

## 走査電子顕微鏡／熱画像カメラを用いた熱伝導特性評価技術の開発

Characterization technique of thermal conduction using SEM and IR-thermography

静岡<sup>1</sup>, SRM 科技大<sup>2</sup>  
阪工大<sup>3</sup>

○ 池田 浩也<sup>1</sup>, 坂井田 大貴<sup>1</sup>, 川村 尚暉<sup>1</sup>, P. バスカラン<sup>1,2</sup>  
鈴木 悠平<sup>3</sup>, M. ナヴァニーザン<sup>2</sup>, K.D. ニーシャ<sup>2</sup>  
猪川 洋<sup>1</sup>, 下村 勝<sup>1</sup>, 村上 健司<sup>1</sup>, 早川 泰弘<sup>1</sup>

Shizuoka Univ.<sup>1</sup>, SRM-IST<sup>2</sup>  
Osaka Inst. Tech.<sup>†</sup>

○ H. Ikeda<sup>1</sup>, M. Sakaida<sup>1</sup>, N. Kawamura<sup>1</sup>, P. Baskaran<sup>1,2</sup>  
Y. Suzuki<sup>3</sup>, M. Navaneethan<sup>2</sup>, K.D. Nisha<sup>2</sup>

H. Inokawa<sup>1</sup>, M. Shimomura<sup>1</sup>, K. Murakami<sup>1</sup>, Y. Hayakawa<sup>1</sup>

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

**【背景】** 熱電発電効率の向上のため、ナノ材料の導入が注目されている。しかしながら、マイクロ・ナノサイズの材料の熱電特性を評価することは、容易では無い。我々は、走査電子顕微鏡 (SEM) と熱画像カメラを用いて、マイクロ・ナノサイズ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。本研究では、直径  $50\mu\text{m}$  のステンレスワイヤについて実測し、熱伝導率および熱拡散率を評価した結果について報告する。

**【実験】** 図 1 に、本研究で構築した SEM / 熱画像カメラ装置の概略を示す。SEM を使って試料の位置を確認するとともに、電子線照射により試料加熱を行なった。また試料温度の時間変化を、熱画像カメラの動画として取得した。熱拡散率測定には AC カロリメトリ法を用いており、周期的に加熱するために、振動数  $0.25\text{Hz}$  の方形波により電子線照射位置を移動させた。測定試料として、直径  $50\mu\text{m}$ 、長さ  $10\text{mm}$  のステンレス線 (SUS304) を用いた。

**【実験結果】** 電子線照射中のステンレスワイヤの熱画像の一例を、図 2 に示す。ステンレスワイヤ内の赤い部分に電子線が照射されており、そこからワイヤに沿って、徐々に温度が低くなっている様子がわかる。この結果は、SEM の電子線により、試料の局所加熱が可能であることを示している。

電子線照射を開始後、温度が安定 (定常状態) になってから、周期的照射に切り替えたときの温度変化を、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。電子線照射を開始するとステンレスワイヤの温度が上昇し、定常状態に達する。そのときの到達温度は、照射位置からの距離が大きくなるほど低くなっている。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、電子線照射による温度の過渡変化と到達温度のワイヤ内分布から、このステンレスワイヤの熱伝導率と熱容量が、バルクの値と同じであることが示された。

さらにこのグラフから、周期的電子線照射により周期加熱が実現できていることがわかる。照射位置からの距離と温度変化の時間遅れの関係から、

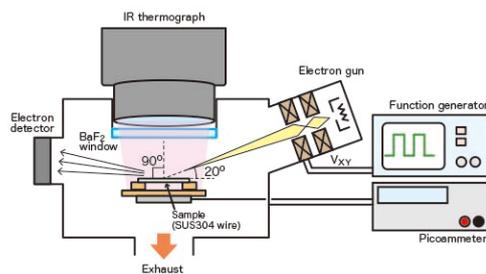


Fig. 1 Schematic of SEM/thermography system.

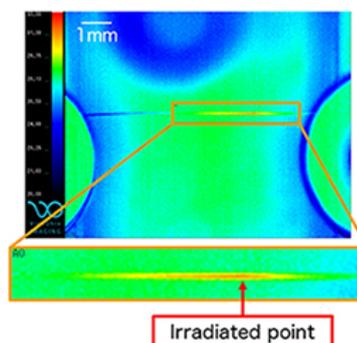


Fig. 2 Thermographic image of stainless wire.

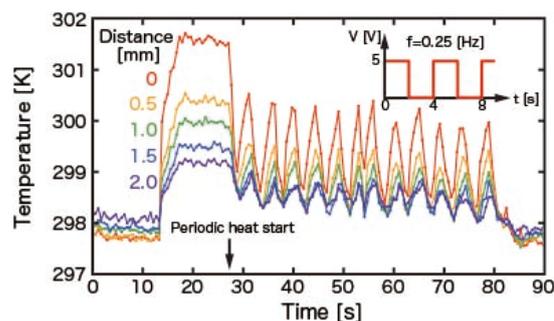


Fig. 3 Time evolution of temperature as a parameter of distance from irradiated point.

熱拡散率が  $2.8 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$  と見積られた。これはバルク値の約 7 倍であり、熱拡散率の計算に用いたモデルの妥当性を検討する必要がある。

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