

低 Ge 濃度 SiGe 薄膜における EXAFS 振動の温度と Ge 濃度依存性の評価 Evaluation of Temperature and Ge Concentration Dependence of EXAFS Oscillations in Low Ge Concentration SiGe Thin Films

°吉岡 和俊¹、横川 凌^{1,2}、高橋 祐樹¹、小原田 賢聖¹、

竹内 悠希¹、小笠原 凱¹、広沢 一郎³、渡辺 剛³、小椋 厚志^{1,4}

(明治大理工¹、学振特別研究員 DC²、JASRI³、再生可能エネルギー研究インスティテュート⁴)

°K. Yoshioka¹, R. Yokogawa^{1,2}, Y. Takahashi¹, K. Koharada¹,

H. Takeuchi¹, G. Ogasawara¹, I. Hirose³, T. Watanabe³, and A. Ogura^{1,4}

(Meiji Univ.¹, JSPS Research Fellow DC², JASRI³, Meiji Renewable Energy Lbs.⁴)

E-mail: k_yoshioka@meiji.ac.jp

背景と目的: SiGe は Si や Ge に比べて高い移動度と低い熱伝導率を持つため、次世代の電子・熱電デバイス材料として期待されている。電子・熱電デバイスにおける熱伝導率、すなわち原子の熱振動の制御のためには、キャリアの散乱およびフォノン輸送の理解が非常に重要である。前回我々は、低温領域 (<300 K)での XAFS (X ray Absorption Fine Structure)測定により低 Ge 濃度 SiGe 薄膜における Ge と配位子間の局所的な格子振動と Ge 濃度との関係について検討した[1]。本研究では、さらに高温領域 (<600 K)での XAFS 測定を行い、フォノンを特徴付ける Einstein 温度 (T_E)を推定することで SiGe 薄膜における熱伝導率の検討を試みた。

実験手法: Si (001)基板上に SiGe 薄膜をエピタキシャル成長した $\text{Si}_{0.847}\text{Ge}_{0.153}$ および $\text{Si}_{0.703}\text{Ge}_{0.297}$ を試料とし[2]、SPRING-8 の BL14B2 で 10 K から 600 K までの Ge-K 吸収端の XAFS を蛍光法で測定した。また、参照試料として Ge の粉末を透過法で測定した。

結果および考察: Fig. 1 は Ge および SiGe における、10 K を基準とした Debye-Waller 因子の変化量 (ΔDWF)と温度の関係である。Fig. 1 より、Ge と比較して SiGe の ΔDWF は温度によって変化しにくいことから、SiGe の T_E は Ge のものよりも高いことが示唆される。また、温度が上昇するほど熱振動が支配的になり、 ΔDWF が増加していくと考えられる。このとき、Debye-Waller 因子は(1)式で表されるため[3]、 ΔDWF は(2)式のように表すことができる。ただし、 $\sigma(T)$ は Debye-Waller 因子、 T は絶対温度、 σ_s は静的な Debye-Waller 因子、 A は定数、 T_E は Einstein 温度である。

$$\sigma^2(T) = \sigma_s^2 + A \coth(T_E / 2T) \quad (1)$$

$$\Delta\sigma^2(T) = A \{ \coth(T_E / 2T) - \coth(T_E / 2 \times 10) \} \quad (2)$$

(2)式より求めた T_E と Ge 濃度の関係を Fig. 2 に示す。また、Fig. 2 に示した T_E より(1)式を用い

て計算した DWF の温度変化を Fig. 1 にプロットした。Fig. 2 より、Ge 濃度が増加すると T_E が減少することが分かる。このことから、Ge 濃度が増加するほど SiGe における DWF は熱的に励起されやすくなると考えられる。また、 T_E の推定値が Ge 濃度によって異なる値となったことから、SiGe の熱伝導率は Ge 濃度によって制御可能であることが示唆された。

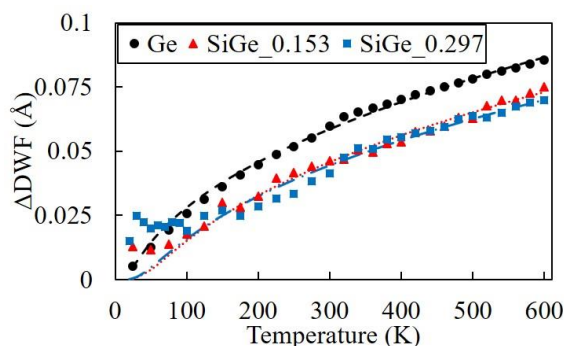


Fig. 1 Relationship between ΔDWF and temperature.

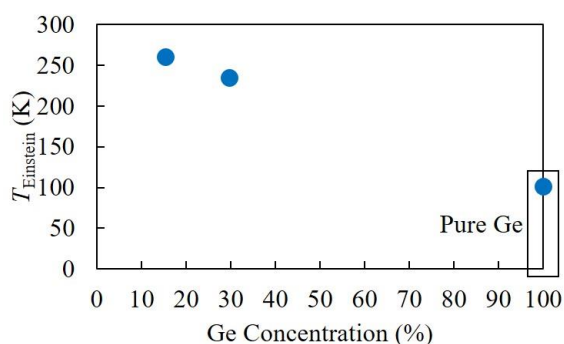


Fig. 2 Relationship between Einstein temperature and Ge concentration.

- [1] 吉岡和俊 他、第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 講演予稿集、19p-E313-2 (2019).
- [2] D. Kosemura, *et al.*, Appl. Phys. Express **5**, 111301 (2012).
- [3] J. Purans, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **100**, 055901 (2008).