

パルス電子線を用いた STEM内熱拡散測定

Thermal diffusivity measurements using pulsed STEM

C-4

マテリアル基盤研究センター 先端解析分野 電子顕微鏡グループ
川本 直幸、KAWAMOTO.Naoyuki@nims.go.jp



- 光学的な熱輸送計測法では、空間分解能がサブミクロンスケールという課題がある。
- 従来の熱輸送計測法では、ナノ構造観察や他の物性評価を同時に測定することに課題がある。
- 独自開発のナノ熱電対と電子線をパルス化した透過型電子顕微鏡を組み合わせた手法を提案。

キーワード：#熱拡散率、#操作透過電子顕微鏡、#ナノ熱電対、#パルス電子線

研究背景

莫大な未利用の排熱



放熱複合材料・断熱材料・蓄熱材料・熱電変換材料
電子デバイス・熱デバイス…

- ミクロな熱輸送の理解
- ・局所熱抵抗
- ・非フーリエ伝導
- ・準弾道伝導
・流体力学的伝導
・コヒーレントフォノン輸送等

熱伝導性

微細構造

- 熱輸送に影響を与える因子
- ・微細構造(欠陥、界面など)
- ・元素分布
- ・代表サイズ
- ・結晶学的異方性
- ・応力分布

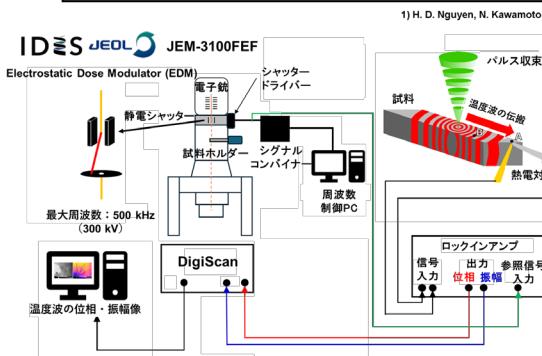
精密熱制御や電力への変換
次世代熱輸送材料・デバイスの開発

微細構造とともに同時に評価できる
ナノスケールの熱輸送評価手法

研究内容

パルスSTAM (STEM-based Thermal Analytical Microscopy) 法¹⁾ の開発

電子線によるパルス熱投入 + 热電対によるナノ温度計測



1) H. D. Nguyen, N. Kawamoto, et al., Sci. Adv. 10, eadi3825 (2024)

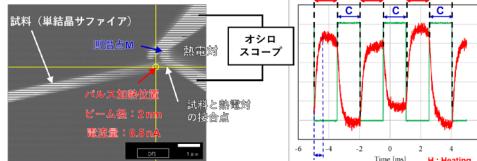
JEM-3100fef (300 kV)



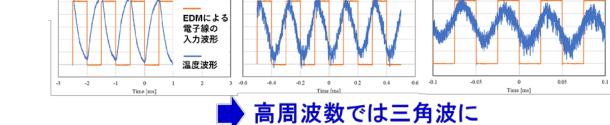
EDMを導入
走査透過電子顕微鏡
電子線をパルス化
ナノ熱源として利用

成果

温度波の測定

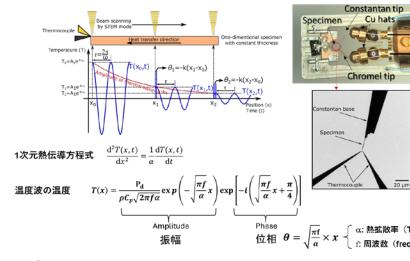


熱拡散率の定量評価 (単結晶サファイア)



→ 高周波数では三角波に

TEM内熱拡散測定の原理



→ 電子線照射時の入力熱量に影響を受けない
伝播温度波の「位相」に注目した熱輸送評価

TEMによる原子スケールの微細構造評価や電気計測、応力計測との同時評価も可能。

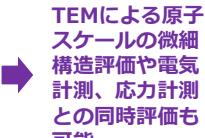


表1

α (m^2/s)	5 kHz	10 kHz	20 kHz
7.15×10^{-6}	6.61×10^{-6}	6.86×10^{-6}	

1) H. D. Nguyen, N. Kawamoto, et al., Sci. Adv. 10, eadi3825 (2024).

こんな応用分野（製品）に活かせる！

- ・放熱複合材料などの微小な試料の熱伝導率計測
- ・熱電変換材料における微細構造と熱伝導異方性の同時評価
- ・異種材料接合界面の熱抵抗の評価

こんな企業と連携したい！

- ・熱制御用先端材料・デバイス開発を行っている企業様
- ・放熱用複合材料の高熱伝導化を行っている企業様
- ・透過電子顕微鏡の開発・販売を行っている企業様

