

ห้องสมุดกลางวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



E47259

การที่ชนชาติพัฒนาการของประเทศไทยและชาติใกล้เคียงภายใต้การปกครองระบอบเผด็จการ

นางสาวสมานีย์ อัคราวิบูลย์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาศิลปกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

สุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒๐๐๒๕๔๒๐๒

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ



E47259

การพัฒนาฟิล์มกรองแสงจากพอลิเมอร์ที่เกิดรอยจากการเหนียวนำด้วยนิวตรอน



นางสาว เสาวนีย์ อัสวมาติบุญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2553

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



4 9 7 1 8 3 7 6 2 1

DEVELOPMENT OF LIGHT FILTER FILM FROM NEUTRON INDUCED
TRACK- ETCH POLYMER

Miss Sawwanee Asavaphatiboon

A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Doctor of Engineering Program in Nuclear Engineering

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2010

Copyright of Chulalongkorn University

Thesis Title DEVELOPMENT OF LIGHT FILTER FILM FROM NEUTRON
INDUCED TRACK- ETCH POLYMER
By Miss Sawwanee Asavaphatiboon
Field of Study Nuclear Engineering
Thesis Advisor Associate Professor Nares Chankow, M.Eng.
Thesis Co-advisor Assistant Professor Doonyapong Wongsawaeng, Ph.D.

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in Partial
Fulfillment of the Requirements for the Doctoral Degree

.....  Dean of the Faculty of Engineering
(Associate Professor Boonsom Lerthirunwong, Dr. Ing.)

THESIS COMMITTEE

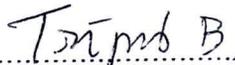
.....  Chairman
(Associate Professor Supitcha Chanyotha, Ph.D.)

.....  Thesis Advisor
(Associate Professor Nares Chankow, M.Eng.)

.....  Thesis Co-advisor
(Assistant Professor Doonyapong Wongsawaeng, Ph.D.)

.....  Examiner
(Associate Professor Sunchai Nilsuwankosit, Ph.D.)

.....  Examiner
(Phongphaeth Pengvanich, Ph.D.)

.....  External Examiner
(Associate Professor Tripob Bhongsuwan, Ph.D.)

เสาวนีย์ อัครวาติบุญ : การพัฒนาฟิล์มกรองแสงจากพอลิเมอร์ที่เกิดรอยจากการ
 เหนี่ยวนำด้วยนิวตรอน. (DEVELOPMENT OF LIGHT FILTER FILM FROM
 NEUTRON INDUCED TRACK-ETCH POLYMER) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
 รศ. นเรศร์ จันทน์ขาว, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ.ดร. ดุลยพงศ์ วงศ์แสง,
 108 หน้า. **E47259**

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาฟิล์มกรองแสงจากพอลิเมอร์ที่เกิดรอยจากการเหนี่ยวนำด้วย
 นิวตรอน การทดลองได้นำแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่ใช้ในอุตสาหกรรมแผ่นกันสาด มาอบ
 นิวตรอนที่ได้จากต้นกัมมันตรังสีแคลิฟอร์เนียม-252 (^{252}Cf) นิวตรอนทำอันตรกิริยากับอะตอมของ
 ไฮโดรเจนที่เป็นโครงสร้างโมเลกุลของพอลิเมอร์ทำให้เกิดรอยแ่งของโปรตอน ซึ่งสามารถทำให้เห็น
 รอยโปรตอนเหล่านี้ได้ โดยการนำมาล้างกัดรอยด้วยสารละลายที่เป็นด่าง ในการวิจัยนี้ใช้สารละลาย
 PEW ซึ่งมีส่วนผสมของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 15 เอทานอล ร้อยละ 40 และน้ำร้อยละ
 45 จากนั้นนำพอลิเมอร์ที่มีรอยโปรตอนมาวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นของรอยและขนาดของ
 เส้นผ่าศูนย์กลางของรอย จากนั้นทดสอบคุณสมบัติการผ่านของแสงสามย่าน คือ แสงอุลตราไวโอ
 เลต แสงที่มองเห็นด้วยตา และแสงอินฟราเรด ด้วยเครื่องวัด SD2400 เพื่อศึกษาคุณสมบัติการ
 กรองและการกระจายแสง นอกจากนี้ยังได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการกระจายตัวของขนาด
 เส้นผ่าศูนย์กลางของรอยโปรตอน โดยทำการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการล้างกัดรอย

