



逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：

遠紅外線物體放射率量測

作者：謝琪杰

系級：電機系碩二

學號：M9701580

開課老師：陳德請 教授

課程名稱：偏振光學

開課系所：電機系

開課學年：97 學年度 第二學期



中文摘要

凡具有溫度的物質均會放射出紅外線，而自紅外光科學發展以來，物體的放射率即為人們所關注。物體放射紅外線的強度和材質的溫度及放射率有關，本研究即在於利用紅外線感測元件熱電堆進行物體放射率的量測。本研究使用熱電堆偵測器、微處理器所組成紅外線放射率量測系統，熱電堆偵測器偵測到熱輻射之後進行後端放大、擷取電路及內差法數學計算以實現紅外線放射率量測的目的。另外感測元件訊號輸出僅數十微伏~數毫伏的範圍，故在系統架構上須保持環境參數的穩定，並選用適當的放大元件，以使量測結果穩定並降低量測的誤差。

關鍵字：紅外線、熱電堆、放射率



目 次

| | |
|-------------|---|
| 一、前言 | 3 |
| 二、放射率量測原理 | 3 |
| 三、系統架構與量測結果 | 5 |
| 四、結論 | 7 |
| 五、參考文獻 | 8 |



一、前言

自然界的物體只要溫度大於0°K以上都會產生熱輻射（thermal radiation）的物理現象。而其輻射強度則由物體材質、本身的表面溫度、及放射率（emissivity）來決定。相同材質下，表面溫度越高者熱輻射強度越強；而相同溫度下，放射率越高的物體熱輻射強度也越強。

放射率（emissivity）指的是「物體輻射的能量與同溫度的黑體輻射能量的比值」，通常以符號 ε_{λ} 來表示。它是物質吸收與輻射能量能力的指標，一個真正的黑體其放射率定為1，因此一般的物體其放射率小於1，稱之為灰體（gray body）。

$$\text{放射率}(\varepsilon_{\lambda}) = \frac{\text{物體電磁波放射量}}{\text{黑體電磁波放射量}} \quad (1)$$

例如，金屬的放射率約為0.04到0.4之間，當放射率為0.4，表示物體每秒輻射的能量為同溫度黑體的0.4倍。

而實際物質係在 $0 < \varepsilon < 1$ 之關係。 ε 愈接近1，表示熱能對電磁波之轉換愈以理想方式進行。能夠完全吸收入射輻射，並且具有最大輻射率的物體叫做絕對黑體或簡稱黑體（black body）。絕對黑體是一個理想的概念，在自然界並不實際存在。但是用人工的方法卻可以製作儘可能接近黑體的輻射源。

二、放射率量測原理

由於物體表面的放射率各不相同，而且隨溫度、波長而變化，對理想的輻射源-黑體來說它的放射率係數是1，但對於大多數物體而言，放射率係數都小於1。這些非黑體的放射率變化情況有以下三種：

- 1、放射率小於1，但不隨波長變化，此為灰體。
- 2、放射率小於1，且隨波長變化，如一些高分子有機材料、玻璃以及氣體分子等。
- 3、放射率隨波長及溫度變化，如某些金屬等。

放射率取決於溫度、發射角度及波長。工程上為了簡化計算，常假設物體表面的光學放射率（spectral emissivity）及吸收率與波長無關，因此放射率可視為定值，這就是所謂的灰體假設（gray body assumption）。

熱電堆如圖1所示是一種量度溫差或熱輻射變化的裝置，熱電堆通常是由數十個~數百個熱電偶接點串連而成，運用微機電技術把它們置於一個透鏡之下。如此一來，溫度不同時，入射的紅外線也不同。將於各熱電偶接點產生不同的熱電效應，而得到不同的電壓。又因為是一連串的電壓相加，使得熱電堆感應輸出電壓的靈敏度可得以提升。

