

附件六之一

彰化縣 107 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書（封面）

作品編號：22041

組別：

<input type="checkbox"/> 國小組	<input type="checkbox"/> 數學類
<input checked="" type="checkbox"/> 國中組	<input checked="" type="checkbox"/> 自然與生活科技類
	<input type="checkbox"/> 人文社會類

作品名稱：**給你「敷敷」-快速冷熱敷片調製之研究**

◎封面切勿出現校名、作者、校長及指導者姓名，違者不予評審並退件。

彰化縣 107 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書（內文）

第一階段 研究訓練階段

一、近二年學校獨立研究課程之規劃

除了資賦優異學生有安置入學搭配相關課程，一般學生多為相關課程中由任課教師激發學生潛能，自主性的發揮，進一步再由師生漸進式的互動。故獨立研究題材激發的來源，除了原本既定的課程之外，便是豐富多元的社團課程。本校一直以來重視學生個人的特色發展與獨立研究的精神及能力的發展，所以本校訓練之規劃大致如下：

(1)週二多元課程、週三社團課：

週二第八節及週三第七、八節課的時間，學校期望能讓學生接觸更多元化的學習內容，進而從中拓展學生獨立研究的視野。眾多社團研究會各方面的題材，讓學生在實質能力上均能有顯著的啟發，期待每年都能有嶄新的社團，增進獨立研究與科學展覽在科技領域上的發展。

(2)開設週六菁英班課程：

本校利用週六上午的時間開設菁英班的課程，聘請學校有經驗的老師，組成各科的教學團隊，共同規劃相關訓練課程，並自行製作適當的教材，提供學生更深更廣的學習內容，以激發學生對專題研究的動機，充實學生研究的內容。

二、學校如何提供該生獨立研究訓練

學校每學期辦理三次的獨立研究說明會，包含了開辦獨立研究說明會、複審說明會、模擬複審訓練，讓學生能了解獨立研究的研究過程及方法，包含如何找研究題目、找相關指導老師、研究相關書籍資料、各科研究方法的介紹、內容撰寫的架構等，並且架設本校獨立研究網站，提供指導老師及學生交流的專區。

第二階段 獨立研究階段

一、動機

會開始想要做這個研究要感謝班上的同學，因為有一天他在體育課打籃球的時候跌倒了，腳踝受傷了，而且腫了起來。當下他不能走路，也不適合移動，老師檢查後請我趕快去保健室的冰箱拿冰敷袋，原因是剛受傷的地方在第一天裡通常會發炎，需要以冰敷的方式來降低疼痛感與消炎。在冰敷的過程中怕冷凍的冰敷袋太冰，我們隔著小毛巾，經過一陣子，同學才感受到冷敷的效果。在下課前老師特別叮嚀同學，第一天最好持續冰敷，觀察第二天過後如果沒有再發炎，就可以準備熱敷袋，因為後期的熱敷可以促進血液循環，加速傷勢的復原情形。經過這樣的機會教育，我們就在討論有沒有什麼產品是可以同時具有冷熱敷的效果？答案是有的，冷暖氣機！呵呵，但是怎麼拿來冰敷、熱敷呀！所以答案應該是**沒有適合的產品同時具有冷熱敷的功能**，如圖 1 為市售的熱敷墊，而市售的冷敷產品多為一小包的樣貌，裡面有像果凍狀的物體，需要事先冰在冷凍庫才能使用，大一點的就像醫院在用的冰枕袋，裡面需要裝入大量的冰塊與水。

因為沒有同時具備冷熱敷功能的產品，所以我們想到獨立研究的題目可以用這議題來研究，希望能夠得到**同時具有冷熱敷功能、快速達到溫度調整，甚至能夠攜帶方便，不受電源線的限制，最好還能夠使用其他電源**等多功能的超讚結果。



圖 1 市售的熱敷墊

二、擬定正式計畫、研究問題及工作進度表

1.擬定正式計畫

如圖 2 所示為市售冷熱兩用敷袋，在使用上較為麻煩，特別是在使用熱水的時候具有危險性，因此我們擬定了正式的研究計畫，希望能夠達成以下幾個特點：1.同時具備冷熱敷功能，2.能夠快速達到設定溫度，3.方便攜帶，4.可以使用其他電源。如果能夠研究出上述的四項主要功能，那真是太棒了！

為了研究快速冷熱敷片調製的研究，我們訂定了下面的研究計畫要點，1.了解市售各式冷熱敷產品的功能及規格，2.尋找相關適合的冷熱驅動元件，3.開始著手製作模型，從小型到大型，4.增加溫度控制器的控制研究，5.進行不同電源的供應測試，達到方便攜帶的功能，6.進行人體溫度感覺測試。



圖 2 市售冷熱兩用敷袋

2.擬定研究問題

研究之目的在於製作出同時具備冷敷、熱敷功能的產品，還要快速達到溫度調整，甚至能夠攜帶方便，不受電源線的限制，最好還能夠使用其他電源等多功能，讓使用者可以方便使用、不受線的牽制，進一步樂於操作使用。據此我們建立了以下幾個實驗的項目作為研究

設計的方針：

實驗一：市售冷熱敷片之加熱冷卻實驗。

實驗二：自製一、四片冷熱敷片之加熱冷卻實驗。

實驗三：冷熱敷片片結合溫度控制器的加熱加冷實驗。

實驗四：冷熱敷片的功率匹配實驗。

實驗五：人體溫度感覺測試實驗。

3.工作進度表

我們三位同學每週固定集合兩次，平時各自利用課餘時間上網查詢相關資料、購置材料與製作器具，在集合團體研究時共同探討進度與進行實驗，再將成果彙整後向老師報告、討論與研究，繼而進行實驗修改與調整研究方向。大約每個月2次跟指導老師面對面討論研究進度，所以用月份來擬訂進度表，如表 1.工作進度甘特表。

表 1.工作進度甘特表

項目	九月	十月	十一月	十二月	一月	二月
資料收集- 冷熱晶片的原理 、應用與規格	[Progress Bar]					
實驗設計與規劃- 準備材料與設備		[Progress Bar]				
實驗量測- 進行各種變因實驗			[Progress Bar]			
研究討論- 數據整理與歸納討論			[Progress Bar]			
結論- 綜合整理出結論				[Progress Bar]		
撰寫文稿- 各章節分工撰文			[Progress Bar]			
校稿與修正- 請指導老師校正					[Progress Bar]	

