

เครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอ็กซ์เรย์

X - Ray Detector



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50379
วัน,เดือน,ปี 13 พ.ค. 2547

.b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ปีการศึกษา 2545
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอกซ์เรย์

X – Ray Detector



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงาน ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอ็กซ์เรย์

ผู้จัดทำ

1.นางสาว สุพัต แฉ่งไพโร 43015238

2.นาย เจริญ วงศ์เล็ก 43015253

ลงชื่อ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

29/พค/45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานเรื่อง เครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอ็กซ์เรย์

X – Ray Detector

โดย

- 1.นางสาว สุพัต แจ้งไพโร 43015238
- 2.นาย เจริญ วงศ์เล็ก 43015253

โครงการได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมที่จะทำการสอบได้

ลงชื่อ อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์)

28 / ๗๓ / ๕๕



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอกซ์เรย์

นางสาว สุพัต แฉ่งไพโร
นายเจริญ วงศ์เล็ก
ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอการศึกษาและออกแบบ วงจรตรวจจับความเข้มรังสีเอกซ์เรย์ ที่ผ่านวัตถุใดๆ โดยอาศัยหลักการโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ตรวจจับรังสีเอกซ์เปลี่ยนเป็นโวลต์เตจ ผ่าน วงจรมัลติเพล็กซ์ และประมวลผลทางเอาต์พุตออกเป็นกราฟแสดงความเข้มแสง ซึ่งควบคุมส่วน แสดงผลด้วยโปรแกรม Lab VIEW โดยมีจุดมุ่งหมายในการพัฒนาเครื่องมือทางการแพทย์ต่อไป

X – Ray Detector

Miss. Supat Jaengpri

Mr. Charoen Wonglek

Dr.Chuchart Phintavirooj (Advisor)

2nd Semester , Academic year 2002


Abstract

The X-ray Detector is constructed from a phototransistor coated with scintillator. Scintillator converts X-ray to visible light and phototransistor measures the intensity of light which varies with the X-ray energy. Our objective is to develop an array of detector which is multiplexed to the microprocessor for processing.

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาเครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอ็กซ์เรย์นี้เกิดขึ้นได้โดยทางคณะผู้จัดทำได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือสนับสนุนในด้านข้อมูล คำปรึกษา การดำเนินงานจากท่านอาจารย์ ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ และทางด้านเครื่องมือทดลองจาก บริษัท กงศกย์เอ็กซ์เรย์การแพทย์ อุตสาหกรรม จำกัด

นอกจากนี้ยังได้รับการช่วยเหลือด้านอื่นๆจากพี่ปริญาโทสาขาอิเล็กทรอนิกส์และเพื่อนๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ รวมถึงกำลังใจจากคุณแม่
ทางคณะผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย



นางสาวสุพัต แจ่มไพโร

นายเจริญ วงศ์เล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญเรื่อง	IV
สารบัญรูปภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XI
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 Lab VIEW	2
2.1 การทำงานของ Lab VIEW	3
2.1.1 Front panel	3
2.1.2 Block Diagram	4
2.1.3 Icon และ Connector	4
2.2 ส่วนประกอบต่างๆของ Lab VIEW	4
2.2.1 Front Panels	5
2.2.2 Block Diagram	6
2.2.3 Icon และ Connector	9
2.2.4 Pull-Down Menus	10
2.2.5 Pop-Up Menu	12
2.2.6 Edit Mode และ Run Mode	14
2.2.7 Help	17
2.2.8 Sub VI	18
บทที่ 3 เอ็กซ์เรย์เทคโนโลยี	19
3.1 เอ็กซ์เรย์เทคโนโลยี	19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.1.1 ประวัติการค้นพบเอ็กซ์เรย์	19
3.1.2 ลักษณะและคุณสมบัติของเอ็กซ์เรย์	19
3.1.3 สเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์	20
3.1.4 การเกิดการเอ็กซ์เรย์	23
3.1.5 โครงสร้างหลอดเอ็กซ์เรย์	24
3.1.6 การเกิดภาพเอ็กซ์เรย์	28
3.1.7 อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์	29
3.1.8 หลอดกำบังรังสีเอ็กซ์ (Tube shielding) และสายไฟฟ้า แรงสูง (High Voltage cable)	30
3.1.9 ประสิทธิภาพของหลอดรังสี (Tube efficiency)	31
3.1.10 ขีดจำกัดของหลอดรังสีเอ็กซ์ (Tube rating)	31
3.2 ฟิล์มรังสีเอ็กซ์(X-ray film compositions)	31
3.2.1 ส่วนประกอบฟิล์มเอ็กซ์เรย์ (X-ray film compositions)	31
3.2.2 ความไวของฟิล์มของรังสีเอ็กซ์ (X-ray film sensitivity)	32
3.2.3 การล้างฟิล์ม (Film development)	33
3.2.4 คุณสมบัติทางภาพของฟิล์มรังสีเอ็กซ์ (Photographic characteristics of X-ray film)	34
3.3 ฟลูออโรสโคปี(Fluoroscopy)	35
3.3.1 ฟลูออโรสโคปี (Fluoroscopy)	35
3.3.2 ฟลูออโรสโคป (Fluoroscope)	36
3.3.3 จอฟลูออโรสโคป (Fluoroscopic screen)	37
3.3.4 สรีระวิทยาของการมองเห็น (Visual physiology)	37
3.4 อุปกรณ์เพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์ (X-ray image intensifiers)	38
3.4.1 ความเข้มของรังสี	38
3.4.2 ปรากฏการณ์ของฮิล	41
3.4.3 ฉากเพิ่มความเข้มแสง (Intensifying screen)	41
3.4.4 สารเรืองแสง	43
3.4.5 ฉากฟลูออโรสโคปี (Fluoroscopic screens) แบบธรรมดา	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.4.6 เทคนิคโฟโตฟลูออโรกราฟี (Photofluorography)	46
3.4.7 หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์ (X-ray image intensifier tube)	46
3.4.8 คุณสมบัติของหลอดเพิ่มความเข้มแสง	49
3.5 การป้องกันอันตรายจากรังสี (Radiation Protection)	50
3.5.1 หน่วยการวัดปริมาณรังสี	50
3.5.2 ค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้รับได้	51
3.5.3 การป้องกันรังสี	52
3.5.4 การคำนวณเครื่องกำบัง (Protective Barrier)	52
3.6 วงจรและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดรังสี	53
3.6.1 สวิตช์เปิดรังสีเอ็กซ์ (Exposure switch)	53
3.6.2 ตัวควบคุมการฉายรังสี (Exposure timers)	54
3.6.3 การวัดเวลาการฉายรังสี	57
3.6.4 แผงวงจรเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์	58
3.6.5 หน้าปิดของแผงควบคุมเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์	59
3.7 สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง	59
3.7.1 ชนิดของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง	59
3.7.2 การแบ่งชนิดของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับตามหลักการทำงาน	60
3.7.3 ข้อพิจารณาในการใช้สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง	63
3.7.4 โฟโต้ทรานซิสเตอร์	68
3.7.5 ลักษณะสมบัติของโฟโต้ทรานซิสเตอร์	69
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้าง	72
4.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร	72
4.1.1 ภาควิทยุภาค (Detector)	72
4.1.2 ภาคมัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer)	74
4.1.3 ภาคประมวลผลจากการ์ด DAQ	75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 วงจรการทำงานจริงของ X-Ray Detector	76
บทที่ 5 ผลการทดลอง	77
5.1 ผลการทดลองขณะฉายรังสีเอ็กซ์เรย์ตามจุดต่างๆ	77
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	79

บรรณานุกรม

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดง Lab VIEW ที่ติดต่อกับผู้ใช้และ โปรแกรมภายใต้การติดต่อ	2
รูปที่ 2.2 แสดง Front Panel	3
รูปที่ 2.3 แสดง Block Diagram	4
รูปที่ 2.4 แสดง Icon และ Connector	4
รูปที่ 2.5 แสดง Lab VIEW และ Front Panel	5
รูปที่ 2.6 แสดง Terminals, Nodes และ Wires	6
รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะชนิดของสายต่างๆ	8
รูปที่ 2.8 แสดง Icon และ Connector	9
รูปที่ 2.9 แสดง Icon Pane	9
รูปที่ 2.10 แสดงเมนูต่างๆ	10
รูปที่ 2.11 แสดง Function Menu	11
รูปที่ 2.12 แสดงลำดับชั้นต่างๆของเมนู	12
รูปที่ 2.13 แสดง Pop-Up Menu	13
รูปที่ 2.14 แสดง Tool Palette-Edit Mode	15
รูปที่ 2.15 แสดง Tool Palette-Run Mode	16
รูปที่ 2.16 แสดง Help Window	17
รูปที่ 3.1 การเกิดรังสีเอ็กซ์แบบต่อเนื่อง	21
รูปที่ 3.2 สเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์	21
รูปที่ 3.3 การเกิดรังสีเอ็กซ์แบบคุณลักษณะ	22
รูปที่ 3.4 สเปกตรัมรังสี	23
รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นถึงลักษณะ และส่วนประกอบที่สำคัญของ Stationary anode tube โดยลำดับคือ	25
รูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะและส่วนประกอบที่สำคัญของ Rotating anode tube	26
รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึง Line-focus principle และการเอียง Target เป็นมุม 17° - 20° เพื่อให้ได้ Effective focal spot ขนาดเล็ก	28
รูปที่ 3.8 โครงสร้างของหน่วยย่อยในตัวรับรังสีเอ็กซ์แบบสารกึ่งตัวนำ	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 3.9 สายไฟฟ้าแรงสูง	30
รูปที่ 3.10 ฟิล์มรังสีเอ็กซ์	32
รูปที่ 3.11 ความไวของฟิล์มเปลี่ยนแปลงตามศักย์	33
รูปที่ 3.12 จอฟลูออโรสโคป	36
รูปที่ 3.13 แสดงภาคตัวขวางของจอ	37
รูปที่ 3.14 ความไวของตาต่อความยาวคลื่นของแสง	38
รูปที่ 3.15 สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์ของเป่าโลหะ 3 ชนิด	39
รูปที่ 3.16 สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์ เมื่อเพิ่มกระแสผ่านหลอด	39
รูปที่ 3.17 สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์ เมื่อเพิ่มศักย์คร่อมหลอด	40
รูปที่ 3.18 พลังงานของโฟตอนรังสีเอ็กซ์ที่ผ่านการกรอง	40
รูปที่ 3.19 ปฏิกิริยาการแผ่รังสีของฮิลล์	41
รูปที่ 3.20 แสดงส่วนประกอบของฉากเพิ่มความเข้มความเร็วปานกลาง	42
รูปที่ 3.21 ความไวของฟิล์มตามความยาวคลื่น	43
รูปที่ 3.22 สเปกตรัมของแสงจากการเรืองแสง	44
รูปที่ 3.23 ศักย์สูงสุด	45
รูปที่ 3.24 หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์	47
รูปที่ 3.25 ชั้นโปร่งแสงทำหน้าที่ป้องกันมิให้สารเรืองแสงทำปฏิกิริยากับ โฟโตแคโทด	48
รูปที่ 3.26 หลอดเพิ่มความเข้มแสง	49
รูปที่ 3.27 หลอดไทรารตรอน	54
รูปที่ 3.28 วงจรตัวควบคุมเวลาอิเล็กทรอนิกส์	55
รูปที่ 3.29 วงจรควบคุมเวลาด้วยแสง	56
รูปที่ 3.30 ตัวควบคุมเวลาแบบหลอดไอออนไนซ์เซชัน	56
รูปที่ 3.31 แผ่นหมุนบันทึกเวลาการฉายรังสีเอ็กซ์แบบครึ่งคลื่น	57
รูปที่ 3.32 กระแสไฟฟ้าจากหลอดวัดแสงปรากฏบนจอออสซิลอสโคป	57
รูปที่ 3.33 วงจรรังสีเอ็กซ์อย่างง่าย	58
รูปที่ 3.34 แผงหน้าปิดเครื่องควบคุมรังสีเอ็กซ์	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.35 (ก) การวัดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก	61
(ข) ลักษณะกำแพงศักย์พลังงานที่ผิวของวัสดุขั้วแคโทด	61
(ค) ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะเกิดขึ้นเมื่อความถี่ของแสงมีค่าสูงกว่าค่าที่เหมาะสมค่าหนึ่ง	61
รูปที่ 3.36 ตัวอย่างสเปกตรัมค่าดีเทกทีฟของวัสดุชนิดต่างๆ	65
รูปที่ 3.37 โครงสร้างพื้นฐานของโฟโตทรานซิสเตอร์ แสงอินพุตเข้าที่ผิวของชั้นเบสซึ่งรับแสง โดยตรง	70
รูปที่ 3.38 ลักษณะแถบพลังงานของไบโพลาร์โฟโตทรานซิสเตอร์รอยต่อเฮเทอโรจังก์ชันถูกไบอัสใช้งาน	70
รูปที่ 3.39 รอยต่อภายในของโฟโตทรานซิสเตอร์และการไหลของกระแสไฟฟ้าชนิดต่างๆ	71
รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงการ	72
รูปที่ 4.2 แสดงวงจรภาคดีเทกเตอร์ 1 ภาคจากทั้งหมด 64 ภาค	73
รูปที่ 4.3 โฟโตทรานซิสเตอร์ต่อ Line Array หลังฉาบสารเรืองแสง	73
รูปที่ 4.4 แสดงวงจรมัลติเพล็กซ์	74
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรสัญญาณนาฬิกา (Clock)	75
รูปที่ 4.6 การ์ดควบคุมการทำงานของ Multiplexer	75
รูปที่ 4.7 แสดงวงจร X-Ray Detector จากวงจรทำงาน	76
รูปที่ 5.1 (ก) แสดงรูปร่างเต็มของวัตถุที่นำมาฉายรังสีเอ็กซ์จากด้านข้าง	77
(ข) แสดงรูปร่างเต็มของวัตถุที่นำมาฉายรังสีเอ็กซ์จากด้านบน	77
รูปที่ 5.2 แสดงบริเวณของโฟโตทรานซิสเตอร์ที่ได้รับแสงรังสีเอ็กซ์เรย์จำนวน 16 ตัว	78
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าจากการทดลองวัดวัตถุที่มีค่าความหนาต่างกันจำนวน 16 บิต	78

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การแบ่งชนิดของสิ่งประดิษฐ์ที่ตรวจรับแสงออกเป็นชนิดต่างๆ	60
ตารางที่ 2 แสดงค่าที่บันทึกได้จากการทดลองที่ละบิทจำนวน 16 บิท	78



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์เป็นไปอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ เครื่องเอ็กซเรย์ก็เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งทางการแพทย์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยใช้หลักการถ่ายภาพรังสีเอ็กซเรย์ซึ่งสามารถทะลุทะลวงผ่านร่างกายคู่วัยวะภายในของมนุษย์ เครื่องตรวจจับความเข้มรังสีเอ็กซเรย์ (X – Ray Detector) มีแนวความคิดเดียวกันโดยการใช้โฟโตรีซิสเตอร์ต่อแบบ Array เพื่อรับรังสีเอ็กซเรย์ โดยค่าที่ได้จะถูกแปลงเป็นค่าโวลต์เตจซึ่งขึ้นกับความเข้มของรังสีที่ผ่านวัตถุใดๆ แล้วแสดงผลออกมาในรูปของกราฟเพื่อใช้ในการศึกษาพัฒนาเทคโนโลยีในด้านการเอ็กซเรย์ต่อไป

ภายในรายงานฉบับนี้ยังประกอบด้วยเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ โครงการ ส่วนของการออกแบบโครงการ ผลการทดลอง การสรุปและวิจารณ์โครงการนี้

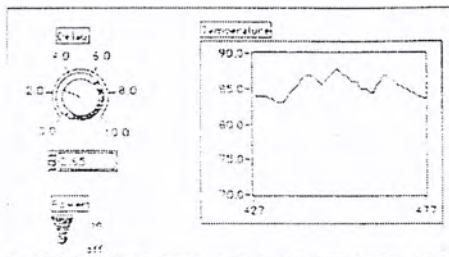
บทที่ 2

Lab VIEW

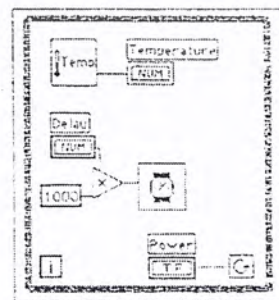
Lab VIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Work) เป็นโปรแกรมภาษาภาพ (Graphical Programming Languages) ที่นำมาใช้อย่างแพร่หลายในงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรม สถาบันการศึกษา Lab VIEW มีความเหมาะสมในการคิดคำนวณตัวเลขที่มากมายทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่ง Lab VIEW เป็น โปรแกรมที่มีความคล่องตัวสูง และเป็นซอฟต์แวร์สำหรับเครื่อง PCs ทำงานบน Microsoft Window Apple และ Macintosh Computers ซึ่ง Lab VIEW จะมีลักษณะการทำงานเป็นไปตามลำดับของโปรแกรม และมีลักษณะสำคัญคือง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งมันได้รวบรวมเอาเครื่องมือต่างๆ ที่จำเป็นในการใช้สำหรับการกำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์และแสดงผลในส่วนของ Graphical Programming Languages ซึ่งเรียกว่า “G” ซึ่งสามารถเขียนโปรแกรมได้โดยการใช้ Block Diagram มาต่อกันและ Block Diagram นั้นก็จะถูกแปลงเป็นภาษาเครื่อง

Lab VIEW เป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปใช้งานด้านอุตสาหกรรมและนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

Lab VIEW ใช้ Graphical Programming Language สำหรับสร้าง โปรแกรมขึ้นมาซึ่งมีรูปแบบคล้ายกับ Flowchart ซึ่งเรียกว่า “Block Diagram” ซึ่งแยกแยะรายละเอียดได้มากมาย สามารถแสดง Lab VIEW ที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน และ โปรแกรมภายใต้การติดต่อดังรูปที่ 2.1



(a)



(b)

รูปที่ 2.1 แสดง Lab VIEW ที่ติดต่อกับผู้ใช้และ โปรแกรมภายใต้การติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติหนาไปไซประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lab VIEW เป็นโปรแกรมที่รวบรวมเครื่องมือต่างๆที่เป็นรูปร่าง ซึ่งทำให้สามารถตั้งจุด Break Point ได้ทีละขั้นตอนตลอดทั้งโปรแกรมได้ และจนกระทั่งวงจรทำงานเสร็จ คำนวณเราจึงสามารถสังเกตการไหลของข้อมูลในแต่ละขั้นตอนได้ และเอาที่พุดจะแสดงในรูปแบบที่เราได้ออกแบบไว้เช่น Chart , Graphs

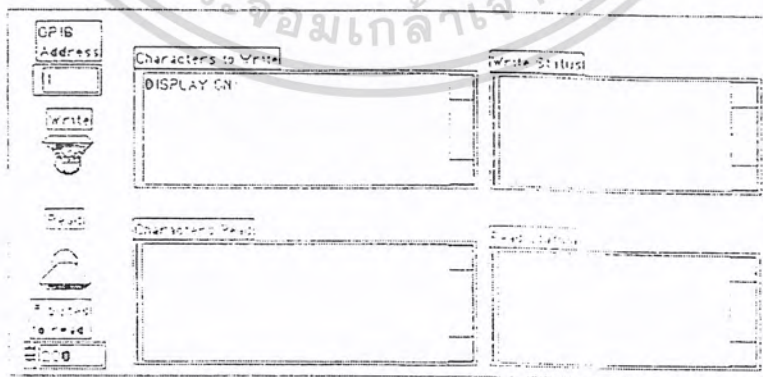
2.1การทำงานของ Lab VIEW

โปรแกรม Lab VIEW เรียกว่า “Virtual Instruments (VIs)” เพราะว่ามันมีรูปร่างและการทำงานเลียนแบบเครื่องมือจริงๆซึ่ง VI สามารถแยกได้ 3 ส่วนหลักๆคือ

- 1.Front panel
- 2.Block Diagram
- 3.Icon and Connector

2.1.1 Front panel

Front panel เป็นการติดต่อกันระหว่างผู้ใช้กับ VI สาเหตุที่ได้ชื่อว่า VI(Virtual Instrument) นั้นเพราะว่าที่หน้าจอนั้นจะเป็นการเลียนแบบรูปของเครื่องมือที่ขึ้นมาจริงๆ โดย Front panel นั้นอาจประกอบด้วยลูกบิด,ปุ่มกดต่างๆ,กราฟและตัวควบคุมต่างๆ (ที่ผู้ใช้กำหนดขึ้นมา) และตัวแสดงผล (ผลทางเอาท์พุด) เราสามารถใส่ค่าอินพุตต่างๆได้โดยการใช้เมาท์ (Mouse) และคีย์บอร์ด (Keyboard) และเราสามารถสร้างภาพแสดงผลได้ทางหน้าจอ ซึ่งรูปตัวอย่างของ Front panel แสดงดังรูปที่ 2.2

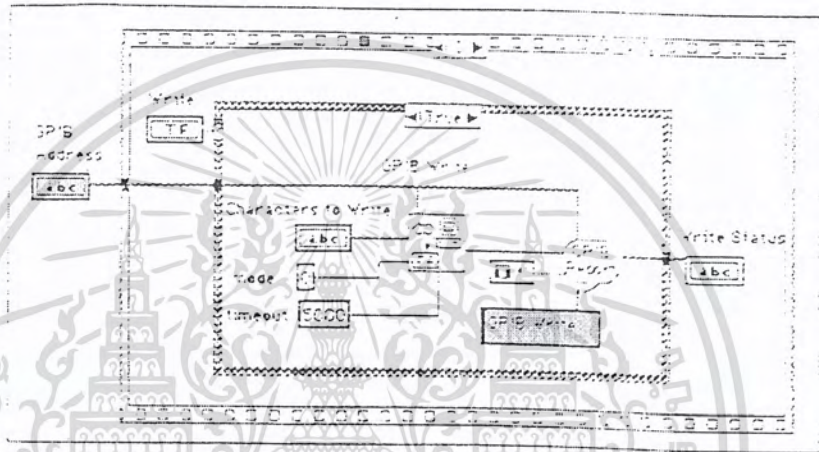


รูปที่2.2 แสดง Front Panel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 Block Diagram

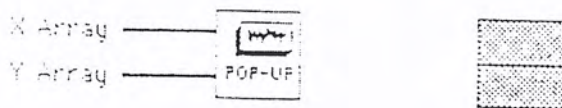
Block Diagram หรือ VI's Source Code ซึ่ง Block Diagram นั้นแม้ว่ามันจะเพียงรูปภาพ แต่มันก็คือโปรแกรมที่สามารถปฏิบัติงานได้จริงๆ ส่วนประกอบของ Block Diagram คือ Icon โครงสร้างภายในของ Block Diagram เราใช้สายต่อ Icon เข้าด้วยกันเพื่อแสดงการไหลของข้อมูล ใน Block Diagram แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดง Block Diagram

2.1.3 Icon และ Connector

Icon และ Connector ของ VI จะยอมให้ VIs อื่นผ่านข้อมูลต่างๆมายัง VI ซึ่ง Icon จะเป็นตัวที่จะแสดงให้เห็น VI ใน Block Diagram ของ VI โดย VIs ต่างๆนั้นจะมีความสำคัญเป็นไปตามลำดับและแล้วแต่ว่าจะนำมาใช้งานแบบใด ซึ่งสามารถนำ VIs ต่างๆมาใช้งานได้เหมือนกับการนำโปรแกรมสำรองที่อยู่ภายในโปรแกรมอื่นออกมาใช้งาน หรือการนำโปรแกรมสำรองอื่นๆ ที่อยู่ภายในซึ่งเป็นโปรแกรมระดับเดียวกันออกมาใช้งาน VI ที่ใช้งานภายใน VI อื่นๆก็เปรียบเสมือนกับ Subroutine ซึ่งเรียกว่า SubVI รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของ Icon และ Connector



รูปที่ 2.4 แสดง Icon และ Connector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เอาตให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

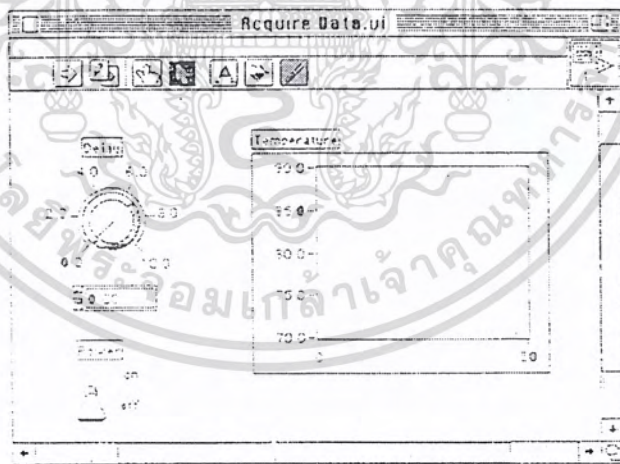
2.2 ส่วนประกอบต่างๆของ Lab VIEW

ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึง สิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องกับ Lab VIEW ดังนี้

- Front Panel ,Block Diagram และ Icon /Connector ซึ่งทั้ง 3 ส่วนจะมาทำงานร่วมกัน
- เมนูต่างๆของ Lab VIEW ซึ่งมีการทำงานอยู่ 2 โหมด (Run Mode และ Edit Mode)
- Help Window
- Sub VIs
- ความหมายของ Virtual Instrument (VI)

2.2.1 Front Panels

Front Panel จะยึดหลักง่ายๆว่า Front Panel ก็คือหน้าต่างบานหนึ่งซึ่งผู้ใช้จะกระทำต่อโปรแกรม เมื่อเราต้องการให้ VI ทำงาน เราก็จะเปิด Front Panel และใส่ค่าอินพุตต่างๆ เพื่อให้โปรแกรมทำงาน ถ้าหากต้องการให้โปรแกรมทำงานจนกระทั่งได้ผลทางเอาต์พุตแล้ว Front Panel จะเป็นสิ่งที่ขาดเสียไม่ได้เลย ตัวอย่างของ Front Panel ดังแสดงรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดง Lab VIEW และ Front Panel

Control และ Indicators

โดยพื้นฐาน Front Panel จะเป็นการรวมตัวกันของ Control และ Indicators ซึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Controls คืออุปกรณ์ทางด้านอินพุตชนิดต่างๆ ที่จะอยู่บนหน้าปัดเครื่องมือต่างๆ เช่น ลูกบิด และ สวิตช์ต่างๆ ที่ใช้ควบคุมข้อมูลที่ Block Diagram ของ VI

Indicatorsเปรียบเทียบการแสดงผลทางเอาต์พุตที่ได้ทำการประมวลผลเสร็จเรียบร้อยแล้ว เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณาเราก็คือ Control และ Indicators คือ

Control = Input

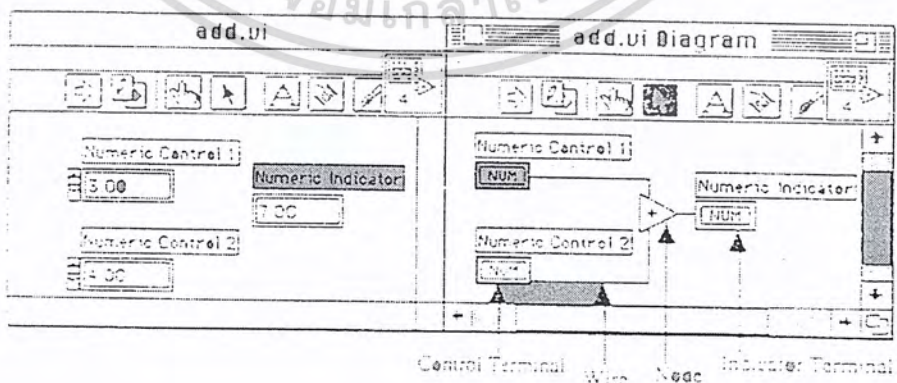
Indicators = Output

Control และ Indicators สามารถวางบน Front Panel ได้โดยการเลือกจาก Control Menu ซึ่งอยู่ด้านบนหน้าต่างของ Front Panel และจุดประสงค์อีกอย่างหนึ่งของ Front Panel ก็คือสามารถปรับขนาด รูปร่าง และตำแหน่งต่างๆบน Panel ได้

2.2.2 Block Diagram

บน Block Diagram Window จะเป็นแหล่งบรรจภาพสัญลักษณ์ต่างๆของ Lab VIEW VI โดย Block Diagram ของ Lab VIEW จะมีลักษณะเช่นเดียวกับภาษาที่นิยมใช้กันคือภาษา ซี หรือ Basic ซึ่ง Block Diagram จะมีลักษณะที่สามารถใช้งานได้จริง สามารถสร้าง Block Diagram ได้ โดยการต่อสายสิ่งต่างๆ ตามหน้าที่ของมันเข้าด้วยกัน ซึ่งภาพที่เกิดจากการต่อเข้าด้วยกันจะแสดงให้เห็นเหมือนกับว่าเป็น Flow Chart ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นไปตามแบบโปรแกรมที่ใช้กัน ในส่วนนี้เราจะพิจารณาส่วนประกอบต่างๆของ Block Diagram ซึ่งได้แก่ Terminals, Nodes และ Wires

รูปที่ 2.6 เป็นรูปที่แสดงผลรวมระหว่างเลขสองจำนวน ซึ่ง Diagram นี้จะแสดงตัวอย่างของ Terminals, Nodes และ Wires



รูปที่ 2.6 แสดง Terminals, Nodes และ Wires

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Terminals

เมื่อวาง Control หรือ Indicator ลงบน Front Panel Lab VIEW ก็จะสร้างสิ่งที่มีลักษณะเช่นเดียวกับ Terminal ขึ้นเองบน Block Diagram Terminal นั้นจะเป็นส่วนหนึ่งของ Control หรือ Indicator ซึ่งไม่สามารถลบ Terminal ที่อยู่บน Block Diagram ได้ แม้ว่าจะสร้างความรำคาญมากขนาดไหนก็ตาม Terminal นั้นจะหายไปก็ต่อเมื่อเราลบ Control หรือ Indicator ออกจาก Front Panel

หมายเหตุ

ลักษณะของ Control Terminals นั้นจะมีของหน้าที่ ขณะที่ Indicator Terminals นั้นจะมีของที่บาง ซึ่งลักษณะสำคัญที่แตกต่างกันระหว่าง Terminals ทั้ง 2 ชนิด จะเป็นการแยกให้รู้ว่า Terminal แต่ละชนิด จะมีลักษณะที่หน้าที่การงานที่แตกต่างกัน ซึ่งไม่สามารถสับเปลี่ยนกันได้

อาจคิดว่า Terminal ก็คือพอร์ตทางเข้าและพอร์ตทางออก หรือคือต้นทางปลายทาง ข้อมูลก็จะผ่านเข้าไปยัง Numeric Control Terminals บน Diagram ของ Block Diagram ซึ่งจะมีเงื่อนไขว่าให้ทำหน้าที่บวกทำการคำนวณภายในตัวเองเสร็จสมบูรณ์แล้วจะได้ข้อมูลค่าใหม่ซึ่งข้อมูลใหม่ที่ได้ก็จะไหลไปยัง Numeric Control Terminals และจะกลับเข้าไปยัง Front Panel อีกทีเพื่อแสดงผล ซึ่งการแสดงผลนั้นจะเร็วหรือช้าก็ขึ้นอยู่กับระยะทาง และความยาวของกระบวนการทำงานที่

กำหนด

Nodes

Node คือ โปรแกรมการจัดการเบื้องต้น ซึ่งมีข้อคล้ายคลึงกับการกำหนด การปฏิบัติหน้าที่ และการทำงานย่อยๆ ในโปรแกรมต่างๆ ไป การบวกลบก็เป็นตัวอย่างหน้าที่ของ Node ชนิดหนึ่ง ซึ่งลักษณะโครงสร้างที่แตกต่างกัน ไปจะเป็นการแสดงให้เห็นถึงชนิดอื่นๆ ของ Node โดยโครงสร้างสามารถทำให้เป็นรหัสที่ซ้ำกันได้ หรือทำให้เป็นเงื่อนไข ซึ่งเหมือนกับการทำเป็นวงรอบ (Loop) และกำหนดให้เป็นอย่างไร้ในโปรแกรมต่างๆ ไป Lab VIEW จะมี Node พิเศษเรียกว่า Formular Nodes ซึ่งใช้ประโยชน์สำหรับหาค่าของสูตรพื้นฐานต่างๆ

