

反応性スパッタによる SnO_x 薄膜のキャリアの発生源と伝導機構

Carrier Sources and Conduction Mechanisms of Sputtered SnO_x thin films

早大国際理工¹, 青学大理工², あいちシンクロトロン光センター³

○賈 軍軍¹, 数金 拓巳², 中村 新一², 岡島 敏浩³, 重里 有三²

Waseda Univ. (GCSE)¹, Aoyama Gakuin Univ.², Aichi Synchrotron Radiation Center³,

○Junjun Jia¹, Sugane Takumi², Nakamura Shin-ichi², Toshihiko Okajima³, Yuzo Shigesato³

E-mail: jia@aoni.waseda.jp, and yuzo@chem.aoyama.ac.jp

【背景と目的】 n 型の In_2O_3 系、 ZnO 系、 SnO_2 系等の酸化物透明導電膜における化学量論組成比と電気特性に関する研究は幅広く行われてきた[1]。また、p 型酸化物透明導電膜に関して価電子帯がカチオンの s 軌道と酸素 2p 軌道で混成されている高移動度の材料に関して報告されてきた。本研究では、高速フィードバックシステムにより遷移領域で安定した成膜が可能な反応性スパッタ法[2]を用いて、n 型 SnO_2 から p 型 SnO 薄膜にいたる様々な化学量論組成を持つ SnO_x 薄膜を作製し、p 型 SnO 薄膜のキャリアの発生源及び伝導機構を検討した [3]。

【実験】 Sn 金属ターゲット表面の二次電子放出係数の変化を高速でモニターする in-situ インピーダンス制御法[2]によりターゲット表面の酸化状態を精密に制御することで、反応性スパッタ特有の遷移領域におけるヒステリシス現象を克服し、様々な化学量論組成を有する SnO_x 薄膜を 200℃の石英ガラス基板上に作製した。ここで、カソード電圧が高くなるとターゲット表面の酸化の程度が小さく、より還元側での成膜条件となる[2]。

【結果と討論】 様々な化学量論組成比(x)を有する SnO_x 薄膜のホール効果測定により、カソード電圧が 455V 以上において、 SnO_x 薄膜の p 型伝導を確認した。XPS 及び XRD 測定により、これらの p 型 SnO_x 薄膜は層状の SnO 結晶構造であるが、 Sn^{2+} だけではなく少

量の Sn^{4+} が含まれており、 SnO より僅かに酸素過剰な状態であることが分かった。XAFS 解析の結果、 SnO 結晶構造中に Sn 空孔が存在すると考えられる。また、還元側に行くに従って正孔濃度が減少し、これはキャリア発生源である格子間酸素の減少に起因していると考えられる (図 1)。

【結論】 in-situ インピーダンス制御法を用いた反応性スパッタ法により、様々な電気特性を有する p 型 SnO_x 薄膜を作製した。キャリア発生源は Sn 空孔と格子間酸素が考えられる。不純物相である SnO_2 と Sn_3O_4 は正孔トラップとしての働きがあり、正孔移動度の減少にも影響する。これらの研究成果により、同一の反応性スパッタプロセスでインピーダンス制御の設定値を変えることで酸化物の p-n 接合界面の作製が可能で、酸化物エレクトロニクスへの応用が期待できる。本研究の一部は、科研費 (20K05368) の助成を受けたものである。

【参考文献】 [1] J. Jia, Y. Shigesato, et al., J. Appl. Phys. 112, 013718 (2012), Appl. Phys. Express, 7(10), 105802, (2014), and J. Appl. Phys. 113, 163702 (2013). [2] Y. Muto, Y. Shigesato, et.al., Thin Solid Films 520, 1178 (2011), and Thin Solid Films 520 3746 (2012). [3] J. Jia, Y. Shigesato, et al., J. Appl. Phys. 127, 185703 (2020)

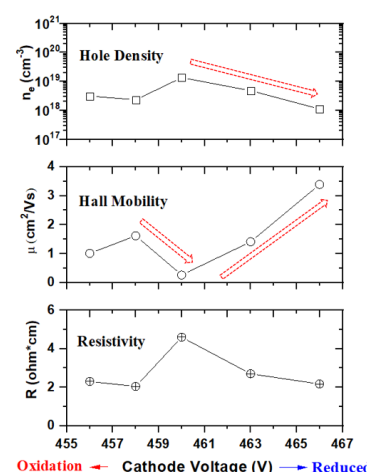


図1、様々な化学量論組成比(x)のp型 SnO_x 薄膜の電気特性