

赤外光電流スペクトル計測による２段階光吸収の最適化設計

Design Optimization for Two-Step Photon Absorption by Infrared Photocurrent Spectroscopy

○玉置 亮、庄司 靖、岡田 至崇 (東大先端研)

○Ryo Tamaki, Yasushi Shoji, and Yoshitaka Okada (RCAST, The Univ. of Tokyo)

E-mail: tamaki@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】次世代の高効率太陽電池として期待される中間バンド型太陽電池において、２段階光吸収による電流増大は高効率化の実現に必須の課題である[1]。我々はこれまで、多重積層In(Ga)As 量子ドット太陽電池において、低温下での２段階光吸収による電流増大について検討を行ってきた[2]。しかしながら現状の量子ドット構造では、熱活性による量子ドットからの光キャリア脱出が支配的となり、室温において顕著な電流増大を得ることが難しい[3]。今回、赤外光電流スペクトルの系統的な計測に基づき、２段階光吸収電流増大の室温高効率動作に向けた最適化設計の指針を見出したので報告する。

【実験と結果】多重積層 InAs 及び $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$ 量子ドット太陽電池について、フーリエ変換赤外分光(FTIR)を用いて２段階光吸収による赤外光電流スペクトルを測定した。１段階目の価電子帯→量子ドット準位への光キャリア生成には、ハロゲンランプの白色バイアス光を用いた。量子ドット層のバリア層として、GaAs, $\text{GaN}_{0.01}\text{As}_{0.99}$, $\text{GaAs}_{0.86}\text{Sb}_{0.14}$, $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($x=0.2, 0.3$)を用いて、量子ドット基底状態からバリア層伝導帯へのバンドオフセットを制御した。これらの量子ドットセルに対して得られた、２段階目の赤外光電流スペクトルの吸収端エネルギーと赤外光電流応答の閾値温度の関係を図に示す。吸収端エネルギーは、9 K の赤外光電流スペクトルからフィッティング解析により求めた。閾値温度は、熱活性による光キャリア脱出に打ち勝ち、赤外応答が立ち上がる温度とした。図から明らかなように、赤外光電流スペクトルの吸収端と閾値温度は線形関係を示した。この結果を外挿することにより、室温(295 K)の閾値温度における赤外吸収端は 0.456 eV と見積もられた。以上の結果から、室温高効率動作に向けて、バリア層のワイドバンドギャップ化と量子ドットへの光キャリア閉じ込めの設計目標値が明らかになった。

【謝辞】本研究は、JSPS 科研費基盤研究(A) 26246017 の助成を受けて行われた。

[1] Y. Okada *et al.*, Appl. Phys. Rev. **2**, 021302 (2015).

[2] R. Tamaki *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 073118 (2014); T. Sogabe *et al.*, Sci. Rep. **4**, 4792 (2014).

[3] 玉置 亮 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-A28-8 (2014).

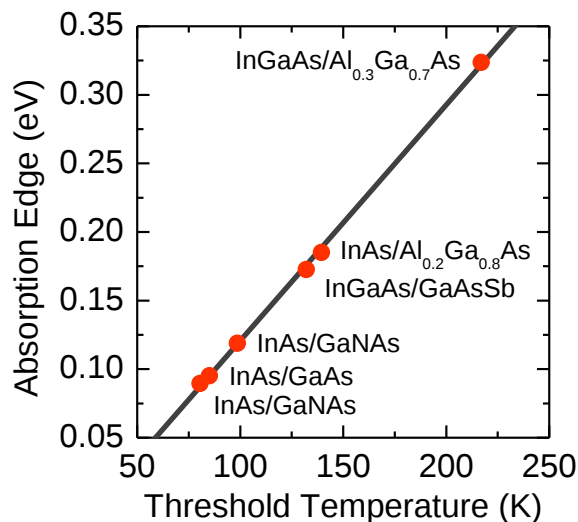


Fig. 1. Infrared absorption edge vs. threshold temperature for two-step photon absorption photocurrent in In(Ga)As quantum dot solar cells.