依據研究設計與規劃訂定研究步驟流程方塊圖如圖 3 所示：

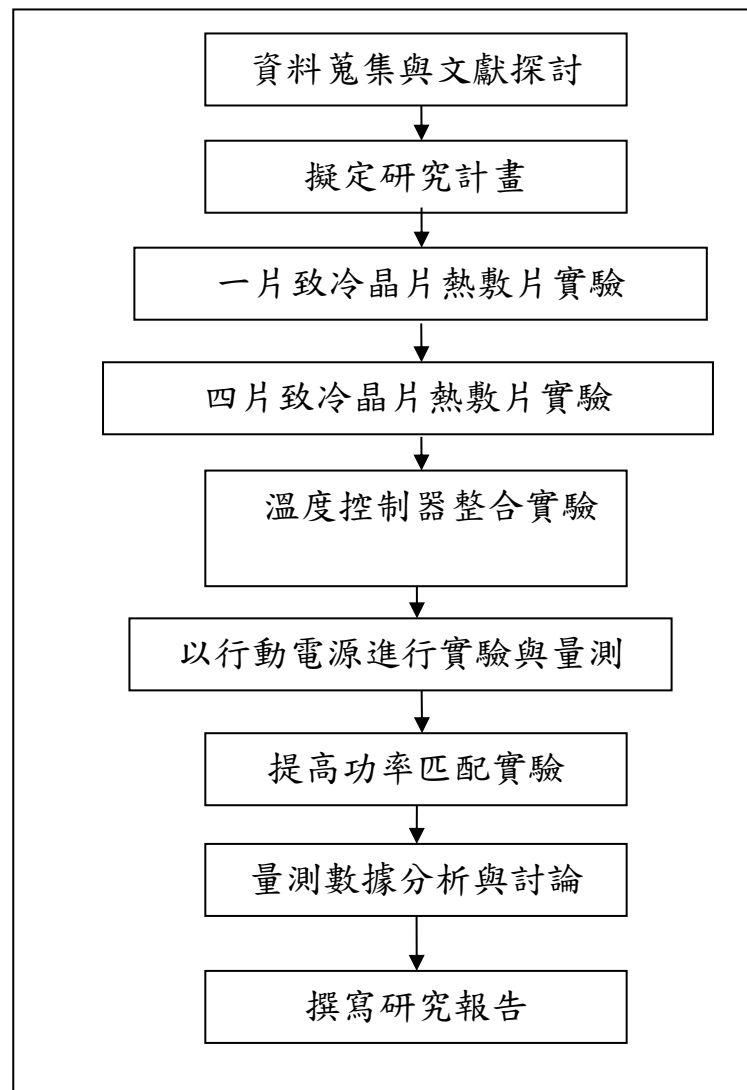


圖 3 研究步驟流程圖

三、彙整相關文獻

1、陶瓷纖維棉

普通陶瓷纖維又稱矽酸鋁纖維，如圖 4 所示，因其主要成分之一是氧化鋁，而氧化鋁又是瓷器的主要成分，所以被叫做陶瓷纖維。而添加氧化鋯或氧化鉻，可以使陶瓷纖維的使用溫度進一步提高。陶瓷纖維製品是一種優良的耐火材料。具有重量輕、耐高溫、熱容小、保溫絕熱性能良好、高溫絕熱性能良好、無毒性等優點。分類溫度為 1425℃(含鋯纖維)及以下的陶瓷纖維的生產工藝，只分為甩絲毯與噴吹毯兩種。陶瓷纖維製品是指用陶瓷纖維為原材料，通過加工製成的重量

輕、耐高溫、熱穩定性好、導熱率低、比熱小及耐機械震動等優點的工業製品，專門用於各種高溫、高壓、易磨損的環境中。質量輕、絕熱性能好、熱穩定性好、化學穩定性好、加工容易、施工方便。既不耐磨又不耐碰撞，不能抵抗高速氣流的沖刷，不能抵抗熔渣的侵蝕。在本研究中，一開始選用了一般泡棉來當冷熱源的隔離墊，為求加強隔離冷熱的效果，特別添購具有優越隔熱效果的陶瓷纖維棉，來進行各項實驗。



圖 4 陶瓷纖維棉

2、致冷晶片(冷熱晶片)

半導體致冷晶片，是一種產生負熱阻的製冷技術，優點是無活動部件，應用在一些空間受到限制，可靠高，無製冷劑的場合。主要利用半導體材料的 Peltier 效應，當直流電通過兩種不同半導體材料串聯成的電偶時，在電偶的兩端即可分別吸收熱量和放出熱量，可以實現製冷的目的。半導體致冷晶片主要三大功能是：致冷、致熱、發電。如圖 5 為本研究所採用的致冷晶片，型號為 TEC1-12706，圖 6 為型號所對應的代表意義說明。



圖 5 致冷晶片實體圖

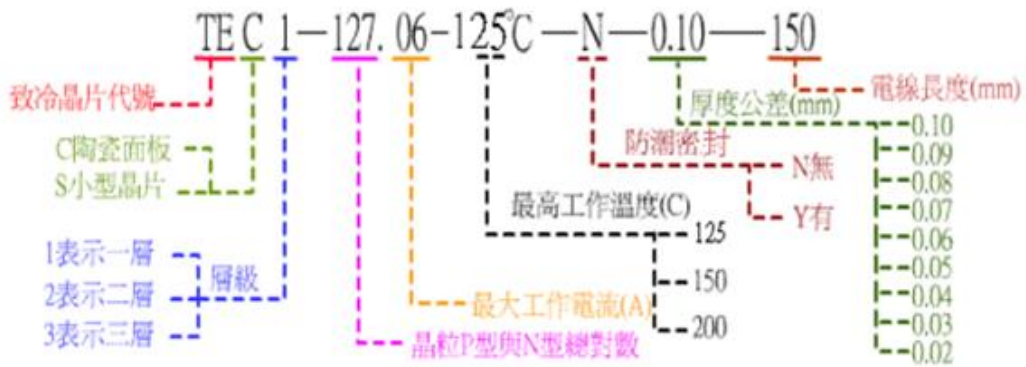


圖 6 致冷晶片代號對應的意義說明

如圖 7 所示為致冷晶片的剖面示意圖，一塊 N 型半導體和一塊 P 型半導體材料聯成電偶對，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，成冷端。電流由 P 型元件流向 N 型元件的接頭釋放熱量，成為熱端。吸收熱量和放出熱量的大小由電流大小來決定。

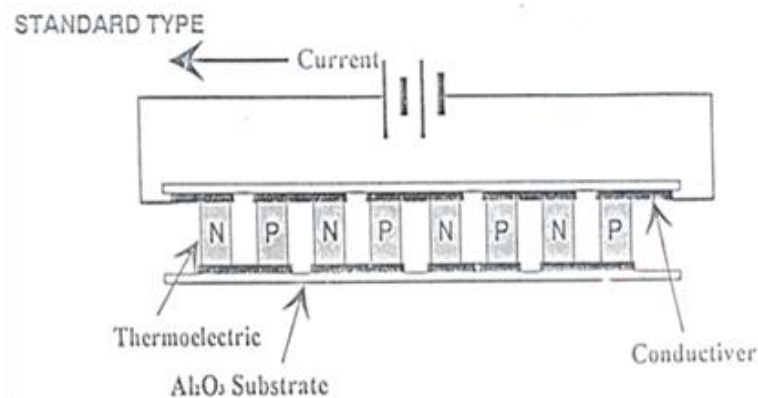


圖 7 致冷晶片的剖面示意圖

四、資料分析、實驗數據整理

實驗一：市售冷熱敷片之加熱冷卻實驗。

(一) 物理式熱敷袋加熱實驗

如圖 6 所示為一種物理式的熱敷袋，袋內的液體是一種過冷液體。這種液體的物料在一般情況下應該是固態的，遇到碘化銀 (silver iodide) 的過冷液便會立刻凝結並放熱，所以當我們把金屬片屈曲，很容易引起液體凝固，當液體凝結成固體的時候便會釋放出潛熱 (latent

heat)，因此暖袋便會變得很溫暖了。



圖 6 物理式熱敷袋

將物理式熱敷袋置入熱水中將水煮沸直到袋內還原成完全的液體狀態，我們將攝影機、計時碼表與溫度計架在旁邊，按下金屬片的同時一起啟動，將過程的時間與溫度關係記錄下來製作成圖 7 的上升曲線圖。

