

アモルファス SiGe フォノニック結晶ナノ構造の熱伝導

Thermal transport in amorphous SiGe phononic crystal nanostructures

東大生研¹, LIMMS², 東京都市大総研³, ナノ量子機構⁴, JST さきがけ⁵,○中川純貴¹, Jeremie Maire², 澤野憲太郎³, 野村政宏^{1,4,5}IIS¹, LIMMS², Univ. of Tokyo City³, Nanoquine⁴, JST PRESTO⁵,°J. Nakagawa¹, J. Maire², K. Sawano³, M. Nomura^{1,4,5}E-mail: nakajun@iis.u-tokyo.ac.jp

[はじめに] 近年, 低環境負荷材料であるシリコン系材料の熱電変換効率の改善に向けて, ナノ構造による熱伝導制御の研究が行われている。その中で, アモルファスシリコンゲルマニウム (SiGe) は室温で極めて低い熱伝導率を示すため, 有望な熱電変換材料として注目されている。本研究で, アモルファス SiGe を用いて周期的ナノ構造であるフォノニック結晶(PnC)ナノ構造を作製し, 結晶構造変化がフォノン熱輸送に与える影響を調べたところ, 単結晶 Si PnC ナノ構造[1]との明確な違いを観測したので報告する。

[試料作製・実験] 図 1(a)に SEM により得られた PnC ナノ構造の全体像と PnC パターン部分の拡大図を示す。厚さ 150nm の薄膜アモルファス SiGe の中央に Al パッドを蒸着し, 円孔を周期 300nm で正方格子状と六方格子状に施した PnC パターンを作製した。本構造は基板方向に熱散逸がないエアブリッジ構造となっている。両方の格子構造で空隙率を 10%から 65%の間で変化させ, 様々な孔径を有する PnC ナノ構造を作製し, マイクロ時間領域サーモフレクタンズ法によって熱伝導率の空隙率依存性を調べた。

図 1(b)に単結晶 Si, (c)にアモルファス SiGe の PnC ナノ構造における熱伝導率の空隙率依存性をそれぞれ示す。単結晶 Si では正方格子構造と六方格子構造で明確な熱伝導率の差が明確に見られたのに対し, アモルファス SiGe ではほぼ見られなくなっている。この要因として, 単結晶 Si では円孔配列のずれの影響で弾道的フォノンの散乱頻度が増加しているが, アモルファス SiGe 薄膜では熱伝導に寄与する実効的なフォノン MFP 帯が単結晶 Si 薄膜の MFP 帯より短くなっているため, 円孔配列変化がフォノン熱輸送に与える影響が小さいと考えられる。

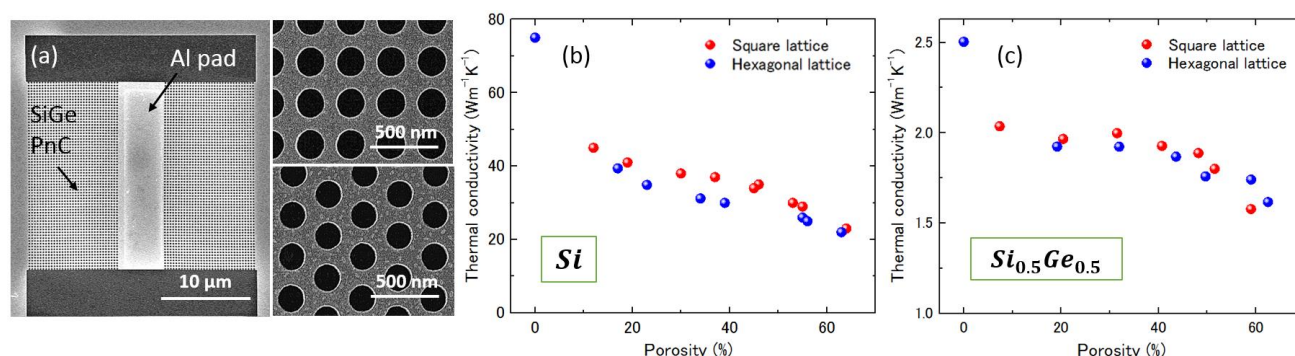


Fig. 1 (a)アモルファス SiGe の PnC ナノ構造の全体像と PnC パターンの拡大図 (b) 単結晶 Si の PnC ナノ構造における熱伝導率の空隙率依存性 (c) アモルファス SiGe の PnC ナノ構造における熱伝導率の空隙率依存性。

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, 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] J. Nakagawa, et al., *Appl. Phys. Lett.* **107** 023104 (2015).