

LT-InSb を用いた GaAs 基板上 $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 薄膜成長と評価

$\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ thin film growth using LT-InSb on GaAs substrate and its evaluation

東理大先進工, [○]三田 泰継, 小関 敬祐, 桑原 笑明, 小野田 悠人, 遠藤 聡, 藤代 博記

Tokyo Univ. of Science, [○]H. Mita, K. Koseki, E. Kuwabara, Y. Onoda, A. Endoh, H. I. Fujishiro

E-mail: 8122546@ed.tus.ac.jp

【背景】 ナローギャップ半導体である $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ はバンドギャップボウイングにより As 組成比 $x=0.35$ 近傍で最も小さいバンドギャップ (0.1 eV) を示し、中遠赤外光学素子のチャネル材料^[1]のみならず、その小さい電子有効質量に起因する高い電子移動度 μ により、高周波・極低電圧・極低消費電力デバイスのチャネル材料として期待されている。これまで、我々は、低温成長 (LT-) InSb を緩衝層に用いることにより、GaAs 基板上に成長した InSb 薄膜のモザイク性が改善し結晶性が向上することを報告した^[2]。本研究では、LT-InSb を緩衝層に用いて GaAs 基板上に $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 薄膜を成長し、組成制御を検討すると共に、結晶性・電気的特性を評価した。

【実験・結果】 MBE 法を用いて GaAs (100) 基板上に GaAs 97 nm (成長温度 $T_{\text{sub}} = 620^\circ\text{C}$)、LT-InSb 30 nm (360°C)、 $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ 300 nm ($380, 420, 445^\circ\text{C}$) を成長した。As の分子線源にはクラッキングセル、Sb には通常の k セルを用いた。LT-InSb と $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ の成長レートは 430 nm/h とした。

まず Sb の分子線強度 J_{Sb} を固定し、As の分子線強度 J_{As} を変化させて $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ を成長した。 T_{sub} は 445°C とした。 $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ の x は、 J_{As} 、 J_{Sb} 及び As と Sb の付着係数 S_{As} 、 S_{Sb} を用いて、次式で表される^[3]。

$$x = \frac{1}{1 + \frac{J_{\text{Sb}}}{J_{\text{As}}} \times \frac{S_{\text{Sb}}}{S_{\text{As}}}} \quad (1)$$

Fig. 1 に x と分子線強度比 $J_{\text{As}}/(J_{\text{As}}+J_{\text{Sb}})$ の関係を示す。実線は、(1)式で求めた理論曲線 ($S_{\text{Sb}}/S_{\text{As}} = 0.25 \sim 3$) を示している。As₂ と Sb₄ の共吸着にもかかわらず、 x はほぼ $S_{\text{Sb}}/S_{\text{As}} = 1$ の理論曲線に従い、 J_{As} の増加と共に増加した。 $J_{\text{As}}/(J_{\text{As}}+J_{\text{Sb}}) = 0.33$ で $x = 0.359$ が得られた。

次に、 $x=0.35$ を目標組成とし、 T_{sub} を 445°C から $420, 380^\circ\text{C}$ と変化させて $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ を成長した。Fig. 1 に、 T_{sub} を変えて成長した場合の x と $J_{\text{As}}/(J_{\text{As}}+J_{\text{Sb}})$ の関係を重ねて示す。 $S_{\text{Sb}}/S_{\text{As}}$ は T_{sub} が下がるにつれてやや増加しており、低温で Sb の取り込み量が増加することが示唆される。これらの試料について、ホール効果測定による電気的特性の評価と XRD による結晶性の評価を行った。Fig. 2 に μ とキャリア濃度 n 、Fig. 3 に ω スキャンの FWHM を示す。 T_{sub} が下がると μ が減少し n が増加した。また FWHM が増加した。これらの結果は、高温成長により $\text{InAs}_x\text{Sb}_{1-x}$ の結晶性が向上することを示している。

【謝辞】 本研究の一部は、JSPS 科研費 21K04158 の補助によって行われた。

【参考文献】 [1] Yong Li *et al.*, J. Cryst. Growth **542** 125688 (2020). [2] 渡邊他、2017 年秋応用物理学会、6p-PA7-11. [3] E. A. Emel'yanov *et al.*, J. Phys.: Conf. Ser. **643** 012006 (2015).

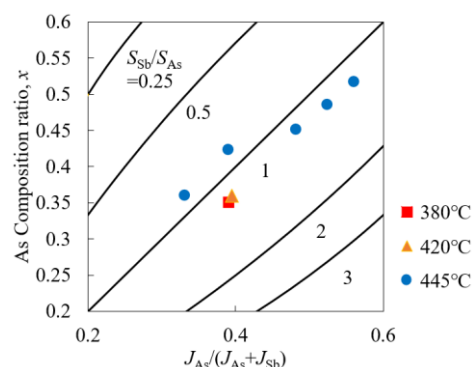


Fig. 1 Dependence of As composition ratio x on beam flux ratio $J_{\text{As}}/(J_{\text{As}}+J_{\text{Sb}})$. Theoretical curves of x as a function of adhesion coefficient ratio $S_{\text{Sb}}/S_{\text{As}}$ are also shown.

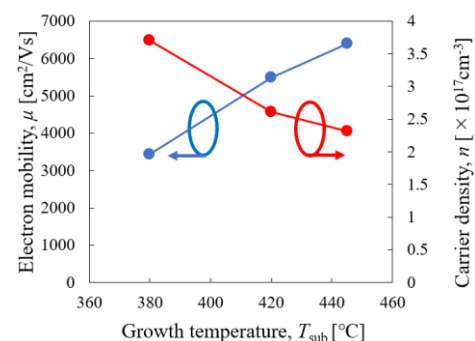


Fig. 2 Dependence of electron mobility μ and carrier concentration n on growth temperature T_{sub} .

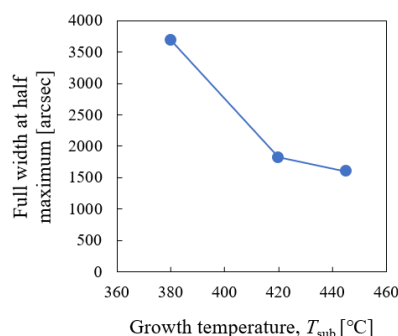


Fig. 3 Dependence of XRD rocking curve width (FWHM) on T_{sub} .