

中華民國第 60 屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別： 生活與應用科學科(一) (機電與資訊)

組 別： 國小組

作品名稱： 移動綠能-汽車廢熱溫差發電儲電

關 鍵 詞： 溫差發電晶片、再生能源、物聯網

編號：

摘要

延續 59 屆科展實驗「溫度與電的魔法師」，找出了汽車廢熱發電最佳及溫差最大的位置，透過文獻探究，本次實驗重點為晶片平貼熱端及冷端、阻隔冷熱溫度、保冷，獲得穩定的發電，加以儲電模組運用，讓汽車廢熱實際成為綠能應用；每天數以萬計的車輛行駛，便有數不清的發電系統，廢熱環保再回收，上班開車出門，下班充飽電回家再利用；藉由老師指導，使用物聯網晶片，持續監測比較生成電壓值，並透過研究發現並聯二組串接 10 片溫差晶片數可以增加生成電流，提高充電效率，縮短充電時間；後續研究將朝向提升發電效益持續深入探討。

壹、研究動機

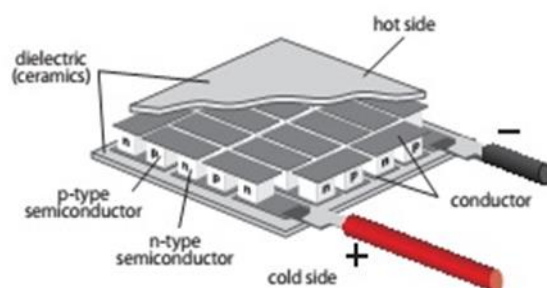
組員家庭事業為汽車修護廠，每天穿梭在不同燒燙燙的引擎之間，因此有了利用引擎廢熱環保發電的想法，延續 59 屆科展實驗，「溫度與電的魔法師」找出了汽車廢熱溫差發電最佳位置，本次實驗改善冷端為晶片與蒸發器完全平貼，以求更佳發電效果，並思考著如何運用 3 號電池、18650 電池及行動電源進行儲電模組實驗設計，在長時間使用的車輛上安裝此發電裝備，每天都可發電並將儲存電力運用在日常生活中，完成未完的科學探究。

貳、研究目的

由最初學校做過溫差晶片實驗，接著在 59 屆科展實驗在車上找出最佳發電位置，本次實驗改善冷端接觸面，針對汽車廢熱溫差發電與儲電運用，繼續作深入探討：

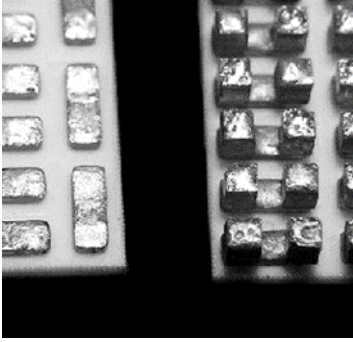
- 1、探討銅片的厚度對導熱速度的影響？
- 2、探究溫差晶片串接數量對溫差發電生成電壓的影響？並修正上次實驗中的疑惑？
- 3、探討溫差晶片串接數量對 18650 充電電池所需時間的影響？
- 4、探究溫差晶片並聯數量對 18650 充電電池所需時間的影響？
- 5、探討儲電模組對汽車廢熱溫差發電能量的有效儲存與應用？

參、研究設備



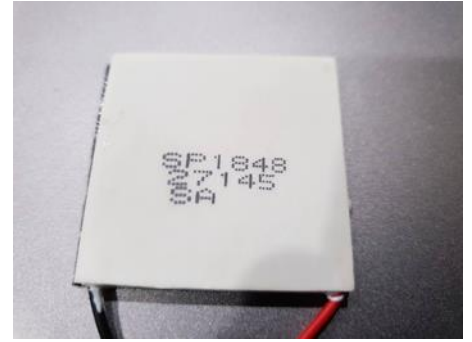
及器材

一、SP1848-27145 半導體溫差發電晶片



溫差發電晶片是以P型及N型半導體作為冷熱兩端，鈹、碲、硒、銻、和特殊摻雜劑熱電元件晶體

發電片尺寸：40MM 長*40MM 寬*4MM 高



有字的一面帖近於散熱面（冷端）

無字的一面帖進於吸熱面（熱端）

紅色線接正極，黑色線接負極，有溫差時既可發電。

廠商提供 SP1848-27145 參數如下：

溫差 20 度：開路電壓 0.97V ，發電電流：225MA

溫差 40 度：開路電壓 1.8V ，發電電流：368MA

溫差 60 度：開路電壓 2.4V ，發電電流：469MA

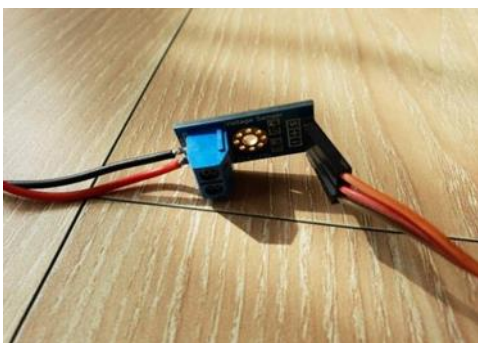
溫差 80 度：開路電壓 3.6V ，發電電流：558MA

溫差 100 度：開路電壓 4.8V ，發電電流：669MA

在實際使用時，接線及加裝升壓片，電流會有損失。

工作溫度：-40°C ~ 120°C

二、電壓感測器



用來監測目前溫差發電晶片所產生的電壓，並將其轉換成類比訊號，供相關微控制器進行使用。

三、WF8266R 網路模組

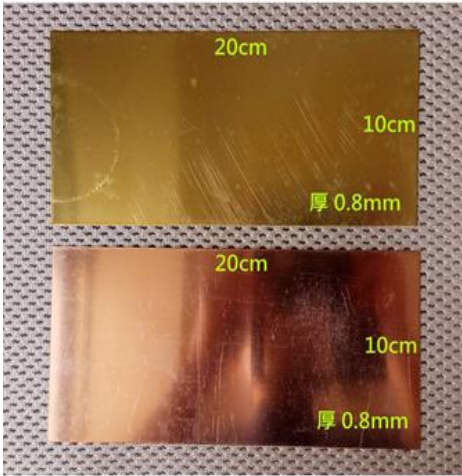
具備無線網路功能的微控制器，其 ESP8266 晶片，並開發成獨立的控因此具備基本的電力、監控及傳輸



網路功能是基于制板，脚位，

可以做為一般的電子電路控制使用。

四、銅片



熱導率 κ 是指材料直接傳導熱能的能力，或稱熱傳導率。

石磨烯=導熱率 $Wm^{-1}K^{-1}$ (4840±440) ~ (5300±480)

金剛石=導熱率 $Wm^{-1}K^{-1}$ 900 ~ 2320

銀=導熱率 $Wm^{-1}K^{-1}$ 420

銅=導熱率 $Wm^{-1}K^{-1}$ 401

黃金=導熱率 $Wm^{-1}K^{-1}$ 318

鋁=導熱率 $Wm^{-1}K^{-1}$ 237

五、Kapton Polyimide 雙面高溫耐熱膠帶 Double Sided



以 0.025 毫米 polyimide 為基材，雙面塗佈進口有機矽膠，

總厚為 0.095 毫米。可單面或雙面複合 PET 氟塑離型膜。

產品規格：長度 10M，寬度可任意分切

用途：可用作高檔電子絕緣材料和在各種耐高溫環境中輔助固定使用，如軟性電路板生產，電子元器件高溫貼合；它也特別適用於軟性電路板貼片過回流焊時與制具固定。

產品特點：基材塗佈耐高溫矽膠而成，黏性佳，服貼性好，耐高溫，耐溶劑，不滲錫，不殘膠用於電子工業中，印刷線路板鍍金手指，熱風錫孔加工及過錫爐中各階段遮蔽保護。經過特殊處理的耐高溫絕緣材料薄膜，又名 FILM 為基材，具優異絕緣性，耐穿性，耐酸性鹼，可耐高溫 300 度/ 10 分鐘，260 度可長時間使用。

