

透過型 Cu₂O 太陽電池のデバイス構造モデリングと高効率化指針の探索

Exploration of guide for high efficiency of transparent Cu₂O solar cell using device modelling

株式会社東芝 生産技術センター¹, 株式会社東芝 研究開発センター² °杉本 寛太¹, 中川 直之², 水野 幸民², 芝崎 聡一郎², 西田 靖孝², 保西 祐弥², 山崎 六月², 山本 和重²

Toshiba Corp. Manufacturing Engineering Center¹, Toshiba Corp. R&D center²

°Kanta Sugimoto¹, Naoyuki Nakagawa², Yukitami Mizuno², Soichiro Shibasaki², Yasutaka Nishida², Yuya Honishi², Mutsuki Yamazaki², Kazushige Yamamoto²

E-mail: kanta1.sugimoto@toshiba.co.jp

発電効率 30%を超える低コスト高効率太陽電池を実現するために、トップセルに Cu₂O、ボトムセルに Si を採用した 4 端子タンデム太陽電池を開発している[1]。直前の講演で示したように、透過型 Cu₂O 太陽電池の発電効率は 8.4%まで向上してきたが[2]、タンデム型で発電効率 30%を実現するには、透過型 Cu₂O 太陽電池の発電効率を 10%以上にすることが必要である。

今回、太陽電池 1 次元デバイスシミュレーターである SCAPS-1D[3]を用いて、発電効率 8.4%が得られた透過型 Cu₂O 太陽電池の特性を再現するデバイス構造のモデリングを行い、このデバイス構造モデルを解析することで発電効率 10%達成に向けた高効率化指針を探った。

図 1 に、発電効率 8.4%を示すセルの実測した電流電圧特性と、SCAPS を用いて再現した計算結果を合わせて示す。図より、実測結果を再現可能なモデルが構築できたことが分かる。

デバイス構造モデルを調べた結果、現状の課題は、pn 界面の再結合速度が 6.0×10^4 cm/sec と高いことと、n 層である Ga₂O₃ 層の電子濃度が 1.6×10^{17} cm⁻³ と低いことの 2 点と判明した。

そこで、条件 1 として pn 界面の再結合速度を低減し、かつ Ga₂O₃ 層の電子濃度を増加させた結果、図 1 に示すように開放電圧が増加し、発電効率は 10%まで改善した。上記に加え、

Ga₂O₃ 層の電子親和力を減少させ、Cu₂O 層内の電子の拡散長を増やし、Cu₂O 層の正孔濃度を増加させた結果、更に高電圧化して発電効率は 14%まで向上した(条件 2)。以上の結果より、現在の透過型 Cu₂O 太陽電池は、Ga₂O₃ 層および Cu₂O 層の改善により、目標 10%を超える大幅な効率向上が期待できることが分かった。

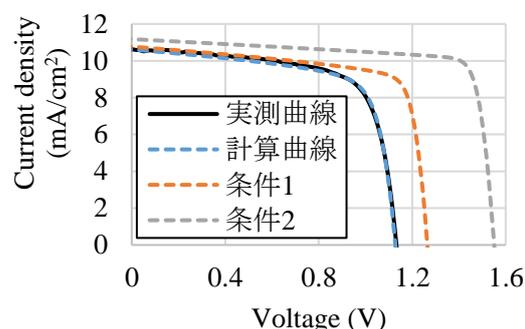


Fig. 1. Experimental and simulated J-V curves of Cu₂O solar cells.

この成果の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務「4 端子タンデム太陽電池用トップセルの開発」の結果から得られたものです。

[1] N. Nakagawa *et al.*, Proc. 47th PVSC (2020).

[2] 芝崎ら、第 69 回応用物理学会春季学術講演会 (2021).

[3] M. Burgelman *et al.*, Thin Solid Films **361-362**, 527 (2000).