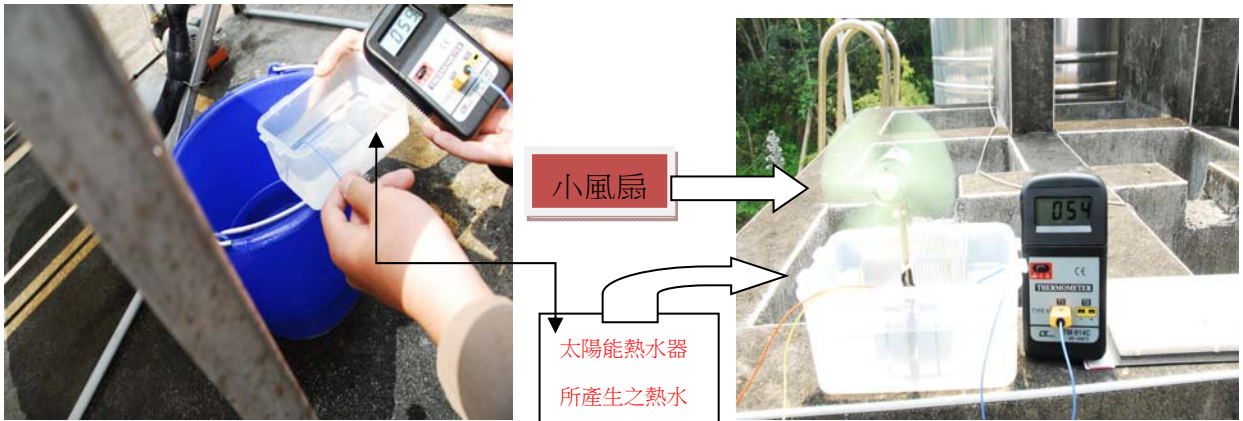


〈圖 6-1〉改良型散熱系統

研究三：熱水導引

引用太陽能熱水器所產生之熱水〈圖 12、13〉，量測保溫桶蓄水的溫度約為 59°C ，將致冷晶

片放置於溫水中如圖 13 實驗 54°C 就能產生電力讓小風扇旋轉。



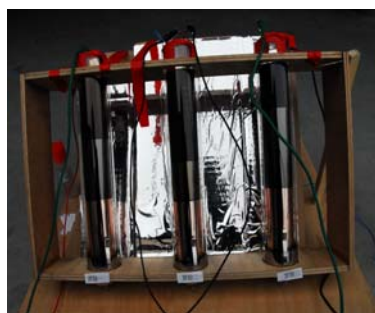
〈圖 12〉引用太陽能熱水器之熱水

〈圖 13〉引用太陽能熱水器之熱水讓致冷晶片發電

1.比較碟式太陽光線反射集熱器、太陽能三色真空管集熱器、太陽能熱水器



〈圖 14〉碟式反射讓紙張加熱燒



〈圖 15〉太陽能三色真空管



〈圖 16〉太陽能熱水器管溫度測試

比較分析:

比較分析	碟式太陽光線反射集熱器 實驗〈圖 14〉	太陽能三色真空管集熱器 (圖 15)	太陽能熱水器 〈圖 16〉
優點	1. 聚焦面的溫度有效提升 可達 195°C 2. 溫度提升速度快	1. 在真空狀態下，可以防止熱能散失 2. 無聚焦面	1. 保溫桶內上層熱水之溫度可達 70°C~80°C 2. 現成的設施 3. 保溫時間長
缺點	1. 體積龐大 2. 焦點需隨太陽角度調整，且聚焦面小。 3. 需另加保溫設備	1. 需長時間 2. 仍需另加保溫設備	
實用性			1. 只需串加在熱水管路間 2. 熱源取得簡便 3. 簡易方便經際
結論	太陽能熱水器其熱水量足可達 1 公噸以上的熱水，因此我們決定將太陽能熱水器之熱水成為致冷晶片的熱源		

結論:

太陽能熱水導管之外圍溫度約為 50°C~65°C，在保溫桶內上層熱水之溫度可達 70°C~80°C 左右，如此可使致冷晶片的發電運行維持穩定的熱源，加上白天溫度循環熱源取之不竭，夜間溫差遽增促進發電效率，幾乎可達 24 小時持續不間斷的發電，太陽能熱水器溫差雖低但其熱水量足可達 1 公噸以上的熱水，因此我們決定將太陽能熱水器之熱水成為致冷晶片的熱源。

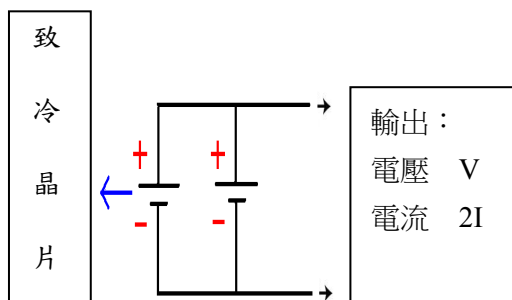
研究四：致冷晶片的控制電路

1.致冷晶片接線方式

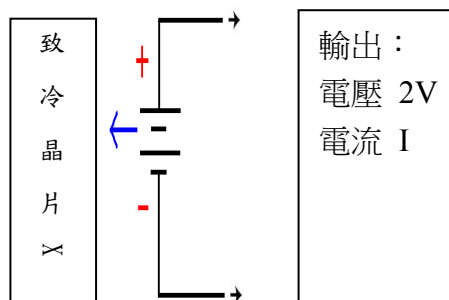
採用並聯的導線連接方式，則電流會增加一倍；採用串聯的導線連接方式，則電壓增加一倍，但電流在線路上的消耗損失大於電壓所消耗的損失，所以經過實驗及比較，我們決定採用導線串聯之形式，以提升電壓並增加其效率。