六、儲電設備

- 3 號電池
- 18650 電池
- 行動電源

八、WF8266R 物連雲 APP

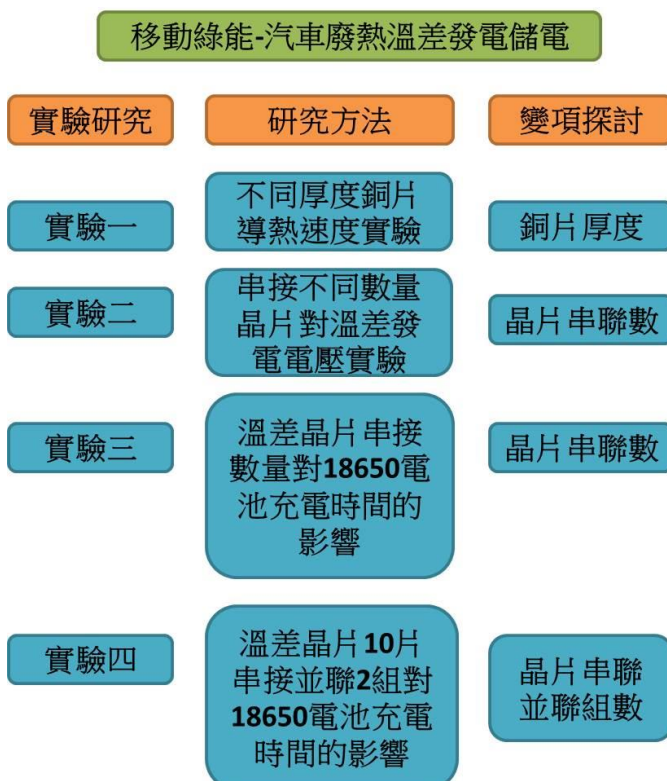


九、ThingSpeak 雲端資料庫



肆、研究過程及方法

一、研究流程圖



二、實驗步驟

(一) 硬體建構

1. 將溫差發電晶片的正負極正確的接在電壓感測器上的接孔。
2. 將電壓檢測器杜邦端子的「+」接「VCC」、「S」接「ADC」、「-」接「GND」腳位，如

圖 1 所示。

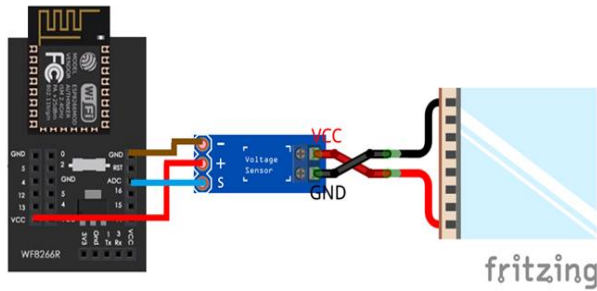
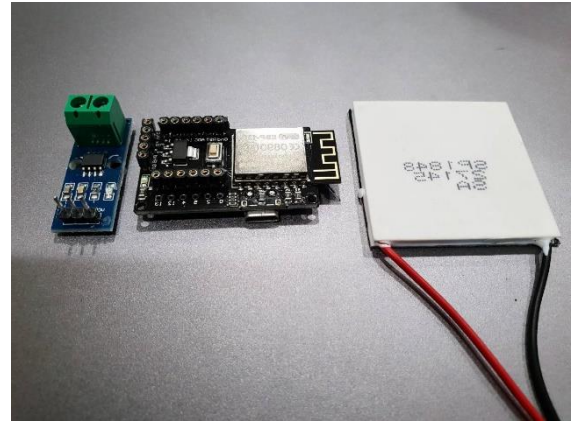


圖 1. 各電子元件電路接線



3. 將 WF8266R 通上電源。

(二) 實驗變項

1. 實驗一: 不同厚度銅片導熱速度實驗

操作變項: 銅片厚度

固定變項: 一片溫差晶片、相同時間、相同熱源

應變變項: 溫度

2. 實驗二: 串接不同數量晶片對溫差發電電壓實驗

操作變項: 晶片串聯數(從一片晶片串聯至二十片晶片)

固定變項: 銅片厚度 2mm、相同冷熱源

應變變項: 發電電壓

3. 實驗三: 溫差晶片串接數量對 18650 電池充電時間

操作變項: 晶片串聯數(10 片晶片串聯及二十片晶片串聯)

固定變項: 銅片厚度 2mm、相同冷熱源溫差、相同規格 18650 充電電池

應變變項: 充飽電所需時間

4. 實驗四: 溫差晶片 10 片串接並聯 2 組對 18650 電池充電時間

操作變項: 晶片串聯數(10 片串接並聯 2 組、5 片串接並聯 4 組)

固定變項:銅片厚度 2mm、相同冷熱源溫差、相同規格 18650 充電電池

應變變項:充飽電所需時間

(三) 網路模組連線安裝與設定

1. 使用手機先下載「WF8266R」的 APP「芝麻管家」，並連線 WF8266R 網路模組的網路，網路模組 ssid 名稱通用格式為「UNU-WF8266R-XXXX」，XXXX 代表網路模組序列號後四碼，不足八碼前面補 0。如圖 2 所示。



圖 2. 密碼 13736750



WF8266R 網路模組

2. 開啟 APP，點選右上的「+」管家，選擇無限網路，輸入密碼，如圖 3 所示，輸入完畢點選「連接 Internet」，等待 30 秒，等待時網路模組天線旁的 LED 燈會長閃，腳位旁的 LED 燈會急閃；連線完成僅天線旁的 LED 燈會亮，如圖 4 所示。這個步驟讓 WF8266R 模組透過無線網路熱點，達到網際網路當中。



圖 3. 輸入密碼



圖 4. 連線完成

3. APP 畫面進入網路模組資料設定的畫面，自動填入「Device」及「UUID」兩個欄位，只要命名並按下右上角的打勾即完成設定，如圖 5 所示，也可以掃描模組的 QR-Code 填入資訊。

4. 設定完成後，將手機連上無線網路〈WF8266R 模組跟手機同一網路〉，若設定正確會出現如圖 6 的訊息，若 IP 出現 0.0.0.0 如圖 7，可長按模組上 Reset 進行重設。



圖 5. APP 設定完成



圖 6. 連線設定正確



圖 7. 連線設定有誤

(四) 檢查溫差發電晶片電量數據

由於溫差晶片接在電壓感測器上，須將 ADE 腳位所獲得數值進行換算，才可以得到溫差發電晶片所產生的電壓，網路模組所測得最高電壓為 3.3 伏特、最小電壓為 0 伏特；ADC 腳位所獲得最大數值為 1023、最小為 0，因此換算成電壓的計算方式如下：

$$\text{電壓} = 3.3 \div 1024 \times \text{ADC 腳位數值}$$

(五) 使用網路模組蒐集數據儲存至雲端資料庫

1. 登入 ThingSpeak 雲端資料庫，建立新頻道〈Channel〉，為頻道命名及存檔，完成後會顯示一個空白數據圖，將蒐集到的數據，以折線圖的形式繪製出來。切換頁面至「API Keys」，如圖 8 所示。

2. 回到網路模組 APP，選擇選單上的「元件」，再選擇「GPIO」，腳位欄位填入 WF8266R 定義 ADC 腳位的編號「20」，將 ThinkSpeak 的 API Key 填入，完成後按右上方的打勾，上傳頻率欄位由 60 改成 5，每 5 秒上傳一次資料，如圖 9 所示，最後按下「加入排程」，寫入事件清單成功。



圖 8. 輸入 API Key



圖 9. 監聽頻率改成 5 秒

3. 完成後，點選選單上的「事件」，檢查事件是否寫入其中，如圖 10 所示，確認無誤後，按下「寫入 ROM」，此功能可以將事件紀錄在 WF8266R 的記憶體中，若下一次斷電重新開啟，不須重新設定，通電後即可繼續進行監測目前溫差發電所產生的電量數據。

4. 將裝置放置在實驗的地點，靜置一段時間進行數據蒐集，如圖 11 所示。



圖 10. 事件排程

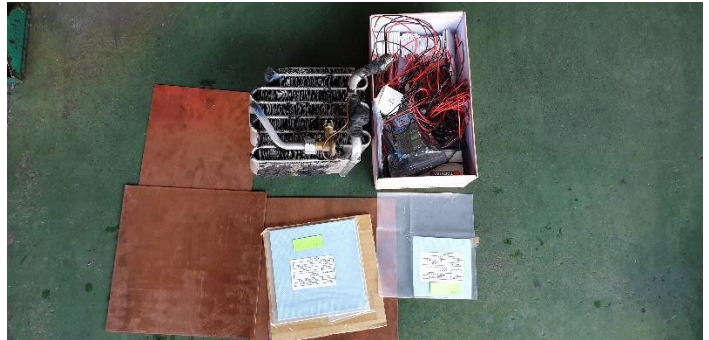


圖 11. 數據蒐集

(六) 數據匯出與分析

1. 登入 ThingSpeak，點選先前所建立的頻道，如圖 12 所示。選擇「Data Import/Export」連結，如圖 13 所示，按下頁面中的「Download」按鈕，會下載一個「feed.csv」的檔案，用 Excel 開啟，另存「Excel 活頁簿」檔案以利編輯。

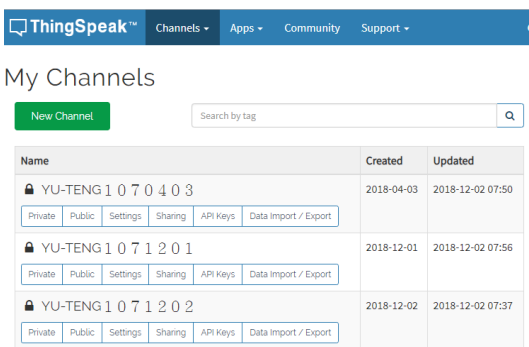


圖 12. 點選建立的頻道

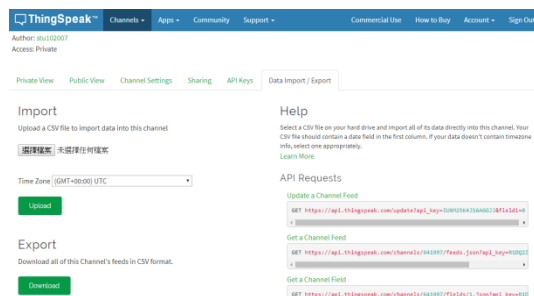


圖 13. 下載數據

2. 開啟本檔案後，會出現「時間」、「次序」及「數值」三個欄位，分析之前需先將數值由 ADC 腳位換算成電壓，使用 Excel 公式，在 D 欄中第一筆資料的位置，輸入公式「=3.3/1024*C2」進行換算，並透過下拉功能將所有欄位換算完畢，如圖 14 所示。

