การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแทร็ก-เอตช์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย นิวัฒน์ ตะโพนทอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2531

ISBN 974-568-926-2

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

014305

I10301227

NEUTRON RADIOGRAPHY USING TRACK-ETCH TECHNIQUE

Mr. NIWAT TAPONETHONG

A Thesis Submitted in Partial Fulfilment of the Requirments

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1988

ISBN 974-568-926-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแทร็ก-เอตช์
โดย	นายนิวัฒน์ ตะโพนทอง
ภาควิชา	นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร.มนูญ อร่ามรัตน์
	ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ศาสตราจารย์ ดร.ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธัชชัย สุมิตร)

.... กรรมการ

(ดร.มนูญ อร่ามรัตน์)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

.... กรรมการ

(อาจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นิวัฒน์ ตะโพนทอง : การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยเทคนิคแทร็ก-เอตซ์ (NEUTRON RADIOGRAPHY USING TRACK-ETCH TECHNIQUE) อ.ที่ปรึกษา : ดร.มนูญ อร่ามรัตน์ ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว, 109 หน้า

การทดลองได้ใช้ท่อขนาด 8 นิ้ว เป็นตัวบังคับลำนิวตรอน จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 (ปปว-1/1) ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งใช้เป็นต้นกำเนิดนิวตรอน มี**นิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งชิ้นงานประมาณ 7×10^{6} นิวตรอนต่อตารางเซนติเมตรต่อวินาที และพื้นที่ตรวจสอบชิ้นงานมากที่สุด เท่ากับ 7.9x7.9 เซนติเมตร**

ผลการวิจัยพบว่า ระยะเวลาในการถ่ายภาพที่เหมาะสมคือ 60 ถึง 150 นาที และใช้เวลาในการกัดขยายรอยอนุภาคบนแผ่นภาพ โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที วิธีการถ่ายภาพดังกล่าวได้ใช้ถ่ายภาพวัสดุธาตุเบาและวัตถุมีรังสีได้ผลตรงตามแนวทฤษฎีทุกประการ

ได้พัฒนาการอัดภาพจากแผ่นฟิล์มที่มีรอยแทร็ก-เอตซ์ลงบนกระดาษอัดภาพขาวดำ โดยใช้รูรับแสงขนาด 4.5 มิลลิเมตร และเวลาที่เปิดแสง 3 ถึง 6 วินาที

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต ....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

NIWAT TAPONETHONG : NEUTRON RADIOGRAPHY USING TRACK-ETCH TECHNIQUE. THESIS ADVISOR : Dr.MANOON ARAMRATANA, Asst.Prof.NARES CHANKOW, Ed.D.109 pp.

The experiment was conducted with 8-inches beam tube of the THAI RESEARCH REACTOR (TRR-1/M1) of THE OFFICE of ATOMIC ENERGY for PEACE as neutron flux at the sample of approximately 7×10^6 neutron/cm^2/sec having maximum effective beam area of 7.9x7.9 centimeters.

It was found that the suitable exposure time for radiography was between 30-150 minutes and time about 15 minutes was suitable for track-etching of the exposed film by using 10% concentration of sodium hydroxide solution at 60 celcius.

The technique was sucessfully applied to neutron radiograph of various ligt materials including gamma radiating material. Transfer of track-etch procedure to photographic papers were also developed by using 4.5 millimeters aperture openning with exposure time between 3 to 6 seconds.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี

ปีการศึกษา 2530

ลายมือชื่อนิสิต ....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ....

กิตติกรรมประกาศ

ผลการวิจัยชิ้นนี้ สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากการชี้นำ และช่วยเหลือเป็นอย่างดีของ ดร.มนูญ อร่ามรัศมี ผู้อำนวยการกองปฏิกรณ์ปฏิบัติ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และ ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้เขียนจึงขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ทั้งสอง เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่กองฟิสิกส์ กองเคมี กองสุขภาพ และกองปฏิกรณ์ปฏิบัติ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในด้านเครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นแก่การทดลอง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ธัชชัย สุมิตร (หัวหน้าภาควิชา) และอาจารย์ประจำภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่าน ที่ให้ความสนับสนุนมาโดยตลอด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ

กิตติกรรมประกาศ .... ฉ

สารบัญตารางประกอบ .... ญ

สารบัญรูปประกอบ .... ฎ

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย 2

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย 2

1.4 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 4

1.6 วิวัฒนาการของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 4

1.7 วิธีการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 6

2. ทฤษฎีแทร็ก-เอตช์และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 9

2.1 ทฤษฎีแทร็ก-เอตช์และการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 9

2.2 อนุภาคอัลฟา 19

2.3 การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย 26

2.4 เทคนิคการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน 30

2.5 การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนด้วยเทคนิคแทร็ก-เอตช์ 37

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทที่

3. การดำเนินการและผลการทดลอง 40

3.1 อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการทดลอง 40

3.2 สร้างอุปกรณ์ที่ใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากต้นกำเนิด พลูโทเนียม-เบริลเลียม 41

3.3 ทดสอบลำนิวตรอนจากต้นกำเนิดพลูโทเนียม-เบริเลียม 43

3.4 ถ่ายภาพชิ้นงาน S-1 ด้วยต้นกำเนิดพลูโทเนียม-เบริลเลียม.. 45

3.5 ดัดแปลงและติดตั้งอุปกรณ์เพื่อใช้ถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจาก เครื่องปฏิกรณ์ ปปว-1/1 46

3.6 ทดสอบลำนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ปปว-1/1 46

3.7 ตรวจสอบความเข้มนิวตรอนฟลักซ์ที่ชิ้นงานทดสอบ 49

3.8 หาอัตราส่วนแคดเมียม 52

3.9 หาเงื่อนไขการกัดขยายรอยอนุภาคบนฟิล์ม 53

3.10 ทดสอบเรโซลูชัน 54

3.11 ถ่ายภาพชิ้นงาน S-1 ด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ 57

3.12 ถ่ายภาพก้อนโพลีเอทิลีนผสมโบรอนร้อยละ 5 และ ร้อยละ 32 ด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ปปว-1/1 58

3.13 ถ่ายภาพต้นกำเนิดรังสีแกมมา (อิริเดียม-192) ด้วยนิวตรอน จากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ 59

3.14 ถ่ายภาพชิ้นงาน S-1 ก้อนโพลีเอทิลีน ฯ และต้นกำเนิดรังสี แกมมา (อิริเดียม-192) 60

3.15 พัฒนาการอ่านผลจากฟิล์ม 62

3.16 เปรียบเทียบผลการถ่ายภาพชิ้นงานที่ถ่ายด้วยนิวตรอน กับรังสีเอกซ์ 67

หน้า

บทที่

4. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 71

4.1 การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากต้นกำเนิดพลูรัทเนียม-เบริลเลียม

4.2 ข้อเสนอแนะ 72

เอกสารอ้างอิง 76

ภาคผนวก 78

ประวัติผู้เขียน 98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตารางประกอบ

หน้า

ตารางที่

2.1 ค่าของมุมกรวยที่เกิดกับวัสดุชนิดต่าง ๆ 19

2.2 การเปรียบเทียบกรรมวิธีต่าง ๆ ของการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย 27

2.3 ต้นกำเนิดเทอร์มัลนิวตรอนแบบต่าง ๆ 29

2.4 คุณลักษณะของคอนเวอร์เตอร์สกรีน 35

2.5 ความเข้มของลำนิวตรอนที่ใช้ในวิธีการถ่ายทอด 37

2.6 คุณสมบัติของลิเทียมฟลูออไรด์ และโบรอนคาร์ไบด์คอนเวอร์เตอร์สกรีน 39

3.1 อุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการทดลอง 4

3.2 ผลการวัดระดับรังสีจากต้นกำเนิดพลูโทเนียม-เบริลเลียมที่ตำแหน่งต่าง ๆ 42

3.3 ผลการวัดระดับรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์ ๆ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ .. 49

3.4 นิวตรอนฟลักซ์ที่ตำแหน่งชิ้นงานซึ่งได้จากอินเดียมและทอง ... 52

3.5 อัตราส่วนแคดเมียมที่ได้จากการวัดนิวตรอนฟลักซ์ 52

3.6 เงื่อนไขการกัดขยายรอยอนุภาคบนฟิล์มที่ใช้เวลาต่างกัน ๆ .. 53

3.7 ข้อมูลการอัดภาพจากฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท 66

3.8 ข้อมูลการอัดภาพจากฟิล์ม AA-5 66

3.9 ข้อมูลการอัดภาพที่ถ่ายรอยอนุภาคจากกล้องจุลทรรศน์ 67

3.10 ข้อมูลการล้างกระดาษอัดภาพเบอร์ 4 67

3.11 เปรียบเทียบผลการถ่ายภาพชิ้นงานที่ถ่ายด้วยนิวตรอนและรังสีเอกซ์ 69

3.12 ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ถ่ายด้วยนิวตรอน 69

3.13 ผลการวัดความเข้มของฟิล์มที่ถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ 70

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

ตารางที่ (ต่อ)

4.1 สรุปผลการถ่ายภาพชิ้นงานด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ๆ 74

4.2 สรุปผลการถ่ายภาพชิ้นงานด้วยรังสีเอกซ์ 75

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	การเปรียบเทียบสัมประสิทธิ์การดูดกลืนเชิงมวลของธาตุต่าง ๆ สำหรับรังสีเอกซ์และเทอร์มัลนิวตรอน	5
1.2	อุปกรณ์ที่สำคัญของระบบการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน	12
1.3	การถ่ายภาพด้วยนิวตรอนโดยวิธีถ่ายทอด	13
2.1	การเกิดรอยอนุภาคตามทฤษฎีไอออนเอกซ์โพลชันสไปค์	11
2.2	ลักษณะของรอยอนุภาคในอะตอมของผลึกและโพลิเมอร์	12
2.3	ลักษณะรอยอนุภาคหลังจากถูกกัดขยายรอยด้วยสารละลายเคมี	13
2.4	รูปทรงของรอยอนุภาคที่ความเร็ว V_T และ V_G คงที่	14
2.5	‘รูปทรงของรอยอนุภาคที่เกิดเมื่อค่า V_T เพิ่มขึ้น	15
2.6	รูปร่างของรอยอนุภาคที่ถูกกัดขยายในลักษณะต่าง ๆ	16
2.7	การสลายตัวของอนุภาคอัลฟา	20
2.8	กราฟความสัมพันธ์ของพิสัยกับพลังงานของอนุภาคอัลฟา	24
2.9	ตัวบังคับลำนิวตรอนแบบมัลติสลิท	31
2.10	ตัวบังคับลำนิวตรอนแบบไดเวอร์เจนท์	31
2.11	ตัวบังคับลำนิวตรอนแบบเพลนทิวบ์	32
2.12	ลักษณะลำนิวตรอนที่ได้จากตัวบังคับลำนิวตรอนแบบเพลนทิวบ์	33
2.13	การดูดกลืนนิวตรอนและการสลายตัวของคอนเวอร์เตอร์สกรีน ...	36
2.14	แผนผังอย่างง่ายของการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนด้วยเทคนิคแทร็ก-เอตช์	38
3.1	อุปกรณ์กำบังรังสีและช่องบังคับลำนิวตรอน	41
3.2	การวัดระดับรังสีและตำแหน่งที่ทำการวัด	42
3.3	แผนภาพการการทดสอบลำนิวตรอนจากต้นกำเนิดนิวตรอนพลูโทเนียม-เบริลเลียม	43

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

รูปที่ (ต่อ)

3.4 ความหนาแน่นของลำนิวตรอนที่ได้จากต้นกำเนิดพลูโทเนียม-เบริลเลียม. 45
3.5 ภาพถ่ายชิ้นงาน S-1 ด้วยพลูโทเนียม-เบริลเลียม 46
3.6 แผนผังเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 47
3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ
และชุดกำบังรังสี 48
3.8 ความหนาแน่นของลำนิวตรอนที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์ ฯ 50
3.9 การติดตั้งแผ่นอินเดียมและทองกับตลับอลูมิเนียม 52
3.10 ผลการกัดขยายรอยชิ้นงาน PSW ด้วยเวลาต่าง ๆ 54
3.11 ภาพถ่ายของรอยอนุภาคที่ถูกกัดขยายรอยของชิ้นงาน PSW 55
3.12 ผลภาพถ่ายจากการทดสอบเรโซลูชัน 57
3.13 ภาพผลการถ่ายชิ้นงาน S-1 ที่เวลาต่าง ๆ 58
3.14 ผลการถ่ายภาพก้อนโพลีเอทิลีนผสมโบรอนร้อยละ 5
และร้อยละ 32 59
3.15 ภาพอิริเดียม-192 ที่ถ่ายด้วยนิวตรอน 59
3.16 ภาพถ่ายชิ้นงาน S-1 ที่ถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ 60
3.17 ผลการถ่ายภาพของก้อนโพลีเอทิลีน ฯ ด้วยรังสีเอกซ์ 60
3.18 การจัดอุปกรณ์การอัดภาพลงบนกระดาษอัดภาพ 63
3.19 ภาพของชิ้นงานและภาพที่ได้จากฟิล์มเซลลูโลสไนเตรท 64
3.20 เปรียบเทียบภาพชิ้นงานที่ถ่ายด้วยนิวตรอนและรังสีเอกซ์ 68

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย