

GaSb 基板上の InGaSb/AlInGaSb 系 QCL 構造の MBE 成長

MBE growth of InGaSb/AlInGaSb QCL structures on GaSb substrates

情報通信研究機構 安田 浩朗, 関根 徳彦, 寶迫 巖

NICT, Hiroaki Yasuda, Norihiko Sekine, Iwao Hosako

E-mail: yasuda@nict.go.jp

現在、GaAs 系 THz-QCL の最高動作温度は 250 K に達する。THz-QCL の性能をさらに向上させる方法として、他の半導体材料系の使用が考えられる。我々は、InGaSb 材料系を用いた 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、THz 利得が向上することをシミュレーションにより見いだした[1]。今回、InGaSb 系 THz-QCL 作製のため、GaSb 基板上にバッファ層を介して InGaSb/AlInGaSb QCL 構造を分子線エピタキシー (MBE) 装置で成長したので報告する。

最初に $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{Sb}$ の格子定数のデータが乏しいため、第一原理電子状態計算プログラム PHASE を用いて格子定数を計算した (図 1)。MBE 装置中の In セル, Ga セルが各 1 本である場合、 $\text{In}/(\text{In}+\text{Ga})$ 比は実質的に固定されるので、図 1 から InGaSb と AlInGaSb の格子整合の実現は難しい。そのため In セルが 2 本ある MBE 装置を用いることにし、格子整合が見込まれる $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.19}\text{Ga}_{0.56}\text{Sb}/\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{Sb}$ をそれぞれバリア層/ウェル層の材料とした。

GaSb 基板上に成長するバッファ層は、10 nm の AlSb 層、400 nm の GaSb 層、1200 nm の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{Sb}$ 組成傾斜バッファ層 (x は 0.02→0.22) で構成した[2]。バッファ層上に 800nm の $\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{Sb}$ ボトム層、 $\text{Al}_{0.25}\text{In}_{0.19}\text{Ga}_{0.56}\text{Sb}/\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{Sb}$ 3 ウェル QCL 構造(1 周期 63.2 nm, 20 周期)、最後に 200nm の $\text{In}_{0.22}\text{Ga}_{0.78}\text{Sb}$ トップ

層を成長した。

図 2 は、この試料の断面 TEM (透過電子顕微鏡) 観察結果を示す。InGaSb 組成傾斜バッファ層内には多数の転位が見られるが、InGaSb ボトム層では大幅に減っている。ただ QCL 層にも転位が伸びている。今後、QCL 層中の転位がさらに減るような成長条件を探索する。

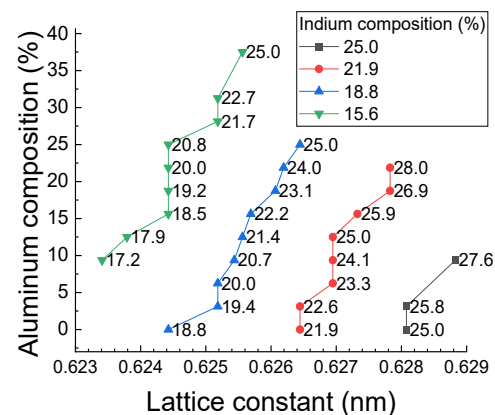


図 1 非平衡グリーン関数法で計算した AlInGaSb の格子定数。ラベルは $\text{In}/(\text{In}+\text{Ga})$ 比(%)。

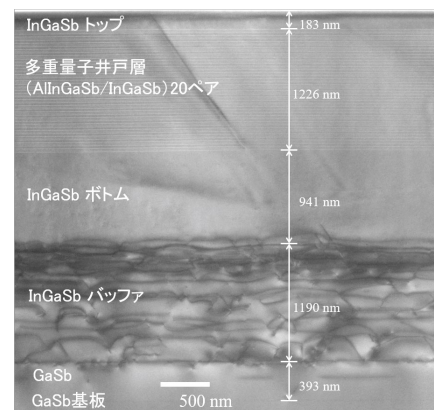


図 2 GaSb 基板上 InGaSb/AlInGaSb 系 QCL 構造の断面 TEM 観察結果

参考文献 [1] H. Yasuda, *AIP advances* 8, 025125 (2018).
[2] H. Yasuda et.al, *ITQW 2019*, Ojai, Sept. 2019.