

# Nghiên cứu cấu trúc của màng mỏng bán dẫn ZnO và ZnO:Al phục vụ cho hoạt động dạy học

Nguyễn Sỹ Hải\*

\*ThS. Khoa Khoa học đại cương,

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Received: 06/02/2023; Accepted: 15/02/2023; Published: 22/02/2023

**Abstract:** Currently there are many methods to create ZNO and ZnO films : Al. That are: Radiation cathode, epitaxy by molecular beam, sol-gel, Electrostatic spray, Oxidation of Zn metal membranes, heat evaporation in the vacuum, Spray solution on the hot sole. In this paper, the author presents an overview of the preparation method of ZnO and ZnO:Al films and the results of structural studies of ZnO and ZnO:Al films.

**Keywords:** ZNO and ZnO films, Structure of semiconductor thin film

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay có nhiều phương pháp để chế tạo màng ZnO và ZnO : Al: phún xạ catốt, epitaxy bằng chùm phân tử, sol-gel, phun tĩnh điện, oxy hoá màng kim loại Zn, bốc bay nhiệt trong chân không, phun dung dịch trên đế nóng. Trong bài báo này, tác giả trình bày khái quát phương pháp chế tạo các màng ZnO và ZnO : Al và kết quả nghiên cứu cấu trúc các màng ZnO và ZnO : Al

## 2. Nghiên cứu cấu trúc màng mỏng bán dẫn ZnO và ZnO:Al

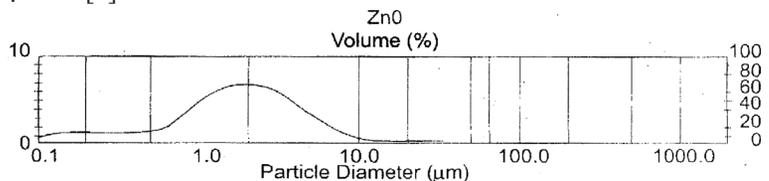
Các mẫu màng mỏng bán dẫn (gọi tắt là màng) được chế tạo bằng phương pháp phún xạ catốt [1]. Cơ sở của phương pháp này là sử dụng các ion của nguyên tử khí trơ argon (dạng plasma của Ar được chỉ ra ở (hình 1) để bắn phá bề mặt của vật liệu cần tạo màng làm bật các nguyên tử ra khỏi bề mặt của bia và sau đó được lắng đọng trên đế đã bố trí sẵn.



Hình 2.1: Ảnh Plasma trong buồng đang tạo màng ZnO

Quá trình chế tạo màng ZnO và màng ZnO:Al được thực hiện trên hệ Univex 450 của hãng Leybold. Đây là hệ phún xạ có các thông số kỹ thuật sau: hai nguồn phún xạ r.f magnetron có thể lắp đặt đồng thời hai bia vật liệu, và thực hiện phún xạ lần lượt trên mỗi nguồn bằng cách chuyển công tắc, tần số 13,56 MHz; công suất tối đa 600 W

Bia gồm ZnO và ZnO:Al chế tạo từ bột ZnO của hãng Merck có kích thước hạt trung bình là 2,49  $\mu\text{m}$  được xác định từ thiết bị của hãng Manrem Mastersizer và sự phân bố hạt theo kích thước hạt được chỉ ra trên (hình 2.2).



Hình 2.2. Sự phân bố hạt theo hạt của bột ZnO

Các màng ZnO được chế tạo bằng phún xạ r.f magnetron trên đế thủy tinh với nhiệt độ để ở nhiệt độ phòng, áp suất khí argon là  $8,8.103^{-3}$  torr, công suất phún xạ r.f biến đổi từ 70 ÷ 200 W.

Các màng ZnO là các màng đa tinh thể với cấu trúc lục giác và phát triển theo hướng trục c vuông góc với mặt phẳng đế.

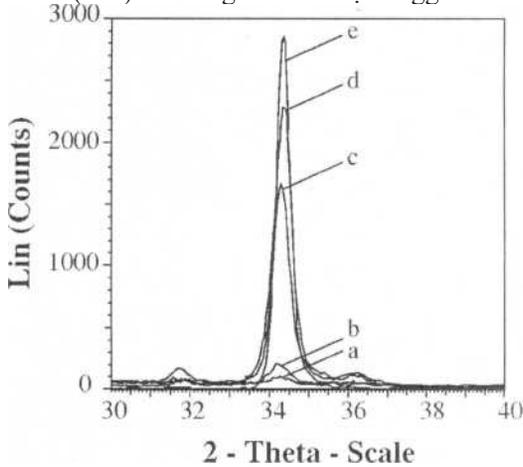
Phổ nhiễu xạ tia X của 5 mẫu màng ZnO ngưng kết trên đế thủy tinh với các công suất phát khác nhau (P): 70 W, 100 W, 130 W, 160 W và 200 W được chỉ ra trên (hình 3).

Các kết quả phù hợp với các kết quả thu được

từ các phương pháp khác [3] đỉnh (002) có cường độ tăng theo sự tăng của công suất của nguồn phun xạ r.f. Kích thước tinh thể tương ứng với độ dài kết hợp dọc theo phương vuông góc với để được suy ra từ bán độ rộng của đỉnh (002) theo công thức sau đây [2]:

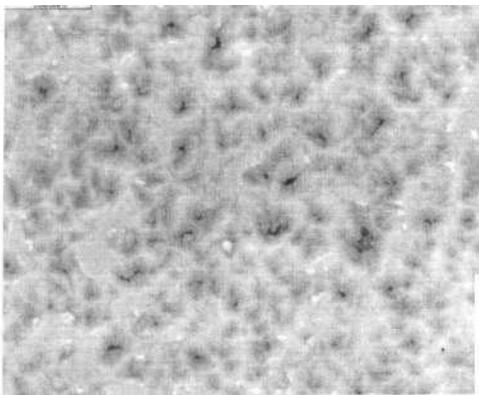
$$D = \frac{0,9\lambda}{\beta \cdot \text{Cos}\theta}$$

trong đó  $\lambda$  là bước sóng của tia X,  $\beta$  là bán độ rộng của đỉnh (002) và  $\theta$  là góc nhiễu xạ Bragg.



Hình 23: Phổ tia X của các màng ZnO được ngưng kết từ các công suất phun xạ khác nhau:  
 $P = 70 \text{ W}$  (a);  $P = 100 \text{ W}$  (b);  
 $P = 130 \text{ W}$  (c);  $P = 160 \text{ W}$  (d);  
 $P = 200 \text{ W}$  (e)

Kích thước hạt của các mẫu là 18nm, 25nm, 31nm, 36nm và 40nm tương ứng với các công suất phát là 70 W, 100 W, 130 W, 160 W và 200 W (Các thông số công nghệ khác được giữ như nhau). Ảnh SEM của màng ZnO được đưa ra trên hình 2.4.



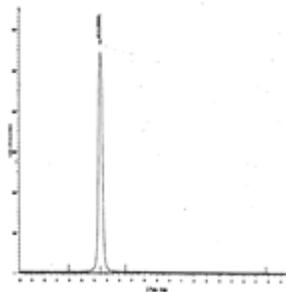
Hình 2.4: Ảnh bề mặt của màng ZnO trên đế thủy tinh với công suất nguồn r.f 200W

Ảnh SEM màng tương ứng với độ dày là 1,59  $\mu\text{m}$  với công suất r.f là 200 W. Có thể thấy rằng hạt phân bố rất đồng đều vì bề mặt màng ngưng kết rất trơn tru.

Đối với bia ZnO pha tạp nhôm (với tỉ lệ 2% Wt -  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) màng ZnO:Al nhận được có độ ổn định vật lý và bám dính tốt với đế. Các phép đo nhiễu xạ tia X cho thấy các màng nhận được là đa tinh thể, có cấu trúc lục giác và có định hướng theo hướng trục c vuông góc với đế (tương tự như màng ZnO).

