

InAs/GaAs 量子ドット超格子太陽電池における ミニバンド形成が2段階光吸収に与える影響

Effect of miniband formation on two-step photon absorption in InAs/GaAs quantum dot superlattice solar cell

○渡辺翔¹, 朝日重雄¹, 加田智之¹, 海津利行¹, 原田幸弘¹, 喜多隆¹(1. 神戸大院工)

°Sho Watanabe¹, Shigeo Asahi¹, Tomoyuki Kada¹, Toshiyuki Kaizu¹,
Yukihiro Harada¹, and Takashi Kita¹ (1.Kobe Univ.)

E-mail: 151t277t@stu.kobe-u.ac.jp

[はじめに]

中間バンド型太陽電池(IBSC)は、透過損失を抑えてエネルギー変換効率を飛躍的に高めることができることから近年大変注目されており、理想的な極限の変換効率として、非集光で40%、最大集光で60%を超える変換効率が予想されている[1, 2]。高効率IBSCを実現するためには、中間バンドから伝導バンドへの吸収(サブバンド間吸収)を価電子バンドから中間バンドへの吸収(バンド間吸収)と同程度まで増強させることが不可欠である[3]。このサブバンド間の吸収を増強させる方法として、われわれはこれまでより量子ドット(QD)の超格子(SL)構造に注目して研究を進めている。QDを近接積層することで、QDが電子的に結合し、ミニバンドが形成される。最近、IBSCの内部電界に沿った方向に形成されるミニバンド内で、電子-正孔の分離によるキャリア再結合寿命の長寿命化が明らかにされた[4]。しかしながら、QD間の電子的結合状態の変化が、サブバンド間吸収による光電流に与える影響は未だ明らかにされていない。今回、QDSLを含むIBSCを用い、サブバンド間吸収による光電流のセル温度に対する依存性を詳細に調べた。

[実験と結果]

IBSC試料は、GaAs(001)基板上にp-i-n構造を固体ソース分子線エピタキシ法によって作製した。活性層内には、9層近接積層したQD層を挿入した。活性層内における内部電界は7 kV/cmであり、この内部電界では、QDでの光吸収によって生成したキャリアの大部分が、電界起因のトンネルで脱出することなく、QD内に留まっている。

2段階光励起による光電流を、2種類の励起光源を用いて測定した。価電子バンドから中間バンドへ励起する第1の光源には、波長940 nmの発光ダイオードを用いた。中間バンドから伝導バンドへ励起する第2の光源には、波長1550 nm半導体レーザーを用いた。第2の光源による光電流増分を ΔI と定義し、 ΔI のセル温度依存性を測定した。

図1に ΔI のセル温度依存性スペクトルを示す。極低温から50 Kまでの温度領域において、温度の上昇に伴い ΔI が増加している。QDの量子準位の均一線幅は温度とともに増加するため、温度上昇とともにQD間の電子的結合の程度が大きくなる[5]。すなわち、図1の50 K以下での変化は、QD間の電子的結合の増大がサブバンド間の光吸収増大に寄与したことを示唆している。以上の結果より、内部電界に沿った方向へのQDSLのミニバンド形成によって、ミニバンド内でのキャリア分離が促進され、キャリア再結合が抑制された結果、サブバンド間吸収が増大したと考えられる。

[参考文献]

- [1] A. Luque and A. Martí, Phys. Rev. Lett. **78**, 5014 (1997).
- [2] 喜多隆, 「太陽電池のエネルギー変換効率」 コロナ社 (2012).
- [3] 喜多隆, 原田幸弘, 応用物理 Vol. 83, No. 5, pp. 348-355 (2014).
- [4] T. Kada, S. Asahi, T. Kaizu, Y. Harada, T. Kita, R. Tamaki, Y. Okada, and K. Miyano, Phys. Rev. B **91**, 201303 (2015).
- [5] A. Takahashi, T. Ueda, Y. Bessho, Y. Harada, T. Kita, E. Taguchi, and H. Yasuda, Phys. Rev. B **87**, 235323 (2013).

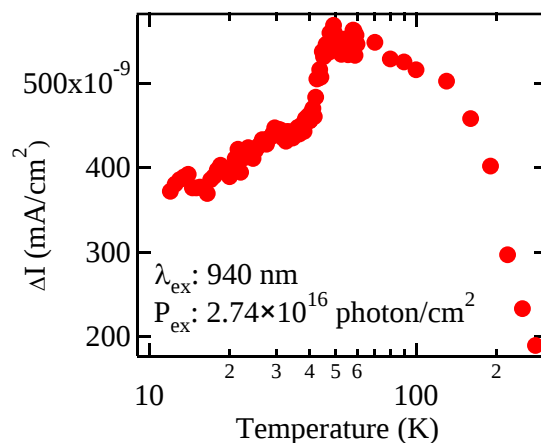


図1. 2波長励起測定における ΔI のセル温度依存スペクトル。