

p 型透明 SnO 薄膜の作製と溶液反応による硫化プロセスの検討

Fabrication of p -type transparent SnO films and examination of sulfurization process with using solution reactions

東工大物質理工¹, 元素戦略² °内田 直理¹, 相馬 拓人¹, 大友 明^{1,2}

Tokyo Tech., Dept. Chem. Sci. Eng.¹, MCES², °Suguri Uchida¹, Takuto Soma¹, Akira Ohtomo^{1,2}

E-mail: uchida.s.aj@m.titech.ac.jp

【はじめに】一酸化スズ SnO は高移動度 p 型透明半導体として盛んに研究されている。SnO が高い正孔移動度を示す ($\sim 30 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ [1]) 理由は, Sn 5s と O 2p 軌道が強く混成した結合性軌道が空間的に広がった価電子状態をもたらすためである。一方で, 準安定な Sn^{2+} の酸化状態を制御する合成範囲は狭く, 結晶品質と p 型透明導電性の向上が課題である。一硫化スズ SnS は, 軌道混成の効果が SnO よりも強く働きより高い正孔移動度を示す ($\sim 100 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ [2])。しかし合成は更に困難である。本研究では, エピタキシャル安定化した SnO 薄膜を作製し, 溶液化学反応を用いたイオン交換により SnS を合成するプロセスを検討した。また, 合成した薄膜の物性を系統的に評価した。

【実験】SnO 多結晶ターゲットを用いてイットリア安定化ジルコニア (YSZ) (100)基板上にパルスレーザ堆積法により SnO 薄膜を作製した。得られた SnO 薄膜を硫化ナトリウム水溶液に浸漬し, 結晶性, 組成, 光学特性, 電気特性の変化を調べた。

【結果】Fig. 1 に作製した SnO 薄膜の X 線回折 (XRD) プロファイルを示す。成長条件を最適化することにより, (001)配向した SnO 薄膜が単相かつ高い結晶性で得られた。ホール効果測定および紫外可視分光測定により, 得られた薄膜は p 型伝導性と 2.9 eV の直接遷移ギャップを示すことが分かった。硫化ナトリウム水溶液に 4 h 浸漬した薄膜では, 結晶性と p 型伝導性を維持したまま薄膜の透明性が向上した。一方で 13 h 浸漬させると透明性は著しく低下し, SnS への完全な転換が確認された (Fig. 2)。発表では, 反応の進行に伴う光学・電気特性の変化と, そのメカニズムについて議論する。

[1] S. A. Miller, E. S. Toberer *et al.*, *J. Mater. Chem. C* **5**, 8854 (2017).

[2] M. Devika, K. R. Gunasekhar *et al.*, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* **20**, 1129 (2009).

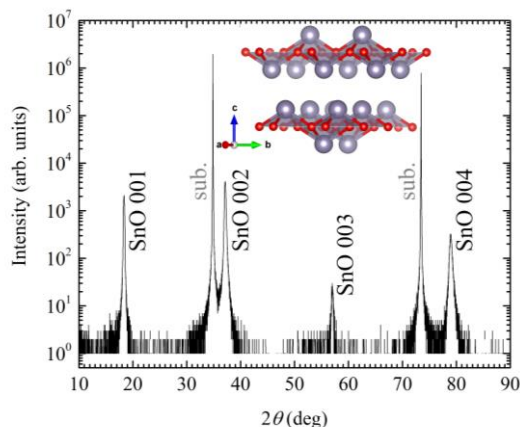


Fig. 1. Out-of-plane XRD profile of the SnO (001) thin film deposited on YSZ (100) substrate. Inset shows the schematic illustration of the crystal structure for SnO.

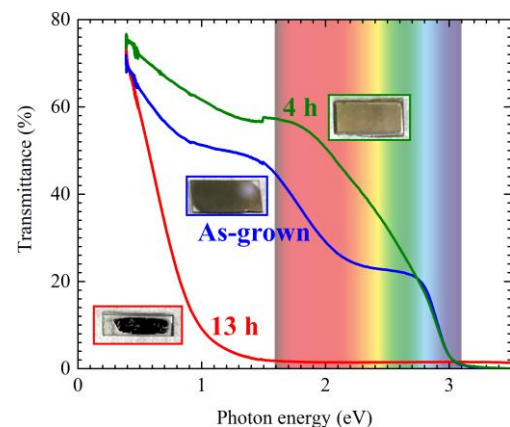


Fig. 2. Transmittance spectra and optical images of as-grown SnO and sulfurized films indicating bleaching followed by coloration.