

2022 年臺灣國際科學展覽會 優勝作品專輯

作品編號 100012

參展科別 工程學

作品名稱 創新散熱系統-致冷晶片於電腦中的應用

得獎獎項

就讀學校 臺北市立麗山高級中學

指導教師 金佳龍

作者姓名 林浩瀚

關鍵詞 廢熱回收、二次散熱、熱交換

作者簡介



Hi everyone, my name is Shawn Lin. I was born in East Coast of the United States, and I move back to Taiwan with my family in 2011. I used to live in New York Metropolitan Area, but our house was surrounded by beautiful nature of suburban Garden State New Jersey. I grew up in an environment that is close to one of the most advanced and internationalized cities in the world, while I roam in the open suburban space freely, stimulating my creativities.

Since I was little, I enjoy hands on projects. I like making things and I grew up making my own toys with Lego. I am curious about how things work, and love to solve problem by asking people, watching science channel, or finding solutions on the internet. I love games also, so combination of the Lego and game “Minecraft” is one of my all-time favorites. I even competed in an English speech contest based on the game. Although it was my first time, I won a price of excellence. From here I also develop passion for Lego EV3 Robot, where I competed in WRO during my junior high. My team won the Regional 2nd Place Trophy in 2018.

In high school I further pursuit my passion in Robotics with school’s FRC team. There I make my own project parts with a 3D Printer and a power gaming notebook that

my family got me. As some of the 3D parts takes tremendous calculating power from my beloved PC, the PC overheated and have burned the motherboard and the cooling grill. I wanted to prevent this kind of problem in the future. I felt that I wanted to create a system that can cool my machine efficiently. I wanted to turn the heat into energy and thereby cooling my PC in return. There you go, perpetual energy that is good for the environment, good for you, and good for me. I' m glad to have a chance to conduct this experiment.

Abstract

My goal is to cool my CPU based on the “Seebeck Effect” (**electromotive force (emf)** that develops across two points of an electrically conducting material when there is a temperature difference between them). I use CPU Radiator’s byproduct heat as energy source to power Thermo Electric Cooler Chip (TEC Chip), where the electricity generated by TEC Chips power a motor fan to further counter cool CPU Radiator. TEC Cooling system acts as augmentation to the Radiator without secondary electric source in a perpetual manner, enhancing power management and system efficiencies.

To put the above paragraph in layman’s term, what all this mean is “can I find a way to further cool my computer’s radiator” so it won’t overheat, deform my casing, and shutdown? I ask myself is there a way for me to reuse all that heat generated by the hot radiator? Thanks to a device call TEC Chip, where it directly converts temperature differences between 2 plates to electric voltage. TEC Chip is like a ceramic sandwich that has a “heat side” and a “cool side”. When heat passes from the “heat side” to the “cool side”, electricity is produced. So I attached the heat side of the TEC Chip toward the hot radiator. That hot waste heat from radiator let me produce electricity from my TEC Chip. Electricity produced from TEC Chip is attached to a micro motor, which a fan blade is attached. This motor fan is then used to cool the hot radiator. This motor fan is not connected to any secondary source of power supply, it only uses the waste heat from the radiator. The lesser the heat, the better the computer will run.

Now to prove that my theory works, I performed the following 5 steps in my experiments.

1. Collect necessary data (for example: temperature of CPU, CPU Radiator, etc.),
2. Micro Motor RPM (Revolution Per Minute) Test,
3. TEC Chip electricity production test,
4. TEC Chip and Micro Motor System test,
5. Effectiveness of Micro Motor Fan cooling the radiator

After these 5 steps, I believe my cooling system should work. However, the TEC Chip electricity production is still low, and I hope to find a way to increase the power I can produce to power a more powerful fan. Hopefully this heating and cooling will form into a loop of perpetual energy production, and I can find my way to better dispense heat out of all the nagging radiators in the world.

摘要

1. 手機及筆電已成不可或缺生活用品。但，若其充電器如果充電時間太久，可能會因為本身過熱而造成充電完畢要取回時，造成手部的燙傷。因為有此生活經驗，想改善充電器等高溫設備的散熱。
2. 本研究探討電腦 CPU 上如果加上致冷晶片，如何加速散熱，增加使用安全外也進而提高電腦效能。
3. 以電腦主機為實驗的操作器材，探究研發該散熱系統，並做為以後其他需要散熱的結構基礎，作為加速散熱的要件。目前致冷晶片在兩面溫差超越 20°C 時，可以使致冷晶片產生電能，接上微型馬達後，得以驅動，並產生對流散熱。
4. 目前有關致冷晶片的實驗中，多數是使用致冷晶片和帕爾帖效應的關係，以通入電能使晶片兩面產生溫差。而本研究將採賽貝克效應做基礎，來探討新式散熱解決方案，使 CPU 產生的熱轉換成可以驅動微型馬達的電能。