熱電堆的內部結構如圖2所示。主要是由薄膜浮板層、紅外線吸收層和數十對串聯在一起的熱電偶所構成。其中薄膜浮板是由一層極薄的材料所構成的懸浮結，它具有極高的熱阻抗用以避免熱能過度的散失。在浮板區的中心會被鍍上

一層紅外線吸收層(IR Absorber)，當紅外線輻射進入元件時，會使得此一區域的溫度上升，導致在元件的浮板中心區(Hot Junction)與元件邊緣區(Cold Junction)產生溫度差，此溫度差將使得熱電堆原件產生電壓輸出。

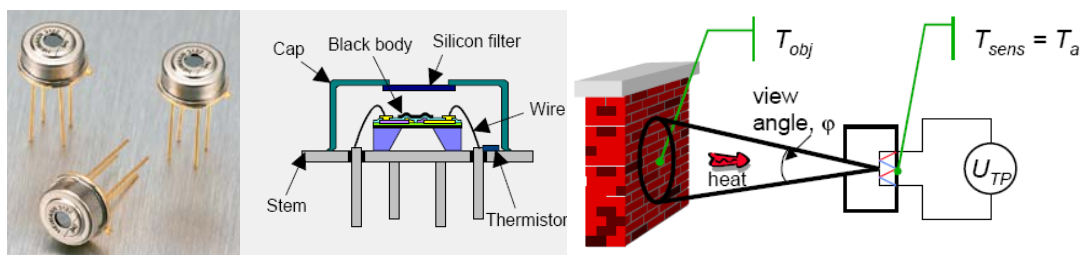


圖1 熱電堆實體圖

圖2 熱電堆結構圖

圖3 熱電堆量測示意圖

圖3為熱電堆量測時的示意圖。其中，輻射源物體表面溫度 T_{obj} 、感測器溫度 T_{sens} （等於環境溫度 T_a ）、物體與感測件窗口的視角 φ （field-of-view, FOV），及熱電堆輸出電壓 U_{TP} 。

若物體產生的總輻射功率為 P_{obj} ，則

$$P_{obj} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot T_{obj}^4 \quad (2)$$

σ 表示Stefan-Boltzmann常數， ε 為物體放射率。因為感測器溫度 T_a 不同於待測物體所以感測器所接收的熱輻射可表示為

$$P_{rad} = K(\varepsilon_{obj} \cdot T_{obj}^4 - \varepsilon_a \cdot T_a^4) \sin^2(\varphi/2) \quad (3)$$

其中，將 ρ 改為 K 表示的儀器因子（instrument factor），以含入元件本身所造成的差異。熱電堆因接受的熱輻射 P_{rad} 而產生電壓輸出 V_{TP} 可表示如下：

$$V_{TP} = S \cdot P_{rad} = S \cdot K(\varepsilon_{obj} \cdot T_{obj}^4 - \varepsilon_a \cdot T_a^4) \sin^2(\varphi/2) \quad (4)$$

其中， S 為熱電堆的靈敏度。熱電堆通常都會有設有一個濾光片，因此入射的熱輻射將不再是溫度的4次方，而會存在一個誤差 δ 。另外，為便於分析，假設 $\varepsilon_{obj} = \varepsilon_a = \varepsilon$ ，則

$$V_{TP} = S \cdot K \cdot \varepsilon \cdot (T_{obj}^{4-\delta} - T_a^{4-\delta}) \sin^2(\varphi/2) \quad (5)$$

由式(5)可看出，不同待測物體時，若假設物體與感測器的距離角度不變，環境溫度不變，待測物體溫度也令其相同的情況下，熱電堆的輸出壓降將由物體的放射率所決定。我們可以使用以下兩式：

$$V_{obj} = S \cdot K \cdot \varepsilon_{obj} \cdot (T_{obj}^{4-\delta} - T_a^{4-\delta}) \sin^2(\varphi/2) \quad (6)$$

$$V_0 = S \cdot K \cdot \varepsilon_0 \cdot (T_{obj}^{4-\delta} - T_a^{4-\delta}) \sin^2(\varphi/2) \quad (7)$$

