

SnS 単相バルク結晶作製と電気特性評価

Growth and electrical characterization of SnS bulk crystals

京大院工, °(M1)武村 友輝, (P)勝部 涼司, 野瀬 嘉太郎

Kyoto Univ., °Tomoki Takemura, Ryoji Katsube, Yoshitaro Nose

E-mail: takemura.tomoki.58e@st.kyoto-u.ac.jp

はじめに p型化合物半導体 SnS は 1.3 eV 程度^[1] の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} ^[2] 程度であることから高効率の薄膜太陽電池材料として期待できる. Sinsermsuksakul らによって最高変換効率 4.63 % が報告された SnS 太陽電池の光吸収層は, H₂S 雰囲気下での熱処理を行っている.^[3] その目的は, SnS 中のホールと電子をトラップする内因性欠陥 V_s の生成の抑制だと述べられている. SnS の内因性欠陥については Kumagai らによって議論されており, Sn と平衡する Sn-rich 条件より, Sn₂S₃ や SnS₂ と平衡する Sn-poor 条件のほうが主要なアクセプタ V_{Sn} が容易に生成し, キャリア密度が大きくなることが示唆されている.^[4] しかし, 作製条件を明確に区別した SnS に関して定量的に物性を比較した報告はない. ここで, S-Sn 二元系状態図より, SnS と Sn, および SnS と Sn₂S₃ の二相平衡試料の作製が可能であることがわかる. そこで本研究では, この二相平衡を利用し, Sn-rich, および Sn-poor 条件それぞれの SnS 単相バルク結晶を作製し, その物性を比較することを目的とした.

実験方法 純錫と純硫黄粉末を所定の組成となるよう石英アンブルに真空封入 ($\sim 10^{-2}$ Pa) し, Sn-rich 条件は 900 °C, Sn-poor 条件は 500 °C で等温保持したのち炉冷することで SnS-Sn および SnS-Sn₂S₃ 二相試料を作製した. 作製した試料を再度石英アンブルに真空封入し, 試料全体を 900 °C まで昇温した. その後, Sn-rich 条件については, SnS と Sn の蒸気圧差を利用した気相成長法により, Sn-poor 条件に関しては溶液成長法により SnS 結晶作製を試みた. 作製した試料については, XRD による相同定, および van der Pauw 法による電気特性評価を行った.

実験結果・考察 図 1 に粉末 XRD 測定結果を示すように, Sn-rich, Sn-poor いずれの場合も SnS 単相が得られたことが確認できた. 図 2 (a) および (b) に SEM 像を示すように mm スケールの結晶が得られたため, 電気特性の評価を行った. 表 1 に結果を示す. Sn-poor 結晶のほうがキャリア密度は大きい, Sn-rich 結晶のほうが比抵抗は小さく, 移動度が大きいため, より光吸収層に適していることが分かった. 講演では結晶作製と物性評価について詳細に議論する.

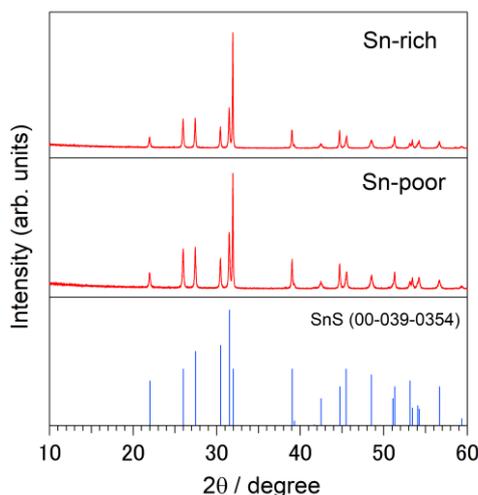


Figure 1. XRD profiles of SnS powder crystals.

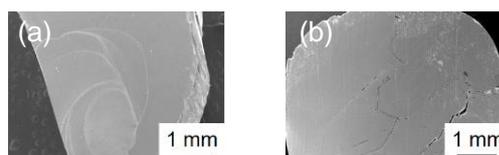


Figure 2. SEM images of SnS bulk crystals. (a) Sn-rich sample, and (b) Sn-poor sample

Table 1. Electrical properties of SnS bulk crystals.

Condition	Carrier type	Resistivity / $\Omega \text{ cm}$	Carrier concentration / cm^{-3}	Mobility / $\text{cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$
Sn-rich	p	8.73×10^{-2}	6.69×10^{17}	107
Sn-poor	p	1.18	1.28×10^{18}	4.14

[1] K. T. Ramakrishna Reddy *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **90**, 3041 (2006) [2] R. E. Banai *et al.*, IEEE J. Photovoltaics **3**, 1084 (2013) [3] P. Sinsermsuksakul *et al.*, Adv. Energy Mater. **4**, 1400496 (2014) [4] Y. Kumagai *et al.*, Phys. Rev. Appl., **6**, 014009 (2016).