บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยพอสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

6.1.1 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกัดรอยของรังสีอัลฟาที่เกิดจากอเมอร์ริเซียม บนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทแบบลอกได้ เนื่องจากอเมอร์ริเซียมให้รังสีอัลฟาออกมาโดยตรง รังสีอัลฟาจึงพุ่งตรงเข้าชนกับฟิล์มที่ใช้อาบรังสีทันทีและลักษณะของรอยที่เกิดขึ้น จะเป็นตามรูปที่ 2.4 (ก) เท่านั้น และเมื่อกัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10% อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จะได้ความหนาแน่นรอยมากที่สุด เมื่อใช้เวลากัดรอย 20 นาที ดังตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.1

6.1.2 การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกัดรอยของรังสีอัลฟาที่เกิดจากกาซเรดอน บนฟิล์มเซลลูโลสไนเตรทแบบลอกได้ ลักษณะของรอยที่เกิดขึ้นจะเป็นตามรูปที่ 2.4 ทั้ง (ก) และ (ข) และเมื่อกัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % จะได้ความหนาแน่นรอยมากที่สุดดังนี้ คือ

ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้เวลากัดรอย 40 นาที
ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ใช้เวลากัดรอย 28 นาที

ดังตารางที่ 5.3 และ 5.4 รูปที่ 5.2 และ 5.3 ตามลำดับ

จากรูปที่ 5.1, 5.2 และ 5.3 จะสังเกตุเห็นว่ามีลักษณะคล้าย ๆ กัน คือเมื่อใช้เวลาในการกัดรอยน้อย ความหนาแน่นของรอยจะน้อย เมื่อเพิ่มเวลากัดรอยให้มากขึ้น ความหนาแน่นรอยจะเพิ่มมากขึ้น จนถึงจุดหนึ่ง ความหนาแน่นรอยจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ และสูงสุด ต่อจากนั้นความหนาแน่นรอยก็จะค่อย ๆ ลดลงอย่างช้า ๆ หมายความว่า ตอนแรก

ใช้เวลากัดน้อยรอยที่อยู่ลึกจะยังไม่ถูกกัดขยาย จึงมองไม่เห็น เมื่อเพิ่มเวลากัดให้มากขึ้น รอยที่อยู่ลึกจะถูกกัดขยาย ทำให้มองเห็นมากขึ้น ส่วนรอยที่อยู่ตื้น ๆ จะถูกกัดลบออกไปบ้างเล็กน้อย เมื่อเทียบกับรอยที่ปรากฏขึ้นใหม่ ความหนาแน่นรอยจึงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มเวลาในการกัดรอยต่อไปอีก ความหนาแน่นรอยจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และมีค่าสูงสุดค่าหนึ่ง เมื่อเพิ่มเวลาในการกัดรอยต่อไปอีก จำนวนรอยที่ปรากฏขึ้นใหม่จะน้อยกว่าจำนวนรอยที่ถูกกัดให้ลบหายไป ความหนาแน่นรอย จึงลดลงเรื่อย ๆ

ผลจากการวิจัยขั้นนี้ ทำให้ทราบว่า ถ้ากัดรอยรังสีด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะใช้เวลามากกว่าที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส และเมื่อเปรียบเทียบความหนาแน่นรอย ที่อุณหภูมิทั้งสองแล้วจะเห็นว่าไม่มีความแตกต่างกันเลย ดังตารางที่ 5.5

6.1.3 การหาขนาดแรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์ม (break down voltage) และแรงดันไฟฟ้าเจาะรูรอยรังสี (punching voltage) จากตารางที่ 5.6 และ 5.7 กับรูปที่ 5.4 และ 5.5 จะสังเกตุเห็นได้ว่า เมื่อกัดฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40, 50 และ 60 นาที จะได้ขนาดแรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์ม ใกล้เคียงกับ เมื่อกัดฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 % ที่อุณหภูมิ 65 องศา เซลเซียส นาน 28, 35 และ 40 นาที ตามลำดับ ซึ่งเปรียบเทียบให้เห็นในตารางที่ 6.1

