

# Nghiên cứu chế tạo vật liệu bột nano ZnO với tác nhân khử đi từ dung dịch chiết của lá cây mẫu đơn

Tạ Ngọc Dũng<sup>1,\*</sup>, Nguyễn Thị Tuyết Mai<sup>1</sup>, Lưu Thị Lan Anh<sup>2</sup>, Lưu Thị Hồng<sup>3</sup>, Huỳnh Đăng Chính<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Viện Kỹ thuật Hóa Học, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, Số 1- Đại Cồ Việt, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup> Viện Vật lý Kỹ thuật, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, Số 1- Đại Cồ Việt, Hà Nội, Việt Nam

<sup>3</sup> Viện Vật liệu Xây dựng, 235 Nguyễn Trãi, Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

## TỪ KHOẢ

Vật liệu nano ZnO  
Cấu trúc wurtzite ZnO  
Dung dịch chiết lá mẫu đơn  
Chất bán dẫn xúc tác quang

## TÓM TẮT

Trong nghiên cứu đã thực hiện chiết lá mẫu đơn ở điều kiện thích hợp để chiết lấy dung dịch chiết tối ưu làm tác nhân khử trong quá trình tổng hợp vật liệu bột nano ZnO. Các phương pháp đo đặc tính của vật liệu ZnO đã được khảo sát như: XRD, SEM, EDX, phổ UV-Vis rắn và phổ phản xạ. Phương pháp Kubelka-Munk đã được sử dụng để xác định độ vùng cấm (Eg) của vật liệu bột nano ZnO. Kết quả khảo sát cho thấy, các mẫu ZnO chế tạo ở dạng bột nano đơn pha Wurtzite ZnO. Các mẫu ZnO đều được kết tinh tinh thể ở dạng tấm ngoại trừ mẫu ZnO với dịch chiết lá mẫu đơn đỏ là 50 ml đã thu được kết tinh tinh thể dạng thanh (với chiều dài thanh ~5-6 μm, chiều rộng thanh ~0,5-1 μm). Các mẫu ZnO chế tạo đạt được độ rộng vùng cấm (Eg) nhỏ hơn so với vật liệu ZnO dạng khối và có giá trị trong khoảng 3,27-2,87 eV.

## KEYWORDS

ZnO nanomaterials  
ZnO wurtzite structure  
Extract of peony leaves  
Photocatalytic semiconductors

## ABSTRACT

In this study, the peony leaf extract was performed under suitable conditions to extract the optimal extraction solution as a reducing agent for the synthesis of ZnO nanopowder materials. The methods for characteristic measuring of ZnO materials have been investigated such as XRD, SEM, EDX, solid UV-Vis and reflectance spectra. The Kubelka-Munk method was used to determine the band gap (Eg) of ZnO nanopowder materials. The study results show that the ZnO fabricated samples in the form of single phase wurtzite ZnO crystals. The ZnO samples were all crystalline in the form of plates except for the ZnO sample with the red peony leaf extract of 50 ml, which obtained crystal crystallization in the form of nanorods (with the length of rod ~5-6 μm and the width of rod ~0.5-1 μm). The band gap (Eg) of fabricated ZnO samples achieved in the range of 3.27-2.87 eV which was smaller than that of bulk ZnO materials.

