

太陽能及溫差發電示範實驗裝置

程達隆¹ 許玉晶²

¹ 樹德科技大學 電腦與通訊系

² 國立中山大學 物理系

(投稿日期：民國 97 年 10 月 20 日，修訂日期：97 年 12 月 08 日，接受日期：97 年 12 月 15 日)

摘要：由於石化燃料的大量使用，原油儲量逐漸枯竭與全球溫室效應的問題日益嚴重，使得太陽能產業越來越受到人們重視。為了解決太陽能電池昂貴的問題，許多學者專家開始投入太陽能聚光模組的研究。然而利用聚焦裝置卻會使太陽能電池溫度急劇上升，反而造成效率下降的效果。本報告提出一種結合溫差發電組件的主動式散熱器組件之實驗裝置來解決上述問題，此裝置主要包含熱電致冷晶片、散熱片及風扇。其中熱電致冷晶片係扮演溫差發電的角色，可將熱能轉換成電能後，驅動風扇產生散熱效果。實驗結果顯示，在不需外接電源或消耗太陽能電池電力的情況下，該裝置能獲得溫差散熱效益，同時維持太陽能電池低溫及高效率的操作條件，達到能源循環再利用之目的。透過課堂上的示範，更可讓學生瞭解菲涅爾透鏡、太陽能電池及熱電轉換等物理概念。

關鍵詞：太陽能電池、溫差發電

壹、背景

隨著人類文明的發展，能源的消耗量與日俱增，地球上所蘊藏之化石能源，如：石油、天然氣、煤等在大量的開採下，正面臨著空前的「能源危機」與「全球暖化」兩大難題。在能源危機方面，目前高油價的新聞報導隨處可見，無論是市井小民還是政府高層，無人不受到此波能源匱乏危機所影響；

至於全球暖化之情勢，則是由於溫室效應逐漸加劇，造成冰山融化、海面升高及氣候變遷等現象。

有鑑於此，我國政府積極推動再生能源的開發與應用，預計至 2010 年時，再生能源發電之裝置所產生的電能容量將達到我國總發電量的 10%，以達到提昇國內自主能源比例並減少溫室效應氣體排放的具體目標。相較於傳統燃煤、燃氣式或核能發電，太陽能

電池係利用光發電效應直接將太陽能轉換為電能，不會伴隨 CO_2 、 NO_x 、 SO_x 等溫室效應氣體及污染性氣體的產生，可減低人類對石化燃料的依賴，提供安全自主的電力來源。

目前各界皆認為利用光電轉換的太陽能電池發電技術是同時解決上述能源與環境兩個問題的最佳選擇，因而太陽能電池的研究與開發越來越受到世界各國的關注。目前國內已完成 III-V 族多接面太陽電池基礎結構之開發製作，其能量轉換效率達 25% 以上。未來產業界與學界合作精進磊晶與製程技術，預計製作完成的太陽電池效率將可達到 30% 以上。雖說如此，基於技術成熟度與成本考量，目前市面上所使用之太陽能電池主要仍是以矽晶圓為主。然而以矽晶圓為主的太陽能發電係使用半導體材料為光電轉換元件，此類半導體材料的溫度效應相當明顯。假設在相同的日射條件下，當太陽能電池的溫度上升時，其發電效率將明顯下降。所以

在太陽能電力系統的設計中，溫度成爲一項重要的控制參數。圖 1 顯示在相同的日射條件下，太陽能電池的特性曲線與環境溫度的關係，由圖可明顯看出，當太陽能電池溫度增加時，電池的開路電壓呈現下降的趨勢。這即是說，當太陽能電池的溫度上升時，其發電效率將隨之明顯下降。

近年來有相當多的研究關注於如何降低太陽能電池的生產成本，並且利用相關經驗、數值分析和理論預測模式，研究高效率光電池之性質。其中，聚光型太陽電池模組利用光學元件的聚光能力以減少太陽能電池板的使用面積，進而降低成本的做法，獲得了不少的注意。然而，聚焦後的太陽光會產生熱能，造成電池溫度急速上升，進而影響太陽能電池的發電效率。

