



การควบคุมระบบตรวจสอบวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์

Control of X-ray Inspection System

โดย

นาย ภัคดี พรหมอารักษ์ เลขประจำตัว 85104811

นาย วิโรจน์ แสงชงทอง เลขประจำตัว 85104896

นาย อุดม จันท์จรัสสุข เลขประจำตัว 85104561

วัน เดือน ปี... ๑๐ ก.ค. ๒๕๖๐
เลขทะเบียน..... ๐๓๖๙๗๓
เลขเรียกหนังสือ..... T ๑๔๐๖๖ ก.๓๕ ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

036973

ปริญญาโทปีการศึกษา 2538

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

การควบคุมระบบตรวจสอบวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์
(Control of X-ray Inspection System)

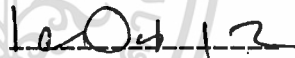
ผู้จัดทำ


นาย ภักดี พรหมอารักษ์

นาย วิโรจน์ แสงธงทอง

นาย อุดม จันทร์จรัสสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา


(รศ. ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์)


(ดร. สุธี ผู้เจริญชนะชัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมระบบตรวจสอบวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์

(Control of X-ray Inspection System)

โดย นาย ภัคดี พรหมอารักษ์

นาย วิโรจน์ แสงธงทอง

นาย อุดม จันทร์จรัสสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์

ดร. สุธี ผู้เจริญุชนะชัย

บทคัดย่อ

การตรวจสอบวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์ คือ วิธีการแสดงภาพภายในวัตถุ ชิ้นงานหรือชิ้นส่วน โดยไม่ต้องถอดส่วนประกอบ ทำลายวัตถุ เพื่อตรวจหารอยร้าวและรอยบกพร่องที่อยู่ภายใน

ในปฏิญานีพจน์นี้นำเสนอ การนำรังสีเอ็กซ์ไปใช้งานร่วมกับระบบควบคุมการเคลื่อนที่ในงานตรวจสอบวัตถุ โดยมีเนื้อหา ดังนี้ (1) การถ่ายภาพระนาบ คือ วิธีการแสดงภาพภายในวัตถุวิธีหนึ่ง โดยมีหลักการคือ วัตถุเลื่อนเข้าหาแนวรังสีเอ็กซ์ ที่ส่องจากหลอดรังสีเอ็กซ์ไปตกกระทบบนตัวรับรังสีเอ็กซ์ซึ่งอยู่กับที่ ดังนั้นภาพที่ปรากฏจะแสดงตามแนวความยาวของวัตถุ (2) เตียง คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เลื่อนวัตถุที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 รับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ควบคุมการเลื่อนเข้าออกของเตียง (3) การหาขอบภาพ คือ วิธีการปรับปรุงภาพให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้นวิธีหนึ่ง เพื่อแก้ไขภาพถ่ายระนาบที่มีความชัดเจนไม่เพียงพอในการตรวจสอบหารอยร้าวหรือตำแหน่งผิดปกติ

Abstract

X-ray Inspection is technique of displaying inside of any objects without separation and destruction. Then, interior fractures of them can be examined instantly by viewing.

This thesis presents an application of x-ray in conjunction with control system design, to implement an X-ray Inspection System which can be described as follows. (1) A construction of scout view, it is a way of displaying inside of any objects. This process is realized by continuously sliding an object through the line of x-ray beam while x-ray tube and detector remain stationary. Therefore, the scout view exhibits along the longitudinal size of the object. (2) A table, it is an equipment that is employed to slide the object through the line of x-ray beam in this experiment. The execution of the table is controlled by MCS-51 in low level and a PC in high level. (3) Edge Detection, it is an essential method when the scout view images are not sufficiently clear for investigation. Thus, they must be improved to obtain more quality for convenient viewing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ เพราะได้รับความกรุณาจาก รศ. ดร. โยธิน เปรมปราณีรัชต์ และ ดร. สุทธิ ผู้เจริญชนะชัย เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ซึ่งคอยดูแลเอาใจใส่ให้คำแนะนำในการแก้ไขปัญหาการทำงาน ตลอดจนวางเค้าโครง Project และรายงานฉบับสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูง ณ.ที่นี้

ขอขอบคุณ คุณ สมชาย เกียรติอารีกุล ที่ช่วยแนะนำวิธีการเขียนโปรแกรมการถ่ายภาพระนาบ และการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ไม่ตรงตำแหน่งของเตียง

ขอขอบคุณ คุณ อติศักดิ์ แข็งสารีกิจ และ คุณ ชัยรัตน์ ฤทธิรงค์ ที่ช่วยแนะนำหนังสือภาษาซี และ หนังสือ Image Processing ให้อ่านขณะทำปริญญานิพนธ์

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	หน้า I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	หน้า I
กิตติกรรมประกาศ	หน้า II
สารบัญ	หน้า III
สารบัญตาราง	หน้า VI
สารบัญรูป	หน้า VII
คำอธิบายคำย่อและสัญลักษณ์	หน้า X
บทที่ 1. บทนำ	
1.1 มูลเหตุของการทำปริญญานิพนธ์	หน้า 1.
1.2 หลักการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 1.
1.3 ประโยชน์ของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 2.
1.4 โครงร่างของปริญญานิพนธ์	หน้า 2.
บทที่ 2. โครงสร้างของระบบ	
2.1 ระบบเชิงกลและการควบคุม	หน้า 5.
2.2 การเก็บภาพและการแสดงผลของภาพ	หน้า 6.
2.3 การประมวลผลภาพ	หน้า 7.
บทที่ 3. ระบบเชิงกลและการควบคุมส่งกำลัง	
3.1 บทนำ	หน้า 8.
3.2 ส่วนประกอบของระบบ	หน้า 8.
3.2.1 เติียง	หน้า 8.
3.2.2 ส่วนขับเคลื่อนและชุดส่งกำลัง	หน้า 8.
3.2.3 ส่วนตรวจจับตำแหน่งของเตียง	หน้า 9.
3.2.4 ส่วนควบคุม	หน้า 9.
3.3 ปัญหาในการตรวจสอบตำแหน่งของเตียง	หน้า 10.
3.4 การสื่อสารกับคอมพิวเตอร์	หน้า 12.
3.5 การทำงานของ 8051	หน้า 12.
บทที่ 4. การถ่ายภาพระนาบ	
4.1 บทนำ	หน้า 16.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1	รังสีเอ็กซ์	หน้า 16.
4.2.2	หลอดรังสีเอ็กซ์	หน้า 25.
4.3	อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์	หน้า 28.
4.3.1	พื้นฐานการทำงานของหน่วยย่อยตัวรับรังสีเอ็กซ์	หน้า 29.
4.3.2	ชุดอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดลอง	หน้า 31.
4.4	กระบวนการส่งและรับข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์	หน้า 34.
4.4.1	การติดต่อระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและหน่วย ประมวลผลขั้นต้น	หน้า 35.
4.4.2	การติดต่อระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและเครื่อง คอมพิวเตอร์	หน้า 41.
4.5	การเปิดปิดหลอดยิงรังสีเอ็กซ์	หน้า 41.
4.6	กระบวนการรับและส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ และเตียง	หน้า 43.
4.7	การทำงานของระบบในการถ่ายภาพระนาบ	หน้า 45.
บทที่ 5.	การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์	
5.1	บทนำ	หน้า 50.
5.2	คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาขอบภาพ	หน้า 50.
5.3	วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบวัสดุด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 54.
5.4	การประยุกต์ภาพถ่ายรังสี	หน้า 55.
บทที่ 6.	การทดลองและผลการทดลอง	
6.1	บทนำ	หน้า 58.
6.2	อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	หน้า 58.
6.3	การทดลอง	หน้า 58.
6.3.1	การถ่ายภาพระนาบของล้อแมกซ์	หน้า 58.
6.3.2	การปรับอัตราขยายของตัวรับรังสีเอ็กซ์	หน้า 60.
6.3.3	การทดลองถ่ายภาพระนาบด้วยรังสีเอ็กซ์ ของวัสดุต่าง ๆ	หน้า 61.
บทที่ 7.	สรุปและวิจารณ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.1 สรุปผลการทดลอง

หน้า 65.

7.2 แนวทางในการพัฒนาต่อ

หน้า 65.

เอกสารอ้างอิง

หน้า 67.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	คำสั่งต่าง ๆ จากคอมพิวเตอร์ที่กำหนดการทำงานของเตียง	หน้า 14.
ตารางที่ 4.1	แสดงคุณสมบัติของหลอดรังสีเอ็กซ์ที่ใช้	หน้า 26.
ตารางที่ 4.2	แสดงคุณสมบัติด้านเวลาของหน่วยประมวลผลขั้นต้น	หน้า 32.
ตารางที่ 5.1	แสดงช่วงเวลาการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่าง ๆ	หน้า 56.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ 1.1	แสดงหลักการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 1.
รูปที่ 2.1	แสดงระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 4.
รูปที่ 2.2	Block Diagram ของระบบถ่ายภาพวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 5.
รูปที่ 2.3	Block Diagram ของระบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของเตียง	หน้า 6.
รูปที่ 2.4	Block Diagram ของระบบการเก็บภาพและแสดงผล	หน้า 6.
รูปที่ 2.5	Block Diagram แสดงกระบวนการหาขอบภาพ	หน้า 7.
รูปที่ 3.1	แสดงลักษณะของวงจรมอเตอร์ของเตียง	หน้า 8.
รูปที่ 3.2	รูปร่างของเอนโคดเดอร์	หน้า 9.
รูปที่ 3.3	แสดงลักษณะสัญญาณของเอนโคดเดอร์	หน้า 9.
รูปที่ 3.4	แสดงลักษณะของสัญญาณเอนโคดเดอร์	หน้า 10.
รูปที่ 3.5	แสดงการกลับเฟสของสัญญาณเอนโคดเดอร์	หน้า 11.
รูปที่ 3.6	แสดงลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมเตียง	หน้า 13.
รูปที่ 4.1	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 1 \AA° (อังสตรอม) เท่ากับ 10^{-8} cm	หน้า 17.
รูปที่ 4.2	ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นระหว่างรังสีเอ็กซ์และอะตอมของตัวกลาง	หน้า 18.
รูปที่ 4.3	รังสีเอ็กซ์ที่เกิดจากการทะลุผ่านวัตถุ	หน้า 19.
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืนและ พลังงานรังสีเอ็กซ์	หน้า 20.
รูปที่ 4.5	เส้นกราฟการลดลงของรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นค่าเดียว	หน้า 21.
รูปที่ 4.6	เส้นโค้งของการลดลงรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นหลายค่า	หน้า 22.
รูปที่ 4.7	โครงสร้างของหลอดรังสีเอ็กซ์ (X - ray Tube)	หน้า 23.
รูปที่ 4.8	อุปกรณ์ปรับแรงดันหลอดรังสีเอ็กซ์	หน้า 23.
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์และ ความเข้มของรังสี	หน้า 24.
รูปที่ 4.10	โครงสร้างของตัวหลอดรังสีเอ็กซ์แบบอาโนดหมุน	หน้า 25.
รูปที่ 4.11	ลักษณะของตัวหลอดรังสีเอ็กซ์แบบอาโนดหมุน	หน้า 26.
รูปที่ 4.12(ก)	หลอดยิงรังสีเอ็กซ์	หน้า 27.
รูปที่ 4.12(ข)	อุปกรณ์ควบคุมปริมาณรังสี	หน้า 27.

รูปที่ 4.12(ค) หม้อแปลงแรงดันไฟสูง ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ปร
หน้า 28. การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.13(ก) โครงสร้างของหน่วยย่อยในตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ	หน้า 28.
รูปที่ 4.13(ข) ลักษณะของหน่วยย่อยในตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ	หน้า 29.
รูปที่ 4.14 ลักษณะของตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ	หน้า 29.
รูปที่ 4.15 วงจรสมมูลย์ของโฟโต้ไดโอด	หน้า 29.
รูปที่ 4.16 ลักษณะการนำตัวรับรังสีไปใช้งาน	หน้า 30.
รูปที่ 4.17(ก) การวัดพลังงานของแสงที่ตกกระทบลงบนตัว โฟโต้ไดโอดในรูปแรงดัน	หน้า 30.
รูปที่ 4.17(ข) การวัดพลังงานของแสงที่ตกกระทบลงบนตัว โฟโต้ไดโอดในรูปกระแส	หน้า 31.
รูปที่ 4.18 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละตัวในชุดอุปกรณ์รับรังสี	หน้า 32.
รูปที่ 4.19 ส่วนต่าง ๆ ของหน่วยรับรังสี	หน้า 33.
รูปที่ 4.20 ลักษณะของหน่วยรับรังสี	หน้า 33.
รูปที่ 4.21 หน่วยรับรังสีย่อย(module) 2 หน่วย	หน้า 33.
รูปที่ 4.22 ลักษณะของหน่วยประมวลผลขั้นต้น	หน้า 34.
รูปที่ 4.23 ระบบชดเชยค่าออฟเซ็ทและอัตราขยาย	หน้า 34.
รูปที่ 4.24(ก) ลักษณะของแผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 35.
รูปที่ 4.24(ข) ด้านบนของแผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 35.
รูปที่ 4.24(ค) วงจรภายในของแผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 36.
รูปที่ 4.25 การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างหน่วยประมวลผลขั้นต้น และแผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 37.
รูปที่ 4.26 วงจรแบบผลต่างตามมาตรฐานการส่งข้อมูล RS - 422 ในวงจรรับสัญญาณ	หน้า 37.
รูปที่ 4.27 วงจรการรับสัญญาณควบคุมของหน่วยประมวลผลขั้นต้น จากแผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 38.
รูปที่ 4.28 วงจรภายในหน่วยประมวลผลขั้นต้น	หน้า 39.
รูปที่ 4.29 แผนภาพเวลาการส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลผลขั้นต้น ถึงแผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 40.
รูปที่ 4.30 ผังงานการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และ แผงวงจรเชื่อมต่อ	หน้า 42.
รูปที่ 4.31 วงจรที่ใช้ควบคุมการฉายรังสี	หน้า 42.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.32	ผังงานการรับคำสั่งขนาด 1 ไบต์ ของคอมพิวเตอร์จากเตียง	หน้า 44.
รูปที่ 4.33	ผังงานการรับข้อมูลระยะทางขนาด 2 ไบต์ของ คอมพิวเตอร์จากเตียง	หน้า 45.
รูปที่ 4.34	ผังงานการส่งคำสั่งขนาด 1 ไบต์ของคอมพิวเตอร์ให้เตียง	หน้า 46.
รูปที่ 4.35	ผังงานการส่งข้อมูลระยะทางขนาด 2 ไบต์ของ คอมพิวเตอร์ให้เตียง	หน้า 47.
รูปที่ 4.36	ผังงานขั้นตอนการถ่ายภาพระนาบ 1 ครั้ง	หน้า 48.
รูปที่ 5.1	แสดงการหาขอบภาพโดยวิธีการใช้ตัวประมาณเกรเดียนท์	หน้า 50.
รูปที่ 5.2	Block Diagram แสดงกระบวนการหาขอบภาพ	หน้า 51.
รูปที่ 5.3	แสดงหน้ากากแบบไซเบล	หน้า 51.
รูปที่ 5.4	แผนภาพประกอบการคำนวณหาขอบภาพโดยวิธีของไซเบล	หน้า 52.
รูปที่ 5.5	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของล้อแมกซ์	หน้า 53.
รูปที่ 5.6	แสดงขอบภาพของภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของล้อแมกซ์	หน้า 53.
รูปที่ 5.7	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของเครื่องรับโทรศัพท์	หน้า 54.
รูปที่ 5.8	แสดงขอบภาพของภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของเครื่องรับโทรศัพท์	หน้า 54.
รูปที่ 6.1	แสดงรูปของล้อแมกซ์	หน้า 60.
รูปที่ 6.2	แสดงภาพของล้อแมกซ์จากการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์	หน้า 60.
รูปที่ 6.3	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์หลังจากปรับแต่งอัตราขยาย	หน้า 61.
รูปที่ 6.4	แสดงภาพถ่ายของมิเตอร์	หน้า 62.
รูปที่ 6.5	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของมิเตอร์	หน้า 63.
รูปที่ 6.6	แสดงภาพถ่ายของรีโมท	หน้า 63.
รูปที่ 6.7	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของรีโมท	หน้า 64.
รูปที่ 6.8	แสดงภาพถ่ายของกระเป๋	หน้า 64.
รูปที่ 6.9	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของกระเป๋	หน้า 65.
รูปที่ 6.10	แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของกะโหลกศีรษะ	หน้า 65.
รูปที่ 7.1	แสดงภาพถ่ายตัดขวางด้วยรังสีเอ็กซ์ของสมอง	หน้า 67.
รูปที่ 7.2	ผลจากการใช้ไซเบลของภาพถ่ายตัดขวางรังสีเอ็กซ์ของสมอง	หน้า 67.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายคำย่อและสัญลักษณ์

A°	Angstrom
AC	Alternate Current
ADC	Analog to Digital Converter
$A(i, j)$	Intensive level at each pixel
c	Velocity of Light
CCD	Charge Couple Device
cm	Centimetre
C_j	Junction Capacitance
DAC	Digital to Analog Converter
DU	Detector Unit
e	Natural Exponential
$e(x, y)$	Magnitude of Edge Detector
$f(x, y)$	Intensive level at each pixel
f_x, f_y	Partial Derivatives
HU	Heat Unit
Hz	Hertz
h_1, h_2	Gradient Mask
I	Secondary Intensity of X - ray
I_0	Primary Intensity of X - ray
I_p	Current generated by the incident light (proportional to the amount of light)
I_s	Photodiode Reverse Saturation Current
K	Boltzmann's Constant
keV	Kilo - electron Volt
kHz	Kilo - Hertz
kV	Kilo - Volt
mA	Milli - Ampere

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB	Mega - Byte
MCS - 51	Microcontroller Single Chip 8051
MeV	Mega - electron Volt
MHz	Mega - Hertz
mm	Millimetre
ms	Milli - Second
m_0	Mass of electron at standstill
PC	Personal Computer
PU	Pre - processing Unit
q	Electron Charge
RAM	Random Access Memory
rpm	Revolutions per Minute
R_j	Shunt Resistance
R_s	Series Resistance
SCR	Silicon Controlled Rectifier
SLL	Line Start Pulse
$S(k_1, k_2)$	Sobel Mask
T	Absolute temperature of the photodiode
VAL	Pixel Enable Clock
V_o	Output Voltage
W_1, W_2	Gradient Mask
x	Length of Object
X	Vector in each pixel
-e	Negative Charge
+e	Positive Charge
μ	X - ray Attenuation or Absorption Coefficient
μs	Micro - Second
φ	Direction of gradient
∇	Gradient Operator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

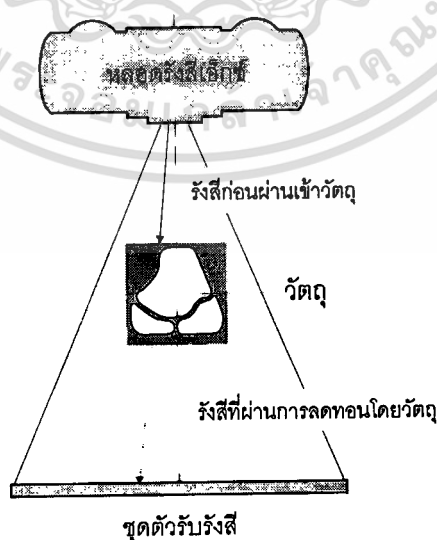
1.1 มุลเหตุของการทำปริญญานิพนธ์

การถ่ายภาพระนาบโดยใช้รังสีเอ็กซ์เป็นวิธีการที่ตืออย่างหนึ่งในการหาจุดบกพร่องภายในวัตถุ โดยไม่ทำให้วัตถุเกิดความเสียหายได้ จึงมีการนำวิธีการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ไปใช้ในด้านต่างๆ เช่น การถ่ายภาพอวัยวะภายในของร่างกาย การตรวจสอบรอยร้าวในเนื้อโลหะ ฯลฯ แต่เนื่องจากปัจจุบันในประเทศไทย การนำเอาเทคโนโลยีการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์มาใช้ยังมีน้อยมาก และส่วนใหญ่จะนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่สูงมาก อีกทั้งยังต้องเสียค่าบำรุงรักษาให้แก่ต่างประเทศเนื่องจากขาดแคลนบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถในด้านการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์

ในปัจจุบัน คอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นและมีราคาลดลงอย่างรวดเร็ว การนำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ในการถ่ายภาพระนาบด้วยรังสีเอ็กซ์จึงเป็นวิธีหนึ่งในการลดค่าใช้จ่ายต่างๆ ลง ทำให้ความเป็นไปได้ในการพัฒนาระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ขึ้นภายในประเทศมีมากขึ้น

1.2 หลักการของการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์

เนื่องจากรังสีเอ็กซ์เป็นรังสีที่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง เมื่อทำการฉายรังสีเอ็กซ์ไปยังวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ ปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่ทะลุผ่านวัตถุออกมาจะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัมประสิทธิ์การดูดซึมรังสีเอ็กซ์ของวัตถุต่างๆ ถ้าเราสามารถวัดปริมาณรังสีที่ทะลุออกมาได้ ก็จะทำให้สามารถทราบโครงสร้างภายในของวัตถุนั้นๆ ได้ หลักการทำงานแสดงดังรูปที่ 1.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งรูปที่ 1.1 แสดงหลักการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ เป็นเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณของรังสีเอ็กซ์ที่ทะลุผ่านวัตถุออกมาจะถูกวัดโดยตัวรับรังสีเอ็กซ์ที่วางอยู่ทางด้านตรงข้ามของหลอดรังสีเอ็กซ์ ค่าของปริมาณของรังสีเอ็กซ์ที่วัดได้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลดิจิทัลซึ่งสามารถประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปใช้ในการสร้างภาพของวัตถุ

1.3 ประโยชน์ของการถ่ายภาพวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์

ทำให้สามารถโครงสร้างภายในของวัตถุ โดยไม่มีการทำลายวัตถุ การนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการถ่ายภาพวัตถุจะทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายต่างๆได้ เช่น ค่าใช้จ่ายในการล้างฟิล์มเอ็กซ์เรย์ อีกทั้งยังสามารถลดขนาดของระบบถ่ายภาพให้เล็กลงได้ นอกจากนี้ ยังสามารถนำข้อมูลเก่าออกมาแสดงผล แก่ไขและตกแต่งได้โดยง่ายอีกด้วย ซึ่งจะทำให้สามารถมองเห็นจุดบกพร่องต่างๆ ได้ดีขึ้น

1.4 โครงร่างของปฏิญานิพนธ์

ในปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้ จะกล่าวถึงการพัฒนาาระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์โดยนำคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการเก็บข้อมูล การควบคุมการทำงานของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์เพื่อให้ภาพที่ได้มีความต่อเนื่องและสม่ำเสมอ การนำข้อมูลที่ได้อุปประมวลผลและแสดงผลบนจอภาพ การตกแต่งแก้ไขภาพ เพื่อให้ภาพที่ได้มีความคมชัดและน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้งาน เนื้อหาหลักของปฏิญานิพนธ์นี้จะเน้นที่วิธีการในการควบคุมในขบวนการเก็บภาพและวิธีการนำข้อมูลที่ได้อุปแสดงผล

เนื้อหาโดยย่อในบทต่างๆ ของปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้มีดังนี้

บทที่ 1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงสาเหตุของการทำปฏิญานิพนธ์ หลักการเบื้องต้นของการถ่ายภาพวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์ และเนื้อหาโดยรวมของปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้

บทที่ 2 โครงสร้างของระบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างโดยรวมของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ หลักการทำงานและขั้นตอนการทำงานของส่วนประกอบต่างๆ

บทที่ 3 ระบบเชิงกลและส่วนควบคุมการส่งกำลัง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการควบคุมเชิงกลเพื่อให้เตียงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ การรับคำสั่งจากเครื่องคอมพิวเตอร์ และการตรวจสอบตำแหน่งของเตียงจาก Encoder และปัญหาในการควบคุมเตียง

บทที่ 4 การเก็บข้อมูลจากตัวรับรังสี

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดและการทำงานของอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์และอุปกรณ์กำเนิดเอ็กซ์เรย์ วิธีการนำข้อมูลจากตัวรับรังสีเอ็กซ์มาแสดงผลบนจอภาพคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่อง การคำนวณค่าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ควบคุมการเปิดและปิดของหลอดยิงรังสี ตลอดจนการคำนวณหาตำแหน่งของวัตถุโดยการกำหนดจากจอภาพ เพื่อให้เตียงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ สำหรับใช้ในการถ่ายภาพตัดขวางต่อไป

บทที่ 5 การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

ในบทนี้จะกล่าวถึงการนำเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายรังสีเอ็กซ โดยใช้วิธีการตรวจสอบหาขอบภาพ(edge detection) เพื่อให้สามารถมองเห็นจุดบกพร่องต่างๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการทดลองเพื่อถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซของวัตถุต่างๆ และผลการทดลองที่ได้ ตลอดจนการปรับปรุงอัตราขยายของตัวรับรังสีเพื่อให้ภาพที่ได้มีความสม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น

บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์

ในบทนี้จะสรุปผลจากการทดลองในบทที่ 6 ตลอดจนแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

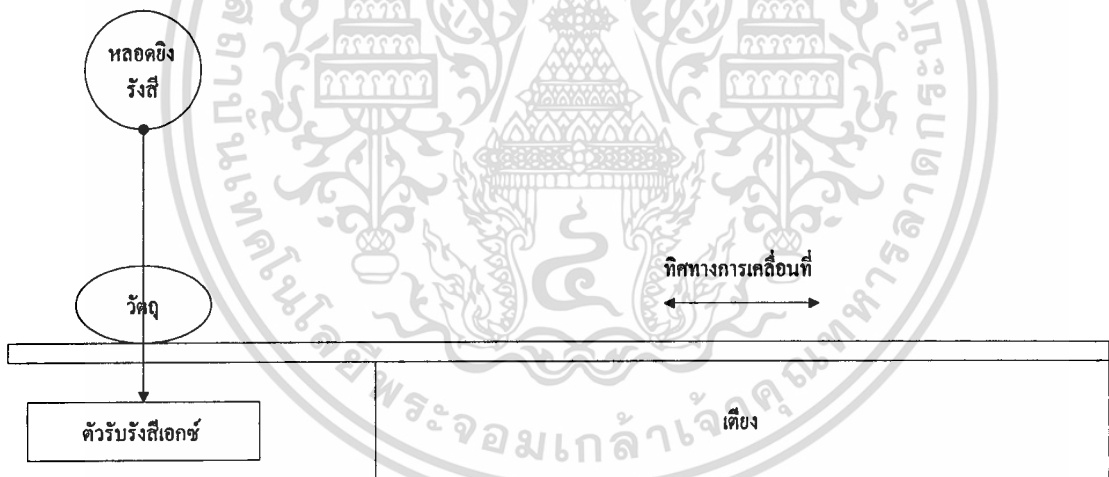


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 โครงสร้างของระบบ

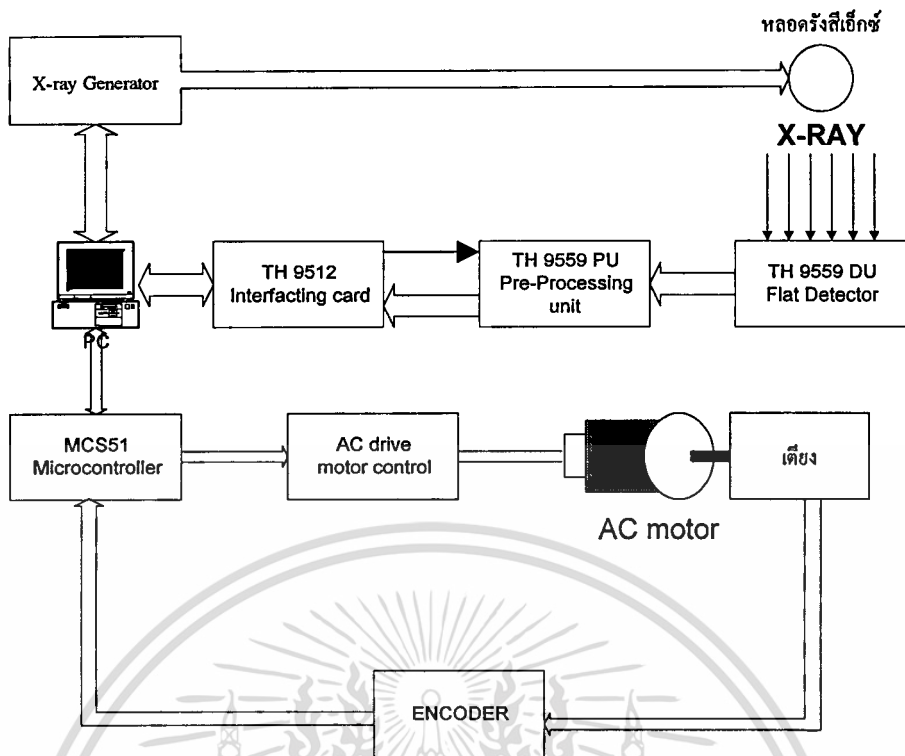
ในการถ่ายภาพระนาบด้วยรังสีเอ็กซ์ วัตถุที่ต้องการถ่ายภาพจะถูกนำไปยึดกับหัวเตียงซึ่งสามารถเคลื่อนที่เข้าไประหว่างหลอดยิงรังสีกับตัวรับรังสีได้ ด้วยการส่งงานจากคอมพิวเตอร์ ในขณะที่ทำการเก็บภาพ หลอดรังสีเอ็กซ์จะยิงรังสีออกมา เตียงก็จะพาวัตถุเคลื่อนที่เข้าไป รังสีที่ออกมาจะทะลุผ่านวัตถุแล้วไปตกกระทบบนตัวรับรังสีเอ็กซ์ คอมพิวเตอร์ก็จะทำการเก็บข้อมูลจากตัวรับรังสีเอ็กซ์ในระยะห่างที่เท่าๆกัน ซึ่งอัตราการเก็บภาพและการเคลื่อนที่ของเตียงจะต้องสัมพันธ์กัน ข้อมูลที่ได้นั้นจะถูกเก็บในรูปแบบดิจิทัล ซึ่งเป็นภาพในแต่ละแถบของวัตถุ เมื่อนำแถบมาเรียงต่อกัน ก็จะได้ภาพของวัตถุออกมา

โครงสร้างโดยรวมของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ประกอบด้วย หลอดยิงรังสี วงจรขับหลอดรังสีเอ็กซ์ ชุดตัวรับรังสีเอ็กซ์ คอมพิวเตอร์ เตียง ส่วนควบคุมเตียง ฯลฯ ในรูปที่ 2.1 แสดงถึงลักษณะโครงสร้างของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ และในรูปที่ 2.2 แสดงถึงส่วนประกอบต่างๆ ของระบบและลักษณะการทำงานของระบบ



รูปที่ 2.1 รูปแสดงระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

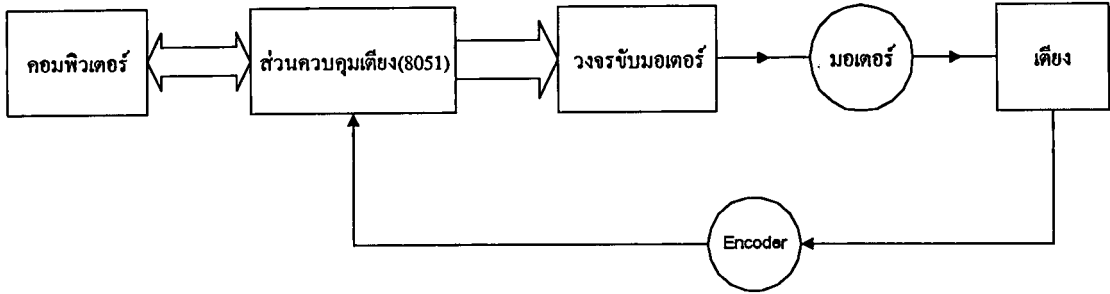


รูปที่ 2.2 Block Diagram ของระบบถ่ายภาพวัตถุด้วยรังสีเอกซ์

เราสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานของระบบได้เป็น 3 ส่วนดังนี้

2.1 ระบบเชิงกลและการควบคุม

เป็นส่วนที่จะนำวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพเคลื่อนที่เข้าไปติดลำรังสีเอกซ์ วงจรควบคุมจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 ในการควบคุม ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะทำการตรวจสอบคำสั่งที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์อยู่ตลอดเวลา หลังจากที่ได้รับความสั่งจากคอมพิวเตอร์แล้ว โปรแกรมก็จะกระโดดไปทำงานในส่วนของคำสั่งนั้นๆ ในขณะเดียวกัน โปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบสัญญาณที่ส่งมาจาก Encoder ด้วย เพื่อให้สามารถทราบถึงตำแหน่งตลอดจนทิศทางเคลื่อนที่ของเตียง ซึ่งจะใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ นอกจากนี้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ยังมีหน้าที่ในการส่งคำสั่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นสัญญาณให้คอมพิวเตอร์ทำการเก็บภาพเมื่อเตียงเคลื่อนที่ไปครบทุกๆ ระยะที่ต้องการเก็บภาพ โดยการเปรียบเทียบกับตำแหน่งของเตียง

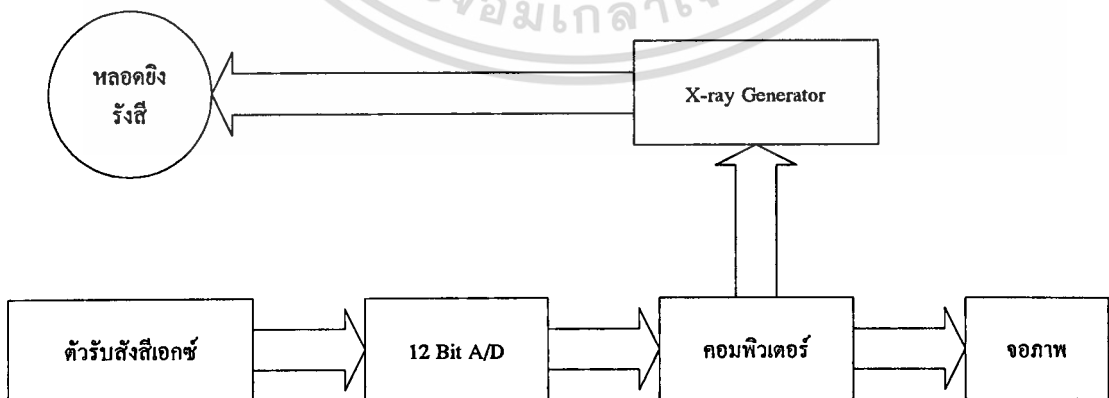


รูปที่ 2.3 Block Diagram ของระบบการควบคุมการเคลื่อนที่ของเตียง

2.2 การเก็บภาพและการแสดงผลภาพ

หลังจากที่นำวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพไปยึดอยู่กับเตียงแล้ว โปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ก็จะถูกสั่งให้เริ่มทำงาน เมื่อโปรแกรมทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ ว่าพร้อมที่จะทำงานแล้ว ก็จะเริ่มสั่งให้ทำการเปิดหลอดรังสีเพื่ออุ่นไส้หลอดก่อนที่จะทำการยิงรังสีจริง จากนั้นก็จะส่งคำสั่งไปยังส่วนควบคุมเตียง(8051) เพื่อทำการเลื่อนวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพเข้ามาตัดผ่านลำรังสีเอ็กซ์อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เมื่อเตียงเคลื่อนที่ไปครบทุกๆ ระยะตามที่กำหนดไว้ก็จะส่งคำสั่งมายังคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการเก็บข้อมูลจากตัวรับรังสีเอ็กซ์ ซึ่งข้อมูลที่ี้จะถูกเปลี่ยนมาเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิตไว้เรียบร้อยแล้ว คอมพิวเตอร์ก็จะนำข้อมูลที่ี้มาเก็บไว้พร้อมกับแสดงผลออกทางหน้าจอทันที ซึ่งภาพที่ได้ในแต่ครั้งจะเป็นแถบหนึ่งของวัตถุ เมื่อนำแถบต่างๆ มาต่อกันก็จะได้ภาพของวัตถุออกมา

ในการถ่ายภาพนั้น จะมีบางส่วนของภาพที่ไม่ต้องการรวมอยู่ในข้อมูลภาพด้วย ฉะนั้นหลังจากที่การถ่ายภาพเสร็จสิ้นลง ข้อมูลของภาพสามารถถูกนำมาแก้ไขเพื่อให้ใช้เนื้อที่ในการเก็บข้อมูลน้อยลง

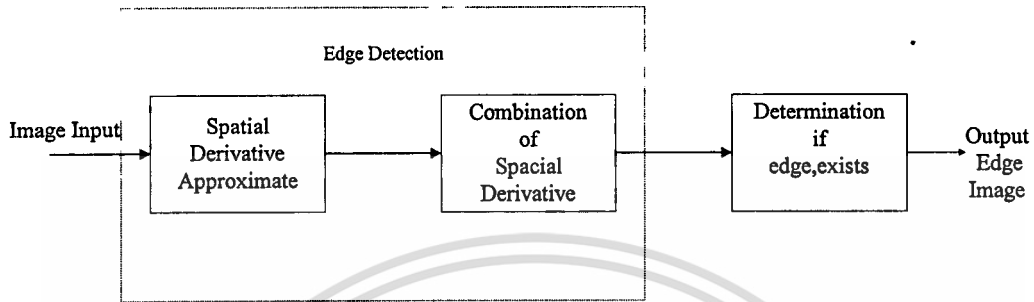


รูปที่ 2.4 Block Diagram ของระบบการเก็บภาพและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 การประมวลผลภาพ

เป็นการนำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการปรับปรุงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ โดยใช้วิธีหาขอบภาพ(edge detection) ใช้ในการวิเคราะห์ภาพ เพื่อหารอยบกพร่องในวัสดุที่ทดสอบ ซึ่งหลักการทำงานของ การประมวลผลภาพสามารถอธิบายได้ดังรูปที่ 2.5



รูปที่2.5 Block Diagram แสดงกระบวนการหาขอบภาพ

ขอบของภาพคือบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของภาพ ในการหาขอบภาพของภาพที่ได้จากการถ่ายภาพรังสีเอ็กซ์ จะนำข้อมูลภาพที่ได้มาหาอนุพันธ์ เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของภาพ แล้วนำผลที่ได้จากการหาอนุพันธ์ย่อยมารวมกัน หลังจากนั้น ก็จะนำข้อมูลที่ได้มาจัดให้อยู่ในช่วงที่จะแสดงผล เพื่อให้สามารถมองเห็นขอบภาพได้ชัดเจน

บทที่ 3 ระบบเชิงกลและส่วนควบคุมการส่งกำลัง

3.1 บทนำ

ระบบเชิงกลและส่วนควบคุมการส่งกำลังเป็นส่วนที่มีหน้าที่นำวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพ ระบายเข้าไปทำการฉายรังสี ซึ่งวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพนั้นอาจมีขนาดใหญ่ เช่น ผู้ป่วย ฉะนั้นระบบเชิงกลจะต้องสามารถรองรับโหลดดังกล่าวได้

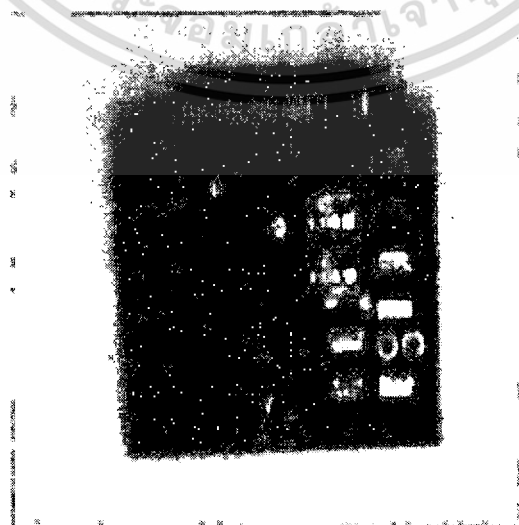
3.2 ส่วนประกอบของระบบ

ระบบเชิงกลประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1. เติียง
2. ส่วนขับเคลื่อนและชุดส่งกำลัง
3. ส่วนตรวจจับตำแหน่งของเตียง
4. ส่วนควบคุม

3.2.1 เติียง เป็นส่วนที่ใช้รองรับวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพระนาบ ซึ่งมีลักษณะคล้ายเตียงคนไข้ทั่วไป แต่มีขนาดเล็กกว่า และส่วนบนของเตียงสามารถเคลื่อนที่ได้ เพื่อนำวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพเข้าไปรับการฉายรังสี ระยะการเคลื่อนที่ของเตียงถูกออกแบบไว้ที่ 27.5 เซนติเมตร ถ้าหากว่าวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพนั้นมีขนาดใหญ่กว่า 27.5 เซนติเมตร ก็จะต้องทำการถ่ายภาพของวัตถุเฉพาะส่วน นอกจากนี้ ที่ส่วนหัวของเตียงยังสามารถรับความสูงได้ 12 เซนติเมตร เพื่อปรับมุมมองของวัตถุในการถ่ายภาพ

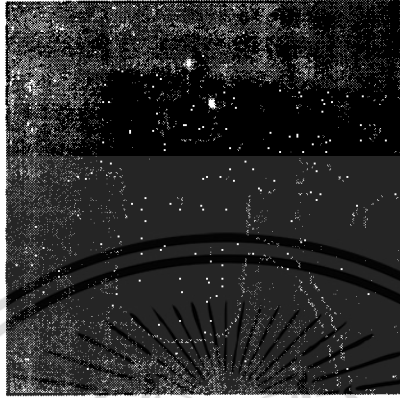
3.2.2 ส่วนขับเคลื่อนและชุดส่งกำลัง ในการขับเคลื่อนเตียงนั้นใช้กำลังจาก AC มอเตอร์ 100 50 Hz โดยส่งกำลังผ่านสายพาน(Timing Belt) และเฟืองตัวหนอน ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์นั้นจะใช้การปรับมุม α ของ SCR เพื่อควบคุมแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ซึ่งลักษณะของวงจรขับเคลื่อนแสดงดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ของเตียง

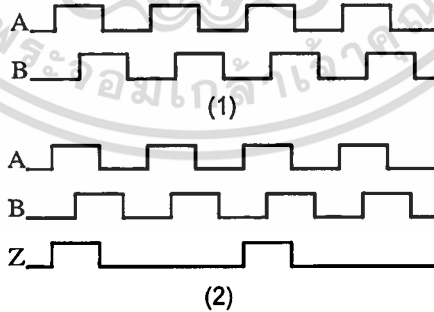
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 ส่วนตรวจจับตำแหน่งของเตียง ในที่นี้ใช้เอนโคเดอร์ (Encoder) เป็นตัวตรวจจับ ซึ่งทำหน้าที่ในการสร้างพัลส์ขึ้นมา 2 พัลส์ที่มีความต่างเฟสกัน 90 องศา ป้อนให้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 พัลส์ที่ส่งไปนั้นจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณตำแหน่งและทิศทางการเคลื่อนที่ของเตียง รูปร่างลักษณะของเอนโคเดอร์แสดงดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 รูปร่างของเอนโคเดอร์

การทำงานของเอนโคเดอร์จะใช้จานหมุนที่มีช่องโคจรอบให้หมุนตัดผ่านลำแสง แสงที่ผ่านทะลุช่องไปตกกระทบตัวรับแสงจะทำให้เกิดสัญญาณพัลส์ขึ้นมา จากนั้นจึงผ่านวงจรเพื่อตกแต่งสัญญาณให้มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยม สัญญาณที่ออกจากเอนโคเดอร์อาจจะมี 2 หรือ 3 ช่องสัญญาณก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของเอนโคเดอร์ ลักษณะของสัญญาณแสดงดังรูป 3.3 เอนโคเดอร์ที่ใช้เป็นแบบ 2 ช่องสัญญาณและมีความละเอียด 500 พัลส์ต่อรอบ



รูปที่ 3.3 แสดงลักษณะสัญญาณของเอนโคเดอร์
(1) แบบ 2 ช่องสัญญาณ (2) แบบ 3 ช่องสัญญาณ

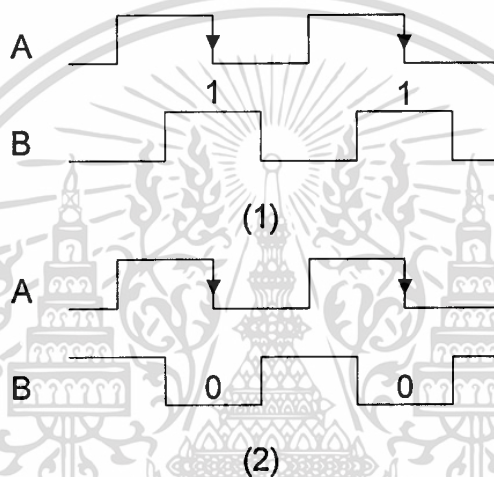
3.2.4 ส่วนควบคุม การควบคุมการเคลื่อนที่ของเตียงจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051

เป็นตัวควบคุม ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์ คอยตรวจสอบตำแหน่งและทิศทางของเตียงจากเอนโคเดอร์ และการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

3.3 ปัญหาในการตรวจสอบตำแหน่งจากเอนโคเดอร์

จากเดิมนั้น การตรวจสอบตำแหน่งของเตียงนั้นจะใช้ Timer ภายในของ 8051 ในการนับจำนวนของพัลส์ที่สัญญาณเฟส A ของเอนโคเดอร์ ซึ่ง 8051 จะคอยตรวจสอบสถานะของเฟส B ของเอนโคเดอร์ เพื่อตรวจสอบทิศทางการเคลื่อนที่ของเตียง ที่ขอบขาของเฟส A ถ้าหากสัญญาณของเฟส B มีสถานะเป็น 1 แสดงว่าเฟส A นำหน้าเฟส B (เตียงเคลื่อนที่ไปข้างหน้า) ถ้าเฟส B มีสถานะเป็น 0 แสดงว่าเฟส B นำหน้าเฟส A (เตียงเคลื่อนที่ไปข้างหลัง) ดังแสดงในรูปที่

3.4

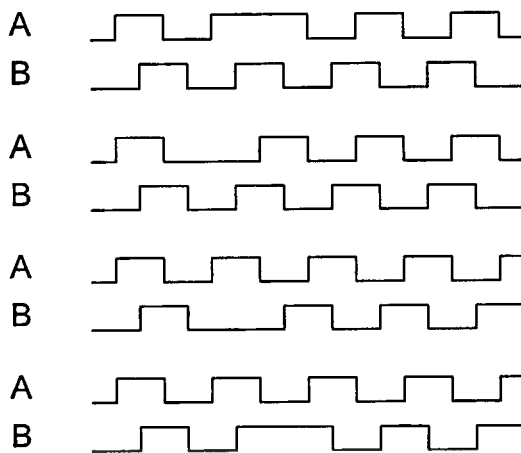


รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของสัญญาณเอนโคเดอร์

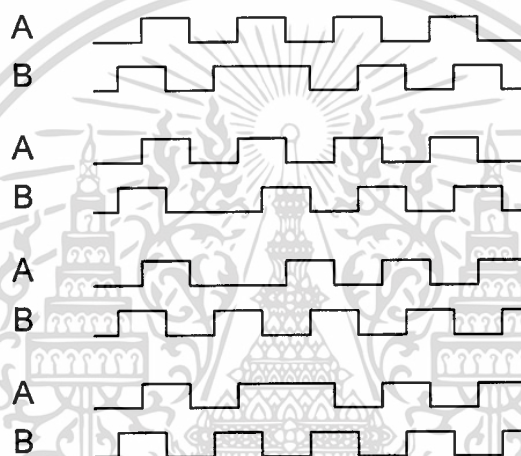
(1) เฟส A นำหน้าเฟส B

(2) เฟส B นำหน้าเฟส A

ถ้าหากเตียงเคลื่อนที่ไปในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง การตรวจสอบตำแหน่งของเตียงจะไม่เกิดความผิดพลาดขึ้น แต่ในความเป็นจริงแล้ว ในเกิดการสั่นสะเทือนของเตียงในขณะที่สั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน ซึ่งการสั่นของเตียงจะทำให้ทิศทางการเคลื่อนที่ของเตียงกลับไปกลับมาอยู่ตลอดเวลา สัญญาณที่ออกจากเอนโคเดอร์ก็就会有การเปลี่ยนเฟสตามลักษณะการเคลื่อนที่ของเตียง(จากเฟส A นำหน้าเฟส B เป็นเฟส A ตามหลังเฟส B หรือในทางกลับกัน) ซึ่งลักษณะของสัญญาณแสดงดังรูป 3.5 ซึ่งมีทั้งหมด 8 แบบด้วยกัน



(1)



(2)

รูปที่ 3.5 แสดงการกลับเฟสของสัญญาณเอนโคเดอร์

- (1) เฟส A เปลี่ยนจากนำหน้าเฟส B เป็นตามหลังเฟส B
- (2) เฟส A เปลี่ยนจากตามหลังเฟส B เป็นนำหน้าเฟส B

ลักษณะของสัญญาณนี้จะทำให้ 8051 นับผิดพลาดไป 1 ตำแหน่งทุกๆ ครั้งที่มีการกลับเฟส ถึงแม้ว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นจะมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับความยาวการเคลื่อนที่ของเตียง (ประมาณ 0.04 %) แต่ถ้าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นนั้นสะสมไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้มีผลต่อความถูกต้องในการวัดตำแหน่งของเตียง

- ดังนั้น จากเหตุผลดังกล่าว จึงทำให้ต้องมีการหาวิธีตรวจสอบตำแหน่งของเตียงใหม่ ซึ่งวิธีการใหม่นี้จะไม่ใช้การตรวจสอบที่ขอบล่างของสัญญาณที่เฟส A แต่จะคอยตรวจสอบการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณทั้งเฟส A และเฟส B ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งที่วัดได้มีความละเอียดกว่าแบบเดิม 2 เท่า เนื่องจากใน 1 ลูกของสัญญาณนั้นมีอยู่ 2 สถานะ คือ 0 และ 1 สถานะทั้งหมดของสัญญาณจะมีอยู่ 4 สถานะ คือ 00 , 01 , 10 และ 11 เมื่อมีการเปลี่ยนสถานะเกิดขึ้น 8051 ก็จะนำสถานะไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใหม่ไปเปรียบเทียบกับสถานะเดิม ทำให้สามารถระบุลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณได้ และทำการปรับเปลี่ยนค่าตำแหน่งของเตียงได้อย่างถูกต้อง

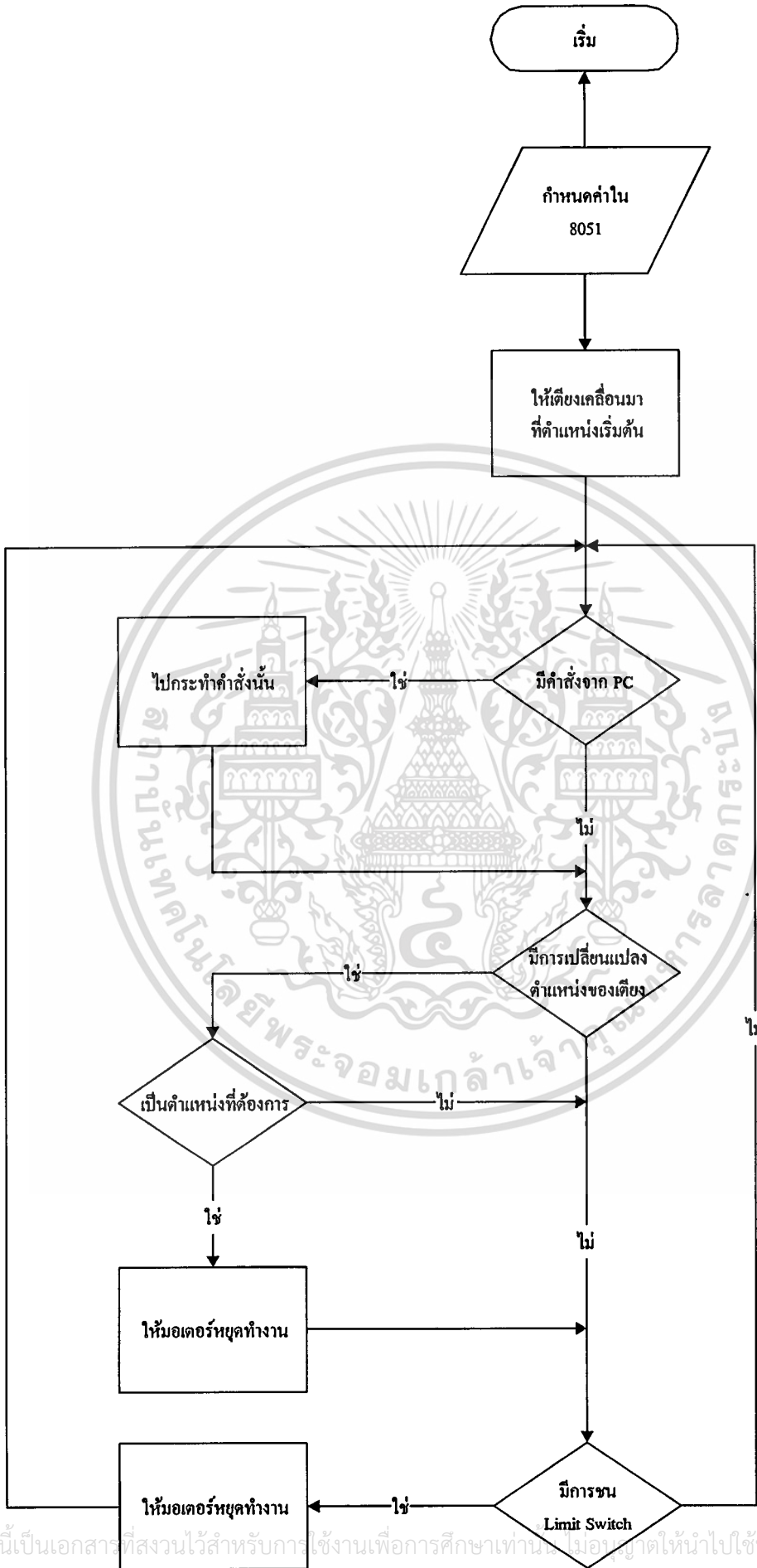
3.4 การสื่อสารกับคอมพิวเตอร์

เนื่องจากการถ่ายภาพระนาบด้วยรังสีเอ็กซ์นั้น จังหวะในการฉายรังสีจะต้องสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของวัตถุ เพื่อให้ภาพที่ได้มีความสม่ำเสมอ ถ้าวัตถุเคลื่อนที่เร็ว ภาพที่ได้จะมีลักษณะหยาบ เนื่องจากช่องว่างระหว่างแถบของภาพมีค่ามาก ซึ่งช่องว่างระหว่างแถบของภาพจะถูกกำหนดโดยเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วจึงส่งไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ จึงจำเป็นต้องมีการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และสถานะของเตียงได้

ในการติดต่อกับคอมพิวเตอร์นั้น จะกระทำผ่านทางพอร์ทอนุกรม โดยใช้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล(Baud Rate) 9600 Bits ต่อวินาที ซึ่งจะใช้ Timer 1 ในตัว 8051 เป็นตัวกำหนดอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล โดยให้ทำงานใน Mode 2 (8 Bits Auto Reload Mode) ในการติดต่อนั้น จะมีทั้งรับส่งคำสั่งและข้อมูลต่างๆ

3.5 การทำงานของ 8051

เมื่อมีการรีเซ็ตหรือเปิดเครื่องใหม่ โปรแกรมใน 8051 จะกระโดดไปยังตำแหน่งเริ่มต้นเพื่อทำการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ในระบบ เช่น ค่าระยะห่างของแถบภาพที่ใช้(สามารถกำหนดใหม่จากคอมพิวเตอร์) ,ค่าสถานะเริ่มต้นของ Timer 1 ซึ่งใช้เป็นตัวกำหนด Baud Rate ในการติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ทอนุกรม, อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นก็จะสั่งให้เตียงเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งหลังสุด ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของเตียง ต่อจากนั้นก็ทำการตรวจสอบว่ามีคำสั่งส่งมาจากคอมพิวเตอร์หรือไม่ ถ้ามีก็จะกระโดดไปยังคำสั่งที่ต้องการ ถ้าไม่มีก็จะตรวจสอบตำแหน่งของเตียงจากสถานะของเอนโคเดอร์ และจากนั้นก็ตรวจสอบว่ามีกรณี Limit Switch หรือไม่ เสร็จแล้วก็จะกระโดดไปตรวจสอบว่ามีคำสั่งส่งมาจากคอมพิวเตอร์หรือไม่ต่อไปเป็นเช่นนี้เรื่อยไป ซึ่ง Block Diagram แสดงดังรูปที่ 3.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