เมื่อกัดฟิล์มที่ 60 และ 65 องศาเซลเซียสนาน 40 และ 28 นาที ตามลำดับ จะได้แรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์มประมาณ 1400 โวลท์ เมื่อกัดฟิล์มนาน 50 และ 35 นาทีตามลำดับ จะได้แรงดันไฟทะลุฟิล์มประมาณ 1200 โวลท์ และเมื่อกัดฟิล์มนาน 60 และ 40 นาที ตามลำดับ จะได้แรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์ม ประมาณ 1000 โวลท์

ถ้าใช้เวลาในการกัดฟิล์มน้อย แรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์มจะมีขนาดสูง แต่ถ้าใช้เวลาในการกัดฟิล์มนานแรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์มจะต่ำ

ตารางที่ 6.1

เปรียบเทียบขนาดของแรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์ม เมื่อกัดฟิล์มด้วยสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ 10 % อุณหภูมิ 60 และ 65 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาต่าง ๆ

กัดฟิล์มที่ 60° ซ.	เวลากัดฟิล์ม (นาที)	40	50	60
	แรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์มต่ำสุด (โวลท)	1370	1150	950
กัดฟิล์มที่ 65° ซ.	เวลากัดฟิล์ม (นาที)	28	35	40
	แรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์มต่ำสุด (โวลท)	1470	1200	960

ดังนั้นในการเลือกขนาดแรงดันไฟฟ้า เพื่อเจาะรูรอยรังสี จึงเลือกขนาดที่ต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าทะลุฟิล์ม และในการวิจัยนี้ เลือกขนาดแรงดันไฟฟ้าเจาะรูรอยรังสี 900 โวลท์ โดยการกัดรอยรังสีที่ 65 องศาเซลเซียส แทนที่จะต้องกัดรอยรังสีที่ 60 องศาเซลเซียส นานถึง 60 นาที เป็นการใช้เวลามากเกินไป

ในการเจาะรูรอยรังสีนี้เลือกเจาะเพียง 2 ครั้ง ซึ่งจำนวนรอยรังสีที่นับได้จากการเจาะ 3 ครั้งเพิ่มขึ้น จากการเจาะ 2 ครั้ง เพียง 8.0 % เท่านั้น หมายความว่าจำนวนรอยรังสี แตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ถ้าเจาะหลายครั้งเกินไปจะทำให้ขนาดของรูรอยรังสีโตเกินไป จะเป็นผลทำให้การนับผิดพลาดได้ เป็นการสิ้นเปลืองเวลาและวัสดุโดยไม่จำเป็น ตารางเปรียบเทียบการนับจำนวนรอยภายหลังการเจาะรู 1, 2, 3 และ 4 ครั้ง แสดงไว้ในตารางที่ 5.8

6.1.4 การหาขนาดแรงดันไฟฟ้าใช้นับจำนวนรอยรังสี (counting voltage)

จากการศึกษา วิธีนับจำนวนรอยรังสีด้วยแรงดันไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ พอสรุปได้ดังนี้

6.1.4.1 ขนาดของแรงดันไฟฟ้าใช้นับจำนวนรอยรังสีที่เกิดจากอเมอร์ริเซียม พบว่า ในช่วงแรงดันไฟฟ้า 200 - 300 โวลท์ นับจำนวนรอยรังสีได้น้อยมากในช่วงแรงดันไฟฟ้า 300 - 500 โวลท์ จำนวนรอยรังสีที่นับได้จะเพิ่มขึ้นอย่างมากมาย และเมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าขึ้นไปอีกจนถึงแรงดันไฟฟ้าที่ใช้เจาะรูรอยรังสี จะได้จำนวนรอยรังสีที่เพิ่มขึ้นด้วยอัตราคงที่ ซึ่งจะเห็นได้จากตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.6 และในที่สุดพบว่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่จะใช้นับจำนวนรอยรังสีอัลฟาจากอเมอร์ริเซียม มีค่า 600 โวลท์

6.1.4.2 ขนาดแรงดันไฟฟ้าใช้นับจำนวนรอยรังสีที่เกิดจากกาซเรดอน พบว่าในช่วงแรงดันไฟฟ้า 500 - 700 โวลท์ อัตราการเปลี่ยนแปลงจำนวนรอยรังสีที่นับได้ ไม่มากนัก ซึ่งไม่เหมือนกับช่วงแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำและสูงกว่านี้ ดังในตารางที่ 5.10 และรูปที่ 5.7 และได้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าที่จะใช้นับจำนวนรอย 530 โวลท์