3. 求本次蒐集數據

最大值「=MAX(D:D)」，

最小值「=MIN(D:D)」、

平均值：「=AVERAGE(D:D)」

4. 選取「時間欄位」與「電壓值」使用 Excel 重新繪製折線圖，如圖 14 所示。

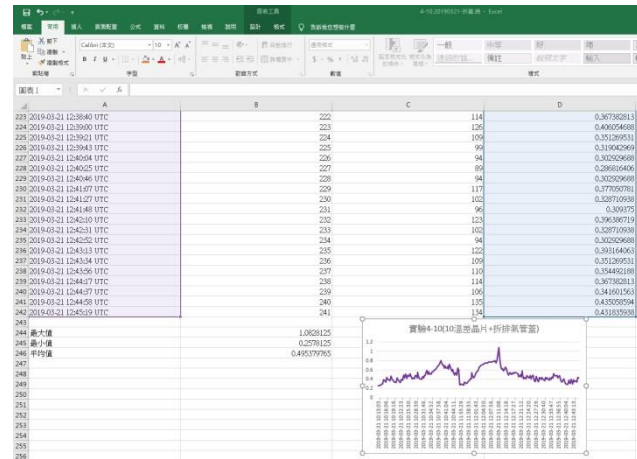
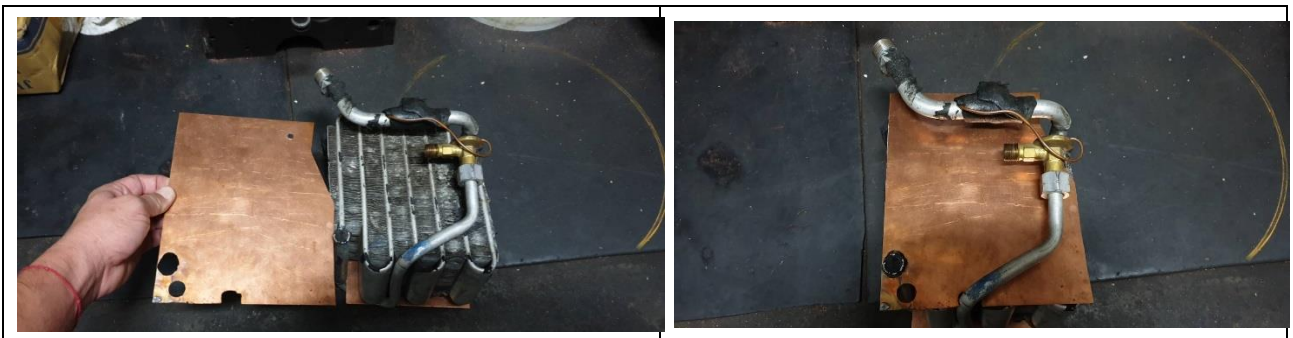


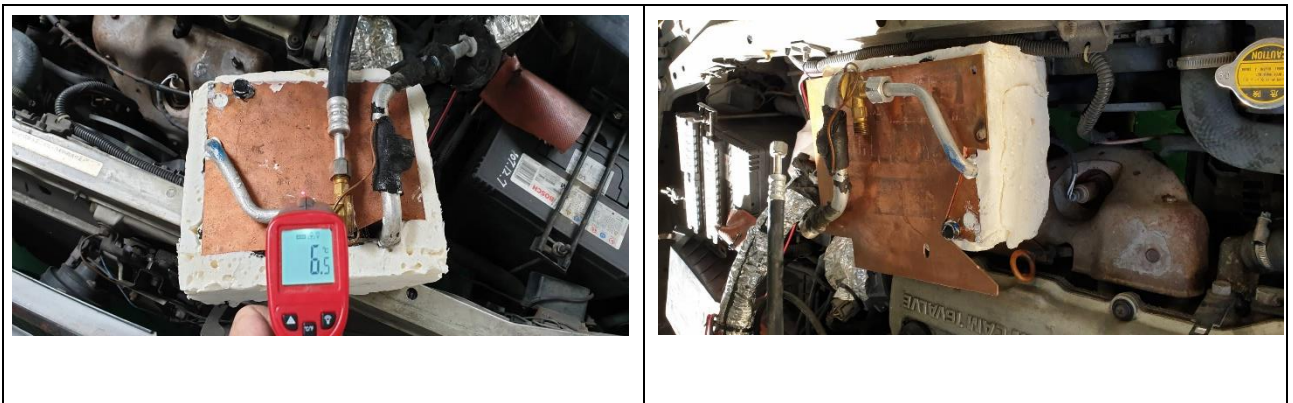
圖 14. 數值轉換成電壓及繪製折線圖

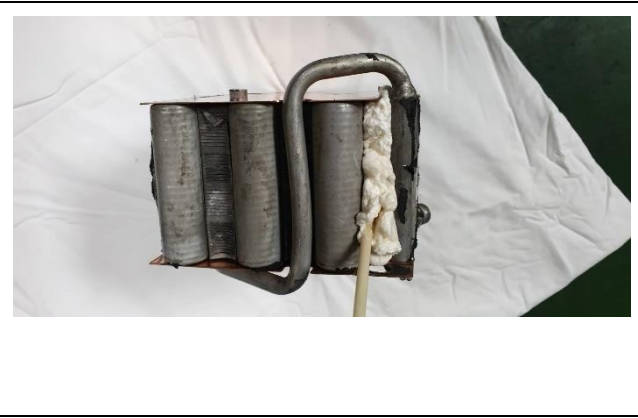
(七) 車輛設備安裝

1. 先安裝冷端銅片

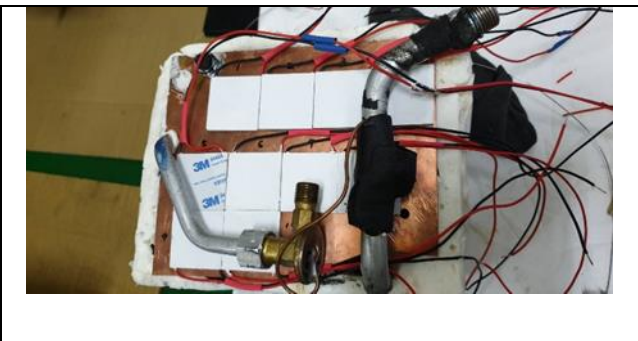
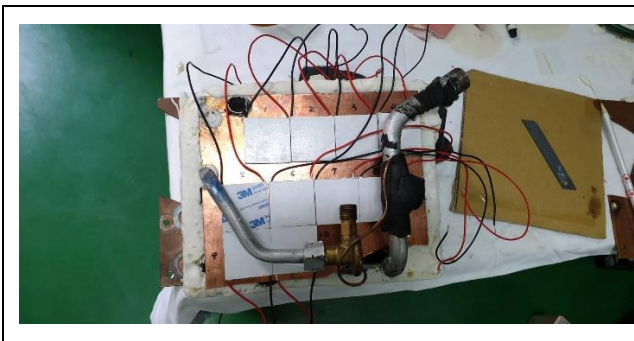


2. 蒸發器噴上發泡劑（銅片部分不要噴），放置引擎室上方後，先測量銅片溫度，此為冷端。

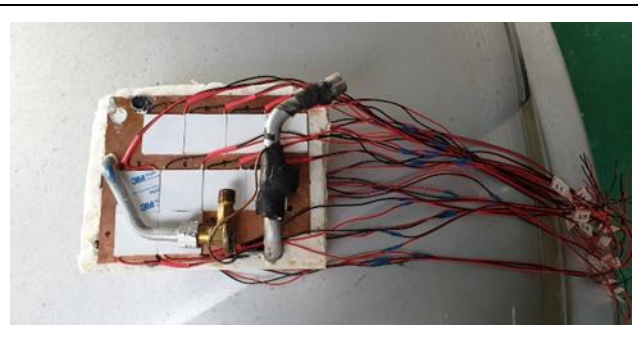
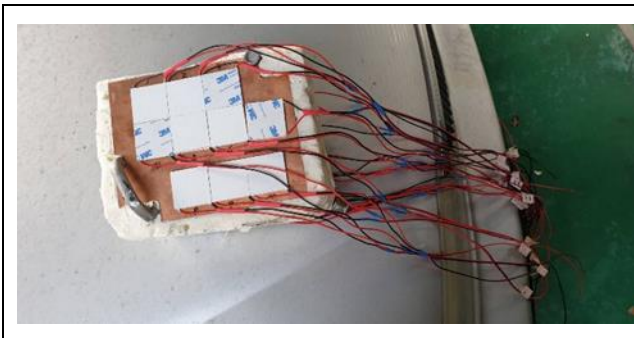




