

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่น
ของแผ่นฟิล์มเบตจสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ปริญญานิพนธ์
ของ
อดิสรณ์ ชโนศวรรย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2547
ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

๕๖๒.๗๗

๑ ๑๖๑ ก

๕.๓

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่น
ของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

บทคัดย่อ

ของ

อดิสรณ์ ชโนศวรรย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม ๒๕๔๗

อดิสรณ์ ชโนศวรรย์. (2547). การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับ
วัดรังสีประจำตัวบุคคล. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร,
อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ นายประพัฒน์ ลามเจริญกิจ.

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อออกแบบสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องวัดความ
หนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้น ประกอบด้วย
ชุดกำเนิดแสง ชุดรับแสง หน่วยประมวลผลกลาง และชุดแสดงผล สามารถวัดและแสดงค่าความดำของฟิล์ม
(OD) ได้ตั้งแต่ 0-4 OD และสามารถประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยทำการเก็บค่าความดำของฟิล์ม
(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film)ที่รู้ค่าปริมาณรังสี จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบ
ระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อนำฟิล์มแบดจ์
ตัวอย่างที่ต้องการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) มาวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วเครื่องสามารถ
คำนวณและประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

เกณฑ์ที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพ โดยการทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า โดยมีความ
ผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$ ทดสอบประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาตรวจประเมิน
จำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ และการหา
สมรรถนะ โดยผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน จำนวน 5 ท่าน ทำการตอบแบบประเมินสมรรถนะ 3 ด้าน คือ ด้าน
ลักษณะการออกแบบ ด้านลักษณะการใช้งาน และด้านการบำรุงรักษา

ผลการทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า พบว่าประสิทธิภาพในการวัดค่าความดำ(OD)ของ
แผ่นฟิล์มแบดจ์ ที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จำนวน 7 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 14,15,16,17,18,19 และ 20
และที่ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 13 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 และ 13 ส่วนการ
ทดสอบประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ ที่ส่งมาตรวจประเมินจำนวน 20 ตัวอย่าง
เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ พบว่า
การประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ตัวอย่างที่ส่งมาประเมินโดยเครื่องที่สร้างขึ้น มี
ความผิดพลาดน้อยที่สุด คือตัวอย่างที่ 15 มีความผิดพลาด 1.59% และ มีความผิดพลาดมากที่สุด คือตัว
อย่างที่ 8 มีความผิดพลาด 41.38% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือ-
แพทย์ และการหาสมรรถนะ โดยผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน จำนวน 5 ท่าน ทำการตอบแบบประเมิน
สมรรถนะ 3 ด้าน คือ ด้านลักษณะการออกแบบ ด้านลักษณะการใช้งาน และด้านการบำรุงรักษา พบว่า ด้าน
ลักษณะการออกแบบผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.92 , ด้านลักษณะการใช้งานผ่านเกณฑ์
การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.56 และด้านการบำรุงรักษาผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย
3.60

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A FILM BADGE DENSITOMETER
FOR PERSONAL DOSE MONITERING

AN ABSTRACT
BY
ADISORN CHANAISAWAN

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Industrial Education
at Srinakharinwirot University
May 2004

Adisorn Chanaisawan. (2004). *Design and construction of a film badge densitometer for personal dose monitoring*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vongyuttakrai, Viroj Angsusopol and Praphat Lapcharoenkit.

The objective of this research were to design and construction of film badge densitometer for personal dose monitoring and also evaluate it's efficiency. A film badge densitometer for personal dose monitoring that was design in to four parts. First is the Light Source Unit. Second is the Photo Detector Unit. Third is the Central Processor Unit (CPU) and Fourth is the Display Unit. The film badge densitometer for personal dose monitoring that was design is able to measurement and display Optical Density(OD) at 0-4 OD and able to evaluate the Dose Limit(DL) by collecting the Optical Density(OD) from a calibration film as know dose 8 Optical Density and able to make a graph between Optical Density(OD) and Dose Limit and keep it in a memory and then take a film badge to measurement Optical Density(OD). The firm badge densitometer for personal dose monitoring and can calculate and display Dose Limit(DL) automatically.

The efficiency of film badge densitometer for personal dose monitoring can evaluated in to two 2 parts. First is to test Optical Density(OD) with a standard film that have 20 identification level and allow to have error $\pm 2\%$. Second evaluate the 20 samples Dose Limit(DL) and compare with evaluated Dose Limit(DL) from A Division of Radiation and Medical Devices Department of Medical Sciences. This capabilities criterions of film badge densitometer for personal dose monitoring will be evaluate in three areas were design , performance and maintenance. These capabilities had evaluated by 5 experts.

The result of this research were:

1. The condition of Optical Density(OD) with a standard film 20 level passed standard has 7 BASE 14,15,16,17,18,19 and 20 and has an error 13 BASE 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 and 13.
2. The comparison of Dose Limit(DL) with 20 samples compare with evaluation of Dose Limit(DL) from A Division of Radiation and Medical Devices Department of Medical Sciences least error is Ex.15 has an error 1.59% and most error is Ex.8 has an error 41.38%.
3. The capabilities criterions of film badge densitometer for personal dose monitoring were:

3.1 Design as a good level has average of 3.92.

3.2 Performance as a good level has average of 3.56.

3.3 Maintenance as a good level has average of 3.60.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

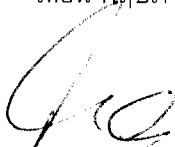
การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่น
ของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

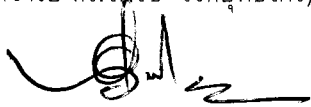
ของ
นายอดิสรณ์ ชโนศวรย์

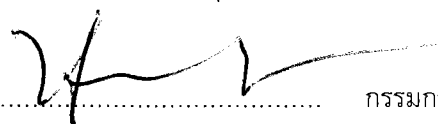
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

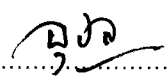

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นภาพร หะวานนท์)
วันที่ 12 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2547

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)


..... กรรมการ
(อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)


..... กรรมการ
(นายประพนธ์ ลาภเจริญกิจ)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันธกุล)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ โอภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาของ อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และนายประพัฒน์ ลาภเจริญกิจ กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาค้นคว้า แนะนำแหล่งการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการปรับปรุงแก้ไขข้อความ และรูปแบบของปริญญานิพนธ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล อาจารย์ สุดใจ เหง้าสีไพร และอาจารย์ โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญในการตรวจประเมินประสิทธิภาพและสมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลทุกท่าน ที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะที่เป็นข้อมูลในการปรับปรุงแก้ไข เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ขอขอบคุณ คุณสมคิด คะเต็บหมัด คุณชายเทพ รอดฮวบและพี่ๆบริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด พี่ๆ และเพื่อนๆ นิสิตสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาชี้แนะ และกำลังใจ ในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณประโยชน์ใดๆ ที่พึงจะได้รับจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องสักการะบูชาต่อ พระคุณของบิดา มารดา และครูอาจารย์ และขอมอบความดีให้แก่ผู้มีส่วนร่วมในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ทุกท่าน

อดิสรณ์ ชโนศวรรย์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ.....	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
	ความสำคัญของการวิจัย	3
	ขอบเขตของการวิจัย.....	3
	นิยามศัพท์เฉพาะ	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
	สมมุติฐานการวิจัย.....	5
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
	ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรังสี	6
	ปริมาณรังสี(Dose Limits).....	6
	การวัดรังสีประจำบุคคล(Personal Dose Monitoring).....	7
	ขั้นตอนในการตรวจวัดรังสีประจำตัวบุคคล	8
	การประเมินค่าปริมาณรังสี.....	9
	ปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้เจ้าหน้าที่รังสีได้รับในระยะเวลาต่างๆ.....	9
	เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	9
	หลักการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์	
	สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	9
	บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์	
	สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	10
	แผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล	11
	ฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคล(Film Badge Dosimeter)	11
	ดิลบใส่ฟิล์มแบดจ์(Film Holder).....	12
	ตำแหน่งในการติดเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล	13
	การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์	
	สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	14
	หลักการพื้นฐานของเครื่องวัดความดำฟิล์ม	14
	ความดำบนฟิล์ม(Blackening หรือ Optical Density : OD)	14
	อุปกรณ์แปลงแสง(Optic devices)	17
	อุปกรณ์รับแสง(Photodetector)	20
	หลักการของดิจิตอล	23
	หลักการทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	24

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
2(ต่อ)	ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์	
	สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล.....	34
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	35
	กลุ่มงานวิจัยด้านรังสี.....	35
	กลุ่มงานวิจัยด้านเครื่องมือทางแสงและรังสี.....	36
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า.....	39
	เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องในการวิจัย.....	39
	ลำดับขั้นตอนในการวิจัย.....	40
	ศึกษาปัญหาของการตรวจประเมินปริมาณรังสี โดยเครื่องวัดความหนาแน่น	
	ของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	41
	ศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่น	
	ของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	41
	ออกแบบส่วนต่าง ๆ ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์	
	สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	41
	การจัดหาเครื่องมือและวัสดุ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้าง	
	เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	43
	กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของ	
	แผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	44
	การสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	45
	ทดลองใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสี	
	ประจำบุคคล.....	45
	ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์	
	สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล.....	45
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	48
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	55
	ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	55
	ความสำคัญของการวิจัย.....	55
	สมมุติฐานในการวิจัย.....	55
	การดำเนินการวิจัย.....	55
	สรุปผลการวิจัย.....	56

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5(ต่อ) อภิปรายผล	57
ข้อเสนอแนะ	59
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก	64
ภาคผนวก ก. แสดงการออกแบบภายนอกและวงจรการทำงานภายใน	65
ภาคผนวก ข. แสดงลำดับสถานะการทำงาน	70
ภาคผนวก ค. แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ	74
ภาคผนวก ง. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์	78
ภาคผนวก จ. คู่มือการใช้งาน	87
ภาคผนวก ฉ. ภาพประกอบ	91
ประวัติย่อผู้วิจัย	95

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 Dose Limits (MPD) ที่กำหนดตาม ICRP 9	6
2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmittance, Opacity และ Optical Density (OD)	15
3 แสดงค่ามาตรฐานบนแผ่นฟิล์ม 20 ค่า ที่ใช้ในการทดสอบ	34
4 แสดงการทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า	48
5 แสดงการทดสอบโดยการประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่าง	50
6 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพทั้ง 3 ด้าน	52
7 แสดงรายละเอียดการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพทั้ง 3 ด้าน	54

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
2 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์ สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	9
3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์ สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	10
4 แสดงแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล	14
5 แสดงรายละเอียดของดรัมใส่ฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคล.....	14
6 แสดงแสงที่ตกกระทบแล้วสะท้อนกลับและแสงที่ทะลุผ่านฟิล์ม	15
7 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำของฟิล์ม (OD) กับปริมาณรังสี(Exposure)	15
8 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำของฟิล์มกับปริมาณรังสีแต่ละพลังงาน.....	16
9 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์ม	16
10 แสดงสัญลักษณ์และตัวอย่างไดโอดเปล่งแสง	17
11 แสดงหลอดแสดง LED แบบขีด Segment และแบบจุด Dot Matrix	17
12 แสดงสัญลักษณ์และตัวอย่างของ PN โฟโตไดโอด	21
13 แสดงสัญลักษณ์และตัวอย่างของ PIN โฟโตไดโอด.....	21
14 แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของโฟโตทรานซิสเตอร์.....	22
15 แสดงแสดงไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควেনซี คอนเวอร์เตอร์(Programmable Light-To-Frequency Converters IC)	22
16 แสดงตำแหน่งของขาและฟังก์ชันบล็อกไดอะแกรมของไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควেনซี คอนเวอร์เตอร์(Programmable Light-To-Frequency Converters).....	23
17 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	25
18 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	26
19 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม	27
20 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก	27
21 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	28
22 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล	29
23 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี	29
24 แสดงการเลือกใช้รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ในแต่ละกลุ่ม	30
25 แสดงโครงสร้างของแต่ละพอร์ตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	33
26 แสดงฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่าที่ใช้ในการทดสอบ.....	34
27 แสดงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย	39

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การนำรังสีมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ การเกษตรและอุตสาหกรรม ได้ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ตลอดจนใช้ในการศึกษาวิจัยในทางการแพทย์มีการใช้รังสีเพื่อวินิจฉัยโรค โดยใช้รังสีเอกซ์จากเครื่องเอกซเรย์ต่างๆ เช่น การใช้รังสีแกมมาจากเครื่องโคบอลต์-60 เพื่อรักษาโรคมะเร็ง การใช้สารกัมมันตรังสีในงานด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ ในด้านการเกษตรมีการใช้รังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืช การควบคุมแมลงศัตรูพืช การถนอมอาหารโดยการฉายรังสี ส่วนในงานด้านอุตสาหกรรมมีการนำรังสีไปใช้ประโยชน์ในหลายๆ ด้าน เช่น การตรวจสอบรอยร้าวของโลหะ การตรวจสอบระดับของเหลวในกระบวนการผลิตต่างๆ บุคลากรที่ปฏิบัติงานในด้านต่างๆ เหล่านี้ ย่อมมีโอกาสได้รับอันตรายจากรังสีในขณะที่ปฏิบัติงาน โดยผลของอันตรายดังกล่าว แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ผลต่อระดับของเซลล์ในร่างกายโดยตรง(somatic effect) ทำให้เซลล์ของร่างกายเกิดการเปลี่ยนแปลง อันอาจนำไปสู่การเกิดโรคมะเร็งหรือหากได้รับรังสีในปริมาณสูงอาจทำให้เสียชีวิตก่อนเวลาอันควร อีกประเภทหนึ่งคือผลทางด้านพันธุกรรม(genetic effect) การได้รับรังสีอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมในรุ่นลูกหลานได้ เพื่อป้องกันอันตรายดังกล่าว คณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ(International Commission on Radiological Protection : ICRP) ได้กำหนดค่า ปริมาณรังสี(dose limit) ที่บุคลากรปฏิบัติงานด้านรังสีได้รับรังสีไม่เกิน 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี ตามข้อกำหนดดังกล่าว บุคลากรด้านรังสีจึงจำเป็นต้องมีการวัดรังสีในขณะที่ปฏิบัติงาน เพื่อตรวจสอบปริมาณรังสีที่ได้รับ หากได้รับรังสีในปริมาณที่สูงจะต้องตรวจสอบและแก้ไขทันทีในการตรวจสอบปริมาณรังสีที่ได้รับนั้นจะใช้เครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ได้แก่ ฟิล์มแบดจ์(film badge) แผ่นวัดรังสีทีแอลดี(TLD card) หรือเครื่องวัดรังสีชนิดเสียบกระเป๋า(pocket dosimeter)ติดตัวไว้ขณะปฏิบัติงานเมื่อครบกำหนดการใช้งานก็นำมาประเมินค่าปริมาณรังสีที่ได้รับ (อรรถโกวิท สงวนสัตย์และธัญจิรา บุญพิชญาภา. 2540:54)

เมื่อพุทธศักราช 2542 กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ ได้ให้บริการวัดรังสีประจำบุคคลแบ่งเป็นจำนวนเจ้าหน้าที่ 10,316 คน จำนวนฟิล์มวัดรังสี จำนวน 114,425 ฟิล์ม (รายงานประจำปีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี 2542. 2542:34) พุทธศักราช 2543 กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ ได้ให้บริการวัดรังสีประจำบุคคลแบ่งเป็นจำนวนเจ้าหน้าที่ 9,878 คน จำนวนฟิล์มวัดรังสี จำนวน 124,621 ฟิล์ม (รายงานประจำปีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี 2543. 2543:63) และพุทธศักราช 2545 กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ ได้ให้บริการวัดรังสีประจำบุคคลจำนวนเจ้าหน้าที่เพิ่มเป็น 15,272 คน จำนวนฟิล์มวัดรังสีเพิ่มเป็น 128,272 ฟิล์ม (รายงานประจำปีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี 2545. 2545:90)

นโยบายหลักของรัฐบาลประการหนึ่งคือ การเล็งเห็นความสำคัญ ประโยชน์ทางด้านสาธารณสุข ที่ต้องการให้ประชาชนทุกคนเข้าถึงบริการด้านสุขภาพ จึงได้นำ โครงการ 30 บาท รักษาทุกโรคมานับเป็น 1 ใน 3 ของนโยบายหลักของรัฐบาล ภายใต้ “ นโยบาย 30 บาท รักษาทุกโรค ” เจตนารมณ์สำคัญที่นำมาเป็นนโยบาย เพื่อให้ประชาชนเข้าถึงบริการด้านสาธารณสุขได้ครอบคลุมทุกกลุ่ม หน่วยงานมีระบบการทำงานที่มีความคล่องตัวยิ่งขึ้น ทำให้บุคลากรที่มีประสิทธิภาพได้ใช้ศักยภาพอย่างเต็มที่ และทำให้เกิดความร่วมมือระหว่างภาครัฐและภาคเอกชน รัฐต้องใช้งบประมาณ 7,000 ล้านบาท เพื่อสำหรับแก้ปัญหาการบริหารจัดการให้กับพื้นที่นั้นๆ (<http://www.moph.go.th>. 5 ธันวาคม 2544)

งบประมาณของกระทรวงสาธารณสุขบางส่วนต้องนำไปเพื่อนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ ล้วนแต่เป็นเครื่องมือที่มีราคาสูง โดยเฉพาะเครื่องมือทางด้านที่มีความเกี่ยวข้องกับรังสี โดยหน่วยงานที่รับผิดชอบทางด้านรังสีก็คือ กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งงบประมาณประจำปีที่ได้รับก็ลดลงอย่างต่อเนื่อง และจำนวนของบุคลากรก็เพิ่มขึ้น เป็นบุคลากรที่มีหน้าที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์และต้องสัมผัสอยู่กับรังสีอย่างสม่ำเสมอและจำนวนฟิล์มวัดรังสีที่มีเป็นจำนวนมาก ทำให้ส่งผลต่อความปลอดภัยของบุคลากรเป็นอย่างมาก หนทางในการป้องกันและแก้ไขปัญหาี้ ควรจะเป็นการเฝ้าระวังป้องกันมิให้บุคลากรด้านรังสีได้รับอันตรายจากรังสีที่ใช้อยู่เป็นประจำ โดยการตรวจวัดปริมาณรังสีที่บุคลากรได้รับอยู่อย่างสม่ำเสมอตามมาตรฐานของคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ(International Commission on Radiological Protection : ICRP) ที่ทำการตรวจวัดปริมาณรังสีของบุคคลทุก ๆ 1 เดือน

ในการป้องกันดูแลอันตรายจากรังสีเป็นหน้าที่ของ กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งมีหน้าที่คุ้มครองผู้บริโภคด้านรังสี ที่เกิดกับผู้ปฏิบัติงานด้านรังสี มีการเฝ้าระวังไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานทางด้านรังสี ได้รับปริมาณรังสีเกินกว่ามาตรฐานที่กำหนด (รายงานประจำปี กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี 2542. 2542:33) โดยจัดให้มีการวัดรังสีประจำบุคคลจากเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ได้แก่ ฟิล์มแบดจ์(film badge) แผ่นวัดรังสีที่แอลดี(TLD card) หรือเครื่องวัดรังสีชนิดเสียบกระเป๋า (pocket dosimeter) หากมีผู้หนึ่งผู้ใดได้รับรังสีในปริมาณที่สูงก็จะดำเนินการเพื่อลดปริมาณรังสี เช่น แนะนำให้เปลี่ยนหน้าที่ เพิ่มวัสดุป้องกันรังสี เป็นต้น (อรรถโกวิท สงวนสัตย์และธัญจิรา บุญพิชญากา. 2540:60)

เครื่องวัดรังสีประจำบุคคลที่ยังนิยมใช้ในประเทศไทย ได้แก่ ฟิล์มแบดจ์(film badge) เป็นเครื่องมือสำหรับวัดค่าปริมาณรังสีที่ผู้ใช้ได้รับโดยเฉลี่ยทั่วตัวในระยะเวลาหนึ่ง (จงจิตร ภัทรมนตรี. 2510:1) เนื่องจากมีราคาถูก และมีความน่าเชื่อถือในระดับที่ยอมรับได้ การประเมินค่าปริมาณและชนิดของรังสีสามารถทำได้จากการเปรียบเทียบความแตกต่างของความดำใต้แผ่นกรองรังสีต่างๆ ของฟิล์มกับฟิล์มวัดรังสีมาตรฐาน(standard film) (อรรถโกวิท สงวนสัตย์และวราภรณ์ สุดใจ. 2542:282) โดยในการการตรวจวินิจฉัยจะต้องใช้เวลานาน เนื่องจากในการตรวจวินิจฉัยนั้นต้องวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ (Calibration Film) จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยการเขียนกราฟลงบนกระดาษกราฟ และสร้างเส้นกราฟที่เป็นกราฟล็อกการที่มีลักษณะโค้ง ทำให้เกิดความผิดพลาดจากการสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการมาประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วนำค่าความดำของฟิล์ม(OD)มาหาจุดตัดบนกราฟเปรียบเทียบเพื่อหาค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ที่ได้รับ ก็จะเกิดความผิดพลาดตามไปด้วย อีกทั้งเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพง ทำให้ประเทศต้องเสียดุลการค้า และเครื่องมือในการตรวจเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ชนิดฟิล์มแบดจ์(film badge) ของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข มีอยู่เพียงเครื่องเดียวซึ่งใช้ในการตรวจวินิจฉัยจากทั่วประเทศ ทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานด้านรังสีได้รับปริมาณรังสีเพิ่มจากเดิม ขณะรอผลการตรวจวินิจฉัย โดยไม่รู้ตัวและไม่จำเป็น ส่งผลทำให้เกิดผลเสียดังที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากใช้เวลาในการตรวจวินิจฉัยเกือบ 1 เดือนและมีจำนวนของผู้ปฏิบัติงานด้านรังสีที่มากจากทั่วประเทศ ต้องส่งมาตรวจวินิจฉัยที่ กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข เพียงแห่งเดียวเท่านั้นทั้งๆ ที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ มีศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์อยู่ทั่วประเทศถึง 12 ศูนย์ ในทุกภูมิภาคของประเทศด้วยกัน (รายงานประจำปีกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ปี 2542. 2542:44)

จากสภาพปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคลชนิดฟิล์มแบดจ์ ซึ่งจะเป็นการช่วยลดขั้นตอนการทำงานในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เพิ่มความปลอดภัยของบุคลากรด้านรังสี ลดปัญหาความล่าช้าในการตรวจวินิจฉัย ทดแทนและลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ และมีเครื่องเพียงพอกับจำนวนบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านรังสีจากทั่วประเทศที่นับวันยังมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ตรวจวินิจฉัยประจำตามศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่มีอยู่ทั่วไปในทุกภูมิภาคของประเทศด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
3. เพื่อประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ความสำคัญของการวิจัย

1. สามารถลดขั้นตอนการทำงานในการประเมินค่าปริมาณรังสีได้
2. สามารถทดแทนและลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศได้
3. ลดปัญหาความล่าช้าในการตรวจวินิจฉัย เนื่องจากต้องส่งแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคลมาตรวจวินิจฉัยที่กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขเพียงแห่งเดียวเท่านั้น

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัย การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลครั้งนี้ บรรลุตามความมุ่งหมายที่วางไว้ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลสามารถวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD)และประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)ได้
 - 1.1 การวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) สามารถแสดงค่าความดำของฟิล์ม(OD)ได้ตั้งแต่ 0-4 OD
 - 1.2 การประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) สามารถประเมินโดยเก็บค่าความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film)ที่รู้ค่าปริมาณรังสี จำนวน 8 ค่า แล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) มาวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วเครื่องสามารถคำนวณและประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ได้
2. ตัวแปรที่จะศึกษาเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกับ และสมรรถนะทางด้านกายภาพ
 - 2.1 ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.1.1 ทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า มีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$

2.1.2 ทดสอบประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมิน
จำนวน 20 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

2.2 สมรรถนะทางด้านกายภาพ โดยการประเมินจากแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ

2.2.1 ด้านลักษณะการออกแบบ

2.2.2 ด้านลักษณะการใช้งาน

2.2.3 ด้านการบำรุงรักษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้วัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล โดยการนำแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ไปติดไว้กับตัวบุคลากรที่ทำงานด้านรังสี เป็นเวลา 1 เดือน แล้วนำกลับมาตรวจประเมินปริมาณรังสีที่ได้รับจากการทำงาน

แผ่นฟิล์มแบดจ์

หมายถึง แผ่นฟิล์มสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ยี่ห้อโกดัก เพอเซอแนล มอนิเตอร์ริง ไทป์ 2 (Kodak Personnel Monitoring Type 2) ใช้ติดกับตัวบุคลากรที่ทำงานด้านรังสี เพื่อใช้วัดปริมาณรังสีที่ได้รับในระยะเวลา 1 เดือน

รังสีประจำตัวบุคคล

หมายถึง ปริมาณรังสีของบุคลากรแต่ละคนที่ได้รับจากปฏิบัติงานด้านรังสี

ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

หมายถึง ความสามารถในการอ่านค่าความหนาแน่น เมื่อทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า มีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$ และทดสอบโดยการประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาตรวจประเมินปริมาณรังสี

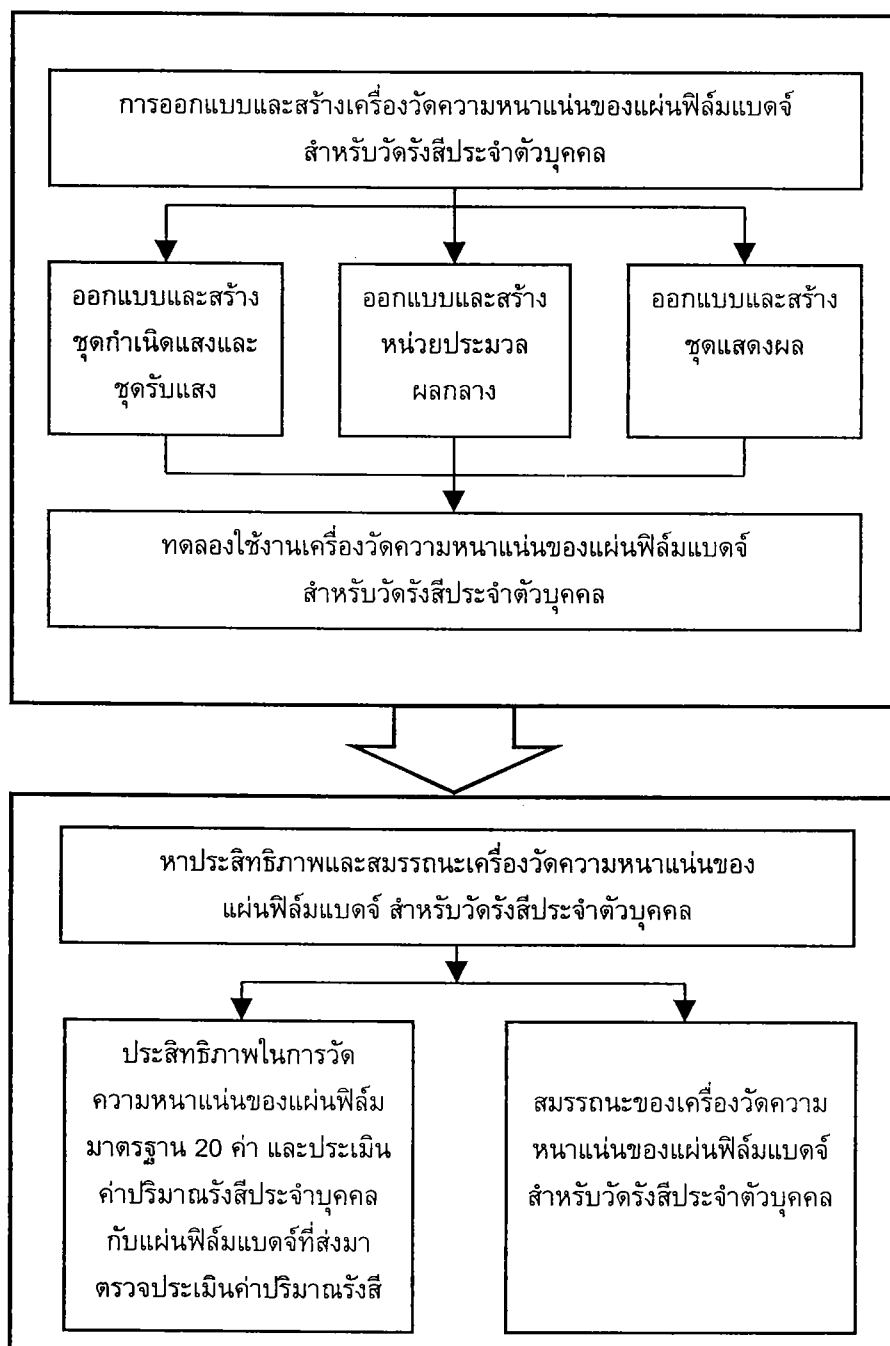
สมรรถนะทางด้านกายภาพ

หมายถึง การตรวจประเมินลักษณะของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล 3 ด้านคือ ด้านลักษณะการออกแบบ , ด้านลักษณะการใช้งาน และ ด้านการบำรุงรักษา โดยผู้เชี่ยวชาญ

ฟิล์มมาตรฐาน

หมายถึง แผ่นฟิล์มที่แสดงและระบุค่าความเข้มแสงที่เรียงลำดับจากน้อยไปมาก จำนวน 20 ค่า ใช้สำหรับทดสอบเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้นมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$ เมื่อทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า (Shirley M. Long, R.T.R. 1994:4)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรังสี
2. เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
3. แผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
4. การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัว

บุคคล

5. ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับรังสี

ปริมาณรังสี (Dose Limits)

International Commission on Radiological Protection (ICRP) คือคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ ซึ่งก่อตั้งขึ้นเมื่อ ปีค.ศ. 1928 โดยใช้ชื่อตอนเริ่มก่อตั้งว่า International X-ray and Radium Protection Committee และเปลี่ยนมาใช้ชื่อ ICRP ในปี ค.ศ. 1950 คณะกรรมการฯ ได้จัดพิมพ์ ICRP Publication ซึ่งเป็นเอกสารให้ข้อเสนอแนะเรื่องต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับรังสี สำหรับข้อเสนอแนะในงานด้านวัดรังสีประจำบุคคลเริ่มตีพิมพ์ใน ICRP 1 ต่อมามีการแก้ไขปรับปรุงเป็น ICRP 6, ICRP 9, ICRP 26 จนกระทั่งเป็น ICRP 60 ในปี ค.ศ. 1990

แนวความคิดเดิมเกี่ยวกับอันตรายของรังสีต่อร่างกายเมื่อได้รับรังสีทั่วทั้งตัวถือว่าจะมีอวัยวะบางอวัยวะเท่านั้นที่มีความสำคัญต่อความเสียหายที่จะเกิดขึ้นทั้งนี้พิจารณาจากความไวต่อรังสีของอวัยวะนั้นและความเสียหายที่เกิดขึ้นเมื่ออวัยวะนั้นถูกทำลาย เรียกอวัยวะดังกล่าวว่า Critical Organ ในขณะนั้นถือว่าอวัยวะสืบพันธุ์และไขกระดูกคือ Critical Organ ดังนั้นการกำหนดค่า Dose Limits ที่ยอมให้ร่างกายรับได้สำหรับเจ้าหน้าที่ด้านรังสีและของประชาชนทั่วไปจึงคิดจาก Dose Limits ของ Critical Organ ดังกล่าว

ตาราง 1 Dose Limits (MPD) ที่กำหนดตาม ICRP 9 Recommendation of the International Commission on Radiological Protection

Organ	Dose Limits	
	Rem / year	Rem / 13 weeks
whole body , gonads , red bone marrow	5	3
skin , bone , thyroid	30	15
hands and forearms , feet and ankles	75	40
other organs	15	8

ในปี ค.ศ. 1977 ICRP 26 ได้เปลี่ยนแนวความคิดของการกำหนดค่า Dose Limits ใหม่โดยถือว่าอวัยวะที่ได้รับรังสีมีความสำคัญต่อร่างกายร่วมกัน แต่มีอัตราเสี่ยงของการได้รับอันตรายจากรังสี (Risk Factor) ไม่เท่ากัน Risk Factor หมายถึงโอกาสของการเกิดโรคมะเร็ง (Fatal Malignant) การเกิดผลทาง Non-stochastic และการเปลี่ยนแปลงทางกรรมพันธุ์ (Genetic Defects) เมื่ออวัยวะนั้นได้รับปริมาณรังสี 1 ซีเวิร์ต

การวัดรังสีประจำบุคคล (Personal Dose Monitoring)

การวัดรังสีประจำบุคคล (Personal Dose Monitoring) หมายถึง การตรวจวัดปริมาณรังสีสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีในบริเวณที่ปฏิบัติงาน (Working Area)

