บทที่ 4
วิธีการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

4.1 การเลือกสารยึดเหนี่ยวที่เหมาะสม

การเลือกสารยึดเหนี่ยวที่เหมาะสม ในเบื้องต้นสังเกตจากลักษณะทางกายภาพของสารยึดเหนี่ยวแต่ละชนิด ให้มีความเหมาะสมในการสร้างฉาก ในงานวิจัยนี้ได้เลือกสารยึดเหนี่ยวที่หาได้ง่ายตามท้องตลาดมาพิจารณา 6 ชนิดได้แก่ กาวน้ำตรา UHU กาวน้ำตรา BIC แลคเกอร์ สีชนิดใสของ TAMIYA กาวเอนกประสงค์ตรา UHU และยูรีเธนตรา SS2000 แล้วนำมาทดสอบเพื่อดูคุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้น โดยการนำสารยึดเหนี่ยวแต่ละชนิดปริมาณ 10 มิลลิลิตร มาเคลือบลงบนแผ่นอะลูมิเนียม แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง สังเกตผลที่เกิดขึ้นเมื่อสารยึดเหนี่ยวแห้ง ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพบางประการของสารยึดเหนี่ยวเมื่อทิ้งไว้ให้แห้ง

สารยึดเหนี่ยว	คุณสมบัติทางกายภาพเมื่อทิ้งไว้ให้แห้ง
สีชนิดใสของ TAMIYA	มีสีเหลือง ขุ่นเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ แข็ง เกาะติดกับแผ่นอะลูมิเนียมได้ดี
กาวเอนกประสงค์ตรา UHU	มีสีเหลือง ขุ่นเล็กน้อย แข็ง เกาะติดกับแผ่นอลูมิเนียมได้ดี แห้งเร็วมาก
ยูรีเธนตรา SS2000	มีสีใส ขุ่นเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ เกาะติดกับแผ่นอะลูมิเนียมได้ดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.1(ต่อ)

สารยึดเหนี่ยว	คุณสมบัติทางกายภาพเมื่อทิ้งไว้ให้แห้ง
กาวน้ำตรา UHU	มีสีใส ขุ่นเล็กน้อย มีความยืดหยุ่น ไม่ค่อยเกาะติดกับแผ่นอะลูมิเนียม เมื่อโดนน้ำแล้วละลาย
กาวน้ำตรา BIC	มีสีฟ้าใส ขุ่นเล็กน้อย มีความยืดหยุ่น ไม่ค่อยเกาะติดกับแผ่นอะลูมิเนียม เมื่อโดนน้ำแล้วละลาย
แลคเกอร์	มีสีเหลือง ขุ่นเล็กน้อย แข็ง เกาะติดกับแ ผ่นอะลูมิเนียมได้ดี

จากผลที่ได้ตามตาราง 4.1 การเลือกสารยึดเหนี่ยวที่ดีจะต้องมีความใส ดูดกลืนแสงได้น้อย และมีความเหมาะสมในการนำไปพ่นได้ดี เลือกสีชนิดใสของTAMIYA , ยูรีเธนตรา SS2000 , กาวเจลตราBIC และกาวน้ำตราUHU นำมาทดลองผสมกับผงผลึกแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์ (เทอร์เบียม) 0.1 กรัม ในอัตราส่วน 1:1 แล้วพ่นลงบนแผ่นอะลูมิเนียม ขนาด 2x2 ตารางเซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้ง นำไปประกบกับฟิล์มสำหรับถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ แล้วนำไปถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 80 keV เอกซ์โพเซอร์เท่ากับ 60 mA-s โดยแบ่งเป็น 2 ชนิด คือสารยึดเหนี่ยวที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย และสารยึดเหนี่ยวที่มีทินเนอร์เป็นตัวทำละลาย นำฟิล์มไปผ่านกระบวนการล้างแล้วนำไปอ่านค่าความดำบนฟิล์มโดยเดนซิโตมิเตอร์ ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความดำของฟิล์มเมื่อนำไปถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์เมื่อประกบกับฉากแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม) ที่ใช้สารยึดเหนี่ยวต่างชนิดกัน

สารยึดเหนี่ยว	ความดำ (Bg* = 1.45)
ชนิด WATER BASE	
กาวน้ำตรา UHU	1.65
กาวน้ำตรา BIC	1.60
ชนิด THINNER BASE	
สีชนิดใสของ TAMIYA	1.55
ยูรีเธนตรา SS2000	1.60

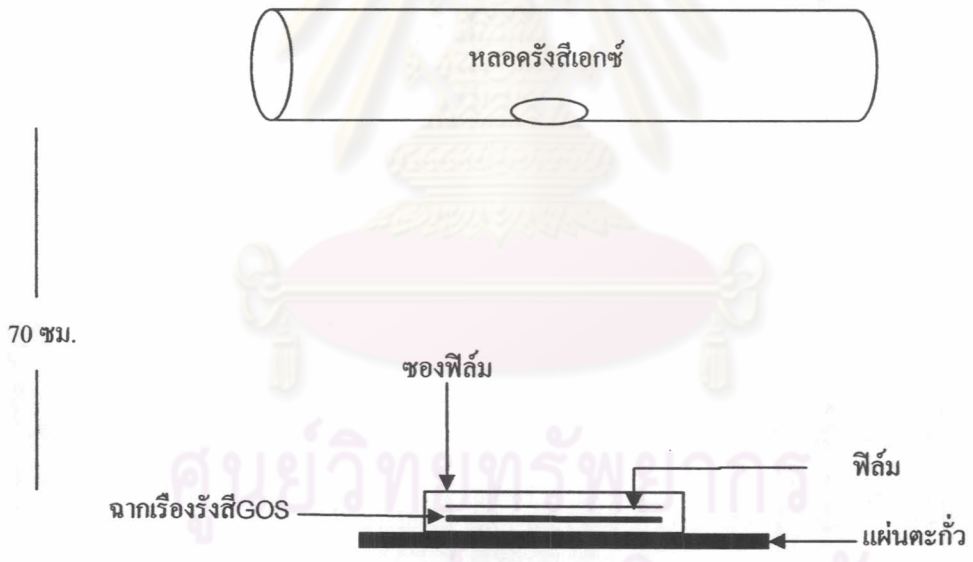
*Bg คือ ค่าความดำของฟิล์มบริเวณที่ไม่ประกบกับฉากเรืองรังสี

จากการทดลองพบว่า สารยึดเหนี่ยวชนิดที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายนั้น กาวน้ำตรา UHU ทำให้ฟิล์มมีความดำมากกว่า กาวน้ำตรา BIC และส่วนของสารยึดเหนี่ยวชนิดที่มีทินเนอร์เป็นตัวทำละลายนั้น ยูรีเธน SS2000 ทำให้ฟิล์มมีความดำมากกว่าสีชนิดใสของTAMIYA จึงเลือกใช้กาวน้ำตราUHU และยูรีเธน SS2000 เป็นสารยึดเหนี่ยวเพื่อทำการทดลองควบคู่กันไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสม

นำกาวน้ำUHU และ ยูรีเธน SS2000 มาผสมกับผงผลึกแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม) โดยมีอัตราส่วนน้ำหนักต่อปริมาตรระหว่างผงผลึกแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม)ต่อสารยึดเหนี่ยวที่ 2:1, 1:1, 1:2 และ 1:3 โดยน้ำหนักของแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม) คงที่ แต่เพิ่มปริมาตรของสารยึดเหนี่ยว หลังจากนั้นพ่นลงบนแผ่นอะลูมิเนียมหนา 0.1 มิลลิเมตร ขนาด 2x2 ตารางเซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำไปประกบกับฟิล์มสำหรับถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ แล้วนำไปถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 80 keV ค่าเอกซ์โพเชอร์ 60 mA-s นำฟิล์มมาผ่านกระบวนการล้างแล้วนำมาอ่านค่าความดำด้วยเดนซิโตมิเตอร์ โดยจัดวางอุปกรณ์การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การจัดระบบการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ โดยมีระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสถึงฟิล์มเท่ากับ 70 เซนติเมตร