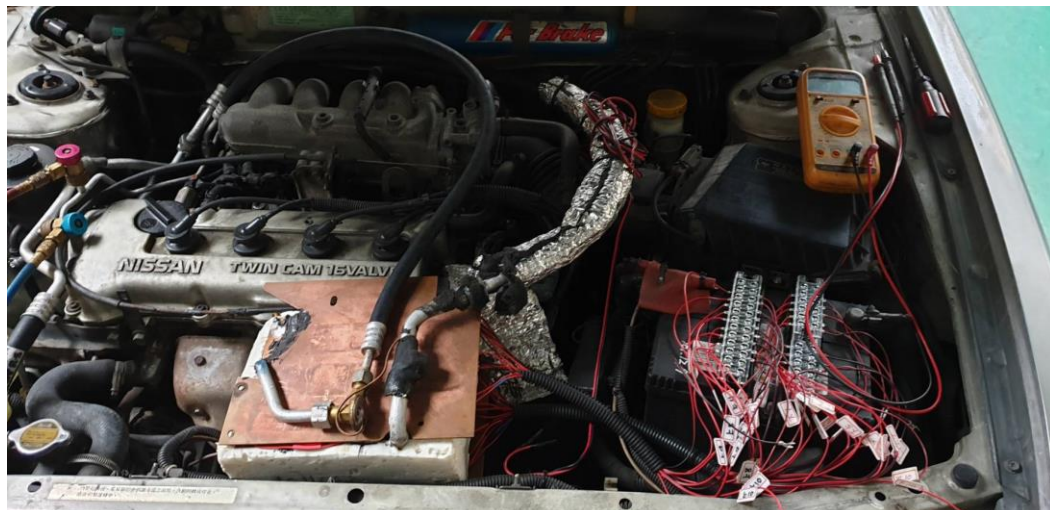
3. 蒸發器取上下兩面為冷端，將晶片有字的那一面貼在蒸發器銅片上。

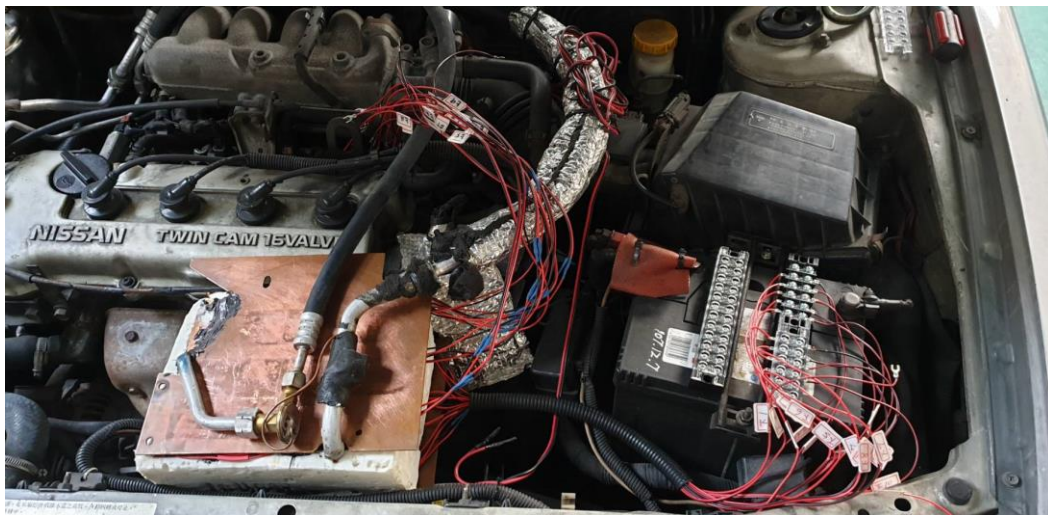


4. 將每片晶片的正極線及負極線標示編號，以利串聯、並聯實驗。



5. 將組裝好的蒸發器安裝於引擎室內，將正負極線接在端子上，以端子轉換並聯或串聯，進行實驗。





伍、研究結果

一、實驗一:不同厚度銅片導熱速度實驗

操作變項:銅片厚度

固定變項:一片溫差晶片、相同時間、相同熱源

應變變項:溫度

銅片厚度	30 秒	60 秒	120 秒
0.025mm	30.6 度	31.4 度	33.5 度
0.3mm	28.1 度	28.0 度	28.6 度
0.8mm	28.2 度	27.9 度	28.0 度
2mm	28.2 度	28.0 度	28.0 度



測試銅片溫度

熱源為鹵素燈

小結:由實驗數據得知薄銅片導熱快、散熱快,若時間拉長,冷熱溫度維持,厚銅片較佳,溫度不易浮動。

二、實驗二:串接不同數量晶片對溫差發電電壓實驗

操作變項:晶片串聯數(從一片晶片串連至二十片晶片)

固定變項:銅片厚度 2mm、相同冷熱源

應變變項:發電電壓

實驗 2-1:鐵桶及蠟燭模擬實驗-串聯

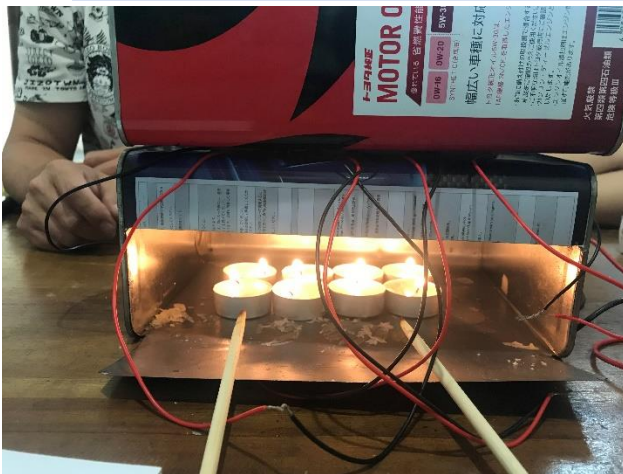
	冷端溫度 $^{\circ}\text{C}$	熱端溫度 $^{\circ}\text{C}$	溫差 $^{\circ}\text{C}$	電壓值(V)
1 片晶片	18.0	57.0	39.0	0.688
2 片晶片	19.7	67.3	47.6	1.421
3 片晶片	21.3	60.4	39.1	2
4 片晶片	22.6	67.2	45.4	2.42
5 片晶片	22.6	59.6	37	3.23
6 片晶片	26	71	45	3.73
7 片晶片	31.4	80.9	49.5	5.9
8 片晶片	29.2	89.7	60	6.2



蠟燭模擬熱端



串聯一片到 8 片



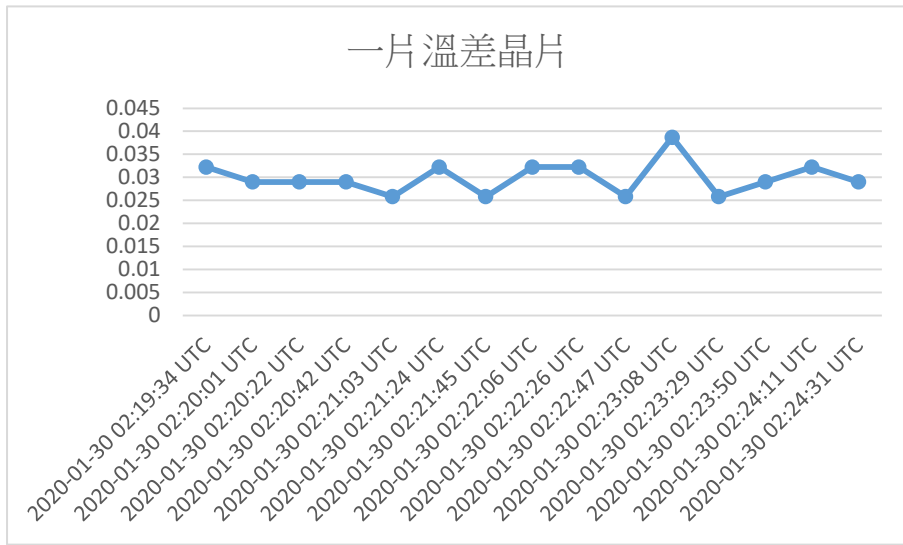
蠟燭實際燃燒模擬熱端



三用電表實際量測電壓

小結:由實驗數據得知串聯越多，電壓值越高，同時也發現實測值與廠商提供理論值有很大落差，經詢問專家才了解在實際使用時，接線及加裝升壓片，電流會有損失。

實驗 2-2 汽車廢熱真實實驗:一片溫差晶片



電壓最大值 :

