

InAs/AlGaAs 量子ドット太陽電池における電界減衰層の導入効果

Effect of Field Damping Layer on InAs/AlGaAs Quantum Dots Solar Cells

東大先端研¹, マドリード工科大²

◦庄司 靖¹, 玉置 亮¹, Alejandro Datas², Antonio Martí², Antonio Luque², 岡田 至崇¹

RCAST, The Univ. of Tokyo¹, Universidad Politécnica de Madrid²

◦Yasushi Shoji¹, Ryo Tamaki¹, Alejandro Datas², Antonio Martí², Antonio Luque², Yoshitaka Okada¹

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

中間バンド型量子ドット太陽電池では、量子ドット層の 2 段階光吸収を利用した電流増大効果により高効率化が期待される[1]。III-V 族化合物半導体を用いた量子ドット太陽電池においては、*p-i-n* 接合の *i* 層中に In(Ga)As/GaAs 量子ドットを導入した構造が最も多く報告されている。しかし、量子ドット層間に強い電界がかかるため、量子ドット内に生成されたキャリアの取り出しは電界アシストによる寄与が支配的になってしまう[2]。これは 2 段階光吸収を利用する中間バンド型太陽電池の動作原理とは本質的に異なる。そこで我々は、*p* 型エミッタ層と量子ドット層の間に *n* 型の電界減衰層(FDL)を導入することで量子ドット層に加わる電界の強さを制御し、バンド形状をフラットにすることに着目した[3]。

GaAs(001)基板上に厚さ 100 nm 及び 400 nm の FDL を導入した InAs/AlGaAs 量子ドット太陽電池をそれぞれ作製した(Fig. 1)。量子ドット層は、InAs 成長中の assembling step において 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($2.7 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$)に一致するように作製した。Fig. 2(a)は短絡状態において単色光のみを照射したときの外部量子効率(EQE)スペクトルを示している。FDL = 400 nm の試料では、FDL = 100 nm の試料に比べて量子ドットの光吸収($\lambda > 750 \text{ nm}$)による電流生成量が減少している。これは Fig.1 (c)に示すように 400 nm 厚の FDL により、量子ドット層のバンドがフラットになり、電界アシストによるキャリア収集が抑制されたことを示唆している。Fig. 2(b)は AM1.5 太陽光スペクトルのうち波長 1064 nm 以上の赤外光照射による EQE の変化(ΔEQE)を示している。前述の EQE スペクトルに反し、 ΔEQE スペクトルにおいては FDL を厚くすることで量子効率が增大しており、量子ドット層のバンドがフラットになることで 2 段階光吸収による電流生成量が增大することが示唆された。

【謝辞】 本研究は NEDO 革新的太陽光発電技術研究開発の委託の下で行われた。

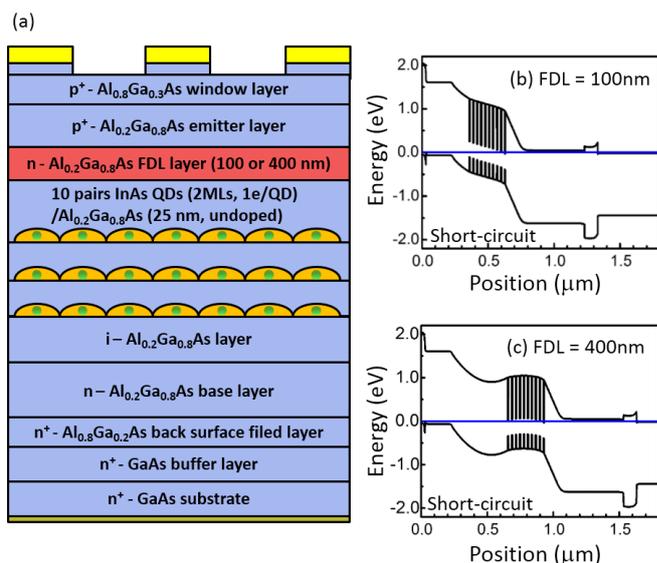


Fig.1 (a) Schematic structure of InAs/AlGaAs QDSC fabricated in this work. (b) and (c) calculated band diagrams of the QDSC with 100 nm thick FDL and with 400 nm thick FDL, respectively.

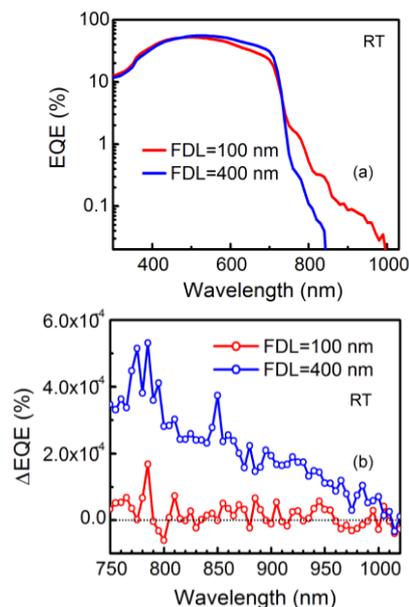


Fig.2 (a) EQE spectra and (b) ΔEQE spectra for InAs/AlGaAs QDSC with FDL.

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

[2] Y. Shoji, K. Akimoto, and Y. Okada, *J. Phy. D: Appl. Phys.* 46, 024002 (2013).

[3] A. Martí, *et al.*, *Thin Solid films* 516, 6716 (2008).