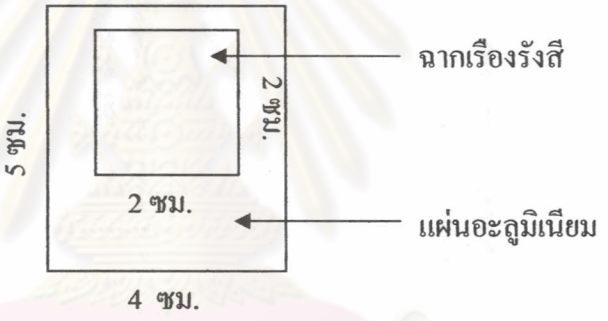
ตารางที่ 4.3 ค่าความดำของฟิล์มเมื่ออัตราส่วนของผงผลึกแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์และสารยึดเหนี่ยวเปลี่ยนไป

GOS:Binder (mg/cm^3)	Density			
	กาวน้ำ UHU		ยูรีเธน SS2000	
	Bg	D	Bg	D
2:1	1.50	1.70	1.50	1.70
1:1	1.50	1.70	1.50	1.65
1:2	1.50	1.70	1.50	1.65
1:3	1.50	1.65	1.50	1.60

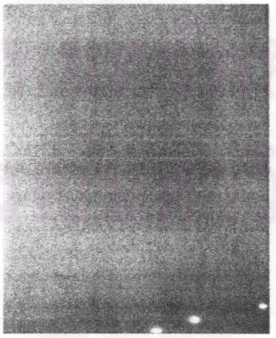
จากผลการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มสารยึดเหนี่ยวลงไป สำหรับกาวน้ำUHU ที่อัตราส่วน 2:1,1:1 และ 1:2 ทำให้ฟิล์มมีความดำเท่ากัน แต่เมื่ออัตราส่วนเป็น 1:3 ความดำของฟิล์มลดลง สำหรับยูรีเธน SS2000 ที่อัตราส่วน 2:1 มีความดำมากที่สุด และที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:2 มีความดำเท่ากัน ส่วนที่อัตราส่วน 1:3 มีความดำน้อยที่สุด จึงพิจารณาในส่วนของเทคนิคในการพ่น พบว่าที่อัตราส่วน 2:1 ทั้งกาวน้ำ UHU และ ยูรีเธน SS2000 มีความข้นมากเกินไป ทำให้ยากต่อการพ่น ส่วนที่อัตราส่วน ตั้งแต่ 1:2 ขึ้นไป เมื่อนำไปพ่นพบว่าผงผลึกแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์ (เทอร์เบียม)จะตกตะกอน และของผสมมีความใสเกินไป แต่ที่อัตราส่วน 1:1 นั้นพบว่าความข้นของของผสมมีความเหมาะสมต่อการพ่น เมื่อพิจารณาโดยรวมทั้งความเหมาะสมในการพ่นและความดำของฟิล์ม พบว่าที่อัตราส่วน 1:1 มีความเหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้

4.3 การหาความหนาที่เหมาะสมของฉากเรืองรังสี

ผสมผงแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม) กับกาวน้ำUHU และผงแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม)กับยูริเธน SS2000 ที่อัตราส่วน 1:1 นำของผสมที่ได้พ่นลงบนแผ่นอะลูมิเนียมหนา 0.1 มิลลิเมตร ขนาด 2x2 ตารางเซนติเมตร ดังรูปที่ 4.2 โดยที่ก่อนพ่น นำแผ่นอะลูมิเนียมไปชั่งน้ำหนัก และหลังพ่นทิ้งไว้ให้แห้งชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำน้ำหนักหลังพ่นและก่อนพ่นมาลบกันแล้วหารด้วยพื้นที่ของการพ่น คือ 4 ตารางเซนติเมตร ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็น density thickness แล้วนำฉากที่มีความหนาต่างๆ ไปประกบกับฟิล์มแล้วถ่ายรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 80 keV เอกซ์โพเชอร์ 60 mA-s นำฟิล์มมาผ่านกระบวนการล้าง อ่านค่าความดำ แล้วนำข้อมูลความดำที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่าง ความดำกับความหนา เพื่อประเมินหาความหนาที่เหมาะสม



รูปที่ 4.2 ฉากเรืองรังสีที่ทำขึ้นเพื่อหาความหนาที่เหมาะสม

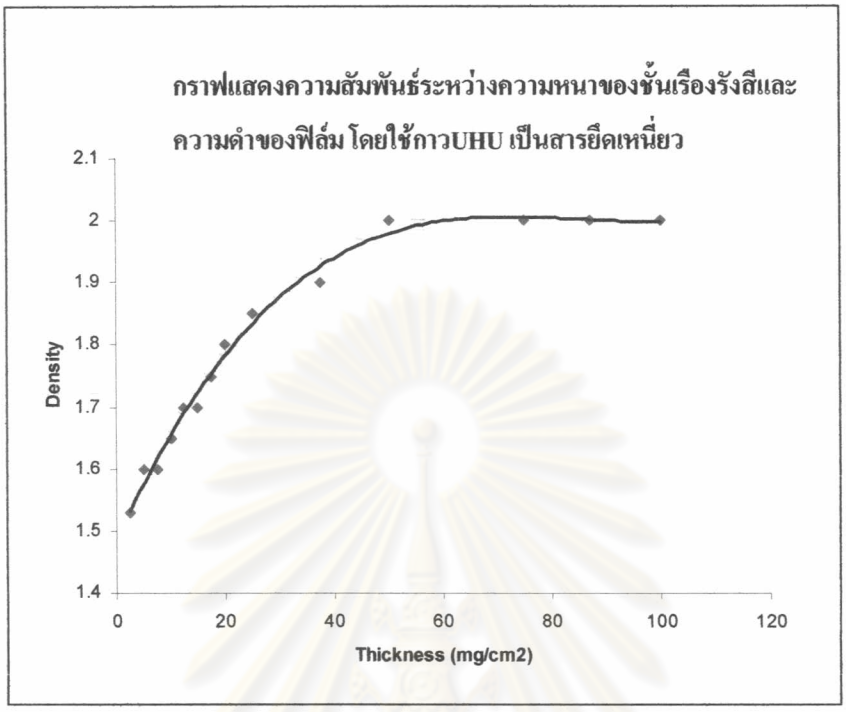


รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ของฉากเรืองรังสีเพื่อทำการหาความหนาที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.4 ค่าความดำของฟิล์มเมื่อความหนาของชั้นเรืองรังสีเพิ่มขึ้น(เมื่อใช้กาวน้ำUHU เป็นสารยึดเหนี่ยว)

Thickness (mg/cm^2)	Density
2.5	1.53
5.0	1.60
7.5	1.60
10.0	1.65
12.5	1.70
15.0	1.70
17.5	1.75
20.0	1.80
25.0	1.85
37.5	1.90
50.0	2.00
75.0	2.00
87.5	2.00
100.0	2.00

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นเรืองรังสีและ
ความดำของฟิล์มโดยใช้กาว UHU เป็นสารยึดเหนี่ยว