รูปที่ 3.6 แสดงลำดับการทำงานของโปรแกรมควบคุมเตียง

ก่อนที่จะทำการถ่ายภาพของวัตถุ คอมพิวเตอร์จะสั่งให้เตียงเคลื่อนที่ออกมาที่ตำแหน่งเริ่มต้น และจะส่งค่าระยะห่างของแถบภาพมาให้ ซึ่งจะเรียกว่าค่าของ Gap ค่าของ Gap นี้จะวัดจากจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะที่เอนโคดเดอร์ ถ้าค่าของ Gap = 10 นั้นหมายความว่า ระยะห่างของแถบภาพจะมีค่าเท่ากับ 0.43 มิลลิเมตร(การเคลื่อนที่ของเตียงทุกๆ 0.043 มิลลิเมตรจะทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณเอนโคดเดอร์) ถ้าคอมพิวเตอร์ไม่ได้ส่งค่า Gap มาให้ 8051 ก็จะใช้ค่าของ Gap เริ่มต้นซึ่งถูกกำหนดไว้ในขณะที่เปิดเครื่อง

ในการถ่ายภาพ คอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งมายัง 8051 เพื่อสั่งให้เตียงเคลื่อนที่ออกจากตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่ง 8051 จะใช้ค่า Gap ที่ได้ในการกำหนดจังหวะในการส่งสัญญาณให้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการเก็บข้อมูลภาพจากชุดตัวรับรังสีเอ็กซ์ โดย 8051 จะส่งเครื่องหมาย '>' ไปให้คอมพิวเตอร์เมื่อเตียงเคลื่อนที่ไปได้ตามระยะที่ตั้งไว้ใน Gap เมื่อเตียงเคลื่อนที่ไปจนชน Limit Switch 8051 ก็จะสั่งให้มอเตอร์หยุดหมุน และส่งตัวอักษร 'F' ไปให้คอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์หยุดการฉายรังสีและเก็บข้อมูล

คำสั่งต่างๆ ที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์แสดงไว้ในตารางข้างล่าง เริ่มจากเครื่องคอมพิวเตอร์จะส่งรหัสคำสั่งของคำสั่งที่ต้องการให้แก่ 8051 ซึ่งรหัสคำสั่งที่ใช้จะเป็นรหัสตัวอักษร 1 ตัว เมื่อ 8051 ได้รับรหัสคำสั่งแล้ว ก็จะส่งรหัสคำสั่งนั้นกลับไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อเป็นการตรวจสอบว่ารหัสคำสั่งที่ส่งไปนั้น 8051 ได้รับแล้วจริง คำสั่งต่างๆ ที่คอมพิวเตอร์ส่งมาให้ 8051

คำสั่ง	รหัสคำสั่ง	ค่าที่ส่งตามไป	ค่าที่ส่งกลับมา	อธิบายคำสั่ง
SET_X	'S'	ค่าของระยะทาง	'S'	บอกระยะที่ต้องการไป
IN	'I'	-	'I'	ให้เตียงเตียงไปข้างหน้า
OUT	'O'	-	'O'	ให้เตียงเตียงออกมา
STOP	'K'	-	'K'	ให้เตียงหยุดทันที
GET_GAP	'G'	-	'G' + ค่าของ GAP	อ่านค่า GAP จาก 8051
SET_GAP	'V'	ค่าของ GAP	'V'	SET ค่า GAP ใหม่
POS	'P'	-	'P'+ค่าของตำแหน่ง	อ่านค่าตำแหน่งของเตียง

ตารางที่ 3.1 คำสั่งต่างๆ จากคอมพิวเตอร์ที่กำหนดการทำงานของเตียง

ในบางคำสั่งนั้น เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ส่งรหัสคำสั่งไปแล้ว จะต้องส่งข้อมูลตามไปด้วย หลังจากที่ได้รับรหัสคำสั่งกลับมาแล้วจาก 8051 ซึ่งข้อมูลที่ส่งตามไปนั้นจะมี 2 ชนิด คือ

- ค่าของ Gap ซึ่งเป็นค่าที่จะบอกให้ 8051 ทำการส่งรหัส '>' มาให้คอมพิวเตอร์ เมื่อเตียงเคลื่อนที่ได้ครบตามระยะของค่า เพื่อเป็นการบอกเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ทำการเก็บข้อมูล

จากตัวรับรังสีเอ็กซ์ ซึ่งภาพที่ได้ก็จะมีคุณภาพละเอียดตามค่า Gap ที่ตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดเห็นนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าของระยะทางที่ต้องการเคลื่อนที่ไป(มีหน่วยเป็นจำนวนเท่าของ Gap) เช่น ถ้าค่าของระยะทาง = 5 โดยที่ในขณะนั้นค่าของ Gap = 10 Pulses หมายความว่า ให้เตียงเคลื่อนที่ไปจนกว่าจะได้รับ Pulses กลับมา 50 Pulses

นอกจากรหัสคำสั่งที่จะต้องส่งกลับไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ทุกครั้งที่ได้รับคำสั่งแล้ว 8051 ยังต้องส่งข้อมูลให้เครื่อง PC เมื่อได้รับคำสั่งบางคำสั่ง ซึ่งก็คือ คำสั่ง GET_GAP โดยข้อมูลที่ส่งกลับไปในนั้นจะเป็นค่าของ Gap ปัจจุบันที่ถูกเก็บไว้ใน 8051 ซึ่งเป็นประโยชน์ในการที่เครื่อง PC จะตรวจสอบค่า Gap ปัจจุบันที่ใช้อยู่ และคำสั่ง POS ซึ่ง 8051 จะส่งค่าของตำแหน่งที่เก็บไว้ให้คอมพิวเตอร์

ข้อมูลอื่นๆ ที่ 8051 ส่งให้กับคอมพิวเตอร์

- ‘>’ ส่งให้คอมพิวเตอร์เมื่อได้รับ Pulses จาก Encoder ครบตามค่าของ Gap ที่ตั้งไว้
- ‘F’ ส่งให้คอมพิวเตอร์เมื่อเตียงเคลื่อนที่ไปชน Upper Limit Switch
- ‘B’ ส่งให้คอมพิวเตอร์เมื่อเตียงเคลื่อนที่ไปชน Lower Limit Switch
- ‘Y’ ส่งให้คอมพิวเตอร์เมื่อเตียงเคลื่อนที่ครบตามระยะทางที่กำหนด

บทที่ 4 การถ่ายภาพระนาบ

4.1 บทนำ

ในบทนี้นำเสนอ อุปกรณ์ที่ช่วยทำให้เกิดภาพระนาบ นอกเหนือจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และเตียง ได้แก่ อุปกรณ์กำเนิดรังสีเอ็กซ์ และอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดลอง เพื่อทราบส่วนประกอบ และ การทำงานของอุปกรณ์เหล่านี้ ก่อนที่จะกล่าวถึง การทำงานร่วมกัน ระหว่าง เครื่องคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์กำเนิดรังสีเอ็กซ์ อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ และ เตียง จนเกิดภาพระนาบแสดงบนจอภาพ

4.2 อุปกรณ์กำเนิดรังสีเอ็กซ์

เนื่องจากการถ่ายภาพระนาบ เป็นวิธีการแสดงภาพข้างในวัตถุ หรือ อวัยวะภายในร่างกายมนุษย์บางส่วนอีกวิธีหนึ่ง โดยไม่ต้องตัดผ่า ถอดชิ้นส่วน หรือ ทำลายวัตถุที่นำมาตรวจสอบ วัตถุดังกล่าวอาจจะเป็น อุปกรณ์ ชิ้นส่วน อะไหล่ ชิ้นงาน หรือ วัสดุ

สาเหตุที่แสดงภาพข้างในวัตถุเหล่านั้นได้ คือ รังสีเอ็กซ์(X-ray) ดังนั้น ก่อนที่จะแนะนำหลอดยิงรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดลอง จะกล่าวถึงคุณสมบัติของรังสีเอ็กซ์บางประการ

4.2.1 รังสีเอ็กซ์(X-ray)

รังสีเอ็กซ์ เป็น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความถี่ประมาณ $3 \times 10^6 - 3 \times 10^{21}$ Hz ดังนั้นจึงมีความยาวคลื่นสั้นมาก เมื่อเทียบกับ สัญญาณไฟฟ้า หรือ คลื่นแสง ดังรูปที่ 4.1 รังสีเอ็กซ์เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม

เนื่องจากรังสีเอ็กซ์ มีความยาวคลื่น หรือ ความถี่หลายค่าต่อเนื่องกัน เป็นช่วงที่กว้าง จึงกล่าวได้ว่า รังสีเอ็กซ์ เป็น สเปกตรัม(Spectrum) ซึ่งคล้ายกับ แสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นรังสีที่สามารถมองเห็นได้ และ มีความยาวคลื่นหลายค่า เป็นสเปกตรัมเช่นกัน

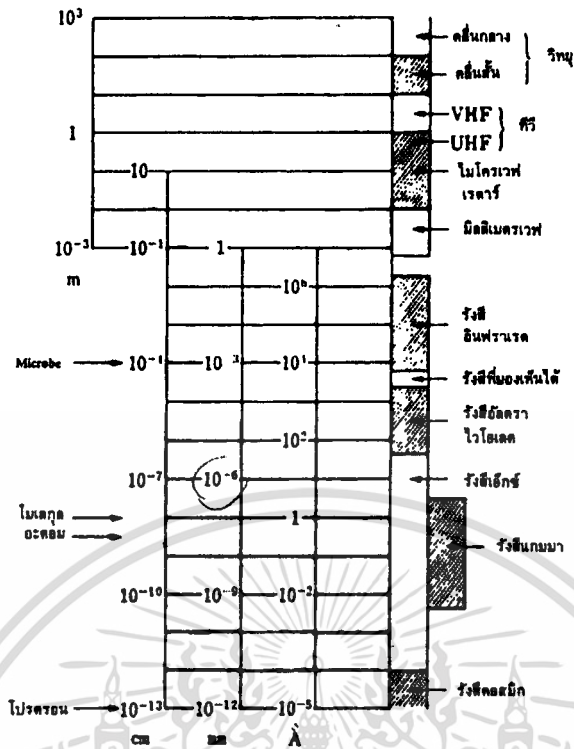
คุณสมบัติของ รังสีเอ็กซ์ที่น่าสนใจ คือ สามารถทะลุผ่านตัวกลางทึบแสงได้ แต่ แสงสามารถทะลุผ่านตัวกลางโปร่งแสง หรือ โปร่งใสได้เท่านั้น เหตุผลที่เกิดปรากฏการณ์นี้จะกล่าวถึงต่อไป

ก. ปฏิกริยาระหว่างรังสีเอ็กซ์กับอะตอมของตัวกลาง

เมื่อรังสีเอ็กซ์ทะลุผ่านตัวกลาง จะเกิดปรากฏการณ์ลักษณะใดลักษณะหนึ่งดังต่อไปนี้

1. Photo-electric Effect

เมื่อรังสีเอ็กซ์ชนอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม อิเล็กตรอนในวงโคจรจะรับพลังงานจากรังสีเอ็กซ์ส่วนหนึ่ง และ เคลื่อนที่หลุดออกไป ดังนั้น พลังงานส่วนนี้ต้องชนะแรงยึดเหนี่ยวของอิเล็กตรอน และ ถ่ายเทเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน ดังแสดงในรูปที่ 4.2(ก)



รูปที่ 4.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 1 \AA° (อังสตรอม) = 10^{-8} cm

อิเล็กตรอนที่หลุดจากวงโคจรด้วยกระบวนการนี้ เรียกว่า Photo electron

2. Thomson Scattering

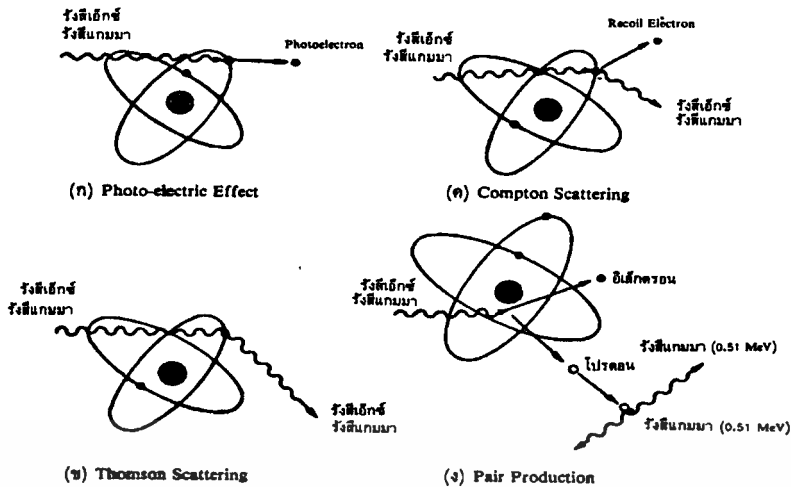
เมื่อรังสีเอ็กซ์ชนอะตอม ทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลง ผลคือ พลังงานภายในอะตอมไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้น รังสีเอ็กซ์ที่สะท้อนออกมา จึงมีพลังงาน และ ความยาวคลื่นไม่เปลี่ยนแปลงจากตอนตกกระทบอะตอมเช่นกัน

หรือเมื่อรังสีเอ็กซ์ชนอะตอม และมีผลต่อการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนในอะตอม แต่ไม่หลุดจากวงโคจร ทำให้เกิด คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นเปลี่ยน ไปกระจายออกทั้ง 4 ทิศทาง โดยมีอะตอมเป็นจุดศูนย์กลาง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การหักเหของรังสี แสดงในรูปที่ 4.2(ข)

3. Compton Scattering

เมื่อรังสีเอ็กซ์กระทบกับอะตอมของตัวกลาง ทิศทางการเคลื่อนที่ของอะตอมเปลี่ยนแปลง และอิเล็กตรอนกับนิวเคลียสจะรวมตัวกันอย่างหลวมๆ ต่อมา อิเล็กตรอนแตกตัว และหลุดออกมาภายนอกอะตอม พลังงานภายในของระบบอะตอมเพิ่มสูงขึ้นมาก พร้อมกับ พลังงานรังสีเอ็กซ์ลดลงจากเดิมมากเช่นกัน ผลคือ รังสีเอ็กซ์มีความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนที่หลุดออกมา เรียกว่า Recoil electron แสดงในรูปที่ 4.2(ค)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ปฏิกริยาที่เกิดขึ้นระหว่างรังสีเอกซ์และอะตอมของตัวกลาง

4. การเกิดอนุภาคใหม่

เมื่อรังสีเอกซ์ผ่านเข้าใกล้สนามไฟฟ้าของอะตอม พลังงานบางส่วน จะเปลี่ยนไปเป็น อิเล็กตรอน และ โปรตอน ของตัวกลางพร้อมกัน ดังนั้น รังสีเอกซ์ต้องมีพลังงานเท่ากับ ปริมาณ ของอิเล็กตรอนและโปรตอน นั่นคือ ต้องไม่น้อยกว่า 1.02 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV^{*}) ถ้าน้อย กว่าจำนวนนี้ รังสีเอกซ์จะไม่สามารถเปลี่ยนรูปเป็นอิเล็กตรอนและโปรตอนพร้อมกันได้

อิเล็กตรอนเป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก และ มีความเร็วสูงเท่ากับความเร็วแสง สาเหตุที่ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เท่ากับความเร็วแสงได้ เพราะมวลของอิเล็กตรอนมีค่าน้อยมาก กล่าวคือ มวล ของอิเล็กตรอนตอนหยุดนิ่ง(m₀) เท่ากับ 9.108x10⁻²⁸ กรัม ซึ่งเป็นค่าคงที่ และ เมื่ออิเล็กตรอน เคลื่อนที่ อิเล็กตรอนจะมีมวลเพิ่มขึ้นตามทฤษฎีสัมพันธภาพของไอน์สไตน์ เมื่อเปรียบเทียบกับ วัตถุธรรมดาที่ไม่ใช่อนุภาค วัตถุเหล่านี้จะเคลื่อนที่เท่ากับความเร็วแสงไม่ได้ เพราะมวลจะเพิ่มขึ้น มาก แต่ อิเล็กตรอนสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วแสงได้ เนื่องจากมวลในขณะที่เคลื่อนที่มีค่าน้อย แต่มากกว่ามวลตอนหยุดนิ่ง

ดังนั้น เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยน โครงสร้างของตัวเองเป็นพลังงานจะมีค่าเท่ากับ m₀c² เมื่อ c คือ ความเร็วของแสง นั่นคือ

$$m_0c^2 = 9.108 \times 10^{-28} \times (2.9978 \times 10^{10})^2$$

$$= 8.185 \times 10^{-7}$$

* eV (electron Volt) คือ ปริมาณพลังงานที่อิเล็กตรอนใช้ในการเคลื่อนที่ เมื่อความต่างศักย์ที่ใช้เร่งอิเล็กตรอนเท่ากับ 1 โวลต์ เนื่องจากประจุของอิเล็กตรอน e มีค่าคงที่ ดังนั้น พลังงานของอิเล็กตรอนจะกำหนดได้จากความต่างศักย์ ในกรณีของหลอดรังสีเอกซ์ ถ้าแรงดัน ไฟฟ้าของหลอด(ความต่างศักย์ระหว่างขั้ว บวกและขั้วลบ) มีค่าเท่ากับ V แล้ว อิเล็กตรอนจะมีพลังงานจลน์เท่ากับ V (eV)

1000 eV เท่ากับ 1 KeV (Kilo electron Volt)

1000 KeV เท่ากับ 1 MeV (Million electron Volt)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่พิมพ์ขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



= 0.511 MeV

หมายความว่า เมื่ออิเล็กตรอนสลายตัว จะเกิดพลังงานขนาด 0.511 MeV และ พลังงาน 0.511 MeV สามารถกลายเป็นอิเล็กตรอน 1 ตัวได้

ส่วนโปรตอน คือ อนุภาคที่มีมวลตอนหยุดนิ่ง เท่ากับมวลตอนหยุดนิ่งของอิเล็กตรอน แต่มีประจุไฟฟ้าตรงข้ามกับประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน ถ้ากำหนดให้ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน คือ -e ดังนั้น ประจุไฟฟ้าของโปรตอนคือ +e

นั่นคือ รั้งสีเอ็กซ์ต้องมีพลังงานเท่ากับ $2m_0c^2$ ($2 \times 0.511 \text{ MeV} = 1.02 \text{ MeV}$) หรือมากกว่า จึงเปลี่ยนรูปเป็นอิเล็กตรอนและโปรตอน 1 คู่ได้ แสดงในรูปที่ 4.2(ง)

ข. การลดลงของรั้งสีเอ็กซ์เมื่อผ่านตัวกลาง

ในขณะที่รั้งสีเอ็กซ์ทะลุผ่านตัวกลางหรือวัตถุใดๆ ที่มีขนาดพอสมควร รั้งสีเอ็กซ์จะมีปริมาณลดลง เนื่องจากกระบวนการข้างต้น ปริมาณของรั้งสีที่ลดลงขึ้นอยู่กับชนิด ความหนาของตัวกลาง และพลังงานของรั้งสีเอ็กซ์ (คิดจากแรงดันไฟฟ้าที่กำเนิดรั้งสีเอ็กซ์)

ในหัวข้อย่อยนี้ กล่าวถึง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณรั้งสีที่ลดลง และความหนาของตัวกลางหรือวัตถุ ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (4.1)$$

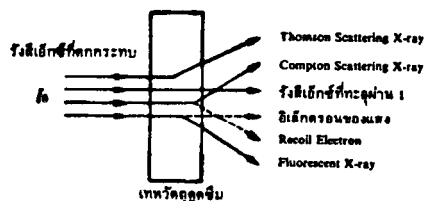
เมื่อ I คือ ความเข้มของรั้งสีเอ็กซ์ที่ทะลุผ่านวัตถุ

I_0 คือ ความเข้มของรั้งสีเอ็กซ์ก่อนตกกระทบวัตถุ

e คือ Natural Exponential ซึ่งมีค่าประมาณ 2.718

μ คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืน หรือสัมประสิทธิ์การดูดซึมรั้งสี (Attenuation or Absorption Coefficient)

x คือ ความหนาของวัตถุที่เป็นตัวกลาง



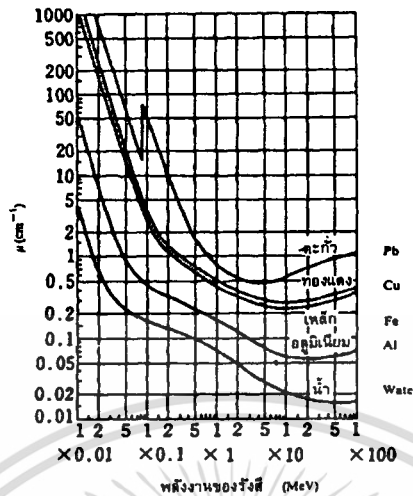
รูปที่ 4.3 รั้งสีเอ็กซ์ที่เกิดจากการทะลุผ่านวัตถุ

ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืน μ เป็นค่าคงที่ ขึ้นกับ ชนิดของตัวกลาง และ พลังงานของรั้ง

สีเอ็กซ์ที่ใช้ จากรูปที่ 4.4 เป็นกราฟแสดงค่าสัมประสิทธิ์ของการดูดกลืนของน้ำ อะลูมิเนียม เหล็ก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 036973

ทองแดง และตะกั่ว เมื่อพลังงานของรังสีเอ็กซ์เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างสัมประสิทธิ์การดูดกลืน และพลังงานรังสีเอ็กซ์

จากเส้นกราฟในรูปที่ 4.4 เส้นโค้งของตะกั่ว อยู่สูงกว่าเส้นโค้งของโลหะอื่นๆ และ น้ำ หมายความว่า สัมประสิทธิ์การดูดกลืนของตะกั่วมีค่ามากที่สุด ที่พลังงานของรังสีเอ็กซ์ทุกๆ ค่า เส้นโค้งจากกราฟทุกเส้น จะลดลง เมื่อตัวเลขที่อยู่ในแกนอนของกราฟเพิ่มขึ้น หมายความว่า ถ้าพลังงานของรังสีมีค่าเพิ่มขึ้น (ศักดาไฟฟ้าของหลอดยิงรังสีเอ็กซ์มีค่ามากขึ้น) วัตถุที่เป็นตัวกลางทุกชนิดจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนลดต่ำลง นั่นคือ รังสีเอ็กซ์สามารถทะลุผ่านตัวกลางได้มากขึ้น

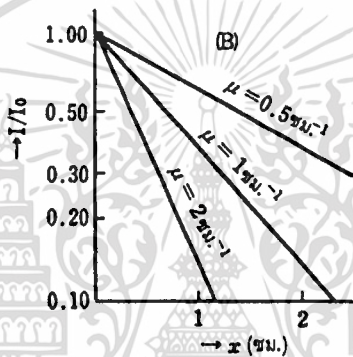
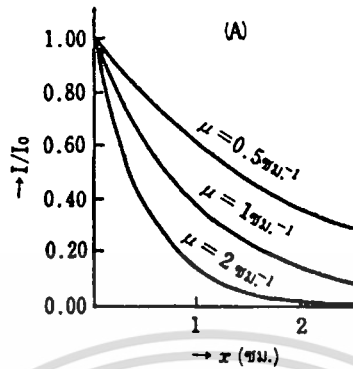
แต่ เมื่อพิจารณาเส้นโค้งที่อยู่ใกล้ขอบขวาของกราฟ แสดงว่า มีค่าพลังงานของรังสีอยู่ค่าหนึ่ง ที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนต่ำที่สุด เส้นโค้งแต่ละเส้น หรือวัตถุแต่ละชนิด จะมีพลังงานของรังสีค่านี้ไม่เท่ากัน และ เมื่อเพิ่มพลังงานของรังสีมากกว่าค่านี้ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนจะมีค่าเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อย และ ไม่มีค่าลดลง ตัวอย่างเช่น เหล็กจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนน้อยที่สุด เมื่อแรงดัน ไฟฟ้าของหลอดยิงรังสีเอ็กซ์มีค่า 7.5 MeV ต่อมา เพิ่มแรงดันมากกว่า 7.5 MeV เหล็กจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนมากกว่าค่าเดิมเล็กน้อย

ในกรณีที่เพิ่มความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์ ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนจะมีค่าเพิ่มขึ้น โดยที่ตัวกลางต้องเป็นชนิดเดียวกันในขณะที่รังสีเอ็กซ์ตกกระทบตัวกลางแต่ละครั้ง และ วัตถุที่มีเลขอะตอม(Atomic No.) หรือ ความหนาแน่นสูง ค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนจะมีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากกราฟรูปที่ 4.5 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราการดูดซึม I/I_0 และ ความหนาของตัวกลางหรือวัตถุ(X)ซึ่งได้จากสมการที่ 4.1 ในรูปที่ 4.5(A) แกนตั้งของกราฟ ใช้การแบ่งส่วนของแกนแบบธรรมดา(Normal Scale) เมื่อค่า X เพิ่มขึ้น อัตราส่วน I/I_0 จะมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว แต่ไม่เท่ากับศูนย์ และ เมื่อค่า μ เพิ่มขึ้น ความเข้มของรังสีเอ็กซ์ที่ทะลุผ่านออกนอกวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่ไปยังโรงเรียนดำเนินการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีค่าลดลงมากขึ้น ที่ค่า X ค่าเดียวกัน ส่วนกราฟรูปที่ 4.5(B) การแบ่งส่วนแกนตั้งของกราฟเป็นแบบล็อก(Log Scale) ในกรณีนี้ เส้นกราฟที่ได้จะเป็นเส้นตรงที่มีลักษณะลาดลง(Negative Slope)



รูปที่ 4.5 เส้นกราฟการลดลงของรังสีเอ็กซ์ ที่มีความยาวคลื่นค่าเดียว

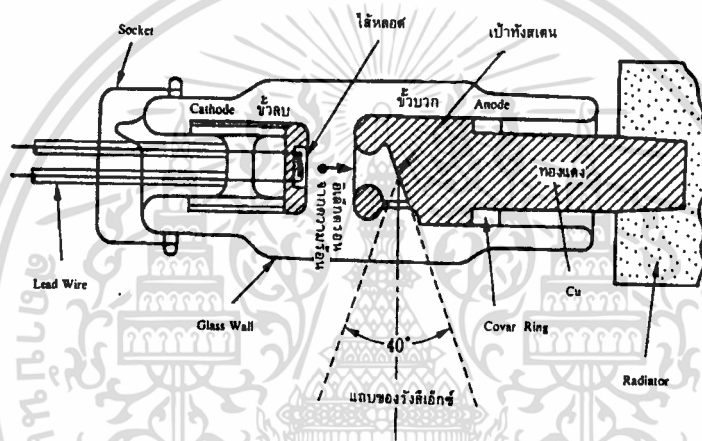
สมการที่ 4.1 จะเป็นจริง เมื่อรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ทดสอบ มีความยาวคลื่นค่าเดียว(มีพลังงานค่าเดียว) แต่ในทางปฏิบัติ รังสีเอ็กซ์ที่ได้จากหลอดยิงรังสีเอ็กซ์มีความยาวคลื่นหลายค่า ดังนั้น เมื่อเขียนกราฟรูปที่ 4.5(B) ใหม่ จะได้เส้นกราฟที่ไม่เป็นเส้นตรงในรูปที่ 4.6 ซึ่งข้อมูลที่นำมาเขียนกราฟรูปที่ 4.6 จะเป็นข้อมูลที่ได้จากการวัด ที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่ารังสีเอ็กซ์ที่เกิดขึ้นมีพลังงานหลายค่า นั่นคือ รังสีเอ็กซ์ที่มีค่าความยาวคลื่นมากและความยาวคลื่นสั้น จะปะปนกันเป็นสเปกตรัม เมื่อรังสีเอ็กซ์ที่เป็นสเปกตรัมตกกระทบวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นมาก ดังนั้น รังสีเอ็กซ์ที่ทะลุผ่านออกด้านตรงข้ามของวัตถุจะมีความยาวคลื่นสั้น ค่า μ ที่คิดจากความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์หลายๆ ค่า และนำมาเฉลี่ย จะได้ค่าที่ลดต่ำลงใกล้เคียงกับค่า μ ของรังสีเอ็กซ์ที่มีความยาวคลื่นสั้น