วัตถุประสงค์ของการวัดรังสีประจำบุคคล

1. เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่ได้รับขณะปฏิบัติงานเปรียบเทียบกับค่า Dose Limits ที่ ICRP กำหนดไว้
2. เพื่อตรวจสอบสภาพของ Working Area ว่าได้รับการควบคุมปริมาณรังสีให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยหรือไม่
3. เพื่อพัฒนาปรับปรุง Working Methods หรือ Facilities ต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณรังสีจากการตรวจวัดเป็นตัวบ่งชี้
4. เพื่อบันทึกปริมาณรังสีไว้สำหรับตรวจสอบตาม กฎข้อบังคับของรัฐ

ระบบในการวัดรังสีประจำบุคคลประกอบด้วย การวัดและการสอบเทียบ การประเมินผล การบันทึกปริมาณรังสีมีนัยสำคัญ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Individual monitoring แยกออกเป็น

1.1 External Radiation Monitoring ซึ่งจะติดตั้งเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ไว้ที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน เช่น Film Badge , TLD Cards และ Pocket Dosimeter เป็นต้น

1.2 Internal Radiation Monitoring จะต้องตรวจวัดด้วยเครื่องมือพิเศษ เช่น Whole Body Counter หรือ Partial Body Monitor หรือใช้วิธี Bioassay

2. Area monitoring เป็นการวัดปริมาณรังสีในบริเวณ Working Area โดย

2.1 ใช้เครื่องมือ เช่น Survey Meter หรือ Area Monitor

2.2 ใช้การคำนวณ จากความแรงของสารกัมมันตรังสีในพื้นที่ปฏิบัติงาน

สิ่งที่จะต้องพิจารณาสำหรับการวัดรังสีประจำบุคคลได้แก่

1. การตอบสนองต่อรังสี (Response to Radiation)

เครื่องวัดรังสีประจำบุคคลควรจะตอบสนองเฉพาะชนิดของรังสีที่ต้องการจะวัด แต่ไม่ตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อม เช่น ความดัน อุณหภูมิ ความชื้น ฝุ่นละออง ไอของสารเคมีที่มีอยู่ตามธรรมชาติและต้องไม่ตอบสนองต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต สนามแม่เหล็กไฟฟ้า และการสั่นสะเทือน

เครื่องวัดรังสีประจำบุคคลนี้จะสะสมปริมาณรังสีที่ได้รับของแต่ละบุคคลในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และปริมาณรังสีที่ได้รับนี้ไม่ควรสูญหาย หรือเปลี่ยนแปลงไปจากความเป็นจริงมาก จนกว่าจะได้ผ่านขบวนการประเมินผล ถ้ามีการสูญเสียปริมาณรังสีไปจะต้องมีค่าแก้

2. ช่วงของการวัดรังสี (Range of Dose Measurement)

เครื่องวัดรังสีควรมีความไว (Sensitivity) สูงพอที่จะวัดปริมาณรังสีต่ำ ๆ ได้อย่างน้อยเท่ากับ ร้อยละ 10 ของปริมาณรังสีที่ยอมให้รับได้ เครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ควรมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเป็นแบบเส้นตรงเพื่อสะดวกในการวัดและการสอบเทียบมาตรฐาน (Calibration) และการตอบสนองนี้จะต้องครอบคลุมปริมาณรังสีที่ต้องการจะวัดด้วย

3. ความถูกต้องในการวัดรังสี (Accuracy) ICRU Report 47 กำหนดไว้ไม่ควรเกินร้อยละ 30

4. การเลือกใช้ให้เหมาะสมกับความต้องการ (Administrative Requirement)

4.1 ควรจัดระบบการจำแนกประเภทของเครื่องวัดรังสีประจำบุคคลให้ง่ายและสะดวก ในการจัดส่งไปยังผู้ใช้และกำหนดสมบัติของการบันทึกรังสีที่เกี่ยวกับผู้ปฏิบัติงาน

4.2 เครื่องวัดรังสีประจำบุคคลควรมีขนาดกะทัดรัด และเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการใช้เพื่อความสะดวก เช่น Finger Tip และ Wrist Dosimeter ใช้กับนิ้วและข้อมือ

4.3 เครื่องวัดรังสีประจำบุคคลควรมีระบบการประเมินที่ไม่ยุ่งยากนัก กล่าวคือในกรณีของการเกิดอุบัติเหตุก็สามารถประเมินผลได้ทันที

4.4 ราคาขึ้นกับความมุ่งหมายในการใช้เครื่องวัดรังสีประจำบุคคล ถ้าใช้ได้เพียงครั้งเดียว เช่น फिल्मจะมีราคาถูก แต่ถ้าใช้ได้หลายครั้งเช่น TLD Cards ก็จะมีราคาแพง

ขั้นตอนในการตรวจวัดรังสีประจำบุคคล

1. จัดขนาดของลำแสงที่จะใช้ในการฉายรังสีเอ็กซ์ลงบนแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film)

2. เลือกค่าของรังสีเอ็กซ์ สำหรับฉายลงบนแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film)

3. วัดค่าปริมาณรังสีของรังสีเอ็กซ์ที่ฉายลงบนแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) โดยใช้หัววัดปริมาณรังสีแบบดิจิตอล แล้วปรับค่าของเวลา เพื่อให้ได้ปริมาณรังสีที่ 400 และ 20 mR.

4. ฉายเอ็กซ์เรย์ลงบนแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) โดยใช้เครื่องกำหนดการฉายรังสีแบ่งออกเป็น 8 ค่า คือ 400 , 200 , 100 , 40 , 20 , 10 , 5 , 2 mR. ใช้เป็นฟิล์มสอบเทียบ

5. เตรียมทำการล้างแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film)และแผ่นฟิล์มแบดจ์(Film Badge) ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจ

6. ล้างแผ่นฟิล์มสอบเทียบและแผ่นฟิล์มตัวอย่างที่ส่งมาตรวจ พร้อมกันในน้ำยาเดียวกัน

7. วัดค่าความดำ(OD)ของแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) เพื่อสร้างเส้นกราฟสอบเทียบ

8. วัดค่าความดำ(OD)ของแผ่นฟิล์มแบดจ์(Film Badge)ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจ เพื่อเปรียบเทียบกับเส้นกราฟสอบเทียบ

9. หาค่าปริมาณรังสีของแผ่นฟิล์มแบดจ์(Film Badge)ตัวอย่างที่ส่งมาตรวจ โดยการหาจุดตัดบนเส้นกราฟสอบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับปริมาณรังสี(Dose Limit)

10. แปลผลค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

การประเมินค่าปริมาณรังสี

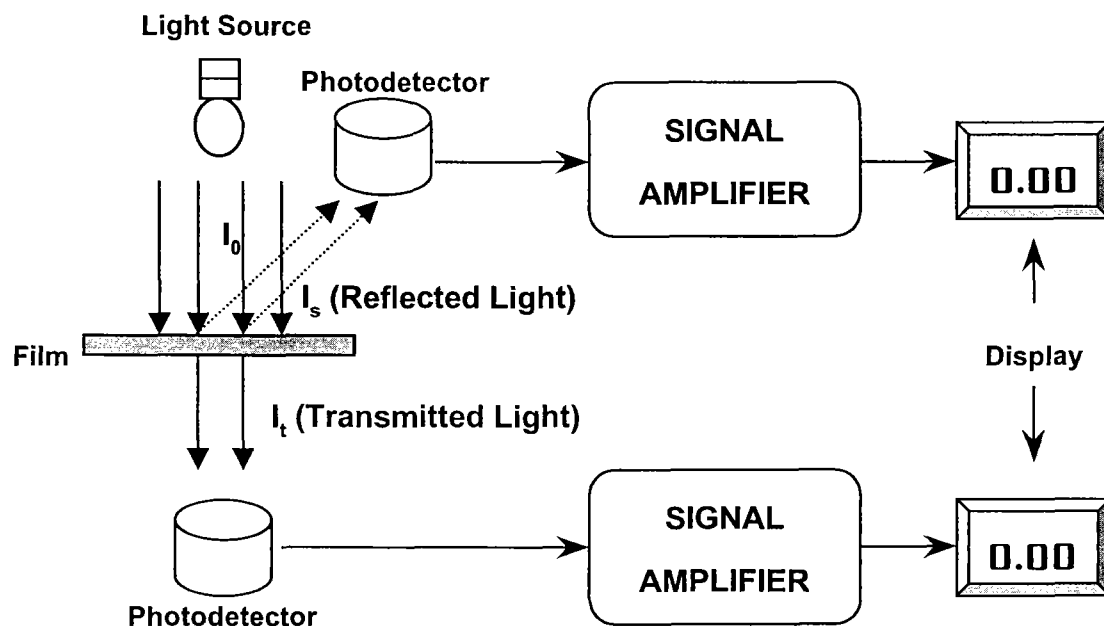
1. หน่วยของรังสี 10 ไมโครซีเวิร์ต = 1 มิลลิเรม
2. ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)
 - 2.1 สำหรับรังสีเอ็กซ์และแกมมา = 4,000 ไมโครซีเวิร์ต/เดือน
 - 2.2 สำหรับรังสีเบต้า = 40,000 ไมโครซีเวิร์ต/เดือน
 - 2.3 สำหรับอวัยวะเฉพาะส่วน : ผิวหนัง,มือ,ข้อมือ = 40,000 ไมโครซีเวิร์ต/เดือน
: เลนส์ตา = 25,000 ไมโครซีเวิร์ต/เดือน
3. คุณสมบัติเฉพาะของฟิล์มวัดรังสี ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) คือ ค่าต่ำสุดที่จะประเมินได้เท่ากับ 20 ไมโครซีเวิร์ต สำหรับรังสีเอ็กซ์ และ 150 ไมโครซีเวิร์ต สำหรับรังสีแกมมา(กองรังสีและเครื่องมือแพทย์. 2546)

ปริมาณรังสีสูงสุดที่ยอมให้เจ้าหน้าที่รังสีได้รับในระยะเวลาต่าง ๆ

1. ระยะเวลา 1 เดือนต้องไม่เกิน 4,000 ไมโครซีเวิร์ต
2. ระยะเวลา 12 เดือนติดต่อกันต้องไม่เกิน 50,000 ไมโครซีเวิร์ต
3. ระยะเวลา 5 ปีติดต่อกันต้องไม่เกิน 100,000 ไมโครซีเวิร์ต(กระทรวงสาธารณสุข. 2546)

2. เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

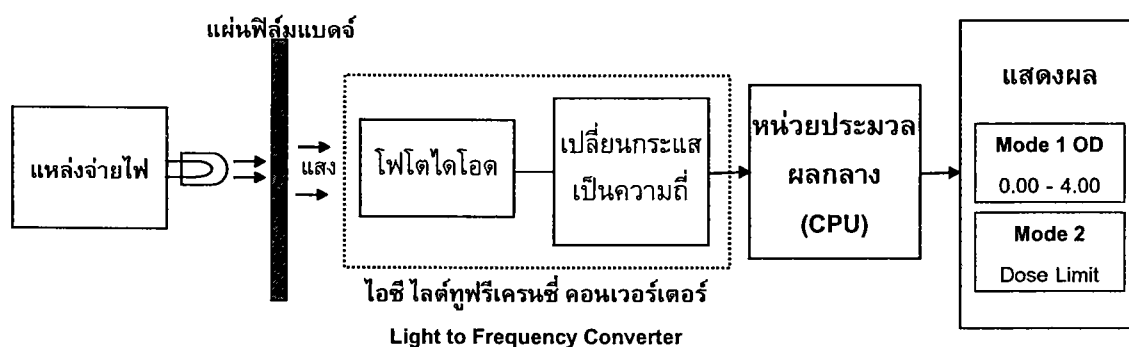
หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล



ภาพประกอบ 2 แสดงหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล

จากภาพประกอบ 2 อธิบายหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล โดยเริ่มต้นจากแหล่งกำเนิดแสง Light Source ส่งผ่านแสงไปยังแผ่นฟิล์ม Film จะทำให้เกิดลำแสงเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกแสงตกกระทบแผ่นฟิล์มแล้วสะท้อนกลับ I_r (Reflected Light) และส่วนที่สองแสงตกกระทบแผ่นฟิล์มแล้วทะลุผ่านแผ่นฟิล์มออกไป I_t (Transmitted Light) ด้วยค่าความเข้มแสงค่าหนึ่งตกกระทบลงบนตัวรับสัญญาณ Photodetector จากนั้น ตัวรับสัญญาณจะทำการเปลี่ยนความเข้มแสงที่ตกกระทบไปเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งต่อไปยังส่วนขยายสัญญาณ Signal Amplifier แล้วทำการขยายสัญญาณที่ได้รับให้มีค่าสูงขึ้น เพื่อส่งต่อไปยังส่วนแสดงผล Display

บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล



ภาพประกอบ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล

จากภาพประกอบ 3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล โดยเริ่มต้นจากชุดกำเนิดแสง(Light Source) ซึ่งมีชุดควบคุมระดับแสงทำหน้าที่ควบคุมการส่งผ่านแสงไปยังแผ่นฟิล์มแบดจ์(Film Badge) เมื่อแสงตกกระทบลงบนแผ่นฟิล์มแล้วทะลุผ่านแผ่นฟิล์มแบดจ์(Film Badge) ออกไป ด้วยค่าความเข้มแสงค่าหนึ่งตกกระทบลงบนตัวรับแสง(Photodetector) ซึ่งใช้ ไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริเควนซี คอนเวอร์เตอร์(Programmable Light-To-Frequency Converters) จากนั้น ตัวรับแสงจะทำการเปลี่ยนแสงที่ตกกระทบไปเป็นสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง(Pulse Train) หรือสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมต่อเนื่อง(Square Wave) ซึ่งเป็นความถี่ที่แปรเปลี่ยนตามความเข้มของแสง ส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) แล้วทำการคำนวณและประมวลผลสัญญาณความถี่ที่ได้รับ พร้อมทั้งทำการเปลี่ยนสัญญาณความถี่จากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ส่งต่อไปยังชุดแสดงผล(Display) ให้แสดงค่าความความดำของฟิล์ม(OD) ในโหมดที่ 1 ส่วนในโหมดที่ 2 เมื่อวัดค่าความความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) มาวัดค่าความความดำของฟิล์ม(OD) แล้วเครื่องสามารถคำนวณและประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ได้

3. แผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคล (Film Badge Dosimeter)

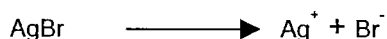
ฟิล์มวัดรังสีที่นำมาใช้เป็นเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. Conventional Film เป็นฟิล์มที่ใช้วัดปริมาณรังสีโดยเทียบจาก Optical Density ที่ปรากฏบนตัวฟิล์ม ใช้วัดรังสีจาก Photon Electron และ Thermal Neutron
2. Nuclear Track Film เป็นฟิล์มที่ใช้วัดปริมาณรังสี โดยเทียบจากจำนวน Track ที่ปรากฏ ใช้วัดปริมาณรังสีจาก Neutron

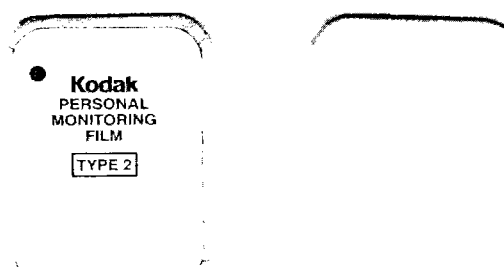
Conventional Film

โดยทั่วไปจะมีขนาดเท่ากับฟิล์มเอกซเรย์ฟัน (30 x 40 มม.) ประกอบด้วย Filmbase ที่ทำจากสาร Cellulose Triacetate หรือ Polyester Film Base จะถูกเคลือบด้วย Emulsion ซึ่งเป็นส่วนผสมของ Grain และ Galatin โดยที่ Grain ส่วนใหญ่จะเป็นผลึกของ AgBr ขนาดของ Grain จะแสดงถึง Speed หรือ Sensitivity ของ Film นั้น หาก Grain มีขนาดใหญ่ Speed จะสูง สำหรับ Galatin มีหน้าที่ยึด Grain ให้กระจายอย่างสม่ำเสมอบน Film Base

ส่วนผสมของ Emulsion และการเคลือบบน Filmbase เป็นเทคนิคของผู้ผลิตทางบริษัทจะเคลือบ Emulsion ด้านเดียวบนฟิล์มแต่ละแผ่นโดย Speed ของฟิล์มแต่ละแผ่นจะแตกต่างกันใน Package เดียวอาจใช้ฟิล์ม 2 ถึง 3 แผ่น หรืออาจมีการเคลือบ 2 ด้านบนฟิล์มแผ่นเดียว Speed ด้านหนึ่งมากกว่าอีกด้านหนึ่ง Limit Range หรือ Latitude ของฟิล์มแต่ละด้านก็จะแตกต่างกัน ในกรณีของการเคลือบ 2 ด้านหากด้านที่ Speed สูง ได้รับปริมาณรังสีจนเต็ม Limit Range แล้วก็สามารถลอก Emulsion ด้าน Speed สูงออกแล้ววัดค่าความดำได้จาก Emulsion ด้านที่มี Speed ต่ำ เมื่อฟิล์มได้รับรังสีจะเกิด Interaction ตามสมการ



ตำแหน่งของ Ag^+ เรียกว่า Latent Image มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ต้องนำไปผ่านกระบวนการสร้างภาพ (Developing) น้ำยา Developer จะ Reduce Ag^+ ให้กลายเป็น Ag เกาะติดอยู่บนตัวฟิล์ม AgBr ส่วนที่ไม่ถูกรังสีจะถูกกำจัดให้หมดไปด้วย น้ำยาคงสภาพ (Fixer) ซึ่งทำให้เห็นภาพได้ชัดเจนยิ่งขึ้นและ ทำให้ภาพที่เกิดขึ้นคงสภาพอยู่ได้นาน ส่วนของฟิล์มที่ได้รับรังสีมากก็จะดำมาก ส่วนที่ได้รับรังสีน้อยก็จะดำน้อยค่าความดำนี้สามารถวัดได้ด้วยเครื่อง Densitometer



ภาพประกอบ 4 แสดงแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ข้อดีของการใช้ฟิล์มวัดรังสี

1. วัดปริมาณรังสีได้ในช่วงกว้าง 2 mR – 1000 R
2. แยกชนิดและปริมาณรังสีได้หลายชนิด โดยการใช้แผ่นกรองรังสีชนิดต่าง ๆ
3. สามารถแสดงได้ว่าได้รับรังสีสูงในครั้งเดียว หรือได้รับแบบสะสม
4. สามารถแสดงการ Contamination ได้
5. ราคาถูก
6. หลังจากผ่านการประเมินแล้วสามารถเก็บไว้เป็นหลักฐานหรือนำมาประเมินใหม่ได้

ข้อเสียของการใช้ฟิล์มวัดรังสี

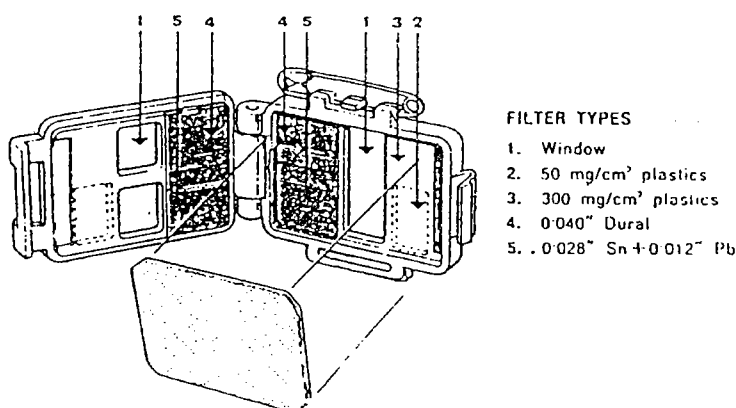
1. ไม่มีลักษณะของ Tissue Equivalent
2. มีค่า Angular Dependence สูง
3. ธรรมชาติของฟิล์มคือไวต่อแสงสว่างจึงต้องระมัดระวังไม่ให้ฟิล์มถูกแสงก่อนล้าง
4. อายุการใช้งานของฟิล์มแต่ละรุ่นค่อนข้างสั้นต้องบริหารการใช้ฟิล์มให้มีประสิทธิภาพ
5. ต้องมีการเก็บรักษาอย่างดี ควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น ระมัดระวังไม่ให้ถูกสารเคมี เพื่อป้องกัน

การเกิด Fog

6. ฟิล์มที่ถูกรังสีแล้ว และยังไม่ผ่านการล้าง หากเก็บไว้นาน ๆ จะเกิด Fading ได้สูง

ตลับใส่ฟิล์มแบดจ์ (Film Holder)

เนื่องจากความไว (Sensitivity) ของฟิล์มวัดรังสีขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสี (Energy Dependence) ดังนั้น ในการประเมินค่าปริมาณรังสีจึงจำเป็นต้อง ใช้ฟิล์มคู่กับตลับใส่ฟิล์ม (Film Holder) ซึ่งมีแผ่นกรองรังสี (Filter) ชนิดต่าง ๆ ช่วยในการจำแนกพลังงานของรังสี Film Holder มีหลายชนิดขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน สำหรับ Film Holder ที่ใช้ในประเทศไทย จะมีลักษณะดังรูป



ภาพประกอบ 5 แสดงรายละเอียดของตลับใส่ฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคล (Film Holder) (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2537:3)

ช่องที่ 1 เป็นช่องเปิดไม่มี Filter เรียกว่า Open Window มีขนาดกว้างกว่าช่องอื่น ๆ ช่องนี้จะยอมให้รังสีทุกชนิดผ่านไปได้จึงเป็นช่องที่รวมความเข้มจากรังสีทุกชนิดแต่ไม่สามารถเทียบความดำบริเวณช่องนี้เป็นปริมาณรังสีรวมได้ ทั้งนี้เพราะฟิล์มมีสมบัติ Energy Dependence

ช่องที่ 2 เป็นช่องพลาสติกบาง Thin Plastic เป็นช่องที่มีเนื้อพลาสติกขนาด 50 mg/cm^2 เนื้อพลาสติกบริเวณนี้บางกว่าบริเวณอื่น รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีบีตา พลังงานสูงจะสามารถผ่านทะลุไปถึงฟิล์มได้ ส่วนรังสีบีตาพลังงานต่ำๆ จะถูกกรองออกฉะนั้นถ้าฟิล์มได้รับเฉพาะรังสีบีตาพลังงานต่ำๆอย่างเดียว จะทำให้ฟิล์มดำเฉพาะช่องเปิดเท่านั้น ถ้าเป็นรังสีบีตาพลังงานปานกลางอย่างเดียว จึงทำให้ฟิล์มในส่วนที่ตรงช่องพลาสติกบางนี้ดำได้

ช่องที่ 3 เป็นช่องพลาสติกหนา Thick Plastic เป็นช่องพลาสติกที่มีขนาด 300 mg/cm^2 ถ้าฟิล์มได้รับรังสีบีตาพลังงานปานกลาง หรือพลังงานต่ำ จะไม่ทำให้ฟิล์มในส่วนที่ตรงกับช่องนี้เกิดความดำ รังสีที่สามารถทะลุผ่านช่องนี้ได้จะต้องเป็นรังสีบีตาพลังงานสูง รังสีเอกซ์ หรือรังสีแกมมาเท่านั้น

ช่องที่ 4 เป็นช่องดิวรอล Dural ซึ่งเป็นแผ่นอัลลอยของอะลูมิเนียม (Al-Cu Filter) รังสีบีตาช่วงพลังงานจะถูกกลืนไว้หมด ช่องนี้จะดูดกลืน Photon ที่มีพลังงานตั้งแต่ 65 keV ลงมา

ช่องที่ 5 เป็นช่องดีบุกและตะกั่ว Tin-Lead จะประกอบด้วยดีบุกหนา 0.71 มม. และแผ่นตะกั่วหนา 0.30 มม. ช่องนี้จะยอมให้โฟตอนที่มีพลังงานมากกว่า 75 keV ผ่านไปได้

การประเมินค่าปริมาณรังสี เพื่อที่จะตรวจสอบว่าฟิล์มวัดรังสีได้รับปริมาณรังสีเท่าใด จะต้องทำ Calibration Film โดยนำฟิล์มวัดรังสีไปฉายรังสีเอกซ์ หรือแกมมาในปริมาณต่าง ๆ กัน แล้วนำมาอ่านค่า Optical Density สำหรับแต่ละปริมาณรังสีจากนั้นนำมาเขียนกราฟ Characteristic Curve ถ้าเราทราบค่า Optical Density ของฟิล์มวัดรังสีที่ต้องการหาค่าปริมาณรังสีก็สามารถอ่านค่าปริมาณ รังสีได้โดยตรงจาก Characteristic Curve นั้น การเลือกพลังงานของรังสีที่เหมาะสมสำหรับการทำ Calibration Film ทำให้สามารถคำนวณหาค่าปริมาณรังสีสำหรับพลังงานอื่น ๆ ได้โดยอาศัยหลักของแผ่นกรองรังสีช่องต่าง ๆ บนฟิล์มวัดรังสีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

National Radiological Protection Board (NRPB) ซึ่งสอบเทียบฟิล์ม Kodak Type 2 ด้วย Cs-137 ประเมินค่าปริมาณรังสีดังนี้

$$D_{x\&y} = 1.317D_{\text{Sn/Pb}} + 0.852D_{\text{P50}} - 0.779D_{\text{P300}} - 0.071D_{\text{dural}}$$

$$D_{\beta} = (D_1 - D_3) \times (D_1 - D_3) / (D_2 - D_3)$$

D_1 เป็นค่าปริมาณรังสีภายใต้ Filter ต่าง ๆ ที่เทียบจาก Calibration Curve ของ Cs-137 หากสอบเทียบกับแหล่งกำเนิดรังสีชนิดอื่นวิธีการประเมินผลย่อมแตกต่างกันออกไป สำหรับการวัดปริมาณรังสีจาก Thermal Neutron ต้องใช้ฟิล์มที่มี Cadmium Filter n_{th} จะเกิด Interaction กับ Cadmium และ Tin Filter เกิดรังสีแกมมา ค่า Cross-section ของ Interaction ทั้งสองแตกต่างกัน ทำให้สามารถคำนวณปริมาณรังสีจาก n_{th} ได้ อนึ่ง Conventional Film ไม่สามารถวัดปริมาณรังสีจาก Fast Neutron ได้

ตำแหน่งในการติดตั้งเครื่องวัดรังสีประจำบุคคล

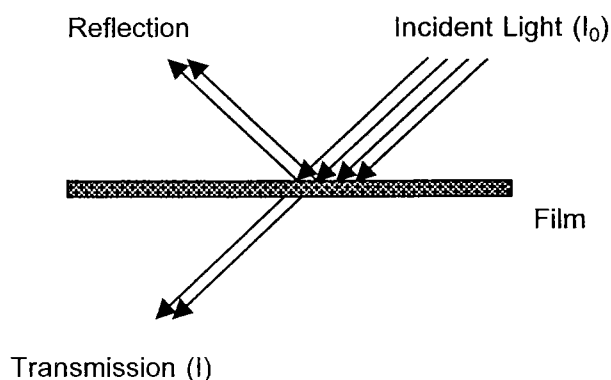
จุดประสงค์ในการใช้เครื่องวัดรังสีประจำบุคคล คือ การประเมินรังสีที่ร่างกายได้รับ ดังนั้นควร ติดไว้บริเวณลำตัว ถ้าสวมเสื้อตะกั่วให้ติดไว้ในเสื้อตะกั่ว แต่ผู้ใช้อาจติดไว้นอกเสื้อตะกั่วในกรณีที่ต้องการประเมินรังสีเฉพาะตำแหน่ง ในบริเวณที่มีข้อบ่งชี้ว่ามีปริมาณรังสีสูงเช่น ห้องปฏิบัติการรังสี นอกจากใช้ Routine Monitoring แล้ว ควรใช้เครื่องวัดรังสีอีกชนิดหนึ่งด้วยได้แก่ Alarm Dosimeter ซึ่งจะมีเสียงร้องเตือนเมื่อมีอัตราปริมาณรังสีเกินกว่าค่าที่ตั้งไว้

4. การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

หลักการพื้นฐานของเครื่องวัดความดำฟิล์ม

เครื่องวัดความดำฟิล์มที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันอาศัยหลักการวัดความดำฟิล์ม 2 แบบ คือ

1. การวัดความดำฟิล์มโดยวัดแสงสะท้อนกลับ (Reflection)
2. การวัดความดำฟิล์มโดยวัดแสงที่ผ่านฟิล์ม (transmission)



ภาพประกอบ 6 แสดงแสงที่ตกกระทบแล้วสะท้อนกลับและแสงที่ทะลุผ่านฟิล์ม

ความดำบนฟิล์ม (Blackening หรือ Optical Density (OD))

ความดำบนฟิล์ม คือ ความทึบแสงของฟิล์ม สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนระหว่าง I และ I_0 เรียกว่า transmittance และส่วนกลับของ transmittance เรียกว่า opacity และค่าความดำบนฟิล์ม Optical Density (OD) คือค่า $\log$ ฐาน 10 ของ opacity นั้นเอง

อัตราส่วนระหว่าง I และ I_0 เรียกว่า transmittance

$$\text{transmittance} = I / I_0$$

ส่วนกลับของ transmittance เรียกว่า opacity

$$\text{opacity} = I_0 / I$$

ค่า $\log$ ฐาน 10 ของ opacity เรียกว่า ค่าความดำบนฟิล์ม Optical Density (OD)

$$\text{OD} = \log I_0 / I$$

โดย I_0 = ความเข้มของแสงที่ตกกระทบแผ่นฟิล์ม

I = ความเข้มของแสงที่ทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม

ฟิล์มเอกซเรย์ทางการแพทย์ มีค่าความดำอยู่ในช่วง 0-4 ที่ความดำ 4 ฟิล์มจะดำมาก หมายความว่า มีโฟตอนของแสงเพียง 1 ใน 10,000 ตัวที่สามารถผ่านออกจากฟิล์มถึงเครื่องรับสัญญาณแสง

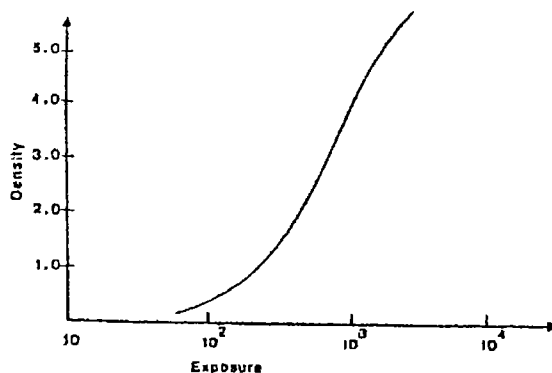
ตาราง 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Transmittance , Opacity และ Optical Density (OD)

Percent of light transmitted ($I/I_0 \times 100$)	Fraction of light transmitted (I/I_0)	Opacity (I_0/I)	Optical Density ($\log I/I_0$)
100.000	1	1.000	0.000
50.000	1/2	2.000	0.300
32.000	8/25	3.125	0.500
25.000	1/4	4.000	0.600
12.500	1/8	8.000	0.900
10.000	1/10	10.000	1.000
5.000	1/20	20.000	1.300
3.200	4/125	31.250	1.500
2.500	1/40	40.000	1.600
1.250	1/80	80.000	1.900
1.000	1/100	100.000	2.000
0.500	1/200	200.000	2.300
0.320	2/625	312.500	2.500
0.125	1/800	800.000	2.900
0.100	1/1000	1000.000	3.000
0.050	1/2000	2000.000	3.300
0.032	1/3125	3125.000	3.500
0.010	1/10000	10000.000	4.000

Optical Density ขึ้นกับสิ่งต่อไปนี้

1. ปริมาณรังสี

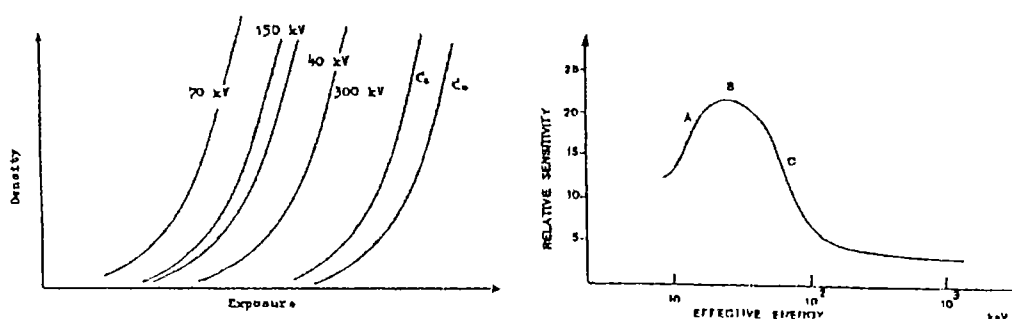
ค่า Optical Density ขึ้นอยู่กับ ปริมาณรังสี และ เวลา ที่ฟิล์มได้รับรังสี สมบัติข้อนี้ทำให้ฟิล์มสามารถวัดปริมาณรังสีแบบสะสมได้ ความสัมพันธ์ระหว่าง OD กับ Log-exposure เรียกว่า Characteristic Curve ช่วงใช้งานซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นตรง เรียกว่า Gamma



