

MAPbI₃/Si ヘテロ構造を利用した 二段階フォトンアップコンバージョン太陽電池

Two-step photon up-conversion solar cells using a MAPbI₃/Si heterostructure

神戸大院工 ○(M2) 徳永隼也, 鬼塚遼平, 朝日重雄, 喜多隆

Grad. Sch. of Eng. Kobe Univ., ○Shunya Tokunaga, Ryohei Onitsuka, Shigeo Asahi and Takashi Kita

E-mail: 235t241t@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 (WGS) とナローギャップ半導体 (NGS) 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 (TPU) が起こる。これまでに AlGaAs と GaAs のヘテロ接合を利用した TPU-SC を作製し、効率的な TPU を実証してきたが、我々は TPU 現象は材料系に依らないと考えている。そこで、本研究では WGS にペロブスカイト系結晶の MAPbI₃、NGS に n^+ -Si を用いて TPU 現象を実証することを目的として実験を行った。その結果、この新たな太陽電池構造で TPU 現象を観測したので報告する。

【結果】測定に用いた TPU-SC はスピンコート法により、 n^+ -Si 基板上に MAPbI₃ と spiro-OMeTAD を成膜し、真空蒸着法により表面電極の Au 及び、裏面電極の Ag を成膜することによって作製した。 n^+ -Si 基板は $0.1\ \Omega\text{m}$ と $20\ \mu\Omega\text{m}$ の抵抗率を持つ 2 種類の基板を使用した。 n^+ -Si 基板の抵抗率は、電子密度による差と考えている。作製した TPU-SC の構造を図 1 に示す。本構造では n^+ -Si で生成された正孔が追加赤外光により MAPbI₃ 層へアップコンバージョンする。実験では TPU の 1 段階目に相当する $900\ \text{nm}$ のバンド間励起光の強度を $6000\ \text{mW}/\text{cm}^2$ に固定し、2 段階目に相当する $1319\ \text{nm}$ のバンド内励起光 (追加赤外光) の照射時と非照射時の短絡電流密度の差 ΔJ_{sc} のバンド内励起光強度依存性を室温で測定した。その結果を図 2 に示す。 $0.1\ \Omega\text{m}$ の抵抗率の n^+ -Si 基板を利用した TPU-SC では、追加赤外光の強度増加に伴い、明瞭な電流上昇を観測した。これは、 $900\ \text{nm}$ の励起光で n^+ -Si 基板に生成された正孔が、追加赤外光によりアップコンバージョンされ、電流が増加したと考える。一方、 $20\ \mu\Omega\text{m}$ の抵抗率をもつ n^+ -Si 基板では $0.1\ \Omega\text{m}$ と比べ ΔJ_{sc} が小さかった。これは、 $20\ \mu\Omega\text{m}$ の基板では高い電子密度に起因する短い正孔の拡散長のため、ヘテロ界面に正孔が十分に蓄積せず、 ΔJ_{sc} が小さくなったと考える。以上のように MAPbI₃ を用いた本構造において、追加赤外光の照射による TPU を実証した。

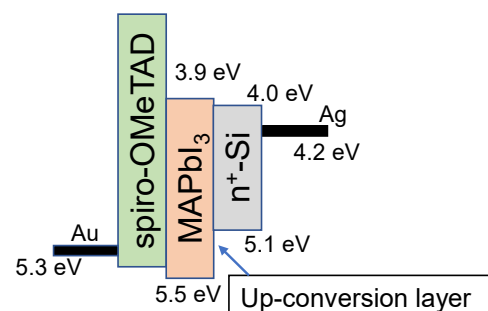


Fig.1 Structure of perovskite TPU-SC.

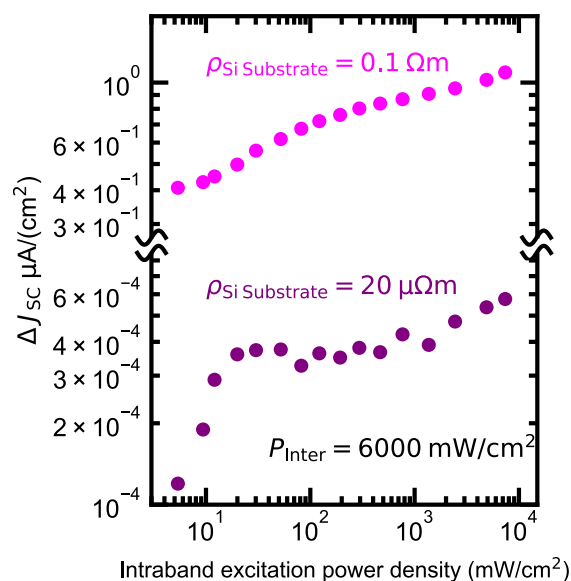


Fig.2 Intraband excitation power dependence of ΔJ_{sc} .

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