Wires

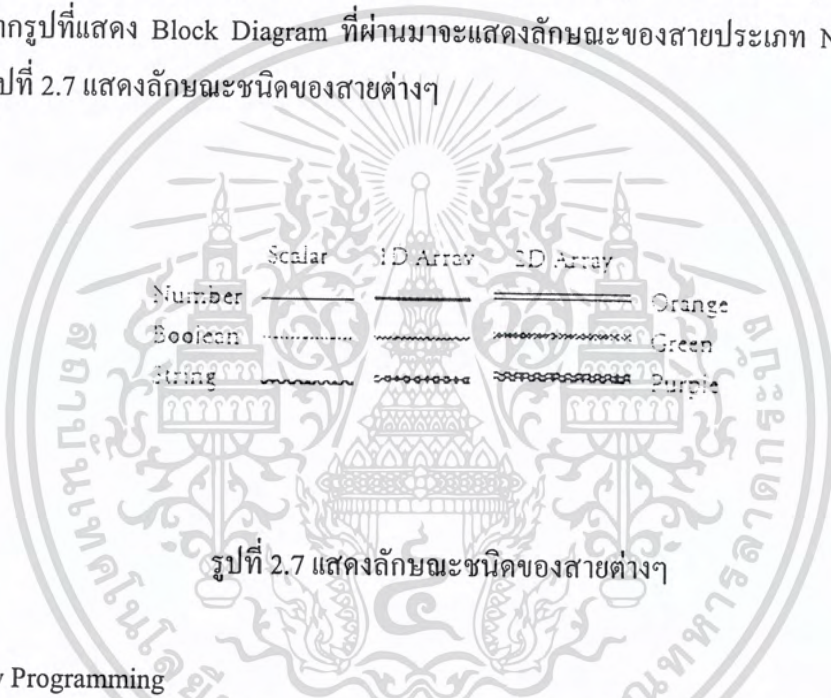
Wires เป็นเส้นทางเดินของข้อมูลระหว่าง Terminals ต้นทางกับ Terminals ปลายทาง ซึ่งเราไม่สามารถที่จะต่อสายจาก Terminals ต้นทางไปยังต้นทางอื่นๆ ได้ หรือจาก Terminals ปลาย

ทางไปยังปลายทางอื่นๆได้ แต่สามารถต่อสายจากต้นทางหนึ่งไปยัง Terminals ปลายทางหลายๆ Terminalได้

หมายเหตุ

เหตุผลหลักว่าทำไม Controls และ Indicators ถึงไม่สามารถสับเปลี่ยนหน้าที่กันได้ เพราะว่า Controls เป็น Terminals ต้นทางส่วน Indicators เป็น Sinks

สายแต่ละเส้นจะมีรูปแบบและสีแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับชนิดของข้อมูลที่จะส่งไปตามสาย จากรูปที่แสดง Block Diagram ที่ผ่านมาจะแสดงลักษณะของสายประเภท Numeric Scalar Value รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะชนิดของสายต่างๆ



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะชนิดของสายต่างๆ

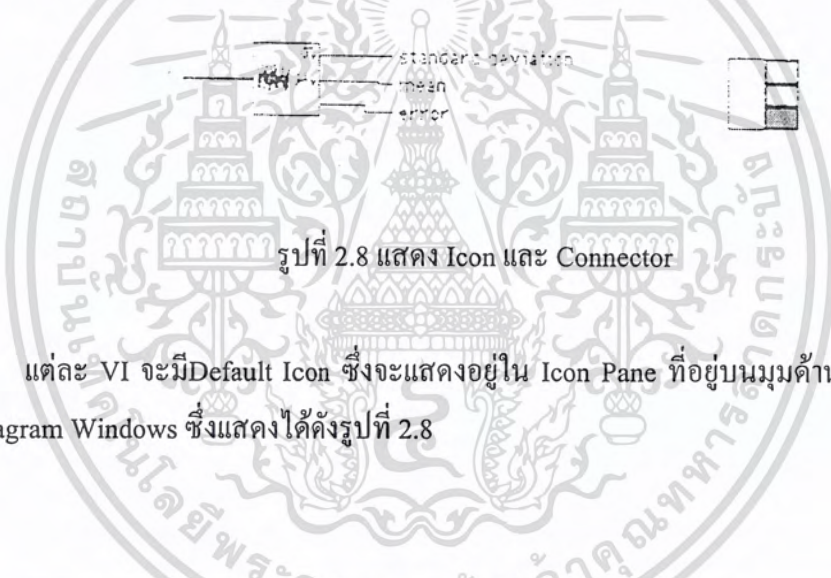
Dataflow Programming

เนื่องจาก Lab VIEW ภาษาพื้นฐาน หลักเกณฑ์การทำงานของมันไม่สามารถทำได้แบบ “Line By Line” หลักการปฏิบัติงานของโปรแกรม Lab VIEW นั้นจะเรียกว่า “Data Flow” กำหนดง่าย ๆ คือ Node จะเป็นตัวปฏิบัติการเท่านั้น เมื่อข้อมูลมาถึงที่ Node และ Node ก็จะมีสถานะเป็นเอาต์พุต Terminals ซึ่งบรรจุอยู่ภายในและข้อมูลก็จะผ่านต้นทางไปยัง Sink หรือ Terminals ปลายทางโดยตรง ความแตกต่างของ Data Flow กับวิธีควบคุมการไหลของโปรแกรมพื้นฐานทั่วไปปฏิบัติกัน ซึ่งจะกระทำเป็นลำดับไปเรื่อยๆซึ่งสามารถเขียนให้เป็นลำดับรูปร่างได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่รู้จักและคุ้นเคยกันอยู่แล้ว ขณะที่การกระทำแบบ Data Flow จะเป็นแบบการผลัดกันของข้อมูลที่เข้ามาหรือไม่ขึ้นอยู่กับข้อมูล

2.2.3 Icon และ Connector

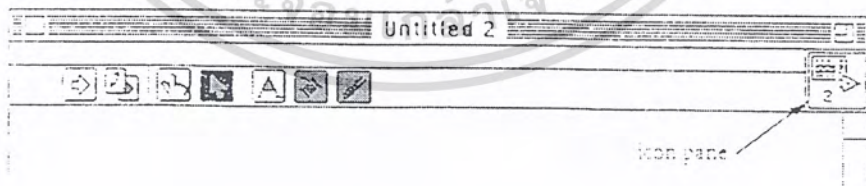
เมื่อ VI กำลังปฏิบัติงานอยู่นั้น Sub VI ที่อยู่ภายใน VI อื่นๆ ก็จะปฏิบัติงานเช่นเดียวกับ Control และ Indicators ก็จะรับข้อมูล และส่งข้อมูลกลับไปยัง VI ตัวที่ร้องขอมา Icon ของ VI นั้น จะแสดงอยู่ใน Block Diagram ของ VI อื่น Icon นั้นจะแสดงให้เห็นเป็นลักษณะภาพหรือมีลักษณะ เหมือนกับรูปร่างของ VI โดยตรงหรือทั้งสองอย่างรวมกัน

Connector ของ VI นั้นจะจัดการเกี่ยวกับ Terminals ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับ Controls และ Indicator ซึ่ง Connector นั้น พารามิเตอร์ต่างๆจะมีหน้าที่เหมือนกับชื่อที่เรียกกันโดยตรง โดย Connector Terminals จะมีรูปร่างลักษณะเป็นเส้นที่ใช้ส่งผ่านข้อมูล และรับข้อมูลจาก Sub VI โดย ทางSubVI Control และมันจะรับข้อมูลที่เป็นผลลัพธ์จาก SubVI ทางเอาท์พุท Terminalsของมัน ด้วย



รูปที่ 2.8 แสดง Icon และ Connector

แต่ละ VI จะมี Default Icon ซึ่งจะแสดงอยู่ใน Icon Pane ที่อยู่บนมุมด้านขวามือหน้าจอ และ Diagram Windows ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่ 2.8



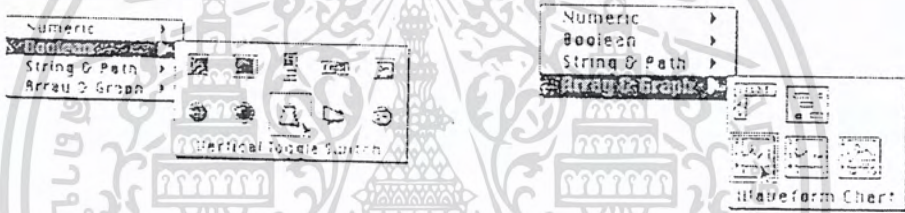
รูปที่ 2.9 แสดง Icon Pane

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 Pull-Down Menus

Lab VIEW จะมีเมนูอยู่ 2 ชนิด คือ Pull-Down และ Pop-Up ซึ่ง Menu ทั้ง 2 ชนิดนี้เราจะใช้ประกอบในการสร้างโปรแกรม แต่ในหัวข้อต่อไปนี้จะกล่าวถึง Pull-Down Menu ซึ่งจะได้รู้ว่ามันสามารถทำงานอะไรได้บ้าง

แถบของเมนูจะอยู่ด้านบนของ VI Windows ซึ่งจะประกอบไปด้วยเมนูหลายๆเมนู เมื่อคลิกเลือกที่เมนูตัวใด เมื่อนั้นก็จะปรากฏที่ด้านล่างของแถบเมนูตัวนั้น Pull -Down เมนูนี้จะประกอบไปด้วยรายการต่างๆสำหรับนำไปใช้งานอยู่ร่วมกัน เช่น Open save Copy และ Paste และอื่นๆที่ใช้สำหรับ โปรแกรม Lab VIEW ซึ่งเมนูต่างๆแสดงได้ดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.10 แสดงเมนูต่างๆ

File Menu

ที่ File Menu จะประกอบไปด้วย Command ต่างๆสำหรับใช้งานเช่น Save และ Print เราสามารถที่จะสร้าง VI ใหม่หรือเปิด VI อื่นๆที่สร้างไว้แล้วได้จาก File Menu และสามารถที่จะ Get Info บน VI จากเมนูนี้ได้อีกด้วย

Edit Menu

Edit Menu จะมี Commands ต่างๆมากมายเช่น Cut Copy และ Paste ซึ่งคำสั่งเหล่านี้ใช้สำหรับแก้ไข Window ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงสิ่งที่เขียนและเคลื่อนย้ายสายต่อที่ไม่ได้ออกไป

Operate Menu

สามารถที่จะสั่งให้โปรแกรมทำงานหรือหยุดการทำงานได้จาก Operate Menu ทำให้สามารถเปลี่ยนค่า Default Values และ Switch ของ VI ได้ ระหว่าง 2 โหมด Lab VIEW คือ Run Mode และ Edit Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Controls Menu

เมื่อคลิกเมาส์ไปที่ Control เมนูก็จะปรากฏเป็นเมนูขึ้นมาทั้งสองประกอบไปด้วย Control และ Indicators ซึ่งที่เมนูนี้จะรวม Control และ Indicators ที่จะผ่านไปยัง Front Panel เข้าไว้ด้วยกัน จากเมนูนี้สามารถที่จะเลือก Graphics ต่างๆของ Control และ Indicators ไปใช้บน Front Panel ได้ตามต้องการ

หมายเหตุ

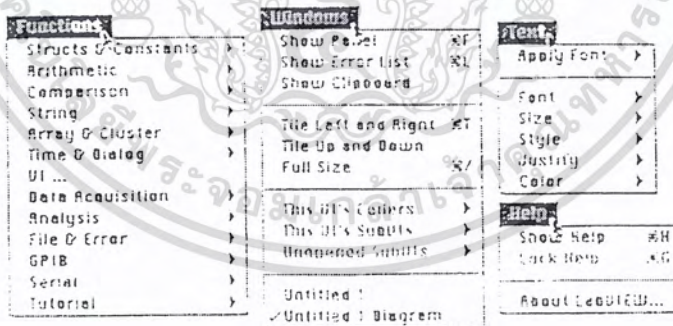
Control เมนูนี้จะแสดงบน Front Panel Window เท่านั้น ไม่ได้อยู่ใน Block Diagram

Function Menu

เปลี่ยนไปที่ Block Diagram และสังเกตที่ Function Menu ซึ่งจะอนุญาตให้เลือกใช้ Function ต่างๆภายในเมนูสำหรับใช้ใน VI ได้ตามต้องการ ซึ่งจะใช้สำหรับสร้าง Block Diagram

หมายเหตุ

Function Menu หาได้จาก Front Panel Window เท่านั้น



รูปที่ 2.11 แสดง Function Menu

Windows Menu

Windows Menu สามารถที่จะต่อระหว่าง Panel กับ Diagram Windows ได้ ซึ่งจะแสดง Error List และ Clipboard โดย Tile ทั้งสอง Windows สามารถดูได้ทั้งสอง Tile ในเวลาเดียวกัน

Windows Menu จะสามารถแสดงให้ดูได้เหมือนกัน ซึ่งเป็น Sub VI เรียกว่า Current VIs เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Text Menu

สามารถเปลี่ยน Front Size Style Justification และ Color คั่นฉบับของ Lab VIEW โดยใช้ Option ต่างๆที่อยู่ใน Text Menu

Help Menu

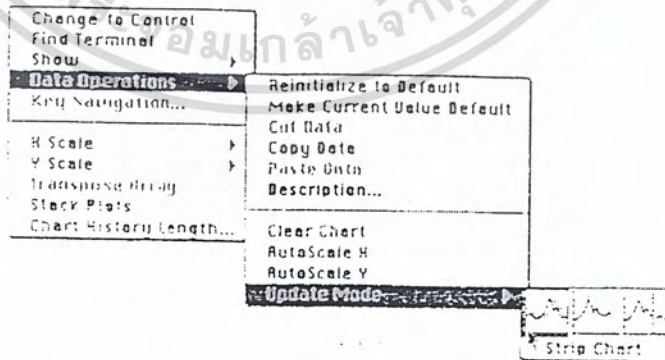
สามารถที่จะแสดง ซ่อน หรือเก็บเอาไว้ตามความพอใจโดยใช้ Help Menu และยังสามารถที่จะหาข่าวสารเกี่ยวกับ Lab VIEW ได้อีกด้วย เช่น เวอร์ชันของโปรแกรม

2.2.5 Pop-Up Menu

ถ้าหาก Pull-Down Menu นั้นยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการใช้ ก็จะมีเมนูชนิดอื่นๆของ Lab VIEW นั่นคือ Pop-Up Menu ซึ่ง Pop-Up Menu จะใช้บ่อยกว่าเมนูชนิดอื่นๆของ Lab VIEW ซึ่งสามารถเรียก Pop-Up Menu ขึ้นมาใช้โดยการคลิกที่ปุ่มขวามือของเมาส์ Pop-Up Menu ก็จะปรากฏขึ้นมาเกือบเต็มพื้นที่ของ Front Panel และ Block Diagram ซึ่ง Pop-Up Menu จะมีเมนูให้เลือกและเมนูบังคับ โดยเมนูจะขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานของมัน ตัวอย่างเช่น Numeric นั้นจะมี Pop-Up Menu ที่แตกต่างกันมากมายว่า Graphic Indicator

Pop-Up Menu

ส่วนของเมนูที่ขยายออกไปเป็นเมนูย่อยๆเราเรียกลำดับชั้นต่างๆของเมนูว่า (Hierachical Menu) และใช้แทนโดยลูกศรที่ชี้ไปทางขวา ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 แสดงลำดับชั้นต่างๆของเมนู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hierachical Menu บางครั้งจะมีตัวเลือกที่นอกเหนือไปจากส่วนที่อยู่ปัจจุบัน ซึ่งตัวเลือกที่ใช้อยู่ปัจจุบันนั้นจะใช้แทนเป็นเครื่องหมายแสดงสำหรับตัวเลือกหลัก หรือใช้เป็น Box สำหรับตัวเลือกประเภท บางส่วนของเมนูจะประกอบด้วยตัวเลือกต่างๆอีกให้พิจารณาเลือกใช้ เมนูที่สำคัญที่อยู่ใน Box จะมีสัญลักษณ์จุดไข่ปลาอยู่ตามหลัง

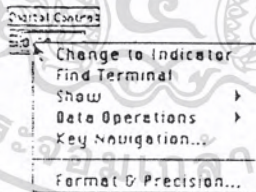
เมนูที่ไม่มีสัญลักษณ์ลูกศรที่ชี้ขวาหรือจุดไข่ปลานั้นโดยปกติจะเป็น Commands ซึ่งเมื่อเลือกใช้แล้วจะเป็นปฏิบัติโดยตรงเช่น Change to Indicator เมื่อเลิกใช้แล้ว Commands ต่างๆในเมนูจะเปลี่ยนไปเป็น Commands ของ Change to Controls

หมายเหตุ

บางครั้งในส่วนของจุดประสงค์ที่แตกต่างกันไปก็จะมีเมนูที่แตกต่างกันไปด้วยตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการ Pop-Up ในส่วนของ Label ดังนั้นรายการตัวเลือกที่ขึ้นมา ก็จะเป็น Size To Text เท่านั้น ซึ่งรายการต่างๆ ที่เกี่ยวกับจุดประสงค์ที่ต้องการก็จะถูกรวบรวมมาให้

ลักษณะสำคัญของ Pop-Up

Pop-Up Menu จะมีรายการต่างๆมากมายดังที่ปรากฏขึ้นมาโดยจะมีให้เลือกใช้ตามวัตถุประสงค์



รูปที่ 2.13 แสดง Pop-Up Menu

Change To Control และ Change To Indicator

โดยการเลือก Change To Control /Indicator ก็สามารถเปลี่ยน Control ไปเป็น Indicator เมื่อในขณะนั้นอยู่ในสถานะของ Control ดังนั้น Pop-Up Menu ก็จะมี Change To Control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Show Terminals/Show Icon

Show Terminals หรือ Show Icon จะหาได้บน Block Diagram เท่านั้น ถ้าต้องการดู Connector Terminals บน Function หรือ Sub VI เลือก Show Terminals จาก Pop-Up Menu เมื่อต้องการกลับมาที่ Icon ก็เลือก Show Icon

Show

ในหลายๆ หัวข้อจะมีเมนู Show ซึ่งสามารถที่จะแสดงหรือซ่อนได้ถ้าเลือก Show ก็จะได้เมนูอื่นเพิ่มออกมาอีกทางด้านขวา ซึ่งเป็นตัวเลือกที่สามารถแสดงอะไรได้บ้าง ถ้าตัวเลือกนั้นตรวจสอบต่อไปได้อีก ตัวเลือกนั้นก็จะสามารถมองเห็นได้ชัด แต่ถ้าไม่สามารถตรวจสอบได้อีก ก็จะมีไว้ไม่สามารถมองเห็นได้

Data Operation

Data Operation ใน Pop-Up Menu มีตัวเลือกที่เป็นประโยชน์หลายๆอย่าง ดังนั้นสามารถถ่ายเทข้อมูลใน Control หรือ Indicator ได้

ใช้ Cut Data Copy Data และ Phase Data เพื่อนำข้อมูลออกหรือใส่เข้าไปใน Control หรือ Indicator

2.2.6 Edit Mode และ Run Mode

VI นั้นสามารถที่จะอยู่ใน Edit Mode และ Run Mode ได้อย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถ Run VI ในขณะที่อยู่ใน Run Mode ได้โดย Edit Mode นั้นก็จะสามารถทำการสร้างหรือ

เปลี่ยนแปลง VI ได้ ส่วน Run Mode จำสามารถกระทำ VI เมื่อร่างโปรแกรมเสร็จแล้ว และ VI อยู่ใน Run Mode แล้วจะทำการแปลเป็นภาษาเครื่อง และคอยป้อนคำสั่งให้ทำงาน

ข้อควรระวัง

ในวัตถุประสงค์ที่เหมือนกัน Run Mode จะมีความแตกต่างของ Pop-Up Menu มากกว่า Edit Mode ถ้าไม่สามารถหาตัวเลือก Pop-Up ที่แน่นอนได้ คือในแต่ละตัวเลือกไม่สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ จะต้องเปลี่ยนโหมดหรือควรจะ Pop-Up บนส่วนอื่น

ถ้าต้องการเปลี่ยนจาก Run Mode มาเป็น Edit Mode ทำได้โดยการคลิกบนปุ่มหรือเลือก Change To Edit Mode จาก Operate Menu หรือนอกจากนี้ยังใช้คีย์บอร์ดได้โดยกดปุ่ม <Ctrl> <M>

หมายเหตุ

สามารถสร้าง Run VI ได้ขณะอยู่ที่ Edit Mode โดยมันจะเปลี่ยนมาเป็น Run Mode แล้วปฏิบัติงานจนเสร็จ เมื่อเสร็จแล้วก็จะกลับเข้าอยู่ใน Edit Mode เหมือนเดิม

Tools

Tool เป็นโหมดการปฏิบัติงานพิเศษของ Mouse Cursor ใช้ Tools ตามคุณสมบัติเฉพาะหน้าที่ของมัน

Edit Mode Palette

ใน Edit Mode นั้นสามารถที่จะหา Editing Tools ได้จากด้านล่างของ Menu bar ของ Window



รูปที่ 2.14 แสดง Tool Palette-Edit Mode

Operating Tool มีไว้สำหรับเปลี่ยนค่าของ Front Panel ซึ่งสามารถทำลูกบิดสวิตช์และอื่นๆโดยใช้ Operating Tool นี้จะมีอยู่ใน Run Mode เท่านั้น

Positioning Tool ใช้สำหรับเลื่อน เลือก และเปลี่ยนขนาดตามที่ต้องการ

Labeling Tool ใช้สำหรับสร้างและแก้ไข Label เดิม

Wiring Tool ใช้สำหรับต่อสาย Block Diagram เข้าด้วยกันตามต้องการและกำหนด Controls และ Indicators บน Front Panel ไปยัง Terminals บน VI Connector

Coloring Tool ใช้เกี่ยวกับการให้แสงสีสันหรือพื้นต่างๆซึ่งจะมีสีต่างๆให้เลือกใช้

การเปลี่ยน Tools ทำได้โดยการคลิกบน Tool Icon ใน Edit Mode แล้วเลือก Tool ตามที่ต้องการ หรือกดปุ่ม Tab บนคีย์บอร์ด ซึ่งจะเป็นการเลื่อน Tool ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันไปยัง Tool อื่น

ตามลำดับ หรือใช้การกด Space Bar เพื่อเป็นการเลื่อนไปมาระหว่าง Operating Tool กับ Positioning Tool ขณะที่ Diagram Window ทำงานอยู่

Warning ซึ่งสัญลักษณ์ของปุ่มนี้จะปรากฏขึ้นถ้ารูปร่าง VI แสดง Warning และมี Warning อื่นๆค้างอยู่แล้ว เราสามารถคลิกไปที่ปุ่ม Warning ได้เพื่อแก้ไขต่อไปจากหน้าที่ของมัน เช่นถ้าอยู่ใน Front Panel ก็ไม่ควรรลากสายต่อสิ่งอื่นใด

Run Mode Palette

เมื่อพร้อมที่จะทดลอง VI ทำได้โดยการกดที่ปุ่ม Run หรือ เลือกไปที่ Change To Run Mode จาก Operate Menu ซึ่งคำสั่งนี้จะแปลง VI และนำ VI เข้าไปสู่ Run Mode ซึ่ง Run Mode Palette แสดงได้ดังรูปที่ 2.15 ใน Run Mode นั้นตัวเลือกการแก้ไขต่างๆจะหาได้ง่าย



รูปที่ 2.15 แสดง Tool Palette-Run Mode

ปุ่ม Run ซึ่งมีรูปร่างคล้ายลูกศรเมื่อคลิกปุ่มนี้เป็นการสั่งให้ VI เริ่มปฏิบัติงานจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อ VI นั้น Run ลูกศรจะกลายเป็นลูกศรแตกหัก เมื่อ VI นั้นไม่สามารถกระทำ ได้

ปุ่ม Stop ปุ่มนี้จะคล้ายกับเครื่องหมาย Stop ขนาดเล็ก ซึ่งจำได้ง่าย ปุ่มนี้จะปรากฏขึ้น เมื่อ VI เริ่มต้นปฏิบัติงานไปแล้วสามารถกดปุ่มนี้ เพื่อให้ VI หยุดการทำงานได้

ข้อควรระวัง

การใช้ปุ่ม Stop นี้จะคล้ายกับ Key <Break> โดยโปรแกรมจะหยุดโดยทันทีจะไม่กระทำ ไปจนจบ และข้อมูลมีโอกาสเสียได้ ดังนั้นเราควรตรวจสอบข้อมูลต่างๆก่อนที่เราจะปิดเครื่อง คอมพิวเตอร์เพื่อเลิกทำโปรแกรม

ปุ่ม Mode เป็นปุ่มที่ใช้เลือกเปลี่ยน Modes ระหว่าง Run Mode กับ Edit Mode

ปุ่ม Continuous Run เป็นปุ่มที่สั่งให้ VI ทำงานกลับไปกลับมา จนกระทั่งกดปุ่ม Stop จึงหยุดทำงาน ซึ่งปุ่มนี้จะคล้ายกับกำหนดให้ Go to ดังนั้นจึงไม่ควรใช้มากเกินไป

ปุ่ม Breakpoint เมื่อมีปัญหาใน Sub VI ปุ่มนี้จะเป็นปุ่มที่ส่งให้หยุดพักชั่วคราว เมื่อมีการร้องขอมาจาก Sub VI ดังนั้นจึงสามารถดูได้ว่าต้องทำอะไรและแม้แต่เปลี่ยนค่าอินพุต

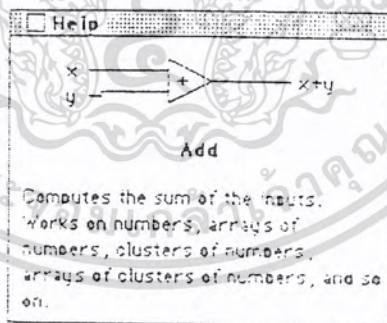
ปุ่ม Step Mode ปุ่มนี้จะส่งให้ VI นั้นทำงานไปที่ละขั้นในแต่ละครั้ง เมื่อกดปุ่มนี้ก็จะทำให้ปุ่ม Step Mode ปรากฏขึ้นมา คลิกปุ่ม Single Step ในแต่ละครั้งก็จะทำให้ VI ทำงานไปที่ละขั้นเรื่อยๆ

ปุ่ม Execution Highlighting ซึ่งปุ่มนี้ทำให้ VI เกิดการไหลของข้อมูลผ่านตลอด Diagram เมื่อกดปุ่มนี้ให้ทำงานหลอดไฟก็จะสว่างขึ้น แล้วทำให้ดูค่าต่างๆของข้อมูลใน Block Diagram ได้

ปุ่ม Print Mode ซึ่ง Front Panel ของ VI ส่งติดต่อไปยัง Printer แล้วจากที่ VI ปฏิบัติการเสร็จแล้ว

2.2.7 Help

Help Window ของ Lab VIEW จะช่วยแจ้งเรื่องราวที่เกี่ยวกับ หน้าที คำคงที่ Sub VI และ Control กับ Indicators ของ Lab VIEW โดยแสดงเป็น Windows ให้เลือก Show Help จาก Help Menu หรือใช้ คีย์บอร์ดโดยกด <Ctrl-H> ก็สามารถเลื่อน Help Window ไปไว้ส่วนใดของจอภาพได้เพื่อไม่ให้ขวางทางรูป Help แสดงได้ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดง Help Window

เมื่อเลื่อนทั่วทั้ง Function, Sub VI Node หรือ VI Icon Help Window จะแสดง Icon สำหรับ Function หรือ Sub VI กับสายต่อที่เกี่ยวข้องพันเหมาะสมกับชนิดของข้อมูลของแต่ละ Terminal ทางด้านอินพุต สายต่อจะอยู่ด้านซ้ายและทางด้านเอาต์พุต สายต่อจะอยู่ด้านขวา ซึ่งชื่อของ Terminal

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะปรากฏอยู่ด้วยข้างของสายต่อแต่ละเส้น ถ้า VI มีรูปร่างลักษณะเหมือนกับมันแล้วมันก็จะแสดงรูปร่างลักษณะนี้เหมือนกันสำหรับบาง Sub VI หรือ Function กับอินพุทหลายๆค่าอินพุท Help Windows ก็จะแสดงชื่อของอินพุทที่เราจะต้องต่อสายเข้าด้วยกัน เมื่อเลือกที่ Lock Help จาก Help Menu ก็สามารเก็บ Help Window ที่ไม่ต้องการให้เปลี่ยนแปลงค่าไว้ได้ถ้าตำแหน่งของสายที่ต้องการต่อเข้าด้วยกันอยู่เกินกว่า Node ที่เจาะจงไว้บน Function หรือ Sub VI แล้ว Help Window ก็จะแสดง Node ที่ถูกต้องที่เราสามารถต่อสายได้อย่างถูกต้องตามตำแหน่ง

2.2.8 Sub VI

จะต้องเข้าใจและใช้ Hierarchical ของ VI ถ้าหากว่าต้องการใช้ประโยชน์ของ Lab VIEW อย่างเต็มความสามารถ หลังจากที่สร้าง VI ขึ้นมา สามารถใช้ได้เช่นเดียวกับ SubVI ใน Block Diagram ของ VI ในระดับสูงขึ้นไป ซึ่ง Sub VI ของ Lab VIEW คล้ายคลึงกับ Subroutines ในภาษาซี ซึ่งสามารถใช้ในโปรแกรมภาษาซี ได้โดยไม่มีจำกัดจำนวนรอบการใช้ และในโปรแกรม Lab VIEW ก็เช่นเดียวกัน สามารถใช้ Sub VI ได้โดยไม่มีจำกัดจำนวนรอบของการใช้ สามารถเรียก Sub VI ที่อยู่ในอื่นๆได้อีกด้วย ถ้า Block Diagram มีจำนวน Icon ก็สามารถจัด Icon เหล่านั้นให้เป็นกลุ่มตั้งเป็น Block Diagram ที่ง่ายเข้าไปใน Low-Level VI ซึ่งจัดให้เป็นกลุ่มเหล่านี้จะง่ายต่อการใช้ประโยชน์ในการแก้ไข เข้าใจและตัดแปลง

บทที่ 3

เอ็กซ์เรย์เทคโนโลยี

3.1 เอ็กซ์เรย์เทคโนโลยี

3.1.1 ประวัติการค้นพบเอ็กซ์เรย์

ผู้ค้นพบเอ็กซ์เรย์เป็นคนแรกคือนักฟิสิกส์ชาวอเมริกันชื่อ วิลเฮม คอนราด เรินท์เก้น (Wilhem Conrad Roentgen) การพบนี้เกิดขึ้นในตอนเย็นวันที่ 9 พฤศจิกายน ค.ศ.1895 ภายในห้องทดลอง ณ มหาวิทยาลัย วิตซ์บรูก ประเทศเยอรมัน เรินท์เก้นได้พบเอ็กซ์เรย์โดยบังเอิญ คือขณะที่เขากำลังทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่อง “Absorption of Cathode rays “ โดยใช้หลอดทดลองเรียกว่า Crookes’ tube เขาสังเกตเห็นว่า Cathode rays ที่ออกมาจากหลอดทดลองทำให้กระดาษแข็งที่ฉาบด้วยแบเรียมพลาคติโนไซยาไนด์ เกิดเรืองแสงขึ้น ระยะไกลที่สุดที่ยังมีการเรืองแสงบนกระดาษแข็งคือ 120 เซนติเมตร

