

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 における光励起効率の向上

Improved photoexcitation efficiency in
modulation-doped two-step photon up-conversion solar cells

神戸大院工 [○](M2) 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、低エネルギーのフォトンによって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抜き効率増加により、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とこの太陽電池の特徴である電圧昇圧が必要である。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、より効率的なTPU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にヘテロ界面での電界強度を調整したそれぞれのデバイス全体のバンドダイアグラムを示す。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GaAsを励起するバンド間励起光強度を変化させながら、追加赤外光照射による短絡電流と開放電圧の増大分(ΔJ_{sc} , ΔV_{oc})を測定した。バンド間励起光として、波長800 nmのTi:Sapphireレーザーを、追加赤外光として波長1319 nmの赤外レーザーを用いた。図2にヘテロ界面での各電界強度における(a) ΔJ_{sc} と、(b) ΔV_{oc} を示す。16.6 kV/cmのデバイスは、変調ドーピングを行っていない11.0 kV/cmのデバイスと比べて ΔJ_{sc} , ΔV_{oc} 共に向上した。この結果から、ヘテロ界面における電界強度を制御は、二段階光励起された電子の引き抜き効率向上を可能とし、高効率なTPUの実現には変調ドーピングが必要であることが分かった。

[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).

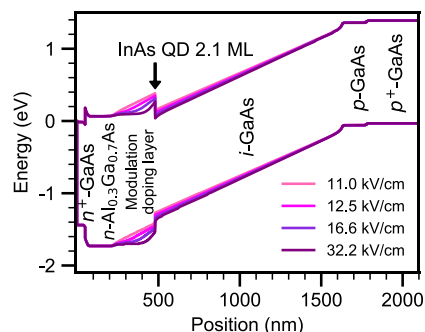


Fig. 1. Band diagram of TPU-SCs-. The legends indicate the electric field at the heterointerface.

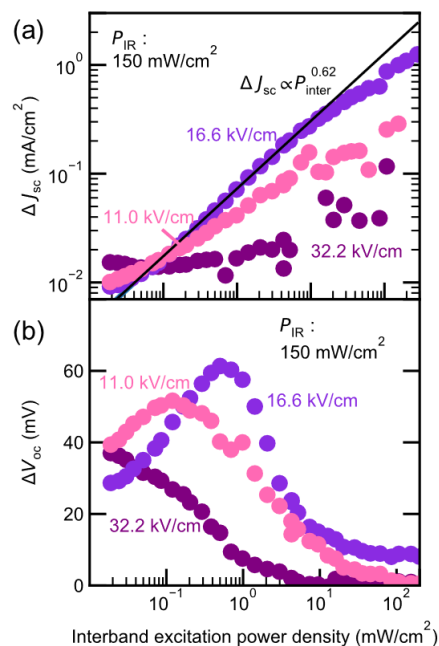


Fig. 2. Interband excitation power density dependence of (a) ΔJ_{sc} and (b) ΔV_{oc} . The power intensity of IR light was fixed to 150 mW/cm².