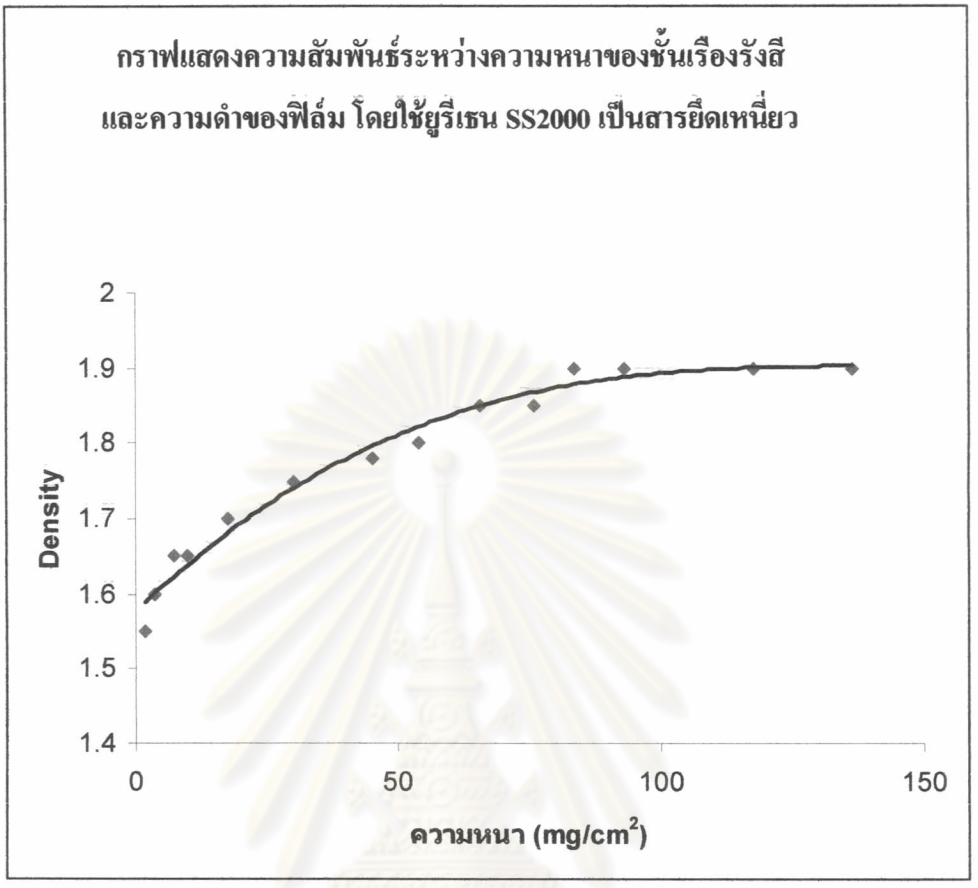
จากรูปที่ 4.4 พิจารณาความหนาของชั้นเรืองรังสีโดยที่มีกาวน้ำ UHU เป็นสารยึดเหนี่ยว พบว่า ความดำของฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นเรืองรังสี แต่เมื่อความหนาของชั้นเรืองรังสีมีค่าตั้งแต่ 50 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความดำของฟิล์มจะคงที่ ดังนั้น ความหนาของชั้นเรืองรังสีโดยมีกาวน้ำUHUเป็นสารยึดเหนี่ยว ที่เหมาะสมคือ 50 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

ในที่นี้ลักษณะการวางขณะฉายรังสีนั้น ให้แผ่นฟิล์มวางอยู่ด้านบนของแผ่นฉากเรืองรังสี ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการดูดกลืนรังสีเอกซ์ เมื่อชั้นความหนาของสารเรืองรังสีเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.5 ค่าความดำของฟิล์มเมื่อความหนาเพิ่มขึ้น(เมื่อใช้ยูรีเธนSS2000 เป็นสารยึดเหนี่ยว)

Thickness (mg/cm^2)	Density
1.75	1.55
3.75	1.60
7.50	1.65
10.00	1.65
17.50	1.70
30.00	1.75
45.00	1.78
53.75	1.80
65.50	1.85
75.75	1.88
83.50	1.90
93.00	1.90
117.75	1.90
136.50	1.90

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นเรืองรังสีและความดำของฟิล์มโดยใช้ยูรีเธน SS2000 เป็นสารยึดเหนี่ยว

จากรูปที่ 4.5 พิจารณาความหนาของชั้นเรืองรังสีโดยที่มียูรีเธนSS2000 เป็นสารยึดเหนี่ยว พบว่า ความดำของฟิล์มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความหนาของชั้นเรืองรังสี แต่เมื่อความหนาของชั้นเรืองรังสีมีค่าตั้งแต่ 83.50 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ความดำของฟิล์มจะคงที่ ดังนั้น ความหนาของชั้นเรืองรังสีโดยมียูรีเธน SS2000 เป็นสารยึดเหนี่ยวที่เหมาะสมคือ 83.50 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร

จากการพิจารณาทดสอบคุณสมบัติของสารยึดเหนี่ยวทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ กาว UHU และยูรีเธน SS2000 พบว่า สารยึดเหนี่ยวกาว UHU สามารถให้ความดำมากกว่ายูรีเธนSS2000 อยู่เล็กน้อย แต่ในการปฏิบัติ ได้ทดลองผสมกับ Gd_2O_2S (Tb) ในอัตราส่วน 1:1 แล้ว ฉีดพ่นลงบนแผ่นอะลูมิเนียม พบว่ากาวUHU ไม่ค่อยเรียบและยึดเกาะไม่แน่นเท่ากับยูรีเธนSS2000 ดังนั้นในการวิจัยนี้ จึงเลือกสารยูรีเธนSS2000 เป็นสารยึดเหนี่ยวต่อไป

4.4 การทดสอบคุณภาพของฉากเรืองรังสี

เมื่อทดลองหาชนิดของสารยึดเหนี่ยวที่เหมาะสม ซึ่งเลือกใช้ยูรีเธน SS2000 และหาอัตราส่วนผสมของแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม)และยูรีเธน SS2000 ที่เหมาะสมในที่นี้คือ 1:1 โดยเลือกสร้างฉากเรืองรังสีให้มีความหนาของชั้นเรืองรังสีเท่ากับ 90 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร บนแผ่นอะลูมิเนียมหนา 1 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 8.9 เซนติเมตร และยาว 21.6 เซนติเมตร จากนั้นจึงพิจารณาตรวจสอบคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.4.1 การหาความสม่ำเสมอของฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้น โดยนำฉากที่สร้างขึ้นไปประกบกับฟิล์มแล้วถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 80 keV เอกซ์โพเชอร์ 60 mA-s นำฟิล์มไปผ่านกระบวนการล้าง ทิ้งไว้ให้แห้ง แล้วอ่านค่าความดำเฉลี่ยของฟิล์มตลอดทั้งแผ่นด้วยเดนซิโตมิเตอร์ ได้ผลดังรูปที่ 4.6

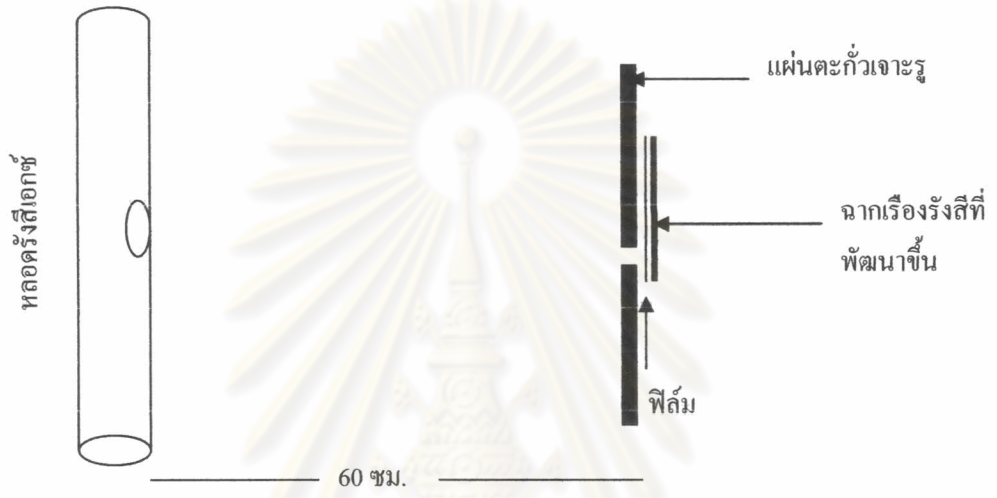
1.78	1.78	1.80	1.80	1.80	1.80	1.78	1.78
1.78	1.80	1.80	1.80	1.80	1.80	1.8	1.78
1.78	1.78	1.80	1.80	1.80	1.80	1.78	1.78

รูปที่ 4.6 แผนภาพความดำอย่างสม่ำเสมอของฉากที่พัฒนาขึ้น

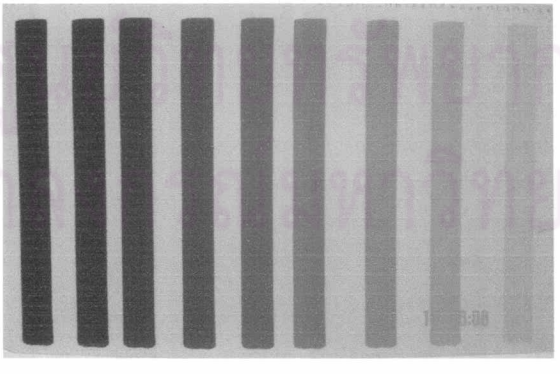
จากการวัดค่าความดำตลอดทั้งฟิล์มพบว่า มีความดำตลอดทั้งฟิล์มใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงว่าค่าความหนาของชั้นเรืองรังสีมีความสม่ำเสมอ เป็นที่น่าพอใจ จากวิธีการพ่นด้วยปืนฉีดพ่น

4.4.2 การหาผลตอบสนองต่อปริมาณรังสีของฉากเรืองรังสี โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง ฟิล์มที่ไม่มีฉาก , ฟิล์มประกบกับฉากตะกั่ว ,ฟิล์มประกบกับฉากฟลูออโรเมทัลลิก และฟิล์มประกบกับฉากที่พัฒนาขึ้น ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 80 keV ให้ค่าเอกซ์โพเชอร์ตั้งแต่ 40-360 mA-s เพิ่มขึ้นครั้งละ 40 mA-s ฟิล์มอยู่ห่างจากจุดโฟกัสของหลอดรังสีเอกซ์ 60 เซนติเมตร ออกแบบการถ่ายภาพเพื่อประหยัดฟิล์ม โดยนำแผ่นตะกั่วหนา เพื่อสามารถกำบังรังสีได้หมด แล้วมาเจาะช่อง ขนาด 0.8x8 ตารางเซนติเมตร เพื่อให้ฟิล์มได้รับรังสีเฉพาะบริเวณที่เจาะช่องไว้ เมื่อถ่ายภาพด้วยค่าเอกซ์โพเชอร์ 40 mA-s เสร็จแล้ว ทำการเลื่อนฟิล์มลงเพื่อถ่ายในเอกซ์โพเชอร์

ต่อไปดังรูปที่ 4.7 ทำเช่นนี้จนครบเอกซ์โพเชอร์ที่ต้องการ นำฟิล์มไปผ่านกระบวนการล้าง ได้ภาพดังรูปที่ 4.8 ทิ้งไว้ให้แห้งแล้วนำมาอ่านค่าความดำบนฟิล์ม นำค่าที่ไปพล็อตกราฟระหว่างความดำกับเอกซ์โพเชอร์ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่าง ฟิล์มที่ไม่มีฉาก , ฟิล์มประกบกับฉากตะกั่ว ,ฟิล์มประกบกับฉากฟลูออโรเมทัลลิก และฟิล์มประกบกับฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้น แล้วนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป



รูปที่ 4.7 การจัดอุปกรณ์ในการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์เพื่อประเมินหาผลตอบสนองของปริมาณรังสีของฟิล์มที่ประกบกับฉากชนิดต่างๆ และไม่ประกบกับฉากใดๆ



รูปที่ 4.8 ภาพถ่ายทางรังสีเพื่อประเมินผลตอบสนองต่อปริมาณรังสี

ตาราง ที่4.6 ผลของปริมาณรังสีต่อความดำบนฟิล์มเมื่อใช้ฉากเพิ่มความเข้มชนิดต่างๆ

Exposure (mA-s)	*Blank	*Pb	*FM	*GOS
40	0.25	0.60	0.85	0.80
80	0.35	1.25	1.60	1.45
120	0.5	1.80	2.25	2.10
160	0.6	2.40	3.00	2.85
200	0.75	3.15	3.70	3.55
240	0.9	3.55	4.00	3.80
280	1.05	4.00	4.00	4.00
320	1.15	4.00	4.00	4.00
360	1.25	4.00	4.00	4.00

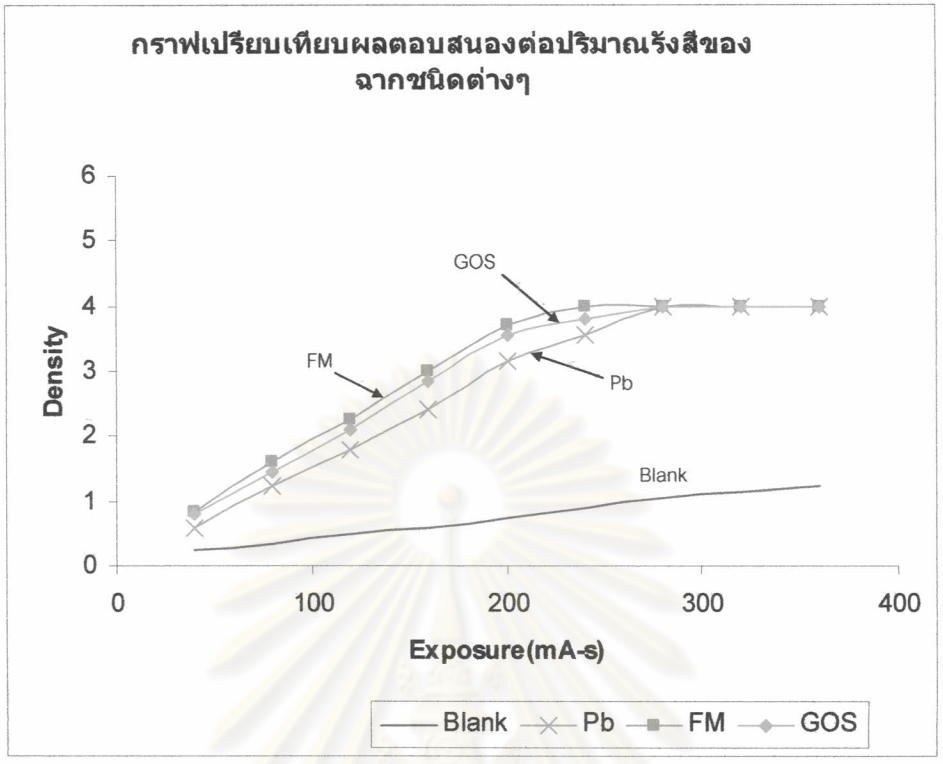
*หมายเหตุ Blank คือ ฟิล์มอัๅกฟ่าความไว 125 ไม่ใช้ฉาก

Pb คือ ฟิล์มอัๅกฟ่าความไว 125 ใช้ฉากตะกั่ว

FM คือ ฟิล์มอัๅกฟ่าความไว 125 ใช้ฉากฟลูออโรเมทัลลิก

GOS คือ ฟิล์มอัๅกฟ่าความไว 125 ใช้ฉากแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์ (เทอร์เบียม)ที่พัฒนาขึ้น

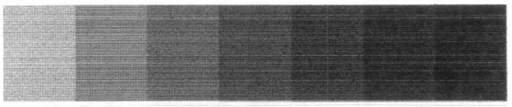
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



