

固相エピタキシャル成長法による高 Sn 組成 (>20%) SiSn 薄膜の創製

Solid phase epitaxy of SiSn thin-films with high Sn content (>20%)

名古屋大院工¹, 学振特別研究員 (PD)²,○加藤元太¹, 黒澤昌志^{1,2}, 山羽隆¹, 田岡紀之¹, 中塚理¹, 財満鎮明¹¹ Graduate School of Engineering, Nagoya University, ² JSPS Research Fellow (PD)○M. Kato¹, M. Kurosawa^{1,2}, T. Yamaha¹, N. Taoka¹, O. Nakatsuka¹, and S. Zaima¹

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

〔はじめに〕 格子置換位置に Sn を 30% 程度取り込んだ SiSn は、直接遷移型半導体になることが理論予測されている[1]。しかし、Si に対する Sn の熱平衡固溶限は 0.1 % 以下と非常に小さく、これまで実現の目途は立っていなかった。最近我々は、非晶質 Si に Sn を 30% 添加すれば、Sn 融点 (231.9°C) で SiSn の結晶化、即ち、固相成長が進行し、20% を超える Sn 組成の多結晶 SiSn を絶縁膜上に形成できることを報告した[2]。今回、SiSn (Sn 組成 21.5%) に格子整合する Ge 基板を選択することで、SiSn 薄膜の固相エピタキシャル成長に成功したので報告する。

〔実験方法〕 表面清浄化した Ge(001)基板上に分子線堆積法により非晶質 SiSn (膜厚: 50 nm、目標 Sn 組成: 30%、基板温度: 100°C) を成膜した。尚、100°C 成膜しているが、成膜直後の試料最表面は非晶質であることを RHEED 像により確認している。その後、窒素雰囲気中において Sn 融点 (231.9°C) 以下の熱処理 (220°C、5 h) を施し、SiSn の固相エピタキシャル成長を誘起した。

〔実験結果〕 オージェ電子分光 (AES) 法により熱処理前後の元素深さ分布を評価した (Fig. 1)。成膜直後の膜中 Sn 組成は約 20% であり、表面に向かって Sn 濃度が増加する。220°C 熱処理後においてもこのプロファイルにほとんど変化は見られない。つまり、熱処理による SiSn 膜中での Sn の偏析や拡散が生じないことがわかる。熱処理後の X 線回折 2 次元逆格子空間マップ (XRD-2DRSM) を Fig. 2 に示す。Ge $\bar{2}\bar{2}\bar{4}$ 付近に SiSn $\bar{2}\bar{2}\bar{4}$ に起因する回折ピークが観測される。このピーク位置から見積もられる格子置換位置 Sn 組成は 21.8% であり、先の AES の結果 (Fig. 1) とほぼ同じ値である。つまり、基板の格子定数と同じ大きさの格子を形成する程度にまで、膜中に存在する多数の Sn 原子が平衡固溶限界を超えて格子置換位置に取り込まれることを示唆している。顕微ラマン分光法 (励起波長: 532 nm) により Si および Sn の結合状態を評価した結果を Fig. 3 に示す。熱処理後に明瞭な Si-Si、Si-Sn および Sn-Sn 結合を示すピークが観測される。Si-Si 結合ピーク位置が bulk-Si よりも 15.6 cm⁻¹ 低波数側にシフトしており、SiSn が形成されていることが確認できる。以上、固相成長法により熱平衡固溶限の 200 倍を超える SiSn 単結晶薄膜の形成に成功した。

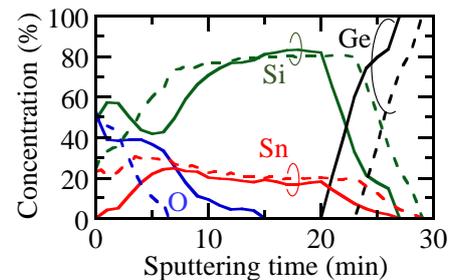
[1] J. Tolle *et al.*, Appl. Phys. Lett. **89**, 231924 (2006).[2] M. Kurosawa *et al.*, 2013 秋応物 (18p-B4-5); ISTDM 2014 (P14).

Fig. 1 Depth profiles of Si_{1-x}Sn_x/Ge samples. Before (broken line) and after annealing at 220°C for 5 h (solid line).

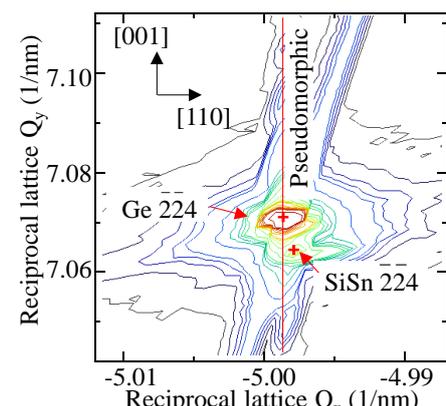


Fig. 2 XRD-2DRSM of Si_{1-x}Sn_x/Ge sample after annealing at 220°C for 5 h.

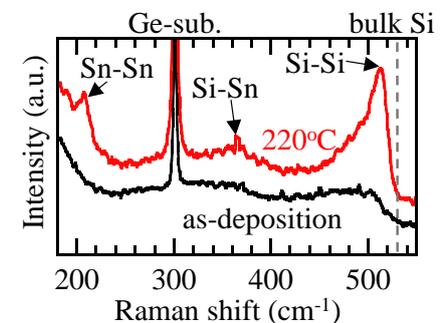


Fig. 3 Raman scattering spectra of Si_{1-x}Sn_x/Ge samples before and after annealing at 220°C for 5 h.