



การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสง
แบบประหยัด ระยะที่ 2

โดย
ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2558

A Development of a low-cost laboratory exercises
in Optical communications Phase 2

By

DITSAPON CHUMCHEWKUL



Granted by

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Fiscal year 2015

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ผลงานส่วนหนึ่งที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนจากนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ดิศพล ฉ่ำเขียวกุล

กันยายน 2558



บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : Learn 002/2558

ชื่อโครงการ : การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด ระยะที่ 2

ชื่อนักวิจัย : นายดิศพล ฉ่ำเขียวกุล

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัดสำหรับใช้ประกอบการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรี เป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงที่มีราคาถูกลงและสามารถจัดซื้อได้ง่ายมาพัฒนาเป็นต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการ ผู้ฝึกสอนสามารถซ่อมแซมชุดฝึกปฏิบัติการได้ด้วยตนเองโดยง่ายและใช้ต้นทุนไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ผลการทดสอบการใช้งานโดยนักศึกษาพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการนี้สามารถฝึกฝนทักษะด้านการสื่อสารทางแสงแก่นักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพดังนั้นจึงมีความเหมาะสมในการใช้ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

คำสำคัญ : การสื่อสารทางแสง ชุดฝึกปฏิบัติการ

E-mail Address : ditsapon.chu@rmutr.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 1 ตุลาคม 2557 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2558

Abstract

Code of Project : Learn 002/2558
Project name : A Development of a low-cost laboratory exercises in Optical communications Phase 2
Researcher name : Mr.Ditsapon Chumchewkul

This research is a development of low-cost laboratory exercise in Optical communications. Electronic components are used to create the training exercise. Topics of training exercises can be improved efficiently. The training exercises were evaluated by students and results confirm that these training exercises can be used to improve their skills efficiently. Therefore, it is suitable for using in the class of optical communications.



Keywords : Optical communications, Training exercises

E-mail Address : ditsapon.chu@rmutr.ac.th

Period of Project : 1 October 2014 to 30 September 2015

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
บทที่ 1 บทนำ	1
1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา	1
2 วัตถุประสงค์และขอบเขตการวิจัย	2
3 คำถามการวิจัย	3
4 กรอบแนวคิดการวิจัย	3
5 นิยามศัพท์	4
6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
1 พิสิกส์ของแสง	6
2 การสื่อสารทางแสง	8
3 ประวัติศาสตร์การสื่อสารทางแสง	9
4 สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์	10
5 เส้นใยนำแสง	13
6 การเข้าหัวเส้นใยนำแสง	14
7 เครื่องมือวัดสำหรับการสื่อสารทางแสง	14
8 ผลการสำรวจผู้ผลิตอุปกรณ์เกี่ยวกับการสื่อสารทางแสง	15
บทที่ 3 การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด	17
1 หลักการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการ	17
2 การออกแบบบอร์ดสำหรับการทดลอง	18
3 โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง	19
4 การทดลองคุณสมบัติทางพิสิกส์ของแสง	20
5 การทดลองแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสง	20
6 การทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยนำแสง	22
7 การทดสอบวงจรรับส่งข้อมูล	23

8 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์	24
9 การใช้งานเครื่องมือวัดสำหรับการสื่อสารทางแสง	25
10 การทดลองเข้าหัวเส้นใยนำแสง	26
บทที่ 4 ผลการทดสอบชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด	27
1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	27
บทที่ 5 บทสรุป	29
1 สรุปผลการวิจัย	29
2 อภิปรายผล	29
3 ข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30
ภาคผนวก ก. เอกสารประกอบชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง	31
ภาคผนวก ข. ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	52
ประวัติผู้วิจัย	61



สารบัญตาราง

ตารางที่

4-1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ

หน้า

28



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	7
2-2	การสะท้อนและหักเหของแสง	8
2-3	โครงสร้างการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง	9
2-4	หลอดไดโอดเปล่งแสง	10
2-5	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าพอร์เวิร์ดและความเข้มแสง	11
2-6	วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง	11
2-7	หลอดไดโอดเลเซอร์	12
2-8	โฟโตไดโอด	12
2-9	โฟโตทรานซิสเตอร์	13
2-10	วงจรตรวจจับสัญญาณทางแสง	13
2-11	เส้นใยนำแสง	14
2-12	เครื่องมือวัด	15
3-1	โครงสร้างบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการทดลอง	18
3-2	ชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด	18
3-3	โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง	20
3-4	วงจรสำหรับการทดลอง	21
3-5	วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์	21
3-6	การทดสอบคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง	22
3-7	การทดสอบค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสง	23
3-8	วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์	23
3-9	การทดลองวงจรรับส่งข้อมูล	24
3-10	วงจรทดสอบโมดูล IR Receiver	24
3-11	วงจรทดสอบโมดูล Optical Reflector	24
3-12	การทดลองโมดูล Optical Reflector	25
3-13	การทดลอง Optical Power Meter และ Optical Light Source	25
3-14	การทดลองใช้งาน Visual Fault Locator	26
3-15	การทดลองเข้าหัวเส้นใยนำแสง	26
4-1	การทดสอบชุดฝึกปฏิบัติการ	27

บทที่ 1 บทนำ

1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

การผลิตบัณฑิตนักปฏิบัติซึ่งมีความรู้ความสามารถเป็นอัตลักษณ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ซึ่งมีการดำเนินการในลักษณะต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง อาทิ การเพิ่มพูนทักษะของนักศึกษาผ่านระบบสหกิจศึกษา เป็นต้น การฝึกฝนทักษะของนักศึกษาผ่านการเรียนในภาคปฏิบัติในห้องปฏิบัติการของมหาวิทยาลัยก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีการดำเนินงาน ปัจจุบันนักศึกษาที่เข้ารับการอบรมในสาขาวิชาต่าง ๆ ได้รับความรู้จากการเข้าเรียนปฏิบัติการต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องและส่งผลให้นักศึกษามีทักษะความรู้ความสามารถเพียงพอแก่การทำงานในภาคอุตสาหกรรม สำหรับสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ก็ได้จัดการเรียนการสอนทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติในรายวิชาต่าง ๆ ซึ่งหนึ่งในวิชาเหล่านั้นก็คือวิชา TEE4226 การสื่อสารทางแสง (Optical communications) [1] เป็นรายวิชาซึ่งถ่ายทอดความรู้ทั้งในภาคทฤษฎีและปฏิบัติด้านการสื่อสารทางแสง การกระจายของคลื่นแสง ชนิดคุณสมบัติและขบวนการผลิตของเส้นใยแก้วนำแสง การประมาณการระบบการเชื่อมต่อ พารามิเตอร์ในการส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสง แหล่งกำเนิดแสงและการตรวจจับสัญญาณแสง การเข้ารหัส การมัลติเพล็กซ์และดีมัลติเพล็กซ์ ระบบการทวนสัญญาณ การประยุกต์ใช้งานคลื่นแสงและอุปกรณ์แสง สำหรับงานสื่อสาร ปัจจุบันมีการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อรองรับการสอนเทคโนโลยีต่าง ๆ ด้วยที่ชุดฝึกปฏิบัติการส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การฝึกปฏิบัติการทดลองด้านทฤษฎีต่าง ๆ ของการสื่อสารทางแสงแต่ทว่ามิได้ครอบคลุมถึงการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบสื่อสารทางแสงดังนั้นหากมีการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการเพิ่มเติมเพื่อให้ความรู้ทางด้านทางออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสารทางแสงเพื่อให้นักศึกษามีโอกาสฝึกปฏิบัติโดยตรงจะทำให้ นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงได้ดีขึ้นและสามารถนำไปต่อยอดในการทำโครงงานหรือรายวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้อย่างไรก็ตามการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับฝึกปฏิบัติการเพิ่มเติมนั้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการ โดยส่วนใหญ่แล้วการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการต่าง ๆ มักเป็นการจัดซื้อจากผู้ผลิตจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นหากสามารถผลิตชุดฝึกปฏิบัติการบางส่วนเพื่อใช้สอนนักศึกษาได้เองแล้วก็จะสามารถลดต้นทุนในการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการไปได้เป็นอย่างมากและยังสามารถเพิ่มจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการให้นักศึกษาได้มีโอกาสฝึกปฏิบัติการด้วยตนเองได้มากขึ้นได้

จากเหตุผลข้างต้น ในปีงบประมาณ พ.ศ.2557 ผู้วิจัยจึงได้จัดทำโครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด” โดยเป็นการการพัฒนาต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนในรายวิชาการสื่อสารทางแสง ระหว่างดำเนินงานมีการเป็นการสำรวจข้อมูลและจัดทำต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการทางด้านสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) [2] เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง

(Light Emitting Diode) เลเซอร์ไดโอด (Laser diode) และโฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นต้น ออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการออกแบบวงจรสื่อสารแบบแอนะล็อกและดิจิทัลสำหรับการสื่อสารทางแสง ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการสื่อสารทางแสงที่นักศึกษาควรรู้ การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการจะ มุ่งเน้นที่การนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและสามารถจัดซื้อได้ง่ายและมีราคาถูกมาใช้ ประกอบการฝึกปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานหรือ เรียนรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองในภายหลังได้ โครงการวิจัยดังกล่าวได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก เงินรายได้ประจำปีการศึกษา 2557 และได้พัฒนาต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงและ ประเมินผลโดยนักศึกษาที่ลงทะเบียนในรายวิชา TEE 4210 ปฏิบัติการสื่อสารทางแสง ผู้ฝึกสามารถ ฝึกทักษะการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การใช้งานเครื่องมือวัด พร้อมทั้งเสริมสร้างความเข้าใจในทฤษฎี ที่เกี่ยวกับการสื่อสารทางแสง ผลการวิจัยบางส่วนระหว่างการวิจัยถูกใช้เพื่อการจัดทำบทความวิจัย “การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด” [3] เพื่อนำเสนอในการประชุมวิชาการ เครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า 2557 (EENET2014) เพื่อรับทราบข้อเสนอนี้จากผู้เชี่ยวชาญ โดยผล การประเมินจากนักศึกษาบางส่วนแสดงให้เห็นว่าชุดฝึกปฏิบัติการนี้สามารถให้ความรู้ทางด้านการ สื่อสารทางแสงและทักษะการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้ในระดับดี รายการฝึกปฏิบัติการสอดคล้องกับ เนื้อหา และผู้ใช้งานมีความพึงพอใจในการใช้งานในระดับดี ความสะดวกในการใช้งานชุดฝึก ปฏิบัติการอยู่ในระดับปานกลางถึงขั้นดี จึงเป็นชุดฝึกปฏิบัติการที่มีความเหมาะสมต่อการนำมาปรับ ใช้ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง สามารถนำมาปรับใช้ร่วมกับการเรียนการสอนได้อย่างมี ประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนในการจัดหาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงได้

จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความประสงค์ดำเนินการวิจัย “โครงการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการ ด้านการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด ระยะที่สอง” เพื่อปรับปรุงต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการและเอกสาร ต่าง ๆ ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น โดยเป็นการปรับปรุงการทดลองและเอกสารประกอบให้ครอบคลุม ทฤษฎีต่าง ๆ มากขึ้น อาทิ ฟิสิกส์ของแสง การใช้งานเครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสง และ การเข้าหัวเส้นใยนำแสง (Fiber optic termination) [1] มีการเพิ่มจำนวนบอร์ดชุดฝึก ปฏิบัติการเป็น 6 ชุดเพื่อให้นักศึกษาสามารถฝึกปฏิบัติการทดลองได้หลายคนพร้อมกัน มีการ ปรับปรุงวงจรประกอบการฝึกปฏิบัติการเพื่อเพิ่มการป้องกันความเสียหายแก่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ ใช้ในการทดลอง พร้อมทั้งจัดทำต้นฉบับเอกสารประกอบคำสอนเรื่อง “คู่มือประกอบการฝึก ปฏิบัติการสื่อสารทางแสง” เพื่อรองรับการนำมาปรับใช้งานร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการอื่น ๆ ตาม รายวิชา TEE4229 การสื่อสารทางแสงในอนาคต

