

# EFFECTS OF ANNEALING TEMPERATURE ON HYDROGEN-DOPED ZnO, AZO AND GZO THIN FILMS

*Dung Van Hoang<sup>1</sup>, Anh Thanh Tuan Pham<sup>1</sup>, Truong Huu Nguyen<sup>1</sup>,  
Thang Bach Phan<sup>1,2</sup> and Vinh Cao Tran<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Laboratory of Advanced Materials, University of Science, VNU-HCM

<sup>2</sup> The Center for Innovative Materials and Architectures, VNU-HCM

[hvdung@hcmus.edu.vn](mailto:hvdung@hcmus.edu.vn); [ptanh@hcmus.edu.vn](mailto:ptanh@hcmus.edu.vn); [nhtruong@hcmus.edu.vn](mailto:nhtruong@hcmus.edu.vn);  
[pbthang@inomar.edu.vn](mailto:pbthang@inomar.edu.vn); [tevinh@hcmus.edu.vn](mailto:tevinh@hcmus.edu.vn)

## **Abstract**

Undoped, aluminum- and gallium-doped ZnO thin films were deposited on soda-lime glass substrates by magnetron sputtering method in gas mixture of hydrogen and argon. After deposited, all films were annealed at various temperatures in the range of 200 – 500°C in air ambience. The effects of annealing temperature on structural, morphological, optical and electrical properties of the films were investigated by XRD, FE-SEM, UV-Vis, and Hall measurements, respectively. The formation of point defects when hydrogen diffused out of the films at high annealing temperature was studied by photoluminescence spectra. There was a significant change in carrier concentration, Hall mobility and resistivity of all films when annealing temperature increased from 200 °C to 300°C. This showed that hydrogen in ZnO crystal lattice may mainly locate at Bond-center site ( $H_{BC}$  – between Zn and O) or Anti-bonding site ( $H_{AB}$ ) because hydrogen located at oxygen vacancy ( $V_O-H$ ) was stable until the annealing temperature is higher than 400°C. Furthermore, photoluminescence results showed a strong increase of visible emissions that represented for defect formation at high annealing temperatures.

Keywords: ZnO thin films, hydrogen, photoluminescence, defects.

# ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ NUNG LÊN MÀNG MỎNG ZnO, GZO và AZO PHA TẠP HYDRO

*Hoàng Văn Dũng<sup>1</sup>, Phạm Thanh Tuấn Anh<sup>1</sup>, Nguyễn Hữu Trương<sup>1</sup>, Phan Bách  
Thắng<sup>1,2</sup> và Trần Cao Vinh<sup>1</sup>*

1 Phòng Thí Nghiệm Vật Liệu Kỹ Thuật Cao, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên,  
ĐHQG-HCM

2 Trung Tâm Nghiên Cứu Vật Liệu Cấu Trúc Nano và Phân tử, ĐHQG-HCM

[hvdung@hcmus.edu.vn](mailto:hvdung@hcmus.edu.vn); [pttanh@hcmus.edu.vn](mailto:pttanh@hcmus.edu.vn); [nhtruong@hcmus.edu.vn](mailto:nhtruong@hcmus.edu.vn);

[pbthang@inomar.edu.vn](mailto:pbthang@inomar.edu.vn); [tcvinh@hcmus.edu.vn](mailto:tcvinh@hcmus.edu.vn)

## **Tóm tắt**

Màng mỏng ZnO, AZO và GZO được lắng đọng trong môi trường hỗn hợp khí argon và hydro trên đế thủy tinh bằng phương pháp phun xạ magnetron. Sau đó tất cả các màng này đều được nung nhiệt trong môi trường không khí từ 200 – 500°C. Sự ảnh hưởng của nhiệt độ nung lên các đặc trưng cấu trúc, hình thái học, quang và điện được khảo sát chi tiết và lần lượt bởi các phép đo XRD, FE-SEM, UV-Vis và Hall. Ngoài ra, phổ quang phát quang đã được sử dụng để phân tích các sai hỏng điểm gây ra bởi hydro khuếch tán ra ngoài khi nung ở nhiệt độ cao. Nồng độ hạt tải, độ linh động Hall và điện trở suất của tất cả các màng thay đổi mạnh khi nhiệt độ nung nhiệt tăng từ 200 – 300°C. Điều này có nghĩa rằng hydrogen trong mạng tinh thể chủ yếu tồn tại ở vị trí tâm liên kết ( $H_{BC}$  – oxy nằm giữa Zn và O) hoặc ở vị trí phân liên kết ( $H_{AB}$  – hydro liên kết với O), bởi vì hydro tồn tại ở vị trí nút khuyết oxy ( $V_O-H$ ) khá bền cho đến khi nhiệt độ nung nhiệt lớn hơn 400°C. Các kết quả phân tích phổ quang phát quang cho thấy các phát xạ khả kiến gây ra bởi các khuyết tật tăng mạnh theo nhiệt độ nung.

Từ khóa: màng mỏng ZnO, hydro, phổ quang phát quang, sai hỏng.