致冷晶片	2 個並聯	2 個串聯	4 個串聯	6 個串聯
電壓	V	2V	4V	5V
電流	2I	I	I	I
			參加分區科展採用的電路連接	參加全國科展採用的改良電路連接

〈一〉致冷晶片並聯



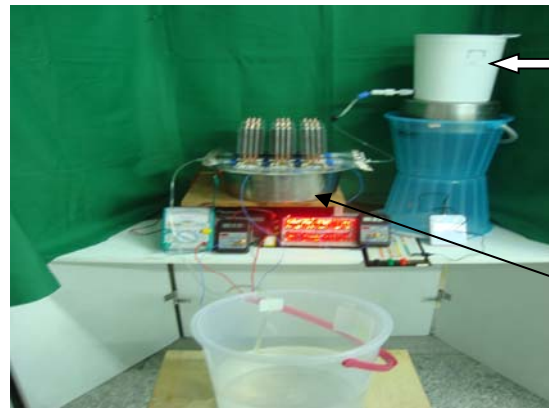
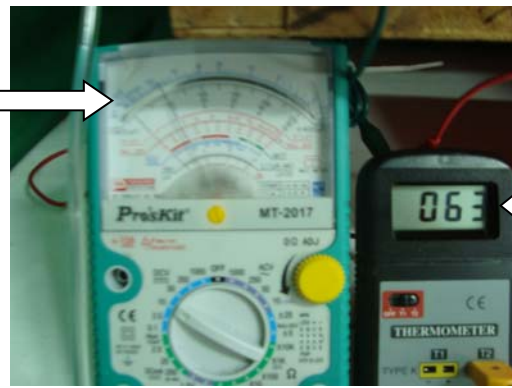
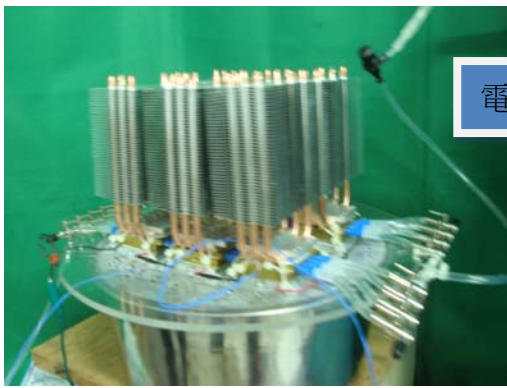
〈二〉致冷晶片串聯



