

酸化物系太陽電池の高効率化

Enhancement of The Performance of Metal Oxide Solar Cells

豊技大¹, °伊崎昌伸¹

Toyohashi Univ. Tech¹, °Masanobu Izaki

E-mail: m-izaki@tut.ac.jp

金属酸化物半導体は、酸化物系太陽電池の光電変換層を始めとした構成層に加え、Cu(In,Ga)Se₂(CIGS)系などの化合物太陽電池の n 型半導体層や透明電極層、色素増感型太陽電池、有機太陽電池、ペロブスカイト太陽電池の電子やホールブロッキング層や輸送層、などとして重要な役割を担っている。

酸化物系太陽電池^{1,2}の光電変換層には主に禁制帯幅 2.1eV の亜酸化銅(Cu₂O)が活用されている。Cu₂O 系太陽電池の変換効率は、2003 年頃までは 0.3%程度であったが、2022 年には 9.5%まで向上しており、Si 系タンデム太陽電池のトップセルとして注目されている。Cu₂O 層の形成技術として、スパッタリング法、Cu 板の高温酸化、水溶液電気化学法が用いられている。1980 年代に Cu 板の高温酸化によって形成した Cu/Cu₂O 系ショットキー太陽電池から始まった研究開発は、n 型半導体と接合したヘテロ接合型太陽電池、n-Cu₂O/p-Cu₂O ホモ接合型太陽電池へと展開しており、その過程で Cu₂O 形成技術の開発と最適化、不純物添加による電気的性質の制御と最適化、バッファ層導入やナノ構造導入による高性能化、透明電極材料など、種々の側面から高性能化が図られ、現在に至っている。

Cu₂O 系ヘテロ接合太陽電池の開放電圧、短絡電流密度、曲線因子、変換効率などの性能は、p/n ヘテロ界面に導入されるバッファ層によって大きく変化する。図に、Cu₂O 系太陽電池の開放電圧と短絡電流密度の年度推移を示す。図中の物質名は、用いられているバッファ層材料である。Cu₂O 層と n 型半導体として用いられる ZnO 層のヘテロ界面には大きな段差があり、バンド接続はクリフ型に分類されるため、バッファ層の導入によって、ややスパイク型とすることによって、ヘテロ界面での再結合損失を抑制する役割を持つ。バッファ層として、i-ZnO、Ga₂O₃、Ga-Al-O、Zn-Ge-O 層などのワイドバンドギャップ酸化物が導入されており、

MgF₂/Al:ZnO/Zn_{0.38}Ge_{0.62}O/N a:Cu₂O 太陽電池において変換効率 8.1 %、ZnO:Al/Ga₂O₃/Cu₂O 太陽電池において開放電圧 1.2V が報告されている。本発表では、バッファ層効果に加え、構成層の電気的性質制御、ナノ構造制御などについても述べ、酸化物系太陽電池の高効率化とその展開について議論したい。

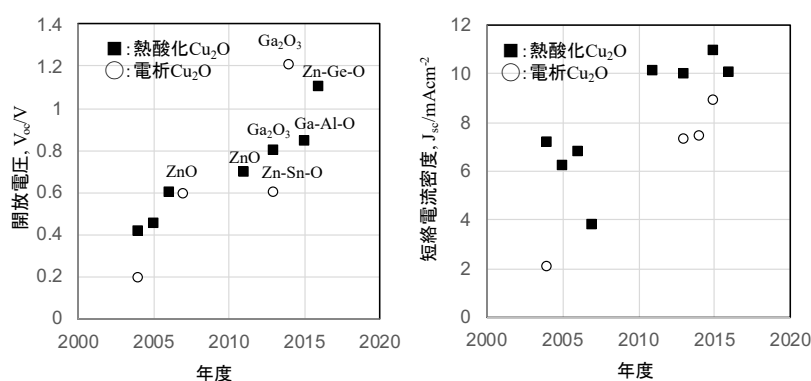


図 熱酸化Cu₂Oと電析Cu₂Oを用いたヘテロ接合型太陽電池の開放電圧(V_{oc})と短絡電流密度 (J_{sc})の推移。

参考文献

1. G. Korotcenkov, The Future of Semiconductor Oxides in Next-Generation Solar Cells, Elsevier, 2018.
2. 伊崎昌伸、鉦山, 809, pp.17-27(2023).