ภาพประกอบ 7 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำฟิล์ม (OD) กับปริมาณรังสี (Exposure)
(ภาควิชารังสี มหาวิทยาลัยมหิดล. 2545:21)

2. พลังงานของรังสี

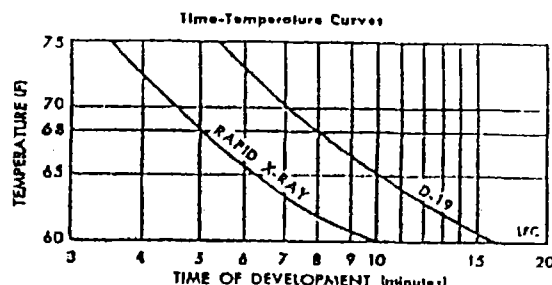
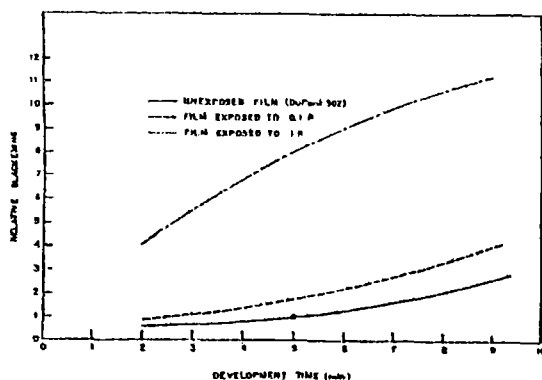
Optical Density ยังขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีด้วย รังสีแต่ละพลังงานจะทำให้เกิดความดำบนฟิล์มวัดรังสีไม่เท่ากันแม้จะได้รับปริมาณรังสีที่เท่ากัน ดังแสดงในรูป



ภาพประกอบ 8 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดำของฟิล์มกับปริมาณรังสีแต่ละพลังงาน
(ภาควิชารังสี มหาวิทยาลัยมหิดล. 2545:22)

3. การล้างฟิล์ม

ความเข้มข้น ความบริสุทธิ์ของน้ำยาล้างฟิล์ม อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์มจะมีผลต่อค่าความดำด้วย Variation ในเรื่องนี้แก้ไขได้โดยการนำ Calibration Film มาล้างพร้อมฟิล์มที่ต้องการประเมินผลทุกครั้ง



ภาพประกอบ 9 แสดงกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์ม (ภาควิชารังสีมหาวิทยาลัยมหิดล. 2545:22)

อุปกรณ์เปล่งแสง (Optic devices)

สารกึ่งตัวนำที่เปล่งแสงเมื่อมีกระแสไหลผ่าน ได้แก่ ไดโอดเปล่งแสง (LED) เป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่การใช้เป็นหลอดไฟเล็กๆ จนกระทั่งเป็นหลอดที่มีพื้นผิวเปล่งแสงขนาดใหญ่หรือหลอดตัวอักษรที่เกิดจากนำ LED มาต่อเป็นเมตริก มีสีสวยงามหลายสี นอกจากนั้นยังมีหลอดตัวเลขและหลอดตัวอักษรที่ใช้แสดงตัวเลขของนาฬิกาและอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ

นอกจากไดโอดเปล่งแสงที่ให้แสงอินฟราเรดสำหรับการทำโมทคอนโทรลแล้ว ยังมีเลเซอร์ไดโอด ที่สามารถสร้างแสงเลเซอร์ และนำมาใช้ในเครื่องเล่น CD (Compact Disc) อีกด้วย

ไดโอดเปล่งแสง (LED)

LED (Light Emitting Diode) หรือไดโอดเปล่งแสง เป็นไดโอดอีกชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติพิเศษ คือเมื่อกระแสไหลผ่านจะเปล่งแสงออกมาได้

ไดโอดเปล่งแสงเกิดจากการสร้างรอยต่อ PN ด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพิเศษ เมื่อคร่อมแรงดันไฟที่รอยต่อโดยให้ขั้วบวกอยู่ด้าน P และขั้วลบอยู่ด้าน N จะเกิดโฮลใน P และอิเล็กตรอนใน N จะไหลมารวมตัวกันที่รอยต่อเกิดเป็นแสงให้เราเห็น

สารกึ่งตัวนำที่ใช้มักจะเป็นผลึกแกเลียม (Ga) ที่มีส่วนผสมอื่นอยู่ด้วย สารเจือปนที่เจือปนอยู่ในอัตราส่วนที่ต่างกันจะทำให้เกิดการเปล่งแสงสีต่าง ๆ ได้ ปกติรอยต่อ PN จะสร้างขึ้นจากการปลูกชั้น N หรือ P บนฐานซึ่งเป็น P หรือ N ของผลึกแกเลียม

โดยปกติไดโอดชนิดนี้จะใช้แรงดันและกระแสน้อยคือแรงดันประมาณ 2V และกระแสประมาณ 1-20 mA. ก็จะทำให้ไดโอดเปล่งแสงได้ ไดโอดชนิดนี้ใช้เป็นหลอดแสงเล็กๆ ใช้เป็นแหล่งแสงในรีโมทคอนโทรล แหล่งแสงของเส้นใยแสงได้

นอกจากนี้ประสิทธิภาพการให้แสงสว่างของไดโอดเปล่งแสงยังดีกว่าหลอดไฟเล็กๆ โดยที่ไดโอดชนิดนี้จะกินไฟน้อยและมีอายุการใช้งานที่นานมาก นอกจากนั้นยังทนทานต่อการสั่นสะเทือนไม่เหมือนหลอดไฟทั่วไป การเปิดปิดทำได้เร็วมากจึงใช้ในการมอดูเลต (modulate) ด้วยความเร็วสูงและการกะพริบด้วยพัลส์ได้ดี

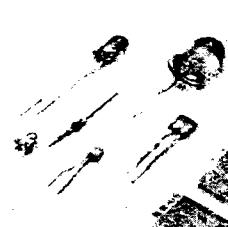
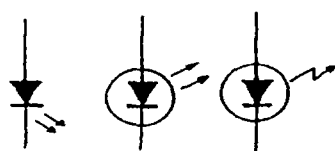
ไดโอดเปล่งแสงสามารถให้สีอินฟราเรด แดง ส้ม เหลือง เหลืองเขียว และเขียว ได้ในปัจจุบันมีผู้ทดลองทำไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินได้สำเร็จ จึงทำให้มีแม่สีครบ คือ แดง เขียว น้ำเงิน ต่อมาก็สามารถนำเอามาทำจอภาพสีได้โดยไม่ยากนัก

ความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งจากไดโอดจะขึ้นอยู่กับชนิดของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำไดโอด และส่วนผสมของสารเจือปน ลองดูว่าไดโอดที่เปล่งแสงต่างๆ ใช้สารกึ่งตัวนำชนิดใดบ้าง

- อินฟราเรด (ความยาวคลื่น $0.93 - 0.95 \mu\text{m}$) ใช้ GaAs
- สีแดง ($0.70 \mu\text{m}$) ใช้ GaP เจือด้วย Zn และ O
- สีแดง ($0.66 \mu\text{m}$) ใช้ GaAlAs เป็นไดโอดที่ให้แสงอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- สีส้มแดง ($0.63 \mu\text{m}$) ใช้ GaAsP ที่มีสูตร $\text{GaAs}_{0.35}\text{P}_{0.65}$
- สีส้ม ($0.61 \mu\text{m}$) ใช้ GaAsP ที่มีสูตร $\text{GaAs}_{0.25}\text{P}_{0.75}$
- สีเหลือง ($0.59 \mu\text{m}$) ใช้ GaAsP ที่มีสูตร $\text{GaAs}_{0.15}\text{P}_{0.85}$
- สีเหลืองเขียว ($0.565 \mu\text{m}$) ใช้ GaP และเจือด้วย N มีประสิทธิภาพในการให้แสงสูงกว่าหลอดสี

เขียว

- สีเขียว ($0.555 \mu\text{m}$) ใช้ GaP แต่ให้แสงไม่ค่อยมีประสิทธิภาพเท่าหลอดสีเหลืองเขียว จึงไม่เป็นที่นิยมใช้
- สีน้ำเงิน ($0.49 \mu\text{m}$) ใช้ GaN กำลังอยู่ในขั้นพัฒนาวิธีการผลิตจำนวนมาก
- สีน้ำเงิน ($0.48 \mu\text{m}$) ใช้ ZnSe และ SiC กำลังได้รับการวิจัยพัฒนาไปสู่ขั้นใช้งานได้จริง



ภาพประกอบ 10 แสดงสัญลักษณ์และตัวอย่างไดโอดเปล่งแสง

หลอด LED

ไดโอดเปล่งแสงจะถูกใช้เป็นหลอดไฟเดี่ยวๆ หรือใช้หลายๆ ตัวประกอบกันเป็นหลอดแสดงก็ได้ ถ้าใช้เดี่ยวๆ จะเรียกว่าหลอด LED

หลอด LED มีหลายชนิด โดยทั่วไปจะใช้ LED ใส่ลงในฝาครอบพลาสติกและอัดด้วยอีพ็อกซี เมื่อต่อตัวต้านทานอนุกรมไว้และป้อนแรงดันไฟก็จะทำให้หลอดติดสว่างได้

หลอด LED จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางกลาง 5 มิลลิเมตร ที่มีขนาดเล็กลงมาคือ 4, 3 และ 2.5 มิลลิเมตร ก็มีขนาดใหญ่ขนาด 7 มิลลิเมตร หรือ 10 มิลลิเมตร ก็มี ส่วนหัวจะถูกอัดด้วยอีพ็อกซีหรืออีพ็อกซีผสมกับ SiO_2 ให้โปร่งใส ครอบพลาสติกโดยรอบบางครั้งจะเป็นสีแดง, เหลือง, เขียว ตามสีของการเปล่งแสง

ส่วนหัวของหลอด LED จะทำหน้าที่เป็นเลนส์ มีรูปร่างหลายแบบ เช่น เป็นทรงกลม, สามเหลี่ยม, สี่เหลี่ยม ฯลฯ ขา 2 ขา จะอยู่ด้านล่าง หรืออาจจะต่อออกมาสองข้างเหมือนไดโอดชนิดเจอร์เมเนียมก็มี

หลอด LED ที่มีสองสี จะมี 3 ขา ถ้าดูภายในจะเห็น LED อยู่ 2 ตัว ประกอบอยู่ในหลอดเดียวกัน ถ้าให้ LED ตัวหนึ่งตัวใด ON จะเห็นเป็นสีแดงหรือเขียว ถ้าให้ ON พร้อมกันทั้งสองดวงจะเห็นเป็นสีม่วงถ้าปรับปริมาณแสงของแต่ละ LED จะเห็นเป็นสีต่างๆ กัน 3 – 4 สี

หลอด LED ขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 มม. ภายในจะมี LED ประกอบอยู่ 2 – 6 ตัว อยู่ด้านล่างเลนส์อีพ็อกซี

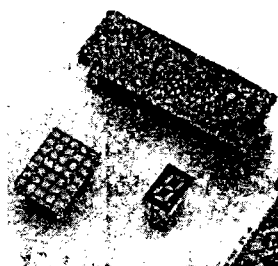
ส่วนหลอด LED ที่เป็นแผ่นพื้นใหญ่ให้แสงเสมอกันในบริเวณพื้นผิว จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 – 15 มม. ด้านล่างจะมี LED วางอยู่ 1 – 6 ตัว และจะผ่านอีพ็อกซีที่มีคุณสมบัติกระจายแสงเพื่อให้พื้นผิวมีแสงเรียบเสมอกัน

อุปกรณ์แสดง LED

หลอดตัวเลข และหลอดตัวอักษรที่เป็น LED จะใช้ในการแสดงตัวเลขและตัวอักษรของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น นาฬิกา, เครื่องวัดดิจิตอล โดยทั่วไปมักจะแสดงตัวเลขหรือตัวอักษรด้วยเส้นหรือจุดของ LED หลายๆ ดวง

Dot matrix display จะประกอบด้วยหลอด LED หลายๆ ดวงเรียงกันเป็นเมตริกตาแนวนอนและแนวตั้งใช้แสดงตัวเลขหรือตัวอักษร ตัวอักษรหนึ่งตัวใช้จำนวน LED

Segment LED เช่น หลอดตัวเลข 7 ซีด (7-Segment display) ใช้เส้น หรือซิด 7 ซีดเรียงกันเป็นรูปเลข 8 จากการขับ LED แต่ละซิดให้ติดกันก็สามารถแสดงตัวเลขให้เข้าใจได้ตั้งแต่ 0.9 การขับ LED ชนิดนี้จะมีไอซีที่ทำหน้าที่ถอดรหัสและขับโดยตรง



ภาพประกอบ 11 แสดงหลอดแสดง LED แบบซิด Segment และแบบจุด Dot Matrix

อุปกรณ์รับแสง(Photodetector)

อุปกรณ์ตัวรับแสง หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงให้แปรค่ากับค่าของพลังงานทางไฟฟ้าได้ โดยตัวอุปกรณ์จะต้องประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งอาจจะนำมาต่อเชื่อมให้เกิดเป็นรอยต่อหรือเป็นเนื้อสารกึ่งตัวนำอย่างเดียวกันก็ได้ตัวอย่างอุปกรณ์เหล่านี้พอที่จะแยกแยะอธิบายได้ดังนี้

โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์ไวแสงชนิดหนึ่งประกอบด้วยรอยต่อ PN เช่นเดียวกับเซลล์แสงอาทิตย์ แต่มีลักษณะบางอย่างแตกต่างกันคือ การใช้งานตัวโฟโตไดโอดจะให้กระแสไหลผ่านตัวมันที่ขึ้นอยู่กับแสง เมื่อโฟโตไดโอดชนิดซิลิกอนถูกไบแอสกลับด้วยแรงดันค่าหนึ่งและมีแสงส่องไปที่บริเวณรอยต่อ ถ้าแสงที่ส่องมีความยาวคลื่นที่พอเหมาะจะมีกระแสไหลในวงจรโดยเป็นสัดส่วนกับความเข้มของแสงที่ส่องผ่านบนอุปกรณ์นั้น ลักษณะทั่วไปขณะไบแอสตรงจะยังคงเหมือนกับไดโอดธรรมดาคือให้กระแสผ่านตัวมันเองได้ การทำงานของโฟโตไดโอดพอจะกล่าวได้อย่างสังเขปดังนี้ เมื่อแสงตกกระทบบริเวณรอยต่อจะทำให้เกิดการแตกตัวของโฮลและอิเล็กตรอนอิสระ โฮลและอิเล็กตรอนอิสระจะถูกแรงดันไบแอสกลับเหนี่ยวนำให้เกิดการไหลข้ามรอยต่อเป็นกระแสเนื่องจากแสงได้ โดยปกติค่ากระแสเนื่องจากแสงนี้มีค่าค่อนข้างต่ำมาก คืออยู่ในช่วง 1-10 μ A เท่านั้น

ไดโอดที่ไวต่อแสงชนิดซิลิกอนมีสัมประสิทธิ์ ของการเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิต่ำและผลตอบสนองต่อแสงไว นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมผลตอบสนองต่อความถี่ของแสงและความเร็วได้

- PN โฟโตไดโอด

PN โฟโตไดโอด (Photo Diode : PD) เป็นสารกึ่งตัวนำที่จะให้กระแสไหลผ่านได้เมื่อถูกแสงถ้าใช้รอยต่อ PN ก็จะมีเรียกว่า PN โฟโตไดโอด สารกึ่งตัวนำที่ใช้ก็จะเป็นซิลิกอน

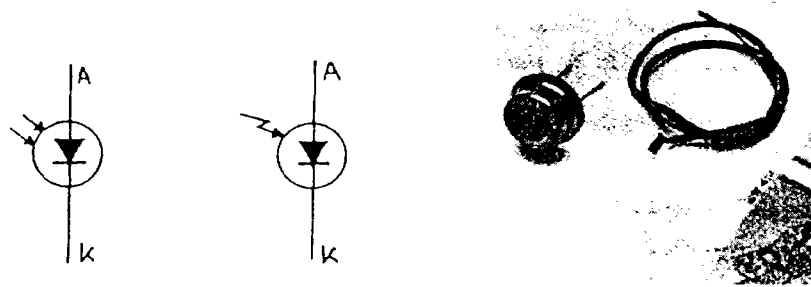
รอยต่อ PN เป็นรอยต่อของสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ชนิด P เกิดจากการเจือสารทำให้เกิดแอกเซปเตอร์ (acceptor) ส่วนชนิด N เกิดจากการเจือสารทำให้เกิดไดเนอร์ (donor)

ตรงบริเวณรอยต่อ PN นี้ โฮลในสารชนิด P และอิเล็กตรอนในสารชนิด N จะแพร่กระจายเข้ามา ทำให้เกิดการรวมตัวกันในบริเวณนี้ จึงไม่มีประจุไฟฟ้าบริเวณรอยต่อนี้ทำให้เกิดชั้นที่เรียกว่า depletion layer ขึ้น

ในสารชนิด P เมื่อโฮลลดน้อยลงก็จะเกิดอออนประจุลบ ส่วนในสารชนิด N เมื่ออิเล็กตรอนน้อยลงก็จะเกิดประจุบวกขึ้นและบริเวณรอยต่อจะเห็นประจุลบและบวกทั้งสองด้านจึงเกิดเป็นสนามไฟฟ้าขึ้น

เมื่อมีแสงมาตกกระทบที่รอยต่อ PN นี้ พลังงานแสงจะเร่งให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอมทำให้เกิดโฮล อิเล็กตรอนที่มีประจุลบและโฮลที่มีประจุบวกจะถูกแรงของสนามไฟฟ้ารอยต่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ข้ามรอยต่อได้คือ กระแสไหลตรงรอยต่อ PN ได้

ดังนั้น จะเห็นว่าเมื่อฉายแสงไปที่รอยต่อจะเกิดกระแสไหล จึงใช้เป็นโฟโตเซนเซอร์ได้อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดจากแสงตรงรอยต่อนั้น ถ้าทิ้งไว้เฉย ๆ อาจรวมตัวกันอีก ดังนั้นตรงบริเวณรอยต่อจึงมักจะคร่อมแรงดันไบแอสไว้ เพื่อให้ depletion layer มีขนาดใหญ่ขึ้น



ภาพประกอบ 12 แสดงสัญลักษณ์และตัวอย่างของ PN โฟโตไดโอด

- PIN โฟโตไดโอด

มีรูปร่างเหมือน PN โฟโตไดโอด ที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ผ่านมา เพียงแต่เพิ่มชั้น I ตรงกลางระหว่างชั้น P และ N จึงมีชั้น PIN ตามชื่อของโฟโตไดโอด

ชั้น I เป็นชั้นของสารกึ่งตัวนำที่ไม่เป็นทั้งชนิด P และ N เป็นสารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ไม่มีสารเจือปน I ย่อมาจากคำว่า Intrinsic

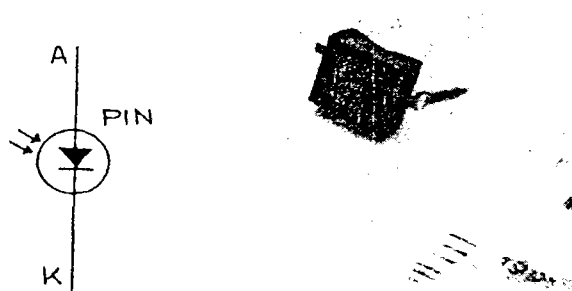
เมื่อสอดชั้น I เข้าไปในระหว่างชั้น P และ N แล้วจะทำให้เกิด depletion layer ที่มีค่าความต้านทานสูง และชั้นของสารกึ่งตัวนำจะมีความหนาเพิ่มขึ้น

เมื่อไบแอสย้อนรอยต่อ PN นี้ (ชั้นลบที่สาร P ขั้วบวกที่สาร N) จะทำให้แรงดันเกือบทั้งหมดมาตกคร่อมบนชั้น I นี้ ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าที่แรงขึ้น

เมื่อฉายแสงให้ตกกระทบบนตรงรอยต่อจะมีอิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม เนื่องจากแสงจะเข้ามาจากชั้น P เข้ามาในชั้น I จึงทำให้ในชั้น P เกิดโฮลขึ้น โฮลและอิเล็กตรอนที่เกิด จากแสงนี้จะถูกอิทธิพลของสนามไฟฟ้าที่ชั้น I ผลักดันให้เกิดการเคลื่อนที่อิเล็กตรอน จะวิ่งไปที่ขั้วบวกของสาร N ส่วนโฮลจะวิ่งไปที่ขั้วลบของสาร P เกิดกระแสไหลขึ้น

ถ้าเพิ่มแรงดันไบแอสให้มากขึ้น การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและโฮล จะเร็วขึ้นมากเมื่อเทียบกับ PN โฟโตไดโอดธรรมดา ทำให้สามารถวัดการเปลี่ยนแปลงของแสงได้อย่างรวดเร็ว หมายถึงมีผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงเร็วขึ้นเอง

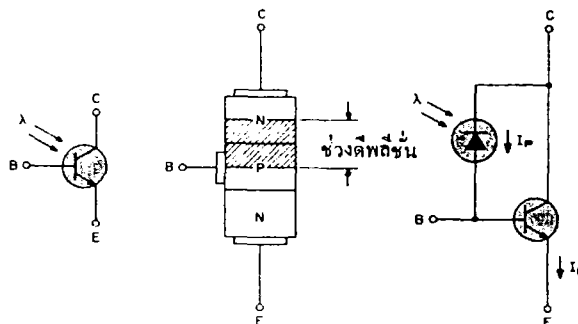
PIN โฟโตไดโอดมีความเร็วในการทำงานสูงสามารถใช้กับความถี่ได้สูงถึง 1 กิกะเฮิรตซ์ (GHz = 1000 MHz) จึงใช้เป็นตัวรับแสงเพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของแสงใช้ในการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง ใช้ในการส่งสัญญาณ PCM ของโทรศัพท์ และยังใช้เป็นตัวรับแสงของรีโมทคอนโทรลของเครื่องวิดีโออีกด้วย



ภาพประกอบ 13 แสดงสัญลักษณ์และตัวอย่างของ PIN โฟโตไดโอด

โฟโตทรานซิสเตอร์

โฟโตทรานซิสเตอร์อาศัยหลักการเดียวกับโฟโตไดโอดแต่โฟโตทรานซิสเตอร์ให้ข้อดีกว่าโฟโตไดโอดมาทั้งนี้เพราะว่ากระแสที่ได้จะผ่านการขยายตัวทรานซิสเตอร์ก่อน ในภาวะปกติของการใช้งานของโฟโตทรานซิสเตอร์รอยต่อระหว่างเบสอีมีเตอร์จะต่อไบแอสตรง ส่วนรอยต่อระหว่างเบสคอลเลคเตอร์จะต่อไบแอสกลับที่รอยต่อนี้เองเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการแปลค่ากระแสที่ขึ้นกับแสง

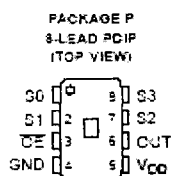


ภาพประกอบ 14 แสดงสัญลักษณ์และโครงสร้างของโฟโตทรานซิสเตอร์

ออปโตไอซี

ไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควเอนซี คอนเวอร์เตอร์ (Programmable Light-To-Frequency Converters IC)

เป็นไอซีที่สามารถเปลี่ยนแสงที่ได้รับเป็นความถี่แบบโปรแกรมได้(Programmable Light-To-Frequency Converters) ประกอบด้วยโฟโตไดโอดและวงจรที่แปลงกระแสไฟฟ้าเป็นความถี่บรรจุรวมกันอยู่ในลักษณะของไอซีซีมอส ในส่วนเอาต์พุตสามารถส่งสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง(Pulse Train) หรือสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมต่อเนื่อง (Square Wave) ซึ่งเป็นความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงได้โดยตรง และสามารถเซตความไวในการตอบสนองพร้อมทั้งปรับตั้งได้ 3 ช่วง สามารถกำหนดสเกลความถี่ด้านเอาต์พุต และสามารถติดต่อแบบสองทางได้โดยตรง เพื่อโปรแกรมและอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งสามารถตอบสนองช่วงของแสงได้กว้างตั้งแต่ 320-1050 nm. ในช่วงอุณหภูมิ -25°C ถึง 70°C ดังรูป

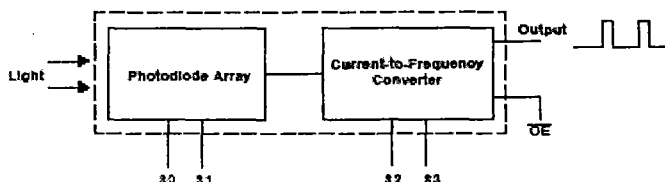


ภาพประกอบ 15 แสดงไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควเอนซี คอนเวอร์เตอร์ (Programmable Light-To-Frequency Converters IC)

Terminal Functions

TERMINAL NAME	NO.	TYPE	DESCRIPTION
GND	4		Ground
OE	3		Enable for f_O (active low)
OUT	6	O	Scaled-frequency (f_O) output
S0, S1	1, 2		Sensitivity-select inputs
S2, S3	7, 8		f_O scaling-select inputs
V _{DD}	5		Supply voltage

Functional Block Diagram



ภาพประกอบ 16 แสดงตำแหน่งของขาและฟังก์ชันบล็อกไดโอดแอมป์ของไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควเอนซี คอนเวอร์เตอร์ (Programmable Light-To-Frequency Converters)

จากการศึกษาอุปกรณ์รับแสงหลายชนิดผู้วิจัยจึงมีความคิดที่จะเลือกใช้ไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควเอนซี คอนเวอร์เตอร์(Programmable Light-To-Frequency Converters) ซึ่งเป็นอุปกรณ์รับแสงที่สามารถเปลี่ยนแสงที่ได้รับเป็นความถี่แบบโปรแกรมได้ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้เป็นสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง (Pulse Train) หรือสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมต่อเนื่อง(Square Wave) ซึ่งเป็นความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงได้โดยตรง และสามารถติดต่อแบบสองทางได้โดยตรง เพื่อโปรแกรมและอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แล้วนำไปสร้างกราฟการเปรียบเทียบไว้ภายในหน่วยความจำได้อีกด้วย ทั้งยังสามารถตอบสนองช่วงของแสงที่กว้างตั้งแต่ 320-1050 nm. ในช่วงอุณหภูมิ -25°C ถึง 70°C และสามารถแสดงค่าความเข้มแสง(OD)และค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เป็นตัวเลขที่แม่นยำได้

หลักการของดิจิทัล

โดยทั่วๆ ไประบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic System) เป็นระบบที่ประกอบขึ้น จากการรวมเอา วงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Circuit) มาต่อรวมกันเพื่อการทำงานตามฟังก์ชันที่กำหนด ตัวอย่างระบบอิเล็กทรอนิกส์ เช่น คอมพิวเตอร์ดิจิทัล (Digital computer) , ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) , นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Watch) , เครื่องคิดเลขอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Calculator) เมื่อพิจารณาถึงลักษณะการทำงานของระบบอิเล็กทรอนิกส์ต่อสัญญาณที่ป้อนเข้ามายังระบบ และผลตอบสนองที่เกิดขึ้น เราสามารถแบ่งระบบอิเล็กทรอนิกส์ออกเป็นสองชนิดคือ

- ระบบอิเล็กทรอนิกส์อนาล็อก (Analog Electronic System)
- ระบบอิเล็กทรอนิกส์ดิจิทัล (Digital Electronic System)

ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบอนาล็อก เป็นระบบที่ทำงานต่อจำนวนที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องกัน (Continuous Varying quantities) เช่นอุณหภูมิหรือแรงดัน จำนวนดังกล่าวนี้เราเรียกว่าจำนวนอนาล็อก (Analog quantities) เมื่อจำนวนดังกล่าวนี้ถูกเปลี่ยนเป็นแรงดัน (Voltage) เราเรียกแรงดันนี้ว่า แรงดันอนาล็อก(Analog voltage) การเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่ต้องเป็นไปแบบต่อเนื่องกัน ตัวอย่างอุปกรณ์อนาล็อก เช่น เครื่องขยาย(Amplifier)

ระบบอิเล็กทรอนิกส์แบบดิจิทัล เป็นระบบที่ทำงานต่อจำนวนที่ไม่ต่อเนื่องกันที่เรียกว่าแบบดิสครีท (discrete) เช่นค่าตัวเลขในฐานสิบ (0, 1, 2, 9) จำนวนที่เป็นดิสครีทเหล่านี้สามารถเขียนแสดงเป็นค่าแรงดันได้ เราเรียกว่าแรงดันดิจิทัล(Digital voltage) หรือระดับแรงดัน(Voltage level) แรงดันดิจิทัลอาจเปลี่ยนแปลงได้ แต่การเปลี่ยนแปลงจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องกัน

หลักการทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ตัวไมโคร-โปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่น ไอซี 8255 หรือหน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

1. โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51 ภาพประกอบ 19 ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

หน่วยประมวลผลกลางขนาด 8 บิต

หน่วยประมวลผลสำหรับข้อมูลแบบบิต (Boolean Processor)

ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำโปรแกรม 64 กิโลไบต์

ความสามารถในการอ้างตำแหน่งของหน่วยความจำข้อมูล 64 กิโลไบต์

หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 4 กิโลไบต์ แบบ อิพรอม (เบอร์ 8451)

หน่วยความจำแบบ แรม ภายในจำนวน 128 ไบต์

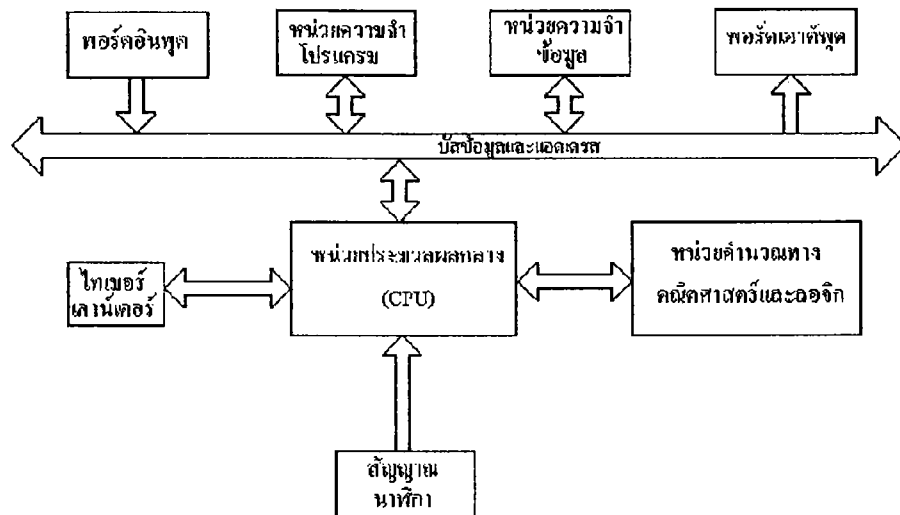
พอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบขนานจำนวน 32 เส้น ซึ่งสามารถแยกทำงานได้อย่างอิสระ

วงจรรับ/จับเวลาขนาด 16 บิต จำนวนสองวงจร

วงจรรีเสาสารแบบอนุกรมแบบดูเพล็กซ์เต็ม (Full Duplex)

วงจรควบคุมการอินเตอร์รัปต์จากแหล่งกำเนิดสัญญาณ 6 ประเภท พร้อมการกำหนด ลำดับ

วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในซึ่งโครงสร้างการทำงานทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์จะอาศัยหลักการทำงานที่เกี่ยวข้องกัน โดยอาศัยหลักการทำงานที่เป็นไปตามโครงสร้างเสมอ