ค. วิธีการกำเนิดรังสีเอ็กซ์

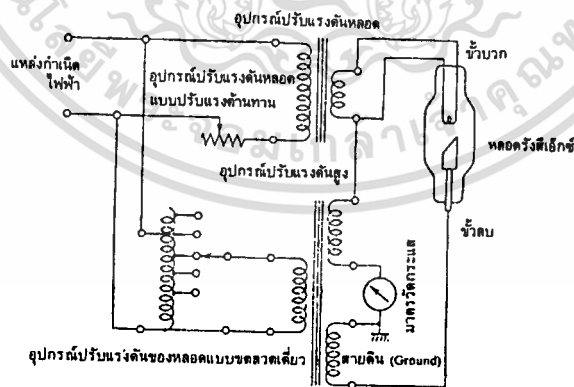
หลักการของการเกิดรังสีเอ็กซ์สามารถลำดับตามขั้นตอนได้ดังนี้ ขั้นแรก เร่งอิเล็กตรอนให้เคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่ง ให้มีความเร็วสูง นั่นคือ ตอนนี้อิเล็กตรอนจะมีพลังงานจลน์สูงมาก ต่อมาอิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่กระทบเป้าที่ทำด้วยโลหะหนัก เช่น ทังสแตน ผลคือ อิเล็กตรอนเคลื่อนที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟ้าคนละชนิดกระทำกับอิเล็กตรอน ที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด(Filament) ของขั้วลบ และอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่ในขดลวดหลุดออกมาข้างนอกพร้อมกับความร้อนที่เกิดขึ้น ก่อนหน้าที่อิเล็กตรอนจะถูกเร่ง ความเร็วของอิเล็กตรอนที่ถูกเร่งก่อนชนเป้าทั้งสแตนที่ขั้วบวก จะมีค่ามากหรือน้อย มีผลมาจาก ความต่างศักย์ระหว่างขั้วอาโนดและขั้วแคโทด เนื่องจากการใช้งานจริง ต้องการพลังงานรังสีเอ็กซ์หลายระดับ ดังนั้น แรงดันของหลอดขิงรังสีเอ็กซ์สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้

รูปที่ 4.7 แสดงภาพของหลอดขิงรังสีเอ็กซ์ที่ใช้งานทั่วไป รังสีเอ็กซ์จะส่องออกจากเป้าทั้งสแตน ทำมุมกับแนวตั้งตั้งแต่ 0 ถึง 40 องศา และ ส่องโดยรอบในแนวราบ 360 องศารอบแกนของรังสีเอ็กซ์



รูปที่ 4.7 โครงสร้างของหลอดขิงรังสีเอ็กซ์(X-ray Tube)



รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ปรับแรงดันหลอดขิงรังสีเอ็กซ์

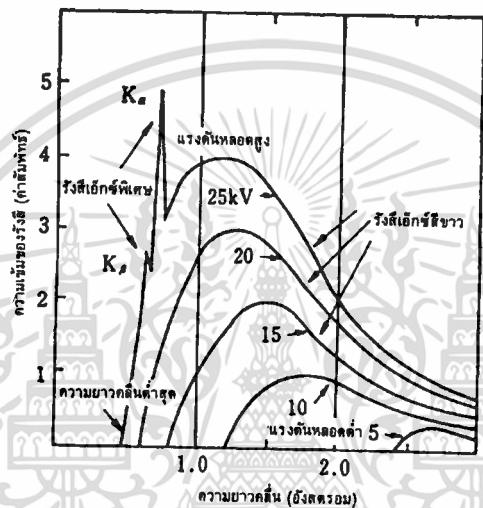
เมื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลบของหลอดมากขึ้น รังสีเอ็กซ์ที่ฉายจากหลอด มีอำนาจทะลุผ่านตัวกลางมากขึ้น แต่วัสดุที่ใช้ทำขั้วต่อไฟฟ้าจะจำกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุดของหลอดขิงรังสีเอ็กซ์

ตำแหน่งที่อิเล็กตรอนกระทบเป้าทั้งสแตน หรือ ตำแหน่งที่กำเนิดรังสีเอ็กซ์ เรียกว่า จุดโฟกัส รูปร่างของจุดโฟกัสมีผลต่อลักษณะการฉายรังสีเอ็กซ์ และ กระแสไฟฟ้าเกิดจากประจุ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟฟ้าบวกหรือประจุไฟฟ้าลบเคลื่อนที่ เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากไส้หลอด(Filament) ของขั้วลบ ไปชนเป้าทั้งสแตนที่เป็นขั้วบวก จะเกิดกระแสไฟฟ้าเช่นกัน เรียกกระแสไฟฟ้านี้ว่า กระแสหลอด

รูปที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นในหน่วยอังสตรอมและความเข้มของรังสีเอ็กซ์ที่เป็นค่าสัมพัทธ์ที่ค่าแรงดันไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งเส้นโค้งที่แสดง มีความยาวคลื่นต่อเนื่อง (Continuous Spectrum) และ ส่วนของเส้นโค้งที่มีความเข้มสูงและความยาวคลื่นเป็นช่วงแคบมาก (Line Spectrum) คือ K_{α} และ K_{β} เรียกว่า รังสีเอ็กซ์เฉพาะตัว(Characteristic X-ray)



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์และความเข้มของรังสี

ถ้ากำหนดให้แรงดันหลอดมีค่าคงที่ การเปลี่ยน ค่ากระแสหลอด ชนิดของโลหะที่ใช้ทำเป้า(ขั้วบวกที่อิเล็กตรอนวิ่งชนกระทบ) ความเข้มของรังสีเอ็กซ์จะเปลี่ยนแปลง โดยที่สเปกตรัมหรือช่วงความยาวคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง

เมื่อพิจารณา เส้นโค้งทุกเส้นในกราฟรูปที่ 4.9 ความยาวคลื่นน้อยที่สุดที่เริ่มเกิดรังสีเอ็กซ์ เรียกว่า ความยาวคลื่นต่ำสุด แรงดันหลอดมีผลต่อค่าความยาวคลื่นต่ำสุด ถ้าแรงดันหลอดมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าความยาวคลื่นต่ำสุดจะน้อยลง จุดยอดของเส้นโค้งแต่ละเส้นคือ จุดที่แสดงระดับความเข้มของรังสีเอ็กซ์สูงสุด ซึ่งจุดนี้ของแต่ละเส้นมีระดับความเข้มและความยาวคลื่นที่จับคู่กัน ไม่เท่ากัน นั่นคือ เมื่อเพิ่มแรงดันหลอด จุดนี้จะมีค่าความเข้มสูงขึ้นและความยาวคลื่นต่ำลง เส้นโค้งจะเบนไปทางซ้าย ดังนั้น รังสีเอ็กซ์จะมีความยาวคลื่นโดยเฉลี่ยน้อยลง พลังงานของรังสีเอ็กซ์โดยเฉลี่ยจะมีค่ามากขึ้น รังสีเอ็กซ์จะมีอำนาจทะลุผ่านตัวกลางหรือวัตถุได้มากเช่นกัน

ความเข้มของรังสีเอ็กซ์เทียบได้กับความสว่างของแสง ความเข้มของรังสีเอ็กซ์จะเป็นสัดส่วนกับพื้นที่ใต้เส้นโค้งตามแกนนอนในกราฟรูปที่ 4.9 และ แปรผกผันโดยประมาณกับค่ายกกำลัง

สองของแรงดันหลอด นอกจากนี้ ค่าความเข้มของรังสีเอ็กซ์แปรผันโดยตรงกับกระแสหลอด และการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปรผันโดยตรงกับเลขอะตอม(Atomic Number) ของโลหะที่เป็นเป้า เป้าที่อิเล็กตรอนวิ่งชน ส่วนมากทำจากโลหะหนักที่มีจุดหลอมเหลวสูง เช่น ทังสแตน

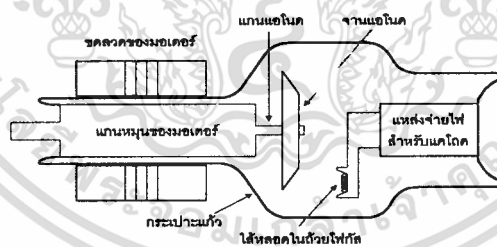
เมื่อเพิ่มแรงดันหลอดมากขึ้นจนมีค่าหนึ่ง จะเกิดรังสีเอ็กซ์เฉพาะตัว เรียกแรงดันหลอดค่านี้ว่า แรงดันกระตุ้น(Exciting Voltage) แรงดันกระตุ้นจะมีค่าคงที่ และขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะที่เป็นเป้า แต่ในการใช้งานจริง จะไม่ใช่รังสีเอ็กซ์เฉพาะตัว

4.2.2 หลอดรังสีเอ็กซ์ (X-ray tube)

หลอดรังสีเอ็กซ์ โดยทั่วไป จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ แบบที่มีขั้วอาโนดอยู่กับที่ (Stationary anode tube) และ แบบที่มีขั้วอาโนดหมุน(Rotating anode tube) ในการทดลอง ใช้หลอดรังสีเอ็กซ์แบบหลัง

ส่วนประกอบ ของหลอดรังสีเอ็กซ์แบบอาโนดหมุน ที่แตกต่างจาก หลอดรังสีเอ็กซ์แบบอาโนดอยู่กับที่ คือ เป้าที่อิเล็กตรอนพุ่งชน จะมีรูปร่างคล้ายจาน และประกอบเข้ากับเพลลาหมุนของมอเตอร์ เพื่อเปลี่ยนจุดกระทบของอิเล็กตรอนพร้อมกับระบายความร้อนเนื่องจาก โลหะที่ใช้ทำเป้าไม่สามารถทนความร้อนได้นาน

ชนิดของโลหะที่นำมาทำเป้าคือ ทังสแตนเพราะทังสแตนมีจุดหลอมเหลวสูงประมาณ 3370 องศาเซลเซียส และมีคุณสมบัติดูดกลืนและระบายความร้อนได้ดี ดังนั้น เพลลาหมุนที่หมุนเป้าจะมีอัตราเร็วรอบประมาณ 3600 รอบต่อนาที (rpm)ในขณะที่เปิดหลอดรังสีเอ็กซ์ โครงสร้างส่วนประกอบจะแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 โครงสร้างของตัวหลอดรังสีเอ็กซ์แบบอาโนดหมุน

ระบบรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นของบริษัท โตชิบา(Toshiba)ประเทศไทยรุ่นสามารถจ่ายแรงดันตั้งแต่ 40-150 กิโลโวลต์ และ กระแสหลอดตั้งแต่ 40-200 มิลลิแอมแปร์ รายละเอียดต่างๆ ของหลอดรังสีเอ็กซ์ แสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 ลักษณะของตัวหลอดรังสีเอกซ์แบบอาโนดหมุน

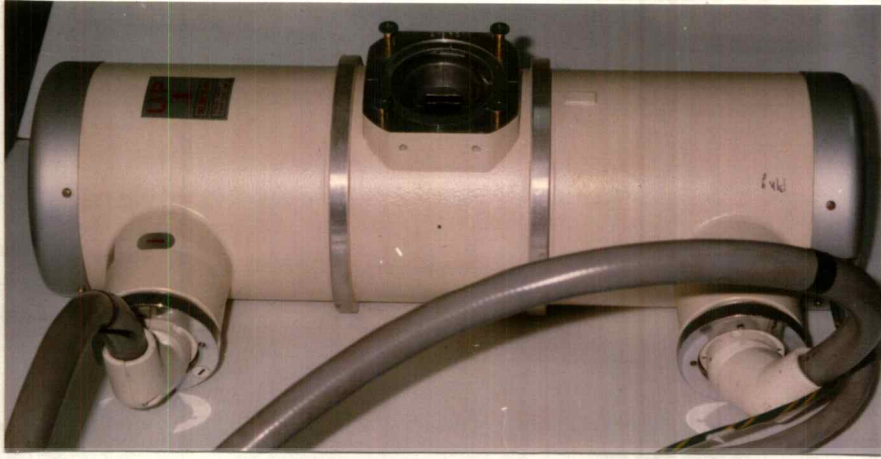
หมายเลขรุ่นหลอด	DRX-1603 B
แรงดันหลอดสูงสุด	150 KV (1 เฟส ทำงานแบบเรกติโกราฟฟิค)
กระแสหลอดสูงสุด	ไฟกัล 2 มม. 500 mA : 1 มม. 250 mA
ขนาดของจุดไฟกัล	2.0 มม., 1.0 มม.
มุมรังสี	16 องศา
ค่าความจุความร้อนของอาโนด	140,000 หน่วยความร้อน(HU)
อัตราการคายความร้อนสูงสุดของอาโนด	667 HU/s
ค่าความจุความร้อนของโครงหลอด	1,250,000 HU
การระบายความร้อน	อากาศ / พัดลม
วงจรควบคุม	1 เฟสเรียงกระแสเต็มคลื่น(full-wave)

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของหลอดรังสีเอกซ์ที่ใช้

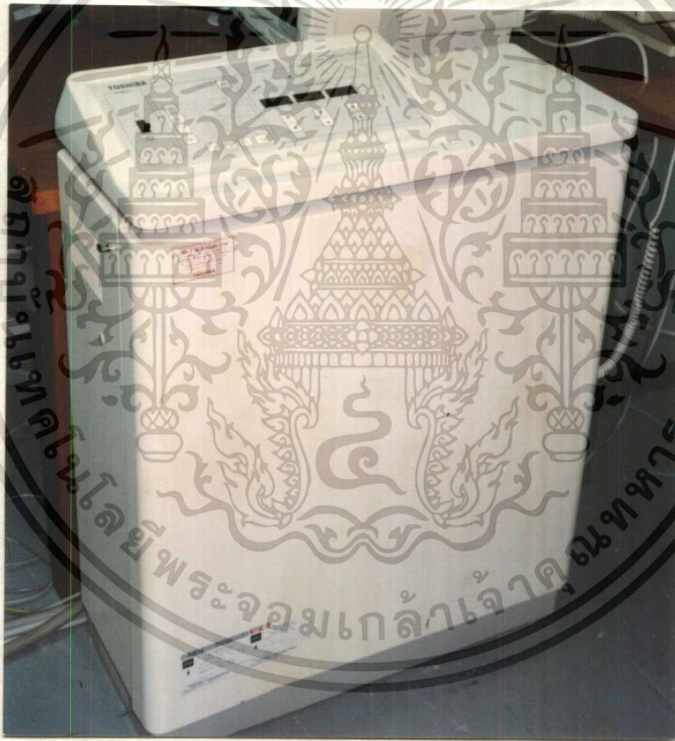
จากตารางที่ 4.1 อุปกรณ์ควบคุมปริมาณรังสี จะปรับขนาดของจุดไฟกัลจาก 1 มม. ถึง 2 มม. เมื่อเลือกใช้งานกระแสหลอดในระดับ 200 mA ขึ้นไป

วิธีการระบายความร้อนที่เกิดในหลอดรังสีเอกซ์ที่ใช้ในการทดลองคือ การใช้พัดลมเป่าโดยตรงที่ตัวหลอด เพื่อให้ความร้อนที่สะสมอยู่ในน้ำมันที่ทำหน้าที่หล่อเย็นภายในหลอด ระบายออกมาที่โครงหลอด

ลักษณะส่วนต่างๆ ของ อุปกรณ์กำเนิดรังสีเอกซ์ แสดงในรูปที่ 4.12(ก) 4.12(ข) และ 4.12(ค)



รูปที่ 4.12(ก) หลอดยิงรังสีเอ็กซ์



รูปที่ 4.12(ข) อุปกรณ์ควบคุมปริมาณรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

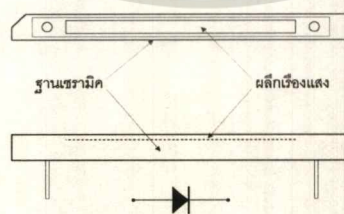


รูปที่ 4.12(ก) หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้าสูง

4.3 อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์

อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบใช้ก๊าซ(gas detector) และ แบบใช้สารกึ่งตัวนำ ในการทดลองจะใช้แบบหลัง

ตัวรับรังสีแบบสารกึ่งตัวนำ จะมีหน่วยย่อยที่ประกอบด้วย โฟโตไดโอด(Photo diode) และผลึกเรืองแสง(Scintillation crystal) ซึ่งประกบติดกับโฟโตไดโอดโดยผลึกเรืองแสงทำจากสาร โซเดียมไอโอไดด์(Sodium iodide) บิสมัทเจอร์มานัท(bismuth germanate) หรือ ซีเซียมไอโอไดด์(cesium iodide) ผลึกเรืองแสงมีหน้าที่ 2 ประการคือ รวบรวมโฟตอนของรังสีเอ็กซ์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนผิวหน้าของผลึก และ เปลี่ยนพลังงานของอิเล็กตรอน เป็นแสงสว่างที่มีย่านความถี่ที่โฟโตไดโอดสามารถตรวจวัดได้



รูปที่ 4.13(ก) โครงสร้างของหน่วยย่อยในตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ

ประสิทธิภาพในการตรวจวัดของหน่วยย่อยแบบนี้สูงมาก เพราะปริมาณรังสีเอ็กซ์ทั้งหมด

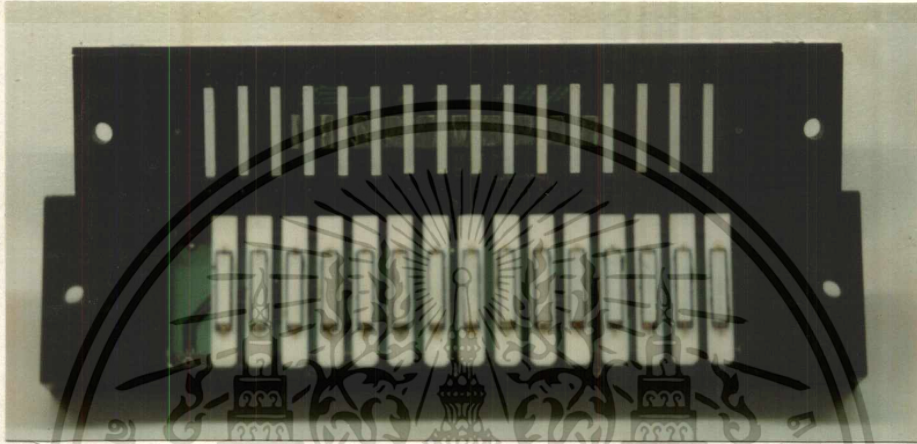
ที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี จะมี 90 เปอร์เซ็นต์ในส่วนนี้ที่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารทูลงวนเวสสำหรับกรเซงำนเพอกรศึกษำเทำนน ีเมอนูญำตเอนำเปเซประโยชนด้ำนกรค้ำ

ไม่ว่ำกรณมีใจ ำงซึ่น อีกรังงำมมีให้ดัดแปลงเนือหำ และต้องอ้ำงอิงถึงเจ้ำของเอกรสรทุกรังงำที่มีกรนำไปใช้



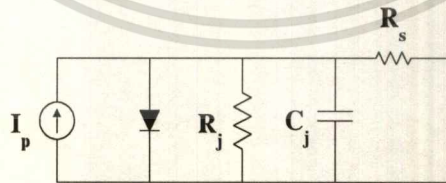
รูปที่ 4.13(ข) ลักษณะของหน่วยย่อยในตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ



รูปที่ 4.14 ลักษณะของตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ

4.3.1 พื้นฐานการทำงานของหน่วยย่อยตัวรับรังสีเอ็กซ์

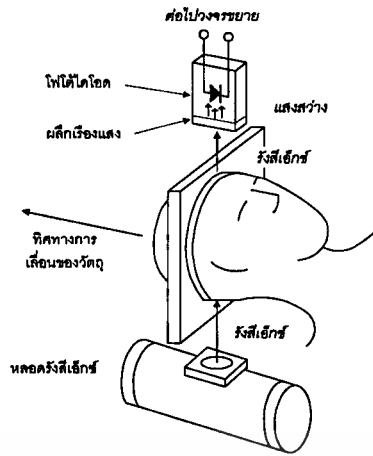
ส่วนหนึ่งของหน่วยย่อยนี้ คือ โฟโอดีไดโอด(photo diode) ซึ่งเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีคุณลักษณะทางไฟฟ้า เปลี่ยนตามความเข้มและความยาวคลื่นแสงที่ตกกระทบบนตัวอุปกรณ์ โดยมีวงจรสมมูลย์แสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 วงจรสมมูลย์ของโฟโอดีไดโอด

ชนิดของโฟโอดีไดโอด ที่เป็นส่วนประกอบ ในหน่วยย่อยตัวรับรังสีเอ็กซ์ เป็นแบบที่มีผลึกเรืองแสง หรือซินทิลเลเตอร์(Scintillator) ติดอยู่บนช่องรับแสงของตัวโฟโอดีไดโอด มีหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของรังสีเอ็กซ์ที่ตกกระทบบนตัวไดโอดเป็นแสงสว่างที่มีความถี่ในการทำงานของไดโอด ซึ่งสามารถนำไปใช้งานดังแสดงในรูปที่ 4.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใคร่จะงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

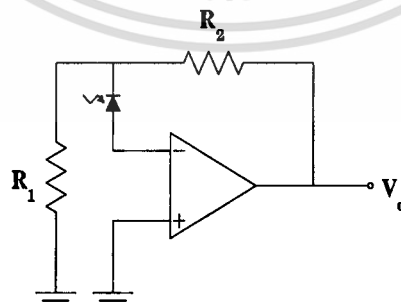


รูปที่ 4.16 ลักษณะการนำตัวรับรังสีไปใช้งาน

ขั้นตอนการเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโฟโต้ไดโอดเป็นดังนี้ เมื่อรังสีเอ็กซ์ส่องผ่านตัวกลางหรือวัตถุ วัตถุจะดูดกลืนพลังงานของรังสีมากหรือน้อยขึ้นกับสัมประสิทธิ์การดูดกลืนของวัตถุ(μ) ดังนั้น รังสีที่ทะลุผ่านออกมาจากวัตถุจะมีความเข้มลดลง ต่อมารังสีตกกระทบผลึกเรืองแสงบนช่องรับแสงของโฟโต้ไดโอด ผลึกเรืองแสงจะเปลี่ยนความเข้มของรังสีในรูปแสง แสงจะส่องลงบนตัวโฟโต้ไดโอด เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวไดโอดซึ่งสามารถวัดได้

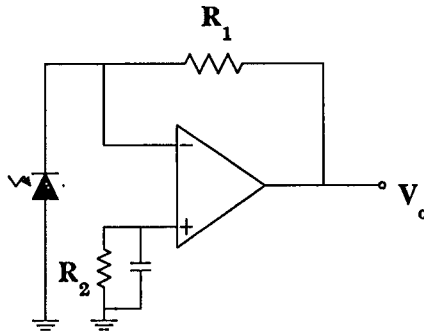
การวัดพลังงานแสงที่ตกกระทบบนตัวโฟโต้ไดโอด ทำได้ 2 วิธี คือ การวัดในรูปแรงดัน และการวัดในรูปกระแส ดังแสดงในรูปที่ 4.17

การวัดพลังงานแสงในรูปแรงดันต่อคร่อมตัวโฟโต้ไดโอด ไม่เหมาะสมในการใช้งาน เพราะสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรขยายจะไม่เป็นเชิงเส้น เนื่องจากพลังงานแสงและแรงดันที่ตกคร่อมตัวโฟโต้ไดโอด มีความสัมพันธ์แบบลอการิทึม(logarithm) ตามสมการ



(ก) การวัดในรูปแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(จ) การวัดในรูปแบบกระแส

รูปที่ 4.17 การวัดพลังงานของแสงที่ตกกระทบบนตัวโฟโต้ไดโอด

$$V_o = \left[1 + \frac{R_1}{R_2} \right] \left[\frac{K T}{q} \right] \ln \left[1 + \frac{I_p}{I_s} \right] \quad (4.2)$$

ส่วนการวัดพลังงานในรูปแบบกระแส เป็นไปตามสมการ

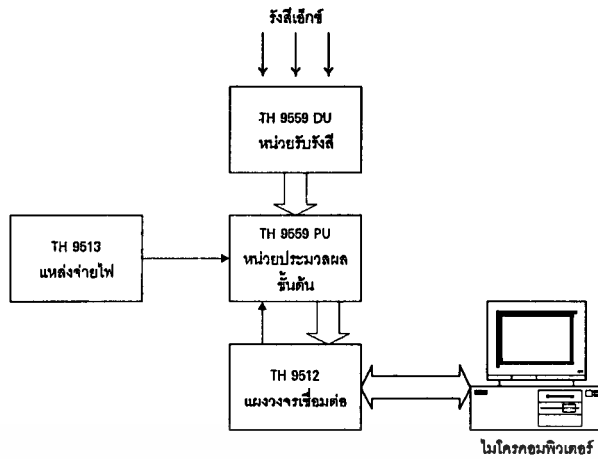
$$V_o = I_p R_1 \quad (4.3)$$

ดังนั้น วงจรขยายสัญญาณที่ใช้ในหน่วยย่อยตัวรับรังสีเป็นวงจรขยายกระแส นั่นคือ เป็นการวัดพลังงานในรูปแบบของกระแส เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลออกจากเอาต์พุตของวงจรขยายกระแส จะผ่านวงจรเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดัน(current to voltage converter) ต่อมา แรงดันไฟฟ้าซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอะนาล็อก จะเปลี่ยนรูปเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัล(Analog to Digital Converter, ADC) สุดท้าย นำสัญญาณดิจิทัลที่ได้ส่งไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อรวบรวมปรับขนาดของข้อมูล และ แสดงข้อมูลทางจอภาพ

4.3.2 ชุดอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ในการทดลอง

ชุดอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ที่ใช้เป็นของ บริษัททอมสันทิวบส์แอนอิเล็กทรอนิกส์(Thomson Tubes and Electronics) รุ่น TH 9559 DU ซึ่งประกอบด้วย ตัวรับรังสีแบบระนาบ(flat detector) วงจรประมวลผลขั้นต้น(pre-processing unit) รุ่น TH 9559 PU และแผงวงจรเชื่อมต่อ(Interfacing card) รุ่น TH 9512 เพื่อรับข้อมูลจากตัวรับรังสีเอ็กซ์ โดยมีการเชื่อมต่อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 การเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละตัวในชุดอุปกรณ์รับรังสี

ก. หน่วยรับรังสี

มีหน้าที่เปลี่ยนรูปพลังงานรังสีเอ็กซ์ เป็นสัญญาณไฟฟ้า ภายในประกอบด้วย โฟโอดีไดโอด 1024 ตัว ซึ่งสามารถรับพลังงานของรังสีได้ในช่วง 20 kV ถึง 160 kV ตัวรับรังสีมีความยาว 460.8 มม. ระยะห่างระหว่างโฟโอดีไดโอดแต่ละตัวเท่ากับ 0.45 มม. ลักษณะของตัวรับรังสีแสดงในรูปที่ 4.19 และ 4.20

ภายในตัวรับรังสีจะแบ่งโฟโอดีไดโอด 1024 ตัวออกเป็น 16 กลุ่ม นั่นคือ แต่ละกลุ่มมีโฟโอดีไดโอด 64 ตัว และเรียกว่า หน่วยย่อยรับรังสี โฟโอดีไดโอดแต่ละตัวมีผลึกเรืองแสงประกบติดอยู่ และหน่วยย่อยรับรังสีแต่ละหน่วย มีซีซีดีทำหน้าที่เป็นมัลติเพล็กซ์เซอร์ ช่วยในการส่งสัญญาณอนุกรมออกจากหน่วยย่อยรับรังสี ซึ่งแสดงลักษณะในรูปที่ 4.21

