温度と組成に依存する $Si_{1-x}Ge_x$ ナノワイヤ中の準弾道的熱輸送

Temperature and composition dependence of semi-ballistic heat conduction in $Si_{1-x}Ge_x$ nanowires

東大生研 [1]，東京都市大 [2]，名古屋大 [3]，JST さきがけ [4]，
○岡本 昂 [1]，柳澤 亮人 [1]，Md. Mahfuz Alam [2]，澤野 憲太郎 [2]，黒澤 昌志 [3,4]，野村 政宏 [1,4]
IIS Univ. of Tokyo[1], Tokyo City Univ.[2], Nagoya Univ. [3], PRESTO JST[4],
°N. Okamoto[1], R. Yanagisawa[1], Md. M. Alam[2], K. Sawano[2], M. Kurosawa[3,4], M. Nomura[1,4]
E-mail: noboru@iis.u-tokyo.ac.jp

背景：合金散乱は、低い熱伝導率を生み出すとともに、周波数の高いフォノンほど強く散乱するため、長い平均自由工程を持つフォノンの熱伝導率への寄与率を高めるという結果ももたらす。SiGe 合金は、熱電変換やナノエレクトロニクスへの応用が期待されているが、ナノ構造における熱輸送のメカニズムには未知の部分が多く、単純なナノワイヤ構造においてもフォノンの弾道性に関して議論が収束していない[1, 2]。本発表では、$Si_{1-x}Ge_x$ ナノワイヤ構造の熱伝導率が長さによって変化し、さらにその変化率が温度と Ge 比率に依存することを報告する。

手法・結果：SiO_2 上に形成された厚さ 300 nm の多結晶 $Si_{1-x}Ge_x$ 薄膜に、RIE で幅 240 nm のナノワイヤ構造を形成した後、気相フッ酸を用いた酸化膜除去によって Fig. 1(a)のようにサスペンドされたナノワイヤ構造を作製した。ナノワイヤの熱伝導率を、長さを変えた試料について、μ-TDTA 法を用いて測定した結果を Fig.1 (b)に示す。x = 0.2の Ge 比率においては、低温になるほど、長さ依存性が強く表れる。一方、300 K においてx = 0.2 と 0.5の熱伝導率を比較すると、Ge 比率が大きいほうが、より強い長さ依存性が見られた。長さ依存性の指標である、$\kappa \propto L^{\alpha}$のフィッティングにおけるαファクターを Fig.1 (c)の様に示すと、40 K においてα~0.2で表される準弾道的熱輸送が、温度上昇に伴い拡散的な熱伝導に近づくが、300 K でも依然として発現していることがわかる。当日は、そのメカニズムについてさらに詳しく議論する予定である。

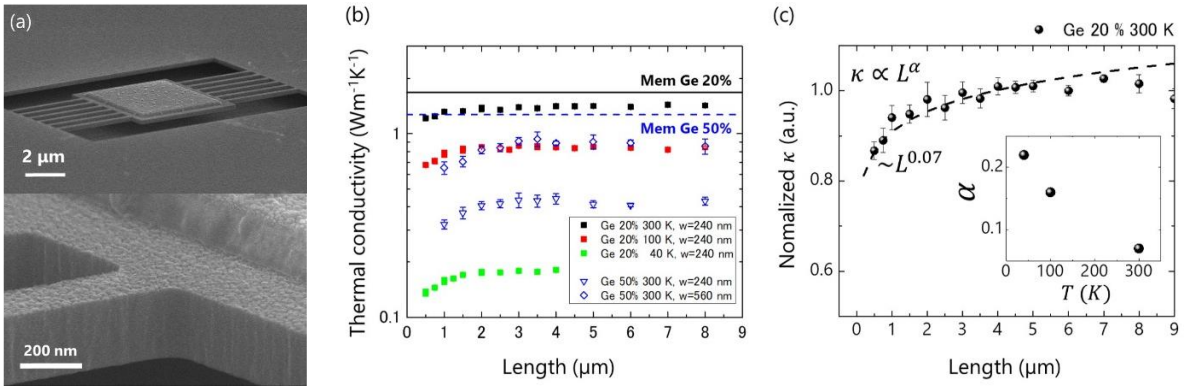

Fig.1 (a) SEM image of suspended SiGe nanowires with grain and sidewall (b) Length dependence of thermal conductivity of SiGe nanowires with values of Membrane (c) Normalized thermal conductivity and a fitting line $\propto L^{\alpha}$ and temperature dependence of α

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] T. Hsiao *et al.*, *Nat. Nanotechnol*. **8**, 534 (2013). [2] M. Upadhyaya and Z. Aksamija, *PRB* **94**, 174303 (2016).