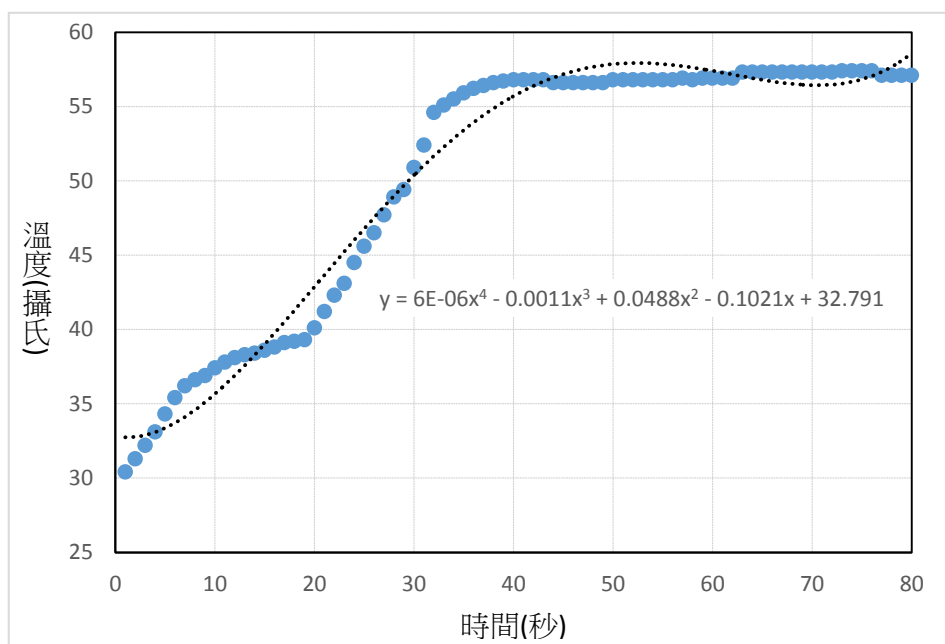


圖 7 物理式熱敷袋的溫度上升曲線

(二) 電熱式熱敷墊加熱實驗

電熱式熱敷墊如圖 8 所示，附有一個電子式的控制器，內部布滿了 S 型的加熱電絲，溫度可以調整，分別是攝氏 45、55、65、75 度，進行實驗時我們選用最高溫的攝氏 75 度，想觀察在最大功率下的加熱

上升曲線的情形。



圖 8 電熱式熱敷墊

將電子式溫度計的感測片放置在電熱式熱敷墊的內層，並以三折的方式摺疊，以求加熱溫度的熱功率能減少散失。我們將攝影機、計時碼表與溫度計架在旁邊，按下啟動開關的同時一起啟動，將過程的時間與溫度關係記錄下來製作成圖 9 的上升曲線圖。

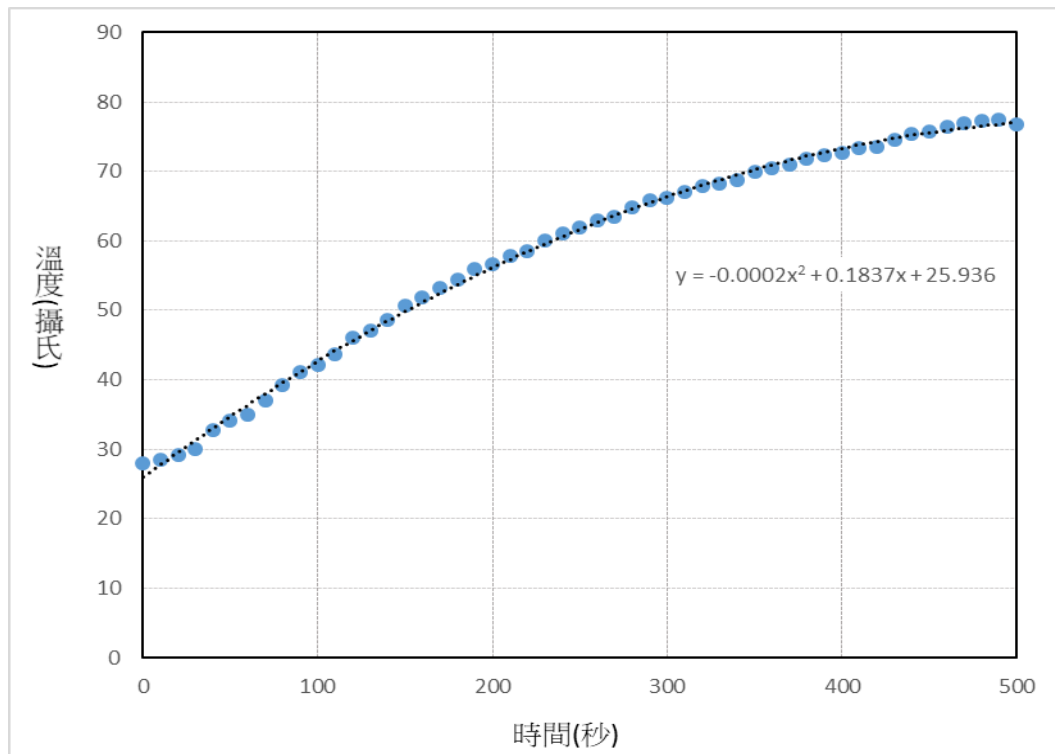


圖 9 市售電子式熱敷墊的加熱曲線

一、 實驗二：自製一、四片冷熱敷片之加熱冷卻實驗。

(一) 自製一片冷熱敷片以泡棉墊隔絕實驗

以一片致冷晶片來製作冷熱敷片，在致冷晶片上塗上導熱膏，並在上面貼滿了兩層的銅箔膠帶，如圖 10 的以泡棉墊作為溫度隔絕來進行實驗，實驗時溫度計的感測片直接黏貼在兩邊的銅箔上，分別進行電壓 3V、5V、9V、12V 的實驗，我們將攝影機、計時碼表與溫度計架在旁邊，按下啟動開關的同時一起啟動，將過程的時間與溫度關係記錄下來製作成圖 11、12、13、14 的上升曲線圖。