6.1.5 ผลการทดสอบความเที่ยงตรงในการนับจำนวนรอยรังสีอัลฟา ภายหลังการเจาะรูรอยรังสี 2 ครั้ง พบว่า จากการนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์ค 3 ครั้ง จำนวนรอยรังสีที่นับได้ แต่ละครั้งมีความแตกต่างกันน้อยมาก จากตารางที่ 5.11 สรุปได้ว่า ถ้าจำนวนรอยรังสีน้อย ความเที่ยงตรงในการนับจะสูง แต่ถ้าจำนวนรอยรังสีมากความเที่ยงตรงในการนับจะลดลงบ้าง อย่างไรก็ตามความผิดพลาดในการนับจำนวนรอยแต่ละแผ่น มีค่าประมาณ 2.5 %

6.1.6 การนับจำนวนรอยรังสีอัลฟา จากอเมอร์ริเซียม จากตารางที่ 5.12 เปรียบเทียบการนับจำนวนรอยรังสีอัลฟาจากอเมอร์ริเซียม เมื่อใช้ฟิล์มอาบรังสีนานต่างกันแต่ระยะทางอาบรังสีเท่ากัน ซึ่งพบว่าจำนวนรอยรังสีที่นับได้ด้วยการสปาร์คจะน้อยเมื่อทิ้งฟิล์มอาบรังสีด้วยเวลาอันสั้น แต่ถ้าทิ้งฟิล์มอาบรังสีเป็นเวลานาน จะนับจำนวนรอยได้มากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากฟิล์มที่ทิ้งให้อาบรังสีนานจะมีรังสีอัลฟามากระทบฟิล์มเพิ่มจำนวนขึ้น

เรื่อย ๆ ส่วนฟิล์มที่ทิ้งให้อาบรังสีเวลาสั้น ๆ รังสีอัลฟาที่จะไปกระทบฟิล์มจะมีจำนวนน้อย

จากตารางที่ 5.13 เป็นการเปรียบเทียบจำนวนรอยที่นับได้เมื่อระยะทางที่ฟิล์มอาบรังสีต่างกันแต่ระยะเวลาที่อาบรังสีเท่ากัน เมื่อฟิล์มอาบรังสีห่างจากอเมอร์ริ-เซียม 3.00 ซม. จะนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์คได้น้อยกว่าตอนที่ฟิล์มห่างจากอเมอร์ริเซียม 2.80 และ 2.50 ซม. เนื่องจากรังสีอัลฟาที่พุ่งกระทบฟิล์มจะทำให้เกิดรอยที่ไม่ลึกนักเมื่อกัดรอยบนฟิล์มตามเงื่อนไขแล้ว จะมีรอยจำนวนหนึ่งถูกกัดลบหายไป จึงเหลือจำนวนรอยอยู่น้อย เมื่อฟิล์มอาบรังสีห่างจากอเมอร์ริเซียม 2.80 ซม. รังสีอัลฟาที่พุ่งกระทบฟิล์มจะทำให้เกิดรอยลึกกว่ากรณีแรก เมื่อกัดรอยบนฟิล์มตามเงื่อนไขแล้วจะทำให้จำนวนรอยบางส่วนถูกกัดลบหายไป แต่น้อยกว่ากรณีแรกและกรณีที่ 2 เมื่อนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์คจึงได้จำนวนมากกว่ากรณีแรก สำหรับกรณีที่วางฟิล์มห่างจากอเมอร์ริเซียม 2.50 ซม. รังสีอัลฟาที่พุ่งกระทบฟิล์ม จะทำให้เกิดรอยที่ลึกกว่าทั้งสองกรณีที่กล่าวแล้ว ดังนั้นเมื่อกัดรอยบนฟิล์มตามเงื่อนไขแล้วจำนวนที่ถูกกัดหายไปจึงน้อยมาก ทำให้เหลือจำนวนรอยปรากฏบนฟิล์มด้วยปริมาณที่มากและเมื่อนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์คจึงได้ค่ามากกว่าทั้งสองกรณี

6.1.7 การนับจำนวนรอยรังสีอัลฟาจากกาซเรดอนที่ได้จากเรเดียมความแรงต่างกัน จากการวิจัยนี้ใช้เรเดียม 3 ขนาด คือ 0.01, 0.1 และ 0.2 มิลลิ-คูรี ผลของการนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์ค ภายหลังที่ฟิล์มอาบรังสีนานเท่า ๆ กันปรากฏว่า ถ้าความแรงของเรเดียมมากจะนับจำนวนรอยที่ปรากฏบนฟิล์มด้วยการสปาร์คได้มาก แต่ถ้าความแรงของเรเดียมน้อย ก็จะนับจำนวนรอยที่ปรากฏบนฟิล์มด้วยการสปาร์คได้น้อย ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเรเดียมที่มีความแรงมากจะสลายตัวให้เรดอนออกมามากแล้ว เรดอนก็จะสลายตัวให้รังสีอัลฟาออกมามากกว่าเรเดียมที่มีความแรงน้อย จำนวนรอยที่ปรากฏบนฟิล์มเมื่อใช้เรเดียม 0.2 มิลลิคูรี จึงมากกว่าเมื่อใช้เรเดียม 0.01 และ 0.1 มิลลิคูรี จะเห็นได้จากตารางที่ 5.14

6.1.8 การนับจำนวนรอยรังสีอัลฟาจากกาซเรดอน ที่ได้จากเรเดียม 0.1 มิลลิคูรีอันเดียวกัน แต่ระยะเวลาที่ฟิล์มอาบรังสีนานแตกต่างกัน จากตารางที่ 5.15 พอสรุปได้ว่า ถ้าฟิล์มอาบรังสีอัลฟาจากกาซเรดอนเพียงเวลาเล็กน้อย จำนวนรอยที่นับได้ด้วยการสปาร์คก็น้อยและถ้าให้ฟิล์มอาบรังสีอัลฟาจากกาซเรดอนเป็นเวลานาน ๆ จำนวนรอยที่นับได้ด้วยการสปาร์คก็มากขึ้น และมากขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงในช่วงจำนวนรอยที่นับด้วยกล้องจุลทรรศน์ ระหว่าง 1000 ถึง 20,000 รอยต่อตารางเซนติเมตร แต่จำนวนรอยที่นับได้ด้วยการสปาร์คจะเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ถ้าจำนวนรอยที่นับได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์มากกว่า 20,000 รอยต่อตารางเซนติเมตรขึ้นไป ทั้งนี้เนื่องจากหัวนับรอยรังสี (counting electrode) มีขนาดคงที่คือ 1.00 ตารางเซนติเมตร และในขณะที่กำลังทำการเจาะรูรอยรังสีนั้นก็จะเจาะแบบ random ถ้าจำนวนรอยบนฟิล์มมีมาก การเจาะรูรอยรังสี 1 รอยจะทำให้อลูมิเนียมฟอยล์ที่อยู่ตรงกับรอยรังสีใกล้ๆ ที่ถัดกันไประเหยหายไป ดังนั้นเมื่อนำไปนับด้วยการสปาร์คก็จะนับได้เฉพาะรอยที่เจาะทะลุเท่านั้น จึงทำให้จำนวนรอยที่นับได้เพิ่มขึ้นไม่มากนัก ซึ่งแตกต่างไปจากกรณีที่จำนวนรอยน้อย ๆ โดยการเจาะรูรอยรังสี 1 รอย โอกาสที่จะทำให้อลูมิเนียมฟอยล์ที่อยู่ตรงกับรอยรังสี ถัดไปใกล้ ๆ โดยรอบระเหยไปได้น้อย ดังนั้นจำนวนรอยที่นับได้ด้วยการสปาร์ค จึงมีเปอร์เซนต์มากกว่า กรณีที่จำนวนรอยรังสีบนฟิล์มมาก ๆ จำนวนรอยที่นับได้จึงเป็นลักษณะอิ่มตัว ซึ่งจะเห็นได้จากรูปที่ 5.8

