

2 段階フォトンアップコンバージョン太陽電池におけるバンド内赤外光学遷移の量子ドットによる増強特性

Gain characteristics of intraband infrared optical transition induced by Quantum Dots in Two-Step Photon Up-Conversion Solar Cells

神戸大工 ○(M1)山本祥, 永井大地, 朝日重雄, 喜多隆

Grad. Sch. of Eng. Kobe Univ., °Sho Yamamoto, Daichi Nagai, Shigeo Asahi, and Takashi Kita

E-mail: 236t263t@stu.kobe-u.ac.jp

【はじめに】我々は単接合型太陽電池の理論変換効率を上回る太陽電池として、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[1]。TPU-SCはワイドギャップ半導体とナローギャップ半導体を接合した構造をしており、ナローギャップ半導体で生成されたキャリアが、ワイドギャップ半導体とナローギャップ半導体のヘテロ界面に高密度に蓄積される。さらに、太陽光に含まれる低エネルギーフォトンによりヘテロ界面に蓄積された電子がバンド内遷移によりワイドギャップ半導体へ励起されることで、効率的なアップコンバージョンが生じる。また、ヘテロ界面におけるアップコンバージョン (TPU) 効率を向上するため、量子ドット (QDs) を挿入している。本研究ではヘテロ界面からの QD 層の距離を精密に変えたデバイスを複数作製し、TPU への QDs の影響を明らかにしたので報告する。

【結果】本研究に用いた TPU-SC は固体ソース分子線エビタキシー法によって p -GaAs(001)基板上に作製した。太陽電池構造を図1に示す。この太陽電池では、ワイドギャップ半導体に $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 、ナローギャップ半導体に GaAs を使用した。また、 $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}/\text{GaAs}$ のヘテロ界面に挿入する InAs QD は、ヘテロ界面から 6 nm、10 nm と位置を変えた2種類のデバイスを作製した。実験では TPU の1段階目に相当する 800 nm のバンド間励起光および、ヘテロ界面の電子を励起する 1319 nm の赤外光をデバイスに照射した際の開放電圧を測定した。赤外光を追加照射した際の開放電圧増加量を ΔV_{oc} として、 ΔV_{oc} のバンド間励起光強度依存性を図2に示す。ここでは追加赤外光は 500 mW/cm^2 一定とした。図に示すように 6 nm のデバイスは 10 nm のものより大きな ΔV_{oc} を観測した。この結果より、QD はヘテロ界面近傍に挿入した方が、その効果が高いことが分かる。これは、ヘテロ界面に蓄積した電子の赤外光の吸収率の差と、追加赤外光によりアップコンバージョンされた電子の取り出し効率の差によるものの2種類のメカニズムの可能性を考えている。講演ではそのメカニズムについても議論する。

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

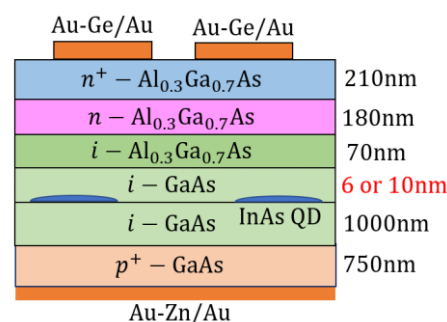


Figure 1: Structure of the TPU-SCs

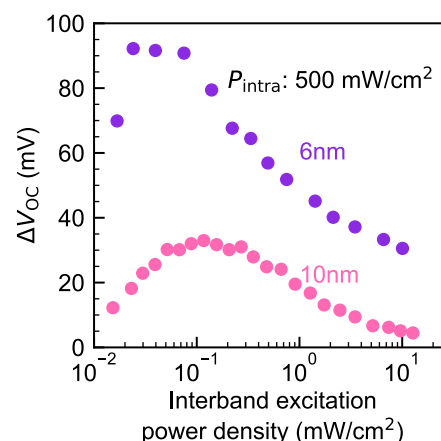


Figure 2: Interband excitation power density dependence of ΔV_{oc} .