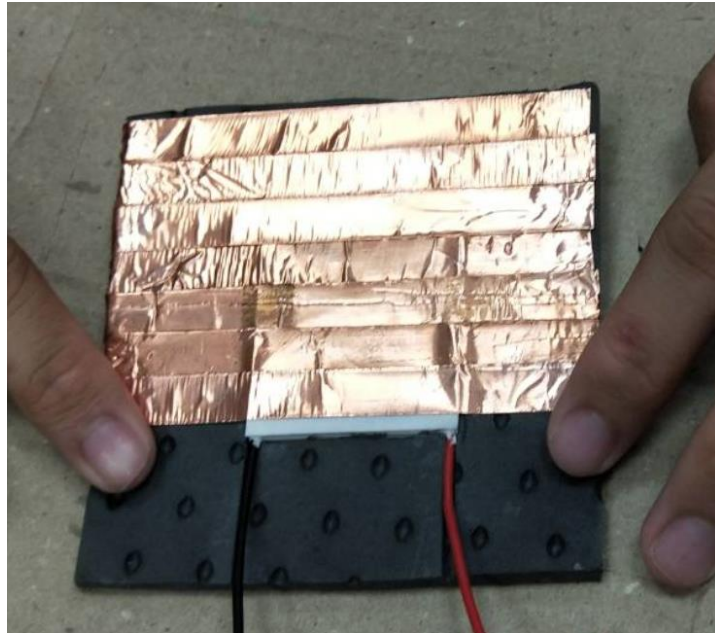


圖 10 一片冷熱敷片以泡棉墊隔絕

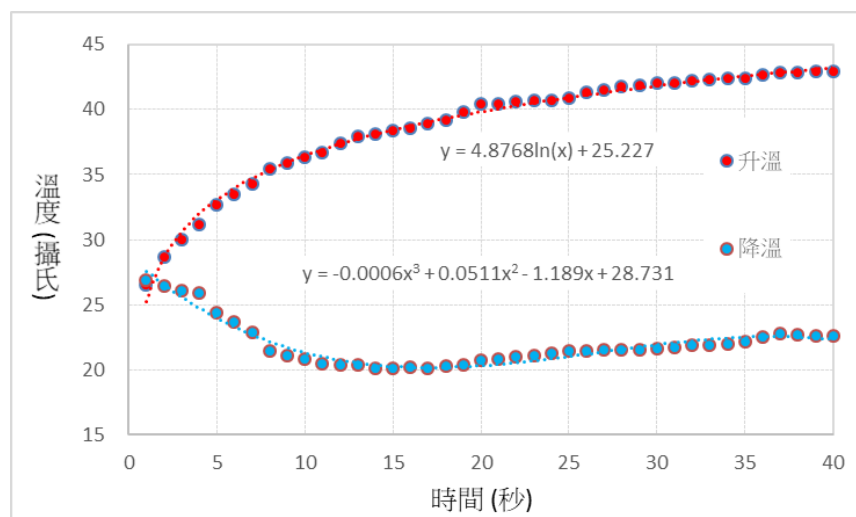


圖 11 一片冷熱敷片以泡棉墊隔絕的 3V 加熱曲線

如圖 11 所示，3V 電源加熱曲線中，約 15 秒達到低溫 20 度，約 20 秒達到高溫 40 度。

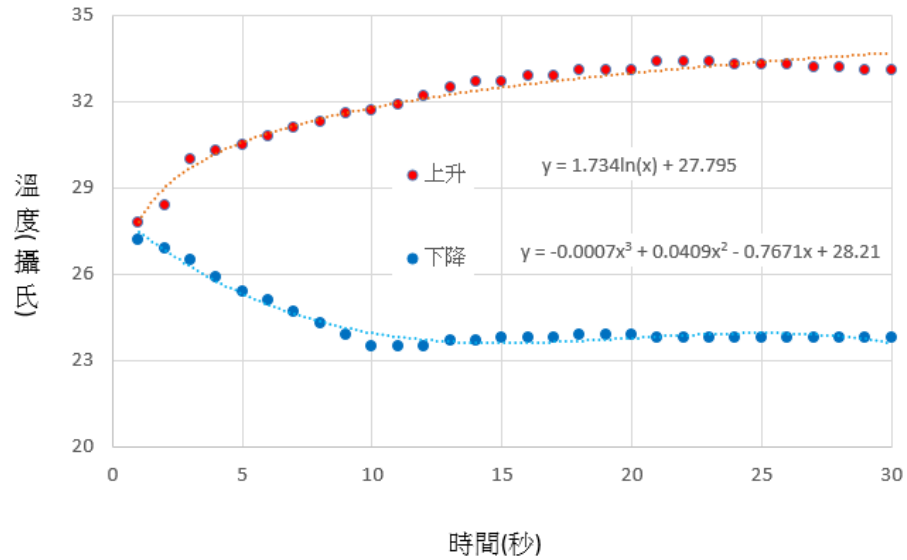


圖 12 一片冷熱敷片以泡棉墊隔絕的 5V 加熱曲線

如圖 12 所示，5V 電源加熱曲線中，約 10 秒達到低溫 23 度，約 20 秒達到高溫 33.5 度。

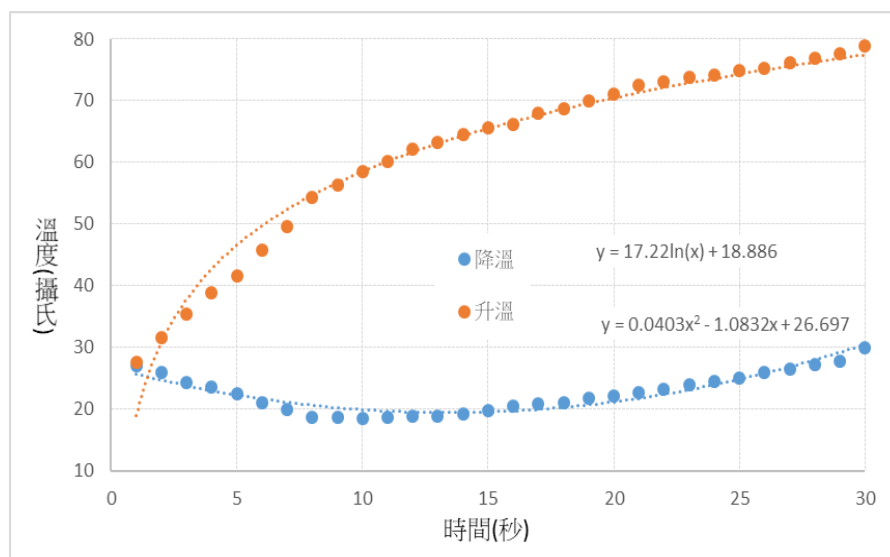


圖 13 一片冷熱敷片以泡棉墊隔絕的 9V 加熱曲線

如圖 13 所示，9V 電源加熱曲線中，約 7 秒達到低溫 18 度，約 5 秒達到高溫 40 度。如圖 14 所示，12V 電源加熱曲線中，約 10 秒達到低溫 15 度，約 3 秒達到高溫 40 度。由上述實驗可以發現一個趨勢，就是電壓越高功率越高則反應越快，相對的高溫與低溫的達到時間也可以縮短，甚至高溫可以將近 100 度。

