

高エネルギーギャップ母体材料を用いた InGaAs 量子ドット太陽電池

InGaAs quantum dot solar cell with high energy gap matrix layer

東大先端研¹, 筑波大数理物質² ○庄司 靖^{1,2}, 秋本 克洋², 岡田 至崇¹RCAST, The Univ. of Tokyo¹, Inst. of Appl. Phys., Univ. of Tsukuba²,○Yasushi Shoji^{1,2}, Katsuhiko Akimoto², Yoshitaka Okada¹

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

【はじめに】中間バンド型量子ドット太陽電池では、量子ドットを介した 2 段階の光吸収による電流増大効果により高効率化が期待される。これまで我々は、InAs/GaNAs 量子ドット太陽電池において、量子ドットに Si を直接ドーピングすることにより、2 段階光吸収を室温で観測することに成功している^[1]。しかしながら、2 段階光吸収による生成電流量はまだ小さく、量子ドットに生成されたキャリアは熱励起によって収集される割合が支配的にある^[2]。今回、量子ドット内に生成されたキャリアの熱脱出を抑制するために、量子ドット太陽電池の母体材料として、高いエネルギーギャップを有する AlGaAs を用い、その 2 段階光吸収特性について評価したので報告する。

【実験と結果】分子線エピタキシー法を用いて GaAs 基板上に Fig.1 の *p-i-n* 構造を有した量子ドット太陽電池を作製した。このとき量子ドット層は、In_{0.4}Ga_{0.6}As の堆積中に Si を直接ドーピングしており、Si 濃度は量子ドットの面内密度に一致するように作製した。また、バッファ層及びコンタクト層以外の全て光吸収層には AlGaAs を用いている。Fig.2 は(a)単色光のみを照射したときの EQE、(b)単色光 + IR アシスト光(AM1.5 スペクトルのうち波長 1400 nm よりも長波長の光)を照射したときの EQE、(c)IR アシスト光の照射時と非照射時の差分 Δ EQE スペクトルを示している。同図より、AlGaAs のバンド端(波長 650 nm)よりも長波長の領域において、InGaAs 量子ドットによる光吸収が観測できる。また、IR アシスト光の照射時では 300 ~ 650 nm の波長領域において、量子効率の大幅な改善が観測された。これは、単色光によって価電子帯から伝導帯に励起された電子が量子ドット内へトラップされた後、再び IR 光により励起された寄与と考えられる。量子効率から換算した場合、この 2 段階光吸収によって生成される電流量は 0.242 mA/cm² に相当する。これは、本試料における短絡電流値の 12.6 % を占めており、中間バンド-伝導帯間の光学遷移レートが小さくないことを示唆している。

[1] Y. Okada, et al., J. Appl. Phys. 109, 024301 (2011)

[2] Y. Shoji, et al., J. Phys. D: Appl. Phys. 46, 024002 (2013)

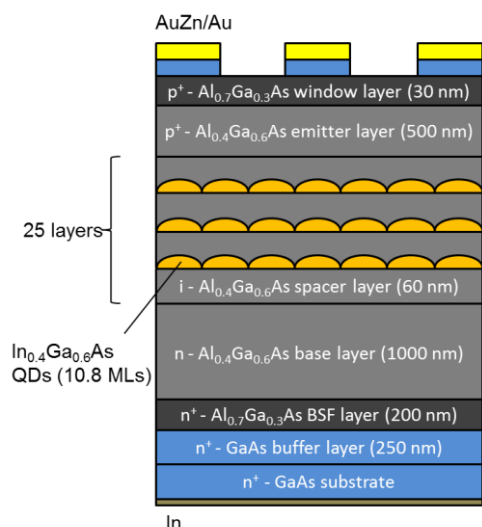


Fig. 1 Schematic structure of InGaAs/AlGaAs quantum dots solar cell

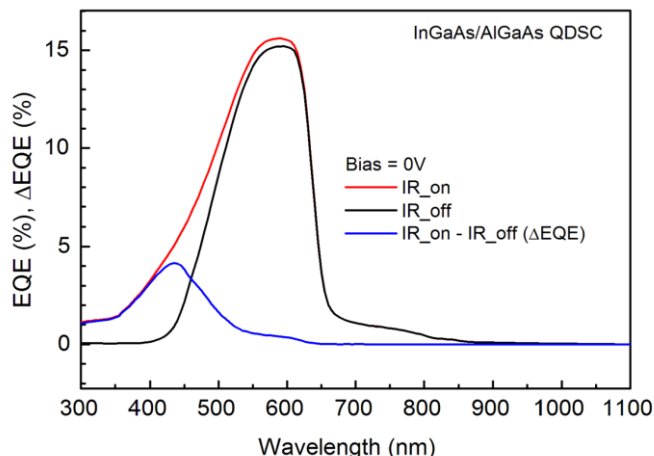


Fig. 2 External quantum efficiency spectra for quantum dot solar cell.