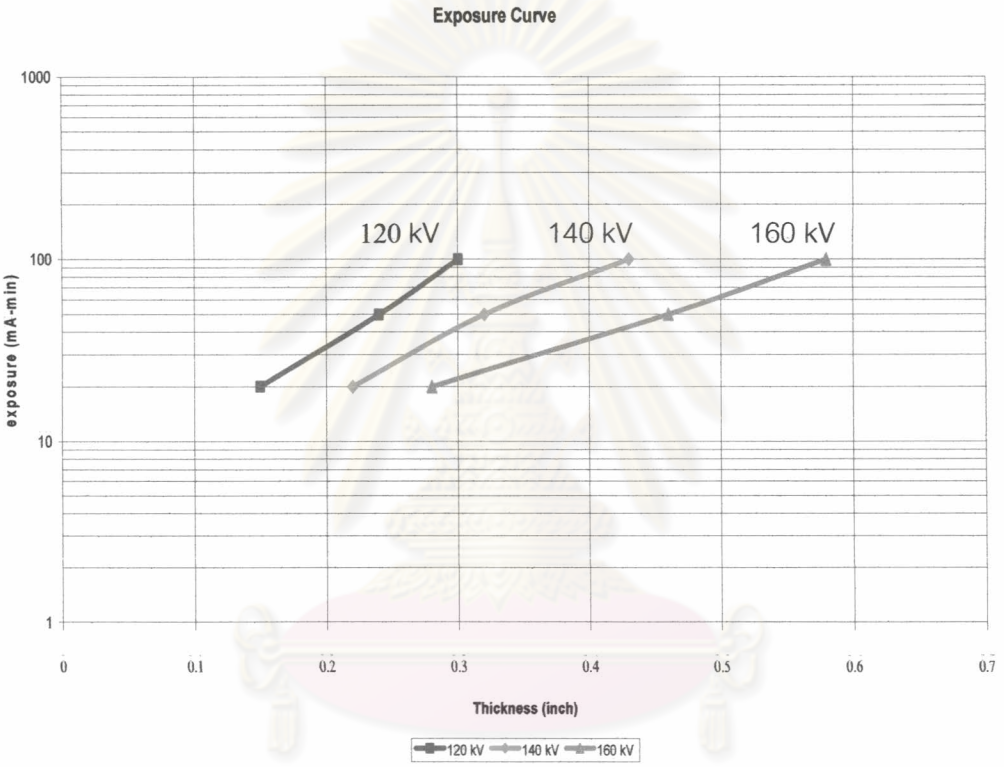
รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบระหว่างเอกซ์โพเซอร์กับความดำสำหรับฟิล์มที่ใช้ฉากชนิดต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.9 พบว่าฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้น(GOS) ให้ผลตอบสนองต่อค่าเอกซ์โพเซอร์ใกล้เคียงกับฉากฟลูออโรเมทัลลิก ซึ่งเป็นฉากเรืองรังสีที่ผลิตจำหน่ายในท้องตลาด โดยที่ค่าเอกซ์โพเซอร์ประมาณ 240 mA-s ให้ค่าความดำสูงสุดเท่ากับ 3.8 ที่ค่าพลังงานของรังสีเอกซ์เท่ากับ 80 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

4.4.3 การสร้างกราฟเอกซ์โพเซอร์ โดยการนำเหล็กขั้นบันได(step wedge) มาถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ โดยถ่ายที่ค่าความต่างศักย์ 120 , 140 และ 160 kV โดยแต่ละความต่างศักย์ถ่ายที่เอกซ์โพเซอร์เท่ากับ 20 , 50 และ 100 mA-min และใช้ฉากเรืองรังสีต่างกัน โดยฉากเรืองรังสีที่ใช้ได้แก่ ฉากฟลูออโรเมทัลลิก ฉากตะกั่ว ฉากแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม)ที่พัฒนาขึ้นมา และไม่ใช้ฉากเรืองรังสี ล้างฟิล์มแล้วนำมาอ่านค่าความดำที่ทุกค่าความหนาของเหล็กขั้นบันได ดังรูปที่ 4.10 นำค่าที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างความดำกับความหนาของฟิล์มแต่ละแผ่น แล้วลากเส้นจากความดำมาตรฐาน (โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าความดำเท่ากับ 2) ไปตัดกับเส้นกราฟและอ่านความหนาของเหล็กในแกนนอน หลังจากนั้นเขียนกราฟระหว่างค่าเอกซ์โพเซอร์กับความหนาของเหล็กที่อ่านได้ โดยให้แกนตั้งเป็นสเกลลอการิทึม แกนนอนเป็นสเกลธรรมดา แล้ววิเคราะห์ผลจากกราฟที่ได้ดังรูป 4.11



รูปที่ 4.10 ภาพถ่ายทางรังสีของเหล็กขั้นบันได



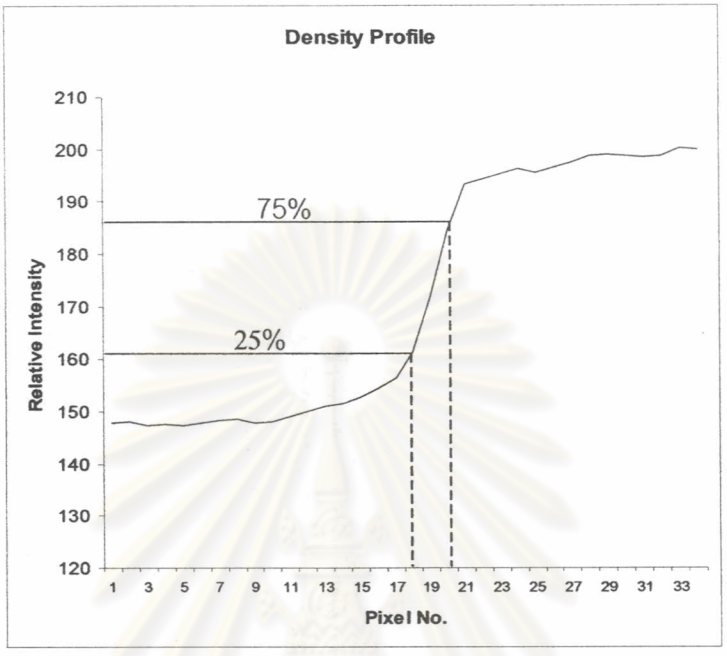
รูปที่ 4.11 กราฟเอกซ์โพเชอร์ของฉากเรืองรังสีที่สร้างขึ้น ณ พลังงานรังสีเอกซ์ต่าง ๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.4 การหารีโซลูชัน โดยการนำฟิล์มที่ถ่ายภาพเหล็กขั้นบันไดมาสแกนความดำด้วยเครื่องสแกนความดำแบบอัตโนมัติ เครื่องสแกนจะวัดค่าความดำของเหล็กขั้นบันไดผ่านรอยต่อของเหล็กขั้นบันไดที่มีความหนาไม่เท่ากัน แล้วเลือกความดำที่ติดกัน 1 คู่ นำค่าที่อ่านได้มาพล็อตกราฟระหว่างหมายเลขพิกเซลกับความดำสัมพัทธ์ ค่าความดำบริเวณที่รอยต่อจะมีความชันมาก แล้วเลือกความดำสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 25 และ 75 ของความแตกต่างระหว่างความดำ ลากเส้นขนานแกน x จากความดำสัมพัทธ์ที่เลือก ไปบรรจบกับเส้นกราฟ ลากจากจุดบรรจบมาตั้งฉากกับแกน x ก็จะได้หมายเลขพิกเซล 2 ค่า แล้วนำหมายเลขพิกเซลทั้ง 2 มาลบกัน จะได้ระยะห่างระหว่างทั้งสองจุด เนื่องจากระบบการสแกนความดำแบบอัตโนมัติ ได้เขียนโปรแกรมให้แต่ละพิกเซลมีขนาด 0.2 มิลลิเมตร ดังนั้นเมื่อได้ระยะห่างระหว่างพิกเซล จึงนำมาคูณกับ 0.2 มิลลิเมตร ก็จะได้ค่ารีโซลูชันของภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์

รูปที่ 4.12 การจัดอุปกรณ์ในการทดลองหารีโซลูชัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงค่าความดำของฟิล์มเพื่อจะทำการหารีโซลูชัน