爲避免太陽能電池處於過高的工作溫度，目前市面上多使用散熱座，此一設計是將太陽能電池固定在鰭片式散熱座上，藉由

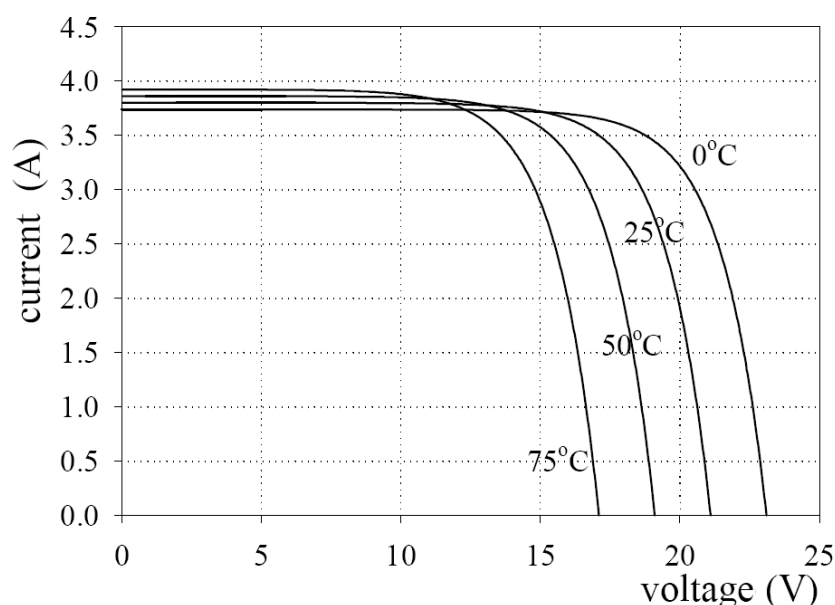


圖 1：太陽能電池特性曲線與溫度的關係

[出處：王耀諄,李東諭,能源季刊,第 31 卷,第 3 期, pp. 111-130, 2001.]

傳導的方式得到散熱效果。然聚焦後的太陽光所造成的溫度上升急速，尤其是日射量最強的夏天中午時分，其溫度甚至比一般可燃物的燃點還高，傳導散熱（被動散熱方式）的做法雖可減緩電池溫度上升的速度，仍無法有效改善溫度上升之問題。因此，利用溫差發電組件搭配風扇的強制對流方式，將系統的熱量帶出（主動散熱方式），將是徹底解決溫度變化造成太陽能電池發電效率下降的辦法。

「溫差發電組件」是一種在適當的溫差條件下，可以讓「熱能」與「電能」交互轉換的元件，藉著適當的運用，該材料能產生熱生電的效應，或電生熱、電致冷的現象，為目前再生能源領域中極為重要的一環，其具有下列幾項優點：

- 構造簡單、體積小、堅固且機械零組件無噪音污染
- 產生之電流可直接被利用
- 不需使用冷煤
- 可回收熱源轉變成電能

貳、研究結果及討論

圖 2 為本研究進行的流程圖，參與的學生與科目為科技大學大三生之專題研究。藉由研究過程，一面教導學生背景理論，一面讓學生進行實作。

在實驗過程中，由學生自行準備太陽能電池、熱電晶片與馬達，並嘗試在太陽能電池背部連接溫差發電組件以及風扇。其中，溫差發電組件是利用 N 型和 P 型兩種半導體熱電偶來進行溫差發電。過程中，學生遭遇的主要瓶頸為觀念的形成以及材料的選擇與購買。而透過上述的研究流程，發現學生可於 2 個月內完成裝置的雛形。

在本示範實驗裝置中，主要係於太陽能電池背部加裝一組溫差發電組件，做為主動式散熱器裝置之主要元件。其中溫差發電組件係由利用熱電材料做成的 N 型和 P 型兩種半導體組合而成之熱電偶來進行溫差發電之技術。理論上熱電效率以優質係數 ZT 表示，其關係式為：

$$ZT = \frac{U^2 \sigma T}{\kappa}$$

其中 U 為熱電動勢， σ 為電導率， κ 為熱傳導率， T 為溫度，適當調變這些參數，可有效提升 ZT 值。其熱電轉換原理為：將一塊 N 型半導體材料和一塊 P 型半導體材料聯成電偶對(如圖三所示)，當這個電路中出現溫度的差異時，根據熱平衡理論，高溫面（熱庫）之熱量將流向低溫面（冷庫），此時 N 型半導體中的電子載子與 P 型半導體中的電洞載子因扮演傳遞熱量的角色，而使得電路產生直流電流。其電流的大小由高溫面與低溫面的溫差決定之，溫差越大產生的電流也越大，反之亦然。