〈圖 18〉致冷晶片並聯 電壓較低



〈圖 19〉致冷晶片串聯 電壓較高



〈圖 19-1〉致冷晶片 6 片並聯後發電情況

〈圖 19-2〉日夜熱電共舞的完整電路設備

研究五：太陽能熱水器實地水溫監測



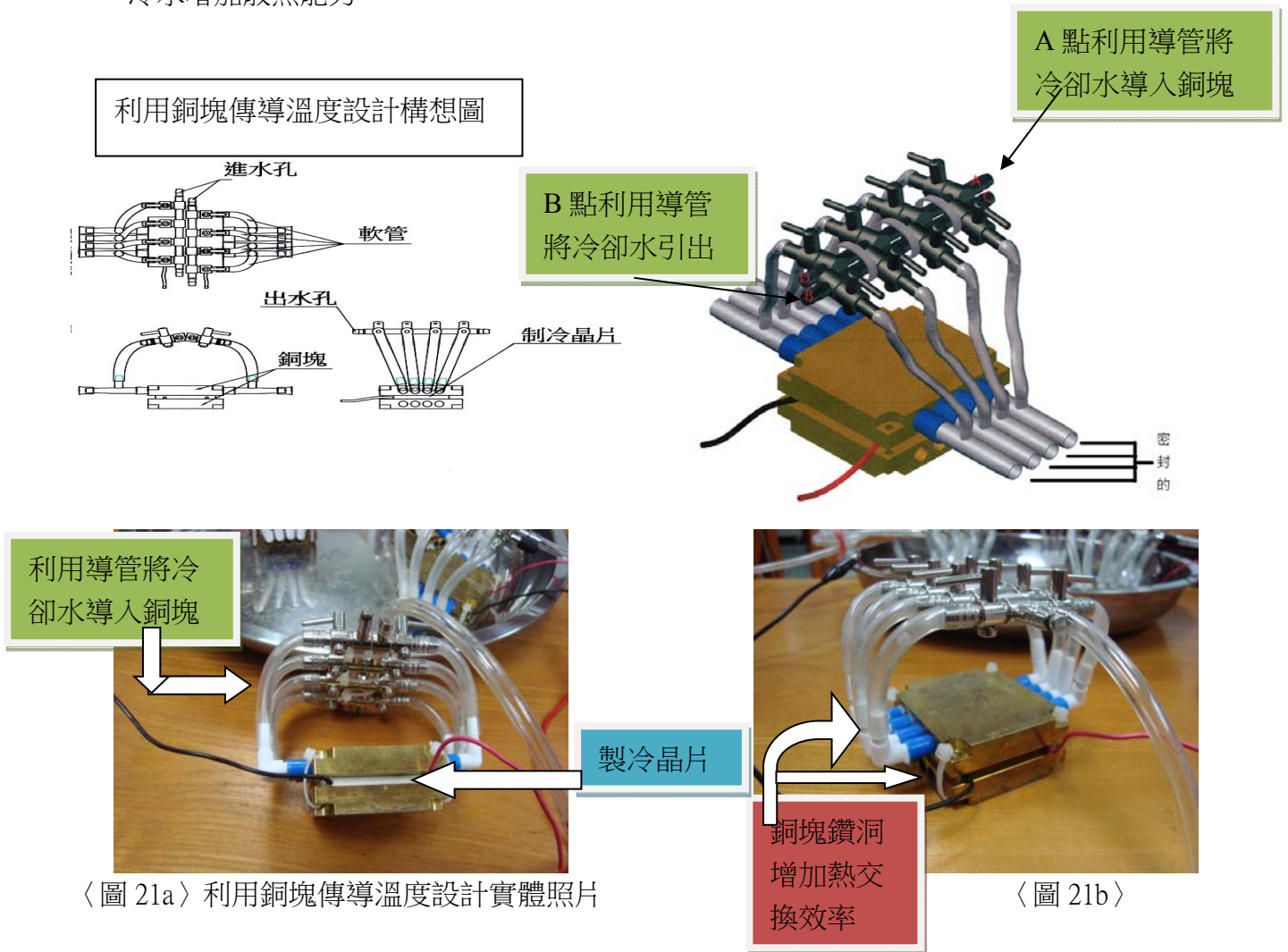
〈圖 20〉架設監測太陽能熱水器溫度測試

〈圖 21〉太陽能熱水器讓致冷晶片發電運轉

研究發現: 我們實際測量保溫桶最上層的水溫大約 60~80°C，中層的水溫大約 40~60°C，底層的水溫大約 20~40°C，整個保溫統內在白天隨

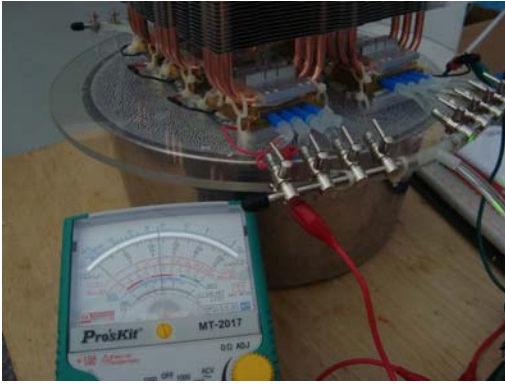
研究六：研究熱交換結構

(一)參加分區科展所用的散熱系統：我們研究出，將銅板散熱器鑽孔(如照片 21a 所示)，引入冷水增加散熱能力

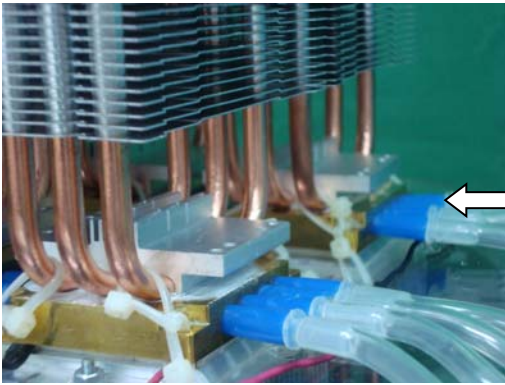
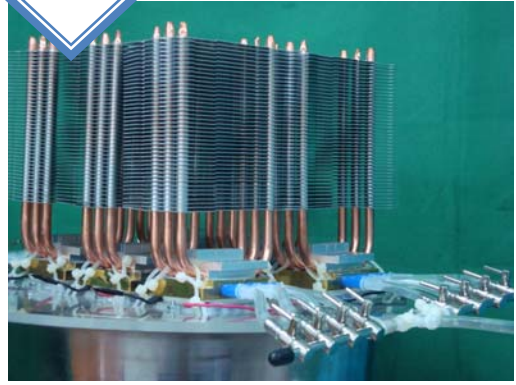


設計構想:在製冷晶片上下通過 冷水----熱水，拉大兩側溫差， 下方的銅塊在熱水的上方持續吸收熱量，冷水則從 A 處開始導入經過致冷晶片上方的銅塊從 B 處流出，C 與D 兩點都是密閉的水不會從這兩處流失，我們用這種方式已達到讓製冷晶片散熱的作用，一熱一冷便產生了很大的溫差。

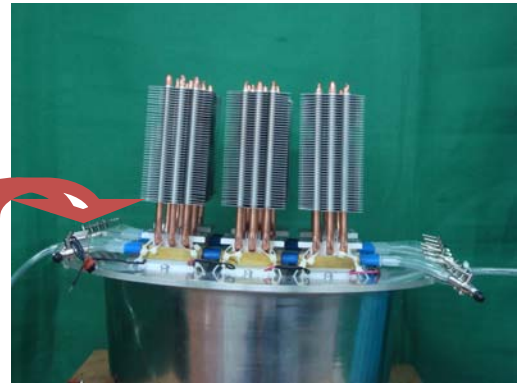
(二)水冷+散熱片：經過分區科展競賽之後，我們更深入研究如何讓致冷晶片的兩面拉大溫差；引入冷水增加散熱能力，配合高科技現成的新式 CPU 專用型散熱器，組合成高效能的散熱裝置，此項組合是我們於獲得科展分區特優後新的研究發現。也是我們逆向操作實驗的最佳組合，進行發電。



