อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

แหล่งกำเนิดแสงสำหรับระบบการสื่อสารทางแสงแบบแบ่งความยาวคลื่นความหนาแน่นสูงด้วยเส้นใยแสง ที่เจือด้วยเออร์เบียม (Light Source for DWDM Communications via EDFA)

โดย

ดร.เสกสรร สุขะเสนา

วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 18 ก.ย. 2558
เลขทะเบียน 1684434
เลขเรียกหนังสือ ว TK
ฉบับ
ภาษา
2557

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์นี้ ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการรายงานผลงานวิจัย ที่ได้รับทุน
สนับสนุนจากกองบริหารการวิจัย
เลขที่สัญญา R2557C048 ประจำปีงบประมาณ 2557
มหาวิทยาลัยนเรศวร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ กองบริหารการวิจัย มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้การสนับสนุนทุนอุดหนุนในการทำวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2557 ซึ่งได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ และตัวชี้วัดที่ตั้งไว้ และขอขอบคุณ ดร. W. Loedhammacakra ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์และการสื่อสาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชมงคลธัญญบุรี ปทุมธานี และขอขอบคุณคณาจารย์และนิสิตวิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน ที่ให้การสนับสนุนในด้านต่างๆ จนกระทั่งงานวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ 2
ข้อมูลสรุปโครงการวิจัย 4
บทที่ 1 บทนำ 5
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย 7
บทที่ 3 ผลการวิจัย 11
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและตัวชี้วัด 14
ภาคผนวก 15

ข้อมูลสรุปโครงการวิจัย

รหัสโครงการ R2557C048

ชื่อโครงการ **แหล่งกำเนิดแสงสำหรับระบบการสื่อสารทางแสงแบบแบ่งความยาวคลื่นความหนาแน่นสูงด้วยเส้นใยแสง ที่เจือด้วยเออร์เบียม**

Project Title **Light Source for DWDM Communications via EDFA**

ชื่อผู้ทำวิจัย ดร.เสกสรร สุขะเสนา
วิทยาลัยเพื่อการค้นคว้าระดับรากฐาน มหาวิทยาลัยนเรศวร
ชื่อผู้ร่วมวิจัย ดร.ปรเมษฐ์ จันทร์เพ็ง
อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

อีเมลล์ secksons@nu.ac.th, seckson@hotmail.com

บทคัดย่อ

รายงานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอผลของการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองโดยใช้เส้นใยแก้วนำแสงชนิดเจือด้วยเออร์เบียม และทำการมอดูเลตด้วยสัญญาณแบบพัลซ์ โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นเลเซอร์ที่ปั๊มในย่านความยาวคลื่นเท่ากับ 980 นาโนเมตร โดยค่าสัญญาณที่ได้จากการขยายมีคุณลักษณะที่ได้คือ การได้ค่ากระจายแบบหลายความยาวคลื่น ซึ่งสามารถทำการควบคุมค่านี้ได้โดยการควบคุมความกว้างของพัลซ์จากการปั๊มเลเซอร์ ผลจากการปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่า ค่าฟิสซิบิลิตี้ จากการใช้เส้นใยแก้วนำแสงชนิดเจือด้วยเออร์เบียมสามารถผลิตคลื่นแบบหลายความยาวคลื่นได้ทั้งหมดของสเปกตรัมย่าน ซี แบนด์ ซึ่งค่าสัญญาณพัลซ์ อยู่ในช่วงความถี่ตั้งแต่ 1 ถึง 100 เฮิร์ตซ์ และสามารถทำการจูนปรับตั้งค่าความยาวคลื่นได้ในช่วงจาก 14.7 นาโนเมตร ถึง 14.9 นาโนเมตร

Abstract

This report is aimed to present the result of experimental setup of the erbium-doped fiber amplifier (*EDFA*) with modulated pulse signal by laser pumping at wavelength 980 nm. The amplified spontaneous emission (*ASE*) from *EDFA* has multi wavelength and the spacing of wavelength can be controlled by controlling the pulse width of laser pumping. The result in this experiment shows that the feasibility of using *EDFA* system can generate the multi wavelength of all of *C*-Band spectrum. The pulse signal, for modulated laser pumping, is observed ranging from 10 to 100 Hz and the wavelength spacing can be tuned from 14.7 nm to 14.9 nm.

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันเทคโนโลยีของการสื่อสารผ่านเส้นใยแสงได้ถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวางเนื่องจากมีข้อดีในด้านของการสูญเสียของสัญญาณที่ต่ำ ไม่เกิดการรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า มีราคาถูกเมื่อเทียบกับความจุของข่าวสารที่ส่งผ่าน มีน้ำหนักเบา เป็นต้น แต่เนื่องจากการวางเคเบิลเส้นใยแสงต้องใช้ค่าใช้จ่ายในการวางสูงโดยเฉพาะการวางเคเบิลใต้ทะเล จึงใช้วิธีการมัลติเพล็กซ์ทางแสงสำหรับเพิ่มความจุของข่าวสารและต่อมาได้พัฒนามาเป็นวิธีการมัลติเพล็กซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (DWDM- dense wavelength division multiplexing) แต่เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในระบบ DWDM นี้มีราคาที่สูงเนื่องจากระบบมีความต้องการไลน์วิดธ์ (Spectral linewidth) ที่แคบเพื่อให้สามารถเพิ่มจำนวนช่องในการมัลติเพล็กซ์ให้สูงขึ้น แต่การผลิตแหล่งกำเนิดแสงนี้ต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อน เส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียม (EDFA- Erbium doped fiber amplifiers) ถูกคิดค้นและนำมาใช้งานในระบบของการสื่อสารทางแสง โดยเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นสถานีขยายสัญญาณด้วยแสงทั้งหมด (All-optical amplifier) ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาคุณสมบัติของความไม่เป็นเชิงเส้นของเส้นใยแสงชนิดนี้มาใช้ในการเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณแสงในย่าน C-Band ด้วยวิธีการกระตุ้นให้เส้นใยแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมนี้มีการปลดปล่อยช่วงความยาวคลื่นแสงแบบไม่ต่อเนื่องโดยธรรมชาติความหนาแน่นสูงในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 1530-1560 nm โดยการมอดูเลตสัญญาณพัลซ์ให้กับเลเซอร์ที่พัมพ์ (980 nm,1440 nm) ให้กับเส้นใยแสงนี้ ซึ่งเส้นใยแสงนี้จะถูกพัมพ์ด้วยเลเซอร์พัมพ์แบบต่อเนื่อง (continuous wave : CW) เป็นผลให้มีการปลดปล่อยแสงทุกย่านความยาวคลื่นตั้งแต่ 1530-1560 nm ในงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาผลของการปลดปล่อยแสงเองโดยธรรมชาติด้วยการพัมพ์แสงให้กับเส้นใยแสงนี้แบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete) ที่ความถี่ต่าง ๆ เพื่อดูผลของการปลดปล่อยแสงของ EDFA จากนั้นจะได้ทำการศึกษาและออกแบบชุดควบคุมเกณฑ์ขยายของ EDFA ให้สามารถที่จะขยายกำลังทางแสงให้มีค่าใกล้เคียงกันตลอดทุกย่านความยาวคลื่น C-Band ด้วยวิธีการทางแสง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

