

THÔNG TIN VỀ LUẬN ÁN TIẾN SĨ

1. Họ và tên nghiên cứu sinh: Đặng Thị Hải Linh
2. Giới tính: Nữ
3. Ngày sinh: 13/10/1993.
4. Nơi sinh: Hưng yên
5. Quyết định công nhận nghiên cứu sinh: Quyết định số 3358/QĐ-ĐHKHTN ngày 28 /10 /2019 của Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội.
6. Các thay đổi trong quá trình đào tạo (nếu có): Văn bản gia hạn số 151/QĐ-ĐHKHTN ngày 17 tháng 01 năm 2023 và số 1073/QĐ-ĐHKHTN ngày 16 tháng 4 năm 2024 và Quyết định số 4955/QĐ-ĐHKHTN ký ngày 26 tháng 12 năm 2023 về việc điều chỉnh thời gian đào tạo các chương trình đào tạo trình độ tiến sĩ.
7. Tên đề tài luận án: *Nghiên cứu phát triển vật liệu lai cho điện cực đối của pin năng lượng mặt trời nhạy quang định hướng ứng dụng tại Việt Nam*
8. Chuyên ngành: *Khoa học Môi trường*
9. Mã số: 9440301.01
10. Cán bộ hướng dẫn khoa học:
 - HDC: PGS.TS. Đào Văn Dương – Cơ quan: Trường Đại học Phenikaa
 - HDP: GS.TS. Hoàng Xuân Cơ – Cơ quan: Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN.
11. Tóm tắt các kết quả mới của luận án:

11.1. Đối tượng và Phạm vi nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu:

- + Các dạng vật liệu lai (NiO/Pt, WO₃/Pt, NiO/Cdot, CNT/Ru) ứng dụng cho điện cực đối của DSSC.
- + Các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng DSSC chế tạo được tại Việt Nam như: Tiềm năng năng lượng mặt trời (bức xạ mặt trời) theo thời gian các tháng trong năm tại Việt Nam, Sự sẵn có của nguyên liệu chế tạo (Ni, W, vật liệu cacbon CNT, Cdot, ...), Cơ chế chính sách cho phát triển điện mặt trời tại Việt Nam,...

Phạm vi nghiên cứu:

- + Phạm vi nội dung: Nghiên cứu tập trung vào vật liệu lai của Niken oxit (NiO) và Tungsten oxit (WO₃) với Pt và 2 dạng vật liệu lai không chứa Pt là NiO/Cdot và CNT/Ru; khả năng ứng dụng DSSC chế tạo được tại Việt Nam.

11.2. Mục tiêu nghiên cứu

- + Tổng hợp được vật liệu lai trên cơ sở oxit kim loại và Pt nhằm thay thế một phần Pt trong điện cực đối của DSSC
- + Tổng hợp được vật liệu lai thay thế hoàn toàn Pt trong điện cực đối của DSSC.
- + Đánh giá được tính chất điện hóa của các điện cực đối chế tạo được cũng như hiệu

suất của DSSC sử dụng các điện cực đối trên với mục tiêu tạo ra DSSC có hiệu suất cao và giảm thiểu sử dụng nguyên liệu giá thành cao (Pt).

+ Đánh giá được tiềm năng và định hướng ứng dụng DSSC chế tạo được tại Việt Nam.

11.3. Ý nghĩa khoa học của luận án

NiO, WO₃ được chế tạo thủy nhiệt và lai với Pt thông qua công nghệ khử plasma khô trong điều kiện áp suất khí quyển. Việc kết hợp các hạt nano Pt vào vật liệu NiO, WO₃ cung cấp nhiều vị trí hoạt động xúc tác hơn cho tốc độ phản ứng oxy hóa khử cao hơn, nhằm tăng hiệu suất chuyển đổi năng lượng của của các tế bào quang điện.

Việc nghiên cứu các dạng vật liệu lai không sử dụng Pt, ứng dụng trong CE của DSSC cũng được nghiên cứu nhằm thay thế Pt (trữ lượng thấp, giá thành cao) bằng dạng vật liệu lai có hình thái đặc biệt, chi phí thấp hơn, ứng dụng hiệu quả trong DSSC cho hiệu suất chuyển đổi năng lượng tương đương với DSSC sử dụng Pt-phún xạ truyền thống.

11.4. Ý nghĩa thực tiễn của luận án

Niken và Vonfram là các dạng tài nguyên có trữ lượng lớn tại Việt Nam, có khả năng khai thác và sử dụng cao. Rutheni (Ru) có trữ lượng lớn hơn Platin (Pt), đồng thời CNT, Cdot cũng được chế tạo đơn giản từ các nguồn nguyên liệu đa dạng, sẵn có tại Việt Nam.