ในขณะที่เขากำลังสังเกตเห็นอีกว่า ตัวอักษร A ที่ทาบนแบเรียมพลาคติโนไซยาไนด์อยู่ห่างออกไปเกือบสิบฟุตเกิดเรืองแสงขึ้นด้วย ทั้งๆที่ไม่อยู่ในระยะของ Cathode rays เรินท์เก้นจึงคิดว่าเขาค้นพบชนิดใหม่ขึ้นแล้ว และให้ชื่อว่า X-ray และเขาได้ใช้เวลาอีกหลายสัปดาห์ต่อมาทำการสังเกตถึงการทะลุทะลวงของเอ็กซ์เรย์ผ่านกระดาษผ่านโลหะ และแม้กระทั่งผ่านเนื้อหนังของคน และเขาได้ถ่ายภาพรังสีของมือของภรรยาเขาไว้ด้วย ในที่สุดเขาจึงประกาศให้โลกรู้ว่า เขาได้ค้นพบเอ็กซ์เรย์เป็นคนแรก

3.1.2 ลักษณะและคุณสมบัติของเอ็กซ์เรย์

รังสีเอ็กซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีความถี่ประมาณ 3×10^6 ถึง 3×10^{21} Hz ดังนั้นจึงมีความยาวคลื่นสั้นมาก เมื่อเทียบกับสัญญาณไฟฟ้า หรือคลื่นแสง รังสีเอ็กซ์เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนในวงโคจรของอะตอม

เนื่องจากรังสีเอ็กซ์มีความยาวคลื่นหรือความถี่หลายค่าต่อเนื่องกัน เป็นช่วงที่กว้าง จึงกล่าวได้ว่า รังสีเอ็กซ์เป็นสเปกตรัมซึ่งคล้ายกับแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นรังสีที่สามารถมองเห็นได้และมีความยาวคลื่นหลายค่า เป็นสเปกตรัมเช่นกัน

คุณสมบัติของรังสีเอ็กซ์ที่น่าสนใจ

1. เป็นรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีช่วงคลื่นสั้นมาก คืออยู่ในช่วงตั้งแต่ $0.04-1000 \text{ \AA}$ หรืออยู่ในช่วงระหว่างรังสีแกมมากับรังสีอุลตราไวโอเล็ต
2. มีคุณสมบัติเหมือนแสงสว่างธรรมดา เดินทางเป็นเส้นตรง ถ้าเดินทางในสุญญากาศแล้วจะเดินทางด้วยความเร็วเท่ากับแสงคือ $186,000 \text{ ไมล์ หรือ } 3 \times 10^8 \text{ เซนติเมตรต่อวินาที}$ นอกจากนั้นแล้วยังมีการสะท้อนกลับ หักเห และเบี่ยงเบนเช่นเดียวกับแสงสว่างธรรมดา
3. ไม่หักเหโดยสนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้า
4. เกิดจากการที่อนุภาคอิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงวิ่งเข้าชนเป้า อิเล็กตรอนดังกล่าวนี้จะวิ่งไปชนอิเล็กตรอนตัวอื่นๆ ที่อยู่ในวงโคจรของอะตอมของเป้าให้หลุดกระเด็นออกนอกวงโคจร อิเล็กตรอนของเซลล์นั้นออกถัดออกไปจะวิ่งเข้ามาแทนที่ และคายพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปของเอ็กซ์เรย์และความร้อน
5. ทำให้เกิดการเรืองแสงในสารพิเศษบางอย่าง
6. ดูดกลืน (Absorbed) โดยสสาร (Matter) ทุกชนิดมากบ้างน้อยบ้างขึ้นอยู่กับความหนาแน่นและน้ำหนักของอะตอมของสสารนั้น
7. ทำให้เกิดการปล่อยประจุไฟฟ้า (Ionization) เมื่อผ่านไปสู่อากาศหรือก๊าซ
8. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี เช่นเมื่อเอ็กซ์เรย์ไปถูกฟิล์มถ่ายรูปจะทำให้ฟิล์มนั้นดำ จึงนำผลอันนี้มาใช้ในการบันทึกภาพรังสีบนแผ่นฟิล์มเอ็กซ์เรย์
9. ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวะ เป็นต้นว่าทำให้เซลล์ของร่างกายเปลี่ยนแปลง หรือเกิดการผ่าเหล่า (Genetic mutation) ถ้าได้รับรังสีเป็นจำนวนมาก
10. มีอำนาจในการทะลุทะลวงสูง สามารถทะลุผ่านเนื้อหนังของมนุษย์และสัตว์ได้แต่ไม่สามารถทะลุผ่านแผ่นตะกั่วหรือคอนกรีตหนาๆ ได้

3.1.3 สเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์

รังสีเอ็กซ์เกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงาน เมื่ออิเล็กตรอนความเร็วสูงจากขั้วแคโทดวิ่งไปกระทบเป้าขั้วแอโนด พลังงานของอิเล็กตรอนที่วิ่งข้ามความต่างศักย์ V นี้มีค่าเท่ากับ

$$E = eV$$

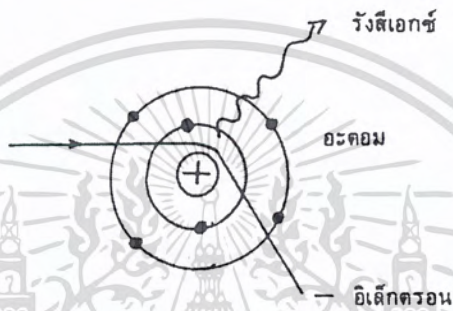
ถ้าให้ความต่างศักย์คร่อมหลอดรังสีเป็น kVp พลังงานของอิเล็กตรอนจะมีค่าต่างกัน และมี

ค่าสูงสุดได้เพียง keV ทั้งนี้เพราะ kVp เป็นค่าสูงสุดของศักย์ที่เป็นพัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

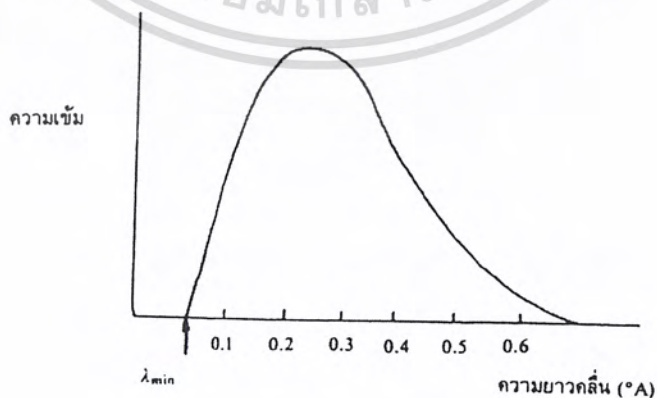
รังสีต่อเนื่อง

โดยอิเล็กตรอนชนกับนิวเคลียสของอะตอมทั้งสแตน นิวเคลียสซึ่งเป็นแกนกลางของอะตอมมีประจุเป็นบวก จะดึงดูดอิเล็กตรอนและทำให้ทิศทางเปลี่ยนไปจากเดิม อิเล็กตรอนจะสูญเสียพลังงานและลดความเร็วลง พลังงานจลน์ที่สูญเสียไปจากอิเล็กตรอนนี้จะเปลี่ยนรูปเป็นโฟตอนของรังสีเอ็กซ์ รังสีที่เกิดโดยกระบวนการนี้เรียกว่า รังสีเบรมสตราลิ่ง (Bremsstrahlung radiation)



รูปที่ 3.1 การเกิดรังสีเอ็กซ์แบบต่อเนื่อง

อาจกล่าวได้ว่ารังสีนี้เกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนถูกเบรค หรือหน่วงไว้ อิเล็กตรอนจะไม่สูญเสียพลังงานทั้งหมด ยกเว้นอิเล็กตรอนที่ชน โดยตรงกับนิวเคลียส และเนื่องจากอิเล็กตรอนมีพลังงานต่างกัน รังสีที่ได้จึงมีช่วงพลังงานกระจาย



รูปที่ 3.2 สเปกตรัมของรังสีเอ็กซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

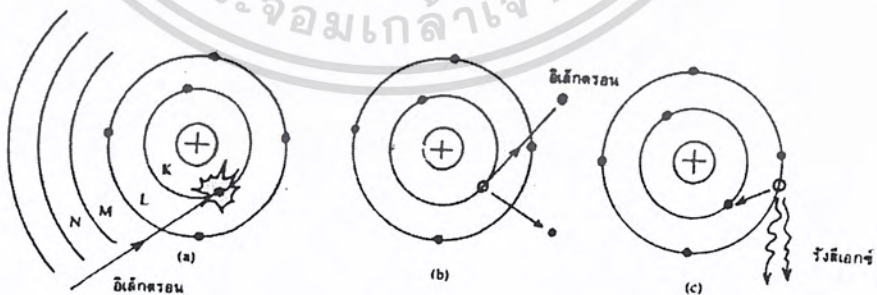
จาก	$E = hv$
	$eV = hc/\lambda$
	$\lambda = hc/eV$
เมื่อ	h ค่าคงของพลังค์
	C ความเร็วแสง

รังสีคุณลักษณะ

เกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนที่วิ่งไปชนเป้าแอโนด ชนกับอิเล็กตรอนรอบแกนนิวเคลียสของอะตอม ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกมา อิเล็กตรอนที่วิ่งโคจรวงอื่นจะเข้าไปแทนที่ แล้วเปล่งรังสีเอ็กซ์ออกมาเพื่อลดระดับพลังงาน

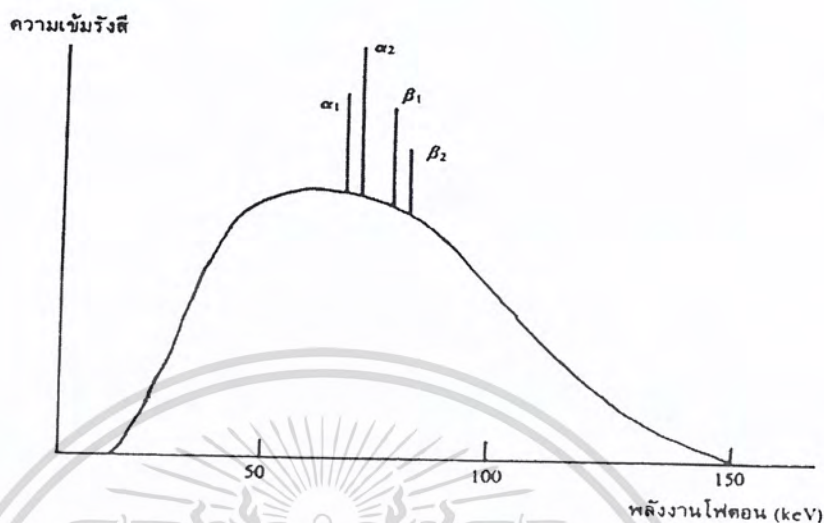
อิเล็กตรอนรอบแกนนิวเคลียสจะมีระดับชั้นพลังงานต่างกัน วงชั้นนอกจะมีพลังงานมากกว่าวงชั้นในและให้สัญลักษณ์แทนด้วย K,L,M,N อิเล็กตรอนวงในสุดเรียกว่าชั้น K จะมีพลังงานยึดเหนี่ยวกับแกนกลางคิดเป็น 70 keV ดังนั้นอิเล็กตรอนจากขั้วแคโทดจะต้องมีพลังงานมากกว่า 70 keV จึงจะกระแทกอิเล็กตรอนชั้นนี้หลุดออกมาได้ ถ้าอิเล็กตรอนหลุดจากชั้น L เข้าไปแทนที่ว่างในชั้น K มันจะปล่อยรังสีเอ็กซ์ในรูปโฟตอนด้วยพลังงาน 70-11 เท่ากับ 59 keV รังสีเอ็กซ์เป็นค่าเฉพาะของแต่ละธาตุ และให้เส้นสเปกตรัม

ที่ว่างในชั้น L จะถูกแทนที่ด้วยอิเล็กตรอนจากชั้น M แต่รังสีเฉพาะจากชั้น L นี้มีพลังงานต่ำกว่าชั้น K



รูปที่ 3.3 การเกิดรังสีเอ็กซ์แบบคุณลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 สเปกตรัมรังสี

รังสีเฉพาะจะปรากฏอยู่บนรังสีต่อเนื่อง เนื่องจากระดับชั้นในของอะตอมทั้งสแตนมีพลังงานยึดเหนี่ยวหลายค่า จึงทำให้เกิดรังสีเฉพาะเป็นเส้นหลายเส้น

3.1.4 การเกิดการเอ็กซ์เรย์

เอ็กซ์เรย์เกิดขึ้นโดยที่อนุภาคของอิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงวิ่งไปชนเป้า ผลทำให้เกิดเป็นเอ็กซ์เรย์และความร้อน

การเกิดของเอ็กซ์เรย์นี้อาศัยองค์ประกอบสำคัญ 5 ประการคือ

1. ทำให้เกิดอนุภาคอิเล็กตรอนหรือการแยกอนุภาคอิเล็กตรอนออกจากอะตอมของโลหะ อิเล็กตรอนจะเกิดขึ้นหรือแยกจากอะตอมของโลหะทำเป็นไส้หลอดเอ็กซ์เรย์ โดยการที่เราผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในไส้หลอด (Filament) จนกระทั่งไส้หลอดร้อนขึ้นประมาณ 2000° เซลเซียส หรือมากกว่านั้นจะมีผลทำให้เกิดเทอร์มิโอนิกอิมิชัน (Thermionic Emission) คืออิเล็กตรอนหลุดออกจากเซลล์หรือวงโคจรของมันเมื่อถูกความร้อน อิเล็กตรอนที่หลุดออกมานี้จะมาออกันอยู่รอบๆ ผิวหน้าของโลหะจนกลายเป็นกลุ่ม (cloud) เรียกว่า Space charge สาเหตุที่อิเล็กตรอนไม่สามารถหลุดพ้นไปจากผิวหน้าของโลหะเพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนและอะตอมของโลหะยังมีอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็วสูง

วิธีที่จะทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากอะตอมไปได้คือ ต้องหาสิ่งที่มีพลังงานหรือแรงดึงดูดมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับอะตอมของโลหะ มาดึงดูดอิเล็กตรอน สิ่งนั้นก็คือไฟฟ้าแรงสูง ไฟฟ้าแรงสูงนี้นอกจากจะทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากผิวหน้าของโลหะแล้ว ยังทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่หรือวิ่งไปด้วยความเร็วสูงขึ้น ความต่างศักย์ 100 kilo-voltage จะทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วประมาณ 165 กิโลเมตรต่อวินาที

3. การทำให้เส้นทางอิเล็กตรอนวิ่งผ่านไปโดยไม่มีสิ่งกีดขวาง จึงจะทำให้อิเล็กตรอนวิ่งไปด้วยความเร็วสูง ดังนั้นภายในหลอดเอ็กซ์เรย์จึงเป็นสุญญากาศ เพราะมีอากาศหรือก๊าซอยู่ภายในหลอดแม้เพียงเล็กน้อยก็ตาม ความเร็วของอิเล็กตรอนลดลงเนื่องจากการเกิดไอออนไนเซชัน

4. การทำให้อิเล็กตรอนมีความเข้ม (Concentration of electron)

หมายถึงจะต้องมีวิธีการที่จะทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน คือพุ่งไปหาจุดโฟกัสของเป้าด้วยปริมาณ (ความเข้ม) ที่มากพอควร ซึ่งทำได้โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “electron focusing device” คอยควบคุมให้อิเล็กตรอนส่วนใหญ่ไปตกในบริเวณจุดโฟกัสของเป้า

5. การทำให้อิเล็กตรอนหยุดวิ่งในทันที

การที่จะทำให้อิเล็กตรอนที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงนี้หยุดวิ่งได้ในทันทีทันใด ทำได้โดยหาวัตถุมารับหรือขวางอิเล็กตรอนไว้ วัตถุนั้นก็คือเป้า ผลที่เกิดขึ้นคือเกิดการชนหรือกระทบกันระหว่างอิเล็กตรอนกับเป้าอย่างแรง อิเล็กตรอนดังกล่าวจะไปชนอิเล็กตรอนที่อยู่ในวงโคจรของอะตอมของเป้านั้นให้หลุดกระเด็นออกนอกวงโคจร และจะมีอิเล็กตรอนจากวงโคจรอื่นๆที่อยู่ถัดไปวิ่งเข้ามาแทน แต่เนื่องจากพลังงานของอิเล็กตรอนในแต่ละวงจรจะไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงมีการคายพลังงานเกินออกมาในรูปเอ็กซ์เรย์และความร้อน กล่าวคือจากพลังงานของอิเล็กตรอนทั้งหมดที่วิ่งเข้าสู่เป้านั้น 99.8 % จะเปลี่ยนเป็นความร้อน และ 0.2 % เป็นเอ็กซ์เรย์

3.1.5 โครงสร้างหลอดเอ็กซ์เรย์

หลอดเอ็กซ์เรย์ที่ใช้กันในวงการแพทย์มีด้วยกัน 2 ชนิด คือ

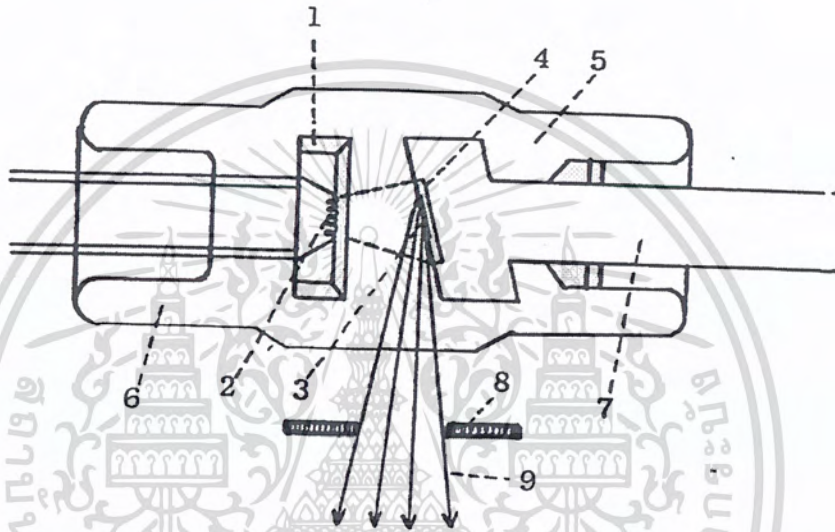
ก. หลอดเอ็กซ์เรย์ชนิด Stationary anode tube

หมายถึงหลอดเอ็กซ์เรย์ชนิดที่ขั้วบวก อยู่คงที่ กล่าวคือขั้วบวกมักจะทำเป็นแท่งทองแดง ลักษณะเป็นบล็อกล้อมและมีเป้าเป็นบริเวณสี่เหลี่ยมเล็กๆ ทำด้วยแผ่นโลหะทั้งสแตนเลสซึ่งฝังลงในบล็อกล้อมทองแดงอีกทีหนึ่ง

ข. หลอดเอ็กซ์เรย์ชนิด Rotating anode tube

หมายถึงหลอดเอ็กซ์เรย์ ชนิดที่ขั้วบวกไม่อยู่คงที่ กล่าวคือจะหมุนรอบตัวตลอดเวลาที่ทำการถ่ายเอ็กซ์เรย์ ขั้วบวกของหลอดชนิดนี้ จะมีรูปร่างคล้ายจาน ทำด้วยทังสเตนและมีแกนหรือด้ามลักษณะเรียวยาวเล็กทำด้วยโมลิบดีนัม และมีส่วนที่ทำให้เกิดการหมุนอยู่ตรงปลายของด้ามนั้น

Stationary anode tube

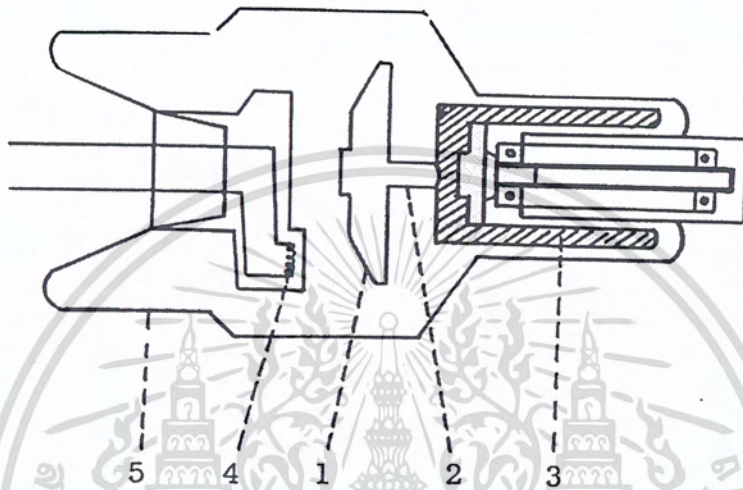


รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นถึงลักษณะ และส่วนประกอบที่สำคัญของ Stationary anode tube โดยลำดับคือ

- | | | |
|---|---|-----------------------------------|
| 1 | = | ขั้วลบ |
| 2 | = | ไส้หลอด |
| 3 | = | จุดโฟกัส |
| 4 | = | Tungsten target |
| 5 | = | บริเวณสุญญากาศ |
| 6 | = | หลอดแก้ว |
| 7 | = | แกนของขั้วบวก |
| 8 | = | ที่ควบคุมขนาดของลำเอ็กซ์เรย์ |
| 9 | = | ลำแสงเอ็กซ์เรย์ที่นำมาใช้ประโยชน์ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rotating anode tube



รูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึงลักษณะและส่วนประกอบที่สำคัญๆของ Rotating anode tube

- | | | |
|---|---|-------------------------------|
| 1 | = | Tungsten target |
| 2 | = | แกนของขั้วบวกทำด้วยโมลิบดีนัม |
| 3 | = | ระบบลูกปืน |
| 4 | = | ขั้วลบพร้อมกับไส้หลอด |
| 5 | = | หลอดแก้วสุญญากาศ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 และรูปที่ 3.6 พอลจะสรุปส่วนประกอบหรือโครงสร้างสำคัญของหลอดเอ็กซ์เรย์ทั้ง 2 ชนิดดังนี้

1. โครงสร้างทั้งหมดของเอ็กซ์เรย์จะถูกรจอยอยู่ในหลอดแก้วที่ผนึกอย่างดี ทั้งนี้เพื่อให้ภายในหลอดแก้วเป็นสุญญากาศ

2. มีขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว คือ ขั้วบวก (Anode) และขั้วลบ (Cathode)

Anode มี 2 ชนิดคือ

ก. Anode ชนิดอยู่กับที่ชนิดนี้ทำด้วยทองแดง ปลายด้านหนึ่งติดอยู่กับหลอดแก้ว ส่วนอีกปลายหนึ่งมีแผ่นโลหะทั้งสแตนเลสขนาดครึ่งตารางนิ้วติดอยู่ตรงกลาง เรียกว่า เป้า การใช้โลหะทั้งสแตนเป็นเป้าก็ด้วยสาเหตุคือทั้งสแตนเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวสูง ต้านทานความร้อนได้ดีมาก จึงไม่ละลาย กับทั้งยังเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวสูง เป็นผลให้สามารถผลิตแสงเอ็กซ์เรย์ได้ดีมากกว่าโลหะที่มีน้ำหนักอะตอมต่ำ

ข. Anode ชนิดที่หมุนได้ชนิดนี้มีลักษณะคล้ายจานกลมทำด้วยโลหะทั้งสแตน หมุนอยู่กับแกนที่ทำด้วยโมลิบดีนัม ที่ทำเป็นแกนก็เพื่อที่จะเพิ่มเนื้อที่ของ Anode ให้มากขึ้น และช่วยระบายความร้อนอีกด้วย

สำหรับขั้วลบนั้นประกอบด้วยลวดทั้งสแตนที่พันเป็นขด เรียกว่า ใส่หลอด ขดลวดนี้จะบรรจุอยู่ในที่รองรับที่มีลักษณะถ้วยเรียกว่า “Focusing cup” Focusing cup นี้จะมีส่วนต่อออกไปภายนอกหลอดแก้วเพื่อต่อกับวงจรไฟฟ้า

3. เป้าเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดเอ็กซ์เรย์ ทั้งนี้อิเล็กตรอนต้องวิ่งมาชนเป้านี้จึงจะเกิดเอ็กซ์เรย์ จุดหรือบริเวณที่เป็นเป้าให้อิเล็กตรอนวิ่งเข้าชนนี้เรียกว่าจุดโฟกัส จุดนี้คือจุดกำเนิดของเอ็กซ์เรย์

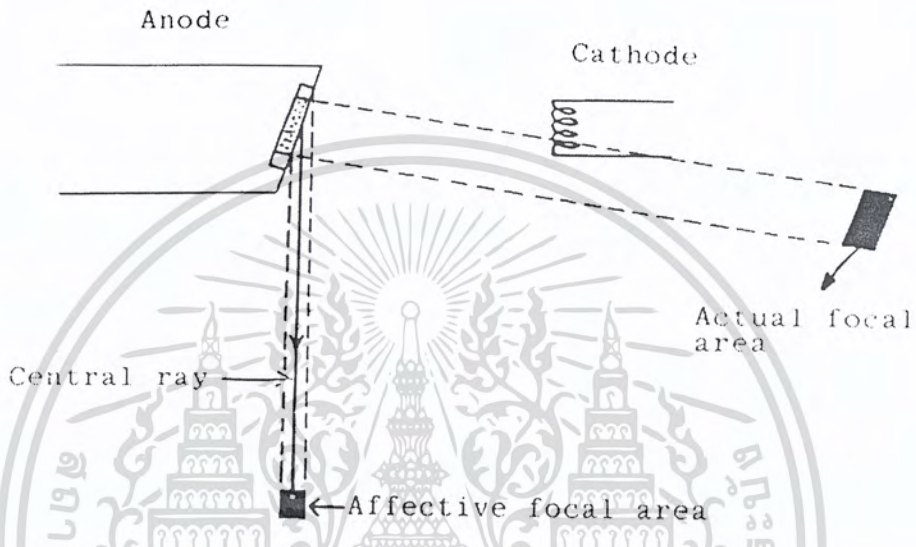
ขนาดของจุดโฟกัสนั้นมีความสำคัญเกี่ยวกับการถ่ายภาพเอ็กซ์เรย์มาก ที่มีขนาดเล็กจะให้คุณภาพที่มีคุณภาพดี มีรายละเอียดและความชัดเจนมากกว่า ส่วนจุดโฟกัสที่มีขนาดใหญ่จะมีความทนทานต่อความร้อนได้มากกว่าแต่ภาพที่ได้รับจะมีความชัดเจนน้อยกว่าภาพที่ถ่ายโดยใช้จุดโฟกัสขนาดเล็ก

ดังนั้นเพื่อที่จะได้ภาพที่มีความชัดเจนและเพื่อให้จุดโฟกัสมีความทนทานต่อความร้อนได้เป็นอย่างดี จึงได้มีการหาวิธีที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวนี้ ทำได้ 2 วิธีคือ

1 ใช้วิธีสร้าง Line-focus principle

2 ใช้วิธีทำให้ Anode หมุน

Line-focus principle นั้น อาศัยหลักการคือ บังคับให้ลำอิเล็กตรอนวิ่งไปสู่เป้าในลักษณะ เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉากและสร้างให้ด้านหน้าของเป้า (Target) เอียงเป็นมุมประมาณ $17^{\circ} - 20^{\circ}$ กับด้านหน้าของคาโทด (Cathode) ดังในรูปที่ (3.7)



รูปที่ 3.7 แสดงให้เห็นถึง Line-focus principle และการเอียง Target เป็นมุม $17^{\circ}-20^{\circ}$ เพื่อให้ได้ Effective focal spot ขนาดเล็ก

การสร้างให้เป้าเอียง $17^{\circ}-20^{\circ}$ นี้มีวัตถุประสงค์คือ

1. ทำให้ Effective focal area มีขนาดเล็ก ภาพที่ได้จะชัดเจนและคม
2. ทำให้ Actual focal area มีขนาดใหญ่ รับความร้อนได้มากและทนความร้อนได้ดี

สำหรับวิธีที่ทำให้ Anode หมุนนั้น ก็เพื่อจะเพิ่มเนื้อที่ของ Anode ให้มากขึ้น ผลคือทนทานต่อความร้อนได้มากขึ้น และตำแหน่งของ Focal spot ที่ถูกอิเล็กตรอนชนจะเปลี่ยนที่ไป เนื่องจาก Anode มีการหมุนต่อเนื่องตลอดเวลา เป็นผลให้ระบายความร้อนไปภายในตัว

3.1.6 การเกิดภาพเอ็กซ์เรย์

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า เอ็กซ์เรย์มีคุณสมบัติประการหนึ่งคือ สามารถทะลุทะลวงเข้าไปในวัตถุได้แต่ไม่เสมอไป ทั้งนี้เพราะการที่เอ็กซ์เรย์ จะสามารถทะลุทะลวงไปได้นั้น ต้องขึ้นอยู่กับช่วงคลื่น (Wave length) แลอำนาจการทะลุทะลวง (Penetrating power) ของมัน รังสีเอ็กซ์ที่มี

ช่วงคลื่นยาว หรือที่เรียกว่า Soft X-ray เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะมีอำนาจการทะลุทะลวงต่ำ จะถูกดูดกลืน โดยวัตถุนั้น ส่วนรังสีเอ็กซ์ที่มีช่วงคลื่นสั้น เรามักจะเรียกว่า Hard X-ray ทั้งนี้เพราะมันมีอำนาจการทะลุทะลวงสูงจะผ่านวัตถุออกมาได้ และเนื่องจากลำแสงเอ็กซ์เรย์ที่ออกมาจากหลอดเอ็กซ์เรย์นั้นประกอบด้วย Soft และ Hard X-ray ที่มีช่วงคลื่นต่างๆ ดังนั้นเมื่อเอ็กซ์เรย์ผ่านวัตถุ จึงมีบางส่วนถูกดูดกลืน และบางส่วนทะลุออกมายังฟิล์ม ทำให้เกิดรูปภาพหรือเงาปรากฏอยู่บนฟิล์ม

การที่รังสีเอ็กซ์ถูกดูดกลืนโดยวัตถุใดๆนั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ

ก. ความยาวช่วงคลื่นของรังสีเอ็กซ์ เอ็กซ์เรย์ที่มีช่วงคลื่นยาวนั้น เกิดจากการที่กระแสไฟฟ้าที่มีกิโลโวลต์ต่ำ จึงถูกดูดกลืนได้ง่าย ส่วนเอ็กซ์เรย์ที่มีช่วงคลื่นสั้น เกิดจากการให้กระแสไฟฟ้าที่มีกิโลโวลต์สูง จึงมีอำนาจการทะลุทะลวงสูง

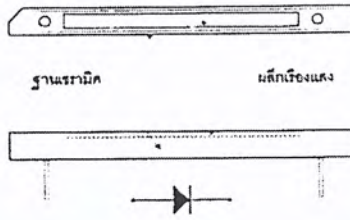
ข. ส่วนประกอบของวัตถุที่เอ็กซ์เรย์ผ่าน ถ้าวัตถุนั้นประกอบด้วยธาตุที่มี Atomic number สูงเช่น แคลเซียม จะดูดกลืนเอ็กซ์เรย์ไว้มาก แสงเอ็กซ์เรย์ที่ผ่านไปได้น้อย ภาพหรือเงาในบริเวณนี้จึงแลเห็นเป็นสีขาว ตัวอย่างเช่น ภาพของกระดูก แต่ถ้าประกอบด้วยธาตุ Atomic number ต่ำ เช่น ก๊าซต่างๆ มันจะดูดกลืนเอ็กซ์เรย์ได้น้อย และปล่อยให้เอ็กซ์เรย์ผ่านได้มาก ภาพหรือเงาบริเวณนี้จึงเป็นสีเทาหรือดำ ตัวอย่างเช่น บริเวณปอด ซึ่งประกอบด้วยกล้ามเนื้อและอากาศ เวลาถ่ายเอ็กซ์เรย์ออกมาจะเห็นเป็นสีเทาและดำตามลำดับ

