

ZnSnP₂バルク太陽電池の光電特性に裏面電極材料が与える影響

Effect of materials for back electrode on photovoltaic performance in ZnSnP₂ solar cells

京大院工¹、立命館大² ○(D)中塚 滋¹、明里 駿祐²、Jakapan Chantana²、峯元 高志²、野瀬 嘉太郎¹

Kyoto Univ.¹, Ritsumeikan Univ.² ○Shigeru Nakatsuka¹, Shunsuke Akari², Jakapan Chantana², Takashi Minemoto², Yoshitaro Nose¹

E-mail: nakatsuka.shigeru.25c@st.kyoto-u.ac.jp

背景 安価で安全な元素で構成される II-IV-V₂ カルコパイライト型化合物 ZnSnP₂ は 1.6 eV 程度の直接遷移型バンドギャップを有し^[1], 光吸収係数が可視光領域において 10⁵ cm⁻¹ 程度^[2]であることから新たな薄膜太陽電池材料として期待される. 本研究グループは, これまでに Zn-Sn 薄膜とリン蒸気の反応を利用するリン化法により光吸収層として ZnSnP₂ 薄膜を作製し, Al/ZnO:Al/ZnO/CdS/ZnSnP₂/Mo/Glass の構造を有する太陽電池セルを作製した. その結果, 短絡電流密度約 5 mA/cm² が確認されたものの変換効率は 0.02 %程度であった.^[3] 低変換効率の原因としては, 光吸収層の膜質の他に上述のセル構造が ZnSnP₂ 薄膜太陽電池には適切でない可能性が考えられる. そこで, 本研究では ZnSnP₂ 太陽電池における最適なセル構造の選定を研究目的とした. 現行の ZnSnP₂ 薄膜作製プロセスでは再現性や表面ラフネスに課題があるため, 本実験では, 既に作製法が確立している ZnSnP₂ バルク結晶を用い, 種々のセル構造を有した太陽電池のセル特性を比較した.

実験方法 ZnSnP₂ 結晶作製にはフラックス法を用い, Sn フラックス中に Zn および P を約 700 °C で溶解させ, 冷却速度を約 0.7 °C/h と設定することで結晶成長を行った.^[4] 得られた結晶はホイールソーを用いて直径約 6 mm のウェハー状に切り出し, 機械研磨を行うことで厚さ約 200 μm に調整した. バフ研磨には 1 μm のダイヤモンド粒子を用い, その後約 0.02 M の Br₂ 水に 10 min 浸漬することで結晶表面をエッチングした. 太陽電池セル作製では, まず裏面電極として ZnSnP₂ 結晶上に Mo もしくは Cu を DC スパッタリングにより約 500 nm 成膜した. Cu 成膜サンプルは石英管に真空封入した後, 300 °C で 20 min アニール処理を行った. 次に裏面電極とは反対側に CBD 法により CdS (~50 nm) を堆積し, RF スパッタリングにより ZnO (~50 nm), ZnO:Al (~300 nm) を順に積層させた. 表面電極には Al (~1 μm) を EB 蒸着法により作製した. 作製した太陽電池は, ソーラーシミュレータ (AM 1.5G, 100 mW/cm², 25 °C 条件下) を用いて電流密度-電圧 (J-V) 特性を評価した.

実験結果・考察 図 1 に裏面電極に Mo および Cu を用いた場合の太陽電池 J-V 特性を示す. 変換効率は裏面電極に Mo を用いたもので 0.03 %, Cu を用いたもので 0.35 %程度であった. Mo を裏面に用いた太陽電池セルでは, 順バイアス印加領域の傾きから見積もった直列抵抗が 1000 Ωcm² 程度と非常に高抵抗であったのに対し, Cu を用いたサンプルでは 30 Ωcm² 程度と大きく改善されていることが分かった. Mo および Cu は ZnSnP₂ 結晶とそれぞれショットキー, オーミック接合を形成することを実験的に確認しており, 裏面電極に Mo を用いた場合ではショットキー障壁が直列抵抗に寄与していると考えられる. ZnSnP₂/裏面電極界面における断面の STEM-EDX 観察からは, Cu および ZnSnP₂ の相互拡散が確認されており, 界面に反応層の有無が接合に影響を与えている可能性が示唆された. 発表では, 界面の詳細な分析結果について講演予定である.

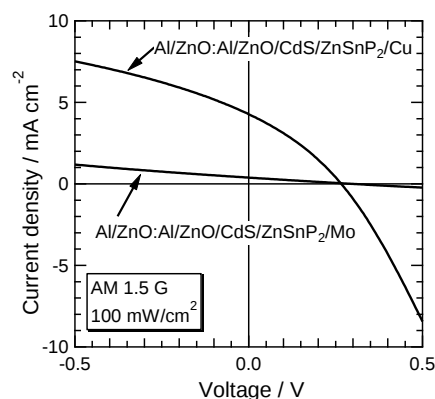


図 1. 裏面電極に Mo および Cu を用いた ZnSnP₂ バルク太陽電池 J-V 特性.

- 参考文献** [1] J. L. Shay et al., *Ternary Chalcopyrite Semiconductors: Growth, Electronic Properties and Applications*, (1975).
 [2] H. Y. Shin et al. *Mater. Lett.*, **8**, 464 (1987). [3] 湯澤典之 他, 第 76 回応用物理学会春季学術講演会, 21a-S221-5 (2016).
 [4] S. Nakatsuka et al., *Phys. Status Solidi C*, **12**, 520 (2015).