

อุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้ที่ใช้เรโซเนเตอร์วงแหวน
เส้นใยนำแสงร่วมกับแมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์
ในระบบมัลติเพล็กซ์เชิงแสงหลายช่องแบบ DWDM
**Tunable Optical Demultiplexer Using Fiber Ring
Resonator Incorporating Mach-Zehnder
Interferometer in DWDM**

อารยา ชัยสงคราม

บัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

E-mail: Araya@sangsiri.com

และ สมมาตร แสงเงิน

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

Manuscript received April 11, 2016

Revised June 13, 2016

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอ โครงสร้างอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้ ที่ใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสงทำงานร่วมกับแมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ โดยการจำลองและวิเคราะห์ผลจากคุณสมบัติการส่งผ่านสัญญาณ ด้วยการปรับเปลี่ยนค่าความยาวลูป (L_x) ที่ 0.1 mm ถึง 2.1 mm และปรับค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ ให้มีค่าที่เหมาะสม พบว่าที่ค่าความยาวลูป (L_x) เท่ากับ 2.1 mm มีผลทำให้ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ (channel spacing) เท่ากับ 0.8 nm ค่าแบนด์วิธของช่องสัญญาณ (channel bandwidth) เท่ากับ 0.08 nm ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานเป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงในระบบการมัลติเพล็กซ์เชิงแสงแบบ Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) มาตรฐาน ITU-T G.694.1

ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: อุปกรณ์แยกสัญญาณแสง, เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสง, แมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์

ABSTRACT

This article presents a structure of the tunable optical demultiplexer using fiber ring resonator incorporating mach-zehnder interferometer. The simulation and the transmission characteristic were analyzed by adjusting the loop length from 0.1 nm to 2.1 nm and adjusting other parameters at appropriate values. It was found that, the loop length at 2.1 nm provided the channel spacing at 0.8 nm and the channel bandwidth at 0.08 nm which could be efficiently applied to optical demultiplexer of Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) according

to ITU-T G.694.1 Standard.

Keywords: *tunable optical demultiplexer, fiber ring resonator, mach-zehnder interferometer*

1. บทนำ

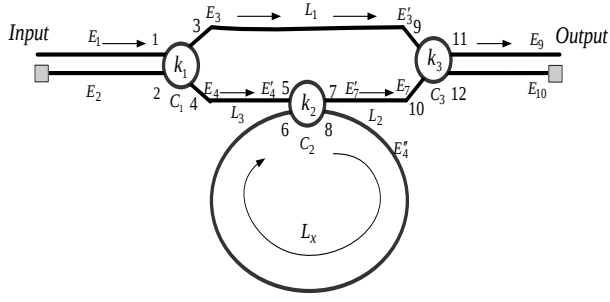
ปัจจุบัน เทคโนโลยีการมัลติเพล็กซ์สัญญาณแสงด้วยเทคนิค DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) [1] - [2] ถูกนิยมนำมาใช้ในการรองรับ การส่งผ่านข้อมูลที่มีปริมาณและอัตราเร็วในการส่งข้อมูลสูงๆ เช่น การส่งข้อมูลในระบบ SDH [3] อุปกรณ์เชิงแสงตัวหนึ่งที่อยู่ภายในระบบ DWDM ที่มีความสำคัญมากก็คือ อุปกรณ์แยกสัญญาณแสง (optical demultiplexer) ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณแสงจึงได้มีการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น โดยเฉพาะความสามารถในการแยกสัญญาณแสงตามที่ต้องการออกมาได้อย่างถูกต้อง และสามารถควบคุมได้ง่าย โดยที่ผ่านมามีได้มีการประยุกต์อุปกรณ์เชิงแสงชนิดต่าง ๆ มาสร้างเป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงสำหรับใช้งานในระบบ DWDM มากขึ้นอุปกรณ์เชิงแสง ที่ได้รับความสนใจและนิยมนำมาประยุกต์ใช้ ได้แก่ เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสง (Fiber ring resonator) และแมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (Mach-Zehnder interferometer) [4] - [7] รวมทั้ง การนำอุปกรณ์เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสง มาทำงานร่วมกับ แมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ เพื่อทำหน้าที่แยกสัญญาณแสง ซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก จากงานวิจัยที่ผ่านมา มีการนำเสนองานวิจัยของอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงในลักษณะโครงสร้างต่างๆเป็นจำนวนมากเช่น Carmen Vazquez และคณะ [8] ได้นำเสนอโครงสร้างแบบ Sagnac loop ใน อุปกรณ์ ring resonator ซึ่งทำการวิเคราะห์ปรับเปลี่ยนค่า coupling ratio ของอุปกรณ์คัปเปิลเลอร์เส้นใยนำแสง (optical coupler) เพื่อให้ได้ค่าสัญญาณเอาต์พุต (output power) ที่เหมาะสมต่อมาได้นำโครงสร้างแบบเดียวกัน [9] มาวิเคราะห์โดยการปรับเปลี่ยนค่า coupling ratio ให้สัมพันธ์กันกับค่า loop length เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการกรองสัญญาณแสงในระบบ ultra-narrow band filter อย่างไรก็ตาม โครงสร้างที่นำเสนอขึ้นมีการประยุกต์ใช้งานแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ในการหาค่าฟังก์ชันการส่งผ่านที่ยุ่งยากและซับซ้อนในการคำนวณหาคำตอบ ต่อมา

