การเกิดรอยทางอนุภาคโปรตอนในพลาสติกพอลิคาร์บอเนต โดยการฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be

*เสาวนีย์ อัศวผาติบุญ[1] และ นเรศร์ จันทน์ขาว[1]

[1] ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

โทรศัพท์ 0 2201 1251 โทรสาร 0 2201 1176 E-mail: sawwanoo@gmail.com, naresck@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาสมบัติของการเกิดรอยทางอนุภาคโปรตอนในพอลิคาร์บอเนต ที่ถูกฉายนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be พอลิคาร์บอเนตที่ได้รับการฉายนิวตรอนถูกนำมากัดรอยด้วยสารละลาย PEW ซึ่งประกอบด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ร้อยละ 15 น้ำร้อยละ 45 และเอทิลแอลกอฮอล์ ร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 70 อาศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง รอยทางอนุภาคโปรตอนที่เกิดขึ้นสามารถมองเห็นได้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายประมาณ 100 เท่า และใช้โปรแกรม imageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการตกแต่งและวิเคราะห์ภาพ ในการวิเคราะห์ลักษณะของรอยทางที่เกิดขึ้น ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของรอยทางอนุภาคโปรตอนมีค่า 2.74 x 10^5 รอยทางต่อพื้นที่หนึ่งตารางเซนติเมตร เมื่อความเข้มของนิวตรอนมีค่าประมาณ 1.58 x 10^4 นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที และใช้เวลาฉายนิวตรอน 2 สัปดาห์ รอยทางอนุภาคโปรตอนมีพื้นที่น้อยสุดและมากสุดเท่ากับ 3.443 และ 340.698 ตารางไมโครเมตร ในขณะที่มีค่าเส้นผ่าศูนย์กลางแคบสุดและกว้างสุดเท่ากับ 4.137 และ 20.828 ไมโครเมตร ตามลำดับ

คำสำคัญ: รอยทางโปรตอน พอลิคาร์บอเนต นิวตรอน

Recoiled Proton Track Registration in Polycarbonate Plastic by Irradiation of Neutron from ^{241}Am-Be Radioisotope Source

*Sawwanee Asavaphatiboon[1] and Nares Chankow [1]

[1] Department of Nuclear Technology, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

Phone: 0 2201 1251, Fax: 0 2201 1176, E-mail: sawwanoo@gmail.com, naresck@yahoo.co.th

Abstract

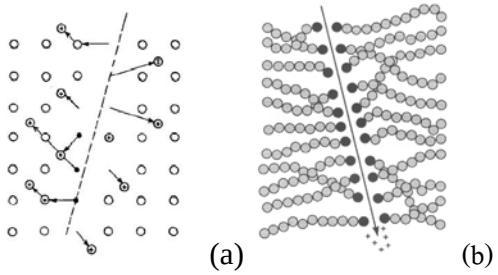
This research attempts to investigate properties of recoiled proton track registration in polycarbonate (PC) which was irradiated by neutrons from ^{241}Am-Be source. The irradiated PC was etched with PEW solution (15% KOH, 45% H_2O and 40% ethyl alcohol) at 70^{o}C for 1 h. The recoiled proton tracks were observed under an optical microscope at approximately 100 times of magnification. The tracks were then characterized by using the ImageJ

program which is an image processing and analysis software. The study showed that the average track density in PC was 2.74 x 10^5 tracks per square centimeter for a neutron flux of approximately 1.58 x 10^4 neutrons/cm^2.s at 2 weeks of irradiation time. The minimum and maximum track areas were found to be 3.443 and 340.698 μm^2 while the minimum and maximum track diameters were found to be 4.137 and 20.828 μm respectively.

