

有機金属原料化学気相成長法による $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ エピタキシャル層の結晶性Crystallinity of $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ Epitaxial Layers grown with Metal Organic Chemical Vapor Deposition名古屋大院工¹, 学振特別研究員²○犬塚雄貴¹, 池進一^{1,2}, 浅野孝典^{1,2}, 竹内和歌奈¹, 中塚理¹, 財満鎮明¹Grad. Sch. Of Eng. Nagoya Univ.¹, JSPS Research Fellow²°Y. Inuzuka¹, S. Ike^{1,2}, T. Asano^{1,2}, W. Takeuchi¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima¹

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

研究背景 現在、次世代半導体材料として $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 混晶が注目されている。Ge への Sn の添加によってエネルギーバンド構造が変調できる。特に Sn 組成 8%以上では直接遷移化が予測され[1]、光学デバイスや電子デバイスへの応用が期待されている。近年、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 混晶のさかんな研究により、さまざまな方法で熱平衡固溶限 (~1%) を超える Sn 組成を有する $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 混晶の形成が報告されている[2- 4]。安全な有機金属原料を用いた化学気相成長法 (MOCVD 法) では Sn 組成 2%を有する $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 混晶の形成が報告されているが[5]、その結晶性の評価や Sn 組成の向上は十分でない。そこで本研究では、MOCVD 法による高 Sn 組成 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 混晶の形成およびその結晶性の評価を行った。

実験方法 Ge(001)基板を化学洗浄後、圧力 2.4kPa の水素雰囲気中において、600°C、10 分間の熱処理を施し、表面清浄化を行った。Ge 原料および Sn 原料として、Tertiary buthyl germane(TBGe)および Tri buthyl vinyl tin (TBVSn) を用いた。成長温度を 280~350°C とし、成膜圧力 33kPa、水素雰囲気中にて $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜の成長を行った。

特色と独創的な点 CVD 法を用いる $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜の形成で、主に使われている無機金属原料は原料自身に危険性を有する。本研究では、比較的 safely で取扱いの容易な有機金属原料のみを用いた $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜の形成を実現し、その詳細な結晶性を解明した。

研究成果 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜の X 線回折 (XRD) 2θ - ω 測定の結果を図 1 に示す。 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜由来の回折ピークが観察され、成長温度の低減とともに、Sn 組成が 1.3%, 3.2%, 3.9%と増大することがわかった。膜厚プリングが明瞭に観測されることから、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜は転位や Sn 析出のない急峻な界面を形成し、Ge 基板上に pseudomorphic に成長していると考えられる。成長温度 280°C の試料について、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 224回折ピークまわりの XRD-2DRSM を行った結果を図 2 に示す。 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜は確かに Ge 基板上に pseudomorphic に成長していることがわかる。また、 Q_x 方向に広がり小さな鋭いピークを示していることから、 $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$ 膜が高い結晶性を有していることがわかった。

参考文献 [1] S. Gupta *et al.*, IEDM2011, p.398. [2] Y. Shimura *et al.*, ECS Trans., **33**, 205 (2010). [3] R. R. Lieten *et al.*, ECS Trans, **50**, 915 (2012). [4] F. Genecarelli *et al.*, ECS J. Solid State Sci. Technol. **2**, P134 (2013). [5] K. Suda *et al.*, Abstract of 226th ECS Meet. 1828 (2014).

キーワード $\text{Ge}_{1-x}\text{Sn}_x$, MOCVD 法, エピタキシャル成長

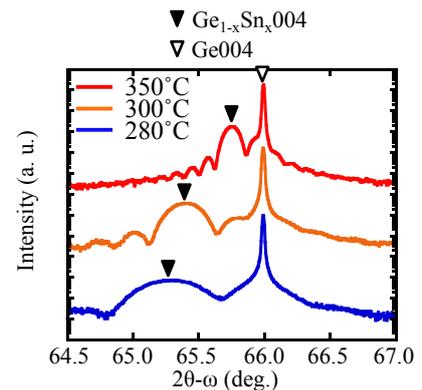


Fig. 1 XRD 2θ - ω scans of GeSn layers on Ge(001) substrate at different temperatures.

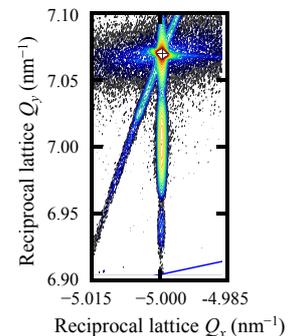


Fig. 2 XRD-2DRSM results around the Ge -2-24 reciprocal point for GeSn layer grown at 280°C with a Sn contents of 3.9%.