## 1. Giới thiệu

Kẽm oxit (ZnO) là chất bán dẫn loại n, thuộc nhóm II-VI với năng lượng vùng cấm trực tiếp rộng (3,37 eV), năng lượng liên kết kích thích lớn (60 meV) ở nhiệt độ phòng [1-4]. ZnO cho đến nay đã và đang hấp dẫn sự chú ý của nhiều nhà nghiên cứu do tính chất điện, quang điện độc đáo và ứng dụng tiềm năng của nó đến lĩnh vực huỳnh quang, quang xúc tác, cảm biến khí, điện hoá và tế bào mặt trời, pin mặt trời, mỹ phẩm, lĩnh vực thuốc [5-7]. ZnO có nhiều hình thái học phong phú tùy thuộc vào phương pháp tổng hợp khác nhau: dạng nano cầu, nano que, cấu trúc nano đa chiều hình zigzag, hình bông hoa... [8-13]. Ngoài ra, các hạt nano oxit kẽm được mô tả là một vật liệu bán dẫn quan trọng và các tính chất đặc trưng của chúng như độ rộng khe trống, độ linh động điện tử cao, độ trong suốt lớn trong phạm vi nhìn thấy đang được quan tâm rất lớn. Các hạt nano này thể hiện các đặc tính chống ăn mòn, chống nấm, quang hóa, xúc tác, kháng khuẩn, lọc tia cực tím [3-15]. Do nhiều đặc tính đặc biệt như trên nên ZnO cũng được xem có tiềm năng thay thế TiO<sub>2</sub> do có năng lượng vùng cấm

tương tự và giá thành thấp [15]. Hiện nay, số lượng lớn nano ZnO vẫn đang được sản xuất bằng phương pháp hóa học và vật lý truyền thống. Các quá trình này có lợi thế trong khía cạnh sản xuất vật liệu nano quy mô lớn. Tuy nhiên, mối quan tâm toàn cầu ngày càng tăng liên quan đến tác động xấu đến môi trường và sức khỏe của cộng đồng do sự tham gia của rất nhiều hóa chất có hại. Phương pháp vật lý thì liên quan đến việc sử dụng các thiết bị đắt tiền, nhiệt độ và áp suất cao, cần diện tích không gian rộng để thiết lập máy móc. Trong khi đó phương pháp hóa học lại liên quan đến việc sử dụng các hóa chất độc hại. Do vậy, nhu cầu thiết yếu để phát triển phương pháp kỹ thuật bền vững và thân thiện với môi trường để sản xuất vật liệu theo hướng xanh. Các phương pháp tiếp cận theo hướng xanh đã sử dụng các nguồn nguyên liệu tự nhiên như vi sinh vật và chiết xuất thực vật để tổng hợp hạt nano kẽm oxit đã được đề xuất là giải pháp thay thế đầy hứa hẹn cho phương pháp hóa học [6-13,18-21]. Một số đề tài nghiên cứu đã tổng hợp hạt nano kẽm oxit từ dung dịch chiết nha đam, tầm bóp, gừng, quả tầm xuân, quả chi (cam đắng Trung Quốc). Các nguồn tổng hợp hạt nano kẽm oxit này cũng khá là phong phú. Theo nhiều

\*Liên hệ tác giả: dung.tangoc@hust.edu.vn

Nhận ngày 20/12/2022, sửa xong ngày 10/02/2023, chấp nhận đăng 31/03/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.02.2023.487>

nguyên cứu chỉ ra rằng tính chất khử của chiết xuất thực vật và các phân tử sinh học của chúng như flavanoid, terpenoids, axit amin, saponin đóng một vai trò quan trọng trong việc giảm kích thước nano. Ngoài ra, báo cáo cũng chỉ ra rằng khả năng khử của các ion kim loại sử dụng thực vật là nhanh hơn nhiều so với các vi sinh vật và thường dẫn đến sự hình thành ổn định của cấu trúc nano oxit kim loại. Hơn nữa, các nghiên cứu cũng bước đầu xác định các dung dịch chiết xuất này có thể tạo ra một số điều khiển hình dạng trong quá trình khử để điều chế oxit kim loại [18-21].

Với các tìm hiểu trên, trong nghiên cứu này chúng tôi tiến hành tổng hợp vật liệu bột nano kẽm oxit bằng phương pháp tổng hợp xanh đi từ tác nhân khử là dung dịch chiết của lá cây mẫu đơn.

## 2. Thực nghiệm

### 2.1. Hóa chất

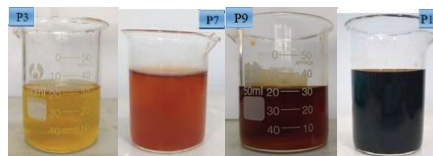
Kẽm nitrat hexahydrat ( $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  99 %, AR-China); Natri hidroxit (NaOH 98 %, AR-China); Axit clohydric (HCl 35 %, AR-China); Ethanol (cồn,  $C_2H_5OH$  99,7 %, AR-China), nước cất 2 lần, lá cây mẫu đơn đỏ sạch, khô mua trên thị trường đã được đóng gói cẩn thận.

### 2.2. Quy trình thực nghiệm

+ Tiến hành chiết dung dịch lá mẫu đơn: Chuẩn bị hai mẫu dịch chiết, mẫu dịch chiết 1 chứa 100 ml cồn và 20 g lá mẫu đơn cắt nhỏ; mẫu dịch chiết 2 chứa 100 ml nước cất và 20 g lá cắt nhỏ. Hai mẫu dịch chiết được thực hiện ở cùng điều kiện nhiệt độ 70 °C, thời gian khuấy 60 phút. Kết quả thu được hai mẫu dung dịch chiết có màu vàng nâu, ký hiệu lần lượt là D1, D2. Mẫu dung dịch chiết sau đó được đem đi đo khảo sát quang phổ hấp thụ. Sau đó, dung môi chiết được lựa chọn là nước cất. Tiến hành chiết dung dịch lá mẫu đơn ở điều kiện 20 g lá trong 100 ml dung môi nước trong thời gian 60 phút, nhiệt độ 70 °C. Dung dịch sau chiết lá mẫu đơn có môi trường gần như trung tính (pH= 6,8). Tiếp theo tiến hành khảo sát với môi trường pH khác nhau. Chia dung dịch chiết thành 4 phần để điều chỉnh độ pH khảo sát khác nhau gồm: phần 1 cho dung dịch sau chiết thêm từ từ dung dịch HCl đến khi pH= 3; phần 2 cho dung dịch sau chiết thêm từ từ dung dịch HCl đến khi pH= 9; phần 3 cho dung dịch sau chiết thêm từ từ dung dịch HCl đến khi pH= 12; phần 4 là dung dịch chiết giữ nguyên, không điều chỉnh pH. Ký hiệu các mẫu dịch chiết theo điều chỉnh pH trên lần lượt là P3, P9, P12 và P7. Kết quả thu được 4 mẫu dịch chiết theo khảo sát ảnh hưởng của pH được thể hiện ở Hình 1. Các mẫu dịch chiết này cũng được đem khảo sát phổ hấp thụ bằng máy đo UV-Vis.

+ Tổng hợp vật liệu bột nano kẽm oxit ZnO: Lựa chọn dịch chiết lá mẫu đơn thích hợp nhất sau khi đã khảo sát các điều kiện chiết lá thích hợp. Tiếp theo tiến hành tổng hợp hạt kẽm oxit bằng phương pháp tổng hợp xanh. Kẽm nitrat hexahydrate  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  là 7,43g được hòa tan trong 50 ml nước cất trên máy khuấy từ trong 10 phút

để được dung dịch kẽm nitrat 0,5M trong suốt. Thêm từ từ dung dịch chiết lá mẫu đơn với các thể tích lần lượt là 25 ml, 50 ml, 100 ml, 150 ml vào dung dịch muối kẽm 0,5 M ở điều kiện khuấy từ liên tục trong thời gian 4 giờ, nhiệt độ 70 °C. Sau quá trình khuấy có gia nhiệt trên, dung dịch hỗn hợp khuấy được hình thành các hạt dạng hạt nhỏ li ti lơ lửng trong dung dịch và đem sấy ở 110 °C trong 24 giờ. Sản phẩm cuối cùng thu được ở dạng bột mịn có màu trắng ngà là các mẫu bột nano ZnO. Các mẫu sản phẩm bột nano ZnO này được ký hiệu mẫu lần lượt tương ứng với các thể tích dung dịch chiết lá mẫu đơn ở trên là: M1, M2, M3 và M4.



