

中華民國第 58 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學(一)科

探究精神獎

032813

會發電的夾心餅乾(致冷磚發電)

學校名稱：基隆市立銘傳國民中學

作者： 國二 李沁愉	指導老師： 劉珠玲
-------------------	------------------

關鍵詞：致冷片、發電片、溫差發電

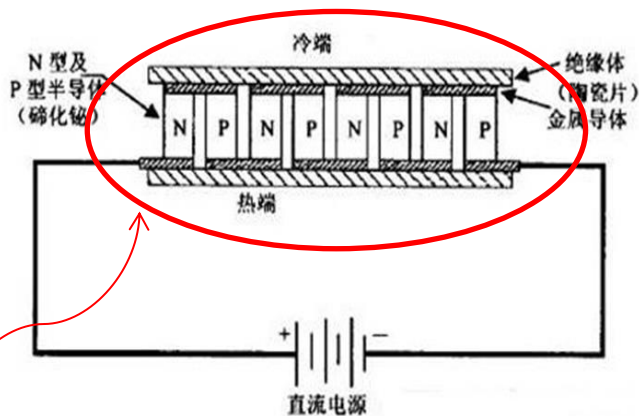
摘要

從科普文章中得知道“當兩種不同材質的導體或半導體相接形成迴路，且此兩個材料有溫差存在時，此連接的迴路會產生電位差與電流。我們突發奇想，如果將致冷片製作成日曬發電磚，結合水塔水流管散熱，那麼太陽曝曬外牆的熱經由發電磚就能發電。我們將四片致冷片、銅片和一些材料製成發電磚並進行熱源模擬及冷面散熱，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。進一步加上電子升壓電路模組及一些電子元件，將此實驗結果製作幾個實際應用案例，來點亮 LED 燈板；手機充電；溫差動力小船及溫差發電手電筒等。在未來當致冷片材料的熱電優值(ZT)有突破性的提升時，用致冷片發電是具備環保且商用化的發電方法。

壹、研究動機

地球暖化日益嚴重，一想到冷氣是罪魁禍首，而人們又不得不使用就覺得非常懊惱。一開始只是希望能夠找到環保發電的方法，後來無意間發現“致冷片”，直到學到“電”的部分，抓住這次做科展的機會，喚起我過往瀏覽科普圖書的記憶，決定著手試試看。

一、致冷片原理



致冷片的結構圖

當一塊 N 型半導體材料和一塊 P 型半導體材料聯結有電流通過時，兩端之間就會產生溫差，熱量就會從一端轉移到另一端，而產生冷熱端。但是半導體自身存在電阻當電流經過半導體時就會產生熱量，從而會影響熱傳遞。而且兩個極板之間的熱量也會通過空氣和半導體

材料自身進行逆向熱傳遞。當冷熱端達到一定溫差，這兩種熱傳遞的量相等時，就會達到一個平衡點，正逆向熱傳遞相互抵消。此時冷熱端的溫度就不會繼續發生變化。為了達到更低的溫度，可以採取散熱等方式降低熱端的溫度來實現。(要去找最佳的熱電優質的材料才能提高效率)

目前商用的致冷片冷熱端的溫差可以達到 40~65 度之間，如果通過主動散熱的方式，來降低熱端溫度，那冷端溫度也會相應的下降，從而達到更低的溫度。簡而言之，致冷晶片的應用是物理的重大發現，所有的能量使用與轉換的最終狀態都是轉換為熱量散失，致冷片使熱能成為可逆的，例如家電產品耗損電能，提供影音娛樂及環境清潔與食品冷卻等，家電產品耗損電能後，最後能量都是以發熱的形式散失掉；又例如汽車耗損汽油轉換為動力與電瓶充電，最後也是以熱能的形式散失在空氣中。曾幾何時我們想過”熱能”是可以回收產電並儲存起來的，因此讓我有極大的興趣來往這方面著手科展專題。

我們先對致冷片著手一些簡單的實驗，當在熱面加熱，冷面散熱時，它會發出電來，當於紅線接直流正極，黑線接直流負極給電時，熱面會發熱，冷面會變冷產生溫差。致冷片內顆粒材料主要材料是銻(Antimony)、碲(Tellurium)、鉍(Bismuth)、硒(Selenium)等等稀土元素，致冷片有非常多種電壓，從 5V~45V 都有，主要因應不同的設計需求，靠一對對的 PN 材料進行串連與並聯電路來產生不同的規格。上下兩面使用陶瓷是因為兩面材料要有”不導電”、”熱傳特性良好”、”堅硬可施加壓力”等特性。注意!致冷片只限直流電。

熱電效應(Thermoelectric effect 的三大發現)

- 塞貝克效應(Seebeck Effect, 1821 年德國物理學家 Thomas Johann Seebeck 發現)

一八二一年德國人塞貝克發現當兩種不同的導體相連接時，如兩個連接點保持不同的溫差，則在導體中產生一個溫差電動勢

- 珀爾帖效應(Peltier Effect, 1834 年法國科學家 Jean Charles Peltier 發現)

一八三四年法國人珀爾帖發現了與塞貝克效應的相反效應，即當電流流經兩個不同導體形成的接點時，接點處會產生放熱和吸熱現象，放熱或吸熱大小由電流的大小來決定。

- 湯姆遜效應(Thomson Effect, 1851 年英國物理學家 William Thomson 發現)

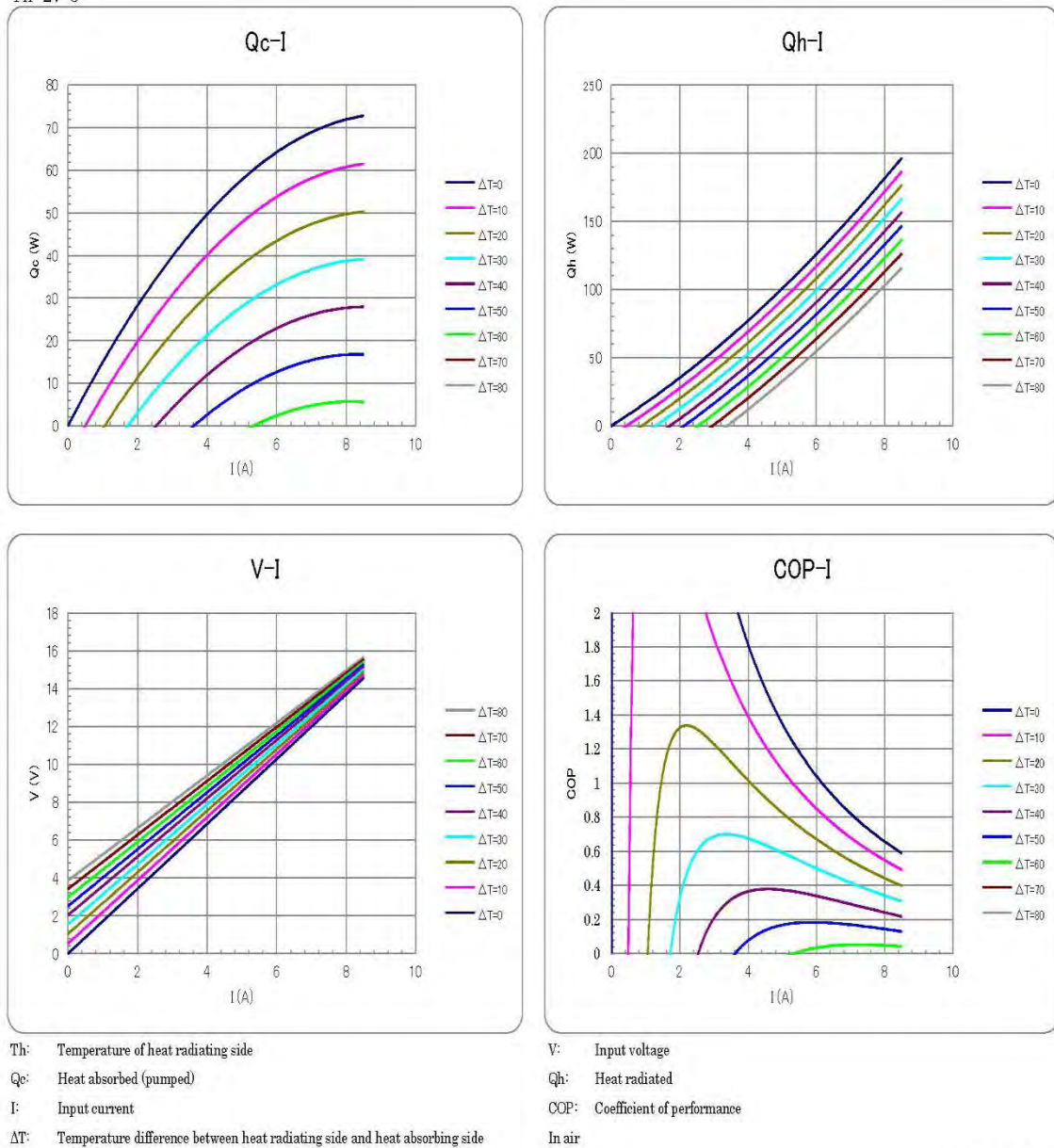
在一具有溫度梯度的導體或半導體中通入電流，則此導體或半導體會產生吸熱與放熱的現象，此為 Thomson 效應。

二、名詞定義

以下圖表為致冷片的特性曲線圖，按照以實驗一、二可進行說明特性曲線圖

1. **電流(I)**：是指電荷的定向移動。每秒通過一單位(庫侖)的電量稱為一「安培」(A)。
2. **電壓(v)**：又稱電位差.驅使電荷動產生電流的原動力.
3. **電阻(R)**：一電路欲阻止電流通過，同時使電能轉換為熱能之性質，謂之電阻。
4. **N 型半導體**：將一種雜質摻入半導體後，會放出自由電子，這種半導體稱為 N 型半導體。
5. **P 型半導體**，是靠“空穴”來導電。
6. **空穴**：空穴又稱電洞 (Electron hole)，在固體物理學中指共價鍵上流失一個電子，最後在共價鍵上留下空位的現象。
7. **直流電源**：是維持電路中形成穩恆電壓電流的裝置。如乾電池、蓄電池、直流發電機等。
8. **升壓模組(Boost 電路)**：升壓變換器是會提高電壓的 DC-DC 轉換器，其輸出電壓會較輸入電壓要高。不過因為功率 $P=VI$ 必須守恆，即使在假設效率為 100%的條件下，其輸出電流都會小於輸入電流。搭配升壓模組的功用是要將發電磚所產出的電功率之電壓提升到所需要的工作電壓，只有達到所需的工作電壓，才會產生充電、點亮 LED 燈板、以及推動小馬達等等功能。

Th=27°C



July 20, 2017, V4.2

貳、研究目的

一、研究一：

了解致冷片工作原理

1. 實驗冷熱面溫度差與輸出電功率關係，進一步說明致冷片特性曲線的意義
2. 實驗致冷片輸入電功率與冷面致冷溫度的關係，進一步說明致冷片特性曲線的意義

二、研究二：

1. 利用以上原理研製環保、無聲的發電磚
2. 將產出的電能加以利用，研製點亮 MR16 LED 燈板以及手機充電。

三、研究三：

1. 研製一艘溫差動力船
2. 研製一支以致冷片溫差發電的手電筒(體溫發電手電筒)

參、研究設備及器材

一、研究一

(一) 實驗冷熱面溫度差與輸出電功率關係，進一步說明致冷片特性曲線的意義

1. 目的：利用吹風機吹致冷片的熱端並產生電流。
2. 器材：



(二) 實驗致冷片輸入電功率與冷面致冷溫度的關係，進一步說明致冷片特性曲線的意義

1. 目的：提供致冷片電功率，測試致冷片輸入電功率與冷面致冷溫度的關係。
2. 器材：

器材	溫度資料收集器*1	鋁箔膠帶*1	散熱膏*1	可調式直流電源供應器*1
	T-type 測溫線*1	致冷片*1	熱管式散熱器*1	
圖片				<ol style="list-style-type: none"> 1. 致冷片熱面均勻塗上散熱膏並貼在熱管式散熱器底部 2. 散熱器風扇連接可調式電源供應器，並供電 DC12V 3. 冷面以鋁箔貼紙黏貼 T-type 測溫線
				<p>連接散熱器風扇 DC12V</p> <p>可調式直流電源供應器</p> <p>連接致冷片直流供電</p>

二、研究二：利用以上原理製作環保、無聲的發電磚

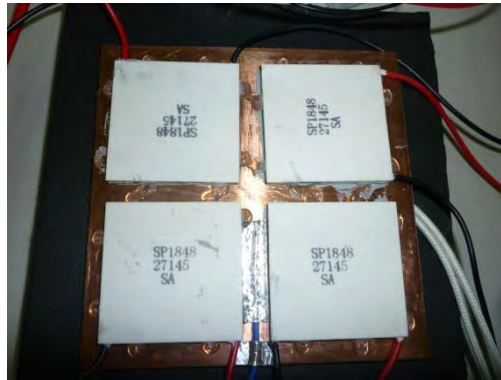
(一)、測試多種品牌及規格的致冷片，製作發電磚

1. 目的：測試多種品牌與規格的致冷片進行發電，製作能得到效果最好的發電磚
2. 器材：

1. 純銅片 10.00cm • 10.00cm 兩片(圖一)
一片噴黑漆測試日曬溫度，一片進行發電磚模擬製作
2. 矽膠加熱片*1_圖二(中, 橘色)
3. 致冷片四片 (圖二右)
廠牌為(SP1848 27145 SA)
其他廠牌規格的測試結果紀錄於實驗筆記
4. 迷你魔加工機(圖三)
5. 溫度控制器(圖四左)
6. 磁簧開關(圖四右)
7. 精密電錶*2(圖五橘色)_分別測電流及電壓
8. 溫度資料收集器*1(圖五右)_測溫度
9. K-type 測溫線*1_連接溫度控制器，測熱面溫度
10. T-type 測溫線*2_測兩種不同品牌致冷片冷面溫度
11. 散熱膏
12. 鋁箔貼紙
13. 白膠
14. C 型夾



