

赤外線画像からの熱拡散率の直接測定

Direct Measurement of Thermal Diffusivity from IR Thermography

防衛大機能材料

○岡本 庸一, 渡邊 伸, 平松 幸司, 緒方 健人, 宮崎 尚, 守本 純

Dept. of MSE, National Defense Academy

○Y. Okamoto, S. Watanabe, K. Hiramatsu, K. Ogata, H. Miyazaki, J. Morimoto

E-mail: rshow@nda.ac.jp

【はじめに】

近年電子機器は、高性能化とともに機器内部の発熱密度が増大し、放熱が大きな問題になっている。この問題を解決できない限り、現在以上の進化は困難であり、より詳細な熱設計が必要になっている。

我々は、熱設計の基礎となる熱物性値を直接、高速、絶対測定する事を最終目標としている。今回は、赤外線サーモグラフィを用いて赤外線画像を撮影し、その画像から試料の温度変化の時間依存性及び距離依存性を計算し、熱拡散率の直接絶対測定を試みた。

【測定原理】

一次元の熱伝導方程式から、熱拡散率 α は式(1)で与えられる。

$$\alpha = \frac{\partial T}{\partial t} \bigg/ \frac{d^2 T}{dx^2} \quad \dots (1)$$

ここで、 T は試料の絶対温度、 t は時刻、 x は座標である。すなわち、特定時刻の試料の特定位置で、温度の時間変化と温度勾配の微分値が測定できれば、熱拡散率 α が算出できる。

【実験】

被測定試料として、熱物性値が良く知られており、安定なサファイヤ単結晶基板(c面)を用いた。測定系と試料のレイアウトを図1に示す。試料内で、一次元熱伝導が実現するように、図中の右端を電気ヒーターで加熱

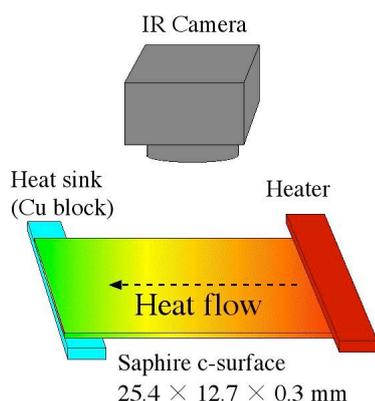


図1 測定系の模式図

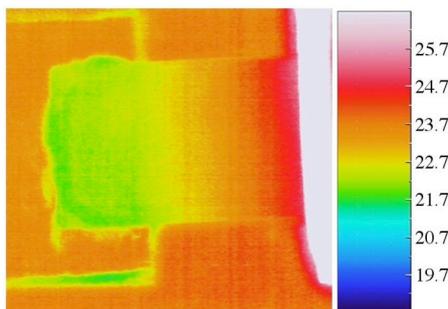


図2 測定中の赤外線画像

し、左端の銅ブロックに放熱されるように設置してある。そして、試料直上の赤外線カメラ(NEC 三栄; TH9100PMV)で、熱画像の動画を測定する。カメラの温度分解能は0.02 K、測定状態の焦点位置での画像分解能は1pixelあたり約0.121 mm、画面サイズは340×240 pixelである。なお、一回の測定時間は約3分間である。

【結果と考察】

図2に撮影した赤外線画像の一例を示す。図3に、赤外線画像の動画から算出した試料表面の温度の時間変化を示す。図中の各線は約0.2 mmの間隔がある。温度の時間変化率は、約 $3.7 \times 10^{-2} \text{ K s}^{-1}$ であり、同時刻同位置の温度勾配の微分値(温度の位置による二次微分値)は、約 $5 \times 10^3 \text{ K m}^{-2}$ であった。従って、熱拡散率 α は、約 $7.2 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ と計算された。この値は、文献値の $9.7 \times 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ と比較して、約75%の値である。約25%の誤差が生じた原因は、測定が大気中で行われた事による大気への放熱や、赤外線カメラの温度測定誤差、画像分解能の不足等の原因が考えられる。現在は、より高性能な赤外線カメラの使用と、より安定した測定条件で、より精度の高い測定を試みている。

【結論】

赤外線カメラを用いて、現状では、約25%程度の誤差が存在するものの、熱拡散率を高速に直接絶対測定できる事を実験的に示した。

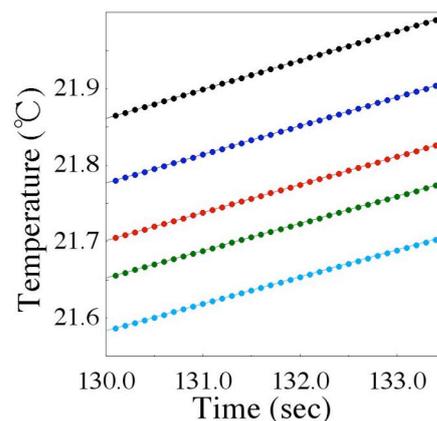


図3 測定温度の時間変化