

B ドープ In₂O₃ 透明導電膜への水素ドーピングによる電気特性向上

Improvement of Electrical Properties by Hydrogen Doping into B-doped In₂O₃

Transparent Conductive Films

工学院大 °(B)木菱 完太, 山寺 真理, 森 峻, 相川 慎也

Kogakuin Univ. , °Kanta Kibishi, Shinri Yamadera, Shun Mori, Shinya Aikawa

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

透明導電膜は高い導電性および透明性を持つことから、フレキシブルデバイスの透明電極材料として期待されている。現在商用で用いられている ITO は、熱処理による特性向上が可能である。しかしながら、熱処理は結晶化を伴うプロセスであることから、フレキシブル用途に対して有効な手法ではないと考えられる。一方、無秩序なアモルファス構造はランダムな結合長・結合角を持つため、応力緩和が期待できる²⁾。In₂O₃系透明導電膜は小イオン半径元素をドーピングすることで、電子移動度が向上するとともに、アモルファスになりやすいことが報告されている^{3,4)}。我々は、In₂O₃にホウ素(B)をドーピングした IBO を開発した。成膜条件の最適化により、既存 ITO と同等の導電率を得ることに成功しているが、さらなる低抵抗化のためにはキャリア密度向上が不可欠である。そこで本研究では、水素(H)が In₂O₃中でドナーとして働く先行研究結果に基づき⁵⁾、IBO に H をドーピングすることで、キャリア密度向上による低抵抗化を目的とする。また、H ドープ IBO の柔軟性についても評価する。

RF マグネトロンスパッタ装置を用いて基板上へ H ドープ IBO および比較用の IBO を成膜した。In₂O₃ ターゲット上に置いた Boron 粒 (純度 99.999 %) とコスパッタすることで IBO を成膜した。H ドープには Ar/H₂ ガスを用いた。成膜条件は RF 電力 25 W, 50 W, 100 W, 成膜圧力 0.24 Pa とし、膜厚 100 nm とした。電気特性は Hall 効果測定装置を用いた。柔軟性は、ナノインデンテーションによる弾性率で評価した。なお、成膜後アニールは行っていない。

Fig.1 に、IBO および H ドープ IBO の電気特性を示す。H ドープでは、移動度は低下したが、キャリア密度は向上し、低抵抗化した。H がドナーとして寄与したためと考えられる。また、RF 電力を 25 W において、抵抗率は $2.68 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ が得られた。RF 電力の低下に伴い酸素空孔が減少し、空孔によるイオン化不純物散乱が減少したため、移動度向上につながったと考える。

Fig.2 にナノインデンテーション試験における測定結果を示す。RF 電力 100 W, 成膜圧力 0.24 Pa で成膜した H ドープ IBO と IBO を比較した。弾性率はそれぞれ 102 GPa, 70 GPa となった。低い弾性率は、薄膜がより柔軟であることを示す。Koida らによれば、H ドープは結晶化を抑制する⁵⁾。したがって、H ドープによる柔軟性の向上が期待された。しかしながら得られた結果は全く逆の傾向であった。これは、H ドープによる膜の高密度化が要因と考えられる⁶⁾。

- 1) O. Tuna *et al.*, J. Phys. D, 43, 055402 (2010).
- 2) S. Alexander, Phys. Rep. 296, 65-236 (1998).
- 3) D. B. Buchholz *et al.*, Chem. Mater. 26, 5401-5411 (2014).
- 4) N. Mitoma *et al.*, App. Phys. Lett. 106, 042106 (2015).
- 5) T. Koida *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 46, L685-L687 (2007).
- 6) K. Zeng *et al.*, Thin Solid Films. 443, 60-65 (2003).

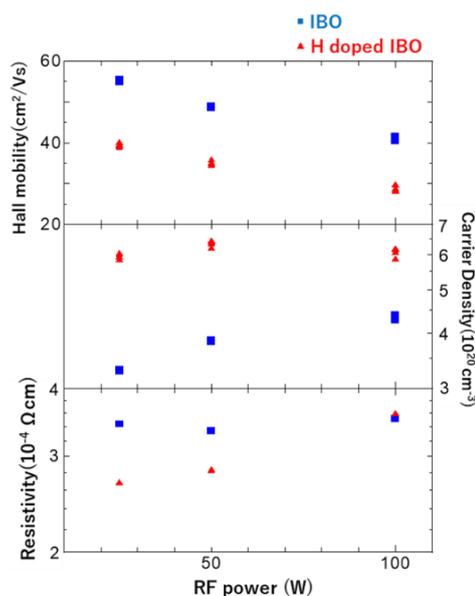


Fig.1 Comparison of electrical properties between H-doped IBO and IBO at RF power.

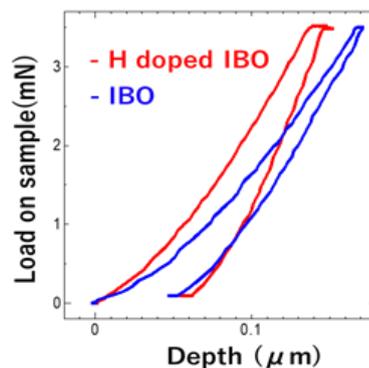


Fig.2 Load-depth curve of H-doped IBO and IBO.