

単結晶及び多結晶シリコンナノワイヤーの熱伝導特性比較

Compared thermal conductivities in single and poly crystalline Si nanowires

東大生研¹, LIMMS², ナノ量子機構³, フライブルク大⁴, 鹿毛 雄太¹, Jeremie Maire²,

Dominik Moser⁴, Oliver Paul⁴, 野村 政宏^{1,3,4}

IIS¹, LIMMS², Nanoquine³, Univ. of Tokyo, Univ. of Freiburg⁴, Yuta Kage¹, Jeremie Maire²,

Dominik Moser⁴, Oliver Paul⁴, and Masahiro Nomura^{1,3,4}

E-mail: yutakage@iis.u-tokyo.ac.jp

ナノスケール熱伝導に関する理解は、熱電変換材料の高性能化やエレクトロニクスデバイス中の熱マネジメントに重要であり、主な熱伝導の担い手であるフォノンのナノ・メソスケールにおける特徴的な輸送特性が注目を集めている。我々は、結晶粒界によるフォノン散乱が熱伝導率に及ぼす影響を調べるため、単結晶および多結晶 Si の薄膜およびナノワイヤー構造を作製し、マイクロ領域サーモリフレクタンス法を用いて室温における熱伝導率測定を行った。

多結晶 Si では、粒界フォノン散乱により低熱伝導となる。さらに、ナノワイヤー等の表面に近い構造ではフォノン輸送がさらに阻害される。多結晶 Si の粒径及び構造による熱伝導への影響を調べるため、ナノワイヤー構造を作製し、熱伝導率を測定した。作製試料を Fig.1(a)に示す。中央の Al パッドをパルスレーザで加熱し、測定対象のワイヤーを通じた熱散逸をプローブレーザを用いて Al の反射率変化として読み取り、シミュレーションによる解析で熱伝導率を得る[1]。測定した多結晶 Si ワイヤーを通じた熱散逸による Al パッドの温度時間変化を Fig.1(b)に示す。

Fig.1(c)に熱伝導率のワイヤー幅依存性を示す。単結晶 Si ナノワイヤーは、表面散乱によってフォノンの平均自由行程(MFP)が減少したが、多結晶 Si では幅依存性はほぼみられず、幅が 78nm のワイヤーの熱伝導率は約 7.8 [W/m·K]であった。一方、多結晶 Si ナノワイヤーでは、幅 100 nm 近傍では熱伝導の幅依存がみられないため、熱伝導を担うフォノンの MFP は 100 nm より短く、多結晶 Si の粒径が 100 nm よりも小さいことを示している。

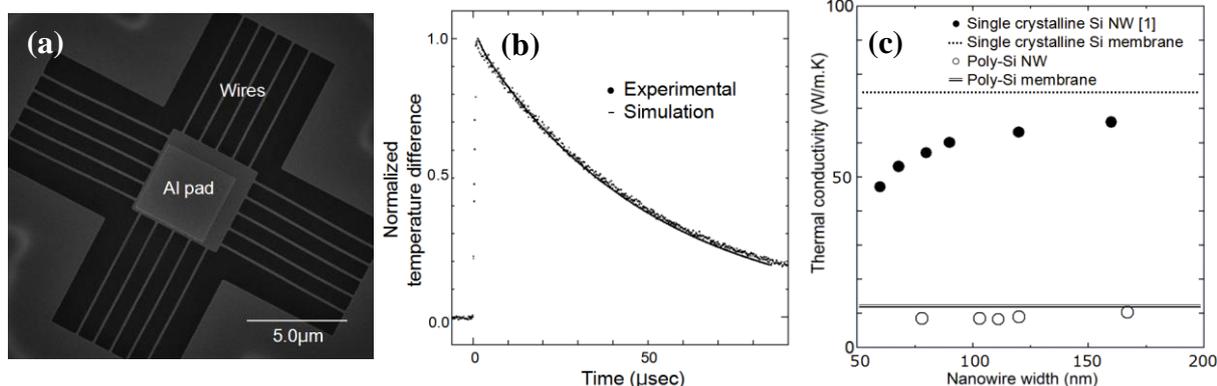


Fig.1 (a)作製したナノワイヤーの SEM 像。(b)多結晶 Si ナノワイヤーを通じた熱散逸による Al パッドの温度変化。(c)単結晶及び多結晶 Si の薄膜及び幅の異なるワイヤーの熱伝導率。

謝辞: 本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業、科学研究費補助金(25709090)の支援により遂行された。

参考文献: [1] Jeremie Maire, Masahiro Nomura, 2014 *Jpn. J. Appl. Phys.* **53** 06JE09 (2014)