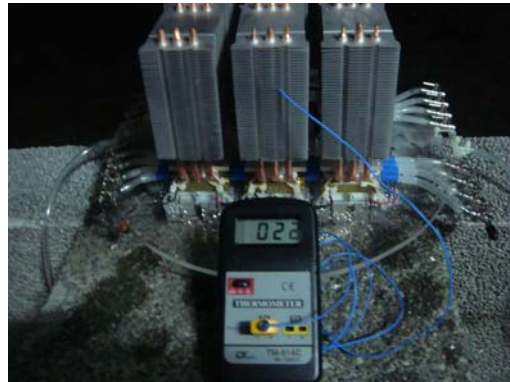
新式 CPU
專用型散
熱器



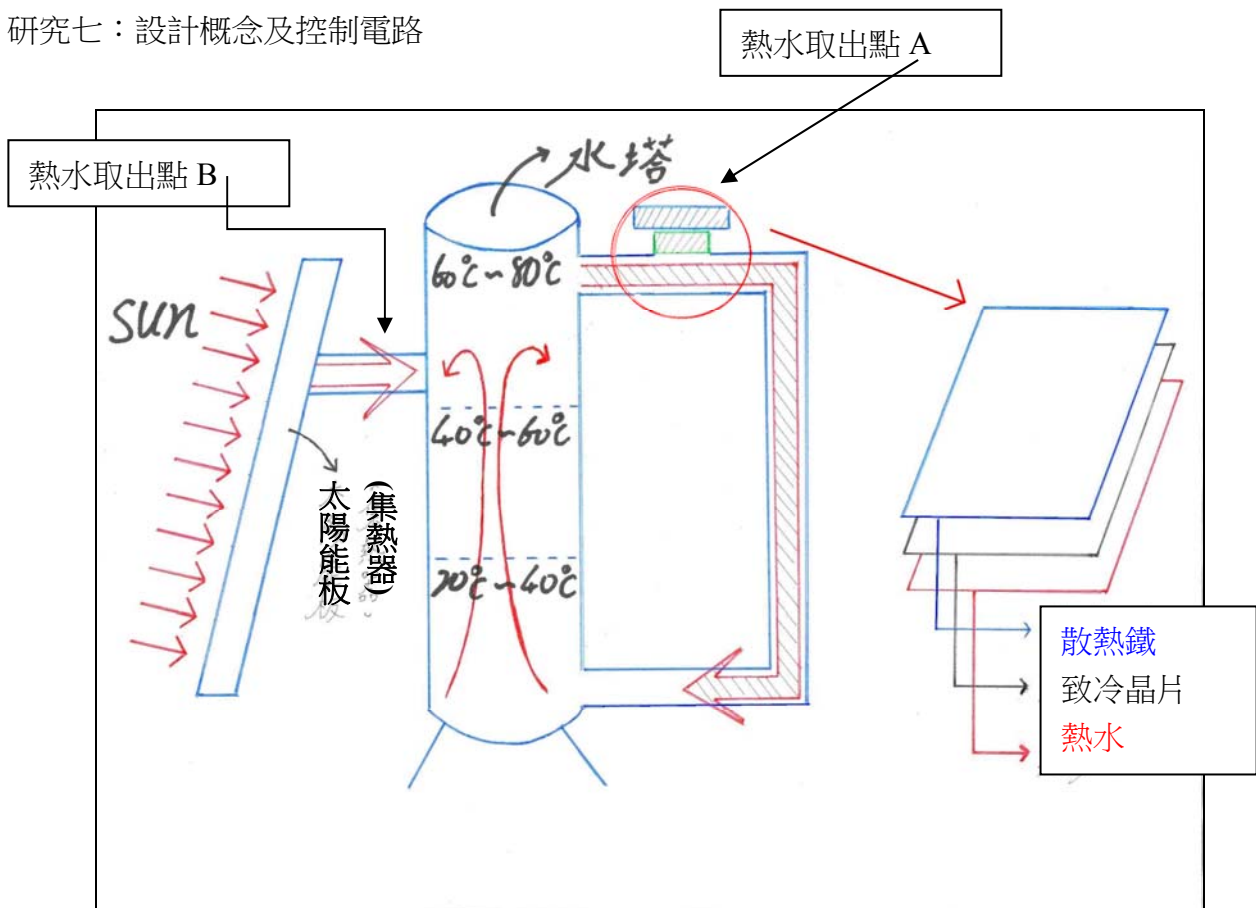
冷水經過
銅片提升
散熱效果



〈圖 21b〉利用銅塊加散熱片實體照片



〈圖 21c〉夜間時散熱片的溫度為 23 度實際量測照片



〈圖 22〉太陽能熱水器之熱水循環圖示及致冷晶片熱源運用概念圖

說明：太陽光曝曬集熱器→產生熱水→進儲水保溫槽〈B 點管路〉→最上層的水溫大約 60~80°C，中層的水溫大約 40~60°C，底層的水溫大約 20~40°C（利用冷熱水密度差形成熱水對流）→致冷晶片置於最上層之水面（A 點管路，如此可以取得最高的溫度）→再用水管接回下層水→形成一個上下對流的循環系統。

（一）白天：太陽集熱→熱水循環→致冷晶片→發電。

（二）晚上：家庭使用熱水→同時經過致冷晶片→發電。

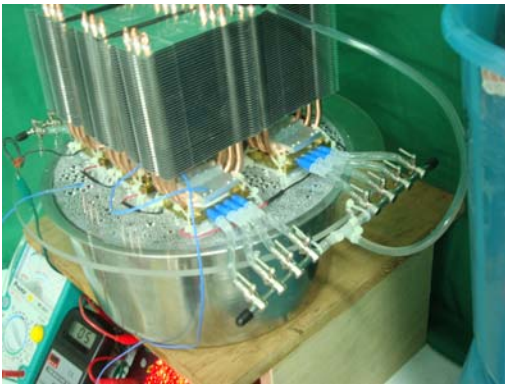
（三）夜晚：剩餘之熱水→（夜間溫度下降和熱水形成很大的溫差）→致冷晶片→發電。

（四）白天→夜晚→清晨→0→24 小時→持續發電。

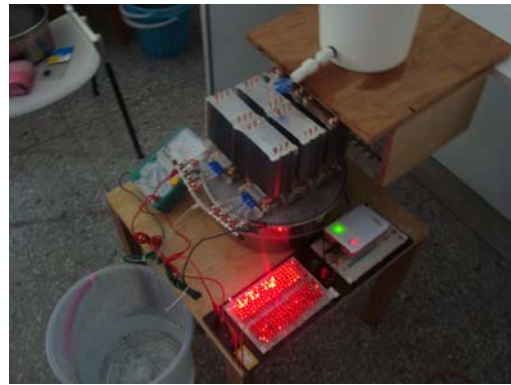
（五）第二天：（一）→（二）→（三）循環生生不息。

（六）本實驗特點：日、夜 24 小時太陽能發電。

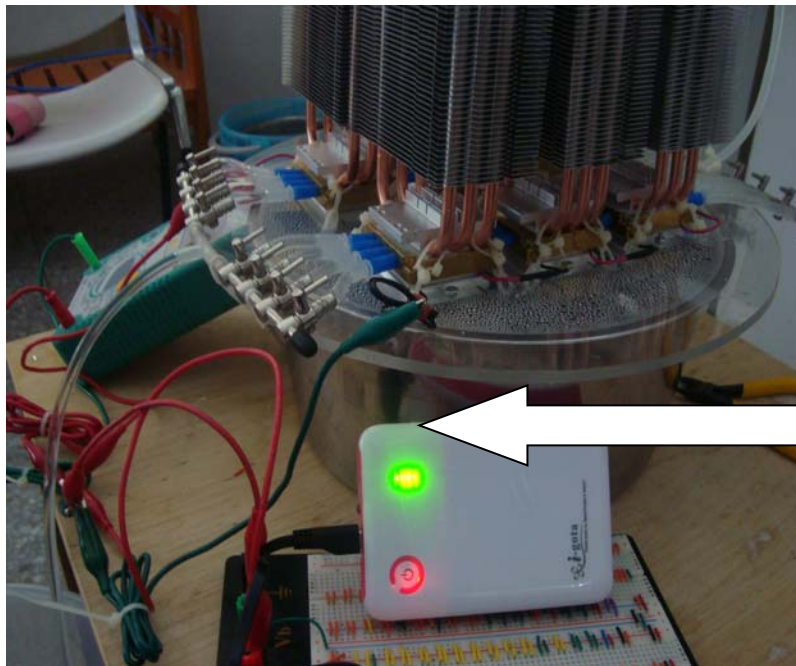
研究八：模擬熱交換循環實驗系統
1. 電路控制 〈發電、驅動、蓄電〉



〈圖 22-A 採用 6 只晶片串連〉



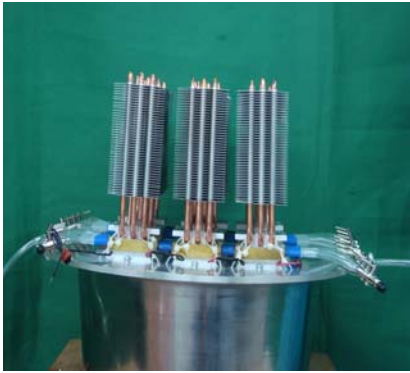
〈圖 22-B 驅動 LED 電路〉



行動電源啟動
綠燈表示充電
中
紅燈為電源指
示

〈圖 22-C 蓄電池控制電路改用行動電源取代〉

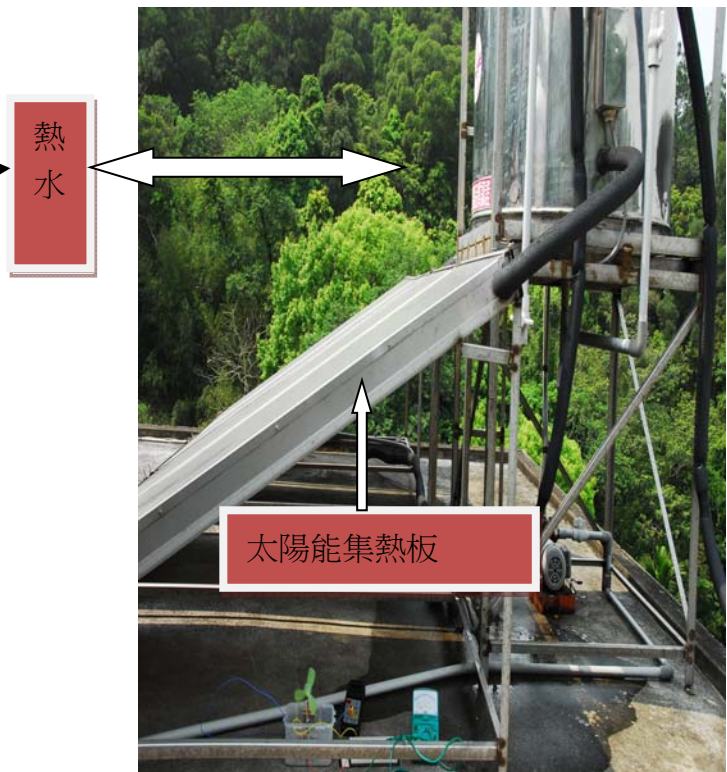
2. 模擬熱交換循環系統



循環結構模擬系統



〈圖 24 實驗系統實體照片〉



〈圖 25〉太陽能熱水器的實體照片

二、研究結果

結果一：反式「溫差→發電」

我們使用的致冷晶片原本是以電力運行，產出熱能與冷能提供不同場合應用；現在我們實驗的方式是採用逆向操作的方式，溫差的效應讓致冷晶片變成了發電設備，因此我們尋找各種加熱的方式或熱源，在致冷晶片的正面增加熱能已激發發電的能量、反面加裝散熱的設備提高溫差，藉由溫差的增加增進致冷晶片的發電效率，我們發現以此種效能，只要水溫超過 53°C 以上便可產生電力，而 53°C 的溫度可輕易的環保取得，如此非常符合綠色能源環保發電系統，值得我們持續研究並開發出具體、經濟、方便且無污染的發電設備，以保護地球永續發展。

結果二：致冷晶片多寡的影響

根據實驗得知致冷晶片所產生的電壓電流，相同功率之下電流越低，電壓降便會越少，只需要多串連幾片致冷晶片，增加電壓，便能增加其工作效率。

結果三：致冷晶片的優點

- (1) 使用簡易：致冷晶片比一般發電機來得更容易，只需要在正面增溫、反面降溫便能產出電力。
- (2) 低污染：致冷晶片比一般傳統火力發電更乾淨，少了二氧化碳及氟氯碳化物等等的廢氣，更勝核能廢料的問題。
- (3) 用途多：小至手機充電，大至家庭發電，都是合適的。
- (4) 壽命長：200,000 小時。
- (5) 高效能：只需要溫度 53°C 以上便可產生電力，或溫差 30°C 以上便可產生電力，只要多增加數片晶片，便能大幅度提高電壓。

結果三：致冷晶片應用於太陽能熱水器的優點

