

## 赤外吸収層厚を増大した GaInNAsSb 太陽電池のキャリア収集の改善

Improvement of carrier collection in GaInNAsSb solar cells  
with increased infrared absorber thicknesses

東大先端研 ○宮下 直也、アーサン ナズムル、岡田 至崇

The University of Tokyo, RCAST ○Naoya Miyashita, Nazmul Ahsan, and Yoshitaka Okada

E-mail: N. Miyashita &lt;miyashita@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp&gt;

【はじめに】 GaInNAs(Sb)のような希釈窒化物半導体を用いた太陽電池では、GaAs 等と比較して窒素 (N) 添加に起因して少数キャリア特性の劣化が生じるため、キャリア拡散の代わりに内蔵電界によるドリフトを積極的に利用したキャリア収集が効果的である。また、50%以上の変換効率が期待される InGaP/GaAs/GaInNAs(Sb)/Ge 4 接合タンデム太陽電池構造においては、1.0~1.4 eV の範囲で AM-1.5 太陽光スペクトルから十分な光キャリア生成を行うために 2~3  $\mu\text{m}$  の GaInNAs(Sb)層厚が必要となる(Fig.1) [1]。pin 構造の GaInNAs(Sb)太陽電池では、2  $\mu\text{m}$  厚の *i*-GaInNAs(Sb)全体を空乏化させるためには残留キャリア密度を  $10^{14} \text{ cm}^{-3}$  台前半程度に制御することが重要となる[1]。本研究では、GaInNAsSb 太陽電池の成長後のアニール処理により残留キャリア密度の低下と特性改善の効果が得られたので報告する。

【実験と結果】 RF-MBE 法により *n*-GaAs (0.15  $\mu\text{m}$ ) / *undoped*-GaInNAsSb (1.0, 2.0, 3.0  $\mu\text{m}$ ) / *p*-GaAs (0.50  $\mu\text{m}$ ) ダブルヘテロ構造太陽電池を *p*-GaAs 基板上に作製した。窓層として *n*-AlGaAs を用いた。

室温での容量電圧測定により、成長後のアン

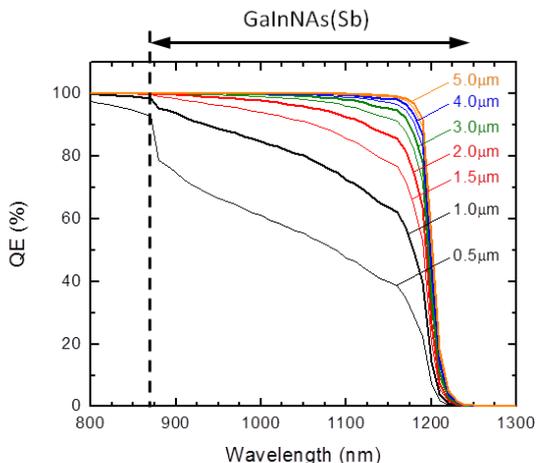


Fig. 1. Calculated quantum efficiency spectra for *p*-GaAs / *i*-GaInNAs(Sb) / *n*-GaAs solar cell structure with varying GaInNAs(Sb) thicknesses from 0.5 to 5.0  $\mu\text{m}$ .

ドープ GaInNAsSb 層のキャリア密度は  $\sim 1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  であることがわかった。 $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$  のキャリア密度においては、空乏層幅は 1  $\mu\text{m}$  程度であり、GaInNAsSb 層厚  $t_i = 2.0, 3.0 \mu\text{m}$  の試料では、GaInNAsSb 層内でのキャリア再結合による量子効率および光電流特性の劣化が見られた。一方、窒素雰囲気中 850°C でのアニールを行うことにより、正味の残留キャリア密度を  $1 \sim 2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$  程度まで低減させることに成功した。図 2 にはアニール後の GaInNAsSb 太陽電池 ( $t_i = 1.0, 2.0, 3.0 \mu\text{m}$ ) の外部量子効率特性を示す。 $t_i = 1.0 \mu\text{m}$  の試料では GaAs バンドギャップに対応する  $\sim 870 \text{ nm}$  以上の量子効率が減少した。一方、 $t_i$  を 2.0  $\mu\text{m}$ , 3.0  $\mu\text{m}$  と増加させるにしたがって量子効率の増大が得られた。これは①GaInNAsSb 層厚の増加による光吸収量が増加したこと、および② $t_i = 3.0 \mu\text{m}$  においても十分な強度の内蔵電界により殆どの光生成キャリアを収集できていることを示していると考えられる。

【謝辞】 本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) からの委託研究により実施されたものであり、関係各位に感謝致します。

[1] N. Miyashita *et al.*, *submitted*.

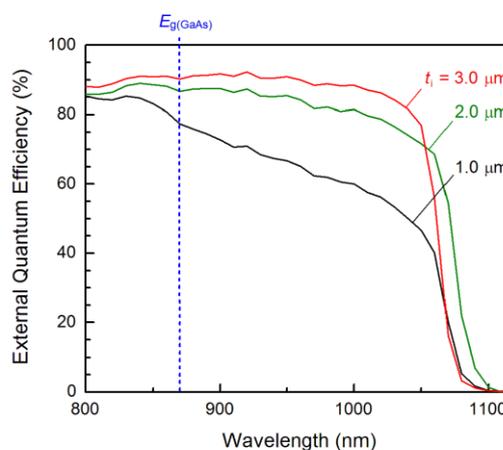


Fig. 2. Measured quantum efficiency spectra for GaInNAsSb solar cells with different GaInNAsSb thicknesses ( $t_i$ ) of 1.0, 2.0, and 3.0  $\mu\text{m}$ .