

การพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสโดยใช้แผ่นบันทึกภาพ



นายธรรมวัตร ยันตะพลา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2552

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF A MICROFOCUS X-RAY RADIOGRAPHIC TECHNIQUE

USING IMAGING PLATE



Mr. Thammawat Yantapla

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัส
โดยใช้แผ่นบันทึกภาพ

โดย

นายธรรมวัตร ยันตะพลา

สาขาวิชา

นิวเคลียร์เทคโนโลยี


อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

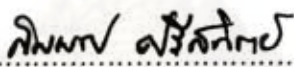
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

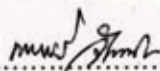
อาจารย์ เดโช ทองอร่าม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศธีรฤวงศ์)

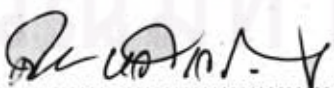
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สมยศ ศรีสถิตย์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ เดโช ทองอร่าม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถพร ภัทรสุมันต์)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ศิริชัย หวังเจริญตระกูล)

ธรรมวัตร ยันตะพลา : การพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสโดยใช้แผ่นบันทึกภาพ. (DEVELOPMENT OF A MICROFOCUS X-RAY RADIOGRAPHIC TECHNIQUE USING IMAGING PLATE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.นเรศร์ จันทน์ขาว , อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : อ.เดโช ทองอร่าม, 55 หน้า.

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพรังสี สำหรับใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กโดยใช้รังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส เทคนิคนี้ทำให้สามารถถ่ายภาพขยายได้ โดยที่ภาพถ่ายยังมีความคมชัดดี หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสที่ใช้คือ Hamamatsu L6731-01 ที่มีขนาดจุดโฟกัสไม่เกิน 8 ไมครอน มีค่าศักดาไฟฟ้าสูงสุด 80 กิโลโวลต์ และกระแสได้หลอดสูงสุด 100 ไมโครแอมแปร์ โดยใช้แผ่นบันทึกภาพ Fujifilm BAS-SR 2040 เพื่อความรวดเร็วและความสะดวกของกระบวนการสร้างภาพถ่าย ได้ทำการถ่ายภาพขยายชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไมโครชิป ตัวหนอนไหม และเมล็ดพืช โดยใช้กำลังขยายถึงประมาณ 10 เท่า ที่พลังงานรังสีเอกซ์ต่างกันและระยะเวลาในการถ่ายภาพ 10 - 30 วินาที ผลการวิจัยพบว่าค่าความเข้มของแสงจากแผ่นบันทึกภาพเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการถ่ายภาพแบบเป็นเส้นตรง และสามารถเห็นรายละเอียดของชิ้นงานที่มีขนาดเล็กกว่า 50 ไมครอนได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ระยะเวลาในการถ่ายภาพสั้นและยาว ได้ภาพที่มีคุณภาพของภาพใกล้เคียงกันภายหลังจากกระบวนการปรับแต่งภาพแล้ว และที่สำคัญมากอีกประการหนึ่งก็คือ การที่แผ่นบันทึกภาพสามารถลดระยะเวลาการถ่ายภาพลงได้อย่างมาก ย่อมมีผลทำให้อายุการใช้งานของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ยาวขึ้นมากตามไปด้วย

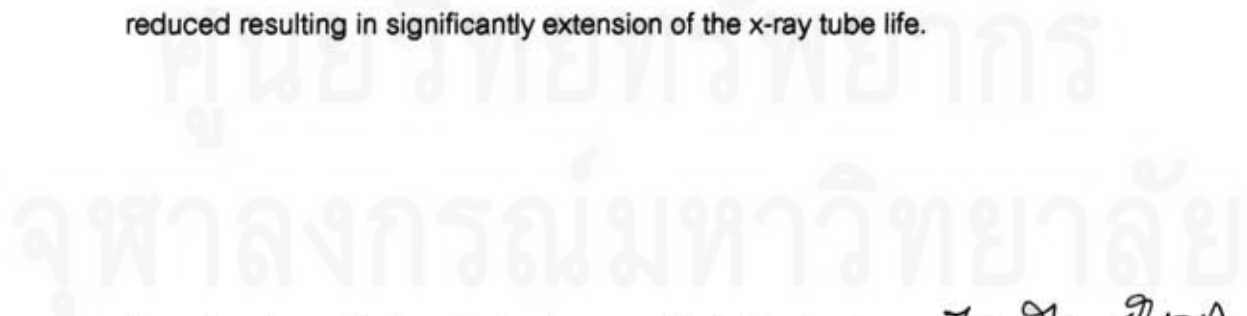
ภาควิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี... ลายมือชื่อนิสิต..... *ณัฐพร อภิบาล*.....
 สาขาวิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... *นเรศร์ จันทน์ขาว*.....
 ปีการศึกษา...2552..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม..... *เดโช ทองอร่าม*.....

4970351721 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: MICROFOCUS RADIOGRAPH / IMAGING PLATE

THAMMAWAT YANTAPLA : DEVELOPMENT OF A MICROFOCUS X-RAY
RADIOGRAPHIC TECHNIQUE USING IMAGING PLATE. THESIS ADVISOR :
ASSOC. PROF. NARES CHANKOW, THESIS CO-ADVISOR : MR.DECHO
THONG-ARAM, 55 pp.

This research was aimed to develop a radiographic technique for nondestructive inspection of small specimens by using microfocus x-rays. The technique allowed image enlargement with good image sharpness. X-rays were generated from a Hamamatsu L6731-01 microfocus x-ray tube with a focal spot size of less than 8 μm, a maximum voltage of 80 kV and a maximum filament current of 100 μA. A Fujifilm BAS-SR 2040 imaging plate was used as an image recorder for fast and convenient image processing. The image enlargement up to approximately x10 was performed at different x-ray energies and exposure times between 10 – 30 seconds for test specimens including microchip, silk worms and plant seeds. It was found that the photostimulated light (PSL) output increased linearly with increasing of the exposure time and the image resolution of less than 50 μm could be achieved. It was also found that the image quality of short and long exposure time were nearly the same after image processing and enhancement. Very importantly, by using the imaging plate, the exposure time could be greatly reduced resulting in significantly extension of the x-ray tube life.



Department.....Nuclear Technology..... Student's signature.....*Thammawat Yantapla*
Field of study.....Nuclear Technology..... Advisor's signature.....*Nares Chankow*
Academic year...2009..... Co-Advisor's signature.....*Decho Thong-aram*

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเป็นผลอันเนื่องมาจากความช่วยเหลือของ รองศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ อาจารย์เดโช ทองอร่าม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ให้คำปรึกษา และช่วยแก้ไขข้อสงสัยในปัญหาที่เกิดขึ้น อีกทั้งคณาจารย์ภายในภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ที่ถ่ายทอดความรู้ และประสบการณ์ให้แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ถามไถ่และให้กำลังใจ



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	4
2.1 การถ่ายภาพด้วยรังสี.....	4
2.2 องค์ประกอบของการถ่ายภาพ.....	5
2.3 คุณภาพของภาพ.....	7
2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพ.....	7
2.5 เทคนิคการถ่ายภาพ.....	9
2.6 เครื่องกำเนิดรังสีแบบไมโครโฟกัส.....	12
2.7 แผ่นบันทึกภาพ.....	13
3 วัสดุอุปกรณ์และวิธีการที่ใช้วิจัย.....	17
3.1 วัสดุอุปกรณ์สำหรับการวิจัย.....	17
3.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย.....	23
4 ผลการวิจัย.....	25
4.1 ผลการทำการถ่ายภาพขยายของชิ้นงานไมโครชิปที่กำลังขยายต่าง ๆ.....	25
4.2 ผลการทดลองถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ.....	25

บทที่	หน้า
4.3 การทดลองถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยใช้แผ่นกรองรังสี.....	28
4.4 ผลการทดลองถ่ายภาพเมล็ดพืชตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ.....	34
4.5 ผลการทดลองถ่ายภาพรังใหม่แมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ.....	35
4.6 ผลการทดลองถ่ายภาพแมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ.....	36
4.7 การทดลองการปรับแต่งภาพโดยใช้โปรแกรม ImageJ.....	37
4.8 ทำการทดสอบเปรียบเทียบภาพ.....	46
5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	47
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	47
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	48
รายการอ้างอิง.....	49
ภาคผนวก.....	50
ภาคผนวก ก.....	51
ภาคผนวก ข.....	53
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	ต้นกำเนิดรังสีแกมมาบางชนิดที่ใช้ในงานถ่ายภาพดัวรังสี..... 6
2.2	ข้อแตกต่างของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสและแบบทั่วไป.....13
4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีกักำลังขยาย.....25
4.2	ตารางแสดงค่าความต่างศักย์และเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพกับค่า PSL ที่ได้.....25
4.3	แสดงปริมาณลำรังสีภายหลังใช้แผ่นกรองรังสีแคดเมียมที่ความหนาต่าง ๆ..... 31



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แผนภาพแสดงหลักการถ่ายภาพด้วยรังสี.....	4
2.2 แผนภาพแสดงสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์.....	5
2.3 แผนภาพเปรียบเทียบการถ่ายภาพขยาย.....	9
2.4 แผนภาพแสดงผลของความไม่คมชัดของภาพที่เกิดจากการถ่ายภาพขยายด้วยรังสี.....	10
2.5 แผนภาพแสดงการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสี.....	11
2.6 ภาพความแตกต่างระหว่างการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสี.....	11
2.7 แผนภาพแสดงเครื่องกำเนิดรังสีแบบไมโครโฟกัส.....	12
2.8 แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในระดับพลังงาน.....	14
2.9 แผนภาพแสดงวงจรการรใช้แผ่นบันทึกภาพ.....	14
2.10 แผนภาพแสดงความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการกระตุ้นอิเล็กตรอน.....	15
2.11 แผนภาพเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นบันทึกภาพ กับฟิล์มที่ใช้ทั่วไป.....	16
3.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส.....	17
3.2 แผ่นบันทึกภาพชนิดความละเอียดสูง BAS-SR 2040.....	17
3.3 เครื่องสแกนแผ่นบันทึกภาพ.....	18
3.4 หน้าต่างแสดงโปรแกรม ImageJ.....	18
3.5 หน้าต่างแสดงภาพของโปรแกรม ImageJ.....	18
3.6 เมนูคำสั่งการปรับค่าความเปรียบต่างของโปรแกรม ImageJ.....	19
3.7 แผ่นฟอยล์อะลูมิเนียม.....	19
3.8 แผ่นโลหะแคดเมียม.....	19
3.9 แผนภาพแสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของโลหะแกโดลิเนียม.....	20
3.10 แผ่นโลหะแกโดลิเนียม.....	20
3.11 แผนภาพแสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของโลหะแกโดลิเนียม.....	21
3.12 ไมโครชิปที่ใช้ถ่ายภาพ.....	21
3.13 เมล็ดพืชที่ใช้ถ่ายภาพ.....	22
3.14 แมลงตัวอย่างที่หนึ่งที่ใช้ถ่ายภาพ.....	22
3.15 แมลงตัวอย่างที่สองที่ใช้ถ่ายภาพ.....	22
4.1 ตำแหน่งที่ใช้วัดค่า PSL.....	26
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PSL/mm ² กับเวลาที่ใช้ถ่ายภาพที่ 40 kV และ 50 kV.....	26
4.3 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ 40 kV 30 μ A โดยใช้เวลาต่าง ๆ.....	26

ภาพที่	หน้า
4.4 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ 50 kV 30 μ A โดยใช้เวลาต่าง ๆ.....	27
4.5 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด และความเบี่ยงต่างของภาพ.....	27
4.6 กราฟแสดงค่าเกรย์สเกลที่ได้จากการถ่ายภาพที่ 40 kV และ 50 kV.....	28
4.7 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ 50 kV 30 μ A 30s โดยใช้แผ่นกรองรังสี.....	29
4.8 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด และความเบี่ยงต่างของภาพตำแหน่งที่ 2.....	29
4.9 กราฟเปรียบเทียบความคมชัด และความเบี่ยงต่างของภาพที่ได้จากการถ่ายภาพโดยใช้ แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ.....	30
4.10 กราฟเปรียบเทียบความคมชัด และความเบี่ยงต่างตำแหน่งที่ 2 ของภาพที่ได้จากการ ถ่ายภาพโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ.....	30
4.11 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ.....	31
4.11 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ (ต่อ).....	32
4.12 กราฟแสดงค่าเกรสเกลที่ได้จากการถ่ายภาพที่ใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่า ความต่างศักย์ต่าง ๆ.....	32
4.13 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด และความเบี่ยงต่างของภาพภายในแกนกลาง.....	33
4.14 กราฟเปรียบเทียบความคมชัด และความเบี่ยงต่างของภาพบริเวณแกนกลางชิ้นงานที่ได้ จากการถ่ายภาพโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ.....	33
4.15 ภาพถ่ายรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่างที่โดยใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที.....	34
4.16 ภาพถ่ายรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่างที่โดยใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับ แผ่นกรองรังสีชนิดฟอยล์อะลูมิเนียม.....	34
4.17 ภาพถ่ายรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่างที่โดยใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที.....	35
4.18 ภาพถ่ายรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่างที่โดยใช้ค่าความต่างศักย์ที่ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับแผ่นกรองรังสีชนิดฟอยล์อะลูมิเนียม.....	35
4.19 ภาพถ่ายรังสีของแมลงตัวอย่างที่โดยใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที.....	36
4.20 ภาพถ่ายรังสีของแมลงตัวอย่างที่โดยใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับแผ่น กรองรังสีชนิดฟอยล์อะลูมิเนียม.....	37
4.21 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ผ่านการปรับแต่งของ 40 kV 30 μ A.....	37
4.22 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ 40 kV ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	38
4.23 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ผ่านการปรับแต่งของ 50 kV 30 μ A.....	38
4.24 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ 50 kV ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	39

ภาพที่	หน้า
4.25 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ 40 kV และ 50 kV ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	39
4.26 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ปรับค่าความเบี่ยงต่างแล้ว.....	40
4.27 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสีที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	41
4.28 กราฟเปรียบเทียบค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสีกับภาพที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	41
4.29 กราฟแสดงค่าเกรสเกลบริเวณแกนกลางของภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสีที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	42
4.30 กราฟเปรียบเทียบค่าเกรสเกลของบริเวณแกนกลางภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสีกับภาพที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว.....	42
4.31 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่าง.....	43
4.32 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีที่ใช้แผ่นกรองรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่าง.....	43
4.33 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่าง.....	44
4.34 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีที่ใช้แผ่นกรองรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่าง.....	44
4.35 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของแมลงตัวอย่าง.....	45
4.36 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีที่ใช้แผ่นกรองรังสีของแมลงตัวอย่าง.....	45
4.37 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไม้โครชิป.....	46

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ในปัจจุบัน การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ (X-ray radiography) เป็นวิธีตรวจสอบโดยไม่ทำลายวิธีหนึ่ง ที่มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งทางด้านทางการแพทย์ และด้านอุตสาหกรรม เนื่องจากประสิทธิภาพ และความสะดวกรวดเร็ว แต่ก็ยังมีข้อจำกัดต่าง ๆ บางประการในการตรวจสอบชิ้นงานบางชนิดที่การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจน เช่น ชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมาก ๆ หรือชิ้นงานที่ไม่สามารถดูกลืนรังสีเอกซ์ได้ดี และชิ้นงานที่มีการซ้อนทับกันของบริเวณที่สามารถดูกลืนรังสีเอกซ์ได้ดีกับบริเวณที่ดูกลืนรังสีเอกซ์ได้ไม่ดี อีกทั้งความก้าวหน้าทางวิทยาการทำให้เกิดชิ้นงานที่มีความซับซ้อนและยากที่จะตรวจสอบขึ้น

จึงมีการพัฒนาเทคนิค รวมถึงอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการถ่ายภาพด้วยรังสีขึ้น เพื่อช่วยให้สามารถตรวจสอบชิ้นงานได้ชัดเจน เช่น เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส ที่สามารถเพิ่มความคมชัดของภาพในการถ่ายภาพขยายของชิ้นงานขนาดเล็กเมื่อเทียบกับเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์โดยทั่วไป การใช้แผ่นบันทึกภาพ (image plate) ซึ่งมีความเร็ว (speed) สูงกว่าฟิล์มมากเป็นตัวรับภาพแทนฟิล์มเพื่อความรวดเร็วในการถ่ายภาพ และสามารถนำข้อมูลภาพที่ได้มาปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยวิธีการทางดิจิทัลได้อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการใช้แผ่นกรองรังสี (filter) เพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของลำรังสีเอกซ์และช่วยปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ของตัวอย่างบางชนิดที่ไม่สามารถตรวจสอบได้อย่างชัดเจนโดยการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ทั่วไป

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสโดยใช้แผ่นบันทึกภาพ

ขอบเขตการวิจัย

1. หาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการถ่ายภาพชิ้นงานแบบต่าง ๆ ด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสโดยใช้แผ่นบันทึกภาพ ได้แก่ พลังงานของรังสีเอกซ์ การเลือกชนิดและความหนาของแผ่นกรองรังสี และการจัดวางองค์ประกอบในการถ่ายภาพ เป็นต้น
2. ทดสอบการถ่ายภาพชิ้นงานเปรียบเทียบกับภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ทั่วไป

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. หาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์
3. ทำการทดลอง โดยการใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ ในการถ่ายภาพด้วยรังสี
4. ทดสอบถ่ายภาพชิ้นงานต่าง ๆ เปรียบเทียบกับเทคนิคทั่วไป
5. สรุปผลการวิจัยและเขียนวิทยานิพนธ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสที่ใช้แผ่นกรองรังสีช่วยในการเพิ่มคุณภาพของภาพถ่ายทางรังสี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปี 1991 Wilfried Meyer, Thomas Bartels และ Norbert Lange[1] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Construction of the avian skull, as demonstrated by direct magnifying microfocal radiography (Aves) ได้ทำการทดลองโดยการนำเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสมาใช้ในการถ่ายภาพกระดูกสันหลังคี่ระของนกขนาดเล็ก เพื่อศึกษาโครงสร้างภายใน พบว่า สามารถมองเห็นโครงสร้างภายในของกระดูกสันหลังคี่ระได้ดีเมื่อเทียบกับการใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์แบบทั่วไป

ในปี 2006 Toshiyuki ENOMOTO และคณะ[2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Enhanced Magnification Angiography Using 20- μ m-Focus Tungsten Tube ได้ทำการทดลองโดยการนำเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสมาใช้ในการถ่ายภาพหลอดเลือด (Angiography) แบบภาพขยาย ผลที่ได้พบว่า สามารถพบเห็นหลอดเลือดที่มีขนาด 100 μ m ได้อย่างชัดเจน

ในปี 2006 Hiroyuki Uchida, Kazuto Hasuie, Ken'ichi Torii, และ Hirochi Tsunemi[3] ได้ทำการวิจัยเรื่อง Contrast Enhance Imaging with Microfocus X-Ray Generator and CCD Camera, ได้ทำการทดลองโดยการนำเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสมาใช้ในการถ่ายภาพร่วมกับแผ่น CCD พบว่า เมื่อทำการถ่ายภาพที่กำลังขยาย 4 เท่าจะเห็นความไม่คมชัดที่เกิดขึ้นที่ขอบของชิ้นงานมีขนาด 60 μ m

ในปี 2546 ภาสพงษ์ ภิธรรมมา[4] ได้พัฒนาระบบควบคุมความหนาของฉนวนสำหรับเครื่องหุ้มฉนวนไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสีงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์เทคนิคการถ่ายภาพรังสีแบบไมโครโฟกัสเพื่อพัฒนาระบบควบคุมความหนาของฉนวนหุ้มสายไฟร่วมกับกรรมวิธีตรวจสอบขอบภาพ (edge detection) แบบโซเบล (Sobel) ในการวัดความหนาฉนวนหุ้มสายไฟและประเมินการเบี่ยงศูนย์กลางของเส้นลวดตัวนำในเชิงเวกเตอร์ตามแนวแกน X และแกน Y พร้อมทั้งกำเนิดสัญญาณความคลาดเคลื่อนที่เป็นสัดส่วนกันสำหรับใช้ควบคุมอัตราการฉีดฉนวนหุ้มสายไฟ ผลการทดสอบพบว่าระบบควบคุมความหนาฉนวนสายไฟที่พัฒนาขึ้นสามารถประเมินความหนาของสายไฟชนิดฉนวนหุ้ม PVC ขนาดพื้นที่หน้าตัด 1, 1.5, 2.5 และ 4 ตารางมิลลิเมตร เปรียบเทียบกับวิธีการตรวจสอบมาตรฐานให้ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 120 ไมโครเมตร



