

GeSn 単結晶薄膜の X 線非弾性散乱測定

Inelastic X-ray scattering measurement on single crystalline GeSn thin film

静大院工¹, 明治大理工², 明治大 MREL³, 高輝度光科学研究センター⁴, 静大電研⁵

◦千野 雅人¹, 横川 凌^{2,3}, 小椋 厚志^{2,3}, 内山 裕士⁴, 立岡 浩一¹, 志村 洋介^{1,5}

Grad. School Eng. Shizuoka Univ.¹, Meiji Univ.², MREL³, JASRI⁴, Res. Inst. Electron. Shizuoka Univ.⁵

◦M. Chino¹, R. Yokogawa^{2,3}, A. Ogura^{2,3}, H. Uchiyama⁴, H. Tatsuoka¹, and Y. Shimura^{1,5}

E-mail: chino.masato.17@shizuoka.ac.jp

はじめに 安価で無害なIV族半導体元素を用いた熱電変換デバイスが期待され、デバイスの高効率化のためには使用する材料の熱伝導率を下げるのが重要である。これまでに、同じIV族半導体元素で、SiやGeよりも重いSnを格子置換位置に導入すると、多結晶Geおよび多結晶SiGeの熱伝導率を低減されることを実験的に明らかにしている[1][2]。しかし、Sn原子が熱伝導を担うフォノンに与える影響について実験的な報告がない。本研究ではGeSn単結晶薄膜に対してX線非弾性散乱(IXS)測定を行い、Sn原子導入による熱伝導率低減のメカニズム解明を目的とする。非弾性散乱の信号は微弱で、入射角度を非常に浅くすることで1 μm以下の薄膜の測定を可能にした。

実験方法 Si(001)ウェハ上に1 μmのGe緩衝層および870 nmのGeSn層(Sn組成9.0%)をエピタキシャル成長させた試料を用いた。IXS測定はSPring-8放射光施設BL35XUにて行った。使用したX線の入射エネルギーは21.7 keVで、エネルギー分解能は1.5 meVであった。-20 meVから50 meVの領域について、ブリルアンゾーンΓ点からX点までの測定を行った。

実験結果 測定で得られたIXSスペクトルに対してVoigt関数でピークフィッティングを行い、得られた非弾性散乱ピーク位置を波数の関数として、Ge[3]とα-Sn[4]のフォノン分散と併せて図1にまとめた。測定した単結晶GeSnのフォノン分散がGeのものよりも低エネルギー側に観測された。Sn導入により、音響フォノン分散曲線の傾きが小さくなり、熱伝導率低減が実現されることを確認できた。また、測定されたΓ点での光学

モード(Ge-Ge振動モード)のIXSピークは、ラマン分光法の測定結果とほぼ一致した。低エネルギー領域で、どの波数においてもピーク位置が7.5 meV付近にある、音響・光学モードとは別の波数に依存しないピーク(Anomalous peak)が観測された。このようなピークは、バルク単結晶SiGe[5]や多結晶SiGeSn[2]でも報告されており、熱伝導率低減に影響を与えるとされている。

[参考文献] [1] J. Utsumi, *et al.*, *Semicond. Sci. Technol.* **33**, 12404 (2018). [2] Y. Shimura, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **60**, SBBF11 (2021). [3] G. Nilsson and G. Nelin, *Phys. Rev. B* **3**, 364 (1971). [4] W. Weber, *Phys. Rev. B* **15**, 10 (1977). [5] R. Yokogawa, *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **116**, 242104 (2020).

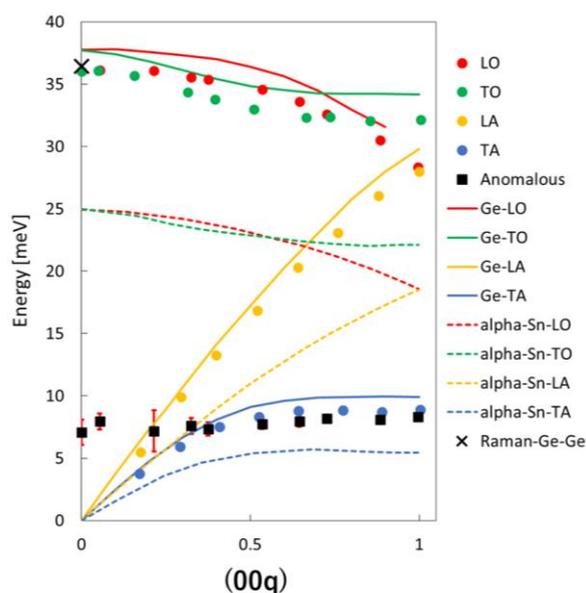


Fig. 1 Phonon dispersion of single crystalline GeSn thin film in the range of Γ to X points.