

正孔のアップコンバージョンを利用した フォトンアップコンバージョン太陽電池の基礎検討

Basic Study of Two-Step Photon Up-Conversion Solar Cells

Using Hole Up-Conversion

神戸大院工 ○朝日 重雄、柴村 和樹、草木 和輝、喜多 隆

Grad. Sch. of Eng. Kobe Univ.,

○Shigeo Asahi, Kazuki Shibamura, Kazuki Kusaki, and Takashi Kita

E-mail: asahis@people.kobe-u.ac.jp

【はじめに】我々は最近、単接合型太陽電池では避けられない透過損失の低減を目指した 2 段階フォトンアップコンバージョン太陽電池(TPU-SC)を提案し、検討を進めている[1,2]。これまでに、TPU-SC に存在する半導体ヘテロ界面に電子を蓄積することで、効率的な電子の 2 段階フォトンアップコンバージョン(TPU)による電流生成を確認してきた。一方、p-on-n 構造においてヘテロ界面に蓄積した正孔によって TPU による電流生成が可能になると、キャリアの拡散長の点からも TPU-SC 実現に大きく前進すると考える。そこで今回は正孔の TPU を利用した TPU-SC を作製し、基礎特性を測定したので報告する。

【結果】実験で用いた TPU-SC は、固体ソース分子線エピタキシー法によって n^+ -GaAs(001)基板上に作製した (図 1)。この構造では GaAs で生成された正孔が $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ と GaAs のヘテロ界面に蓄積する。また、このヘテロ界面の直下に InAs 量子ドット(QD)を成長した。実験では 1 段階目にはハロゲンランプを分光器で分光した光源を用い、追加の 2 段階目には 1300 nm の赤外レーザーダイオード(LD)を使用した。追加赤外光はヘテロ界面に蓄積した正孔を励起する。測定した外部量子効率(EQE)及び ΔEQE スペクトルを図 2 に示す。図 2 の黒線で示す追加赤外光無しの EQE スペクトルでは、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ (685 nm)、GaAs (870 nm)の基礎吸収端と、InAs QD の濡れ層 (920 nm)に相当する準位で吸収端が確認された。また図 2 の赤線で示すように追加赤外光照射により光電流が減少し、青線で示す ΔEQE が負となった。さらに追加実験として 1 段階目に 784 nm の LD、2 段階目にスーパーコンティニューム光源を分光器に通して得た 1300 nm の単色光を利用し、太陽電池に加える電圧を変化させたときの追加赤外光による光電流の変化量(ΔJ)を測定した。結果を図 3 に示す。無バイアスではわずかに負であった ΔJ が負バイアスをかけることで正に転じ、増加した。これより弱電界領域では追加赤外光により光電流が下がり、強電界領域では増加することが分かった。これは弱電界では、TPU された正孔の引き抜き効率が低く、追加赤外光が QD 内の再結合を促すのみとなっている一方で、強電界では引き抜き効率高く、電流増加に寄与することが考えられる。また電子による TPU との傾向の差は、有効質量の差に因ることが考えられる。

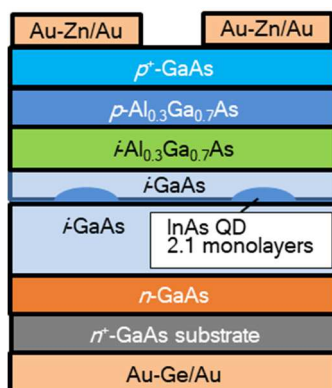


図 1: 太陽電池構造

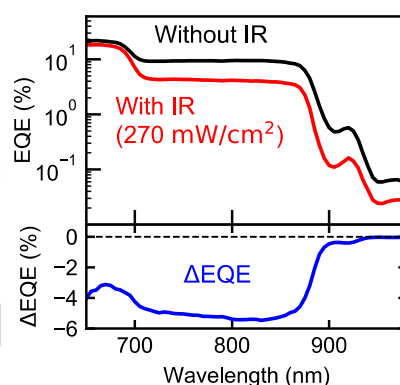


図 2: EQE 及び ΔEQE スペクトル

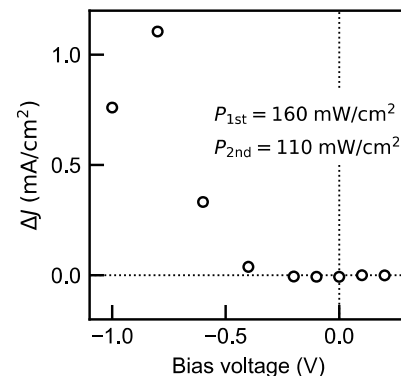


図 3: ΔJ の電圧依存性

[1] S. Asahi et al., *Nat. Commun.* **8**, 14962 (2017) [2] S. Asahi et al., *Sci. Rep.* **8**, 872 (2018)