

ZnSnP₂ バルク結晶成長における欠陥形成挙動

Defect formation mechanism in ZnSnP₂ bulk crystal growth

京大院工, °(M1)住吉 孝心, (D)桑野 太郎, 野瀬嘉太郎

Kyoto Univ., °Isshin Sumiyoshi, Taro Kuwano, Yoshitaro Nose

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

はじめに リン化物半導体 ZnSnP₂ はバンドギャップ (1.2-1.7 eV^[1]) と可視光領域での高い光吸収係数 (10⁴ cm⁻¹ ^[2]) を有し太陽電池の光吸収層材料として期待される。当グループでは ZnSnP₂ バルク結晶を用いた太陽電池について、裏面電極に Cu₃P/Cu 積層膜を用いることで直列抵抗を ZnSnP₂ バルクの比抵抗程度にまで低減することに成功し、最高変換効率 3.87 % を報告した^[3]。一方で、理論変換効率には及ばず、更なる改善の余地がある。

ZnSnP₂ バルク結晶については、少数キャリア寿命が約 0.4 ns と非常に短いことや、PL においてバンド間遷移以外の弱い発光が報告されている^[4]。太陽電池の変換効率向上のためには、これらの要因となる欠陥の形成メカニズムを解明する必要がある。そこで本研究では、ZnSnP₂ バルク結晶の欠陥形成と結晶成長条件との関係について、PL, TRPL を用いて知見を得ることを目的とした。

実験方法 純亜鉛、純錫、赤りんをモル比 92 : 2.7 : 5.3 となるように石英アンプル中に真空封入 (~10⁻² Pa) した。アンプル全体を 700 °C まで昇温した後、約 5 mm day⁻¹ の速度で炉を上昇させ、石英アンプルの下端から一方向に冷却することで ZnSnP₂ バルク結晶を作製した^[4]。熱処理時間は 25-38 day の間で変化させた。作製した ZnSnP₂ バルク結晶を研磨、エッチングすることで得た平滑な面に対し PL, TRPL 測定を行った。PL, TRPL 測定は室温で行い、励起波長は 532 nm, 励起光強度は 9 mW とした。

実験結果・考察 Figure 1 に示す PL スペクトルから、バンド間 (BB) 遷移、伝導帯アクセプター準位間 (FB) 遷移、ドナー準位価電子帯間 (BF) 遷移、ドナー・アクセプター対 (DAP) 間遷移に対応する成分が確認された。Figure 2 に BB 遷移の強度で規格化した FB, BF, DAP 遷移のピーク強度の析出時期 (結晶位置) 依存性を示す。結晶成長が進むにつれて FB のピーク強度は減少する傾向が得られた。アクセプター準位を形成する欠陥は亜鉛のアンチサイト Zn_{Sn} と考えられており^[5]、結晶析出と共に液相における Zn の化学ポテンシャルが減少することで、Zn_{Sn} の形成が抑制されたと説明できる。講演では化学ポテンシャルと欠陥密度に関する詳細な考察や TRPL の結果についても議論を行う。

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。

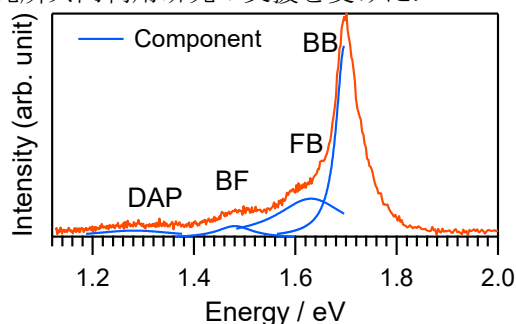


Figure 1. PL spectrum of ZnSnP₂ bulk crystal.

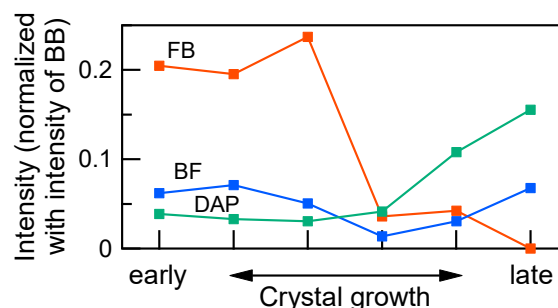


Figure 2. PL intensities of FB, BF, DAP transition normalized with intensity of BB transition.

- [1] S. Nakatsuka and Y. Nose, *J. Phys. Chem. C*, **121**, 1040 (2017). [2] T. Yokoyama et al., *Appl. Phys. Express*, **6**, 061201 (2013). [3] T. Kuwano et al., *Sol. Energy Mater. Sol. Cells*, **221**, 110891 (2021). [4] S. Nakatsuka et al., *Phys. Status Solidi A*, **214**, 1600650 (2017). [5] T. Kuwano et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, accepted.