

新深紫外透明導電体：ルチル型 Ta ドープ $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$

An ultraviolet-transparent conductor: rutile Ta-doped $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ thin films

東大院理¹, °長島 陽¹, 廣瀬 靖¹, 土井 雅人¹, 福本 通孝¹, 長谷川 哲也¹

Univ. of Tokyo¹, °Yo Nagashima¹, Yasushi Hirose¹, Masato Tsuchii¹, Michitaka Fukumoto¹, and

Tetsuya Hasegawa¹

E-mail: nagashima@chem.s.u-tokyo.ac.jp

【背景】近年、医療、産業、農業などの幅広い領域で紫外光の活用が進んでおり、紫外 LED や紫外光センサーなどの光エレクトロニクスデバイスの開発が盛んである。これらの光デバイスの高効率化には高性能な透明電極が有効であるが、特に波長 300 nm 以下の深紫外光を透過可能な透明導電体は研究途上である。我々は最近、代表的な透明導電体の母材料である SnO_2 に GeO_2 を固溶すると光学ギャップが増大し、酸素空孔や Ta などのドナー不純物の導入により導電性が発現することを報告した[1]。今回は、Ta ドープ $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ エピタキシャル薄膜 (Ta:SGO) の電気輸送特性を詳細に調べ、深紫外光まで利用可能な透明導電体として有望なことを見出したので報告する。

【実験手法】 $\text{Ta}_y(\text{Sn}_{0.5}\text{Ge}_{0.5})_{1-y}\text{O}_2$ 焼結体ターゲット ($y = 0 - 0.03$) を用いたパルスレーザー堆積法により、Ta:SGO (001) 薄膜を TiO_2 (001)面および m 面 Al_2O_3 基板上にエピタキシャル成長した。基板温度は $T_s = 500^\circ\text{C}$ に固定し、酸素分圧 P_{O_2} を成膜パラメータとした。化学組成を SEM-EDX、電気輸送特性を Hall 効果測定と 4 端子抵抗測定、光学特性を紫外可視分光法で評価した。

【結果】 Fig. 1 に TiO_2 (001)基板上の Ta:SGO 薄膜 (膜厚 $t \sim 70$ nm, $x = 0.4$) の輸送特性を示す。Ta 添加量 y によらず P_{O_2} の増大に伴ってキャリア濃度 n_e と移動度 μ が減少し、カチオン空孔などの p 型欠陥によりキャリアが補償されることが示唆された。Ta ドープにより n_e は約 1 桁上昇し、抵抗率 ρ は $10^{-4} \Omega\text{cm}$ 台まで減少した。Ta ドープ量 y とともに n_e は増大したが、 $y = 0.02, 0.03$ ではキャリア活性化率と μ が減少し、 ρ はほぼ一定となった。m 面 Al_2O_3 基板上の Ta:SGO 薄膜 ($x = 0.4$) の光透過率スペクトルを Fig. 2

に示す。ノンドープ SGO 薄膜の光学ギャップ E_{opt} は SnO_2 薄膜より 0.2 eV 大きく、Ta ドープに伴う Burstein-Moss シフトによりさらに 0.3 eV ($y = 0.02$) 増大した。 $y = 0.02$ の Ta:SGO 薄膜は、シート抵抗 $22 \Omega/\square$ で波長 250 nm までの深紫外光を透過し (60% @ 280 nm, 39% @ 270 nm, 21% @ 260 nm)、深紫外透明導電膜として優れた特性を示した。

【参考文献】 [1] 長島他, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会, 19p-Z33-16

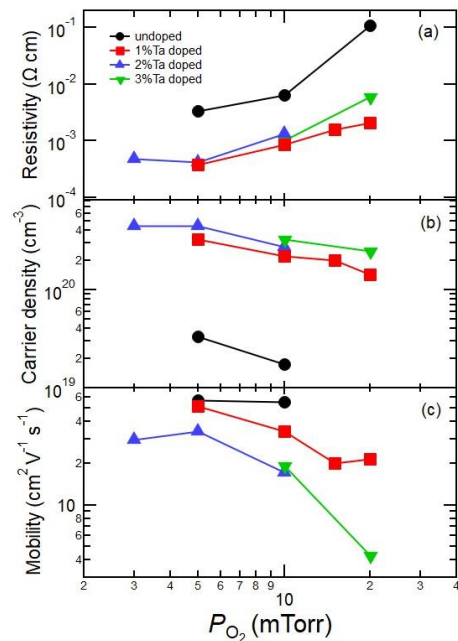


Fig. 1 (a): Resistivity, (b): carrier density, (c): mobility of the Ta:SGO thin films ($x \sim 0.4$) grown on TiO_2 (001) substrates.

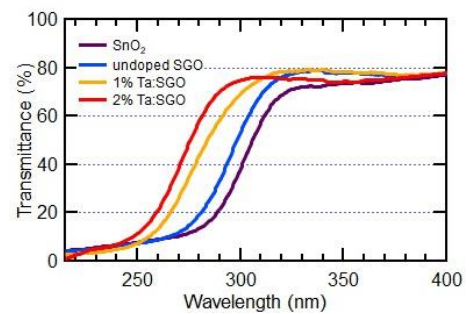


Fig. 2 Optical transmission spectra of SnO_2 and Ta:SGO thin films ($x \sim 0.4$) on m- Al_2O_3 substrates.