

การพัฒนาผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

ปริญญานิพนธ์
ของ
ปารยศ อิมใจ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2547

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

610.28

ป 492ก

8.3

การพัฒนาผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้วยมือโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

14 ก.ย. 2547

บทคัดย่อ
ของ
ปวรยศ อิ่มใจ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2547

h251042

ปวรยศ อิ่มใจ. (2547). การพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์. ปรินซิปีพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการ
ควบคุม : อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, อาจารย์วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่มีคุณภาพได้ตาม
มาตรฐานของ American collage of Radiology Guidelines 1992 (ACR)

ผู้วิจัยได้พัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมสำหรับฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์
และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม โดยมีผลดังนี้

1.ด้านการพัฒนา ผู้วิจัยได้พัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยการออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์
เต้านมที่มีขนาดเล็กแต่มีความสว่างมากกว่าตู้อ่านฟิล์มปกติทั่วไปถึง 2 เท่า ทำจากสแตนเลส โดยมีความกว้าง
52 เซนติเมตรและความยาว 48 เซนติเมตร สามารถอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมพร้อมกันได้ 4 ภาพพร้อมกัน
และสามารถปรับค่าความสว่างตามต้องการได้ โดยผู้วิจัยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดเตย์ไลท์ ขนาด
กำลังไฟฟ้า 15 วัตต์ จำนวน 4 หลอด

2 ด้านประสิทธิภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมตามมาตรฐานของ ACR. ที่กำหนดไว้ 4 ด้านดังนี้

2.1 ด้านความสว่างของแสงที่ต้องการ ตามมาตรฐานของ ACR กำหนดความสว่างของแสง
ที่ 3,000 lux จากการทดสอบความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมพบว่า ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม
สามารถให้ความสว่างสูงสุด ที่ความสว่าง 8,020 lux และให้ค่าความสว่างต่ำสุดที่ 2,250 lux โดยพบค่าความ
สว่างสูงสุดในตำแหน่งที่บริเวณกลางหลอดและมีค่าความสว่างต่ำสุดตำแหน่งที่บริเวณด้านข้างของตู้อ่านฟิล์ม
โดยผู้วิจัยได้กำหนดใช้ค่าความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงที่ให้ค่าความสว่าง 16,000 lux หลอดฟลูออเรสเซนต์
ชนิดเตย์ไลท์ ขนาดกำลังไฟฟ้า 15 วัตต์

2.2 ด้านการให้ความสว่างสม่ำเสมอของแสง ตามมาตรฐานของ ACR กำหนดให้มีค่าความ
สม่ำเสมอของแสงมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 30 จากการทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมพบว่าหลอดใน
ตำแหน่งที่ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม สามารถให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมีค่าความแตกต่างกัน 650 lux
หรือมีค่าความสม่ำเสมอของแสงคิดเป็นร้อยละ 22.41 โดยมีค่าอยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานของ ACR กำหนด

2.3 ด้านการให้ค่าอุณหภูมิของสีของแสงตามมาตรฐานของ ACR กำหนดกำหนดให้ค่า
มากกว่า 8,400 องศาเคลวินขึ้นไปจากการทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยวัดจากผิวหน้าของตู้อ่าน
ฟิล์มเอกซเรย์เต้านมมีค่าอุณหภูมิของสีมีค่า 8,400 องศาเคลวิน โดยมีค่าอยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานของ ACR
กำหนด

2.4 ด้านการปรับค่าความสว่างของแสง ตามลักษณะของห้องที่ใช้อ่านฟิล์มพบว่าตู้อ่าน
ฟิล์มเอกซเรย์เต้านมสามารถปรับค่าความสว่างได้ตั้งแต่ค่าความสว่างที่ 8,020 lux และที่ตู้สามารถให้ค่า
ความสว่างต่ำสุด 2,250 lux

The Development Of Mammogram View Box Use Fluorescent Lamp

AN ABSTRACT
BY
PAVARAYOT EIMJAI

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

Pavarayot Eimjai . (2004). *The Development Of View Box Mammogram Fluorescent Lamp.*

Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vongyuttakrai, and Viroj Angsusopol

The objective of this research was to developed a View Box Mammogram Fluorescent Lamp and using the American collage of Radiology Guidelines. 1992 (ACR) as standard qualification.

The researcher has developed a View Box Mammogram by designed and built the a View Box Mammogram's film to exam the efficiency of the apparatus. Researcher has presented data by topic, which proper with objectives of the research as can be seen by following.

1. The researcher develop a View Box Mammogram in the size of smaller than the General View Box Mammogram but it given illuminate 2 time higher than the General View Box Mammogram and the size of a View Box Mammogram was 48 centimeters wide and 52 centimeters long with a View Box Mammogram can diagnostic 4film and can dimmer illuminate.

2. The efficiency of a View Box Mammogram to be consistent standard followed ACR. (American collage of Radiology Guidelines. 1992) 4 type of the research as can be seen.

2.1 Illumination of light needs 3,000 lux. From the experiment, found that, Mammogram view box can be given 8,020 lux for maximum and 2,250 lux for minimum. The maximum was found at the center of the light bulb. For the minimum, it was found that the given of illumination value was decreased from the source. For the source of light in this experiment, using of day light fluorescent bulb that give 15 Watts.

2.2 For the light's stability of view box, it was found that, at the position of light source which gave the minimize value of illumination, the difference of maximum and minimum is 650 lux or about 22.41 percents. This value is in the standard range, which is below 30 percents.

2.2 For the color temperature. Measuring at the surface of view box, the color temperature is 65,000 degree Kelvin. This value is depend on day light fluorescence light's bulb properties, that can be given higher than 8,400 degree Kelvin which is a minimum value of standard range.

2.4 For the adjustment of light illumination on diagnostic room. It was found that the view box can be adjust the light illuminative at maximize position, the given value is 8,020 lux. And at minimize position, the given value is 2,250 lux.

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

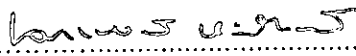
ของ

นายปวยศ อิ่มใจ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.......... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

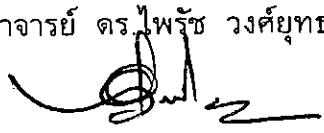
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพร หะวานนท์)

วันที่ 15 เดือน พฤษภาคม พ.ศ.2547

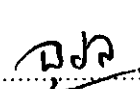
คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

.......... ประธาน

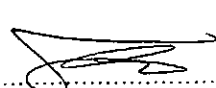
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.......... กรรมการ

(อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ)

.......... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุคันทรกุล)

.......... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(อาจารย์ โอบาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดีจากความเมตตากรุณาจากท่านอาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานกรรมการควบคุม และ อาจารย์ วิโรจน์ เอ็งสุโสภณ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ที่เสียสละเวลา พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขดูแลและให้ข้อเสนอแนะทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ สุดใจ เหง้าศรีไพร อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล อาจารย์ โอภาส สุขหวานที่กรุณาเป็นกรรมการคุมสอบเค้าโครงปริญญานิพนธ์และให้ข้อเสนอแนะต่าง ๆ พร้อมแนวความคิดรวมถึงกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ บริษัท ประทุมการช่าง ที่ให้ความเอื้อเฟื้อสถานที่และคำแนะนำต่าง ๆ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตเพื่อนร่วมรุ่นอุตสาหกรรมศึกษาพิเศษ 8 ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนและเป็นกำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา และ ภรรยา รวมถึง คุณ จินห์นิภา อิ่มใจ ที่ให้การสนับสนุนเป็นกำลังใจที่ดีแก่ผู้วิจัย ครู อาจารย์ เป็นที่เคารพพร้อมอย่างสูง ที่ได้ประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้และให้กำลังใจสนับสนุนการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ปวรยศ อิ่มใจ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	4
สมมุติฐานการวิจัย.....	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
ภาวะโรคมะเร็งเต้านม.....	6
การเอกซเรย์เต้านม.....	6
เครื่องเอกซเรย์เต้านม.....	6
ฟิล์มเอกซเรย์เต้านม.....	7
ดูอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม.....	7
ความเข้มของการส่องสว่าง.....	8
สีของแสง.....	8
แสงกระเจิงภายในฟิล์ม.....	11
แสงจ้าของดูอ่านฟิล์มนอกพื้นที่อ่านฟิล์ม.....	12
ระดับความสว่างภายในห้อง.....	13
มาตรฐานและคำแนะนำสำหรับสภาวะการอ่านฟิล์มของแต่ละสถาบัน.....	14
เทคนิคการวัดค่าความสว่างและค่าอุณหภูมิสี.....	15
สภาพตู้ส่องดูฟิล์มในห้องอ่านฟิล์ม.....	18
อุณหภูมิสีของตู้ส่องดูฟิล์ม.....	19
พื้นฐานทางด้านการส่องสว่าง.....	21
ความส่องสว่างและความสว่าง.....	26
องศาเคลวิน.....	26
ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่าง.....	27
หลอดไฟฟ้าต่าง ๆ.....	27
โคมไฟฟ้า คุณภาพโคม และแสงบาดตา.....	28

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
2 (ต่อ)	ความสม่ำเสมอของการส่องแสง	33
	ระบบการให้แสง	34
	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์.....	34
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	52
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	53
	เกณฑ์ข้อกำหนดของการออกแบบและสร้างเครื่องในงานวิจัย	53
	ลำดับขั้นตอนในการวิจัย	53
	การเขียนกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้	54
	ศึกษาคุณลักษณะและมาตรฐานผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม.....	55
	กำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ.....	55
	ทดสอบประสิทธิภาพผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม	55
	การวิเคราะห์ข้อมูล	56
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	62
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	65
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	65
	ความสำคัญของการวิจัย	65
	สมมุติฐานในการวิจัย	66
	การดำเนินการวิจัย.....	66
	สรุปผลการวิจัย.....	67
	อภิปรายผล.....	68
	ข้อเสนอแนะ	70
	บรรณานุกรม	71
	ภาคผนวก.....	73
	ภาคผนวก ก. แสดงการคำนวณการหาค่าความสว่างของหลอดไฟในแต่ละตำแหน่ง	74

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ข. แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์	79
ภาคผนวก จ. คู่มือการใช้งาน	80
ภาคผนวก ฉ. ภาพประกอบ.....	84
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	88

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ได้นม.....	20
2	แสดงการวัดค่าต่างๆของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ได้นม	25
3	ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าความสว่างในโรงงานตามมาตรฐานต่างๆ	34
4	ชนิดและสีที่เกิดจากการเคลือบสารเรืองแสงสว่าง.....	38
5	แสดงค่าตัวเก็บประจุเพื่อแก้ค่า Power Factor	50
6	แสดงค่าความสว่างเมื่อปรับค่าความสว่างต่ำสุด	63
7	แสดงค่าความสว่างเมื่อปรับค่าความสว่างสูงสุด	64

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
2 แสดงขนาดของรอยโรคและคอนทราสต์.....	9
3 ผลของระดับความสว่างต่อการมองเห็น.....	10
4 ผลของความสว่างต่อคอนทราสต์	14
5 การเปลี่ยนแปลงของ Visual และ total Threshold กับระดับความสว่าง.....	14
6 แสดงความไวของการมองเห็นภาพเมื่อสีของความสว่างต่างกัน	15
7 กราฟแสดงการรับระดับสายตาที่ความสว่างต่างๆ.....	15
8 แสดงผลของแสงจ้า.....	16
9 กราฟแสดงความสามารถในการแยกแยะรายละเอียด.....	16
10 Photometric spectral sensitivity	17
11 แสดงค่าความสว่างของแสงที่ตกกระทบที่ระดับต่างๆ.....	17
12 Decrease In light Output	21
13 วิธีการวัดค่าความสว่างของแสงจากตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม	21
14 แสดงค่าความสว่างของแสงที่พื้นผิวของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์	22
15 การวัดค่าความสว่างระหว่างแหล่งจ่ายสองแหล่ง	22
16 รายละเอียดเฉพาะของแบบคูไลท์และหลอดฟลูออเรสเซนต์	23
17 เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิสีของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์	25
18 กราฟแสดงแสงสว่าง	26
19 กราฟสำหรับคอมไม่มีแสงด้านข้าง.....	27
20 กราฟสำหรับคอมมีแสงด้านข้าง	27
21 ตัวอย่างกราฟลูมิแนนซ์ของคอม	28
22 แสดงส่วนประกอบต่างๆของหลอดฟลูออเรสเซนต์	29
23 แสดงลักษณะข้อั้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์	29
24 แสดงขั้นตอนของอะตอมภายในไอปรอท	30
25 แสดงภาพการเกิดแสงสว่าง	33
26 แสดงรูปร่างและลักษณะของหลอดแบบติดทันที แบบเย็นและแบบร้อน	34
27 แสดงการทำงานของแบบติดทันที	39
28 แสดงการทำงานของแบบติดทันทีแบบต่ออนุกรม	27
29 แสดงการทำงานแบบติดเร็ว	27
30 กราฟแสดงประสิทธิภาพของหลอดต่อความยาว.....	28
31 แสดงสเปกตรัมของความสว่างของสีจากหลอดชนิดต่างๆ	29

บัญชีภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
32 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพของหลอด.....	29
33 ผังแสดงพลังงานที่ใส่ให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์กับที่ออกมา.....	30
34 ภาพประกอบคู่มือการใช้งาน.....	33
35 ตู้ทดสอบความสว่างของแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมเครื่องมือวัดค่าความสว่าง	34
36 แสดงตำแหน่งการปรับระยะความสูงเพื่อที่ทดสอบความสว่างและการกระจายแสงของตู้ ทดสอบ	39
37 แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบแสงสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านม	27
38 แสดงการเดินสายไฟภายในตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์	28
39 แสดงส่วนประกอบต่างๆของหลอดฟลูออเรสเซนต์	29

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

มะเร็งของเต้านมในสตรีเป็นมะเร็งที่พบได้มากเป็นอันดับ 2 รองจากมะเร็งปากมดลูกโดย น.พ.อาคม เขียรศิลป์นายกสมาคมโรคมะเร็งแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์(www.new.mweb.co.th:2546)ได้อธิบายว่า ปัจจุบันมะเร็งเต้านมเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับที่ ๒ รองจากมะเร็งปากมดลูกในผู้หญิง โดยมะเร็งเต้านมในประเทศไทยมีอัตราการเกิดมะเร็งเต้านมถึง ๑๖.๓ รายต่อประชากรแสนคน ซึ่งกรุงเทพมหานครมีอัตราการเกิดมะเร็งเต้านมสูงที่สุด คือ ๒๐.๖ รายต่อประชากรแสนคน โดยเฉพาะเขตพระโขนง มีผู้เสียชีวิตจากมะเร็งเต้านมมากที่สุด รองลงมาคือภาคเหนือ มีอัตราการเกิดมะเร็งเต้านม ๑๕.๒ ต่อประชากรแสนคน และภาคใต้ ๑๑.๕ ต่อ ประชากรแสนคน คือประมาณ 20-25% ของมะเร็งในสตรี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ สาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตเนื่องจากว่าผู้ป่วยจะตรวจพบก้อนมะเร็งที่เต้านมหรือคลำก้อนได้เมื่อมาพบแพทย์ช้าเกินไปและผลจากการพัฒนาของเครื่องตรวจรังสีเต้านม การรณรงค์ให้ความรู้ การสอนการตรวจร่างกายด้วยตนเองและรับการตรวจมะเร็งระยะเริ่มแรกด้วยการถ่ายภาพรังสีเต้านม

(Screening Mammography) ได้สม่ำเสมอขึ้นปัจจุบันเป็นที่ยอมรับทั่วไปว่าการทำ Screening mammography จะช่วยลดอัตราการตายจากมะเร็งเต้านมได้อย่างน้อย 25% - 30% การตรวจทางรังสีของเต้านมสามารถทำได้ 2 วิธีคือ Mammography และ Ultrasonography วิวัฒนาการทางแพทย์และเทคโนโลยีต่างๆ ได้เจริญก้าวหน้าพัฒนามากยิ่งขึ้น ทำให้แพทย์สามารถตรวจพบหรือวินิจฉัยโรคมะเร็งเต้านมได้ตั้งแต่ระยะแรกๆ โดยใช้เครื่องมือทาง การแพทย์ที่เรียกว่าเครื่องเอกซเรย์เต้านม (Mammography system) เพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยโรคได้ถูกต้องและสามารถทำการรักษาได้อย่างทันท่วงทีทำให้ช่วยลดอัตราการผ่าตัดเต้านมหรือการเสียชีวิตได้ การตรวจเอกซเรย์เต้านม (Mammography) เป็นการตรวจหามะเร็งเต้านมที่สามารถทำได้ในขณะที่ยังไม่สามารถคลำก้อนได้ โดยได้มีการจัดพิมพ์เป็นรายงานครั้งแรกในปี 1930 เป็นต้นมา ต่อมามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องตลอดจนสามารถวิเคราะห์หารายละเอียดในเนื้อเยื่อเล็กๆ ได้ โดยมีปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อความถูกต้องในการวินิจฉัยว่าจะสามารถวิเคราะห์ได้ยากหรือง่ายต้องประกอบไปด้วย 1) เครื่องเอกซเรย์เต้านมโดยเฉพาะ 2) ชนิดของฟิล์มเอกซเรย์เต้านมและฟิล์ม 3) เจ้าหน้าที่ผู้มีความชำนาญในการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านม การจัดทำเอกซเรย์ และเทคนิคการให้แสงเอกซเรย์อย่างเหมาะสม 4) การควบคุมคุณภาพเครื่องล้างฟิล์ม ขั้นตอนการล้างฟิล์ม 5) สภาพแวดล้อมของห้องอ่านฟิล์ม 6) การตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องตรวจคลื่นความถี่สูงที่เรียกว่า เครื่องอัลตราซาวด์ 7) รังสีแพทย์ผู้ชำนาญการในการอ่านและการแปลผลจากฟิล์มที่ได้ผ่านขั้นตอนต่างๆมาแล้ว ซึ่งการอ่านและการแปลผลฟิล์มนั้นรังสีแพทย์จะต้องใช้อุปกรณ์ช่วยในการดูผลฟิล์ม นั่นคือ 1) ตู้อ่านฟิล์ม 2) แวนขยาย 3) เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับอ่านรายงานผลเอกซเรย์ ซึ่งต้องมีให้อยู่ในห้องอ่านผลตลอดเวลา ห้องรายงานผลอ่านโดยทั่วไป ต้องมีแสงภายในห้องอ่านฟิล์มและแสงที่ให้ความสว่างจากตู้อ่านฟิล์มอยู่ในมาตรฐานและมีผลกระทบต่อสายตาของผู้อ่านฟิล์มน้อย เพราะรังสีแพทย์ต้องใช้สายตาในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ผ่านตู้อ่านฟิล์มที่มีแสงสว่างที่ไม่พอเหมาะอาจทำให้ตาพร่า (อภิญญา นังคลา และ อุไรรักษ์ ศรีคำ.2540:40) วิธีการตรวจดูภาพเอกซเรย์บนฟิล์มจะต้องอาศัยตู้ส่องฟิล์มที่มีระดับความสว่างเพียงพอโดยเฉพาะแสงฟิล์มเอกซเรย์เต้านม เพื่อช่วยให้สามารถเห็นรายละเอียดต่างๆ ได้ชัดเจน

แม้แต่ก่อนแคลเซียมที่มีขนาดเล็ก ๆ เนื้อเยื่อของไซปรัสและก้อนมะเร็งที่มีขนาดเล็ก ๆ แต่ถ้าความสว่างไม่เหมาะสมหรือการวินิจฉัยโรคที่ไม่ถูกต้องก็จะทำให้เกิดผลเสียทั้งคนไข้และชื่อเสียงของรังสีแพทย์ที่วินิจฉัยโรคผิดอาจทำให้ผู้ป่วยเสียโอกาสในการรักษา ซึ่งอาจส่งผลให้คนไข้ไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้องและทันเวลาที่ เช่นหากเราพบว่าเป็นก้อนเนื้อที่น่าสงสัย การวินิจฉัยต่อไปอาจจะนัดผู้ป่วยมาเอ็กซเรย์หรือตรวจอัลตราซาวด์อย่างใกล้ชิดภายใน 3 เดือน หรือ 6 เดือน หรือทำการผ่าตัดเอาชิ้นเนื้อไปตรวจทางพยาธิสภาพได้ เพื่อค้นหาว่าเป็นมะเร็งหรือไม่ ฟิล์มเอกซเรย์เต้านมหรือฟิล์มอัลตราซาวด์เวลารายงานผลจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีผู้อ่านฟิล์มที่มีคุณภาพและใช้งานได้อย่างสะดวก

ผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์มาตรฐานโดยทั่วไปออกแบบมาเพื่อสามารถอ่านฟิล์มได้ตั้งแต่ขนาด 18x24 เซนติเมตร ถึง 35x 43 เซนติเมตร ส่วนฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยทั่วไปขนาดของฟิล์มคือ 18x24 เซนติเมตร และตู้ดูฟิล์มแต่ละช่องที่เสียบฟิล์มแต่ละแผ่นควรมีขนาดพอดีกับฟิล์มและแสงสว่างจากตู้ดูฟิล์มเอกซเรย์เต้านมต้องมีค่าความแสงสว่างมากกว่าตู้ดูฟิล์มทั่วไปเพื่อให้รังสีแพทย์อ่านฟิล์มโดยมีแสงที่ไม่ผ่านแผ่นฟิล์มมาตกกระทบสายตาน้อยที่สุดเมื่อต้องใช้ตู้ดูฟิล์มที่ให้แสงสว่างอยู่เสมอหลอดไฟที่ใช้งานอยู่เมื่อถึงระยะเวลาหนึ่งจะมีการเสีย หรือ ความสว่างของแสงน้อยลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากการออกแบบตู้ อายุการใช้งานหลอดไฟ หรือค่าความสว่างของหลอดไฟจึงเป็นโอกาสให้หาไปพัฒนาต่อไป โรงพยาบาลศูนย์ โรงพยาบาลจังหวัดของรัฐบาล และโรงพยาบาลเอกชนที่มีติดตั้งเครื่องเอกซเรย์เต้านมมีจำนวนเพิ่มขึ้นใน 2-3 ปีที่ผ่านมาแต่คุณภาพของตู้ดูฟิล์มที่ใช้อยู่ในโรงพยาบาลของกรุงเทพมหานครมีความสว่างต่ำกว่าระดับมาตรฐานสากล กล่าวคือค่าแสงสว่างสูงสุดที่วัดได้บริเวณกลางตู้เฉลี่ย 1,169 lux (จงกล สิบจันทร์และไพโรจน์ ศรีคำ, 2539:30) ค่าความต่ำของฟิล์มเอกซเรย์เต้านม(Mammogram) เข้าใกล้ 4.00 Optical Density (O.D.) ตามข้อกำหนดของ ACR .(American Collage of Radiology Guidelines.1992) กำหนดระดับความสว่างต่ำสุดของตู้ดูฟิล์มแมมโมแกรมอยู่ที่ 3,500 lux นอกจากนี้สภาวะการอ่านฟิล์มอื่นๆเช่น การบังแสงที่อยู่นอกบริเวณฟิล์มของผู้อ่านฟิล์ม การเพิ่มความเข้มของแสงสำหรับฟิล์มที่ดำมาก ๆ และระดับความสว่างของห้องควรให้อยู่ระดับต่ำต้องไม่มากกว่า 100 Lux สำหรับมาตรฐานความสม่ำเสมอของแสงสว่างบนผิวสกรีน ปัจจุบันในประเทศไทยยังไม่พบว่ามีผู้อ่านฟิล์มแมมโมแกรมโดยเฉพาะด้วยการออกแบบและพัฒนาตู้ดูฟิล์มที่สามารถปรับขนาดความเข้มของแสงที่ออกมาได้ โดยให้การกระจายของแสงมีค่าตรงตามมาตรฐานที่ได้กำหนดไว้ เพื่อลดข้อผิดพลาดของการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาตู้ดูฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่สามารถปรับขนาดความเข้มของแสงและการกระจายของแสงที่ใช้ให้มีค่าตรงตามมาตรฐานที่ได้โดยจะออกแบบในส่วนที่ใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพที่สูงขึ้นให้ค่าความสว่างที่เพียงพอต่อการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมและช่วยให้มีรูปร่างที่กระชับรัดเพื่อให้รังสีแพทย์สามารถอ่านผลเอกซเรย์เต้านมมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาตู้ดูฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ได้ตามมาตรฐาน ACR .(American collage of Radiology Guidelines. 1992)

ความสำคัญของการวิจัย

ผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ตามมาตรฐาน ACR. (American collage of Radiology Guidelines. 1992) เพื่อเป็นต้นแบบการผลิต ในระบบอุตสาหกรรมต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการออกแบบผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ตามมาตรฐาน ACR ในด้านการใช้งาน และด้านกายภาพประกอบด้วย
 - 1.1 ผู้อ่านฟิล์มแบบอลูมิเนียม
 - 1.2 ขนาดของผู้อ่านฟิล์ม ใช้สำหรับอ่านฟิล์ม กว้าง 18 ยาว 24 เซนติเมตร จำนวน 4ช่อง
 - 1.3 ผู้อ่านฟิล์มสามารถปรับขนาดของความเข้มแสงได้
หลอดไฟที่ใช้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 15 วัตต์มีขนาดความยาว 50 เซนติเมตร
2. ตัวแปรที่ศึกษา

ประสิทธิภาพของผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมตามมาตรฐานของ ACR. คือ

 - 2.1ด้านความสว่างสำหรับผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมต้องมากกว่า 3,000 lux
 - 2.2 ความสม่ำเสมอของแสงสว่างตลอดพื้นผิวสกรีนต้องน้อยกว่าร้อยละ 30
 - 2.3 ค่าอุณหภูมิของสี อยู่ที่ 8,400 องศาเคลวิน ขึ้นไป
 - 2.4 สามารถปรับขนาดความสว่างตามความสว่างของห้องได้

นิยามศัพท์เฉพาะ

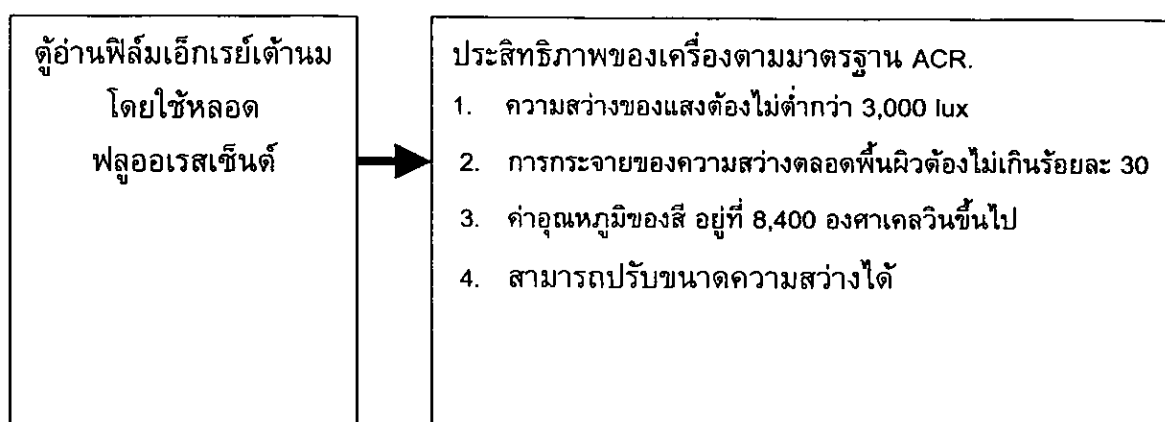
1. การพัฒนาผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม หมายถึง ผู้อ่านฟิล์มที่มีแสงสว่างอยู่ภายในเพื่อใช้อ่านฟิล์มที่ได้จากการเอกซเรย์เต้านม ที่มีขนาดกว้าง 18 และยาว 24 เซนติเมตรจำนวน 4 ช่องและให้ค่าความสว่าง3,000 แรงเทียนและมีความสม่ำเสมอของพื้นที่ผิวอยู่ที่ 30% สามารถปรับความสว่างได้ตามต้องการ
2. ฟิล์มเอกซเรย์เต้านม หมายถึง ฟิล์มเอกซเรย์กว้าง 18 และยาว 24 เซนติเมตร ที่มีความไวแสงสูง มีการฉาบตัวรับแสงที่เรียกว่า อิมัลชัน (Emulsion) เพียงด้านเดียว และผ่านการล้างโดยเครื่องล้างฟิล์ม (Processing) เรียบร้อยแล้ว โดยมีขนาดกว้าง 18 และยาว 24 เซนติเมตร

3. มาตรฐานตู้อ่านฟิล์มเอ็กซเรย์ต้านมตามมาตรฐานACR. (American collage of Radiology Guidelines. 1992) หมายถึงประสิทธิภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ดังต่อไปนี้

- 3.1 ความสว่างของแสงต้องไม่ต่ำกว่า 3,000 lux
- 3.2 การกระจายของความสว่างตลอดพื้นผิวต้องไม่เกิน 30%
- 3.3 ค่าอุณหภูมิของสี อยู่ที่ 8,400 ขึ้นไป
- 3.4 สามารถปรับขนาดความสว่างตามความสว่างของห้องได้

4. การปรับขนาดความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ต้านมหมายถึงการปรับค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเพื่อให้ได้คุณภาพที่เพียงพอต่อการอ่านฟิล์ม

กรอบแนวคิด



สมมุติฐานการวิจัย

ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถผ่านเกณฑ์ มาตรฐาน ACR.

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ภาวะโรคมะเร็งเต้านม
2. เครื่องเอกซเรย์เต้านม (Mammogram)
3. ดูอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม
4. ความรู้พื้นฐานด้านแสงสว่างและหลอดไฟฟ้า
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ภาวะโรคมะเร็งเต้านม

จากข้อมูลข่าวสารในหนังสือพิมพ์กรุงเทพมหานครประจำวันวันที่ 11 มิถุนายน พ.ศ.2546 นายกสุมาคม โรคมะเร็งแห่งประเทศไทยฯ เผยคนกรุงเทพฯ มีอัตราการเกิดมะเร็งเต้านมสูง 20.6 คนต่อประชากรแสนคน โดยเฉพาะเขตพระโขนง พบมีผู้เสียชีวิตจากมะเร็งเต้านมมากที่สุด ระบุสาเหตุนอกจากพันธุกรรมแล้ว ยังเกิดจากฮอร์โมนเพศหญิงสูง และกินอาหารประเภทไขมัน หรือคนที่อ้วน ไขมันจะเปลี่ยนมาเป็นฮอร์โมนเพศหญิง แนะนำให้มันตรวจเต้านมทุกเดือน พร้อมเตือนผู้ชายมีสิทธิเป็นมะเร็งเต้านม หากคนในครอบครัวมีประวัติการเป็นโรคมะเร็ง น.พ.อากม เขียรศิริป์ นายกสุมาคมโรคมะเร็งแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้เปิดเผยว่า ปัจจุบันมะเร็งเต้านมเป็นสาเหตุการเสียชีวิตอันดับที่ 2 รองจากมะเร็งปอดในผู้หญิง โดยมะเร็งเต้านมในประเทศไทยมีอัตราเกิด 16.3 รายต่อประชากรแสนคน ซึ่งกรุงเทพมหานคร มีอัตราการเกิดมะเร็งเต้านมสูงที่สุด คือ 20.6 รายต่อประชากรแสนคน โดยเฉพาะเขตพระโขนง มีผู้เสียชีวิตจากมะเร็งเต้านมมากที่สุด รองลงมาคือภาคเหนือ มีอัตราการเกิดมะเร็งเต้านม 15.2 ต่อประชากรแสนคน และภาคใต้ 11.5 ต่อประชากรแสนคน "สถิติมะเร็งในกรุงเทพฯ เมื่อ 10 ปีที่แล้วคนกรุงเป็นมะเร็งไม่ถึง 20 คนต่อประชากรแสนคน 5 ปีต่อมาพบว่าการเกิดโรคมะเร็งมีอัตราส่วน 16 คน ต่อประชากรแสนคน จนล่าสุดพบว่าอัตราการเกิดโรคมะเร็ง 20.6 คนต่อประชากรแสนคน อาจเป็นเพราะอาหารการกินเปลี่ยนไป สาเหตุของโรคมะเร็งเต้านมจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม และกลุ่มของประชาชนทั่วไป โดยกลุ่มที่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม จะมียีนส์มะเร็งเต้านม BRCA 1 (Breast Cancer 1) และ BRCA 2 (Breast Cancer 2) ซึ่งจะมีประวัติคนในครอบครัวเคยป่วยเป็นมะเร็งเต้านม ส่วนกลุ่มของประชาชนทั่วไป สาเหตุที่ส่งเสริมทำให้เกิดโรคมะเร็ง เนื่องจากมีการปรับระดับฮอร์โมนเพศหญิงหรือเอสโตรเจนสูง เช่น มีประจำเดือนเร็ว (อายุ 10 - 12 ปี) ประจำเดือนหมดช้า (50 ปี) ไม่มีบุตร โรคอ้วน ทั้งนี้ เชื่อว่าฮอร์โมนเพศหญิง เป็นตัวสำคัญที่ทำให้เป็นมะเร็งเต้านม จะกระตุ้นให้เกิดความผิดปกติที่ ดีเอ็นเอ ซึ่งเอสโตรเจนมาจากรังไข่ ขณะเดียวกันก็มาจากอาหารประเภทไขมัน หรือคนที่อ้วน ไขมันจะสามารถเปลี่ยนมาเป็นฮอร์โมนเพศหญิงได้ และในการที่จะทำการป้องกันมะเร็งเต้านม คือ พยายามหลีกเลี่ยงสารก่อมะเร็งโดยเฉพาะฮอร์โมนเพศหญิง อาหารไขมันสูง และควรออกกำลังกายสม่ำเสมอ ซึ่งคนในวัยทอง ถ้าจะใช้ฮอร์โมนเสริมควรตรวจหามะเร็งก่อน และไม่ควรกินฮอร์โมนติดต่อกันเกิน 5 ปี นอกจากนี้ ควรกระตุ้นให้ประชาชนรู้ว่า ทุกคนมีความสามารถในการตรวจเต้านมด้วยตนเองทุกเดือน โดยผู้หญิงอายุ 35 -40 ปีขึ้นไปควรได้รับการตรวจเต้านมแบบ mammogram และรับ

การตรวจเต้านมโดยแพทย์ปีละครั้ง ผู้หญิงที่มีอายุ 20 - 30 ปี ควรได้รับการตรวจเต้านมโดยแพทย์ทุก 3 ปี รวมทั้งผู้ชายก็มีโอกาสเป็นมะเร็งเต้านม หากว่าคนในครอบครัวเคยมีประวัติเป็นมะเร็งเต้านม โดยผู้ชายที่คนในครอบครัวเป็นมะเร็งเต้านม 100 คนจะเป็นมะเร็งเต้านม 1 คน ซึ่งผู้ชายที่เป็นมะเร็งเต้านมส่วนใหญ่จะมียีนส์มะเร็ง BRCA 1 ทั้งนี้ เดือนตุลาคมของทุกปี จะเป็นเดือนรณรงค์เรื่องมะเร็ง โดยโรงพยาบาลที่เข้าร่วมรณรงค์จะลดราคาค่าตรวจเต้านมแบบ mammogram ลงร้อยละ 50 เหลือประมาณ 500บาท ถ้าไม่ยอมเสียเงินค่าตรวจแพง อย่างไรก็ตาม ส่วนใหญ่คนไข้ร้อยละ 80 จะมาพบแพทย์ เมื่อมะเร็งเต้านมลุกลามจนระยะสุดท้าย ทำให้การรักษาเป็นไปได้ลำบาก ถ้าหากมารักษาในระยะเริ่มแรกสามารถรักษาได้ เนื่องจากขาดความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับมะเร็งเต้านม ไม่ทราบวิธีตรวจเต้านมด้วยตนเอง วัฒนธรรมไทยคนไข้มักอายแพทย์ และมีคนไข้บางกลุ่มมีความเชื่อในการรักษามะเร็งเต้านมด้วยยาสมุนไพร ทำให้ไม่ยอมมาพบแพทย์ พออาการเกิทยายยากค่อยมาพบ ทำให้การรักษาไม่ได้ผลดีเท่าที่ควร ด้านนายพรวิทย์ พัทธินทรตะนะกุล กรรมการผู้จัดการ บริษัท อเวนติส ฟาร์มา จำกัด กล่าวว่า เมื่อเร็วๆ นี้ องค์การเพื่อการวิจัยมะเร็งเต้านมนานาชาติ ได้ทำการศึกษาในกลุ่มผู้ป่วยสุภาพสตรีที่เป็นมะเร็งเต้านมในระยะเริ่มต้น จำนวน 1.491คน จาก 20 ประเทศ โดยหลังจากผ่าตัดแล้ว ผู้ป่วยกลุ่มแรกได้รับยาผสมกัน 3 ชนิดคือ docetaxel , doxorubicin และ cyclophamide เป็นที่รู้จักกันในชื่อ TAC ส่วนอีกกลุ่มได้รับยาที่ใช้กันอยู่กว้างขวาง ได้แก่ 5 - fluorouracil , doxorubicin และ cyclophamide FAC จากการศึกษาครั้งนี้ใช้เวลาเกือบ 3 ปี แสดงให้เห็นว่า ผู้ป่วยมะเร็งเต้านมที่มีมะเร็งกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลืองจะได้รับประโยชน์มากที่สุด โดยการใช้ยากลุ่ม TAC ซึ่งมี docetaxel จะช่วยให้ผู้ป่วยมีอัตราเสี่ยงในการกำเริบของมะเร็งลดลงร้อยละ 50 รวมไปถึงอัตราเสี่ยงที่จะเสียชีวิตลดลงประมาณร้อยละ 54 ซึ่งปัจจุบันกลุ่มผู้ป่วยที่มีมะเร็งกระจายไปที่ต่อมน้ำเหลือง มีมากถึงร้อยละ 60 - 70 ของผู้หญิงทั่วโลกที่เป็นมะเร็งเต้านม นายสมชาย นัยรักษ์เสรี ผู้จัดการด้านธุรกิจยามะเร็ง บริษัทอเวนติส ฟาร์มา จำกัด กล่าวว่า ปัจจุบันโรงพยาบาลที่เป็นโรงเรียนแพทย์ มียากลุ่ม TAC ไว้รักษา แต่ส่วนใหญ่จะใช้รักษามะเร็งในระยะลุกลาม เนื่องจากคนไทยตรวจสอบมะเร็งเต้านมระยะเริ่มต้นด้วยตนเองน้อย ซึ่งถ้าตรวจพบระยะเริ่มต้นโอกาสหายเป็นไปได้สูง ทั้งนี้ หากตรวจพบมะเร็งเต้านม แพทย์จะตัดเซลล์มะเร็งออก และให้ยากลุ่มเคมีบำบัดเป็นเวลา 5 เดือน ร่วมกับการฉายรังสี ค่ารักษาค่าต่อคอร์ส 40.000 – 50.000 บาท ซึ่งคนไข้ต้องได้รับยาหลายคอร์สโดยการ ดูแลของแพทย์