2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการวิจัย

- 2.1. สํารวจข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์
- 2.2. พัฒนาสื่อและอุปกรณ์ประกอบการสอนวิชาการสื่อสารทางแสงซึ่งครอบคลุมทฤษฎี พื้นฐานของการใช้งานหลอดไดโอดเปล่งแสง อุปกรณ์ตรวจจับแสง และการส่ง ข้อมูลผ่านเส้นใยนำแสง การเข้าหัวคอนเนคเตอร์สำหรับเส้นใยนำแสงและการใช้ เครื่องมือวัดที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสง
- 2.3. จัดทำเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติการ

3 คำถามการวิจัย

ปัจจุบันมีบริษัทต่าง ๆ ได้จัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงเพื่อรองรับการสอนเทคโนโลยีต่าง ๆ อย่างครบครัน แต่ด้วยที่ชุดฝึกปฏิบัติการส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่การฝึกปฏิบัติการทดลองด้านทฤษฎีต่าง ๆ ของการสื่อสารทางแสงแต่ทว่ามิได้ครอบคลุมถึงการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบสื่อสารทางแสงดังนั้นหากมีการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการเพิ่มเติมเพื่อให้ความรู้ทางด้านทางออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการสื่อสารทางแสงเพื่อให้นักศึกษามีโอกาสฝึกปฏิบัติโดยตรงก็จะทำให้นักศึกษาสามารถทำความเข้าใจการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงได้ดีขึ้นและสามารถนำไปต่อยอดในการทำโครงการหรือรายวิชาอื่น ๆ ต่อไปได้ อย่างไรก็ตามการจัดซื้ออุปกรณ์สำหรับฝึกปฏิบัติการเพิ่มเติมนั้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการ โดยส่วนใหญ่แล้วการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการต่าง ๆ มักเป็นการจัดซื้อจากผู้ผลิตจากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพง ดังนั้นหากสามารถผลิตชุดฝึกปฏิบัติการบางส่วนเพื่อใช้สอนนักศึกษาได้เองแล้วก็จะสามารถลดต้นทุนในการจัดเตรียมชุดฝึกปฏิบัติการไปได้เป็นอย่างมากและยังสามารถเพิ่มจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการให้นักศึกษาได้มีโอกาสฝึกปฏิบัติการด้วยตนเองได้มากขึ้นได้ ทั้งนี้ จากการที่ได้รับโอกาสจากทางมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีในการไปอบรมทางด้าน Industrial Electronics ณ Nanyang Polytechnic สิงคโปร์ใน พ.ศ.2555 ที่ผ่านมาพบว่าการจัดอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ ณ Nanyang Polytechnic มักผลิตและจัดเตรียมเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติการโดยอาจารย์ผู้สอนเพื่อให้สอดคล้องกับการสอนและปรับปรุงแบบการฝึกปฏิบัติการตามความต้องการของภาคอุตสาหกรรม ณ ปัจจุบันมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้เพื่อให้นักศึกษาสามารถนำไปใช้ได้จริงในภาคอุตสาหกรรม ในห้องปฏิบัติการแต่ละมีจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการขนาดเล็กเป็นจำนวนมากและเพียงพอให้นักศึกษาสามารถใช้ฝึกภาคปฏิบัติได้ 2 คนต่อหนึ่งชุดฝึกปฏิบัติการส่งผลให้การสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

การทดลองที่เกี่ยวข้องกับเส้นใยนำแสง (Optical fiber) ก็เป็นหนึ่งในหัวข้อการทดลองที่มีความสำคัญเพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจหลักการการทำงานของอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์เส้นใยนำแสง การเข้าหัวเส้นใยนำแสง รวมถึงการใช้งานเครื่องมือวัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นหากมีการเพิ่มเติมการทดลองดังกล่าวก็จะสามารถช่วยเพิ่มศักยภาพในการเรียนการสอนได้อย่างดี

4 กรอบแนวคิดการวิจัย

จากสาเหตุดังกล่าว โครงการนี้จึงมีการพัฒนาต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนในรายวิชาการสื่อสารทางแสง เป็นการสำรวจข้อมูลและจัดทำต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการทางด้านสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) เช่น หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode) เลเซอร์ไดโอด (Laser diode) และโฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นต้น ออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการออกแบบวงจรสื่อสารแบบแอนะล็อกและดิจิทัลสำหรับการสื่อสารทางแสงซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญสำหรับการสื่อสารทางแสงที่นักศึกษาควรรู้ มีการจัดทำคู่มือปฏิบัติการเข้าหัวเส้นใยนำแสงและการใช้งานเครื่องมือวัดต่าง ๆ

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการจะมุ่งเน้นที่การนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและสามารถจัดซื้อได้ง่ายและมีราคาถูกมาใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาเกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานหรือเรียนรู้เพิ่มเติมด้วยตนเองในภายหลังได้ ด้วยที่ผู้สอนจัดเตรียม

ชุดฝึกปฏิบัติการเองโดยตรงดังนั้นจึงสามารถปรับรูปแบบการฝึกปฏิบัติการทดลองตามรูปแบบการสอนได้และยังควบคุมต้นทุนการจัดเตรียมชุดฝึกให้มีราคาถูกลงและสะดวกในการจัดเตรียมได้ ผลงานทั้งหมดตลอดโครงการนี้สามารถนำไปใช้สนับสนุนการเรียนการสอนรายวิชา TEE4226 การสื่อสารทางแสง การออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการจะพยายามออกแบบเพื่อให้มีต้นทุนในการผลิตที่ไม่แพงมากนัก จุดเด่นของต้นแบบชุดฝึกปฏิบัติการทางด้านการสื่อสารทางแสงที่จะพัฒนาขึ้นนั้นคือมีราคาถูกลงและสะดวกแก่การปรับปรุงหรือซ่อมแซม นักศึกษาสามารถใช้ประกอบการเรียนรู้ได้โดยง่ายและครอบคลุมทฤษฎีพื้นฐานของการสื่อสารทางแสง ทั้งนี้จะมีการทดสอบการทำงานโดยนักศึกษาเพื่อประเมินผลการใช้งานด้วยแบบสอบถาม ข้อเสนอประเมินผลการเรียนรู้และการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างการฝึกปฏิบัติการเพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไป

แนวทางการปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงบางส่วนเกิดขึ้นจากการที่ผู้วิจัยได้มีโอกาสในการเข้าร่วมเป็นวิทยากรถ่ายทอดองค์ความรู้ในโครงการบริการวิชาการ “ค่ายเยาวชนอิเล็กทรอนิกส์ (E-Camp)” ซึ่งเป็นกิจกรรมบริการวิชาการของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีซึ่งจัดเป็นประจำทุกปีและมีการเชิญนักศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาให้ความรู้ด้านการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ นักศึกษากลุ่มดังกล่าวอยู่ในวัยที่มีความชอบในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ดังนั้นหากมีการปรับปรุงรูปแบบการนำเสนอต่าง ๆ ระหว่างการเรียนการสอนให้นักศึกษากลุ่มดังกล่าวนี้สนใจในการเรียนรู้ได้แล้วก็ควรจะนำมาปรับใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ เพื่อปรับสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนให้มีความเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาซึ่งเป็นคนรุ่นใหม่ได้เช่นเดียวกัน

5 นิยามศัพท์

การสื่อสารทางแสง (Optical communications) คือระบบสื่อสารรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แสงเป็นพาหะสำหรับการสื่อสารระหว่างต้นทางและปลายทาง

อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณระหว่างสัญญาณทางแสงและสัญญาณทางไฟฟ้า

แหล่งกำเนิดแสง (Light source) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่กำเนิดแสงหรือรังสี

อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photo detector) คืออุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แปลงแสงให้กลายเป็นไฟฟ้า
แสง (Light) คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 400 และ 700 นาโนเมตรที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

เครื่องวัดความเข้มแสง (Optical power meter) คือเครื่องมือสำหรับวัดกำลังงานหรือความเข้มของแสงที่ส่งผ่านเส้นใยนำแสง

เครื่องตรวจสอบจุดเสียของเส้นใยนำแสง (Optical Fiber Visual fault locator) คือเครื่องมือสำหรับตรวจสอบตำแหน่งของเส้นใยนำแสงที่เกิดความผิดปกติขึ้น

6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 6.1 นำไปใช้เป็นประโยชน์แก่การเรียนการสอนรายวิชา TEE4226 การสื่อสารทางแสง ของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
- 6.2 ลดต้นทุนการจัดเตรียมและซ่อมแซมชุดฝึกปฏิบัติการ
- 6.3 ผลลัพธ์ของการดำเนินงานสามารถนำไปต่อยอดเพื่อสร้างผลงานวิจัยในอนาคตได้



บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสง อาทิ หลักการสื่อสารทางแสง คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแสง สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ เส้นใยนำแสง การออกแบบวงจรกำเนิดและตรวจจับสัญญาณทางแสง

1 ฟิสิกส์ของแสง

แสง (Light) คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงความยาวคลื่น (Wavelength) ระหว่าง 400 และ 700 นาโนเมตร มนุษย์สามารถมองเห็นแสงได้ด้วยตาเปล่า แสงและคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความยาวคลื่นต่าง ๆ มีความเกี่ยวข้องกับมนุษย์ในหลากหลายรูปแบบ สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 700นาโนเมตรและคลื่นวิทยุถูกเรียกว่าเป็นรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) ในขณะที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 10-400 นาโนเมตรถูกเรียกว่าเป็นรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet radiation) ภาพที่ 1-2 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการประยุกต์ใช้งาน มนุษย์ใช้งานคลื่นวิทยุและคลื่น ไมโครเวฟในการสื่อสารผ่านอากาศ รังสีอินฟราเรด รังสีเหนือม่วง และแสงถูกแพร่จากแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ รวมทั้งดวงอาทิตย์ ความถี่ (Frequency; f) ความยาวคลื่น (Wavelength ; λ) ของแสงและรังสีต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

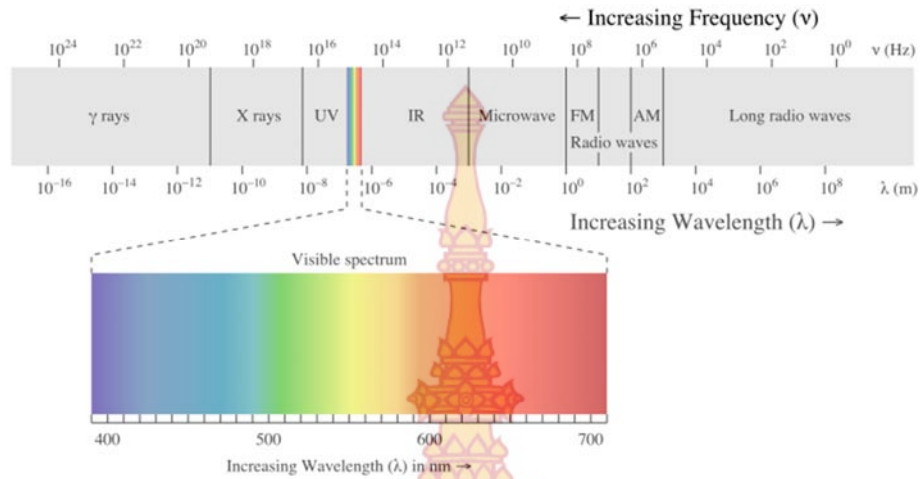
$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (2.1)$$

