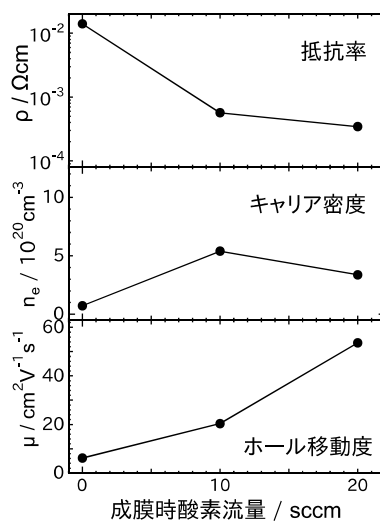
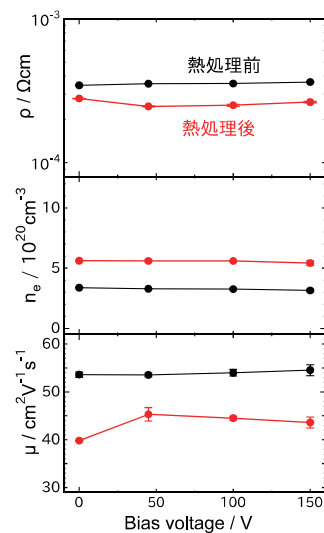


低膜厚 (< 50 nm) 錫添加 In_2O_3 非晶質膜における高ホール移動度High-Hall-mobility amorphous tin-doped In_2O_3 films of thicknesses of less than 50 nm高知工科大総研¹, 住友重機械², 古林寛¹, 北見尚久^{1,2}, 酒見俊之², 木下公男², 前原誠², 牧野久雄¹, 山本哲也¹Research Inst., Kochi Univ. Tech.¹, Sumitomo Heavy Industries, Ltd.², Y. Furubayashi¹,H. Kitami^{1,2}, T. Sakemi², K. Kinoshita², M. Maehara², H. Makino¹, and T. Yamamoto¹

E-mail: furubayashi.yutaka@kochi-tech.ac.jp

はじめに: 錫添加 In_2O_3 (ITO) は優れた光学的透明性と電気伝導性を有し、資源問題を抱えつつも透明導電膜として最も広く用いられている。 In_2O_3 は高ホール移動度 (μ_{H}) 実現の報告^[1]があり、最近では $150 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 近くの μ_{H} が $(\text{In,Ce})_2\text{O}_3\text{:H}$ 薄膜において実現されている^[2]。一方、これまで In_2O_3 系薄膜において高 μ_{H} が実現出来ているのは 100 nm 以上の高膜厚^[2,3]もしくは高基板温度^[1]であることが多く、低温プロセスかつ 50 nm 以下の低膜厚領域における結果は殆ど見られない。本研究では、高品質な薄膜が高速で得られる反応性プラズマ蒸着 (RPD) 法^[4]を用いることにより、40 nm 以下の ITO 非晶質膜にて $54 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の高 μ_{H} を達成した。

実験結果: Corning ガラス基板上に、ITO 膜 (Sn: 5 wt%; 膜厚 40 nm) を RPD 法により、非加熱成膜条件で成膜した。高分解能 X 線回折 (リガク ATX-G) からはガラス由来ハローのみが観測された。図 1 にはホール効果測定で得られた電気特性の成膜時酸素ガス流量 (OFR) 依存性を示す。電気特性は OFR 増加と共に改善され、OFR = 20 sccm において $\rho = 3.4 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$ と $\mu_{\text{H}} = 54 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ とが得られた。膜の設計的改質の為、RPD 装置内部において酸素負イオン (O^-) 生成・照射を非加熱条件下で実施 (照射時間 30 分) 後、大気中 200 °C で 30 分間熱処理し、多結晶膜とした。図 2 に O^- 照射及び熱処理後における電気特性の O^- 照射バイアス電圧依存性を示す。熱処理後、キャリア密度 (n_e) は増加、 μ_{H} は減少し、イオン化不純物散乱機構が効いている様相であった。しかし、静的誘電率を 8.9 と仮定^[5]すると上記機構由来の μ_{H} ^[6]は約 $200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上となり実測値とは大きく異なる。一方、 O^- 照射は熱処理後の μ_{H} 減少を抑制した。多結晶構造ながらも格子秩序の空間均一性に劣ることが考えられ、In 5s, 5p 状態の局在化領域分布の乱雑さが μ_{H} を下げる原因と推察される。

[1] Calnan *et al.*, Thin Solid Films **518**, 1839 (2010).[2] Kobayashi *et al.*, Appl. Phys. Expr. **8**, 015505 (2015).[3] Martins *et al.*, Phys. Stat. Sol. (a) **202**, R95 (2005).[4] Shirakata *et al.*, Thin Solid Films **445**, 278 (2003).[5] Hamberg *et al.*, J. Appl. Phys. **60**, R123 (1986).[6] Furubayashi *et al.*, J. Appl. Phys. **101**, 093705 (2007).図 1 ITO 薄膜の電気特性の成膜時 O_2 流量依存性図 2 ITO 薄膜の電気特性の O^- 照射バイアス電圧依存性。黒点は O^- 照射のみ、赤点は O^- 照射後に熱処理した結果を、それぞれ示す。