

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 輻射再結合と光電流の相反性

The reciprocity of radiative recombination and photocurrent in two-step photon up-conversion solar cell

神戸大院工 [○]絹川典志, 朝日重雄, 喜多隆

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

E-mail: 183t216t@stu.kobe-u.ac.jp

われわれは透過損失を効果的に抑制することができる新しい太陽電池構造である、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、実現に向けた検討を行っている[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)をヘテロ接合させたシンプルな単接合型太陽電池で、NGS で励起された電子が、ヘテロ界面に高密度に蓄積し、低エネルギーのフォトンによる効率的な 2 段階フォトンアップコンバージョンが実現する。本研究ではヘテロ界面に蓄積された電子の蓄積量の変化と電流密度の変化を観測するためバイアスを印加したときの電流密度とフォトルミネッセンス(PL)の同時測定を行った。

実験に用いた TPU-SC は NGS に GaAs、WGS に $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ を選択し、分子線エピタキシー法により $p^+-\text{GaAs}(001)$ 基板上に $n-i-p$ 構造を作製した[1]。またヘテロ界面に InAs 量子ドット(QD)を形成した。実験では $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ を透過し GaAs を励起する、1 段階目の励起光源として励起光強度 93.8 mW/cm^2 、波長 784 nm の連続レーザーを用いた。この励起光は NGS を励起する。また、2 段階目の励起光源として、スーパーコンティニューム白色光源に 1300 nm のロングパスフィルターを通し、照射した。この光は十分にエネルギーが小さく、ヘテロ界面に蓄積された電子のみを励起する。2 段階目の励起強度は 2.8 W/cm^2 とした。測定は室温で行い、バイアス電圧を変化させながら、PL と光電流を同時に測定した。図 1 に PL ピーク強度と電流密度のバイアス依存性の結果を示す。挿入図は短絡状態での PL スペクトルである。1185 nm 付近のピークは InAs QD の基底準位からの発光であり、図 1 における PL ピーク強度に相当する。追加赤外光の照射により発光減少が観測された。逆バイアス印加時は内部電界の増大により、ヘテロ界面における蓄積電子が減少するため、電流が増加し、PL 強度が減少した。これはヘテロ界面の蓄積電子がトンネル脱出し、電流として取り出されたことを示している。順バイアス印加時は内部電界の減少によりヘテロ界面から電流として取り出される電子が減少するため短絡状態と比べて電流密度が減少し、再結合が顕在化して PL 強度が増加した。

図 2 に追加赤外光による PL 強度の減少率 $\Delta\text{PL}/\text{PL}$ と 2 段階光電流密度 ΔJ のバイアス依存性を示す。バイアス印加により $\Delta\text{PL}/\text{PL}$ と ΔJ の値が逆行するような相反性が確認された。これは 2 段階光電流がヘテロ界面に蓄積された電子の励起によって発生した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).

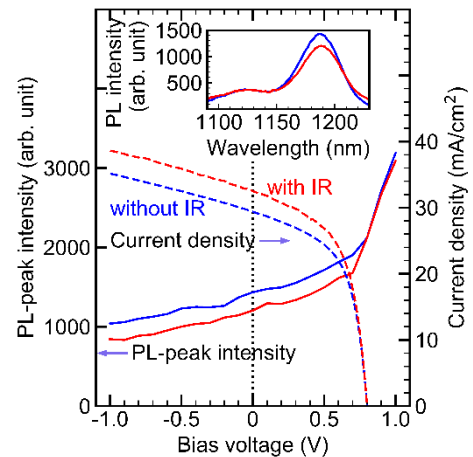


Fig. 1. Bias voltage dependences of PL-peak intensity and J

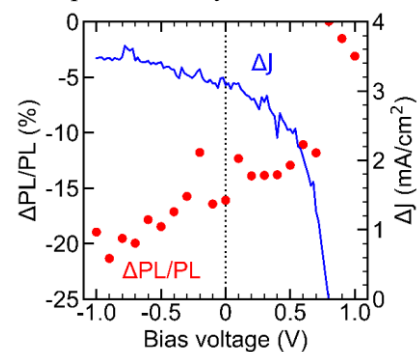


Fig. 2. Bias voltage dependences of $\Delta\text{PL}/\text{PL}$ and ΔJ