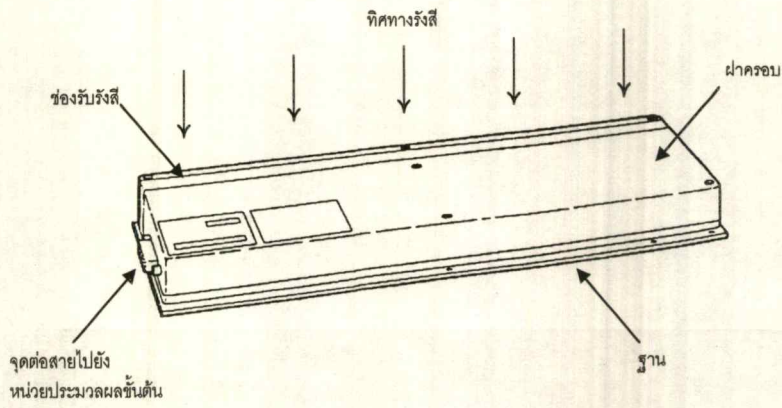
ข. หน่วยประมวลผลขั้นต้น

มีหน้าที่ เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอะนาล็อก จากหน่วยรับรังสีเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งไปรวบรวมที่คอมพิวเตอร์ มีลักษณะแสดงในรูปที่ 4.22 ภายในประกอบด้วยวงจรแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิทัลขนาด 12 บิต วงจรชดเชยความผิดพลาดจากค่าออฟเซต(offset) และ ค่าอัตราขยาย(gain) โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกค่าในขั้นตอนการปรับค่า (calibration) ซึ่งเก็บไว้ในหน่วยความจำแบบแรม(Random Access Memory, RAM)ภายใน

คุณสมบัติด้านเวลาของหน่วยประมวลผลขั้นต้น จะแสดงในตารางที่ 4.2

เวลาดำสุดในการแปลงข้อมูลหนึ่งเส้น	5 ms
เวลาสูงสุดในการแปลงข้อมูลหนึ่งเส้น	100 ms
อัตราการส่งข้อมูลเอทพุท	250 kHz
เวลาในการปรับค่าออฟเซต	1024 เท่าของเวลาหนึ่งเส้นข้อมูล
เวลาในการปรับค่าอัตราขยาย	256 เท่าของเวลาหนึ่งเส้นข้อมูล

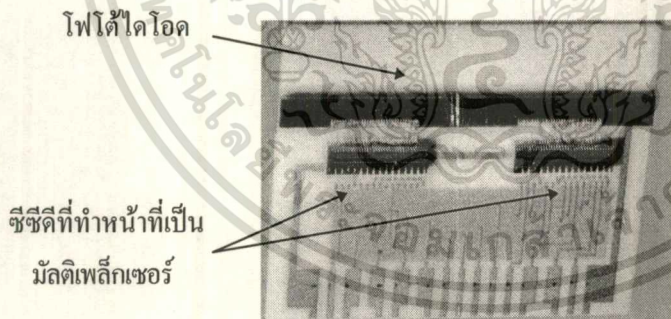
เอกสารนี้เป็นเอกสาร ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติด้านเวลาของหน่วยประมวลผลขั้นต้น ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 ส่วนต่าง ๆ ของหน่วยรับรังสี



รูปที่ 4.20 ลักษณะของหน่วยรับรังสี



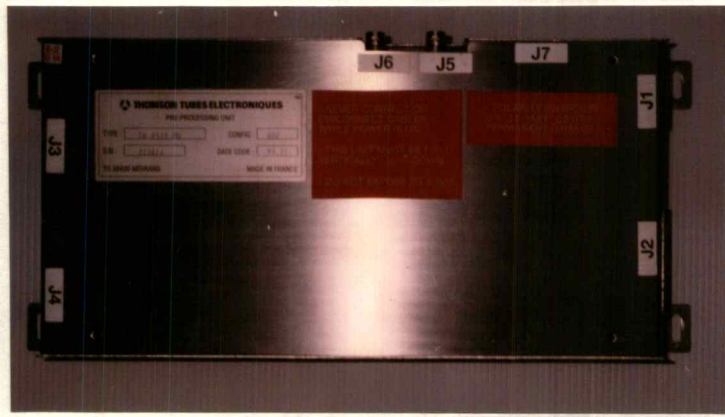
รูปที่ 4.21 หน่วยรับรังสีย่อย(module) 2 หน่วย

ผังแสดงระบบขดเชยค่าออฟเซ็ท และอัตราขยายที่อยู่ในหน่วยประมวลผลขั้นต้น จะแสดงในรูปที่ 4.23

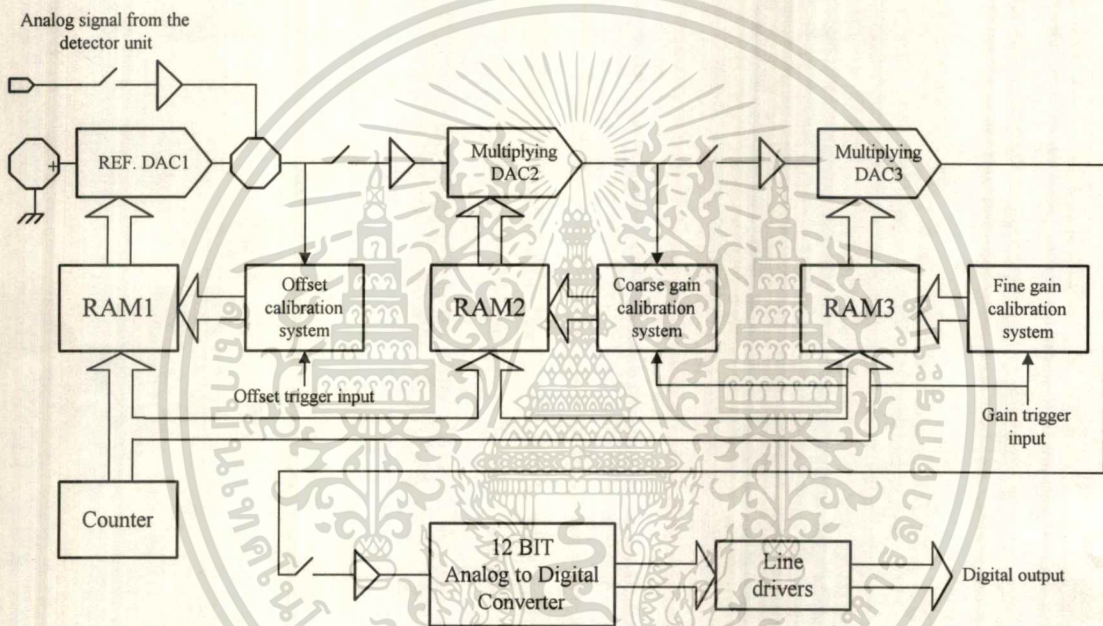
ค. แผงวงจรเชื่อมต่อ

มีหน้าที่ส่งข้อมูลของความเข้มรังสีที่ตกกระทบบนตัวรับรังสีในรูปของข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิต เข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อการรวบรวม บนแผงมีหน่วยความจำขนาด 4x8192x16 บิต เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล เนื่องจากหน่วยความจำเป็นแบบเข้าถึง(access) ได้ทางเดียว ดังนั้น ในขณะที่ฉาย

เอกซเรย์เป็นเอกซเรย์ที่ส่งมาใช้ในการถ่ายภาพทางการแพทย์นั้น ไปบนกระดาษฟิล์มไม่ได้ประโยชน์ด้านการค้า เครื่องคอมพิวเตอร์ไม่สามารถอ่านข้อมูลเก็บรวบรวมพร้อมกับเก็บข้อมูลจากไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 ลักษณะของหน่วยประมวลผลขั้นต้น



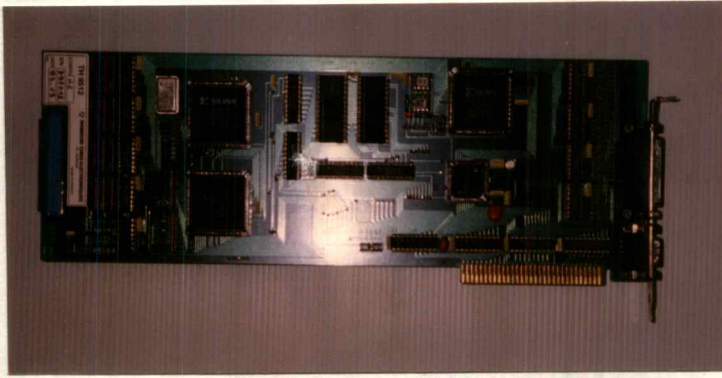
รูปที่ 4.23 ระบบชุดเซกค่าออฟเซ็ทและอัตราขยาย

หน่วยประมวลผลขั้นต้นได้ ข้อมูลดิจิทัลที่ส่งจากหน่วยประมวลผลขั้นต้น จะเป็นแบบผลต่าง (differential) ตามมาตรฐาน RS-422 และบนแผงมีช่องต่อสัญญาณทรiggerจากภายนอก(external trigger) เพื่อใช้ในการซิงโครไนซ์(Synchronization) ในกรณีที่รังสีเอ็กซ์มีการกระเพื่อมพลังงานรังสี ลักษณะของแผงวงจรดังกล่าว แสดงในรูปที่ 4.24(ก)

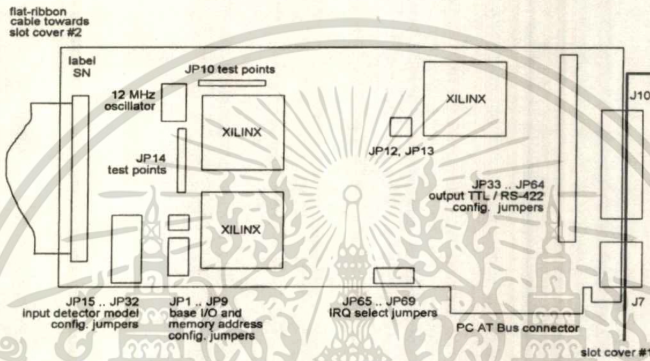
4.4 กระบวนการส่งและรับข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์

เนื่องจากการส่งข้อมูลจากหน่วยรับรังสีมาที่เครื่องคอมพิวเตอร์ จะต้องผ่านหน่วยประมวลผลขั้นต้นและแผงวงจรเชื่อมต่อเป็นขั้นตอนแรกและขั้นตอนที่สอง จากหัวข้อที่ผ่านมา จะสังเกตได้ว่า ข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิตและเอาท์พุทมาจากหน่วยประมวลผลขั้นต้นไม่สามารถนำมาแสดงผลออกจอภาพได้ทันที มีสาเหตุ 2 ประการ คือ ประการแรก สัญญาณนาฬิกาของหน่วยประมวลผลขั้นต้น และ สัญญาณนาฬิกาของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ใน

เอกซเรย์คอมพิวเตอร์มีความถี่ไม่เท่ากัน การใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24(ก) ลักษณะของแผงวงจรเชื่อมต่อ



รูปที่ 4.24(ข) ด้านบนของแผงวงจรเชื่อมต่อ

การประมวลผลไม่เท่ากัน ประการที่สอง เครื่องคอมพิวเตอร์ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก(I/O) ใช้บัสข้อมูลขนาด 8 บิต ด้วยเหตุผลนี้ ข้อมูลดิจิทัล 12 บิต จะต้องถูกเก็บชั่วคราวในแผงวงจรเชื่อมต่อ ก่อนจะส่งให้เครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป

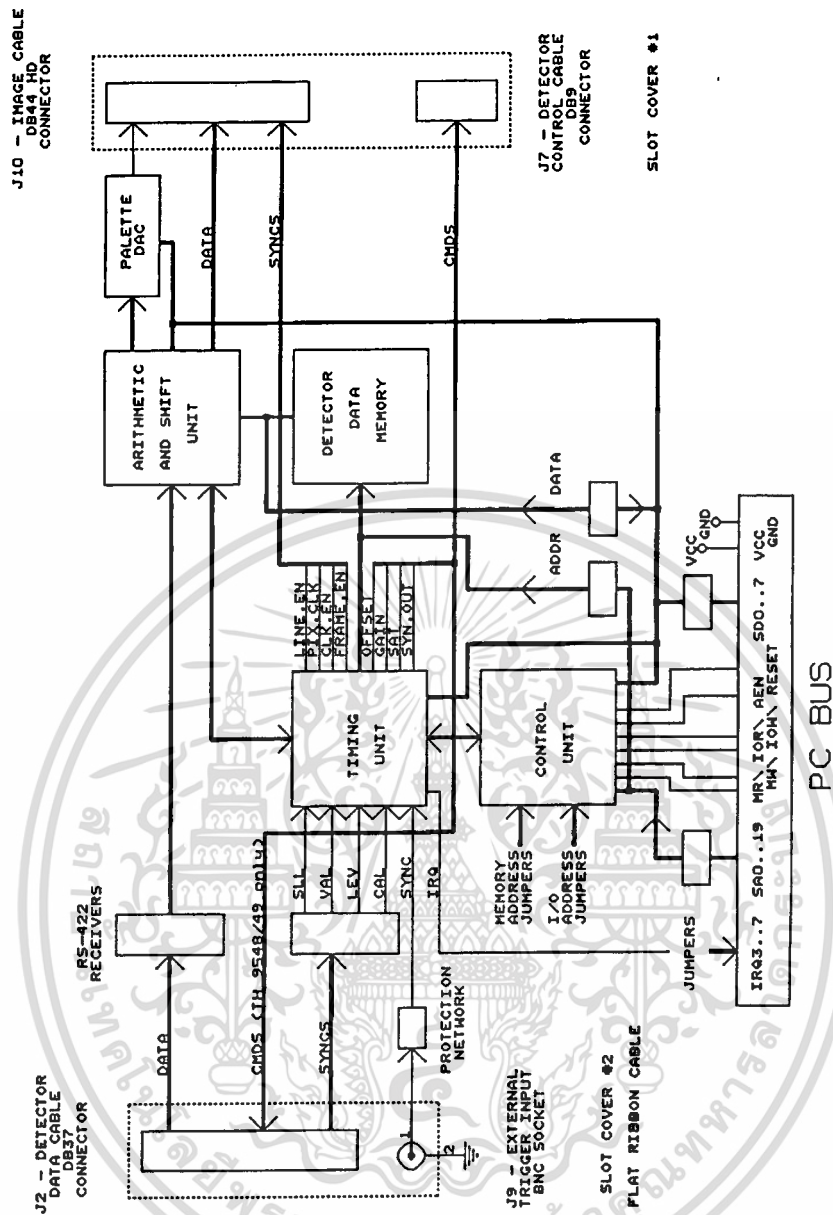
ดังนั้น ก่อนจะกล่าวถึง การรับส่งข้อมูลระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและเครื่องคอมพิวเตอร์ ควรจะนำเสนอการรับส่งข้อมูลระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและหน่วยประมวลผลขั้นต้น เพราะเป็นขั้นตอนแรก

4.4.1 การติดต่อระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและหน่วยประมวลผลขั้นต้น

ลักษณะการเชื่อมต่อ ของ หน่วยประมวลผลขั้นต้น(TH 9559 PU PRE-PROCESSING UNIT) และ แผงวงจรเชื่อมต่อ(TH 9512 INTERFACE BOARD) แสดงในรูปที่ 4.25 กลุ่มสัญญาณที่ใช้ต่อแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสายสัญญาณข้อมูล(Detector Data Cable) และ กลุ่มสายสัญญาณควบคุม(Detector Control Cable)

กลุ่มสายสัญญาณข้อมูล มีหน้าที่ ส่งข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิต(12 Bits coded pixel data) สัญญาณพัลส์เริ่มส่งข้อมูล(line start pulse) และสัญญาณนาฬิกาอินาเบิลข้อมูล(pixel enable clock) ให้แผงวงจรเชื่อมต่อ

วิธีการส่งสัญญาณ ในกลุ่มสายสัญญาณข้อมูล จะเป็นแบบผลต่าง(differential pair) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเทคโนโลยีการศึกษาด้าน... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24(ค) วงจรภายในของแผงวงจรเชื่อมต่อ

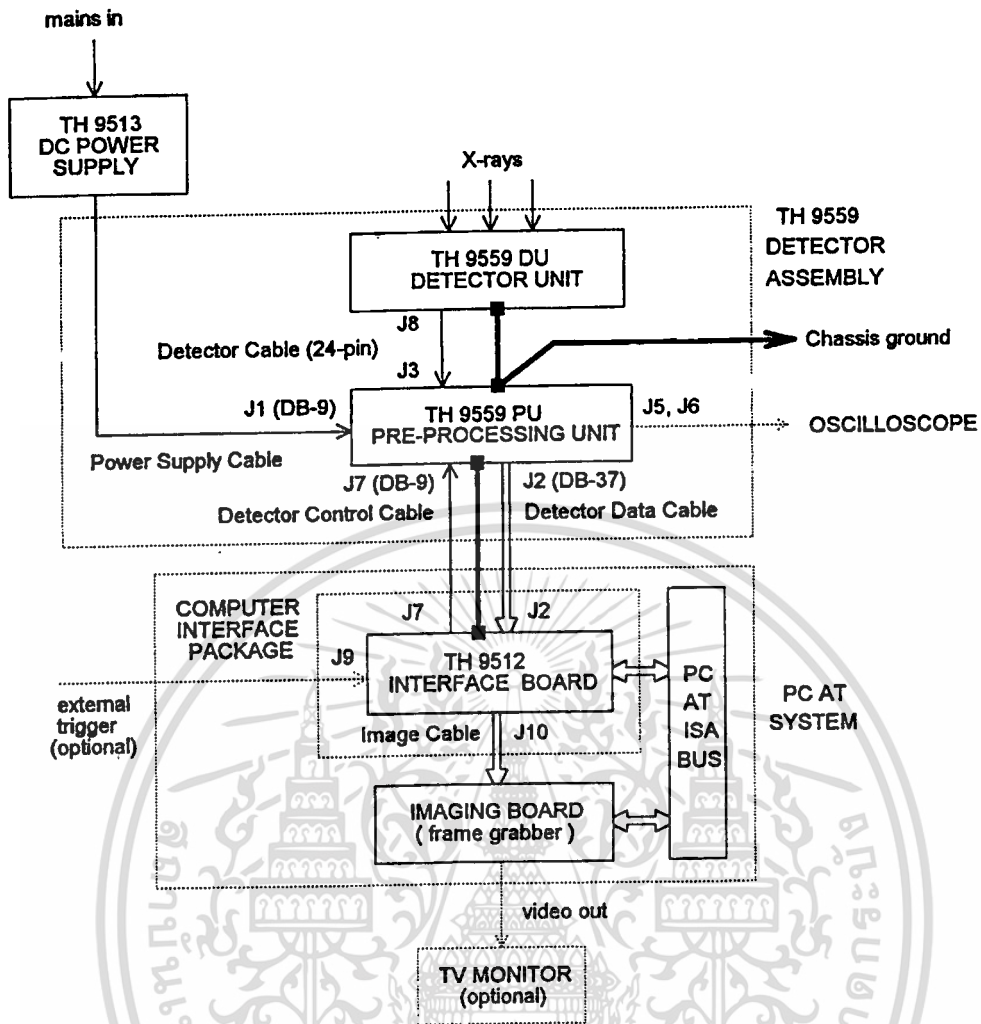
ตามมาตรฐานการส่งข้อมูล RS-422 ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.26

ส่วนกลุ่มสายสัญญาณควบคุม มีหน้าที่ รับสัญญาณทรiggerออฟเซ็ท(offset trigger) และสัญญาณทรiggerเกน(gain trigger) จากแผงวงจรเชื่อมต่อ ในกระบวนการปรับค่า(calibration)

วิธีการรับสัญญาณในกลุ่มสายสัญญาณควบคุม จะใช้ ออปโตคัปเบิล(optocouplers) แยกสายกราวนด์(ground) จากอุปกรณ์ควบคุมในการปรับค่า(Control Device)ในแผงวงจรเชื่อมต่อ ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.27

การรับส่งข้อมูลระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและหน่วยประมวลผลขั้นต้น จะแบ่งได้ 2 ลักษณะคือ

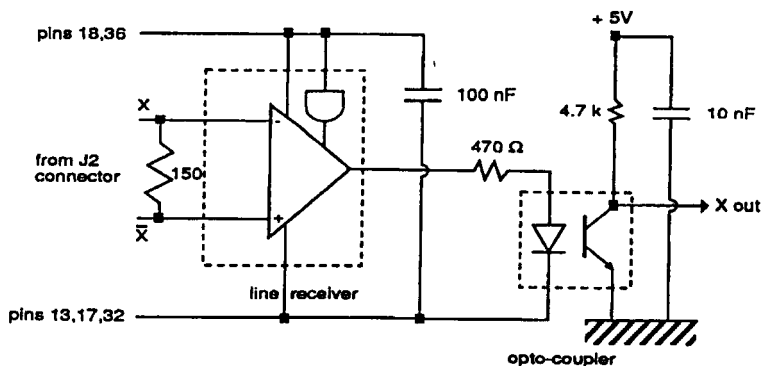
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



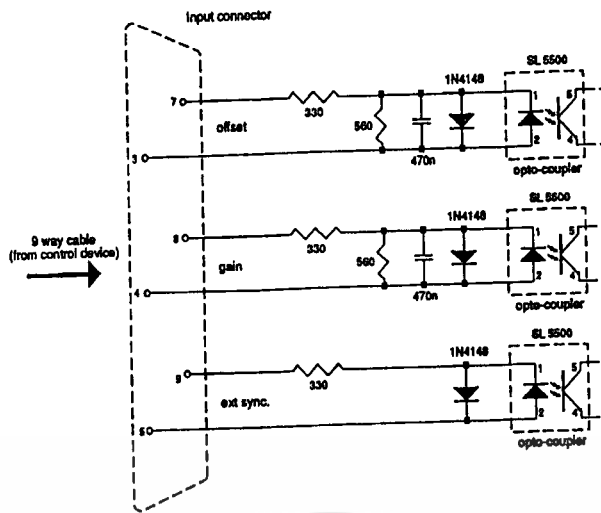
รูปที่ 4.25 การเชื่อมต่อสายสัญญาณระหว่างหน่วยประมวลผลขั้นต้นและแผงวงจรเชื่อมต่อ

ก. การรับส่งข้อมูลตามปกติ

เมื่อขอบขาขึ้น(rising edge) ของสัญญาณพัลส์ SLL (line start pulse หรือsynchronisation pulse) ปรากฏที่สายสัญญาณ SLL ที่แสดงในรูปที่ 4.28 ตรงวงจรขับสัญญาณ(line drivers)



เอกสารนี้รูปที่ 4.26 วงจรแบบผลต่างตามมาตรฐานการส่งข้อมูล RS-422 ในวงจรขับสัญญาณชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 วงจรการรับสัญญาณควบคุมของหน่วยประมวลผลขั้นต้นจากแผงวงจรเชื่อมต่อ

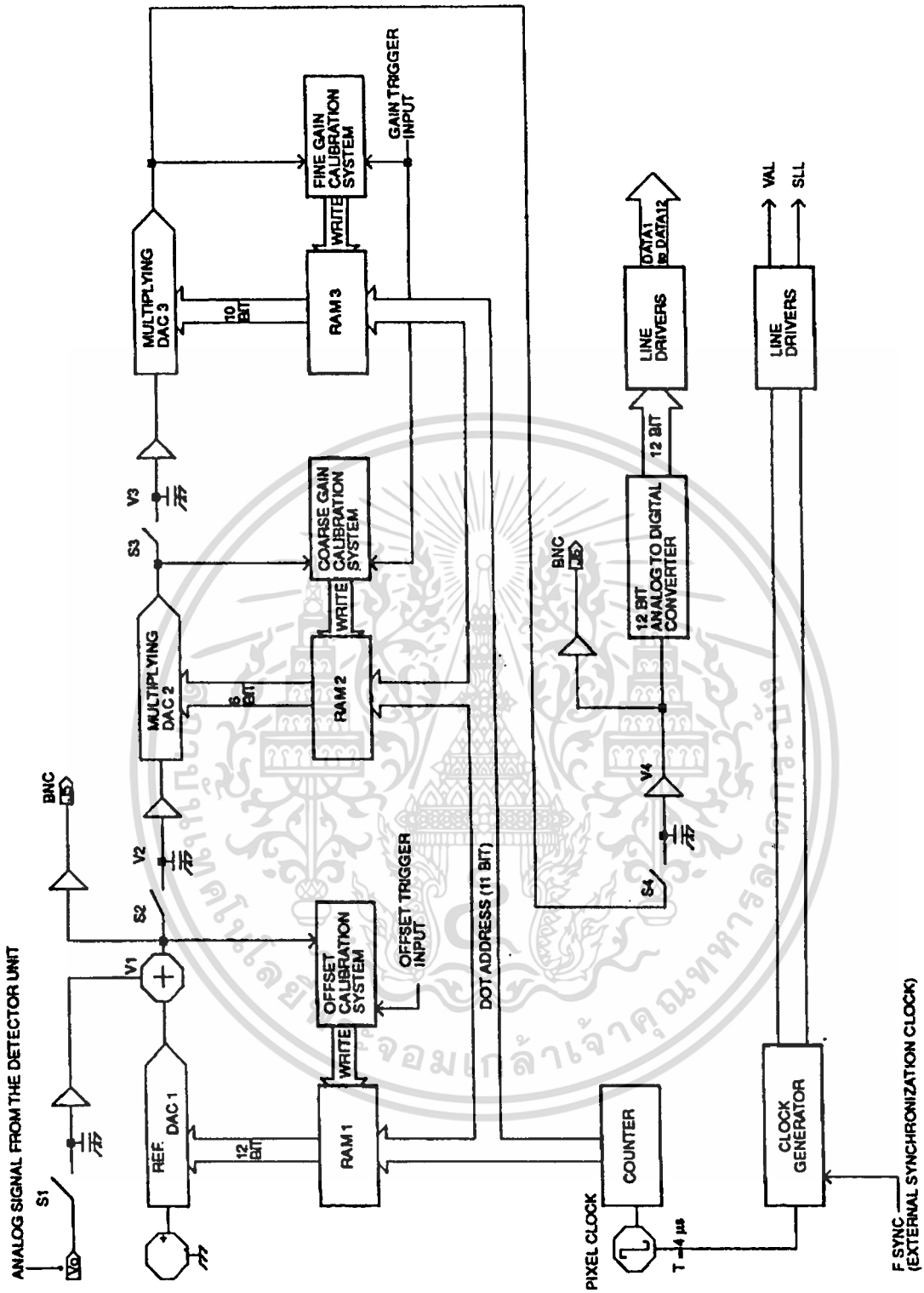
สัญญาณนี้จะรีเซ็ตสัญญาณนาฬิกาภายในของแผงวงจรเชื่อมต่อ และสัญญาณนาฬิกาภายในจะถูกผลิตด้วยความถี่ค่าหนึ่ง ต่อมา ข้อมูลดิจิทัล 12 บิตชุดแรกจะส่งจากหน่วยประมวลผลขั้นต้น แต่ตอนนี้ ข้อมูลชุดแรกจะไม่ถูกเก็บในหน่วยความจำ(local memory) ของแผงวงจรเชื่อมต่อ จนกระทั่งสัญญาณนาฬิกา VAL ลูกแรก(pixel enable clock) ปรากฏที่สายสัญญาณ VAL ข้อมูลชุดแรกจะถูกเก็บ(strobe) ในหน่วยความจำ หลังจากนั้น ข้อมูลดิจิทัล 12 บิตชุดที่สอง จะส่งจากหน่วยประมวลผลขั้นต้น แต่ยังไม่ถูกเก็บในหน่วยความจำของแผงวงจรเชื่อมต่อทันที จนกระทั่งสัญญาณ VAL ลูกที่สองปรากฏ(active) ข้อมูลชุดที่สองจะถูกเก็บในหน่วยความจำ และเป็นเช่นนี้จนครบ 1024 ชุด หลังจากนั้น แผงวงจรเชื่อมต่อจะคอยสัญญาณพัลส์ SLL ลูกต่อไป สัญญาณ SLL นี้ อาจจะได้จากสัญญาณนาฬิกาภายในของหน่วยประมวลผลขั้นต้น หรือ สัญญาณนาฬิกาภายนอก รูปร่างของสัญญาณข้อมูล SLL และ VAL แสดงในรูปที่ 4.29

ข. การปรับค่า(Calibration)

เนื่องจาก การปรับค่าเกี่ยวข้องกับขั้นตอนที่หน่วยประมวลผลขั้นต้นอ่านข้อมูลหรือกระแสไฟฟ้าจากโฟโต้ไดโอดแต่ละตัวในหน่วยรับรังสีเอ็กซ์ ดังนั้นจะกล่าวถึงขั้นตอนการติดต่อกันระหว่างหน่วยรับรังสีและหน่วยประมวลผลขั้นต้นโดยคร่าวๆ ดังนี้

