

Ge_{1-x}Sn_x エピタキシャル成長における水素サーファクタント導入の効果 Effect of Hydrogen Surfactant on Epitaxial Growth of Ge_{1-x}Sn_x Layers

¹名古屋大院工, ²学術振興特別研究員

○浅野孝典^{1,2}, 田岡紀之^{1*}, 保崎航也¹, 竹内和歌奈¹, 坂下満男¹, 中塚理¹, 財満鎮明¹

¹ Graduate School of Eng. Nagoya Univ., ² Research Fellow of Japan Society for the Promotion of Science

○T. Asano^{1,2}, N. Taoka¹, K. Hozaki¹, W. Takeuchi¹, M. Sakashita¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima¹

E-mail: tasano@alice.xtal.nagoya-u.ac.jp

【はじめに】Ge_{1-x}Sn_x は、電子および正孔の小さな有効質量や、Sn 組成 10%以上における直接遷移型バンド構造が期待できるため、電子、光デバイス応用に向けて注目を集めている [1,2]。高 Sn 組成を有するGe_{1-x}Sn_x層の形成には、低温での非熱平衡成長が有効であるが [3]、膜中における空孔などの多量の結晶欠陥の形成が問題となる [4]。Ge_{1-x}Sn_x層の結晶性を向上させる手法として、我々は分子線エピタキシャル成長 (MBE) 中における水素の供給に注目した。Si 上の Ge エピタキシャル成長において、水素はサーファクタントとして Ge の成長モードを変化させ、三次元島成長を抑制することが知られている [5]。本研究では、水素供給が Ge_{1-x}Sn_x のエピタキシャル成長および結晶性へ及ぼす影響を調べた。

【試料作製】固体ソース MBE 法を用いて、清浄化を施した p-Ge(001)基板上に非ドープ Ge_{1-x}Sn_x層を形成した。このとき、分子水素の分圧を調節することで、成長中における全圧を 10⁻⁷ Pa から 10⁻² Pa の間で制御した。膜厚および成長温度は、それぞれ 100 nm および 150°C とした。

【結果および考察】Ge_{1-x}Sn_x 表面の結晶性を、*in-situ* 反射高速電子回折法 (RHEED) を用いて評価した。分子水素の供給のない場合 (全圧: 1×10⁻⁷ Pa, Fig. 1(a))、三次元島成長に由来するスポット状パターンが観察される。一方、分子水素を供給した場合 (全圧: 1×10⁻² Pa)、回折パターンは、Fig. 1(a)と比較してよりストリーク状となることがわかる。この結果は、Ge_{1-x}Sn_x 成長中の分子水素の供給によって、原子スケールでより平坦な表面が形成されることを示している。

これらの試料の結晶構造を、X 線回折 2 次元逆格子空間マップ (XRD-2DRSM) 測定により評価した (Fig. 2(a)および 2(b))。両試料において、Ge 基板上に Ge_{1-x}Sn_x層が pseudomorphic に成長することがわかる。格子置換位置の Sn 組成は、それぞれ 4.1%と見積もられた。一方、分子水素を供給した場合 (Fig. 2(a))、供給のない場合 (Fig. 2(b)) よりも Ge_{1-x}Sn_x $\bar{2}24$ 回折ピークの[110]方向への広がりが抑制されることがわかる。このような広がりは、Ge_{1-x}Sn_x 層中の結晶性のゆらぎを反映していると考えられ [6]、分子水素の供給により表面平坦性だけでなく、Ge_{1-x}Sn_x層の結晶性も向上できることを示唆している。

【参考文献】 [1] K. L. Low *et al.*, J. Appl. Phys. **112**, 103715 (2012). [2] Y. Chibane and M. Ferhat, J. Appl. Phys. **107**, 053512 (2010). [3] Y. Shimura *et al.*, Thin Solid Films **518**, S2 (2010). [4] 大村他、応用物理学会秋季学術講演会、18p-B4-8 (2013). [5] A. Sakai and T. Tatsumi, Appl. Phys. Lett. **64**, 52 (1994). [6] P. F. Fewster, *X-Ray Scattering from Semiconductors*, 2nd ed.: World Scientific Publishing Company (2003).

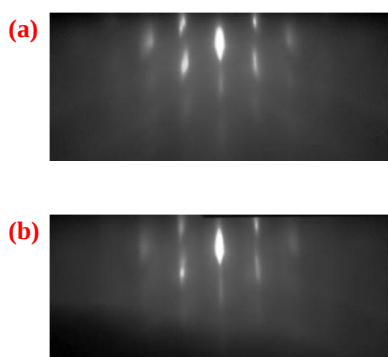


Fig. 1: RHEED patterns of Ge_{0.959}Sn_{0.041} layers grown (a) without and (b) with supplying molecular hydrogen.

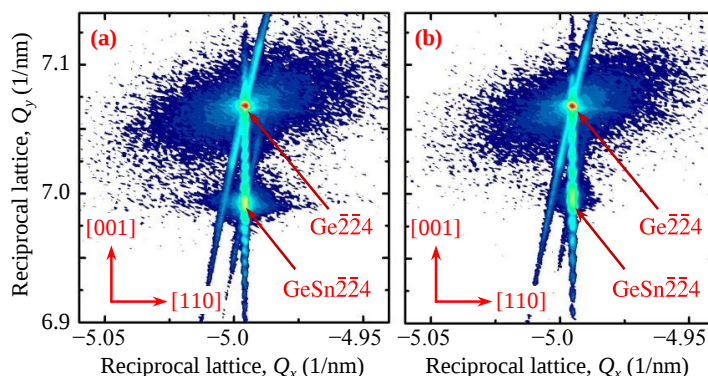


Fig. 2: XRD-2DRSM results of Ge_{0.959}Sn_{0.041}/Ge samples (a) without and (b) with supplying molecular hydrogen.

*現所属 IHP (Present affiliation: IHP)