

## GaInNAsSb 太陽電池における開放電圧の集光特性

## Evaluation of open-circuit voltage of GaInNAsSb solar cells under light concentration

東大先端研 ○宮下 直也、渡辺 健太郎、岡田 至崇

The University of Tokyo, RCAST ○Naoya Miyashita, Kentaroh Watanabe, and Yoshitaka Okada

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

【はじめに】希釈窒化物混晶 GaInNAs は、格子整合系次世代 4 接合タンデム太陽電池 (InGaP/GaAs/GaInNAs/Ge) の第 3 セル材料 ( $E_g \sim 1\text{eV}$ ) として期待されている。この構造では、集光機構と組み合わせることにより、50%以上の理論変換効率が見込まれている[1]。希釈窒化物半導体では、窒素添加に伴う欠陥の抑制が課題となっているが、これまでに我々は、RF 分子線エピタキシー法で成長した GaInNAs 薄膜において、少量の Sb をサーファクタントとして結晶成長時に添加することが、発光効率、および電気的特性の改善に有効であることを報告している[2]。今回、GaInNAsSb 太陽電池を作製し、集光下での太陽電池特性を評価した。

【実験と結果】RF-MBE 法により  $n$ -GaAs ( $0.15\ \mu\text{m}$ ,  $2 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) /  $i$ -GaInNAsSb ( $d_i$ , undoped) /  $p$ -GaAs ( $0.50\ \mu\text{m}$ ,  $1 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) ダブルヘテロ構造太陽電池を作製した。ここで、GaInNAsSb 層厚  $d_i$  を  $1.0$ ,  $2.0\ \mu\text{m}$  と変化させた。今回、反射防止膜は形成していない。

Fig. 1 に非集光下(1sun)における電流電圧特性を示す。 $d_i = 1.0\ \mu\text{m}$  と比較して、 $d_i = 2.0\ \mu\text{m}$  では開放電圧( $V_{OC}$ ) および fill factor の減少が見られた。分光感度特性を評価したところ、 $d_i = 2.0\ \mu\text{m}$  の構造では長波長域での GaInNAsSb 層における量子効率が増大している一方、短波長域の量子効率が低下していることがわかった。これは、GaInNAsSb 層厚が増大した結果、

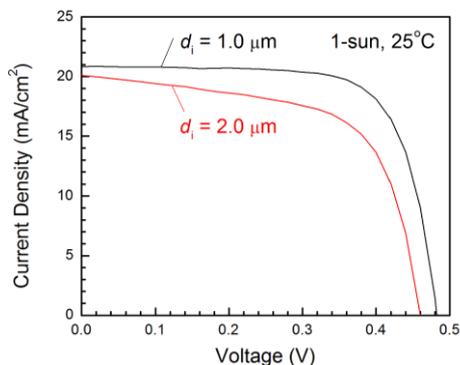


Fig. 1 Illuminated current voltage curves of GaInNAsSb single-junction solar cells.

内蔵電界が低下したため表面近傍で生成した光キャリアが GaInNAsSb 層内で再結合しているためであると考えられる。

次に、これらのデバイスの集光特性を評価した。Fig. 2 には  $V_{OC}$  の集光倍率による変化をプロットした。ここで、集光倍率を  $X$  倍集光下、および 1sun での短絡電流比  $J_{SC}(X)/J_{SC}(1)$  で定義した。集光に伴い  $180\ \text{mV}$  程度の  $V_{OC}$  の増加が見られ、 $X \sim 200$  において  $0.664\ \text{V}$  ( $d_i = 1.0\ \mu\text{m}$ ),  $0.646\ \text{V}$  ( $2.0\ \mu\text{m}$ ) が得られた。(1)式によりダイオードの理想係数  $m$  を見積もると、それぞれ  $1.40$  ( $d_i = 1.0\ \mu\text{m}$ ),  $1.66$  ( $2.0\ \mu\text{m}$ ) と、GaAs 太陽電池等で得られる  $m \sim 1$  よりも大きい値となった。

$$V_{OC}(X) \approx V_{OC}(1) + \frac{mk_B T}{q} \ln X \quad (1)$$

このことから、GaInNAsSb 太陽電池は  $V_{OC}$  の増加率が大きい集光動作時には理想的な変換効率に近づくことが期待できる。

【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] D.J. Friedman, Current Opinion in Solid State and Materials Science **14** (2010) 131.
- [2] N. Miyashita *et al.*, J. Cryst. Growth **311**, (2009) 3249.
- [3] N. Miyashita *et al.*, Sol. Energ. Mat. Sol. Cells (*in press*).

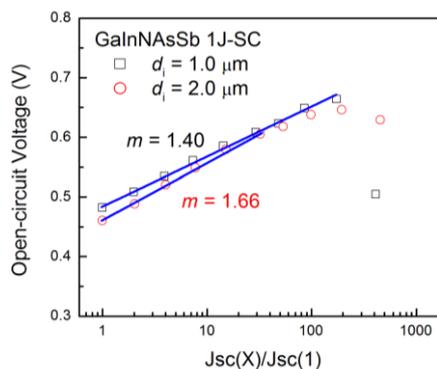


Fig. 2 Plots of the  $V_{OC}$  vs. concentration ratio of  $J_{SC}(X)/J_{SC}(1)$  for GaInNAsSb single-junction solar cells.