ในขณะที่รังสีเอ็กซ์ส่องตกกระทบบนผลึกเรืองแสง ผลึกเรืองแสงจะเปลี่ยนรูปพลังงานรังสีเอ็กซ์เป็นแสงสว่าง ต่อมา แสงสว่างส่องตกกระทบบนตัวโฟโต้ไดโอด ซึ่งถูกต่อในลักษณะเก็บประจุไฟฟ้า(reverse bias)ทำให้เกิดประจุไฟฟ้าเก็บสะสมในโฟโต้ไดโอดในระยะเวลาช่วงหนึ่ง ต่อมา หน่วยประมวลผลขั้นต้นส่งสัญญาณทริกที่วงจรวัดพลังงานในรูปกระแส ทำให้โฟโต้ไดโอด 1024 ตัวอยู่ในลักษณะคายประจุ(forward bias) ประจุไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ไปรวมกันที่อินพุทของซีซีดี(CCD) โดยที่ ซีซีดี 1 ตัวมี 64 อินพุทต่อกับโฟโต้ไดโอด 64 ตัว และ 1 เอาท์พุทที่เป็นสายส่ง

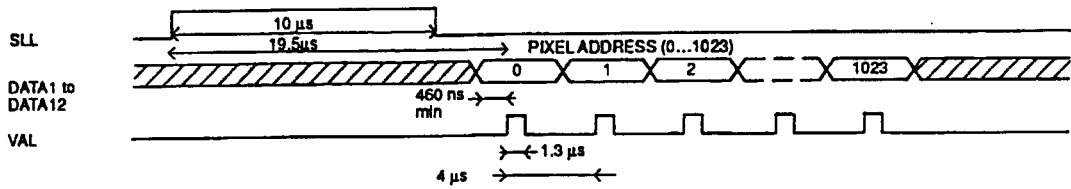
สัญญาณอนุกรม หลังจากนั้น โฟโต้ไดโอดจะอยู่ในลักษณะเดิมคือ เก็บสะสมประจุต่อไป ตอนนี้การคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



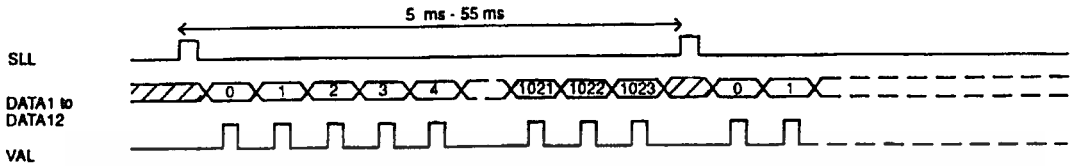
รูปที่ 4.28 วงจรภายในหน่วยประมวลผลขั้นต้น

ชิพซีดี 16 ตัวมีประจุมรวมตัวอยู่ที่อินพุท ต่อมา ชิพซีดีตัวแรกจะถูกต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลขั้นต้นที่
 ขาสัญญาณ Analog Signal (V₀) ในรูปที่ 4.28 ประจุไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าของโฟโตไดโอดตัว
 แรก จะไหลไปที่เอาต์พุทของชิพซีดีและไหลไปที่หน่วยประมวลผลขั้นต้นเป็นเวลา 4 μs จากนั้น การค่า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

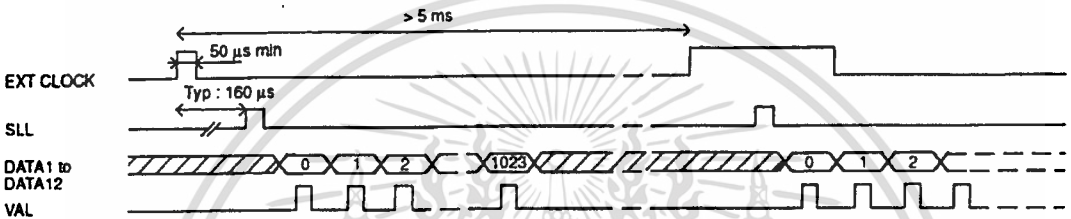
1. DETAILED TIMING AT THE LINE START



2. TIMING IN INTERNAL SYNCHRONIZATION MODE



3. TIMING IN EXTERNAL SYNCHRONIZATION MODE



รูปที่ 4.29 แผนภาพเวลาการส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลผลขั้นต้นถึงแผงวงจรเชื่อมต่อ

การไหลของกระแสไฟฟ้าของโฟโตไดโอดตัวที่สอง จะเหมือนตัวแรก เป็นเช่นนี้จนครบ 64 โฟโตไดโอด ในซีซีดีที่ 1 และจนครบซีซีดี 16 ตัว

การปรับค่าแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ การปรับค่าของออฟเซ็ท(Offset Calibration) และ การปรับค่าของเกน(Gain Calibration)

สาเหตุที่มีการปรับค่าแบบออฟเซ็ท

1. โฟโตไดโอดแต่ละตัวมีความต่างศักย์ออฟเซ็ท(offset voltage) ไม่เท่ากัน เพราะโฟโตไดโอดและซีซีดีมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน

2. ความต่างศักย์ออฟเซ็ทของโฟโตไดโอดแต่ละตัว มีค่าเปลี่ยนตามอุณหภูมิและกระแสมืด(Dark Current) ในขณะที่ไม่มีรังสีเอ็กซ์ตกกระทบบนหน่วยรับรังสี

สาเหตุที่มีการปรับค่าของเกน

1. ระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสของหลอดยิงรังสีเอ็กซ์และโฟโตไดโอดแต่ละตัวไม่เท่ากัน

2. มุมตกกระทบบนของรังสีเอ็กซ์ที่หน่วยรับรังสีในแต่ละจุดไม่เท่ากัน

3. ความไว(sensitivity)ต่อแสงสว่างที่เกิดจากผลึกเรืองแสงของโฟโตไดโอดแต่ละตัว ไม่เท่ากัน

ขั้นตอนการปรับค่าของออฟเซ็ทจะเริ่มโดย แผงวงจรเชื่อมต่อส่งสัญญาณทริกออฟเซ็ทมาที่หน่วยประมวลผลขั้นต้น ต่อมาหน่วยประมวลผลขั้นต้นจะอ่านข้อมูลจากโฟโตไดโอด 1024 ตัว

ในขณะที่ไม่ฉายรังสีเอ็กซ์ โดยกระบวนการอ่านที่กล่าวข้างต้น จากนั้นนำข้อมูลทุกค่าที่อ่านได้มาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าเฉลี่ยของขนาด(Amplitude) และเก็บในหน่วยความจำ RAM1 ในรูปที่ 4.28

ขั้นตอนการปรับค่าเกณฑ์ จะเริ่มโดย แผงวงจรเชื่อมต่อส่งสัญญาณทริกเกนมาที่หน่วยประมวลผลขั้นต้น ต่อมาจะเกิดกระบวนการย่อย 2 กระบวนการเรียงตามลำดับคือ

กระบวนการปรับค่าแบบหยาบ(Coarse Gain Calibration) เริ่มโดย อ่านข้อมูลจากโฟโต้ไดโอดทีละตัวในขณะที่เปิดหลอดยิงรังสีเอ็กซ์ โดยกระบวนการอ่านที่กล่าวข้างต้น จากนั้นนำข้อมูลที่อ่านได้ เก็บในหน่วยความจำ RAM2 ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.28

กระบวนการปรับค่าแบบละเอียด(Fine Gain Calibration) เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากกระบวนการปรับค่าแบบหยาบ คืออ่านข้อมูลจากโฟโต้ไดโอด 256 ตัวใดๆในขณะที่เปิดหลอดยิงรังสีเอ็กซ์ โดยกระบวนการอ่านที่กล่าวข้างต้น นำข้อมูลที่อ่านได้เฉลี่ยขนาดและเก็บในหน่วยความจำ RAM3 ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.28

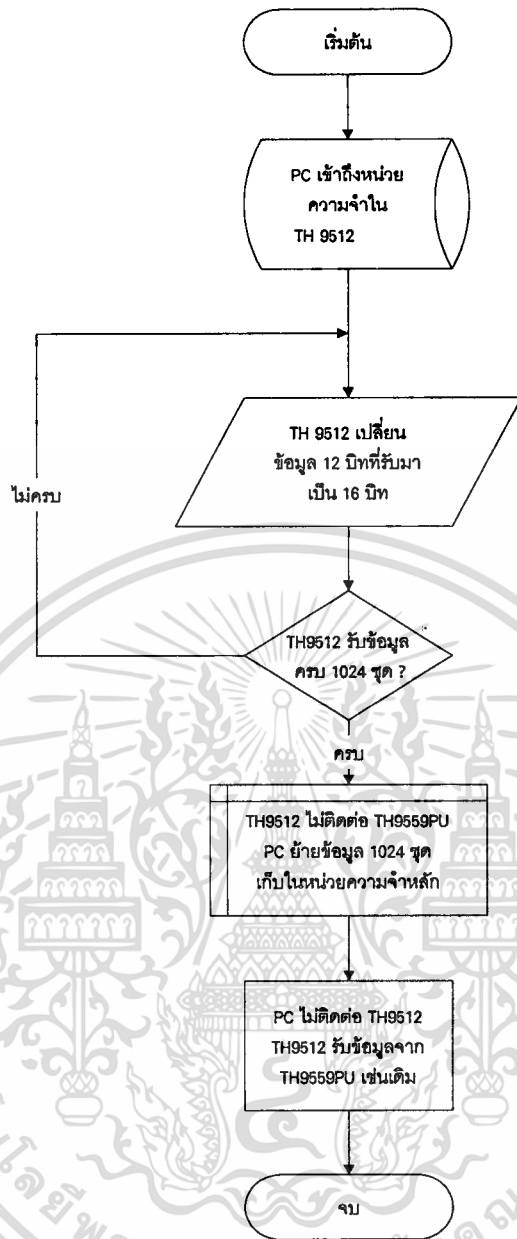
4.4.2 การติดต่อระหว่างแผงวงจรเชื่อมต่อและเครื่องคอมพิวเตอร์

ก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะนำข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิต ซึ่งตอนนี้เก็บในหน่วยความจำบนแผงวงจรเชื่อมต่อแสดงผลทางจอภาพ แผงวงจรเชื่อมต่อ จะนำข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิต จำนวน 1024 ชุด แปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 16 บิต จำนวน 1024 ชุด หรือ 2048 ไบต์ โดยการเติมศูนย์ข้างหน้าข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิต เพิ่มอีก 4 บิต ดังนั้น ข้อมูลดิจิทัลขนาด 16 บิต จำนวน 1024 ชุดจึงพร้อมที่จะนำไปเก็บในหน่วยความจำหลักได้ทันที ก่อนที่เครื่องคอมพิวเตอร์จะนำ ข้อมูลดิจิทัลขนาด 16 บิต จำนวน 1024 ชุด ไปเก็บในหน่วยความจำหลัก เครื่องคอมพิวเตอร์จะติดต่อแผงวงจรเชื่อมต่อ เพื่อขอเข้าถึง(access) ข้อมูลดิจิทัลจำนวน 2048 ไบต์ จากนั้น คอมพิวเตอร์จะตรวจดูว่าแผงวงจรเชื่อมต่อรับข้อมูลจากหน่วยประมวลผลขั้นต้นครบหรือไม่ครบ 1024 ชุด เมื่อแผงวงจรเชื่อมต่อรับข้อมูลครบ 1024 ชุด เครื่องคอมพิวเตอร์จะย้ายข้อมูล 2048 ไบต์เก็บในหน่วยความจำหลักทันที ต่อมา เครื่องคอมพิวเตอร์จะยกเลิกการเข้าถึงแผงวงจรเชื่อมต่อ เพราะหน่วยความจำในแผงวงจรเชื่อมต่อเป็นแบบเข้าถึงทางเดียว จะติดต่อสายข้อมูล(Data Bus) ของเครื่องคอมพิวเตอร์และสายสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิตของหน่วยประมวลผลขั้นต้นพร้อมกันไม่ได้ เมื่อเครื่องคอมพิวเตอร์ไม่เข้าถึงแผงวงจรเชื่อมต่อ แผงวงจรเชื่อมต่อจะรับข้อมูลจากหน่วยประมวลผลขั้นต้นตามเดิม ผังการทำงานดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4.30

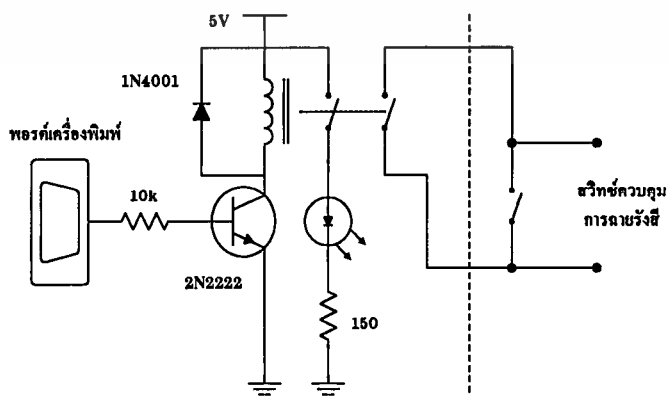
4.5 การเปิดปิดหลอดยิงรังสีเอ็กซ์

การควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์กำเนิดรังสี และการอุ่นไส้หลอด กระทำได้โดยการส่งสัญญาณลอจิกผ่านทางพอร์ต(port) เครื่องพิมพ์ของคอมพิวเตอร์ และใช้อุปกรณ์รีเลย์ ตัดต่อวงจรเพื่อเชื่อมต่อวงจร ที่ทำหน้าที่ เป็นสวิตช์ควบคุมการฉายรังสี ของอุปกรณ์กำเนิดรังสีเอ็กซ์โดยตรง ดังแสดงในรูปที่ 4.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.30 ผังงานการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และแผงวงจรเชื่อมต่อ



รูปที่ 4.31 วงจรที่ใช้ควบคุมการฉายรังสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 กระบวนการรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเตี๋ยง

การรับส่งข้อมูลระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเตี๋ยง สามารถรับและส่งโดยผ่านพอร์ตอนุกรม(Serial Port) ใช้อัตราการรับส่งข้อมูล 9600 บิตต่อวินาที ขนาดข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแต่ละครั้งเท่ากับ 8 บิต โดยมีบิตเริ่มต้น(start bit) 1 บิต ซึ่งมีลจิกเป็นศูนย์อยู่หน้าข้อมูลขนาด 8 บิต และบิตสิ้นสุด(stop bit) 1 บิต ซึ่งมีลจิกเป็นหนึ่งอยู่หลังข้อมูลขนาด 8 บิต

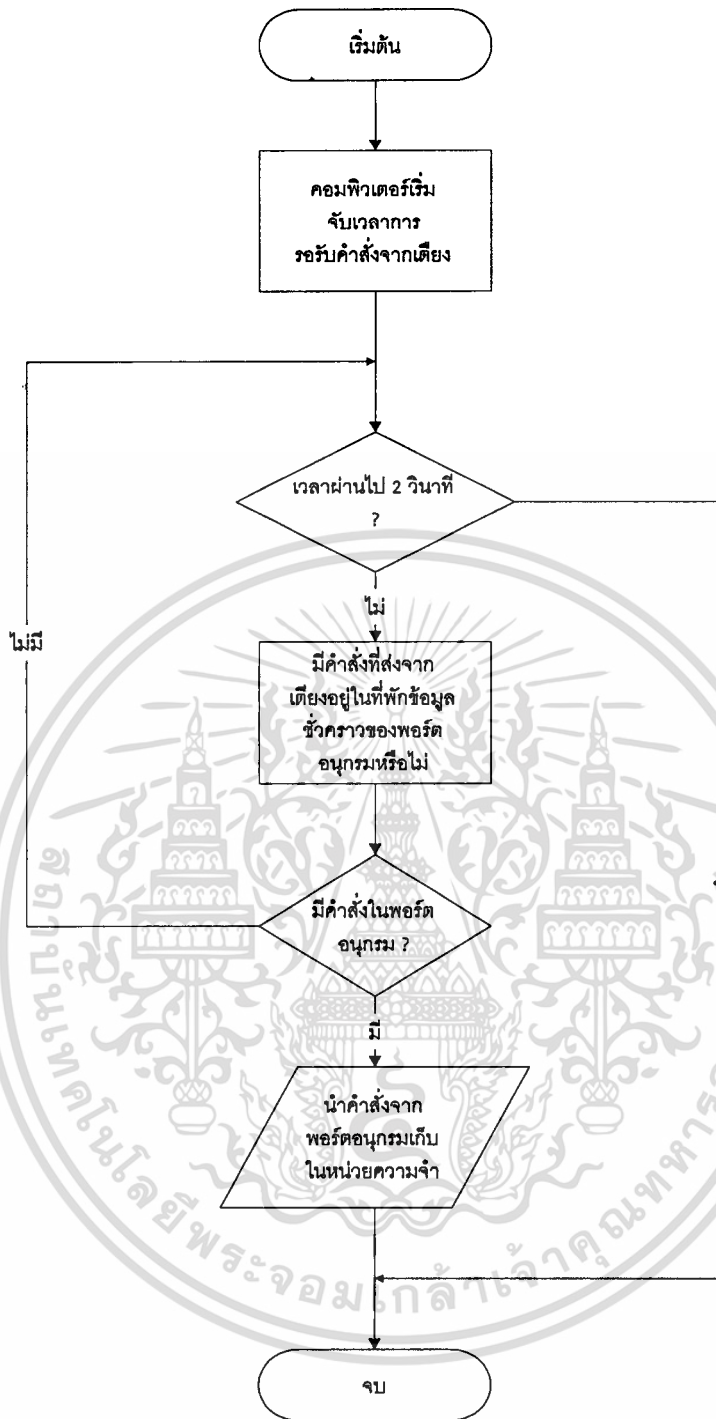
ประเภทของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเตี๋ยง แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ คำสั่งที่คอมพิวเตอร์ส่งให้เตี๋ยง หรือ คำสั่งที่คอมพิวเตอร์รับจากเตี๋ยง ซึ่งจะเป็นรหัสแอสกี(ASCII) และข้อมูลที่เป็นตัวเลขบอกระยะทางจะอยู่ในรูปเลขฐานสองหรือฐานสิบหก

คำสั่งที่ใช้ในการรับส่งระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์และเตี๋ยง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ คำสั่งขนาด 1 ไบท์ ซึ่งเป็นคำสั่งที่ให้ทำงานทันทีหรือรับทราบสถานะการทำงานและคำสั่งขนาด 3 ไบต์ซึ่งประกอบด้วยตัวคำสั่ง 1 ไบท์ และ ข้อมูลที่เป็นระยะทางการเลื่อนของเตี๋ยงขนาด 2 ไบต์ คำสั่งขนาด 3 ไบต์นี้ เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเตี๋ยงจะรับจนครบจำนวน 3 ไบต์ ก่อนที่จะทำงานต่อไป

ในหัวข้อย่อนี้ จะอธิบายขั้นตอนที่เครื่องคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจากเตี๋ยง และคอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลให้เตี๋ยง

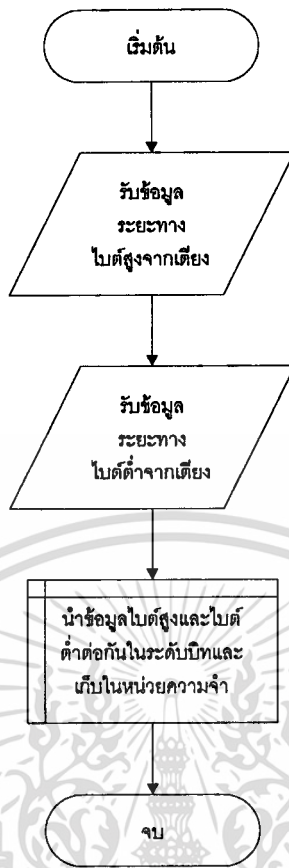
ในขณะที่เครื่องคอมพิวเตอร์รับข้อมูลจากเตี๋ยง คอมพิวเตอร์จะตรวจว่ามีคำสั่งที่บอกสถานะการทำงานของเตี๋ยง เช่น เตี๋ยงเลื่อนไปข้างหน้าจนสุด หรือ ข้างหลังจนสุดระยะทาง หรือ เลื่อนได้ครบระยะทางที่ต้องการ ส่งมาจากเตี๋ยงหรือไม่โดยจะคอยตรวจเป็นเวลาประมาณ 2 วินาที เมื่อเตี๋ยงไม่ส่งคำสั่งให้คอมพิวเตอร์เป็นเวลาประมาณ 2 วินาที คอมพิวเตอร์จะทำงานขั้นตอนอื่นต่อไป แต่ถ้าภายในเวลา 2 วินาทีเตี๋ยงส่งคำสั่งบอกสถานะการทำงานให้คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลจากพอร์ต ไปเก็บในหน่วยความจำต่อไป ผังการทำงานดังกล่าวแสดงในรูป 4.32

ส่วนการรับข้อมูลระยะทางขนาด 2 ไบต์จากเตี๋ยง คอมพิวเตอร์จะรับข้อมูลที่ละไบต์ตามขั้นตอนที่กล่าวข้างต้น โดยรับไบต์สูงและไบต์ต่ำตามลำดับ ต่อมานำข้อมูลทั้งสองต่อกันในระดับบิต และเก็บในหน่วยความจำ ผังการทำงานดังกล่าวแสดงในรูป 4.33



รูปที่ 4.32 ฟังงานการรับคำสั่งขนาด 1 ไบต์ของคอมพิวเตอร์จากเชียงใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.33 ผังงานการรับข้อมูลระยะทางขนาด 2 ไบต์ของคอมพิวเตอร์จากเตียง

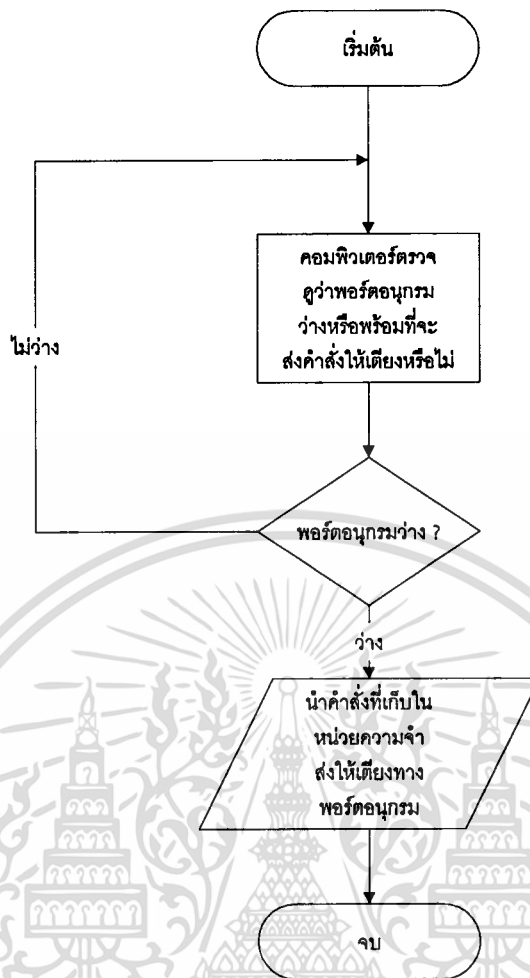
ในขณะที่คอมพิวเตอร์ส่งข้อมูลให้เตียง คอมพิวเตอร์จะตรวจว่า พอร์ตอนุกรมพร้อมที่จะใช้ส่งคำสั่งหรือไม่มีการส่งข้อมูลจากเตียงหรือไม่ คอมพิวเตอร์จะคอยจนกว่าพอร์ตอนุกรมว่าง จึงส่งคำสั่งให้เตียง ผังการทำงานข้างต้นแสดงในรูป 4.34

ส่วนการส่งข้อมูลระยะทางขนาด 2 ไบต์ให้เตียง คอมพิวเตอร์จะแยกข้อมูลขนาด 2 ไบต์ ออกเป็นข้อมูลระยะทางไบต์สูงและไบต์ต่ำ ค่อยมาส่งข้อมูลไบต์สูงและไบต์ต่ำตามขั้นตอนการส่งที่กล่าวข้างต้นตามลำดับ ผังการทำงานข้างต้นแสดงในรูป 4.35

4.7 การทำงานของระบบในการถ่ายภาพพระนาบ

ก่อนการถ่ายภาพพระนาบ หน่วยรับรังสีเอ็กซ์จะถูปรับค่าออฟเซต(offset calibration) และค่าเกน(gain calibration) ตามลำดับ เพื่อลดความผิดพลาดทางกายภาพต่างๆ ของโฟโตไดโอด ในหน่วยรับรังสีให้มีผลต่อภาพน้อยที่สุด ต่อมา เลื่อนเตียงมาทางด้านหลังสุดจนชนสวิทช์จำกัด ตำแหน่งทางด้านหลังของเตียง(Lower Limit Switch) และเตียงหยุด สุกท้ายกำหนดค่า GAP เท่ากับครึ่งมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

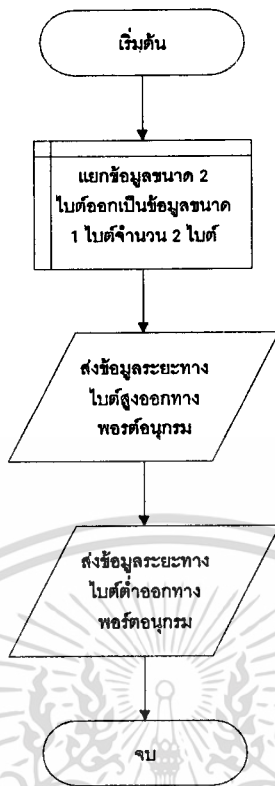


รูปที่ 4.34 ผังงานการส่งคำสั่งขนาด 1 ไบต์ของคอมพิวเตอร์ให้เดียว

ค่า GAP เท่ากับครึ่งมิลลิเมตร หมายความว่าทุกครั้งที่เตียงเลื่อนได้ระยะทางครึ่งมิลลิเมตรเตียงจะส่งรหัส ASCII '>' ให้คอมพิวเตอร์ ดังนั้น เมื่อเตียงเริ่มเลื่อนด้วยระยะทาง 0.5 มิลลิเมตรจากสวิทช์จำกัดตำแหน่งทางด้านหลัง เตียงจะส่งรหัส ASCII '>' ให้คอมพิวเตอร์ครั้งที่หนึ่ง ต่อมาเตียงเลื่อนได้ระยะทาง 1 มิลลิเมตรจากสวิทช์จำกัดตำแหน่งทางด้านหลัง เตียงจะส่งรหัส ASCII '>' ให้คอมพิวเตอร์ครั้งที่สอง เมื่อเตียงเลื่อนได้ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 มิลลิเมตรจากสวิทช์จำกัดตำแหน่งด้านหลัง เตียงจะส่งรหัส ASCII '>' ให้คอมพิวเตอร์ครั้งที่สาม เป็นเช่นนี้เรื่อยไปจนเตียงเลื่อนได้ครบระยะทางที่ต้องการ

ต่อมาเตียงเริ่มเลื่อนและเปิดหลอดยิงรังสีเอ็กซ์ เมื่อเตียงเลื่อนครบระยะทางครึ่งมิลลิเมตรครั้งแรก เตียงจะส่งรหัสแอสกี '>' ให้คอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะย้ายข้อมูลดิจิทัลขนาด 16 บิตจำนวน 1024 ชุด จากแผงวงจรเชื่อมต่อ เก็บในหน่วยความจำหลักของคอมพิวเตอร์ จากนั้นคอมพิวเตอร์จะลดขนาดข้อมูลแต่ละชุดลงจากขนาด 16 บิตเหลือขนาด 8 บิต ดังนั้นจะได้ข้อมูลดิจิทัลขนาด 8 บิต จำนวน 1024 ไบต์ ถัดมาจะแบ่งข้อมูลดิจิทัลจำนวน 1024 ไบต์ เป็น 512 ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 ผังงานการส่งข้อมูลระยะทาง 2 ไบต์ของคอมพิวเตอร์ให้เตียง