0.038671875

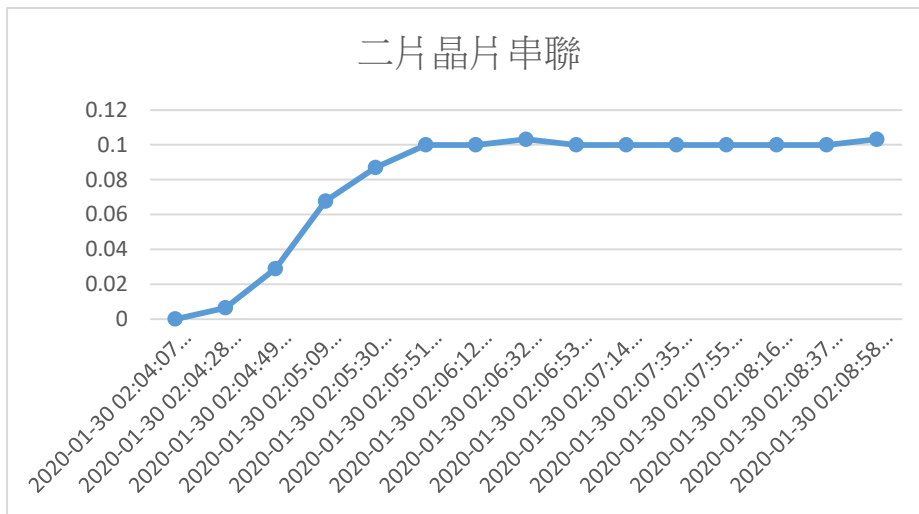
電壓最小值 :

0.02578125

電壓平均值 :

0.029863281

實驗 2-3 汽車廢熱真實實驗:二片溫差晶片串聯



電壓最大值 :

0.103125

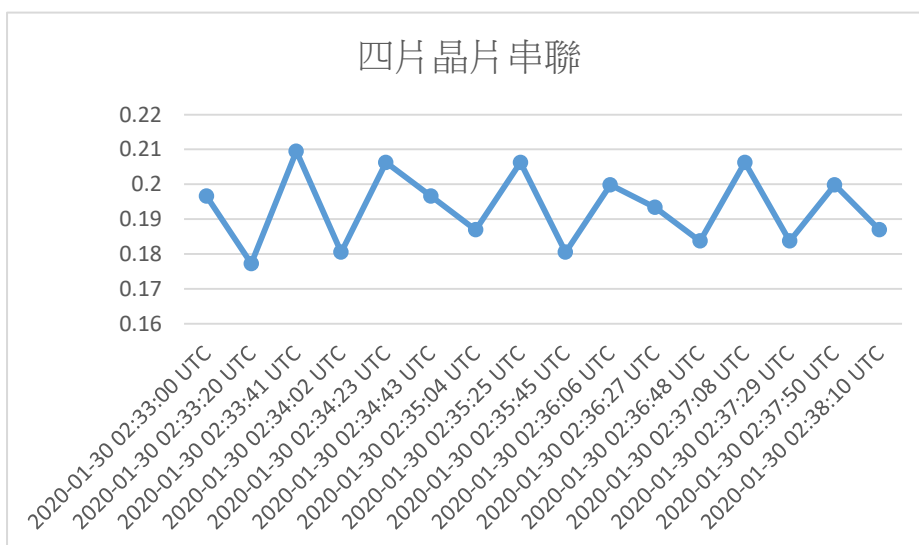
電壓最小值 :

0

電壓平均值 :

0.079707031

實驗 2-4 汽車廢熱真實實驗:四片溫差晶片串聯



電壓最大值 :

0.209472656

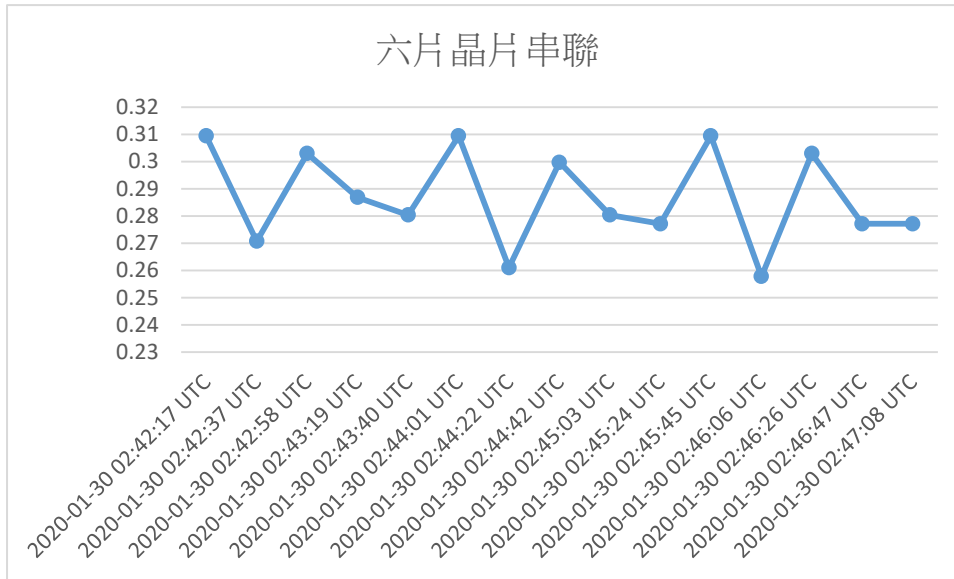
電壓最小值 :

0.177246094

電壓平均值 :

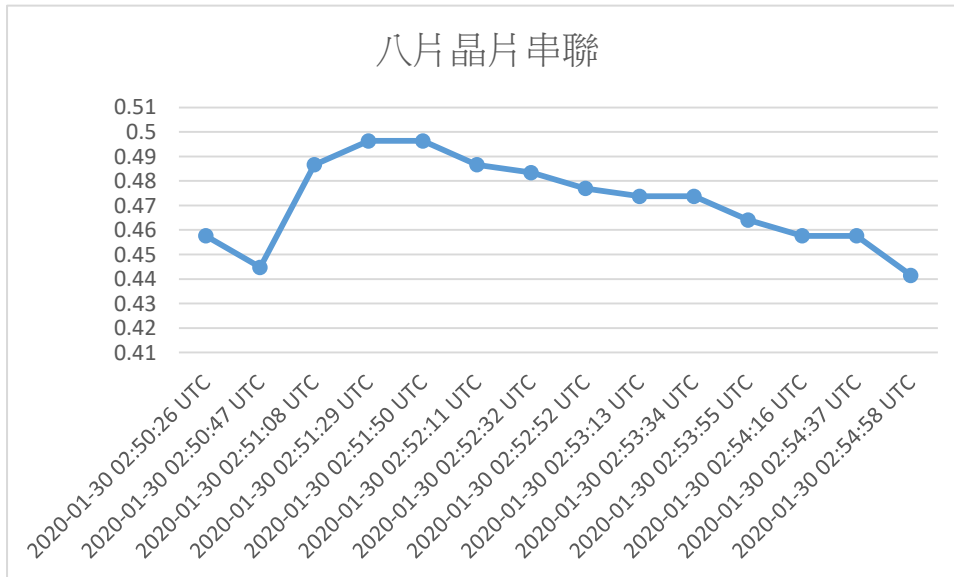
0.193359375

實驗 2-5 汽車廢熱真實實驗:六片溫差晶片串聯



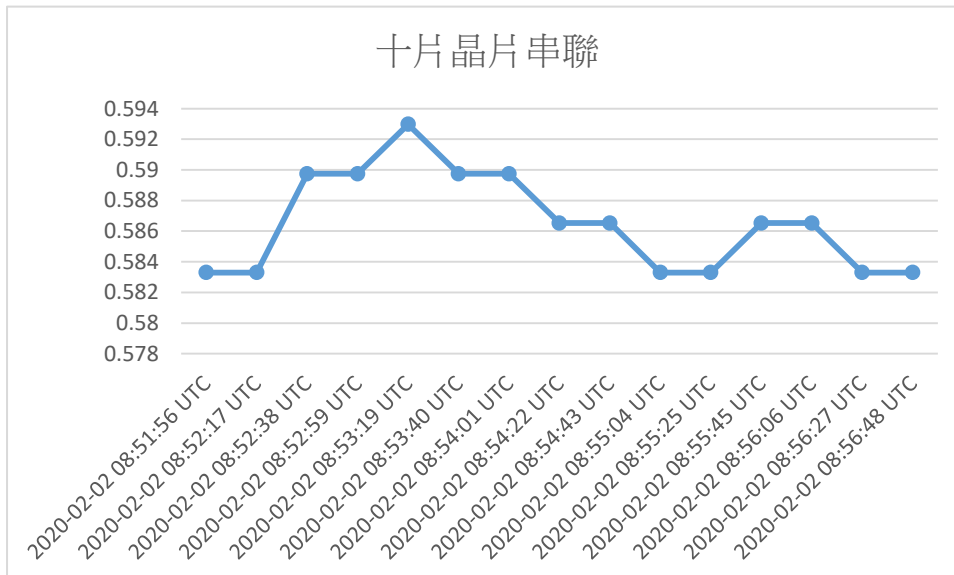
電壓最大值：
0.309375
電壓最小值：
0.2578125
電壓平均值：
0.286816406

