

ナノ構造化 Si 薄膜における構造制御による高熱電性能化

High thermoelectric performance by controlling structure factor in nanostructured Si films

阪大院基礎工¹, 滋賀医科大², 東京都市大³

○(D)坂根 駿也¹, 石部 貴史¹, 成瀬 延康², 目良 裕²

Md. Mahfuz Alam³, 澤野 憲太郎³, 中村 芳明¹

Osaka Univ.¹, Shiga Univ. Medical Science², Tokyo City Univ.³,

○Shunya Sakane¹, Takafumi Ishibe¹, Nobuyasu, Naruse², Yutaka Mera²,

Md. Mahfuz Alam³, Kentarou Sawano³, Yoshiaki Nakamura¹

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、様々なナノ結晶含有 Si 薄膜を作製し、熱伝導率 (κ) の劇的な低減に成功してきた [1]。一方で出力因子 ($S^2\sigma$) は、点欠陥の存在のためバルク Si と比較して大きく減少していた。そこで、高温プロセスによって高結晶性 FeSi₂ ナノ結晶含有 Si 薄膜を作製し、点欠陥減少による大幅な $S^2\sigma$ 増大に成功した [2,3]。しかし、本構造において、 $S^2\sigma$ 増大と同時に κ 低減が実現しているか調べていなかった。本研究では、FeSi₂ の結晶相/サイズを変えることで、高 $S^2\sigma$ を維持しつつ κ 低減を同時に達成可能な構造を明らかにすることを目的とする。

【実験手法】分子線エピタキシー装置を用いて、Si 清浄表面上に、室温で Fe を 4 ML もしくは 12 ML 蒸着した。その後、基板温度 600 °C で 30 分間アニール処理を施すことで Fe と Si 基板を反応させ、FeSi₂ を形成した。FeSi₂ 上に基板温度 750 °C で Si を蒸着することで Si 層を形成した。上記プロセスを繰り返し、FeSi₂ ナノ結晶含有 Si 薄膜を作製した。試料作製後、イオン注入によって P をドーピングした。構造評価には、反射高速電子回折法 (RHEED)、透過型電子顕微鏡を用い、熱電物性の測定には、ZEM3、Van der Pauw 法、2 ω 法を用いた。

【実験結果】RHEED 観察により、4 ML の Fe を蒸着した場合の FeSi₂ の結晶相は α -FeSi₂ であった (Fig. 1) のに対し、12 ML の Fe では、 β -FeSi₂ となることが分かり、Fe の蒸着量によって FeSi₂ の結晶相の制御が可能であることを見出した。熱電物性を評価したところ、 $S^2\sigma$ は FeSi₂ の結晶相にほとんど影響がない一方で、 κ に関しては、 β -FeSi₂ 試料が α -FeSi₂ 試料と比較して約 1/2 倍の低い値を示した。

本講演では、この結晶相/サイズの違いによる κ 低減機構について詳述する。

【謝辞】本研究は、CREST-JST、基盤研究 A (16H02078, 19H00853)、挑戦的研究 (萌芽) (19K22110) 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] S. Sakane, *et al.*, *Mater. Today Energy* **13**, 56 (2019). [2] S. Sakane, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **115**, 182104 (2019). [3] 坂根、他、第 80 回秋季応用物理学会 19p-E307-7.

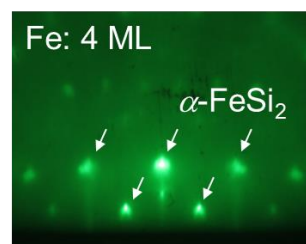


Figure 1 RHEED pattern of α -FeSi₂ (Fe: 4ML).