

Ce ドープ水素化酸化インジウム (ICO:H) 薄膜の高温アニール特性

High temperature annealing property in Cerium-Doped hydrogenated In₂O₃(ICO:H)産総研¹, 千葉大², [○](M1)工藤 晃哉^{1,2}, 陳 家驍¹, 前田 辰郎¹AIST.¹, Chiba Univ.², [○]Koya Kudo^{1,2}, Chia-Tsong Chen¹, Tatsuro Maeda¹

E-mail: k.kudou@aist.go.jp

【はじめに】

ITO に代表される酸化インジウムをベースにした透明導電性酸化物 (Transparent Conductive Oxide; TCO) は、液晶ディスプレイや太陽電池の窓電極などで広く利用されている。また、近年では TCO/半導体界面を利用した光センサーや、その界面特性の良好さを活かした低抵抗電極としての応用が期待されている。我々は、高い導電性を有する TCO として知られるセリウム (Ce) をドープした水素化酸化インジウム (ICO:H) に注目している。水素は、ドーパントとして機能すると同時に、非加熱堆積時のアモルファス化を促進し、固相結晶化 (SPC) 後の結晶粒サイズを増加させる効果を持つ [1]。一方、Ce ドーピングは、ドーパントサイト付近のひずみの低減や酸素空孔の抑制を通じて、結晶性の向上と移動度の増大が期待される [2]。本研究では ICO:H の低抵抗電極としての応用を目指して、スパッタ成膜条件の最適化と高温アニール時の導電性劣化を抑制する条件について検討した。高温アニール時の導電性劣化の抑制は、半導体デバイスにおける低抵抗電極としての応用を実現する上で重要な課題である。

【実験方法】

成膜は、CeO₂ を 1 wt% ドープした In₂O₃ をターゲットに用いた DC スパッタ法で実施した。スパッタ条件として、圧力を 2.0×10⁻³ Torr、バイアスを 20 W に設定した。O₂ 濃度最適化の実験では、成膜中の H₂ 濃度を 1.5% に固定、O₂ 濃度を 0% から 1% の範囲で変化させた。さらに、SPC 時のアニールガスおよびアニール温度依存性を調べるために、N₂、Forming gas (FG)、Dry Air の 3 種類のガスを用い、170 °C から 400 °C の範囲でアニール処理を行った。ホール測定と走査イオン顕微鏡 (SIM) により、SPC 前後の ICO:H 膜の電気特性と結晶粒サイズを評価した。

【実験結果】

N₂ 中 250 °C の条件下での SPC 膜の移動度と結晶粒サイズの O₂ 濃度依存性を調べた結果、O₂ 濃度が 0.3% のとき、移動度と結晶粒サイズが最大となり、この条件を最適条件と決定した。アニールガス依存性については、N₂ および FG アニールでは 250 °C、Dry Air アニールでは 200 °C で移動度が最大値を示した。移動度の最大値は 3 種類のガスで明確な違いは確認されなかった。一方、高温アニール条件ではガス種によって移動度の劣化に明確な違いが見られ、FG アニールでの移動度劣化が最も小さいことが確認された。N₂ と FG アニール後の SPC 膜の SIM 像の結果より、250 °C と 400 °C で結晶粒サイズに大きな変化は見られなかった。そのため、FG アニールで移動度劣化が小さくなるのは水素分圧が高いため、ICO:H 膜からの水素脱離が抑制され、不純物散乱体が水素由来の一価から酸素空孔由来の二価に変化するのを抑制するためだと考えられる。以上より、ICO:H 膜を低抵抗電極として応用するためには、高温での水素脱離を考慮したプロセスを構築することが重要である。

【謝辞】

本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業 先端的カーボンニュートラル技術開発 (ALCA-Next) JPMJAN23E4 および JSPS 科研費 JP24K17328 の支援を受けています。

【参考文献】

- [1] T. Koida et al., Physica Status Solidi A, vol. 1700506, 2018.
[2] E. Kobayashi et al., Applied Physics Express, vol. 8, 015505, Dec. 2014.

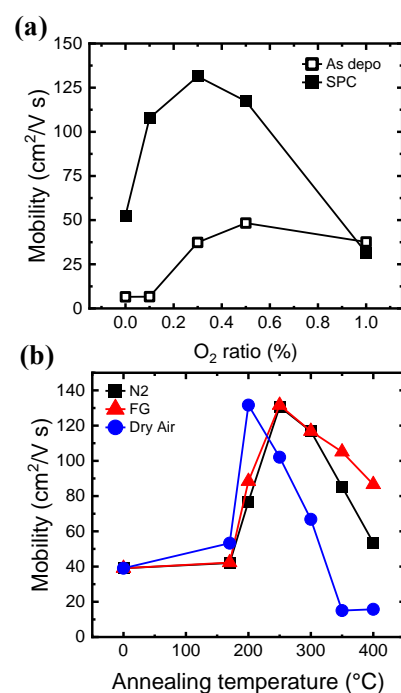


Fig.1. (a). Dependence of mobility on the oxygen ratio. (b). Dependence of mobility on annealing temperature for each gas.