เมื่อ v คือความเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ ในกรณีที่แสงเดินทางผ่านอากาศจะพบว่าแสงเดินทางผ่านอากาศได้ด้วยความเร็วคงที่ $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ซึ่งแทนด้วยค่าคงที่ c ดังนั้นจะได้ว่า

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad (2.2)$$

ในทำนองเดียวกัน คาบเวลา (Period) และความถี่ของแสงก็มีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$f = \frac{1}{T} \quad (2.2)$$



ภาพที่ 2-1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ในกรณีที่แสงเดินทางผ่านตัวกลางใด ๆ ส่งผลให้แสงมีความเร็วลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วของแสงในสุญญากาศ ความเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ นั้นมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีหักเห (Reflective index of light; n) ของตัวกลางต่าง ๆ เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างความเร็วปกติของแสงในอากาศ (หรือสุญญากาศ) กับความเร็วของแสงในตัวกลางอื่น ๆ สามารถคำนวณได้จาก

$$n = \frac{c}{v} \quad (2.3)$$

การวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ของแสงสามารถกระทำได้โดยใช้ทฤษฎีต่าง ๆ ซึ่งได้รับการพัฒนาขึ้นตามกาลเวลา ในอดีตมีการนำหลักการต่าง ๆ หลายรูปแบบมาใช้ในการศึกษาธรรมชาติของแสงจนกระทั่งในช่วงต้นของศตวรรษที่ 17 มีการเชื่อว่าแสงประกอบด้วยกระแสของอนุภาค (Stream of particle) ที่แพร่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง โดยมีการเคลื่อนที่เป็นเส้นตรง เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางซึ่งมีดัชนีหักเหที่ต่างกันส่งผลให้แสงเกิดการสะท้อน (Reflection) และการหักเห (Refraction) ขึ้นได้ มุมตกกระทบของรังสีตกกระทบ ϕ_{in} จะมีค่าเท่ากับมุมสะท้อนของรังสีสะท้อน $\phi_{reflect}$ ของแสงดังสมการต่อไปนี้

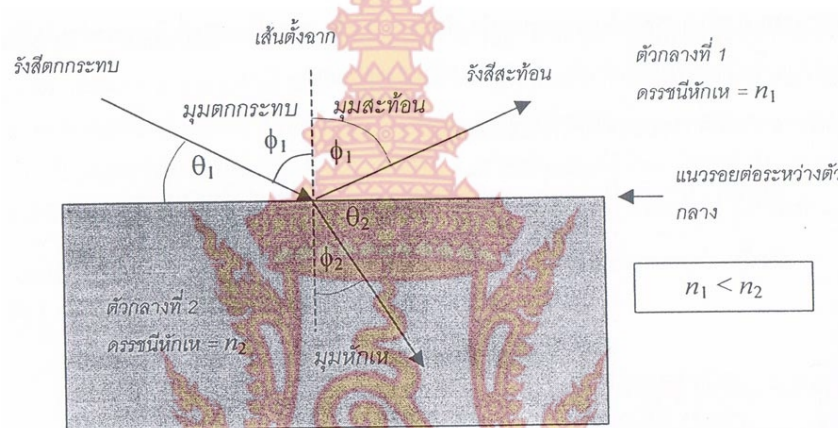
$$\phi_{in} = \phi_{reflect} \quad (2.4)$$

ในขณะที่มุมตกกระทบของรังสีตกกระทบและมุมหักเห $\phi_{reflect}$ ของรังสีสะท้อนมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้

$$n_1 \sin \phi_{in} = n_2 \sin \phi_{reflect} \quad (2.5)$$

เมื่อ n_1 และ n_2 คือดัชนีหักเหของแสงในตัวกลางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในกรณีที่ตัวกลางที่ 1 มีดัชนีหักเหมากกว่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 แล้ว หากมุมตกกระทบ θ_1 มีค่าลดลงมากจนถึงระดับหนึ่งแสงจะเกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (Total Internal Reflection หรือ TIR) ขึ้นโดยที่มุมวิกฤติ (Critical angle) θ_c ที่แสงเริ่มเกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\theta_c = \cos^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (2.6)$$



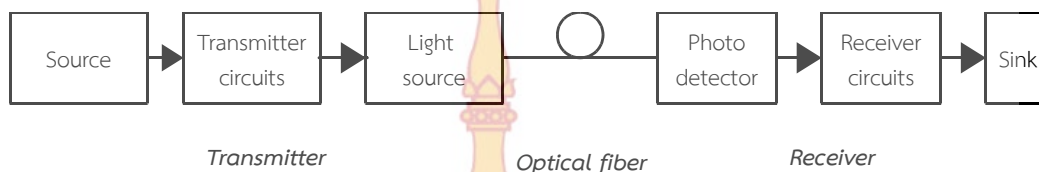
ภาพที่ 2-2 การสะท้อนและหักเหของแสง

ใน ค.ศ.1815 Fresnel แสดงให้เห็นว่าแสงคุณสมบัติในการแพร่ของแสงสามารถมองในรูปของการเคลื่อนที่ของคลื่นได้ ดังนั้นจึงสามารถนำหลักการของคลื่นมาใช้เพื่ออธิบายการเลี้ยวเบน (Diffraction) ของแสงได้ ใน ค.ศ.1864 Maxwell ได้พิสูจน์ว่าคลื่นแสง (Light wave) ประพุดตัวเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic)

2 การสื่อสารทางแสง

การสื่อสารทางแสง (Optical communications) คือการสื่อสารรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แสงเป็นพาหะในการส่งถ่ายข่าวสารระหว่างภาคส่งและภาครับ พื้นฐานการสื่อสารทางแสงมีการทำงานดังภาพที่ 2-3 เป็นโครงสร้างระบบสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง (Optical fiber communications) สำหรับภาคส่งเป็นการนำข้อมูลจากแหล่งข่าว (Source) มาแปลงเป็นสัญญาณที่เหมาะสมและแปลงจากสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นสัญญาณทางแสง ภาคที่ทำหน้าที่ดังกล่าวนี้ถูกเรียกว่า (Electrical-to-Optical converter หรือ E/O Converter) อุปกรณ์ส่วนใหญ่ที่ทำหน้าที่กำเนิดแสงได้แก่หลอดแอลไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode หรือ LED) และเลเซอร์ไดโอด (Laser diode) สัญญาณแสงที่ถูกกำเนิดขึ้นมานั้นถูกส่งผ่านเส้นใยนำแสงซึ่งเชื่อมต่อระหว่างภาคส่งและภาครับ ที่ภาครับอุปกรณ์ตรวจจับแสง เช่น โฟโตไดโอด (Photodiode) และโฟโตทรานซิสเตอร์ถูกใช้เพื่อการแปลงสัญญาณ

แสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าและวงจรต่าง ๆ ที่ภาครับทำหน้าที่แปลงสัญญาณให้กลายเป็นข้อมูลสำหรับการนำไปใช้งานต่อไป ภาคซึ่งทำหน้าที่แปลงจากสัญญาณทางแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ามีชื่อเรียกว่า (Optical-to- Electrical converter หรือ O/E Converter)



ภาพที่ 2-3 โครงสร้างการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

3 ประวัติศาสตร์การสื่อสารทางแสง

การสื่อสารทางแสงคือการสื่อสารรูปแบบหนึ่งซึ่งใช้แสง (Light) เป็นพาหะในการส่งถ่ายข้อมูลระหว่างจุดสองจุด โดยอาจอยู่ในรูปของการสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสง (Optical fiber) หรือการสื่อสารผ่านอากาศ (Free space) ก็ได้ ปัจจุบันมีการสื่อสารทางแสงมีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์หลากหลายรูปแบบ เช่น การสื่อสารระหว่างดาวเทียมและสถานีภาคพื้นดินโดยใช้เลเซอร์ การควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยรีโมทอินฟราเรด และการเชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ตระหว่างอาคารโดยใช้เส้นใยนำแสง เป็นต้น ในอดีตนั้นมนุษย์ใช้แสงเป็นตัวกลางสำหรับการสื่อสารในลักษณะต่าง ๆ มาเป็นระยะเวลาอันยาวนานพอสมควร เช่น การสื่อสารด้วยควันไฟ พลุสัญญาณ ในยุคก่อนคริสตกาล Aeschylus นักปราชญ์ชาวกรีก ได้ใช้กองไฟเพื่อการสื่อสารระหว่างเมือง Asia Minor และ Argos ในทวีปยุโรปมีการสร้างเครือข่ายการสื่อสารระหว่างเมืองต่าง ๆ ด้วย Shutter telegraph มีการพัฒนา Heliograph เพื่อการส่งข้อมูลรหัสมอร์สด้วยแสงจากดวงอาทิตย์ ในเวลาต่อมา นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาและทดลองปรากฏการณ์ต่าง ๆ ของแสง เช่น การทดสอบการเดินทางของแสงที่สะท้อนไปมาในลำน้ำเล็ก ๆ ที่ไหลออกมาจากรูมีขนาดเล็ก การทดลองส่งแสงผ่านท่อแก้วซึ่งทำงานโลหะทรงกระบอกที่สามารถสะท้อนแสงได้ ใน ค.ศ.1880 Alexander Graham Bell ผู้คิดประดิษฐ์ระบบโทรศัพท์ได้กล่าวถึงแนวทางการส่งข้อมูลด้วยโทรศัพท์แสง (Photophone) ในเวลาต่อมาเริ่มมีการนำเส้นใยแก้วเล็กๆมาัดรวมกันเป็นท่อที่ใหญ่ขึ้นเพื่อใช้นำแสงระหว่างสองจุด ใน ค.ศ.1966 เริ่มมีการวิจัยเกี่ยวกับท่อนำสัญญาณแสง ในช่วงยุคเริ่มแรกเส้นใยแก้วที่ผลิตขึ้นมีการลดทอนสูงมากถึง 1000 dB/km จึงยังไม่เป็นที่สนใจนัก ต่อมาใน ค.ศ.1970 ได้มีการพัฒนาเส้นใยแก้วที่มีการลดทอนสัญญาณลดลง นอกจากนั้น Charles Kao และคณะผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับคุณสมบัติของเส้นใยนำแสงจากผู้ผลิตทั้งหมดและพบว่าเวลาที่เส้นใยนำแสงมีการลดทอนสูงนั้นเกิดจากการที่ Silica glass ที่ใช้ไม่บริสุทธิ์มากพอ ส่งผลให้ปัจจุบันเกิดการพัฒนากล้องนำแสงซึ่งสามารถใช้เป็นตัวกลางสำหรับการส่งแสงโดยมีการลดทอน (Attenuation) ต่ำได้ และประกอบกับการพัฒนาเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำต่าง ๆ รวมถึงอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ [3] ทำให้การสื่อสารทางแสงสามารถนำมาใช้งานได้จริง ด้วยที่การสื่อสารทางแสงสามารถส่งข้อมูลในระยะทางไกลได้ด้วยอัตราเร็วสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการสื่อสารแบบอื่น ๆ ปัจจุบันจึงเป็นการสื่อสารประเภทหนึ่งซึ่งถูกนำมาใช้งานต่าง ๆ อาทิ การเชื่อมต่อโครงข่ายการสื่อสารระหว่างประเทศด้วยเส้นใยนำแสง (Optical fiber) [2] การควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ด้วยรังสีอินฟราเรด (Infrared radiation)

และการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) เพื่อตรวจจับวัตถุในภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องหลายรูปแบบ เช่น การพัฒนาระบบสื่อสารด้วยแสงที่มองเห็นได้ (Visible light communications) [4] และระบบสื่อสารด้วยรังสีเหนือม่วง (Ultraviolet communications) [5] เป็นต้น

4 สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic devices) ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงได้แก่อุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง (Light source) และอุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photo detector) โดยอุปกรณ์แต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังนี้

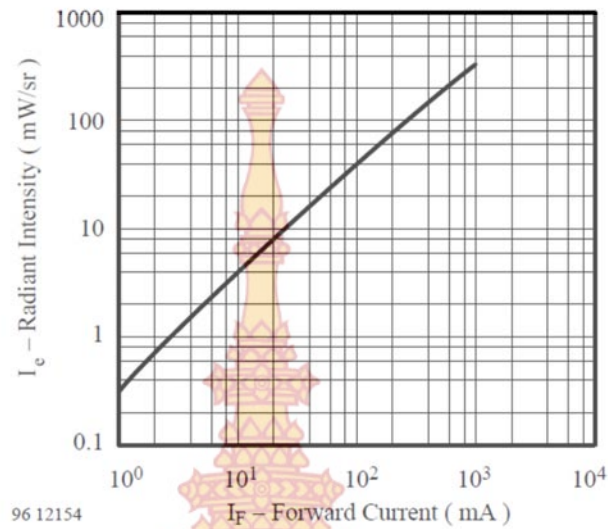
4.1 หลอดไดโอดเปล่งแสง

หลอดไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode หรือ LED) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงตามความยาวคลื่นต่าง ๆ เมื่อได้รับการไบอัสกระแสไฟฟ้าที่ถูกต้อง แสงหรือรังสีที่เปล่งออกมาจากช่วงรอยต่อ P-N ของหลอดไดโอดเปล่งแสง



ภาพที่ 2-4 หลอดไดโอดเปล่งแสง (ก) สัญลักษณ์ (ข) โครงสร้างภายในอุปกรณ์ [7]

การควบคุมการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสำหรับใช้เป็นภาคส่งของการสื่อสารทางแสงทำได้ด้วยการควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ เนื่องจากกำลังงานหรือความเข้มของแสงที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงแปรผันตามปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านอุปกรณ์ดังตัวอย่างในภาพที่ 2-5 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าฟอร์เวิร์ด (Forward current) และความเข้มการส่องสว่าง (Radian intensity) ของหลอดไดโอดเปล่งแสง TSAL7400 ของบริษัท Vishay Telefunken



ภาพที่ 2-5 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าฟอร์เวิร์ดและความเข้มแสง

ภาพที่ 2-6 เป็นตัวอย่างวงจรภาคขับหลอดไดโอดเปล่งแสงซึ่งใช้ทรานซิสเตอร์ในการควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสง ในการทำงานนั้นเมื่อป้อนแรงดัน V_{in} เข้าสู่วงจรจะส่งผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเปล่งแสงแปรผันตามประมาณแรงดันไฟฟ้า V_{in} เนื่องจากกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาเบสของทรานซิสเตอร์จะมีความสัมพันธ์กับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขาเอมิส ในกรณีที่ต้องการส่งข้อมูลดิจิทัลทรานซิสเตอร์จะทำงานคล้ายกับสวิตช์เพื่อควบคุมการติดและดับของหลอดไดโอดเปล่งแสง

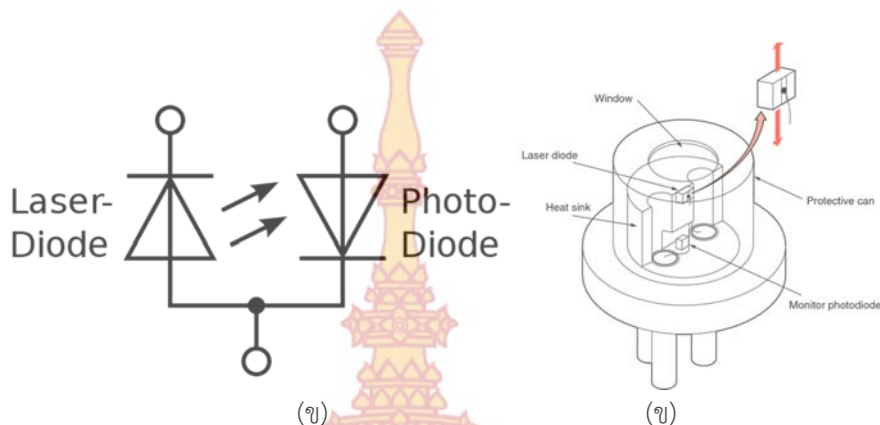


ภาพที่ 2-6 วงจรกำเนิดสัญญาณทางแสง

4.2 เลเซอร์ไดโอด

เลเซอร์ไดโอด (Laser diode) เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำเช่นเดียวกับไดโอดแต่ถูกออกแบบมาให้สามารถเปล่งแสงเลเซอร์ได้ ลักษณะของแสงเลเซอร์เป็นแสงที่เป็นระเบียบหรือเป็นแสงโคฮีเรนต์

(Coherent) คือคลื่นที่เปล่งออกมามีเฟสตรงกันและมีทิศทางการพุ่งออกของแสงไปในทิศทางเดียวกัน (Directivity) ทำให้แสงเลเซอร์เสมือนเป็นลำแสงขนานและมีความเข้มแสงสูงมาก



ภาพที่ 2-7 หลอดไดโอดเลเซอร์ (ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์[8]

4.3 โฟโตไดโอด

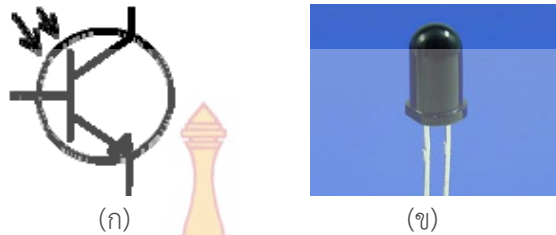
โฟโตไดโอด (Photodiode) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมักถูกนำมาใช้งานที่ภาครับของการสื่อสารทางแสง การใช้งานโฟโตไดโอดเพื่อตรวจจับแสงเป็นการต่อวงจรเพื่อให้โฟโตไดโอดอยู่ในสภาวะ Reverse bias ซึ่งส่งผลให้ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโฟโตไดโอดมีปริมาณเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความเข้มแสงที่ตกกระทบอุปกรณ์



ภาพที่ 2-8 โฟโตไดโอด (ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์ [9]

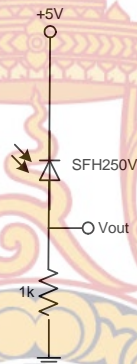
4.4 โฟโตทรานซิสเตอร์

โฟโตทรานซิสเตอร์ (Phototransistor) เป็นหนึ่งในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าอีกชนิดหนึ่ง มีสัญลักษณ์ดังภาพที่ 2-6 (ก)



ภาพที่ 2-9 โฟโตทรานซิสเตอร์ (ก) สัญลักษณ์ (ข) ตัวอย่างอุปกรณ์

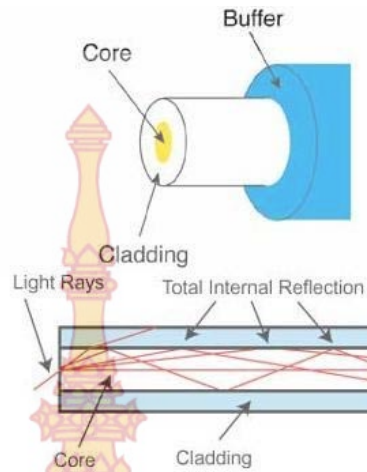
ภาพที่ 2-10 เป็นตัวอย่างวงจรตรวจจับสัญญาณทางแสงโดยใช้โฟโตไดโอดซึ่งถูกต่อใช้งานในลักษณะรีเวิร์สไบอัส เนื่องจากกระแสไฟฟ้ารีเวิร์สไบอัสมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบโฟโตไดโอดดังนั้นจึงส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่เป็นแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่อนุกรมกับโฟโตไดโอดมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มแสง



ภาพที่ 2-10 วงจรตรวจจับสัญญาณทางแสง

5 เส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสง (Optical fiber) หมายถึงท่อนำสัญญาณแสงที่มีขนาดเล็กตันทรงกระบอก คล้ายเส้นเอ็น ทำจากวัสดุโปร่งแสง มีคุณสมบัติที่สำคัญคือมีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำ (Low attenuation) จึงมีความสามารถในการนำสัญญาณแสงได้ดีมาก โครงสร้างพื้นฐานของเส้นใยนำแสง มีลักษณะดังภาพที่ 2-11 โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ส่วนคอร์ (Core) และแคลดหรือแคลคลดิ่ง (Cladding) ซึ่งทำด้วยสารประเภทซิลิกาและอาจเจือ (Doping) สารต่าง ๆ เพื่อให้มีดัชนีหักเหที่แตกต่างกันตามความเหมาะสมในการใช้งาน การเดินทางของแสงในเส้นใยนำแสงจะมีการเดินทางผ่านส่วนคอร์ของเส้นใยนำแสงเท่านั้นโดยอาศัยปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (TIR) ซึ่งส่งผลให้แสงจะเกิดการหักเหบริเวณรอยต่อระหว่างคอร์และแคลดและกลับไปในแกนคอร์ สำหรับส่วนห่อหุ้ม (Jacket หรือ Buffer) ใช้เพื่อเพิ่มความทนทานของเส้นใยนำแสง



ภาพที่ 2-11 เส้นใยนำแสง

ในการออกแบบโครงสร้างภายในของเส้นใยนำแสงเป็นการออกแบบโดยใช้วัสดุที่ใช้ทำคอร์ของแสงซึ่งมีค่าดัชนีหักเหมากกว่าดัชนีหักเหของวัสดุที่ใช้ทำแคลดดิ้งเล็กน้อยเพื่อให้แสงสามารถเกิดปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดบริเวณรอยต่อระหว่างคอร์และแคลดดิ้งได้ จากหลักการดังกล่าวเป็นผลให้สัญญาณทางแสงสามารถเดินทางผ่านแกนคอร์ของเส้นใยนำแสงจากปลายด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งได้ สำหรับค่าองศาสูงสุดในการส่องแสงเข้าสู่ปลายเส้นใยนำแสง ϕ_{\max} ขึ้นอยู่กับค่า Numerical Aperture (NA) ของเส้นใยนำแสงแต่ละเส้น โดยที่สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$NA = \sin(\phi_{\max}) = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (2.7)$$

