

実効移動度モデルを用いた量子井戸太陽電池の設計

Design of Quantum Well Solar Cells Using an Effective Mobility Model

東大工¹, 東大先端研² ○トープラサートポン カシディット¹, 中野 義昭¹, 杉山 正和^{1,2}

Univ. Tokyo¹, RCAST², °Kasidit Toprasertpong¹, Yoshiaki Nakano¹, Masakazu Sugiyama^{1,2}

E-mail: topprasertpong@mosfet.t.u-tokyo.ac.jp

1. 背景

多接合太陽電池は異なるバンドギャップをもつ材料を積み重ねることで高い変換効率を実現する。量子井戸構造はバンドギャップおよび格子定数を同時に調整できるため、多接合応用に期待される。しかし、量子井戸構造は光励起されたキャリアを閉じ込め、太陽電池の電気特性を低下させてしまう[1]。この課題に対し、これまで各研究者の経験および試行錯誤によって特性向上に向けてデバイスが設計されてきた。量子井戸太陽電池を体系的に設計するために、実効移動度モデル[2]を利用して量子井戸をモデル化し、デバイスを解析的に最適化する新たな手法を提案する。

2. モデル

実効移動度モデルは量子井戸構造をある実効的な移動度を持った等価的なバルクと近似する考え方である。その実効移動度 μ は、熱脱出移動度 μ_{th} 、トンネル移動度 μ_{tun} 、熱アシストトンネル移動度 μ_{thtun} の総和で与えられる。

$$\mu = \mu_{th} + \mu_{tun} + \mu_{thtun} \quad (1)$$

各成分の計算式は参考文献[2]で与えられる。

式(1)は動作温度、構造パラメータ（層の厚さ）と材料パラメータ（有効質量、バンドギャップ、バンドオフセット、バルク移動度）を用いて四則演算で算出できるため、特殊なシミュレータを用いずに計算することができる。本研究は、InGaAs/GaAsP 量子井戸の実効移動度を見積もって、最適化を行った。

3. 結果および考察

InGaAs の In 組成と厚さ、GaAsP の P 組成と

厚さを変化させて、式(1)で計算した実効移動度 μ と e1-hh1 遷移に対応する実効バンドギャップをプロットしたものを図 1 に示す。実効バンドギャップが同じでも構造によって 5 桁ほど実効移動度が異なり、構造の設計が重要であることがわかる。

さらに、図 1 を用いれば、ある実効バンドギャップに対して実効移動度が最も高い最適構造も抽出することができる。図 2 に 1.10 eV, 1.15 eV, 1.20 eV の実効バンドギャップを持つ量子井戸の最適構造を示す。これらの構造は図 1 の最も上の点に対応する。任意の実効バンドギャップも同様に最適化でき、量子井戸太陽電池の有用な設計ツールである。

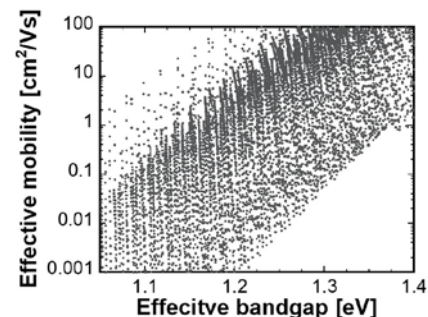


図 1 InGaAs/GaAsP 量子井戸の実効バンドギャップ・実効移動度のプロット。各点はある組成と厚さを持つ一つの構造に対応する。

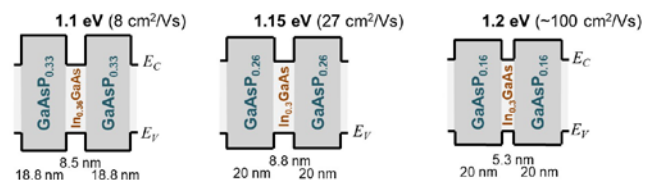


図 2 与えられた実効バンドギャップの最適構造。

参考文献

- [1] K. Toprasertpong et al., *Appl. Phys. Lett.* **107**, 043901, (2015).
- [2] K. Toprasertpong et al., *Phys. Rev. B* **96**, 075441 (2017).