

SiGe フォノン結晶におけるナノスケール熱伝導

Nanoscale thermal conduction in SiGe phononic crystals

東大生研¹、JST さきがけ²、都市大総研³ ○野村政宏^{1,2}、中川純貴¹、澤野憲太郎³IIS, The Univ. of Tokyo¹, PRESTO, JST², Univ. of Tokyo City³ ○M. Nomura^{1,2},J. Nakagawa¹, and K. Sawano³

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

はじめに 熱フォノンの平均自由行程(MFP)は熱伝導率を決定する重要な要素であり、ナノ構造化を用いた効率的な熱伝導制御を行う際には、その材料の MFP スペクトルに基づいた構造設計を行う。我々は、熱電変換材料の高効率化に資するナノスケール熱伝導の物理を研究しており、Si フォノン結晶(PnC)ナノ構造で研究を進めてきた[1,2]。本知見を SiGe に適用して熱電変換の高効率化を行うことを念頭に、アモルファスおよび多結晶 SiGe フォノン結晶ナノ構造を形成し、熱伝導率の構造依存性を測定したので、MFP との相関などを報告する。

結果と考察 試料は周期 300 nm の正方および六方格子状に円孔を設けた、厚さ 150 nm のブリッジ状 SiGe 薄膜二次元 PnC ナノ構造である(図 1a)。中央の Al パッドを光パルスで瞬間過熱し、熱拡散による反射率変化を読みとり、シミュレーションと合わせることで PnC の熱伝導率を得る[3]。MBE 法で作製したアモルファス薄膜(図 1b)とそれをアニールして多結晶化した薄膜(図 1c)について、様々な円孔径をもつ構造の熱伝導率を求めた。横軸の neck size は円孔側壁間距離(周期-直径)で定義される。Neck = 300 nm は孔なしの薄膜であり、PnC を形成することで熱伝導率が表面散乱により低減される。その低減の割合は正方格子と三角格子で異なるため、円孔の配置が熱伝導率に影響を与えることがわかる。これは熱拡散領域では観測されない、(準)バリスティック領域特有の現象である[4]。また、PnC 構造形成による薄膜からの熱伝導率の低減は、多結晶 SiGe 薄膜でさらに顕著であるが、これは多結晶化により熱フォノンの MFP スペクトルが変化し、構造寸法よりも長い成分が増加したためと考えられる。

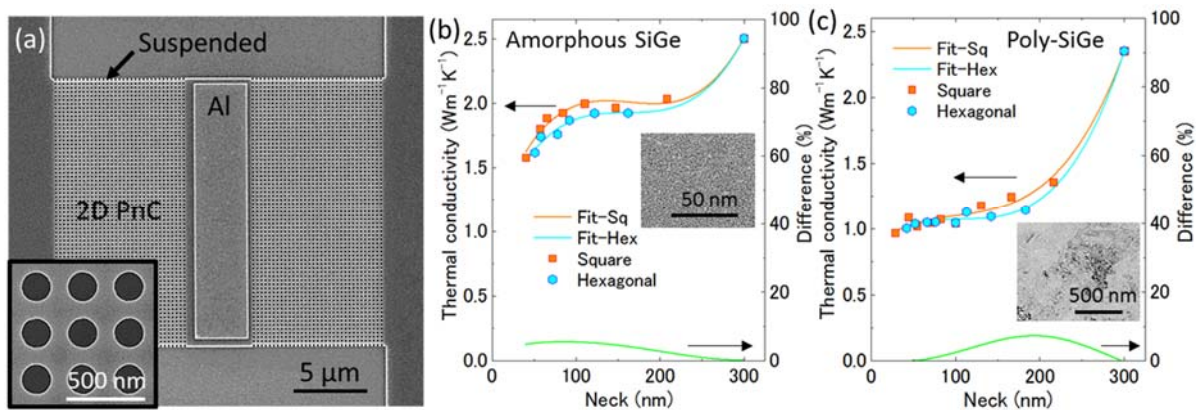


図 1(a) SiGe PnC ナノ構造の SEM 像。(b, c) アモルファスおよび多結晶 SiGe 薄膜 PnC 構造の熱伝導率の Neck size (周期-直径)依存性。傾向の相違は多結晶化による熱フォノンの MFP 変化を反映している。

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)の支援により遂行された。

参考文献: [1] M. Nomura, et al., APL **106**, 143102 (2015). [2] R. Anufriev et al., PRB **93**, 045411 (2016). [3] M. Nomura et al., PRB **91**, 205422 (2015). [4] J. Nakagawa et al., APL **107**, 023104 (2015).