2. การเอกซเรย์เต้านม

การเอกซเรย์เต้านม (mammography) เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการตรวจหามะเร็งเต้านมในระยะเริ่มแรก (เสริมสุข .2540:1) โดยเป็นวิธีการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมหรือเรียกว่าแมมโมแกรม (Mammogram) เป็นวิธีที่สามารถตรวจพบก้อนมะเร็งเต้านมที่มีขนาดเล็ก ๆ ก่อนที่ผู้ป่วยจะคลำก้อนได้ ดังนั้นในกลุ่มผู้หญิงที่อยู่ในกลุ่มเสี่ยง ควรได้รับการตรวจเต้านมเป็นประจำทุกปี

เครื่องเอกซเรย์เต้านมหรือแมมโมแกรม หมายถึงคือ การเอกซเรย์เต้านมโดยใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ให้พลังงานต่ำ จึงทำได้บ่อย และอันตรายค่อนข้างน้อยมาก โดยเวลาที่ทำ mammogram ผู้ป่วยจะต้องใช้อุปกรณ์สำหรับบีบเต้านมให้ค่อนข้างแบน เพื่อให้ภาพที่ออกมาชัดเจน และ สามารถวินิจฉัยได้ เวลาที่ใช้ในการทำประมาณ 10 นาที ซึ่งอาจทำให้เกิดความรู้สึกอึดอัดได้บ้าง ในบางคนอาจบ่นว่าเจ็บ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าทำในช่วงก่อน และ หลังมีประจำเดือนมา ประมาณ 1 สัปดาห์ เพราะช่วงนี้เต้านมจะค่อนข้างคัดตึง ดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรหลีกเลี่ยงการตรวจในช่วงระยะเวลาดังกล่าว ช่วงอายุที่ควรทำคืออายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป ควรทำปีละครั้ง แต่ถ้ามีประวัติผู้ป่วยมะเร็งในครอบครัว (สายตรง เช่น แม่ พี่ น้อง ลูก)ป่วยเป็นมะเร็งเต้านม

มากกว่า 1 คน พบว่ามีความเสี่ยงต่อมะเร็งเต้านมสูงขึ้น ในคนกลุ่มนี้จึงควรเริ่มการทำ mammogram ตั้งแต่ อายุ 40 ปีขึ้นไป ปีละครั้ง(ศูนย์โรคมะเร็งกรุงเทพ www.nci.com2546:1) เพื่อให้ได้ค่าความสว่างที่มากขึ้นกว่า การถ่ายภาพเอกซเรย์ปกติทั่วไปโดยมีการพัฒนาการของเครื่องเอกซเรย์เต้านมเริ่มจากการที่นายเรนกันได ค้นพบแสงเอกซเรย์ในปี พ.ศ. 2438 และ นายอัลเบอ์ ซาโรมอนได้เริ่มการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมครั้งแรก ใน ปี พ.ศ. 2456โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ทั่วไปในการถ่ายภาพและเปรียบเทียบกับการผ่าตัดว่ามีผลตรงตามที่ เอกซเรย์หรือไม่และในปี พ.ศ. 2508 มีการเริ่มทำการถ่ายภาพเอกซเรย์มากขึ้นโดยการให้เครื่องเอกซเรย์ทั่วไป ธรรมดาที่มี อาโนดที่ทำด้วยทังสเตนถ่ายภาพและการบันทึกภาพก็เพียงแค่การถ่ายภาพลงบนฟิล์มที่ไม่ให้ใช้ สกรีน ดังนั้นภาพที่ได้จึงมีคุณภาพที่ต่ำและใช้ปริมาณรังสีที่สูง และในปีต่อมาดอกเตอร์ กรอสได้นำเสนอ หลอดเอกซเรย์ที่ทำด้วยโมลิบดีนัมมาใช้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านมแต่การบันทึกภาพยังคงเป็นแบบเดิม แต่คุณภาพของภาพเอกซเรย์ที่ได้มีคุณภาพดีขึ้น และในปี พ.ศ.2518 บริษัท ดูปองได้นำเสนอการบันทึกภาพ ที่ใช้ สกรีน ร่วมในการบันทึกภาพทำให้ปริมาณรังสีที่คนไข้จะได้รับลดลง และในปี พ.ศ.2521 ก็ได้มีการใช้อาโนดที่สามารถหมุนได้ และให้ขนาดของ Focal Spot ที่เล็กลงและมีการใช้กริดสำหรับเครื่องเอกซเรย์เต้านม ด้วยทำให้ภาพเอกซเรย์ที่ได้มีคุณภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น และในปี พ.ศ.2530 ได้มีการพัฒนาการระบบ AEC (Automatic Exposure Control)ที่ทำให้สามารถควบคุมคุณภาพของความดำของภาพได้ และในปี พ.ศ.2533 ได้มีการเปลี่ยนมาใช้ เจนเนอเรเตอร์ที่เป็นแบบความถี่สูง เพื่อเพิ่มคุณภาพของแสงเอกซเรย์มากขึ้น (เสริมสุข .2540:25) และเครื่องเอกซเรย์เต้านมก็ได้มีพัฒนาการต่อมาโดยการใช้เครื่องเอกซเรย์เต้านมโดยเฉพาะ เครื่องเอกซเรย์รุ่นใหม่จะมีแผงสวิตช์การควบคุมการเคลื่อนที่ของเครื่องเอกซเรย์โดยการใช้เท้าเหยียบ (foot switch pedal control)และการควบคุมการให้แสงเอกซเรย์อัตโนมัติ(automated exposure control)การ ขับเคลื่อนตัวผ่านกดด้วยมอเตอร์ซึ่งควบคุมโดยใช้ foot switch pedal สิ่งนี้สำคัญมากเพราะทำให้เทคนิคเขียน สามารถใช้มือทั้งสองข้างในการจัดทำเอกซเรย์เต้านมได้ การให้แสงเอกซเรย์แบบที่เรียกว่า Automatic Exposure Control หรือ (Phototiming)สามารถให้ภาพเอกซเรย์มีคุณภาพดีขึ้นโดยเทคนิคเขียนไม่ต้องกำหนดค่าปริมาณรังสี (Arthur G.Haus .1992: 15) ฟิล์มเอกซเรย์แมมโมแกรมนั้นเริ่มแรกในปี ค.ศ 1960 เขาใช้ฟิล์มสโลว์ (slow) Type M film ของโกดัก โดยรับแสงโดยตรงจากเครื่องเอกซเรย์ Egan ชอบฟิล์มนี้ที่มีเลทิจูดกว้างเหมาะกับฟิล์มแมมโมแกรม แต่ต้องระมัดระวัง อุณหภูมิของน้ำยาสร้างภาพสูงและมีการล้างนานเกินไป จะไปลดความดำความขาว(contrast)และลดมิลลิแอมแปร์-วินาที มีผลทำให้รายละเอียดบางส่วนหายไป ฟิล์มแมมโมแกรมต้องการเครื่องล้างฟิล์มที่มีความเร็วการล้างค่อนข้างช้า รายงานของหลัก ฟิสิกส์เบื้องต้นที่ทำให้เกิดภาพที่เรียก electrostatic ซึ่งเป็นที่รู้จักกันตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1877 Lichtenbreg ได้เปลี่ยนสารที่ทำให้เห็นภาพเป็นลักษณะผงในปี ค.ศ.1903 Righi ได้ประดิษฐ์แผ่นฟิล์มแผ่นแรกที่ใช้ผงทำเป็น ภาพ electrostaticปี ค.ศ. 1950 มีการเผยแพร่เครื่องถ่ายภาพเต้านมเอกซเรย์ ปี ค.ศ. 1952 มีการศึกษาศักยภาพ การแพทย์ของฟิล์ม Xeroradiographic โดย Roach และ Hilleboe ในปีค.ศ. 1960 Gould et al มีรายงาน การเปรียบเทียบรายละเอียดของภาพเอกซเรย์เต้านมที่ได้จากการเอกซเรย์โดยใช้ฟิล์ม Xeroradiography และ ฟิล์มแมมโมแกรม ปี ค.ศ.1964 -ปี ค.ศ. 1971 John Wolf ได้วิวัฒนาการระบบถ่ายภาพเต้านมภาพ (Xerox) กล่าวคือ ให้แสงเอกซเรย์ถ่ายภาพลงบนแผ่นซีลีเนียมอัลลอยล์ (selenium-coated aluminium) ซึ่งเป็นสาร Photoconductive แล้ว เกิดประจุเป็นภาพที่มองไม่เห็น (latent image) เมื่อนำไปล้างโดยผ่านผงฝุ่น (thermoplastic) ซึ่งทำหน้าที่เป็น toner แล้วถ่ายภาพบนกระดาษ โดยผ่านความร้อนซึ่งจะทำการสร้างภาพเป็นภาพถาวรที่มองเห็นได้ แผ่นซีลีเนียมนี้สามารถนำกลับมาใช้ได้อีกโดยเข้าเครื่อง conditioner และส่วน processor (Emaie .2535:14) ขบวนการล้างฟิล์มจากการล้างด้วยมือมาเป็นล้างด้วยเครื่องล้างฟิล์ม

อัดโมเมติ (Film Processing :From Manual to Automatic)ก่อนหน้าปี ค.ศ. 1742 การล้างฟิล์มตัวมือ คือ การนำฟิล์มมาผ่านน้ำยาสร้างภาพ จากนั้นผ่านการล้างน้ำสะอาด น้ำยาคงสภาพ และล้างน้ำสะอาดอีก 1 รอบ ในน้ำที่มีการไหลเวียนคุณภาพของฟิล์มขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ในการล้างฟิล์มตามที่กำหนดไว้ อุณหภูมิของน้ำยา ความใหม่ของน้ำยา การเขย่าฟิล์ม สภาพของห้องมืด(Emaie .2535:15)

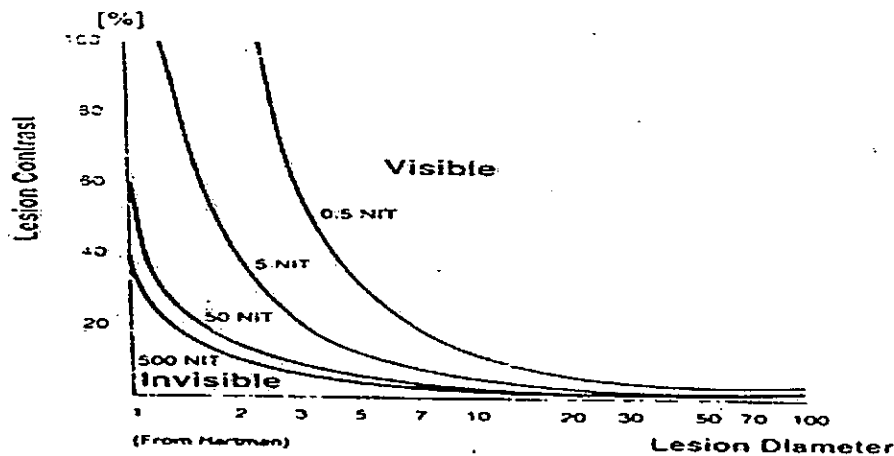
3. ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านม

ปัจจัยที่เกี่ยวกับตู้อ่านฟิล์มและแสงที่รบกวน (อภิญา และอุไรรัตน์.2540:1)เมื่อใช้ตามมนุษย์อ่านฟิล์มผ่านตู้อ่านฟิล์ม มีปัจจัยใหญ่ ๆ 5 ข้อ ที่กำหนดความสามารถในการตรวจพบรอยโรคบนภาพรังสี ได้แก่

- ความเข้มของการส่องสว่าง (Illumination Intensity)
- สีของแสง (Illumination chromaticity)
- แสงกระเจิงภายในฟิล์ม (Light scatter within the film)
- แสงจ้าของตู้อ่านฟิล์มนอกพื้นที่ฟิล์ม (Light box Glare)
- ระดับความสว่างของห้อง (Ambient light level)
- มาตรฐานและคำแนะนำสำหรับสภาวะการอ่านฟิล์มของแต่ละสถาบัน
- เทคนิคการวัดค่าตัวแปรต่างๆตามมาตรฐาน ACR

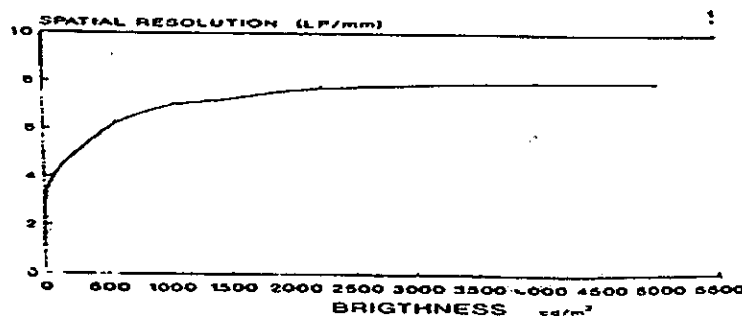
รายละเอียดเกี่ยวกับปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ได้กล่าวไว้ดังต่อไปนี้

3.1 ระดับการส่องสว่าง (Illumination level) สาเหตุสำคัญ ที่ทำให้การตรวจพบวัตถุบนภาพเสียไป คือ ความเข้มของแสงที่ต่ำเกินไป และความไม่สม่ำเสมอของแสงสว่างของตู้อ่านฟิล์ม ซึ่งเป็นปริมาณที่สามารถวัดค่าได้ การวัดความส่องสว่าง (Luminance) ของตู้อ่านฟิล์ม สามารถวัดได้ในรูปของความเข้มแห่งการส่องสว่าง หรือที่เรียกว่า กำลังส่องสว่าง เป็นปริมาณแสงที่สะท้อนหรือปล่อยออกมาจากพื้นผิวในทิศทางของการมอง ต่อ 1 หน่วยพื้นที่ในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางของการมอง ซึ่งเป็นการรับรู้ของตาต่อความส่องสว่างของพื้นผิวที่ส่องแสงหรือที่ถูกส่องแสง ซึ่งมีหน่วยใน ระบบ SI Unit (System International Unit) คือ NIT (candela /m²) ความเข้มแห่งการส่องสว่างหรือกำลังส่องสว่าง 1 caldela มีค่าเท่ากับ 1/60 เท้า ของความเข้มแห่งการส่องสว่างที่เปล่งออกมาทั้งหมดจากพื้นที่หนึ่งตารางเซนติเมตรของวัตถุดำ(Black body) หรือทองคำขาว (Platinum) ที่อุณหภูมิเยือกแข็ง (Freezing Temperature) คือ 2.046 องศาเคลวิน ความส่องสว่างของตู้อ่านฟิล์มเป็นสิ่งจำเป็นที่ใช้ในการแสดงภาพถ่ายทางรังสี เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลทางการวินิจฉัยโรค หรือการตรวจสอบคุณภาพของภาพ เช่น คอนทราสต์ สเปเชียล เรสโซลูชัน ความดำ (Optical density) จากการศึกษาเกี่ยวกับลักษณะการมองเห็นของคนเรา ดังได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1 พบว่า ที่ระดับความส่องสว่างระหว่าง 100-500 NI ประสิทธิภาพในการมองเห็นของตามนุษย์ จะใช้เซลล์รูปกรวย (Cone cells) ที่เรียกว่า Photo Topic Vision (สำหรับการมองเห็นภาพที่มีรายละเอียดสูงในขณะที่มีแสงสว่างมาก) สามารถมองเห็นได้มากที่สุด การอ่านฟิล์มใดๆ ที่ระดับความสว่าง ต่ำกว่า 50 NIT จะทำให้ระดับความไวของการมองเห็นเสื่อมลง ดังภาพประกอบ 5 ซึ่งเป็นระดับที่เซลล์รูปแท่ง(Rod cells) ที่เรียกว่า Scotopic Vision (สำหรับการมองเห็นในเวลากลางคืน)ทำหน้าที่มีผลให้ความสามารถในการตรวจสอบพบรอยโรคลดลง ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงรู้ว่าทำไมการอ่านฟิล์มในห้องที่มีแสงสลัวๆจึงทำได้ยาก และปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มแสงสว่างด้านหลังฟิล์มที่อ่านให้เพียงพอ



ภาพประกอบ 2 รูปการแสดงขนาดของรอยโรคและคอนทราสต์ที่สามารถตรวจพบได้ในระดับ
ความสว่างช่วง 50-500 NIT (อภิญา.อุไรรัตน์.2540:8)

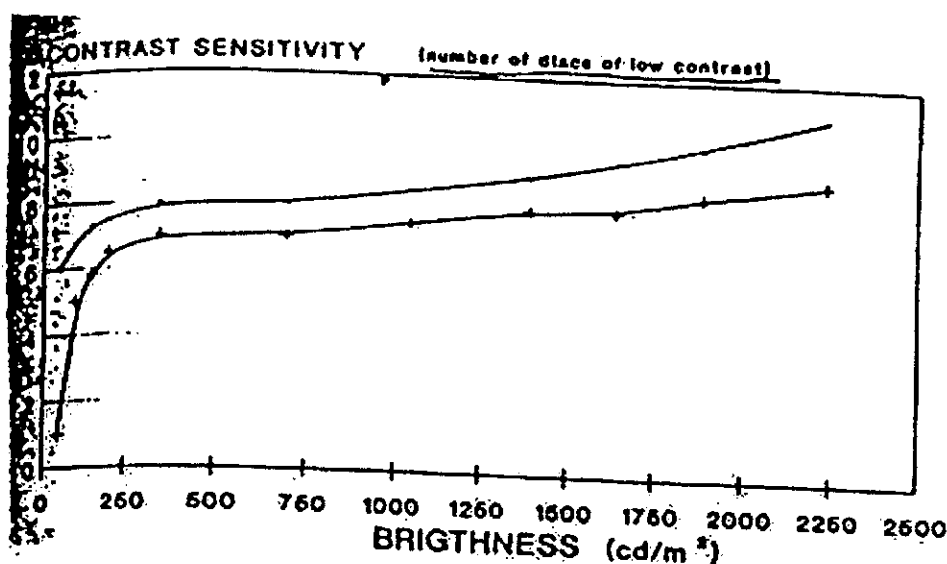
จากภาพประกอบ 2 เราสามารถตรวจพบได้ว่าที่ในระดับความสว่าง ช่วง 50- 500 NIT ความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่ผ่านฟิล์มออกมา ควรอยู่ในช่วงที่ใช้การมองภาพ ชนิด Photo Topic มองเห็นได้ หรือ ควรมีการ ปรับปรุง ความดำบนฟิล์ม ให้เหมาะสมกับระดับความสว่างของตู้อ่านฟิล์ม ให้แสงสว่างที่ผ่านออกมาได้ประมาณ 100 NIT เช่นความดำสูงสุดที่สามารถมองเห็นรายละเอียดของภาพด้วยสายตาโดยผ่านตู้อ่านฟิล์มที่มีความสว่าง 1.500 NITคือ ความดำประมาณ 2.8 OD. แต่ที่ระดับความสว่าง 3.000 NIT สามารถใช้สายตามองเห็นรายละเอียดของภาพได้ที่มีความดำสูงสุด ประมาณ 3.1 OD. ในขณะที่ระดับความสว่าง 7.000 NIT สามารถใช้สายตามองเห็นรายละเอียดของภาพได้ที่มีความดำบนฟิล์มสูงถึง 3.4 OD. จึงจำเป็นที่จะต้องใช้ความส่องสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่สูงกว่าในการมองภาพถ่ายรังสีที่มีความดำมากกว่าเพื่อที่จะเป็นการเพิ่มคอนทราสต์ของภาพและลดความดำของฟิล์มที่ปรากฏจากการศึกษาค้นคว้าของ E.Guibelalde ได้มีการทดลองเกี่ยวกับ Spatial Resolution Test ในแต่ละระดับความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่ลดลงเหลือ 1.000 cd/m^2 จะทำให้การมองเห็น Spatial Resolution ลดลงเพียง 1 p/mm แต่เมื่อระดับความสว่างลดลงมากกว่า 1.000 cd/m^2 จะทำให้ Spatial Resolution ลดลงรวดเร็ว ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 3 แสดงผลของระดับความสว่างต่อการมองเห็น spatial resolution
(อภิญา.อุไรรัตน์.2540:10)

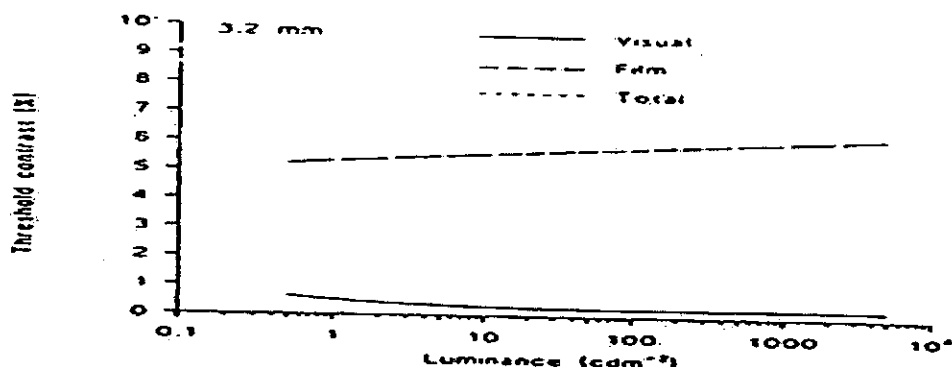
จากภาพประกอบ 3 พบว่าการทดลองเรื่อง Contrast Sensitivity จะลดลงไม่มาก ลักษณะกราฟจะค่อนข้างเป็นเส้นตรง แต่ที่ระดับความสว่างต่ำกว่า 750 cd/m^2 อัตราส่วนของการลดลงของ Contrast Sensitivity จะเพิ่มขึ้น ดังภาพประกอบ 4 เส้นกราฟ 2 เส้น จะแสดงค่า Contrast Sensitivity ของภาพจากการถ่ายเอกซเรย์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ 2 เครื่องโดยใช้เทคนิคและกระบวนการล้างที่เหมือนกัน กราฟเส้นล่างมี Contrast Sensitivity ต่ำกว่ากราฟเส้นบน ที่ระดับความสว่างเดียวกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณภาพของภาพรังสีที่ให้กราฟเส้นบนว่าดีกว่าภาพรังสีที่ให้กราฟเส้นล่างนั้นคือการที่จะมอง Disc อันที่ 8 ให้ได้ในการถ่ายภาพเอกซเรย์ด้วย

เครื่องเอกซเรย์ ในกราฟเส้นล่าง จะต้องใช้ระดับความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเป็น 2 เท่า (1.500 cd/m) ของกราฟเส้นบน



ภาพประกอบ 4 ผลของความสว่างต่อ contrast sensitivity ของวัตถุ low contrast
(อภิญา.อุไรรัตน์.2540:11)

จากการทดลองของ Robson KJ และคณะ เกี่ยวกับ Threshold Contrast ของการมองภาพถ่ายรังสี โดยใช้สายตาพบว่า Threshold Contrast จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเมื่อช่วงความสว่างของตู้อ่านฟิล์มกว้าง ดังแสดงในภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ Visual และ Total Threshold กับระดับความสว่าง(Luminance)
(อภิญา.อุไรรัตน์.2540:11)

จากรูป Visual Threshold ที่จำกัดเพียง Noise ที่มาจาก Eye – brain Combination เพียงอย่างเดียว หรือ ที่เรียกว่า Internal Noise มีค่าต่ำกว่า noise บนฟิล์มที่เป็นผลมาจาก Quantum Mottle ในระบบการถ่ายภาพ หรือที่เรียกว่า External Noise แสดงให้เห็นว่า การตรวจพบวัตถุที่มีลักษณะ Low Contrast บนภาพเอกซเรย์เต้านม ที่ใช้ในระบบ ฟิล์ม – สกรีน จะถูกจำกัดโดย Noise บนฟิล์มมากกว่า Internal Visual Noise ของผู้สังเกตจึงไม่ควรแนะนำค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่เหมาะสมของผู้อ่านฟิล์มโดยการศึกษาจาก Visual Noise เพียงอย่างเดียวการวัดความสว่างของตู้อ่านฟิล์ม ใช้เครื่องวัดปริมาณแสง (Photo Meter) ที่ให้ค่าความไวต่อสเปกตรัมของแสงเหมือนกับของตามนุษย์ โดยวางหัววัดชิดกับพื้นผิวของตู้อ่านฟิล์ม และควรระวังแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆ ที่มาตกกระทบลงบนหัววัดนี้ด้วย เพราะอาจทำให้ค่าที่วัดได้มากกว่าความเป็นจริง ความแตกต่างในความเข้มของการส่องสว่างมีผลมาจากขั้นตอนการผลิต และอายุการใช้งานของตู้อ่านฟิล์ม คุณภาพของภาพ ที่ดูจากตู้อ่านฟิล์มคนละตู้ จากภาพถ่ายรังสีภาพเดียวกัน ผลการประเมินคุณภาพอาจไม่เท่ากัน สิ่งเหล่านี้นำไปสู่ความต้องการที่จะกำหนดมาตรฐานของระดับความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม ที่แต่ละสถาบันได้เคยกำหนดได้แสดงให้เห็น ใน หัวข้อ 3.6 อย่างไรก็ตามตู้อ่านฟิล์มสำหรับอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม ควรอยู่ในระดับความสว่างที่สูงกว่าระดับความสว่างของตู้อ่านฟิล์มทั่วไป เพื่อให้ได้คอนทราสต์ของภาพสูงสุดตู้อ่านฟิล์มที่ดี นอกจากจะมีความเข้มของการส่องสว่างที่เพียงพอแล้ว ยังต้องมีความสม่ำเสมอของความสว่างตลอดทั่วทั้งพื้นผิวของตู้อ่านฟิล์มมีหลายคนเห็นด้วยกับการวัดความสว่างบริเวณกลางตู้และกำหนดความไม่สม่ำเสมอของความสว่างของตู้อ่านฟิล์มโดยใช้ค่าInhomoginity เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{Inhomoginity (I)} = 100\sigma(Bn)/B \quad (1)$$

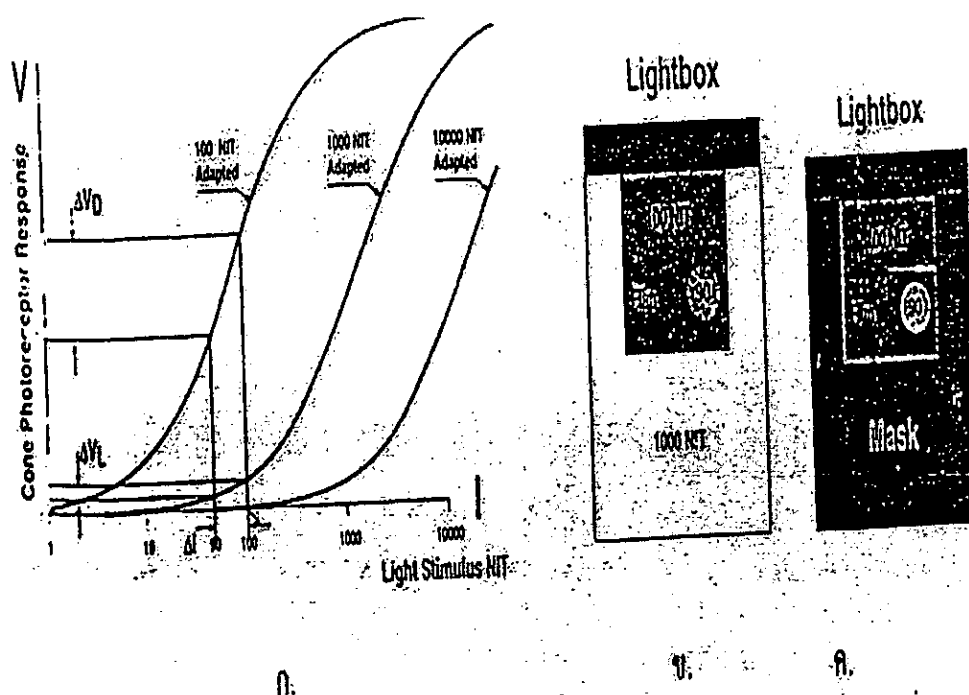
เมื่อ σ (BN)	คือ	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation)ของความสว่าง
Bn	คือ	ค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่ทำการวัด N จุดบนผิวตู้อ่านฟิล์ม
B	คือ	ค่าเฉลี่ยของความสว่างของตู้อ่านฟิล์มจำนวน Bn ค่า

การวัดความไม่สม่ำเสมอของความสว่าง จะทำการวัดครอบคลุมพื้นผิวทั้งหมดของตุ๋อ่านฟิล์ม ให้แต่ละตำแหน่งห่างกันประมาณ 5 เซนติเมตร มาตรฐานสำหรับค่าความไม่สม่ำเสมอของความสว่างของตุ๋อ่านฟิล์มควรน้อยกว่า 15 % (Hartmanm.1989) แต่ถ้าใช้ตามมาตรฐานของ WHO. 1982 หรือ Moores.1987 กำหนดไว้ว่าความไม่สม่ำเสมอต้องน้อยกว่า 10 % หรือตามข้อกำหนดของ DIN 6856 ซึ่งกำหนดความแตกต่างของความสว่าง บริเวณตรงกลางตุ๋กับขอบตุ๋ต้องเกิน 30 % เพื่อให้ความสม่ำเสมอของความสว่างอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้จึงควรมีการเปลี่ยนตุ๋อ่านฟิล์มทั้งหมด เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้ว ถ้าตุ๋อ่านฟิล์มยังไม่หมดอายุการใช้งานแต่มีหลอดฟลูออเรสเซนต์ บางหลอดภายในตุ๋อ่านฟิล์มเสีย ก็ควรทำการเปลี่ยนใหม่หมดทุกหลอด และควรหมั่นทำความสะอาดทั้งภายในและภายนอกตุ๋อ่านฟิล์มอยู่เสมอ

3.2 สีของแสง (Illumination Chromaticity) การมองฟิล์มเอกซเรย์ที่มีความดำ (Optical Density) ต่ำ จะเห็นข้อมูลได้ดีที่สุดเมื่อแสงสว่างเป็นสีเขียวยอมเหลือง ในขณะที่การมองฟิล์มเอกซเรย์ที่มีความดำมากจะเห็นข้อมูลได้ดีที่สุดเมื่อแสงสว่างเป็นสีน้ำเงิน ดังนั้นในการดูภาพควรปรับปรุงความดำบนฟิล์มให้เหมาะสมกับสีของการส่องสว่างสีของแสงจากตุ๋อ่านฟิล์มมีผลกระทบต่อสภาวะการอ่านฟิล์มซึ่งสเปกตรัมของแสงจะถูกจำเพาะโดยอุณหภูมิสีซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ปรากฏของแหล่งกำเนิดแสงเมื่อเปรียบเทียบกับสีของวัตถุ (Blackbody) ถ้าอุณหภูมิของวัตถุดำมีค่าเท่าใดและสีของแหล่งกำเนิดแสงมีสีเดียวกันสีที่เปล่งจากวัตถุดำ ณ อุณหภูมิขณะนั้น จะกล่าวว่า แหล่งกำเนิดแสงมีอุณหภูมิสีเท่ากับอุณหภูมิของวัตถุดำ โดยในการกำหนดค่าอุณหภูมิสีจะอยู่ในหน่วยองศาเคลวิน (Kelvin : K) เช่น เราทราบว่าสีของวัตถุดำจะเป็นสีดำที่อุณหภูมิห้อง เป็นสีแดงที่อุณหภูมิ 5.000 เคลวิน และเป็นสีฟ้าที่อุณหภูมิ 8.000 เคลวิน เป็นต้น เราใช้ค่าอุณหภูมิเหล่านี้เป็นตัวบอกสีของแหล่งกำเนิดแสงใดๆ เช่น ขดลวดทั้งสแตน มีค่าอุณหภูมิสีอยู่ระหว่าง 2.600 – 3.000 เคลวิน มันจะให้แสงสีเหลืองจาง และที่อุณหภูมิสีต่ำกว่า (warmer appearance) สีของแสงสว่างจะเลื่อนไปทางสีแดง อุณหภูมิสีที่สูงกว่า (cooler appearance) สีจะเลื่อนไปทางสีน้ำเงิน การศึกษาเกี่ยวกับ ตุ๋ส่องสว่างที่ใช้งานทั่วไป เมื่อไม่นานมานี้ พบว่าความไวสูงสุดของการมองเห็น จะดีที่สุด เมื่อมีการปรับสีของแสงสว่าง ให้เข้ากับความดำของภาพรังสี ตุ๋อ่านฟิล์มรุ่นเก่า มักจะมีสเปกตรัมของแสงเป็นสีเหลือง มีแนวโน้มที่จะลดคอนทราสต์ของภาพ จึงมีการผลิตฟิล์มที่มีสีพื้น (film base) เป็นสีน้ำเงินเพื่อลดผลที่เกิดจากสเปกตรัมสีเหลืองของแสงเป็นการปรับปรุงคอนทราสต์ของภาพให้ดีขึ้น อุณหภูมิสีของตุ๋อ่านฟิล์ม และสเปกตรัมการทะลุผ่านตัวกรองแสงบนผิวด้านหน้าของตุ๋อ่านฟิล์ม

ผ่านเข้ามาทางหน้าต่าง หรือแสงที่สะท้อนจากพื้นผิวของฟิล์ม และแสงที่มาจากแสงสว่างของตู้อ่านฟิล์มคู่อื่นที่อยู่ใกล้กัน แสงที่เราไม่ต้องการเหล่านี้มีน้อยที่สุด จากความรู้พื้นฐานของ Weber' low กล่าวว่า สัดส่วนของความแตกต่างของความสว่างกับความสว่างทั้งหมด($\Delta L/L_0$)เป็นค่าคงที่และเป็นเช่นนี้สำหรับระบบรับรู้ความรู้สึกของมนุษย์ทั้งหมดถึงแม้ตาของมนุษย์จะสามารถปรับระดับในการมองเห็นแสงสว่างได้ ด้วยเซลล์รูปกรวย แต่ก็อยู่ในช่วงที่จำกัด การปรับของระดับสายตาจะขึ้นอยู่กับเวลาและความเข้มแสงเฉลี่ยดังในภาพประกอบ

7 ก. แสดงการปรับระดับสายตา 3 ระดับ กราฟแต่ละเส้น แสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่กระตุ้นเซลล์รูปกรวย ซึ่งเป็นตัวรับภาพ 1 เซลล์ โดยในแต่ละเส้นกราฟ แสดงการปรับการตอบสนองของตัวรับภาพในแต่ละระดับความสว่าง

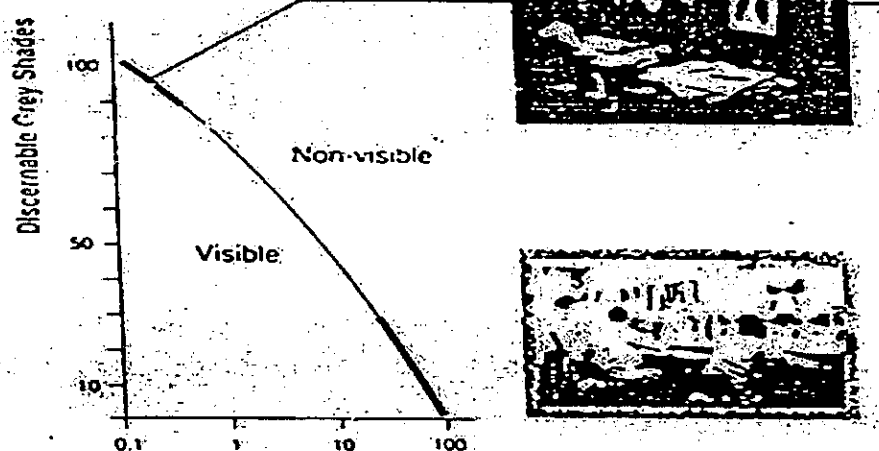


ภาพประกอบ 7 แสดงกราฟการปรับระดับสายตาในแต่ละระดับความสว่าง (light adapter curve)
(อภิญา.อุไรรัตน์.2540:15)

