

การศึกษาวิเคราะห์แสงไฟเพื่อการประมง  
DURING LIGHT FISHING ANALYSIS



ปริญญาโท  
ปริญญาโท เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหาหนทางค้นคว้าวิจัยเพื่อหาความรู้ขั้นสูง  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร. อารยสารจันทร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2556

การศึกษาวิเคราะห์แสงไฟเพื่อการประมง  
LURING LIGHT FISHING ANALYSIS



ธนภัทร ไพบูลย์ธัญญรักษ์  
THANAPAT PAIBOONTANYARAK

ธิบดี อารยะสัจพงษ์  
THIBODEE ARAYASATJAPONG

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ปีการศึกษา 2556 นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LURING LIGHT FISHING ANALYSIS



THIS THESIS IS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
BACHELOR OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING  
FACULTY OF ENGINEERING  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ**ACADEMIC YEAR 2013** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาบัตร  
รายชื่อนักศึกษา

การศึกษาวิเคราะห์แสงไฟเพื่อการประมง

นายธนภัทร

ไพบุลย์ธัญญ์รักษ์

รหัสนักศึกษา 53010642

นายฉัตร

อารยะสัจพงษ์

รหัสนักศึกษา 53010739

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2556

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาบัตร รศ.อรลภ แสงอรุณ

ปริญญาบัตรฉบับนี้ ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

(รศ.อรลภ แสงอรุณ)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญาบัตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาานิพนธ์	การศึกษาวิเคราะห์แสงไฟเพื่อการประมง		
รายชื่อนักศึกษา	นายธนภัทร	ไพบูลย์ธัญญรักษ์	รหัสนักศึกษา 53010642
	นายฉิบัติ	อารยะสัจพงษ์	รหัสนักศึกษา 53010739
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต		
สาขาวิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ		
พ.ศ.	2556		
อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์	รศ.อรลภก แสงอรุณ		

### บทคัดย่อ

การวิเคราะห์แสงไฟจากแหล่งกำเนิดซึ่งเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงถูกขยายงานวิจัยกว้างขวางขึ้น คู่ขนานกับนวัตกรรมในการผลิตหลอดไดโอดเปล่งแสง ซึ่งถูกพัฒนาอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ความสว่างและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยสามารถนำมาต่อรวมกันเพื่อให้ได้แสงสว่างที่หลากหลายขึ้น ในปริญญาานิพนธ์นี้ศึกษาวิเคราะห์คุณลักษณะของหลอดไดโอดเปล่งแสง และนำไปประยุกต์ใช้เพื่อการประมง โดยแต่ดั้งเดิมใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ ซึ่งสิ้นเปลืองพลังงานและกลายเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนได้ ในการวิเคราะห์ได้ทำการวัดสเปกตรัมของกำลังของแสง วัดประสิทธิภาพของการส่องสว่าง โดยวัดหลอดไดโอดเปล่งแสงเพียงหลอดเดียว และในการจัดเรียงหลายๆหลอด ประกอบเป็นแผง จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอด และนำไปสร้างเป็นไฟแสงสว่างเพื่อการประมง อย่างไรก็ตามชิ้นงานที่สร้างขึ้นนี้ จำเป็นต้องนำไปทดลองใช้กับสภาพแวดล้อมจริง และประเมินผลการใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	LURING LIGHT FISHING ANALYSIS	
Student	Mr. Thanapat Paiboontanyarak	Student ID. 53010642
	Mr. Thibodee Arayasatjapong	Student ID. 53010739
Degree	Bachelor of Engineering	
Program	Information Engineering	
Year	2013	
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Ornlarp Sangaroon	

## ABSTRACT

Light emitting diode, LED light source analysis are widely extended in parallel with the innovation technology to produce LED light source. Which it was originally developed for the illumination and becoming more efficient. The innovative circuit design can be incorporate into many lighting application. In this work study on analysis of LED characteristic and development of highly efficient fishing lights using LED. In order to reduce the environmental impact and to strengthen fishery management by energy saving. The analysis based on measurement of power spectrum, spectral luminous efficacy characteristic of single LED and various LED arrays. Comparing the results of measurement shows sufficient performance, LED of fishing lights was fabricated. However, this works must have fishing experiments and comparable catch of fish by approximately.

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทางผู้จัดทำขอขอบพระคุณ รศ.อรลภก แสงอรุณ อย่างเป็นทางการที่สุดที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ คอยให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการดำเนินงานวิจัย ตลอดจนคอยติดตาม สอบถามปัญหาเกี่ยวกับงานวิจัยมาโดยตลอด ทำให้ปริญญาานิพนธ์นี้เป็นที่สำเร็จ ทางผู้จัดทำ จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้าน และให้คำแนะนำในการปรับปรุงปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ให้ดีขึ้น

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยสนับสนุน เป็นกำลังใจให้ตลอดมา ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจฝ่าฟันกับปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ส่งผลให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ประสบความสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อนๆ วิศวกรรมสารสนเทศรุ่นที่ 13 ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาพวกเรา มาโดยตลอด ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และขอบคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวถึง ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ในด้านต่างๆ ในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อันเป็นสถานศึกษาหาความรู้ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้สำเร็จการศึกษาเป็นบัณฑิตที่ดีและมีคุณภาพออกมาเพื่อรับใช้สังคมเป็นคนดีเพื่อพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าสืบไป

นายธนภัทร ไพบูลย์ธัญญรักษ์  
นายธิติ อารยะสัจพงษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	II
กิตติกรรมประกาศ .....	III
สารบัญ .....	IV
สารบัญตาราง .....	VII
สารบัญรูป .....	VIII
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 จุดประสงค์ .....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ .....	1
1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ .....	1
1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในปริญญานิพนธ์ .....	2
1.5.1 Hardware .....	2
1.5.2 Software .....	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน .....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน .....	3
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสง .....	3
2.2.1 หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) .....	3
2.1.2 โครงสร้างของหลอดไดโอดเปล่งแสง .....	3
2.1.3 หลักการทำงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง .....	4
2.1.4 ประเภทของหลอดไดโอดเปล่งแสง .....	7
2.1.5 ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า .....	8
2.1.6 ค่าคุณสมบัติทางแสง .....	9
2.1.7 หลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาว .....	11
2.1.8 ประโยชน์ของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง .....	13
2.1.9 การใช้งานหลอดไฟไดโอดเปล่งแสง .....	14
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง .....	16
2.2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการมองเห็น .....	16
2.2.2 การสะท้อนของแสง (Reflection) .....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แะ IV ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.3 การหักเหของแสง (Refraction).....	18
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง .....	19
2.3.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง .....	19
2.3.2 อุปกรณ์วัดแสง.....	24
2.3.3 การคำนวณค่าไฟ .....	24
2.4 อวนล้อมจับ (Surrounding Nets).....	25
2.4.1 อวนล้อมจับใช้สายमान (Purse seine).....	26
2.4.2 อวนล้อมจับไม่มีสายमान (Lampara or Purse seine without purse line) .....	33
บทที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง.....	35
3.1 การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง .....	35
3.1.1 การวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง.....	35
3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง.....	35
3.1.3 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง .....	36
3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง.....	36
3.3 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง.....	39
3.4 การทดสอบข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง.....	40
3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง .....	40
3.4.2 ขั้นตอนการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง.....	40
3.5 ผลการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง .....	41
3.6 สรุปผลการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง .....	43
บทที่ 4 การออกแบบและทดสอบวัดข้อมูลการกระจายของแสง.....	44
4.1 การออกแบบการจัดวางหลอดไดโอดเปล่งแสง .....	44
4.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบ .....	45
4.3 วงจรทดสอบ .....	45
4.4 ขั้นตอนการทดลองการกระจายความเข้มส่องสว่าง .....	55
4.4.1 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	56
4.4.2 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	57
4.4.3 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม .....	59
4.4.4 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา แลยต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.5 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	66
4.4.6 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3 .....	68
4.4.7 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม .....	70
4.4.8 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10 .....	75
4.4.9 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10 .....	77
4.4.10 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10 .....	79
4.5 การทดลองการกระจายแสงของหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000W .....	83
4.6 การคำนวณค่าใช้จ่ายในระยะยาว .....	86
บทที่ 5 บทสรุปและวิจารณ์ .....	87
5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง .....	87
5.2 ปัญหาที่พบในโครงงาน .....	87
5.3 แนวทางการพัฒนาและดำเนินงานต่อไป .....	88
บรรณานุกรม .....	89
ภาคผนวก .....	90

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และไม่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของไดโอดเปล่งแสง .....	6
2.2 แสงสีของสีหลอดไดโอดเปล่งแสงกับแรงดันตกคร่อมหลอดไดโอดเปล่งแสง.....	8
2.3 ความยาวคลื่นแสงในย่านที่มนุษย์มองเห็น .....	16
2.4 ปริมาณที่สำคัญทางการส่องสว่าง .....	19
3.1 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาว .....	37
3.2 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีส้ม.....	37
3.3 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน .....	37
3.4 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีเขียว .....	37
3.5 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอด LED High Power White .....	38
3.6 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอด LED High Power Warm White.....	38
3.7 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง .....	39
3.8 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดLED High Power White ในมุมต่างๆ และระยะห่างที่แตกต่างกัน... 41	41
4.1 การออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ .....	44
4.2 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	56
4.3 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง.....	58
4.4 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม .....	60
4.5 สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด .....	62
4.6 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	64
4.7 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง.....	67
4.8 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3 .....	69
4.9 ผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม .....	71
4.10 สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด .....	73
4.11 ผลการทดลองการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10.....	76
4.12 ผลการทดลองการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10.....	78
4.13 ผลการทดลองการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10.....	80
4.14 สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 60 และ 90 หลอด.....	82
4.15 ผลการทดลองของการต่อหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000 Watt กับหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด .....	83
4.16 ผลการทดลองของการต่อหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000 Watt กับหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด .....	85
4.17 การเปรียบเทียบและคำนวณค่าใช้จ่ายในระยะยาวระหว่างหลอดอินแคนเดสเซนต์กับหลอดไดโอดเปล่งแสง.....	86

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สัญลักษณ์หลอดไดโอดเปล่งแสง.....	3
2.2 ส่วนประกอบของหลอดไดโอดเปล่งแสง.....	4
2.3 กลไกการฉีดพาหะในหัวต่อพี-เอ็น.....	5
2.4 หลอดไดโอดเปล่งแสง แบบ Lamp Type.....	7
2.5 หลอดไดโอดเปล่งแสง แบบ Surface Mount Type.....	8
2.6 ระดับอุณหภูมิของแต่ละโทนสี.....	10
2.7 ภาพแผนภูมิแสดงการกระจายแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 120 องศา.....	11
2.8 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบอนุกรม.....	15
2.9 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบขนาน.....	15
2.10 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ถูกต้อง.....	15
2.11 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	17
2.12 การสะท้อนแสงของพื้นผิว.....	17
2.13 การหักเหของแสงผ่านตัวกลางต่างกัน.....	18
2.14 มุมเชิงของแข็ง.....	20
2.15 ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิวทรงกลม.....	21
2.16 เครื่องวัดแสง (Lux Meter).....	24
2.17 การกั้ววนตัวนำขึ้นเรือ.....	25
2.18 เครื่องเอกโคไซด์เจอร์.....	27
2.19 ลักษณะการวางอวนล้อม.....	28
2.20 เรือปั่นไฟกำลังปั่นไฟเพื่อให้ปลารวมฝูง.....	30
2.21 เรืออวนเขียว (อวนดำ) ขนาดเล็ก.....	31
2.22 เรือและอวนล้อมจับปลากระตักแบบกัลัดขอ.....	33
3.1 วงจรการทดสอบคุณสมบัติ.....	36
3.2 กราฟแสดงค่าความสว่างต่อกระแสที่ไหลของหลอดไดโอดเปล่งแสง.....	38
3.3 กราฟแสดงค่าความสว่างต่อกระแสที่ไหลของ LED High Power.....	39
3.4 วงจรการทดสอบคุณสมบัติ.....	40
3.5 กราฟเส้นโค้งโพลาร์ของหลอด LED High Power Warm White.....	42
3.6 กราฟเส้นโค้งโพลาร์ของหลอด LED High Power White.....	42
3.7 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เปรียบเทียบระหว่าง High Power 2 หลอด.....	43
3.8 กราฟเส้นโค้งโพลาร์ของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีเขียว.....	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VIII ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.1 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด .....	45
4.2 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	45
4.3 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	46
4.4 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอดแบบสามเหลี่ยม .....	46
4.5 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด .....	47
4.6 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	47
4.7 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดแบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	48
4.8 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3 .....	48
4.9 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม .....	49
4.10 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด .....	50
4.11 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10 .....	51
4.12 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด .....	52
4.13 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10 .....	53
4.14 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด .....	54
4.15 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10 .....	55
4.16 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	56
4.17 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	57
4.18 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	57
4.19 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	59
4.20 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม .....	59
4.21 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม .....	61
4.22 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด ทั้งสามแบบ .....	63
4.23 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	63
4.24 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน .....	65
4.25 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	66
4.26 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง .....	68
4.27 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3 .....	68
4.28 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3 .....	70
4.29 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม .....	70
4.30 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม .....	72

## สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.31 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดทั้ง 4 แบบ.....	74
4.32 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10.....	75
4.33 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบ 3x10.....	77
4.34 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10.....	77
4.35 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบ 6x10.....	79
4.36 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10.....	79
4.37 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบ 9x10.....	81
4.38 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ 30 60 และ 90 หลอด.....	82
4.39 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยการกระจายแสงของ หลอดอินแคนเดสเซนต์1000W.....	84



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การประมงของไทยในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้เครื่องมือ ได้แก่ อวนยก แหหมึก อวนมุ้ง แหยักษ์ เพื่อจับสัตว์ทะเลประเภท หมึกและปลา ร่วมกับแสงไฟที่ใช้ในการล่อปลา โดยมาจากหลอดไฟชนิดต่างๆ ซึ่งหลอดไฟที่นิยมใช้ได้แก่ หลอดอินแคนเดสเซนต์ 230 ถึง 240 โวลต์ 1000 วัตต์ หลอดเมทัลฮาไลด์และหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 และ 40 วัตต์ ซึ่งหลอดไฟประเภทต่างๆนี้ มีอายุการใช้งานเพียงระยะสั้นๆ มีการใช้พลังงานและให้ความร้อนออกมาเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นปัจจัยที่นำไปสู่ปัญหาภาวะโลกร้อน ดังนั้นคณะผู้จัดทำจึงได้ทำปริญญานิพนธ์เรื่องการศึกษาวิเคราะห์แสงไฟเพื่อการประมงขึ้น (Luring Light Fishing Analysis) เพื่อลดปัจจัยที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน ลดปัญหาเรื่องการใช้ไฟอย่างสิ้นเปลืองบนเรือ ลดต้นทุนการผลิตในระยะยาวของชาวประมง และเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้สีของแสงที่ใช้ล่อปลาให้ได้ปริมาณมากยิ่งขึ้น ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จะทำการศึกษา และทดลองใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง หรือ หลอดแอลอีดี (Light Emitting Diode) ในย่านของแสงที่ตามองเห็นได้ (Visible Light) มาแทนหลอดไฟที่ใช้ในการประมงปัจจุบัน

### 1.2 จุดประสงค์

- เพื่อศึกษาหลักการของหลอดไดโอดเปล่งแสงในย่านของแสงที่ตามองเห็น
- เพื่อศึกษาทฤษฎีของแสงและการส่องสว่าง
- เพื่อศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการทำการประมงอวนล้อม
- เพื่อออกแบบหลอดไฟล่อปลาประหยัดพลังงานและลดภาวะโลกร้อน

### 1.3 ขอบเขตของโครงการ

- สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้ในการประมง
- สามารถเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ตามองเห็นได้ในชนิดต่างๆ
- สามารถส่งสัญญาณผ่านแสงในย่านที่ตามองเห็นได้เพื่อใช้ในการประมง

### 1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ได้รับความรู้จากการศึกษาคุณสมบัติหลอดไดโอดเปล่งแสงในย่านของแสงที่ตามองเห็นได้
- ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน
- ช่วยลดต้นทุนให้กับชาวประมงในระยะยาว

## 1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในปฏิญานิพนธ์

### 1.5.1 Hardware

- ไดโอดเปล่งแสง
- ตัวต้านทาน
- โวลท์มิเตอร์
- แอมป์มิเตอร์
- เครื่องมือวัดแสง
- แอลอีดีไดรเวอร์

### 1.5.2 Software

- Pspice
- Autocad
- Matlab

## 1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน

	ขั้นตอนการดำเนินงาน	2556						2557			
		มี.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1	เสนอหัวข้อโครงงาน	←→									
2	ศึกษาค้นคว้าและทำความเข้าใจทฤษฎีต่างๆ		←→								
3	ทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์			←→							
4	วิเคราะห์และออกแบบชิ้นงาน						←→				
5	ทดลองการใช้งานและปรับปรุงแก้ไข							←→			
6	จัดทำปฏิญานิพนธ์				←→						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐาน

ในบทที่ 2 จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานของหลอดไดโอดเปล่งแสง ทฤษฎีทางแสง ทฤษฎีทางการส่องสว่าง ทฤษฎีทางด้านการประมง ซึ่งหัวข้อที่สำคัญของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่จะกล่าวถึง ได้แก่ นิยาม โครงสร้าง หลักการทำงานเบื้องต้น ประเภท คุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางแสง และหลักการนำไปประยุกต์ใช้งานของไดโอดเปล่งแสง โดยนำทฤษฎีพื้นฐานต่างๆไปทำการออกแบบและทดลองต่อไป

### 2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของไดโอดเปล่งแสง

#### 2.1.1 หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode, LED)

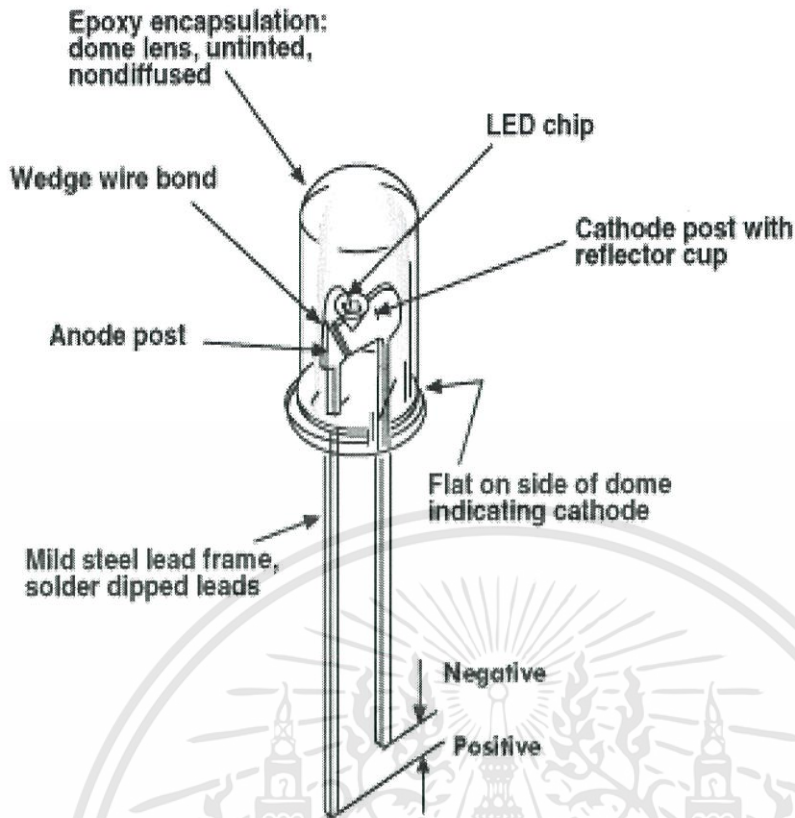
หลอดไดโอดเปล่งแสง หรือ แอลอีดี เป็นชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงซึ่งแสงสว่างที่เกิดขึ้นเป็นการแลกเปลี่ยนอิเล็กตรอนของสารกึ่งตัวนำภายในตัวหลอดไดโอดเปล่งแสง เรียกว่าปรากฏการณ์นี้ว่า อิเล็กโทรลูมิเนสเซนส์ (Electroluminescence) โดยสีของแสงที่เปล่งออกมานั้น ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุกึ่งตัวนำที่ใช้ โดยแสงที่เปล่งออกมาจะอยู่ในช่วงอัลตราไวโอเล็ต ช่วงแสงที่มองเห็น และช่วงอินฟราเรด โดยแสงสว่างที่ออกมาจากหลอดไดโอดเปล่งแสง มีความแตกต่างจากหลอดแบบไส้หรือหลอดนีออน โดยหลอดไดโอดเปล่งแสง กำเนิดแสงได้โดยไม่ทำให้เกิดความร้อน ทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงสูญเสียพลังงานน้อยกว่าหลอดแบบไส้ มีอายุการใช้งานที่ยาวกว่า อีกทั้งหลอดไดโอดเปล่งแสง ป้องกันการกระแทกกระแทกได้ดีกว่า เพราะเป็นวัสดุที่มีลักษณะแข็ง จึงคงทนกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ



รูปที่ 2.1 รูปสัญลักษณ์หลอดไดโอดเปล่งแสง

#### 2.1.2 โครงสร้างของหลอดไดโอดเปล่งแสง

ภายในหลอดไดโอดเปล่งแสงประกอบด้วยแผ่นชิปสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็นและชนิดพีติดอยู่ในถ้วยสะท้อนแสง มีเส้นลวดทองแดงขนาดเล็กมากเชื่อมระหว่างสารกึ่งตัวนำและขาหลอดไดโอดเปล่งแสง (รูปประกอบที่ 2.2) ชิ้นส่วนทั้งหมดถูกบรรจุในพลาสติกใสทรงโดม ซึ่งทำหน้าที่เป็นเลนส์รวมแสง โดยลักษณะลำแสงที่ออกจากหลอดไดโอดเปล่งแสงขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น รูปร่างของถ้วยสะท้อนแสง ขนาดของชิป สารกึ่งตัวนำ รูปร่างเลนส์ ระยะห่างระหว่างตัวชิปกับผิวพลาสติกที่หุ้มอยู่ เป็นต้น



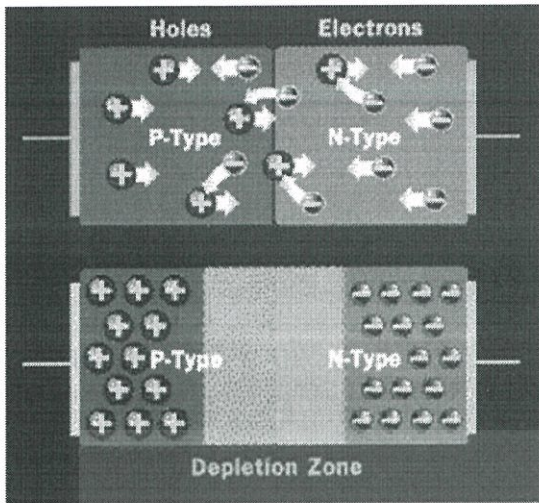
รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของหลอดไดโอดเปล่งแสง

### 2.1.3 หลักการทำงานของหลอดไดโอดเปล่งแสง

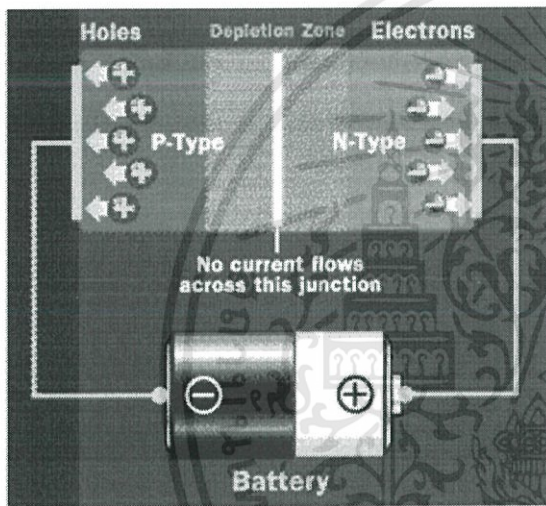
หลอดไดโอดเปล่งแสง โครงสร้างประกอบไปด้วยสารกึ่งตัวนำสองชนิด (สารกึ่งตัวนำชนิด N และสารกึ่งตัวนำชนิด P) ประกบเข้าด้วยกัน มีผิวข้างหนึ่งเรียบคล้ายกระจกเมื่อจ่ายไฟฟ้า กระแสตรงผ่านตัวหลอดไดโอดเปล่งแสง โดยจ่ายไฟบวกให้ขาแอนโนด (A) จ่ายไฟลบให้ขาแคโทด (K) ทำให้อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้น จนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อจากสารชนิด N ไปรวมกับโฮลในสารชนิด P การที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อ P กับ N ทำให้เกิดกระแสไหล เป็นผลให้ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนเปลี่ยนไปและคายพลังงานออกมาในรูปคลื่นแสง

#### 2.1.3.1 ปฏิกิริยาการแผ่รังสีอิเล็กโทรมินิเซนส์

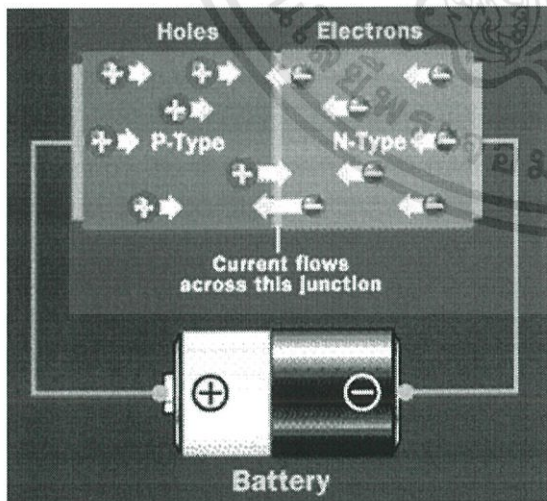
เป็นกลไกการเปล่งแสงที่เกิดขึ้นจากการฉีดพาหะผ่าน หัวต่อ พี-เอ็นทำให้เกิดการรวมตัวพาหะแบบที่ทำให้เกิดการเปล่งแสง ไดโอดชนิดนี้เหมือนไดโอดทั่วๆ ไปที่ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำชนิด P และ N ประกบกันมีผิวข้างหนึ่งเรียบเป็นมันคล้ายกระจก เมื่อไดโอดตกไบแอสตรงจะทำให้ อิเล็กตรอนที่สารกึ่งตัวนำชนิด N มีพลังงานสูงขึ้นจนสามารถวิ่งข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลใน P ต่อให้เกิดพลังงานในรูปของประจุโปรตอน ซึ่งจะส่งแสงออกมา



อิเล็กตรอนอิสระจาก N เคลื่อนที่ข้ามรอยต่อไปลงหลุมที่ P ทำให้เกิดโซนดีพลีชัน เป็นฉนวนกั้นการไหลของอิเล็กตรอน



เมื่อต่อขั้ว บวกของแบตเตอรี่เข้ากับ N และ ขั้ว ลบเข้ากับ P โซนดีพลีชันมีขนาดกว้างขึ้น อิเล็กตรอนและโฮลไม่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ



เมื่อต่อขั้วลบของแบตเตอรี่เข้ากับ N และขั้วบวกเข้ากับ P ทำให้อิเล็กตรอนอิสระสามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ เหมือนกับไม่มีความต้านทาน

รูปที่ 2.3 กลไกการฉีดพาหะในหัวต่อพี-เอ็น

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสีของไดโอดเปล่งแสง ความยาวคลื่น และสารที่ประกอบที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำ

สีของไดโอดเปล่งแสง	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สารที่ประกอบที่อยู่ในสารกึ่งตัวนำ
สีอินฟราเรด	$\lambda > 760$	Gallium arsenide (GaAs) Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
สีแดง	$610 < \lambda < 760$	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
สีส้ม	$590 < \lambda < 610$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
สีเหลือง	$570 < \lambda < 590$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium(III) phosphide (GaP)
สีเขียว	$500 < \lambda < 570$	Traditional green: Gallium(III) phosphide (GaP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Aluminium gallium phosphide (AlGaP) Pure green: Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium(III) nitride (GaN)
สีน้ำเงิน	$450 < \lambda < 500$	Zinc selenide (ZnSe) Indium gallium nitride (InGaN) Silicon carbide (SiC)
สีม่วง	$400 < \lambda < 450$	Indium gallium nitride (InGaN)

สีของแสงที่เกิดจากรอยต่อจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ในการสร้างหลอดไดโอดเปล่งแสง ทั้งชนิดที่เป็นของเหลวและก๊าซ เช่น ใช้แกเลียมฟอสไฟด์ (GALLIUM PHOSPHIDE, GaP) ทำให้เกิดแสงสีแดง ใช้แกเลียมอาซีนัด ฟอสไฟด์ (GALLIUM ARSENIDE PHOSPHIDE, GaAsP) เกิดแสงสีเหลือง การควบคุมปริมาณแสงสว่างจะควบคุมกระแสที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง หากกระแสที่ไหลสูงมากไปจะทำให้หลอดมีความสว่างมาก

แต่หากป้อนกระแสสูงเกินกำหนดจะทำให้บริเวณรอยต่อของสารกึ่งตัวนำเกิดความร้อนปริมาณมากเกินไป จนทำให้โครงสร้างหลอดเสียหายไม่สามารถใช้งานได้อีก

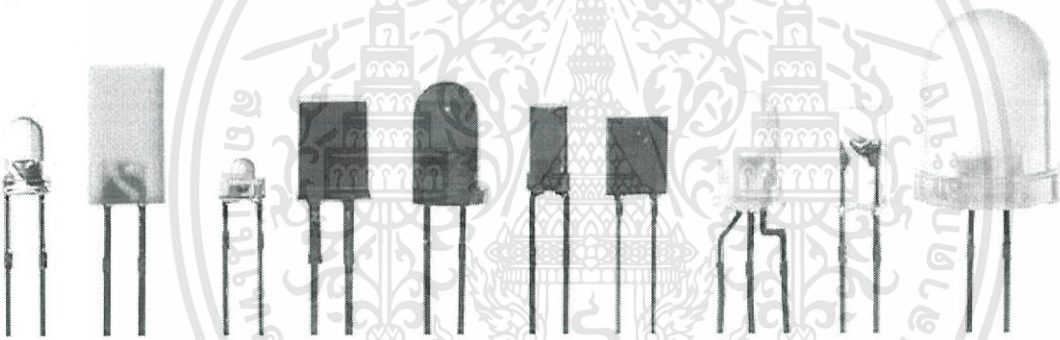
#### 2.1.4 ประเภทของหลอดไดโอดเปล่งแสง

ปัจจุบันหลอดไดโอดเปล่งแสงมีหลายรูปแบบ โดยแบ่งหลอดไดโอดเปล่งแสงตามลักษณะของ Packet แบ่งได้ 2 แบบคือ

##### 2.1.4.1 แบบ Lamp Type

เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดที่ขายกันทั่วไป มีขายื่นออกมาจากตัวอีพ็อกซี่ 2 ขาหรือมากกว่า อาจเรียกหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้ว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบทูลูโฮล หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ Lamp Type นี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 3 มิลลิเมตร ขึ้นไป

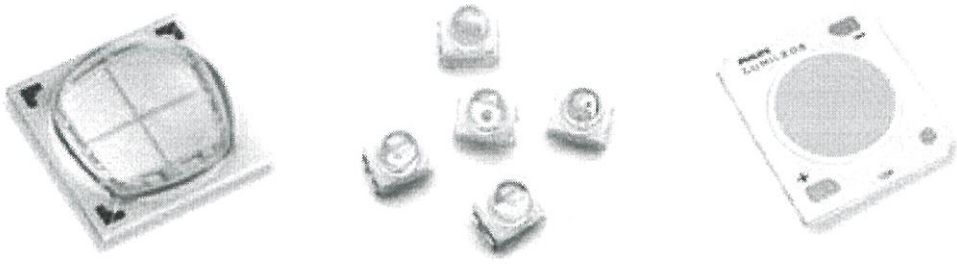
การขับกระแสของหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิด Lamp Type ตัวผู้ผลิตจะออกแบบให้ขับกระแสได้ไม่เกิน 150 มิลลิแอมป์ โดยหลอดไดโอดเปล่งแสงจะถูกเคลือบด้วยอีพ็อกซี่ทั้งหมด ทำให้ความร้อนออกจากตัวหลอดไดโอดเปล่งแสงน้อย หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้สามารถนำไปใช้ทั้งภายในและภายนอกอาคาร ซึ่งจะทนทานต่อสภาวะอากาศต่างๆได้มาก



รูปที่ 2.4 หลอดไดโอดเปล่งแสง แบบ Lamp Type

##### 2.1.4.2 แบบ Surface Mount Type

เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีลักษณะรูปร่าง เป็นหลอดบางๆ การประกอบต้องใช้เครื่องชนิดพิเศษในการประกอบ หลอดไดโอดเปล่งแสง แบบ Surface Mount Type นี้ มีขนาดการขับกระแสตั้งแต่ 20 มิลลิแอมป์ ถึงกระแสมากกว่า 1 แอมป์ หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ Surface Mount Type ถ้าสามารถขับกระแสตั้งแต่ 300 มิลลิแอมป์ ขึ้นไปจะเรียกว่า High Power LED และจะแสดงหน่วยเป็นวัตต์ การใช้งานส่วนใหญ่จะใช้ภายในอาคารเพราะสารเคลือบหน้าหลอดไดโอดเปล่งแสงส่วนใหญ่เป็นซิลิโคน ซึ่งละอองน้ำสามารถซึมผ่านเข้าสู่ภายในได้ และละอองน้ำหรือความชื้นยังสามารถซึมผ่านส่วนต่างของตัวหลอดไดโอดเปล่งแสงได้ แต่ก็ยังมี High Power LED บางยี่ห้อที่สามารถออกแบบให้ใช้ภายนอกอาคารได้ ซึ่งวัสดุที่ใช้เคลือบหลอดไดโอดเปล่งแสงก็จะเป็นชนิดพิเศษ



รูปที่ 2.5 หลอดไดโอดเปล่งแสง แบบ Surface Mount Type

หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดให้ความสว่างสูง

หลอดไดโอดเปล่งแสง ยุคแรกให้ความสว่างได้น้อย แต่ในยุคปัจจุบัน หลอดไดโอดเปล่งแสงสามารถให้ความสว่างมากขึ้นกว่าเดิม หลอดไดโอดเปล่งแสง ที่ใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่า 1 วัตต์ ถือว่าเป็น หลอดไดโอดเปล่งแสง ชนิดให้ความสว่างสูง หรือ High Power LED โครงสร้างภายในจึงพิเศษกว่า หลอดไดโอดเปล่งแสง ทั่วไป ดังนั้นต้องออกแบบการระบายความร้อนระหว่างตัวหลอดไดโอดเปล่งแสง กับแผงวงจรเป็นอย่างดี วิธีที่ดีที่สุดคือใช้แผงวงจรไฟฟ้าที่มีแกนเป็นโลหะเพื่อระบายความร้อนออกจาก หลอดไดโอดเปล่งแสง และมีการจัดการระบายเป็นอย่างดีเพื่อให้หลอดไดโอดเปล่งแสงเกิดประสิทธิภาพการส่องสว่างสูงสุด