ค. ความหนาและความแน่นทึบของวัตถุ วัตถุที่มีความหนาหรือความแน่นทึบมากจะดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ได้ดีกว่าวัตถุที่มีความแน่นทึบน้อย ตัวอย่างเช่น กระดูกจะมีความหนา หรือความแน่นทึบมากกว่ากล้ามเนื้อหรือปอด จึงดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ได้ดีกว่า

3.1.7 อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์

อุปกรณ์รับรังสีเอ็กซ์ ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ แบบใช้ก๊าซ และแบบใช้สารกึ่งตัวนำ ในการทดลองจะใช้แบบหลัง

ตัวรับรังสีแบบสารกึ่งตัวนำ จะมีหน่วยย่อยที่ประกอบด้วย โฟโตไดโอดและผลึกเรืองแสง ซึ่งประกบติดกับโฟโตไดโอดโดยผลึกเรืองแสงทำจากสารโซเดียมไอโอไดด์ บิสมัทเจอร์มานหรือซีเซียมไอโอไดด์ ผลึกเรืองแสงมีหน้าที่ 2 ประการคือรวบรวมโฟตอนของรังสีเอ็กซ์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนผิวหน้าของผลึก และ เปลี่ยนพลังงานของอิเล็กตรอนเป็นแสงสว่างที่มีย่านความถี่ที่โฟโตไดโอดสามารถตรวจวัดได้



รูปที่ 3.8 โครงสร้างของหน่วยย่อยในตัวรับรังสีเอกซ์แบบสารกึ่งตัวนำ

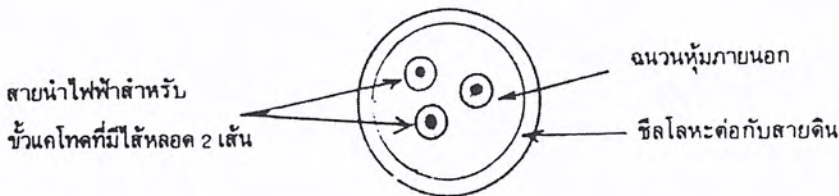
ประสิทธิภาพในการตรวจวัดของหน่วยย่อยแบบนี้สูงมาก เพราะปริมาณรังสีเอกซ์ทั้งหมดที่ตกกระทบบนตัวรับรังสี จะมี 90 เปอร์เซ็นต์ในส่วนนี้ที่เปลี่ยนรูปเป็นพลังงานไฟฟ้า

3.1.8 หลอดกำบังรังสีเอกซ์ (Tube shielding) และสายไฟฟ้าแรงสูง (High Voltage cable)

รังสีเอกซ์ที่ได้ไม่จำกัดอยู่เพียงลำรังสีที่ตกกระทบฟิล์ม แต่รังสีเอกซ์บางส่วนจะสะท้อนจากโครงสร้างภายในหลอดและออกมาทุกทิศทาง ซึ่งเป็นอันตรายแก่ผู้ป่วย ผู้ปฏิบัติงานและทำให้ฟิล์มมัว ดังนั้นจึงต้องมีการกำบังรังสีหลอด ตามมาตรฐานการป้องกันรังสี รังสีเอกซ์ที่กระจายออกต้องมีค่า 100mR ในหนึ่งชั่วโมง เมื่อหลอดรังสีเอกซ์ทำงานที่อัตราศักย์และกระแสสูง

กำบังหลอดยังป้องกันอันตรายจากศักย์ไฟฟ้าสูงระหว่างขั้วไฟฟ้า และให้น้ำมันล้อมรอบหลอดเพื่อกันฉนวนระบายความร้อน กำบังหลอดทำด้วยแผ่นตะกั่ว

สายไฟฟ้าแรงสูงที่ใช้มีขนาดโต และฉนวนหุ้มอย่างดี ภายในสายจะมีสายนำไฟฟ้าซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กเพราะนำไฟฟ้าไม่เกิน 10 แอมแปร์ ไปยังไส้หลอดทั้งสแตนด์ รอบนอกจะมีฉนวนหุ้มล้อมรอบด้วยซิล โลหะต่อกับกำบังหลอด หม้อแปลงไฟฟ้าและสายดิน



รูป 3.9 สายไฟฟ้าแรงสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ซึ่งอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.9 ประสิทธิภาพของหลอดรังสี (Tube efficiency)

พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่หลอดรังสีเพียง 1 % เท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานรังสีเอ็กซ์ ส่วนที่เหลือจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน

กำลังของรังสีเอ็กซ์หาได้จากสูตร

$$P = kZIV^2 \quad \text{หน่วยวัตต์}$$

เมื่อ Z = เลขอะตอมของเป้าแอโนด

I = ค่ากระแสไฟฟ้าRMS หน่วยแอมแปร์

V = ค่าศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วไฟฟ้า RMS หน่วยโวลต์

K = ค่าสัมประสิทธิ์เป็นตัวเลข 1.4×10^{-9} ต่อโวลต์

$$\text{ประสิทธิภาพของหลอดจึงมีค่า} = \frac{\text{กำลังรังสีเอ็กซ์}}{\text{กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้}} \times 100\%$$

3.1.10 ขีดจำกัดของหลอดรังสีเอ็กซ์ (Tube rating)

เมื่อใช้งานหลอดรังสีเอ็กซ์ติดต่อกันเป็นเวลานาน หลอดรังสีเอ็กซ์จะร้อน ความร้อนนี้เกิดจากกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอด และมีค่าขึ้นอยู่กับผลคูณของศักย์ กระแสไฟฟ้าและเวลาที่ใช้งาน รังสี พลังงานความร้อนจะแสดงเป็นหน่วยความร้อนสำหรับไฟฟ้าเฟสเดียว

ความสามารถของหลอดรังสีที่สามารถทนทานต่อความร้อนในเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์เฟสเดียวแสดงได้เป็นหน่วยความร้อนต่อวินาที

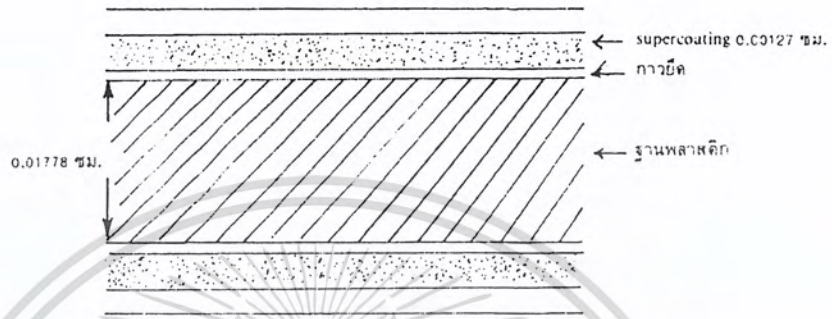
ส่วนหลอดรังสีแบบขั้วแอโนดหมุนได้ที่ความเร็วสูง ใช้กับเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์สามเฟส จะพูดถึงในเทอมของอัตรากำลัง อัตรากำลังของหลอดเป็น kW หมายถึง $1/1000$ ของ $kVp \times mA$ สูงสุดเป็นเวลา 0.1วินาที

3.2 फिल्मรังสีเอ็กซ์ (X-ray film compositions)

3.2.1 ส่วนประกอบฟิล์มเอ็กซ์เรย์ (X-ray film compositions)

ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ใช้บันทึกข้อมูลที่รังสีเอ็กซ์ผ่านตัวผู้ป่วย โดยรังสีเอ็กซ์ทำให้เกิดภาพบนฟิล์ม อาจจะทำให้ฉากเพิ่มความเข้ม intensifying screen เรืองแสง แล้วแสงทำให้เกิดภาพบนฟิล์มอีกก็ได้

ฟิล์มเอ็กซ์เรย์ประกอบด้วยสารไวแสงหรือรังสีฉาบลงบนแผ่นพลาสติกใสที่ใช้รองพื้นทั้งสองข้าง และยังมีชั้นที่ฉาบลงบนผิวอิมัลชันเพื่อป้องกันฟิล์มเรียกว่า supercoating ดังแสดง ในรูป 3.10

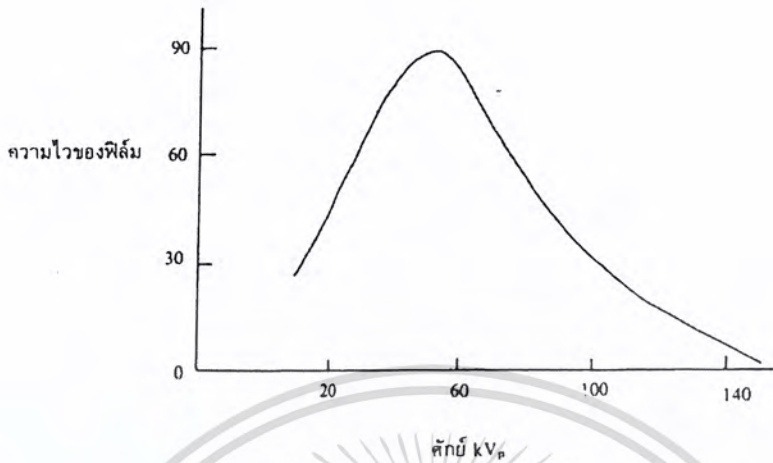


รูปที่ 3.10 ฟิล์มรังสีเอ็กซ์

1. ฐานพลาสติกทำด้วยโพลีเอสเตอร์ จะต้องมีความแข็งแรงแต่อ่อนตัวได้โปร่งแสงพอสมควร เมื่อยกฟิล์มส่องดูกับแสง ขนาดจะต้องคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงขณะล้างฟิล์ม หรือเมื่อเก็บเป็นเวลานาน
2. อิมัลชัน ประกอบด้วยเจลาตินกับเงินเฮไลด์ (silver halide) ความหนาไม่เกิน 0.5 mil. เงินเฮไลด์เป็นสารไวแสง เป็นส่วนประกอบของ 1-10% เงินไอโอดิไดด์ และ 90%-99% เงินโปรไมด์ การเติมเงินไอโอดิไดด์ทำให้ได้ฟิล์มที่ไวขึ้น
3. Supercoating เป็นชั้นป้องกันผิวฟิล์ม มักเป็นวัสดุเจลาติน และผสมด้วยวัสดุที่ทำให้ผิวฟิล์มเรียบและ slick ขนาดของฟิล์ม (ใช้หน่วยอังกฤษ) ที่นิยมใช้กันคือ 10×12 และ 8×10 นิ้ว

3.2.2 ความไวของฟิล์มของรังสีเอ็กซ์ (X-ray film sensitivity)

- (1) ฟิล์มของรังสีเอ็กซ์มีความไวขึ้นอยู่กับพลังงานของลำรังสีเอ็กซ์



รูปที่ 3.11 ความไวของฟิล์มเปลี่ยนแปลงตามศักย์

ที่ศักย์รังสีเอ็กซ์สูงกว่า 50 kVp ความไวจะลดลงอย่างมากกับค่าของพลังงานรังสีเอ็กซ์ ที่ 50 kVp พลังงานเฉลี่ยของรังสีเอ็กซ์จะมีค่าใกล้เคียงกับพลังงานยึดเหนี่ยวของระดับชั้นพลังงาน K ของเงิน (25.5keV) และ โปรมีน (13.5keV) จึงทำให้ฟิล์มดูดกลืนรังสีโดยกระบวนการ โฟโตอิเล็กทริกได้มากที่สุด ข้อมูลอันนี้ได้ช่วยในการเลือกใช้ฟิล์มในแถบฟิล์ม (film badge) วัดปริมาณรังสีเอ็กซ์

(2) ความไวของฟิล์มขึ้นอยู่กับวิธีการล้างฟิล์ม ความดำ (หรือความหนาแน่นของเนื้อฟิล์ม) ของฟิล์มที่ล้างแล้วอาจใช้เป็นสิ่งแสดงปริมาณรังสีเอ็กซ์ (หน่วย mR) ที่ฟิล์มได้รับแต่ไม่แม่นยำนัก เพราะฟิล์มยังไวต่อค่า kVp ดังที่กล่าวไว้ในข้อ 1 ตัวอย่างเช่น ฟิล์มที่ได้รับรังสีเอ็กซ์ 50mR ที่ศักย์ 50mR เมื่อล้างแล้วอาจดูเหมือนกับฟิล์มที่ได้รับรังสีเอ็กซ์ 50mR ที่ศักย์ 200 kVp ในแผ่นฟิล์มวัดรังสี (film badge) จะใช้แผ่นโลหะหลายแผ่นกรองรังสี ให้รังสีที่ระดับพลังงานต่าง ๆ กันตกลงยังส่วนต่าง ๆ ของฟิล์ม ความแม่นยำของฟิล์มวัดรังสีประมาณ 20%

3.2.3 การล้างฟิล์ม (Film development)

การล้างฟิล์มเป็นการเพิ่มอิเล็กตรอนแก่ไอออนของเงิน เพื่อให้เกิดเป็นเงินสีดำ



สารเคมีที่ใช้ในการล้างฟิล์ม อาจใช้สารดังนี้

(1) Developer ได้แก่ hydroquinone และ metol

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$D = 0.25$ จะดูสว่าง

ถ้าล้างฟิล์มที่ยังไม่ถูกรังสีเอ็กซ์จะได้ฟิล์มที่มีค่า D เท่ากับ 0.12 อันเนื่องมาจากการดูคลื่นแสงโดยพื้นพลาสติกของฟิล์มและหมอกฟิล์ม

ความแตกต่างของฟิล์ม (film contrast)

ภาพของฟิล์มที่มีความแตกต่างกันไปเรียกว่า radiographic contrast ซึ่งขึ้นอยู่กับ

(1) Subject contrast ขึ้นอยู่กับการลดปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่ผ่านลำตัวผู้ป่วย ความหนาของลำตัวผู้ป่วย พลังงานของรังสีเอ็กซ์ (kVp) รังสีกระเจิง เป็นต้น ยังผลให้ส่วนต่าง ๆ ของแผ่นฟิล์มได้รับรังสีไม่เท่ากัน

(2) film contrast ขึ้นอยู่กับกราฟคุณลักษณะของฟิล์ม ความหนาแน่นฟิล์ม ปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่ได้รับโดยตรงหรือจากจอเพิ่มความเข้มภาพ และเทคนิคการล้างฟิล์ม

ความเร็วของฟิล์ม (film speed, s) ให้นิยามความเร็วเท่ากับ ส่วนกลับของปริมาณรังสีเอ็กซ์หน่วยรีนต์เกนซ์ที่ต้องการทำให้ฟิล์มมีความหนาแน่นเท่ากับ 1 ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องใช้รังสีเอ็กซ์ 1.2 mR เพื่อทำให้ฟิล์มมีความหนาแน่น 1.0

ความเร็วของฟิล์ม $S = 1/0.0012R$

ฟิล์มรังสีเอ็กซ์ที่ใช้กับจอเพิ่มความเข้มภาพจะมีความเร็วประมาณ 800

Latitude

Latitude หมายถึงช่วงของประมาณเผชิญ (mAs) ซึ่งทำให้ฟิล์มมีความหนาแน่นเหมาะสมสำหรับงานรังสีวินิจฉัย คือ ช่วง D เท่ากับ 0.25 ถึง 2.0 ค่า Latitude ของฟิล์มจะแปรผกผันกับ film contrast ดังนั้น ถ้าต้องการฟิล์มที่มีความคมชัดสูง ก็ต้องใช้ฟิล์มที่มีค่า latitude ต่ำ สำหรับฟิล์มที่ใช้ในงานถ่ายภาพปอด จะใช้ฟิล์มที่มีค่า latitude สูง เพราะไม่ต้องการความคมชัดมากนัก

3.3 ฟลูออโรสโคปี(Fluoroscopy)

3.3.1 ฟลูออโรสโคปี (Fluoroscopy)

ฟลูออโรสโคปีเป็นเทคนิคการฉายรังสีเอ็กซ์ แล้วดูภาพที่เกิดขึ้นบนจอในเวลาเดียวกัน เหมาะสำหรับการวินิจฉัยอวัยวะส่วนที่เคลื่อนไหวได้ และหาตำแหน่งของลำตัวเพื่อฉายรังสีเอ็กซ์ให้ได้ภาพบนฟิล์มที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำว่า ฟลูออเรสเซนต์ หมายถึง การเรืองแสงจากวัตถุในเวลาทันทีทันใด(10^{-8} วินาที) เมื่อถูกกระตุ้นโดยรังสี แสงอินหรือปฏิกิริยาเคมี ถ้าหากการเรืองแสงต้องชะลอไปนานกว่า 10^{-8} วินาที จะเป็นปรากฏการณ์ ฟอสฟอเรสเซนต์ (phosphorescent)

ผลึกเรืองแสงที่ใช้ในงานฟลูออเรสเซนต์ปกติเป็น แคลเซียมทังสเตต (Calcium Tungstate) และสังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์ (Zinc Cadmium Sulphide) และการค้นคว้า

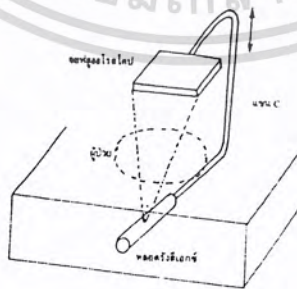
สมัยใหม่ได้นำไปสู่ผลึกชนิดอื่น ๆ อีกมาก

แสงที่เรืองจากผลึกเนื่องจากรังสีเอ็กซ์ที่มีพลังงานในช่วงใช้งาน รังสีวินิจัยเกิดจากปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกในอะตอมที่มีเลขอะตอมสูงในฟอสฟอรัสโดยโฟตอนพลังงานสูงของรังสีเอ็กซ์เปลี่ยนไปเป็นโฟตอน พลังงานต่ำจำนวนมาก

3.3.2 ฟลูออโรสโคป (Fluoroscope)

ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ หลอดรังสีเอ็กซ์และจอฟลูออโรสโคป และยังมีส่วนของอุปกรณ์ที่ออกแบบไว้เพื่อป้องกันผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงานจากรังสีเอ็กซ์ หรือส่วนที่ช่วยในการตรวจดู

รูป 3.12 แสดงหลอดรังสีเอ็กซ์และจอฟลูออโรสโคปจะถูกยึดไว้โดยแขนรูปตัว C เพื่อให้ตั้งตรงกันไว้อยู่เสมอ ขณะที่อุปกรณ์เคลื่อนไหวหลอดรังสีเอ็กซ์ เป็นชนิดขั้วแอโนดหมุนได้ ทำงานที่ค่ากระแสต่ำกว่างานราดิโอกราฟฟี ในช่วง 0.5-5.0mA มีชุดเคอร์เพื่อควบคุมขนาดและรูปทรงของลำรังสีเอ็กซ์ และใช้แผ่นกรองรังสีเทียบเท่าอะลูมิเนียมหนา 2.5 มิลลิเมตร หลอดรังสีเอ็กซ์ควรจะอยู่ได้โต๊ะผู้ป่วยอย่างน้อย 45 เซนติเมตร

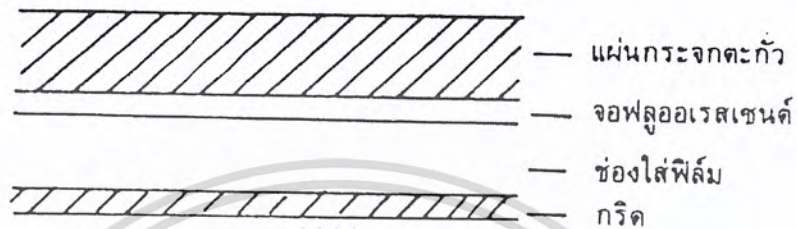


รูปที่ 3.12 จอฟลูออโรสโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 จอฟลูออโรสโคปิก (Fluoroscopic screen)

นิยมใช้ชนิดที่ทำให้เกิดแสงสีเหลืองเขียว บนจอฟลูออเรสเซนซ์ (จอเรืองแสง)



รูปที่ 3.13 แสดงภาคตัดขวางของจอ

แผ่นกระจกตะกั่วใช้ป้องกันผู้ป่วยจากรังสีที่ส่งผ่านจอได้ ความหนาของแผ่นกระจกควรมีค่าเทียบเท่าความหนาคะกั่ว ดังนี้

ไม่เกิน 100	KVp	1.5 มิลลิเมตร
100-125	KVp	1.8 มิลลิเมตร
มากกว่า 125	KVp	2.0 มิลลิเมตร

กริด ทำหน้าที่ดูดกลืนรังสีกระเจิง

ช่องใส่ฟิล์ม (spot film) เป็นที่สอดใส่ฟิล์มเพื่อบันทึกภาพได้ถ้าต้องการ เมื่อต้องการบันทึกภาพบนฟิล์มก็ต้องเพิ่มค่า mA ตามปกติ (100-1000mA)

จอเพิ่มความเข้มแสง (image intensifier)

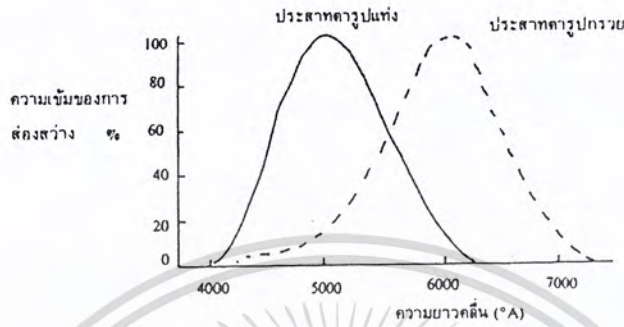
จอฟลูออโรสโคปิกธรรมดาให้และน้อยมาก ประมาณ 1/10000 ของแสงที่ใช้ในการดูแผ่นฟิล์มธรรมดา และมองเห็นด้วยสายตากกลางคืน (scotopic vision) จึงต้องใช้วิธีเพิ่มความเข้มภาพโดยใช้ฉากหรือหลอดเพิ่มความเข้มแสง ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดในบทที่ 14 ต่อไป

3.3.4 สรีระวิทยาของการมองเห็น (Visual physiology)

การมองเห็นในเวลากลางวันและกลางคืนขึ้นอยู่กับสรีระวิทยาของตา ตาประกอบด้วยเซลล์ประสาทไวต่อแสง 2 ชนิด คือ ประสาทตารูปแท่ง (rods) กับประสาทตารูปกรวย (cones) โดยประสาทตารูปแท่งจะตอบสนองได้ดีต่อแสงที่มีความสว่างต่ำ จึงเรียกว่าสายตากกลางคืน (scotopic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

vision) ส่วนประสาทตารูปกรวยจะทำงานได้ดีเมื่อมีแสงสว่างจ้า จึงเรียกว่าสายตากลางวัน (photopic vision) ความไวของตาต่อแสงที่ช่วงความยาวคลื่นต่าง ๆ



รูปที่ 3.14 ความไวของตาต่อความยาวคลื่นของแสง

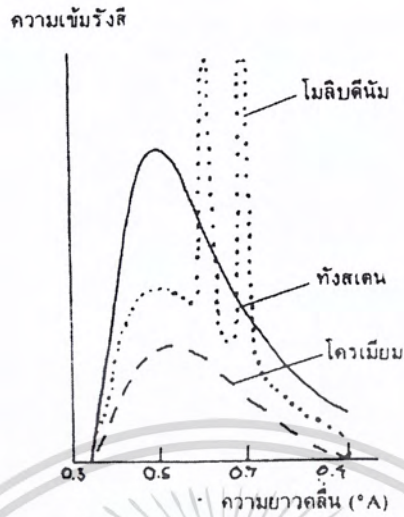
อนึ่ง เมื่อตาอยู่ในที่มืดจะต้องใช้เวลาในการปรับสายตาเรียกว่า dark adaptation เมื่อใช้ตาจ้องฟลูออโรสโคปที่มีแสงสว่างน้อย จะต้องใช้เวลาถึง 30 นาที จึงจะปรับสายตาจนเคยชินกับแสงน้อยๆ ถ้าสวมแว่นตาสีแดงจะช่วยให้ปรับสายตาในขณะที่อยู่ในห้องสว่างได้เร็วขึ้น เพราะประสาทตารูปแท่ง ยังทำงานได้ดีในช่วงแสงสีแดง

3.4 อุปกรณ์เพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์ (X-ray image intensifiers)

3.4.1 ความเข้มของรังสี

ความเข้มของลำรังสีเอ็กซ์เป็นค่าของจำนวนโฟตอนในลำรังสีคูณกับพลังงานของโฟตอนแต่ละตัว ความเข้มของรังสีแปรตามค่าศักย์ กระแสผ่านหลอด วัสดุที่ใช้ทำเป่าแอโนดและการกรองรังสี

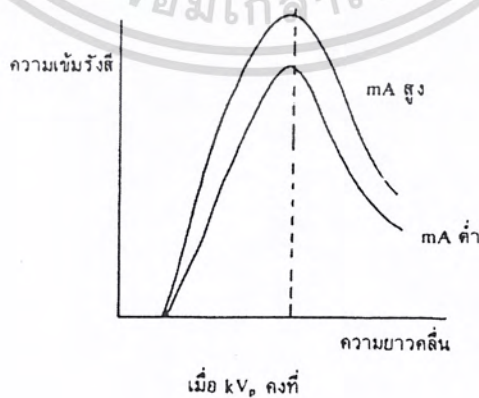
1. วัสดุที่ใช้เป็นเป่าแอโนด วัสดุที่มีเลขอะตอมสูงจะให้ประสิทธิภาพการเกิดรังสีเอ็กซ์สูง ทำให้ปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นด้วย ถ้าเลขอะตอมและค่าศักย์คร่อมหลอดต่ำ ประสิทธิภาพของการเกิดรังสีต่อเนื้อจะลดลง ส่วนรังสีเฉพาะจะเพิ่มขึ้น จึงใช้เป่าแอโนดทำด้วยโมลิบดีนัมที่ศักย์ 40 kVp ในการถ่ายภาพเต้านม จะให้รังสีเฉพาะ K-Radiation พลังงานระหว่าง 17.9-19.5 keV รูป 3.15 แสดง สเปกตรัมเอ็กซ์เรย์ของเป่าโลหะทั้งสแตน โมลิบดีนัม และโครเมียมที่ศักย์ 35 kV



รูปที่ 3.15 สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์ของเป้าโลหะ 3 ชนิด

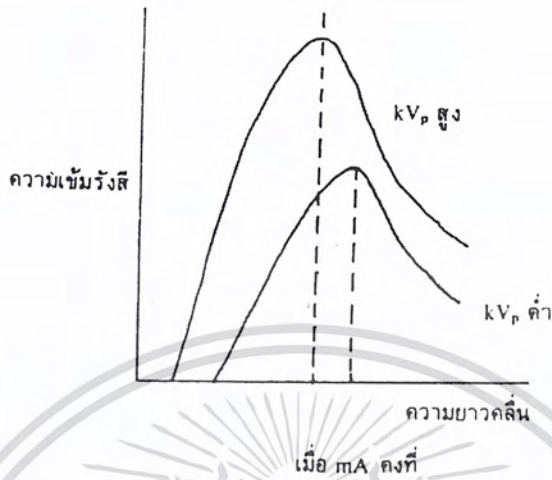
2. สัตย์ที่ใช้ ค่าสัตย์ kVp จะกำหนดพลังงานสูงสุดของรังสีเอ็กซ์ และค่าที่สูงขึ้นจะเพิ่มปริมาณรังสีเอ็กซ์ด้วย ปริมาณรังสีเพิ่มขึ้นตามกำลังสองของค่า kVp
3. กระแสไฟฟ้าผ่านหลอด ปริมาณรังสีเอ็กซ์ขึ้นอยู่กับอิเล็กตรอนที่ปะทะกับเป้าแอโนด และปริมาณอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับกระแสไฟฟ้าที่ใช้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มกับความยาวคลื่น แสดงในรูป 3.16 และ 3.17 เมื่อให้ kVp คงที่



รูปที่ 3.16 สเปกตรัมรังสีเอ็กซ์ เมื่อเพิ่มกระแสผ่านหลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

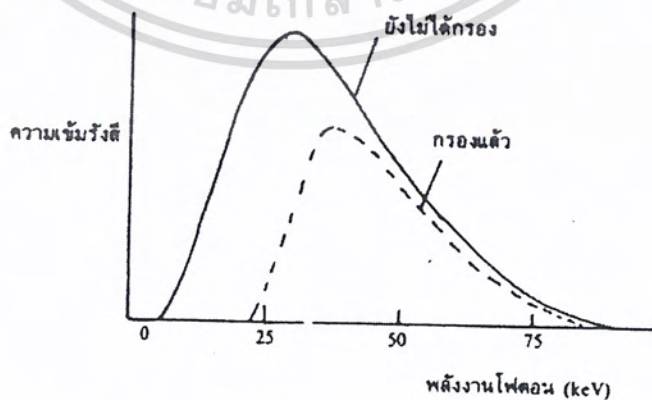


รูปที่ 3.17 สเปกตรัมรังสีเอกซ์ เมื่อเพิ่มศักย์คร่อม โหลด

เมื่อเพิ่มค่า kVp ความเข้มจะเพิ่มขึ้นที่ค่า kVp คงที่ แต่ถ้าเพิ่ม kVp และให้ค่า mA คงที่ นอก จากความเข้มจะเปลี่ยนไปแล้ว ความเข้มสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นต่างกันด้วย

4. การกรองรังสี

รังสีเอกซ์ที่ผ่านหลอดออกมาบางส่วนจะถูกดูดกลืนโดยผนังแก้วของหลอด น้ำมันฉนวน หน้าต่างบาเคลไลท์ของกำบังหลอด ในกรณีทั่วไปการกรองรังสีโดยหลอด โดยวัสดุดูดกลืนเป็นสิ่งที่ ต้องการ หรือเพิ่มพลังงานเฉลี่ยของรังสีเอกซ์



รูปที่ 3.18 พลังงานของโฟตอนรังสีเอกซ์ที่ผ่านการกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณศึกษาเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นว่าไม่เหมาะสมประการใดประการหนึ่ง กรุณาแจ้งให้ทราบโดยทันที และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ปรากฏการณ์ของฮิล

ปรากฏการณ์ของฮิลกล่าวว่า ความเข้มของลำรังสีเอ็กซ์จะไม่สม่ำเสมอที่ทุกส่วนของลำรังสี แต่ความเข้มจะขึ้นอยู่กับมุมของรังสีเอ็กซ์ที่เปล่งออกจากจุดโฟกัส

จากรูปที่ 3.19 จะเห็นว่า รังสีเอ็กซ์ที่ออกจากขั้วแอโนดมีเปอร์เซ็นต์ลดลง ส่วนด้านขั้วแคโทดจะเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะรังสีเอ็กซ์ที่ออกด้านขั้วแอโนดบางส่วนถูกเป่าแอโนดดูดกลืนไว้ ถ้าทดลองวางฟิล์มด้านขั้วแอโนดจะได้รับรังสีเพียง 73% ส่วนของขั้วแคโทดจะเป็น 105% จะได้ผลต่างของความเข้มรังสีถึง 30% ถ้าวางฟิล์มระยะห่างออกไปถึง 180 เซนติเมตร ผลต่างของความเข้มรังสีจะลดลงจาก 87-104%



รูปที่ 3.19 ปรากฏการณ์ของฮิล

จากปรากฏการณ์อันนี้ได้นำมาใช้ในงานคลินิก ช่วยในการถ่ายภาพรังสีผ่านลำตัวที่มีความหนาต่างกัน ให้ได้ภาพฟิล์มเข้มเท่ากัน โดยการจัดลำตัวส่วนที่หนามากให้อยู่ด้านขั้วแคโทดของหลอด

3.4.3 ฉากเพิ่มความเข้มแสง (Intensifying screen)

