

ルチル型酸化スズ-酸化ゲルマニウム混晶 $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ 薄膜の光学特性

Optical properties of rutile $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ 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】 酸化スズ SnO_2 は代表的なワイドギャップ酸化物半導体($E_g = 3.6 \text{ eV}$)で、透明導電体や薄膜トランジスタ、ガスセンサーなどに応用されている。本研究では、同じルチル型の結晶構造をもつ超ワイドギャップ半導体である酸化ゲルマニウム GeO_2 ($E_g = 4.68 \text{ eV}$ [1])との混晶による SnO_2 のバンドエンジニアリングを試みた。

【実験手法】 $\text{Sn}_{0.5}\text{Ge}_{0.5}\text{O}_2$ ターゲットを用いたパルスレーザー堆積法により、 TiO_2 (001)および MgF_2 (001)単結晶基板上に $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ 薄膜を成膜した。比較のため、 SnO_2 (001)エピタキシャル薄膜も同じ条件で作製した。酸素分圧は $P_{\text{O}_2} = 10 \text{ mTorr}$ に固定し、基板温度 T_s を成膜パラメータとした。結晶構造は X 線回折(XRD)、化学組成はエネルギー分散型 X 線分析、光学特性は紫外可視分光法により評価した。

【結果】 いずれの基板上でも、 $T_s = 400^\circ\text{C}$ および 500°C でルチル型 $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ 薄膜のエピタキシャル成長を確認した(Fig. 1a)。それぞれの T_s における薄膜の組成は $\text{Sn}_{0.53}\text{Ge}_{0.47}\text{O}_2$ と $\text{Sn}_{0.62}\text{Ge}_{0.38}\text{O}_2$ で、 $T_s = 500^\circ\text{C}$ では再蒸発による Ge の減少が示唆された。 $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ 薄膜の格子定数は Vegard 則から予測される値とよく一致し(Fig. 1b)、 SnO_2 と GeO_2 が固溶していることが確認できた。直接遷移型半導体を仮定して Tauc プロットから求めた $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ (001)薄膜の光学ギャップ E_{opt} は、 SnO_2 (001)薄膜よりも $0.1\text{-}0.2 \text{ eV}$ 程度大きな値を示した(Fig. 2)。

【参考文献】 [1] M. Stapelbroek et al., Sol. State. Commun. 25, 959 (1978).

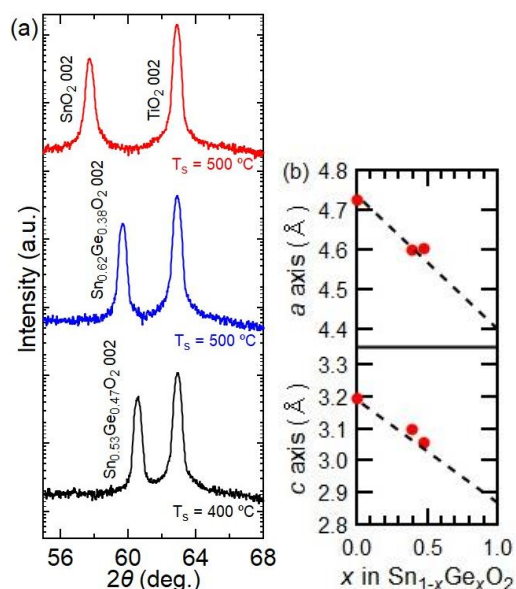


Fig. 1 (a) XRD patterns of the $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ thin films ($x = 0, 0.38, 0.47$) deposited on TiO_2 (001) substrates. (b) Lattice constants of the $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ thin films deposited on TiO_2 (001) substrates. Dashed lines represent the lattice constants assuming the Vegard's law.

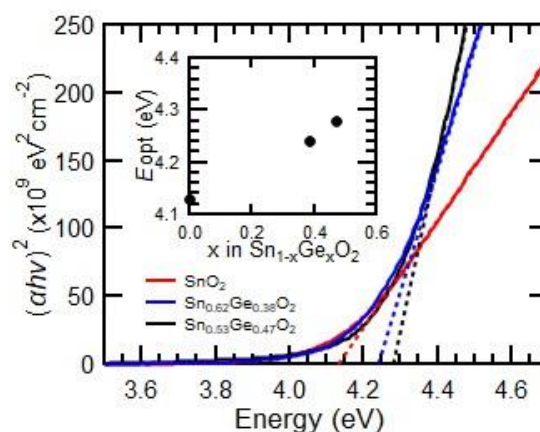


Fig. 2 Determination of E_{opt} of the $\text{Sn}_{1-x}\text{Ge}_x\text{O}_2$ films deposited on MgF_2 (001) substrates via Tauc plots.