

InAs/GaAs 量子ドット超格子太陽電池における 超高速時間分解キャリア走行過程

Ultra-fast Time Resolved Photo-carrier Transport Process in InAs/GaAs Quantum Dot Superlattice Solar Cell

○谷淵 泰三、加田 智之、朝日 重雄、喜多 隆 (神戸大院工)

○T. Tanibuchi, T. Kada, S. Asahi, and T. Kita (Kobe Univ.)

E-mail: 144t242t@stu.kobe-u.ac.jp

【はじめに】高変換効率太陽電池の実現に向けて、量子ドット超格子(QDSL)を活性層を含む中間バンド型太陽電池(QD-IBSC)の研究が盛んに行われている。QD-IBSCでは、QDSLにおいて価電子帯と伝導帯とは独立したミニバンドが形成され、内部電界中でのキャリア分離が起こる結果、キャリア寿命の増大が観測されている。キャリア寿命の増大は効率的な2段階光吸収(TSPA)を誘発するため、外部量子効率の増大もすでに報告されている[1]。しかし、QDSLにおけるキャリアのQD間でのトンネリング、熱緩和、熱励起が寄与する成長方向におけるキャリアダイナミクスは解明されていない。QDSLから抜け出したキャリアは太陽電池動作下では電流として取り出されるため、キャリアダイナミクスの解明は極めて重要となる。そこで本研究では、QDSLにおける成長方向のキャリア走行[2]に焦点をあて、その励起光強度依存性を明らかにすることを目的とした。

【実験と結果】固体ソース分子線エピタキシ法により、9層近接積層InAs/GaAs QDSL層を活性層を含むQD-IBSCを作製した。QDSL最下層のQDは多層積層技術[3]として上層に比べ肥大化しており、電子的に孤立している(孤立QD)。また、発光波長も上層(1030 nm)に比べ長波長化(1060 nm)している。活性層内における内部電界はQD間での電子的結合が保たれている28 kV/cmに設計した[4]。時間分解フォトルミネッセンスによってQD-IBSCにおけるキャリア走行を評価した。励起光には、励起波長420 nm、繰り返し周波数80 MHzのパルス光を用い、発光は時間分解能~20 psの近赤外ストリークカメラによって検出した。キャリア走行過程のダイアグラムを図1に示す。(i) p層厚(150 nm)が励起光に対するGaAsの侵入長(約30 nm)よりも十分厚いことから、キャリアの生成はp層でのみ起こるものと仮定できる。(ii) p層で生成された電子は内部電界と拡散により、正孔は拡散によりn層側へ移動し、QDSL層で捕獲・脱出を繰り返しながら一部はQDSLで再結合するものと考えられる。

図2に、4 KにおけるQDSLの発光の立ち上りを原点とした、0.5 ns刻みの発光スペクトルを示す。12.5 pJではスペクトルに変化は見られなかったが、これは走行するキャリアの多くがQDSL上層で捕われたためと考えられる。一方で、50.0 pJでは時間経過に伴う長波長化が見られた。この長波長成分の起源は孤立QDであり、走行するキャリア数の増大に伴うQDSLバンドのフィリングが起因となる孤立QDへのキャリアの到達を反映している。

参考文献

- [1] T. Kada *et al.*, Appl. Phys. B, **91**, 201303 (2015).
 [2] K. Toprasertpong *et al.*, IEEE J. Photovoltaics **4**, 1518 (2014).
 [3] A. Takahashi *et al.*, Phys. Rev. B **87**, 235323 (2013).
 [4] N. Kasamatsu *et al.*, J. Appl. Phys. **115**, 083510 (2014).

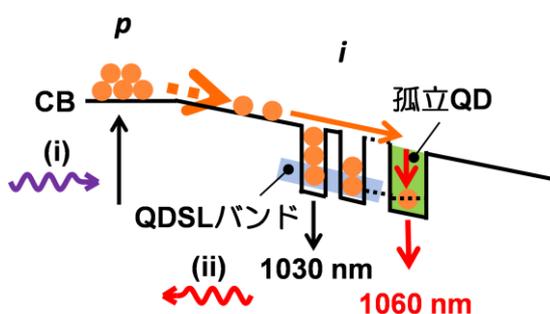


図1. QD-IBSCにおけるキャリア走行過程

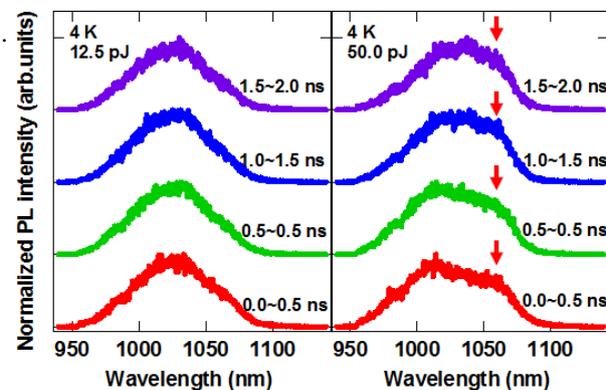


図2. 各時間における、QDSLからの発光スペクトル(左: 12.5 pJ、右: 50.0 pJ)