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

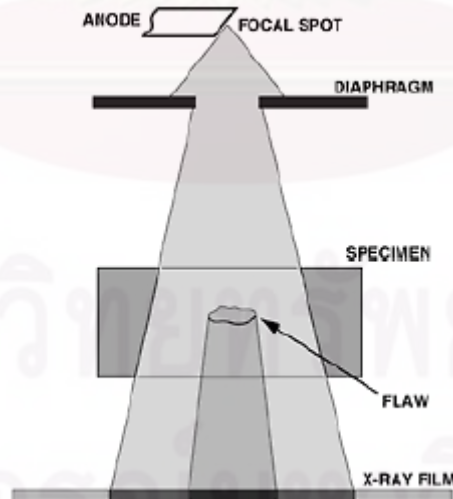
บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 การถ่ายภาพด้วยรังสี

ภาพถ่ายด้วยรังสี (radiography) เป็นวิธีการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (nondestructive testing) ที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ซึ่งกระทำการถ่ายภาพโดยอาศัยคุณสมบัติในการทะลุผ่านของรังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมา ส่งผ่านวัตถุสู่ฟิล์ม หรือ อุปกรณ์รับภาพอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบโครงสร้างภายในของชิ้นงานที่เราต้องการตรวจสอบ ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม และทางการแพทย์

การเกิดภาพของภาพถ่ายรังสีเกิดจากการทำอันตรกิริยาของลำรังสีที่ผ่านวัตถุที่มีโครงสร้างภายในแตกต่างกัน เมื่อลำรังสีที่ทะลุผ่านมาตกกระทบกับฟิล์มหรืออุปกรณ์รับภาพก็ จะทำให้มีความเข้มของปริมาณรังสีไม่เท่ากันในแต่ละส่วนพื้นที่ของฟิล์มหรืออุปกรณ์รับภาพ จึงทำให้มีความมืดและความสว่างแตกต่างกันแสดงเป็นภาพสองมิติเกิดขึ้นบนฟิล์มหรืออุปกรณ์รับภาพ ทำให้สามารถตรวจสอบโครงสร้างภายในของชิ้นงานที่ไม่สามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าได้

ในการถ่ายภาพด้วยรังสีสามารถใช้ตรวจสอบวัสดุได้นานาชนิด ไม่ว่าจะเป็นโลหะ หรือ โลหะ เช่น ในอุตสาหกรรมการผลิตโลหะหล่อ การเชื่อมโลหะ การผลิตอุปกรณ์ และชิ้นส่วน อิเล็กทรอนิกส์ หรือในงานตรวจสอบประจำ เช่น การตรวจสอบอากาศยาน ภาชนะแรงดันหรือท่อแรงดันต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงหลักการถ่ายภาพด้วยรังสี[5]

รูปที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบสำคัญของการถ่ายภาพด้วยรังสีดังนี้ จุดโฟกัส (Focal spot) ของต้นกำเนิดรังสี คือบริเวณพื้นที่ขนาดเล็กของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ ที่ปล่อยรังสีเอกซ์ออกมา สำหรับการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมา จุดโฟกัสคือขนาดของแคปซูลที่บรรจุสารกัมมันตภาพรังสี ในทั้งสองกรณี เมื่อลำรังสีตกกระทบชิ้นงาน ลำรังสีบางส่วนจะทะลุผ่าน บางส่วนจะถูกดูดกลืน บางส่วนจะกระเจิงไป ปริมาณของลำรังสีที่ทะลุผ่านออกมาจะขึ้นอยู่กับ ชนิดของวัสดุ และความหนา เช่น ถ้าชิ้นงานเป็นเหล็กที่มีฟองอากาศอยู่ภายใน ที่ว่างของฟองอากาศส่งผลทำให้ความหนาของเหล็กลดลง มีปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านออกมามากกว่าส่วนอื่น จะเห็นจุดดำเกิดขึ้นที่ภาพ เนื่องจากภาพที่เกิดขึ้นเป็นภาพเงาของชิ้นงาน บริเวณที่เป็นจุดดำเกิดขึ้นจะสอดคล้องกับบริเวณที่ความหนาของชิ้นงานลดลง

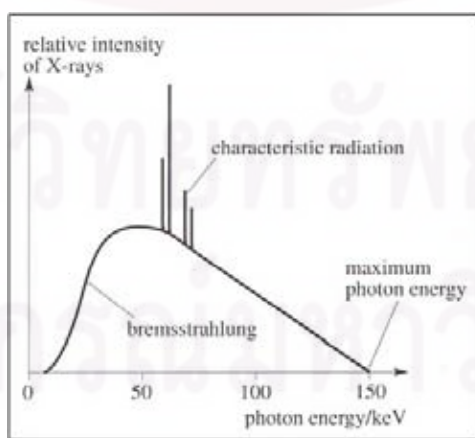
2.2 องค์ประกอบของการถ่ายภาพ

การถ่ายภาพทางรังสีมีองค์ประกอบสำคัญดังนี้

2.2.1 ต้นกำเนิดรังสี

ในการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยทั่วไปใช้ต้นกำเนิดรังสีอยู่ 2 ประเภท คือ ต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบไอโซโทป (Radioisotopic Gamma-Ray Source) และเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ (X-ray machine)

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ จะผลิตลำรังสีเอกซ์จากหลอดรังสีเอกซ์ (X-ray tube) โดยการให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านส่วนที่เป็นขั้วลบ หรือไส้หลอด เพื่อกระตุ้นให้เกิดความร้อนขึ้น ทำให้มีอิเล็กตรอนหลุดออกมา ความต่างศักย์ที่มีจะเป็นตัวนำให้อิเล็กตรอนที่หลุดออกมา วิ่งไปชนเป้าหรือขั้วบวก อิเล็กตรอนที่ชนเข้ากับขั้วบวกจะสูญเสียพลังงาน โดยจะให้พลังงานออกมาในรูปของรังสีเอกซ์ ลำรังสีเอกซ์ที่ได้ จะเป็นลำรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง (continuous X-ray)



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงสเปกตรัมพลังงานของรังสีเอกซ์ที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

ต้นกำเนิดรังสีแกมมาแบบไอโซโทปบริสุทธิ์ เป็นไอโซโทปของธาตุบางชนิดที่สลายตัวแล้วปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเล็ก ปิดผนึกห่อหุ้มด้วยเหล็กกล้าไร้สนิมสองชั้น ซึ่งพลังงานของลำรังสีแกมมาที่ปลดปล่อยออกมา จะขึ้นอยู่กับชนิดของไอโซโทปบริสุทธิ์ที่ใช้ ไอโซโทปบริสุทธิ์ทุกชนิดจะสลายตัวลดความแรงรังสีลงตามระยะเวลาที่ผ่านไป ค่าครึ่งชีวิต (half-life) เป็นค่าที่บอกระยะเวลาที่ไอโซโทปบริสุทธิ์แต่ละชนิดใช้ในการสลายตัวและลดความแรงรังสีลงครึ่งหนึ่ง[7]

ตารางที่ 2.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมาบางชนิดที่ใช้ในงานถ่ายภาพด้วยรังสี

ต้นกำเนิดรังสี	พลังงานรังสีแกมมา (keV)	ครึ่งชีวิต	ความหนาของเหล็กที่สามารถถ่ายภาพได้ (นิ้ว)
Thulium-170	84 (3.3%)	129 วัน	$\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$
Iridium-192	296 (29%) 308 (30%) 317 (81%) 604 (9%) 612 (6%)	74 วัน	$\frac{1}{2}$ - 2
Cesium-137	662 (85%)	30 ปี	1 - 2 $\frac{1}{2}$
Cobalt-60	1170 (100%) 1300 (100%)	5.26 ปี	1 - 6

2.2.2 อุปกรณ์รับภาพ

เป็นส่วนที่รับลำรังสีที่ทะลุผ่านชิ้นงานมาแล้วทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นภาพ ซึ่งภาพที่เกิดขึ้นจะเป็นผลเนื่องจากการที่ลำรังสีมีปริมาณความเข้มรังสีไม่เท่ากันในแต่ละส่วนพื้นที่ทำปฏิกิริยากันในแต่ละส่วนของตัวรับภาพเกิดเป็นข้อมูลภาพของภาพถ่ายรังสีขึ้น

โดยทั่วไปอุปกรณ์รับภาพที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือฟิล์ม แต่ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาอุปกรณ์รับภาพชนิดต่าง ๆ ขึ้นมาเป็นตัวเลือกในการใช้เป็นอุปกรณ์รับภาพ เช่น แผ่นบันทึกภาพ เป็นต้น

2.2.3 ตำแหน่งของชิ้นงาน

ชิ้นงานที่สามารถถ่ายภาพด้วยรังสีได้จะต้องสามารถวางอยู่ระหว่างต้นกำเนิดรังสีและอุปกรณ์รับภาพได้ นอกจากนี้ตำแหน่งการวางของชิ้นงานเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาพด้วย

เนื่องจากภาพที่เกิดขึ้นเกิดจากการที่ลำรังสีทะลุผ่านออกมาจากตัวชิ้นงาน เป็นภาพเงาของชิ้นงาน ด้วยเหตุนี้ภาพที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของชิ้นงานที่วางไว้ระหว่างต้นกำเนิดรังสี กับอุปกรณ์รับภาพ

อีกทั้งตำแหน่งการวางของชิ้นงานยังส่งผลถึงคุณภาพของภาพถ่ายได้ ทั้งทางด้านความคมชัดของภาพ และความเบี่ยงเบน

2.3 คุณภาพของภาพ

จะพิจารณาจากปัจจัยต่อไปนี้

- ความคมชัด (sharpness) ส่วนขอบของภาพต้องคมชัด มีส่วนที่มัวน้อยที่สุด ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากปัจจัยทางเรขาคณิตของภาพ (geometry factor)
- ความเบี่ยงเบน (contrast) ความแตกต่างของความดำในพื้นที่ต่าง ๆ ของภาพ ความเบี่ยงเบนสูงจะทำให้เห็นความแตกต่างในแต่ละส่วนได้ชัดเจนขึ้น ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากค่าศักดาไฟฟ้าสูง (Hige Voltage:kV) ที่ใช้ในการถ่ายภาพ และรังสีกระเจิง (scatter radiation) ต่าง ๆ
- ความดำ (density) ความดำโดยรวมของภาพพอเหมาะ โดยทั่วไปต้องไม่ดำมากหรือน้อยเกินไป ส่วนใหญ่เป็นผลมาจาก ค่ากระแสที่ใช้ และ เวลาที่ใช้ ในการถ่ายภาพ
- ความบิดเบือน (distortion) ภาพที่ได้ต้องมีลักษณะเหมือนกับชิ้นงานมากที่สุด ไม่บิดเบือนผิดรูปร่างไปจากชิ้นงานที่เรานำมาถ่าย ส่วนใหญ่เป็นผลมาจากการจัดวางองค์ประกอบของการถ่ายภาพ[7]

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของภาพถ่าย

1. การจัดต้นกำเนิดรังสี ชิ้นงาน และอุปกรณ์รับภาพ

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงชิ้นงานและจากชิ้นงานถึงอุปกรณ์รับภาพมีผลต่อความคมชัดและเวลาในการถ่ายภาพ เนื่องจากการเพิ่มระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงชิ้นงานและอุปกรณ์รับภาพส่งผลให้เพิ่มเวลาในการถ่ายภาพ การเพิ่มระยะทางจากชิ้นงานถึงอุปกรณ์รับภาพส่งผลให้ความคมชัดของภาพลดลง อีกทั้งการจัดแนวกึ่งกลางลำรังสีให้ตั้งฉากกับชิ้นงานและอุปกรณ์รับภาพเพื่อลดความบิดเบือนของภาพที่เกิดขึ้น

2. ต้นกำเนิดรังสี

ขนาดของต้นกำเนิดรังสีหรือจุดโฟกัส มีผลต่อความคมชัดของภาพโดยต้นกำเนิดรังสีที่มีจุดโฟกัสมีขนาดใหญ่ส่งผลให้ ความคมชัดของภาพจะลดลง

พลังงานของรังสีมีผลต่อความคมชัดและความเปรียบต่างภาพ ลำรังสีที่มีพลังงานสูงจะมีการกระเจิงของรังสีต่ำทำให้ภาพมีความคมชัดสูงแต่ลำรังสีที่มีพลังงานต่ำทำให้ภาพที่ความเปรียบต่างสูง เนื่องจากเห็นความแตกต่างของความหนาของชิ้นงานได้สูงกว่า

ความแรงรังสีหรือค่ากระแสของหลอดรังสีเอกซ์มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ กล่าวคือต้นกำเนิดรังสีมีความแรงรังสีสูงสามารถช่วยลดเวลาที่ใช้ถ่ายภาพลงได้

3. ชิ้นงาน

ความหนาของชิ้นงานมีผลต่อความคมชัดและเวลาในการถ่ายภาพ ชิ้นงานที่มีความหนามากจะให้ภาพที่มีความคมชัดต่ำและใช้เวลาในการถ่ายภาพสูงกว่า

ความกว้างของชิ้นงานมีผลต่อความสม่ำเสมอของความดำ เนื่องจากลำรังสีจะทะลุผ่านบริเวณส่วนขอบของชิ้นงานด้วยระยะทางมากกว่าบริเวณกึ่งกลางชิ้นงาน บริเวณกึ่งกลางของภาพจะมีความดำที่สูงและจะลดลงเมื่อห่างออกไป อีกทั้งต้องจัดให้ชิ้นงานสามารถอยู่ในพื้นที่ของลำรังสีทั้งหมดได้

ความแตกต่างของความหนาและความหนาแน่นของชิ้นงานมีผลต่อความเปรียบต่าง ซึ่งหมายถึงชิ้นงานที่มีความหนาและความหนาแน่นแตกต่างกันมาก ภาพที่ได้จะมีความเปรียบต่างสูง

ส่วนประกอบและความซับซ้อนของชิ้นงาน มีผลต่อเวลาในการถ่ายภาพ, ความคมชัดและความเปรียบต่างเนื่องจากการกระเจิงรังสีและความยากง่ายในการแปรผล ในชิ้นงานที่มีความซับซ้อนของโครงสร้างภายในสูงจะทำให้การกระเจิงของรังสีสูงซึ่งมีผลต่อความคมชัดและความเปรียบต่างของภาพ อีกทั้งภาพที่ได้อาจไม่สมบูรณ์เนื่องจากบางส่วนของภาพอาจถูกบดบังจากอีกส่วนหนึ่งทำให้แปรผลภาพได้ยาก

4. อุปกรณ์รับภาพ

ชนิดของอุปกรณ์รับภาพมีผลต่อความคมชัด, ความเปรียบต่างและเวลาในการถ่ายภาพ การใช้อุปกรณ์รับภาพที่มีความเร็วสูงทำให้สามารถลดระยะเวลาในการถ่ายภาพได้ แต่จะให้ภาพที่มีความคมชัดต่ำกว่า ความเปรียบต่างของภาพจะขึ้นอยู่กับค่าเกรเดียนต์ (gradient) หรือความชันของกราฟลักษณะเฉพาะของอุปกรณ์รับภาพ

5. การกระเจิงของรังสี

การกระเจิงภายในของชิ้นงานมีผลต่อความคมชัดและความเปรียบต่าง ชิ้นงานที่ทำมาจากธาตุเบาจะมีการกระเจิงภายในของชิ้นงานสูง ภาพที่ได้จึงมีความคมชัดและความเปรียบต่างต่ำ

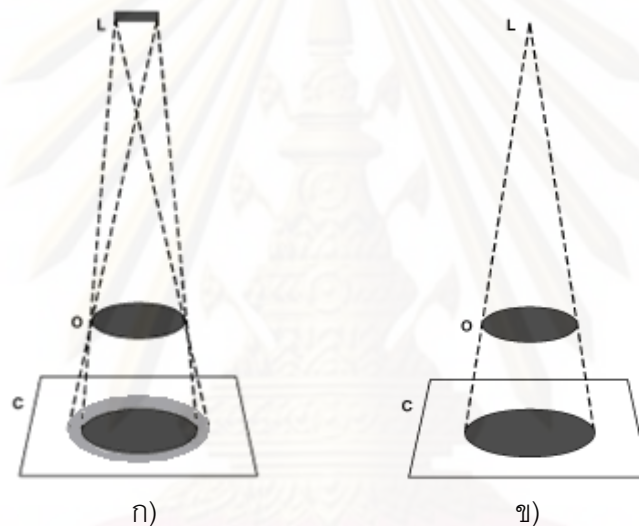
การกระเจิงจากด้านข้างเช่น การกระเจิงของรังสีจากกำแพงหรือขอบด้านข้างของชิ้นงานจะลดความคมชัดและความเปรียบต่างของภาพลง

นอกจากนี้การกระเจิงกลับของ รังสีที่ทะลุผ่านอุปกรณ์รับภาพไปแล้ว เมื่อชนพื้นมี โอกาสที่จะกระเจิงกลับมายังอุปกรณ์รับภาพก็จะส่งผลให้ความคมชัดและความเบี่ยงต่างของ ภาพลดลงได้เช่นกัน[7]

2.5 เทคนิคการถ่ายภาพ

1. การถ่ายภาพขยาย

ในการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยทั่วไป จะต้องจัดวางให้ชิ้นงานให้ติดอยู่กับฟิล์ม หรือ อุปกรณ์รับภาพมากที่สุด แต่เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับฟิล์ม หรือ อุปกรณ์รับภาพ หรือลด ระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับต้นกำเนิดรังสี ภาพที่ได้จะเป็นภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของวัตถุ จริง ทำให้สามารถตรวจสอบรายละเอียดของชิ้นงานที่มีขนาดเล็กได้

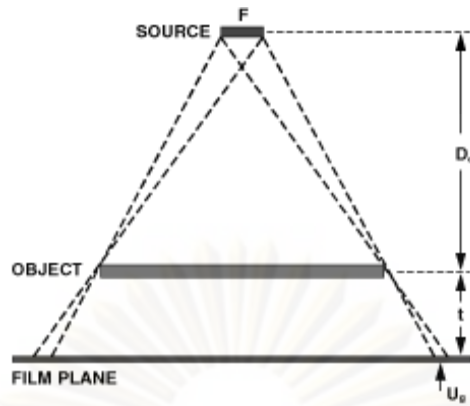


รูปที่ 2.3 แผนภาพเปรียบเทียบการถ่ายภาพขยายโดยใช้[5]

ก) เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไป ข) เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัส

จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่า การถ่ายภาพขยายโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไปจะทำให้เกิด ความไม่คมชัดของภาพ (Geometric unsharpness (U_g)) ดังที่แสดงในรูป ก) การใช้เครื่องกำเนิด รังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสจะสามารถลดความไม่คมชัดของภาพได้ดังที่แสดงในรูป ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4 แผนภาพแสดงผลของความไม่คมชัดของภาพที่เกิดจากการถ่ายภาพขยายด้วยรังสี[5]

ความไม่คมชัดของภาพสามารถคำนวณได้จาก

$$U_g = F \frac{t}{D_0}$$

โดยที่ F = ขนาดของจุดโฟกัสของต้นกำเนิดรังสี

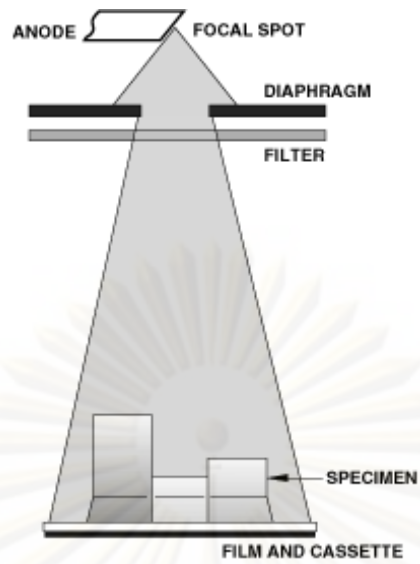
t = ระยะห่างระหว่างชิ้นงานถึงฟิล์ม หรือ อุปกรณ์รับภาพ