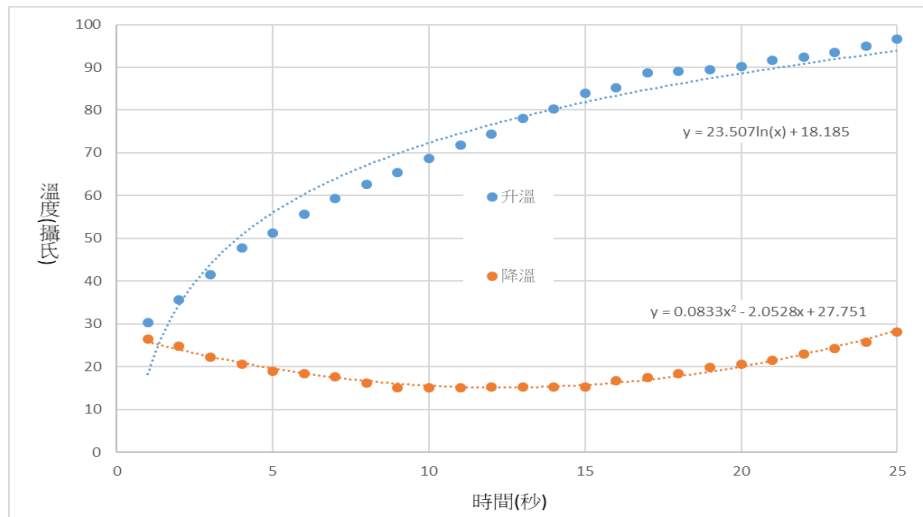


圖 14 一片冷熱敷片以泡棉墊隔絕的 12V 加熱曲線

(二) 自製一片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕實驗

以一片致冷晶片來製作冷熱敷片，不同的是如圖 15 的以陶瓷纖維棉作為溫度隔絕來進行實驗，實驗時溫度計的感測片直接黏貼在兩邊的銅箔上，分別進行電壓 3V、5V、9V、12V 的實驗，我們將攝影機、計時碼表與溫度計架在旁邊，按下啟動開關的同時一起啟動，將過程的時間與溫度關係記錄下來製作成圖 16、17、18、19 的上升曲線圖。

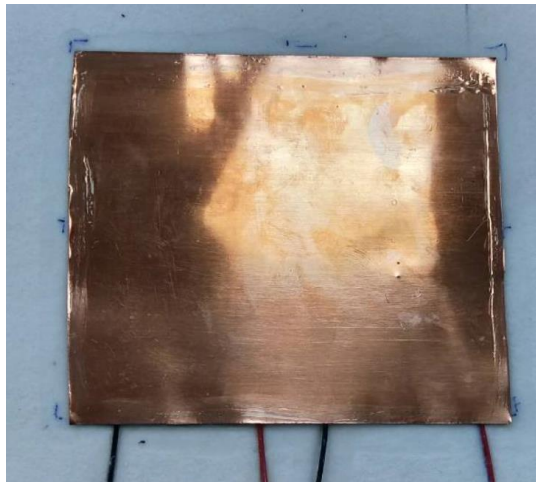


圖 15 以白色的陶瓷纖維棉作為隔絕冷熱溫度

如圖 16 所示，3V 電源加熱曲線中，約 18 秒達到低溫 21 度，約 45 秒達到高溫 40 度。

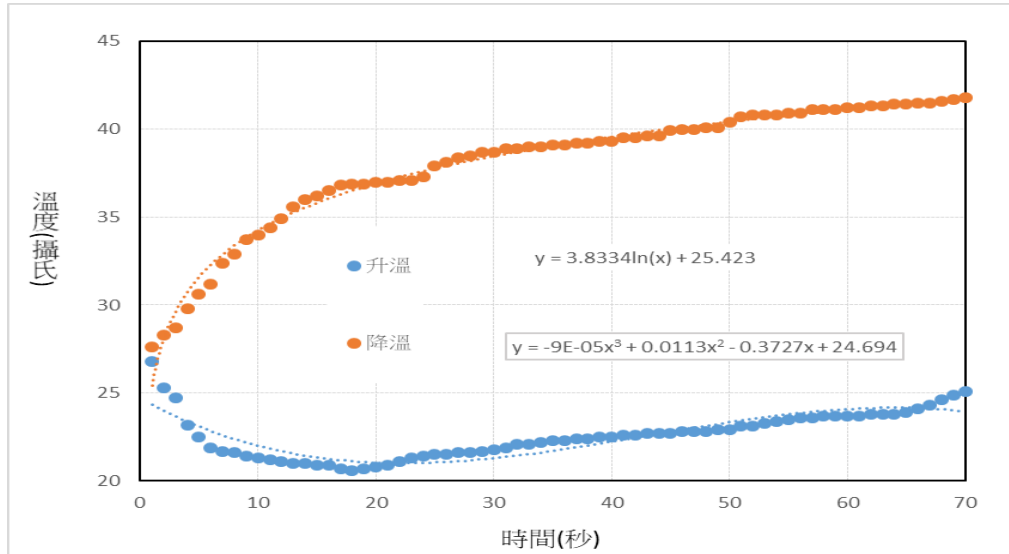


圖 16 一片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 3V 加熱曲線
 如圖 17 所示，5V 電源加熱曲線中，約 12 秒達到低溫 15 度，約
 12 秒達到高溫 40 度。

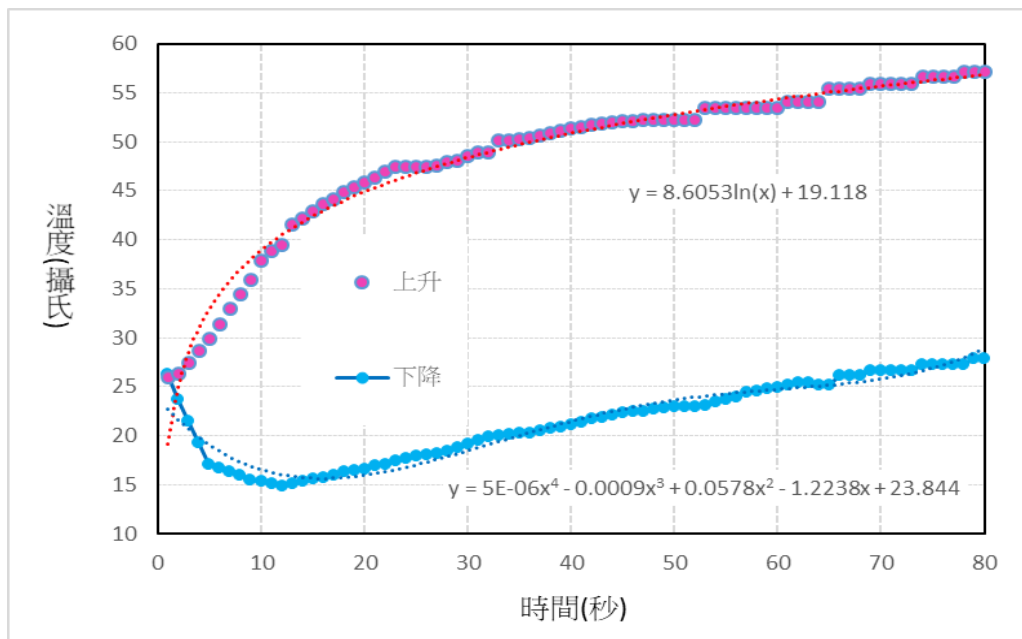


圖 17 一片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 5V 加熱曲線
 如圖 18 所示，9V 電源加熱曲線中，約 9 秒達到低溫 17 度，約 26
 秒達到高溫 40 度。如圖 19 所示，12V 電源加熱曲線中，約 9 秒達到
 低溫 10 度，約 6 秒達到高溫 40 度。