เมื่อ n_1 และ n_2 เป็นดัชนีหักเหของคอร์และแคลดดิ้งตามลำดับ

6 การเข้าหัวเส้นใยนำแสง

การเข้าหัวเส้นใยนำแสง (Fiber optic termination) เป็นการต่อคอนเนคเตอร์ (Connector) ต่าง ๆ เข้าที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งของเส้นใยนำแสง ปัจจุบันมีการใช้งานคอนเนคเตอร์ต่าง ๆ หลายประเภท เช่น แบบ ST และแบบ FC เป็นต้น ขั้นตอนการเข้าหัวเส้นใยนำแสงเริ่มต้นจากการปลอกสายเส้นใยนำแสงออกด้วยคีมปลอกสาย ต่อจากนั้นทำการวัดระยะปลายสายที่มีความยาว 40 มิลลิเมตรและทำการปลอกสายอีกครั้งเพื่อให้ลอกส่วนฉนวนและแคลดดิ้งออกจนกระทั่งปลายเส้นใยนำแสงเหลือเพียงแคแกนคอร์เท่านั้น ต่อจากนั้นให้ทำความสะอาดปลายเส้นใยนำแสงที่ทำการปลอกไว้ด้วยกระดาษและน้ำยาทำความสะอาดเส้นใยนำแสง นำกาวยีฟ็อกซีใส่หลอดฉีดยาและฉีดสารเข้าไปที่หัวต่อเส้นใยนำแสง ต่อจากนั้นมีการสอดปลายเส้นใยนำแสงที่ทำการปลอกไว้เข้าไปที่หัวต่อเส้นใยนำแสงและใช้คีมย้ำบีบหัวต่อเพื่อให้ยึดติดกับสาย

7 เครื่องมือวัดสำหรับการสื่อสารทางแสง

10.1 Optical Power Meter และ Optical Light Source

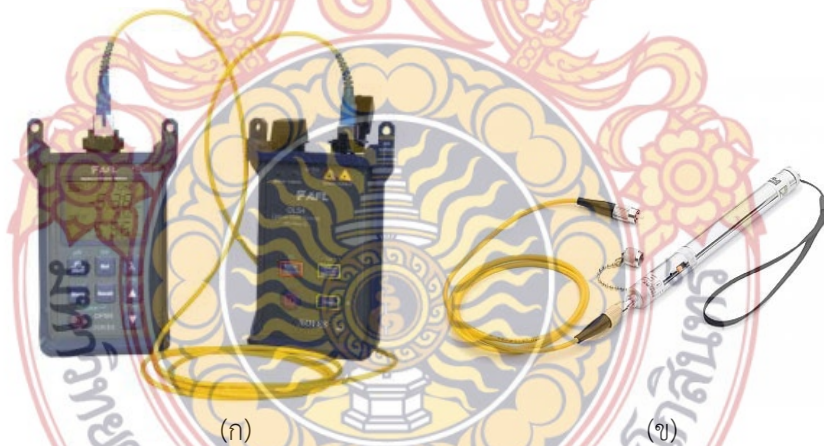
Optical Power Meter เป็นเครื่องมือวัดสำหรับตรวจสอบความเข้มแสงที่รับได้บริเวณปลายของเส้นใยนำแสง หรือใช้ตรวจสอบการลดทอนสัญญาณทางแสงในการส่งผ่านเส้นใยนำแสงโดยการใช้งานร่วมกับ Optical Power Meter เพื่อกำเนิดแสงที่มีระดับความเข้มแสงคงที่เข้าที่ปลายด้านหนึ่งของเส้นใยนำแสงและใช้ Optical Power Meter เพื่อวัดความเข้มแสงบริเวณปลายอีกด้านหนึ่งของเส้นใยนำแสง ค่าที่วัดได้ที่ Optical Power Meter เป็นความเข้มแสงในหน่วยเดซิเบลล์ (Decibel หรือ dB) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงในหน่วยวัตต์ดังสมการต่อไปนี้

$$P_{dB} = 10 \log_{10}(P_w) \quad (2.8)$$

$$P_{dBm} = 10 \log_{10}\left(\frac{P_w}{10^{-3}}\right) \quad (2.9)$$

10.2 เครื่องตรวจสอบจุดเสียของเส้นใยนำแสง

เครื่องตรวจสอบจุดเสียของเส้นใยนำแสง (Fiber optic visual fault locator) เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบเส้นใยนำแสงว่ามีการเกิดความเสียหายขึ้นตรงจุดใดโดยการกำเนิดแสงในช่วงความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าเพื่อค้นหาตำแหน่งที่เกิดการแตกหักของเส้นใยนำแสงได้



ภาพที่ 2-12 เครื่องมือวัด (ก) Optical Power Meter และ Optical Light Source (ข) Fiber Optic Visual Fault Locator

8 ผลการสำรวจผู้ผลิตอุปกรณ์เกี่ยวกับการสื่อสารทางแสง

ปัจจุบันบริษัทต่าง ๆ ผลิตอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ผู้ใช้งานสามารถจัดหาได้จากผู้ขายทั่วไป อาทิ บริษัทอิเล็กทรอนิกส์ ซอร์ส จำกัด [6] บริษัท RS Components Co., Ltd.[7] และบริษัท element14 Pte. Ltd. [8] ในประเทศไทยมีบริษัทต่าง ๆ จำหน่ายอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งระบบสื่อสารทางแสง ได้แก่ เส้นใยนำแสง Media converter เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการสื่อสารทางแสง เช่น บริษัท อินเทอร์เน็ตลิงค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) [9] ในต่างประเทศมีบริษัทต่าง ๆ ผลิตชุดฝึกปฏิบัติการเกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสง ทักษะอุปกรณ์และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของแสง บริษัท Leybold didactic [10] ได้ผลิตชุดฝึกปฏิบัติการต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงพื้นฐานของทักษะอุปกรณ์ เลเซอร์ และเส้นใยนำแสง บริษัท Lambda scientific [11] ได้พัฒนาชุดฝึกทางด้านเส้นใยนำแสง เช่น LEOK-20 Optical fiber Information and Communication experiment kit-basic model ซึ่งมีราคา 4,625 USD เป็นต้น บริษัท Industrial fiber optics[12] ผลิตชุดทดลองทางด้านการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสงรวมทั้งเลเซอร์ และผลิตชุดทดลองทางด้านเส้นใยนำแสงซึ่งผู้ทดลองสามารถนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยมีราคาตั้งแต่ 34 USD จนถึง 110 USD ขึ้นอยู่กับรูปแบบการทดลอง จากการสำรวจข้อมูลในเบื้องต้นพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการทดลองส่วนใหญ่มีราคาแพงและต้องจัดซื้อจากต่างประเทศ



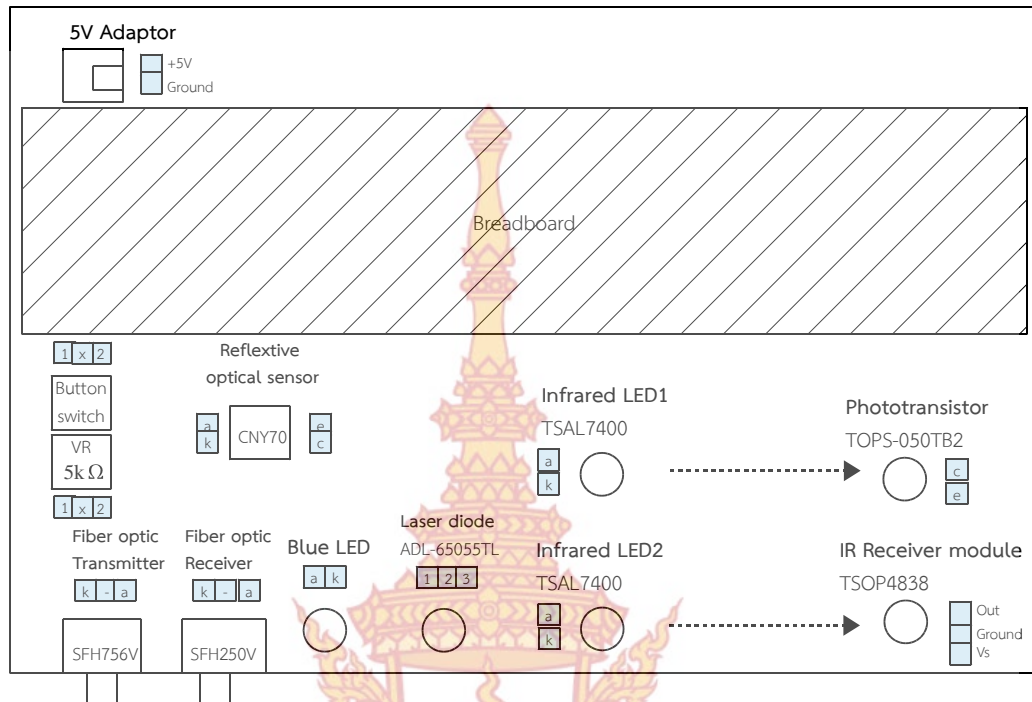
บทที่ 3

การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด

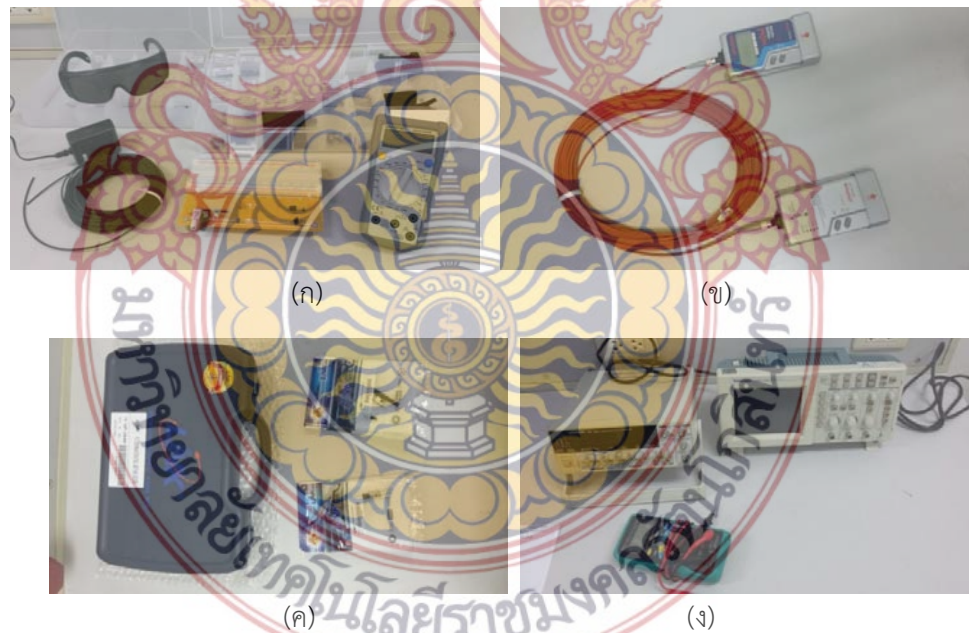
1 หลักการออกแบบชุดฝึกปฏิบัติการ

การเตรียมการสอนภาคปฏิบัติด้วยการสื่อสารทางแสงแก่นักศึกษาอาจทำได้โดยการจัดหาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงที่ได้พัฒนาขึ้นโดยบริษัทต่าง ๆ มาใช้ประกอบการสอน ปัจจุบันมีผู้ผลิตชุดฝึกปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพให้เลือกใช้งานอย่างหลากหลาย อย่างไรก็ตามชุดฝึกปฏิบัติการส่วนใหญ่ล้วนถูกนำเข้ามาจากต่างชาติและมีราคาแพง การจัดซื้อให้เพียงพอแก่การฝึกปฏิบัติของนักศึกษาจึงจำเป็นต้องใช้งบประมาณจัดซื้ออุปกรณ์ค่อนข้างมาก ส่งผลให้ผู้สอนไม่อาจจัดซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงการสอนได้อย่างสะดวกมากนัก เพื่อลดปัญหาดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงสำหรับการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยมุ่งหวังเพื่อการนำมาใช้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง เป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง (Light source) อุปกรณ์ตรวจจับแสง (Photodetector) เส้นใยนำแสง และอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกและสามารถจัดหาได้โดยง่ายมาพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง ผู้วิจัยได้คัดสรรอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบการฝึกที่มีราคาถูกและสามารถจัดเตรียมได้โดยง่ายเพื่อให้ผู้สอนสามารถซ่อมแซมและพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการด้วยตนเองได้โดยมีค่าใช้จ่ายที่ไม่มากนัก ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการสามารถฝึกฝนทักษะและความเชี่ยวชาญในศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงขั้นพื้นฐานและทักษะการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ผู้ดูแลการฝึกปฏิบัติการสามารถซ่อมแซมหรือเพิ่มเติมชุดฝึกปฏิบัติการได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดซื้อชุดฝึกปฏิบัติการจากบริษัทต่างชาติ

แนวทางการปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงบางส่วนเกิดขึ้นจากการที่ผู้วิจัยได้มีโอกาสในการเข้าร่วมเป็นวิทยากรถ่ายทอดองค์ความรู้ในโครงการบริการวิชาการ “ค่ายเยาวชนอิเล็กทรอนิกส์ (E-Camp)” ซึ่งเป็นกิจกรรมบริการวิชาการของสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ซึ่งจัดเป็นประจำทุกปีและมีการเชิญนักศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมาให้ความรู้ด้านการต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์ นักศึกษากลุ่มดังกล่าวอยู่ในวัยที่มีความชอบในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ดังนั้นหากมีการปรับปรุงรูปแบบการนำเสนอต่าง ๆ ระหว่างการเรียนการสอนให้นักศึกษากลุ่มดังกล่าวนี้สนใจในการเรียนรู้ได้แล้วก็น่าจะนำมาปรับใช้กับการเรียนการสอนในรายวิชาต่าง ๆ เพื่อปรับสภาพแวดล้อมในการเรียนการสอนให้มีความเอื้ออำนวยต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาซึ่งเป็นคนรุ่นใหม่ได้เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 3-1 โครงสร้างบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการทดลอง



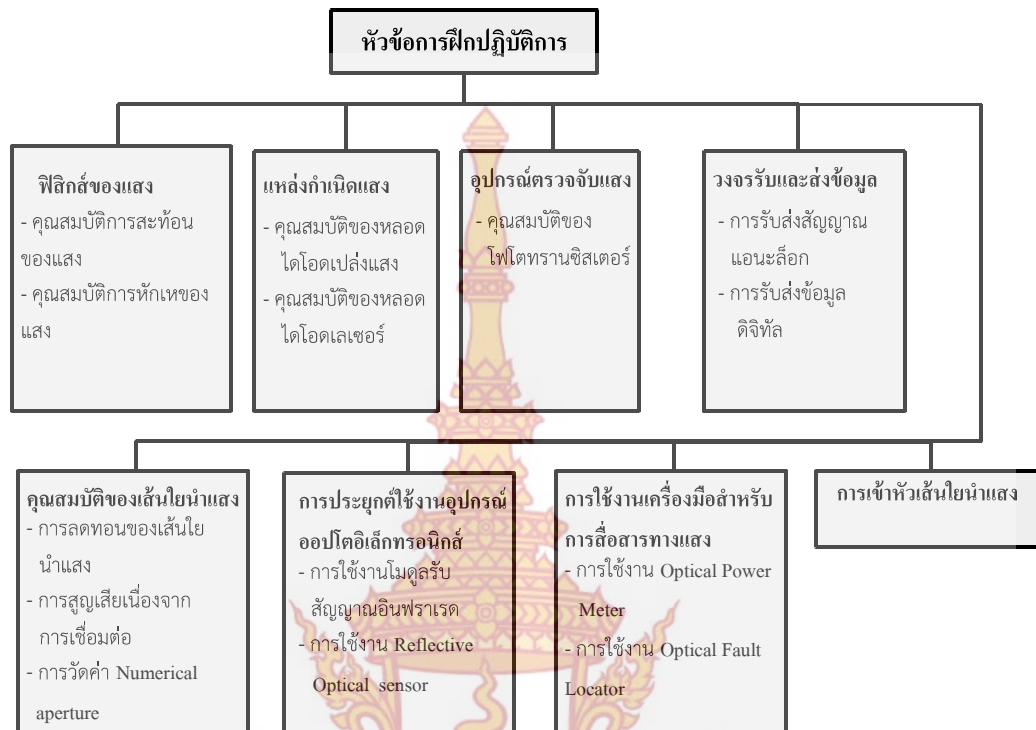
ภาพที่ 3-2 ชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด (ก) การทดลองอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (ข) การทดลองเครื่องมือวัด (ค) การทดลองเข้าหัวเส้นใยนำแสง (ง) เครื่องมือวัดที่ใช้ประกอบการทดลอง

2 การออกแบบบอร์ดฝึกปฏิบัติการทดลอง

เพื่อให้ผู้ฝึกสอนสามารถดำเนินการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วผู้วิจัยได้จัดทำบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติการโดยมีลักษณะดังภาพที่ 3-1 บอร์ดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงนี้ได้รับการพัฒนาต่อเนื่องจากโครงการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัดในระยะแรกมีการเพิ่มเติมโมดูลต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อรองรับการทดลองต่าง ๆ และเพิ่มจำนวนบอร์ดชุดฝึกปฏิบัติการเป็น 6 ชุดเพื่อให้สามารถใช้ประกอบการเรียนการสอนสำหรับนักศึกษาจำนวน 19 คนที่ลงทะเบียนวิชา TEE4229 การสื่อสารทางแสงในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ได้อย่างทั่วถึงและมีประสิทธิภาพ โครงสร้างบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการทดลองได้รวบรวมอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบไว้ในวงจรเดียวกันพร้อมกับการจัดเตรียมจุดเชื่อมต่อกับวงจรต่าง ๆ ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์กับวงจรต่าง ๆ และจัดเตรียมโปรโตบอร์ดเพื่อใช้ในการทดลอง ในการทดลองตามเอกสารคู่มือประกอบการทดลอง เพื่อลดความเสี่ยงด้านความเสียหายแก่อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง การฝึกปฏิบัติการทั้งหมดจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เป็นหลัก ภาพที่ 3-2 เป็นบอร์ดทดลองที่ได้พัฒนาขึ้นโดยมีการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน อแดปเตอร์จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ แวนตานิรภัย เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก และมีลติมิเตอร์ อุปกรณ์ดังกล่าวล้วนมีราคาถูกและจัดหาได้ง่ายดังนั้นผู้ใช้งานจึงสามารถจัดเตรียม และซ่อมแซมได้โดยสะดวก

3 โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

หัวข้อการฝึกปฏิบัติการทั้งหมดในชุดฝึกปฏิบัติการทางแสงที่พัฒนาขึ้นครอบคลุมพื้นฐานการสื่อสารทางแสง ได้แก่คุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ตรวจจับแสง เส้นใยนำแสง และอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ การออกแบบการฝึกปฏิบัติการมุ่งเน้นให้ผู้ปฏิบัติได้ใช้ต่อวงจรเพื่องานอุปกรณ์ต่าง ๆ ข้างต้นด้วยตนเอง เพื่อให้ผู้ฝึกสอนสามารถดำเนินการทดลองต่าง ๆ ได้อย่างรวดเร็วผู้วิจัยได้จัดทำบอร์ดสำหรับใช้ประกอบการฝึกปฏิบัติการโดยมีลักษณะดังรูปที่ 2 อุปกรณ์ดังกล่าวทำหน้าที่รวบรวมอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบไว้ในวงจรเดียวกันพร้อมกับการจัดเตรียมจุดเชื่อมต่อกับวงจรต่าง ๆ ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการจะต้องเชื่อมต่ออุปกรณ์กับวงจรต่าง ๆ ในการทดลองตามเอกสารคู่มือประกอบการทดลอง เพื่อลดความเสี่ยงด้านความเสียหายแก่อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง การฝึกปฏิบัติการทั้งหมดจะใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์เป็นหลัก สำหรับชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงมีหัวข้อการฝึกปฏิบัติการดังภาพที่ 3-3



ภาพที่ 3-3 โครงสร้างชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

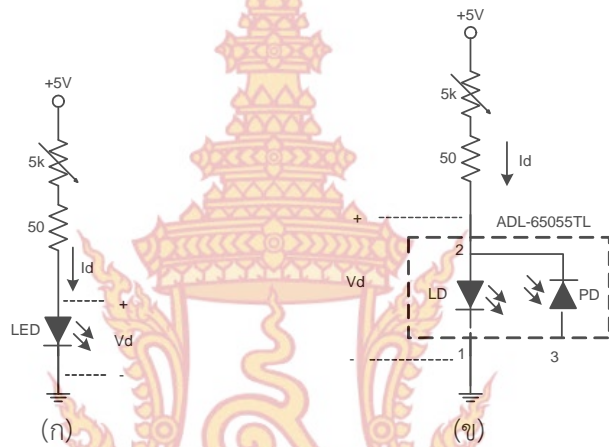
4 การทดลองคุณสมบัติทางพิกัดของแสง

คุณสมบัติการหักเหและการสะท้อนของแสงเป็นความรู้พื้นฐานทางพิกัดที่มีความจำเป็นต่อการเรียนรู้หลักการส่งสัญญาณทางแสงผ่านเส้นใยนำแสง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเติมการทดลองคุณสมบัติทางพิกัดของแสงไว้ในช่วงเริ่มต้นการฝึกปฏิบัติการ มีการทดลองคุณสมบัติการหักเหและการสะท้อนของแสง ด้วยที่การทดลองในหัวข้อนี้เป็นการเพิ่มเติมนอกเหนือแผนการปฏิบัติงานแต่แรกตั้งนั้นจึงขาดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอุปกรณ์ประกอบการทดลอง การทดลองส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากการนำวัสดุบางส่วนที่คงเหลือในห้องปฏิบัติการมาใช้ประกอบการทดลองซึ่งส่งผลให้อาจไม่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนมากนัก ในอนาคตอาจมีการสั่งซื้อชุดเครื่องมือทัศนอุปกรณ์ที่ขายในท้องตลาด เช่น ชุดทดลองของศึกษากันท์ เพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนได้

5 การทดลองแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติการ ได้แก่ แหล่งกำเนิดแสงประเภทหลอดไดโอดเปล่งแสงและหลอดไดโอดเลเซอร์ มีการออกแบบการฝึกปฏิบัติการให้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งกำเนิดแสงและปริมาณความเข้มแสงที่กำเนิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดแสง และการออกแบบวงจรควบคุมอุปกรณ์กำเนิดแสงต่าง ๆ สำหรับการฝึกเกี่ยวกับอุปกรณ์ตรวจจับแสงเป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่ตกกระทบที่อุปกรณ์ตรวจจับ