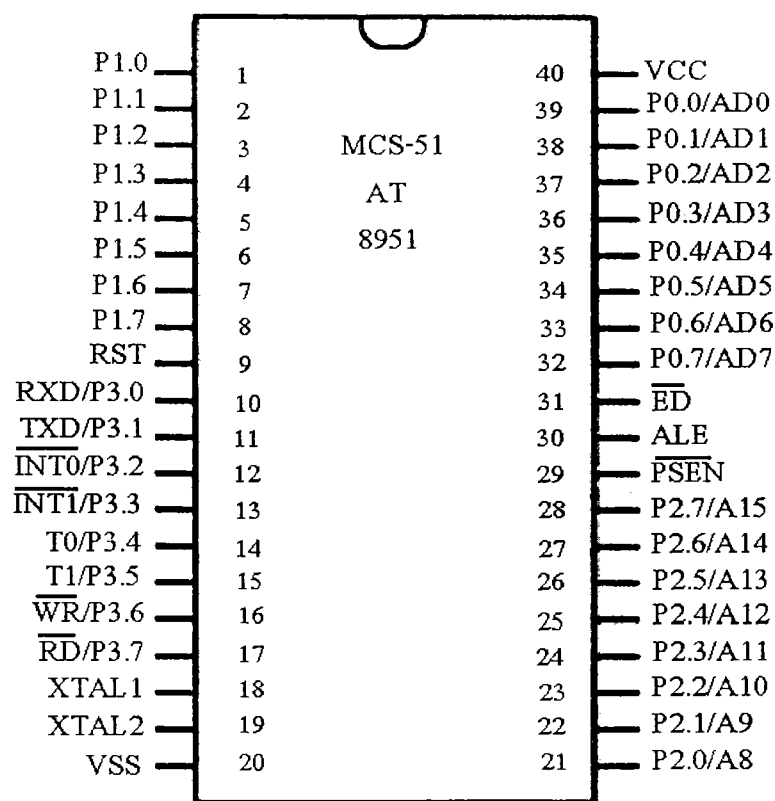


ภาพประกอบ 17 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (<http://come.to/nakon>. July.2002)

โดยมากแล้วไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลนี้มักจะมีรูปร่างของไอซีเป็นแบบขนาด 40 ขา ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะมีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ซึ่งเขียนกำกับไว้ว่า Alternate Function ภาพประกอบ 20) ซึ่งจะไม่สามารถใช้งานในเวลาเดียวกันได้ ตัวอย่างเช่นขาสัญญาณบิต 0 ของพอร์ต 3 (ใช้ตัวย่อเป็น P3.0) อาจจะใช้เป็นขาสัญญาณเอาต์พุต หรืออินพุตตามปกติ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งประกอบด้วยหน่วยการทำงานต่างๆ ภายในไอซี MCS-51 จำนวนมาก โดยแต่ละบล็อกซึ่งเป็นวงจรควบคุมรีจิสเตอร์ (Register) หรือหน่วยความจำภายในของไอซี MCS-51 จะถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันผ่านทางเส้นสัญญาณที่เรียกว่าบัสข้อมูลภายใน รีจิสเตอร์และหน่วยความจำเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ระหว่างการประมวลผลคำสั่ง หน้าที่ของโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาก็เป็นการควบคุมการรับหรือส่งข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์เหล่านี้ ซึ่งอาจจะมีการดำเนินการร่วมกับหน่วยการดำเนินงานประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก หรือเรียกว่า (Arithmetic And Logic Unit : ALU)

2. โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

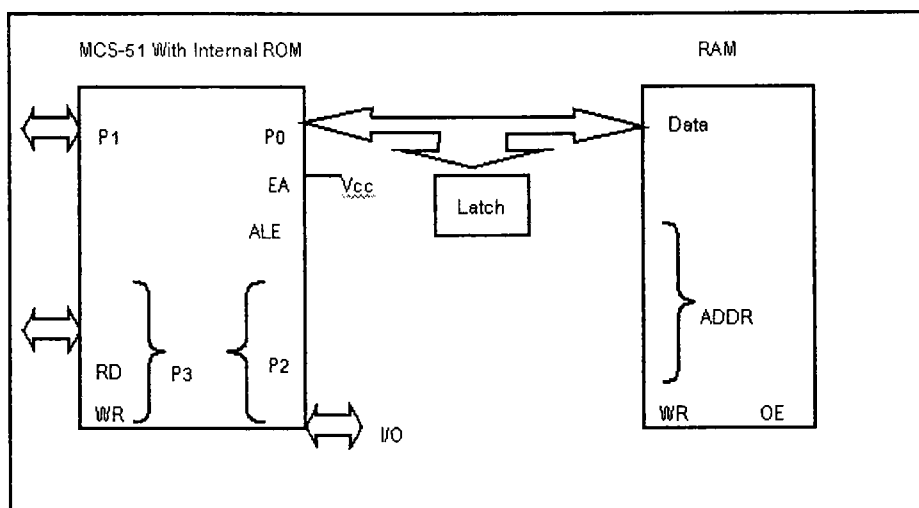
ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม(Program Memory) และหน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างกันไปจากกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน



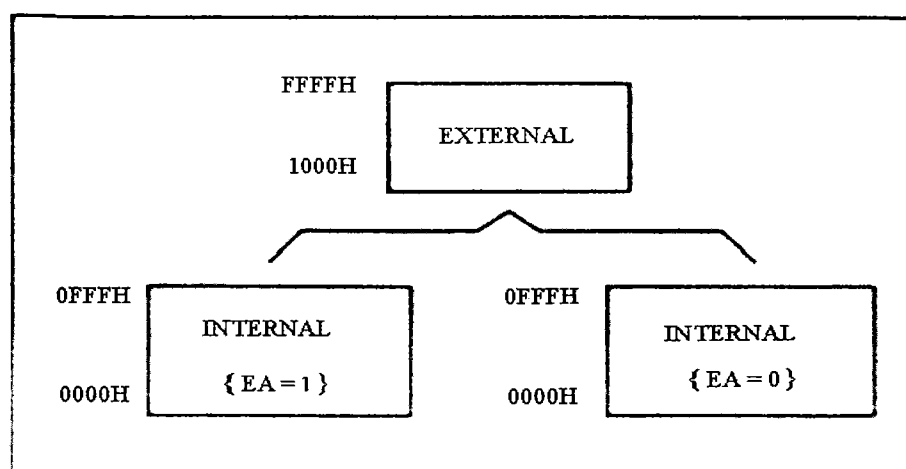
ภาพประกอบ 18 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51(<http://come.to/nakon.July.2002>)

3. หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหายโครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ ประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (Read Only Memory) หรือ อีพรอม (Erasable Programmable Read Only Memory) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (Internal Program Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำรอม หรือ อีพรอม ที่อยู่ภายในตัวไอซีของไมโคร-คอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) ซึ่งเป็นการใช้อีซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็นหน่วยความจำโปรแกรมของระบบ



ภาพประกอบ 19 แสดงการใช้หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (<http://come.to/nakon> July.2002)



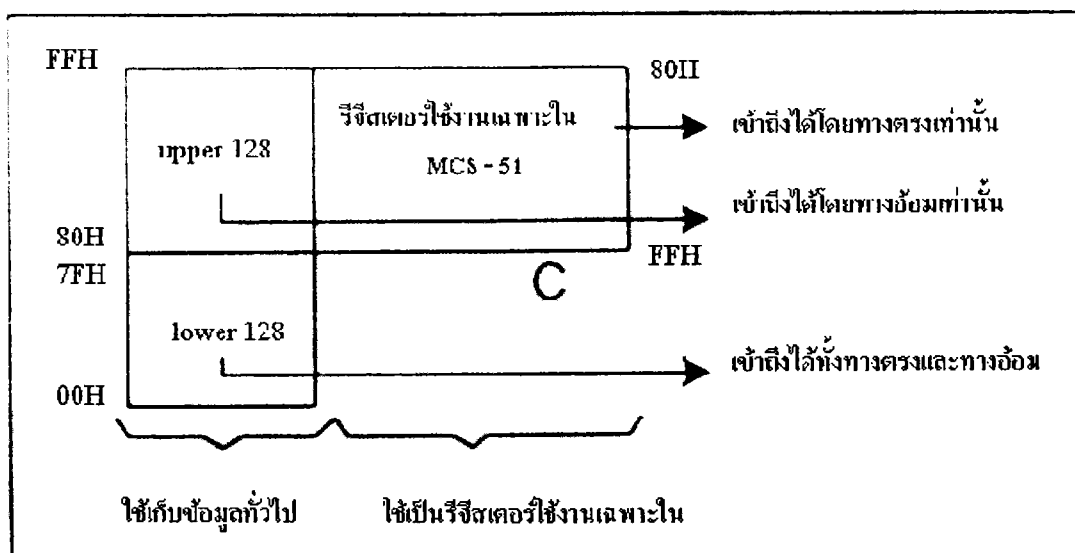
ภาพประกอบ 20 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก (<http://come.to/nakon> July.2002)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 ในหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณในขณะนั้นด้วย ขนาดหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ภายในตระกูล 8051 จะแตกต่างกันออกไป เพื่อความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานลักษณะต่างๆ เช่น

8051 และ 8052 มีหน่วยความจำแบบรวม 4 และ 8 กิโลไบต์

8751 มีหน่วยความจำแบบ อีพรอม ขนาด 4 กิโลไบต์ ข้อมูลที่จัดเก็บภายในนี้ ซึ่งสามารถใช้แสงอุลตราไวโอเลตลบและนำกลับไปโปรจุ่มโปรแกรมใหม่ได้อีกครั้งหนึ่ง

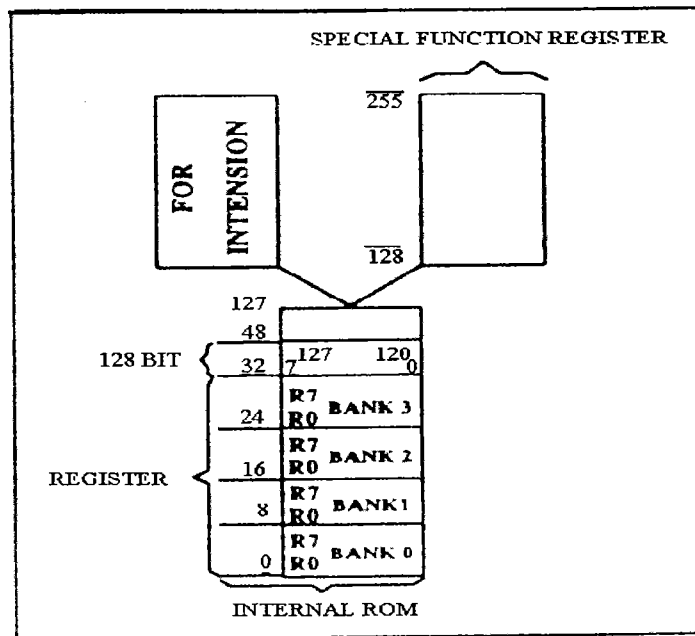
8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมอยู่ในตัวไอซี ดังนั้นในการนำไปใช้งานจึงจำเป็นต้องสามารถขยายให้ใช้งาน ต้องอาศัย หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเสมอ



ภาพประกอบ 21 แสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 (<http://come.to/nakon> July.2002)

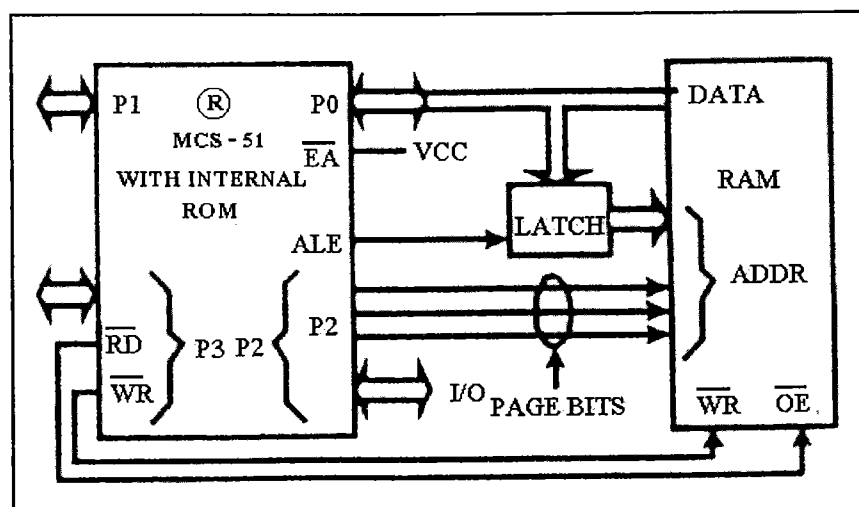
4. หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (Data Memory) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (Read or Write Memory) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไปพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโคร-คอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายใน ซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจรลักษณะเดียวกับ การนำไอซี อีพ롬มาใช้งานเป็นหน่วยความจำโปรแกรมนั่นเอง



ภาพประกอบ 22 แสดงการจัดหน่วยความจำข้อมูล (<http://come.to/nakon> July.2002)

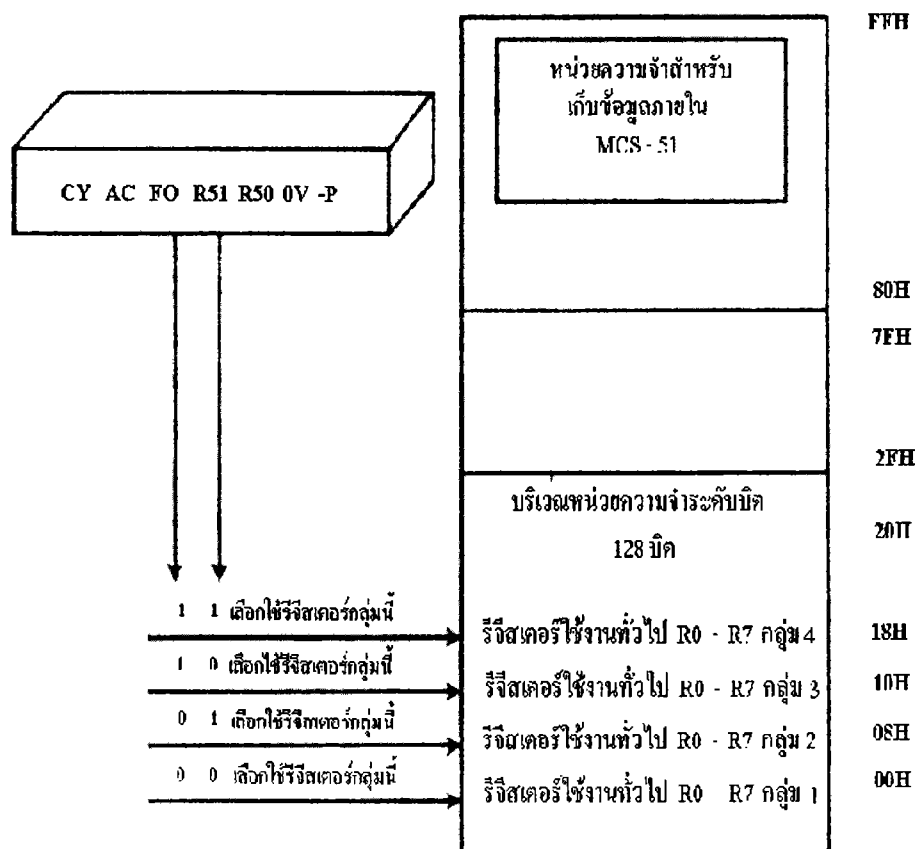
โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆ เบอร์จะมีหน่วยความจำเก็บข้อมูลต่างๆ ไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ทั้งนี้ ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายในไอซีในบริเวณ 128 ไบต์เรียกว่า Lower 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า Upper 128



ภาพประกอบ 23 แสดงการต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกไอซี (<http://come.to/nakon> July.2002)

5. รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-515.

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญโดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสจะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ประกอบด้วย -รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (General-Purpose Registers) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วยประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็น การเก็บข้อมูลตัวแปรภายในโปรแกรมจะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกันทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ภายในแฟล็ก (PSW) เท่านั้น อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของหน่วยความจำแรม



ภาพประกอบ 24 แสดงการเลือกใช้รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0-R7 ในแต่ละกลุ่ม (<http://come.to/nakon> July.2002)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับ การควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของรีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำสำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มีจำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H และ F0H) -แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในหน่วยประมวลผลกลาง และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานเท่านั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอกคิวมูเลเตอร์ของโปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานในโปรแกรมซึ่งใช้เรียกเป็น รีจิสเตอร์ A

6. ชุดคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคำสั่งทั้งหมดจำนวนมาก ซึ่งนำมาแสดงไว้ในตารางของชุดคำสั่งต่างๆ ซึ่งสามารถจะจัดกลุ่มคำสั่งเหล่านี้ตามลักษณะและหน้าที่การทำงานที่คล้ายคลึงกัน เพื่อความสะดวกต่อการศึกษา ทำความเข้าใจและใช้งาน ดังนี้

6.1 กลุ่มการถ่ายเทข้อมูล คือ กลุ่มคำสั่งในการโอนย้ายข้อมูล ทำหน้าที่ในโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ หรือหน่วยความจำภายในแรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ ชุดคำสั่งในการถ่ายเทแรม ภายในนั้น ซึ่งเวลาที่ใช้ในหนึ่งคำสั่งนั้น จะเป็นเวลาเมื่อขณะที่ความถี่ในการทำงานของหน่วยประมวลผลกลาง ที่ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ และรายละเอียดของแต่ละคำสั่งมีดังนี้ MOV :จะทำงานในลักษณะเป็นการถ่ายเทข้อมูลที่มีขนาดเป็นไบต์ หรือ บิตก็ได้ จากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ตัวรับข้อมูลในฟิลด์โอเปอร์แรนด์ PUSH:จะทำงานโดยเพิ่มค่ารีจิสเตอร์ SP ก่อนแล้วจึงทำการถ่ายเทข้อมูล 1 ไบต์จากแหล่งกำเนิดไปบริเวณสแต็กตามตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนด POP:การถ่ายเทข้อมูลขนาด 1 ไบต์จากบริเวณตำแหน่งที่รีจิสเตอร์ SP กำหนดไปยังรีจิสเตอร์ที่โอเปอร์แรนด์ กำหนดและหลังจากนั้นรีจิสเตอร์ SP จะลดค่าลง XCH:คำสั่งแลกเปลี่ยนไบต์ระหว่างแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับรีจิสเตอร์ AXCHD คำสั่งในการแลกเปลี่ยนขนาดนิบิลทางอันดับต่ำของแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์กับนิบิลอันดับต่ำของแอกคิวมูเลเตอร์ ตัวอย่างเช่นทำการเลื่อนข้อมูลไป 2 ไบต์ทางขวามือซึ่งจะมี 2 วิธีคือใช้คำสั่ง MOV หรือใช้คำสั่ง XCH

6.2 กลุ่มคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ และหารข้อมูลภายในตัวรีจิสเตอร์ต่างๆ ช่วงเวลาการทำงาน ของแต่ละคำสั่งนั้นจะกำหนดที่ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาที่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ คำสั่งทางคณิตศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เวลา 1 ms ยกเว้นคำสั่ง INC DPTR ซึ่งใช้เวลา 2 ms โดยที่คำสั่งการคูณและหารใช้เวลา 4 ms โดยมีรายละเอียดการใช้คำสั่งมีดังนี้

INC : เป็นการบวกหนึ่งกับโอเปอร์แรนด์ และใส่ค่าใหม่กลับเข้าที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้นๆ

DEC : เป็นการลบออกจากตัวเลขที่อยู่ในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ และนำผลลัพธ์ที่ได้มาเก็บไว้ที่ตัวโอเปอร์แรนด์นั้น

ADD : เป็นการบวกในแอกคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์

ADDC : เป็นการบวกค่าต่างๆ ในแอกคิวมูเลเตอร์เข้ากับค่าในแหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ และบวกกับบิตทดด้วย

SUBB : เป็นการนำเลขที่แหล่งกำเนิดโอเปอร์แรนด์ ลบออกจากตัวเลขใน A และนำค่าบิตตัวทศมาลบออกอีกและผลลัพธ์ที่ได้นำมาใส่ลงในแอกคิวมูเลเตอร์ A

MUL : เป็นการคูณแบบไม่คิดตัวเครื่องหมายของตัวเลขที่อยู่ในแฉกคิวมูลเตอร์กับเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วได้ผลลัพธ์ 2 ไบต์ นำมาเก็บไว้ที่ AB โดย A จะรับอันดับต่ำส่วน B จะรับอันดับสูง

DIV : เป็นคำสั่งในการหารแบบไม่คิดเครื่องหมายที่อยู่ในแฉกคิวมูลเตอร์แล้วหารตัวเลขในรีจิสเตอร์ B แล้วนำผลลัพธ์ไปเก็บในแฉกคิวมูลเตอร์และเศษของการหารตัวเลข จะเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B

DA : สำหรับการบวกกันทางตัวเลข BCD เป็นการปรับค่ารวม ซึ่งเป็นผลมาจากการบวกกันทางไบนารีของระบบตัวเลข BCD ขนาด 2 หลักสองจำนวน การปรับค่าตัวเลขผลรวมด้วยการใช้คำสั่ง DA จะได้ผลลัพธ์กลับมาที่แฉกคิวมูลเตอร์

6.3 กลุ่มคำสั่งทางตรรกศาสตร์หรือ แบบลอจิก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการประมวลผลแบบลอจิกต่างๆ เช่น การ AND OR หรือ EX-OR ระหว่างข้อมูลในรีจิสเตอร์ A นั้นเอง โดยมีการใช้คำสั่งดังนี้

CPL : เป็นการใช้คำสั่งกลับค่าหรือคอมพลีเมนต์ ข้อมูลในแฉกคิวมูลเตอร์จะไม่มีผลใดๆ ต่อค่าของแฟลก หรือการอ้างถึงตำแหน่งแอดเดรสตามบิตนั้นๆ

RL, RLC, RR, RRC, SWAP : ทั้ง 5 คำสั่งนี้เป็นคำสั่งในการทำงานการวนบิตบนตัวของแฉกคิวมูลเตอร์ซึ่ง RL เป็นการวนบิตทางขวา, RLC เป็นการทำการวนทางซ้ายผ่านบิตทด, RRC เป็นการวนขวาผ่านบิตทด และ Swap เป็นการวนซ้ายสลับ

ANL : เป็นการ ADD กันทางตรรกศาสตร์ ระหว่างแหล่งกำเนิดสองโอเปอร์แรนด์ ซึ่งจะสั่งให้ทำงานในรูปแบบของตรรกศาสตร์ทางข้อมูลขนาดเป็นไบต์หรือบิต

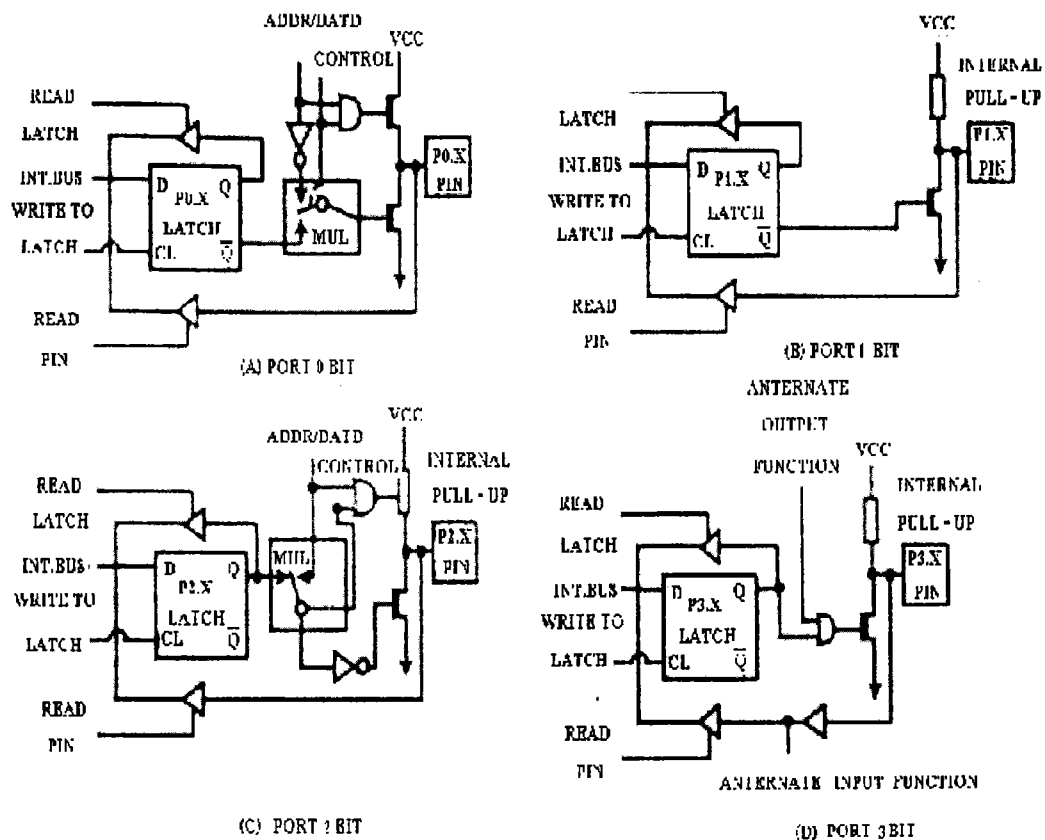
6.4 กลุ่มคำสั่งแบบบูลีนหรือแบบบิต ซึ่งเป็นความสามารถของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่จะดำเนินการประมวลผลแบบบิต แทนที่จะเป็นข้อมูลทั้งไบต์เช่นปกติ โดยมีชุดคำสั่งที่จัดการโดยตรงทุกคำสั่งจะเข้าถึงข้อมูลโดยตรงในระดับบิต โดยมีการบิตแอดเดรสได้ตั้งแต่ 00H - 7FH ในพื้นที่ 128 บิต หน่วยความจำข้อมูลภายในและบิตแอดเดรส 80H - FFH ในบริเวณกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR)

6.5 กลุ่มคำสั่งในการกระโดดไปยังตำแหน่งต่างๆภายในโปรแกรม ซึ่งจะเปลี่ยนลำดับของการประมวลผลภายในโปรแกรมไปยังส่วนต่างๆแทนที่จะดำเนินการไปเป็นลำดับ ต่อเนื่องโดยที่คำสั่ง JMP จะแบ่งเป็น 3 ลักษณะ คือ SJMP, LJMP, AJMP ซึ่งในแต่ละคำสั่ง จะมีข้อแตกต่างของการกระโดดไปยังแอดเดรสไกลสุดที่ต่างกัน คำสั่ง JMP ซึ่งเป็นแบบโมนิซิก ที่สามารถจะใช้ได้โดยมีรายละเอียดการใช้งานของคำสั่งดังต่อไปนี้ SJMP:จะเป็นการกระโดดแบบการย้ายอันดับตำแหน่งของแอดเดรสตำแหน่งเดิมซึ่งจะสามารถกระโดดได้ -128 ถึง +127 ไบต์ AJMP:ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 2 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 2 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด LJMP:ลักษณะแบบนี้จะสามารถกระโดดได้ไกลสุดประมาณ 64 กิโลไบต์ ซึ่งจะใช้หน่วยความจำเพียง 3 ไบต์เท่านั้นในการกำหนด JMP @A+DPTR:เป็นการควบคุมการกระโดดไปยังโปรแกรมที่ต้องการเฉพาะภายในส่วนต่างๆ

6.6 โครงสร้างการอินเตอร์รัปต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51จากแผนภาพโครงสร้างระบบอินเตอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51สัญญาณที่เข้ามาทำการอินเตอร์รัปต์ MCS-51 นั้นเกิดขึ้นได้ห้าลักษณะ โดยจะเห็นได้ว่าสามารถที่จะกำหนดเลือกเพื่อยินยอม (หรืออีนาเบิล : Enable) และห้าม (หรือดิสเอนเบิล : Disable) ไม่ให้มีการอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทได้ โดยการกำหนดบิตของข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งมักจะอยู่ภายในรีจิสเตอร์ TCON และ SCON นอกจากนี้ยังมีตำแหน่งบิตภายในรีจิสเตอร์ IE (InterruptN Enable Register) ซึ่งทำหน้าที่เสมือนกับเป็นสวิตช์หลักที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ทั้งหมด หากว่ากำหนดไม่ให้เกิดการอินเตอร์รัปต์แล้วการกำหนดบิตเพื่อห้ามหรือยินยอมของแต่ละอินเตอร์รัปต์ก็จะมีผลใดๆเกิดขึ้น ยังแสดงให้เห็นว่าสัญญาณอินเตอร์รัปต์แต่ละประเภทยังสามารถกำหนดระดับ

ความสำคัญ (Priority) ของการอินเตอร์รัปต์ได้สองลักษณะ คือ ระดับความสำคัญสูงหรือต่ำ (High Or Low Priority) กล่าวคือขณะที่กำลังประมวลผลอยู่ภายในส่วนของโปรแกรมน้อยบริการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณที่มีระดับความสำคัญต่ำอยู่ ก็อาจจะถูกขัดจังหวะให้ไปประมวลผลของสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญสูงกว่าแต่หากว่าเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่มีระดับความสำคัญต่ำเช่นเดียวกันแล้ว ก็ต้องรอให้เสร็จสิ้นการประมวลผลที่ ดำเนินการอยู่ก่อน

6.7 การรีเซตโดยความหมายของการรีเซตเป็นการบังคับให้มีการเริ่มต้นใหม่อีกครั้งหนึ่งซึ่งมักจะกระทำโดยการกำหนดสถานะของสัญญาณที่รีเซตของไอซี MCS-51 ให้เป็นระดับลอจิก ที่เหมาะสมเท่านั้น การรีเซตด้วยวิธีนี้ถือว่าการอินเตอร์รัปต์อย่างหนึ่งได้ แต่จะมีลักษณะต่างออกไปจากการอินเตอร์รัปต์ของสัญญาณนี้ได้ ซึ่งมีศัพท์เฉพาะเรียกว่า Non-Maskable Interrupt นอกจากนี้การดำเนินการของโปรแกรมก็แตกต่างออกไปด้วย โดยจะไม่มีการเก็บค่าของคำสั่งที่กำลังจะไปทำในลำดับต่อไปภายในรีจิสเตอร์ PC เมื่อมีการรีเซตเกิดขึ้นโปรแกรม จะถูกสั่งให้กระโดดไปยังแอดเดรส 0000 ทันที ซึ่งตำแหน่งนี้จะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบเมื่อใดก็ตามที่มีการรีเซตเกิดขึ้นค่าสถานะต่างๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกกำหนดกลับไปเป็นค่าเริ่มต้นใหม่อีกครั้ง



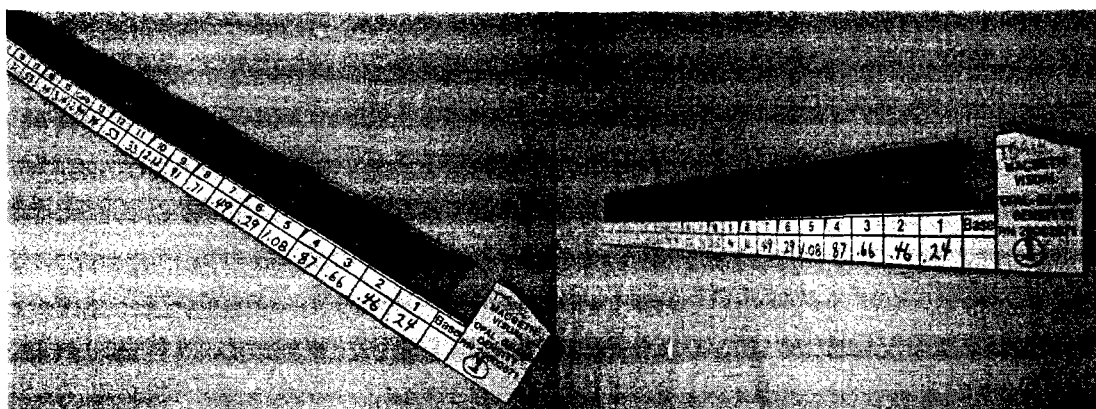
5. ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคล ชนิดฟิล์มแบดจ์

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

5.1.1 ทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า มีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$

5.1.2 ทดสอบประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมิน จำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์



ภาพประกอบ 26 แสดงฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่าที่ใช้ในการทดสอบ

ตาราง 3 แสดงค่ามาตรฐานบนแผ่นฟิล์ม 20 ค่า ที่ใช้ในการทดสอบ

BASE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
O.D.	0.24	0.45	0.64	0.84	1.04	1.25	1.45	1.66	1.86	2.06
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	2.27	2.48	2.70	2.90	3.11	3.30	3.50	3.68	3.85	3.99

5.2 สมรรถนะทางด้านกายภาพ โดยการประเมินจากแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ

5.2.1 ด้านลักษณะการออกแบบ

5.2.2 ด้านลักษณะการใช้งาน

5.2.3 ด้านการบำรุงรักษา

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ที่สร้างขึ้นแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ระดับแบบเรตติ้งสเกล โดยผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมิน

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบ่งออกเป็นกลุ่มๆ ได้ดังนี้

1. กลุ่มงานวิจัยด้านรังสี
2. กลุ่มงานวิจัยด้านเครื่องมือทางแสง และรังสี

1. กลุ่มงานวิจัยด้านรังสี

สุธี จำนงค์ชอบ อรรถโกวิท สงวนสัตย์และประยงค์ สังคิเชียร (2537 : 1) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติการตอบสนองต่อรังสีของฟิล์มเอ็กซเรย์ฟันและฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคล โดยการฉายฟิล์มทั้งสองชนิดด้วยปริมาณรังสีที่เท่ากัน ใช้พลังงานรังสีเอ็กซ์ตั้งแต่ 29-165 keV. และรังสีแกรมมาจากคอบอลท์-60 พบว่าฟิล์มเอ็กซเรย์ฟันมีการตอบสนองต่อพลังงานของรังสีสูงกว่าฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคลและการตอบสนองต่อปริมาณรังสีเอ็กซ์ โดยการนำฟิล์มเอ็กซเรย์ฟันไปวัดรังสีเอ็กซ์จะวัดได้ไม่เกิน 2,000 mR ในขณะที่ฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคลวัดได้สูงกว่า 10,000 mR การตอบสนองต่อปริมาณรังสีแกรมมา ฟิล์มเอ็กซเรย์ฟันวัดได้ไม่เกิน 20,000 mR ส่วนฟิล์มวัดรังสีประจำบุคคลวัดได้สูงกว่า 60,000 mR

อรรถโกวิท สงวนสัตย์และธัญจิรา บุญพิชญาภา (2540 : 53) ได้ทำการศึกษาถึงอัตราการเกิดโรคมะเร็งจากการปฏิบัติงานของบุคลากรด้านรังสีในประเทศไทย พบว่า บุคลากรด้านรังสีที่ใช้เครื่องวัดรังสีชนิดฟิล์มแบดจ์ ระหว่างปี พ.ศ.2534-2538 เฉลี่ยปีละประมาณ 8,000 คน ประมาณร้อยละ 70 ของบุคลากรทั้งหมดได้รับปริมาณรังสีต่ำกว่าข้อกำหนดของ ICRP ประมาณร้อยละ 0.40 ได้รับปริมาณรังสีเกิน dose limit ตามข้อกำหนดของ ICRP กลุ่มบุคลากรด้านอุตสาหกรรมได้รับปริมาณรังสีกลุ่มเฉลี่ยและอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งจากการทำงานต่อจำนวนบุคลากรของกลุ่มในช่วง 5 ปีสูงสุด

อรรถโกวิท สงวนสัตย์และวรารมณ สุตใจ (2542 : 281) ได้ทำการประเมินค่ารังสีประจำตัวบุคคลของเครื่องวัดรังสีชนิดฟิล์มแบดจ์ โดยการใช้กราฟของการสอบเทียบนั้น การเขียนและอ่านกราฟของนักวิเคราะห์แต่ละคนทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างค่าปริมาณรังสีที่ประเมินได้ จึงพัฒนาการคำนวณปริมาณรังสี โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในรูปแบบของสมการโพลิโนเมียลกำลังสอง และกำลังสามโดยใช้สมการเมตริกซ์ จากผลการทดลองพบว่า การประเมินผลแบบใหม่นั้นใช้เวลาน้อยลงและผลการประเมินอยู่ในมาตรฐานเดียวกันสอดคล้องกับระบบประกันคุณภาพ

วิวิธ ธรรมวีรพงษ์ (2544 : 41) ได้ทำการศึกษาการกระจายและคุณภาพของเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ ในประเทศไทย พบว่า จำนวนเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ในประเทศไทย พ.ศ.2543 จำนวน 247 เครื่อง ในกรุงเทพมหานคร มีเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์มากที่สุด และอัตราการรองรับบริการของประชากรต่อเครื่องน้อยที่สุด ในขณะที่ภาคใต้มีเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์น้อยที่สุด แต่อัตราการรองรับบริการมากที่สุด ส่วนคุณภาพเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ส่วนมากอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

วิวิธ ธรรมวีรพงษ์และพรเทพ จันทรคุณภาส (2545 : 11) ได้ทำการคำนวณหาค่า Spatial Resolution ของเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ซึ่งค่า Spatial Resolution ของเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ เป็นรายการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการควบคุมคุณภาพและการเปรียบเทียบคุณภาพของเครื่องเอ็กซเรย์คอมพิวเตอร์ หมายถึง ความสามารถในการแยกวัตถุขนาดเล็กๆ ที่วางอยู่ใกล้กันออกจากกัน โดยใช้ค่า Modulation Transfer Function (MTF) หาได้จากการแปลงฟังก์ชันคณิตศาสตร์ซึ่งมีความยุ่งยากต่อการคำนวณ จึงได้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขึ้นมาทดลองคำนวณหาค่า MTF ของเครื่อง

เอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ พบว่า โปรแกรมที่เขียนขึ้นสามารถใช้ในการคำนวณหาค่า MTF ของเครื่องเอ็กซ์เรย์คอมพิวเตอร์ได้

ศิริวรรณ บุญรัตน์และขวัญชัย วรากรศิริ (2545 : 40) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเครื่องเอ็กซ์เรย์วินิจฉัย ในบางจังหวัดชายฝั่งทะเลอันดามัน ระหว่างปี 2542 ถึง ปี 2544 พบว่า เครื่องเอ็กซ์เรย์ที่ได้ตรวจสอบแล้วได้มาตรฐาน สามารถเว้นการตรวจสอบในเรื่องของค่าความเที่ยงตรงของค่ากิโลโวลต์ ค่าเวลา ปริมาณรังสี ระดับปริมาณรังสี และค่าความหนาครึ่งค่าของการกรองรังสีในปีถัดไปได้ โดยจากเดิมทำการทดสอบทุกๆปี สามารถเปลี่ยนเป็นทดสอบทุกๆ 2 ปี

Mitchell Allen (1989) ได้ทำการออกแบบคำนวณหาวัสดุป้องกันละอองรังสีระดับต่ำเพื่อคำนวณหาวัสดุป้องกันจากพื้นที่ควบคุมรังสี จากการเฝ้าระวังที่สามารถตรวจจับเฉพาะรังสีแกรมมาที่ส่องเป็นละอองในฝั่งของตัววัดทำให้สามารถวิเคราะห์คุณสมบัติที่ต้องการอย่างน้อยของวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันปริมาณรังสีในระดับต่ำได้

2. กลุ่มงานวิจัยด้านเครื่องมือทางแสง และรังสี

จงจิตร ภัทรมนตรี (2510 : 3) ได้ทำการศึกษาและออกแบบเครื่องวัดรังสีแบบแผ่นฟิล์มประจำตัวบุคคล โดยมุ่งที่จะศึกษาความดำของฟิล์ม Kodak Personal Monitoring Film Type2 ที่มีต่อรังสีเอกซ์ในย่าน 50 K.V.P.-100 K.V.P. อันเป็นค่าที่ใช้กันมากในวงการแพทย์ และเป็นฟิล์มที่ทางสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติใช้ในการบันทึกค่าปริมาณรังสีที่ผู้ทำงานด้านรังสีได้รับ โดยแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ หาค่าพลังงานของรังสีเอกซ์ที่เหมาะสมมาใช้ทำฟิล์มมาตรฐาน , ศึกษารังสีปฐมภูมิและทุติยภูมิให้ความดำแก่ฟิล์มต่างกันหรือไม่ , ศึกษาความหนาของแผ่นโลหะชนิดต่างๆ ที่ใช้ทำเป็นหน้าต่างของกลักฟิล์ม , หาวิธีการอ่านค่าปริมาณรังสีที่สูงกว่า 1,000 mr. และศึกษาการจางหายของภาพ

สมคิด เมตไตรพันธ์ (2523 : 1) ได้ทำการศึกษาเครื่องวัดปริมาณนิวตรอนประจำตัวบุคคลให้มีความไวต่อนิวตรอนที่มีปริมาณต่ำ เพื่อการป้องกันอันตรายจากนิวตรอนซึ่งเป็นรังสีที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของคนที่ได้รับ ทั้งยังเป็นการควบคุมการได้รับปริมาณรังสีที่มีความแม่นยำและสะดวกในการใช้งาน

ชัยวัฒน์ เอี่ยมพงษ์ไพฑูรย์และวโรดม แก้วกล้า (2538 : 60) ได้ทำการทดลองวัดค่าความเข้มของฟิล์มกรองแสง โดยใช้เครื่องวัดความเข้มฟิล์มกรองแสงที่สร้างขึ้นนำค่าที่วัดได้เปรียบเทียบกับค่าความเข้มของฟิล์มตามคู่มือการใช้จะเห็นว่ามีความแม่นยำประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มของฟิล์มที่ได้จากลักซ์มิเตอร์จะมีความแม่นยำสูงถึง 98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลักซ์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่วัดความเข้มแสงได้โดยตรงและแม่นยำ ดังนั้นการเปรียบเทียบกับลักซ์มิเตอร์ จึงบอกถึงเครื่องวัดความเข้มฟิล์มกรองแสงที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นมาตรฐานในการวัดความเข้มฟิล์มกรองแสงชนิดต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง

วิรัช ธรรมวิโรจน์และพรเทพ จันทรคุณภาส (2542 : 121) ได้ทำการพัฒนาเครื่องวัดความเข้มของแสงโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์เพื่อใช้ในการวัดความเข้มของแสงไฟในเครื่องเอ็กซ์เรย์วินิจฉัย ซึ่งมีอุปกรณ์จำกัดขนาดลำรังสีแบบคอลลิเมเตอร์ โดยอาศัยหลักการที่ว่า เมื่อมีลำแสงตกกระทบบนเซลล์แสงอาทิตย์ซึ่งใช้เป็นตัวรับแสงจะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นแล้วนำไปแปลงสัญญาณส่งไปยังส่วนแสดงผลแบบตัวเลข พบว่าเครื่องวัดความเข้มของแสงที่พัฒนาขึ้นควรทำการปรับแต่งให้มีค่าความผิดพลาดไม่เกินร้อยละ ± 5.0 และสามารถนำไปใช้วัดความเข้มของแสงไฟจากเครื่องเอ็กซ์เรย์วินิจฉัยที่มีอุปกรณ์จำกัดขนาดลำรังสีแบบคอลลิเมเตอร์ได้ มีราคาถูกกว่าเครื่องที่สั่งซื้อจากต่างประเทศและสามารถซ่อมแซมได้ง่าย เพราะใช้อุปกรณ์ที่หาซื้อได้จากภายในประเทศ ตลอดจนช่วยลดการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศและงบประมาณของประเทศลงด้วย

ประยูร บุญฤทธิ์ (2543 : 3) ได้ทำการออกแบบและสร้างโคมฉายไฟส่องสว่างพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ เพื่อใช้ในช่วงเวลากลางคืน สามารถนำไปใช้งาน ด้านแสงสว่างในทุกๆ พื้นที่ มีความสะดวกในการเคลื่อนย้าย และนำไปใช้ในพื้นที่ยากและทุรกันดาร ทั้งยังเป็นแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์สำหรับนำพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานที่สิ้นเปลืองจากทรัพยากรธรรมชาติอย่างไฟฟ้าและเป็นการนำพลังงานที่ไม่มีวันหมด ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อมสามารถหมุนเวียนนำกลับมาใช้ได้ใหม่อย่างแสงอาทิตย์มาใช้ได้อย่างเกิดประโยชน์

James Patrick (1988) การพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีแบบทีแอลดี TLD ได้ทำการพัฒนาเครื่องวัดปริมาณรังสีแบบทีแอลดีที่เป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายทั้งในด้านงานวิจัยและด้านการค้า เครื่องวัดปริมาณรังสีเกือบทั้งหมดทำการวัดโดยใช้แสงที่ตกกระทบลงบนทีแอลดีแล้วเกิดการตอบสนองของโฟตอนจากปริมาณรังสีโดยการดูดซับ ค่าปริมาณรังสีเฉพาะบุคคลจะแสดงเป็นเส้นโค้งซึ่งการวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเกิดข้อบกพร่องจากเงาของวัสดุที่ทำทีแอลดี ระบบการทดลองใหม่ที่พัฒนาตัวรับและบันทึกคุณสมบัติเงาของโฟตอนที่ส่องลงบนทีแอลดี โดยการทดสอบกับ $\text{CaF}_2 : \text{Mn}$, TLD400 ให้ผลที่ดีกว่าวิธีเดิม

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ประเทศไทยได้มีการนำเอารังสีเอกซ์เรย์มาใช้งานอย่างแพร่หลายและขยายตัวอย่างรวดเร็วในหลายๆ ด้าน เช่น ด้านการแพทย์ ด้านอุตสาหกรรม ด้านการเกษตร และด้านการศึกษา ค้นคว้าวิจัยเพื่อใช้รังสีในการวินิจฉัยและรักษาโรคต่างๆ ทำให้มีการเพิ่มของจำนวนบุคลากรที่ต้องปฏิบัติงาน สัมผัสกับรังสีมากขึ้นตามไปด้วย กลุ่มบุคลากรด้านอุตสาหกรรมเป็นกลุ่มได้รับปริมาณรังสีกลุ่มเฉลี่ยและอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคมะเร็งจากการทำงานต่อจำนวนบุคลากรของกลุ่มในช่วง 5 ปีสูงสุด การป้องกันอันตรายจากรังสีและลดความเสี่ยงจากการสัมผัสกับรังสีโดยไม่จำเป็น จึงเป็นวิธีการป้องกันที่ดีและวิธีการป้องกันก็คือ การติดอุปกรณ์วัดรังสีประจำตัวบุคคลไว้ที่ตัวบุคลากรแต่ละคน เมื่อครบกำหนด 1 เดือนก็ส่งมาทำการตรวจที่กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข ด้วยเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคล ซึ่งจะทำให้รู้ว่าคุณนั้นได้รับรังสีเกินกว่ามาตรฐานของคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ(International Commission on Radiological Protection : ICRP) กำหนดไว้หรือไม่ หากมีผู้ใดได้รับรังสีในปริมาณที่สูงก็จะดำเนินการ เช่น แนะนำให้เปลี่ยนหน้าที่ เพิ่มวัสดุป้องกันรังสีเป็นต้น แต่การตรวจวินิจฉัยจะต้องใช้เวลานานและปริมาณแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคล ที่มีมากนับหมื่นคนโดยเป็นแผ่นฟิล์มนับแสนแผ่นต่อปี ทำให้ผู้ที่ปฏิบัติงานด้านรังสีได้รับปริมาณรังสีเพิ่มจากเดิมขณะรอผลการตรวจวินิจฉัยโดยไม่รู้ตัวและไม่จำ อีกทั้งในการตรวจวินิจฉัยนั้นต้องวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยการเขียนกราฟลงบนกระดาษกราฟ และสร้างเส้นกราฟที่เป็นกราฟล็อกการที่มีลักษณะโค้ง ทำให้เกิดความผิดพลาดจากการสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการมาประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วนำค่าความดำของฟิล์ม(OD)มาหาจุดตัดบนกราฟเปรียบเทียบเพื่อหาค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)ที่ได้รับก็จะเกิดความผิดพลาดตามไปด้วย จึงนำมาสู่การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบบดิจิทัลสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล เพื่อลดขั้นตอนการทำงานในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เพิ่มความปลอดภัยของบุคลากรด้านรังสี ลดปัญหาความล่าช้าในการตรวจวินิจฉัย สามารถทดแทนและลดการนำเข้าจากต่างประเทศ

จากการศึกษาทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์ที่สามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบต่างๆ ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล พบว่า อุปกรณ์ที่ใช้ในหลักการทำงานของเครื่องที่สำคัญ คือ ส่วนของตัวรับแสง และส่วนประมวล ในส่วนตัวรับแสง จากการศึกษา พบว่า ออปโตไอซี เป็นไอซีที่สามารถเปลี่ยนแสงที่ได้รับเป็นความถี่ได้ โดยเฉพาะไอซี โปรแกรมเมเบิล ไลต์ ทู ฟรีควเอนซี คอนเวอร์เตอร์(Programmable Light-To-Frequency Converters) ซึ่งเป็น อุปกรณ์รับแสงที่สามารถเปลี่ยนแสงที่ได้รับเป็นความถี่แบบโปรแกรมได้ (Programmable Light-To-Frequency Converters) ซึ่งประกอบด้วย โฟโตไดโอดและวงจรที่แปลงกระแสไฟฟ้าเป็นความถี่ บรรจุรวม กันอยู่ในลักษณะของไอซีชิพมอส ในส่วนเอาต์พุตสามารถส่งสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง(Pulse Train) หรือสัญญาณ รูปสี่เหลี่ยมต่อเนื่อง (Square Wave) ซึ่งเป็นความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงได้โดยตรง สามารถ กำหนดสเกลความถี่ด้านเอาต์พุต และสามารถติดต่อบนสองทางได้โดยตรง เพื่อโปรแกรมและอินเตอร์เฟส กับไมโครคอนโทรลเลอร์ อีกทั้งสามารถตอบสนองช่วงของแสงได้กว้างตั้งแต่ 320-1050 nm. ในช่วงอุณหภูมิ -25°C ถึง 70°C และส่วนประมวลผล จากการศึกษา พบว่าส่วนประมวลผลแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็น อุปกรณ์ที่สามารถป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณความถี่ได้โดยตรง ซึ่งเหมาะสมและเข้ากันได้กับอุปกรณ์ ออปโตไอซี ทำให้สะดวกในการใช้งาน โดยเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้าง ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ตัวไมโครโปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น ไอซี 8255 หรือ หน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย จาก ความสามารถ ความเข้ากันและความสะดวกของอุปกรณ์ในการใช้งาน จึงมีแนวคิดในการนำเอาอุปกรณ์ออปโต ไอซีมาเป็นส่วนของตัวรับแสงและนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นส่วนประมวลผล สำหรับใช้ในการออกแบบ สร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

การดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำบุคคล ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องในการวิจัย
2. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

1. เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องในการวิจัย

1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลสามารถวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD)และประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)ได้

1.1.1 การวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) สามารถแสดงค่าความดำของฟิล์ม(OD) ได้ตั้งแต่ 0-4 OD

1.1.2 การประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) สามารถประเมินโดยเก็บค่าความความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) ที่รู้ค่าปริมาณรังสี จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) มาวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วเครื่องสามารถคำนวณและประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ได้

1.2 ตัวแปรที่จะศึกษาเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องกับ และสมรรถนะทางด้านกายภาพ

1.2.1 ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

1.2.1.1 ทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า มีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$

1.2.1.2 ทดสอบประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

1.2.2 สมรรถนะทางด้านกายภาพ โดยการประเมินจากแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ

1.2.2.1 ด้านลักษณะการออกแบบ

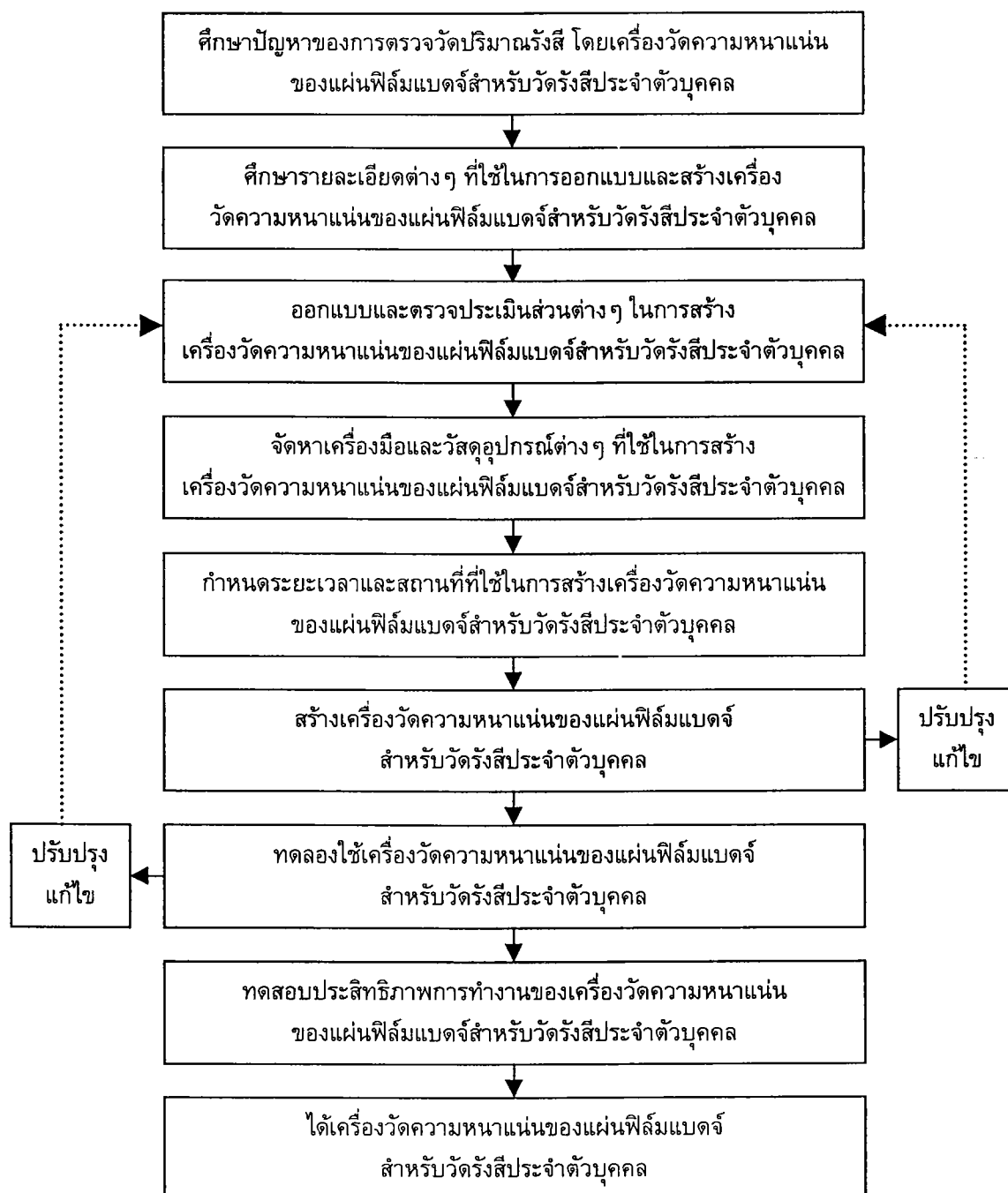
1.2.2.2 ด้านลักษณะการใช้งาน

1.2.2.3 ด้านการบำรุงรักษา

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ที่สร้างขึ้นแบ่งการประเมินออกเป็น 5 ระดับแบบเรตติ้งสเกล

2. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้



ภาพประกอบ 27 แสดงขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

2.1 ศึกษาปัญหาของการตรวจประเมินปริมาณรังสี โดยเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ในปัจจุบันได้มีการนำเอารังสีเอกซ์มาใช้กันอย่างแพร่หลายและขยายตัวอย่างรวดเร็วในหลายๆ ด้านการป้องกันอันตรายจากรังสีและลดความเสี่ยงจากการสัมผัสกับรังสีโดยไม่จำเป็น จะทำให้รู้ว่ามีคนได้รับรังสีเกินกว่ามาตรฐานของคณะกรรมการป้องกันอันตรายจากรังสีระหว่างประเทศ(International Commission on Radiological Protection : ICRP) กำหนดไว้หรือไม่ หากมีผู้ใดได้รับรังสีในปริมาณที่สูงเกินกว่ากำหนดก็จะดำเนินการ เช่น แนะนำให้เปลี่ยนหน้าที่ เพิ่มวัสดุป้องกันรังสี ซึ่งในการตรวจวินิจฉัยปริมาณรังสี(Dose Limit) นั้นจะดำเนินการโดยใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล วัดค่าความดำ(OD) ของแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) ที่รู้ค่าปริมาณรังสี จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยการเขียนกราฟลงบนกระดาษกราฟ และสร้างเส้นกราฟที่เป็นกราฟลอการิทึมที่มีลักษณะโค้ง ทำให้เกิดความผิดพลาดจากการสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการมาประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วนำค่าความดำของฟิล์ม(OD) มาหาจุดตัดบนกราฟเปรียบเทียบเพื่อหาค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ที่ได้รับ ก็เกิดความผิดพลาดตามไปด้วย และเป็นการนำเข้าเครื่องมือมาจากต่างประเทศ มีราคาแพง การตรวจวินิจฉัยจะต้องใช้เวลานานและปริมาณแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่มีมาก

2.2 ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.2.1 ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคลชนิดฟิล์มแบดจ์ และงานวิจัยเชิงทดลองทางด้านไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์และทางด้านรังสี

2.2.2 ศึกษาคุณสมบัติ และส่วนประกอบต่างๆ ของชุดกำเนิดแสง ชุดภาครับแสง ชุดคำนวณและประมวลผล ชุดแสดงผล และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ที่นำมาประกอบเป็นเครื่องที่สมบูรณ์

2.3 ออกแบบและตรวจประเมินส่วนต่างๆ ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.3.1 ออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer)

กำหนดให้ VDC = 12 Volt. 8 Watt เพื่อใช้กับหลอดไฟ

$$VDC = VAC \times \sqrt{2}$$

$$VAC = VDC / \sqrt{2}$$

$$= 12 / \sqrt{2}$$

$$= 8.5 \text{ Volt.} \approx 9 \text{ Volt.}$$

ขนาดของหม้อแปลงคำนวณ จากสูตร

$$P = IE$$

$$I = P / E$$

$$I = 8 / 12 = 0.66 \text{ Amp.} \approx 1 \text{ Amp.}$$

เลือกขนาดหม้อแปลง 9 VAC. 1 Amp.

2.3.2 ออกแบบชุดกำเนิดแสง(Light Source)

การออกแบบชุดกำเนิดแสงของเครื่องใช้หลอดไฟฮาโลเจน(Halogen Lamp) ชนิดเกลียว ขนาด 12 Volt. 8 Watt

2.3.3 ออกแบบชุดรับแสง(Photo Detector)

การออกแบบชุดรับแสงใช้ไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลต์ทูฟริควเอนซี คอนเวอร์เตอร์ (Programmable Light-To-Frequency Converters IC) เบอร์ TSL230R เป็นไอซีที่สามารถเปลี่ยนแสงที่ได้รับเป็นความถี่แบบโปรแกรมได้(Programmable Light-To-Frequency Converters) ประกอบด้วยโฟโตไดโอดและวงจรที่แปลงกระแสไฟฟ้าเป็นความถี่บรรจุรวมกันอยู่ในลักษณะของไอซีชิมอส ในส่วนเอาต์พุตสามารถส่งสัญญาณพัลส์ต่อเนื่อง(Pulse Train) หรือสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมต่อเนื่อง (Square Wave) ซึ่งเป็นความถี่ที่เปลี่ยนแปลงตามความเข้มของแสงได้โดยตรง

2.3.4 ออกแบบหน่วยประมวลผลกลาง(CPU)

การออกแบบหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) โดยใช้ ซีพียูเบอร์ 80C51 ทำหน้าที่ในการคำนวณและประมวลผลสัญญาณความถี่ที่ได้รับ พร้อมทั้งทำการเปลี่ยนสัญญาณความถี่จากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

2.3.5 ออกแบบโปรแกรมควบคุมและคำนวณ

การออกแบบควบคุมและคำนวณโดยใช้โปรแกรมภาษาซี แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

ค่าความดำของฟิล์ม(Optical Density:OD)

$$\Delta F / F - F_{\min} = \Delta OP / OP - OP_{\min}$$

$$\Delta F(OP - OP_{\min}) = \Delta OP(F - F_{\min})$$

$$OP = (\Delta OP(F - F_{\min}) / \Delta F) + OP_{\min}$$

ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

$$OP - OP_1 = (OP_1 - OP_2 / S_1 - S_2)(S - S_1) \quad \text{ให้ } m = OP_1 - OP_2 / S_1 - S_2$$

$$S = ((OP - OP_1) / m) + S_1$$

โดยที่ F = Frequency

$$OP = \text{Opacity}(I_0 / I)$$

$$S = \text{Dose Limit}(\mu\text{Sv})$$

$$m = \text{Slope}$$

2.3.6 ออกแบบชุดแสดงผล(Display)

การออกแบบชุดแสดงผล ใช้ จอแสดงผลแบบ LCD 24 ตัวอักษร 4 บรรทัดแบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ

โหมดที่ 1 แสดงค่าความความดำของฟิล์ม(OD) ตั้งแต่ 0-4 OD

โหมดที่ 2 แสดงค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) โดยเมื่อวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) จำนวน 8 ค่าแล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ เมื่อนำฟิล์มตัวอย่างที่ต้องการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) มาวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) แล้วเครื่องจะคำนวณและแสดงค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

2.3.7 ออกแบบตัวกล่องสำหรับเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

การออกแบบตัวกล่องสำหรับเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ใช้วัสดุอลูมิเนียมขัดเงาเรียบแล้วทำการพ่นสีทับ ประกอบด้วยตัวฐานของเครื่องและแขนที่ใช้สำหรับวัดค่าเป็นแบบสปริงกดขึ้นลงได้

2.3.8 ประเมินตรวจสอบ ผลการออกแบบส่วนต่างๆ ของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความสามารถในการ วิเคราะห์ คำนวณ และออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

ประเมินตรวจสอบการออกแบบส่วนต่างๆ โดยผู้เชี่ยวชาญคือ นายวิริยะ จริยวิทยานนท์ ตำแหน่ง ผู้จัดการงานวิศวกรรม หน่วยวิจัยและพัฒนา กองการผลิต บริษัทวิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด วุฒิศึกษาปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการทำงานด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การผลิต และการซ่อมบำรุงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อนำข้อเสนอแนะและความคิดเห็นมาปรับปรุงแก้ไขก่อนดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

2.4 การจัดหาเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.4.1 เครื่องมือ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.4.1.1 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ ใช้ทำการวัดและตรวจสอบแรงดัน ความต้านทาน ที่ได้รับการออกแบบไว้ในวงจร

2.4.1.2 ออสซิลโลสโคป ใช้ทำการวัดและตรวจสอบสัญญาณรูปคลื่นความถี่ต่างๆ ตามที่ได้รับการออกแบบไว้ในวงจร

2.4.1.3 หัวแร้งไฟฟ้าชนิดแช่ ใช้ในการบัดกรีอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board) และการต่ออุปกรณ์จำพวกสายไฟต่างๆ กับขั้วต่อ

2.4.1.4 คีมจับ คีมตัด ใช้ในตัดและจับยึดอุปกรณ์ ในการประกอบและบัดกรี

2.4.1.5 ไขควง ใช้ในการขันสกรู ในการประกอบเครื่อง

2.4.1.6 สว่านไฟฟ้าพร้อมแท่นเจาะ ใช้ในการเจาะรูเพื่อยึดอุปกรณ์ต่างๆ

2.4.1.7 ตะไบโลหะ ใช้ในการตะไบตกแต่งหลังจากการเจาะรู

2.4.2 วัสดุและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.4.2.1 ไอซี

IC1 DS1707	จำนวน 1 ตัว
IC2 80C51	จำนวน 1 ตัว
IC3 7805	จำนวน 1 ตัว
IC4 TSL230R	จำนวน 1 ตัว

2.4.2.2 ไดโอด

BD158	จำนวน 1 ตัว
-------	-------------

- 2.4.2.3 ตัวเก็บประจุ
- | | |
|------------------------------------|-------------|
| ค่าความจุ 30 พิโคฟารัด | จำนวน 2 ตัว |
| ค่าความจุ 0.1 ไมโครฟารัด | จำนวน 3 ตัว |
| ค่าความจุ 47 ไมโครฟารัด 16 โวลท์ | จำนวน 1 ตัว |
| ค่าความจุ 2200 ไมโครฟารัด 25 โวลท์ | จำนวน 1 ตัว |
- 2.4.2.4 ตัวต้านทาน
- | | |
|------------------------------|-------------|
| ค่าความต้านทาน 470 โอห์ม | จำนวน 4 ตัว |
| ค่าความต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม | จำนวน 1 ตัว |
- 2.4.2.5 ตัวต้านทานแบบแถวเรียง
- | | |
|------------------------------|-------------|
| ค่าความต้านทาน 4.7 กิโลโอห์ม | จำนวน 3 ตัว |
|------------------------------|-------------|
- 2.4.2.6 ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้
- | | |
|-----------------------------|-------------|
| ค่าความต้านทาน 10 กิโลโอห์ม | จำนวน 1 ตัว |
|-----------------------------|-------------|
- 2.4.2.7 หลอดไฟฮาโลเจน(Halogen Lamp) 12 Volt. 8 Watt จำนวน 1 ดวง
- 2.4.2.8 จอแสดงผลแบบ LCD 24 ตัวอักษร 4 บรรทัด จำนวน 1 ชุด
- 2.4.2.9 สวิตช์
- แบบกดติดปล่อยดับพร้อมไฟแสดงสถานะการทำงาน จำนวน 3 ตัว
- เพาเวอร์พร้อมไฟแสดงสถานะการทำงานและช่องใส่ฟิวส์ จำนวน 1 ตัว
- 2.4.2.10 ไมโครสวิตช์
- | | |
|-----------------------------------|-------------|
| แบบมีแขนสำหรับกดชนิดกดติดปล่อยดับ | จำนวน 1 ตัว |
|-----------------------------------|-------------|
- 2.4.2.11 บัชเชอร์
- | | |
|--|-------------|
| | จำนวน 1 ตัว |
|--|-------------|
- 2.4.2.12 คริสตัล 11 MHz
- | | |
|--|-------------|
| | จำนวน 1 ตัว |
|--|-------------|
- 2.4.2.13 หม้อแปลงไฟฟ้า(Transformer) ขนาด 9 VAC. 1 Amp. จำนวน 1 ตัว
- 2.4.2.14 แจ็คเสียบชนิด 2 ขา
- | | |
|--|-------------|
| | จำนวน 3 ชุด |
|--|-------------|
- 2.4.2.15 แจ็คเสียบชนิด 3 ขา
- | | |
|--|-------------|
| | จำนวน 1 ชุด |
|--|-------------|
- 2.4.2.16 แจ็คเสียบชนิด 10 ขา
- | | |
|--|-------------|
| | จำนวน 2 ชุด |
|--|-------------|
- 2.4.2.17 แจ็คเสียบชนิด 16 ขา
- | | |
|--|-------------|
| | จำนวน 1 ชุด |
|--|-------------|
- 2.4.2.18 แผ่นวงจรพิมพ์(Printed Circuit Board)
- 2.4.2.19 อุปกรณ์ต่างๆ ในการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์(Printed Circuit Board) เช่น
- แท่นพลาสติกรองรับแผ่นวงจรพิมพ์กันการช็อต(Shot Circuit) ดาไก่
- 2.4.2.20 สายไฟ
- 2.4.2.21 ตะกั่วบัดกรี
- 2.4.2.22 อลูมิเนียมแผ่นเรียบสำหรับทำกล่องใส่เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
- 2.4.2.23 สปริงรองรับสำหรับแขนวัดค่า
- 2.5 กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.5.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลเริ่มตั้งแต่วันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2546 ถึงวันที่ 28 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2547