ผลจากการพัฒนาฟิล์มกรองแสงจากพอลิเมอร์ที่เกิดรอยจากการเหนี่ยวนำด้วยนิวตรอน
 เทียบกับแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตปกติ พบว่า ประสิทธิภาพการกรองแสงที่มองเห็นได้ มีค่า
 เพิ่มขึ้นร้อยละ 5-15 และประสิทธิภาพการกรองแสงอินฟราเรด มีค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 1-12 สำหรับ
 แผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตที่มีความหนาแน่นของรอยโปรตอนในช่วง $3.04 \times 10^5 - 1.11 \times 10^6$
 รอยต่อตารางเซนติเมตร สำหรับประสิทธิภาพในการกรองแสงอุลตราไวโอเลต พบว่าสามารถกรอง
 ได้ร้อยละ 100 เนื่องจากคุณสมบัติของแผ่นพลาสติกพอลิคาร์บอเนตเอง และจากการศึกษา
 คุณสมบัติการแพร่กระจายของลำแสงอินฟราเรดจากเลเซอร์พอยน์เตอร์ พบว่า การแพร่กระจายของ
 แสงอินฟราเรดเพิ่มขึ้น 1 - 3 เท่า

จากการศึกษา สรุปได้ว่าแผ่นพอลิคาร์บอเนตที่มีรอยอนุภาคโปรตอนเหมาะที่จะนำไปใช้
 เป็นตัวแพร่กระจายแสง

ภาควิชา.....นิเวศวิทยาเทคโนโลยี
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมนิเวศวิทยา
 ปีการศึกษา.....2553

ลายมือชื่อนิสิต.....
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4971837621 : MAJOR NUCLEAR ENGINEERING

KEYWORDS : NUCLEAR TRACK ETCH / PROTON TRACK / POLYCARBONATE /
Cf²⁵² / LIGHT TRANSMISSION / POLYMER

SAWWANEE ASAVAPHATIBOON: DEVELOPMENT OF LIGHT FILTER FILM
FROM NEUTRON INDUCED TRACK-ETCH POLYMER. ADVISOR: ASSOC.
PROF. NARES CHANKOW, CO-ADVISOR: ASST. PROF. DOONYAPONG
WONGSAWAENG, Ph.D., 108 PP.

E47259

This research work aimed to develop the light filter film from neutron induced track-etch polymer. Locally-available polycarbonate plastic sheets for sunshade were irradiated with neutrons from radioisotope source, Californium-252 (²⁵²Cf). Neutrons interacted with hydrogen atoms in polymer molecules and induced a latent of proton tracks in the polymer. The tracks can be made visible upon etching in a basic solution. This study used a PEW solution which composed of 15% KOH, 40% ethanol and 45% water. The polymer containing proton tracks was analyzed for track density and track diameter. Light transmission properties in three regions, i.e. ultraviolet, visible light and infrared, were tested using SD2400 apparatus in order to evaluate filtering and diffusing properties. Additionally, variations in etching temperature and etching time were studied in order to evaluate proton track diameter distribution.

Results showed that the filtering efficiency of track-etched polycarbonate film with track density of about $3.04 \times 10^5 - 1.11 \times 10^6$ tracks/cm² increased by 5 - 15 % in the visible light region and 1 - 12 % in the infrared region compared with normal polycarbonate sheet. Furthermore, the filtering efficiency in the ultraviolet region was 100% due to the inherent property of polycarbonate sheet. Finally, study of infrared light diffusion property using a laser pointer beam revealed 1 - 3 folds increase in infrared light diffusion.

It can be concluded that the proton track-etched polycarbonate plastic sheets were suitable to be used as a light diffuser.

Department :	Nuclear Technology.....	Student's Signature	<i>Sawwanee Asavaphatiboon</i>
Field of Study :	Nuclear Engineering	Advisor's Signature	<i>Nares Chankow</i>
Academic Year :	2010.....	Co-advisor's Signature	<i>Donyapong</i>

Acknowledgments

I am gratefully thankful to my advisor, Associate Professor Nares Chankow, for his valuable suggestions, helpful supports, and constant encouragement throughout my study. I feel that I have greatly benefited from being under their guidance. I also would like to thank my co-advisor, Assistant Professor Dr. Doonyapong Wongsawaeng, for his guidance. Gratitude is extended to Dr. Phongphaeth Pengvanich for his expert guidance. It is a pleasure to thank those who help make this thesis possible, especially Mr. Surakit Khaophaew, Mr. Chalermong Pothilee, Ms. Chutima Kranrod, and Ms. Rawiwan Kritsananuwat for helping the setting of my experiments and those who are not mentioned for his or her support on my research. My deepest appreciation thanks to my family for supporting.

Finally, I would like to acknowledge the financial support from The Chulalongkorn University research Fund for giving me an opportunity to do my research and NORM laboratory for laboratory apparatus.

