B ドープ In_2O_3 透明導電膜における微量不純物濃度での移動度向上

Mobility improvement of B-doped In_2O_3 transparent conductive film with a small amount of impurity

工学院大工 ○(M1)森 峻，一関 夢希也，渡辺 幸太郎，大榮 海斗，永井 裕己，山口 智広，尾沼 猛儀，本田 徹，相川 慎也

Kogakuin Univ., Shun Mori, Yukiya Ichinoseki, Kotaro Watanabe, Kaito Oe, Hiroki Nagai, Tomohiro Yamaguchi, Takeyoshi Onuma, Tohru Honda, Shinya Aikawa

E-mail: aikawa@cc.kogakuin.ac.jp

次世代エネルギー・情報デバイスの高性能化・フレキシブル化に向け，透明電極材料の導電率および透明性両方の向上とともに，室温での形成が求められているが，現行 ITO は特性向上が限界にきている．酸化インジウム系透明導電膜は，ドーパントイオン半径の減少により，電子の散乱確率が低下し電子移動度が向上することが知られている [1]．この知見をもとに，我々はイオン半径の小さいホウ素を添加したホウ素ドープ酸化インジウム（IBO）を開発している [2]．As-depo にも関わらず，In_2O_3 に対して移動度向上が確認できたが，最適なドーパント濃度は判明していない．本研究では，IBO の B 含有量を変化させ，結晶構造，電気および光学特性に与える影響を調査するとともに，最適含有量を見出すことを目的とした．

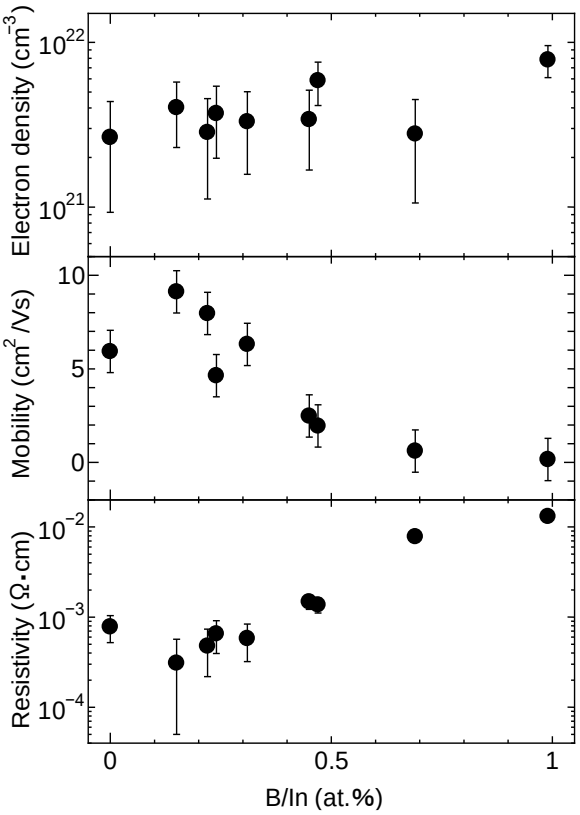

Fig. 1 Electron density, mobility and resistivity of as-deposited IBO thin films as a function of B concentration.

RF スパッタ装置を用いて B 濃度を変えた IBO および In_2O_3 薄膜を成膜した．Fig.1 に，As-depo 膜における B 原子%に対する In_2O_3 透明導電膜の電子密度，移動度，抵抗率を示す．これらの評価は室温 Hall 測定で行った．移動度および抵抗率ともに，0.15 at.%付近で最適となり，それぞれ，3.09×10^{-4} Ω·cm および 9.12 cm^2/V_S であった．これは，non-dope In_2O_3 の 7.80×10^{-4} Ω·cm および 5.93 cm^2/V_S と比較して向上した．キャリア密度に関しては，B 濃度との相関が確認されなかった．これらのことから，In_2O_3 への微量 B 導入により電子移動度を増加させ，導電性の向上に寄与することがわかった．B^{3+}のイオン半径は 0.027 nm と小さいため，In との置換により薄膜が収縮する [3]．したがって，In 5s 軌道の重なりが大きくなり，電子移動度が向上したと考えられる．一方で，0.15 at.%より多く混入させた場合は，InO6 多面体における酸素原子の非共有が増加し移動度が低下する [3]．酸素原子の非共有は In 間の距離を長くし，In 5s 軌道の重なりを小さくする．

1) N. Mitoma, *et al.*, App. Phys. Lett., 106, p.042106 (2015).
2) S. Aikawa, *et al.*, Proc. of the IEEE 20th Int. Conf. Nanotechnol. (IEEE-NANO), pp.202-206 (2020).
3) X.Zhang *et al.*, J. Am. Chem. Soc., 140, pp.12501-12510 (2018).