

# MnドーピングITOエピタキシャル成長膜の物性に対するSn濃度依存性

## Sn-Doping Concentration Dependence of Physical Properties of Epitaxial Mn-Doped ITO Films

京大院人環<sup>1</sup>, 日本学術振興会(特別研究員)<sup>2</sup>, 京大国際高等教育院<sup>3</sup> ○北川 彩貴<sup>1,2,3</sup>, 中村 敏浩<sup>1,3</sup>

Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto Univ.<sup>1</sup>,

Japan Society for the Promotion of Science.<sup>2</sup>, ILAS, Kyoto Univ.<sup>3</sup>

○Saiki Kitagawa<sup>1,2,3</sup>, Toshihiro Nakamura<sup>1,3</sup>

E-mail: [kitagawa.saiki.75z@st.kyoto-u.ac.jp](mailto:kitagawa.saiki.75z@st.kyoto-u.ac.jp)

**【研究背景】**スピントロニクス材料の一種として希薄磁性半導体が注目を集めている。本研究では、酸化物系希薄磁性半導体のMnドーピング酸化インジウムスズ(ITO: Indium Tin Oxide)薄膜に着目した。MnドーピングITO薄膜はITO薄膜にMnを少量添加した物質であり、 $10^4 \Omega\text{cm}$ オーダーの低い電気抵抗率と可視光領域での高い透過率に加えて室温下での強磁性を示す。<sup>1)</sup>酸化インジウム薄膜に対するSnやMnなどのドーパントは、得られる薄膜の電子状態に変化を与え、その物性に大きな影響を与えるものと考えられる。<sup>2)</sup>そこで、材料としての特性を向上させるためにドーパントと物性の相関関係を調査することは重要な課題となる。本研究では、MnドーピングITOエピタキシャル成長膜の物性に対するSn濃度依存性を評価することを目的として研究を遂行した。

**【実験・結果】**高周波マグネトロンスパッタリング法によって $\text{In}_{1.9-x}\text{Sn}_x\text{Mn}_{0.1}\text{O}_3$  ( $x = 0.05, 0.1, 0.2$ )の組成をもつ3種類のMnドーピングITO薄膜を、(111)の方位をもつイットリア安定化ジルコニア(Yttria Stabilized Zirconia: YSZ)単結晶基板上に作製した。

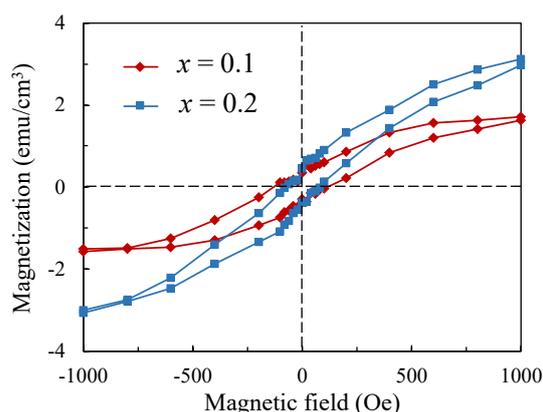
X線回折法によって各試料の結晶性を評価した結果、それぞれ基板の結晶方位に沿って成長していることが確認された。さらに、極点測定も行い、全ての試料においてエピタキシャル成長していることがわかった。紫外可視吸収分光測定によって各試料の透過スペクトルを取得し、透過性を評価し

た。ホール効果測定によって各試料の電気輸送特性を評価した結果、Sn濃度の増加に伴って電気抵抗率が減少し、キャリア密度が単調に増加することが確認された。また、成膜した各試料に対する磁化測定の結果から、室温下での強磁性を示す磁気ヒステリシス曲線が全ての試料で観測された。**Figure 1**に示すように、Snドーピングによるキャリア密度の増加に伴って飽和磁化も増加することがわかった。飽和磁化とキャリア密度の相関を考えると、強磁性の発現機構として、遍歴電子によるキャリア誘起強磁性が関与していることが示唆される。

本研究から、MnドーピングITO薄膜のSn濃度は電気、光学および磁気特性に大きな影響を与える重要な要素となり、特にSn濃度が高い試料において良好な物性を示すことが明らかになった。

<参考文献> 1) [S. Kitagawa and T. Nakamura, J. Appl. Phys. 134, 165302\(2023\).](#)

2) D. Ootsuki, T. Ishida, N. Tsutsumi, M. Kobayashi, K. Inagaki, T. Yoshida, Y. Takeda, S. Fujimori, A. Yasui, [S. Kitagawa, and T. Nakamura, Phys. Rev. Mater. 7, 124601\(2023\).](#)



**Fig.1.** Magnetization vs applied magnetic field curves measured at 300K for the epitaxial Mn-doped ITO films.