**Hình 1.** Mẫu dung dịch chiết lá mẫu đơn theo khảo sát ảnh hưởng của điều chỉnh độ pH.

+ Các đặc tính của các mẫu vật liệu bột nano kẽm oxit ZnO được đo bởi các phương pháp: Phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD, X'pert Pro), với tia bức xạ Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1,54065 \text{ \AA}$ ), tốc độ quét 0.03°/2s, góc quét  $2\theta \approx 25-75^\circ$ ); phương pháp hiển vi điện tử quét/phổ tán xạ năng lượng EDX (SEM/EDX, HITACHI TM4000 Plus); phương pháp phổ hấp thụ UV-Vis rắn và phổ phản xạ (Jasco V-750), sử dụng quả cầu tích hợp 60 mm (ISV-922), tốc độ quét 200 nm/min.

## 3. Kết quả thực nghiệm

### 3.1. Kết quả khảo sát chiết lá mẫu đơn

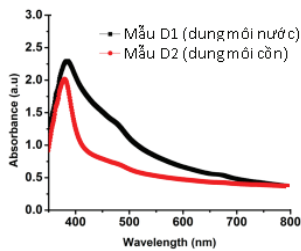
+ *Khảo sát theo dung môi:*

Hình 2 là biểu diễn phổ hấp thụ các mẫu D1, D2 của dung dịch chiết lá mẫu đơn lần lượt với hai loại dung môi cồn và nước. Từ kết quả phổ hấp thụ Hình 2 cho thấy trong cùng điều kiện khảo sát cả hai dung môi cồn, nước đều cùng cho đỉnh tại khoảng bước sóng 380-385 nm và 480 nm. Nhưng dung môi nước cho độ hấp thụ quang lớn hơn. Tuy nhiên, với dung môi nước ở phổ hấp thụ còn xuất hiện thêm một đỉnh nhỏ nữa tại khoảng bước sóng 675 nm. Như vậy có thể nhận thấy là dung môi nước thể hiện tốt hơn các thành phần nhóm hợp chất steroid, flavonoid, triterpenoids, alkaloids có trong lá mẫu đơn [18-21]. Do đó, dung môi là nước được lựa chọn cho quá trình chiết lá mẫu đơn trong nghiên cứu chế tạo bột nano ZnO.

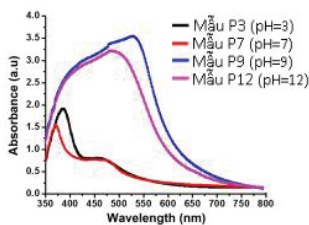
+ *Khảo sát theo điều chỉnh độ pH:*

Phổ hấp thụ dung dịch chiết khảo sát theo điều chỉnh độ pH của các mẫu dung dịch chiết lá mẫu đơn P3, P7, P9, P12 được thể hiện ở Hình 3. Kết quả đo phổ hấp thụ UV-Vis Hình 3 cho thấy dung dịch chiết bị ảnh hưởng mạnh khi thêm NaOH vào dung dịch chiết tạo môi trường kiềm (ở môi trường pH= 9, pH= 12). Với quan sát màu sắc theo hình chụp (Hình 1) cũng cho thấy rõ màu của dung dịch thay đổi mạnh: pH càng cao thì màu dung dịch càng đậm. Môi trường kiềm đã

làm biến đổi thành phần các chất có trong dung dịch chiết, kết hợp với kết quả đo UV-Vis (Hình 3) được thể hiện rõ sự biến đổi về thành phần này trên hình phổ. Như vậy, qua các quá trình khảo sát các thông số về dung môi chiết, về môi trường pH thay đổi, thu được điều kiện chiết lá mẫu đơn thích hợp là: khối lượng lá mẫu đơn 20 g, chiết trong 100 ml nước cất, thời gian 60 phút, ở nhiệt độ 70 °C với môi trường trung tính. Từ kết quả phổ hấp thụ dung dịch chiết cho thấy đỉnh phổ hấp thụ phù hợp ở hai vị trí bước sóng 370 nm và 475 nm [18-21].



Hình 2. Phổ hấp thụ của dung dịch chiết lá mẫu đơn với hai loại dung môi cồn, nước.

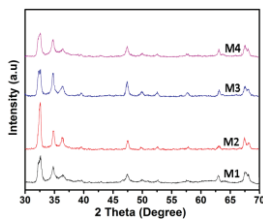


Hình 3. Phổ hấp thụ của dung dịch chiết các mẫu P3, P7, P9, P12 khảo sát theo điều chỉnh độ pH.

### 3.2. Kết quả khảo sát đặc tính của vật liệu bột nano ZnO chế tạo

#### 3.2.1. Kết quả phổ nhiễu xạ tia X

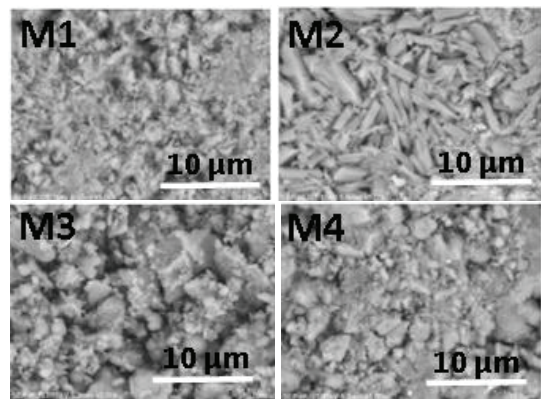
Hình 4 là kết quả phổ nhiễu xạ tia X (XRD) của các mẫu vật liệu bột nano ZnO (M1, M2, M3 và M4). Kết quả phân tích phổ nhiễu xạ cho thấy, các mẫu tổng hợp đều cho phổ nhiễu xạ với các đỉnh tại các vị trí góc nhiễu xạ  $2\theta \approx 32,2^\circ; 34,6^\circ; 36,5^\circ; 47,2^\circ; 62,8^\circ$  và  $67,2^\circ$  tương ứng với các mặt mạng (100); (002); (101); (102); (103) và (200) của pha lục giác Wurtzite ZnO (JCPDS card No. 89-7102) [12,15,16]. Mặt khác, trên giản đồ XRD của các mẫu ZnO không cho quan sát thấy sự xuất hiện đỉnh nhiễu xạ nào khác của Zn hoặc của hợp chất kẽm. Điều này cho thấy các mẫu ZnO chế tạo ở dạng đơn pha Wurtzite ZnO.



Hình 4. Phổ nhiễu xạ tia X (XRD) của các mẫu bột nano ZnO (M1, M2, M3, M4).

#### 3.2.3. Hình thái bề mặt mẫu bột nano ZnO

Hình 5 là kết quả hiển vi điện tử quét (SEM) của các mẫu vật liệu bột nano ZnO (M1, M2, M3 và M4). Từ kết quả hình ảnh SEM (Hình 5) cho thấy các mẫu có hình thái dạng tấm kết đám với nhau. Mẫu M2 với thể tích dung dịch chiết 50 ml cho hình ảnh SEM rõ nhất với hình thái mẫu có dạng thanh tương đối đồng đều (chiều dài thanh  $\sim 5-6 \mu\text{m}$ , chiều rộng thanh  $\sim 0,5-1 \mu\text{m}$ ). Nhận xét thấy, các mẫu vật liệu nano ZnO có thể được điều chỉnh theo hình dáng và kích thước rõ nét là mong muốn trong nghiên cứu chế tạo vật liệu [5-14]. Như vậy, ở mẫu M2 với thể tích dung dịch chiết lá mẫu đơn là 50 ml đã tạo được nano ZnO hình dạng thanh rõ nét, nên sẽ được lưu ý để tiếp tục đưa vào nghiên cứu sâu hơn cho các điều chỉnh đặc tính và tính chất của vật liệu này.



Hình 5. Hình thái bề mặt các mẫu bột nano ZnO (M1, M2, M3, M4).

#### + Kết quả phân tích phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX):

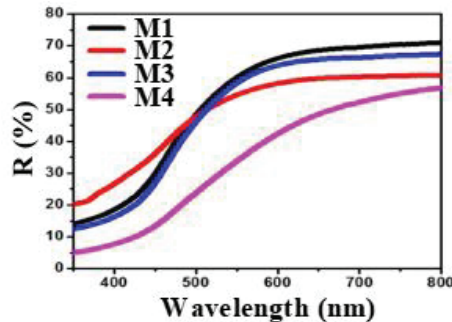
Kết quả phân tích phổ tán xạ năng lượng tia X (EDX) của các mẫu bột nano ZnO (M1, M2, M3 và M4) được thể hiện ở Bảng 1. Kết quả phân tích cho thấy các mẫu vật liệu ZnO chế tạo đều có thành phần của các nguyên tố O và Zn. Tỷ lệ % khối lượng cho thấy là tương đối gần với kết quả lý thuyết. Như vậy có thể thấy các mẫu vật liệu tổng hợp được là bột nano ZnO với dung dịch chiết đi từ lá mẫu đơn đồ.

Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần nguyên tố của các mẫu ZnO (M1, M2, M3, M4).

Mẫu	Nguyên tố	% khối lượng lý thuyết	% khối lượng thực nghiệm
M1	O	19,75 %	11,29%
	Zn	80,25%	88,71%
M2	O	-	18,22%
	Zn	-	81,78%
M3	O	-	16,64%
	Zn	-	83,36%
M4	O	-	15,42%
	Zn	-	84,58%

### 3.2.4. Kết quả khảo sát phổ phản xạ

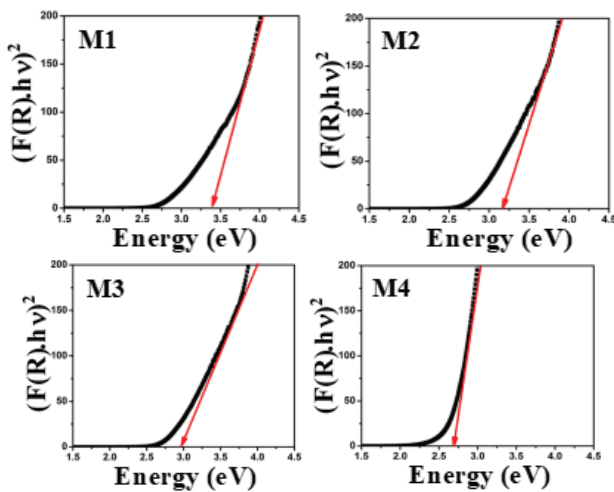
Phổ phản xạ của các mẫu vật liệu bột nano ZnO (M1, M2, M3 và M4) được biểu diễn theo Hình 7. Trên phổ phản xạ Hình 7 cho thấy: trong vùng bước sóng 350-400 nm độ phản xạ nhỏ, trong vùng bước sóng khoảng 400-600 nm thì độ phản xạ tăng nhanh lên đến 55-65 %. Điều này cho thấy các mẫu bột nano ZnO phản xạ mạnh trong vùng ánh sáng khả kiến và phù hợp với độ phản xạ của vật liệu ZnO theo các tài liệu tham khảo [].



Hình 6. Phổ phản xạ của các mẫu vật liệu bột nano ZnO (M1, M2, M3, M4).

+ Xác định bề rộng vùng cấm quang theo phương pháp Kubelka-Munk [16-17]:

Theo phương pháp Kubelka-Munk sử dụng phổ phản xạ để xác định độ rộng vùng cấm quang ( $E_g$ ).



Hình 7. Mối quan hệ giữa  $(F(R)hv)^2$  và  $(hv)$  ở loại chuyển tiếp trực tiếp của các mẫu ZnO (M1, M2, M3, M4).

Do trong chất bán dẫn tồn tại đồng thời cả hai loại chuyển tiếp của điện tử là chuyển tiếp trực tiếp và chuyển tiếp gián tiếp [16-17], nên bề rộng vùng cấm quang cũng được xác theo từng loại chuyển tiếp. Với mối liên hệ giữa  $hv$  (năng lượng tương ứng với từng bước

sóng) và hệ số  $\alpha$  hệ số phụ thuộc vào  $F(R)$  – hàm số Kubelka Munk theo dạng:

$$(F(R).hv) = B(hv-E_g)^n \quad (1)$$

Trên Hình 7 là thể hiện mối quan hệ giữa  $(F(R).hv)^2$  và  $(hv)$  trong chuyển tiếp trực tiếp. Tiếp tuyến được lấy tại vùng tuyến tính nhất của đồ thị phổ phản xạ cắt giao với trục năng lượng  $hv$  cho xác định giá trị của độ rộng vùng cấm quang. Do vậy, năng lượng vùng cấm quang của các mẫu vật liệu bột nano ZnO (M1, M2, M3 và M4) có giá trị  $E_g$  lần lượt là 3,27 eV, 3,18 eV, 2,97 eV và 2,87 eV. Các giá trị  $E_g$  của các mẫu bột nano ZnO chế tạo cho thấy là đều nhỏ hơn giá trị  $E_g$  của vật liệu ZnO dạng khối ( $E_g \approx 3,37$  eV) [3-4,10-13]. Điều này cho nhận định là mẫu bột nano ZnO chế tạo thu được có kích thước nano mét nhỏ hơn so với ZnO ở dạng khối (ở các tài liệu tham khảo [3-4,10-13]). Do vật liệu nano càng được giảm kích thước hạt sẽ dẫn đến làm tăng độ dịch chuyển của bờ hấp thụ về phía bước sóng ánh sáng dài hơn, dẫn đến làm giảm độ rộng vùng cấm  $E_g$  của vật liệu. Việc làm giảm được năng lượng vùng cấm  $E_g$  của vật liệu kích thước nano-mét cũng là một trong những đặc tính mong muốn trong nghiên cứu để đạt được tính chất ứng dụng rộng rãi hơn của vật liệu ZnO.

### 4. Kết luận

Đã khảo sát được dung môi và môi trường pH thích hợp sử dụng để chiết lá mẫu đơn. Điều kiện thích hợp để chiết dung dịch lá mẫu đơn đã chuẩn bị cho quá trình tổng hợp vật liệu bột nano ZnO là: khối lượng lá mẫu đơn 20 g, chiết trong 100 ml nước cất, thời gian 60 phút, ở nhiệt độ 70 °C với môi trường trung tính. Vật liệu bột nano ZnO tổng hợp được với chất khử được sử dụng là dịch chiết lá mẫu đơn đã ở các thể tích dịch chiết khảo sát thay đổi 25 ml, 50 ml, 100 ml, 150 ml. Các mẫu ZnO chế tạo ở dạng đơn pha Wurtzite ZnO có kích thước nano-mét. Các mẫu ZnO đều có hình dạng hạt tinh thể ở dạng tấm. Riêng mẫu ZnO với dịch chiết 50 ml đạt được kết tinh tinh thể dạng thanh rõ nét với chiều dài thanh ~5-6  $\mu\text{m}$ , chiều rộng thanh ~0,5-1  $\mu\text{m}$ . Các mẫu bột nano ZnO chế tạo có phổ phản xạ mạnh trong vùng ánh sáng khả kiến và độ rộng vùng cấm thu được có giá trị trong khoảng 3,27-2,87 eV nhỏ hơn so với vật liệu ZnO dạng khối.

### Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (HUST) của đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ mã số CT2022.04. BKA.05.

### Tài liệu tham khảo

- [1]. VD Mote, Y Purushotham and BN Dole. Williamson-Hall analysis in estimation of lattice strain in nanometer-sized ZnO particles. Journal of Theoretical and Applied Physics 6 (2012) 8 pages.
- [2]. Pooja Dhiman, Ritu Rani and M.Singh. Structural and Electrical Properties of Fe Doped ZnO Nanoparticles Synthesized by Solution Combustion Method. Solid State Physics 1447 (2012) 307-308.

- [3]. J.L. Gomez and O. Tigli. Zinc oxide nanostructures: from growth to application. *J. Mater. Sci.* 48 (2013) 612-624.
- [4]. L.S. Mende, J.L.M. Driscoll. ZnO – nanostructures, defects, and devices. *Mater. Today*. 10 (2007) 40-48.
- [5]. L. Wu, Y. Wu, X. Pan and F. Kong. Synthesis of ZnO nanorod and the annealing effect on its photoluminescence property, *Opt. Mater.* 28 (2006) 418-422.
- [6]. L. Wu, Y. Wu and W. LÜ. Preparation of ZnO nanorods and optical characterizations. *Physica E*: 28 (2005) 76-82.
- [7]. Paula Judith Perez Espitia et al. Zinc Oxide Nanoparticles: Synthesis, Antimicrobial Activity and Food Packaging Applications. *Food Bioprocess Technol* 5 (2012) 1447-1464.
- [8]. S.A. Azzez, Z. Hassan, J.J. Hassan, M. Alimanesh, H.S. Rasheed, F.A. Sabah, S.A. Abdulateef. Hydrothermal Synthesis of Highly Crystalline ZnO Nanorod Arrays: Dependence of Morphology and Alignment on Growth Conditions. *International Conference on Nano-electronic Technology Devices and Materials* 020034 (2015) (1-5).
- [9]. K.Edalatia, A.Shakibab, J.V.Khakia, S.M.Zebarjad. Low-temperature hydrothermal synthesis of ZnO nanorods: Effects of zinc salt concentration, various solvents and alkaline mineralizers. *Mater. Research Bulletin* 74 (2016) 374-379.
- [10]. U. Ozgur, Y.I. Alivov, C. Liu, A. Teke, M.A. Reshchikov, S. Dogan, V. Avrutin, S.J. Cho, H. Morkoc. A comprehensive review of ZnO materials and devices. *J. Appl. Phys.* 98 (2005).
- [11]. C.H. Lu, C.H. Yeh. Influence of hydrothermal conditions on the morphology and particle size of zinc oxide powder. *Ceram. Int.* 26 (2000) 351-357.
- [12]. H. Zhang, D. Yang, Y. Ji, X. Ma, J. Xu, D. Que. Low temperature synthesis of flowerlike ZnO nanostructures by cetyltrimethylammonium bromide-assisted hydrothermal process. *J. Phys. Chem. B* 108 (2004) 3955-3958.
- [13]. N. Kiomarsipour, R.S. Razavi, K. Ghani, M. Kioumarsipour. Evaluation of shape and size effects on optical properties of ZnO pigment. *Appl. Surf. Sci.* 270 (2013) 33-38.
- [14]. S.S. Alias, A.B. Ismail, A.A. Mohamad. Effect of pH on ZnO nanoparticle properties synthesized by sol-gel centrifugation. *J. Alloys Compd.* 499 (2010) 231-237.
- [15]. Mritunjaya Parashar, Vivek Kumar Shukla. Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles. 3rd International Conference on Condensed Matter and Applied Physics (2220) 020143-1-020143-3.
- [16]. R. Bhardwaj, A. Bharti, J.P. Singh, K.H. Chae, N. Goyal, S. Gautam. Structural and electronic investigation of ZnO nanostructures synthesized under different environments. *Heliyon* e00594 (2018) (1-21).
- [17]. P. Kubelka. New contributions to the optics of intensely light-scattering materials. *J. Opt. Soc. Am.* 38 (1948) 448e457.
- [18]. H. Agarwal, S.V. Kumar, S. Rajeshkumar. A review on green synthesis of zinc oxide nanoparticles –An eco-friendly approach. *Efficient Technologies* 3 (2017) 406-413.
- [19]. N. Matinise, M. Maaza. ZnO nanoparticles via *Moringa oleifera* green synthesis: Physical properties & mechanism of formation. Elsevier Limited 406 (2017) 339-347.
- [20]. T. Bhuyan, R. Prasad. Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles from *Azadirachta indica* for antibacterial and photocatalytic applications. *Materials Science in Semiconductor Processing* 32 (2015) 55-61.
- [21]. K. Ali, M.S. A. Said. Aloe vera extract functionalized zinc oxide nanoparticles as nanoantibiotics against multi-drug resistant clinical bacterial isolates. *J. Colloid and Interface Sci.* 472 (2016) 145-156.