

## THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 1. Thông tin chung

- Tên đề tài: **Tổng hợp vật liệu quang xúc tác bán dẫn trên nền ống nano cacbon đa lớp cho ứng dụng xử lý chất hữu cơ ô nhiễm.**

- Mã số: B2020-TNA-12

- Chủ nhiệm đề tài: PGS. TS. Mai Xuân Trường

- Cơ quan chủ trì: Đại học Thái Nguyên

- Thời gian thực hiện: 24 tháng

### 2. Mục tiêu

Chế tạo được các hệ vật liệu quang xúc tác có hoạt tính cao là các oxit bán dẫn ( $\text{TiO}_2$  pha tạp ion kim loại và  $\text{SrTiO}_3$  dạng ống) và các sunfua đa thành phần kim loại mang trên ống cacbon đa lớp để ứng dụng xử lý chất hữu cơ ô nhiễm môi trường nước.

### 3. Tính mới và sáng tạo

- Hệ vật liệu nanocomposite trên nền ống nano cacbon đa lớp bao gồm ( $\text{Cu-TiO}_2/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3$ ;  $\text{SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{AgInS}_2/\text{MWCNTs}$ ) được điều chế và ứng dụng nghiên cứu để xử lý một số hợp chất hữu cơ ô nhiễm như: 2,4-diclophenol, metyl da cam, rhodamine B, metylen xanh. Kết quả chỉ ra rằng các hệ vật liệu trên đều có hoạt tính cao trong phản ứng quang xúc tác. Các hệ vật liệu nanocomposite này có thể được nghiên cứu ứng dụng trong thực tiễn với mục đích xử lý chất ô nhiễm trong môi trường nước.

- Vật liệu  $\text{CuO/SrTiO}_3$  được điều chế và ứng dụng cho phản ứng quang xúc tác điều chế  $\text{H}_2$  từ  $\text{H}_2\text{O}$ . Đồng thời, các yếu tố ảnh hưởng đến hoạt tính quang xúc tác như hàm lượng  $\text{CuO}$  pha tạp, đặc điểm và nồng độ của các chất thế điện tử, nhiệt độ phản ứng và nồng độ của chất xúc tác đã được nghiên cứu chi tiết một cách hệ thống. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng  $\text{CuO}$  là chất đồng xúc tác hiệu quả cho  $\text{SrTiO}_3$ , khi so sánh hoạt tính quang xúc tác của  $\text{CuO/SrTiO}_3$  và  $\text{Pt/SrTiO}_3$  trong cùng điều kiện cho thấy  $\text{CuO}$  là chất đồng xúc tác thông dụng, rẻ tiền nhưng có hoạt tính tương đương  $\text{Pt}$  là kim loại hiếm, đắt tiền.

### 4. Kết quả nghiên cứu

- Đã tổng hợp thành công 05 hệ vật liệu nanocomposite trên nền ống nano cacbon đa lớp bao gồm  $\text{Cu-TiO}_2/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3$ ;  $\text{SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{AgInS}_2/\text{MWCNTs}$ .

- Đã nghiên cứu đặc trưng cấu trúc, thành phần hóa học, hình thái bề mặt, kích thước hạt, tính chất quang học của các vật liệu chế tạo được. Cụ thể gồm XRD, EDX,

XPS, DF-SEM-EDX, TEM, DRS của các vật liệu tùy theo đặc tính và mục đích giải thích tính chất và hoạt tính quang xúc tác.

- Đã nghiên cứu so sánh hoạt tính quang xúc tác của các vật liệu đối với phản ứng quang xúc tác phân hủy một số hợp chất hữu cơ ô nhiễm được lựa chọn bao gồm: metyl da cam, rhodamine B, xanh metylen, 2,4-điclophenol.

- Đã nghiên cứu khả năng tách hydro từ nước bằng phương pháp quang xúc tác của vật liệu nano.

- Đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau như bản chất chất xúc tác, khối lượng chất xúc tác, nồng độ của hợp chất hữu cơ, pH dung dịch,.. đến hiệu suất quang xúc tác phân hủy hợp chất hữu cơ và điều chế H<sub>2</sub> từ H<sub>2</sub>O.

- Đã thử nghiệm và đánh giá quy trình công nghệ xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp quang xúc tác.

- Đã thực hiện phân tích và xử lý dữ liệu các hệ vật liệu nghiên cứu.

## **5. Sản phẩm**

### **5.1. Sản phẩm khoa học (các bài báo công bố)**

#### *5.1.1. Bài báo quốc tế : 02 bài Q2*

1. Xuan Truong Mai, Duc Nguyen Bui, Van Khang Pham, Thi Hien Lan Nguyen, Thi To Loan Nguyen, Hung Dung Chau, Thi Kim Ngan Tran (2022), Effect of CuO Loading on the Photocatalytic Activity of SrTiO<sub>3</sub> for Hydrogen Evolution, *Inorganics*, 10, 130.

2. Xuan Truong Mai, Duc Nguyen Bui, Van Khang Pham, Thi Ha Thanh Pham, Thi To Loan Nguyen, Hung Dung Chau, Thi Kim Ngan Tran (2022), Effect of CuO Loading on the Photocatalytic Activity of SrTiO<sub>3</sub>/MWCNTs Nanocomposites for Dye Degradation under Visible Light, *Inorganics*, 10, 211.

#### *5.1.2. Bài báo trong nước: 02*

1. Mai Xuân Trường, Trần Mạnh Cường, Hầu Văn Hương, Bùi Đức Nguyên, (2021), Hoạt tính quang xúc tác trong vùng ánh sáng khả kiến của vật liệu nano composit TiO<sub>2</sub>/MWCNTS điều chế bằng phương pháp thủy nhiệt, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 10 – special issue 1, 334-338.

2. Mai Xuân Trường, Ma Văn Chiến, Phạm Trung Dũng, Nguyễn Thị Tố Loan, Bùi Đức Nguyên (2021), Tổng hợp, nghiên cứu tính chất và hoạt tính quang xúc tác của vật liệu nano SrTiO<sub>3</sub> và Ag<sub>2</sub>O/SrTiO<sub>3</sub>, *Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption*, 10 – special issue , 339-343.

### **5.2. Sản phẩm đào tạo: ThS 02, NCS 01**

1. Đào tạo thạc sĩ Ma Văn Chiến tại Trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên, đã bảo vệ thành công luận văn theo hướng nghiên cứu của đề tài “*Tổng hợp, nghiên cứu đặc trưng cấu trúc và hoạt tính quang xúc tác của vật liệu nano SrTiO<sub>3</sub> trên nền ống nano cacbon đa lớp*”. Đã nhận bằng tốt nghiệp năm 2021.

2. Đào tạo thạc sĩ Nguyễn Mạnh Cường tại Trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên, đã bảo vệ thành công luận văn theo hướng nghiên cứu của đề tài “Nghiên cứu xử lý một số hợp chất hữu cơ ô nhiễm bằng vật liệu quang xúc tác bán dẫn trên nền ống nano cacbon đa lớp”. Đã nhận bằng tốt nghiệp năm 2022.

3. Hỗ trợ thành công đào tạo nghiên cứu sinh Nguyễn Thúy Hằng tại Trường Đại học Sư phạm – Đại học Thái Nguyên. Kết quả hỗ trợ được sử dụng tham khảo đối sánh và công bố bài báo quốc tế (Loan T.T.Nguyen, Hang T.T.Nguyen, Lan T.H.Nguyen, Anh T.T.Duong, Hai Q.Nguyen, Nguyen D.Bui, Viet T.M.Ngo, Duyen Thi Cam Nguyen, ThuanVan Tran (2022), Toward enhanced visible-light photocatalytic degradation of dye and reusability of  $\text{La}^{3+}$  substituted  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$  nanostructures, Environmental Research, 114130)

