

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
Abstract	(4)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญ	(6)
รายการตาราง	(8)
รายการภาพประกอบ	(13)
บทที่	
1 บทนำ	1
2 ทฤษฎี	3
การเกิดอนุภาคแอลฟา	3
แหล่งกำเนิดนิวตรอน	6
ทฤษฎีการเกิดรอยเมื่ออนุภาคพุ่งผ่านแผ่นฟิล์มบาง	9
การกัดยายรอย	12
เงื่อนไขการเกิดรอย	17
ผลของการกัดยายรอยโดยใช้เวลานาน	19
เทคนิคการกัดยายรอย	20
3 วิธีการวิจัย	23
วัสดุ	23
อุปกรณ์	24
วิธีดำเนินการวิจัย	25
4 ผลการวิจัย	35
การทำให้เกิดรอยรังสีบนแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิคทางนิวเคลียร์	35
ผลการควบคุมความหนาแน่นของรอย	40
ผลของอัตราการกัดยายรอยด้วยสารเคมี	44
ผลของการวัดฟลักซ์ของน้ำ	49
	(6)

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5 วิจัยกรณีผลกระทดลอง	57
การทำให้เกิดรอยรังสีบนแผ่นฟิล์ม	57
การควบคุมความหนาแน่นของรอย	57
อัตราการกัดขยายรอยด้วยสารเคมี	58
การวัดฟลักซ์ของน้ำ	59
6 สรุปผลการวิจัย	61
สรุปผล	61
ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	64
ภาคผนวก	67
ประวัติผู้เขียน	108

รายการตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงพิสัยของอนุภาคแอลฟาที่เดินทางในอากาศ	3
2 ชนิดของแหล่งกำเนิดนิวตรอน	7
3 การจำแนกชนิดของนิวตรอน	8
4 ตารางเปรียบเทียบความไวต่อปฏิกิริยาของตัววัด	11
5 จำนวนรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงและกัศขยายรอย ณ เวลาต่างกัน	41
6 เวลาในการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา กับจำนวนรอยเริ่มต้น	58
7 แสดงการกรองอนุภาคผ่านเมมเบรนชนิดต่าง ๆ	67
8 แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูอนุภาคกับอนุภาคที่กรองใน ช่วงของไมโครฟิวเตรชั่น	68
9 แสดงเงื่อนไขการกัศขยายรอยสำหรับสารต่าง ๆ (Fleischer et al, 1975)	69
10 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ ที่ความดัน 10 kPa	76
11 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ ที่ความดัน 20 kPa	76
12 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ ที่ความดัน 30 kPa	77
13 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ ที่ความดัน 40 kPa	77
14 ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัศขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 10 kPa	78

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
15	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 20 kPa	78
16	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 30 kPa	79
17	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 40 kPa	79
18	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 10 kPa	80
19	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 20 kPa	81
20	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 30 kPa	82
21	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 40 kPa	83
22	
ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง	
2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	
ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 50 kPa	84

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า	
23	<p>ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 10 kPa</p>	85
24	<p>ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 20 kPa</p>	86
25	<p>ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 30 kPa</p>	87
26	<p>ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 40 kPa</p>	88
27	<p>ฟลักซ์ของน้ำของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองโดยระดมยิง 2 ชั่วโมง กัดขยายรอย 25 นาที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นสารละลาย 6.25 N ความดัน 50 kPa</p>	89
28	<p>ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นพอลีคาร์บอเนต MF 0.2 μm Commercial</p>	90
29	<p>ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นพอลีคาร์บอเนต MF Home – made Bombard 2 hr Etching 25 min</p>	90
30	<p>ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นพอลีคาร์บอเนต MF Home – made Bombard 2 hr Etching 5 min</p>	91
31	<p>ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นพอลีคาร์บอเนต MF Home – made Bombard 2 hr Etching 15 min</p>	91
32	<p>ฟลักซ์ของน้ำของแผ่นพอลีคาร์บอเนต MF Home – made Bombard 2 hr Etching 15 min and 25 min</p>	92

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
33 การเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำของแผ่นพอลิคาร์บอเนต MF 0.2 μm commercial กับ Home – made Bombard 2 hr Etching 25 min	92
34 ตารางผลของเวลาระหว่างการกัดขยายรอยต่อขนาดรูบนผิวบาง	93
35 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 30 นาที	103
36 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 60 นาที	104
37 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 120 นาที	105
38 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 240 นาที	106
39 แสดงผลการนับรอยของอนุภาคแอลฟาที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 360 นาที	107

รายการภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างพิสัย – พลังงานของอนุภาคแอลฟา ในอากาศ	4
2 แสดงความเสียหายของโครงสร้างโมเลกุล ประเภทสารพอลิเมอร์ ซึ่งโมเลกุลมีการเรียงตัวกันยาวแบบลูกโซ่เมื่ออนุภาคหรือรังสี วิ่งผ่านตามแนวจะไปทำให้โซ่ของโมเลกุลขาดลง	10
3 แสดงการกัดตามรอยและการกัดผิวหน้าโดยใช้หลักการของออยเกนส์ อธิบายการกัดขยายรอย	14
4 แสดงด้านข้างของรอยที่เกิดขึ้นและมุมวิกฤต α_0	15
5 แสดงรูปร่างของรอยที่เกิดจากอนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ผ่านแบบตรง ๆ บนแผ่นพอลิเมอร์	15
6 แสดงรูปทรงเรขาคณิตของรอยที่เกิดขึ้นในแนวตั้งฉากกับผิวที่ผ่านการ กัดขยายรอยแล้ว	17
7 แสดงรูปทรงเรขาคณิตของรอยที่เกิดขึ้นในแนวมุมเอียง ϕ กับผิวที่ผ่าน การขยายรอยแล้ว	17
8 แสดงแนวของอนุภาคพุ่งผ่าน <ul style="list-style-type: none"> a) แสดงถึงมุม θ ขึ้นกับทั้ง V_T และ V_G b) แสดงถึงเมื่อ $V_T \sin\theta$ น้อยกว่า V_G จะไม่เห็นรอยแผ่ c) เงื่อนไขวิกฤติเมื่อ $\phi = \theta$ 	18
9 การเกิดรอยบนแผ่นพอลิเมอร์ซึ่งเกิดจากอนุภาคและผลของ Prolonged etching effect	19
10 อัตราการกัดขยายรอยตามชนิดของพอลิเมอร์กับการเปลี่ยนแปลง อุณหภูมิและความเข้มข้นของสารละลายในการกัดขยายรอย	21
11 แสดงการห่อฟิล์มพอลิคาร์บอเนต	28
12 การประกอบคอนเวอร์เตอร์นิวตรอนเข้ากับแผ่นพอลิคาร์บอเนต	29
13 อ่างน้ำแบบควบคุมอุณหภูมิได้ (water bath)	29

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
14 ชุดตัดเมมเบรนที่ทำขึ้นเอง เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร	30
15 แผ่นฟิล์มบางพอลิคาร์บอเนต	30
16 ชุดขึงฟิล์มเพื่อใช้ในการกักขยายรอยอนุภาค	31
17 ชุดการวัดฟลักซ์ของน้ำ	33
18 ภาพตัดขวางในแนวตั้งของบ่อกำเนิดนิวตรอนชนิด $^{238}\text{Pu} - \text{Be}$	34
19 รอยของอนุภาคแอลฟาที่เกิดขึ้นบนแผ่น CN - 85B หลังจากกักขยายรอย 30 นาที จะพบรอยเรียงเป็นจำนวนมาก (ภาพ SEM กำลังขยาย 850x)	35
20 รอยอนุภาคแอลฟาที่เกิดบนแผ่น CN - 85B หลังจากกักขยายรอยทางเคมี บริเวณที่มีรอยตรงเป็นจำนวนมาก (ภาพ SEM กำลังขยาย 450x)	36
21 รอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่น พอลิคาร์บอเนตหนา $670\mu\text{m}$ หลังจากกักขยายรอยเป็นเวลานาน 10 นาที (ภาพ SEM กำลังขยาย 2,000x)	36
22 รอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่น พอลิคาร์บอเนตหนา $670\mu\text{m}$ หลังจากกักขยายรอยเป็นเวลานาน 20 นาที (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	37
23 แผ่นฟิล์มบางพอลิคาร์บอเนตหนา $6\mu\text{m}$ ที่ยังไม่ได้รับการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา และยังไม่ได้กักขยายรอย (ภาพ SEM กำลังขยาย 10,000x)	37
24 แผ่นฟิล์มบางพอลิคาร์บอเนตหนา $6\mu\text{m}$ ที่ได้รับการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟาและยังไม่ได้กักขยายรอย (ภาพ SEM กำลังขยาย 10,000x)	38
25 รอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นพอลิคาร์บอเนตหนา $6\mu\text{m}$ ที่ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 30 นาที ใช้เวลาในการกักขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	38
26 รอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นพอลิคาร์บอเนตหนา $6\mu\text{m}$ ที่ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 60 นาที ใช้เวลาในการกักขยายรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	39

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
27 รอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นพอลีคาร์บอเนตหนา $6\mu\text{m}$ ที่ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที ใช้เวลาในการกัดยาขยรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	39
28 รอยอนุภาคแอลฟาบนแผ่นพอลีคาร์บอเนตหนา $6\mu\text{m}$ ที่ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 60 นาที ใช้เวลาในการกัดยาขยรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ด้านหลังของการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	40
29 แสดงผลของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตรที่เกิดจากการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 30 นาที และกัดยาขยรอยที่เวลาต่าง ๆ	41
30 แสดงผลของจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตรที่เกิดจากการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 60 นาที และกัดยาขยรอยที่เวลาต่าง ๆ	42
31 แสดงจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตรจากการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที ที่ เกิดขึ้นหลังจากกัดยาขยรอยที่เวลาต่าง ๆ	42
32 แสดงจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตรจากการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 240 นาที ที่เกิดขึ้นหลังจากกัดยาขยรอยที่เวลาต่าง ๆ	43
33 แสดงจำนวนรอยต่อตารางมิลลิเมตรจากการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟานาน 360 นาที ที่เกิดขึ้นหลังจากกัดยาขยรอยที่เวลาต่าง ๆ	43
34 แสดงอัตราการกัดยาขยรอยที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N	44
35 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา ที่ใช้เวลาในการกัดยาขยรอย 10 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	45

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
36 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา ที่ใช้เวลาในการ กักขायรอย 20 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้น ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	45
37 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา ที่ใช้เวลาในการ กักขायรอย 30 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้น ของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	46
38 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา ที่ใช้เวลาในการ กักขायรอย 40 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 2,000x)	46
39 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา ที่ใช้เวลาในการ กักขायรอย 50 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 2,000x)	47
40 แสดงเส้นผ่านศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา ที่ใช้เวลาในการกักขायรอย 50 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 2,000x)	47
41 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา บนแผ่นพอลิคาร์บอเนตหนา 6 μm ที่ใช้เวลาในการกักขायรอย 5 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N โดยมีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางของรูอนุภาคประมาณ 0.42 μm (ภาพ SEM กำลังขยาย 10,000x)	48
42 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา บนแผ่นพอลิคาร์บอเนตหนา 6 μm ที่ใช้เวลาในการกักขायรอย 10 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	48

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
43 แสดงเส้นผ่าศูนย์กลางของรอยอนุภาคแอลฟา บนแผ่นพอลิคาร์บอเนตหนา 6 μm ที่ใช้เวลาในการกักขायรอย 15 นาที อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N (ภาพ SEM กำลังขยาย 7,000x)	49
44 แสดงผลฟลักซ์ของน้ำผ่านเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ PoreSize 0.2 μm . โดยเปลี่ยนแปลงความดัน	50
45 แสดงผลฟลักซ์ของน้ำผ่านเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองเวลาที่ใช้ในการระดมยีนานาน 120 นาที กักขायรอยที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N เวลาในการกักขायรอย 5 นาที	51
46 แสดงผลฟลักซ์ของน้ำผ่านเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง เวลาที่ใช้ในการระดมยีนานาน 120 นาที กักขायรอยที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N เวลาในการกักขायรอย 15 นาที	52
47 แสดงผลฟลักซ์ของน้ำผ่านเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง เวลาที่ใช้ในการระดมยีนานาน 120 นาที กักขायรอยที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N เวลาในการกักขायรอย 25 นาที	53
48 แสดงผลการเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำระหว่างเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์กับเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเอง ของแผ่นเมมเบรนที่มีเวลาในการระดมยีนด้วยอนุภาคแอลฟานาน 120 นาที กักขायรอยที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N เวลาในการกักขायรอย 25 นาที	54
49 แสดงผลการเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำระหว่างเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองของตัวที่ใช้เวลาในการกักขायรอย 5 นาที กับ 25 นาทีเวลาที่ใช้ในการระดมยีนานาน 120 นาที กักขायรอยที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 6.25 N	55

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
50 แสดงการเปรียบเทียบฟลักซ์ของน้ำระหว่างเมมเบรนที่มีขายในเชิงพาณิชย์ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2	56
51 แสดงจำนวนรูพรุนเริ่มต้น(รอยต่อตารางมิลลิเมตร)กับเวลาในการระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา ก่อนจะนำไปกักขยายรอยต่อด้วยกระบวนการทางเคมี	63
52 ฟลักซ์ของน้ำด้านหน้าและด้านหลังของเมมเบรนที่ผลิตขึ้นเองของตัวที่ใช้เวลาในการระดมยิงนาน 30 นาทีและ 60 นาที กักขยายรายนาน 5 นาที	72
53 ภาพตัดขวางของชุด Stirred cell	74
54 ชุดของการวัดฟลักซ์ของน้ำ	75
55 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 30 นาที กักขยายรายนาน 15 นาทีด้านหน้า	97
56 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 30 นาที กักขยายรายนาน 15 นาทีด้านหลัง	97
57 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 2,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 15 นาที กักขยายรายนาน 15 นาทีด้านหน้า	98
58 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 60 นาที กักขยายรายนาน 15 นาทีด้านหน้า	98
59 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 60 นาที กักขยายรายนาน 15 นาทีด้านหน้า	99
60 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 30 นาที กักขยายรายนาน 15 นาทีด้านหลัง	99
61 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระดมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที กักขยายรายนาน 5 นาทีด้านหน้า	100

รายการภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
62 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระคมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที กัดขยายรอยนาน 5 นาทีด้านหลัง	100
63 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระคมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที กัดขยายรอยนาน 10 นาทีด้านหน้า	101
64 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 10,000 เท่า ระคมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที กัดขยายรอยนาน 10 นาทีด้านหลัง	101
65 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระคมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที กัดขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหน้า	102
66 แสดงภาพถ่าย SEM ที่กำลังขยาย 7,000 เท่า ระคมยิงด้วยอนุภาคแอลฟา นาน 120 นาที กัดขยายรอยนาน 15 นาทีด้านหลัง	102