(1) เพื่อวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ทางด้านการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ขยายสัญญาณทางแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียม

(2) เพื่อปรับปรุงและพัฒนาประสิทธิภาพการกำเนิดสัญญาณทางแสงโดยอาศัยเทคนิคความไม่เป็นเชิงเส้นของเส้นใยแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมมาประยุกต์ใช้ในระบบ DWDM

(3) เพื่อศึกษาแนวทางการเพิ่มคุณสมบัติของเส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมให้มีความสามารถในการเป็นแหล่งกำเนิดแสงหลายความยาวคลื่นที่สามารถปรับช่องว่างความยาวคลื่นได้

เพื่อเป็นแนวทางในการนำเอาเส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมไปพัฒนาและประยุกต์ใช้งานในด้านการสื่อสารอื่น ๆ ต่อไป

1.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เทคโนโลยีของการมัลติเพล็กซ์ทางแสงความหนาแน่นสูง (DWDM) เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เส้นใยแสงสามารถส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมากโดยการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณ [1] แต่เนื่องจากแหล่งกำเนิดแสงที่นำมาใช้กับระบบนี้จะต้องมีไลน์วิดธ์ (Linewidth) ที่แคบมากเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ ดังนั้น

แหล่งกำเนิดแสงไดโอดเลเซอร์ที่นำมาใช้ในระบบจะต้องมีค่า FWHM ที่แคบตามไปด้วยจึงทำให้แหล่งกำเนิดแสงชนิดนี้มีราคาสูง เนื่องจากต้องใช้วิธีการที่ซับซ้อนในการสร้างแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ [2]

1.4 การทบทวนวรรณกรรม ที่เกี่ยวข้อง

เส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมได้ถูกนำมาใช้งานในระบบของการสื่อสารทางแสงเพื่อทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณ [3] โดยวิธีการใช้โฟตอนหรือแสง ในการเพิ่มพลังงานให้กับอิเล็กตรอนไปยังระดับพลังงานที่ถูกกระตุ้น ในกระบวนการพัมพ์แสงนี้จะต้องการใช้ระดับพลังงาน 3 ระดับ โดยระดับพลังงานบนสุดเป็นระดับพลังงานที่อิเล็กตรอนถูกกระตุ้น ต้องมีระดับพลังงานที่สูงกว่าระดับการเกิดแสงเลเซอร์ หลังจากที่อิเล็กตรอนถูกกระตุ้นไปสู่ระดับพลังงานที่ถูกกระตุ้นแล้ว อิเล็กตรอนจะปลดปล่อยพลังงานออกมาบางส่วน ทำให้อิเล็กตรอนตกลงสู่ระดับการเกิดแสงเลเซอร์ที่ต้องการ โฟตอนของสัญญาณจะกระตุ้นให้อิเล็กตรอนไปสู่สภาวะการปล่อยที่ถูกกระตุ้น โดยอิเล็กตรอนจะปล่อยพลังงานที่เหลือออกมาในรูปของโฟตอนใหม่อีกตัวหนึ่งที่มีค่าความยาวคลื่นเท่ากับค่าความยาวคลื่นของโฟตอนของสัญญาณที่จะถูกขยาย เนื่องจากโฟตอนของสัญญาณพัมป์ต้องมีพลังงานที่สูงกว่าโฟตอนของสัญญาณที่จะถูกขยาย ดังนั้น ค่าความยาวคลื่นของสัญญาณพัมพ์จึงต้องมีค่าน้อยกว่าค่าของสัญญาณที่จะถูกขยาย

ปัญหาที่พบในการใช้งานเส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมอีกประการหนึ่งคือเกนขยายของเส้นใยแสงชนิดนี้มีเกนขยายไม่เท่ากันตลอดย่านความยาวคลื่นในช่วง 1530-1560 nm [4]

1.5 เอกสารอ้างอิงระหว่างการดำเนินงานวิจัย

[1] Gao Yan,Cui Xiaorong,Du Weifeng, Zhang Ruixia. The Simulation of the Dense Wavelength Division Multiplexing System Based on Hybrid Amplifier. 2009 Second International Symposium on Electronic Commerce and Security, Volume 2, 22-24 May 2009 , Pages 249 – 251.

[2] Hiroshi Hatakeyama, Koji Kudo, Yoshitaka Yokoyama, Koichi Naniwae, and Tatsuya Sasaki. Wavelength-Selectable Microarray Light Sources for Wide-Band DWDM Applications, IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN QUANTUM ELECTRONICS, VOL. 8, NO. 6, NOVEMBER/DECEMBER 2002, Pages 1341 – 1348.

[3] Ozan K. Tonguz and Felton A. Flood, EDFA-Based DWDM Lightwave Transmission Systems With End-to-End Power and SNR Equalization. IEEE TRANSACTIONS ON COMMUNICATIONS, VOL. 50, NO. 8, AUGUST 2002, Pages 1282-1292.

[4] Chun-Liu Zhao, Hwa-Yaw Tam, Bai-Ou Guan, Xinyong Dong, P. K. A. Wai, Xiaoyi Dong. Optical automatic gain control of EDFA using two oscillating lasers in a single feedback loop. Optics Communications, Volume 225, Issues 1-3, 15 September 2003, Pages 157-162.

[5] S. Y. Park, H. K. Kim, S. M. Kang, G. Y. Lyu, H. J. Lee, J. H. Lee, S. -Y. Shin. A gain-flattened two-stage EDFA for WDM optical networks with a fast link control channel. Optics Communications, Volume 153, Issues 1-3, 15 July 1998, Pages 23-26.

[6] Yung-Hsin Lu, Sien Chi. All-optical gain-clamped wideband serial EDFA with ring-shaped laser, Optics Communications, Volume 229, Issues 1-6, 2 January 2004, Pages 317-323.