### **5.3. Sản phẩm ứng dụng: 03**

1, Mẫu vật liệu Cu-TiO<sub>2</sub>/MWCNTs; CuO/SrTiO<sub>3</sub>; SrTiO<sub>3</sub>/MWCNTs; CuO/SrTiO<sub>3</sub>/MWCNTs; AgInS<sub>2</sub>/MWCNTs;

2, Quy trình tổng hợp các vật liệu (vật liệu nano Cu-TiO<sub>2</sub>/MWCNTs; CuO/SrTiO<sub>3</sub>; SrTiO<sub>3</sub>/MWCNTs; CuO/SrTiO<sub>3</sub>/MWCNTs; AgInS<sub>2</sub>/MWCNTs);

3, Quy trình xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp quang xúc tác.

### **6. Phương thức chuyển giao, địa chỉ ứng dụng, tác động và lợi ích đem lại của kết quả nghiên cứu**

Kết quả nghiên cứu của đề tài bao gồm các mẫu vật liệu và quy trình công nghệ xử lý nước thải dệt nhuộm bằng phương pháp quang xúc tác có thể áp dụng cho việc xử lý nước thải của các khu công nghiệp vừa và nhỏ, nước thải của các làng nghề truyền thống. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của đề tài sẽ là tài liệu tham khảo quan trọng cho sinh viên, học viên cao học, nghiên cứu sinh ngành hóa vô cơ, vật liệu nano.

# INFORMATION ON RESEARCH RESULTS

## 1. General information

- Project title: Fabrication of the semiconductor photocatalyst loaded on multi-walled carbon nanotubes and application for the treatment of polluted organic.
- Code number: B2020-TNA-12
- Coordinator: Assoc.Prof.Dr. Mai Xuan Truong
- Implementing institution: Thai Nguyen University
- Duration: 24 months

## 2. Objectives

Fabricate successfully highly active photocatalytic materials systems consisting semiconductor oxides (metal ion-doped  $\text{TiO}_2$  and  $\text{SrTiO}_3$ ) and multi-component metal sulfide nanoparticles loaded on multi-walled carbon nanotubes and application for the treatment of polluted organic.

## 3. Creativities and innovativeness

- The nanocomposites system based on multilayer carbon nanotubes including ( $\text{Cu-TiO}_2/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3$ ;  $\text{SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{AgInS}_2/\text{MWCNTs}$ ) were prepared and applied research for degradation of organic compounds such as 2,4-diclophenol, methyl orange, rhodamine B, methylene blue. The results show that the material systems are highly active in the photocatalytic reaction. The material systems can be studied and applied in practice for the purpose of treating pollutants in the aquatic environment.

-  $\text{CuO/SrTiO}_3$  nanocomposites were prepared and applied for photocatalytic hydrogen evolution from water splitting. Moreover, the effects of some factors, such as type and concentration of electron donors, reaction temperature and photocatalyst concentration on the hydrogen evolution rate, will be systematically investigated in detailed. In addition, for comparison, the photocatalytic hydrogen evolution over  $\text{Pt-SrTiO}_3$  was also carried out under the same conditions with the case of  $\text{CuO-SrTiO}_3$  samples. High efficiency, low cost and good stability are some of the merits that underline the promising potential of  $\text{CuO-loaded SrTiO}_3$  in the photocatalytic hydrogen.

## 4. Research results

- 05 nanocomposite systems have successfully synthesized including  $\text{Cu-TiO}_2/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3$ ;  $\text{SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{CuO/SrTiO}_3/\text{MWCNTs}$ ;  $\text{AgInS}_2/\text{MWCNTs}$ .

- The specific characteristics of structures, crystalline size, chemical compositions, surface morphology, optical properties of materials were investigated by an X-ray diffraction (XRD), transmission electron microscope (TEM), energy dispersive X-ray spectroscopy (EDX), dark field scanning transmission electron microscope (DF-STEM-EDX mapping), X-ray photoelectron spectra (XPS), UV-Vis

diffuse reflectance spectroscopy (DRS) and photoluminescence (PL) techniques.