T.segawa และคณะ [10] นำเสนอระบบ tunable optical filter โดยใช้ Cascade MZI กับ ASG (Apodized Sampled Gratings) ซึ่งในการออกแบบโครงสร้างนั้นจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ตามโครงสร้างของสารที่ใช้คือ สาร InGaAs ในส่วน waveguide และ สาร InP ในส่วน surface grating จากโครงสร้างดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบ DWDM และพัฒนาไปใช้ในการปรับลดค่า Cross talk ในระบบ photonic packet switch อีกทั้ง P.P. Absil [10] และคณะ ได้นำ สารชนิด GaAs-AlGaAs มาประยุกต์ใช้เป็นโครงสร้างของอุปกรณ์กรองสัญญาณแสง โดยนำมาประยุกต์ใช้งานในระบบ VLSI photonic circuit แต่วิธีการนำสารประกอบมาเป็นโครงสร้างของอุปกรณ์ยังมีขอบเขตจำกัดในการทดลอง เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ที่นำมาทดลองถูกจำกัด ยังมีงานวิจัยที่นำเสนอเป็นอุปกรณ์กรองสัญญาณแสงที่มีโครงสร้างแบบอื่น ๆ เช่น แบบ Ring side coupler to MZI และ Single bus ring [12] จากโครงสร้างดังกล่าว Matthew Terrel และคณะมุ่งเน้นการวิเคราะห์ค่ากำลังงานส่งผ่านและค่าความไวในการตอบสนองสัญญาณแสง ซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบเซนเซอร์

บทความนี้ นำเสนอโครงสร้างอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้ที่ใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสง ทำงานร่วมกับแมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (Mach-Zehnder interferometer) ซึ่งโครงสร้างของอุปกรณ์สามารถสร้างขึ้นได้ง่ายไม่ยุ่งยากซับซ้อน และสามารถปรับเลือกความยาวคลื่นแสงตามที่ต้องการได้ รวมถึงสามารถควบคุมค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ และจำนวนช่องสัญญาณ (ความยาวคลื่น) ได้อีกด้วย จากข้อดีของอุปกรณ์ที่นำเสนอดังกล่าว สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงในระบบ DWDM ตามมาตรฐาน ITU-T G.694.1 ที่ Frequency Grid 100GHz ได้ [13]

2. ทฤษฎีอุปกรณ์แยกสัญญาณแสง

อุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้ที่ใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสง ทำงานร่วมกับ แมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์แบบปรับค่าได้ที่นำเสนอ สามารถแสดงโครงสร้างดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้ที่ใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสงทำงานร่วมกับแมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์

