

固相結晶化過程での Sn 添加 In_2O_3 薄膜における 構造・電気・光学特性の温度依存性

Temperature dependence of structural, electrical and optical properties of Sn-doped In_2O_3 films formed by solid-phase crystallization

高知工科大総研¹, (株)リガク² ○山本哲也¹, 古林寛¹, 牧野久雄¹,
小林信太郎², 石川和彦², 稲葉克彦²

Kochi Univ. Tech., Res. Inst.¹, Rigaku Corp.², ○Tetsuya Yamamoto¹, Yutaka Furubayashi¹,
Hisao Makino¹, Shintaro Kobayashi², Kazuhiko Ishikawa², Katsuhikio Inaba²

E-mail: yamamoto.tetsuya@kochi-tech.ac.jp

【緒言】我々は反応性プラズマ蒸着法により成膜された In_2O_3 系透明導電膜の固相結晶化効果を検討している^{1,2}. 固相結晶化とは基板上にアモルファス状態の薄膜を成膜し、その後、熱アニールなどで多結晶状態の薄膜を得る方法である³. 最近では非平衡大気圧開放系条件での2次元検出器搭載の X 線回折法観察によるオペランド測定を用いることで薄膜構造変化の温度依存性が解明された. 本発表では熱アニールの構造・電気・光学特性への効果を議論する.

【実験】まず, Sn 添加 (5 wt. %) In_2O_3 (ITO) 薄膜 (膜厚: 50 nm) を基板無加熱条件で反応性プラズマ蒸着法により無アルカリガラス基板上に成膜した (電気抵抗率 $3.60 \mu\Omega\text{m}$, キャリア密度 $3.02 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, ホール移動度 $57.55 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$). その後、リガク Smart Lab 加熱ステージを利用し、大気圧条件下で昇温 ($5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{分}$, 上限温度 $300 \text{ }^\circ\text{C}$) し、各温度にて取り出し、室温まで下げる特性を評価した. 構造特性は out-of-, 及び in-plane XRD 測定, 電気特性はホール効果測定 (Nanometrics HL 5500PC), 結晶子サイズやその配向特性などは Electron Back Scatter Diffraction (EBSD: MST), 及び光学特性は分光光度計 (HITACHI U4100) を用いて測定し、解析を行った.

【結果と考察】図 1 にホール効果測定及び図 2 に光学反射率測定結果を示す. XRD 観察から ITO 薄膜は $190 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上で結晶化 ((222) ピーク回折が主) が始まり、 $210 \text{ }^\circ\text{C}$ 以上では顕著なアモルファス状態を反映するピークは観察されなかった. キャリア密度 n_e は $205 \text{ }^\circ\text{C}$ から $220 \text{ }^\circ\text{C}$ 付近までゆるやかな増加が見られる一方でホール移動度 μ_H は $210 \text{ }^\circ\text{C}$ 付近まで温度と共に減少し、その後、増大、 n_e と共に飽和する. 光学透過率及び反射率測定結果は上記温度依存性と整合し、 $225 \text{ }^\circ\text{C}$ に至って、飽和することが明らかとなった. EBSD 結果からはサイズ 800 nm 程度の結晶子内において (222) 配向角度の位置依存性が顕著となり、 μ_H 抑制因子として働くことが推測された.

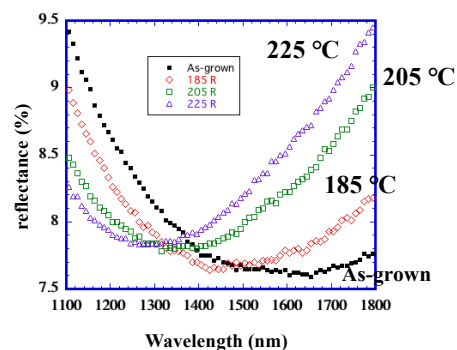
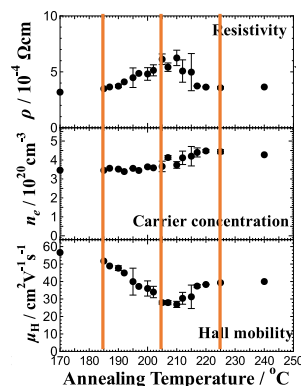


FIG. 1 Hall-effect measurement results. FIG. 2 Optical reflectance of ITO films.

【謝辞】成膜条件の検討や特性議論に当たっては住友重機械工業株式会社 前原誠様, 北見尚久様, 酒見俊之様, 高橋伸明様, 及び木下公男様にご指導を受けた. 感謝の意を表する.

参考文献: (1) E. Kobayashi, et al., Appl. Phys. Express, **8** (2015) 015505; (2) Y. Furubayashi, et al., Appl. Phys. Express, **13** (2020) 065502; (3) T. Koida et al., J. Appl. Phys., **107** (2010) 033514.