

フォトリフレクタンス法を用いた n 型半導体/ ZnSnP_2 界面の調査

Investigation of n -type semiconductor/ ZnSnP_2 interfaces by photorefectance

京大院工¹, °住吉 壱心¹, 野瀬 嘉太郎¹

Kyoto Univ.¹, °Isshin Sumiyoshi¹, Yoshitaro Nose¹

E-mail: sumiyoshi.issin.35a@st.kyoto-u.ac.jp

はじめに 単接合太陽電池において、開放電圧 (V_{oc}) は pn 接合の内臓電位 (拡散電位) に依存する。我々のグループでは新規化合物半導体 ZnSnP_2 バルク結晶 (p 型) を吸収層に用いた太陽電池について最高変換効率 3.87%を報告した[1]。しかしながら V_{oc} は 0.535 V であり、 ZnSnP_2 のバンドギャップ ($E_g \sim 1.7$ eV) を鑑みると依然と低く、適切な n 型半導体の探査が急務である。本研究では、非接触かつ界面電場敏感な手法であるフォトリフレクタンス (PR) 法を用い、種々の n 型半導体/ ZnSnP_2 界面の調査を行うことを目的とした。

実験方法 Sn フラックスを用いた溶液成長法により作製した ZnSnP_2 バルク結晶を板状に切断し[2]、その断面に対して機械研磨、化学エッチングを行った。得られた表面に対して、溶液成長法による CdS の成膜[1]、UV/O₃ 洗浄改質装置を用いた酸化処理を施した試料をそれぞれ作製した。PR 測定では表面 (界面) の電場変調に 532 nm のレーザーを使用した。

実験結果・考察 Figure 1 に示す PR スペクトルにおいて、1.68 eV 付近にバンド間遷移に対応した複素誘電関数の 3 階微分形が観測された。さらにバンド間遷移より高エネルギー側には周期的な振動成分が確認された[3]。Figure 2 のように、 $(4/3\pi)(E_n - E_g)^{3/2}$ は振動成分の極値の次数に対して線形に変化するため、振動成分は Franz-Keldysh oscillations (FKO) と考えられる[4]。FKO の理論式を用い、Figure 2 の傾きより CdS/ ZnSnP_2 の界面電場を評価したところ $\sim 86 \text{ kV cm}^{-1}$ と求まった。一方で、エッチング後、酸化処理後の ZnSnP_2 の表面電場はそれぞれ $\sim 100, \sim 120 \text{ kV cm}^{-1}$ と求まり、いずれも CdS/ ZnSnP_2 の界面電場よりも高いことが分った。従って、CdS/ ZnSnP_2 界面よりも表面酸化物/ ZnSnP_2 界面の方がバンドの曲がり急峻であることが示唆された。講演では以上のような PR 法を用いた表面電場の評価やバンド構造を踏まえ、 ZnSnP_2 に対して最適な n 型半導体材料について議論する。

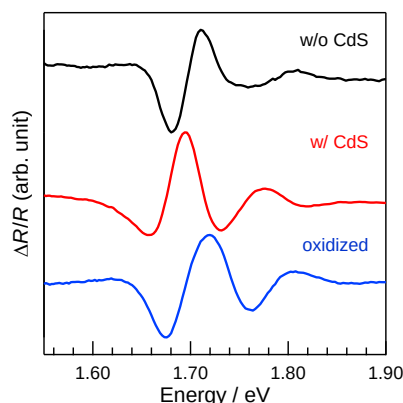


Figure 1. PR spectra of ZnSnP_2 crystals where the surfaces were treated by several methods.

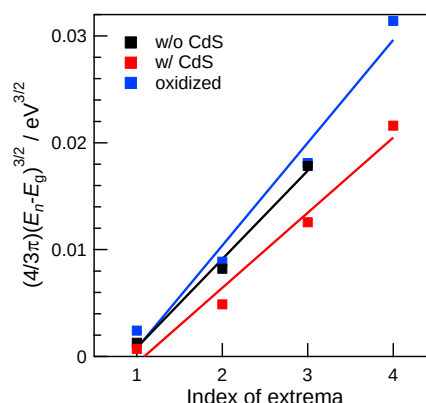


Figure 2. Plots of $(4/3\pi)(E_n - E_g)^{3/2}$ as a function of FKO index n .

謝辞 本研究は、JST-CREST (No. JPMJCR17J2), 科研費 (No. 20H00302), 東工大フロンティア材料研究所共同利用研究の支援を受けた。

[1] T. Kuwano *et al.*, *Sol. Energy Mater. Sol. Cells* (2021). [2] S. Nakatsuka *et al.*, *Phys. Stat. Sol. c* (2015). [3] D.E. Aspnes, *Surf. Sci.* (1973). [4] H. Shen and F.H. Pollak, *Phys. Rev. B* (1990).