จากรูปที่ 1 สนามไฟฟ้า E_1 จะถูกป้อนเข้าที่พอร์ต 1 ของออปติคัลคัปเปิลเลอร์ตัวที่ 1 (C_1) โดยสนามไฟฟ้าจะเกิดการคัปปลิง (Coupling) ได้เป็นสนามไฟฟ้า E_3 และสนามไฟฟ้า E_4 ออกที่เอาต์พุตพอร์ตที่ 3 และพอร์ตที่ 4 จากนั้นสนามไฟฟ้า E_3 จะเดินทางตามความยาว L_1 ไปยังพอร์ตที่ 9 ของออปติคัลคัปเปิลเลอร์ตัวที่ 3 (C_3) ได้เป็นสนามไฟฟ้า E'_3 โดยที่สนามไฟฟ้า E_4 เดินทางตามความยาว L_3 ไปยังพอร์ตที่ 5 ของออปติคัลคัปเปิลเลอร์ตัวที่ 2 (C_2) ได้เป็นสนามไฟฟ้า E'_4 ซึ่งสนามไฟฟ้า E'_4 จะเกิดการคัปปลิงได้เป็นสนามไฟฟ้า E'_7 และสนามไฟฟ้า E''_4 ออกมาที่เอาต์พุตพอร์ตที่ 7 และ พอร์ตที่ 8 ตามลำดับ จากนั้น สนามไฟฟ้า E''_4 เดินทางตามความยาวลูป L_x กลับมายังพอร์ตที่ 6 และเกิดการคัปปลิงได้เป็นสนามไฟฟ้า E'_7 ออกมาพอร์ตที่ 7 และได้เดินทางตามความยาว L_2 ไปยังพอร์ตที่ 10 ของออปติคัลคัปเปิลเลอร์ตัวที่ 3 (C_3) ได้เป็นสนามไฟฟ้า E_7 จากความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้าที่ได้กล่าวมาข้างต้น สามารถนำมาหาค่าสนามไฟฟ้า E_9 ได้จากสมการความสัมพันธ์ ดังนี้

$$E_9 = \sqrt{1-\gamma_2} [\sqrt{1-k_2} E'_3 + j\sqrt{k_2} E_7] \quad (1)$$

โดยที่

$$E_3 = \sqrt{1-\gamma_1} [\sqrt{1-k_1} E_1 + j\sqrt{k_1} E_2] \quad (2)$$

$$E'_3 = e^{(-\alpha+j\beta)(L_1)} E_3 \quad (3)$$

$$E_7 = e^{(-\alpha+j\beta)(L_2)} E'_7 \quad (4)$$

$$E'_7 = \sqrt{(1-\gamma_3)(1-k_3)} E'_4 + j\sqrt{(1-\gamma_3)(k_3)} \frac{j\sqrt{(1-\gamma_3)(k_3)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_x)}}{1-\sqrt{(1-\gamma_3)(1-k_3)}(1-a)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_x)} E'_4 \quad (5)$$

เมื่อ

γ คือ ค่าการสูญเสียเนื่องจากการแทรกสอดของ

ออปติคัลคัปเปิลเลอร์ (coupler insertion loss)

α คือ ค่าการสูญเสียของเส้นใยแก้วนำแสง (fiber loss)

β คือ ค่าคงที่ของการแพร่กระจายคลื่น

(Propagation constant)

n คือ ค่าดัชนีหักเหของคอร์

λ คือ ความยาวคลื่นแสง

L คือ ระยะลูป (Loop length)

k_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การคัปปลิงตัวที่ i

(coupling coefficient) โดยที่ $i = 1, 2, 3$

เมื่อแทนสนามไฟฟ้า E_3 ในสมการที่ (2) ลงในสมการที่ (3) สามารถหาความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้า E'_3 ได้ดังนี้

$$E'_3 = e^{(-\alpha+j\beta)(L_1)} \sqrt{1-\gamma_1} [\sqrt{1-k_1} E_1 + j\sqrt{k_1} E_2] \quad (6)$$

