

THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

1. Họ và tên nghiên cứu sinh: Nguyễn Minh Hiếu
2. Giới tính: Nam
3. Ngày sinh: 10/10/1985
4. Nơi sinh: Bắc Giang
5. Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: 4860/QĐ-ĐHKHTN ngày 24/11/2014 của Hiệu trưởng Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo:
 - Quyết định gia hạn thời gian bảo vệ luận án số 596/QĐ-ĐHKHTN ngày 06/03/2018 và số 4728/QĐ-ĐHKHTN ngày 28/12/2018 của Hiệu trưởng Trường Đại học Khoa học Tự nhiên.
 - Quyết định buộc thôi học và trả nghiên cứu sinh về địa phương/cơ quan công tác số 3994/QĐ-ĐHKHTN ngày 25 tháng 12 năm 2020.
7. Tên đề tài luận án: Nghiên cứu chế tạo dây nano SnO₂ định hướng ứng dụng trong cảm biến ADN.
8. Chuyên ngành: Vật lý chất rắn
9. Mã số: 9440130.02
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học: Hướng dẫn chính: PGS. TS. Nguyễn Hoàng Hải
Hướng dẫn phụ: PGS.TS. Mai Anh Tuấn
11. Tóm tắt các kết quả mới của luận án:
 - Dây nano SnO₂ mọc chọn lọc trên bề mặt của điện cực của cảm biến sử dụng phương pháp lắng đọng hóa học pha hơi với sự hỗ trợ của mặt nạ bảo vệ điện cực. Ba điện cực được đặt trong giá mang điện cực và có bộ mặt nạ bảo vệ. Cả giá mang điện cực và mặt nạ bảo vệ có kích thước (48.6×10 ×5mm³) được làm bằng vật liệu chịu nhiệt là thép 304. Quá trình lắp đặt vi điện cực thẳng hàng với mặt nạ bảo vệ được kiểm tra bằng kính hiển vi quang học. Điều kiện mọc dây nano SnO₂ với lưu lượng khí ô xi là 0,5 sccm, áp suất buồng phản ứng 5.10⁻² Torr và nhiệt độ 750°C, thời gian lắng đọng hơi hóa học thay đổi từ 10 phút đến 60 phút, khoảng cách từ nguồn thiếc đến cảm biến thay đổi từ 15 mm đến 90 mm.
 - Quá trình vận chuyển khối của Sn theo thời gian và khoảng cách phụ thuộc vào áp suất và lưu lượng khí thổi trong quá trình lắng đọng hơi hóa học được mô phỏng bởi phần mềm COMSOL Multiphysics. Mô phỏng trên cơ sở cấu trúc 2 chiều với điều kiện va chạm giữa các nguyên tử khí và điện cực là va chạm mềm và va chạm với các bề mặt khác là va chạm đàn hồi. Quỹ đường tự do trung bình của phân tử khí được lấy từ dữ liệu thu

viện COMSOL Multiphysics. Phương trình của quá trình vận chuyển chất là dòng chảy tầng (với hệ số Reynold ≤ 4000).

- Kết quả nhiễu xạ tia X, kính hiển vi điện tử truyền qua phân giải cao, kính hiển vi điện tử quét chỉ ra cấu trúc của tinh thể là ô mạng tinh thể bốn phương với hằng số mạng là $a=0.474$ nm và $c=0.318$ nm. Dây nano có đường kính 25 nm và chiều dài 3,5 μm .
- Cơ chế mọc dây nano theo VLS thông thường điều kiện cần là chất bán dẫn phải hòa tan trong kim loại làm xúc tác. Quá trình quá bão hòa là nguyên nhân tạo thành chất bán dẫn từ hỗn hợp pha lỏng, điều này thường được tạo thành ở giọt lỏng. Trong quá trình mọc dây nano từ trên xuống, một giọt kim loại xuất hiện ở đầu dây, tuy nhiên quá trình phân nhánh của dây nano là không thể xảy ra. Nghiên cứu sinh đề xuất mô hình điều chỉnh để giải thích quá trình mọc dây nano SnO_2 . Mô hình dựa trên cơ chế VLS với việc sử dụng màng Au đóng vai trò là xúc tác. Có hai đặc điểm đặc biệt quan trọng trong đề xuất này đó là SnO_2 không hòa tan trong Au và Au-Sn và dây nano SnO_2 bị phân nhánh.
- Một phương pháp cố định ADN đơn giản bằng cách chức năng hóa bề mặt dây nano SnO_2 sử dụng 3-amino-propyl-tri-ethoxy-silane ở pha khí, tạo liên kết của nhóm amino với nhóm photphat của ADN của vi rút Epstein-Barr virus.
- Phương pháp đo thể vi sai được sử dụng để phát hiện quá trình lai hóa ADN. Thời gian hồi đáp của cảm biến là 2,5 giây và giới hạn phát hiện là 3.2 pM.