壹、 研究動機

1. 電子產品充電或使用時，因散熱不良，而造成有燙傷等危險。
2. 根據 IEK 研究指出：電子產品的損毀有 55% 來自於高溫，其次才是因震動、潮濕、粉塵而毀壞。由此可知，散熱對於電子產品來說，扮演了維護效能、延續壽命的角色。
3. 而電子產品已在每個人生活中，伴演不可或缺的角色，市場上目前以液冷或是風扇來解決散熱問題，這兩種各有其優缺點，我想研究是否可用既有品未開發的用途，來有效處理散熱問題。而此回創新設計一散熱系統，使散熱加速，來解決散熱效率不足之問題。
4. 在電子產品散熱時，也會發生碳排放。近年來因為全球 ESG 規範，因為散熱時的碳排放會嚴重影響環境，碳排放稅也增加成本，如果使用致冷晶片可以不必再以成本高昂的液冷式散熱，或是氣式散熱，使熱能無法有效被利用，而全部變成碳排放到環境中，實為當務之急。
5. 再者，近幾年散熱市場已越來越受到重視。像是行動式裝置、資料處理中心的伺服器、電動車電池等，都會面臨有效散熱議題，雖然有在開發新材料來協助散熱，但是此次採用致冷晶片，是我希望能開發致冷晶片新用途，有效達到協助散熱的效果。

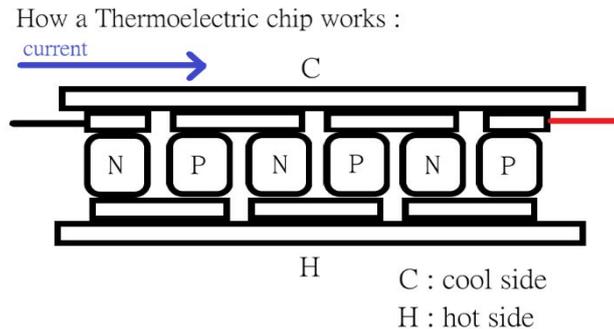
貳、研究目的及研究問題

一、目的：

探討是否可以使用致冷晶片在 CPU 進行散熱工作時，使晶片兩面溫度差產生電流，供給微型馬達動力。致冷晶片使 CPU 製造的廢熱得以被使用，而驅動微型馬達，使風扇將鰭片中的熱更快的散到環境中，加速 CPU 的散熱。

1. 探究致冷晶片相關工作效率
2. 創新設計一散熱系統回收廢熱，產生電能進行散熱

二、原理：



圖一：致冷晶片運作原理圖 (來源：自繪)

N 型半導體和 P 型半導體材料聯成電偶對在這個電路中接通直流電後，就可使致冷晶片兩面產生溫差。電流由 N 型元件流向 P 型元件的接頭吸收熱量，成為冷端；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。而如果使兩面的溫差以外界來提供，則可以反向產生電流，若使晶片兩面溫差愈大，產生電流也會越大(步驟(四)-6.)。而在步驟(四)-6.中，因為不鏽鋼碗中的液體(水)會因為緩慢跟室溫達到平衡，所以微型馬達的轉速到晶片兩面平衡時就下降為 0。