- (1) 充份發揮熱能的利用率，24 小時日夜發電。

目前一般太陽能集熱熱水器的使用狀況，白天集熱，加熱之熱水可達 80°C，儲存於保溫桶內保溫，一般家庭在晚上才會用來洗澡，往往每天的熱能並沒有充分使用，經由我們的實驗，在白天時利用保溫筒內熱水的自然的對流效應，就可進行發電並將電能儲存在蓄電池中，當夜間系統中大量使用熱水便可大量發電。待到系統中熱水使用量減少時，其保溫筒內的溫度經觀察發現水溫的降低到 45°C 左右，然而我們也記錄到夜晚的保溫筒週邊的溫度來同時降到 15~16°C 間，甚至有更低的情況，由於溫差仍然保持相當高，所以致冷晶片的發電效率仍然很高。經由我們的實驗測試，致冷晶片白天、夜晚都可發電，因此證明了我們當初的構想，日夜 24 小時的太陽能發電是可行的。

優點：太陽光曝曬集熱器→產生熱水→進儲水保溫槽→最上層的水溫大約 60~80°C，中層的水溫大約 40~60°C，底層的水溫大約 20~40°C（利用冷熱水密度差形成熱水對流）→致冷晶片置於最上層之水面（如此可以取得最高的溫度）→再用水管接回下層水→形成一個上下對流的循環系統。

（一）白天：太陽集熱→熱水循環→致冷晶片→發電。

（二）晚上：家庭使用熱水→同時經過致冷晶片→發電。

(三) 夜晚：剩餘之熱水→(夜間溫度下降和熱水形成很大的溫差)→致冷晶片→發電。

(四) 白天→夜晚→清晨→0→24 小時→持續發電。

(五) 第二天：(一)→(二)→(三)循環生生不息。

(六) 本實驗特點：日、夜 24 小時太陽能發電。

(2) 資源再利用。

在太陽能熱水器保溫筒的熱能循環是，水溫經由集熱器不斷地加熱溫度升高，水的密度減小，熱水往上流動，而水溫較低其密度變大，因此溫水往下下降。

我們引出密度小的熱水，經過致冷晶片產生發電效用，水之溫度降低，其密度增大經過對流下降到熱水保溫筒的底部，如此冷熱對流中同時發電，水循環至保溫筒內讓太陽集熱持續將水溫加熱。

(3) 低污染。

傳統的火力發電、現代的核能發電，雖然能快速提供大量電能，其污染性相對的非常高；而致冷晶片發電是穩定、長久，並不會對地球造成負擔。

(4) 低廉的成本。

目前大部分家庭都已裝置太陽能熱水器，只要增加一些裝置就能取得源源不竭的熱能、電能，我們認為本項實驗具有實用性，使其研究價值大幅提升。

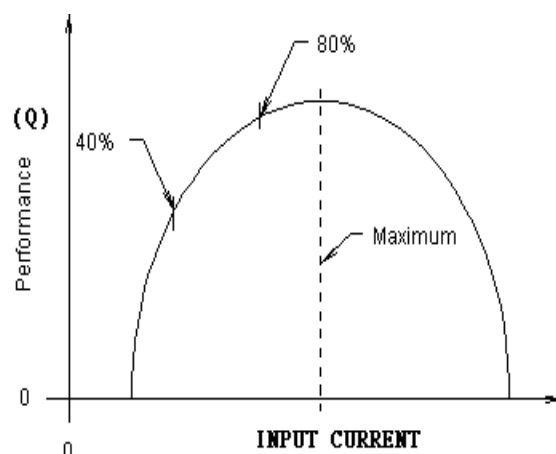
三、研究討論

討論一：致冷晶片探討

在研究的過程中，我們發現致冷晶片在工作時容易有過熱的現象，也就是溫差建立不足，因此我們試著用各種散熱器材，增加溫差，所以我們曾給在致冷晶片放置水，加以冷卻，但實際上會造成資源的浪費，需要供許應許多水去帶走熱量；後來我們發現電腦裡的 CPU 散熱器，並不需要水便可送走熱量，因此我們開始尋找散熱性佳的物質，以達到我們要的散熱效率，使晶片維持在恆定的發電反應。

