

Si-rich SiGe/Si 超格子における界面偏析が熱伝導率へ与える影響

The influence of interface segregation on thermal conductivity in Si-rich SiGe/Si superlattices

阪大院基礎工¹, 滋賀医科大², 産総研³

○(D) 谷口 達彦¹, 成瀬 延康², 山下 雄一郎³, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Siga Univ. of Medical Science², AIST³

○Tatsuhiko Taniguchi¹, Nobuyasu Naruse², Yuichiro Yamashita³, Yoshiaki Nakamura¹

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 ($\sim 45 \mu\text{Wcm}^{-1}\text{K}^{-2}$) をもつ一方で、高い熱伝導率 ($\sim 150 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) を有するために熱電性能は低い。我々は、その熱電性能を向上させるため、界面フォノン散乱による低熱伝導率が期待できる Si-Ge 系薄膜超格子に注目した。そして、組成比制御をした Si-rich $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0.1 \sim 0.3$) /Si 薄膜超格子を作製することによって、出力因子が従来の Ge/Si 超格子よりも高く、バルク SiGe に近い値 ($\sim 28 \mu\text{Wcm}^{-1}\text{K}^{-2}$) を示し、さらに Si/ $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 界面への偏析 Ge により生じる欠陥を制御することで、熱電特性が操作可能であることを報告した[1]。本研究では、この偏析 Ge を有する欠陥制御界面が伝熱特性に与える影響について調べることを目的とした。

【実験】分子線エピタキシー (MBE) 法により、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($x = 0.1 \sim 0.3$) /Si 薄膜超格子を Si(001) 基板上に成長温度 400°C で作製した。薄膜超格子は $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ 層 ($\sim 10 \text{ nm}$) および Si 層 ($\sim 18 \text{ nm}$) を交互に積層した。大気中での試料酸化を防ぐため、MBE 装置内で試料最表面に熱酸化処理 (400°C 、酸素分圧 $2 \times 10^{-4} \text{ Pa}$) を行い、極薄 Si 酸化膜を形成した。エピタキシャル成長は反射高速電子回折法により確認した。面直方向の熱伝導率は 2 ω 法により評価した。

【結果】 $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ /Si 超格子の熱伝導率は、 $\sim 3.5 \pm 0.4 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ を示した。この値は、先行研究で層厚がほぼ等しい $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ /Si 超格子における $\sim 17 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ [2] を大きく下回る結果である。さらに、積層数の違いによる影響をなくすため、 $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ /Si を 1 層としたときの 1 層あたりの熱抵抗 (TRC) を求めた (Fig. 1)。その結果、作製した $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ /Si 超格子の TRC はいずれも $\text{Si}_{0.7}\text{Ge}_{0.3}$ /Si 超格子[2] の値を上回り、Ge/Si 超格子[3]と同等の傾向を示した。これは、高い出力因子を示しながら、Ge 界面偏析により大幅な熱伝導率低減が可能であることを示唆している。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) の支援により行われた。

[1] 谷口, 他, 第 65 回 応用物理学会春季学術講演会 17a-F102-9 (2018). [2] *Appl. Phys. Lett.* **80**, 1737 (2002). [3] *Superlattice Microst.* **28**, 199 (2000).

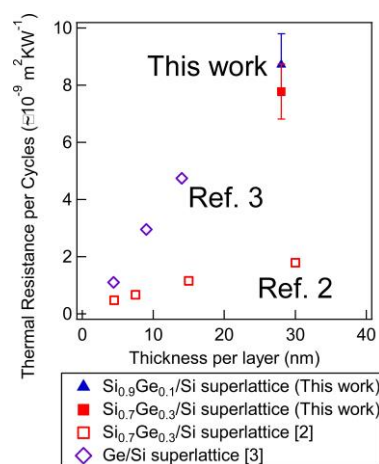


Fig. 1 Dependence of thermal resistance of per layer on the layer thickness [2, 3].