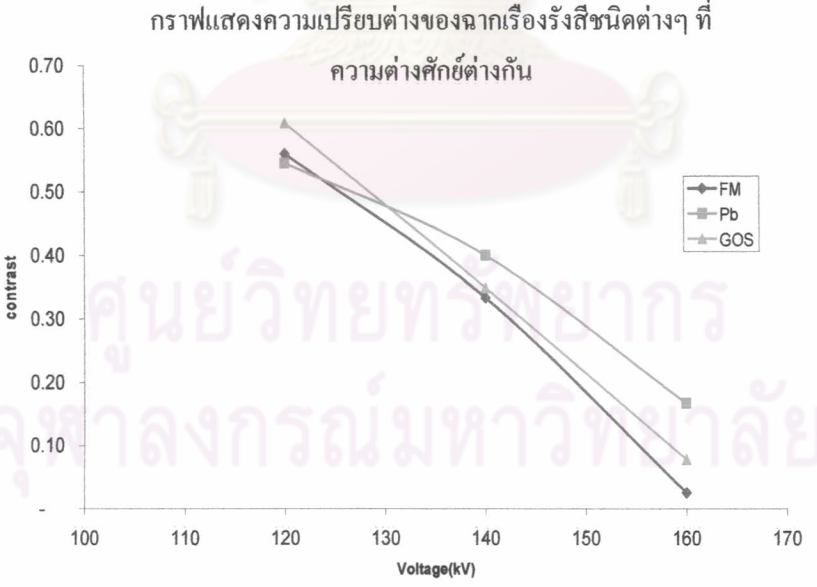
เนื่องจากค่ารีโซลูชันของภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีเอกซ์ ในที่นี้การหาค่ารีโซลูชันนิยมหาที่ความเปรียบต่างสูง ดังนั้นจึงเลือกถ่ายภาพของเหล็กขั้นบันไดด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 120 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์

จากรูปที่ 4.13 พบว่าค่าต่ำสุดของความดำสัมพัทธ์เท่ากับ 148 และค่าสูงสุดเท่ากับ 200 ดังนั้นความแตกต่างระหว่างความหนาทั้งสองคือ 52 เมื่อพิจารณาความดำของช่วงกว้างนี้ที่ร้อยละ 25 และ ร้อยละ 75 พบว่ามีช่วงกว้างของพิกเซลเท่ากับ 2.5 และในที่นี้ขนาดของพิกเซลเท่ากับ 0.2 มิลลิเมตร ดังนั้นค่ารีโซลูชันของภาพเท่ากับ 2.5 x 0.2 = 0.5 มิลลิเมตร

4.4.5 การหาความเปรียบต่าง นำฟิล์มที่ถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ของเหล็กขั้นบันไดที่เอกซ์โพเชอร์เท่ากับ 20 mA-min ที่พลังงาน 120 ,140 และ 160 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ โดยใช้ฉากเรืองรังสีชนิดต่างๆ เปรียบเทียบความดำของฟิล์มบริเวณที่อยู่ติดกัน 1 คู่ ที่พลังงานต่างๆ มาวัดความดำบนฟิล์ม เหล็กขั้นบันได้ที่หนา จะอ่านค่าความดำได้น้อยกว่าเหล็กขั้นบันไดที่บางกว่า ในที่นี้เลือกค่าความหนาของเหล็กขั้นบันได ระหว่าง 0.32 นิ้ว และ 0.42 นิ้ว นำค่าความดำบนฟิล์มที่น้อยกว่า (เหล็กหนา) และค่าความดำบนฟิล์มที่มากกว่า (เหล็กบาง) ของฉากเรืองรังสีแต่ละชนิด ณ ค่าพลังงานต่างๆ มาคำนวณค่าความเปรียบต่างดังสมการที่ 2.8 ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7 และเขียนกราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.7 ความเปรียบต่างของฉากแต่ละชนิดที่พลังงานต่างๆ

ฉากเรืองรังสี	พลังงานของรังสีเอกซ์ (keV)		
	120	140	160
FM	0.56	0.33	0.03
Pb	0.55	0.40	0.17
GOS	0.61	0.35	0.08



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความเปรียบต่างที่รังสีเอกซ์พลังงานต่าง ๆ ของฉากชนิดต่าง ๆ

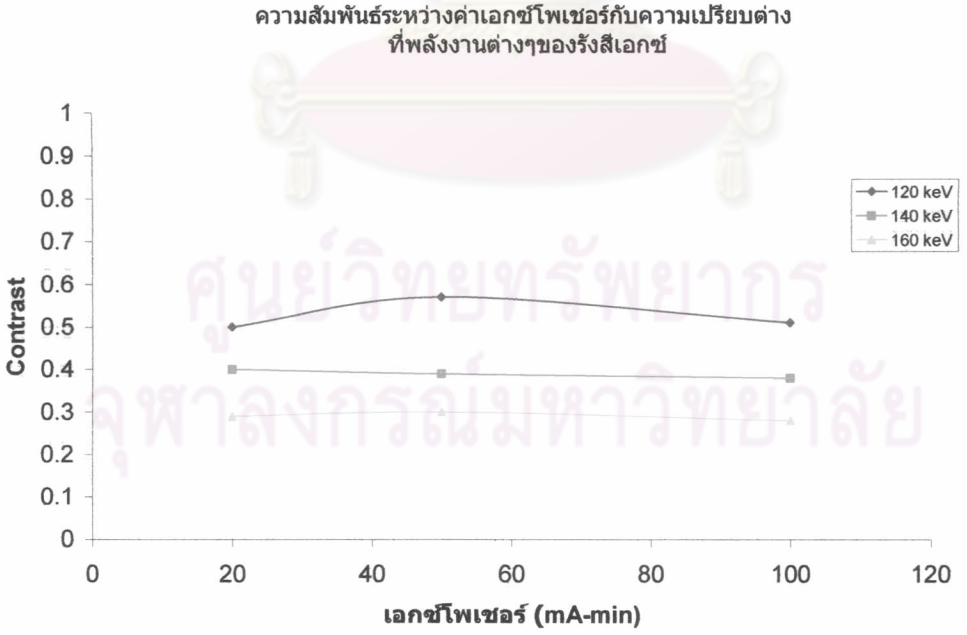
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูปที่ 4.14 พบว่า เมื่อพลังงานของรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้น ความเปรียบต่างของฉากแต่ละชนิดจะลดลง โดยที่รังสีเอกซ์พลังงาน 120 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นจะให้ค่าความเปรียบต่างที่สูงที่สุด รองลงมาคือฉากฟลูออโรเมทัลลิกและฉากตะกั่วตามลำดับ แต่เมื่อเพิ่มพลังงานเป็น 140 และ 160 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ฉากตะกั่ว จะให้ค่าความเปรียบต่างมากที่สุด รองลงมาฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นและฉากฟลูออโรเมทัลลิกตามลำดับ เนื่องจากฉากตะกั่วจะสามารถตอบสนองต่อรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงได้ดีกว่าฉากเรืองรังสีและฉากฟลูออโรเมทัลลิก

พิจารณาความเปรียบต่างของฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้น จากค่าเอกซ์โพเชอร์ต่าง ๆของพลังงานใด ๆ โดยใช้ค่าความหนาของเหล็กขั้นบันไดระหว่าง 0.32-0.42 นิ้ว ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.14

ตารางที่ 4.8 ความเปรียบต่างของฉากเรืองรังสีที่สร้างขึ้น ณ พลังงานรังสีเอกซ์ต่างๆ

เอกซ์โพเชอร์(mA-min)	พลังงานของรังสีเอกซ์ (kV)		
	120	140	160
20	0.50	0.40	0.29
50	0.57	0.39	0.30
100	0.51	0.38	0.28



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงสัมพันธ์ระหว่างค่าเอกซ์โพเชอร์กับความเปรียบต่างที่พลังงานต่าง ๆ

จากรูปที่ 4.15 เมื่อพิจารณาค่าความต่างศักย์ใด ๆ พบว่าแม้ค่าเอกซ์โพเชอร์เปลี่ยนแปลงแต่ค่าความเปรียบต่างอาจเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยหรืออาจคงที่ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบที่ค่าเอกซ์โพเชอร์เดียวกัน พบว่าค่าความต่างศักย์ของรังสีเอกซ์ที่น้อยกว่าจะให้ค่าความเปรียบต่างที่มากกว่า ดังนั้นค่าความเปรียบต่างจะแปรผกผันกับค่าความต่างศักย์หรือค่าพลังงานของรังสีเอกซ์