ในทำนองเดียวกันเมื่อนำค่าสนามไฟฟ้า E'_7 ในสมการที่ (5) แทนลงในสมการที่ (4) สามารถหาความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้า E_7 ได้ดังนี้

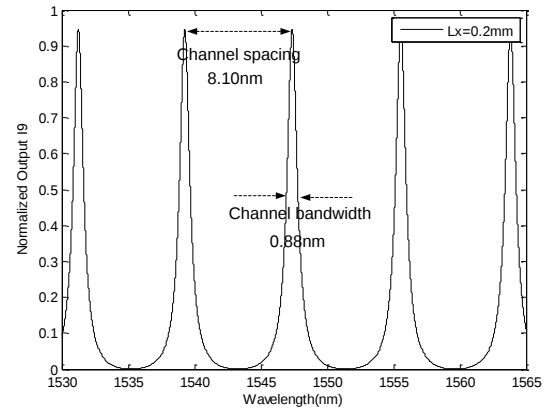
$$E_7 = e^{(-\alpha+j\beta)(L_2)} \left[\frac{\sqrt{(1-\gamma_3)(1-k_3)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_3)}}{\sqrt{(1-\gamma_1)} (j\sqrt{k_1} E_1 + \sqrt{1-k_1} E_2)} + \frac{j^2 (1-\gamma_3) k_3 e^{(-\alpha+j\beta)(L_2)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_3)} \sqrt{1-\gamma_1} (j\sqrt{k_1} E_1 + \sqrt{1-k_1} E_2)}{1 - \sqrt{(1-\gamma_3)(1-k_3)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_x)}} \right] \quad (7)$$

จากความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้า E'_3 และ สนามไฟฟ้า E_7 ที่ได้สามารถนำมาหาค่าสนามไฟฟ้า E_9 ของอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงได้ดังสมการที่ (8)

$$E_9 = \sqrt{1-\gamma_2} \left[\frac{\sqrt{1-k_2} e^{(-\alpha+j\beta)(L_1)} \sqrt{1-\gamma_1} (\sqrt{1-k_1} E_1 + j\sqrt{k_1} E_2) + j\sqrt{k_2} e^{(-\alpha+j\beta)(L_2)}}{\sqrt{(1-\gamma_3)(1-k_3)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_3)} \sqrt{(1-\gamma_1)} (j\sqrt{k_1} E_1 + \sqrt{1-k_1} E_2)} + \frac{j^2 (1-\gamma_3) k_3 e^{(-\alpha+j\beta)(L_1)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_2)} \sqrt{(1-\gamma_1)} (j\sqrt{k_1} E_1 + \sqrt{1-k_1} E_2)}{1 - \sqrt{(1-\gamma_3)(1-k_3)} e^{(-\alpha+j\beta)(L_1)}} \right] \quad (8)$$