จากภาพประกอบ 7 ข.เป็นภาพของตู้อ่านฟิล์ม ซึ่งให้แสงสว่าง 1,000 Nits (cd/m^2) เมื่อวางฟิล์มที่มีค่าความดำ (Optical Density) เท่ากับ 1 OD. บนตู้อ่านฟิล์มจะให้แสงสว่างทะลุผ่านนั้นคือ มีแสงสว่างทะลุผ่านออกมาจริงเพียง 90 NIT ในขณะนั้นพบว่า เซลล์รับแสง 1 เซลล์ จะต้องปรับไปที่ระดับความสว่าง 1,000 NIT และด้วยคอนทราสต์บนฟิล์มมีเพียง 10 % ทำให้มีสัญญาณทางไฟฟ้า (ΔV) ของการตอบสนองของเซลล์รูปกรวยมีน้อย ดังรูป 7 ข.อย่างไรก็ตามเราสามารถเปลี่ยนให้ระดับการปรับสายตาอยู่ที่ระดับแสงสว่าง 100 Nits ได้ และเซลล์รับแสงจะให้สัญญาณการตอบสนองที่มากขึ้น คือ ΔV_d กลุ่บายที่เราจะสามารถทำให้

ระบบการมองเห็นของเซลล์รับแสงเปลี่ยนมาอยู่ที่ระดับแสงสว่าง 100 Nits ได้โดยการกำบังแสงสว่าง จากภายนอกกรอบแผ่นฟิล์ม ดังภาพประกอบ 7 ค. ก็สามารถทำให้การตอบสนองของแสงสว่างกว้างขึ้น (ΔV_d)จากการศึกษาค้นคว้าทางคลินิก และจิตสรีระ ในผู้ทดลองจำนวนมากมาเป็นเวลากว่า 50 ปี แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า การกำบังแสงจากแหล่งกำเนิดที่จำจะสามารถมองเห็นคอนทราสต์ของภาพได้ดีขึ้น ดังภาพประกอบ 8

Glare Elimination

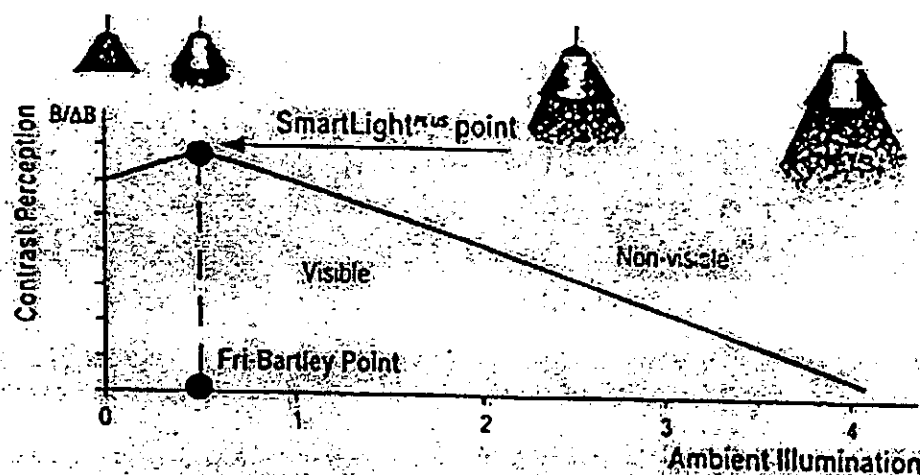


ภาพประกอบ 8 แสดงผลของแสงจ้า (Glare) ต่อความสามารถในการมองเห็นจำนวน Shade สีเทา
(อภิญา.อุไรรัตน์.2540:16)

จากภาพประกอบ 8. พบว่าการกำบังพื้นที่บนตู้อ่านฟิล์มรอยแผ่นฟิล์ม เพื่อกำจัดแสงจ้าที่เข้าตา จะทำให้ความสามารถในการตรวจพบรอยโรคได้มากขึ้นเนื่องจากเพิ่มความคมชัดของภาพ และลดความเมื่อยล้าของสายตาผู้อ่านฟิล์ม เช่น เมื่อมีการอ่านฟิล์มที่มีขนาดเล็กกว่าพื้นผิวสกรีนของตู้อ่านฟิล์มตาจะได้รับผลกระทบจาก แสงสว่างที่มาจากรอบๆฟิล์ม ทำให้ความดำเจือปนฟิล์มเพิ่มขึ้น และคอนทราสต์ของภาพลดลง ผลของ แสงไฟเหล่านี้สามารถกำจัดได้โดยการหาเครื่องกำบัง (Masked) มากำบังแสงส่วนที่เราไม่ต้องการนี้ออกไป และทำให้ขนาดของฟิล์ม ที่อ่านมีขนาดพอดีกับพื้นที่บนตู้อ่านฟิล์ม ที่ใช้และมีคำแนะนำเพิ่มเติมว่า ในขณะที่ถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านม ควรมีการจำกัดรังสี (Beam Collimation) ให้มีขนาดเท่ากับขนาดของฟิล์มมากกว่าที่จะให้มีขนาดเท่ากับขนาดของเต้านม ทั้งการถ่ายภาพแบบปกติ (full breast) และการถ่ายภาพเฉพาะบริเวณที่สนใจ (Small Cone Compressed) เนื่องจากความดำรอบๆ ภาพเต้านมที่ได้ก็คือ วิธีการหนึ่งของการกำบังแสงเพื่อลดแสงจ้า หรืออาจใช้อุปกรณ์ช่วยในการมองเฉพาะบริเวณที่สนใจ (Tunnel Viewer) และควรเลือกขนาดของตู้อ่านฟิล์มเท่ากับขนาดของฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

3.5 ระดับความสว่างของห้อง (Ambient Light Level) ความสว่างของห้องที่มากเกินไปจะลดคอนทราสต์ของภาพ ในขณะที่ความมืดของห้อง เป็นสาเหตุให้รูม่านตา (Pupil) ต้องเปิดกว้างเป็นผลให้ความสามารถในการมองเห็นเสื่อมลงความสว่างของห้องมีความสำคัญพอๆกับความสว่างของตู้อ่านฟิล์ม เพื่อให้เกิดสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมในการอ่านฟิล์ม ความสว่างของห้องควรอยู่ในระดับต่ำเพียงพอที่จะไม่รบกวนต่อ

การวินิจฉัยโรคและหลีกเลี่ยงสาเหตุที่เกิดจากการสะท้อนของแสงที่ออกมาจากภาพถ่ายรังสี แต่ควรสูงพอที่จะป้องกันแสงจ้าจากตู้อ่านฟิล์มที่เข้ามาตาเพื่อ ปรับปรุงคอนทราสต์ของภาพรังสีและเพื่อการตรวจพบรอยโรคบนภาพรังสีที่มีคอนทราสต์ต่ำได้ระดับความสว่างของห้องสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Photo Meter ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวัดปริมาณแสง มีหน่วยของการวัดในระบบ SI unit คือ ลักซ์ (Lux) ซึ่งคือปริมาณแสงที่มีหน่วยเป็นลูเมนต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่บนผิววัตถุ ($1 \text{ Lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$) และ ลูเมน คือหน่วยของพลังงานแสงสว่างหรือ ฟลักซ์ของ การส่องสว่างที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยแสงตำแหน่งในการวัดความสว่างของห้องสามารถวัดได้ 2 ตำแหน่ง ตำแหน่งแรก วัดโดยวางหัวบนพื้นผิวของตู้อ่านฟิล์ม (ขณะเปิดสวิตช์ไฟของตู้อ่านฟิล์ม) และหันหัววัดออกจาก ตู้อ่านฟิล์ม วางให้ขนานกับพื้นผิวตู้อ่านฟิล์ม ตำแหน่งที่ 2 วัดโดยการวางให้หัววัดวางในตำแหน่งที่เราอ่านฟิล์มคืออยู่ในระยะห่างจากตู้อ่านฟิล์มประมาณ 30 เซนติเมตร (ขณะปิดสวิตช์ไฟของตู้อ่านฟิล์ม) มีการถกเถียงกันถึงเงื่อนไขของการมองเห็นที่มีผลทำให้เกิดความผิดพลาดในการวินิจฉัยโรค จากรายงานของ Dr. Bollen จาก Agfa – Gevaert Reserch Department กล่าวว่า ปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบอย่างมากต่อการมองเห็นภาพ คือความสว่างของห้องที่มากเกินไป เพราะความสว่างของห้องที่มากเกินไปนี้ทำให้ความสามารถในการตรวจพบรอยโรคเสียไปจึงควรอ่านฟิล์มในห้องที่มีระดับของความสว่างเหมาะสมคือ ประมาณ 50 Lux ในขณะที่มีรายงานบางฉบับแนะนำว่าระดับความสว่างของห้องควรอยู่ในช่วง 50-100 Lux ตรงกับความเข้มแสงที่เพียงพอที่สายตาเราสามารถมองเห็นได้ง่าย



ภาพประกอบ 9. กราฟแสดงความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดของภาพ

(อภิญา,อุไรรัตน์.2540:18)

จากภาพประกอบ 9 เป็นกราฟแสดงความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดของภาพดังในภาพประกอบ 9. จะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกจนถึงระดับความสว่างค่าหนึ่งที่ทำให้ความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดได้สูงสุดหลังจากนั้นความสามารถในการแยกแยะรายละเอียดจะลดต่ำลง Dr Bollen แนะนำว่ามี 3 ปรากฏการณ์ที่รบกวนต่อการมองเห็นภาพ คือ

- สัญญาณรบกวน (noise) จากการมองเห็นของคนเรา เป็นตัวจำกัดจำนวนโฟตอนแสง ในระบบการตรวจพบที่ระดับความสว่างต่ำๆ
- แสงจากภายนอกที่เข้าตาผู้อ่านฟิล์ม
- คุณสมบัติของ visual sensitometric ที่เกิดจากการสะท้อนบนผิวของฟิล์ม

ปริมาณแสงที่ตกลงบนฟิล์ม สามารถบอกได้ในเทอมของความดำ (Density) โดยใช้ Densitometer ในการวัด ความดำที่ได้จากการวัดแสงที่ทะลุผ่านแผ่นฟิล์มออกมาเทียบกับปริมาณแสงที่ตกกระทบลงบนฟิล์ม เรียกว่า " Optical Density " ได้จาก

$$\text{Optical Density} = \log I_0 / I_t \quad (2)$$

เมื่อ I_0 คือ ความเข้มแสงที่ตกลงบนฟิล์ม
 I_t คือ ความเข้มแสงที่ทะลุผ่านแผ่นฟิล์ม

ความสว่างของห้องที่มีความเข้ม ค่าหนึ่ง จะมีบางส่วนที่สะท้อนกลับเข้าสู่ตาของผู้สังเกตเขียนแทนด้วย I_r ความดำที่เรามองเห็นมีค่าน้อยกว่าความดำที่เราวัดได้ เพราะความสว่างของห้องทำให้เกิดการสะท้อนบนผิวฟิล์ม ถ้าความสว่างของห้องมีค่าเท่ากับศูนย์ แสงที่สะท้อนกลับเข้าตา (I_r) จะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือความดำที่เรามองเห็น (visual density) จะไม่ลดต่ำลง

เกณฑ์การลดลงของ visual density ที่อาจเกิดขึ้นได้

$I_r / I_t =$	0.5	: density drop =	0.2
$I_r / I_t =$	1.0	: density drop =	0.3
$I_r / I_t =$	5.0	: density drop =	0.6
$I_r / I_t =$	10.0	: density drop =	1.1

ค่าความดำที่ถูกอุณหภูมิบันทึกด้วยสายตาของผู้อ่านฟิล์มจะมีความถูกต้องเมื่อ

- ความไวต่อสเปกตรัมแสงของตาเท่ากับความไวต่อสเปกตรัมแสงของเครื่องวัดความดำ
- การแยกสเปกตรัมของแสงของแหล่งกำเนิดแสงทั้ง 2 แหล่ง (ของสายตากับเครื่องวัดความดำ) มีค่าเท่ากัน
- ไม่มีแสงสว่างของห้อง
- พื้นที่ของผู้อ่านฟิล์มที่ใช้มีขนาดพอเหมาะกับขนาดของฟิล์ม

3.6 มาตรฐานและคำแนะนำสำหรับสภาวะการอ่านฟิล์มของแต่ละสถาบัน

3.6.1 European Guidelines on Quality for Diagnostic Radiographic Images-1996

กำหนดสภาวะการอ่านฟิล์มดังนี้

1. ความเข้มแสงที่ตกกระทบบนตาของผู้ดูภาพ ควรมีค่าประมาณ 100 cd/m^2 ดังนั้นสำหรับฟิล์มที่มีความดำ (Optical Density) อยู่ในช่วง 0.5 – 2.2 OD. ควรจะใช้ผู้อ่านฟิล์มที่มีความสว่างอยู่ระหว่าง $2.000 - 4.000 \text{ cd/m}^2$

2. สีของแสงควรเป็นสีขาวหรือสีน้ำเงิน และควรจะเป็นชุดเดียวกันทุกตัว
3. ควรเลือกตู้อ่านฟิล์มที่สามารถจำกัดพื้นที่อ่านฟิล์มได้ เพื่อป้องกันแสงจำเข้าตา
4. ควรมีอุปกรณ์สำหรับขยายรายละเอียดบนภาพรังสีได้ อาจเป็น 2-4 เท่า เพื่อมองภาพที่เล็กละเอียดมากๆ ได้ถึง 0.1 mm
5. สำหรับการมองพื้นที่บนฟิล์มที่มีความดำมากเป็นพิเศษควรที่จะเพิ่มความสว่างเป็นสปอตไลท์ให้มีความสว่างอย่างน้อยที่สุด 10.000 cd/m²
6. ระดับความสว่างของห้องอ่านฟิล์มจำเป็นต้องให้อยู่ในระดับต่ำ

3.6.2 German Physicians Association Guidelinesมาตรฐานต่างๆจะมีค่าเหมือนกับของ DIN 6858 จะมีข้อแตกต่างบ้าง ดังนี้

1. ความสว่างของตู้อ่านฟิล์มสำหรับอ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมควรสูงกว่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มทั่วไป มากกว่า (4.000 – 5.000)cd/m²
2. ความสว่างของห้องอ่านฟิล์มควรอยู่ในระดับต่ำกว่า 100 Lux

3.6.3 American Collage of Radiology ACR Guilindsการอ่านฟิล์มเป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการนำภาพเอกซเรย์ไปวินิจฉัยโรค ดังนั้นสภาวะการอ่านฟิล์มจึงควรมีความเหมาะสมระดับสูง

3.6.3.1 สภาวะการอ่านฟิล์ม

1. ตู้อ่านฟิล์มควรอยู่ในตำแหน่งที่หลีกเลี่ยงแสงจากภายนอกได้ เช่น แสงจากหน้าต่าง ตู้อ่านฟิล์มตู้อื่น และแหล่งกำเนิดแสงอื่นๆไม่ว่าจะเป็นแสงโดยตรงหรือแสงสะท้อน ถ้าไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ควรให้อยู่ในระดับต่ำ เพื่อไม่ให้แสงเหล่านี้ไปลดคอนทราสต์ของภาพ
2. เมื่อมีการตรวจสอบคุณภาพของภาพเอกซเรย์โดยใช้หุ่นจำลองด้านม ควรใช้ตู้อ่านฟิล์มที่เหมือนกับตู้อ่านฟิล์มที่ใช้ในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมจริงๆทั้งในด้านความสว่างและสีของแสงสว่าง และระดับความสว่างของห้องควรจะเป็นระดับเดียวกัน
3. เมื่อใดก็ตามที่มีความจำเป็นจะต้องใช้การตัดสินใจของผู้ดูภาพ เช่น การมองเห็นและการประเมินค่า จำนวนวัตถุทดสอบในภาพเอกซเรย์ หุ่นจำลองด้านม ควรอ่านด้วยบุคคลคนเดียวตลอดการทดลอง โดยใช้สภาวะเดียวกันกับที่เคยประเมินครั้งก่อนๆ

3.6.3.2 ตู้อ่านฟิล์ม

1. ตู้อ่านฟิล์มสำหรับอ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมควรจะให้ระดับความสว่างสูง โดยทั่วไปสูงกว่าการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ทั่วไป
2. จำเป็นจะต้องกำบังแสงจากตู้อ่านฟิล์มรอบๆพื้นที่ฟิล์มเพื่อไม่ให้แสงจากภายนอกเข้ามาลดคอนทราสต์ของภาพ และเพิ่มความดำบนฟิล์ม
3. ตู้อ่านฟิล์มทุกตัวควรจะต้องตรวจสอบอยู่เสมอเพื่อดูว่ายังอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม
4. ควรจะเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ทุกๆ 18 –24 เดือน เพราะความสว่างจะลดลง
5. ประมาณ 10 % ใน 2.000 ชั่วโมง หลอดทุกหลอดที่เปลี่ยนควรเป็นชนิดเดียวกัน และสีเดียวกัน
6. ตู้อ่านฟิล์มที่ใช้ควรมีความสม่ำเสมอตลอดพื้นผิวสกรีนของตู้ และตู้อ่านฟิล์มทั่วไป

ควรมีความสว่าง 1.500 NIT แต่สำหรับตู้อ่านฟิล์มสำหรับอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม ควรมีความสว่างต่ำสุด 3.500 NIT

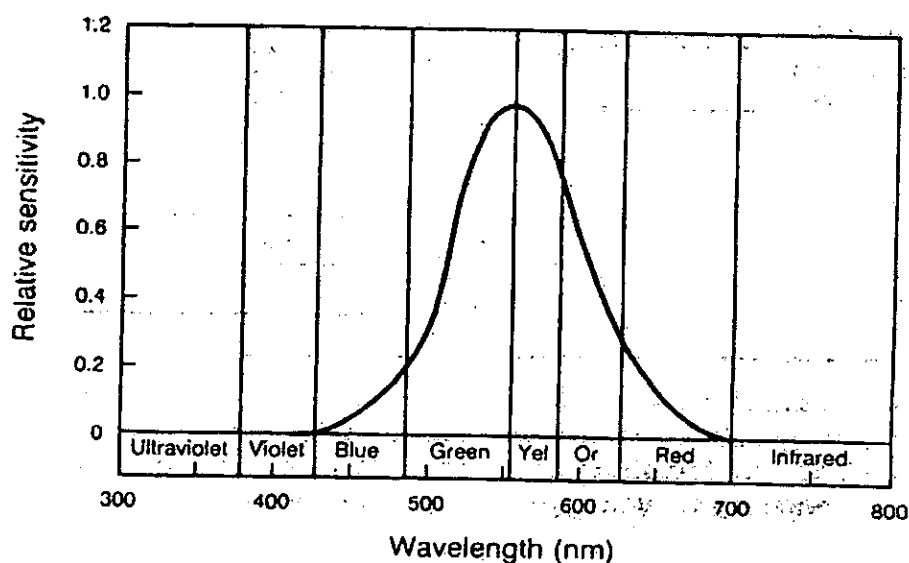
3.6.3.3 กำหนดสภาวะการอ่านฟิล์ม ดังนี้

1. ควรมีการกำบังแสงจากตู้อ่านฟิล์มรอบๆ พื้นที่ฟิล์มเพื่อป้องกันแสงจ้าที่เข้าตา
2. ความเข้มแสงของตู้อ่านฟิล์มอาจมีค่าได้ตั้งแต่ 500 – 10.000 NIT โดยปรับเปลี่ยนตามความดำบนฟิล์ม เพื่อให้ความสว่างที่ตามองเห็นประมาณ 100 NIT
3. ควรมีสปอตไลต์ ประมาณ 10.000 - 20.000 NIT เมื่อมีความดำบนฟิล์มมากกว่า 2.2 OD. เพื่อเพิ่มความเข้มของแสงให้สูง
4. ความสว่างของห้องอ่านฟิล์มควรอยู่ในระดับต่ำ
5. ความสว่างของตู้อ่านฟิล์มทั่วไป มากกว่า 2.000 cd/m^2 สำหรับตู้อ่านฟิล์มสำหรับอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมต้องมากกว่า 3.000 cd/m^2 ความสม่ำเสมอของแสงสว่างตลอดพื้นผิวสกรีนของตู้อ่านฟิล์มต้องไม่น้อยกว่า 30 %

3.7 เทคนิคการวัดค่าตัวแปรต่างๆตามมาตรฐาน ACR

3.7.1 เทคนิคการวัดค่าความสว่างและค่าอุณหภูมิของสี (Photometric Measurement)

เป็นการวัดทางวิทยาศาสตร์ที่วัดค่าความสว่างของแสงสว่างโดยคล้ายกับการวัดค่าความดำ (Dosimetric) ของการวัดทางรังสีเอกซเรย์ โดยการวัดค่าความสว่างเป็นการวัดที่พิเศษเพราะว่าเป็นการวัดค่าความสว่างที่มีการตอบรับค่าความสว่างที่มากเกินไปกว่าสายตาของมนุษย์จะแยกแยะได้โดยได้แสดงความสามารถการมองเห็นของสายตามนุษย์ตามภาพประกอบ 10.

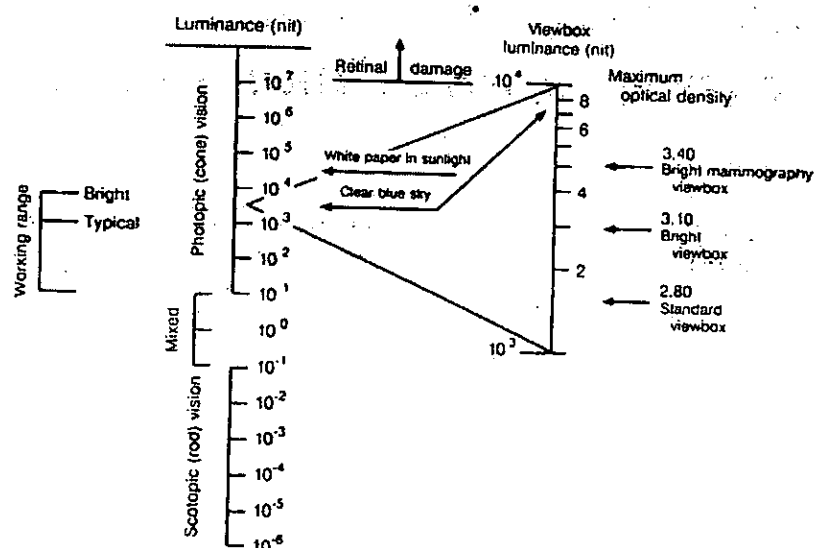


ภาพประกอบ 10. Photometric spectral sensitivity of the human eye

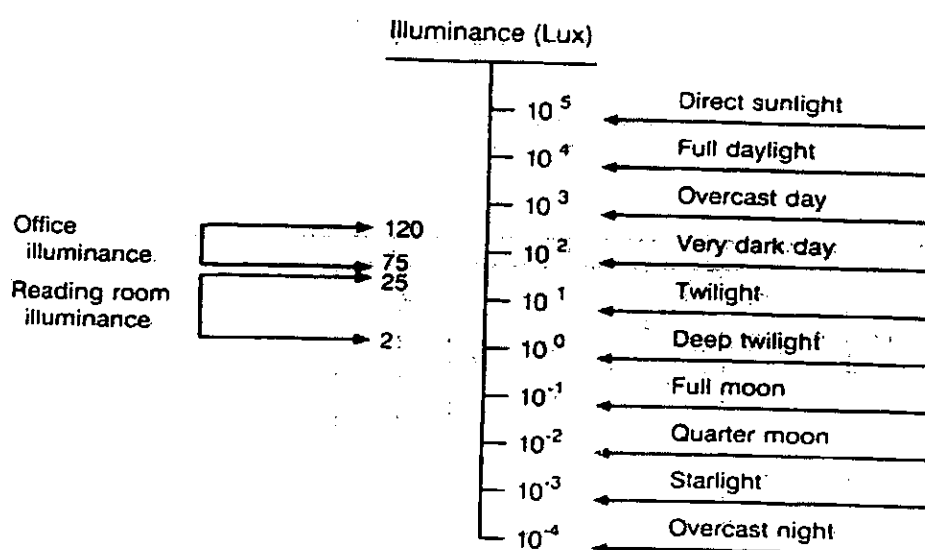
(Mammography Quality Control Manual.2537: 184)

ในค่าการวัดความความแตกต่างระหว่างความขาวกับความดำ (contrast) ทางรังสีวิทยาในไม่ได้ให้ความสนใจในค่าการมองเห็นของสายตามนุษย์เพราะจะต้องคำนวณถึงแสงที่สายตาของมนุษย์ที่ไม่สามารถรับได้ เช่นแสงเหนือม่วงและแสงที่อยู่ใต้สีแดงที่สายตาของมนุษย์ไม่สามารถมองเห็นได้ โดยค่าความสว่าง

ของแสงและค่าของแสงที่กระจายออกมา (Scattered or Emitted by surface) มีหน่วยการวัดเป็น nit (Candela / m²)



ภาพประกอบ 11.A แสดงค่าความสว่างของแสงเป็นค่าความสว่าง
(Mammography Quality control .2537:185)

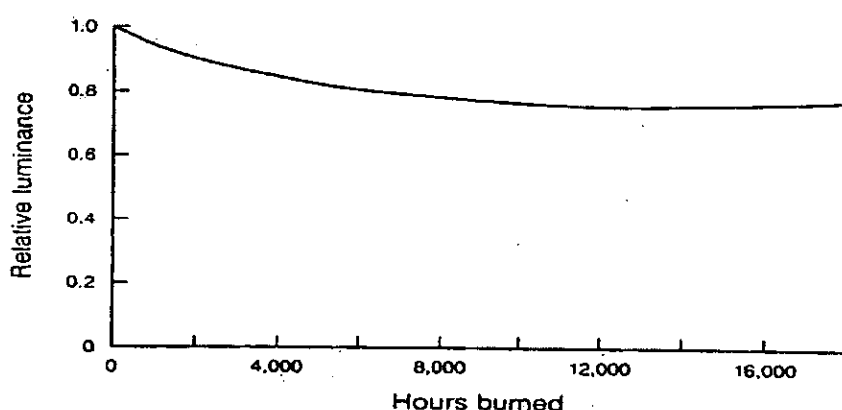


ภาพประกอบ 11 B แสดงระดับความสว่างที่ตัวแปรต่างๆ โดยมีค่าแสดงระดับต่างๆ
(Mammography Quality Control Manual.2537: 185)

3.7.2 สภาพตู้ส่องดูฟิล์ม ในห้องอ่านฟิล์ม (View Box Reading Conditions)

ฟิล์มเอกซเรย์ทั่วไป จะมีค่าความดำของฟิล์มน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.50 โอ.ดี. แต่ฟิล์มแมมโมแกรมมีค่าความดำเข้าใกล้ 4.0 โอ.ดี. ฟิล์มเลเซอร์มีค่าความดำของฟิล์มอยู่ที่ประมาณ 3.00 โอ.ดี. ฟิล์มแต่ละชนิดต้องการแสงสว่างไม่เท่ากันเพื่อให้สามารถมองเห็นพยาธิสภาพได้ชัดเจน ตู้ดูฟิล์มแมมโมแกรมที่ไม่สว่างพอสามารถดูฟิล์มเอกซเรย์ทั่วไปและฟิล์มเลเซอร์ได้ แต่แสงสว่างไม่เพียงพอสำหรับดูฟิล์มแมมโมแกรม

สภาพของห้องอ่านฟิล์มควรเป็นห้องที่มีแสงไฟสลัว และควรมีการบังแสงที่อยู่นอกฟิล์มไม่ให้เข้าตาแพทย์ เพราะแสงจากตู้อ่านฟิล์มที่ไม่มีฟิล์มบังจะไปลด contrast ของภาพและมีแสงไฟกระเจิงเข้ามาที่ตา อีกทั้งแสงสะท้อนจากด้านผิวหน้าของฟิล์ม



ภาพประกอบ 12 Decrease in light output of typical fluorescent tube with time
(Mammography Quality Control Manual.2537: 188)

3.7.3 การวัดค่าความสว่างและหลอดไฟ (Measurement of Luminance and luminance)

การวัดค่าแสงสว่างและหลอดไฟ ต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบที่เรียกว่าdetector (ซึ่งปกติใช้ซิลิกอนทำพื้น) และแผ่นกรองโฟโตเมตริก (Photometric Filter) เครื่องDetector และ Filterจะรวมตัวกันเพื่อวัดความไวของแสงทำหน้าที่ย้ายตาของมนุษย์ เลนซ์หรือหัวอ่าน Fiberoptic จะอยู่ด้านหน้าบริเวณที่ detectorและ filter รวมตัวกันสำหรับการวัดความสว่าง ขณะที่ Cosine การกระจายตัว Light Detected ตามมุมต่างๆไปยัง Cosine ระหว่างแสงตกกระทบและพื้นที่ผิวที่กระจาย เพื่อวัดค่าหลอดไฟตัว Electrometer Microprocessor – Based ไว้สำหรับตั้งค่า (Calibration) สำหรับการรวมตัวที่แตกต่างกันระหว่าง Detector-Filter-Optics จึงมีความจำเป็นต้องมีอุปกรณ์พิเศษสำหรับการวัดค่าแสงสว่างและหลอดไฟ รวมทั้งราคา เครื่องอุปกรณ์ ดังตาราง 1.โดยสมารถที่จะใช้ประโยชน์ในการวัดอุปกรณ์อื่น ๆ เช่น fiber probe probes. telephoto meter.ต้องตั้งตามค่ามาตรฐานของหน่วย SI เท่านั้น

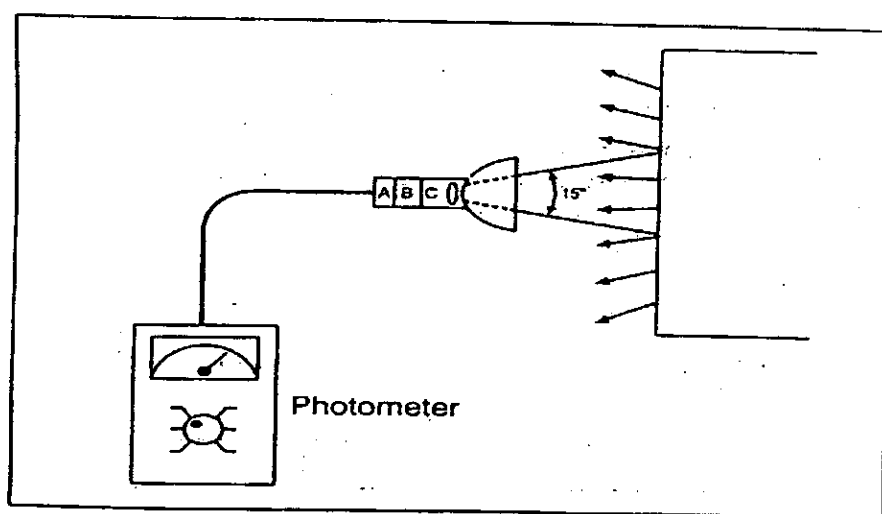
ตาราง 1 ตารางเครื่องมือการวัดความสว่างขั้นพื้นฐาน

Equipment for Basic Photometric Measurement

วัตถุประสงค์(PURPOSE)	ลักษณะเฉพาะ(DESCRIPTION)	(APPROXIMATE PRICE)
Luminance and luminance	Auto ranging handheld power meter with 13 calibration points	\$945
Luminance	CRT luminance sensor with photometric filter, lens, and ambient light shade.	\$365
l luminance	Luminance sensor with photometric filter and cosine diffuser.	\$395
	Total	\$1.7050

(Mommography Quality Control Manual.2537: 190)

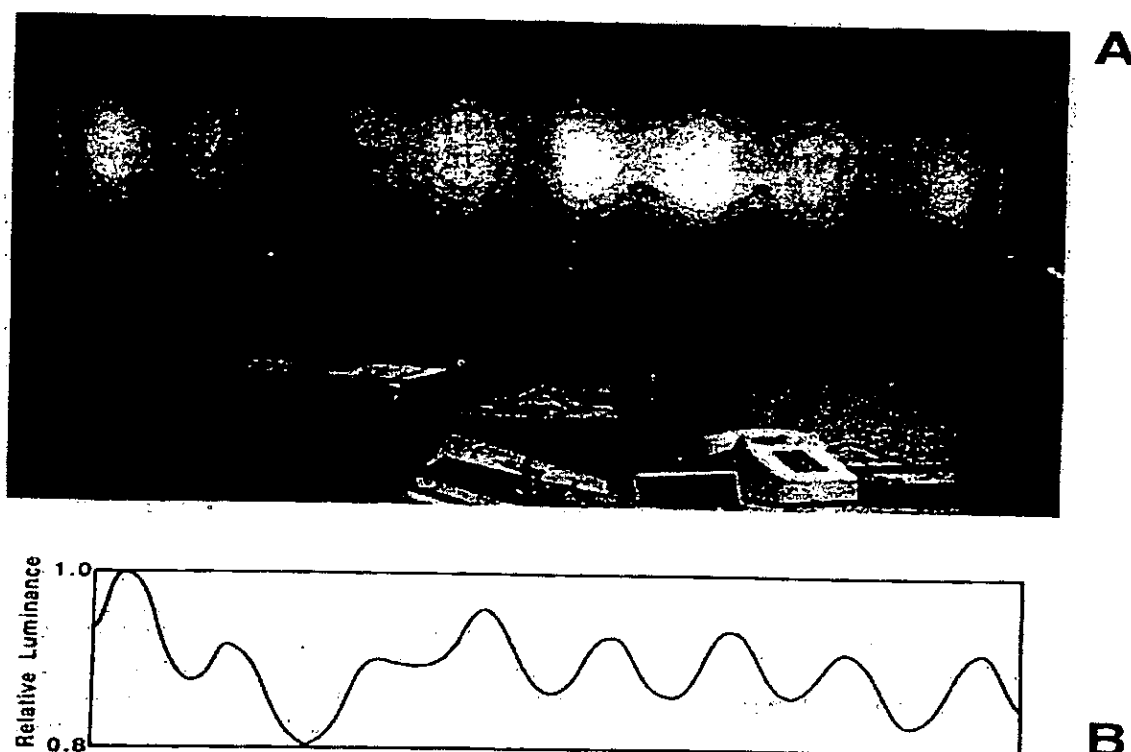
3.7.4 อุณหภูมิของตู้ส่งดูฟิล์มสี (View box Color Temperature) เครื่องวัดตู้ส่งดูฟิล์มสี ทำจากระบบ Photometric อย่างที่แสดงไว้ในรูป



Luminance Measurement (nit)

ภาพประกอบ 13 การวัดค่าความสว่างที่ตู้ส่งดูฟิล์มทั่วไป

(Mommography Quality Control Manual.2537: 191)

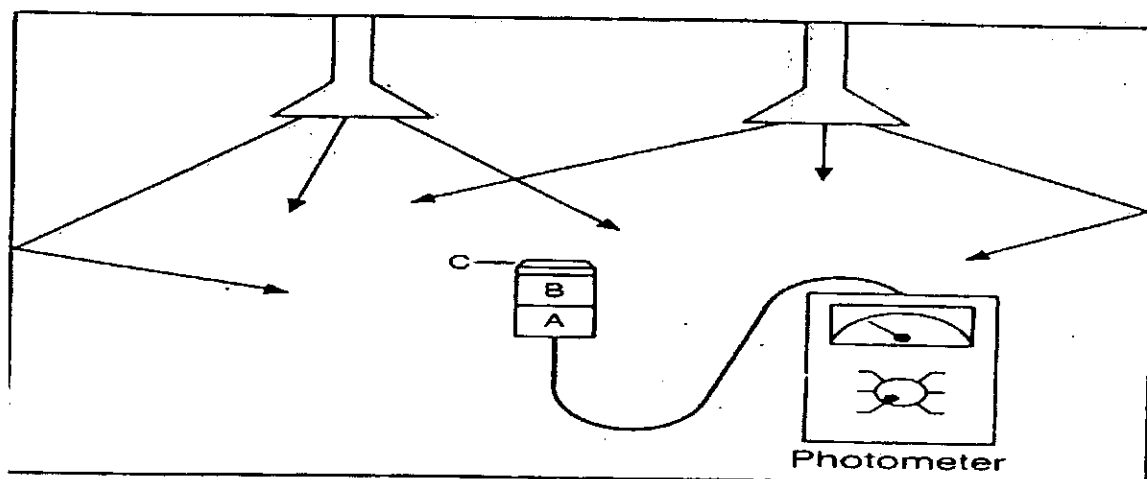


ภาพประกอบ 14 วิธีการวัดค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์
(Mammography Quality Control Manual.2537: 191)

จากภาพประกอบ 15 แสดงการวางเครื่องวัด detector-filter-optics combination ไว้หน้าตู้ส่องดูฟิล์ม ต้องระวังว่าจะมีแสงจากนอกห้องเข้ามาหรือไม่ ตู้ส่องดูฟิล์มจะมีความสว่างอยู่ที่ 1.500 ถึง 3.500 nit ความสว่างของตู้ส่องดูฟิล์มจะเห็นได้ชัดเมื่อมีการเปลี่ยนตำแหน่ง และการวัดค่าควรหลีกเลี่ยงการวัดจากระยะห่าง 2 นิ้วจากขอบตู้ เพราะจะให้ค่าความสว่างน้อยลงและมีกราฟแสดงดังภาพประกอบ 2.4 ห้องอ่านฟิล์มที่มีแสงสลัวเป็นห้องที่เหมาะสมกับการอ่านฟิล์ม เพราะน้อยที่สุดทำให้ค่าความขาวความดำของฟิล์มดีขึ้น และสามารถวางเครื่องตรวจสอบไว้บนผิวหน้าของตู้ส่องดูฟิล์มที่เปิดอยู่ จะมีแสงกระจายอยู่และขนานกับพื้นผิวตู้ส่องดูฟิล์ม ถ้าวัดระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและเครื่องวัด Detector-filter-optics combination จึงมีผลต่อค่าที่วัดได้ของสีหรือแสงที่ตู้ส่องดูฟิล์มให้ ออกมานั้นมีผลต่อสภาพของห้องอ่านฟิล์ม

แสงหรือสีที่ออกมาควรใกล้เคียงกับสีอุณหภูมิของหลอดไฟทั้งสเตนที่ 2.800 องศาเคลวิน หลอดไฟสำหรับถ่ายรูป (Bright photoflood lamp) 3.500 องศาเคลวิน และแสงกลางวัน (Daylight) ประมาณ 5.500 องศาเคลวิน และสีอุณหภูมิต่ำ (Warmer) ที่ให้แสงค่อนข้างเป็นสีแดง ถ้าสีอุณหภูมิสูงที่เรียกว่า cooler จะให้เป็นสีฟ้าหรือน้ำเงิน หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์สามารถให้แสงออกมาหลายสีจึงต้องมีเครื่องมือวัดสีสำหรับการวัดและแยกสีที่เรียกว่า Color temperature meter ปกติใช้ตรวจสอบ 2 อย่างกับเครื่องมือ filters แตกต่างกัน เพื่อวัดช่วงของแสง คลื่นแสง อัตราส่วนของเครื่องวัดทั้งสองขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของแสงที่ให้ออกมาอย่างต่อเนื่อง สีอุณหภูมิของตู้ส่องดูฟิล์มที่ออกมาจากหลอดไฟจะขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟ

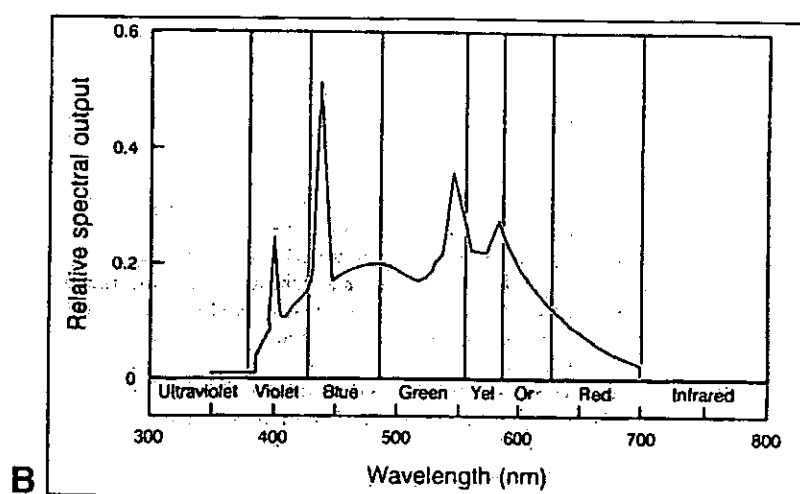
ฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ค่าความสว่างที่มีสะท้อนออกมาจากภายในตู้ส่องดูฟิล์ม และแสงที่ออกมาการส่องผ่านแผ่นพลาสติก acrylic ทางด้านหน้าของตู้ส่องดูฟิล์ม ตู้ส่องดูฟิล์มชนิดพิเศษมีอุณหภูมิสีที่ 7.000 องศาเคลวิน - 10.000 องศาเคลวิน สำหรับกรณีที่ใช้หลอดไฟ daylight



Illuminance Measurement (Lux)

ภาพประกอบ 15 แสดงการวัดความสว่างของแสงที่ตกกระทบจากแหล่งจ่าย 2 แหล่ง

(Mommography Quality Control Manual.2537: 191)

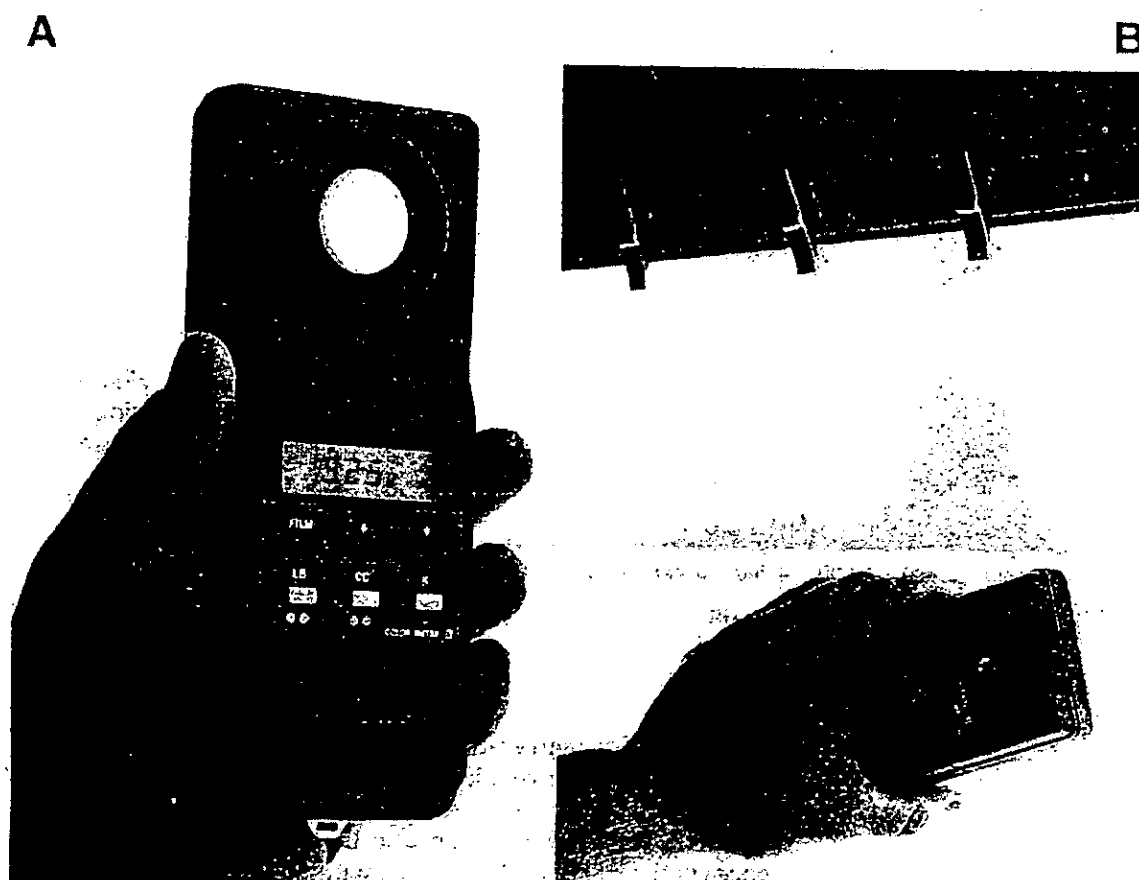


ภาพประกอบ 16 รายละเอียดเฉพาะของหลอด Cool White A . Day Light B.Fluorescent

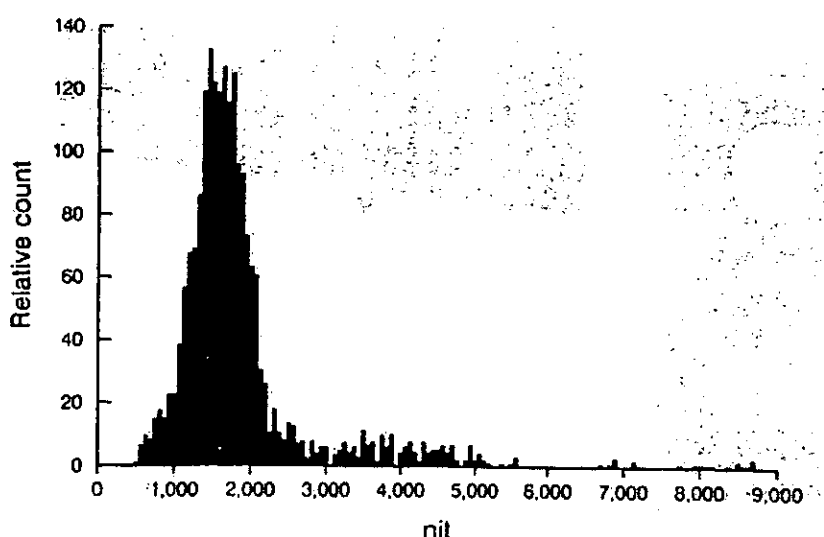
(Mommography Quality Control Manual.2537: 192)

สำหรับตู้ที่ใช้หลอดไฟ cool white วัดค่าได้ประมาณ 5.400 องศาเคลวิน ฉะนั้นถ้าใช้หลอดไฟที่ color temperature ต่างกัน จะให้ความสว่างต่างกัน color temperature ที่ 8.100 องศาเคลวิน จะให้แสงสะท้อนสีขาวภายในตู้ส่องฟิล์ม ส่วน color temperature ที่ 7.700เคลวิน จะให้แสงสะท้อนที่เรียกว่า warm-tinted ค่าความแตกต่างของ color temperature สามารถวัดได้จากตู้ส่องดูฟิล์มที่อยู่ในห้องอ่านฟิล์มเดียวกันและการศึกษาผลการวัดค่าความสว่างของตู้ส่องดูฟิล์มเบื้องต้น (Preliminary view Box Measurement

Results) โดยมีการแสดงลักษณะของเส้นกราฟจากการวัดค่าความสว่างมีการศึกษาบันทึกข้อมูลค่าความสว่างที่ได้แล้วนำมาทำเป็นเส้นกราฟค่าความสว่าง (The Histogram Of Lumens) เราเก็บข้อมูลจากตู้ส่งดูฟิล์มทั้งหมดจำนวน 349 ตู้ค่าแสงสว่างโดยเฉลี่ยของกลุ่มอยู่ที่ 1.680 นิต (nit) โดยไม่รวมตู้ส่งดูฟิล์มแมมโมแกรม และตู้ส่งดูฟิล์มครึ่งละหลาย ๆ แผ่น (multi viewer) ค่าเฉลี่ยของตู้ส่งดูฟิล์มแมมโมแกรม อยู่ที่ 7.940 nit โดยค่าเฉลี่ยของตู้ส่งดูฟิล์ม (Multiviewers) คือ 3.240-nit ค่าเฉลี่ยของแสงสลับในห้องอยู่ที่ 49.8-lux ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิอยู่ที่ 8.430 องศาเซลเซียส



ภาพประกอบ 17 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความสว่างและอุณหภูมิของสี
(Mammography Quality Control Manual.2537: 193)



ภาพประกอบ 18 แสดงกราฟเฉพาะของค่าความสว่าง
(Mammography Quality Control Manual.2537: 194)

Mammographic View Box Measurements from Five Institutions

Feature	Number of Panels	Average	Minimum	Maximum
Luminance (nit)	23	2,920	1,620	3,630
Illuminance (lux)	23	40	6	97
Color temperature (°K)	23	8,400	4,950	10,900

ตาราง 2 Mammography View box Measurements

(Mammography Quality Control Manual.2537:195)

จากตาราง 2 เราสามารถแยกผลจากความสว่างของตู้ส่องฟิล์มจาก 5 สถาบันแมมโมแกรมในสหรัฐอเมริกาและจากประเทศสวีเดนค่าแสงสว่างโดยเฉลี่ยคือ 2.920lux ค่าความสลัวในห้องอยู่ที่ 40-lux ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสีคือ 8,400 องศาเคลวิน

สรุปตู้ส่องดูฟิล์มแมมโมแกรมจะให้ค่าความสว่างสูงกว่าตู้ส่องดูฟิล์มทั่วไปถ้าอยู่ในห้องที่มีดสลัวจะมีค่าความดำและความขาวมากที่สุด

คำแนะนำในการปฏิบัติ (Suggested Performance Criteria)ตู้ส่องดูฟิล์มแมมโมแกรมต้องมีค่าความสว่างอยู่ที่ 3.000 ถึง 3.500 lux ระดับแสงสลัวในห้องอยู่ที่ 50 lux หรือน้อยกว่า ค่าอุณหภูมิสีอยู่ที่ข้างตู้ส่องดูฟิล์มอยู่ที่ 8,400 องศาเคลวิน สภาพของห้องอ่านฟิล์ม มีที่บังแสงรอบบริเวณแผ่นภาพแมมโมแกรม โดยไม่รวมถึงแสงจากภายนอกที่ไม่ต้องการ ซึ่งทำให้ความดำความขาวของฟิล์มลดลง การจำกัดให้ดูฟิล์มโดยไม่ต้องใช้ไฟส่องสว่างแรงสูง (bright lighting) ในแต่ละฟิล์ม ตู้ส่องดูฟิล์มควรวางอยู่ห่างจาก

หน้าต่างและตัวฟิล์มอื่น แหล่งกำเนิดแสงอื่นๆทั้งทางตรงหรือทางอ้อม เป็นการถ่ายภาพรังสีของเต้านมโดยใช้เครื่องเอกซเรย์เต้านมภาพจะถูกบันทึกลงบนแผ่นฟิล์มโดยแสงที่เรืองจาก intensifying screen ที่ให้รายละเอียดได้ดีมาก สามารถใช้กับระบบการล้างฟิล์มธรรมดา และปริมาณรังสีที่ใช้น้อยมากประมาณ 1 ใน 3 ของการถ่ายภาพด้วยวิธี Xeromammography)ในการตรวจแมมโมแกรม เพื่อให้เห็นส่วนของChest wall (เป็นผู้ถ่ายภาพโดยใช้แสงเอกซเรย์ถ่ายภาพลงบนแผ่นซีลีเนียมอัลลอยด์ (Selenium alloy) ซึ่งเป็นสาร Photoconductive แล้วเกิดประจุเป็นภาพที่มองไม่เห็น (Latent Image) เมื่อนำไปล้างโดยผ่านผงฝุ่น (Thermoplastic Powder) ทำหน้าที่เป็น toner แล้วถ่ายภาพกระดาษ โดยผ่านความร้อนเป็นภาพถาวรที่มองเห็นได้ แผ่นซีลีเนียมนี้สามารถนำกลับมาใช้อีกโดยผ่านเข้าเครื่อง conditioner ข้อดีคือแสดงขอบลายเส้นต่าง ๆ ได้ชัดเจน (Edge Enhancement) เห็น หินปูนขนาด 2 มิลลิเมตรหรือเล็กกว่าได้ สามารถใช้เครื่องเอกซเรย์ธรรมดาถ่ายได้ แต่ต้องมีอุปกรณ์เพิ่มประกอบด้วย ส่วน Conditioner และส่วน Processor

ข้อเสีย คือปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับมาก ราคาแพงและรายละเอียดส่วนอื่นๆเสียไปโดยเฉพาะส่วนที่หนา ๆ จึงไม่เป็นที่นิยม

4. พื้นฐานทางด้านการส่องสว่าง

พื้นฐานทางด้านการส่องสว่างมีความจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ก่อนที่จะเข้าไปดำเนินการในเรื่องการคำนวณค่าแสงสว่างภายในตู้ส่องดูฟิล์มเอกซเรย์

- 4.1 ความส่องสว่างและความสว่าง
- 4.2 องศาเคลวิน
- 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่าง
- 4.4 หลอดไฟฟ้าต่าง ๆ . ลูเมนและอายุการใช้งานของหลอด
- 4.5 โคมไฟฟ้า คุณภาพโคม และแสงบาดตา
- 4.6 ความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง
- 4.7 ระบบการให้แสง
- 4.8 หลอดฟลูออเรสเซนต์

4.1 ความส่องสว่างและความสว่าง(สมาคมไฟฟ้าและแสงสว่างแห่งประเทศไทย www.tira.net)

4.1.1 ความส่องสว่าง (อิลูมินานซ์) หมายถึงปริมาณแสงที่กระทบลงบนวัตถุต่อพื้นที่หน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร หรือ ลักซ์ (ถ้าหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางฟุต ความส่องสว่างก็เป็น ฟุตแคนเดิล)

$$\text{อิลูมินานซ์} = \frac{\text{ปริมาณแสง (ลูเมน)}}{\text{พื้นที่ (m}^2\text{)}}$$

(3)

4.1.2 ความสว่าง (ลูมินานซ์) หมายถึงปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อ

พื้นที่ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ปริมาณแสงที่เท่ากันเมื่อตกกระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมิแนนซ์ ต่างกันสาเหตุที่ต่างกันก็เนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุต่างกัน

4.2 องค์การเคหะแห่งชาติในการบอกสีทางด้านการส่องสว่างมักด้วยอุณหภูมิสี ซึ่งหมายถึงสีที่เกิดจากการเผาไหม้วัตถุสีดำซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนดเช่นหลอดฟลูออเรสเซนต์คู่ลวท์มีอุณหภูมิสี 6500 องศาเคลวิน หมายถึง เมื่อเผาวัตถุสีดำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 6500 เคลวิน วัตถุนั้นจะเปล่งแสงออกมาเป็นสีคู่ลวท์หรือขาวปนน้ำเงิน เป็นต้น ตัวอย่างอุณหภูมิสีของหลอดต่างๆเป็นดังนี้

เทียนไข	1900	เคลวิน
หลอดอินแคนเดสเซนต์	2800	เคลวิน
หลอดฟลูออเรสเซนต์		
- เดย์ไลท์ (Daylight)	6500	เคลวิน
- คู่ลวท์ (Cool White)	4500	เคลวิน
- วอร์มวท์ (Warm White)	3500	เคลวิน

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิสีและความส่องสว่างการเลือกชนิดของหลอดที่ใช้ควรให้สัมพันธ์กันระหว่างความส่องสว่าง (ลักซ์) และ อุณหภูมิสีของหลอด หลอดที่มีอุณหภูมิสีต่ำควรใช้กับความส่องสว่างต่ำ หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงควรใช้กับความส่องสว่างสูง และ ถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีต่ำกับความส่องสว่างสูงจะตกไปในแนวทางด้านบนจะรู้สึกจ้า และถ้าใช้หลอดที่มีอุณหภูมิสีสูงกับความส่องสว่างต่ำจะรู้สึกทึบ

4.4 หลอดไฟฟ้าต่างๆลูเมนและอายุการใช้งานของหลอดหลอดไฟฟ้าแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆได้ดังนี้

4.4.1 หลอดอินแคนเดสเซนต์ หรือหลอดมีไส้

4.4.2 หลอดปล่อยประจุ เป็นหลอดที่ไม่ต้องใช้ไส้หลอด หลอดในตระกูลนี้มี

หลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดปรอทความดันไอต่ำ) หลอดคอมแพคท์ หลอดปรอทความดันไอสูง หลอดโซเดียมความดันไอต่ำสูงและสูง หลอดเมทัลฮาไลด์

4.4.3 หลอดอินแคนเดสเซนต์ เป็นหลอดมีไส้ที่มีประสิทธิผล (Efficacy) ต่ำ และมีอายุการใช้งานสั้นในเกณฑ์ประมาณ 1.000-3.000 ชม. หลอดประเภทนี้มีอุณหภูมิสีประมาณ 2.800 องศาเคลวิน แต่ให้แสงที่มีค่าความถูกต้องของสี 100 %

4.4.4 หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight cool white และ warm white ชนิดของหลอดชนิดนี้ที่ใช้งานกันทั่วไปคือแบบ Linear ขนาด 18 และ 36 วัตต์ และ Circular 22 32 และ 40 วัตต์ และมีประสิทธิผลประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ ถือว่าสูงพอสมควรและประหยัดค่าไฟฟ้าเมื่อเทียบกับหลอดอินแคนเดสเซนต์ซึ่งมีค่าประมาณ 10-15 ลูเมนต่อวัตต์ และมีอายุการใช้งาน 9.000-12.000 ชม.

4.4.5 หลอดคอมแพคท์ฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือ daylight cool white และ warm white เช่นเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบที่ใช้งานกันมากคือหลอดเตี้ย มีขนาดวัตต์ 5 7 9 11 วัตต์และหลอดคู่ มีขนาดวัตต์ 10 13 18 26 วัตต์ เป็นหลอดที่พัฒนาขึ้นมาแทนที่หลอดอินแคนเดสเซนต์ และมีประสิทธิผลสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ คือประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ และ อายุการใช้งานประมาณ 5.000-8.000 ชม

4.4.6 หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ หลอดประเภทนี้มีสีเหลืองจัดและประสิทธิภาพมากที่สุด ในบรรดาหลอดทั้งหมด คือ มีประสิทธิภาพประมาณ 120-200 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ความถูกต้องของสีน้อยที่สุด คือ มีความถูกต้องของสีเป็น 0 % ข้อดีของแสงสีเหลืองเป็นสีที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ดีที่สุด หลอดประเภทนี้ จึงเหมาะเป็นไฟถนนและอายุการใช้งานนานประมาณ 16.000 ชั่วโมง หลอดมีขนาดวัตต์ 18 35 55 90 135 และ 180 วัตต์

4.4.7 หลอดโซเดียมความดันไอสูง หลอดโซเดียมความดันไอสูงมีประสิทธิภาพรองจาก หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ คือ มีประสิทธิภาพประมาณ 70-90 ลูเมนต่อวัตต์ แต่ความถูกต้องของสีดีกว่า หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ คือ 20 % และมีอุณหภูมิสีประมาณ 2.500 เคลวิน เป็นอุณหภูมิสีต่ำเหมาะกับ งานที่ไม่ต้องการความสว่างมาก เช่น ไฟถนน ไฟบริเวณ ซึ่งต้องการความส่องสว่างประมาณ 5-30 ลักซ์ และอายุการใช้งานประมาณ 24.000 ชั่วโมง มีขนาดวัตต์ 50 70 100 150 250 400 และ 1.000 วัตต์

4.4.8 หลอดปรอทความดันไอสูง หรือที่ชาวบ้านเรียกว่าหลอดแสงจันทร์ และมีประสิทธิภาพ สูงพอๆกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ มีประสิทธิภาพประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ แสงที่ออกมามีความถูกต้อง ของสีประมาณ 60% ส่วนใหญ่ใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อต้องการวัตต์สูงๆในพื้นที่ที่มีเพดานสูง อุณหภูมิ สีประมาณ 4.000-6.000 เคลวิน แล้วแต่ชนิดของหลอด และอายุการใช้งานประมาณ 8.000-24.000 ชั่วโมง มีขนาดวัตต์ 50 80 125 250 400 700 และ 1.000 วัตต์

4.4.9 หลอดเมทัลฮาไลด์ หลอดเมทัลฮาไลด์ก็เหมือนกับหลอดปล่อยประจุอื่นๆแต่มีข้อดีที่ ว่ามีสเปกตรัมแสงทุกสี ทำให้สีทุกชนิดเด่นภายใต้หลอดชนิดนี้ นอกจากความถูกต้องของสีสูงแล้ว แสงที่ออก มาก็อาจมีตั้งแต่ 3.000-4.500 เคลวิน (ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตต์) ส่วนใหญ่นิยมใช้กับสนามกีฬาที่มีการถ่าย ทอดโทรทัศน์ มีอายุการใช้งานประมาณ 6.000-9.000 ชั่วโมง และมีขนาดวัตต์ 100 125 250 300 400 700 และ 1.000 วัตต์

4.5 โคมไฟฟ้า คุณภาพโคม และแสงบาดตา

4.5.1 โคมไฟฟ้า ทำหน้าที่บังคับทิศทางของแสงให้ส่องไปในทิศทางต้องการทำให้ประสิทธิ ภาพการใช้งานของหลอดไฟฟ้าสูงมากขึ้นคุณภาพของโคมพิจารณาได้จากหลายองค์ประกอบตั้งแต่อัตราส่วน แสงจากโคม อุณหภูมิสะสมในโคม แสงบาดตา ความปลอดภัยของโคมวัสดุที่ใช้ทำโคม

4.5.2 ความปลอดภัยของโคม ถือเป็นอันดับแรกที่ต้องพิจารณาเพราะเกี่ยวข้องกับ ความ ปลอดภัยของผู้ใช้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องขั้วต่อสายไปซึ่งควรใช้ที่สามารถทนความร้อนได้ดี ขั้วรับ หลอดโดยเฉพาะ ขั้วรับหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฮาโลเจนแรงดันต่ำ ซึ่งต้องทนความร้อนสูงมาก ดังนั้นการเลือกวัสดุที่ใช้ ก็เพื่อให้เกิดความปลอดภัยไม่ให้เกิดไฟไหม้การวัดประสิทธิภาพของโคมสามารถบอกได้เป็น อัตราส่วนแสง จากโคม (Light Output Ratio) ซึ่งหมายถึง อัตราส่วนปริมาณแสงที่ออกจากโคมต่อปริมาณแสงที่ออกจากตัว หลอด ถ้าอัตราส่วนแสงจากโคมมีค่ามากก็หมายถึงปริมาณแสงออกจากตัวโคมมีมาก นั่นคือประสิทธิภาพ ของโคมในการสะท้อนแสงออกมาดี

4.5.3 อุณหภูมิสะสมในโคม มีผลต่อประสิทธิภาพของโคมมาก เพราะไปเกี่ยวข้องกับลูเมน

ของหลอดที่ได้ออกมา หลอดเมื่อใส่ในโคมถ้าไม่มีการระบายอากาศที่ดีทำให้ความร้อนสะสมในโคมทำให้โคมและหลอดร้อนขึ้น อุณหภูมิที่เปล่งออกจากหลอดก็ลดลง บางครั้งอุณหภูมิของหลอดตกลงถึง 25-40 % ดังนั้นการเลือกโคมต้องพิจารณาเรื่องการระบายอากาศในโคมด้วยซึ่งมักไม่ค่อยได้พิจารณากันโดยแบ่งการทดสอบออกเป็นชนิดของหลอดต่างๆและสามารถสรุปผลได้ดังนี้

4.5.3.1 สำหรับหลอดอินแคนเดสเซนต์หลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นหลอดใส่ในการใช้งานจะมีอุณหภูมิที่หลอดค่อนข้างสูงทำให้โคมมีอุณหภูมิสูงไปด้วยแต่ปริมาณแสงจากหลอดจะไม่ลดลงมากเนื่องจากการทำงานของหลอดไม่ต้องอาศัยก๊าซในการทำงานจึงไม่ได้รับผลกระทบจากความร้อนที่เพิ่มขึ้นมากแต่ความร้อนนี้จะมีผลกับอายุการใช้งานของหลอดเพราะยังเกิดความร้อนมากขึ้นยิ่งทำให้อายุการใช้งานสั้นลง

4.5.3.2 สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โคมสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์จะไม่มีช่องเพื่อช่วยในการระบายอากาศอยู่ภายในผ้า ในการพิจารณาจะแบ่งเป็น 2 แบบคือ โคมที่ด้านหน้าเป็นโคมเปิดหมายถึงไม่มีตัวกรองแสงปิดด้านหน้าและโคมที่ด้านหน้าเป็นโคมปิดโคมที่ด้านหน้าเป็นโคมเปิดจะสามารถถ่ายเทความร้อนได้จากอากาศที่พัดผ่านด้านหน้า ดังนั้นปริมาณแสงจึงลดลงไม่มาก แต่ถ้าเป็นโคมที่ด้านหน้ามีตัวกรองแสงปิดอยู่การระบายจะเป็นไปได้ยากและเมื่อเกิดความร้อนขึ้นจะทำให้ปริมาณแสงจากหลอดลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และจะมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง

4.5.3.3 สำหรับหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์การใช้งานหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์จะมีลักษณะการวางหลอด 2 แบบ คือการวางหลอดในแนวตั้งและการวางหลอดในแนวนอน การวางหลอดในแนวตั้งนั้นเมื่อเปิดใช้งานปริมาณแสงจากหลอดจะลดลงอยู่ในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์ เพราะอากาศร้อนจะถูกพัดขึ้นไปด้านบนและออกจากโคมไป แต่ถ้าเป็นหลอดที่วางในแนวนอนนั้น ปริมาณแสงจะลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์ขึ้นอยู่กับระยะห่างระหว่างตำแหน่งติดตั้งหลอดและผนังด้านบนของโคมว่ามีค่ามากน้อยเพียงใด ยิ่งระยะห่างน้อยปริมาณแสงยิ่งลดลงมากสำหรับการใช้งานหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ที่มีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ภายในตัวนั้นในการทดสอบได้ใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ในโคมสำหรับหลอด GLS 100 วัดผลที่ได้ไม่ต่างจากการใช้หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์วางในแนวตั้งเท่าใดนักโดยปริมาณแสงที่ลดลงจะอยู่ในช่วง 5-10 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่ถ้าเปรียบเทียบระหว่างโคมสำหรับหลอด GLS 100 วัดผล ที่มีช่องระบายอากาศด้านบนกับโคมสำหรับหลอด GLS ที่ปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดแล้วจะพบว่าโคมที่ปิดช่องระบายอากาศทั้งหมดจะมีปริมาณแสงลดลงมากกว่าซึ่งบางครั้งอาจมีค่าลดลงมากกว่าโคมที่ไม่ปิดช่องระบายอากาศถึง 6 เปอร์เซ็นต์

4.5.4 แสงบาดตา (Glare) หมายถึง แสงที่เข้าตาแล้วทำให้มองเห็นวัตถุได้ยากหรือมองไม่เห็นเลย การจัดโคมให้ส่องสว่างโดยทั่วไปต้องการแสงบาดตาน้อยที่สุด โคมไฟฟ้าแต่ละชนิดให้แสงบาดตาไม่เหมือนกันมาตรฐานมีการกำหนดไว้เหมือนกันว่าถ้าต้องการคุณภาพของแสงสว่างที่ดีที่ความส่องสว่างเท่าใดควรมีแสงบาดตาเป็นอย่างไรแสงบาดตามีด้วยกันสองแบบใหญ่ๆ คือ แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้ (disability glare) และแสงบาดตาแบบไม่สบายตา (discomfort glare) แสงบาดตาแบบไม่สามารถมองเห็นได้เป็นแสงบาดตาประเภทประเภทที่ไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ เช่น มีแสงเข้าตามากจนไม่สามารถมองเห็นวัตถุได้ ส่วนแสงบาดตาแบบไม่สบายตา เป็นแสงบาดตาประเภทที่ยังมองเห็นวัตถุได้แต่เป็นไปด้วยความลำบากและไม่สบายตาเพราะมีแสงย้อนเข้าตามาก

4.5.5 กราฟลูมิแนนซ์ หรือ กราฟแสงบาดตา (Luminance Curve) การพิจารณาคุณสมบัติทางด้านแสงของโคม นอกจากต้องพิจารณาถึงกราฟการกระจายแสงของโคมเป็นอันดับแรก เพื่อให้ทราบว่าโคมให้ปริมาณแสงออกมาในทิศทางต่างๆเป็นอย่างไรแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็ต้องพิจารณาว่าโคมที่ให้แสงออกมานั้นมีคุณภาพเป็นอย่างไรมีแสงบาดตามากน้อยเพียงใดและอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่การพิจารณาเรื่องแสงบาดตามีหลายมาตรฐานและแต่ละมาตรฐานมีวิธีการพิจารณาไม่เหมือนกันวิธีการพิจารณาแสงบาดตาที่มีรูปธรรมและใช้กันมากได้แก่การพิจารณาแสงบาดตาโดยใช้กราฟลูมิแนนซ์ซึ่งมีสองกราฟขึ้นอยู่กับชนิดของโคมหรือการให้แสงออกจากโคมไฟ

4.5.6 วัสดุที่ใช้ทำโคม ควรประกอบด้วยวัสดุที่สามารถใช้งานทนทานและไม่ลอกง่าย ทนความร้อนได้สูง และมีการสะท้อนแสงที่ดีเพื่อประสิทธิภาพสูงของโคม ทั้งนี้รวมถึงอุปกรณ์ย่อย เช่น บัลลัสต์ ขั้วรับหลอด ขั้วสตาร์ทเตอร์ คาปาซิเตอร์ เป็นต้น

4.5.7 วัสดุสะท้อนแสงในโคมและคุณสมบัติของตัวสะท้อนแสงวัสดุเพื่อใช้ในการสะท้อนแสงหรือส่งผ่านแสงในโคมมีสองชนิด คือ วัสดุสำหรับสะท้อนแสงซึ่งอาจมีผิวมันหรือหยาบ ถ้าเป็นชนิดผิวมันก็สะท้อนแสงออกไปในทิศทางตรงกันข้ามกับการตกกระทบของแสง แต่ถ้าเป็นวัสดุผิวหยาบก็จะกระจายแสงที่ตกกระทบลงมากออกเป็นหลายทิศทาง ส่วนวัสดุส่งผ่านแสงอาจทำด้วยแก้วหรือส่วนผสมหรือคล้ายพลาสติกมีไว้เพื่อส่งผ่านแสงออกไปในทิศทางที่ต้องการการออกแบบความโค้งของตัวสะท้อนแสงของโคมเพื่อให้ได้แสงออกมาเพื่อใช้ตามที่ต้องการในแต่ละโคมโดยมีแสงบาดตาน้อย หรือ การออกแบบการส่งผ่านเพื่อให้แสงหักเหออกไปในทิศทางที่ต้องการ เช่น ตัวกรองแสงในโคมไฟถนน เป็นต้น การออกแบบดังกล่าวไม่ใช่เรื่องง่าย และถือเป็นศาสตร์อย่างหนึ่งที่ต้องใช้เวลา ความสามารถในการเรียนรู้ รวมทั้งประสบการณ์จึงจะสามารถทำได้ ในประเทศที่มีการผลิตโคมเพื่อการส่งออกจำเป็นต้องอาศัยการออกแบบดังกล่าว

4.6 ความสม่ำเสมอของการส่องสว่างในพื้นที่ทำงานที่ต้องการความส่องสว่างสม่ำเสมอ เช่น ในสำนักงานที่มีการโยกย้ายโต๊ะทำงานบ่อยๆ ควรมีอัตราความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ย ไม่ต่ำกว่า 0.8 ความส่องสว่างต่ำสุดต่อความส่องสว่างเฉลี่ยไม่ควรน้อยกว่า 0.8 ในพื้นที่ทำงานที่ไม่จำเป็นต้องมีความส่องสว่างสม่ำเสมอ ความส่องสว่างโดยรอบบริเวณทำงานไม่ควรมีความส่องสว่างน้อยกว่า 1/3 ของความส่องสว่างที่โต๊ะ หรือ พื้นที่ทำงาน เช่น ในห้องผู้จัดการ ที่โต๊ะทำงานมีความส่องสว่าง 500 ลักซ์ บริเวณรอบข้างไม่ควรมีความส่องสว่างน้อยกว่า $500/3 = 170$ ลักซ์ เป็นต้น ความส่องสว่างรอบโต๊ะทำงานไม่ควรน้อยกว่า 1/3 ของความส่องสว่างที่โต๊ะในพื้นที่ทำงานข้างเคียงไม่ควรมีความส่องสว่างต่างกันมากกว่า 5:1 เช่น ในห้องทำงานมีความส่องสว่าง 500 ลักซ์ เมื่อเดินออกนอกห้องแล้ว ความส่องสว่างด้านนอกไม่ว่าจะเป็นทางเดินหรืออะไรก็แล้วแต่ไม่ควรมีความส่องสว่างน้อยกว่า 100 ลักซ์ เป็นต้นในพื้นที่ทำงานข้างเคียงไม่ควรมีความส่องสว่างต่างกันมากกว่า 5 เท่าตัว

4.7 ระบบการให้แสงส่องสว่างพื้นฐานที่ต้องใช้เพื่อการใช้งานแยกออกได้เป็นระบบต่างๆดังนี้

4.7.1 แสงสว่างทั่วไป (General Lighting) คือ การให้แสงกระจายทั่วไปทั้งบริเวณพื้นที่ใช้งานซึ่งใช้กับความส่องสว่างที่ไม่มากจนเกินไป

4.7.2 แสงสว่างเฉพาะที่ (Locallised Lighting) คือ การให้แสงสว่างเป็นบางบริเวณที่ต้องการใช้ไฟแสงสว่างมาก เพื่อการประหยัดพลังงาน

4.7.3 แสงสว่างเฉพาะที่และแสงสว่างทั่วไป (General and Locallised Lighting) คือ การให้แสงสว่างทั้งแบบทั่วไปทั้งบริเวณและเฉพาะที่ที่ทำงาน ซึ่งมักใช้กับงานที่ต้องการความส่องสว่างสูงซึ่งไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่างทั่วไปได้เพราะเปลืองค่าไฟฟ้ามาก แต่ก็ไม่สามารถให้แสงแบบแสงสว่าง

เฉพาะที่ได้เพราะเมื่อเงยหน้าจากการทำงานก็จะพบบริเวณ ข้างเคียงมืดเกินไป ทำให้สายตาเสียได้โดยแสดงดังตาราง 3 ที่แสดงมาตรฐานต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้

ตาราง 3. แสดงการเปรียบเทียบค่าความสว่างในโรงงานตามมาตรฐาน CIE .IES .และ BS

(ไชยะ แซ่มซ้อย .2544:37)

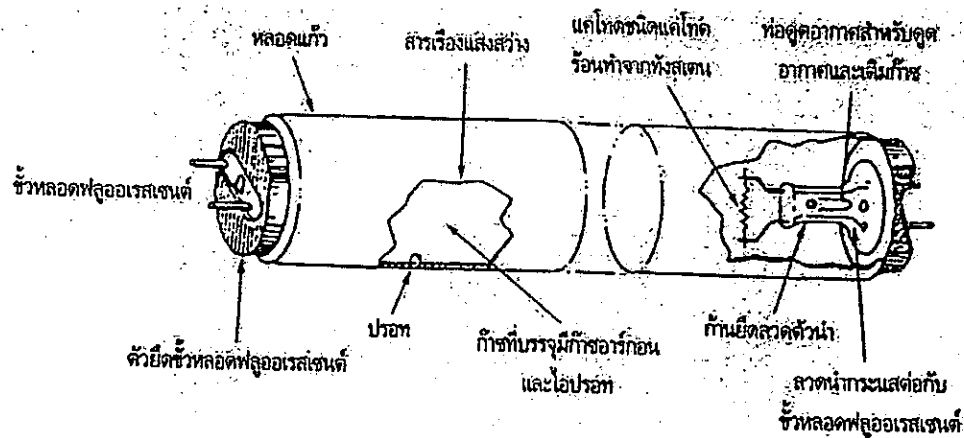
พื้นที่ต่าง ๆ	CIE	IES	BS
งานทั่วไป	150-200-300	200-300-500	200
งานหยาบ	200-300-500	500-750-1000	300
งานละเอียดปานกลาง	300-500—750	1000-1500-2000	500
งานละเอียด	500-750-1000	2000-3000-5000	750
งานละเอียดมาก	1000-1500-2000	5000-7500-10000	1000

4.8 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)(ชาญศักดิ์ 2540:198)หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายอยู่ในปัจจุบัน สำหรับบ้านพักอาศัย สำนักงาน ร้านค้า ตลอดจนห้างสรรพสินค้าต่าง ๆ เพราะว่าหลอดไฟฟ้าประเภทนี้ให้แสงสว่างและมีสีของแสงสว่างและประสิทธิภาพดีกว่าหลอดไส้และมีอายุการใช้งานนานกว่า ตัวอย่างเช่น หลอดไส้ขนาด 40 วัตต์ มีอายุการใช้งานตามมาตรฐาน 1.250 ชั่วโมง ให้แสงสว่างของแสงสว่างออกมาประมาณ 430 ลูเมน แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 8.000-12.000 ชั่วโมง ให้ปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกมาประมาณ 3.100 ลูเมน ซึ่งมากกว่าหลอดไส้ถึง 7-8 เท่า และที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งก็คือ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์และแสงแยงตาจะน้อยกว่าหลอดไส้ สำหรับ

หลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นจะมีรูปร่างลักษณะแตกต่าง

4.8.1 ตัวหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Bulb) หลอดแก้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีอยู่หลายลักษณะด้วยกัน เช่น เป็นรูปทรงกระบอก รูปวงกลมหรือรูปตัวยู (U) วัตถุประสงค์ก็เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการนำไปใช้งานในสถานที่ต่าง ๆ และมีการจำแนกขนาดตามความกว้างของเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ตั้งแต่ T5 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 5/8 นิ้ว) จนถึงขนาด T17 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ½ นิ้ว) เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด T12 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 ½ นิ้ว มีความยาว 2 ฟุตถึง 8 ฟุตภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะบรรจุด้วยก๊าซเฉื่อยสารปรอทและเคลือบด้วยสารเรืองแสงสว่างนอกจากนี้ตัวหลอดฟลูออเรสเซนต์ยังทำหน้าที่เป็นตัวยึดของแคโทด (Cathode) ก๊าซที่บรรจุอยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์นี้จะแตกตัวออกเป็นไอออน (ion) เมื่อแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วแคโทดทั้ง 2 ข้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีค่าสูงพอ เมื่อก๊าซแตกตัวเป็นไอออนความต้านทานทางไฟฟ้าภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็จะต่ำลงทันทีทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ไปกระทบไอปรอทที่บรรจุอยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ไอปรอทนี้จะเปล่งรังสีอัลตราไวโอเลตออกมา ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 253.7 นาโนเมตร และรังสีอัลตราไวโอเลตที่เกิดขึ้นนี้จะวิ่งไปทั่วทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ เมื่อไปกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบอยู่ที่ผิวด้านในหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็จะทำให้มองเห็นหลอดฟลูออเรสเซนต์สว่างขึ้น

ส่วนประกอบต่าง ๆ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ดังภาพประกอบ 19.