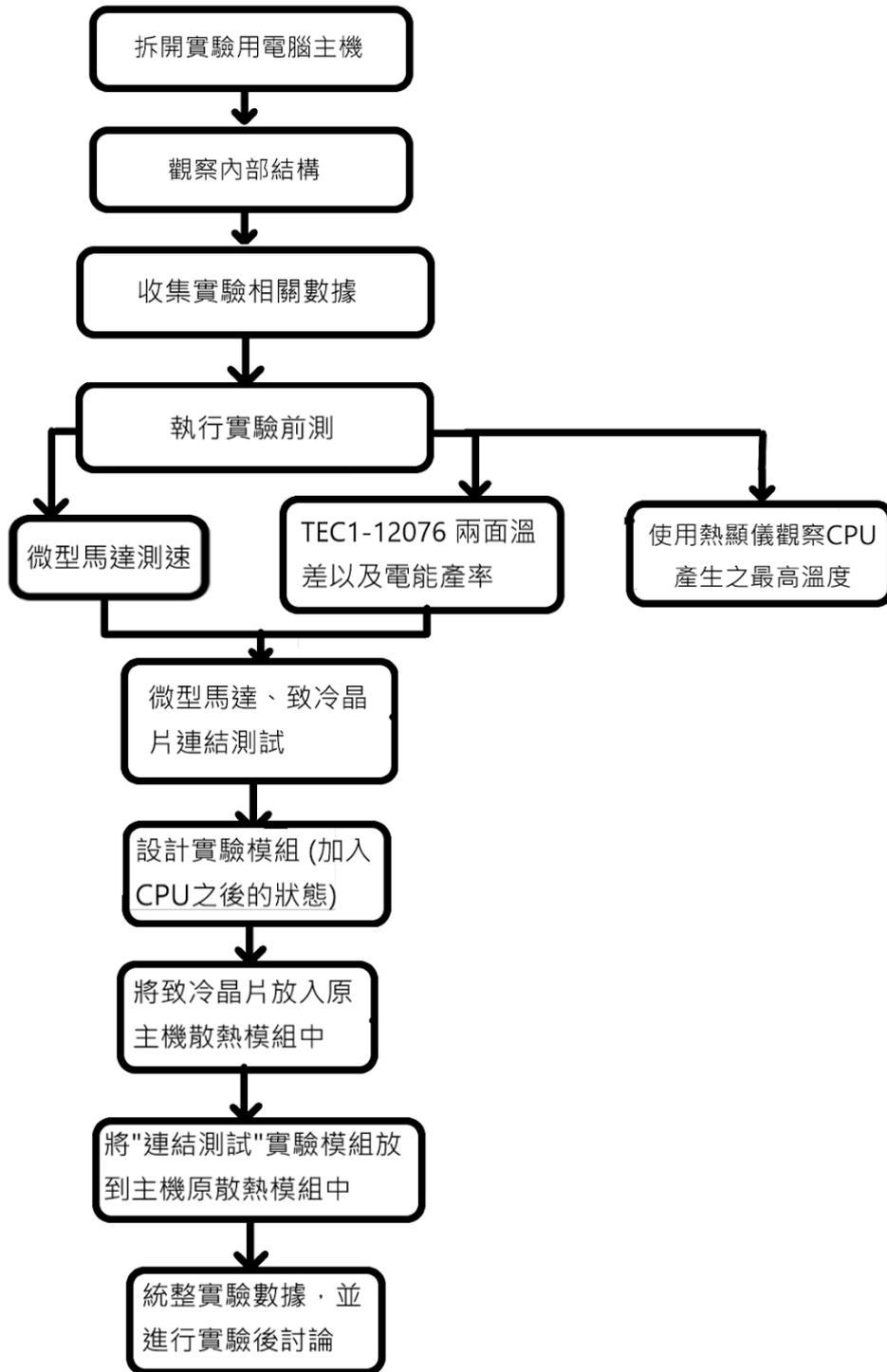
致冷晶片優缺點：

致冷晶片透過電流即可控制溫度，壽命長。但是由於能源轉換效率低，所以目前尚未廣泛應用，致冷晶片的能源轉換效率在 40%~50%，而目前電子產品所用之空氣調節設備效率都能在 95%左右。所以致冷晶片無法應用在大範圍需要空氣調節的場所，也是致冷晶片現在所面臨最大的問題。

表一：致冷晶片優缺點之整理

優點：	<ol style="list-style-type: none">1. 不使用冷媒2. 小型、輕量化3. 僅需提供電能，即能產生兩面溫差，進而進行冷卻或加熱4. 壽命長5. 可靠度高，適用於極端環境
缺點：	<ol style="list-style-type: none">1. 能源轉換效率低 (目前無法使用在大型電子產品之主因)

參、實驗流程圖



圖二：實驗流程圖

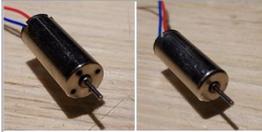
肆、 研究設計及實驗結果討論

一、儀器及材料：

(一)：電腦主機以及溫度測量所用器材：

			
圖三：ASUS BM2320 主機一臺 主機本體為此實驗之主體，取裡面之CPU當作熱源，散熱至鰭片後，進行散熱測試。	圖四：原機構內散熱模組 取出原機構內之鰭片及風扇，觀察通道方向並且替換其上方之鰭片，使鰭片有可以跟致冷晶片接觸之面。 (左圖：散熱鰭片 中圖：散熱鰭片上之散熱風扇 右圖：本實驗中所使用之鰭片)	圖五：散熱模組下之AMD Achlon2晶片 主要散熱之機構，將其熱導致其片之後，會進行鰭片之散熱	圖六：選用之熱顯儀 FLIR - E5 wifi、HILA - TIM03V、Ching Hsing Computer - P384-20、ADE technology (由左至右) 以熱顯儀顯現其片熱點，熱通道方向等。而選用多種熱顯儀，是為了減少因為畫素不足而產生之熱點取用問題(畫素高，選取熱點更容易)

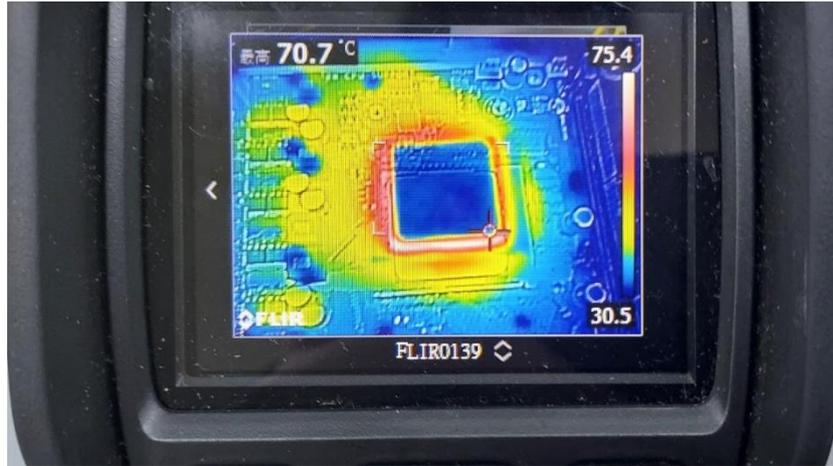
(二)：馬達測速所用器材：

			
圖七： 8520微型馬達/820微型馬達/ 720微型馬達 1.0軸 各x2 使用上述馬達，測定其轉速，選用相同電壓電流下，轉速最高之馬達當作實驗器具。	圖八： Energizer E91 LR6 AM3 AA電池*3 提供馬達測速時所需之電壓、電流	圖九：測速模組所用材料： 微型測速器 電機轉速三位表 接觸式馬達轉速檢測器、樂高4185輪胎皮 原本以接觸式方式測定馬達轉速，但因考慮到胎皮和馬達轉軸之接觸狀況，決定改用圖十之儀器來測定轉速。	圖十： 閃頻器Hila DT-2233Ax1 考慮測速模組會有摩擦力、接觸不良(馬達轉軸和樂高輪胎皮之間)、微型測速器跳牙等問題，原測速模組以此儀器取代

二、步驟：

(一)收集實驗相關數據：

1. 拆開電腦主機
2. 觀察其內部結構 (CPU 在散熱鰭片及風扇下方)
3. 拆下鰭片和散熱風扇之後，抹除 CPU 上既有的散熱膏，因為散熱膏會影響散熱效率 (CPU 為 AMD Athlon 2)
4. 開機測試 CPU 上未加散熱膏時之最高溫度 (使用 FLIR 熱顯儀顯示，結果是 70.7°C，下圖十一)

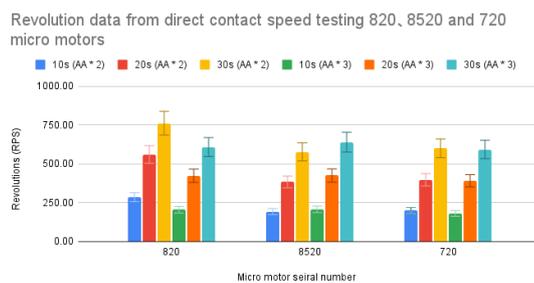


圖十一：使用 FLIR E3 wifi 顯示可見，CPU 在將上方散熱相關模組移除後，最高平均溫度是 70.7°C

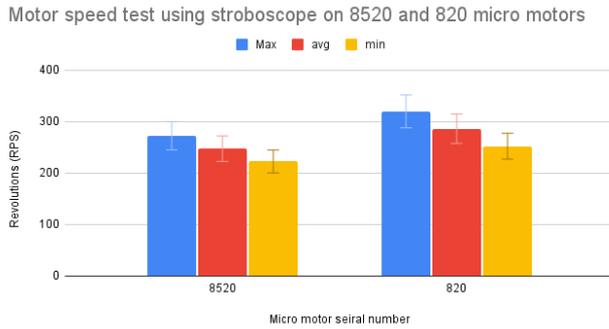
結論一：將主機拆解之後，可以看見 CPU 上存在既有的散熱膏，而我決定先將其抹除，因為散熱膏會影響到 CPU 的散熱效率。抹除後，裸測 CPU 本身會到達之最高溫度，並且記錄到本 CPU 之最高平均溫度為 70.7°C。
(因為此主機有避免 CPU 燒壞的初步保護機制，所以我是在觀測主機風扇停止，一停止就立即測定)

(二) 微型馬達測速：

1. 取三種微型馬達，以閃頻器測定不同電壓系轉速(見圖十二、圖十三)
2. 測定可驅動馬達之最低電壓及電流
(最低驅動電壓：552 mV；最低驅動電流：70mA)



圖十二：以測速模組測試馬達測速相關結果 (8520、820、720 微型馬達)
說明：此圖中可以看見 820 微型馬達在相同電壓、電流下，轉速最高



圖十三：利用閃頻器測得之 820 以及 8520 微型馬達之轉速柱狀圖
 說明：此圖中可以看見 820 微型馬達在相同電壓、電流下，轉速也是最高

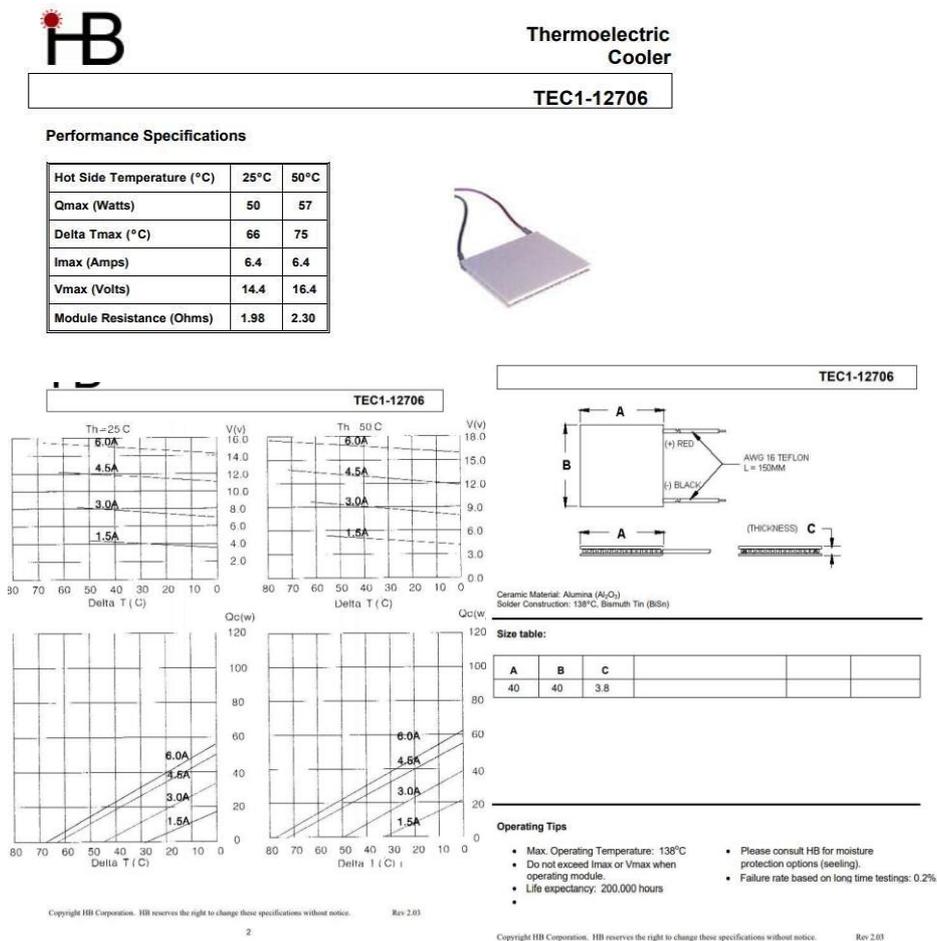
表二：820 以及 8520 微型馬達最高轉速及最低轉速，及其平均轉速

	8520 微型馬達	820 微型馬達
Max revolutions	333.9	352.9
min revolutions	167.2	222.3
avarage revolutions	247.43	286.06

結論二：在選用之微型馬達中，可見相同電壓（三顆 AA 電池 4.5V/2.12A、兩顆 AA 電池 3V/1.61A）時，820 微型馬達的平均轉數較高，所以在之後實驗中，選用測試之微型馬達想以 820 微型馬達來做為測試用。但是因為市面上販售之扇葉和 8520 微型馬達較相符，所以在此報告中之甚下步驟皆選用 8520 微型馬達來做測試。

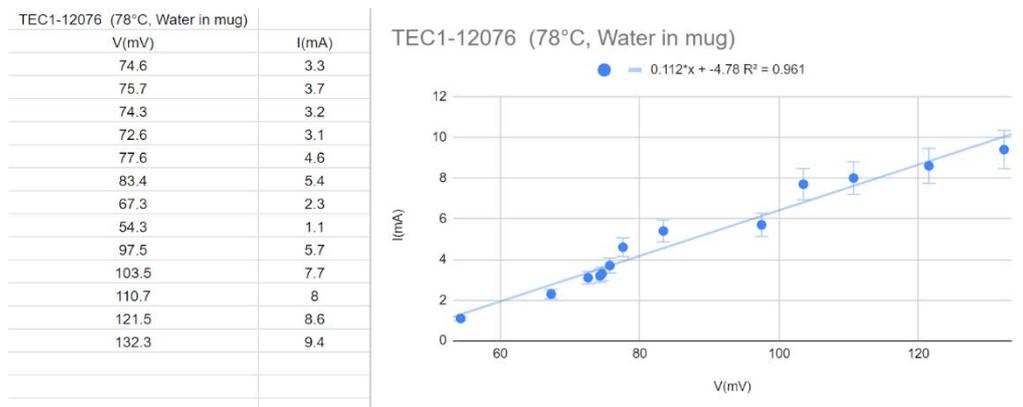
(三) TEC1-12076 兩面溫差以及電能產率：

1. 觀察致冷晶片的 datasheet (見圖十四、圖十五)