D_0 = ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดรังสีถึงชิ้นงาน

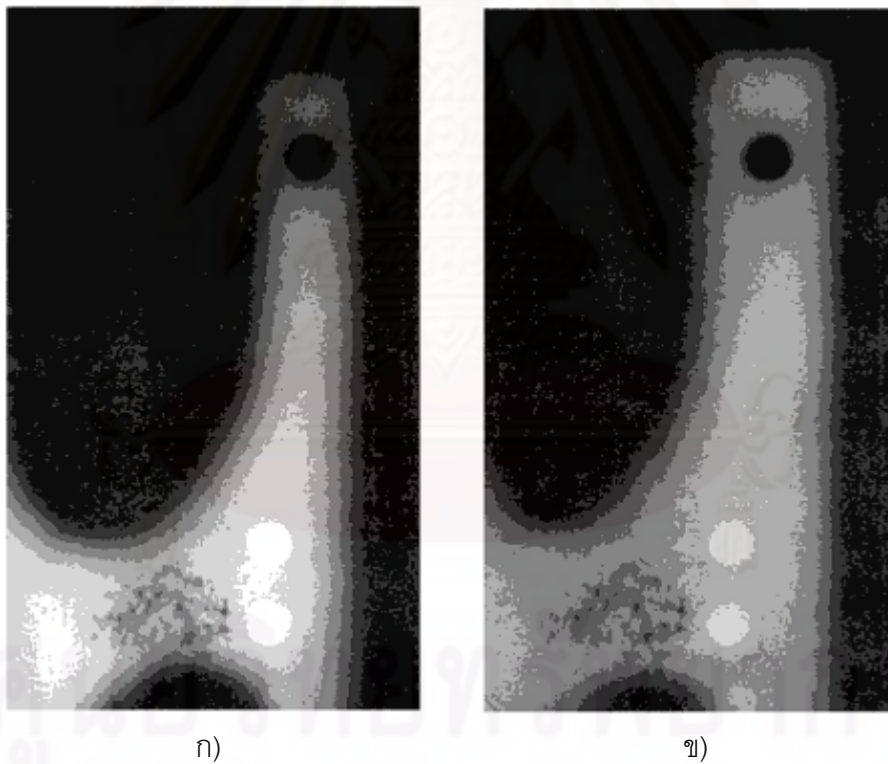
2. การใช้แผ่นกรองรังสี

แผ่นกรองรังสี คือแผ่นโลหะที่ติดตั้งไว้ระหว่างต้นกำเนิดรังสีกับชิ้นงานซึ่งมีหน้าที่ในการเปลี่ยนแปลงลำรังสี เนื่องจากลำรังสีที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์เป็นรังสีเอกซ์แบบต่อเนื่อง (continuous X-ray) ซึ่งมีหลายพลังงาน แผ่นกรองรังสีจะทำการดูดกลืนและลดทอนรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานต่ำเป็นสัดส่วนที่มากกว่ารังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูง ลำรังสีเอกซ์ที่ผ่านแผ่นกรองรังสีจึงมีปริมาณรังสีเอกซ์ที่มีพลังงานสูงมากกว่าพลังงานต่ำ จึงทำให้ลำรังสีเอกซ์มีพลังงานเฉลี่ยสูงขึ้น ความสามารถในการทะลุทะลวงสูงขึ้น ภาพที่ได้จากลำรังสีที่ผ่านแผ่นกรองรังสีแล้วจึงแตกต่างจากภาพที่ถ่ายโดยไม่ใช้แผ่นกรองรังสี

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการใช้แผ่นกรองรังสีคือ ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการทำแผ่นกรองรังสีและความหนาของแผ่นกรองรังสี



รูปที่ 2.5 แผนภาพแสดงการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสี[5]



ก)

ข)

รูปที่ 2.6 ภาพความแตกต่างระหว่างการถ่ายภาพด้วยรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสี

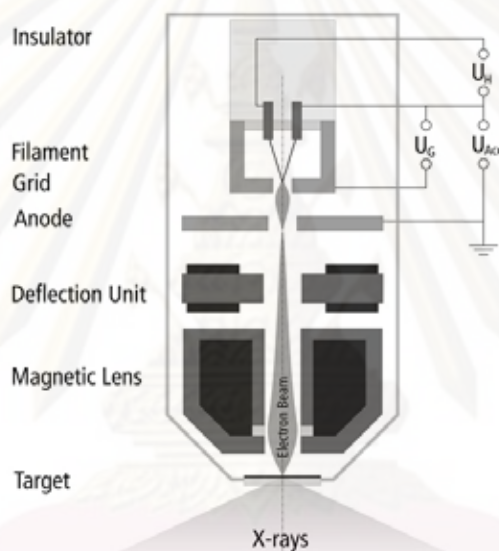
ก) แบบไม่ใช้แผ่นกรองรังสี

ข) แบบใช้แผ่นกรองรังสี

2.6 เครื่องกำเนิดรังสีแบบไมโครโฟกัส

ในการถ่ายภาพขยายเครื่องกำเนิดรังสีถือเป็นปัจจัยสำคัญในการ เนื่องจากความไม่คมชัดของภาพที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากขนาดจุดโฟกัสของต้นกำเนิดรังสี ซึ่งโดยทั่วไปเครื่องกำเนิดรังสีจะมีขนาดจุดโฟกัสประมาณ 300 ไมครอน เมื่อทำการถ่ายภาพขยายจะทำให้ความคมชัดของภาพลดลง

ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องกำเนิดรังสีแบบไมโครโฟกัสขึ้น ซึ่งเครื่องกำเนิดรังสีแบบไมโครโฟกัสจะมีขนาดของจุดโฟกัสต่ำกว่า 10 ไมครอน เมื่อนำมาถ่ายภาพขยายภาพที่ได้จะมีความคมชัดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการถ่ายภาพโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีโดยทั่วไป ภาพที่ได้จึงมีรายละเอียดของภาพดีกว่า



รูปที่ 2.7 แผนภาพแสดงเครื่องกำเนิดรังสีแบบไมโครโฟกัส

รังสีเอกซ์เกิดจากการเร่งอิเล็กตรอนให้ไปชนกับวัตถุที่ใช้เป็นเป้า ในเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส เมื่อทำการเร่งอิเล็กตรอนออกจากไส้หลอด ลำอิเล็กตรอนที่ออกมาจะผ่านเข้าไปในพื้นที่ของเลนส์สนามแม่เหล็ก (electromagnetic lens) เลนส์สนามแม่เหล็กจะทำการรวมลำอิเล็กตรอนให้มีขนาดเล็ก เมื่อลำอิเล็กตรอนตกกระทบเป้า จุดโฟกัสของลำรังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจึงมีขนาดเล็กตามไปด้วย

ตารางที่ 2.2 ข้อแตกต่างของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสและแบบทั่วไป

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส	เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไป
ขนาดจุดโฟกัส 6-8 μm	ขนาดจุดโฟกัส 200-300 μm
ค่ากระแสอยู่ในหลัก μA	ค่ากระแสอยู่ในหลัก mA

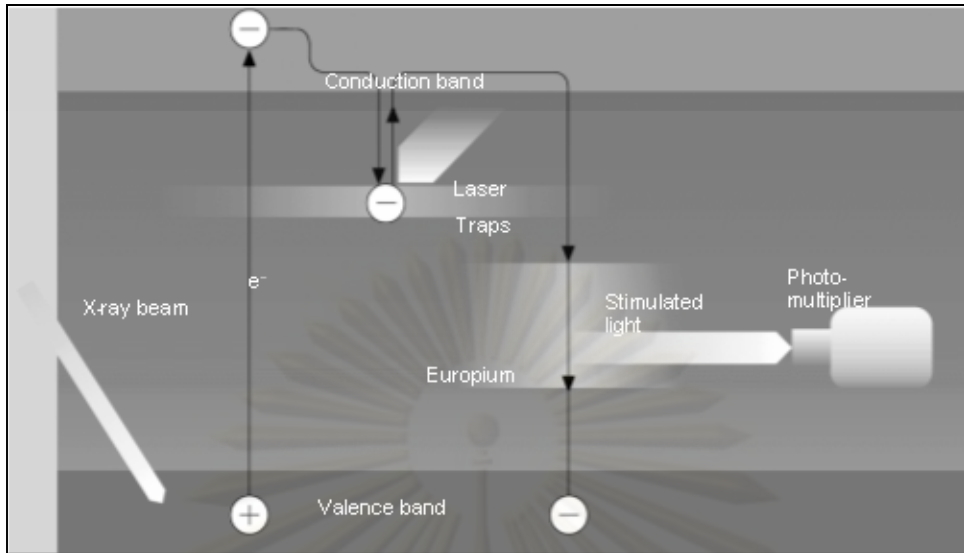
2.7 แผ่นบันทึกภาพ

แผ่นบันทึกภาพ (imaging plate) เป็นอุปกรณ์รับภาพชนิดหนึ่ง ทำหน้าที่ในการรับปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบ แล้วเกิดภาพแฝงขึ้นภายในแผ่นบันทึกภาพ หลังจากนั้น นำแผ่นบันทึกภาพที่ผ่านการถ่ายภาพรังสีแล้วไปอ่านด้วยระบบสแกนข้อมูลโดยแสงเลเซอร์ จะได้ภาพออกมาเป็นข้อมูลภาพดิจิทัลในเครื่องคอมพิวเตอร์

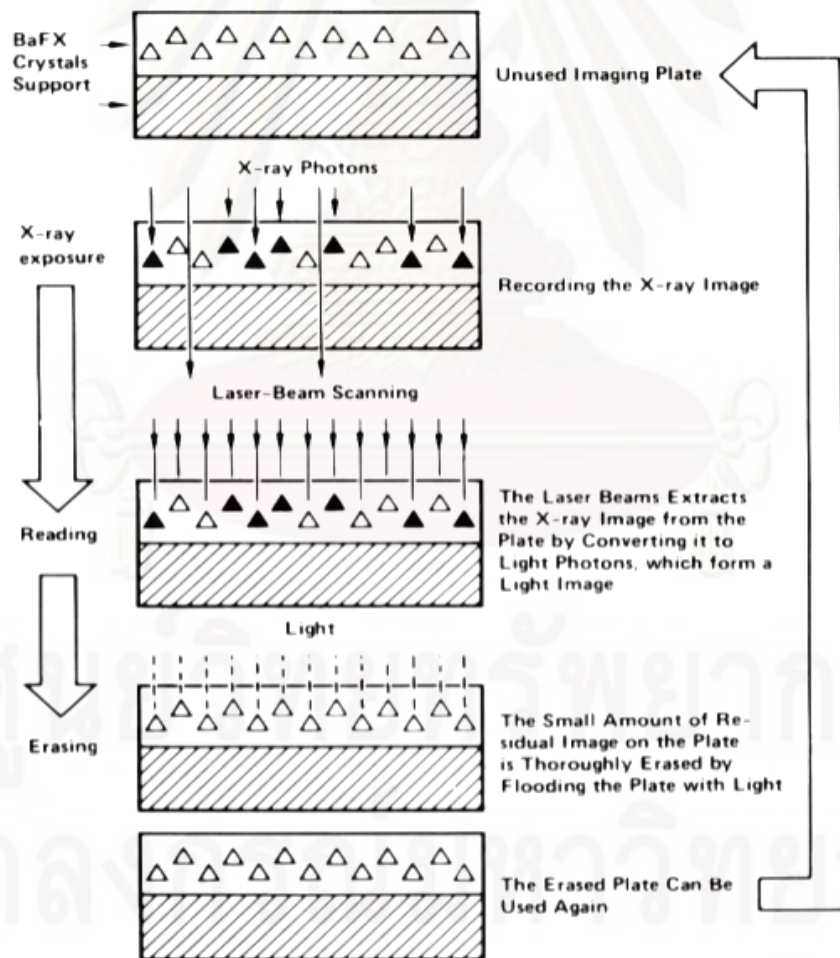
การเกิดภาพของแผ่นบันทึกภาพเกิดจากการที่ สารที่ใช้ทำแผ่นบันทึกภาพมีคุณสมบัติในการเรืองแสงจากการกระตุ้นด้วยรังสี (Photostimulated luminescence, PSL)

แผ่นบันทึกภาพมีโครงสร้างและหลักการทำงานคล้ายกับแผ่นเรืองรังสี (Intensifying screen) ตัวแผ่นบันทึกภาพประกอบไปด้วย ส่วนที่เป็นแผ่นฐานทำด้วยโพลีเอสเตอร์ (Polyester) เคลือบด้วยผลึกสารเรืองแสงกลุ่มแบเรียมฟลูออไรด์เฮไลต์ BaFX เจือด้วย bivalent Europium (Eu^{2+}) ที่ทำหน้าที่เป็น luminescence center หรือเป็นตัวบันทึกภาพ และเคลือบผิวหน้าด้วยสารป้องกันอีกชั้น เพื่อป้องกันส่วนผลึกของสารเรืองแสง

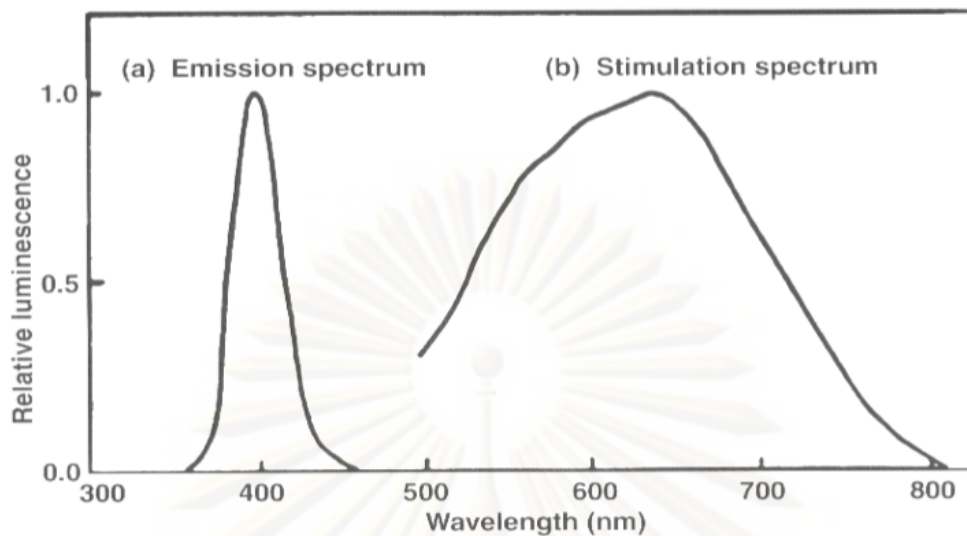
ชั้นของผลึกสารเรืองแสงกลุ่มแบเรียมฟลูออไรด์เฮไลต์ BaFX จะทำหน้าที่เป็นตัวบันทึกข้อมูลภาพโดย เมื่อมีมารังสีเอกซ์ตกกระทบ อิเล็กตรอนที่ได้รับพลังงานจากรังสีเอกซ์จะยกระดับพลังงานจากวาเลนซ์แบนด์ (Valance band) ไปสู่คอนดักชันแบนด์ (Conduction band) หลังจากนั้น เมื่ออิเล็กตรอนอยู่ในคอนดักชันแบนด์จะลดระดับพลังงานของตัวเองโดยการปลดปล่อยพลังงานและถูกดักจับด้วยกับดักอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนที่อยู่ในกับดักอิเล็กตรอนถือเป็นภาพแฝงที่เกิดขึ้น เมื่อนำแผ่นบันทึกภาพไปอ่านโดยเครื่องสแกนแผ่นบันทึกภาพ เครื่องสแกนแผ่นบันทึกภาพจะฉายลำแสงเลเซอร์ลงบนแผ่นบันทึกภาพ อิเล็กตรอนที่อยู่ในกับดักอิเล็กตรอนเมื่อถูกกระตุ้นด้วยลำแสงเลเซอร์จะสามารถลดระดับพลังงานลงสู่วาเลนซ์แบนด์ ระหว่างที่อิเล็กตรอนลดระดับพลังงานจะปลดปล่อยแสงออกมา เป็นสัดส่วนตามปริมาณอิเล็กตรอนที่ถูกกักอยู่ในกับดักอิเล็กตรอนตามพื้นที่ของแผ่นบันทึกภาพที่ถูกสแกนด้วยลำแสงเลเซอร์ แสงที่ออกมาจะถูกวัดด้วยโฟโตมัลติพลายเออร์ และนำข้อมูลของความเข้มแสงที่วัดได้ไปสร้างเป็นภาพถ่ายรังสีโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ หลังจากการสแกนจะนำแผ่นบันทึกภาพไปทำการลบ เพื่อให้อิเล็กตรอนที่ตกค้างอยู่ในกับดักอิเล็กตรอนลดระดับพลังงานลงสู่วาเลนซ์แบนด์ เพื่อให้สามารถนำแผ่นบันทึกภาพกลับมาใช้ในการถ่ายภาพรังสีอีกครั้งได้[6]



รูปที่ 2.8 แผนภาพแสดงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในระดับพลังงาน



รูปที่ 2.9 แผนภาพแสดงวงจรการใช้แผ่นบันทึกภาพ



รูปที่ 2.10 แผนภาพแสดงความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการกระตุ้นอิเล็กตรอน

a) แสงที่อิเล็กตรอนปลดปล่อยออกมาเวลาลดระดับพลังงาน

b) ความยาวคลื่นของลำแสงเลเซอร์ที่ใช้กระตุ้น

แผ่นบันทึกภาพ มีข้อดี และข้อเสีย แตกต่างจากฟิล์มบันทึกภาพดังนี้

แผ่นบันทึกภาพมีความไวสูงกว่า ทำให้สามารถใช้เวลาในการถ่ายภาพได้รวดเร็วกว่า

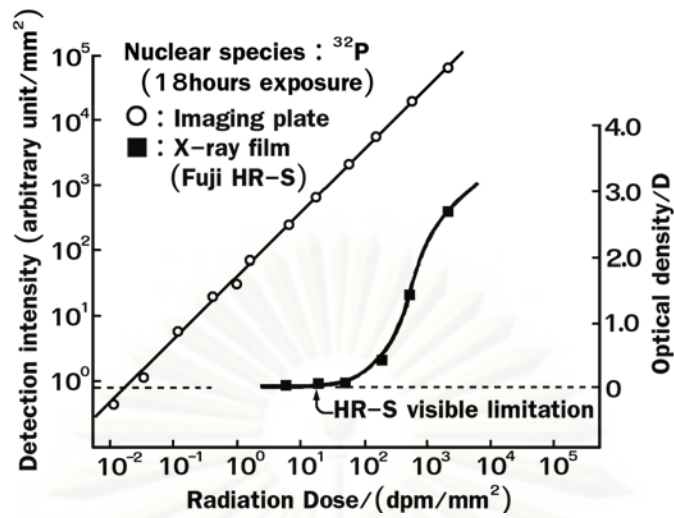
แผ่นบันทึกภาพตอบสนองต่อแสงน้อย และไม่ต้องการกระบวนการทางเคมีในการล้างฟิล์ม ทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้ห้องมืด ทั้งในการจัดเตรียมและการกำเนิดภาพ

แผ่นบันทึกภาพตอบสนองต่อรังสีเป็นเชิงเส้นในช่วงกว้าง สามารถถ่ายภาพชิ้นงานที่มีความหนา หรือความหนาแน่นแตกต่างกันได้

แผ่นบันทึกภาพสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้

ภาพที่ได้จากแผ่นบันทึกภาพ เป็นข้อมูลภาพทางดิจิทัลทันทีที่ทำให้มีความสะดวกรวดเร็วในการปรับปรุงคุณภาพของภาพด้วยคอมพิวเตอร์ อีกทั้งยังประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บข้อมูลภาพ

แผ่นบันทึกภาพและเครื่องสแกนแผ่นบันทึกภาพมีราคาแพง เมื่อเทียบกับฟิล์ม



รูปที่ 2.11 แผนภาพเปรียบเทียบคุณสมบัติของแผ่นบันทึกภาพ กับฟิล์มที่ใช้ทั่วไป

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้ในการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัสรุ่น L6731-01 จากบริษัท Hamamatsu ซึ่งวงพลังงานตั้งแต่ 20 kV ถึง 80 kV ค่ากระแส 0 μ A ถึง 100 μ A ขนาดจุดโฟกัส 8 μ m ระยะระหว่างจุดโฟกัสถึงชิ้นงานต่ำสุด 12 mm มุมฉายรังสี 39 องศา