Công nghệ chế tạo điện cực được xây dựng đơn giản và ít phụ thuộc vào các hoá chất độc hại. Việc sử dụng NiO, WO₃, và CNT/Ru trong các điện cực không đòi hỏi các quy trình phức tạp hoặc cần thiết sử dụng các dung môi hay hóa chất độc hại.

11.5. Nội dung nghiên cứu

+ Chế tạo oxit kim loại (NiO, WO₃) có hình thái, cấu trúc đặc biệt làm tăng diện tích bề mặt riêng, tính chất xúc tác của vật liệu.

+ Chế tạo vật liệu lai (NiO/Pt, WO₃/Pt) ứng dụng trong các điện cực đối của DSSC nhằm thay thế một phần Pt ứng dụng trong điện cực đối, cải thiện đặc tính điện hóa của điện cực đối, nâng cao hiệu suất của DSSC.

+ Chế tạo vật liệu lai không Pt (NiO/Cdot, CNT/Ru) ứng dụng trong các điện cực đối của DSSC nhằm thay thế hoàn toàn Pt trong điện cực đối, nâng cao hiệu suất chuyển đổi năng lượng của DSSC.

+ Đánh giá tính chất điện hóa của các điện cực đối chế tạo được và hiệu suất của DSSC với các điện cực đối trên.

+ Đánh giá tiềm năng, tính phù hợp và định hướng phát triển, ứng dụng DSSC tại Việt Nam.

11.6. Những phương pháp nghiên cứu sử dụng trong luận án

- Phương pháp chế tạo vật liệu NiO, NiO/Pt, NiO/Cdot, WO₃, WO₃/Pt, CNT/Ru
- Phương pháp chế tạo điện cực đối dựa trên các vật liệu NiO, NiO/Pt, NiO/Cdot, WO₃, WO₃/Pt, CNT/Ru
- Chế tạo pin năng lượng mặt trời nhạy quang
- Phương pháp xác định tính chất vật liệu (SEM, TEM, HR-TEM, EDX, XRD, XPS)
- Phương pháp xác định tính chất điện hóa của điện cực đối (Quét thế vòng (CV), đo tổng trở điện hóa (EIS), Phổ đồ pha Bode, Đường cong phân cực Tafel)

- Phương pháp xác định hiệu suất và đặc tính của DSSC (Khảo sát đặc tính dòng quang điện – thế, Khảo sát đường cong IPCE, Khảo sát mối tương quan giữa dòng quang điện và thời gian)

- Phương pháp mô hình hóa sử dụng phần mềm Opengrads

11.7. Những đóng góp mới của luận án

+ Tổng hợp được vật liệu lai NiO/Pt, WO₃/Pt với cấu trúc hình thái đặc biệt lần đầu tiên được ứng dụng làm điện cực đối cho DSSC với các đặc trưng quang điện tốt hơn điện cực NiO và điện cực Pt phun xạ truyền thống.

+ Tổng hợp được vật liệu lai NiO/Cdot, CNT/Ru cấu trúc hình thái đặc biệt lần đầu tiên được ứng dụng làm điện cực đối (hoàn toàn không sử dụng Pt) cho DSSC với các đặc trưng quang điện tốt gần tương đương với điện cực Pt phun xạ truyền thống.

+ Định hướng phát triển DSSC chế tạo được tại Việt Nam với điều kiện bức xạ, nguồn cung cấp nguyên liệu chế tạo.

12. Các hướng nghiên cứu tiếp theo: Tối ưu hóa tỉ lệ các thành phần lai trong vật liệu nhằm nâng cao hiệu suất chuyển đổi năng lượng của pin năng lượng mặt trời nhạy quang, đánh giá khả năng thương mại hóa pin chế tạo được tại Việt Nam.

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

[1] **Dang, Hai-Linh Thi**; Dao, Van-Duong; Vu, Ngoc Hung; Quang, Dang Viet; Vu, Hong Ha Thi; Nguyen, Thi Hanh; Mohamed, Ibrahim MA; Hoang, Xuan-Co; Vu, Doan Anh; Tuan, Pham Anh; *Balance between the explored Pt counter electrode in an electrolyte medium and the photoanode for highly efficient liquid-junction photovoltaic devices*, Journal of Science: Advanced Materials and Devices, 5, 2, 180-184, 2020, Elsevier. **IF:3.783**

[2] Dao, Van-Duong; **Dang, Hai-Linh Thi**; Vu, Ngoc Hung; Vu, Hong Ha Thi; Hoa, Nguyen Duc; Van Hieu, Nguyen; Tuan, Pham Anh; *Nanoporous NiO nanosheets-based nanohybrid catalyst for efficient reduction of triiodide ions*, Solar Energy, 197, 546-552, 2020, Elsevier. **IF:4.608**