Keywords: proton track, polycarbonate, neutron

1. บทนำ

จากทฤษฎีกลไกการเกิดรอยทางในวัตถุตัวกลาง “Ion explosion spike” [1] กล่าวไว้ว่า เมื่ออนุภาคที่มีประจุวิ่งผ่านเข้าไปในวัตถุตัวกลางที่เป็นฉนวน เช่น แก้ว ไมก้า และพลาสติก ประจุไฟฟ้าในอนุภาคนั้นจะเกิดปฏิกิริยากับอิเล็กตรอนและถ่ายโอนพลังงานให้ ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวงโคจร (Ionization) เกิดประจุบวกขึ้นรอบๆ แนวทางที่อนุภาคนั้นวิ่งผ่าน และประจุบวกเหล่านี้เมื่ออยู่ใกล้กัน จะเกิดแรงผลักกันขึ้น ทำให้เคลื่อนที่ไปเบียดอะตอมถัดไป เกิดความเครียดขึ้น ความเครียดนี้จะแผ่กระจายไปยังอะตอมถัดไปทุกทิศทาง ทำให้โมลกุลเรียงตัวกันใหม่ เพื่อให้เกิดความสมดุลย์และทำให้เกิดรอยทางขึ้นในตัวกลางอยู่อย่างถาวร ในตัวกลางกึ่งตัวนำ (semiconductor) และตัวกลางตัวนำ ประจุบวกที่เกิดขึ้นสามารถจับอิเล็กตรอนอิสระ กลายเป็นกลางใหม่ จึงไม่เกิดช่องว่างขึ้น ส่วนรอยทางในพอลิเมอร์ จะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่า โดยอนุภาคมีประจุวิ่งผ่านเข้าไป จะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนให้มีพลังงานสูงขึ้น จะทำให้เกิดการทำลายพันธะ (bond) ระหว่างโครงสร้างของพอลิเมอร์ เกิดเป็นรอยทางขึ้น แสดงดังรูปที่ 1

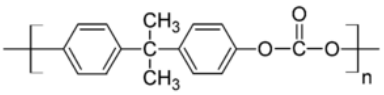


รูปที่ 1 แสดงภาพการเกิดรอยทางในตัวกลางที่เป็นผลึก (a) และตัวกลางที่เป็นพอลิเมอร์ (b)

Fleischer และคณะ [2] พบว่า เซลลูโลสไนเตรต (cellulose nitrate) เซลลูโลสแอซีเตต (cellulose acetate) และเลกแซน (Lexan) ที่ไวต่อรังสีอัลตราไวโอเลตจะไวต่ออนุภาคโปรตอนที่มีค่าพลังงานสูงถึง 100 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ (keV) นิวตรอนที่มีค่าพลังงานอยู่ในช่วง 20 ถึง 100 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

สามารถทำให้เกิดรอยทางโปรตอนในแผ่นพลาสติกได้ โดยผ่านอันตรกิริยาการชนแบบยืดหยุ่น (elastic collision) กับโปรตอนที่เป็นโครงสร้างของแผ่นพลาสติก รอยทางโปรตอนเหล่านี้สามารถขยายให้ใหญ่ขึ้น โดยวิธีการกัดรอย (etch) ในสารละลายที่เหมาะสม ทำให้สามารถเห็นรอยทางโปรตอนที่เกิดขึ้นด้วยกล้องจุลทรรศน์

Lexan หรือ พอลิคาร์บอเนต [3] เป็นพลาสติกที่มีลักษณะใส แข็ง ทนแรงยืดและแรงกระแทกได้ดี ทนความร้อนสูง ทนกรด แต่ไม่ทนด่าง มีจุดหลอมเหลว 267 องศาเซลเซียส โครงสร้างโมเลกุลแสดงดังรูปที่ 2 จากงานวิจัยที่ผ่านมา [4, 5] พบว่าสารละลายที่เหมาะสมในการกัดรอยทางของพอลิคาร์บอเนต คือ สารละลาย PEW ซึ่งประกอบด้วยสารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ร้อยละ 15 น้ำ (H_2O) ร้อยละ 45 และเอทิลแอลกอฮอล์ (C_2H_5OH) ร้อยละ 40 ที่อุณหภูมิ 70 อาศาเซลเซียส



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างโมเลกุลของพอลิคาร์บอเนต [3]

