

高性能 THz-QCL に向けた GaSb 基板上 InGaSb 膜の MBE 成長

Epitaxial growth of InGaSb layers on GaSb substrates for InGaSb-based THz-QCLs

国立研究開発法人 情報通信研究機構

○安田 浩朗, 関根 徳彦, 笠松 章史, 寶迫 巖

NICT ○Hiroaki Yasuda, Norihiko Sekine, Akifumi Kasamatsu, Iwao Hosako

E-mail: yasuda@nict.go.jp

GaAs 系 THz-QCL の最高動作温度は 210 K にとどまる[1]。我々は、THz-QCL の性能向上のため InGaSb 材料系を用いることを提案した。InGaSb 系 THz-QCL では、LO フォノン・電子間の相互作用が弱くレーザ準位のブロードニングが小さいため、非平衡グリーン関数法による計算では温度が高くなると GaAs 系 THz-QCL よりも利得が向上することがわかった[2]。今回、InGaSb 系 THz-QCL 作製の前段階として GaSb 基板上にバッファ層を介して InGaSb 層を分子線エピタキシー (MBE) 装置で成長したので報告する。

試料は、GaSb 基板上に基板温度 480°C で厚さ 400 nm の GaSb バッファ層、続いて 1200 nm の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 組成傾斜バッファ層 (In 比 x を成長中 0 近くから 0.2 まで徐々に増やした)、最後に基板温度 380°C, V/III フラックス比 3.6 の条件下で 400 nm (試料 A) または 800 nm (試料 B) の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Sb}$ 層を成長した。図 1(a) は、試料 A の断面 TEM (透過型電子顕微鏡) 像を示す。組成傾斜バッファ層には転位が高密度で見られたが、観察した 50 μm 幅の範囲では $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Sb}$ 層には転位は全く見られなかった。試料 B の断面 TEM 観察では、貫通転位が密集した異常成長領域が 24 μm 幅の範囲で 1箇所見られ、それ以外の領域では $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{Sb}$ 層に転位は見られなかった。異常成長領域の形態及び元素分布を確認するために STEM (走査透過型電子顕微鏡) 観察及び EDX 分析を実施した。図 1(b) に示すように、この領域は GaSb 基板と GaSb バッファ層の界面付近を起点としてエピ膜中を逆ピラミッド状に成長していることがわかった。EDX 分析では起点付近で酸素が検出された (図 1(c) 参照)。今後の InGaSb 膜の品質向上の参考になると考える。

参考文献 [1] L. Bosco et al., APL 115, 010601 (2019). [2] H. Yasuda, AIP advances 8, 025125 (2018).

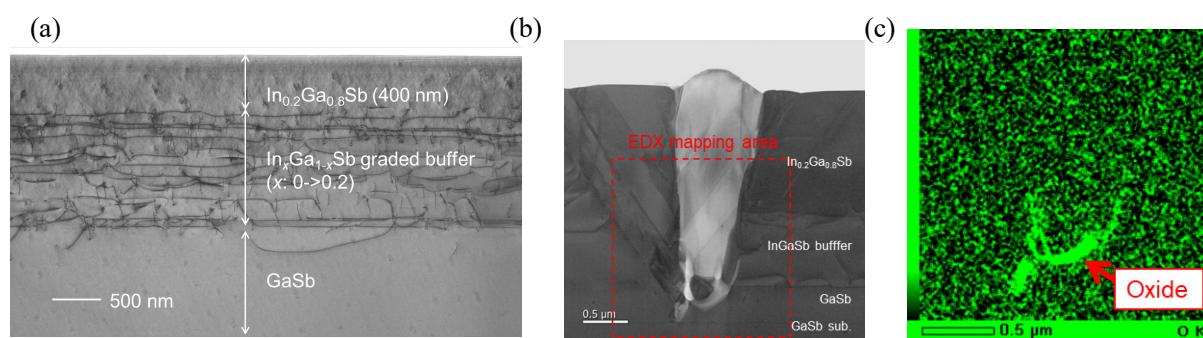


図 1 (a) GaSb 基板上にバッファ層を介して MBE 成長した InGaSb 膜の断面 TEM 像。(b) 異常成長領域の断面 STEM 像。(c) 図(b)中に点線で示した領域における酸素に関する EDX マッピング分析結果。