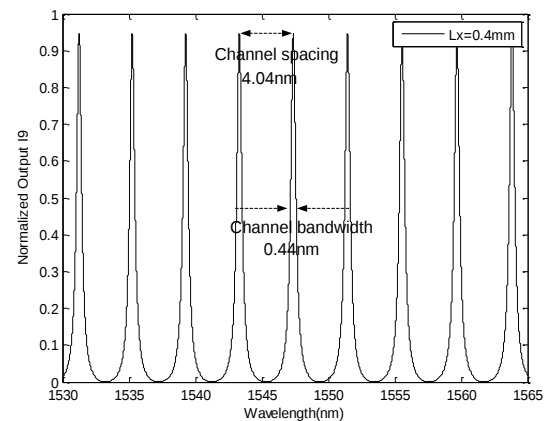
3. การจำลองและการวิเคราะห์

การวิเคราะห์อุปกรณ์แยกสัญญาณแสงซึ่งอาศัยหลักการและคุณลักษณะของอุปกรณ์เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะการส่งผ่านของอุปกรณ์แยกสัญญาณแสง และทำการจำลองผล (simulation) โดยใช้โปรแกรม MATLAB ซึ่งจะพิจารณาจากค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงที่เหมาะสม อุปกรณ์แยกสัญญาณที่นำเสนอเป็นอุปกรณ์เชิงแสงจึงพิจารณาสัญญาณเอาต์พุต E_9 ในเทอมของความเข้มแสงตามความสัมพันธ์ของสมการ $I_9 = E_9 \cdot E_9^* = |E_9|^2$ และกำหนดค่าพารามิเตอร์ของอุปกรณ์ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การคัปปลิงของออปติคอลลับเบิลอร์ โดยที่ ($k_1 = k_2 = k_3$) เท่ากับ 0.5 ค่าอินพุต (E_1) เท่ากับ 1 ค่าดรรชนีหักเหของคอร์ (n) เท่ากับ 1.47 ค่าการสูญเสียเนื่องจากการแทรกสอดของออปติคอลลับเบิลอร์ (γ) เท่ากับ 0.01 ค่าการสูญเสียของเส้นใยแก้วนำแสง (α) เท่ากับ 0.0002 ความยาว (L_1) เท่ากับ 20 mm ความยาว ($L_2 = L_3$) เท่ากับ 10 mm (λ) เท่ากับ 1530 nm ถึง 1565 nm ในย่านซีแบนด์ (c-band) ค่าความยาวลูบ (L_x) เท่ากับ 0.2 mm 0.4 mm และ 0.6 mm สามารถแสดงความสัมพันธ์ของ ค่าความยาวคลื่น กับ ค่าสัญญาณเอาต์พุต I_9 สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2 รูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ตามลำดับ



รูปที่ 2 สัญญาณเอาต์พุต I_9 ที่ค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.2 mm

รูปที่ 2 สัญญาณเอาต์พุต I_9 ที่ ค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.2 mm พบว่าค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ เท่ากับ 8.10 nm ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ เท่ากับ 0.88 nm และจำนวนของช่องสัญญาณ (number of channel) เท่ากับ 5 ช่องสัญญาณ เมื่อทำการปรับค่าความยาวลูบ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.4 mm สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3

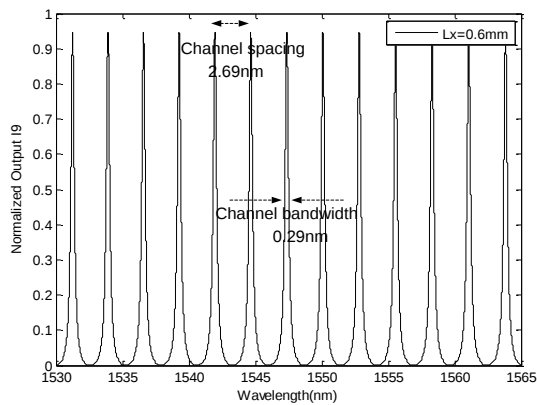


รูปที่ 3 สัญญาณเอาต์พุต I_9 ที่ค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.4 mm

รูปที่ 3 สัญญาณเอาต์พุต ที่ค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.4 mm ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ เท่ากับ 4.04 nm ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ เท่ากับ 0.44 nm และจำนวนของช่องสัญญาณ เท่ากับ 9 ช่องสัญญาณ และเมื่อทำการปรับค่าความยาวลูบ เพิ่มขึ้นเท่ากับ 0.6 mm สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4

รูปที่ 4 สัญญาณเอาต์พุต I_9 ที่ค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.6

