

## ダブルドープ InSb/InGaSb 複合チャネル HEMT 構造の電気的特性の向上 —傾斜バッファ層の組成比制御による貫通転位密度の低減—

Improved electronic properties of double doped InSb/GaInSb composite channel HEMT structures

—Reduction of threading dislocation density by controlling composition ratio of graded buffer—

○小山 歩夢, 神内 智揮, 大場 達久, 中島 渉, 遠藤 聡, 藤代 博記 (東理大先進工)

○A. Koyama, T. Jinnai, T. Oba, W. Nakajima, A. Endoh, H. I. Fujishiro (Tokyo Univ. of Science)

Email: 8121037@ed.tus.ac.jp

**背景・目的:**我々は, GaSb 初期核形成層および  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{Sb}$  傾斜バッファ層の導入により格子不整合に起因する貫通転位の発生・伝搬を抑制することで, ダブルドープ InSb/GaInSb 複合チャネル構造の電気的特性の向上を図った<sup>[1,2]</sup>. 本研究では, 更なる電気的特性の向上を目指し, 傾斜バッファ層の組成比変化率の違いが貫通転位密度に及ぼす影響を検討した.

**実験:** Fig. 1 に S.I.-GaAs(100) 基板上に MBE 成長したステップバッファ構造を有するダブルドープ InSb/GaInSb 複合チャネル HEMT 構造を示す. Fig. 2 (a), (b) に AISb 層と  $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$  層の間に挿入した  $\text{Al}_{1-x}\text{In}_x\text{Sb}$  傾斜バッファ層の  $x$  の厚さ  $d$  依存性を示す.

傾斜バッファ層厚  $d_G$  を  $1.0 \mu\text{m}$  とし,  $x$  を  $x = 0.75 \cdot (d/d_G)^\alpha$ ,  $\alpha = 0, 0.5, 1, 1.5$  に従い変化させた(a). また  $\alpha = 1$  とし,  $d_G = 0.7, 1.0, 1.2 \mu\text{m}$  と変化させた(b). 傾斜バッファ層と  $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$  層の厚さの和は  $1.5 \mu\text{m}$  とした. ホール効果測定で試料の電子移動度  $\mu$  と電子濃度  $N_s$  を評価し, 試料表面の AFM 像からピン止め原子ステップを数えることで貫通転位密度  $D_{\text{TD}}$  を算出した.

**結果:** Fig. 3 に  $\mu$  と  $D_{\text{TD}}$  の  $\alpha$  依存性 (a), 及び  $d_G$  依存性 (b) を示す.  $D_{\text{TD}}$  は傾斜バッファ層の導入により従来のステップバッファ層 ( $\alpha = 0$ ) の  $1.82 \times 10^9/\text{cm}^2$  から減少し,  $\alpha = 1$  において  $1.32 \times 10^9/\text{cm}^2$  の極小値を取った(a). 一方  $\mu$  は  $D_{\text{TD}}$  の減少に伴い増加し,  $\alpha = 1$  で極大値をとった.  $\alpha = 1$  では,  $d_G$  の増加に従い  $D_{\text{TD}}$  が単調に減少し,  $\mu$  は単調に増加した(b).  $\alpha = 1$ ,  $d_G = 1.2 \mu\text{m}$  において  $D_{\text{TD}} = 1.33 \times 10^9/\text{cm}^2$ ,  $\mu = 15,600 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $N_s = 3.51 \times 10^{12}/\text{cm}^2$  の値を得た. この結果は, 傾斜バッファ層の組成比変化率の制御により格子定数の変化を緩やかにすることで, 格子不整合に起因する貫通転位の発生量を抑制でき,  $\mu$  を向上させることができることを示している.

**謝辞:** 本研究の一部は, JSPS 科研費 20H02211 の補助によって行われた.

**参考文献:** [1] T. Jinnai *et al.*, Proc. CSW2024. [2] 中島他, 秋季応物予稿集, 19p-P09-11 (2024).

Te-δ dope			
InSb	3 nm	3 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	25 nm	25 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	5 nm	5 nm	
$\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$	7.5 nm	7.5 nm	
InSb	1 nm	1 nm	
$\text{Ga}_{0.22}\text{In}_{0.78}\text{Sb}$	11.5 nm	11.5 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	7 nm	7 nm	
$\text{Al}_{0.40}\text{In}_{0.60}\text{Sb}$	8 nm	8 nm	
$\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.75}\text{Sb}$	0.5 $\mu\text{m}$	1.5- $d_G \mu\text{m}$	
AISb	1 $\mu\text{m}$	$d_G \mu\text{m}$	
AISb	75 nm	75 nm	
GaSb	175 nm	175 nm	
GaAs			
SI-GaAs基板			

(a) (b)

Fig. 1 InSb/Ga<sub>0.22</sub>In<sub>0.78</sub>Sb composite channel HEMT structures.

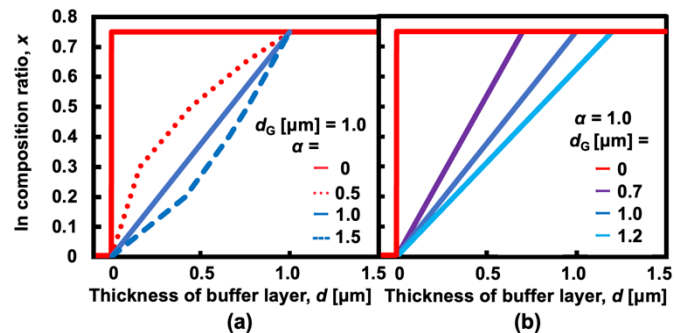


Fig. 2 Dependence of  $x$  on  $d$ . (a)  $\alpha = 0, 0.5, 1.0, 1.5$ ,  $d_G = 1.0 \mu\text{m}$ , (b)  $\alpha = 1.0$ ,  $d_G = 0.7, 1.0, 1.2 \mu\text{m}$ .

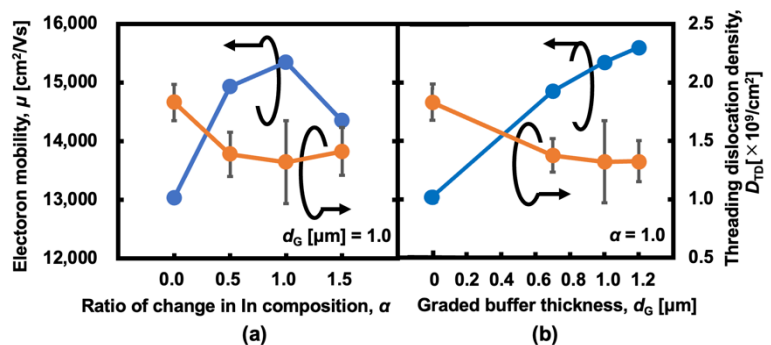


Fig. 3 Dependence of  $\mu$  (a) on  $\alpha$  and (b) on  $d_G$ .