[3] **Dang, Hai-Linh Thi**; Tran, Nam Anh; Dao, Van-Duong; Vu, Ngoc Hung; Quang, Dang Viet; Vu, Hong Ha Thi; Nguyen, Thi Hanh; Pham, Thanh-Dong; Hoang, Xuan-Co; Nguyen, Hien Thi; *Carbon nanotubes-ruthenium as an outstanding catalyst for triiodide ions reduction*, Synthetic Metals, 260, 116299, 2020, Elsevier. **IF: 3.286**

[4] **Dang, Hai Linh Thi**; Dao, Van-Duong; Vu, Ngoc Hung; Vu, Hong Ha Thi; Anh, Tran Nam; Huyen, Nguyen Thi Khanh; Hoang, Xuan-Co; Hanh, Nguyen Thi; Tuan, Pham Anh; *Micro-wheels composed of self-assembled tungsten oxide nanorods supported platinum counter electrode for highly efficient liquid-junction photovoltaic devices*, Solar Energy, 214, 214-219, 2021, Elsevier. **IF: 5.742**

Hà Nội, ngày tháng.....năm.....

TM. Tập thể hướng dẫn

(Ký và ghi rõ họ tên)

Nghiên cứu sinh

(Ký và ghi rõ họ tên)

INFORMATION ON DOCTORAL THESIS

1. Full name: DANG THI HAI LINH
2. Sex: Female
3. Date of birth: 13/10/1993
4. Place of birth: Hung Yen Province
5. Admission decision number 3358/QĐ-ĐHKHTN dated 28/10/2019 by Hanoi University of Science, VNU University.
6. Changes in academic process: 151/QĐ-ĐHKHTN dated 17/01/2023, 1073/QĐ-ĐHKHTN dated 16/4/ 2024 and 4955/QĐ-ĐHKHTN dated 26/12 /2023 by Hanoi University of Science, VNU University
7. Official thesis title: Research on the development of hybrid materials applied in counter electrodes of dye-sensitized solar cells oriented application in Vietnam
8. Major: Environmental Sciences
9. Code: 9440301.01
10. Supervisors:
 - Assoc.Prof.PhD. Dao Van Duong, Phenikaa University
 - Prof.PhD. Hoang Xuan Co, University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam.
11. Summary of the new findings of the thesis:

11.1. Object and Scope of Study

Subjects of study:

- + Hybrid materials (NiO/Pt, WO₃/Pt, NiO/Cdot, CNT/Ru) applied to DSSC's counter electrode.
- + Factors affecting the ability to apply DSSC manufactured in Vietnam such as: Solar energy potential (solar radiation) according to the months of the year in Vietnam, Availability of manufacturing materials (Ni, W, CNT carbon materials, Cdot, ...),...

Scope of study:

- + Scope of content: Research focuses on hybrid materials of Nickel oxide (NiO) and Tungsten oxide (WO₃) with Pt and 2 forms of hybrid materials without Pt, namely NiO/Cdot and CNT/Ru; the ability to apply DSSC manufactured in Vietnam.

11.2. Research Objectives

- + Synthesize hybrid materials on the basis of metal oxide and Pt to replace part of Pt in the opposite electrode of DSSC
- + Synthesize hybrid materials that completely replace Pt in the opposite electrode of DSSC.
- + To evaluate the electrochemical properties of the fabricated electrodes as well as the performance of DSSC using the above electrodes to create DSSC with high efficiency and minimize the use of high-cost materials (Pt).
- + Evaluate the potential and orientation applications of manufactured DSSC in Vietnam.

11.3. Scientific significance of the thesis

+ NiO, WO₃ is synthesized hydrothermally and hybrid with Pt through dry plasma reduction technology under atmospheric pressure conditions. The incorporation of Pt nanoparticles into NiO, and WO₃ materials provides more catalytic active sites for higher redox reaction rates, thereby increasing the energy conversion efficiency of photovoltaic cells.

+ The research on hybrid materials without the use of Pt, application in CE of DSSC is also researched to replace Pt (low reserve, high cost) with hybrid materials with special morphology, lower cost, effective application in DSSC for energy conversion efficiency equivalent to DSSC using traditional Pt-sputtering.

11.4. Practical significance of the thesis

+ Nickel and tungsten are forms of resources with large reserves in Vietnam, with high exploitation and use. Ruthenium (Ru) has a larger reserve than Platinum (Pt), and CNT and Cdote are also simply made from diverse raw materials, available in Vietnam.

+ The electrode manufacturing technology is simple to build and relies less on toxic chemicals. The use of NiO, WO₃, and CNT/Ru in electrodes does not require complex or necessary processes using solvents or toxic chemicals.