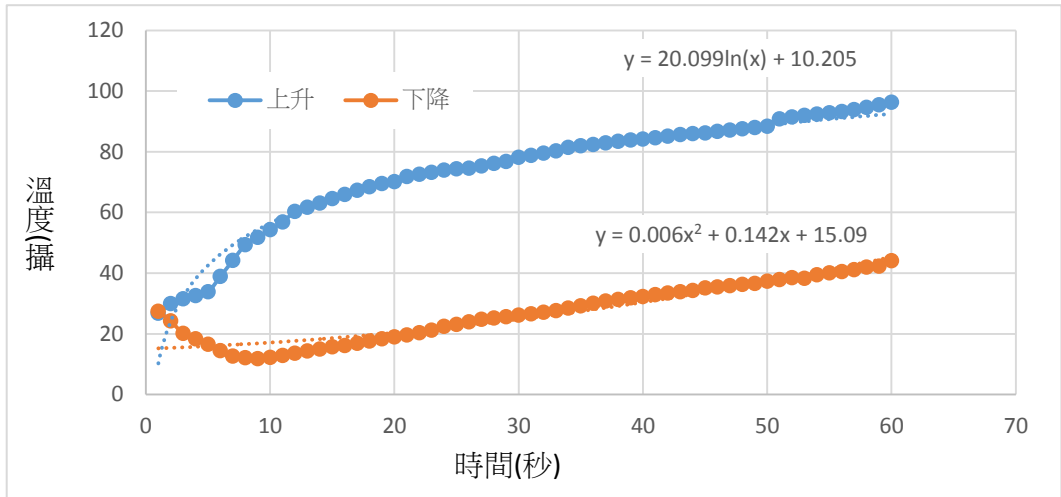


圖 18 一片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 9V 加熱曲線

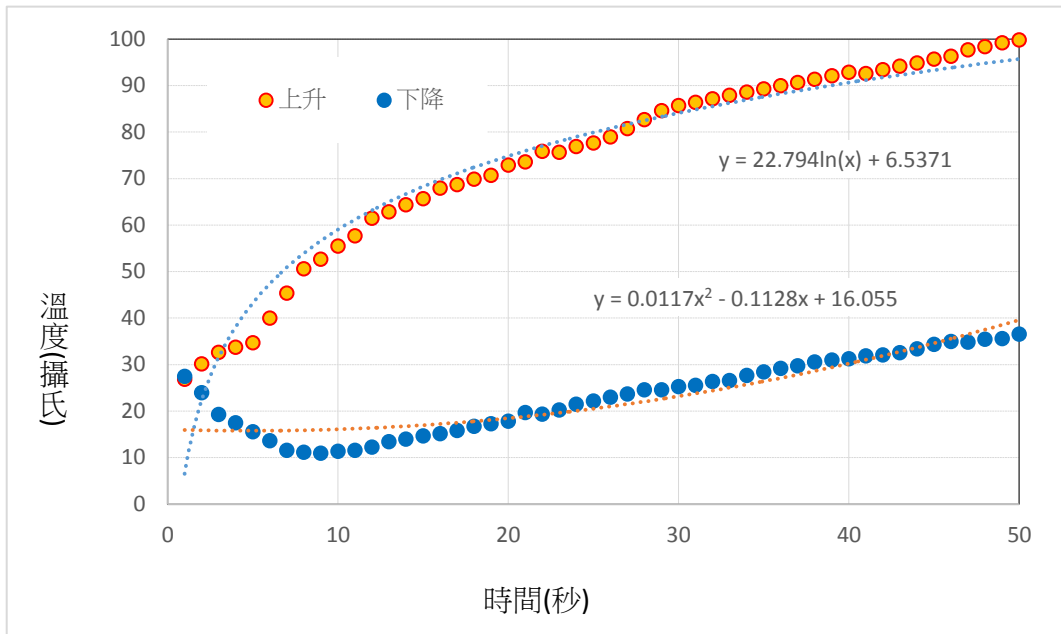


圖 19 一片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 12V 加熱曲線

(三) 自製四片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕實驗

以四片致冷晶片來製作冷熱敷片，相同的是如圖 15 的以陶瓷纖維棉作為溫度隔絕來進行實驗，實驗時溫度計的感測片直接黏貼在兩邊的銅箔上，分別進行電壓 3V、5V、9V、12V 的實驗，我們將攝影機、計時碼表與溫度計架在旁邊如圖 20 所示，按下啟動開關的同時一起啟動，將過程的時間與溫度關係記錄下來製作成圖 21、22、23、24 的上升曲線圖。

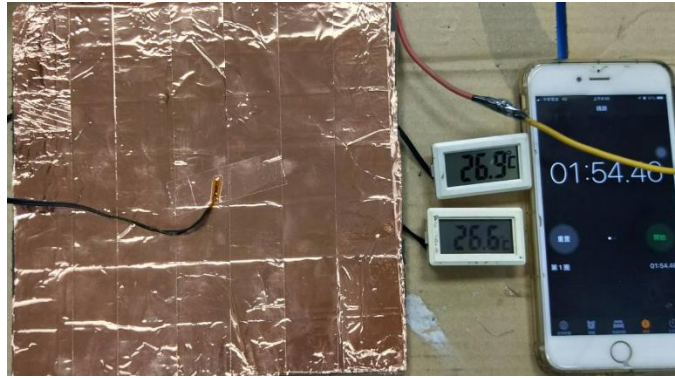


圖 20 以錄影的方式進行四片熱敷晶片的實驗量測

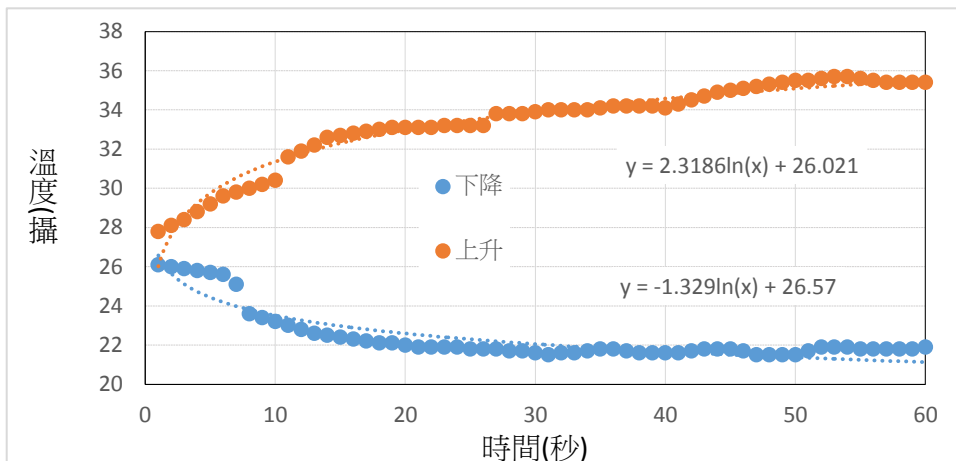


圖 21 四片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 3V 加熱曲線
如圖 21 所示，3V 電源加熱曲線中，約 50 秒達到低溫 21 度，約 50 秒達到高溫 36 度。