圖十四：TEC1-12076 之 data sheet

2. 實際測試，CPU 溫度下的電能產率



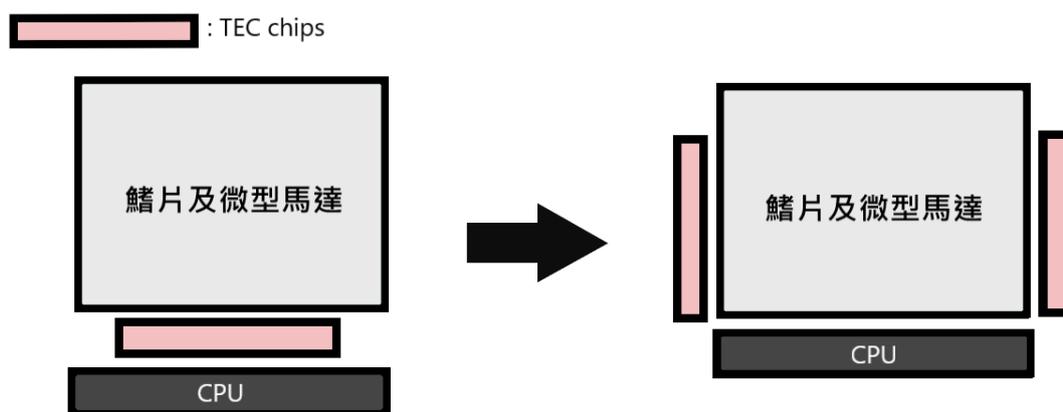
圖十五：測試致冷晶片之結果

說明：此途中可發現致冷晶片兩面溫差越大，電能產生越多

結論三：在此測試 CPU 產生電壓及電流後發現如果將 TEC1-12706 放置在未塗散熱膏之 CPU 上，可以產生最高電壓：132.3mV / 最高電流：9.4mA。

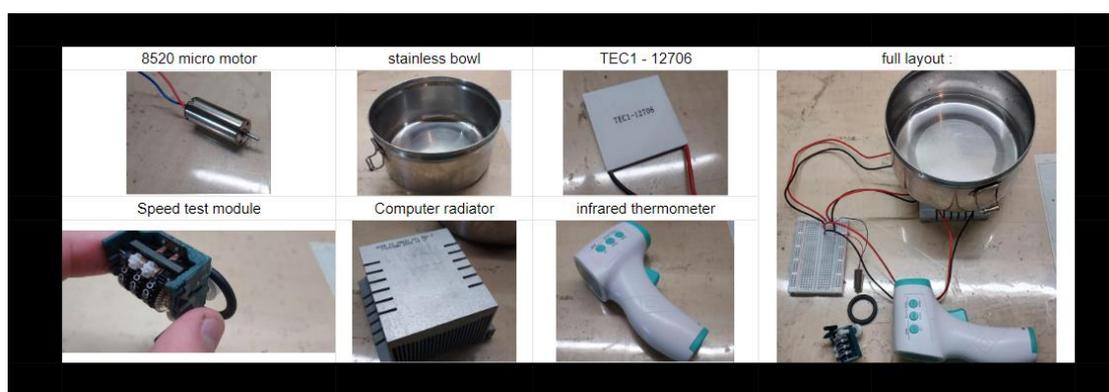
(四) 微型馬達、致冷晶片連結測試：

1. 測試致冷晶片遇熱時，是否有足夠電力驅動微型馬達
2. 設計要裝在微型馬達上的散風裝置
3. 在鰭片上，或附近找出可放置微型馬達之處(設計鰭片和微型馬達之相關配置圖來確定擺放位置)
4. 將裝置以下圖方式放在主機之 CPU 上(見圖十六)

