

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาและประยุกต์ใช้งาน LED กับวิศวกรรมการส่องสว่างแนวใหม่

LED Application in Modern-Illuminated Technology



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

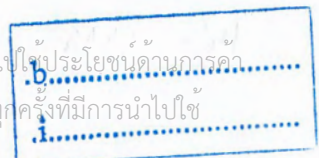
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 55604
วัน,เดือน,ปี 20 พ.ค. 2548



การศึกษาและประยุกต์ใช้งาน LED กับวิศวกรรมการส่องสว่างแนวใหม่
LED Application in Modern-Illuminated Technology

โดย

นายธีรรัตน์	มณีกุล	รหัสประจำตัว 43010143
นางสาวรอรพรรณ	เวชมนัส	รหัสประจำตัว 43010372
นายวันเลิศ	ตันอายุวรรณะ	รหัสประจำตัว 43010390



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

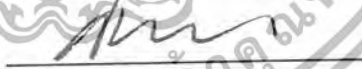
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาและประยุกต์ใช้งาน LED กับวิศวกรรมการส่องสว่างแนวใหม่

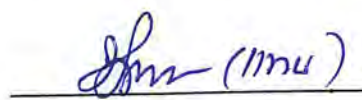
ผู้จัดทำ

1. นายฉัตรรัตน์ มณีคุณ
2. นางสาววรรณ วาชนันต์
3. นายวันเลิศ ต้นอายุวรรณะ




อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.ศุภี บรรจงจิตร)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(รศ.มณฑล สิตาจินดาไกรฤกษ์)


อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์เชาว์ ชมภูอินไหว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาและประยุกต์ใช้งาน LED กับวิศวกรรมการส่องสว่างแนวใหม่

นายธีรรัตน์	มณีกุล	
นางสาววรวรรณ	เวชมนัส	
นายวันเลิศ	ตันอายุวรรณะ	
รศ.ศุภี	บรรจงจิตร	อาจารย์ที่ปรึกษา
รศ.มณฑล	ลีลาจินดาไกรฤกษ์	อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์เชาว์	ชมภูอินทิว	อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสง หรือ LED (Light Emitting Diode) ซึ่งมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และมีการสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ มาประยุกต์ใช้กับงานทางด้านวิศวกรรมการส่องสว่างแนวใหม่ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนรูปแบบของการใช้งานหลอดไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ ทั้งหลอดอินแคนเดสเซนต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ รวมถึงหลอดแก๊สดีซาร์ท ชนิดอื่นๆ มาสู่การใช้งานไดโอดเปล่งแสงกันมากยิ่งขึ้น

โครงการนี้จะเป็นการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ ซึ่งจะเริ่มจากการศึกษาจากคุณลักษณะต่างๆ ทางกายภาพของหลอด ทฤษฎีการนำไปใช้ของไดโอดเปล่งแสง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบหลอดไฟที่ทำจากไดโอดเปล่งแสง จากนั้นจะทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง และค่าทางไฟฟ้า เพื่อนำมาวิเคราะห์และเปรียบเทียบความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์

ซึ่งจากการออกแบบในการนำไดโอดเปล่งแสงมาทำเป็นหลอดไฟ เพื่อใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ จะพบว่าไดโอดเปล่งแสงมีลักษณะการกระจายแสงในทิศทางที่ต้องการใช้งาน และไม่มีการสูญเสียพลังงานแสงสว่างในทิศทางที่ไม่ได้ใช้งาน มีประสิทธิภาพสูง และสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เรื่องของต้นทุนของไดโอดเปล่งแสงที่มีราคาค่อนข้างสูง แต่หากเปรียบเทียบกันในระยะยาว จะพบว่ามีความคุ้มค่า และมีความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานในระบบแสงสว่างภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LED Application in Modern-Illuminated Technology

Mr.Thirarat	Maneekul	
Miss.Worawan	Wechmanas	
Mr.Wanlert	Tanaryuwanna	
Assoc.Prof.Sulee	Banjongjit	Advisor
Assoc.Prof.Monthol	Leerajindakrailerk	Advisor
Lecturer Chow	Chompoo-inwai	Advisor

2003

Abstract

Nowadays Modern-Illumination Engineering concerns to change the incandescent lamp, fluorescent lamp and gas discharge lamp into LED. This project studies about a chance in using LED, which has a long life time and consume less power, substitute ordinary light bulb.

As mentioned, this project applies LED in replacing incandescent lamp. Begin with studying physical properties of LED and theory of using LED. This studies lead to the designing method of replace incandescent lamp with LED and test the invention with all necessary process as illuminous intensity distribution and electrical characteristics to see whether the result does satisfy

The experiment shows that LED has proper direction dispersion and doesn't loss power in unwanted direction which give high efficiency and consume low power. But LED also cost more expensive than old fashion lamps. However if we consider this consuming compare to cost in long term use we will find that LED can reduce cost because of longer life time and suitable to use in indoor illumination.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ	2
1.5 การดำเนินงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานไดโอดเปล่งแสง	
2.1 นิยามไดโอดเปล่งแสง	3
2.2 ประเภทของไดโอดเปล่งแสง	4
2.2.1 ไดโอดเปล่งแสงชนิดสามารถมองเห็นได้	4
2.2.2 ไดโอดเปล่งแสงชนิดไม่สามารถมองเห็นได้	5
2.3 โครงสร้างไดโอดเปล่งแสง	5
2.4 หลักการทำงานเบื้องต้นของไดโอดเปล่งแสง	7
2.5 คุณสมบัติการกระเจิงแสงของไดโอดเปล่งแสง	8
บทที่ 3 หลักการนำไปใช้ของไดโอดเปล่งแสง	
3.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสง	9
3.2 การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งาน	10
3.2.1 การใช้งานไดโอดเปล่งแสง 1 ตัว	10
3.2.2 การใช้งานไดโอดเปล่งแสงหลายตัว	12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ทฤษฎีทางแสง	
4.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง	14
4.1.1 ความเข้มส่องสว่าง	15
4.1.2 ความเข้มแสง	15
4.1.3 ความส่องสว่าง	15
4.1.4 ฟลักซ์การส่องสว่าง	16
4.1.5 มุมตัน	16
4.2 การคำนวณระบบแสงสว่างภายใน	17
4.2.1 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในโดยวิธีลูเมน	17
4.2.2 ความเข้มแสงโดยตรง	20
4.2.3 การคำนวณ โดยวิธี โชนอลควิตี้	21
4.2.4 การคำนวณ โดยวิธี Applied Method ของ CIE	27
4.2.4.1 ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม	27
4.2.4.2 ฟลักซ์โถง	27
4.2.4.3 โชนอลฟลักซ์	27
4.2.4.4 ความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ	29
4.2.4.5 ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย	30
บทที่ 5 การวัดข้อมูลการกระจายแสง	
5.1 การกระจายความเข้มส่องสว่าง	32
5.2 ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม	32
5.3 การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสง	32
5.3.1 ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง	33
5.3.2 เส้นโค้งโพลาร์	34
5.3.3 โชนอลฟลักซ์	34
5.3.4 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า	35
บทที่ 6 การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	
6.1 การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	37
6.1.1 การวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง	37
6.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ	37
6.1.3 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	38
6.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	38
6.3 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 การออกแบบและทดสอบวัดข้อมูลการกระจายแสง	
7.1 การออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสง	46
7.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบ	47
7.3 วงจรการออกแบบ	47
7.4 ผลการทดสอบข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง	53
7.4.1 ผลการทดสอบข้อมูลการกระจายแสงของหลอดเปลือย	53
1) Test Report No.1 LED (small) 5.04 Watt	53
2) Test Report No.2 LED (big) 5.04 Watt	56
3) Test Report No.3 LED 5.76 Watt	59
4) Test Report No.4 LED 6.48 Watt	62
5) Test Report No.5 Incandescent 25 Watt	65
6) Test Report No.6 Incandescent 25 Watt	68
7) Test Report No.7 Incandescent 40 Watt	71
8) Test Report No.8 Incandescent 40 Watt	74
9) Test Report No.9 Incandescent 60 Watt	77
10) Test Report No.10 Incandescent 100 Watt	80
11) Test Report No.11 Compactfluorescent 5 Watt	83
12) Test Report No.12 Compactfluorescent 8 Watt	86
13) Test Report No.13 Compactfluorescent 8 Watt	89
14) Test Report No.14 Compactfluorescent 11 Watt	92
7.4.2 ผลการทดสอบข้อมูลการกระจายแสงของโคมส่องลงแบบผิวเรียบ	96
1) Test Report No.15 LED (small) 5.04 Watt	96
2) Test Report No.16 LED (big) 5.04 Watt	99
3) Test Report No.17 LED 5.76 Watt	102
4) Test Report No.18 LED 6.48 Watt	105
5) Test Report No.19 Incandescent 25 Watt	108
6) Test Report No.20 Incandescent 25 Watt	111
7) Test Report No.21 Incandescent 40 Watt	114
8) Test Report No.22 Incandescent 40 Watt	117
9) Test Report No.23 Incandescent 60 Watt	120
10) Test Report No.24 Incandescent 100 Watt	123
11) Test Report No.25 Compactfluorescent 5 Watt	126
12) Test Report No.26 Compactfluorescent 8 Watt	129
13) Test Report No.27 Compactfluorescent 8 Watt	131

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14) Test Report No.28 Compactfluorescent 11 Watt	134
7.4.2 ผลการทดสอบข้อมูลการกระจายแสงของโคมส่องลงแบบผิวเรียบ	138
1) Test Report No.29 LED (small) 5.04 Watt	138
2) Test Report No.30 LED (big) 5.04 Watt	141
3) Test Report No.31 LED 5.76 Watt	144
4) Test Report No.32 LED 6.48 Watt	147
5) Test Report No.33 Incandescent 25 Watt	150
6) Test Report No.34 Incandescent 25 Watt	153
7) Test Report No.35 Incandescent 40 Watt	156
8) Test Report No.36 Incandescent 40 Watt	159
9) Test Report No.37 Incandescent 60 Watt	162
10) Test Report No.38 Incandescent 100 Watt	165
11) Test Report No.39 Compactfluorescent 5 Watt	168
12) Test Report No.40 Compactfluorescent 8 Watt	171
13) Test Report No.41 Compactfluorescent 8 Watt	174
14) Test Report No.42 Compactfluorescent 11 Watt	177
บทที่ 8 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูล	
8.1 การคำนวณค่าต่างๆ ในการเปรียบเทียบหลอดไฟฟ้านิตต่างๆ	180
8.1.1 การคำนวณหาประสิทธิภาพและจำนวนหลอดที่ใช้ในการติดตั้ง	180
8.1.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพหลอด	181
8.1.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า	182
8.1.3 การคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมด	182
8.2 การเปรียบเทียบหลอดไฟชนิดต่างๆ	183
1) หลอดไส้ 25 วัตต์	
2) หลอดไส้ 25 วัตต์ (รุ่น)	
3) หลอดไส้ 40 วัตต์	
4) หลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์)	
5) หลอดไส้ 60 วัตต์	
6) หลอดไส้ 100 วัตต์	
7) หลอดตะเกียบ 5 วัตต์	
8) หลอดตะเกียบ 8 วัตต์	
9) หลอดตะเกียบ 8 วัตต์ (เดย์ไลท์)	
10) หลอดตะเกียบ 11 วัตต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) ไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว (เล็ก)	
12) ไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว (ใหญ่)	
13) ไดโอดเปล่งแสง 64 ตัว	
14) ไดโอดเปล่งแสง 72 ตัว	
8.3 การวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ	200
บทที่ 9 สรุปและวิจารณ์	
9.1 วิจารณ์ผลการทดลอง	201
9.2 ปัญหาที่พบในโครงการ	201
9.3 แนวทางการพัฒนาและดำเนินงานต่อไป	202

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า	3
รูปที่ 2.2 ไดโอดเปล่งแสงแบบหุ้มน	5
รูปที่ 2.3 โครงสร้างภาพหน้าตัดภายในของไดโอดเปล่งแสง	6
รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของชิพสารกึ่งตัวนำ	7
รูปที่ 2.5 การไหลของกระแสอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ	7
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง	8
รูปที่ 3.1 คุณลักษณะทางกายภาพของไดโอดเปล่งแสง	9
รูปที่ 3.2 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง	9
รูปที่ 3.3 วงจรการทดสอบหาขั้วของไดโอดเปล่งแสง	9
รูปที่ 3.4 กราฟของไดโอดเปล่งแสงเมื่อได้รับการไบอัสกลับ	10
รูปที่ 3.5 การหาค่าความต้านทาน	10
รูปที่ 3.6 การใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลัปที่มีแรงดันต่ำ	11
รูปที่ 3.7 การใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลัปที่มีแรงดันสูง	11
รูปที่ 3.8 การนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาต่ออนุกรมกัน	12
รูปที่ 3.9 การนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาต่อขนานกัน	12
รูปที่ 3.10 การนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาใช้งานพร้อมๆ กันอย่างไม่ถูกต้อง	13
รูปที่ 4.1 ความแตกต่างของฟลักซ์ที่ติดตั้งกับฟลักซ์ที่ติดตั้งต่อตารางเมตร	17
รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของมิติห้องในการหาค่ารูมอินเด็กซ์	19
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของ H_m	19
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ตามกฎกำลังสองผกผัน	20
รูปที่ 4.5 การหาค่าความเข้มแสงในเพลนต่างๆ	20
รูปที่ 4.6 หลักการของการแบ่งโซนคาวิตี	21
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างของ CU ของดวงโคมชนิดหนึ่ง	23
รูปที่ 4.8 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของฟลักซ์ได้ค	27
รูปที่ 4.9 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปโซนออฟฟลักซ์	28
รูปที่ 4.10 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ	29
รูปที่ 4.11 ลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1	เส้นโค้งโพลาร์	34
รูปที่ 5.2	เส้นกราฟโชนอพลักษณ์	34
รูปที่ 5.3	เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า	35
รูปที่ 6.1	วงจรถ่ายทอดคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	38
รูปที่ 7.1	วงจรถ่ายต่อไดโอดเปล่งแสง 20 ตัว	47
รูปที่ 7.2	ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 20 ตัว	47
รูปที่ 7.3	วงจรถ่ายต่อไดโอดเปล่งแสง 40 ตัว	48
รูปที่ 7.4	ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 40 ตัว	48
รูปที่ 7.5	วงจรถ่ายต่อไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 6 เซนติเมตร	49
รูปที่ 7.6	ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 6 เซนติเมตร	49
รูปที่ 7.7	วงจรถ่ายต่อไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 8 เซนติเมตร	50
รูปที่ 7.8	ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 8 เซนติเมตร	50
รูปที่ 7.9	วงจรถ่ายต่อไดโอดเปล่งแสง 64 ตัว	51
รูปที่ 7.4	ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 64 ตัว	51
รูปที่ 7.9	วงจรถ่ายต่อไดโอดเปล่งแสง 72 ตัว	52
รูปที่ 7.4	ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 72 ตัว	52
รูปที่ 8.1	กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟชนิดต่างๆ	185
รูปที่ 8.2	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไฟชนิดต่างๆ	185
รูปที่ 8.3	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)	186
รูปที่ 8.4	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (เล็ก)	187
รูปที่ 8.5	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)	188
รูปที่ 8.6	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (แคปไซท์) กับ LED 56 (เล็ก)	189
รูปที่ 8.7	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)	190
รูปที่ 8.8	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)	191
รูปที่ 8.9	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (ใหญ่)	192
รูปที่ 8.10	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)	193
รูปที่ 8.11	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (แคปไซท์) กับ LED 56 (ใหญ่)	194
รูปที่ 8.12	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)	195
รูปที่ 8.13	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 64	196
รูปที่ 8.14	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (แคปไซท์) กับ LED 64	197
รูปที่ 8.15	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 72	198
รูปที่ 8.16	กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (แคปไซท์) กับ LED 72	199

เอกสารฉบับนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาดูเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่จนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของไดโอดเปล่งแสง, ความยาวคลื่น และสารเคมีที่ประกอบในสารกึ่งตัวนำ	4
ตารางที่ 4.1 ปริมาณที่สำคัญทางการส่องสว่าง	14
ตารางที่ 4.2 ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน หรือค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น	24
ตารางที่ 4.3 Multiplying factors for other than 20 percent effective floor cavity reflectance	26
ตารางที่ 4.4 การหาความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยจากความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ	29
ตารางที่ 4.5 ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง	31
ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง	33
ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน	39
ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสงสีเขียว	40
ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสงสีแดง	41
ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสงสีขาวซูเปอร์ไบรท์	42
ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสงสีขาว	43
ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสงสีเหลือง	44
ตารางที่ 6.7 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง	45
ตารางที่ 6.8 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน	45
ตารางที่ 7.1 การออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ	47
ตารางที่ 8.1 แสดงการเปรียบเทียบหลอดไฟชนิดต่างๆ โดยพิจารณาที่ค่าความเข้มแสง 200 ลักซ์	184
ตารางที่ 8.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)	186
ตารางที่ 8.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (เล็ก)	187
ตารางที่ 8.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)	188
ตารางที่ 8.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 56 (เล็ก)	189
ตารางที่ 8.6 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)	190
ตารางที่ 8.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)	191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.8	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (ใหญ่)	192
ตารางที่ 8.9	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)	193
ตารางที่ 8.10	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เคย์ไลท์) กับ LED 56 (ใหญ่)	194
ตารางที่ 8.11	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)	195
ตารางที่ 8.12	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 64	196
ตารางที่ 8.13	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เคย์ไลท์) กับ LED 64	197
ตารางที่ 8.14	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 72	198
ตารางที่ 8.15	เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เคย์ไลท์) กับ LED 72	199



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันนี้ประเทศต่างๆ ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย ได้มีการรณรงค์ให้ประหยัดพลังงานกันมากขึ้น เพื่อให้ใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัดและใกล้จะหมดไปให้คุ้มค่าที่สุด และมีการพัฒนาใช้ยาวนานต่อไปในอนาคต ดังนั้นจึงมีการพัฒนาเทคโนโลยีทางพลังงานไฟฟ้าและแสงสว่าง ซึ่งมีความจำเป็นต่อสังคมมนุษย์ในปัจจุบันมาก อาทิ เทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์ ที่ช่วยประหยัดพลังงานด้านแสงสว่าง ปัจจุบันได้มีการศึกษาและพัฒนาไดโอดเปล่งแสง เพื่อนำมาใช้แทนที่หลอดอินแคนเดสเซนต์หรือหลอดไส้ จากการศึกษพบว่าไดโอดเปล่งแสงมีประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ทั้งในด้านของอายุการใช้งานที่ยาวนานและการสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ ไดโอดเปล่งแสงมีอายุการใช้งานได้สูงสุดถึง 100,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 10 ปี ในขณะที่หลอดอินแคนเดสเซนต์มีอายุการใช้งานเพียง 1,000 ชั่วโมง หรือประมาณ 5 เดือน อายุการใช้งานของหลอดอินแคนเดสเซนต์ขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมหลายอย่าง คือ แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่จ่ายให้กับไส้หลอด เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ค่า 220 โวลต์ โดยตรง เนื่องจากแรงดันดังกล่าวอาจมีค่าเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือลงตามสภาวะของโหลด ระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ ที่ใช้กันตามบ้านเรือนจะมีค่าที่เปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง 200 ถึง 240 โวลต์ อาร์เอ็มเอส (RMS) แรงดันที่สูงขึ้นจากระดับแรงดันปกติ 220 โวลต์ นี้ทำให้อายุการใช้งานของหลอดอินแคนเดสเซนต์สั้นลงกว่าที่ควรจะเป็น นอกจากนั้นอุณหภูมิและความเครียดที่เกิดจากไส้หลอด อันเนื่องมาจากแรงดันที่ถูกจ่ายเข้าไปทันทีในขณะที่ไส้หลอดเย็นตัว ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่ออายุการใช้งานของหลอดอินแคนเดสเซนต์ ในขณะที่ปัญหาเรื่องอุณหภูมิไม่มีผลต่อไดโอดเปล่งแสงมากนัก เพราะไดโอดเปล่งแสงจะทำงานในโหมด เปิด-ปิด ต่างจากหลอดอินแคนเดสเซนต์ที่ทำงานทั้งในไซเคิลบวกและลบของแรงดันไฟเลี้ยงที่ได้รับอยู่ตลอดเวลา การทำงานในโหมด เปิด-ปิด ของไดโอดเปล่งแสง ทำให้พลังงานสูญเสียและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปลงในลักษณะ เปิด-ปิด เช่นกัน ความร้อนที่เกิดจึงเป็นความร้อนเฉลี่ย ไม่ใช่ความร้อนที่สะสมอยู่ตลอดเวลา

การกระจายความเข้มส่องสว่างที่เกิดจากหลอดอินแคนเดสเซนต์มีทิศทางที่ไม่แน่นอน และมีการกระจายความเข้มส่องสว่างเป็นแบบทรงกลม ส่วนการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงนั้นมีทิศทางที่แน่นอน นอกจากนี้สเปกตรัมแสงของหลอดอินแคนเดสเซนต์อยู่ในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ ในขณะที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถกำหนดช่วงความยาวคลื่นของแสงได้ จากนั้นตอนในการสร้าง ส่วนประสิทธิภาพของหลอดอินแคนเดสเซนต์มีค่าประมาณ 10 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่ไดโอดเปล่งแสงมีประสิทธิภาพ 80 ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ โดยประสิทธิภาพที่กล่าวถึงนี้ได้มาจากการเปรียบเทียบค่าฟลักซ์ส่องสว่าง (Total Flux) กับพลังงานสูญเสียที่เกิดจากหลอด (Real Power) พลังงานที่ใช้ไปในขณะที่หลอดไฟกำลังทำงานมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt) กับปริมาณแสงที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็นลูเมน (Lumen) หรือลูเมนต่อวัตต์ แสงสว่างที่ได้จากหลอดอินแคนเดสเซนต์เป็นแสงสีขาว ซึ่งไม่วอร์มใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเทคโนโลยีที่ปรับเปลี่ยนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากการรวมกันของแสงสีต่างๆ ดังนั้นจึงใช้ฟิลเตอร์แสง (Optical Filter) กรองแยกเอาแสงสีที่ความยาวคลื่นต่างๆ ออกมาจากแสงดังกล่าวได้ แต่วิธีนี้จะทำให้ความเข้มแสงมีค่าลดลง เนื่องจากผลของฟิลเตอร์ที่ใช้งาน ซึ่งต่างจากไดโอดเปล่งแสง ที่หากต้องการแสงสีใด ก็สามารถกำหนดช่วงความยาวคลื่นแสงที่ต้องการให้ใกล้เคียงกับแสงสีนั้นๆ

ถึงแม้ว่าในระยะสั้น การนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ ต้องเสียค่าใช้จ่ายในเบื้องต้นค่อนข้างสูง แต่หากเปรียบเทียบกันในระยะยาวแล้ว ถือว่าเป็นการลงทุนที่คุ้มค่า

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานระบบแสงสว่างภายใน
- 2) เพื่อนำเสนอแนวทางในการช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ในระบบแสงสว่างภายในอาคาร โดยทำการศึกษาคุณลักษณะต่างๆ ทางกายภาพของไดโอดเปล่งแสงและหลอดอินแคนเดสเซนต์ ทั้งคุณสมบัติทางไฟฟ้า และคุณสมบัติทางแสง เพื่อนำไปสู่การออกแบบชุดไดโอดเปล่งแสงเพื่อนำไปใช้งานจริง

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำโครงการ

ข้อมูลที่ได้จากการทำโครงการ นำไปสู่การปรับปรุง และพัฒนาไดโอดเปล่งแสง เพื่อนำไปใช้งานแทนหลอดไฟฟ้าแบบเดิมที่ใช้กันอยู่ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและแพร่หลายกันต่อไป

1.5 การดำเนินงาน

โครงการนี้เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ คือ คุณสมบัติทางกายภาพ และหลักการทำงานพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสง ทฤษฎีทางแสง ข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม ซึ่งรายละเอียดต่างๆ จะกล่าวถึงในบทที่ 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ

ส่วนต่อมาเป็นขั้นตอนการออกแบบ และการจัดวางไดโอดเปล่งแสงแบบต่างๆ เพื่อทำการทดสอบวัดค่าความเข้มส่องสว่าง คำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง และวัดค่ากำลังไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยให้ทราบค่าประสิทธิภาพ แล้วนำข้อมูลต่างๆ จากการทดสอบมาวิเคราะห์และทำเปรียบเทียบ เพื่อที่จะได้จำนวนหลอด และการจัดวางที่เหมาะสมที่สุด ที่สามารถนำไปใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

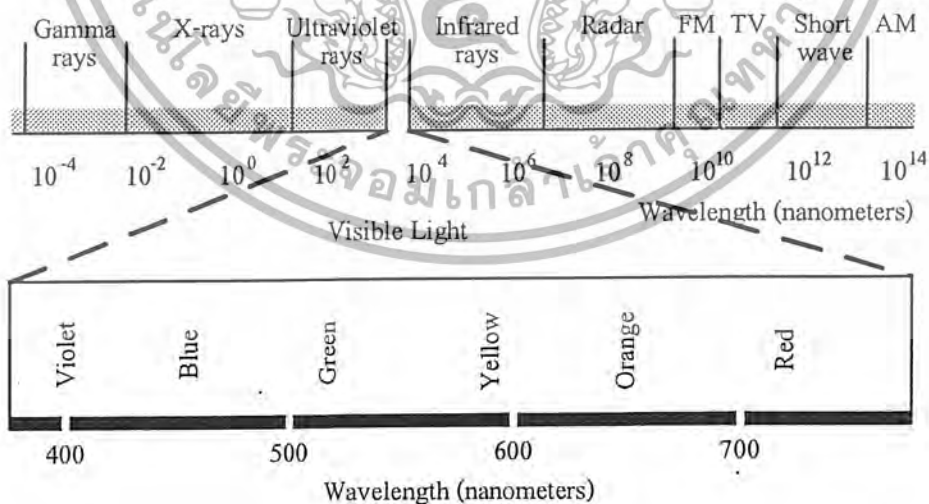
ทฤษฎีพื้นฐานไดโอดเปล่งแสง

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงหลักการ โดยพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งหัวข้อหลักที่สำคัญของไดโอดเปล่งแสงที่กล่าวถึง ได้แก่ นิยาม, ประเภท, โครงสร้าง, หลักการทำงานเบื้องต้น และคุณสมบัติการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง

2.1 นิยามไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสง หรือที่เรียกว่า LED คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จำพวกสารกึ่งตัวนำที่สามารถเปล่งแสงได้

ไดโอดเปล่งแสงประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพี (P-Type) และชนิดเอ็น (N-Type) ต่อกันเป็นรอยต่อพีเอ็น (P-N Junction) จะเปล่งแสงออกมาได้ก็ต่อเมื่อได้รับลารไปอัสตรง (Forward Bias) โดยกระแสไปอัสตรง จะไปกระตุ้นอิเล็กตรอน (Electron) และ โฮล (Hole) ข้ามรอยต่อพีเอ็น เพื่อมารวมตัวกัน ในการรวมตัวกันนี้จะปลดปล่อยพลังงานในรูปของโฟตอน (Photon) ซึ่งเป็นอนุภาคทางแสง โดยแสงที่เปล่งออกมาประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน ซึ่งต่างกับแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น อันประกอบด้วยคลื่นซึ่งมีเฟสและความถี่ต่างๆ กันมารวมกัน โดยแสงที่เปล่งออกมาจะอยู่ในย่านตั้งแต่อินฟราเรดขึ้น ไปถึง อนุตราไวโอเลต



รูปที่ 2.1 สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ประเภทของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงโดยทั่วไป หากพิจารณาตามลักษณะแสงที่เปล่งออกมา สามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือไดโอดเปล่งแสงชนิดสามารถมองเห็นได้ (Visible Light Emitting Diode) กับชนิดที่ไม่สามารถมองเห็นได้ (Infrared Light Emitting Diode)

2.2.1 ไดโอดเปล่งแสงชนิดสามารถมองเห็นได้

คือไดโอดเปล่งแสงที่เปล่งแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สายตาคอนสามารถมองเห็นได้ โดยความยาวคลื่นของแสงที่เปล่งจากไดโอด จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารเคมีที่ประกอบในสารกึ่งตัวนำที่ใช้ทำไดโอด และส่วนผสมของสารเจือปน

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของไดโอดเปล่งแสง ความยาวคลื่น และสารเคมีที่ประกอบในสารกึ่งตัวนำ

สีของไดโอดเปล่งแสง	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สารเคมีที่ประกอบในสารกึ่งตัวนำ
สีแดง	700	แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP) เจือด้วย Zn
สีแสด	660	อะลูมิเนียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ (AlGaAs)
สีส้มแดง	630	แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (GaAsP)
สีส้ม	610	แกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสไฟด์ (GaAsP)
สีเหลือง	590	แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP)
สีเหลืองเขียว	565	แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP) เจือด้วย N
สีเขียว	555	แกลเลียมฟอสไฟด์ (GaP)
สีน้ำเงิน	490	แกลเลียมไนไตรด์ (GaN)
สีน้ำเงิน	480	ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC)
สีน้ำเงิน	470	อินเดียมแกเลียมไนไตรด์ (InGaN)

สำหรับกลวิธีในการสร้างไดโอดเปล่งแสงที่ให้แสงสีขาว มี 2 วิธี คือ

วิธีที่ 1 คือ การรวมเอาตัวจุดของไดโอดเปล่งแสงที่ความยาวคลื่นสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน โดยอาศัยหลักการรวมตามทฤษฎีแสงสี เพื่อสร้างให้เกิดเป็นแสงสีขาว แต่เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบความเข้มแสงที่ได้จากไดโอดเปล่งแสงแต่ละสี จะพบว่าแสงสีแดงจะมีความสว่างมากกว่าแสงสีน้ำเงินอยู่มาก (ที่กระแสดับเท่าๆ กัน) จึงทำให้ต้องใช้ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน 2 ตัวต่อสีแดง 1 ตัว เพื่อให้ความเข้มแสงมีความสมดุลกัน

วิธีที่ 2 คือ การทำโดยอาศัยกระบวนการผลิตที่ใช้สารอินเดียมแกเลียมไนไตรด์ (InGaN) เพื่อสร้างไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินที่เปล่งแสงที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร โดยฉายสารฟอสฟอรัสที่ภายในเลนส์ร่วมแสงของไดโอดเปล่งแสง สารฟอสฟอรัสจะทำให้เกิดแสงสีขาวนวนวลๆ ในลักษณะเดียวกับแสงที่

เปล่งออกจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งถ้าหากเพิ่มปริมาณของสารฟอสฟอรัสที่ฉาบให้มากขึ้น แสงที่ได้ ออกมาก็จะมีความนุ่มนวลมากขึ้นไปด้วย แต่ความสว่างของแสงที่ได้จะลดลง ในทางกลับกันถ้าลด ปริมาณฟอสฟอรัสลง ความสว่างของไดโอดเปล่งแสงจะเพิ่มขึ้น แต่ความนุ่มนวลของแสงจะลดลง เงื่อนไขที่กล่าวมานี้ แสดงให้เห็นว่าปริมาณของแสงฉาบผิวเลนส์เป็นปัจจัยที่กำหนดคุณลักษณะของแสงที่ เปล่งออกมา

ส่วนในการนำไดโอดเปล่งแสงสีขาว ซึ่งมีโครงสร้างจากสารอินเดียมแกลเลียมไนไตรด์ มาแยก ออกเป็นแสงสีต่างๆ ด้วยฟิลเตอร์แสง จะเกิดปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขได้ข้อหนึ่ง สาเหตุก็เนื่องมาจากแสง สีขาวที่ได้นี้ ไม่มีสเปกตรัมหรือช่วงความยาวคลื่นของแสงสีแดง ดังนั้นเมื่อแสงดังกล่าวถูกนำมาผ่าน ฟิลเตอร์ สีของแสงที่ได้จึงมีความผิดเพี้ยนไปจากแสงสีที่ควรเป็น

2.2.2 ไดโอดเปล่งแสงชนิดไม่สามารถมองเห็นได้

คือไดโอดเปล่งแสงที่เปล่งแสงในช่วงอินฟราเรด ในช่วงความยาวคลื่น 890 ถึง 900 นาโน เมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่สายตาคannotมองเห็นได้ ต้องใช้ทรานซิสเตอร์มาเป็นตัวรับแสงแทน ตาคannot ไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้ทำจากสารกึ่งตัวนำแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำที่สามารถเปล่งแสงในช่วงอินฟราเรด

2.3 โครงสร้างไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงมีรูปร่าง และขนาดหลายรูปแบบ เช่น ไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมน ไดโอดเปล่ง แสงแบบสี่เหลี่ยม ไดโอดเปล่งแสงแบบทรงกระบอก เป็นต้น โดยรูปร่างและขนาดจะแตกต่างกันตามการ ใช้งาน โดยปกติไดโอดเปล่งแสงที่นิยมใช้กันทั่วไป เป็นไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมน ซึ่งทำด้วยพลาสติก โปร่งแสง ดังแสดงในรูปที่ 2.2

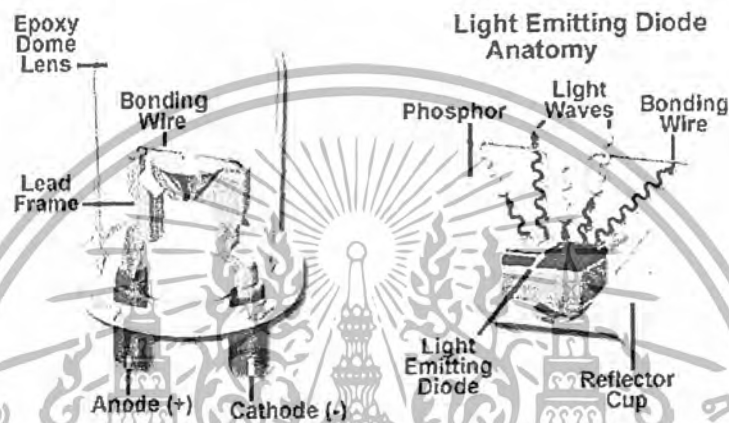


รูปที่ 2.2 หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบหัวมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดเปล่งแสงประกอบด้วย

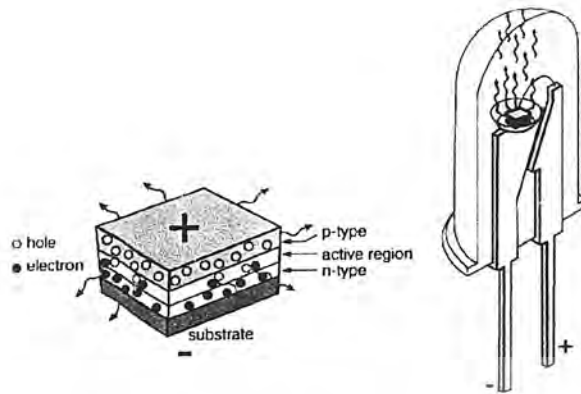
1. ชิปสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor chip)
2. ถ้วยสะท้อนแสง (Reflector Cup)
3. ลวดที่เชื่อมต่อกับชิปสารกึ่งตัวนำ (Bonding Wire)
4. เลนส์ครอบบนอก (Epoxy Dome Lens)



รูปที่ 2.3 โครงสร้างภาพหน้าตัดภายในของไดโอดเปล่งแสง

โครงสร้างที่เป็นหัวใจหลักของไดโอดเปล่งแสง คือชิปสารกึ่งตัวนำ ภายในชิปนั้นมีชั้นผิวที่มีอิเล็กตรอนส่วนเกินเป็นชั้นผิวที่เรียกว่า “ชนิดเอ็น” ส่วนอีกชั้นผิวหนึ่งจะอยู่ข้างบน ผลผลิตจากวัสดุที่มี dearth ของอิเล็กตรอน หรือที่เรียกส่วนเกินของอนุภาคประจุบวกว่า “โฮล” วัสดุชนิดนี้เรียกว่า “ชนิดพี” ที่จุดต่อของชั้นผิวเอ็นและพีนั้นเรียกว่า “ชั้นผิวทำงาน” (active region) ซึ่งแสงสว่างจะเปล่งออกมาจากจุดนี้ ซึ่งเมื่อไดโอดเปล่งแสงได้รับการไบอัส แรงดันไฟฟ้าจะไปขับอิเล็กตรอนและโฮลเข้าไปในชั้นผิวทำงานให้ชั้นทั้งสองมาบรรจบกัน เมื่อบรรจบกันก็จะปล่อยโฟตอนออกมา อันเป็นหน่วยพื้นฐานของแสง โครงสร้างระดับอะตอมของชั้นผิวทำงาน และวัสดุเชื่อมต่อแต่ละด้านนี้จะบ่งบอกถึงจำนวนโฟตอนและคลื่นแสงที่ผลิตขึ้น สีของโฟตอนนั้นจะขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ประกอบในชั้นผิวเหล่านั้น ในรูปที่ 2.4 แสดงให้เห็นถึง โครงสร้างของชั้นต่างๆ ที่จะทำให้เกิดแสงขึ้นมาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

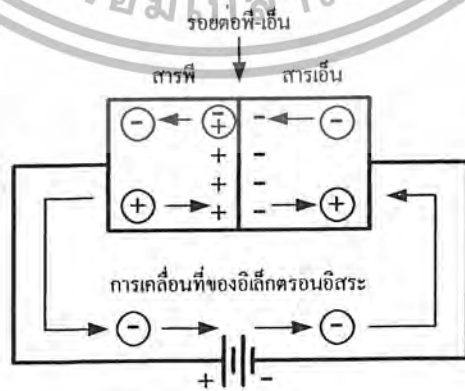


รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายในของชิปสารกึ่งตัวนำ

โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง ถูกหุ้มไว้ด้วยเลนส์ซึ่งทำจากอีพอกซี เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับตัวชิปที่อยู่ภายใน และเป็นส่วนที่กรองเอาช่วงความยาวคลื่นที่ต้องการออกมา และยังช่วยกระจายแสงในทิศทางต่างๆ ด้วย

2.4 หลักการทำงานเบื้องต้นของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิดพี และสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น รอยต่อพีเอ็นจะเปล่งแสงออกมาเมื่อได้รับการไบอัสตรง การไบอัสตรง คือ การจ่ายแรงดันจากแหล่งจ่ายแรงดันภายนอกให้แก่ไดโอดเปล่งแสง โดยการต่อขั้วบวกเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดพี และขั้วลบเข้ากับสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น อิเล็กตรอนจากขั้วลบของแหล่งจ่ายแรงดันจะผลักอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น ให้เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อพีเอ็น หรือเข้าสู่ชั้นผิวทำงาน ในขณะที่เดียวกันแรงดันที่จ่ายให้นี้ก็ทำให้โฮลเคลื่อนที่ออกมา และเคลื่อนที่ไปยังขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดัน ดังนั้นจึงเกิดช่องว่างหรือโฮลขึ้น อิเล็กตรอนจากสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นจึงสามารถเข้ามารวมได้ ทำให้ไดโอดเปล่งแสงสามารถนำกระแสได้



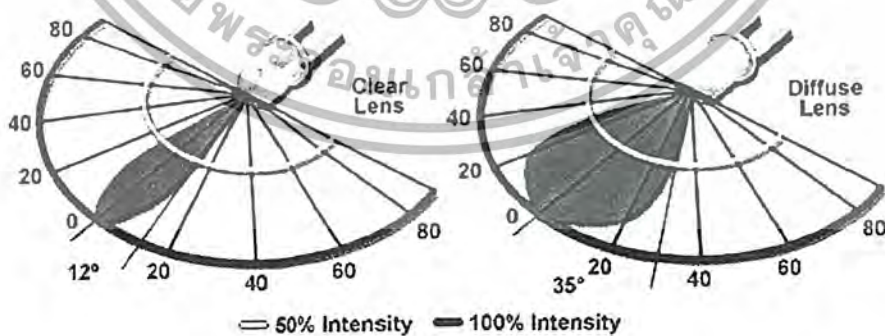
รูปที่ 2.5 การไหลของกระแสอิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าจ่ายแรงดันสลับขั้วจากเดิม คือการต่อขั้วบวกเข้าที่สารกึ่งตัวนำชนิดอื่น และขั้วลบเข้าที่สารกึ่งตัวนำชนิดที่ จะเรียกว่าการไบอัสกลับ (Reverse Bias) เมื่อทำเช่นนี้ อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิดอื่น จะเคลื่อนที่ออกห่างจากรอยต่อ ในขณะที่เดียวกันอิเล็กตรอนจากแหล่งจ่ายแรงดัน ก็จะเข้าไปรวมกับโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิดที่ ยิ่งทำให้ชั้นผิวทำงานกว้างขึ้น อิเล็กตรอนในสารกึ่งตัวนำชนิดอื่น ไม่สามารถข้ามชั้นผิวทำงานที่กว้างขึ้น ไปรวมกับโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิดที่ได้ โดโอดเปล่งแสงจึงไม่สามารถนำกระแสได้ในความเป็นจริงทางปฏิบัติจะมีอิเล็กตรอนบางตัวที่อยู่ใกล้ๆ รอยต่อสามารถข้ามไปรวมกับโฮลในสารกึ่งตัวนำชนิดที่ได้เล็กน้อย ส่งผลให้เกิดกระแสไหลขึ้นเป็นจำนวนน้อยมากๆ นั่นคือเกิดเป็นกระแสรั่วไหลขึ้น (Leakage current) การไบอัสกลับหากจ่ายแรงดันสูงมากๆ และจ่ายเป็นระยะเวลาาน ก็จะทำให้โดโอดเปล่งแสงเสียหาย แต่ก็มีมีการนำการไบอัสกลับนี้ไปใช้กับอุปกรณ์ที่เรียกว่า ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) อันเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแรงดันให้คงที่

2.5 คุณสมบัติการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงที่ใช้กันทั่วไป มีมุมการกระจายแสงแคบมาก คือประมาณ 12° ในแต่ละด้าน เทียบจากจุดศูนย์กลางของหลอด (มุมการกระจายของแสง หมายถึง มุมที่ความเข้มของแสงมีค่าลดลงไป 50 เปอร์เซ็นต์จากค่าสูงสุด) มุมการกระจายแสงที่แคบนี้เหมาะกับการใช้งาน เช่น การใช้เป็นแบ็กไลท์บนแผงควบคุม เพราะแสงของไดโอดเปล่งแสง จะถูกส่งตรงไปยังส่วนที่ต้องการ โดยไม่กระเจิงไปในทิศทางอื่นมากนัก อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงมีมุมการกระจายของแสงที่กว้างขึ้น ก็สามารถทำได้โดยในกระบวนการผลิต ที่มีการผสมแก้วเข้าไปในเนื้อเลนส์อิพอกซีของไดโอดเปล่งแสง วิธีนี้สามารถช่วยให้มุมการกระจายแสงเพิ่มขึ้น เป็น 35° อย่างไรก็ตามเมื่อมุมการกระจายของแสงกว้างขึ้น ก็ทำให้ความเข้มของแสงในทิศทางเดิม (ที่มุมกระจายแสง 0° ถึง 12°) ก็ลดลงไป เนื่องจากพลังงานแสงที่ได้จากไดโอดเปล่งแสงยังคงมีค่าเท่าเดิม



รูปที่ 2.6 ลักษณะการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการนำไปใช้งานของไดโอดเปล่งแสง

ในการที่จะนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานนั้น จำเป็นต้องทราบหลักการเบื้องต้นของการนำไปใช้ของไดโอดเปล่งแสง ซึ่งจะกล่าวในบทนี้ ได้แก่ คุณลักษณะทางไฟฟ้า และการนำไปใช้ของไดโอดเปล่งแสง

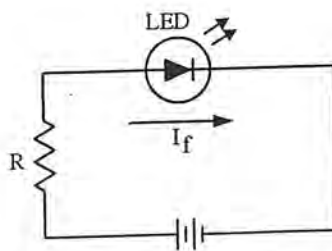
3.1 คุณลักษณะทางไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงมี 2 ขั้ว คือ ขั้วแคโทดและแอโนด ขั้วแคโทดจะอยู่ตรงด้านรอยบาก หรือเป็นขาที่สั้นกว่าอีกข้างหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 3.1 หรืออาจจะทดสอบหาขั้ว โดยใช้วงจรพื้นฐานใน รูปที่ 3.3 โดยการทดลองกับขั้วของไดโอดเปล่งแสง และถ้าไดโอดเปล่งแสงติดสว่าง ขั้วแคโทดจะเป็นขาที่ต่ออยู่กับขั้วลบของแบตเตอรี่



รูปที่ 3.1 คุณลักษณะทางกายภาพของไดโอดเปล่งแสง

รูปที่ 3.2 สัญลักษณ์ของไดโอดเปล่งแสง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3 วงจรการทดสอบหาขั้วของไดโอดเปล่งแสง

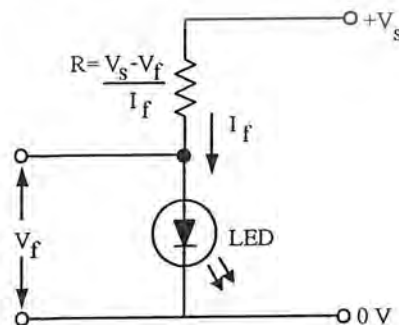
3.2 การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งาน

ไดโอดเปล่งแสงทำงานด้วยกระแสไฟฟ้า (Current Driven) โดยทั่วไปกระแสขับไดโอดเปล่งแสงได้มาจากการนำตัวต้านทานต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดัน เพื่อจำกัดกระแสที่ป้อนให้กับไดโอดเปล่งแสง เมื่อไดโอดเปล่งแสงได้รับกระแสไบอัสตรง จะมีแรงดันตกคร่อมไดโอดเปล่งแสงประมาณ 2 โวลต์ ถ้าไดโอดเปล่งแสงได้รับการไบอัสกลับ ก็จะเกิดปรากฏการณ์ อะวาลานซ์ หรือซีเนอร์เช่นเดียวกับไดโอดชนิดอื่นๆ แต่ค่าแรงดันนั้นจะมีค่าน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยทั่วไป ไดโอดเปล่งแสงจะทนแรงดันย้อนกลับได้สูงสุดประมาณ 3 ถึง 5 โวลต์



3.2.1 การใช้งานไดโอดเปล่งแสง 1 ตัว

ในการนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งาน จะต้องต่อตัวต้านทานจำกัดกระแสอนุกรมเข้ากับไดโอดเปล่งแสงด้วย เพื่อป้องกันไม่ให้ไดโอดเปล่งแสงเสียหาย รูปที่ 3.5 แสดงการหาค่าตัวต้านทาน R เพื่อให้ได้กระแสที่พอเหมาะแก่ไดโอดเปล่งแสง โดยตัวต้านทานจะต่อที่ขั้วแคโทด หรือแอโนดของไดโอดเปล่งแสงก็ได้ ความสว่างของไดโอดเปล่งแสงจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านตัวไดโอดเปล่งแสง โดยทั่วไป ไดโอดเปล่งแสงจะสามารถทนกระแสได้สูงสุดประมาณไม่เกิน 30 ถึง 40 มิลลิแอมป์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง

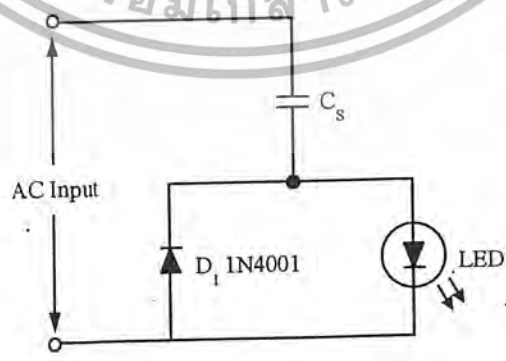
รูปที่ 3.5 การหาค่าความต้านทาน

เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดเปล่งแสงยังสามารถนำไปใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยการนำไดโอดธรรมดาต่อกลับขั้วขนานกับไดโอดเปล่งแสง เพื่อป้องกันไม่ให้ไดโอดเปล่งแสงได้รับไบอัสกลับ สำหรับค่าความต้านทาน R ควรจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของเมื่อคำนวณได้จากวงจรไฟตรง เพื่อให้ความสว่างเท่าเดิม และถ้าวงจรนี้ใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีค่าแรงดันสูงๆ ตัวต้านทาน R ก็จะต้องมีอัตราทนกำลังสูงๆ ตามไปด้วย เช่น ถ้าใช้กับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 250 โวลต์ ตัวต้านทานควรอัตราทนกำลังอย่างน้อยที่สุด 2.5 โวลต์ เมื่อคิดที่กระแสที่ผ่านไดโอดเปล่งแสง เฉลี่ยประมาณ 10 มิลลิแอมป์ หรือถ้าไม่ต้องการใช้ตัวต้านทานที่มีอัตราทนกำลังสูงๆ ก็อาจใช้ตัวเก็บประจุจำกัดกระแสที่ผ่าน ไดโอดเปล่งแสงตามต้องการได้เช่นเดียวกัน โดยตัวเก็บประจุ C_s จะมีอัตรากำลังสูญเสีย้น้อยมาก เนื่องจากกระแสและแรงดันที่ตัวเก็บประจุ C_s มีเฟสต่างกัน 90° สำหรับค่าของตัวเก็บประจุ C_s ประมาณ 0.1 และ 0.22 ไมโครฟารัดสำหรับไฟสลับ 50 ถึง 60 เฮิรตซ์ 250 โวลต์ และ 125 โวลต์ตามลำดับ



รูปที่ 3.6 การใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลับที่มีแรงดันต่ำ



รูปที่ 3.7 การใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นตัวแสดงผลในวงจรไฟสลับที่มีแรงดันสูง

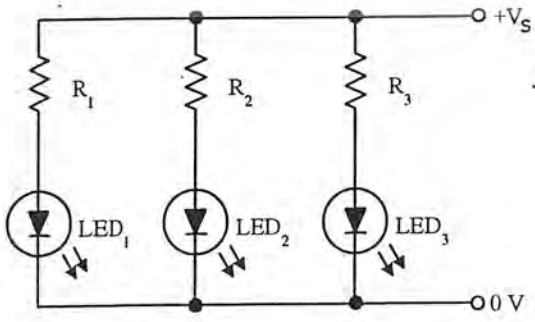
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การใช้งานไดโอดเปล่งแสงหลายตัวร่วมกัน

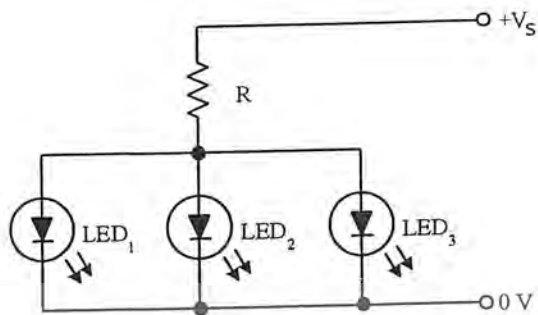
ไดโอดเปล่งแสงสามารถนำมาใช้งานพร้อมกันในคราวเดียวหลายตัวได้ โดยนำไดโอดเปล่งแสงมาต่ออนุกรมกัน และใช้แหล่งจ่ายแรงดันแหล่งเดียว ในการไบอัสให้ไดโอดเปล่งแสงทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.8 โดยแหล่งจ่ายแรงดัน จะต้องมีแรงดันมากกว่าผลรวมของแรงดันไบอัสตรงของไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัว เพราะจะทำให้แหล่งจ่ายแรงดัน ไม่สามารถไบอัสให้ไดโอดเปล่งแสงได้เพียงพอ แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยนำวงจรเหล่านี้มาต่อขนานกัน



การนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาใช้งานพร้อมๆ กันอีกแบบหนึ่งก็คือ การนำวงจรพื้นฐานจากรูปที่ 3.5 มาต่อขนานกันดังแสดงใน รูปที่ 3.9 แต่การต่อวงจรแบบนี้ค่อนข้าง จะกินกระแสมาก คือเท่ากับผลรวม ของกระแสที่จ่ายให้แก่ไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวน **รูปที่ 3.9 การนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาต่อขนานกัน** ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาใช้งานพร้อมๆ กันอย่างไม่ถูกต้อง

จากรูปที่ 3.10 จะเห็นว่า วงจรลักษณะนี้ไม่สามารถทำให้ไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวทำงานได้เท่าๆ กันเพราะกระแสจะไหลมากใน ไดโอดเปล่งแสงตัวที่มีแรงดันฟอร์เวิร์ดต่ำที่สุด จากวงจรจะเห็นได้ว่า ไดโอดเปล่งแสงไม่มีทางที่จะทำงานพร้อมๆ กันได้ เพราะแรงดันไบอัสตรงของไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัว จะมีค่าไม่เท่ากัน ในกระบวนการผลิตก็ไม่สามารถทำให้ไดโอดเปล่งแสงทุกตัวมีค่าแรงดัน ไบอัสตรง เท่ากันพอดีได้ ซึ่งจะทำให้มีไดโอดเปล่งแสงตัวใดตัวหนึ่งกินกระแสมากกว่าตัวอื่นๆ และทำให้ ไดโอดเปล่งแสงตัวที่เหลืออยู่ได้รับกระแสเพียงเล็กน้อยหรือ อาจไม่ได้รับกระแสเลยหากแรงดันไบอัส ของไดโอดเปล่งแสงต่างกันมาก

บทที่ 4

ทฤษฎีทางแสง

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีทางแสง ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง และการคำนวณในการออกแบบระบบแสงสว่างภายใน ได้แก่ การคำนวณโดยวิธีลูเมน, การคำนวณความเข้มแสงโดยตรง, วิธีไซนอลคาวิตี และวิธี Applied Method ของ CIE

4.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง

ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่างที่จะกล่าวถึงมี 5 ชนิด ประกอบด้วย

- ความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity)
- ความเข้มแสง (Illuminance)
- ความส่องสว่าง (Luminance)
- ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux)
- มุมตัน (Solid Angle)

ปริมาณทั้ง 5 ชนิด มีสัญลักษณ์ นิยาม และหน่วยที่ใช้ในการวัด ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง

ปริมาณ	สัญลักษณ์	นิยาม	หน่วยวัด
1. ความเข้มส่องสว่าง	I	$I = \frac{d\phi}{d\omega}$	แคนเดลา (candela ; cd)
2. ความเข้มแสง	E	$E = \frac{d\phi}{dA}$	ลักซ์ (lux ; lx)
3. ความส่องสว่าง	L	$L = \frac{d^2\phi}{d\omega \times dA \times \cos \epsilon}$	แคนเดลาต่อตารางเมตร (cd/m ²)
4. ฟลักซ์ส่องสว่าง	ϕ	$\phi = \frac{dQ}{dt}$	ลูเมน (lumen ; lm)
5. มุมตัน	ω	$\omega = \frac{A_m}{r^2}$	สเตอเรเดียน (steradian ; sr)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1 ความเข้มส่องสว่าง

ความเข้มส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในทิศทางที่กำหนดมาให้ คือ อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างย่อยที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด แพร่กระจายไปยังมุมเชิงของแข็งย่อย ที่กำหนดมาให้ต่อมุมเชิงของแข็ง

$$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

โดยกำหนดให้

I	คือ ความเข้มส่องสว่าง	(แคนเดลา)
$d\phi$	คือ ฟลักซ์ส่องสว่างย่อย	(ลูเมน)
$d\omega$	คือ มุมเชิงของแข็งย่อย	(สเตอเรเดียน)

4.1.2 ความเข้มแสง

ความเข้มแสงที่จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นผิว คือ อัตราส่วนของฟลักซ์ส่องสว่างที่พุ่งไปที่พื้นผิวย่อยต่อพื้นที่นั้นย่อย



E	คือ ความเข้มแสง	(ลักซ์)
$d\phi$	คือ ฟลักซ์ส่องสว่างย่อย	(ลูเมน)
dA	คือ พื้นที่ผิวย่อย	(ตารางเมตร)

4.1.3 ความส่องสว่าง

ความส่องสว่างที่จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นผิวของแหล่งกำเนิดแสง หรือตัวรับแสงในทิศทางที่กำหนดให้ หรือจุดที่อยู่ในเส้นทางของแสง คือ อัตราส่วนระหว่างฟลักซ์ส่องสว่างที่ออก หรือเข้ามา หรือส่องผ่านพื้นผิวย่อยที่จุดนั้น และแพร่กระจายในทิศทางที่กำหนดให้ ต่อส่วนย่อยของกรวยตามทิศทางที่กำหนดมาให้ ต่อผลของมุมเชิงของแข็งของรูปกรวยต่อพื้นที่ของการฉายเงาโดยตรงของพื้นผิวย่อยบนระนาบตั้งฉากในทิศทางที่กำหนดมาให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L = \frac{d^2 \phi}{d\omega \times dA \times \cos \epsilon}$$

โดยกำหนดให้

L	คือ ความส่องสว่าง	(แคนเดลาต่อตารางเมตร)
$d\phi$	คือ ฟลักซ์ส่องสว่างย่อย	(ลูเมน)
dA	คือ พื้นที่ผิวย่อย	(ตารางเมตร)

4.1.4 ฟลักซ์การส่องสว่าง

ฟลักซ์การส่องสว่าง คือ พลังงานแสงที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยเวลา



4.1.5 มุมตัน

มุมตัน คือ อัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลมต่อ รัศมีของทรงกลมยกกำลังสอง

$$\omega = \frac{A_m}{r^2}$$

โดยกำหนดให้

ω	คือ มุมตัน	(สเตอเรเดียน)
A_m	คือ พื้นที่ผิวทรงกลม	(ตารางเมตร)
r	คือ รัศมีทรงกลม	(เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การคำนวณระบบแสงสว่างภายใน

การคำนวณระบบแสงสว่างภายในนี้ แบ่งออกเป็น 2 หลักการใหญ่ๆ คือ วิธีการออกแบบสำหรับความเข้มแสงเฉลี่ย และวิธีการแบบความเข้มแสงโดยตรง

4.2.1 การออกแบบระบบแสงสว่างภายในโดยวิธีลูเมน (Lumen Method)

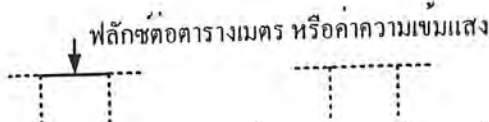
ในการออกแบบแสงสว่างภายในอาคารโดยอาศัยการคำนวณวิธีลูเมน วิธีการออกแบบสำหรับความเข้มแสงเฉลี่ย วิธีนี้เหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับโคมที่มีการนำมาเรียงเป็นระยะสม่ำเสมอ โดยจะสามารถคำนวณหาฟลักซ์ที่ติดตั้ง เพื่อนำไปออกแบบจำนวนหลอด หรือดวงโคมที่ใช้ในการติดตั้ง ซึ่งเราต้องรู้ค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ต้องการในการออกแบบ ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าความเข้มแสงเฉลี่ยของทุกๆ จุดบนพื้นผิวการใช้งาน ได้ดังนี้ คือ

$$\text{ความเข้มแสงเฉลี่ย} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน}}{\text{พื้นที่ผิวใช้งาน}}$$

เนื่องจากฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟทั้งหมดไม่ได้ตกกระทบลงบนพื้นผิวใช้งานทั้งหมด แต่มีการสูญเสียเมื่อผ่านดวงโคม และการสะท้อนจากพื้นผิวอื่น ซึ่งแฟกเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์อันนี้ คือ ตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (Utilization Factor; UF) โดยนิยามได้ดังนี้

$$UF = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน}}{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง}}$$

ค่า UF สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และองค์ประกอบที่ติดตั้งกับฟลักซ์ที่ติดตั้งต่อตารางเมตรใช้

รูปที่ 4.1 ความแตกต่างของฟลักซ์ที่ติดตั้งกับฟลักซ์ที่ติดตั้งต่อตารางเมตรใช้

ดังนั้น

$$\text{ความเข้มแสงเฉลี่ย} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง} \times UF}{\text{พื้นที่ผิวใช้งาน}}$$

เนื่องจากค่าความเข้มแสงนี้ เป็นค่าความเข้มแสงเริ่มต้นหลังจากการติดตั้งใหม่ แต่เมื่อมีการใช้งานที่ระยะเวลาหนึ่ง ค่าความเข้มแสงจะลดลงเพราะความสูญเสียของแสงที่เกิดจากความเสื่อมของหลอดไฟ ดวงโคม และพื้นผิวห้อง ซึ่งแฟกเตอร์ที่แสดงความสัมพันธ์อันนี้ คือ ตัวประกอบบำรุงรักษา (Maintenance Factor; MF) ดังนั้น

ดังนั้น

$$MF = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน}}{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง} \times UF}$$

$$\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน}}{UF \times MF}$$

ในการหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์จะหาได้จากขั้นตอนการคำนวณค่าดัชนีห้อง (k) ซึ่งในการออกแบบระบบแสงสว่าง จำเป็นจะต้องคำนึงถึงขนาดของห้องและสัมประสิทธิ์การสะท้อนของเพดาน ฝาผนัง และพื้น โดยปกติในการคำนวณ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนจะสัมพันธ์กับตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (UF) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว UF จะหาได้จากตาราง ดังนั้นในตารางค่า UF จะปรากฏค่าการสะท้อนของเพดาน ซึ่งในตารางทั่วไปจะใช้ค่า 0.7, 0.5, 0.3 ส่วนฝาผนังจะมีค่า 0.5, 0.3, 0.1 และพื้นมีค่า 0.3, 0.14, 0.1 และในกรณีที่พื้นไม่ได้ระบุค่าการสะท้อนมา จะสามารถใช้ค่า 0.1 ในกรณีการหาค่า UF ไม่ตรงตามข้อมูลที่ต้องการ จะสามารถคำนวณหาได้จากตาราง แล้วลิเนียร์อินเตอร์โพลเลต (linear interpolate) ต่อไป

ค่าดัชนีห้อง หรือรูมอินเด็กซ์ (Room Index) ค่ามิติของขนาดห้องจะไม่มีค่าสำคัญเลย ทั้งนี้เพราะเกี่ยวข้องกับเรื่องของพื้นที่ แต่ในการออกแบบแสงพบว่าเพื่อความสะดวก ค่ารูมอินเด็กซ์จะมีความสำคัญ ทั้งนี้เพราะการนำมิติของห้องมาเป็นสัดส่วนกัน โดยค่ารูมอินเด็กซ์ (k) จะมีค่า

$$k = \frac{LW}{H_m(L+W)}$$

โดยกำหนดให้

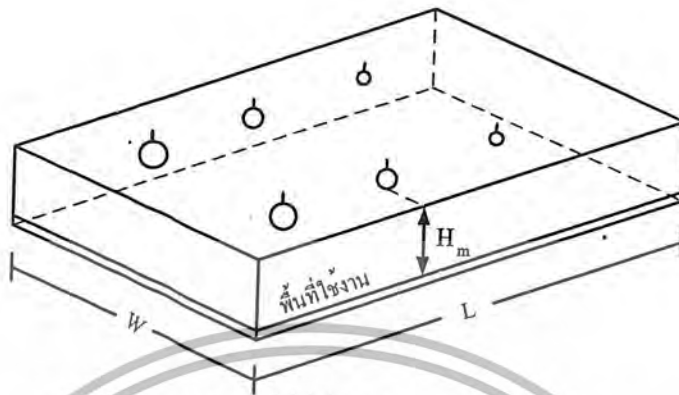
L คือ ความยาวของห้อง (เมตร)

W คือ ความกว้างของห้อง (เมตร)

H_m คือ ความสูงจากดวงโคมถึงพื้นผิวใช้งาน (เมตร)

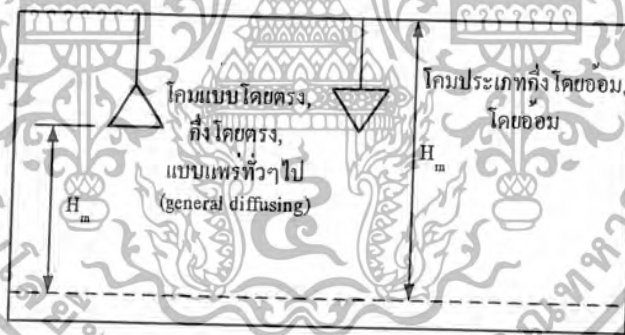
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์ทั้งหมดของเอกสารชุดนี้สงวนไว้ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะสามารถพิจารณาความสัมพันธ์ของมิติได้จากรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของมิติห้องในการหาค่า k

รูปที่ 4.3 ในกรณีที่ดวงโคมมีลักษณะการกระจายแสงส่องขึ้นบน ค่า H_m ในการหาค่า k จะพิจารณาได้จาก



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ของ H_m

ในการคำนวณหาจำนวน โคมที่ใช้ในการติดตั้ง สำหรับค่าความเข้มแสงเฉลี่ยที่ต้องการในการ ออกแบบ สามารถหาได้ดังนี้ คือ

$$\text{จำนวน โคม} = \frac{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง}}{LDL}$$

โดยกำหนดให้

LDL คือ ค่าลูเมนเอทที่พทของหลอด (ลูเมน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ความเข้มแสงโดยตรง (Direct Illuminance)

ในกรณีที่แหล่งกำเนิดแสงมีลักษณะเป็นเส้นตรง (linear source) จะใช้วิธีคำนวณแบบ point by point โดยใช้ กฎกำลังสองผกผัน (Inverse Square Law) และแหล่งกำเนิดแสงเป็นจุด (point source)

ถ้าแหล่งกำเนิดแสงมีขนาดเล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางไปยังพื้นผิว จะสามารถหาค่าความเข้มแสงได้ คือ

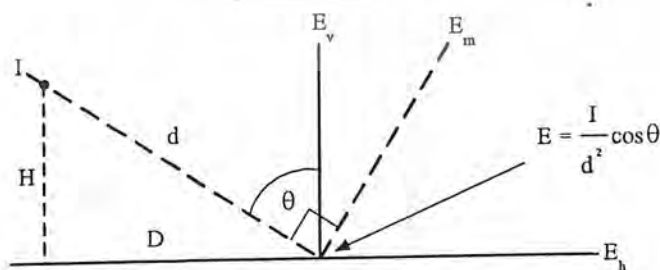
$$E = \frac{I}{d^2}$$

จะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ตามกฎกำลังสองผกผัน

ในกรณีที่พิจารณาหาค่าความเข้มแสงในเพลนที่อยู่ในแนวระนาบ แนวตั้งจะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 การหาค่าความเข้มแสงในเพลนต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสัมพันธ์ทั่วไป

$$\begin{aligned}
 E &= \frac{I}{d^2} \cos \theta \\
 &= \frac{I \cos^3 \theta}{H^2} \\
 \text{หรือ} \\
 E_v &= \frac{I}{D^2 + H^2} \cos \theta \\
 E_h &= \frac{I \cos^2 \theta \sin \theta}{H^2} \\
 &= \frac{I \cos^2 \theta}{2}
 \end{aligned}$$

4.2.3 การคำนวณโดยวิธีโซนอลควิตี

การคำนวณโดยวิธีโซนอลควิตีโดยตามมาตรฐานของ IES อเมริกาจะเป็นความหมายที่ใช้ของโซนอลควิตีที่ใช้ ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกวิธีการออกแบบระบบแสงสว่าง มาจากการแบ่งห้องใดๆ ที่ต้องการจะออกแบบออกเป็นสามส่วนหรือสามโซนควิตี (zone cavity) ด้วยกัน ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 หลักการของการแบ่งโซนควิตี

โดยที่ส่วนที่หนึ่งจะเรียกว่าควิตีเพดาน (ceiling cavity) ส่วนนี้จะหมายถึงบริเวณตั้งแต่เพดานลงมาถึงระดับของดวงโคม (luminaire plane) ความสูงของระยะนี้เราเรียกว่า ความสูงของเพดาน (ceiling cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{cc}

ส่วนที่สองจะเรียกว่า ควิตีห้อง (room cavity) คือส่วนที่อยู่จากระดับของดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นผิวงาน (working plane) จะเรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของควิตีห้อง (room cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{rc}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสุดท้ายคือส่วนที่เรียกว่า คาวิตีพื้น (floor cavity) ส่วนนี้จะนับจากระดับพื้นงานลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง และเรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของคาวิตีพื้น (floor cavity height) และใช้อักษรย่อว่า h_{fc}

หลังจากที่แบ่งคาวิตีแล้วก็จะสามารถจำแนกขั้นตอนของการคำนวณ ได้ดังต่อไปนี้คือ

- ขั้นตอนที่ 1 หาค่าอัตราส่วนคาวิตี
- ขั้นตอนที่ 2 หาค่าการสะท้อนของคาวิตี
- ขั้นตอนที่ 3 เลือกค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานโดยอาศัยข้อมูลจากขั้นตอนที่ 2
- ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาจำนวนดวงโคม หรือระดับของความสว่าง โดยใช้สูตรพื้นฐานในวิธีการลูเมน (lumen method)

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณหาค่าอัตราส่วนคาวิตี หาได้จาก

$$\begin{aligned} RCR \text{ (ค่าอัตราส่วนคาวิตีของห้อง)} &= \frac{5h_{rc}(L+W)}{LW} \\ FCR \text{ (ค่าอัตราส่วนคาวิตีของพื้น)} &= \frac{5h_{fc}(L+W)}{LW} \\ CCR \text{ (ค่าอัตราส่วนคาวิตีของเพดาน)} &= \frac{5h_{cc}(L+W)}{LW} \end{aligned}$$

ในกรณีที่ดวงโคมติดตั้งที่เพดานหรือฝังในเพดาน CCR จะมีค่าเท่ากับ 0 และในกรณีที่พื้นผิวใช้งานกับพื้นของห้องเป็นอันเดียวกัน จะได้ว่า

$$FCR = 0$$

โดยกำหนดให้

- L คือ ความยาวของห้องที่ออกแบบ (ฟุต)
- W คือ ความกว้างของห้องที่ออกแบบ (ฟุต)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนทำการหาค่าการสะท้อนเสมือน โดยจะเป็นค่าที่สมมติขึ้นมาเพื่อจะใช้ในการคำนวณ ซึ่งจะต้องมีค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน ฝาผนัง และพื้น เนื่องจากว่าในการคำนวณนั้นจะหาค่าใช้งานจริงๆ ของการสะท้อนของห้องนั้นทำได้ยาก จึงได้กำหนดขึ้นมาว่ากรณีที่เป็นของเพดาน ฝาผนัง และพื้น จะใช้ค่าการสะท้อนเท่ากับ 80, 50 และ 30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ดังนั้นจึงพอที่จะกล่าวได้ว่า ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดานหมายถึง ผลรวมของการสะท้อนเสมือนจริงซึ่งเกิดขึ้นในกรณีที่กำหนดค่าควิตีขึ้นมา กับค่าการสะท้อนที่สมมติขึ้น ณ ผิวของควิตีนั้น

โดยกำหนดให้

ρ_{cc} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน

ρ_w คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของฝ้าผนัง

ρ_{fc} คือ ค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น

ในตารางที่ 4.2 จะเป็นการแสดงค่าของการสะท้อนเสมือนของเพดาน

ขั้นตอนที่ 3 จากขั้นตอนที่ 2 ทำให้ทราบค่าการสะท้อนของเพดาน ฝ้าผนัง และพื้น ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับปริมาณออกแบบ แต่โดยส่วนมากแล้วจะพิจารณาค่าการสะท้อนของเพดาน และพื้นเป็นหลักใหญ่ๆ กว้างๆ ส่วนการสะท้อนของฝ้าผนังนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงที่ค่าต่างๆ หลังจากนั้นก็ทำการคำนวณหาค่า RCR ซึ่งจะสัมพันธ์กับค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน (CU)

โดยปกติทั่วไปแล้ว บริษัทผู้ผลิตดวงโคมจะมีตารางสำเร็จรูปของสัมประสิทธิ์การใช้งานของดวงโคมแต่ละชนิดมาให้ ซึ่งจะสามารถแสดงตัวอย่างได้ในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ตัวอย่างของ CU ของดวงโคมชนิดหนึ่ง

ขั้นตอนที่ 4 จากขั้นตอนที่ 3 การหาค่า CU ถ้าใช้คือค่าการสะท้อนเสมือนของพื้นที่ 20 เปอร์เซ็นต์ (โดยมาจากตาราง CU ที่ผู้ผลิตดวงโคมแสดง) ในกรณีที่ข้อมูลที่ทำการคำนวณนั้น หากค่าการสะท้อนของพื้นมีความแตกต่าง 20 เปอร์เซ็นต์ จะต้องมาทำการปรับค่า CU เพื่อไปสู่ค่าการสะท้อนของพื้น จะทำการคำนวณจริงๆ โดยใช้ตัวคูณจากตารางที่ 4.3 ในกรณีที่ค่าตัวคูณไม่ทำให้ค่า CU เปลี่ยนแปลงเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วก็ไม่ต้องนำค่าตัวคูณมาพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ค่าการสะท้อนของเพดาน หรือค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น

Per Cent Base Reflectance	90					80					70					60					50				
	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50
Cavity Ratio	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50	90	80	70	60	50
0.2	89	88	87	86	85	88	87	86	85	84	87	86	85	84	83	86	85	84	83	82	85	84	83	82	81
0.4	88	87	86	85	84	87	86	85	84	83	86	85	84	83	82	85	84	83	82	81	84	83	82	81	80
0.6	87	86	85	84	83	86	85	84	83	82	85	84	83	82	81	84	83	82	81	80	83	82	81	80	79
0.8	86	85	84	83	82	85	84	83	82	81	84	83	82	81	80	83	82	81	80	79	82	81	80	79	78
1.0	85	84	83	82	81	84	83	82	81	80	83	82	81	80	79	82	81	80	79	78	81	80	79	78	77
1.2	84	83	82	81	80	83	82	81	80	79	82	81	80	79	78	81	80	79	78	77	80	79	78	77	76
1.4	83	82	81	80	79	82	81	80	79	78	81	80	79	78	77	80	79	78	77	76	79	78	77	76	75
1.6	82	81	80	79	78	81	80	79	78	77	80	79	78	77	76	79	78	77	76	75	78	77	76	75	74
1.8	81	80	79	78	77	80	79	78	77	76	79	78	77	76	75	78	77	76	75	74	77	76	75	74	73
2.0	80	79	78	77	76	79	78	77	76	75	78	77	76	75	74	77	76	75	74	73	76	75	74	73	72
2.2	79	78	77	76	75	78	77	76	75	74	77	76	75	74	73	76	75	74	73	72	75	74	73	72	71
2.4	78	77	76	75	74	77	76	75	74	73	76	75	74	73	72	75	74	73	72	71	74	73	72	71	70
2.6	77	76	75	74	73	76	75	74	73	72	75	74	73	72	71	74	73	72	71	70	73	72	71	70	69
2.8	76	75	74	73	72	75	74	73	72	71	74	73	72	71	70	73	72	71	70	69	72	71	70	69	68
3.0	75	74	73	72	71	74	73	72	71	70	73	72	71	70	69	72	71	70	69	68	71	70	69	68	67
3.2	74	73	72	71	70	73	72	71	70	69	72	71	70	69	68	71	70	69	68	67	70	69	68	67	66
3.4	73	72	71	70	69	72	71	70	69	68	71	70	69	68	67	70	69	68	67	66	69	68	67	66	65
3.6	72	71	70	69	68	71	70	69	68	67	70	69	68	67	66	69	68	67	66	65	68	67	66	65	64
3.8	71	70	69	68	67	70	69	68	67	66	69	68	67	66	65	68	67	66	65	64	67	66	65	64	63
4.0	70	69	68	67	66	69	68	67	66	65	68	67	66	65	64	67	66	65	64	63	66	65	64	63	62
4.2	69	68	67	66	65	68	67	66	65	64	67	66	65	64	63	66	65	64	63	62	65	64	63	62	61
4.4	68	67	66	65	64	67	66	65	64	63	66	65	64	63	62	65	64	63	62	61	64	63	62	61	60
4.6	67	66	65	64	63	66	65	64	63	62	65	64	63	62	61	64	63	62	61	60	63	62	61	60	59
4.8	66	65	64	63	62	65	64	63	62	61	64	63	62	61	60	63	62	61	60	59	62	61	60	59	58
5.0	65	64	63	62	61	64	63	62	61	60	63	62	61	60	59	62	61	60	59	58	61	60	59	58	57
6.0	64	63	62	61	60	63	62	61	60	59	62	61	60	59	58	61	60	59	58	57	60	59	58	57	56
7.0	63	62	61	60	59	62	61	60	59	58	61	60	59	58	57	60	59	58	57	56	59	58	57	56	55
8.0	62	61	60	59	58	61	60	59	58	57	60	59	58	57	56	59	58	57	56	55	58	57	56	55	54
9.0	61	60	59	58	57	60	59	58	57	56	59	58	57	56	55	58	57	56	55	54	57	56	55	54	53
10.0	60	59	58	57	56	59	58	57	56	55	58	57	56	55	54	57	56	55	54	53	56	55	54	53	52

* Ceiling, floor or floor of cavity.

เอกสารนี้... ไม่ควร... การคำนวณ... ค่า

ตารางที่ 4.2 (ต่อ) ค่าการสะท้อนเสมือนของเพดาน หรือค่าการสะท้อนเสมือนของพื้น

Per Cent Base Reflectance	40										30										20										10										0									
	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Cavity Ratio	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6	8.8	9.0					
Per Cent Wall Reflectance	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
Per Cent Ceiling Reflectance	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

Ceiling, floor or floor of cavity.

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของสถาบันวิจัยและพัฒนาไปใช้ประโยชน์โดยไม่แจ้งชื่อสถาบันวิจัยและพัฒนา
 ไม่สามารถดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 multiplying factors for other than 20 percent effective floor cavity reflectance

% Effective Ceiling Cavity Reflectance, pcc	80				70				50				30				10			
	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10	70	50	30	10
For 30 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																				
Room Cavity Ratio																				
1	1.092	1.082	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008			
2	1.070	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006			
3	1.070	1.054	1.042	1.035	1.061	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.004			
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004			
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004			
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003			
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003			
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003			
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002			
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002			
For 10 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																				
Room Cavity Ratio																				
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993			
2	.901	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995			
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996			
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996			
5	.949	.964	.976	.983	.954	.966	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997			
6	.953	.939	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997			
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998			
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998			
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999			
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999			
For 0 Per Cent Effective Floor Cavity Reflectance (20 Per Cent = 1.00)																				
Room Cavity Ratio																				
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.915	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987			
2	.871	.887	.907	.919	.886	.907	.916	.926	.926	.938	.917	.954	.963	.971	.978	.983	.991			
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993			
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994			
5	.903	.931	.951	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.981	.964	.977	.988	.975	.985	.995			
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996			
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997			
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.999			
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998			
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.997	.977	.989	.999			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 การคำนวณโดยวิธี Applied Method ของ CIE

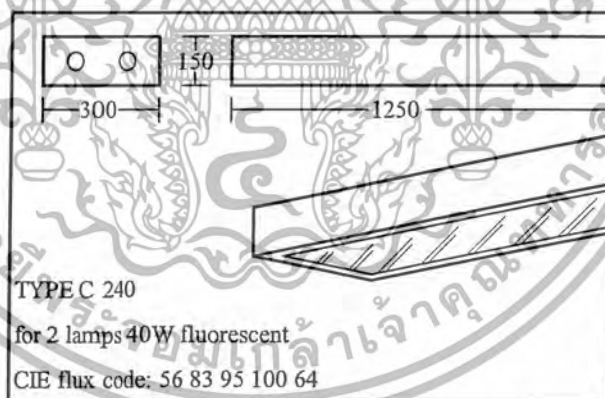
4.2.4.1 ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม (Photometric Luminaire Data)

ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม คือ ข้อมูลการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในลักษณะใดลักษณะหนึ่งใน 4 แบบ ดังนี้คือ

- ฟลักซ์โค้ด (Flux Code)
- โซนอลฟลักซ์ (Zonal Flux)
- ความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ (Luminous Intensity in C-Plan)
- ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย (Average Luminous Intensity)

4.2.4.2 ฟลักซ์โค้ด

เป็นการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม ในรูปอัตราส่วนของฟลักซ์ที่มุมเชิงของแข็งต่างๆ โดยแสดงในรูปของ N1, N2, N3, N4, N5 ซึ่ง N1, N2, N3 เรียกว่าฟลักซ์ทริเปต (Flux Triplet) ดวงโคมตามมาตรฐาน CIE ส่วนใหญ่จะบอกค่าฟลักซ์โค้ดมาให้ ดังในรูปที่ 4.8 ค่า ฟลักซ์โค้ดที่กำหนดมาให้เมื่อนำไปใช้ต้องหารด้วย 100 ก่อน เช่น N1 = 0.56, N2 = 0.83



รูปที่ 4.8 การบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของฟลักซ์โค้ด

4.2.4.3 โซนอลฟลักซ์

เป็นการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของโซนอลฟลักซ์ ที่มุมครึ่งยอดกรวย (Half apex Angle) 0° ถึง 180° ดังแสดงในรูปที่ 4.9 การหาฟลักซ์โค้ดจากโซนอลฟลักซ์สามารถหาได้ดังนี้คือ

$$FC1 = ZF(41.4)$$

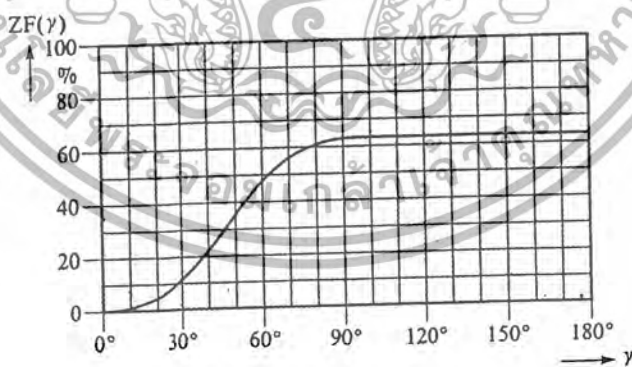
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ $0.0605ZF(30) + 0.9801ZF(40) + 0.0804ZF(50)$ ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$FC2 = ZF(60)$$

$$\begin{aligned}
 FC3 &= ZF(75.5) \\
 &= 0.3241ZF(70) + 0.7995ZF(80) - 0.1236ZF(90) \\
 FC4 &= ZF(90) \\
 F &= ZF(180) \\
 S.PHI &= \text{Base Lumen} \\
 N1 &= FC1/FC4 \\
 N2 &= FC2/FC4 \\
 N3 &= FC3/FC4 \\
 N4 &= FC4/F \\
 N5 &= F/S.PHI
 \end{aligned}$$

โดยกำหนดให้

$FC-FC4$ คือ ฟลักซ์สะสม (Cumulative Flux) ซึ่งหาได้จากโซนอลฟลักซ์ที่มุม
 เจริงของเบ็ง
 F คือ ฟลักซ์ที่ออกจากดวงโคมทั้งหมด
 S คือ จำนวนหลอดไฟใน 1 ดวงโคม
 PHI คือ ฟลักซ์ที่ออกจากหลอดไฟทั้งหมด
 $N1-N5$ คือ ฟลักซ์โคัด



Zonal Flux: ZF(γ) per 1000 lm

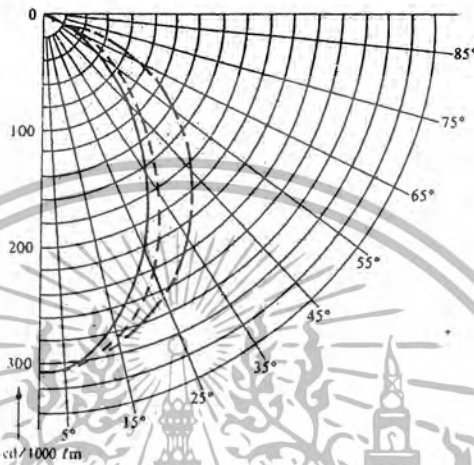
γ	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	180°
ZF(γ)	29	110	222	342	449	531	587	621	640	640

รูปที่ 4.9 การบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของโซนอลฟลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4.4 ความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ

เป็นการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของความเข้มส่องสว่างที่มุม γ เท่ากับ 0° ถึง 175° ในระนาบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 การบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ

การหาความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยจากความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ สามารถทำได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 การหาความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยจากความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ

เพดาน C	ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย
$C = 0, 90$	$\bar{I}(\gamma) = I(0, \gamma) + I(90, \gamma) / 2$
$C = 0, 45, 90$	$\bar{I}(\gamma) = I(0, \gamma) + 2I(45, \gamma) + I(90, \gamma) / 4$
$C = 0, 30, 60, 90$	$\bar{I}(\gamma) = I(0, \gamma) + 2I(30, \gamma) + 2I(60, \gamma) + I(90, \gamma) / 6$

โดยกำหนดให้

- γ คือ มุมครึ่งยอดกรวยในระนาบต่างๆ
- I คือ ความเข้มส่องสว่างในระนาบต่างๆ
- \bar{I} คือ ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย

4.2.4.5 ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย

เป็นการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคม ในรูปของความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยที่มุม γ เท่ากับ 0° ถึง 85° ในครึ่งทรงกลมล่าง และ 95° ถึง 175° ในครึ่งทรงกลมบน ดังแสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 การบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย

การหาโซนออฟลักซ์จากความเข้มส่องสว่างเฉลี่ยสามารถทำได้ดังนี้ คือ

$$ZF(\gamma) = ZF(\gamma-10) + \bar{I}(\gamma-5)(\Delta\omega)$$

โดยกำหนดให้

- ZF คือ โซนออฟลักซ์
- γ คือ มุมครึ่งยอดกรวย
- \bar{I} คือ ความเข้มส่องสว่างเฉลี่ย
- $\Delta\omega$ คือ ค่าคงที่

ตารางที่ 4.3 ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณหาค่าฟลักซ์ส่องสว่าง

โซน 1 องศา		โซน 2 องศา		โซน 5 องศา		โซน 10 องศา	
ขนาด	ค่าคงที่	ขนาด	ค่าคงที่	ขนาด	ค่าคงที่	ขนาด	ค่าคงที่
0-1	0.0009	0-2	0.0038	0-5	0.0239	0-10	0.095
1-2	0.0029	2-4	0.0115	5-10	0.0715	10-20	0.283
2-3	0.0048	4-6	0.0191	10-15	0.1186	20-30	0.463
3-4	0.0067	6-8	0.0267	15-20	0.1649	30-40	0.628
4-5	0.0086	8-10	0.0343	20-25	0.2097	40-50	0.774
5-6	0.0105	10-12	0.0418	25-30	0.2531	50-60	0.897
6-7	0.0124	12-14	0.0493	30-35	0.2946	60-70	0.993
7-8	0.0143	14-16	0.0568	35-40	0.3337	70-80	1.058
8-9	0.0162	16-18	0.0641	40-45	0.3703	80-90	1.091
9-10	0.0181	18-20	0.0714	45-50	0.4041		
				50-55	0.4349		
				55-60	0.4623		
				60-65	0.4862		
				65-70	0.5064		
				70-75	0.5228		
				75-80	0.5351		
				80-85	0.5434		
				85-90	0.5476		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวัดข้อมูลกระจายแสง

เนื้อหาในบทที่ 5 นี้จะกล่าวถึงส่วนของข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม และการนำเสนอข้อมูลการกระจายแสง ซึ่งจะแสดงในรูปของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง, เส้นโค้งโพลาร์, โซนออก ฟลักซ์ และเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

5.1 การกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Distribution)

การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม เป็นข้อมูลที่จะบอกให้ทราบว่า ดวงโคมมีการกระจายแสงอย่างไร มีลำแสงกว้างแคบมากน้อยแค่ไหน การกระจายแสงมีลักษณะสมมาตรหรือไม่ เป็นต้น การกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม จะวัดได้โดยใช้อุปกรณ์วัดการกระจายแสง (Distribution Photometer)

5.2 ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม (Photometric Luminaire Data)

ข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม หรือข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง เป็นข้อมูลที่ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และผู้เลือกใช้ดวงโคมจะต้องให้ความสำคัญ เพราะเป็นข้อมูลที่จะบอกให้ทราบว่าดวงโคมที่เลือกใช้มีการกระจายแสงอย่างไร เหมาะกับการใช้งานในพื้นที่นั้นๆ หรือไม่ เช่น ลำแสงไม่กว้างหรือแคบเกินไป คือในห้องที่มีขนาดเล็กควรใช้โคมที่มีการกระจายแสงแคบ เพื่อไม่ให้แสงส่วนใหญ่ตกลงบนผนัง ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ประโยชน์ได้น้อย หรือในทางตรงกันข้าม เราจะเลือกใช้โคมที่มีการกระจายแสงกว้างในห้องที่มีขนาดใหญ่ เป็นข้อมูลที่นำไปใช้หาค่าความสว่างที่จุดใดๆ ได้โดยการคำนวณด้วยกฎกำลังสองผกผันร่วมกับกฎโคไซน์ และเป็นข้อมูลที่จะนำไปใช้คำนวณหาข้อมูลตัวอื่นๆ ได้ อีกหลายตัว เช่น สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง ความส่องสว่างเฉลี่ยในระนาบหลักที่มุมต่างๆ ที่วัดจากแนวตั้ง ฯลฯ

5.3 การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสง

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม โดยทั่วไปจะแสดงได้หลายแบบ เช่น

- ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง (Luminous Intensity Table)
- เส้นโค้งโพลาร์ (Polar Curves)
- โซนออกฟลักซ์ (Zonal Flux)
- เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า (Isocandela Curves)

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคม แต่ละแบบนี้มีข้อดีข้อเสีย และการนำไปใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของดวงโคมว่าเป็นดวงโคมใช้งานภายในอาคาร โคมไฟส่องเอกสารเป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนลาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ด้านราคา โคมไฟถนน ฯลฯ การนำข้อมูลไปใช้ในการคำนวณ ถ้าใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ การนำเสนอไม่ยากแต่ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในรูปของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างจะเหมาะสมที่สุด เพราะมีข้อมูลละเอียด แต่ผู้ใช้ดวงโคมจะดูลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมได้ยาก แต่การนำเสนอในรูปแบบของเส้นโค้งโพลาร์หรือเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า จะแสดงให้เห็นลักษณะของการกระจายแสงของดวงโคมได้ง่ายกว่า

5.3.1 ตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง

การนำเสนอข้อมูลแบบนี้ เป็นการนำเสนอในรูปแบบตารางตัวเลขเหมาะกับการนำไปใช้ในการคำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีความละเอียดสูง แต่มีข้อเสียคือดูลักษณะการกระจายแสงยาก เนื่องจากดูความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันของค่าความเข้มส่องสว่างที่มุมต่างๆ ยาก

ตารางที่ 5.1 ตัวอย่างตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง

มุม γ (องศา)	ความเข้มส่องสว่าง (แคนเดลา) บนระนาบ C				
	0.0	22.5	45.0	67.5	90.0
0	259	259	259	259	259
5	263	262	262	261	262
10	282	280	271	260	258
15	312	305	281	257	250
20	339	333	297	255	239
25	352	345	312	248	223
30	352	345	314	243	206
35	326	328	305	243	191
40	270	280	286	235	168
45	207	218	243	216	143
50	142	156	182	192	118
55	73	89	116	152	88
60	22	32	56	89	49
65	5	8	17	19	8
70	2	2	3	2	2
75	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1
85	1	1	1	1	1
90	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 เส้นโค้งโพลาร์

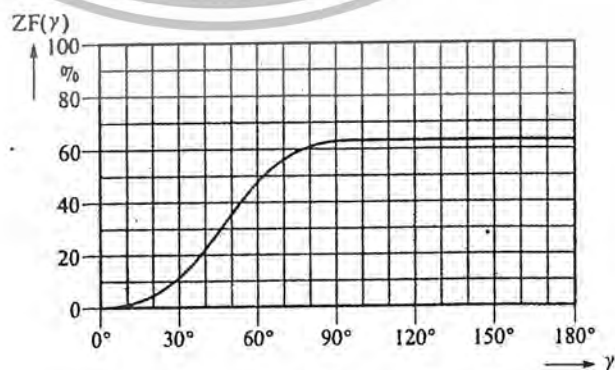
การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของเส้นโค้งโพลาร์ จะใช้กระดาษกราฟวงกลมโดยให้แนวรัศมีแสดงขนาดของมุม γ ที่วัดจากแนวตั้งลงจนถึงแนวตั้งขึ้น (0° ถึง 180°) และให้ความยาวของรัศมี (หรือขนาดของวงกลม) แทนค่าความส่องสว่างที่มีหน่วยเป็นแคนเดลา การนำเสนอแบบนี้นิยมใช้แสดงข้อมูลของดวงโคมที่มีแกนอ้างอิงตั้งลงมาข้างล่างเวลาติดตั้งใช้งาน เช่น ดวงโคมติดตั้งภายในอาคาร (โคม Downlight, โคมใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์) โดยปกติมักจะแสดงเพียงครึ่งซีกเท่านั้น เนื่องจากมีความสมมาตรระหว่างซีกซ้ายมือและขวามือ



รูปที่ 5.1 เส้นโค้งโพลาร์

5.3.3 โชนอลฟลักซ์

การนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของโชนอลฟลักซ์ เป็นการบอกลักษณะการกระจายแสงของดวงโคมในรูปของปริมาณฟลักซ์ส่องสว่าง มีหน่วยเป็นลูเมน ซึ่งเป็นค่าผลรวมเฉลี่ยของฟลักซ์ในแต่ละโชน ดังแสดงในรูปที่ 5.8

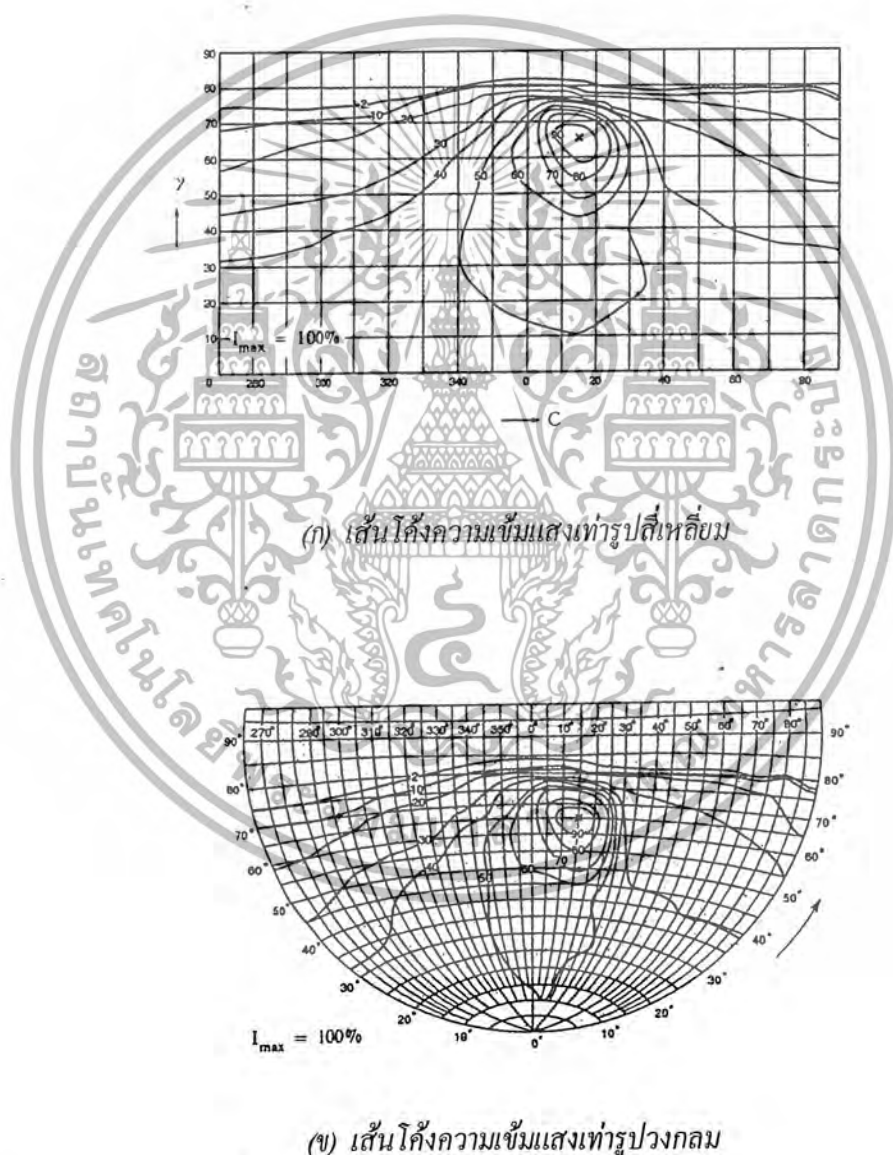


รูปที่ 5.2 เส้นกราฟโชนอลฟลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

การนำเสนอข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม ในรูปของเส้นโค้งความเข้มแสงเท่า จะเริ่มต้นด้วยการจินตนาการว่ามีทรงกลมจินตภาพรูปหนึ่งล้อมรอบดวงโคมไว้ โดยดวงโคมจะอยู่ที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมจินตภาพ จากนั้นจะลากเส้นไปบนผิวของทรงกลมจินตภาพนี้ ตามแนวที่มีค่าความเข้มส่องสว่างเท่ากัน เช่นเดียวกับการทำแผนที่แสดงชั้นความสูงที่เท่ากันของพื้นผิวโลก การกำหนดที่จุดตำแหน่งใดๆ บนผิวทรงกลมจะขึ้นอยู่กับระบบของโกนิโอมิเตอร์ ที่ใช้วัดข้อมูล



รูปที่ 5.3 เส้นโค้งความเข้มแสงเท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลการกระจายแสง หรือการกระจายความเข้มส่องสว่างของดวงโคม จัดเป็นข้อมูลปฐมภูมิที่ได้จากการวัดในห้องปฏิบัติการทางแสงโดยตรง เป็นข้อมูลที่มีความสำคัญอย่างมาก เพราะเป็นข้อมูลที่ใช้สำหรับคำนวณหาข้อมูลที่จะบอกสมรรถนะตัวอื่นๆ ของดวงโคม เช่น ประสิทธิภาพ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง ความกว้างของลำแสง การจัดประเภทของดวงโคม ฯลฯ เมื่อเข้าใจถึงหลักการวัดการกระจายแสง และรูปแบบของการนำเสนอข้อมูลการกระจายแสงแล้ว จะทำให้สามารถทำความเข้าใจข้อมูลตัวอื่นๆ ที่ติดตามมาได้ง่ายขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งาน และการออกแบบชิ้นงานที่ใช้ไดโอดเปล่งแสง เราต้องรู้คุณสมบัติต่างๆ ของไดโอดเปล่งแสงที่จะนำไปใช้งาน คือ ค่าแรงดัน ค่ากระแส ที่เหมาะสมในการใช้งาน และให้ประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งจะต้องทำการวัดข้อมูลการกระจายความเข้มแสงของไดโอดเปล่งแสง เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงาน

6.1 การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ในการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง เราจะวัดข้อมูลการกระจายความเข้มความเข้มต่อแสงที่ค่าแรงดันและกระแสต่างๆ แล้วนำไปคำนวณหาประสิทธิภาพของหลอด เพื่อนำมาหาค่าแรงดันและกระแสที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด และเหมาะสมกับการใช้งาน

6.1.1 การวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง

การวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง จะมีลักษณะการวัดโดยเฉพาะเนื่องจากไดโอดเปล่งแสงมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากหลอดไฟแบบอื่นๆ คือ มีขนาดเล็ก และมีช่วงการกระจายแสงที่แคบ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด (Point Source) ดังนั้นในการวัดการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง 1 หลอด จึงมีข้อแตกต่างจากการวัดการกระจายแสงแบบอื่นๆ คือระยะห่างระหว่างตำแหน่งของหลอดกับหัววัดความเข้มแสง หรือระยะห่าง (d) จะมีขนาดเท่ากับ 0.316 เมตร ส่วนลักษณะและขั้นตอนการวัดนั้น เหมือนการวัดการกระจายแสงโดยใช้เครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงตามปกติ

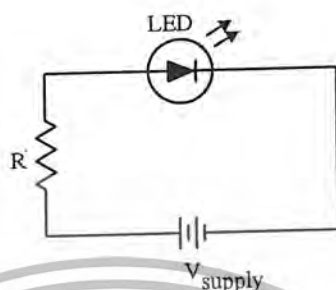
6.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

1. ไดโอดเปล่งแสงแต่ละชนิด
2. โวลต์มิเตอร์
3. ตัวต้านทาน
4. แหล่งจ่ายไฟ
5. หัววัดความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ขั้นตอนที่ 1 นำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมาต่อวงจร ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 วงจรการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

- ขั้นตอนที่ 2 ปรับค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟที่ค่า 2.8 โวลต์
- ขั้นตอนที่ 3 ปรับค่าความต้านทานที่ค่าต่างๆ เพื่อกำหนดให้มีกระแสไหลที่ 20, 25, 30, 35 และ 40 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ ค่าความต้านทานคำนวณจาก $V_r = I_r R$
- ขั้นตอนที่ 4 นำโวลต์มิเตอร์วัดแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดเปล่งแสง อ่านค่าและบันทึกผล
- ขั้นตอนที่ 5 วัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง ตามหลักการวัดการกระจายแสงโดยใช้เครื่องโกนิโอมิเตอร์ที่อาศัยการเคลื่อนที่หัววัดความเข้มแสงตามปกติ อ่านค่าและบันทึกผล
- ขั้นตอนที่ 6 ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 โดยปรับค่าแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟเป็น 3.0, 3.3, 3.5 และ 4 โวลต์ ตามลำดับ

6.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง จากการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงในแต่ละสี ซึ่งจะทราบค่าความส่องสว่างที่ค่าแรงดัน และค่ากระแสต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณค่าประสิทธิภาพ ซึ่งจะสามารถนำมาพิจารณาเลือกค่าแรงดัน และค่ากระแสที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน และให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 6.1 ถึง 6.6

ตารางที่ 6.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง สีน้ำเงิน

LED-Blue				
I (mA)	V (V)	Watt	lumen	lumen/watt
20	2.80	0.06	0.19	3.39
	3.00	0.06	0.09	1.50
	3.30	0.07	0.07	1.06
	3.50	0.07	0.14	2.00
	4.00	0.08	0.08	1.00
25	2.80	0.07	0.07	1.00
	3.00	0.08	0.12	1.60
	3.30	0.08	0.10	1.21
	3.50	0.09	0.19	2.17
	4.00	0.10	0.16	1.60
30	2.80	0.08	0.12	1.43
	3.00	0.09	0.12	1.33
	3.30	0.10	0.13	1.31
	3.50	0.11	0.19	1.81
	4.00	0.12	0.16	1.33
35	2.80	0.10	0.12	1.22
	3.00	0.11	0.09	0.86
	3.30	0.12	0.13	1.13
	3.50	0.12	0.32	2.61
	4.00	0.14	0.23	1.64
40	2.80	0.11	0.11	0.98
	3.00	0.12	0.23	1.92
	3.30	0.13	0.28	2.12
	3.50	0.14	0.34	2.43
	4.00	0.16	0.21	1.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง สีเขียว

LED-Green				
I (mA)	V (V)	Watt	lumen	lumen/watt
20	2.80	0.06	0.08	1.43
	3.00	0.06	0.09	1.50
	3.30	0.07	0.10	1.52
	3.50	0.07	0.10	1.43
	4.00	0.08	0.13	1.63
25	2.80	0.07	0.09	1.29
	3.00	0.08	0.10	1.33
	3.30	0.08	0.11	1.33
	3.50	0.09	0.12	1.37
	4.00	0.10	0.14	1.40
30	2.80	0.08	0.10	1.19
	3.00	0.09	0.11	1.22
	3.30	0.10	0.11	1.11
	3.50	0.11	0.12	1.14
	4.00	0.12	0.14	1.17
35	2.80	0.10	0.11	1.12
	3.00	0.11	0.14	1.33
	3.30	0.12	0.13	1.13
	3.50	0.12	0.15	1.22
	4.00	0.14	0.16	1.14
40	2.80	0.11	0.11	0.98
	3.00	0.12	0.13	1.08
	3.30	0.13	0.14	1.06
	3.50	0.14	0.15	1.07
	4.00	0.16	0.16	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง สีแดง

LED-Red				
I (mA)	V (V)	Watt	lumen	lumen/watt
20	2.80	0.06	0.18	3.21
	3.00	0.06	0.08	1.33
	3.30	0.07	0.10	1.52
	3.50	0.07	0.09	1.29
	4.00	0.08	0.12	1.50
25	2.80	0.07	0.07	1.00
	3.00	0.08	0.09	1.20
	3.30	0.08	0.10	1.21
	3.50	0.09	0.12	1.37
	4.00	0.10	0.11	1.10
30	2.80	0.08	0.09	1.07
	3.00	0.09	0.09	1.00
	3.30	0.10	0.09	0.91
	3.50	0.11	0.11	1.05
	4.00	0.12	0.11	0.92
35	2.80	0.10	0.08	0.82
	3.00	0.11	0.09	0.86
	3.30	0.12	0.10	0.87
	3.50	0.12	0.11	0.90
	4.00	0.14	0.09	0.64
40	2.80	0.11	0.09	0.80
	3.00	0.12	0.10	0.83
	3.30	0.13	0.11	0.83
	3.50	0.14	0.12	0.86
	4.00	0.16	0.08	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง สีขาวซูเปอร์ไบรท์

LED-Super Bright				
I (mA)	V (V)	Watt	lumen	lumen/watt
20	2.80	0.06	0.43	7.68
	3.00	0.06	0.42	7.00
	3.30	0.07	0.79	11.97
	3.50	0.07	0.55	7.86
	4.00	0.08	1.22	15.25
25	2.80	0.07	0.52	7.43
	3.00	0.08	0.67	8.93
	3.30	0.08	0.97	11.76
	3.50	0.09	1.00	11.43
	4.00	0.10	1.33	13.30
30	2.80	0.08	0.62	7.38
	3.00	0.09	0.57	6.33
	3.30	0.10	0.56	5.66
	3.50	0.11	1.16	11.05
	4.00	0.12	1.51	12.58
35	2.80	0.10	0.65	6.63
	3.00	0.11	0.79	7.52
	3.30	0.12	0.71	6.15
	3.50	0.12	1.58	12.90
	4.00	0.14	1.52	10.86
40	2.80	0.11	0.65	5.80
	3.00	0.12	0.59	4.92
	3.30	0.13	1.45	10.98
	3.50	0.14	1.34	9.57
	4.00	0.16	1.52	9.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.5 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง สีขาว

LED-White				
I (mA)	V (V)	Watt	lumen	lumen/watt
20	2.80	0.06	0.68	12.14
	3.00	0.06	0.73	12.17
	3.30	0.07	0.57	8.64
	3.50	0.07	0.82	11.71
	4.00	0.08	1.07	13.38
25	2.80	0.07	0.75	10.71
	3.00	0.08	1.02	13.60
	3.30	0.08	0.68	8.24
	3.50	0.09	1.05	12.00
	4.00	0.10	1.67	16.70
30	2.80	0.08	0.83	9.88
	3.00	0.09	0.88	9.78
	3.30	0.10	0.95	9.60
	3.50	0.11	1.15	10.95
	4.00	0.12	1.47	12.25
35	2.80	0.10	0.87	8.88
	3.00	0.11	1.20	11.43
	3.30	0.12	1.06	9.18
	3.50	0.12	1.57	12.82
	4.00	0.14	1.71	12.21
40	2.80	0.11	0.96	8.57
	3.00	0.12	0.89	7.42
	3.30	0.13	1.03	7.80
	3.50	0.14	1.43	10.21
	4.00	0.16	0.16	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.6 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง สีเหลือง

LED-Yellow				
I (mA)	V (V)	Watt	lumen	lumen/watt
20	2.80	0.06	0.06	1.07
	3.00	0.06	0.06	1.00
	3.30	0.07	0.06	0.91
	3.50	0.07	0.07	1.00
	4.00	0.08	0.10	1.25
25	2.80	0.07	0.06	0.86
	3.00	0.08	0.08	1.07
	3.30	0.08	0.08	0.97
	3.50	0.09	0.10	1.14
	4.00	0.10	0.10	1.00
30	2.80	0.08	0.07	0.83
	3.00	0.09	0.07	0.78
	3.30	0.10	0.09	0.91
	3.50	0.11	0.09	0.86
	4.00	0.12	0.11	0.92
35	2.80	0.10	0.07	0.71
	3.00	0.11	0.09	0.86
	3.30	0.12	0.09	0.78
	3.50	0.12	0.11	0.90
	4.00	0.14	0.13	0.93
40	2.80	0.11	0.09	0.80
	3.00	0.12	0.10	0.83
	3.30	0.13	0.11	0.83
	3.50	0.14	0.11	0.79
	4.00	0.16	0.14	0.88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงแต่ละสี ดังตารางที่ 6.1 ถึง 6.6 จะสามารถเลือกค่าแรงดัน และกระแส ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดของหลอดแต่ละสีได้ ดังตารางที่ 6.7 แต่ในการนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานนั้น จะต้องคำนึงถึงค่าแรงดัน และกระแสที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถทนได้ ซึ่งจากผลสรุปที่ได้ในตารางที่ 6.7 ไดโอดเปล่งแสงสามารถให้ประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากปริมาณค่าความเข้มแสงจะแปรผันตามปริมาณแรงดันที่จ่ายให้ไดโอดเปล่งแสง แต่เป็นช่วงแรงดันที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถทนได้ชั่วขณะ แล้วไดโอดเปล่งแสงจะเกิดการเสียหายจากสารกึ่งตัวนำภายใน ดังนั้นในการเลือกค่าแรงดัน และกระแสที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานนั้น จะพิจารณาจากข้อมูลอุปกรณ์ (Data Sheet) ประกอบ ดังตารางที่ 6.8

ตารางที่ 6.7 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

Color	I(mA)	V(V)	Watt	lumen	lumen/watt
Blue	20	2.80	0.06	0.19	3.39
Green	20	4.00	0.08	0.13	1.63
Red	20	2.80	0.06	0.18	3.21
Super Bright	20	4.00	0.08	1.22	15.25
White	25	4.00	0.10	1.67	16.70
Yellow	20	4.00	0.08	0.10	1.25

ตารางที่ 6.8 คุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงที่เหมาะสมกับการนำไปใช้งาน

Color	I(mA)	V(V)	Watt	lumen	lumen/watt
Blue	35	3.50	0.12	0.32	2.61
Green	20	2.80	0.06	0.08	1.43
Red	20	2.80	0.06	0.43	7.68
Super Bright	35	3.50	0.12	1.58	12.90
White	30	3.00	0.09	0.88	9.78
Yellow	20	2.80	0.06	0.06	1.07

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

การออกแบบและทดสอบวัดข้อมูลการกระจายแสง

การออกแบบและทดสอบวัดข้อมูลการกระจายแสง เริ่มต้นจากการออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงในลักษณะต่างๆ เพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนส์ และทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง โดยจะทำการวัดตามหลักการวัดโดยใช้ชุดจับยึดดวงโคมหมุนได้หลายแกน หรือโกนิโอมิเตอร์ และนำเสนอข้อมูลผลการทดสอบในรูปแบบของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง เส้นโค้งโพลาร์ โซนออฟลักซ์ ไอโซแคนเดลา และ 3D แคนเดลา

7.1 การออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสง

ในการออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสง เป็นการออกแบบวงจรที่นำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาใช้งาน โดยจะออกแบบลักษณะการจัดวางในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดวางที่เหมาะสมและมีลักษณะทิศทางการกระจายความเข้มส่องสว่างได้ตามที่ต้องการ ในการนำไดโอดเปล่งแสงไปประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนส์

เราได้ออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ ดังตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ

จำนวน (ตัว)	ลักษณะการออกแบบการจัดวาง
20	แบบสี่เหลี่ยม 4×5 บนระนาบเดียวกัน
20	แบบวงกลมรัศมี 2.3 เซนติเมตร บนระนาบเดียวกัน
40	แบบวงกลม 4 ชั้น รัศมี 1.9, 2.8, 3.2, 4.5 เซนติเมตร ในแต่ละชั้นจะจัดวางบนระนาบ
56	แบบวงกลมรัศมี 5 เซนติเมตร บนระนาบเดียวกัน
56	แบบวงกลมรัศมี 6 เซนติเมตร บนระนาบเดียวกัน
64	แบบวงกลมรัศมี 4.6 เซนติเมตร บนระนาบทรงกลม
72	แบบวงกลมรัศมี 4.6 เซนติเมตร บนระนาบทรงกลม

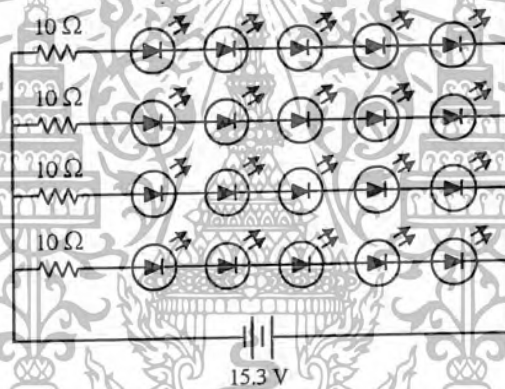
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบการจัดวาง

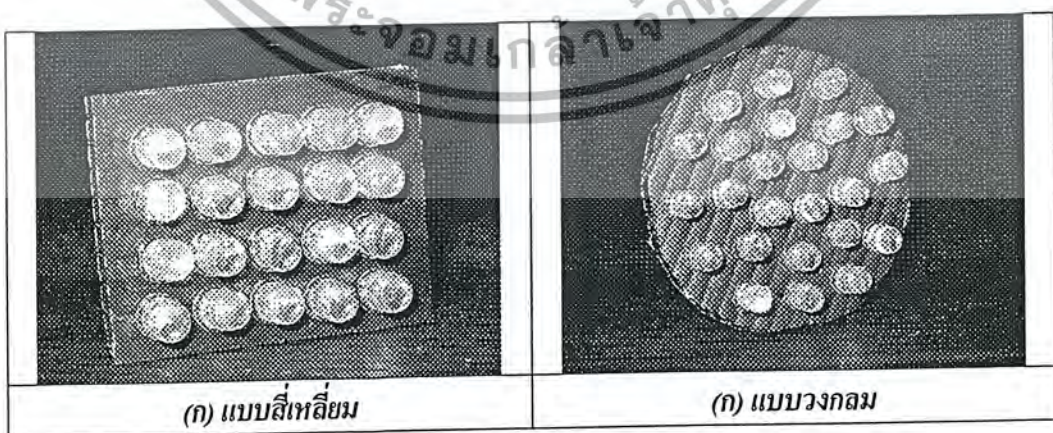
- เพื่อพิจารณาว่าในกรณีที่จำนวนหลอดที่เท่ากัน แต่มีลักษณะการจัดวางในรูปแบบที่แตกต่างกัน จะมีลักษณะการกระจายความเข้มส่องสว่าง และค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันหรือไม่
- เพื่อพิจารณาว่าในกรณีที่จำนวนหลอดที่เท่ากัน และมีลักษณะการจัดวางในรูปแบบที่เหมือนกัน แต่ระยะห่างของแต่ละตัวของแต่ละชิ้นงานที่แตกต่างกัน จะมีลักษณะการกระจายความเข้มส่องสว่าง และค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันหรือไม่
- เพื่อพิจารณาหาการจัดวางที่เหมาะสมการนำไปประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์

7.3 วงจรการทดสอบ

ในการออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงแต่ละแบบ จะมีการต่อวงจรในลักษณะการนำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวไปใช้งาน ซึ่งจะมีการต่อวงจรในแต่ละรูปแบบดังรูปที่ 7.1 ถึง 7.5

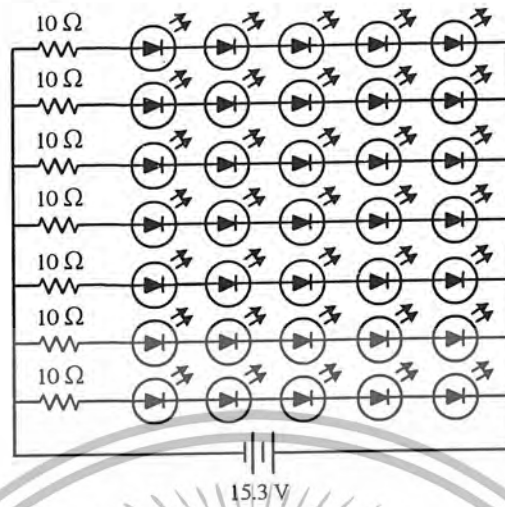


รูปที่ 7.1 วงจรการต่อไดโอดเปล่งแสง 20 ตัว

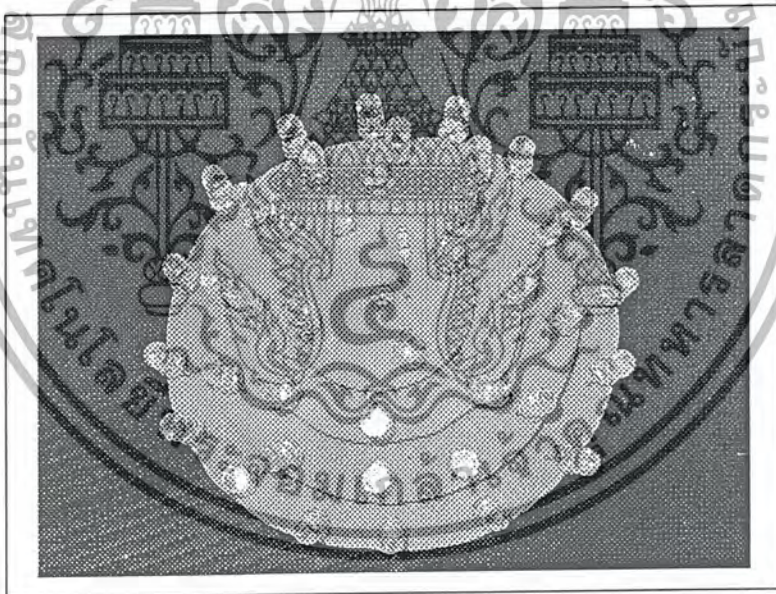


รูปที่ 7.2 ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 20 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

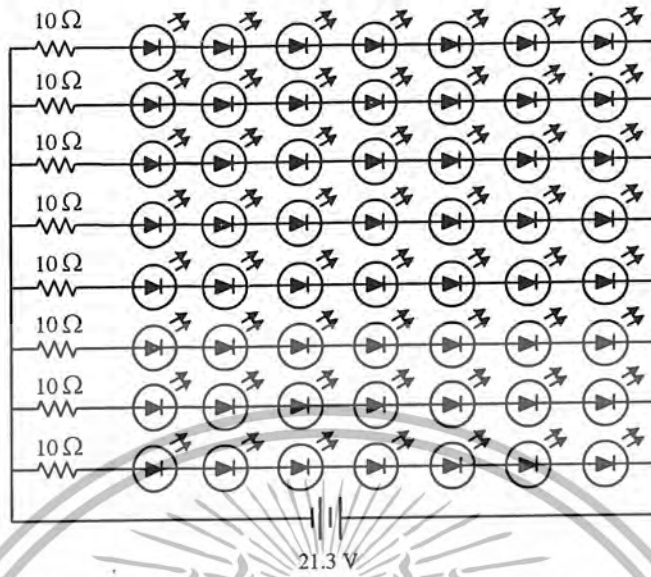


รูปที่ 7.3 วงจรการต่อไดโอดเปล่งแสง 40 ตัว

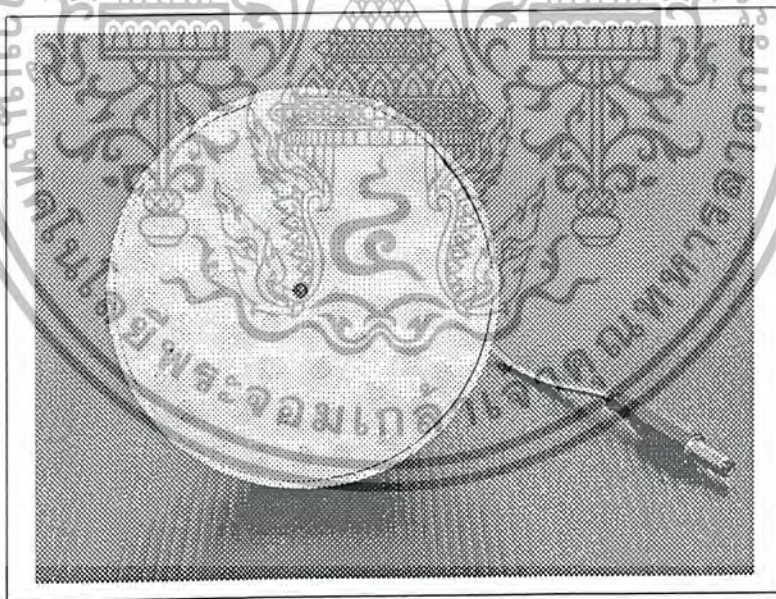


รูปที่ 7.4 ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 40 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

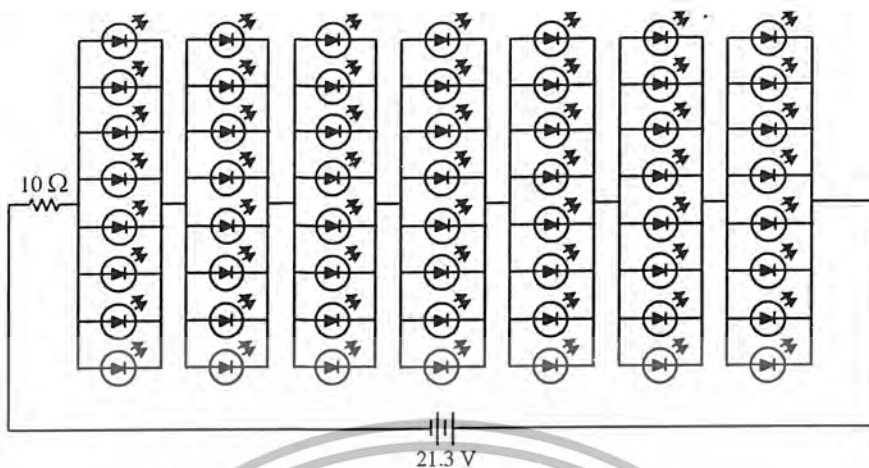


รูปที่ 7.5 วงจรการต่อไอโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 6 เซนติเมตร

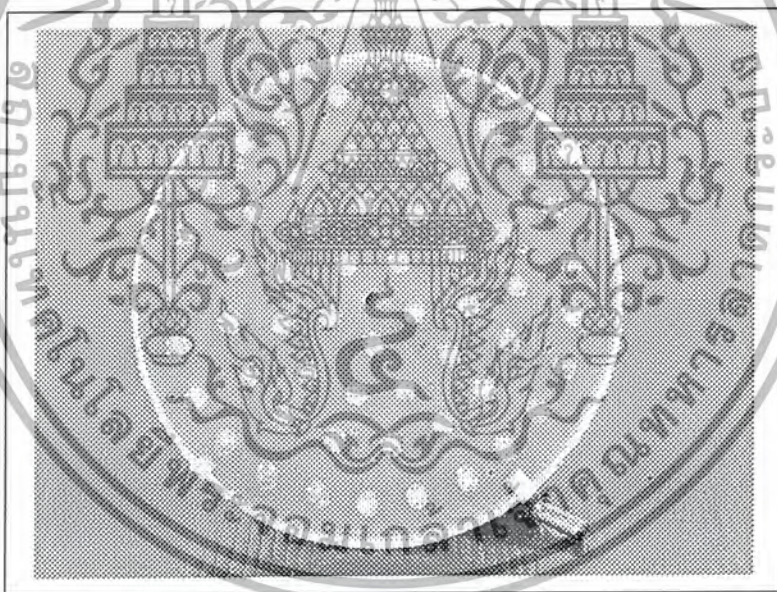


รูปที่ 7.6 ชิ้นงานไอโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 6 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

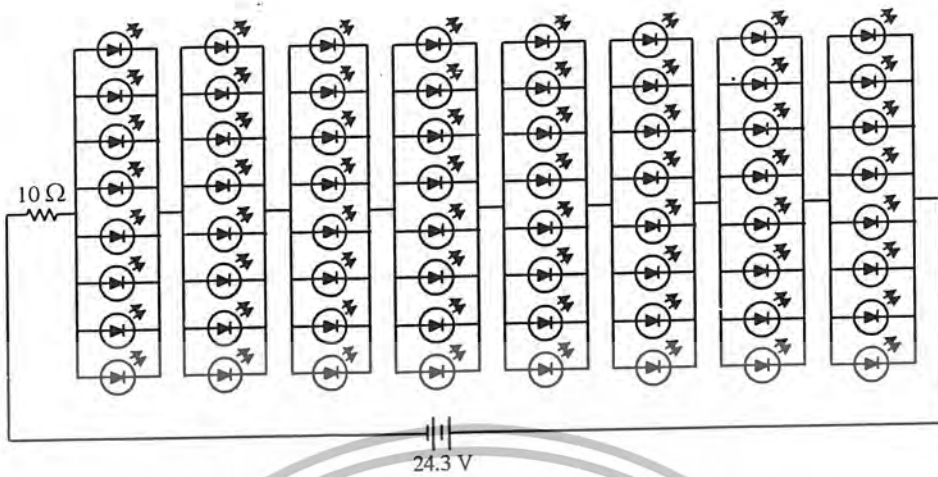


รูปที่ 7.7 วงจรการต่อไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 8 เซนติเมตร



รูปที่ 7.8 ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว การจัดวางแบบวงกลมรัศมี 8 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

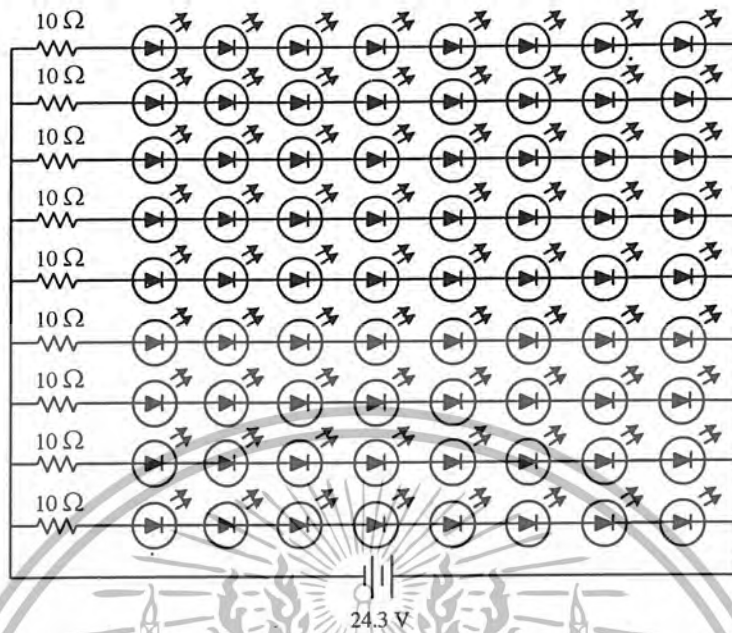


รูปที่ 7.9 วงจรการต่อไดโอดเปล่งแสง 64 ตัว



รูปที่ 7.10 ชั้นงานไดโอดเปล่งแสง 64 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.9 วงจรการต่อไดโอดเปล่งแสง 72 ตัว



รูปที่ 7.10 ชิ้นงานไดโอดเปล่งแสง 72 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

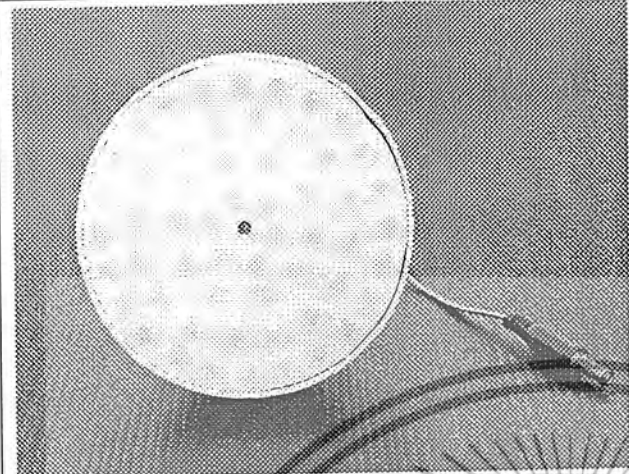
7.4 ผลการทดสอบข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง

นำไดโอดเปล่งแสงที่ทำการจัดวางในรูปแบบต่างๆ มาทำการวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง โดยจะทำการวัดตามหลักการวัดโดยใช้ชุดจับยึดดวงโคมหมุนได้หลายแกน หรือ โคนิโอมิเตอร์ และนำเสนอข้อมูลผลการทดสอบในรูปแบบของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง เส้นโค้งโพลาร์ โชนอลพลักซ์ ไอโซแคนเดลา และ 3D แคนเดลา โดยทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของหลอดเปลือย โคมส่องลงแบบผิวเรียบ และ โคมส่องลงแบบผิวหัก ของหลอดไฟชนิดต่างๆ ดังนี้

- 1) LED (small) 5.04 Watt
- 2) LED (big) 5.04 Watt
- 3) LED 5.76 Watt
- 4) LED 6.48 Watt
- 5) Incandescent 25 Watt
- 6) Incandescent 25 Watt
- 7) Incandescent 40 Watt
- 8) Incandescent 40 Watt
- 9) Incandescent 60 Watt
- 10) Incandescent 100 Watt
- 11) Compactfluorescent 5 Watt
- 12) Compactfluorescent 8 Watt
- 13) Compactfluorescent 8 Watt
- 14) Compactfluorescent 11 Watt

ซึ่งผลการทดสอบข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างมีดังนี้

Test Report No.1 LED (small) 5.04 Watt

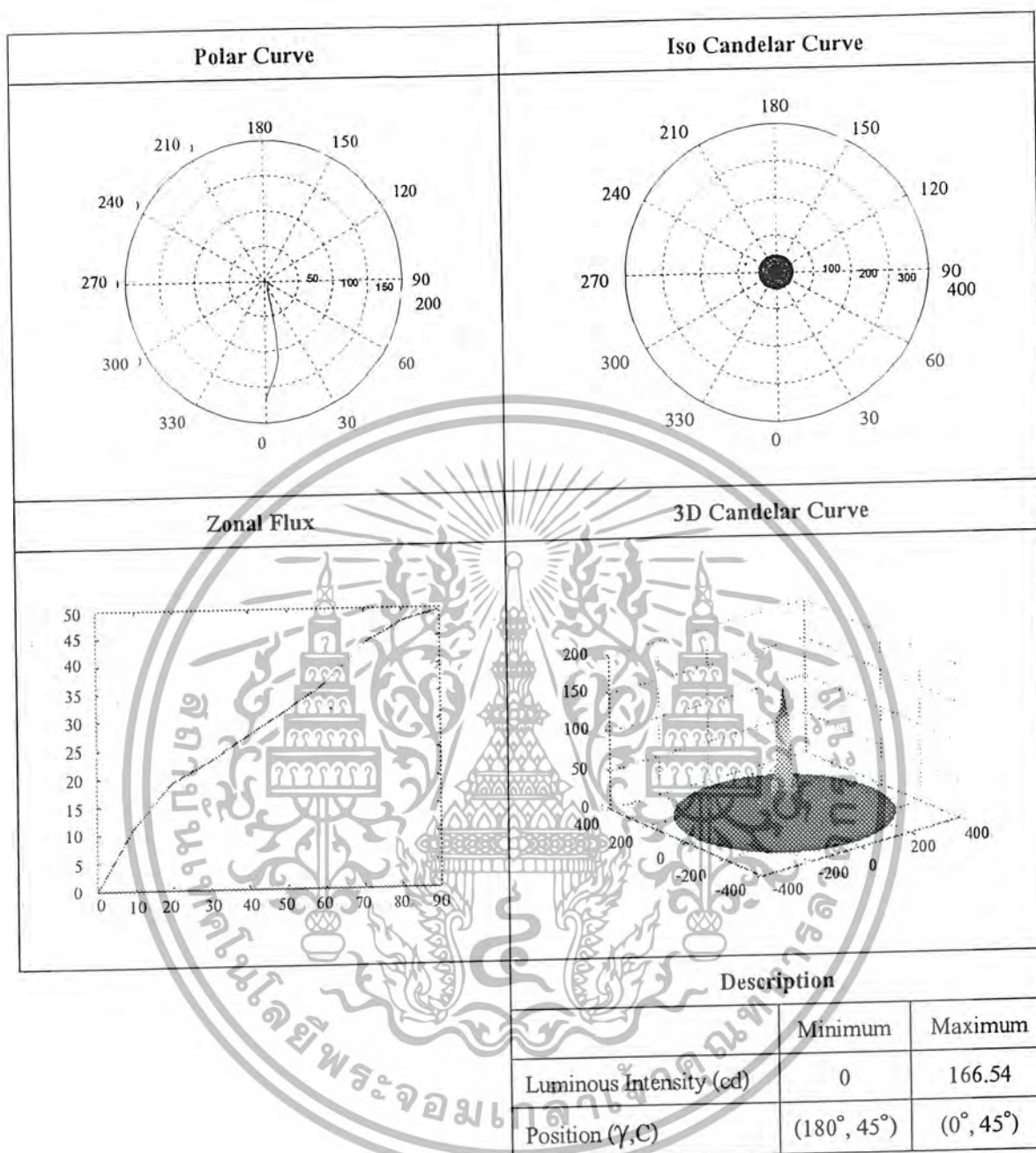
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Level
	Luminaire	None
	Number of Lamp	56 (small)
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.21
	Power (W)	5.04

$\gamma \setminus C$	Luminous Intensity (cd)					
	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	166.54	166.54	163.62	163.62	162.32	162.00
5°	138.35	138.35	115.99	124.74	113.40	132.52
10°	106.27	125.71	52.49	48.99	44.03	57.67
15°	31.72	46.14	14.58	12.96	12.93	19.25
20°	15.81	46.36	9.72	8.33	8.55	8.55
25°	12.80	8.59	9.07	7.35	7.61	7.45
30°	11.18	7.58	8.07	6.97	7.26	6.97
35°	9.75	7.23	7.35	6.51	6.93	6.54
40°	8.49	6.90	6.80	5.96	6.16	5.99
45°	7.32	6.29	6.48	5.35	5.57	5.41
50°	6.48	5.64	5.67	4.86	5.09	4.96
55°	6.80	5.12	5.12	5.02	5.51	4.99
60°	9.59	5.48	5.28	7.29	7.94	7.35
65°	8.52	7.94	8.10	6.67	6.29	7.03
70°	5.77	6.80	6.87	4.54	4.31	4.54
75°	3.99	4.76	4.37	3.18	3.05	3.05
80°	2.95	3.30	3.08	2.43	2.27	2.37
85°	2.11	2.43	2.33	1.75	1.68	1.75
90°	1.46	1.72	1.72	1.13	1.13	1.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	1960.52	163.38		
5°	1461.89	121.82	0.0955	11.63
10°	739.04	61.59		
15°	321.05	26.75	0.2835	7.58
20°	149.43	12.45		
25°	97.85	8.15	0.4629	3.77
30°	90.27	7.52		
35°	84.30	7.03	0.6282	4.41
40°	77.21	6.43		
45°	69.69	5.81	0.7744	4.50
50°	62.76	5.23		
55°	62.50	5.21	0.8972	4.67
60°	88.71	7.39		
65°	84.82	7.07	0.9926	7.02
70°	60.39	5.03		
75°	44.71	3.73	1.0579	3.94
80°	29.32	2.44		
85°	22.78	1.90	1.0911	2.07
90°	16.01	1.33		
Total Flux (lumen)				49.61

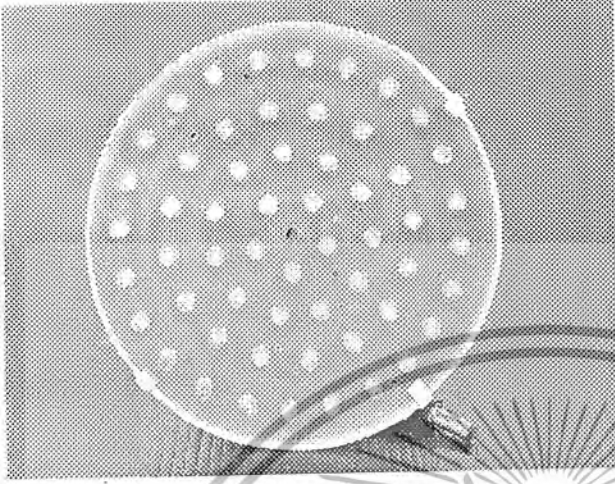
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED (small) 5.04 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.2 LED (big) 5.04 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	level
	Luminaire	None
	Number of Lamp	56 (big)
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.21
Power (W)	5.04	

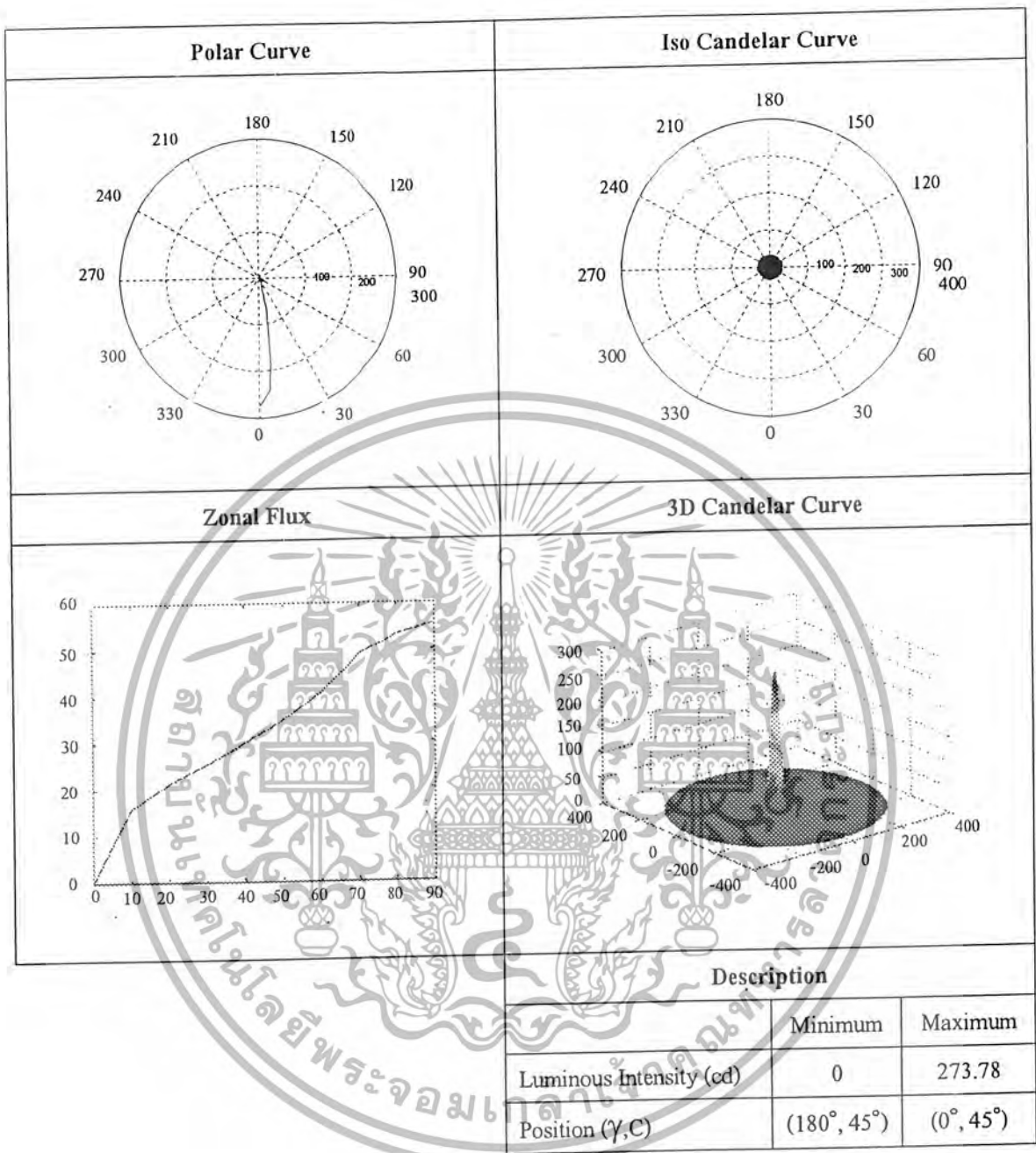
Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	273.78	273.78	273.78	266.00	178.85	178.20
5°	241.70	188.24	216.43	195.37	127.98	149.04
10°	105.95	67.07	95.26	70.96	48.60	65.77
15°	34.34	19.57	25.37	21.84	13.83	19.02
20°	15.75	12.21	13.12	12.70	8.39	9.04
25°	11.83	10.98	11.40	10.21	7.52	7.68
30°	10.66	10.17	10.63	9.01	6.93	7.16
35°	9.98	9.49	9.95	8.04	6.48	6.58
40°	9.27	8.75	9.23	7.35	5.99	6.16
45°	8.55	8.07	8.59	6.64	5.51	5.61
50°	7.94	7.58	8.04	6.06	5.22	5.22
55°	8.78	8.78	8.62	6.77	5.93	5.80
60°	12.38	12.15	12.77	9.66	8.36	8.33
65°	11.15	10.11	11.47	8.07	6.97	7.52
70°	7.55	6.58	7.78	5.54	4.76	5.35
75°	5.25	4.21	5.64	3.76	3.34	3.50
80°	3.92	3.18	3.92	2.75	2.37	2.59
85°	2.82	2.30	6.06	2.14	1.72	1.91
90°	2.04	1.52	2.40	1.36	1.17	1.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาคณะเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	2540.81	211.73		
5°	1964.41	163.70	0.0955	15.63
10°	797.85	66.49		
15°	236.10	19.67	0.2835	5.58
20°	125.52	10.46		
25°	105.20	8.77	0.4629	4.06
30°	96.55	8.05		
35°	89.65	7.47	0.6282	4.69
40°	83.11	6.93		
45°	76.40	6.37	0.7744	4.93
50°	71.34	5.95		
55°	79.61	6.63	0.8972	5.95
60°	113.43	9.45		
65°	99.14	8.26	0.9926	8.20
70°	67.42	5.62		
75°	45.98	3.83	1.0579	4.05
80°	37.00	3.08		
85°	27.64	2.30	1.0911	2.51
90°	17.20	1.43		
Total Flux (lumen)				55.61

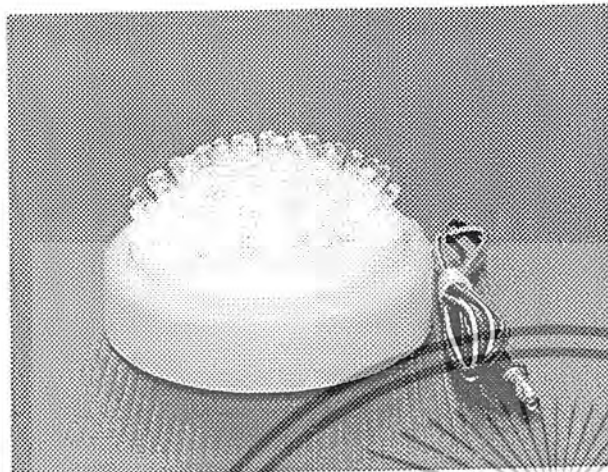
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED (big) 5.04 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.3 LED 5.76 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	64
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.24
Power (W)	5.76	

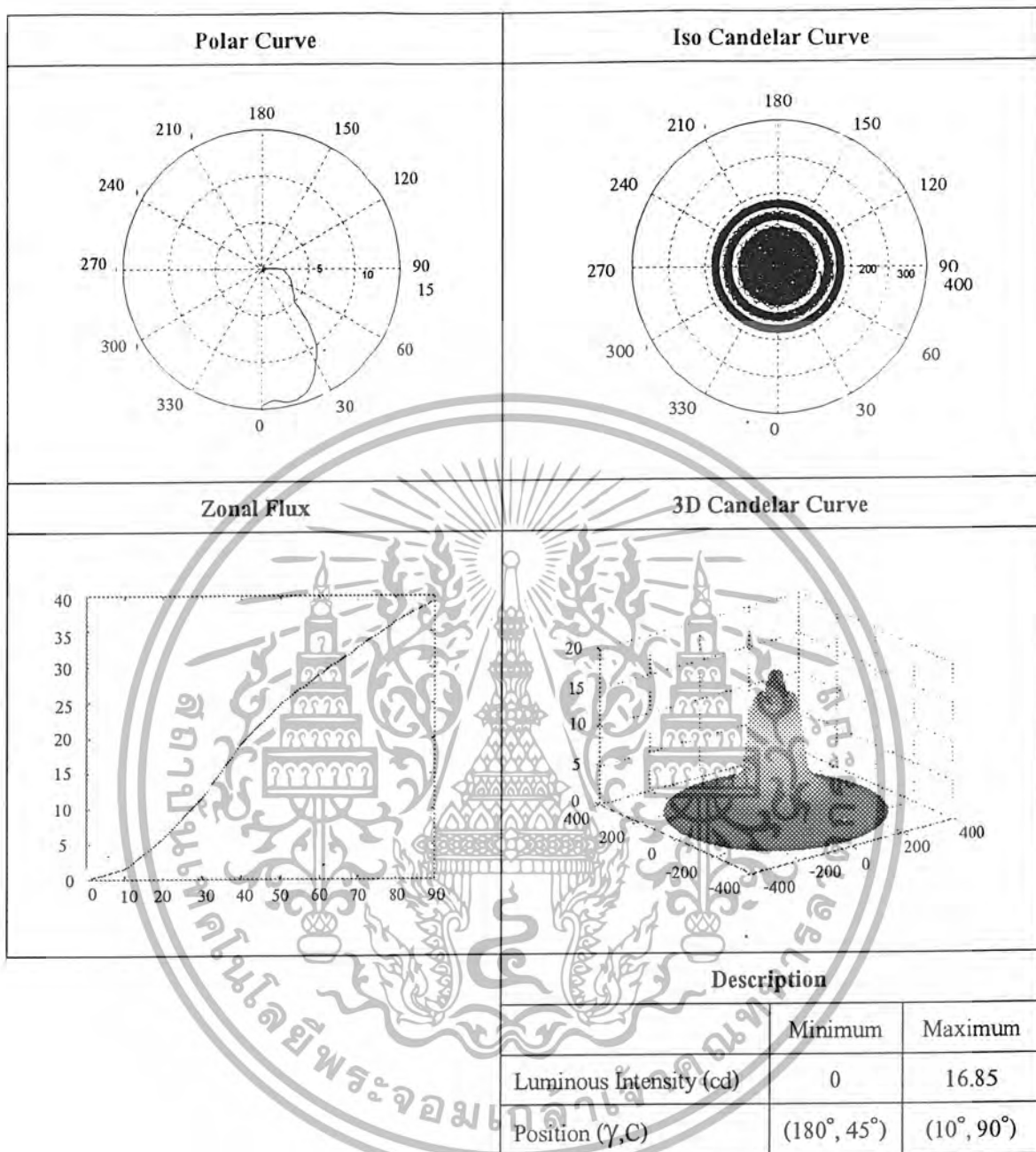
Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus \alpha$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	14.64	14.09	16.20	15.23	16.23	16.07
5°	14.09	15.36	15.58	16.62	16.33	15.29
10°	14.52	15.65	16.85	18.05	16.52	14.26
15°	14.55	14.16	16.65	15.65	13.77	12.15
20°	14.09	12.96	14.48	12.73	12.31	11.47
25°	12.96	10.27	12.96	11.57	13.80	11.70
30°	11.50	9.95	13.02	12.99	14.97	11.60
35°	10.24	10.01	13.61	13.22	14.71	10.47
40°	7.87	9.07	11.63	10.17	13.28	8.04
45°	4.86	7.35	7.68	6.90	10.11	5.83
50°	4.67	5.51	5.54	5.22	6.77	4.70
55°	4.11	4.54	4.86	4.44	5.38	4.21
60°	3.79	3.89	4.47	3.95	4.67	3.73
65°	3.53	3.66	3.89	3.60	4.28	3.69
70°	3.40	3.56	3.66	3.30	4.02	3.37
75°	2.95	3.24	3.37	2.98	3.50	3.01
80°	2.66	2.72	3.08	2.72	3.18	2.66
85°	2.46	2.37	2.56	2.27	3.18	2.40
90°	2.14	2.11	2.24	1.98	2.59	1.94

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัทฯ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	186.92	15.58		
5°	190.32	15.86	0.0955	1.51
10°	198.78	16.57		
15°	178.69	14.89	0.2835	4.22
20°	158.47	13.21		
25°	149.07	12.42	0.4629	5.75
30°	151.53	12.63		
35°	145.77	12.15	0.6282	7.63
40°	120.01	10.00		
45°	86.83	7.24	0.7744	5.60
50°	66.00	5.50		
55°	55.89	4.66	0.8972	4.18
60°	49.99	4.17		
65°	46.14	3.84	0.9926	3.82
70°	43.19	3.60		
75°	42.02	3.50	1.0579	3.70
80°	34.54	2.88		
85°	30.42	2.54	1.0911	2.77
90°	26.15	2.18		
Total Flux (lumen)				39.19


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire of Data LED 5.76 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.4 LED 6.48 Watt

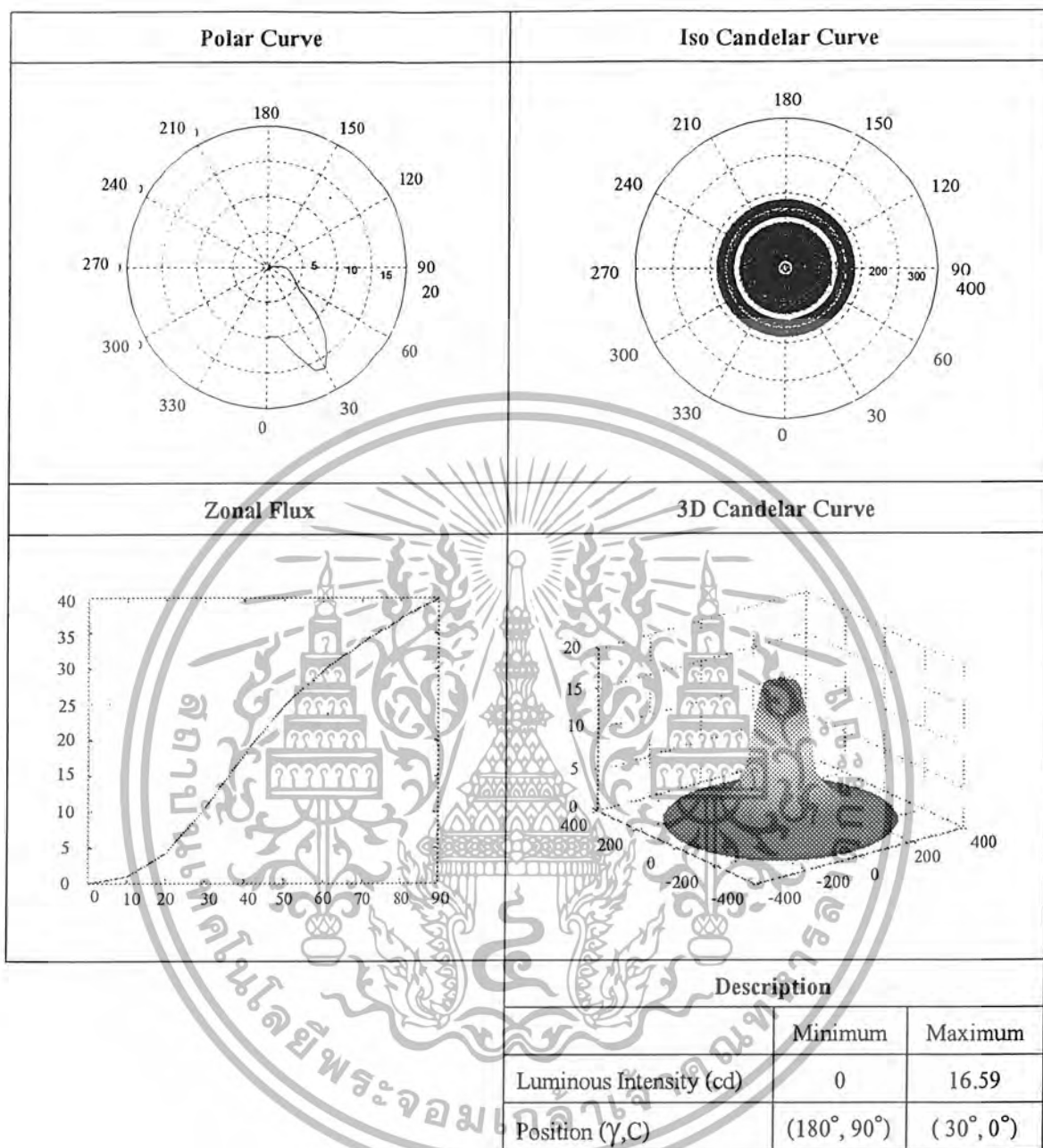
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	72
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.27
	Power (W)	6.48

$\gamma \setminus C$	Luminous Intensity (cd)					
	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	9.72	9.56	9.78	9.40	9.62	9.36
5°	9.98	9.17	9.30	9.91	8.81	10.76
10°	10.04	10.43	10.21	10.08	9.33	12.12
15°	11.66	13.67	11.86	10.79	10.27	13.32
20°	13.61	15.52	13.38	11.24	10.95	14.94
25°	16.14	14.74	12.12	12.86	12.15	16.56
30°	16.59	13.77	10.47	13.09	12.41	16.01
35°	14.68	12.34	9.46	11.83	11.24	14.16
40°	12.83	11.66	8.29	10.89	9.20	12.18
45°	10.21	10.17	6.71	9.56	8.00	8.72
50°	7.48	7.61	5.80	7.29	6.90	6.09
55°	5.67	5.67	5.15	5.51	5.57	4.73
60°	4.83	4.54	4.44	4.73	4.50	4.50
65°	4.37	4.11	3.89	4.18	3.89	3.69
70°	3.86	3.69	3.43	3.69	3.47	3.47
75°	3.56	3.47	3.18	3.40	3.14	3.21
80°	3.18	2.92	2.85	2.95	2.79	2.92
85°	2.75	2.75	2.59	2.56	2.69	2.75
90°	2.56	2.43	2.11	2.33	2.27	2.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	114.70	9.56		
5°	114.96	9.58	0.0955	0.91
10°	121.14	10.10		
15°	138.74	11.56	0.2835	3.28
20°	153.06	12.75		
25°	161.81	13.48	0.4629	6.24
30°	158.66	13.22		
35°	143.08	11.92	0.6282	7.49
40°	127.14	10.59		
45°	105.04	8.75	0.7744	6.78
50°	88.65	7.39		
55°	67.07	5.59	0.8972	5.01
60°	53.46	4.46		
65°	46.92	3.91	0.9926	3.88
70°	42.12	3.51		
75°	38.88	3.24	1.0579	3.43
80°	34.51	2.88		
85°	31.49	2.62	1.0911	2.86
90°	28.22	2.35		
Total Flux (lumen)				39.89

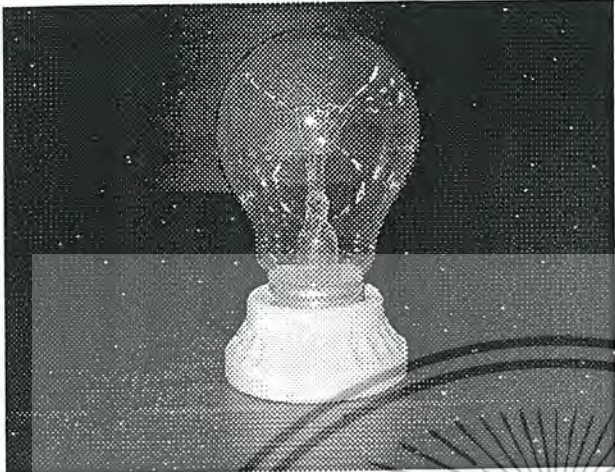
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED 6.48 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.5 Incandescent 25 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	208.13
	Current (A)	0.123
	Power (W)	25.6

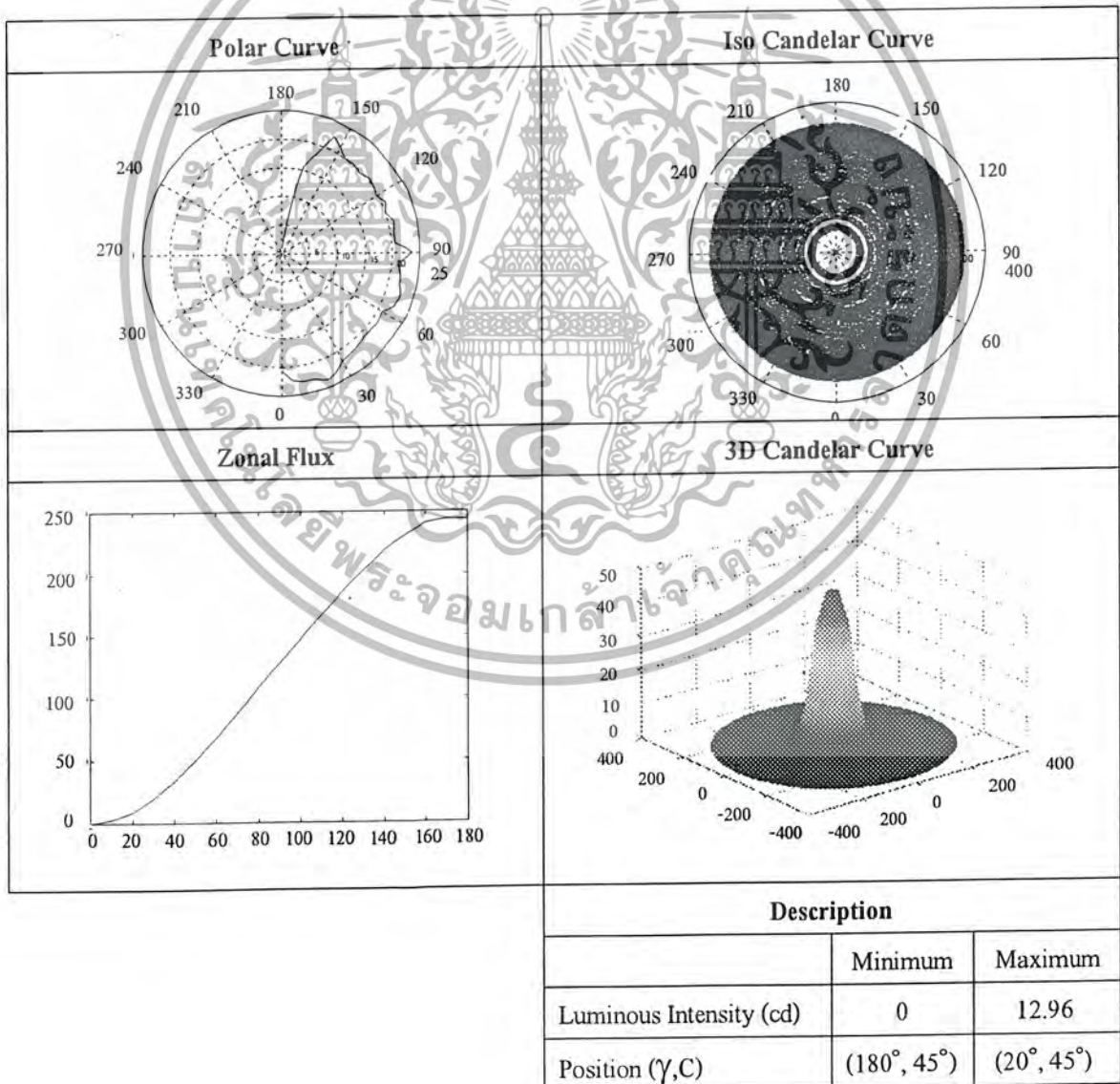
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	12.96	12.96	12.96	90°	9.72	9.72	6.48
5°	12.96	12.96	12.96	95°	9.72	9.72	6.48
10°	12.96	12.96	12.96	100°	12.96	12.96	9.72
15°	12.96	12.96	12.96	105°	12.96	9.72	6.48
20°	12.96	12.96	12.96	110°	9.72	9.72	6.48
25°	12.96	12.96	12.96	115°	9.72	9.72	6.48
30°	12.96	12.96	12.96	120°	9.72	9.72	9.72
35°	12.96	12.96	12.96	125°	9.72	9.72	6.48
40°	12.96	12.96	9.72	130°	9.72	9.72	9.72
45°	9.72	12.96	9.72	135°	9.72	6.48	9.72
50°	9.72	9.72	9.72	140°	9.72	6.48	9.72
55°	9.72	9.72	9.72	145°	9.72	6.48	9.72
60°	9.72	9.72	6.48	150°	9.72	6.48	6.48
65°	9.72	9.72	6.48	155°	6.48	6.48	6.48
70°	12.96	9.72	6.48	160°	6.48	3.24	6.48
75°	9.72	9.72	6.48	165°	0.00	3.24	3.24
80°	9.72	9.72	6.48	170°	0.00	0.00	0.00
85°	9.72	9.72	6.48	175°	0.00	0.00	0.00
90°	9.72	9.72	6.48	180°	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	38.88	12.96		
5°	38.88	12.96	0.0955	1.24
10°	38.88	12.96		
15°	38.88	12.96	0.2835	3.67
20°	38.88	12.96		
25°	38.88	12.96	0.4629	6.00
30°	38.88	12.96		
35°	38.88	12.96	0.6282	8.14
40°	35.64	11.88		
45°	32.40	10.80	0.7744	8.36
50°	29.16	9.72		
55°	29.16	9.72	0.8972	8.72
60°	25.92	8.64		
65°	25.92	8.64	0.9926	8.58
70°	29.16	9.72		
75°	25.92	8.64	1.0579	9.14
80°	25.92	8.64		
85°	25.92	8.64	1.0911	9.43
90°	25.92	8.64		
95°	25.92	8.64	1.0911	9.43
100°	35.64	11.88		
105°	29.16	9.72	1.0579	10.28
110°	25.92	8.64		
115°	25.92	8.64	0.9926	8.58
120°	29.16	9.72		
125°	25.92	8.64	0.8972	7.75
130°	29.16	9.72		
135°	25.92	8.64	0.7744	6.69
140°	25.92	8.64		
145°	25.92	8.64	0.6282	5.43
150°	22.68	7.56		

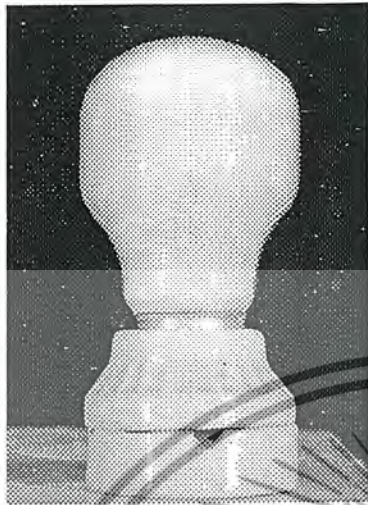
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุที่เปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm) (Continuous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	19.44	6.48	0.4629	3.00
160°	16.20	5.40		
165°	6.48	2.16	0.2835	0.61
170°	0.00	0.00		
175°	0.00	0.00	0.0955	0.00
180°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				218.58



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง **Photometric Luminaire of Data Incandescent 25 Watt** และต้องอ้างอิงเลขชี้แจงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.6 Incandescent 25 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classic-tone-softone
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	224.14	
Current (A)	0.116	
Power (W)	25	

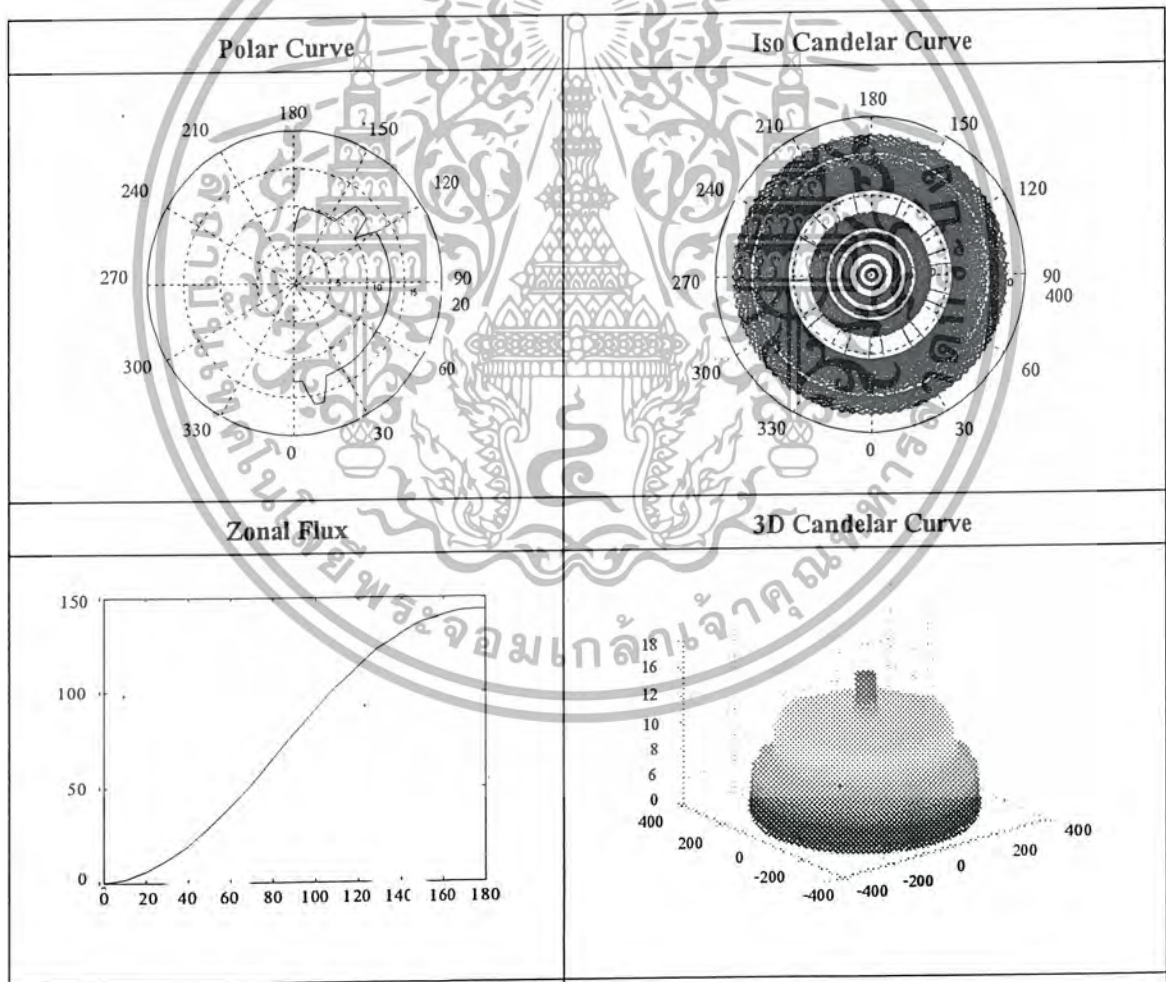
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	12.96	16.20	12.96	90°	12.96	12.96	9.72
5°	12.96	16.20	12.96	95°	12.96	12.96	9.72
10°	16.20	16.20	16.20	100°	12.96	9.72	9.72
15°	16.20	16.20	16.20	105°	12.96	9.72	9.72
20°	12.96	12.96	12.96	110°	12.96	9.72	9.72
25°	12.96	12.96	12.96	115°	12.96	9.72	9.72
30°	12.96	12.96	12.96	120°	12.96	9.72	9.72
35°	12.96	12.96	9.72	125°	9.72	9.72	12.96
40°	12.96	12.96	12.96	130°	12.96	9.72	9.72
45°	12.96	12.96	12.96	135°	12.96	9.72	6.48
50°	12.96	12.96	12.96	140°	12.96	9.72	6.48
55°	12.96	12.96	9.72	145°	9.72	9.72	9.72
60°	12.96	12.96	9.72	150°	9.72	9.72	9.72
65°	12.96	12.96	9.72	155°	9.72	9.72	6.48
70°	12.96	12.96	12.96	160°	9.72	6.48	6.48
75°	12.96	12.96	12.96	165°	9.72	6.48	6.48
80°	12.96	12.96	9.72	170°	9.72	6.48	6.48
85°	12.96	12.96	9.72	175°	9.72	6.48	6.48
90°	12.96	12.96	9.72	180°	6.48	6.48	6.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	42.12	14.04		
5°	42.12	14.04	0.0955	1.34
10°	48.60	16.20		
15°	48.60	16.20	0.2835	4.59
20°	38.88	12.96		
25°	38.88	12.96	0.4629	6.00
30°	38.88	12.96		
35°	35.64	11.88	0.6282	7.46
40°	38.88	12.96		
45°	38.88	12.96	0.7744	10.04
50°	38.88	12.96		
55°	35.64	11.88	0.8972	10.66
60°	35.64	11.88		
65°	35.64	11.88	0.9926	11.79
70°	38.88	12.96		
75°	38.88	12.96	1.0579	13.71
80°	35.64	11.88		
85°	35.64	11.88	1.0911	12.96
90°	35.64	11.88		
95°	35.64	11.88	1.0911	12.96
100°	32.40	10.80		
105°	32.40	10.80	1.0579	11.43
110°	32.40	10.80		
115°	32.40	10.80	0.9926	10.72
120°	32.40	10.80		
125°	32.40	10.80	0.8972	9.69
130°	32.40	10.80		
135°	29.16	9.72	0.7744	7.53
140°	29.16	9.72		
145°	29.16	9.72	0.6282	6.11
150°	29.16	9.72		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถแก้ไข ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามนำออกเผยแพร่ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

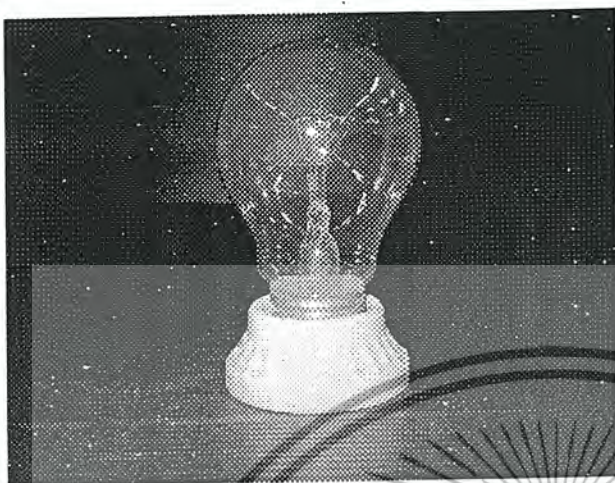
Zonal Flux (lm) (Continous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	25.92	8.64	0.4629	4.00
160°	22.68	7.56		
165°	22.68	7.56	0.2835	2.14
170°	22.68	7.56		
175°	22.68	7.56	0.0955	0.72
180°	19.44	6.48		
Total Flux (lumen)				143.85



Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd)	6.48	16.20
Position (Y,C)	(180°, 45°)	(10°, 45°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านนี้ ไม่นำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
Photometric Luminaire of Data Incandescent 25Watt
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.7 Incandescent 40 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	198.02	
Current (A)	0.192	
Power (W)	38	

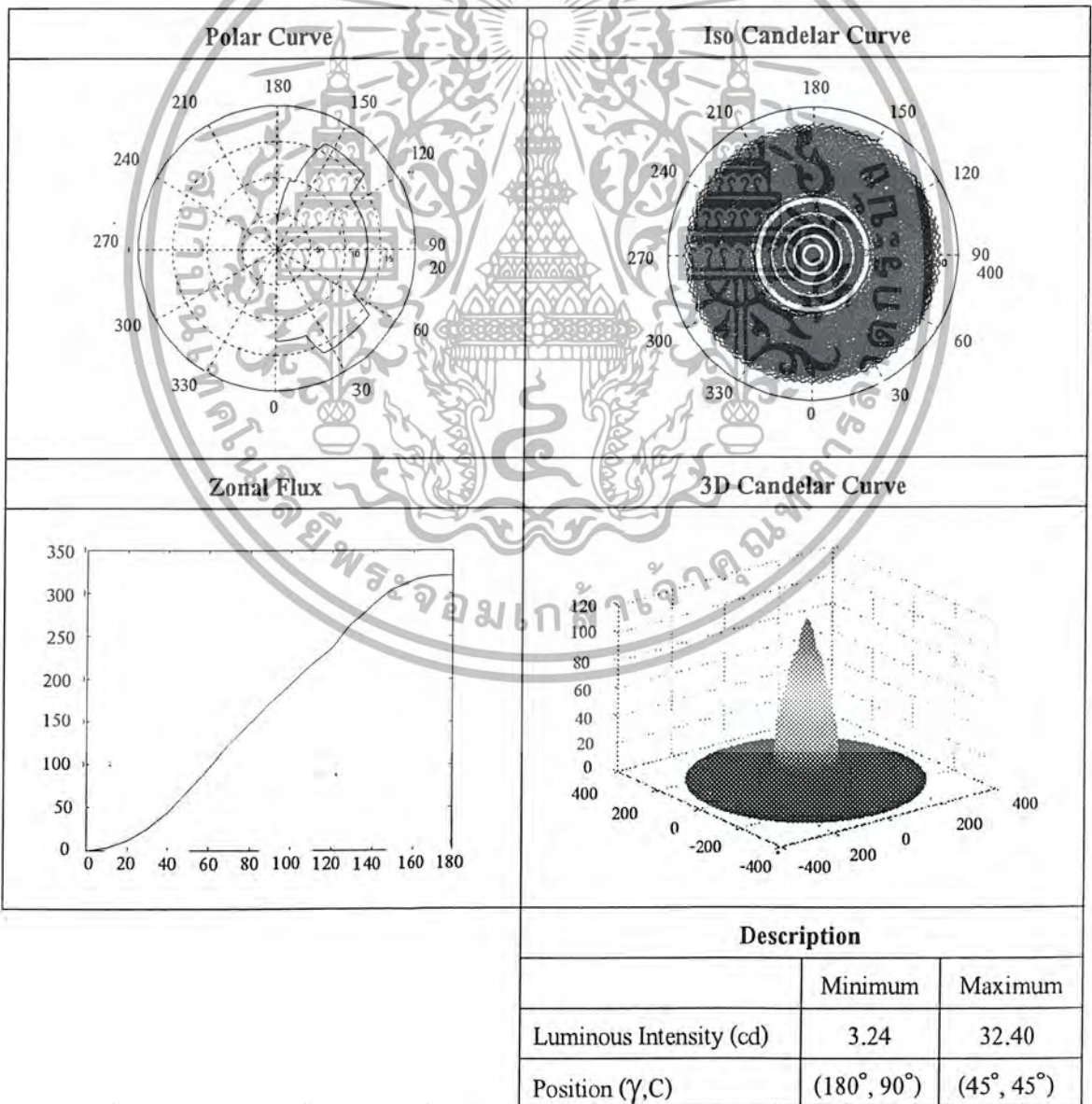
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	29.16	29.16	29.16	90°	19.44	25.92	16.2
5°	29.16	32.40	38.88	95°	19.44	25.92	16.2
10°	29.16	32.40	32.40	100°	16.2	25.92	16.2
15°	29.16	29.16	29.16	105°	19.44	25.92	16.2
20°	25.92	25.92	29.16	110°	16.2	22.68	16.2
25°	32.40	25.92	32.40	115°	19.44	22.68	19.44
30°	32.40	25.92	32.40	120°	25.92	25.92	19.44
35°	32.40	29.16	29.16	125°	42.12	25.92	25.92
40°	32.40	25.92	32.40	130°	35.64	25.92	25.92
45°	32.40	32.40	32.40	135°	35.64	22.68	29.16
50°	29.16	29.16	35.64	140°	35.64	22.68	29.16
55°	29.16	25.92	32.40	145°	32.4	22.68	29.16
60°	29.16	29.16	29.16	150°	32.4	25.92	25.92
65°	29.16	29.16	29.16	155°	25.92	22.68	19.44
70°	19.44	29.16	22.68	160°	22.68	29.16	12.96
75°	19.44	29.16	19.44	165°	19.44	19.44	9.72
80°	19.44	22.68	19.44	170°	12.96	16.2	3.24
85°	19.44	25.92	19.44	175°	9.72	12.96	3.24
90°	19.44	25.92	19.44	180°	3.24	6.48	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	87.48	29.16		
5°	100.44	33.48	0.0955	3.20
10°	93.96	31.32		
15°	87.48	29.16	0.2835	8.27
20°	81.00	27.00		
25°	90.72	30.24	0.4629	14.00
30°	90.72	30.24		
35°	90.72	30.24	0.6282	19.00
40°	90.72	30.24		
45°	97.20	32.40	0.7744	25.09
50°	93.96	31.32		
55°	87.48	29.16	0.8972	26.16
60°	87.48	29.16		
65°	87.48	29.16	0.9926	28.94
70°	71.28	23.76		
75°	68.04	22.68	1.0579	23.99
80°	61.56	20.52		
85°	64.80	21.60	1.0911	23.57
90°	61.56	20.52		
95°	61.56	20.52	1.0911	22.39
100°	58.32	19.44		
105°	61.56	20.52	1.0579	21.71
110°	55.08	18.36		
115°	61.56	20.52	0.9926	20.37
120°	71.28	23.76		
125°	93.96	31.32	0.8972	28.10
130°	87.48	29.16		
135°	87.48	29.16	0.7744	22.58
140°	87.48	29.16		
145°	84.24	28.08	0.6282	17.64
150°	84.24	28.08		

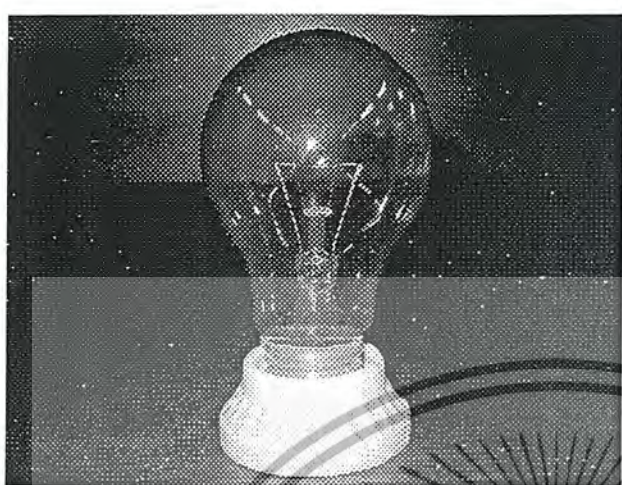
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm) (Continuous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	68.04	22.68	0.4629	10.50
160°	64.80	21.60		
165°	48.60	16.20	0.2835	4.59
170°	32.40	10.80		
175°	25.92	8.64	0.0955	0.83
180°	12.96	4.32		
Total Flux (lumen)				320.92



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Photometric Luminaire of Incandescent 40 Watt
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.8 Incandescent 40 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Daylight Blue
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	214.29
	Current (A)	0.182
	Power (W)	39

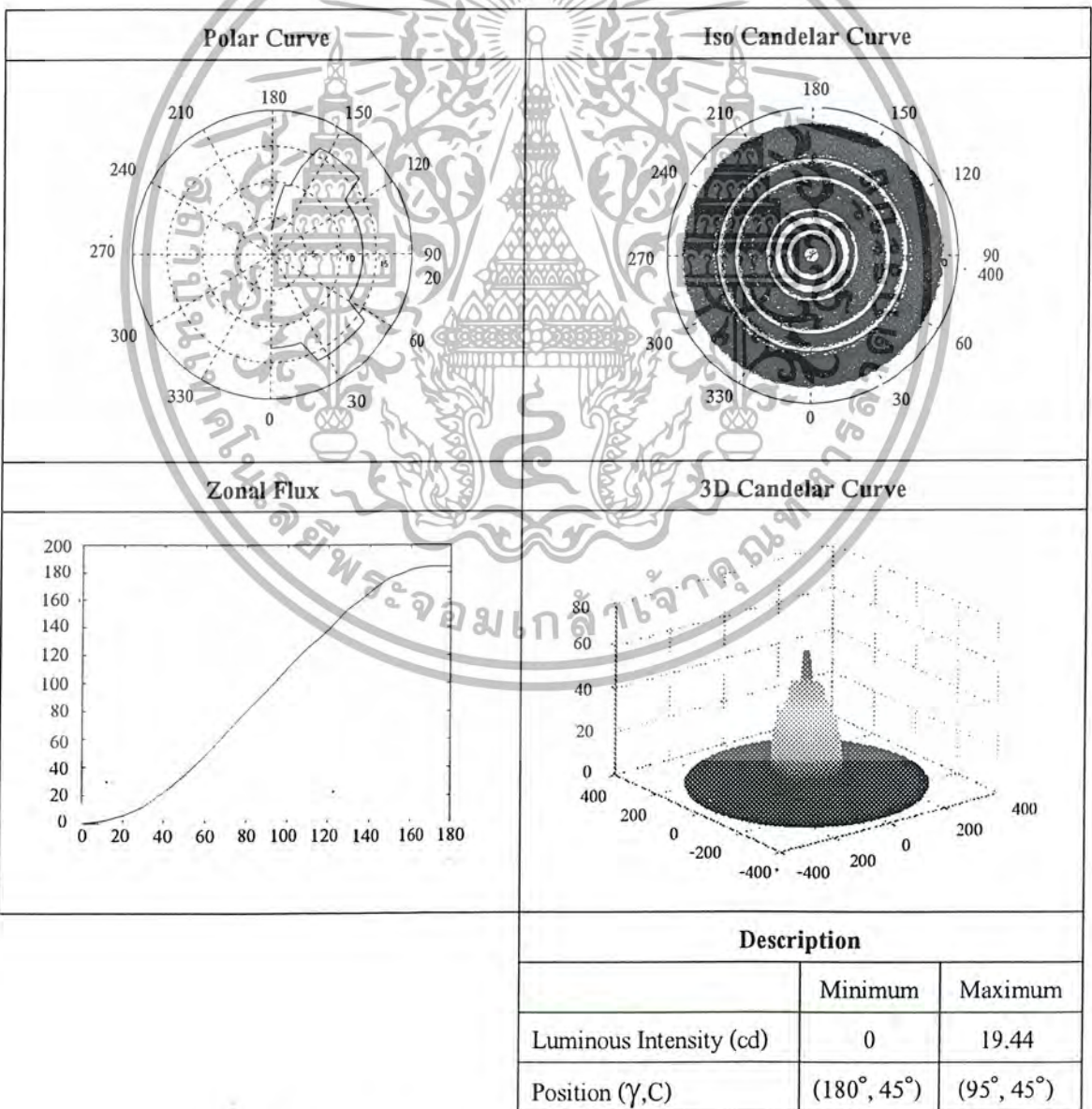
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	12.96	12.96	16.20	90°	12.96	16.20	12.96
5°	12.96	16.20	16.20	95°	12.96	19.44	12.96
10°	12.96	16.20	16.20	100°	12.96	16.20	9.72
15°	12.96	12.96	12.96	105°	12.96	12.96	12.96
20°	12.96	12.96	16.20	110°	12.96	16.20	12.96
25°	16.20	12.96	12.96	115°	12.96	16.20	12.96
30°	16.20	12.96	16.20	120°	12.96	16.20	12.96
35°	16.20	16.20	16.20	125°	12.96	19.44	16.20
40°	16.20	12.96	12.96	130°	16.20	16.20	16.20
45°	16.20	16.20	16.20	135°	16.20	16.20	16.20
50°	16.20	16.20	16.20	140°	16.20	16.20	16.20
55°	16.20	12.96	16.20	145°	16.20	16.20	16.20
60°	12.96	16.20	16.20	150°	16.20	16.20	12.96
65°	12.96	19.44	16.20	155°	16.20	12.96	12.96
70°	12.96	19.44	16.20	160°	12.96	12.96	9.72
75°	12.96	19.44	12.96	165°	9.72	3.24	6.48
80°	12.96	16.20	12.96	170°	9.72	3.24	6.48
85°	12.96	16.20	9.72	175°	6.48	0.00	3.24
90°	12.96	16.20	12.96	180°	3.24	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	42.12	14.04		
5°	45.36	15.12	0.0955	1.44
10°	45.36	15.12		
15°	38.88	12.96	0.2835	3.67
20°	42.12	14.04		
25°	42.12	14.04	0.4629	6.50
30°	45.36	15.12		
35°	48.60	16.20	0.6282	10.18
40°	42.12	14.04		
45°	48.60	16.20	0.7744	12.55
50°	48.60	16.20		
55°	45.36	15.12	0.8972	13.57
60°	45.36	15.12		
65°	48.60	16.20	0.9926	16.08
70°	48.60	16.20		
75°	45.36	15.12	1.0579	16.00
80°	42.12	14.04		
85°	38.88	12.96	1.0911	14.14
90°	42.12	14.04		
95°	45.36	15.12	1.0911	16.50
100°	38.88	12.96		
105°	38.88	12.96	1.0579	13.71
110°	42.12	14.04		
115°	42.12	14.04	0.9926	13.94
120°	42.12	14.04		
125°	48.60	16.20	0.8972	14.53
130°	48.60	16.20		
135°	48.60	16.20	0.7744	12.55
140°	48.60	16.20		
145°	48.60	16.20	0.6282	10.18
150°	45.36	15.12		

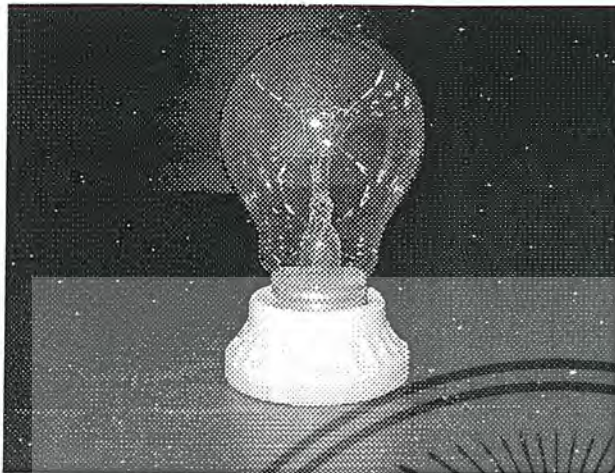
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขคัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm) (Continous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	42.12	14.04	0.4629	6.50
160°	35.64	11.88		
165°	19.44	6.48	0.2835	1.84
170°	19.44	6.48		
175°	9.72	3.24	0.0955	0.31
180°	3.24	1.08		
Total Flux (lumen)				184.17



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้เฉพาะในเอกสารนี้เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Photometric Luminare Data of Incandescent 40Watt
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.9 Incandescent 60 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	200
	Current (A)	0.28
	Power (W)	56

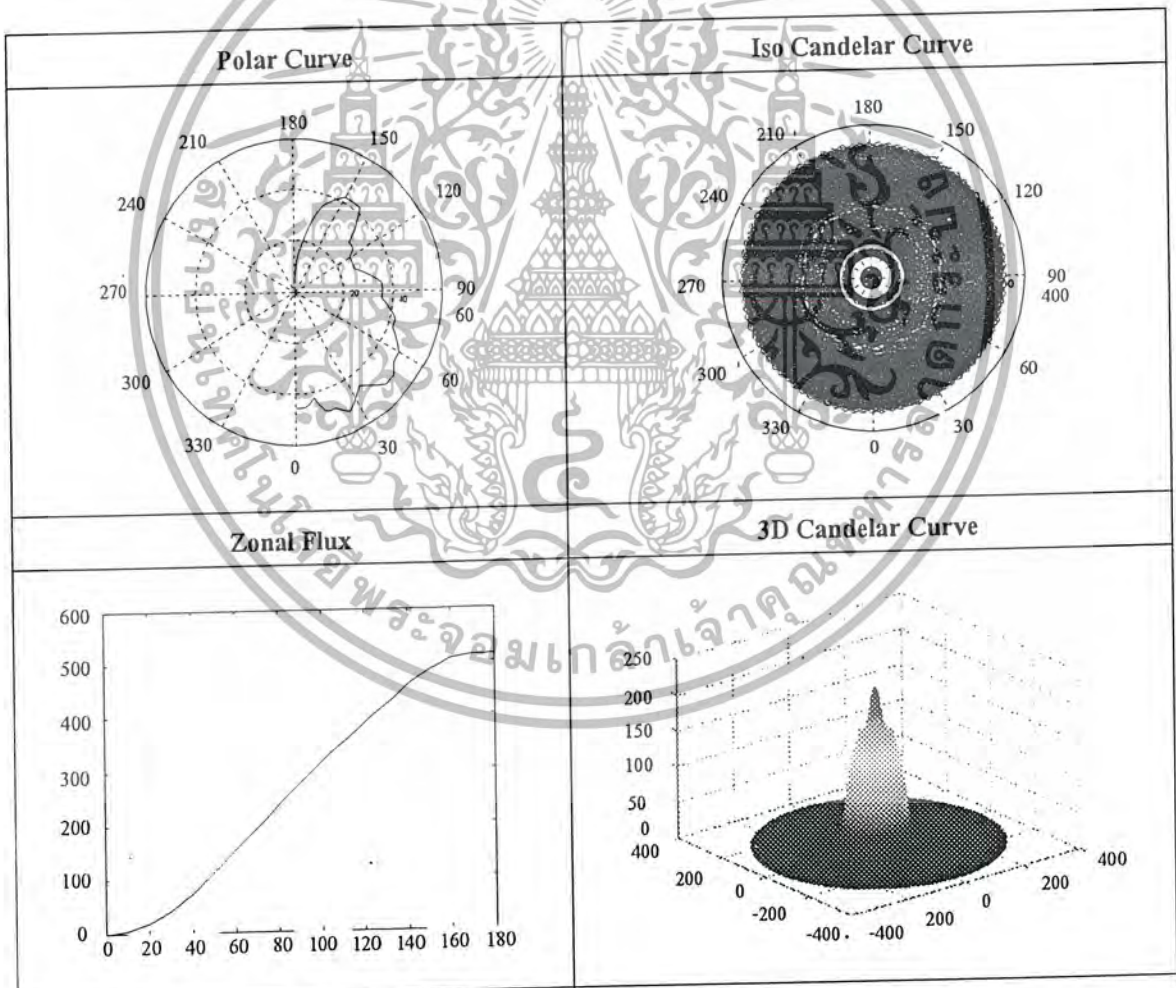
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	45.36	48.60	55.08	90°	35.64	42.12	22.68
5°	45.36	42.12	38.88	95°	35.64	42.12	25.92
10°	42.12	51.84	51.84	100°	32.4	42.12	29.16
15°	48.60	51.84	48.60	105°	29.16	42.12	29.16
20°	48.60	42.12	51.84	110°	25.92	45.36	35.64
25°	51.84	48.60	48.60	115°	25.92	42.12	38.88
30°	48.60	45.36	48.60	120°	25.92	42.12	45.36
35°	45.36	51.84	55.08	125°	29.16	38.88	51.84
40°	48.60	55.08	48.60	130°	29.16	35.64	55.08
45°	51.84	51.84	51.84	135°	35.64	38.88	58.32
50°	51.84	48.60	45.36	140°	42.12	42.12	55.08
55°	48.60	48.60	38.88	145°	42.12	48.6	48.6
60°	48.60	42.12	42.12	150°	42.12	45.36	45.36
65°	45.36	45.36	32.40	155°	38.88	45.36	38.88
70°	42.12	45.36	35.64	160°	35.64	29.16	32.4
75°	42.12	45.36	32.40	165°	29.16	19.44	19.44
80°	38.88	45.36	32.40	170°	19.44	12.96	9.72
85°	35.64	45.36	32.40	175°	12.96	6.48	3.24
90°	35.64	42.12	22.68	180°	3.24	3.24	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	149.04	49.68		
5°	126.36	42.12	0.0955	4.02
10°	145.80	48.60		
15°	149.04	49.68	0.2835	14.08
20°	142.56	47.52		
25°	149.04	49.68	0.4629	23.00
30°	142.56	47.52		
35°	152.28	50.76	0.6282	31.89
40°	152.28	50.76		
45°	155.52	51.84	0.7744	40.14
50°	145.80	48.60		
55°	136.08	45.36	0.8972	40.70
60°	132.84	44.28		
65°	123.12	41.04	0.9926	40.74
70°	123.12	41.04		
75°	119.88	39.96	1.0579	42.27
80°	116.64	38.88		
85°	113.40	37.80	1.0911	41.24
90°	100.44	33.48		
95°	103.68	34.56	1.0911	37.71
100°	103.68	34.56		
105°	100.44	33.48	1.0579	35.42
110°	106.92	35.64		
115°	106.92	35.64	0.9926	35.38
120°	113.40	37.80		
125°	119.88	39.96	0.8972	35.85
130°	119.88	39.96		
135°	132.84	44.28	0.7744	34.29
140°	139.32	46.44		
145°	139.32	46.44	0.6282	29.17
150°	132.84	44.28		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่สามารถแก้ไข ฟังสีอื่นอีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

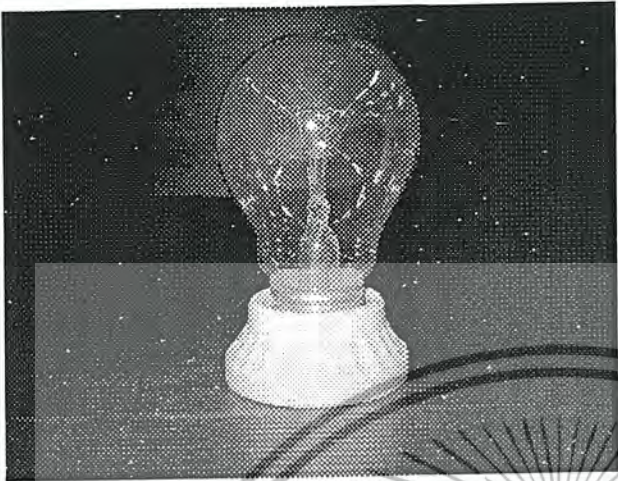
Zonal Flux (lm) (Continous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	123.12	41.04	0.4629	19.00
160°	97.20	32.40		
165°	68.04	22.68	0.2835	6.43
170°	42.12	14.04		
175°	22.68	7.56	0.0955	0.72
180°	9.72	3.24		
Total Flux (lumen)				512.06



Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd)	3.24	51.84
Position (γ, C)	(180°, 45°)	(15°, 45°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเนื้อหาที่ผิดเพี้ยนและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
Photometric Luminaire Data of Incandescent 60Watt

Test Report No.10 Incandescent 100 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	201.49	
Current (A)	0.47	
Power (W)	94.7	

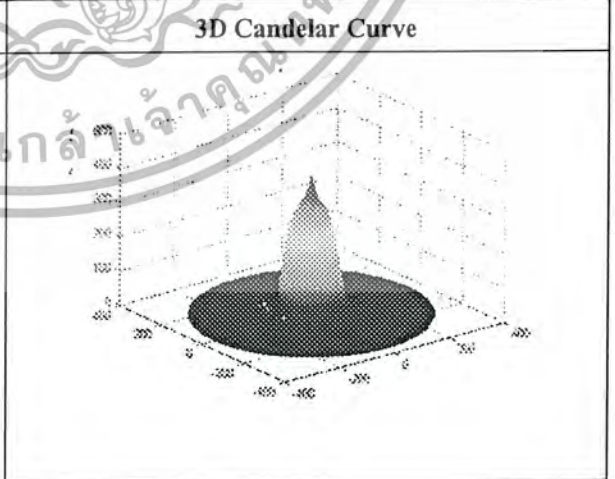
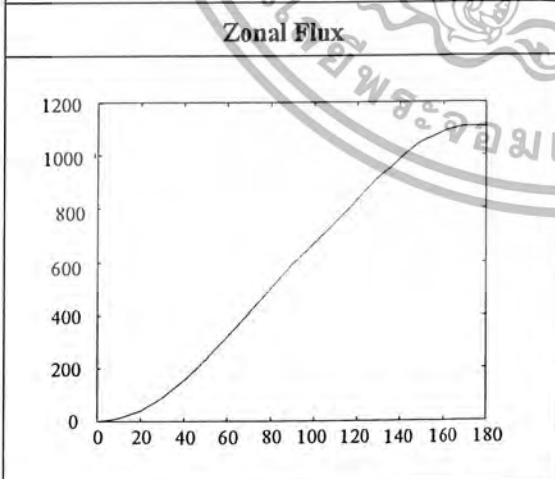
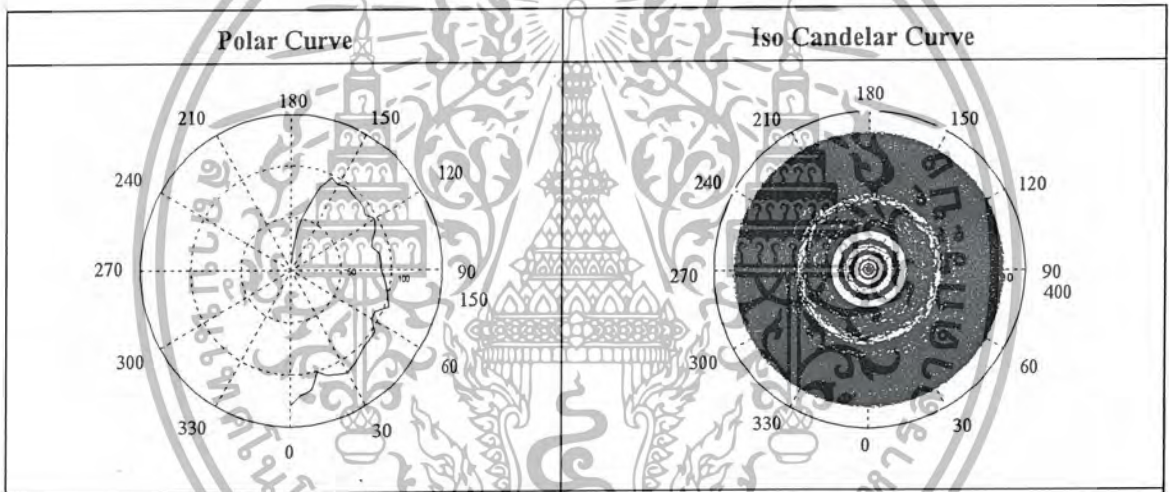
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	129.60	110.16	110.16	90°	90.72	74.52	64.80
5°	119.88	113.40	119.88	95°	90.72	64.80	64.80
10°	116.64	123.12	116.64	100°	90.72	64.80	64.80
15°	100.44	106.92	100.44	105°	84.24	68.04	68.04
20°	106.92	103.68	100.44	110°	87.48	74.52	74.52
25°	110.16	100.44	103.68	115°	93.96	87.48	93.96
30°	113.40	97.20	100.44	120°	97.20	81.00	84.24
35°	110.16	100.44	103.68	125°	90.72	97.20	97.20
40°	106.92	106.92	103.68	130°	93.96	100.44	106.92
45°	103.68	103.68	100.44	135°	93.96	81.00	93.96
50°	103.68	97.20	100.44	140°	93.96	93.96	100.44
55°	103.68	93.96	93.96	145°	97.20	93.96	93.96
60°	93.96	84.24	90.72	150°	93.96	87.48	93.96
65°	93.96	87.48	87.48	155°	97.20	74.52	81.00
70°	103.68	81.00	84.24	160°	84.24	64.80	68.04
75°	100.44	77.76	81.00	165°	61.56	48.60	55.08
80°	97.20	81.00	84.24	170°	42.12	35.64	35.64
85°	93.96	74.52	77.76	175°	6.48	16.20	16.20
90°	90.72	74.52	64.80	180°	6.48	6.48	6.48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	349.92	116.64		
5°	353.16	117.72	0.0955	11.24
10°	356.40	118.80		
15°	307.80	102.60	0.2835	29.09
20°	311.04	103.68		
25°	314.28	104.76	0.4629	48.49
30°	311.04	103.68		
35°	314.28	104.76	0.6282	65.81
40°	317.52	105.84		
45°	307.80	102.60	0.7744	79.45
50°	301.32	100.44		
55°	291.60	97.20	0.8972	87.21
60°	268.92	89.64		
65°	268.92	89.64	0.9926	88.98
70°	268.92	89.64		
75°	259.20	86.40	1.0579	91.40
80°	262.44	87.48		
85°	246.24	82.08	1.0911	89.56
90°	230.04	76.68		
95°	220.32	73.44	1.0911	80.13
100°	220.32	73.44		
105°	217.08	72.36	1.0579	76.55
110°	230.04	76.68		
115°	255.96	85.32	0.9926	84.69
120°	272.16	90.72		
125°	272.16	90.72	0.8972	81.39
130°	291.60	97.20		
135°	281.88	93.96	0.7744	72.76
140°	281.88	93.96		
145°	291.60	97.20	0.6282	61.06
150°	275.40	91.80		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ใดๆโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์สงวนเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

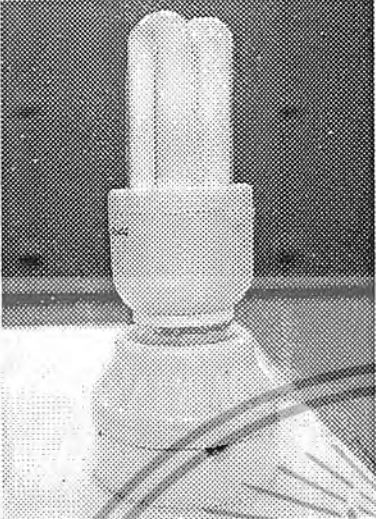
Zonal Flux (lm) (Continous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	265.68	88.56	0.4629	40.99
160°	230.04	76.68		
165°	178.20	59.40	0.2835	16.84
170°	132.84	44.28		
175°	58.32	19.44	0.0955	1.86
180°	29.16	9.72		
Total Flux (lumen)				1107.51



Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd)	6.48	119.88
Position (γ, C)	(180°, 90°)	(5°, 0°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์โดยนอกรั้วมหาวิทยาลัยฯ
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง Photometric Luminaire Data of Incandescent 100Watt นี้ยังเป็นลิขสิทธิ์ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.11 Compactfluorescent 5 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	210.54
	Current (A)	0.025
Power (W)	5.26	

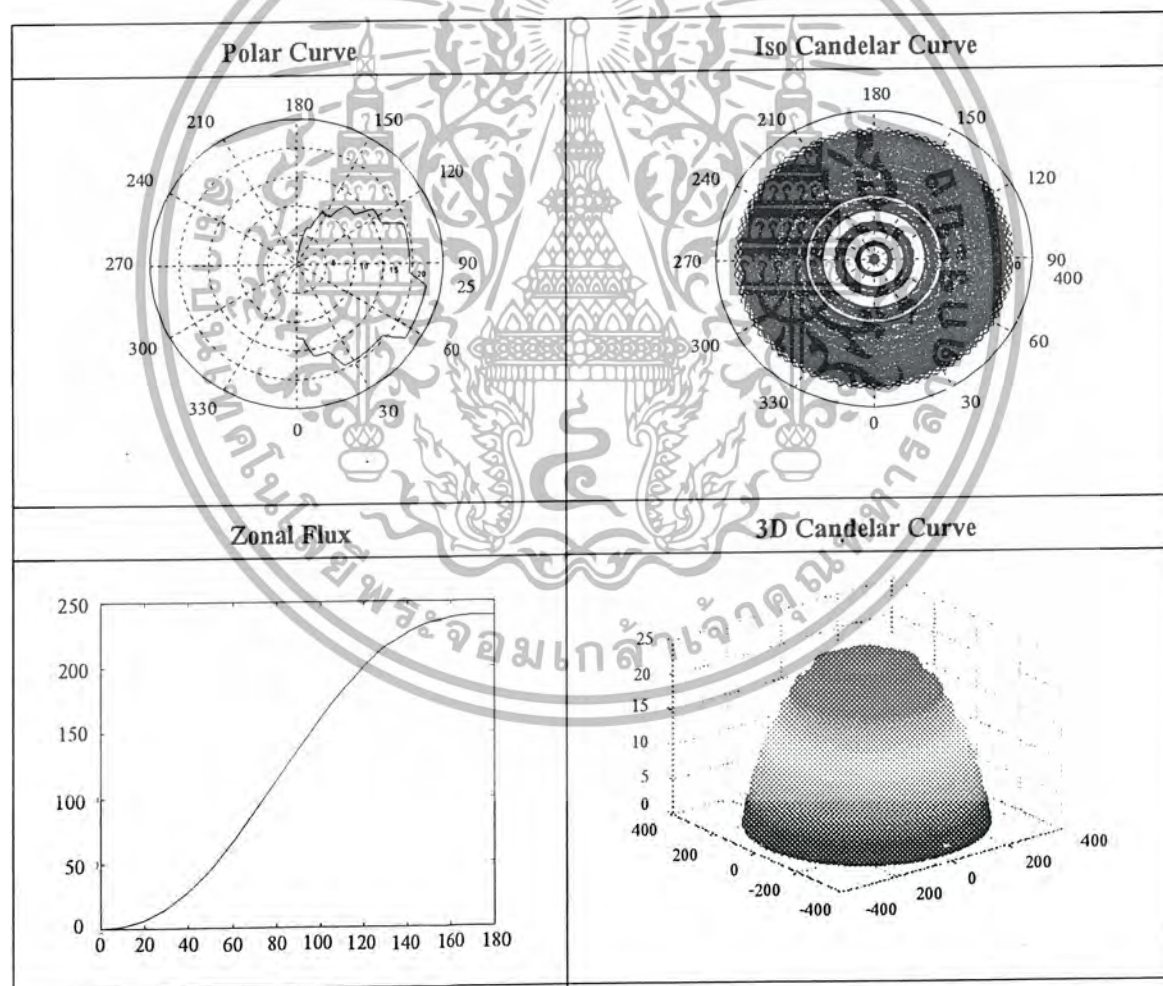
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	12.96	12.96	12.96	90°	19.44	25.92	19.44
5°	12.96	16.20	16.20	95°	19.44	25.92	19.44
10°	16.20	16.20	16.20	100°	19.44	22.68	16.20
15°	16.20	16.20	16.20	105°	19.44	22.68	16.20
20°	16.20	19.44	16.20	110°	19.44	22.68	16.20
25°	19.44	19.44	19.44	115°	16.20	22.68	16.20
30°	19.44	19.44	19.44	120°	16.20	19.44	16.20
35°	19.44	22.68	19.44	125°	16.20	19.44	16.20
40°	19.44	22.68	19.44	130°	12.96	19.44	12.96
45°	19.44	22.68	22.68	135°	12.96	16.20	12.96
50°	19.44	22.68	22.68	140°	12.96	16.20	12.96
55°	22.68	25.92	22.68	145°	9.72	12.96	12.96
60°	22.68	25.92	22.68	150°	9.72	9.72	9.72
65°	22.68	25.92	22.68	155°	9.72	6.48	9.72
70°	22.68	25.92	22.68	160°	6.48	6.48	6.48
75°	22.68	25.92	19.44	165°	6.48	3.24	6.48
80°	22.68	25.92	19.44	170°	3.24	3.24	3.24
85°	19.44	25.92	19.44	175°	0.00	0.00	3.24
90°	19.44	25.92	19.44	180°	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	38.88	12.96		
5°	45.36	15.12	0.0955	1.44
10°	48.60	16.20		
15°	48.60	16.20	0.2835	4.59
20°	51.84	17.28		
25°	58.32	19.44	0.4629	9.00
30°	58.32	19.44		
35°	61.56	20.52	0.6282	12.89
40°	61.56	20.52		
45°	64.80	21.60	0.7744	16.73
50°	64.80	21.60		
55°	71.28	23.76	0.8972	21.32
60°	71.28	23.76		
65°	71.28	23.76	0.9926	23.58
70°	71.28	23.76		
75°	68.04	22.68	1.0579	23.99
80°	68.04	22.68		
85°	64.80	21.60	1.0911	23.57
90°	64.80	21.60		
95°	64.80	21.60	1.0911	23.57
100°	58.32	19.44		
105°	58.32	19.44	1.0579	20.57
110°	58.32	19.44		
115°	55.08	18.36	0.9926	18.22
120°	51.84	17.28		
125°	51.84	17.28	0.8972	15.50
130°	45.36	15.12		
135°	42.12	14.04	0.7744	10.87
140°	42.12	14.04		
145°	35.64	11.88	0.6282	7.46
150°	29.16	9.72		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
 ไม่สามารถแก้ไข ฟังเสียง อัดหน้าจอ หรือคัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm) (Continous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	25.92	8.64	0.4629	4.00
160°	19.44	6.48		
165°	16.20	5.40	0.2835	1.53
170°	9.72	3.24		
175°	3.24	1.08	0.0955	0.10
180°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				238.95

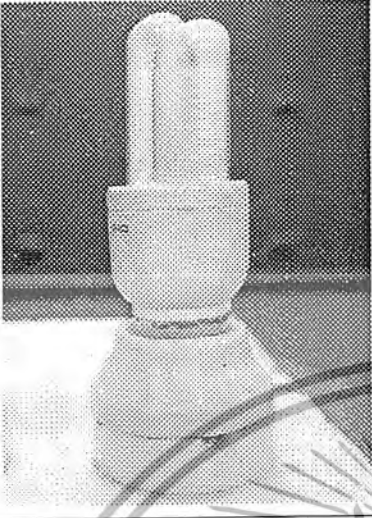


Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd).	0	25.92
Position (γ, C)	(180°, 45°)	(60°, 45°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 5Watt

Test Report No.12 Compactfluorescent 8 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	213.33
	Current (mA)	0.045
	Power (W)	9.6

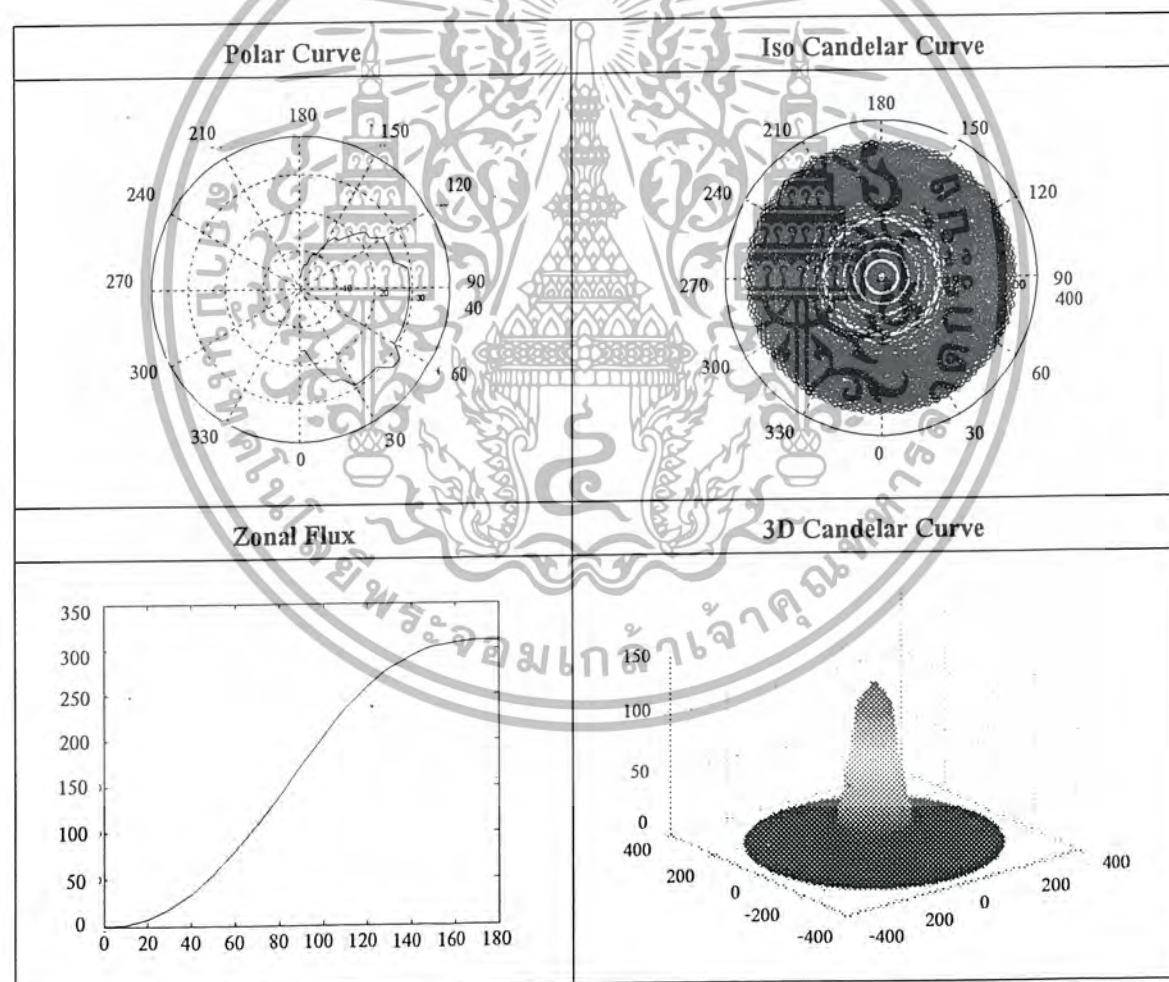
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	16.20	12.96	12.96	90°	29.16	32.40	25.92
5°	16.20	16.20	12.96	95°	29.16	32.40	25.92
10°	19.44	22.68	16.20	100°	29.16	38.88	22.68
15°	22.68	19.44	16.20	105°	25.92	35.64	22.68
20°	25.92	25.92	19.44	110°	25.92	29.16	22.68
25°	25.92	25.92	19.44	115°	25.92	29.16	19.44
30°	29.16	25.92	22.68	120°	25.92	25.92	22.68
35°	29.16	25.92	19.44	125°	22.68	22.68	19.44
40°	29.16	32.40	19.44	130°	22.68	22.68	16.20
45°	29.16	29.16	22.68	135°	19.44	19.44	16.20
50°	32.40	32.40	22.68	140°	16.20	16.20	12.96
55°	32.40	32.40	22.68	145°	16.20	19.44	12.96
60°	29.16	32.40	22.68	150°	12.96	12.96	12.96
65°	29.16	32.40	22.68	155°	9.72	9.72	9.72
70°	29.16	35.64	25.92	160°	9.72	9.72	6.48
75°	29.16	35.64	22.68	165°	6.48	6.48	6.48
80°	29.16	38.88	22.68	170°	6.48	3.24	3.24
85°	29.16	38.88	22.68	175°	3.24	3.24	0.00
90°	29.16	38.88	25.92	180°	3.24	3.24	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	42.12	14.04		
5°	45.36	15.12	0.0955	1.44
10°	58.32	19.44		
15°	58.32	19.44	0.2835	5.51
20°	71.28	23.76		
25°	71.28	23.76	0.4629	11.00
30°	77.76	25.92		
35°	74.52	24.84	0.6282	15.60
40°	81.00	27.00		
45°	81.00	27.00	0.7744	20.91
50°	87.48	29.16		
55°	87.48	29.16	0.8972	26.16
60°	84.24	28.08		
65°	84.24	28.08	0.9926	27.87
70°	90.72	30.24		
75°	87.48	29.16	1.0579	30.85
80°	90.72	30.24		
85°	90.72	30.24	1.0911	32.99
90°	87.48	29.16		
95°	87.48	29.16	1.0911	31.82
100°	90.72	30.24		
105°	84.24	28.08	1.0579	29.71
110°	77.76	25.92		
115°	74.52	24.84	0.9926	24.66
120°	74.52	24.84		
125°	64.80	21.60	0.8972	19.38
130°	61.56	20.52		
135°	55.08	18.36	0.7744	14.22
140°	45.36	15.12		
145°	48.60	16.20	0.6282	10.18
150°	38.88	12.96		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์ การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm) (Continuous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	29.16	9.72	0.4629	4.50
160°	25.92	8.64		
165°	19.44	6.48	0.2835	1.84
170°	12.96	4.32		
175°	6.48	2.16	0.0955	0.21
180°	6.48	2.16		
Total Flux (lumen)				308.84

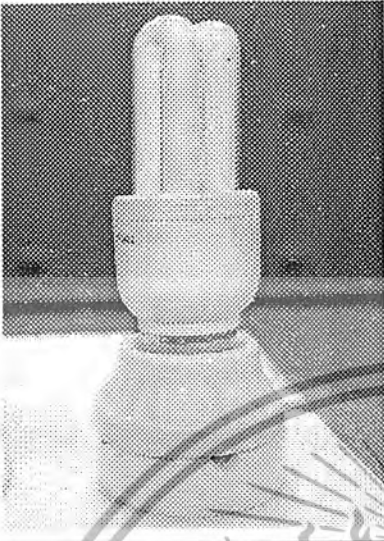


Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd)	0	38.88
Position (γ, C)	(180°, 90°)	(90°, 45°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแบบลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 8 Watt

Test Report No.13 Compactfluorescent 8 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Cool Daylight
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	240
	Current (A)	0.04
Power (W)	9.6	

Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	12.96	12.96	16.20	90°	19.44	32.40	25.92
5°	16.20	12.96	12.96	95°	19.44	32.40	25.92
10°	19.44	16.20	16.20	100°	19.44	32.40	19.44
15°	19.44	16.20	16.20	105°	19.44	29.16	22.68
20°	22.68	19.44	16.20	110°	19.44	25.92	22.68
25°	22.68	19.44	19.44	115°	19.44	29.16	19.44
30°	22.68	19.44	16.20	120°	16.2	29.16	19.44
35°	25.92	22.68	22.68	125°	16.2	25.92	16.2
40°	25.92	22.68	22.68	130°	16.2	22.68	16.2
45°	25.92	25.92	22.68	135°	12.96	19.44	12.96
50°	25.92	25.92	22.68	140°	12.96	16.2	12.96
55°	25.92	29.16	22.68	145°	12.96	16.2	12.96
60°	25.92	29.16	22.68	150°	9.72	12.96	9.72
65°	25.92	32.40	25.92	155°	9.72	9.72	9.72
70°	25.92	32.40	22.68	160°	9.72	9.72	6.48
75°	25.92	32.40	25.92	165°	6.48	9.72	6.48
80°	22.68	29.16	22.68	170°	3.24	6.48	6.48
85°	22.68	32.40	22.68	175°	3.24	6.48	3.24
90°	22.68	32.40	25.92	180°	3.24	3.24	3.24

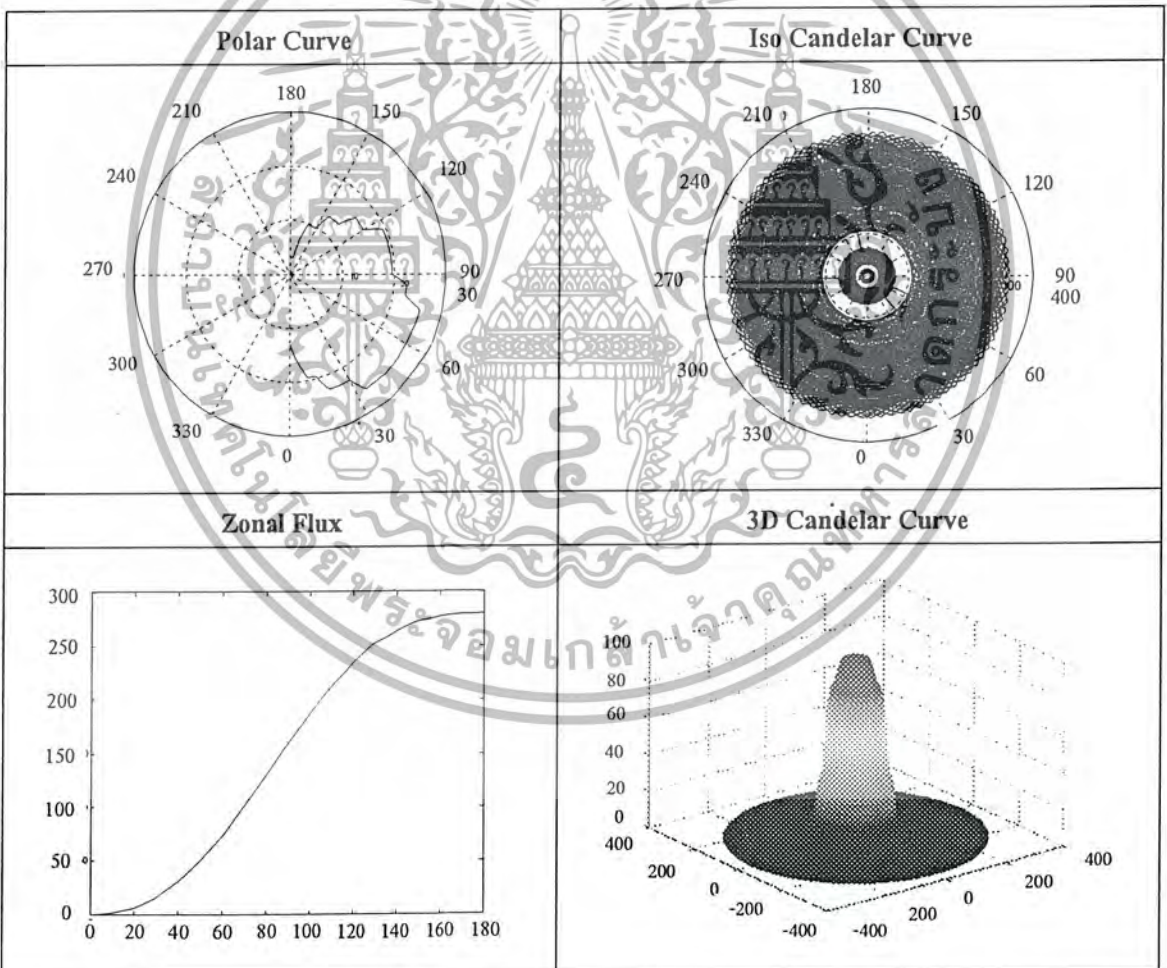
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	42.12	14.04		
5°	42.12	14.04	0.0955	1.34
10°	51.84	17.28		
15°	51.84	17.28	0.2835	4.90
20°	58.32	19.44		
25°	61.56	20.52	0.4629	9.50
30°	58.32	19.44		
35°	71.28	23.76	0.6282	14.93
40°	71.28	23.76		
45°	74.52	24.84	0.7744	19.24
50°	74.52	24.84		
55°	77.76	25.92	0.8972	23.26
60°	77.76	25.92		
65°	84.24	28.08	0.9926	27.87
70°	81.00	27.00		
75°	84.24	28.08	1.0579	29.71
80°	74.52	24.84		
85°	77.76	25.92	1.0911	28.28
90°	77.76	25.92		
95°	77.76	25.92	1.0911	28.28
100°	71.28	23.76		
105°	71.28	23.76	1.0579	25.14
110°	68.04	22.68		
115°	68.04	22.68	0.9926	22.51
120°	64.80	21.60		
125°	58.32	19.44	0.8972	17.44
130°	55.08	18.36		
135°	45.36	15.12	0.7744	11.71
140°	42.12	14.04		
145°	42.12	14.04	0.6282	8.82
150°	32.40	10.80		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ควรกรณิตัว พังลิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

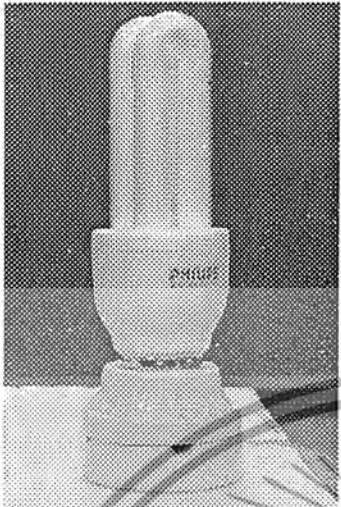
Zonal Flux (lm) (Continuous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	29.16	9.72	0.4629	4.50
160°	25.92	8.64		
165°	22.68	7.56	0.2835	2.14
170°	16.20	5.40		
175°	12.96	4.32	0.0955	0.41
180°	9.72	3.24		
Total Flux (lumen)				279.97



Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd)	3.24	32.4
Position (γ, C)	(180°, 45°)	(70°, 45°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 8 Watt
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.14 Compactfluorescent 11 Watt

	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	None
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	193.33
	Current (A)	0.06
Power (W)	11.6	

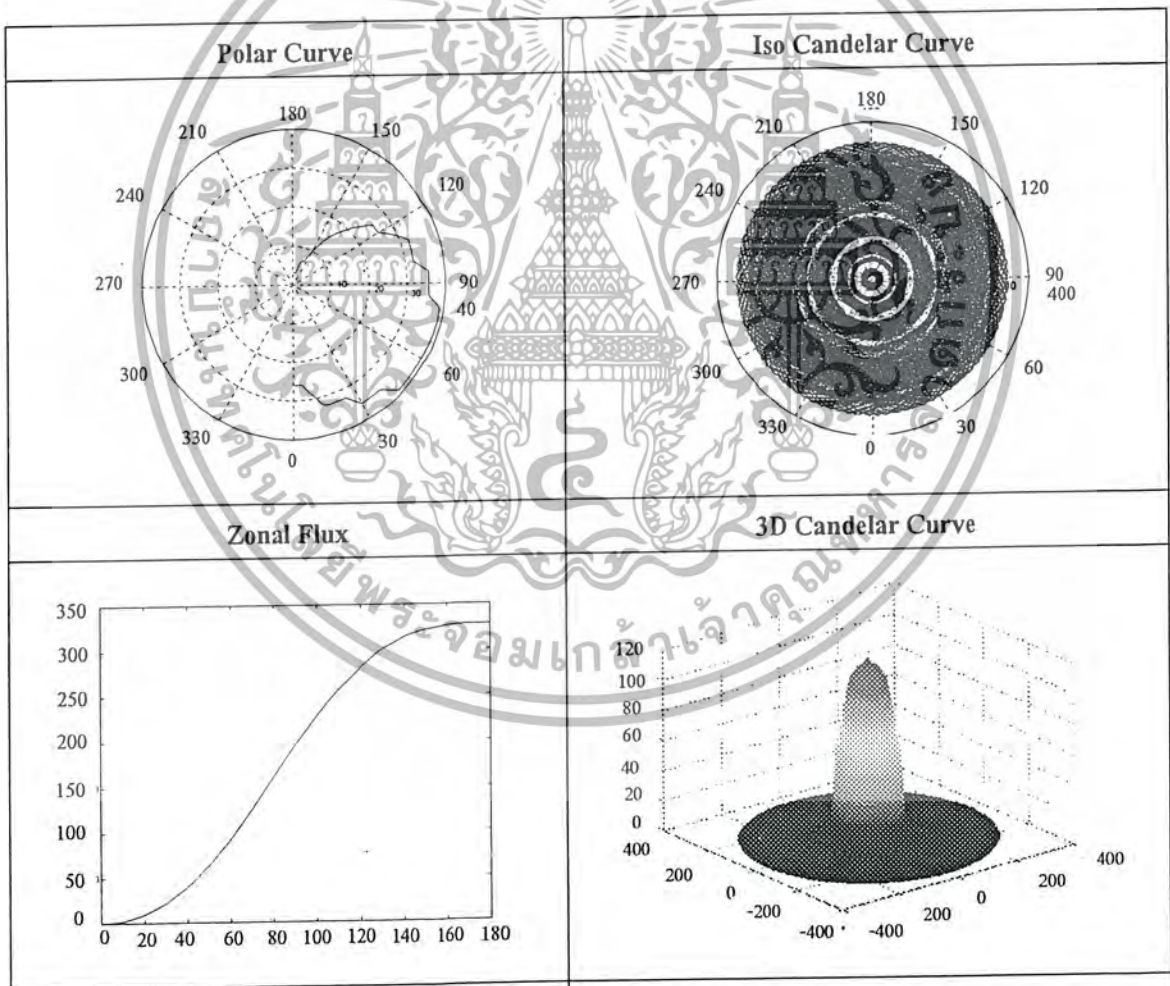
Luminous Intensity (cd)							
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°
0°	25.92	19.44	22.68	90°	35.64	32.40	22.68
5°	25.92	16.20	22.68	95°	35.64	32.40	22.68
10°	29.16	22.68	25.92	100°	32.4	32.40	19.44
15°	32.40	19.44	22.68	105°	32.4	29.16	19.44
20°	32.40	22.68	22.68	110°	32.4	29.16	19.44
25°	32.40	25.92	22.68	115°	29.16	25.92	19.44
30°	35.64	25.92	25.92	120°	25.92	25.92	16.2
35°	35.64	25.92	25.92	125°	25.92	22.68	16.2
40°	35.64	25.92	29.16	130°	22.68	19.44	12.96
45°	38.88	29.16	22.68	135°	19.44	19.44	12.96
50°	38.88	29.16	25.92	140°	16.2	16.2	12.96
55°	38.88	32.40	25.92	145°	12.96	12.96	9.72
60°	38.88	32.40	25.92	150°	9.72	12.96	9.72
65°	38.88	32.40	29.16	155°	6.48	9.72	9.72
70°	38.88	32.40	25.92	160°	6.48	6.48	6.48
75°	38.88	32.40	29.16	165°	3.24	6.48	6.48
80°	38.88	35.64	22.68	170°	3.24	3.24	6.48
85°	35.64	35.64	22.68	175°	3.24	3.24	3.24
90°	35.64	32.40	22.68	180°	3.24	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	68.04	22.68		
5°	64.80	21.60	0.0955	2.06
10°	77.76	25.92		
15°	74.52	24.84	0.2835	7.04
20°	77.76	25.92		
25°	81.00	27.00	0.4629	12.50
30°	87.48	29.16		
35°	87.48	29.16	0.6282	18.32
40°	90.72	30.24		
45°	90.72	30.24	0.7744	23.42
50°	93.96	31.32		
55°	97.20	32.40	0.8972	29.07
60°	97.20	32.40		
65°	100.44	33.48	0.9926	33.23
70°	97.20	32.40		
75°	100.44	33.48	1.0579	35.42
80°	97.20	32.40		
85°	93.96	31.32	1.0911	34.17
90°	90.72	30.24		
95°	90.72	30.24	1.0911	32.99
100°	84.24	28.08		
105°	81.00	27.00	1.0579	28.56
110°	81.00	27.00		
115°	74.52	24.84	0.9926	24.66
120°	68.04	22.68		
125°	64.80	21.60	0.8972	19.38
130°	55.08	18.36		
135°	51.84	17.28	0.7744	13.38
140°	45.36	15.12		
145°	35.64	11.88	0.6282	7.46
150°	32.40	10.80		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

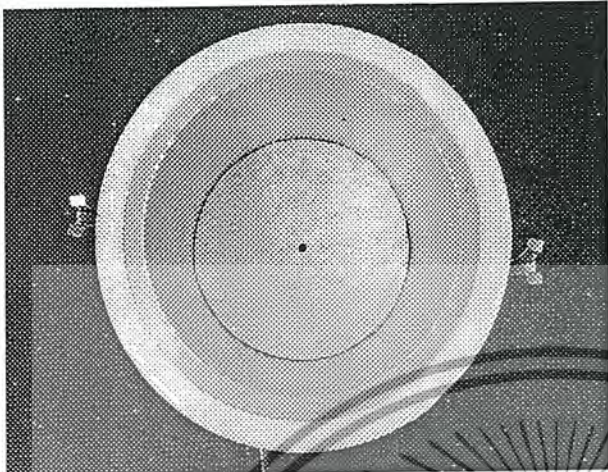
Zonal Flux (lm) (Continous)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
155°	25.92	8.64	0.4629	4.00
160°	19.44	6.48		
165°	16.20	5.40	0.2835	1.53
170°	12.96	4.32		
175°	9.72	3.24	0.0955	0.31
180°	3.24	1.08		
Total Flux (lumen)				327.51



Description		
	Minimum	Maximum
Luminous Intensity (cd)	0	38.88
Position (γ, C)	(180°, 45°)	(50°, 0°)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่นับผูกมัดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 11Watt
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.15 LED (small) 5.04 Watt

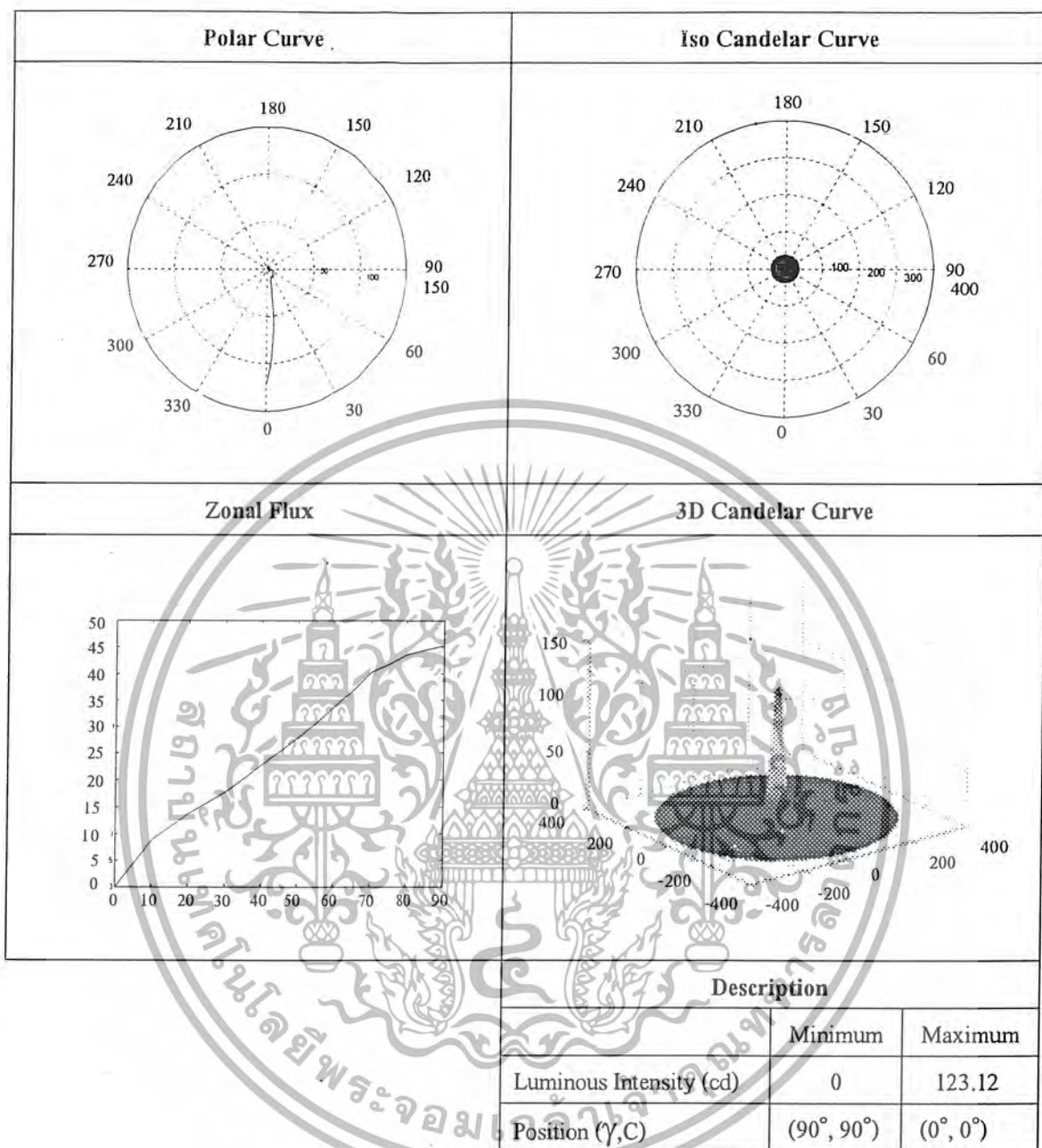
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Level
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	56 (small)
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.21
	Power (W)	5.04

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	123.12	123.12	123.12	119.88	119.88	119.88
5°	74.52	76.14	77.76	113.40	108.54	103.68
10°	25.92	27.54	29.16	61.56	56.70	51.84
15°	12.96	12.96	12.96	25.92	21.06	16.20
20°	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72
25°	9.72	9.72	9.72	9.72	8.10	6.48
30°	9.72	9.72	9.72	6.48	6.48	6.48
35°	9.72	9.72	9.72	6.48	6.48	6.48
40°	9.72	9.72	9.72	6.48	6.48	6.48
45°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
50°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
55°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
60°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
65°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
70°	6.48	4.86	3.24	6.48	4.86	3.24
75°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
80°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
85°	3.24	3.24	3.24	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	729.00	121.50		
5°	554.04	92.34	0.0955	8.82
10°	252.72	42.12		
15°	102.06	17.01	0.2835	4.82
20°	58.32	9.72		
25°	53.46	8.91	0.4629	4.12
30°	48.60	8.10		
35°	48.60	8.10	0.6282	5.09
40°	48.60	8.10		
45°	38.88	6.48	0.7744	5.02
50°	38.88	6.48		
55°	38.88	6.48	0.8972	5.81
60°	38.88	6.48		
65°	38.88	6.48	0.9926	6.43
70°	29.16	4.86		
75°	19.44	3.24	1.0579	3.43
80°	19.44	3.24		
85°	9.72	1.62	1.0911	1.77
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				45.31

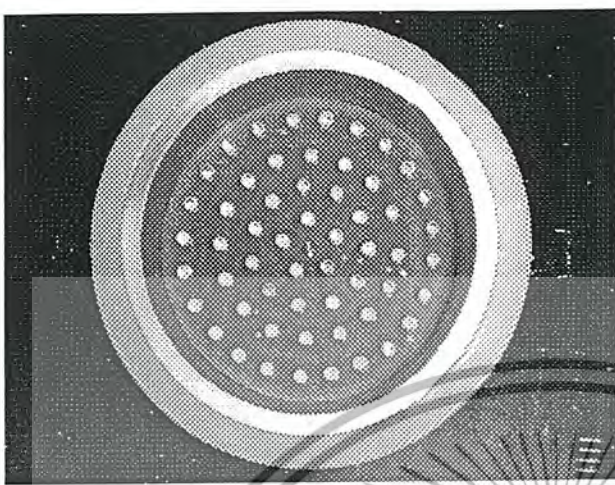
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED (small) 5.04 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.16 LED (big) 5.04 Watt

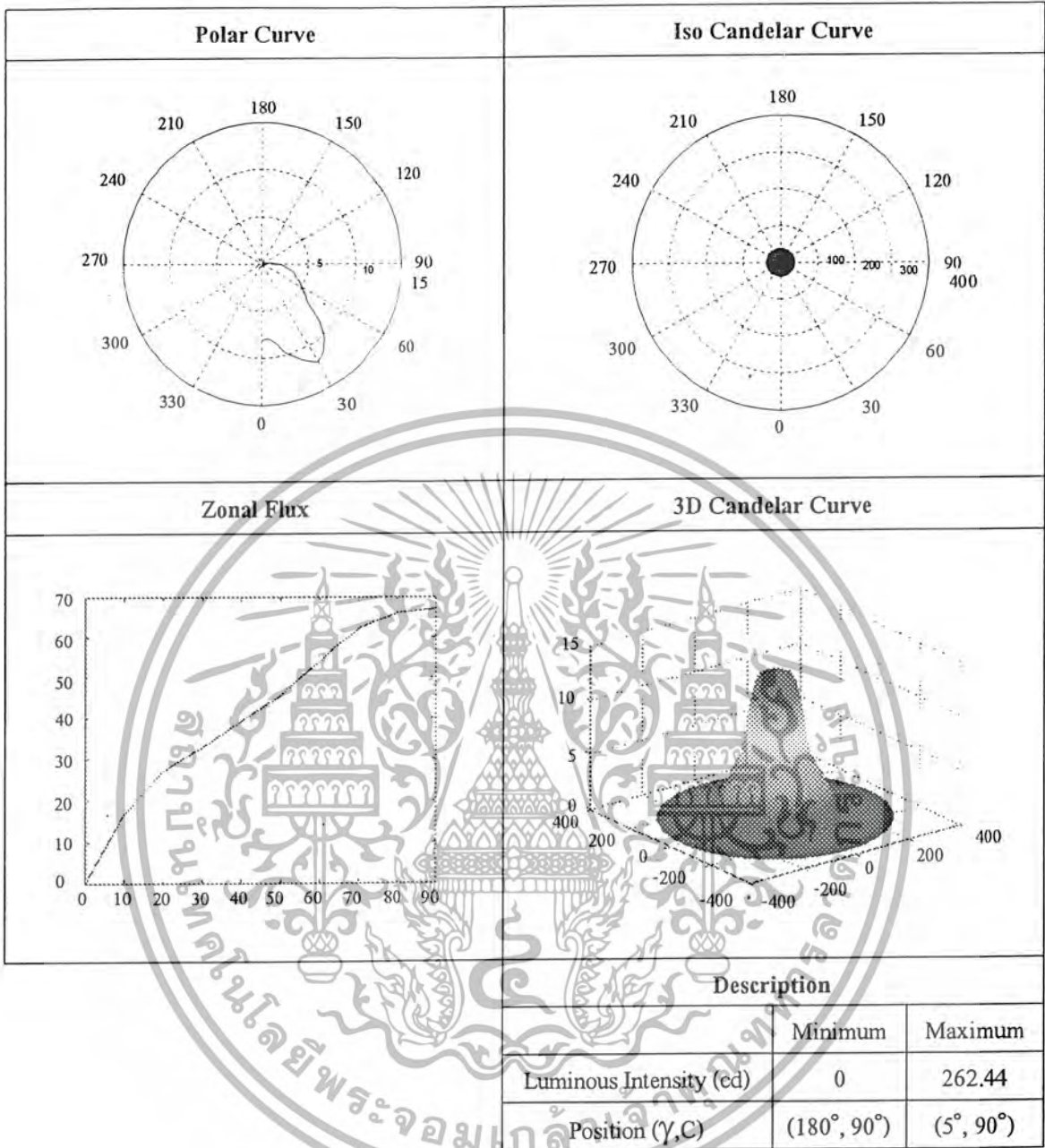
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Level
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	56 (big)
	Electrical Data	
Voltage (V)	24	
Current (A)	0.21	
Power (W)	5.04	

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	229.39	222.59	219.02	224.53	208.98	218.05
5°	222.26	125.71	262.44	94.93	264.38	92.99
10°	127.01	38.23	183.38	27.83	185.33	24.62
15°	42.18	16.56	61.56	13.25	69.66	13.45
20°	17.04	12.93	21.32	11.73	20.15	10.27
25°	12.99	11.60	13.61	10.98	12.90	10.98
30°	11.83	11.02	11.44	10.37	10.92	10.47
35°	10.43	10.43	10.17	10.56	9.72	9.72
40°	9.43	9.82	9.23	9.36	7.94	9.36
45°	8.65	7.19	9.04	8.10	7.16	8.75
50°	8.07	6.54	7.87	8.00	6.67	9.17
55°	7.52	12.25	7.29	7.55	8.62	12.93
60°	10.63	12.70	7.42	7.81	9.95	11.08
65°	9.98	8.94	10.63	5.31	7.10	8.07
70°	6.93	6.09	4.54	3.30	3.34	5.44
75°	3.95	3.76	5.18	3.24	1.94	3.73
80°	1.94	1.81	0.49	3.08	0.55	1.91
85°	0.81	0.84	0.26	2.46	0.49	1.07
90°	0.49	0.32	0.16	0.26	0.26	2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average	Zone Factor	Zone flux
0°	1322.57	220.43		
5°	1062.72	177.12	0.0955	16.91
10°	586.41	97.73		
15°	216.66	36.11	0.2835	10.24
20°	93.44	15.57		
25°	73.06	12.18	0.4629	5.64
30°	66.03	11.01		
35°	61.04	10.17	0.6282	6.39
40°	55.14	9.19		
45°	48.89	8.15	0.7744	6.31
50°	46.33	7.72		
55°	56.15	9.36	0.8972	8.40
60°	59.58	9.93		
65°	50.03	8.34	0.9926	8.28
70°	29.65	4.94		
75°	21.81	3.63	1.0579	3.84
80°	9.78	1.63		
85°	5.93	0.99	1.0911	1.08
90°	3.76	0.63		
Total Flux (lumen)				67.09

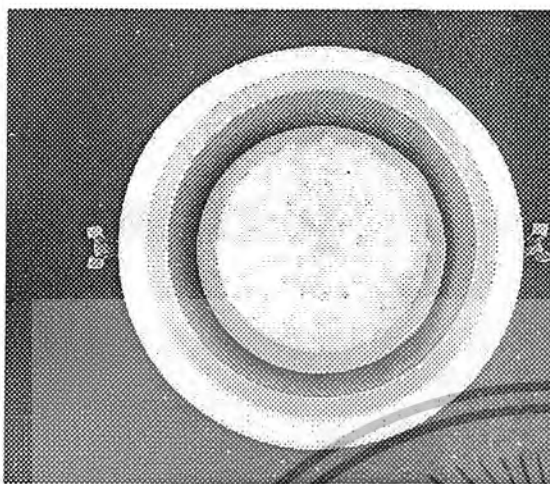
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED (big) 5.04 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.17 LED 5.76 Watt

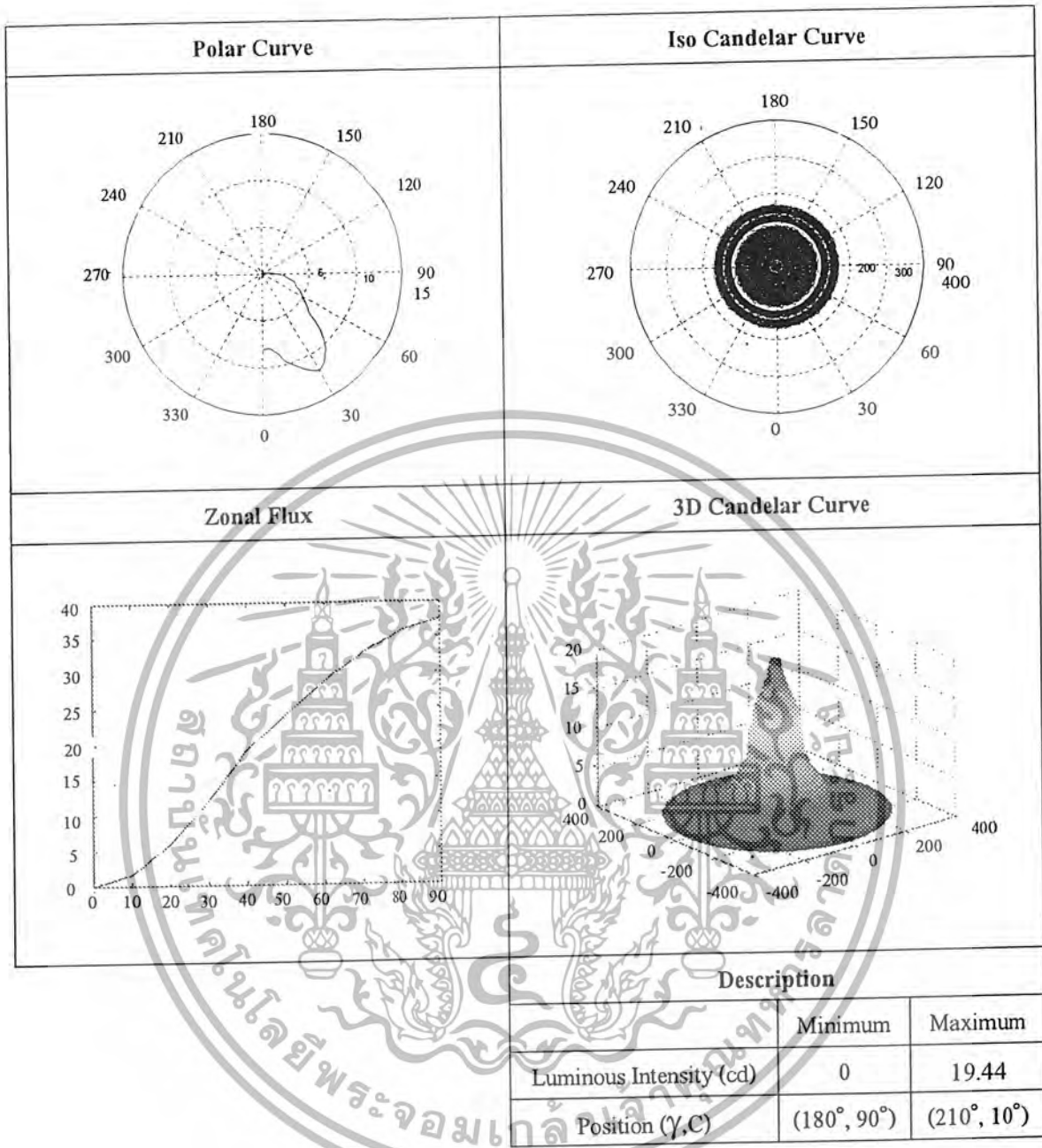
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	64
	Electrical Data	
Voltage (V)	24	
Current (A)	0.24	
Power (W)	5.76	

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	16.85	16.14	18.44	15.91	15.45	15.88
5°	18.24	14.97	17.40	16.75	18.18	15.49
10°	17.66	16.46	16.65	15.94	19.44	15.84
15°	14.64	17.27	14.00	13.32	16.39	15.13
20°	11.89	16.23	13.25	12.77	12.80	12.70
25°	10.69	14.81	13.25	15.07	12.41	12.12
30°	11.28	12.67	13.38	14.32	13.74	11.15
35°	10.17	10.66	12.05	13.15	12.73	9.66
40°	7.78	7.87	9.17	10.50	9.40	7.68
45°	6.12	6.03	7.00	7.32	7.32	4.21
50°	6.87	5.51	5.90	5.44	4.11	5.05
55°	5.67	5.12	5.25	4.96	6.19	4.67
60°	5.28	4.57	4.60	4.50	4.63	4.05
65°	4.70	3.95	4.15	4.02	4.18	3.24
70°	4.21	3.43	3.79	3.34	3.66	2.72
75°	3.53	2.82	3.05	2.82	3.08	2.07
80°	2.79	2.27	2.49	2.14	2.24	1.36
85°	1.94	1.52	1.78	1.46	1.49	1.07
90°	1.26	0.75	0.84	0.65	0.65	0.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	98.66	16.44		
5°	101.02	16.84	0.0955	1.61
10°	102.00	17.00		
15°	90.75	15.13	0.2835	4.29
20°	79.64	13.27		
25°	78.34	13.06	0.4629	6.04
30°	76.53	12.75		
35°	68.43	11.40	0.6282	7.16
40°	52.39	8.73		
45°	38.01	6.33	0.7744	4.91
50°	32.89	5.48		
55°	31.85	5.31	0.8972	4.76
60°	27.64	4.61		
65°	24.24	4.04	0.9926	4.01
70°	21.16	3.53		
75°	17.37	2.89	1.0579	3.06
80°	13.28	2.21		
85°	9.27	1.54	1.0911	1.69
90°	4.70	0.78		
Total Flux (lumen)				37.53

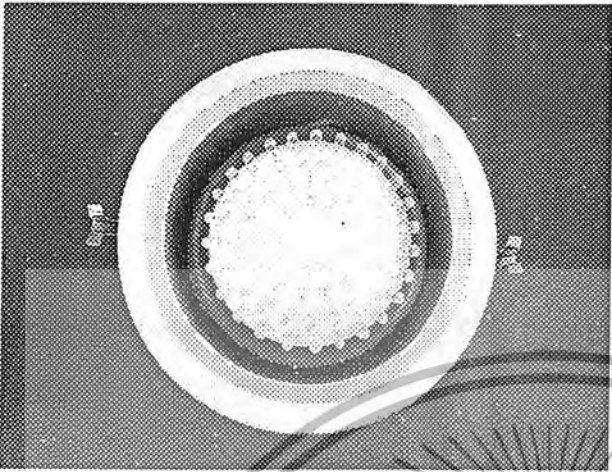
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED 5.76 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.18 LED 6.48 Watt

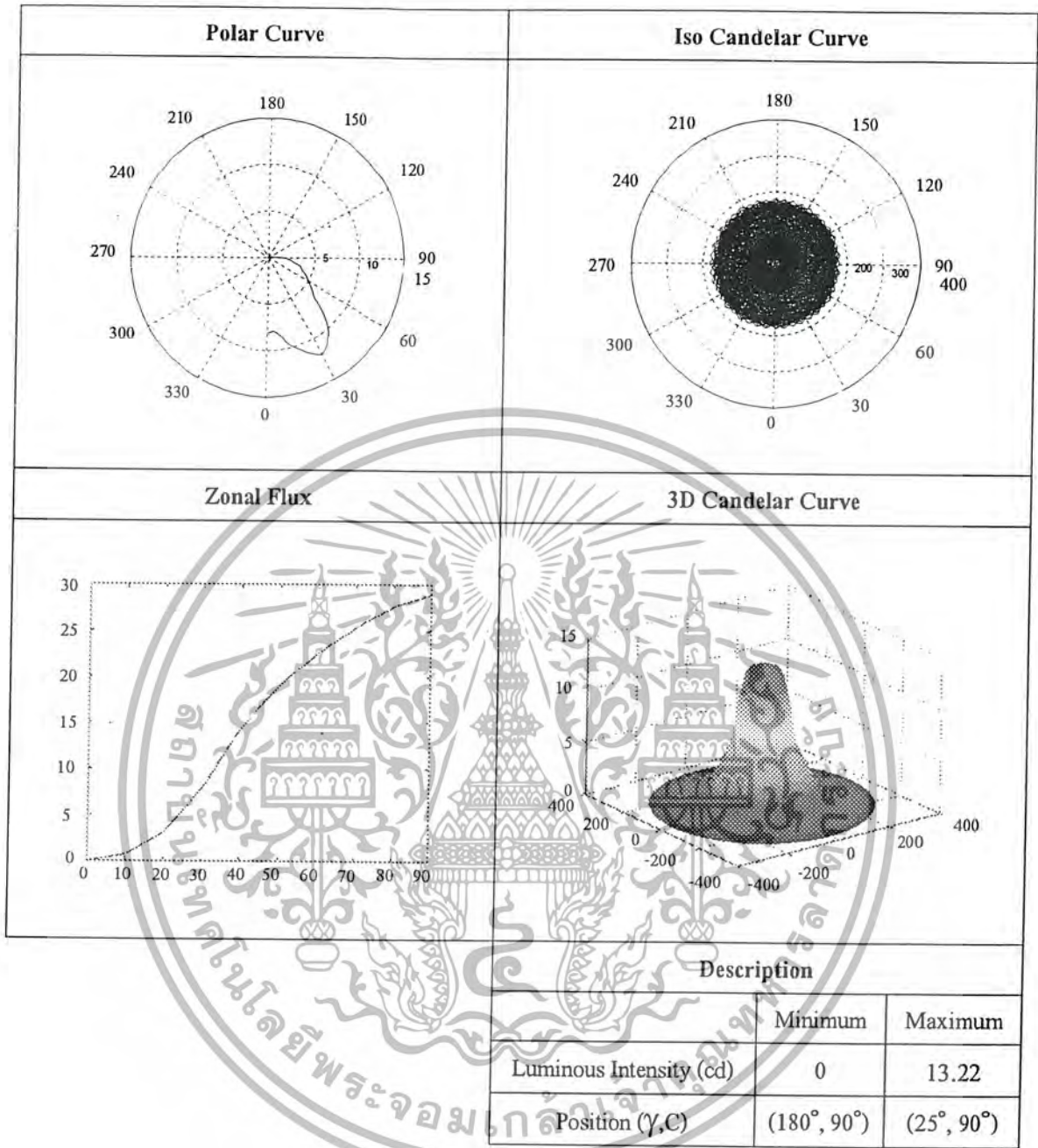
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	72
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.27
	Power (W)	6.48

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	8.10	6.80	5.96	6.09	6.74	6.58
5°	7.94	6.61	6.77	5.80	6.67	6.32
10°	8.59	7.35	7.91	5.67	6.64	7.39
15°	9.78	7.32	10.43	6.87	9.66	7.13
20°	10.53	7.45	12.21	10.56	10.98	6.54
25°	11.40	8.46	13.22	10.89	11.92	6.80
30°	11.96	6.71	11.89	11.47	12.80	9.23
35°	11.47	9.59	10.21	10.24	11.50	8.07
40°	10.40	8.33	9.01	8.00	8.97	6.48
45°	8.72	6.12	7.42	6.48	5.02	3.34
50°	6.35	4.63	5.41	4.54	4.80	3.08
55°	5.70	4.08	4.24	3.05	3.50	2.56
60°	4.96	4.11	3.79	2.72	3.01	2.20
65°	4.50	3.08	3.24	2.01	2.46	1.62
70°	3.86	2.79	2.88	1.56	2.14	1.26
75°	3.69	1.98	2.62	1.13	2.07	1.10
80°	2.82	1.62	2.07	0.75	2.01	0.55
85°	2.27	0.94	1.56	0.49	1.78	0.39
90°	1.49	0.71	0.78	0.32	0.97	0.32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกมัดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	40.27	6.71		
5°	40.11	6.69	0.0955	0.64
10°	43.55	7.26		
15°	51.19	8.53	0.2835	2.42
20°	58.29	9.71		
25°	62.69	10.45	0.4629	4.84
30°	64.05	10.68		
35°	61.07	10.18	0.6282	6.39
40°	51.19	8.53		
45°	37.10	6.18	0.7744	4.79
50°	28.80	4.80		
55°	23.13	3.86	0.8972	3.46
60°	20.80	3.47		
65°	16.91	2.82	0.9926	2.80
70°	14.48	2.41		
75°	12.60	2.10	1.0579	2.22
80°	9.82	1.64		
85°	7.42	1.24	1.0911	1.35
90°	4.60	0.77		
Total Flux (lumen)				28.91

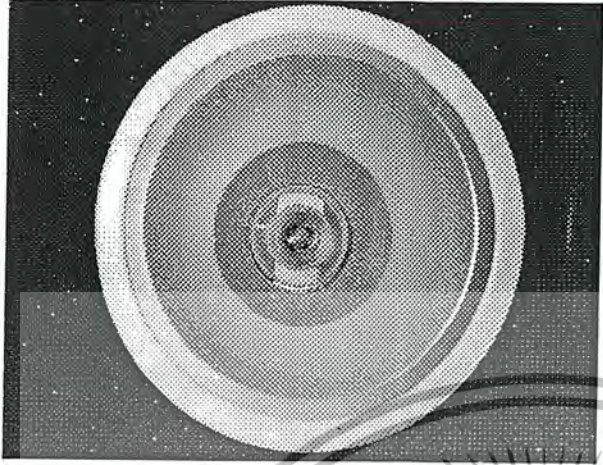
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED 6.48 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.19 Incandescent 25 Watt

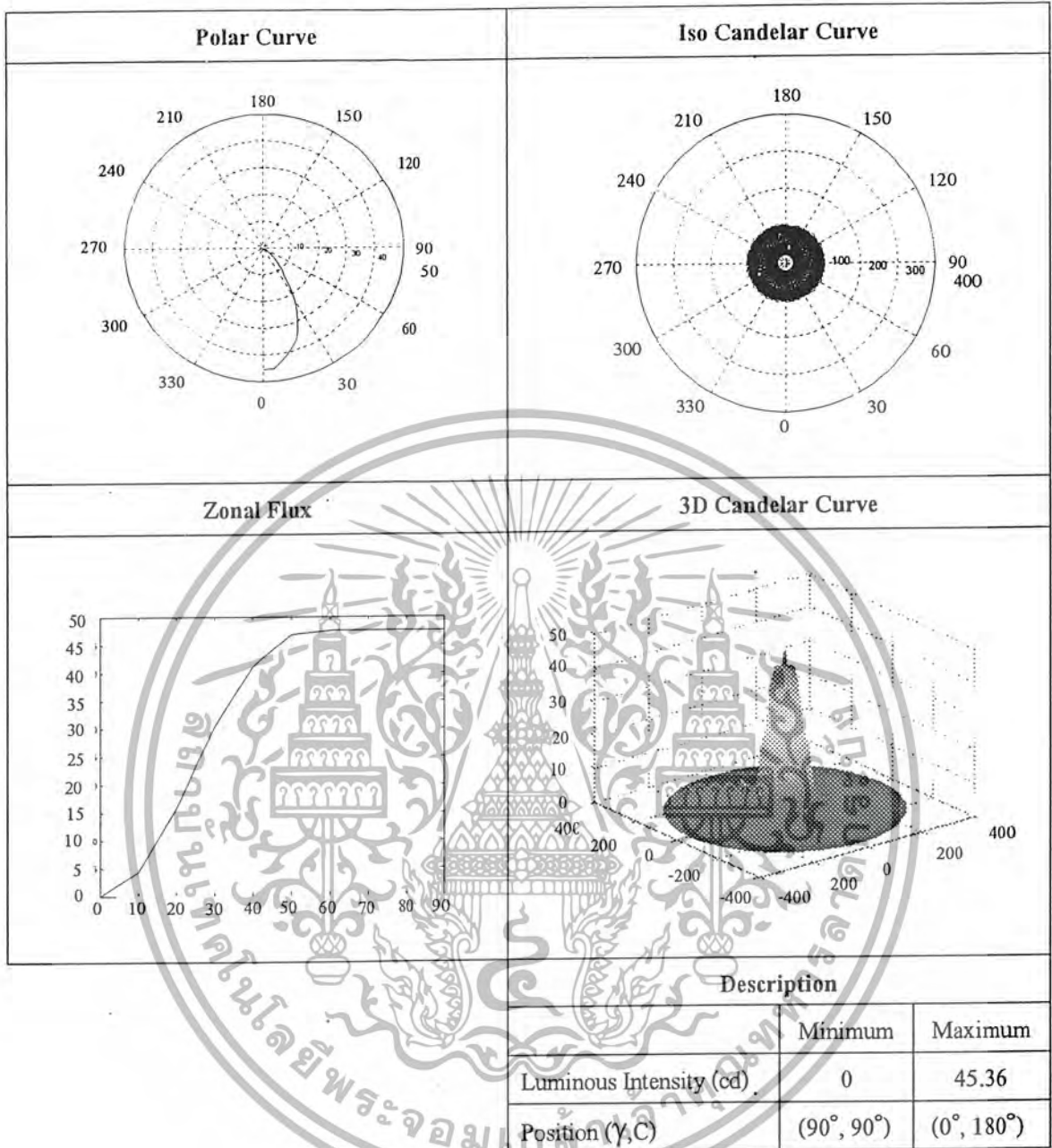
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classic tone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	208.13
	Current (A)	0.123
	Power (W)	25.6

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	45.36	45.36	45.36	45.36	45.36	45.36
5°	45.36	45.36	45.36	45.36	45.36	45.36
10°	42.12	42.12	42.12	45.36	43.74	42.12
15°	38.88	38.88	38.88	42.12	42.12	42.12
20°	35.64	35.64	35.64	38.88	38.88	38.88
25°	29.16	29.16	29.16	35.64	34.02	32.40
30°	22.68	22.68	22.68	29.16	27.54	25.92
35°	12.96	14.58	16.20	19.44	19.44	19.44
40°	9.72	9.72	9.72	12.96	12.96	12.96
45°	6.48	6.48	6.48	9.72	8.10	6.48
50°	3.24	3.24	3.24	6.48	4.86	3.24
55°	0.00	0.00	0.00	3.24	1.62	0.00
60°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
65°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	181.44	45.36		
5°	181.44	45.36	0.0955	4.33
10°	171.72	42.93		
15°	162.00	40.50	0.2835	11.48
20°	149.04	37.26		
25°	126.36	31.59	0.4629	14.62
30°	100.44	25.11		
35°	68.04	17.01	0.6282	10.69
40°	45.36	11.34		
45°	29.16	7.29	0.7744	5.65
50°	16.20	4.05		
55°	3.24	0.81	0.8972	0.73
60°	0.00	0.00		
65°	0.00	0.00	0.9926	0.00
70°	0.00	0.00		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				47.49

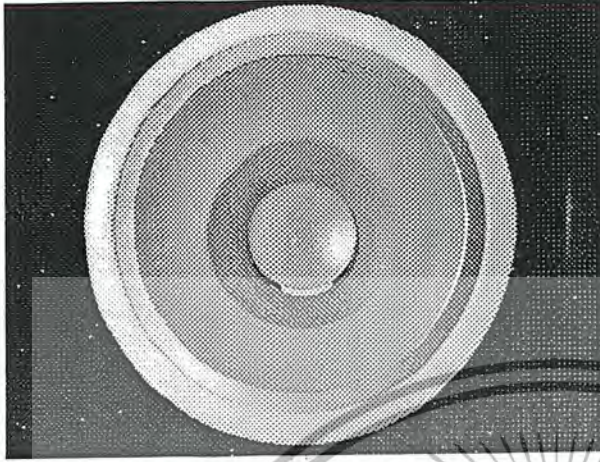
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 25 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No. 20 Incandescent 25 Watt

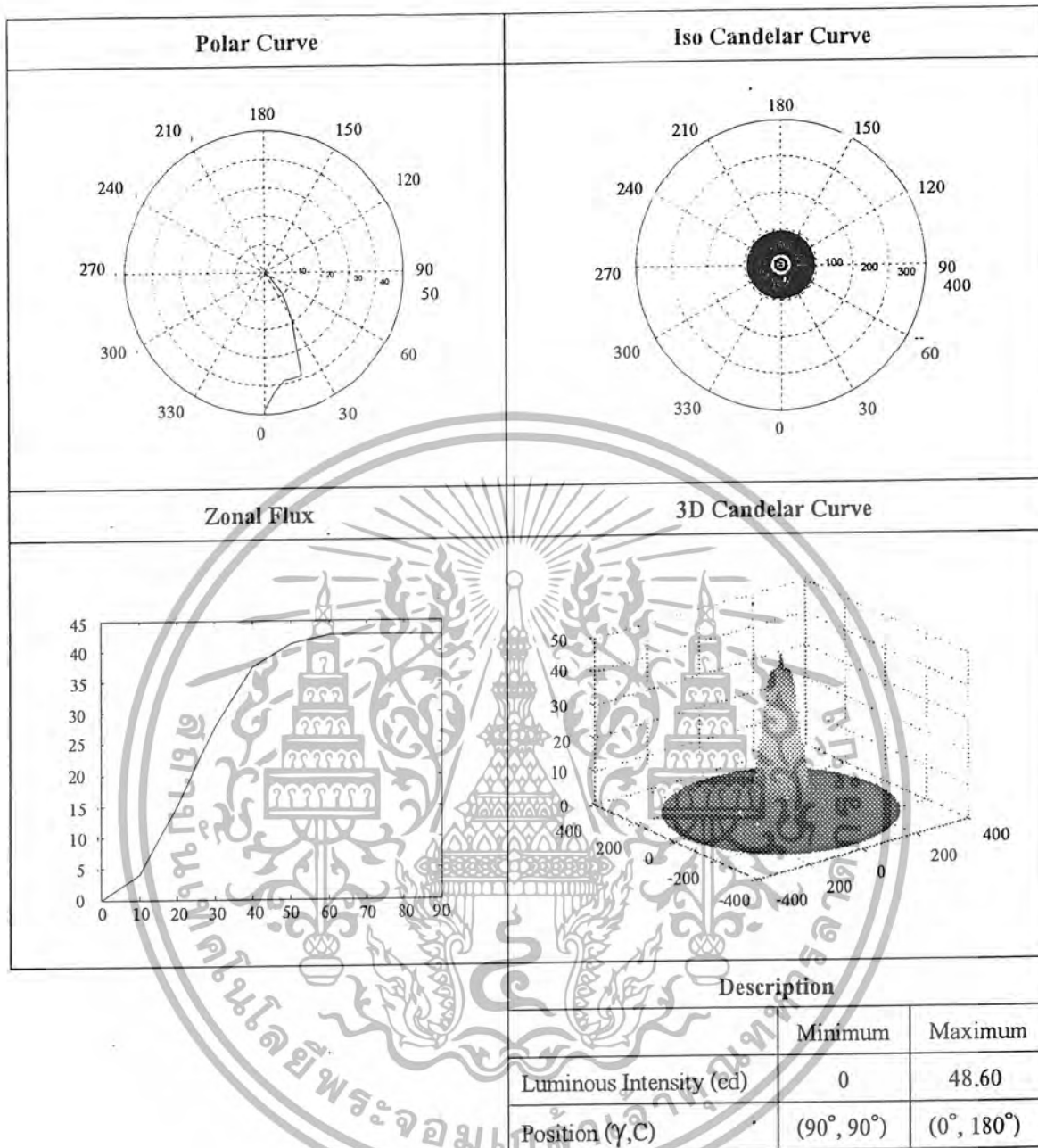
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classic tone-softone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	224.14	
Current (A)	0.116	
Power (W)	26	

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus \alpha$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	48.60	48.60	48.60	48.60	48.60	48.60
5°	42.12	42.12	42.12	42.12	42.12	42.12
10°	38.88	40.50	42.12	42.12	37.26	32.40
15°	38.88	40.50	42.12	42.12	37.26	32.40
20°	38.88	35.64	32.40	38.88	35.64	32.40
25°	25.92	25.92	25.92	29.16	29.16	29.16
30°	19.44	21.06	22.68	19.44	21.06	22.68
35°	12.96	14.58	16.20	12.96	16.20	19.44
40°	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72
45°	3.24	4.86	6.48	3.24	4.86	6.48
50°	3.24	3.24	3.24	0.00	1.62	3.24
55°	0.00	1.62	3.24	0.00	1.62	3.24
60°	0.00	1.62	3.24	0.00	0.00	0.00
65°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	194.40	48.60		
5°	168.48	42.12	0.0955	4.02
10°	155.52	38.88		
15°	155.52	38.88	0.2835	11.02
20°	142.56	35.64		
25°	110.16	27.54	0.4629	12.75
30°	84.24	21.06		
35°	61.56	15.39	0.6282	9.67
40°	38.88	9.72		
45°	19.44	4.86	0.7744	3.76
50°	9.72	2.43		
55°	6.48	1.62	0.8972	1.45
60°	3.24	0.81		
65°	0.00	0.00	0.9926	0.00
70°	0.00	0.00		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				42.68

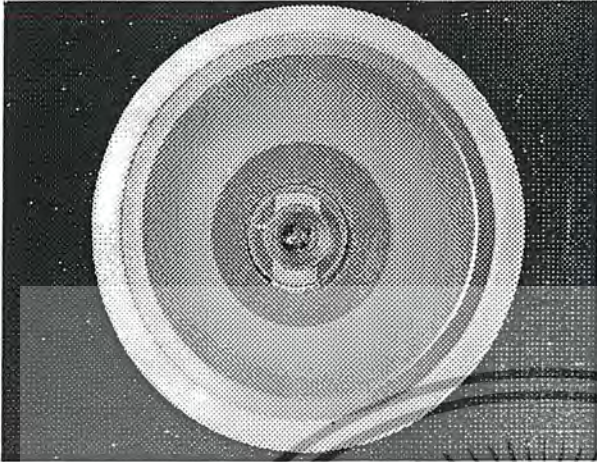
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 25 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.21 Incandescent 40 Watt

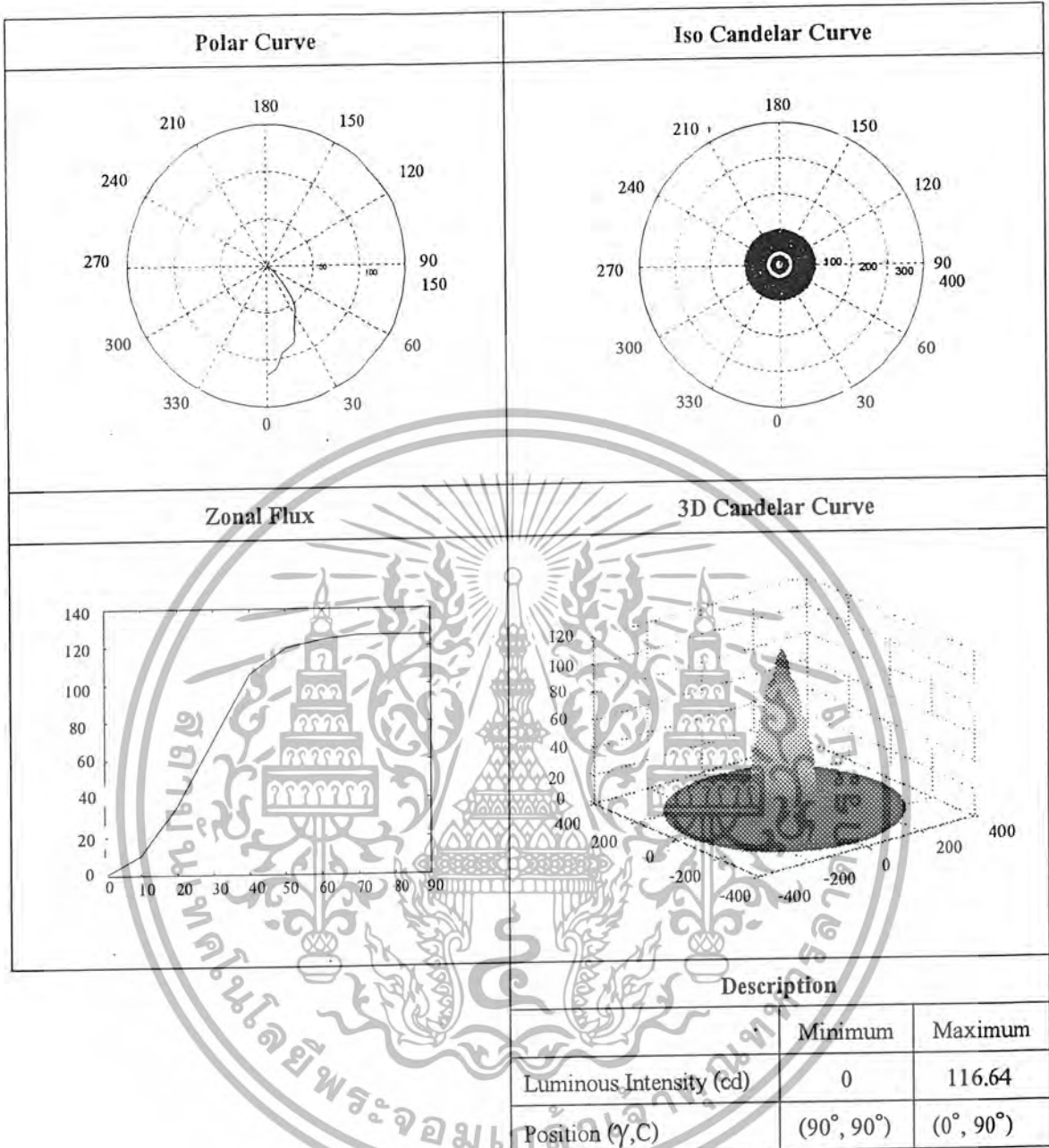
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	198.02	
Current (A)	0.192	
Power (W)	38	

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	116.64	116.64	116.64	116.64	116.64	116.64
5°	110.16	111.78	113.40	110.16	110.16	110.16
10°	93.96	100.44	106.92	100.44	98.82	97.20
15°	90.72	90.72	90.72	90.72	92.34	93.96
20°	87.48	89.10	90.72	87.48	89.10	90.72
25°	71.28	77.76	84.24	71.28	69.66	68.04
30°	61.56	64.80	68.04	61.56	63.18	64.80
35°	55.08	59.94	64.80	35.64	50.22	64.80
40°	38.88	43.74	48.60	12.96	24.30	35.64
45°	16.20	29.16	42.12	6.48	6.48	6.48
50°	12.96	11.34	9.72	6.48	6.48	6.48
55°	3.24	4.86	6.48	3.24	4.86	6.48
60°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
65°	3.24	3.24	3.24	0.00	1.62	3.24
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	699.84	116.64		
5°	665.82	110.97	0.0955	10.60
10°	597.78	99.63		
15°	549.18	91.53	0.2835	25.95
20°	534.60	89.10		
25°	442.26	73.71	0.4629	34.12
30°	383.94	63.99		
35°	330.48	55.08	0.6282	34.60
40°	204.12	34.02		
45°	106.92	17.82	0.7744	13.80
50°	53.46	8.91		
55°	29.16	4.86	0.8972	4.36
60°	19.44	3.24		
65°	14.58	2.43	0.9926	2.41
70°	0.00	0.00		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				125.84

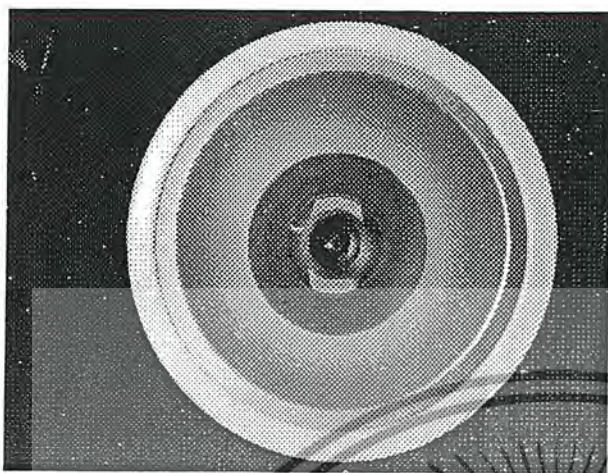
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 40 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.22 Incandescent 40 Watt

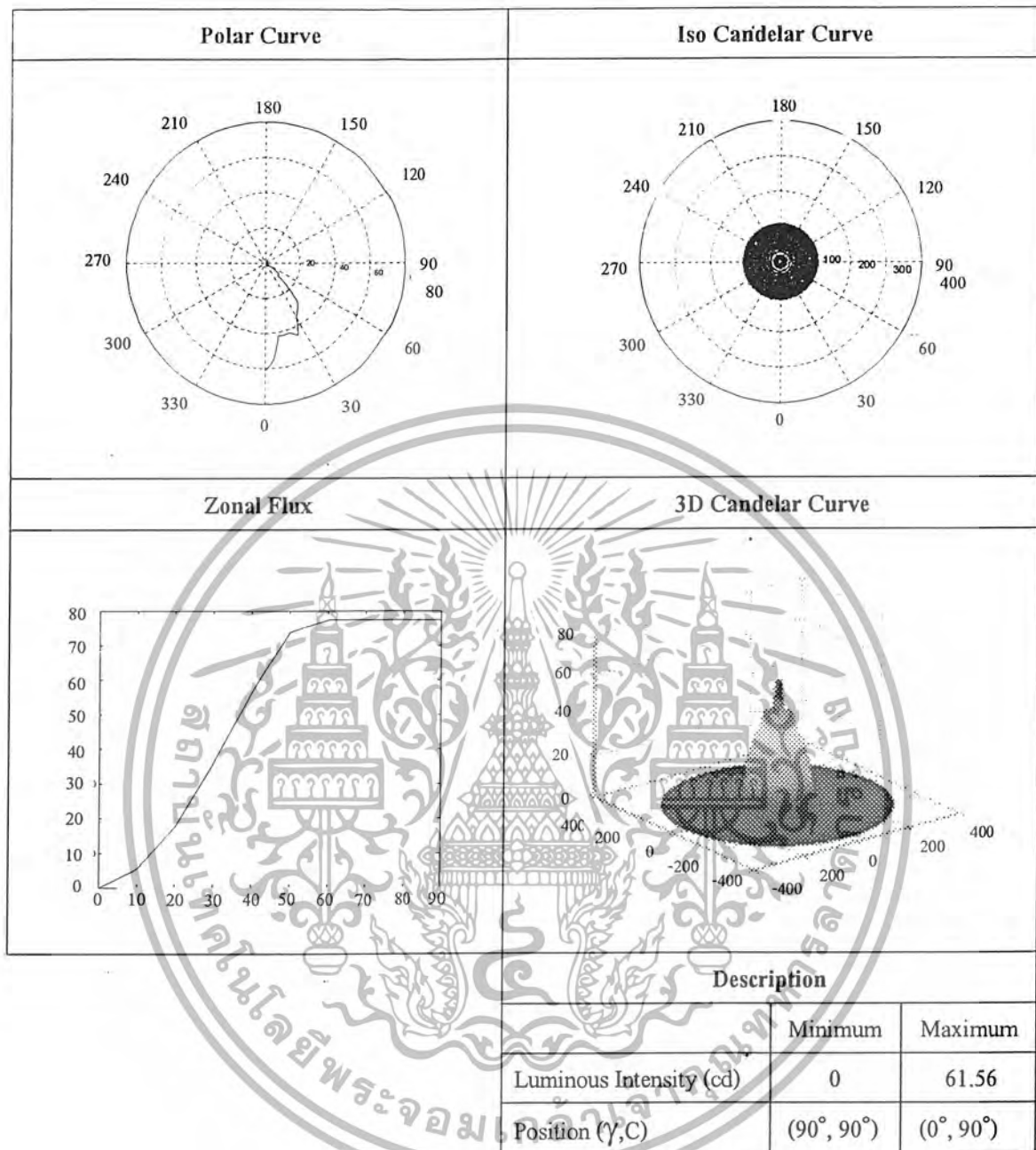
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Daylight Blue
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	214.29
	Current (A)	0.182
	Power (W)	39

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	61.56	61.56	61.56	61.56	61.56	61.56
5°	55.08	58.32	61.56	51.84	53.46	55.08
10°	42.12	43.74	45.36	42.12	43.74	45.36
15°	42.12	43.74	45.36	38.88	42.12	45.36
20°	42.12	42.12	42.12	38.88	38.88	38.88
25°	45.36	42.12	38.88	38.88	37.26	35.64
30°	35.64	37.26	38.88	35.64	35.64	35.64
35°	32.40	34.02	35.64	25.92	30.78	35.64
40°	29.16	30.78	32.40	25.92	25.92	25.92
45°	9.72	19.44	29.16	25.92	25.92	25.92
50°	9.72	11.34	12.96	9.72	11.34	12.96
55°	3.24	4.86	6.48	3.24	3.24	3.24
60°	0.00	0.00	0.00	3.24	1.62	0.00
65°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	369.36	61.56		
5°	335.34	55.89	0.0955	5.34
10°	262.44	43.74		
15°	257.58	42.93	0.2835	12.17
20°	243.00	40.50		
25°	238.14	39.69	0.4629	18.37
30°	218.70	36.45		
35°	194.40	32.40	0.6282	20.35
40°	170.10	28.35		
45°	136.08	22.68	0.7744	17.56
50°	68.04	11.34		
55°	24.30	4.05	0.8972	3.63
60°	4.86	0.81		
65°	0.00	0.00	0.9926	0.00
70°	0.00	0.00		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				77.43

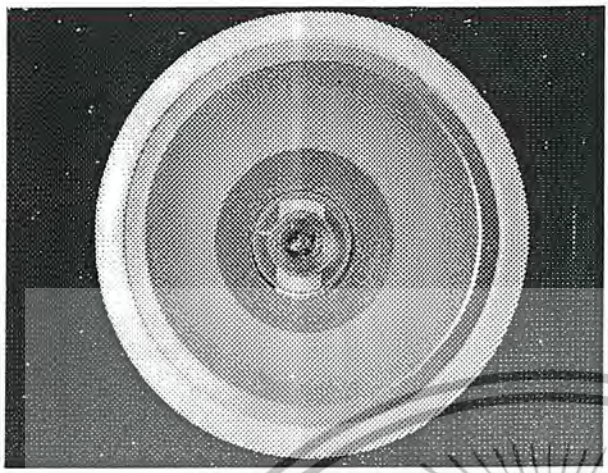
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 40 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.23 Incandescent 60 Watt

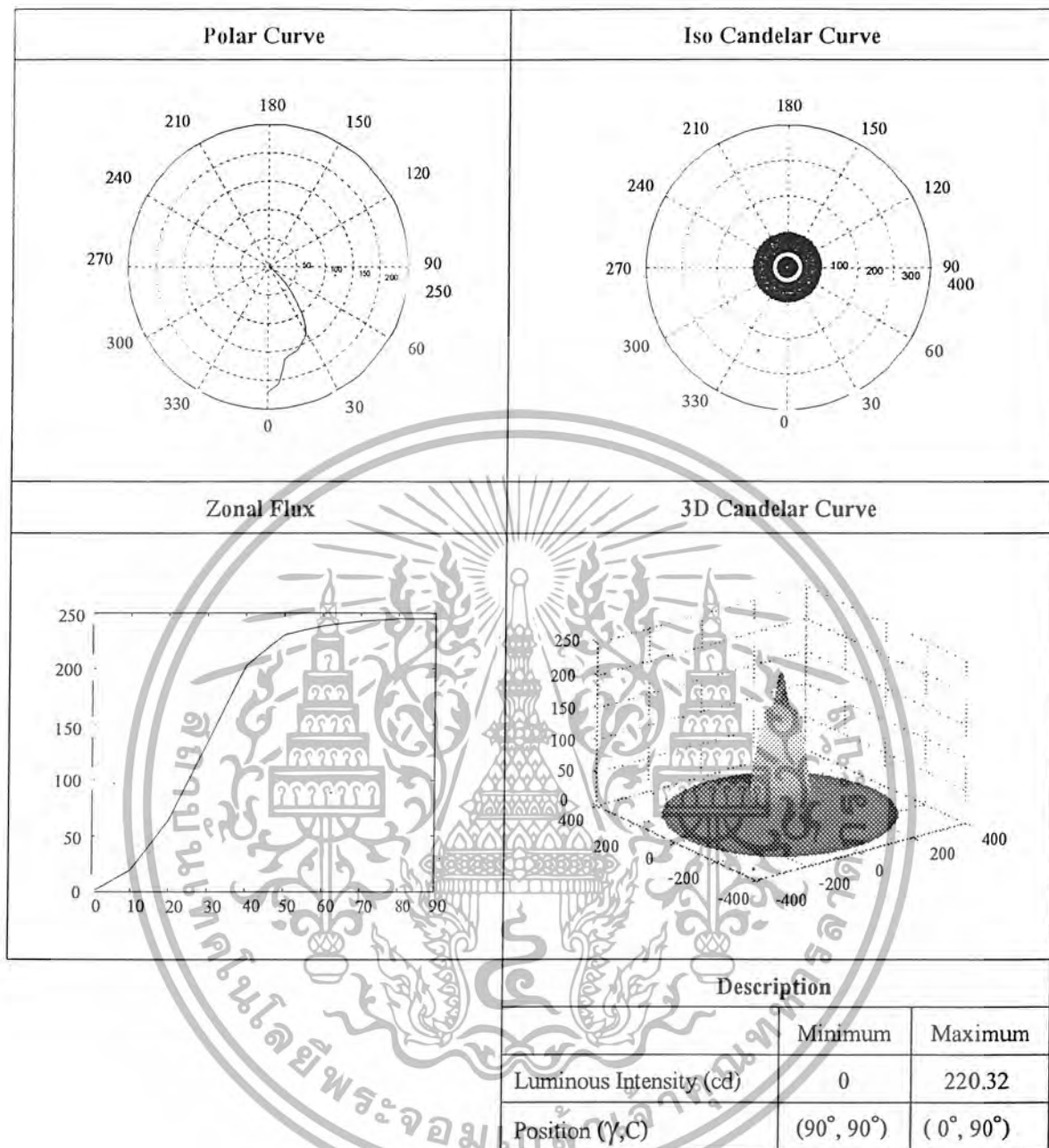
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	200
	Current (A)	0.28
	Power (W)	56

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	220.32	220.32	220.32	220.32	220.32	220.32
5°	207.36	208.98	210.60	210.60	192.78	174.96
10°	165.24	168.48	171.72	178.20	166.86	155.52
15°	158.76	157.14	155.52	162.00	155.52	149.04
20°	155.52	155.52	155.52	155.52	150.66	145.80
25°	145.80	150.66	155.52	155.52	145.80	136.08
30°	136.08	129.60	123.12	126.36	115.02	103.68
35°	110.16	116.64	123.12	113.40	106.92	100.44
40°	71.28	64.80	58.32	87.48	77.76	68.04
45°	38.88	27.54	16.20	48.60	45.36	42.12
50°	12.96	12.96	12.96	19.44	16.20	12.96
55°	9.72	9.72	9.72	9.72	8.10	6.48
60°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
65°	3.24	3.24	3.24	6.48	4.86	3.24
70°	3.24	3.24	3.24	6.48	4.86	3.24
75°	3.24	1.62	0.00	3.24	3.24	3.24
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	1321.92	220.32		
5°	1205.28	200.88	0.0955	19.18
10°	1006.02	167.67		
15°	937.98	156.33	0.2835	44.32
20°	918.54	153.09		
25°	889.38	148.23	0.4629	68.62
30°	733.86	122.31		
35°	670.68	111.78	0.6282	70.22
40°	427.68	71.28		
45°	218.70	36.45	0.7744	28.23
50°	87.48	14.58		
55°	53.46	8.91	0.8972	7.99
60°	38.88	6.48		
65°	24.30	4.05	0.9926	4.02
70°	24.30	4.05		
75°	14.58	2.43	1.0579	2.57
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				245.15

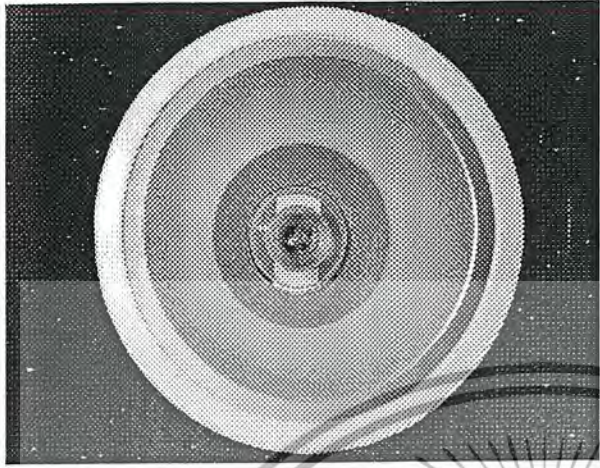
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 60 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.24 Incandescent 100 Watt

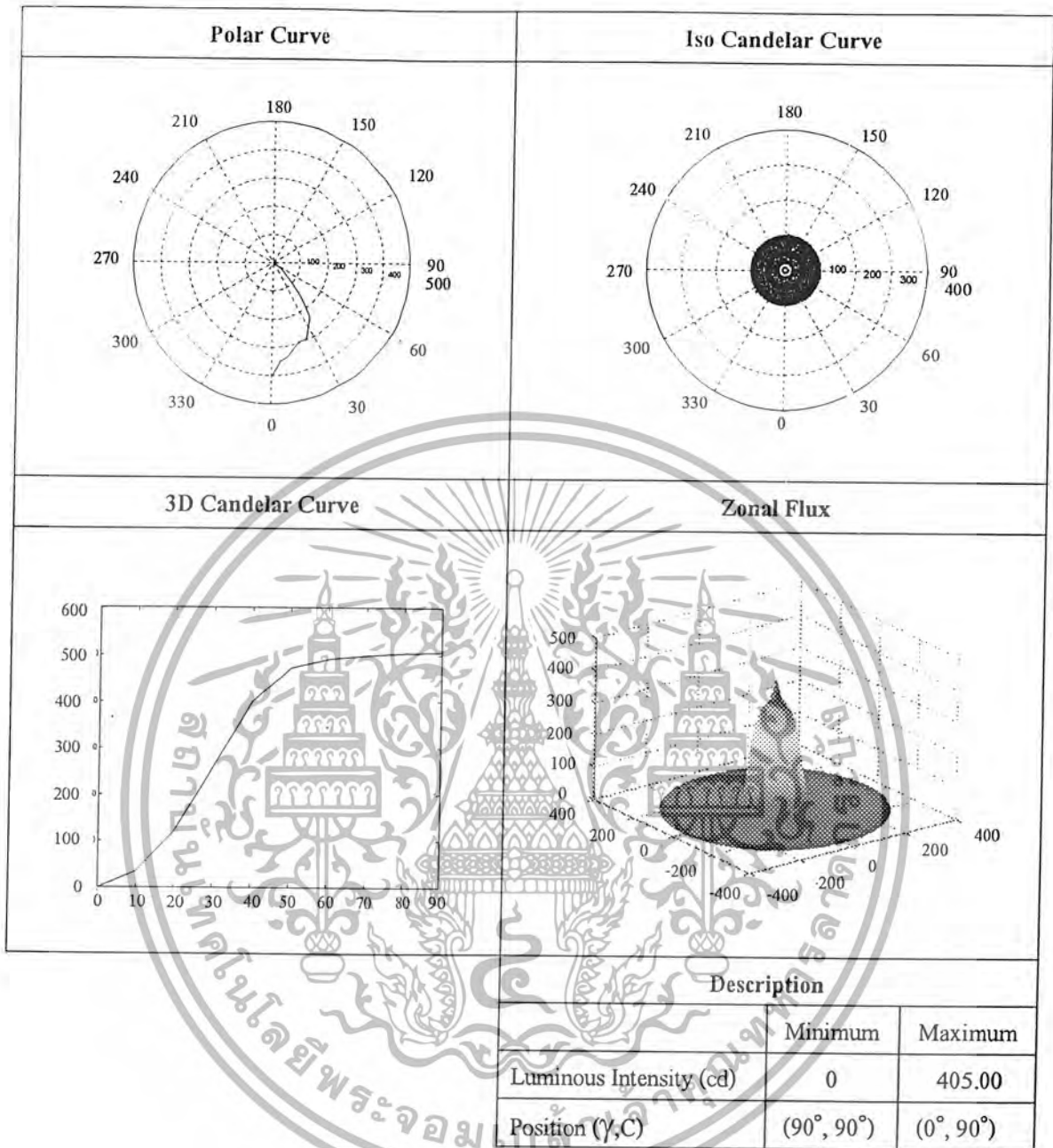
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	201.49	
Current (A)	0.47	
Power (W)	94.7	

$\gamma \setminus C$	Luminous Intensity (cd)					
	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	405.00	405.00	405.00	405.00	405.00	405.00
5°	349.92	353.16	356.40	366.12	367.74	369.36
10°	336.96	338.58	340.20	327.24	333.72	340.20
15°	314.28	312.66	311.04	288.36	307.80	327.24
20°	294.84	294.84	294.84	281.88	298.08	314.28
25°	298.08	299.70	301.32	294.84	294.84	294.84
30°	262.44	265.68	268.92	233.28	243.00	252.72
35°	236.52	231.66	226.80	200.88	213.84	226.80
40°	168.48	153.90	139.32	165.24	145.80	126.36
45°	97.20	84.24	71.28	106.92	102.06	97.20
50°	42.12	38.88	35.64	45.36	34.02	22.68
55°	19.44	19.44	19.44	19.44	21.06	22.68
60°	12.96	11.34	9.72	9.72	9.72	9.72
65°	6.48	6.48	6.48	9.72	9.72	9.72
70°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
75°	3.24	4.86	6.48	6.48	4.86	3.24
80°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
85°	3.24	3.24	3.24	3.24	1.62	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	2430.00	405.00		
5°	2162.70	360.45	0.0955	34.42
10°	2016.90	336.15		
15°	1861.38	310.23	0.2835	87.95
20°	1778.76	296.46		
25°	1783.62	297.27	0.4629	137.61
30°	1526.04	254.34		
35°	1336.50	222.75	0.6282	139.93
40°	899.10	149.85		
45°	558.90	93.15	0.7744	72.14
50°	218.70	36.45		
55°	121.50	20.25	0.8972	18.17
60°	63.18	10.53		
65°	48.60	8.10	0.9926	8.04
70°	38.88	6.48		
75°	29.16	4.86	1.0579	5.14
80°	19.44	3.24		
85°	14.58	2.43	1.0911	2.65
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				506.05

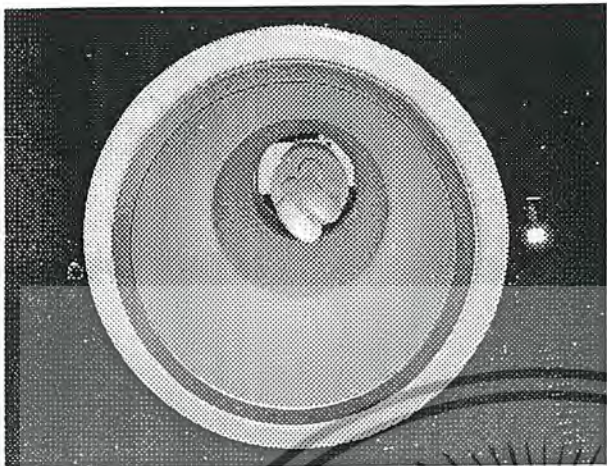
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 100 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.25 Compactfluorescent 5 Watt

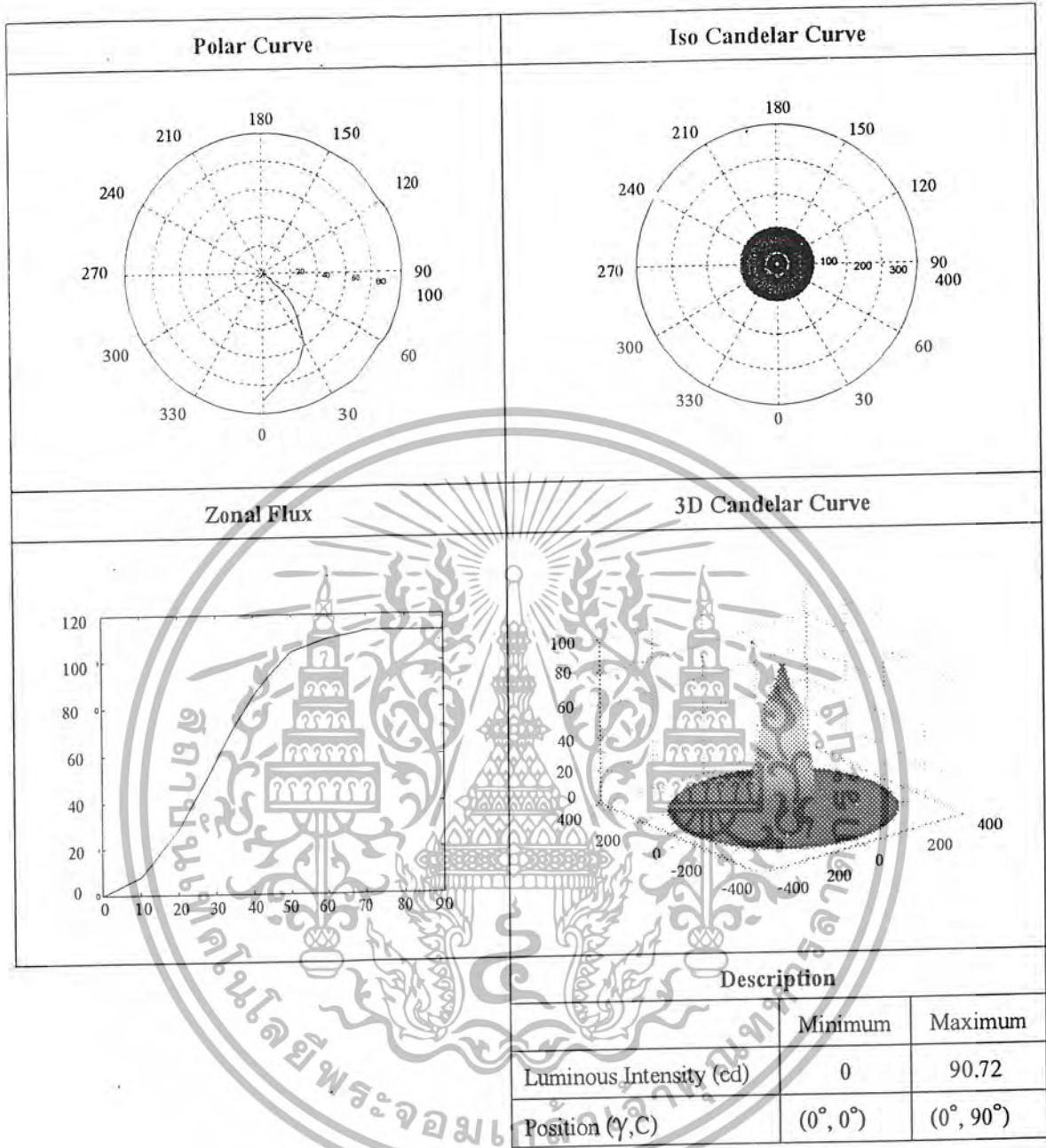
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	210.54
	Current (A)	0.025
	Power (W)	5.26

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	90.72	90.72	90.72	90.72	90.72	90.72
5°	84.24	81.00	77.76	87.48	82.62	77.76
10°	77.76	76.14	74.52	81.00	74.52	68.04
15°	74.52	72.90	71.28	74.52	69.66	64.80
20°	71.28	68.04	64.80	71.28	66.42	61.56
25°	64.80	64.80	64.80	68.04	61.56	55.08
30°	58.32	61.56	64.80	58.32	51.84	45.36
35°	45.36	48.60	51.84	45.36	42.12	38.88
40°	35.64	35.64	35.64	32.40	32.40	32.40
45°	25.92	25.92	25.92	22.68	21.06	19.44
50°	12.96	12.96	12.96	12.96	9.72	6.48
55°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
60°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
65°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
70°	3.24	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	544.32	90.72		
5°	490.86	81.81	0.0955	7.81
10°	451.98	75.33		
15°	427.68	71.28	0.2835	20.21
20°	403.38	67.23		
25°	379.08	63.18	0.4629	29.25
30°	340.20	56.70		
35°	272.16	45.36	0.6282	28.50
40°	204.12	34.02		
45°	140.94	23.49	0.7744	18.19
50°	68.04	11.34		
55°	38.88	6.48	0.8972	5.81
60°	19.44	3.24		
65°	19.44	3.24	0.9926	3.22
70°	4.86	0.81		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				112.98

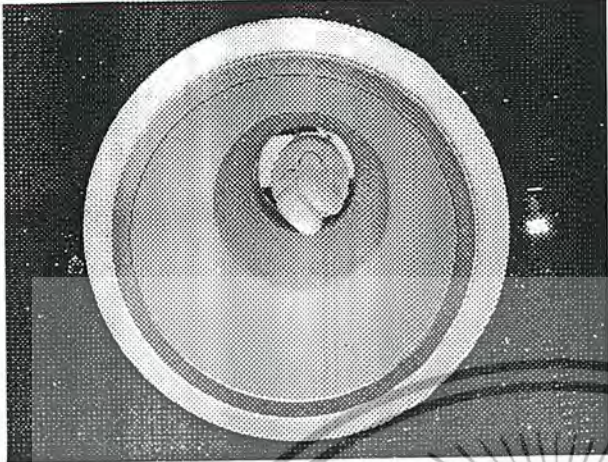
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 5 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.26 Compactfluorescent 8 Watt

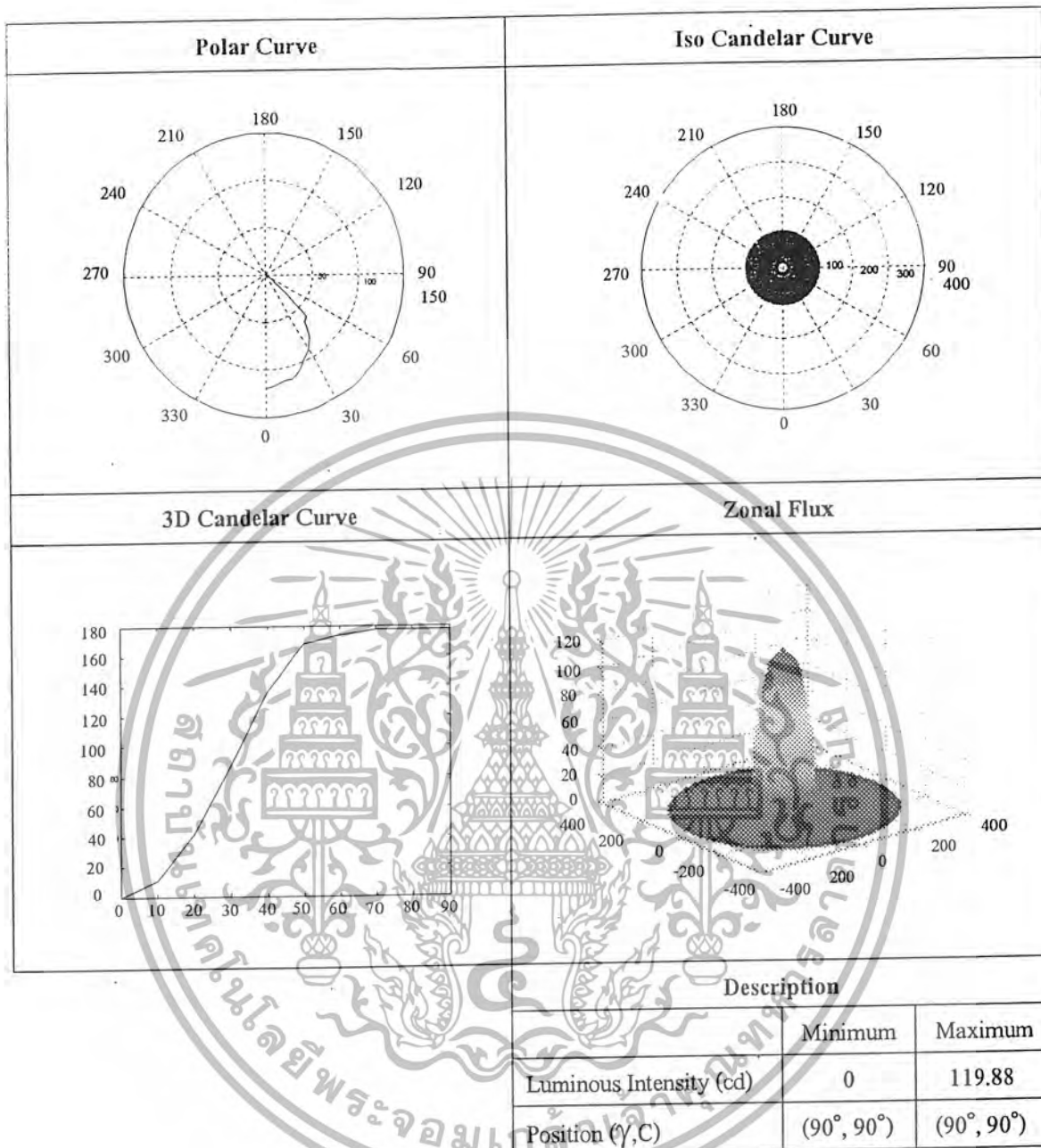
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	213.33	
Current (A)	0.045	
Power (W)	9.6	

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	119.88	119.88	119.88	119.88	119.88	119.88
5°	116.64	113.40	110.16	116.64	116.64	116.64
10°	113.40	110.16	106.92	110.16	111.78	113.40
15°	113.40	106.92	100.44	106.92	110.16	113.40
20°	106.92	103.68	100.44	100.44	105.30	110.16
25°	97.20	97.20	97.20	93.96	100.44	106.92
30°	90.72	90.72	90.72	84.24	90.72	97.20
35°	81.00	79.38	77.76	68.04	76.14	84.24
40°	64.80	63.18	61.56	45.36	53.46	61.56
45°	61.56	50.22	38.88	25.92	32.40	38.88
50°	12.96	16.20	19.44	12.96	16.20	19.44
55°	9.72	8.10	6.48	3.24	4.86	6.48
60°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
65°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
70°	3.24	1.62	0.00	3.24	1.62	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	719.28	119.88		
5°	690.12	115.02	0.0955	10.98
10°	665.82	110.97		
15°	651.24	108.54	0.2835	30.77
20°	626.94	104.49		
25°	592.92	98.82	0.4629	45.74
30°	544.32	90.72		
35°	466.56	77.76	0.6282	48.85
40°	349.92	58.32		
45°	247.86	41.31	0.7744	31.99
50°	97.20	16.20		
55°	38.88	6.48	0.8972	5.81
60°	19.44	3.24		
65°	19.44	3.24	0.9926	3.22
70°	9.72	1.62		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				177.37

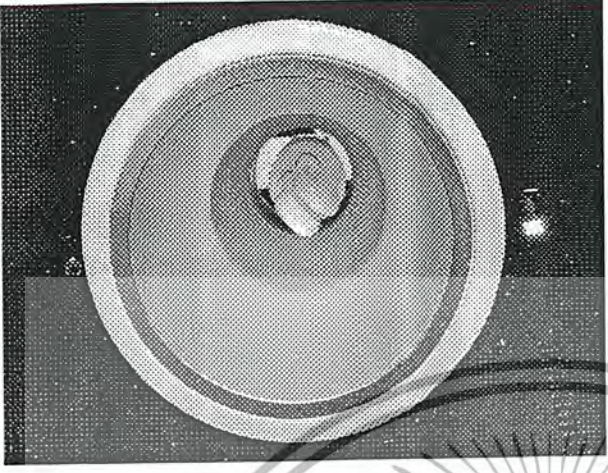
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 8 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.27 Compactfluorescent 8 Watt

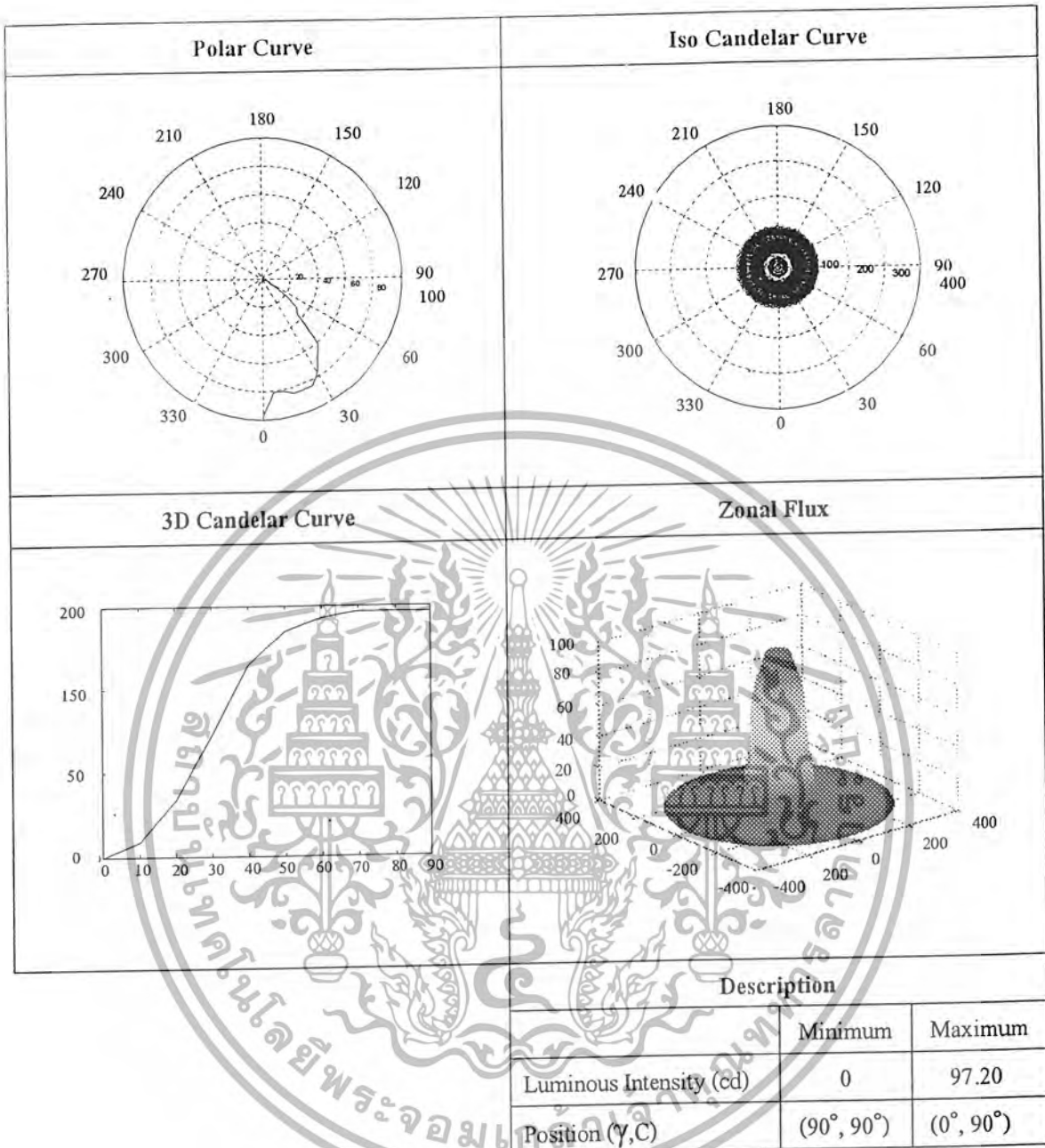
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Cool Daylight
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	240
	Current (mA)	0.04
	Power (W)	9.6

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	97.20	97.20	97.20	97.20	97.20	97.20
5°	81.00	89.10	97.20	90.72	93.96	97.20
10°	81.00	89.10	97.20	84.24	90.72	97.20
15°	84.24	90.72	97.20	84.24	85.86	87.48
20°	84.24	90.72	97.20	81.00	84.24	87.48
25°	84.24	87.48	90.72	77.76	79.38	81.00
30°	77.76	81.00	84.24	68.04	72.90	77.76
35°	68.04	74.52	81.00	58.32	59.94	61.56
40°	61.56	64.80	68.04	45.36	53.46	61.56
45°	35.64	35.64	35.64	19.44	16.20	12.96
50°	32.40	25.92	19.44	9.72	11.34	12.96
55°	16.20	11.34	6.48	6.48	6.48	6.48
60°	6.48	6.48	6.48	3.24	4.86	6.48
65°	6.48	4.86	3.24	3.24	3.24	3.24
70°	3.24	1.62	0.00	0.00	1.62	3.24
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	583.20	97.20		
5°	549.18	91.53	0.0955	8.74
10°	539.46	89.91		
15°	529.74	88.29	0.2835	25.03
20°	524.88	87.48		
25°	500.58	83.43	0.4629	38.62
30°	461.70	76.95		
35°	403.38	67.23	0.6282	42.23
40°	354.78	59.13		
45°	315.52	25.92	0.7744	20.07
50°	111.78	18.63		
55°	53.46	8.91	0.8972	7.99
60°	34.02	5.67		
65°	24.30	4.05	0.9926	4.02
70°	9.72	1.62		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				146.71

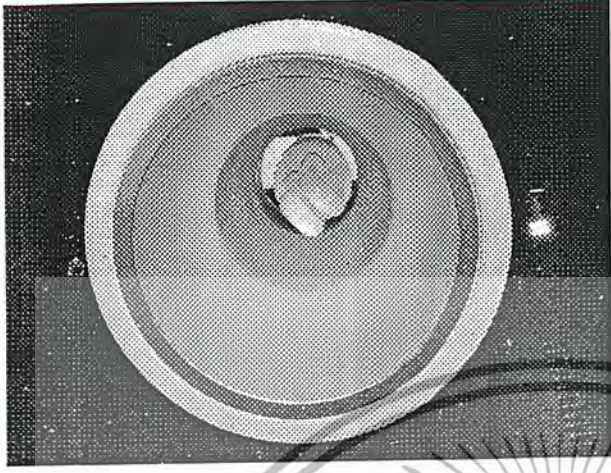
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 8 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.28 Compactfluorescent 11 Watt

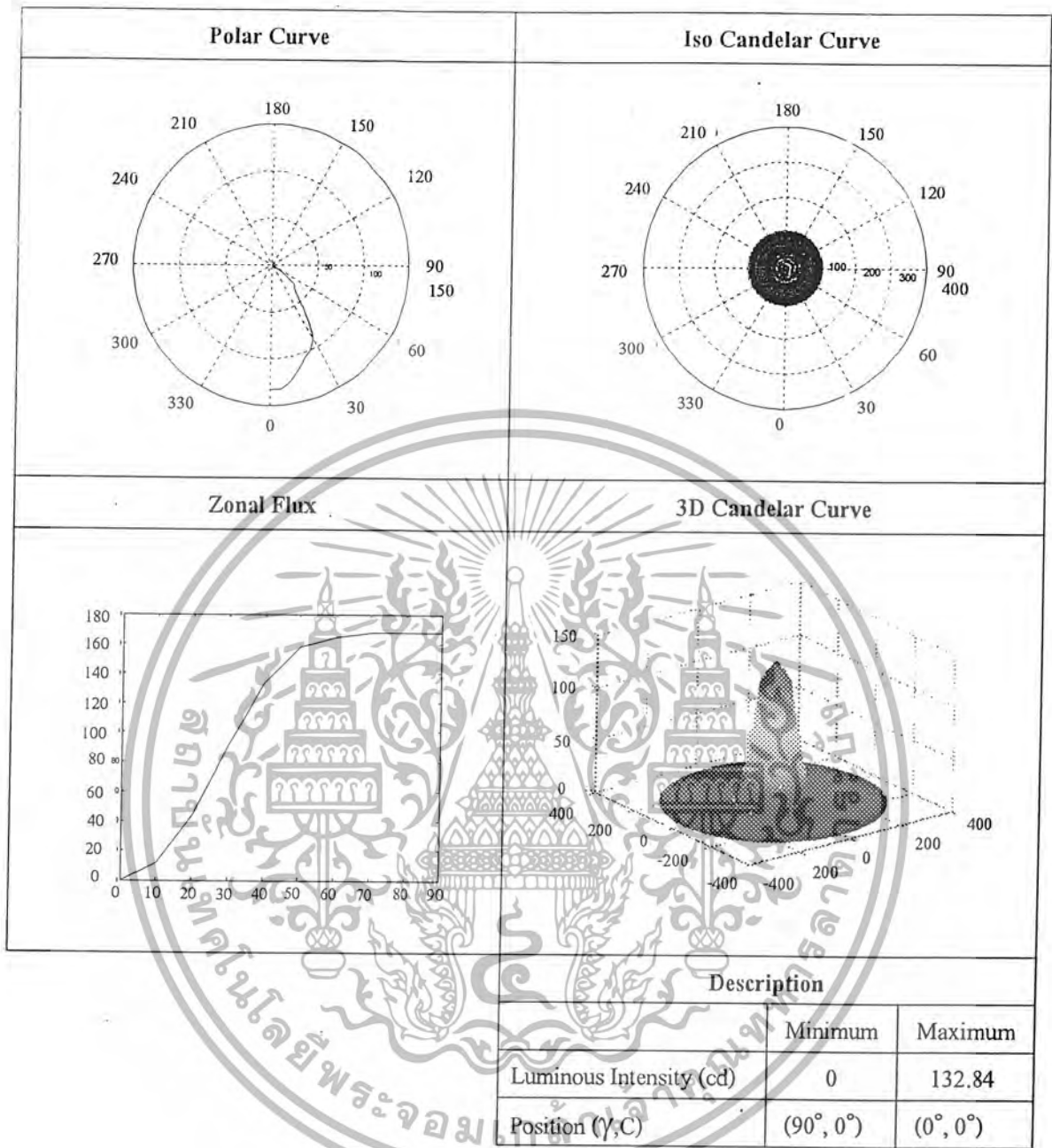
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (level)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
Voltage (V)	193.33	
Current (A)	0.06	
Power (W)	11.6	

$\gamma \setminus C$	Luminous Intensity (cd)					
	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	132.84	132.84	132.84	132.84	132.84	132.84
5°	132.84	113.40	93.96	132.84	132.84	132.84
10°	126.36	111.78	97.20	126.36	121.50	116.64
15°	116.64	106.92	97.20	126.36	118.26	110.16
20°	106.92	102.06	97.20	119.88	110.16	100.44
25°	100.44	97.20	93.96	116.64	108.54	100.44
30°	90.72	85.86	81.00	84.24	89.10	93.96
35°	68.04	69.66	71.28	64.80	66.42	68.04
40°	45.36	55.08	64.80	45.36	51.84	58.32
45°	35.64	34.02	32.40	22.68	27.54	32.40
50°	32.40	27.54	22.68	6.48	9.72	12.96
55°	6.48	8.10	9.72	6.48	6.48	6.48
60°	3.24	4.86	6.48	3.24	3.24	3.24
65°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	797.04	132.84		
5°	738.72	123.12	0.0955	11.76
10°	699.84	116.64		
15°	675.54	112.59	0.2835	31.92
20°	636.66	106.11		
25°	617.22	102.87	0.4629	47.62
30°	524.88	87.48		
35°	408.24	68.04	0.6282	42.74
40°	320.76	53.46		
45°	184.68	30.78	0.7744	23.84
50°	111.78	18.63		
55°	43.74	7.29	0.8972	6.54
60°	24.30	4.05		
65°	19.44	3.24	0.9926	3.22
70°	0.00	0.00		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				167.63

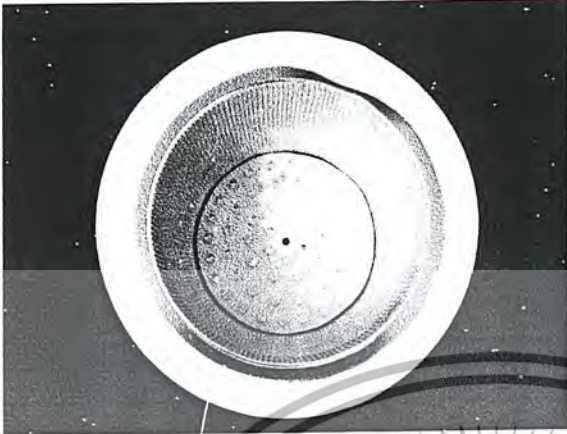
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 11 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.29 LED (small) 5.04 Watt

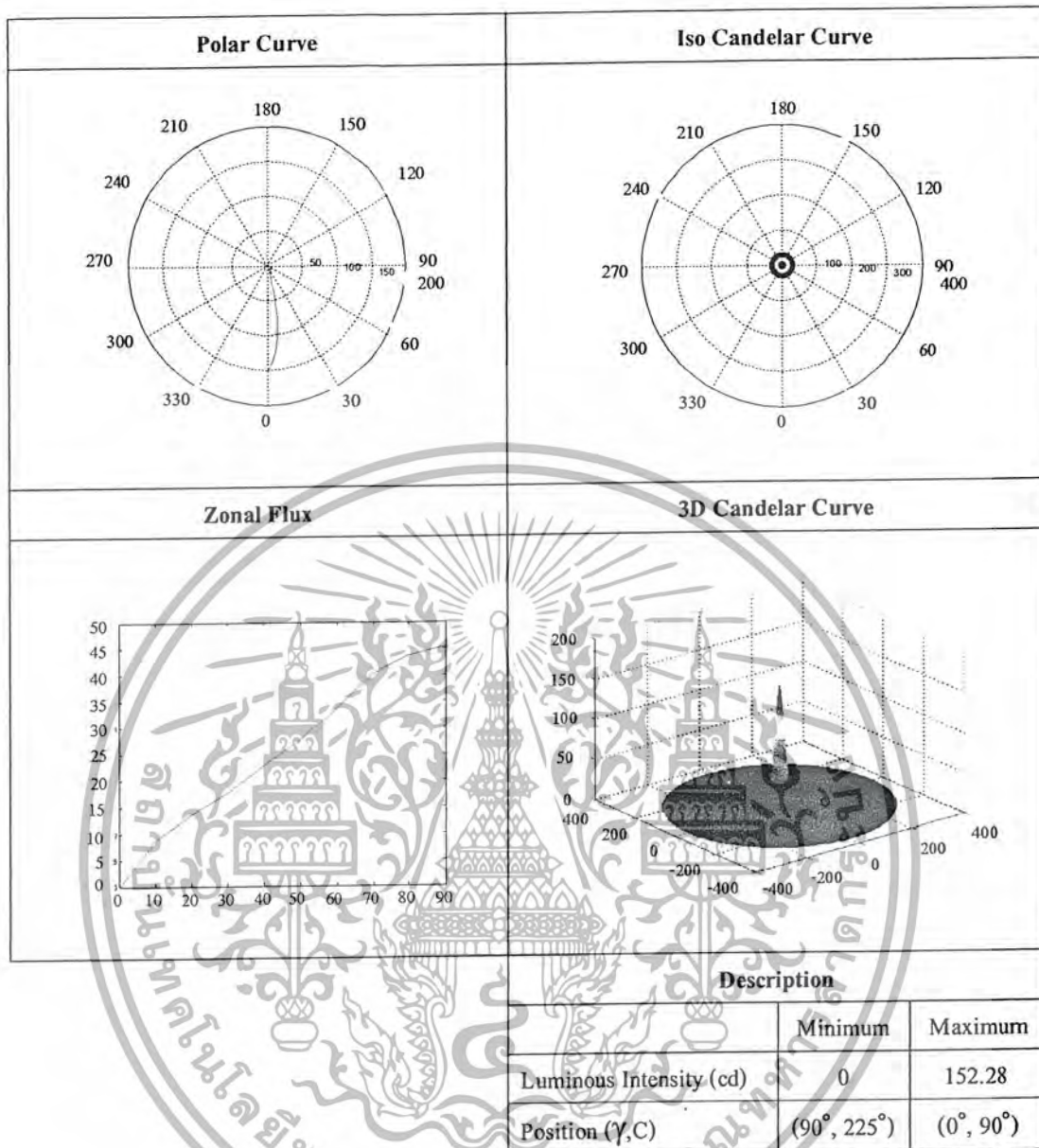
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Level
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	56 (small)
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.21
	Power (W)	5.04

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	152.28	152.28	152.28	152.28	152.28	152.28
5°	126.36	106.92	87.48	126.36	123.12	119.88
10°	74.52	56.70	38.88	58.32	64.80	71.28
15°	25.92	21.06	16.20	16.20	19.44	22.68
20°	9.72	8.10	6.48	9.72	9.72	9.72
25°	9.72	8.10	6.48	9.72	8.10	6.48
30°	9.72	8.10	6.48	6.48	8.10	9.72
35°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
40°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
45°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
50°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
55°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
60°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
65°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
70°	3.24	4.86	6.48	6.48	4.86	3.24
75°	3.24	3.24	3.24	6.48	4.86	3.24
80°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
85°	0.00	1.62	3.24	3.24	3.24	3.24
90°	0.00	1.62	3.24	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	609.12	152.28		
5°	460.08	115.02	0.0955	10.98
10°	243.00	60.75		
15°	81.00	20.25	0.2835	5.74
20°	35.64	8.91		
25°	32.40	8.10	0.4629	3.75
30°	32.40	8.10		
35°	25.92	6.48	0.6282	4.07
40°	25.92	6.48		
45°	25.92	6.48	0.7744	5.02
50°	25.92	6.48		
55°	25.92	6.48	0.8972	5.81
60°	25.92	6.48		
65°	25.92	6.48	0.9926	6.43
70°	19.44	4.86		
75°	16.20	4.05	1.0579	4.28
80°	12.96	3.24		
85°	9.72	2.43	1.0911	2.65
90°	3.24	0.81		
Total Flux (lumen)				48.75

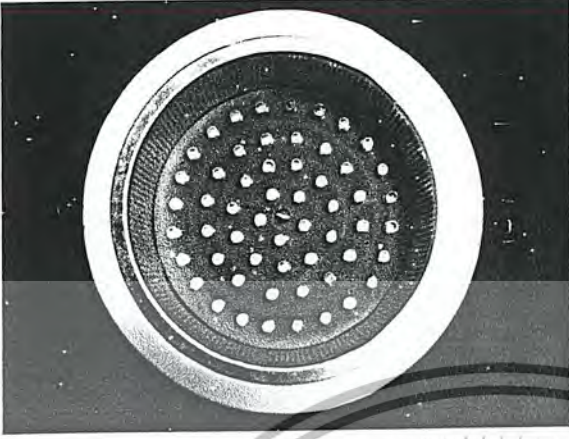
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED (small) 5.04 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.30 LED (big) 5.04 Watt

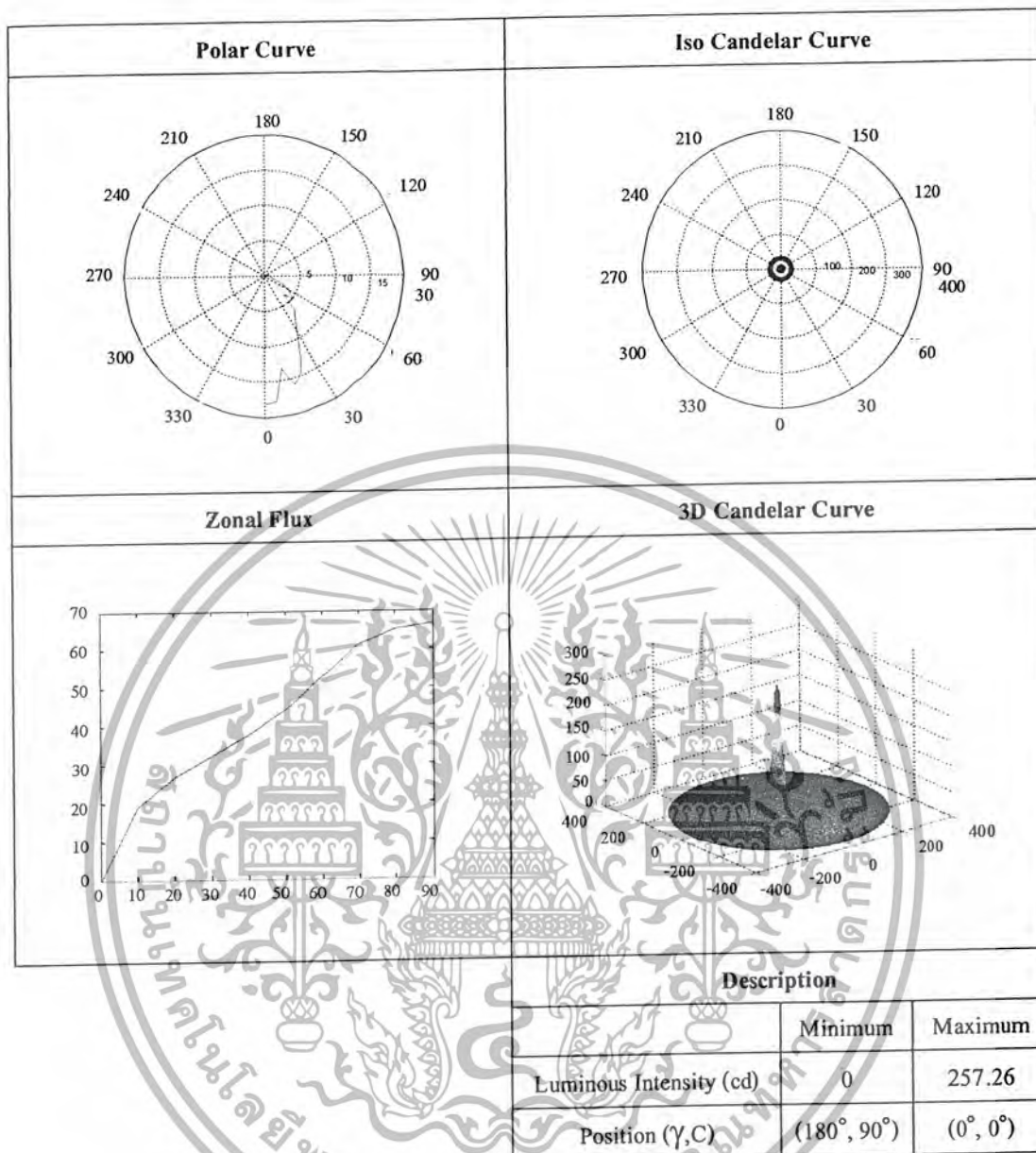
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Level
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	56 (big)
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.21
	Power (W)	5.04

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus C$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	257.26	254.34	247.86	244.94	245.59	240.41
5°	225.50	178.20	157.46	240.08	171.40	214.81
10°	114.37	59.29	52.49	132.52	67.72	106.92
15°	33.76	20.70	17.20	49.25	19.44	26.73
20°	15.03	13.38	12.96	17.04	13.25	13.61
25°	12.96	10.92	11.57	11.63	12.64	10.92
30°	11.92	12.90	10.40	9.85	10.89	9.95
35°	9.40	8.68	10.43	8.39	7.19	8.85
40°	10.08	7.42	10.11	7.42	9.95	8.33
45°	9.27	8.97	9.40	6.71	9.04	7.52
50°	8.91	10.30	11.60	7.91	8.59	6.67
55°	8.72	12.41	14.94	4.92	9.62	6.58
60°	10.69	9.72	11.83	4.83	12.51	8.62
65°	11.60	6.32	9.04	3.66	11.53	7.97
70°	8.23	3.89	6.16	1.72	8.39	4.76
75°	5.54	2.27	4.86	1.94	6.12	2.43
80°	3.73	2.17	2.59	2.27	3.73	1.13
85°	1.81	0.65	1.75	0.39	1.78	0.62
90°	0.94	0.58	0.42	0.36	0.36	0.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	1490.40	248.40		
5°	1187.46	197.91	0.0955	18.90
10°	533.30	88.88		
15°	167.09	27.85	0.2835	7.89
20°	85.28	14.21		
25°	70.63	11.77	0.4629	5.45
30°	65.90	10.98		
35°	52.94	8.82	0.6282	5.54
40°	53.30	8.88		
45°	50.90	8.48	0.7744	6.57
50°	53.98	9.00		
55°	57.19	9.53	0.8972	8.55
60°	58.19	9.70		
65°	50.12	8.35	0.9926	8.29
70°	33.15	5.52		
75°	23.17	3.86	1.0579	4.08
80°	15.62	2.60		
85°	7.00	1.17	1.0911	1.27
90°	2.95	0.49		
Total Flux (lumen)				66.56

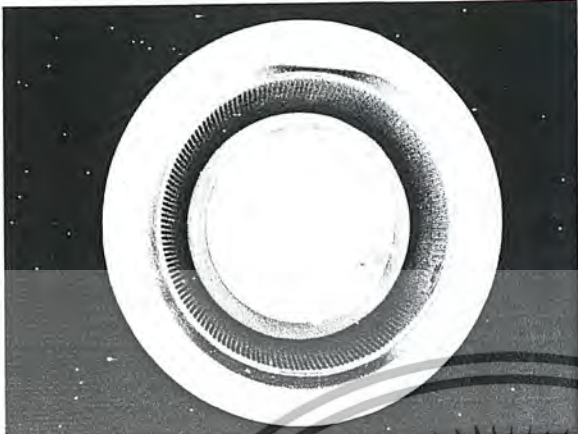
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED (big) 5.04 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.31 LED 5.76 Watt

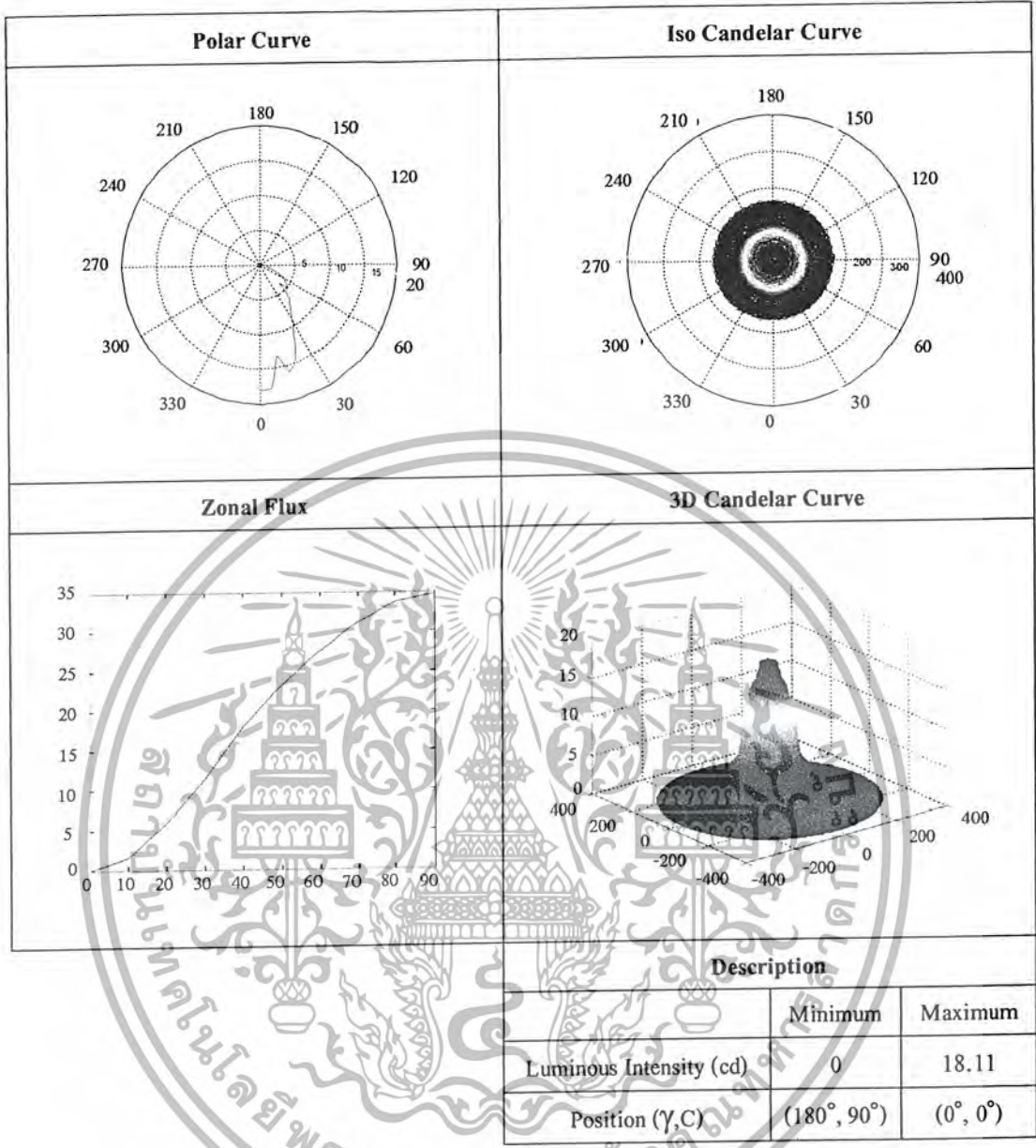
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	64
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.24
	Power (W)	5.76

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	18.11	18.01	16.49	16.49	16.56	16.26
5°	17.88	17.92	15.65	15.75	16.01	16.26
10°	13.22	16.91	14.26	12.96	14.35	14.35
15°	15.91	17.11	17.98	13.32	14.03	12.02
20°	14.68	16.62	15.23	11.21	13.90	11.05
25°	11.18	11.15	15.52	11.08	13.12	10.56
30°	8.78	8.75	14.94	12.80	13.28	10.85
35°	7.35	7.45	12.96	11.21	13.87	10.37
40°	6.38	6.42	11.86	9.33	12.96	8.91
45°	3.69	4.86	8.42	7.39	8.72	7.13
50°	5.15	5.41	5.67	5.96	5.25	5.48
55°	4.21	4.70	5.15	5.12	4.92	4.99
60°	3.89	4.21	4.60	4.54	4.50	4.73
65°	2.62	2.59	4.37	3.40	4.18	4.34
70°	1.30	3.89	3.63	3.89	3.86	3.86
75°	0.97	1.62	3.05	2.59	3.11	2.92
80°	0.97	1.30	2.43	1.72	2.40	1.88
85°	0.97	1.07	1.46	0.45	1.04	0.71
90°	0.65	0.71	0.45	0.36	0.29	0.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	101.93	16.99		
5°	99.47	16.58	0.0955	1.58
10°	86.05	14.34		
15°	90.36	15.06	0.2835	4.27
20°	82.68	13.78		
25°	72.61	12.10	0.4629	5.60
30°	69.40	11.57		
35°	63.21	10.54	0.6282	6.62
40°	55.86	9.31		
45°	40.21	6.70	0.7744	5.19
50°	32.92	5.49		
55°	29.10	4.85	0.8972	4.35
60°	26.47	4.41		
65°	21.51	3.59	0.9926	3.56
70°	20.41	3.40		
75°	14.26	2.38	1.0579	2.51
80°	10.69	1.78		
85°	5.70	0.95	1.0911	1.04
90°	2.72	0.45		
Total Flux (lumen)				34.72

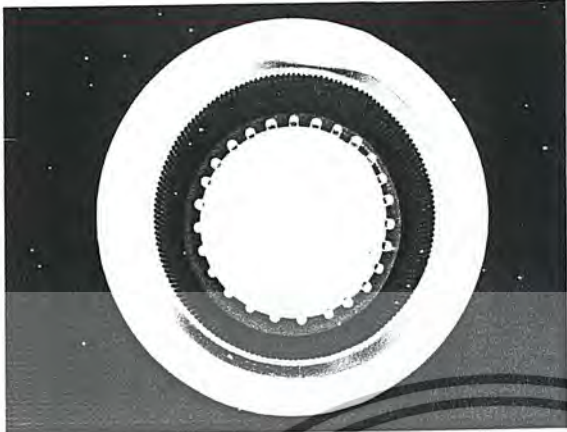
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED 5.76 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.32 LED 6.48 Watt

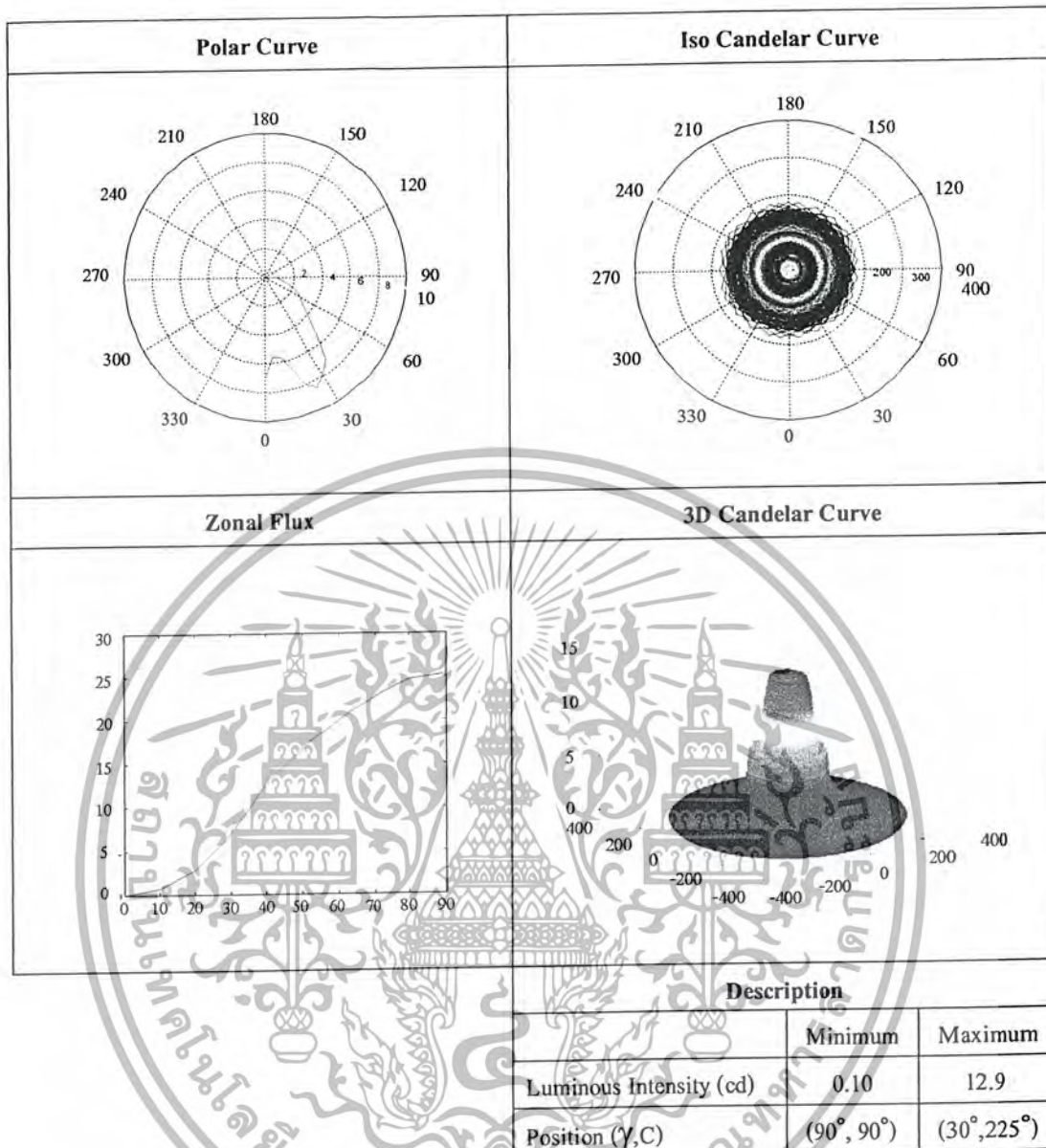
	Lamp Data	
	Lamp	LED
	Color	White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	72
	Electrical Data	
	Voltage (V)	24
	Current (A)	0.27
	Power (W)	6.48

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	6.90	7.32	7.81	6.93	7.26	7.78
5°	5.61	9.69	6.54	8.52	5.80	8.91
10°	5.67	10.56	6.29	9.53	5.51	9.33
15°	6.45	10.08	6.48	9.01	5.77	8.75
20°	7.91	8.94	8.23	7.78	7.78	8.20
25°	8.49	8.20	11.47	7.03	10.92	7.29
30°	7.87	8.52	12.21	7.23	12.90	7.45
35°	7.16	9.66	10.21	8.10	11.53	8.36
40°	5.70	8.78	7.23	7.74	8.55	7.84
45°	4.57	5.70	5.18	5.48	5.83	5.15
50°	3.73	4.24	4.44	4.34	4.31	4.02
55°	3.08	3.63	3.73	3.82	3.40	3.24
60°	2.82	3.05	6.42	3.34	3.05	2.82
65°	2.37	2.82	2.72	3.01	2.59	2.59
70°	1.78	2.59	2.17	2.69	2.11	2.37
75°	1.39	2.14	1.72	2.14	1.65	1.94
80°	0.97	1.26	1.13	1.30	1.10	1.30
85°	0.97	0.29	0.65	0.42	0.55	0.29
90°	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	44.00	7.33		
5°	45.07	7.51	0.0955	0.72
10°	46.88	7.81		
15°	46.53	7.75	0.2835	2.20
20°	48.83	8.14		
25°	53.40	8.90	0.4629	4.12
30°	56.18	9.36		
35°	55.02	9.17	0.6282	5.76
40°	45.85	7.64		
45°	31.91	5.32	0.7744	4.12
50°	25.08	4.18		
55°	20.90	3.48	0.8972	3.12
60°	21.48	3.58		
65°	16.10	2.68	0.9926	2.66
70°	13.71	2.28		
75°	10.98	1.83	1.0579	1.94
80°	7.06	1.18		
85°	3.18	0.53	1.0911	0.58
90°	0.58	0.10		
Total Flux (lumen)				25.22

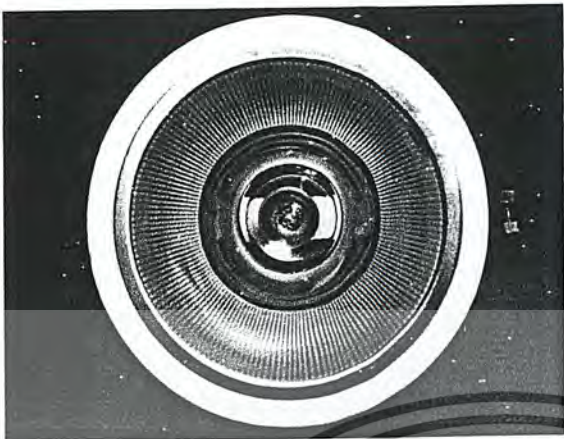
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of LED 6.48 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.33 Incandescent 25 Watt

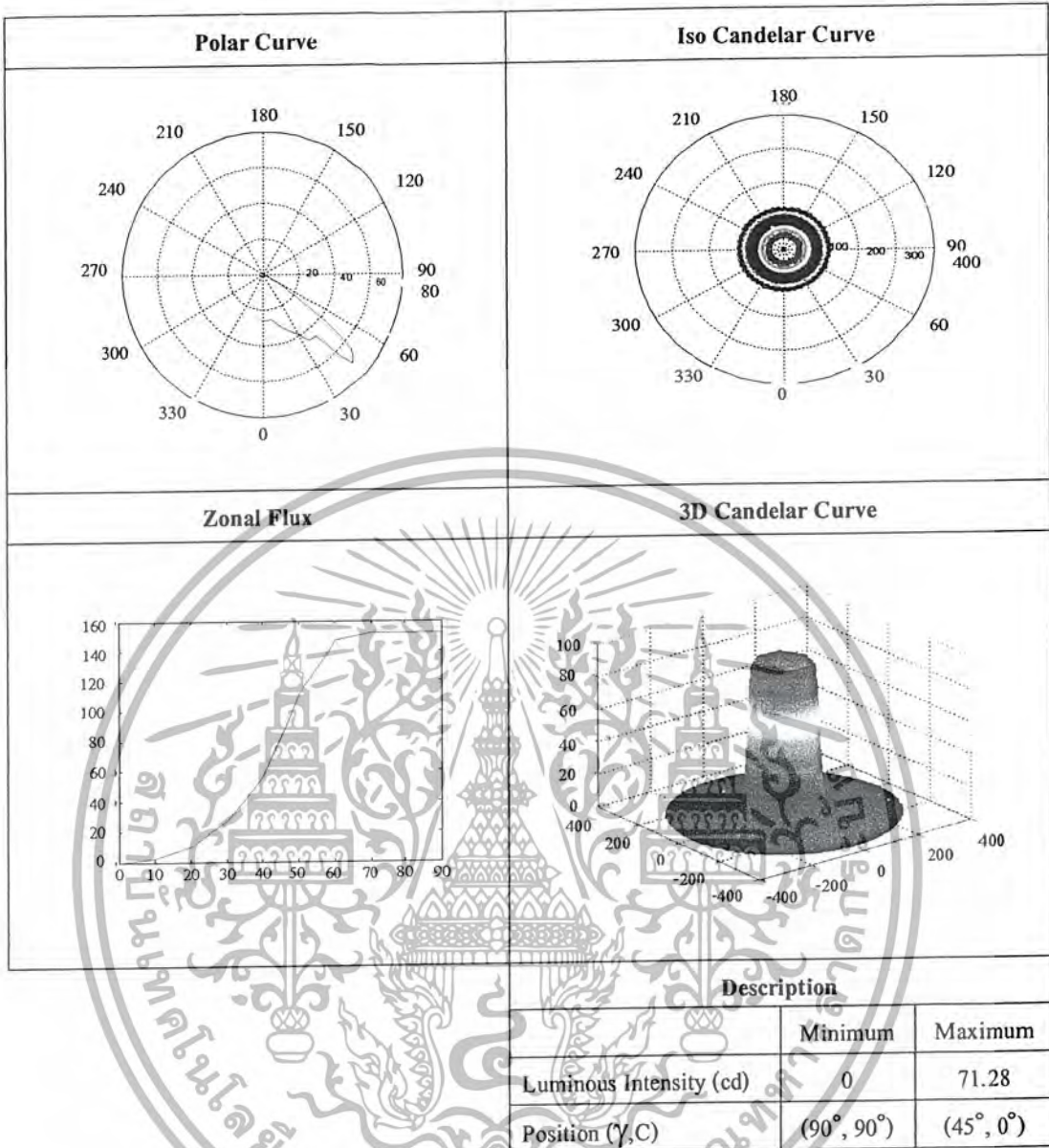
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classicitone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	208.13
	Current (A)	0.123
	Power (W)	25.6

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
5°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
10°	25.92	22.68	25.92	25.92	25.92	29.16
15°	29.16	25.92	25.92	32.40	29.16	25.92
20°	32.40	29.16	32.40	35.64	38.88	29.16
25°	35.64	32.40	32.40	42.12	38.88	35.64
30°	38.88	35.64	38.88	42.12	42.12	42.12
35°	45.36	38.88	42.12	48.60	51.84	45.36
40°	45.36	42.12	45.36	71.28	74.52	55.08
45°	71.28	38.88	55.08	93.96	90.72	77.76
50°	64.80	61.56	90.72	81.00	87.48	87.48
55°	19.44	77.76	22.68	25.92	25.92	71.28
60°	6.48	19.44	9.72	9.72	9.72	19.44
65°	3.24	9.72	3.24	3.24	3.24	6.48
70°	0.00	3.24	0.00	0.00	0.00	3.24
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	155.52	25.92		
5°	155.52	25.92	0.0955	2.48
10°	155.52	25.92		
15°	168.48	28.08	0.2835	7.96
20°	197.64	32.94		
25°	217.08	36.18	0.4629	16.75
30°	239.76	39.96		
35°	272.16	45.36	0.6282	28.50
40°	333.72	55.62		
45°	427.68	71.28	0.7744	55.20
50°	473.04	78.84		
55°	243.00	40.50	0.8972	36.34
60°	74.52	12.42		
65°	29.16	4.86	0.9926	4.82
70°	6.48	1.08		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				152.04

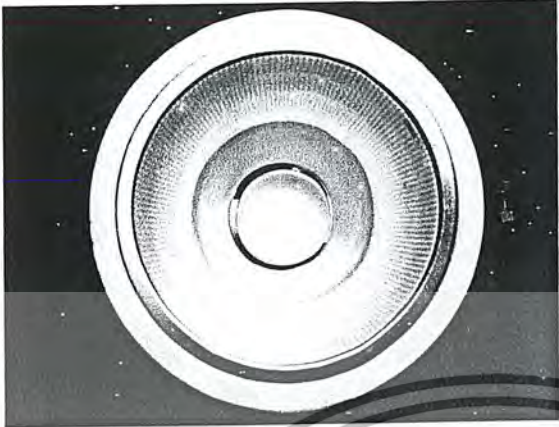
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 25 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.34 Incandescent 25 Watt

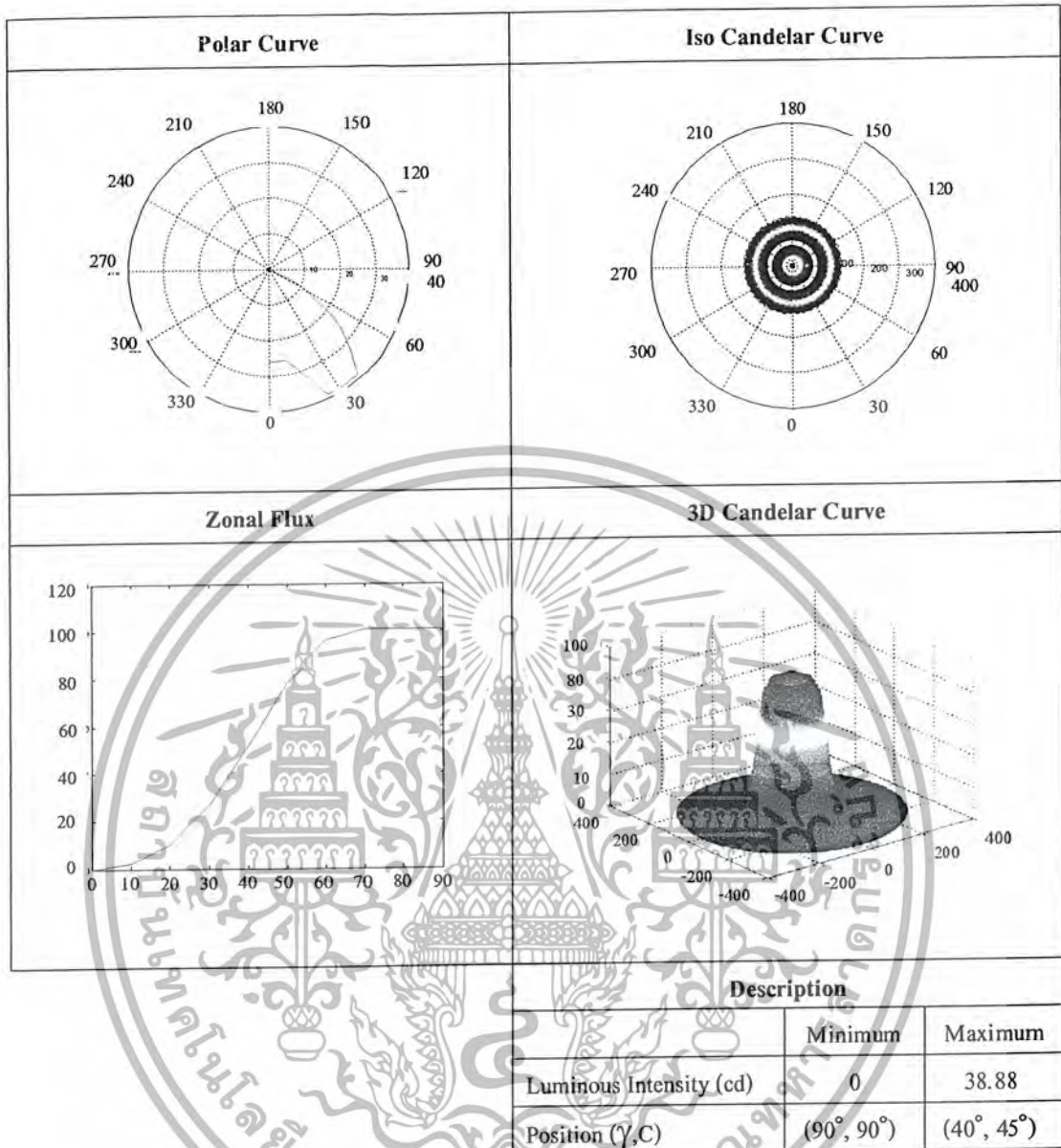
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classicitone-softone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	224.14
	Current (A)	0.116
	Power (W)	26

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
5°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
10°	25.92	25.92	25.92	25.92	29.16	25.92
15°	29.16	25.92	29.16	29.16	29.16	25.92
20°	32.40	25.92	32.40	35.64	32.40	29.16
25°	38.88	29.16	35.64	38.88	38.88	32.40
30°	38.88	35.64	38.88	42.12	38.88	38.88
35°	38.88	38.88	38.88	42.12	38.88	42.12
40°	38.88	38.88	38.88	38.88	35.64	38.88
45°	32.40	32.40	32.40	35.64	32.40	38.88
50°	25.92	25.92	29.16	29.16	25.92	32.40
55°	19.44	16.20	19.44	19.44	19.44	25.92
60°	9.72	9.72	9.72	12.96	9.72	16.20
65°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	9.72
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.24
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	155.52	25.92		
5°	155.52	25.92	0.0955	2.48
10°	158.76	26.46		
15°	168.48	28.08	0.2835	7.96
20°	187.92	31.32		
25°	213.84	35.64	0.4629	16.50
30°	233.28	38.88		
35°	239.76	39.96	0.6282	25.10
40°	230.04	38.34		
45°	204.12	34.02	0.7744	26.35
50°	168.48	28.08		
55°	119.88	19.98	0.8972	17.93
60°	68.04	11.34		
65°	25.92	4.32	0.9926	4.29
70°	3.24	0.54		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				100.60

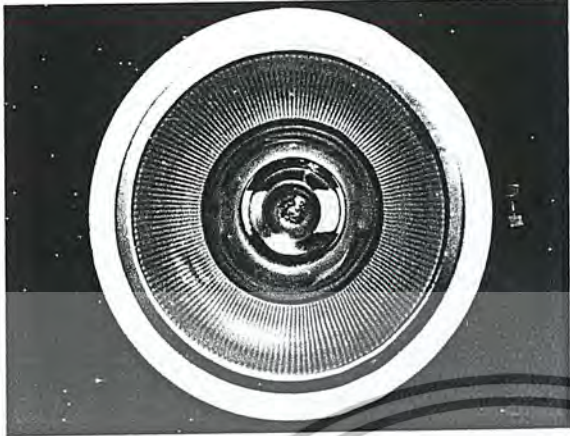
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 25 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.35 Incandescent 40 Watt

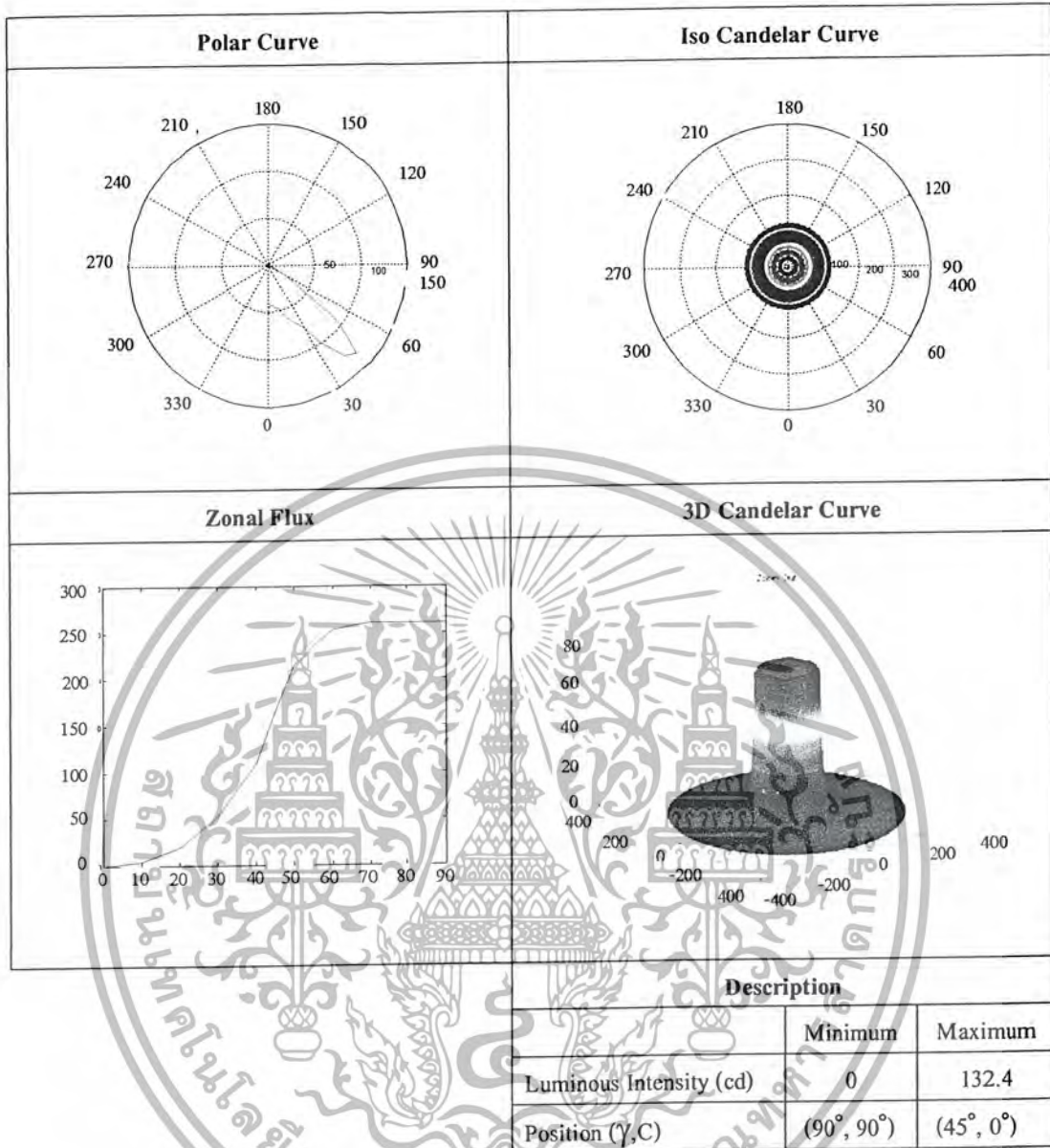
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	198.02
	Current (A)	0.192
	Power (W)	38

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	45.36	45.36	45.36	45.36	45.36	45.36
5°	42.12	42.12	42.12	42.12	43.74	45.36
10°	45.36	45.36	45.36	48.60	48.60	48.60
15°	48.60	51.84	55.08	58.32	56.70	55.08
20°	61.56	61.56	61.56	68.04	64.80	61.56
25°	68.04	66.42	64.80	74.52	74.52	74.52
30°	77.76	74.52	71.28	71.28	77.76	84.24
35°	103.68	90.72	77.76	81.00	92.34	103.68
40°	126.36	100.44	74.52	93.96	124.74	155.52
45°	132.84	123.12	113.40	123.12	150.66	178.20
50°	97.20	136.08	174.96	129.60	140.94	152.28
55°	32.40	38.88	45.36	42.12	45.36	48.60
60°	12.96	16.20	19.44	16.20	16.20	16.20
65°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
70°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	272.16	45.36		
5°	257.58	42.93	0.0955	4.10
10°	281.88	46.98		
15°	325.62	54.27	0.2835	15.39
20°	379.08	63.18		
25°	422.82	70.47	0.4629	32.62
30°	456.84	76.14		
35°	549.18	91.53	0.6282	57.50
40°	675.54	112.59		
45°	821.34	136.89	0.7744	106.01
50°	831.06	138.51		
55°	252.72	42.12	0.8972	37.79
60°	97.20	16.20		
65°	38.88	6.48	0.9926	6.43
70°	19.44	3.24		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				259.83

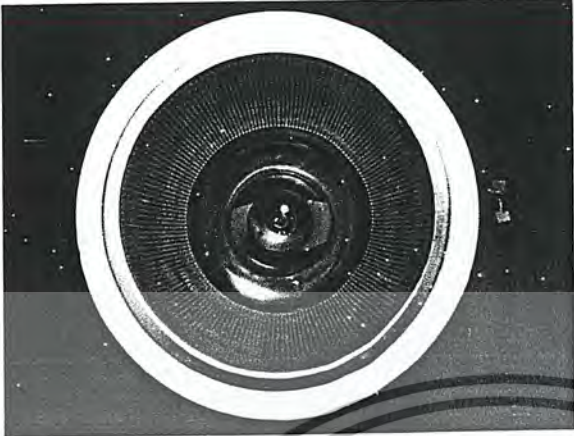
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 40 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.36 Incandescent 40 Watt

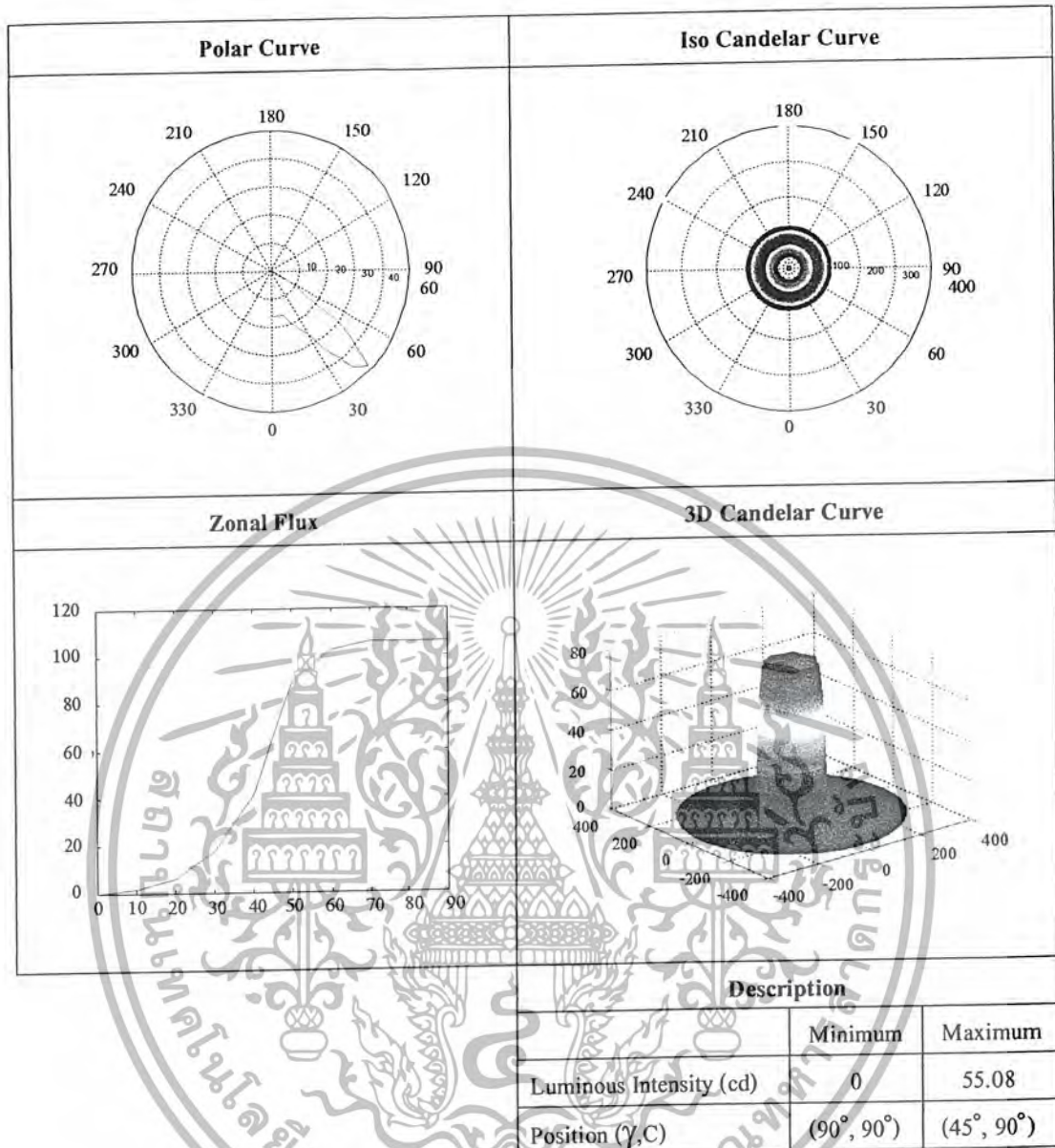
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Daylight Blue
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	214.29
	Current (A)	0.182
	Power (W)	39

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
5°	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
10°	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20	16.20
15°	16.20	16.20	16.20	16.20	17.82	19.44
20°	19.44	19.44	19.44	22.68	22.68	22.68
25°	22.68	21.06	19.44	25.92	27.54	29.16
30°	25.92	24.30	22.68	29.16	30.78	32.40
35°	35.64	32.40	29.16	38.88	42.12	45.36
40°	45.36	35.64	25.92	58.32	68.04	77.76
45°	48.60	51.84	55.08	64.80	71.28	77.76
50°	35.64	48.60	61.56	51.84	55.08	58.32
55°	12.96	14.58	16.20	16.20	16.20	16.20
60°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
65°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
70°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	97.20	16.20		
5°	97.20	16.20	0.0955	1.55
10°	97.20	16.20		
15°	102.06	17.01	0.2835	4.82
20°	126.36	21.06		
25°	145.80	24.30	0.4629	11.25
30°	165.24	27.54		
35°	223.56	37.26	0.6282	23.41
40°	311.04	51.84		
45°	369.36	61.56	0.7744	47.67
50°	311.04	51.84		
55°	92.34	15.39	0.8972	13.81
60°	38.88	6.48		
65°	19.44	3.24	0.9926	3.22
70°	0.00	0.00		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				105.72


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 40 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.37 Incandescent 60 Watt

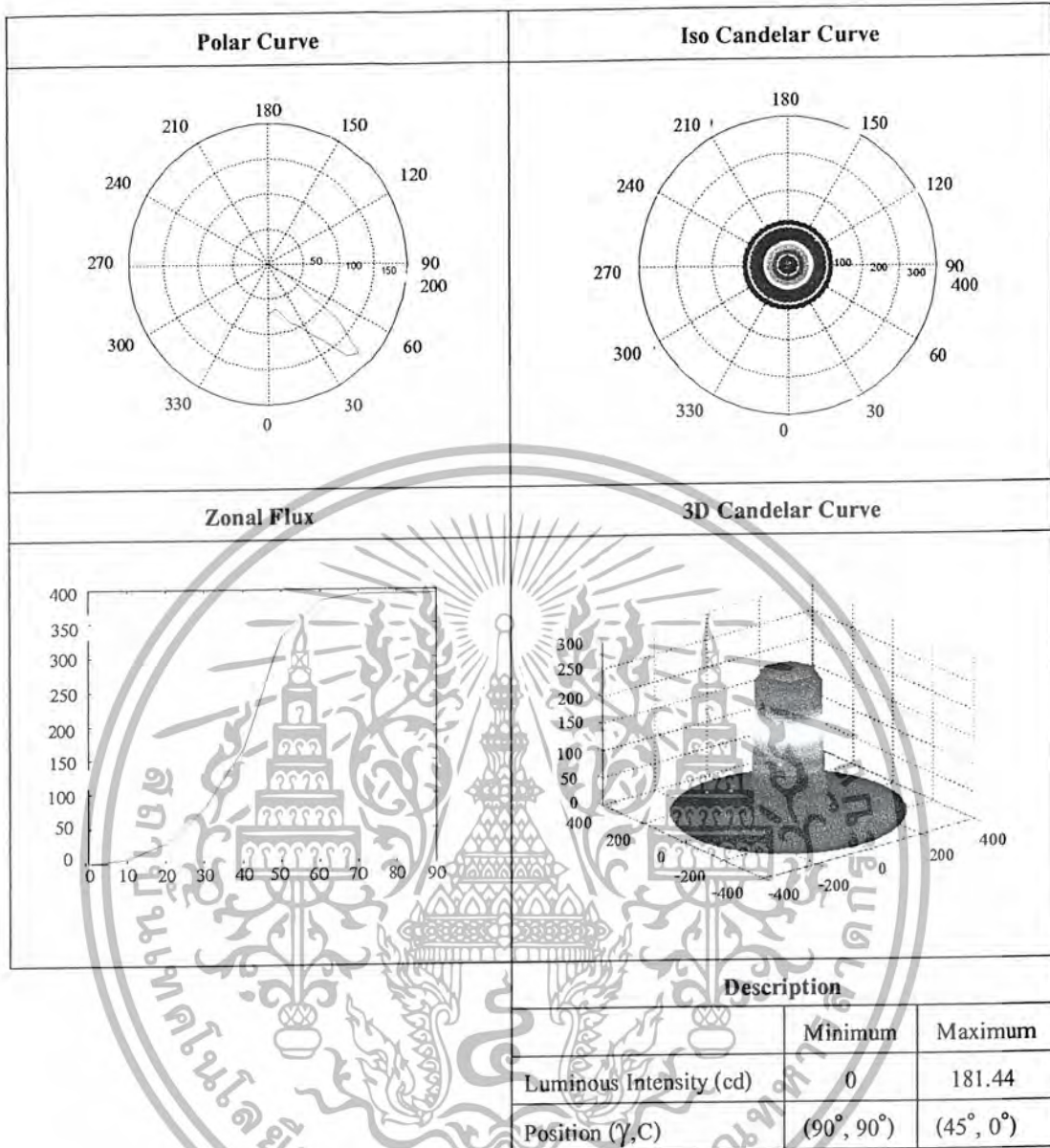
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classicstone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	200
	Current (A)	0.28
	Power (W)	56

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	71.28	71.28	71.28	71.28	71.28	71.28
5°	68.04	66.42	64.80	71.28	66.42	61.56
10°	64.80	68.04	71.28	74.52	72.90	71.28
15°	74.52	77.76	81.00	90.72	85.86	81.00
20°	90.72	87.48	84.24	100.44	100.44	100.44
25°	97.20	97.20	97.20	119.88	116.64	113.40
30°	113.40	110.16	106.92	123.12	123.12	123.12
35°	132.84	127.98	123.12	139.32	150.66	162.00
40°	171.72	145.80	119.88	184.68	208.98	233.28
45°	181.44	183.06	184.68	220.32	239.76	259.20
50°	129.60	187.92	246.24	230.04	220.32	210.60
55°	45.36	55.08	64.80	68.04	63.18	58.32
60°	19.44	22.68	25.92	25.92	22.68	19.44
65°	6.48	8.10	9.72	9.72	9.72	9.72
70°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
75°	0.00	1.62	3.24	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	427.68	71.28		
5°	398.52	66.42	0.0955	6.34
10°	422.82	70.47		
15°	490.86	81.81	0.2835	23.19
20°	563.76	93.96		
25°	641.52	106.92	0.4629	49.49
30°	699.84	116.64		
35°	835.92	139.32	0.6282	87.52
40°	1064.34	177.39		
45°	1268.46	211.41	0.7744	163.72
50°	1224.72	204.12		
55°	354.78	59.13	0.8972	53.05
60°	136.08	22.68		
65°	53.46	8.91	0.9926	8.84
70°	19.44	3.24		
75°	4.86	0.81	1.0579	0.86
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				393.02

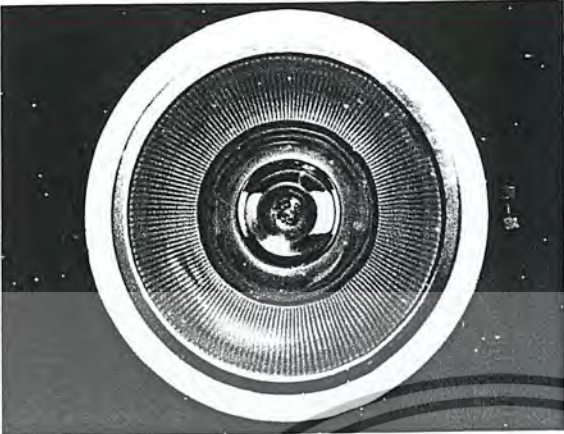
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 60 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.38 Incandescent 100 Watt

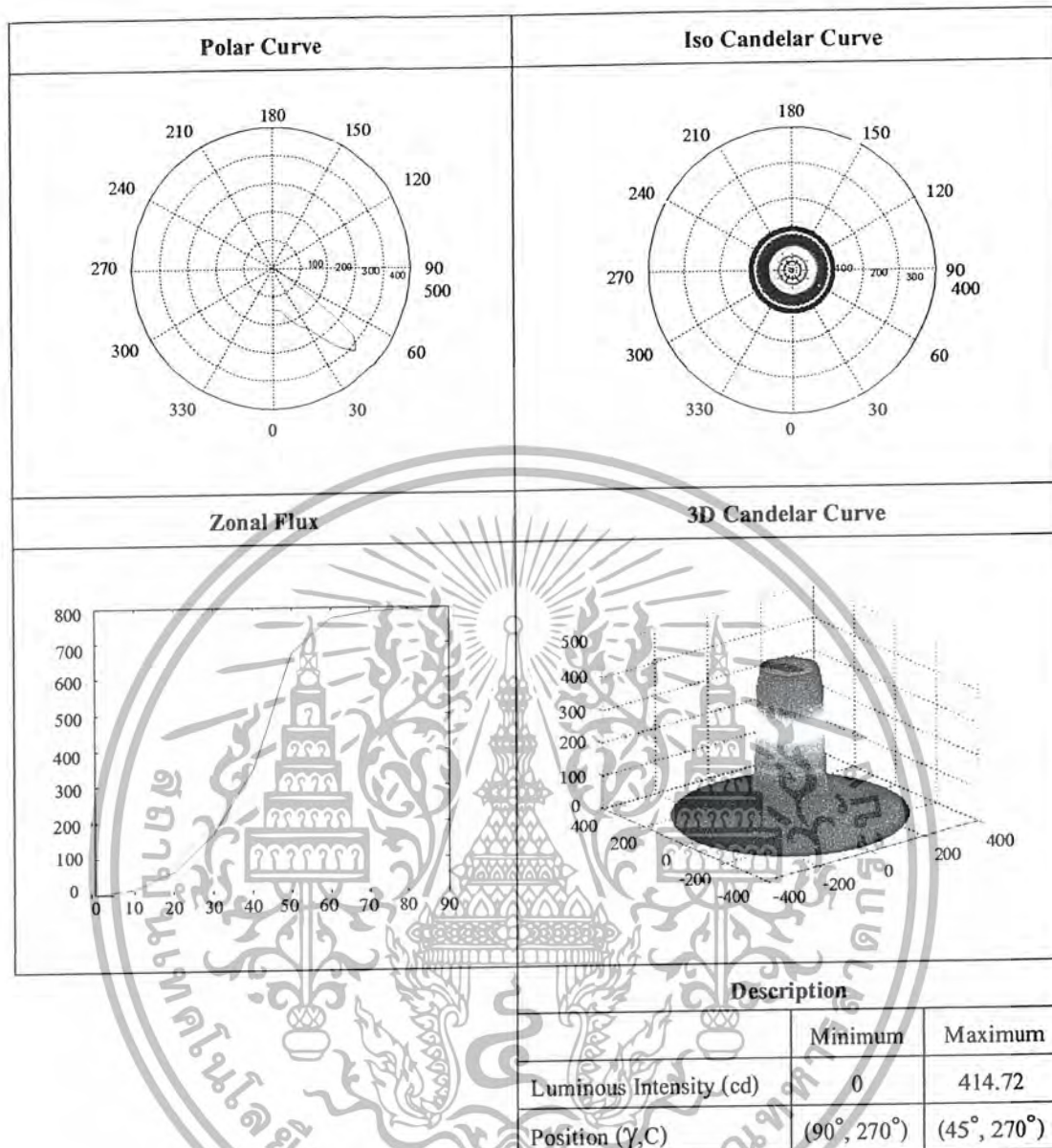
	Lamp Data	
	Lamp	Incandescent
	Color	Classictone
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
Electrical Data		
Voltage (V)	201.49	
Current (A)	0.47	
Power (W)	94.7	

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	152.28	152.28	152.28	152.28	152.28	152.28
5°	149.04	152.28	155.52	158.76	153.90	149.04
10°	152.28	155.52	158.76	155.52	158.76	162.00
15°	171.72	170.10	168.48	171.72	170.10	168.48
20°	200.88	204.12	207.36	191.16	197.64	204.12
25°	230.04	228.42	226.80	220.32	226.80	233.28
30°	249.48	246.24	243.00	239.76	241.38	243.00
35°	298.08	286.74	275.40	285.12	280.26	275.40
40°	372.60	356.40	340.20	346.68	343.44	340.20
45°	421.20	437.40	453.60	395.28	405.00	414.72
50°	379.08	393.66	408.24	288.36	302.94	317.52
55°	110.16	113.40	116.64	97.20	98.82	100.44
60°	45.36	46.98	48.60	38.88	42.12	45.36
65°	19.44	19.44	19.44	19.44	19.44	19.44
70°	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72	9.72
75°	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48	6.48
80°	3.24	3.24	3.24	6.48	4.86	3.24
85°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
90°	3.24	3.24	3.24	3.24	1.62	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	913.68	152.28		
5°	918.54	153.09	0.0955	14.62
10°	942.84	157.14		
15°	1020.60	170.10	0.2835	48.22
20°	1205.28	200.88		
25°	1365.66	227.61	0.4629	105.36
30°	1462.86	243.81		
35°	1701.00	283.50	0.6282	178.09
40°	2099.52	349.92		
45°	2527.20	421.20	0.7744	326.18
50°	2089.80	348.30		
55°	636.66	106.11	0.8972	95.20
60°	267.30	44.55		
65°	116.64	19.44	0.9926	19.30
70°	58.32	9.72		
75°	38.88	6.48	1.0579	6.86
80°	24.30	4.05		
85°	19.44	3.24	1.0911	3.54
90°	14.58	2.43		
Total Flux (lumen)				797.36


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Incandescent 100 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.39 Compactfluorescent 5 Watt

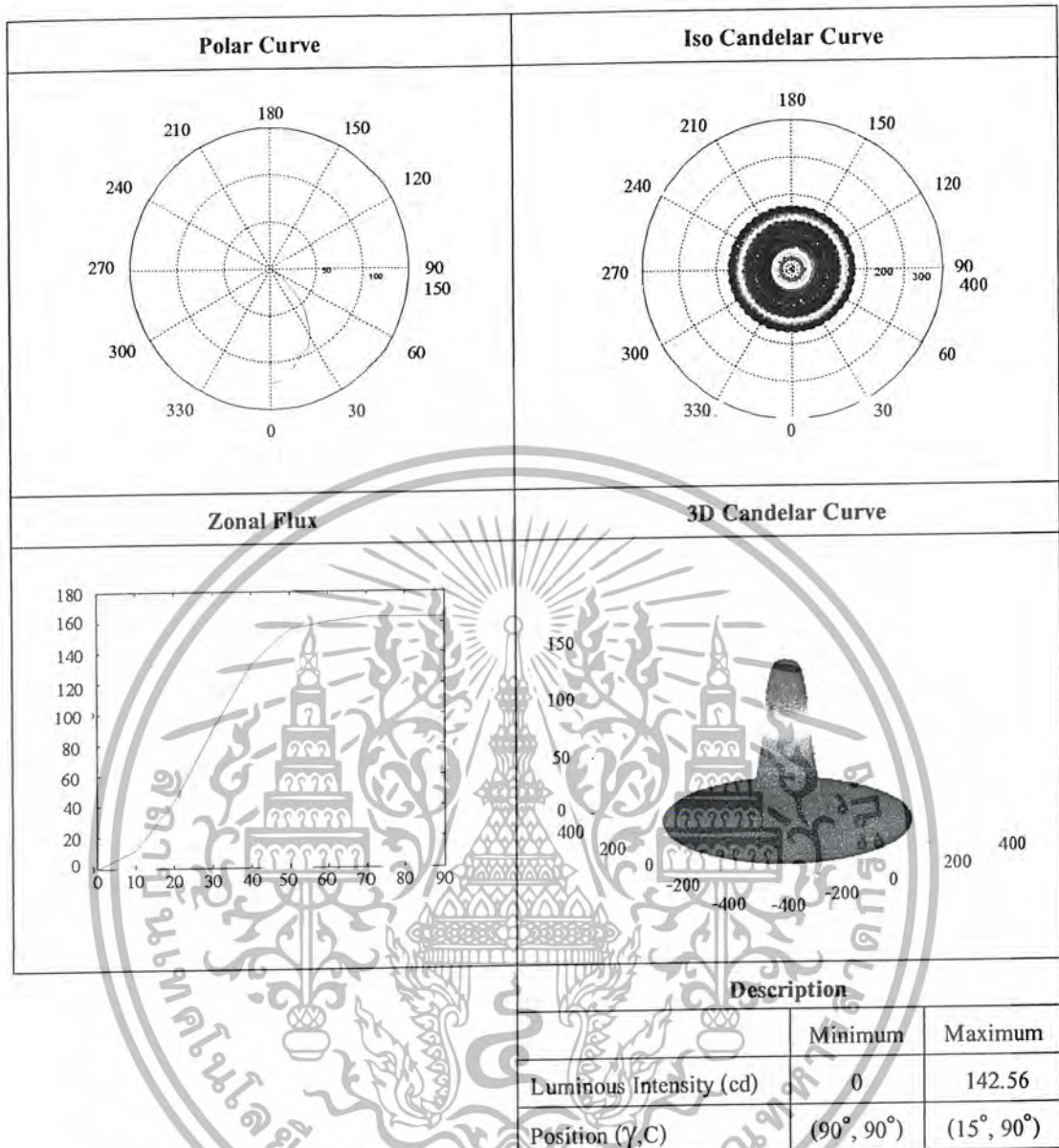
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	210.54
	Current (A)	0.025
	Power (W)	5.26

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	123.12	123.12	123.12	123.12	123.12	123.12
5°	119.88	124.74	129.60	126.36	116.64	106.92
10°	113.40	126.36	139.32	126.36	108.54	90.72
15°	103.68	123.12	142.56	116.64	100.44	84.24
20°	97.20	118.26	139.32	110.16	95.58	81.00
25°	93.96	113.40	132.84	100.44	90.72	81.00
30°	84.24	100.44	116.64	81.00	72.90	64.80
35°	68.04	76.14	84.24	64.80	58.32	51.84
40°	55.08	56.70	58.32	48.60	40.50	32.40
45°	35.64	37.26	38.88	29.16	21.06	12.96
50°	19.44	19.44	19.44	9.72	8.10	6.48
55°	6.48	6.48	6.48	6.48	4.86	3.24
60°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
65°	3.24	3.24	3.24	3.24	1.62	0.00
70°	3.24	1.62	0.00	0.00	0.00	0.00
75°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
80°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
85°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90°	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	738.72	123.12		
5°	724.14	120.69	0.0955	11.53
10°	704.70	117.45		
15°	670.68	111.78	0.2835	31.69
20°	641.52	106.92		
25°	612.36	102.06	0.4629	47.24
30°	520.02	86.67		
35°	403.38	67.23	0.6282	42.23
40°	291.60	48.60		
45°	174.96	29.16	0.7744	22.58
50°	82.62	13.77		
55°	34.02	5.67	0.8972	5.09
60°	19.44	3.24		
65°	14.58	2.43	0.9926	2.41
70°	4.86	0.81		
75°	0.00	0.00	1.0579	0.00
80°	0.00	0.00		
85°	0.00	0.00	1.0911	0.00
90°	0.00	0.00		
Total Flux (lumen)				162.77

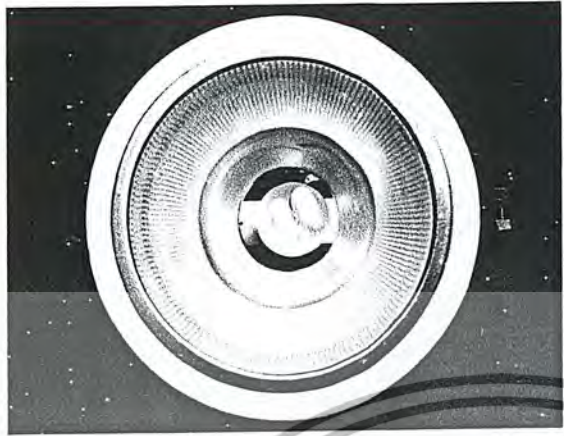
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 5Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.40 Compactfluorescent 8 Watt

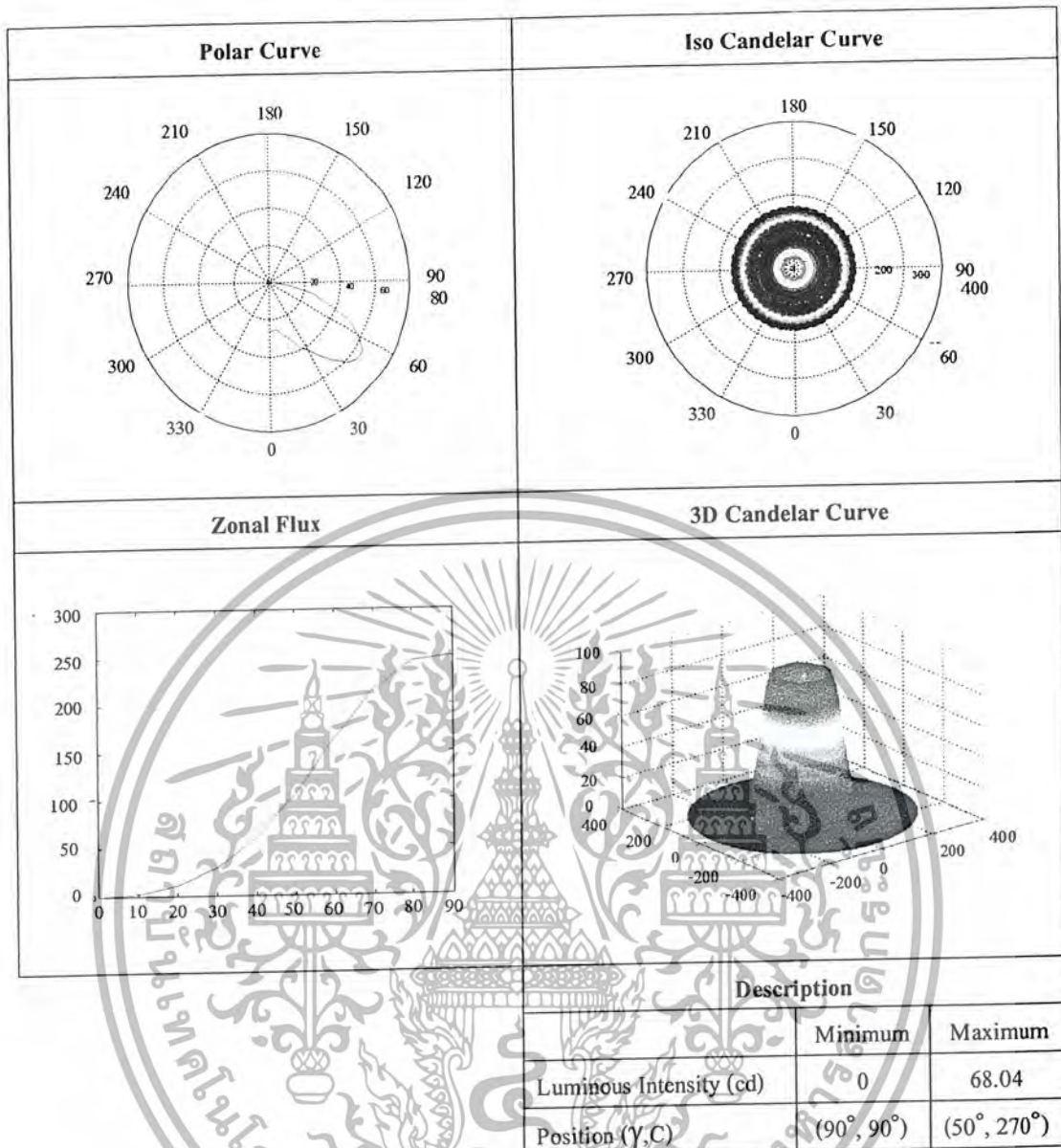
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	213.33
	Current (A)	0.045
	Power (W)	9.6

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
5°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
10°	25.92	25.92	25.92	29.16	27.54	25.92
15°	29.16	29.16	29.16	32.40	32.40	32.40
20°	32.40	32.40	32.40	32.40	34.02	35.64
25°	38.88	37.26	35.64	38.88	40.50	42.12
30°	42.12	40.50	38.88	45.36	46.98	48.60
35°	48.60	46.98	45.36	48.60	51.84	55.08
40°	55.08	53.46	51.84	55.08	58.32	61.56
45°	61.56	58.32	55.08	55.08	59.94	64.80
50°	64.80	63.18	61.56	61.56	64.80	68.04
55°	64.80	64.80	64.80	64.80	66.42	68.04
60°	58.32	61.56	64.80	58.32	58.32	58.32
65°	48.60	51.84	55.08	51.84	50.22	48.60
70°	35.64	38.88	42.12	38.88	38.88	38.88
75°	25.92	29.16	32.40	29.16	27.54	25.92
80°	12.96	14.58	16.20	12.96	12.96	12.96
85°	3.24	4.86	6.48	6.48	4.86	3.24
90°	0.00	0.00	0.00	3.24	1.62	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	155.52	25.92		
5°	155.52	25.92	0.0955	2.48
10°	160.38	26.73		
15°	184.68	30.78	0.2835	8.73
20°	199.26	33.21		
25°	233.28	38.88	0.4629	18.00
30°	262.44	43.74		
35°	296.46	49.41	0.6282	31.04
40°	335.34	55.89		
45°	354.78	59.13	0.7744	45.79
50°	383.94	63.99		
55°	393.66	65.61	0.8972	58.87
60°	359.64	59.94		
65°	306.18	51.03	0.9926	50.65
70°	233.28	38.88		
75°	170.10	28.35	1.0579	29.99
80°	82.62	13.77		
85°	29.16	4.86	1.0911	5.30
90°	4.86	0.81		
Total Flux (lumen)				250.84


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compact fluorescent 8 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.41 Compactfluorescent 8 Watt

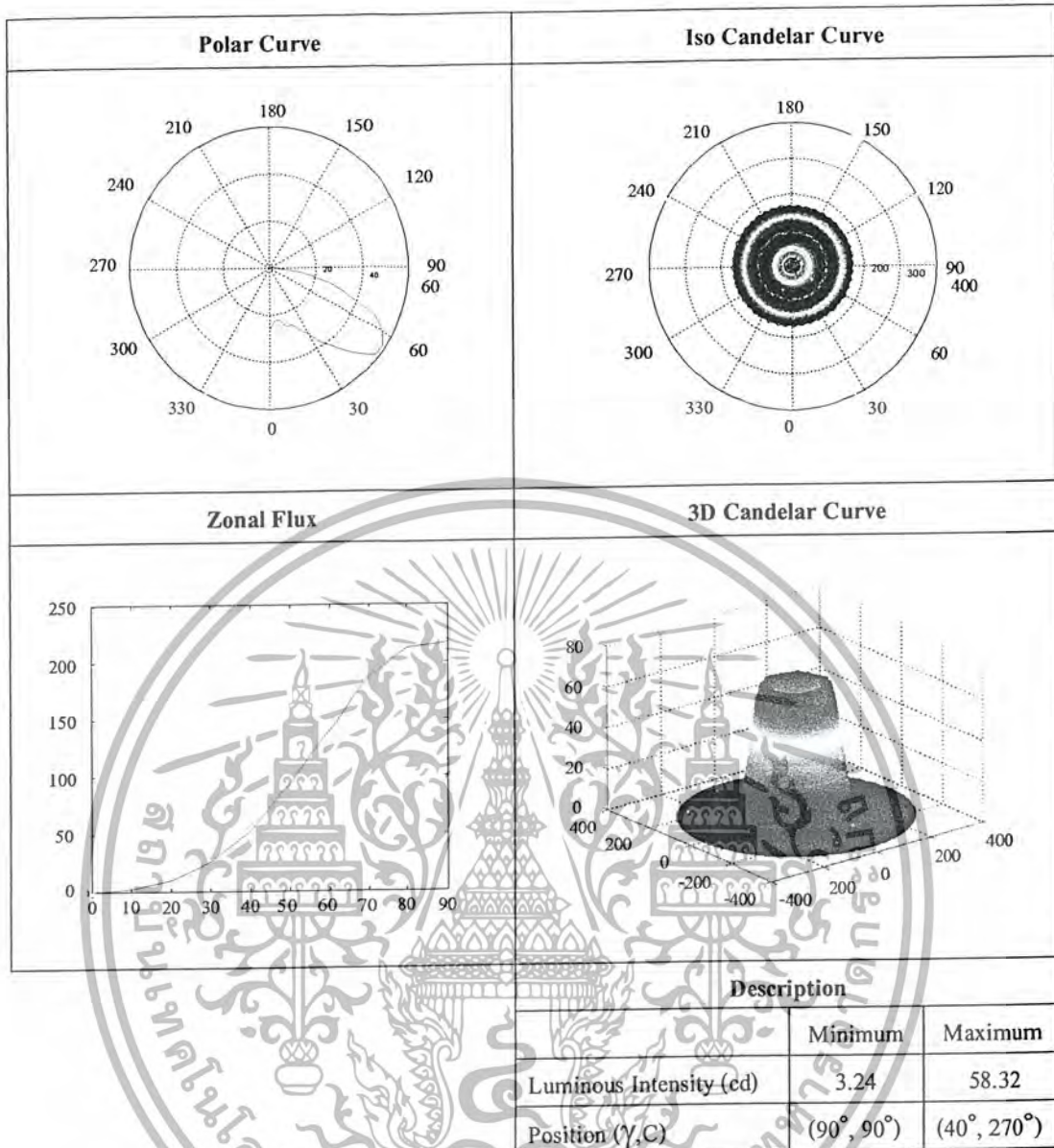
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Cool Daylight
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	240
	Current (A)	0.04
	Power (W)	9.6

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92	25.92
5°	22.68	22.68	22.68	19.44	22.68	25.92
10°	22.68	22.68	22.68	22.68	25.92	29.16
15°	25.92	25.92	25.92	25.92	27.54	29.16
20°	25.92	25.92	25.92	25.92	29.16	32.40
25°	29.16	30.78	32.40	32.40	35.64	38.88
30°	32.40	34.02	35.64	38.88	42.12	45.36
35°	38.88	40.50	42.12	42.12	46.98	51.84
40°	45.36	46.98	48.60	48.60	53.46	58.32
45°	51.84	51.84	51.84	48.60	56.70	64.80
50°	58.32	40.50	22.68	55.08	59.94	64.80
55°	58.32	42.12	25.92	55.08	59.94	64.80
60°	55.08	56.70	58.32	55.08	56.70	58.32
65°	48.60	48.60	48.60	42.12	45.36	48.60
70°	35.64	37.26	38.88	32.40	34.02	35.64
75°	25.92	25.92	25.92	19.44	21.06	22.68
80°	16.20	14.58	12.96	9.72	9.72	9.72
85°	3.24	4.86	6.48	3.24	3.24	3.24
90°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	155.52	25.92		
5°	136.08	22.68	0.0955	2.17
10°	145.80	24.30		
15°	160.38	26.73	0.2835	7.58
20°	165.24	27.54		
25°	199.26	33.21	0.4629	15.37
30°	228.42	38.07		
35°	262.44	43.74	0.6282	27.48
40°	301.32	50.22		
45°	325.62	54.27	0.7744	42.03
50°	301.32	50.22		
55°	306.18	51.03	0.8972	45.78
60°	340.20	56.70		
65°	281.88	46.98	0.9926	46.63
70°	213.84	35.64		
75°	140.94	23.49	1.0579	24.85
80°	72.90	12.15		
85°	24.30	4.05	1.0911	4.42
90°	19.44	3.24		
Total Flux (lumen)				216.31

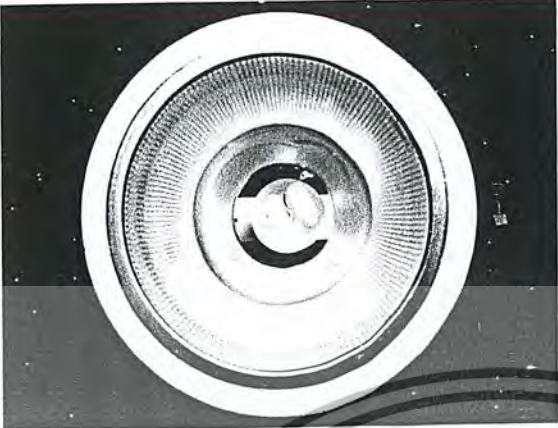
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent & Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Test Report No.42 Compactfluorescent 11 Watt

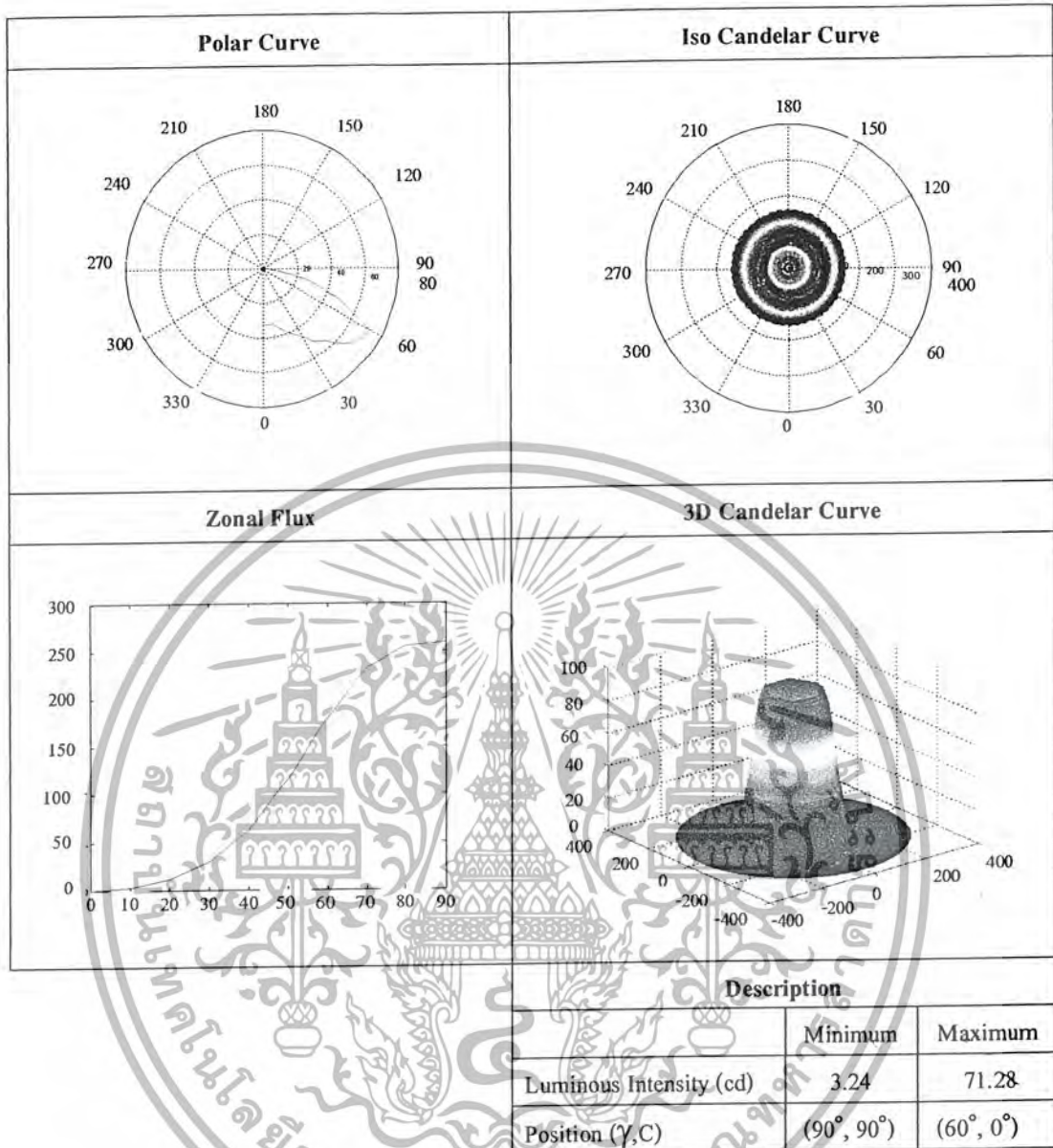
	Lamp Data	
	Lamp	Compactfluorescent
	Color	Warm White
	Surface	Circular
	Luminaire	Downlight (rough)
	Number of Lamp	1
	Electrical Data	
	Voltage (V)	193.33
	Current (A)	0.06
	Power (W)	11.6

Luminous Intensity (cd)						
$\gamma \setminus c$	0°	45°	90°	180°	210°	270°
0°	32.40	32.40	32.40	32.40	32.40	32.40
5°	32.40	29.16	25.92	32.40	27.54	22.68
10°	32.40	29.16	25.92	32.40	29.16	25.92
15°	35.64	30.78	25.92	38.88	32.40	25.92
20°	38.88	34.02	29.16	42.12	37.26	32.40
25°	42.12	37.26	32.40	45.36	40.50	35.64
30°	45.36	42.12	38.88	55.08	46.98	38.88
35°	51.84	48.60	45.36	71.28	58.32	45.36
40°	55.08	53.46	51.84	84.24	69.66	55.08
45°	61.56	59.94	58.32	90.72	77.76	64.80
50°	68.04	66.42	64.80	90.72	79.38	68.04
55°	71.28	68.04	64.80	84.24	76.14	68.04
60°	71.28	66.42	61.56	71.28	48.60	25.92
65°	55.08	53.46	51.84	51.84	48.60	45.36
70°	38.88	37.26	35.64	35.64	32.40	29.16
75°	29.16	25.92	22.68	19.44	17.82	16.20
80°	9.72	9.72	9.72	6.48	6.48	6.48
85°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24
90°	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24	3.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zonal Flux (lm)				
γ	Zone Total	Average Luminous Intensity	Zone Factor	Zone flux
0°	194.40	32.40		
5°	170.10	28.35	0.0955	2.71
10°	174.96	29.16		
15°	189.54	31.59	0.2835	8.96
20°	213.84	35.64		
25°	233.28	38.88	0.4629	18.00
30°	267.30	44.55		
35°	320.76	53.46	0.6282	33.58
40°	369.36	61.56		
45°	413.10	68.85	0.7744	53.32
50°	437.40	72.90		
55°	432.54	72.09	0.8972	64.68
60°	345.06	57.51		
65°	306.18	51.03	0.9926	50.65
70°	208.98	34.83		
75°	131.22	21.87	1.0579	23.14
80°	48.60	8.10		
85°	19.44	3.24	1.0911	3.54
90°	19.44	3.24		
Total Flux (lumen)				258.56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Photometric Luminaire Data of Compactfluorescent 11 Watt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8

การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูล

ในการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูล เป็นการนำข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างจากการวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างในบทที่ 7 มาคำนวณหาประสิทธิภาพหลอด ค่าไฟฟ้า และค่าใช้จ่าย เพื่อนำมาทำการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์แนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานในระบบแสงสว่างภายในแทนหลอดไฟที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

8.1 การคำนวณค่าต่างๆ ในการเปรียบเทียบหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ

ในการเปรียบเทียบหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ เราจะทำการคำนวณหาค่าต่างๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ ฟลักซ์ที่ใช้ในการติดตั้ง ประสิทธิภาพของหลอด ค่าไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายทั้งหมด

8.1.1 การคำนวณหาฟลักซ์และจำนวนหลอดที่ใช้ในการติดตั้ง

โดยการกำหนดขนาดห้อง คือความกว้าง ความยาว และความสูงของห้อง และค่าความเข้มแสง ที่ต้องการบนพื้นใช้งาน เพื่อนำไปคำนวณหาฟลักซ์ที่ต้องการติดตั้ง โดยวิธีลูเมน

ในการเปรียบเทียบหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆ จะกำหนดให้ห้องมีความกว้างเท่ากับ 2.5 เมตร ความยาวเท่ากับ 2.5 เมตร และความสูงเท่ากับ 3 เมตร และค่าความเข้มแสงเท่ากับ 200 ลักซ์ และพื้นห้องเป็นพื้นที่การใช้งาน กำหนดให้ค่าการสะท้อนของเพดาน ฝาผนัง และพื้นมีค่าเท่ากับ 0.5, 0.3, 0.1

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน} &= \text{ความเข้มแสง} \times \text{พื้นที่} \\ &= 200 \times 2.5 \times 2.5 \\ &= 1250 \text{ ลูเมน} \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาฟลักซ์ที่ติดตั้ง

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง} &= \frac{\text{ฟลักซ์ที่ตกกระทบพื้นผิวใช้งาน}}{UF \times MF} \\ &= \frac{1250}{UF \times MF} \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า กำหนดให้ค่าตัวประกอบบำรุงรักษา (MF) มีค่าเท่ากับ 0.8 ไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการหาค่าตัวประกอบการใช้ประโยชน์ (UF) จะหาได้จากขั้นตอนการคำนวณค่าดัชนีห้อง (k) ซึ่งหาจาก

$$k = \frac{LW}{H_m(L+W)}$$

$$k = \frac{2.5 \times 2.5}{3(2.5 + 2.5)}$$

$$k = 0.42$$

จากค่า k และค่าการสะท้อนของเพดาน ฝ้าผนัง จะสามารถนำไปหาค่า UF ได้จากตารางของผู้ผลิต ซึ่งในที่นี้จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0.5 ดังนั้นจะได้ว่า

$$\begin{aligned} \text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง} &= \frac{1250}{0.5 \times 0.8} \\ &= 3125 \text{ ลูเมน} \end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาจำนวนโคมที่ใช้ในการติดตั้ง เลือกประเภทหลอดที่จะนำไปใช้งาน จะทำให้ทราบค่าลูเมนการออกแบบ (LDL) เพื่อนำไปคำนวณหาจำนวนโคม

$$\begin{aligned} \text{จำนวนโคม} &= \frac{\text{ฟลักซ์ที่ติดตั้ง}}{LDL} \\ &= \frac{3125}{LDL} \end{aligned}$$

8.1.2 การคำนวณหาประสิทธิภาพหลอด

ประสิทธิภาพของหลอด คือ อัตราส่วนของค่าความส่องสว่างต่อกำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์

$$\text{ประสิทธิภาพหลอด} = \frac{LDL}{\text{กำลังไฟฟ้าของหลอด}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.1.3 การคำนวณค่าไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 1 หาจำนวนหน่วยไฟฟ้าที่ใช้

$$\text{หน่วย (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้าของหลอด} \times \text{จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน}}{1000}$$

จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานคิดที่ระยะเวลา 1 ปี = 365 วัน เปิดไฟวันละ 10 ชั่วโมงต่อวัน
ดังนั้น จำนวนชั่วโมงที่ใช้งานต่อ 1 ปี = 3650 ชั่วโมง

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าไฟฟ้าที่ใช้

การไฟฟ้าคิดค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 2.00 บาท

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนหน่วย} \times 2.00$$

8.1.4 การคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณต้นทุนของหลอดไฟ

$$\text{ต้นทุน} = \frac{\text{ราคาค่าหลอดไฟ}}{\text{อายุการใช้งาน (ปี)}}$$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมด

$$\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} = \text{ต้นทุนหลอดไฟ} + \text{ค่าไฟฟ้า}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

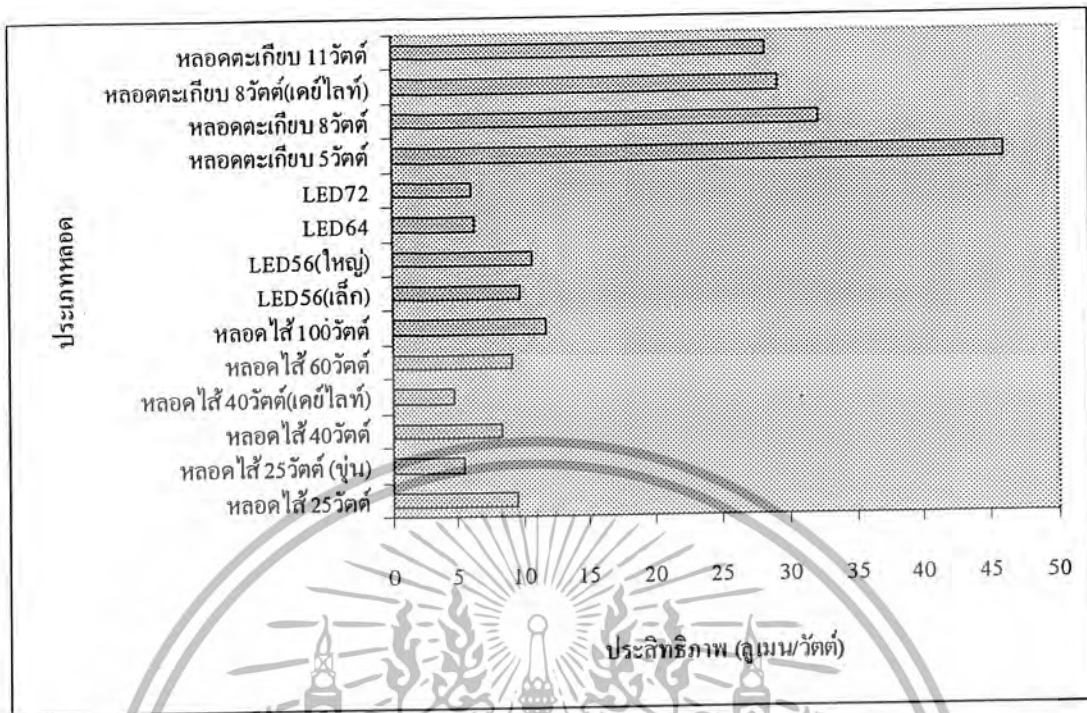
8.2 การเปรียบเทียบหลอดไฟชนิดต่างๆ

นำข้อมูลการกระจายแสงของหลอดไฟแต่ละชนิดที่ได้ มาคำนวณหาค่าต่างๆ แล้วนำมาเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 8.1 ซึ่งพิจารณาการเปรียบเทียบที่ค่าความเข้มแสง 200 ลักซ์ ของหลอดไฟชนิดต่างๆ และรูปที่ 8.1 ถึง 8.2 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และค่าใช้จ่ายของหลอดไฟชนิดต่างๆ และจากการเปรียบเทียบทั้งประสิทธิภาพ และค่าใช้จ่ายของหลอดชนิดต่างๆ กับหลอดไฟที่ทำจากไดโอดเปล่งแสง จะสามารถทราบความเป็นไปได้ในการนำหลอดไฟที่ทำจากไดโอดเปล่งแสง ไปใช้งานแทนหลอดไฟชนิดใดก็ได้ และสามารถวิเคราะห์แนวโน้มค่าใช้จ่ายของหลอดไฟที่ทำจากไดโอดเปล่งแสง เทียบกับหลอดไฟที่นำไปใช้แทน ดังตารางที่ 8.2 ถึง 8.15 และรูปที่ 8.3 ถึง 8.16 ซึ่งหลอดไฟที่นำมาทำการเปรียบเทียบมีดังนี้

- 1) หลอดไส้ 25 วัตต์
- 2) หลอดไส้ 25 วัตต์ (จุ่น)
- 3) หลอดไส้ 40 วัตต์
- 4) หลอดไส้ 40 วัตต์ (แคชไลท์)
- 5) หลอดไส้ 60 วัตต์
- 6) หลอดไส้ 100 วัตต์
- 7) หลอดตะเกียบ 5 วัตต์
- 8) หลอดตะเกียบ 8 วัตต์
- 9) หลอดตะเกียบ 8 วัตต์ (แคชไลท์)
- 10) หลอดตะเกียบ 11 วัตต์
- 11) ไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว (เล็ก)
- 12) ไดโอดเปล่งแสง 56 ตัว (ใหญ่)
- 13) ไดโอดเปล่งแสง 64 ตัว
- 14) ไดโอดเปล่งแสง 72 ตัว

ตารางที่ 8.1 แสดงการเปรียบเทียบหลอดไฟชนิดต่างๆ โดยพิจารณาจากค่าความเข้มแสง 200 ลักซ์

ประเภท	อุณหภูมิ/หลอด	วัตต์/หลอด	ประสิทธิภาพ	อายุการใช้งาน	ราคาหลอด	ต้นทุน	ค่าไฟฟ้า	ค่าใช้จ่าย
หลอดไส้ 25วัตต์	243.99	25.60	9.53	750	18.00	1121.97	2393540.72	2394662.69
หลอดไส้ 25วัตต์ (ขุ่น)	143.85	26.00	5.53	750	22.00	2325.92	4123218.63	4125544.55
หลอดไส้ 40วัตต์	320.92	38.00	8.45	750	18.00	853.02	2701218.37	2702071.39
หลอดไส้ 40วัตต์(เดย์ไลท์)	184.17	39.00	4.72	750	34.00	2807.64	4830794.92	4833602.56
หลอดไส้ 60วัตต์	512.06	56.00	9.14	750	18.00	534.61	2494824.83	2495359.43
หลอดไส้ 100วัตต์	1100.51	94.70	11.62	750	21.00	290.21	1963038.73	1963328.93
หลอดตะเกียบ 5วัตต์	238.95	5.20	45.95	5000	112.00	1069.26	496442.77	497512.03
หลอดตะเกียบ 8วัตต์	308.84	9.60	32.17	5000	115.00	849.45	709105.04	709954.49
หลอดตะเกียบ 8วัตต์(เดย์ไลท์)	279.97	9.60	29.16	5000	127.00	1034.82	782226.67	783261.49
หลอดตะเกียบ 11วัตต์	327.51	11.60	28.23	8000	145.00	631.24	807990.60	808621.84
LED 56 (เล็ก)	49.61	5.04	9.84	100000	336.00	772.53	2317577.10	2318349.63
LED 56 (ใหญ่)	55.61	5.22	10.65	100000	336.00	689.17	2141363.96	2142053.14
LED 64	39.19	6.10	6.42	100000	384.00	1117.63	3550810.16	3551927.79
LED 72	39.61	6.48	6.11	100000	432.00	1244.00	3732012.12	3733256.12



รูปที่ 8.1 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอดไฟชนิดต่างๆ

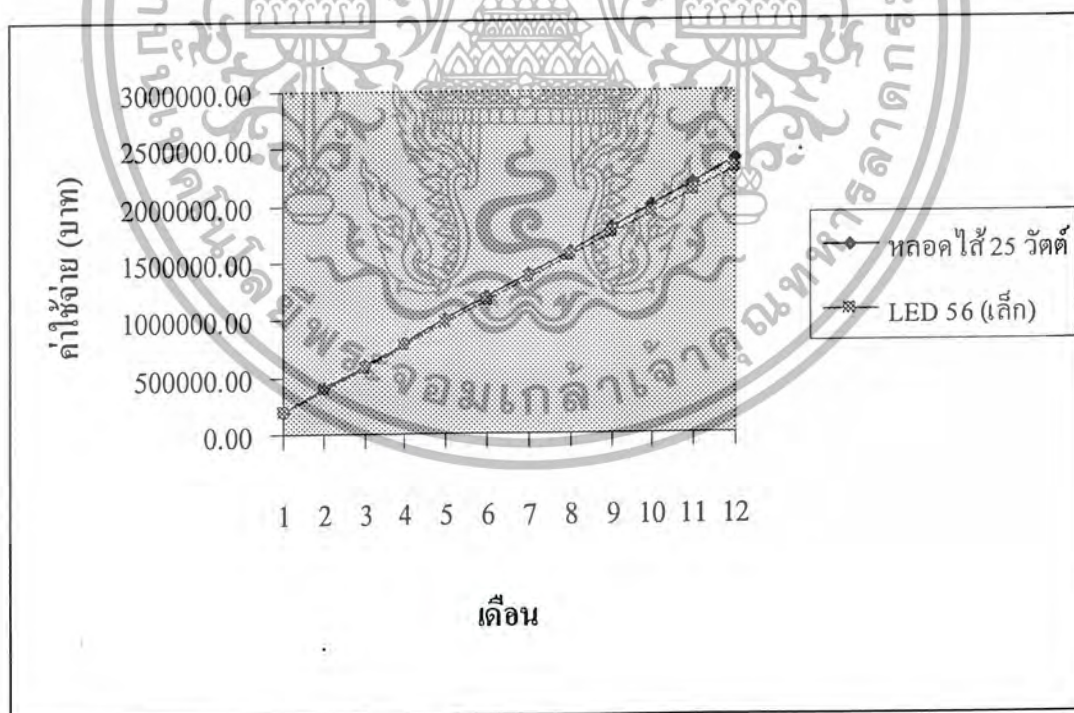


รูปที่ 8.2 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไฟชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.2 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 25 วัตต์	LED 56 (เล็ก)
1	199555.22	193195.80
2	399110.45	386391.60
3	598665.67	579587.41
4	798220.90	772783.21
5	997776.12	965979.01
6	1197331.35	1159174.81
7	1396886.57	1352370.62
8	1596441.79	1545566.42
9	1795997.02	1738762.22
10	1995552.24	1931958.02
11	2195107.47	2125153.82
12	2394662.69	2318349.63

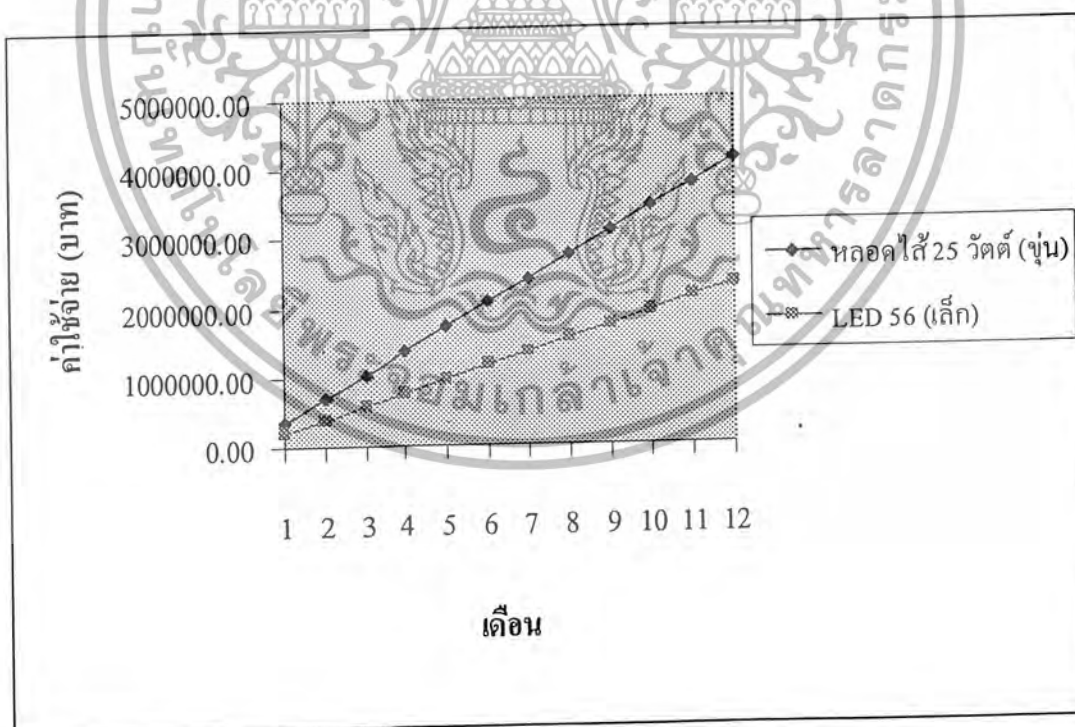


รูปที่ 8.3 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (เล็ก)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น)	LED 56 (เล็ก)
1	343795.38	193195.80
2	687590.76	386391.60
3	1031386.14	579587.41
4	1375181.52	772783.21
5	1718976.90	965979.01
6	2062772.27	1159174.81
7	2406567.65	1352370.62
8	2750363.03	1545566.42
9	3094158.41	1738762.22
10	3437953.79	1931958.02
11	3781749.17	2125153.82
12	4125544.55	2318349.63

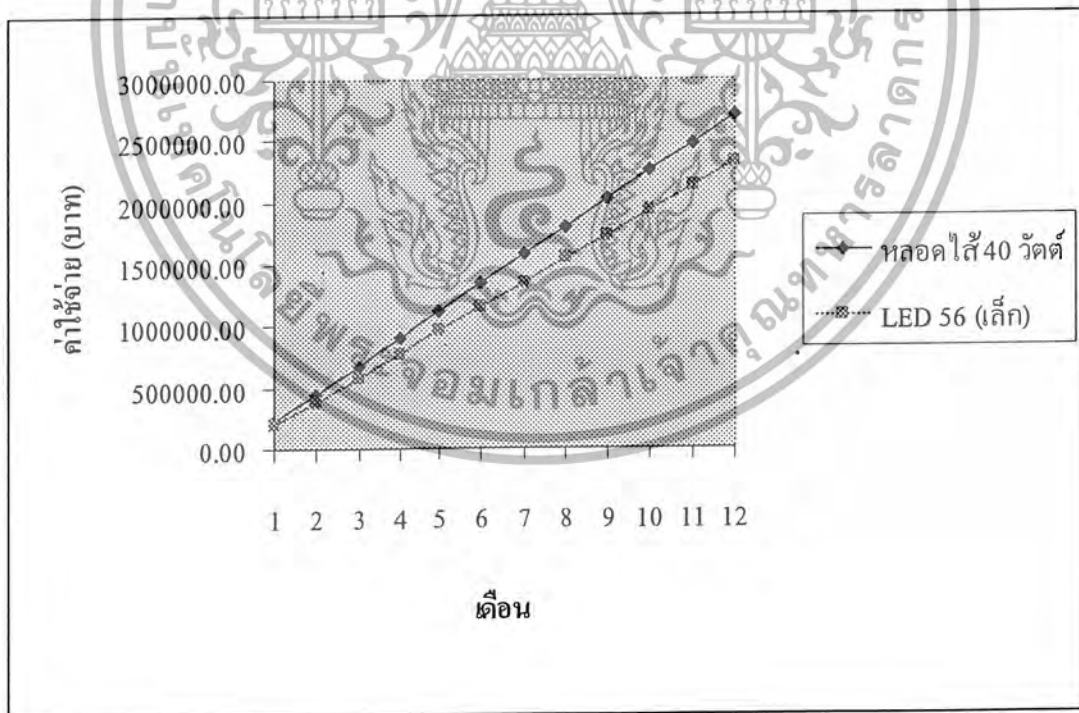


รูปที่ 8.4 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (เล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.4 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 40 วัตต์	LED 56 (เล็ก)
1	225172.62	193195.80
2	450345.23	386391.60
3	675517.85	579587.41
4	900690.46	772783.21
5	1125863.08	965979.01
6	1351035.69	1159174.81
7	1576208.31	1352370.62
8	1801380.93	1545566.42
9	2026553.54	1738762.22
10	2251726.16	1931958.02
11	2476898.77	2125153.82
12	2702071.39	2318349.63

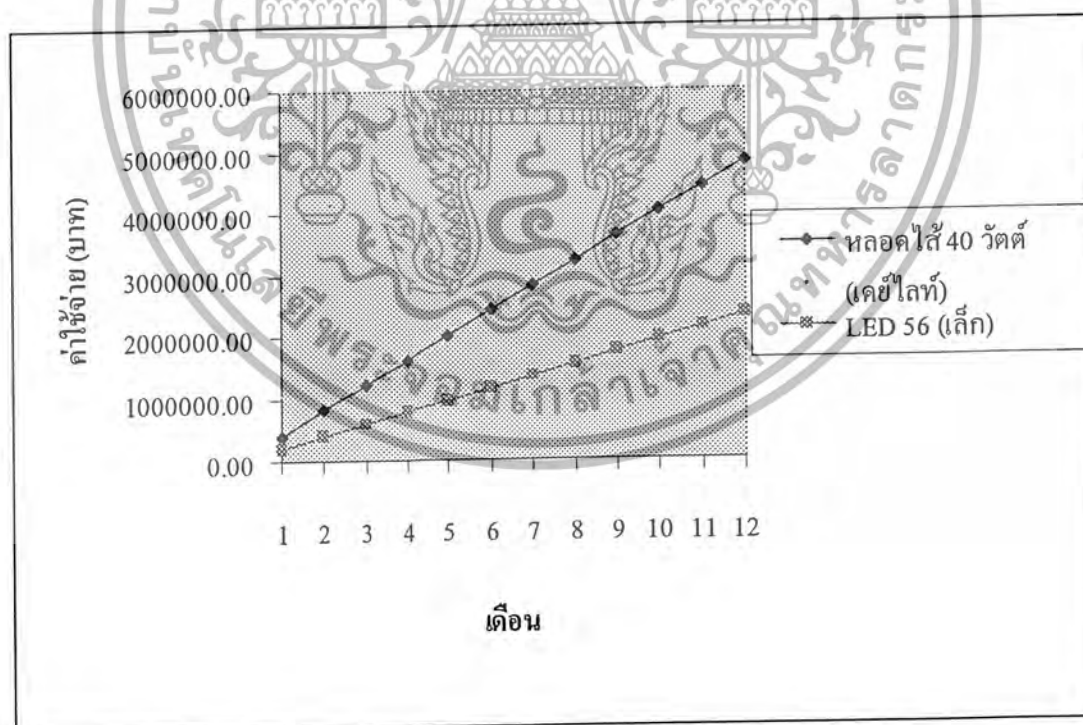


รูปที่ 8.5 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.5 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เคยไลท์) กับ LED 56 (เล็ก)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 40 วัตต์(เคยไลท์)	LED 56 (เล็ก)
1	402800.21	193195.80
2	805600.43	386391.60
3	1208400.64	579587.41
4	1611200.85	772783.21
5	2014001.07	965979.01
6	2416801.28	1159174.81
7	2819601.49	1352370.62
8	3222401.71	1545566.42
9	3625201.92	1738762.22
10	4028002.13	1931958.02
11	4430802.35	2125153.82
12	4833602.56	2318349.63

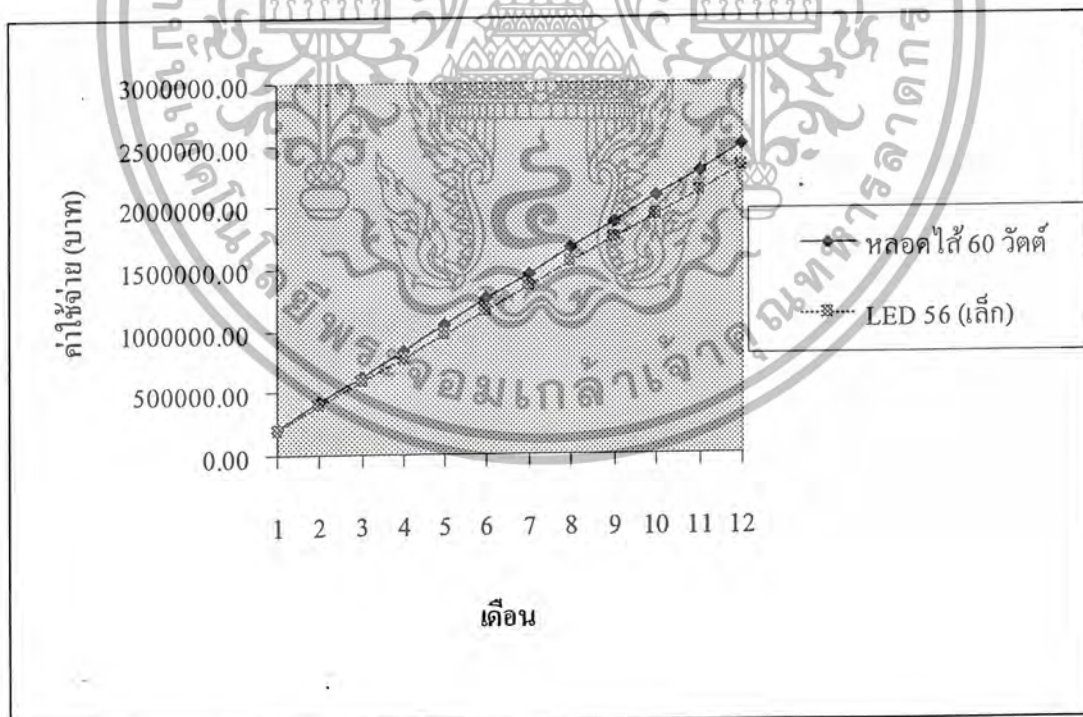


รูปที่ 8.6 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เคยไลท์) กับ LED 56 (เล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.6 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 60 วัตต์	LED 56 (เล็ก)
1	207946.62	193195.80
2	415893.24	386391.60
3	623839.86	579587.41
4	831786.48	772783.21
5	1039733.10	965979.01
6	1247679.72	1159174.81
7	1455626.33	1352370.62
8	1663572.95	1545566.42
9	1871519.57	1738762.22
10	2079466.19	1931958.02
11	2287412.81	2125153.82
12	2495359.43	2318349.63



รูปที่ 8.7 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (เล็ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.7 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 25 วัตต์	LED 56 (ใหญ่)
1	199555.22	178504.43
2	399110.45	357008.86
3	598665.67	535513.28
4	798220.90	714017.71
5	997776.12	892522.14
6	1197331.35	1071026.57
7	1396886.57	1249531.00
8	1596441.79	1428035.43
9	1795997.02	1606539.85
10	1995552.24	1785044.28
11	2195107.47	1963548.71
12	2394662.69	2142053.14

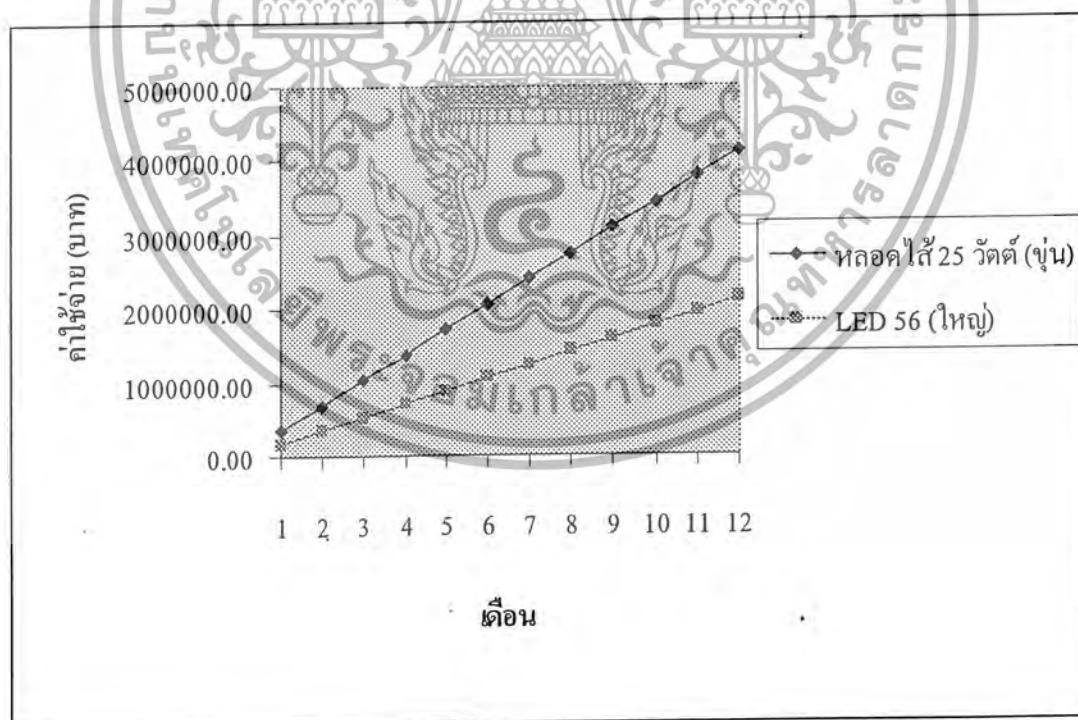


รูปที่ 8.8 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.8 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (ใหญ่)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น)	LED 56 (ใหญ่)
1	343795.38	178504.43
2	687590.76	357008.86
3	1031386.14	535513.28
4	1375181.52	714017.71
5	1718976.90	892522.14
6	2062772.27	1071026.57
7	2406567.65	1249531.00
8	2750363.03	1428035.43
9	3094158.41	1606539.85
10	3437953.79	1785044.28
11	3781749.17	1963548.71
12	4125544.55	2142053.14

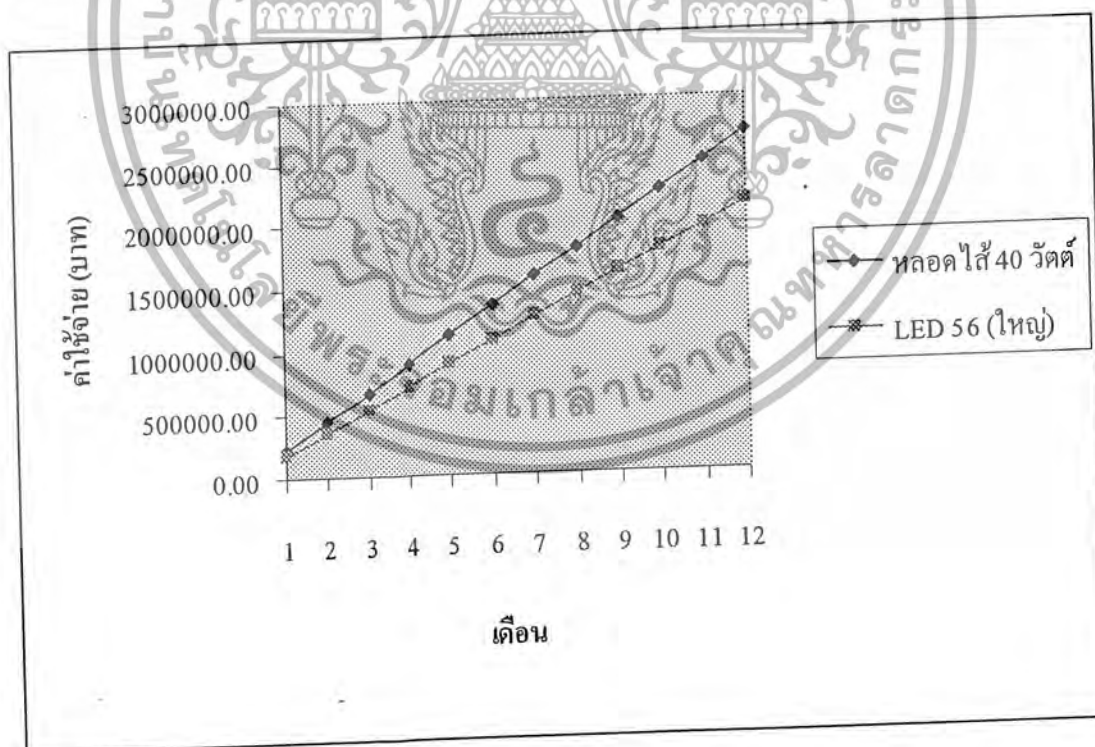


รูปที่ 8.9 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 56 (ใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.9 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)

เดือน	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
	หลอดไส้ 40 วัตต์	LED 56 (ใหญ่)
1	225172.62	178504.43
2	450345.23	357008.86
3	675517.85	535513.28
4	900690.46	714017.71
5	1125863.08	892522.14
6	1351035.69	1071026.57
7	1576208.31	1249531.00
8	1801380.93	1428035.43
9	2026553.54	1606539.85
10	2251726.16	1785044.28
11	2476898.77	1963548.71
12	2702071.39	2142053.14

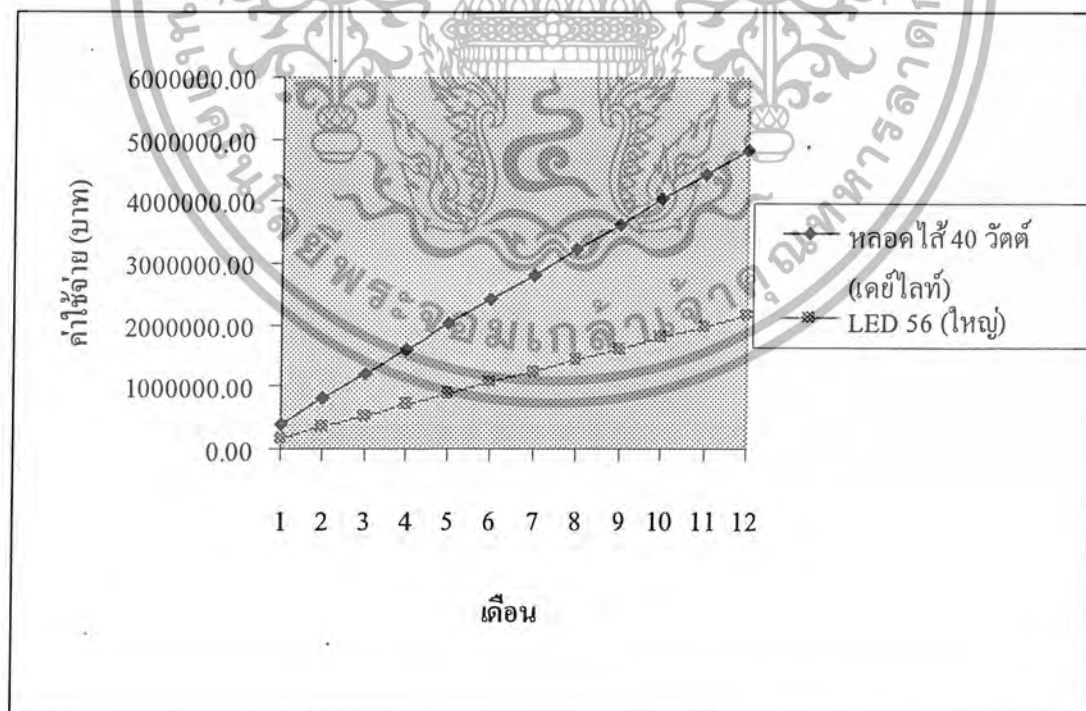


รูปที่ 8.10 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.10 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 56 (ใหญ่)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 40 วัตต์(เดย์ไลท์)	LED 56 (ใหญ่)
1	402800.21	178504.43
2	805600.43	357008.86
3	1208400.64	535513.28
4	1611200.85	714017.71
5	2014001.07	892522.14
6	2416801.28	1071026.57
7	2819601.49	1249531.00
8	3222401.71	1428035.43
9	3625201.92	1606539.85
10	4028002.13	1785044.28
11	4430802.35	1963548.71
12	4833602.56	2142053.14

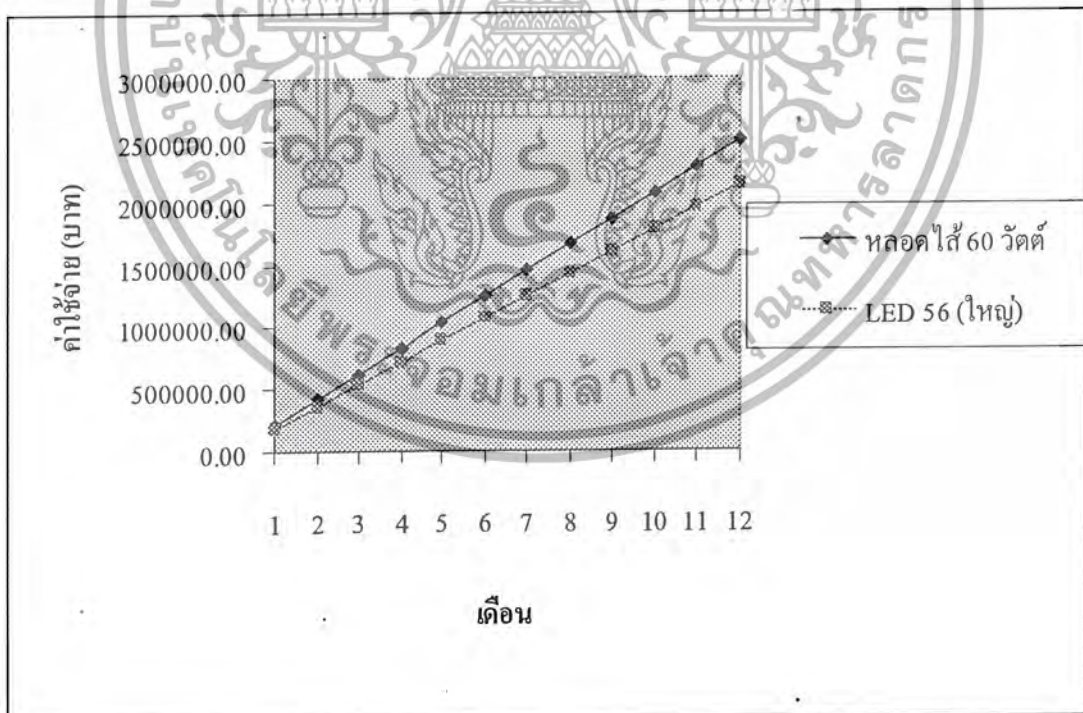


รูปที่ 8.11 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 56 (ใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.11 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 60 วัตต์	LED 56 (ใหญ่)
1	207946.62	178504.43
2	415893.24	357008.86
3	623839.86	535513.28
4	831786.48	714017.71
5	1039733.10	892522.14
6	1247679.72	1071026.57
7	1455626.33	1249531.00
8	1663572.95	1428035.43
9	1871519.57	1606539.85
10	2079466.19	1785044.28
11	2287412.81	1963548.71
12	2495359.43	2142053.14

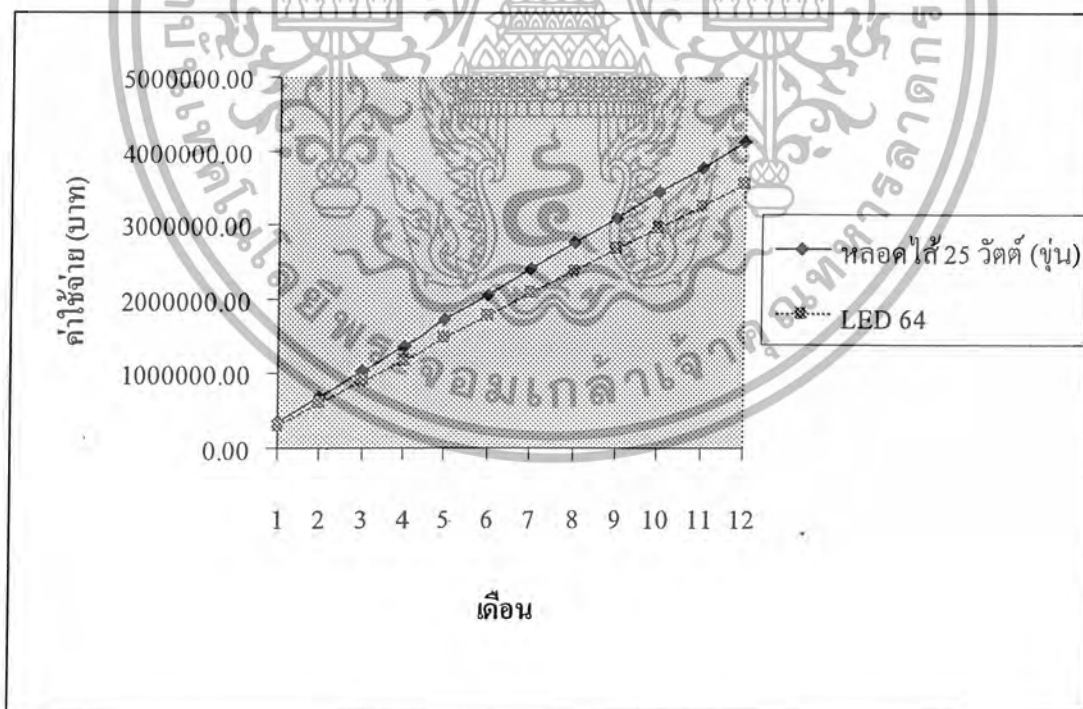


รูปที่ 8.12 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 60 วัตต์ กับ LED 56 (ใหญ่)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.12 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 64

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น)	LED 64
1	343795.38	295993.98
2	687590.76	591987.96
3	1031386.14	887981.95
4	1375181.52	1183975.93
5	1718976.90	1479969.91
6	2062772.27	1775963.89
7	2406567.65	2071957.88
8	2750363.03	2367951.86
9	3094158.41	2663945.84
10	3437953.79	2959939.82
11	3781749.17	3255933.81
12	4125544.55	3551927.79

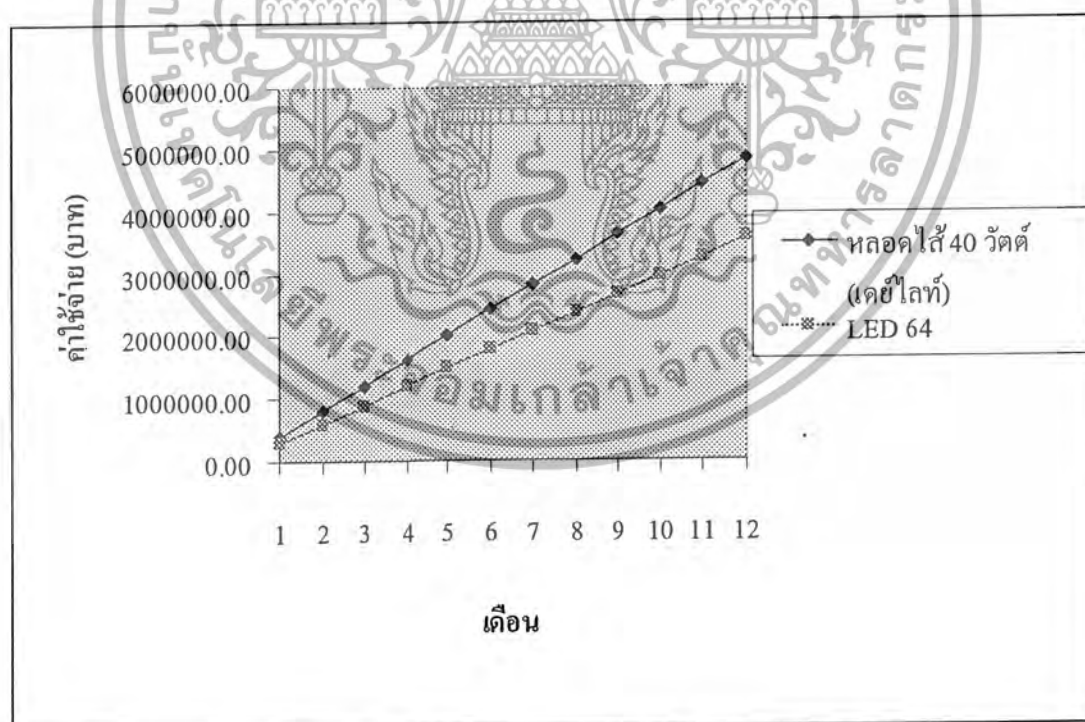


รูปที่ 8.13 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.13 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 64

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 40 วัตต์(เดย์ไลท์)	LED 64
1	402800.21	295993.98
2	805600.43	591987.96
3	1208400.64	887981.95
4	1611200.85	1183975.93
5	2014001.07	1479969.91
6	2416801.28	1775963.89
7	2819601.49	2071957.88
8	3222401.71	2367951.86
9	3625201.92	2663945.84
10	4028002.13	2959939.82
11	4430802.35	3255933.81
12	4833602.56	3551927.79

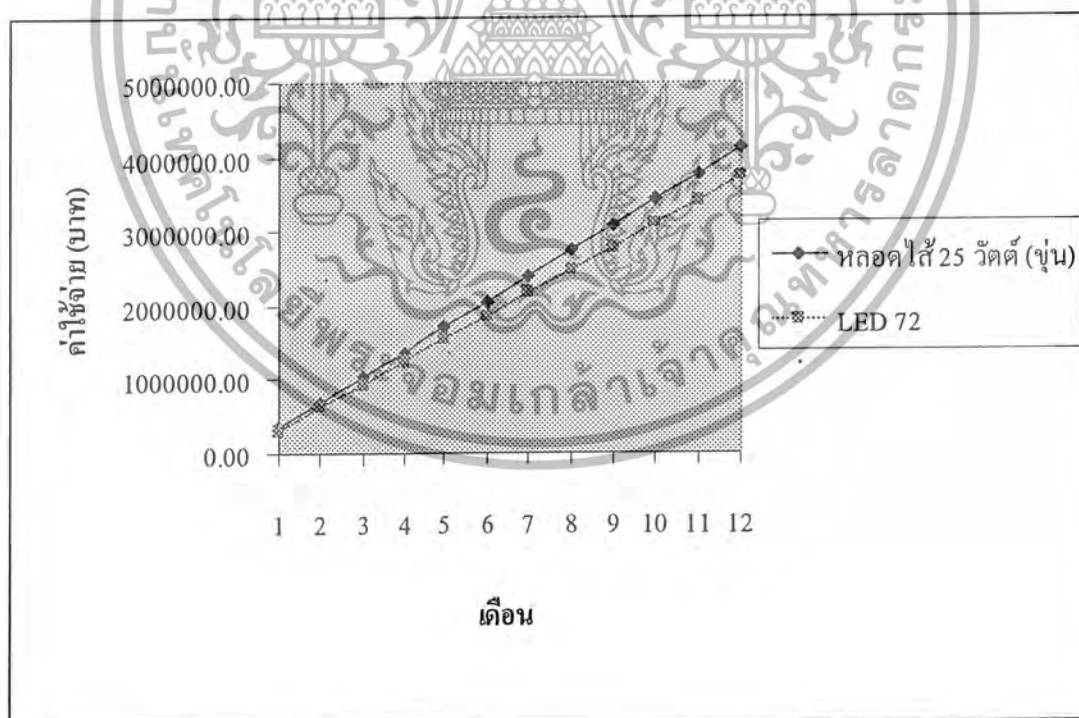


รูปที่ 8.14 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.14 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 72

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น)	LED 72
1	343795.38	311104.68
2	687590.76	622209.35
3	1031386.14	933314.03
4	1375181.52	1244418.71
5	1718976.90	1555523.38
6	2062772.27	1866628.06
7	2406567.65	2177732.74
8	2750363.03	2488837.41
9	3094158.41	2799942.09
10	3437953.79	3111046.77
11	3781749.17	3422151.45
12	4125544.55	3733256.12

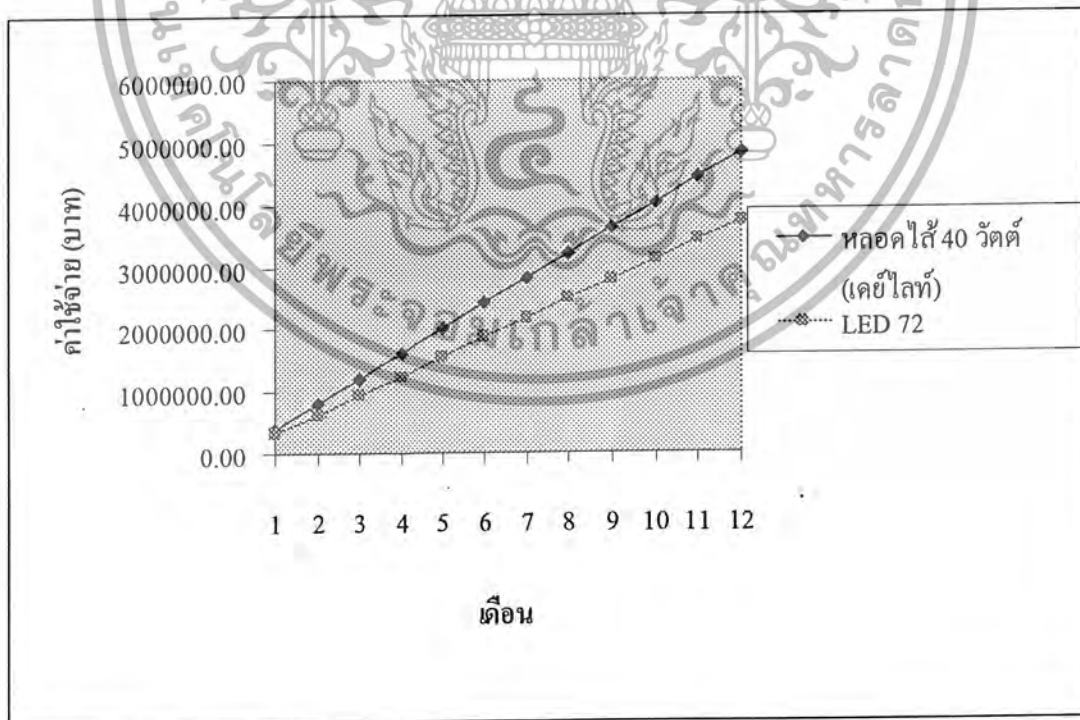


รูปที่ 8.15 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 25 วัตต์ (ขุ่น) กับ LED 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8.15 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 72

ค่าใช้จ่าย (บาท)		
เดือน	หลอดไส้ 40 วัตต์(เดย์ไลท์)	LED 72
1	402800.21	311104.68
2	805600.43	622209.35
3	1208400.64	933314.03
4	1611200.85	1244418.71
5	2014001.07	1555523.38
6	2416801.28	1866628.06
7	2819601.49	2177732.74
8	3222401.71	2488837.41
9	3625201.92	2799942.09
10	4028002.13	3111046.77
11	4430802.35	3422151.45
12	4833602.56	3733256.12



รูปที่ 8.16 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของหลอดไส้ 40 วัตต์ (เดย์ไลท์) กับ LED 72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 การวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

จากการเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้า ประสิทธิภาพ อายุการใช้งาน และค่าใช้จ่ายของหลอดไฟชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 8.1 และรูปที่ 8.1 – 8.2 จะเห็นได้ว่าหลอดไฟที่ทำจากไดโอดเปล่งแสงสามารถนำไปใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ได้ในบางชนิด แต่ยังไม่สามารถนำไปใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์บางชนิด และหลอดตะเกียบได้ ซึ่งอาจจะเป็นเนื่องมาจากคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงที่นำมาทำเป็นหลอดไฟ ที่ยังมีคุณสมบัติไม่เท่ากันในแต่ละหลอด และมีค่าความสว่างน้อย หากมีการพัฒนาโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง ทั้งด้านการส่องสว่าง และการประหยัดพลังงาน จะทำให้เชื่อได้ว่าในอนาคต ไดโอดเปล่งแสงจะสามารถนำมาใช้งานแทนหลอดไฟที่ใช้กันอยู่ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

สรุปและวิจารณ์

จากการค้นคว้า ศึกษา ทดลอง และออกแบบการนำไดโอดเปล่งแสงไปประยุกต์ใช้งานในระบบแสงสว่างภายในอาคารตลอดระยะเวลาของโครงการ ได้มีการทดลองผิดถูกมากมาย โดยเริ่มจากการค้นคว้าทฤษฎี คุณสมบัติพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสง เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่จะนำไปสู่แนวทางการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากไดโอดเปล่งแสงมีคุณสมบัติในการให้แสงสว่าง มีประสิทธิภาพสูง อายุการใช้งานที่ยาวนาน รวมทั้งสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ ในโครงการนี้จึงมุ่งเน้นการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ และเพื่อเป็นแนวทางในการนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานแทนหลอดไฟชนิดอื่นๆ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

9.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบและทดสอบการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งาน เป็นแหล่งกำเนิดแสงแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ โดยทำการนำไดโอดเปล่งแสงมาทำเป็นแหล่งกำเนิดแสงในรูปแบบต่างๆ เพื่อทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง ค่าทางไฟฟ้า และทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพ ค่าความส่องสว่าง และคำนวณค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ ซึ่งจะทำให้เห็นได้ว่า มีแนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำไดโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ เพราะไดโอดเปล่งแสงมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ รวมทั้งมีความคุ้มค่าในการลงทุนระยะยาว แต่ยังไม่สามารถใช้ไดโอดเปล่งแสงแทนที่หลอดไฟทั่วไปในการให้ความสว่างครอบคลุมพื้นที่วงกว้างได้ เนื่องจากคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวที่ยังไม่เหมือนกัน และยังให้ความสว่างน้อย ซึ่งหากมีการพัฒนาโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง ก็สามารถเชื่อได้ว่าในอนาคตจะสามารถนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้งานแทนหลอดไฟที่ใช้กันอยู่ในระบบแสงสว่างภายในได้

9.2 ปัญหาที่พบในโครงการ

1. เนื่องจากโครงการนี้เป็นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงส่งผลให้ออกสารต่างๆ ที่ใช้อ้างอิงทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษมีน้อย และยากต่อการศึกษา
2. ไดโอดเปล่งแสงที่ต้องการ ใช้งานมีราคาสูง ไม่มีข้อมูลประกอบของไดโอดเปล่งที่นำมาทำการวิจัยและใช้งาน รวมทั้งมีประสิทธิภาพที่ไม่แน่นอน เนื่องจากไม่สามารถหาซื้อได้จากแหล่งผลิตทั้งในประเทศ และต่างประเทศ
3. อุปกรณ์บางอย่างไม่สามารถหาซื้อได้ จึงต้องประยุกต์นำอุปกรณ์อื่นมาใช้แทน ทำให้เสียเวลาในการทดลอง และยังคงส่งผลให้ประสิทธิภาพของวงจรลดลงอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทางภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามีเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบต่างๆ ไม่เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษาที่ใช้ทำโครงการ
5. หน่วยงานและบุคคลที่มีความรู้ ความชำนาญ ที่สามารถให้คำปรึกษาและคำแนะนำมีน้อย และมีความลำบากในการให้ข้อมูล

9.3 แนวทางการพัฒนาและดำเนินงานต่อไป

แนวทางในการดำเนินงานต่อไป จะเป็นการปรับปรุง และพัฒนาโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง ไม่ว่าจะเป็นด้านการส่องสว่างและการประหยัดพลังงาน เพื่อนำไปสู่การนำไดโอดเปล่งแสงไปประยุกต์ใช้งานในระบบแสงสว่างภายใน โดยสามารถนำไปใช้งานแทนหลอดไฟชนิดต่างๆ ที่ใช้กันในปัจจุบัน และยังสามารถช่วยแก้ไขปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต



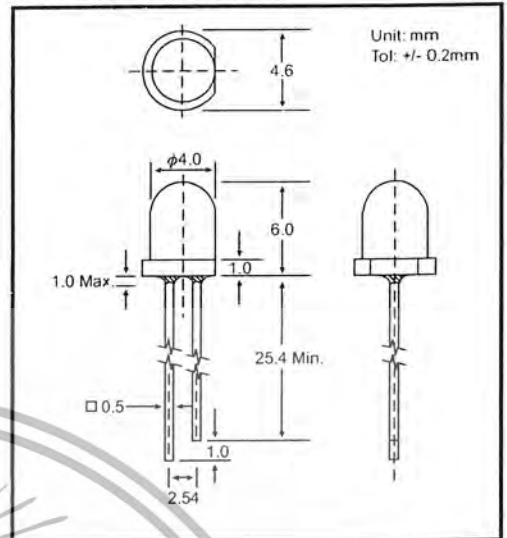
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION:

The 214 series is widely used in general purpose indicator applications. It is in popular 4mm diameter package. The semi-conductor materials used are: GaP for (214HC/HD/HT, 214GC/GD/GT) GaAsP/GaP for (214RHC/RHD/RHT, 214YC/YD/YT and 214SD)

PACKAGE DIMENSIONS

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS: (Ta=25°C)

Reverse Voltage	5 Volt
Reverse Current (Vr =5V)	100µA
Operating Temperature Range	-40°C To 85°C
Storage Temperature Range	-40°C To 100°C
Lead Soldering Temperature (1.6mm (1/16)From Body)	260°C For 5 Seconds

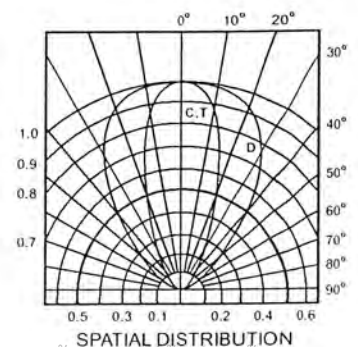
NOTES: 1. All dimensions are in millimeters.
 2. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
 3. Protuded resin under flange is 1.5 mm (0.059") Max.

PART NO. SELECTION AND APPLICATION INFORMATION (RATINGS AT 25°C AMBIENT)

Part No.	Emitted Color	Lens Color	Peak Wavelength λp (nm)	Vf (v)		Rec. If (mA)	Iv (mcd)		View Angle 2θ1/2(Deg)
				Min	Max		Min	Typ.	
GB-214HD	Red	Red Diffused	697	1.7	2.6	5-10	0.5	1.6	80
GB-214RHD	Bright Red	Red Diffused	660	1.7	2.6	10-20	1.1	6.0	80
GB-214GD	Green	Green Diffused	565	1.7	2.6	10-20	1.1	6.0	80
GB-214YD	Yellow	Yellow Diffused	585	1.7	2.6	10-20	1.1	6.0	80
GB-214SD	Orange	Orange Diffused	610	1.7	2.6	10-20	1.1	6.0	80
GB-214HT	Red	Red Trans.	697	1.7	2.6	5-10	2.5	10.0	40
GB-214RHT	Bright Red	Red Trans.	660	1.7	2.6	10-20	3.5	17.0	40
GB-214GT	Green	Green Trans.	565	1.7	2.6	10-20	3.5	17.0	40
GB-214YT	Yellow	Yellow Trans.	585	1.7	2.6	10-20	3.5	17.0	40
GB-214HC	Red	Water Clear	697	1.7	2.6	5-10	2.0	6.0	40
GB-214RHC	Bright Red	Water Clear	660	1.7	2.6	10-20	3.5	17.0	40
GB-214GC	Green	Water Clear	565	1.7	2.6	10-20	3.5	17.0	40

TESTING CONDITION FOR EACH PARAMETER :

PARAMETER:	SYMBOL	UNIT	TEST CONDITION
REVERSE VOLTAGE	Vr	VOLT	Vr = 5.0 Volt
REVERSE CURRENT	Ir	µA	If = 20mA
FORWARD VOLTAGE	Vf	VOLT	If = 20mA
LUMINOUS INTENSITY	Iv	MCD	If = 20mA
VIEWING ANGLE	2θ1/2	DEGREE	
RECOMMENDED OPERATING CURRENT	If (Rec)	mA	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION:

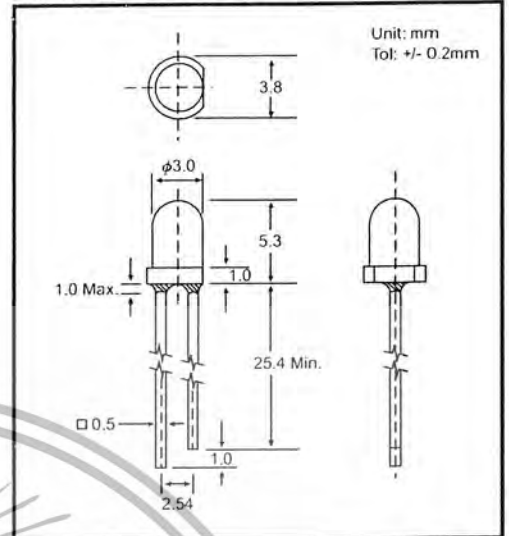
The 224 Mega Bright series is conventional LED Lamps utilizing higher intensity material to achieve the brightest performance.

The semi-conductor materials used are:

AlGaInP for (224RTSC, 224YTSC)

InGaN for (224B472C, 224BG2C, 224PG2C, 224W2C)

PACKAGE DIMENSIONS



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS: (Ta=25°C)

Reverse Voltage	5 Volt
Reverse Current (Vr =5V)	100µA
Operating Temperature Range	-40°C To 85°C
Storage Temperature Range	-40°C To 100°C
Lead Soldering Temperature (1.6mm (1/16)From Body)	260°C For 5 Seconds

NOTES: 1. All dimensions are in millimeters.

2. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.

3. Primed resin under flange is 1.5 mm (0.059") Max.

PART NO. SELECTION AND APPLICATION INFORMATION (RATINGS AT 25°C AMBIENT)

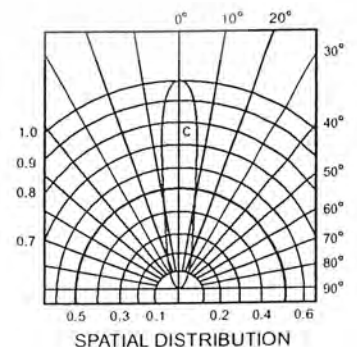
Part No.	Emitted Color	Lens Color	Peak Wavelength λp (nm)	Vf (v)		Rec. If (mA)	Iv (mcd)		View Angle 2θ1/2(Deg)	
				Min	Max		Min	Typ.		
GB-224RTSC	Ultra Red	Water Clear	635	2.0	2.8	10-20	2100.0	3000.0	18	
GB-224YTSC	Ultra Yellow	Water Clear	590	2.0	2.8	10-20	2100.0	3000.0	18	
GB-224B472C	Blue	Water Clear	470	2.8	4.5	10-20	850.0	1200.0	18	
GB-224BG2C	Bluish Green	Water Clear	505	2.8	4.5	10-20	2000.0	2800.0	18	
GB-224PG2C	Pure Green	Water Clear	525	2.8	4.5	10-20	2000.0	2800.0	18	
GB-224W2C	White	Water Clear	TYPICAL CHROMATICITY COORDINATES		3.0	4.5	10-20	1400.0	2000.0	18
			X	0.31						

CAUTION: Handle with care against static electricity

TESTING CONDITION FOR EACH PARAMETER:

PARAMETER:	SYMBOL	UNIT	TEST CONDITION
REVERSE VOLTAGE	Vr	VOLT	Vr = 5.0 Volt
REVERSE CURRENT	Ir	µA	If = 20mA
FORWARD VOLTAGE	Vf	VOLT	If = 20mA
LUMINOUS INTENSITY	Iv	MCD	If = 20mA
VIEWING ANGLE	2θ1/2	DEGREE	
RECOMMENDED OPERATING CURRENT	If (Rec)	mA	

NOTE: The typical emission color (White) is described by the chromaticity coordinates X = 0.31, Y = 0.32 using the CIE Chromaticity Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

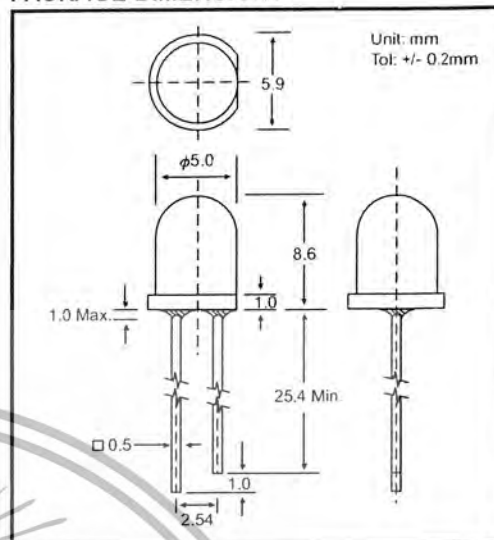
DESCRIPTION:

The 333 Mega Bright series is conventional LED Lamps utilizing higher intensity material to achieve the brightest performance.

The semi-conductor materials used are:

AlGaInP for (333RTSC, 333YTSC)

InGaN for (333B472C, 333BG2C, 333PG2C, 333W2C)

PACKAGE DIMENSIONS

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS: (Ta=25°C)

Reverse Voltage	5 Volt
Reverse Current (Vr =5V)	100µA
Operating Temperature Range	-40°C To 85°C
Storage Temperature Range	-40°C To 100°C
Lead Soldering Temperature (1.6mm (1/16)From Body)	260°C For 5 Seconds

NOTES: 1. All dimensions are in millimeters.

2. Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.

3. Promoted resin under flange is 1.5 mm (0.059") Max.

PART NO. SELECTION AND APPLICATION INFORMATION (RATINGS AT 25°C AMBIENT)

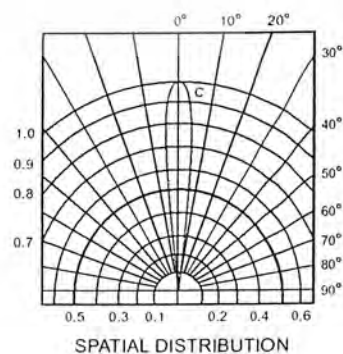
Part No.	Emitted Color	Lens Color	Peak Wavelength λp (nm)	Vf (v)		Rec. If (mA)	Iv (mcd)		View Angle 2θ1/2(Deg)
				Min	Max		Min	Typ.	
GB-333RTSC	Ultra Red	Water Clear	635	2.0	2.8	20	3800.0	4200.0	16
GB-333YTSC	Ultra Yellow	Water Clear	590	2.0	2.8	20	3600.0	4800.0	16
GB-333B472C	Blue	Water Clear	470	2.8	4.5	20	1750.0	2800.0	16
GB-333BG2C	Bluish Green	Water Clear	505	2.8	4.5	20	3000.0	5000.0	16
GB-333PG2C	Pure Green	Water Clear	525	2.8	4.5	20	3000.0	5000.0	16
GB-333W2C	White	Water Clear	TYPICAL CHROMATICITY COORDINATES X: 0.31 Y: 0.32	3.0	4.5	20	3000.0	5000.0	16

CAUTION: Handling with care against static electricity.

TESTING CONDITION FOR EACH PARAMETER:

PARAMETER:	SYMBOL	UNIT	TEST CONDITION
REVERSE VOLTAGE	Vr	VOLT	Vr = 5.0 Volt
REVERSE CURRENT	Ir	µA	If = 20mA
FORWARD VOLTAGE	Vf	VOLT	If = 20mA
LUMINOUS INTENSITY	Iv	MCD	If = 20mA
VIEWING ANGLE	2θ1/2	DEGREE	
RECOMMENDED OPERATING CURRENT	If (Rec)	mA	

NOTE: The typical emission color (White) is described by the chromaticity coordinates X: 0.31, Y: 0.32 using the CIE Chromaticity Diagram.



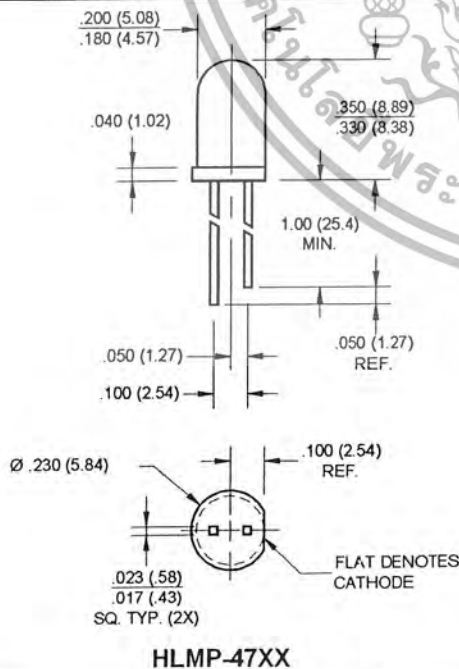
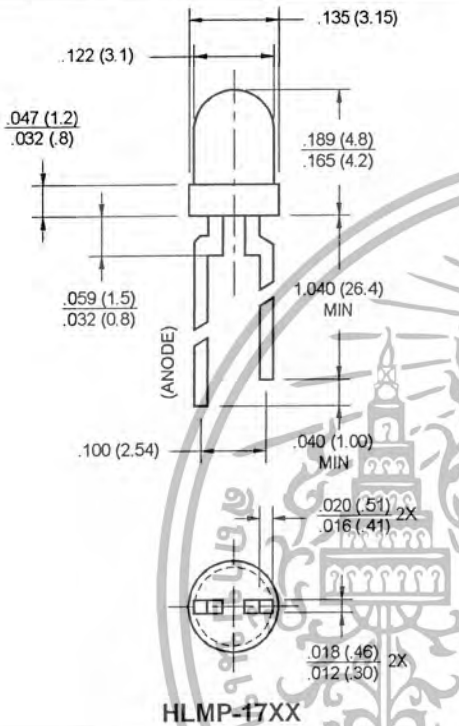
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HER
YELLOW
GREEN

HLMP-1700
HLMP-1719
HLMP-1790

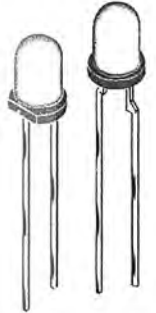
HLMP-4700
HLMP-4719
HLMP-4740 (MV2454)

PACKAGE DIMENSIONS



FEATURES

- Low power consumption (low current drive at 2mA)
- Solid state reliability
- Tinted and diffused



DESCRIPTION

The T-1 3/4 HLMP-47XX series and T-100 HLMP-17XX series are tinted diffused, providing a moderate viewing angle. These parts are optimized for low current and are brighter than the standard LED lamps operated at very low current.

NOTES:

1. ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES (mm).
2. TOLERANCE ARE $\pm .010$ " UNLESS OTHERWISE SPECIFIED.
3. AN EPOXY MENISCUS MAY EXTEND ABOUT .040" (1 mm) DOWN THE LEADS.

ABSOLUTE MAXIMUM RATING (T_A =25°C)

Parameter	HER	YELLOW	GREEN	UNITS
Power Dissipation (derated from 92°C at 1mA/°C)	27	24	27	mW
Peak Forward Current (PW ≤ 1 ms, DF ≤ 30 %)	25	20	25	mA
Continuous Forward Current	7.5	7.5	7.5	mA
Lead Soldering Time at 260° C	5	5	5	sec
Reverse Breakdown Voltage (V)	5	5	5	I _R = 100μA
Operating Temperature	-55 to +100	-55 to +100	-55 to +100	°C
Storage Temperature	-55 to +100	-55 to +100	-55 to +100	°C

ELECTRICAL / OPTICAL CHARACTERISTICS (T_A =25°C)

Parameter	HER	YELLOW	GREEN	Condition
	HLMP-1700/4700	HLMP-1719/4719	HLMP-1790/4740 (MV2454)	
Luminous Intensity (mcd)				I _F = 2mA
Minimum	1.0/1.2	1.0/1.2	1.0/1.2	
Typical	2.0/2.0	2.0/2.0	2.0/3.0	
Forward Voltage (V)				I _F = 2mA
Maximum	2.2	2.7	2.7	
Typical	1.8	1.9	1.9	
Peak Wavelength (nm)	635	585	565	I _F = 2mA
Spectral Line Half Width	45	35	30	I _F = 2mA
Viewing Angle (°)	50/35	50/35	50/35	I _F = 2mA

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

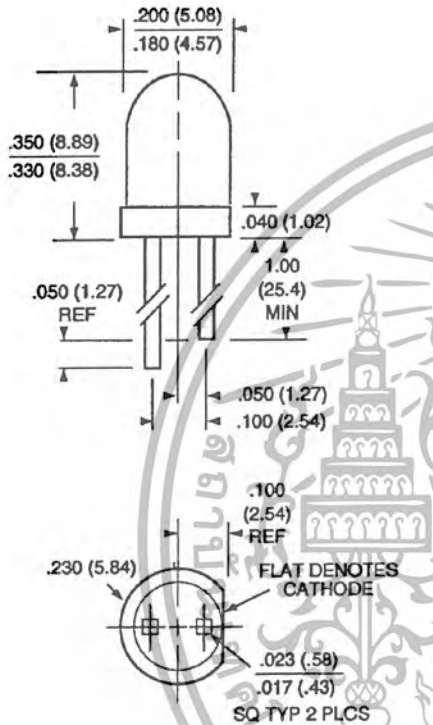
LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury of the user.
2. A critical component in any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.



PACKAGE DIMENSIONS



- Note: 1) All dimensions are in inches (mm).
 2) Lead spacing is measured where the leads emerge from the package.
 3) Protruded resin under the flange is 0.059" (1.5mm) max.
 4) All tolerances are ± 0.010" (0.25mm) unless otherwise noted.

DESCRIPTION

This T-1 3/4 white LED has a water clear lens and provides a viewing angle of 20°. It utilizes a GaN or InGaN blue LED chip with a phosphorous powder coating to produce the white light.

FEATURES

- Popular T-1 3/4 package
- Fluorescent light emission
- Standard 100 mil. lead spacing
- Emission color:
 $X = 0.31$
 $Y = 0.32$

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (T_A=25°C unless otherwise specified)

DC Forward Current (I_F)	30 mA
Peak Forward Current (I_F) @ f = 100Hz, Duty factor = 1/10	100 mA
Power Dissipation (P_d)	120 mW
Operating Temperature Range	-30°C to +80°C
Storage Temperature Range	-40°C to +100°C
Lead Soldering Time (1/16" from body)	3 secs @ 260°C

ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTICS (T_A=25°C unless otherwise specified)

Part Number:		MV8W00	Test Condition
Luminous Intensity (mcd)	Testing Condition @ 550nm		I _F = 20 mA
	Minimum	1300	
	Typical	2500	
Forward Voltage (V)	Typical	3.8	I _F = 20 mA
	Maximum	5.0	
Peak Wavelength (nm)		550	I _F = 20 mA
Chromaticity Coordinates			I _F = 10 mA
	Typical	X = 0.31 Y = 0.32	
Reverse Breakdown Voltage (V)		5	I _R = 10 μA
Viewing Angle (Deg.)		20	I _F = 20 mA

TYPICAL ELECTRO-OPTICAL CHARACTERISTIC CURVES (T_A = 25°C)

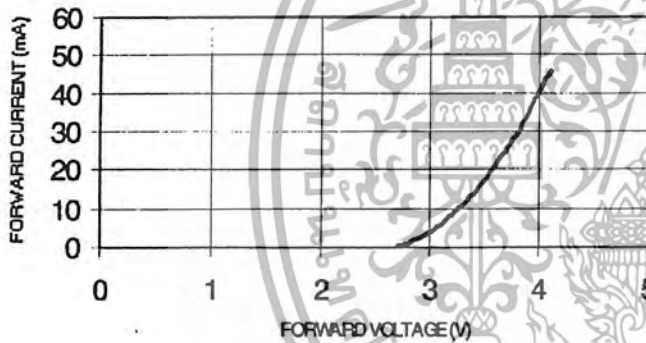


Fig 1. Forward Voltage vs. Forward Current

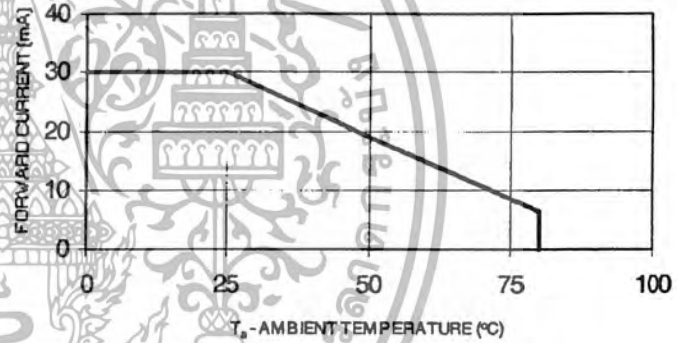


Fig 2. Forward Current vs. Ambient Temperature

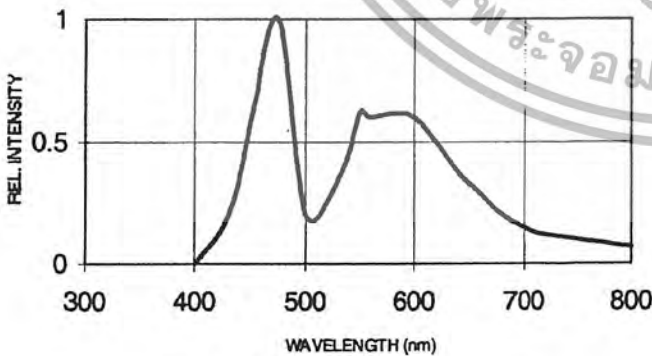


Fig 3. Rel. Intensity vs. Wavelength

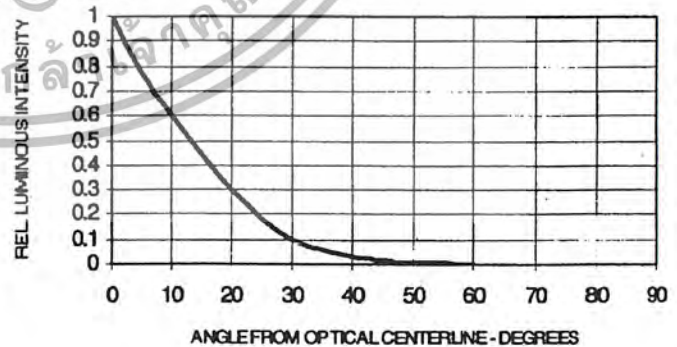


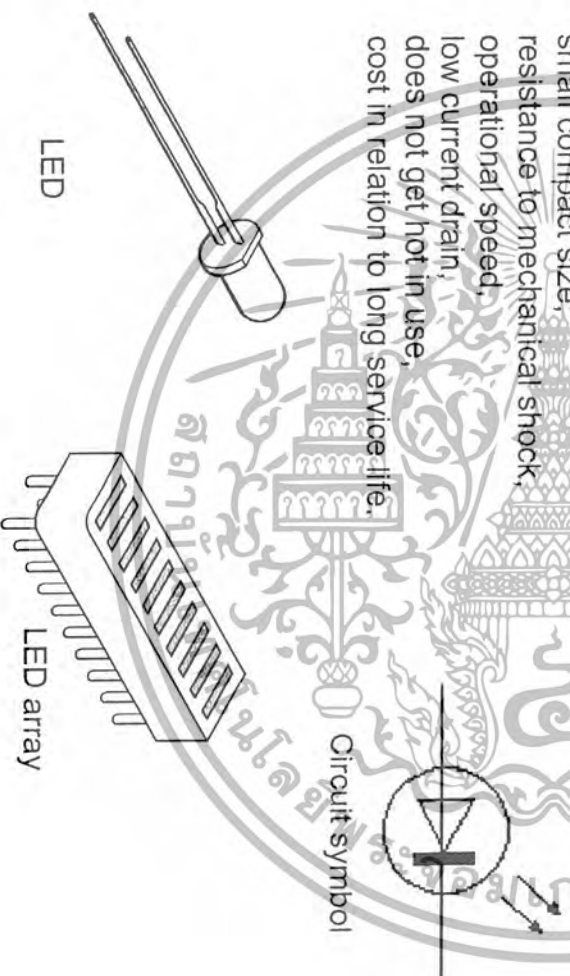
Fig 4. Rel. Intensity vs. Angular Displacement

COMPONENTS

DESCRIPTION

The light emitting diode (LED) is a semiconductor output transducer. It consists of a semiconductor junction that emits light when it is forward biased (current flowing). LEDs are polar devices. They have two leads one positive (anode) the other negative (cathode). Red is the most common LED colour but green and yellow are available. LEDs are used as indicator lamps in all sorts of digital electronic circuits. LEDs are also available as arrays and seven segment displays. The combination of an LED and a phototransistor has produced the opto-isolator, a valuable opto-electronic device. The advantages of an LED are:

- small compact size,
- resistance to mechanical shock,
- operational speed,
- low current drain,
- does not get hot in use,
- cost in relation to long service life.



COMPONENTS

SPECIFYING A LED

- Type - single or LED array (10 or 30 bar) or seven segment display
- Colour - red , green, yellow, tri-colour
- Voltage - 2, 6 or 9 Volt
- Current type - constant current devices with a built in current regulator are available
- Diameter - LEDs vary in size the two most commonly used are 3mm and 5.1mm

WHAT AN LED IS MADE OF

LEDs are made from the semi-conductors gallium arsenide or phosphide that emits light when a current passes through the diode junction.

USING LEDs

The voltage drop across a LED (1.4V) is greater than across normal junction diodes as energy is being given out as light.

LEDs are easily damaged by large current loads so are almost always used in series with a current-limiting resistor. Red LEDs are visible when a current of 10mA is flowing. Current should not exceed 20mA for most LEDs.

LIGHT- EMITTING DIODE

COMPONENTS

- Red 6V = 390Ω
- Red 9V = 680Ω
- Green 6V = 180Ω
- Green 9V = 320Ω

Typical values for current limiting resistor:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความอนุเคราะห์ที่ดีมาโดยตลอดจาก
หน่วยงาน บริษัท และบุคคล ดังรายงานต่อไปนี้

รศ.ศุภิตี บรรจงจิตร รศ.มณฑล สิวาจินดาไกรฤกษ์ และอาจารย์เชาว์ ชมภูอินไหว อาจารย์ที่
ปรึกษาที่ให้คำแนะนำที่ดีในการออกแบบ การทดลอง ตลอดจนอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์ในการ
ทดลองมาโดยตลอด

พี่ต้น พี่จุง พี่ลิ้ม พี่ๆ ที่คอยให้คำแนะนำในการทดลอง ตลอดจนคอยให้กำลังใจ และอยู่เป็นเพื่อน
ในการทำปริญญาบัตรฉบับนี้เสมอๆ

ขอขอบคุณ บิดา มารดา ที่ให้กำเนิดและให้เงินในการศึกษาและการทดลองในครั้งนี้ รวมทั้ง
กำลังใจ และที่พึ่งทางใจตลอดกาลของพวกเขา

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ ห้อง 5 และเวก ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

ขอใจน้องๆ ห้อง 5 ทุกๆ คนที่คอยช่วยเหลือ คอยให้กำลังใจ และผ่านมามากมายตลอดการทำ
โครงการ

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง
คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Commission Internationale De L'Eclairage (CIE) Publication No. 127, "Measurment of LEDs", (1997)
- [2] สุธิติ บรรจงจิตร, "วิศวกรรมการส่องสว่าง", บริษัท ซีอีดียูเคชั่น จำกัด (มหาชน), ปี 2538
- [3] ไชยะ แซ่มซ้อย, "พื้นฐานวิศวกรรมการส่องสว่าง", บริษัท เอ็มแอนดอี จำกัด, ปี 2544
- [4] กัลยา สุขภผล, "พัฒนาการที่ไม่หยุดยั้งของ LED", วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 148, หน้า 98 - 106, ปี 2538
- [5] วุฒิกร จิตรวุฒิชิต, "LED อุปกรณ์ให้แสงสว่างสำหรับโลกยุคใหม่", วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 243, หน้า 215 - 220, ปี 2545
- [6] ธวัชชัย ศุภสุจริต, "LED สีขาวกับการแทนที่หลอดไฟไส้ขนาดเล็ก", วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ EBG 229, หน้า 213 - 229, ปี 2542
- [7] บุญชัย งามวงศ์วัฒนา, "สารานุกรมไดโอดฉบับย่อ", วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 259, หน้า 26 - 29, ปี 2543
- [8] เปรมจิตร วิสุทธีศิริ, "LED อินฟราเรดกำลังสูง", วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 110, หน้า 136 - 141, ปี 2534
- [9] ยืน ภู่วรรณ, <http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet7/diode.htm>
- [10] www.electhai.com
- [11] www.ledtronics.com
- [12] www.stanley-electric.com
- [13] www.thevospad.com/iee-bet.html
- [14] http://mtec.or.th/th/new/q_a/qa19.html
- [15] <http://accept.la.asu.edu/courses/phs110/expmts/exp13a.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้