2.5.2 สถานที่ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด

2.6 การสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.6.1 สร้างชุดกำเนิดแสง(Light Source) โดยใช้หลอดไฟ Halogen Lamp 12V. 8W. เป็นแหล่งกำเนิดแสงสำหรับใช้ในการส่องผ่านแผ่นฟิล์มไปยังชุดรับแสง

2.6.2 สร้างชุดรับแสง(Photo Detector) โดยใช้ ใช้อิทธิโปรแกรมนีเมเบิล ไลต์ทูปรีแควนซีคอนเวอร์เตอร์ (Programmable Light-To-Frequency Converters IC) เบอร์ TSL230R เป็นไอซีหลักซึ่งสามารถเปลี่ยนแสงที่ได้รับเป็นความถี่แบบโปรแกรมได้(Programmable Light-To-Frequency Converters) เพื่อส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลกลาง(CPU)

2.6.3 สร้างหน่วยประมวลผลกลาง(CPU) โดยใช้ ซีพียูเบอร์ 80C51 ทำหน้าที่ในการคำนวณและประมวลผลสัญญาณความถี่ที่ได้รับ พร้อมทั้งทำการเปลี่ยนสัญญาณความถี่จากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

2.6.4 สร้างโปรแกรมควบคุมและคำนวณ โดยใช้โปรแกรมภาษาซี แบ่งการคำนวณออกเป็น 2 ส่วน คือ

- การคำนวณค่าความดำของฟิล์ม(Optical Density:OD)
- การคำนวณค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

2.6.5 สร้างชุดแสดงผล(Display) โดยการสร้างชุดแสดงผล ใช้อจอแสดงผลแบบ LCD 24 ตัวอักษร 4 บรรทัด แบ่งออกเป็น 2 โหมด คือ

- โหมดที่ 1 แสดงค่าความดำของฟิล์ม(OD) ตั้งแต่ 0-4 OD
- โหมดที่ 2 แสดงค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

2.6.6 สร้างตัวกล่องสำหรับใส่เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล โดยการออกแบบตัวกล่องสำหรับใส่เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลให้อลูมิเนียมแผ่นเรียบตัดขึ้นรูป ขัดผิวเรียบพร้อมพ่นสี แขนสปริงพร้อมสวิตช์สำหรับกดวัดค่า สวิตช์รีเซ็ต สวิตช์เลือกโหมด สวิตช์เอ็นเตอร์ สวิตช์เปิด-ปิดการทำงานของเครื่องพร้อมช่องใส่ฟิวส์ และช่องต่อไฟเข้า

2.7 การทดลองใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล เป็นการตรวจสอบการทำงานทั่วๆ ไปของเครื่องว่าสามารถทำงานได้หรือไม่ ก่อนการนำไปใช้งานและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

2.8 การทดสอบวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.8.1 การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

2.8.1.1 ทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า มีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$

2.8.1.2 ทดสอบประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

2.8.2 การประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพโดยการประเมินจากแบบสอบถามมีรายละเอียดดังนี้

2.8.2.1 ศึกษาข้อมูล วิธีการและกำหนดหัวข้อการประเมินแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ

2.8.2.1.1 ด้านลักษณะการออกแบบ

2.8.2.1.2 ด้านลักษณะการใช้งาน

2.8.2.1.3 ด้านการบำรุงรักษา

2.8.2.2 สร้างแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพแบบมาตราส่วนประมาณค่า (rating scale) กำหนดค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2540 : 117)

ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก

ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี

ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้

ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง

ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

2.8.2.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความหมายข้อมูลเป็นค่าเฉลี่ยต่างๆ ดังต่อไปนี้

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 4.51 – 5.00 แปลความได้ระดับดีมาก

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.51 – 4.50 แปลความได้ระดับดี

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 2.51 – 3.50 แปลความได้ระดับพอใช้

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.51 – 2.50 แปลความได้ระดับต้องปรับปรุง

ระดับคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00 – 1.50 แปลความได้ระดับใช้ไม่ได้

2.8.2.4 นำแบบประเมินเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

2.8.2.5 ขอหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแบบประเมินสมรรถนะ จากบัณฑิตวิทยาลัย จำนวน 5 คน โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญที่มีคุณวุฒิดังนี้

2.8.2.5.1 เป็นเจ้าหน้าที่ประจำกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการทำงานไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 2 คน

2.8.2.5.2 เป็นวิศวกรที่ปฏิบัติงานด้านเครื่องมือแพทย์ทางรังสี วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการทำงานไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 2 คน

2.8.2.5.3 เป็นอาจารย์ที่สอนในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับรังสีหรือ เครื่องมือแพทย์ วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี มีประสบการณ์ในการสอนไม่น้อยกว่า 5 ปี จำนวน 1 คน

2.8.2.6 นำแบบประเมินสมรรถนะ และหนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อขอคำแนะนำและตรวจสอบความถูกต้องของแบบประเมินสมรรถนะอีกครั้ง

2.8.2.7 ได้แบบประเมินสมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้น

2.8.2.8 ตรวจประเมินสมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้นที่สร้างขึ้น

2.8.3 สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับ
วัดรังสีประจำตัวบุคคล มีดังนี้

2.8.3.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$\bar{X} = \Sigma X / N$$

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ย

ΣX = ผลรวมของค่าทั้งหมด

N = จำนวนของประชากรในกลุ่ม

2.8.3.2 ค่าร้อยละ

$$P = F / N$$

P = ร้อยละ

F = ความถี่ที่ต้องการเปลี่ยนให้เป็นร้อยละ

N = จำนวนความถี่ทั้งหมดหรือจำนวนประชากร

2.8.3.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}}$$

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ประกอบด้วย

1. ชุดกำเนิดแสง(Light Source) ใช้หลอดไฟ Halogen Lamp 12V. 8W. เป็นแหล่งกำเนิดแสง สำหรับใช้ในการส่องผ่านแผ่นฟิล์มไปยังชุดรับแสง
2. ชุดรับแสง(Photo Detector) ใช้ ไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลด์ทูฟรีเควนซี คอนเวอร์เตอร์ (Programmable Light-To-Frequency Converters IC) เบอร์ TSL230R เป็นไอซีหลัก โดยมีความสามารถ เปลี่ยนแสงที่ได้รับหรือตกกระทบลงบนตัวเป็นความถี่ได้ เพื่อส่งต่อไปยังหน่วยประมวลผลกลาง(CPU)
3. หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ใช้ ซีพียู เบอร์ 80C51 ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลหลัก ในการคำนวณและประมวลผลสัญญาณความถี่ที่ได้รับโดยตรงจาก ไอซีโปรแกรมเมเบิล ไลด์ทูฟรีเควนซี คอนเวอร์เตอร์ พร้อมทั้งทำการเปลี่ยนสัญญาณความถี่จากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล
4. โปรแกรมควบคุมและคำนวณ ใช้โปรแกรมภาษาซี แบ่งการคำนวณและแสดงผล ออกเป็น 2 ส่วนคือ
 - การคำนวณค่าความดำของฟิล์ม(Optical Density:OD)
 - การคำนวณค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)
5. ชุดแสดงผล(Display) ใช้จอแสดงผลแบบ LCD 24 ตัวอักษร 4 บรรทัด แบ่งออกเป็น 2 โหมดคือ
 - โหมดที่ 1 แสดงค่าความดำของฟิล์ม(OD) ตั้งแต่ 0-4 OD
 - โหมดที่ 2 แสดงค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล เพื่อศึกษาประสิทธิภาพได้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

1. ประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
 - 1.1 ทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า
 - 1.2 ทดสอบโดยการประเมินค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่าง
2. สมรรถนะทางด้านกายภาพ โดยการประเมินจากแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ
 - 2.1 ด้านลักษณะการออกแบบ
 - 2.2 ด้านลักษณะการใช้งาน
 - 2.3 ด้านการบำรุงรักษา

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับ วัดรังสีประจำตัวบุคคล

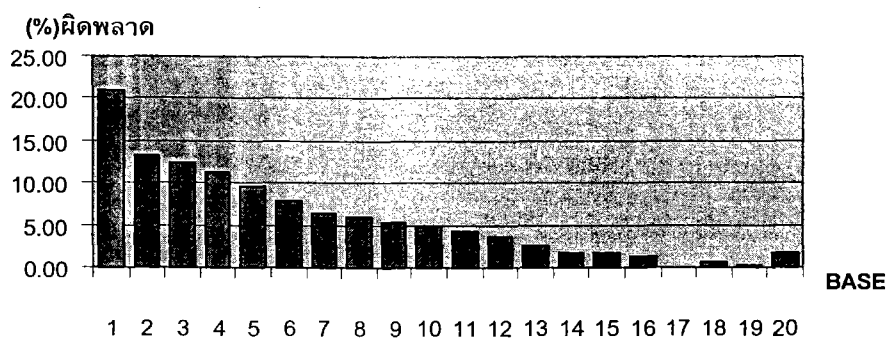
การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ซึ่งผลการศึกษาในส่วนนี้ได้แสดงไว้ในตาราง 4-7

ตาราง 4 แสดงการทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า

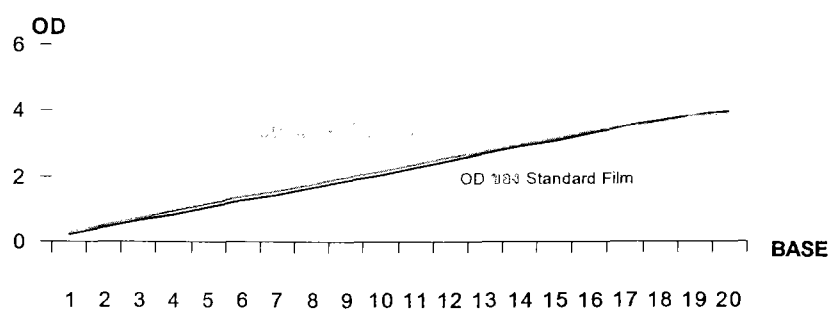
BASE	-2%	ค่า O.D.	+2%	การทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า						
				ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	ครั้งที่	X	ผิดพลาด (%)
				1	2	3	4	5		
1	0.235	0.24	0.245	0.30	0.28	0.29	0.3	0.28	0.290	20.83
2	0.441	0.45	0.459	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.510	13.33
3	0.627	0.64	0.653	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.720	12.50
4	0.823	0.84	0.857	0.92	0.94	0.94	0.94	0.94	0.936	11.43
5	1.019	1.04	1.061	1.14	1.14	1.14	1.14	1.14	1.140	9.62
6	1.225	1.25	1.275	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.350	8.00
7	1.421	1.45	1.479	1.55	1.54	1.54	1.54	1.54	1.542	6.34
8	1.627	1.66	1.693	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.760	6.02
9	1.823	1.86	1.897	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96	1.960	5.38
10	2.019	2.06	2.101	2.16	2.16	2.16	2.16	2.16	2.160	4.85
11	2.225	2.27	2.315	2.36	2.37	2.37	2.37	2.37	2.368	4.32
12	2.430	2.48	2.530	2.57	2.57	2.57	2.57	2.57	2.570	3.63
13	2.646	2.70	2.754	2.76	2.77	2.77	2.77	2.77	2.768	2.52
14	2.842	2.90	2.958	2.96	2.95	2.95	2.95	2.95	2.952	1.79
15	3.048	3.11	3.172	3.16	3.16	3.15	3.15	3.16	3.156	1.48
16	3.234	3.30	3.366	3.34	3.34	3.34	3.34	3.34	3.340	1.21
17	3.430	3.50	3.570	3.49	3.54	3.49	3.49	3.49	3.500	0.00
18	3.606	3.68	3.754	3.66	3.66	3.66	3.66	3.66	3.660	0.54
19	3.773	3.85	3.927	3.84	3.84	3.84	3.84	3.84	3.840	0.26
20	3.910	3.99	4.070	3.98	3.98	3.84	3.98	3.84	3.924	1.65

จากตาราง 4 พบว่าประสิทธิภาพในการวัดค่าความดำ(OD)ของแผ่นฟิล์มเบดจ์ ที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จำนวน 7 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 14,15,16,17,18,19 และ 20 และที่ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จำนวน 13 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 และ 13 ดังกราฟ

การทดสอบกับแผ่นฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า



แสดงการเปรียบเทียบ
ค่า OD ของ Standard Film กับค่า OD เฉลี่ยที่เครื่องวัดได้

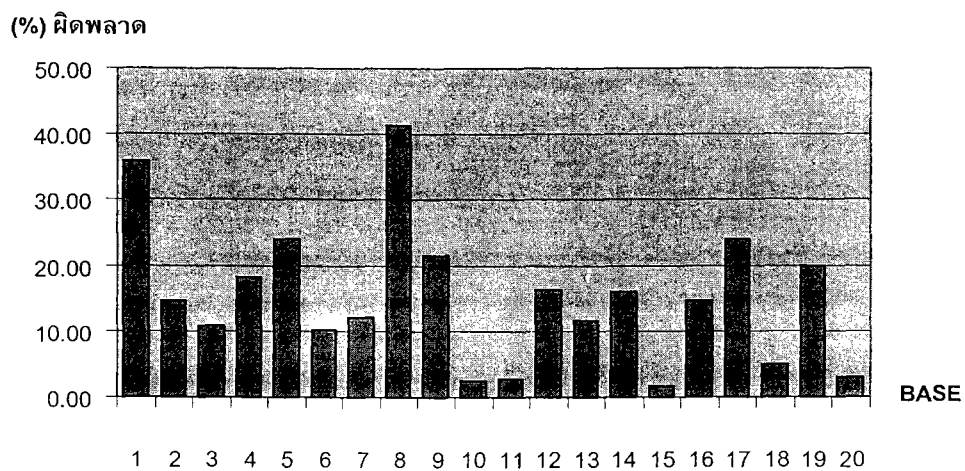


ตาราง 5 แสดงการทดสอบโดยการประเมินค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมิน
จำนวน 20 ตัวอย่าง

ตัวอย่าง	ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล		
	ปริมาณรังสี(ไมโครซีเวิร์ต) ที่ประเมิน ของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์	ปริมาณรังสี(ไมโครซีเวิร์ต) ที่อ่านค่าได้จากเครื่องที่สร้างขึ้น	ผิดพลาด (%)
1	25	16	36.00
2	131	112	14.50
3	55	49	10.91
4	55	45	18.18
5	25	19	24.00
6	29	26	10.34
7	33	29	12.12
8	29	17	41.38
9	42	33	21.43
10	687	669	2.62
11	988	960	2.83
12	606	507	16.34
13	86	76	11.63
14	50	42	16.00
15	314	309	1.59
16	448	513	14.51
17	25	19	24.00
18	20	19	5.00
19	25	20	20.00
20	33	34	3.03

จากตาราง 5 แสดงการประเมินค่าปริมาณรังสี ระหว่างค่าที่อ่านได้จากเครื่องที่สร้างขึ้นกับค่าที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือตัวอย่างที่ 15 มีความผิดพลาด 1.59% และ มีความผิดพลาดมากที่สุด คือตัวอย่างที่ 8 มีความผิดพลาด 41.38% ดังกราฟ

ผลการประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคล



ผลการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพจากแบบประเมิน

การประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ จากแบบประเมิน แบ่งออกเป็น 3 ด้านซึ่งผลการศึกษาทั้ง 3 ส่วนนี้ได้แสดงไว้ในตาราง 6

ตาราง 6 แสดงผลการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพทั้ง 3 ด้าน

รายละเอียด	$\bar{X}$	SD	แปลความหมาย
ค่าเฉลี่ยด้านลักษณะการออกแบบ	3.92	0.56	ดี
ค่าเฉลี่ยด้านลักษณะการใช้งาน	3.56	0.62	ดี
ค่าเฉลี่ยด้านการบำรุงรักษา	3.6	0.51	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	3.69	0.56	ดี

จากตาราง 6 แสดงว่าการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ ทั้ง 3 ด้านคือ ด้านลักษณะการออกแบบ, ด้านลักษณะการใช้งาน, ด้านการบำรุงรักษา มีการประเมินอยู่ในระดับ ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 3.69

ตาราง 7 แสดงรายละเอียดการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพทั้ง 3 ด้าน

รายละเอียด	$\bar{X}$	SD	แปลความหมาย
ด้านลักษณะการออกแบบ			
1. การออกแบบขนาด	4.4	0.49	ดี
2. การออกแบบรูปร่าง	4	0.63	ดี
3. การออกแบบและเลือกวัสดุ อุปกรณ์	4.2	0.40	ดี
4. การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงาน	4	0.63	ดี
5. การออกแบบจัดวางตำแหน่งต่างๆ	3	0.63	พอใช้
ค่าเฉลี่ยด้านลักษณะการออกแบบ	3.92	0.56	ดี
ด้านลักษณะการใช้งาน			
1. การติดตั้งใช้งาน	4.2	0.75	ดี
2. การเคลื่อนย้าย	4.4	0.80	ดี
3. การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน	3.2	0.40	พอใช้
4. การใช้งานตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง	3.2	0.40	พอใช้
5. การใช้งานปุ่มกดต่างๆ และจอแสดงผล	2.8	0.75	พอใช้
ค่าเฉลี่ยด้านลักษณะการใช้งาน	3.56	0.62	ดี

ตาราง 7 (ต่อ)

ด้านการบำรุงรักษา			
1. การบำรุงรักษาเครื่อง	3.8	0.40	ดี
2. การบำรุงรักษากลไกการทำงานของแขนวัด	3.2	0.40	พอใช้
3. การบำรุงรักษาตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง	3.6	0.49	ดี
4. การบำรุงรักษาปุ่มกดต่างๆ และจอแสดงผล	3.6	0.49	ดี
5. การจัดหาอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเพื่อทำการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ง่าย	3.8	0.75	ดี
ค่าเฉลี่ยด้านการบำรุงรักษา	3.6	0.51	ดี
ค่าเฉลี่ยรวม	3.69	0.56	ดี

จากตาราง 7 แสดงว่าการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ ทั้ง 3 ด้านคือ

ด้านลักษณะการออกแบบ เกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับ ดี มีค่าเฉลี่ย 3.92 เมื่อพิจารณารายละเอียด พบว่าเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบตจสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล มีการออกแบบขนาด รูปร่าง การเลือกวัสดุ อุปกรณ์ และรูปแบบขั้นตอนการทำงาน อยู่ในระดับดี ส่วนการออกแบบจัดวางตำแหน่งต่างๆ อยู่ในระดับพอใช้

ด้านลักษณะการใช้งาน เกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับ ดี มีค่าเฉลี่ย 3.56 เมื่อพิจารณารายละเอียด พบว่าเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบตจสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล มีการใช้งานในการติดตั้งเคลื่อนย้าย อยู่ในระดับดี ส่วนการใช้ตามสรีระ ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง ปุ่มกดต่างๆ และหน้าจอแสดงผล อยู่ในระดับ พอใช้

ด้านการบำรุงรักษา เกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับ ดี มีค่าเฉลี่ย 3.60 เมื่อพิจารณารายละเอียด พบว่าเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบตจสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล มีการบำรุงรักษาเครื่อง ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง ปุ่มกดต่างๆ หน้าจอแสดงผล และจัดหาอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเพื่อทำการเปลี่ยน หรือซ่อมแซมได้ง่าย อยู่ในระดับดี ส่วนการบำรุงรักษากลไกการทำงานของแขนวัด อยู่ในระดับพอใช้

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล มีข้อสรุปการศึกษาค้นคว้า อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
3. เพื่อประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ความสำคัญของการวิจัย

1. สามารถลดขั้นตอนการทำงานในการประเมินค่าปริมาณรังสีได้
2. สามารถทดแทนและลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศได้
3. ลดปัญหาความล่าช้าในการตรวจวินิจฉัย เนื่องจากต้องส่งแผ่นฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคลมาตรวจวินิจฉัยที่กองรังสีและเครื่องมือแพทย์ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุขเพียงแห่งเดียวเท่านั้น

สมมุติฐานในการวิจัย

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้นมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$ เมื่อทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า (Shirley M. Long, R.T.R. 1994:4)

การดำเนินการวิจัย

- ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้
- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปัญหาของการตรวจประเมินปริมาณรังสี โดยเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
 - ขั้นตอนที่ 2 ศึกษารายละเอียดต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
 - ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบและตรวจประเมินส่วนต่างๆ ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
 - ขั้นตอนที่ 4 จัดหาเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ขั้นตอนที่ 5 กำหนดระยะเวลาและสถานที่ที่ใช้ในการสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ขั้นตอนที่ 6 สร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ขั้นตอนที่ 7 ทดลองใช้เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล เป็นการตรวจสอบการทำงานทั่วๆ ไปของเครื่องว่าสามารถทำงานได้หรือไม่ ก่อนการนำไปใช้งานและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

ขั้นตอนที่ 8 ทดสอบวัดประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

การทดสอบหาประสิทธิภาพ

1. ทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า มีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$
2. ทดสอบประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

การประเมินหาสมรรถนะทางด้านกายภาพ

1. ด้านลักษณะการออกแบบ
2. ด้านลักษณะการใช้งาน
3. ด้านการบำรุงรักษา

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ทดสอบหาประสิทธิภาพและประเมินสมรรถนะของเครื่อง จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้นำเสนอเป็นหัวข้อ เพื่อให้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

1. การออกแบบเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล อาศัยหลักการพื้นฐาน(ดังแสดงในภาพประกอบ 2) ในการวัดแสงที่ทะลุผ่านฟิล์ม(Transmission) แล้วนำมาคำนวณจาก อัตราส่วนระหว่างแสงที่ทะลุผ่านแผ่นฟิล์มกับแสงที่ส่งไปยังแผ่นฟิล์ม เรียกว่า Transmittance(ดังแสดงในตาราง 2) โดยเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นนอกจากจะสามารถวัดค่าความดำบนฟิล์ม(Optical Density : OD) ได้แล้วยังสามารถนำไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคล ตามขั้นตอนในการตรวจวัดรังสีประจำบุคคล โดยทำการวัดค่าความดำของฟิล์ม(OD) จากฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) จำนวน 8 ค่า แล้วนำไปสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ แทนการนำไปสร้างกราฟบนกระดาษ แล้วใช้หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ทำการคำนวณและแสดงผลออกมาทางหน้าจอแอลซีดี ทำให้สามารถลดขั้นตอนและความผิดพลาดในการประเมินค่าปริมาณรังสีได้

2. การทดสอบประสิทธิภาพ

2.1 ทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า

พบว่าประสิทธิภาพในการวัดค่าความดำ(OD)ของแผ่นฟิล์มเบดจ์ ที่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จำนวน 7 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 14,15,16,17,18,19 และ 20 และที่ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานจำนวน 13 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 และ 13

2.2 ทดสอบประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มเบดจ์ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

พบว่า การประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มเบดจ์ตัวอย่างที่ส่งมาประเมิน โดยเครื่องที่สร้างขึ้น มีความผิดพลาดน้อยที่สุด คือตัวอย่างที่ 15 มีความผิดพลาด 1.59% และ มีความผิดพลาดมากที่สุด คือตัวอย่างที่ 8 มีความผิดพลาด 41.38% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

3. การประเมินหาสมรรถนะทางด้านกายภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน ทำการทดสอบและทดลองใช้งานเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้นแล้วทำการประเมินจากแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ แบ่งออกเป็น 3 ด้านดังนี้

3.1 ด้านลักษณะการออกแบบ คือ ขนาด รูปร่าง วัสดุอุปกรณ์ รูปแบบขั้นตอนการทำงาน และการจัดวางตำแหน่งต่างๆ

พบว่า ด้านลักษณะการออกแบบผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.92

3.2 ด้านลักษณะการใช้งาน คือ ติดตั้ง เคลื่อนย้าย ถูกต้องตามสรีระการทำงาน ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง และปุ่มกด จอแสดงผล

พบว่า ด้านลักษณะการใช้งานผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.56

3.3 ด้านการบำรุงรักษา คือ บำรุงรักษาเครื่อง กลไกการทำงานของแขนวัด ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง ปุ่มกดจอแสดงผล และการจัดหาอุปกรณ์ซ่อมแซมได้ง่าย

พบว่า ด้านการบำรุงรักษาผ่านเกณฑ์การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.60

อภิปรายผล

จากการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล อภิปรายผลได้ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล สามารถนำไปทดสอบประสิทธิภาพและทดลองใช้งานประเมินค่าปริมาณรังสีจริง ในการลดขั้นตอนการทำงาน และความล่าช้าในการประเมินค่าปริมาณรังสี อีกทั้งยังสามารถทดแทนและลดการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศได้อีกด้วย จากการศึกษาสภาพปัญหาและภูมิหลังในการทำงานประเมินค่าปริมาณรังสี โดยการสร้างกราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความดำของฟิล์ม(OD) กับ ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) เก็บไว้ในหน่วยความจำ แทนการนำไปสร้างกราฟบนกระดาษ(ภาควิชารังสี มหาวิทยาลัยมหิดล. 2545 : 8)

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลที่สร้างขึ้นอาศัยหลักการพื้นฐาน ในการวัดแสงที่ทะลุผ่านฟิล์ม(Transmission) ไปยังตัวรับแสงนั้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ (ชัยวัฒน์ เอี่ยมพงษ์ไพฑูรย์ และวโรตม์แก้วกล้า. 2538) ที่สร้างเครื่องวัดความเข้มฟิล์มกรองแสง โดยอาศัยหลักการวัดแสงที่ทะลุผ่านฟิล์ม(Transmission) ไปยังตัวรับแสง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ(วิวิช ธรรมวีรพงษ์ และ

พรเทพ จันทรคุณภาส. 2542 : 2) ได้ทำการพัฒนาเครื่องวัดความเข้มของแสงโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์โดยอาศัยหลักการของแสงตกกระทบตัวรับแสง

2. การทดสอบประสิทธิภาพ จากสมมุติฐานที่ตั้งไว้คือ เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ที่สร้างขึ้นมีความผิดพลาดไม่เกิน $\pm 2\%$ เมื่อทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า (Shirley M. Long, R.T.R. 1994:4) ซึ่งจากการทดสอบหาประสิทธิภาพแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า พบว่าจากการทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า จำนวน 5 ครั้ง เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จำนวน 7 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 14,15,16,17,18,19 และ 20 และที่ไม่ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานที่ตั้งไว้ จำนวน 13 ค่า คือ ค่า BASE ที่ 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 และ 13 ในช่วงของค่า BASE ที่ 14-20 มีค่าที่ไม่มีความผิดพลาดคือ ค่าที่ 17 ส่วนในช่วงของค่า BASE ที่ 1-13 มีค่าความผิดพลาดมากที่สุดคือ ค่าที่ 1 ผิดพลาด 20.83% อาจเนื่องมาจาก มุมในการรับแสงของตัวรับแสง ซึ่งเป็นไอซี ในการวัดแต่ละครั้งไม่เท่ากันเนื่องจากกลไกการทำงานของแขนวัด จึงทำให้การตอบสนองของตัวรับแสงไม่เท่ากัน ตามคุณสมบัติของตัวรับแสง(Motorola Semiconductor Products Sector. 1993:11) มุมในการรับแสงของตัวรับแสง ซึ่งเป็นไอซีมีข้อจำกัดของมุมในการรับแสงไม่เหมือนอุปกรณ์รับแสงชนิดอื่นที่มีมุมรับแสงเปิดกว้างกว่า (Motorola Semiconductor Technical Data. 1995 : 4-1) วิธีประมวลผลรูปคลื่นความถี่แบบใช้ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ทำให้ไม่สามารถครอบคลุม รูปคลื่นความถี่ในบางช่วงที่เลื่อนออกไปจากช่วงเวลาที่กำหนดได้ ทำให้ค่าแสงค่าเดียวกันแต่นับจำนวนรูปคลื่นได้ไม่เท่ากัน ความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์และวิธีการอ่านค่าของเครื่อง เมื่อกดหัววัดลง วงจรประมวลผลเริ่มทำงานก่อนที่หัววัดถึงจุดวัด เนื่องมาจากชุดกลไกของแขนวัด ที่ไปกดไมโครสวิตช์ให้วงจรประมวลผลทำงาน รวมทั้งแสงจากภายนอกที่เข้าไปรบกวนตัวรับแสง จากหน้าสัมผัสของแขนวัด โดยการขาดตัวกรองแสงรบกวนจากภายนอกเพื่อให้ได้ช่วงของแสงที่ต้องการ(ชัยวัฒน์ เอี่ยมพงษ์ไพฑูรย์ และวโรตม แก้วกล้า. 2538 : 33) ทำให้ค่าที่อ่านได้เกิดความผิดพลาด

2.2 ทดสอบประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ส่งมาประเมินจำนวน 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ พบว่า การประเมินค่าปริมาณรังสีประจำบุคคลกับแผ่นฟิล์มแบดจ์ตัวอย่างที่ส่งมาประเมิน โดยเครื่องที่สร้างขึ้น มีความผิดพลาดน้อยที่สุดคือตัวอย่างที่ 15 มีความผิดพลาด 1.59% และ มีความผิดพลาดมากที่สุด คือตัวอย่างที่ 8 มีความผิดพลาด 41.38% เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่ประเมินของกองรังสีและเครื่องมือแพทย์ ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการอ่านค่าความดำของฟิล์ม(OD) ผิดพลาดจากการทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า

3. ในการประเมินสมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ที่สร้างขึ้น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน ทำการทดสอบและทดลองใช้งาน แล้วทำการประเมินจากแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ พบว่า

3.1 ด้านลักษณะการออกแบบ คือขนาด รูปร่าง วัสดุอุปกรณ์ รูปแบบขั้นตอนการทำงาน และการจัดวางตำแหน่งต่างๆ พบว่า การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92

สมรรถนะด้านลักษณะการออกแบบจากแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 3.92 อยู่ในระดับดี ซึ่งเมื่อพิจารณาด้านที่มีระดับการประเมินสูงสุดได้ค่าเฉลี่ย 4.4 อยู่ในระดับดี คือ ด้านการออกแบบขนาด เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า มีขนาดเล็กและเหมาะสมกับการใช้งาน ส่วนหัวข้อที่มีผลการประเมินต่ำสุดได้ค่าเฉลี่ย 3.0 อยู่ในระดับพอใช้ คือ ด้านการจัดวางตำแหน่งต่างๆ เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า ปุ่มกดไม่สะดวกต่อการใช้งาน ควรติดตั้งอยู่ด้านบนของตัวเครื่อง

3.2 ด้านลักษณะการใช้งาน คือ ติดตั้ง เคลื่อนย้าย ถูกต้องตามสรีระการทำงาน ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง และปุ่มกด จอแสดงผล พบว่า การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.56

สมรรถนะด้านลักษณะการใช้งานจากแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 3.56 อยู่ในระดับดี ซึ่งเมื่อพิจารณาด้านที่มีระดับการประเมินสูงสุดได้ค่าเฉลี่ย 4.4 อยู่ในระดับดี คือ ด้านการเคลื่อนย้าย เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า เคลื่อนย้ายได้สะดวก กะทัดรัดและมีน้ำหนักไม่มาก ส่วนหัวข้อที่มีผลการประเมินต่ำสุดได้ค่าเฉลี่ย 2.8 อยู่ในระดับพอใช้ คือ ด้านการใช้งานปุ่มกดและจอแสดงผล เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า ปุ่มกดไม่สะดวกต่อการใช้งาน เพราะติดตั้งอยู่ด้านหน้าของตัวเครื่องและปุ่มกดขนาดเล็ก เพื่อทำการวัดค่าควรปรับปรุงให้ใช้งานได้สะดวกและนิ่มนวลกว่านี้