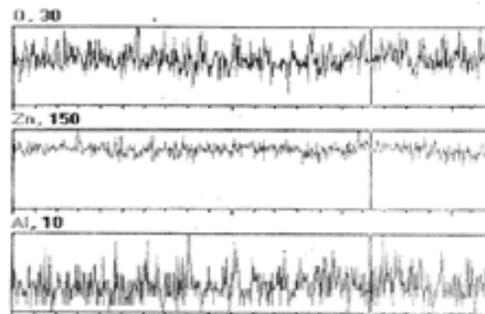
Khi chế độ công nghệ tương tự như chế độ tạo màng ZnO, phổ tia X của màng ZnO:Al cũng chỉ nhận được đỉnh (002) tại vị góc  $2\theta = 34,05^\circ$

(hình 2.5). Giá trị này rất gần với giá trị của ZnO chuẩn ( $34,45^\circ$ ).



Hình 5: Phổ nhiễu xạ tia X màng ZnO: Al Điều đó chứng tỏ nhôm đã thay thế một phần bên trong mạng lục giác.

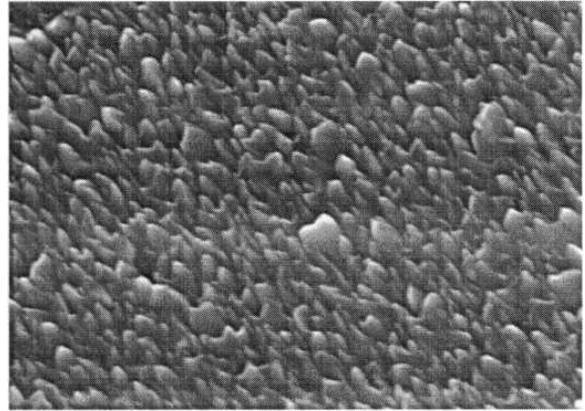
Ngoài ra các mẫu ZnO và ZnO:Al được kiểm tra thành phần bằng phương pháp phân tích phổ tán sắc năng lượng (EDS). Kết quả phân tích phổ tán sắc (EDS) của các mẫu cho thấy các đỉnh tán sắc hoàn toàn phù hợp với các đỉnh tán sắc của các nguyên tố có trong thành phần của các bia được chúng tôi chế tạo. Ngoài ra chúng tôi còn nhận thấy rằng hàm lượng tạp chất Al tồn tại trong màng và khi quét chùm điện tử dọc theo bề mặt màng cho thấy sự phân bố của tạp chất nhôm là khá đồng đều (hình 2.6).



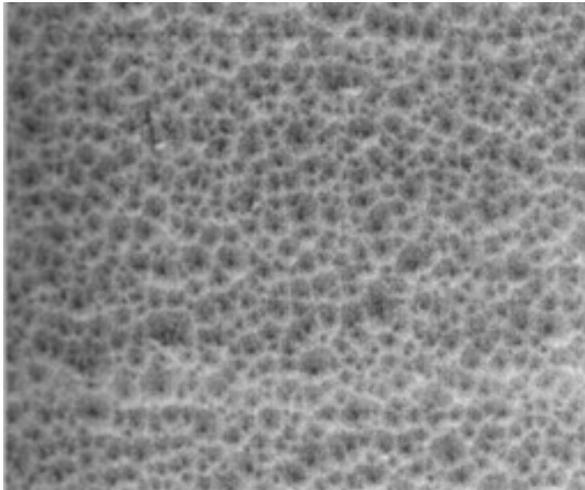
Hình 2.6: Sự phân bố của các thành phần oxy lên nhôm dọc theo bề mặt màng ZnO: Al

Phổ nhiễu xạ tia X và ảnh SEM của màng ZnO:Al chỉ ra rằng màng ZnO:Al định hướng mạnh trong cấu trúc “dạng cột” với trục c của mạng lục giác, vuông góc với bề mặt đế. Những ảnh SEM được đưa ra trên (hình 8) khi cấu trúc “dạng cột” của màng xuất hiện định nhiễu xạ tia X chủ yếu là (002).

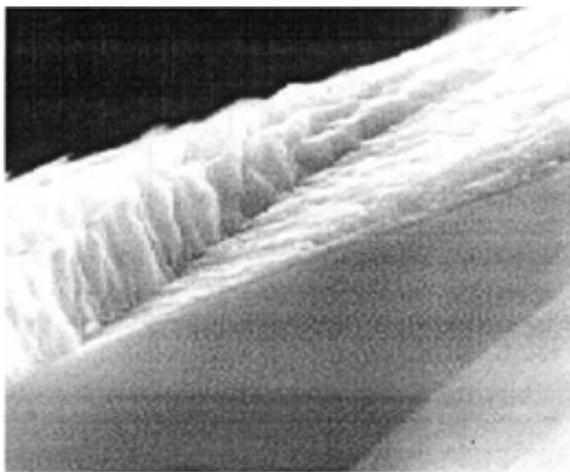
Hình 7.b chỉ ra hình dạng của mặt cắt thẳng đứng của màng ZnO:Al với độ dày 1,9  $\mu\text{m}$  trên đế thủy tinh. Sự phát triển “dạng cột” được nhìn thấy rõ từ hình ảnh, điều đó cũng là dấu hiệu của sự định hướng theo trục c của mạng. Sự quan sát bằng SEM cũng chỉ ra rằng màng ngưng kết ở công suất phun xạ r.f thấp, thể hiện bằng “cấu trúc răng” ở lớp trên cùng của mẫu đo (hình 8). Độ chặt của sự phủ tăng lên với sự tăng của công suất phun xạ r.f (hình 7a).



Hình 8: Ảnh SEM bề mặt của màng ZnO: Al trên đế thủy tinh được ngưng kết với công suất phun xạ r.f 100 W và áp suất Argon  $8,8.10^{-3}$  torr



a)



b)

Hình 7: Ảnh SEM bề mặt (a) và mặt cắt thẳng đứng (b) của màng ZnO: Al trên đế thủy tinh với công suất phun xạ r.f 350W và áp suất Argon  $8,8.10^{-3}$  Torr.

Các màng ZnO ngưng kết bằng phương pháp phun xạ r.f magnetron với công suất phun xạ r.f 200W có bề mặt rất trơn tru và có độ bám dính với đế tốt. Các màng này có độ truyền qua trung bình trên 90% trong miền ánh sáng có bước sóng 450 ÷ 800nm.

### 3. Kết luận.

Gần đây, màng mỏng ZnO đã thu hút được rất nhiều sự quan tâm, nghiên cứu. Sở dĩ chúng được quan tâm đáng kể như vậy do những tính chất quang và điện độc đáo cũng như vật liệu chế tạo không ảnh hưởng tới môi trường, chúng có tiềm năng ứng dụng đa dạng.

### Tài liệu tham khảo

1. K.B. Sundaram, A.Khan (1997), “Characterization and optimization of Zinc oxide films by r.f magnetron sputtering”, Thin solid films 295, pp.87-91.
2. Ta Dinh Canh, Nguyen Ngoc Long, Nguyen Duy Phuong, Nguyen Sy Hai (2002), “Preparation of ZnO films by r.f. magnetron sputtering”, Communications in physics (In the press).
3. Y.Natsume, H.Sakata (2000), “Zinc oxide films prepared by sol-gel Spin coating”, Thin Solid Films, 372, pp.30-36.
4. Malle Krunks, “Thin film for photovoltaics by chemical methods”, Workshop on SMS, Klel, 2004.
5. Willander M, Nur O, Bano N, and Sultana K (2009), “Zinc oxide nanorod - based heterostructures on solid and soft substrates for white-light-emitting diode applications”. New Journal of Physics, 11, pp. 125020.