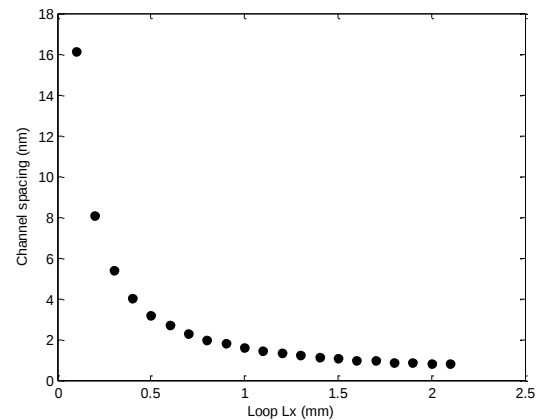
mm ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ เท่ากับ 2.69 nm ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ เท่ากับ 0.29 nm และจำนวนช่องสัญญาณ เท่ากับ 12 ช่องสัญญาณ จากการวิเคราะห์คุณลักษณะการส่งผ่าน อุปกรณ์แยกสัญญาณแสง พบว่า เมื่อทำการปรับค่าความยาวลูบเพิ่มขึ้นทำให้ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณและค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณมีค่าน้อยลง โดยที่จำนวนช่องสัญญาณมีจำนวนเพิ่มขึ้น สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5 6 และ 7 ตามลำดับ



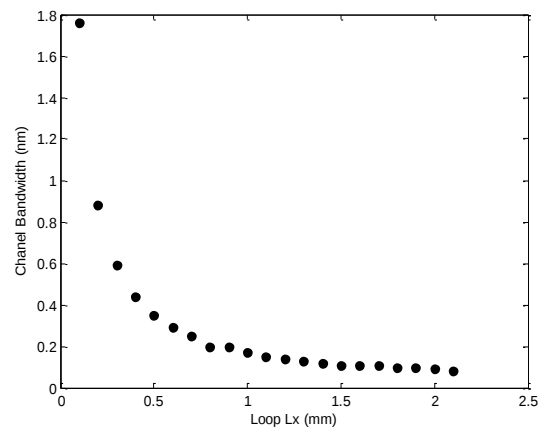
รูปที่ 4 สัญญาณเอาต์พุต I_9 ที่ค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.6 mm

รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ กับ ค่าความยาวลูบ โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อทำการปรับค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.1 mm ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ เท่ากับ 16.11 nm เมื่อเพิ่มค่าความยาวลูบ เท่ากับ 0.2 mm ทำให้ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณลดลง เท่ากับ 8.10 nm จากความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่าเมื่อปรับค่าความยาวลูบ มากขึ้นเป็นผลทำให้ ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณมีค่าน้อยลง สำหรับ รูปที่ 6 แสดงค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ กับ ค่าความยาวลูบ พบว่าเมื่อทำการปรับค่าความยาวลูบเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณลดลง เช่น เมื่อความยาวลูบ เท่ากับ 0.1 mm ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ เท่ากับ 1.76 nm ส่วนความยาวลูบ เท่ากับ 0.2 mm ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณเท่ากับ 0.88 nm และรูปที่ 7 เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนช่องสัญญาณ กับค่าความยาวลูบ พบว่าเมื่อความยาวลูบมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้จำนวนช่องสัญญาณเพิ่มขึ้นเช่นกัน จากรูปที่ 7 เมื่อความยาวลูบ เท่ากับ 0.1 mm จะได้จำนวน

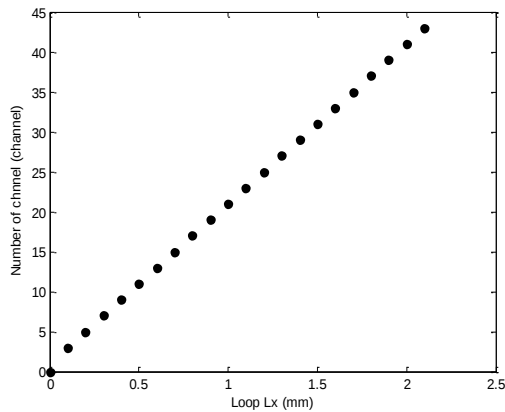
ช่องสัญญาณ เท่ากับ 3 ช่องสัญญาณ ในขณะที่ ความยาวลูบเพิ่มขึ้น มีค่าเท่ากับ 0.2 mm จะได้จำนวนช่องสัญญาณ เท่ากับ 5 ช่องสัญญาณ จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าความยาวลูบ ที่มีผลต่อค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ และจำนวนช่องสัญญาณ สามารถนำผลกระทบทดกล่าว ไปประยุกต์ใช้เป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้