ฉากเพิ่มความเข้มแสง ใช้เพื่อลดปริมาณรังสีเอ็กซ์ (น้อยกว่า mAs) ที่ผู้ป่วยจะได้รับ แต่ยังให้เกิดภาพสว่างเพียงพอที่เกิดภาพถาวรบนฟิล์มรังสีเอ็กซ์ ทั้งนี้เพราะฟิล์มรังสีเอ็กซ์ไม่ไวต่อรังสีเอ็กซ์ นอกจากนี้การลดปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่ใช้ยังช่วยให้ใช้เวลาฉายรังสีน้อยลง จึงเป็นประโยชน์ในการถ่ายภาพรังสีผู้ป่วยที่มีอาการเคลื่อนไหว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟิล์มรังสีเอ็กซ์ที่ใช้กับฉากเพิ่มความเข้มมีสารไวต่อแสงทั้งสองด้าน และฟิล์มจะถูกประกอบอยู่ระหว่างฉาก ฉากจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานรังสีเอ็กซ์ให้เป็นแสง เพื่อให้เกิดภาพบนแผ่นฟิล์ม

ฉากเพิ่มความเข้มแสง มีส่วนประกอบอยู่ 4 ชั้น คือ

- (1) พื้นรองรับทำด้วยพลาสติก หรือ กระดาษอัดแข็ง
- (2) แผ่นสะท้อนแสง
- (3) แผ่นเรืองแสง
- (4) ชั้นพลาสติกเคลือบป้องกันผิว

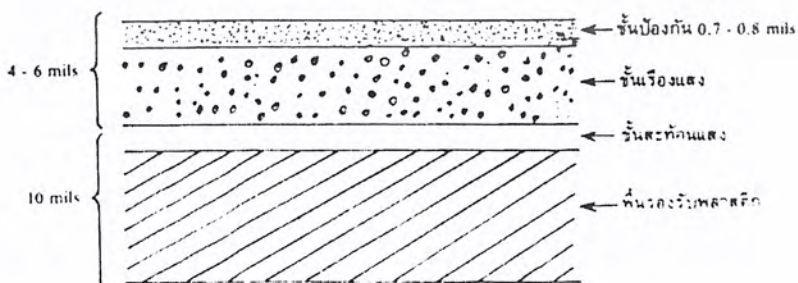
ความหนาทั้งหมด 15-16mils

พื้นรองรับ ทำด้วยแผ่นกระดาษอัดคุณภาพสูง หรือพลาสติกโพลีเอสเตอร์ ตัวอย่างเช่นฉากแบบของ Kodak X-Omatic ทำด้วยพื้นพลาสติกหนา 7 mils

แผ่นสะท้อนแสง แสงที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโฟตอนรังสีเอ็กซ์กับฟอสฟอรัสจะถูกปล่อยออกทุกทิศทาง แผ่นสะท้อนแสงจะช่วยสะท้อนแสงจากด้านหลังไปยังด้านหน้าฉาก สารสะท้อนแสงทำด้วยวัสดุสีขาว เช่น ไตทาเนียมไดออกไซด์ และฉาบบนพื้นรองรับหนา 1 mil

แผ่นฟอสฟอรัส ชั้นเรืองแสงนี้ประกอบด้วยผลึกเรืองแสงที่ห้อยแขวนอยู่ในพลาสติกความหนาตั้งแต่ 1-4 mils แล้วแต่ความไวของฉาก

ชั้นพลาสติกเคลือบเพื่อป้องกันผิว ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกประเภทสารประกอบเซลลูโลสหนาประมาณ 0.7-0.8 mils ทำหน้าที่ 3 อย่าง คือ ป้องกันการเกิดประจุไฟฟ้าสถิต ป้องกันผิว และเป็นผิวที่ทำความสะอาดได้โดยไม่เป็นอันตรายแก่ชั้นเรืองแสง



รูปที่ 3.20 แสดงส่วนประกอบของฉากเพิ่มความเข้มความเร็วปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.4 สารเรืองแสง

ชั้นสารเรืองแสงเป็นส่วนสำคัญที่สุดของฉากรังสีเอกซ์ จึงขอกกล่าวถึงโดยละเอียดแคลเซียมฟอสเฟต เป็นผลึกที่เรืองแสงสีน้ำเงิน ในช่วงความยาวคลื่น 3500-5800 \AA และให้ความเข้มสูงสุดที่ความยาวคลื่น 4300 \AA แม้ว่าตาของคนจะไม่ค่อยไวนักในช่วงความยาวคลื่นนี้ดูรูป 3.20 แต่ฟิล์มรังสีเอกซ์จะไวต่อแสงในช่วงนี้มาก

จากรูป 3.20 ให้สังเกตได้ว่า ฟิล์มรังสีเอกซ์ไม่ไวต่อแสงสีแดง จึงใช้แสงสีแดงในห้องมืดล้างฟิล์มรังสีเอกซ์ได้

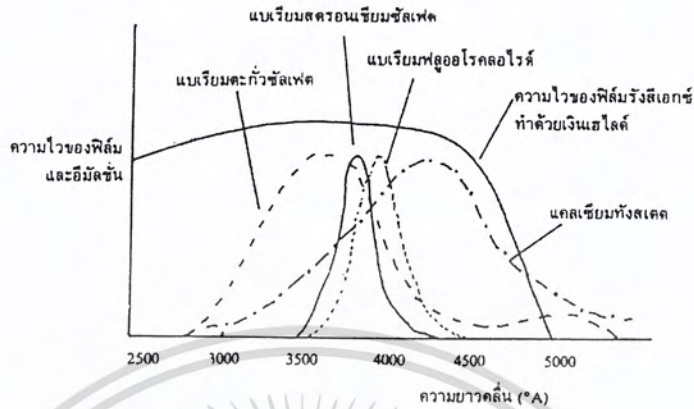


รูปที่ 3.21 ความไวของฟิล์มตามความยาวคลื่น

ยังมีสารเรืองแสงที่ได้รับการพัฒนาขึ้นใหม่ และมีคุณสมบัติด้านประสิทธิภาพของการเปลี่ยนรังสีเอกซ์เป็นแสง (conversion efficiency) ดีกว่า ดังแสดงในตาราง 14.1 โดย CaWO_4 มีประสิทธิภาพ ประมาณ 5%

สเปกตรัมของแสงจากสารเรืองแสง

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วสำหรับ CaWO_4 สำหรับสารเรืองแสงชนิดอื่นจะให้สเปกตรัมแตกต่างกันไป หลักสำคัญคือ จะต้องเลือกใช้ฟิล์มรังสีเอกซ์ที่มีความไวอยู่ในช่วงสเปกตรัมของสารเรืองแสงที่ใช้ในฉากเพิ่มความเข้มแสง



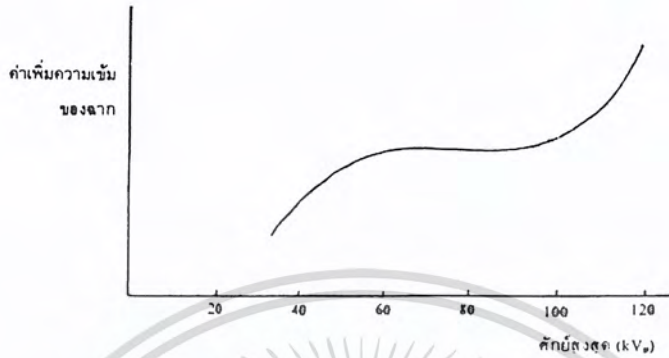
รูปที่ 3.22 สเปกตรัมของแสงจากการเรืองแสง

คุณสมบัติของฉากร่วมเพิ่มความเข้มแสง

- (1) ประสิทธิภาพการเปลี่ยนรังสีเอกซ์เป็นแสง (intrinsic conversion efficiency) เช่น CaWO_4 มีประสิทธิภาพประมาณ 5% ส่วนสารเรืองแสงของธาตุโลหะหายาก จะให้ประสิทธิภาพสูงกว่า
- (2) ประสิทธิภาพของฉากร่วม (screen efficiency) หมายถึง ความสามารถของแสงที่ปล่อยออกจากสารเรืองแสง แล้วทำให้ฟิล์มรังสีเอกซ์เกิดภาพได้ ปกติเพียงครึ่งหนึ่งของโฟตอนแสงที่สามารถไปทำให้ฟิล์มรังสีเอกซ์เกิดภาพ อีกครึ่งหนึ่งจะสูญหายไป
- (3) ค่าเพิ่มความเข้มแสง (intensification factor) ของฉากร่วมเป็นอัตราส่วนของรังสีเอกซ์ที่ต้องการทำให้ฟิล์มเกิดภาพเข้มเท่ากัน เมื่อใช้และไม่ใช้ฉากร่วม

$$\text{ค่าเพิ่มความเข้มของฉากร่วม} = \frac{\text{ปริมาณรังสีเอกซ์ที่ต้องการเมื่อไม่ใช้ฉากร่วม}}{\text{ปริมาณรังสีเอกซ์ที่ต้องการเมื่อใช้ฉากร่วม}}$$

และพบว่าค่าเพิ่มความเข้มของฉากร่วมที่ทำด้วย CaWO_4 จะเพิ่มขึ้นตามพลังงานของลำรังสีเอกซ์ดังรูป 3.22



รูปที่ 3.23 ศักย์สูงสุด

“ความเร็ว” ของฉากแบ่งได้เป็น 3 ระดับคือ

ความเร็วสูง มีค่าเพิ่มความเข้มของฉากเท่ากับ 100

ความเร็วปานกลาง มีค่าเพิ่มความเข้มของฉากเท่ากับ 50

ความเร็วต่ำ มีค่าเพิ่มความเข้มของฉากเท่ากับ 35

ฉากที่มีความเร็วสูงจะยังผลให้ได้ภาพบนฟิล์มรังสีเอกซ์ที่รายละเอียดน้อย

(4) กำลังแยก (resolving power) หมายถึง จำนวนเส้นคู่ (line pairs) สูงสุดต่อมิลลิเมตรที่สามารถแยกได้โดยฉาก-ฟิล์ม ส่วนเส้นคู่ หมายถึง เส้นและที่ว่าง เช่น 2 เส้นคู่ต่อมิลลิเมตร หมายความว่า มีเส้น 2 เส้นและที่ว่าง 2 ที่ต่อมิลลิเมตร โดยเส้นมีความกว้าง 1/4 มิลลิเมตร เช่นกัน ฉากที่มีความเร็วต่ำสามารถบันทึกได้ 10 เส้นคู่ต่อมิลลิเมตร

(5) ผลของอุณหภูมิ ฉากรังสีเอกซ์จะเรืองแสงได้ดีที่อุณหภูมิต่ำ เช่น ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 35°C จะต้องใช้ปริมาณรังสีเอกซ์เพิ่มขึ้นถึง 25% จึงจะทำให้เกิดฟิล์มรังสีเอกซ์ที่เข้มเท่ากับฟิล์มที่ถ่ายได้ที่อุณหภูมิ 21°C

3.4.5 ฉากฟลูออโรสโคป (Fluoroscopic screens) แบบธรรมดา

ข้อแตกต่างระหว่างฉากเพิ่มความเข้มแสงกับฉากฟลูออโรสโคป คือ แสงที่ได้จากฉากฟลูออโรสโคป จะมีช่วงความยาวคลื่นตรงกับช่วงที่ตามีความไวมากที่สุด คือ ช่วง $5000-6000 \text{ \AA}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉากฟลูออโรสโคปที่ทำด้วย สังกะสีซัลไฟด์ หรือสังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์ จะมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนรังสีเอ็กซ์เป็นแสง 10-15% ในปัจจุบัน สังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์ที่กระตุ้นด้วยเงิน ใช้กันมากในจอฟลูออโรสโคป โดยจะเรืองแสงในช่วงสีเหลือง-ส้ม และให้ความเข้มแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 5300 Å

ลักษณะส่วนประกอบของจอฟลูออโรสโคปคล้ายคลึงกับฉากเพิ่มความเข้มแสง โดยที่ชั้นเรืองแสงจะมีความหนามากกว่า คือ 7-8mils ขนาดของอนุภาคเรืองแสงอยู่ในช่วง 25-40 μ และกำลังแยกของจอฟลูออโรสโคป ไม่เกิน 3 เส้นคู่ต่อมิลลิเมตร

การป้องกันรังสีเอ็กซ์ที่ทะลุผ่านจอฟลูออโรสโคป จะใช้กระจกตะกั่วซึ่งเป็นกระจกแก้วที่มีตะกั่วถึง 60% แก้วนี้จะโปร่งแสงแต่มีคุณสมบัติดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ได้ดี ความสามารถในการใช้ป้องกันรังสีนี้แสดงในรูปของความหนาของแผ่นตะกั่ว ซึ่งมีค่าดูดกลืนเท่ากับแผ่นกระจกตะกั่วที่ใช้

ฉากฟลูออโรสโคปนี้ยังใช้งาน ได้โดยมีขีดจำกัด เนื่องจาก

- (1) ทำให้ได้ภาพที่คุณภาพต่ำ
- (2) ให้ภาพที่มีความสว่างน้อยสำหรับการใช้สายตา ดูด้วย photopic vision (สายตากลางวัน) จึงใช้หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์ ดังจะได้กล่าวในตอนต่อไป

3.4.6 เทคนิคโฟโตฟลูออโรกราฟี (Photofluorography)

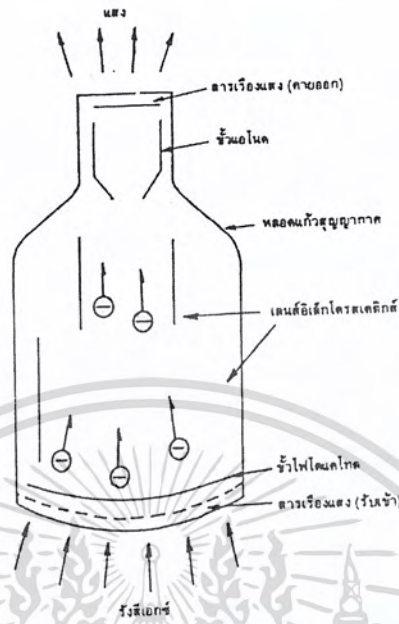
Photofluorography หรืออีกชื่อหนึ่ง Mass miniature radiography เป็นเทคนิคที่นิยมใช้ในงานเอ็กซ์เรย์ปอด ปริมาณมากเพื่อควบคุมวัณโรค ภาพของจอเรืองแสงจะถูกบันทึกไว้โดยกล้องถ่ายรูปที่ใช้ฟิล์มม้วนขนาด 70,90, หรือ 100mm จอเรืองแสงที่ใช้มี 2 แบบ คือ แบบที่ใช้สารเรืองแสงสังกะสีซัลไฟด์กระตุ้นด้วยเงิน ให้แสงสีน้ำเงิน และสังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์ ขนาดของอนุภาคสารและความหนาของชั้นเรืองแสงพอ ๆ กับที่ใช้ในจอฟลูออโรสโคป กำลังแยกของจอมีค่า 2-5 เส้นคู่ต่อมิลลิเมตร

3.4.7 หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์ (X-ray image intensifier tube)

หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์เป็นหลอดสุญญากาศ ซึ่งมีส่วนประกอบ 4 ส่วนคือ

- (1) สารเรืองแสงรับรังสีเอ็กซ์และโฟโตแคโทด
- (2) เลนส์อิเล็กโตรสแตติกส์
- (3) ขั้วเร่งแอโนด
- (4) สารเรืองแสงคายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



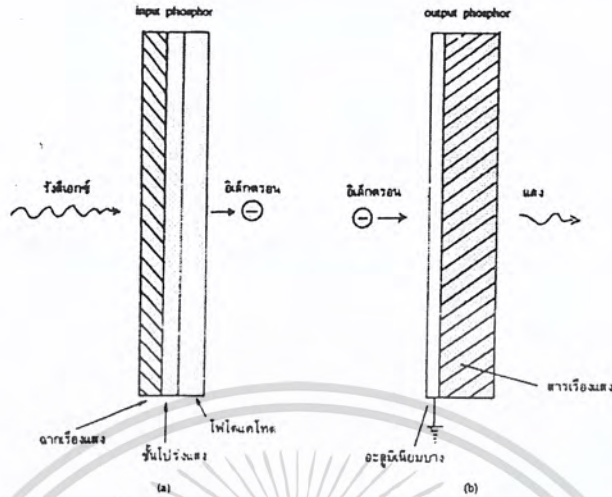
รูปที่ 3.24 หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอกซ์

หลักการของหลอด

หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอกซ์จะอยู่หลังผู้ป่วย เมื่อรังสีเอกซ์ผ่านตัวผู้ป่วยมันจะวิ่งเข้าหลอดสารเรืองแสงด้านรับเข้าจะเปลี่ยนพลังงานรังสีเอกซ์ให้เป็นแสง แสงจะปะทะกับขั้วไฟฟ้าโฟโตแคโทด ทำให้มันปล่อยอิเล็กตรอนออกมา อิเล็กตรอนจะถูกเร่งโดยสนามไฟฟ้าระหว่างขั้วโฟโตแคโทดกับขั้วแอนโนด และถูกโฟกัสโดยเลนส์อิเล็กโตรสแตติกส์ให้ตกลงยังฉากรเรืองแสง ทำให้ผู้สังเกตการณ์มองเห็นภาพบนจอได้

ต่อไปนี้จะบรรยายถึงรายละเอียดของส่วนประกอบของหลอด

(1) สารเรืองแสงด้านรับเข้า (input phosphor) ของหลอดรุ่นแรกเป็นสารสังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์กระตุ้นด้วยเงิน ส่วนรุ่นที่สองเป็นซีเซียมไอโอไดด์ฉากรเรืองแสงจะติดแน่นสนิทกับโฟโตแคโทด โดยมีชั้นโปรงแสงกั้นกลาง ดูรูป3.24



รูปที่ 3.25 ชั้น โปร่งแสงทำหน้าที่ป้องกันมิให้สารเรืองแสงทำปฏิกิริยากับโฟโตแคโทด

(2) โฟโตแคโทด (photocathode) เป็นโลหะที่ปล่อยอิเล็กตรอนได้เมื่อได้รับแสง ปกติเป็นสารประกอบของอันติโมนีกับซีเซียม อิเล็กตรอนที่ปล่อยออกจะแปรผันตามความเข้มแสง โฟโตแคโทดยังทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าแคโทดด้วย โดยมีศักย์ดิน

(3) เกล็ดโฟกัสอิเล็กโตรสแตติกส์ (electrostatic focussing screen) ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้าบวกซึ่งฉาบติดกับผิวภายในของแก้ว ทำหน้าที่โฟกัสลำอิเล็กตรอนที่ไหลไปทางด้านขั้วแอโนด การโฟกัสนี้จะได้ภาพหัวกลับ และภาพที่ฉากเรืองแสงด้านกายออกจะมีขนาดเล็กลง ทำให้ภาพสว่างขึ้น

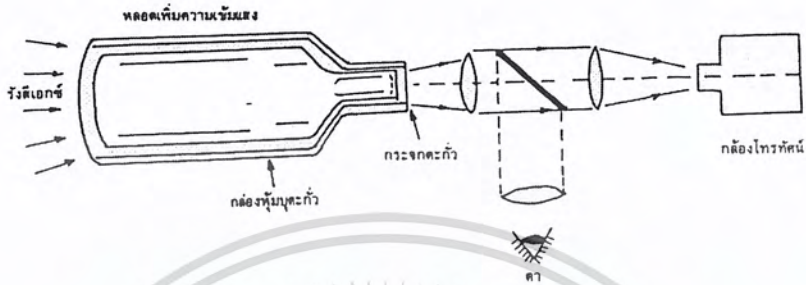
(4) ขั้วแอโนด(anode) ทำหน้าที่เร่งอนุภาพอิเล็กตรอน โดยมีศักย์ 25 kVเมื่อเทียบกับขั้วแคโทด

(5) ฉากเรืองแสงด้านกายแสงออกฉาบด้วยสังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์โดยมีขนาดผลึกและความหนาของชั้นเรืองแสงน้อยลงเพื่อเพิ่มกำลังแยก อิเล็กตรอนที่มาปะทะกับฉากนี้ทำให้ได้แสงเพิ่มขึ้น 50 เท่า

ด้านในของฉากเรืองแสงจะถูกฉาบด้วยอะลูมิเนียมผิวบาง รูป 3.25 เพื่อป้องกันมิให้แสงที่ฉากย้อนกลับไปกระตุ้นขั้วโฟโตแคโทด แต่อิเล็กตรอนผ่านผิวอะลูมิเนียมบางนี้ได้โดยสะดวก ศักย์ของผิวอะลูมิเนียมบางเป็นศักย์ดินเพื่อขจัดอิเล็กตรอนออก มิฉะนั้นอิเล็กตรอนจะออกกันอยู่หน้าจอ

หลอดเพิ่มความเข้มภาพรังสีเอ็กซ์จะถูกบรรจุอยู่ในกล่องโลหะบุด้วยตะกั่วยึดติดอยู่กับแขนข้างหนึ่งของแขนรูปตัว C แทนที่จอฟลูออโรสโคป ตะกั่วที่บุไว้จะป้องกันรังสีกระเจิง และกระจกตะกั่วที่อยู่ด้านฉากเรืองแสงกายแสงออกจะดูดกลืนรังสีที่สามารถทะลุผ่านหลอดได้

ผู้สังเกตการณ์มองภาพที่ฉากเรืองแสงโดยผ่านระบบเลนส์หรือโดยโทรทัศน์วงจรถัด และมีกระจกสำหรับสะท้อนภาพเข้าตาผู้สังเกตการณ์โดยตรง ดูรูป 3.25



รูปที่ 3.26 หลอดเพิ่มความเข้มแสง

3.4.8 คุณสมบัติของหลอดเพิ่มความเข้มแสง

(1) ความสว่าง (brightness gain) ความสว่างที่เพิ่มขึ้นโดยหลอดเพิ่มความเข้มแสง หาได้จากการเปรียบเทียบความสว่างของฉากกับจอฟลูออโรสโคปแบบแพดเตอตัน B-2 เมื่อหลอดและจอได้รับรังสีปริมาณเท่ากัน

$$\text{ความสว่างที่เพิ่มขึ้น} = \frac{\text{ความสว่างของหลอดเพิ่มความเข้มแสง}}{\text{ความสว่างของจอฟลูออโรสโคปแบบแพดเตอตัน}}$$

ถ้าหลอดเพิ่มความเข้มมีความสว่าง 1000 เท่า ค่าความสว่างก็มีค่าเท่ากับ 1000

วิธีที่สองซึ่งแนะนำโดย Radiologic Units and Measurements (ICRU) เรียกว่า ค่าเปลี่ยนแปลง (Conversion factor)

$$\text{ค่าเปลี่ยนแปลง} = \frac{\text{ความสว่างของสารเรืองแสง}}{\text{ปริมาณรังสีเอ็กซ์ที่ได้รับ}}$$

กำลังย่อ (Minification gain) ภาพที่ได้จะมีขนาดเล็กลง ทำให้ได้ภาพสว่างขึ้น

$$\text{กำลังย่อ} = (d1/d2)^2$$

เมื่อ $d1$ = เส้นผ่านศูนย์กลางของจอรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ d2 การใช้งานที่เส้นผ่านศูนย์กลางของฉากปล่อยแสง ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างเช่น จอรับแสงมีขนาด 5-9 นิ้ว ส่วนฉากปล่อยแสงมีขนาด 1 นิ้ว ดังนั้น หลอดขนาด 9 นิ้ว จะมีกำลังย้อยถึง 81

(3) ฟลักซ์ (flux gain) ปริมาณโฟตอนที่เพิ่มขึ้นที่ฉากปล่อยแสงต่อโฟตอนที่ตกลงยังฉากรับแสงเรียกว่า ฟลักซ์ที่ได้ เช่น ถ้าโฟตอน 1 ตัว ตกลงยังฉากรับแสง ทำให้ได้โฟตอน 50 ตัว ที่ฉากปล่อยแสงจะได้ฟลักซ์เท่ากับ 50 ความสว่างของภาพเป็นผลคูณของกำลังย้อยกับฟลักซ์

$$\text{ความสว่าง} = \text{กำลังย้อย} \times \text{ฟลักซ์}$$

เช่น ถ้าฟลักซ์ได้เป็น 50 กำลังย้อย 81 จะได้ความสว่าง 4050 หลอดเพิ่มความเข้มแสงมีค่าความสว่าง 1000 – 6000

(4) ความแตกต่าง (contrast) เป็นอัตราส่วนของความสว่างต่อความมืดอาจวัดได้ง่าย ๆ โดยใช้แผ่นตะกั่วรูปวงกลม หนา ¼ นิ้ว ปิดฉากเรืองแสงด้านรับรังสีเอ็กซ์โดยปิดพื้นที่เพียง 10% ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อวัดความสว่างของภาพที่ได้ที่ฉากเรืองแสงด้านฉายแสง ความแตกต่างหาได้จากอัตราส่วนของความสว่างของขอบต่อส่วนกลางของฉาก และมักจะมีค่าในช่วง 7 : 1 ถึง 10 : 1 ความแตกต่างจะลดน้อยลงได้ 2 ประการ คือฉากเรืองแสงด้านรับรังสีเอ็กซ์ ไม่ได้ดูดกลืนรังสีเอ็กซ์ทั้งหมด รังสีเอ็กซ์บางส่วนทะลุผ่านไปยังฉากเรืองแสงด้านฉายแสงได้ทำให้เกิดความสว่างคล้ายเป็นหมอก และอีกประการหนึ่ง แสงจากฉากเรืองแสงด้านฉายแสงอาจทะลุผ่านชั้นอะลูมิเนียมบาง ๆ แล้วไปกระตุ้นขั้วโฟโตแคโทด ทำให้เกิดอิเล็กตรอนซึ่งจะก่อให้เกิดหมอกที่ฉากเรืองแสงด้านฉายแสงได้เช่นกัน

(5) กำลังแยก (resolution) กำลังแยกของหลอดเพิ่มความเข้มภาพที่ใช้สารสังกะสีแคดเมียมซัลไฟด์มีค่า 1 – 2 เส้นคู่ต่อมิลลิเมตร ส่วนหลอดที่ใช้สารซีเซียมไดโอด มีค่าประมาณ 4 เส้นคู่ต่อมิลลิเมตร

(6) การบิดเบือน(distortion)ของภาพเกิดจากการที่อิเล็กตรอนไม่โฟกัสอย่างสม่ำเสมอตลอดภาพโดยเฉพาะที่ขอบของฉาก เส้นตรงของวัตถุจะปรากฏเป็นเส้นโค้งที่จอภาพ อาจเป็นปัญหาในการวิเคราะห์รอยหักของกระดูก

กำลังขยายที่ไม่เท่ากันทุกส่วนของจอ ทำให้ความสว่างของภาพไม่เท่ากัน บริเวณส่วนกลางจะสว่างมากกว่าส่วนขอบของจอ กำลังแยกส่วนกลางจะดีกว่าส่วนอื่น

3.5 การป้องกันอันตรายจากรังสี (Radiation Protection)

3.5.1 หน่วยการวัดปริมาณรังสี

มีอยู่ 3 หน่วยด้วยกันคือ รินท์เกิน แรด และเรม โดยแตกต่างกันดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รินท์แกน (Roentgen,R) เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสีเอ็กซ์หรือรังสีแกมมาที่มาตรฐานนิยามว่า 1 รินท์แกน คือ ปริมาณรังสีที่ทำให้อากาศเกิดการแตกตัว 2.58×10^{-4} คูลอมบ์ต่อกิโลกรัม บริเวณใดที่ได้รับปริมาณรังสีทุก ๆ จุดในบริเวณนั้น จะได้รับปริมาณรังสีเท่ากันหมด ตัวอย่างเช่น หนูตัวหนึ่งถูกอาบรังสีที่หัว 1R. ที่ตัว 1R และที่หาง 1R ปริมาณรังสีที่หนูตัวนี้ทั้งตัวได้รับเท่ากับ 1R

แรด (Rad) เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสีที่ตัวกลางดูดกลืนไว้ นิยาม 1 แรดคือ ปริมาณรังสีที่ตัวกลางมวล 1 กิโลกรัมดูดกลืนพลังงานไว้ได้ 10^{-2} จูล หน่วยนี้ใช้ได้กับรังสีทุกชนิดหน่วยเอสไอ ใช้เป็น เกรย์โดยที่ $1\text{Gy} = 100\text{Rad}$

เรม (Rem) เป็นหน่วยวัดปริมาณรังสีเทียบเท่า เป็นการเปรียบเทียบผลทางชีววิทยาของรังสีนั้นถ้าปริมาณรังสีมีจำนวนเรมเท่ากัน หมายถึงผลทางชีววิทยาต่อเนื้อเยื่อนั้นๆมีเท่ากันนิยามว่า

$$\text{เรม} = \text{แรด} \times \text{RBE}$$

RBE คือค่ายังผลทางชีวภาพสัมพัทธ์เป็นค่าผลของรังสีต่าง ๆ เทียบเท่ากับผลที่เกิดจากรังสีเอ็กซ์หรือแกมมา

3.5.2 ค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้รับได้

ในการทำงานกับรังสีจะหลีกเลี่ยงการไม่ได้รับรังสีเลยนั้นไม่ได้ การป้องกันคือ ป้องกันไม่ให้ปริมาณรังสีที่ได้รับมีค่าเกินกว่าค่าปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้รับได้ และพยายามให้ได้รับปริมาณรังสีน้อยที่สุด

ค่า MPD นั้นแตกต่างกันไปตามประเภทของบุคคล โดยแบ่งคนออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ พวกที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีโดยตรง เช่น เจ้าหน้าที่รังสี แพทย์รังสี พยาบาลประจำตึกรังสี เป็นต้น พวกที่เข้ามาเกี่ยวข้องเป็นครั้งคราวอาจโดยการเดินผ่านตึกรังสีเป็นประจำเป็นต้น หรือพวกที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง กลุ่มสุดท้ายคือ คนทั่วไป

โดยทั่วไปบุคคลในกลุ่มที่ 2 ค่า MPD จะเท่ากับ 1/10 ของกลุ่มแรก กลุ่มที่สามเท่ากับ 1/3 ของกลุ่มที่ 2

ค่า MPD ตามตารางนี้คิดเฉพาะที่ได้รับจากการทำงานไม่รวมปริมาณรังสีที่ได้จากรังสีธรรมชาติ รังสีวินิจฉัยในทางการแพทย์ (พวกรังสีเอ็กซ์ต่าง ๆ) รังสีที่เกิดจากมนุษย์สร้างขึ้นนอกเหนือจากการทำงานเช่น จากโทรทัศน์ จากนาฬิกาเรืองแสง เป็นต้น

ในการทำงานบางครั้งอาจมีอุบัติเหตุเกิดขึ้น ทำให้ได้รับปริมาณรังสีมากกว่าปกติ หรือในบางครั้งจำเป็นต้องทำงานเสี่ยงอันตราย อาจทำให้ปริมาณรังสีที่ได้รับมีค่ามากกว่า MPD ที่กำหนด แต่ทั้งนี้ปริมาณรังสีสะสม (รวมนับจากเริ่มทำงานมา) ต้องไม่เกินกว่า $(N-18) \times 5$ เรม โดยที่ N เป็นอายุในขณะนั้น เลข 18 เป็นอายุที่ยอมให้เริ่มทำงานกับรังสีได้ตั้งแต่อายุ 18 ปีขึ้นไป ทั้งนี้ภายหลังการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่สำหรับผู้เห็นแก่ประโยชน์ส่วนตน การนำ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลี้ยงผู้ที่ได้รับปริมาณรังสีมากต้องไปทำงานในหน่วยที่ห่างจากการรับรังสีเป็นประจำเป็นการชั่วคราว

สำหรับบริเวณที่เป็นทั้งที่สำหรับการควบคุมเครื่องซึ่งต้องมีผู้นั่งทำงานเป็นประจำ จะต้องมียังค่าปริมาณรังสีในบริเวณนั้นไม่เกินกว่า $0.1R/wk$ ทั้งนี้เพื่อที่ผู้ทำงานในบริเวณดังกล่าวจะได้รับปริมาณรังสีในระดับ MPD ส่วนบริเวณที่ไม่ได้ควบคุม ผู้ที่อยู่เป็นบุคคลทั่วไปและไม่ได้อยู่ประจำให้ปริมาณรังสีเท่ากับ $0.01R/wk$

