

## 走査電子顕微鏡／熱画像カメラを用いた金属ワイヤの熱伝導特性評価 Characterization of thermal conduction in metal wires using SEM and IR-thermography

静岡大

○ 池田 浩也, 川村 尚暉, 望月 拓海, 早川 泰弘, 村上 健司  
猪川 洋, 下村 勝Shizuoka Univ. ○ H. Ikeda, N. Kawamura, T. Mochizuki, Y. Hayakawa, K. Murakami  
H. Inokawa, M. Shimomura

e-mail: ikeda.hiroya@shizuoka.ac.jp

**【背景】** 熱電発電効率の向上に向けてナノ材料の導入が注目されているが、マイクロ・ナノスケール材料の熱電特性評価は難しい。我々は、走査電子顕微鏡 (SEM) と熱画像カメラを組み合わせて、マイクロ・ナノスケールの熱電材料に適用可能な、熱伝導特性評価技術の構築を目指している。これまで直径  $50\mu\text{m}$  のステンレス線について実測し、熱伝導率および熱拡散率を評価した結果について報告した [1,2]。今回、熱画像カメラ制御装置の強化により測定データの精度を向上し、さらにチタン線についても測定を行った。

**【実験】** 本研究での熱伝導特性評価は、SEM の電子線照射により試料を加熱し、そのときの試料の温度分布の時間変化を熱画像カメラの動画として取得することにより行っている。今回の実験に向けて、熱画像動画取得に使用するソフトウェアをバージョンアップするとともにワークステーションを導入した。測定試料には、直径  $\phi=50\mu\text{m}$ 、長さ  $L=10\text{mm}$  のステンレス線 (SUS304) およびチタン線を用いた。また試料の絶対温度評価のために、金属線の放射率 ( $\epsilon$ ) も測定した。

**【実験結果】** 図 1 に示すように、金属線の一部を黒体スプレー ( $\epsilon=0.94$ ) により黒く塗り、電流を流して加熱した状態においてカメラでの測定温度を未塗装部と比較することにより放射率を測定した。ステンレスワイヤ ( $\phi=0.3\text{mm}$ ) について、放射率測定中の熱画像を図 2 に示す。黒塗装部が  $75.5^\circ\text{C}$  のとき、未塗装部の測定値が  $75.6^\circ\text{C}$  になる放射率は  $\epsilon=0.164$  となり、これがステンレスの放射率に相当する。同様に、チタン ( $\phi=0.2\text{mm}$ ) の放射率は  $\epsilon=0.115$  であった。

熱伝導特性測定において、電子線を周期的照射したときのステンレス線の温度変化を図 3 に示す。この図には、電子線照射位置からの距離が  $0\sim 2\text{mm}$  まで  $0.5\text{mm}$  ごとのデータをプロットしてある。前回までの測定結果 [1,2] に比べると、測定値の S/N 比と時間軸の精度が向上しており、データの信頼度が大きく改善された。また得られた熱動画から図 3 のグラフを作成するのに要する時間も、大幅に短縮できた。熱回路と電気回路を組み合わせた LTspice シミュレーションにて解析したところ、ステンレス線およびチタン線の熱伝導率は、それぞ

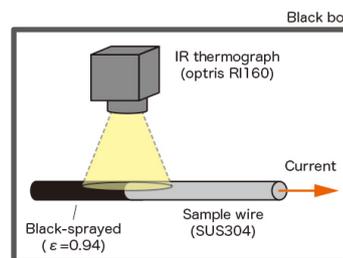


Fig. 1 Geometry of emissivity measurement.

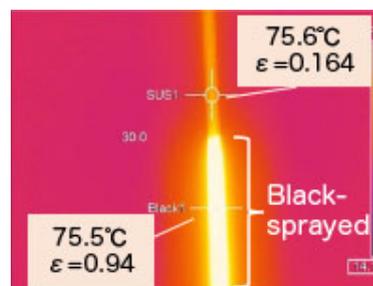


Fig. 2 Thermographic image during emissivity measurement of stainless-steel wire.

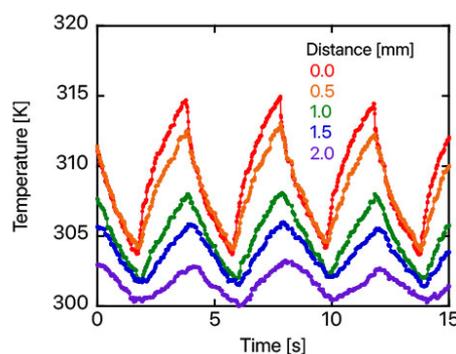


Fig. 3 Time evolution of temperature as a parameter of distance from irradiated point.

れ  $\kappa=15.7\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  および  $\kappa=21.9\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  となり、バルクの報告値と同等の値が得られた。

本研究は、JST-CREST (JPMJCR19Q5) の助成により遂行された。

1. P. Baskaran, H. Ikeda, et al., AIP Adv. 11 (2021) 095101.
2. 池田浩也 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 (2021) 23p-P03-4.