รูปที่ 3.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส

แผ่นบันทึกภาพชนิดความละเอียดสูง BAS-SR 2040 เป็นแผ่นบันทึกภาพที่ฉาบด้วยผลึกแบบเรียมเล็กมาก ภาพที่ได้จากแผ่นบันทึกภาพชนิดนี้จะมีความละเอียดสูงกว่าแผ่นบันทึกภาพที่ฉาบด้วยผลึกขนาดใหญ่



รูปที่ 3.2 แผ่นบันทึกภาพชนิดความละเอียดสูง BAS-SR 2040

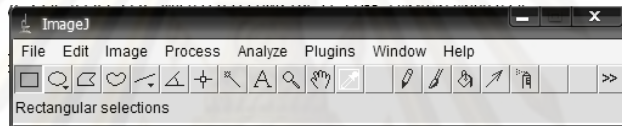
เครื่องสแกนแผ่นบันทึกภาพ FLA 5100 ทำหน้าที่ในการอ่านข้อมูลภาพจากแผ่นและบันทึกภาพเป็นข้อมูลดิจิทัลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทำการสแกนแผ่นบันทึกภาพโดยใช้

ลำแสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น 635 nm ยิงไปที่แผ่นบันทึกภาพ และวัดค่าโฟตอนแสงที่ปล่อยออกมาจากแผ่นบันทึกภาพ สามารถกำหนดความละเอียดของภาพได้ที่ขนาดพิกเซล 10 μm

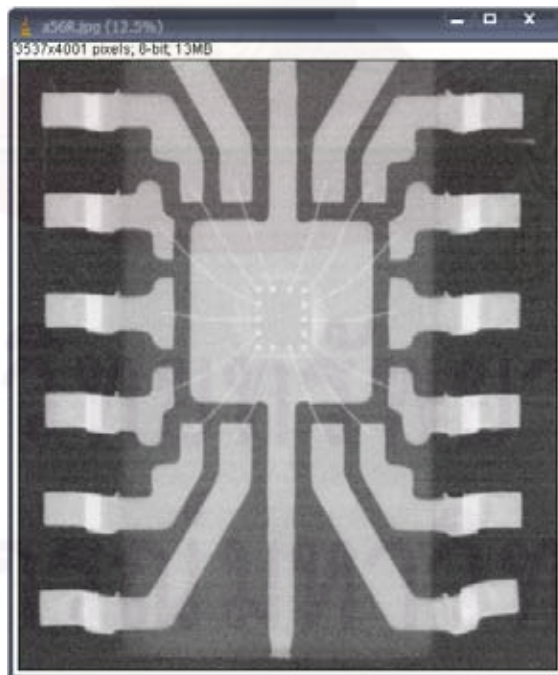


รูปที่ 3.3 เครื่องสแกนแผ่นบันทึกภาพ

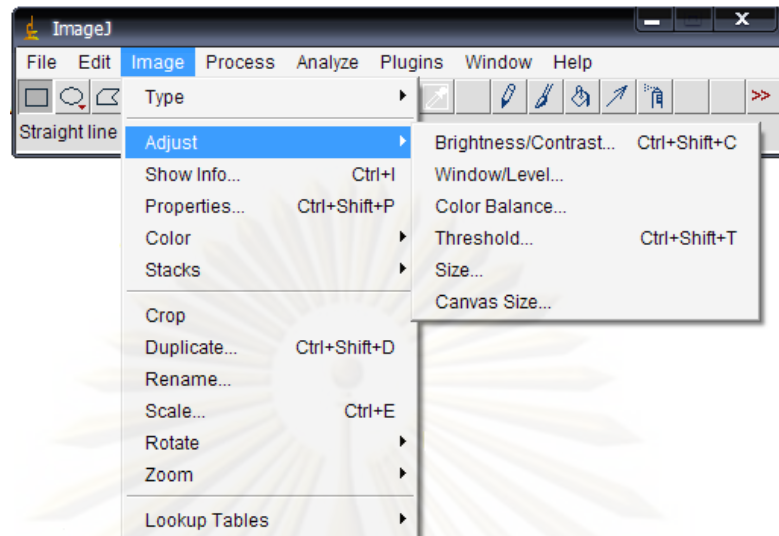
โปรแกรม ImageJ สามารถทำการปรับค่าความเปรียบต่าง และการคำนวณทางเรขาคณิตกับภาพ อีกทั้งยังสามารถปรับแต่งรายละเอียดต่าง ๆ ของภาพได้อีกด้วย



รูปที่ 3.4 หน้าต่างแสดงโปรแกรม ImageJ



รูปที่ 3.5 หน้าต่างแสดงภาพของโปรแกรม ImageJ



รูปที่ 3.6 เมนูคำสั่งการปรับค่าความเปรียบต่างของโปรแกรม ImageJ

แผ่นกรองรังสี ใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ ดังนี้ แผ่นฟอยล์อะลูมิเนียม (Al) แผ่นโลหะแคดเมียม (Cd) ความหนา 0.1 มิลลิเมตร แผ่นโลหะแกดโดลิเนียม (Gd) ความหนา 0.55 มิลลิเมตร



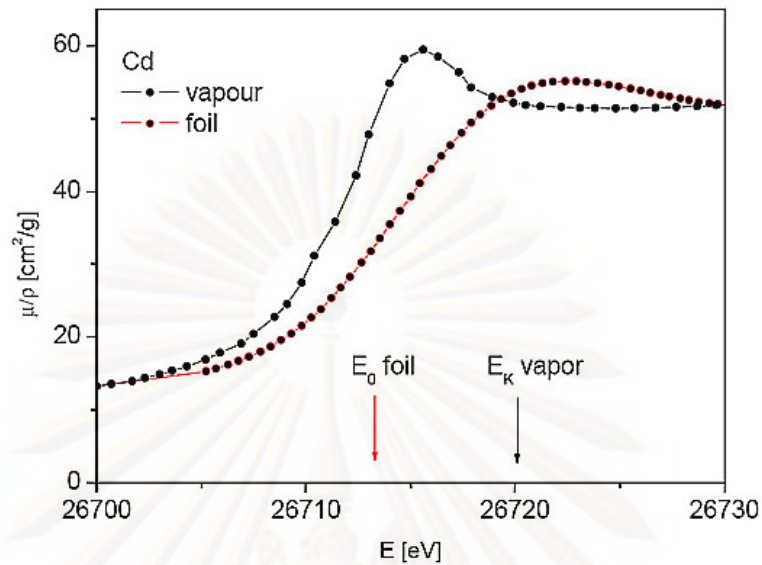
รูปที่ 3.7 แผ่นฟอยล์อะลูมิเนียม

ใช้ในการกรองรังสีที่มีพลังงานต่ำเพื่อลดความดำที่มากเกินไปในบริเวณส่วนที่บางหรือส่วนที่ดูดกลืนรังสีได้น้อยเมื่อเทียบกับบริเวณอื่น



รูปที่ 3.8 แผ่นโลหะแคดเมียม

โลหะแคดเมียมมีค่า K absorption edge ที่ 26.7 keV ซึ่งใกล้เคียงกับช่วงพลังงานของรังสีเอกซ์ที่มีความเข้มสูงที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้เป็นแผ่นกรองรังสีเพื่อดูผลของภาพที่เกิดขึ้น

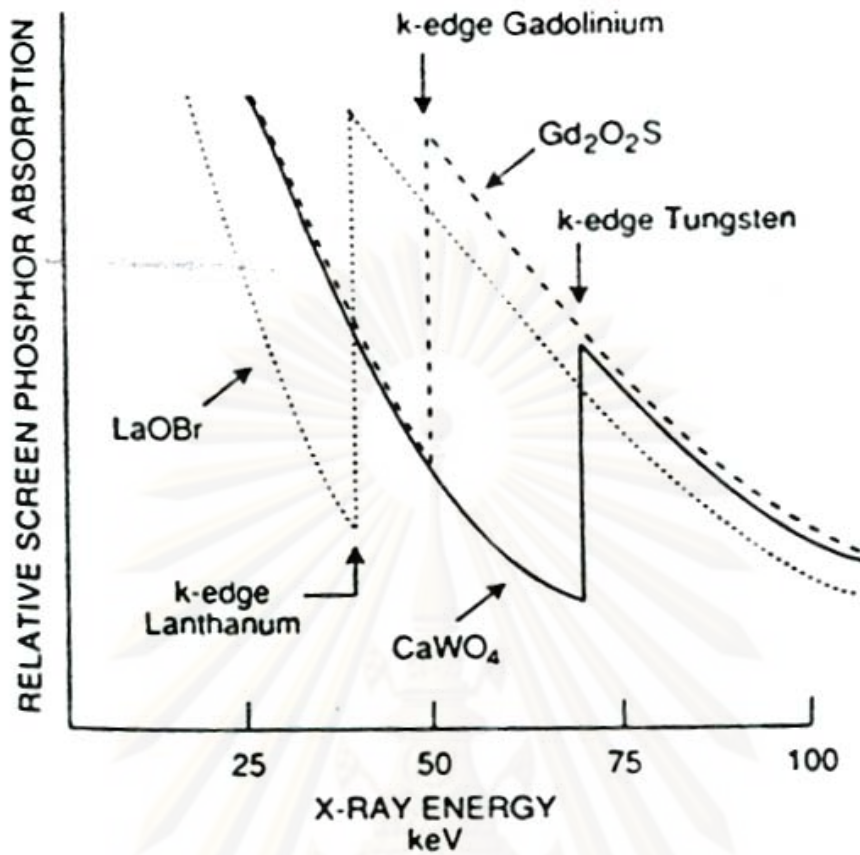


รูปที่ 3.9 แผนภาพแสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของโลหะแคดเมียม



รูปที่ 3.10 แผ่นโลหะแคดเมียม

โลหะแคดเมียมมีค่า K absorption edge ที่ 50.23 keV นำมาใช้เป็นแผ่นกรองรังสีเพื่อช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของลำรังสี



รูปที่ 3.11 แผนภาพแสดงค่าค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีของโลหะแกโดลิเนียม

ตัวอย่างชิ้นงานไมโครชิป, เมล็ดพืช และแมลงต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัย



← 1 ซม. →

รูปที่ 3.12 ไมโครชิปที่ใช้ถ่ายภาพ



← 1 ซม. →

รูปที่ 3.13 เมล็ดพืชที่ใช้ถ่ายภาพ



← 1 ซม. →

รูปที่ 3.14 เมล็ดตัวอย่างที่หนึ่งที่ใช้ถ่ายภาพ



← 1 ซม. →

รูปที่ 3.15 เมล็ดตัวอย่างที่สองที่ใช้ถ่ายภาพ

3.2 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

3.2.1 ทดสอบกำลังขยาย และทดลองถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปที่กำลังขยายต่าง ๆ

จากการคำนวณได้กำลังขยายที่ระยะห่างจากห่างจุดโฟกัสของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ต่าง ๆ กัน สำหรับระบบถ่ายภาพที่ใช้ในการวิจัยนี้วัดระยะทางจากจุดโฟกัสถึงแผ่นบันทึกภาพได้ 29.5 ซม. จึงได้ทำการคำนวณระยะทางสำหรับกำลังขยาย 5 และ 10 เท่าในระบบถ่ายภาพที่สร้างชิ้น และทำการถ่ายภาพทดสอบระยะทางกับกำลังขยายที่ตั้งไว้

3.2.2 ทำการถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ทำการถ่ายภาพขยายของชิ้นงานไมโครชิปที่กำลังขยาย 5 เท่า เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม สำหรับใช้ตรวจสอบลักษณะภาพในของชิ้นงาน ทั้งบริเวณตัวไมโครชิปที่เป็นพลาสติก และส่วน แกนกลางที่เป็นเส้นลวดโลหะที่อยู่ภายใต้แผ่นโลหะอีกชั้นหนึ่ง โดยใช้ค่าความต่างศักย์, ค่ากระแส และเวลาต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความต่างศักย์ 40 kV ค่ากระแส 30 μ A โดยใช้เวลา 10, 20 และ 30 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A โดยใช้เวลา 10, 20 และ 30 วินาที

3.2.3 ทำการถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปร่วมกับแผ่นกรองรังสีตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ทำการถ่ายภาพขยายของชิ้นงานไมโครชิปที่กำลังขยาย 5 เท่า โดยใช้ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A ในเวลา 30 วินาที และใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นกับภาพของการใช้แผ่นกรองรังสีแต่ละชนิด

ฟอยล์อะลูมิเนียม

แผ่นโลหะแคดเมียม

แผ่นโลหะแกโดลิเนียม

ทำการถ่ายภาพขยายของชิ้นงานไมโครชิปที่กำลังขยาย 5 เท่าโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิด แผ่นโลหะแกโดลิเนียม เพื่อวิเคราะห์ผลของการใช้แผ่นกรองรังสีแกโดลิเนียมกับการใช้ความต่าง ศักย์ในการถ่ายภาพที่สูงขึ้น ตามเงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความต่างศักย์ 60 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 30 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 70 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 30 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 80 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 30 วินาที

3.2.4 ทำการถ่ายภาพเมล็ดพืชตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ทำการถ่ายภาพขยายของเมล็ดพืชตัวอย่างที่กำลังขยาย 5 เท่า เพื่อตรวจสอบลักษณะ โครงสร้างภายในของเมล็ดพืชทั้งส่วนแกนกลางและเปลือกของเมล็ดโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความต่างศักย์ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 40 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

ค่าความต่างศักย์ 40 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

3.2.5 ทำการถ่ายภาพรังสีใหม่แมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ทำการถ่ายภาพขยายของรังสีใหม่แมลงตัวอย่างเพื่อตรวจสอบรายละเอียดของแมลงภายในรังสีที่กำลังขยาย 5 เท่า โดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความต่างศักย์ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 40 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

3.2.6 ทำการถ่ายภาพแมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ทำการถ่ายภาพขยายของแมลงตัวอย่างเพื่อตรวจสอบรายละเอียดภายในของแมลงที่กำลังขยาย 5 เท่า โดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ ดังนี้

ค่าความต่างศักย์ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 40 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ค่าความต่างศักย์ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

ค่าความต่างศักย์ 40 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

ค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับฟอยล์อะลูมิเนียม

3.2.7 ทำการปรับแต่งภาพโดยใช้โปรแกรม ImageJ

นำภาพที่ได้จากการวิจัยขั้นต้นมาทำการปรับแต่งความเปรียบต่างของภาพถ่ายรังสีทั้งหมดของชิ้นงานไมโครชิป, ตัวอย่างเมล็ดพืชและแมลงต่าง ๆ นำไปเปรียบเทียบกับภาพที่ไม่ได้ปรับแต่ง

3.2.8 ทำการทดสอบเปรียบเทียบภาพ

ทำการถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปด้วยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไปที่มีขนาดจุดโฟกัส 400 ไมครอน เปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสที่มีขนาดจุดโฟกัส 8 ไมครอน

บทที่ 4 วิธีการและผลการวิจัย

4.1 ผลการทำกรถ่ายภาพขยายของชิ้นงานไมโครชิปที่กำลังขยายต่าง ๆ

จากการคำนวณระยะทางของต้นกำเนิดรังสีถึงชิ้นงานของระบบพบว่า เมื่อต้องการถ่ายภาพที่กำลังขยาย 5 เท่า และ 10 เท่า ต้องวางวัตถุที่ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสีเป็นระยะทางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีกับกำลังขยาย

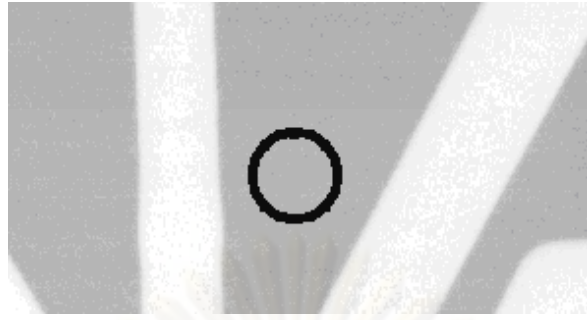
ระยะทางจากต้นกำเนิดรังสีถึงชิ้นงาน (mm)	กำลังขยาย	ขนาดพื้นที่ของชิ้นงานที่สามารถถ่ายภาพได้ (mm ²)	ความกว้างสูงสุดของชิ้นงาน (mm)
59	5	1370.2	20.88
29.5	10	342.55	10.44

4.2 ผลการทดลองถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ

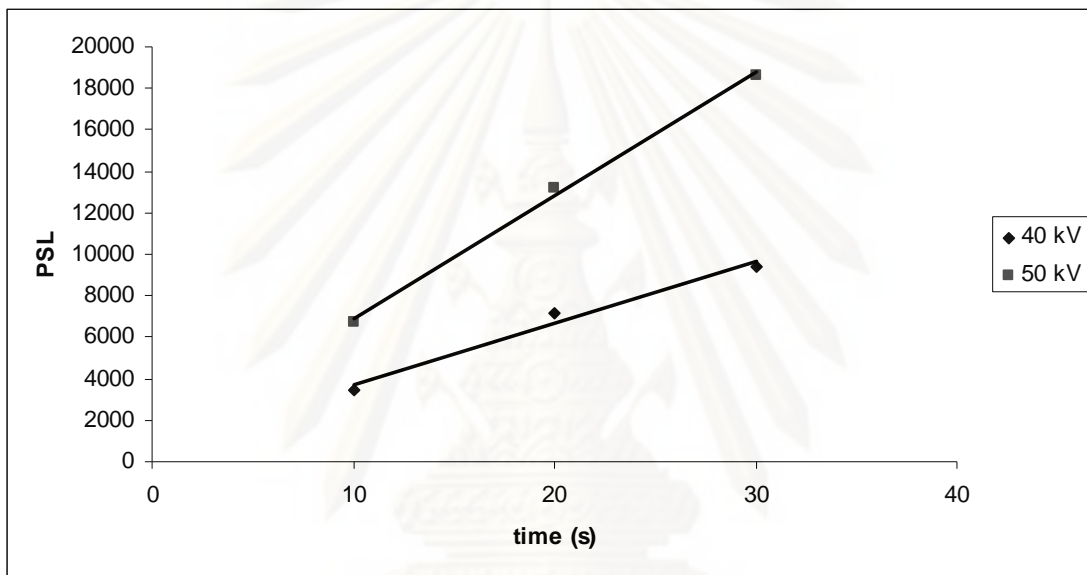
จากการทดลองถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยใช้ค่าความต่างศักย์ กระแส และเวลาต่าง ๆ กันดังแสดงในตารางที่ 4.2 ได้ค่า PSL เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการถ่ายภาพ และค่าความต่างศักย์

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงค่าความต่างศักย์ และเวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพ กับค่า PSL ที่ได้

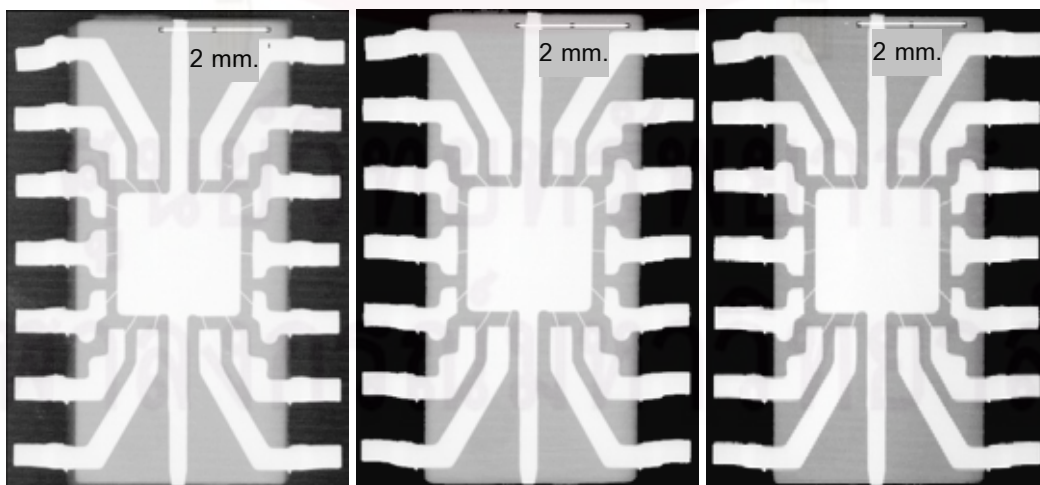
ค่าความต่างศักย์	เวลาถ่ายภาพ (วินาที)	PSL
40	10	3473.92
	20	7159.63
	30	9422.14
50	10	6699.56
	20	13147.11
	30	18582.54



รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่ใช้วัดค่า PSL



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า PSL/mm² กับเวลาที่ใช้ถ่ายภาพที่ 40 kV และ 50 kV

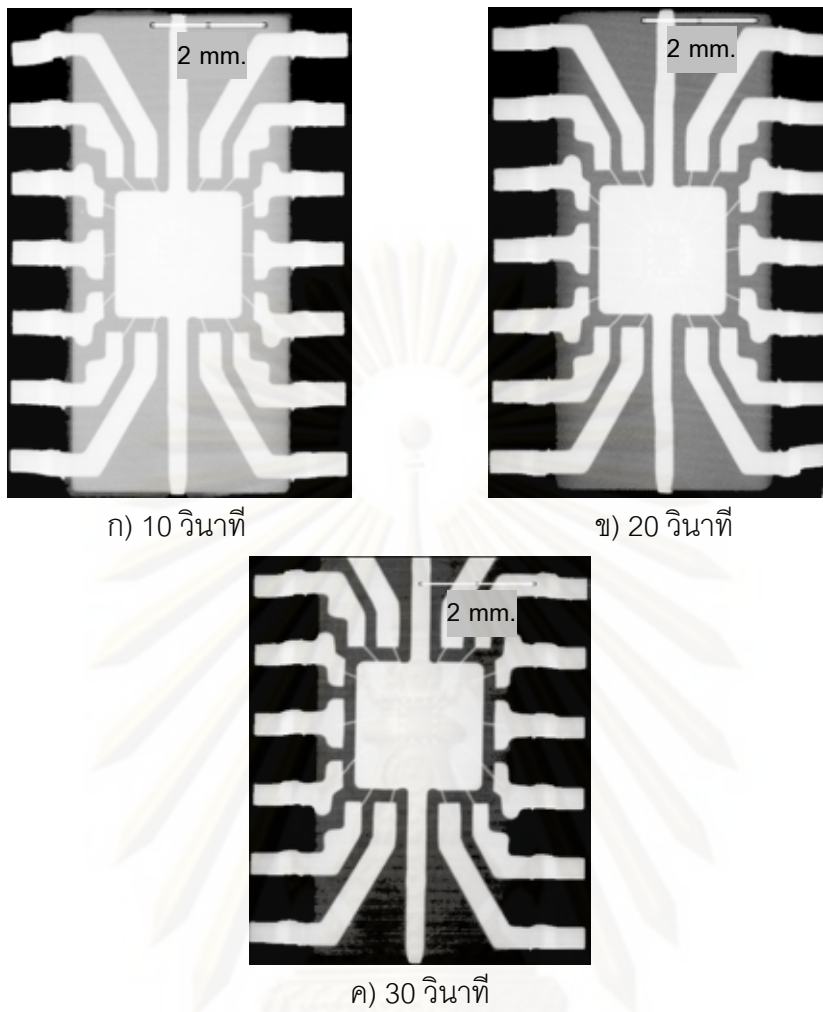


ก) 10 วินาที

ข) 20 วินาที

ค) 30 วินาที

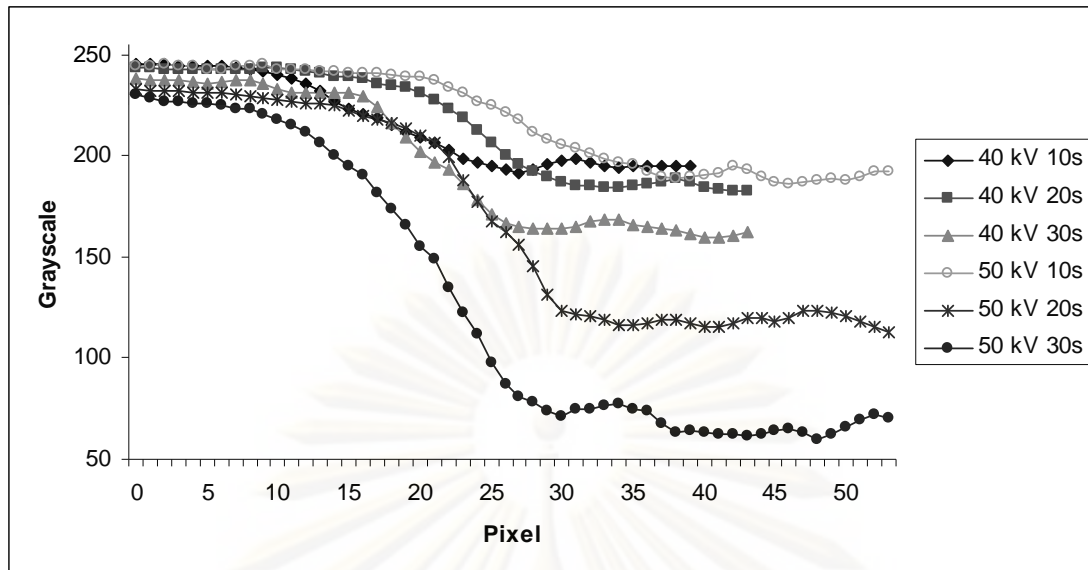
รูปที่ 4.3 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ 40 kV 30 μ A โดยใช้เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 4.4 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ 50 kV 30 μ A โดยใช้เวลาต่าง ๆ



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด และความเปรียบต่างของภาพ

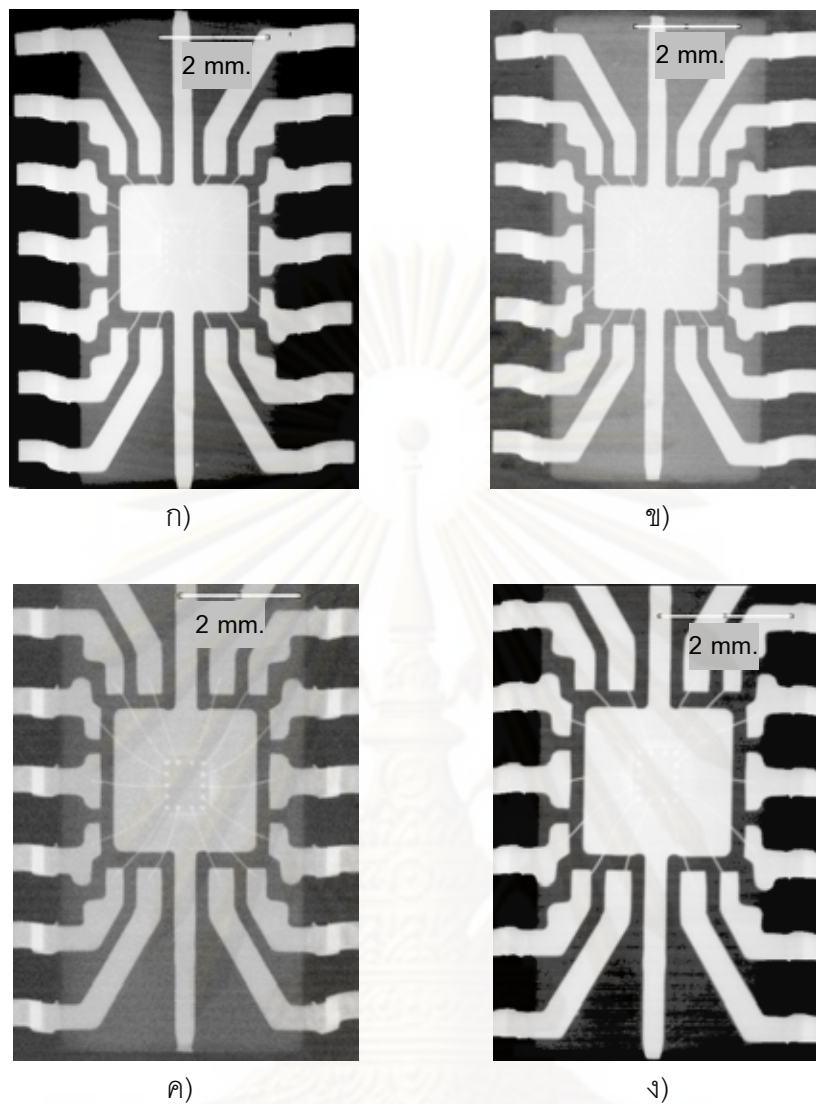


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าเกรย์สเกลที่ได้จากการถ่ายภาพที่ 40 kV และ 50 kV

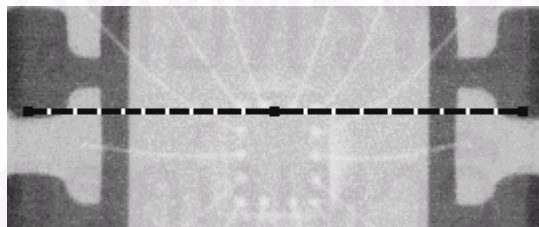
จากภาพที่ได้พบว่า ภาพที่ถ่ายด้วยค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 30 วินาที ให้ค่าความเปรียบต่างสูง สามารถเห็นรายละเอียดภายในแกนกลางของชิ้นงานได้ดีที่สุด แต่เสียรายละเอียดส่วนขอบของตัวไมโครชิปบางส่วนไปเมื่อเทียบกับภาพที่ถ่ายโดยใช้ค่าความต่างศักย์ และเวลาอื่น ๆ

4.3 ผลการทดลองถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยใช้แผ่นกรองรังสี

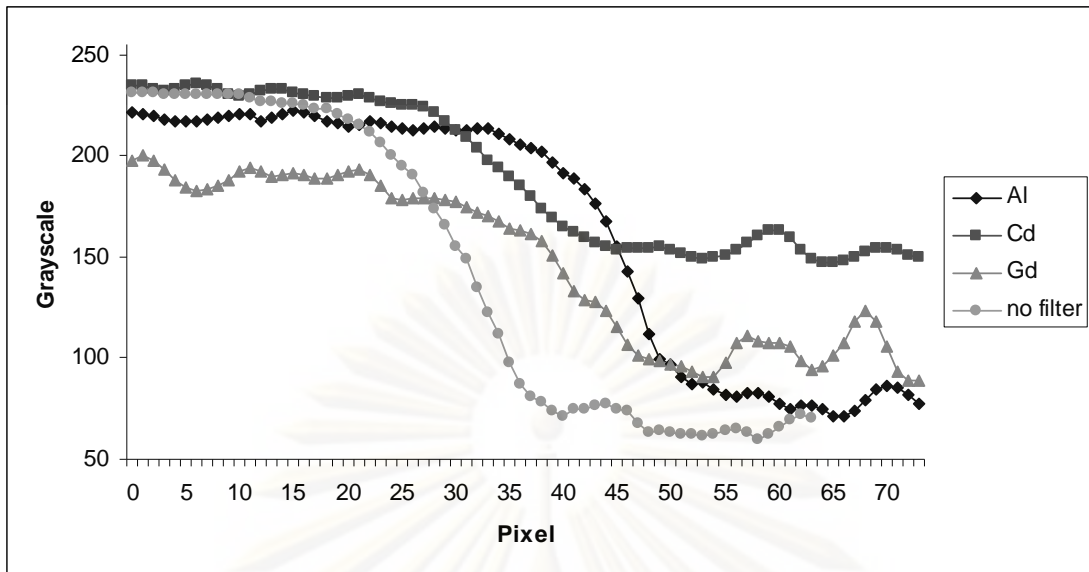
ทำการถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปโดยร่วมกับแผ่นกรองรังสีชนิด ฟอยล์อะลูมิเนียม แผ่นโลหะแคดเมียม และแผ่นโลหะแกโดลิเนียม



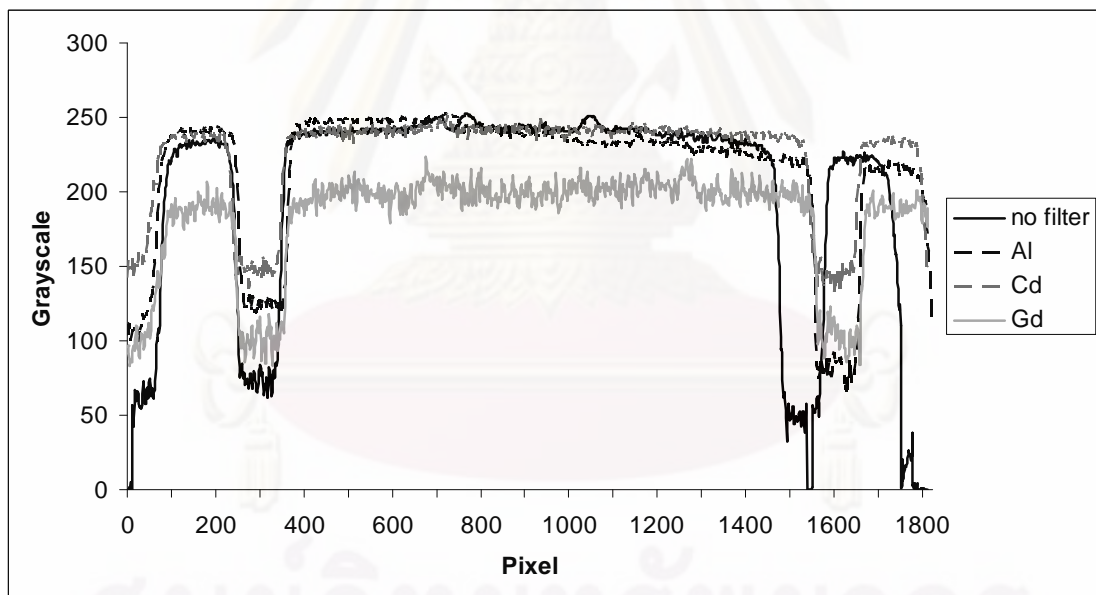
รูปที่ 4.7 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ 50 kV 30 μ A 30s โดยใช้แผ่นกรงรังสี
 ก. ฟอยล์อะลูมิเนียม ข. แผ่นแคดเมียม ค. แผ่นแกโดลิเนียม
 ง. ไม่ใช้แผ่นกรงรังสี



รูปที่ 4.8 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด และความแตกต่างของภาพตำแหน่งที่ 2



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบความคมชัด และความเปรียบต่างของภาพที่ได้จากการถ่ายภาพโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ



รูปที่ 4.10 กราฟเปรียบเทียบความคมชัด และความเปรียบต่างตำแหน่งที่ 2 ของภาพที่ได้จากการถ่ายภาพโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ

จากภาพที่ได้พบว่า ภาพที่ถ่ายโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดฟอสฟอรัสอะลูมิเนียม มีการลดความดำที่เข้มเกินไปในบริเวณส่วนขอบของชิ้นงาน แต่ภาพที่ได้เห็นรายละเอียดภายในแกนกลางไม่แตกต่างจากภาพที่ถ่ายโดยไม่ใช้แผ่นกรองรังสี ภาพที่ถ่ายโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแคดเมียมเห็น

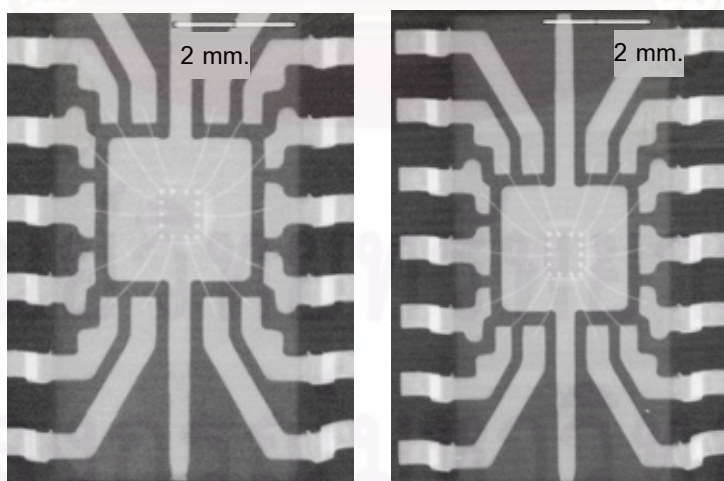
รายละเอียดบริเวณส่วนขอบชัดเจนขึ้นแต่รายละเอียดภายในแกนกลางไม่แตกต่างจากเดิม ภาพที่ถ่ายโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมภาพที่ได้เห็นรายละเอียดภายในแกนกลางของชิ้นงานได้ดีขึ้นแต่ความเปรียบต่างของบริเวณส่วนที่เป็นโลหะ (ขาของชิ้นงานไมโครชิป) กับส่วนที่เป็นธาตุเบา (ตัวชิ้นงานไมโครชิป) ลดลง

ทำการถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปร่วมกับการใช้แผ่นโลหะแคดเมียมเป็นแผ่นกรองรังสีที่มีความหนาต่าง ๆ พบว่าภาพที่ได้มีคุณภาพต่ำเนื่องจากรังสีที่ผ่านแผ่นกรองรังสีออกมา มีปริมาณน้อยมาก ภาพที่ได้คุณภาพต่ำไม่สามารถนำมาแปรผลได้

ตารางที่ 4.3 แสดงความเข้มรังสีภายหลังใช้แผ่นกรองรังสีแคดเมียมที่มีความหนาต่าง ๆ

ความหนาของแผ่น Cd	% ความเข้มของลำรังสีที่ 30 kV ที่ผ่านแผ่นกรองรังสี	% ความเข้มของลำรังสีที่ 50 kV ที่ผ่านแผ่นกรองรังสี
0.07 ซม.	5.818 %	49.129 %
0.05 ซม.	13.113 %	60.19 %
0.01 ซม.(ความหนาที่ใช้ในการถ่ายภาพ 4.6)	66.611 %	90.345 %

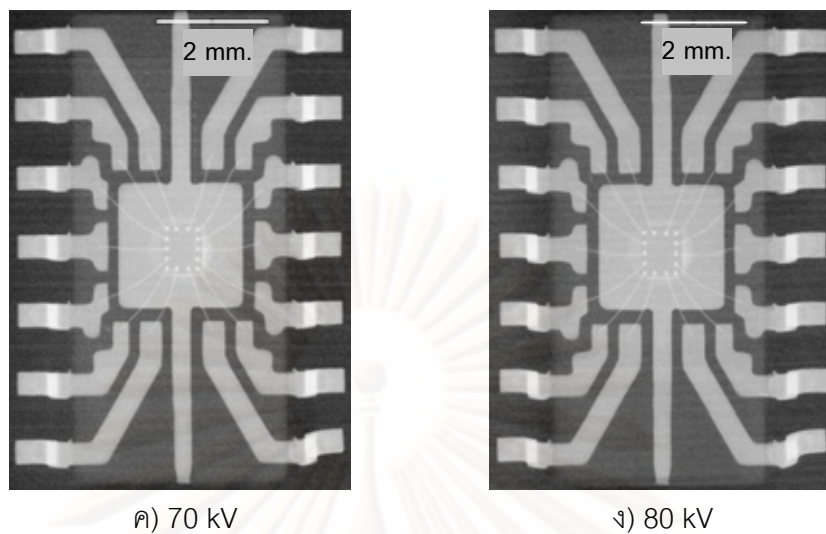
ทำการถ่ายภาพชิ้นงานไมโครชิปร่วมกับการใช้แผ่นโลหะแกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสีโดยใช้ค่าความต่างศักย์ที่สูงขึ้น