除此之外，利用此種溫差發電裝置產生的電動勢大小也會隨著溫差而異，此電動勢 U 可近似寫為：

$$U = \alpha_{1,2} (T_H - T_C) = \alpha_{1,2} \Delta T$$

其中 $\alpha_{1,2}$ 為所使用的兩材質間之 Seebeck 係數， T_H 是熱端溫度，而 T_C 是冷端溫度。其轉換效率 η 可表示成

$$\eta = \frac{W}{Q_H - Q_C} = \frac{\frac{dW}{dt}}{\frac{dQ_H}{dt} - \frac{dQ_C}{dt}} = \frac{IV}{C_H \cdot \frac{dT_H}{dt} - C_C \cdot \frac{dT_C}{dt}}$$

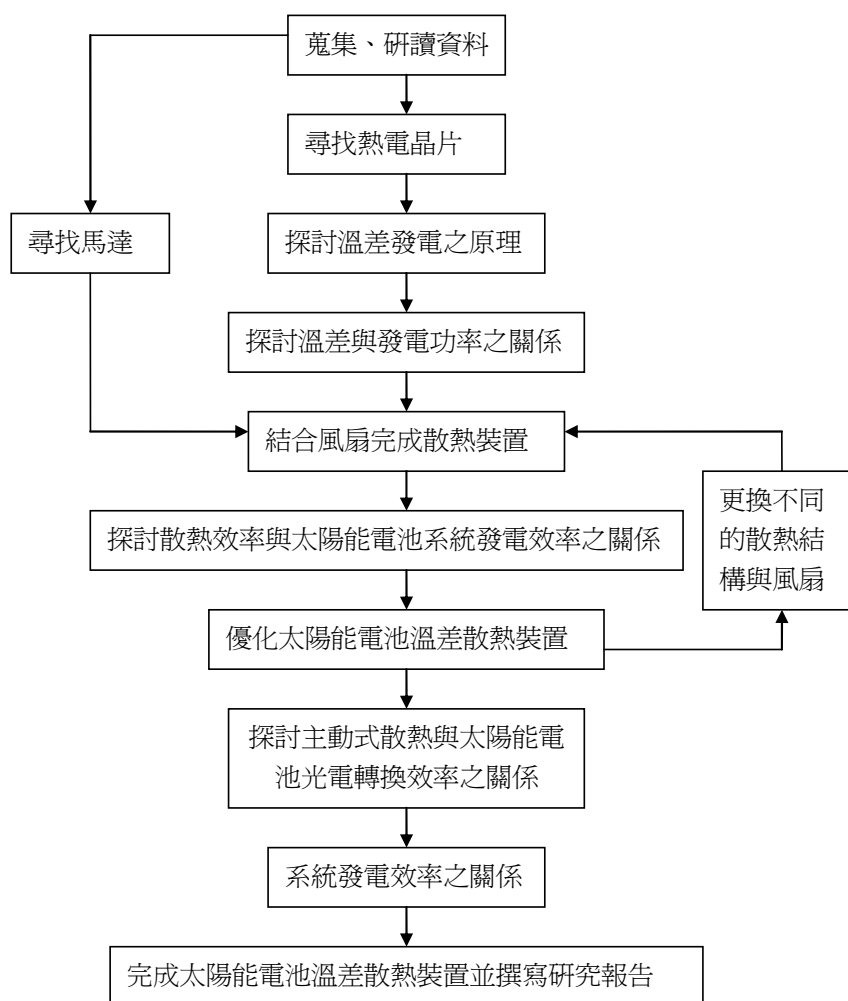


圖 2：溫差散熱裝置研究流程圖

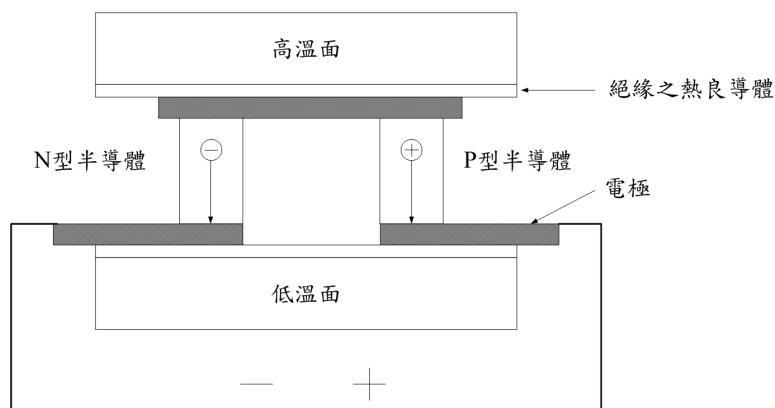


圖 3：半導體熱電轉換原理

