

エピタキシャル Ge ナノドット含有 SiGe 薄膜における 熱伝導率低減機構の解明

Elucidating thermal conductivity reduction mechanism

in SiGe thin films including epitaxial Ge nanodots

阪大院基礎工

○(D) 谷口 達彦, 石部 貴史, 中村 芳明

Osaka Univ.

°Tatsuhiko Taniguchi, Takafumi Ishibe, Yoshiaki Nakamura

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

【背景・目的】ユビキタス元素 Si 系熱電材料は、高い熱電出力因子 ($\sim 45 \mu\text{Wcm}^{-1}\text{K}^{-2}$ @室温) を示すものの、熱伝導率が高い ($\sim 150 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$) ため、熱電性能が低いという課題がある。これまで我々は、独自の極薄 Si 酸化膜技術を用いて Ge ナノドット (フォノン散乱体) を SiGe 薄膜中に埋め込むことで、ナノドット界面でのフォノン散乱とフォノンの合金散乱により、熱伝導率を大幅に低減することに成功してきたものの[1]、その低減機構は未解明である。そこで本研究では Ge ナノドットサイズの異なる試料を作製し、ナノドットサイズ・形状と熱伝導率の関係を調査することで、熱伝導率低減機構を解明することを目的とした。

【実験】分子線エピタキシー (MBE) 法により Ge ナノドット含有 SiGe 薄膜を Si(001)基板上に作製した。酸素分圧 $2 \times 10^{-4} \text{ Pa}$ 、基板温度 450°C の熱酸化により極薄酸化膜を形成した後に、Ge を基板温度 500°C で蒸着することで Ge ナノドットを成長した。そこに $\text{Si}_{1-x}\text{Ge}_x$ ($x \sim 0.25$) 層を基板温度 380°C で形成した。以上の工程を繰り返して積層することで、試料を作製した。この際、Ge ナノドットサイズをパラメーターとするため、Ge ナノドット形成時の Ge 蒸着量を変えた数種類の積層膜を形成し、熱伝導率・界面熱抵抗との相関を評価した。エピタキシャル成長は反射高速電子回折法 (RHEED) により確認し、面直方向の熱伝導率は 2ω 法により評価した。

【結果】Figure 1 に Ge ナノドット $\sim 8 \text{ nm}$ の Ge ナノドット含有 SiGe 薄膜における Ge ナノドットの RHEED 図形を示す。RHEED パターンから、本薄膜は、Si(001)基板に対してエピタキシャル関係を保って成長していることが確認できた。熱伝導率測定を行い、全体の熱抵抗から SiGe 層の熱抵抗を除くことで SiGe 層/Ge ナノドット界面熱抵抗を求めたところ、ドットサイズに依存した傾向を示した。本講演で詳細を報告する。

【謝辞】本研究の一部は、科研費 (19K22110, 19H00853)、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 80 回 応用物理学会秋季学術講演会 18p-E214-2 (2019).

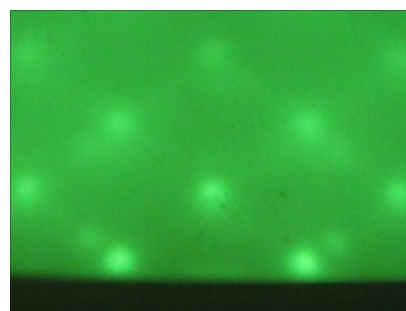


Fig. 1 The RHEED pattern of the Ge nanodots ($\sim 8 \text{ nm}$).