

# INVESTIGATION OF THE MORPHOLOGY OF GRAFT-TYPE POLYMER ELECTROLYTE MEMBRANES USING SMALL- AND ULTRA SMALL-ANGLE X-RAY SCATTERING FOR FUEL CELL APPLICATION

*La Ly Nguyen<sup>1,2</sup>, Tran Duy Tap<sup>1</sup>, Nguyen Van Giai<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Faculty of Materials Science and Technology, University of Science, VNU-HCM, 227 Nguyen Van Cu, District 5, HCMC

<sup>2</sup>Center for Nuclear Techniques, 217 Nguyen Trai, District 1, HCMC

Email: [lalynghuyen279@gmail.com](mailto:lalynghuyen279@gmail.com), [tdtap@hcmus.edu.vn](mailto:tdtap@hcmus.edu.vn), [nguyenvangiai93@gmail.com](mailto:nguyenvangiai93@gmail.com).

**Abstract:** Poly(styrenesulfonic acid)-grafted poly(ethylene-co-tetrafluoroethylene) (ETFE) polymer electrolyte membranes (ETFE-PEMs) were prepared by gamma irradiation-induced graft polymerization of styrene into ETFE films and subsequent sulfonation. The variation of lamellar structures of ETFE-PEMs dependence on preparation procedures and ion exchange capacity (IEC) was investigated by small- and ultra small-angle X-ray scattering methods. The detail structures of lamellar including lamellar period  $L$ , thickness of lamellar crystal  $L_c$ , lamellar amorphous  $L_a$ , and a linear crystallinity ( $L_c/L$ ) were examined using a 1D correlation function. The lamellar structures were recognized to alter at only the grafting step but not under the sulfonation process at any IEC levels. As the results, the hierarchical structures of membranes can be designed and controlled at a step of grafting. With  $IEC \geq 2.4$  mmol/g,  $L_c$  and the linear crystallinity significantly decreased (corresponding to the increase of  $L_a$ ) and then retained in the IECs of 2.7-3.1 mmol/g. Note that the retained values of  $L_c$ ,  $L_a$ , and the linear crystallinity in the IECs of 2.7-3.1 mmol/g are the origin of high conductivity and mechanical strength of membranes under severe operation conditions for vehicle fuel cell applications.

**Keywords:** Small angle X-ray scattering, Proton exchange membrane, Fuel cell, Lamellar, 1D correlation function.

# NGHIÊN CỨU HÌNH THÁI HỌC CỦA MÀNG ĐIỆN CỰC POLYMER GHÉP MẠCH BỨC XẠ SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP TÁN XẠ TIA X GÓC NHỎ VÀ SIÊU NHỎ ỨNG DỤNG TRONG PIN NHIÊN LIỆU

*La Lý Nguyễn<sup>1,2</sup>, Trần Duy Tập<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Giai<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Khoa Khoa học và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên, ĐHQG-HCM, 227 Nguyễn Văn Cừ, Quận 5, Tp.HCM

<sup>2</sup>Trung Tâm Hạt Nhân Tp.HCM, 217 Nguyễn Trãi, Quận 1, Tp.HCM

Email: [lalynghuyen279@gmail.com](mailto:lalynghuyen279@gmail.com), [tdtap@hcmus.edu.vn](mailto:tdtap@hcmus.edu.vn), [nguyenvangiai93@gmail.com](mailto:nguyenvangiai93@gmail.com).

## **Tóm tắt:**

Poly(styrene-sulfonic-acid)-grafted poly(ethylene-co-tetrafluoroethylene) (ETFE-PEMs) được tổng hợp bằng cách chiếu xạ gamma phim ETFE rồi ghép mạch bởi monomer styrene sau đó là lưu huỳnh hoá để tạo thành màng dẫn proton. Sự thay đổi cấu trúc lamellar của ETFE-PEM theo quy trình chế tạo và mức độ trao đổi ion (IEC) được nghiên cứu bởi kỹ thuật tán xạ tia X góc nhỏ và siêu nhỏ. Thông tin cấu trúc lamellar như khoảng cách lamellar  $L$ , bề dày lamellar tinh thể  $L_c$ , lamellar vô định hình  $L_a$ , và độ kết tinh tuyến tính ( $L_c/L$ ) được xác định bằng hàm tương quan một chiều. Cấu trúc lamellar được nhận ra là chỉ thay đổi tại bước ghép mạch bức xạ và không phụ thuộc vào quá trình lưu huỳnh hoá tại bất kỳ giá trị IEC nào. Với  $IEC \geq 2,4$  mmol/g, giá trị  $L_c$  và  $L_c/L$  giảm mạnh (tương ứng với sự tăng mạnh của  $L_a$ ) nhưng sau đó không đổi với  $IEC = 2,7-3,1$  mmol/g. Điều này có liên quan đến tính dẫn proton cao và độ bền cơ học tốt của màng khi hoạt động trong điều kiện khắc nghiệt của pin nhiên liệu xe hơi.

**Từ khoá:** Tán xạ tia X góc nhỏ, màng dẫn proton, pin nhiên liệu, lamellar, hàm tương quan một chiều.