20a-C13-12

Si 中エピタキシャル Ge ナノドット散乱体の熱伝導率低減効果

Reduction effect of thermal conductivity induced by epitaxial Ge nanodots in Si

阪大院基礎工 [1]，さきがけ-JST [2]
○山阪司祐人 [1]，中村芳明 [1,2]，上田智広 [1]，竹内正太郎 [1]，酒井朗 [1]
Osaka University [1], PRESTO-JST [2]
○Shuto Yamasaka [1], Yoshiaki Nakamura [1,2], Tomohiro Ueda [1], Shotaro Takeuchi [1], and Akira Sakai [1]
E-mail: nakamura@ee.es.osaka-u.ac.jp

【目的】SiGe・Si 系熱電材料において、ナノ構造の導入による熱伝導率の低減が報告されている。しかし、更なる熱伝導率の低減が必要であり、また、ナノ構造化による電気伝導率の低下が問題となっている。我々は、熱伝導率の大幅な低減、高結晶配向性による電気伝導率低下の抑制を狙って、フォノン散乱体としてエピタキシャル Ge ナノドット(ND)を Si 中に導入した構造に注目した。前回、上記構造の形成技術を開発し、その熱伝導率について報告した[1]。本研究では Ge ND が熱伝導率に与える影響について調べることを目的とした。

【実験】Si(001)基板を超高真空内(~10^{-8} Pa)に導入し、Si 清浄表面を熱酸化することで極薄 Si 酸化膜を形成した（500°C、酸素：2×10^{-4} Pa）[2]。その後 500 °C の Ge 蒸着により NDs をエピタキシャル成長し[2]、400°C で Si を蒸着した。上記、極薄 Si 酸化膜、Ge NDs、Si 層の形成プロセスを繰り返して、エピタキシャル Ge NDs を含む Si 薄膜を作製した。熱伝導率測定には 2ω 法を用いた。

【結果】断面高分解能透過電子顕微鏡法 (HRTEM)により(図 1 (a))、直径 10 nm 程度の Ge NDs/Si/SiO_2 を一層とした積層構造が形成されていることを確認した。その熱伝導率は～1.2 W/mK 程度となり、SiGe ナノワイヤやナノコンポジット(~2.5 W/mK)を超えた低減効果を観測した。ND の効果を明らかにするために、ND サイズを変えて実験を行った。図 1 (b)には、直径 5 、10nm 程度の Ge NDs を導入した試料における、一層(NDs/Si/SiO_2)当たりの熱抵抗(TRL)を示している。図 1(b)で示すように、TRL は、Si 層の厚みを変えても変化しないが、ND サイズには強く依存した。ND サイズを 5 から 10 nm に変化させることで， TRL が約 1.6 倍増大したことがわかる。TRL は層数で規格化されているため、一般的に言われる界面密度増加による効果では説明できない。本講演ではこの結果の詳細について述べる。

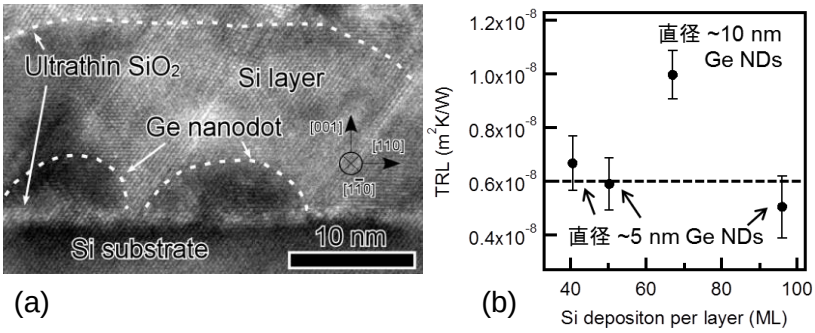

図 1 (a) HRTEM 像　(b)各試料における TRL

【謝辞】本研究は、さきがけ-JST の支援により行われた。

[1] 山阪司祐人、他、第 60 回応用物理学会春季学術講演会 27p-B9-1~17. [2] Y. Nakamura, et al., Appl. Phys. Letts. 87 133119 (2005).

© 2013 年　応用物理学会