[7] Adonis Bogris, Dimitris Syvridis 40 Gb/s all-optical regeneration based on the pump depletion effect in fiber parametric amplification,Optical Fiber Technology,Volume 14, Issue 1,January 2008, Pages 63-71.

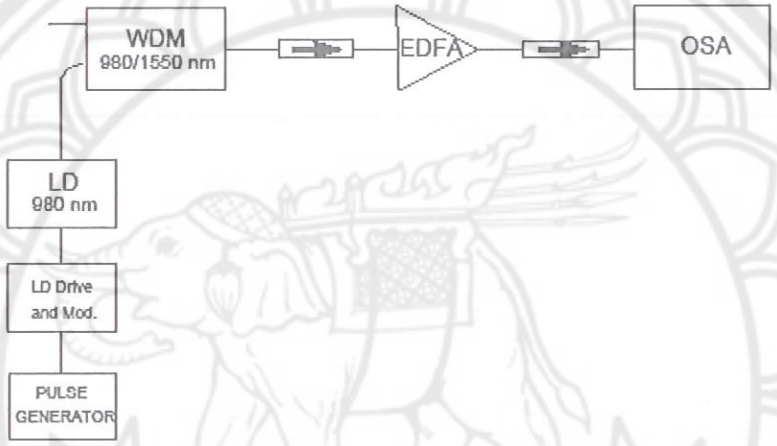
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาวิจัยโดยใช้กระบวนการทดลอง โดยมีระเบียบการดำเนินงานวิจัยดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดของเทคนิคการมัลติเพล็กซ์ทางแสงแบบแบ่งความยาวคลื่นความหนาแน่นสูง การนำเส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมมาใช้ในการเป็นแหล่งกำเนิดแสงและเทคนิคในการควบคุมเกนขยายของเส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมแบบอัตโนมัติจากผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2 ออกแบบและสร้างระบบการการประยุกต์ใช้งานเส้นใยแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมสำหรับประยุกต์ไปใช้งานในด้านแหล่งกำเนิดแสง

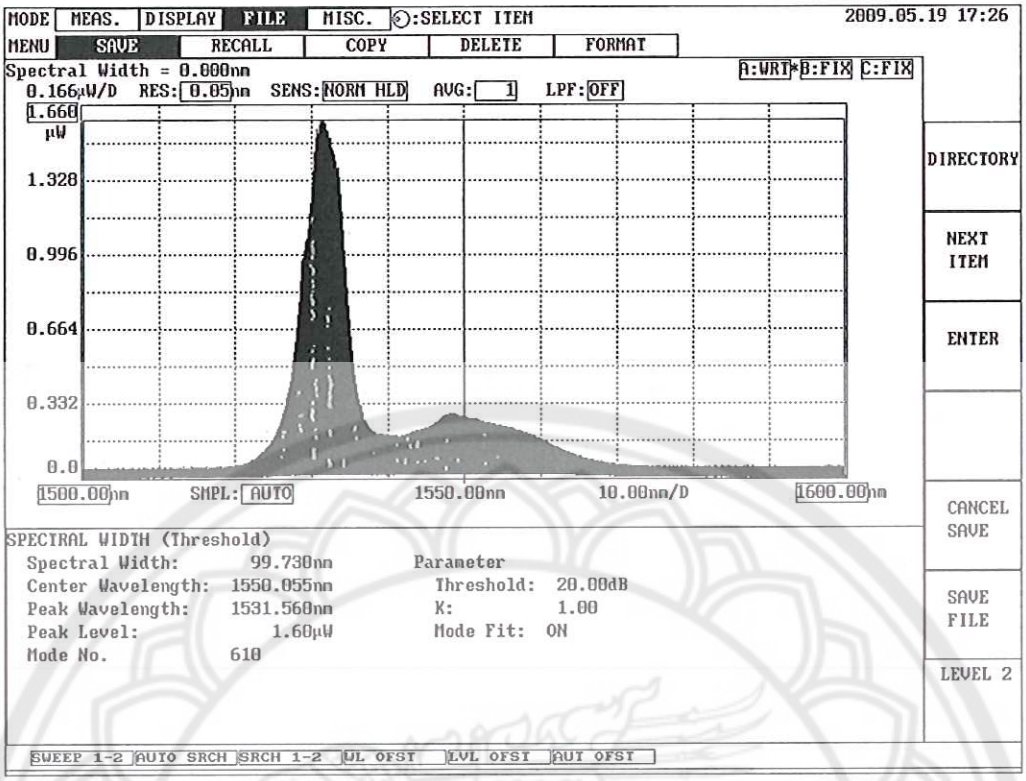
ส่วนสำคัญต่างๆ ของระบบขยายสัญญาณทางแสงด้วยเส้นใยแสงที่เจือด้วยออร์เบียม ดังแสดงในภาพที่ 1 ประกอบด้วย



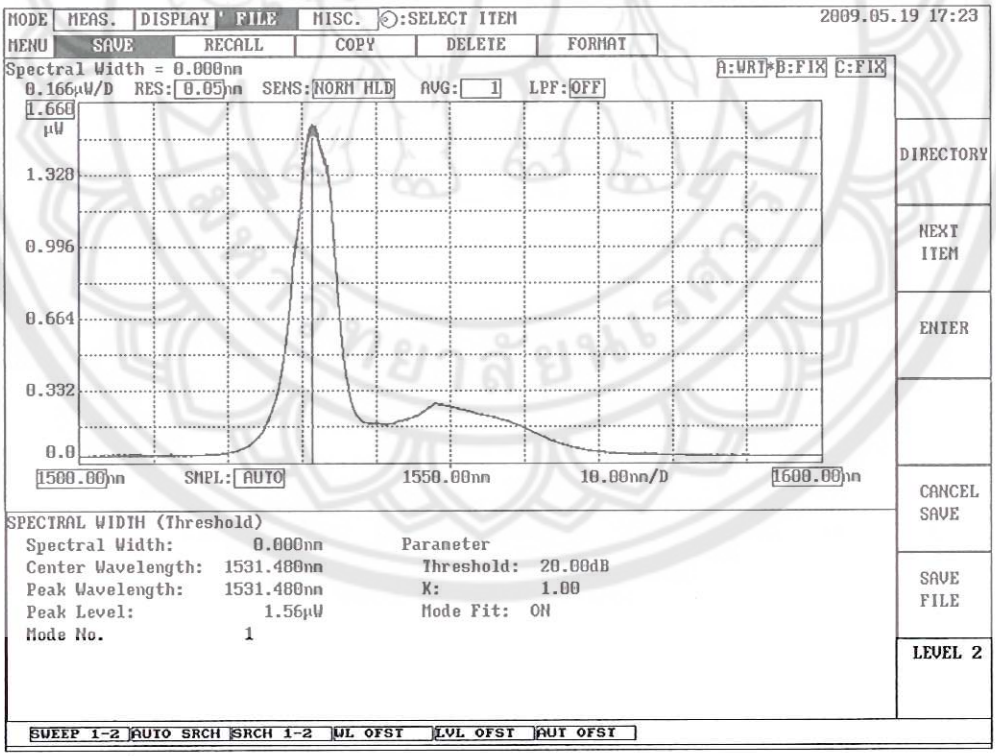
ภาพที่ 1 แบบจำลองโครงสร้างระบบการกำเนิดแสงหลายย่านความยาวคลื่นด้วย EDFA

