

低温における SiGe ナノワイヤー中の熱輸送に関する考察

Thermal transport in SiGe nanowires at low temperature

東大生研¹, 東京都市大², JST さきがけ³,

○岡本 昂¹, 柳澤 亮人¹, Md. Mahfuz Alam², 澤野 憲太郎², 野村 政宏^{1,3}

IIS Univ. of Tokyo¹, 都市大², JST PRESTO³,

○N. Okamoto¹, R. Yanagisawa¹, Md. M. Alam², K. Sawano², M. Nomura^{1,3}

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

背景: SiGe 合金は Si や Ge の単体よりも 2 桁程度低い熱伝導率を持っているため、Si 系材料の中でも熱電変換応用が期待されている物質である。そのような低い熱伝導率を持つメカニズムとして、単結晶中には存在しない合金散乱がある。二つの質量の異なる原子によって、フォノンが散乱される合金散乱は、高周波フォノンをより散乱するため、SiGe 中のフォノン平均自由行程は、Si などに比べて長くなるといわれており、それを利用した室温での弾道的熱輸送現象も報告されている^[1]。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、熱の減衰時間が低温において、室温とは異なった依存性を持つことを見出し、そのメカニズムを考察した。

手法・結果: Si 基板上の熱酸化膜 SiO₂ 上に形成された厚さ 300 nm の多結晶 Si_{0.5}Ge_{0.5} にパルスレーザー加熱用の 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。加熱後ナノワイヤーから逃げる熱の減衰時間を、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。室温においては、減衰時間は、長さに対してリニアに上昇していくが、低温においては、およそ 8 μm からその傾向から離れていく。ナノワイヤー中の熱輸送が弾道的な場合、減衰時間は長さに対して変化しない。今回の実験では、減衰時間の傾きが途中から大きくなっているため、これは準弾道的な熱輸送から拡散的な熱輸送へと変化していると考えることが出来る。さらに詳細な議論は当日に行うこととする。

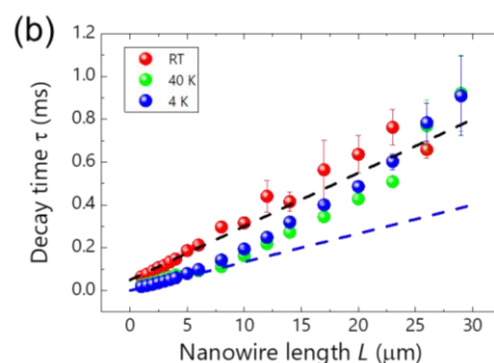
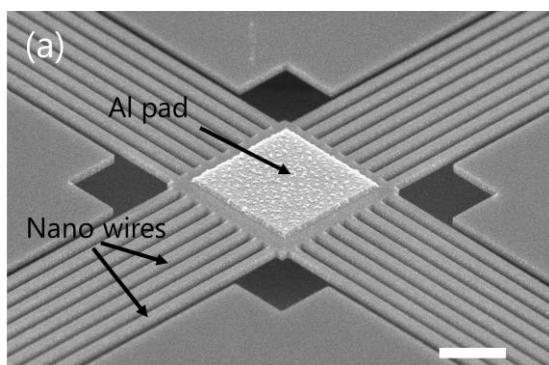


Fig.1 (a) Scanning electron microscope image of suspended SiGe nanowires (NWs) with Al pad for pulse heating. Scale bars is 2 μm. (b) Length dependence of thermal decay time of SiGe nanowire at 300 K, 40 K, and 4 K.

謝辞: 本研究は、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).