### 2.1.5 ค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า

#### 2.1.5.1 แรงดันใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (Forward Voltage; VF)

เป็นค่าที่กำหนดว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงต้องใช้แรงดันไฟฟ้าเท่าไร เพื่อให้กระแสไหลผ่านในจุดที่ผู้ผลิตแนะนำ (Forward current; IF) หลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละยี่ห้อ แต่ละรุ่น และแต่ละสีจะมีค่าแรงดันใช้งานแตกต่างกัน เช่น สีแดงมีค่าประมาณ 1.63 ถึง 2.03 โวลต์ สีเขียวมีค่าประมาณ 1.9 ถึง 4.0 โวลต์ สีน้ำเงินมีค่าประมาณ 2.48 ถึง 3.7 โวลต์ เป็นต้น ดังนั้นต้องเลือกให้เหมาะสมระหว่างแรงดันของแหล่งจ่ายไฟกับค่าแรงดันใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสงนี้

#### ตารางที่ 2.2 ตารางแสงสีของสี กับ แรงดันตกคร่อม ของหลอดไดโอดเปล่งแสง

	สีของไดโอดเปล่งแสง	แรงดันตกคร่อม (โวลต์)
	อินฟราเรด	$\Delta V < 1.9$
	แดง	1.63 ถึง 2.03
	ส้ม	2.03 ถึง 2.10
	เหลือง	2.10 ถึง 2.18
	เขียว	1.9 ถึง 4.0
	น้ำเงิน	2.48 ถึง 3.7
	ม่วง	2.76 ถึง 4.0
	อัลตราไวโอเล็ต	3.1 ถึง 4.4
	ขาว	3.5

### 2.1.5.2 กระแสใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (Forward current; IF)

เป็นค่ากระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมที่สุดที่ผู้ผลิตแนะนำให้ผู้ใช้งาน เป็นค่าที่สัมพันธ์กับแรงดันใช้งาน (ที่ค่ากระแส IF จะมีแรงดันตกคร่อมหลอดไดโอดเปล่งแสงเท่ากับ VF) ค่านี้แสดงให้เห็นว่าแหล่งจ่ายไฟควรมีขนาดการจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ต่ำที่สุดเท่าไร

ค่าที่เกี่ยวกับกระแสอีกค่าหนึ่ง คือ ค่ากระแสใช้งานสูงสุด (Peak current; IPK) ซึ่งจะบ่งบอกว่าหลอดไดโอดเปล่งแสง จะสามารถทนกระแสได้มากที่สุดที่เท่าไรในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยทั่วไปจะมีค่าประมาณ 2 ถึง 10 เท่าของกระแสใช้งานปกติ

### 2.1.5.3 กำลังใช้งานของหลอดไดโอดเปล่งแสง (Power consumption หรือ Power dissipation; PD)

ค่ากำลังไฟจะไม่บอกชัดเจนในคุณสมบัติของหลอด แต่จะอยู่ในชื่อของหลอด ไดโอดเปล่งแสงเป็นส่วนใหญ่ เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 1 วัตต์ หลอดไดโอดเปล่งแสง 10 วัตต์ เป็นต้น ค่านี้เกิดจาก จากการคูณกันของแรงดันใช้งานกับค่ากระแสใช้งาน ( $PD = VF * IF$ ) เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสงใช้แรงดันไฟฟ้า 3.3 โวลต์ กินกระแส 350 มิลลิแอมป์หรือ 0.35 แอมป์ จะมีค่ากำลังไฟฟ้าใช้งานที่ 1.155 วัตต์ โดยส่วนใหญ่เรียกหลอดไดโอดเปล่งแสงนี้ว่า หลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 1 วัตต์ เป็นต้น

## 2.1.6 ค่าคุณสมบัติทางแสง

### 2.1.6.1 ค่าความสว่าง

ค่านี้มี 2 ลักษณะ คือ ในกรณีที่หลอดไดโอดเปล่งแสงมีกำลังไฟต่ำ หรือความสว่างต่ำ ผู้ผลิตจะแสดงค่าความสว่างด้วยค่าความเข้มของแสง (Luminous Intensity) มีหน่วยเป็น แคนเดลา หรือ แรงค์เทียน (Candela ;cd) แต่ถ้าเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดกำลังสูง (ตั้งแต่ 1 วัตต์ขึ้นไป) ค่าความสว่างจะถูกกำหนดเป็น ฟลักซ์(เส้นแรง)ของแสง (Luminous flux) มีหน่วยเป็น ลูเมน (Lumen; lm) โดย

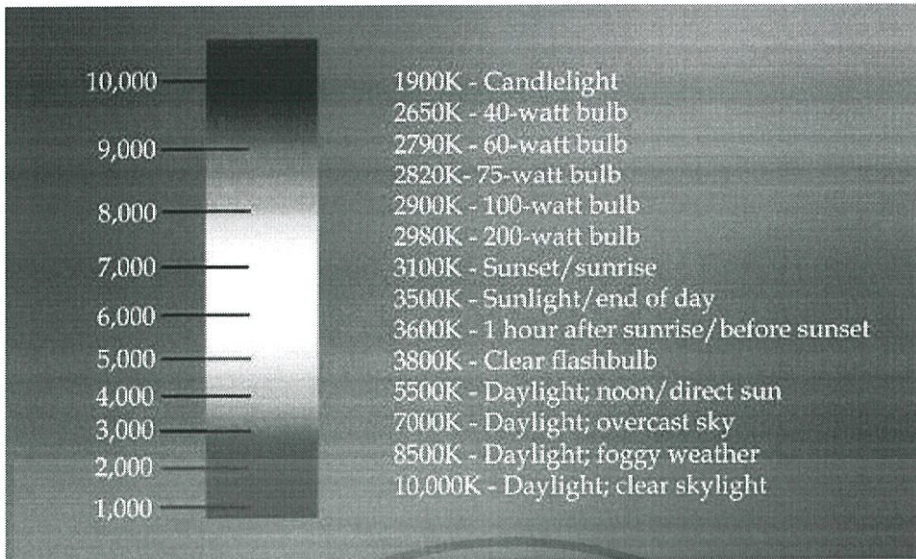
1 แคนเดลา คือ 1 ลูเมนต่อพื้นที่ 1 สเตอเรเดียน หรือ  $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / \text{sr}$  (steradian)

1 ลูเมน คือ 1 แคนเดลาในพื้นที่ 1 สเตอเรเดียน หรือ  $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} * \text{sr}$

1 สเตอเรเดียน คือ พื้นที่ของทรงกลมขนาด r ตารางเมตร ที่รัศมี r เมตร

### 2.1.6.2 อุณหภูมิสี (Correlated Color Temperature; CCT)

ในวัตถุใดๆ ที่ไม่ได้กำเนิดแสงในตัวเอง (blackbody materials) เมื่อมีให้พลังงานเข้าไป อะตอมหรือโมเลกุลในวัตถุนั้นก็จะเกิดการแกว่งตัวและปล่อยพลังงานออกมาในรูปแบบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และ พลังงานความร้อนออกมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้จะอยู่ในย่านแสงที่ตามองเห็นได้ เมื่ออุณหภูมิถึงจุดๆหนึ่งที่มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (Kelvin)



รูปที่ 2.6 ระดับอุณหภูมิของแต่ละโทนสี

ดังนั้นอุณหภูมิสีจึงเป็นค่าเฉลี่ยที่เทียบเคียง (correlated) กับแสงที่เกิดจากอุณหภูมิที่ปลดปล่อยจากวัตถุนั้น เช่น วัตถุที่มีอุณหภูมิ 2,200 องศาเคลวิน สีจะออกทางเหลือง ที่ 6,000 องศาเคลวิน สีวัตถุจะออกไปทางสีขาวย้ำ (เหมือนดวงอาทิตย์) หรือที่อุณหภูมิ 8,000 องศาเคลวิน จะเป็นสีน้ำเงินเป็นต้น โดยจะไม่บอกเป็นสีๆชัดเจนไปเลย เช่น สีแดง เขียว น้ำเงิน เพราะไม่สามารถบอกปริมาณสีอย่างชัดเจนได้ เช่น สามารถบอกได้ว่าสีแดงอ่อนมีความอ่อนมากน้อยเพียงใด หรือสีขาวย้ำมีความขาวมากน้อยเพียงใด เลยบอกเป็นตัวเลขให้ชัดเจนด้วยอุณหภูมิสีแล้วนำไปเทียบกับจุดอ้างอิงจะถูกต้องกว่า

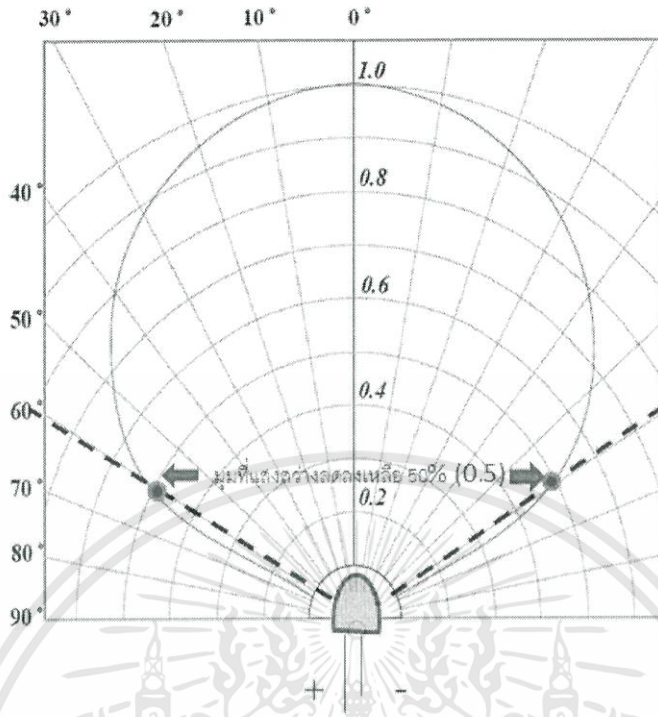
### 2.1.6.3 ค่าการคืนสี (Color Rendering Index; CRI)

ในการใช้งานส่องสว่างหรือให้แสงทั่วไป ในเรื่อง CRI นี้ค่อนข้างอธิบายยาก แต่ค่านี้มีความสำคัญต่อวงการศิลปะโดยเฉพาะกลุ่มช่างภาพและภาพยนตร์เนื่องจาก ค่านี้มีความสำคัญต่อการให้สีที่ถูกต้องของวัตถุเมื่อถูกแสงสะท้อนออกมา

### 2.1.6.4 มุมกระจายแสง (Viewing angle)

เป็นมุมที่วัดจากด้านหน้าตรงของหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีความสว่างสูงสุดไปยังตำแหน่งด้านหนึ่งที่มีความสว่างลดลงเหลือ 50 เปอร์เซ็นต์ ถ้าหลอดไส้ธรรมดา มุมกระจายแสงจะสว่างรอบตัวเป็นทรงกลม 360 องศา แต่ด้วยโครงสร้างหลอดไดโอดเปล่งแสง ที่วางชิ้นงานลงบนชิปของสารกึ่งตัวนำที่ทับแสง ดังนั้น หลอดไดโอดเปล่งแสงจึงไม่มีทางที่จะส่องแสงออกด้านหลังได้ ทำให้มุมกระจายแสงสูงสุดเท่าที่จะทำได้ไม่เกิน 180 องศาหรือครึ่งทรงกลม การกระจายแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงถูกกำหนดด้วยคอมสะท้อนแสง(reflector) และเลนส์ที่ออกแบบอยู่บนตัวถังว่าจะให้มุมกระจายแสงเท่าไร และขอบของแสงมีความคมแค่ไหน ถ้าต้องการแสงที่มีทิศทางแคบ หรือพุ่งเป็นลำก็เลือกหลอดไดโอดเปล่งแสงที่มีค่ามุมกระจายแสงน้อยๆ เช่น 15 30 หรือ 45 องศา แต่ถ้าต้องการการกระจายแสงให้กว้างเห็นทั่วถึงก็เลือกหลอดที่มีทิศทางกระจายแสงที่กว้าง เช่น 90 120 150 170 องศา เป็นต้น

## Radiation Pattern



รูปที่ 2.7 ภาพแผนภูมิแสดงการกระจายแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสงขนาด 120 องศา (ด้านละ 60 องศา)

### 2.1.6.5 ประสิทธิภาพทางแสง (Luminous efficacy หรือ Optical efficiency; lm/W)

เป็นค่าที่บ่งบอกความคุ้มค่าของการใช้กำลังงานไฟฟ้า โดยเป็นการรวมของพารามิเตอร์ทางแสงกับทางไฟฟ้าเข้าด้วยกัน นั่นคือเป็นตัวที่บอกว่า ในกำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ที่ป้อนให้กับหลอดไดโอดเปล่งแสงนั้น จะให้ความเข้มของแสงสว่างกี่ลูเมน ค่าที่แสดงออกมานั้นยิ่งมากยิ่งดี เช่น หลอดที่มีประสิทธิภาพทางแสง 100 ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W) จะให้แสงที่สว่างกว่าหลอดที่มีประสิทธิภาพทางแสง 90 ลูเมนต่อวัตต์ ในกรณีที่ป้อนกำลังไฟฟ้าของแต่ละตัวเท่ากัน

### 2.1.7 หลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาว

โดยทั่วไปหลอดไดโอดเปล่งแสง สามารถเปล่งแสงออกมาได้เพียงสีเดียว หรือ ความถี่หรือความยาวคลื่นเดียวเท่านั้น แต่แสงสีขาวประกอบด้วยแสงหลายสีผสมกัน ดังนั้นจึงมีความพยายามหาเทคนิคต่างๆ เพื่อทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงสามารถเปล่งแสงสีขาวออกมา ซึ่งปัจจุบันเทคนิคที่ใช้ผลิตหลอดไดโอดเปล่งแสงให้แสงสีขาวออกมาได้มี 2 เทคนิคด้วยกันคือ เทคนิคการเปลี่ยนความยาวคลื่น (wavelength conversion) และเทคนิคการผสมสี (colour mixing)

### 2.1.7.1 การเปลี่ยนความยาวคลื่น (wavelength conversion)

เทคนิคนี้อาศัยสารเรืองแสงในการเปลี่ยนความยาวคลื่นแสงบางส่วนหรือทั้งหมด ซึ่งสามารถประยุกต์ได้ 3 รูปแบบด้วยกันคือ

2.1.7.1.1 การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงให้แสงสี น้ำเงินร่วมกับสารเรืองแสงสีเหลือง (yellow phosphor) แสงสีน้ำเงินจากแผ่นชิป สารกึ่งตัวนำจะไปกระตุ้นสารเรืองแสงสีเหลืองที่เคลือบอยู่ให้ปล่อยแสงสีเหลืองออกมา เมื่อปรับสัดส่วนของแสงสีน้ำเงินและแสงสีเหลืองให้พอเหมาะจะทำให้ดวงตาเห็น แสงที่ออกมาเป็นแสงสีขาว เทคนิคนี้พัฒนาขึ้นมาโดยบริษัท นิชิอะ ประเทศญี่ปุ่น และเป็นเทคนิคการทำหลอดไดโอดเปล่งแสงให้แสงสีขาวมีต้นทุนต่ำที่สุด และใช้ผลิตหลอดไดโอดเปล่งแสงให้แสงสีขาวส่วนใหญ่ในปัจจุบัน

2.1.7.1.2 การเคลือบหลอดไดโอดเปล่งแสงให้ แสงสีน้ำเงินด้วยสารเรืองแสงหลายสี เทคนิคนี้คล้ายกับเทคนิคแรก แต่จะมีการใช้สารเรืองแสงที่ให้แม่สีแสงหลักร่วมกัน เมื่อผสมแสงที่ออกจากสารเรืองแสงแต่ละสีกับแสงสีน้ำเงินเข้าด้วยกัน จะได้แสงสีขาวเช่นกัน จุดเด่นของเทคนิคนี้คือ แสงสีขาวที่ผลิตได้มีคุณภาพดีกว่าเทคนิคแรก แต่หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้จะมีราคาสูงกว่าด้วยเช่นกัน

2.1.7.1.3 การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงที่เปล่ง แสงในช่วงคลื่นแสงยูวี (UV) ร่วมกับสารเรืองแสงหลายสี เทคนิคนี้มีรูปแบบคล้ายกับเทคนิคการเรืองแสงของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยแสงจากช่วงคลื่นยูวีจะกระตุ้นให้สารเรืองแสงแต่ละสีปล่อยแม่สีแสงหลักออกมาผสมกันได้ ทำให้เกิดเป็นแสงสีขาว

### 2.1.7.2 การผสมสี (Colour mixing)

เทคนิคนี้ไม่มีการใช้สารเรืองแสง แต่ใช้การผสมแม่สีแสงหลักโดยตรง ภายในหลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้ประกอบด้วยแผ่นชิปให้แสงสีต่างกัน 3 ตัว เมื่อรวมแสงสีที่ออกมาจากแผ่นชิปแต่ละตัวอย่างเหมาะสมจะได้แสงสีขาวอย่างต้องการ หลอดไดโอดเปล่งแสงแบบนี้มีจุดเด่นที่สามารถให้แสงสีขาวที่มีคุณภาพสูง แต่ขณะเดียวกัน เนื่องจากต้องใช้ชิป 3 ตัว ซึ่งชิปแต่ละตัวต้องการแรงดันไฟฟ้าแตกต่างกัน ทำให้โครงสร้างหลอดไดโอดเปล่งแสงมีความซับซ้อนมาก ส่งผลให้หลอดไดโอดเปล่งแสงชนิดนี้มีราคาแพง

นอกจาก 2 เทคนิคดังกล่าวไปแล้วนั้น ยังมีเทคนิคอื่นๆ ที่อยู่ระหว่างการพัฒนาให้หลอดไดโอดเปล่งแสงเปล่งแสงสีขาวออกมาได้ เช่น โฮโมอีพิแทกเซียล ซิงค์เซลไนด์ (Homoepitaxial ZnSe) เป็นเทคโนโลยีที่ใช้แผ่นชิปสารกึ่งตัวนำให้แสงสีน้ำเงินทำงานร่วมกับตัวฐานรอง (substrate) ที่ทำจากวัสดุซิงค์เซลไนด์ซึ่งสามารถเปล่งแสงออกมาได้ โดยฐานรองจะเปล่งแสงสีเหลืองออกมาผสมกับแสงสีน้ำเงินจากแผ่นชิปของสารกึ่ง ตัวนำทำให้ได้แสงสีขาวเช่นกัน

## 2.1.8 ประโยชน์ของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง

หลอดไดโอดเปล่งแสง เป็นหลอดไฟที่ประหยัดพลังงานมากกว่าหลอดไฟประเภทอื่น ๆ ที่มีอยู่ในตลาดทั้งหมด การประหยัดค่าใช้จ่ายและค่าไฟฟ้าจากการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง ตั้งแต่ 15 ถึง 75 เปอร์เซ็นต์ แล้วแต่ชนิดของหลอดไฟแบบเดิม ก็เป็นจุดประสงค์หลักขององค์กร ร้านค้า บริษัท โรงงานผู้ผลิต ผู้ประกอบการได้อยู่แล้วที่ต้องการลดต้นทุนภายใน อย่างไรก็ตาม การใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง ยังมีประโยชน์ในมุมอื่นๆอีกมากมาย จึงขอแสดงประโยชน์ของการใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงเป็นข้อๆต่อไปนี้

### 2.1.8.1 ไม่มีรังสีอัลตราไวโอเลต (UV)

หลอดไฟประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสง ที่เป็นที่นิยมใช้ในทวีปยุโรปและประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งหมด จะไม่มีรังสีอัลตราไวโอเลตปลดปล่อยออกจากแสงใดๆเลยแม้แต่น้อย เมื่อเทียบกับหลอดไฟนีออนหรือ หลอดประเภทฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดาที่มีใช้กันอย่างแพร่หลาย จากการวิจัยพบว่าหลอดไฟนีออนนั้น จะให้แสงสว่างได้ต่อเมื่อมีการกระตุ้นสารไอปรอทที่อยู่ในหลอดนีออนแล้วมีการถ่ายเทพลังงานซึ่งระหว่างการกระตุ้นนี้ จะเกิดรังสีอัลตราไวโอเลต ที่ไม่อาจะจะหลีกเลี่ยงได้ปลดปล่อยออกมาพร้อมกับแสงสว่างที่เกิดขึ้น เนื่องด้วยรังสีอัลตราไวโอเลต จะมีผลกระทบต่อสินค้าที่โดนแสงตกกระทบอย่างต่อเนื่องยาวนาน ตัวอย่างเช่น ศูนย์แสดงรถยนต์ที่จะต้องฉายแสงไฟต่อเนื่องไปยั้งฉิวรถเพื่อให้เกิดความเงางามสะท้อนแสงไฟ แต่นั่นอาจส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่อสีของรถยนต์ได้ เป็นต้น

### 2.1.8.2 หลอดไดโอดเปล่งแสงปล่อยความร้อนน้อยกว่าหลอดไฟแบบเดิม

หลอดนีออน หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ปกติที่ตามบ้านเรือนหรือตามโรงงานใช้กันอยู่นั้น จะมีการปล่อยความร้อนออกมาอยู่ในระดับ 70 ถึง 90 องศาเซลเซียสขณะทำงานต่อเนื่องตลอดอายุการใช้งาน หรือ ที่รุนแรงไปกว่านั้น หลอดฮาโลเจน (halogen) จะปล่อยความร้อนออกมาได้สูงกว่าหลอดนีออนขึ้นไปอีก ที่ระดับอุณหภูมิช่วง 150 ถึง 200 องศาเซลเซียส พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนั้น เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการเพราะ เนื่องด้วยการเปิดไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างนั้น ต้องการแค่ แสงสว่างเป็นสำคัญ ไม่ได้ต้องการความร้อนแต่อย่างใด ซึ่งความร้อนเหล่านี้ เกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ด้วยเทคโนโลยีแบบเดิมๆของหลอดไฟ ที่อาจจะปล่อยความร้อนออกมากับคลื่นรังสีอัลตราไวโอเลต หรือแม้กระทั่งรังสีอินฟราเรด โดยเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นการเปลี่ยนหลอดไฟให้แสงสว่างชนิดหลอดนีออนหรือหลอดไฟฮาโลเจนแบบเดิม เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงแทน จะทำให้ลดความร้อนในระบบทั้งหมดจากเดิมลงไปได้ และจะเป็นการประหยัดเงินค่าพลังงานไฟฟ้าทางอ้อมได้อีกทางหนึ่ง

### 2.1.8.3 หลอดไดโอดเปล่งแสงทนต่อการสั่นสะเทือน

หลอดไฟประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงจะมีความสามารถในการทนต่อการสั่นสะเทือนได้มากกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ โดยสินค้าหลายตัวได้เลือกใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อใช้งานเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าประหยัดกว่า และยังทนต่อการสั่นสะเทือนได้อีกด้วย เช่น ลิฟต์ที่ติดตั้งในอาคาร จะติดไฟประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสง เพราะลิฟต์นั้นจะมีอาคารสั่นและเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลา ทำให้ลดโอกาสการเสียหายของหลอดไฟได้มากขึ้น ทำให้ไม่ต้องมีพนักงานเข้าไปเปลี่ยนหลอดไฟอยู่เป็นประจำ

#### 2.1.8.4 แสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงไม่กะพริบ

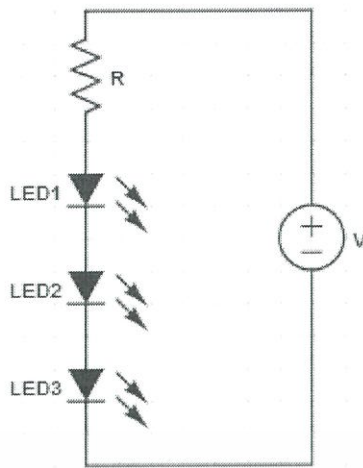
หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ แบบเดิมนั้นจะมีการกะพริบของแสงที่ความถี่ของการกะพริบ 50 เฮิร์ตซ์ เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ใช้สำหรับหลอดไฟประเภทนี้จะเป็นกระแสสลับ (AC) โดยมนุษย์ประมาณ 10 ถึง 30 เฮอร์เซ็นต์ มีปฏิกิริยากับการกะพริบของแสงเหล่านี้ โดยอาการที่เกิดขึ้นเช่น อาการปวดหัว ปวดตา เมื่อมองขึ้นงานภายใต้แสงนีออนต่อเนื่องหลายชั่วโมง และ หากพนักงานเหล่านั้นอยู่ในสายการผลิตก็อาจจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อ อัตราประสิทธิภาพในการทำงานได้ด้วย เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ใ้หลอดไฟนีออนที่มีการกะพริบระดับ 100 เฮิร์ตซ์ ก็ยังมีขายอยู่แต่ไม่ได้เป็นการแก้ปัญหาลดผลกระทบต่อตัวมนุษย์ไปเสียทั้งหมดอยู่ดี แต่สำหรับหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อติดตั้งทดแทนหลอดไฟนีออนหรือฟลูออเรสเซนต์ แบบเดิมๆ ปรากฏว่า หลอดไดโอดเปล่งแสง ไม่มีการกะพริบของแสง แท้ที่จริงแล้วการกะพริบของตัวเม็ดแสงสว่างหลอดไดโอดเปล่งแสง เองนั้นจะไม่กะพริบ แต่อย่างไรก็ดีไฟฟ้าที่เข้าสู่แหล่งกำเนิดแสงในหลอดก็ยังคงเป็นไฟฟ้าที่ผ่านไดร์เวอร์ หรือ อแดปเตอร์ ที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้าจากกระแสสลับเป็นกระแสตรง แต่จากการวัดหลอดไฟ หลอดไดโอดเปล่งแสง ที่ใช้ตัวขับวงจร คุณภาพสูงจะสามารถแสดงผลการกะพริบได้ก็โดยประมาณมากกว่า 400 เฮิร์ตซ์ ซึ่งก็เป็นความถี่เกินกว่าที่สายตาจะรับรู้ได้ และจะทำให้พนักงานที่อยู่ภายใต้แสงประเภทนี้ ในสายการผลิตก็รับรู้ได้ว่าแสงที่กระทบเข้าตาของพนักงานเหล่านั้นเป็นแสงที่มีคุณภาพที่ดีขึ้น และเหมาะสมมากขึ้นในการทำงานที่ต่อเนื่อง และยังส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มขึ้น

#### 2.1.8.5 ออกแบบทิศทางแสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงที่เหมาะสมกับรูปแบบโคมได้

เนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสง จะมีทิศทางแสงสว่างแบบเป็นท่อน ไม่ได้กระจายออกทุกทิศทาง ทำให้สามารถออกแบบตัวหลอดให้เหมาะสมกับโคม โดยไม่ปล่อยแสงไปในทิศทางที่ไม่ต้องการได้ ทำให้เกิดการประหยัดไฟฟ้าได้

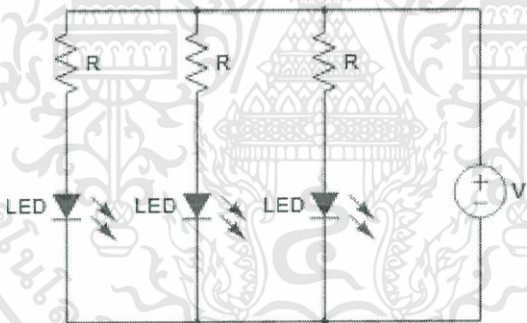
#### 2.1.9 การใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง

การนำหลอดไดโอดเปล่งแสงหลายๆตัวมาต่ออนุกรมกัน โดยใช้ตัวต้านทานจำกัดกระแสเพียงตัวเดียวเท่านั้น ถ้าหลอดไดโอดเปล่งแสงหลอดใดหลอดหนึ่งขาด จะทำให้ทั้งชุดดับไปด้วย หลอดไดโอดเปล่งแสงสามารถนำมาใช้งานพร้อมกันในคราวเดียวหลายๆ ตัวได้โดยหลอดไดโอดเปล่งแสง มาต่ออนุกรมกัน และใช้แหล่งจ่ายแรงดันแหล่งเดียวในการขับกระแสให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทำงานดังแสดงในรูปที่ 2.8 โดยแหล่งจ่ายแรงดันต้องมีแรงดันมากกว่าผลรวมของแรงดันขับกระแสตรงของหลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวจึงจะสามารถทำงานได้ แต่ก็สามารถแก้ไขได้โดยนำวงจรเหล่านี้มาต่อขนานกัน

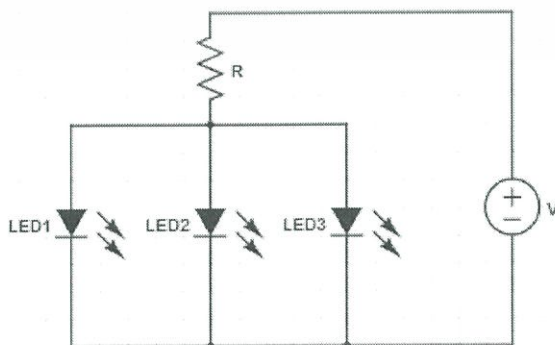


รูปที่ 2.8 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบอนุกรม

วงจรขับหลอดไดโอดเปล่งแสง หลายตัวพร้อมกันแต่การต่อแบบนี้วงจรจะกินกระแสค่อนข้างสูง การนำหลอดไดโอดเปล่งแสงหลายๆตัวมาใช้งานพร้อมๆกันอีกแบบหนึ่งก็คือ การนำวงจรพื้นฐานจาก รูปที่ 2.8 มาต่อขนานกันดังแสดงในรูป 2.9 แต่การต่อวงจรแบบนี้ค่อนข้าง จะกินกระแสมาก คือเท่ากับผลรวม ของกระแสที่จ่ายให้แก่หลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละหลอด



รูปที่ 2.9 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบขนาน



รูปที่ 2.10 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ไม่ถูกต้อง

จากรูปที่ 2.10 จะเห็นว่าวงจรลักษณะนี้ไม่สามารถทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวทำงานได้เท่าๆกันเพราะกระแสจะไหลมากในหลอดไดโอดเปล่งแสงตัวที่มีแรงดันฟอร์เวิร์ดต่ำที่สุด จากวงจรจะเห็นได้ว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงไม่มีทางที่ทำงานพร้อมๆกันได้ เพราะแรงดันขั้วกระแสตรงของหลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละตัวจะมีค่าไม่เท่ากันจากกระบวนการผลิตก็ไม่สามารถทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงทุกตัวมีค่าแรงดันขั้วกระแสตรงเท่ากันพอดีได้ ซึ่งจะทำให้มีหลอดไดโอดเปล่งแสงตัวใดตัวหนึ่งกินกระแสมากกว่าตัวอื่นๆ และทำให้หลอดไดโอดเปล่งแสงตัวที่เหลืออยู่ได้รับกระแสเพียงเล็กน้อย

## 2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสง

แสงสว่างเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ แสงสว่างมีทั้งในส่วนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ หรือแสงสว่างจากดวงจันทร์หรือดวงดาวต่างๆ เป็นต้น แสงสว่างเป็นพลังงานรูปหนึ่งที่มีลักษณะเป็นคลื่น สามารถเคลื่อนที่ได้เหมือนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่ทำให้ตามนุษย์ สามารถมองเห็นแสงสว่างสีต่างๆได้ การที่มนุษย์สามารถมองเห็นแสงสีต่างๆได้ ก็ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงสว่างสีที่ตกกระทบตาว่าอยู่ที่ช่วงความยาวคลื่นของแสงสว่างที่เท่าไร

### 2.2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับการมองเห็น

สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วง ตามความยาวของคลื่นดังนี้ คือ ช่วงความยาวคลื่นยาว (Long-Wave Radiation) ช่วงความยาวคลื่นแสง (Visible Light) และช่วงความยาวคลื่นสั้น (Short-Wave Radiation)

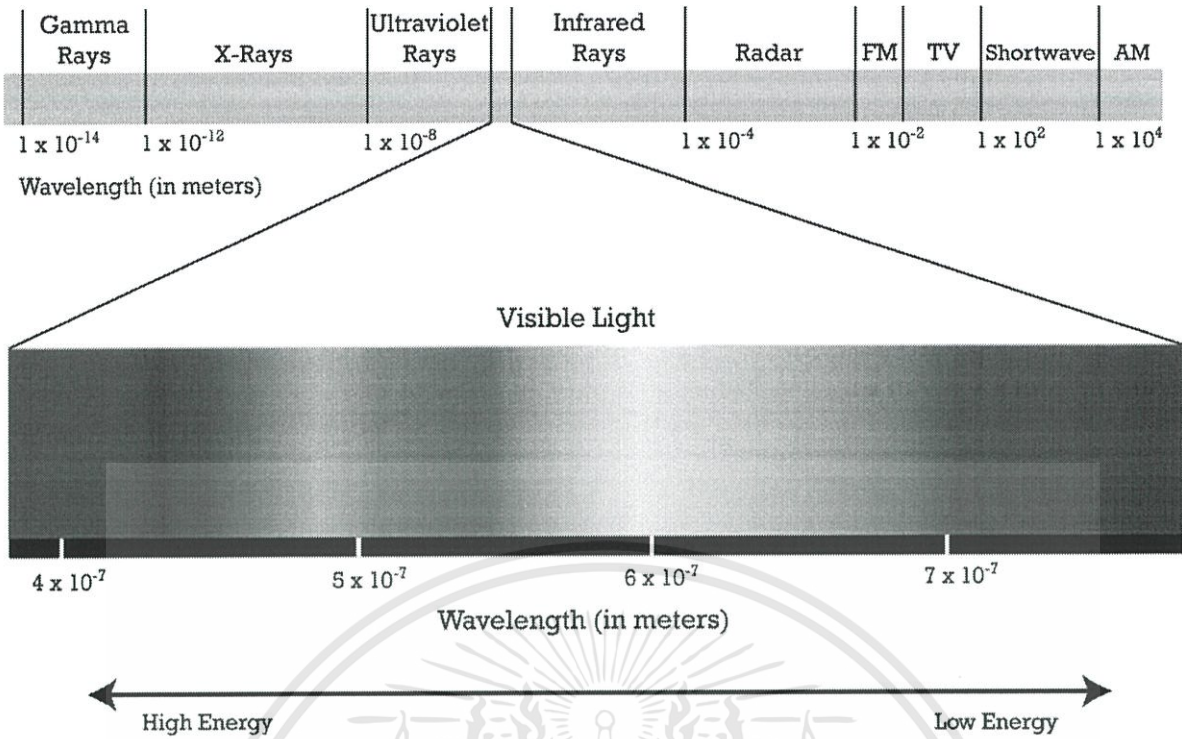
ช่วงความยาวคลื่นยาว (Long-Wave Radiation) เริ่มตั้งแต่ช่วงความยาวคลื่นยาวมาก เช่น พลังงาน ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นวิทยุความยาวคลื่นยาว (ใช้ในระบบสื่อสารสำหรับเรือดำน้ำ) รวมถึงคลื่นวิทยุความยาว คลื่นสั้นกว่านี้ได้แก่ คลื่นวิทยุ และ คลื่นโทรทัศน์ ไมโครเวฟ และ รังสีอินฟราเรด