3.5.3 การป้องกันรังสี

หลักในการป้องกันรังสีมีอยู่ 3 ประการคือ

- (1) เวลา ใช้เวลาในการทำงานกับรังสีให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้
- (2) ระยะทาง อยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากความเข้มรังสีแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง ยิ่งอยู่ห่างยิ่ง ได้รับรังสีน้อยลง
- (3) เครื่องกำบังรังสี ในบางกรณีขณะทำงาน เราไม่สามารถอยู่ห่างจากต้นกำเนิดรังสีได้มากนัก และไม่อาจลดเวลาในการทำงานได้ จะใช้เครื่องกำบังรังสีมาวางระหว่างเราและต้นกำเนิดรังสีเพื่อกั้นรังสีบางส่วน ทั้งนี้เนื่องจากความเข้มรังสีจะลดลงเมื่อผ่านสารกั้นตามสมการ

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

การเลือกใช้สารใดเป็นสารกั้นนั้น ขึ้นกับชนิดและพลังงานของรังสีที่จะกั้น

เช่น รังสีบีตา ใช้พลาสติกหนาหรือแผ่นอะลูมิเนียมรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมา ใช้แผ่นตะกั่วหรือสารที่มีความหนาแน่นสูงรังสีนิวตรอน ใช้สารที่มีความหนาแน่นต่ำ เช่น พาราฟิน

3.5.4 การคำนวณเครื่องกำบัง (Protective Barrier)

รังสีที่มาจากเครื่อง เช่น รังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์นั้น ผนังจะแบ่งเป็น 2 แบบคือผนังที่รับรังสีโดยตรงเรียกว่า Primary Barrier และผนังที่ได้รับรังสีจากการกระเจิง เช่น ผนังด้านข้าง หรือด้านหลังเครื่องเป็นต้น Secondary Barrier องค์ประกอบในการคำนวณที่สำคัญมีดังนี้

1. ภาระงาน (Work load) คือปริมาณของรังสีเอกซ์ที่ผลิตในเวลา 1 สัปดาห์ วัดเป็นหน่วย $mA \cdot min/W$ เป็นกระแสในหลอดที่เกิดขึ้น min/W เวลาใน 1 สัปดาห์ที่เดินเครื่อง ตัวอย่างเช่น ในห้องหมายเลข 1 ใช้เครื่องรังสีเอกซ์ในการถ่ายภาพปอด ด้วยรังสีเอกซ์ขนาด $125kVp$ มีคนไข้ 12 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อชั่วโมง แต่ละคนใช้ 2mAs สำหรับการถ่ายด้านตรง 8 mAs สำหรับด้านข้าง ดังนั้นคนไข้ 1 คน ใช้ประมาณ 10 mAs

2. ปริมาณรังสีเฉลี่ย (E) ที่ระยะทาง 1 เมตร หน่วยเป็น R/mA ทั้งนี้เพื่อใช้หาปริมาณรังสีที่ได้รับในระยะเวลา 1 สัปดาห์

3. ตัวประกอบประโยชน์ (Use factor – U) คือเวลาที่ลำรังสีไปตกกระทบผนังว่าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมด ในห้องที่ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งของลำรังสีได้ ผนังที่รับลำรังสีจะมีค่า

$v = 1$ ในกรณีที่ไม่มีข้อจำกัดเฉพาะตายตัว ค่า v สำหรับ ลำรังสีตรงที่พื้นเท่ากับ 1 ที่ผนังแต่ละด้านจะเท่ากับ $1/16$ และที่เพดานเป็น 0 ค่า v สำหรับรังสีที่กระเจิงไปหรือร่วออกไปที่บริเวณพื้นเท่ากับ 1

4. องค์ประกอบการทำงาน (Occupancy factor – T) เป็นเวลาที่ใช้ในการทำงานในบริเวณนั้นว่าใช้เต็มเวลาทำงานหรือเป็นครั้งคราว ถ้าใช้เต็มเวลา เช่น ห้องทำงาน , ห้องปฏิบัติการ $T = 1$ ถ้าใช้เป็นครั้งคราว เช่น ห้องพัก ทางเดิน $T = 1/4$ บริเวณที่ผู้ใช้ไม่ใช้ประจำ เช่น ห้องรอเรียก , ลิฟต์ , ถนนที่ผ่านบริเวณนั้น $T = 1/16$

5. ระยะทาง (d) ระยะห่างจากต้นกำเนิดรังสี มีหน่วยเป็นเมตรปริมาณรังสีที่ไปถึงระยะห่าง d เมตร จากต้นกำเนิด

ในการคำนวณเครื่องกำบังรังสีนั้น จะกั้นให้ปริมาณรังสีหลังเครื่องกำลังเหลือเท่ากับ $0.1R/Wk$ หน่วยของเครื่องกำบังเป็นจำนวนเท่าของความหนาหนึ่ง (HVL)

$$\text{ตัวประกอบลด (Reducing factor)} = \frac{E R / Wk}{R / Wk}$$

$$E/0.1 = 2^n$$

เมื่อ n เป็นจำนวนเท่าของความหนาหนึ่งของสารกั้น

3.6 วงจรและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดรังสี

3.6.1 สวิตช์เปิดรังสีเอ็กซ์ (Exposure switch)

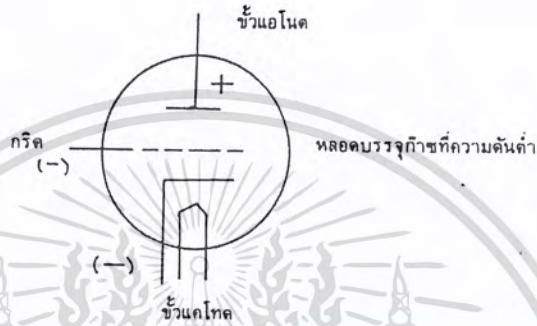
การเปิดปิดวงจรไฟฟ้าแรงสูงต้องใช้สวิตช์พิเศษ

1. สวิตช์แรงกล (Mechanical switch)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิตช์จะเปิดปิดโดยใช้โซลินอยด์ ซึ่งมีอำนาจเป็นแม่เหล็กเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน มักจะต่อสวิตช์แบบนี้กับวงจรไฟฟ้าด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าแรงสูง และทำงานได้ดีในที่กระแสไฟฟ้าต่ำๆและเวลาฉายรังสียาว ข้อเสียมีว่าการเปิดปิดจะมีเสียงดัง เนื่องจากเกิดการอาร์คไฟฟ้าด้วยศักย์สูง และเปิดปิดได้ซ้ำจึงฉายรังสีได้เพียง 2-3 ครั้งต่อวินาที

2. สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ (Thyratron switch)



รูปที่ 3.27 หลอดไทรatron

หลอดไทรatron เป็นหลอดโคโอด บรรจุก๊าซที่แรงดันต่ำ เช่น ก๊าซฮาโลเจน นีออน หรือไอปรอท ลักษณะเป็นหลอดแก้วขั้วไฟฟ้า 3 ขั้ว ขั้วแคโทดจะมีไส้หลอดเพื่อเผาให้อิเล็กตรอนออกมา กริดจะมีศักย์ไฟฟ้าเป็นลบเมื่อเทียบกับขั้วแคโทด ดังนั้นแม้ขั้วแอโนดจะมีศักย์บวกอิเล็กตรอนจะไหลจากขั้วแคโทดไปยังขั้วแอโนดไม่ได้ เพราะสนามไฟฟ้าที่กริดจะกำบังไว้ เมื่อกริดมีศักย์ลบน้อยลง คือเป็นบวกขึ้น อิเล็กตรอนจะไหลผ่านกริดได้และเกิดการชนกับก๊าซในหลอดให้แตกตัว ก๊าซที่แตกตัวจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี กระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านหลอดได้เป็นการปิดวงจร หลอดไทรatron สามารถนำกระแสไฟฟ้าสูงได้มากและเปิดปิดได้เร็ว

ปัจจุบันอาจใช้ไทรatron แบบโซลิดสเตตที่เรียกว่า เร็คตีไฟเออร์ ซึ่งมีขนาดเล็กกว่าและไม่ต้องใช้ไส้หลอด ไทรatron ไฟแรงสูงที่ได้รับการคิดค้นใหม่สามารถเปิดปิดวงจรรังสีเอ็กซ์ในวงจรไฟฟ้าด้านขดลวดทุติยภูมิ

3.6.2 ตัวควบคุมการฉายรังสี (Exposure timers)

ตัวควบคุมการฉายรังสีมีอยู่หลายแบบ และได้พัฒนาไปมาจากแบบแรงกลจนไปถึงแบบอิเล็กทรอนิกส์

1. ตัวควบคุมเวลาแรงกล (Mechanical timer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

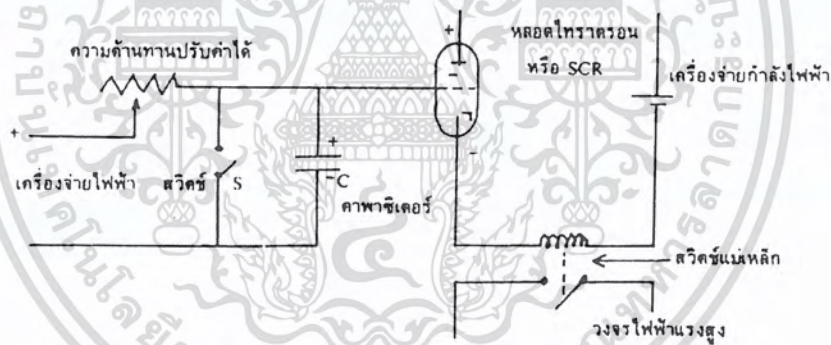
เป็นเครื่องกลที่ทำงานคล้ายนาฬิกา ใช้แรงสปริง สามารถตั้งเวลาได้โดยการหมุนสปริง เมื่อฉายรังสีสปริงนี้ จะหมุนกลับไปตำแหน่งเดิมแล้วเปิดวงจร มีความแม่นยำเพียง 0.25 วินาที มักใช้ในเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์เรย์ที่ใช้ถ่ายฟันและเคลื่อนที่ได้

2. ตัวควบคุมเวลาซิงโครนัส (Synchronous timers)

ตัวควบคุมเวลาแบบนี้ใช้มอเตอร์ซิงโครนัส ความเร็วของมอเตอร์ควบคุมด้วยความถี่ของไฟฟ้าสลับ มอเตอร์นี้จะกระตุ้นให้สวิทช์ปิด ความแม่นยำ 0.1 วินาที

3. ตัวควบคุมเวลาอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic timers)

สวิทช์แบบนี้ประกอบด้วยวงจรไฟฟ้า RC ต่อกับหลอดไทรออดรอนเมื่อสวิทช์ S ปิด กระแสไฟฟ้าตรงจะไหลผ่านความต้านทาน แต่ไม่อัดประจุให้คาปาซิเตอร์ เมื่อเริ่มต้นฉายรังสีสวิทช์ S จะเปิด ขณะเดียวกันจะมีสวิทช์เปิดฉายรังสี ตัวคาปาซิเตอร์จะถูกอัดประจุ บวกมากขึ้น ทำให้แผ่นกริดของหลอดไทรออดรอน ซึ่งเดิมเป็นลบให้กลายเป็นบวก กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านหลอดไทรออดรอน กระแสนี้จะเปิดสวิทช์ในวงจรรังสีเอ็กซ์เป็นการหยุดฉายรังสี



รูปที่ 3.28 วงจรตัวควบคุมเวลาอิเล็กทรอนิกส์

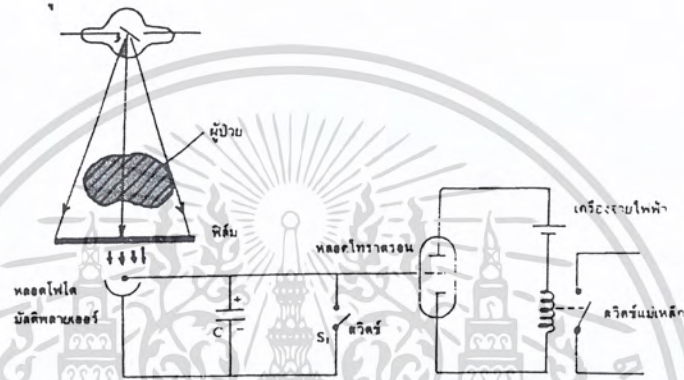
ช่วงเวลาที่เปิดฉายรังสีขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการอัดประจุให้แก่คาปาซิเตอร์ จนถึงระดับที่ต้องการ เวลานี้เปลี่ยนได้โดยการปรับค่าความต้านทาน

ตัวควบคุมเวลาอิเล็กทรอนิกส์นี้สามารถควบคุมเวลาฉายรังสีได้สั้นถึง 1 มิลลิวินาที และฉายได้ถึง 60 ครั้งต่อวินาที

4. ตัวควบคุมเวลาด้วยแสง (Phototimer)

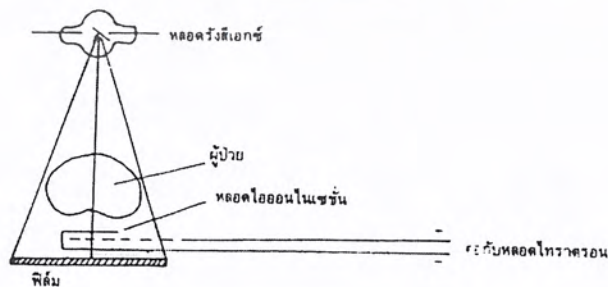
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวควบคุมเวลาที่กล่าวมาแล้วอาศัยความชำนาญของผู้ควบคุมเครื่อง ในการเลือกตั้งเวลา โดยดูความหนาของผู้ป่วย ชนิดของฟิล์มและกะประมาณรังสีที่เพียงพอแก่การเกิดภาพ แต่การใช้ตัวควบคุมเวลาด้วยแสงจะช่วยลดปัญหาความผิดพลาดที่อาจมีได้ โดยการใช้หลอดแสงเช่น โฟโตมิลติฟลายเออร์ หรือหลอดไอออนไนซ์เซชัน รับรังสีเอ็กซ์ได้ฟิล์ม รังสีเอ็กซ์จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่หลอด ซึ่งจะไปอัดประจุให้แก่คาปาซิเตอร์ และขั้วด้านบวกของคาปาซิเตอร์จะต่อกับกริดของไทราทรอน รูปที่ 3.29 แสดงวงจรตั้งเวลาใช้โฟโตเซลล์



รูปที่ 3.29 วงจรควบคุมเวลาด้วยแสง

ถ้าสวิตช์ S_1 ปิด ไฟฟ้าจากหลอดโฟโตมิลติฟลายเออร์ จะไม่อัดประจุให้แก่ตัวคาปาซิเตอร์ ถ้าสวิตช์ S_1 เปิด ประจุบวกที่เพิ่มขึ้นที่แผ่นคาปาซิเตอร์ข้างหนึ่ง จะทำให้ศักย์ของกริดเปลี่ยนไปเป็นการปิก-เปิดวงจรไฟฟ้าให้กระแสผ่านสวิตช์แม่เหล็กไฟฟ้าเปิด-ปิดวงจรไฟฟ้าแรงสูงอีกต่อหนึ่ง



รูปที่ 3.30 ตัวควบคุมเวลาแบบหลอดไอออนไนซ์เซชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะวิธีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลอดไอออนไนซ์เซชันเป็นหลอดแผ่นขนานเป็นขั้วไฟฟ้า มีเส้นลวดเส้นบางอยู่ระหว่างแผ่น ก่อนการฉายรังสีจะทำให้มีศักย์กระแสดตรงระหว่างขั้วไฟฟ้า เมื่อรังสีเอ็กซ์ผ่านหลอดก๊าซในหลอดจะแตกตัว ไอออนประจุลบจะวิ่งไปยังกริดซึ่งเป็นขั้วบวก ส่วนไอออนประจุบวกจะวิ่งไปยังขั้วลบ ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหล กระแสไฟฟ้านี้จะลดศักย์ลบบนแผ่นกริดของหลอดไพราตรอน

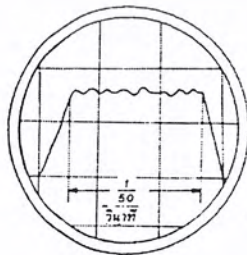
3.6.3 การวัดเวลาการฉายรังสี

อาจทำการทดสอบและวัดเวลาฉายรังสีได้โดยใช้แผ่นฟิล์มวงกลมหมุนได้ เมื่อฉายรังสีเป็นพัลส์ปรากฏรอยแถบบนฟิล์ม ความกว้างของแถบขึ้นอยู่กับช่วงกว้างของพัลส์รังสี ถ้าใช้ไฟฟ้าแรงสูงตรงครั้งละหนึ่งจะเป็นแถบเวลา $1/100$ วินาที ถ้าใช้ไฟฟ้าตรงแรงสูงเต็มครั้งละหนึ่งจะเป็นแถบเวลา $1/50$ วินาที จำนวนแถบจะวัดช่วงเวลาฉายรังสี



รูปที่ 3.31 แผ่นหมุนบันทึกเวลาการฉายรังสีเอ็กซ์แบบครั้งละหนึ่ง

ส่วนการวัดเวลาแบบอิเล็กทรอนิกส์ จะใช้หลอดโฟโต้ ซึ่งจะนำกระแสได้เมื่อรับแสงหรือรังสีเอ็กซ์ กระแสนี้แสดงได้บนจอออสซิลอโคป

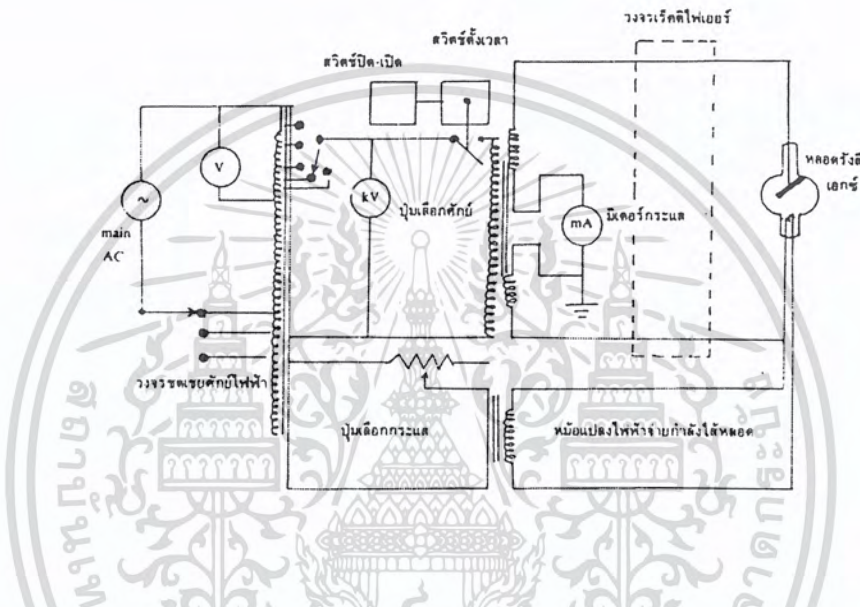


รูปที่ 3.32 กระแสไฟฟ้าจากหลอดวัดแสงปรากฏบนจอออสซิลอโคป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสเกลบนจอจะสามารถอ่านช่วงกว้างของพัลซ์ได้ รูป 3.32 แสดงสัญญาณที่ได้จากการวัดพัลซ์ของรังสีเอ็กซ์แบบ 12 พัลซ์ 3 เฟส ช่วงเวลาสำหรับ 12 พัลซ์ อ่านได้เป็น 1/50 วินาทีตามที่ตั้งไว้

3.6.4 ผังวงจรเครื่องกำเนิดรังสีเอ็กซ์



รูปที่ 3.33 วงจรรังสีเอ็กซ์อย่างง่าย

จากไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรไฟฟ้าจะแยกเป็น 2 ทาง สายหนึ่งป้อนไฟฟ้ากระแสตรงแก่หลอดรังสีเอ็กซ์ ส่วนอีกวงจรป้อนกระแสไฟฟ้าให้แก่ไส้หลอด

ไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V จะถูกเปลี่ยนให้สูงขึ้นโดยหม้อแปลงไฟฟ้า แล้วเปลี่ยนให้เป็นกระแสตรงโดยใช้เร็คติไฟเออร์ กระแสนี้จะวัดได้โดยใช้ mA Meter ไฟฟ้าศักย์สูงสามารถตั้งไว้ล่วงหน้าได้โดยใช้ kV selector และอ่านค่าโดยใช้ kV meter ช่วงเวลาที่ป้อนไฟฟ้าศักย์สูงได้แก่หลอดรังสีเอ็กซ์เรย์ควบคุมโดย Exposure switch และ timer เนื่องจากไฟฟ้าสลับ 220 V อาจเปลี่ยนแปลงได้จึงต้องมีวงจร Voltage Compensator คอยปรับศักย์ไฟฟ้า

ไฟฟ้าที่ใช้ในการเผาไส้หลอดต่อจากส่วนปรับค่าศักย์ไฟฟ้าโดยตรง เพื่อให้ศักย์ไฟฟ้าของไส้หลอดคงที่และอ่านค่ากระแสในวงจรส่วนนี้ได้โดย mA selector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถแบ่งสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ โฟโตอิเล็กทริก เหมาะกับการวัดแสงในช่วงความยาวคลื่นแสงแคบๆ มีอัตราการขยายสัญญาณสูง ทำงานไวรวดเร็ว มีการนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายและเทอร์โมอิเล็กทริก ทำงานได้ที่แสงช่วงความยาวคลื่นกว้างๆ และใช้วัดค่าความเข้มสัมบูรณ์ของแสงได้

3.7.2 การแบ่งชนิดของสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับตามหลักการทำงาน

สิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ตามหลักการทำงานดังแสดงในตาราง 1 และมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ชนิด	ปรากฏการณ์		ตัวอย่างวัสดุ	ตัวอย่างสิ่งประดิษฐ์
Thermal Electronic Effect	External Photoelectric Effect	Photoelectron Emission Effect	AgOCs BiOAgCs NaKSbCs GaAsCs	Photomultiplier Image Tube Image conveter Image Intensifier
		Internal Photoelectric Effect	Photoconductive Effect	Se,Cds, CdSe Sb2S3,PtO,SeAsTe Amorphous Si pn,pin,pnp, MOS,
	Photovoltaic Effect		Si,Ge,GaAs,GaInAs, Superlattices	Solar Cell,Photodiode Phototransistor,CCD, PSD,Image Sensor APD,Color Sensor
			ไม่ใช่รอยต่อ pn	Dember Effect
Thermal Electronic Effect	Thermal Electronic Effect	Seebeck Effect	AgBi,BiSb	Thermal Electric device Thermocuple
	Pyro Electronic Effect		TGS,SBN	Infrared VIDICON

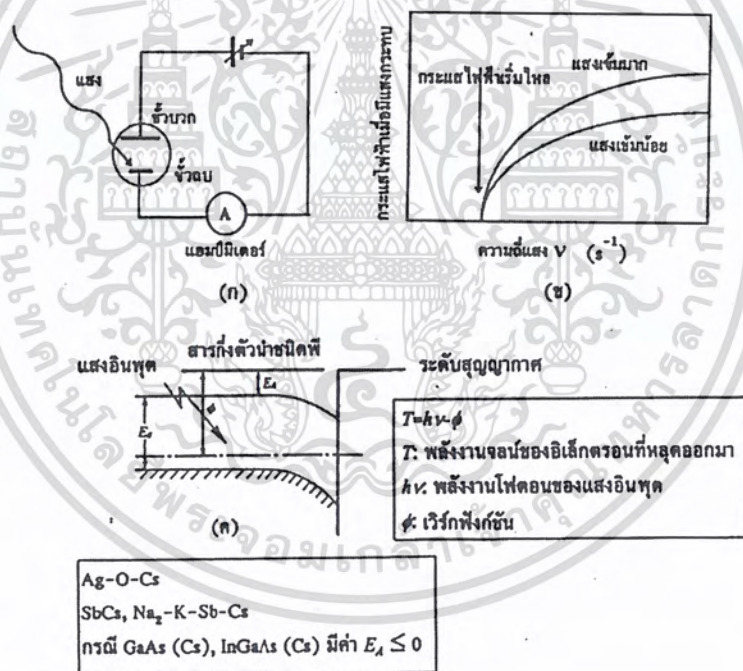
ตารางที่ 1 การแบ่งชนิดของสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงออกเป็นชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายนอก(External Photoelectric Type Light Detector)

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแบบภายนอก คือปรากฏการณ์ที่อิเล็กตรอนกระโดดออกจากผิวของวัสดุไปสู่สุญญากาศเมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากแสงอย่างเพียงพอ เราเรียกอิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยออกจากวัสดุด้วยพลังแสงว่า “โฟโตอิเล็กตรอน” มีการนำปรากฏการณ์นี้ไปใช้งานโฟโตมัลติพลายเออร์ เป็นต้น

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแบบภายนอก ค้นพบตั้งแต่ ค.ศ.1881 โดยได้มีการสังเกตว่าถ้าต่ออุปกรณ์ดังรูปที่ 3.35 (ก) และส่องแสงเข้าสู่ผิวของขั้วแคโทดในหลอดสุญญากาศจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่า



รูปที่ 3.35 (ก) การวัดปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

(ข) ลักษณะกำแพงศักย์พลังงานที่ผิวของวัสดุขั้วแคโทด

(ค) ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกจะเกิดขึ้นเมื่อความถี่ของแสงมีค่าสูงกว่าค่าที่

เหมาะสมค่าหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนของอิเล็กตรอนที่ถูกปล่อยจากขั้วแคโทดจะเพิ่มขึ้นแบบแปรผันตรงกับความเข้มแสง ความถี่ต่ำสุดของแสงที่จำเป็นในการทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอนเป็นค่าเฉพาะตัวที่ขึ้นกับชนิดของวัตถุ พลังงานต่ำสุดของโฟโตอิเล็กตรอนจะไม่ขึ้นกับความเข้มแสงแต่จะขึ้นกับความถี่แสง

ปรากฏการณ์เช่นนี้สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎี “โฟโตอิเล็กทริก” ของไอนสไตน์ ซึ่งอธิบายว่า แสงมีคุณสมบัติเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค และให้ชื่ออนุภาคแสงว่า “โฟตอน” โฟตอนหนึ่งตัวมีพลังงานเท่ากับ $h\nu$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของพลังค์ และ ν คือค่าความถี่ของแสง

ดังนั้นถ้าให้พลังงานที่จำเป็นในการทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากวัสดุซึ่งเรียกว่า เวิร์กฟังก์ชัน มีค่าเท่ากับ $q\phi$ จะได้ค่าพลังสูงสุด E ของโฟโตอิเล็กตรอนหนึ่งตัวว่ามีค่าเท่ากับ

$$E = h\nu - q\phi$$

ดังนั้นถ้าความถี่ของแสงมีค่าน้อยจนทำให้ $h\nu < q\phi$ ก็จะไม่ทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน ถ้าความถี่ของแสงมีค่าสูงและ $h\nu > h\nu - q\phi$ ก็จะทำให้เกิดโฟโตอิเล็กตรอน กลไกของการเกิดโฟโตอิเล็กตรอนอธิบายเป็นขั้นตอน 3 ขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นตอนที่อิเล็กตรอนดูดกลืนพลังงานแสง เมื่อส่องแสงกระทบผิวของวัตถุ เช่น โลหะและสารกึ่งตัวนำ จะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ผิวของวัสดุดูดกลืนแสงและอิเล็กตรอนเหล่านั้นจะอยู่ในสภาพกระตุ้น (excited electrons)

2. ขั้นตอนที่อิเล็กตรอนในสภาพกระตุ้นเคลื่อนตัวไปที่ผิววัสดุ ในขั้นตอนนี้อิเล็กตรอนที่อยู่ในสภาพกระตุ้นจะเริ่มเคลื่อนตัวไปที่ผิวของวัสดุโดย ขณะที่กำลังเคลื่อนตัวนั้นอาจถูกกระเจิงไปด้วย ในกรณีวัสดุชนิดโลหะ เนื่องจากมีอิเล็กตรอนอิสระจำนวนมาก ดังนั้นสาเหตุของการกระเจิงจึงมักเป็นอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่ในโลหะ ดังนั้นอิเล็กตรอนที่อยู่ที่มีความลึกตื้นน้อยกว่าประมาณ 30\AA เท่านั้นที่จะสามารถเคลื่อนมาถึงผิวโลหะได้ ส่วนกรณีวัสดุสารกึ่งตัวนำ สาเหตุการกระเจิงส่วนมากเกิดจากโฟนอนและอะตอมของสารเจือปน ความลึกสุดที่อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำจะสามารถเคลื่อนตัวมาที่ผิวได้ประมาณ 300\AA

3. ขั้นตอนการปล่อยโฟโตอิเล็กตรอนจากผิวของวัสดุ เมื่ออิเล็กตรอนในสภาพกระตุ้นได้เคลื่อนตัวมาอยู่ที่ผิวของวัสดุแล้ว และถ้าระดับของพลังงานของอิเล็กตรอนเหล่านี้มีค่าสูงกว่าระดับพลังงานของสุญญากาศ (vacuum energy level) อิเล็กตรอนก็สามารถหลุดออกจากวัสดุไปสู่สุญญากาศได้ กล่าวคือในกรณีของโลหะพลังงานของอิเล็กตรอนต้องมีค่ามากกว่าค่าเวิร์กฟังก์ชัน และในกรณีสารกึ่งตัวนำหรือฉนวนนั้น พลังงานของอิเล็กตรอนต้องมีค่ามากกว่า อิเล็กตรอนแอฟฟินิตี (electron affinity)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน (Internal Photoelectric Type Light Detector)

ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกแบบภายใน ได้แก่ การส่องแสงเข้าสู่วัสดุและกระตุ้นอิเล็กตรอนที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ให้กระโดดขึ้นไปสู่แถบคอนดักชัน และกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระ พลังงานโฟตอนของแสงต้องมีค่ามากกว่าช่องว่างพลังงานของวัสดุ ปรากฏการณ์ของโฟโตอิเล็กทริกแบบภายในนี้สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ตามหลักการของการดึงเอาอิเล็กตรอนอิสระมาใช้งานคือ

1. โฟโตคอนดักทิฟ ได้แก่ การป้อนสนามจากภายนอก เพื่อให้อิเล็กตรอนอิสระในวัสดุวิ่งออกไปสู่วงจรรภายนอก และเกิดเป็นกระแสไหล ส่วนโฮลที่เกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ก็มีส่วนช่วยให้เกิดกระแสไฟฟ้าด้วยเช่นกัน สิ่งประดิษฐ์ที่ทำงานด้วยวิธีนี้ ได้แก่ โฟโตเซลล์

2. โฟโตโวลเทอิก ได้แก่ การผลิตให้สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำมีรอยต่อ p-n ซึ่งรอยต่อ p-n จะมีศักย์ไฟฟ้าภายใน เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และศักย์ไฟฟ้าภายในนี้ จะพัดพาอิเล็กตรอนอิสระและโฮลอิสระที่เกิดจากแสงให้วิ่งออกไปสู่ภายนอกวงจรทางด้านชั้น n และ p ตามลำดับ พลังงานโฟตอนของแสงจะต้องมีค่ามากกว่าช่องว่างพลังงานของวัสดุจึงจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระและโฮลอิสระ โครงสร้างเช่นนี้ทำให้สิ่งประดิษฐ์ทำงานได้รวดเร็วและบางชนิดสามารถขยายสัญญาณได้ในตัว ตัวอย่างสิ่งประดิษฐ์ที่ทำงานด้วยวิธีนี้ ได้แก่ เซลล์แสงอาทิตย์ โฟโตไดโอด โฟโตทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

3.7.3 ข้อพิจารณาในการใช้สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง

แสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงหลายแสงมีการสอดแทรกกัน และแสงเดินทางได้ด้วยความเร็วสูงมาก ในการใช้งานสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติต่างๆ หลายด้านเช่น