แต่ละชุดมีข้อมูลดิจิทัลจำนวน 2 ไบต์ เป็นไบต์ที่อยู่ติดกัน และเฉลี่ยข้อมูลดิจิทัล 2 ไบต์ในแต่ละชุดเหลือ 1 ไบต์ ดังนั้น จะได้ข้อมูลดิจิทัลจำนวน 512 ไบต์ ต่อมานำข้อมูลดิจิทัล 512 ไบต์แสดงออกทางจอภาพของคอมพิวเตอร์ในลักษณะเส้นตรงขนานกับแกนตั้งของจอภาพ เส้นตรงหรือเส้นภาพเส้นนี้เป็นเส้นแรกที่ปรากฏบนจอภาพจะอยู่ในตำแหน่งด้านซ้ายของจอภาพ วิธีการแสดงภาพ จะนำข้อมูลดิจิทัล ไบต์แรก แสดงที่จุดพิกเซล(pixel) ด้านบนของจอภาพ ข้อมูลไบต์ที่สองจะแสดงที่จุดพิกเซลต่ำถัดลงมาต่อเนื่องเป็นเส้นตรง ดังนั้นข้อมูลไบต์ที่ 512 จะแสดงที่จุดพิกเซลที่ด้านล่างของจอภาพ หลังจากนั้น คอมพิวเตอร์จะรอรับรหัสแอสกี '>' ที่ส่งมาจากเตียง เมื่อเตียงเลื่อนครบระยะทางครึ่งมิลลิเมตรครั้งที่สอง เตียงจะส่งรหัสแอสกี '>' ให้คอมพิวเตอร์คอมพิวเตอร์จะลดขนาดและเฉลี่ยข้อมูลดิจิทัลชุดใหม่ ตามกระบวนการที่กล่าวข้างต้น แต่การแสดงผลเส้นภาพจะแสดงต่อจากเส้นแรกมาทางด้านขวามือ เมื่อเตียงเลื่อนครบระยะทางครึ่งมิลลิเมตรครั้งที่สาม จะได้เส้นภาพเส้นที่สามแสดงต่อจากเส้นภาพเส้นที่สองมาทางด้านขวามือจนกระทั่ง เตียงเลื่อนสู่ระยะทาง หนึ่งสวิตช์จำกัดตำแหน่งทางด้านหน้าของเตียง(Upper Limit Switch) เตียงจะหยุดการเลื่อน และปิดหลอดขิงรังสีเอ็กซ์ เส้นภาพสุดท้ายจะปรากฏในตำแหน่งทางด้านขวาของจอภาพ ดังนั้น ภาพที่ปรากฏบนจอคอมพิวเตอร์จะเป็นภาพระนาบ(Scoutview) ถ้ามีวัตถุหรือคนไข่นอนบนเตียงก่อนที่เตียงเลื่อน เมื่อถ่ายภาพระนาบเสร็จสิ้น ภาพที่ได้จะแสดงข้างในวัตถุหรืออวัยวะภายในร่างกายมนุษย์ เพราะแต่ละบริเวณข้างในวัตถุหรืออวัยวะภายในร่างกายไม่วากรณ์ใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุที่มีการลดขนาดและเฉลี่ยข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากแผงวงจรเชื่อมต่อ ก่อนแสดงภาพที่จอคอมพิวเตอร์ เพราะว่าจำนวนข้อมูลดิจิทัลที่ได้จากแผงวงจรเชื่อมต่อมีจำนวนมากกว่าขนาดหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ถูกกำหนดในโหมดกราฟฟิก(Graphic) ซึ่งโหมดกราฟฟิกที่ใช้จะกำหนดขนาดหน้าจอเท่ากับ 600x800 พิกเซล และ การแสดงภาพแต่ละครั้งในขณะที่ถ่ายภาพระนาบจะแสดงตามแนวความกว้างของหน้าจอ ดังนั้น จะต้องลดจำนวนข้อมูลจาก 1024 ชุดเหลือ 512 ชุด หรือ 512 พิกเซล จึงจะแสดงออกจอภาพได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 การประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

5.1 บทนำ

ภาพถ่ายรังสีเอ็กซเรย์บางภาพไม่ค่อยชัดเจน จึงได้นำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพด้วยคอมพิวเตอร์มาใช้ในการปรับปรุงภาพในที่นี้จะใช้วิธีการหาขอบภาพ (Edge Detection) ขอบภาพเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของภาพ จะถูกนำมาเป็นข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ภาพ โดยปรากฏการณ์ขอบจะเกิดขึ้นเนื่องจากภาพมีระดับความเข้มของภาพไม่ต่อเนื่องกันในแต่ละจุดที่รวมกันเป็นภาพรวม กระบวนการหาขอบภาพจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพเพื่อใช้หารอยบกพร่องในวัสดุหรือชิ้นงานได้จากการทดสอบโดยใช้ภาพถ่ายรังสี (Radiographic testing)

5.2 คณิตศาสตร์ที่ใช้ในการหาขอบภาพ

เนื่องจากขอบภาพคือการเปลี่ยนแปลงระดับความเข้มของภาพ ดังนั้นการใช้เทคนิคการหาอนุพันธ์(differentiation) จะทำให้เกิดวิธีการหาขอบภาพ โดยในที่นี้ให้ $f(x,y)$ คือระดับความเข้มในแต่ละจุด(Pixel) ของภาพ ดังนั้นเกรเดียนท์ของ $f(x,y)$ ได้ดังต่อไปนี้

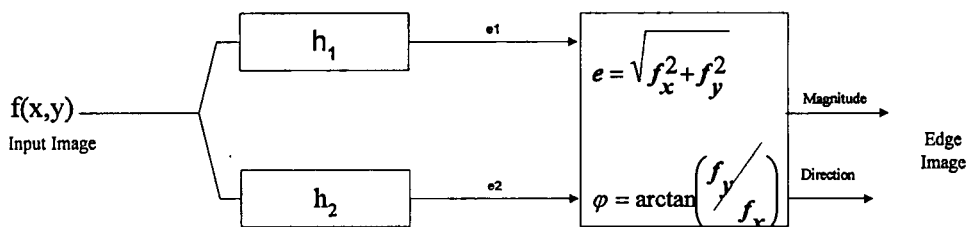
$$\nabla f(x,y) = \left[\frac{\partial f}{\partial x} + \frac{\partial f}{\partial y} \right]^T \approx [f_x \ f_y]^T \quad (1)$$

โดย $f_x \ f_y$ คือ partial derivatives
จะได้มาซึ่งระดับขนาดของเกรเดียนท์ดังนี้

$$e(x,y) = \sqrt{f_x^2(x,y) + f_y^2(x,y)} \quad (2)$$

โดยที่ $e(x,y)$ ในที่นี้ คือค่าขอบ(edge detector)ที่ได้จากภาพและทิศทางของเกรเดียนท์จะได้ดังนี้

$$\varphi = \arctan(f_y/f_x) \quad (3)$$



รูปที่ 5.1 แสดงการหาขอบภาพโดยวิธีการใช้ตัวประมาณเกรเดียนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนที่มหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
จากรูป 5.1 h_1 และ h_2 คือหน้ากากลเกรเดียนท์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าขนาดเกรเดียนท์โดยการประมาณ จะเขียนอยู่ในรูป

$$e(x, y) \approx |f_1(x, y)| + |f_2(x, y)| \quad (4)$$

การประมาณค่าเกรเดียนท์สามารถเขียนให้อยู่ในรูปดังต่อไปนี้

$$\hat{f}_x = W_1^T * X \quad (5)$$

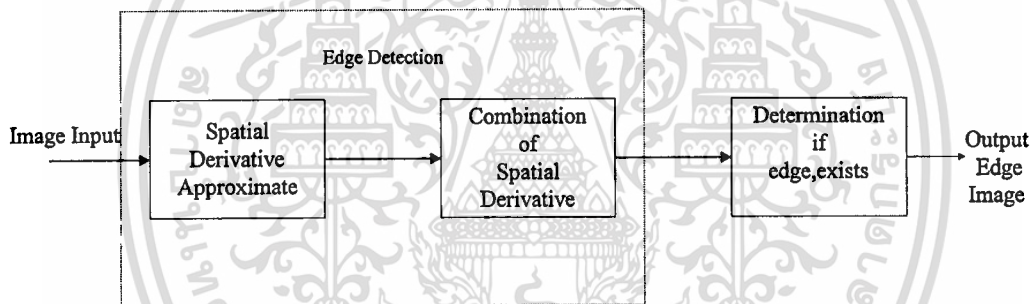
และ

$$\hat{f}_y = W_2^T * X \quad (6)$$

เมื่อ X คือเวกเตอร์ที่บรรจุอยู่ในภาพแต่ละจุดที่พิจารณา

W1 และ W2 คือหน้ากอกของเกรเดียนท์ (Gradient Mask)

หมายเหตุ ในที่นี้จะแทนตัวดำเนินการทางดิจิทัลของภาพว่าหน้ากอก (mask)



รูปที่ 5.2 Block Diagram แสดงกระบวนการหาขอบภาพ

ความสัมพันธ์ระหว่างสมการที่ (5) และ (6) จะอยู่ในรูปคอนโวลูชันเชิงเส้นแบบ 2 มิติ ระหว่างหน้ากอกของเกรเดียนท์ขนาด 3x3 (แสดงในรูปที่ 5.2) ซึ่งใช้ในการคำนวณในโดเมนสเปเชียล (Spatial domain) และในปริภูมิพิกเซลบิตนี้จะใช้ตัวดำเนินการเกรเดียนท์ (Gradient Operator) แบบโซเบล (Sobel Mask Detection Operator) ในกระบวนการหาขอบภาพ

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

(ก) ทิศทางในแนวแกน x

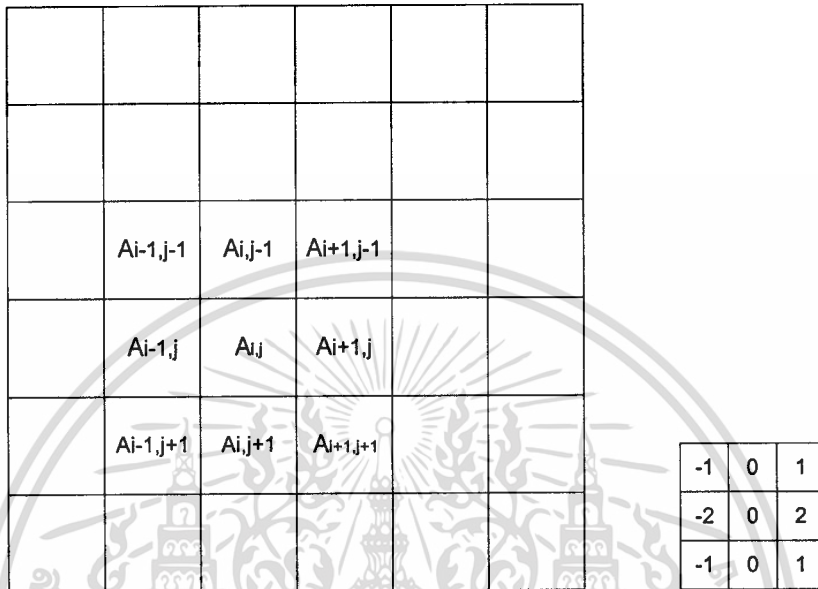
1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

(ข) ทิศทางในแนวแกน y

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 5.3 แสดงหน้ากอกแบบโซเบลอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการหาขอบภาพโดยวิธีโซเบล

ในที่นี้สมมติการหาขอบภาพขนาด 9x9 จุด (Pixel) ณ ตำแหน่งที่ A_{ij} โดยการใช้หน้ากากแบบโซเบลทิศทางในแนวแกน x



(ก) รูปแสดงข้อมูลภาพ

(ข) รูปแสดงหน้ากากของโซเบล

รูปที่ 5.4 แผนภาพประกอบการคำนวณหาขอบภาพ โดยวิธีของโซเบล

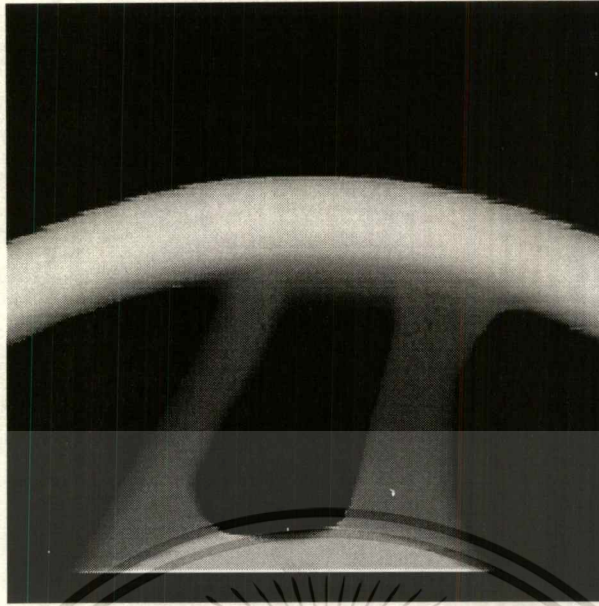
$$e(i,j) = -1*(A_{i-1,j-1}) - 2*(A_{i-1,j}) - 1*(A_{i-1,j+1}) + (A_{i+1,j-1}) + 2*(A_{i+1,j}) + (A_{i+1,j+1})$$

จากผลที่ได้สามารถแทนเป็นสมการได้ดังนี้

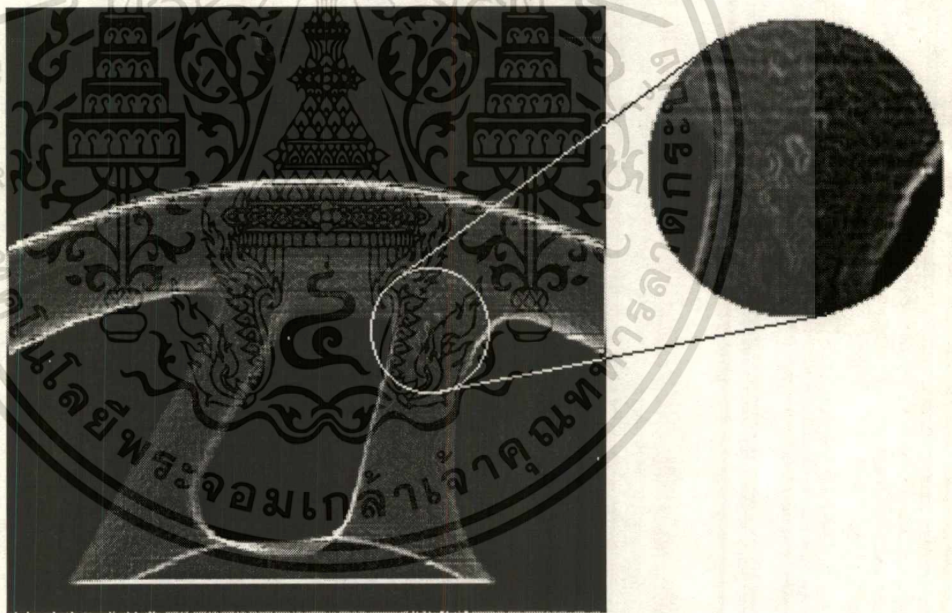
$$e(i,j) = \sum_{k1=-1}^1 \sum_{k2=-1}^1 S(k1,k2)A(i+k1,j+k2) \tag{7}$$

โดย $S(k1,k2)$ ในที่นี้คือหน้ากากแบบโซเบล กำหนดให้ $S(0,0)$ คือจุดศูนย์กลางของอีลีเมนต์ และค่า $A(i,j)$ คือระดับความเข้มของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

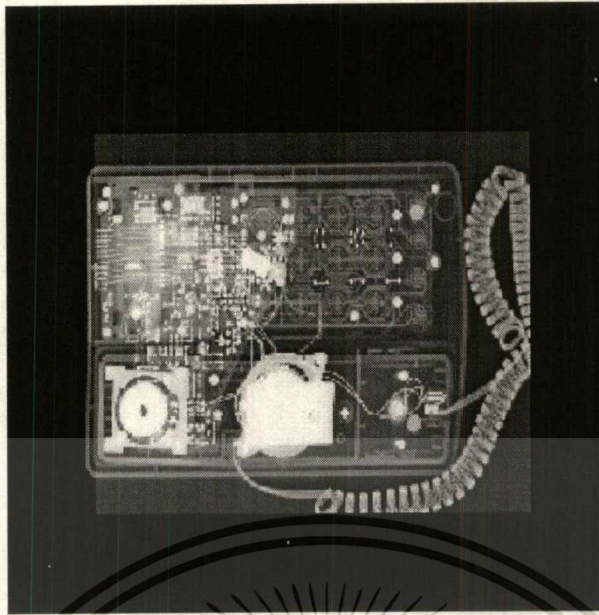


รูปที่ 5.5 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของล้อยแมกซ์

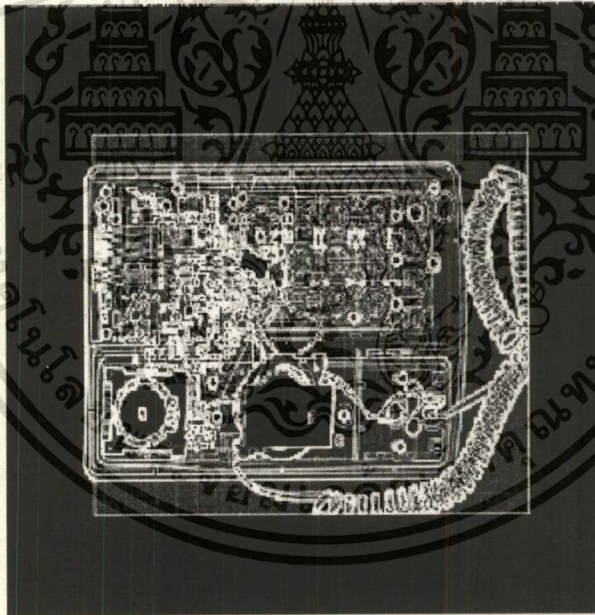


รูปที่ 5.6 แสดงขอบภาพของภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของล้อยแมกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของเครื่องรับโทรศัพท์



รูปที่ 5.8 แสดงขอบภาพของภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของเครื่องรับโทรศัพท์

5.3 วัตถุประสงค์ของการตรวจสอบวัสดุด้วยรังสีเอ็กซ์

1. เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์

วิธีการผลิตที่จะไม่ก่อให้เกิดรอยบกพร่องเลยนั้นเป็นไปได้ ดังนั้น ตัวชิ้นส่วนหรือบริเวณรอยเชื่อมนั้นมียรอยบกพร่องอยู่เท่าใด จะประเมินได้โดยการตรวจสอบอุปกรณ์ หรือโครงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างจริงที่จะใช้งาน แล้วตัดสินใจว่า รอยบกพร่องที่มีนั้นมีความปลอดภัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ใช้งานหรือไม่ ข้อมูลที่ใช้ตัดสินใจจะได้จากการทดสอบโดยภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์

2. เพื่อการปรับปรุงเทคนิค

ตัวอย่างเช่น เพื่อกำหนดวิธีการผลิตล้อยแมกซ์ที่เหมาะสม จะทำการวางแผนการผลิตล้อยแมกซ์แบบต่างๆ แล้วทำการหล่อตามแบบที่วางไว้ จากนั้นก็นำเอาล้อยแมกซ์ที่ได้มาทำการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยวิธีการต่างๆ รวมทั้งการทดสอบด้วยรังสี และจากผลการทดสอบ ก็จะนำมาแก้ไขปรับปรุงวิธีการผลิตและกระบวนการผลิต แล้วตัดสินใจเลือกวิธีการผลิตที่จะได้ล้อยแมกซ์ที่มีคุณภาพตามต้องการ ปัจจุบันนี้ การทดสอบด้วยภาพถ่ายรังสี ได้มีการปรับปรุงและประยุกต์ให้เป็นระบบอัตโนมัติ ทำให้การใช้งานสะดวกและรวดเร็วขึ้น ประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายในการประกันคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ตลอดจนสามารถสร้างความมั่นใจให้แก่ทั้งผู้ผลิตและผู้ใช้งาน จะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีทุกชิ้น

3. เพื่อลดต้นทุนการผลิต

การทดสอบแบบไม่ทำลายนั้น จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการทดสอบเพิ่มขึ้น และอาจคิดว่า ค่าใช้จ่ายในการผลิตจะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าทำการทดสอบโดยไม่ทำลายในระหว่างกระบวนการผลิตอย่างเคร่งครัด จะทำให้ไม่มีการส่งผ่านผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียไปยังกระบวนการต่อไปโดยไม่รู้ล่วงหน้า ลดการสูญเสียในขั้นตอนต่อไปได้ ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิตโดยรวม

5.4 การประยุกต์ภาพถ่ายรังสี

เราจะประยุกต์ภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์เพื่อใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมหนัก ซึ่งผลิตทีละน้อยหรือเพียงชิ้นเดียว ซึ่งถ้านำมาทดสอบแบบทำลายแล้วจะไม่มีผลิตภัณฑ์ไปส่งมอบแก่ลูกค้าได้ ดังนั้น จึงอาศัยวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย(Non destructive testing) ในการประเมินรอยบกพร่องหรือรอยร้าวของวัสดุ อุปกรณ์หรือ โครงสร้างแทนการทดสอบแบบทำลาย

การทดสอบแบบไม่ทำลาย(Non destructive testing) เป็นการทดสอบวัสดุชิ้นงานโดยไม่ทำลายให้เสียหาย เพื่อตรวจสอบหารอยบกพร่องภายใน โดยไม่ทำให้ชิ้นงานทดสอบเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง ขนาด หรือสมรรถนะ โดยในที่นี้จะหมายถึง การตรวจสอบรอยบกพร่องโดยใช้รังสีเพื่อหารอยบกพร่องที่ลึกเข้าไปตามแนวรังสี โดยใช้รังสีช่วยในการตรวจหา นอกจากนี้ยังใช้ตรวจสอบชนิดของรอยบกพร่องและรูปร่าง ทว่าพื้นผิวที่มีการเคลือบหรือรอยแตกที่เอียงทำมุมไม่สามารถตรวจสอบได้ด้วยภาพถ่ายรังสีธรรมดา แต่อาจสามารถตรวจสอบได้โดยใช้เครื่องถ่ายภาพตัดขวางด้วยรังสีเอ็กซ์(X-ray computed tomography)

ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานการทดสอบวัสดุด้วยรังสีเอ็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
1. การตรวจสอบหารอยบกพร่องของวัสดุหรือรอยเชื่อม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบวัตถุด้วยรังสีเอ็กซ์นั้น ได้มีการประยุกต์ใช้ในเรื่องต่างๆ เป็นอันมาก ในปัจจุบันที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือ การหารอยบกพร่องของวัสดุหรือรอยเชื่อม เราสามารถแบ่งช่วงเวลาของการตรวจสอบออกเป็นช่วงใหญ่ๆ ได้ ดังตาราง 5.1 นั่นคือการตรวจสอบระหว่างการผลิต การตรวจสอบก่อนการใช้งาน การตรวจสอบระหว่างการใช้งาน และการตรวจสอบหลังจากปิดเครื่อง

ช่วงเวลาตรวจสอบ	วัตถุประสงค์
การตรวจสอบระหว่างการผลิต	ประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ภายในโรงงาน(เป็นส่วนหนึ่งในการควบคุมคุณภาพ)
การตรวจสอบก่อนการใช้งาน	ประเมินการตรวจสอบ ประเมินคุณภาพ ณ สถานที่ที่ใช้งาน
การตรวจสอบระหว่างการใช้งาน	การประเมินอายุการใช้งาน(การตรวจสอบส่วนหนึ่งจะทำเมื่อเริ่มเดินเครื่อง โดยใช้วิธีการตรวจภายนอกเท่าที่จะเป็นไปได้)
การตรวจสอบระหว่างปิดเครื่อง	กระประเมินอายุใช้งาน(เป็นการหยุดเครื่องอุปกรณ์โครงสร้างต่างๆ แล้วตรวจสอบผิวภายในด้วย)

ตารางที่ 5.1 แสดงช่วงเวลาการตรวจสอบผลิตภัณฑ์ในขั้นตอนต่าง ๆ

ก. การตรวจสอบระหว่างการผลิต หรือก่อนการใช้งาน ดำเนินการโดยผู้ผลิตหรือผู้ประกอบผลิตภัณฑ์เป็นการประเมินความปลอดภัยตามวัตถุประสงค์การใช้งาน และเพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์ ในกรณีนี้ จะใช้การทดสอบด้วยรังสีเอ็กซ์เป็นขั้นตอนหนึ่งของการควบคุมคุณภาพ การใช้ผลการทดสอบนี้เป็นการประเมินคุณภาพของวัสดุ หรือรอยเชื่อม ตัวอย่างเช่น บริเวณรอยเชื่อมของเหล็กทนแรงดึงสูงนั้น มักจะเกิดรอยแตกตามหลังขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการทดสอบหลังจากเวลาผ่านไปอย่างน้อย 24 ชั่วโมง การทดสอบเช่นนี้ถือเป็นสิ่งที่สำคัญที่จะใช้ในการประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้อย่างถูกต้อง

ข. การตรวจสอบระหว่างการใช้งาน หรือการตรวจสอบหลังหยุดเครื่องจะดำเนินการโดยผู้ใช้ เป็นการทดสอบเพื่อประเมินอายุการใช้งานโดยตรวจหารอยบกพร่องที่เกิดขึ้นใหม่ภายใต้แรงกระทำ หรือสภาวะแวดล้อมที่ไม่ได้คาดการณ์ไว้ล่วงหน้าในขณะที่วางแผนการใช้งาน ถ้าสามารถพยากรณ์ได้ว่ารอยบกพร่องที่ตรวจสอบพบจะไม่เกิดอันตรายขึ้นเมื่อเดินเครื่องจนกว่าจะถึงเวลาหยุดเครื่องครั้งต่อไป ก็เป็นการดีคือปล่อยทิ้งไว้ได้ แต่ถ้าพยากรณ์ว่าจะเกิดอันตรายแล้วก็จะต้องทำการซ่อมแซมก่อน ทว่าถ้ารอยบกพร่องนั้นอยู่ในระดับรุนแรงมาก ซ่อมแซมแล้วไม่ได้ผลก็อาจจะต้องเลิกใช้ คือทิ้งผลิตภัณฑ์นั้นไปเสีย

การตรวจสอบระหว่างการใช้งานนั้น ทำเพื่อที่จะลดเวลาการหยุดเครื่องเพื่อตรวจสอบให้สั้นลง ดังนั้น ระหว่างการเดินเครื่องก็จะทำการตรวจสอบตามหัวข้อต่างๆ เท่าที่จะทำได้ ในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัตินั้นวิธีการตรวจสอบที่เป็นไปได้จะมีข้อจำกัดอยู่ กล่าวคือ ตรวจสอบได้เฉพาะที่ผิวภายนอกเท่านั้น

ค. การควบคุมคุณภาพระหว่างการผลิต การทดสอบโดยไม่ทำลายนั้น เป็นขั้นตอนที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ การควบคุมคุณภาพนี้มีได้ถือตามแนวความคิดเก่าที่ว่า คุณภาพนั้นสร้างได้จากการตรวจสอบ แต่จะถือตามแนวความคิดการควบคุมคุณภาพแบบใหม่คือ คุณภาพนั้นสร้างได้ในกระบวนการผลิต ผลของการทดสอบโดยไม่ทำลายจะต้องป้อนกลับเป็นข่าวสารข้อมูลไปยังกระบวนการผลิตต่างๆ ให้ทราบ

ข้อมูลการตรวจสอบรอบบกร่องจะต้องป้อนกลับให้กับฝ่ายสร้างและฝ่ายผลิต แน่นอนการออกแบบที่ไม่เหมาะสมก็จะก่อให้เกิดรอยบกร่องขึ้นได้ ดังนั้น ผลการตรวจสอบรอบบกร่องจำเป็นต้องป้อนกลับให้กับฝ่ายวางแผน และฝ่ายออกแบบเช่นเดียวกัน

2. การตรวจสอบเชิงปริมาณของวัสดุ อุปกรณ์

ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า จะมีการตรวจสอบวัสดุ อุปกรณ์ตามช่วงระยะเวลาโดยการวัดปริมาณการเปลี่ยนรูปร่าง หรือปริมาณการกัดกร่อนของวัสดุหรือชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อตัดสินว่าจะใช้งานต่อไปได้หรือไม่

3. การตรวจสอบคุณภาพของวัสดุ

เพื่อให้มีความปลอดภัยของโครงสร้างนั้น จะต้องมีความปลอดภัยของวัสดุแต่ละชนิดที่ใช้ประกอบเป็นโครงสร้างขึ้น ขั้นตอนแรกในการที่จะสร้างความปลอดภัยของโครงสร้างได้คือ จะต้องใช้วัสดุที่มีโครงสร้างภายในตามความต้องการที่ได้ออกแบบไว้ และจะต้องทำการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ แก่วสดุที่ใช้ตามที่ได้กำหนดไว้ด้วย การทดสอบแบบไม่ทำลายจะใช้เพื่อตรวจว่าคุณภาพของวัสดุถูกต้องหรือไม่ และการปรับปรุงคุณสมบัติต่างๆ เป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่ ตัวอย่างเช่น การทดสอบตรวจสอบหาจุดบกพร่องของล้อแม็กซ์ทุกชิ้นก่อนที่จะนำออกจากโรงงาน เพื่อเป็นการรับประกันว่าผลิตภัณฑ์จะมีคุณภาพอยู่ในระดับที่กำหนดหรือระบุไว้