實驗 2-5 汽車廢熱真實實驗:八片溫差晶片串聯



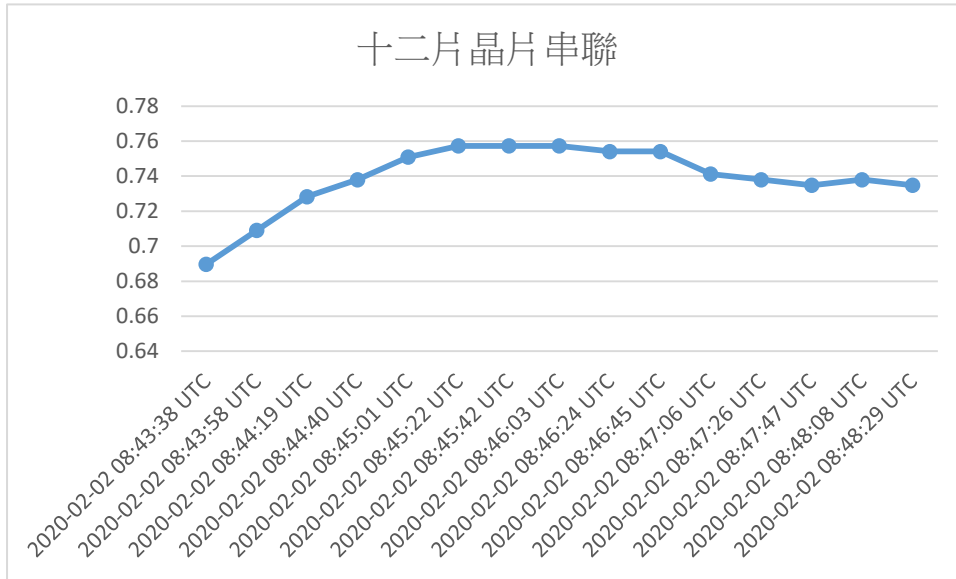
電壓最大值：
0.496289063
電壓最小值：
0.441503906
電壓平均值：
0.471198382

實驗 2-6 汽車廢熱真實實驗:十片溫差晶片串聯



電壓最大值：
0.59296875
電壓最小值：
0.583300781
電壓平均值：
0.586523438

實驗 2-7 汽車廢熱真實實驗:十二片溫差晶片串聯



電壓最大值 :

0.757324219

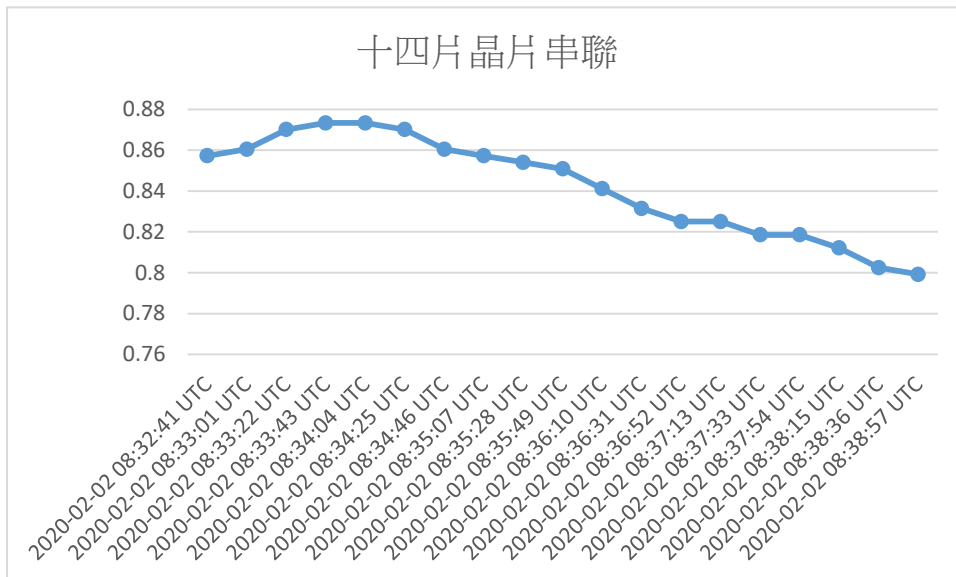
電壓最小值 :

0.689648438

電壓平均值 :

0.738847656

實驗 2-8 汽車廢熱真實實驗:十四片溫差晶片串聯



電壓最大值 :

0.873339844

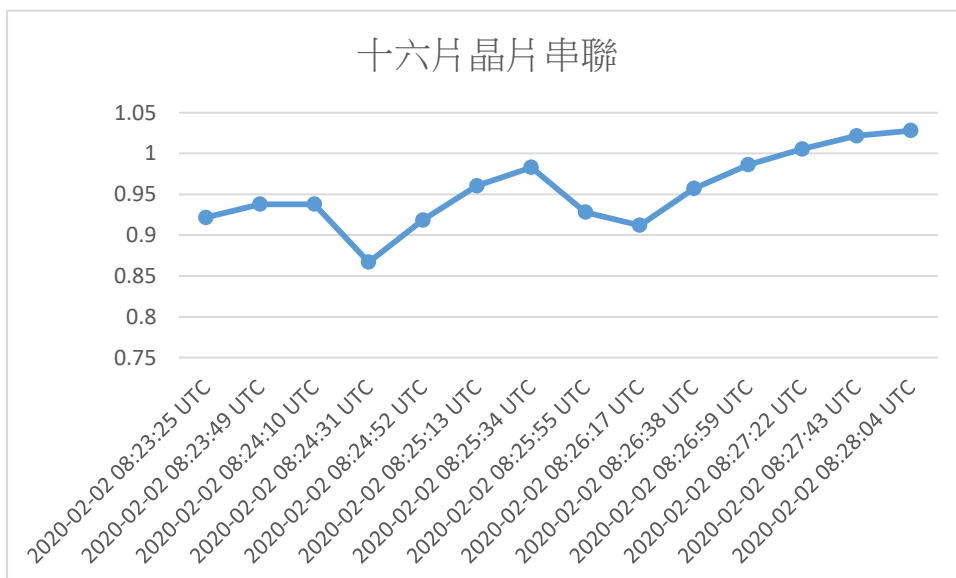
電壓最小值 :

0.79921875

電壓平均值 :

0.842130962

實驗 2-9 汽車廢熱真實實驗:十六片溫差晶片串聯



電壓最大值 :

1.028027344

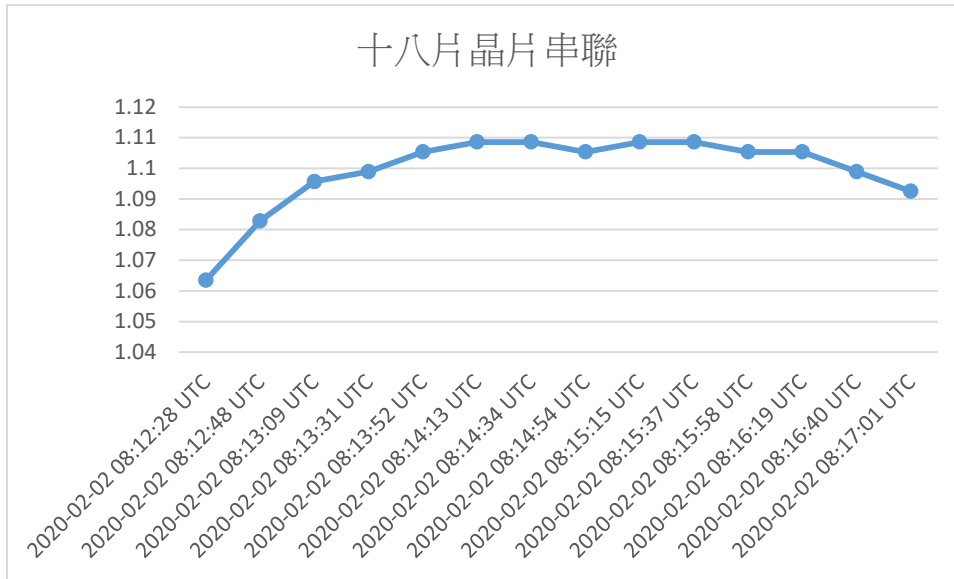
電壓最小值 :

0.866894531

電壓平均值 :

