

液浸ラマン分光法による Ge 基板上 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜の応力評価

Evaluation of Stress in Thin Film $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ on Ge Substrate by Oil-Immersion Raman Spectroscopy

明治大理工¹

°武内 一真¹、山本 章太郎¹、横川 凌¹、澤本 直美¹、須田 耕平¹、
石原 聖也¹、小椋 厚志¹

Meiji Univ.¹

°K. Takeuchi¹, S. Yamamoto¹, R. Yokogawa¹, N. Sawamoto¹, and K. Suda¹,
S. Ishihara¹, A. Ogura¹

E-mail: ce51040@meiji.ac.jp

背景と目的： $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ は Si に比べて高移動度であることから、次世代チャネル材料として注目されている。さらに、Si と同様に立方晶系であることから、歪技術もなお有効であると考えられる。そのため、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ に印加された応力の正確な評価は重要である。しかし、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ に関する非破壊で簡便な評価方法であるラマン分光法による応力評価の知見は少ない。そこで本研究では、ラマン分光法を用いて $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ における正確な 2 軸応力評価を試みた。

実験： 試料は(001)Ge 基板上に Tertiary-butyl-germane($\text{t-C}_4\text{H}_9\text{GeH}_3$)および Tetra-ethyl-tin($(\text{C}_2\text{H}_5)_4\text{Sn}$)を用いた MOCVD 法でエピタキシャル成長させた $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ を用いた[1]。X 線回折法(XRD)で求めた Sn 濃度は 1.9%、TEM 観察で得た $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜厚は 104 nm である。励起光源の波長、分光器の焦点距離はそれぞれ 532 nm、2,000 mm を用いた。得られたラマン波数シフト $\Delta\omega$ を下記式に代入することにより、面内応力が得られる。

$$\Delta\omega = \frac{1}{\omega_0} \left[\frac{S_{12}}{S_{11} + S_{12}} \cdot p + q \right] \cdot \varepsilon_{\parallel}$$

ここで、 ω_0 , S_{11} , S_{12} , $\varepsilon_{\parallel}$ はそれぞれ無歪 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ のラマンシフト、弾性コンプライアンス定数、面内歪である。また、 p, q はフォノン変形ポテンシャルであり、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ に対する値が未知であるため、Ge の値を代用した。

結果と考察： ラマン分光法および XRD により得られた面内応力は、それぞれ $\sigma = -0.31, -0.38$ GPa であり、よく一致している。XRD による応力値は下記式により算出した。

$$\sigma = C \cdot \varepsilon$$

ここで、 C, ε はそれぞれ弾性スティフネステンソル、歪テンソルである。本試料は 2 軸方向に等方性の応力が印加されていると考えられるが、上記の結果からでは等方性かどうかは定かではない。そのため、液浸ラマン分光法が本来不活性な TO モードを励起可能であることを利用して、

2 軸応力を評価した。図 1 に LO モードおよび TO モードのラマンスペクトルを示す。波数校正のための無歪 Ge のピーク位置は、文献[2]を参照した。得られた各モードのラマン波数シフトから、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の面内 2 軸応力を導出した。図 2 にラマン分光法および XRD から得られた応力値を示す。ラマン分光法により得られた応力値 $\sigma_{xx} = -0.32$, $\sigma_{yy} = -0.34$ GPa はほぼ等方性を示しており、XRD から得られた結果($\sigma = -0.38$ GPa)とよく一致した。本研究により、液浸ラマン分光法による $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の 2 軸応力評価が可能であることを示した。本研究の一部は、JSP 科研費基盤研究 B(24360125)の助成を受けて行われた。また、XRD 測定の一部は SPring-8 (JASRI) で行った(課題番号：2014B1613、2014B1892、2015A1971)。

[1] 須田耕平他、2015 年春応物(11a-D7-7)

[2] J. C. Tsang *et al.*, J. Appl. Phys. 75 (1994) 8098.

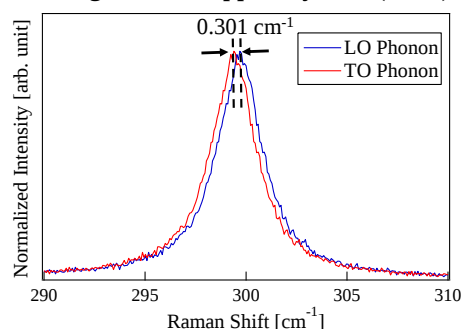


Fig. 1 Raman spectra from 1.9% GeSn.

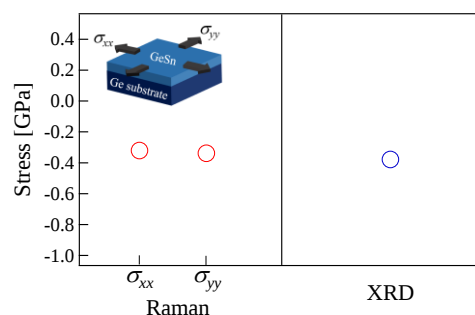


Fig. 2 The biaxial stresses from XRD and oil-immersion Raman spectroscopy.