11.5. Research content

+ Fabrication of metal oxides (NiO, WO₃) with special morphologies and structures that increase the specific surface area and catalytic properties of the material.

+ Fabrication of hybrid materials (NiO/Pt, WO₃/Pt) applied in DSSC's counterparts in order to partially replace Pt applied in opposites, improve the electrochemical properties of opposites, and improve the performance of DSSC.

+ Fabrication of non-Pt hybrid materials (NiO/Cdote, CNT/Ru) applied in DSSC's opposite electrodes to completely replace Pt in opposite electrodes, improving DSSC's energy conversion efficiency.

+ Evaluation of the electrochemical properties of the fabricated electrodes and the performance of the DSSC.

+ Assessment of potential, suitability, and orientation for the development and application of DSSC in Vietnam.

11.6. Research methods

+ Methods for fabricating NiO, NiO/Pt, NiO/Cdote, WO₃, WO₃/Pt, CNT/Ru materials

+ Electrode fabrication method based on NiO, NiO/Pt, NiO/Cdote, WO₃, WO₃/Pt, CNT/Ru materials

+ Fabrication of Dye-sensitized solar cells

+ Methods for characterizing material properties (SEM, TEM, HR-TEM, EDX, XRD, XPS)

+ Methods for determining the electrochemical properties of CEs (cyclic voltammograms (CV), electrochemical impedance spectroscopy (EIS), Bode curves, and Tafel measurements)

+ DSSC Performance and Characterization Methods (Characteristic current density–voltage

curves of DSSCs, IPCE measurement, J-t measurements)

+ Modeling method using Opengrads software

11.7. *New contributions of the thesis*

+ Synthesizing NiO/Pt, WO₃/Pt hybrid materials with special morphological structures for the first time applied as electrodes for DSSC with better photoelectric characteristics than traditional NiO electrodes and sputtering Pt electrodes.

+ Synthesized NiO/Cdot, CNT/Ru hybrid materials with a special morphological structure for the first time applied as a counter electrode (completely without using Pt) for DSSC with good photoelectric characteristics almost equivalent to traditional sputtering Pt electrodes.

+ Orientations for the development of DSSC manufactured in Vietnam under the conditions of radiation, supply of manufacturing materials.

12. Further research directions: Optimizing the ratio of hybrid components in CE materials to improve the energy conversion efficiency of DSSCs, evaluating the possibility of commercialization of DSSCs manufactured in Vietnam.

13. Thesis-related publications

[1] **Dang, Hai-Linh Thi**; Dao, Van-Duong; Vu, Ngoc Hung; Quang, Dang Viet; Vu, Hong Ha Thi; Nguyen, Thi Hanh; Mohamed, Ibrahim MA; Hoang, Xuan-Co; Vu, Doan Anh; Tuan, Pham Anh; *Balance between the explored Pt counter electrode in an electrolyte medium and the photoanode for highly efficient liquid-junction photovoltaic devices*, Journal of Science: Advanced Materials and Devices, 5, 2, 180-184, 2020, Elsevier. **IF:3.783**

[2] Dao, Van-Duong; **Dang, Hai-Linh Thi**; Vu, Ngoc Hung; Vu, Hong Ha Thi; Hoa, Nguyen Duc; Van Hieu, Nguyen; Tuan, Pham Anh; *Nanoporous NiO nanosheets-based nanohybrid catalyst for efficient reduction of triiodide ions*, Solar Energy, 197, 546-552, 2020, Elsevier. **IF:4.608**

[3] **Dang, Hai-Linh Thi**; Tran, Nam Anh; Dao, Van-Duong; Vu, Ngoc Hung; Quang, Dang Viet; Vu, Hong Ha Thi; Nguyen, Thi Hanh; Pham, Thanh-Dong; Hoang, Xuan-Co; Nguyen, Hien Thi; *Carbon nanotubes-ruthenium as an outstanding catalyst for triiodide ions reduction*, Synthetic Metals, 260, 116299, 2020, Elsevier. **IF: 3.286**

[4] **Dang, Hai Linh Thi**; Dao, Van-Duong; Vu, Ngoc Hung; Vu, Hong Ha Thi; Anh, Tran Nam; Huyen, Nguyen Thi Khanh; Hoang, Xuan-Co; Hanh, Nguyen Thi; Tuan, Pham Anh; *Micro-wheels composed of self-assembled tungsten oxide nanorods supported platinum counter electrode for highly efficient liquid-junction photovoltaic devices*, Solar Energy, 214, 214-219, 2021, Elsevier. **IF: 5.742**

Date:

On behalf of academic supervisors

PhD. Student