

非晶質 SnO₂ 薄膜の電気伝導 : Ta 置換量依存性Ta-Doping Effect on Electrical Conduction in Amorphous SnO₂ Thin FilmsKAST¹, CREST², 東大理³ ○中尾祥一郎^{1,2}, 廣瀬靖^{1,2,3}, 福村知昭^{1,2,3}, 長谷川哲也^{1,2,3}KAST¹, CREST², Univ. of Tokyo³ ○S. Nakao^{1,2}, Y. Hirose^{1,2,3}, T. Fukumura^{1,2,3},T. Hasegawa^{1,2,3}

E-mail: tg-s-nakao@newkast.or.jp

【背景】非晶質透明導電膜(a-TCO)は低いプロセス温度、平坦な表面等の特長を持ち、In₂O₃ 系において精力的に研究されてきた。一方、SnO₂系においてはa-TCOとしての研究例は多くない[1,2]。これは、スパッタ法では非加熱基板上においても意図しない基板温度上昇等の理由で非晶質薄膜が得にくい為である。その結果、カチオン置換のキャリアドープとしての有効性といった基本的な問題も明らかではない[2]。今回、パルスレーザー蒸着法を用いて非晶質 SnO₂ 薄膜を作製し、Ta 置換量(x)とキャリア濃度(n_e)の関係について調べたので報告する。

【実験】Sn_{1-x}Ta_xO₂ 薄膜(x = 0-0.03, 膜厚 100-160 nm)を非加熱の無アルカリガラスもしくは熔融石英基板上に成長させた。サーモラベルを用いて基板温度が 50 度以下に保たれている事を確認した。酸素分圧は 2.5 × 10⁻² Torr とした。

【結果】得られた薄膜は X 線回折からは全て非晶質であった。図 1 に典型的な薄膜の光学特性を示す。結晶質の SnO₂ 薄膜と同様に可視光の透過率は高い(~80%)。その一方、得られた光学ギャップの値は 2.7 eV であり、結晶質の SnO₂ 薄膜より小さくなっている。

図 2 に n_e の x 依存性を示す。多結晶 SnO₂ 薄膜においては、x の増加に伴って単調に n_e は増加し、そのドーピング効率は 70-100%[3]と非常に高い。その一方、非晶質 SnO₂ 薄膜においては非常に対照的な振る舞いが見られる。すなわち非晶質 SnO₂ 薄膜は無置換においても 2 × 10²⁰ cm⁻³ 程度の n_e を示すが、x の増加に対して n_e は僅かに減少する。この結果は非晶質 SnO₂ 薄膜においては、In₂O₃ 系 a-TCO と同様に、カチオン置換がキャリア生成に寄与していない事を示している。この為、Ta 置換 SnO₂ 薄膜を低基板温度において作製する際は結晶質の薄膜を作製する方が好ましいと考えられる。

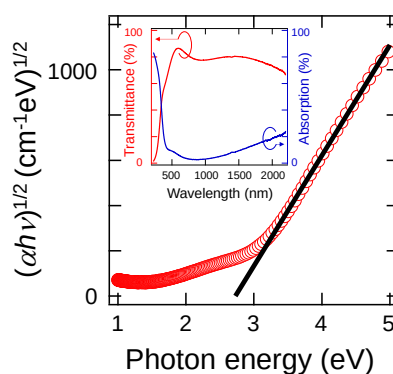
[1] Kim *et al.*, Thin Solid Films **515**, 2475 (2006).[2] Kaplan *et al.*, Thin Solid Films **194**, 1 (1994). [3] Nakao *et al.*, Appl. Phys. Express **3**, 031102 (2010).

Fig. 1. $(\alpha h\nu)^{1/2}$ as a function of photon energy for an amorphous SnO₂ film. The inset shows transmittance and reflectance spectra of the film.

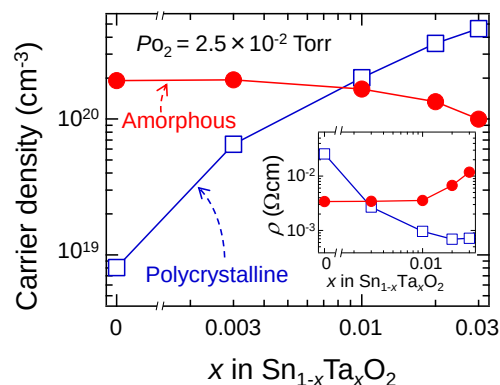


Fig. 2. Comparison of x dependence of n_e in amorphous and polycrystalline [3] Sn_{1-x}Ta_xO₂ films. The inset shows x dependence of ρ.