4. การตรวจสอบโครงสร้างภายในของชิ้นส่วนที่ประกอบกันเป็นสิ่งก่อสร้างหรือการตรวจสอบภายในของสิ่งของ

การทดสอบด้วยรังสีใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างภายในของชิ้นส่วนที่ประกอบขึ้นเป็นสิ่งก่อสร้างที่รื้อแยกส่วนไม่ได้ หรือรื้อแยกส่วนแล้วประกอบกลับขึ้นลำบาก การตรวจสอบภายในของสิ่งของ หรือการตรวจว่ามีสิ่งผิดปกติขึ้นภายในโครงสร้างหรือไม่นั้น ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบการเดินสายภายในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้า หรือการตรวจของที่บรรจุภายในกระเปาะที่ถือขึ้นเครื่องบินที่สนามบิน เป็นต้น

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการนำวัตถุจริงมาฉายรังสีเอ็กซ์เพื่อสร้างภาพของวัตถุ โดยใช้อุปกรณ์ต่างๆ ที่กล่าวถึงในบทก่อน ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของภาพที่ได้และคุณภาพของภาพอันเนื่องจากผลของความแตกต่างของตัวรับรังสีทางกายภาพ ตลอดจนการปรับปรุงเพื่อให้ภาพที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น

6.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. หลอดคิงรังสีเอ็กซ์ และอุปกรณ์จ่ายแรงดันสูง(Generator)
2. ตัวรับรังสีเอ็กซ์(TH 9559 DU) ซึ่งเป็นตัวรับรังสีแบบสารกึ่งตัวนำ
3. หน่วยประมวลผลขั้นต้น(TH 9559 PU) ซึ่งเป็นตัวแปลงข้อมูลที่ได้จากตัวรับรังสีให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล 12 บิต
4. แผงวงจรเชื่อมต่อ(TH 9512) เป็นการ์ดที่เชื่อมต่อระหว่างหน่วยประมวลผลขั้นต้นกับคอมพิวเตอร์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้อ่านเก็บในคอมพิวเตอร์และแสดงผล
5. เติง เป็นตัวนำวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพเข้าไปฉายรังสีโดยการควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051
6. เครื่องคอมพิวเตอร์ ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพนเทียม(Pentium Microprocessor) 66 MHz หน่วยความจำ 32 MB

6.3 การทดลอง

การทดลองถ่ายภาพระนาบของวัตถุกระทำโดยนำวัตถุที่ต้องการถ่ายภาพไปยึดติดไว้บน เติง จากนั้นก็จะส่งงานโดยโปรแกรมที่อยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์สั่งให้เติงเลื่อน ไปยังตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นก็จะส่งสัญญาณเตือนและหน่วงเวลาก่อนที่จะทำการเปิดหลอดคิงรังสีเอ็กซ์ การเปิด-ปิดของหลอดคิงรังสีเอ็กซ์ จะควบคุมโดยใช้วงจรรีเลย์ผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ ของคอมพิวเตอร์ หลังจากที่เปิดหลอดคิงรังสีเอ็กซ์แล้ว คอมพิวเตอร์จะส่งคำสั่งมาให้เติง เพื่อสั่ง ให้เติงนำวัตถุเลื่อนเข้าไปฉายรังสีอย่างต่อเนื่อง ในขณะเดียวกัน คอมพิวเตอร์ก็ทำการเก็บข้อมูล จากอุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์และนำข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลออกทางจอภาพพร้อมๆ กัน ซึ่งเติงจะเลื่อน เข้าเป็นระยะทาง 27.5 เซนติเมตรโดยใช้เวลา 10 วินาที หลังจากสุทธระยะแล้ว เติงก็จะส่งสัญญาณ ให้คอมพิวเตอร์เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทำการปิดหลอดคิงรังสีเอ็กซ์

6.3.1 การถ่ายภาพระนาบของล้อแมกซ์

เนื่องจากล้อแมกซ์เป็นชิ้นส่วนที่สำคัญของรถยนต์ซึ่งมีผลต่อความปลอดภัยของชีวิต ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบล้อแมกซ์ที่ผลิตได้ทุกชิ้นเพื่อหาจุดบกพร่องภายในของล้อแมกซ์ ว่ามีขนาดเกินกว่าที่กำหนดหรือไม่ ซึ่งวิธีการหนึ่งในการตรวจสอบที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมก็คือการถ่ายภาพเอ็กซเรย์ ซึ่งวิธีนี้ช่วยให้สามารถตรวจสอบได้โดยไม่ต้องตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ เพราะสามารถหาจุดบกพร่องได้โดยไม่มีการทำลายชิ้นงาน รูปร่างของ ล้อแม็กซ์ที่นำมาใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 6.1 และรูปที่ 6.2 แสดงภาพที่ได้จากการถ่ายด้วยรังสีเอ็กซ์



รูปที่ 6.1 แสดงรูปของล้อแม็กซ์

รูปที่ 6.2 แสดงภาพของล้อแม็กซ์จากการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์

ลักษณะของภาพที่ได้จากการถ่ายรังสีเอ็กซ์จะมีระดับความเข้มของภาพเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติการดูดซึมรังสีเอ็กซ์ของวัตถุ วัตถุที่มีคุณสมบัติการดูดซึมรังสีเอ็กซ์มากหรือตรงบริเวณของวัตถุที่มีความหนาจะทำให้ภาพที่ได้มีความสว่างมากกว่าวัตถุที่มีการดูดซึมรังสีเอ็กซ์น้อย

จากภาพที่ได้จากการถ่ายด้วยรังสีเอ็กซ์จะเห็นได้ว่า มีลักษณะของเส้นในแนวนอนปนอยู่

ในภาพ สาเหตุของการมีเส้นปนอยู่ในภาพของวัตถุนั้นอาจเกิดจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

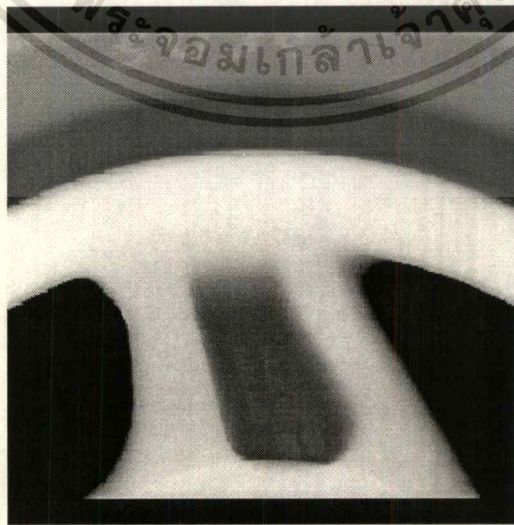
1. ตัวรับรังสีเอ็กซ์บางตัวในชุดรับรังสีเอ็กซ์ไม่ทำงาน ทำให้ข้อมูลที่ได้จากตัวรับรังสีเอ็กซ์ตัวนั้นมีค่าคงที่ที่ค่าหนึ่ง โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติการดูดซึมรังสีของวัตถุ
2. ตัวรับรังสีเอ็กซ์บางตัวเกิดการอิ่มตัว ซึ่งการอิ่มตัวตัวของตัวรับรังสีเอ็กซ์อาจเกิดจากการฉายรังสีที่มีความเข้มมากเกินไป หรือเกิดจากอัตราขยาย(Gain)ของตัวรับรังสีเอ็กซ์บางตัวมีค่าสูงเกินไป ซึ่งในกรณีนี้ก็คงจะเป็นที่อัตราขยายของตัวรับรังสีเอ็กซ์ เนื่องจากเป็นแค่บางตัวเท่านั้น

6.3.2 การปรับอัตราขยายของตัวรับรังสีเอ็กซ์

ค่าอัตราขยายของตัวรับรังสีเอ็กซ์จะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำคงที่ไว้แล้วในบิทที่ 4 แต่เนื่องจากค่าที่ปรับโดยหน่วยประมวลผลขั้นต้นนั้นเป็นค่าเฉลี่ยของตัวรับรังสีทุกตัว จึงไม่สามารถชดเชยความผิดพลาดได้อย่างถูกต้อง ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการปรับค่าอัตราขยายของตัวรับรังสีแต่ละตัวเอง โดยการนำค่าของอัตราขยายที่เหมาะสมเก็บไว้ใน ROM(เพื่อไม่ให้เกิดการเขียนทับข้อมูล) ไปแทนที่หน่วยความจำเดิม ซึ่งการหาค่าอัตราขยายที่เหมาะสมนั้นกระทำได้โดยการนำค่าคงที่ค่าหนึ่งไปเก็บในหน่วยความจำ จากนั้นทำการฉายรังสีเอ็กซ์ผ่านตัวกลางอากาศ ถ้าอัตราขยายของตัวรับรังสีมีค่าเท่ากันทุกตัวแล้ว ค่าที่ได้จากตัวรับรังสีเอ็กซ์จะต้องมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน ซึ่งจากข้อมูลภาพที่ได้และจากอัตราขยายเดิมของตัวรับรังสี จะสามารถหาค่าที่เหมาะสมสำหรับตัวรับรังสีแต่ละตัวได้

การปรับแต่งอัตราขยายของตัวรับรังสีเอ็กซ์จะต้องกระทำทุกครั้งที่มีการปรับแรงดันที่จ่ายให้กับหลอดยิงรังสี(มีการเปลี่ยนแปลงแรงดันตั้งแต่ 10 KV ขึ้นไป) เนื่องจากการปรับแรงดันที่จ่ายให้กับหลอดยิงรังสีเป็นการเปลี่ยนความแรง(อำนาจการทะลุทะลวง)ของรังสีเอ็กซ์ ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้แรงดันที่คงที่สำหรับวัตถุแต่ละชนิด เช่น ล้อแมกซ์จะได้ผลดีเมื่อทำการยิงรังสีที่ 60-70 KV

รูปที่ 6.3 แสดงภาพที่ได้หลังจากทำการปรับแต่งอัตราขยายของตัวรับรังสี

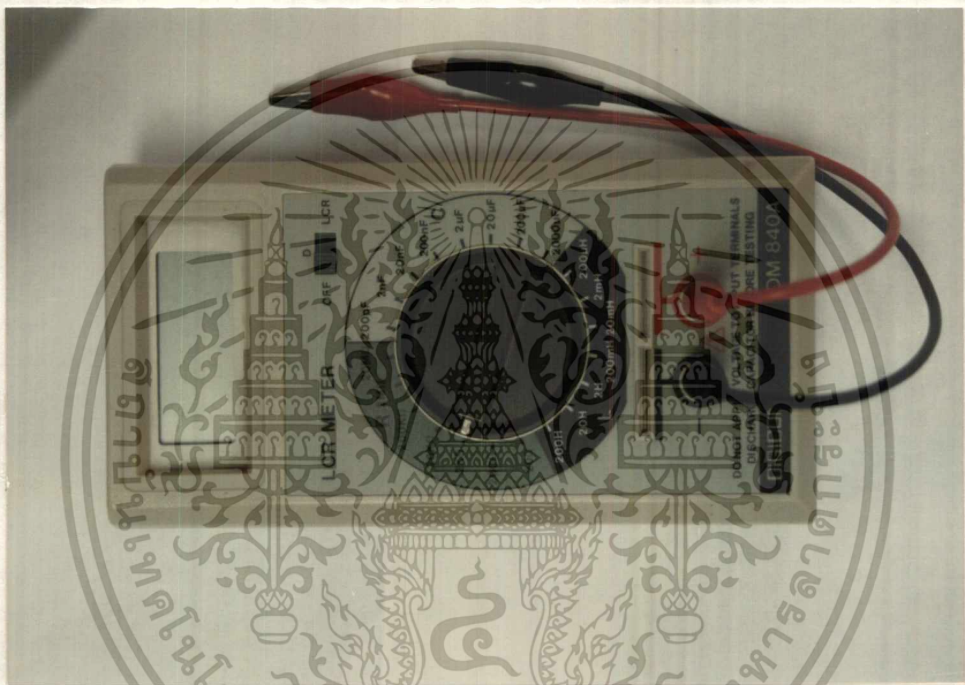


รูปที่ 6.3 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์หลังจากปรับแต่งอัตราขยายแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

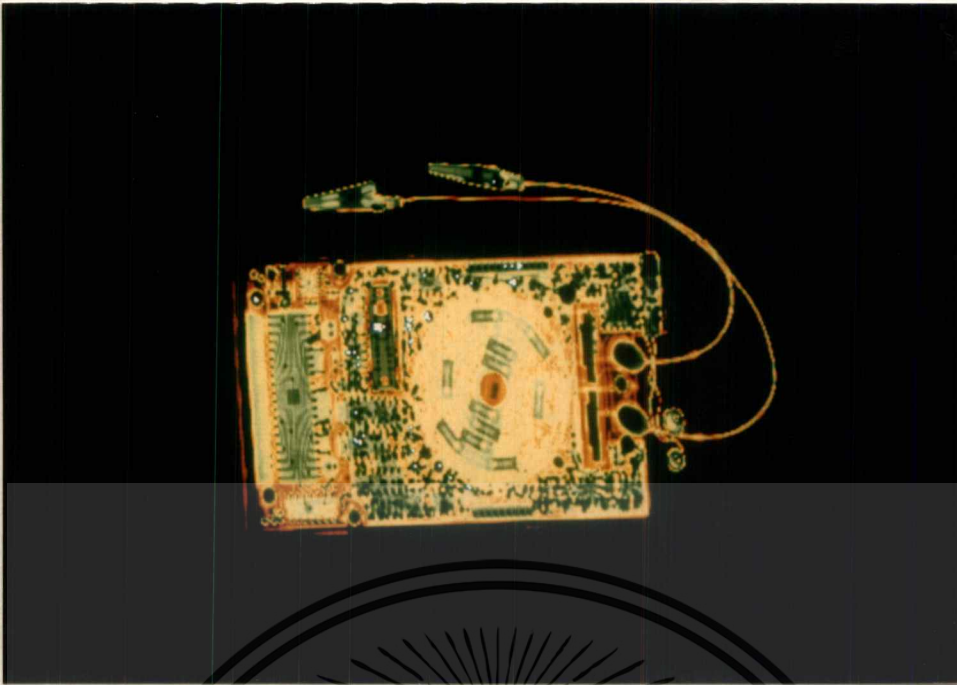
6.3.3 การทดลองถ่ายภาพพระนามด้วยรังสีเอ็กซ์ของวัตถุต่างๆ

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำวัตถุต่างๆ มาทำการถ่ายภาพด้วยรังสีเอ็กซ์ เพื่อแสดงให้เห็นถึงโครงสร้างภายในของวัตถุต่างๆ และการเปรียบเทียบภาพที่ได้ออกมาของวัตถุจริง ซึ่งวัตถุที่ทำการทดลองได้แก่ กระเป๋าสตางค์ที่มีสิ่งของต่างๆ บรรจุอยู่ภายใน, ดิจิตอลมิเตอร์ ฯลฯ



รูปที่ 6.4 แสดงภาพถ่ายของมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

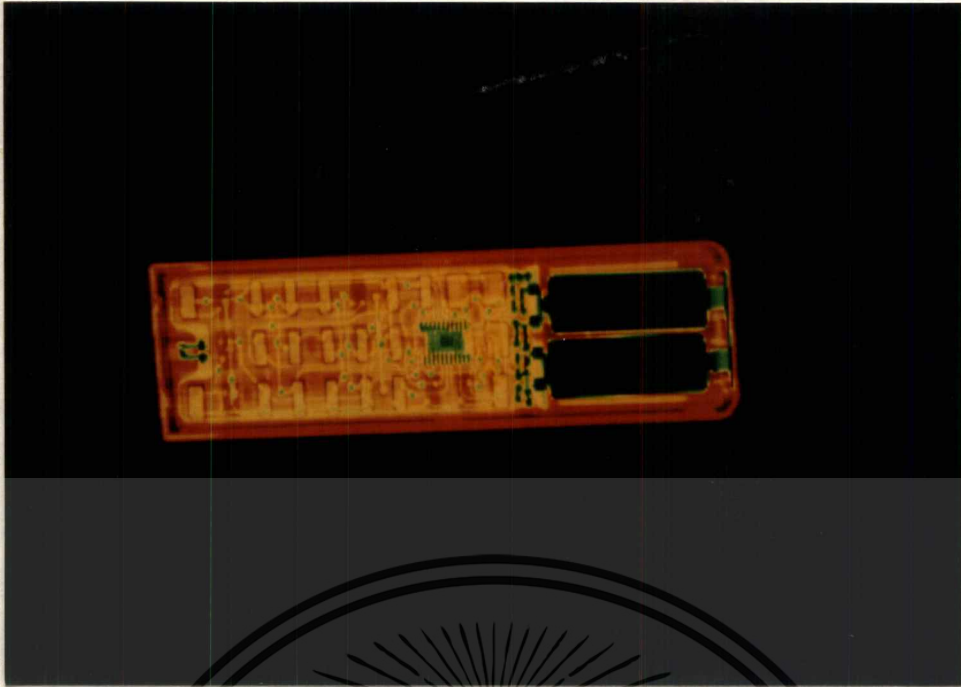


รูปที่ 6.5 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของไมโคร



รูปที่ 6.6 แสดงภาพถ่ายของรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

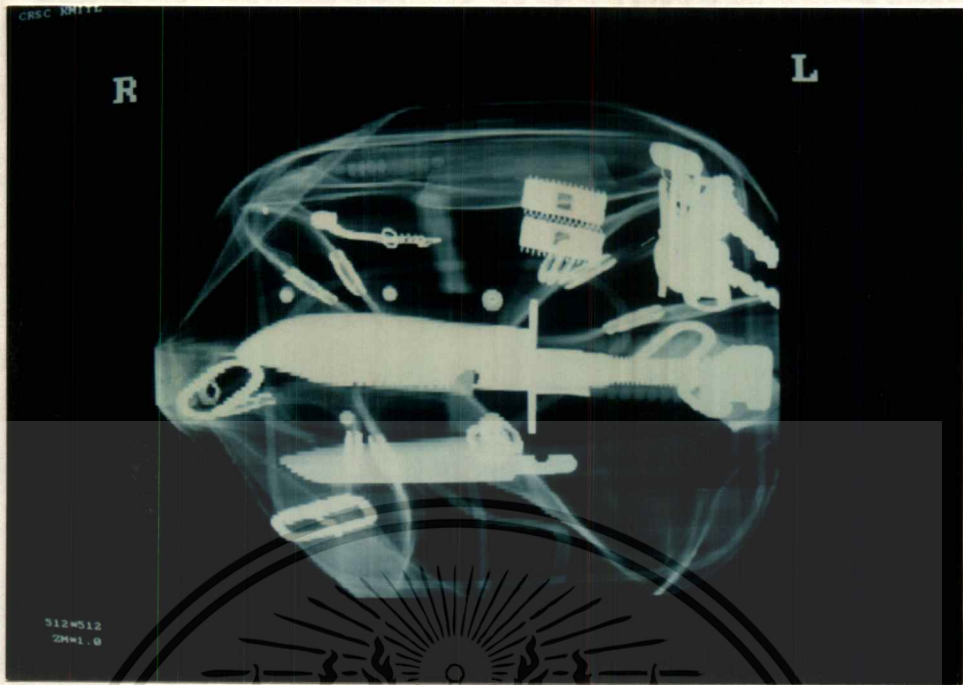


รูปที่ 6.7 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซ์ของรีโมท

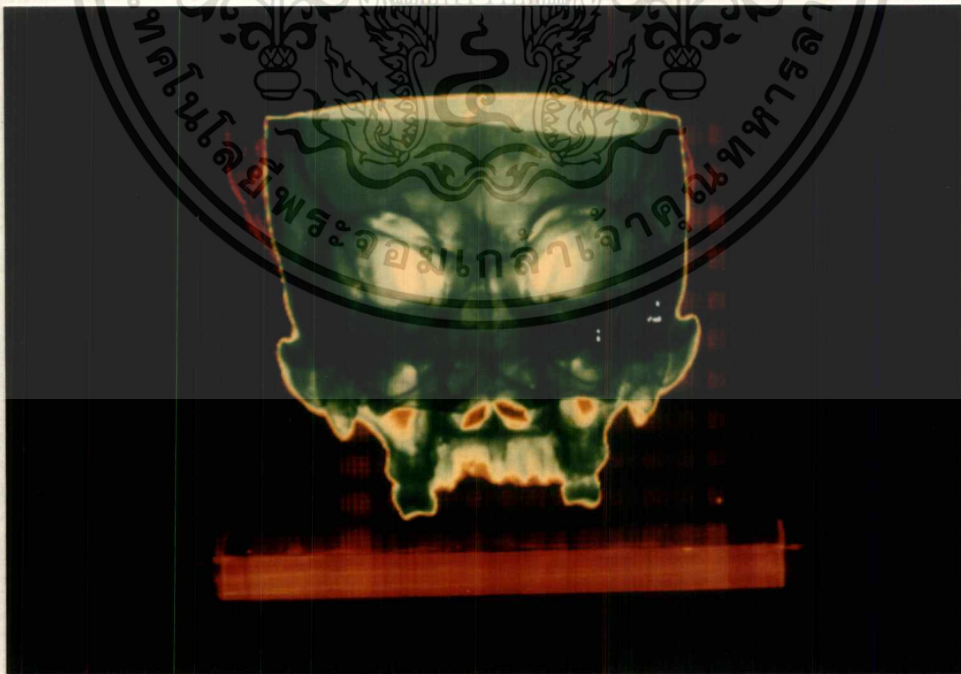


รูปที่ 6.8 แสดงภาพถ่ายของกระเป๋า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.9 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซของกระเป่า



รูปที่ 6.10 แสดงภาพถ่ายรังสีเอ็กซของกะโหลกศีรษะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์

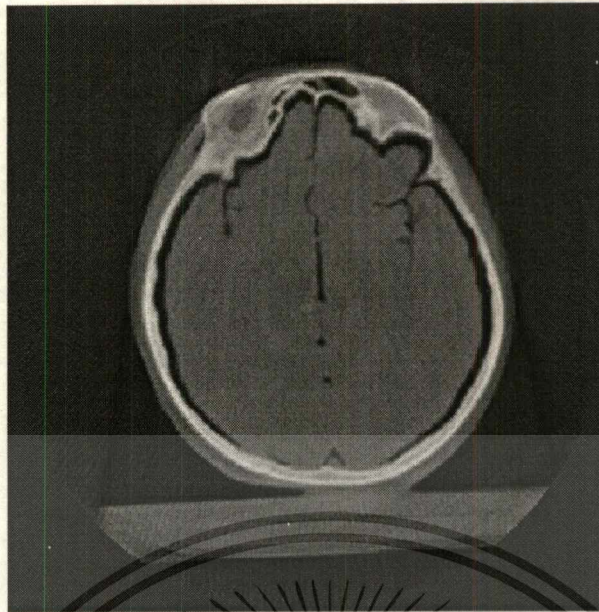
7.1 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองในการถ่ายภาพของวัตถุในบทที่แล้ว จะเห็นว่า การปรับค่าอัตราขยายของตัวรับรังสีเอ็กซ์นั้นมีผลลักษณะของภาพที่ได้ ซึ่งจะทำให้ภาพที่ได้มีความสม่ำเสมอมากขึ้น จากภาพที่ได้ในบทที่แล้วจะเห็นว่า หลังจากที่ทำกรปรับแต่งค่าอัตราขยายของวัตถุแล้ว ลายเส้นต่างๆ บนภาพได้หายไป ซึ่งค่าอัตราขยายที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของระบบ เช่น ระดับแรงดันที่ใช้ในการฉายรังสี อุณหภูมิ และจำนวนครั้งในการปรับแต่ง ถ้ายังปรับแต่งมากก็จะทำให้ได้ค่าที่เหมาะสมมากยิ่งขึ้น แต่การปรับแต่งในครั้งหลังๆ มักจะให้ผลที่ไม่แตกต่างจากครั้งก่อนมากนัก

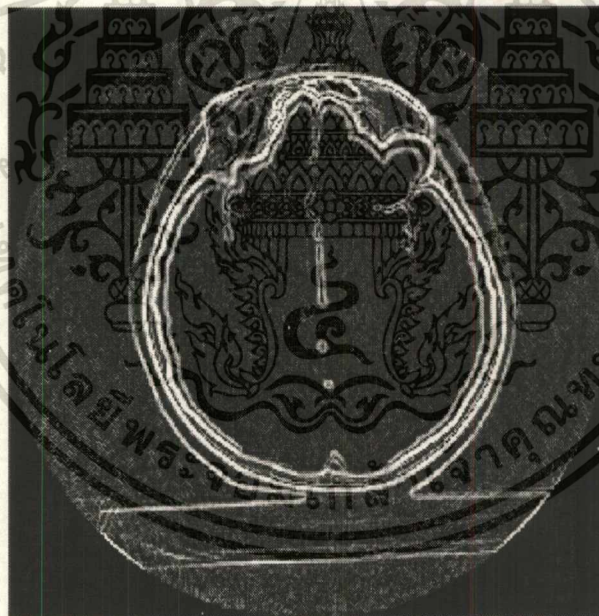
7.2 แนวทางการพัฒนาต่อ

1. ควรปรับปรุงให้ใช้เวลาในการเก็บภาพน้อยลง ซึ่งความเร็วในการเก็บภาพนั้นขึ้นอยู่กับความเร็วในการแปลงข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเตียง และความเร็วในการเก็บข้อมูลของคอมพิวเตอร์ เนื่องจากการได้รับรังสีเป็นเวลานานจะทำให้สิ่งมีชีวิตได้รับอันตรายได้ และการเปิดหลอดรังสีเอ็กซ์ไว้นานๆ จะทำให้อายุการใช้งานของหลอดสั้นลง
2. ระดับความเข้มหรือระดับสีในการแสดงภาพควรเพิ่มจากเดิม 64 ระดับเป็น 256 ระดับ เพื่อให้มองเห็นรายละเอียดได้ดีขึ้น
3. ยังไม่สามารถมองเห็นรายละเอียดที่มีขนาดเล็กได้ อันเนื่องมาจากมีสัญญาณรบกวนปนอยู่ในข้อมูลภาพที่ได้ ซึ่งควรจะมีการป้องกันสัญญาณรบกวนต่างๆ ที่อาจเข้ามาในระบบได้ และอาจจะต้องมีการนำคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยเพื่อให้สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้ดียิ่งขึ้น
4. ควรจะมีการลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในบริเวณขอบภาพ เพื่อให้ขอบภาพที่ปรากฏมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาจจะทำได้โดยนำฟิลเตอร์เข้ามาช่วย หรือใช้วิธี Morphological Post Processing
5. เราสามารถนำเอาเทคนิคการหาขอบภาพมาใช้กับงานทางด้าน การแพทย์ เช่น การวิเคราะห์หารอยร้าวของกระดูก และการวิเคราะห์แกนของสมอง ดังรูป 7.1 และ 7.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.1 แสดงภาพถ่ายตัดขวางด้วยรังสีเอ็กซเรย์ของสมอง



รูปที่ 7.2 ผลจากการใช้โซเบลของภาพถ่ายตัดขวางด้วยรังสีเอ็กซเรย์ของสมอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สมชาย เกรียงอารีกุล, “การประมวลข้อมูลโพรเจกชันเพื่อการปรับปรุงภาพตัดขวางรังสีเอ็กซ์”, วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พ.ศ. 2538
- [2] พุทธิธิ ชาโตะ, “การทดสอบแบบไม่ทำลาย”, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), พ.ศ. 2538
- [3] Anail K. Jain, “Fundamentals of Digital Image Processing”, Prentice-Hall, Inc., 1989.
- [4] William K. Pratt, “Digital Image Processing”, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [5] Thomsom Tubes Electroniques, “TH 9559 X-Ray Linear Detector Installation and Operation Manual”, Thomson Tubes Electroniques, France.
- [6] Thomsom Tubes Electroniques, “TH 9512 Interface Package for X-Ray Linear Detector with PC AT Imaging Board”, Thomson Tubes Electroniques, France.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้