แหล่งกำเนิดสัญญาณพัลซ์ที่สามารถปรับความถี่และความกว้างของพัลซ์ได้ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกมอดูเลตให้กับแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ไดโอดที่ความยาวคลื่น 980 nm และ 1480 nm เพื่อเปรียบเทียบผลของการดูดกลืนพลังงานจากอิเล็กตรอนจากแหล่งกำเนิดแสงทั้งสองนี้ ด้วยวงจรขับไดโอดเลเซอร์และวงจรมอดูเลเตอร์ จากนั้นพัลซ์ของแสงนี้จะเดินทางผ่านเข้าไปในเส้นใยแสงชนิดขยายสัญญาณทางแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมที่ความยาว 10 เมตร เพื่อให้เส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมดูดกลืนพลังงานได้มากเพียงพอที่จะปลดปล่อยแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้ซึ่งจากการศึกษาและทดลองเบื้องต้นพบว่าสามารถกำเนิดแสงที่มีช่องว่างของความยาวคลื่นแสงแบบต่อเนื่องได้ โดยในการทดลองนี้ได้ใช้ความยาวคลื่นแสงที่ใช้พัมพ์ให้กับเส้นใยแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียมด้วยความยาวคลื่น 980 nm

สเปคตรัมที่ได้ดังแสดงในภาพที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบกับในกรณีที่ไม่ได้มีการมอดูเลตสัญญาณพัลซ์ให้กับเลเซอร์พัมพ์ดังแสดงในภาพที่ 3

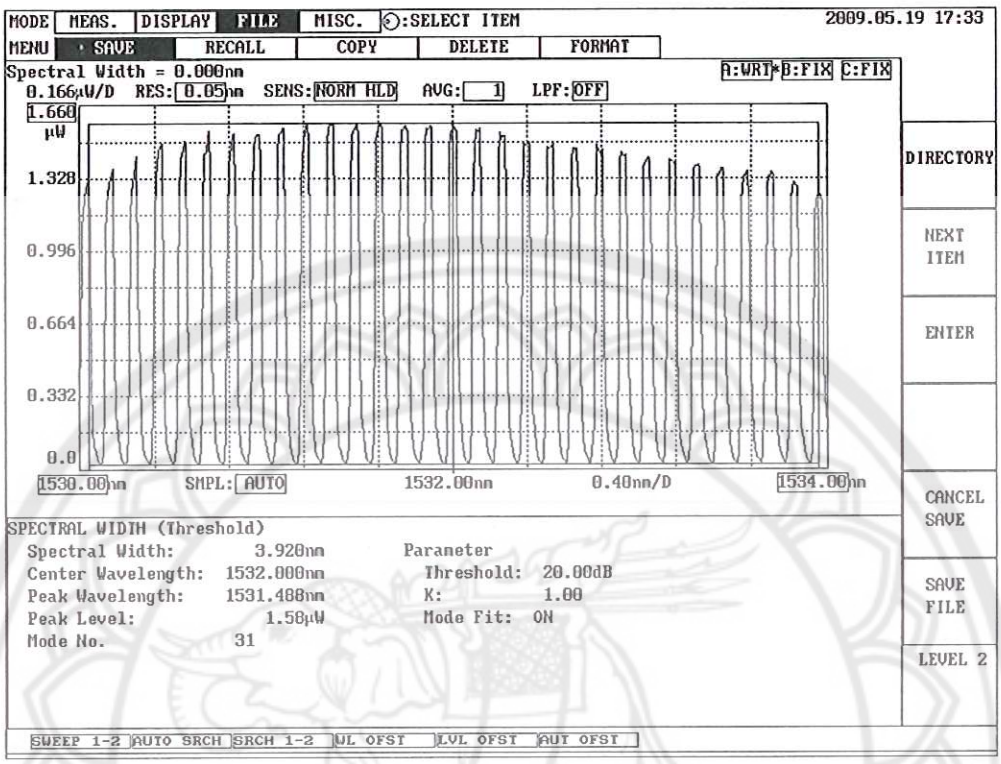


ภาพที่ 2 สเปคตรัมทางแสงของเส้นใยแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมเมื่อมอดูเลตสัญญาณพัลซ์



ภาพที่ 3 สเปคตรัมทางแสงของเส้นใยแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมเมื่อไม่ได้มอดูเลตสัญญาณพัลซ์

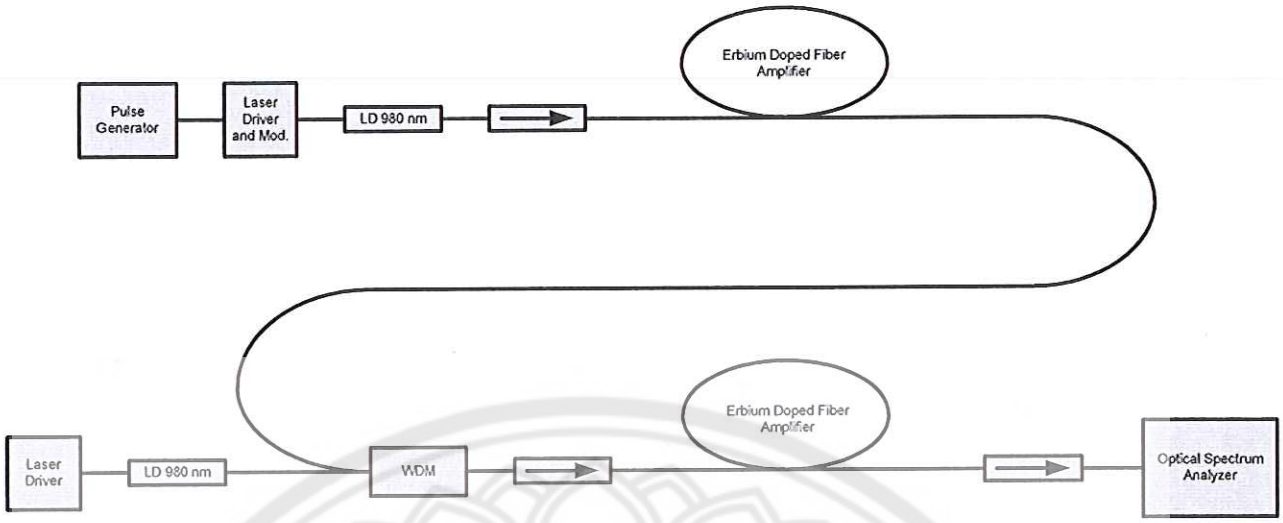
เมื่อบีบย่านสเปคตรัมเข้ามาพบว่ามีช่องว่างของความยาวคลื่นเท่ากันทั้งหมด (Wavelength spacing) ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 สเปคตรัมของช่องว่างความยาวคลื่น

จากการทดลองขั้นต้นนี้พบว่าสามารถผลิตแหล่งกำเนิดแสงที่มีช่องว่างความยาวคลื่นอยู่ที่ประมาณ 0.12 nm ซึ่งนับได้ว่ามีช่องว่างที่แคบมากเมื่อนำไปใช้กับระบบการสื่อสารแบบ DWDM จะทำให้สามารถส่งข้อมูลได้จำนวนมาก การศึกษาขั้นต่อไปผู้วิจัยจะได้ทำการศึกษาผลที่เกิดจากการมอดูเลตสัญญาณรูปแบบต่าง ๆ ตลอดจนความถี่ที่ใช้ในการมอดูเลตให้กับเลเซอร์พัมพ์รวมไปถึงทำการศึกษาผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนเลเซอร์พัมพ์ย่านความยาวคลื่น 1480 nm

หลังจากนั้นผู้วิจัยจะได้ศึกษาผลจากการขยายสัญญาณทางแสงอีกครั้งด้วยใยแสงชนิดขยายสัญญาณทางแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมที่ความยาว 20 เมตร เนื่องจากสัญญาณแสงที่ได้จากการศึกษาข้างต้นมีกำลังทางแสงต่ำดังนั้นจึงต้องใช้เส้นใยแสงเจือด้วยเออร์เบียมที่ความยาวนี้ โดยจะถูกพัมพ์ด้วยไดโอดเลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 980 nm แบบต่อเนื่อง จากนั้นแสงที่ความยาวคลื่น 1550 nm จะถูกส่งผ่านเข้าไปในไอโซเลเตอร์ที่ความยาวคลื่น 1550 nm และทำการวิเคราะห์สเปคตรัมด้วยเครื่องสังเคราะห์สเปคตรัมทางแสง ดังแสดงในรูปที่ 5



ภาพที่ 5 ชุดขยายสัญญาณทางแสงเพื่อเพิ่มกำลังทางแสง

เนื่องจากเส้นใยแสงที่เจือด้วยเออร์เบียมมีเกณฑ์ขยายไม่เท่ากันตลอดย่านความยาวคลื่นในช่วง C-Band ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะได้ทำการออกแบบระบบขยายสัญญาณแสงที่ได้จากชุดที่ทำการศึกษาข้างต้นให้มีกำลังทางแสงใกล้เคียงกันต่อไป

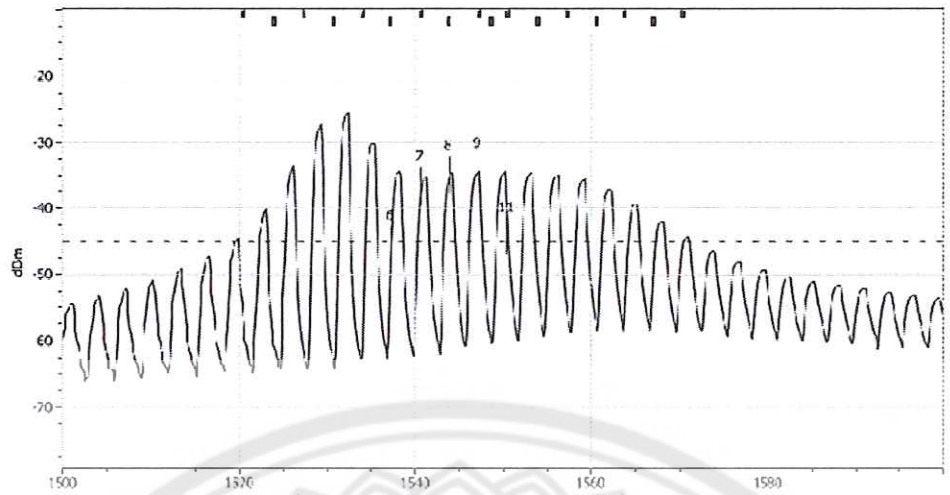
2.3 ทำการทดสอบระบบการกำเนิดแสงหลายย่านความยาวคลื่นในย่านความยาวคลื่น 1550 nm ซึ่งเป็นย่านที่ใช้ในการสื่อสารด้วยวิธีการควบคุมความถี่และความกว้างของพัลซ์ที่มอดูเลตให้กับแหล่งกำเนิดแสงที่พัมพ์ให้กับ EDFA

2.4 ทำการวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากการมอดูเลตสัญญาณพัลซ์ด้วยเครื่องสังเคราะห์ความยาวคลื่นแสง

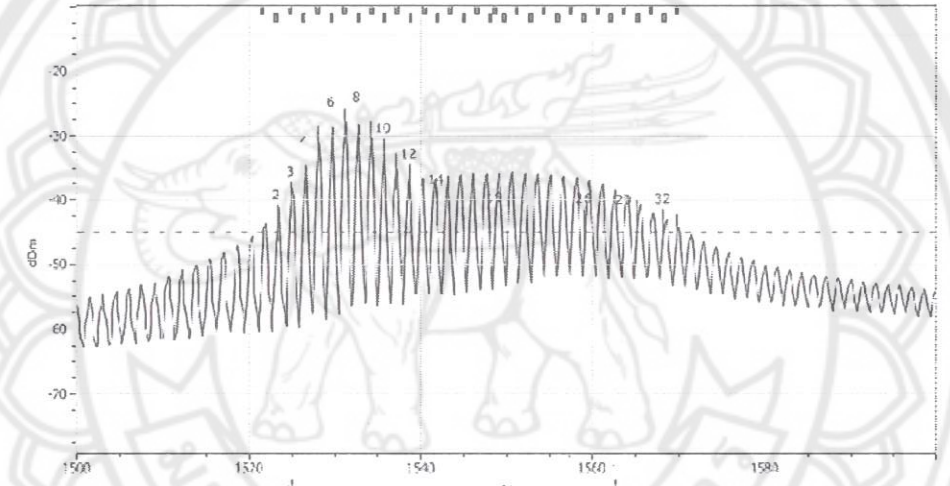
2.5 ทำการวิเคราะห์ผลของการนำแหล่งกำเนิดแสงหลายย่านความยาวคลื่นมาใช้ในการส่งผ่านเส้นใยแสงแบบโหมดเดี่ยวเพื่อศึกษาผลของการลดทอนสัญญาณและการรบกวนข้ามช่องสัญญาณในเส้นใยแสง

2.6 วิเคราะห์หาเงื่อนไขของการกำเนิดแสงหลายย่านความยาวคลื่นที่มีช่องว่างความยาวคลื่นแบบต่อเนื่อง

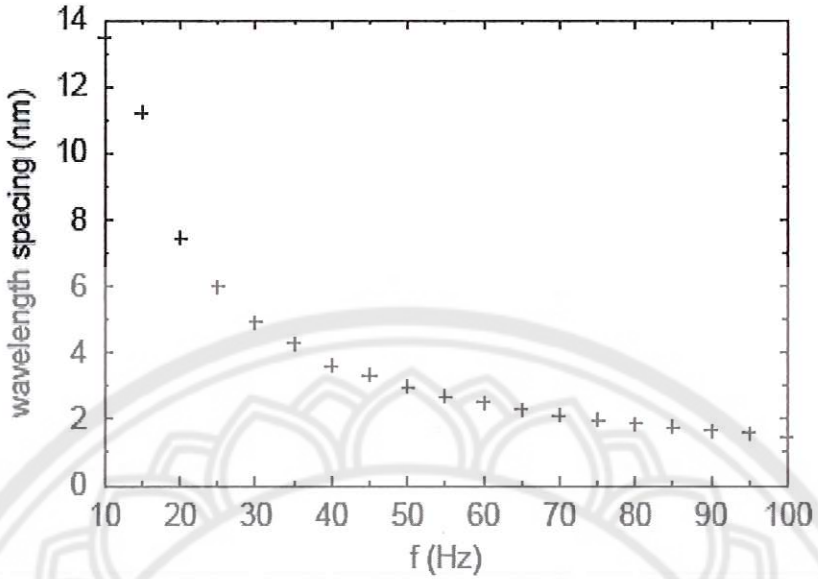
2.7 สรุปและอภิปรายผล



6(c) เมื่อทำการมอตดูเลตด้วยความถี่ 50 Hz



6(d) เมื่อทำการมอตดูเลตด้วยความถี่ 100 Hz



รูปที่ 7 แสดงเส้นแนวโน้มการลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียนของช่วงความกว้างของความยาวคลื่น เมื่อทำการมอดดูเลตด้วยความถี่เพิ่มขึ้น

บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและตัวชี้วัด

ได้มีการแสดงให้เห็นว่า เส้นใยแก้วนำแสงชนิดที่เจือด้วยเออร์เบียม นั้น สามารถผลิตความถี่ของคลื่นได้ในหลายคลื่นความถี่ด้วยกัน เมื่อใช้แสงเลเซอร์ที่ได้จากการปั๊ม โดยที่ กำลังที่สามารถทำได้คือ 3.16 ไมโครวัตต์ และได้ช่วงความกว้างของสเปกตรัม เป็น 1.49 นาโนเมตร ถึง 14.2 นาโนเมตร นอกจากนั้นแล้ว ช่วงความกว้างของความยาวคลื่นยังมีการลดลงอย่างมีนัยยะสำคัญแบบเอ็กโปเน็นเชียล ซึ่งเป็นผลมาจากความไม่เป็นเชิงเส้นของเส้นใยแก้วนำแสงชนิดเจือด้วยเออร์เบียม ทั้งนี้หากต้องการทำการส่งถ่ายข้อมูล ในแต่ละช่วงความยาวคลื่นนั้นก็จะสามารถทำได้ในหลายช่วงความยาวคลื่นในขณะที่มีการใช้เส้นใยแก้วนำแสงชนิดนี้ในขณะเดียวกัน

รายงานตามตัวชี้วัด

ผู้วิจัย ได้มีการส่งผลการวิจัยไปตีพิมพ์ยังวารสารนานาชาติ จำนวน 1 ฉบับ ชื่อวารสาร Journal of Modern Physics ตามเอกสารแนบท้าย

i 6842434
18 ก.ย. 2558
สำนักหอสมุด

ภาคผนวก
รายงานการตีพิมพ์ในวารสาร

Journal of Modern Physics, 2015, 6, 521-525
Published Online April 2015 in SciRes. http://www.scirp.org/journal/jmp
http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2015.65056

Tunable Multi Wavelength by Pulse Signal Modulation in Laser Pumping of EDFA

Poramate Chunpang[1], Seckson Sukhasena[2*]

[1]Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand
[2]The Institute for Fundamental Study, Naresuan University, Phitsanulok, Thailand
Email: poramate.p@msu.ac.th, *secksons@nu.ac.th

Received 5 March 2015; accepted 30 March 2015; published 31 March 2015

Copyright © 2015 by authors and Scientific Research Publishing Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

Abstract

This report is aimed to present the result of experimental setup of the erbium-doped fiber amplifier (*EDFA*) with modulated pulse signal by laser pumping at wavelength 980 nm. The amplified spontaneous emission (*ASE*) from *EDFA* has multi wavelength and the spacing of wavelength can be controlled by controlling the pulse width of laser pumping. The result in this experiment shows that the feasibility of using *EDFA* system can generate the multi wavelength of all of *C*-Band spectrum. The pulse signal, for modulated laser pumping, is observed ranging from 10 to 100 Hz and the wavelength spacing can be tuned from 14.7 nm to 14.9 nm.

Keywords

Erbium-Doped Fiber Amplifier (*EDFA*), WDM, Multi Wavelength Laser

1. Introduction

Erbium-doped fiber amplifier (*EDFA*) is a widely applied component, e.g., for wavelength division multiplexing (*WDM*) in modern optical communication systems, optical fiber sensing system, optical device testing system and optical instrumentation [1] [2]. In addition, the application of *EDFA* is a main device for generation of multi wavelength laser [3] [4]. The *EDFA* has gained spectrum operation range from 1525 nm to 1565 nm in the range of *C*-Band [5]. The *EDFA* is used successfully due to a high gain, low insertion loss, high output power and polarization-independent gain. There are many techniques of multi wavelength generation such as Fabry-Perot etalon inside cavity [6], fiber bragg grating [7], Sagnac interferometer [8], ring resonator [9], high nonlinear fiber [10], semi-conductor optical amplifier [11], $LiNbO_3$ [12]. Most of these techniques are of high cost and require many equipments.

*Corresponding author.

How to cite this paper: Chunpang, P. and Sukhasena, S. (2015) Tunable Multi Wavelength by Pulse Signal Modulation in Laser Pumping of EDFA. *Journal of Modern Physics*, 6, 521-525. http://dx.doi.org/10.4236/jmp.2015.65056

In this report, we carried out a novel method for experimental demonstration tunable multi wavelength and frequency spacing by modulate pulse signal into laser pumping. The purpose of this experiment is for a simpler setup for generation a multi wavelength laser by using *EDFA*.

2. Experiments and Results

The experimental setup is illustrated in Figure 1. The multi wavelength are formed by the wavelength division multiplexed (*WDM*) with 980/1550 multiplexing for the coupling light pumping source into the *EDFA* and for using in the future. The *LD* driver at the input port, with 980 nm, is connected to a pumping laser and the output port is connected to the optical isolator for improving the noise figure performance. A 20 meters *EDFA* length is connected between the optical isolators and the optical spectrum analyzer (*OSA*). The *LD* driver is driving the current of laser diode pumping. And the modulator (*Mod.*) is modulated pulse signal by the pulse generator to control the current in the laser diode with the pulse frequency varying from 10 Hz to 100 Hz by increasing a step by step of 5 Hz frequency. The maximum power of the laser pumping is 50 mW while the pulse generator is setup for duty cycle at 50%.

In this proposition, we will discuss and analyze the result of the *EDFA* with modulated pulse signal in the laser diode pumping. Figure 2 illustrates the results of an experimental setup of the proposing tunable multi wavelength of all of the *C*-Band Erbium-doped fiber amplifier with modulated laser pumping.

The resultant of the output port is showing the spectrum by *OSA* as in Figure 2. The output spectrum of the multi wavelength laser with spanning of wavelength 100 nm. The resolution bandwidth of the optical spectrum analyzer is 0.06 nm. The wavelength line spacing with modulated pumping laser in Figures 2(a)-(c) are ~14.70 nm, ~2.94 nm and ~1.49 nm respectively. From this experiment we describe the multi wavelength laser source with control spectral range by control frequency for modulation pumping laser. The peak power of multi wavelengths generate output are equal line spectral of amplified spontaneous emission (*ASE*) spectrum with continuous wave (CW) pumping laser at 50 mW. The result of output spectrum with modulation pulse signal into the pumping laser is the same as by using CW pumping when the pulse signal is increasing too high frequency.

Figure 3 shows the result of the wavelength spacing with modulated pulse signal into the laser pumping at 10 Hz to 100 Hz by increasing step by step of the frequency by 5 Hz. The experimental result, at 100 Hz, have multi wavelength laser with multiple wavelength up to 67 wavelengths at all of *C*-Band. The spectral width is decreasing in exponential trend because of the nonlinear optical effectiveness and transient response of *EDFA*.

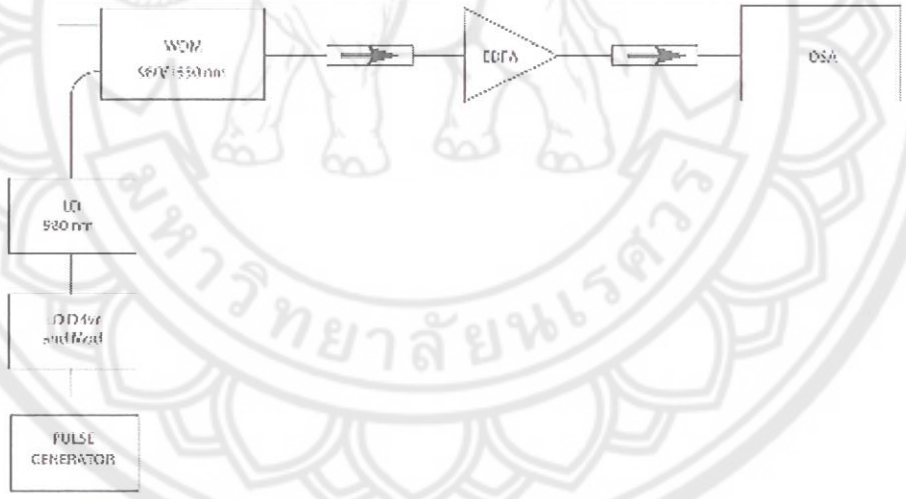


Figure 1. The experimental setup of an investigation of multi wavelength generating in *EDFA* by modulate pumping laser scheme.

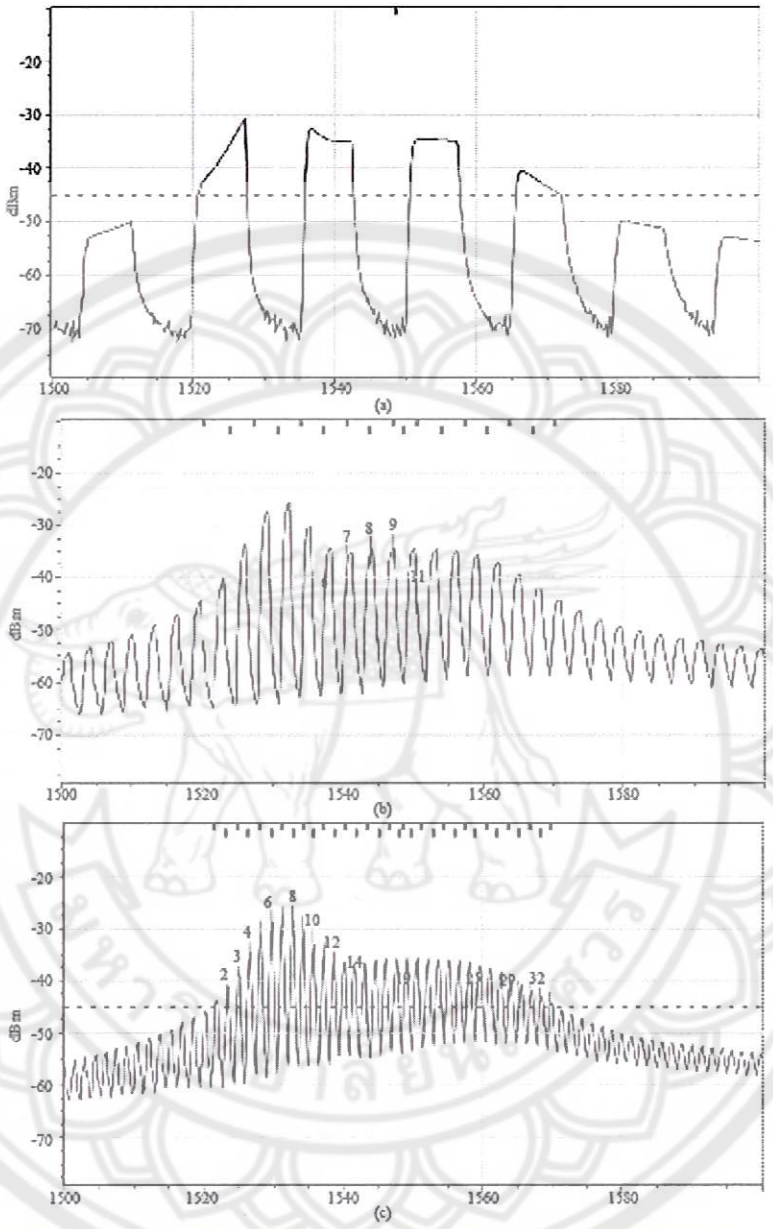


Figure 2. The spectrum of *EDFA* with power pumping laser 50 mW and modulated with 10 Hz, 50 Hz and 100 Hz are shown in (a), (b) and (c) respectively.

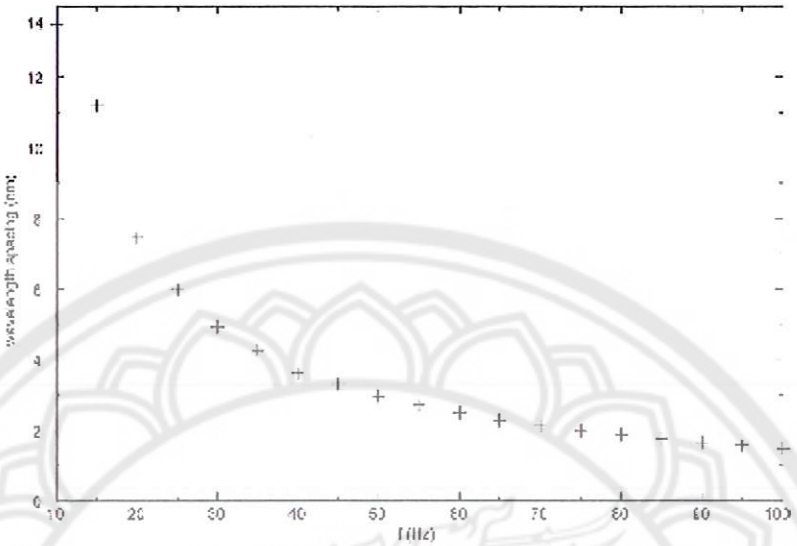


Figure 3. The experimental result showing the wavelength spacing versus pulse signal with modulation in laser pumping, which is significant exponentially decreasing.

3. Conclusion

We have experimentally demonstrated an investigation of the multi wavelength generated in the *EDFA* by modulation of the laser pumping scheme. The output power of the *EDFA* is about 3.16 μW and the spectral width is about 1.49 nm to 14.2 nm. A simple analysis of the proposed system has also been reviewed. To optimize the experiment, the prototype parameters such as the optical spectral width, pulse frequency for modulation and optical power, the experimental procedures suffering from the environment are also taken into consideration. We can use this technique in the future for investigating all optical band pass active filter by EDFA.

Acknowledgements

The authors wish to thank *W. Loedhammacakra*, at the Department of Electronics and Telecommunications, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi for kindly supporting our experimental setup. We acknowledge to E. B. Manoukian for making correction of words. S. Sukhasena was supported by *DRA*, Naresuan University (Grant No. R2557C048).

References

[1] Yang, C., Xia, L., Wang, Y. and Liu, D. (2013) *Optics & Laser Technology*, **51**, 62-66.

[2] Wang, J. and Wang, H. (2014) *Infrared Physics & Technology*, **65**, 1-4. http://dx.doi.org/10.1016/j.infrared.2014.03.002

[3] Yeh, C.H., Chow, C.W., Chen, J.H., Chen, K.H. and Lu, S.S. (2013) *Optical Fiber Technology*, **19**, 359-361. http://dx.doi.org/10.1016/j.yofte.2013.04.006

[4] Al-Mansoori, M.H., Adikan, F.R.M., Naji, A.W., Abdullah, M.K. and Mahdi, M.A. (2006) *Optik*, **117**, 128-130. http://dx.doi.org/10.1016/j.ijleo.2005.08.005

[5] Yeh, C.H., Shih, F.Y., Wen, S., Chow, C.W. and Chi, S. (2009) *Optics Communications*, **282**, 546-549. http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2008.10.038

[6] Yeh, C.H., Chow, C.W., Wu, Y.F., Shih, F.Y., Wang, C.H. and Chi, S. (2009) *Optical Fiber Technology*, **15**, 344-347. http://dx.doi.org/10.1016/j.yofte.2009.03.002

[7] Yao, J., Yao, J.P., Wang, Y., Tjin, S.C., Zhou, Y., Lam, Y.L., Liu, J. and Lu, C. (2001) *Optics Communications*, **191**, 341-345. http://dx.doi.org/10.1016/S0030-4018(01)01154-3

[8] Sheu, F.-W., Chiou, C.-Y. and Yang, S.-C. (2008) *Optics Communications*, **281**, 4719-4722. http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2008.05.038

[9] Liu, T., Wang, Q. and Soh, Y.C. (2003) *Optics Communications*, **225**, 89-94. http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2003.07.034

[10] Liu, Y.-G., Wang, D. and Dong, X. (2008) *Optics Communications*, **281**, 5400-5404. http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2008.07.081

[11] Han, Y.-G., Kim, G., Lee, J.H. and Lee, S.B. (2005) *Optics Communications*, 256, 98-102. http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2005.06.053

[12] Sun, J., Li, H., Cheng, Y. and Li, J. (2008) *Optics Communications*, **281**, 5874-5883. http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2008.08.013