3.3 ด้านการบำรุงรักษา คือ บำรุงรักษาเครื่อง กลไกการทำงานของแขนวัด ตัวกำเนิดแสง ตัวรับแสง ปุ่มกดจอแสดงผล และการจัดหาอุปกรณ์เพื่อการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ง่าย พบว่า การประเมินในระดับดี มีค่าเฉลี่ย 3.60

สมรรถนะด้านการบำรุงรักษาจากแบบประเมินจำนวน 5 ข้อ ผลการประเมินมีค่าเฉลี่ย 3.60 อยู่ในระดับดี ซึ่งเมื่อพิจารณาด้านที่มีระดับการประเมินสูงสุดได้ค่าเฉลี่ย 3.8 อยู่ในระดับดี 2 ด้านคือ ด้านการบำรุงรักษาเครื่องและการจัดหาอุปกรณ์เพื่อการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ง่าย เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่าตัวเครื่องเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่แข็งแรงทนทาน ผิวหน้าเคลือบด้วยสีดาสวยงามทำให้ไม่สกปรกและอุปกรณ์ส่วนใหญ่ สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป ส่วนหัวข้อที่มีผลการประเมินต่ำสุดได้ค่าเฉลี่ย 3.2 อยู่ในระดับพอใช้ คือ ด้านการบำรุงรักษากลไกการทำงานของแขนวัด เนื่องจากผู้เชี่ยวชาญให้ความเห็นว่า การทำงานของแขนวัดแข็งเกินไป ไม่นิ่มนวล เมื่อใช้งานจริงจะต้องอ่านค่าของแผ่นฟิล์มแบดจ์เป็นจำนวนมาก ทำให้อาจชำรุดได้ง่าย เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน

ข้อเสนอแนะ

จากการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งาน และข้อพิจารณาสำหรับการปรับปรุงดังนี้

1. ด้านการออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ควรปรับปรุงกลไกในการทำงานและการใช้งานของแขนวัดในการวัดแสง ให้อยู่ในตำแหน่งที่สามารถใช้งานได้สะดวก มีความนิ่มนวล ไม่แข็งจนเกินไป

2. การทดสอบประสิทธิภาพ โดยทดสอบกับฟิล์มมาตรฐาน 20 ค่า ในช่วงของค่าที่ 1-13 มีความผิดพลาดในแต่ละค่าเกิน $\pm 2\%$ และมากที่สุดคือ ค่าที่ 1 ผิดพลาด 20.83% ควรปรับปรุงแก้ไขจุดต่างๆ คือ

2.1 การจัดมุมในการรับแสงของตัวรับแสงซึ่งเป็นไอซี ในการวัดแต่ละครั้งควรจัดให้มีมุมตั้งฉากกับลำแสงทุกครั้ง เพื่อการรับแสงที่ดีของตัวรับแสง จะส่งผลทำให้ความถี่ที่ได้จากตัวรับแสงที่ความถี่โดยตรงแน่นอน เพราะมุมรับแสงที่แตกต่างกันทำให้ได้ความถี่ที่ออกมาแตกต่างกัน

2.2 การเลือกใช้หน่วยประมวลผลกลาง(CPU) ที่มีความถี่ของรอบการทำงาน(Speed Clock) สูงขึ้น จะทำให้การอ่านค่าความถี่สูงที่ได้รับจากชุดรับแสงทำได้ละเอียดและมีความเร็วในการประมวลผลที่เพียงพอ ซึ่งทำให้ความสามารถในการอ่านค่าความความต่ำ(OD) เกิดความผิดพลาดน้อยลง

2.3 การออกแบบชุดกลไกของหัววัด ในการอ่านค่าของเครื่อง เมื่อกดหัววัดลงวงจรประมวลผล ควรเริ่มทำงานพร้อมกับหัววัดถึงจุดวัด โดยที่กลไกไปกดที่ไมโครสวิตช์ให้วงจรประมวลผลทำงานพร้อมกัน จะทำให้ได้ค่าความถี่จากตัวรับแสงที่เที่ยงตรงมากขึ้น และการป้องกันแสงจากภายนอกไม่ให้เข้าไปรบกวน ตัวรับแสง จากหน้าสัมผัสของแขนวัด ทำให้ค่าที่อ่านได้เกิดความผิดพลาด

3. สมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ควรทำการปรับปรุง ในส่วนของปุ่มกดให้สะดวกต่อการใช้งาน โดยติดตั้งให้อยู่ด้านบนของตัวเครื่อง เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน มองเห็นชัดเจน และปรับปรุงการทำงานของแขนวัดที่มีความแข็งแรงจากสปริงมากเกินไป ทำให้ไม่นุ่มนวล ยากต่อการใช้งานอาจชำรุดได้ง่าย เมื่อใช้งานเป็นเวลานาน

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อไป

การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล เป็นแนวทางหนึ่งในการออกแบบและสร้างเครื่องมือทางการแพทย์อื่นๆ ในการช่วยลดขั้นตอนการทำงานในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ลดความผิดพลาดในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)ลง เพิ่มความปลอดภัยของบุคลากรด้านรังสี ลดปัญหาความล่าช้าในการตรวจวินิจฉัย ทดแทนและลดการนำเข้าเครื่องมือทางการแพทย์จากต่างประเทศ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพง

อย่างไรก็ตามเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคลยังต้องใช้แผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit)อยู่ ซึ่งการสร้างอุปกรณ์ที่สามารถประเมินค่าปริมาณรังสีในขณะที่ปฏิบัติงานได้โดยตรง ก็จะทำให้เพิ่มสะดวกและปลอดภัยของบุคลากรที่ปฏิบัติงานด้านรังสีให้มากขึ้น อีกทั้งยังทำให้ลดขั้นตอนการทำงานและลดปัญหาความล่าช้าในการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) ในการตรวจวินิจฉัยลง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

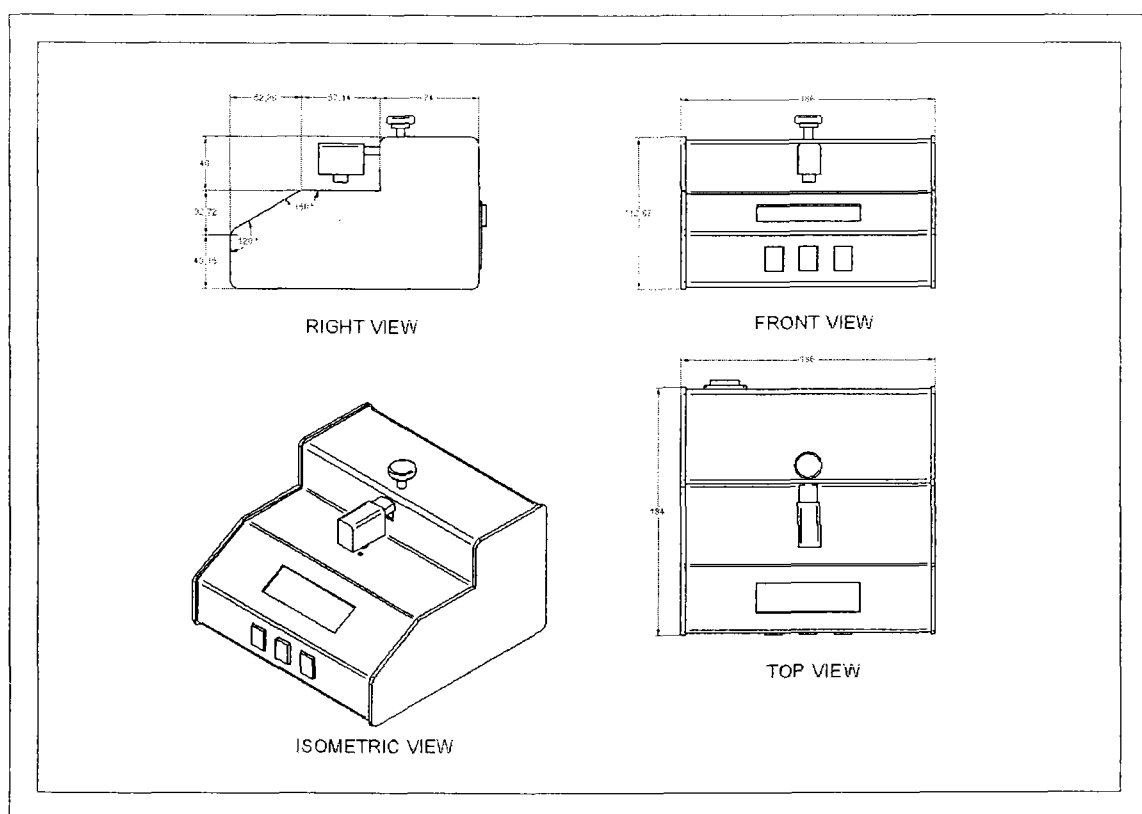
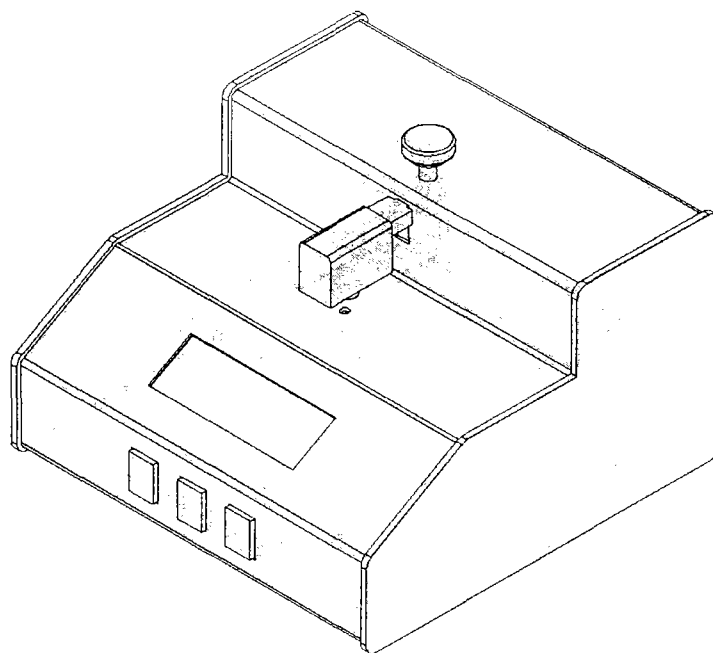
- กระทรวงสาธารณสุข. (2546). กำหนดเงื่อนไขและวิธีการขอรับใบอนุญาตและการออกใบอนุญาต พ.ศ.2546 ตามพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ.2504.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (2542). รายงานประจำปี 2542 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพฯ: กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- (2543). รายงานประจำปี 2543 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- (2544). รายงานประจำปี 2544 กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.
- (2537,มกราคม-มีนาคม). วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 36(1): 1-10.
- (2540,มกราคม-มีนาคม). วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 39(1): 53-60.
- (2542,เมษายน-มิถุนายน). วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 41(2): 121-129.
- (2542,กรกฎาคม-กันยายน). วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 41(3) : 281-289.
- (2544,มกราคม-มีนาคม). วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 43(1) : 35-42.
- (2545,มกราคม-มีนาคม). วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 44(1) : 11-19.
- กองรังสีและเครื่องมือแพทย์. (2546). เอกสารผลการประเมินปริมาณรังสีประจำบุคคล กุมภาพันธ์ 2546.
- จงจิตร ภัทรมนตรี. (2510). การศึกษาออกแบบเครื่องวัดรังสีแบบแผ่นฟิล์มประจำบุคคล. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- ชัยวัฒน์ เอี่ยมพงษ์ไพฑูรย์และวโรตม แก้วกล้า. (2538). เครื่องวัดความเข้มฟิล์มกรองแสง. ปรินิพนธ์ วศ.บ. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.
- ชวลิต เพ็ญอารีย์. (2537). คลื่นเสียงและแสง. กรุงเทพฯ : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปิยกุล เลาว์ณย์ศิริ. (2524). ฟิล์มสีและแว่นกรองแสง. กรุงเทพฯ : คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ประยูร บุญฤทธิ์. (2543). การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- มานะ ศรียุทธศักดิ์และกฤษฎา วิทธีรานนท์. (2536). เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ประชาชน.
- ยีน ภูววรรณ. (2535). ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์.
- วิวิธ ธรรมวีรพงษ์และพรเทพ จันท์คุณภาส. (2542). "การพัฒนาเครื่องวัดความเข้มของแสงโดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์". วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. ปีที่ 41 ฉบับที่ 2 เม.ย.-มิ.ย. 2542. กรุงเทพฯ : กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์.

- ภาควิชารังสี มหาวิทยาลัยมหิดล. (2545). เอกสารประกอบการเรียนการสอนระดับปริญญาโท วิชาอุปกรณ์การวัดรังสีประจำบุคคล.
- สมคิด เมตไตรพันธ์. (2523). เครื่องวัดปริมาณนิวตรอนประจำบุคคลด้วยโซลิตสแตทแทรคเตอร์. วิทยานิพนธ์ วศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
<http://come.to/nakon> (กรกฎาคม 2545)
<http://www.kodak.com> (12 กุมภาพันธ์ 2545)
<http://www.moph.go.th> (5 ธันวาคม 2544)
- Callahan, Mitchell Allen. (1989). *The Design of a Low Level Radioactive Dry Waste Monitor to Evaluate Controlled Materials for Free Release from a Radiologically Controlled Area.* Masters Thesis(M.S.). Lowell : University of Lowell.
- Motorola Semiconductor Products Sector. (1993). *Motorola Optoelectronics Device Data.* Arizona U.S.A. : Motorola.
- Motorola Corporation. (1992). *Motorola Semiconductor Technical Data .* Arizona U.S.A. : Motorola.
- Shirley M. Long, R.T.R. (1994). *Handbook of Mammography. Third Edition.* Alberta Canada : Mammography Consulting Service.
- Tarzia,James Patrick. (1988). *The Development of a Tld Spectrophotometer.* Masters Thesis (M.S.). Lowell : University of Lowell.

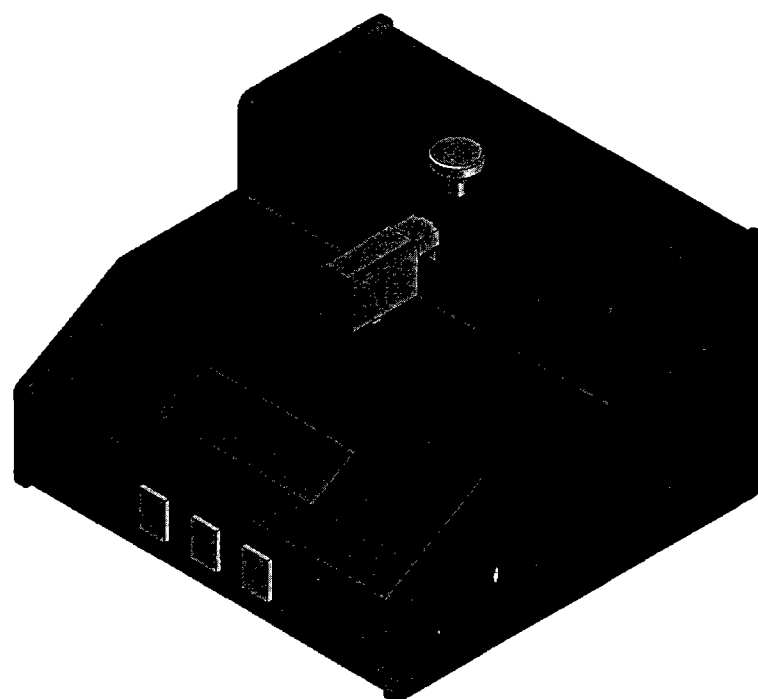
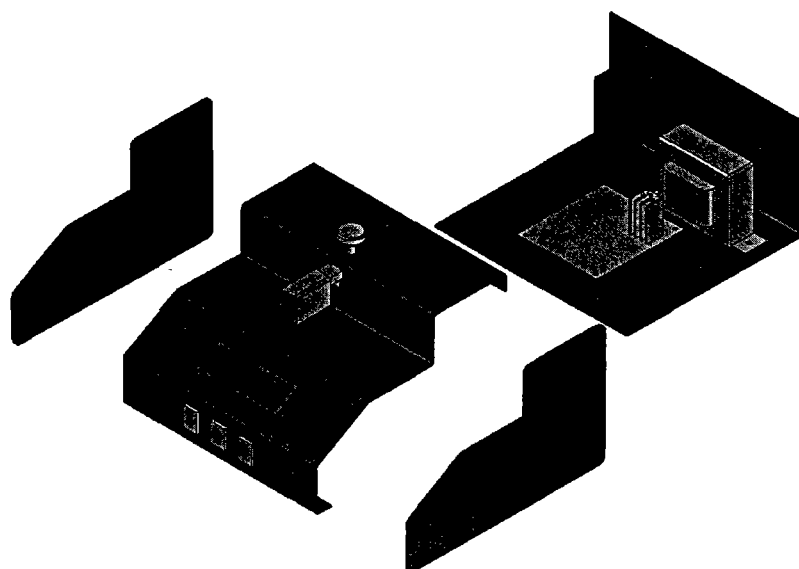
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แสดงการออกแบบภายนอกและวงจรการทำงานภายใน

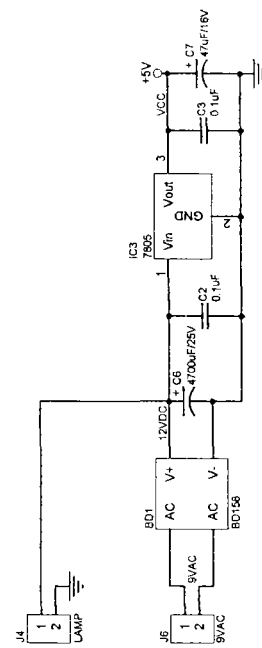
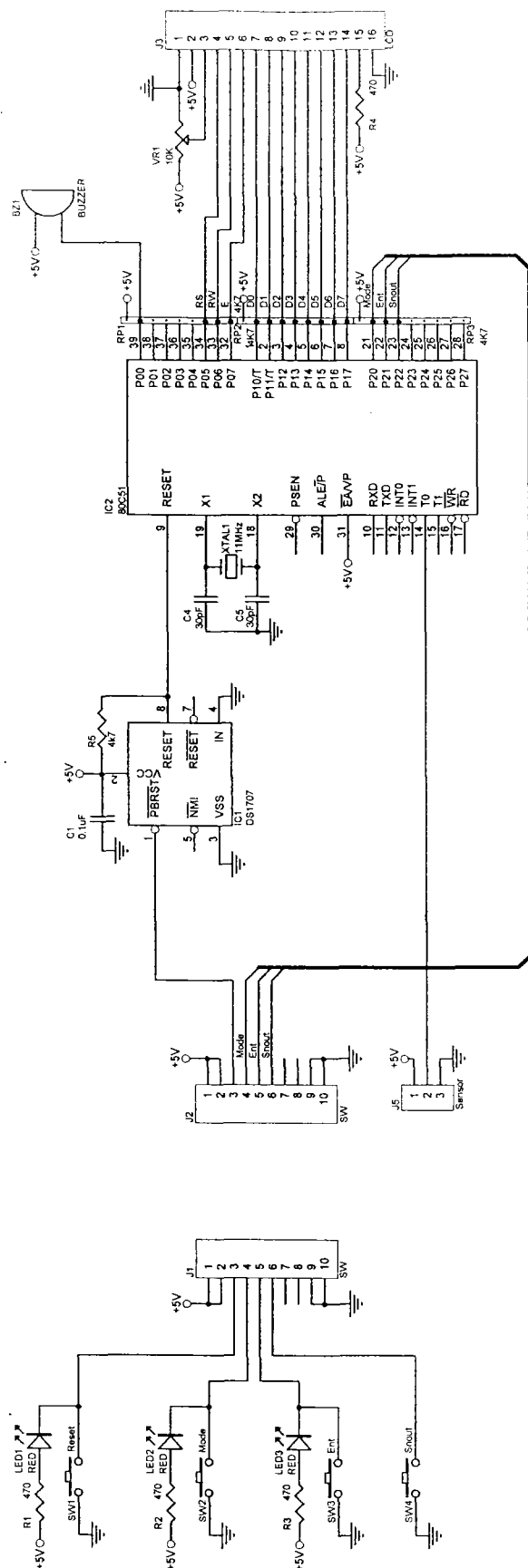


แสดงการออกแบบและขนาดของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

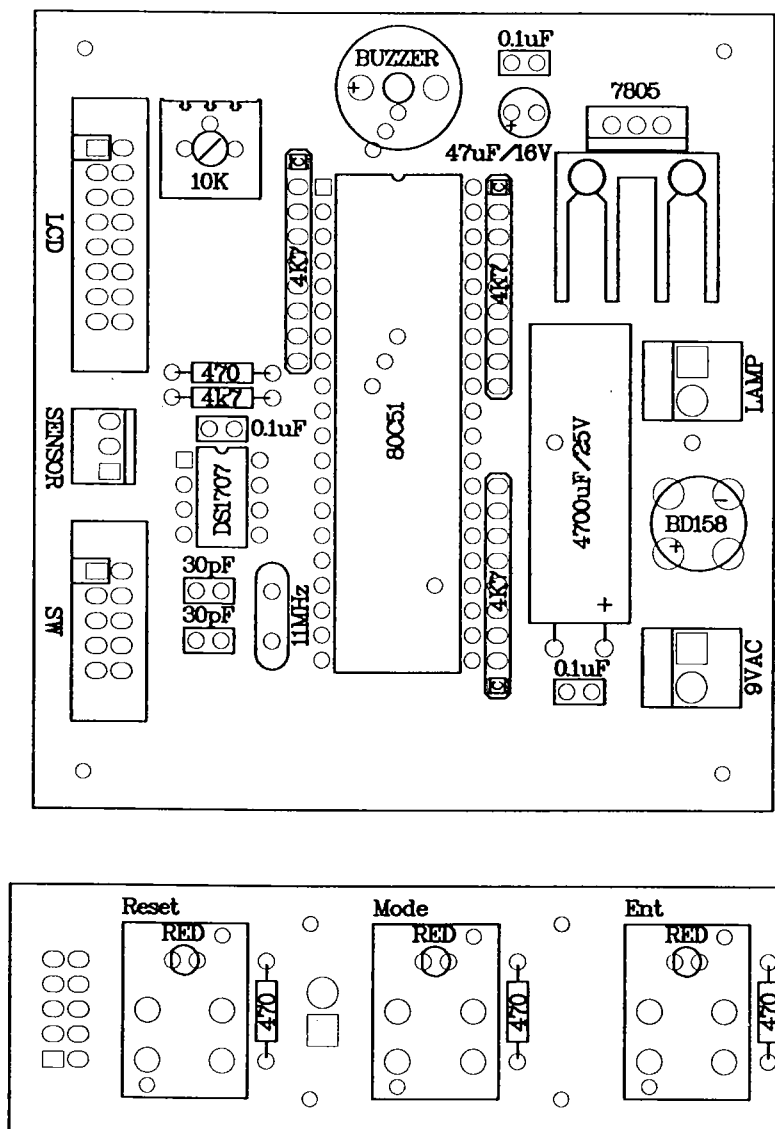


แสดงการออกแบบภายนอกแต่ละส่วนและเมื่อประกอบส่วนต่างๆ เข้าด้วยกันของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

แสดงวงจรการทำงานภายในของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล



Checked by	Title	Film Density Meter
Approved by	Dwg No	
	Design by	Drawn by
	File	D:\My Documents\SWU\Proj\Film Density Meter (Data - Documents\Documents1 Sch
	Sheet	1 of 1
	Date	26 Feb 2004
	Rev	1.0
	Size	B



แสดงการจัดวางอุปกรณ์ของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ภาคผนวก ข

แสดงลำดับสถานะการทำงาน โปรแกรมคำนวณและควบคุมการทำงาน

Densitometer

CAL : Calibration

ODM : Optical Density Mode

DLM : Dose Limit Mode

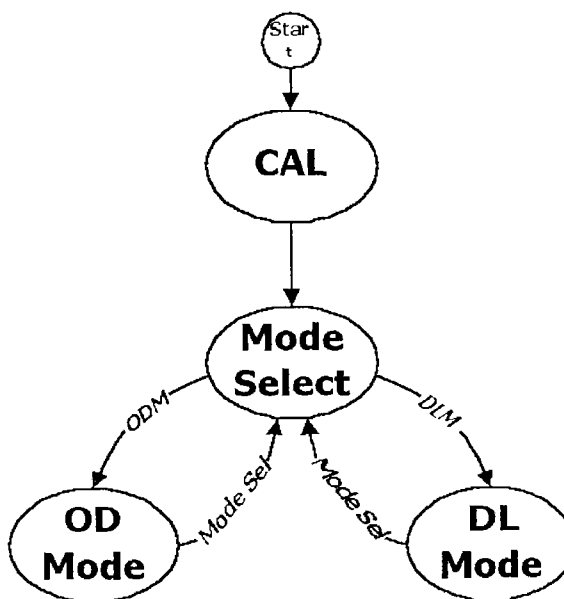
SS : Sensor Switch

MS : Mode Switch

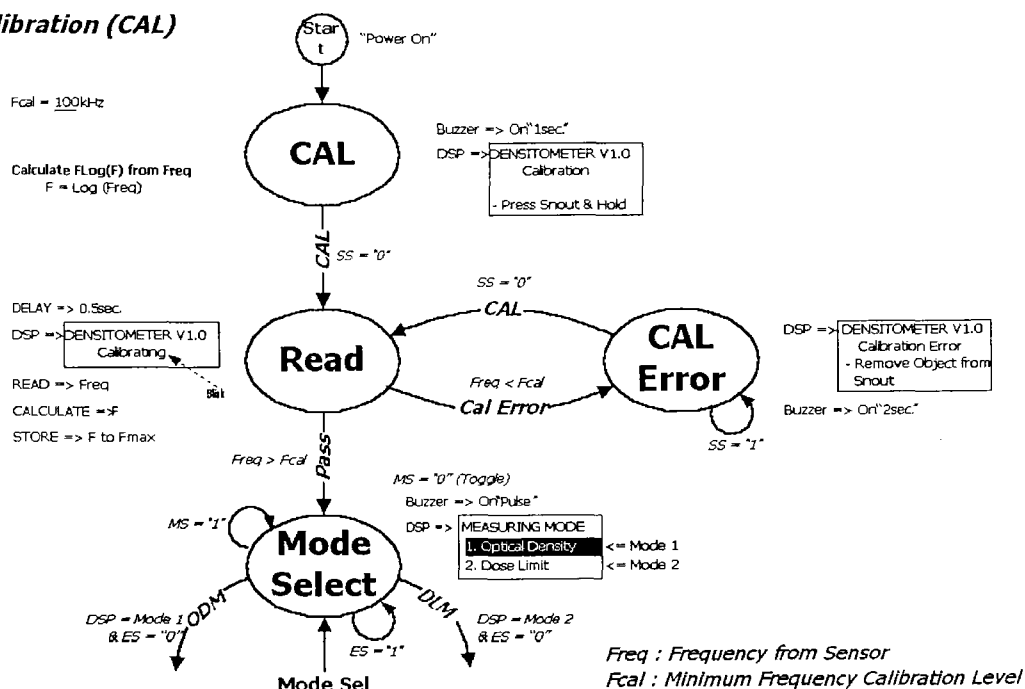
Ent : Enter Switch (Measure)

DSP : Display

OP : Opacity



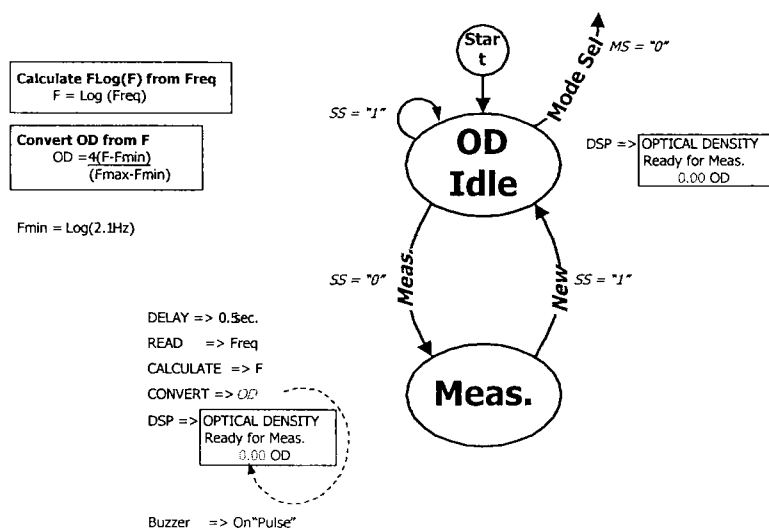
Calibration (CAL)



Densitometer V1.1

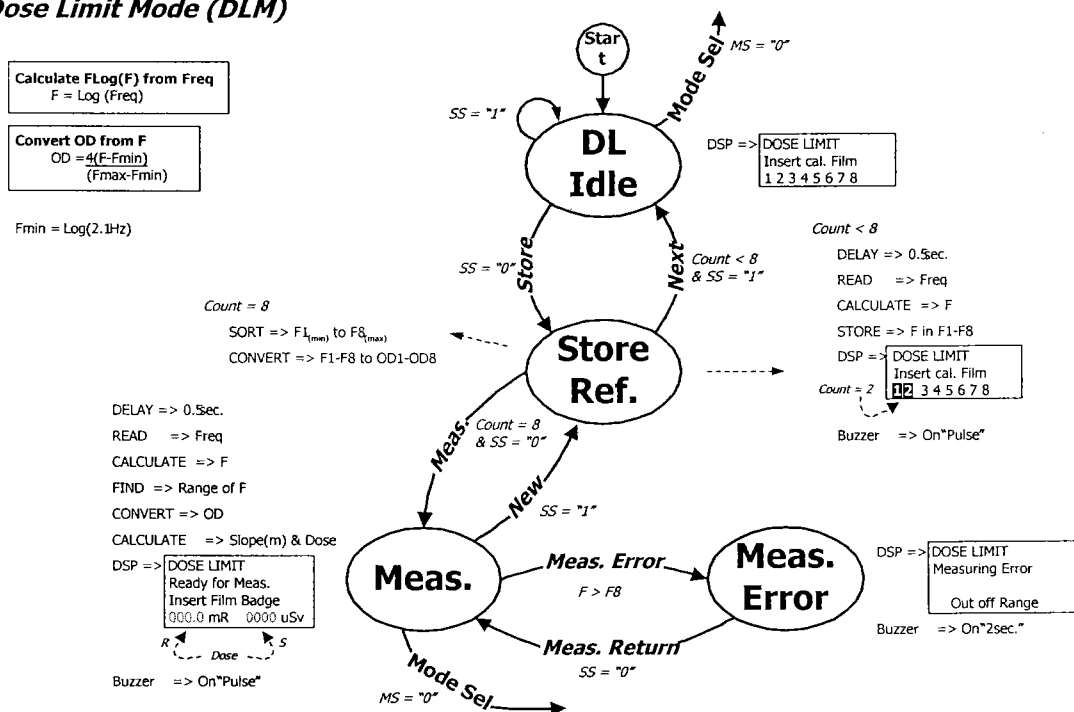
แผนภาพแสดงลำดับสถานะการทำงาน การสอบเทียบและเลือกโหมดการทำงานของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

Optical Density Mode (ODM)



Densitometer V1.1

Dose Limit Mode (DLM)



Densitometer V1.1

แผนภาพแสดงลำดับสถานะการทำงานในการวัดค่าความเข้มแสง(Optical Density Mode : ODM) และการประเมินค่าปริมาณรังสี(Dose Limit Mode : DLM) ของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

DOSE LIMIT CALCULATION

Sort (OD)	Range	Store	Convert	Fixed	Calculation	
		FLog	OD	R	Slope	Dose
Min  Max	$F \leq 1, n=1$	-	0	0	$m_{(n)} = \frac{(OD_{(n-1)} - OD_{(n)})}{(R_{(n-1)} - R_{(n)})}$	$R = \frac{(OD - OD_{(n-1)})}{m} + R_{(n-1)}$ $S = R \times 10$
	$F \leq 2, n=2$	F1	OD1	R1= 2		
	$F \leq 3, n=3$	F2	OD2	R2= 5		
	$F \leq 4, n=4$	F3	OD3	R3= 10		
	$F \leq 5, n=5$	F4	OD4	R4= 20		
	$F \leq 6, n=6$	F5	OD5	R5= 40		
	$F \leq 7, n=7$	F6	OD6	R6= 100		
	$F \leq 8, n=8$	F7	OD7	R7= 200		
		F8	OD8	R8= 400		

$$m0 = \frac{(OD1)}{(R1)}$$

$$m1 = \frac{(OD1-OD2)}{(R1-R2)}$$

$$m2 = \frac{(OD2-OD3)}{(R2-R3)}$$

$$m3 = \frac{(OD3-OD4)}{(R3-R4)}$$

$$m4 = \frac{(OD4-OD5)}{(R4-R5)}$$

$$m5 = \frac{(OD5-OD6)}{(R5-R6)}$$

$$m6 = \frac{(OD6-OD7)}{(R6-R7)}$$

$$m7 = \frac{(OD7-OD8)}{(R7-R8)}$$

$$m8 = \frac{(OD7-OD8)}{(R7-R8)}$$

โดย

F = ความถี่ที่วัดได้(Frequency)

n = ช่วงของความถี่ที่วัดได้(Range)

OP = Opacity(I₀/I)

R = ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) หน่วย (Minli Rem : mR.)