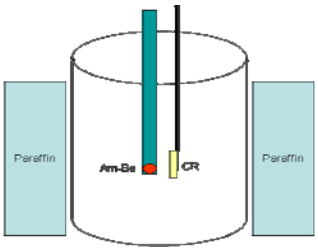
ต้นกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be [6] เป็นต้นกำเนิดนิวตรอนที่ผลิตจากปฏิกิริยา (α, n) ประกอบด้วยไอโซโทปรังสี ^{241}Am มีครึ่งชีวิต 433 ปี โดยสลายให้อนุภาคแอลฟาพลังงาน 4-6 เมกะอิเลกตรอนโวลต์ (MeV) ผสมกับธาตุ ^{9}Be ที่มีพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวตรอนในนิวเคลียสต่ำโดยมีค่าเพียง 1.67 MeV ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ ^{9}Be (α, n)^{12}C อัตราการปลดปล่อยนิวตรอนของต้นกำเนิดนิวตรอนนี้ประมาณ 2.2 x 10^6 นิวตรอนต่อวินาทีต่อคูรีของ ^{241}Am ค่าพลังงานนิวตรอนอยู่ในช่วง 3-6 MeV

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เป็นการศึกษาการเกิดรอยทางอนุภาคโปรตอนบนแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยนิวตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี ^{241}Am-Be และคุณลักษณะของรอยทางอนุภาคโปรตอน บนแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนต

2. อุปกรณ์วิจัยและวิธีวิจัย

รอยทางอนุภาคโปรตอนบนแผ่นพอลิคาร์บอเนต เตรียมจากการนำแผ่นพลาสติกไปอาบนิวตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี ^{241}Am-Be แล้วล้างกัดรอยทางที่เกิดขึ้น จากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ และนำไปนับจำนวนรอยทางและหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยทำการทดลอง ดังนี้

2.1 นำแผ่นพอลิคาร์บอเนต ที่ใช้ทำกันสาด ซึ่งขายในท้องตลาด ที่มีความหนา 1.5 มิลลิเมตร มาอาบนิวตรอนจากแหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี ^{241}Am-Be นาน 2 สัปดาห์ โดยนำแผ่นพอลิคาร์บอเนต วางติดกับแหล่งกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be ที่อยู่ในท่ออะลูมิเนียม โดยมีแผ่นพาราฟินล้อมรอบ (ดังรูปที่ 3)



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงการอาบนิวตรอนจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be

2.2 การกัดรอย

2.2.1 เตรียมสารละลายที่ใช้ล้างกัดรอย PEW ที่ประกอบด้วย 15 กรัมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ น้ำร้อยละ 45 และเอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 40 ในบีกเกอร์

2.2.2 ตั้งสารละลายที่เตรียมไว้ในอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) โดยควบคุมอุณหภูมิของสารละลายด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ให้อยู่ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

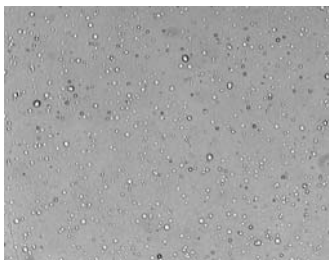
2.2.3 ทำการกัดรอยทางบนแผ่นพอลิคาร์บอเนต เป็นเวลานาน 1 ชั่วโมง

2.3 นำแผ่นพอลิคาร์บอเนตที่กัดรอยทางแล้วมาส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ และทำการบันทึกภาพด้วยโปรแกรม Motic MC 1000

2.4 นำภาพที่ได้มาวิเคราะห์ขนาดและความหนาแน่นของรอยทางอนุภาคโปรตอน ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ImageJ ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ภาพ ที่ไม่เสียค่าใช้จ่าย สามารถดาวน์โหลดได้จาก www. Imagej.nih.gov/ij/download.html

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

แผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่มีรอยทางโปรตอน เกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยนิวตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดนิวตรอน ^{241}Am-Be เมื่อผ่านกระบวนการล้างกัดรอยด้วยสารละลาย PEW ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ทำให้เกิดรอยทางอนุภาคบนฟิล์ม ดังรูปที่ 4

