

# 高出力因子 Si-rich SiGe/Si 超格子における更なる低熱伝導率化

Further reduction of thermal conductivity in Si-rich SiGe/Si superlattices

with high thermoelectric power factor

阪大院基礎工<sup>1</sup>, 東京都市大<sup>2</sup>

○(D)谷口 達彦<sup>1</sup>, 石部 貴史<sup>1</sup>, Md. Mahfuz Alam<sup>2</sup>, 澤野 憲太郎<sup>2</sup>, 中村 芳明<sup>1</sup>

Osaka Univ.<sup>1</sup>, Tokyo City Univ.<sup>2</sup>

°Tatsuhiko Taniguchi<sup>1</sup>, Takafumi Ishibe<sup>1</sup>, Md. Mahfuz Alam<sup>2</sup>, Kentarou Sawano<sup>2</sup>,

Yoshiaki Nakamura<sup>1</sup>

E-mail: tatsuhikotaniguchi126@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

【背景・目的】ユビキタス元素材料の Si は、室温で高い熱電変換出力因子 ( $\sim 45 \mu\text{Wcm}^{-1}\text{K}^{-2}$ ) を示す一方で、高い熱伝導率 ( $\sim 150 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) を有するため、熱電性能は低い。我々は、界面フォノン散乱による低熱伝導率化が期待できる超格子に注目し、SiGe/Si 系薄膜超格子内では比較的低い熱伝導率 ( $\sim 5 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) を観測した[1]。さらに、組成比制御を施した Si-rich SiGe 薄膜超格子においてバルク SiGe に迫る高出力因子 ( $\sim 28 \mu\text{Wcm}^{-1}\text{K}^{-2}$ ) を得ることに成功し、室温で  $ZT \sim 0.17$  に至っている[2]。現在、更なる性能向上のために熱伝導率低減を目指している。そこで我々は、フォノン散乱体をマルチスケールで導入する試み[3,4]を超格子に対して行うことに着眼した。今回、超格子界面に加えて、ドーピングにより原子レベルのフォノン散乱体を導入することで、更なる熱伝導率の低減を実現することを目的として研究を行った。

【実験】分子線エピタキシー法により、 $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}/\text{Si}$  薄膜超格子を Si(001)基板上に成長温度  $400^\circ\text{C}$  で  $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}$  層と Si 層を交互に積層して作製した。試料へのドーピングは、試料成長後にイオン注入法によってリンをドーズ量  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 、イオン注入エネルギー  $30 \text{ keV}$  で注入し、その後、活性化アニールを窒素雰囲気中で  $500^\circ\text{C}$  10 分間行った。

【結果】ドーピングにより超格子構造が保たれているのを観測し、高出力因子が得られるのを確認した。その後、2 $\omega$ 法で熱伝導率を測定した結果、ドーピングにより、熱伝導率が約 30 % 低減することがわかった。これは、SiGe 層/Si 層による界面フォノン散乱と原子レベル散乱との組み合わせにより、熱伝導率低減が可能であることを示している。本講演で詳細を報告する。

【謝辞】本研究の一部は、科研費基盤 A (16H02078)、および特別研究員奨励費 (18J20160) の支援により行われた。

[1] 谷口, 他, 第 79 回 応用物理学会秋季学術講演会 20p-234B-10 (2018). [2] 谷口, 他, 第 65 回 応用物理学会春季学術講演会 17a-F102-9 (2018). [3] *Sci. Rep.* **5**, 14490 (2015). [4] *Sci. Rep.* **6**, 22838 (2016).

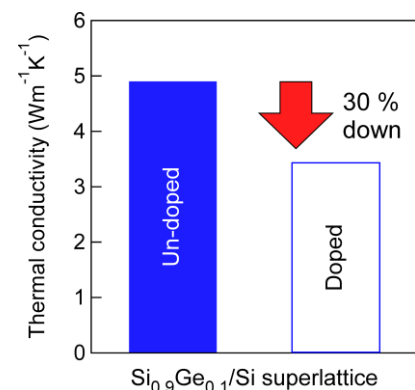


Fig. 1 The thermal conductivity values of un-doped and doped  $\text{Si}_{0.9}\text{Ge}_{0.1}/\text{Si}$  superlattices.