

低温用蛍光温度計測システムにおける光学フィルタの影響

Influence of optical filter on a fluorescent temperature measurement system

東洋大理工 ○相沢宏明, 山根健吾, 勝亦 徹, 小室修二

Toyo Univ., ○Hiroaki Aizawa, Kengo Yamane, Tooru Katsumata, Shuji Komuro

E-mail: h-aizawa@toyo.jp

1. はじめに

温度は、各種工業分野や医療分野において最も重要かつ基本的な測定量であり、様々な環境下で温度センサが使用されている。近年では、ミリメートル未満の微小空間や -100°C 以下の極低温の温度計測手法として蛍光温度計が注目され、研究が盛んに行われている。

これまでの研究で、低温環境下で使用可能な蛍光材料の探索を行い、クロムイオンを添加した YAlO_3 結晶 (YALO) が優れた特性を持つことを明らかにした。さらに YALO の蛍光強度の温度変化を利用した温度計測システムを構築し、 0°C から -100°C の温度範囲を $\pm 3^{\circ}\text{C}$ の誤差で計測可能である事を明らかにした。本研究では、測定精度向上を目的に蛍光温度計における光学フィルタの影響を評価した。

2. 実験および結果

図 1 に本研究で使用した実験装置を示す。温度測定用の試料として直径 2 mm の YALO 結晶を使用した。冷却加熱ステージ中に YALO を置き、周囲の温度を 0°C から -100°C の範囲で変化させた。水銀ランプの光を冷却加熱ステージ中の YALO に照射し、その蛍光を顕微鏡で観察した。顕微鏡に取り付けたシリコンフォトダイオードで蛍光強度を測定し、信号を PC に取り込んで演算処理をおこなった。

蛍光温度計では、迷光の影響を防ぐために光学フィルタを用いる。しかし、フィルタを用いると強度が低下して測定精度や感度に悪影響を与える可能性がある。まずは光学フィルタの効果を調べた。波長 700nm の広帯域透過フィルタを用いて実験を行った。その結果、蛍光強度のバラツキはフィルタ無しの場合で $\pm 5 \text{ mV}$ 、フィルタを使用した場合は $\pm 1 \text{ mV}$ と、S/N が大幅に向上することがわかった。

次に中心波長の異なる (700 nm と 750 nm) 2 枚の光学フィルタを使用し、温度計測を行った。図 2 に基準温度計と蛍光温度計の指示値の比較結果を示す。また、図 2 から得られた直線近似式を次に示す。

$$T_F = 1.031 \cdot T_R - 1.911 \quad (1)$$

$$T_F = 1.019 \cdot T_R - 0.926 \quad (2)$$

ここで T_F は蛍光温度計の指示値、 T_R は基準温度計の指示値を示す。(1) 式は 700 nm フィルタの場合、(2) 式は 750 nm の直線式である。700 nm フィルタでは相関係数が 0.996、750 nm フィルタでは相関係数が 0.999 であり、750 nm フィルタの方が精度の良い温度測定が可能であると考えられる。



図 1. 光学顕微鏡および冷却加熱装置

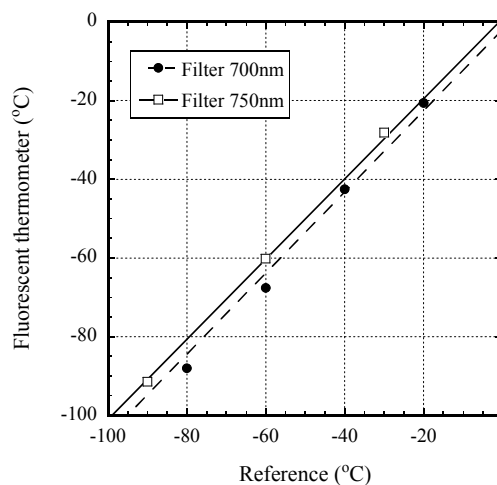


図 2. 中心波長の異なるフィルタを用いた温度計測結果の比較