- ความเข้มของแสงที่จะตรวจรับ
- ความยาวคลื่นแสงที่จะถูกดูดกลืน
- ความเร็วการทำงานสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง
- เสถียรภาพและราคาของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง

ต่อไปจะอธิบายรายละเอียดเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่ควรพิจารณาในการใช้สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 สภาพตอบสนอง (Responsivity)

ถ้าให้ P_{in} คือความเข้มของแสง(หน่วย Radiant flux) ที่เข้าสู่สิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงและ V_s คือ แรงดันเอาต์พุตของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง นิยามของ “สภาพตอบสนอง” (Responsivity)

$$R = \frac{V_s}{P_{in}}$$

ถ้ามีการตัดแสงอินพุตด้วยขอบเปอร์ ด้วยความถี่เชิงมุม ω และค่าคงที่เวลาของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงคือ τ จะได้ค่า $R(\omega)$ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของความถี่ของการขอแสงว่า

$$R(\omega) = \frac{R}{(1+\omega^2\tau^2)^{1/2}}$$

ω โดยที่ R หรือ $R(\omega)$ มีหน่วยเป็น V/W

ถ้าเอาท์พุทที่วัดคือค่ากระแสไฟฟ้า หน่วยของสภาพการตอบสนองคือ A/W ค่าสภาพตอบสนองนี้เป็นการบ่งชี้ว่าถ้าแสงอินพุตมีกำลัง $1W$ สิ่งประดิษฐ์จะให้เอาท์พุทเท่าไรนั่นเอง

2. ประสิทธิภาพควอนตัม (Quantum Efficiency)

ได้แก่อัตราส่วนระหว่างจำนวนของโฟตอนที่ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าโฟโต้(Photocurrent) ต่อจำนวนของโฟตอนที่วิ่งเข้าสู่สิ่งประดิษฐ์รับแสง

3. ดีเทกทิวิตี หรือความสามารถในการตรวจรับ (Detectivity)

ดีเทกทิวิตีนิยมใช้สัญลักษณ์ D^* หมายถึงอัตราส่วนของสัญญาณเอาท์พุทต่อสัญญาณรบกวนในกรณี ที่กำลังของแสงอินพุตมีค่าเท่ากับ $1 W$ โดยทำการวัดแบบมีการเปิดและปิดแสงแบบ AC ค่า D^* จะไม่ขึ้นกับพื้นที่รับแสง แต่จะเป็นค่าเฉพาะตัวของวัสดุ เพราะฉะนั้นจึงสามารถใช้ D^* เปรียบเทียบคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงชนิดต่างๆด้วยกันได้ D^* ใช้สูตรว่า

$$D^* = (a \cdot \Delta f)^{1/2} \cdot R/I_n \quad (\text{cm.Hz}^{1/2}/w)$$

โดยที่ D^* : พื้นที่รับแสง (cm^2)
 Δf : แบนด์วิดท์ (band width) หรือความถี่ของการวัด (Hz)

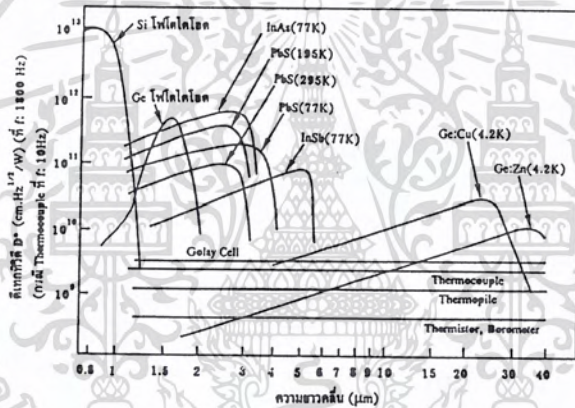
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

I_n : กระแสไฟฟ้ารบกวน (current noise) (A)
 (พารามิเตอร์ R_{In} ใช้เป็นแรงดันไฟฟ้าก็ได้)

โดยทั่วไป D^* จะเป็นฟังก์ชันของ

1. ความยาวคลื่นของแสง
2. ความถี่ของการชอปแสง
3. แบนด์วิดท์ของสัญญาณรบกวน

รูปที่ 3.36 แสดงตัวอย่างค่า D^* ของวัสดุต่างๆ ในรูปของฟังก์ชันของความยาวคลื่นของคลื่นแสง



รูปที่ 3.36 ตัวอย่างสเปกตรัมค่าดีเทคทีวิตีของวัสดุชนิดต่างๆ

4. กำลังเอาท์พุทเทียบสัญญาณรบกวน (Noise Equivalent Power : NEP)

ค่า NEP ได้แก่ค่าที่แสดงฟลักซ์ของแสง (Radiant flux : W) ต่ำสุดที่ทำให้ S/N เท่ากับ 1 ใช้เป็นเกณฑ์ชี้ว่าสิ่งประดิษฐ์จะสามารถวัดแสงที่มีความเข้มต่ำสุดได้เท่าใด เพราะถ้า S/N น้อยกว่า 1 ก็จะทำให้การวัดแสงยากลำบากมาก

$$NEP = a^{1/2} / D^*$$

โดยที่ a : พื้นที่รับแสง

D^* : ดีเทคทีวิตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงชนิดโฟโตไดโอดคณคทที่ฟในย่านการทำงานไม่เกินหลายkHz มักเป็นชนิด 1/f (1/f Noise) และในย่าน MHz ขึ้นไปมักเป็นสัญญาณรบกวนชนิดเทอร์มอล ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนไหวเชิงความร้อนของพาหะในสารกึ่งตัวนำ สัญญาณรบกวนที่เกิดในสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงชนิดโฟโตอิเล็กทริกแบบภายนอกมักเป็นสัญญาณรบกวนชนิดช็อต ซึ่งเกิดจากการไหลอย่างไม่ต่อเนื่องของกระแสไฟฟ้าโฟโต

5. ผลตอบสนองเชิงสเปกตรัม (Spectral Response)

โดยปกติสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงจะมีผลตอบสนองไม่เท่ากันถ้าความยาวคลื่นแสงเปลี่ยนแปลง เรียกว่าผลตอบสนองเชิงสเปกตรัม ใช้สัญลักษณ์ $R(\lambda)$ สามารถแสดงได้ด้วยอัตราส่วนของกระแสไฟฟ้าเอาท์พุทต่อกำลังของแสงอินพุต $P(\lambda)$ กล่าวคือ

$$R(\lambda) = \frac{I_{sc}(\lambda)}{P(\lambda)} \quad (A/W)$$

สูตรนี้แสดงค่าตอบสนองสเปกตรัมที่มีค่าแบบสัมบูรณ์ตามความจริง และถ้าเราทำการนอลมอลไลซ์สูตรนี้ด้วยค่าผลตอบสนองของแสงที่ความยาวคลื่นใดๆเราก็จะได้ค่าผลตอบสนองเชิงสเปกตรัมสัมพัทธ์

6. เวลาตอบสนอง (Response Time)

ในการใช้งานสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสงบางครั้งต้องการผลตอบสนองที่รวดเร็วมก อาจจะเร็วถึงระดับไมโครวินาที นาโนวินาที หรือพิโกวินาที สิ่งประดิษฐ์บางชนิดทำงานช้า บางชนิดทำงานเร็ว เพราะฉะนั้นผู้ใช้ต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ความเร็วตอบสนอง (Response Speed) ถูกกำหนดด้วยสาเหตุ 2 ข้อคือ

ค่าเวลาผ่อนคลาย (Relaxation time) เป็นค่าเฉพาะตัวที่ขึ้นกับวัสดุที่ใช้ผลิต การเปิดและปิดแสงทำให้เกิดคลัตเตอร์ ค่าเวลาผ่อนคลายนี้นับจากเวลาที่มีการเปิดหรือปิดแสงจนถึงเวลาที่คลัตเตอร์เข้าสู่สภาพคงที่

ค่าคงที่เวลาซีอาร์ (CR Time constant) ได้แก่ผลคูณของCและR โดยที่Cคือความจุไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสง และRคือความต้านทานของโหลด การวัดค่าคงที่ ซีอาร์ ทำโดยการตัดแสงที่เข้าสู่สิ่งประดิษฐ์ตรวจจับแสง และวัดระยะเวลาที่ทำให้เอาท์พุทลดลงเหลือเศษหนึ่งส่วนเอีกซ์โพแนนเชียลของค่าเริ่มต้นเมื่อตอนมีแสง ในกรณีเป็นสิ่งประดิษฐ์ชนิดเทอร์มออิเล็กทริก ค่าคงที่เวลาซีอาร์จะมีค่าเท่ากับC/g โดยที่Cคือความจุไฟฟ้าของสิ่งประดิษฐ์และgคือความนำความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีวัสดุชนิดโฟโด้คอนดัคเตอร์ (Photoconductor) นั้น จำนวนของศูนย์กลางแตร็ป (Trapping) และศูนย์กลางการรวมตัวของพาหะ (Recombination center)จะเป็นตัวกำหนดความเร็วตอบสนองที่สำคัญ

7. อัตราขยายและความเป็นเชิงเส้น (Linearity)

อัตราขยาย(Gain:G) ของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงคือ อัตราส่วนของจำนวนของพาหะที่เกิดจากแสงต่อจำนวนของโฟตอนที่ถูกลูกคลื่น นั่นคือ

$$G = \frac{I_{ph}}{qN_{ph}}$$

โดยที่ I_{ph} : กระแสไฟฟ้าโฟโด้เอ๊าท์พุต
 qN_{ph} : จำนวนของโฟตอนที่ถูกลูกคลื่นในสิ่งประดิษฐ์
 q : ประจุไฟฟ้าของอิเล็กตรอน

ถ้าสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงทำจากสารกึ่งตัวนำ(Photoconductor) ค่า G นี้อาจแสดงผลได้ด้วยอัตราส่วนของเวลาอายุพาหะ τ (life time) ต่อเวลาที่พาหะใช้ในการเดินทางจากขั้วด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง t (transit time) คือ

$$G = \frac{\tau}{t} = \frac{\tau \mu V}{l^2}$$

โดยที่ μ : ความคล่องตัวของพาหะ
 V : แรงดันไฟฟ้าที่ป้อนเข้าสู่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง
 l : ระยะห่างของขั้วไฟฟ้าทั้งสอง

คุณสมบัติความเป็นเชิงเส้น (Linearity) ของสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสง ได้แก่ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของแสงอินพุตและขนาดของสัญญาณเอาท์พุตว่าจะเป็นเชิงเส้นหรือไม่เพียงไร นับเป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญที่จะต้องพิจารณาด้วย โดยทั่วไปแล้ว 1. ในกรณีที่แสงอินพุตมีความเข้มต่ำ กระแสไฟฟ้ามีดีจะเป็นตัวกำหนดความเป็นเชิงเส้น และ 2. ถ้าแสงอินพุตมีความเข้มสูง ค่าความต้าน

ทานอนุกรมของสิ่งประดิษฐ์จะเป็นตัวกำหนดความเป็นเชิงเส้น ดังนั้นผู้ใช้จะต้องเลือกชนิดของสิ่งประดิษฐ์ให้ถูกต้องตรงสภาพของการทำงานและตรงวัตถุประสงค์ของการทำงาน

3.7.4 โฟโตทรานซิสเตอร์

โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) คือสิ่งประดิษฐ์ตรวจรับแสงที่มีโครงสร้างเป็นทั้งโฟโตไดโอด (Photodiode) และทรานซิสเตอร์ (Transistor) ในตัวเดียวกัน โดยทั่วไปมีโครงสร้างคล้ายทรานซิสเตอร์ดังกล่าวคือ มีรอยต่อของสารกึ่งตัวนำแบบรอยต่อ pnp หรือ npn หรืออาจออกแบบให้มีโครงสร้างคล้ายทรานซิสเตอร์ดาร์ลิ่งตันก็ได้ การใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์มีมานานกว่า 20 ปีแล้ว มักใช้สำหรับการตรวจวัดแสงว่ามีหรือไม่มี เนื่องจากขนาดสัญญาณเอาท์พุทของโฟโตทรานซิสเตอร์แปรเปลี่ยนกับความเข้มของแสงในลักษณะที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่คดง จึงไม่นิยมใช้เป็นตัววัดความเข้มแสง แต่นิยมใช้วัดว่ามีแสงอินพุตเข้ามาหรือไม่เท่านั้น เช่น เป็นอุปกรณ์รับสัญญาณแสงจาก LED ใช้เป็นอุปกรณ์รับแสงในโฟโตคัลปีเปอร์ (Thermocoupler) ใช้ตรวจเช็คการวิ่งตัดแสงของวัสดุ ใช้ในโฟโตอินเทอร์รัปเตอร์ (Photointerrupter) เป็นต้น

โฟโตทรานซิสเตอร์มีทั้งแบบหุ้มฉนวนด้วยอีพอกซีและแบบบรรจุกระป๋อง และแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานโฟโตทรานซิสเตอร์

ใน ค.ศ. 1951 Shockley และคณะ (1-2) เป็นผู้เสนอโครงสร้างของทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ ได้แก่ รอยต่อ pnp หรือ npn เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์

ใน ค.ศ. 1951 Shockley และคณะ เป็นผู้เสนอการใช้โครงสร้างของทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ ซึ่งได้แก่รอยต่อ pnp หรือ npn เป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ เขาสามารถอธิบายหลักการการทำงานของทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีกระแสเบสที่เกิดจากแสงอย่างถูกต้อง ต่อมาในค.ศ. 1953 Shive เป็นคนแรกที่สามารถประดิษฐ์โฟโตทรานซิสเตอร์ได้สำเร็จด้วยรอยต่อ npn ของวัสดุ Ge และมีอัตราขยายสัญญาณสูงถึง 100 เท่า

ต่อมาในค.ศ. 1966 Schuster ได้ประสบความสำเร็จในการประดิษฐ์ซิลิกอนโฟโตทรานซิสเตอร์ที่มีลักษณะเป็นโมโนลิทิกอาร์เรย์ (Monolithic arrays) โดยการอาศัยเทคโนโลยีของการผลิตวงจรรวม และต่อมาสิ่งประดิษฐ์ของ Schuster ได้เป็นพื้นฐานของสิ่งประดิษฐ์ชาร์จด์คัปเปิล (Charge-coupled devices) ซึ่งทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ถ่ายภาพวิดีโอจนถึงปัจจุบัน แนวความคิดในการเพิ่มประสิทธิภาพของการขยายสัญญาณในโฟโตทรานซิสเตอร์โดยการใช้ชั้นอิมิเตอร์ที่มีช่องว่างพลังงานกว้างกว่าชั้นเบสนั้นถูกเสนอเป็นครั้งแรกโดย Shockley ตั้งแต่ ค.ศ. 1951

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในค.ศ. 1973 คณะวิจัยของ Alferov ได้ทดลองสร้างโฟโตรีซิสเตอร์ด้วยรอยต่อเฮเทโรของ $Al_xGa_{1-x}As/GaAs$ ซึ่งตอบสนองต่อแสงได้ดีต่อแสงในช่วงความยาวคลื่น 0.8-0.9 μm ในปัจจุบันโฟโตรีซิสเตอร์เริ่มมีบทบาทมากขึ้นในระบบการสื่อสารด้วยแสง ในการศึกษาฟิสิกส์ของโฟโตรีซิสเตอร์อย่างละเอียดนั้น ต้องเริ่มจากการศึกษาและวิเคราะห์สมการขนส่งต่างๆ ของโฟโตรีซิสเตอร์

3.7.5 ลักษณะสมบัติของโฟโตรีซิสเตอร์

1. การทำงานที่ความถี่สูงๆ

แม้ว่าโฟโตรีซิสเตอร์จะให้กระแสเอาต์พุตค่ามากได้ แต่ความเร็วในการตอบสนองต่อเวลาของโฟโตรีซิสเตอร์จะช้ากว่าไดโอดกว่าถึง 10 เท่า ทั้งนี้เนื่องจากความจุไฟฟ้าที่รอยต่อระหว่างเบสและคอลเลคเตอร์ C_{BC} มีค่ามาก จึงทำให้ความจุไฟฟ้า C ของโฟโตรีซิสเตอร์มีค่ามากขึ้นเป็น

$$C = C_{BC} \cdot h_{FE}$$

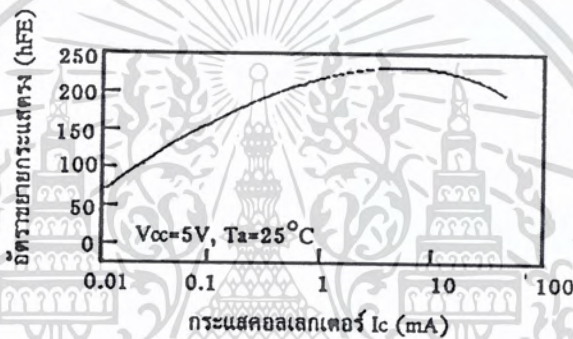
สมการนี้บอกให้ทราบว่าความจุไฟฟ้าของโฟโตรีซิสเตอร์เพิ่มขึ้นตามค่าของ h_{FE} ดังนั้นถ้าให้ความต้านทานของโหลดมีค่าเท่ากับ R_L จะได้ค่าคงที่เวลา τ (time constant) ของโฟโตรีซิสเตอร์ว่า

$$\tau = C_{BC} \cdot h_{FE} \cdot R_L$$

สมการค่า τ ทำให้เราทราบว่าความเร็วในการทำงานของโฟโตรีซิสเตอร์ช้าลง h_{FE} ดังนั้นถ้ายังอัตราขยายกระแสไฟฟ้ามี่ค่าสูงก็ยิ่งทำให้โฟโตรีซิสเตอร์ทำงานช้าลง รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างความถี่อคูเลชั่นของแสง และขนาดเอาต์พุตของโฟโตรีซิสเตอร์ โดยที่พารามิเตอร์ในรูปคือความต้านทานของโหลด จากรูปนี้ทำให้เราทราบเพิ่มอีกว่าถ้าโหลดมีความต้านทานมากจะทำให้ผลตอบสนองต่อแสงที่ความถี่สูงลดลงด้วย ดังนั้นในการออกแบบจึงควรใช้ R_L ที่มีค่าน้อยๆซึ่งจะทำให้ผลตอบสนองที่ความถี่สูงดีขึ้น

3. อัตราขยายกระแสของโฟโตรีซิสเตอร์

โฟโตรีซิสเตอร์ทำงานโดยผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยแสงในชั้นของโฟโตรีซิสเตอร์และทำการขยายสัญญาณเพิ่มอีก h_{FE} เท่าตัว ดังนั้นคุณสมบัติเอาต์พุตจึงเกี่ยวข้องกับค่า h_{FE} ด้วย รูปที่ 18.3.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง h_{FE} และ I_c และ h_{FE} มีค่าสูงสุดเมื่อ I_c มีค่าประมาณ 10 mA ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดจากคุณสมบัติพื้นฐานของทรานซิสเตอร์ กล่าวคือในช่วงที่ I_c มีค่าน้อยจะมีกระแสไฟฟ้านีออนบินชั้น ไหลที่ผิวของรอยต่อระหว่างชั้น B และชั้น E ทำให้ h_{FE} มีค่าน้อย และในช่วงที่ I_c มีค่ามากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นเจือปนชั้นเบส ทำให้ประสิทธิภาพของการฉีดประจุไฟฟ้าลดลง และทำให้ h_{FE} ลดลง



รูปที่ 3.39 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราขยายกระแสไฟฟ้าตรงและกระแสคอลเลกเตอร์ในโฟโตรีซิสเตอร์

บทที่ 4

การออกแบบและการสร้าง

ในการออกแบบและสร้างวงจร เครื่องตรวจจับรังสีเอ็กซ์เรย์ วัตถุประสงค์ของ Line Array Detector เพื่อตรวจจับรังสีเอ็กซ์เรย์ที่ผ่านเนื้อเยื่อในบริเวณที่เอ็กซ์เรย์ ซึ่งเนื้อเยื่อจะดูดกลืนรังสีเอาไว้ ดังนั้นปริมาณรังสีที่ตกกระทบบนโฟโตดีเทคเตอร์จะมีปริมาณความเข้มของรังสีต่างกัน ค่าโวลต์เตจที่ได้มีค่าต่างกัน ซึ่งจะนำความต่างนี้ มาแสดงออกเป็นภาพทางจอคอมพิวเตอร์ จะเห็นได้จากรูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงการ

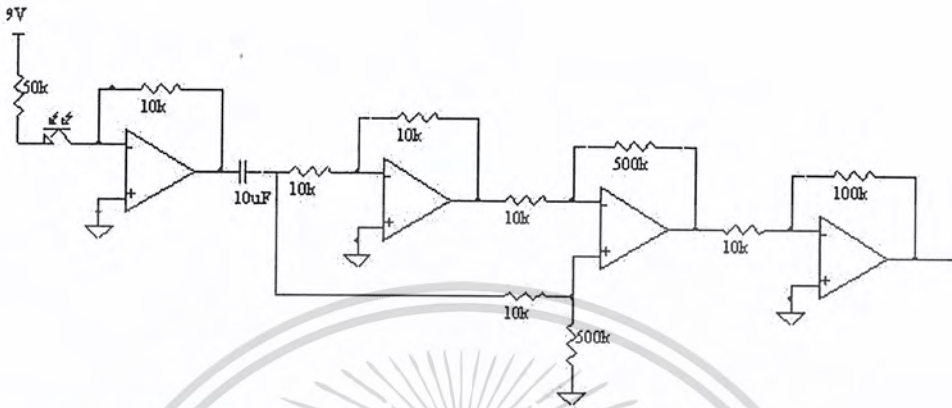
4.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของวงจร



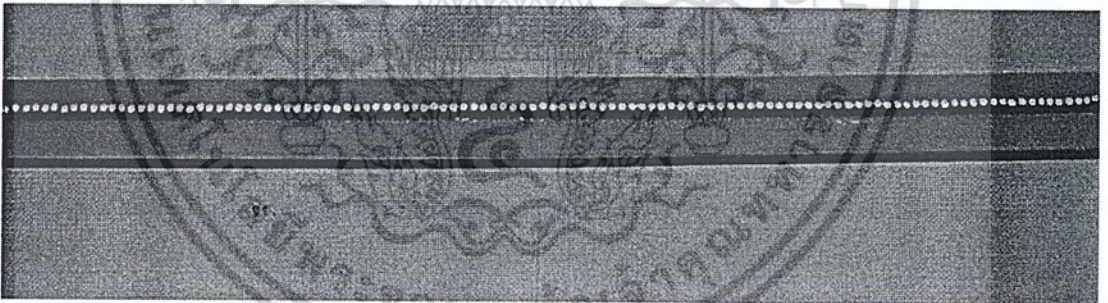
รูปที่ 4.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของโครงการ

4.1.1 ภาคดีเทคเตอร์(Detector)

ภาคดีเทคเตอร์ ในภาคนี้จะประกอบด้วยส่วนรับแสง (phototransistor) และภาคขยาย (Amplifier) ซึ่งส่วนรับแสงจะใช้โฟโตทรานซิสเตอร์ซึ่งมีสารเรืองแสงฉาบอยู่ ทำหน้าที่รับแสงมาแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยที่ตัวทรานซิสเตอร์ส่งต่อไปที่ภาคขยายซึ่งจะทำการขยาย กรองสัญญาณรบกวนและปรับอเฟเซตของสัญญาณ



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรภาคตัดเดี่ยว 1 ภาคจากทั้งหมด 64 ภาค

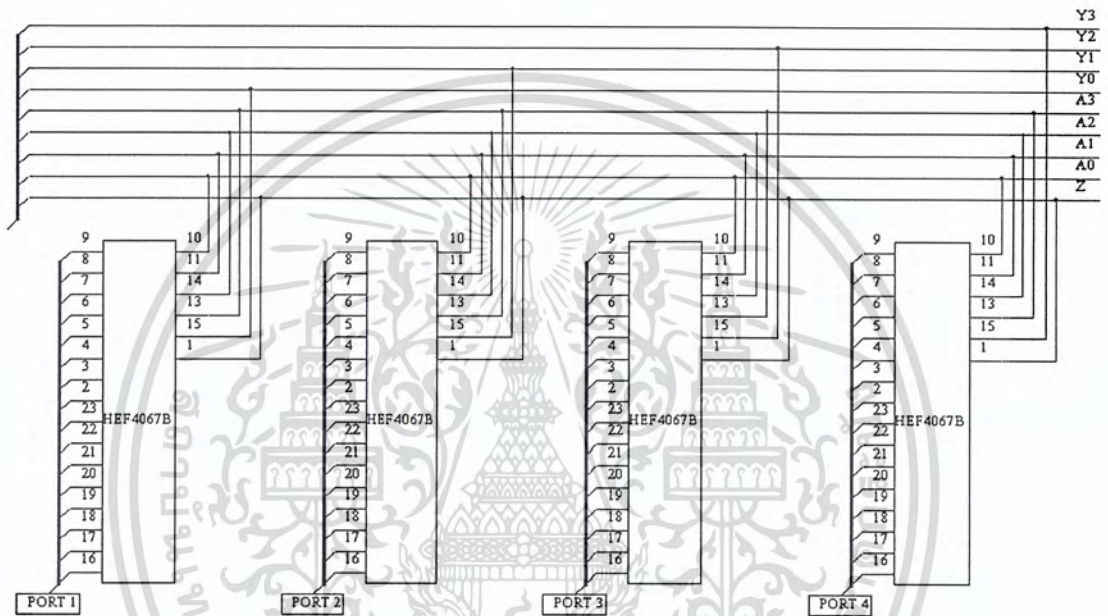


รูปที่ 4.3 โฟโต้ทรานซิสเตอร์ต่อ Line Array หลังฉาบสารเรืองแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

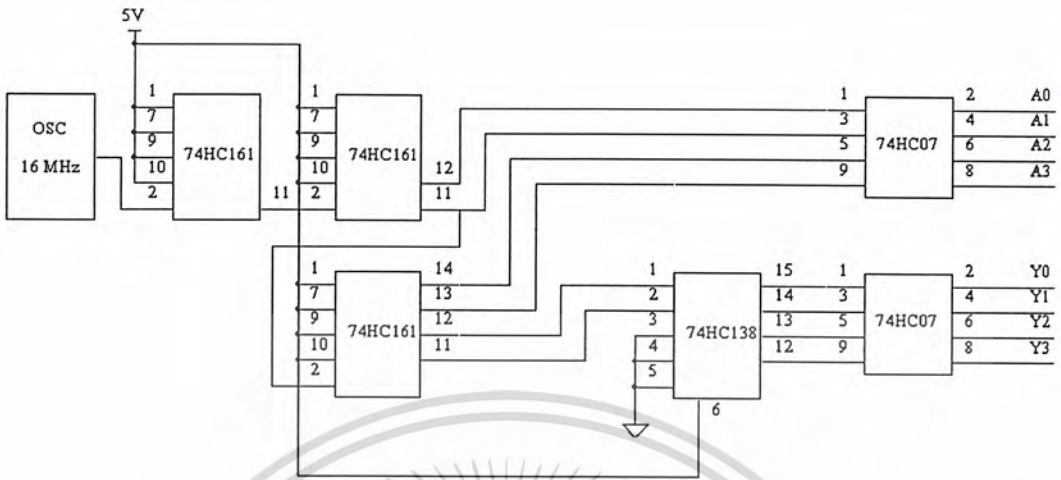
4.1.2 ภาคมัลติเพล็กซ์เซอร์ (Multiplexer)

ภาคมัลติเพล็กซ์เซอร์จะทำหน้าที่ในการสวิตช์เก็บค่าสัญญาณที่ส่งมาจากภาคดีเทคเตอร์ โดยใช้หลักการเดียวกับการแซมปลิงสัญญาณ (Sampling) ซึ่งความละเอียดของค่าที่เก็บได้ จะขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้ควบคุมมัลติเพล็กซ์ วงจรมัลติเพล็กซ์แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงวงจรมัลติเพล็กซ์

จากรูปวงจร มัลติเพล็กซ์เซอร์ชุดนี้ใช้สัญญาณนาฬิกา (clock) ในการควบคุมความเร็วของการแซมปลิง ด้วยค่าความถี่ 128 kHz ซึ่งถ้าสัญญาณเข้ามาพร้อมกันทั้ง 64 ช่องแล้ว แต่ละช่องจะถูกแซมปลิงด้วยความถี่ 4 kHz จากสัญญาณที่เข้ามาแต่ละช่องจะมีค่าความถี่ประมาณ 100 Hz อัตราส่วนของการแซมปลิงสัญญาณนั้นเป็นค่าที่เพียงพอในการเก็บรายละเอียด วงจรสัญญาณนาฬิกา (clock) ที่ใช้ในการควบคุมมัลติเพล็กซ์แสดงในรูปที่ 4.5

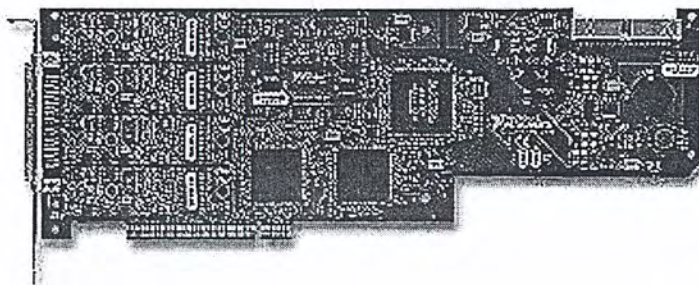


รูปที่ 4.5 แสดงวงจรสัญญาณนาฬิกา (Clock)

สัญญาณที่ได้จากการมัลติเพล็กซ์ในภาคนี้จะถูกส่งไปเก็บและประมวลผลเป็นภาพในการ์ด DAQ ต่อไป

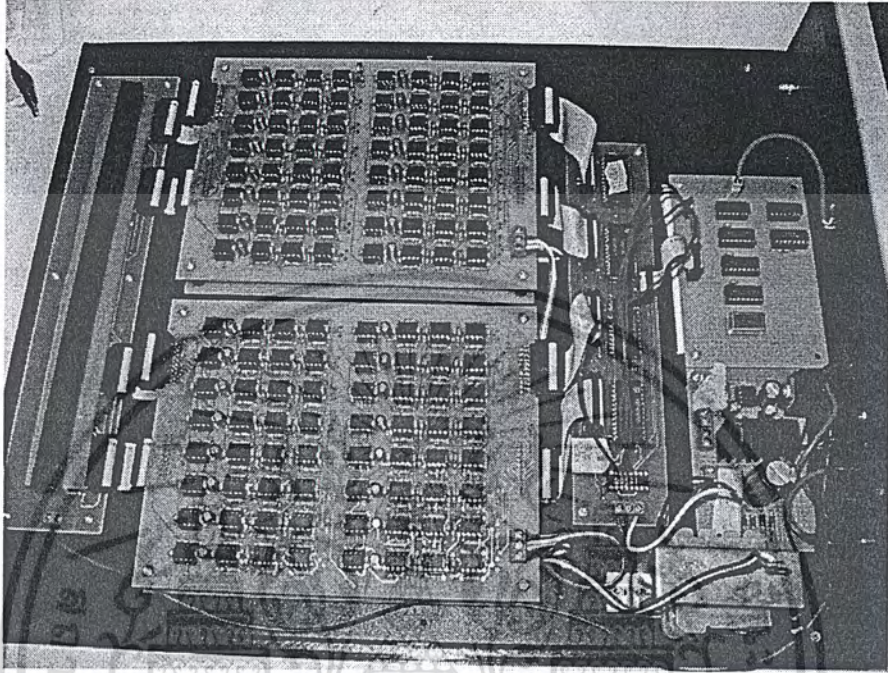
4.1.3 ภาคประมวลผลจากการ์ด DAQ

ภาคประมวลผลนี้ทำหน้าที่เก็บค่ารายละเอียดของสัญญาณที่มาจากภาคมัลติเพล็กซ์เซอร์แล้วทำการประมวลผลสัญญาณแสดงทางจอมอนิเตอร์ ซึ่งส่วนเก็บค่านี้ใช้การ์ด DAQ ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรม Lab View ในการประมวลผล โดยการ์ดทำการแซมปลิงสัญญาณที่เข้ามานำไปเก็บค่าในไฟล์และเขียนโปรแกรม Math Lab ในการแสดงออกทางรูปภาพโดยเขียนโปรแกรมจะแสดงค่าสัญญาณค่าที่สูงสุดในแต่ละช่องสัญญาณที่รับเข้ามาที่ถูกเก็บค่าใน Lab View



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 4.6 การ์ดควบคุมการทำงานของ Multiplexer ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 วงจรการทำงานจริงของ X-Ray Detector



รูปที่ 4.7 แสดงวงจร X-Ray Detector จากวงจรทำงานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

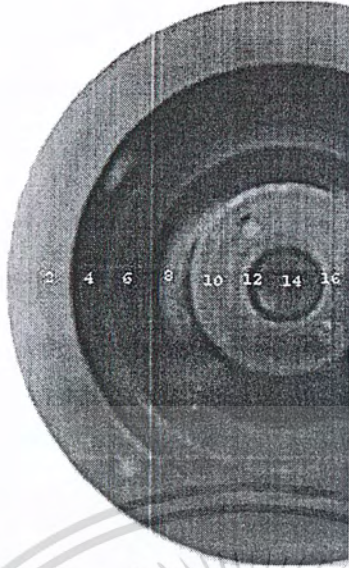
ผลการทดลอง

5.1 ผลการทดลองขณะฉายรังสีเอ็กซ์เรย์ตามจุดต่างๆ

ในการทดลองได้ทำการฉายรังสีเอ็กซ์เรย์ตกกระทบส่วนต่างๆของดีเทคเตอร์ จะเห็นว่าระดับสัญญาณจะเปลี่ยนแปลงตามความหนาของวัตถุที่วางไว้คือ ถ้าวัตถุมีความหนามาก แสงเอ็กซ์เรย์จะผ่านได้น้อย ค่าแรงดันที่ได้จะมีค่าต่ำ ส่วนวัตถุที่มีความหนาน้อย แสงเอ็กซ์เรย์จะผ่านได้มากค่าแรงดันที่ได้จะมีค่าสูง ในการทดลองเราได้ทดลองฉายรังสีเอ็กซ์เรย์กับโพโต้ทรานซิสเตอร์จำนวน 16 ตัวรับแสงเอ็กซ์เรย์ โดยบันทึกค่าที่ละตัวตามจุดต่างๆดังรูปที่ 5.2แล้วนำมาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องที่รับสัญญาณและค่าแรงดันในแต่ละช่อง



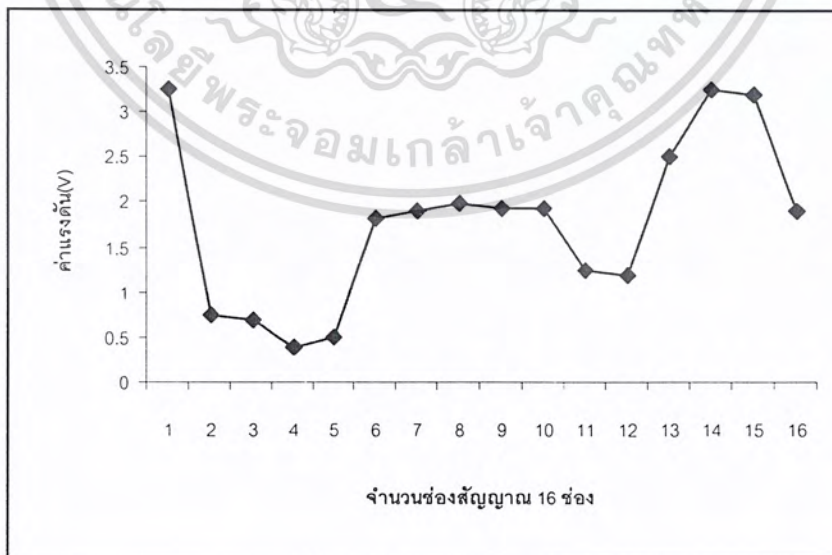
รูปที่ 5.1 (ก) แสดงรูปร่างเต็มของวัตถุที่นำมาฉายรังสีเอ็กซ์เรย์จากด้านข้าง
(ข) แสดงรูปร่างเต็มของวัตถุที่นำมาฉายรังสีเอ็กซ์เรย์จากด้านบน



รูปที่ 5.2 แสดงบริเวณของโฟโตรีซิสเตอร์ที่ได้รับแสงรังสีเอ็กซ์เรย์จำนวน 16 ตัว

ตารางที่ 2 แสดงค่าที่บันทึกได้จากการทดลองที่ละบิตจำนวน 16 บิต

ช่องสัญญาณ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
ค่าแรงดัน(V)	3.25	0.75	0.69	0.38	0.5	1.82	1.91	1.98	1.94	1.94	1.25	1.19	2.5	3.25	3.2	1.9



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าจากการทดลองวัตถุที่มีค่าความหนาต่างกันจำนวน 16 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

6.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการดำเนินการสร้างและออกแบบ โครงงานวงจรตรวจจับความเข้มรังสีเอกซ์(X-Ray Detectot)พบว่าผลการทดลองที่ได้มีสัญญาณรบกวนมากมีสาเหตุเนื่องมาจาก โฟโอดีทรานซิสเตอร์ กับสารเรืองแสงที่ฉาบอยู่มีการใช้งานที่ไม่สัมพันธ์กันทำให้สัญญาณที่ได้จากการทดลองไม่เรียบ สม่่าเสมอเป็นกราฟที่สมบูรณ์ การแก้ไขโดยเลือกโฟโอดีทรานซิสเตอร์ที่มีความไวต่อแสงจากสารเรืองแสงสูงและมีสัญญาณรบกวนต่ำและอยู่ในย่านความถี่ที่เหมาะสมกับย่านใช้งานของสารเรืองแสงเพราะเมื่อฉายรังสีเอกซ์เรย์ สารเรืองแสงจะเปลี่ยนรังสีเอกซ์เรย์เป็นแสงกระทบกับโฟโอดีทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน และในการผสมสารเรืองแสงควรใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมกับย่านการทำงานที่โฟโอดีทรานซิสเตอร์ใช้งานเพื่อที่จะได้ประสิทธิภาพในการใช้งานที่สมบูรณ์ นอกจากนี้แล้วปัญหาอีกประการหนึ่งของโครงงานคือ สัญญาณนาฬิกา (clock) ที่ใช้ในการควบคุมมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) มีค่าไม่คงที่เนื่องจากออสซิลเลเตอร์ทำให้สัญญาณนาฬิกาที่ผลิตออกมามีการแกว่งอยู่ที่ความถี่ 124.9 kHz-125 kHz ซึ่งมีความต่างกันประมาณ 100 Hz เป็นผลให้การทำงานของมัลติเพล็กซ์คลาดเคลื่อน ทำให้การมัลติเพล็กซ์ค่าเลื่อนไปบางจังหวะอาจทำให้การมัลติเพล็กซ์ซ้ำซ้อนซ้อนกัน ซึ่งปัญหานี้แก้ไขโดยการแซมปลิง (Sampling) ในการเก็บค่าของการ์ด DAQ ให้มีค่าสูงกว่าการ มัลติเพล็กซ์เข้ามาประมาณ 4 เท่า คือ 1 MHz แล้วทำการเขียนโปรแกรมขึ้นมาตรวจสอบความผิดพลาดดังกล่าวก่อนที่จะทำการแสดงผล ส่วนปัญหาของสัญญาณรบกวน นอกจากสัญญาณที่ติดมาจากโฟโอดีทรานซิสเตอร์เมื่อผ่านวงจรขยาย จะทำให้สัญญาณรบกวนมีขนาดขยายโตขึ้นด้วยแล้ว สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นยังเกิดเนื่องจากการกระเพื่อมของสัญญาณนาฬิกาและการสวิทช์ของมัลติเพล็กซ์ แก้ปัญหาโดยการต่อชุด Low pass filter และต่อกราวด์ของสัญญาณและกราวด์ของไฟเลี้ยงแยกออกจากกันซึ่งจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

บรรณานุกรม

ปรีชา เดิมจิตอารีย์, “เอ็กซ์เรย์เทคโนโลยี” โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย
จำกัด 79 ถนนงามวงศ์วาน บางเขน กรุงเทพฯ ,พิมพ์ครั้งที่ 4 ,พ.ศ. 2533

ชัยวิทย์ ศิวาวัชานาไณย, “ฟิสิกส์ของรังสีเอ็กซ์” สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ 860-862 ว่างบูรพา
กรุงเทพฯ , พิมพ์ครั้งที่ 1 ,พ.ศ.2528

มานัส มงคลสุข, “พื้นฐานทางฟิสิกส์ของ CT และ MRI” ไพศาลศิลป์การพิมพ์ กรุงเทพฯ, 2532

ดุสิต เครื่องงาม, “สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์” สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
กรุงเทพฯ ,พิมพ์ครั้งที่ 1,พ.ศ.2542

Mahesh Chugani , Abhay R.Samant , and Michel Cerna. “ LabVIEW Signal Processing ”, 1998

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมประมวลผลเป็นภาพ

```
% clear
% load test2;
nok1 = xxxxx;
L = length(nok1);
numsample = 4;
threshold = 4.5;

countnumsample = 1;
ch = 0;
count = 1;
for i=1:(L-numsample),
    if ch > 0
        if countnumsample < numsample,
            countnumsample = countnumsample + 1;
        else
            countnumsample = 1;
            ch = ch + 1;
        end;
    end;
    if ch > 0
        if countnumsample == 2,
            data(ch,count) = nok1(i);
        end;
    end;
    if ch >= 64
        ch = -1;
        count = count + 1;
        countnumsample = 1;
    end;
    if (nok1(i) >= threshold ),
        if(nok1(i+1)>= threshold ),
            if(nok1(i+2)>= threshold ),
                if(nok1(i+3)>= threshold ),
                    if (i+(64*numsample)) < L,
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

16-channel analogue multiplexer/demultiplexer

HEF4067B MSI

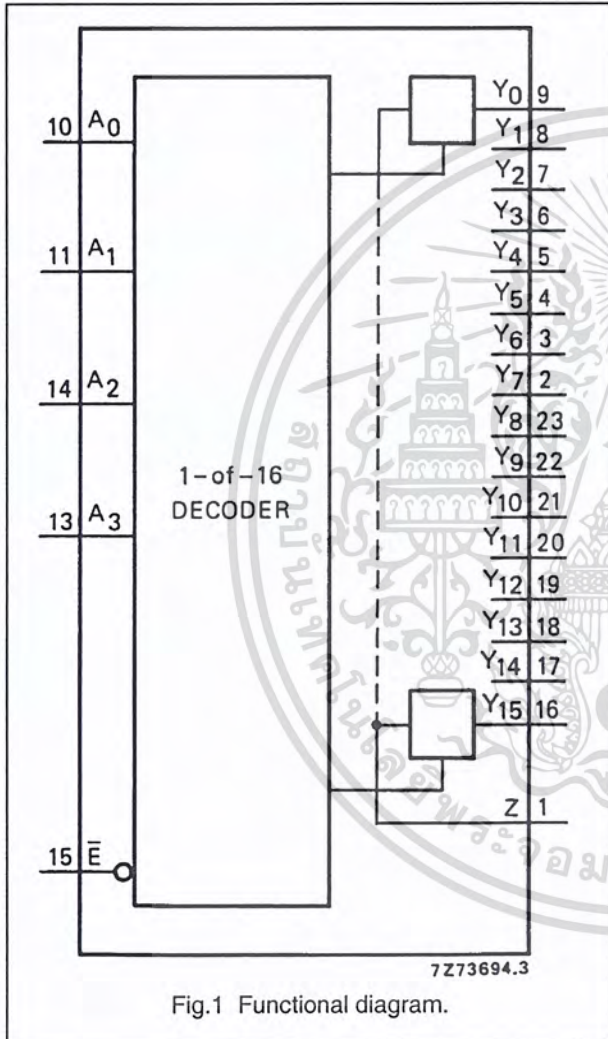
DESCRIPTION

The HEF4067B is a 16-channel analogue multiplexer/demultiplexer with four address inputs (A_0 to A_3), an active LOW enable input (\bar{E}), sixteen independent inputs/outputs (Y_0 to Y_{15}) and a common input/output (Z).

The device contains sixteen bidirectional analogue switches, each with one side connected to an independent input/output (Y_0 to Y_{15}) and the other side connected to the common input/output (Z).

With \bar{E} LOW, one of the sixteen switches is selected (low impedance ON-state) by A_0 to A_3 . All unselected switches are in the high impedance OFF-state. With \bar{E} HIGH all switches are in the high impedance OFF-state, independent of A_0 to A_3 .

The analogue inputs/outputs (Y_0 to Y_{15} and Z) can swing between V_{DD} as a positive limit and V_{SS} as a negative limit. V_{DD} to V_{SS} may not exceed 15 V.



FAMILY DATA, I_{DD} LIMITS category MSI

See Family Specifications

HEF4067BP(N): 24-lead DIL; plastic (SOT101-1)

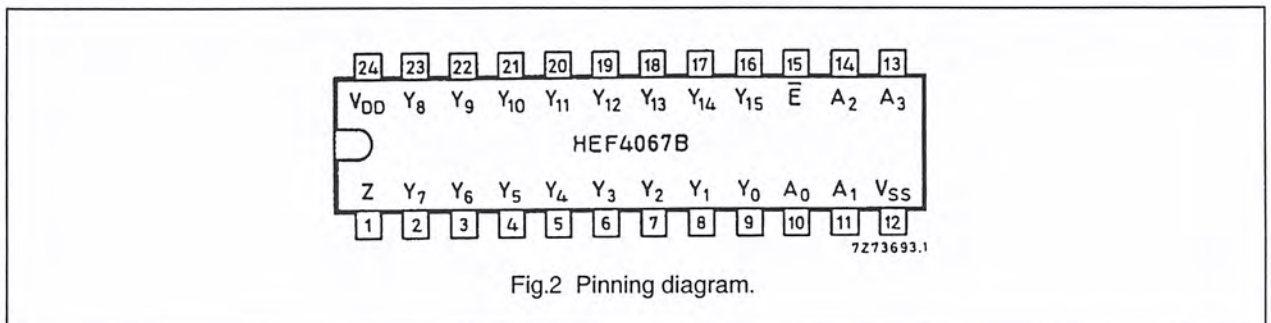
HEF4067BD(F): 24-lead DIL; ceramic (cerdip) (SOT94)

HEF4067BT(D): 24-lead SO; plastic (SOT137-1)

(): Package Designator North America

PINNING

- Y_0 to Y_{15} independent inputs/outputs
- A_0 to A_3 address inputs
- \bar{E} enable input (active LOW)
- Z common input/output



16-channel analogue
multiplexer/demultiplexer

HEF4067B
MSI

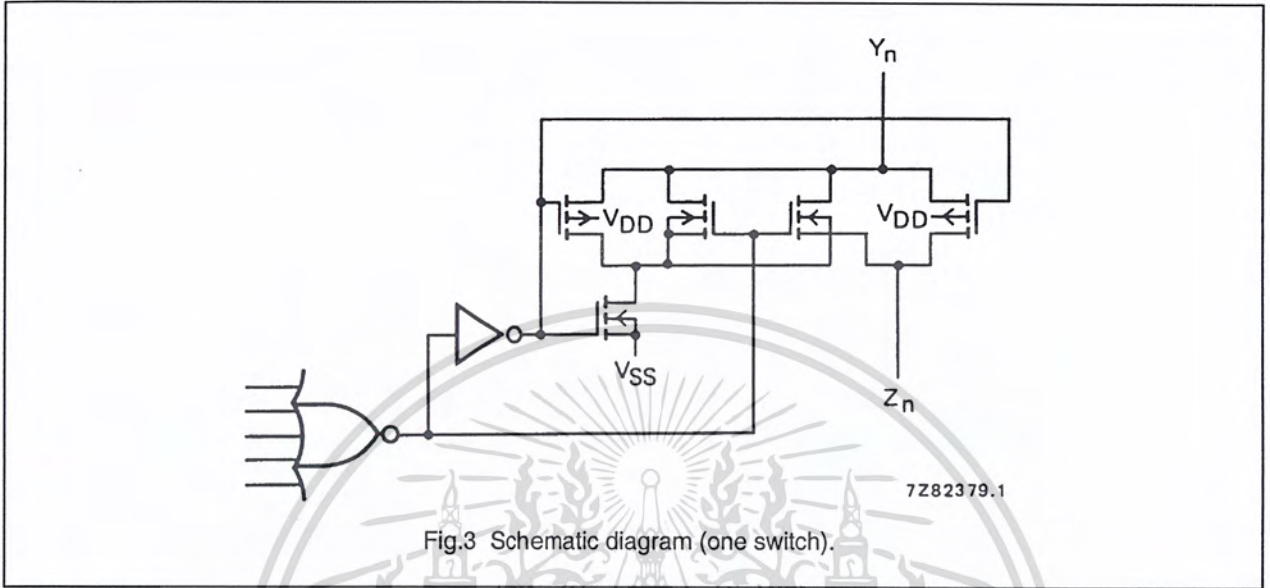


Fig.3 Schematic diagram (one switch).

FUNCTION TABLE

INPUTS					CHANNEL
\bar{E}	A_3	A_2	A_1	A_0	ON
L	L	L	L	L	$Y_0 - Z$
L	L	L	L	H	$Y_1 - Z$
L	L	L	H	L	$Y_2 - Z$
L	L	L	H	H	$Y_3 - Z$
L	L	H	L	L	$Y_4 - Z$
L	L	H	L	H	$Y_5 - Z$
L	L	H	H	L	$Y_6 - Z$
L	L	H	H	H	$Y_7 - Z$
L	H	L	L	L	$Y_8 - Z$
L	H	L	L	H	$Y_9 - Z$
L	H	L	H	L	$Y_{10} - Z$
L	H	L	H	H	$Y_{11} - Z$
L	H	H	L	L	$Y_{12} - Z$
L	H	H	L	H	$Y_{13} - Z$
L	H	H	H	L	$Y_{14} - Z$
L	H	H	H	H	$Y_{15} - Z$
H	X	X	X	X	none

Note

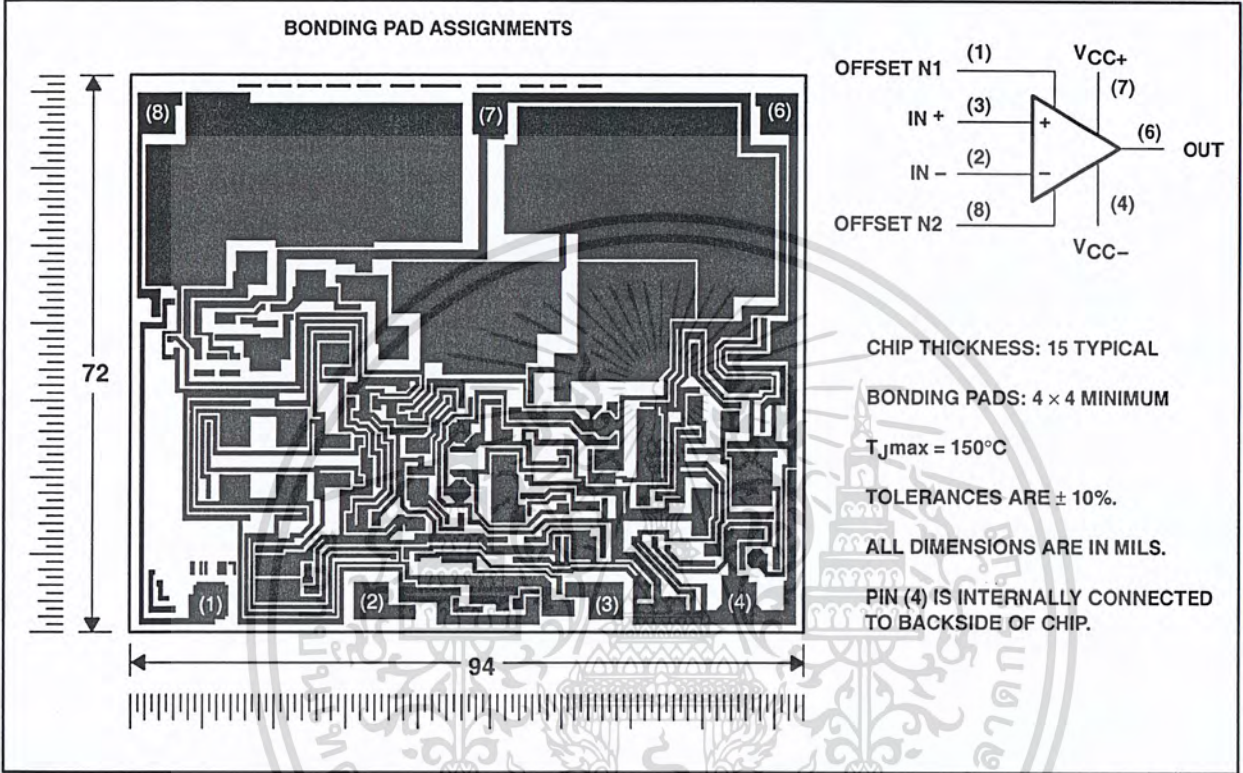
- H = HIGH state (the more positive voltage)
L = LOW state (the less positive voltage)
X = state is immaterial

OP07C, OP07D, OP07Y PRECISION OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS099B – OCTOBER 1983 – REVISED AUGUST 1996

OP07Y chip information

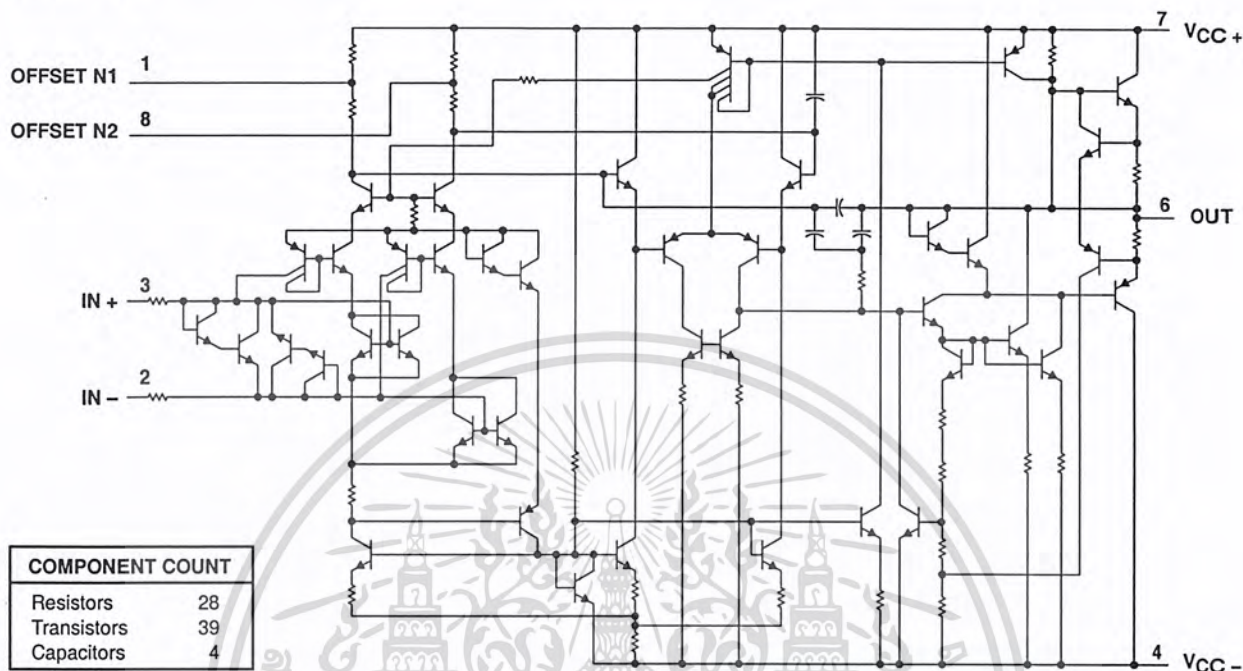
These chips, properly assembled, display characteristics similar to the OP07. Thermal compression or ultrasonic bonding may be used on the doped-aluminum bonding pads. Chips may be mounted with conductive epoxy or a gold-silicon preform.



OP07C, OP07D, OP07Y PRECISION OPERATIONAL AMPLIFIERS

SLOS099B – OCTOBER 1983 – REVISED AUGUST 1996

schematic



absolute maximum ratings over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Supply voltage, V_{CC+} (see Note 1)	22 V
Supply voltage, V_{CC-}	-22 V
Differential input voltage (see Note 2)	± 30 V
Input voltage, V_I (either input, see Note 3)	± 22 V
Duration of output short circuit (see Note 4)	unlimited
Continuous total dissipation at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 5)	500 mW
Operating free-air temperature range, T_A	0°C to 70°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

- NOTES:
- All voltage values, unless otherwise noted, are with respect to the midpoint between V_{CC+} and V_{CC-} .
 - Differential voltages are at $IN+$ with respect to $IN-$.
 - The magnitude of the input voltage must never exceed the magnitude of the supply voltage or 15 V, whichever is less.
 - The output may be shorted to ground or either power supply.
 - For operation above 64°C free-air temperature, derate the D package to 464 mW at 70°C at the rate of 5.8 mW/°C.

recommended operating conditions

	MIN	MAX	UNIT
Supply voltage, $V_{CC\pm}$	± 3	± 18	V
Common-mode input voltage, V_{IC}	$V_{CC\pm} \pm 15$ V		V
Operating free-air temperature, T_A	0	70	°C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เฉพาะภายใน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74AHC138;
74AHCT138

FEATURES

- ESD protection:
HBM EIA/JESD22-A114-A
exceeds 2000 V
MM EIA/JESD22-A115-A
exceeds 200 V
CDM EIA/JESD22-C101
exceeds 1000 V
- Balanced propagation delays
- All inputs have Schmitt-trigger actions
- Multiple input enable for easy expansion
- Ideal for memory chip select decoding
- Inputs accept voltages higher than V_{CC}
- For AHC only:
operates with CMOS input levels
- For AHCT only:
operates with TTL input levels
- Specified from
-40 to +85 and +125 °C.

DESCRIPTION

The 74AHC/AHCT138 are high-speed Si-gate CMOS devices and are pin compatible with low power Schottky TTL (LSTTL). They are specified in compliance with JEDEC standard No. 7A.

The 74AHC/AHCT138 decoders accept three binary weighted address inputs (A_0 , A_1 and A_2) and when enabled, provide 8 mutually exclusive active LOW outputs (\bar{Y}_0 to \bar{Y}_7).

The '138' features three enable inputs: two active LOW (\bar{E}_1 and \bar{E}_2) and one active HIGH (E_3). Every output will be HIGH unless \bar{E}_1 and \bar{E}_2 are LOW and E_3 is HIGH.

This multiple enable function allows easy parallel expansion of the '138' to a 1-of-32 (5 to 32 lines) decoder with just four '138' ICs and one inverter.

The '138' can be used as an eight output demultiplexer by using one of the active LOW enable inputs as the data input and the remaining enable inputs as strobes. Unused enable inputs must be permanently tied to their appropriate active HIGH or LOW state.

The '138' is identical to the '238' but has inverting outputs.

QUICK REFERENCE DATA

$GND = 0 V$; $T_{amb} = 25\text{ °C}$; $t_r = t_f \leq 3.0\text{ ns}$.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	TYPICAL		UNIT
			AHC	AHCT	
t_{PHL}/t_{PLH}	propagation delay A_n to \bar{Y}_n	$C_L = 15\text{ pF}$; $V_{CC} = 5\text{ V}$	4.4	4.4	ns
	propagation delay E_3 to \bar{Y}_n ; \bar{E}_n to \bar{Y}_n	$C_L = 15\text{ pF}$; $V_{CC} = 5\text{ V}$	4.2	4.3	ns
C_I	input capacitance	$V_I = V_{CC}$ or GND	3.0	3.0	pF
C_O	output capacitance		4.0	4.0	pF
C_{PD}	power dissipation capacitance	$C_L = 50\text{ pF}$; $f = 1\text{ MHz}$; notes 1 and 2	18	23	pF

Notes

1. C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW).

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i + \sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o) \text{ where:}$$

f_i = input frequency in MHz;

f_o = output frequency in MHz;

$\sum (C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$ = sum of outputs;

C_L = output load capacitance in pF;

V_{CC} = supply voltage in Volts.

2. The condition is $V_I = GND$ to V_{CC} .

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74AHC138;
74AHCT138

FUNCTION TABLE

See note 1.

INPUT						OUTPUT							
\bar{E}_1	\bar{E}_2	E_3	A_0	A_1	A_2	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3	\bar{Y}_4	\bar{Y}_5	\bar{Y}_6	\bar{Y}_7
H	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
X	X	L	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

Note

- H = HIGH voltage level;
L = LOW voltage level;
X = don't care.

ORDERING INFORMATION

OUTSIDE NORTH AMERICA	NORTH AMERICA	PACKAGES			
		PINS	PACKAGE	MATERIAL	CODE
74AHC138D	74AHC138D	16	SO	plastic	SOT109-1
74AHC138PW	74AHC138PW DH	16	TSSOP	plastic	SOT403-1
74AHCT138D	74AHCT138D	16	SO	plastic	SOT109-1
74AHCT138PW	74AHCT138PW DH	16	TSSOP	plastic	SOT403-1

PINNING

PIN	SYMBOL	DESCRIPTION
1, 2 and 3	A_0, A_1 and A_2	address inputs
4 and 5	\bar{E}_1 and \bar{E}_2	enable inputs (active LOW)
6	E_3	enable input (active HIGH)
7, 9, 10 11, 12, 13, 14 and 15	\bar{Y}_7 to \bar{Y}_0	outputs (active LOW)
8	GND	ground (0 V)
16	V_{CC}	DC supply voltage

3-to-8 line decoder/demultiplexer; inverting

74AHC138;
74AHCT138

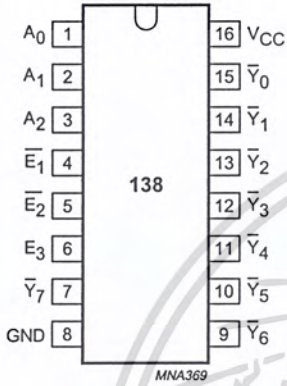


Fig.1 Pin configuration.

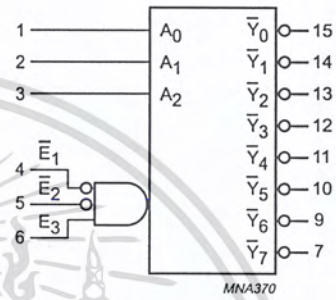


Fig.2 Logic symbol.

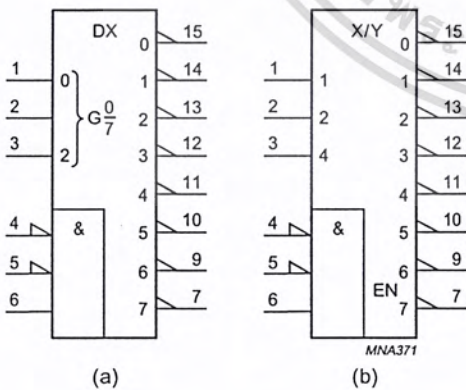


Fig.3 IEC logic symbol.

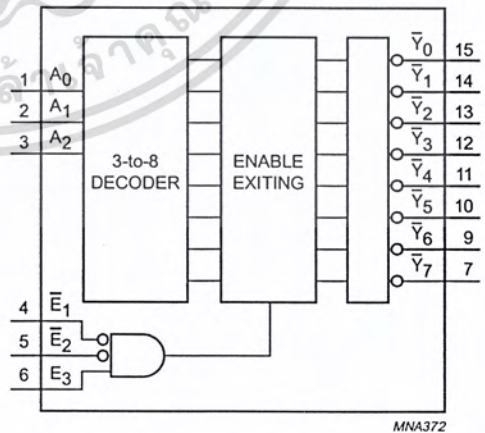


Fig.4 Functional diagram.