ภาพประกอบ 19. แสดงส่วนประกอบต่างๆของหลอดฟลูออเรสเซนต์
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:39)

4.8.2 รายละเอียดและส่วนประกอบต่างๆของหลอดฟลูออเรสเซนต์

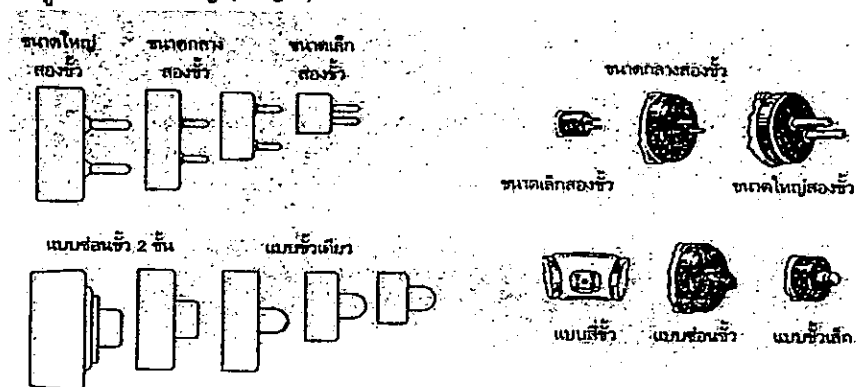
4.8.2.1 ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Base) ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ หมายถึง ขั้วที่อยู่บริเวณหัวและท้ายของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ลักษณะของขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ เช่น แบบเป็นขั้วคู่ (Bi-Pin Base) แบบขั้วเดี่ยว (Single Pin Base)

สำหรับแบบขั้วคู่ นั้น ยังแบ่งออกเป็นขนาดต่าง ๆ 3 ขนาดด้วยกัน คือ

ขั้วคู่ ขนาดเล็ก (Miniature)

ขั้วคู่ ขนาดกลาง (Medium)

ขั้วคู่ ขนาดใหญ่ (Mogul)



ภาพประกอบ 22. แสดงลักษณะขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่าง ๆ (ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:40)

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีรูปร่างเป็นแบบวงกลม (Circular Lamp) จะมีขั้ว 4 ขั้ว อยู่ระหว่างขั้วของแคโทดทั้งสองที่จะบรรจบกัน

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีรูปร่างเป็นแบบตัวยู (U-Shaped Lamp) ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์จะเป็นแบบขั้วคู่ ซึ่งจัดอยู่ในประเภทขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วคู่ขนาดกลาง (Medium Bi-Pin Base)

4.8.2.2 อิเล็กโทรด หรือแคโทด (Electrode or Cathode) ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีอิเล็กโทรดหรือแคโทดเป็นตัวปล่อยกระแสไฟฟ้า (Current Emitting) อิเล็กโทรดหรือแคโทดที่นิยมใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

ก. แคโทดร้อน (Hot Cathode) จะมีลักษณะเป็นแบบขดลวดซ้อนขดลวด (Coiled-Coil) หรือเป็นแบบขดลวดซ้อนขดลวดแล้วเอาแบบขดลวดซ้อนขดลวดมาซ้อน อีกครั้งหนึ่ง (Triple-Coil) และแบบที่มีเส้นลวดเสียบอยู่บริเวณตรงกลางอีกที (Stick Coil) มีลักษณะของขดลวดตั้งภาพประกอบ 20 และขดลวดจะถูกเคลือบด้วยออกไซด์ของโลหะหมู่สองอีกทีหนึ่ง ซึ่งจะเป็นตัวปล่อยอิเล็กตรอนเมื่อถูกทำให้ร้อน และอิเล็กตรอนจะถูกปล่อยได้มากที่สุดที่อุณหภูมิประมาณ 900 °C

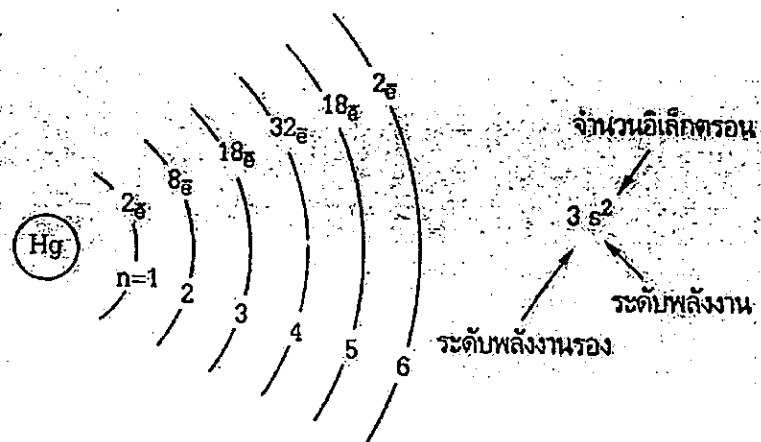
ข. แคโทดเย็น (Cold Cathode) ทำจากโลหะที่เป็นเหล็กล้วน ๆ และจะเป็นตัวปล่อยอิเล็กตรอนออกมาภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ อายุการใช้งานจะน้อยกว่าแบบแคโทดร้อน โดยทั่วไปแบบแคโทดร้อนจะเป็นที่นิยมใช้ทำเป็นอิเล็กโทรดในหลอดฟลูออเรสเซนต์มากกว่าอย่างอื่น

4.8.2.3 สารและก๊าซที่เติมเข้าไปในหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีดังนี้

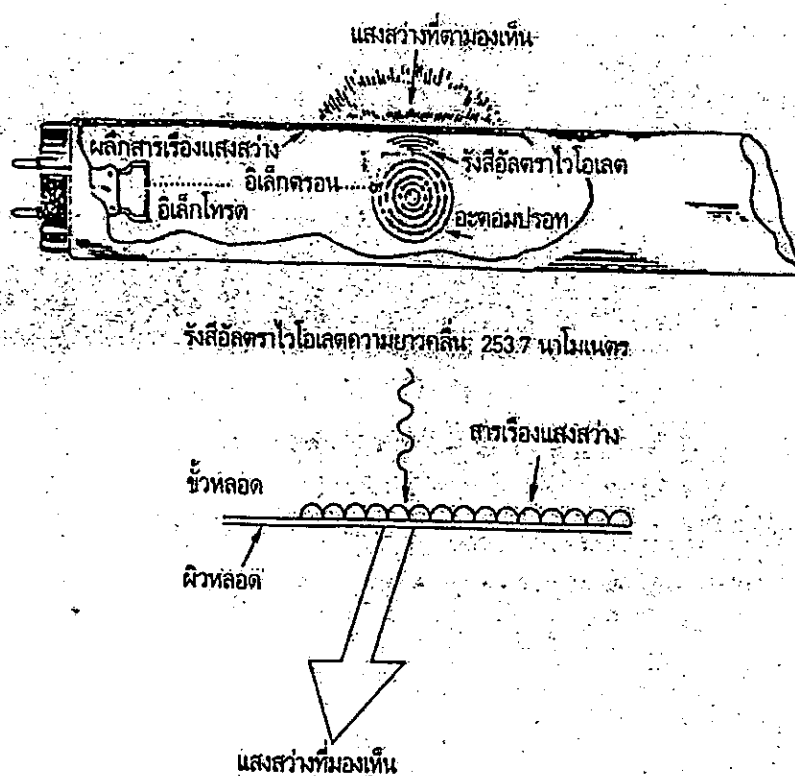
ก. ไปรอท (Mercury) ในหลอดฟลูออเรสเซนต์ มีการเติมไปรอทเข้าไปภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานไปรอทจะลดปริมาณลงทำให้ความดันในหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่ำลงมากกระแสไฟฟ้าสามารถไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้และทำให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ในบริเวณสนามแม่เหล็ก ความดันของปรอทที่เกิดขึ้นระหว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ในขณะทำงานมีส่วนสำคัญมาก เพราะถ้าความดันของหลอดฟลูออเรสเซนต์ปกติสูงมากหรือต่ำมาก จะทำให้การสร้างรังสีอัลตราไวโอเลตไม่เกิดขึ้น และความดันของมันจะถูกควบคุมด้วยความแตกต่างของอุณหภูมิที่ผนังหลอดฟลูออเรสเซนต์กับอุณหภูมิภายนอก ดังภาพประกอบ 21

ข. สารเรืองแสงสว่าง (Phosphor) ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีไปรอทบรรจุอยู่ผิวด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะถูกฉาบด้วยสารเคมีที่เรียกว่า ฟอสเฟอร์ (Phosphor) หรือที่เรียกว่าสารเรืองแสงสว่าง และเวลาหลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานไปรอทนี้จะปล่อยรังสีอัลตราไวโอเลตออกมา เมื่อรังสีมากระทบกับสารเรืองแสงสว่างที่เคลือบอยู่ที่ผิวภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ก็จะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ดูสว่างไสวขึ้น ดังภาพประกอบ 22.

ค. ก๊าซที่เติมในหลอดฟลูออเรสเซนต์ ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีการเติมหรือบรรจุด้วยก๊าซอาร์กอน (Argon) เพียงเล็กน้อย และมีองค์ประกอบของก๊าซนีออน (Neon) หรือบางครั้งเติมก๊าซคริปตอน (Krypton) ก๊าซเหล่านี้เมื่อใส่แรงดันไฟฟ้าให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์เพียงพอก็จะช่วยให้หลอดฟลูออเรสเซนต์สว่างและจะยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์และปรอทก็จะกลายเป็นไอ



ภาพประกอบ 21. แสดงชั้นของอะตอมภายในไอปรอท (ชาญศักดิ์ อภัยนิพนธ์ .2545:41)



ภาพประกอบ 22. แสดงภาพการเรืองแสงสว่างที่เกิดขึ้นเนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตวิ่งไปตกกระทบสารเรืองแสงสว่างที่เคลือบผิวด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ชาญศักดิ์ อภัยนิพนธ์ .2545:42)

ชนิดของสารเรืองแสงที่ใช้เคลือบด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์เพื่อที่จะได้แสดงสีต่าง ๆ ตามคุณสมบัติของสารเรืองแสงโดยมีด้วยหลายสีดังแสดงในตาราง 4. ดังนี้

ตาราง 4. แสดงการให้สีต่างๆของสารเรืองแสงแต่ละชนิด(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:42)

ชนิดของสารเรืองแสงสว่างสีที่ให้ออกมา	สีที่ให้ออกมา
แคดเมียมบอเรต (Cadmium Borate)	ให้สีชมพู (Pink)
ซิงค์บอเรต (Zinc Borate)	ให้สีเขียว (Green)
แคลเซียมทังสเตต (Calcium Tungstate)	ให้สีน้ำเงิน (Blue)
แมกนีเซียมทังสเตต (Magnesium Tungstate)	ให้สีขาวปนน้ำเงิน (White-Blue)
	ให้สีขาว (White)
แคลเซียมฮาโลฟอสเฟต (Calcium Halophosphate)	ให้สีเขียวปนน้ำเงิน (Greenish-blue)
สตรอนเทียมฮาโลฟอสเฟต (Strontium Halophosphate)	ให้สีส้ม (Orange)
	ให้สีส้ม (Orange)
อิตเรียมออกไซด์ (Yttrium Oxide)	ให้สีเขียว (Green)
สตรอนเทียม ออโทฟอสเฟต (Strontium Ortho-Phosphate)	ให้สีดำ (Black Light)
ซิงค์ซิลิเกต (Zinc Silicate)	ให้สีดำ (Black Light)
แบเรียมซิลิเกต (Barium Silicate)	ให้สีดำ (Black Light)
แบเรียมสตรอนเทียม (Barium - Strontium)	
แมกนีเซียมซิลิเกต (Magnesium Silicate)	

จากคุณสมบัติของสารเรืองแสงสว่างนี้ เราสามารถนำสารเรืองแสงสว่างนี้มาผสมเข้าด้วยกันเพื่อให้ได้แสงสว่างสีต่าง ๆ กัน แล้ว ยังทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้เกิดแสงเหมือนแสงอัลตราไวโอเลตที่มีความยาวคลื่นแสงสูงสุด 365 นาโนเมตร มันจะแผ่รังสีแสงที่ตาของคนเรามองเห็น (Visible Radiation) ออกมาน้อยมาก แต่ก็ยังคงมีแสงอัลตราไวโอเลตออกมาด้วย และภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์มีการบรรจุด้วยสารฟลูออเรสเซนต์ (Activating Fluorescent) และฟอสเฟอเรสเซนต์ (Phosphorescent Materials) ซึ่งหลอดฟลูออเรสเซนต์พวกนี้ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์แสงสีดำ (Black Light) มีลักษณะทั่วไปคล้ายกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา

4.8.3. ประเภทของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบ่งตามลักษณะการทำงานของหลอดได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ได้ดังนี้

- (1) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Start Lamp)
- (2) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamp)
- (3) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamp)

4.8.3.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Start Lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Start Lamp) เป็นหลอดไฟฟ้าที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในขณะนี้ และเป็นประเภทของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เราคุ้นเคยมากที่สุดหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทนี้จัดอยู่ในจำพวกประเภทแคโทดร้อน (Hot Cathode) การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะทำงานก็จะต้องอุ่นแคโทด

ก่อน โดยการปล่อยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแคโทดเพื่อให้แคโทดนั้นสามารถปล่อยอิเล็กตรอนออกมาทำให้ก๊าซที่อยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์เกิดการแตกตัวเป็นไอออน โดยจะใช้เวลาประมาณ 1-3 วินาที หลอดฟลูออเรสเซนต์จะเปล่งแสงสว่างออกมาและจะใช้คู่ไปกับตัวสตาร์ทเตอร์ (Starter) และตัวสตาร์ทเตอร์จะเป็นตัวทำหน้าที่ควบคุมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านแคโทด การทำงานของสตาร์ทเตอร์นั้น เมื่ออุณหภูมิของตัวสตาร์ทเตอร์ลดลงจะทำให้วงจรไฟฟ้าเปิดออก และเป็นเหตุให้แรงดันไฟฟ้าที่ปลายทั้งสองข้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์สูงขึ้นอย่างรวดเร็วทันทีทันใด (ประมาณ 500-1000 โวลต์) ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าที่สามารถทำให้อิเล็กตรอนเคลื่อนจากขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้านหนึ่งไปยังขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์อีกด้านหนึ่งได้ แรงดันไฟฟ้าสูงนี้จะเกิดจากการทำงานร่วมกันระหว่างสตาร์ทเตอร์กับบัลลาสต์ต่อรวมอยู่ในวงจรเดียวกันกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยที่การทำงานของบัลลาสต์โดยทั่วไปแล้ว บัลลาสต์ทำจากการพันลวดตัวนำรอบ ๆ แกนเหล็กซึ่งเป็นแผ่นบาง ๆ วางเรียงกันเป็นแท่งไปหลาย ๆ รอบ แล้วแต่การออกแบบ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำนั้น จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำในตัวเอง (Self Inductance) ขึ้น และบัลลาสต์จะทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ป้องกันอันตราย (Safety Devices) ป้องกันไม่ให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์มากเกินไป หรือเป็นตัวจำกัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์นั่นเอง และยังทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์คงที่ในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานตามปกติภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ปลายทั้งสองข้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ภายในจะมีตัวป้องกันชดเชยความร้อน (Guard) อยู่ทั้งสองข้างเพื่อทำหน้าที่ป้องกันผิวหน้าของไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่ให้สึกกร่อนได้ง่าย ซึ่งการสึกกร่อนดังกล่าวจะเกิดขึ้นเนื่องจากการวิ่งชนของอิเล็กตรอนที่วิ่งมาด้วยความเร็วสูงจากปลายหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้านหนึ่งไปสู่ปลายหลอดฟลูออเรสเซนต์อีกด้านหนึ่งและจะชนกับไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ทำให้ไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานหนักและถูกทำลายได้ง่าย ทำให้อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์สั้นลง ตัวป้องกันชดเชยความร้อนนี้ทำด้วยตัวนำ (Conductor) เส้นใหญ่เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายจากการวิ่งชนของอิเล็กตรอน และจะเห็นได้ว่าการทำงานของไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้งสองนี้จะไม่เปล่งแสงสว่างออกมาเพื่อใช้งาน แต่จะเป็นตัวช่วยให้ก๊าซภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์แตกตัวเป็นไอออนเท่านั้น

4.8.3.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีชนิดนี้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่สามารถทำงานได้อย่างทันที โดยไม่ต้องรอเวลาในการอุ่นไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีโดยอาศัยหลักการสร้างแรงดันไฟฟ้า (Voltage) สูงให้กับวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีหรือที่เรียกว่า แรงดันไฟฟ้าสูงพอเพียง (Sufficiently High Voltage) ซึ่งค่าแรงดันไฟฟ้าจะอยู่ระหว่าง 500-1000 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าสูงที่สร้างขึ้นมานี้ก็เพื่อที่จะใช้แทนการเคลื่อนที่หรือการอาร์กของอิเล็กโทรดที่อยู่ภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat) และเอาชนะความต้านทานในหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีเนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีไม่มีการอุ่นไส้ (Preheat) ของวงจรภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์ติดทันที ในการสร้างจะมีขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีอยู่ด้านละหนึ่งขั้วของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีดังภาพประกอบ 23 (ก) และ (ข)



(ก) แสดงข้อหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamp) แบบขั้วแคโทดร้อนติดทันที (Hot Cathode Instant Starting)

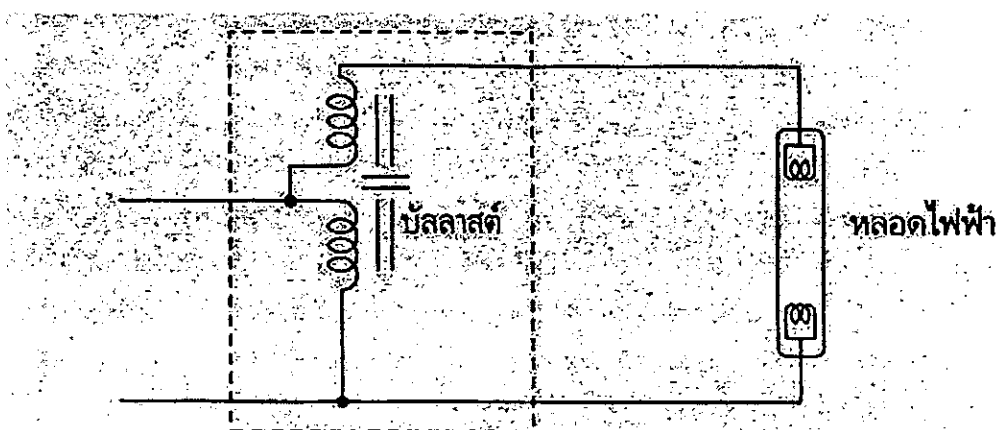


(ข) แสดงข้อหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamp) แบบขั้วแคโทดเย็นติดทันที (Cold Cathode Instant Starting)

ภาพประกอบ 23 แสดงรูปร่างและลักษณะของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีแบบต่างๆ

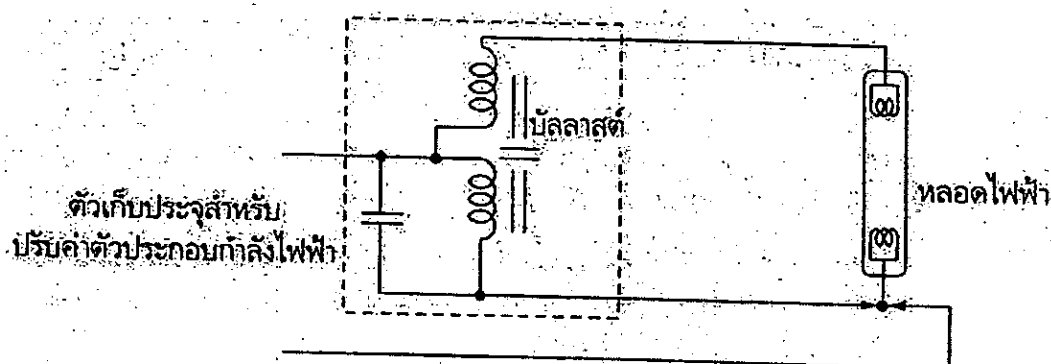
(John E.Kaufman,1966:14)

ในการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีตอนเริ่มต้นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีจะสูงมาก แต่เมื่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีทำงานแล้ว แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีจะลดลงเหลือตามปกติตามที่บริษัทผู้ผลิตแต่ละแห่งกำหนดเอาไว้ และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีนี้จะเป็นเสมือนตัวทำให้เกิดการอุ่นไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีตลอดเวลานั่นเอง ภาพประกอบ 24 (ก) และ (ข) คือรูปแสดงวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดติดทันที (Instant Start Lamps)



ภาพประกอบ 24.ก แสดงวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที แบบไม่มีตัวเก็บประจุในวงจร

(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:49)



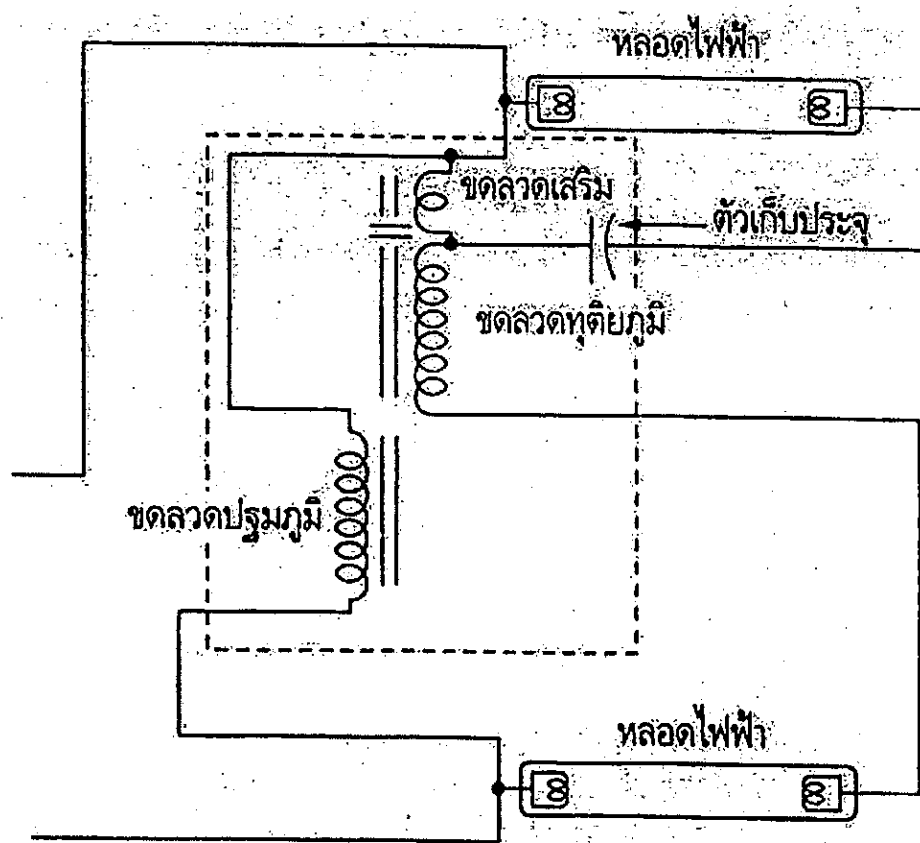
ภาพประกอบ 24.ข. แสดงวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบติดทันทีแบบมีตัวเก็บประจุต่ออยู่ในวงจร

ภาพประกอบ 24. การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีแบบต่าง ๆ

(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:50)

การสร้างหลอดฟลูออเรสเซนต์ติดทันที (Instant Start Lamps) ขึ้นมาก็เพื่อที่จะใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับการติดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ช้าให้ติดได้ทันที การที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) สามารถติดได้ทันทีก็เนื่องจากไม่ต้องมีวงจรอุ่นไส้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีก่อน และไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ช่วยให้การสร้างแรงดันไฟฟ้าสูงในวงจร จึงเป็นการลดขั้นตอนในการทำงานของวงจรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ลง หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) นี้ในบางครั้งยังมีชื่อเรียกว่า หลอดยาว-บาง (Slim-line Lamp) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีจะมีขั้วอยู่ที่ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีแต่ละด้านหนึ่งขั้วแต่ไม่เป็นที่แพร่หลาย หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) นี้เมื่อเทียบอายุการใช้งานกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดอื่นๆ เช่นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้หลอดไฟฟ้า (Preheat Start Lamps) หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamps) แล้วจะมีอายุการใช้งานน้อยกว่า แต่มีข้อดี คือ สามารถทำให้เกิดแสงสว่างได้ทันทีเมื่อมีการทำงานของวงจร

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) ที่ใช้กับบัลลาสต์ชนิดที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที 2 หลอดบัลลาสต์ที่มีใช้อยู่ทั่วไปคือ บัลลาสต์แบบนำ-ตาม (Lead-Lag Ballast) หรือบัลลาสต์แบบลำดับอนุกรม (Series Sequence Ballast) โดยทั่วไปแล้วถ้าบัลลาสต์เป็นแบบลำดับอนุกรม (Series Sequence Ballast) จะมีลำดับการทำงานดังนี้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีที่อยู่ในลำดับแรกจะทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนโดยขดลวดช่วย (Auxiliary Coil) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีที่อยู่ในลำดับที่ 2 จะทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนโดยขดลวดทุติยภูมิและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวเก็บประจุซึ่งมีผลต่อขดลวดช่วยกับขดลวดทุติยภูมิ และเมื่อรวมค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากขดลวดทั้งสองแล้ว จะมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับขดลวดด้านปฐมภูมิ ในกรณีที่หลอดทำงานไปแล้ว แต่ใจช่วงที่เริ่มงานแรงดันไฟฟ้าจะต้องมีค่าสูงพอที่จะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีทั้งสองทำงานได้ ลักษณะของวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที 2 หลอดแสดงได้ดังภาพประกอบ

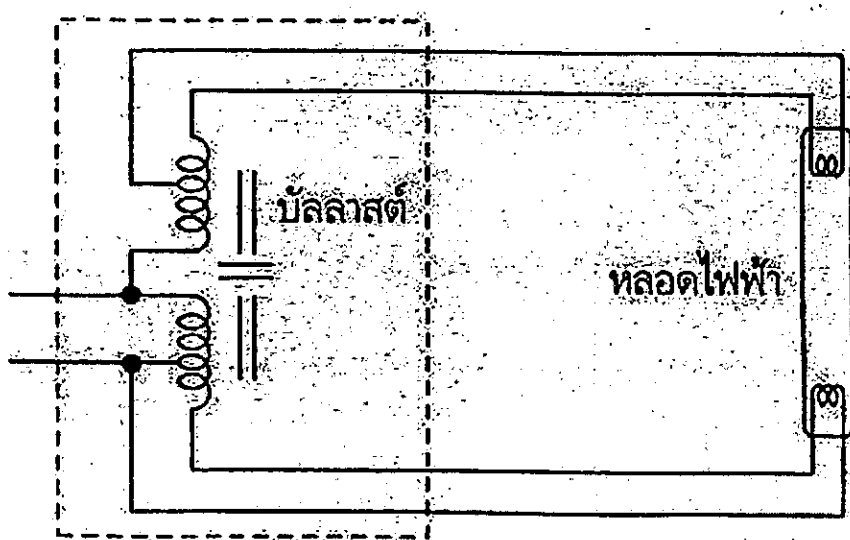


ภาพประกอบ 25. แสดงการต่อวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที กับบัลลาสต์แบบต่ออนุกรม
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:51)

สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บาง (Slim-line Lamp) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) ที่มีขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางด้านละขั้วนั้นเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีทันทีโดยจะต้องออกแบบขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางให้มีความคงทนต่อการอาร์กของกระแสไฟฟ้า เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นในขณะที่เราถอดหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางออกโดยทันทีทันใดในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางยังทำงานอยู่ซึ่งจะทำให้เกิดการอาร์กที่ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บาง อันเป็นผลเนื่องมาจากแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางทั้งสองด้านนั่นเอง ในขณะที่เราถอดหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางออกนั้น ขั้วหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บางก็จะทำหน้าที่เป็นเสมือนสวิตช์ตัดต่อวงจรบัลลาสต์ออกจากหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บาง และหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบยาว-บาง (Slim-line Lamp) นี้ บางครั้งก็ออกแบบสำหรับใช้งานในช่วงกระแสไฟฟ้าค่าต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของงานนั้น เช่น บัลลาสต์ที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมาได้ 100, 150 และ 200 มิลลิแอมแปร์ที่กำลังไฟฟ้าค่าหนึ่ง ๆ และจะสร้างเพิ่มขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

4.8.3.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start) หลอด

ฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วชนิดนี้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีการทำงานอย่างรวดเร็วแต่ช้ากว่าการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) และเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วสามารถลดหรือเพิ่มแสงสว่างได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอื่น ๆ หลักการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วจะเป็นการรวมเอาคุณสมบัติของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้หลอด (Preheat Lamp) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) มารวมอยู่ในตัวเดียวกัน โดยที่ตัวบัลลาสต์จะสร้างขดลวดชุดพิเศษเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชุด เพื่อให้ทำหน้าที่เป็นชุดอุ่นแคโทดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วอยู่ตลอดเวลาที่มีการทำงาน และแรงดันไฟฟ้าที่ใช้อุ่นแคโทดนี้มีค่าอยู่ประมาณ 3-5 โวลต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วจะสว่างได้อย่างรวดเร็วแต่ช้ากว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น และในวงจรก็ไม่จำเป็นต้องอาศัยแรงดันไฟฟ้าสูง ๆ เข้าช่วยในการเริ่มต้นเหมือนกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) และไม่จำเป็นต้องใช้สตาร์ทเตอร์เข้าช่วยในช่วงเริ่มต้นทำงานเหมือนกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Lamp) ซึ่งทำให้เราสามารถปรับลดหรือเพิ่มความสว่างได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอื่น ๆ และได้รับความนิยมสูงในปัจจุบันนี้ นอกจากนี้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วยังใช้ได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นสูงและมีอุณหภูมิต่ำติดลบได้ดีอีกด้วย หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้หลอดไฟฟ้าทั่ว ๆ ไป ไม่สามารถใช้งานในบริเวณดังกล่าวได้ และสามารถต่อเข้ากับวงจรของเครื่องหรี่แสงสว่างสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วได้ด้วยวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamp) แสดงได้ดังภาพประกอบ 26

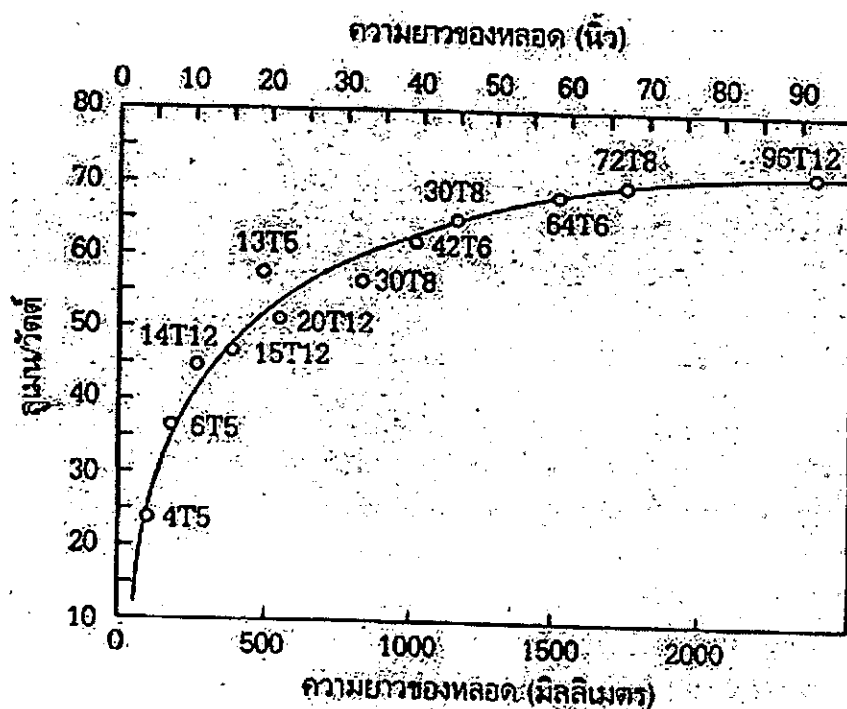


ภาพประกอบ 26. แสดงวงจรการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว

(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:52)

ข้อดีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamps) นอกจากสามารถใช้กับวงจรที่แสงสว่างได้แล้ว หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamps) ยังใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Lamp) ได้ด้วย แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้หลอดไฟฟ้า (Preheat Lamp) จะนำเอาไปใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamps) ไม่ได้ ในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว นั้น บัลลาสต์ของหลอดชนิดติดเร็ว (Rapid Start Lamps) จะมีขนาดเล็กกว่าและมีประสิทธิภาพดีกว่าบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamps) เมื่อเทียบกับที่ขนาดกำลังไฟฟ้าเท่า ๆ กัน นอกจากนี้ หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamps) ยังมีการออกแบบเป็นพิเศษให้ได้แสงสว่างมากขึ้น ซึ่งสามารถแยกออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดที่แสงสว่างมาก หรือที่เรียกว่าชนิดให้แสงสว่างสูง (High Output : HO) และชนิดที่ให้แสงสว่างมากที่สุด หรือที่เรียกว่าชนิดให้แสงสว่างสูง ๆ (Very High Output : VHO) ในการออกแบบนั้นจะอาศัยหลักการเพิ่มของกำลังไฟฟ้าต่อความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยให้ค่ากระแสไฟฟ้าต่อความยาวเพิ่มขึ้นตาม ตัวอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Lamp) ที่ต้องการกำลังไฟฟ้า 40 วัตต์ ความยาว 4 ฟุต 220 โวลต์ จะใช้กระแสไฟฟ้า 0.4 แอมแปร์ และถ้าความยาว 1 ฟุต จะให้กระแสไฟฟ้าประมาณ 0.1 แอมแปร์ต่อฟุต แต่ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamp) ชนิดให้แสงสว่างออกมาสูง (High Output) จะใช้กำลังไฟฟ้ามากขึ้นประมาณ 15 วัตต์ต่อความยาว 1 ฟุต ซึ่งจะใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 0.15 แอมแปร์ต่อฟุต หรือประมาณ 0.600 แอมแปร์ต่อความยาว 4 ฟุต เป็นต้น หรืออาจจะกล่าวได้อีกอย่างว่าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทที่ถูกออกแบบให้มีความยาวสั้นกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอื่น ๆ แต่ใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงานสูงและให้แสงสว่างได้มากหรือมากกว่าฟลูออเรสเซนต์ปกติ ซึ่งเหมาะจะใช้กับงานประเภทที่ต้องการแสงสว่างมาก ๆ และหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็วให้แสงสว่างสูง ๆ (Very High Output) ก็จะมีกระแสไฟฟ้าต่อความยาวมากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ติดเร็วให้แสงสว่างสูง (High Output) และจะให้แสงสว่างออกมามากกว่าด้วย โดยจะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 25 วัตต์ ต่อความยาว 1 ฟุต เป็นต้น

