

ชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นย่าน 850 และ 1310 นาโนเมตร

The Training Kits of 850 and 1310 Nanometer Optical Transmission by Wavelength Division Multiplexing

ร้อยเอก ชนะ จันท์อิม^{1*}
Captain Chana Jan-im^{1*}
วิทวัส สิริฐกุล²
Vitawat Sittakul²

^{1*} กองวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
นครนายก 26001 ประเทศไทย

¹Electrical Communication Engineering, Academic Division, Chulachomklao Royal Military
Academy, Nakhon Nayok 26001, Thailand

²ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ 10800 ประเทศไทย

²Electronics Engineering Technology, King Mongkut's University of Technology
North Bangkok, Bangkok 10800, Thailand

*Corresponding Author. E-mail : Chana.ja@crma.ac.th

(Received: March 11, 2021, Revised: July 16, 2021, Accepted: August 19, 2021)

บทคัดย่อ : งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร มีขั้นตอนการจัดทำ 2 ส่วนคือชุดสาธิตการส่งสัญญาณทางแสงและใบงานประกอบการทดลอง ในส่วนของชุดสาธิตการส่งสัญญาณทางแสงใช้อุปกรณ์การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (WDM) ในการรับและ ส่งสัญญาณผ่านใยแก้วนำแสง โดยที่ภาคส่งจะใช้เลเซอร์ไดโอดที่มีความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร เป็นอุปกรณ์ ส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสงโดยใช้ชนิด Single Mode ไปยังโฟโตไดโอดที่เป็นอุปกรณ์ในส่วนภาครับสัญญาณ การวิจัยนี้จึงมีประโยชน์สำหรับผู้ทำการทดลองเพื่อศึกษาหลักการทำงานของ การสื่อสารทางแสงด้วยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบ แบ่งความยาวคลื่น การวิจัยนี้พบว่า สามารถทดลองในคุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอด โฟโตไดโอด และหลักการทำงานของ การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นได้ ทั้งนี้ในส่วนการดีมัลติเพล็กซ์สัญญาณ 850 และ 1310 นาโนเมตร มีค่าคลาด เคลื่อนประมาณ 5-10 dBm จากจุดแทรกสอดของเลเซอร์ทั้ง 2 ความยาวคลื่น อันเกิดจากสัญญาณผ่านตัวกลางอย่าง คับเปอร์เส้นใยแก้ว ซึ่งทางผู้วิจัยทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์มัลติเพล็กซ์ (Mux) ตรงเข้าหากัน อย่างไรก็ตามผลที่คลาดเคลื่อน ยังถือว่ามีความผิดพลาดเล็กน้อย

คำสำคัญ: การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น, มัลติเพล็กซ์ซิง, ดีมัลติเพล็กซ์ซิง, คับเปอร์เส้นใยแก้ว

Abstract : The objective of this research is to create a demonstration set of light transmission using 850 and 1310 nm split-multiplexing method. There are 2 parts of the process: the optical signal transmission demonstration kit and the experimental worksheet. The optical transmission demonstration kit uses the wavelength-division multiplexing device (WDM) to receive and transmit signals through optical fiber. The transmitter uses a laser diode with wavelengths of 850 and 1310 nm as a device for transmitting signals through optical fibers, using a single mode type, to a photodiode that is a device in the receiver section. This research is therefore very useful for experiments in order to study the principles of optical communication using a wavelength-division multiplexing device (WDM) method. This research found that it is possible to carry out the experiment using properties of laser diodes, photodiodes and the principle of wavelength-division multiplexing. However, the 850 and 1310 nm signal de-multiplexing has an estimated displacement of 5-10 dBm from lasers of the two wavelengths' threshold points arising from the signal through medium such as optical fiber coupler. This undesirable behaviour was caused by the direct connection between the two multiplexing devices. However the result is only a slight error.

Keywords: Wavelength Division Multiplexing, Multiplexing, demultiplexing, Optical Fiber Coupler

1. บทนำ

ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (สท.ร.ร.จปร.) เป็นหน่วยงานหลักที่จะประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ด้านวิชาการในระดับอุดมศึกษาให้แก่ นักเรียนนายร้อย (นร.) ตามหลักสูตรของ รร.จปร. นอกจากนั้นยังมีส่วนรับผิดชอบในการปลูกฝังความมีวินัย มีความรับผิดชอบในหน้าที่ และมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทั้งทางทหารและพลเรือนให้ทันกับสถานการณ์โลกปัจจุบัน สท.ร.ร.จปร. จึงเล็งเห็นถึงความจำเป็นในการถ่ายทอดองค์ความรู้ทางเทคโนโลยีจำเป็นต้องมีสื่อการเรียนการสอนที่จะให้กับ นร. เพื่อเพิ่มความเข้าใจถึงหลักการทำงาน การแก้ไขปัญหาและสามารถนำมาประยุกต์การใช้งานจริงได้

เทคโนโลยีทางทหารด้านการติดต่อสื่อสารนั้นมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะระบบการสื่อสารทางเส้นใยนำแสงซึ่งสามารถรองรับปริมาณข้อมูลข่าวสารได้จำนวนมาก[1] และยังคงเป็นช่องทางการติดต่อสื่อสารหลักในการติดต่อทางทหารอีกด้วย ทั้งนี้ยุทธโธปกรณ์ทางทหารมีราคาสูงและมีความซับซ้อนสูงจึงยากที่จะทำให้เข้าใจถึงหลักการทำงานของการทำงานการส่งและรับสัญญาณผ่านทางใยแก้วนำแสงที่มีความหลากหลายวิธี เช่นการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา หรือการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความถี่ เป็นต้น ด้วยไม่มีชุดการทดลองที่จะสามารถแสดงผลกับเครื่องมือวัดในแต่ละฟังก์ชัน จึงทำให้เกิดปัญหาต่อการถ่ายทอดองค์ความรู้หรืออาจเกิดการเข้าใจผิดๆ ในการใช้งานของอุปกรณ์ซึ่งอาจทำให้เกิดความเสียหายได้ [2]

ผู้วิจัยจึงจัดทำชุดสาธิตเพื่อการใช้งานอุปกรณ์ทางด้านการติดต่อสื่อสารทางแสง โดยจัดทำชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (WDM) ควบคู่กับการจัดทำใบงานการทดลอง [3-5] ให้กับ นร. เพื่อช่วยเสริมความรู้และทักษะในการเรียนการสอนทางแสงและมีการจัดประเมินผล นร. ที่ได้ทำการทดลองก่อนและหลังจากการใช้งานชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่ง

ความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร เพื่อวัดผลความรู้ที่ได้รับและการวิเคราะห์สาเหตุการเกิดข้อขัดข้องเป็นไปตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องสอดคล้องตามหลักสูตรของ รร.จปร. ได้กำหนดไว้

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตรนั้น ทางผู้วิจัยได้นำข้อมูลจากงานวิจัยหรือทฤษฎีต่างๆ มาใช้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและจัดทำชุดสาธิตนี้ขึ้น โดยในส่วนภาคทฤษฎีพื้นฐานของเส้นใยนำแสงนั้น ได้ศึกษามาจากชุดสาธิตการจำลองเหตุการณ์ผิดปกติบนสายใยแก้วนำแสง โดยเป็นการรวบรวมโอกาสเกิดความผิดปกติบนสายใยแก้วนำแสงแบบต่างๆ ไว้บนกล่องชุดอุปกรณ์เดียวกัน ผู้วิจัยจึงได้นำบางส่วนที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ เช่น การลดทอนเนื่องจากการเชื่อมต่อโดยใช้หัวต่อ (Connector Loss) และการสูญเสียจากการโค้งงอ (Bending Loss) เป็นต้น ซึ่งถือเป็นความรู้พื้นฐานของการส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง [6]

ในส่วนของการส่งคลื่นแสงด้วยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นนั้น ได้ศึกษามาจากชุดสาธิตการส่งสัญญาณภาพผ่านสายเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์เชิงแสง ประกอบด้วยการออกแบบวงจรภาคส่งและภาครับซึ่งหลักการทำงานคือการส่งสัญญาณภาพ 2 ช่องสัญญาณโดยที่ภาคส่งของทั้ง 2 ช่องสัญญาณจะใช้ไดโอดชนิดเลเซอร์แบบ 1310 นาโนเมตร FP laser – coaxial Pigtail เป็นคลื่นพาห์สำหรับนำข้อมูลในการส่งสัญญาณแสงผ่านเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดี่ยว (Single Mode Fiber) ด้วยวิธีออปติคอลคัปเปิลอร์แบบ 3 ทางโดยผ่านสายเส้นใยแก้วนำแสงไปยังภาครับจะมี PIN Photodiode เพื่อแปลงสัญญาณแสงให้กลับมาอยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้วนำสู่วงจรขยายสัญญาณภาพก่อนจะนำสัญญาณภาพแสดงผลทางหน้าจอ จากผลการทดลองของชุดสาธิตการส่งสัญญาณภาพ

ผ่านเส้นใยนำแสงผ่านการมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแล้วแสดงผลสัญญาณภาพที่ได้ออกมามีความสมบูรณ์ แต่อาจมีบางครั้งที่มีสัญญาณที่ได้รับบนจอแสดงผลมีการเลื่อนของภาพอาจเกิดจากองค์ประกอบของสัญญาณภาพที่ไม่สมบูรณ์ที่ผ่านวงจรส่งและรวบรวมทั้งค่าลดทอนในเส้นใยแก้วและตัวเชื่อมต่อต่างๆ ที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ [7] ผู้วิจัยจึงได้นำการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นนั้นมาประยุกต์ใช้ในชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตรนี้ แต่เปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ใช้ในการส่งที่ใช้สัญญาณภาพมาเป็นคลื่นแสงที่ได้จากเลเซอร์ไดโอดเช่นกัน



ภาพที่ 1 ชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงใช้งานร่วมกับเครื่อง Optical Spectrum Analyzer

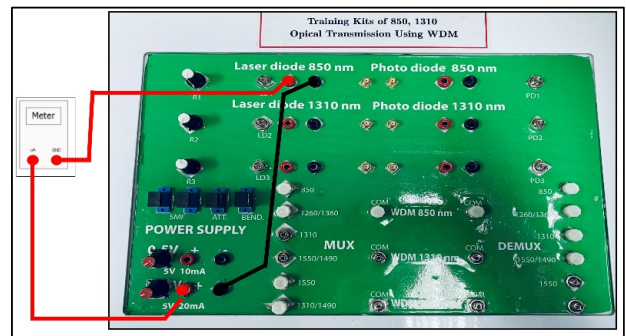
3. วิธีดำเนินการศึกษา

ผู้วิจัยได้นำทฤษฎีทางด้านการส่งสัญญาณแสงผ่านใยแก้วนำแสงมาประยุกต์ใช้กับชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร เพื่อทำการศึกษผ่านใบงานการทดลองจำนวน 4 ใบงานการทดลอง ดังภาพที่ 1

3.1 การศึกษาลักษณะของเลเซอร์ไดโอด

ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำใบงานการทดลองเพื่อพิสูจน์คุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอดตามความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเลเซอร์และการส่งออกพลังงานแสงและหาค่าของกระแสเริ่มต้นการทำงานของเลเซอร์ไดโอด

ทั้ง 2 ความยาวคลื่น ซึ่งในชุดสาธิตนี้นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในภาคส่งสัญญาณแสง



ภาพที่ 2 วิธีการทดลองคุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอด

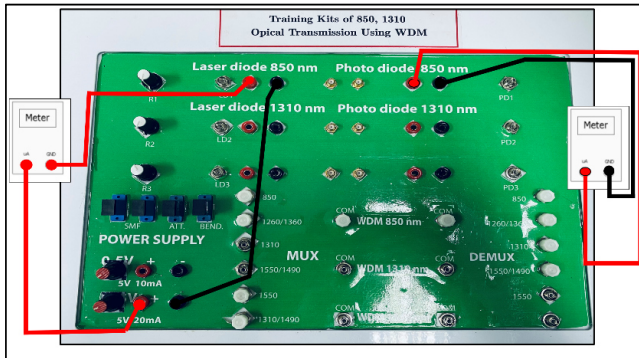
วิธีการทดลองคือ พิจารณาเลเซอร์ไดโอด 850 นาโนเมตรก่อน โดยจ่ายไฟลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้า 5 โวลต์ 20 มิลลิแอมป์ เข้าที่ขาลบของเลเซอร์ไดโอด โดยที่ไฟบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเชื่อมต่อเข้ากับมัลติมิเตอร์ จากนั้นเลเซอร์ไดโอดตั้งย่านมัลติมิเตอร์วัดกระแสหน่วย มิลลิแอมป์ เพื่อที่นำมาเปรียบเทียบกับกระแสที่ไหลเข้าในวงจรเลเซอร์จากนั้นเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงไปยังเครื่องมือวัดกำลังแสง ตั้งค่าพารามิเตอร์ความยาวคลื่นและตั้งหน่วยการวัดให้เป็นไมโครวัตต์ จากนั้นบันทึกค่าระหว่างกระแสของเลเซอร์ไดโอด กับเอาต์พุตกำลังของแสงแล้วสำหรับการทดลองเลเซอร์ไดโอด 1310 นาโนเมตร ให้ทำเช่นกันแต่เปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟเป็น 5 โวลต์ 20 มิลลิแอมป์ ดังภาพที่ 2

3.2 การศึกษาลักษณะของโฟโตไดโอด

ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำใบงานการทดลองเพื่อพิสูจน์คุณสมบัติของโฟโตไดโอดชนิด PIN ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสเลเซอร์และการส่งกระแสของโฟโตไดโอด ทั้ง 2 ความยาวคลื่น ซึ่งในชุดสาธิตนี้นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในภาครับสัญญาณแสง

วิธีการทดลองคือในขั้นต้นทำตามข้อ 3.1 พิจารณาเลเซอร์ ไดโอด 850 นาโนเมตรก่อน จากนั้นทำการวัดค่ากระแสที่ได้จากมัลติมิเตอร์ของโฟโตไดโอดและเลเซอร์ไดโอด เพื่อที่นำมาเปรียบเทียบกับกระแสที่ได้รับ

จากโฟโตไดโอดเทียบกับกระแสที่เพิ่มขึ้นของเลเซอร์ไดโอด ดังภาพที่ 3

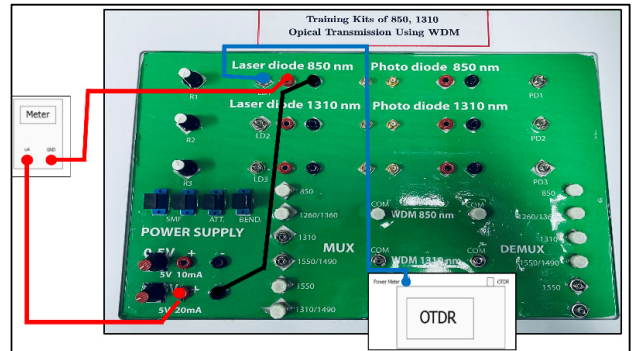


ภาพที่ 3 วิธีการทดลองคุณสมบัติของโฟโตไดโอด

3.3 การศึกษาลักษณะการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Multiplexing: Mux)

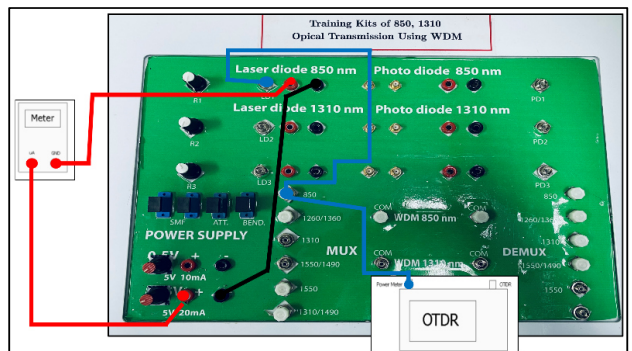
ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำใบงานการทดลองเพื่อการพิจารณาในภาคส่งของ WDM คือการผสมสัญญาณเชิงแสง โดยพิจารณาถึงระดับกำลังงานแสงที่ปล่อยออกมา คือการขับเลเซอร์ด้วยกระแสที่มากกว่ากระแสเริ่มต้นที่พอเหมาะ โดยสัญญาณแสงขาออกจะถูกแปรผันตามสัญญาณข้อมูลพื้นฐาน คุณสมบัติของเลเซอร์ไดโอดจะสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแสงที่ส่งออกจากเลเซอร์ไดโอดและกำลังแสงที่ผ่านอุปกรณ์ Multiplexing (Mux) และเพื่อที่จะดูผลว่าคลื่นแสงนั้นสามารถเดินทางผ่านอุปกรณ์ได้หรือไม่

วิธีการทดลองคือในขั้นต้นทำตามข้อ 3.1 พิจารณาเลเซอร์ไดโอด 850 นาโนเมตรก่อน โดยทำการเชื่อมต่อเส้นใยนำแสงจากช่อง LD1 ของเลเซอร์ไดโอดและทำการวัดค่าสัญญาณด้วยเครื่องวัดกำลังทางแสงและบันทึกค่าในตาราง ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 วิธีการต่อวงจรก่อนเข้าอุปกรณ์ Mux

หลังจากนั้นเชื่อมต่อช่อง LD1 ไปยังช่อง A1 และเชื่อมต่อไปยังช่อง COM ของ WDM 850 นาโนเมตร และทำการวัดค่าสัญญาณด้วยเครื่องวัดกำลังทางแสงและบันทึกค่าในตาราง ดังภาพที่ 5

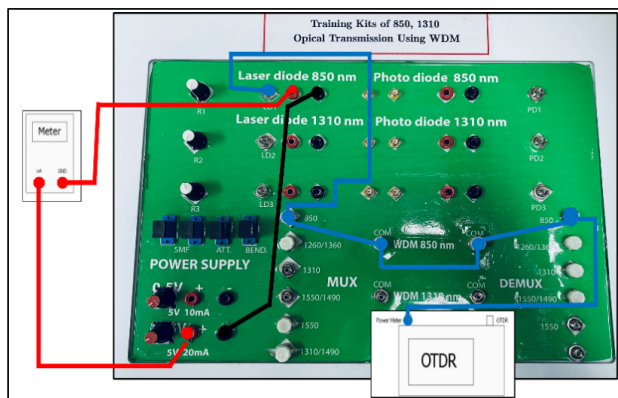


ภาพที่ 5 วิธีการต่อวงจรหลังเข้าอุปกรณ์ Mux

3.4 การศึกษาลักษณะการดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Demultiplexing: Demux)

ผู้วิจัยได้ออกแบบและจัดทำใบงานการทดลองเพื่อการพิจารณาในภาครับของ WDM คืออุปกรณ์ดีมัลติเพล็กซ์สัญญาณ (Demultiplexer) นำมาแยกสัญญาณแสงขาเข้าไปตามแต่ละช่องสัญญาณที่เหมาะสมเพื่อนำข้อมูลให้สอดคล้องกับภาคส่ง ซึ่งคุณสมบัติของโฟโตไดโอดจะสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างเอาต์พุตของกำลังแสงที่ผ่าน Multiplexing (Mux) และเอาต์พุตของกำลังแสงที่ผ่าน Demultiplexing (Demux) และเพื่อที่จะดูผลว่าคลื่นแสงนั้นสามารถเดินทางผ่านอุปกรณ์ได้หรือไม่

วิธีการทดลองคือในขั้นต้นทำตามข้อ 3.3 พิจารณาเลเซอร์ ไดโอด 850 นาโนเมตรก่อน เชื่อมต่อตามวงจร ดังภาพที่ 5 บันทึกค่าแล้วทำการเชื่อมต่อจาก COM ของ WDM MUX 850 นาโนเมตร ไปยังช่อง COM ของ WDM DEMUX 850 นาโนเมตร จากนั้นนำเส้นใยแก้วนำแสงอีกเส้นต่อออกจากปลายอุปกรณ์ WDM DEMUX 850 นาโนเมตร ไปเข้าเครื่องวัดกำลังทางแสงและทำการวัดค่าสัญญาณด้วยเครื่องวัดกำลังทางแสงและบันทึกค่าในตาราง ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 วิธีการต่อวงจรหลังเข้าอุปกรณ์ Demux

4. ผลการศึกษา

จากการวิจัยถึงลักษณะการทดลองและผลการทดลองในส่วนต่างๆของชุดสารถีการส่งสัญญาณแสง ยานความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร โดยการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นผ่านใบงานการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะของเลเซอร์ไดโอด

จากผลการทดลองจะสังเกตค่ากระแสที่ทำให้เลเซอร์ไดโอดทำงานเพื่อให้ได้ความเร็วสูงสุดในส่งคลื่นแสงไดโอดเลเซอร์จะต้องได้รับการไบแอสใกล้หรือต่ำกว่าจุดที่กระแสเริ่มทำงานเล็กน้อยเรียกว่าจุดเทรชโฮล (Threshold point)

จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจะได้ว่า กำลังแสงขาออกมีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับกระแสขาเข้าได้เป็นสมการดังนี้

$$P = I^2 R(\omega) \quad (1)$$

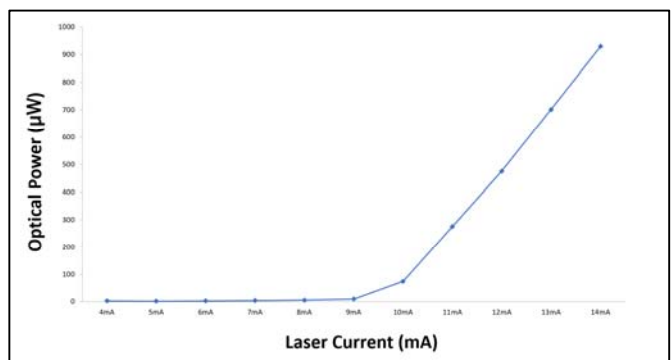
โดย

P คือ กำลังแสงขาออก

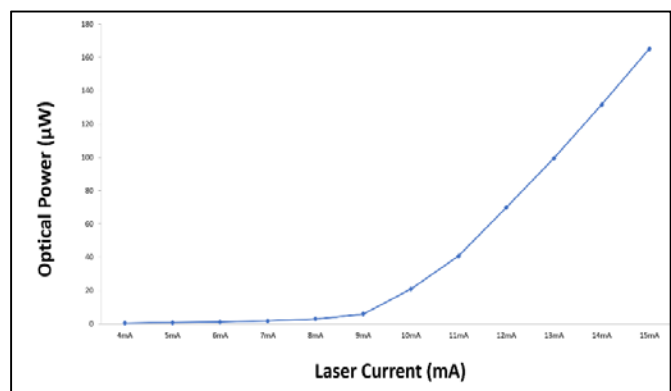
I คือ กระแสขาเข้า

$R(\omega)$ คือ ความต้านทาน

ดังนั้นอัตราการตอบสนอง (R) จะคงที่ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กำหนด แต่จะไม่คงที่กับความยาวคลื่นทั้งหมดเนื่องจากจะแปรผันตามพลังงานของโฟตอนและฟังก์ชันของความยาวคลื่นแสง



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับกำลังทางแสง ของเลเซอร์ไดโอด 850 นาโนเมตร



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับกำลังทางแสง ของเลเซอร์ไดโอด 1310 นาโนเมตร

จากภาพที่ 7 และ 8 แสดงผลของค่าผลการตอบสนอง (Response) ของเลเซอร์ไดโอดที่ความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตรตามลำดับ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า เลเซอร์ไดโอดตัวนี้จะใช้ความเร็วสูงสุดในการส่งคลื่นแสงโดยใช้กระแส ณ จุดเทรชโฮล ซึ่งกระแสที่จุดเทรชโฮลของเลเซอร์ไดโอดที่ความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร มีค่า 9 และ 8 มิลลิแอมป์ ตามลำดับ

4.2 ผลการศึกษาลักษณะของโฟโตไดโอด

จากผลการทดลองสังเกตคุณสมบัติของโฟโตไดโอดจะพิจารณาจาก อัตราการตอบสนอง (R) ซึ่งมีความสัมพันธ์ของกระแสของแสงที่ตกกระทบ (I_p) แปรผกผันกับกำลังของแสงที่ตกกระทบที่โฟโตไดโอด (P_0) ได้เป็นสมการดังนี้

$$R = I_p / P_0(\omega) \quad (2)$$

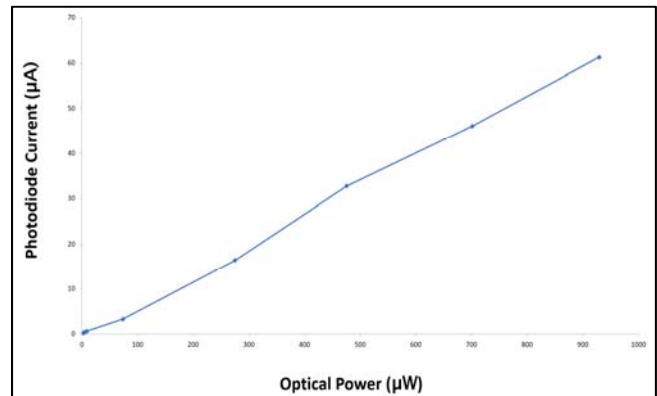
โดย

R คือ อัตราการตอบสนอง

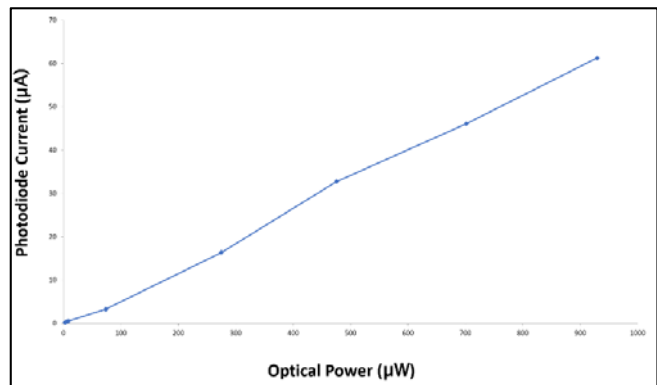
I_p คือ กระแสของแสงที่ตกกระทบ

$P_0(\omega)$ คือ กำลังของแสงที่ตกกระทบ

ดังนั้นอัตราการตอบสนอง (R) จะคงที่ในช่วงความยาวคลื่นแสงที่กำหนด แต่จะไม่คงที่กับความยาวคลื่นทั้งหมดเนื่องจากจะแปรผันตามพลังงานของโฟตอนและฟังก์ชันของความยาวคลื่นแสง

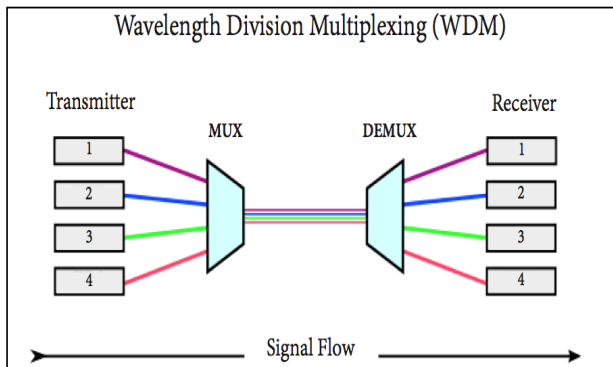


ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังทางแสงกับกระแสของโฟโตไดโอด 850 นาโนเมตร

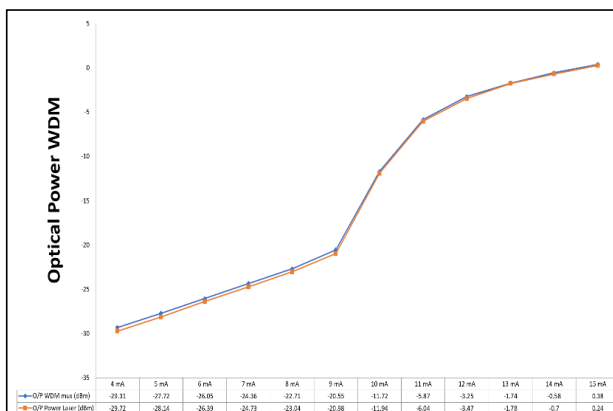


ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังทางแสงกับกระแสของโฟโตไดโอด 1310 นาโนเมตร

จากภาพที่ 9 และ 10 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างกำลังทางแสงกับกระแสของโฟโตไดโอดจากกราฟจะสังเกตได้ว่า เมื่อค่ากำลังทางแสง (Optical Power) เพิ่มขึ้นค่ากระแสของโฟโตไดโอด (Photodiode Current) ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าค่ากำลังทางแสงจะแปรผันตรงกับค่ากระแสของโฟโตไดโอดตามทฤษฎีลักษณะของโฟโตไดโอด



ภาพที่ 11 การมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (WDM)

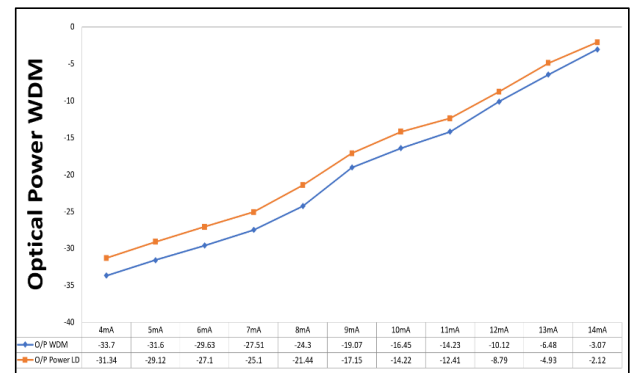


ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแสงที่ส่งออกจากเลเซอร์ไดโอด 850 นาโนเมตรและกำลังแสงที่ผ่านอุปกรณ์ WDM

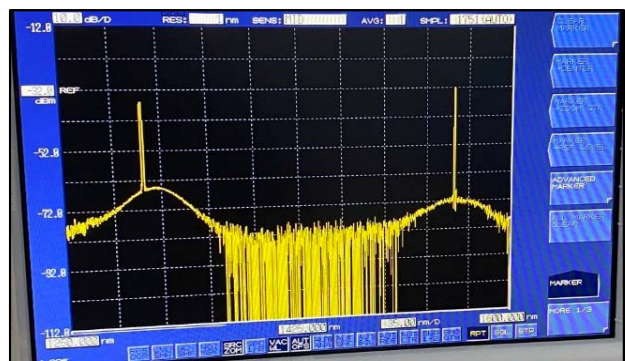
4.3 ผลการศึกษาลักษณะการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Multiplexing: Mux)

จากผลการทดลองคือการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (WDM) คือการนำสัญญาณที่มีความยาวคลื่นต่างกันมารวมกัน แล้วทำการส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสง เทคโนโลยี WDM เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เพิ่มขนาดแบนวิธ การส่งข้อมูลบนเครือข่ายใยแก้วนำแสง โดยการรวมส่งข้อมูลหลายชุดพร้อมกันโดยใช้วิธีผสมแสงแถบความถี่แคบๆ เข้าด้วยกัน เป็นแถบกว้างคล้าย FDM คือทำ MUX ข้อมูลโดยใช้สัญญาณพาหะต่างความถี่

ต่างกันที่ความถี่นั้นค่าสูงมาก โดยข้อมูลแต่ละชุดใช้แสงที่มีความยาวคลื่นที่แตกต่างกันลงบนสายใยแก้วเส้นเดียว ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังแสงที่ส่งออกจากเลเซอร์ไดโอด 1310 นาโนเมตรและกำลังแสงที่ผ่านอุปกรณ์ WDM

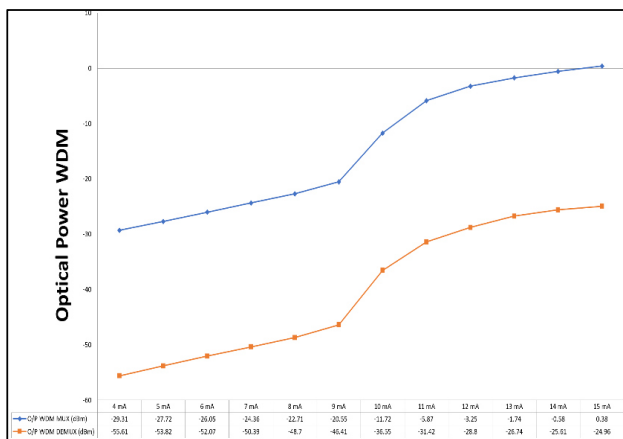


ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร ผ่าน OSA

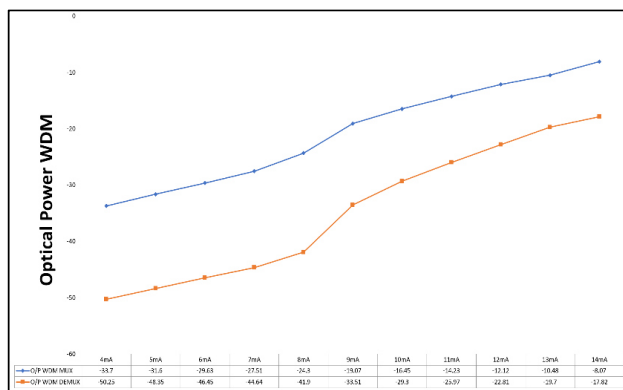
จากภาพที่ 12 ถึง 13 สามารถสรุปได้ว่า ค่ากำลังทางแสงที่ก่อนเข้าอุปกรณ์ WDM นั้น มีค่าใกล้เคียงหลังจากที่เข้าอุปกรณ์ Multiplexing (Mux) ทำให้ทราบว่าคลื่นแสงสามารถส่งผ่านเข้าไปอุปกรณ์ WDM ได้อีกทั้งค่ากำลังทางแสงหลังจากที่เข้าอุปกรณ์ WDM แล้วยังสอดคล้องกับค่ากระแสที่จุดเทรชโฮลของเลเซอร์ทั้ง 2 ความยาวคลื่น ถ้าหากใช้เครื่องมือวัด Optical Spectrum Analyzer (OSA) ก็จะเห็นกราฟลักษณะของคลื่นแสงในขณะที่ผ่านอุปกรณ์ WDM ตามภาพที่ 14

4.4 ผลการศึกษาลักษณะการดีมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Demultiplexing: Demux)

จากผลการทดลองเปรียบเทียบลักษณะของกระแสที่ไหลผ่านเข้าอุปกรณ์ (WDM Mux) และหลังจากผ่านอุปกรณ์ (WDM Demux) ดังนี้



ภาพที่ 15 กำลังแสงที่ผ่านอุปกรณ์ WDM Demux 850 นาโนเมตร



ภาพที่ 16 กำลังแสงที่ผ่านอุปกรณ์ WDM Demux 1310 นาโนเมตร

จากภาพที่ 15 และ 16 กำลังทางแสงที่เข้าอุปกรณ์ WDM Mux นั้น มีค่าคาดเคลื่อนหลังจากที่เข้าอุปกรณ์ WDM Demux สาเหตุเนื่องมาจากผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ WDM ทั้งสองตัวต่อตรงเข้าหากัน (Peer to Peer) ซึ่ง

ในระบบการส่งจริงจะต้องผ่านตัวกลางอย่างคัปเปอร์เส้นใยแก้ว (Optical Fiber Coupler) สังเกตจากค่ากระแสที่จุดเทอร์มิเนชันของเลเซอร์ทั้ง 2 ความยาวคลื่นที่สอดคล้องกัน แต่ทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณที่ปลายทางประมาณ 15% ของกำลังสัญญาณแสง

5. สรุปและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้จัดทำชุดสาธิตการส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตร (WDM) มีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนในวิชา การสื่อสารทางแสง (EE 5706) ซึ่งเป็นวิชาเฉพาะทางวิศวกรรมไฟฟ้า ที่จะช่วยให้ผู้ทำการทดลองเข้าใจในหลักการการส่งสัญญาณทางแสงโดยวิธี WDM ผ่านใบงานการทดลอง ที่ครอบคลุมหลักการทางทฤษฎี และปัญหาที่มักเกิดขึ้นทางการปฏิบัติ

ในส่วนการประเมินผลการทดสอบก่อนและหลังการใช้งานชุดสาธิตดังกล่าวกับนักเรียนนายร้อย (นร.) ชั้นปีที่ 4 และ 5 จำนวน 5 นาย โดยทำการทดสอบผ่านข้อสอบก่อนการทดลองจำนวน 10 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ย 3.5 คะแนน หลังจากนั้นให้ นร. กลุ่มดังกล่าว ทำการศึกษาผ่านใบงานการทดลองทั้ง 4 ใบงานการทดลองข้างต้นแล้วทำการทดสอบผ่านข้อสอบหลังการทดลองจำนวน 20 ข้อ มีคะแนนเฉลี่ย 18 คะแนน อีกทั้งทำการอธิบายหลักการและข้อดีข้อด้อยของการส่งสัญญาณแสงได้อย่างครบถ้วน

ผู้ทำการทดลองกลุ่มดังกล่าว มีความพึงพอใจอย่างมากในการศึกษาและทำการทดลอง พร้อมให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการพัฒนาชุดสาธิตการส่งสัญญาณดังกล่าวให้มีความหลากหลายรูปแบบของการส่งสัญญาณ เช่น การส่งสัญญาณแสงโดยวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งเวลา (TDM) หรือ ชุดสาธิตโครงข่ายบอร์ด์แบนด์ที่ใช้ร่วมกับไฟเบอร์ออฟติก (FTTx) เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ

การทำวิจัยชุดสถิติการส่งสัญญาณแสงย่านความยาวคลื่น 850 และ 1310 นาโนเมตรโดยการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่นสำเร็จลุล่วงด้วยดีนั้นต้องขอขอบพระคุณ บริษัท ลูเมนต้า อินเทอร์เน็ต (ประเทศไทย) จำกัด ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์การสนับสนุนอุปกรณ์เครื่องมือวัดสเปกตรัมทางแสง Optical Spectrum Analyzer (OSA) เพื่อทำการวัดผลการทดลองและต้องขอขอบพระคุณกองทุนพัฒนาโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้าที่สนับสนุนทุนวิจัย ให้สำเร็จได้

7. บรรณานุกรม

- (1) ปรีชา ยูพาพิน, "เครือข่ายใยแก้วนำแสง," กรุงเทพฯ: เอเชียเพรส, 2541.
- (2) แผนกการสื่อสารประเภทสาย โรงเรียนทหารสื่อสาร กรมการทหารสื่อสาร, "การสื่อสารประเภทสาย," กรุงเทพฯ: โรงเรียนทหารสื่อสาร กรมการทหารสื่อสาร, 2550.
- (3) วิทวัส สิงห์กุล, "การสื่อสารผ่านเส้นใยนำแสง," กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2560.
- (4) A.B. John, "Fundamentals of Optical Fiber," 2nd ed. New Jersey: A John Wiley & Sons, 2004.
- (5) B. Ramamurthy, B. Mukherjee, "Design of Optical WDM Network," Massachusetts: Kluwer Academic, 2001.
- (6) จิรศักดิ์ เจริญมสกุล, ปรีชา เกิดเจริญ "ชุดสถิติการจำลองเหตุการณ์ผิดปกติบนสายใยแก้วนำแสง," เอกสารการประชุมวิชาการ งานวิจัยและพัฒนาเชิงประยุกต์ ครั้งที่ 9 มหาวิทยาลัยรังสิต, 2560.
- (7) สิทธิกร ภูัสกุล, ไพศาล นครศรี, ชาดรี ชมพิกุล, "ชุดสถิติการส่งสัญญาณภาพผ่านสายเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเทคนิคการมัลติเพล็กซ์เชิงแสง," ปรินิพนธ์บัณฑิตสาขารวม ศาสตรบัณฑิตสาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2555.
- (8) คู่มือ "Optical Fibers Communication Applications and Measurements," Etek Technology Co, LTD.
- (9) Z. Ying, Z. Zhao, J. Gu, D. Z. Pan, R.T. Chen, "Wavelength-division-multiplexing (WDM) - based integrated electronic-photonic switching network (EPSN) for high-speed data processing and transportation." *Nanophotonics*, 2020.
- (10) P. Mathur, P. K. Jha, "Development of low cost optical fiber kit to promote Fiber-Optics at the school level," *The International Society for Optical Engineering*, October, 2012.