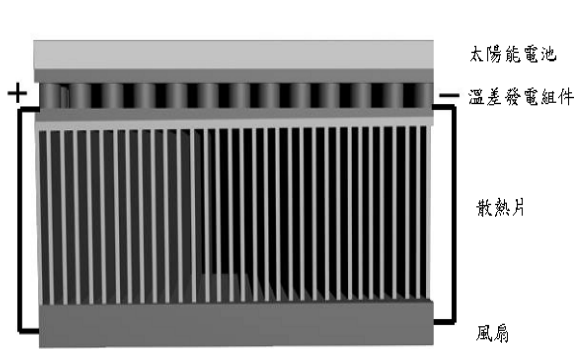


圖 4：太陽能電池溫差散熱裝置結構之正視圖

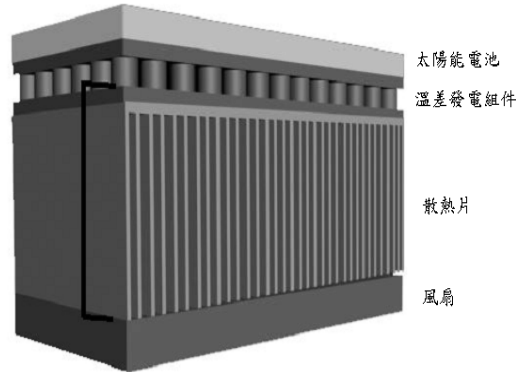


圖 5：太陽能電池溫差散熱裝置結構之立體圖

- W：溫差發電器對負載所作的功
- Q_H ：熱庫流入溫差發電器的熱量
- Q_C ：溫差發電器流入冷庫的熱量
- I：流經負載的電流
- V：負載兩端的電壓
- C_H ：熱庫的熱容
- C_C ：冷庫的熱容

透過上述之溫差發電裝置，我們可將圖 3 之高溫面設定為太陽能電池，此時太陽能電池之熱源恰可提供載子的移動能量，使得

溫差發電組件產生高低溫差效益，進而將熱能轉換成電能。在低溫面的部分，透過結合一組以上之散熱片及風扇，即能構成主動式散熱器組件並達到散熱的目的，如圖 4、5 所示。如此一來，溫差發電組件的冷溫面不致升溫，而能維持熱能轉換電能之正常工作。除此之外，此裝置無需額外予以外接電源，或浪費太陽能電池之電力，達成溫差散熱效益，同時維持太陽能電池之低溫、高效率的操作條件，達成能源循環再利用之目的。

圖 6 為學生經過理論研習後進行實驗

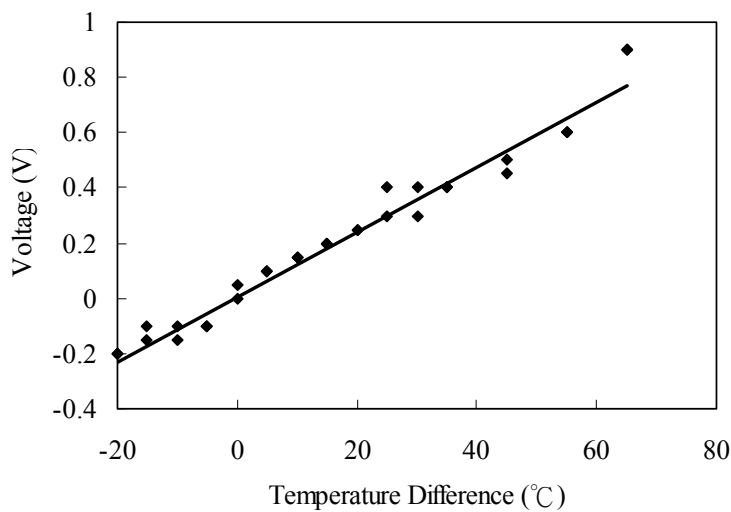


圖 6 溫差對發電電壓關係圖

所得之結果，實驗結果顯示溫差發電裝置兩端的冷熱溫差越大，產生的電壓隨之增大，個別的升溫曲線與冷卻曲線呈現近乎線性的關係。溫差發電裝置兩端的溫差約為 65°C 時 (高溫 90°C ，低溫 25°C)，可產生 0.9 V 的電

壓，足以驅動小型風扇。

圖 7 為太陽能電池溫差散熱裝置成品的實際運作狀況，經實驗證明，在主動式散熱器的幫助之下，太陽能的轉換效率明顯提高，如圖 8 所示。



圖 7：太陽能電池溫差散熱裝置成品圖

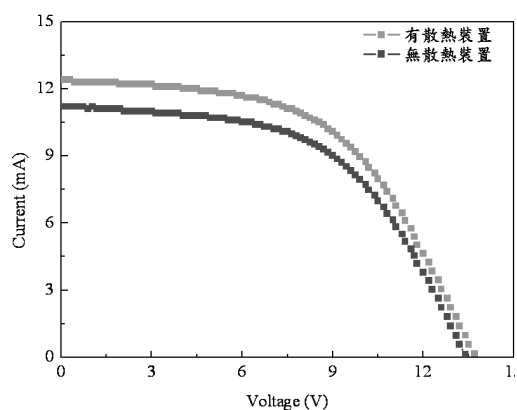


圖 8：太陽能電池 I-V 特性曲線

參、結論

本研究之成效可歸納為以下四點：

1. 本研究所利用之半導體溫差發電技術，具有無污染，體積小、重量輕、壽命長等優點，適用於各種高溫散熱之場合。
 2. 太陽能電池之溫度會隨日照強度的增加而上升，本裝置會隨著高溫面的升溫而有更大的溫差，產生更強的電流，如此散熱效率也會跟著增加，達到抑制太陽能電池溫度上升之目的。簡而言之，本散熱系統具有隨日照強度增加而提高散熱效率之特性。
 3. 一般而言，主動式散熱均須額外的電源，因此造成電池系統整體效率下降之結果。經實驗證明，本裝置成功地解決此問題。
 4. 學生透過本裝置，可輕易觀察到菲涅爾透鏡、太陽能電池以及熱電轉換等元件之物理現象。
3. 陳洋元, “高效率新穎奈米熱電材料之研發及其於再生能源之應用,” 中央研究院物理所第 1025 期研究計畫, 九十五年度.
 4. 曾衍彰, 辛華煜, 邱志鵬等, “我國發展高效率聚光型太陽能發電系統之推動策略報告,” 核能研究所, 中華民國九十五年.
 5. S.B. Riffat, S.A. Omer, and Xiaoli Ma, “A novel thermoelectric refrigeration system employing heat pipes and a phase change material: an experimental investigation,” *Renewable Energy*, 23, pp. 313-23, 2001.

誌謝

本研究感謝樹德科技大學電通系曾培婷、柯守濠、李昱輝、盧易佐等四位同學的努力參與使實驗得以順利進行。

參考文獻

1. 王耀諄, 李東諭, “獨立太陽能電力系統動態模擬與最佳容量設計,” 能源季刊, 第 31 卷, 第 3 期, pp. 111-130, 2001.
2. 柯俊廷, 李忻樺, 黃上豪, 高逸絢, 曾秀婷, 洪嘉欣, “來電傳晴—新式樣能源環保電池初探,” 中華民國第四十七屆中小學科學展覽會.