

窒素添加スパッタ法による高移動度アモルファス $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ 薄膜の高温成膜

Sputter deposition of high-mobility amorphous $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ films above 350°C using nitrogen

九大シス情[○]御堂 雄大, 山下 大輔, 奥村 賢直, 鎌滝 晋礼, 古閑 一憲, 白谷 正治, 板垣 奈穂

Kyushu Univ., Yuta Mido, Daisuke Yamashita, Takamasa Okumura, Kunihiro Kamataki,

Kazunori Koga, Masaharu Shiratani, Naho Itagaki

E-mail: y.midou@plasma.ed.kyushu-u.ac.jp

$\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ (ITO) 薄膜は可視光領域における高い透過率と低い電気抵抗率を併せ持つことから、タッチパネル等の透明電極として用いられている。近年、優れた表面平坦性や高いエッチング速度といった優位性から、アモルファス ITO (a-ITO) 膜が注目されている。a-ITO 膜は従来、基板温度を In_2O_3 の結晶化温度 ($\sim 150^\circ\text{C}$) よりも低い温度に設定することで作製されていたが、これまで報告されている a-ITO 膜は結晶 ITO 膜と比較して、i) キャリア移動度が低い ($20\text{--}30\text{ cm}^2/\text{Vs}$), ii) 熱安定性が低い、という課題があった。そこで我々は、温度ではなく不純物を新たな制御パラメータとし結晶成長を抑制することで、結晶化温度である 150°C でのアモルファス化を実現すると同時に、a-ITO 膜の高移動度化 ($50\text{ cm}^2/\text{Vs}$) と熱安定性の向上に成功した [1,2]。本研究では、不純物である N 原子フラックスを制御することで、結晶化温度よりもはるかに高い 350°C での a-ITO 膜の作製に成功したので報告する。

ITO 薄膜は RF マグネトロンスパッタリング法を用いて作製した。基板には石英ガラスを用い、スパッタリングガスは Ar および N_2 を用いた。全圧は 0.9 Pa 、窒素流量比は $0\text{--}20\%$ とし、基板温度は 350°C とした。ターゲットには $\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$ ($10\text{ wt.}\%$) を使用した。膜厚は 50 nm とした。

図 1 に ITO 膜の XRD スペクトルを示す。窒素を添加していない ITO 膜では In_2O_3 由来の回折ピークが確認されたのに対し、窒素を 10% 添加した ITO 膜では回折ピークが確認されず、膜がアモルファスとなることが分かった。この原因としては、まずプラズマ中で生成した N 原子が膜成長表面に吸着し結晶核生成を抑制したこと、そして膜中に取り込まれた N 原子が In_2O_3 のビックスサイト構造を乱したことが考えられる。なおこの時、真空紫外吸収分光法により、プラズマ中の窒素原子濃度は $1.5 \times 10^{11}\text{ cm}^{-3}$ であることを確認している。また電気特性の評価を行ったところ、上記 a-ITO 膜は $66\text{ cm}^2/\text{Vs}$ の高いキャリア移動度を示した。これは、高温成膜により膜密度が向上したことに加え、アモルファス膜内の短・中距離秩序性が向上したことが原因と考えられる。

本研究の一部は JSPS 科研費 JP21H01372, NTT 共同研究費、豊田理研スカラーの助成を受けた。

[1] T. Takasaki, et. al., Proc. 68th GEC/9th ICRP/33rd SPP **60**, 9, GT1.150 (2015).

[2] 板垣奈穂他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 6p-C17-9 (2017).

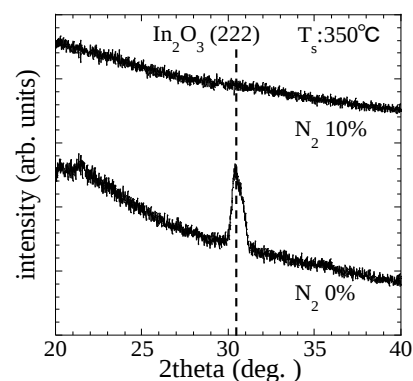


Fig. 1. XRD spectra of ITO films deposited at $T_s = 350^\circ\text{C}$ at N_2 flow rate ratios of 0% and 10%.

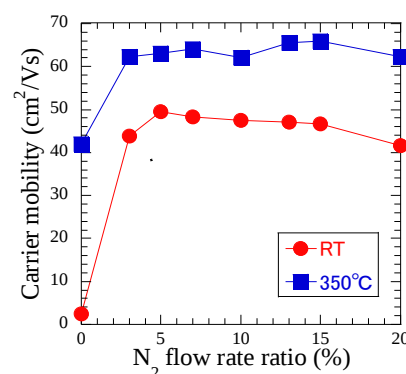


Fig. 2. Carrier mobility of ITO films deposited at $T_s = \text{RT}, 350^\circ\text{C}$ as a function of N_2 flow rate ratios.