



**Tạp chí**

# **NGHIÊN CỨU KHOA HỌC**

**ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

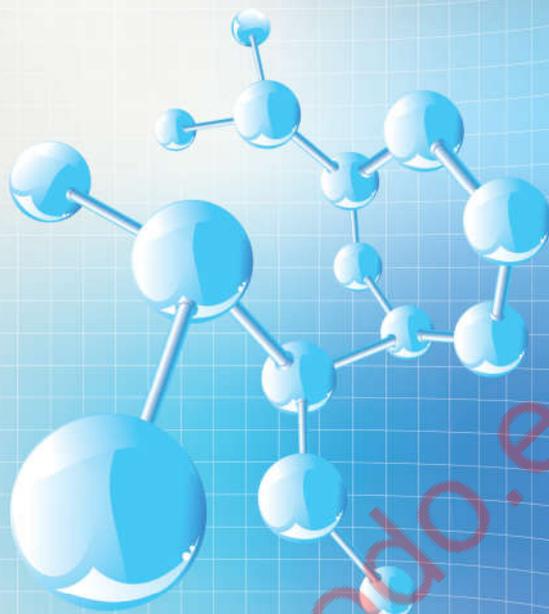
**SCIENTIFIC JOURNAL - SAO DO UNIVERSITY**

P. ISSN 1859-4190  
E. ISSN 2815-553X

SỐ 2 (81) 2023

TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

P.ISSN 1859-4190 - E.ISSN 2815-553X



**BỘ CÔNG THƯƠNG**

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ**

Địa chỉ:

- Số 1: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Số 2: Số 72, đường Nguyễn Thái Học, phường Thái Học, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.
- Điện thoại: (02220) 3882 269 Fax: (02220) 3882 921 Website: <http://saodo.edu.vn> Email: [info@saodo.edu.vn](mailto:info@saodo.edu.vn)

P. ISSN 1859-4190  
E. ISSN 2815-553X



**Tạp chí Sao Đỏ**

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213; Fax: (0220) 3882 921; Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhn.saodo.edu.vn>/Email: [tapchikhn@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhn@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.  
In 2.000 bản, khổ 21 x 29,7cm, tại Công ty TNHH In Trẻ Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

# THẺ LỆ GỬI BÀI

## TẠP CHÍ NGHIÊN CỨU KHOA HỌC, TRƯỜNG ĐẠI HỌC SAO ĐỎ

P. ISSN 1859-4190  
E. ISSN 2815-553X

### Tổng Biên tập

TS. Đỗ Văn Đĩnh

### Phó Tổng biên tập

TS. Nguyễn Thị Kim Nguyễn

### Thư ký Tòa soạn

TS. Ngô Hữu Mạnh

### Hội đồng Biên tập

NGND.TS. Đinh Văn Nhung - Chủ tịch Hội đồng

GS.TS. Phạm Thị Ngọc Yến

PGS.TSKH. Trần Hoài Linh

PGS.TS. Nguyễn Quốc Cường

PGS.TS. Nguyễn Văn Liên

GS.TSKH. Trần Ngọc Hoàn

GS.TSKH. Bành Tiến Long

GS.TS. Trần Văn Địch

GS.TS. Phạm Minh Tuấn

PGS.TS. Nguyễn Đoàn Ý

GS.TS. Đinh Văn Sơn

PGS.TS. Trần Thị Hà

PGS.TS. Trương Thị Thủy

TS. Vũ Quang Thập

PGS.TS. Nguyễn Thị Bất

GS.TS. Đỗ Quang Kháng

TS. Bùi Văn Ngọc

PGS.TS. Ngô Sỹ Lương

PGS.TS. Khuất Văn Ninh

GS.TSKH. Phạm Hoàng Hải

PGS.TS. Đoàn Ngọc Hải

PGS.TS. Nguyễn Ngọc Hà

GS.TS. Yu Ming Zhang

TS. Nguyễn Văn Anh

### Ban Biên tập

ThS. Đoàn Thị Thu Hằng - Trưởng ban

ThS. Đào Thị Vân

### Editor-in-Chief

Dr. Do Van Dinh

### Vice Editor-in-Chief

Dr. Nguyen Thi Kim Nguyen

### Office Secretary

Dr. Ngo Huu Manh

### Editorial Board

People's Teacher, Dr. Dinh Van Nhung - Chairman

Prof. Dr. Phạm Thị Ngọc Yến

Assoc. Prof. Dr. Trần Hoài Linh

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Quốc Cường

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Văn Liên

Prof. Dr. Sc. Trần Ngọc Hoàn

Prof. Dr. Sc. Bành Tiến Long

Prof. Dr. Trần Văn Địch

Prof. Dr. Phạm Minh Tuấn

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Đoàn Ý

Prof. Dr. Đinh Văn Sơn

Assoc. Prof. Dr. Trần Thị Hà

Assoc. Prof. Dr. Trương Thị Thủy

Dr. Vũ Quang Thập

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Thị Bất

Assoc. Prof. Dr. Đỗ Quang Kháng

Prof. Dr. Bùi Văn Ngọc

Assoc. Prof. Dr. Ngô Sỹ Lương

Assoc. Prof. Dr. Khuất Văn Ninh

Prof. Dr. Sc. Phạm Hoàng Hải

Assoc. Prof. Dr. Đoàn Ngọc Hải

Assoc. Prof. Dr. Nguyễn Ngọc Hà

Prof. Dr. Yu Ming Zhang

Dr. Nguyễn Văn Anh

### Editorial

MSc. Đoàn Thị Thu Hằng - Head

MSc. Đào Thị Vân

Tạp chí Nghiên cứu Khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ (P. ISSN 1859-4190, E. ISSN 2815-553X), thường xuyên công bố kết quả, công trình nghiên cứu khoa học và công nghệ của các nhà khoa học, cán bộ, giảng viên, nghiên cứu sinh, học viên cao học, sinh viên ở trong và ngoài nước.

1. Tạp chí xuất bản 01 số/quý bằng hai ngôn ngữ tiếng Việt và tiếng Anh. Tập chí nhận đăng các bài báo khoa học thuộc các lĩnh vực: Điện - Điện tử - Tự động hóa; Cơ khí - Động lực; Kinh tế; Triết học - Xã hội học - Chính trị học; Các lĩnh vực khác gồm: Công nghệ thông tin; Hóa học - Công nghệ thực phẩm; Ngôn ngữ học; Toán học; Vật lý; Văn hóa - Nghệ thuật - Thể dục thể thao...

2. Bài nhận đăng là những công trình nghiên cứu khoa học chưa công bố trong bất kỳ ấn phẩm khoa học nào. 3. Tòa soạn chỉ nhận bài báo gửi online trên website <http://tapchikhoc.saodo.edu.vn>. Bài báo gửi về tòa soạn dưới dạng file điện tử (.doc \*.docx và \*.pdf); cuối bài báo, tác giả ghi rõ thông tin địa chỉ liên hệ, số điện thoại, email và cập nhật thông tin trên website. Bài báo phải được trình bày đúng định dạng, rõ ràng; Trường hợp bài báo phải chỉnh sửa theo thể lệ hoặc theo yêu cầu của Phán biên thì tác giả sẽ cập nhật trên website. Người phản biện sẽ do tòa soạn mời. Tòa soạn không gửi lại bài nếu không được đăng.

4. Các công trình thuộc đề tài nghiên cứu có Cơ quan quản lý cần kèm theo giấy phép cho công bố của cơ quan (Tên đề tài, mã số, tên chủ nhiệm đề tài, cấp quản lý,...).

5. Tên bài báo trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 14, in đậm, căn giữa.

6. Tên tác giả (không ghi học hàm, học vị), font Arial, cỡ chữ 10, in đậm, căn lề phải; cơ quan công tác của các tác giả, font Arial, cỡ chữ 9, in nghiêng, căn lề phải.

7. Chữ "Tóm tắt" in đậm, font Arial, cỡ chữ 10; Nội dung tóm tắt của bài báo không quá 10 dòng, trình bày bằng hai ngôn ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh), font Arial, cỡ chữ 10, in thường.

8. Chữ "Từ khóa" in đậm, nghiêng, font Arial, cỡ chữ 10; Có từ 03÷05 từ khóa, font Arial, cỡ chữ 10, in nghiêng, ngăn cách nhau bởi dấu chấm phẩy, cuối cùng là dấu chấm.