Contents

	Page
Abstract (Thai).....	iv
Abstract (English).....	v
Acknowledgement.....	vi
Contents.....	vii
List of tables.....	x
List of figures.....	xii
Chapter	
I INTRODUCTION.....	1
1.1 Background on problems of interest.....	1
1.2 Thesis objective.....	1
1.3 Scope of work.....	2
1.4 Expected benefit.....	2
1.5 Research Methodology.....	2
1.6 Organization and chapter contents.....	3
II THEORY AND LITERATURE REVIEW.....	5
2.1 Principles of track etched detector.....	5
2.1.1 Mechanism of Track formation.....	5
2.1.2 Restricted energy loss.....	7
2.1.3 Range-Energy relationship.....	9
2.1.4 Categories of track-etched detector.....	13
2.2 Track etching.....	14
2.2.1 Track geometry.....	14
2.2.2 Factors influencing etch rate.....	16
2.3 Applications of Track-etched detectors.....	21
2.3.1 Research and technology with nanopores in track-etch films.....	21
2.3.2 Ion track filters for imaging X-ray astronomy.....	22

Chapter	Page
2.4 Neutron Interactions.....	22
2.4.1 Elastic scattering.....	23
2.4.2 Inelastic scattering.....	23
2.4.3 Electromagnetic or Radiative Capture.....	23
2.4.4 Charged Particle Reaction	24
2.4.5 Neutron producing reactions.....	24
2.4.6 Fission.....	24
2.5 Theory of Light.....	24
2.5.1 Ultraviolet light.....	25
2.5.2 Visible Light.....	25
2.5.3 Infrared Light.....	26
2.5.4 Behavior of Light.....	27
2.6 Literature review.....	33
III DESIGN AND DEVELOPMENT.....	37
3.1 Equipment design and construction.....	37
3.1.1 Polymer.....	37
3.1.2 Neutron Irradiation.....	38
3.1.3 Etchant conditions	42
3.1.4 Observation and measurement of proton track.....	43
3.1.5 Light transmission measurement.....	44
IV EXPERIMENTS AND RESULTS.....	45
4.1 Formation of proton track using thermal neutron from Thai research reactor.....	45
4.2 Formation of proton track using neutron from Cf-252 source...	51
4.3 Physical properties test of track-etched PC	73
4.4 Design of a Cf-252 neutron irradiation facility.....	74

	Page
V CONCLUSION DISCUSSION AND SUGGESTION.....	77
5.1 Conclusion and discussion.....	77
5.2 Limitation.....	81
5.3 Suggestion.....	81
References.....	83
Appendices.....	86
Appendix A Neutron source	77
Appendix B Previous study	91
Appendix C Motic MC1000.....	92
Appendix D A quick Guide to ImageJ.....	95
Appendix E SD 2400 Energy transmission Meter user manual.....	104
Appendix F Physical property test report.....	107
Biography.....	108

List of Tables

	Page
Table 2.1	Mean ionization/ excitation potential I for various compounds..... 9
Table 2.2	Sensitivity order of track detector materials ranked in qualitative classes..... 12
Table 2.3	Inorganic SSNTDs (minerals, crystals, glasses)..... 13
Table 2.4	The categories of track-etch detector..... 13
Table 2.5	Examples of etching condition of SSNTDs..... 20
Table 2.6	The Visible light spectrum..... 26
Table 3.1	Physical and thermal properties of Polycarbonate..... 38
Table 4.1	Track densities at the different temperature..... 46
Table 4.2	Distribution percentage of track diameter at the different temperature 47
Table 4.3	Track diameter statistics for each etching temperatures..... 50
Table 4.4	Percentage of light transmission at the different temperatures..... 50
Table 4.5	Track density at different etching times and etching temperatures 56
Table 4.6	Distribution of track diameter at etching temperature 65 °C..... 57
Table 4.7	Distribution of track diameter at etching temperature 70 °C..... 58
Table 4.8	Distribution of track diameter at etching temperature 75 °C 59
Table 4.9	Statistic values of track diameter in each etching time at 65°C..... 63
Table 4.10	Statistic values of track diameter in each etching time at 70°C..... 63
Table 4.11	Statistic values of track diameter in each etching time at 75°C..... 63
Table 4.12	Percentage of light transmission at the different temperature 64
Table 4.13	Condition of neutron irradiation, etchant temperature and etching time..... 65
Table 4.14	Track densities in various conditions..... 65
Table 4.15	Distribution of track diameter at different conditions..... 67
Table 4.16	Statistic values of track diameter in each conditions..... 67
Table 4.17	Percentage of light transmission at different conditions..... 69
Table 4.18	Comparison data of Track density, mean, median, SD and transmission percentage of UV, visible light and IR..... 72