12. Khả năng ứng dụng thực tiễn:

Cảm biến ADN trên cơ sở dây nano SnO_2 phát hiện các chuỗi ADN của vi rút với nồng độ thấp.

13. Các hướng nghiên cứu tiếp theo:

Nghiên cứu sinh tiếp tục nghiên cứu để tối ưu cho cảm biến để phát hiện chuỗi ADN với nồng độ thấp và tự động trên thiết bị phân tích tích hợp (lab-on-chip) với hệ vi lưu và vi bơm.

Mở rộng đối tượng nghiên cứu hướng tới phát hiện các kim loại nặng độc hại trong nước.

14. Các công trình công bố liên quan đến luận án:

1. Minh Hieu Nguyen, Hoang Hai Nguyen, Anh Tuan Mai. (2020), On-chip selective growth of SnO_2 nanowires for DNA sensor development, Sensors and Actuators A, 312, 112171.

2. Hieu Nguyen Minh, Nguyen Hoang Hai, and Mai Anh Tuan. (2021), Understanding the Growth Mechanisms of Tin Oxide Nanowires by Chemical Vapor Deposition, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 21.4, pp. 2538-2544.

3. Minh Hieu Nguyen, Hoang Hai Nguyen, Anh Tuan Mai. (2019), Dây nano SnO₂ mọc trực tiếp trên cảm biến sinh học với hạt vàng ở đầu dây nano làm xúc tác, Kỷ yếu Hội nghị vật lý chất rắn và khoa học vật liệu toàn quốc – spms, trang 696-701.

4. Nguyễn Minh Hiếu, Phạm Đức Thành, Mai Anh Tuấn, Nguyễn Hoàng Hải. (2017), Cơ chế mọc và đặc tính của dây nano oxit thiếc chế tạo bằng phương pháp lắng đọng hóa học pha hơi, Kỷ yếu Hội nghị vật lý chất rắn và khoa học vật liệu toàn quốc – spms, trang 565-568.

Ngày tháng năm

Người hướng dẫn luận án

Nghiên cứu sinh

PGS. TS. Nguyễn Hoàng Hải

Nguyễn Minh Hiếu

INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name: Nguyen Minh Hieu

2. Sex: Male

3. Date of birth: 10/10/1985

4. Place of birth: Bac Giang

5. Admission decision number: 4860/QĐ-ĐHKHTN dated on 24/11/2014, by Rector of VNU University of Science;

6. Changes in academic process:

- Extended time by decision No 596/QĐ-DHKHTN dated on 06/3/2018 and 4728/QĐ ĐHKHTN dated on 28/12/2018, by Rector of VNU University of Science;

- Decision No. 3994/QĐ-DHKHTN dated on 25/12/2020 by Rector of VNU University of Science that sending PhD. student back to local/office.

7. Official thesis title: Preparation and characterization of SnO₂ nanowires forward DNA biosensor applications.

8. Major: Solid state of Physics

9. Code: 9440130.02

10. Supervisors:

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Hoang Hai

Assoc. Prof. Dr. Mai Anh Tuan

11. Summary of the new findings of the thesis

- Tin oxides (SnO₂) nanowires were selectively grown on the working electrode of a sensor by using modified chemical vapor deposition technique with supporting shadow mask. Triple-electrode sensors, covered by a shadow mask, were placed on a carrier. Both carrier and (48.6 × 10 × 5 mm³) shadow mask is made of forged steel (Type 304 stainless steel). The alignment of the shadow mask and the sensors was controlled by a microscope. Setting-up parameters were: 0.5 sccm oxygen flow, 5.10⁻² Torr and 750°C. The process time was set from t = 10 to 60 min; the distance x from tin source to substrate was 15 to 90 mm.

