

フォトンアップコンバージョン太陽電池における キャリア収集効率の定量評価

Quantitative analysis of carrier collection efficiency

in two-step photon up-conversion solar cells

神戸大院工 °西村健汰, 朝日重雄, 海津利行, 喜多隆

Grad. Sch. of Eng. Kobe Univ., °Kenta Nishimura, Shigeo Asahi, Toshiyuki Kaizu, and Takashi Kita

E-mail: 175t252t@stu.kobe-u.ac.jp

【はじめに】 中間バンド型太陽電池(IBSC)は、ホスト材料のバンドギャップ中に中間バンドを形成し、中間バンドを介した2段階フォトンアップコンバージョン(TPU)を利用することで、理論変換効率は最大集光下で約63%となることが報告されており[1]、これまでに36 K[2]及び、室温[3]にてTPUによる電流生成が実証されている。一方、我々はIBSCとは異なる構造によりTPU現象を利用した太陽電池である、2段階フォトンアップコンバージョン太陽電池(TPU-SC)を提案した[4]。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)によって構成される単接合型の太陽電池であり、WGSとNGSのヘテロ界面が形成される。NGSで生成した電子が内部電界によりWGSにドリフトする過程で、ヘテロ界面のポテンシャルバリアに滞留する。ヘテロ界面に高密度に電子が蓄積されることで効率的なTPUを実現している。これまで、TPU-SCのIBSCと比較して大きなTPUによる電流生成を報告してきた[4]。本研究では、TPU-SCの内部電界の変化によるTPUのキャリア収集効率の定量的な評価を行った。

【実験と結果】 本研究で用いた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。この太陽電池では、WGSに $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ を、NGSにGaAsを用いた。図1は800 nmでバンド間励起した場合のキャリア収集効率の内部電界依存性である。この波長では、NGSであるGaAsを励起している。この測定では、光源としてタングステンハロゲンランプを用い、光チョッパーで変調し、140 mmの分光器で分光した光を太陽電池に照射した。光電流は、チョッパーと同期したロックインアンプで検出した。また、追加赤外光源として1300 nmのレーザーダイオード(LD)を用いた。このLDは十分に波長が長く、ヘテロ界面に滞留した電子のみ励起する[4]。励起強度は 170 mW/cm^2 とした。また、 i 層の内部電界はDCバイアス電圧を印加することで調節した。測定は296 Kの室温で行った。TPUのキャリア収集効率は内部電界の増加によって増加する。しかし、さらに強電界になるとヘテロ界面に蓄積されている電子の数がトンネル脱出や熱脱出によって減少する。このトレードオフによってTPUのキャリア収集効率はピークを持つ。この結果は、最適な内部電界においては、生成された電子のうち、70%以上の電子がアップコンバージョンによって回収されることを示している。以上より、TPU-SCにおいて適切な内部電界にすることでこれまで以上に、フォトンアップコンバージョンによる収集効率を高めることが出来ることが明らかとなった。

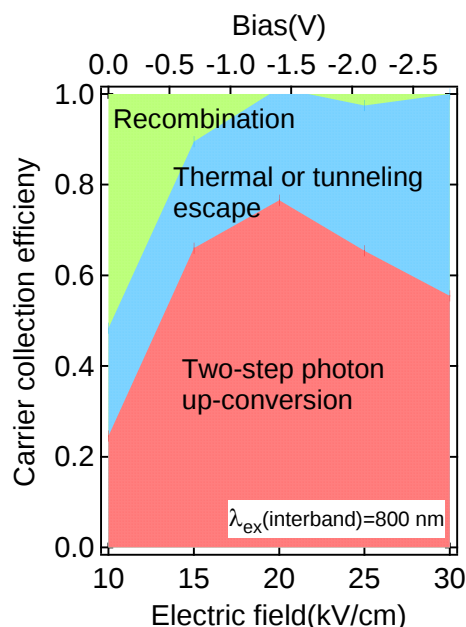


図1 キャリア収集効率の内部電界依存性

【参考文献】

- [1] A. Luque *et al*, Phys. Rev. Lett. **78**, 5014(1997), Y. Okada *et. al.*, Appl. Phys. Rev. **2**, 021302(2015).
- [2] A. Marti *et al*, Phys. Rev. Lett. **97**, 247701(2006).
- [3] Y. Okada *et al*, J. Appl. Phys. **109**, 024301(2011).
- [4] S. Asahi *et. al.*, Nat. Commun. **8**, 14962(2017).