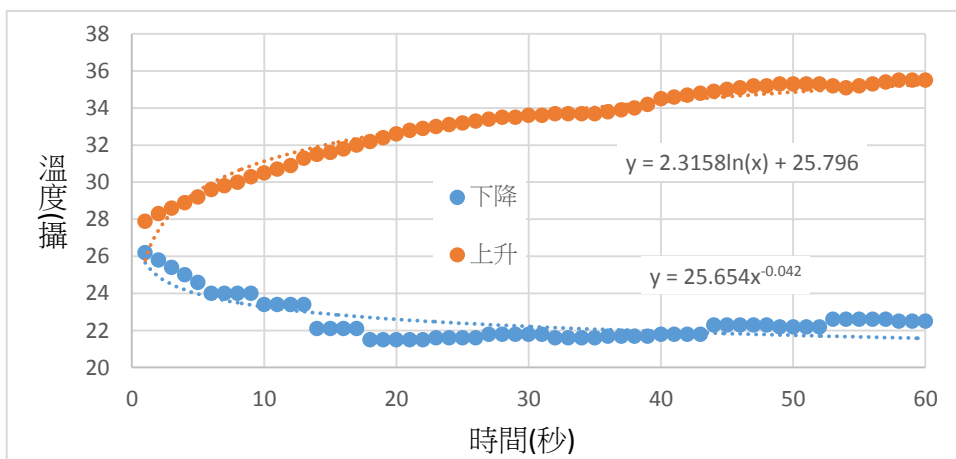


圖 22 四片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 5V 加熱曲線
如圖 22 所示，5V 電源加熱曲線中，約 17 秒達到低溫 22 度，約 60 秒達到高溫 36 度。

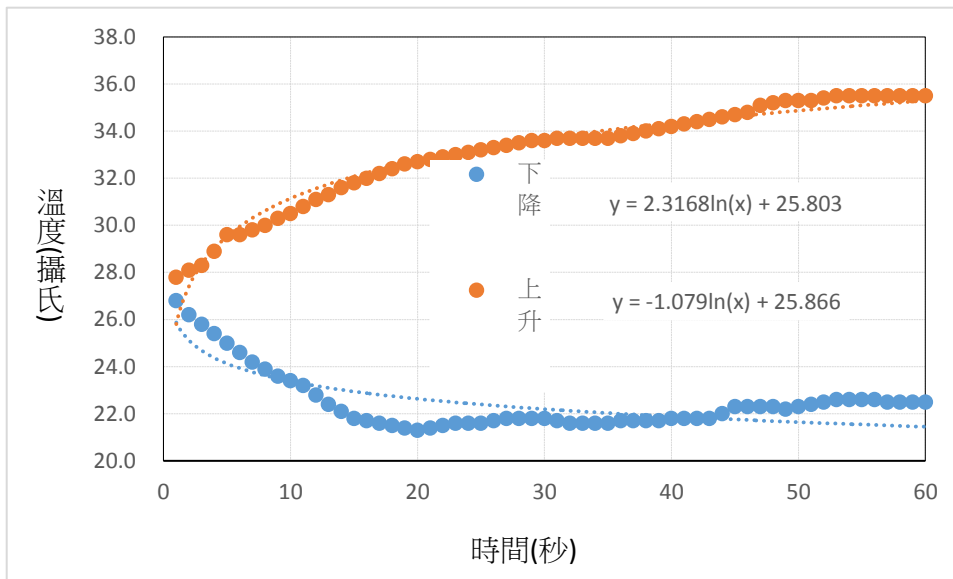


圖 23 四片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 9V 加熱曲線
 如圖 23 所示，9V 電源加熱曲線中，約 20 秒達到低溫 21 度，約 26 秒達到高溫 40 度。

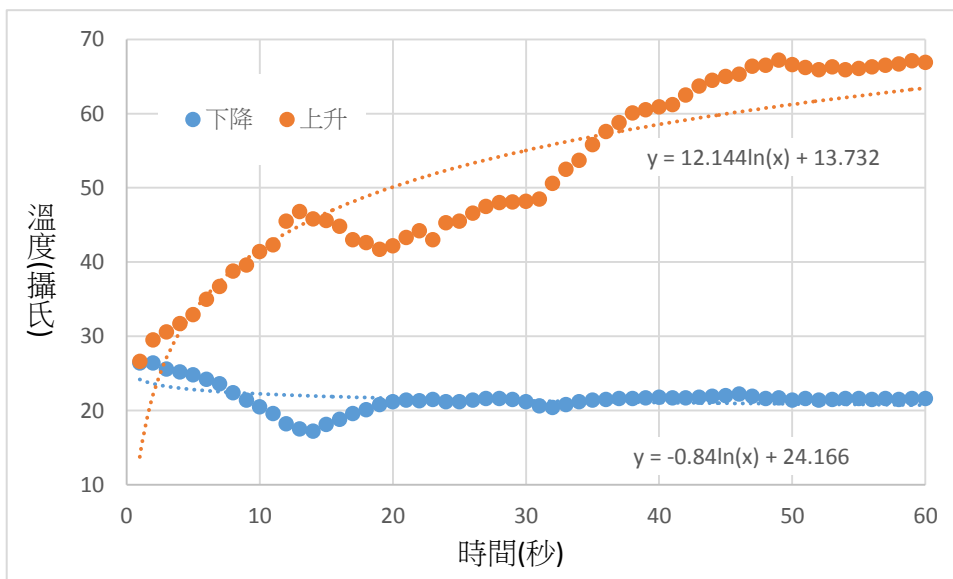


圖 24 四片冷熱敷片以陶瓷纖維棉隔絕的 12V 加熱曲線
 如圖 24 所示，12V 電源加熱曲線中，約 13 秒達到低溫 17 度，約 9 秒達到高溫 40 度。

實驗三：致冷晶片結合溫度控制器的加熱加冷實驗。

有鑑於市售的熱敷墊均附有溫度控制器，但是並非全部都附有溫度顯示功能，我們覺得溫度顯示與溫度控制警報均很重要，應該要同步嵌入與使用，如圖 25 為我們選用的溫度點設定警報控制器，如圖 25 設定為目前的攝氏高溫 40 度與低溫 20 度，中間為目前的溫度，接線圖如圖 26 所示，相當容易接線與操作，加上事先的獨立研究、自學成果，讓實驗三可以較預期的順利完成。