ช่วงความยาวคลื่นสั้น (Short-Wave Radiation) เป็นช่วงที่เริ่มตั้งแต่ช่วงอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งเป็นคลื่นที่ได้มาจากดวงอาทิตย์ รวมถึงรังสีเอ็กซ์เรย์ รังสีแกมมา และรังสีคอสมิก

ช่วงความยาวคลื่นแสง (Visible Light) เป็นช่วงความยาวที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ โดยจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงตั้งแต่ 380-780 นาโนเมตร โดยความยาวคลื่นของแสงสีต่างๆ ที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้แสดงอยู่ในตารางที่ 2.3 และ รูปที่ 2.11

ตารางที่ 2.3 ความยาวคลื่นแสงในย่านที่มนุษย์มองเห็น

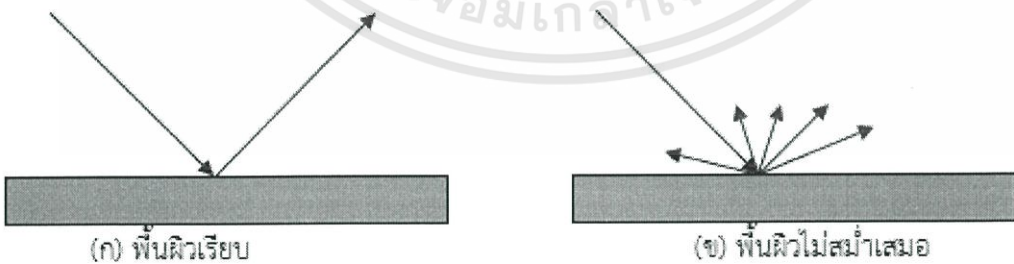
สี	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)
ม่วง	380-435
น้ำเงิน	435-500
เขียว	500-565
เหลือง	565-600
ส้ม	600-630
แดง	630-780



รูปที่ 2.11 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

### 2.2.2 การสะท้อนของแสง (Reflection)

ในสภาวะปกติเมื่อแสงตกกระทบผิววัตถุของแข็งหรือของเหลว จะมีแสงบางส่วนที่สะท้อนทางผิวของวัตถุนั้น ส่วนของแสงที่สะท้อนกลับนั้นมีตั้งแต่ 1 เปอร์เซ็นต์ จนถึงมากกว่า เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ ถ้าพื้นผิวที่แสงตกกระทบเป็นพื้นผิวเรียบ เช่น พื้นผิวของน้ำ หรือแผ่นโลหะ แสงที่สะท้อนจะเหมือนกับแสงที่ตกกระทบทุกประการ ซึ่งเป็นไปตามกฎมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ก) และสำหรับกรณีที่แสงตกกระทบกับวัตถุที่ผิวไม่สม่ำเสมอ จะทำให้เกิดการสะท้อนได้ในทุกทิศทางดังแสดงในรูปที่ 2.12 (ข)



รูปที่ 2.12 การสะท้อนแสงของพื้นผิว

### 2.2.3 การหักเหของแสง (Refraction)

ในกรณีที่แสงวิ่งผ่านวัตถุโปร่งแสง เช่น แก้ว ลำแสงจะมีการหักเหไปจากแนวแสงเดิม (Refraction) ซึ่งคุณสมบัติการหักเหแสงของตัวกลางนั้นขึ้นอยู่กับค่าดัชนีการหักเหแสง (Refraction Index) ค่าดัชนีการหักเหแสง คือ อัตราส่วนระหว่างค่าความเร็วแสงในอากาศต่อค่าความเร็วแสงที่เดินทางผ่านตัวกลางนั้น

กฎการหักเหของแสง

1. รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีหักเห อยู่ในระนาบเดียวกัน
2. สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ อัตราส่วนระหว่างค่า  $\sin$  ของมุมตกกระทบ ในตัวกลางหนึ่งกับค่า  $\sin$  ของมุมหักเหในอีกตัวกลางหนึ่ง มีค่าคงที่เสมอ

จากกฎข้อ 2 สเนลล์นำมาตั้งเป็นกฎของสเนลล์ (Snell's law) ได้ดังนี้

$$\frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{c/n_1}{c/n_2} = \text{ค่าคงตัว}$$

เมื่อ  $v_1$  เป็นอัตราเร็วแสงในตัวกลางที่ 1

$v_2$  เป็นอัตราเร็วแสงในตัวกลางที่ 2

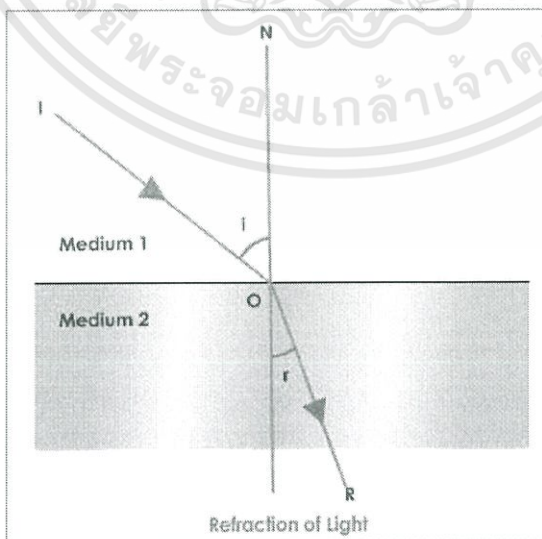
การหักเหของแสงเกิดขึ้นได้ 2 แบบ คือ

1. การหักเหเข้าหาเส้นแนวฉาก เกิดขึ้นเมื่อ

แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อยไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นมาก หรือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่ำไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมาก หรือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความเร็วมากไปสู่ตัวกลางที่มีความเร็วน้อย

2. การหักเหออกจากเส้นแนวฉาก เกิดขึ้นเมื่อ

แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นมากไปสู่ตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย หรือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหสูงไปสู่ตัวกลางที่มีดัชนีหักเหต่ำ หรือ แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความเร็วต่ำไปสู่ตัวกลางที่มีความเร็วมาก



รูปที่ 2.13 การหักเหของแสงผ่านตัวกลางต่างกัน

## 2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการส่องสว่าง

### 2.3.1 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง

ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่างที่จะกล่าวถึงมี 6 ชนิด ประกอบด้วย

- มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle)
- ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux)
- ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity, I)
- ความส่องสว่าง (Illuminance, E)
- ความสว่าง (Luminance, L)
- ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (luminous efficacy)

ปริมาณทั้ง 6 ชนิดมีสัญลักษณ์ หน่วยที่ใช้ในการวัด และนิยาม ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ปริมาณที่สำคัญทางด้านการส่องสว่าง

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	นิยาม
1. มุมเชิงของแข็ง	$\omega$	สเตอเรเดียน (sr)	$\omega = \frac{A}{r^2}$
2. ฟลักซ์ส่องสว่าง	$\phi$	ลูเมน(lm)	$\phi = \frac{dQ}{dt}$
3. ความเข้มการส่องสว่าง	I	แคนเดลา(cd)	$I = \frac{\phi}{\omega}$
4. ความส่องสว่าง	E	ลักซ์(lux) ฟุตแคนเดิล(fc)	$E = \frac{I}{D^2} = \frac{\phi}{A}$
5. ความสว่าง	L	แคนเดลา / ตารางเมตร(cd/m <sup>2</sup> )	$L = \frac{d^2\phi}{d\omega \times dA \times \cos\epsilon}$
6. ประสิทธิภาพความเข้มการส่องสว่าง	$\eta$	ลูเมน/วัตต์ (lm/w)	$\eta = \frac{\phi}{P}$

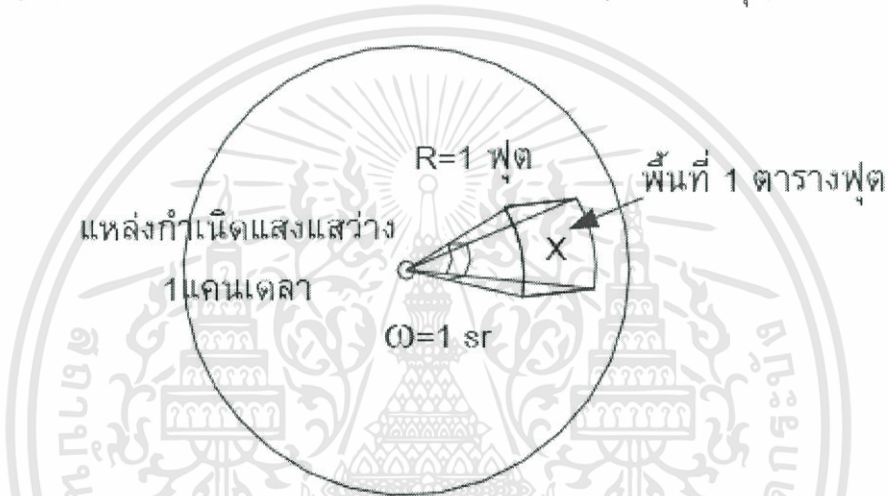
### 2.3.1.1 มุมเชิงของแข็ง (Solid Angle; $\omega$ )

เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ผิวทรงกลมต่อรัศมีของทรงกลมยกกำลังสอง หน่วยเป็น สเตอเรเดียน (steradian, sr) ใช้สัญลักษณ์  $\omega$

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

โดยกำหนดให้

$\omega$	คือ มุมตัน	(สเตอเรเดียน)
A	คือ พื้นที่ผิวทรงกลมที่รองรับฐานมุม	(ตารางเมตรหรือตารางฟุต)
r	คือ รัศมีของทรงกลม	(เมตร หรือ ฟุต)



รูปที่ 2.14 มุมเชิงของแข็ง

### 2.3.1.2 ฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux; $\Phi$ )

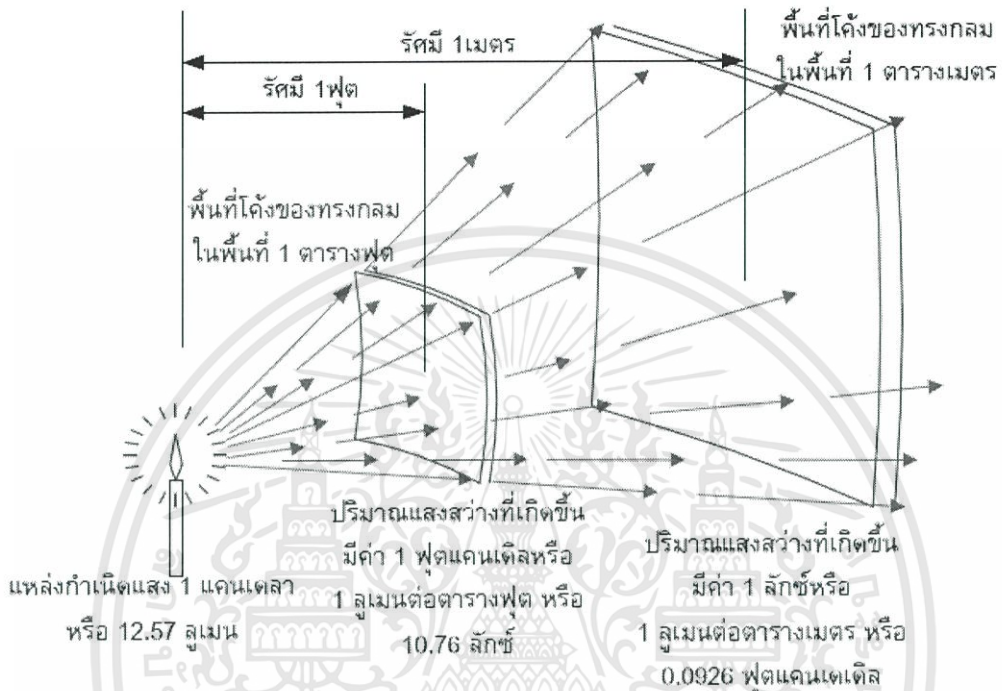
เป็น พลังงานแสงสว่างที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงต่อหน่วยเวลา หน่วยเป็น ลูเมน (Lumen; lm) ใช้สัญลักษณ์  $\Phi$

$$\Phi = \frac{dQ}{dt}$$

โดยกำหนดให้

$\Phi$	คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง	(ลูเมน)
Q	คือ พลังงานแสงสว่าง	(ลูเมนวินาที)
t	คือ เวลา	(วินาที)

1 ลูเมน หมายถึง ปริมาณแสงที่ส่องบนพื้นที่หนึ่งตารางเมตร บนผิวทรงกลมที่มีรัศมีหนึ่งเมตร โดยมีแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งแคนเดลา หรือ หนึ่งกำลังเทียนวางที่จุดศูนย์กลางของวงกลม ซึ่งเมื่อพิจารณาพื้นที่ทั้งหมดของทรงกลมแล้ว จะมีค่าเท่ากับ 12.57 ตารางหน่วยพื้นที่ เพราะฉะนั้นค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง 1 แคนเดลา จะสามารถเปล่งปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่างออกไปได้เท่ากับ 12.57 ลูเมน



รูปที่ 2.15 ปริมาณแสงที่ตกลงบนพื้นผิวทรงกลม

### 2.3.1.3 ความเข้มการส่องสว่าง (Luminous Intensity; I)

เป็นความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างหรือพลังงานที่ส่องออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง ในทิศทางใดๆ ต่อมุมเชิงของแข็ง (Solid Angle;  $\omega$ ) หน่วยเป็น ลูเมน / สเตอเรเดียน หรือ แคนเดลา (Candela ; cd) หรืออาจจะกล่าวได้ว่า แคนเดลา คือ ความเข้มแสงตามทิศทางที่กำหนดไว้ โดย 1 แคนเดลา = 12.57 ลูเมน

$$I = \frac{\Phi}{\omega}$$

- I คือ ความเข้มการส่องสว่าง (แคนเดลา)
- $\Phi$  คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (ลูเมน)
- $\omega$  คือ มุมเชิงของแข็ง (สเตอเรเดียน)

### 2.3.1.4 ความส่องสว่าง (Illuminance,E)

หมายถึง ความส่องสว่างที่กระทบลงบนวัตถุมีความสัมพันธ์คือ ปริมาณแสง (ลูเมน) /พื้นที่  
มี 2 หน่วยคือ ลักซ์ (Lux) กับ ฟุตแคนเดิล (footcandle)

- ความส่องสว่าง 1 Lux หมายถึง ปริมาณเส้นแรงของแสง 1 ลูเมนไปตกลงบนวัตถุ  
บนพื้นที่ 1 ตารางเมตรบนพื้นผิวของทรงกลม (ดังรูปที่ 2.12)

- ความส่องสว่าง 1 fc หมายถึง ปริมาณเส้นแรงของแสง 1 ลูเมนไปตกลงบนวัตถุบน  
พื้นที่ 1 ตารางฟุตบนพื้นผิวของทรงกลม (ดังรูปที่ 2.12)

$$1 \text{ fc} = 1 \text{ Lm} / \text{ft}^2$$

$$1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lm} / \text{m}^2$$

ความส่องสว่างในหน่วยของลักซ์กับฟุตแคนเดิล มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$1 \text{ Lux} = 0.0929 \text{ fc}$$

$$1 \text{ fc} = 10.76 \text{ Lux}$$

ค่าของความส่องสว่างบนพื้นผิวใดๆ จะแปรผันโดยตรงกับความเข้มการส่องสว่างและ  
แปรผกผันกับค่าระยะห่างยกกำลังสอง

$$E = \frac{I}{D^2} = \frac{\Phi}{A}$$

โดยกำหนดให้

- E คือ ความส่องสว่าง (ลักซ์)
- I คือ ความเข้มการส่องสว่าง (แคนเดลา)
- D คือ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดแสงไปยังพื้นที่ผิว (เมตร)
- $\Phi$  คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (ลูเมน)
- A คือ พื้นที่ผิวทรงกลมที่รองรับฐานมุม (ตารางเมตร หรือ ตารางฟุต)

### 2.3.1.5 ความสว่าง (Luminance, L)

หมายถึง ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มีหน่วยเป็น แคนเดลา/ตารางเมตร หากวัตถุมีผิวที่มีลักษณะแตกต่างกันหรือมีสีที่ต่างกันก็จะทำให้ค่าความสะท้อนที่ต่างกัน นั่นคือค่าความสว่าง (Luminance) ก็จะต่างกันไปด้วย เช่น หากส่องแสงเข้ากระทบกับวัตถุสีขาวก็จะมี ความสว่างมากกว่าวัตถุสีดำ

ความสัมพันธ์ระหว่างความส่องสว่างกับความสว่างคือ

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

โดยกำหนดให้

- |          |                                     |                       |
|----------|-------------------------------------|-----------------------|
| L        | คือ ความสว่าง                       | (แคนเดลา / ตารางเมตร) |
| $\phi$   | คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง              | (ลูเมน)               |
| $\omega$ | คือ มุมเชิงของแข็ง                  | (สเตอเรเดียน)         |
| A        | คือ พื้นที่ผิวทรงกลมที่รองรับฐานมุม | (ตารางเมตร)           |

### 2.3.1.6 ประสิทธิภาพการส่องสว่าง

หมายถึงอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่าง (ปริมาณแสง) กับกำลังงานที่ทำให้เกิด ฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็น lumen / watt อักษรย่อ lm/w

$$\eta = \frac{\phi}{P}$$

โดยกำหนดให้

- |        |                             |                 |
|--------|-----------------------------|-----------------|
| $\eta$ | คือ ประสิทธิภาพการส่องสว่าง | (ลูเมน / วัตต์) |
| $\phi$ | คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง      | (ลูเมน)         |
| P      | คือ กำลังงานที่ใช้          | (วัตต์)         |

## 2.3.2 อุปกรณ์วัดแสง

### 2.3.2.1 เครื่องวัดแสง (Lux Meter)

โดยความเข้มของแสงที่วัดได้จากเครื่องวัดแสงมีหน่วยเป็น ลักซ์(Lux) ประโยชน์ของเครื่องวัดแสงคือวัดความสว่างของแสงในบริเวณนั้น ๆ ว่าเหมาะสมหรือไม่ในการประกอบกิจกรรมใด ๆ ของคน หรือกระทำการทดลองทางวิทยาศาสตร์ในด้านอื่น ๆ เช่น การปลูกต้นไม้ เพาะเลี้ยงสัตว์บางชนิด ฯลฯ



รูปที่ 2.16 เครื่องวัดแสง (Lux Meter)

## 2.3.3 การคำนวณค่าไฟ

การคำนวณค่าไฟฟ้า

ขั้นตอนที่ 1 หาจำนวนยูนิตไฟฟ้าที่ใช้

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

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าไฟฟ้าที่ใช้

$$\text{ค่าไฟฟ้า} = \text{จำนวนยูนิต} \times \text{ราคาต่อยูนิต}$$

การคำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณต้นทุนของหลอดไฟ

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

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าใช้จ่ายทั้งหมด

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

## 2.4 อวนล้อมจับ (Surrounding Nets)

อวนล้อมจับ หมายถึง เครื่องมือประมงที่มีลักษณะเป็นผืนอวนคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า วิธีการใช้เครื่องมือจับสัตว์น้ำจะปล่อยผืนอวนล้อมรอบสัตว์น้ำ แล้วทำการปิดด้านล่างของผืนอวน หลักการหรือกรรมวิธีที่สำคัญของเครื่องมือประเภทอวนล้อมจับมีดังนี้

1. ใช้วิธีปิดล้อมสัตว์น้ำ โดยการปล่อยอวนล้อมรอบสัตว์น้ำเป็นวงกลมหรือรูปไข่ เพื่อสกัดกั้นการเคลื่อนที่ของสัตว์น้ำในแนวราบส่วนในแนวตั้งใช้ความลึกของอวนสกัดกั้นตัดหน้าฝูงสัตว์น้ำ
2. ใช้กรรมวิธีปิดด้านล่างของผืนอวน (ตลอดผืน) เพื่อให้สัตว์น้ำหมดทางออกทางด้านล่าง และว่ายวนเวียนอยู่ในวงอวน
3. ทำการกู้อวนแล้วตักสัตว์น้ำขึ้นเรือ



รูปที่ 2.17 การกู้อวนตักสัตว์น้ำขึ้นเรือ

### ชนิดเครื่องมือประเภทอวนล้อมจับ

เครื่องมืออวนล้อมจับเป็นเครื่องมือที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้จับสัตว์น้ำชนิดที่อยู่รวมกันเป็นฝูง หรือล่องลงให้รวมกันเป็นฝูงขนาดใหญ่ก่อน โดยใช้อุปกรณ์ช่วยทำการประมงประเภทซั้ง (Fish Aggregating Device; FADs) หรือแสงไฟ หลักการเลือกใช้ขนาดตาอวนของเครื่องมือนี้ต้องไม่ทำให้สัตว์น้ำเป้าหมายหลักติดอยู่ที่ตาอวนมากเกินไป เพราะจะทำให้อวนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น กู้วนได้ช้า และสัตว์น้ำเสียคุณภาพ ด้วยเหตุนี้อวนล้อมจับจึงมีขนาดตาอวนหลายขนาด ขึ้นอยู่กับขนาดของสัตว์น้ำเป้าหมายหลัก การเรียกชื่อเครื่องมืออวนล้อมจับของไทยส่วนใหญ่ เรียกตามชาวประมงซึ่งตั้งชื่อหลากหลาย บางชนิดเรียกชนิดสัตว์น้ำที่เป็นเป้าหมายหลัก เช่น อวนล้อมจับปลากะตัก ดังนั้นการเรียกชื่อเครื่องมือในประเภทอวนล้อมจับกำหนดให้เป็นระบบเดียวกัน คือ ใช้ขนาดตาอวนเป็นตัวกำหนด ซึ่งจะเป็นผลดีต่อข้อมูลทางการประมงทะเลในอนาคต แต่เนื่องจากอวนล้อมจับของไทยมีวิธีการปิดด้านล่างของผืนอวนอยู่ 2 วิธี คือ แบบมีสายमान และแบบอื่นซึ่งไม่ใช่สายमान จึงได้แยกชนิดของอวนล้อมจับออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ อวนล้อมจับมีสายमान มี 5 ชนิด และอวนล้อมจับไม่มีสายमान มี 2 ชนิด ซึ่งแบบมีสายमानนั้นจะพบมากที่สุด ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 99 ของอวนล้อมจับทั้งหมด

#### 2.4.1 อวนล้อมจับใช้สายमान (Purse seine)

สายमान (Purse Line) เป็นชื่อเรียกเชือก หรือลวดสลิงที่ร้อยผ่านห่วงโลหะวงแหวนทุกห่วง ซึ่งผูกตลอดแนวด้านล่างผืนอวนมีระยะห่างกันพอควร ชาวประมงเรียกว่า ห่วงมาน (Purse ring) ส่วนที่เป็นสายमानจะใช้เพียงเส้นเดียว แต่อวนตั้งเก และอวนล้อมจับปลากะตักของไทยแบบมาเลเซีย จะแบ่งสายमानออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่อยู่ปักชาย และปักขวา โดยปลายเชือกข้างหนึ่งของเชือกทั้งสองจะผูกกับห่วงคล้ายเกลียวที่อยู่บริเวณกึ่งกลางอวน วิธีการปิดผืนอวนด้านล่างด้วยสายमानใช้วิธีการถ่วงสายमानพร้อมกันทั้งสองข้างเก็บไว้บนเรือ จะทำให้ขอบล่างของผืนอวนมีขนาดเล็กลงตามลำดับ ในที่สุดจะปิดสนิทเมื่อห่วงมานมารวมกัน แล้วนำห่วงมานขึ้นบนเรือ หรือแขวนไว้ที่เรือ ชนิดเครื่องมือที่จัดอยู่ในกลุ่มอวนล้อมจับมีสายमानมี 5 ชนิด ดังนี้

##### 2.4.1.1 อวนล้อมจับขนาดตาเล็กกว่า 10 มิลลิเมตร

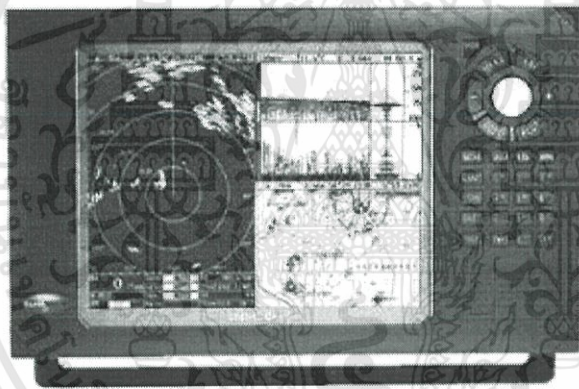
เครื่องมือนี้ เดิมเรียกกันว่า อวนล้อมจับปลากะตัก บางแห่งเรียกว่า อวนปลาหัวอ่อน หรืออวนปลาซั้งซั้ง หรืออวนปลาจิ้งจั้ง จัดว่าเป็นอวนล้อมจับที่ใช้ตาอวนขนาดเล็กที่สุด ส่วนใหญ่มุ่งจับปลากะตักเป็นหลัก แต่จะใช้จับปลาอื่นๆ ที่มีขนาดใหญ่กว่าปลากะตักก็ได้ แหล่งประมงน้ำลึก 5 ถึง 45 เมตร ในอดีตทำการประมงเฉพาะเวลากลางวัน ในปัจจุบันมีทั้งแบบที่ทำเฉพาะกลางวัน และแบบที่ทำทั้งกลางวันและกลางคืน ซึ่งในเวลากลางคืนชาวประมงจะใช้เรือปั่นไฟช่วยในการทำประมงด้วย

จำนวนคนขึ้นอยู่กับขนาดเรือ มีตั้งแต่ 6 ถึง 30 คน จังหวัดที่พบมาก ได้แก่ จังหวัดตราด ระยอง ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี ระนอง พังงา สตูล เป็นต้น

เรือและอุปกรณ์ เรือประมงขนาด 10 ถึง 22 เมตร เครื่องยนต์ 20 ถึง 300 แรงม้า อุปกรณ์ช่วยทำประมงได้แก่ เอกโค่ชาวเดอร์ สำหรับช่วยค้นหาฝูงปลา เครื่องหาที่เรือจากดาวเทียม และวิทยุสื่อสาร ถ้าเป็นอวนล้อมจับปลากะตักแบบตัมปลาในเรือ บริเวณจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และสตูล จะใช้เครื่องถ่วงอวนช่วยถ่วงด้วย และถ้าเป็นเรืออวนล้อมปลากะตักกลางคืนซึ่งใช้แสงไฟล่อ จะมีเรือปั่นไฟด้วยอีก 1 ถึง 2 ลำ เป็นเรือขนาด 9 ถึง 14 เมตร กำลังไฟ 10 ถึง 20 กิโลวัตต์ และมีลูกเรือ 1 ถึง 2 คนต่อลำ

เครื่องมืออวน อวนมีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 250 ถึง 450 เมตร ลึก 15 ถึง 80 เมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเรือและความลึกของแหล่งประมง เนื้ออวนเป็นไนลอนชนิดไม่มีปม ขนาดตา 6.0 ถึง 9.3 มิลลิเมตร สีเขียวหรือเหลือง และบางส่วนเป็นสีขาว (เฉพาะเรือขนาดเล็ก) ชาวประมงบางรายเริ่มใช้อวนสีเขียวปนดำ ตาปะทังบนอาจมีหรือไม่มี ส่วนตาปะทังล่างนิยมใช้อวนโพลีเอทิลีน ทุ่นพยุงอวนมีทั้งแบบรูปไข่และแบบทรงกระบอกค่อนข้างแบน สายमानใช้เชือกเกลียวถักขนาด

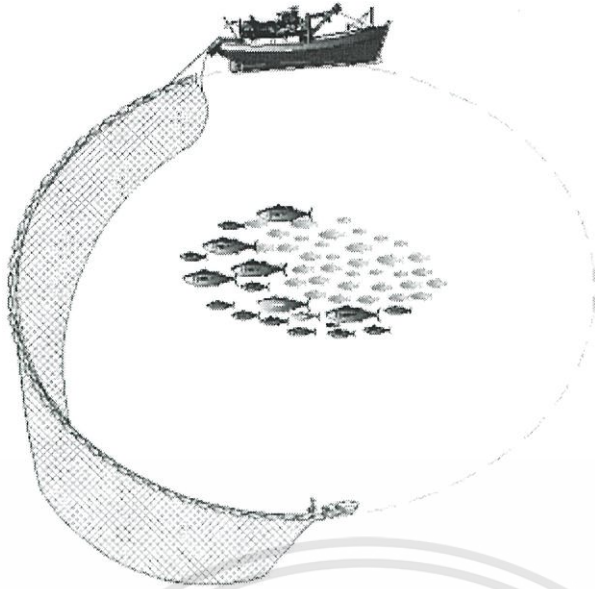
วิธีทำการประมง แบ่งออกเป็นแบบไม่ใช้แสงไฟล่อและแบบใช้แสงไฟล่อ แบบไม่ใช้แสงไฟล่อ ส่วนใหญ่เป็นเวลากลางวันตั้งแต่เช้าตรู่ถึงเย็น เรือจะแล่นหาฝูงปลากระตักที่ว่ายบริเวณผิวน้ำ หรือใช้เฮคโค่ชาวเดอร์ตตรวจหาฝูงปลากระตักที่อยู่ใต้ผิวน้ำ เมื่อพบแล้วจะปล่อยอวนล้อมฝูงปลาไว้ ทำการกว้านสายमानเพื่อรูดปิดด้านล่างผืนอวน สำหรับเรือขนาดเล็กความยาวไม่เกิน 14 เมตร แถบจังหวัดระยอง ซึ่งชาวบ้านเรียกว่า อวนล้อมลงคัน จะเพิ่มอุปกรณ์เป็นคันไม้จริง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร ยาว 10 ถึง 12 เมตร จำนวน 1 ต้น ปลายข้างหนึ่งผูกห้วงโลหะ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร จำนวน 2 ห่วง อยู่คู่กัน คันไม้จริงนี้ใช้กดขอบล่างอวน (สาย मान) ทำให้ช่องเปิดบริเวณหน้าหัวเรือขณะกว้านสายमानมีขนาดเล็กลง ฝูงปลาว่ายออกไปได้ยาก ขึ้น โดยก่อนเริ่มกว้านสายमानจะนำห้วงมานของอวนปักชายและขวาที่อยู่ใกล้หัวเรือมายึดติดกับ ห่วงทั้งสองที่ปลายคันไม้ก่อน แล้วจุ่มลงไปใต้น้ำลึกประมาณ 7 ถึง 8 เมตร ปลายที่ไหลพันน้ำผูกติด กับแอกหัวเรือ แต่เรืออวนล้อมจับส่วนใหญ่นิยมใช้ตุ้มน้ำหนัก ขนาด 50 กิโลกรัม ซึ่งเรียกว่า ไอ้โบ้ จำนวน 1 ถึง 2 อัน ช่วยถ่วงคร่าวล่างช่วงใกล้หัวเรือมากกว่าการใช้คันไม้กดอวน เมื่อกว้านสายमान เสร็จแล้วจะกู้อวนขึ้นเรือด้วยแรงคน หรือใช้เครื่องกว้านอวนจนสามารถตักปลาใส่เรือได้ จากนั้นจะ เตรียมอวนให้เรียบร้อยพร้อมวางใหม่ วันหนึ่งๆ ทำการประมง 1 ถึง 5 ครั้ง อัตราการจับไม่แน่นอน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของฝูงปลากระตัก และความสามารถของได้กั้งเรือในการหาแหล่งปลากระตัก



รูปที่ 2.18 เครื่องเฮคโค่ชาวเดอร์ต

ส่วนวิธีทำการประมงแบบใช้แสงไฟล่อ เรืออวนจะแล่นค้นหาฝูงปลาโดยใช้เฮคโค่ชาวเดอร์ต เริ่มตั้งแต่พระอาทิตย์ตกดิน โดยมีเรือปั่นไฟอีก 1 ถึง 2 ลำ แล่นตาม เมื่อพบฝูงปลาแล้วจะบอกจุด (ตำแหน่ง) ให้เรือปั่นไฟลำแรกทอดสมอและใช้แสงไฟล่อ และหาจุดทอดสมอให้เรือปั่นไฟลำที่สอง ต่อไป เสร็จแล้วเรืออวนจะทอดสมอรอเวลา ปล่อยให้เรือปั่นไฟทำการใช้แสงไฟล่ออย่างน้อย 2 ชั่วโมงขึ้นไป โดยติดต่อประสานงานกันทางวิทยุรับ-ส่งตลอดเวลา เมื่อมีปลากระตักตอมแสงไฟมาก พอแล้ว จะเตรียมตัววางอวนล้อมเรือปั่นไฟ โดยให้เรือปั่นไฟทอดสมอขึ้นเรือ แล้วเรืออวนปล่อยอวน ล้อมรอบเรือปั่นไฟ ทำการกว้านสายमानปิดผืนอวนด้านล่างและกู้อวนขึ้นเรือ ส่วนใหญ่ใช้คันบูมหน้าแก่งเรือกับกว้านข้างแก่งเรือช่วยกู้อวน จนสามารถตักปลาใส่เรือได้ จากนั้นจะทำการวางอวนล้อม เรือปั่นไฟลำที่สองต่อไป

สัตว์น้ำที่จับได้ ได้แก่ ปลากระตักทุกขนาด และปลาผิวน้ำชนิดอื่นที่ปะปนมาด้วย อย่างเช่น ปลาทุ ลัง ปลาหลังเขียวปลาสีกุนชนิดต่างๆ ปลาสาก หมึกกล้วย เป็นต้น



รูปที่ 2.19 ลักษณะการวางอวนล้อม

#### 2.4.1.2 อวนล้อมจับขนาดตา 10.0 ถึง 24.9 มิลลิเมตร

เครื่องมืออวนล้อมจับชนิดนี้ ชาวประมงเรียกว่า อวนล้อมลูกหมา อวนล้อมหมึก อวนล้อมหางยาว หรืออวนล้อมตะเกียง เพราะใช้เรือประมงขนาดเล็ก เครื่องยนต์มีทั้งแบบนอกเรือ(เรือหางยาว) และเครื่องยนต์ในเรือ รายที่ใช้เรือหางยาวมักเปลี่ยนไปใช้เครื่องมืออื่นหลังจากหมดฤดูจับปลา ผิวน้ำหน้าหมู่บ้าน วิธีจับสัตว์น้ำมีทั้งแบบแล่นเรือหาฝูงและใช้แสงไฟล่อ ซึ่งเป็นแพตะเกียงหรือเรือปั่นไฟ ขนาดตาอวนที่นิยมใช้มีขนาดตา 16 ถึง 20 มิลลิเมตร เหตุที่ใช้ตาอวนขนาดนี้ เพราะต้องการหลีกเลี่ยงปัญหาปลาหลังเขียว และปลาหูขนาดเล็ก หรือปลาผิวน้ำชนิดอื่นที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ติดอยู่ที่ตาอวนแหล่งประมงน้ำลึก 5 ถึง 20 เมตร

จำนวนคน 4 ถึง 20 คน จังหวัดที่พบมาก จังหวัดที่นิยมใช้เครื่องมือชนิดนี้ ได้แก่ จังหวัดชุมพร และประจวบคีรีขันธ์

เรือและอุปกรณ์ เรือประมงขนาด 9 ถึง 14 เมตร เครื่องยนต์นอกเรือขนาด 10 แรงม้า หรือเครื่องยนต์ในเรือขนาด 24 ถึง 150 แรงม้า แต่อาจมีเรือขนาดใหญ่กว่า 14 เมตร บางลำใช้เครื่องมือนี้ด้วย อุปกรณ์ที่สำคัญในเรือ ได้แก่ วิทยุสื่อสาร เครื่องเอคโคซาวเดอร์ (เฉพาะเรือเครื่องยนต์ในเรือ) แพและตะเกียงเจ้าพายุ หรือเรือปั่นไฟ 1 ลำ

เครื่องมืออวน รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า เนื้ออวนสีดำหรือเขียว ขนาดตาอวน 16 ถึง 20 มิลลิเมตร ความยาวอวน 100 ถึง 400 เมตร ลึก 14 ถึง 40 เมตร การประกอบอวนเหมือนกับอวนล้อมจับอื่นๆ คือ ด้านบนมีห่วงยวนตลอดความยาวอวน ด้านล่างมีห่วงมาน และตะกั่วถ่วงคิดเป็นน้ำหนัก 0.50 ถึง 2.00 กิโลกรัมต่อจุด สายมานเป็นเชือกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 ถึง 28 มิลลิเมตร

วิธีทำการประมง มี 2 วิธี คือ แบบแล่นเรือหาฝูงปลาแล้ววางอวนล้อมทันที อีกวิธีหนึ่งคือใช้แสงไฟล่อ โดยใช้แพ ตะเกียงหรือเรือปั่นไฟล่อสัตว์น้ำให้รวมเป็นฝูงขนาดใหญ่ก่อน วิธีการวางอวนและกู้อวนเหมือนกับอวนล้อมจับอื่นๆ ชนิดที่ไม่มีเครื่องกว้านอวน

สัตว์น้ำที่จับได้ ได้แก่ ปลาหู ปลาหลังเขียว ปลาสะดือขอ ปลาสิ่กุนชนิดต่างๆ และปลาแป้น เป็นต้น

### 2.4.1.3 อวนล้อมจับขนาดตา 25.0 ถึง 29.9 มิลลิเมตร

เครื่องมือชนิดนี้ใช้ตาอวนขนาด 25 มิลลิเมตร เดิมเป็นเครื่องมืออวนล้อมจับที่เรียกกันว่า อวนดำ อวนล้อมซั้ง และอวนตังเก (ใช้เรือสองลำวางอวน) เป็นอวนล้อมจับอีกชนิดหนึ่งที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ยกเว้นแบบอวนตังเก ซึ่งมีเฉพาะฝั่งอันดามันจำนวนไม่เกิน 20 ลำ วิธีการจับสัตว์น้ำมี 3 วิธี คือ วิธีที่หนึ่งแบบแล่นเรือหาฝูงปลา โดยใช้สายตา เอกโค่ชาวเตอร์ หรือโซนาร์ผสมกันแล้ววางอวนทันที วิธีที่สองแบบจับปลาที่ซั้ง (อุปกรณ์ล่อฝูงปลาผิวหน้าชนิดหนึ่ง) จุดประสงค์การทำซั้งเพื่อสร้างแหล่งประมงของตนเอง ไม่เสียเวลาแล่นเรือค้นหาฝูงปลา การจับปลาที่ซั้งทำได้ทั้งกลางวันและกลางคืน แต่เวลากลางคืนจะใช้ร่วมกับแสงไฟล่อ วิธีที่สามแบบใช้แสงไฟล่อในบริเวณที่ไม่มีซั้ง โดยทั่วไปจะใช้อย่างน้อย 2 วิธี โดยปรับเปลี่ยนตามสภาวะความชุกชุมของสัตว์น้ำเป้าหมาย วิธีใดจะใช้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความถนัดของไต่กั้งเรือด้วย เครื่องมือนี้ทำการประมงบริเวณน้ำลึก 5 ถึง 80 เมตร จำนวนคนขึ้นอยู่กับขนาดเรือ ส่วนใหญ่ 10 ถึง 30 คน จังหวัดที่พบมาก เครื่องมือชนิดนี้พบเกือบทุกจังหวัดชายทะเลทั้งฝั่งอ่าวไทยและอันดามัน

เรือและอุปกรณ์ เรือประมงขนาด 14 ถึง 26 เมตร เครื่องยนต์ 50 ถึง 700 แรงม้า อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ วิทยุสื่อสาร เครื่องหาที่เรือระบบดาวเทียม เรดาร์ เอกโค่ชาวเตอร์ โซนาร์ เครื่องกว้านอวน เรือปั่นไฟ 2 ลำ หรือแพตะเกียง เรือไฟเบอร์ขนาด 3 เมตร 1 ลำ ถ้าเป็นแบบอวนตังเกจะใช้เรือไล่ขนาด 6 ถึง 7 เมตร อีก 2 ลำ อุปกรณ์ดังกล่าวแต่ละลำจะมีไม่ครบทุกรายการ ขึ้นอยู่กับขนาดเรือ วิธีทำการประมง และทุนทรัพย์ ในรายที่จับปลาที่ซั้งจะต้องมีเรือเฝ้าซั้งอีก 1 ลำ เป็นเรือขนาด 10 ถึง 25 เมตร

เครื่องมืออวน รูปร่างอวนเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาวขึ้นอยู่กับขนาดเรือ และวิธีทำการประมง ถ้าจับปลาที่ซั้งหรือใช้แสงไฟล่อตลอดปีจะใช้ความยาว 400 ถึง 600 เมตร แต่ถ้าใช้วิธีแล่นเรือค้นหาฝูงปลามากกว่าวิธีอื่นๆ จะใช้ความยาว 350 ถึง 800 เมตร ความลึกอวน 60 ถึง 110 เมตร เนื้ออวนส่วนใหญ่เป็นไนล่อนสีดำขนาดตาอวน 25 มิลลิเมตร ตรงส่วนที่เป็นอวนคัน (Bunt) บางรายใช้อวนโพลีเอทิลีน น้ำหนักถ่วงอวนและห่วงขานมีน้ำหนัก 2 ถึง 4 กิโลกรัม/จุด ผูกห่างกัน 2.00 ถึง 3.00 เมตร สายขานเป็นเชือกเกลียวถักขนาด 26 ถึง 40 มิลลิเมตร สำหรับอวนตังเกนั้นสายขานจะแบ่งออกเป็น 2 ตอน

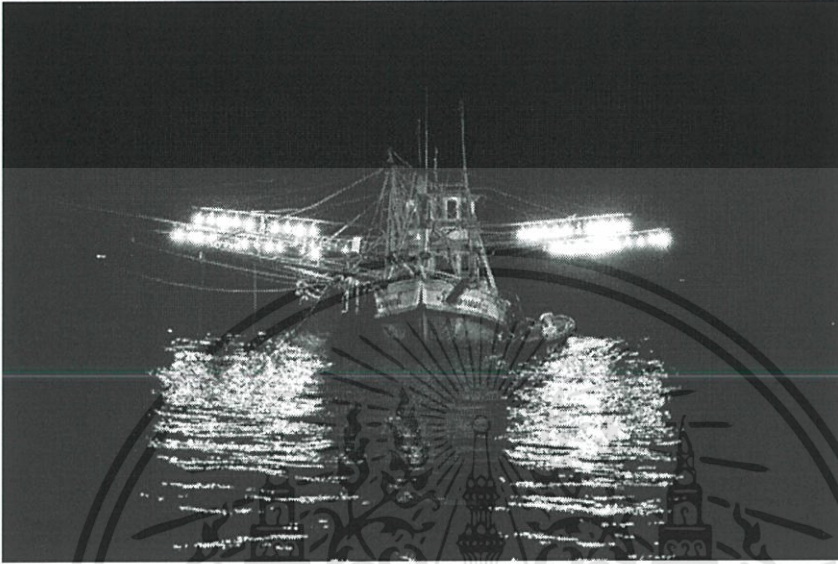
วิธีทำการประมง แบ่งได้ 3 วิธี คือ วิธีที่หนึ่งการจับปลาที่ว่ายน้ำอิสระปราศจากอุปกรณ์ล่อฝูงปลา วิธีที่สองการจับปลาที่ตอมแสงไฟล่อ และวิธีที่สามการจับปลาที่ตอมซั้ง

วิธีแรก การจับปลาว่ายน้ำอิสระ ชาวประมงเรียกว่า ตีปลาฝูง ตีปลาก่อน ตีปลาลอย หรือปลาจ่อ ชาวประมงจะแล่นเรือค้นหาฝูงปลาโดยใช้สายตา เครื่องเอกโค่ชาวเตอร์ หรือโซนาร์ผสมกัน เมื่อพบฝูงปลาแล้วจะแล่นเรือซ้างลง เพื่อตรวจสอบสภาพพื้นทะเล ชนิดของปลา รวมทั้งคาดคะเนขนาดและปริมาณปลา ทิศกระแส น้ำและลม ทิศทางการเคลื่อนที่ของปลา จากนั้นจะสั่งปล่อยอวนลงน้ำแล่นเรือโอบล้อมฝูงปลาให้ตกอยู่ในอวน ถ้าเป็นอวนตังเกจะปล่อยอวนจากเรือไล่ทั้งสองลำ โดยแล่นแยกจากกัน และปล่อยอวนลำละครึ่งหนึ่งของความยาวอวนมาบรรจบกันที่ด้านใต้ลม หลังจากล้อมรอบฝูงปลาไว้ได้แล้วจะทำการกว้านสายขานทั้งสองข้างขึ้นเรือ เพื่อปิดด้านล่างของอวนแล้วทำการกู้อวนขึ้นเรือ ส่วนใหญ่จะกู้อวนพร้อมกันทั้งสองกราบ บางลำมีเครื่องกว้านอวนช่วย โดยเฉพาะด้านกราบซ้ายจนสามารถตีปลาใส่เรือได้

วิธีที่สอง การวางอวนจับปลาที่ตอมแสงไฟล่อ (แพตะเกียงหรือเรือปั่นไฟ) โดยมากเลือกวางอวนช่วงน้ำหยุดไหล หรือไหลอ่อน การเตรียมการก่อนเวลาวางอวน จะให้ลูกเรือหนึ่งคนลงเรือเล็กทำการเก็บสมอที่ยึดแพตะเกียงไว้ขึ้นเรือก่อน แต่ถ้าเป็นเรือปั่นไฟจะต้องเก็บสมอขึ้นเรือเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
29  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเรืออวนจะวางอวนทันทีที่เก็บสมอใกล้เสร็จ เมื่อบรรจบเป็นวงกลม แล้วจะทำกรกว้านสายมาจน ขณะกว้านสายมาได้กึ่งจะสั่งให้เรือเล็กลากจูงแพตะเกียง หรือเรือปั่นไฟลอยลำช้าๆ ไปอยู่บริเวณใกล้กึ่งกลางวงอวน เมื่อกว้านสายมาใกล้เสร็จจึงกดท่อนอวน และนำเรือออกนอกวงอวน ถ้าเป็นแพตะเกียงจะนำมาเก็บที่เรืออวน และล่อมเรือเล็กไว้ท้ายเรือ หลังจากกั้วอวนและตักปลาใส่เรือเรียบร้อยแล้วจึงนำเรือเล็กขึ้นเรืออวนทางท้ายเรือ



รูปที่ 2.20 เรือปั่นไฟกำลังปั่นไฟเพื่อให้ปลามารวมฝูง

วิธีที่สาม การวางอวนจับปลาที่ตอมซึ่ง การจับปลาที่ซึ่งทำได้ทั้งเวลากลางวันและกลางคืน แต่ในเวลากลางวันจะใช้ซึ่งล่อ ลักษณะซึ่งล่อเป็นซึ่งขนาดเล็กเก็บไว้ในเรือเล็กมีความลึกของสายท่อนประมาณ 20 ถึง 30 เมตร ตุ่มน้ำหนักถ่วงซึ่งหนักประมาณ 5 ถึง 7 กิโลกรัม ที่สายท่อนผูกทางมะพร้าวห่างกันประมาณ 2 เมตร ถ้าเป็นเวลากลางคืนจะใช้แสงไฟล่อร่วมกับซึ่งล่อ ก่อนจับปลาที่ซึ่งได้กึ่งจะสำรวจชนิดและปริมาณปลาที่ตอมซึ่งที่วางไว้ในทะเลก่อนเริ่มตั้งแต่เช้าตรู่ ถ้าซึ่งแต่ละตอมมีปลาน้อย จะทำรวมปลาจากซึ่งแต่ละตอมที่อยู่แนวเดียวกันก่อน วิธีรวมปลา คือ ใช้เรืออวนทำการลากซึ่งตันแรกให้เคลื่อนที่ช้าๆ ให้ฝูงปลาสามารถว่ายตามทัน และลากเข้าหาซึ่งตันที่สอง เมื่อจะผ่านซึ่งตันที่สองจะเร่งเครื่องยนต์จุดซึ่งตันแรกเคลื่อนที่ผ่านซึ่งตันที่สองอย่างรวดเร็ว ทำให้ปลาที่ตามซึ่งมาไปรวมกันอยู่ที่ซึ่งตันที่สอง ปล่อยซึ่งตันแรกทิ้งไว้ในบริเวณนั้นแล้วกลับมาลากซึ่งตันที่สองไปหาลูกที่สาม โดยทำเช่นเดียวกันจนคาดว่ามีความปลาพอ จึงหยุดลากซึ่งเพื่อเตรียมวางอวนเริ่มจากนำเรือเล็กซึ่งมีซึ่งล่ออยู่ในเรือลงน้ำ ให้เรือเล็กหย่อนซึ่งล่อลงน้ำช้าๆ ซึ่งที่รวมปลาไว้แล้วเรืออวนเข้ามาดูดลากซึ่งที่รวมปลาไว้ออกไปอย่างรวดเร็วทำให้ฝูงปลามาตอมซึ่งล่อแทน นำซึ่งที่จุดออกไปปล่อยทิ้งไว้ดั้งเดิมในบริเวณที่ไม่กีดขวางการวางอวน

สัตว์น้ำที่จับได้ ได้แก่ ปลาหู ปลาปลิง ปลาสีกุนกลม ปลาสีกุนข้างเหลือง ปลาหูแขก ปลาแข่งไก่ ปลาสีกุนตาโต ปลาหลังเขียวชนิดต่างๆ ปลาโอ ปลาจะละเม็ดดำ ถ้าเป็นปลาที่ใช้จากการใช้แสงไฟล่อและซึ่งจะมีปลาผิวน้ำหลายชนิดปะปนกัน

#### 2.4.1.4 อวนล้อมจับขนาดตา 30 ถึง 45 มิลลิเมตร

เครื่องมือชนิดนี้ใช้จับปลาทุ ปลาปลิง หรือปลาที่ใหญ่กว่าปลาทุ อย่างเช่น ปลาสิ่กุนกลม ปลาโอ ไม่เหมาะที่จะใช้จับปลาหลังเขียว ปลาทุแขก ปลาสิ่กุนข้างเหลือง ส่วนใหญ่เนื้ออวนเป็นอวน ไนลอนสีเขียว ชาวประมงบางรายจึงเรียกอวนเขียว หรืออวนล้อมจับปลาทุ จำนวนคนขึ้นอยู่กับขนาดเรือ ส่วนใหญ่ 10 ถึง 30 คน จังหวัดที่พบมาก จังหวัดที่ใช้เครื่องมือชนิดมาก ได้แก่ จังหวัดสมุทรสาคร สมุทรสงคราม ประจวบคีรีขันธ์ และจังหวัดชายทะเลฝั่งอันดามัน

เรือและอุปกรณ์ เรือประมงขนาด 10 ถึง 20 เมตร เครื่องยนต์ 24 ถึง 300 แรงม้า อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ วิทยุสื่อสาร เครื่องเอคโคโซวเดอร์ เรือขนาดใหญ่อาจมีโซนาร์

เครื่องมืออวน รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ความยาวอวน 400 ถึง 800 เมตร ความลึกอวน 40 ถึง 80 เมตร ขนาดตาอวน 38 มิลลิเมตร (1.5 นิ้ว) มากที่สุด บางรายใช้ขนาดตา 42 มิลลิเมตร คร่าวบนเป็นหุ่นพุงอวน คร่าวล่างผูกตะกั่วและห่วงมานมีน้ำหนักรวมกัน 2 ถึง 3 กิโลกรัมต่อจุด ผูกห่างกัน 2.50 ถึง 3.00 เมตร สายमानเป็นเชือกเกลียวถักขนาด 20 ถึง 30 มิลลิเมตร

วิธีการประมง เหมือนกับอวนล้อมจับที่จับปลาผิวน้ำชนิดที่ว่ายน้ำอิสระ คือ จะแล่นเรือค้นหาปลาให้พบก่อน โดยใช้ไฟฉายหรือไฟสปอตไลท์ช่วย ส่วนใหญ่เป็นเวลากลางคืนเดือนมืดไม่มีแสงจันทร์ แต่ถ้ามีฝูงปลาขึ้นผิวน้ำเวลาเย็นก็สามารถทำการประมงได้ เครื่องมือนี้ไม่นิยมใช้จับปลาที่ตอมแสงไฟล่อ หรือตอมขี้

สัตว์น้ำที่จับได้ ได้แก่ ปลาทุ ปลาปลิง ปลาสิ่กุนกลม ปลาแข่งไก่ ปลาโอ เป็นต้น



รูปที่ 2.21 เรืออวนเขียว (อวนดำ) ขนาดเล็ก

#### 2.4.1.5 อวนล้อมจับขนาดตาอวนใหญ่กว่า 45 มิลลิเมตร

เครื่องมืออวนล้อมจับที่ใช้ตาอวนขนาดนี้ ได้แก่ อวนล้อมจับปลาโอ ซึ่งพัฒนาขึ้นมาหลังจากปี 2525 เป็นต้นมา ในอดีตใช้อวนล้อมจับขนาดตา 25 มิลลิเมตร และ 38 มิลลิเมตร จับปลาโอ ต่อมาราคาปลาโอสูงขึ้นมาก จึงมีชาวประมงมุ่งจับปลาโอโดยเฉพาะ และได้ออกแบบอวนล้อมจับใหม่ให้มีความยาวและความลึกรวมทั้งขนาดตาอวนมากกว่าอวนล้อมจับชนิดอื่น เพื่อให้เหมาะสมกับพฤติกรรมของปลาโอซึ่งว่ายน้ำเร็ว เรืออวนล้อมจับที่ใช้ตาอวนขนาดนี้ส่วนหนึ่งออกไปทำประมงนอกน่านน้ำ ขนาดตาอวนที่เลือกใช้มีหลายขนาด เริ่มตั้งแต่ 47 มิลลิเมตรขึ้นไป และส่วนใหญ่จะมีขนาด 100 มิลลิเมตร ผสมอยู่บริเวณปีกอวนซ้ายและขวาด้วยร้อยละ 20 ถึง 40 ของความยาวอวน เพราะต้องการให้ปลาโอส่วนหนึ่งติดที่ตาอวน เพื่อลดแรงกดของปลาโอที่ตายบริเวณอวนคั้น

จำนวนคนในเรือ 25 ถึง 30 คน จังหวัดที่พบมาก ได้แก่ จังหวัดระยอง สงขลา และปัตตานี สำหรับทางฝั่งอันดามัน ได้แก่ จังหวัดกระบี่ ระนอง และภูเก็ต

เรือและอุปกรณ์ เรือประมงขนาด 18 เมตรขึ้นไป เรือเล็กช่วยทำการประมงเป็นเรือไฟเบอร์ขนาด 3.50 ถึง 4.00 เมตร อีก 1 ลำ พร้อมเครื่องติดท้ายขนาด 10 ถึง 15 แรงม้า อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ วิทยุสื่อสารระยะไกลและใกล้ เครื่องหาที่เรือจากดาวเทียม เอกโค่ชาวเดอร์ โซนาร์ 1 ถึง 2 เครื่อง เรดาร์ และเครื่องกว้านอวน

เครื่องมืออวน รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้าค่อนข้างยาว และลึกกว่าอวนล้อมจับชนิดอื่นๆ ส่วนใหญ่ยาว 800 ถึง 1,600 เมตร ลึก 110 ถึง 40 เมตร ความยาวและความลึกอวนขึ้นอยู่กับขนาดของเรือ ด้านบนของผืนอวนเป็นท่อนพุงอวน เนื้ออวนเป็นไนลอนสีเขียวและสีดำ ขนาดตาอวนที่ชาวประมงเลือกใช้ ได้แก่ ขนาดตา 47, 50, 55, 75 และ 100 มิลลิเมตร บางรายใช้ตาอวนต่างขนาดผสมกัน บริเวณปีกอวนซ้ายและขวานิยมใช้ขนาดตาอวน 100 มิลลิเมตร คิดเป็นความยาว 20 ถึง 40 เปอร์เซ็นต์ของความยาวอวน เพื่อให้ปลาโอส่วนหนึ่งติดตาอวนบริเวณนี้ น้ำหนักถ่วงและห่วงมานมีน้ำหนัก 3 ถึง 4 กิโลกรัมต่อจุด แต่ละจุดห่างกัน 4 เมตร สายมานเป็นเชือกเกลียวถักขนาด 38 ถึง 40 มิลลิเมตร

วิธีทำการประมง ทำการประมงได้ทั้งกลางวันและกลางคืน ในเวลากลางวันจะใช้สายตามองหาฝูงปลาโอที่ว่ายอยู่บริเวณผิวน้ำ ส่วนเวลากลางคืนส่วนใหญ่จะใช้โซนาร์ช่วยค้นหาฝูงปลาโอที่ว่ายใต้ผิวน้ำ เมื่อพบแล้วจะทำการปล่อยอวนล้อมรอบฝูงปลาโอ กว้านสายมาน และกู้อวนขึ้นเรือ และตัดปลาจากอวนคั้นใส่เรือในขั้นตอนสุดท้าย เตรียมอวนให้เรียบร้อยพร้อมวางใหม่

สัตว์น้ำที่จับได้ ได้แก่ ปลาผิวน้ำขนาดใหญ่ เช่น ปลาโอดำ โอลาย โอแกลบ ปลาโอทอง แกลบ ปลาแซ่ไก่ ปลาสิ่กุนกลม ปลาทุกั๊ก

## 2.4.2 อวนล้อมจับไม่มีสายमान (Lampara or Purse seine without purse line)

อวนล้อมจับชนิดนี้ชาวประมงใช้กันน้อยมาก มีเพียง 2 ชนิด ที่ยังใช้กันอยู่ คือ อวนล้อมจับปลาตะกั้ง (อวนกั๊ดขอ) และอวนล้อมจับปลาหลังหิน (ปลาตามแนวหินปะการัง) ทั้งสองชนิดต่างกันในขนาดตาอวน ปัจจุบันคาดว่ามีความรวมกันไม่เกิน 20 ลำ เนื่องจากหาลูกเรือที่ดำน้ำได้ยาก ชาวประมงจึงปรับเปลี่ยนไปใช้อวนแบบมีสายमान หมู่บ้านที่เป็นแหล่งกำเนิดและยังคงใช้อยู่คือ หมู่บ้านอำมะขามป้อม อำเภอแกลง จังหวัดระยอง รายละเอียดของอวนล้อมจับทั้งสองชนิดมีดังนี้

### 2.4.2.1 อวนล้อมจับไม่มีสายमानขนาดตาอวนไม่เกิน 10 มิลลิเมตร

เครื่องมือนี้เดิมเรียกว่า อวนล้อมจับปลาตะกั้งแบบกั๊ดขอ หรือเรียกสั้นๆ ว่า อวนกั๊ดขอ พบเฉพาะที่อำมะขามป้อม อำเภอแกลง จังหวัดระยอง เรือที่ใช้เป็นเรือขนาดเล็ก 10 ถึง 14 เมตร ใช้คน 6 ถึง 7 คน ทำการประมงในบริเวณน้ำตื้น ความลึก 3 ถึง 10 เมตร หากลึกเกินกว่านี้อวนจะมีประสิทธิภาพต่ำ ใช้จับปลาตะกั้งในเวลากลางวันเท่านั้น ลักษณะพิเศษคือ ต้องใช้ลูกเรือ 1 ถึง 2 คน ทำหน้าที่ดำน้ำกั๊ดขอให้ขอบอวนคร่าวล่างปักชายและขวาทบติดกันก่อนกู้อวนขึ้นเรือ ซึ่งนับวันคนดำน้ำจะหาได้ยากขึ้น ดังนั้นจำนวนของเครื่องมือชนิดนี้จึงไม่ขยายตัว ปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าชาวประมงเลิกใช้กันแล้ว โดยเปลี่ยนไปใช้อวนล้อมจับแบบมีสายमानที่เรียกว่าอวนล้อมลงคัน ทำการจับปลาตะกั้งแทน จังหวัดที่พบมาก คือ จังหวัดระยอง

เรือและอุปกรณ์ เรือประมงขนาด 10 ถึง 12 เมตร เครื่องยนต์ 24 ถึง 150 แรงม้า อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ เอกโค้ชาวดอร์ (เฉพาะบางลำ) วิหุ้รับ ถึง ส่อง ท่ออากาศทำด้วยท่อพลาสติกอ่อน ขนาดครึ่งนิ้ว ยาว 50 และ 100 เมตร จำนวน 2 สาย ต่อเข้ากับหน้ากากดำน้ำ 2 อัน เครื่องจ่ายอากาศจะต่อจากเครื่องจักรใหญ่ในเรือ

เครื่องมืออวน รูปร่างสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาว 200 ถึง 300 เมตร ลึก 15 ถึง 20 เมตร เนื้ออวนเป็นไนล่อน ส่วนใหญ่สี่ขาขนาดตาอวน 55 หรือ 63 มิลลิเมตร ด้านบนเป็นท่อนพุงอวนด้านล่างเป็นตะกั่วขนาด 200 กรัมต่อจุด ผูกห่างกัน 50 เซนติเมตร



รูปที่ 2.22 เรือและอวนล้อมจับปลาตะกั้งแบบกั๊ดขอ

วิธีทำการประมง เรือออกทำประมงตั้งแต่เช้าตรู่เป็นต้นไป จนถึงเวลาเย็น แต่ถ้าได้ปลามาก อาจกลับเข้าฝั่งเร็วกว่ากำหนด เรือจะแล่นค้นหาฝูงตามบริเวณใกล้ฝั่งหรือใกล้เกาะ น้ำลึกไม่เกิน 10 เมตร ส่วนใหญ่ใช้สายตาค้นฝูงปลา บางลำใช้เอคโคซาวเดอร์ เมื่อพบแล้วจะปล่อยอวนล้อมรอบฝูง ปลาจะตกเป็นวงกลมให้ปีกอวนซ้ายและขวาอยู่กราบเดียวกัน ทั้งสมอยึดเรือและผูกเชือกสมอไว้กับ กราบเรือด้านที่ไม่ได้กั้วอวน ส่วนใหญ่เป็นกราบซ้าย จากนั้นให้ลูกเรือ 1 ถึง 2 คน ดำน้ำนำขอรูปตัวซี ไปเกี่ยวคร่าวล่างอวนล่างปีกซ้ายและขวาทบติดกัน เริ่มจากระยะใกล้เรือก่อน ขอแต่ละตัวห่างกัน 2 ถึง 3 เมตร พร้อมทั้งให้ลูกเรือบนเรือช่วยกันจุดเนื้ออวนทั้งปีกซ้ายและขวาขึ้นเรือตลอดเวลา ในที่สุดด้านล่างของผืนอวนจะถูกปิดปลาจะตกออกไม่ได้ ชาวประมงจะกั้วอวนต่อจนสามารถตักปลาใส่ เรือได้ แล้วเตรียมอวนใหม่ให้เรียบร้อย เพื่อทำการประมงต่อไป

สัตว์น้ำที่จับได้ ได้แก่ ปลาจะตัก เคย และอาจได้ปลาผิวน้ำบางชนิดที่กินปลาจะตักด้วย เช่น ปลาสาก ปลาสีกุน เป็นต้น

#### 2.4.2.2 อวนล้อมจับไม่มีสายमानขนาดตาใหญ่กว่า 10 มิลลิเมตร

อวนล้อมจับชนิดนี้คือ อวนล้อมจับปลาหลังหินเดิม ชาวประมงเรียกว่า อวนล้อมหลังหิน อวนปลาหลังหินเป็นอวนที่ออกแบบขึ้นมาสำหรับใช้จับปลาชนิดที่ชอบอยู่ตามแนวหินปะการัง หิน ใต้น้ำ เช่น ปลาจะตัก กะพงเหลือง ปลาจะตัก ปลาสาก ปลาหางเหลือง ปลาสีกุนชนิดต่างๆ เครื่องมืออวนและวิธีทำการประมงดัดแปลงมาจากอวนล้อมจับปลาจะตักแบบกั้วอวน ส่วนใหญ่ใช้ ตาอวนขนาด 25 มิลลิเมตร จำนวนคน 6 ถึง 10 คน แหล่งประมงน้ำลึก 5 ถึง 20 เมตร ลักษณะ เด่นของเครื่องมือนี้คือ สามารถทำการวางอวนล้อมรอบแนวหินปะการังได้ เพราะสามารถดำน้ำปลด อวนที่ติดปะการัง หรือหินใต้น้ำได้ แต่ชาวประมงนิยมใช้กันน้อยเนื่องจากแหล่งประมงมีจำกัด จังหวัดที่พบมาก คือ จังหวัดระยอง

เรือและอุปกรณ์ เรือประมง 10 ถึง 14 เมตร เครื่องยนต์ 10 ถึง 150 แรงม้า อุปกรณ์ที่สำคัญ ได้แก่ อุปกรณ์จ่ายอากาศและท่ออากาศพร้อมหน้ากักดำน้ำ 2ชุด เครื่องเอคโคซาวเดอร์ อาจมี หรือไม่มีก็ได้

เครื่องมืออวน เครื่องมืออวนมีความยาว 250 ถึง 300 เมตร ลึก 10 ถึง 20 เมตร ขึ้นอยู่กับ ขนาดเรือ เนื้ออวนเป็นอวนไนลอนสีดำขนาดตา 25 มิลลิเมตร หรือใหญ่กว่า บริเวณใกล้คร่าวล่าง ส่วนใหญ่เป็นอวนโพลีเอทิลีน ขนาดตาอวนเท่ากัน เพราะช่วยให้ปลดอวนจากหินใต้น้ำได้ง่าย ด้านบนผืนอวนมีทุ่นพุงอวนแบบอวนล้อมจับทั่วไป ด้านล่างมีตะกั่วขนาด

วิธีทำการประมง ทำการประมงเฉพาะเวลากลางวัน โดยเลือกแหล่งประมงบริเวณใกล้เกาะ หรือบริเวณหินใต้น้ำเท่านั้น ส่วนใหญ่จะวางแบบเตาสุ่มหรือคาดคะเนโดยไม่ต้องมองเห็นฝูงปลา ก่อน ผืนอวนจะถูกปล่อยเป็นวงกลมโอบล้อมบริเวณที่คาดว่ามีความหนาแน่นของปลาให้เรืออยู่ด้านนอกของ เกาะ เมื่อวางอวนเสร็จแล้วจะให้ลูกเรือ 2 คน ดำน้ำนำขอรูปตัวซีไปกั้วอวนคร่าวล่างของอวนปีกซ้ายและ ขวา ซึ่งอยู่กราบเดียวกันให้ทบติดกันก่อน ถ้าพบอวนติดหินปะการังจะปลดออกก่อน ส่วนลูกเรือที่อยู่บนเรือจะช่วยกันดึงเนื้ออวนขึ้นเรือจนกระทั่งปลาไปรวมกันอยู่ที่อวนคั่น จึงตักปลาใส่เรือและ เตรียมอวนให้เรียบร้อย และหาสถานที่วางอวนใหม่ต่อไป

สัตว์น้ำที่จับได้ ส่วนมากเป็นปลาตามแนวหินปะการังชนิดต่างๆ เช่น ปลาหางเหลือง ปลา สาก ปลาสลิดทะเล ปลานกแก้ว ปลาจะตักชนิดต่างๆ ปลาโฉมงาม ปลาสีกุนขนาดใหญ่ชนิดต่างๆ

## บทที่ 3

# การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

การนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานและการออกแบบชิ้นงานที่ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง จำเป็นต้องรู้คุณสมบัติต่างๆของไดโอดเปล่งแสงที่จะนำไปใช้งาน คือ ค่าแรงดัน ค่ากระแส ที่เหมาะสมในการใช้งานเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด และต้องทำการวัดข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง ในชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบชิ้นงาน

### 3.1 การทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ในการทดสอบคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง จะทำการวัดข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่างที่แรงดันและกระแสที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด และนำไดโอดเปล่งแสงที่เหมาะสมแก่การใช้งานนำไปทดลองหามุมและระยะห่างความเข้มการส่องสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

#### 3.1.1 การวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง

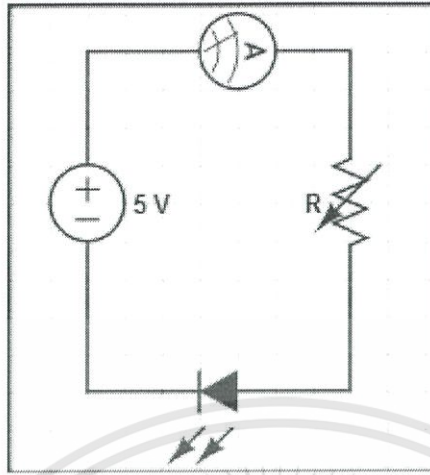
การวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง จะมีลักษณะการวัด โดยเฉพาะเนื่องจากหลอดไดโอดเปล่งแสงมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากหลอดไฟแบบอื่นๆ คือ มีขนาดเล็กและมีช่วงการกระจายแสงที่แคบ ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดแสงแบบจุด (Point Source) ดังนั้นในการวัดการกระจายแสงของไดโอดเปล่งแสง 1 หลอด จึงมีข้อแตกต่างจากการวัดการกระจายแสงแบบอื่นๆ คือระยะห่างระหว่างตำแหน่งของหลอดกับหัววัดความเข้มแสง หรือระยะห่าง (d) จะมีขนาดเท่ากับ 0.5 เมตร ส่วนลักษณะและขั้นตอนการวัดนั้น เหมือนการวัดการกระจายแสงโดยทั่วไปโดยใช้เครื่องลักซ์มิเตอร์เป็นเครื่องมือในการวัด

#### 3.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

1. ไดโอดเปล่งแสงชนิดต่างๆ
2. โวลต์มิเตอร์
3. แอมป์มิเตอร์
4. ตัวต้านทาน
5. แหล่งจ่ายไฟ
6. ลักซ์มิเตอร์
7. หัววัดความเข้มแสง

### 3.1.3 ขั้นตอนการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ขั้นตอนที่ 1 นำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมาต่อวงจร ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจรการทดสอบคุณสมบัติ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดให้แรงดันที่แหล่งจ่ายไฟมีค่า 5 โวลต์

ขั้นตอนที่ 3 ปรับค่าความต้านทาน ให้มีค่ากระแสไหลที่ 20 มิลลิแอมป์ โดยคำนวณจากสูตร  $V=IR$

ขั้นตอนที่ 4 วัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง ตามหลักการวัดการกระจายแสงโดยใช้เครื่องลักซ์มิเตอร์ อ่านค่าและบันทึกผล

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 โดยปรับค่าความต้านทาน ให้มีค่ากระแสไหลที่ 0, 30, 40 50 และ 60 มิลลิแอมป์

### 3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง จากการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงในแต่ละสีและแต่ละชนิด ซึ่งจะทราบถึงความส่องสว่างที่ค่าแรงดัน และค่ากระแสต่างๆ เพื่อนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพ ซึ่งจะสามารนำมาพิจารณาเลือกค่ากระแสที่ไหลผ่าน และค่าความต้านทานที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน และให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงในตารางที่ 3.1 ถึง 3.6

ตารางที่ 3.1 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาว

ไดโอดเปล่งแสงสีขาว				
I(mA)	P(Watt)	Candela	Lux	Lumen/Watt
20	0.1	13.3	53.2	28.474
30	0.15	16.5	66	23.5499
40	0.2	18.8	75.2	20.1245
50	0.25	19.7	78.8	16.8703
60	0.3	20.3	81.2	14.4868

ตารางที่ 3.2 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีส้ม

ไดโอดเปล่งแสงสีส้ม				
I(mA)	P(Watt)	Candela	Lux	Lumen/Watt
20	0.1	6.43	25.72	13.766
30	0.15	8.65	34.6	12.3459
40	0.2	10.02	40.08	10.7259
50	0.25	10.9	43.6	9.3343
60	0.3	11.1	44.4	7.9213

ตารางที่ 3.3 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน

ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน				
I(mA)	P(Watt)	Candela	Lux	Lumen/Watt
20	0.1	3.58	14.32	7.6644
30	0.15	4.62	19.48	6.594
40	0.2	5.41	21.64	5.7911
50	0.25	6.08	24.32	5.2067
60	0.3	7.33	29.32	5.2309

ตารางที่ 3.4 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีเขียว

ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว				
I(mA)	P(Watt)	Candela	Lux	Lumen/Watt
20	0.1	15.2	60.8	32.5417
30	0.15	18.9	75.6	26.9753
40	0.2	22.1	88.4	23.6569
50	0.25	24.5	98	20.9808
60	0.3	26.4	105.6	18.8399

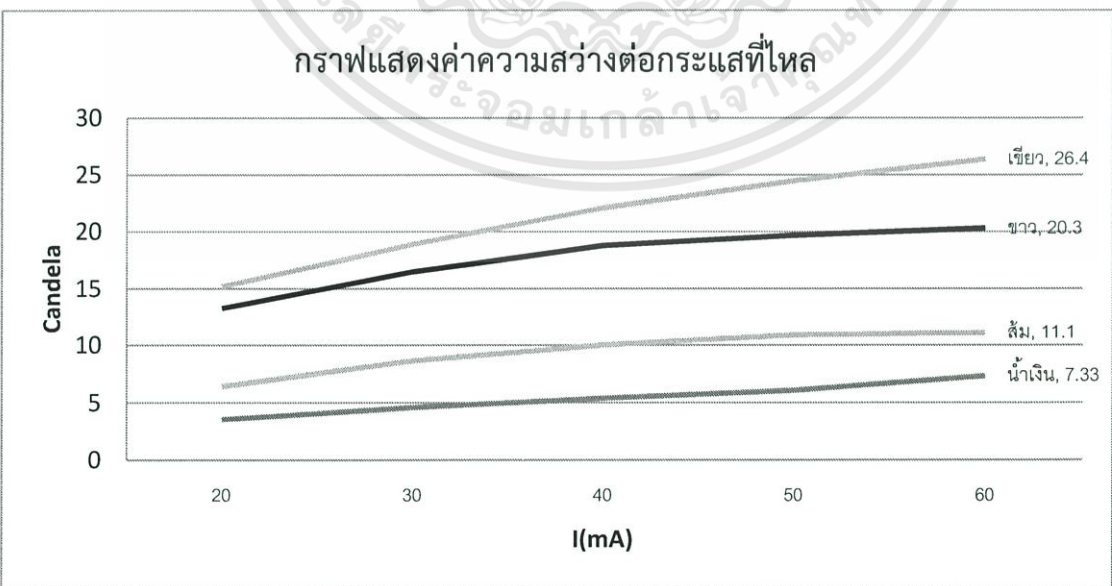
ตารางที่ 3.5 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอด LED High Power White

I(mA)	P(Watt)	Candela	Lumen	Lumen/Watt
20	0.1	2.16	8.957	89.57
30	0.15	3.18	13.187	87.91
40	0.2	4.28	17.748	88.74
50	0.25	5.23	21.688	86.75
60	0.3	6.15	25.503	85.01
100	0.5	9.73	40.349	80.69
150	0.75	13.6	56.397	75.19
200	1	16.9	70.082	70.08
250	1.25	20.1	83.352	66.68

ตารางที่ 3.6 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอด LED High Power Warm White

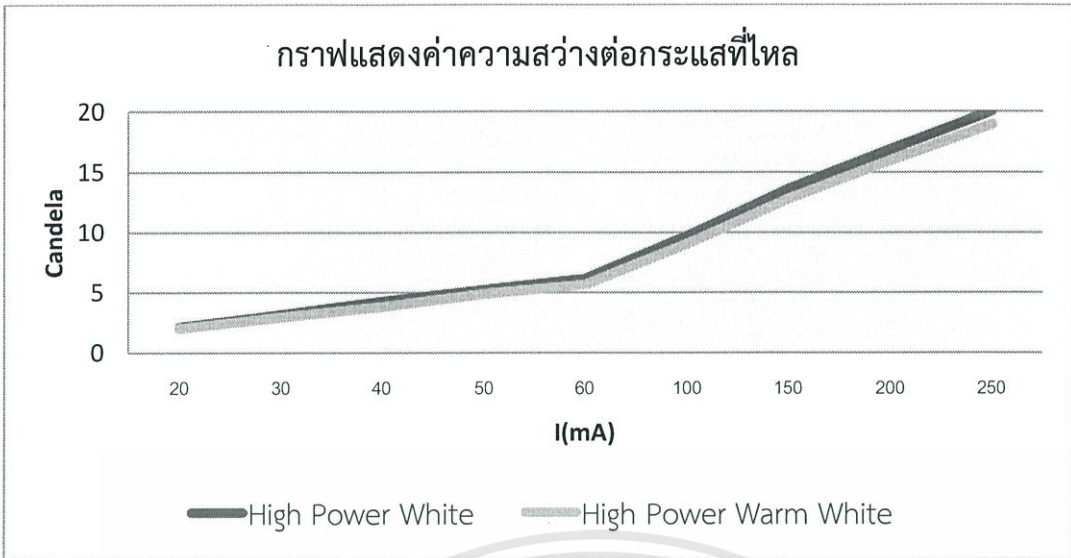
I(mA)	P(Watt)	Candela	Lumen	Lumen/Watt
20	0.1	2.07	8.584	85.84
30	0.15	2.99	12.399	82.66
40	0.2	3.85	15.965	79.82
50	0.25	4.93	20.444	81.77
60	0.3	5.68	23.554	78.51
100	0.5	9.09	37.695	75.39
150	0.75	12.8	53.080	70.77
200	1	16	66.350	66.35
250	1.25	19	78.791	63.03

กราฟแสดงค่าความสว่างต่อกระแสที่ไหล



รูปที่ 3.2 กราฟแสดงค่าความสว่างต่อกระแสที่ไหลของหลอดไดโอดเปล่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่ 3.3** กราฟแสดงค่าความสว่างต่อกระแสที่ไหลของ LED High Power

**ตารางที่ 3.7** สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงชนิดต่างๆ	I(mA)	P(Watt)	Candela	Lumen	Lumen/Watt
ไดโอดเปล่งแสงสีขาว	20	0.1	13.3	53.2	28.474
ไดโอดเปล่งแสงสีส้ม	20	0.1	6.43	25.72	13.766
ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน	20	0.1	3.58	14.32	7.6644
ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว	20	0.1	15.2	60.8	32.5417
LED High Power Warm White	20	0.1	2.07	8.584	85.84
LED High Power White	20	0.1	2.16	8.957	89.57

### 3.3 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติไดโอดเปล่งแสง

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงแต่ละสี ดังตารางที่ 3.1 ถึง 3.6 จะสามารถเลือกกระแส และความต้านทาน ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดของหลอดแต่ละสีได้ โดยให้ค่าแรงดันเท่ากับ 5 โวลต์ ดังตารางที่ 3.7 แต่ในการนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานนั้น จะต้องคำนึงถึงค่ากระแส และความต้านทานที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถทนได้ ซึ่งจากผลสรุปในตารางที่ 3.7 ไดโอดเปล่งแสงสามารถให้ประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากปริมาณค่าความเข้มแสงจะแปรผกผันกับปริมาณกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง แต่เป็นช่วงกระแสที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถทนได้ชั่วคราวแล้วไดโอดเปล่งแสงจะเกิดการเสียหายจากสารกึ่งตัวนำภายใน ดังนั้นในการเลือกค่ากระแส และความต้านทานที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานนั้น ควรพิจารณาจากข้อมูลอุปกรณ์ (Data Sheet) ประกอบ จากการทดสอบจะได้มุมตกกระทบของแสงที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถกระจายได้ จึงได้นำไดโอดเปล่งแสงชนิด LED High Power และหลอดไดโอดเปล่งแสงสีเขียว ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงที่สุดมาทำการทดลองต่อ

### 3.4 การทดสอบข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง

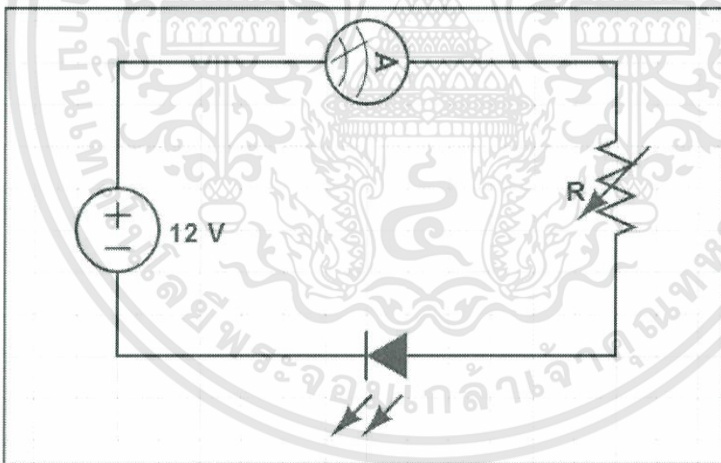
ในการทดสอบข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง จะทำการวัดข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่างที่แรงดันและกระแสที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด และมีระยะเวลาในการใช้งานนาน โดยนำไดโอดเปล่งแสงที่เหมาะสมแก่การใช้งาน นำไปทดลองโดยกำหนดให้มีมุมตั้งแต่ 0 องศา ถึง 180 องศา และกำหนดให้ระยะห่างความเข้มการส่องสว่างเท่ากับ 0.5 เมตร และนำเสนอข้อมูลผลการทดสอบในรูปแบบของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่างและเส้นโค้งโพลาร์

#### 3.4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง

1. ไดโอดเปล่งแสงชนิดต่างๆ
2. โวลต์มิเตอร์
3. แอมป์มิเตอร์
4. ตัวต้านทาน
5. แหล่งจ่ายไฟ
6. ลักซ์มิเตอร์
7. หัววัดความเข้มแสง

#### 3.4.2 ขั้นตอนการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง

ขั้นตอนที่ 1 นำอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบมาต่อวงจร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.4 วงจรการทดสอบคุณสมบัติ

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดให้แรงดันที่แหล่งจ่ายไฟมีค่า 12 โวลต์

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดให้ค่ากระแสไหลที่ 30.5 มิลลิแอมป์

ขั้นตอนที่ 4 วัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสง ตามหลักการวัดการกระจายแสงโดยใช้เครื่องลักซ์มิเตอร์ อ่านค่าและบันทึกผล

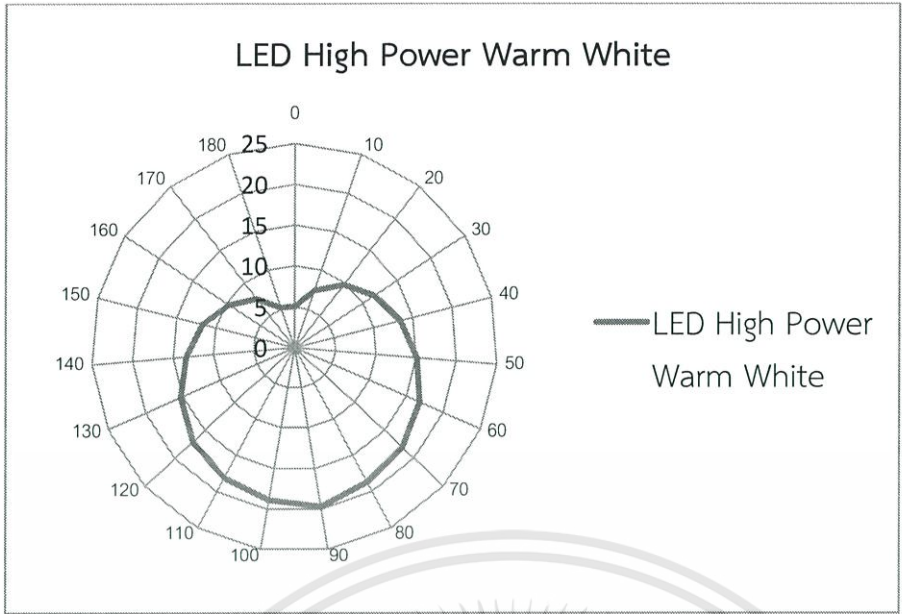
ขั้นตอนที่ 5 เปลี่ยนมุมในการวัดข้อมูลจาก 0 องศา ไปจนถึง 180 องศา และทำการเปลี่ยนไดโอดเปล่งแสงในตัวถัดไป

### 3.5 ผลการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง

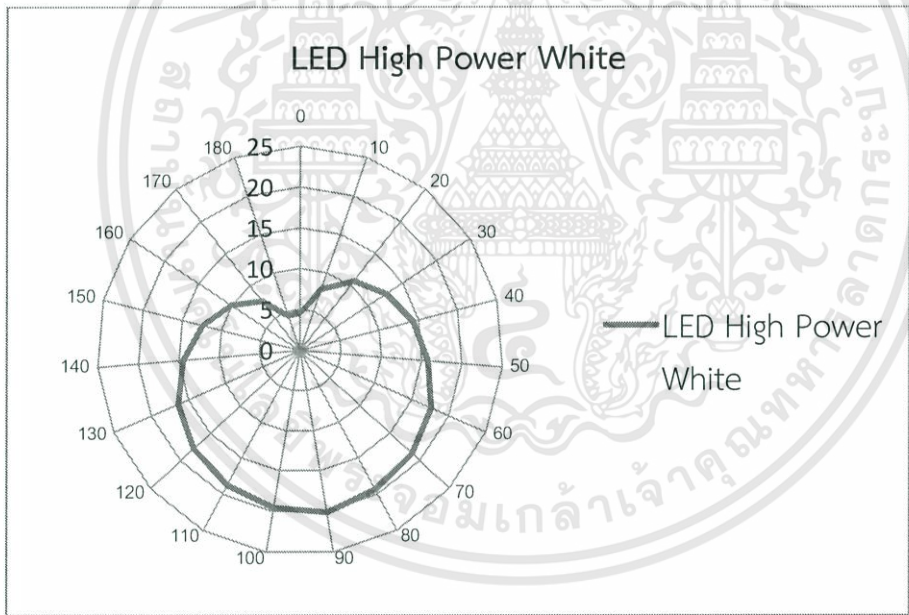
ผลการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง จากการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่างของไดโอดเปล่งแสงในแต่ละชนิด ซึ่งจะทราบถึงความส่องสว่างที่ค่าแรงดัน และค่ากระแสต่างๆ ซึ่งจะสามารถนำมาพิจารณาเลือกค่ากระแสที่ไหลผ่าน และค่าความต้านทานที่เหมาะสมกับการนำมาใช้งาน และให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด ดังแสดงในตาราง 3.8

ตารางที่ 3.8 การทดสอบวัดความส่องสว่างของหลอด LED High Power White ในมุมต่างๆ และระยะห่างที่แตกต่างกัน

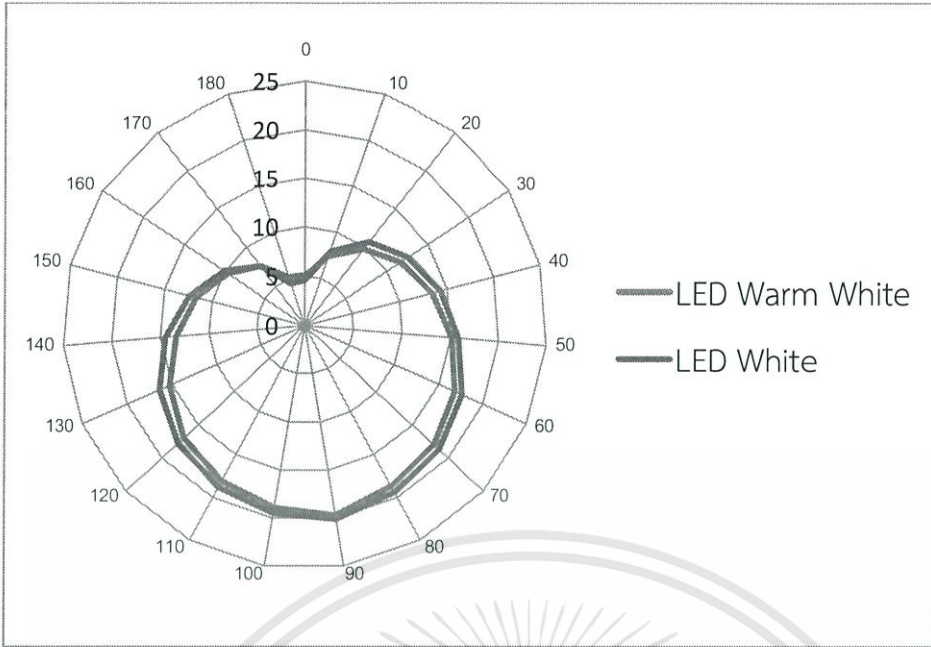
มุม \ ชนิดของหลอด	LED High Power Warm White	LED High Power White	ไดโอดเปล่งแสงสีเขียว
0 องศา	5.1	4.6	0
10 องศา	7.4	7.9	0
20 องศา	9.8	10.7	0
30 องศา	11.7	12.6	0
40 องศา	13.4	14.3	0
50 องศา	15.1	15.8	0
60 องศา	16.8	17.6	0.3
70 องศา	18	18.7	1
80 องศา	18.7	19.4	8.1
90 องศา	19.7	20.1	21.3
100 องศา	18.9	19.5	8.2
110 องศา	18.1	18.8	1.1
120 องศา	17	17.8	0.2
130 องศา	15.3	16.4	0
140 องศา	13.4	14.5	0
150 องศา	11.7	12.4	0
160 องศา	9.6	10.1	0
170 องศา	7.6	7.6	0
180 องศา	5.2	4.5	0



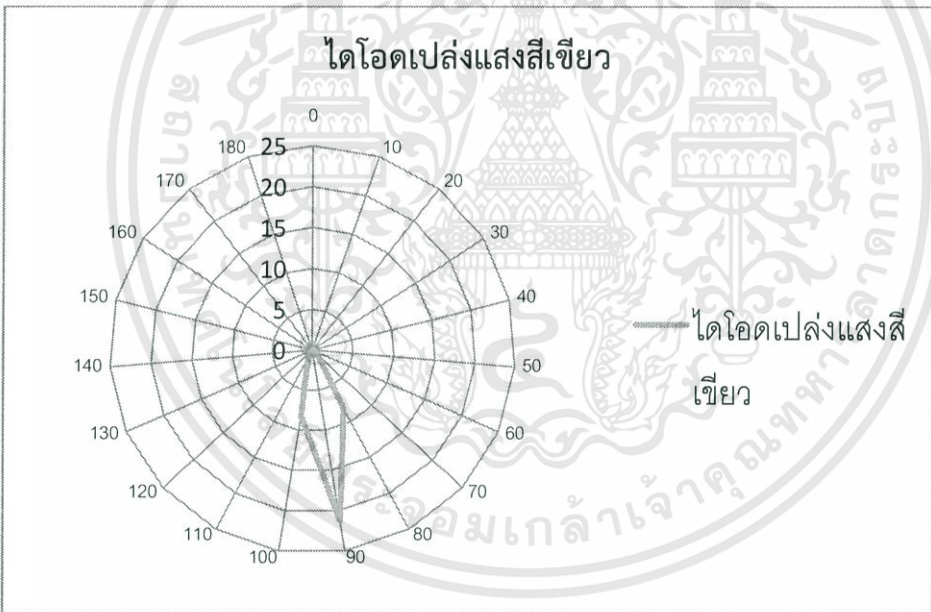
รูปที่ 3.5 กราฟเส้นโค้งโพลาร์ของหลอด LED High Power Warm White



รูปที่ 3.6 กราฟเส้นโค้งโพลาร์ของหลอด LED High Power White



รูปที่ 3.7 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เปรียบเทียบระหว่าง High Power 2 หลอด



รูปที่ 3.8 กราฟเส้นโค้งโพลาร์ของหลอดไดโอดเปล่งแสงสีเขียวน

### 3.6 สรุปผลการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง

จากผลการทดลองหาข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด โดยให้ค่าแรงดันเท่ากับ 12 โวลต์ และปรับค่าความต้านทานให้หลอดได้ประสิทธิภาพสูงสุด ดังตารางที่ 3.8 แต่ในการนำไดโอดเปล่งแสงไปใช้งานนั้น จะต้องคำนึงถึงค่ากระแส และความต้านทานที่ไดโอดเปล่งแสงสามารถทนได้ และจะต้องเลือกมุมที่นำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม เพราะถ้ามีการคลาดเคลื่อนแม้แต่ 10 องศา ก็สามารถทำให้ความเข้มการส่องสว่างเปลี่ยนแปลงได้

## บทที่ 4

### การออกแบบและทดสอบวัดข้อมูลการกระจายของแสง

การออกแบบและทดสอบวัดข้อมูลการกระจายของแสงของหลอดไดโอดเปล่งแสง เริ่มต้นจากการออกแบบวงจรไฟฟ้า การออกแบบการจัดวางหลอดไดโอดเปล่งแสงในลักษณะต่างๆ และทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่าง ปริมาณความส่องสว่าง โดยจะทำการวัดตามหลักการวัดแสง และนำเสนอข้อมูลผลการทดลองในรูปแบบของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง กราฟเส้น และกราฟเส้นโค้งโพลาไร และสรุปผลเพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้งานในการประสมงแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดเมทัลฮาไลด์ต่อไป

#### 4.1 การออกแบบการจัดวางหลอดไดโอดเปล่งแสง

ในการออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสง เป็นการออกแบบวงจรที่นำไดโอดเปล่งแสงหลายตัวมาใช้งาน โดยจะออกแบบลักษณะการจัดวางในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดวางที่เหมาะสมและมีลักษณะทิศทางการกระจายความเข้มการส่องสว่างได้ตามที่ต้องการในการนำหลอดไดโอดเปล่งแสงไปประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดเมทัลฮาไลด์

โดยทำการออกแบบการจัดวางหลอดไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงในรูปแบบต่างๆ

จำนวน(หลอด)	ลักษณะการออกแบบการจัดวาง
3	แบบเส้นตรงแนวนอน
3	แบบเส้นตรงแนวตั้ง
3	แบบสามเหลี่ยม
9	แบบเส้นตรงแนวนอน
9	แบบเส้นตรงแนวตั้ง
9	แบบสี่เหลี่ยม 3x3
9	แบบวงกลมรัศมี
30	แบบสี่เหลี่ยม 3x10
60	แบบสี่เหลี่ยม 6x10
90	แบบสี่เหลี่ยม 9x10

## 4.2 วัตถุประสงค์ในการออกแบบ

4.2.1 เพื่อพิจารณาว่าในกรณีที่จำนวนหลอดเท่ากัน แต่มีลักษณะการจัดวางในรูปแบบที่แตกต่างกัน จะมีลักษณะการกระจายความเข้มส่องสว่างและค่าความส่องสว่างที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

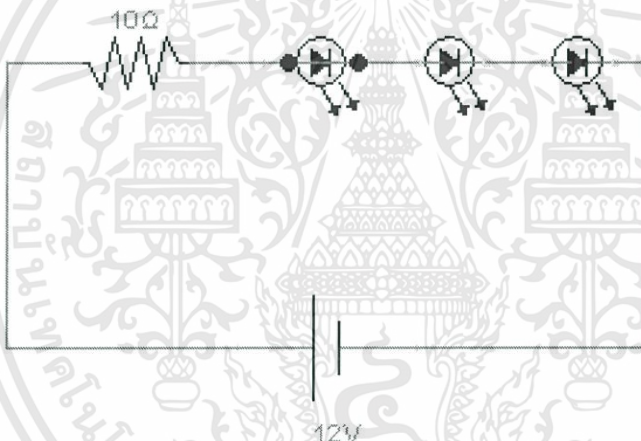
4.2.2 เพื่อพิจารณาว่าในกรณีที่จำนวนหลอดที่เพิ่มขึ้นเท่าตัว และมีลักษณะการจัดวางรูปแบบที่เหมือนกัน จะมีลักษณะการกระจายความเข้มส่องสว่าง และค่าความส่องสว่างเพิ่มขึ้นเป็นลักษณะอย่างไร

4.2.3 เพื่อพิจารณาหาการจัดวางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานแทนหลอด อินแคนเดสเซนต์ และหลอดเมทัลฮาไลด์ ที่ใช้ในการประมง

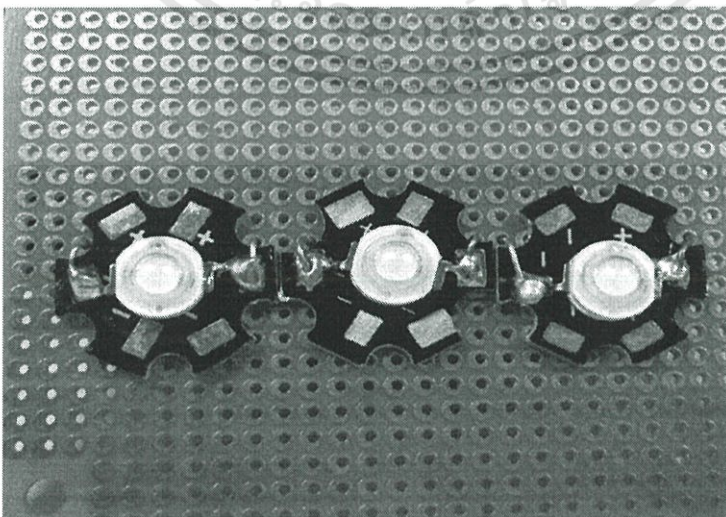
4.2.4 เพื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายและพิจารณาถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## 4.3 วงจรทดสอบ

ในการออกแบบการจัดวางไดโอดเปล่งแสงแต่ละแบบ จะมีการต่อวงจรในลักษณะการนำหลอดไดโอดเปล่งแสงหลายตัวไปใช้งาน ซึ่งจะมีการต่อวงจรในแต่ละรูปแบบดังรูปที่ 4.1 – 4.15



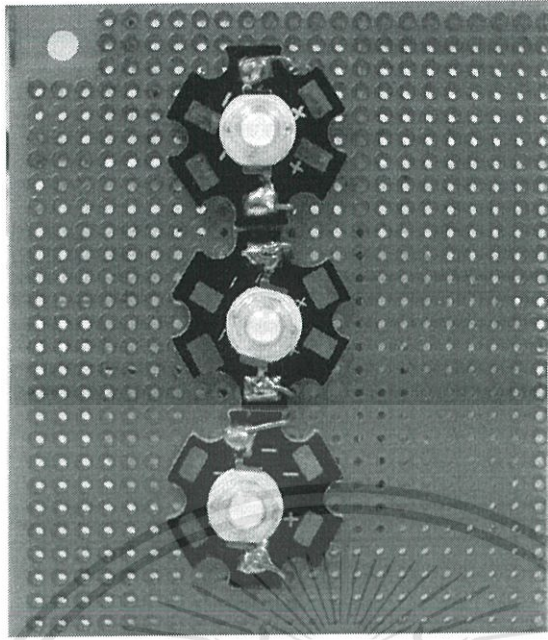
รูปที่ 4.1 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด



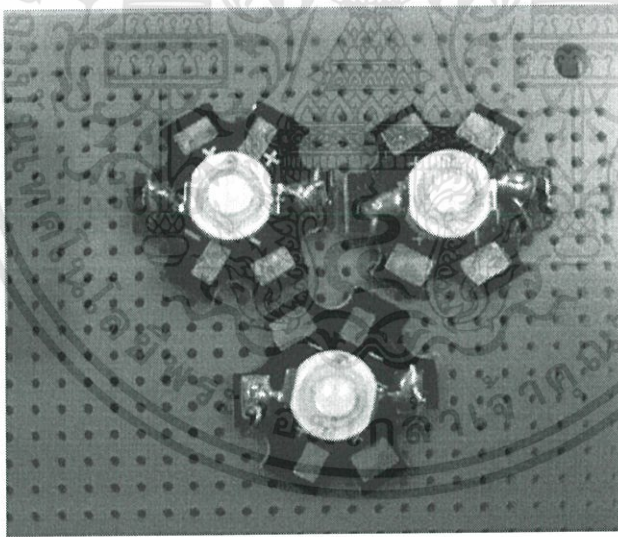
รูปที่ 4.2 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูงและขอเชิญชวนให้แจ้งไปยังประโยชน์ด้านการค้า

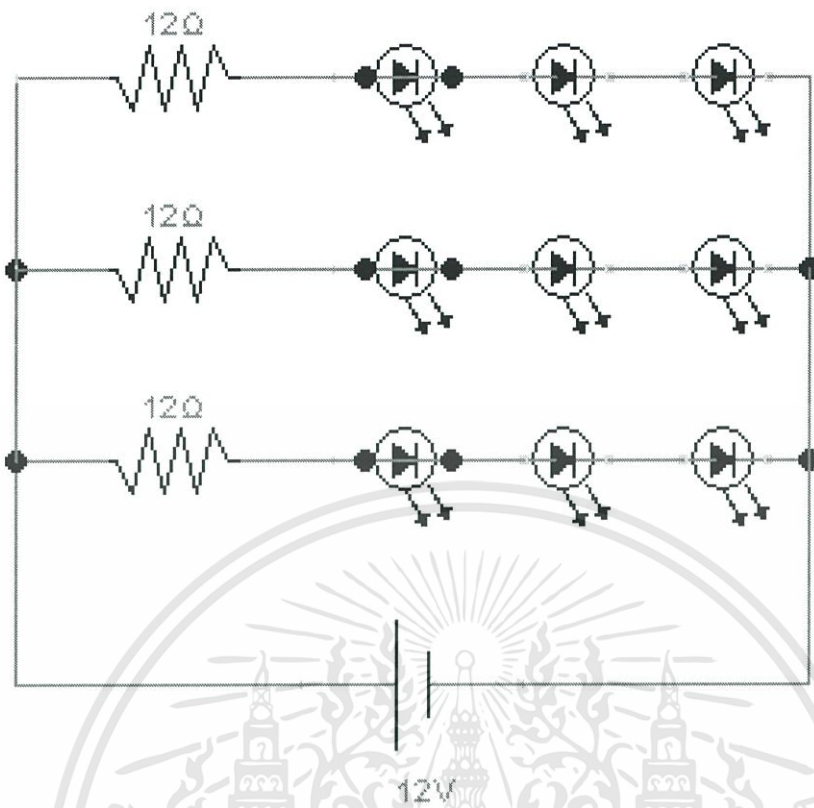
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



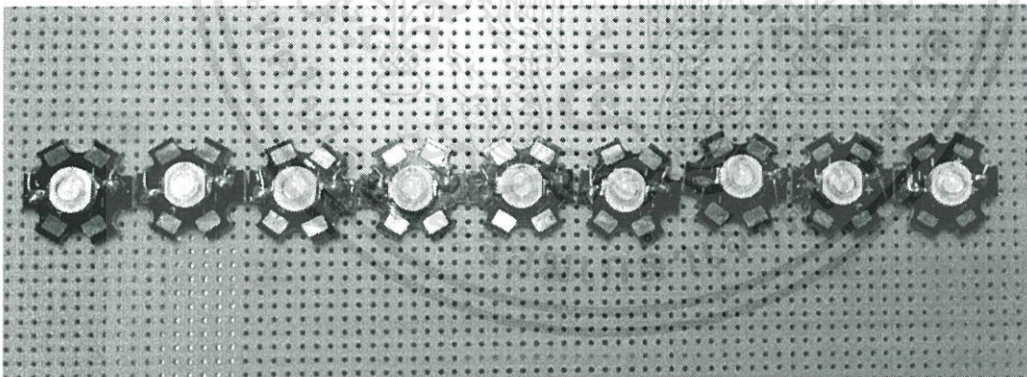
รูปที่ 4.3 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอดแบบเส้นตรงแนวตั้ง



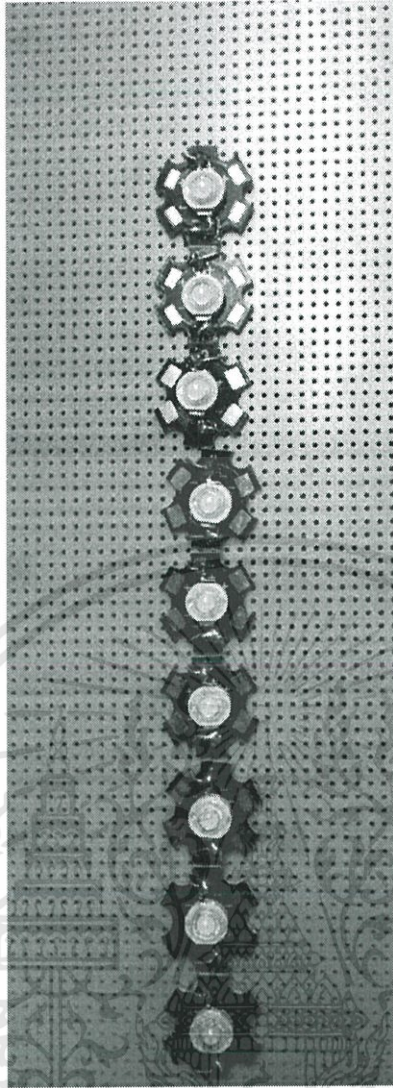
รูปที่ 4.4 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอดแบบสามเหลี่ยม



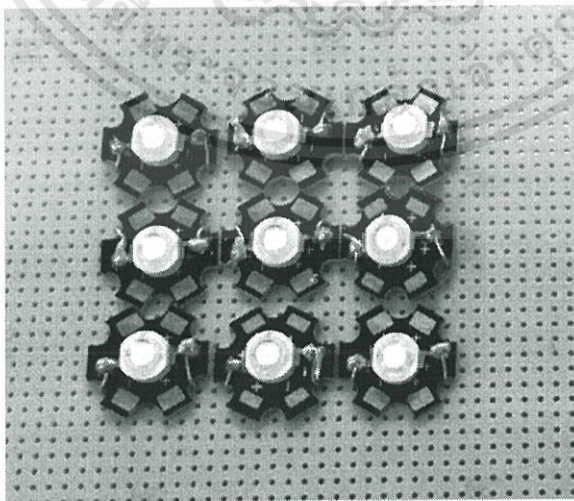
รูปที่ 4.5 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด



รูปที่ 4.6 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

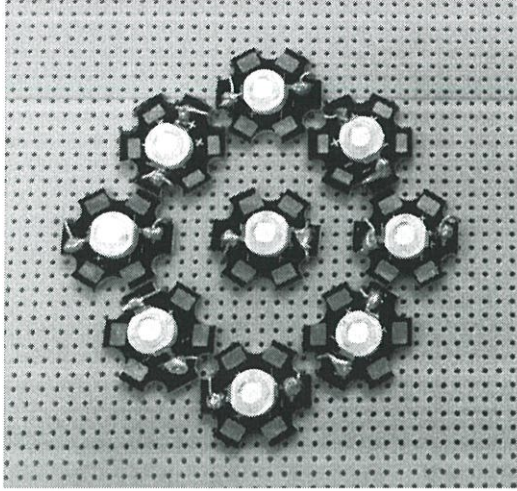


รูปที่ 4.7 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดแบบเส้นตรงแนวตั้ง



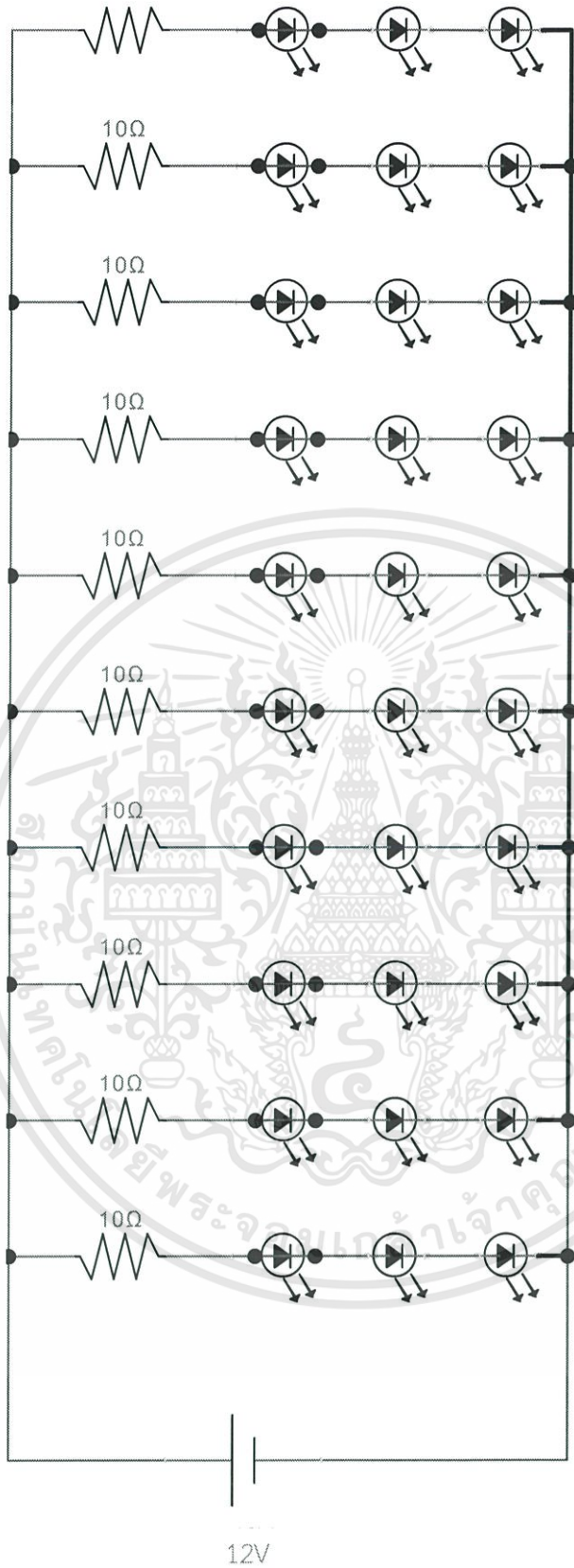
รูปที่ 4.8 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

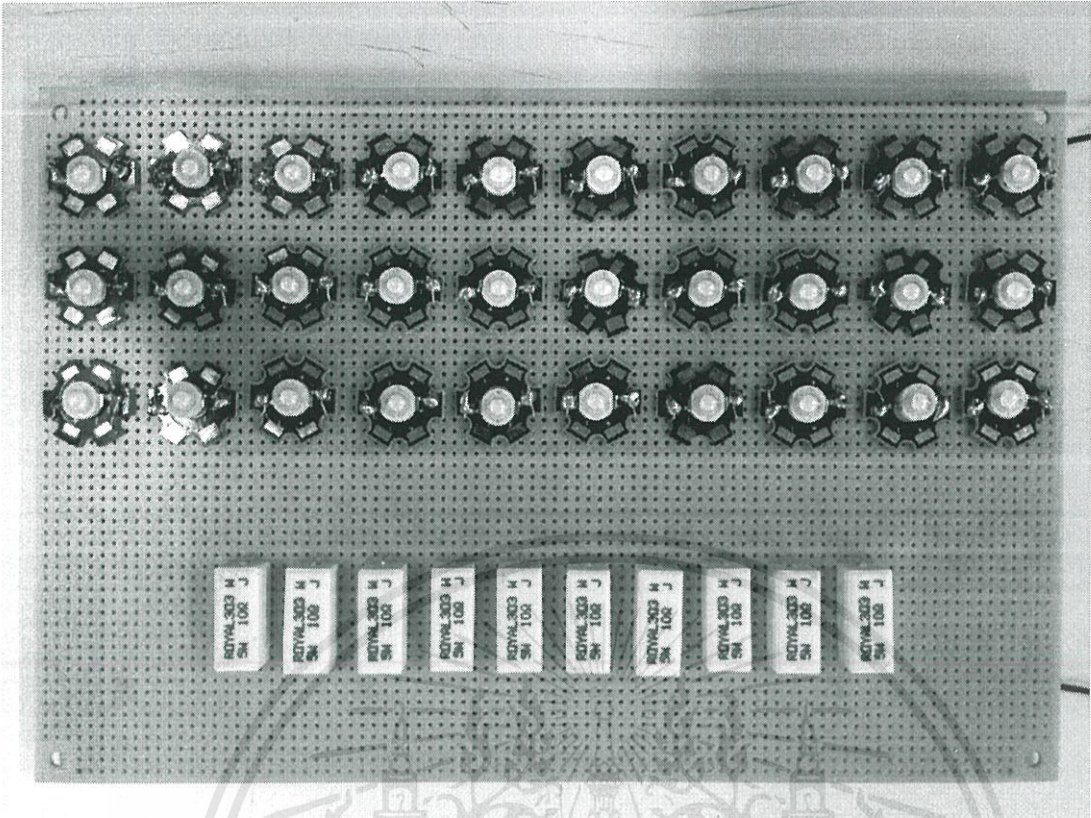


รูปที่ 4.9 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม

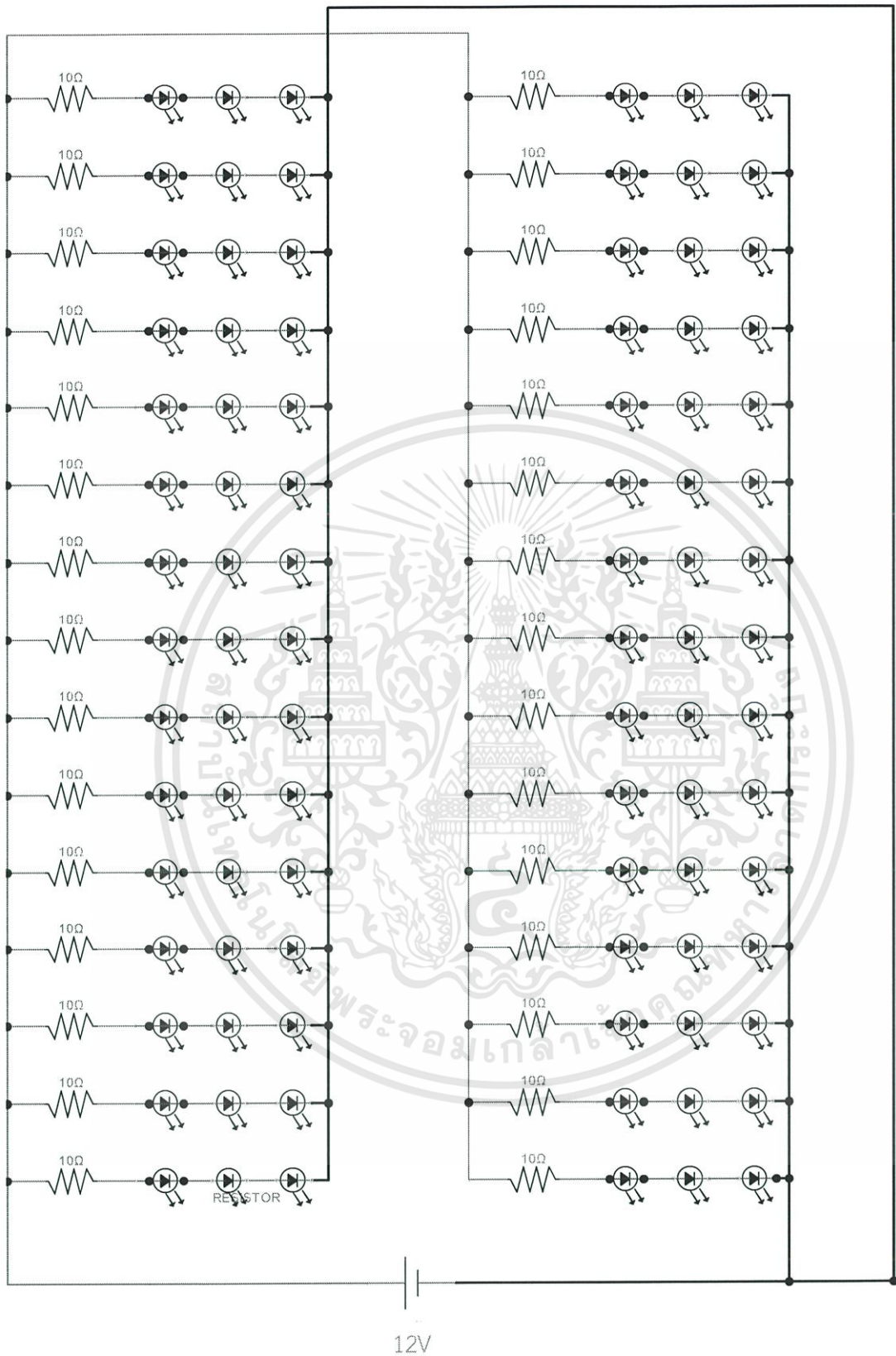




รูปที่ 4.10 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด

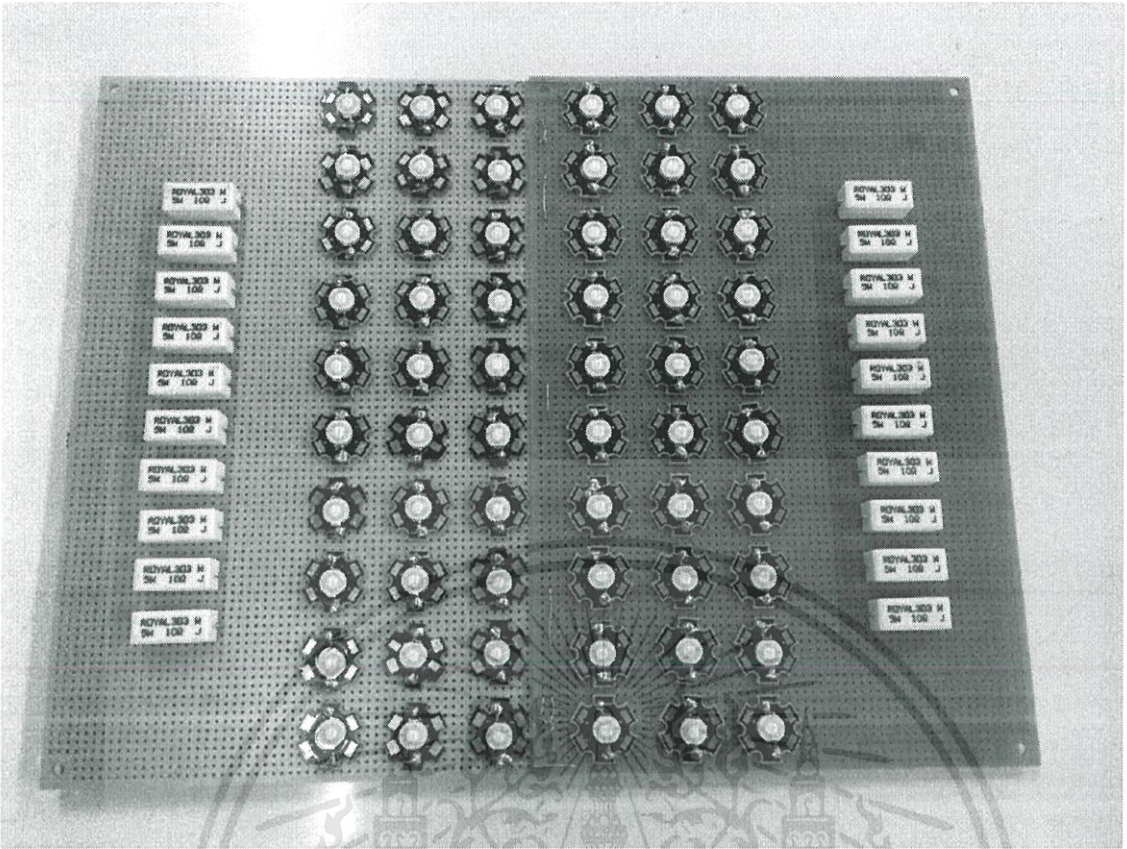


รูปที่ 4.11 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10

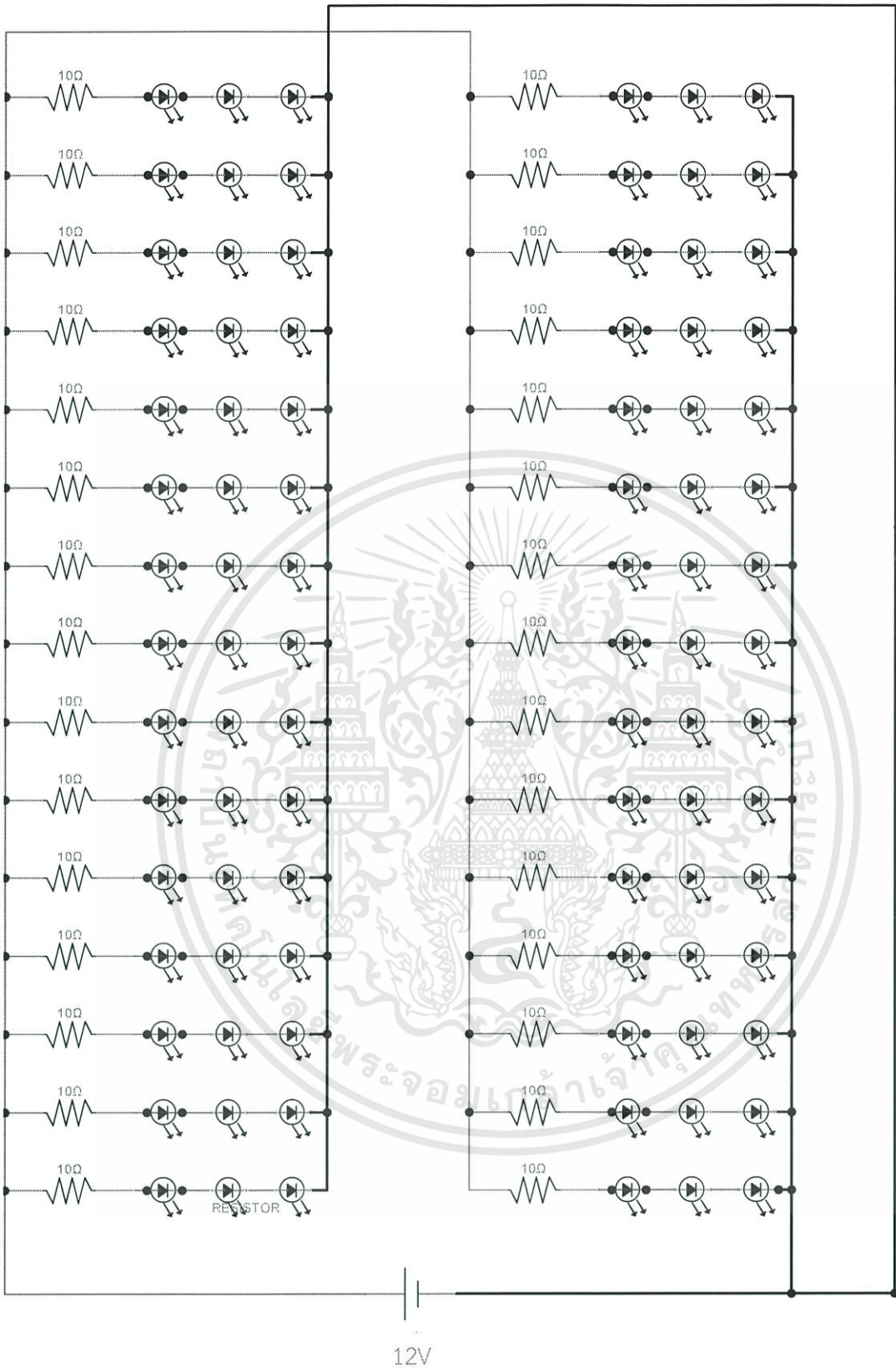


รูปที่ 4.12 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

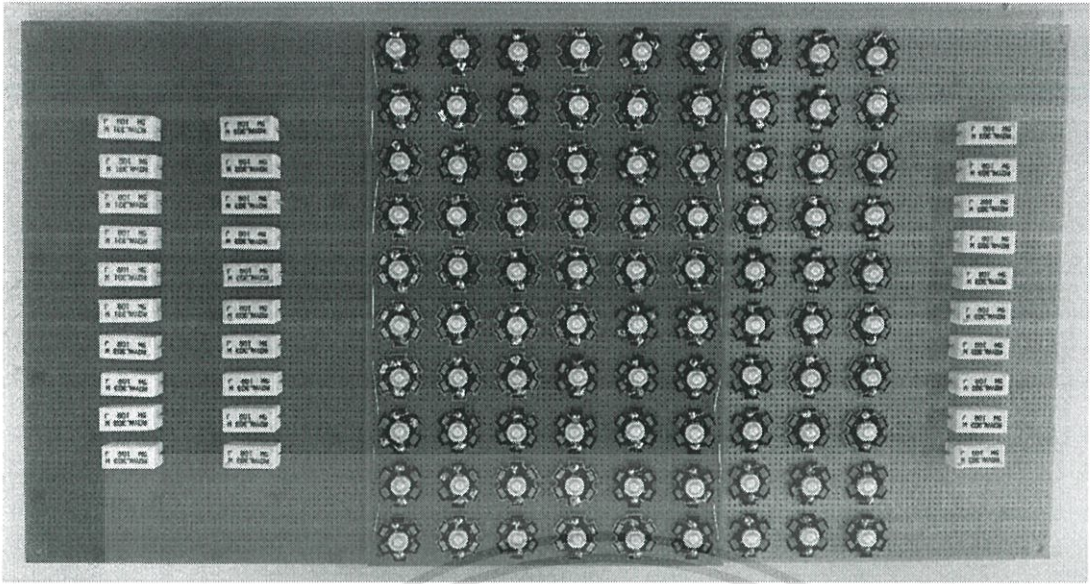


รูปที่ 4.13 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10



รูปที่ 4.14 วงจรการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



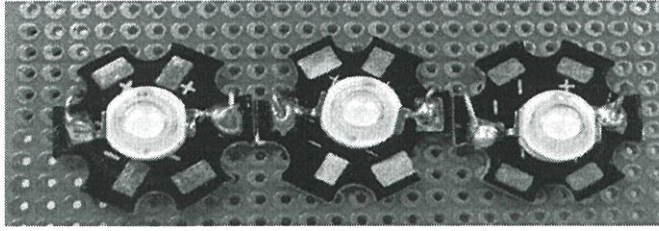
รูปที่ 4.15 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10

#### 4.4 ขั้นตอนการทดลองการกระจายความเข้มส่องสว่าง

นำหลอดไดโอดเปล่งแสงที่ทำการจัดวางในรูปแบบต่างๆ มาทำการทดลองวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง โดยจะทำการวัดตามหลักการวัดแสงโดยแบ่งตามมุมต่างๆ พร้อมจดบันทึกผลการทดลองตามเวลาต่างๆ เพื่อนำค่าผลการทดลองแต่ละช่วงเวลามาหาเฉลี่ย โดยนำเสนอข้อมูลผลการทดลองในรูปของตารางข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง กราฟความสัมพันธ์ และเส้นโค้งโพลาร์ โดยทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มการส่องสว่างของหลอดเปลี่ยโคมส่องลงบนผิวเรียบ ของหลอดไฟชนิดต่างๆดังนี้

- 1.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน
- 2.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง
- 3.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม
- 4.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน
- 5.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง
- 6.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3
- 7.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม
- 8.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10
- 9.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10
- 10.) การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10

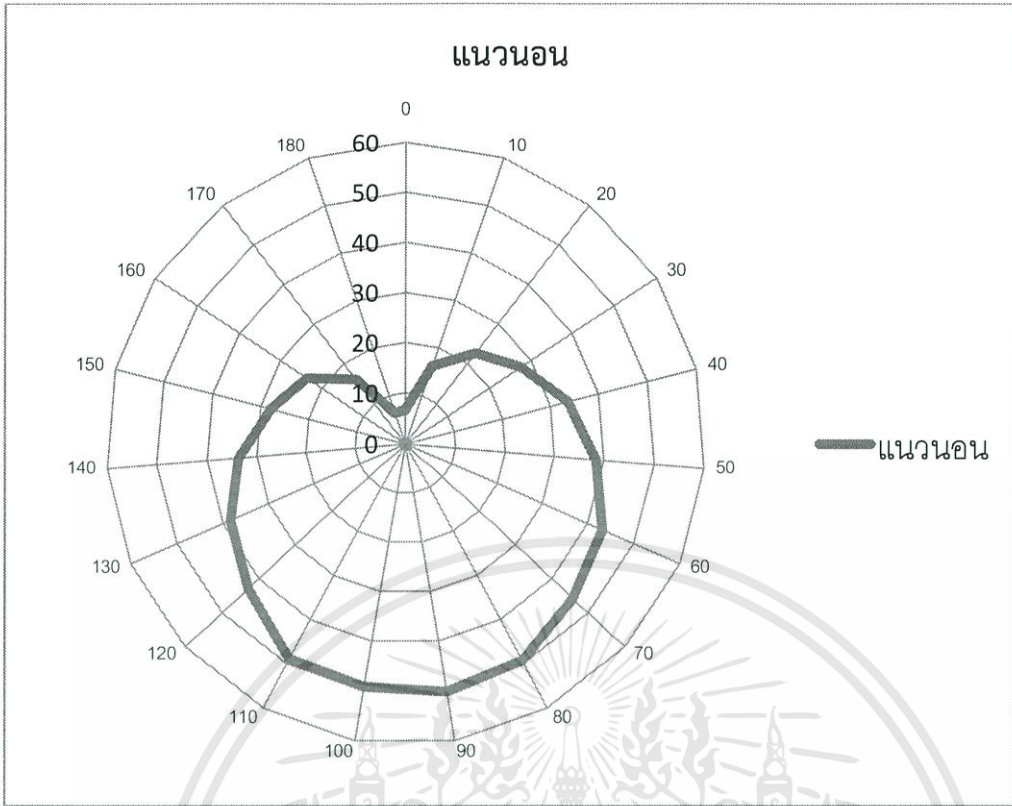
#### 4.4.1 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน



รูปที่ 4.16 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

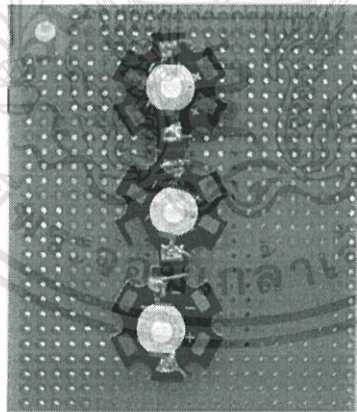
ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

มุม \ เวลา	T = 0	T = 15	T = 30	T = 60	Average(cd)
0	6.9	6.8	6.7	6.7	6.775
10	16.5	16.2	16.2	16.1	16.25
20	22.8	22.8	22.5	22.6	22.675
30	27.7	27.5	27.5	27.6	27.575
40	33.9	33.7	33.6	33.6	33.7
50	38.6	38.4	38.5	38.3	38.45
60	43.3	43.2	43.2	43.2	43.225
70	46	45.8	45.8	45.8	45.85
80	49.4	49.4	49.2	49.2	49.3
90	50.5	50.3	50.2	50.2	50.3
100	49.5	49.3	49.2	49.1	49.275
110	49.2	48.9	48.9	48.5	48.875
120	43	42.9	43	42.9	42.95
130	38.6	38.4	38.4	38.3	38.425
140	33.9	33.6	33.7	33.5	33.675
150	28.3	28	27.9	27.6	27.95
160	23.8	23.6	23.5	23.6	23.625
170	16.4	16.1	16	16	16.125
180	6.6	6.5	6.4	6.4	6.475



รูปที่ 4.17 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

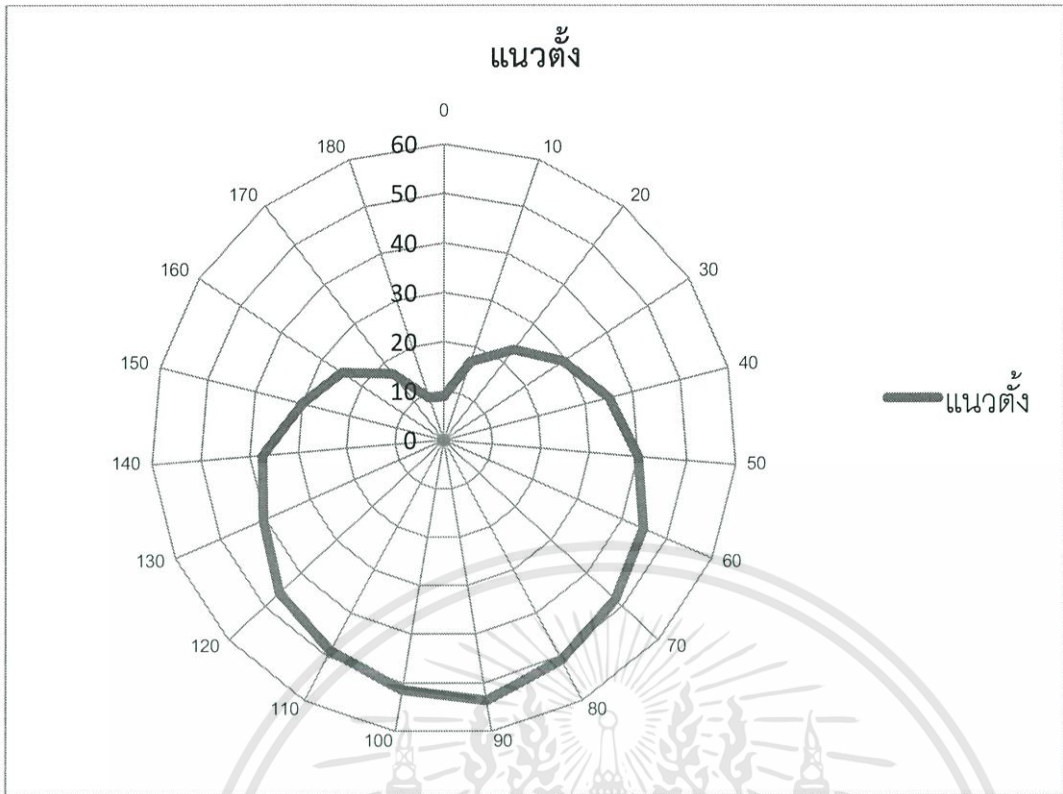
#### 4.4.2 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง



รูปที่ 4.18 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง

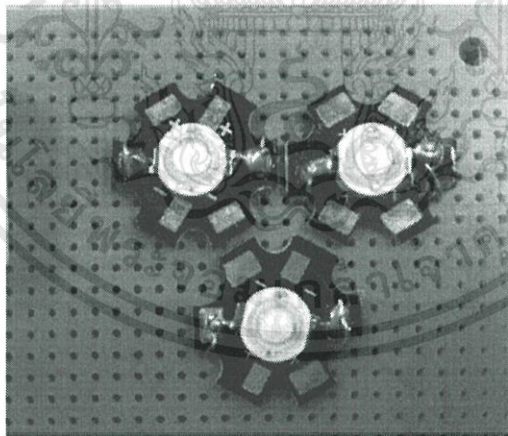
ตารางที่ 4.3 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง

มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 60	Average(cd)
0	9	8.9	8.9	8.8	8.9
10	17	16.9	16.9	16.9	16.925
20	23.5	23.3	23.3	23	23.275
30	29.2	29.4	29.3	29.2	29.275
40	35.6	34.9	34.8	34.9	35.05
50	40.2	40	40.1	40	40.075
60	45	44.8	44.6	44.6	44.75
70	48.1	47.9	48	47.8	47.95
80	50.9	50.9	50.9	50.7	50.85
90	53.5	53.5	53.5	53.3	53.45
100	51.5	51.3	51.3	51.4	51.375
110	48.9	48.8	48.6	48.7	48.75
120	45.8	45.7	45.6	46.7	45.95
130	40.8	40.6	40.4	40.1	40.475
140	37.6	37.4	37.3	37.3	37.4
150	30.3	30	30.1	30	30.1
160	25.3	25	25	24.8	25.025
170	17.2	17.2	17	17.1	17.125
180	9.2	9.1	9	9	9.075



รูปที่ 4.19 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง

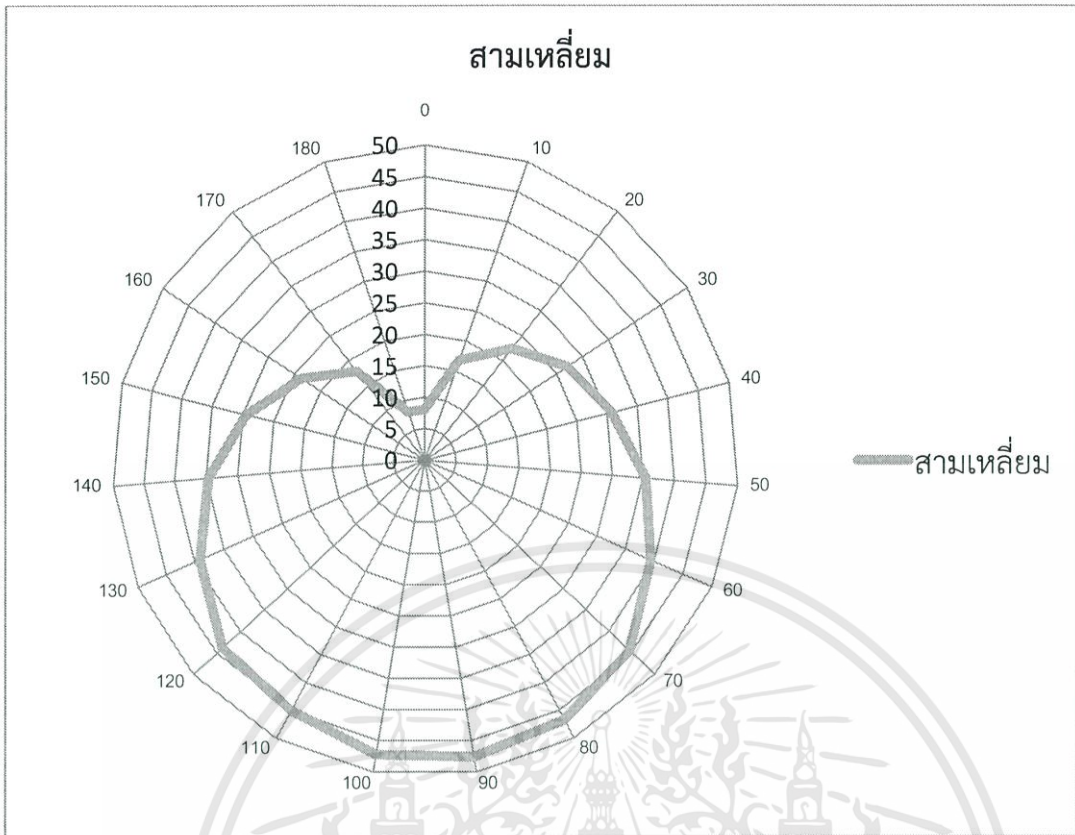
#### 4.4.3 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม



รูปที่ 4.20 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม

ตารางที่ 4.4 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม

มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 60	Average(cd)
0	9	8.9	8.9	8.8	8.9
10	17	16.9	16.9	16.9	16.925
20	23.5	23.3	23.3	23	23.275
30	29.2	29.4	29.3	29.2	29.275
40	35.6	34.9	34.8	34.9	35.05
50	40.2	40	40.1	40	40.075
60	45	44.8	44.6	44.6	44.75
70	48.1	47.9	48	47.8	47.95
80	50.9	50.9	50.9	50.7	50.85
90	53.5	53.5	53.5	53.3	53.45
100	51.5	51.3	51.3	51.4	51.375
110	48.9	48.8	48.6	48.7	48.75
120	45.8	45.7	45.6	46.7	45.95
130	40.8	40.6	40.4	40.1	40.475
140	37.6	37.4	37.3	37.3	37.4
150	30.3	30	30.1	30	30.1
160	25.3	25	25	24.8	25.025
170	17.2	17.2	17	17.1	17.125
180	9.2	9.1	9	9	9.075



รูปที่ 4.21 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบสามเหลี่ยม

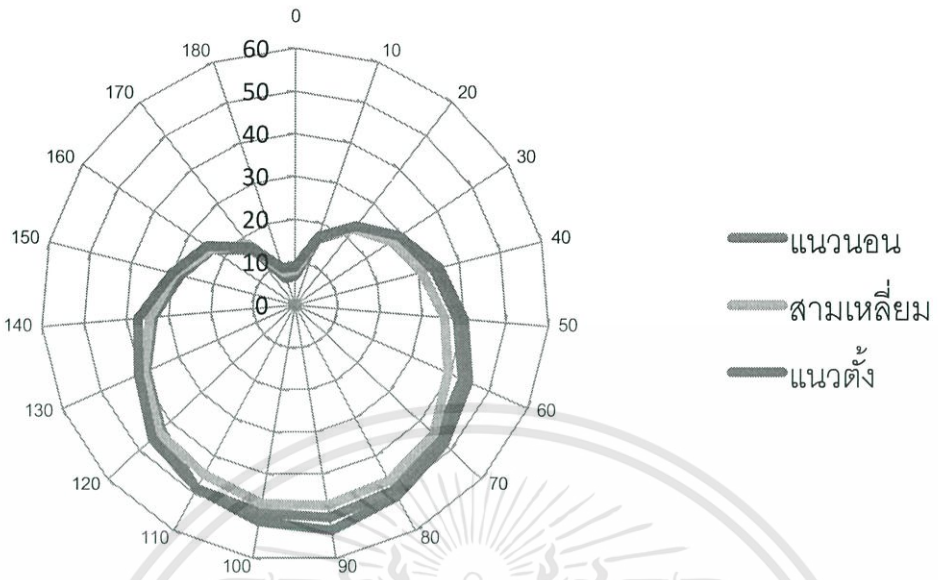
#### สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด

จากผลการทดสอบการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แต่ละแบบ ดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.3 จะบ่งบอกให้เห็นว่าแต่ละช่วงเวลานั้นค่าความเข้มการส่องสว่างมีค่าต่างกันเล็กน้อย เพราะเมื่อหลอดไดโอดเปล่งแสงเริ่มทำงานจะมีความร้อนออกมาด้วยเล็กน้อย ทำให้ส่งผลต่อความเข้มการส่องสว่าง ของหลอดแต่พอถึงระยะเวลาหนึ่งค่าความเข้มการส่องสว่างจะเริ่มมีค่าคงที่ ดังนั้นจึงทำการหาค่าเฉลี่ยออกมาทั้งสามแบบดังตารางที่ 4.4 แต่ไม่สามารถหาค่าสรุปได้ว่าการจัดเรียงแบบใดให้ค่าความสว่างที่มีประสิทธิภาพที่สุด เนื่องจากค่าที่ออกมา นั้น มีค่าความเข้มการส่องสว่างที่ใกล้เคียงกันมาก และยังไม่สามารถได้ค่าความเข้มการส่องสว่างเท่ากับค่าที่ต้องการได้ จึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติมโดยใช้การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดต่อไป

ตารางที่ 4.5 สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด

มุม \ รูปแบบ	แนวนอน	แนวตั้ง	สามเหลี่ยม
0	6.775	8.9	8.075
10	16.25	16.925	16.8
20	22.675	23.275	22.475
30	27.575	29.275	27.025
40	33.7	35.05	30.775
50	38.45	40.075	35.425
60	43.225	44.75	39.475
70	45.85	47.95	44.525
80	49.3	50.85	46.75
90	50.3	53.45	47.55
100	49.275	51.375	47.2
110	48.875	48.75	45.025
120	42.95	45.95	43.825
130	38.425	40.475	39.1
140	33.675	37.4	34.575
150	27.95	30.1	29.45
160	23.625	25.025	23.75
170	16.125	17.125	17.85
180	6.475	9.075	8.1

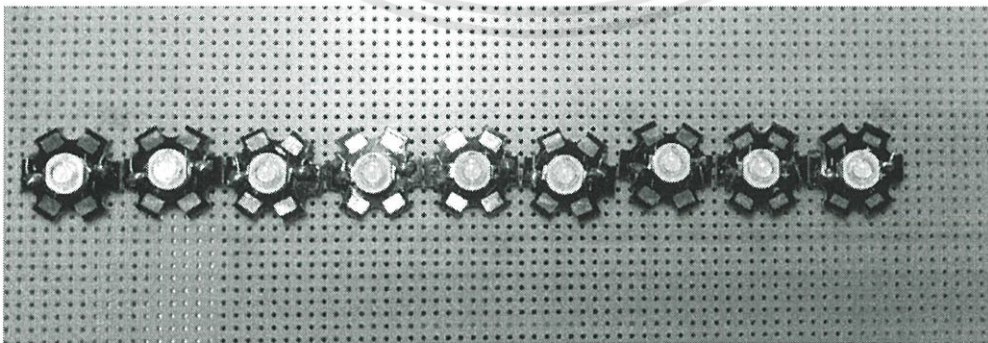
### กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 3 ตัว ทั้งสามแบบ



รูปที่ 4.22 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด ทั้งสามแบบ

การทดลองต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงจำนวน 9 หลอดนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดแต่ละรูปแบบทั้งสิ้น 4 แบบ ได้แก่ แบบแนวนอน แบบแนวตั้ง แบบจัตุรัส แบบวงกลม โดยทำการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างที่มุม 0 องศาถึง 180 องศาและจดบันทึกผลลงตารางตามเวลาต่างๆ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความเข้มการส่องสว่าง พร้อมนำไปวาดกราฟโพลาร์และวิเคราะห์ผล ซึ่งได้ผลการทดลองดังต่อไปนี้

#### 4.4.4 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

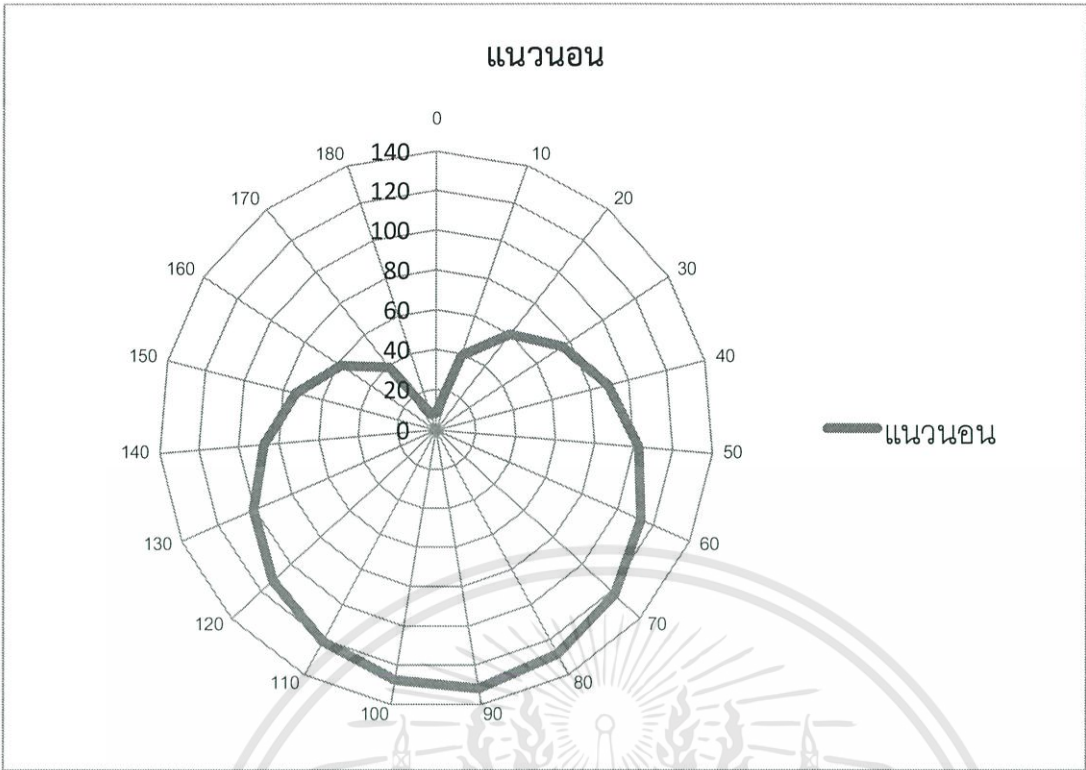


รูปที่ 4.23 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

ตารางที่ 4.6 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดแบบเส้นตรงแนวนอน

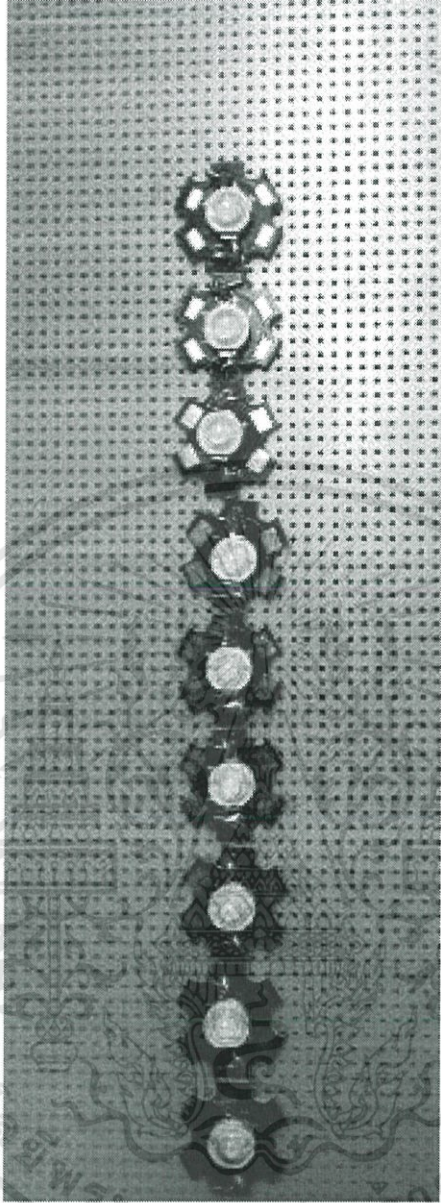
มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 60	Average(cd)
0	8.5	8.5	8.3	8.4	8.425
10	39.2	39.1	39	39.1	39.1
20	60.3	60.5	60.1	60.1	60.25
30	75.6	75.5	75.6	75.5	75.55
40	89.4	89.3	89.3	89.3	89.325
50	103	105	102	101	102.75
60	114	113	113	112	113
70	123	122	123	122	122.5
80	129	128	128	128	128.25
90	132	131	132	132	131.75
100	128	128	127	127	127.5
110	122	121	121	120	121
120	113	112	113	111	112.25
130	101	100	101	101	100.75
140	87.9	87.5	87.1	87.1	87.4
150	73.8	73.5	73.6	73.6	73.625
160	58.4	58.2	58.3	58.4	58.325
170	39.2	39.2	39.1	39.2	39.175
180	8.3	8.2	8.2	8.1	8.2

### แนวนอน



รูปที่ 4.24 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 3 หลอด แบบเส้นตรงแนวนอน

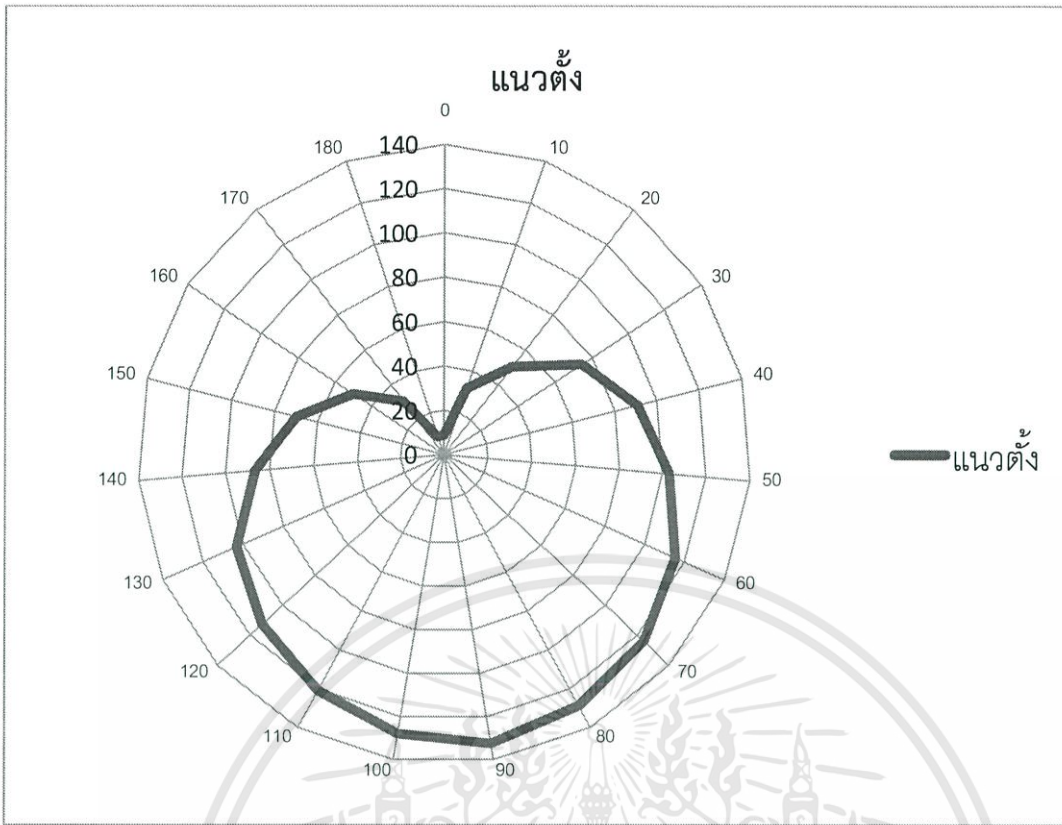
#### 4.4.5 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง



รูปที่ 4.25 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง

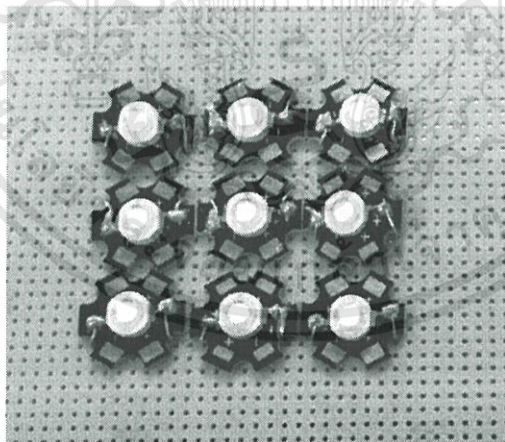
ตารางที่ 4.7 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง

มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 60	Average(cd)
0	8.9	8.9	8.9	8.8	8.875
10	31.8	31.8	31.7	31.6	31.725
20	50.5	50.3	50.3	50.4	50.375
30	74.8	74.4	74.5	74.5	74.55
40	90.9	90.9	90.7	90.8	90.825
50	104	104	103	102	103.25
60	116	115	116	115	115.5
70	125	124	124	123	124
80	129	129	129	128	128.75
90	133	133	131	132	132.25
100	128	128	127	128	127.75
110	122	121	121	120	121
120	113	113	113	112	112.75
130	104	103	103	103	103.25
140	86.5	86.6	86.4	86.5	86.5
150	69.9	69.7	69.8	69.8	69.8
160	50.1	50.3	50.1	50.1	50.15
170	30.6	30.5	30.3	30.4	30.45
180	8.8	8.5	8.5	8.6	8.6



รูปที่ 4.26 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบเส้นตรงแนวตั้ง

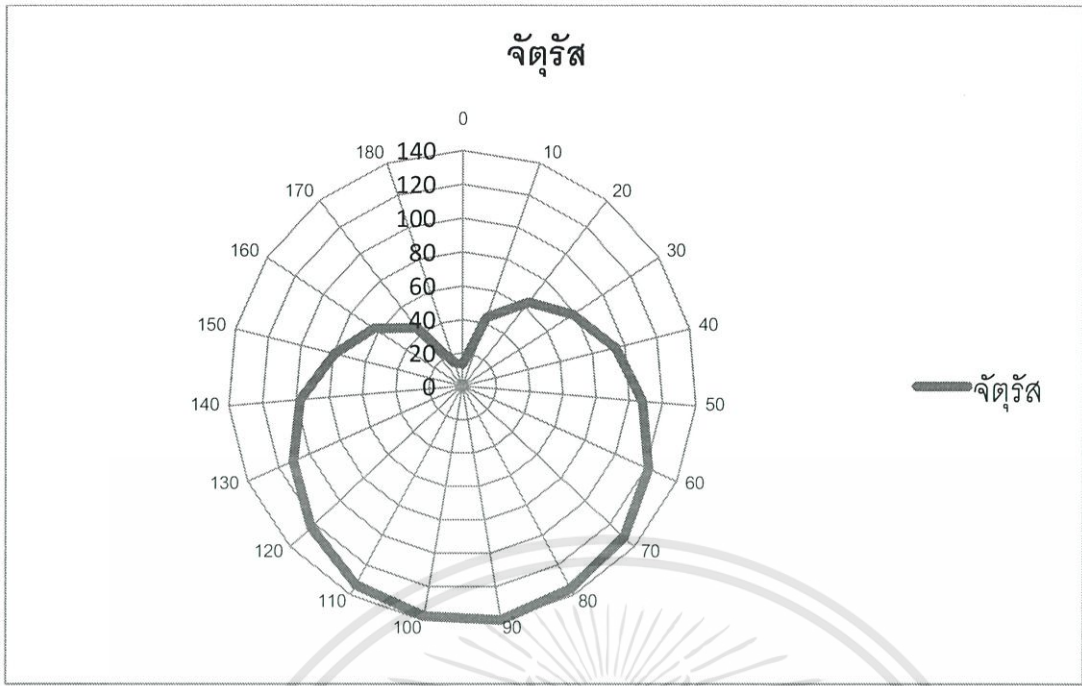
#### 4.4.6 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3



รูปที่ 4.27 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3

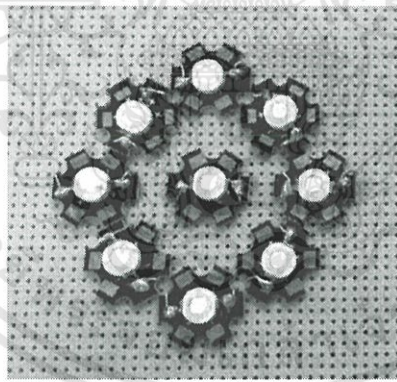
ตารางที่ 4.8 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3

มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 60	Average(cd)
0	13.3	13.2	13.2	13.2	13.225
10	43.4	43.6	43.5	43.5	43.5
20	63.8	63.6	63.4	63.5	63.575
30	78.5	78.4	78.3	78.3	78.375
40	94.3	94.4	94.2	94.3	94.3
50	108.2	108.1	108	108	108.075
60	123	121	121	122	121.75
70	133	131	131	131	131.5
80	137	136	136	135	136
90	140	141	139	140	140
100	139	138	138	136	137.75
110	134	134	133	133	133.5
120	124	123	123	123	123.25
130	111	110	111	110	110.5
140	97.7	97.6	97.5	97.7	97.625
150	79.2	79.1	79.4	79	79.175
160	63.3	63.4	63.2	63.2	63.275
170	44.4	44.4	44.3	44.1	44.3
180	14.9	14.6	14.8	14.6	14.725



รูปที่ 4.28 กราฟเส้นโค้งโพลาไรเจชันของไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x3

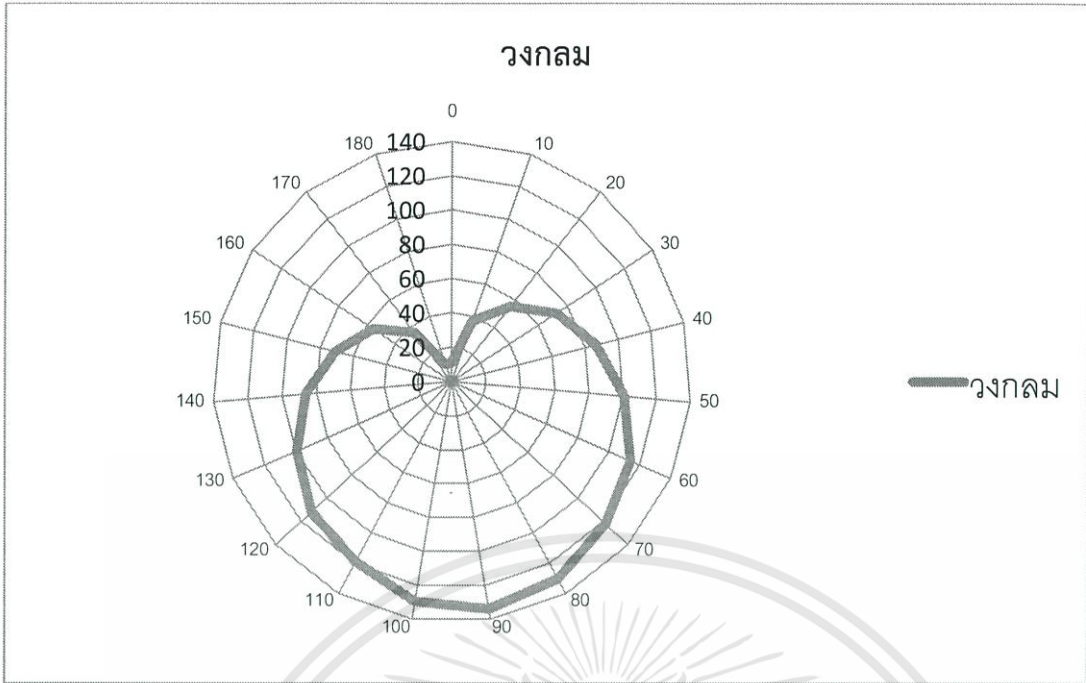
#### 4.4.7 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม



รูปที่ 4.29 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม

ตารางที่ 4.9 ตารางผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม

มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 60	Average(cd)
0	10.9	10.8	10.9	10.8	10.85
10	37.4	37	37.2	37	37.15
20	55.2	55.2	55.1	55	55.125
30	72.6	72.4	72.5	72.5	72.5
40	86.6	86.6	86.5	86.4	86.525
50	101	102	100	100	100.75
60	115	113	114	114	114
70	125	120	122	121	122
80	132	129	130	130	130.25
90	135	133	134	134	134
100	130	129	130	129	129.5
110	121	118	119	119	119.25
120	114	112	112	111	112.25
130	99.7	99.5	99.4	99.4	99.5
140	86.5	86.3	86.4	86.3	86.375
150	71.3	70.8	70.9	70.9	70.975
160	55.8	55.6	55.7	55.5	55.65
170	36.3	36.4	36.1	36.2	36.25
180	10.9	11	10.8	10.8	10.875



รูปที่ 4.30 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แบบวงกลม

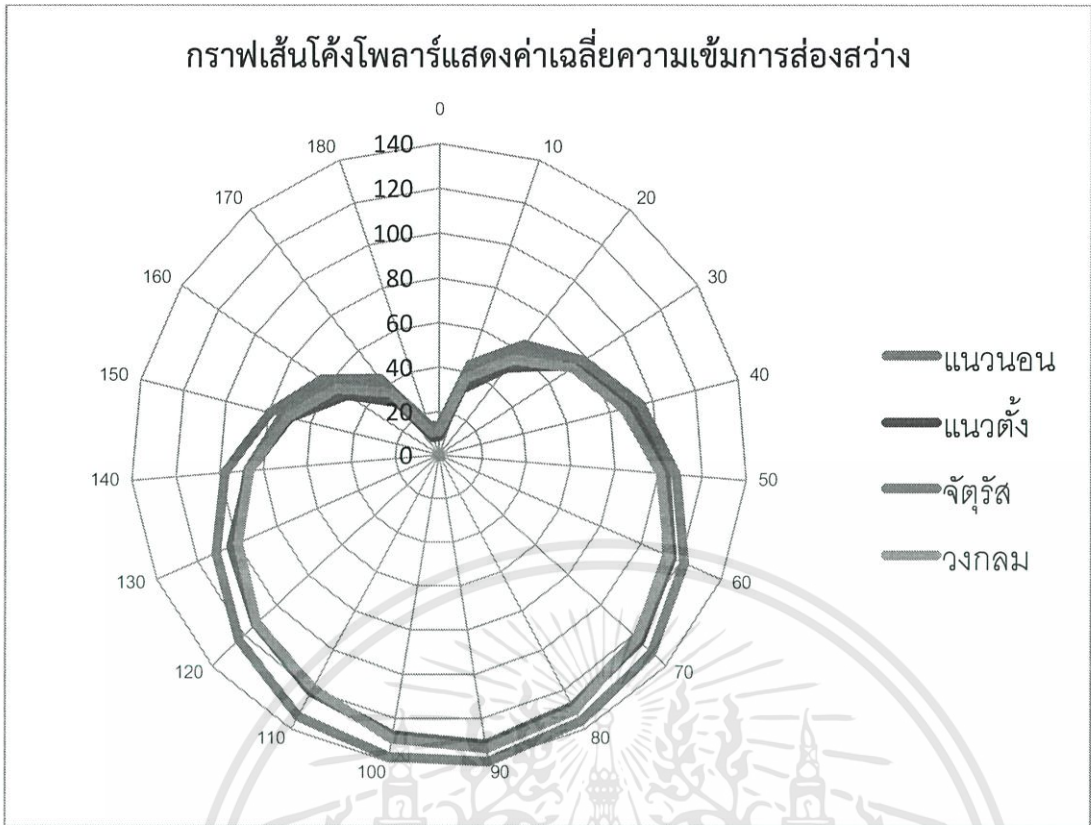
**สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด**

จากผลการทดสอบการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด แต่ละรูปแบบ ทำการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างที่มุมต่างๆตั้งแต่ 0 ถึง 180 องศา ที่ช่วงเวลาต่างๆพร้อมทั้งหาค่าความเข้มการส่องสว่างเฉลี่ย ดังตารางที่ 4.5 ถึง 4.8 แสดงให้เห็นว่า ผลการทดลองที่ออกมาดังตารางที่ 4.9 จะวิเคราะห์และสรุปผลได้ เนื่องจากค่าการทดลองที่ออกมา มีความแตกต่างกันมากพอสมควร และสามารถเลือกรูปแบบค่าความสว่างตามแบบที่ต้องการได้ คือการจัดเรียงรูปแบบจัตุรัส มีค่าความเข้มการส่องสว่างมากที่สุด ตามมาด้วยแบบวงกลม แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน ตามลำดับ แต่ค่าความเข้มการส่องสว่างยังไม่เป็นที่น่าพอใจ จึงได้ทำการทดลองต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงแบบ 30 หลอดต่อไป

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 9 หลอด

มุม \ รูปแบบ	แนวนอน	แนวตั้ง	จัตุรัส	วงกลม
0	8.425	8.875	13.225	10.85
10	39.1	31.725	43.5	37.15
20	60.25	50.375	63.575	55.125
30	75.55	74.55	78.375	72.5
40	89.325	90.825	94.3	86.525
50	102.75	103.25	108.075	100.75
60	113	115.5	121.75	114
70	122.5	124	131.5	122
80	128.25	128.75	136	130.25
90	131.75	132.25	140	134
100	127.5	127.75	137.75	129.5
110	121	121	133.5	119.25
120	112.25	112.75	123.25	112.25
130	100.75	103.25	110.5	99.5
140	87.4	86.5	97.625	86.375
150	73.625	69.8	79.175	70.975
160	58.325	50.15	63.275	55.65
170	39.175	30.45	44.3	36.25
180	8.2	8.6	14.725	10.875

### กราฟเส้นโค้งโพลาร์แสดงค่าเฉลี่ยความเข้มการส่องสว่าง

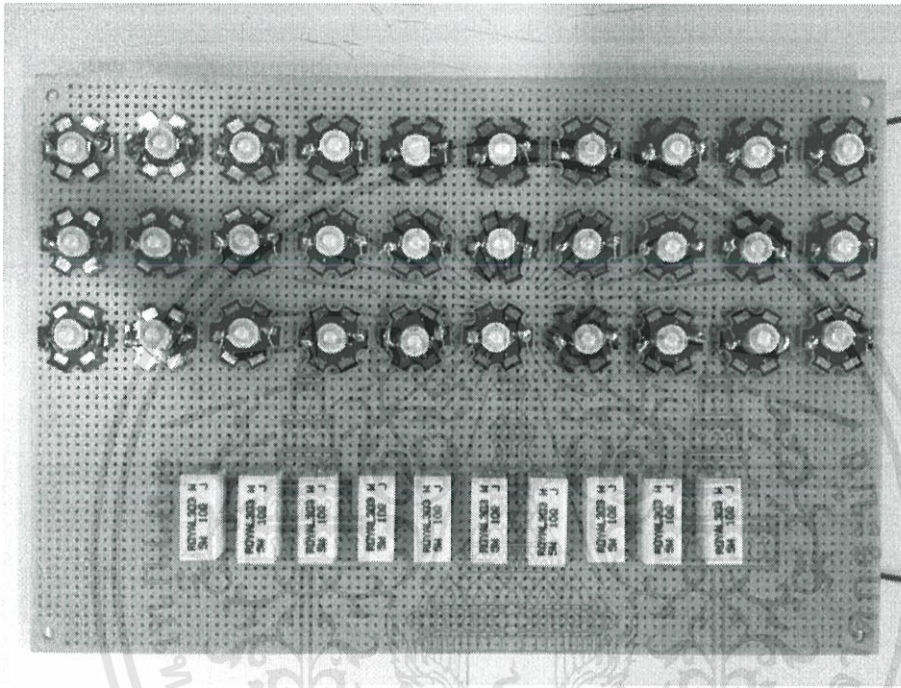


รูปที่ 4.31 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 9 หลอดทั้ง 4 แบบ



การทดลองต่อหลอดไดโอดเปล่งแสงจำนวน 30 หลอดนั้นจะเป็นการเปรียบเทียบความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสงแต่ละรูปแบบ โดยทำการวัดค่าความเข้มการส่องสว่างที่มุม 0 องศาถึง 180 องศาและจัดบันทึกผลลงตารางตามเวลาต่างๆ แล้วหาค่าเฉลี่ยความเข้มการส่องสว่าง พร้อมนำไปวาดกราฟโพลาร์ หาค่าความเข้มการส่องสว่างและความสว่าง และวิเคราะห์ผลหาความสัมพันธ์แต่ละชนิดเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดเมทัลฮาไลด์ที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

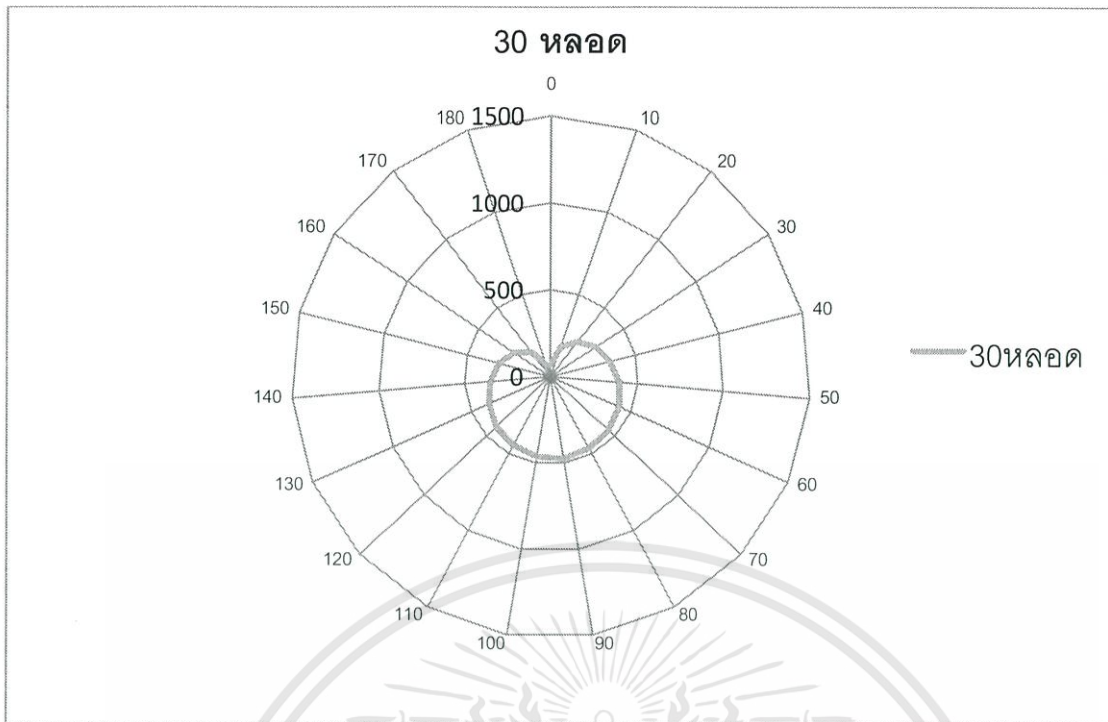
#### 4.4.8 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10



รูปที่ 4.32 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10

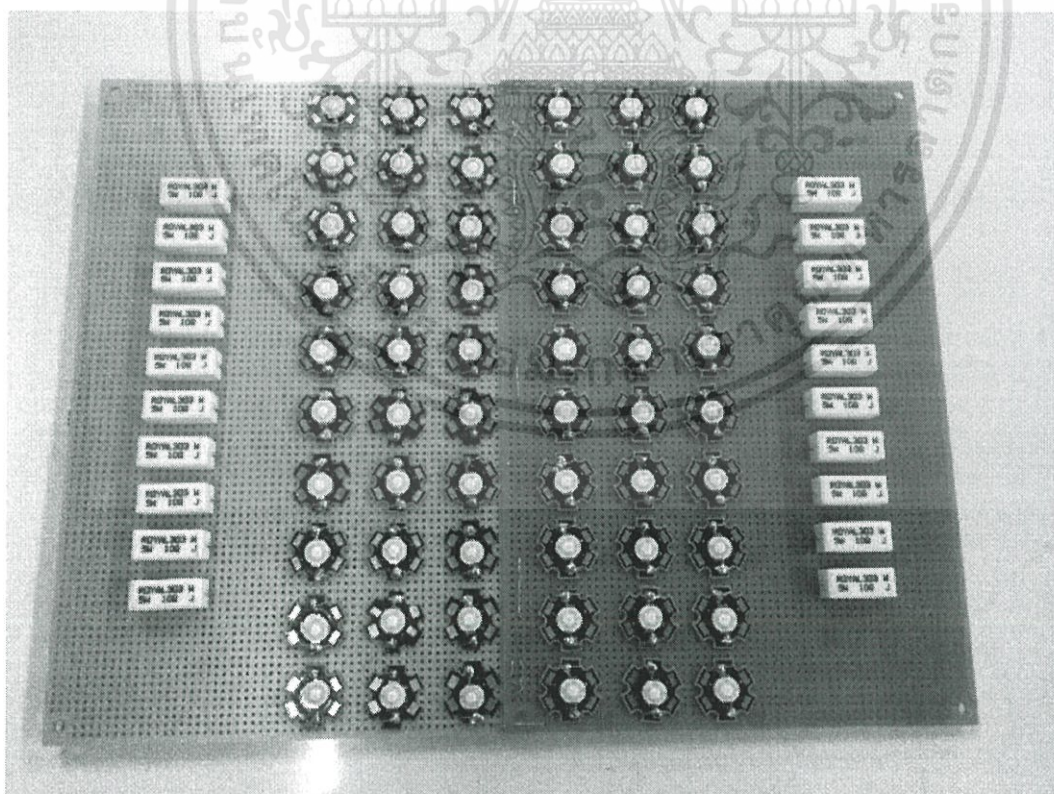
ตารางที่ 4.11 ตารางผลการทดลองการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 3x10

มุม \ เวลา	t = 0	t = 60	t = 120	t = 180	Average(cd)	Lux
0	68	68	67.1	67	67.525	270.1
10	183	179	176	175	178.25	713
20	255	252	250	251	252	1008
30	313	308	308	303	308	1232
40	360	350	345	343	349.5	1398
50	403	393	390	386	393	1572
60	440	424	423	422	427.25	1709
70	460	450	446	447	450.75	1803
80	478	462	459	461	465	1860
90	480	478	474	474	476.5	1906
100	475	460	456	457	462	1848
110	458	443	442	441	446	1784
120	435	422	421	421	424.75	1699
130	400	388	383	382	388.25	1553
140	358	348	345	344	348.75	1395
150	313	308	305	304	307.5	1230
160	253	249	247	246	248.75	995
170	182	179	175	174	177.5	710
180	68	67.2	67	66.8	67.25	269



รูปที่ 4.33 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด แบบ 3x10

#### 4.4.9 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10

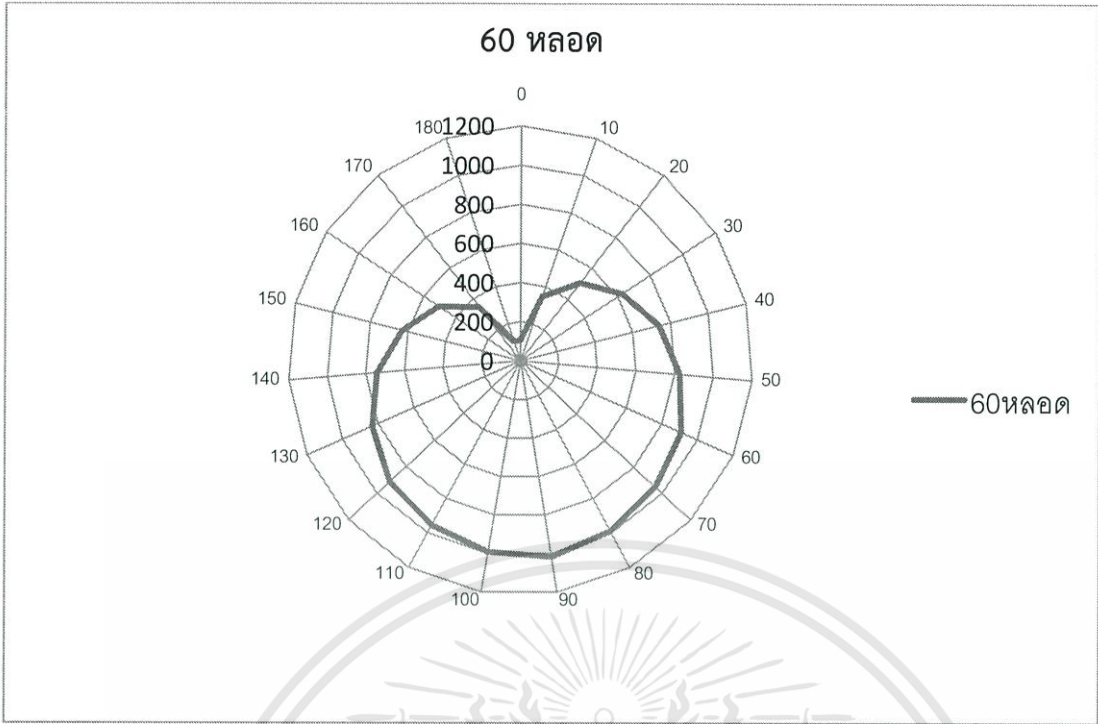


รูปที่ 4.34 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

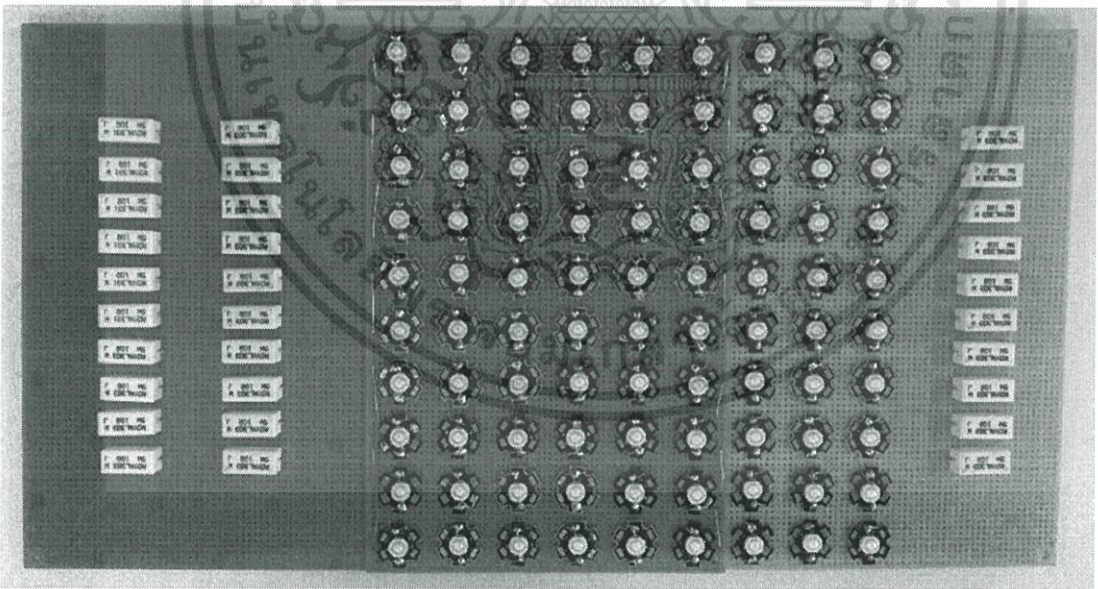
ตารางที่ 4.12 ตารางผลการทดลองการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 6x10

มุม \ เวลา	t = 0	t = 60	t = 120	t = 180	Average(cd)	Lux
0	108	107	105	103	105.75	423
10	350	352	345	342	347.25	1389
20	508	509	506	498	505.25	2021
30	631	628	627	624	627.5	2510
40	745	738	740	736	739.75	2959
50	833	828	825	821	826.75	3307
60	914	908	905	904	907.75	3631
70	953	953	947	953	951.5	3806
80	991	992	987	988	989.5	3958
90	1020	1020	1014	1010	1016	4064
100	991	993	990	989	990.75	3963
110	959	958	953	954	956	3824
120	916	913	913	910	913	3652
130	841	836	830	826	833.25	3333
140	748	740	742	740	742.5	2970
150	636	633	632	625	631.5	2526
160	510	510	509	499	507	2028
170	349	351	350	346	349	1396
180	107	107	107	104	106.25	425



รูปที่ 4.35 กราฟเส้นโค้งโพลาไรเซชันของไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด แบบ 6x10

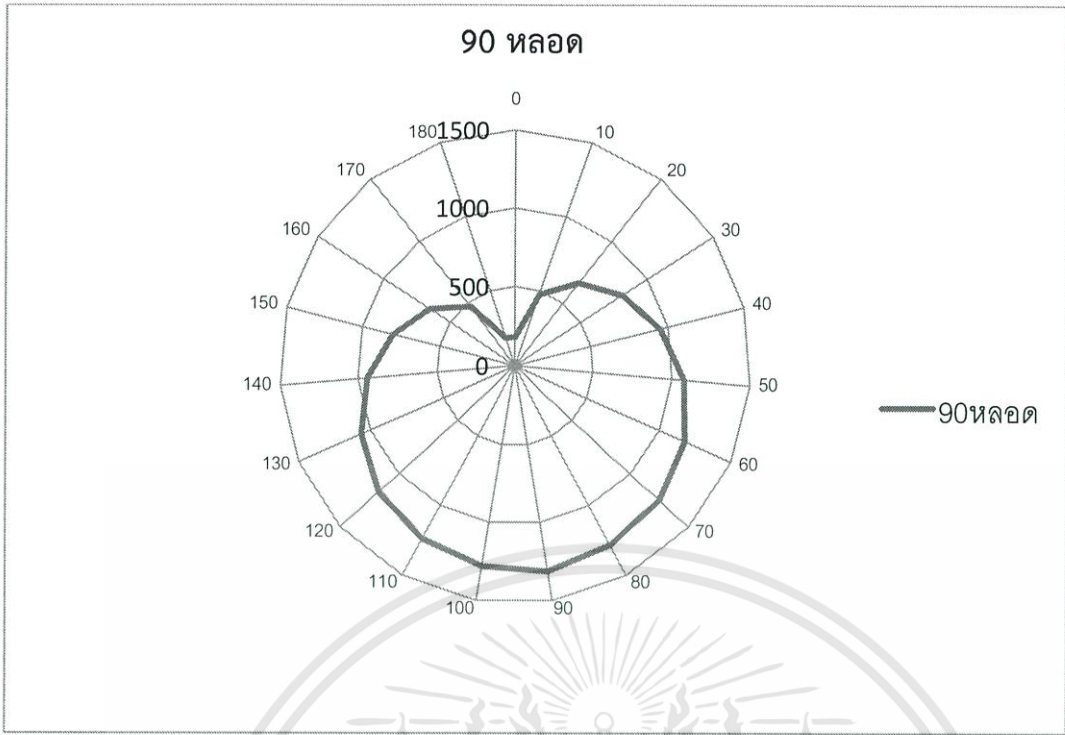
#### 4.4.10 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10



รูปที่ 4.36 การต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10

ตารางที่ 4.13 ตารางผลการทดลองการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบสี่เหลี่ยม 9x10

มุม \ เวลา	t = 0	t = 60	t = 120	t = 180	Average(cd)	Lux
0	185	183	177	179	181	724
10	465	480	485	473	475.75	1903
20	645	688	665	648	661.5	2646
30	813	818	820	803	813.5	3254
40	945	950	950	948	948.25	3793
50	1080	1080	1070	1070	1075	4300
60	1180	1180	1170	1180	1177.5	4710
70	1260	1250	1240	1240	1247.5	4990
80	1290	1290	1280	1280	1285	5140
90	1320	1320	1310	1310	1315	5260
100	1280	1290	1280	1280	1282.5	5130
110	1240	1240	1240	1240	1240	4960
120	1170	1170	1180	1170	1172.5	4690
130	1060	1060	1070	1070	1065	4260
140	935	935	955	945	942.5	3770
150	805	793	820	795	803.25	3213
160	665	658	660	635	654.5	2618
170	468	473	480	463	471	1884
180	183	187	187	181	184.5	738



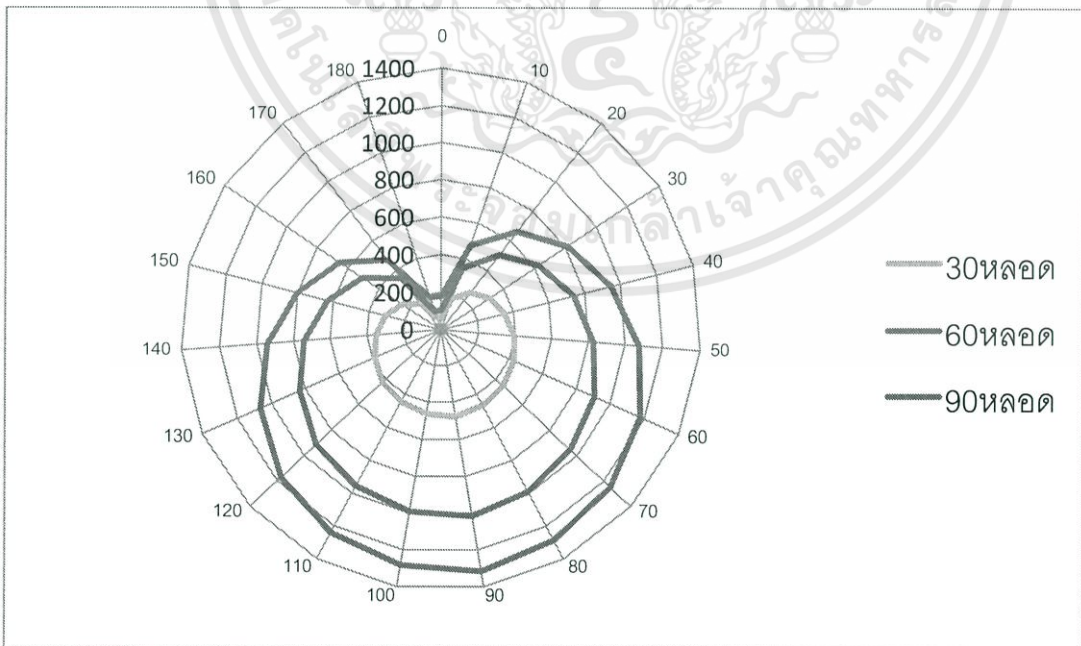
รูปที่ 4.37 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด แบบ 9x10

**สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 60 และ 90 หลอด**

สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 60 และ 90 หลอด จากผลการทดสอบการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 60 และ 90 หลอด ดังตารางที่ 4.10 ถึง ตารางที่ 4.12 จะแสดงให้เห็นว่า ค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง 60 หลอด ในมุม 90 องศา จะมีค่าความสว่างเป็น 2 เท่าของ ค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 หลอด และเมื่อเพิ่มการทดลองของหลอดไดโอดเปล่งแสง เป็น 90 หลอด จะเห็นได้ว่า ค่าความสว่างที่ออกมาจะมีค่าเป็น 3 เท่าของค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 จึงพอจะสรุปได้ว่า ถ้ามีงบประมาณมากพอก็จะสามารถเพิ่มความสว่างของวงจรไฟได้ตามต้องการจากการเพิ่มจำนวนหลอด

ตารางที่ 4.14 สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดไดโอดเปล่งแสง 30 60 และ 90 หลอด

มุม \ รูปแบบ	30หลอด	60หลอด	90หลอด
0	67.525	105.75	181
10	178.25	347.25	475.75
20	252	505.25	661.5
30	308	627.5	813.5
40	349.5	739.75	948.25
50	393	826.75	1075
60	427.25	907.75	1177.5
70	450.75	951.5	1247.5
80	465	989.5	1285
90	476.5	1016	1315
100	462	990.75	1282.5
110	446	956	1240
120	424.75	913	1172.5
130	388.25	833.25	1065
140	348.75	742.5	942.5
150	307.5	631.5	803.25
160	248.75	507	654.5
170	177.5	349	471
180	67.25	106.25	184.5



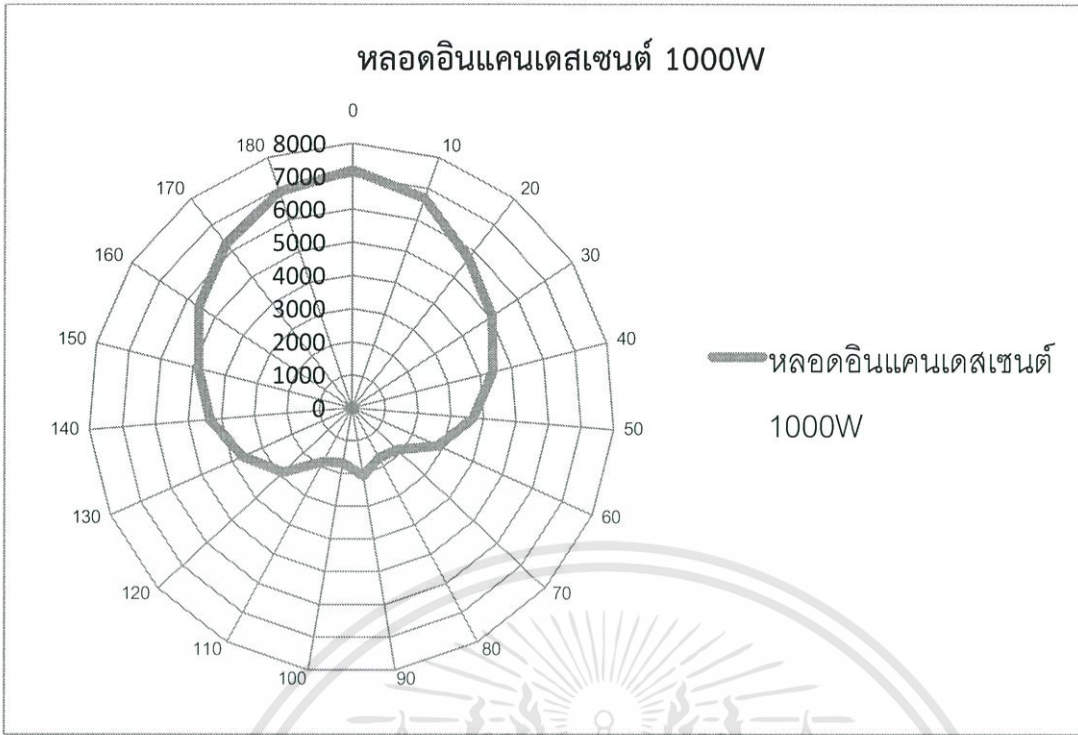
รูปที่ 4.38 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยของไดโอดเปล่งแสงแบบ 30 ,60 และ 90 หลอด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 การทดลองการกระจายแสงของหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000W

ตารางที่ 4.15 สรุปผลการทดลองการกระจายแสงของหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000W

มุม \ เวลา	t = 0	t = 15	t = 30	t = 45	t = 60	Average(cd)	Lux
0	7000	7210	7300	7240	7180	7186	28744
10	6630	6700	6880	6630	6600	6688	26752
20	5700	5780	5800	5630	5620	5706	22824
30	5080	5130	5080	5000	5010	5060	20240
40	4400	4410	4400	4390	4340	4388	17552
50	3710	3750	3610	3700	3620	3678	14712
60	2870	2860	2780	2850	2800	2832	11328
70	1850	1860	1830	1870	1840	1850	7400
80	1710	1700	1700	1750	1680	1708	6832
90	2050	2070	2100	2080	2040	2068	8272
100	1690	1680	1690	1700	1650	1682	6728
110	1850	1840	1800	1870	1830	1838	7352
120	2860	2900	2810	2970	2790	2866	11464
130	3680	3650	3670	3710	3600	3662	14648
140	4400	4230	4390	4330	4330	4336	17344
150	4810	4800	4900	4810	4800	4824	19296
160	5630	5540	5630	5490	5610	5580	22320
170	6360	6210	6250	6310	6260	6278	25112
180	6820	6850	6900	7010	6900	6896	27584



รูปที่ 4.39 กราฟเส้นโค้งโพลาร์เฉลี่ยการกระจายแสงของหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000W

**สรุปผลการทดลองของการต่อหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000 Watt กับหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด**

จากผลการทดสอบการต่อหลอดอินแคนเดสเซนต์กับหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด ดังตารางที่ 4.14 จะบ่งบอกให้เห็นว่า ค่าความสว่างของหลอดไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด ในมุม 90 องศา จะมีค่าความสว่างใกล้เคียงค่าความสว่างของหลอดอินแคนเดสเซนต์ ส่วนในรัศมีการกระจายแสงอื่นๆของหลอดอินแคนเดสเซนต์จะมีความสว่างมากกว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงมาก แต่หลอดอินแคนเดสเซนต์จะมีอุณหภูมิหลอดที่มากกว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงมาก จึงสรุปได้ว่า หลอดอินแคนเดสเซนต์มีความสว่างสูงและมีความร้อนสูงมาก ส่วนหลอดไดโอดเปล่งแสงมีความสว่างที่ใกล้เคียงกับแสงในธรรมชาติและมีความร้อนต่ำ จึงเหมาะแก่การนำมาใช้เพื่อการประมงเชิงอนุรักษ์

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองของการต่อหลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000 Watt กับหลอด  
ไดโอดเปล่งแสง 90 หลอด

	หลอดอินแคนเดสเซนต์ 1000W	หลอดไดโอดเปล่งแสง 90หลอด
0	7186	181
10	6688	475.75
20	5706	661.5
30	5060	813.5
40	4388	948.25
50	3678	1075
60	2832	1177.5
70	1850	1247.5
80	1708	1285
90	2068	1315
100	1682	1282.5
110	1838	1240
120	2866	1172.5
130	3662	1065
140	4336	942.5
150	4824	803.25
160	5580	654.5
170	6278	471
180	6896	184.5

#### 4.6 การเปรียบเทียบและคำนวณค่าใช้จ่ายในระยะยาวระหว่างหลอดอินแคนเดสเซนต์กับหลอดไดโอดเปล่งแสง

ตารางที่ 4.17 ตารางการเปรียบเทียบและคำนวณค่าใช้จ่ายในระยะยาวระหว่างหลอดอินแคนเดสเซนต์กับหลอดไดโอดเปล่งแสง

	หน่วย	หลอดอินแคนเดสเซนต์	หลอดไดโอดเปล่งแสง	ประหยัด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้งาน	วัตต์	1,000	300	
อายุการใช้งาน	ชั่วโมง	5,000	50,000	
ราคาหลอดไฟ	บาท/หลอด	2,000	8,000	
เปิดไฟวันละ 8 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 356 วัน				
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	วัตต์-ชั่วโมง	2,920,000	876,000	
	หน่วย	2,920	876	
จำนวนหลอดไฟ	หลอด	1	1	
ค่าไฟฟ้า*	บาท	10,220	3,066	-7,154
ต้นทุนทั้งหมด	บาท	12,220	11,066	-1,154
เปิดไฟวันละ 8 ชั่วโมงเป็นระยะเวลา 10 ปี				
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า	วัตต์-ชั่วโมง	29,200,000	8,760,000	
	หน่วย	29,200	8,760	
จำนวนหลอดไฟ	หลอด	6	1	-5
ต้นทุนหลอดไฟ	บาท	12,000	8,000	
ค่าไฟฟ้า*	บาท	102,200	30,660	
ต้นทุนทั้งหมด	บาท	114,200	38,660	-75,540
*ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.50 บาท/หน่วย (ค่าไฟฟ้า(2.76)+ค่า Ft(0.4692)+ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%)				

## บทที่ 5

### บทสรุปและวิจารณ์

จากการค้นคว้า ศึกษา ทดลอง และออกแบบการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงไปประยุกต์ใช้งานในด้านการส่องสว่างสำหรับการประมงตลอดระยะเวลาของโครงการ ได้มีการทดลองผิดถูกมากมาย โดยเริ่มจากการค้นคว้าทฤษฎี คุณสมบัติพื้นฐานของหลอดไอโอดเปล่งแสง เพื่อศึกษาถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่จะนำไปสู่แนวทางการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งาน เนื่องจากหลอดไอโอดเปล่งแสงมีการให้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูง อายุการใช้งานที่ยาวนาน รวมทั้งสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ ในโครงการนี้จึงมุ่งเน้นการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ และเพื่อเป็นแนวทางในการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงไปใช้งานแทนหลอดไฟฟ้าชนิดอื่นๆที่ใช้สำหรับการประมงในปัจจุบันต่อไปในอนาคต

#### 5.1 วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการออกแบบและทดสอบการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานในด้านการประมง เพื่อเป็นแหล่งกำเนิดแสงแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์และหลอดไฟฟ้าชนิดอื่นๆที่ใช้ในการประมง โดยทำการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงมาทำเป็นแหล่งกำเนิดแสงในรูปแบบต่างๆ เพื่อทำการทดสอบวัดข้อมูลการกระจายความเข้มส่องสว่าง ค่าทางไฟฟ้า และทำการคำนวณค่าประสิทธิภาพ ค่าความส่องสว่าง และค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ กับหลอดอินแคนเดสเซนต์ ซึ่งจากการค้นคว้าทดลอง ทำให้เห็นได้ว่า มีแนวโน้มความเป็นไปได้ในการนำหลอดไอโอดเปล่งแสงมาประยุกต์ใช้งานแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ เพราะหลอดไอโอดเปล่งแสงมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน และสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ รวมทั้งมีความคุ้มค่าในการลงทุนระยะยาว แต่ยังไม่สามารถใช้หลอดไอโอดเปล่งแสงแทนที่หลอดทั่วไปเพื่อให้สว่างครอบคลุมพื้นที่วงกว้างได้ เนื่องมาจากมุมการกระจายแสงของหลอดไอโอดเปล่งแสงแต่ละชนิดไม่เหมือนกัน และให้ความสว่างที่น้อย ซึ่งหากมีการพัฒนาโครงสร้างของหลอดไอโอดเปล่งแสง ก็สามารถเชื่อได้ว่าในอนาคตสามารถนำหลอดไอโอดเปล่งแสงมาใช้งานแทนหลอดไฟที่ใช้งานอยู่ในการประมงปัจจุบันได้

#### 5.2 ปัญหาที่พบในโครงการ

5.2.1 เนื่องจากโครงการนี้เป็นนวัตกรรมใหม่ ที่ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงส่งผลให้เอกสารต่างๆที่ใช้ในการอ้างอิงทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษมีน้อยและยากต่อการศึกษา

5.2.2 หลอดไอโอดเปล่งแสงที่ต้องการใช้งานมีราคาสูง ไม่มีข้อมูลประกอบของหลอดไอโอดเปล่งแสงที่นำมาทำการวิจัยและใช้งาน เนื่องจากไม่สามารถหาซื้อได้จากแหล่งผลิตทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมถึงหลอดยังมีประสิทธิภาพที่ไม่แน่นอน

5.2.3 อุปกรณ์บางอย่างไม่สามารถหาซื้อได้ จึงต้องประยุกต์นำอุปกรณ์อื่นมาใช้งานทดแทน ทำให้เสียเวลาในการทดลอง และ ยังส่งผลให้ประสิทธิภาพของวงจรลดลงอีกด้วย

5.2.4 ห้องทดลองและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบต่างๆ ไม่เพียงพอกับความต้องการของนักศึกษาที่ใช้ทำโครงการ

5.2.5 หน่วยงานและบุคคลที่มีความรู้ ความชำนาญ ที่สามารถให้คำปรึกษาและคำแนะนำ มีน้อย และมีความลำบากในการหาข้อมูล

### 5.3 แนวทางการพัฒนาและดำเนินงานต่อไป

แนวทางในการดำเนินงานต่อไป เป็นการปรับปรุงและพัฒนาโครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง ไม่ว่าจะเป็นด้านการส่องสว่าง การประหยัดพลังงาน และราคาทุนที่ลดลง รวมทั้งผลิตุอุปกรณ์ออก ให้สมบูรณ์แบบมากยิ่งขึ้น เพื่อนำไปสู่การนำไดโอดเปล่งแสงไปประยุกต์ใช้งานในระบบส่องสว่าง ของการประมง โดยนำไปใช้แทนหลอดไฟฟ้าชนิดต่างๆที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และยังสามารถช่วยแก้ไข ปัญหาการขาดแคลนพลังงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต



## บรรณานุกรม

- [1] วัฒนา ถาวร, การส่องสว่าง, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),พ.ศ.2549
- [2] ชาญศักดิ์ อภัยนิพัฒน์ , เทคนิคการออกแบบระบบแสงสว่าง(ฉบับปรับปรุง), สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),พ.ศ.2545
- [3] ไมตรี วรวิจิตรยากุล,ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 1,ศูนย์การพิมพ์พลชัย,พ.ศ.2530
- [4] มาซาตะเกะ โอทากาวาระ และคณะฯ,เครื่องมือประมงของไทย,สำนักงานฝ่ายฝึกอบรมศูนย์พัฒนาการประมงแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้,พ.ศ.2529
- [5] William Sokimi and Steve Beverly ,Small-scale fishing techniques using light, Secretariat of the Pacific Community Noumea, New Caledonia, 2010
- [6] T. Okamoto, K. Takahashi, H. Ohsawa, K.-I. Fukuchi, K. Hosogane, S. Kobayashi, M. Moniwa, K. Sasa, H. Yoshino, H. Ishikawa, M. Harada, K. Asakura, and H. Ishii, "Application of LEDs to Fishing Lights", Journal of Light & Visual Environment, vol. 32, p. 88-92, 2008.
- [7] H.W.Paerl , "Nuisance phytoplankton blooms in coastal,estuarine and inland waters" , Limnology and Oceanography, vol33 pp.823-847,1988
- [8] สำนักวิจัยและพัฒนาประมงทะเล,"อวนล้อมจับ,  
[http://www.fisheries.go.th/marine/KnowledgeCenter/knowledge/7\\_03\\_50/%BB%C3%D0%E0%C0%B7%CD%C7%B9%C5%E9%CD%C1%A8%D1%BA.pdf](http://www.fisheries.go.th/marine/KnowledgeCenter/knowledge/7_03_50/%BB%C3%D0%E0%C0%B7%CD%C7%B9%C5%E9%CD%C1%A8%D1%BA.pdf)



---

**User's  
Manual**

**51002  
Digital  
Illuminance Meter**

---



---

**YOKOGAWA** ◆  
Yokogawa Meters & Instruments Corporation

RG103  
5th Edition  
Apr. 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Operation

## Components

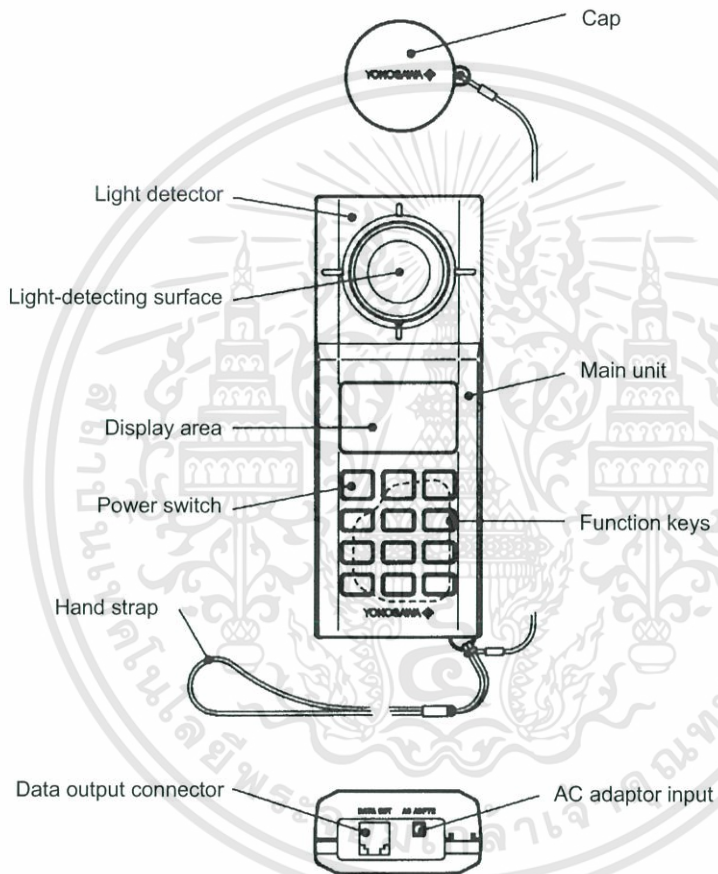
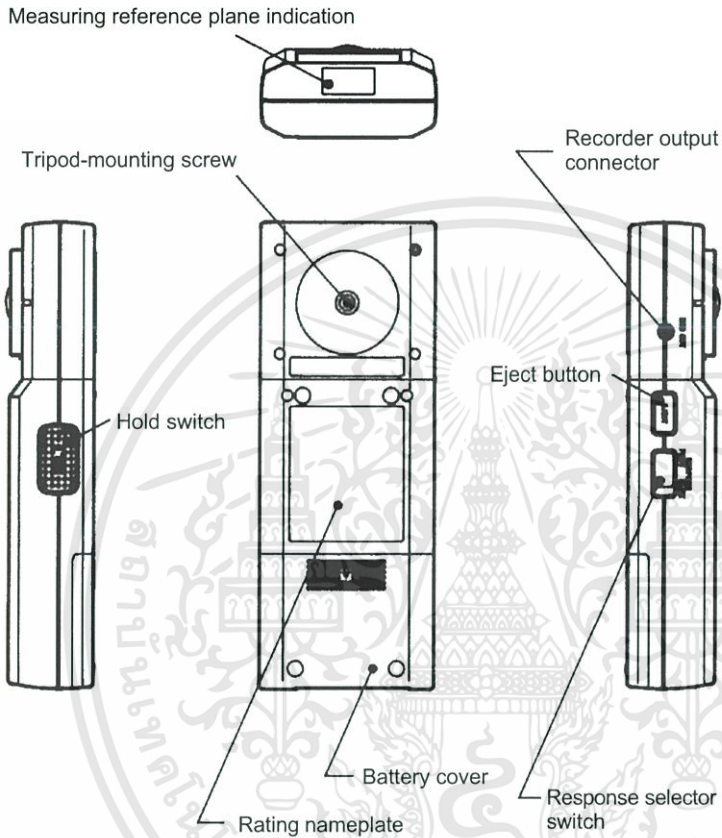


Figure 1. Components

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Display Area

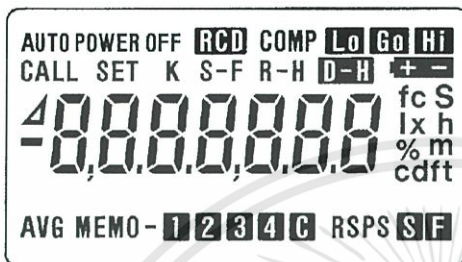


Figure 2. All Display Elements

## Description of Elements in Display Area

Element	Display condition/indication
8.8.8.8.8.8.8	Digital display of measured value, calculated value, and set value
AUTO POWER OFF	Indicates meter in automatic power-off mode
Δ	Deviation
CALL	Indicates when CALL key is pressed
SET	Indicates set mode
K	Color correction factor
REC	Indicates when a plug is inserted into the recorder output connector
S-F	Ripple measurement
COMP Lo Go Hi	Indicates comparator mode
R-H	Indicates range hold
D-H	Indicates data hold and timer hold
	Indicates low battery voltage
AVG MEMO- 1 2 3 4 C	Indicates average illuminance
RSPS S F	Response setup display
S	Timer hold-time unit (sec)
lx	Unit of illuminance
fc	Unit of illuminance
h	Unit of integral time for totalized intensity of illumination
%	Deviation display (%)
m	Unit of length for distance to light source
cd	Unit of the light source; indicated upon light source luminous intensity

## Illuminance Measurement

### Operation

1. Cover the light-detecting surface with the cap and confirm that the **[HOLD]** switch lock is released.
2. Press the **[POWER]** switch to turn on the power. All the characters will appear in the display area. When the meter enters the automatic zero-adjustment mode, **[—CAL—]** appears.

Note: If **[—CAP—]** appears, this means that the cap is not on properly. Press on the cap until **[—CAL—]** appears.

3. When automatic zero adjustment is completed, **[—CAL—]** disappears and **[0.00]** appears.
4. After confirming the **[0.00]** display, remove the cap to start measurement.
5. After the measurement has been completed, press the **[POWER]** switch again to turn off the power, and cover the light-detecting surface with the cap for protection against stray light.

Note: If **[Err]** appears, check the connection between the main unit and light-detecting surface and check the cap to make sure it is on properly, and then start this operation again from the beginning. To disable the automatic power-off function, press the **[HOLD]** switch to lock the switch before turning off the power. When automatic zero adjustment is completed, press the **[HOLD]** switch to release the lock. **[AUTO POWER OFF]** disappears, resulting in automatic power-off being disabled.

Example of display upon illuminance measurement

