

ZnSnP₂ 吸収層と Cu 裏面電極との接合の界面構造とキャリア輸送

The Interface Structure and the Carrier Transport at the Junction

between ZnSnP₂ Absorber and Cu Back Electrode

京大院工 °(M2) 桑野 太郎, (P) 勝部涼司, 野瀬 嘉太郎

Kyoto Univ. °Taro Kuwano, Ryoji Katsube, Yoshitaro Nose

E-mail: kuwano.taro.83u@st.kyoto-u.ac.jp

研究背景 II-IV-V₂ 族カルコパイライト型化合物 ZnSnP₂ (ZTP) は約 1.6 eV の直接遷移型バンドギャップを有し、可視光領域における光吸収係数が 10^5 cm^{-1} 以上であることから、新たな薄膜太陽電池材料として期待されている。本研究グループが作製した Al/AZO/ZnO/(Cd,Zn)S/ZTP/Cu のセル構造を持つ ZTP バルク結晶太陽電池は、最高変換効率 3.4 % を記録している^[1]。このセルの ZTP/Cu 界面においては、真空中における 300 °C, 1 h の熱処理により Cu, Sn および P が相互拡散し、キャリア輸送特性が Schottky から Ohmic へ変化する^[2]。一方、一般的な裏面電極である Mo と ZTP との接合においては、同条件の熱処理で界面構造は変化せず、キャリア輸送特性も Schottky のまま変化しない。以上から、ZTP と電極との接合界面における構造変化はキャリア輸送特性に大きく影響を及ぼすことがわかる。そこで本研究では、ZTP と電極との接合界面における構造とキャリア輸送特性の相関を明らかにすることを目的とし、ZTP/Cu 接合界面について詳細に調査した。

実験方法 Sn を溶媒とする溶液成長法により作製した ZTP インゴットに対して、切断・研磨などの加工を施し厚さ約 1 mm のウエハ状のサンプルを作製した。次に、ウエハの表面を王水等の溶液を用いて化学エッチングし、DC スパッタリングにより厚さ約 500 nm の Cu 電極を作製した。その後、真空中で温度 300 – 500 °C、時間 5 – 60 min の条件で熱処理を施した。熱処理の前後に、電流-電圧 (*I-V*) 測定、走査型透過電子顕微鏡 (STEM) による断面観察、走査型電子顕微鏡 (SEM) による表面観察を行った。

実験結果および考察 400 °C の熱処理前後における *I-V* 測定結果を図 1 に示す。熱処理によって *I-V* 曲線の傾きが増加し、直線性が向上していることから、ZTP/Cu 接合の抵抗が減少し Ohmic 性が向上したことが分かる。また、400 °C の熱処理温度においては、熱処理時間が 30 min の場合に抵抗が最小となることがわかった。断面 STEM 観察および制限視野電子線回折 (SAED) の結果、ZTP/Cu 接合界面において、p 型半導体 Cu₃P が ZTP に対してエピタキシャルに生成していることが明らかとなった。図 2 に示すように、六方晶系 Cu₃P とカルコパイライト型 ZTP は類似した P 副格子を有しており、この類似性がキャリア輸送特性の向上に寄与していると考えられる。一方、表面 SEM 観察の結果、長時間の熱処理によって Cu 電極が凝集していることが明らかとなった。熱処理時間が 60 min の場合に大きな抵抗を示すのは、Cu 電極の凝集によると考えられる。講演では以上の結果に加えて、エッチング条件がキャリア輸送特性に及ぼす影響について報告する。

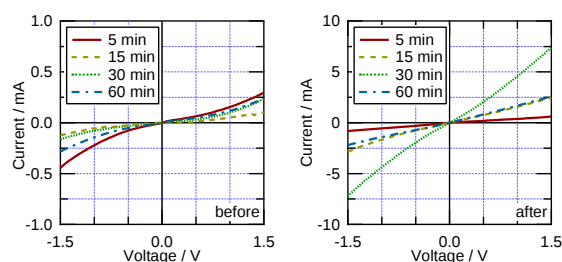


Figure 1. Results of *I-V* measurement before and after annealing for 400 °C.

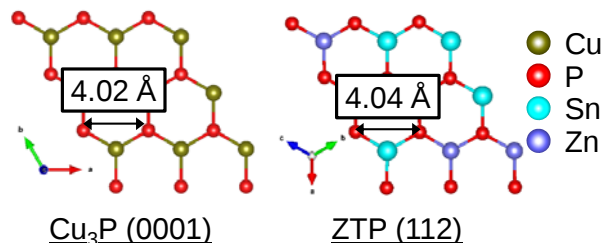


Figure 2. Structures of Cu₃P (0001) plane and ZTP (112) plane.

[1] S. Akari, et al., *Sol. Energy. Mater. Sol. Cells*, **174**, 412–417 (2018). [2] S. Nakatsuka, et al., *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **9**, 33827–33832 (2017).