4.8.4 ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เรื่องของแสงสว่างที่ออกจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปนั้น ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่ว ๆ ไป สามารถหาได้จากอัตราส่วนของปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างที่ออกจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อพลังงานที่ใส่เข้าไปให้แก่หลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น ๆ ซึ่งมีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ (Lumen/Watt) ถ้าอัตราส่วนดังกล่าวมีค่ามาก ก็หมายความว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ดวงนั้นสามารถให้แสงสว่างออกมามากกว่าเมื่อเทียบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีอัตราส่วนต่ำกว่า ณ ระดับพลังงานไฟฟ้าที่เท่ากัน และหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้อยู่ในท้องตลาดทั่วไปนั้น แต่ละชนิดแต่ละขนาดจะมีประสิทธิภาพแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับรูปร่าง กรรมวิธีในการผลิต ฯลฯ ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากภาพประกอบ 27



ภาพประกอบ 27.กราฟแสดงประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่อความยาว
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ .2545:55)

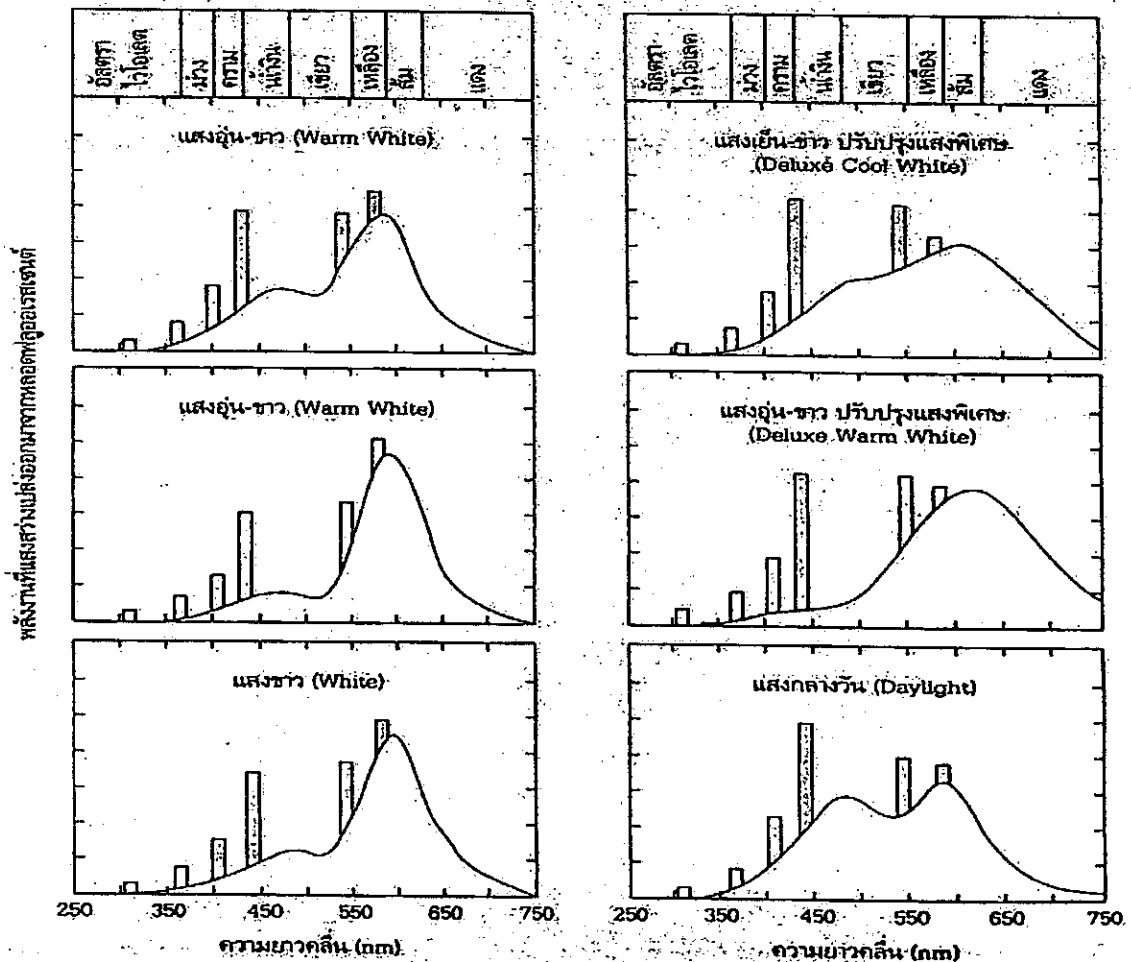
จากภาพประกอบ 2.7 จะเห็นได้ว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาวมาก ๆ และมีเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เหมาะสม จะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้ประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาวน้อยกว่า ตัวอย่างเช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์ ที่มีขายตามท้องตลาดทั่วไป จะมีประสิทธิภาพโดยประมาณ 65 ลูเมนต่อวัตต์ หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 20 วัตต์ จะมีประสิทธิภาพโดยประมาณ 50 ลูเมนต่อวัตต์ เนื่องมาจากว่าหลอด 20 วัตต์ มีขนาดความยาวสั้นกว่าหลอด 40 วัตต์ ฉะนั้น จึงจะเห็นได้ว่าโดยทั่วไปแล้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาวมากกว่าจะให้แสงสว่างออกมามากกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาวสั้นกว่าและหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่จะนำมาเปรียบเทียบกันได้นั้นจะต้องเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดเดียวกัน และมีเส้นผ่านศูนย์กลางกลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์เท่ากันเท่านั้น

4.8.5 อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยทั่วไปสามารถพิจารณาดังนี้ คือพิจารณาจากอัตราการเสื่อมของสารเรืองแสงสว่างที่ฉาบไว้ที่หลอดเพื่อทำให้อิเล็กตรอนเกิดการเคลื่อนที่ การเสื่อมของหลอดฟลูออเรสเซนต์เนื่องมาจากการเปิด-ปิดแต่ละครั้ง จะทำให้สารที่ฉาบอยู่ที่ผิวหลอดฟลูออเรสเซนต์นี้สูญหายไปเรื่อย ๆ และในขณะที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ทำงานอยู่สารนี้ก็ยังมีการระเหยกกระจายออกไปอยู่ตลอดเวลาซึ่งอายุการใช้งานในลักษณะนี้ โรงงานผู้ผลิตจะระบุไว้ให้เช่น ถ้าเปิด-ปิด ทุก 1 ชั่วโมง เทียบกับการที่เราเปิด-ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์นานกว่านี้อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะยาวนานกว่าแต่ถ้าเราเปิด-ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์บ่อยครั้งในเวลาสั้น ๆ จะทำให้หลอดฟลูออเรสเซนต์มีอายุการใช้งานสั้นลง

ฉะนั้นเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนในการกำหนดอายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จึงกำหนดอายุการใช้งานไว้เป็นค่าอายุการใช้งานเฉลี่ยเท่านั้น ไม่สามารถกำหนดระบุอายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างเฉพาะเจาะจงได้ เนื่องจากหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละหลอดฟลูออเรสเซนต์มีอายุการใช้งานไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลมาจากกรรมวิธีในการผลิตและก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดฟลูออเรสเซนต์แตกต่างกัน หรือเนื่องมาจากไม่สามารถควบคุมกระบวนการผลิตได้ ฉะนั้น อายุการทำงานจริงที่เราพิจารณา คือ อายุการใช้งานเฉลี่ย อายุการใช้งานเฉลี่ยนี้พิจารณาจากการนำเอาหลอดฟลูออเรสเซนต์จำนวนหนึ่งมาทำการเปิด-ปิด ทุก ๆ 10 ชั่วโมง (แล้วแต่มาตรฐานกำหนด) โดยก่อนทำการทดลองอาจจะต้องเปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ทิ้งไว้ประมาณ 100 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบ เพื่อก๊าซที่บรรจุอยู่ในหลอดฟลูออเรสเซนต์เกิดความสมดุลก่อน แล้วสังเกตดูว่าเมื่อใดที่จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์มีความสว่างต่ำกว่าที่กำหนดไว้ (หลอดฟลูออเรสเซนต์มีแสงสว่างลดลง (เสื่อม)) และจำนวนที่ดับสนิทมีจำนวนรวมกันแล้วเท่ากับครึ่งหนึ่งของหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ยังสว่างอยู่ ก็กำหนดเอาชั่วโมงนั้น ๆ เป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานเฉลี่ยของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ในทางปฏิบัติอายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีองค์ประกอบในการพิจารณาหลายประการ เช่น ชนิดของสตาร์ทเตอร์ที่ใช้ ชนิดของบัลลาสต์ที่ใช้ ชั่วโมงหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และอาจจะเป็นสาเหตุทำให้คุณสมบัติการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์เปลี่ยนแปลงไป รวมถึงอายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์เปลี่ยนแปลงไปด้วย ฉะนั้น ในทางปฏิบัติเราจึงจำเป็นต้องพิจารณาถึงการเลือกใช้อุปกรณ์และวิธีการติดตั้งวงจรอย่างละเอียด รอบคอบ และถูกต้องสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบขั้วแคโทดร้อน (Hot Cathode) อายุการใช้งานของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะขึ้นอยู่กับความถี่ในการเปิด-ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์ แต่ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแคโทดเย็น (Cold Cathode) จะไม่ขึ้นอยู่กับความถี่ของการเปิด-ปิดหลอดฟลูออเรสเซนต์

4.8.6 สเปกตรัมของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟฟ้าอีก

ประเภทหนึ่งที่มีเมื่อทำงานแล้วจะก่อให้เกิดรังสีอัลตราไวโอเลตวิ่งไปกระทบกับสารเรืองแสงสว่าง (Phosphor) ที่เคลือบอยู่ที่ผิวด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และทำให้เกิดการเปล่งแสงสว่างออกมาเป็นแสงสว่างสีต่าง ๆ และมีระดับความสว่างแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสารเรืองแสงสว่างที่ใช้เคลือบที่ผิวด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดของแสงสว่างสีหรือสเปกตรัมที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์แสดงได้ดังภาพประกอบ



ภาพประกอบ 28 แสดงสเปกตรัมของแสงสว่างของสีออกนจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่าง ๆ
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพนธ์ .2545:57)

จากภาพประกอบ 28 แสดงถึงปริมาณของพลังงานของแสงสว่างของสีต่าง ๆ ที่เปล่งออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้กันทั่วไป 6 ชนิด ถ้าพิจารณาจากสเปกตรัมของแสงสว่างสีที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวอุ่นแบบปรับปรุงแสงพิเศษ (Deluxe Warm White) จะมีความสมดุลของแสงสว่างสีต่าง ๆ ดีกว่าแสงสว่างสีที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวอุ่น (Warm White) แต่ต้องเข้าใจว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสว่างสีออกมามีความสมดุลหรือแสงสว่างที่ดีนั้นมักจะเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ดวงนั้นจะต้องสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปในการสร้างแสงสว่างสีแดงขึ้นมา เพื่อให้เกิดความสมดุลของแสงสว่างนั่นเอง

4.8.7 คุณลักษณะของแสงสว่างสีหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Color Characteristic) สีที่เกิดขึ้นในหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นเกิดจากการที่รังสีอัลตราไวโอเลตวิ่งไปกระทบกับสารเรืองแสงสว่างที่ฉาบไว้ที่ผิวด้านในของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และทำให้เกิดการเปล่งแสงสว่างหรือเรืองแสงสว่างสีต่าง ๆ ออกมา

หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้กันมี 6 ชนิด คือ

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White) ตัวย่อ CW
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวอุ่น (Warm White) ตัวย่อ WW
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาว (White) ตัวย่อ W
4. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวเย็นแบบปรับปรุงแสงพิเศษ (Cool White Deluxe) ตัวย่อ CWX
5. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวอุ่นแบบปรับปรุงแสงพิเศษ (Warm White Deluxe) ตัวย่อ WWX
6. หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีกลางวัน (Daylight) ตัวย่อ D

สีของแสงสว่างที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 6 ชนิด จะนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของแสงสว่างสีขาว เพราะเป็นสีพื้นฐานของหลอดฟลูออเรสเซนต์

4.8.8 สเปกตรัมของแสงสว่างสีที่ปล่อยออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์โดยทั่วไปสามารถจำแนกได้ดังนี้

4.8.8.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีกลางวัน(Daylight) หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทที่ให้แสงสว่างสีออกมาใกล้เคียงแสงธรรมชาติมากที่สุด คือ สเปกตรัมของแสงสว่างสีที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีคลื่นของแสงสว่างสีออกมาเกือบครบทุกย่านความถี่ที่ตามองเห็น และทำให้เกิดความรู้สึกซึ่งทำให้ระบบประสาทสามารถวิเคราะห์สีสิ่งต่าง ๆ ของสิ่งของและวัตถุได้อย่างถูกต้อง และเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะประเทศที่มีอากาศร้อน ส่วนใหญ่แล้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 65 ลูเมนต่อวัตต์

4.8.8.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวอุ่น (Warm White) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดที่ให้แสงสว่างสีของแสงสว่างออกมาออกมาก่อนข้างไปทางแสงสว่างสีเหลืองแดงแสงสว่างสีในย่านแสงสว่างสีน้ำเงินจะมีความเข้มสีน้อยลงหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประมาณ 77 ลูเมนต่อวัตต์ เหมาะสำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นเพื่อใช้สร้างความอบอุ่น

4.8.8.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดที่ให้แสงสว่างที่มีสีสันท่อนข้างจะใกล้เคียงกับแสงสว่างสีธรรมชาติ แต่น้อยกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างกลางวัน (Daylight) คุณสมบัติของแสงสว่างสีจะอยู่ระหว่างกึ่งกลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีกลางวัน (Daylight) กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีขาวอุ่น (Warm White) และมีประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์สูงกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั้ง 2 ชนิดที่กล่าวมาแล้วคือประมาณ 80 ลูเมนต่อวัตต์

4.8.8.4 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงสว่างสีสะท้อนแสงสว่าง (Reflector Tube) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ด้านหนึ่งของหลอดฟลูออเรสเซนต์ถูกเคลือบด้วยสารสะท้อนแสงสว่างเพื่อรวบรวมแสงสว่างที่ได้ออกมาให้ไปออกในทิศทางตรงกันข้าม และมีการติดตั้งในตำแหน่งที่แน่นอน ประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้จะมีค่าสูงมาก ส่วนใหญ่จะใช้ติดตั้งในห้องครัว ตู้โชว์ เป็นต้น

4.8.8.5 หลอดฟลูออเรสเซนต์แสงสว่างสี เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสว่างสีที่แตกต่างกัน เช่น แสงสว่างสีขาว แสงสว่างสีแดง แสงสว่างสีเหลือง แสงสว่างสีเขียว แสงสว่างสีชมพู

แสงสว่างสีน้ำเงิน เป็นต้น วัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการตกแต่งในงานต่าง ๆ หรือสถานที่ต่าง ๆ เช่น ในตู้โชว์ เฟอร์นิเจอร์ เฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น ส่วนใหญ่แล้วเน้นถึงเรื่องของแสงสว่างที่จะให้ออกมาเป็นหลักมากกว่าเรื่องของความสว่าง

4.8.8.6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต เป็นหลอด

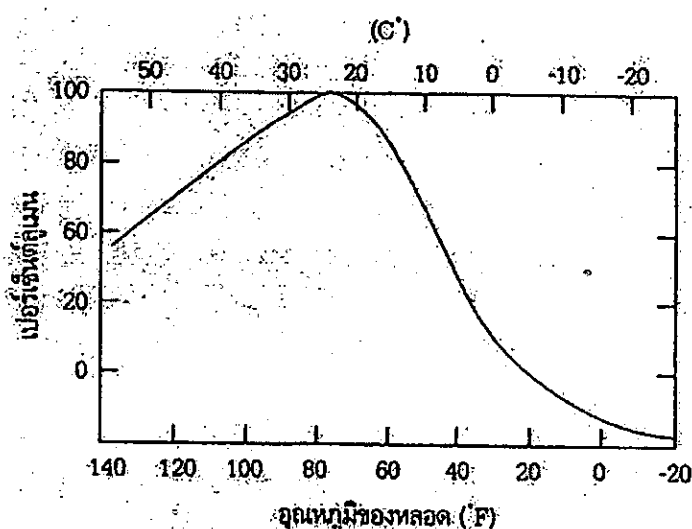
ฟลูออเรสเซนต์ที่ให้แสงสว่างสีที่ตามองเห็นได้ออกมาส่วนหนึ่ง และแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ตาเรามองไม่เห็น ออกมาอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่แล้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนี้จะนำไปใช้งานชีววิทยา คือ จะใช้ในการหยุดการเจริญเติบโตของเชื้อโรคบางชนิดได้ หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าหลอดไฟฟ้าฆ่าเชื้อ

4.8.8.7 หลอดแสงสีดำ (Black Light) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ผิวของหลอด

แก้วเป็นสีดำทั่วทั้งหลอดฟลูออเรสเซนต์ เพื่อกันไม่ให้แสงสว่างที่ตาคนเรามองเห็นเล็ดลอดออกมาได้ แต่จะยอมให้แสงอัลตราไวโอเล็ตผ่านออกมาได้เท่านั้นและเมื่อแสงอัลตราไวโอเล็ตไปกระทบกับวัตถุหรือฉากก็จะเกิดเรืองแสงสว่างขึ้นซึ่งส่วนใหญ่แล้วหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทนี้จะใช้สถานที่ที่ต้องการบรรยากาศที่แปลกออกไปจากบรรยากาศปกติ เช่น ในไนต์คลับ บาร์ หรือสถานเริงรมย์ต่าง ๆ เป็นต้น

4.8.8.8 ผลของอุณหภูมิที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอด

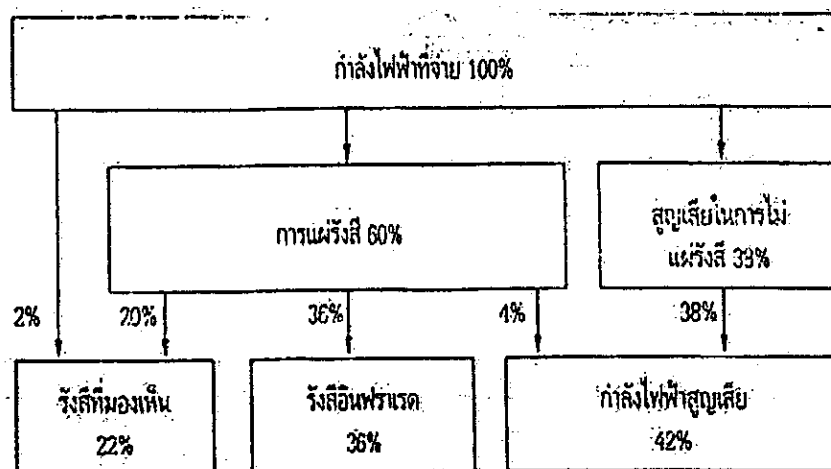
ฟลูออเรสเซนต์ส่วนใหญ่ที่ใช้กันอยู่จะมีประสิทธิภาพที่อุณหภูมิประมาณ 80-90 องศาฟาเรนไฮต์ เนื่องจากว่าถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าค่าดังกล่าวจะทำให้ความดันไอปรอทที่บรรจุอยู่ในหลอดฟลูออเรสเซนต์ลดลงและส่งผลกระทบต่อพลังงานอัลตราไวโอเล็ตลดน้อยลงด้วย การทำปฏิกิริยาของพลังงานอัลตราไวโอเล็ตกับสารเรืองแสงสว่าง (Phosphor) ก็จะลดน้อยลงตามไปด้วย ส่งผลทำให้แสงสว่างที่ออกมาลดน้อยลงตามไปด้วย ในทางตรงกันข้ามที่ความดันสูง ๆ จะทำให้เกิดแสงสว่างที่มีความยาวคลื่นยาวขึ้น ซึ่งเป็นความยาวคลื่นที่ใกล้เคียงกับคลื่นของแสงสว่างที่ตามองเห็น และความยาวคลื่นแสงสว่างในย่านนี้จะมีผลต่อสารเรืองแสงสว่างน้อย จึงทำให้ได้แสงสว่างลดน้อยลงไปด้วย ดังภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพของหลอดฟลูออเรสเซนต์
(ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ 2545:60)

4.8.8.9 การส่งพลังงานออกมาของหลอดฟลูออเรสเซนต์

(Energy Distribution) ในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น เมื่อให้พลังงานแก่วงจร พลังงานที่ทำให้เกิดการมองเห็นของตาได้ (Visible Light) จะมีเพียง 22 % เท่านั้น พลังงานส่วนที่เหลือ คือพลังงานที่ก่อให้เกิดรังสีอินฟราเรด (Infrared) และพลังงานสูญเสียตามลำดับ พลังงานที่เกิดในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์ แสดงได้ดังภาพประกอบ 30.



ภาพประกอบ 30. ผังแสดงพลังงานที่ใส่เข้าไปให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์และที่ออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์

(ชาญศักดิ์ อภัยนิพนธ์ .2545:61)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ส่วนใหญ่แล้ว จะให้ประสิทธิภาพออกมาจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อยู่ในช่วง 65-80 ลูเมนต่อวัตต์โดยไม่รวมถึงประสิทธิภาพของบัลลาสต์ แต่สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสีขาวเย็นขนาด 40 วัตต์ 2 หลอดต่ออนุกรมกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสีขาวเย็น (2F40CW) จะให้ผลรวมของประสิทธิภาพ ซึ่งรวมถึงบัลลาสต์ด้วยประมาณ 68.5 ลูเมนต่อวัตต์ แต่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดสีขาวเย็นหลอดเดียวขนาด 40 วัตต์ ชนิดสีขาวเย็น (F40 CW) จะให้ประสิทธิภาพ 78.8 ลูเมนต่อวัตต์

4.8.8.10 ค่าตัวประกอบกำลังทางไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการพิจารณา
ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบต่าง ๆ มีการคิดค่าต่าง ๆ กัน เช่น หลอดไส้จะมีค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) 100 % เนื่องจากเราถือว่าหลอดไส้เป็นความต้านทานธรรมดา เช่น หลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ ก็จะใช้กำลังไฟฟ้าเต็ม 100 วัตต์ แต่หลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นจะไม่เหมือนกับหลอดไส้เนื่องจากว่าภายในหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้นจะบรรจุก๊าซเข้าไปในหลอดฟลูออเรสเซนต์และการทำงานของวงจรซึ่งจำเป็นจะต้องมีบัลลาสต์เป็นค่าโหลดเหนี่ยวนำ (Inductive Load) ต่ออยู่ในวงจร จึงทำให้ตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ที่หาได้ไม่เท่ากับ 100 % เหมือนหลอดไส้ ตัวอย่างเช่น ถ้าต่อวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์หลอดหนึ่งไว้ในวงจรไฟฟ้า ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ของมันจะมีค่าอยู่ระหว่าง 40-50 % หรือถ้าใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 20 วัตต์ จำนวน 200 หลอด ต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า 220 โวลต์ ชนิดที่บัลลาสต์แบบตัวต่อตัว กำหนดให้กำลังไฟฟ้าที่บัลลาสต์ต้องการมีค่า 6 วัตต์ต่อตัว เพราะฉะนั้นกำลังไฟฟ้าต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 ชุด จะใช้กำลังไฟฟ้า 26 วัตต์ ต่อหลอดฟลูออเรสเซนต์ 1 ชุด ถ้าใช้ทั้ง

หมด 200 ชุด กำลังไฟฟ้าที่ต้องการทั้งหมดเท่ากับ $26 \times 200 = 5.200$ วัตต์ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีค่าได้ไม่เท่ากับ

$$I = \frac{5.200}{220} = 23.63 \text{ แอมแปร์}$$

แต่จะมีค่าเท่ากับจำนวนวัตต์ทั้งหมดหารด้วยแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์และค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ซึ่งถ้าสมมติว่าค่าตัวประกอบกำลังมีค่า 50 % จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมดเท่ากับ

$$I = \frac{5.200}{(220 \times 0.5)} = 47.27 \text{ แอมแปร์ ไม่ใช่ } 23.63 \text{ แอมแปร์}$$

เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าและขนาดสายเมนไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ขึ้นให้ทนกระแสไฟฟ้าได้อย่างน้อย 47.27 แอมแปร์ แทนที่จะเป็น 23.63 แอมแปร์ จากเหตุผลดังกล่าวจะเห็นว่าวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์นี้จะทำให้ค่าตัวประกอบกำลัง ของวงจรไฟฟ้าต่ำลงมาก ถ้าเลือกใช้บัลลาสต์ที่ไม่ได้มาตรฐานอาจจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าสูงขึ้น ทำให้ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนขนาดสายเมนไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ป้องกันทางไฟฟ้าให้มีขนาดโตขึ้น แต่มีวิธีแก้ไขเพื่อให้ค่าตัวประกอบกำลังสูงขึ้นได้ โดยการต่อตัวเก็บประจุขนานเข้าไปในวงจรของหลอดฟลูออเรสเซนต์แต่ละชุด ซึ่งอาจจะพิจารณาเลือกขนาดของตัวเก็บประจุได้จากตาราง 4

ขนาดหลอดฟลูออเรสเซนต์ (WATT)	ขนาดตัวเก็บประจุ (μF)
15	1.5
25	2.5
30	3.0
40	4.5

ตาราง 5.แสดงค่าตัวเก็บประจุเพื่อแก้ค่าประกอบกำลัง Power Factor สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ชาญศักดิ์ อกภัยนิพัฒน์ .2545:62)

4.8.8.11 รหัสที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ในการกำหนดขนาดและชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น ทางโรงงานผู้ผลิตมักจะใช้ตัวอักษรและค่าตัวเลขเขียนแทนชนิดและขนาดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยมักจะใช้ตัวอักษร F เขียนแทนชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ตามด้วยการเขียนขนาดกำลังไฟฟ้าตามหลังตัวอักษร F เช่น F40 หมายความว่า หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ ตามหลังการบอกจำนวนกำลังไฟฟ้าจะเขียนตัวอักษรบอกรูปร่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ว่าเป็นแท่งหรือเป็นทรงกลม หรือเป็นรูปตัวยู และตามหลังตัวบอกรูปร่างจะเขียนตัวเลขเพื่อบอกให้รู้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีหน่วยเป็น “มม.หรือนิ้ว” หรือบางโรงงานผู้ผลิตอาจจะบอกรหัสสีของแสงสว่างตามหลังการบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ด้วย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุณหภูมิต่ำ F20T12/CW หมายถึงหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 20 วัตต์ มีรูปร่างแบบแท่ง (Tubular) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 12 หุน (1 ½ นิ้ว) และมีสี (Color) ของแสงสว่างเป็นแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White)

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว F30CW หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 30 วัตต์ มีสีของแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White)

3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว แบบให้แสงสว่างออกมาสูง (High Output) F96T12/CW/HO หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาว 96 นิ้ว มีรูปร่างเป็นแท่ง (Tubular) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 12 หุน (1 ½ นิ้ว) มีสีของแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดให้แสงสว่างออกมาสูง (High Output)

4. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที F96T12/CW/SL หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาว 96 นิ้ว มีรูปร่างเป็นแท่ง (Tubular) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 12 หุน (1 ½ นิ้ว) มีสีของแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีขั้วเดียวที่แต่ละข้างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีแบบยาว-บาง (Slim-line)

5. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Power Groove) F96 PG17/CW หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีความยาว 96 นิ้ว เป็นหลอดชนิดติดเร็ว (Power Groove) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 17 หุน (2 1/8 นิ้ว) มีสีของแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White)

6. หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบประเภทติดเร็ววงกลม (Circline) FC16 T10/CW/RS หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางรอบวงกลมหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Circle) 16 นิ้ว มีรูปร่างแบบแท่ง (Tubular) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดฟลูออเรสเซนต์ 10 หุน (1 ¼ นิ้ว) มีสีของแสงสว่างสีขาวเย็น (Cool White) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่มีการทำงานแบบประเภทติดเร็ว

หมายเหตุ ถ้าทางโรงงานผู้ผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ไม่บอกว่าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดใดทางโรงงานผู้ผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทนั้น ๆ จะต้องเขียนตัวอักษร RS, IS ตามหลัง เช่น F96 T12/CW/RS หรือ F96 T12/CW/IS กำกับมาด้วยเสมอ

- ตัวอักษร RS หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว
- ตัวอักษร IS หมายถึง หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที
- แต่ถ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุณหภูมิต่ำ ไม่นิยมเขียนตัวอักษรแทน

สำหรับตัวเลขที่ตามหลังตัวอักษร F จะมีความหมาย 2 อย่าง

- 1) จะบอกเป็นจำนวนกำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เช่น F40
- 2) จะบอกเป็นความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เช่น F96

เราจะต้องสังเกตให้ดีว่าตัวเลขใดบอกเป็นกำลังไฟฟ้า ตัวเลขใดบอกเป็นความยาวของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งทั้งหมดนั้นจะศึกษาได้จากคู่มือของโรงงานผู้ผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดนั้น ๆ ที่จะบอกกำกับมาด้วยเสมอ

5. วิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและค้นคว้างานวิจัยภายในประเทศที่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ต่างๆที่เกี่ยวข้องและวิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมตามมาตรฐานต่างๆที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศไทย

จงกล สืบจันทร์ และไพโรจน์ ศรีคำ.(2540: 30) ได้ศึกษาเรื่องการประเมินคุณภาพตู้ฟิล์มในโรงพยาบาลต่างๆ เขตกรุงเทพมหานคร และจังหวัดในภาคกลาง (2539) จากผลการประเมินตู้อ่านฟิล์มที่ใช้อยู่ในแผนกเอกซเรย์ พบว่าตู้อ่านฟิล์มจะมีความสว่างของแสงสูงสุดในบริเวณตรงกลางตู้ และลดลงเหลือ 50% ที่บริเวณขอบบนและขอบล่างของตู้ และเหลือ 80% ที่บริเวณขอบด้านข้างของตู้ จะพบได้ว่าความสว่างของแสงไม่มีความสม่ำเสมอ ความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่วัดได้ ไม่ขึ้นอยู่กับจำนวนช่องที่มีอยู่บนตู้ และไม่พบความแตกต่างระหว่างความสว่างของตู้อ่านฟิล์มในโรงพยาบาลรัฐและเอกชน และตำแหน่งการใช้งานความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่ใช้ภายในโรงพยาบาลต่างๆ อยู่ในช่วงที่กว้างมากส่วนมากจะมีความสว่างต่ำ สำหรับตู้ที่มีความสว่างสูงนั้นมีน้อยเมื่อเทียบจากจำนวนตู้ตัวอย่างอาจกล่าวโดยสรุปได้ว่าตู้อ่านฟิล์มทั้งหมดที่ได้ทำการประเมินให้ความเข้มสูงสุดเฉลี่ย 1169 cd/m^2 ยังต่ำกว่ามาตรฐานสากล (ACR . BJR) และให้ความสม่ำเสมอต่ำกว่ามาตรฐาน (DIN 6856 Norm) ทำให้อาจมีผลโดยตรงต่อการใช้แปลผลฟิล์ม ดังนั้นในการจัดซื้อควรให้ความสำคัญกับการวัดความสว่าง และความสม่ำเสมอมากขึ้น

การสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์โดยใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์(ชุดิมา เวชรักษ์.ประภารัตน์ วงษ์อัยและวราพรณ์ ครามอุดม .2540:50) พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของสถาบันต่างๆทั้งในยุโรปและสหรัฐอเมริกาจะพบว่าตู้อ่านฟิล์มอ้างอิงจะมีค่าความเข้มและการกระจายของแสงต่ำกว่ามาตรฐานมากส่วนตู้ทดลองมีค่าการกระจายของแสงอยู่ในมาตรฐานแต่ความเข้มเฉลี่ยของแสงแม้จะสูงกว่าตู้อ้างอิงยังต่ำกว่ามาตรฐานทางยุโรปและ สหรัฐ อเมริกา

ความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่เหมาะสมในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านม (อภิญญา นังคลา และอุไรรัตน์ แก้วบุญเพิ่ม .2540:60) จากการศึกษาช่วงความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่เหมาะสมและความสว่างของห้องอ่านฟิล์มในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านม โดยการเปรียบเทียบกับความสามารถในการมองเห็นวัตถุทดสอบแต่ละชนิด ที่จำลองพยาธิสภาพ 3 แบบ ที่พบบ่อยในเต้านม "ได้แก่ ก้อนหินปูนขนาดเล็ก (Microcalcification)เนื้อเยื่อไฟบรัสที่กลายเป็นหินปูนในท่อน้ำนม (Fibrous Calcification In Duct) และก้อนมะเร็ง (Tumor Like Mass) ที่มีขนาดต่างๆกันบนฟิล์มเอกซเรย์เต้านมจำลอง ผ่านตู้อ่านฟิล์มที่มีความสว่างต่างกัน 4 ระดับ ในห้องที่มีความสว่างต่างกัน 3 ระดับ ผลการศึกษาพบว่า การอ่านฟิล์มเต้านมจำลองผ่านตู้อ่านฟิล์มที่มีความสว่างสูง (ตั้งแต่ 3.000 cd/m^2 ขึ้นไป) ในห้องที่มีความสว่างต่ำกว่า 14 Lux จะพบรอยโรคได้ดีกว่าห้องที่มีความสว่างสูง 200 lux ขึ้นไป ดังนั้นในกรณีที่สามารถที่เลือกตู้อ่านฟิล์มได้ควรเลือกตู้อ่านฟิล์มที่มีความสว่างสูงอยู่ในระดับมาตรฐานสากล แต่ยังคงต้องใช้ตู้อ่านฟิล์มอันเก่าที่ไม่ได้มาตรฐานอยู่โดยการลดระดับความสว่างของห้องอ่านฟิล์มให้ต่ำลง และควรกำบังแสงจากตู้อ่านฟิล์มนอกพื้นที่ฟิล์ม รวมทั้งการกำจัดแสงที่ไม่ต้องการจากแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่น เช่นแสงจากตู้อ่านฟิล์มอื่น แสงที่ผ่านมาจากหน้าต่าง ก็เพียงพอ ที่จะให้ความสามารถในการตรวจพบรอยโรคบนฟิล์มเอกซเรย์เต้านมเพิ่มขึ้น

งานวิจัยจากต่างประเทศ

A Categorical Course in Physics Technical Aspects of Breast (Low-dos mammography. Ostrum BJ, Becker W.1973 .p.323) สรุปได้ว่าตลอดระยะเวลาเกือบ 20 ปีที่ได้มีการเริ่มการเอกซเรย์เต้านม มีการพัฒนาในเรื่อง สกรีนฟิล์มและระบบล้างฟิล์มเพื่อต้องการให้ได้ฟิล์มที่มีคุณภาพดีมีองค์ประกอบด้วยกันหลายประการคือ คุณภาพของเครื่องเอกซเรย์เต้านม.การบีบกดเต้านม.การใช้กริด.ฟิล์มที่ใช้สำหรับเอกซเรย์เต้านมโดยเฉพาะและระบบล้างฟิล์มที่มีการควบคุมคุณภาพโดยระบบเหล่านี้จะช่วยทำให้ได้ฟิล์มที่มีคุณภาพดีและคนไข้ได้รับปริมาณรังสีในการตรวจน้อยที่สุด

New Mammography Screen/Film Combinations (Workbook for Quality mammography. Kimme Smith C.1990. p.713) จากการทดสอบฟิล์มชนิดต่าง ๆ กัน จำนวน 5 ชนิด และการใช้ สกรีนที่แตกต่าง 10 ชนิดในการทดสอบและใช้เวลาในการล้างฟิล์มที่ระยะเวลา 90 วินาที และ 3 นาที เพื่อเทียบความแตกต่างโดยการใช้วัสดุทดสอบชนิดเดียวกันและใช้เทคนิคในการเอกซเรย์แบบเดียวกันโดยให้แพทย์ 3 ท่านเป็นผู้วินิจฉัยค่าที่ได้จากฟิล์มพบว่ามีความแตกต่างทางด้านรายละเอียดและคอนทราสต์ที่แตกต่างกัน

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นข้อมูล ในการพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม โดยได้ศึกษาถึงสถานการณ์ของโรคมะเร็งเต้านมในปัจจุบัน และคุณลักษณะของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่ถูกต้องและทราบถึงสถานการณ์ของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมว่ายังไม่มีตู้อ่านฟิล์มในประเทศไทยที่ผ่านการรับรองคุณภาพว่าสามารถอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมได้ และจากคุณสมบัติของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์และการอ่านดูฟิล์มเอกซเรย์ทำให้สามารถออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์และทำให้ทราบถึงความจำเป็นที่ต้องออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยเฉพาะเพื่อให้ได้ขนาดตู้อ่านฟิล์มที่พอดีกับฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่มีขนาดกว้าง 18 และยาว 24 เซนติเมตร และค่าความสว่างต้องมีมากพอสำหรับฟิล์มเอกซเรย์เต้านมคือมีขนาดตั้งแต่ 3.000 lux และมีค่าอุณหภูมิของสีต้องมีค่าถึง 8.400 องศาเคลวินขึ้นไปเพื่อให้ได้ค่าของสีของหลอดไฟที่สามารถให้สีตั้งแต่แสงสีฟ้าขึ้นไปจนถึงแสงสีขาวเพื่อให้ได้ความถูกต้องของสีมากที่สุดโดยที่ตู้อ่านฟิล์มสามารถปรับความสว่างได้ซึ่งจากคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาพบว่าหลอดที่ให้แสงสว่างที่สูงและมีค่าของสีที่มีอุณหภูมิสูงและสามารถ ปรับค่าความสว่างของแสงได้และมีอายุการใช้งานได้นานนั้นคือหลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันทีประเภทเดย์ไลท์ที่ให้ค่าอุณหภูมิของสีที่ 65.000 องศาเคลวินและให้ค่าความสว่างในหลอดที่ 10.000 lux ในแต่ละหลอดโดยใช้ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อที่สามารถปรับความสว่างได้โดยไม่มีผลกระทบต่อค่าความถี่ในการให้ความสว่างของหลอดในการที่จะออกแบบตู้อ่านฟิล์มให้ให้ความสว่างเท่ากันหมดทุกพื้นที่ต้องมีการคำนวณค่าความสว่างเพื่อออกแบบแสงสว่างโดยการให้สูตรตามกฎโคไซน์ของแลมเบิร์ตเนื่องจากเป็น การคำนวณ แสงสว่างในทุกพื้นที่และมีความแม่นยำมากและใช้เวลาในการคำนวณมากด้วยเช่นกันแต่ในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กๆเช่นตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์จึงใช้เวลาในการคำนวณที่ไม่นานมาก

เมื่อได้อ่านงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ทั่วไปและการทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ต่างทั้งแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ทั่วไปและตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยเฉพาะทำให้ทราบถึงหลักการในการสร้างแบบในการทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์และทราบถึงหลักการในการสร้างภาพที่เกิดจากการถ่ายภาพทางเอกซเรย์ว่าต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพอย่างไรบ้างและการทดสอบสกรีนและชนิดของฟิล์มที่แตกต่างกัน โดยให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขเดียวกันของการใช้งานกับการเอกซเรย์เต้านมว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร และคุณภาพต่าง ๆ ของภาพที่ได้จากฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่ดีมีตัวแปรต่าง ๆ กันไป

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

การดำเนินการทดลอง การออกแบบและการสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการวิจัยตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย

1.1 ศึกษาคุณลักษณะ มาตรฐานของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

การออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งมีคุณสมบัติและประสิทธิภาพตามมาตรฐานของ ACR.

1.1.1 ด้านความสว่างสำหรับตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมต้องมากกว่า 3,000 lux

1.1.2 ความสม่ำเสมอของแสงสว่างตลอดพื้นผิวสกรีนต้องน้อยกว่า 30%

1.1.3 ค่าอุณหภูมิของสี อยู่ที่ 8,400 ขึ้นไป

1.1.4 สามารถปรับขนาดความสว่างตามความสว่างของห้องได้

1.2 ออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

1.3 กำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในส่วนต่างๆในการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

1.4 สร้างตู้ทดสอบความสว่างของหลอดไฟภายในพื้นที่ใช้งานในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมให้ที่มีขนาดเท่ากับฟิล์มเอกซเรย์เต้านมขนาด 2 ฟิล์ม

1.5 สร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่มีขนาดเท่ากับฟิล์มเอกซเรย์เต้านมขนาด 4 ฟิล์มโดยทดสอบและปรับปรุงแก้ไข การทำงานของตู้ทดสอบความสว่างของหลอดไฟเพื่อใช้งานในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์จากผู้เชี่ยวชาญในการผลิตตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์

ได้ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมตามมาตรฐานของ ACR. ดังนี้

1 ด้านความสว่างสำหรับตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมต้องมากกว่า 3,000 lux

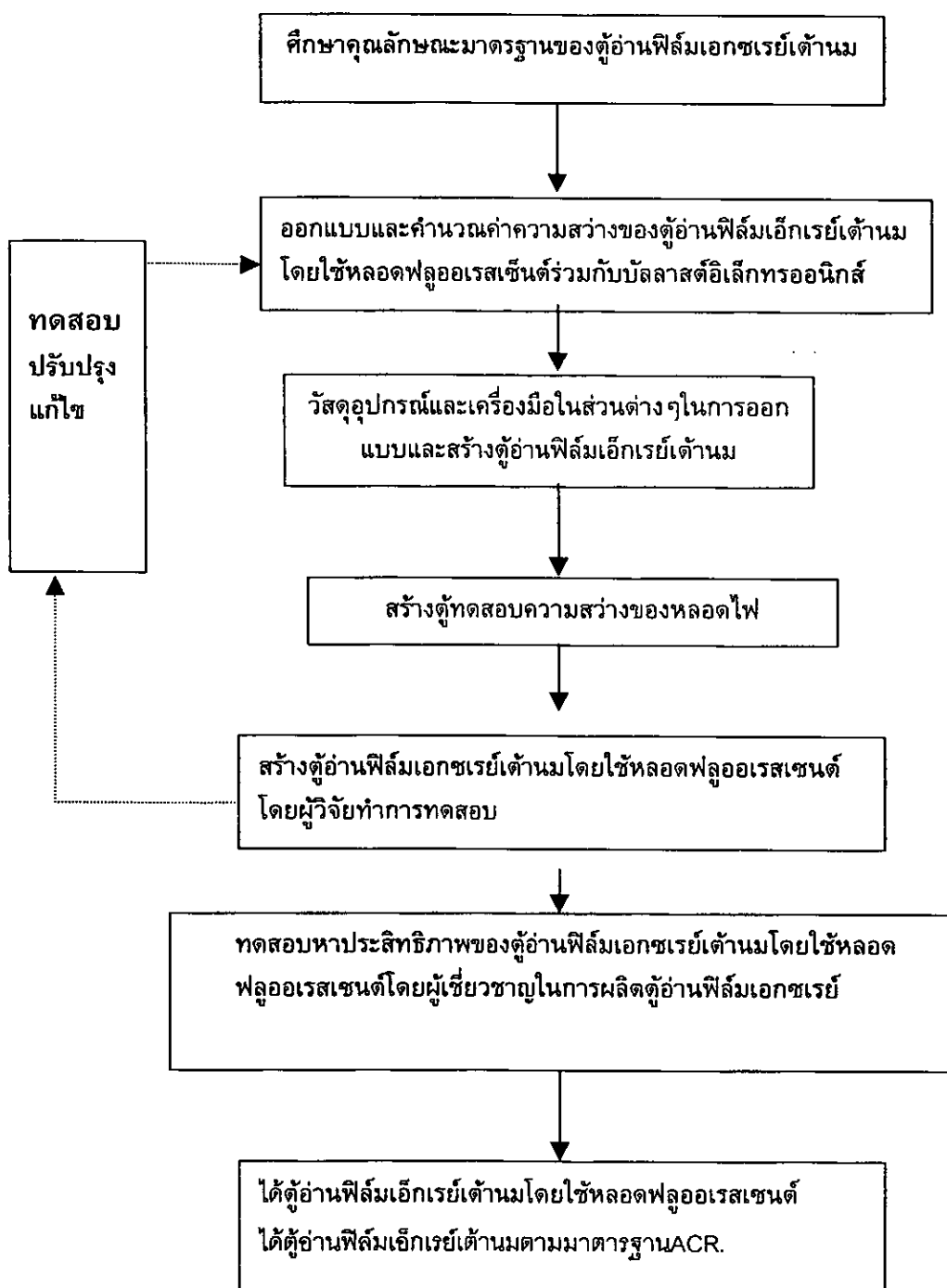
2 ความสม่ำเสมอของแสงสว่างตลอดพื้นผิวสกรีนต้องน้อยกว่า ร้อยละ 30

3 ค่าอุณหภูมิของสี อยู่ที่ 8,400 องศาเคลวินขึ้นไป

4 สามารถปรับขนาดความสว่างตามความสว่างของห้องได้

1.6 ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ลำดับขั้นตอนในการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบคาโทดเย็น

การเขียนกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัยได้ดังนี้



1.ศึกษาคุณลักษณะมาตรฐานของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

การศึกษารายละเอียดต่างๆที่ใช้ในการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

1.1 ศึกษาค้นคว้า ตำรา และงานทดลองออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

1.2 ศึกษาคุณสมบัติของส่วนประกอบต่างๆของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม เพื่อจัดหาวัสดุอุปกรณ์ ที่เหมาะสม มาประกอบเป็นตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม เพื่อทดสอบการทำงาน

2.ออกแบบและคำนวณค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

2.1 กำหนดหาขนาดของแผ่นพลาสติกสีขาวขุ่น ใช้ขนาด กว้าง 50-และยาว 25 เซนติเมตร

2.2 กล้องสำหรับเป็นกล้องศึกษาในการทดลองเพื่อที่สามารถ ปรับแต่งจุดที่ต้องการวางตำแหน่งของหลอดและการวางแผ่นสะท้อนแสงได้โดยมีขนาดกว้าง 50ยาว 25 สูง 20 เซนติเมตรและสามารถปรับระดับความสูงได้

2.3 กำหนดหาการวางตำแหน่งของหลอดไฟว่าควรมีระยะการห่างขนาดเท่าใดออกแบบแสงสว่างโดยการให้สูตรตามกฎโคไซน์ของแลมเบอร์ต

3 .กำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือในส่วนต่าง ๆในการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม

3.1 กล้องสำหรับเป็นกล้องศึกษาในการศึกษาการทดลอง ขนาดใกล้เคียงกับตู้อ่านฟิล์มขนาด

2 ช่องของฟิล์มเอกซเรย์เต้านม มีความหนา 20 เซนติเมตร

3.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2เซนติเมตร และมีค่าความสว่าง 16,000 lux

3.3 อุปกรณ์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์จำนวน 2 หลอด

3.4 อุปกรณ์ปรับลดความต้านทานเพื่อปรับลดค่าความถี่ที่จ่ายให้กับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

3.5 แผ่นพลาสติกขุ่นเบอร์ 444 หนา 0.3 มม

3.6 แผ่นอลูมิเนียม เพื่อใช้ในการผลิตกล่อง

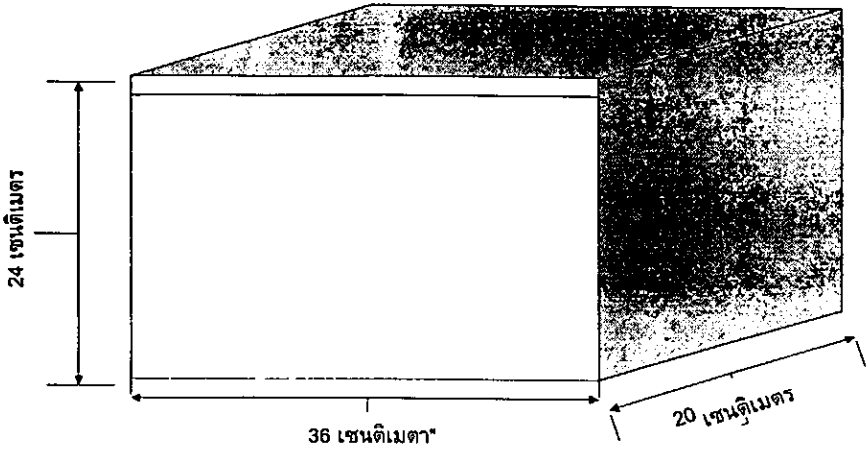
3.7 สว่าน

3.8 แผ่นสะท้อนแสง

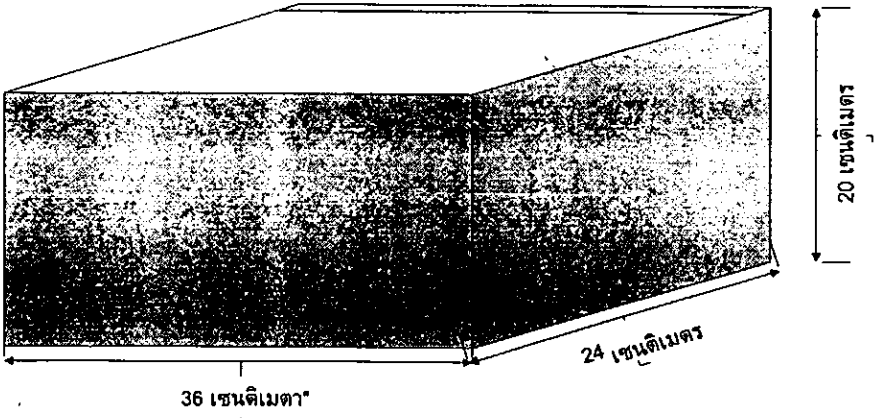
3.9 แผ่นฟิล์มเอกซเรย์เต้านมขนาดกว้าง18และยาว24 เซนติเมตร จำนวน 2แผ่นหนวดเวลา และสถานที่ในการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ สถานที่ใช้พื้นที่ของบริษัท ปทุมพรช่างในการสร้างแบบจำลองเพื่อการทดสอบ

4. สร้างตู้ทดสอบความสว่างของหลอดไฟ

4.1 ทำการประกอบตู้ตามขนาดที่ได้กำหนดไว้และทำการวางหลอดไฟจำนวน 2 หลอดไว้ตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ดังรูปโดยมีขนาด กว้าง 24 ยาว 36 และสูง 20 เซนติเมตรตามรูป

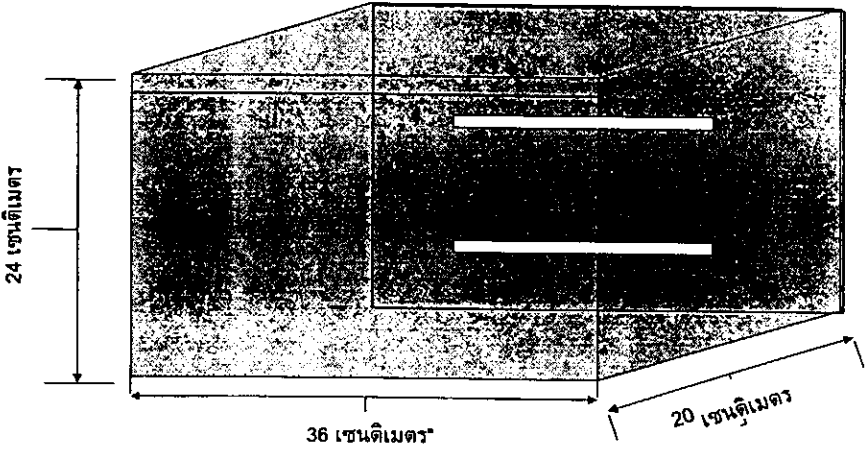


ภาพประกอบ 31 แสดงตัวอย่างกล่องทดสอบความสว่างของแสง

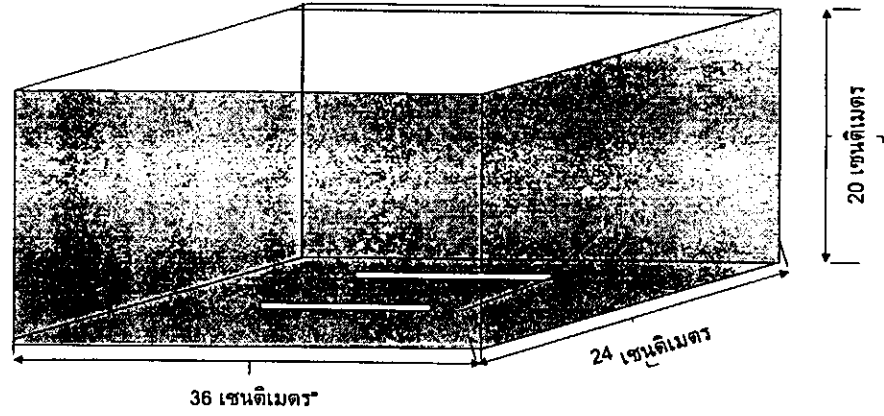


ภาพประกอบ32 แสดงตัวอย่างกล่องทดสอบความสว่างของแสง

REVISIONS		COMPANY ADDRESS	
TITLE			
DRAWN BY			
CHECKED BY			
DATE		SHEET	
SCALE			

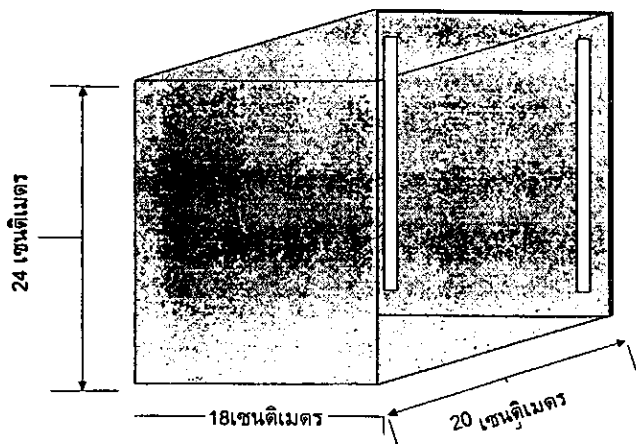


ภาพประกอบที่ 33 แสดงตัวอย่างการวางตำแหน่งของหลอดไฟ

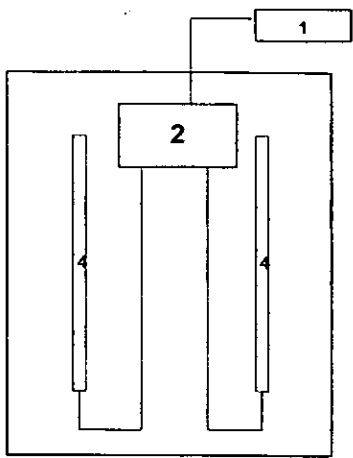


ภาพประกอบที่ 34 แสดงตัวอย่างกล่องทดสอบความสว่างของแสง

REVISIONS		COMPANY ADDRESS	
TITLE			
DRAWN BY			
CHECKED BY			
DATE		SHEET	
SCALE			



ภาพประกอบ 35 แสดงตัวอย่างการวางตำแหน่งของหลอดไฟสำหรับสตูดิโอ



- 1. แสดงถึงไฟฟ้า 220 โวลท์
- 2.แสดงถึงอุปกรณ์บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์
- 3. แสดงถึงอุปกรณ์หลอดไฟไฟฟ้า
ฟลูออเรสเซนต์

ภาพประกอบ 36 แสดงตำแหน่งการวางอุปกรณ์ในสตูดิโอ

REVISIONS		COMPANY ADDRESS	
TITLE			
DRAWN BY			
CHECKED BY			
DATE		SHEET	
SCALE			

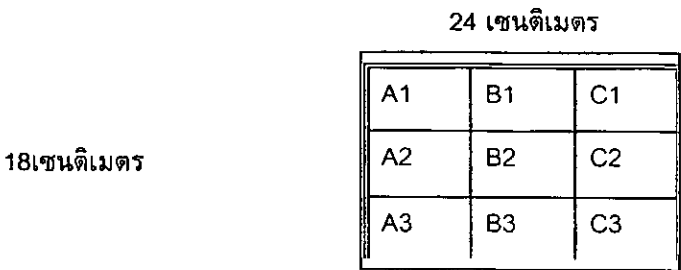
4.2 ทำการประกอบอุปกรณ์ปรับขนาดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเข้ากับหลอดไฟและทดลองการทำงาน
ตามตารางว่าได้ค่าตามที่คำนวณหรือไม่

ระยะความสูงที่ ระดับต่างๆ เซตติเมตร	ที่ระยะห่างจาก จุดกำเนิดแสง สว่าง	มุมองศาที่ได้ $\cos \theta$	ที่ตำแหน่งค่า ความสว่างสูงสุด (แรงเทียน)	ที่ตำแหน่งค่า ความสว่างต่ำสุด (แรงเทียน)
2	1.5	0.8	51,200	19,200
	3.0	0.5	15,975	6,365
	4.5	0.4	6,663	3,000
3	1.5	0.9	32,000	12,000
	3.0	0.71	16,000	6,000
	4.5	0.55	8,200	3,000
4	1.5	0.95	20,000	7,500
	3.0	0.8	12,000	4,500
	4.5	0.66	8,000	3,000

ระยะความสูงที่ ระดับต่างๆเซต ติเมตร	ที่ระยะห่างจาก จุดกำเนิดแสง สว่าง	มุมองศาที่ได้ $\cos \theta$	ที่ตำแหน่งค่า ความสว่างสูงสุด (แรงเทียน)	ที่ตำแหน่งค่า ความสว่างต่ำสุด (แรงเทียน)
5	1.5	0.96	12,000	4,500
	3.0	0.86	10,000	3,750
	4.5	0.74	6,400	2,962
6	1.5	0.92	10,000	3,200
	3.0	0.89	8,000	3,000
	4.5	0.8	5,600	2,962
7	1.5	0.98	6,800	3,700
	3.0	0.9	6,000	3,000
	4.5	0.83	4,800	2,962

5 ทดสอบ ปรับปรุง และแก้ไข การทำงานของตู้อ่านฟิล์มเอ็กเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

5.1 ทำการวัดค่าความสว่างที่จุดต่างๆ ที่กำหนดไว้โดยการแบ่ง ตำแหน่งที่ทำการวัดไว้ 9 จุดที่ระยะห่างจากขอบตู้2นิ้วดังรูป



5.2 ปรับระยะความสูงของแผ่นพลาสติกด้านบนไว้ที่ระยะต่างๆ ดังนี้
2,4,6,8 และ10 เซนติเมตร

5.3 ทดสอบความเข้มของแสง ตามตาราง

ตารางแสดงค่าความสว่างของแสงที่ตำแหน่งต่างๆที่ทำการวัด ในระยะต่างๆ

ตำแหน่งที่ทำการวัด	A	B	C
1			
2			
3			

ตารางแสดงค่าความสว่างที่ได้จากการวัดค่า

ค่าที่ทำการวัด	ค่าความสว่าง	หน่วยวัด
ความสว่างสูงสุดที่ได้		LUX
ความสว่างต่ำสุด		LUX
ค่าความแตกต่าง		LUX
ความสม่ำเสมอของแสงร้อยละ		%
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต		LUX
อุณหภูมิอมงแสง		องศาเคลวิน

6. หาประสิทธิภาพของผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์โดยใช้มาตรฐานของ ACR.

1. ด้านความสว่างสำหรับผู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมต้องมากกว่า 3,000 lux
2. ความสม่ำเสมอของแสงสว่างตลอดพื้นผิวสกรีนต้องน้อยกว่า 30%
3. ค่าอุณหภูมิของสี อยู่ที่ 8,400 ขึ้นไป

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการทดลอง ตามขั้นตอนต่างๆประกอบไปด้วยขั้นตอนที่ 1 การออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านม ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบและปรับปรุง ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านม ขั้นตอนที่ 3 การประเมินสมรรถนะของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านม ผู้วิจัยได้ดำเนินการเสร็จสิ้นทั้ง 3 ขั้นตอนแล้ว ได้นำข้อมูลการประเมินสมรรถนะของเครื่องเอกซเรย์เด้านมในขั้นตอนที่ 3 มาวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งได้ผลการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านม

จากการประเมินสมรรถนะของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านมนี้ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะ และหาประสิทธิภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านมโดยใช้หลอดฟลูออโรในรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ด้านความสว่างสำหรับตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านมต้องมากกว่า 3,000 lux
2. ความสม่ำเสมอของแสงสว่างตลอดพื้นผิว สกรีน ต้องน้อยกว่าร้อยละ 30
3. ค่าอุณหภูมิของสี อยู่ที่ 8,400 องศาเคลวิน ขึ้นไป

ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านมโดยการใช้หลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ ขนาด 15 watt ที่สามารถให้ความสว่างสูงสุด 16,000 lux และต่ำสุดที่ 6,000 lux ที่ให้อุณหภูมิสี ที่ 8400 องศาเคลวิน เพราะเป็นหลอดที่มีความยาวของหลอดขนาด 42 เซนติเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับฟิล์มเอกซเรย์เด้านมขนาด 2 แผ่น (36 เซนติเมตร) โดยมีด้านข้างของหลอดหายไปข้างละ 3 เซนติเมตร ซึ่งเป็นการดีเพราะหลอดฟลูออโรเรสเซนซ์ โดยทั่วไปจะมีข้อเสียคือเมื่อใช้ไปในระยะเวลานานๆ บริเวณหัวหลอดจะมีสีดำทำให้บริเวณด้านข้างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เด้านมมีความสว่างน้อยลงทำให้การกระจายของแสงสว่างไม่ได้ตามมาตรฐาน จากการทดลองที่ระดับความห่างจากพื้นผิวสกรีนที่ระยะความห่าง 7 เซนติเมตรที่ได้จากการคำนวณที่สามารถให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงที่ระดับไม่มากกว่า ร้อยละ 30 โดยทำการทดลองที่ค่าความสว่างของหลอดที่ระดับความสว่างสูงสุดและที่ระดับความสว่างต่ำสุดได้ผลตามตาราง 6 และตาราง 7

ตาราง 6 ทำการวัดค่าความสว่างเมื่อปรับค่าความสว่างต่ำที่สุด

ตำแหน่งที่ทำการวัด	A	B	C
1	2250	2600	2730
2	2270	2760	2900
3	2300	2600	2750

ตาราง 7-แสดงค่าความสว่างที่ได้จากการวัดค่าที่ค่าความสว่างต่ำสุด

ค่าที่ทำการวัด	ค่าความสว่าง	หน่วยวัด
ความสว่างสูงสุดที่ได้	2,900	LUX
ความสว่างต่ำสุด	2,250	LUX
ค่าความแตกต่าง	650	LUX
ความสม่ำเสมอของแสงร้อยละ	22.41	%
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	2,573	LUX
อุณหภูมิอมงแสง	8,400	องศาเคลวิน

จากตาราง 7 สามารถวิเคราะห์ค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ได้นี้

ขนาดของความสว่างสูงสุดพบว่ามีการปรับให้ค่าความสว่างโดยรวมของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ได้นี้ มีขนาด 2900 lux และ ค่าความสว่างต่ำสุดมีขนาด 2250 lux โดยเป็นค่าที่ต่ำกว่ามาตรฐานการอ่านฟิล์มเอกซเรย์ได้นี้ ซึ่งไม่ผ่านมาตรฐานของ ACR ที่กำหนดค่าความสว่างต่ำสุดที่ 3000 lux แต่การกระจายของแสงพบว่ามีกระจายค่าความสว่างของแสงต่ำกว่า 30 % ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ ตามมาตรฐานกำหนด

ตาราง 8 ทำการวัดค่าความสว่างเมื่อปรับค่าความสว่างสูงที่สุด

ตำแหน่งที่ทำการวัด	A	B	C
1	6350	7380	7940
2	6520	7450	8020
3	6180	7140	7840

ตาราง 9-แสดงค่าความสว่างที่ได้จากการวัดค่าที่ค่าความสว่างสูงที่สุด

ค่าที่ทำการวัด	ค่าความสว่าง	หน่วยวัด
ความสว่างสูงสุดที่ได้	8020	LUX
ความสว่างต่ำสุด	6180	LUX
ค่าความแตกต่าง	1840	LUX
ความสม่ำเสมอของแสงร้อยละ	22.94	%
ค่าเฉลี่ยเลขคณิต	7202	LUX
อุณหภูมิอมงแสง	8,400	องศาเคลวิน

จากรางที่ 9-พบว่าค่าความสว่างสูงสุดและต่ำสุดมีค่าความสว่างมากกว่าค่าความสว่างตามมาตรฐานกำหนดไว้ดังนี้คือ มีค่าความสว่างสูงสุดอยู่ที่ 8020 Lux และมีค่าความสว่างต่ำสุดอยู่ที่ 6,180 Lux โดยมีค่าเฉลี่ยของความสว่างของตู้อ่านฟิล์มอยู่ที่ 7,202.22 Lux และพบว่ามีการกระจายของแสงสว่างมีค่าความแตกต่างอยู่ที่ 22.94 % จึงมีค่าความสม่ำเสมอของแสงน้อยกว่า 30 % ทำให้ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่สร้างขึ้น อยู่ในมาตรฐานที่ ACR กำหนดดังนี้

- 1.ด้านความสว่างของแสงพบว่ามีความสว่างเฉลี่ย 7202 lux
2. ด้านด้านความสม่ำเสมอของแสงมีความสม่ำเสมอของแสงแตกต่างกับเพียงร้อยละ 22.94
- 3.ด้านอุณหภูมิของสีอยู่ที่ 8400 องศาเคลวิน
- 4.สามารถปรับความสว่างของแสงได้คือค่าความสว่างที่ 2900 – 7200

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเกี่ยวกับการสร้าง ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ และทดสอบ เพื่อประเมินประสิทธิภาพ ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ให้ได้ตามมาตรฐาน American collage of Radiology Guidelines. 1992 (ACR.)

ความสำคัญของการวิจัย

ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ตามมาตรฐาน American collage of Radiology Guidelines. 1992 (ACR.) เพื่อเป็นต้นแบบการผลิต ในระบบอุตสาหกรรมต่อไป

สมมุติฐานในการวิจัย

ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสามารถผ่านเกณฑ์ มาตรฐาน American collage of Radiology Guidelines. 1992 (ACR.)

การดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ครั้งนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการดังต่อไปนี้

1. รับรู้ปัญหาเรื่องระบบการส่องสว่างเนื่องจากผู้วิจัยทำหน้าที่รับผิดชอบในด้านการดูแลรักษาเครื่องเอกซเรย์เต้านมพบว่าแม้จะทำการดูแลรักษาเครื่องเอกซเรย์ให้ได้คุณภาพที่ดีเพียงไรแต่คุณภาพของฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่ได้คุณภาพในการมองเห็นจุดผิดปกติบนแผ่นฟิล์มยังไม่สามารถวิเคราะห์ลงไปได้อย่างมั่นใจมาจากคุณภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ที่ใช้โดยทั่วไปไม่สามารถอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมได้และจำเป็นต้องมีการควบคุมคุณภาพของตู้อ่านฟิล์มเข้ากับควมสว่างภาพในห้องเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมมากขึ้น

2. ศึกษารายละเอียดต่างๆในการออกแบบและสร้างตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม โดยทำการศึกษาค้นคว้าจากเอกสารตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3. ทำการออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมจากคุณลักษณะตามมาตรฐาน American collage of Radiology Guidelines. 1992 (ACR.)

- 3.1 กำหนดค่าหลอดไฟฟ้าใหม่โดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 15 วัตต์ ที่มีค่าความสว่าง 16,000 lux และให้อุณหภูมิของสีที่ 8,400 องศาเคลวิน โดยบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอุปกรณ์ในการจัดใส่หลอด สำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ของ Philips รุ่น HF-R 218 และใช้อุปกรณ์การวัดความสว่างของแสง ของ Digicon lx 50 lux meter

3.2 ทำการคำนวณหาค่าความสว่างในแต่ละจุดเพื่อหาค่าความสว่างว่ามีค่าถึงมาตรฐานที่กำหนดและมีการกระจายค่าความสว่างมีความแตกต่างกันเท่าไร

4. ทำการประกอบตู้ทดสอบความสว่างของแสงโดยทำการจัดสร้างตู้ทดลองตามขนาดฟิล์ม 2 ช่อง (กว้าง 18 และยาว 24) เซนติเมตร และทำการกำหนดตำแหน่งที่ต้องทำการวัดค่าความสว่าง 9 ตำแหน่ง ในระยะที่ห่างเท่าๆกัน

4.1 จัดซื้ออุปกรณ์บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ และหลอดไฟฟ้าขนาด 15 วัตต์

4.2 ทำการจัดสร้างตู้ทดลองตามขนาดฟิล์ม 2 ช่อง (กว้าง 24 และ ยาว 36) เซนติเมตร

4.3 กำหนดระยะห่างของหลอดไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกันและกำหนดให้สามารถปรับระยะความสูงได้เพื่อสามารถหาระยะความสูงที่ต้องการเพื่อการกระจายแสงสว่างที่สม่ำเสมอตามมาตรฐานที่กำหนดคือไม่มากกว่า 30%

4.4 เมื่อได้ความสูงที่แสงสามารถกระจายแสงสว่างได้ตามมาตรฐานที่กำหนดแล้วทำการจัดส่งไปทำการประกอบเป็นตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านขนาด 4-ช่องฟิล์มที่บริษัท ประทุมการช่าง 170-170 /1 สุขสวัสดิ์ ซอย 9-ถนนสุขสวัสดิ์-เขต-ดาวคะนอง กรุงเทพฯ

สรุปผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านสำหรับฟิล์มเอกซเรย์ด้านโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ และได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้าน โดยมีผลดังนี้

1.ด้านการพัฒนา ผู้วิจัยได้พัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านโดยการออกแบบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านที่มีขนาดเล็กแต่มีความสว่างมากกว่าตู้อ่านฟิล์มปกติทั่วไปถึง 2 เท่า ทำจากสแตนเลส โดยมีความกว้าง 52 เซนติเมตรและความยาว 48 เซนติเมตร สามารถอ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านพร้อมกันได้ 4 ภาพพร้อมกัน และสามารถปรับค่าความสว่างตามต้องการได้ โดยผู้วิจัยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดเดย์ไลท์ ขนาด กำลังไฟฟ้า 15 วัตต์ จำนวน 4 หลอด

2 ด้านประสิทธิภาพของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านตามมาตรฐานของ ACR. ที่กำหนดไว้ 4 ด้านดังนี้

2.1 ด้านความสว่างของแสงที่ต้องการ ตามมาตรฐานของ ACR กำหนดความสว่างของแสงที่ 3,000 lux จากการทดสอบความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านพบว่ ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านสามารถให้ความสว่างสูงสุด ที่ความสว่าง 8,020 lux และให้ค่าความสว่างต่ำสุดที่ 2,250 lux โดยพบค่าความสว่างสูงสุดในตำแหน่งที่บริเวณกลางหลอดและมีค่าความสว่างต่ำสุดตำแหน่งที่บริเวณด้านข้างของตู้อ่านฟิล์ม โดยผู้วิจัยได้กำหนดใช้ค่าความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสงที่ให้ค่าความสว่าง 16,000 lux หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิดเดย์ไลท์ ขนาดกำลังไฟฟ้า 15 วัตต์

2.2 ด้านการให้ความสว่างสม่ำเสมอของแสง ตามมาตรฐานของ ACR กำหนดให้มีค่าความสม่ำเสมอของแสงมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 30 จากการทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านพบว่ หลอดในตำแหน่งที่ตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้าน สามารถให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมีค่าความแตกต่างกัน 650 lux หรือมีค่าความสม่ำเสมอของแสงคิดเป็นร้อยละ 22.41 โดยมีค่าอยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานของ ACR กำหนด

2.3ด้านการให้ค่าอุณหภูมิของสีของแสงตามมาตรฐานของACRกำหนดกำหนดให้ค่ามากกว่า 8,400 องศาเคลวินขึ้นไปจากการทดสอบตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยวัดจากผิวหน้าของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมมีค่าอุณหภูมิของสีมีค่า 8,400 องศาเคลวินโดยมีค่าอยู่ตามเกณฑ์มาตรฐานของACRกำหนด

2.4 ด้านการปรับค่าความสว่างของแสง ตามลักษณะของห้องที่ใช้อ่านฟิล์มพบว่าตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมสามารถปรับค่าความสว่างได้ตั้งแต่ค่าความสว่างที่8,020 lux และที่ตู้สามารถให้ค่าความสว่างต่ำสุด 2,250 lux

อภิปรายผล

จากการการพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ อภิปรายผลได้ดังนี้

1. ด้านการให้แสงสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมที่กำหนดค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมมีค่าไม่น้อยกว่า 3,000 lux (handbook mammogram 1993:86)โดยพบค่าความสว่างสูงสุดของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมมีค่าความสว่าง สูงสุดที่ 8,020 lux จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 15 วัตต์ที่ให้ค่าความสว่างของหลอดที่ 16,000 lux โดยตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมให้ค่าความสว่างสูงสุดที่ 8,020 lux โดยเป็นระยะที่วัดในบริเวณที่ผิวของตู้อ่านฟิล์มโดยคำนวณจากกฎโคไซน์ของแลมเบิร์ตโดยกล่าวว่าปริมาณแห่งการส่องสว่างจะแปรผันไปตามค่า Cos ของมุมที่เปลี่ยนจากแนวตั้งฉาก หรือมุมที่เอียงไปจากแนวตั้งฉาก (Late Shri D.L. Deshpande. 1950:1115)โดยการคำนวณตามกฎโคไซน์ของแลมเบิร์ตเป็นการคำนวณค่าแสงสว่างที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดแต่เป็นการคำนวณที่ใช้ระยะเวลานานมากที่สุดตามไปด้วย (ชาญศักดิ์ อภัยนันทพัฒน์. 2545:165)ได้ค่าความสว่างที่ให้ค่าความสว่างที่สม่ำเสมอเป็นระยะที่หลอดห่างจากผิวของตู้อ่านฟิล์มเป็นระยะทาง 7 เซนติเมตร โดยมีค่าความแตกต่างที่ผิดพลาดจากการคำนวณ 1,112 lux โดยมีค่าความผิดพลาดจากการคำนวณคิดเป็นร้อยละ 10 โดยความผิดพลาดของผลที่ได้จากการคำนวณและจากผลการทดลองจริงอันเนื่องมาจากบริเวณใต้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นพื้นล่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ที่มีการสะท้อนแสงสว่างไปจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่ง เป็นไปตามค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงสว่างของโพลีเพดาน(Jhon E. Kanufman.1981:9-11)ทำให้เกิดแสงสว่างแยงตาโดยเกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงสว่างจากพื้นที่ผิวที่ขัดมันวาวจากพื้นงานเข้าสู่สายตาโดยมีความเข้มของแสงสว่างที่เพิ่มมากขึ้นด้วย (ชาญศักดิ์ อภัยนันทพัฒน์. 2545:210)

2. ด้านการให้ความสม่ำเสมอของการกระจายแสงบนพื้นที่ผิวของตู้อ่านฟิล์มพบว่าตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์สามารถให้ค่าความสม่ำเสมอของแสงมีค่าที่ร้อยละ 22.41ที่ได้จากการทดลองจริงมีค่าที่ห่างจากเปอร์เซ็นต์ที่คำนวณจากสูตรโคไซน์ของแลมเบิร์ตที่ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุดพบว่าที่ระยะที่ห่างจากพื้นที่ผิวน้อยที่สุดที่สามารถให้ค่าความสว่างที่ได้ร้อยละ 28 เป็นระยะห่างจากพื้นที่ผิวของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เป็นระยะทาง 7 เซนติเมตรโดยใช้แผ่นสะท้อนเป็นพื้นผิวมันวาวสีขาวเป็นโดยมีลักษณะเป็นไปตามแบบโคโมไฟฟ้าแบบการกระจายแสงสว่างลงด้านล่าง(Direct Luminance) โดยแสงสว่างประมาณ 90-100 % ของแสงสว่างจะกระทบลงสู่พื้น เป็นการที่สามารถควบคุมการกระจายแสงสว่างให้ไปตกกระทบลงบนพื้นที่ที่ต้องการใช้งานได้ง่าย(ชาญศักดิ์ อภัยนันทพัฒน์. 2545:132)โดยการที่ให้แสงของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ให้ความสม่ำเสมอจะมีผลดีต่อการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมโดย จากการศึกษพบว่า การทะลุผ่านของแสงผ่านแผ่นฟิล์มมีอิทธิพลมาจากการกระเจิงและสัดส่วนของแสงกระเจิงที่วัดจากแสงที่ทะลุผ่าน

นี้จะมากขึ้นถ้าแสงที่ตกกระทบประกอบด้วยแสงกระจายมากกว่าแสงขนานคอนทราสต์ของภาพที่มองเห็นจากแสงตกกระทบที่เป็นแบบขนาน จึงดีกว่าแสงตกกระทบแบบกระจาย จึงควรมีเทคโนโลยีในการผลิตลำแสงของตู้อ่านฟิล์มให้ได้ลำแสงใกล้เคียงกับแสงขนานมากที่สุด (อภิญา,อุไรรัตน์,2540:15) ซึ่งค่ามาตรฐานได้กำหนดไว้ว่าค่าความสม่ำเสมอของแสงสว่างต้องมีค่าความแตกต่างไม่เกินร้อยละ 30 ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนดไว้

3. ด้านการให้ความยาวของแผ่นพื้นผิวผู้ต้องฟิล์มเอกซเรย์ด้านมพบว่แสงที่ได้มีอุณหภูมิของสีที่ 8,400 องศาเคลวิน เมื่อเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด กูลไวท์มีอุณหภูมิสี 6,500 องศาเคลวิน หมายถึงเมื่อเฝ้าวัดดูสีทำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 6,500 เคลวิน วัดนั้นจะเปล่งแสงซึ่งหมายถึงสีที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุสีดำซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้สมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนดโดยแหล่งกำเนิดแสงมีมีอุณหภูมิสีเท่ากับอุณหภูมิของวัตถุดำ โดยในการกำหนดค่าอุณหภูมิสีจะอยู่ในหน่วยองศาเคลวิน (Kelvin : K) เช่น เราทราบว่าสีของวัตถุดำจะเป็นสีดำที่อุณหภูมิห้อง เป็นสีแดงที่อุณหภูมิ 5,000 เคลวิน และเป็นสีฟ้าที่อุณหภูมิ 8,000 เคลวิน เป็นต้น (ไชยะ .2544:30)โดยองศาเคลวินเป็นการบอกสีทางด้านการส่องสว่างมักด้วยอุณหภูมิสี เราใช้ค่าอุณหภูมิเหล่านี้เป็นตัวบอกสีของแหล่งกำเนิดแสงใดๆเช่น ขดลวดทั้งสแตน มีค่าอุณหภูมิสีอยู่ระหว่าง 2,600 – 3,000 เคลวิน มันจะให้แสงสีเหลืองจ้ และที่อุณหภูมิสีต่ำกว่า (warmer appearance) สีของแสงสว่างจะเลื่อนไปทางสีแดง อุณหภูมิสีที่สูงกว่า (cooler appearance) สีจะเลื่อนไปทางสีน้ำเงิน(เสริมสุข.2540:15)โดยมีสาเหตุที่อุณหภูมิของสีลดลงจาก 65,000 องศาเคลวินเหลือเพียง 8,400 องศาเคลวินมีสาเหตุมาจากการเลือกแผ่นพลาสติกที่ให้การสะท้อนแสงเพื่อที่จะวางฟิล์มเอกซเรย์เมื่อมีการสะท้อนแสงมาจากสัมปรีชการใช้ประโยชน์แสงกล่าวคืออัตราส่วนของปริมาณฟลักซ์ส่องสว่างบนพื้นที่ทำงานทั้งที่เกิดจากดวงโคมโดยตรงและจากการสพทอนจากส่วนต่าง ๆ(ไชยะ .2544:269)ที่เลือกใช้แผ่นพลาสติกทำให้สีของแสงที่ส่องผ่านแผ่นพลาสติกเปลี่ยนแปลงลดลง

4. ด้านการปรับแสงสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมพบว่สามารถปรับค่าความสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ที่ตำแหน่งค่าความสว่างสูงสุดสามารถปรับค่าความสว่างของได้ตั้งแต่ 2,900 lux ถึงระดับ 8020 lux โดยเลือกใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่เป็นอุปกรณ์ที่ทำการเปลี่ยนค่าความถี่ที่จ่ายให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 15 วัตต์ โดยเปลี่ยนค่าความถี่ระหว่าง 25 ถึง 50 Hz (Phillips.com.2546)

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมโดยใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์พบว่า

1 ค่าความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ให้ค่าความสว่างถึง 16,000 Lux และให้ค่าอุณหภูมิของสีที่ 8,400 องศาเคลวินซึ่งค่าอุณหภูมิของสีมีค่าต่ำที่สุดที่มาตรฐานรองรับได้ควรเลือกหลอดไฟฟ้าที่สามารถให้อุณหภูมิของสีที่มากขึ้นกว่าเพื่อให้ค่าความยาวของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมสามารถให้ความแตกต่างระหว่างความยาวและค่าของฟิล์มได้ดียิ่งขึ้น

1.2 การกระจายของแสงที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ร่วมกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากขึ้นเพราะแสงที่กระจายออกจากแหล่งกำเนิดแสงมีการออกมาเป็นมุม $\cos \theta$ โดยมีการกระจาย ตามระยะเส้นผ่าศูนย์กลางคือ 2 เซนติเมตรทำให้การกระจายของแสงที่จะทำให้การกระจายครบพื้นที่กว้าง 18 และยาว 48 เซนติเมตร ต้องมีระยะห่าง 7 เซนติเมตรขึ้นไป

ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัยครั้งต่อไป

1. ใช้หลอดไฟที่เป็นพื้นที่สีเหลืองเท่ากับขนาดของฟิล์มเพื่อให้การกระจายของแสงได้สม่ำเสมอ
2. เพิ่มแนวโน้มในแต่ละชุดที่ต้องการดูเป็นพิเศษ
3. ควรให้ความสว่างเพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- จงกล สิบจันทร์,ไพโรจน์ ศรีคำ. (2539). *การประเมินคุณภาพตู้อ่านฟิล์มในโรงพยาบาลต่างๆเขตกรุงเทพฯ และจังหวัดในภาคกลาง*. คณะเทคนิคการแพทย์ :มหาวิทยาลัยมหิดล
- ฉวี ฤาชาพันธ์,ศิริลักษณ์ วิชัยโย,ศุภฤกษ์ กองจันทร์และนงศ์ลักษณ์ โพธิ์เปลี่ยนศรี. (2544).*การควบคุมคุณภาพเอกซเรย์เต้านม*. กรุงเทพฯ. คณะวิทยาศาสตร์ :มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- เสริมสุข กุณวรัตน์. (2540). *คู่มือการควบคุมคุณภาพของภาพเอกซเรย์เต้านม*. ราชบุรี.โรงพยาบาลราชบุรี. ถ่ายเอกสาร
- ผ.ศ.มาลินี ธนากรณ (2542). *การควบคุมคุณภาพของภาพเอกซเรย์เต้านมโดยนักรังสี*. กรุงเทพฯ. คณะเทคนิคการแพทย์ : มหาวิทยาลัยมหิดล.
- อภิญา นังคลา,อุไรรัตน์ แก้วบุญเพิ่ม. (2540). *ความสว่างของตู้อ่านฟิล์มที่เหมาะสมในการอ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม*. กรุงเทพฯ. คณะเทคนิคการแพทย์ : มหาวิทยาลัยมหิดล
- ชุดิมา เวชรักษ์,ประภารัตน์ วงษ์อ้ายและวราภรณ์ ธรรมอุดม. *DAYLIGHT COMPLACT FLOURESCENT VIEW BOX* (2542).ปริญญาวิทยาศาสตรการแพทย์ .กรุงเทพฯ. โรงพยาบาลรามาชิตี .
- ไชยะ แซ่มซ้อย .(2544). *พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่างเล่มที่ 1*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : เอ็มแอนดีอี
- ยีน ภูววรรณ. (2535). *ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ เล่ม 2*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : นำอักษรการพิมพ์.
- ลัดดา เฉลยกิตติ . (2544). *เอกสารประกอบการสอนMammogram*.คณะวิทยาศาสตร์การแพทย์: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.ถ่ายเอกสาร
- ประยูร บุญฤทธิ์. (2543). *การออกแบบและสร้างโคมฉายไฟแสงสว่างพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับใช้กับหลอดไฟฟ้าชนิดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- [Http://www.geocities.com/suchartw/generalcancer.htm](http://www.geocities.com/suchartw/generalcancer.htm) .(กันยายน 2546)
- <http://www.Tiar.net> .(กันยายน 2546)
- <http://philip.com> (กรกฎาคม 2545)
- <http://www.osram.com> (กุมภาพันธ์ 2546)
- <http://www.gst.co.th> (ธันวาคม 2546)
- <http://www.new.mweb.com>(กันยายน 2546)
- Carolyn Kimme-Smith.(1992). *Workbook for Quality Mammography*. California: willams & Wilkins Hill SJ
- Faulker K. and Staritt H C.(1990) *Film Viewing Conditions in Mammography* .London :Radiology England.
- Ostrum Bj , Becker W. (1973) *Low – Dose Mammography* . American Journal Of Radiology

Shirley M. Long (2536). *Handbook of Mammography 3rd ed.* Canada: Satoo Design & Graphics inc
Richard H. Gold. (2523) *New Mammography Screen/film Combinations* .UCLA School Of
Medicine. : California

ภาคผนวก ก

แสดงการคำนวณการหาค่าความสว่างของหลอดไฟแบบคาโทดเย็นในแต่ละตำแหน่ง

$$\text{จากสูตร } E = \frac{I(\cos \theta)}{D^2}$$

ที่ระดับความสว่างสูงสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 51,200 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 16,975 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 6.663 lux

ที่ระดับความสว่างต่ำสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 19,200 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 6,365 lux

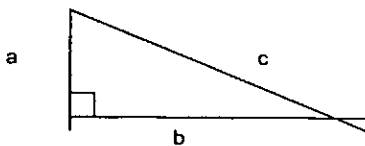
ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 2,962 lux

ไม่ได้ค่าความสม่ำเสมอที่ 30 %

4.2 คำนวณที่ระยะ 3 เซนติเมตร

มีค่าความสว่าง 16,000-lux มีค่าความสว่าง $16,000 / 0.2^2 = 400,000 \text{ cd}$

มีค่าความสว่าง 6,000-lux มีค่าความสว่าง $6,000 / 0.2^2 = 150,000 \text{ cd}$



จากสูตรหา ความยาวของสามเหลี่ยม $\sqrt{a^2 + b^2} = c$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 3.3

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตรมีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 4.2

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตรมีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 5.4

$$\cos \theta = a / c$$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.9$ และมีขนาดมุม 26 องศา

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.71$ และมีขนาดมุม 44 องศา

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.55$ และมีขนาดมุม 56 องศา

$$\text{จากสูตร } E = \frac{I(\cos \theta)}{D^2}$$

ที่ระดับความสว่างสูงสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 32,000 lux

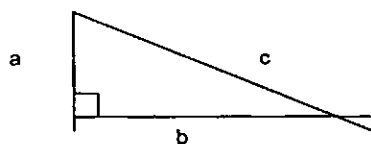
ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 16,000 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 8,200 lux

4.4 คำนวณที่ระยะ 5 เซนติเมตร

มีค่าความสว่าง 16,000-lux มีค่าความสว่าง $16,000 / 0.2^2 = 400,000$ cd

มีค่าความสว่าง 6,000-lux มีค่าความสว่าง $6,000 / 0.2^2 = 150,000$ cd



จากสูตรหา ความยาวของสามเหลี่ยม $\sqrt{a^2 + b^2} = c$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 5.2

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตรมีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 5.8

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตรมีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 6.7

$$\cos \theta = a / c$$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.96$ และมีขนาดมุม 16 องศา

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.86$ และมีขนาดมุม 30 องศา

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.74$ และมีขนาดมุม 41 องศา

$$\text{จากสูตร } E = \frac{I(\cos \theta)}{D^2}$$

ที่ระดับความสว่างสูงสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 12,000 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 10,000 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 6,400 lux

ที่ระดับความสว่างต่ำสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 4,500 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 3,750 lux

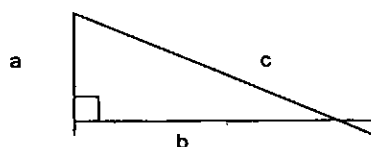
ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 2,962 lux

ไม่ได้ค่าความสม่ำเสมอที่ 30 %

4.5 คำนวณที่ระยะ 6 เซนติเมตร

มีค่าความสว่าง 16,000-lux มีค่าความสว่าง $16,000 / 0.2^2 = 400,000$ cd

มีค่าความสว่าง 6,000-lux มีค่าความสว่าง $6,000 / 0.2^2 = 150,000$ cd



จากสูตรหา ความยาวของสามเหลี่ยม $\sqrt{a^2 + b^2} = c$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 6.1
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 6.7
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 7.5

$$\cos \theta = a / c$$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.92$ และมีขนาดมุม 42 องศา
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.89$ และมีขนาดมุม 30 องศา
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.8$ และมีขนาดมุม 36 องศา

$$\text{จากสูตร } E = \frac{I(\cos \theta)}{D^2}$$

ที่ระดับความสว่างสูงสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 10,000 lux
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 8,000 lux
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 5,600 lux

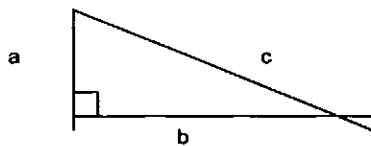
ที่ระดับความสว่างต่ำสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 3,700 lux
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 3,000 lux
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 2,962 lux
 ไม่ได้ค่าความสม่ำเสมอที่ 30 %

4.6 จำนวนที่ระยะ 7 เซนติเมตร

มีค่าความสว่าง 16,000-lux มีค่าความสว่าง $16,000 / 0.2^2 = 400,000 \text{ cd}$

มีค่าความสว่าง 6,000-lux มีค่าความสว่าง $6,000 / 0.2^2 = 150,000 \text{ cd}$



จากสูตรหา ความยาวของสามเหลี่ยม $\sqrt{a^2 + b^2} = c$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 7.1
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 7.7
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร มีความยาวด้านตรงข้ามมุมฉาก คือ 8.4

$$\cos \theta = a / c$$

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.986$ และมีขนาดมุม 11 องศา
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.90$ และมีขนาดมุม 24 องศา
 ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร มีค่า $\cos \theta = 0.83$ และมีขนาดมุม 33 องศา

$$\text{จากสูตร } E = \frac{I(\cos \theta)}{D^2}$$

ที่ระดับความสว่างสูงสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 6,800 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 6,000 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 4,800 lux

ที่ระดับความสว่างต่ำสุด

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 1.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 3,700 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 3-เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 3,000 lux

ที่จุดห่างจากหลอดไฟ 4.5 เซนติเมตร ได้ค่าความสว่าง 2,962 lux

ได้ค่าความสม่ำเสมอที่ 29 %



ภาคผนวก ข
แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์

SYSTEM SOLUTIONS ECONOMY

QUICKTRONIC®, AND ACCUTRONIC® FOR OSRAM DULUX® S/E, D/E AND T/E

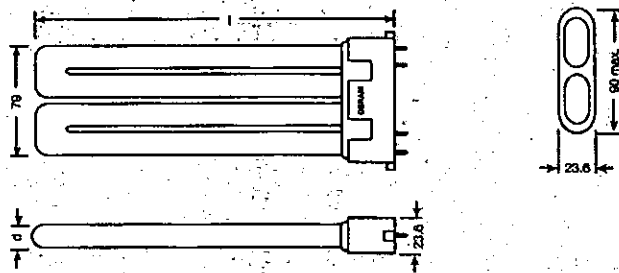
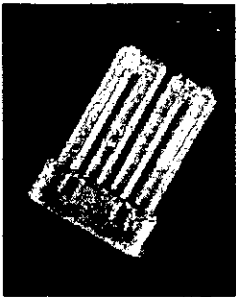
The compact QUICKTRONIC® and DULUXTRONIC® electronic control gear for small luminaires bring the dual benefits of energy savings and longer lamp life to a wide range of modern lighting systems. Even in emergency lighting systems, low-wattage compact fluorescent lamps have replaced incandescent lamps because they consume so little power.

Operation with QUICKTRONIC® and DULUXTRONIC® control gear instead of conventional control gear provides more pleasant lighting conditions, greater economy and improved reliability:

- Flicker-free soft start
- Flicker-free light with no choke whine
- Automatic warm-up and preheating of the lamp filaments from flashing mode
- 40-50% increase in system efficiency depending on the type of lamp
- 50% longer lamp life thanks to high-frequency operation
- Lower lamp replacement costs, maintenance costs and disposal costs
- Longer equipment life and reduced load on the air conditioning system as the electronic control gear remains cool during operation

For use with all OSRAM DULUX S/E, D/E and T/E lamps, the QUICKTRONIC and ACCUTRONIC control gear is available in 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200, 220, 240, 260, 280, 300, 320, 340, 360, 380, 400, 420, 440, 460, 480, 500, 520, 540, 560, 580, 600, 620, 640, 660, 680, 700, 720, 740, 760, 780, 800, 820, 840, 860, 880, 900, 920, 940, 960, 980, 1000, 1020, 1040, 1060, 1080, 1100, 1120, 1140, 1160, 1180, 1200, 1220, 1240, 1260, 1280, 1300, 1320, 1340, 1360, 1380, 1400, 1420, 1440, 1460, 1480, 1500, 1520, 1540, 1560, 1580, 1600, 1620, 1640, 1660, 1680, 1700, 1720, 1740, 1760, 1780, 1800, 1820, 1840, 1860, 1880, 1900, 1920, 1940, 1960, 1980, 2000, 2020, 2040, 2060, 2080, 2100, 2120, 2140, 2160, 2180, 2200, 2220, 2240, 2260, 2280, 2300, 2320, 2340, 2360, 2380, 2400, 2420, 2440, 2460, 2480, 2500, 2520, 2540, 2560, 2580, 2600, 2620, 2640, 2660, 2680, 2700, 2720, 2740, 2760, 2780, 2800, 2820, 2840, 2860, 2880, 2900, 2920, 2940, 2960, 2980, 3000, 3020, 3040, 3060, 3080, 3100, 3120, 3140, 3160, 3180, 3200, 3220, 3240, 3260, 3280, 3300, 3320, 3340, 3360, 3380, 3400, 3420, 3440, 3460, 3480, 3500, 3520, 3540, 3560, 3580, 3600, 3620, 3640, 3660, 3680, 3700, 3720, 3740, 3760, 3780, 3800, 3820, 3840, 3860, 3880, 3900, 3920, 3940, 3960, 3980, 4000, 4020, 4040, 4060, 4080, 4100, 4120, 4140, 4160, 4180, 4200, 4220, 4240, 4260, 4280, 4300, 4320, 4340, 4360, 4380, 4400, 4420, 4440, 4460, 4480, 4500, 4520, 4540, 4560, 4580, 4600, 4620, 4640, 4660, 4680, 4700, 4720, 4740, 4760, 4780, 4800, 4820, 4840, 4860, 4880, 4900, 4920, 4940, 4960, 4980, 5000, 5020, 5040, 5060, 5080, 5100, 5120, 5140, 5160, 5180, 5200, 5220, 5240, 5260, 5280, 5300, 5320, 5340, 5360, 5380, 5400, 5420, 5440, 5460, 5480, 5500, 5520, 5540, 5560, 5580, 5600, 5620, 5640, 5660, 5680, 5700, 5720, 5740, 5760, 5780, 5800, 5820, 5840, 5860, 5880, 5900, 5920, 5940, 5960, 5980, 6000, 6020, 6040, 6060, 6080, 6100, 6120, 6140, 6160, 6180, 6200, 6220, 6240, 6260, 6280, 6300, 6320, 6340, 6360, 6380, 6400, 6420, 6440, 6460, 6480, 6500, 6520, 6540, 6560, 6580, 6600, 6620, 6640, 6660, 6680, 6700, 6720, 6740, 6760, 6780, 6800, 6820, 6840, 6860, 6880, 6900, 6920, 6940, 6960, 6980, 7000, 7020, 7040, 7060, 7080, 7100, 7120, 7140, 7160, 7180, 7200, 7220, 7240, 7260, 7280, 7300, 7320, 7340, 7360, 7380, 7400, 7420, 7440, 7460, 7480, 7500, 7520, 7540, 7560, 7580, 7600, 7620, 7640, 7660, 7680, 7700, 7720, 7740, 7760, 7780, 7800, 7820, 7840, 7860, 7880, 7900, 7920, 7940, 7960, 7980, 8000, 8020, 8040, 8060, 8080, 8100, 8120, 8140, 8160, 8180, 8200, 8220, 8240, 8260, 8280, 8300, 8320, 8340, 8360, 8380, 8400, 8420, 8440, 8460, 8480, 8500, 8520, 8540, 8560, 8580, 8600, 8620, 8640, 8660, 8680, 8700, 8720, 8740, 8760, 8780, 8800, 8820, 8840, 8860, 8880, 8900, 8920, 8940, 8960, 8980, 9000, 9020, 9040, 9060, 9080, 9100, 9120, 9140, 9160, 9180, 9200, 9220, 9240, 9260, 9280, 9300, 9320, 9340, 9360, 9380, 9400, 9420, 9440, 9460, 9480, 9500, 9520, 9540, 9560, 9580, 9600, 9620, 9640, 9660, 9680, 9700, 9720, 9740, 9760, 9780, 9800, 9820, 9840, 9860, 9880, 9900, 9920, 9940, 9960, 9980, 10000.

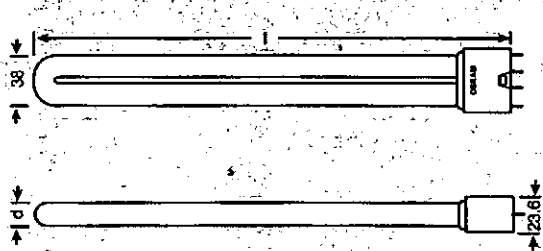
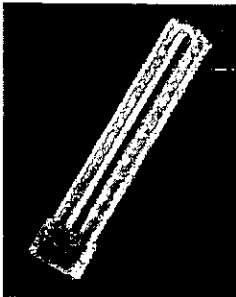
OSRAM DULUX® F



Dimensions in mm

OSRAM DULUX® F										For CCG and ECG operation.	
Lamp reference	Rated wattage of lamp Watt	Light colour	Colour rendering index (CRI) R _a	Luminous flux lm	Length l max. mm	Length to IEC max. mm	Tube diameter d mm	Base	Standard pack* pcs.	EAN 4050300	Energy label
DULUX F 18 W/21-840	18	LUMILUX Cool White	≥ 80	1100	122	122	17.5	2G10	10	333526	B
DULUX F 18 W/31-830	18	LUMILUX Warm White	≥ 80	1100	122	122	17.5	2G10	10	333540	B
DULUX F 18 W/41-827	18	LUMILUX INTERNA	≥ 80	1100	122	122	17.5	2G10	10	333564	B
DULUX F 24 W/21-840	24	LUMILUX Cool White	≥ 80	1700	165	165	17.5	2G10	10	333588	B
DULUX F 24 W/31-830	24	LUMILUX Warm White	≥ 80	1700	165	165	17.5	2G10	10	333601	B
DULUX F 24 W/41-827	24	LUMILUX INTERNA	≥ 80	1700	165	165	17.5	2G10	10	333625	B
DULUX F 36 W/21-840	36	LUMILUX Cool White	≥ 80	2800	217	217	17.5	2G10	10	299037	B
DULUX F 36 W/31-830	36	LUMILUX Warm White	≥ 80	2800	217	217	17.5	2G10	10	299051	B
DULUX F 36 W/41-827	36	LUMILUX INTERNA	≥ 80	2800	217	217	17.5	2G10	10	312187	B

OSRAM DULUX® L SP



Dimensions in mm

OSRAM DULUX® L SP										For CCG and ECG operation.	
Lamp reference	Rated wattage of lamp Watt	Light colour	Colour rendering index (CRI) R _a	Luminous flux lm	Length l max. mm	Length to IEC max. mm	Tube diameter d mm	Base	Standard pack* pcs.	EAN 4050300	Energy label
DULUX L 18 W/31-830 SP	18	LUMILUX Warm White	≥ 80	1200	209	225	17.5	2G11	10	300276	B
DULUX L 24 W/31-830 SP	24	LUMILUX Warm White	≥ 80	1800	309	320	17.5	2G11	10	300238	B

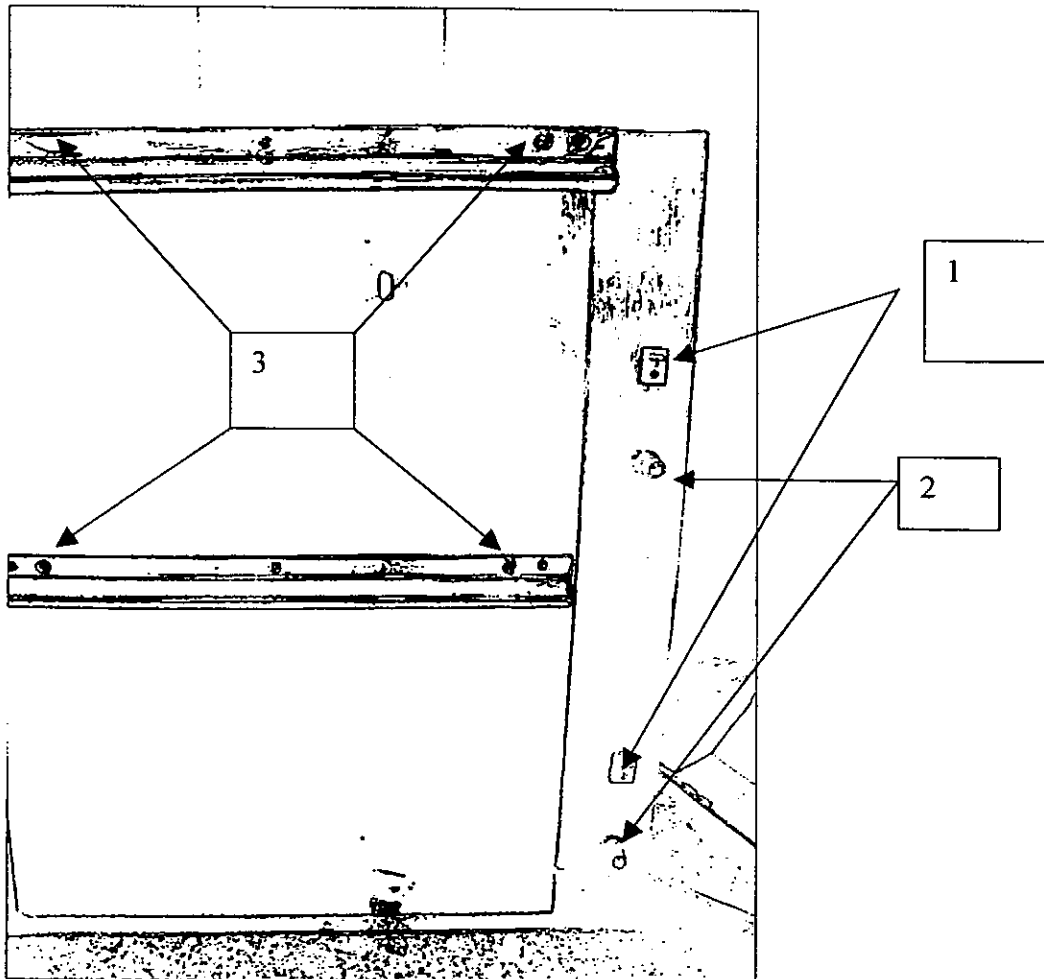
Please note:
From summer 2001 the OSRAM light colour number will be dropped from the lamp reference and only the international light colour number will be used.

*To ensure that your order reaches you quickly, please order standard pack quantities

ภาคผนวก ค

เอกซเรย์เต้านมชนิดปรับความสว่างได้คู่มือการใช้งานผู้อ่านฟิล์ม

คู่มือการใช้งานตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์ด้านมแบบปรับความสว่างได้



1. แสดงสวิตช์เปิด ปิดการใช้งานของเครื่องโดยมีการแบ่งแยกออกเป็น 2 ชุดแยกอิสระต่อกันเพื่อการใช้งานในแต่ละประเภทใช้งาน

2. แสดงอุปกรณ์การปรับค่าความสว่างตามความต้องการของผู้ใช้โดยมีค่าความสว่างตั้ง แต่ 2,900 ถึง 7,200 lux

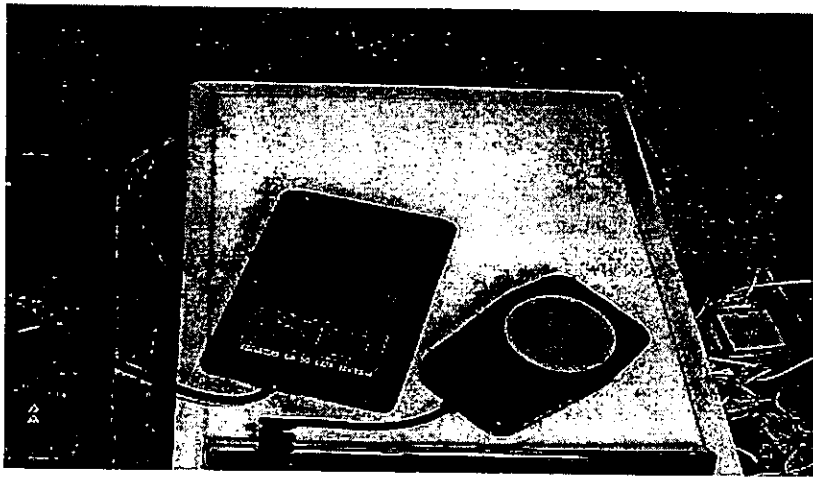
3. แสดงตำแหน่งสกรูที่ใช้ในการถอดเปลี่ยนหลอดไฟ

คุณลักษณะเฉพาะ

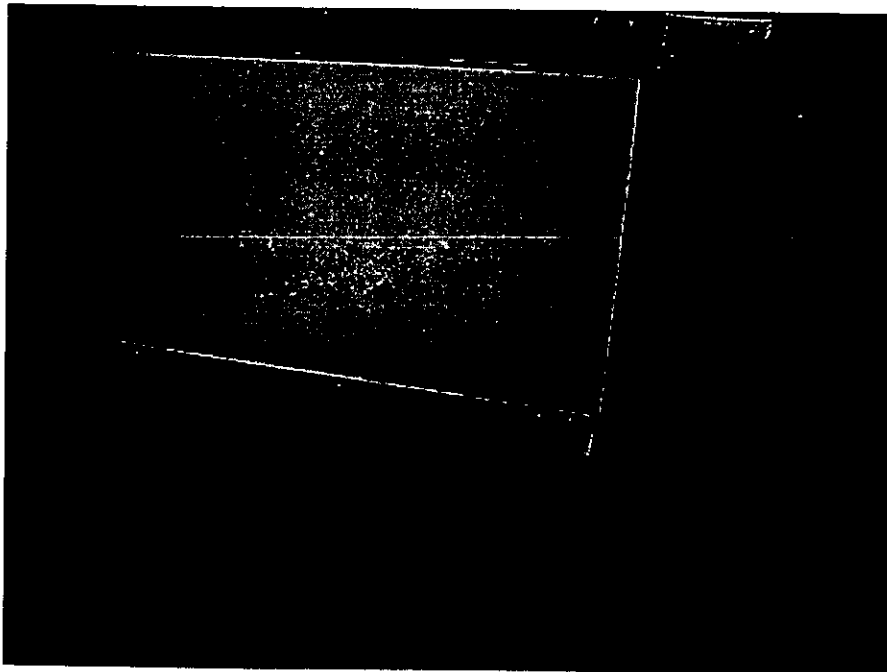
1. ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 220 โวลท์
2. ใช้ไฟฟ้าขนาด 60 วัตต์
3. สามารถปรับขนาดความสว่างได้ตั้งแต่ 2,900 ถึง 7,200 lux
4. ใช้ได้กับฟิล์มแมมโมแกรมขนาด กว้าง18 และยาว 24 เซนติเมตร จำนวน 4 ช่อง
5. มีขนาดความ กว้าง 49 ยาว 52และสูง x14 เซนติเมตร

ภาคผนวก ง

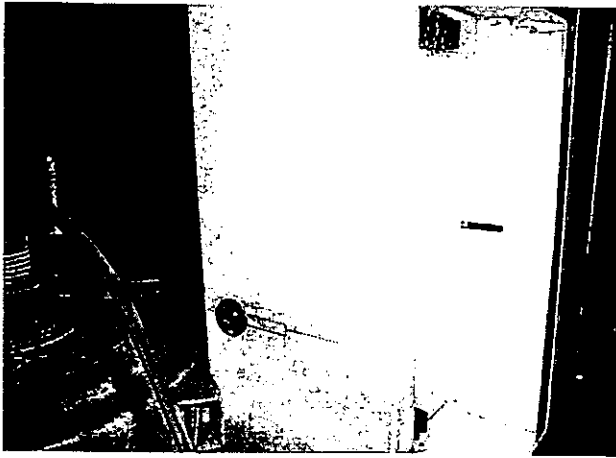
การทดสอบและภาพประกอบเกี่ยวกับการสร้าง



ภาพประกอบ 35 ตู้ทดสอบความสว่างของแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์พร้อมเครื่องมือในการวัดค่าความสว่างของแสง



ภาพประกอบ 36 แสดงความสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์

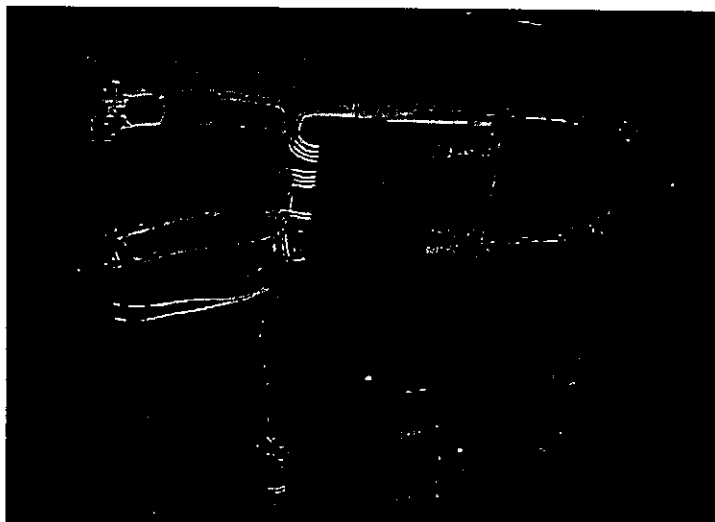


ภาพประกอบ 36 แสดงตำแหน่งการปรับระยะความสูงเพื่อที่ทดสอบความสว่างและการกระจายแสงของตู้ทดสอบ

1



ภาพประกอบ 37 แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบแสงสว่างของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านม



ภาพประกอบ 38 แสดงการเดินสายไฟภายในตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์



ภาพประกอบ 39 แสดงรูปของตู้อ่านฟิล์มเอกซเรย์เต้านมแบบ 4 ช่องอ่านฟิล์ม

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นายปรยศ อิ่มใจ
สถานที่เกิด	จังหวัด สุพรรณบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	1300/56 ถนนสุขุมวิท 50 แขวงพระโขนง เขตคลองเตย จังหวัดกรุงเทพฯ 10250
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2530	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนกรรณสูติศึกษาลัย จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2534	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จาก วิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2537	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ จากมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2539	อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต (อศบ.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2547	การศึกษามหาบัณฑิต (กศม.) สาขาอุตสาหกรรมศึกษาจาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพฯ