

熱伝導率制御に向けた非整合チムニーラダー構造 $\text{FeGe}_\gamma/\text{Si}$ のエピタキシャル成長
Epitaxial growth of FeGe_γ with incommensurate Nowotny chimney-ladder phase on Si
substrates for control of thermal conductivity

阪大院基礎工¹, 東北大², CREST-JST³

○(M2) 寺田 吏¹, (D) 石部 貴史¹, 渡辺 健太郎², 中村 芳明^{1,3}

Osaka Univ.¹, Tohoku Univ.², CREST-JST³

○Tsukasa Terada¹, Takafumi Ishibe¹, Kentaro Watanabe², and Yoshiaki Nakamura^{1,3}

E-mail: u897541f@ecs.osaka-u.ac.jp

【背景】 廃熱エネルギーの再利用に向けた熱電材料研究では、低い熱伝導率を有する熱電材料の開発が行われている。近年では、ナノ構造・低次元材料を用いることで、バルク材料にはない低い伝熱特性が得られることが報告され、現在、ナノスケール熱伝導の理解と制御が重要な課題となっている[1]。熱伝導率は、材料中のフォノン緩和時間 τ とフォノン群速度 v_g の積で表される[2]。そこで我々は、 τ と v_g の同時制御を実現することで、ナノ材料における熱伝導の理解・制御が可能になると考えた。具体的には、界面フォノン散乱を誘発するナノ構造を導入して緩和時間 τ を制御し[3]、単位格子変調可能な非整合チムニーラダー構造結晶を用いることで群速度 v_g を制御することを提案している。ここでは、LSI 低温廃熱用の熱電応用を見据えて、非整合チムニーラダー構造を有する材料として高い熱電性能が期待される FeGe_γ ($\gamma=1.52$) に注目し[4]、Si 基板上への FeGe_γ のエピタキシャル成長技術を開発したので報告する。

【方法】 超高真空中 (背圧 1×10^{-8} Pa) に Si(001)基板を導入して清浄表面を得た後、極薄 Si 酸化膜 (~0.3 nm) を作製した。その上に基板温度 500°C で Ge を 5 原子層 (ML) 蒸着し、高密度な Ge 成長核を形成した。その後、基板温度 450°C で Fe を 3.3 ML 蒸着し FeGe_γ ナノ結晶を形成した。 FeGe_γ ナノ結晶の結晶構造とエピタキシャル関係は反射高速電子回折 (RHEED) 法により、表面形状は走査型トンネル顕微鏡法により評価した。

【結果】 Fig. 1 は、 FeGe_γ ナノ結晶形成後の RHEED 図形とそこから予測される結晶構造である。 FeGe_γ ナノ結晶のエピタキシャル成長に成功し、組成比変化に伴い c 軸格子定数が大幅に変調していることがわかる。本講演では、様々な方法で形成した FeGe_γ 微結晶のナノ構造変化とそれに対応した熱伝導率変化の予測について述べる。

【謝辞】本研究の一部は CREST-JST、科研費基板研究 A (16H02078)、挑戦的萌芽研究 (15K13276) の支援により行われた。

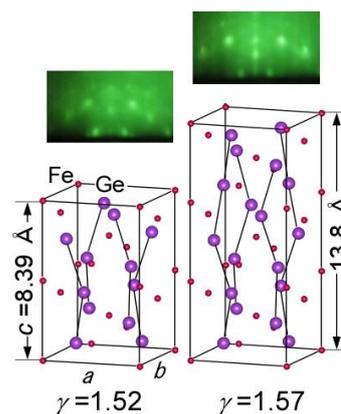


Fig. 1: RHEED patterns and crystal structures of FeGe_γ nanocrystals.

[1] D. G. Cahill, *et al.*, *J. Appl. Phys.* **93**, 793 (2003). [2] Z. Wang, *et al.*, *Nano Lett.* **11**, 2206 (2011).

[3] Y. Nakamura, *et al.*, *Nano Energy* **12**, 845 (2015). [4] N. Sato, *et al.*, *Chem. Mater.* **28**, 529 (2016).