

VAI TRÒ CỦA CÁC TẠP CHẤT In, Ga VÀ H₂ TÁC ĐỘNG ĐẾN VIỆC CẢI THIẾN TÍNH CHẤT ĐIỆN MÀNG MỎNG ZnO TRONG ỨNG DỤNG LÀM ĐIỆN CỰC TRONG SUỐT DẪN ĐIỆN

*Nguyễn Hữu Trương⁽¹⁾, Nguyễn Công Hợi⁽²⁾, Phạm Thanh Tuấn Anh⁽¹⁾, Hoàng Văn
Dũng⁽¹⁾, Bùi Minh Thắng⁽¹⁾, Phan Bách Thắng⁽³⁾, Trần Cao Vinh⁽¹⁾*

¹Phòng Thí Nghiệm Vật Liệu Kỹ Thuật Cao, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên, ĐHQG – HCM.

²Đại học An Giang, địa chỉ: Thành phố Long Xuyên, Tỉnh An Giang.

³Trung tâm nghiên cứu vật liệu cấu trúc nano và phân tử (INOMAR), ĐHQG – HCM.

Từ khóa: Màng mỏng ZnO, đồng pha tạp, phún xạ magnetron.

Email: nhtruong@hcmus.edu.vn, nchoi@agu.edu.vn, pttanh@hcmus.edu.vn,
hvdung@hcmus.edu.vn, pbthang@inomar.edu.vn, tcvinh@hcmus.edu.vn.

Màng mỏng HIGZO được chế tạo từ bia gồm ZnO đồng pha tạp 3 nguyên tố Ga, In và H với hàm lượng tạp chất Ga - 0.1 at.% và In - 0.05 at.%, tỉ lệ khí H₂/(H₂+Ar) - 3.5% bằng phương pháp phún xạ magnetron dc. Khi so sánh với màng mỏng ZnO thuần, IZO (0.05 at.%), GZO (0.1 at.%) và IGZO (Ga: In = 0.1:0.05 at.%) được chế tạo trong cùng điều kiện, bề dày (1000 nm), nhiệt độ đế (100°C) cho kết quả tốt về tính chất điện, cấu trúc và đặc biệt là giá trị độ linh động. Dựa vào tính chất hóa học của các nguyên tố tạp chất và kết quả thực nghiệm, các nguyên tố Ga, In cho thấy vai trò cung cấp hạt tải cải thiện độ dẫn điện, thể hiện qua việc tăng đáng kể nồng độ hạt tải từ $n = 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (ZnO) lên $1.26 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ (IGZO). Tạp chất H có vai trò vừa cung cấp hạt tải, vừa thụ động hóa các sai hỏng trong cấu trúc màng IGZO làm độ linh động điện tử tăng đột biến từ $\mu = 30 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (IGZO) lên $50 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (HIGZO). Qua đó, màng mỏng HIGZO có điện trở mặt đạt $R_s = 4.3 \ \Omega/\square$, độ truyền qua trong vùng ánh sáng khả kiến và hồng ngoại gần trên 80%. Màng mỏng HIGZO đáp ứng tốt yêu cầu làm điện cực trong suốt trong các ứng dụng ở nhiệt độ thấp.

ROLES OF INDIUM, GALLIUM AND HYDROGEN DOPANTS ON IMPROVING THE ELECTRICAL PROPERTIES OF ZINC OXIDE THIN FILMS USED AS TRANSPARENT ELECTRODES

Truong Nguyen Huu⁽¹⁾, *Hoi Nguyen Cong*⁽²⁾, *Anh Pham Thanh Tuan*⁽¹⁾, *Dung Hoang Van*⁽¹⁾, *Thang Bui Minh*⁽¹⁾, *Thang Phan Bach*⁽³⁾, and *Vinh Tran Cao*⁽¹⁾

¹ Laboratory of Advanced Materials, University of Science, VNU-HCM.

² An Giang University – Long Xuyen city, An Giang province.

³ Center for Innovative Materials and Architectures (INOMAR), VNU-HCM.

Email: nhtruong@hcmus.edu.vn, nchoi@agu.edu.vn, pttanh@hcmus.edu.vn, hvdung@hcmus.edu.vn, pbthang@inomar.edu.vn, tcvinh@hcmus.edu.vn.

HIGZO thin films on glass substrates were prepared by dc magnetron sputtering from ceramic ZnO targets composed of 0.05 at.% In and 0.1 at.% Ga. The sputtering was carried out in gas mixture of H + Ar with partial pressure H₂/(Ar+H₂) ratio of 3.5%. As compared to different thin films such as pure ZnO, IZO (0.05 at.%), GZO (0.1 at.%) and IGZO (Ga:In = 0.1:0.05 at.%) deposited under same conditions (thickness of 1000 nm and substrate temperature of 100°C), HIGZO thin films showed good results of electrical properties, crystalline structure, especially electron mobility. Based on chemical properties of the dopants and the experimental results, Ga and In showed the capability of providing free electron to electrical conductivity, which is demonstrated by significantly increased concentration from 10¹⁹ cm⁻³ (ZnO) to 1.26x10²⁰ cm⁻³ (IGZO). Furthermore, H impurity had the role of both supplying free electron and passivating defects in the IGZO films, which increased the electron mobility from 30 cm²/Vs (IGZO) to 50 cm²/Vs (HIGZO). As a result, the HIGZO thin films obtained sheet resistance of 4.3 Ω/□ and transmittance in the visible and near-infrared regions over 80%. The HIGZO thin films met the requirements as transparent electrodes in low-temperature applications.

Keys word: ZnO thin films, indium and hydrogen, co-doping, magnetron sputtering.