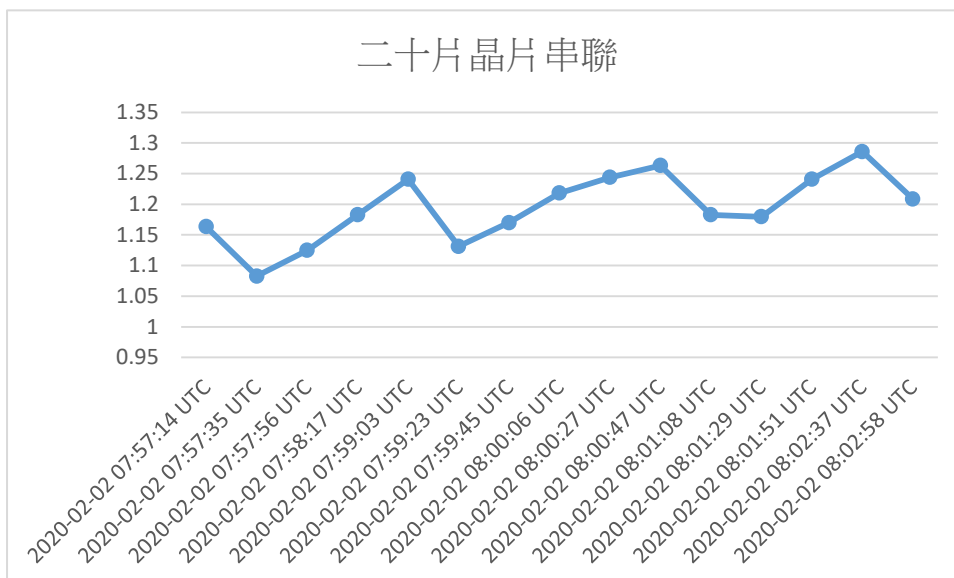
0.954596819

實驗 2-10 汽車廢熱真實實驗:十八片溫差晶片串聯



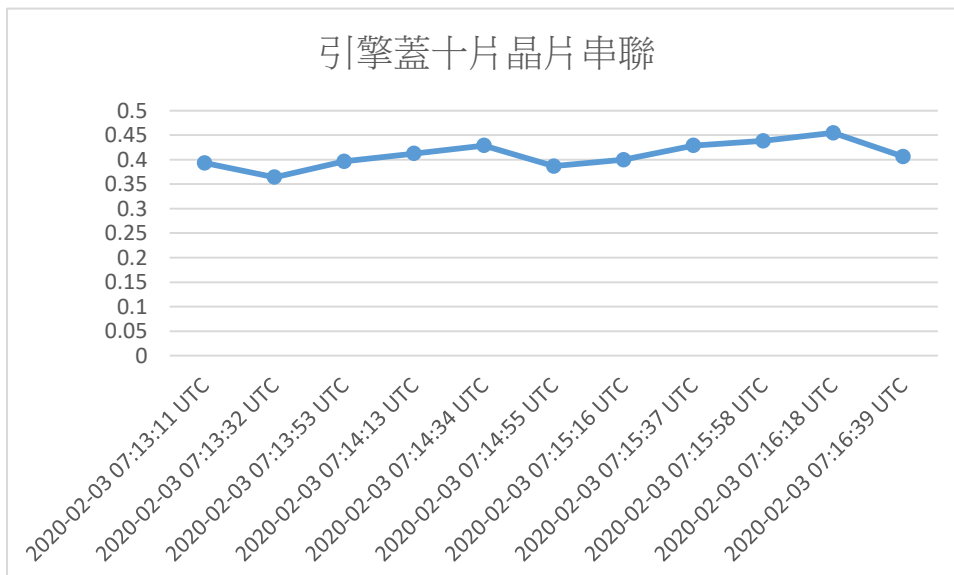
電壓最大值：
1.10859375
電壓最小值：
1.063476563
電壓平均值：
1.099155971

實驗 2-11 汽車廢熱真實實驗:二十片溫差晶片串聯



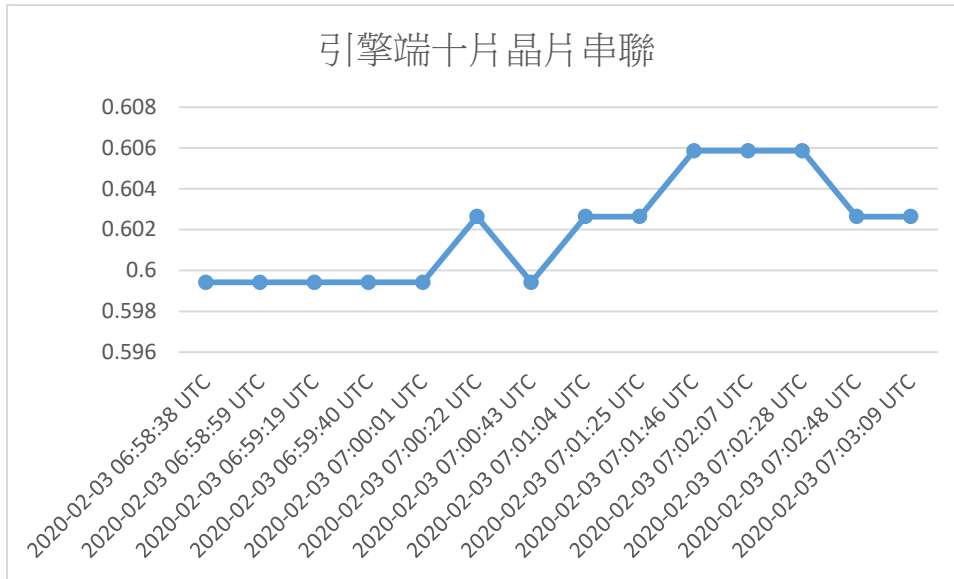
電壓最大值：
1.285839844
電壓最小值：
1.0828125
電壓平均值：
1.19453125

實驗 2-12 汽車廢熱真實實驗:靠近引擎蓋十片串聯



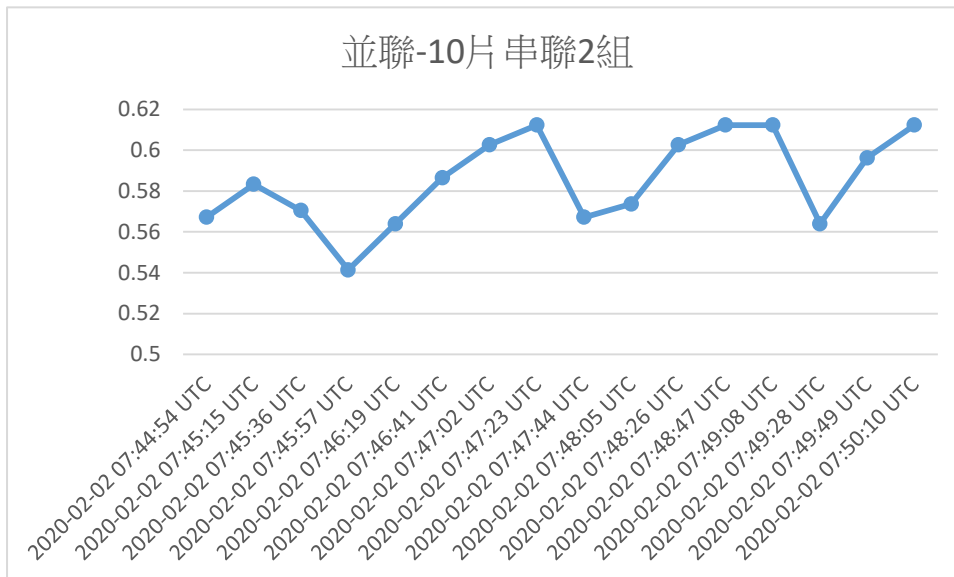
電壓最大值：
0.454394531
電壓最小值：
0.364160156
電壓平均值：
0.409863281

實驗 2-13 汽車廢熱真實實驗:靠近引擎端十片串聯



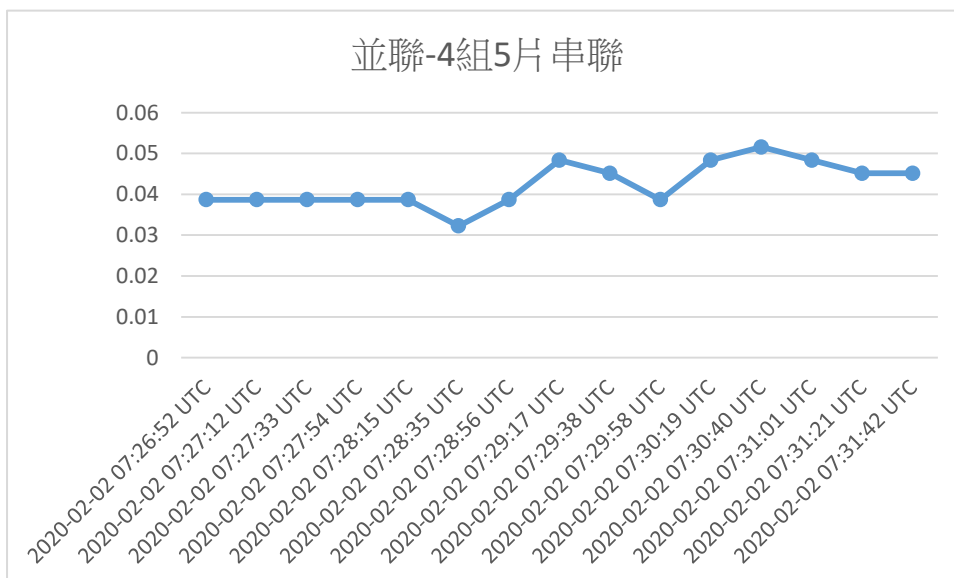
電壓最大值：
0.605859375
電壓最小值：
0.599414063
電壓平均值：
0.60194615

實驗 2-14 汽車廢熱真實實驗:二組十片串聯再並聯



電壓最大值：
0.612304688
電壓最小值：
0.54140625
電壓平均值：
0.585516357

實驗 2-15 汽車廢熱真實實驗:四組五片串聯再並聯



電壓最大值：
0.0515625
電壓最小值：
0.032226563
電壓平均值：
0.042324219

三、整理實驗 2-1~2-15 不同串聯、並聯方式數據如下表：

串並聯數量	最大電壓 (V)	最小電壓 (V)	平均電壓 (V)	三用電表 電壓值
串聯- 一片晶片	0.038671875	0.02578125	0.029863281	0.252
串聯- 二片晶片	0.103125	0	0.079707031	0.511
串聯- 四片晶片	0.209472656	0.177246094	0.193359375	1.122
串聯- 六片晶片	0.309375	0.2578125	0.286816406	1.616
串聯- 八片晶片	0.496289063	0.441503906	0.471198382	2.23
串聯- 十片晶片	0.59296875	0.583300781	0.586523438	3
串聯- 十二片晶片	0.757324219	0.689648438	0.738847656	3.4
串聯- 十四片晶片	0.873339844	0.79921875	0.842130962	3.6
串聯- 十六片晶片	1.028027344	0.866894531	0.954596819	4.11
串聯- 十八片晶片	1.10859375	1.063476563	1.099155971	4.54
串聯- 二十片晶片	1.285839844	1.0828125	1.19453125	5.64
串聯-	0.605859375	0.599414063	0.60194615	

