

In₂S₃ バッファ層を用いた Cu₂ZnSnS₄ 太陽電池の作製

Fabrication of Cu₂ZnSnS₄ Solar Cells with In₂S₃ Buffer Layers

大阪大学 °尾崎ちぐさ, Feng Jiang, 原田 隆史, 中西 周次, 池田 茂

Osaka Univ., °Chigusa Ozaki, Feng Jiang, Takashi Harada, Shuji Nakanishi, Shigeru Ikeda

*E-mail: ozaki@rcsec.chem.es.osaka-u.ac.jp

【はじめに】 Cu₂ZnSn(S,Se)₄ 太陽電池の高効率化を指向して、従来の CdS バッファ層の代替材料の開発が検討されている。なかでも、In₂S₃はCdS よりも適したバンドオフセットとなる点で、もっとも期待される材料の一つである[1]。実際、6 族元素がおもに Se である Cu₂ZnSn(S,Se)₄ 薄膜において、比較的高い変換効率が得られることが知られているが、Se を含まない Cu₂ZnSnS₄ (CZTS) 薄膜との組み合わせでは、有意な発電特性は得られていない[2]。ここでは、定電位電解析出（電析）法にて作製した CZTS 薄膜を用いて In₂S₃ バッファ層を適応させることを検討した。

【実験】 Cu(II)、Zn(II)および Sn(IV)を含む溶液を用いて、Mo コートガラス基板に電析を行った。得られた金属積層膜を真空封管中で熱処理し、その後硫黄雰囲気下で硫化することで CZTS 薄膜を得た。この CZTS 薄膜に CBD 法で In₂S₃を堆積時間を変化させて堆積させた。スパッタリングで ZnO/ITO 窓層、蒸着法で Al 表面電極を堆積させて太陽電池とした。

【結果】 得られた太陽電池の特性パラメータをIn₂S₃の堆積時間に対してプロットした (Fig.1)。In₂S₃バッファ層が無い場合（堆積時間0分）でも太陽電池特性は得られたが、In₂S₃を挟むことで各パラメータは増加し、In₂S₃膜厚が約100 nmとなる堆積時間5分で最大となった。また、堆積時間がさらに長くなると、In₂S₃膜厚増加に直列抵抗の増大に起因すると思われるJ_{SC}とFFの大幅な減少が見られた。また、In₂S₃堆積後に大気化で熱処理（300 °C、45秒間）を行うと、太陽電池特性が向上し、In₂S₃堆積時間5分のベストサンプルで最大6.9%の変換効率を得た。熱処理前後のIn₂S₃/CZTS 積層膜におけるIn元素のグロー放電発光分析による深さ方向分析から、熱処理によるInのCZTS層への拡散が確認された。また、熱処理を行ったCZTS薄膜からなる太陽電池では、EQEオンセットが長波長側にシフトした。図1に示される熱処理によるJ_{SC}の大幅な増加は、このオンセット波長のシフトが要因の一つであると思われる。原因は明らかではないが、CdSバッファ層を利用したときには、このようなオンセット波長の変化がなかったことから、In₂S₃/CZTS界面あるいはInが拡散したCZTSに特有の効果であると示唆される。

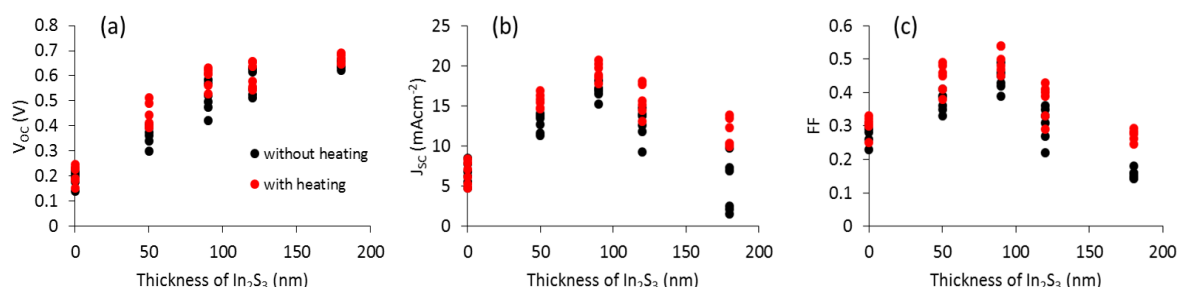


Fig.1 (a) V_{oc}, (b) J_{sc}, and (c) FF of CZTS solar cells with different thick In₂S₃ buffers.

1. R. Haight et al., *APL*, **100**, 193904 (2012); J.-H. Kim et al., *JPC C*, **119**, 12226 (2015)
2. X. Hao et al., *APL*, **104**, 173901 (2014)