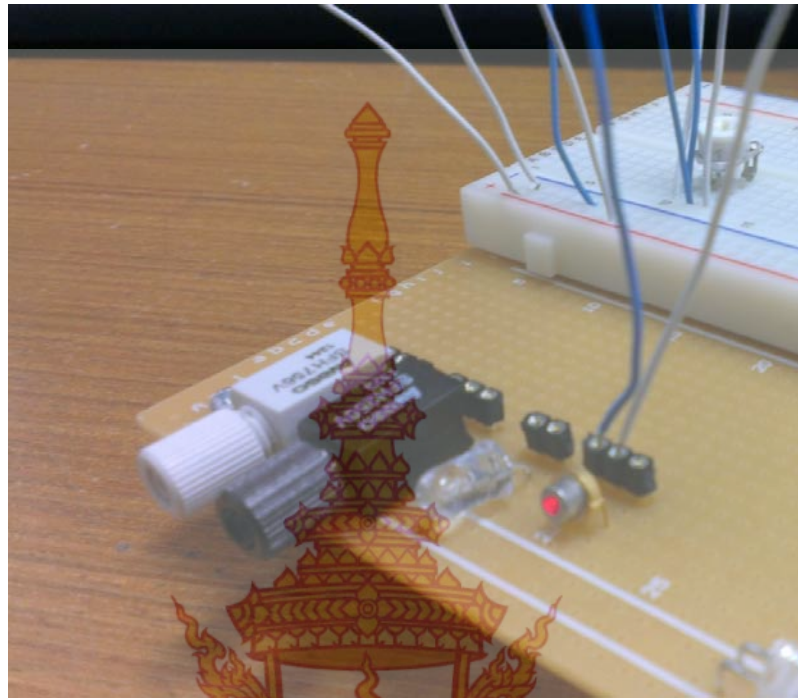
แสงประเภทโฟโตทรานซิสเตอร์และโฟโตไดโอดกับแรงดันกระแสไฟฟ้าที่อุปกรณ์ตรวจจับแสง ภาพที่ 3-4 เป็นตัวอย่างการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการทดสอบคุณสมบัติของหลอดไดโอดเลเซอร์ ผู้ฝึกปฏิบัติจะต้องต่อวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านหลอดไดโอดเลเซอร์ ด้วยตนเองตามคำอธิบายในใบงานร่วมกับข้อมูลในเอกสารคู่มือสำหรับอุปกรณ์ต่าง ๆ หลอดไดโอดเปล่งแสงที่ใช้งานเป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงสีฟ้าในขณะที่หลอดไดโอดเลเซอร์ที่ใช้ในการทดลองกำเนิดแสงความยาวคลื่น 655 นาโนเมตรซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและมีความเข้มแสงไม่มากเกินไปจนถึงขั้นอันตรายต่อดวงตา มีการต่อตัวต้านทานขนาด 50 โอห์มเพื่อป้องกันการทดลองในกรณีที่มีการปรับค่ากระแสไฟฟ้ามักเกินไป



ภาพที่ 3-4 วงจรสำหรับการทดลอง (ก) หลอดไดโอดเปล่งแสง (ข) หลอดไดโอดเลเซอร์



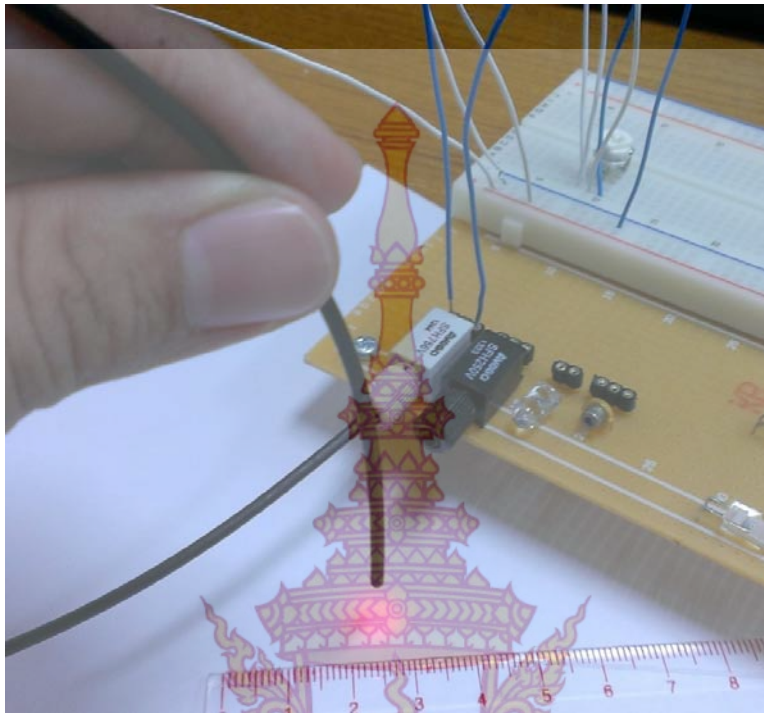
ภาพที่ 3-5 วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์



ภาพที่ 3-6 การทดสอบคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง

6 การทดสอบคุณสมบัติของเส้นใยนำแสง

เส้นใยนำแสงที่ใช้ในการฝึกปฏิบัติการเป็นเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก (Polymer Optical Fiber หรือ POF) เนื่องจากมีราคาถูก ผู้ใช้งานสามารถตัดและปรับแต่งปลายเส้นใยนำแสงได้สะดวกมากกว่าการใช้เส้นใยนำแสงชนิดแก้ว นอกจากนี้ชุดส่งและรับสำหรับการสื่อสารทางแสงบางรุ่นยังได้รับการออกแบบมาเพื่อเชื่อมต่อกับเส้นใยนำแสงแบบ POF โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้คอนเนกเตอร์ ผู้วิจัยได้จัดเตรียมการฝึกปฏิบัติการทดสอบค่าการลดทอน (Attenuation) ของเส้นใยนำแสง การสูญเสียเนื่องจากจุดเชื่อมต่อของเส้นใยนำแสง และการวิเคราะห์ค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสง รูปที่ 3-6 แสดงตัวอย่างการทดสอบค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสงด้วยการต่อวงจรชุดส่งสัญญาณทางแสง (Optical fiber transmitter) เพื่อกำเนิดสัญญาณทางแสงส่งผ่านเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกและวัดระยะห่างระหว่างปลายเส้นใยนำแสงและรัศมีของการกระจายแสงจากปลายเส้นใยนำแสงเพื่อนำตัวแปรต่าง ๆ มาคำนวณค่า Numerical aperture เนื่องจากการทดลองดังกล่าวใช้เครื่องมือวัดขั้นพื้นฐาน ค่าที่ได้จากการวัดอาจเกิดความคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริงได้แต่ก็ยังคงนำมาใช้ในการคำนวณเพื่อเสริมสร้างความเข้าใจของผู้เรียนรู้อีก



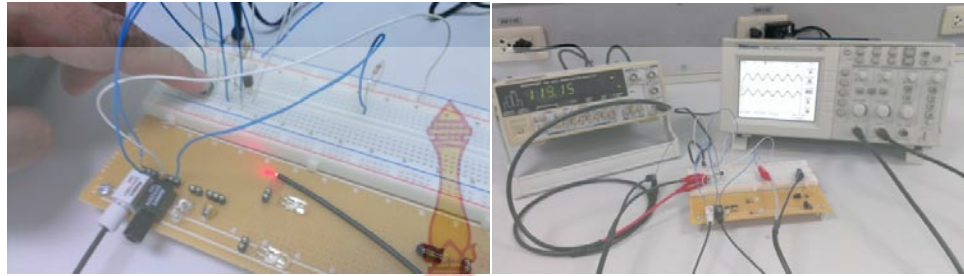
ภาพที่ 3-7 การทดสอบค่า Numerical aperture ของเส้นใยนำแสง

7 การทดสอบวงจรรับส่งข้อมูล

การทดสอบวงจรรับส่งข้อมูลเป็นการทดลองต่อวงจรรับส่งสัญญาณแอนะล็อกและข้อมูลดิจิทัลสำหรับการสื่อสารทางแสงโดยใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์และเส้นใยนำแสงที่ได้ใช้ในการทดสอบก่อนหน้า วัตถุประสงค์ของการทดสอบคือเพื่อให้ผู้ฝึกเกิดความเข้าใจหลักการทำงานต่าง ๆ ของการรับส่งข้อมูลผ่านการสื่อสารทางแสง



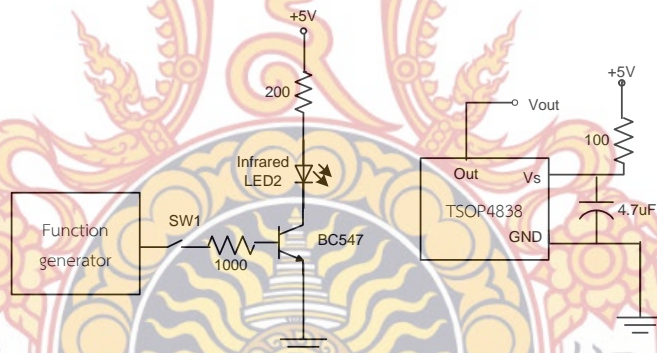
ภาพที่ 3-8 วงจรสำหรับการทดลองโฟโตทรานซิสเตอร์ (ก) รับส่งสัญญาณแอนะล็อก (ข) รับส่งข้อมูลดิจิทัล



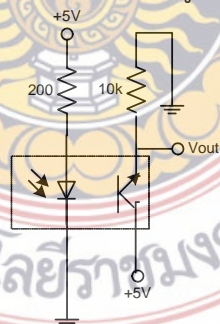
ภาพที่ 3-9 การทดลองวงจรรับส่งข้อมูล

8 การประยุกต์ใช้อุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์

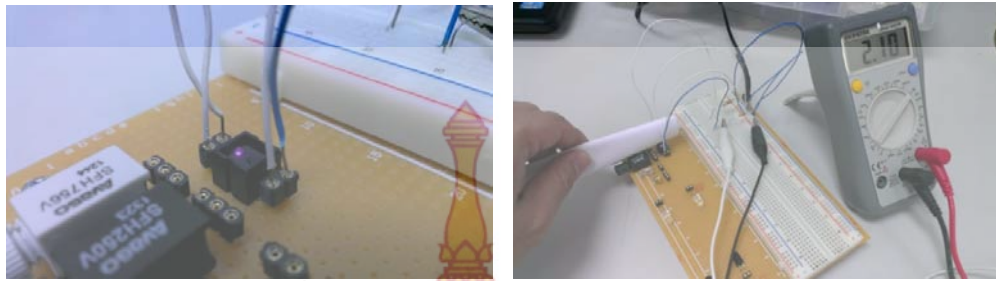
ปัจจุบันอุปกรณ์ประเภทออปโตอิเล็กทรอนิกส์ได้ถูกประยุกต์ใช้ในวงจรควบคุมต่าง ๆ หลายรูปแบบ ดังนั้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้จัดเตรียมการทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์รับส่งสัญญาณอินฟราเรด (Infrared transceiver) และอุปกรณ์ตรวจจับแสง (Optical sensor) แบบต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ฝึกปฏิบัติเกิดความเข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้วยตนเองได้



ภาพที่ 3-10 วงจรทดสอบโมดูล IR Receiver



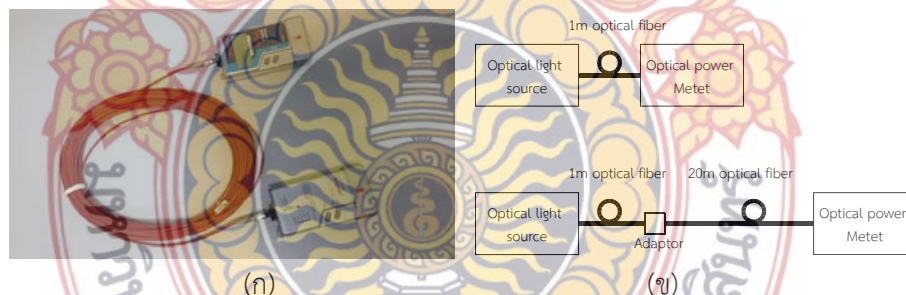
ภาพที่ 3-11 วงจรทดสอบโมดูล Optical Reflector



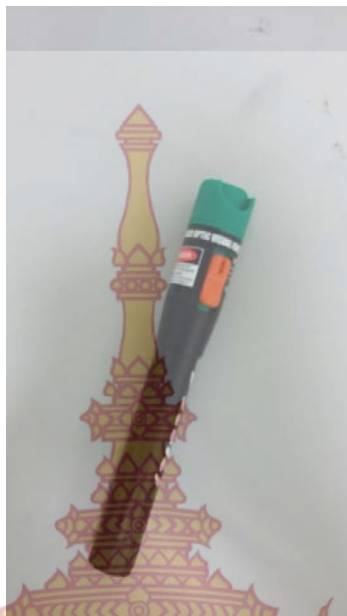
ภาพที่ 3-12 การทดลองโมดูล Optical Reflector

9 การใช้งานเครื่องมือวัดสำหรับการสื่อสารทางแสง

การทดลองในหัวข้อนี้เป็นการทดลองเกี่ยวกับการใช้งาน Optical Power และ Optical Light Source สำหรับวัดความเข้มสัญญาณทางแสงและ Visual Fault Locator สำหรับตรวจสอบเส้นใยนำแสง เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้อย่างชำนาญ มีความเข้าใจในเรื่องของหน่วยวัดของความเข้มแสงในรูปแบบต่าง ๆ รวมทั้งข้อควรระวังต่าง ๆ ในการใช้งานเครื่องมือวัด การทดลองใช้งาน Optical Power และ Optical Light Source เป็นการต่อเครื่องมือวัดกับเส้นใยนำแสงเพื่อทำการวัดความเข้มแสงและการสูญเสียบริเวณรอยต่อของเส้นใยนำแสง การทดลองใช้งาน Visual Fault Locator เป็นการฝึกใช้งานเครื่องมือเพื่อหาปลายสายของเส้นใยนำแสง ภาพที่ 3-13 แสดงการทดลองใช้งาน Optical Power Meter และ Optical Light Source เพื่อวัดความเข้มแสงที่ส่งผ่านเส้นใยนำแสงความยาวต่าง ๆ รวมทั้งการทดสอบค่าการลดทอนของเส้นใยนำแสงโดยใช้เครื่องมือวัด



ภาพที่ 3-13 การทดลอง Optical Power Meter และ Optical Light Source (ก) การทดลอง (ข) บล็อกไดอะแกรมแสดงการทดสอบ



ภาพที่ 3-14 การทดลองใช้งาน Visual Fault Locator

10 การทดลองเข้าหัวเส้นใยนำแสง

การทดลองเข้าหัวเส้นใยนำแสงเป็นการฝึกปฏิบัติการเข้าหัวเส้นใยนำแสงชนิด ST Connector ซึ่งได้รับการใช้งานอย่างแพร่หลาย มีการจัดซื้อชุดเครื่องมือเข้าหัวเส้นใยนำแสงพร้อมทั้งวัสดุประกอบต่าง ๆ ที่ใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรมของบริษัทอินเตอร์ลิงค์ คอมมิวนิเคชั่น จำกัด (มหาชน) ดังนั้นผู้เรียนจึงสามารถนำไปใช้งานได้จริง นอกจากนี้อุปกรณ์มีราคาถูกจึงง่ายแก่การซ่อมบำรุงชุดฝึกปฏิบัติการและเพิ่มจำนวนเพื่อรองรับการเรียนของนักศึกษาได้อย่างทั่วถึง



ภาพที่ 3-15 การทดลองเข้าหัวเส้นใยนำแสง

บทที่ 4

ผลการทดสอบชุดฝึกปฏิบัติการเชิงแสงแบบประหยัด

1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ

ผู้วิจัยได้นำชุดฝึกปฏิบัติการที่พัฒนาขึ้นในหัวข้อการทดลองอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์และการใช้งานเครื่องมือวัดสำหรับการสื่อสารทางแสงมาใช้ประกอบการเรียนการสอนเพิ่มเติมโดยใช้งานร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการทางการสื่อสารทางแสงสำหรับนักศึกษาที่ลงทะเบียนรายวิชา TEE 4228 การสื่อสารทางแสง (Optical communications) ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 และมีการได้สัมภาษณ์และสุ่มให้ผู้ใช้งานประเมินชุดฝึกปฏิบัติการจำนวน 9 คน ผู้ประเมินแต่ละท่านจะให้คะแนนในแต่ละหัวข้อระหว่าง 1 ถึง 5 คะแนน โดยที่ 5 คะแนนเป็นค่าที่ดีที่สุด เนื่องจากระหว่างการเรียนการสอนผู้วิจัยอยู่ระหว่างการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการเข้าหัวเส้นใยนำแสงดังนั้นชุดฝึกปฏิบัติการบางส่วนจึงไม่สามารถประเมินโดยผู้เรียนได้ทันภายในระยะเวลาที่กำหนด ผลลัพธ์จากการประเมินดังกล่าวเป็นไปดังตารางที่ 1 ผลจากการประเมินสรุปได้ว่านักศึกษามีความพึงพอใจในการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการระดับปานกลางโดยมีข้อเสนอแนะในการเพิ่มเติมหัวข้อการฝึกปฏิบัติการเพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดของรายวิชา เพิ่มเติมอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ อาทิ เครื่อง Fusion splicer เป็นต้น



รูปที่ 4-1 การทดสอบชุดฝึกปฏิบัติการ

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินโดยผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ

หัวข้อ	ผลการประเมิน
ท่านได้รับความรู้ด้านการสื่อสารทางแสงจากการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการมากน้อยเพียงใด	3.78
ท่านได้รับความรู้ด้านการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการมากน้อยเพียงใด	3.78
ชุดฝึกปฏิบัติการนี้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาในรายวิชา TEE2209 หลักการสื่อสารทางแสงมากน้อยเพียงใด	3.89
ผู้ฝึกมีความสะดวกในการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการมากน้อยเพียงใด	3.78
ชุดฝึกปฏิบัติการนี้มีความเหมาะสมต่อการใช้งานในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสงมากน้อยเพียงใด	3.0
ความพึงพอใจโดยรวมจากการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการ	3.44



บทที่ 5

บทสรุป

1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัดสำหรับใช้ประกอบการฝึกภาคปฏิบัติของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยมุ่งหวังเพื่อนำมาใช้ร่วมกับชุดฝึกปฏิบัติการอื่น ๆ ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง เป็นการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้แก่แหล่งกำเนิดแสง อุปกรณ์ตรวจจับแสง เส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกและอุปกรณ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาถูกและสามารถจัดหาได้โดยง่ายมาพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสง มีการออกแบบการฝึกปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือวัดสำหรับการสื่อสารทางแสงและการเข้าหัวเส้นใยนำแสง ผู้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการสามารถฝึกฝนทักษะและความเชี่ยวชาญในศาสตร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสงขั้นพื้นฐาน ทักษะการใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และการใช้งานเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสารทางแสง ผู้ดูแลการฝึกปฏิบัติการสามารถซ่อมแซมหรือเพิ่มเติมชุดฝึกปฏิบัติการได้ง่ายและมีค่าใช้จ่ายไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดซื้อชุดฝึกปฏิบัติการจากบริษัทต่างชาติ

2 อภิปรายผล

ผลการทดสอบการใช้งานโดยนักศึกษาพบว่าชุดฝึกปฏิบัติการนี้สามารถฝึกฝนทักษะด้านการสื่อสารทางแสงแก่นักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจในอุปกรณ์ต่าง ๆ ของการสื่อสารทางแสงได้ในลักษณะเดียวกับการใช้ชุดฝึกปฏิบัติการที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ และยังสามารฝึกทักษะการใช้งานอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ได้ ผู้สอนสามารถเพิ่มจำนวนชุดฝึกปฏิบัติการเพื่อให้นักศึกษาได้ใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการอย่างทั่วถึงได้โดยง่ายเพราะว่าอุปกรณ์ที่ใช้จามีราคาถูก ดังนั้นชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงที่พัฒนาขึ้นนี้จึงมีความเหมาะสมในการใช้ในห้องปฏิบัติการสื่อสารทางแสง

3 ข้อเสนอแนะ

ระหว่างการใช้งานชุดฝึกปฏิบัติการผู้วิจัยพบปัญหาการขาดแคลนอุปกรณ์ประกอบการทดลองบางส่วน เช่น ทัศนอุปกรณ์สำหรับการทดลองคุณสมบัติพสิคส์ของแสง และผู้วิจัยขาดความชำนาญในการเข้าหัวเส้นใยนำแสงดังนั้นอาจมีการปรับปรุงชุดฝึกปฏิบัติการและเอกสารประกอบการฝึกปฏิบัติการให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในลำดับต่อไป

หากเป็นไปได้ควรเพิ่มเติมการฝึกภาคปฏิบัติการใช้งานเครื่องมือวัดอื่น ๆ เช่น Optical Time Domain Reflectrometer และ Fusion Splicer ซึ่งผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนรู้เพราะอุปกรณ์เหล่านี้เป็นเครื่องมือที่มีการใช้งานจริงในภาคอุตสาหกรรม

บรรณานุกรม

- [1] อธิคม ฤกษ์บุตร เส้นใยแก้วและการประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น 2543
- [2] ดุสิต เครื่องงาม สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ : ฟิสิกส์ เทคโนโลยี และการใช้งาน สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2542
- [3] ดิสพล ฉ่ำเฉียวกุล การพัฒนาชุดฝึกปฏิบัติการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 6 26-28 มีนาคม 2557
- [4] D.C. O'Brien, L. Zeng, et. al., "Visible light communications: challenge and possibilities," Proc. in PIMRC2008, pp. 1-5, 2008
- [5] Z. Xu and B. M. Sadler, "Ultraviolet communications: potential and state-of-the-art," IEEE Communications Magazine, vol. 46, no. 5, pp. 67-73, May 2008.
- [6] <http://www.es.co.th>
- [7] <http://thailand.rs-online.com/>
- [8] <http://th.element14.com/>
- [9] <http://www.interlink.co.th>
- [10] <http://photonics.ld-didactic.de/>
- [11] <http://www.lambdasys.com>
- [12] <http://www.i-fiberoptics.com>



ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล นายดิศพล ฉ่ำเขียวกุล
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานที่สามารถติดต่อได้

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ พื้นที่ศาลายา
96 หมู่ 3 ถนนพุทธมณฑล สาย 5 ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล
จังหวัดนครปฐม 73170
หมายเลขโทรศัพท์ 02 8894 585-7 ต่อ 2631
E-Mail ditsapon.chu@rmutr.ac.th
4. ประวัติการศึกษา
 - วศ.ม.สารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - วศ.บ. ไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
5. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ
 - การสื่อสารไร้สาย (Wireless communications)
 - การประมวลผลสัญญาณ (Signal processing)
 - การสื่อสารทางแสง (Optical communications)
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย
 - หัวหน้าโครงการวิจัย “การพัฒนาชุดปฏิบัติการทดลองด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมด้วยระบบสื่อสารแบบ Software-Defined radio” ซึ่งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ประจำปี พ.ศ. 2556 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
 - หัวหน้าโครงการวิจัย “การพัฒนาชุดปฏิบัติการด้านการสื่อสารทางแสงแบบประหยัด” ซึ่งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2557 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์