靠近引擎 10 片				
串聯- 靠近引擎蓋 10 片	0.454394531	0.364160156	0.409863281	
並聯- 2 組 10 片	0.612304688	0.54140625	0.585516357	
並聯- 4 組 5 片	0.0515625	0.032226563	0.042324219	

小結：由上表實驗數據可以發現，利用物聯網將發電數據拋轉雲端所記錄的數據，與實際用三用電表量測數據會有差異，經由去年實驗與今年實驗證實是因各個電子零件都會造成電流損耗，另外在今年實驗中也證實去年數據的疑問，証實串聯晶片數越多，發電電壓值越高，串聯到 10 片溫差晶片時，三用電表實際量測已經可以到達 3V，表示已經可以進行充電，串聯到 20 片溫差晶片時，三用電表實際量測值為 5.64V，並在實驗中發現可以穩定充電。

四、實驗三:溫差晶片串接數量對 18650 電池充電時間實測

實驗 3-1 串接 10 片溫差晶片充電時間

10 片晶片串聯



起始電壓
3.0v



充電
1小時
1個燈



充電
2小時
1個燈



充電
3小時
1個燈



充電
4小時
1個燈



充電
5小時
1個燈



充電
6小時
1個燈

實驗 3-2 串接 20 片溫差晶片充電時間

20 片晶片串聯



起始電壓
7.84v



充電
1小時
1個燈



充電
2小時
1個燈



充電
3小時
1個燈



充電
4小時
1個燈



充電
5小時
1個燈



充電
6小時
1個燈

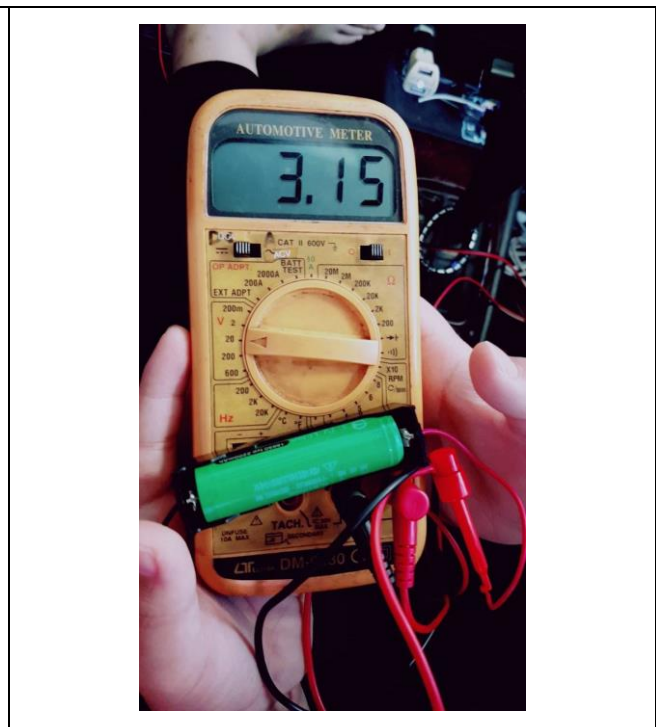
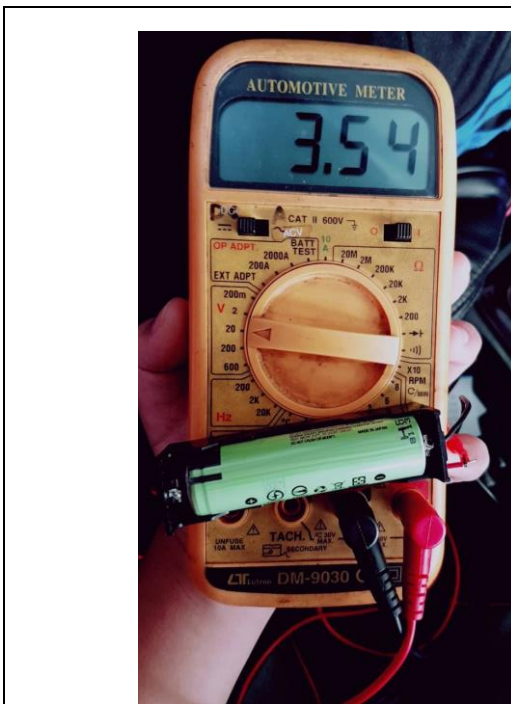
小結:由實驗 3-1 和 3-2 數據發現串聯 10 片與串聯 20 片晶片對 18650 電池的充飽電時間都是一樣。

五、實驗四：溫差晶片 10 片串接並聯 2 組對 18650 電池充電時間實測

充電模組:採用 18650 充電電池

	第一次測量	第二次測量
起始電壓	3.06	3.12
10 分鐘	3.20	3.18
20 分鐘	3.28	3.27
30 分鐘	3.34	3.32
40 分鐘	3.39	3.39
50 分鐘	3.44	3.40
60 分鐘	3.44	3.41

小結:由二次實驗數據發現電壓生成呈現穩定狀態。





10 串 10 串.並聯



起始電壓
3.40v



充電
1小時
1個燈



充電
2小時
1個燈



充電
3小時
1個燈



充電
4小時
2個燈



充電
5小時
2個燈



充電
6小時
3個燈

小結:由實驗四數據發現並聯 2 組串聯 10 片晶片對 18650 電池的充飽電時間為 6 小時。

陸、研究結果

1. 去年實驗找出汽車內最佳溫差位置為引擎室上方與蒸發器間，由今年實驗發現薄銅片導熱快、散熱快，若時間拉長，冷熱溫度維持，厚銅片較佳，溫度不易浮動，所以導熱導冷材質以 **2mm 厚銅片為媒材**，黏貼在熱面與冷面均勻傳導溫度。
2. 溫差晶片串接數越多，所產生的電壓也越高，澄清了去年實驗中數據掉落的疑惑。
3. 串接 10 片溫差晶片藉由汽車引擎冷熱端溫差可產生 3V 充電電壓，幫 18650 充電電池進行充電，但是實驗發現雖然串接 20 片溫差晶片可產生 5.64V 電壓，但在實驗四中發現實際充飽一顆 18650 充電電池所花的時間是一樣的，因此懷疑產生的電流沒有增加，需要再藉由 **並聯來提升電流**。
4. 經由 **並聯二組串接 10 片溫差晶片** 的實驗發現，**提升電流** 可以加快 18650 電池充電時間。

柒、結論、學習與未來

1. 汽車廢熱溫差發電，是組員想對地球盡的一份心力，若能多創造出一點 **綠能**，就能減少環境的破壞，經由我們的實驗證明，台灣的汽車廢熱發電，在去年實驗中是最佳位置，而 **串聯 10 片並進行 2 組並聯**，可以讓 **充電電池穩定充電**。
2. 從文獻的探討知道有些知名車廠利用模組化建置在排氣管進行汽車廢熱溫差發電，但在現實生活中滿街那麼多的汽車卻無法使用知名車廠的模組，因此能夠讓普羅大眾進行 **簡易的汽車廢熱溫差發電** 是我們的目標，實驗證明目前我們的模組是可以達到 **穩定發電充電** 的效果，但是要如何才能有 DIY 的經濟效益是我們持續研究的方向。

捌、參考資料及其他

【科展】

屏東市屏大附小。蔡宥騰、蔡宇宏 • **溫度與電的魔法師** • 中華民國第 59 屆中小學科學展覽會作品說明書 •

臺南市東區復興國民小學。曾苡軒、黎恩妤、張朝祐、鄭郁儒、葉晉瑋、陳禹叡 • **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 •

高雄市私立復華高級中學。邵科元、崔家瑋 • **綠焰重生——落葉碳質燃料在熱電晶片發電應用**

研究 • 中華民國第 53 屆中小學科學展覽會作品說明書 •

基隆市立銘傳國民中學。李沁愉 • 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 •

【其他參考資料】

海水溫差發電 • 維基百科 • 取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E6%B0%B4%E6%BA%AB%E5%B7%AE%E7%99%BC%E9%9B%BB>

可再生能源 • 維基百科 • 取自

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%8F%AF%E5%86%8D%E7%94%9F%E8%83%BD%E6%BA%90>

林威杉、陳宥樺〈2019 年〉 • 『凸』子跟著太陽走，開啓冷熱電光秀 - 運用毛細現象以太陽能淡化海水系統的設計與製作 • 取自

<https://news.ltn.com.tw/news/life/paper/1063583>

劉建宏〈2012 年 1 月〉工研院與中鋼攜手，廢熱回收發電超環保 • 取自

<https://www.bnext.com.tw/article/24771/BN-ARTICLE-24771>