

逆格子空間マッピングを用いた $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ メサ構造の 3 軸歪評価Evaluation of Three-Dimensional Strain in $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ Mesa Structure
Using Reciprocal Space Mapping明治大理工¹、学振特別研究員 DC²、高輝度光科学研究センター³○高橋祐樹¹、横川凌^{1,2}、廣沢一郎³、須田耕平¹、小椋厚志¹Meiji Univ.¹, JSPS Research Fellow², Japan Synchrotron Radiation Research Institute (JASRI)³○Y. Takahashi¹, R. Yokogawa^{1,2}, I. Hirose³, K. Suda¹, and A. Ogura¹

E-mail: ce181044@meiji.ac.jp

背景と目的 : $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ は Si や Ge と比べて、正孔・電子移動度共に高い値を有しており、高移動度次世代デバイスのトランジスタ材料として注目されている。また、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ には Si と同様に歪技術が有効であると考えられ、更なる移動度の向上が期待できる。しかし、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ をチャンネル材料として用いる場合には、微細加工により歪場が複雑に変化し、チャンネル領域で歪緩和が生じるため、移動度が変化することが懸念される。これまでに我々は、液浸ラマン分光法により $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ メサ構造に対し、面内における異方性 2 軸歪の評価を行った[1]。また、面直方向の歪を測定するために放射光 XRD 測定による評価を行った[2]。今回は多数の同一のメサ構造を同時に測定することで、放射光 X 線を用いた逆格子空間マッピングによる 3 軸方向の格子面間隔評価を試みた。

実験 : 試料は Sn 濃度 3.2、2.1、及び 1.3% の $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜を(001)Ge 基板上に自作 MOCVD を用いてそれぞれ約 34、55、45 nm エピタキシャル成長した[3]。成膜後、電子線リソグラフィ及びドライエッチングにより Fig. 1 に示すような長辺方向の長さ(L)を 10 μm に固定し、短辺方向の幅(W)を 0.1、0.2 及び 0.5 μm に変化させたメサ構造の集合体に加工した。なお、メサ構造における長辺は[110]、短辺は[-110]に平行とした。逆格子空間マッピングの測定は、SPring-8 の BL19B2 に設置された多軸回折装置を用いた。X 線のエネルギーは 10 keV とし、Sn 濃度 3.2%及び 2.1%については Ge の 115 (長辺方向)及び-115 回折 (短辺方向) 近傍、Sn 濃度 1.3%については Ge の 337 (長辺方向) 及び-337 回折 (短辺方向) 近傍の測定を行った。

結果 : Fig. 2 は Sn 濃度 1.3%、W = 0.5 μm の試料の(a)337 回折 (長辺方向) 近傍、および(b)-337 回折 (短辺方向) 近傍の逆格子空間マッピングの測定結果である。これらの図が示すように、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ の面直方向の波数成分は長辺 ([110]方向) と短辺 ([-110]方向) で 7.739 \AA^{-1} と一致し Ge 基板よりも格子面間隔が長い。一方、長辺方向の波数成分は 4.710 \AA^{-1} となり Ge の格子面間隔と一致し短辺方向の波数成分は 4.706 \AA^{-1} となり Ge の格子面間隔よりも長く、

面内では短辺のみが格子緩和していることが確認できる。この結果は我々が過去に報告した、液浸ラマン分光法による結果と概ね整合するが、短辺方向の歪緩和率が異なり、液浸ラマン分光測定では面直方向の歪緩和を無視したことが原因であると考えられる[1][2]。以上より、放射光 X 線を用いた逆格子空間マッピングにより、3 軸歪の詳細な評価が可能となり、ラマン分光測定結果等の較正に有用であることが確認された。

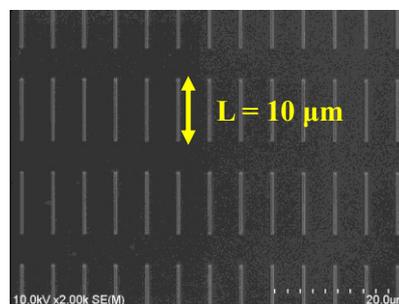


Fig. 1 SEM image of $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ mesa structures (L = 10 μm , W = 0.5 μm)

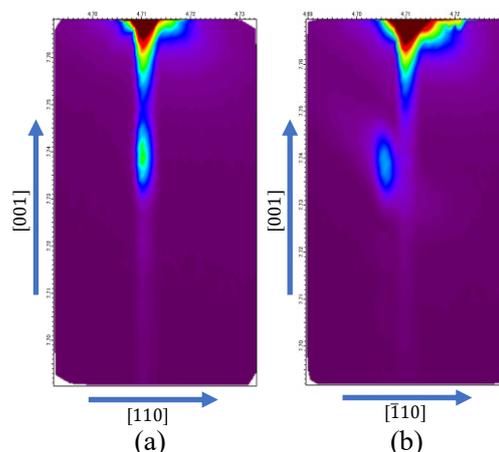


Fig. 2 Reciprocal space mappings of $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ mesa structure

- [1] 村上他、2017 年春応物 (14a-318-7).
[2] 村上他、2017 年秋応物 (8p-C19-2).
[3] K.Suda, *et al.*, *Jpn.J.Appl.Phys.***53**,110301 (2014).