4.4.6 การหาแฟกเตอร์ความเข้ม นำกราฟที่ได้จากการหาผลตอบสนองต่อปริมาณรังสีของฉากเรืองรังสีมาพิจารณา โดยเลือกที่ความดำมาตรฐาน คือ 2 แล้วลากเส้นในแนวนอน ไปตัดกับเส้นกราฟของฉากเรืองรังสีต่าง ๆ และฟิล์มที่ไม่มีฉากเรืองรังสี อ่านค่าเอกซ์โพเชอร์เพื่อหาแฟกเตอร์ความเข้ม โดยนำค่าเอกซ์โพเชอร์ที่ความดำเดียวกันของฟิล์มที่ใช้ฉากชนิดต่างๆ ไปหารจากค่าเอกซ์โพเชอร์ของฟิล์มที่ไม่ได้ใช้ฉากเรืองรังสี

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบค่าเอกซ์โพเชอร์ของฉากเรืองรังสีชนิดต่างๆ ที่ทำให้ฟิล์มมีค่าความดำเท่ากับ 2

ชนิดของฉากเรืองรังสี	เอกซ์โพเชอร์ที่ความดำเท่ากับ 2
FM	11.5
GOS	12.5
Pb	15.5
Blank	64

นำค่าเอกซ์โพเชอร์ของฉากเรืองรังสีต่างๆจากตารางที่ 4.9 ไปหารกับ Blank จะได้ค่าแฟกเตอร์ความเข้ม ดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าแฟกเตอร์ความเข้ม ของฉากเรืองรังสีชนิดต่างๆ

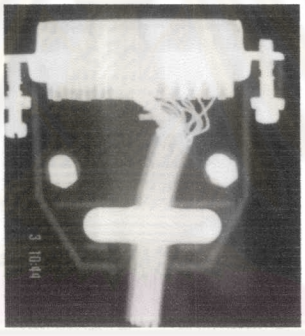
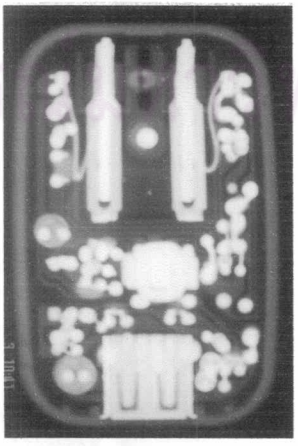
ชนิดของฉากเรืองรังสี	Intensification Factor
FM	5.57
GOS	5.12
Pb	4.13

จากตารางที่ 4.10 พบว่าค่าแฟกเตอร์ความเข้มของฉากฟลูออโรเมทัลลิกมีค่ามากที่สุด แสดงว่าที่พลังงาน 80 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ค่าความดำเท่ากับ 2 ใช้ค่าเอกซ์โพเชอร์น้อยที่สุด

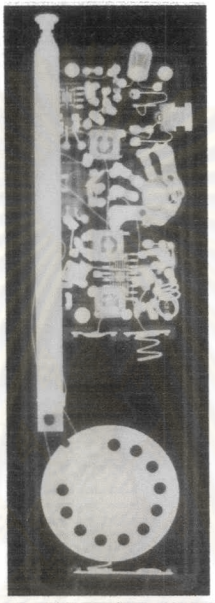
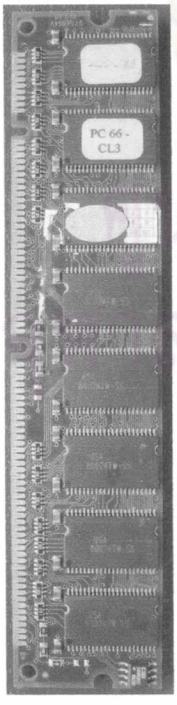
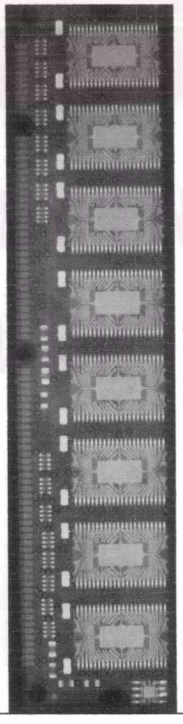
ส่วนฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้น(GOS) สามารถให้ความคำที่เหมาะสมเมื่อใช้ค่าเอกซ์โพเชอร์ไม่มากนัก เมื่อเทียบกับฉากฟลูออโรเมทัลลิกและฉากตะกั่ว

4.4.7 ผลถ่ายภาพวัสดุต่างๆ ถ่ายภาพวัสดุชนิดต่างๆ นำฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นไปทดลองถ่ายภาพวัสดุต่างๆ ด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงานและเอกซ์โพเชอร์ที่เหมาะสมกับชิ้นงาน สังเกตและวิเคราะห์ภาพถ่ายที่ได้ ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ผลการถ่ายภาพวัสดุด้วยรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 90 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์และเอกซ์โพเชอร์ เท่ากับ 100 mA-s

ภาพถ่ายของชิ้นงาน	ภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ของชิ้นงาน	วิเคราะห์ภาพถ่าย
1. printer conerter		เห็นรายละเอียดเช่น สายไฟภายในได้ชัดเจน
2. Mp3 adapter		เห็นวงจรภายในได้ชัด

ตารางที่ 4.11(ต่อ)

ภาพถ่ายของชิ้นงาน	ภาพถ่ายทางรังสีเอกซ์ของชิ้นงาน	วิเคราะห์ภาพถ่าย
3. วิทยุแบบพกพา		เห็นวงจรภายใน รวมทั้งเสาอากาศ และลำโพงได้ชัดเจน
4. SD RAM 		เห็นรายละเอียดภายในชิปได้ชัดเจน

4.5 การถ่ายภาพด้วยนิวตรอน

นำชิ้นงานที่เหมาะสมสำหรับถ่ายภาพด้วยนิวตรอน เช่นชิ้นงานที่ทำด้วยพลาสติก หรือพาราฟิน มาทำการถ่ายภาพด้วยนิวตรอน โดยต้นกำเนิดนิวตรอนคือ เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 ปรับปรุงครั้งที่1 ของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ เดินเครื่องที่กำลัง 700 กิโลวัตต์ ระยะห่างจากปากท่อนำนิวตรอน 100 เซนติเมตร ใช้เวลาในการถ่ายภาพ 3 นาที ได้ผลดังต่อไปนี้

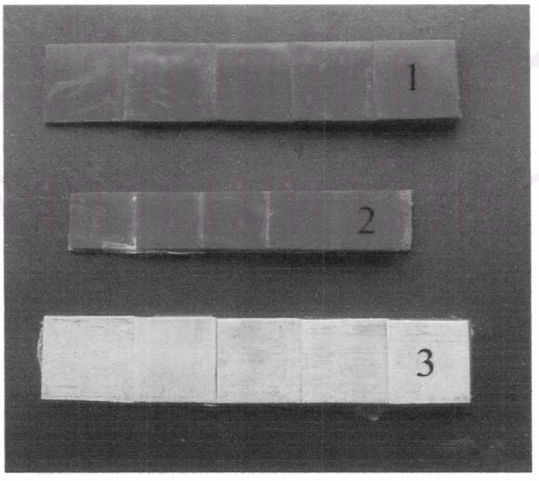
4.5.1 ถ่ายภาพพลาสติกขั้นบันไดโดยใช้นิวตรอน พลาสติกขั้นบันได้ที่ใช้มี 3 ชนิด ดังรูปที่ 4.16 ซึ่งแต่ละชนิดมีทั้งหมด 5 ขั้น โดยมีความหนาตั้งแต่ 1.05, 2.10, 3.15, 4.20 และ 5.25 มิลลิเมตร ตามลำดับ โดยแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ดังนี้

ก. หมายเลข 1 ทำมาจากพลาสติกทั้งหมด

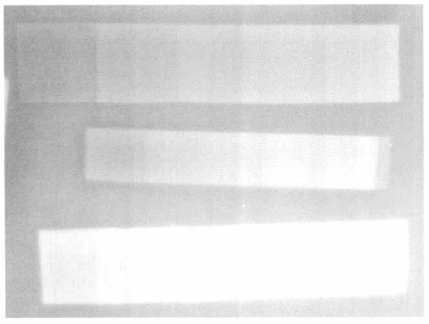
ข. หมายเลข 2 ทำมาจากพลาสติกโดยมีแผ่นแคดเมียมที่มีความหนา 0.7 มิลลิเมตรติดอยู่ด้านล่างของพลาสติกขั้นบันได