其中 V_0 為具有放射率 ε_0 的待測物對感應器的輸出壓降， V_{obj} 為具有放射率 ε_{obj} 的待測物對感應器的輸出壓降。將兩式相除，可以得到以下：

$$\frac{V_{obj}}{V_0} = \frac{\epsilon_{obj}}{\epsilon_0} \quad (8)$$

由式(8)可看出當環境條件皆保持一致時，物體的放射率和感應器的輸出壓降是呈正比的關係。因此若我們可以事先得知某物體的放射率數值為 ϵ_0 時，則可以用比對的方式，得出待測物體的放射率。

三、系統架構與量測結果

為了排除熱電堆內部阻抗的影響，放大器電路設計上必須使用高輸入阻抗的放大型式。非反向放大器即具有高輸入阻抗的特性，其輸入阻抗一般可以提供數十MΩ~數百MΩ的等級。因此我們採用此一電路模式擔任熱電堆感測器訊號輸出的放大工作，如圖4-5所示。

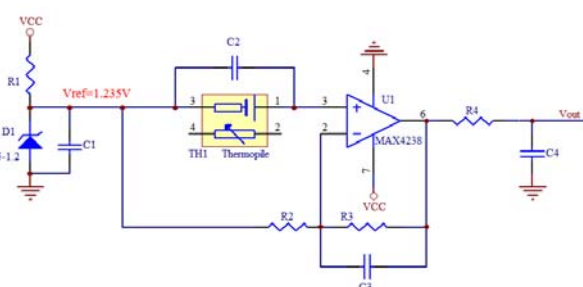


圖4 放大器電路

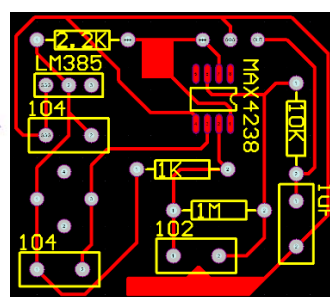


圖5 紅外線偵測器Layout

此外，雖然熱電堆的應用上是由熱接點吸收熱輻射使其溫度高於冷接點而輸出正電壓，但若熱接點溫度低於冷接點時電壓輸出則會落在零軸下成為負壓降。然而我們選用的MAX4238為單電源的運算放大器，並無法得出負電壓的輸出。為了兼顧兩者的可能性，因此放大電路上必須提供一參考電壓，使輸出位準提升到零軸以上。參考電壓定在1.235V，提供參考準位。並且設定放大器的放大倍率為1000倍，以提供足夠大的訊號放大輸出。

由表一可看出在黑體下放射率近乎於1，因此對於黑體爐發出的溫度反射率較低在放射率電壓的表現上幅度較大，而鋁箔紙(金屬)反射率較高，黑體爐發出的熱幾乎都被反射所測得的電壓值幅度較小，白色的放射率量測則次之。