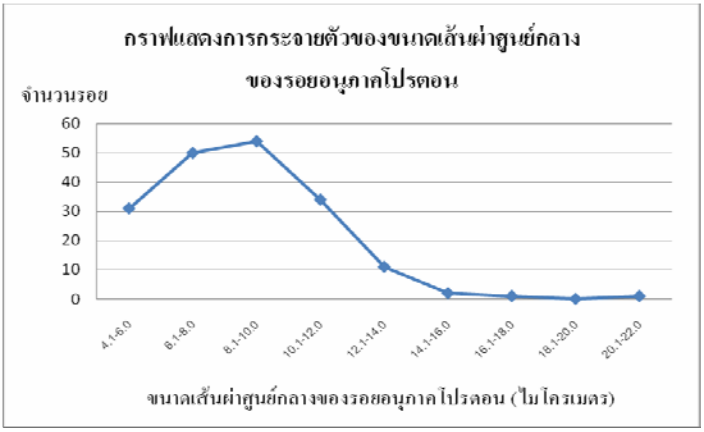


รูปที่ 4 ภาพถ่ายของรอยทางอนุภาคโปรตอนบนแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตเกิดจากการเหนี่ยวนำด้วยนิวตรอนที่ได้จากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 241 Am-Be ด้วยโปรแกรม Motic MC100 (กำลังขยาย 100 เท่า)

ผลของการวิเคราะห์รอยทางอนุภาคโปรตอนด้วยโปรแกรม ImageJ แสดงดังตารางที่ 1 และการกระจายตัวของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยทางโปรตอน แสดงดังกราฟรูปที่ 5

ตารางที่ 1 แสดงคุณลักษณะของรอยทางโปรตอนที่วิเคราะห์จากโปรแกรม ImageJ

คุณลักษณะ	**ค่าที่ได้**
ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของรอยทางอนุภาคโปรตอน	2.74×10^5 รอยทางต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร
พื้นที่น้อยสุดของรอยทางโปรตอน	3.443 ตารางไมโครเมตร
พื้นที่มากสุดของรอยทางโปรตอน	340.698 ตารางไมโครเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางแคบสุด	4.137 ไมโครเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางกว้างสุด	20.828 ไมโครเมตร
ค่าความเป็นวงกลม (Circularity)	อยู่ในช่วง 0.7-1



รูปที่ 5 กราฟแสดงการกระจายตัวของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยทางอนุภาคโปรตอน

จากกราฟ พบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยทางอนุภาคโปรตอน ที่มีจำนวนรอยทางมากที่สุด อยู่ในช่วงของ 8 ถึง 10 ไมโครเมตร

4. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัย พบว่ารอยทางอนุภาคโปรตอนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำของนิวตรอนจากแหล่งกำเนิดสารกัมมันตรังสี ^{241} Am-Be สามารถเกิดได้บนแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่ใช้ทำกันสาดซึ่งขายในท้องตลาด เมื่อทำการกัดรอยโดยใช้สารละลาย PEW ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง จะพบความหนาแน่นของรอยทางอนุภาคโปรตอน ประมาณ 2.74×10^5 รอยทางต่อพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร เมื่อใช้เวลาอาบนิวตรอนที่ที่มีความเข้มประมาณ 1.58×10^4 นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที เป็นเวลานาน 2 สัปดาห์

5. เอกสารอ้างอิง

1. วิภา รุ่งดิลกโรจน์. การนับรอยทางนิวตรอนเร็วบนแผ่นฟิล์ม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2524, หน้า 24-26.
2. Robert L. Fleischer P. Buford Price and Robert M, Walker. 1975. Nuclear Tracks in Solids Principles & Applications. The regents of the University of California, 1975: 545.
3. Polycarbonate online from http://en.wikipedia.org/wiki/Polycarbonate, [2011, March]
4. E.B. Souto and L.L. Campos. 2007. Fast neutron dose response of a commercial polycarbonate. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 580, 335-337.
5. F. Pugliesi, V. Sciani, et.al. 2007. Digital System to Characterize Solid State Nuclear Track Detectors. Brazilian Journal of Physics, Vol 37, no. 2A, 446.
6. ศราวุธ เย็นใจ. การพัฒนาต้นแบบระบบการถ่ายภาพด้วยเทอร์มัลนิวตรอนโดยใช้แคลิฟอร์เนียม-252, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2545, หน้า 19.