18p-A7-13

エピタキシャル鉄シリサイドナノドット積層構造の熱電特性

Thermoelectric properties of epitaxial β-$FeSi_2$ nanodot stacked structures

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]，鶴崎晋也 [1]，竹内正太郎 [1]，酒井朗 [1]
Osaka University [1], PRESTO-JST [2]
○Shuto Yamasaka[1], Yoshiaki Nakamura[1,2], Shinya Tsurusaki[1],
Shotaro Takeuchi[1], and Akira Sakai[1]
E-mail: nakamura@ee.es.osaka-u.ac.jp

【目的】我々はエピタキシャル Ge ナノドットを、超高密度に Si 中に導入した構造に着目し、高性能 Si 系熱電材料の開発に取り組んできた。これまで、上記構造において、大幅な熱伝導率低減効果、電気伝導率について報告し、本構造の有用性を示すことに成功している [1]。本研究では、ナノドット材料として、レアメタルである Ge の代わりに、ユビキタス元素でありゼーベック係数の高い鉄シリサイドを用いて上記構造を作製し、熱電性能を評価することを目的とした。

【実験】Si(111)基板（>1000 Ωcm）を超高真空内(~10^{-8} Pa)に導入し、Si 清浄表面を熱酸化して（600°C、酸素分圧 2×10^{-4} Pa）極薄 Si 酸化膜を形成した [2]。極薄 Si 酸化膜上に一原子層（ML）の Si を 450°C で蒸着してナノ開口を形成した後、Si と Fe の同時蒸着（18 ML）を行い、β-$FeSi_2$ ナノドットをエピタキシャル成長した [2]。結晶性向上のために 500ºC でアニール処理を施した後、ナノドット上に Si 層を形成した(400°C 、85-180 ML)。上記の極薄 Si 酸化膜、β-$FeSi_2$ ナノドット、Si 層の形成プロセスを繰り返すことにより積層構造を形成し、β-$FeSi_2$ ナノドットを含む Si 薄膜を作製した。比較のためにβ-$FeSi_2$ を Si に置き換えた構造 (Si ナノドット積層構造)も作製した。試料に B のイオン注入($10^{14}cm^{-2}$)を行い、ゼーベック係数、及び電気伝導率を測定した。

【結果】断面高分解能透過電子顕微鏡（HRTEM）観察により、β-$FeSi_2$ ナノドット/Si/SiO_2 を一層とする積層構造の形成を確認した。試料の電気伝導率はキャリア密度の増加に伴い、バルク Si と同じ傾向に従って増加した。よって、電気伝導は Si 層に由来するものと考えられる。一方、キャリア密度が $10^{19}cm^{-3}$ 程度の領域において、ゼーベック係数は 250$\mu$$VK^{-1}$ となりバルクβ-$FeSi_2$ とほぼ同程度の値が得られた。パワーファクターは Si ナノドット積層構造、及びバルクβ-$FeSi_2$ と比べて 2 倍程度の高い値が得られ、これは Si とβ-$FeSi_2$ が混在した構造の結果と考えられる。本講演ではこの詳細について述べる。

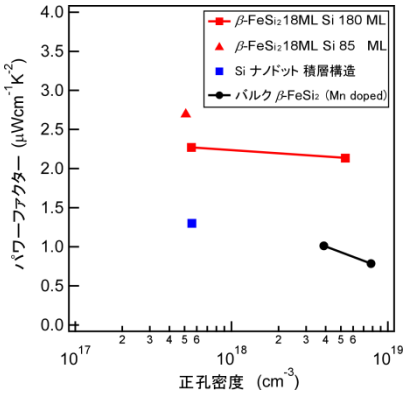

図 1　キャリア密度とパワーファクター

【謝辞】本研究の一部は、科学研究費補助金（25286026、25600016）の支援により行われた。HRTEM 観察は大阪大学超高圧電子顕微鏡センターの装置を使用した。

[1] 山阪司祐人、他、第 61 回応用物理学会春期学術講演会 19-p-F11-7.
[2] Y. Nakamura, et al., J. Appl. Phys. **100**, 044313 (2006).

© 2014 年　応用物理学会