圖一



圖二

圖三



迷你魔桌面小型加工機

迷

圖四



溫度控制器

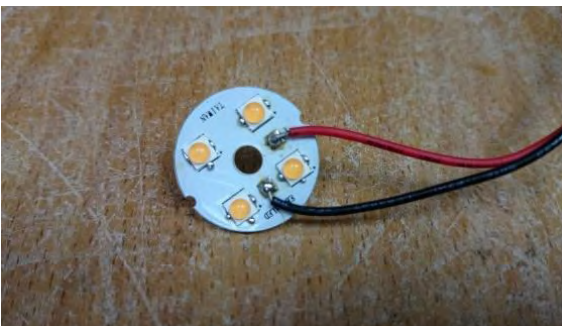
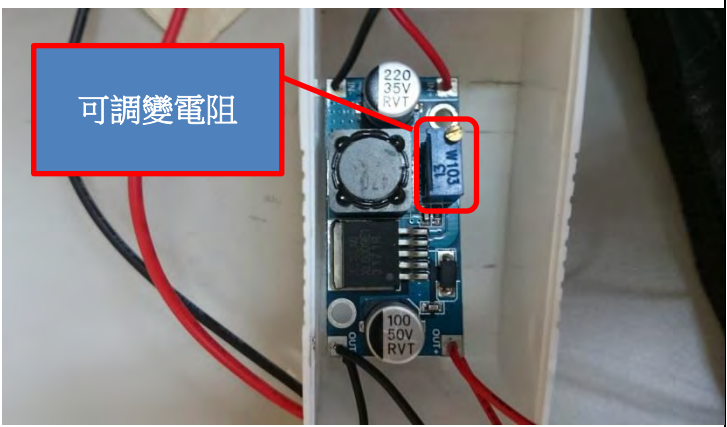
磁簧開關
(交流供應電源開關)



圖五

(二)、將製作出來的發電磚所產出的電功率加以應用一

1. 目的：研製將產出的電功率點亮 MR16 燈板
2. 器材：

<p>MR16 LED 燈泡拆出的 4 顆粒燈板一片：每顆工作電壓 2.5V~3.1V，燈板工作電壓 10V~12.4V</p> 	<p>升壓模組(Boost 電路模組)：升壓模組透過可調變電阻調整升壓後電壓達 12V，用以點亮 MR16 LED 燈板</p> 
--	---

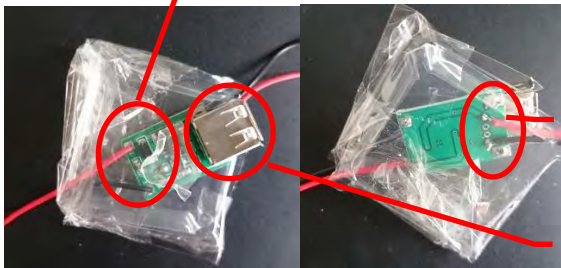
發電磚總成、精密電表、溫度收集器、溫度控制器、平底散熱片*2：將發電磚輸出電能正負極連接升壓模組輸入端，升壓模組輸出端連接 MR16 之 LED 燈板。



(三)、將製作出來的發電磚所產出的電功率加以應用二

1. 目的：研製將產出的電功率製作手機充電器
2. 器材：

升壓模組(Boost 電路模組)：升壓模組達 0.8V 即可驅動，驅動後升壓為電壓固定輸出 5V，用以供應手機充電 5V 電壓。



正面

反面

輸入電壓正負極：
連接發電磚正負極

輸出電壓正負極：
測試輸出電壓

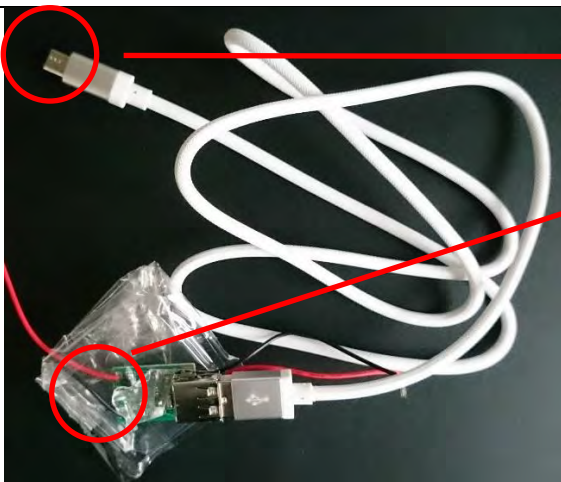
USB 接頭：
連接手機充電線

USB 手機充電線



USB 輸入接頭：
連接升壓模組

USB 輸出接頭：
連接手機

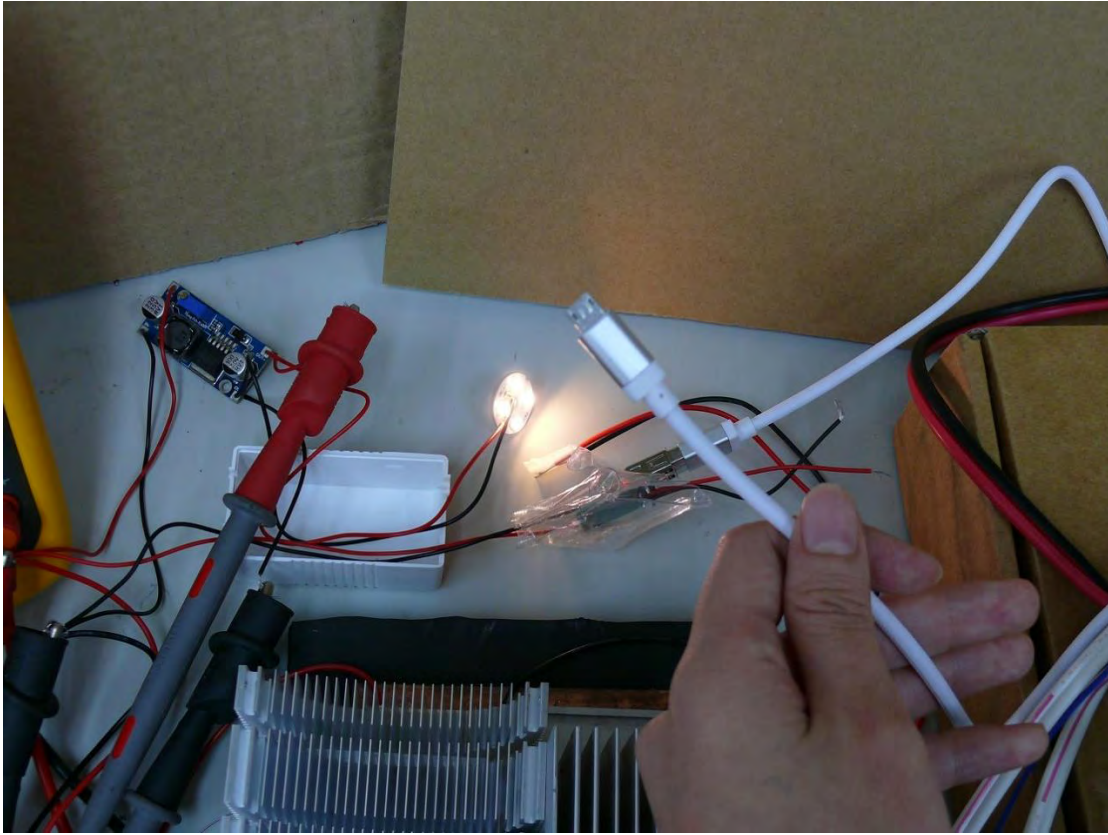


連接手機

連接發電磚輸出正
負極

溫差發電手機充電器總成

發電磚總成、精密電表、溫度收集器、溫度控制器、平底散熱片*2：將發電磚輸出電功率正負極連接升壓模組輸入端，升壓模組輸出端連接手機，僅需有 20°C~30°C 溫差，即可成功進行手機充電。



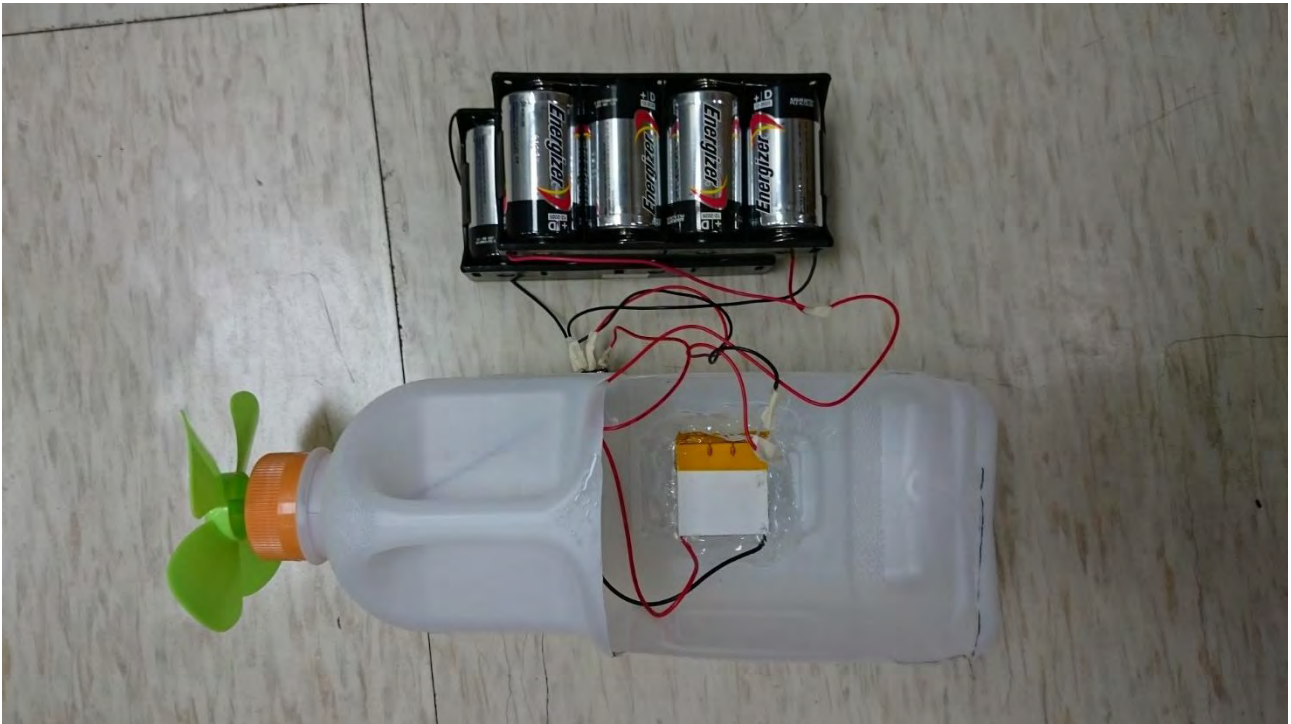
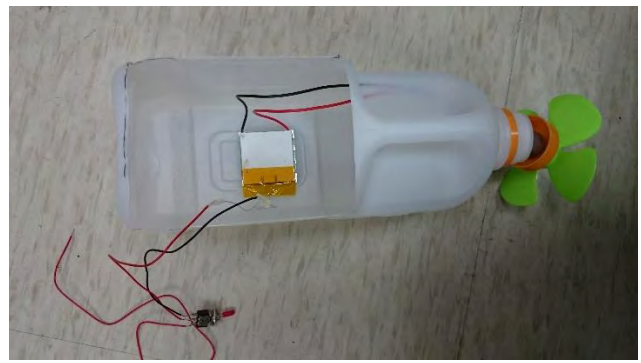
三、研究三：

(一)、研發一艘溫差動力船

1. 目的：以致冷片發電驅動馬達，推動船前進

2. 器材:

- | | |
|-----------------|----------------------------|
| (1). 牛奶罐 | (8). 馬達 |
| (2). 美工刀 | (9). 風扇 |
| (3). 白膠 | (10). 一號電池*8(四串兩並) |
| (4). Epoxy AB 膠 | (11). 電池座*8 |
| (5). 致冷片*1 | (12). 陶瓷發熱片(4cm*4cm_5V/8W) |
| (6). 散熱片*1 | (13). 指撥開關 |
| (7). 散熱膏 | |

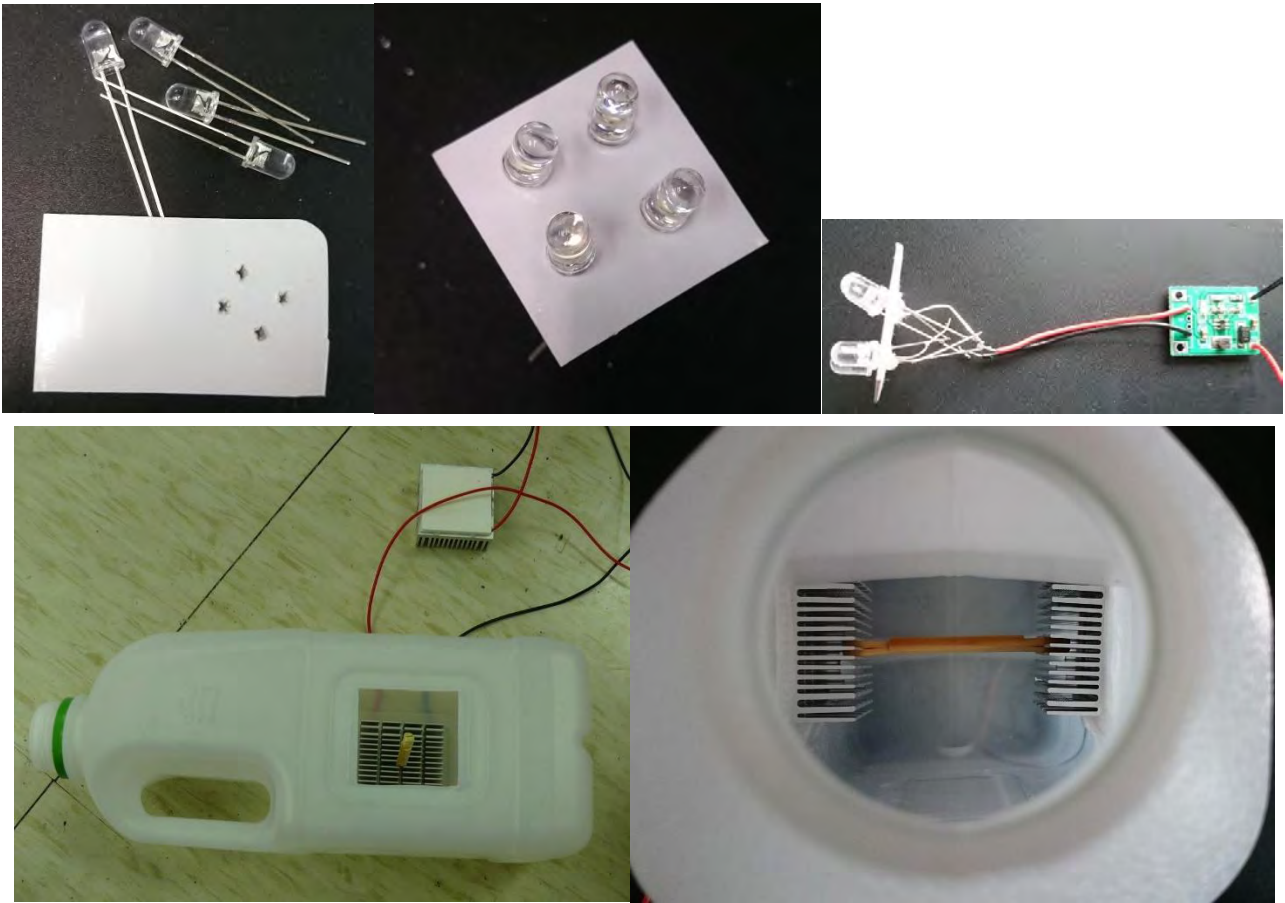


(二)、研發一支以致冷片溫差發電的手電筒(體溫發電手電筒)

1. 目的：以手溫及透過致冷片發電驅動自製 LED 燈泡手電筒。

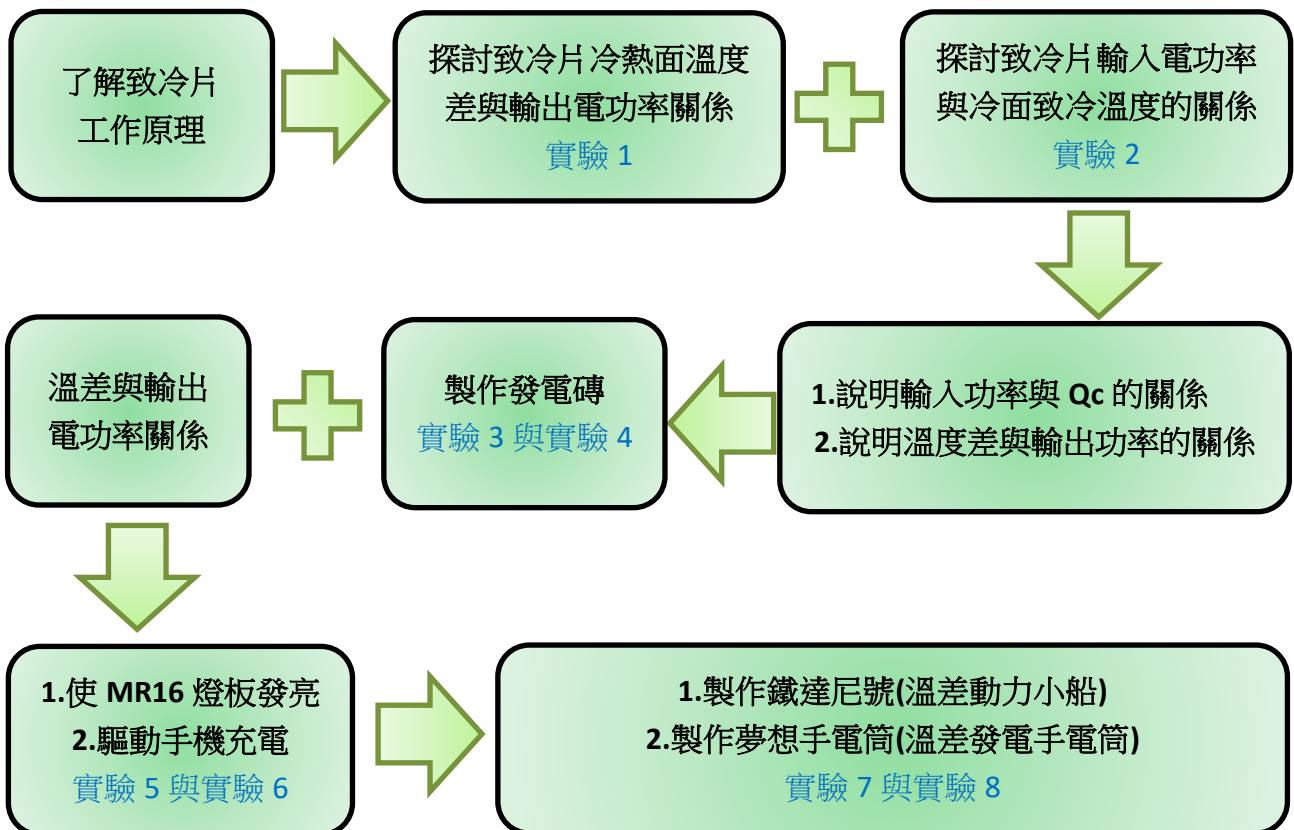
2. 器材：

- | | |
|---------------------------|------------------|
| (1). 牛奶罐 | (6). 致冷片*2 |
| (2). 美工刀 | (7). 散熱片*2 |
| (3). 白膠 | (8). 散熱膏 |
| (4). Epoxy AB 膠 | (9). 白光 LED 顆粒*4 |
| (5). 升壓模組(0.8V 驅動為 5V 輸出) | (10). 竹筷(結構支撐用) |



肆、研究流程與方法

一、研究流程



二、研究方法

(一)、研究一：實驗 1_測試以致冷片發電的可行性與狀況

1. 將精密電表的紅色的鱷魚夾夾住致冷片正極(紅線)，並將黑色的鱷魚夾夾住致冷片負極(黑線)，觀察電表讀數。
2. 以吹風機吹致冷片的正面和反面，觀察精密電表讀數。
3. 將吹風機關掉，等待熱端恢復常溫，將致冷片放置於手中，觀察精密電表讀數。



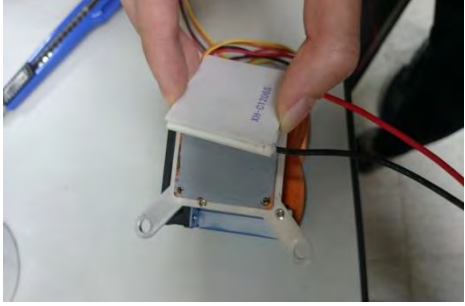



注意事項:

1. 實驗一：當以手拿致冷片，以吹風機吹時，請勿太靠近致冷片，以免被高溫燙傷。
2. 實驗一：將致冷片放於手心時，勿兩面皆接觸，以免影響實驗的準確度及溫度資料收集器之讀數。

(二)、研究一：實驗 2_測試致冷片供電時的致冷效果

1. 步驟：

1.	將散熱片上方塗上散熱膏	
----	-------------	--

2.	將致冷片發熱面貼上散熱器底部	
3.	將致冷片的正極、負極分別和可調式電源供應器的正、負極線相接	
4.	將散熱器的電線和紅黑線相接	
5.	改變電源供應器上的讀數並記錄	
6.	將測溫線貼上鋁箔片後,接上溫度資料收集器,並將鋁箔片放置於散熱器上方,記錄溫度資料收集器讀數。	

注意事項:

1. 實驗二：將致冷片和可調式電源供應器相接前，務必將發熱面塗上散熱膏並貼上散熱器，以免致冷片因高溫而損壞。
2. 實驗二：可調式電源供應器左邊顯示的是散熱風扇的電壓，其數字不得大於 12V 以免散熱風扇過電壓而燒毀。
3. 實驗二：可調式電源供應器右邊顯示的是致冷片的電壓及電流，其電壓數字不得大於 15V，因此，在改電流時要監看電壓，以免致冷片燒毀。

(三)、研究二：實驗 3_測試日照後銅面溫度

實測銅板噴黑漆後，經一天日曬，紀錄時間與日曬溫度。選擇晴朗無雲的假日進行測量

一整天從早上 9 點至下午 4 點 30 分的溫度數據(測試地點為基隆市安樂區社區大樓屋頂)。以此溫度數據為矽膠加熱片加熱模擬溫度

1. 測量數日太陽照在已噴黑漆的銅片上的溫度,並記錄。



注意事項:

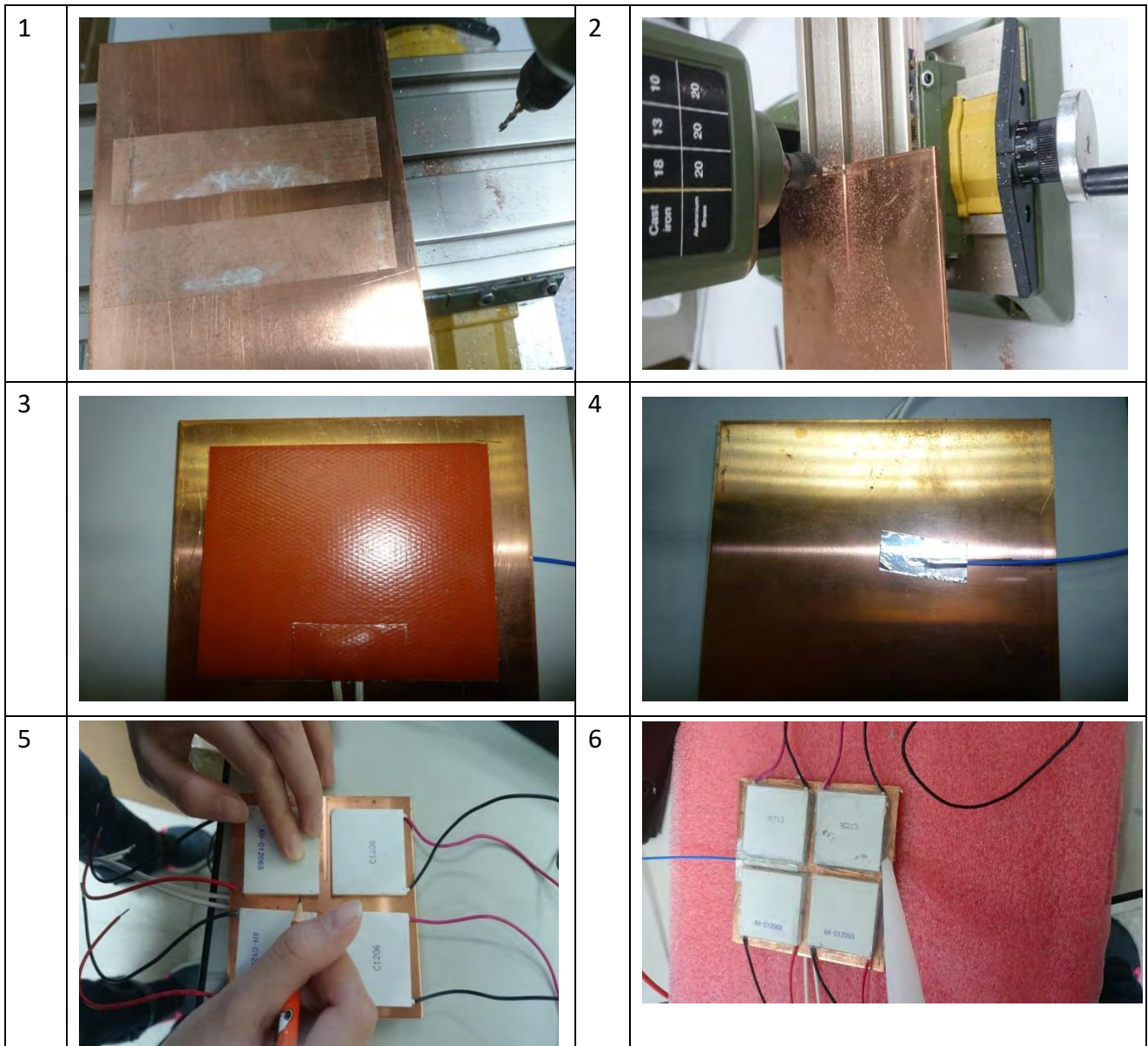
1. 實驗三：測量環境溫度時，需用影子的陰影來測量，不可讓太陽直射測溫線。

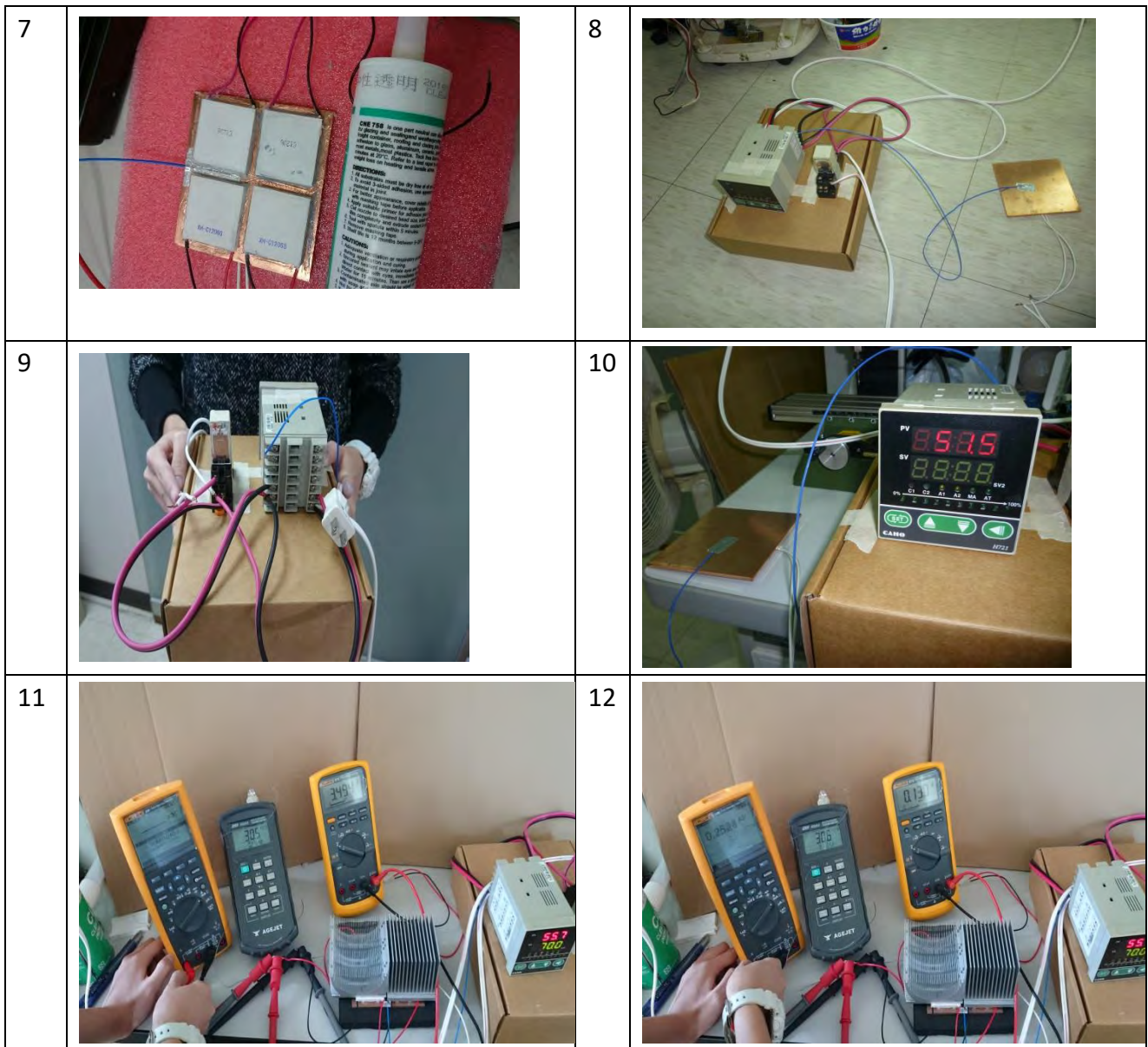
(四)、研究二：實驗 4_製作發電磚並測量發電功率

1. 首先,將不噴黑漆的銅片黏上兩條雙面膠,把銅片貼在迷你魔加工機上固定
2. 使用迷你魔加工機把銅片銑出一條溝,寬 2.00mm,深 1.00mm，此溝槽將埋入 K-type 測溫線，此溫度線將連接溫度控制器作為溫控偵測點(致冷片熱面溫度)。
3. 以矽膠加熱片模擬太陽的加熱，將加熱片貼在未銑溝的那一面，使加熱片完全貼緊在銅片上。
4. 在有銑溝那面的溝塞入 K-type 的測溫線，並以鋁箔膠帶黏貼固定好，將測溫線接上溫度控制器。
5. 將加熱片接上磁簧開關，磁簧開關的另一端跟溫度控制器連接，並與 110V 市電連接，測試溫度控制器與加熱片作動是否正常。
6. 將銅片上的測溫線拆掉，並將加熱片和磁簧開關的接點解開。
7. 在銅片上將 4 片致冷片均勻放置並以鉛筆畫上黏貼固定線，將已塗散熱膏的致冷片貼在銅片有銑溝的那面，並對致冷片稍微施加壓力，以確定致冷片確實貼合銅片。
8. 擠出白膠於 4 片致冷片周邊各點兩點，以 C 型夾進行致冷片固定晾乾
9. 把銅片溝槽黏貼 K-type 測溫線並接上溫度控制器，把矽膠加熱片和磁簧開關相接。
10. 將四片致冷片串連，並接上兩台精密電表，進行電流及電壓測量。
11. 打開電風扇，並在致冷片上擺上散熱片，在散熱片底部貼上測溫線，連接溫度收集

器，同時測量致冷片冷面溫度。

12. 設定溫度控制器為 60°C ，插上 110V 交流電，開始進行實驗，加熱矽膠加熱片用以模擬日照後銅面溫度，紀錄環境溫度($^{\circ}\text{C}$)、銅面溫度(致冷片熱面溫度 $^{\circ}\text{C}$)、散熱片底部溫度(致冷片熱面冷度 $^{\circ}\text{C}$)、發電磚輸出電壓(V)，以及發電磚輸出電壓(A)。
13. 由於溫度加熱為動態升溫，此實驗此用拍照方式同時擷取所有數據，實驗反覆 3 次驗證數據重現性，每次重做實驗必須拔掉 110V 電源插頭停止加熱並等待銅面溫度回復室溫後才可重新進行實驗。





注意事項:

1. 實驗四：務必將矽膠加熱片和磁簧開關相接，以免因電壓過大而燒壞。
2. 實驗四：當矽膠加熱片和磁簧開關相接時，兩條電線物接觸，以免起火燃燒。

(五)、研究二：實驗 5_用發電磚的發電功率點亮 MR16 燈板

1. 將 MR16 燈板以可調式直流電源供應器供電，測試燈板驅動所需電壓
2. 將發電磚產出的電功率輸出正負極兩端接上升壓模組，調整升壓模組之可變電阻，測量經升壓後電壓數據，並記錄接上升壓模組前後電壓差別
3. 將 MR16 燈板接上升壓模組輸出端正負極，發電磚總成插上 110V 交流電源加熱，開始實驗，確認溫差發電功率點亮 MR16 燈板效果

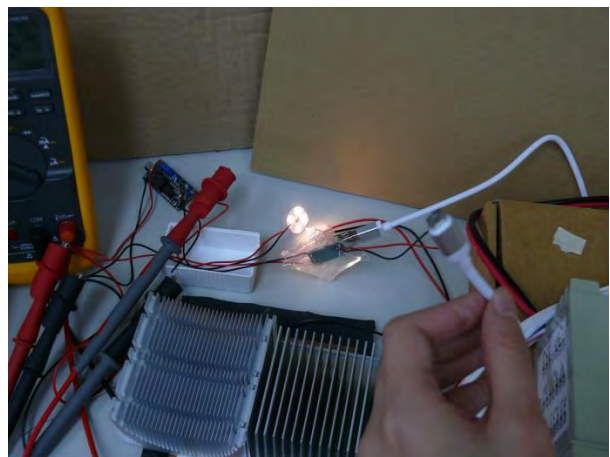


升壓後電壓

升壓前電壓

(六)、研究二：實驗 6_用發電磚的發電功率製成手機充電器

1. 將手機接上 USB 手機充電線，以可調式直流電源供應器供電，測試驅動手機充電所需電壓。
2. 將製作好的手機升壓模組輸入正負極接上發電磚輸出電功率正負極，精密電表同時測試經升壓模組升壓後之電壓(V)。
3. 在發電磚輸出電功率正負極，同時連接 MR16 燈板驅動模組，同時供電 MR16 燈板及手機充電，觀察並比較其現象



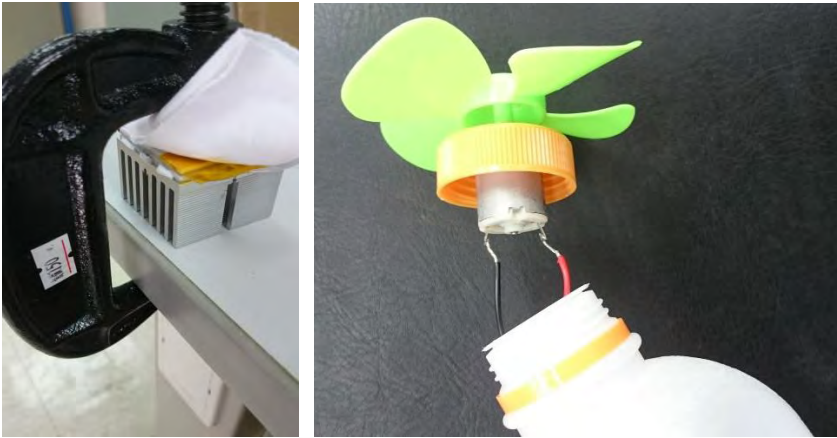
注意事項:

1. 實驗 5 與 6：升壓模組 input 和 output 端不得接反，以免升壓模組損壞。
2. 實驗 5 與 6：升壓模組應用塑膠盒包裹起來，以免升壓模組損壞。

(七)、研究三：實驗 7_實作溫差發電動力小船

1. 以可調式電源供應器供電給小馬達，先測試驅動小馬達所需的電壓與電流，用以確認致冷片發電功率與電壓需要多少，測試結果知道小馬達僅需 0.4V 就可驅動，因此知道僅需單片致冷片就足夠讓小馬達轉動。
2. 將致冷片上下方塗上散熱膏。
3. 在致冷片熱面貼上陶瓷加熱片。

4. 在致冷片冷面貼上散熱片，以白膠在四邊各點兩點，整體以 C 型夾固定晾乾。



5. 將牛奶罐背面割開(留下手把)，再將牛奶罐正面割下一個 4.2*4.2 的正方形，將已固定的致冷片及散熱片放入，再以 Epoxy AB 膠固定晾乾。

6. 將致冷片接上馬達，把牛奶瓶蓋中央挖一小洞，將馬達以 Epoxy AB 膠黏在瓶蓋上，馬達轉軸露出瓶蓋。

7. 在牛奶瓶內部，將電池四個串連二組並連後，接上指撥開關，將電池盒放入小船，電池盒直流電源將提供陶瓷加熱片發熱電功率，用以模擬船舶發熱與船舶水冷散熱。

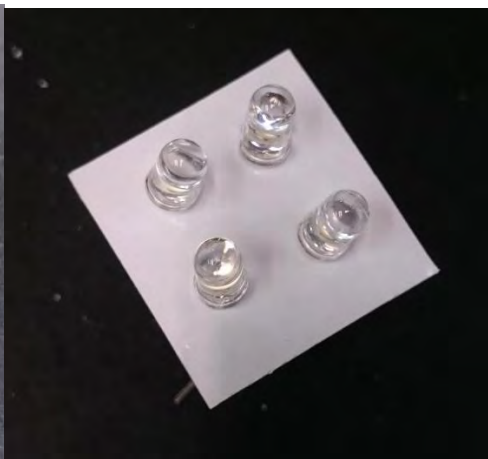
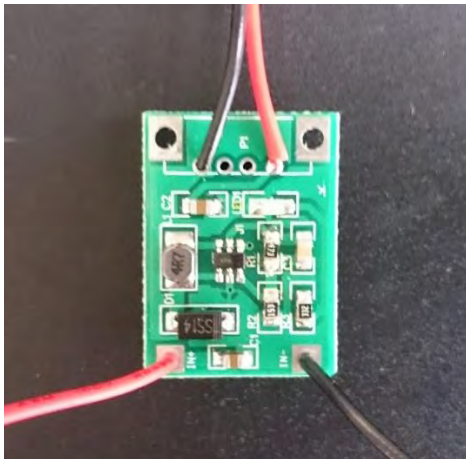
8. 觀察馬達驅動轉動狀況與熱面溫度的關係。