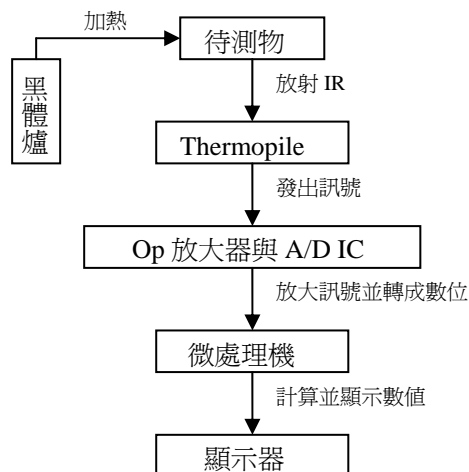


圖 6 系統流程圖

表 1 放射率量測結果

| 放射率量測 | 待測物(白紙) | | 背景(黑體) | | 待測物(鋁箔紙) | |
|-------|---------|-----------------|--------|-----------------|----------|-----------------|
| | 電壓(V) | 電阻(k Ω) | 電壓(V) | 電阻(k Ω) | 電壓(V) | 電阻(k Ω) |
| 40 | 1.336 | 22.28 | 1.388 | 22.223 | 1.219 | 22.085 |
| 41 | 1.35 | 22.236 | 1.402 | 22.441 | 1.22 | 21.862 |
| 42 | 1.355 | 22.157 | 1.424 | 22.325 | 1.219 | 21.615 |
| 43 | 1.371 | 22.073 | 1.442 | 21.888 | 1.218 | 21.494 |
| 44 | 1.391 | 21.907 | 1.458 | 21.671 | 1.214 | 21.243 |
| 45 | 1.398 | 21.83 | 1.476 | 21.612 | 1.207 | 21.058 |
| 46 | 1.412 | 21.662 | 1.504 | 21.425 | 1.213 | 20.898 |
| 47 | 1.422 | 21.565 | 1.523 | 21.307 | 1.215 | 20.993 |
| 48 | 1.436 | 21.51 | 1.541 | 21.252 | 1.211 | 20.744 |
| 49 | 1.449 | 21.443 | 1.562 | 21.126 | 1.215 | 20.551 |
| 50 | 1.467 | 21.425 | 1.58 | 20.762 | 1.209 | 20.455 |
| 51 | 1.481 | 21.275 | 1.602 | 20.636 | 1.211 | 20.309 |
| 52 | 1.494 | 21.04 | 1.622 | 20.527 | 1.213 | 20.192 |
| 53 | 1.505 | 20.931 | 1.638 | 20.351 | 1.215 | 20.113 |
| 54 | 1.514 | 20.807 | 1.666 | 20.173 | 1.214 | 20.02 |
| 55 | 1.532 | 20.677 | 1.676 | 20.074 | 1.222 | 19.951 |
| 56 | 1.536 | 20.584 | 1.699 | 19.948 | 1.225 | 19.806 |
| 57 | 1.555 | 20.385 | 1.724 | 19.873 | 1.233 | 19.723 |
| 58 | 1.571 | 20.306 | 1.743 | 19.645 | 1.239 | 19.612 |
| 59 | 1.58 | 20.234 | 1.758 | 19.511 | 1.241 | 19.521 |
| 60 | 1.596 | 20.144 | 1.774 | 19.362 | 1.255 | 19.405 |

四、結論

在實驗過程中，我們發現系統穩定性仍然是一項缺點，不同時間點量測會有不同室溫，儀器本身雜訊大小也不相同。即時同物體的量測，結果也會因時間的不同而有些許差異。但整體而言變動並不至於過大。日後發展希望可以改善此一問題，或許可以考量加上熱敏電阻做補償校正的可行性，朝加強系統穩定性和減少誤差的方向再行努力。



五、參考文獻

- [1]林宸生,陳德請,“近代光電工程導論”,全華科技圖書,2004.03
- [2]A.W.VAN HERWAARDEN & D.C.VAN DUYN & B. W. VAN OUDHEUSDEN,
“Integrated Thermopile Sensor”, Sensors and Actuators, 621-630,1989
- [3]J. Schilz, thermophysica minima: “thermoelectric infrared sensors (thermopiles) for
remote temperature measurements; pyrometry”, PerkinElmer Optoelectronics (1999).
- [4]PerkinElmer Optoelectronics, Inc., “Application note thermopile sensors”, 2001.
- [5]PerkinElmer Optoelectronics, Inc. “TPS 334 - Thermopile Detector” datasheet
- [6]Dexter Research Center, Inc.“Introduction to Thermopile Detectors”,2006
- [7]OPTO TECH Inc., “TP337A Thermopile Detector” datasheet.