9. Nội dung bài báo viết bằng tiếng Việt hoặc tiếng Anh; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Việt: Tiêu đề tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Tóm tắt tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Từ khóa tiếng Việt trước, tiếng Anh sau; Nếu là bài báo viết bằng tiếng Anh: Tiêu đề tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Tóm tắt tiếng Anh trước, tiếng Việt sau; Từ khóa tiếng Anh trước, tiếng Việt sau.

10. Bài báo được đánh máy trên khổ giấy A4 (21 x 29,7cm) có độ dài không quá 8 trang, font Arial, cỡ chữ 10, giãn dòng At least 12pt, Before 3pt, After 3pt; căn lề trên 2.5cm, dưới 2.5cm, trái 3cm, phải 2cm; hình vẽ phải rõ ràng, đủ nét và được định dạng dưới dạng file ảnh (.jpg); Phương trình, công thức phải soạn thảo bằng MathType hoặc Equation; Phần nội dung bài báo được chia thành 02 cột, khoảng cách cột là 1cm; Trong trường hợp hình vẽ, hình ảnh có kích thước lớn, bảng biểu có độ rộng lớn hoặc công thức, phương trình dài thì cho phép trình bày dưới dạng 01 cột.

11. Tài liệu tham khảo được sắp xếp theo thứ tự tài liệu được trích dẫn trong bài báo. - Nếu là sách/luận án: Tên tác giả (năm), Tên sách/luận án/luận văn, Nhà xuất bản/Trường/Viện, lần xuất bản/tái bản.

- Nếu là bài báo/báo cáo khoa học: Tên tác giả (năm), Tên bài báo/báo cáo, Tập chí/Hội nghị/Hội thảo, Tập/Kỳ yếu, số, trang.

- Nếu là trang web: Phải trích dẫn đầy đủ tên website và đường link, ngày cập nhật.

12. Định dạng mẫu bài báo tham khảo tại địa chỉ [http://tapchikhoc.saodo.edu.vn/news/detail/198/format\\_paper](http://tapchikhoc.saodo.edu.vn/news/detail/198/format_paper). Bài báo sau khi xuất bản sẽ được công bố trên <http://tapchikhoc.saodo.edu.vn>.

### THÔNG TIN LIÊN HỆ:

Ban Biên tập Tạp chí Nghiên cứu Khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ

Phòng 203, Tầng 2, Nhà B1, Trường Đại học Sao Đỏ.

Địa chỉ: Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhoc.saodo.edu.vn>

Email: [tapchikhoc@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhoc@saodo.edu.vn)

Địa chỉ Tòa soạn:

Trường Đại học Sao Đỏ.

Số 76, Nguyễn Thị Duệ, Thái Học 2, phường Sao Đỏ, thành phố Chí Linh, tỉnh Hải Dương.

Điện thoại: (0220) 3587213, Fax: (0220) 3882 921, Hotline: 0912 107858/0936 847980.

Website: <http://tapchikhoc.saodo.edu.vn>/Email: [tapchikhoc@saodo.edu.vn](mailto:tapchikhoc@saodo.edu.vn).

Giấy phép xuất bản số: 620/GP-BTTTT ngày 17/9/2021 của Bộ Thông tin và Truyền thông.

In 2.000 bản, khổ 21 x 29,7cm, tại Công ty TNHH In Tre Xanh, cấp ngày 17/02/2011.

Tạp chí Nghiên cứu Khoa học, Trường Đại học Sao Đỏ, Số 2 (81) 2023

#### LIÊN NGÀNH ĐIỆN - ĐIỆN TỬ - TỰ ĐỘNG HÓA

- Ứng dụng các mô hình tính toán lượng tử phối hợp với thuật toán one - versus - all để xây dựng công cụ nhận dạng và phân loại 5 Trần Hoài Linh
- Ứng dụng xử lý ảnh và mô hình faster P-CNN trong hệ thống chẩn đoán lỗi chi tiết sản phẩm cơ khí 12 Đỗ Văn Đình  
Phạm Văn Nam  
Nguyễn Văn Thành  
Nguyễn Huy Nam  
Nguyễn Văn Dũng
- Ứng dụng học sâu trong phát hiện bệnh trên cây lúa sử dụng YOLOv5 19 Trịnh Công Đồng  
Mạc Tuấn Anh  
Giáp Đăng Khánh  
Nguyễn Thanh Hoàng  
Nguyễn Trọng Các  
Bùi Đăng Thành
- Nghiên cứu hiệu quả thay thế động cơ phòng nổ không đồng bộ 3 pha bằng động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu khởi động trực tiếp 24 Trần Hữu Phúc  
Trần Thanh Tuyền  
Trần Hữu Phan  
Nguyễn Trọng Các

#### NGÀNH CÔNG NGHỆ THÔNG TIN

- Phân lớp người dùng tiềm năng của hệ thống học trực tuyến vuihoc 29 Hoàng Thị Ngọc Diệp  
Trần Duy Khánh  
Phạm Huy Hoàng  
Trần Đình Khang

#### LIÊN NGÀNH CƠ KHÍ - ĐỘNG LỰC

- Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ cắt đến độ nhám bề mặt khi gia công vật liệu hợp kim đồng - Crom (C18150) trên máy phay CNC cao tốc 37 Mạc Văn Giang
- Ứng dụng mô phỏng số kết hợp với công nghệ Synchronous trong thiết kế và tối ưu hóa cơ cấu Cam 44 Nguyễn Văn Hình  
Mạc Văn Giang
- Nghiên cứu khí động học trên xe ô tô 50 Đỗ Tiến Quyết  
Nguyễn Lương Căn  
Lê Đức Thắng

Xác định thông số công nghệ may tối ưu cho đường may 301 trên quan điểm giảm thiểu độ trượt trên vải tơ tằm

55 Nguyễn Thị Hiền  
Tạ Văn Hiến  
Đỗ Thị Tàn

### NGÀNH TOÁN HỌC

Tính chất toán tử tích chập của phép biến đổi Fourier cosine và Laplace

61 Nguyễn Kiều Hiền

### NGÀNH KINH TẾ

Chính sách an sinh xã hội đối nông dân Việt Nam, kinh nghiệm từ Trung Quốc

67 Phạm Thị Hồng Hoa  
Nguyễn Minh Tuấn

Giải pháp thúc đẩy thực hành ESG (Environmental - Social - Governance) tại doanh nghiệp

75 Nguyễn Thị Ngọc Mai  
Trần Thị Hằng

Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến thu nhập của người lao động tại các khu công nghiệp tỉnh Hải Dương

83 Nguyễn Thị Huệ

Thực trạng chuyển đổi số ngành ngân hàng tại Việt Nam

89 Lương Thị Hoa

### LIÊN NGÀNH HÓA HỌC - CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM

Tổng hợp, nghiên cứu tính chất quang học và độ bền của tế bào năng lượng mặt trời dựa trên vật liệu cluster và perovskite

96 Phạm Thị Điệp

### NGÀNH GIÁO DỤC

Nâng cao chất lượng dạy học các học phần thực hành cho sinh viên khối ngành kỹ thuật tại Trường Đại học Sao Đỏ

104 Phạm Thị Hường  
Nguyễn Thị Phương Oanh  
Nguyễn Thị Hồng Nhung

### LIÊN NGÀNH TRIẾT HỌC - XÃ HỘI HỌC - CHÍNH TRỊ HỌC

Tư tưởng Hồ Chí Minh về sử dụng trí thức yêu nước của xã hội cũ phục vụ sự nghiệp kháng chiến, kiến quốc - sự vận dụng của Đảng Cộng sản Việt Nam trong thời kỳ đổi mới đất nước

111 Phạm Văn Dự  
Vũ Văn Chương

Vận dụng tư tưởng Hồ Chí Minh về văn hóa vào xây dựng lối sống văn hóa cho sinh viên Việt Nam hiện nay

117 Phùng Thị Lý

Sự vận dụng tư tưởng Hồ Chí Minh về giáo dục của Đảng trong đổi mới giáo dục đại học ở Việt Nam hiện nay

123 Nguyễn Thị Hải Hà

**TITLE FOR ELECTRICITY - ELECTRONICS - AUTOMATION**

- Application of quantum computation models and one-versus-all approach to implement multi-class pattern recognition solutions 5 Tran Hoai Linh
- Application of image processing and faster R-CNN network model in error diagnosis system for mechanical product components 12 Do Van Dinh  
Pham Van Nam  
Nguyen Van Thanh  
Nguyen Huy Nam  
Nguyen Van Dung
- Using deep learning for rice leaf diseases detection using YOLOv5 19 Trinh Cong Dong  
Mac Tuan Anh  
Giap Dang Khanh  
Nguyen Thanh Huong  
Nguyen Trong Cac  
Bui Dang Thanh
- Effectiveness research replacement of explosion – proof ventilation fan asynchronous motor 3 phase by line-start permanent magnet synchronous motor 24 Tran Huu Phuc  
Tran Thanh Tuyen  
Tran Huu Phan  
Nguyen Trong Cac

**TITLE FOR INFORMATION TECHNOLOGY**

- Classify potential users of online learning system vuihoc 29 Hoang Thi Ngoc Diep  
Tran Duy Khanh  
Pham Huy Hoang  
Tran Dinh Khang

**TITLE FOR MECHANICAL AND DRIVING POWER ENGINEERING**

- Study on the effect of cutting mode to rough surface when machining copper - chromium alloy materials (C18150) on high speed CNC milling machines 37 Mac Van Giang
- Application of digital simulation combined with Synchronous technology in designing and optimizing of the Cam mechanism 44 Nguyen Van Hinh  
Mac Van Giang
- Study aerodynamics on the car 50 Do Tien Quyet  
Nguyen Luong Can  
Le Duc Thang
- Determination of optimal sewing technology parameters for seam 301 from the point of view of minimizing slip on silk fabrics 55 Nguyen Thi Hien  
Ta Van Hien  
Do Thi Tan

**TITLE FOR MATHEMATICS**

Convolution operator properties of the Fourier cosine transform and the Laplace 61 Nguyen Kieu Hien

**TITLE FOR ECONOMICS**

Social security policy for Vietnamese farmers, experience from China 67 Pham Thi Hong Hoa  
Nguyen Minh Tuan

Solutions to promote ESG (Environmental - Social - Governance) practice at Enterprises 75 Nguyen Thi Ngoc Mai  
Tran Thi Hang

Research on factors affecting the income of workers in industrial zones in Hai Duong province 83 Nguyen Thi Hue

The current situation of digital transformation of the banking industry in Vietnam 89 Luong Thi Hoa

**TITLE FOR CHEMISTRY AND FOOD TECHNOLOGY**

Synthesis and study of optical properties, durability of solar cells based on cluster and perovskite materials 96 Pham Thi Diep

**TITLE FOR EDUCATION**

Improving the quality of teaching and learning practical modules for engineering students at Sao Do University 104 Pham Thi Huong  
Nguyen Thi Phuong Oanh  
Nguyen Thi Hong Nhung

**TITLE FOR PHILOSOPHY - SOCIOLOGY - POLITICAL SCIENCE**

Ho Chi Minh's thought on using patriotic intellectuals of the old society to serve the cause of resistance war and national construction - the application of the Communist Party of Vietnam in the period of national renewal 111 Pham Van Du  
Vu Van Chuong

Applying Ho Chi Minh's thought on culture to build a cultural lifestyle for Vietnamese students today 117 Phung Thi Ly

The application of Ho Chi Minh's thought on education by the Party in the reform of higher education in Vietnam today 123 Nguyen Thi Hai Ha

# Tổng hợp, nghiên cứu tính chất quang học và độ bền của tế bào năng lượng mặt trời dựa trên vật liệu cluster và perovskite

## Synthesis and study of optical properties, durability of solar cells based on cluster and perovskite materials

Phạm Thị Điệp

Tác giả liên hệ: phamdiepdhsd@gmail.com

Trường Đại học Sao Đỏ

Ngày nhận bài: 02/10/2022

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 03/3/2023

Ngày chấp nhận đăng: 30/6/2023

### Tóm tắt

Việc tổng hợp màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub> (FTO: Dioxit thiếc pha tạp flo) được thực hiện bằng phương pháp doctor blading, màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB (CsPbBr<sub>3</sub>) được tổng hợp bằng phương pháp spin-coating một giai đoạn và hai giai đoạn, tế bào năng lượng mặt trời ở dạng màng mỏng: Thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI (Cs<sub>2</sub>Mo<sub>6</sub>I<sub>14</sub>) được thực hiện theo hai phương pháp khác nhau: Phương pháp spin-coating một giai đoạn trực tiếp từ dung dịch chứa CsBr, PbBr<sub>2</sub> và CMI và phương pháp điện di từ màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB và dung dịch CMI bão hòa. Phổ quang phát quang cho thấy màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB phát ra ở bước sóng cực đại tại 526nm thể hiện đỉnh phát quang của CPB và màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI thể hiện cả đỉnh phát quang của CPB ở bước sóng cực đại 526nm và đỉnh phát quang của CMI ở bước sóng cực đại 700 nm. Điều này chứng tỏ CMI không ảnh hưởng đến tính chất phát quang của CPB. Nghiên cứu điện hóa cho thấy các điện cực thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI mới này đầy hứa hẹn. Lớp chứa cluster [Mo<sub>6</sub>I<sub>14</sub>]<sup>2-</sup> của điện cực này hạn chế sự xuống cấp lớp perovskite CPB của tế bào năng lượng mặt trời trong điều kiện sử dụng tế bào quang điện. Điều này đồng thời duy trì các đặc tính quang điện tử của tế bào dựa trên điện cực thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB, cụ thể là tạo ra một dòng quang có cường độ tương tự.

Từ khóa: Cluster; perovskite; màng mỏng; quang phát quang; xuống cấp.

### Abstract

The synthesis of glass/FTO/TiO<sub>2</sub> thin film is carried out by doctor blaying method, of glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB thin film is performed by spin-coating via a one-step deposition or a two-step deposition, of thin-film solar cell: glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI is performed by two different methods: A one-step spin-coating directly from solution containing CsBr, PbBr<sub>2</sub> and CMI and electrophoresis from glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB thin film and saturated CMI solution. With the direct method of photoluminescence spectroscopy, the glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB thin film emitted at the maximum wavelength at 526 nm exhibits the luminescence peak of CPB and the glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI thin film exhibits both the luminescence peak of CPB at 525 nm and the luminescence peak of CMI at 700 nm. This proves that CMI does not affect the luminescence properties of CPB. The electrochemical study shows that these new glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI electrodes are promising. The [Mo<sub>6</sub>I<sub>14</sub>]<sup>2-</sup> cluster containing layer of this electrode limits the degradation of the CPB perovskite layer of the solar cell under photovoltaic cell usage conditions. This simultaneously maintains the optoelectronic properties of the glass/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB-based cell, namely generating an optical current of similar intensity.

Keywords: Cluster; perovskite; thin film; photoluminescence; degradation.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự cải tiến nhanh chóng của pin mặt trời perovskite đã khiến chúng trở thành ngôi sao đang lên của thế giới quang điện và thu hút sự quan tâm của đông đảo các nhà khoa học trên thế giới. Vì các ứng dụng của chúng vẫn còn tương đối mới, nên các nhà khoa học có nhiều cơ hội lớn để nghiên cứu sâu hơn về các đặc

tính vật lý, hoá học của chúng. Hơn nữa, trong mấy năm gần đây - những cải tiến về công thức cấu tạo của perovskite và cách tổng hợp đã dẫn đến sự gia tăng đáng kể về hiệu suất chuyển đổi năng lượng, với các thiết bị gần đây đạt đã đạt 25,3% [1]. Vấn đề lớn nhất trong lĩnh vực perovskites hiện nay là sự mất ổn định lâu dài. Điều này đã được chứng minh là do sự xuống cấp liên quan đến các yếu tố bên ngoài, chẳng hạn như nước, ánh sáng và oxy và cũng là kết quả của sự mất ổn định nội tại, chẳng hạn như suy thoái khi sưởi ấm, vì các tính chất của vật liệu. Các hợp chất cluster

Người phản biện: 1. PGS.TS. Ngô Sỹ Lương  
2. TS. Hoàng Thị Hòa

molybden dạng  $Cs_2Mo_6X_{14}$  gần đây được nghiên cứu ứng dụng làm vật liệu trong pin năng lượng mặt trời [2] do khả năng phát quang và sự ổn định của nó về mặt hoá học. Mỗi hợp chất cluster và perovskites phát quang trong cùng dải quang phổ nhưng bề rộng khác nhau. Các cluster  $Cs_2Mo_6X_{14}$  phát ra trong vùng có bước sóng 500-900 nm [3] và perovskite  $CsPbX_3$  phát ra trong dải phổ hẹp hơn, cụ thể là màu xanh lục (500-545 nm) [4]. Chúng còn giống nhau về tính chất hấp thụ và sự bổ sung của tính chất phát xạ. Mặt khác cấu trúc của perovskite thuộc loại  $CsPbX_3$  và của hợp chất cluster thuộc loại  $Cs_2Mo_6X_{14}$  đều thể hiện sự tương tự của liên kết về bản chất halogen X là giống hệt nhau, bản chất của cation giống nhau trong cả hai hợp chất và với sự sắp xếp bát diện của các halogen, xung quanh lõi cation  $\{Mo_6X_{14}\}^{4+}$  trong hợp chất cluster và xung quanh cation  $Pb^{2+}$  trong hợp chất perovskite. Do đó, chúng tôi đã nghiên cứu sự kết hợp giữa hai loại vật liệu này với mục tiêu cải thiện tính ổn định hóa học của perovskite trong điều kiện sử dụng cho các ứng dụng trong lĩnh vực quang điện.

Để hạn chế phạm vi nghiên cứu và tạo điều kiện thuận lợi cho việc tổng hợp, đo đạc trước tiên chúng tôi tập trung vào hệ CPB/CMI. Chúng tôi thực sự đã ưu tiên việc sử dụng hợp chất CPB mà quá trình tổng hợp đã thành thạo, mặt khác việc sử dụng một cluster CMI đã được gọi là cảm quang lưỡng tính cho ứng dụng quang điện [2, 5]. Việc sử dụng CMI dường như hứa hẹn hơn với chúng tôi vì cluster này hấp thụ trong một miền quang phổ rộng hơn CPB. Hai dạng dị cấu trúc đã được nghiên cứu dưới dạng các cấu trúc lớp.

Chúng tôi tập trung vào việc tích hợp các cluster CMI trong điện cực CPB. Phần này đề cập đến việc thực hiện dị cấu trúc thủy tinh/FTO/ $TiO_2$ /CPB/CMI và tác động của sự tích hợp của molybden iodide lên tính ổn định và tính chất quang điện tử của các điện cực.

## 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu

Vật liệu chế tạo Perovskite CPB bao gồm:  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$  (99%), dung dịch HBr 48% ( $d = 1,48g/ml$ ),  $PbBr_2$  (99,9%), CsBr (99,9%),  $Br_2$  (99,8%), cluster  $Cs_2Mo_6I_{14}$  (99,9%), dung môi: metanol (99,8%), ethanol (99,98%), isopropanol (99,9%), axeton (99,9%), DMF (dimethylformamide) (99,9%), DMSO (dimethyl sulfoxide) (99,9%), dietyl ete (99,98%) đều xuất xứ từ Pháp.

Chất mang dẫn điện trong suốt loại thủy tinh /FTO (kích thước  $2 \times 1,5cm$ ).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1. Phương pháp doctor blading

Phương pháp này sử dụng một tấm kính nhỏ thủy tinh/FTO được cắt thành từng miếng (kích thước  $2 \times 1,5cm$  được rửa tuần tự bằng sóng siêu âm 15 phút trong

nước rửa chén, axeton và ethanol). Bột nhão  $TiO_2$  được quét lên tấm kính thủy tinh/FTO (tấm kính dán bằng dính ở hai đầu), chiều dài và chiều ngang của lớp bằng khoảng cách giữa 2 lớp băng dính. Độ dày của băng dính quyết định độ dày của lớp mỏng  $TiO_2$ . Sau đó, lớp thủy tinh/FTO/ $TiO_2$  được làm nóng ở  $450^\circ C$  trong vòng 30 phút để loại bỏ phần hữu cơ, để bắt đầu phản ứng tạo ra vật liệu mong muốn thủy tinh/FTO/ $TiO_2$  [6].

#### 2.2.2. Phương pháp spin-coating

Phương pháp spin-coating là một quy trình được sử dụng để phủ các màng mỏng đồng nhất trên bề mặt phẳng bằng cách quay. Thông thường, một lượng nhỏ vật liệu phủ sẽ được đặt lên tâm của chất mang quay ở tốc độ thấp hoặc hoàn toàn không quay. Sau đó, để được quay với tốc độ cao để lan truyền vật liệu bằng lực ly tâm. Quá trình quay tiếp tục khi chất lỏng quay xung quanh các cạnh của chất mang cho đến khi nó đạt đến độ dày màng mong muốn. Lớp thu được được ủ ở nhiệt độ mong muốn. Dung môi được sử dụng thường dễ bay hơi, nó bay hơi trong quá trình phủ và ủ.

#### Phương pháp "một giai đoạn"

Phương pháp này được sử dụng rộng rãi nhất để chế tạo màng mỏng perovskite trên chất nền hữu cơ hoặc vô cơ đặc. Một dung dịch chứa các chất ban đầu perovskite được điều chế bằng cách trộn các chất ban đầu AX ( $A = CH_3NH_3$ ,  $CH(NH_2)_2$ , Cs và  $X = I$ , Br, Cl) và  $PbX_2$  ( $X = I$ , Br, Cl) với tỷ lệ số mol 1:1 (tỷ lệ lượng) hoặc 3:1 (không tỷ lệ lượng) trong dung môi phân cực (dimethylformamit (DMF), dimethylsulfoxit, gamma-butyrolacton,...) ở nhiệt độ phòng hoặc đun nóng cho đến khi tạo thành dung dịch trong. Dung dịch này sau đó được để ở nhiệt độ phòng trong vài giờ trước khi được sử dụng để lắng đọng lớp phủ spin. Perovskite kết tinh khi dung môi bay hơi trong quá trình quay của chất nền. Việc lắng đọng, ủ trong thời gian và nhiệt độ thích hợp là cần thiết để kết tinh hoàn toàn và làm bay hơi dung môi còn sót lại. Kỹ thuật chế tạo này giúp nó có thể thay đổi nhiều thông số như nồng độ của dung dịch tiền chất, loại dung môi [7], độ dày của màng perovskite [8], nhiệt độ và thời gian ủ [9], để thu được các lớp mỏng với các đặc tính mong muốn. Cụ thể phương pháp này được sử dụng để sản xuất các lớp thủy tinh/FTO/ $TiO_2$ /CPB trên chất nền thủy tinh/FTO/ $TiO_2$  và dung dịch có chứa lượng cân bằng CsBr và  $PbBr_2$  (tỷ lệ mol 1:1) trong DMSO, quay phủ ở tốc độ 1.200 vòng/phút trong 10 giây rồi ở tốc độ 2.000 vòng/phút trong 50 giây. Sau đó, các phim mỏng được ủ ở  $70^\circ C$  trong 30 phút trên bếp điện [10].

#### Phương pháp "hai giai đoạn"

Phương pháp này được sử dụng để chế tạo các lớp mỏng perovskite  $CsPbBr_3$  trên đế phẳng cho pin mặt trời. Đây là một phương pháp hai giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất bao gồm sự lắng đọng  $PbBr_2$  bằng phương pháp spin-coating và giai đoạn thứ hai là việc làm giàu

xesi và brom bằng cách ngâm lớp này trong dung dịch CsBr. Cụ thể, dung dịch có chứa tiền chất  $PbBr_2$  (1,4 M) trong hỗn hợp dung môi không phân cực của DMF và DMSO (tỷ lệ thể tích 9:1) được khuấy ở nhiệt độ phòng hoặc đun nóng nhẹ cho đến khi thu được dung dịch trong suốt. Trong giai đoạn đầu, màng  $PbBr_2$  màu vàng được lắng đọng bằng spin - coating với tốc độ 2000 vòng/phút trong 30 giây trên chất nền thủy tinh/FTO/ $TiO_2$ . Tốc độ quay và thời lượng của máy spin-coater giúp kiểm soát độ dày của màng  $PbBr_2$  và do đó cũng là độ dày của màng perovskite. Các lớp  $PbBr_2$  thu được được ủ ở  $80^\circ C$  trong 30 phút để đảm bảo sự bay hơi hoàn toàn của hỗn hợp dung môi và tránh sự xuống cấp sau này của perovskite. Sau bước này, vì  $PbBr_2$  không tan trong metanol và isopropanol nên lớp thủy tinh/FTO/ $TiO_2$ / $PbBr_2$  được ngâm 10 phút trong dung dịch thứ hai chứa CsBr (0,07 M) trong metanol. Cuối cùng, nó được ngâm trong isopropanol trong 15 giây để loại bỏ không khí còn lại trong các lỗ xốp, sau đó nó được ủ ở  $150^\circ C$  trong 5 phút để tạo ra một lớp perovskite  $CsPbBr_3$  đồng nhất [11].

### 2.2.3. Phương pháp điện di

Điện di là một kỹ thuật quan trọng được sử dụng trong sinh học phân tử và hóa học để phân tách và xác định đặc tính của các chất. Kỹ thuật này dựa trên sự dịch chuyển của các ion (ion tích điện dương hoặc âm) dưới tác dụng của điện trường. Do đặc điểm riêng và tùy theo điều kiện điện di mà các ion này sẽ có tốc độ di chuyển khác nhau nên chúng sẽ tách ra khỏi nhau. Các cation di chuyển về phía cực âm và các anion di chuyển về phía cực dương. FTO hoặc điện cực bằng thép không gỉ được sử dụng làm cực âm hoặc cực dương.

### 2.2.4. Phương pháp phân tích điện hóa

Để nghiên cứu tính ổn định của các màng mỏng được tổng hợp trong phòng thí nghiệm, hai kỹ thuật điện hóa đã được sử dụng là đo điện thế theo chu kỳ và đo thời gian có và không có luồng sáng. Chúng có thể nghiên cứu tính ổn định của vật liệu trong một chất điện phân nhất định (phản ứng oxy hóa khử) và bản chất của dòng quang dưới quang thông cho thấy bản chất của phần lớn hạt mang điện của chất bán dẫn.

#### Chuẩn độ điện thế

Trong nghiên cứu điện hóa thực nghiệm, chúng tôi sử dụng máy chuẩn độ điện thế với ba điện cực: Một điện cực so sánh, một điện cực phụ và một điện cực làm việc. Ba điện cực này được nhúng vào chất điện phân lỏng bao gồm tetrabutylammonium hexafluorophosphat ( $But_4NPF_6$  0,1M) trong  $CH_2Cl_2$ . Đối với nghiên cứu của chúng tôi, chúng tôi đã sử dụng như:

Điện cực thủy tinh/FTO/ $TiO_2$ /CPB và thủy tinh/FTO/ $TiO_2$ /CPB-CMI làm điện cực làm việc. Điện cực Ag/AgCl có điện thế so với điện cực hydro bình thường là +0.199 V ở  $25^\circ C$  làm điện cực so sánh, một dây bạch kim làm điện cực phụ.

### Phép đo quang điện hóa

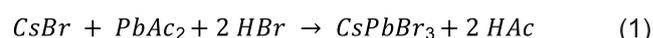
Để vẽ các đường cong von kế theo chu kỳ, chúng tôi thực hiện quét thế giữa -0,4 V và 0,5V/Ag/AgCl để phân tích hoạt động điện hóa của điện cực. Để hình dung sự khác biệt về dòng điện khi có và không có quang thông, chúng tôi chiếu sáng điện cực làm việc trong các khoảng thời gian 3 giây, sau đó là 3 giây không chiếu sáng. Thật vậy, khi điện cực được chiếu sáng bằng bức xạ khả kiến, nó sẽ hấp thụ một phần bức xạ này để tạo ra sự chuyển điện tử giữa vùng hóa trị và vùng dẫn. Điều này tạo ra các cặp electron - lỗ trống và làm tăng nồng độ của hạt tải điện đa số và thiểu số trong vật liệu. Khi chất bán dẫn CPB hoặc CPB-CMI ở trong tình trạng cạn kiệt, giao diện của CPB hoặc CPB-CMI với  $But_4NPF_6$  được chiếu sáng, tạo ra sự gia tăng dòng quang nhờ các hạt mang điện tích thiểu số mà cho phép tăng dòng oxy hóa với bán dẫn loại n và dòng khử với bán dẫn loại p. Để dễ dàng mô tả đặc tính của dòng quang gây ra dưới luồng sáng, chúng tôi đã tạo ra các đường cong đo thời gian ở 0 V/Ag/AgCl. Sự gia tăng dòng khử của CPB hoặc CPB-CMI được quan sát thấy, dòng điện này ổn định hơn với hệ CPB-CMI.

Kỹ thuật phân tích điện hóa, các phép đo phổ nhiễu xạ tia X, SEM và phổ quang phát quang được thực hiện tại viện hoá học vật liệu và chất rắn Rennes-Pháp.

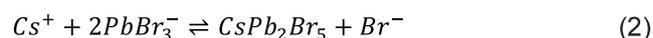
## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Tổng hợp perovskite $CsPbBr_3$

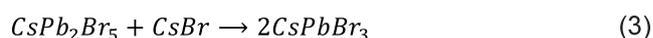
Hợp chất  $CsPbBr_3$  được điều chế bằng phản ứng trao đổi từ các hợp chất CsBr,  $PbAc_2$  ( $Ac:CH_3COO^-$ ) và dung dịch HBr dư theo phản ứng sau:



Phản ứng (1) được thực hiện trong bể nước đá vì nó xảy ra ở nhiệt độ thấp, trong 3 giờ có khuấy để hòa tan hoàn toàn chất ban đầu trong bóng tối, sau đó kết tủa được rửa bằng ethanol tuyệt đối (EtOH) rồi bằng dietyl ete và làm khô ở  $110^\circ C$  trong 12 giờ để dietyl ete bay hơi hết. Độ tinh khiết của sản phẩm ban đầu này được kiểm tra bằng nhiễu xạ tia X (XRD) (Hình 1) bằng máy đo nhiễu xạ Bruker D8 Advance. Nó chỉ ra rằng sản phẩm thường là hai pha. Ngoài perovskite  $CsPbBr_3$ , nó còn chứa một số CsBr và  $CsPb_2Br_5$  từ trạng thái cân bằng phản ứng:

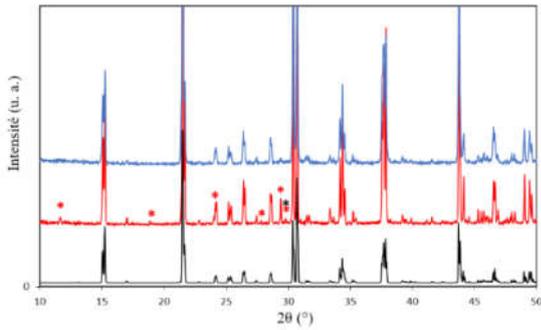


Để có được bột tinh khiết, sản phẩm được nghiền và sau đó được xử lý nhiệt ở  $350^\circ C$  trong 20 phút (hai lần) [12]. Lần đầu tiên, vẫn còn rất ít CsBr và  $CsPb_2Br_5$ . Sản phẩm thu được tiếp tục đem nghiền rồi nhiệt luyện lần thứ hai,  $CsPbBr_3$  được tạo thành theo phản ứng sau:



Sản phẩm cuối cùng thu được thực sự là hợp chất

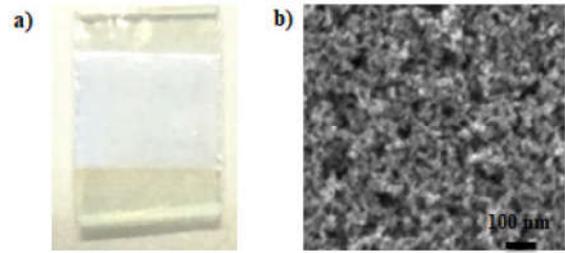
CsPbBr<sub>3</sub> như được thể hiện bởi kết quả XRD trong Hình 1.



Hình 1. Giản đồ nhiễu xạ tia X dạng bột của các sản phẩm thu được trước (vạch đỏ), sau (vạch lam) tinh chế và CsPbBr<sub>3</sub> lý thuyết (vạch đen), các dấu hoa thị (\*) và (\*) đại diện cho các đỉnh nhiễu xạ cho CsPb<sub>2</sub>Br<sub>5</sub> và CsBr tương ứng

### 3.2. Tổng hợp màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>

Phương pháp doctor blading được sử dụng để tổng hợp màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>. Từ chất bột nhão TiO<sub>2</sub> (DyeSol) và chất nền loại thủy tinh /FTO (2×1,5 cm). Các lớp thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub> thu được sau khi ủ ở 450°C trong 30 phút (Hình 2). Hình ảnh hiển vi cho thấy các lớp TiO<sub>2</sub> thu được là trung tính, đồng nhất và trong suốt [6].



Hình 2. a) Ảnh chụp lớp thu được, b) Ảnh SEM của lớp Thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub> thu được

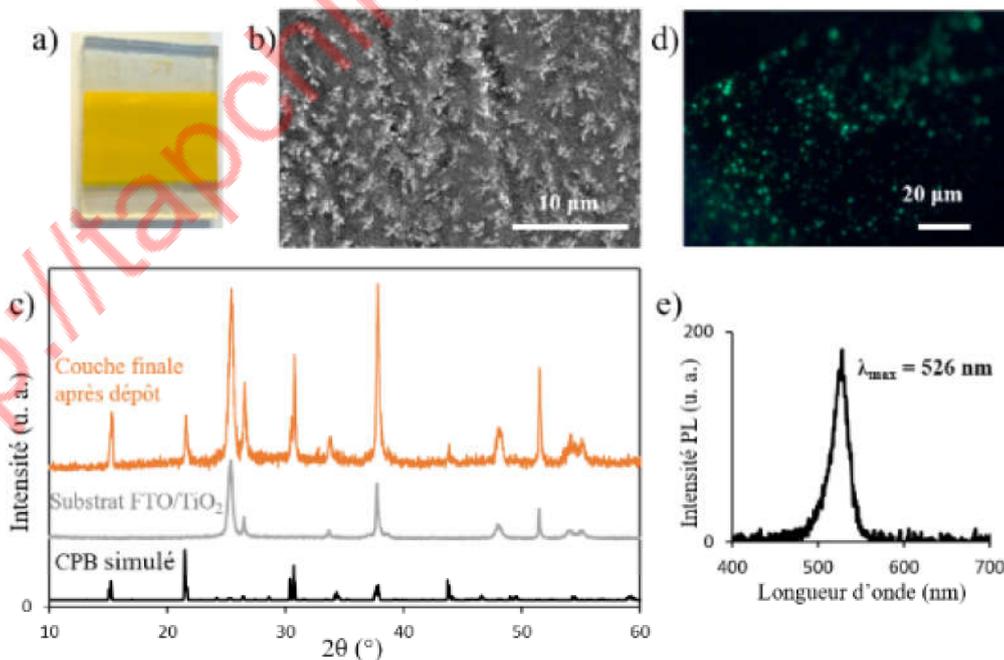
### 3.3. Tổng hợp màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB

Để đạt được các dị cấu trúc thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI như dự kiến, trước tiên chúng tôi nghiên cứu sự phủ lớp CPB lên thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub> bằng phương pháp spin-coating ở 2 giai đoạn khác nhau.

#### 3.3.1. Phương pháp “một giai đoạn”

Phương pháp này được sử dụng để sản xuất các lớp perovskite CPB từ dung dịch có chứa CsBr và PbBr<sub>2</sub> (tỷ lệ mol 1:1) trong DMSO và chất nền thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>, quay phủ ở 2 tốc độ khác nhau. Sau đó, các phim mỏng được ủ ở 70°C trong 30 phút trên bếp điện [10].

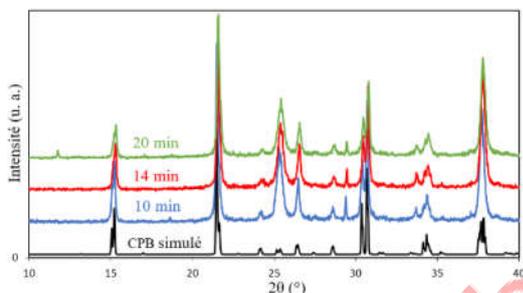
Kỹ thuật lắng đọng này có khả năng bao phủ đồng nhất trên lớp TiO<sub>2</sub> bằng một lớp perovskite CPB màu vàng đồng nhất (Hình 3a) và dày đặc (Hình 3b) mà không có bất kỳ pha nào khác, có thể phát hiện được bằng nhiễu xạ tia X (Hình 3c). Lớp này, như mong đợi đối với pha CPB, phát quang yếu dưới chiếu xạ (Hình 3d và e). Đỉnh phát quang ở bước sóng cực đại 526nm thể hiện sự phát quang của CPB.



Hình 3. a) Chụp ảnh dưới ánh sáng trắng, b) Ảnh SEM, c) Biểu đồ XRD, d) Chụp ảnh dưới chiếu xạ UV (380-420 nm) và d) Phổ quang phát quang (PL) của lớp thu được

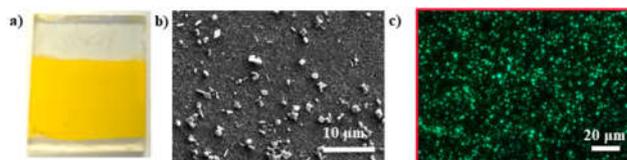
### 3.3.2. Phương pháp “hai giai đoạn”

Phương pháp này dựa trên hai bước lắng đọng. Bước đầu tiên tương ứng với sự lắng đọng của  $PbBr_2$  bằng phương pháp spin-coating. Bước thứ hai là bước làm giàu  $CsBr$  bằng phương pháp nhúng. Không giống như quy trình một giai đoạn, quy trình này yêu cầu giai đoạn tối ưu hóa để có được các lớp CPB. Thật vậy, như đã thảo luận bởi Lin-Feng Gao và cộng sự [11], thành phần của lớp phụ thuộc vào thời gian ngâm trong dung dịch  $CsBr$ . Nếu thời gian quá ngắn (10 phút, Hình 4, giảm độ màu xanh lam), lớp hết  $CsBr$ , và dư  $PbBr_2$  ( $2\theta=18,6^\circ$ ). Nếu thời gian quá dài (20 phút), điều này sẽ dẫn đến sự hình thành của pha  $Cs_4PbBr_6$  và  $CsBr$  dư ( $2\theta=12,6^\circ$  và  $22,4^\circ$ ). Trong trường hợp của chúng tôi, ngoài pha  $CsPbBr_3$ , tạp chất perovskite 2D  $CsPb_2Br_5$  ( $2\theta=11,8^\circ$ ) [13] rõ ràng có mặt (Hình 4 biểu đồ màu xanh lục). Theo tài liệu [11], chúng tôi đã thu được lớp phủ  $CsPbBr_3$ , với thời gian ngâm trong dung dịch  $CsBr$  là 14 phút, một lớp CPB với tạp chất duy nhất là  $CsBr$  ( $2\theta=29,4^\circ$ ) có thể dễ dàng hòa tan trong DMSO.



Hình 4. Biểu đồ XRD của các lớp thu được bằng phương pháp hai giai đoạn theo thời gian ngâm trong dung dịch  $CsBr$

Trong thời gian ngâm 14 phút, kết quả phù hợp với kết quả đã được Lin-Feng Gao và cộng sự công bố trước đây [11]. Kỹ thuật lắng đọng này lâu hơn và hạn chế hơn so với phương pháp một giai đoạn vì nó yêu cầu kiểm soát chính xác thời gian ngâm trong dung dịch  $CsBr$ . Hơn nữa, nó dẫn đến các lớp kém đồng nhất với sự hiện diện của các tinh thể có kích thước vài trăm nanomet (Hình 5b) và có độ tinh khiết hạn chế. Ngoài sự hiện diện của  $CsBr$ , sự phát quang mạnh hơn của các lớp được tạo ra bởi quá trình hai giai đoạn cho thấy sự hiện diện của một pha khác phát ra nhiều hơn pha  $CsPbBr_3$  (Hình 5c). Nó dường như là pha  $CsPb_2Br_5$  hoặc  $Cs_4PbBr_6$  phát ra trong cùng một dải phổ nhưng cường độ mạnh hơn. Chính vì vậy chúng tôi ưu tiên sử dụng các lớp thủy tinh/ $FTO/TiO_2/CsPbBr_3$  được sản xuất theo quy trình một giai đoạn vì đây là quy trình giúp thu được các lớp đồng nhất mà không có pha khác bị XRD phát hiện.