6.1.9 การทดสอบความถูกต้องในการนับจำนวนรอยรังสีอัลฟา จากการใช้ฟิล์ม 8 ชุด ๆละ 5 แผ่น อาบรังสีอัลฟา จากกาซเรดอนที่ได้จากเรเดียม 0.1 มิลลิคูรี แต่ละชุดนานต่าง ๆ กัน เมื่อกัดรอยตามเงื่อนไขแล้วนำไปนับจำนวนรอยด้วยกล้องจุลทรรศน์เจาะรูรอยรังสีตามเงื่อนไขแล้วนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์ค นำเอาจำนวนรอยที่สปาร์คได้นี้ไปเทียบหาจำนวนที่แท้จริงจากกราฟรูปที่ 5.8 ผลปรากฏว่ามีเปอร์เซนต์ความแตกต่างระหว่างจำนวนรอยที่นับได้ด้วยกล้องจุลทรรศน์ กับจำนวนรอยที่เทียบได้จากกราฟรูปที่ 5.8 โดยเฉลี่ย 10 % ซึ่งแสดงไว้ให้เห็นในตารางที่ 5.16

แต่ถ้าใช้ฟิล์มในแต่ละชุดน้อยแผ่น เปอร์เซนต์ความแตกต่าง มีทั้งมากและน้อยคละกัน ถ้ารังสีอัลฟาที่ได้จากการสลายด้วยของกาซเรดอนพุ่ง ชนฟิล์มตรง ๆ รอยที่เกิดก็จะ

ตรงและลึก จำนวนรอยที่นับด้วยการสปาร์คก็จะได้มาก ซึ่งจะทำให้เปอร์เซนต์ความแตกต่างน้อย และถ้ารังสีอัลฟาที่ได้จากการสลายตัวของกาซเรดอนพุ่งเข้าชนฟิล์มไม่ตั้งฉาก แต่กลับเป็นมุมต่าง ๆ รอยที่เกิดขึ้นจึงไม่ลึก เมื่อนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์คจึงได้น้อย ทำให้เปอร์เซนต์ความแตกต่างมีมาก ซึ่งแตกต่างไปจากกรณีที่ใช้ฟิล์มแต่ละชุดมาก ตาราง ที่ 5.17 เป็นผลที่ได้มาเมื่อใช้ฟิล์ม แต่ละชุดเพียง 2 แผ่น จึงทำให้เปอร์เซนต์ความแตกต่างมีมากบ้างน้อยบ้างดังกล่าวมาแล้ว

6.1.10 ในระหว่างที่ทำการเจาะรูและนับรอยรังสีนั้น สิ่งที่ควรระมัดระวังก็คือ อลูมิเนียมฟอยล์ จะต้องรักษาให้เป็นแผ่นเรียบเหมือนกับที่ตัดออกมาจากม้วน (roll) ใหม่ ๆ ถ้ามีรอยพับหรือยับ เมื่อใช้เจาะรูหรือนับรอยรังสีจะทำให้เครื่องหยุดนับรอยได้ เพราะตรงส่วนที่พับหรือยับนั้นจะเกิดการระเหยทำให้วงจรไฟฟ้าเปิด และในการวิจัยทั้งหมดนี้ ใช้อลูมิเนียมฟอยล์หนา $\frac{3}{4}$ มิล (Mil) จากที่ทดลองใช้ขนาดที่บางกว่านี้ เช่น $\frac{1}{4}$, $\frac{3}{8}$ และ $\frac{1}{2}$ มิล ปรากฏว่าในขณะที่เจาะรูหรือนับรอยรังสีที่มีจำนวนมาก ๆ นั้น จะเกิดวงจรไฟฟ้าเปิดขึ้น ทำให้การนับหยุดชงัก ทั้งนี้เนื่องจากอลูมิเนียมที่เคลือบอยู่บนผิวของพลาสติกบางและใสนั้น บางมากและหนาไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ส่วนที่บางมาก ๆ ร้อนและละลายออกไป

6.2 ข้อเสนอแนะ

6.2.1 ควรศึกษาวิธีนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์ค เมื่อเจาะรูจนกระทั่งเมื่อนับจำนวนรอยได้ค่าไม่เปลี่ยนแปลงเพื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดลองครั้งนี้

6.2.2 ควรจะใช้อลูมิเนียมฟอยล์ที่หนาขึ้นเพื่อจะได้ศึกษาวิธีนับจำนวนรอยด้วยการสปาร์ค ที่ความหนาแน่นรอยสูงสุด เนื่องจากต้องเจาะรูรอยรังสีด้วยแรงดันไฟฟ้าสูง ๆ แต่สามารถประหยัดเวลาในการกัดรอยลงได้