

薄膜太陽電池のバッファ層を指向した IIA-Zn-P 系化合物群の探索

Exploration of IIA-Zn-P compounds as buffer layers in thin-film photovoltaics



京大院工 ^{○(PC)}勝部 涼司, 野瀬 嘉太郎

Kyoto Univ., ^{○(PC)}Ryoji Katsube, Yoshitaro Nose

E-mail: katsube.ryouji.7a@kyoto-u.ac.jp

はじめに

単接合薄膜太陽電池の光吸収層に適した光学的・電気的特性を示す化合物半導体は既に数多く知られており、多くの場合ドープ無で p 型伝導を示す。一方で、光吸収層とヘテロ pn 接合を形成する材料 (バッファ層) は、 $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ や CdTe 太陽電池で実績のある ZnO や CdS 等の n 型カルコゲナイドが選ばれることがほとんどであり、選択肢は多くない。これらとのヘテロ接合において界面再結合が小さくなる光吸収層のみにおいて、10%以上の変換効率が達成されているのが現状である。

一方、光吸収層材料 Zn_3P_2 に関する研究では、 n 型カルコゲナイドとの接合は変換効率 3%以下であるのに対し、 Mg との接合で 6.08%の変換効率が報告されていた[1]。我々はこれまで、 $\text{Mg}/\text{Zn}_3\text{P}_2$ 界面には三元化合物半導体 $\text{Mg}(\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x})_2\text{P}_2$ が形成され、 Zn_3P_2 との格子・バンドの接続が太陽電池として理想的であることを解明した[2-4]。ここで IIA-Zn-P 三元系 (IIA = Mg , Ca , Sr , Ba) には、 $\text{Mg}(\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x})_2\text{P}_2$ と類似した化学量論比の化合物が報告されているものもあり、我々の着目している Zn_3P_2 や ZnSnP_2 と格子・バンド整合が整合した材料系として有望である可能性がある。従って本研究では、IIA-Zn-P 系の相平衡調査により三元化合物を探索し、 $\text{Zn}_3\text{P}_2 \cdot \text{ZnSnP}_2$ とヘテロ接合を形成する材料系を拡張することを目的とした。

実験方法

IIA-Zn-P 三元系の構成元素単体の蒸気圧は高く、IIA の反応性が高いため、高温での熱処理が難しい。さらに、300 °C 程度の低温では各二元系に液相が存在しないため、平衡の達成が困難と予想される。以上の問題点を解決するために、低融点金属である Sn を系に加えることで、いわば“反応場”として利用することを考えた。所定の組成となるよう秤量した原料試薬をカーボンるつぽに挿入後、るつぽごと石英管中に真空封入した。このとき、真空度は 5×10^{-3} Pa 程度とした。その後、均質化のため 900 °C 以上で 1-2 日保持後急冷し、その後 300 °C で 3 日保持後急冷することで、300 °C の相平衡を凍結した試料を作製した。試料の評価は、XRD と SEM-EDX による相同定と組成分析、および拡散反射法による光学バンドギャップ評価等を行った。

実験結果及び考察

Figure 1 に IIA-Zn-P-Sn 系 300 °C 平衡試料の断面 SEM 像を示す。IIA = Mg の場合、三元化合物半導体 $\text{Mg}(\text{Mg}_x\text{Zn}_{1-x})_2\text{P}_2$ が存在し、その end member は MgZn_2P_2 ($x = 0$)、 Mg_2ZnP_2 ($x = 0.5$) と表せる。一方、IIA = Ca の場合、 CaZn_2P_2 が存在するが、IIA = Mg の場合とは異なり IIA-rich 側への不定比性は観測されなかった。また、IIA = Sr の場合も同様の化学量論比の化合物 SrZn_2P_2 が存在する。IIA-Zn-P 系状態図を考えると、これらは全て Zn_3P_2 と平衡し、結晶構造の類似性からヘテロ接合の相手として有望である。議論の詳細や物性については当日報告する。

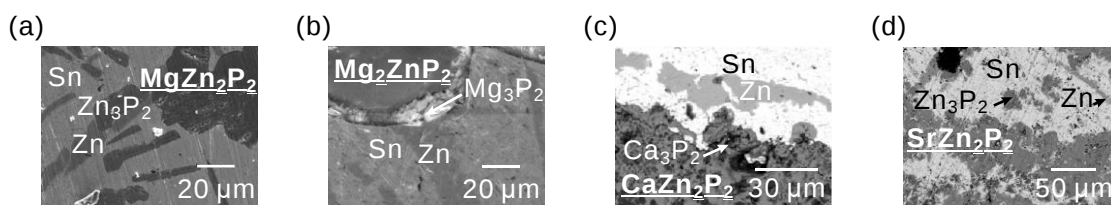


Figure 1. SEM images of the IIA-Zn-P-Sn equilibrium samples at 300 °C, (a) IIA = Mg (Zn-rich), (b) IIA = Mg (Mg-rich), (c) IIA = Ca , and (d) IIA = Sr .

[1] A. Catalano et al., *Proc. 2nd ECPVSEC* (1979), [2] 勝部ら, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会, 15p-F201-8. [3] 勝部, 野瀬, 第 78 回応用物理学会秋季講演大会, 5a-S21-4. [4] 勝部ら, 第 78 回応用物理学会秋季講演大会, 7a-S21-6.