

ナノ構造化 Si 薄膜における出力因子決定機構

The determinant factors of thermoelectric power factor in nanostructured Si films

阪大院¹, CREST-JST², 滋賀医科大³, 東京都市大⁴,

○(D)坂根 駿也¹, 渡辺 健太郎^{1,2}, 成瀬 延康³, 目良 裕³

Md. Mahfuz Alam⁴, 澤野 憲太郎⁴, 森 伸也^{1,2}, 中村 芳明^{1,2}

Osaka Univ.¹, CREST-JST², Shiga Univ. Med. Sci.³, Tokyo City Univ.⁴,

°Shunya Sakane¹, Kentaro Watanabe^{1,2}, Nobuyasu, Naruse³, Yutaka Mera³,

Md. Mahfuz Alam⁴, Kentarou Sawano⁴, Nobuya Mori^{1,2}, Yoshiaki Nakamura^{1,2}

E-mail: shunyasakane111@s.ee.es.osaka-u.ac.jp

【背景】これまで我々は、独自の極薄 Si 酸化膜技術を用いて Si ナノドット (ND) 連結構造[1]、Ge[2, 3]・ β -FeSi₂ ND 含有 Si 薄膜[4]を作製し、Si の高い電気伝導率を維持しながら大幅に熱伝導率を低減することに成功した。これらの構造は、量子効果が発現しない条件となっており、ナノ構造化によるゼーベック係数の変化は比較的小さいと考えられる。しかし、実際にゼーベック係数を測定した結果、その値は大幅に低下することを報告した[5]。本研究では、ナノ構造設計の新たな指針を得るため、よく定義された ND を Si 薄膜に導入することで、ナノ構造がゼーベック係数に与える要因を解明することを目的とした。

【実験手法】まず Si 清浄表面を 2×10^{-4} Pa の超高真空中で 600°C で 10 分間酸化することで極薄 Si 酸化膜を形成した。そこに Ge or Si を 1 原子層だけ蒸着することでナノ開口・Si 核を形成し、その上に Si、Ge、Si と Fe を蒸着することで、Si、Ge、 β -FeSi₂ NDs を形成した。その上に Si 層、極薄 Si 酸化膜を形成して、これらのプロセスを繰り返すことで ND 含有 Si 薄膜を作製した。本構造の結晶構造・歪については、透過型電子顕微鏡法によって評価した。電気特性は Hall 効果測定により、ゼーベック係数は ZEM-3 を用いて評価した。

【実験結果】作製した ND 含有 Si 薄膜におけるゼーベック係数のキャリア密度依存性の結果を Fig.1 に示す。実線で書かれている曲線はイオン化不純物散乱と欠陥散乱が電子輸送の支配的な散乱過程の場合の理論曲線である。このグラフから分かるように、我々の試料はこれらの散乱過程では説明できないことが分かる。本発表ではこういった様々な散乱過程に加え、有効質量・縮重度などに関連した状態密度変化などを考慮することで、ND 含有 Si 薄膜の出力因子の決定機構について議論する。

【謝辞】本研究の一部は、CREST-JST、基盤研究 A (16H02078)、基盤研究 B (25286026)、挑戦的萌芽研究 (15K13276)、及び特別研究員奨励費(17J00622)の支援により行われた。

【参考文献】 [1] Y. Nakamura, *et al.*, *Nano Energy* **12**, 845 (2015). [2]

S. Yamasaka, *et al.*, *Sci. Rep.* **5**, 14490 (2015). [3] S. Yamasaka, *et al.*, *Sci. Rep.* **6**, 22838 (2016). [4] S. Sakane, *et al.* *J. Vac. Sci. Tech.* **35**, 041402 (2017). [5] 坂根、他、第 78 回秋期応用物理学会 5p-A503-5.

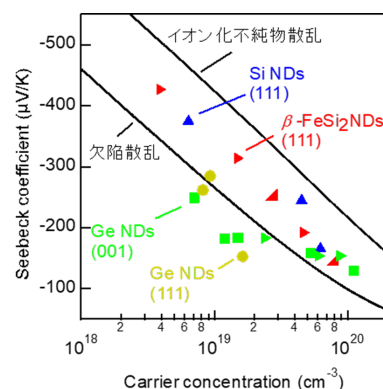


Fig. 1 Seebeck coefficient of Si films including NDs