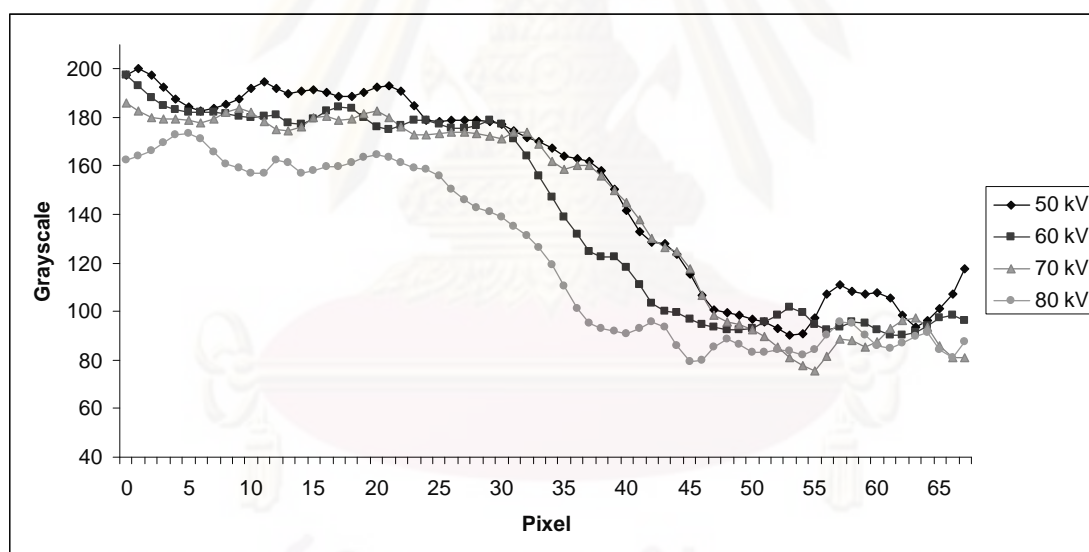
ก) 50 kV

ข) 60 kV

รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ

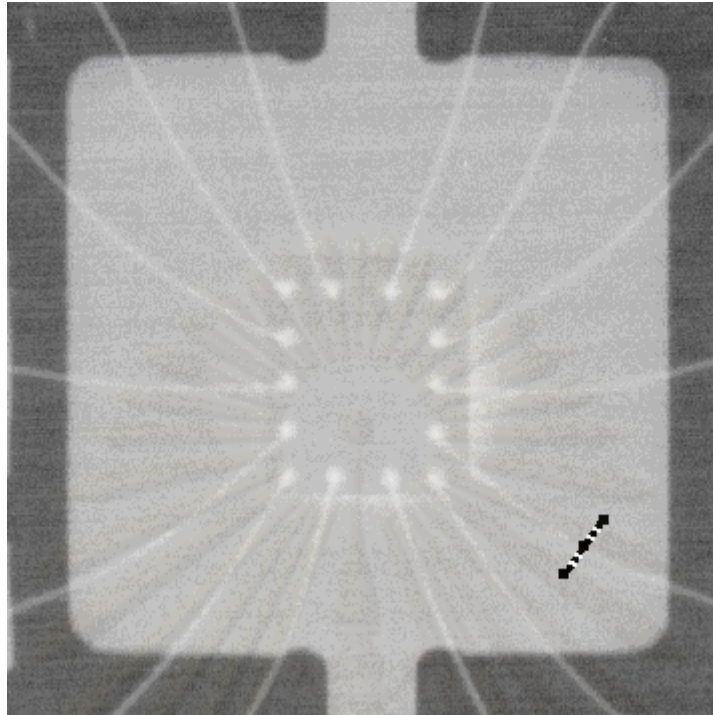


รูปที่ 4.11 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ (ต่อ)

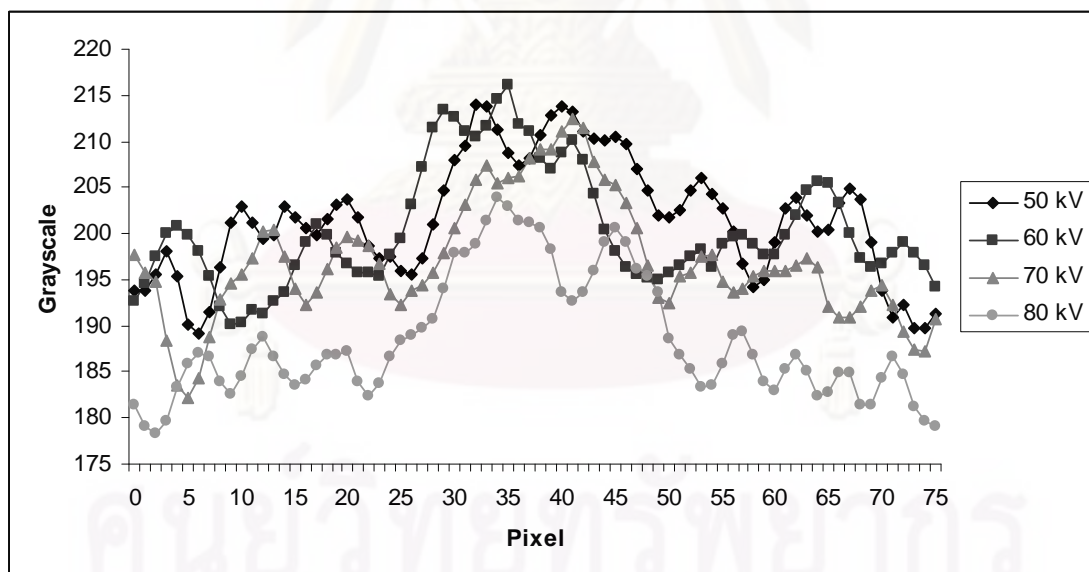


รูปที่ 4.12 กราฟแสดงค่าเกรสเกลที่ได้จากการถ่ายภาพที่โดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.13 ตำแหน่งที่ใช้ตรวจสอบความคมชัด และความเปรียบต่างของภาพภายในแกนกลาง

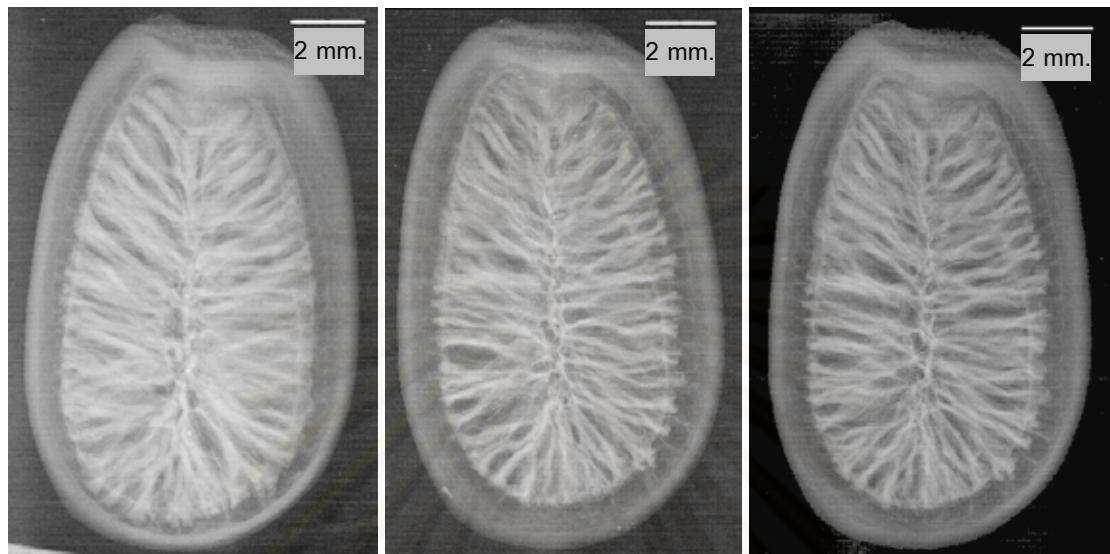


รูปที่ 4.14 กราฟเปรียบเทียบความคมชัด และความเปรียบต่างของภาพบริเวณแกนกลางชิ้นงาน ที่ได้จากการถ่ายภาพโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ

จากการทดลองพบว่า การถ่ายภาพโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ ที่เพิ่มขึ้นพบว่าภาพที่ได้มีคุณภาพไม่แตกต่างกัน ทั้งทางด้านรายละเอียดภายในแกนกลางของตัวชิ้นงาน และความเปรียบต่างของภาพ

4.4 ผลการทดลองถ่ายภาพเมล็ดพืชตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ

ผลการถ่ายภาพเมล็ดพืชตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ



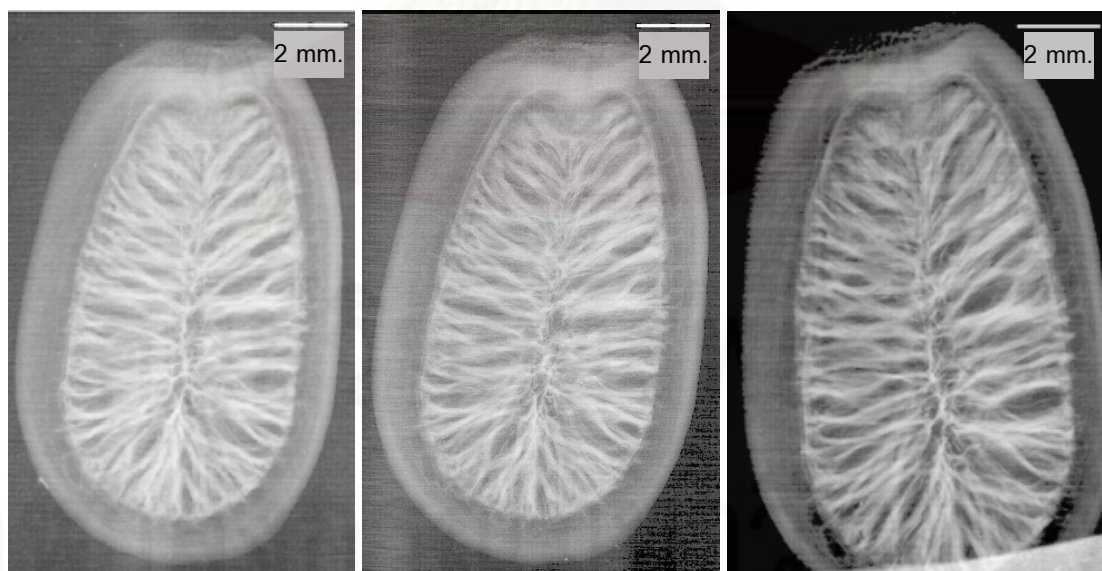
ก) 30 kV

ข) 40 kV

ค) 50 kV

รูปที่ 4.15 ภาพถ่ายรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่างที่ใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

จากภาพที่ได้พบว่า ภาพที่ถ่ายโดยใช้ค่าความต่างศักย์ 50 kV เห็นรายละเอียดภายในได้ใกล้เคียงกับกับภาพที่ถ่ายโดยใช้ค่าความต่างศักย์ 40 kV แต่เห็นรายละเอียดบริเวณเปลือกของตัวอย่างน้อยกว่า



ก) 30 kV

ข) 40 kV

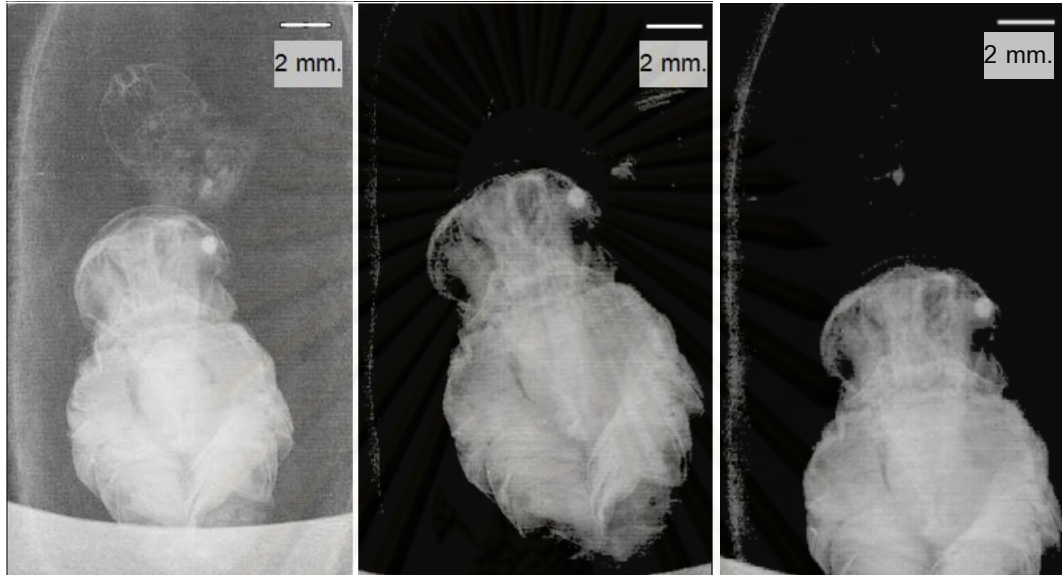
ค) 50 kV

รูปที่ 4.16 ภาพถ่ายรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่างที่ใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

ร่วมกับแผ่นกรองรังสีชนิดฟอสฟอรัสอะลูมิเนียม

จากภาพที่ได้พบว่า ในการใช้แผ่นกรองรังสีช่วยในการถ่ายภาพ สามารถเห็นรายละเอียดภาพในของภาพที่ 30 kV ได้ดีขึ้น แต่ภาพที่ 40 kV และ 50 kV ไม่เห็นความแตกต่างกันมาก

4.5 ผลการทดลองถ่ายภาพรังสีไหมแมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ



ก) 30 kV

ข) 40 kV

ค) 50 kV

รูปที่ 4.17 ภาพถ่ายรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่างที่ใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

จากภาพที่ได้พบว่า เฉพาะภาพที่ถ่ายด้วยความต่างศักย์ 30 kV เท่านั้นที่สามารถเห็นรายละเอียดบริเวณส่วนหัวของแมลงได้

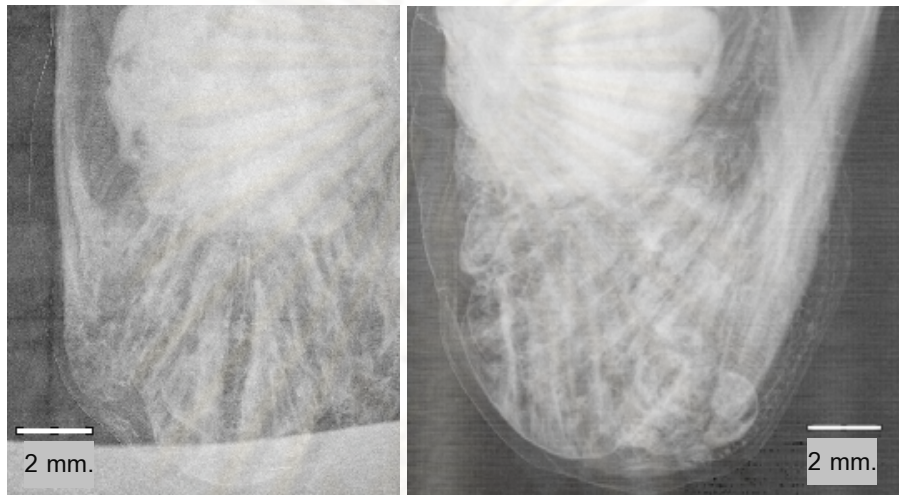


รูปที่ 4.18 ภาพถ่ายรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่างที่ใช้ค่าความต่างศักย์ที่ 30 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที ร่วมกับแผ่นกรองรังสีชนิดฟอยล์อะลูมิเนียม

จากภาพที่ได้พบว่า สามารถเห็นรายละเอียดได้ชัดเจนขึ้นเมื่อเทียบกับภาพที่ถ่ายโดยไม่ใช่แผ่นกรงรังสี

4.6 ผลการทดลองถ่ายภาพแมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ

ทำการถ่ายภาพรังสีใหม่แมลงตัวอย่างโดยใช้เงื่อนไขต่าง ๆ



ก) 30 kV

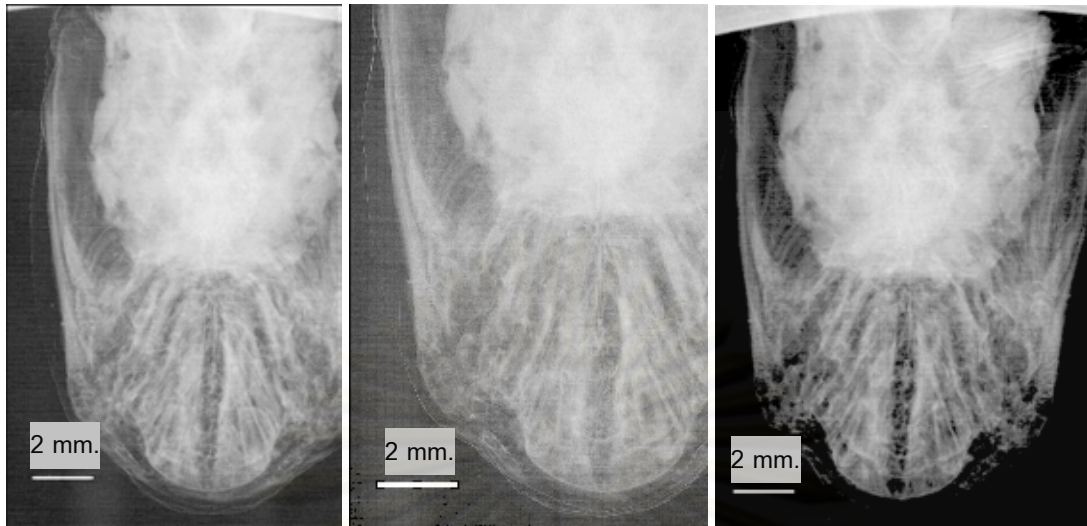
ข) 40 kV



ค) 50 kV

รูปที่ 4.19 ภาพถ่ายรังสีของแมลงตัวอย่างที่ใช้ค่ากระแสที่ 30 μ A เป็นเวลา 10 วินาที

จากภาพที่ได้พบว่า ภาพที่ถ่ายด้วยค่าความต่างศักย์ที่ 30 kV และ 40 kV สามารถเห็นรายละเอียดของตัวแมลงได้ใกล้เคียงกัน แต่ภาพที่ถ่ายด้วยค่าความต่างศักย์ 50 kV รายละเอียดบริเวณส่วนหัวของแมลงบางส่วนหายไป



ก) 30 kV

ข) 40 kV

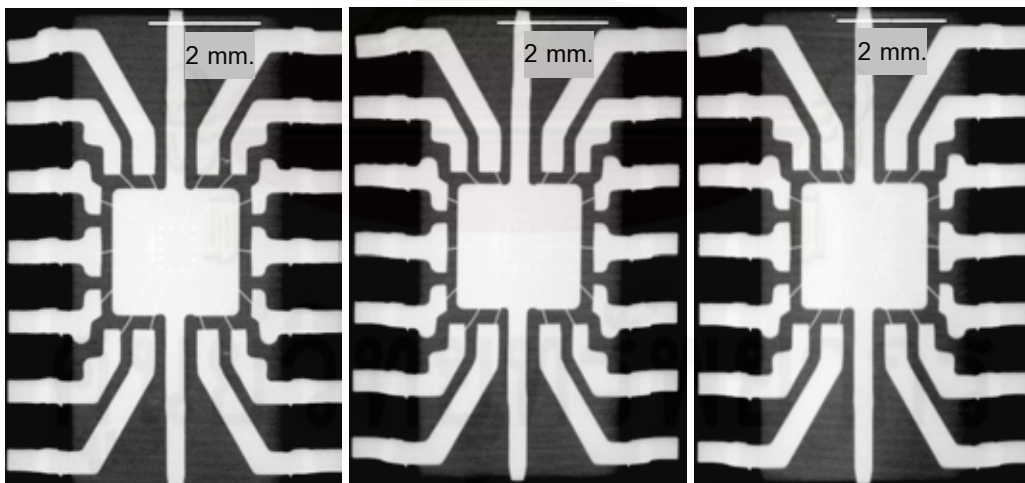
ค) 50 kV

รูปที่ 4.20 ภาพถ่ายรังสีของแมลงตัวอย่างที่ใช้ค่ากระแสที่ 30 μA เป็นเวลา 10 วินาทีพร้อมกับแผ่นกรองรังสีชนิดฟอสฟอรัสอะลูมิเนียม

จากภาพที่ได้พบว่า ภาพที่ถ่ายด้วยค่าความต่างศักย์ที่ 30 kV และ 40 kV สามารถเห็นรายละเอียดของตัวแมลงได้ดีขึ้น ภาพที่ถ่ายด้วยค่าความต่างศักย์ 50 kV สามารถเห็นรายละเอียดได้ดีขึ้นเช่นกัน แต่รายละเอียดบริเวณส่วนหัวของแมลงบางส่วนยังหายไปเช่นเดิม