- The photocatalytic activity of the materials for the photocatalytic degradation of some organic pollution including methyl orange, rhodamine B, methylene blue, 2, 4-dichlorophenol have been investigated and compared

- The photocatalytic ability of the nanomaterials for hydrogen evolution from water splitting have been investigated.

- The effects of some factors, such as catalyst dosage, concentration of organic compounds, solution pH, .. on the photocatalytic performance of the nanomaterials have been investigated for degradation of organic pollution and hydrogen evolution from water splitting.

- Tested and evaluated the technological process of textile dye wastewater treatment by photocatalytic method.

- Analyzed and processed data of research materials systems.

## **5. Product**

### **5.1. Scientific products (Journal papers)**

1. Mai Xuan Truong, Tran Manh Cuong, Hau Van Huong, Bui Duc Nguyen, (2021), Photocatalytic activity in the visible light region of TiO<sub>2</sub>/MWCNTS nanocomposites prepared by hydrothermal method, Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption, 10 – special issue 1, 334-338.

2. Mai Xuan Truong, Ma Van Chien, Pham Trung Dung, Nguyen Thi To Loan, Bui Duc Nguyen (2021), Synthesis, study of properties and photocatalytic activity of SrTiO<sub>3</sub> and Ag<sub>2</sub>O/SrTiO<sub>3</sub> nanomaterials, Vietnam Journal of Catalysis and Adsorption, 10 – special issue , 339-343.

3. Xuan Truong Mai, Duc Nguyen Bui, Van Khang Pham, Thi Hien Lan Nguyen, Thi To Loan Nguyen, Hung Dung Chau, Thi Kim Ngan Tran (2022), Effect of CuO Loading on the Photocatalytic Activity of SrTiO<sub>3</sub> for Hydrogen Evolution, *Inorganics*, 10, 130.

4. Xuan Truong Mai, Duc Nguyen Bui, Van Khang Pham, Thi Ha Thanh Pham, Thi To Loan Nguyen, Hung Dung Chau, Thi Kim Ngan Tran (2022), Effect of CuO Loading on the Photocatalytic Activity of SrTiO<sub>3</sub>/MWCNTs Nanocomposites for Dye Degradation under Visible Light, *Inorganics*, 10, 211.

### **5.2. Education**

- Guide to 02 master's theses:

1. Ma Van Chien (2021), "Synthesis, research on structural characteristics and photocatalytic activity of SrTiO<sub>3</sub> nanomaterials loaded on multi-walled carbon nanotubes". Master's Thesis, University of Education - Thai Nguyen University.

2. Nguyen Manh Cuong (2022), Study on treatment of some contaminated organic compounds by semiconductor photocatalysts loaded on multi-walled carbon nanotubes. Master's Thesis, University of Education - Thai Nguyen University.

- Supported the training of PhD

Successfully supported the training of PhD student Nguyen Thuy Hang at University of Education - Thai Nguyen University. The results of support are used for reference and international publication (Loan T.T.Nguyen, Hang T.T.Nguyen, Lan T.H.Nguyen, Anh T.T.Duong, Hai Q.Nguyen, Nguyen D.Bui, Viet T.M.Ngo, Duyen Thi Cam Nguyen, ThuanVan Tran (2022), Toward enhanced visible-light photocatalytic degradation of dye and reusability of La<sup>3+</sup> substituted ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nanostructures, Environmental Research, 114130).

#### **6. Transfer alternatives, application institution, impacts and benefits of research results**

Research results including samples of materials and technological process of textile wastewater treatment by photocatalyst method can be applied to the wastewater treatment for small and medium industrial zones and to the wastewater treatment for traditional craft villages. In addition, the research results can be an important reference for students, post graduate students, PhD students in inorganic chemistry and nanomaterials.