

X 電子伝導を用いた AlGaInSb 混晶太陽電池

AlGaInSb solar-cell with X electron conduction

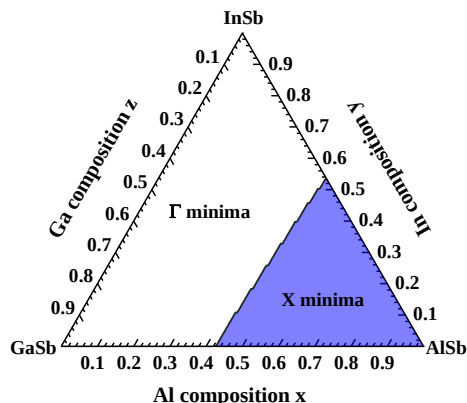
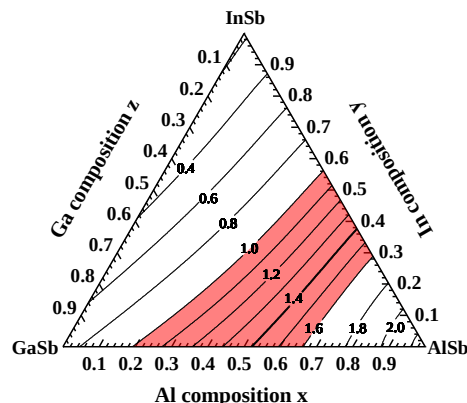
早大高等研¹, 早大理工², 早大材研³, JST-CREST⁴○河原塚 篤^{1,2,3,4}, 堀越 佳治^{2,3,4}Waseda Univ. WIAS¹, Waseda Univ.², ZAIKEN³, JST-CREST⁴,○A. Kawaharazuka^{1,2,3,4}, Y. Horikoshi^{2,3,4}

E-mail: kawaha@waseda.jp

はじめに: 近年、再生可能なエネルギー源として、太陽電池の重要性が増々高まっている。薄膜太陽電池の効率向上には、光吸収効率の向上、開放電圧の上昇、および短絡電流の増加が必要である。我々は、AlAs/GaAs 超格子および $\text{Al}_{0.52}\text{In}_{0.48}\text{P}/\text{Ga}_{0.51}\text{In}_{0.49}\text{P}$ 超格子における X 電子伝導を利用し、再結合による電流低下を抑制可能な、新たな太陽電池構造を提案した。しかしながら、実効的なバンドギャップはそれぞれ 1.79 eV、2.14 eV とショックレー・クワイサー極限の最適値 1.4 eV 比べて広い。この問題を解決するため、V 族元素として Sb に着目し AlGaInSb 擬三元混晶を用いたバンドギャップの最適化の検討を行った。

計算・結果: AlSb、GaSb、InSb の Γ 点、X 点でのバンドギャップ $\{E_{\Gamma}, E_X\}$ はそれぞれ $\{2.30, 1.62\}$ 、 $\{0.73, 1.03\}$ 、 $\{0.17, 0.57\}$ eV であり、AlSb は間接遷移型、GaSb、InSb は直接遷移型のバンド構造を持つ。したがって $\text{Al}_x\text{Ga}_z\text{In}_y\text{Sb}$ は組成比の制御により、1.4 eV 付近で直接遷移から間接遷移へ移行する混晶の成長が可能であると考えられる。計算では、擬二元混晶パラメーターの内挿にボウイングを取り入れ、これを用いて擬三元系のバンドギャップを求めた。図1に示すように $\text{Al}_x\text{Ga}_z\text{In}_y\text{Sb}$ 混晶は $\text{Al}_{0.43}\text{Ga}_{0.57}\text{Sb}$ と $\text{Al}_{0.47}\text{In}_{0.53}\text{Sb}$ を結ぶ線を境に直接遷移から間接遷移に移行する。一方光吸収端を決める Γ ギャップは図2の様に求まる。30%以上の理論効率を示すバンドギャップ 1.0 eV から 1.6 eV の範囲を赤で示した。図1と図2の重なり部分を基に、変換効率が十分高い範囲で Γ 点が X 点より 50 meV (> 26 meV: 室温) 高い組成を求めると、 $\text{Al}_{0.50}\text{Ga}_{0.50}\text{Sb}$ ($\{1.37, 1.32\}$ eV) と

$\text{Al}_{0.51}\text{In}_{0.49}\text{Sb}$ ($\{1.15, 1.10\}$ eV) を結ぶ線となる。AlSb と GaSb はほぼ格子整合し、GaSb または InAs 基板へのエピタキシャル成長が容易であること、出力電圧を高く取れることから、今回検討を行った Sb 系材料では $\text{Al}_{0.50}\text{Ga}_{0.50}\text{Sb}$ が最適であると考えられる。多接合型への拡張を含め、バンドギャップを更に広げるには V 族に AsSb を導入し、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_y\text{Sb}_{1-y}$ 四元混晶とすることが有効であると考えられる。

図1 $\text{Al}_x\text{Ga}_z\text{In}_y\text{Sb}$ 伝導帯の底図2 $\text{Al}_x\text{Ga}_z\text{In}_y\text{Sb}$ の Γ ギャップ (eV)