

フォトンアップコンバージョン太陽電池の照射強度変化による アップコンバージョンへの影響

Effect of Excitation Intensity on Photon Up-Conversion in Two-Step Photon Up-Conversion Solar Cells

神戸大院工 °朝日 重雄, 喜多 隆

Grad. Sch. of Eng. Kobe Univ., °Shigeo Asahi, Takashi Kita

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

【はじめに】 中間バンド型太陽電池(IBSC)は単接合型太陽電池では避けられない透過損失を低減することで、単接合型太陽電池の変換効率限界を越えることが可能であり、実現に向けた研究が進められている[1,2]。一方、我々は IBSC とは異なる構造で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、実現に向けた検討を進めている[3,4]。今回、照射強度の変化による 2 段階フォトンアップコンバージョン(TPU)の変化を詳細に測定したので、その結果について報告する。

【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 p^+ -GaAs(001)基板上に作製した[3]。実験では 1 段階目のバンド間励起には 784 nm のレーザーダイオード(LD)を用いた。また、2 段階目には 1300 nm の LD を使い、強度を 300 mW/cm² 一定とした。この 1300 nm の LD はヘテロ界面に蓄積した電子を励起する。2 段階目照射時の短絡電流および開放電圧の変化量を ΔJ_{sc} 、 ΔV_{oc} として、1 段階目の励起光強度を変化させた際の ΔJ_{sc} と ΔV_{oc} を測定した。測定温度は 300K とした。結果を図 1(a), (b)に示す。図 1(a)より ΔJ_{sc} は励起光強度の変化に対し、サブリニアに変化した。これは、ヘテロ界面に蓄積する電子数が増加することで、内部電界が弱まり、正孔と再結合する電子数が増加すること、ヘテロ界面に形成する電子ガスの実効的な吸収厚さが減少することが考えられる。一方、 ΔV_{oc} は励起光強度の変化に対しピークを持ち、最大 53 mV となった。ここで、単接合型太陽電池の詳細平衡理論より導出した以下の式、

$$\Delta V_{oc} = \frac{k_b T}{q} \ln \left(\frac{\Delta J_{sc}}{J_{sc} + J_0} + 1 \right) \quad (1)$$

を用いて、 J_{sc} および ΔJ_{sc} より算出した ΔV_{oc} を図 1(b)に示す。ここで、 k_b はボルツマン定数、 T は温度、 q は電気素量、 J_0 は逆飽和電流である。 J_0 は暗状態の電流電圧特性より求めた。測定結果同様、 ΔV_{oc} はピークを持つ。これは、弱励起では J_{sc} に対して J_0 が大きいので、 ΔJ_{sc} の増加と共に ΔV_{oc} が増加する。一方、強励起では J_0 と比較し J_{sc} が大きくなる。そのような領域では、 ΔJ_{sc} が励起光強度に対しサブリニアに変化するため、励起光強度の増加と共に ΔV_{oc} が下がると考えることができる。ただし、式(1)より算出した ΔV_{oc} と実際に観測した ΔV_{oc} との乖離に関して、追加検討が必要であり、効率的な TPU のためには詳細なヘテロ界面の電界設計の必要性を示唆している。

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

[2] Y. Okada *et al.*, *Appl. Phys. Rev.* **2**, 021302 (2015).

[3] S. Asahi *et al.*, *Nat. Commun.* **8**, 14962 (2017)

[4] S. Asahi *et al.*, *Sci. Rep.* **8**, 872 (2018)

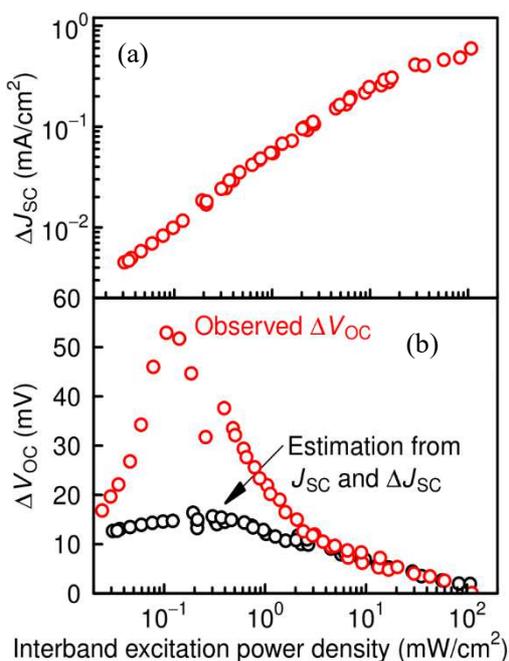


図 1: (a) ΔJ_{sc} および (b) ΔV_{oc} の
バンド間励起光強度依存性