圖 25 溫度點設定警報控制器

12V 接線方式

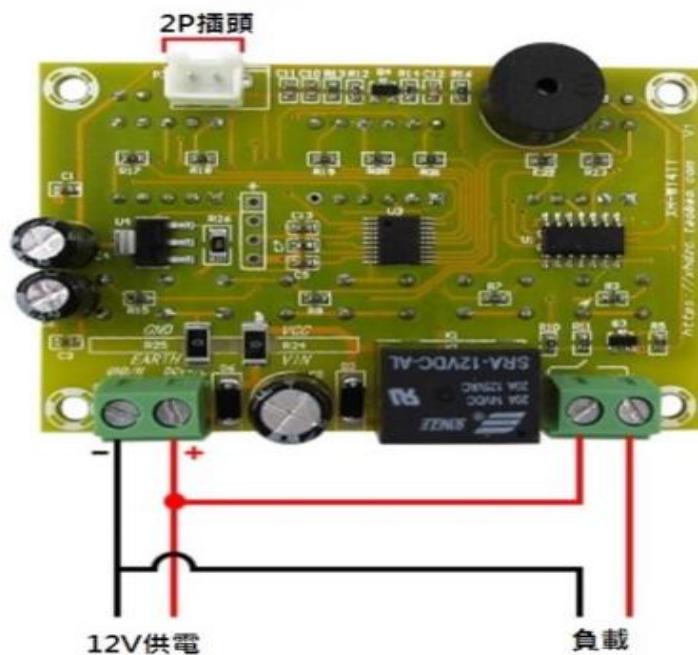


圖 26 溫度點控制警報器接線圖

五、研究結果與討論

1. 以致冷晶片來製作冷熱敷片，藉由實驗一與實驗二，可以清楚地看到比較結果，一般物理式的加熱到 40 度需要 20 秒，電子式的需要 100 秒，我們做的單一片給最低電壓 3V，只需 40 秒就能達到 40 度，若是給予 9V 或 12V 電壓，都可以在 10 秒內達到 40 度，因此在加熱速度上是遠快於其他的類型。

2. 在冷敷效果的比較上，目前市售產品中無類似的商品，僅有一般物理式的冰敷袋，但是需事先放在冷凍庫中，較為麻煩。本研究的較佳冷敷效果是以一片式供應電 12V 的情況下，約 9 秒內從 26 度降到 10 度，降溫速度也算是相當的快。

3. 以功率計算來說，依據我們查閱的相關資料，一片製冷晶片的最大功率為電壓 $15V \times 6A = 90W$ ，一般操作是在七折的條件所以實際使用是降到 60W，功率匹配上則是以並聯幾片來計算之，若是使用 4 片 $\times 60 = 240W$ ，已經高於常見的 150W 產品，功率越高越能達到快速調製的功用。

4. 實驗三是將一片的晶片做大到四片，等於同時取代了原本預定要做的實驗四功率匹配實驗，在過程中我們發現大功率的熱敷效果顯著，但是冷敷效果未能有相同的明顯表現，我們討論過後覺得可能是晶片與銅薄片之間的導熱高不足或是產生間隙，這會是影響的主要原因。

5. 實驗五原本是要做一層親膚的布膜將冷熱敷片的成品包覆起來再做個實驗，但是覺得內容很直接簡單所以省略，留在晉級決賽時直接展示給評審看。目前規劃取代的是如何將核心系統功率做大，以引導功率輸出的概念，分別將冷源、熱源引導出來後，成為同時可進行冷敷與熱敷的設計，讓一個系統可以同時有多人使用熱敷，甚至同時使用冷敷，這樣的設計改變可以用在於醫院或式小型診所。

6. 實驗三的功率效能局部不顯著的另一個重要原因，應該是冷熱敷片的雙面距離太近了，導致冷熱能源被傳導與輻射中和掉許

多，因此如圖 15 的改善圖，是後來的設計變更，也就是將冷敷端的銅箔面積減少到一定比例，通常是熱端的 1/3。另一個可能的中大原因，應該是冷熱端兩面向中心壓的壓力不足，產生接觸不量的結果。

7. 為了改善第 6 點的問題，我們特地去買了相當貴的陶瓷纖維棉紙，一張 A4 大小要價 150 元。該棉紙可以耐溫超過一千度，且可以耐火 30 分鐘以上也不會燃燒。果然隔絕冷熱的效果較泡棉顯著許多。

六、評鑑與檢討(每階段的省思與收穫)

1. 構思組織階段：

一開始對冷熱敷的印象是停留在學校的保健室與長輩們腰酸背痛的熱敷器材，後來看了學校收存歷屆獨立研究與科展作品，看到製冷晶片的原理，才想到這樣的聯想與應用。第一次感受到查閱書庫，搜尋參考文獻的用途原來就是這樣子呀！

2. 研究實驗階段：

在這個階段中，我們覺得最難的分別是構思與實作，因為國中生的階段，基礎能力還很薄弱，所以要在有限的知識下激盪出漂亮的創意火花，其實是非常不簡單的，讓我知道要多多讀書，多多增光見聞的重要性了。實作則是技術上與經驗上的一大挑戰，沒有多少基礎與經驗的我們，有時候只是塗個導熱膏都會塗不好，還有剪線撥線也是常常把線剪壞，只好反覆練習重複做，秉持從小師長教誨的熟能生巧，多做個幾次便會漸漸掌握技巧了。

3. 檢討改進階段：

我們一致覺得效率是最值得改進的部分，像黏個銅箔膠帶，若不重視效率的話，要黏上百條可能要花掉一整個上物的寶貴時間，當然這效率的關鍵因素還是來自於專業知識的經驗累積，像有時遇到困難時，我們卡了好久才去請教老師，常常老師在一時半刻就能為我們排憂解惑，這效率果然還是跟功力深厚是有關的，當然我們也很清楚的

是獨立研究必經之途，要能學會獨立思考與研究，才能快速增進我們的專業功力。

研究真是不簡單的差事，但過程中卻是充滿了挑戰性與啟發性，我們雖然犧牲了一些自己的休閒娛樂或是與家人同學相處的時間，但研究的過程與成果是值得的，儘管因為技術的不成熟，導致常常浪費了很多時間在重蹈覆轍，其實我們也了解，做這種難度等級超越國中生理理解程度這麼多的事情，本然就會如此，因為我們的基本功根本不夠扎實，但經過這次的研究訓練，我們也都很清楚理想距離我們還有多遠，多少困難需要去克服，還有多大的空間可以繼續努力，期望最終能達成研究的目標與自我的成長。

七、參考資料

[1]

<https://24h.pchome.com.tw/prod/DAAH5V-A9006RFLM?fq=/S/DBAX6R>

市售冷熱敷袋產品。

[2] <https://tande.com.tw/> 天地能源溫控器材行

[3] <http://shop.cpu.com.tw/product/45169/info/> 廣華電子材料

[4] <https://www.ptt.cc/bbs/Aquarium/M.1500035835.A.5AD.html>

批批踢實業坊。

[5] [http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~4980H030/wiki/index.php](http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~4980H030/wiki/index.php/%E8%87%B4%E5%86%B7%E6%99%B6%E7%89%87)

[/%E8%87%B4%E5%86%B7%E6%99%B6%E7%89%87](http://eportfolio.lib.ksu.edu.tw/~4980H030/wiki/index.php/%E8%87%B4%E5%86%B7%E6%99%B6%E7%89%87) 致冷晶片介紹

[6] <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%95%A3%E7%83%AD%E5%99%A8>

散熱器

[7] <https://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=32853> 熱

電致冷晶片之特性與應用