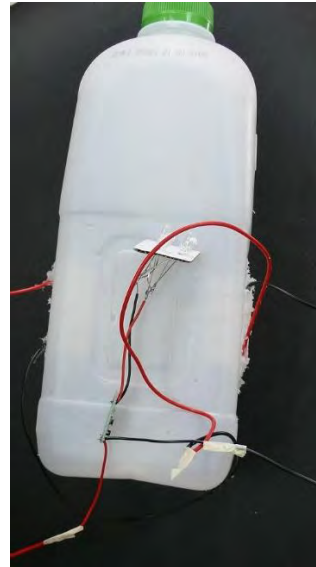
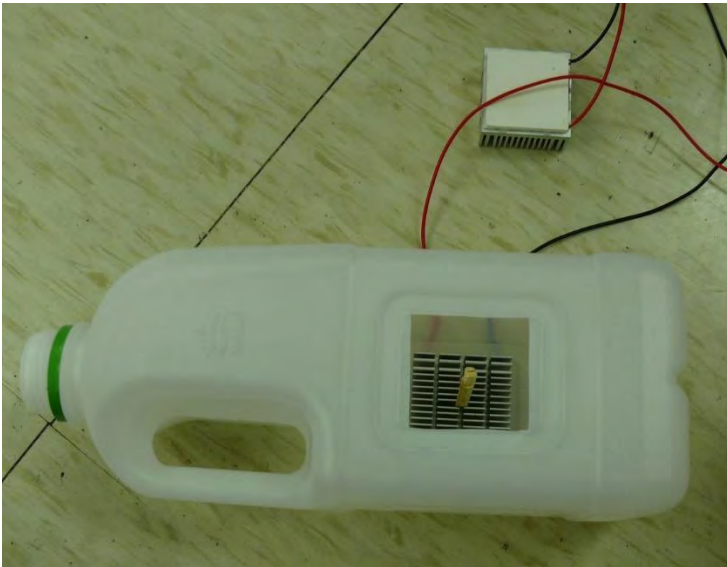
(八)、研究三：實驗 8_實作體溫發電手電筒

1. 以可調式電源供應器供電給單顆白光 LED，先測試單顆 LED 所需的電壓與電流，用以確認致冷片發電功率與電壓需要多少。

2. 將 2 片致冷片上下方塗上散熱膏，在 2 片致冷片冷面分別貼上散熱片，使用 C 型夾加壓致冷片與散熱片，在致冷片四邊使用白膠各點 2 點固定，等待白膠完全乾燥。

3. 先測試點手溫發電效果，將散熱片放入平底托盤，托盤內放入冰塊與水，串聯兩片致冷片以提升輸出電壓並連接升壓模組，預期手溫發電達 0.8V 經由升壓模組可驅動至 5V 輸出，以手按壓兩片致冷片測試升壓模組輸入與輸出電壓。
4. 連接 4 顆並聯的白光 LED 於升壓模組輸出端，將散熱片放入平底托盤冰水中，水位無高過散熱片與致冷片介面高度，以手按壓兩片致冷片測試 4 顆 LED 燈點亮效果。
5. 切割牛奶罐對稱兩個方形孔，孔大小為散熱片長寬 45mm*45mm 大小。
6. 以刀片切削竹筷長度為 70mm 長，並將兩端削開為岔開狀，用以插入散熱片縫隙中，作為結構支撐用。
7. 將散熱片與致冷片總成組裝入牛奶罐內，以 Epoxy AB 膠之 AB 劑混和並塗抹在散熱片與牛奶罐縫隙，將縫隙充填，以防止漏水。
8. 組裝 LED 燈頭與升壓模組電路並連接兩片致冷片(兩片散熱片與致冷片總成為串聯)。
9. 以鋁箔膠帶製作反光杯，圍繞於 4 顆 LED 燈周圍，完成作品。





伍、研究結果

一、研究一：了解致冷片的工作原理

(一)、實驗 1：測試以致冷片發電的可行性與狀況

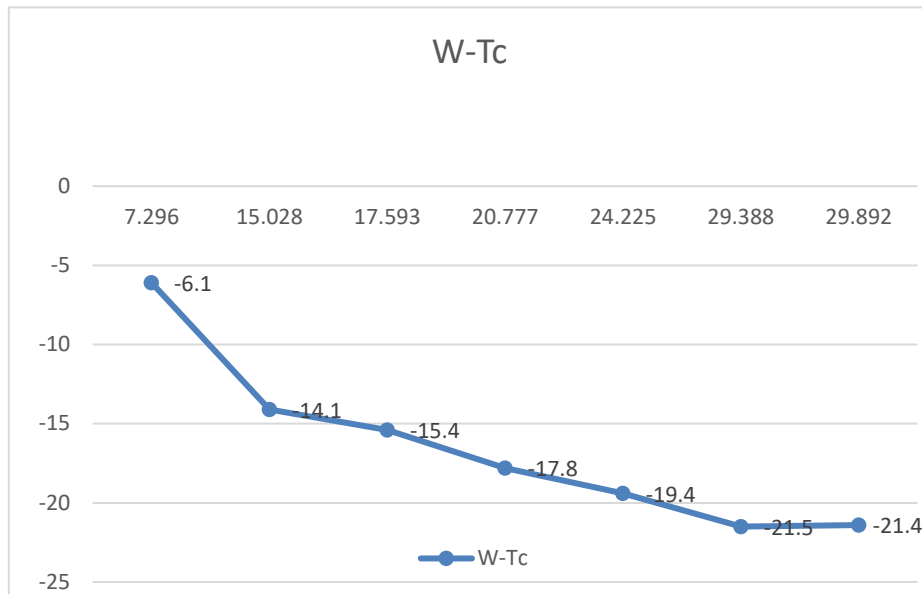
1. 當只有將致冷片和精密電表連接時，電表不會有任何讀數，即為零。
2. 當以吹風機吹致冷片的熱面時，即會出現電流正讀數，吹致冷片的冷面時即會出現負讀數。
當常溫下的致冷片熱端接觸手心，也會產生讀數。
3. 當熱面以吹風機吹熱風初期，電流讀數最高，隨後持續吹熱面的電流讀數會降低許多，最後幾乎沒有電流輸出。
4. 此實驗發現吹風機吹熱面初期，熱面變熱冷面仍然溫度還沒上升，此時冷熱面溫差最大，電流也最大，當持續以吹風機吹熱面，熱面熱能會傳導至冷面，隨後冷面溫度上升，冷熱面溫差縮小，電流隨之變小，最後冷熱面達到熱平衡，因此幾乎沒有電流輸出。
5. 當常溫下的致冷片熱面接觸手心，也會產生讀數。
6. 此實驗說明 Page5 右下圖(COP-I) ，當冷熱面溫差為 0 時，無電流輸出。

(二)、實驗 2：測試致冷片供電時的致冷效果

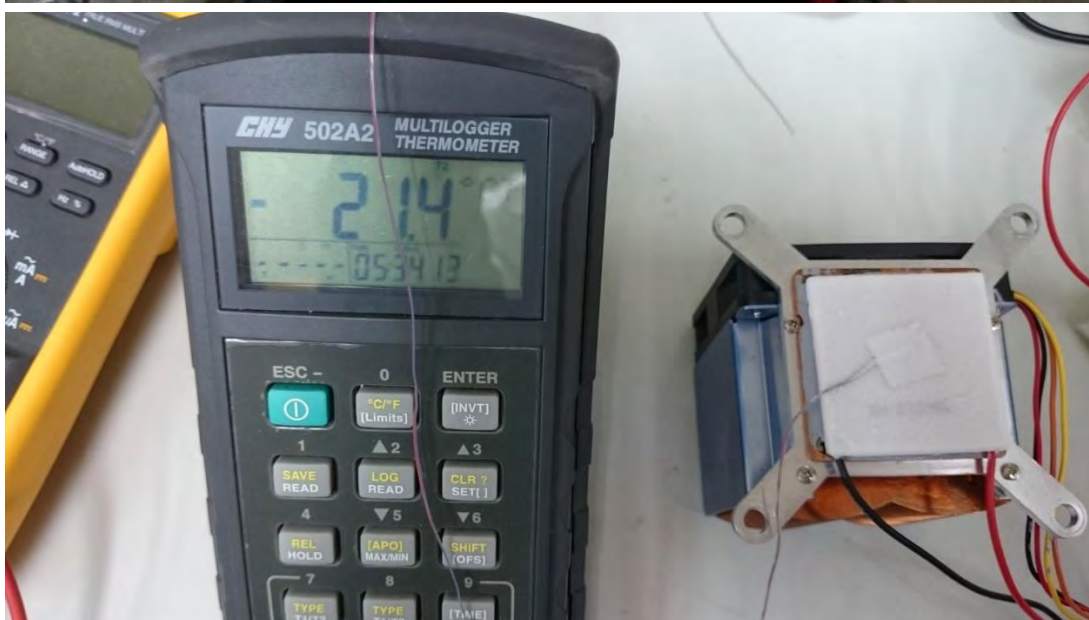
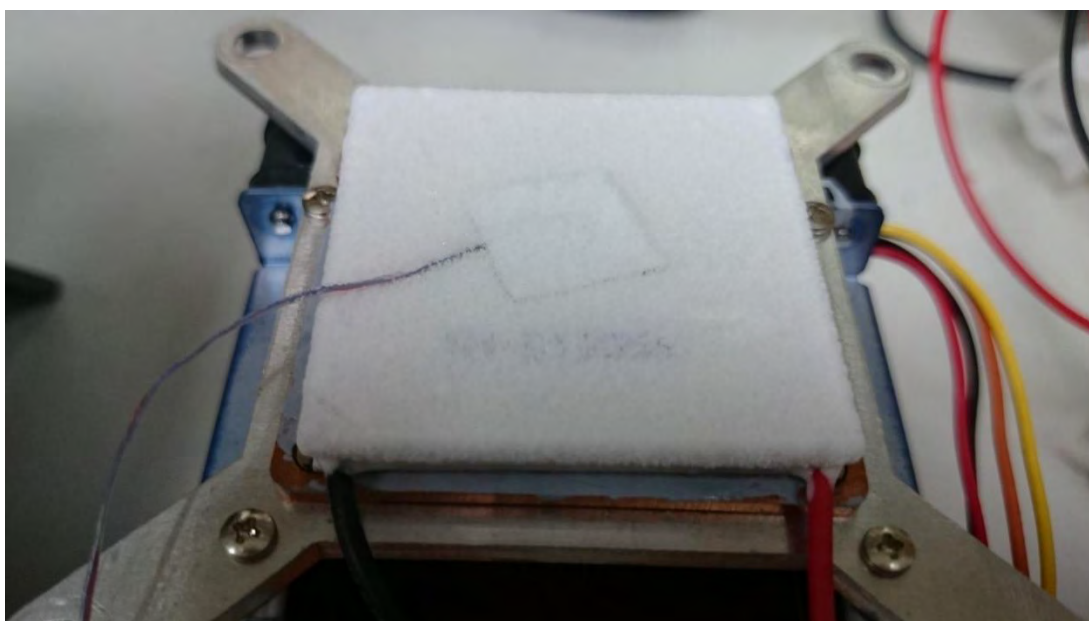
1. 當致冷片熱面塗上散熱膏並貼在熱管式散熱風扇進行熱端散熱，致冷片連接可調式直流電源供應器供電，同時測量冷面溫度。

測試數據如下：

輸入電流(A)	輸入電壓(V)	輸入功率(W)	冷面溫度(°C)
1.52	4.8	7.296	-6.1
2.21	6.8	15.028	-14.1
2.41	7.3	17.593	-15.4
2.63	7.9	20.777	-17.8
2.85	8.5	24.225	-19.4
3.16	9.3	29.388	-21.5
3.18	9.4	29.892	-21.4



2. 由以上測試數據可說明 Page5 致冷片特性圖左下圖，電流(I)與電壓(V)為正比關係。
3. 由以上測試數據，我們將它畫成圖表後發現，當輸入功率增加，冷面溫度會隨輸入功率而降低，散熱風扇吹出的風溫也會隨著輸入功率增加而溫度越來越高。當輸入功率增加到 29W 左右，冷面溫度將不再降低。此結果說明 Page5 致冷片特性圖左上圖(Qc-I)，致冷片隨輸入電流增加，冷面致冷功率會隨之增加，但冷卻功率對應輸入電流呈現拋物線曲線趨於平緩。



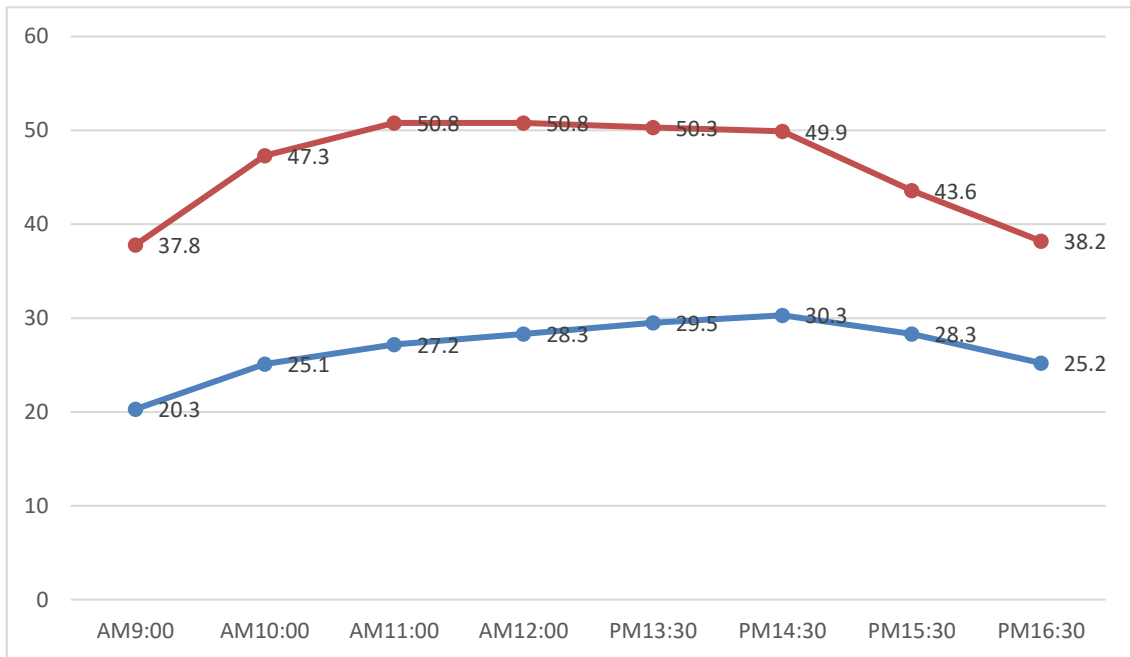
二、研究二：以致冷片製作發電磚

(一)、實驗 3：太陽日照測試，測試日照後銅面溫度

1. 將銅片噴上黑漆，以增加熱能吸收率，選擇一個晴朗無雲的假日進行測試銅片表面溫度。

測試數據如下：

時間	AM9:00	AM10:00	AM11:00	AM12:00	PM13:30	PM14:30	PM15:30	PM16:30
環境溫度	20.3°C	25.1°C	27.2°C	28.3°C	29.5°C	30.3°C	28.3°C	25.2°C
銅面溫度	37.8°C	47.3°C	50.8°C	50.8°C	50.3°C	49.9°C	43.6°C	38.2°C



2. 一天溫度最高可達到 50.8°C，因為是冬天，環境溫度不像夏天高，相對地，若是夏天的日曬溫度會高許多。
3. 我們以矽膠加熱片加熱銅板的方式，進行模擬日曬銅片 51°C 來進行以下實驗 4 的發電磚實驗。

(二)、實驗 4：製作發電磚並測量發電功率

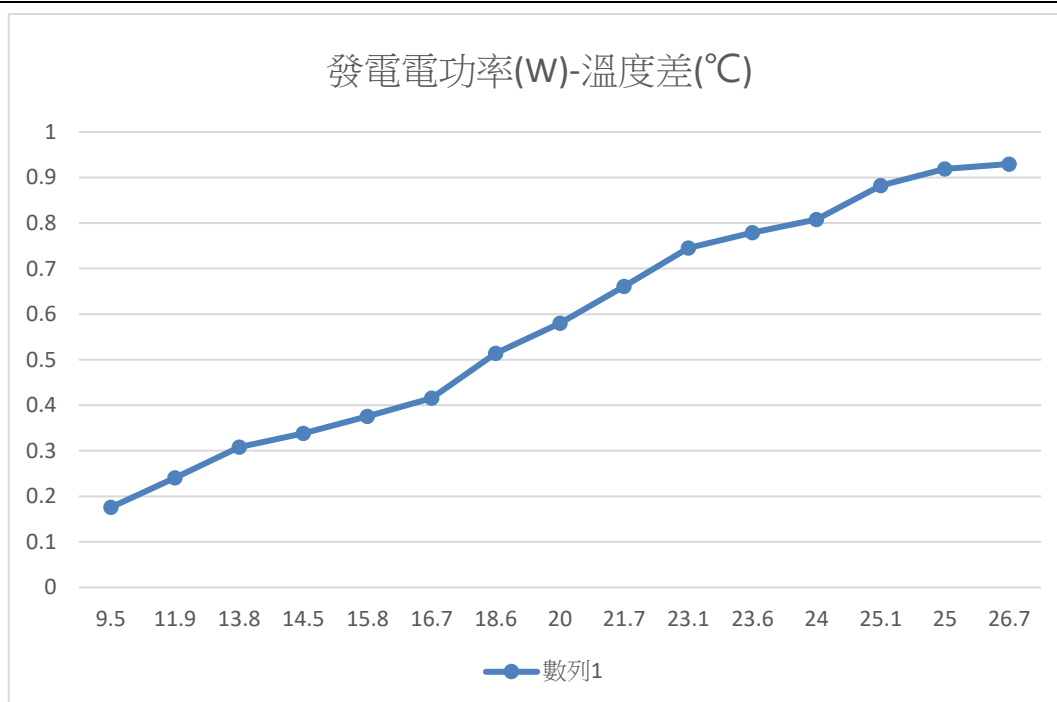
1. 致冷片發電磚製作方式如上敘述，此實驗以矽膠片加熱片模擬日曬溫度進行實驗並紀錄。
2. 此實驗使用三種不同品牌的致冷片進行實驗，同時可測試不同品牌致冷片的發電量差異性並記錄。
3. 矽膠加熱片連接磁簧開關與溫度控制器，以溫度控制器控制矽膠加熱片加熱及停止加熱。當溫度控制器設定 40°C 時，當溫度到達 40°C 時，則溫度控制器會發送訊號給磁簧開關，磁簧開關則會切斷電源，使矽膠加熱片停止加熱；依此類推。當停止加熱時，電源被切斷時，溫度會多上升 1°C~2°C。當溫度到達 40°C 時停止加熱，且溫度低於 39.5°C 時會開始加熱，重複循環，使溫度平均值維持在 40°C 左右。
4. 當熱端溫度上調時，致冷片熱端溫度上升，由於致冷片內的 PN 顆粒材料有熱傳性，冷端的溫度亦會增加。
5. 剛開始進行實驗時，在致冷片的冷面直接暴露空氣中，結果發現冷面與熱面的溫度差並不大，而且電流與電壓輸出不多。於是放兩個散熱片在致冷片的冷面並打開家用電風扇吹散

熱片，於是冷熱面溫差才可拉大。測試數據如下：

(型號：SP1848 27145 SA，溫差對應發電功率結果如下)

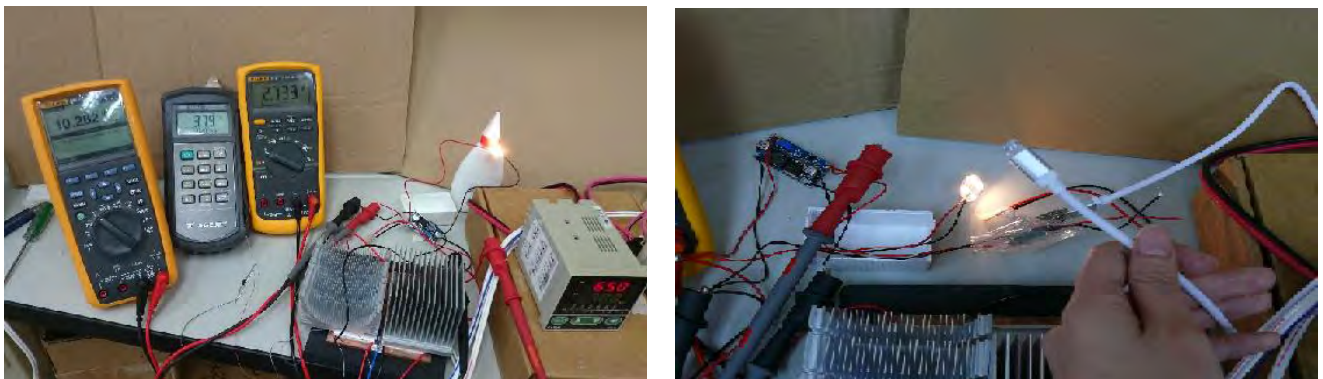
熱端溫度	冷端溫度	溫度差	環境溫度	電壓(V)	電流(A)	電功率(W)≡
35.2	25.7	9.5	25.4	1.479	0.1189	0.175853
37.9	26.0	11.9	25.6	1.742	0.1382	0.240744
40.1	26.3	13.8	25.7	1.971	0.1562	0.30787
41.1	26.6	14.5	25.7	2.073	0.1633	0.338521
42.6	26.8	15.8	25.7	2.189	0.1716	0.375632
43.8	27.1	16.7	25.6	2.338	0.1777	0.415463
46.2	27.6	18.6	25.9	2.579	0.1993	0.513995
48.1	28.1	20	25.7	2.795	0.2076	0.580242
50.3	28.6	21.7	25.6	2.989	0.2210	0.660569
52.3	29.2	23.1	25.7	3.186	0.2339	0.745205
53.8	30.2	23.6	25.7	3.297	0.2363	0.779081
54.6	30.6	24	25.7	3.338	0.2421	0.80813
55.7	30.6	25.1	25.6	3.494	0.2526	0.882584
57.2	31.2	25	25.7	3.557	0.2583	0.918773
59.3	32.6	26.7	25.7	3.581	0.2596	0.929628

當熱面溫度拉高時，冷面溫度也會提高，此致冷片發電主要是靠冷熱面溫差產生輸出功率，溫差愈大，輸出功率越大。但由於致冷片內的顆粒仍有熱傳特性，熱面加熱，冷面必須要有良好散熱才能維持有功率輸出。



(三)、實驗 5：以發電磚產出的電功率點亮 MR16 燈板

- (1). 四片致冷片的電壓最大為 3.5V，而一顆 LED 燈粒為 2.5~3.5V，因此我們在致冷片與燈板之間接上升壓模組。
- (2). 升壓模組本身需有 2.7V 的電壓才能驅動(見下圖)，並將電壓升至 10V，但 $P=IV$ ，電流也會稍微減小。



(四)、實驗 6：以發電磚產出的電功率做成手機充電器

- (1). 當升壓模組驅動後，將足以提供燈泡發亮所需的電壓。當我們在發電磚輸出正負端並聯另一組升壓模組，此升壓模組 0.8V 可驅動並升壓為 5V，經升壓模組及手機充電線，可成功對手機進行充電。
- (2). 當接上手機且開始充電時，由於連接手機的升壓模組之驅動電壓為 0.8V，驅動電壓比驅動 LED 燈板的升壓模組 2.7V 來得較低，因此使得燈泡不再發亮。移除手機充

電後，LED 燈板再度發亮。

- (3). 以此 10cm*10cm 大小的發電磚在 25°C 溫差產出的電功率為 0.9W，針對一隻 3.7V/1650mAh 的手機充電，由 0% 至 100% 充滿，大約花費 6~7 小時。

三、研究三：

(一) 實驗 7：研製溫差發電動力小船

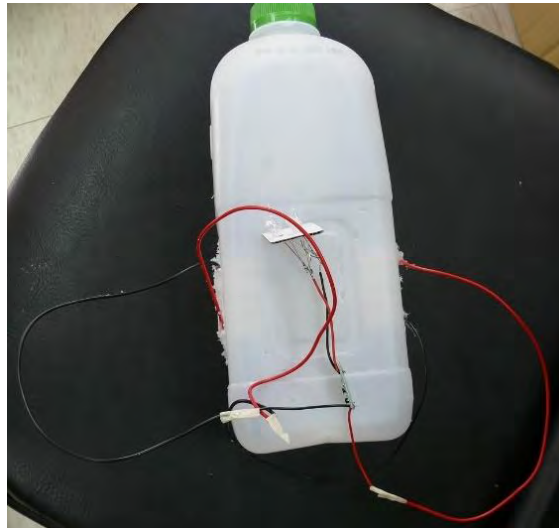
1. 以可調式電源供應器供電給小馬達，先測試驅動小馬達所需的電壓與電流，用以確認致冷片發電功率與電壓需要多少，測試結果知道小馬達僅需 0.4V 就可驅動；此外，使用 5V/8W 單片陶瓷加熱片模擬熱源加熱致冷片熱面，此時致冷片輸出電壓可達 0.8V，因此知道僅需單片致冷片就足夠讓小馬達轉動。
2. 以 1 號電池電池盒四串兩並的方式連接一指撥開關，並連接陶瓷加熱片，將指撥開關開啟時，電池直流電源供應陶瓷加熱片加熱致冷片熱面，模擬船舶熱源，使致冷片冷熱面有溫差大於 25°C，使致冷片發電達 0.8V 效果使小馬達轉動，此效果與陶瓷加熱片連結可調式直流電源供應器效果一樣，然後可將電池盒置入小船中，小船可置入水中，葉轉動推動小船前進。



(二) 實驗 8_研製溫差發電手電筒(體溫發電)

1. 先確認 4 顆白光 LED 顆粒所需電壓與電流，以單顆白光 LED 連接可調式直流電源供應器給電，測試結果知道單顆白光 LED 需要 2.5V 發亮，若要驅動 4 顆 LED 燈亮，需搭配升壓模組將電壓提升至 2.5V 以上，此外，4 顆 LED 必需使用並聯電路。
2. 經測試後得知，若想以手掌溫度 35°C 透過致冷片發電來驅動四顆白光 LED 燈，至少需使用兩片致冷片串聯後才可達成。

3. 兩片致冷片串聯，手掌溫度大約 32°C~35°C，同時按壓兩片致冷片，當水溫為 0°C~5°C，即溫差要有 20°C~25°C 的狀態下，致冷片輸出電壓可達 0.8V 以上，經由升壓模組驅動電壓至 5V 後，自製手電筒的四顆白光 LED 顆粒可點亮。
4. 此溫差發電手電筒為概念性作品，實際商業應用可製成保溫瓶，保溫瓶有灌入熱水及冷水兩個保溫瓶瓶身，內有致冷片、電路結構與杯燈及燈罩等裝置。在野外露營時，熱水僅需燒開水與冷水取自溪水或泉水，取得極為容易，此概念極具商用化產品價值。



陸、研究討論

1. 熱電致冷片發電，主要是要將冷熱面溫差拉大才能有越大的發電量，在全球暖化的今日，全球的研究員都在研究環保零污染的發電方式，我們進一步搜尋並研讀了參考資料中的兩份碩士論文，此兩份論文是針對熱電材料的研發與製備，此兩份文中都提到了熱電材料的熱電優值(ZT)是熱電轉換效率的關鍵；

$$ZT = \frac{S^2 \sigma}{k} T$$

S ：席貝克係數(Seebeck coefficient, V/K)

T ：絕對溫度(Absolute temperature, K)

