

令和2年度トピックス

微細構造解析プラットフォームにおける利用成果

Si基板上に作製した低次元ナノ構造のTEMによる評価

^a滋賀医科大学成瀬延康^a

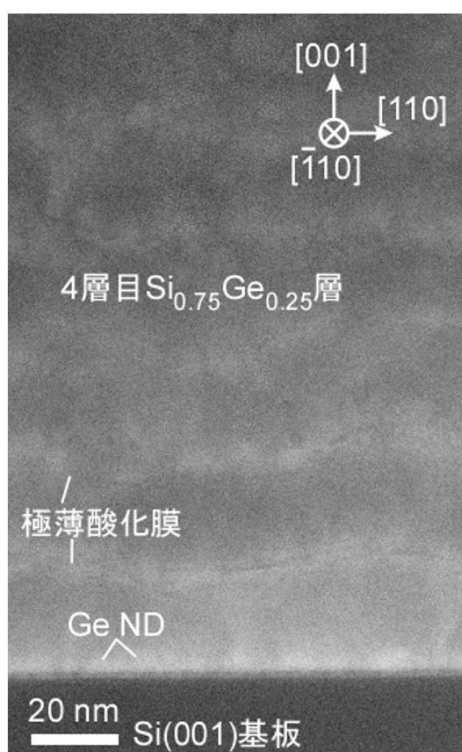
【目 的】

ナノ材料系のフォノン輸送は、バリスティックフォノン輸送のようなフォノンの挙動を制御するためのナノ構造薄膜材料を用いて、研究されている。最近、我々は、ナノドット（ND）を含む薄膜において、熱伝導率の大幅な低下を観測している。本研究では、Si基板上にエピタキシャル成長させたGe NDを含むSi薄膜およびSiGe薄膜を用いて、熱電特性に関連するフォノン散乱機構に関する調査を行った。

【成 果】

Ge ND含有Si薄膜とSi_{0.75}Ge_{0.25}薄膜の熱特性を比較することで、この現象がバリスティックフォノン輸送における干渉効果に起因するかどうかを調べた。実験で得られたND層の熱抵抗は、Si薄膜では特異なNDサイズ依存性を示し、SiGe薄膜では一定の値を示した。フォノンシミュレーションの結果から、Ge NDのナノ構造を含むSi膜では、フォノンが非拡散的に移動することが明らかになった（バリスティックフォノン輸送）。一方、NDのナノ構造を含むSiGe膜では、単純な拡散的フォノン輸送が起こるものの、合金フォノン散乱とGe ND散乱の組み合わせにより、アモルファスSi_{0.7}Ge_{0.3}の熱伝導率（約0.7 W m⁻¹ K⁻¹）に近い極めて低い熱伝導率（約0.81 W m⁻¹ K⁻¹）が達成された。この知見は、熱電変換材料開発分野において、熱伝導率を低減させ、変換効率を向上させる研究に大きな影響を与えうる。

（本研究は、大阪大学基礎工学科、中村芳明教授、石部貴史助教、谷口達彦氏、寺田吏氏らの研究グループとの共同研究です）



6層

5層

4層

3層

2層

1層

【論 文】

(1) Tatsuhiko Taniguchi, Tsukasa Terada, Yuki Komatsubara, Takafumi Ishibe, Kento Konoike, Atsushi Sanada, Nobuyasu Naruse, Yutaka Merab and Yoshiaki Nakamura, Nanoscale, 13, 4971-4977 (2021).

(2) Tatsuhiko Taniguchi, Takafumi Ishibe, Nobuyasu Naruse, Yutaka Mera, Md. Mahfuz Alam, Kentarou Sawano, and Yoshiaki Nakamura, ACS Appl. Mater. Interfaces, 12, 22, 25428-25434 (2020).

図1 極薄酸化膜を用いたGe ND/SiGe層の積層構造のDF-TEM像