

GaSb 基板上的における $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜の結晶成長 Crystal growth of $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ thin films on GaSb substrates

○丹下龍志¹, 黒澤昌志^{1,2,3}, 中塚理^{1,4}, 財満鎮明⁵

(1. 名大院工, 2. 名大高等研究院, 3. JST さきがけ, 4. 名大未来研, 5. 名大未来社会創造機構)

○Ryuji Tange¹, Masashi Kurosawa^{1,2,3}, Osamu Nakatsuka^{1,4}, and Shigeaki Zaima⁵

(1. Grad. Sch. of Eng., Nagoya Univ., 2. IAR, Nagoya Univ., 3. JST-PRESTO,

4. IMaSS, Nagoya Univ., 5. IIFS, Nagoya Univ.)

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

[はじめに] $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ のバンドギャップは Sn 組成の増加とともに減少し、ある組成 (例えば、32%[1], 44%[2]、約 50%[3]) において直接遷移化すると理論予測されている。但し、その臨界 Sn 組成は理論計算手法によって異なっており、実験的究明が強く求められる。Si 中の Sn の固溶限は 0.1% と極めて低いが、我々は固相成長法[4, 5]を用いることで、下地の Ge(001) (InP(001)) に格子整合した $\text{Si}_{0.8}\text{Sn}_{0.2}$ ($\text{Si}_{0.6}\text{Sn}_{0.4}$) 薄膜のエピタキシャル成長に成功している[5]。この結果から、更なる高 Sn 組成化には、InP よりも更に大きな格子定数を有する基板が望ましいと考えている。そこで今回、Sn 組成が 63% の $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ と格子整合する GaSb 基板上的における結晶成長を検討した。

[実験方法および結果] 表面清浄化した GaSb(001) 基板に、固体ソース分子線エピタキシー法により $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ 薄膜 (初期 Sn 組成: 37%、膜厚: 50 nm) を様々な成膜温度 (T_{depo} : 75、200°C) で堆積した。その後、Sn の融点以下の温度で熱処理 (窒素雰囲気中、5 時間) を行い、結晶性の変化をラマン分光法で調査した。 $T_{\text{depo}}=75^\circ\text{C}$ の試料のラマンスペクトルを Fig. 1 に示す。460 cm^{-1} および 500 cm^{-1} 付近にピークが観測された。それぞれ、非晶質 $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ (a- $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$) および結晶化した $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ (c- $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$) 由来の Si-Si 結合ピークと考えられる。熱処理温度の上昇に伴い結晶化度が向上するとともに、c- $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ 由来の Si-Si 結合ピークが高波数側にシフトした。バルク Si のピーク位置 (520 cm^{-1}) からのシフト量を $\Delta\omega_{\text{Si-Si}}$ とすると、 $\Delta\omega_{\text{Si-Si}}=161.59x$ の関係式[6]から格子置換位置 Sn 組成 (x) を算出できる。各試料の Sn 組成を算出し、熱処理温度依存性として纏めた結果を Fig. 2 に示す。 $T_{\text{depo}}=75^\circ\text{C}$ の試料の場合、熱処理温度の上昇に伴い Sn 組成が減少する。一方、 $T_{\text{depo}}=200^\circ\text{C}$ の試料においては、熱処理温度によらず一定の Sn 組成となる。しかしながら、どちらの試料の結果も GaSb 基板と格子整合する Sn 組成 (63%) と比べ低い値にとどまっている。当日の講演では、結晶構造評価の結果も交え、この原因を考察するとともに、基板面方位を変えた結果についても紹介する予定である。

[謝辞] 本研究の一部は、JSPS 科研費・基盤研究(S) (No. 26220605) および JST さきがけ (No. JPMJPR15R2) の研究助成により実施されました。

[参考文献] [1] J. Tolle *et al.*, APL **89**, 231924 (2006). [2] P. Moontragoon *et al.*, JAP **112**, 073106 (2012). [3] Y. Nagae *et al.*, JJAP **56**, 04CR10 (2017). [4] M. Kurosawa *et al.*, APL **106**, 171908 (2015). [5] M. Kurosawa *et al.*, APL **111**, 192106 (2017). [6] M. Tomita *et al.*, JJAP **57**, 04FB04 (2018).

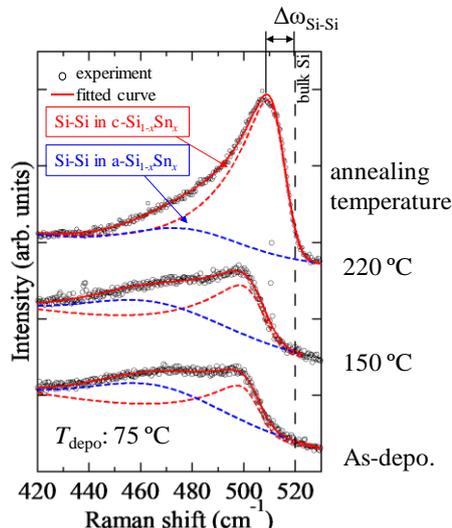


Fig. 1 Raman spectra obtained from the $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ layers on GaSb(001) substrates before and after annealing at 150 and 220°C. The deposition temperature was 75°C.

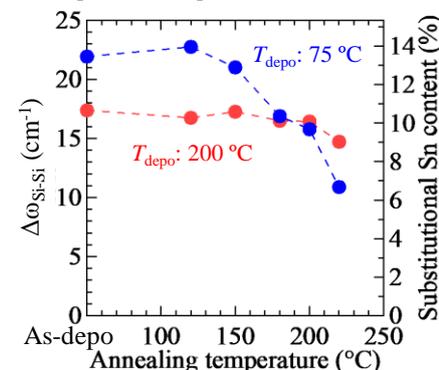


Fig. 2 Estimated Sn contents in the crystallized $\text{Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ layers as a function of annealing temperature.