4.7 ผลการทดลองการปรับแต่งภาพโดยใช้โปรแกรม ImageJ

ทำการปรับแต่งค่าความเปรียบต่างของภาพโดยใช้โปรแกรม ImageJ

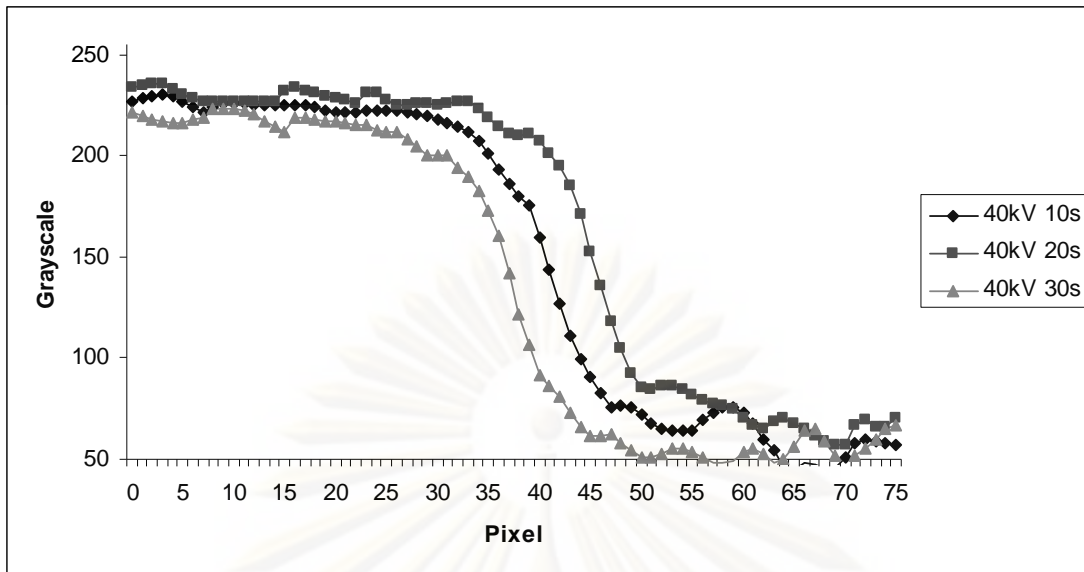


ก) 10 วินาที

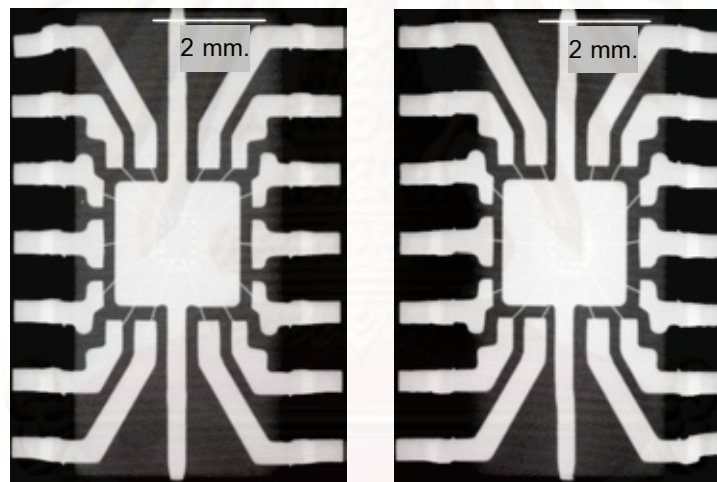
ข) 20 วินาที

ค) 30 วินาที

รูปที่ 4.21 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ผ่านการปรับแต่งของ 40 kV 30 μA

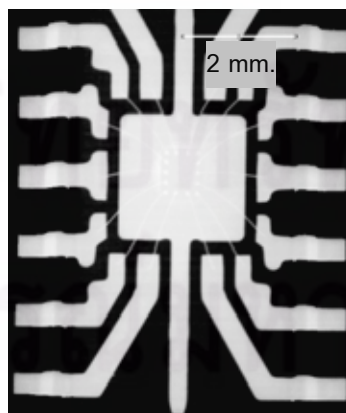


รูปที่ 4.22 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ 40 kV ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว



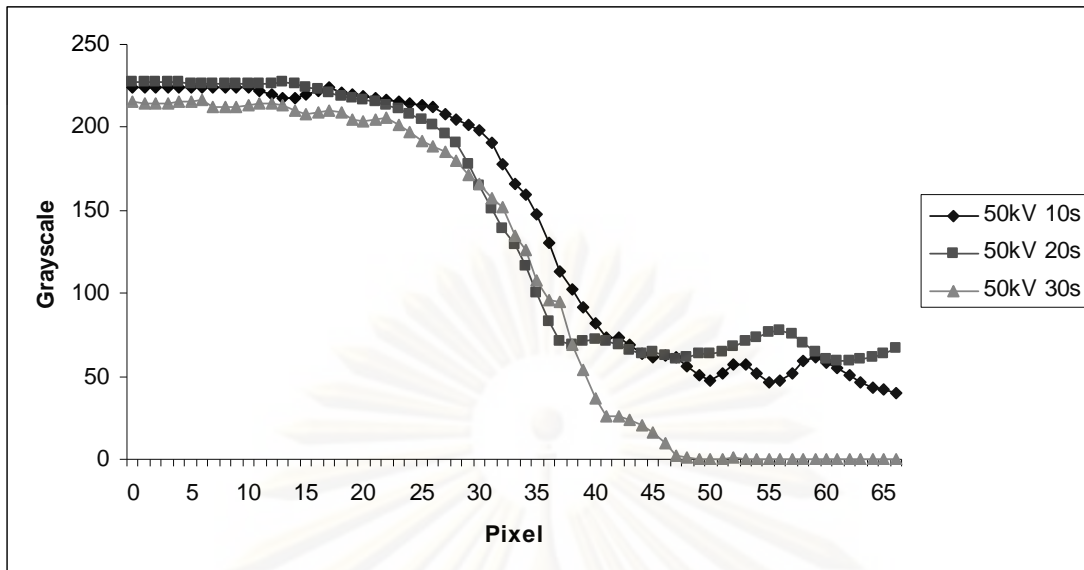
ก) 10 วินาที

ข) 20 วินาที



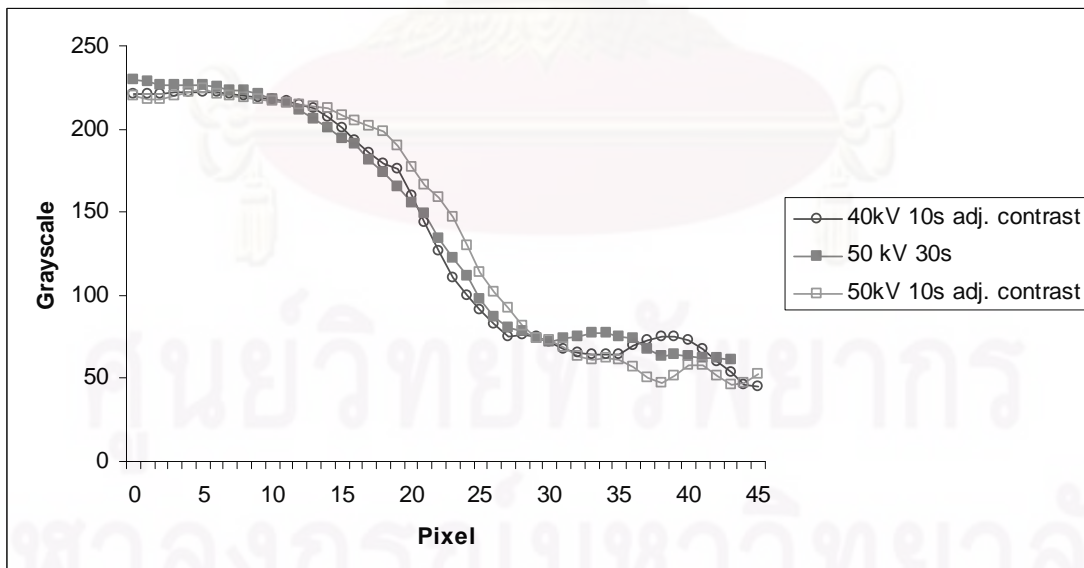
ค) 30 วินาที

รูปที่ 4.23 ภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิปที่ผ่านการปรับแต่งของ 50 kV 30 μ A



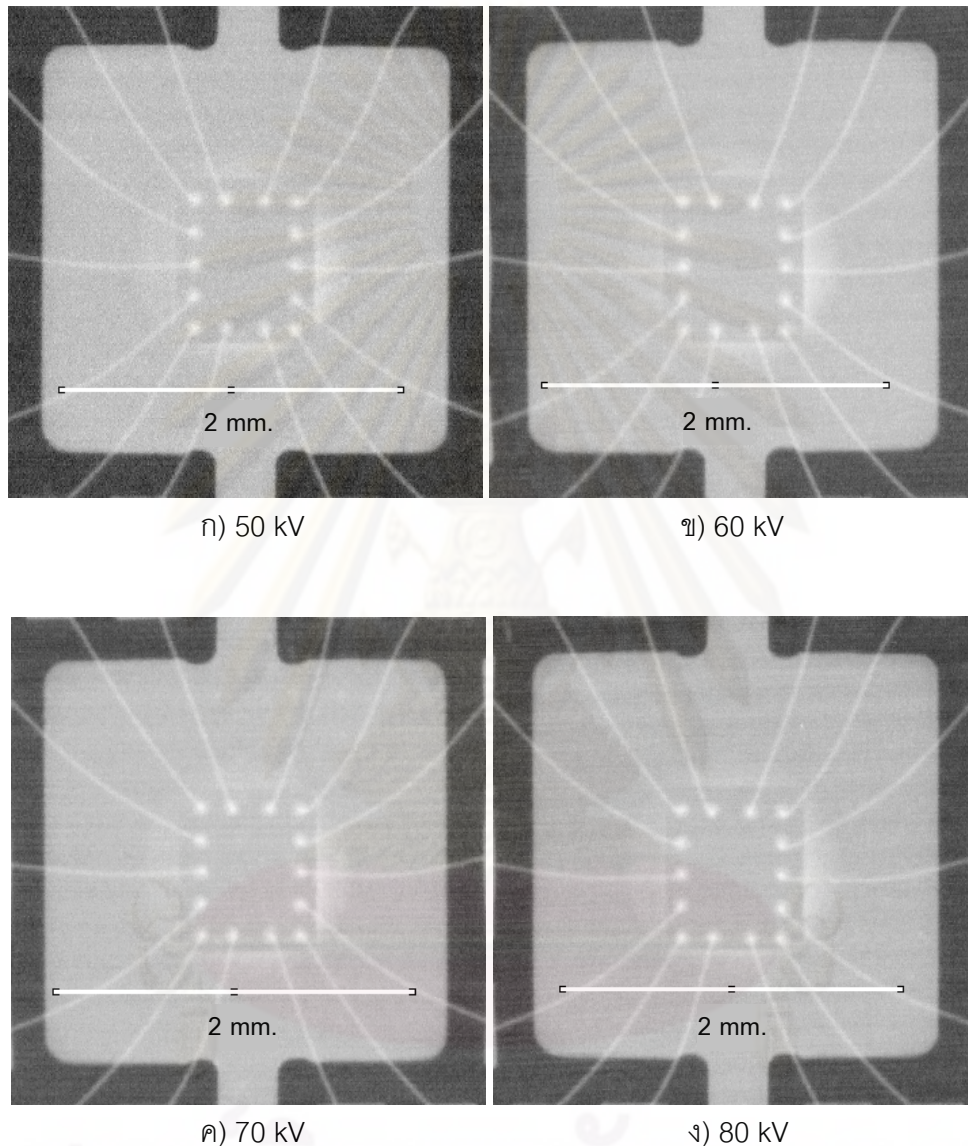
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ 50 kV ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว

จากภาพที่ได้พบว่าการใช้โปรแกรม ImageJ ในการปรับแต่งภาพทำให้สามารถเห็นรายละเอียดภายในของชิ้นงานไมโครชิปในแต่ละภาพได้ดีขึ้นใน แต่รายละเอียดภายนอกของตัวชิ้นงานบางส่วนหายไป อีกทั้งความเปรียบต่างที่ได้ในแต่ละภาพสูงขึ้น แต่ไม่แตกต่างกันมากในแต่ละเงื่อนไขของการถ่ายภาพ



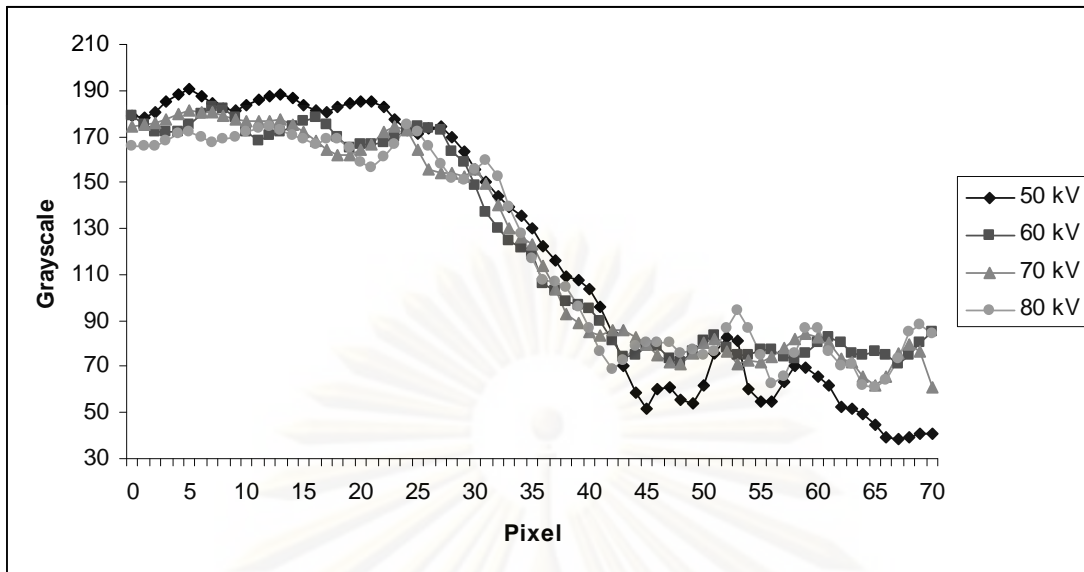
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ 40 kV และ 50 kV ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว

จากกราฟที่ แสดงให้เห็นได้ชัดว่า ภาพที่ถ่ายในเวลา 10 วินาทีของค่าความต่างศักย์ 40 kV และ 50 kV เมื่อทำการปรับแต่งภาพแล้ว ความเปรียบต่างที่ได้ใกล้เคียงกับภาพที่ถ่ายด้วยค่าความต่างศักย์ 50 kV ในเวลา 30 วินาที

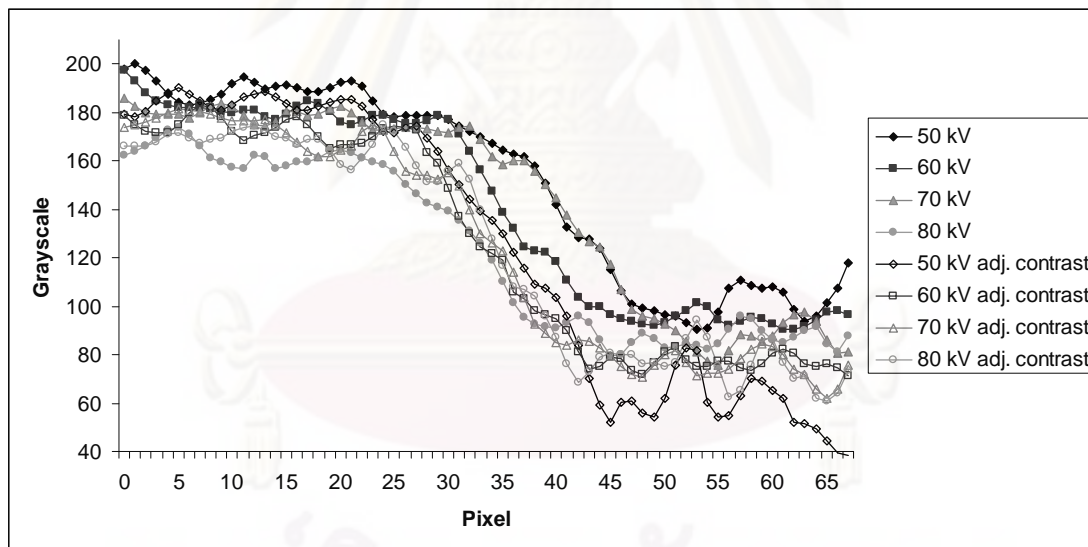


รูปที่ 4.26 ภาพถ่ายรังสีโดยใช้แผ่นกรองรังสีชนิดแกโดลิเนียมที่ปรับค่าความเปรียบต่างแล้ว

ศูนย์วิทยาศาสตร์สุขภาพ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

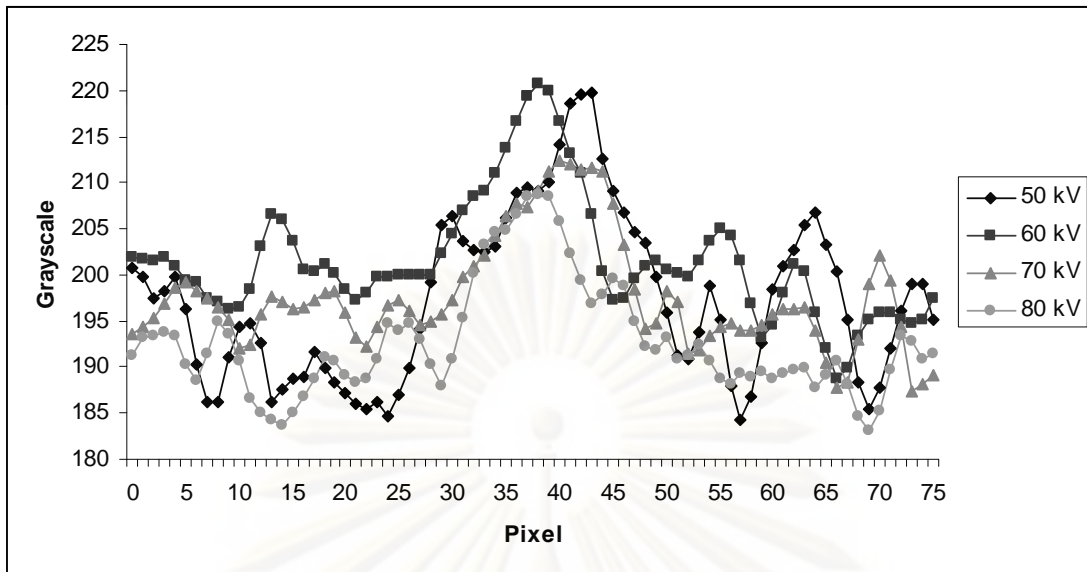


รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสี
ที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว

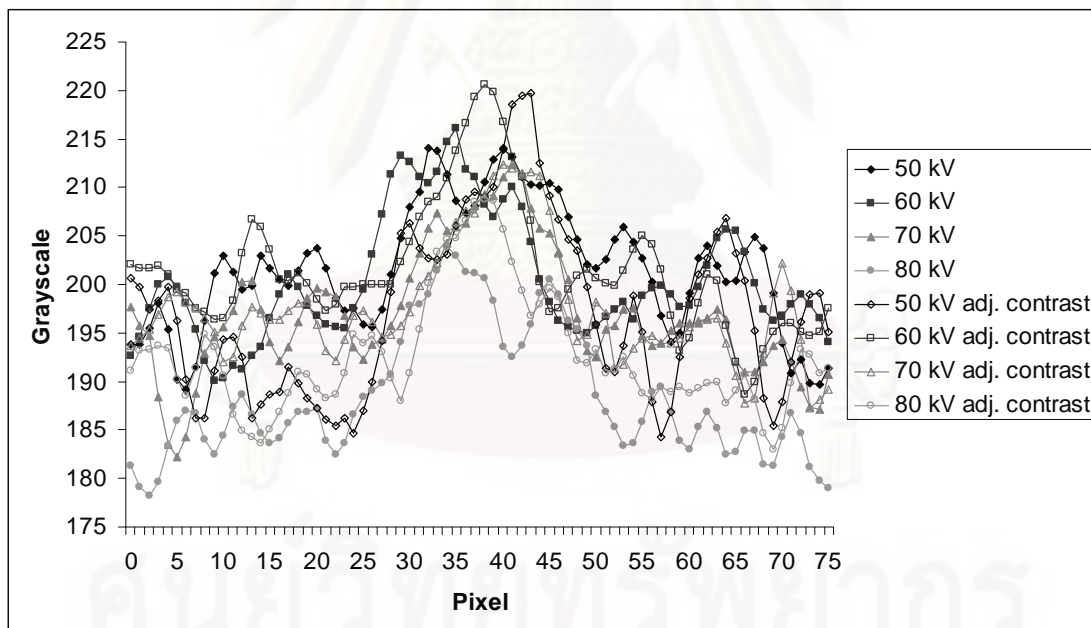


รูปที่ 4.28 กราฟเปรียบเทียบค่าเกรสเกลของภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็นแผ่นกรองรังสีกับ
ภาพที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

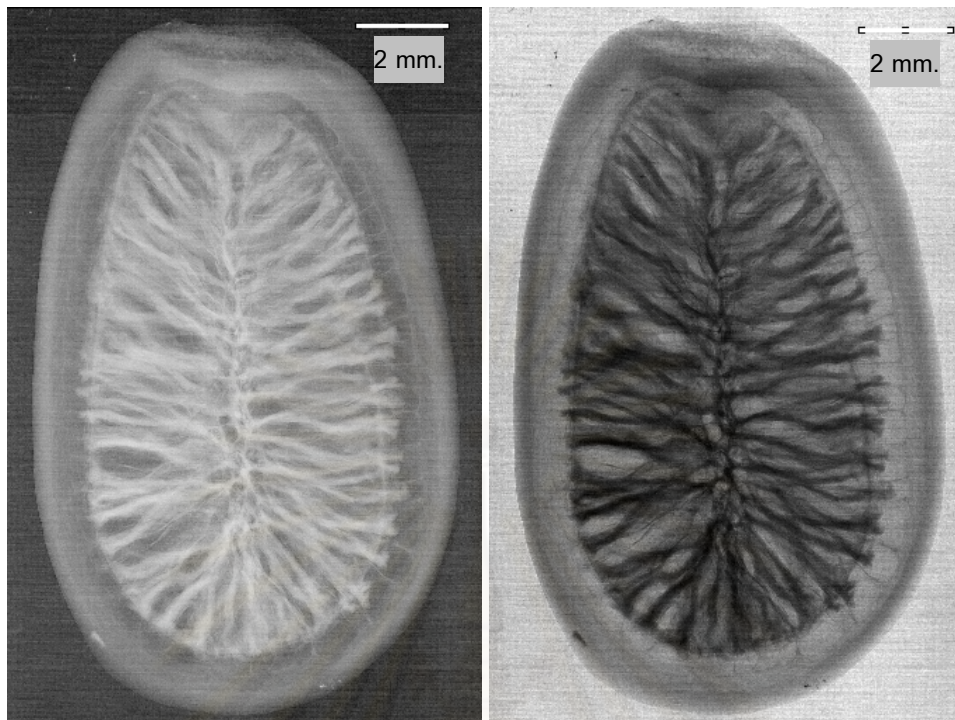


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าเกรสเกลบริเวณแกนกลางของภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็น
แผ่นกรองรังสีที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว



รูปที่ 4.30 กราฟเปรียบเทียบค่าเกรสเกลของบริเวณแกนกลางภาพถ่ายที่ใช้แกโดลิเนียมเป็น
แผ่นกรองรังสีกับภาพที่ผ่านการปรับแต่งแล้ว

จากกราฟที่ 4.27 และ 4.29 แสดงให้เห็นว่าหลังการปรับแต่งค่าความเปรียบต่างภาพที่ได้
มีค่าความเปรียบต่างสูงขึ้นแต่ไม่แตกต่างกันมากในแต่ละค่าความต่างศักย์

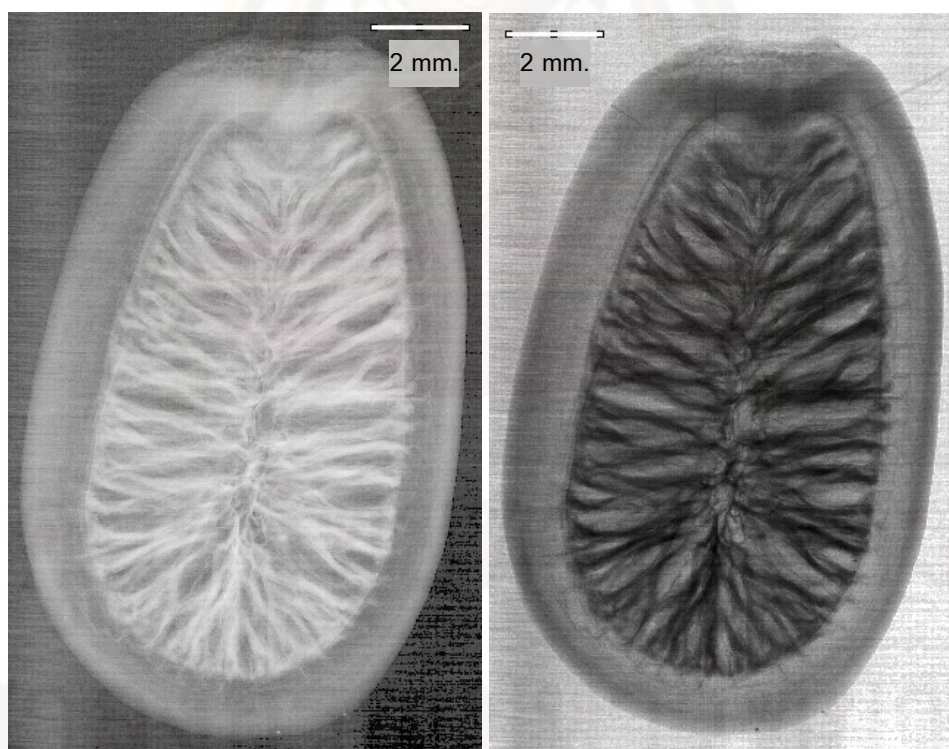


ก)

ข)

รูปที่ 4.31 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่าง

ก) ก่อนปรับแต่งภาพ ข) หลังปรับแต่งภาพ

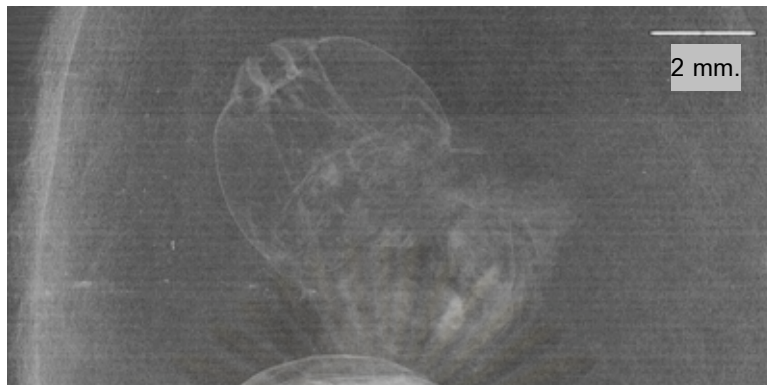


ก)

ข)

รูปที่ 4.32 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีที่ใช้แผ่นกรองรังสีของเมล็ดพืชตัวอย่าง

ก) ก่อนปรับแต่งภาพ ข) หลังปรับแต่งภาพ

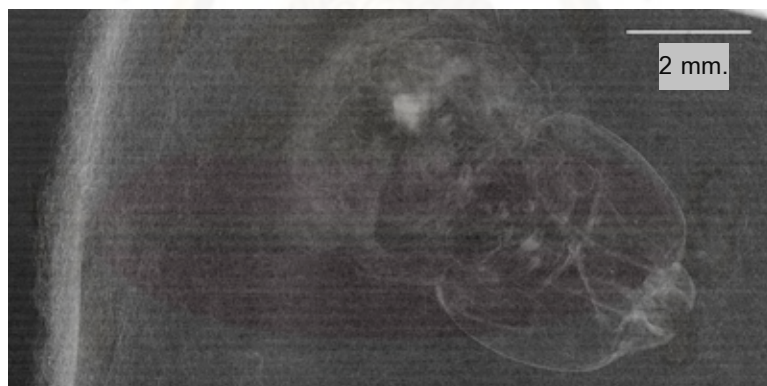


ก)

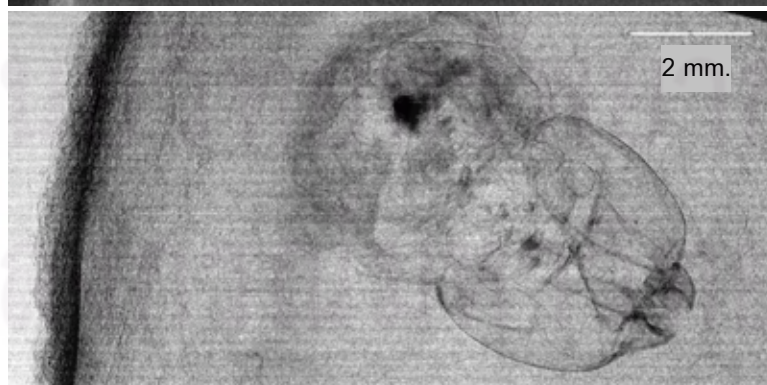


ข)

รูปที่ 4.33 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่าง
ก) ก่อนปรับแต่งภาพ ข) หลังปรับแต่งภาพ



ก)



ข)

รูปที่ 4.34 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีที่ใช้แผ่นกรองรังสีของรังไหมแมลงตัวอย่าง
ก) ก่อนปรับแต่งภาพ ข) หลังปรับแต่งภาพ



ก)

ข)

รูปที่ 4.35 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของแมลงตัวอย่าง

ก) ก่อนปรับแต่งภาพ ข) หลังปรับแต่งภาพ



ก)

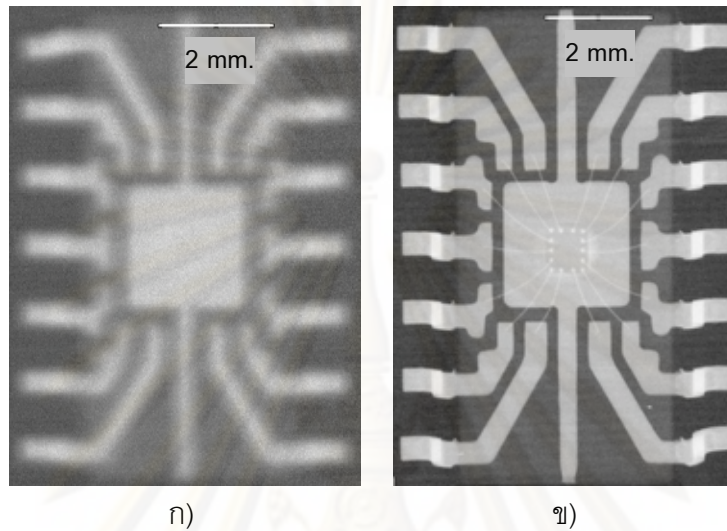
ข)

รูปที่ 4.36 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีที่ใช้แผ่นกรองรังสีของแมลงตัวอย่าง

ก) ก่อนปรับแต่งภาพ ข) หลังปรับแต่งภาพ

จากภาพที่ได้พบว่าสามารถใช้โปรแกรม ImageJ ในการปรับแต่งภาพเพื่อให้สามารถตรวจสอบรายละเอียดภายในของแต่ละตัวอย่างได้ดีขึ้น

4.8 ทำการทดสอบเปรียบเทียบภาพ



รูปที่ 4.37 เปรียบเทียบภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานไมโครชิป

ก) ถ่ายโดยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไป ข) ถ่ายโดยเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัส

จากการเปรียบเทียบพบว่า ภาพที่ถ่ายโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสได้ภาพที่มีความคมชัดสูงกว่าเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์โดยทั่วไปมาก

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้ ได้ทำการพัฒนาเทคนิคการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัส โดยใช้แผ่นบันทึกภาพ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1.1 การถ่ายภาพขยายโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไมโครโฟกัส สามารถใช้ตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับภาพถ่ายโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ทั่วไป เนื่องจากภาพที่ได้เป็นภาพขยายที่มีความคมชัด

5.1.2 การใช้แผ่นบันทึกภาพสามารถช่วยลดระยะเวลาในการถ่ายภาพ ขั้นตอนกระบวนการในการกำเนิดภาพ และสามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้กว่า 1000 ครั้ง อีกทั้งภาพที่ได้เป็นข้อมูลเชิงเลข (digital) ทำให้มีความสะดวกรวดเร็วในการนำข้อมูลภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ผล และจัดเก็บเมื่อเทียบกับการใช้ฟิล์ม แต่มีข้อเสียเนื่องจากมีราคาสูงทั้งตัวแผ่นบันทึกภาพ และเครื่องอ่านแผ่นบันทึกภาพ

5.1.3 ภาพของชิ้นงานไมโครชิปที่ได้จากการวิจัยมีความคมชัด และความแตกต่างของภาพสูง ภาพที่ถ่ายโดยตั้งค่าความต่างศักย์ 50 kV ค่ากระแส 30 μ A เป็นเวลา 30 วินาที สามารถเห็นรายละเอียดภายในของภาพได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามภาพที่ถ่ายด้วยค่าเอกซ์โพเซอรัต่ำ ๆ สามารถใช้โปรแกรมปรับภาพให้มีความสว่างและความแตกต่างเหมาะสม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วพบว่าคุณภาพของภาพที่ได้มีใกล้เคียงกัน

5.1.4 การใช้แผ่นกรองรังสีสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพของภาพได้อีกด้วย โดยเฉพาะภาพที่ถ่ายร่วมกับการใช้แผ่นโลหะแกโดลิเนียมสามารถเห็นรายละเอียดภายในได้ดีขึ้น แต่ความแตกต่างบางส่วนของชิ้นงานลดลง โลหะแกโดลิเนียมมีค่า K absorption edge ที่ 50 keV ดังนั้นภาพที่ถ่ายด้วยค่าความเปรียบต่างที่สูงขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อภาพที่ได้ เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ชนิดไมโครโฟกัสมีค่ากระแสที่ต่ำมาก ควรเลือกใช้แผ่นกรองรังสีที่มีความหนาไม่มากเพื่อให้ปริมาณของลำรังสีที่ผ่านแผ่นกรองมีปริมาณพอที่จะทำให้สามารถแปรผลภาพได้

5.1.5 สามารถใช้เทคนิคนี้ในการถ่ายภาพของตัวอย่างทางชีวภาพอย่างเมล็ดพืช และแมลง สามารถเห็นรายละเอียดภายในของตัวอย่างได้อย่างชัดเจนและการใช้โปรแกรม ImageJ ในการปรับแต่งภาพ ช่วยเพิ่มคุณภาพของภาพได้ สามารถเห็นรายละเอียดในบางส่วนของภาพได้ดีขึ้น ในขณะที่รายละเอียดบางส่วนหายไป ทำให้การปรับแต่งภาพขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ปฏิบัติงานในการเลือกปรับคุณภาพของภาพในบริเวณที่ต้องการตรวจสอบ

5.1.6 การใช้โปรแกรมในการปรับแต่งภาพที่ได้จากการใช้ค่าเอกซโพเชอร์ต่ำ ทำให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีทัดเทียมกับการใช้เอกซโพเชอร์สูง ทำให้ไม่จำเป็นต้องถ่ายภาพเป็นเวลานาน ผลที่ได้ก็คือ ทำให้สามารถยืดอายุการใช้งานของเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 เนื่องจากเป็นการถ่ายภาพขยาย ควรมีการใช้อุปกรณ์ช่วยในการกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานที่มีความละเอียดแม่นยำสูง เพื่อให้สามารถกำหนดกำลังขยายที่ต้องการได้อย่างแม่นยำ

5.2.2 ควรมีแผ่นกรองรังสีที่มีความหลากหลายมากกว่านี้ ทั้งในแง่ของชนิดของธาตุและความหนาที่เหมาะสม เพื่อทำให้คุณภาพของภาพถ่ายในบริเวณที่ต้องการดีขึ้น ซึ่งอาจจะต้องใช้เทคนิคการลบภาพร่วมด้วย

5.2.3 ควรมีการใช้ฟังก์ชันอื่น ๆ โปรแกรม ImageJ ในการปรับแต่งภาพชนิดต่าง ๆ เพื่อเปรียบเทียบความเหมาะสมในการตรวจสอบชิ้นงานของภาพ รวมทั้งการใช้โปรแกรมปรับแต่งภาพอื่น ๆ ช่วยทำให้ภาพมีคุณภาพดีขึ้น

รายการอ้างอิง

- [1] Wilfried, M., Thomas, B., and Norbert, L. Construction of the avian skull, as demonstrated by direct magnifying microfocal radiography (Aves). Zoomorphology 111 (June 1991):119-124.
- [2] Toshiyuki, E., and others. Enhanced Magnification Angiography Using 20- μ m-Focus Tungsten Tube. Japanese Journal of Applied Physics 45 (October 2006): 8005 - 8009.
- [3] Hiroyuki, U., Kazuto, H., Ken'ichi, T., and Hirochi, T. Contrast Enhance Imaging with Microfocus X-Ray Generator and CCD Camera. IPAP_CS_7 (July 2006): 411-413.
- [4] ภาสพงษ์ ปริธรรมมา. ระบบควบคุมความหนาของฉนวนสำหรับเครื่องหุ้มฉนวนสายไฟฟ้าโดยใช้เทคนิคการส่งผ่านรังสี, วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.
- [5] Eastman Kodak Company. Radiography in Modern Industry [Online]. 2002. Available from : www.kodak.com/eknec/documents/87/0900688a802b3c87/Radiography-in-Modern-Industry.pdf [2008, March]
- [6] บทความความสามัคคีนิเวศน์แห่งประเทศไทย อิมเมจจิงเพลท [ออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.nst.or.th/article/article143/article1439.htm> [2551, มีนาคม]
- [7] นเรศร์ จันทน์ขาว. การถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์และแกมมาในงานอุตสาหกรรม. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2111660 การสร้างภาพด้วยรังสี, ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก
การคำนวณปริมาณล่ำรังสีที่ทะลุผ่านแผ่น Cd

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\text{จากสมการ } I = I_0 e^{-\mu x}$$

- I ปริมาณลำรังสีที่ทะลุผ่าน
 I_0 ปริมาณลำรังสีที่ออกจากต้นกำเนิดรังสี
 μ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์
 x ความหนาของแผ่น Cd

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 30 keV มีค่า $40.63 \text{ cm}^2/\text{g}$
 ที่ความหนา 0.07 ซม.

$$I = I_0 e^{-40.63 \times 0.07}$$

$$I = 0.05818 I_0$$

ที่ความหนา 0.05 ซม.

$$I = I_0 e^{-40.63 \times 0.05}$$

$$I = 0.13113 I_0$$

ที่ความหนา 0.01 ซม.

$$I = I_0 e^{-40.63 \times 0.01}$$

$$I = 0.66611 I_0$$

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนรังสีเอกซ์ที่พลังงาน 50 keV มีค่า $10.153 \text{ cm}^2/\text{g}$
 ที่ความหนา 0.07 ซม.

$$I = I_0 e^{-10.153 \times 0.07}$$

$$I = 0.49129 I_0$$

ที่ความหนา 0.05 ซม.

$$I = I_0 e^{-10.153 \times 0.05}$$

$$I = 0.6019 I_0$$

ที่ความหนา 0.01 ซม.

$$I = I_0 e^{-10.153 \times 0.01}$$

$$I = 0.90345 I_0$$



ภาคผนวก ข

Microfocus X-ray Source L6731-01 Specifications

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Specifications

X-ray tube voltage adjustable range	20 kV to 80 kV
X-ray tube current adjustable range	0 μ A to 100 μ A
Panel meter display	
Voltage display range	0 kV to 80 kV (\pm 2 %)
Current display range	0 μ A to 100 μ A (\pm 5 %)
Tube voltage setting method (UP/DOWN)	Push button
Tube current setting method (UP/DOWN)	Push button
Safety interlock	External short-circuit method
Voltage	(Normally closed)
Interlock 1: *	DC 24 V
Interlock 2:	DC 12 V
Installation method	Bench-top type (rack mount possible)
Output window material	Beryllium
Focal spot size	8 μ m
Minimum distance focus/object	12 mm
X-ray radiation angle	Approx. 39 °
Operating/storage temperature	
X-ray tube unit	10 °C to 50 °C / 0 °C to 50 °C
X-ray control unit	0 °C to 40 °C
Operating/storage humidity	
X-ray tube unit	Below 93 %
X-ray control unit	Below 93 %
	(non condensation)

* Interlock 1 must be used to comply with FDA regulation.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายธรรมวัตร ยันตะพลา เกิดเมื่อวันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2527 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (รังสีเทคนิค) จากภาควิชารังสีเทคนิค มหาวิทยาลัยมหิดล ในปี พ.ศ. 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นิเวศวิทยาระบบนิเวศ) ที่ภาควิชาชีวเคมีและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย