

変調ドーピングした二段階フォトンアップコンバージョン太陽電池 におけるアップコンバージョン電流増大

Increase in up-converted photocurrent

in modulation-doped two-step photon up-conversion solar cells

神戸大院工 [○](M1) 渡辺航平, 朝日重雄, 喜多隆

Grad. Sch. of Eng. Kobe Univ. , [○]Kohei Watanabe, Shigeo Asahi and Takashi Kita

E-mail: 192t267t@stu.kobe-u.ac.jp

われわれは単接合型太陽電池の変換効率限界を超える手段として、透過損失を減らすことに着目し、ヘテロ界面での2段階光励起(TPU)を用いた2段階フォトンアップコンバージョン太陽電池(TPU-SC)を提案し実現のための検討を進めている[1,2]。TPU-SCはワイドギャップ半導体(WGS)とナローギャップ半導体(NGS)を接合した太陽電池で、NGSで励起された電子がヘテロ界面に蓄積され、低エネルギーの光子によってWGSに励起されることでTPUが起こる。これにより太陽電池における主な損失である透過損失を減らすことが可能となり高い変換効率を実現できる。また、TPU-SCに逆バイアスを印加し、追加赤外光を照射した際にキャリアの引き出し効率増加により、電流密度のさらなる増大を確認している[3]。この太陽電池では2段階フォトンアップコンバージョンによる大きな電流増大を観測しているが、太陽電池の変換効率向上に寄与するためにはさらなる電流増大が必要である。今回、WGS層に変調ドーピング層を設けヘテロ界面の電界を制御することで、アップコンバージョンされた電子の取り出し効率のさらなる向上が可能であることを確認したので報告する。

実験で用いたTPU-SCはNGSとしてGaAsを、WGSとして $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ を使用し、 $i\text{-Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 層に変調ドーピングをし、ヘテロ界面近傍における電界強度が異なる4種類のTPU-SCを分子線エピタキシー法により $p^+\text{-GaAs}(001)$ 基板上に作製した。図1にデバイス全体のバンドダイアグラムを、図2にヘテロ界面近傍における伝導帯不連続部の拡大図をそれぞれ示す。凡例はヘテロ界面近傍における電界強度を示している。また、ヘテロ界面近傍には単層のInAs量子ドット層が設けられている。

実験では295 Kにおける外部量子効率(EQE)と、追加赤外光照射によるEQEの変化量(ΔEQE)を短絡状態で測定した。1段階目の光源にはタンダステンハロゲンランプと分光器、2段階目には励起光強度 84 mW/cm^2 、波長 1319 nm の赤外レーザーを用いた。図3に1段階目の励起波長が 800 nm の時の ΔEQE を示す。ヘテロ界面近傍での電界強度が 12.5 kV/cm の時に、最大の ΔEQE を示した。この結果は、ヘテロ界面近傍における適切な電界強度により効率的なTPUを実現できることを示唆している。

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

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

[3] S. Asahi *et al.*, *Nat Commun.* **10**, 956 (2019).

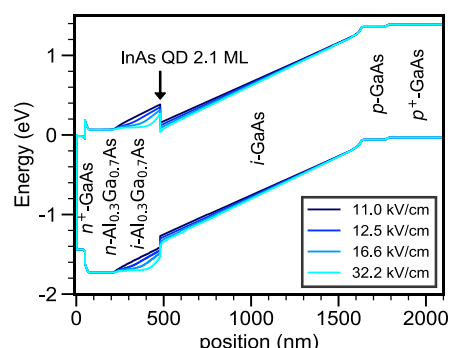


Fig. 1. Band diagram of TPU-SCs. The legends indicate the electric field at the heterointerface.

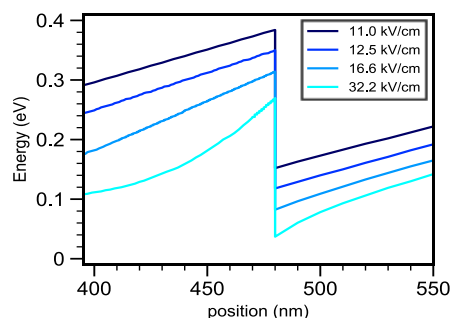


Fig. 2. Magnified plot of band diagram around the conduction-band discontinuity of heterointerface.

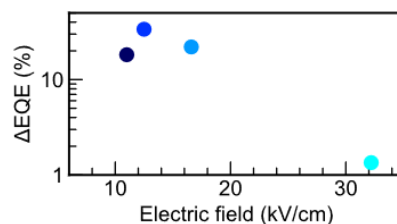


Fig. 3. Electric field dependence of- ΔEQE at the 1st excitation wavelength of 800 nm .