討論二：致冷晶片的效率

致冷晶片的致冷力與電流成正比。但是電阻消耗而產生的熱量卻是與電流的平方成正比。可以想見，當電流大到某個程度，後者勢必超越前者。換句話說，當電流超過某個數值，致冷晶片的致冷力反而下降。致冷力"Q"與電流" I "的關係如下圖所示。



一般致冷晶片的工作電流約為最大電流值 $I(\max)$ 的 40% 至 80% 左右。

不能接近 100%。若太靠近 100%，除了需要較大的電源供應之外，也需要較大的散熱器。但是相對獲得的致冷力有限。建議設定工作電流為最大電流值 $I(\max)$ 的 70%。

討論三：致冷晶片發電的效能測試

熱水工作電量表

晶片數量：三片

晶片接法：串聯

工作溫度：50°C~60°C (晚上餘溫到白天加熱)

散熱介質：空氣(23°C)

時間	電壓	LED 亮
第 1 分鐘	0.9V	OK
第 2 分鐘	0.8V	OK
第 3 分鐘	0.9V	OK
第 4 分鐘	0.9V	OK
第 5 分鐘	0.8V	OK
第 6 分鐘	1V	OK
第 7 分鐘	1V	OK
第 8 分鐘	1.1V	OK
第 9 分鐘	1.1V	OK
第 10 分鐘	1.3V	OK

熱水工作電量表

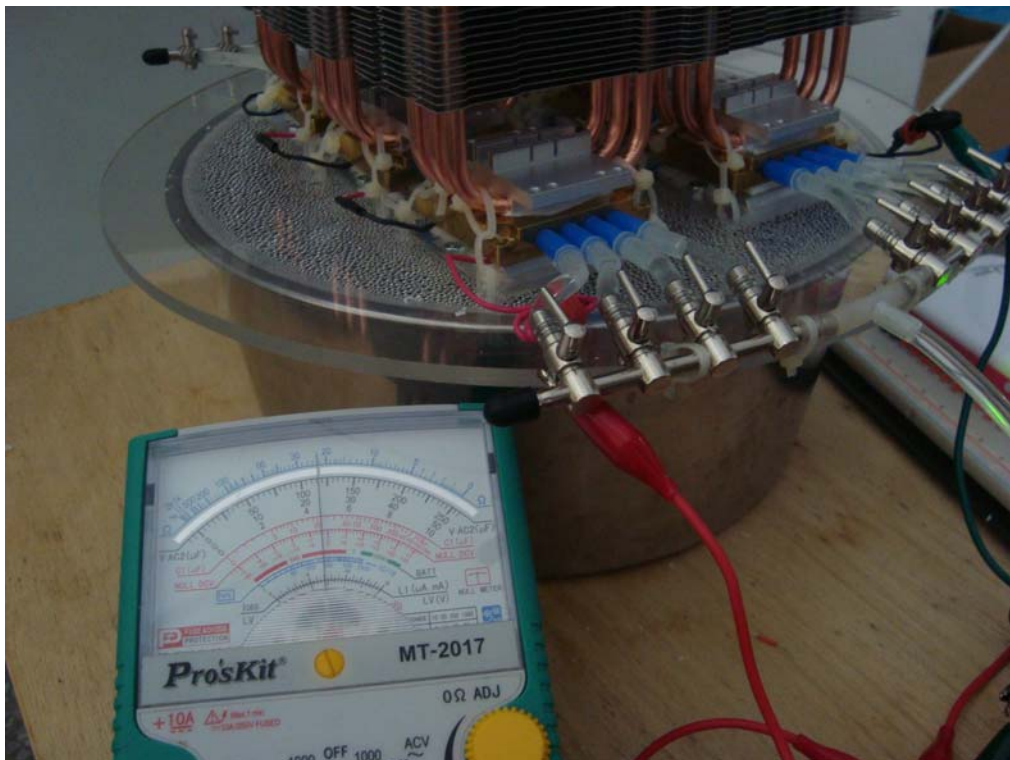
晶片數量：6片

晶片接法：串聯

工作溫度：60°C

散熱介質：散熱片，空氣(23°C)

時間	電壓	LED 亮
第 1 分鐘	4.5V	OK
第 2 分鐘	4.6 V	OK
第 3 分鐘	4.7 V	OK
第 4 分鐘	4.8V	OK
第 5 分鐘	4.9V	OK
第 6 分鐘	5V	OK
第 7 分鐘	5.1V	OK
第 8 分鐘	5.2V	OK
第 9 分鐘	5.3V	OK
第 10 分鐘	5.6V	OK

