

面内超高密度 InAs 量子ドット層を導入した太陽電池の ドリフト・拡散モデルによる特性解析

Analysis of basic properties of solar cells using in-plane ultrahigh-density InAs quantum-dot layers by drift-diffusion model simulation

電気通信大学 基盤理工学専攻 ○(B)寺田圭佑, 鈴木亮介, 坂本克好, 曾我部東馬, 山口浩一

Univ. of Electro-Comm. ○K. Terada, R. Suzuki, K. Sakamoto, T. Sogabe, K. Yamaguchi

E-mail: keisuke202@crystal.ee.uec.ac.jp

【はじめに】 量子ドット(QD)を用いた中間バンド型太陽電池(IBSC)は、ショックレー・クワイサー(SQ)限界を超える高い変換効率の実現に期待が持たれている。本研究では、これまで InAs(Sb)/GaAs 系 QD 層を導入した IBSC の試作を検討し[1]、詳細平衡モデルによる QD 密度および集光度に対する理論計算による設計を進めて来た[2]。今回は、面内超高密度 InAs QD 層を導入した IBSC のドリフト・拡散モデルによる特性解析を進め、構造の最適化について検討したので報告する。

【計算モデル】 Fig.1 には、計算に用いた InAs QD/GaAs 系 IBSC 構造を示す。面密度 $5 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ の QD 層を 20 層積層したセル (QD 層間距離 8 nm) と、面内密度 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ の QD 層を単一層のみ導入したセルについて、ドリフト拡散モデルによるセル特性の理論計算を行った。

Total QD density: $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$

(20 stacked layers) (single layer)

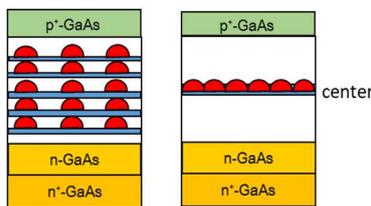


Fig.1. Sample structures.

【結果・考察】 Fig.2 には AM1.5G の 1 sun 照射時の I-V 特性を示す。単層 QD セルの短絡電流および開放端電圧は、20 層積層セルに比べて高く、変換効率は積層セルの 23.6 % に対して単層セルは 25.7 % と約 2 % も増加した。これは積層セルに比べて単層セルにおけるキャリアの再結合が抑制されていることを示している。Fig.3 には、単層 QD セルの面内密度と変換効率の関係を示す。QD 密度が高くなるほど変換効率は増大し、QD 密度が $5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 以上で QD の無いセルの変換効率を超えることが分かった。

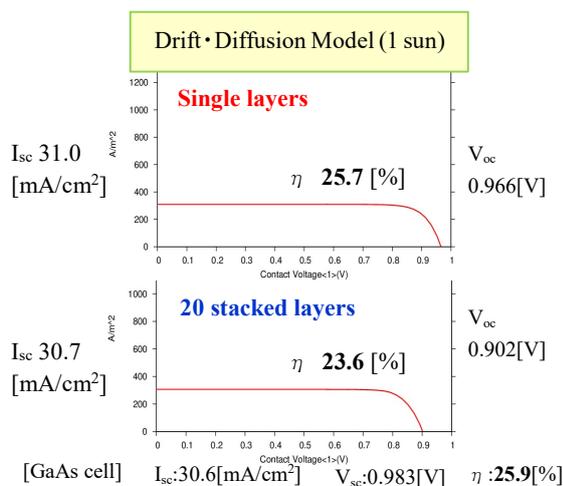


Fig.2. Calculated I-V properties under 1 sun condition.

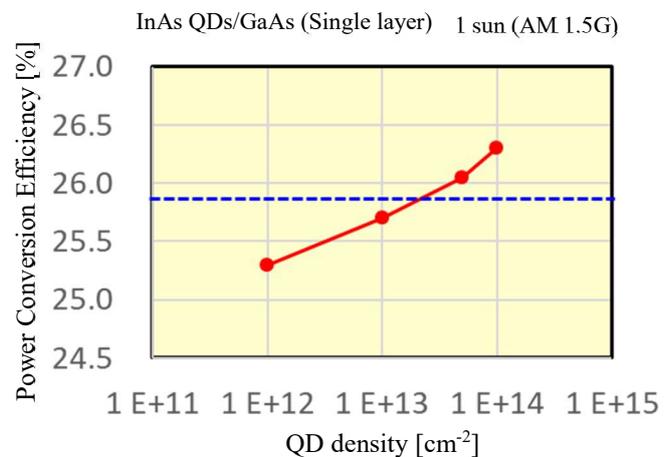


Fig.3. Calculated power conversion efficiency of one-QD-layer-IBSC as a function of QD density

[1] T. Inaji, J. Ohta, and K. Yamaguchi, *Photovoltaic Specialists Conf., The 35th IEEE* (2010) 1885.

[2] K. Sakamoto, Y. Kondo, K. Uchida and K. Yamaguchi, *J. Appl. Phys.* **112**, 124515 (2012).