

## 中間バンド型太陽電池特性の量子ドット密度依存性

## Quantum-dot density dependences of solar cell properties of intermediate-band solar cells

電気通信大学 先進理工学専攻 °内田 圭祐, 坂本 克好, 山口 浩一

Univ. of Electro-Communications °K. Uchida, K. Sakamoto, K. Yamaguchi

E-mail: kei.uchida@crystal.ee.uec.ac.jp

**はじめに** 中間バンド型太陽電池(IBSC)は、集光により高い変換効率を示す太陽電池として期待されている[1]。本研究では、InAs/GaAs(Sb)系量子ドット(QD)を中間バンド層として取り入れた時の詳細平衡モデルを基にした IBSC 特性の計算機シミュレーションについて検討を進めている[2]。今回は、InAs/GaAs(Sb)系 QD 構造の作製における設計指針を得ることを目的として、QD 密度に対する IBSC の電力変換効率、開放端電圧、短絡電流密度の特性を調べたので報告する。

**計算** 中間バンドの photo-filling を考慮したモデル[3]を用い、数値解析ソフト MATLAB を使用して IBSC の基本特性の計算を行った。AM1.5 スペクトルで集光倍率を 1~10000 と変化させて計算した。IBSC 構造としては、InAs/GaAs(Sb)系 QD 層を i-GaAs 層内に挿入したもので、バンドギャップを 1.42 eV、中間バンド-価電子帯間を 1.098 eV、i 層の厚さを 550 nm と設定した。中間バンドの電子状態としては、pre-filled と photo-filled の場合についてそれぞれ計算した。QD 密度を  $10^9 \sim 10^{19} \text{ cm}^{-2}$  の間で変化させ、電力変換効率、開放端電圧、短絡電流密度の計算を行った。

**結果・考察** Fig.1 は InAs QD 密度と電力変換効率の関係を示す。40%以上の電力変換効率を達成するためには、集光倍率 10000 以上で、QD 密度が  $3 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$  以上必要であることが分かった。Fig.2 には QD 密度と開放端電圧の関係を示す。集光倍率を増加するにつれて開放端電圧の減少は抑えられ、電力変換効率が QD 密度の増加に伴い増加することが分かる。しかし、低集光倍率ほど中間バンドを介した 2 段階の光学遷移が不十分であるため、開放端電圧の低下が顕著となる。その結果、特に 1 sun での QD 密度が  $10^{12} \text{ cm}^{-2}$  付近では、QD 密度の上昇とともに変換効率が逆に低下する現象が起こることが分かった[3]。

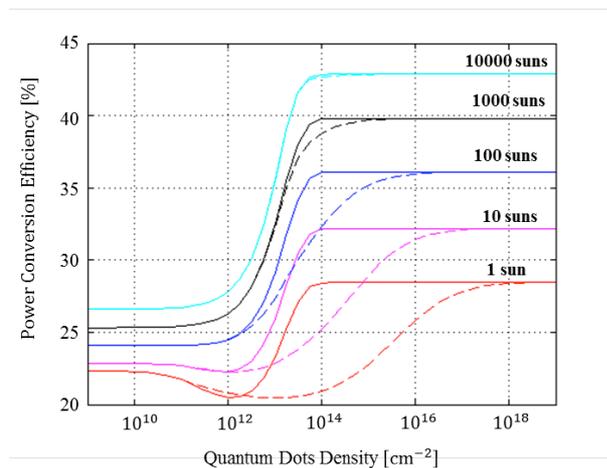


Fig.1 Calculated power conversion efficiency of the IBSCs as a function of QD density. Solid lines and dotted lines were obtained for pre-filled and photo-filled state, respectively.

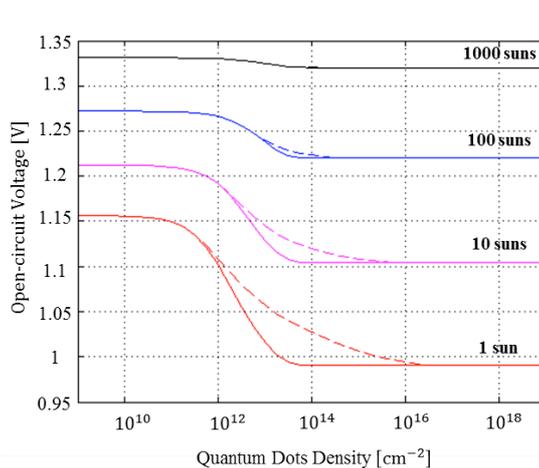


Fig.2. Calculated open-circuit voltage of the IBSCs as a function of QD density. Solid lines and dotted lines were obtained for pre-filled and photo-filled state, respectively.

[1] A. Luque and A. Marti, Phys. Rev. Lett. 78, 5014 (1997).

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

[3] R. Strandberg and T. Reenaas, J. Appl. Phys. 105, 124512(2009).