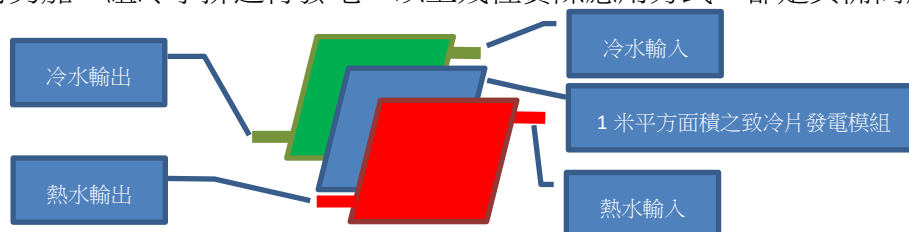
σ ：導電率(Electric conductivity, 1/Ω-m)

k ：熱傳導係數(Thermal conductivity, W/m-K)

熱電優值 ZT 值越高，代表熱能轉換為電能的輸出越高，若要提高熱電轉換效率，相關論文

中發現有兩種方法，第一種方法是朝材料研製的方向進行；另一個方向是在材料結構方向進行，無論朝哪個方向對熱電材料的研製，目的都是要發現一種材料是“可導電”且“熱傳導率很差”的材料，但是一般材料無論是金屬或半導體材料的物理特性都是導電率與熱傳導率成正比關係；因此，若能發現適當的材料可應用在熱電轉換上，將會是一項重大的發現。當熱電優值可達到 2.5 時，家用冷氣將可運用致冷片製造冷氣空調，完全可取代冷媒壓縮機；這將會是無噪音且零污染的冷氣機。相對地，可將汽車廢熱、鍋爐廢熱、船舶廢熱，太陽熱能都轉換產生電能。

2. 以此發電磚發電的研究結果可知，以此 10cm*10cm(4 片致冷片構成)的發電磚大小換算為每米平方大小的產電量在有 25°C 溫差的狀況可產電 90W 的發電功率，也就是 0.09 度(KWh)的發電量，此時對照 Page5 圖表得知，致冷片 COP 大約 1，也就是溫差還可再提升以提升產電量。此部分由於目前的矽膠加熱片無法再提高加熱溫度，需另外提高加熱片加熱規格，將可再作實驗 9 驗證此致冷片最大產電量。
3. 若將現有商用的致冷片製作為 1 米平方大小的發電模組，此發電模組有熱水輸入與輸出通道在數個致冷片模組熱面，以及發電模組有熱水輸入與輸出通道在數個致冷片模組熱面。此一米平方大的發電模組可廣泛應用於大樓頂經太陽曝曬後的熱水與水塔內的冷水管連接此發電模組發電；可實際應用於船舶發電，船舶內本身就有熱水管與冷水管用來冷卻船舶引擎；可實際應用於汽車引擎廢熱發電，汽車本身有冷水水箱用來冷卻引擎，連接此發電模組再另加一組冷水排進行發電。以上幾種實際應用方式，都是具備商用發電效益的。



柒、結論

若與太陽能板比較，現今商用太陽能發電板最大發電量大約 145W~165W/m² 左右(矽晶光電板)。矽晶太陽能模板，每設置 1kW 約需 10 平方米(100W/m²)；非矽晶太陽能模板，每設置 1kW 約需 18 平方米(55W/m²)。此熱電發電磚的發電量為：當冷熱面有 25°C 溫差時，將有 90W/m² 輸出功率，與矽晶太陽能模板商用發電量相當。以現今的致冷片之熱電優值大約 0.5~1，

此發電磚發電已具備商用化價值。此熱電模組在製造過程是以燒結的方式產生，生產過程完全無汙染；此外，在使用的過程中，無機構動件無需潤滑，無聲、無摩擦損耗，一旦建置完成後，沒有使用年限老化耐候性問題。日後隨著研發熱電材料的熱電優值逐步提升，以此熱電發電的方式將會是未來主流的發電方式。

捌、參考資料

1. <http://www.ferrotec.com.tw/products/thermo/>
台灣飛羅德股份有限公司_致冷晶片製造商
2. <http://www.tande.com.tw/index.htm>
天地能源暨溫控器材行_致冷晶片通路商_致冷片介紹
3. 熱電優值 ZT 量測方法之研究與實作_國立台灣大學工學院機械工程研究所碩士論文，倪祥圃，指導教授：廖洺漢博士_熱電材料研製
4. 水熱法製備奈米 N 型半導體 $\text{Bi}_2\text{Te}_{2.7}\text{Se}_{0.3}$ 與 $\text{Bi}_{0.88}\text{Sb}_{0.12}$ 熱電材料暨熱電性質之探討_國立彰化師範大學物理研究所碩士論文，曹峻瑋，指導教授：劉嘉吉博士_熱電材料研製
5. <https://www.youtube.com/watch?v=KBL0-3hGs0A>
更有效熱電材料的開發 清華與加州理工學院跨國研究成果獲得刊登於自然通訊
6. <http://www.chinafujitaka.com/>
秦皇島富連京電子有限公司_致冷晶片製造商
7. <http://kijp.net/>
昆晶_致冷晶片製造商

【評語】 032813

1. 由於環境中熱能到處可見，該作品以熱電裝置出發，透過致冷晶片製備發電磚，將具備環保且有商用化的發電方法，且隨處可使用。
2. 而由於實驗成果顯現需有較大的溫差的應用方能凸顯應用的效益，可多思考尋找可用之穩定熱源以作為發電來源。
3. 此外可多討論詳述發電效益才能在較高視野來討論其成效。

★ 摘要

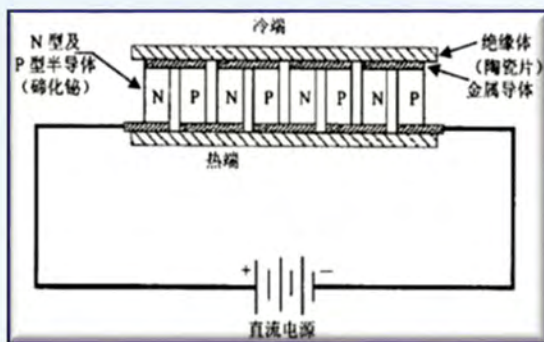
從科普文章中得知，當兩種不同材質的導體或半導體相接形成迴路，且此兩個材料有溫差存在時，此連接的迴路會產生電位差與電流。我們突發奇想，如果將致冷片製作成日曬發電磚，結合水塔水流管散熱，那麼太陽曝曬外牆的熱經由發電磚就能發電。我們將四片致冷片、銅片和一些材料製成發電磚並進行熱源模擬及冷面散熱，實驗數據證明當有溫度差 56°C 時的 1 米平方大小的發電磚可有 450 W 的發電功率，即 0.45 度(KWh)的發電量。進一步加上電子升壓電路模組及一些電子元件，將此實驗結果製作幾個實際應用案例，來點亮 LED 燈板；手機充電；溫差動力小船及溫差發電手電筒等。在未來當致冷片材料的熱電優值(ZT)有突破性的提升時，用致冷片發電是具備環保且商用化的發電方法。

壹、研究動機

地球暖化日益嚴重，一想到冷氣是罪魁禍首，而人們又不得不使用就覺得非常懊惱。一開始只是希望能夠找到環保發電的方法，後來無意間發現“致冷片”，直到學到“電”的部分，抓住這次做科展的機會，喚起我過往瀏覽科普圖書的記憶，決定著手試試看。

致冷片原理(如下)

圖一



當一塊 N 型半導體材料和一塊 P 型半導體材料(如圖一)聯結有電流通過時，兩端之間就會產生溫差，熱量就會從一端轉移

到另一端，而產生冷熱端。但是 1. 半導體自身存在電阻，當電流經過半導體時會產生熱量 2. 兩個極板之間的熱量也會通過空氣和半導體材料自身進行逆向熱傳遞。當冷熱端達到一定溫差，這兩種熱傳遞的量相等時，就會達到一個平衡點，正逆向熱傳遞相互抵消。此時冷熱端的溫度就不會繼續發生變化。為了達到更低的溫度，可以採取散熱等方式降低熱端的溫度來實現。(要去找最佳的熱電優質的材料才能提高效率) 簡而言之，致冷晶片的應用是物理現象

的重大發現，所有的能量使用與轉換的最終狀態都是轉換為熱量散失，致冷片使熱能成為可逆的。

致冷片內顆粒材料主要材料是碲(Tellurium)、鉍(Bismuth)、硒(Selenium)等等稀土元素，致冷片有非常多種電壓，從 5V~45V 都有，主要是應映不同的設計需求，靠一對對的 PN 材料進行串並聯電路，來產生不同的規格。上下兩面使用陶瓷是因為兩面材料要有“不導電”、“熱傳特性良好”、“堅硬可施壓加壓力”等特性。注意！致冷片只限直流電

貳、研究目的

一、研究一：了解致冷片工作原理

1. 實驗冷熱面溫度差與輸出電功率關係，進一步說明致冷片特性曲線的意義
2. 實驗致冷片輸入電功率與冷面致冷溫度的關係，進一步說明致冷片特性曲線的意義

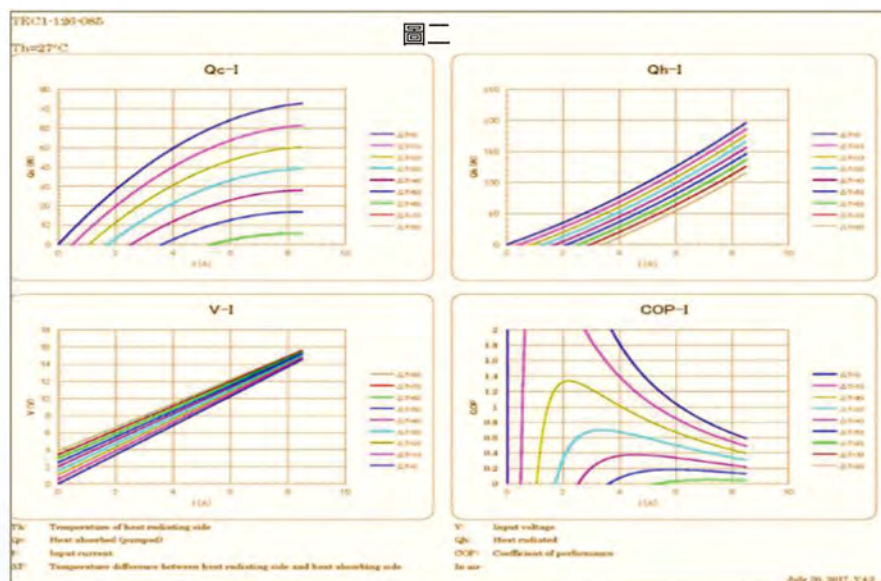
二、研究二：

1. 利用以上原理研製環保、無聲的發電磚
2. 將產出的電能加以利用，研製點亮 MR16 LED 燈板以及手機充電。

三、研究三：

1. 研製一艘溫差動力船
2. 研製一支以致冷片溫差發電的手電筒(體溫發電手電筒)

★ 實驗九:將發電量 W 提到最高



參、實驗器材及設備

實驗一

精密電錶
致冷片
吹風機

實驗二

溫度資料收集器*1
鋁箔膠帶*1
散熱膏*1
可調式直流電源供應器*1
T-type 測溫線*1
致冷片*1
熱管式散熱器*1

實驗三、四

1. 純銅片 10.00cm * 10.00cm 兩片
2. 矽膠加熱片*1
3. 致冷片四片 廠牌為 (SP1848 27145 SA)
4. 迷你魔加工機

5. 溫度控制器
6. 磁簧開關
7. 精密電錶*2 分別測電流及電壓
8. 溫度資料收集器*1 測溫度
9. K-type 測溫線*1 連接溫度控制器，測熱面溫度
10. T-type 測溫線*2 測兩種不同品牌致冷片冷面溫度
11. 散熱膏
12. 鋁箔貼紙
13. 白膠
14. C 型夾

實驗五

MR16 LED 燈泡拆出的 4 顆粒燈板一片：每顆工作電壓 2.5V~3.1V，燈板工作電壓 10V~12.4V
升壓模組(Boost 電路模組)：

升壓模組透過可調變電阻調整升壓後電壓達 12V，用以點亮 MR16 LED 燈板
基本材料 平底散熱片*2

實驗六

升壓模組(Boost 電路模組)：升壓模組達 0.8V 即可驅動，驅動後升壓為電壓固定輸出 5V，用以供應手機充電 5V 電壓

USB 手機充電線

實驗七

- (1). 牛奶罐
- (2). 美工刀
- (3). 白膠
- (4). Epoxy AB 膠
- (5). 致冷片*1
- (6). 散熱片*1
- (7). 散熱膏
- (8). 馬達

- (9). 風扇
- (10). 一號電池*8(四串兩並)
- (11). 電池座*8
- (12). 陶瓷發熱片 (4cm*4cm_5V/8W)
- (13). 指撥開關

實驗八

- (1) 牛奶罐
- (2) 美工刀
- (3) 白膠
- (4) Epoxy AB 膠
- (5) 升壓模組(0.8V 驅動為 5V 輸出)
- (6). 致冷片*2
- (7) 散熱片*2
- (8) 散熱膏
- (9) 白光 LED 顆粒*4
- (10) 竹筷(結構支撐用)

實驗九

更換加熱片



肆、探究與結果

研究一 實驗一

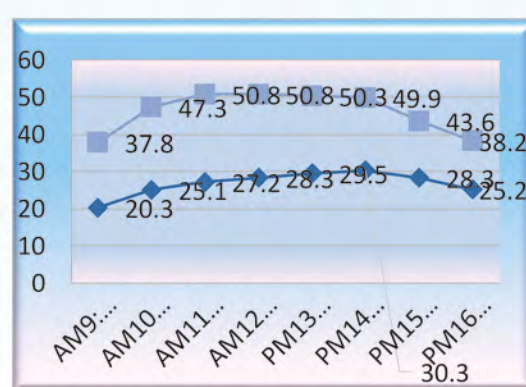
1. 以吹風機吹致冷片的熱面時，即會出現電流正讀數。吹風機吹熱面初期，冷熱面溫差最大，電流也最大，冷面溫度上升，冷熱面溫差縮小，電流變小，最後冷熱面達熱平衡，因此幾乎沒有電流輸出。(即圖三)
2. 此實驗說明Page2右下圖(COP I)，當冷熱面溫差為 0 時，無電流輸出。

研究一 實驗二 由以下(表一)(關係圖一)測試數據可說明 Page2 致冷片特性圖左下圖，電流(I)與電壓(V)為正比關係(實驗見圖四 五 六)。

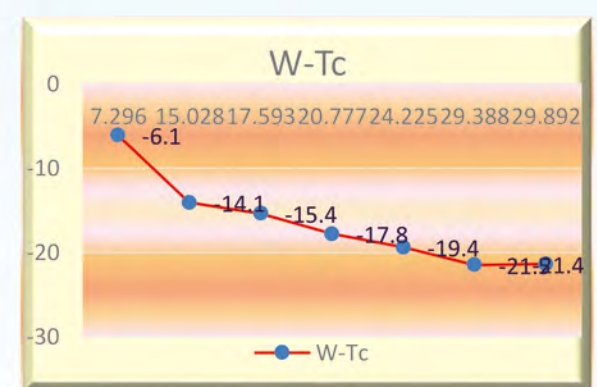
研究二 實驗三 實測銅板噴黑漆後，經一天日曬，紀錄時間與日曬溫度(關係圖二)(實驗見圖七 八)。

輸入電流(A)	輸入電壓(V)	輸入功率(W)	冷面溫度(°C)
1.52	4.8	7.296	-6.1
2.21	6.8	15.028	-14.1
2.41	7.3	17.593	-15.4
2.63	7.9	20.777	-17.8
2.85	8.5	24.225	-19.4
3.16	9.3	29.388	-21.5
3.18	9.4	29.892	-21.4

表一



關係圖一



關係圖二

研究二 實驗四

★ 利用以上原理製作環保、無聲的發電磚

1. 四片致冷片串連，接上兩台精密電表，進行電流及電壓測量(圖九，十)。並黏上一條 T-type 測溫線，測溫線連接溫度收集器，進行冷面溫度測量。打開電風扇，並在製冷片上擺上散熱片。
2. 當致冷片熱端溫度上升，致冷片內的 PN 顆粒材料有熱傳性，冷端的溫度亦會增加。於是放兩個散熱片在致冷片的冷面並打開電風扇吹散熱片，冷熱面溫差才拉大。(實驗結果見表二級關係圖三)

熱端溫度	冷端溫度	溫度差	環境溫度	電壓(V)	電流(A)	電功率(W)
35.2	25.7	9.5	25.4	1.479	0.1189	0.175853
37.9	26.0	11.9	25.6	1.742	0.1382	0.240744
40.1	26.3	13.8	25.7	1.971	0.1562	0.30787
41.1	26.6	14.5	25.7	2.073	0.1633	0.338521
42.6	26.8	15.8	25.7	2.189	0.1716	0.375632
43.8	27.1	16.7	25.6	2.338	0.1777	0.415463
46.2	27.6	18.6	25.9	2.579	0.1993	0.513995
48.1	28.1	20	25.7	2.795	0.2076	0.580242
50.3	28.6	21.7	25.6	2.989	0.2210	0.660569
52.3	29.2	23.1	25.7	3.186	0.2339	0.745205
53.8	30.2	23.6	25.7	3.297	0.2363	0.779081
54.6	30.6	24	25.7	3.338	0.2421	0.80813
55.7	30.6	25.1	25.6	3.494	0.2526	0.882584
57.2	31.2	25	25.7	3.557	0.2583	0.918773
59.3	32.6	26.7	25.7	3.581	0.2596	0.929628

表二

(型號：SP184827145 SA, 溫差對應發電功率結果如下)

當熱面溫度拉高時，冷面溫度也會提高，此致冷發電主要是靠冷熱面溫差產生輸出功率，溫差愈大，輸出功率越大。但由於致冷片內的顆粒仍有熱傳特性，熱面加熱，冷面必須要有良好散熱才能維持有功率輸出。



關係圖三

實驗五

將 MR16 燈板連接可調式電源供應器得知，MR16 工作電壓為 10V~12.4V 電壓，於是利用升壓模組(見圖十一 十二 十三)將電壓由 2.7v 升壓至 12v，連接串聯的燈板，即可點亮燈泡。

實驗六

10cm*10cm 大小的發電磚在 25°C 溫差能有 0.9W 電功率，對一隻 3.7V/1650mAh 的手機充電，由 0% 至 100% 充滿，大約花費 6~7 小時(見圖十四)。

實驗七

以 1 號電池電池盒四串兩並的方式連接一指撥開關，並連接陶瓷加熱片，將指撥開關開啟時，電池直流電源供應陶瓷加熱片加熱致冷片熱面，模擬船舶熱源，使致冷片冷熱面溫差達 25°C 時，致冷片發電達 0.45V 效果，連接小馬達使小船馬達轉動(過程見十五)

實驗八

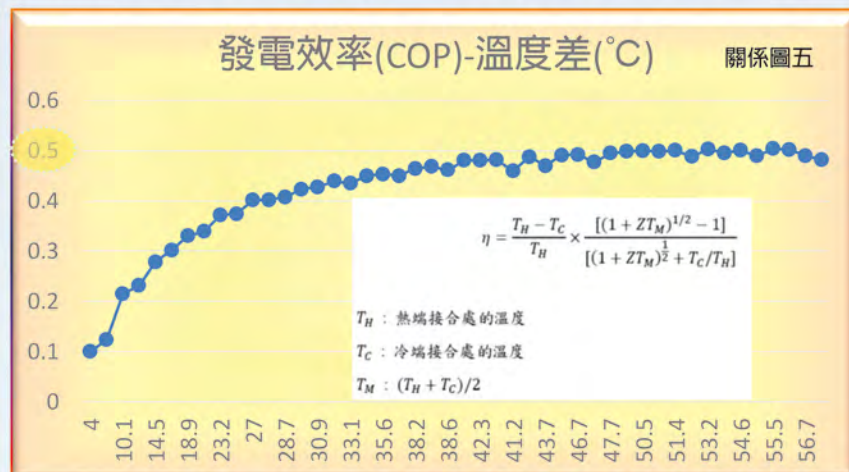
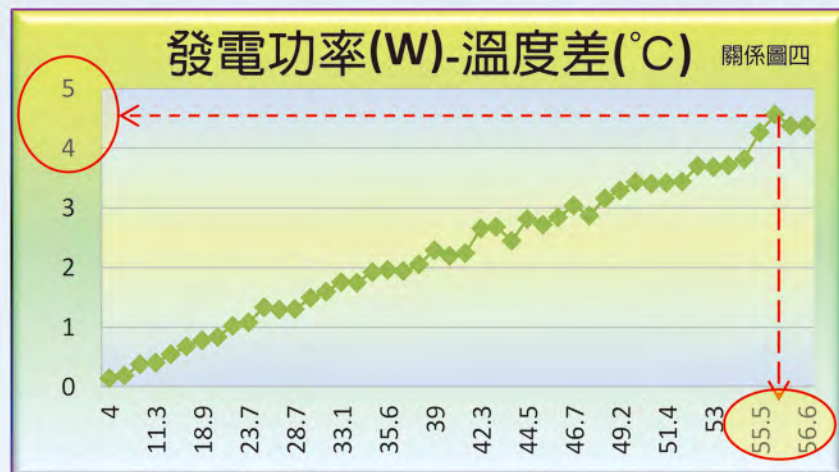
驅動 4 顆 LED 燈亮，需搭配升壓模組將電壓提升至 2.5V 以上，35°C 手溫透過致冷片發電來驅動四顆白光 LED 燈，至少需使用兩片致冷片串聯後才可達成。

手掌溫度大約 32°C~35°C，同時按壓兩片致冷片，當水溫為 0°C~5°C，即溫差要有 20°C~25°C 的狀態下，致冷片輸出電壓可達 0.8V 以上，經由升壓模組驅動電壓至 5V 後，自製手電筒的四顆白光 LED 顆粒可點亮。

此溫差發電手電筒為概念性作品，實際商業應用可製成保溫瓶，保溫瓶有灌入熱水及冷水兩個保溫瓶瓶身，內有致冷片、電路結構與杯燈及燈罩等裝置。在野外露營時，熱水與冷水取得極為容易，此概念極具商用化產品價值。

實驗九

將矽膠加熱片更換為 110V/100W 以能夠有較高的加熱功率及較大冷熱面溫差，重新進行實驗四。(實驗見 P16 圖十六 十七)



由實驗結果可以得知 4 片致冷片在 56°C 溫差，可以有 4.5W 的發電量，換算為每平方米發電量有 450W/m² 的發電量。由一開始實驗的 2W/m² 發電量過低；進一步測試更多品牌致冷晶片並重新找出可能的問題及方向，我們獲得到實驗四的 90W/m²，再進一步改良實驗方法，現在獲得的實驗數據比矽晶太陽能模板大 3 倍的發電量，熱電發電預期是具備商業應用的發電方法。

伍 討論及結論

1. 熱電致冷片發電，主要是要將冷熱面溫差拉大才能有越大的發電量，我們進一步發現熱電材料的熱電優值(ZT)是熱電轉換效率的關鍵；

$$ZT = \frac{S^2 \sigma}{K} T$$

其中 $(K = K_e + K_l)$
S: 席貝克係數(Seebeck Coefficient, V/K)
T: 絕對溫度(Absolute Temperature, K)
 σ : 導電率(Electric Conductivity, 1/ $\Omega \cdot m$)
K: 熱傳導係數(Thermal Conductivity, W/mK)
 K_e : 電子熱傳導係數(Electric Thermal Conductivity)
 K_l : 晶格熱傳導係數(Lattice Thermal Conductivity)

熱電優值 ZT 值越高，代表熱能轉換為電能的輸出越高，若要提高熱電轉換效率，就要發現一種是“可導電”且“熱傳導率很差”的材料，但是一般無論是金屬或半導體的物理性質都是導電率與熱傳導率成正比關係；因此，若能發現適當的材料並微結構化應用在熱電轉換上，將會是一項重大的發現。當熱電優值可達到 2.5 時，家用冷氣將可運用致冷片製造冷氣空調，完全可取代冷媒壓縮機。相對地，可將汽車廢熱、鍋爐廢熱、船舶廢熱，太陽熱能都轉換產生電能。

2. 由此發電磚的研究結果可知，以此 10cm*10cm(4 片致冷片構成)的發電磚大小換算為每米平方大小的產電量在有 56°C 溫差的狀況可產電 450W 的發電功率，也就是 0.45 度(KWh)的發電量。矽晶太陽能模板，每設置 1kW 約需 10 平方米(100W/m²)；非矽晶太陽能模板，每設置 1kW 約需 18 平方米(55W/m²)。以實驗九結果得知，此熱電發電磚的發電量比矽晶太陽能模板商用發電量高出 3 倍。以現今的致冷片之熱電優值大約 0.5~1，此發電磚發電已具備商用化價值。此熱電模組在製造過程是以燒結的方式產生，生產過程完全無汙染；此外，在使用的過程中，無機構動件無需潤滑，無聲、無摩擦損耗，一旦建置完成後，沒有使用年限老化耐候性問題(如航海家 1 號的熱電發電至今 41 年)。日後隨著研發熱電材料的熱電優值逐步提升，使用熱電轉換的發電的方式將會是未來主流的發電方式。



陸 未來展望

若將現有商用的致冷片製作為 1 米平方大小的發電模組，此發電模組有熱水輸入與輸出通道在數個致冷片模組熱面，以及發電模組有冷水輸入與輸出通道在數個致冷片模組冷面。

此一米平方大的發電模組可廣泛應用於大樓頂經太陽曝曬後的熱水與水塔內的冷水管來發電；可實際應用於船舶發電，船舶內本身就熱水管與冷水管用來冷卻船舶引擎；可實際應用於汽車引擎廢熱發電，汽車本身有冷水水箱用來冷卻引擎，連接此發電模組再另加一組冷水排進行發電。以上幾種實際應用方式，都是具備商用發電效益的。



柒 參考資料及其他

1. <http://www.ferrotec.com.tw/products/thermo/> 台灣飛羅德股份有限公司_致冷晶片製造
2. <http://www.tande.com.tw/index.htm> 天地能源暨溫控器材行_致冷晶片通路商_致冷片介紹
3. 熱電優值 ZT 量測方法之研究與實作_國立台灣大學工學院機械工程研究所碩士論文，倪祥園，指導教授：廖洛漢博士_熱電材料研製
4. 水熱法製備奈米 N 型半導體 Bi₂Te_{2.7}Se_{0.3} 與 Bi_{0.88}Sb_{0.12} 熱電材料暨熱電性質之探討_國立彰化師範大學物理研究所碩士論文，曹峻璋，指導教授：劉嘉吉博士_熱電材料研製
5. <https://www.youtube.com/watch?v=KBL0-3hGs0A> 更有效熱電材料的開發_清華與加州理工學院跨國研究成果獲得刊登於自然通訊
6. <http://www.chinafujitaka.com/> 秦皇島富連京電子有限公司_致冷晶片製造商
7. <http://kijp.net/> 昆晶_致冷晶片製造商