- Time and distance evolution of Sn mass transport in correlation with carrier gas pressure and flow rates in the chemical vapor deposition system was described by COMSOL Multiphysics. The simulation based on 2 D calculation supposed that the collision between vaporized atoms with the working electrodes were perfectly plastic whereas the collisions with other surfaces was perfectly elastic. The mean free path of gas atoms was obtained from COMSOL's library. The mass transport equation was applied for a laminar flow (Reynolds number ≤ 4000).
- X-ray diffraction, high resolution transmission electron microscopy, scanning transmission electron microscopy measurements showed that nanowire structure was tetragonal with lattice constants $a = 0.474$ nm and $c = 0.318$ nm. The nanowires were around 25 nm in diameter and 3.5 μm in length.
- The conventional VLS mechanism for nanowires requires that the semiconductor must be soluble with the metallic catalyst. The supersaturation causes the precipitation of the semiconductor from the compound liquid, which is usually in the form of droplets. In the tip-growth process, one metallic droplet is responsible for one nanowire, so that, branching is impossible. Phd student proposes a modified model to explain the growth process of SnO_2 nanowires. The model is based on the VLS mechanism in which Au film plays as the catalyst. There are 2 important features that we must consider (a) tin oxide is insoluble in Au and Au-Sn compound, (b) tin oxide nanowires are branched off.
- A simple immobilization of a DNA sensor was conducted by a surface modification of tin oxide nanowire using 3-amino-propyl-tri-ethoxy-silane hydroxylation in vapor phase; creating the amino functional groups to which the phosphate groups of probe ss-DNA (Epstein-Barr virus) bound.
- Differential voltage measurements were conducted to detect DNA hybridization. The response time was 2.5 second and the limit of detection was 3.2 pM.

12. Practical applicability, if any:

DNA sensor based on SnO_2 nanowires were conducted to detect virus-specific DNA sequences at low concentrations by Differential voltage method.

13. Further research directions, if any

Phd. Students continue my research to improve DNA sensor to detect virus-specific DNA sequences at lower concentrations, automation by lab-on-chip (LOC) systems with microfluidic systems and micropumps. Expanding research objects toward detection of toxic heavy metal ions in water environment.

14. Thesis-related publications:

1. Minh Hieu Nguyen, Hoang Hai Nguyen, Anh Tuan Mai. (2020), On-chip selective growth of SnO₂ nanowires for DNA sensor development, *Sensors and Actuators A*, 312, 112171.
2. Hieu Nguyen Minh, Nguyen Hoang Hai, and Mai Anh Tuan. (2021), Understanding the Growth Mechanisms of Tin Oxide Nanowires by Chemical Vapor Deposition, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* 21.4, pp. 2538-2544.
3. Minh Hieu Nguyen, Hoang Hai Nguyen, Anh Tuan Mai. (2019), Dây nano SnO₂ mọc trực tiếp trên cảm biến sinh học với hạt vàng ở đầu dây nano làm xúc tác, *Kỷ yếu Hội nghị vật lý chất rắn và khoa học vật liệu toàn quốc – spms*, trang 696-701.
4. Nguyễn Minh Hiếu, Phạm Đức Thành, Mai Anh Tuấn, Nguyễn Hoàng Hải. (2017), Cơ chế mọc và đặc tính của dây nano oxit thiếc chế tạo bằng phương pháp lắng đọng hóa học pha hơi, *Kỷ yếu Hội nghị vật lý chất rắn và khoa học vật liệu toàn quốc – spms*, trang 565-568.

Date:

Supervisor

PhD Student

Assoc. Prof. Dr. Nguyen Hoang Hai

Nguyen Minh Hieu