

SiGe ナノワイヤーにおける弾道的熱輸送

Ballistic heat transport in SiGe nanowires

東大生研¹, 東京都市大², 東大ナノ量子機構³, JST さきがけ⁴,○岡本 昂¹, 柳澤 亮人¹, Md. Mahfuz Alam², 澤野 憲太郎², 野村 政宏^{1,3,4}IIS Univ. of Tokyo¹, 都市大², NanoQuine Univ. of Tokyo³, JST PRESTO⁴,○N. Okamoto¹, R. Yanagisawa¹, Md. M. Alam², K. Sawano², M. Nomura^{1,3,4}

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

背景: 近年、ナノスケールでの加工技術が発展するにつれ、固体中の熱伝導において新たな物理が観測可能になってきており、その一つに弾道的熱輸送現象がある。熱フォノンの平均自由行程が数十 μm という長い値を持つ、CVD 成長された SiGe ナノワイヤー構造において、弾道的熱輸送が報告されている^[1]。しかしながら、室温における弾道的熱輸送を実現するためには、拡散的な散乱を抑えるための平滑な界面や高い結晶性が求められている。本研究では、RIE を用いたトップダウンの加工で作製した SiGe ナノワイヤーにおいて室温下で弾道的熱輸送を観測したので報告する。

手法・結果: SiO₂ 上に形成された厚さ 300 nm の多結晶 Si_{0.5}Ge_{0.5} にパルスレーザ加熱用の Al を蒸着後、RIE で幅 300 nm のナノワイヤー構造を形成する。その後、フッ酸によって酸化膜層をエッチングし、図 1(a) のようなナノワイヤーをサスペンドさせた構造を作製した。室温におけるナノワイヤーの熱伝導率を、長さを変えた試料について、時間領域サーモリフレクタンス法を用いて測定した結果を図 1(b) に示す。熱伝導率は、Al パッド表面の温度減衰と、シミュレーションを比較することによって得られた^[2]。長さが 4 μm より短いナノワイヤーでは、弾道的熱輸送を示す、長さに依存した熱伝導率の変化が観測された。4 μm より長いワイヤーでは熱伝導率は一定値を取っており、熱伝導が弾道的な状態から拡散的な状態に遷移していることを示している。今回の実験では、トップダウン加工した SiGe においても室温下で弾道的熱輸送が実現されており、SiGe が EB リソで加工した様々な系においても弾道的熱輸送を実現できる材料であることを示した。

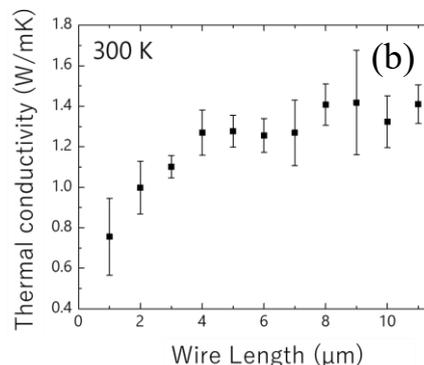
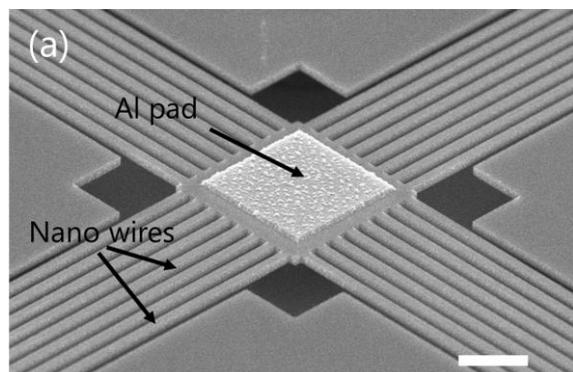


Fig.1 (a) Scanning electron microscope image of suspended SiGe nanowires with Al pad for thermoreflectance. Scale bars is 2 μm . (b) Thermal conductivity of SiGe nanowire as a function of wire length at 300 K.

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 (15H05869, 15K13270)、および JST さきがけの支援により遂行された。**参考文献:** [1] Tzu-Kan Hsiao, Hsu-Kai Chang, Sz-Chian Liou, Ming-Wen Chu, Si-Chen Lee, and Chih-Wei Chang, *Nat. Nanotechnol.* **8**, 534 (2013). [2] Jeremie Maire, Roman Anufriev, and Masahiro Nomura, *Sci. Rep.* **7**, 41794 (2017).