液浸ラマン分光法による組成傾斜 SiGe ワイヤの異方性二軸応力分布評価 Evaluation of Anisotropic Stress Distribution for Laterally Graded SiGe Wires by Oil-Immersion Raman Spectroscopy

○横川 凌^{1,2}、高橋 恒太^{2,4}、富田 基裕^{1,3}、黒澤 昌志^{4,5,6}、渡邊 孝信³、小椋 厚志¹
(1.明治大理工、2.学振特別研究員 DC、3.早大理工、4.名大院工、5.JST さきがけ、6.名大高等研究院)
[○]R. Yokogawa^{1,2}, K. Takahashi^{2,4}, M. Tomita^{1,3}, M. Kurosawa^{4,5,6}, T. Watanabe³, and A. Ogura¹

(1. Meiji Univ., 2. JSPS Research Fellow, 3. Waseda Univ., 4. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ.,

5. JST-PRESTO, 6. IAR, Nagoya Univ.)

E-mail: r_yokogawa@meiji.ac.jp

【背景と目的】 SiGeは、Siと比較して高いキ ャリア移動度を有する次世代半導体デバイス として、さらに合金効果により熱伝導率が著し く低下する事から熱電デバイスへの応用が期 待される。前回我々は、熱電性能向上を目指し 急速溶融成長組成傾斜SiGeワイヤに注目し、 Ge濃度分布と面方位を評価した[1]。ここで、 SiGe中の歪分布もキャリア移動度向上やデバ イス設計に直接寄与するため精密な制御が不 可欠となるが、組成傾斜SiGeワイヤに対し歪評 価を詳細に行った実験例はない。そこで本研究 では液浸ラマン分光法による異方性二軸応力 評価を試み、SiGeワイヤ内応力分布の測定を試 みた。

【実験】 試料は SOI 基板(SOI 55 nm / BOX 145 nm / p型 Si 基板 725 μ m)に形成された SiGe ワイヤを用いた。最初に SOI 層のエッチングでアイランド状のシードを形成した後、分子線エピタキシー(MBE)法により、a-Sio.15Geo.85 膜を 100 nm 堆積した。その後 a-Sio.15Geo.85 膜に対し端をシードに接触したワイヤ状にパターニングし、PECVD でキャップ SiO2 膜を 1 μ m 堆積し、最高温度 1100°C、N2雰囲気下で急速溶融成長により Fig. 1 に示すように組成傾斜型 SiGe ワイヤ(幅: 3 μ m、長さ:10 μ m)を形成した。なお、Ge 濃度分布は Scheil-equation に従うものとして仮定した[2]。

液浸ラマン分光測定は偏光配置z(x, x)z, z(x, y)zの2パターンで行い、それぞれGe-Ge modeに おけるLO, TO modeを励起した。励起光源に可 視光レーザ(波長:532 nm)を用い、分光器の焦点 距離は2000 mmを使用した。液浸レンズの開口 数、オイルの屈折率はそれぞれ1.4,1.5である。 【結果・考察】 Fig. 2 に液浸ラマン分光法に より得られた異方性二軸応力結果を示す。ラマ ン測定は Si_{1-x}Ge_x ワイヤ端部(x=0.55 and 1)で行 った。 σ11, σ22 は Fig. 1 に示すようにそれぞれ SiGe ワイヤの短軸、長軸方向の応力値である。 結果ワイヤの両端で、明確な異方性二軸引っ張 り応力が印加されていることを確認した。また、 Si シードから離れた Ge-rich の領域では短軸方 向の引っ張り応力が緩和し、一軸性の非常に強 い引張応力が印加されていることが明らかに なった。これらの結果は電子線後方散乱パター

ン(EBSP)法で得られた面方位マッピングと相 関がとれ、面方位の微小な回転が影響している ものと考えられる[3]。以上、本研究により液 浸ラマン分光法は組成傾斜 SiGe ワイヤの応力 評価に有用であることを示し、応力分布がある ことを確認した。

【謝辞】 本研究は JST-CREST(JPMJCR15Q7)、 JST さきがけ(JPMJPR15R2)および JSPS 科研費 (17J08240)の補助を受けたものである。



Fig. 1 SEM image of laterally graded SiGe wire.



Fig. 2. Anisotropic stress values obtained by oil-immersion Raman spectroscopy.

【参考文献】

[1] 横川 凌 他, 第 65 回応用物理学会春季学 術講演会講演予稿集, 20a-F214-3 (2018).

[2] J. K. Woodacre *et al.*, J. Cryst. Growth **327**, 35 (2011).

[3] R. Yokogawa *et al.*, ECS Trans. **86**[7], 87 (2018).