ค. หมายเลข 3 ทำมาจากพลาสติกโดยทีแผ่นแคดเมียมที่มีความหนา0.7 มิลลิเมตรติดอยู่ด้านบนของพลาสติกขั้นบันได

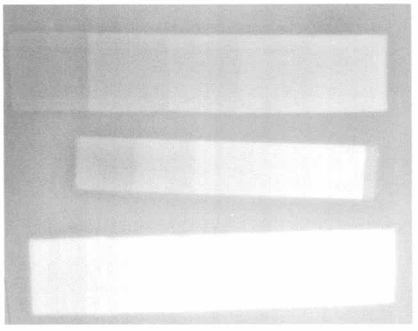
เมื่อนำไปพลาสติกขั้นบันไดแต่ละชนิดไปถ่ายภาพด้วยนิวตรอน จะได้ผลดังรูปที่ 4.17 (ก) และ (ข)



รูปที่ 4.16 รูปถ่ายพลาสติกขั้นบันไดในแบบต่างๆ



(ก) ฉากGOSที่พัฒนาขึ้น



(ข) ฉาก GOS โคนิก้า

รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนของพลาสติกขั้นบันไดแบบต่างๆ เปรียบเทียบระหว่าง ฉากGOSที่พัฒนาขึ้น และฉากGOSของโคนิก้า

จากรูปที่ 4.17 (ก) และ (ข) จะเห็นว่าพลาสติกขั้นบันไดหมายเลข 1 จะเห็นลำดับความดำของฟิล์มค่อย ๆ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จากขวาไปซ้าย เนื่องจากพลาสติกขั้นบันไดด้านขวาสุดจะมีความหนามากที่สุดและขั้นถัดไปจะมีความหนาลดลงตามลำดับ ดังนั้นขั้นพลาสติกที่หนาที่สุดจะทำให้นิวตรอนทะลุผ่านได้น้อย

พลาสติกขั้นบันไดหมายเลข 2 ที่ฐานจะมีแผ่นแคดเมียม ซึ่งแคดเมียมจะมีค่าภาคตัดขวางต่อนิวตรอนสูงที่พลังงานต่ำกว่า 0.5 อิเล็กตรอนโวลต์ ดังนั้นแคดเมียมที่ติดอยู่ที่ฐานมีผลให้นิวตรอนบางส่วนถูกดูดกลืน ดังนั้นภาพถ่ายนิวตรอนที่ได้จากพลาสติกขั้นบันไดหมายเลข 2 จึงมีความเปรียบต่างสูงกว่าภาพถ่ายนิวตรอนที่ได้จากพลาสติกขั้นบันไดหมายเลข 1

พลาสติกขั้นบันไดหมายเลข 3 มีแผ่นแคดเมียมติดอยู่ด้านบนของพลาสติกขั้นบันได ทำให้นิวตรอนช้าถูกดูดกลืนในแคดเมียมและถูกลดทอนในพลาสติกขั้นบันได จึงทำให้ภาพถ่ายนิวตรอนที่ได้มีความเปรียบต่างต่ำ

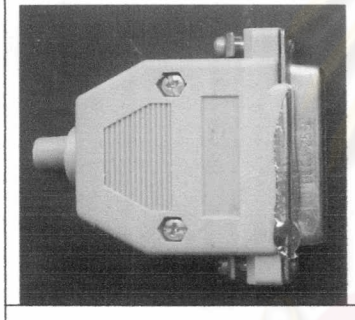
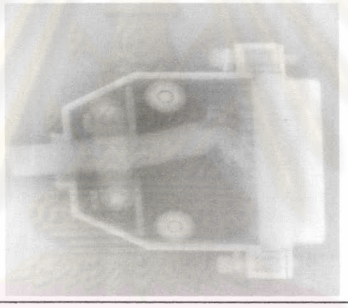
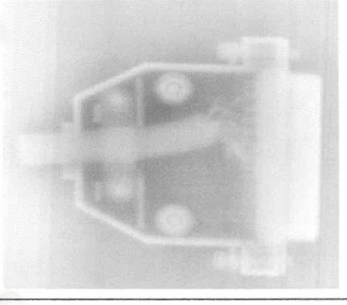
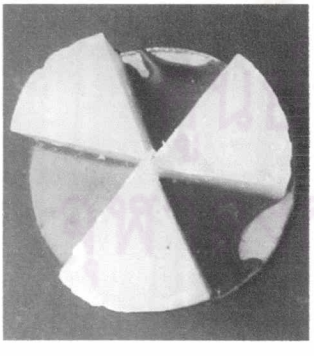
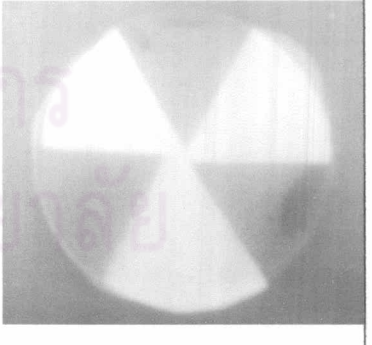
จากการเปรียบเทียบฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นกับฉากเรืองรังสีของโคนิก้า พบว่าภาพทั้งสองแตกต่างกันเล็กน้อย โดยฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นให้ความดำน้อยกว่าเล็กน้อย แต่ให้รายละเอียดใกล้เคียงกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

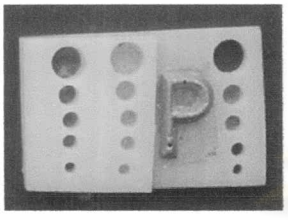
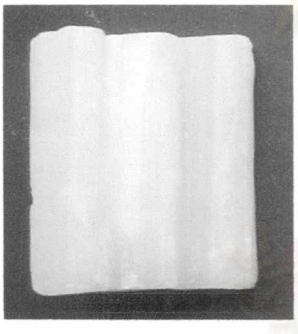
4.5.2 ภาพถ่ายวัสดุชนิดต่างๆ

ได้เลือกวัสดุบางชนิดเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นเพื่อทำการเปรียบเทียบกับฉากเรืองรังสีของโคนิก้า ซึ่งมีขายในท้องตลาด โดยมีวัสดุทดสอบ 5 ชนิดได้แก่ printer connecter , พาราฟินรูปใบพัด , แผ่นพลาสติกเจาะรูขนาดต่างๆโดยมีตัวหนังสือตะกั่วติดอยู่ด้านบน ,พาราฟินขั้นบันได และดินสอชนิดกด ซึ่งมีผลการทดลองดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบภาพถ่ายด้วยนิวตรอนของฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นกับโคนิก้า

ภาพถ่ายวัสดุ	ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนของวัสดุ	
	ฉากเรืองรังสีGOS ที่พัฒนาขึ้น	ฉากเรืองรังสีGOS ของโคนิกา
1. printer connecter 		
2. พาราฟินรูปใบพัด 		

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ภาพถ่ายวัสดุ	ภาพถ่ายด้วยนิวตรอนของวัสดุ	
	ฉากGOS ที่พัฒนาขึ้น	ฉาก GOS ของโคนิกา
3. แผ่นพลาสติกเจาะรู 		
4. พาราฟินขั้นบันได 		
5. ดินสอชนิดกด		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 4.12 พบว่าผลจากภาพถ่ายด้วยนิวตรอนของวัสดุชนิดต่างๆ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างฉากเปลี่ยนนิวตรอนแกดโดลิเนียมออกซีซัลไฟด์(เทอร์เบียม)ของโคนิก้า และฉากเรืองรังสีที่พัฒนาขึ้นมานั้น ฉากของโคนิกาจะให้ความดำที่มากกว่า เมื่อถ่ายด้วยนิวตรอนฟลักซ์ที่เท่ากัน แต่ความละเอียดของภาพถ่ายของวัสดุแต่ละชนิดไม่ต่างกัน ซึ่งถือว่าฉากเรืองรังสีที่ได้พัฒนาขึ้นมานั้นให้คุณภาพในการถ่ายภาพด้วยนิวตรอนเป็นที่น่าพอใจ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย