

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**



**BÁO CÁO HỌC THUẬT**  
**NĂM HỌC 2023-2024**

**PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO VẬT LIỆU QUANG ĐIỆN**  
**SnSe HAI CHIỀU CẤU TRÚC NANO**

**Người báo cáo: Nguyễn Xuân Chung**

**Đơn vị: Bộ môn Vật lý, Khoa Khoa học Cơ bản**

**Hà Nội, 6/2024**

## **BÁO CÁO HỌC THUẬT HỌC KỲ II, NĂM HỌC 2023-2024**

**Mục đích:** Trình bày phương pháp chế tạo vật liệu quang điện SnSe cấu trúc nano sử dụng phương pháp tách lớp rung siêu âm, các ưu nhược điểm và khả năng ứng dụng phương pháp tại các phòng thí nghiệm trong nước.

*Tên báo cáo:*

### **PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO VẬT LIỆU QUANG ĐIỆN SnSe**

#### **HAI CHIỀU CẤU TRÚC NANO**

**Nguyễn Xuân Chung**

**Bộ môn Vật lý, khoa Khoa học Cơ bản**

#### **Tóm tắt**

Vật liệu quang điện dạng màng mỏng SnSe được chế tạo bằng các phương pháp khác nhau, trong đó phương pháp tổng hợp thông qua bóc tách rung siêu âm kết hợp với quá trình phủ màng có nhiều ưu điểm. Trong báo cáo này, tác giả sẽ trình bày chi tiết về phương pháp tổng hợp nói trên cùng với các phép phân tích bề mặt bằng kính hiển vi điện tử quét, kính hiển vi lực. Bên cạnh đó, phổ nhiễu xạ tia X và phổ tán xạ Raman cũng được khảo sát. Thêm vào đó, phép khảo sát các tính chất quang điện của mẫu được thực hiện. Các kết quả cho thấy màng có thể đạt độ dày nhỏ nhất là 2.5 nm, thời gian phản hồi quang điện của màng xấp xỉ 0.2 s và phụ thuộc vào độ dày màng.

#### **1. MỞ ĐẦU**

Các vật liệu quang điện có nhiều ứng dụng, đặc biệt là ứng dụng trong các thiết bị cảm biến ánh sáng dựa trên hiệu ứng như các cảm biến hình ảnh camera, cảm biến ánh sáng điều khiển đèn đường, cảm biến hồng ngoại.... Trong số các loại vật liệu quang điện, vật liệu SnSe có nhiều ưu việt do có độ linh động của hạt tải điện lớn, hệ số hấp thụ ánh sáng cao, năng lượng vùng cấm nhỏ. Hiện có hai hướng ứng dụng của vật liệu quang điện SnSe là: sử dụng làm các đầu dò ánh sáng dùng trong vùng bước sóng dài và bước sóng ngắn. Đặc tính nhạy sáng cũng như các tính chất khác của vật liệu SnSe phụ thuộc vào phương pháp chế tạo. Sử dụng phương pháp phun xạ có thể tạo ra màng SnSe có độ nhạy tốt đối với ánh sáng có bước sóng lên tới 10.6  $\mu\text{m}$ , Sử dụng phương pháp lắng đọng pha hơi (PVD) có thể nâng cao được khả năng hoạt động của màng. Các phương pháp liên quan đến lắng đọng pha hơi đòi hỏi công nghệ phức tạp cũng như giá thành để vận hành và đầu tư máy móc. Vì vậy, trong bài báo cáo này, tác giả giải thích về phương pháp sử dụng bóc tách trong dung dịch

bằng phương pháp rung siêu âm, đồng thời phân tích các ưu nhược điểm, cũng như phạm vi áp dụng của phương pháp này trong việc chế tạo vật liệu SnSe.

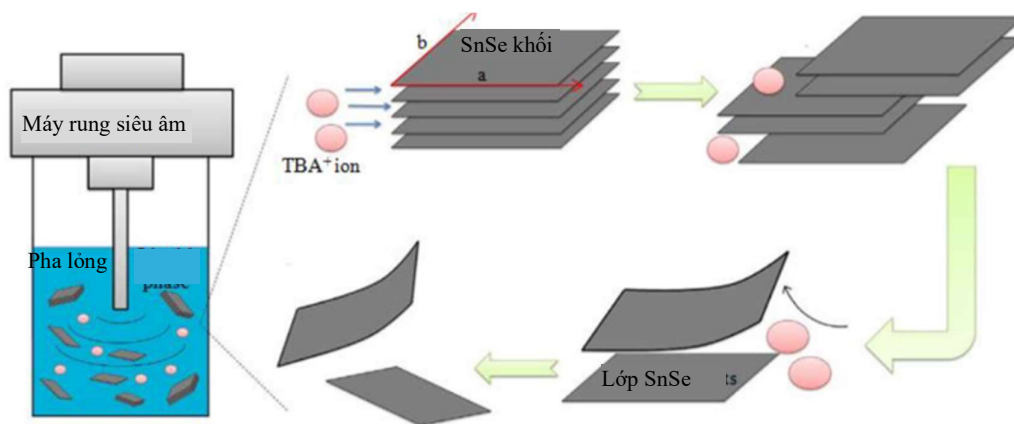
## 2. NỘI DUNG CHI TIẾT

### 2.1. Các bước chế tạo mẫu

Để chế tạo mẫu SnSe, vật liệu ban đầu SnSe dạng khối với độ tinh khiết cao được mua từ công ty Sigma-Aldrich, sử dụng thêm chất phụ gia brom tetrbutylammonium (TBAB) để tạo cấu trúc nano cho màng SnSe. Bột SnSe được hòa tan và trong dung dịch TBAB kết hợp với rung siêu âm. Tiếp theo, SnSe được lắng đọng và được tách bằng phương pháp quay ly tâm, được lọc rồi pha vào trong dung dịch isopropanol.

Để của mẫu được sử dụng là vật liệu mica. Trước hết, một lớp màng mỏng 300nm được làm bằng SiO<sub>2</sub>/Si tạo nền cho điện cực bằng phương pháp quang khắc. Tiếp đó, các điện cực vàng được phủ lên trên nền vật liệu SiO<sub>2</sub>/Si nói trên. Tiếp theo, để được đưa vào trong buồng kín, dung dịch SnSe được phun dưới dạng pha hơi, sau đó lớp màng SnSe được phủ lên trên bề mặt của điện cực vàng. Độ dày của màng SnSe được khảo sát trên máy khảo sát bề mặt.

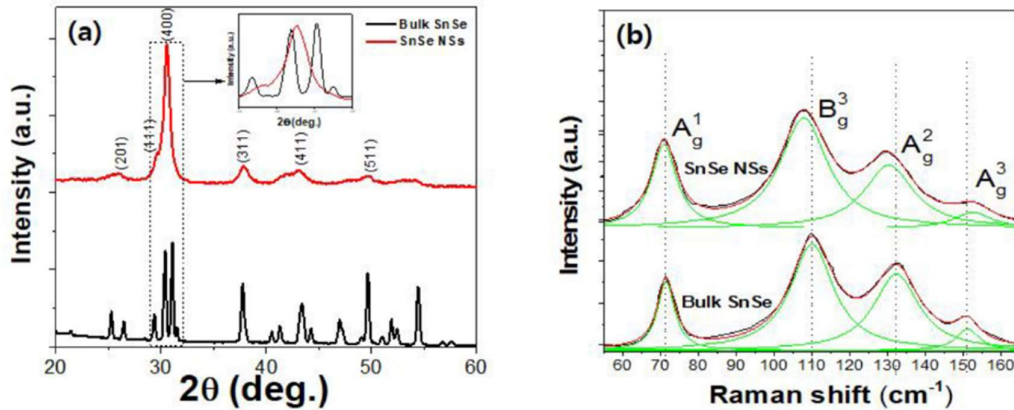
Màng SnSe được tạo thành bởi các lớp mỏng cấu trúc nano (nanosheet) xếp chồng lên nhau. Các phân tử TBA chuyển động vào giữa không gian tiếp xúc giữa các lớp màng nano nói trên, sau đó phân tách các lớp này thành những lớp rất mỏng riêng biệt.



Hình 1. Sơ đồ quá trình chế tạo các mặt phẳng SnSe có cấu trúc nano sử dụng phương pháp bóc tách lớp siêu âm. Các hạt TBAB là các hình cầu màu hồng

## 2.2. Kết quả phân tích cấu trúc nano của SnSe

Cấu trúc của các mặt phẳng nano SnSe được phân tích qua phổ nhiễu xạ tia X và tán xạ Raman, bề mặt được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử lực nguyên tử. Các kết quả phân tích phổ nhiễu xạ tia X cho thấy các hằng số mạng của SnSe là  $a=11.49 \text{ \AA}$ ,  $b = 4.44 \text{ \AA}$  và  $C = 4.13 \text{ \AA}$ .



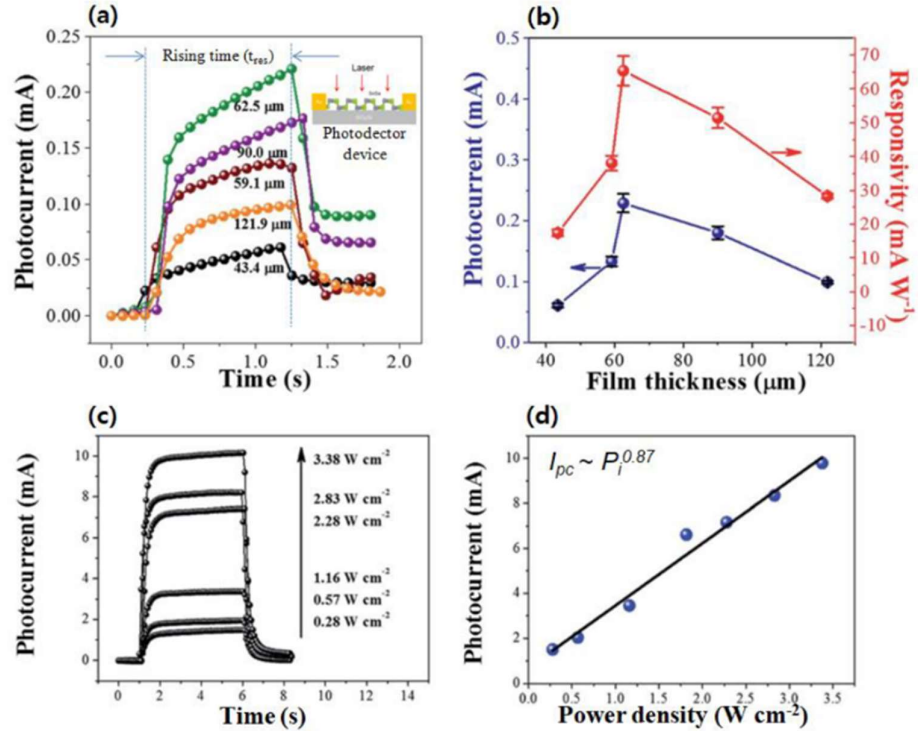
Hình 2. (a) Phổ nhiễu xạ tia X của vật liệu SnSe dạng khối và dạng mặt phẳng mỏng, đỉnh phổ cực đại tại  $31^\circ$  là do nhiễu xạ từ mặt phẳng (400). (b) Phổ tán xạ Raman của vật liệu SnSe dạng khối và dạng mặt phẳng mỏng, kết quả cho thấy có sự dịch chuyển phổ giữa hai dạng vật liệu này.

Hình 2a thể hiện phổ nhiễu xạ tia X của vật liệu SnSe. Các đỉnh nhiễu xạ thể hiện cấu trúc của SnSe có dạng cấu trúc trực giao với các hằng số mạng  $a$ ,  $b$ ,  $c$  lần lượt là  $11.49$ ,  $4.44$  và  $4.13 \text{ \AA}$ . Quá trình dịch đỉnh nhiễu xạ tia X cho cấu trúc dạng lớp mỏng được giải thích là do sự có mặt của các cation TBA<sup>+</sup> khi thực hiện tách lớp. Hình 2b thể hiện phổ tán xạ Raman, sử dụng nguồn kích thích laser 532 nm với công suất kích thích 0.5mW. Các đỉnh tán xạ trong phổ tương ứng với  $A_{1g}$ ,  $B_{3g}$ ,  $A_{2g}$  và  $A_{3g}$ . So sánh với vật liệu SnSe dạng khối, vật liệu SnSe dạng các lớp mỏng thể hiện sự dịch đỉnh tán xạ sang bên trái, hiện tượng này càng thể hiện rõ khi chiều dày của mẫu nhỏ.

## 2.3. Các kết quả đo hiệu ứng quang điện

Hình 3 biểu diễn các kết quả thực nghiệm khảo sát hiệu ứng quang điện, ánh sáng kích thích được sử dụng là laser có bước sóng 450 nm được tạo từ nguồn phát là diode laser. Ánh sáng kích thích được chọn có năng lượng photon cao hơn năng lượng vùng cấm của vật liệu SnSe. Hình 3a thể hiện sự phản hồi của dòng quang điện theo thời gian. Ánh sáng laser được kích hoạt trong khoảng thời gian 1s, cường độ laser có dạng xung vuông. Kết quả cho thấy thời gian phản hồi của dòng quang điện vào khoảng 0.2 s, tốc độ này có thể sử dụng trong các thiết bị cảm biến quang trong một số ứng dụng nhất định, thời gian phản hồi

phụ thuộc vào chiều dày của mẫu. Hình 2b cho thấy dòng quang điện đạt giá trị tối ưu ứng với chiều dày mẫu khoảng 70  $\mu\text{m}$ . Hình 3c cho thấy, khi tăng mật độ ánh sáng kích thích, thời gian phản hồi của vật liệu hầu như không thay đổi, dòng quang điện tỷ lệ gần tuyến tính với mật độ công suất kích thích, được thể hiện trên hình 3d.



Hình 3. Kết quả đo hiệu ứng quang điện của màng SnSe có cấu trúc các lớp mỏng. (a) Thời gian phản hồi của dòng quang điện theo thời gian ứng với các độ dày khác nhau, (b) dòng quang điện ứng với độ dày khác nhau, (c) thời gian phản hồi dòng quang điện tại các mật độ công suất khác nhau, (d) dòng quang điện biến thiên theo mật độ công suất ánh sáng kích thích.

### 3. KẾT LUẬN

Các kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp bóc tách siêu âm để tạo ra các lớp SnSe có cấu trúc nano 2 chiều có thể tạo ra các màng có chất lượng tốt, hiệu ứng quang điện thể hiện rõ ràng. Phương pháp này có thể được ứng dụng rộng rãi do không yêu cầu quá nhiều thiết bị đắt tiền, thời gian tạo màng nhanh, ít tốn kém.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. T.V. Duong, D.D. Nguyen, H.T. Nguyen, N.V. Pham, N.X.Chung. B.H. Luong, H.N. Phan, A facile way to optimize photoelectric properties of SnSe nanosheets via sonication assisted liquid phase exfoliation, Vietnam Journal of Science and Technology (2022) 60, 478-485.
2. Wang B., Zhong S. P., Zhang Z. B., Zheng Z. Q., Zhang Y. P., Zhang H. - Broadband photodetectors based on 2D group IVA metal chalcogenides semiconductors, Appl. Mater. Today 15 (2019) 115-138. <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2018.12.010>.
3. Li X., Song Z., Zhao H., Zhang W., Sun Z., Liang H., Zhu H., Pei J., Li L., Ruan S. - SnSe Nanosheets: From Facile Synthesis to Applications in Broadband Photodetections, Nanomaterials 11 (2021) 49. <https://doi.org/10.3390/nano11010049>
4. Gong X., Wu H., Yang D., Zhang B., Peng K., Zou H. - Temperature dependence of Raman scattering in single crystal SnSe, Vib. Spectrosc. 107 (2020) 103034. <https://doi.org/10.1016/j.vibspec.2020.103034>.