รูปที่ 5 ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ



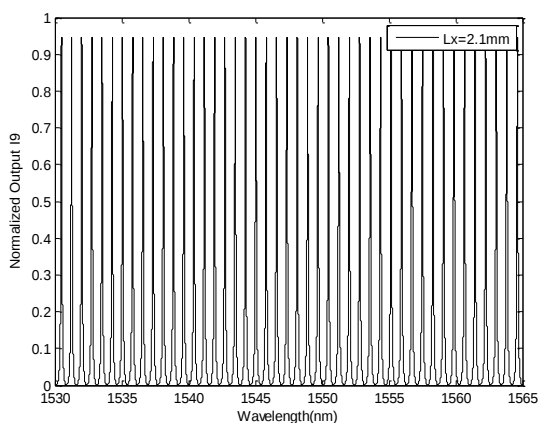
รูปที่ 6 ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ



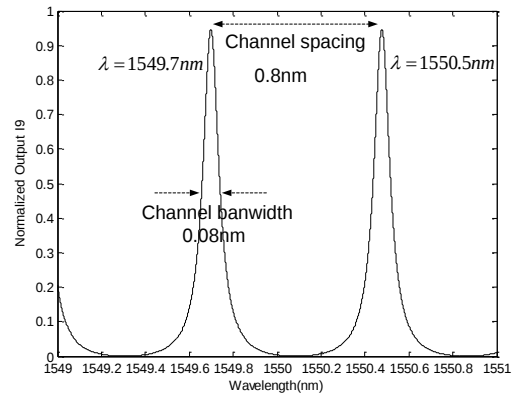
รูปที่ 7 จำนวนช่องสัญญาณ

ในระบบการมัลติเพล็กซ์เชิงแสงหลายช่อง แบบ DWDM ที่มีความยาวคลื่นใช้งานในย่านซีแบนด์ได้

เมื่อพิจารณาค่าความยาวลูปที่มีค่า เท่ากับ 2.1 mm พบค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.8 nm ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงในระบบมัลติเพล็กซ์หลายช่องแบบ DWDM ตามมาตรฐาน ITU-T G.694.1 ที่ Frequency Grid 100 GHz ได้ โดยสามารถแสดงลักษณะของสัญญาณเอาต์พุต I_9 ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 สัญญาณเอาต์พุต I_9



รูปที่ 9 สัญญาณเอาต์พุต I_9

จากรูปที่ 9 เมื่อพิจารณาสัญญาณเอาต์พุต I_9 ในช่วง ความยาวคลื่นระหว่าง 1549 nm ถึง 1551 nm พบว่าจะมีช่องสัญญาณที่มีความยาวคลื่น 1549.7 nm และ 1550.5 nm โดยมีค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณเท่ากับ 0.8 nm และค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณเท่ากับ 0.08 nm ดังนั้น จากคุณลักษณะของอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงที่นำเสนอดังกล่าว จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการมัลติเพล็กซ์เชิงแสงหลายช่องแบบ Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM) ตามมาตรฐาน ITU-Grid 100 GHz ได้