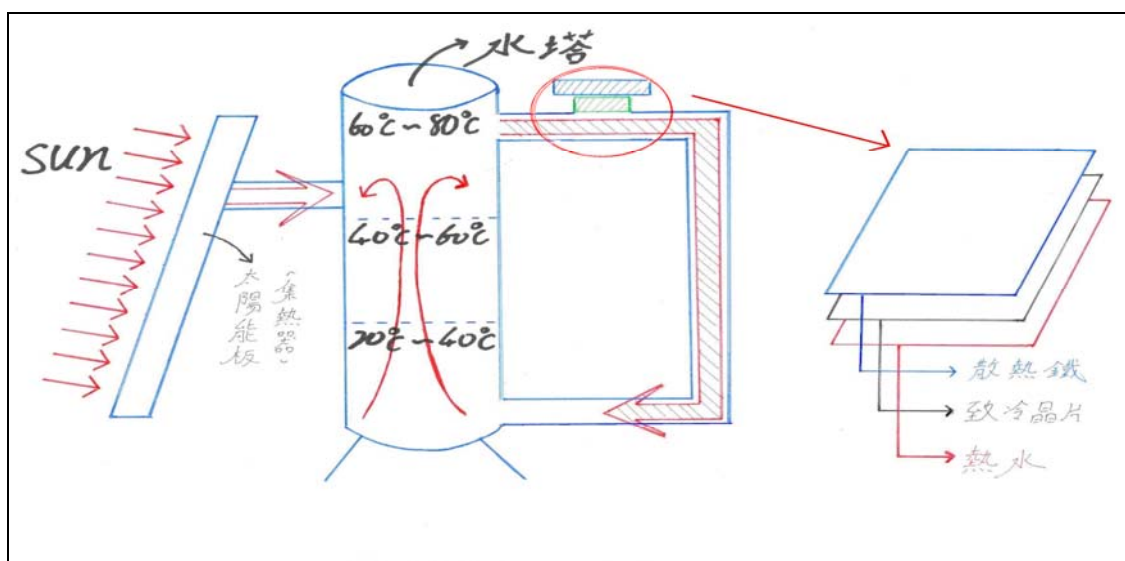


〈圖 26〉 6 片致冷晶片發電組，三用電表測量指示輸出 5.6V

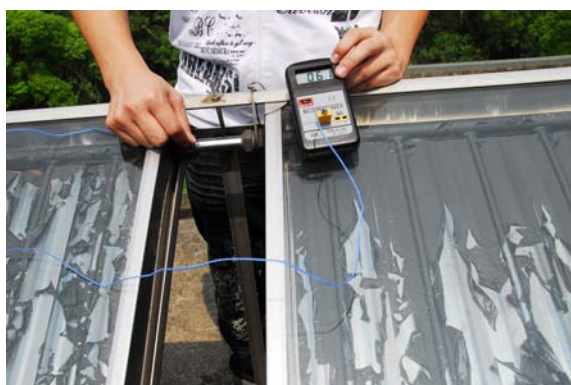
討論五：致冷晶片的操作及使用效能探討

1. 大多數製造商的詳細規範書都會標示。最常見的標示是200,000小時。當然，這樣的壽命標示是含有但書。也就是說，必須在良好的情況下運作，不可虐待它。隨著虐待的輕重，它的壽命隨著縮短。
2. 散熱不良，以致工作溫度太高造成發電效率不佳。
3. 急速昇溫或是急速降溫，會降低使用壽命。
4. 晶片內部結露時，會造成發電量減低。
5. 溫控方式，是決定發電效能的關鍵。

討論六：太陽能熱水塔之循環特性



〈圖27〉太陽能熱水塔冷熱循環之水溫測試
上層水溫67°C，下層水溫55°C



〈圖28〉

水溫升高，密度減小，熱水向上運動，而密度大的冷水下降。密度受水溫影響而改變，我們利用冷熱循環的運動，促使致冷晶片的受熱端可保持在塔頂的溫度，流出的熱水待一段時間溫度降低，密度增加便會下沉，流回水塔內進行加熱，達到我們的循環系統。

柒、結論

我們經由這次的實驗發現太陽能熱水槽的前段溫度(約 70~80°)，可以用來發電，中斷的水壘用來洗澡，晚上剩餘之熱水，配合夜間的溫差仍可繼續讓致冷晶片持續發電。希望藉由這次的實驗能夠展出一套能源再生的供電系統，逐步供應小型用電，進而普及各地的供電系統，如此一來大家就不必再去大量探採原油，更不會去破壞地表平衡，保護了人們，更保護了全地球。

在研究過程中，我們也學習到能源的寶貴及重要，大自然被人們破壞，不但臭氧層破洞，造成溫室效應。替代能源會成為我們日後的生活重心；可以確定，我們以致冷晶片的特性帶動溫差供電法是不會破壞大自然的。所以我們覺得以致冷晶片來發電，將來能成為發電的主流，讓地球可以永續發展。

捌、參考資料

- (一)、梁正·黃仲宇編著；基本電學；初版；台北縣新莊市中正路 649 號 7 樓；台科大圖書股份有限公司；p.259~p.267；2006
- (二)、周鑑恆；輕鬆學物理的第一本書；初版；台北市南京東路四段 50 號 11 樓之 1；如何出版社有限公司；p.9~p.183；2005
- (三)、楊仁元、李月娥(2009)。電子電路實習。新北市：龍騰文化事業股份有限公司。
- (四)、楊仁元、張顯盛、林家德(2010)。專題製作理論與呈現技巧。新北市：勁園台科大。
- (五)、鮑雨梅，張康達(2006)。尖端科技新知系列—磁製冷技術。新北市：新文京。

【評語】 091001

1. 能善用巧思及所習得的專業知識與技能於作品的實現上，值得嘉許。
2. 本作品之關鍵在實現之方法、技術、材料設備與成本，以及發電效率之提升及熱源與溫差的穩定等，有再精進空間。
3. 應評估未來商品化之主要電氣與機械規格，如型體、大小、功率、發電量、電壓、電流等，並據以評估所設定應用場域的合宜性與可行性。