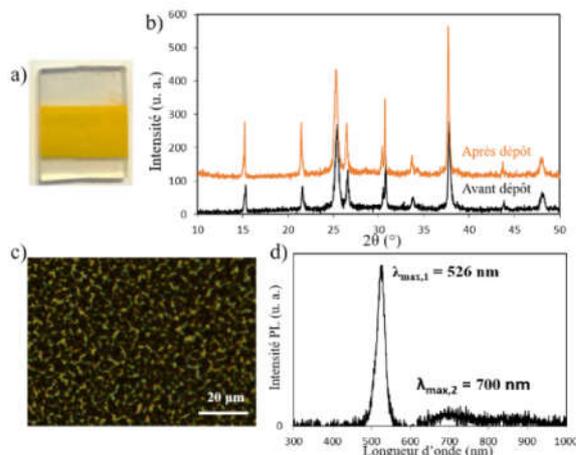
Hình 5. a) Ảnh chụp dưới ánh sáng trắng, b) Ảnh SEM và c) Ảnh chụp lớp thu được dưới chiếu xạ UV (380-420nm)

### 3.4. Tổng hợp tế bào năng lượng mặt trời thủy tinh/ $FTO/TiO_2/CPB/CMI$

Để sản xuất các điện cực quang hoàn chỉnh bằng thủy tinh/ $FTO/TiO_2/CPB/CMI$ , molybden iodua được lắng đọng theo hai con đường: i) con đường trực tiếp bằng cách thêm  $CsBr$  và  $PbBr_2$  trong dung dịch cluster CMI bảo vệ ban đầu theo phương pháp spin-coating một giai đoạn và ii) phương pháp điện di.

#### 3.4.1. Phủ CPB và CMI bằng phương pháp spin-coating một giai đoạn

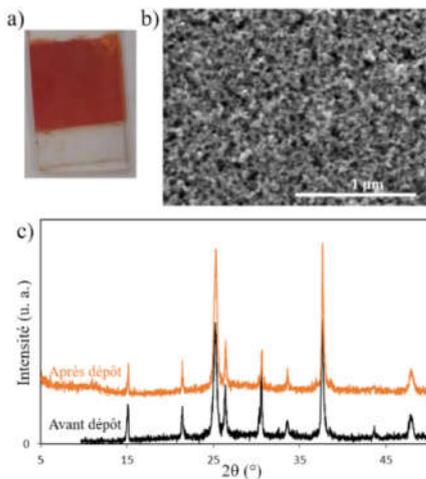
Các lớp được sản xuất trong các điều kiện tương tự như các lớp CPB theo quy trình một giai đoạn, ngoại trừ dung dịch lắng đọng có chứa cluster. Dung dịch này được chuẩn bị bằng cách hòa tan 63,9mg  $CsBr$  và 110,1mg  $PbBr_2$  trong 1ml dung dịch bão hòa CMI (0,0212 M) trong DMSO. Các lớp thu được có cùng cấu trúc vi mô và biểu đồ XRD (màu cam) có thể so sánh với biểu đồ của lớp thủy tinh/ $FTO/TiO_2/CPB$  (màu đen) trước khi lắng đọng (Hình 6b). Tuy nhiên, màu da cam hơn một chút của chúng và sự xuất hiện của đỉnh phát xạ thứ hai xung quanh 700nm làm nổi bật sự hiện diện của pha với cụm  $Mo_6$ . Hình 6d cho thấy sự có mặt của CMI không ảnh hưởng đến sự phát quang của CPB, nó vẫn thể hiện đỉnh phát quang tại bước sóng cực đại 526nm.



Hình 6. a) Ảnh chụp lớp thu được. b) Biểu đồ XRD của lớp thủy tinh/ $FTO/TiO_2/CPB$  (đen) và lớp thủy tinh/ $FTO/TiO_2/CPB@CMI$  (cam) sau khi lắng đọng. c) Ảnh chụp lớp thu được dưới ánh sáng trắng và d) phổ PL dưới chiếu xạ tia UV (380 nm-420nm)

### 3.4.2. Phủ CMI bằng phương pháp điện di

Sự lắng đọng của lớp CMI được thực hiện bằng cách lắng đọng điện di. Để thực hiện quá trình này, dung dịch lắng đọng được chuẩn bị bằng cách hòa tan CMI trong axeton cho đến khi bão hòa (0,0122M). Điện cực thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB (CPB lắng đọng bằng phương pháp spin-coating một giai đoạn) được sử dụng làm cực dương. Giữa điện cực này và cực âm bằng thép không gỉ đặt một hiệu điện thế 20V trong 30s. Màu da cam, giản đồ XRD và phân tích EDS (phát hiện Mo và I, thành phần xác định: Cs<sub>0,6</sub>PbBr<sub>2,4</sub> + Mo<sub>6</sub>I<sub>13</sub>) của lớp thu được cho thấy sự hiện diện của molybden iodua (Hình 7). Tuy nhiên, cấu trúc vi mô vẫn được bảo đảm.

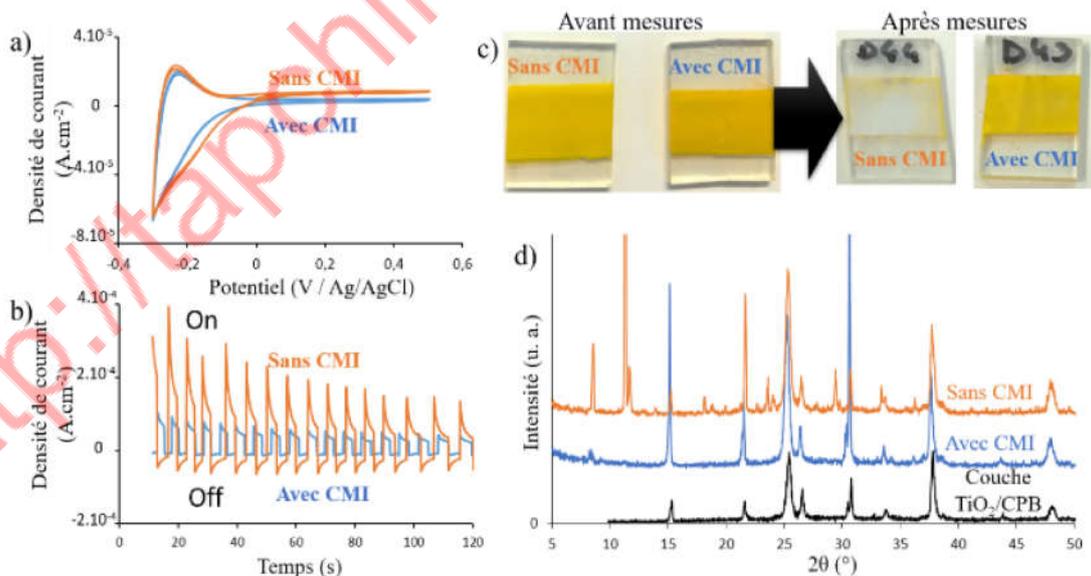


Hình 7. a) Ảnh chụp, b) Ảnh SEM và c) Giản đồ XRD của lớp thu được trước (màu đen) và sau (màu cam) khi phủ bằng phương pháp điện di

### 3.5. Nghiên cứu điện hóa

Chúng tôi đã thu được hai loại lớp dựa trên perovskite CPB và một pha cluster CMI. Loại đầu tiên được tạo ra bằng cách tổng hợp trực tiếp trong đó hai pha cùng tồn tại một cách đồng nhất. Loại thứ hai, ở dạng lớp (thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI), được tạo ra bởi sự lắng đọng liên tiếp: Đầu tiên là hợp chất CPB sau đó là hợp chất cluster CMI. Đối với loại đầu tiên (tổng hợp trực tiếp), hỗn hợp có vẻ gắn kết hơn, bề mặt mịn hơn. Do thời gian và điều kiện nghiên cứu nên chúng tôi đã lựa chọn lớp thứ nhất cho việc nghiên cứu điện hóa. Chúng tôi quan tâm đến 1) tính chất quang điện tử của chúng thông qua các phép điện hóa và 2) độ ổn định của chúng trong quá trình đo.

Để nghiên cứu sự ổn định dưới quang thông và các đặc tính quang điện của lớp thu được bằng phương pháp tổng hợp trực tiếp, các phép đo điện hóa đã được thực hiện (Hình 8). Phép đo Von - Ampe theo chu kỳ và đo sắc ký thời gian được thực hiện trên hệ thống ba điện cực, lớp nghiên cứu được sử dụng làm điện cực làm việc, điện cực chỉ thị bằng platin và điện cực so sánh Ag/AgCl được ngâm trong bể điện phân bao gồm 0,1M But<sub>4</sub>NPF<sub>6</sub> trong diclometan khan.



Hình 8. a) Biểu đồ đo von-ampe tuần hoàn của hai lớp thu được. b) Phép đo sắc ký thời gian ở thế 0 V /Ag/AgCl. c) Ảnh chụp các lớp thu được bằng cách tổng hợp trực tiếp không có và có CMI, trước và sau khi đo điện hóa và d) Biểu đồ XRD của các lớp sau khi đo điện hóa

Các phép đo Von - Ampe và sắc ký thời gian của một lớp thu được bằng cách tổng hợp trực tiếp được thể hiện trong Hình 8. Chúng làm nổi bật các thành phần

khác nhau của các lớp có và không có cluster. Biểu đồ lớp có cluster biểu thị bằng màu xanh, không có cluster biểu thị bằng màu cam. Thật vậy, một sự khử ở điện

thể cao hơn đối với lớp không cluster có thể nhìn thấy trên đường cong đo Von-Ampe trong Hình 8a. Điều này dường như gợi ý một quá trình khử bổ sung hoặc nhanh hơn khi không có sự hiện diện của cluster. Hơn nữa, nếu đối với các điện thế dương, dòng điện ở điện cực chứa cluster rất thấp (gần như bằng không), thì dòng điện ở điện cực không có cluster là không thể bỏ qua (dương). Trong quá trình chiếu sáng của các lớp, đối với điện thế cố định ở 0 V/Ag/AgCl (Hình 8b), sự gia tăng dòng điện do các hạt tải điện thiểu số (ở đây là các lỗ trống vì nó là dòng oxy hóa) xảy ra. Dòng quang được tạo ra bởi lớp không có cluster cao hơn so với lớp có cluster. Tuy nhiên, sự biến đổi của nó mạnh hơn theo thời gian. Trong quá trình chiếu sáng, qua đỉnh của độ chiếu sáng, dòng quang giảm mạnh. Sự giảm này ít đột ngột hơn nhiều đối với lớp có cluster. Tương tự, qua nhiều lần chiếu sáng, dòng quang của lớp không có cluster giảm cho đến khi thực tế bằng dòng của lớp có cluster. Cuối cùng, khi ảnh chụp các lớp sau khi đo đạc cho thấy, lớp không có cluster đã xấu đi rất nhiều. Mặt khác, lớp có cluster vẫn còn nguyên vẹn (Hình 8c). Sự hư hại này của lớp không có cluster cũng được xác nhận bởi các phân tích XRD. Thật vậy PbBr<sub>2</sub> và CsBr là các sản phẩm phân hủy CPB được phát hiện đối với lớp không có cluster (Hình 8d).

#### 4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở nghiên cứu chúng tôi đã tổng hợp được hợp chất CPB, tổng hợp màng mỏng thủy tinh/FTO (kích thước dài 2 × rộng 1,5cm), phủ TiO<sub>2</sub> lên màng mỏng thủy tinh/FTO bằng phương pháp doctor blading. Việc tổng hợp các tế bào năng lượng mặt trời ở dạng màng mỏng thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI đã được thực hiện theo hai phương pháp khác nhau: Phương pháp spin-coating một giai đoạn trực tiếp từ dung dịch chứa CsBr, PbBr<sub>2</sub> và CMI bão hòa và phương pháp điện di. Trên cơ sở đó tế bào thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI được sản xuất theo phương pháp spin-coating một giai đoạn đã được lựa chọn cho việc nghiên cứu điện hóa. Phổ quang phát quang cho thấy CMI không ảnh hưởng đến sự phát quang của CPB. Kết quả nghiên cứu điện hóa cho thấy các điện cực thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB/CMI mới này đầy hứa hẹn. Lớp chứa cluster [Mo<sub>6</sub>I<sub>14</sub>]<sup>2-</sup> của điện cực này hạn chế sự xuống cấp lớp perovskite CPB của tế bào năng lượng mặt trời trong điều kiện sử dụng tế bào quang điện. Điều này đồng thời duy trì các đặc tính quang điện tử của tế bào dựa trên điện cực thủy tinh/FTO/TiO<sub>2</sub>/CPB, cụ thể là tạo ra một dòng quang có cường độ tương tự.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Best Research-Cell Efficiencies (NREL, accessed 02 January 2019).
- [2]. A. Renaud, F. Grasset, B. Dierre, T. Uchikoshi, N. Ohashi, T. Takei, A. Planchat, L. Cario, S. Jobic, F. Odobel, S. Cordier (2016), *Inorganic Molybdenum Clusters as Light-Harvester in All Inorganic Solar Cells: A Proof of Concept*, Chemistryselect, 1, 2284–2289.
- [3]. S. Cordier, F. Dorson, F. Grasset, Y. Molard, B. Fabre, H. Haneda, T. Sasaki, M. Mortier, S. Ababou-Girard and C. Perrin (2009), *Novel Nanomaterials Based on Inorganic Molybdenum Octahedral Clusters*, J. Clust. Sci. 20, 9-21.
- [4]. L. Protesescu, S. Yakunin, M. I. Bodnarchuk, F. Krieg, R. Caputo, C. H. Hendon, R. X. Yang, A. Walsh, M. V. Kovalenko (2015), *Nanocrystals of Cesium Lead Halide Perovskites (CsPbX<sub>3</sub>, X = Cl, Br, and I): Novel Optoelectronic Materials Showing Bright Emission with Wide Color Gamut*, Nano Lett, 15, 3692-3696.
- [5]. N. Thi Kim Nguyen, M. Dubernet, Y. Matsui, M. Wilmet, N. Shirahata, G. Rydzek, N. Dumait, M. Amela-Cortes, A. Renaud, S. Cordier, Y. Molard, F. Grasset, T. Uchikoshi (2019), *Transparent functional nanocomposite films based on octahedral metal clusters synthesis by electrophoretic deposition process and characterization*, Royal Society Open Science, 6, 181647.
- [6]. N. Musila, M. Munji, J. Simiyu, E. Masika, R. Nyenge, M. Kineene (2018), *Characteristics of TiO<sub>2</sub> Compact Layer prepared for DSSC application*, Path of Science, 10, 3006-3012.
- [7]. Y. Zhao, J. Zhu (2014), *Solution Chemistry Engineering toward High-Efficiency Perovskite Solar Cells*, Phys. Chem. Lett, 5, 41754-186.
- [8]. G. E. Eperon, V. M. Burlakov, P. Docampo, A. Goriely, H. J. Snaith (2014), *Morphological Control for High Performance, Solution Processed Planar Heterojunction Perovskite Solar Cells*, Adv. Funct. Mater., Vol. 24, No. 1, pp. 151-157.
- [9]. A. Dualeh, N. Tétreault, T. Moehl, P. Gao, M. K. Nazeeruddin, M. Grätzel (2014), *Effect of Annealing Temperature on Film Morphology of Organic-Inorganic Hybrid Perovskite Solid-State Solar Cells*, Adv. Func. Mater. 24, 3250–3258.
- [10]. C. Li, C. Han, Y. Zhang, Z. Zang, M Wang, X Tang, J. Du (2017), *Enhanced photoresponse of self-powered perovskite photodetector based on ZnO nanoparticles decorated CsPbBr<sub>3</sub> films*, Mater and Sol. Cells. 172, 341–346.

- [11]. L. F Gao, W. J Luo, Y. F Yao, Z. G Zou (2018), *An all-inorganic lead halide perovskite-based photocathode for stable water reduction*, Chem. Commun. 54, 11459.
- [12]. C. Tenailleau, S. Aharon, B. Cohen, L. Etgar (2018), *Cell refinement of CsPbBr<sub>3</sub> perovskite nanoparticles and thin films*, Nanoscale Adv, 1, 147-153.
- [13]. O. Nazarenko, M. R. Kotyrba, M. Wörle, E. C. Reyes, S. Yakunin, and M. V. Kovalenko (2017), *Luminescent and Photoconductive Layered Lead Halide Perovskite Compounds Comprising Mixtures of Cesium and Guanidinium Cations*, Inorg, Chem. 56, 11552-11564.

---

**AUTHOR INFORMATION**

**Pham Thi Diep**

Corresponding Author: [phamdiepdhsd@gmail.com](mailto:phamdiepdhsd@gmail.com)

Sao Do University.

<http://tapchikhcn.saodo.edu.vn>