4. สรุป

จากการวิเคราะห์อุปกรณ์แยกสัญญาณแสงแบบปรับค่าได้ที่ใช้เรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสง ทำงานร่วมกับแมคเซนเดอร์อินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ พบว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถควบคุม ค่าระยะห่างระหว่างช่องสัญญาณ ค่าแบนด์วิดท์ของช่องสัญญาณ และจำนวนช่องสัญญาณได้ นอกจากนั้น อุปกรณ์แยกสัญญาณแสงที่นำเสนอ ยังสามารถนำไปใช้ปรับเลือกค่าความยาวคลื่นในระบบการมัลติเพล็กซ์หลายช่องแบบ DWDM ตามมาตรฐาน ITU-T G.694.1 ที่ Frequency Grid 100 GHz (0.8 nm) โดยการปรับค่าความยาวลูปของเรโซเนเตอร์วงแหวนเส้นใยนำแสงที่เหมาะสม โดยการวิเคราะห์คุณลักษณะการส่งผ่านของอุปกรณ์แยกสัญญาณแสงในบทความนี้มีเจตนาเฉพาะของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ

ตามที่ระบุไว้ในบทความข้างต้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Jean-Pierre, DWDM Fundamentals, Components and Applications, Artech House, 2002.
- [2] P. P. Yupapin, A. Sungthong and P. Meesri, "Wavelength division multiplexing technique and crosstalk effects", Engineering Transactions, vol. 2, no. 1, 1999.
- [3] R. K. Jain, Principles of Synchronous Digital Hierarchy, CRC Press, July, 2012.
- [4] I. A. Goncharenko, A. K. Esman, V. K. Kuleshov and V. A. Pilipovich, "Optical broadband analog-digital converter on the base of microring resonator", Optics Communications., vol. 257, no. 1, pp. 54-61, 2006
- [5] G. Rostami and A. Rostami, "Tunable optical delay line using two port ring resonat", IEEE-APMC2006, pp. 1308-1312, 2006.
- [6] Z. Haifeng, J. Xiaoping, Y. Jianyi, Z. Qiang, Y. Tianbao, W. Minghua and T. Yu, "Wavelength-selective optical waveguide isolator based on nonreciprocal ring-coupled Mach-Zehnder Interferometer", Journal of Lightwave Technology, vol. 26, no. 17, pp. 3166-3172, 2008.
- [7] A. Densmore, D. X. Xu, P. Waldron, S. Janz, T. Mischki, G. Lopinski, J. Lapointe, A. Delage, E. Post, C. Storey, P. Cheben, B. Lamontagne and J. H. Schmid, "Densely folded silicon photonic wire biosensors in ring resonator and Mach-Zehnder Configurations", CLEO/QELS 2008, pp. 1-2, 2008.
- [8] V. Carmen, V. Salvador, M. José S. Pena, and C. Pedro, "Tunable Optical Filters Using Compound Ring Resonators for DWDM", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 15, no. 8, 2003.
- [9] V. Carmen, OSA, S. E. Vargas and J. M. Sánchez Pena, "Sagnac loop in ring resonators for tunable optical filters," Journal of Lightwave Technology, vol. 23, no. 8, 2005.
- [10] T. Segawa, S. Matsuo, Y. Ohiso, T. Ishii, Y. Shibata and H. Suzuki, "Fast tunable optical filter using cascaded Mach-Zehnder interferometers with Aapodized sampled gratings", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 17, no. 1, 2005.
- [11] P. P. Absil, J. V. Hryniewicz, B. E. Little, R. A. Wilson, L. G. Joneckis and P. T. Ho, "Compact microring notch filters," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 12, no. 4, 2000.
- [12] M. Terrel, M. J. F. Dignonnet and S. Fan, "Ring-coupled Mach-Zehnder interferometer optimized for sensing," Journal of Lightwave Technology, vol. 18, no. 26, 2009.
- [13] International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector, ITU-T G.694.1, February 2012.



สมมาตร แสงเงิน จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า และอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม มีความสนใจงานวิจัย

ทางด้าน Optical Fiber Communications Optical Components Optical Network Monitoring และ Fiber Optic Instrumentation



อารยา ชัยสงคราม จบการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันศึกษา สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า (วิศวกรรมโทรคมนาคม) มีความสนใจงานวิจัยทางด้าน Optical Fiber Communications