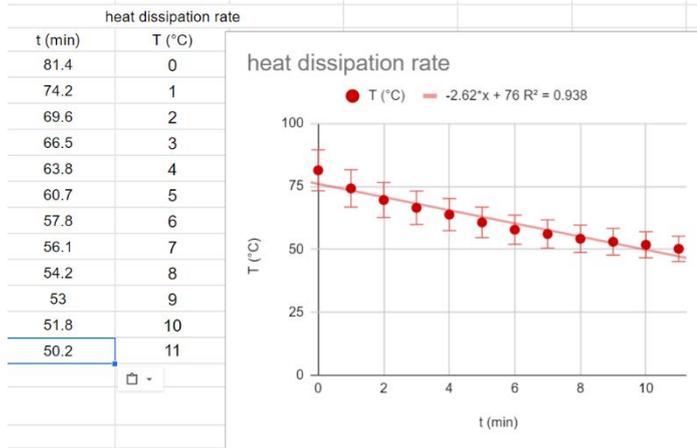


圖十六：裝置配置之設計圖

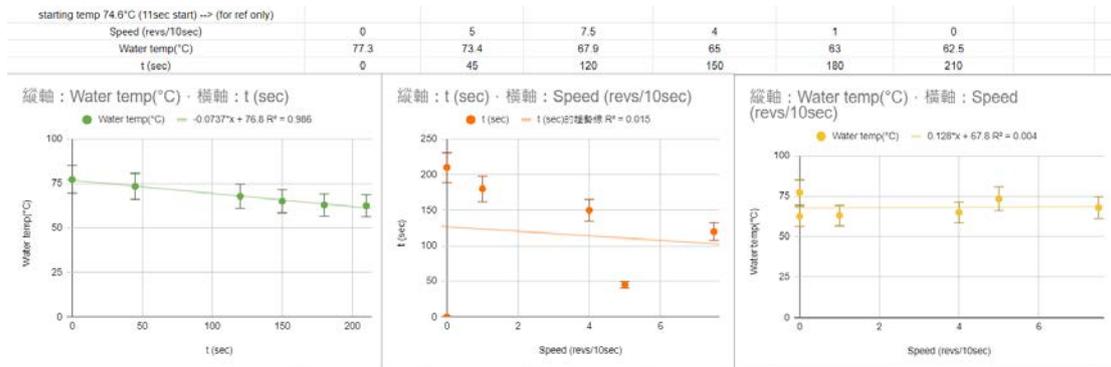
5. 將微型馬達以及致冷晶片以麵包板接起後，測試致冷晶片是否能驅動微型馬達。(串聯三顆 TEC1-12706 來做測試)
6. 將裝有 81.4°C 熱水的不鏽鋼碗放置在致冷晶片上方，下面放置鰭片，使致冷晶片兩面溫差得以持續更久，測試 CPU 溫度是否可以使致冷晶片驅動微型馬達(見圖十七到圖二十)



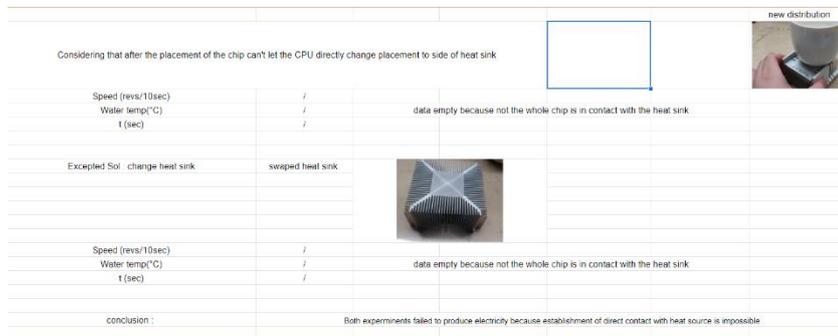
圖十七：使用器材圖片



圖十八：不鏽鋼便當盒之熱散失效率實驗數據



圖十九：致冷晶片在不同水溫下 8520 微型馬達之轉速



圖二十：將致冷晶片改放在鰭片側面時，8520 微型馬達無法被驅動

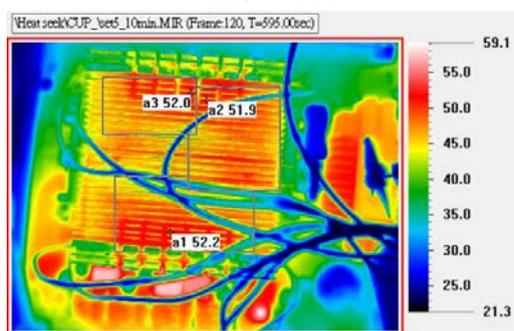
結論四：從此發現致冷晶片在兩面溫差超過 20°C 時可以驅動微型馬達，但如果將致冷晶片放置在鰭片側面，則微型馬達無法被驅動。在執行致冷晶片和微型馬達連接測試時，因為考慮到原本設計可能會影響到 CPU 和鰭片未直接接觸，而將其晶片移動到鰭片側面。接著發現因為致冷晶片是依靠熱的傳導，才有辦法出現兩面溫度差，而決定將晶片移置到鰭片上方(可以使接觸面積最大)處。

(五) 實際將模組放置於 CPU 上，測試是否可以驅動微型馬達：

1. 將裝置擺設成設置二後(圖十六箭頭右側擺放方式)
2. 將主機擺設到 P384-20 熱顯儀下方，開機並且等待開機到達穩態(見圖二十一、二十二、表二)
3. 使用 P384-20 拍攝鰭片散熱狀況 (見圖二十二)
4. 測試實驗(四)中所設計之模組，是否可以使用在主機中



