

高温用放射温度計の製作と熱放射実験の教材化

Demonstration of heat radiation experiments using a high-temperature radiation thermometer

静岡大¹, 福島高専² ○栗山 健二¹, 鈴木 三男²

Shizuoka Univ.¹, NTT, Fukushima College², ○Kenji Kuriyama¹, Mitsuo Suzuki²

E-mail: masuda.kenji@shizuoka.ac.jp

等しい幅をもつ多数のスリットを等間隔 d で規則正しく並べたものを回折格子といい、 d を格子定数という。回折格子に平行光線を入射させると、各格子によって回折した光が、後方のスクリーン上に明暗の分布をもつ回折縞を作る。Fig.1のように、波長 λ の入射光を格子定数 d 角度 θ の方向に進む光線について、

$$\lambda = d \sin \theta \quad (1)$$

で表される。回折格子から距離 l のスクリーン上の回折縞の輝線の距離 x とすると輝線の回折角 θ は、

$$\sin \theta = \frac{x}{\sqrt{l^2 + x^2}} \quad \text{と表される。}$$

熱放射体である白熱電球 (岩崎電気 BB110V500W) では、Fig.2のような色線が連なった連続スペクトルのため、ピーク波長 (最も輝いている輝線) を目測では見分けられない。そこで、Fig.1のようにフォトダイオードとデジタルマイクロメータを組み合わせた測定系を用い、分光放射輝度の波長分布を定量的に測定する。回折縞の位置測定は、X軸ステージ上に固定した素子の受光面にアルミ箔スリットを貼り付け、X軸ステージをデジタルマイクロメータで移動させ、ピークの輝度の間隔を測定する方法を用いる (Fig.3)。

熱放射のエネルギーは、その物体の温度に依存し、物体が黒体の場合には、その分光放射輝度 L_λ と絶対温度 T との関係は、プランクの公式(2)式で表される。

$$L_\lambda = \frac{2 \pi c^2 h}{\lambda^5} \frac{1}{e^{ch/k\lambda T} - 1} \quad (2)$$

ここで、 T は絶対温度の単位で表した空洞壁の温度、 k はボルツマン定数、 h はプランク定数、 c は光速である。この L_λ を分光放射輝度という。プランクの公式(2)式を $\lambda = 0$ から ∞ まで積分して求められるすべての波長に対する黒体の総放射輝度 L は、

$$L = \int_0^\infty L_\lambda d\lambda = \sigma T^4 \quad (3)$$

となる。これをステファン・ボルツマンの法則という。ここで、定数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}]$ である。

Fig.4のように横軸に絶対温度の4乗 $T^4 [\times 10^{13} \text{K}^4]$ 縦軸に分光放射輝度 L_λ をとってプロットすれば、直線となることから式(3)が得られ、ステファン・ボルツマンの法則が確かめられた。

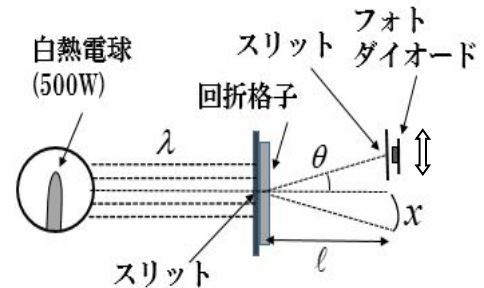


Fig.1 Wavelength measurement using diffraction grating

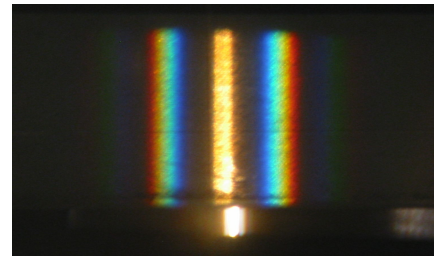


Fig.2 Diffraction fringes of light bulb.

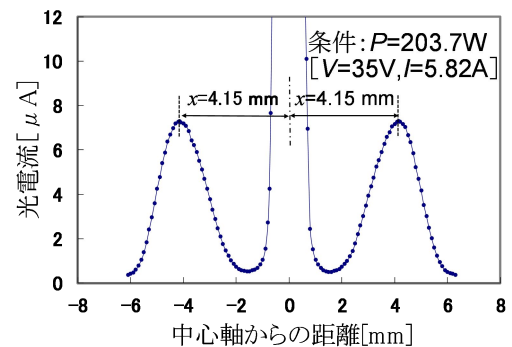


Fig.3 Interval of peak emission lines

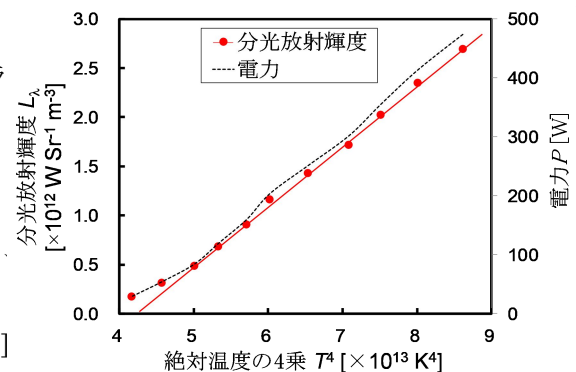


Fig.4 Blackbody radiation according to Stefan-Boltzmann's law