ナノドット含有 Si 薄膜における構造と出力因子の関係

Influence of the structures on power factor in Si films including epitaxial nanodots

阪大院基礎工 [1]，CREST-JST[2]，東北大 [3]，東京都市大 [4]

°(M2)坂根駿也 [1]，渡辺健太郎 [1,2]，藤田武志 [3]，澤野憲太郎 [4]，中村芳明 [1,2]

Osaka Univ. [1], CREST-JST [2], Tohoku Univ.[3], Tokyo City Univ.[4]

°Shunya Sakane[1], Kentaro Watanabe[1], Takeshi Fujita[3], Kentarou Sawano[4], and Yoshiaki Nakamura[1,2]

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

【目的】熱電性能向上を目指して、我々はナノ構造を用いた熱電物性の独立制御を試みてきた。これまでに、エピタキシャル Si ナノドット連結構造を作製し、バルク単結晶 Si の 1/200 の熱伝導率κを実現した [1]。また、エピタキシャル Ge ナノドット含有 Si 薄膜構造を用いて、電気伝導率σをエピタキシャル Si 薄膜の値に保ちつつκ を大幅に低減可能なこと[2,3]を報告した。しかし上記構造のゼーベック係数 S 及び、パワーファクターは詳細に調べられていなかった。そこで本研究では、ナノドット含有 Si 薄膜における、S を詳細に調べ、出力因子を増大するナノドット構造の知見を得ることを目的とした。

【実験方法】超高真空分子線エピタキシー装置において、以下 3 種類のナノドット含有 Si 薄膜構造を作製した。まず、ノンドープ Si(111)基板表面の清浄化処理後、熱酸化（600 °C、酸素分圧 2×10^{-4} Pa）により極薄 Si 酸化膜を形成した。酸化膜に Si 或いは Ge を蒸着させることでナノ開口を形成後、Fe と Si の同時蒸着[4, 5]、Si 或いは Ge の蒸着を行うことでそれぞれ、鉄シリサイド、Si、Ge のナノドットを形成した。その上に Si 層、極薄 Si 酸化膜を形成した。これらのプロセスを繰り返してナノドットの多層構造を作製した。本構造に P (リン)イオン注入による n 型ドーピングを施し、熱電物性評価を行った。

【結果】高分解能透過型電子顕微鏡 (HRTEM)、走査型透過電子顕微鏡 (STEM)を用いた断面観察の結果、ナノドット/Si/SiO_2 を層単位とする積層構造の形成を確認した。図 1 に鉄シリサイドの例を示す。熱電物性評価した結果、キャリア密度~10^{19} cm^{-3} にて Ge ナノドット含有 Si 薄膜と比較して鉄シリサイドナノドットの S が 3 割程度増大していることを確認できた。この結果は、これら薄膜構造中のキャリアの散乱過程の違いによるものである。

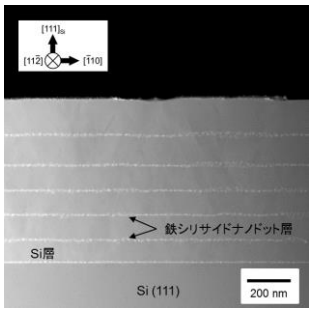

図 1 ：鉄シリサイドナノドット含有 Si 薄膜の STEM 像

【謝辞】本研究の一部は、CREST-JST、科研費 (16H02078, 25286026,15K13276)の支援により行われた。
[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] 坂根、他、第 77 回秋期応物学会 15p-A35-14. [5] Y. Nakamura, *et al.*, J. Appl. Phys. **100**, 044313 (2006).