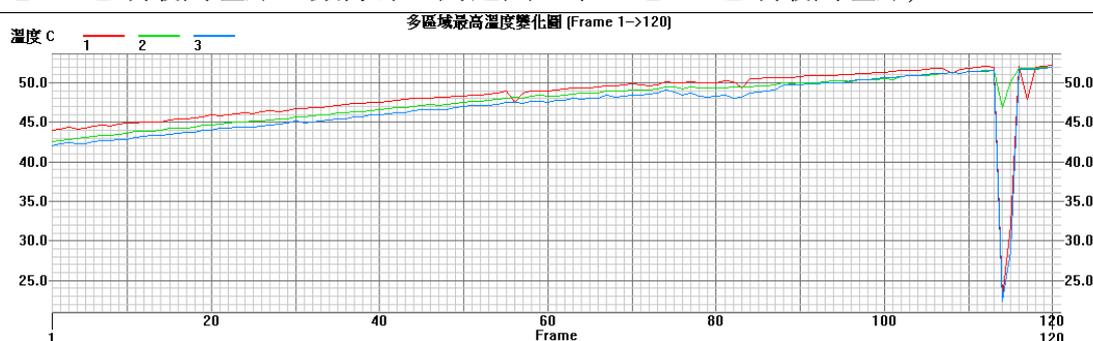
圖二十一：將主機擺設到 P384-20 熱顯儀下方時之狀態



圖二十二：接近穩態時，鰭片的熱顯像圖

表二：達到穩態之趨勢圖

(數據線 1 對造圖二十二之 a1 區域之最高溫點，數據線 2 對造圖二十二之 a2 區域最高溫點，數據線 3 對造圖二十二之 a3 區域最高溫點)



結論五：在此實驗中，除了測定 CPU 上加鰭片之後的穩態溫度 (由線段推測，穩態溫度可能是 52°C)，也將我所設計之模組放置在 CPU 進行實測(置入時尚未接上微型馬達)。而將微型馬達接到電路中時，有產生轉動，但是並沒有持續轉動(推測是 TEC1-12706 在前面存下來的電能，使微型馬達轉動)。

伍、 結論與展望

目前多數筆電以及桌上型電腦是以風扇散熱，延伸到電競筆電、商用筆電採用的熱板方案，或者是少數桌上型電腦使用水冷的方法來散熱，都是尚未使用到致冷晶片。在此希望能藉由致冷晶片，可以來增加電腦散熱的效率。

希望可以藉由致冷晶片加速電腦 CPU 的散熱，並以散熱過程所製造的熱能進而發出電能，而該電能可以作為微型結構的能量。在實驗的過程中，希望可以發現電腦廢熱的運用方法，以及更熟悉致冷晶片的運用方式。而目前已確定致冷晶片可以在兩面溫差 $20^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ 時產生電能，驅動微型馬達。而在此實驗中，使用致冷晶片的好處在於可以將本來會直接散到環境中的廢熱加以使用，而用來增進散熱的效率，使本來是透過自身電源的散熱風扇，以廢熱來發電。

而在下一步，希望可以應用在穿戴式裝置、電動車等等領域。穿戴式裝置需要快速散熱的原因，因為需要接觸人體，散熱也變成是一個設計重點，使用此系統可以改善散熱速度不足的問題；將該系統應用於電動車則是因為電池常常會因為過熱，而要時常做更換。在其他電子產品中加上此系統，亦可改善各個電子產品的散熱問題。

陸、 參考資料

1. A cool advance in thermoelectric conversion (Steve Nadis, 2020, December 11)
2. Investigation of Thermoelectric Module with Applications on Waste Heat Recovery from Automobile Engine (Yuan-Yuan Hsiao, 2011)
3. Modeling and Optimization of Biomass Gasifier with Waste Heat Recovery via Thermoelectric Effect (Hsiao-Kang Ma, 2014)
4. Performance and thermal stress analyses of a thermoelectric module with different fin designs in a waste heat recovery system (Wang Chi-Ming, 2021)
5. Professor Kiyoshi Saito (2016, December 12) Waseda Frontline Research Vol. 12-2: Heat pumps converting ambient heat into energy
<https://www.waseda.jp/top/en/news/47374>
6. Simulation and experiment on the cooling performance and power generation of thermoelectric cooling module (Chen-Yeh Liao, 2012)
7. TEC1-12706 Datasheet (PDF) - List of Unclassified Manufacturers
8. Thermoelectric Cooling (Raghied M. Atta, 2018/7)
9. The Study of Multiple Piezoelectric-Magnetic Fan System for Electronic Cooling Application (Chun-Lin Liu, 2013)
10. Turning heat into electricity (Jennifer Chu, 2018, January 16)
11. 經濟部技術處，中華民國 110/09，產業技術白皮書，73~74, 89 ~ 92

【評語】 100012

本作品使用 Peltier 致冷晶片在溫差下所發電力來驅動微型冷卻風風扇，以改善 PC (CPU/GPU) 的散熱。

1. 這個想法很有趣。然而，整體效益需要更多的數據和論證來支持。例如，Peltier 致冷晶片在溫差下所發電力，長期(如 3~5 年，約 PC 更換的週期)下來所節省的電費與致冷晶片本身價格的比較為何？
2. 實驗成果應提供量化驗證數據，而非僅以微型馬達是否可以被驅動來界定。
3. 致冷晶片運作時所發電力能否被有效使用，取決於和負載間的阻抗匹配(如馬達)。不只是電壓，也和電流有關，即致冷晶片的有效輸出功率。