

極小エピタキシャル Ge ナノドット含有薄膜における熱伝導機構**Heat conduction mechanism in thin films including ultra-small epitaxial Ge nanodots****阪大院基礎工¹, 滋賀医科大学² ○(D)寺田 吏¹, 谷口 達彦¹, 石部 貴史¹, 鴻池 健人¹,****真田 篤志¹, 成瀬 延康², 目良 裕², 中村 芳明¹****Osaka Univ.¹, Shiga University of Medical Science²,****○Tsukasa Terada¹, Tatsuhiko Taniguchi¹, Takafumi Ishibe¹, Kento Konoike¹, Atsushi Sanada¹,****Nobuyasu Naruse², Yutaka Mera², Yoshiaki Nakamura¹****E-mail: u897541f@ecs.osaka-u.ac.jp**

【背景・目的】近年、安価・無毒なユビキタス元素を用いた Si 系材料の室温近傍での熱電応用が期待されている。しかしながら、その高い熱伝導率のため変換効率が低いという問題がある。我々はこれまで、独自の極薄 Si 酸化膜技術を用いた Ge ナノドットを Si、SiGe 薄膜中に導入することにより、大幅な熱伝導率低減を実証してきた[1, 2]。しかし、その熱伝導率低減機構は解明されていない。そこで本研究では、様々なサイズの Ge ナノドット含有 SiGe, Si 薄膜を作製し、その熱伝導率を評価する。この実験結果をシミュレーションと比較することで、熱伝導率低減機構を解明することを目的とした。

【方法】分子線エピタキシー法を用いて Si(001)基板上にエピタキシャル Ge ナノドット含有 SiGe 薄膜を作製した。初めに、酸素分圧 2×10^{-4} Pa、基板温度 450 °C で Si 基板表面に極薄 Si 酸化膜を形成した。その後、基板温度 500 °C で Ge を蒸着することで Ge ナノドットを形成した(直径: 1-40 nm)。次に、Si_{0.75}Ge_{0.25}層(または Si 層)を基板温度 380 °C (400 °C) で形成した。以上の工程を 8 回繰り返し、ナノドット含有薄膜を作製した。反射高速電子回折法(RHEED)と走査トンネル顕微鏡法を用いてエピタキシャル Ge ナノドットのサイズを観察し、2 ω 法により熱伝導率を評価した。また、温度分布・弾性波伝搬シミュレーションを用いて、ナノドット界面近傍の熱伝導解析を行った。

【結果】RHEED 観察により、すべての試料で Ge ナノドットと SiGe (または Si) 薄膜がエピタキシャル成長していることを確認した。Ge ナノドット含有 SiGe 薄膜において、極小熱伝導率 (0.8 Wm⁻¹K⁻¹) を達成した。本 SiGe 薄膜におけるナノドット層の熱抵抗を求めたところ、熱抵抗はナノドットサイズに依存しない傾向を示した。一方で、Ge ナノドット含有 Si 薄膜では、熱抵抗はナノドットサイズに依存した。これらの実験結果をシミュレーション結果と比較したところ、この熱伝導機構の違いは、フォノン伝導の拡散性・弾道性に起因する可能性があることが示唆された。本講演では、この熱伝導機構について詳述する。

【謝辞】本研究の一部は、科研費 基盤研究 A (19H00853)、挑戦的研究(萌芽)(19K22110)および特別研究員奨励費(20J10412)の支援により行われた。

【参考文献】[1] S. Yamasaka, *et. al.*, *Sci. Rep.* **5**, 14490 (2015). [2] 谷口, 他, 第 81 回 応用物理学会秋季学術講演会, 8p-Z09-13 (2020).