	Page
Table 4.19 Tensile strength test.....	74

List of Figures

	Page
Figure 2.1	The ion explosion spike mechanism for track formation in inorganic solids 6
Figure 2.2	Schematic illustration of a chain scission in polymers caused by the passage of heavily charged particles 7
Figure 2.3	Damage vs. velocity for different charged particles..... 11
Figure 2.4	Drawings of etched fission tracks induced by the same source (^{252}Cf) in different materials..... 14
Figure 2.5	Track etching geometry with V_T and V_G constant for a vertically incident particle..... 15
Figure 2.6	Model of track etching in which the normal surface..... 16
Figure 2.7	The effect of alkali hydroxide type on the track etching rate of a polycarbonate. 5N solution of 60°C 17
Figure 2.8	The effect of etchant concentration on the bulk etching rate of a cellulose nitrate detector (Daicell) at 50°C 17
Figure 2.9	Etching rates are typically exponential functions of inverse temperature and increase with concentration..... 18
Figure 2.10	The evolution of an etch pit profile with prolonged chemical etching... 19
Figure 2.11	Various categories of neutron interactions..... 23
Figure 2.12	The optical portion of the electromagnetic spectrum..... 24
Figure 2.13	Common ultraviolet band designations..... 25
Figure 2.14	The infrared spectrum..... 26
Figure 2.15	Law of reflection..... 28
Figure 2.16	Specular, diffuse, and spread reflection from a surface..... 28
Figure 2.17	Refraction of light..... 29
Figure 2.18	Diffraction of light..... 29
Figure 2.19	Diffuse transmission and reflectance..... 30
Figure 2.20	Geometry of a conical..... 31
Figure 2.21	Geometry of an oblique tracks..... 31

	Page
Figure 2.22	Transmission of laser light through the SSNTD's irradiated by α particle..... 32
Figure 2.23	Transmission of laser light through the SSNTD's irradiated by neutron..... 32
Figure 3.1	The structure of Polycarbonate polymer..... 38
Figure 3.2	Neutron energy spectrums from the spontaneous fission of Cf-252..... 39
Figure 3.3	Picture of neutron source, Cf-252..... 40
Figure 3.4	The designed envelop of Cf-252 source in this study..... 41
Figure 3.5	Showing Cf-252 source contained in an L shape aluminum tube submerged in a polyethylene tank filled with water..... 41
Figure 3.6	Water bath with thermometer..... 42
Figure 3.7	Microscope with Motic image capture software..... 43
Figure 3.8	Parameter settings in analysis of proton tracks..... 44
Figure 3.9	SPECTRUM DETECTIVE Transmission Meter SD2400..... 44
Figure 4.1	Diagram showing the thermal neutron beam for neutron radiography at the Thai Research Reactor TRR1/M1..... 45
Figure 4.2	Proton track images on PC (x 100) at different etching temperatures.. 46
Figure 4.3	Unexposed PC images (x 100) after etching at different temperatures 46
Figure 4.4	Distribution of track diameter at etching temperature 65°C 48
Figure 4.5	Distribution of track diameter at etchant temperature 70°C 48
Figure 4.6	Distribution of track diameter at etchant temperature 75°C..... 49
Figure 4.7	Distribution of track diameter at etchant temperature 80°C..... 49
Figure 4.8	Cf-252 neutron irradiation facility 52
Figure 4.9	Track images (x100) on the front side of PC at different etching times and etching temperature 65°C..... 53
Figure 4.10	Track images (x100) on the back side of PC at different etching times and etching temperature 65°C..... 53
Figure 4.11	Track images (x100) on the front side of PC at different etching times and etching temperature 70°C..... 54

	Page
Figure 4.12 Track images (x100) on the back side of PC at different etching times and etching temperature 70°C.....	54
Figure 4.13 Track images (x100) on the front side of PC at different etching times and etching temperature 75°C.....	55
Figure 4.14 Track images (x100) on the back side of PC at different etching times and etching temperature 75°C.....	55
Figure 4.15 Relationship between track density and etching time at different temperatures: 65°C, 70°C and 75°C.....	56
Figure 4.16 Distribution of track diameter at 65°C for different etching times	60
Figure 4.17 Distribution of track diameter at 70°C for different etching times.....	61
Figure 4.18 Distribution of track diameter at 75°C for different etching times.....	62
Figure 4.19 Capture track image (400x400 pixels) on the front side in various conditions.....	66
Figure 4.20 Distribution of track diameter for different conditions.....	68
Figure 4.21 Setting of experiment of transmission of laser beam from laser pointer	69
Figure 4.22 Projected image of laser pointer beam transmitted through track-etched PC in various conditions	70
Figure 4.23 Intensity profile of projected image of laser pointer beam transmitted through track-etched PC in various conditions.....	71
Figure 4.24 Comparison of distribution of track diameter of track-etched PC.....	73
Figure 4.25 Design of neutron irradiation by using Cf-252 source in water.....	76
Figure 4.26 Design of neutron irradiation by using Cf-252 source in polyethylene cube.....	76