S = ค่าปริมาณรังสี(Dose Limit) หน่วย (Micro Sievert : μ Sv.)

m = ความชันของกราฟ(Slope)

ตารางแสดงการคำนวณหาค่าปริมาณรังสีและความชันของกราฟของฟิล์มคาริเบรชัน(Calibration Film) ของ
เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบตจสำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ภาคผนวก ค

แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ

แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ
เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

คำชี้แจง ข้อแนะนำในการประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบดจ์ สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

1. แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพแบ่งออกเป็น 2 ตอนคือ
ตอนที่ 1 เป็นการประเมินจากแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ แบ่งออกเป็น 4 ด้านคือ
 ด้านลักษณะการออกแบบ
 ด้านลักษณะการใช้งาน
 ด้านการบำรุงรักษา
ตอนที่ 2 เป็นการแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ
2. โปรดอ่านข้อความและทำเครื่องหมาย ✓ (ถูก) ลงในช่องว่างทางขวามือ ซึ่งเป็นมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามการประเมินของท่าน หลังจากได้ตรวจสอบและทดลองใช้งาน โดยมีค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้
 ระดับคะแนน 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
 ระดับคะแนน 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
 ระดับคะแนน 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
 ระดับคะแนน 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง
 ระดับคะแนน 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้

ตอนที่ 1 แบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพ

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับการประเมิน				
		ดีมาก (5)	ดี (4)	พอใช้ (3)	ควร ปรับปรุง (2)	ใช้ ไม่ได้ (1)
	ด้านลักษณะการออกแบบ					
1	การออกแบบขนาด					
2	การออกแบบรูปร่าง					
3	การออกแบบและเลือกวัสดุ อุปกรณ์					
4	การออกแบบรูปแบบขั้นตอนการทำงาน					
5	การออกแบบจัดวางตำแหน่งต่างๆ					
	ด้านลักษณะการใช้งาน					
1	การติดตั้งใช้งาน					
2	การเคลื่อนย้าย					
3	การใช้งานเครื่องถูกต้องตามสรีระการทำงาน					
4	การใช้งานตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง					
5	การใช้งานปุ่มกดต่างๆ และจอแสดงผล					
	ด้านการบำรุงรักษา					
1	การบำรุงรักษาเครื่อง					
2	การบำรุงรักษากลไกการทำงานของแขนวัด					
3	การบำรุงรักษาตัวกำเนิดแสงและตัวรับแสง					
4	การบำรุงรักษาปุ่มกดต่างๆ และจอแสดงผล					
5	การจัดหาอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเพื่อทำการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ง่าย					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1. ด้านลักษณะการออกแบบ

.....

.....

.....

2. ด้านลักษณะการใช้งาน

.....

.....

.....

3. ด้านการบำรุงรักษา

.....

.....

.....

4. อื่นๆ

.....

.....

.....

..... ผู้เชี่ยวชาญ
(.....)

ภาคผนวก ง

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบประเมินสมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
 - 1.1 รศ. ชูศรี วงศ์รัตน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านงานวิจัย
ประสบการณ์การทำงาน 29 ปี
สถานที่ทำงาน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
วุฒิการศึกษา ค.ม.(การวิจัยทางการศึกษา)
 - 1.2 นายรุ่งโรจน์ จันทร์สูง ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือแพทย์
ประสบการณ์การทำงาน 8 ปี
สถานที่ทำงาน กองรังสีและเครื่องมือแพทย์
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
วุฒิการศึกษา วท.บ.(ฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์)
2. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ ประเมินสมรรถนะเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล
 - 2.1 อาจารย์ประสงค์ ชูสุรานนท์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือแพทย์
ตำแหน่ง อาจารย์
ประสบการณ์การทำงาน 15 ปี
สถานที่ทำงาน คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยี
พระจอมเกล้า พระนครเหนือ
วุฒิการศึกษา วท.ม.(รังสี)
 - 2.2 นายรุ่งโรจน์ จันทร์สูง ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือแพทย์
ตำแหน่ง นักฟิสิกส์รังสี 5
ประสบการณ์การทำงาน 8 ปี
สถานที่ทำงาน กองรังสีและเครื่องมือแพทย์
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
วุฒิการศึกษา วท.บ.(ฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์)
 - 2.3 นายสถาพร กล่อมแก้ว ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสี
ตำแหน่ง นักฟิสิกส์รังสี 4
ประสบการณ์การทำงาน 7 ปี
สถานที่ทำงาน กองรังสีและเครื่องมือแพทย์
กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข
วุฒิการศึกษา วท.บ.(รังสี)

- 2.4 นายมงคล โสรจวงษ์เจริญ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือแพทย์(ด้านรังสี)
ตำแหน่ง วิศวกร
ประสบการณ์การทำงาน 8 ปี
สถานที่ทำงาน บริษัท อุดมเมดิคอล อีคิวไบโอเม็นท์ จำกัด
วุฒิการศึกษา วท.บ.(ฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์)
- 2.5 นายเอกพล เรืองวิศิษฐ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือแพทย์(ด้านรังสี)
ตำแหน่ง วิศวกร
ประสบการณ์การทำงาน 8 ปี
สถานที่ทำงาน บริษัท ซีเมนต์(ประเทศไทย) จำกัด
วุฒิการศึกษา วท.บ.(ฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์)



ที่ ศธ 0519.12/1872

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

3๐ ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์

เรียน ผู้อำนวยการกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

ตามที่ นายอดิสรณ์ ชโนสวรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบ และสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มเบตซ์ สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล” บัณฑิตวิทยาลัย พิจารณาเห็นว่า อาจารย์ประพัฒน์ ลากเจริญกิจ เป็นผู้ทรงคุณวุฒิ มีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนปริญญานิพนธ์เรื่องนี้ จึงใคร่ขอเชิญเป็นกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ของนิสิตผู้นี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ และโปรดแจ้ง อาจารย์ประพัฒน์ ลากเจริญกิจ ทราบด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นายแพทย์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร.2584119, 664-1000 ต่อ 6544, 6546

โทรสาร 2584119



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มสว โทร. 5731, 5618

ที่ ศธ 0519.12/๖๒

วันที่ ๔.๔ ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายอดิสรณ์ ชโนสวรร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคส์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ นายประพัฒน์ ลาภเจริญกิจ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ชูศรี วงศ์รัตน์ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคส์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบประเมิน ให้ นายอดิสรณ์ ชโนสวรร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์นภาพร หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๕ ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณะบดีคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายอดิสรณ์ ชโนสุวรรณ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ นายประพัฒน์ ลากเจริญกิจ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์ประสงค์ ชูสรานนท์ เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมิน ให้ นายอดิสรณ์ ชโนสุวรรณ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นายแพทย์ วัฒนพงศ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6210292-5 มือถือ 01-8330316



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

26 ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการกองรังสีและเครื่องมือแพทย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายอดิสรณ์ ชโนสวรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ นายประพัฒน์ ลากเจริญกิจ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายรุ่งโรจน์ จันทร์สูง นักฟิสิกส์รังสี 5 เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล นายสถาพร กล่อมแก้ว นักฟิสิกส์รังสี 4 และ นายรุ่งโรจน์ จันทร์สูง นักฟิสิกส์รังสี 5 เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมิน ให้ นายอดิสรณ์ ชโนสวรย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภกรรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6210292-5 มือถือ 01-8330316



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๒๖ ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการ บริษัท อุดมเมดิคอล อีคิวปเมนต์ จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายอดิสรณ์ ชโนสวรย์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคส์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ นายประพัฒน์ ลากเจริญกิจ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายมงคล ไสร์จวงษ์เจริญ วิศวกร เป็นผู้เชี่ยวชาญ ประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคส์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้ นายอดิสรณ์ ชโนสวรย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นายแพทย์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6210292-5 มือถือ 01-8330316



บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

24 ธันวาคม 2546

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้จัดการฝ่ายซ่อมบำรุงเครื่องมือแพทย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมิน

เนื่องด้วย นายอดิสรณ์ ชโนสวรร์ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการทำปริญญานิพนธ์เรื่อง “การออกแบบและสร้างเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ และ นายประพัฒน์ ลากเจริญกิจ เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ นายเอกพล เร่งวิศิษฎ์ วิศวกร เป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินสมรรถนะทางด้านกายภาพเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบคจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินให้นายอดิสรณ์ ชโนสวรร์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์นภกรณ์ หะวานนท์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

รักษาราชการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-664-1000 ต่อ 5618, 5731

หมายเหตุ : ต้องการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ 02-6210292-5 มือถือ 01-8330316

ภาคผนวก จ

คู่มือการใช้งาน

คู่มือการใช้งาน

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

ข้อมูลเฉพาะ

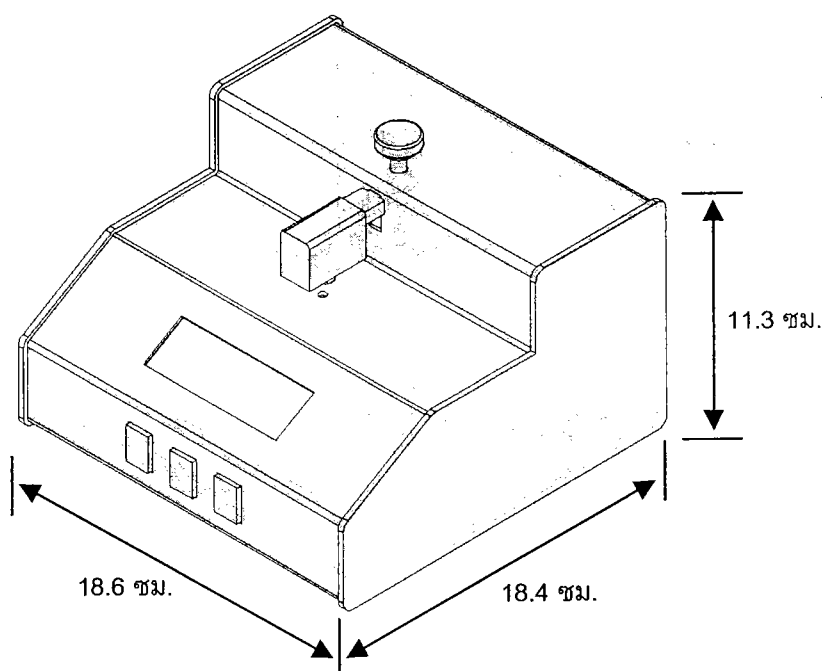
1. ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ 50 เฮิร์ตซ์
2. ใช้กับแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล(Film Badge Personal Monitoring)
3. เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล สามารถวัดและแสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) และ ประเมินค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล(Dose Limit) ได้
4. เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล สามารถวัดค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) ได้ในช่วง 0.00 – 4.00 OD

ข้อควรระวัง

1. ระวังไม่ให้ตัวเครื่องหล่นหรือกระแทก อาจทำให้วงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียหายได้
2. ระวังไม่ให้เก็บไว้ในที่มีความร้อนสูง อาจทำให้วงจรและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เสียหายได้
3. ควรปิดเครื่องทุกครั้ง เมื่อเลิกใช้งาน เพื่อป้องกันความร้อนที่อาจทำให้ชุดกำเนิดแสงชำรุดเสียหาย
4. การสอบเทียบเครื่อง(Calibrate Switch) เมื่อเปิดเครื่อง กดสวิตช์สำหรับสอบเทียบเครื่อง(Calibrate Switch) แล้ว เครื่องเกิดผิดพลาด หน้าจอแสดงผลไม่แสดงค่า " 0 " ให้ยกแขนวัดขึ้นแล้วกดลงมาใหม่ซ้ำๆ อีกครั้ง

ขนาดของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล มีขนาดกว้าง 18.6 เซนติเมตร ยาว 18.4 เซนติเมตร และสูง 11.3 เซนติเมตร ดังภาพประกอบ



ส่วนประกอบของเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

เครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

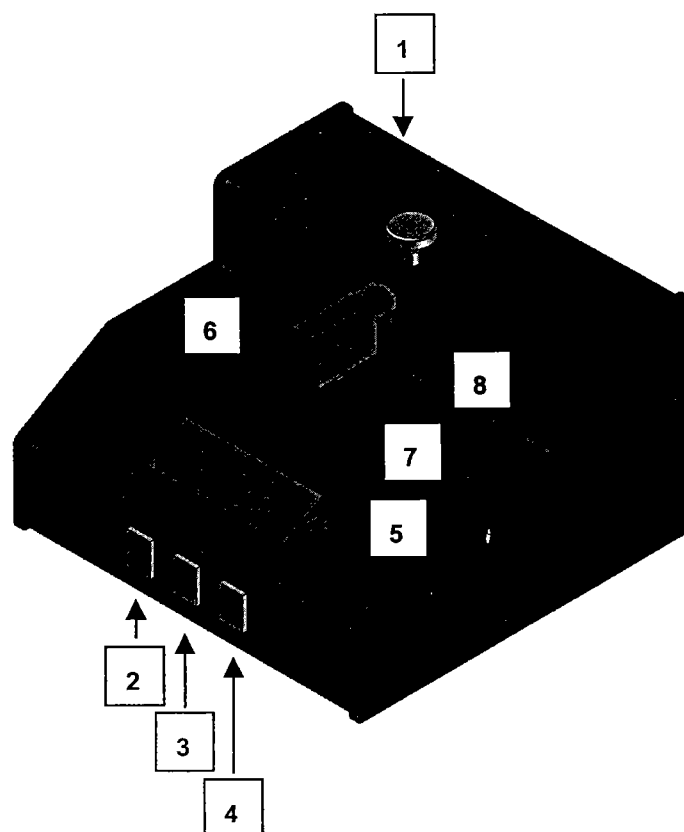
1. สวิตช์ สำหรับ เปิด-ปิด เครื่อง
2. สวิตช์ สำหรับรีเซต(Reset Switch)
3. สวิตช์ สำหรับเลือกโหมดการทำงาน(Mode Switch)
4. สวิตช์ สำหรับป้อนข้อมูล(Enter Switch)
5. หน้าจอแสดงผลค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) และ ค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล

(Dose Limit)

6. แขนวัดสำหรับกด เพื่อวัดค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) และ ประเมินค่าปริมาณรังสี

ประจำตัวบุคคล(Dose Limit)

7. ช่องสำหรับวัดค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) ของแหล่งกำเนิดแสง
8. ช่องสำหรับวัดค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) ของตัวรับแสง



วิธีใช้งานเครื่องวัดความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์สำหรับวัดรังสีประจำตัวบุคคล

เมื่อเสียบปลั๊กจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ากับเครื่องแล้ว กดสวิตช์เปิดเครื่อง

1. กดแขนวัดลงจนสุด พร้อมทั้งกดสวิตช์สำหรับสอบเทียบเครื่องและรีเซ็ต(Calibrate/Reset Switch) จนกว่าหน้าจอแสดงผลจะแสดงค่า “ 0 ”

2. หน้าจอแสดงผล จะปรากฏข้อความ

“ MEASURING MODE ”

1. Optical Density

2. Dose Limit

3. กดสวิตช์ สำหรับป้อนข้อมูล(Enter Switch) เพื่อเลือกโหมดการทำงาน โหมดที่ 1 สำหรับวัดค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) และ กดสวิตช์ สำหรับเลือกโหมดการทำงาน(Mode Switch) อีก 1 ครั้ง จนแถบสีดำเลื่อนมาที่ โหมดที่ 2 2. Dose Limit แล้วกดสวิตช์ สำหรับป้อนข้อมูล(Enter Switch) เพื่อเลือกโหมดการทำงาน โหมดที่ 2 สำหรับประเมินค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล(Dose Limit)

4. โหมดการทำงานของเครื่อง

4.1 โหมดที่ 1 Optical Density

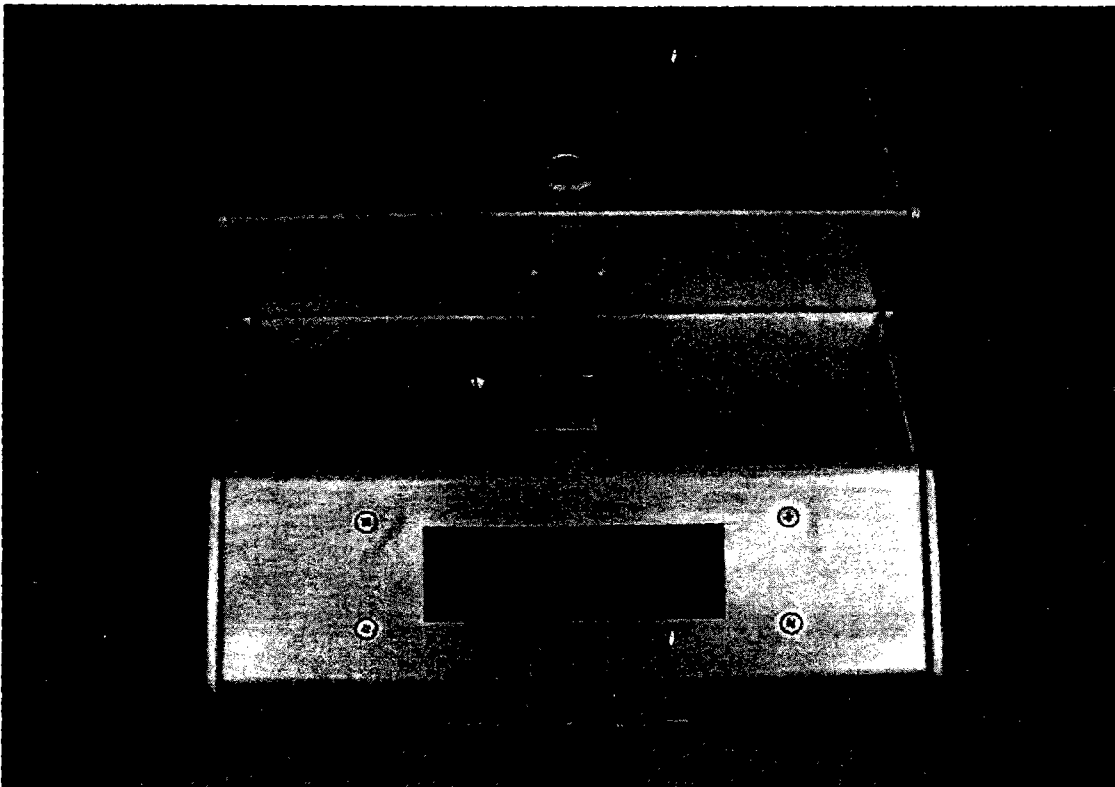
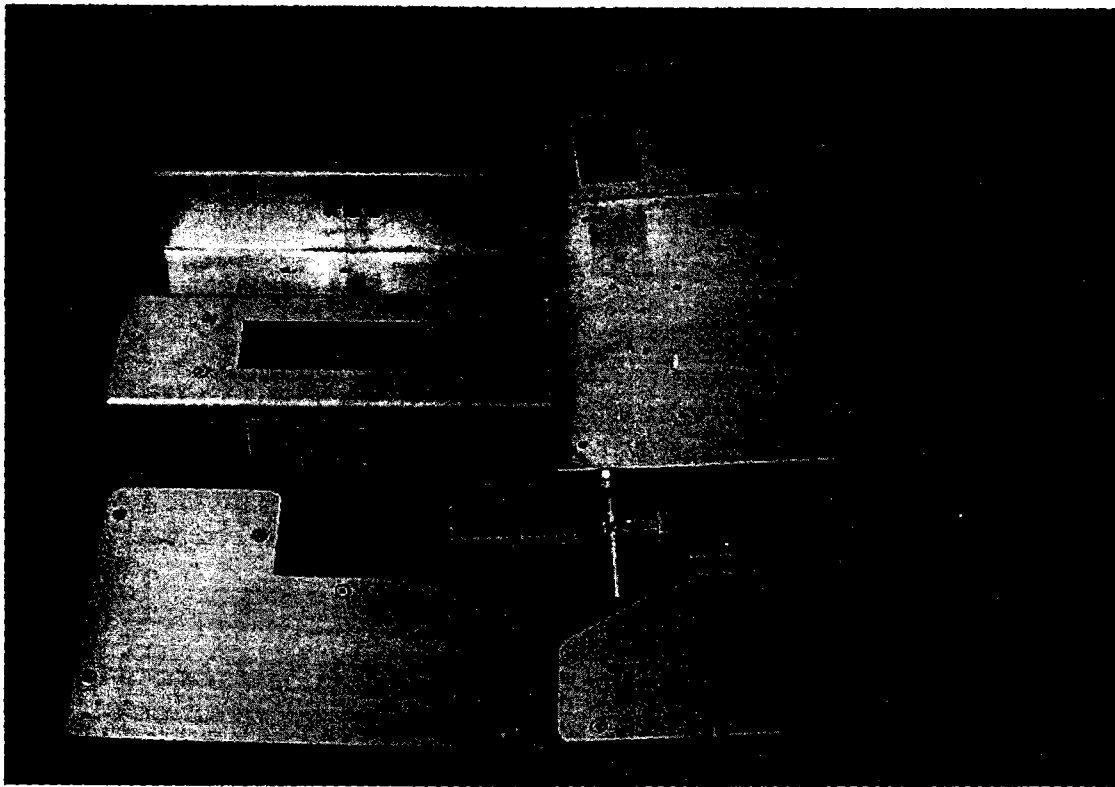
ใช้สำหรับวัดค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) โดยนำแผ่นฟิล์มแบดจ์มาวางตรงช่องสำหรับวัดค่า กดแขนวัดลงจนสุด เครื่องจะทำการวัดและแสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) บนหน้าจอแสดงผล

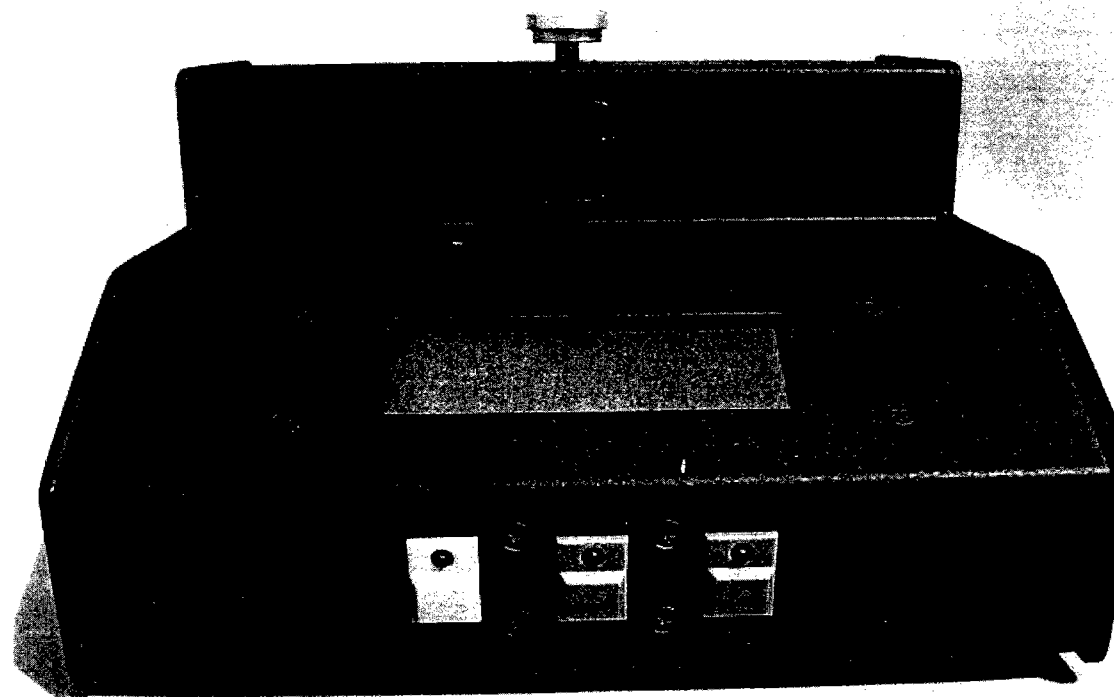
4.2 โหมดที่ 2 Dose Limit

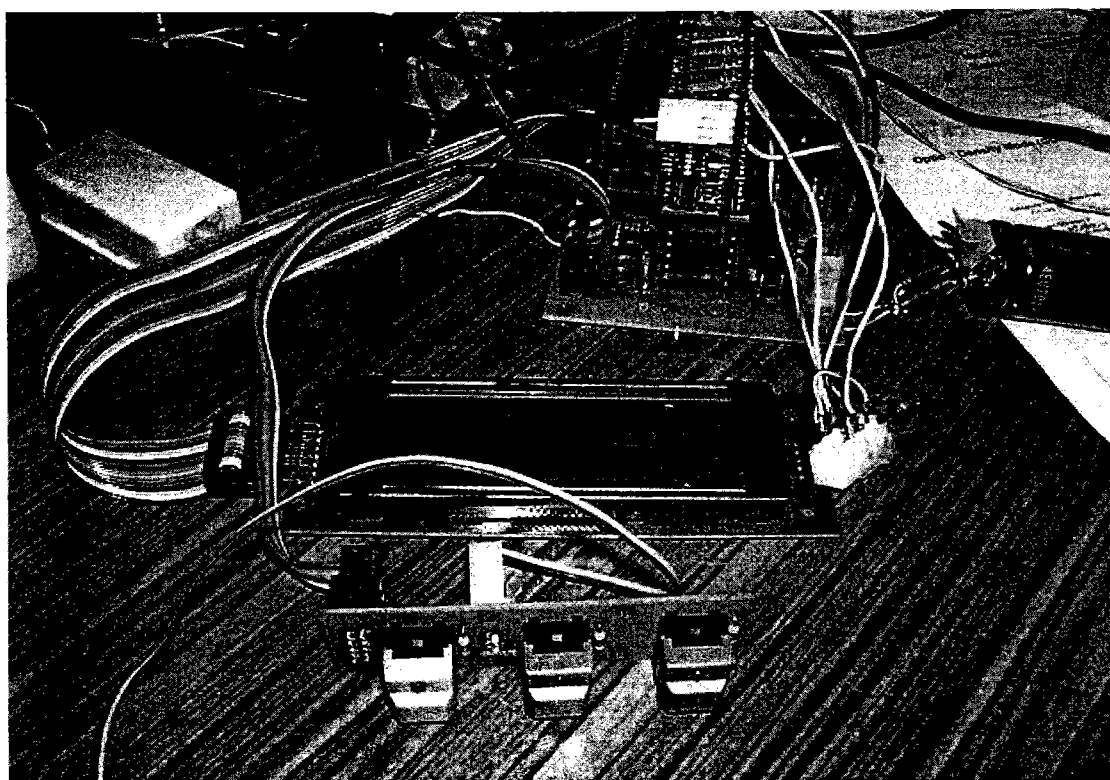
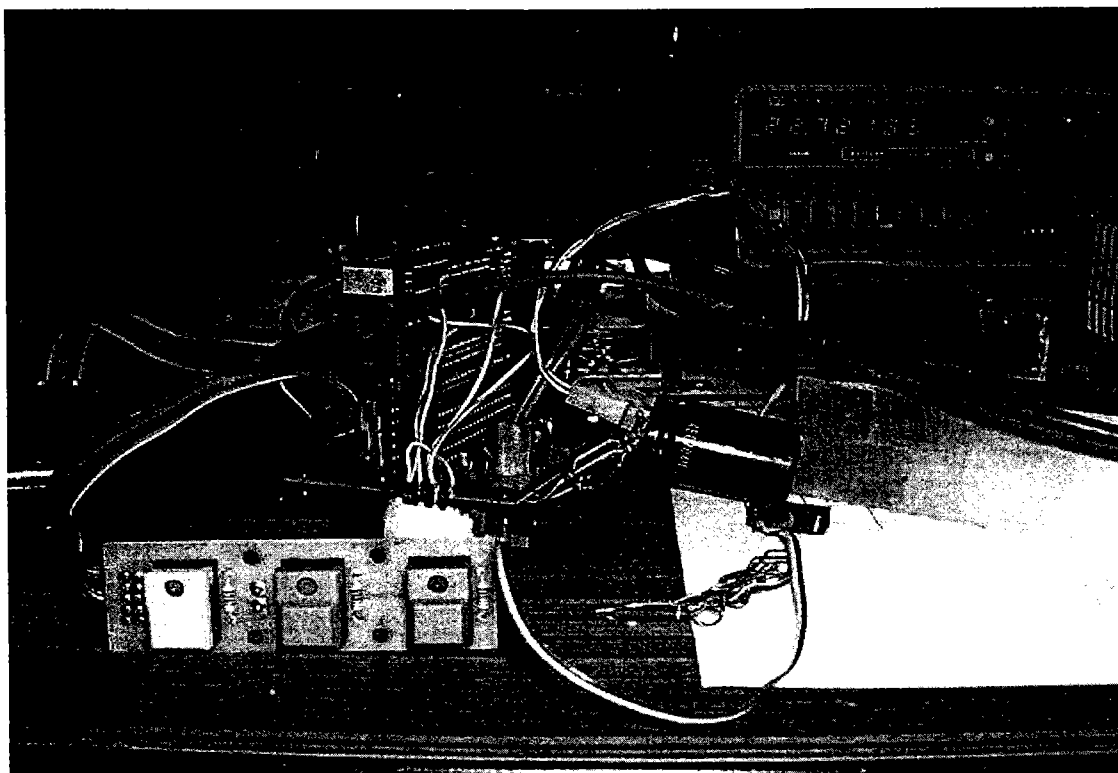
ใช้สำหรับประเมินค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล(Dose Limit) โดยนำแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) ที่ต้องการวัด วางตรงช่องสำหรับวัดค่า กดแขนวัดลงจนสุด เครื่องจะทำการวัดและแสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) บนหน้าจอแสดงผล ให้กดสวิตช์ สำหรับป้อนข้อมูล(Enter Switch) เพื่อเก็บค่าที่ 1 ของแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) ไว้ในหน่วยความจำ จนหน้าจอแสดงผลจะแสดงข้อความ “ READY ” จึงนำแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) ค่าที่ 2 วางตรงช่องสำหรับวัดค่า กดแขนวัดลงจนสุด เครื่องจะทำการวัดและแสดงค่าความหนาแน่นของแผ่นฟิล์มแบดจ์(OD) บนหน้าจอแสดงผล ให้กดสวิตช์ สำหรับป้อนข้อมูล(Enter Switch) เพื่อเก็บค่าที่ 2 ของแผ่นฟิล์มสอบเทียบ(Calibration Film) ไว้ในหน่วยความจำ จนหน้าจอแสดงผลจะแสดงข้อความ “ READY ” ทำการวัดค่าจนครบ 8 ค่า เครื่องจะทำการสร้างกราฟประเมินค่าปริมาณรังสีเก็บไว้ในหน่วยความจำภายในเครื่อง จากนั้นจึงนำแผ่นฟิล์มแบดจ์ที่ต้องการประเมินค่าปริมาณรังสีมาวางตรงช่องสำหรับวัดค่า กดแขนวัดลงจนสุด เครื่องจะทำการวัดและแสดงค่าปริมาณรังสีประจำตัวบุคคล(Dose Limit) บนหน้าจอแสดงผล

ภาคผนวก จ

ภาพประกอบ







ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-ชื่อสกุล	นายอดิสรณ์ ชโนศวรรย์	
วันเดือนปีเกิด	วันที่ 7 มิถุนายน พ.ศ.2516	
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี	
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	112/4 หมู่ที่ 4 ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 โทรศัพท์ 0-2525-1712	
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	วิศวกร	
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท รังสิภณท์ จำกัด 170-172/1 ถนนบริพัตร แขวงบ้านบาตร เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร 10100 โทรศัพท์ 0-2621-0292-5	
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2530	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จาก โรงเรียนโยธินบูรณะ
	พ.ศ.2533	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จาก โรงเรียนโยธินบูรณะ
	พ.ศ.2537	วทบ. (ฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์) จาก สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
	พ.ศ.2547	กศม. (อุตสาหกรรมศึกษา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร