

การลดค่าการสูญเสียของสัญญาณของอุปกรณ์ AWG

โดยการเพิ่ม TSC ในบริเวณ FPR1

Reducing the Insertion Loss of an AWG

by Patterning a TSC into the FPR1

เจนวิทย์ ทิพย์พินิจ และวีรชัย อัสวเมธาพันธ์*

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Janvit Tippinit and Weerachai Asawamethapant*

Department of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering,

Thammasat University, Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีลดค่าการสูญเสียของสัญญาณ (insertion loss) ของอุปกรณ์ 1×8 arrayed waveguide grating (AWG) de-multiplexer ซึ่งขนาดของอุปกรณ์ AWG ที่ออกแบบมีขนาดเพียงครึ่งเดียวของขนาดของอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบ โดยวิธีดังกล่าวประกอบด้วย การเขียนลายของ transmission star coupler (TSC) เพิ่มเข้าไปในส่วน of free propagation region 1 (FPR1) ที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.455 จากผลการคำนวณพบว่าค่าดัชนีหักเหที่เหมาะสมของ TSC มีค่าเท่ากับ 1.460 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยให้แสงสามารถเดินทางในพื้นที่และทิศทางที่กำหนดไว้ ทำให้อุปกรณ์ AWG สามารถส่งสัญญาณแสงไปยัง waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ได้มากขึ้น หลังจากนั้นผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide จาก 6 เป็น 8 ไมโครเมตร เพื่อลดช่องว่างระหว่าง waveguide แต่ละเส้น จากการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ AWG ดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถลดค่า insertion loss ของอุปกรณ์จาก 1.79 เป็น 1.52 dB เนื่องจากอุปกรณ์ AWG สามารถส่งสัญญาณแสงไปยัง output waveguide ได้มากขึ้น โดยที่ขนาดของอุปกรณ์ดังกล่าวยังคงมีขนาดเล็กเท่ากับขนาดของอุปกรณ์ AWG ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบในงานวิจัยก่อนหน้านี้ อย่างไรก็ตาม ค่าการรบกวนของสัญญาณใกล้เคียง (crosstalk) ของอุปกรณ์ AWG กลับเพิ่มขึ้น เนื่องจากลำแสงในบริเวณ FPR 1 ถูกบีบให้แคบลง ทำให้จำนวน waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ที่แสงเดินทางผ่านมีจำนวนน้อยลง ส่งผลให้การแทรกสอดของแสงที่บริเวณ free propagation region 2 (FPR2) ไม่สมบูรณ์ ทำให้สัญญาณแสงที่ output waveguide แต่ละช่องสามารถรั่วไหลไปรบกวน output waveguide ช่องถัดไปได้มากขึ้น

คำสำคัญ : arrayed waveguide grating; transmission star coupler; ค่าการสูญเสียของสัญญาณ

*ผู้รับผิดชอบบทความ : aweerach@engr.tu.ac.th

Abstract

This paper presents a method for reducing the insertion loss of a 1x8 arrayed waveguide grating (AWG) de-multiplexer. Furthermore, the size of the AWG remains half of that of a traditional AWG. The method involves patterning a transmission star coupler (TSC) into the free propagation region 1 (FPR1). The original refractive index of the patterning process for the FPR1 is 1.455, and through simulation, we found the optimal value of the refractive index of the TSC is 1.460. The role of the TSC is to control the direction and area in which the optical beams travel so as to maximize the amount of light through the arrayed waveguides. We also widen each of the arrayed waveguides from 6 to 8 μm in order to reduce the gaps between adjacent waveguides. Through these improvements, we are able to decrease the insertion loss from 1.79 to 1.52 dB while keeping the size of the AWG as small as in our previous work. The reduction in the insertion loss is due to the increase in the intensity of the optical signal output. However, the crosstalk is increased because the narrowed optical beam inside FPR1 causes the light transmitting in fewer waveguides in the arrayed waveguides than usual. Consequently, the interference of light at the free propagation region 2 (FPR2) is incomplete, and then the higher amount of light from each output waveguides leaks to the adjacent output waveguides.

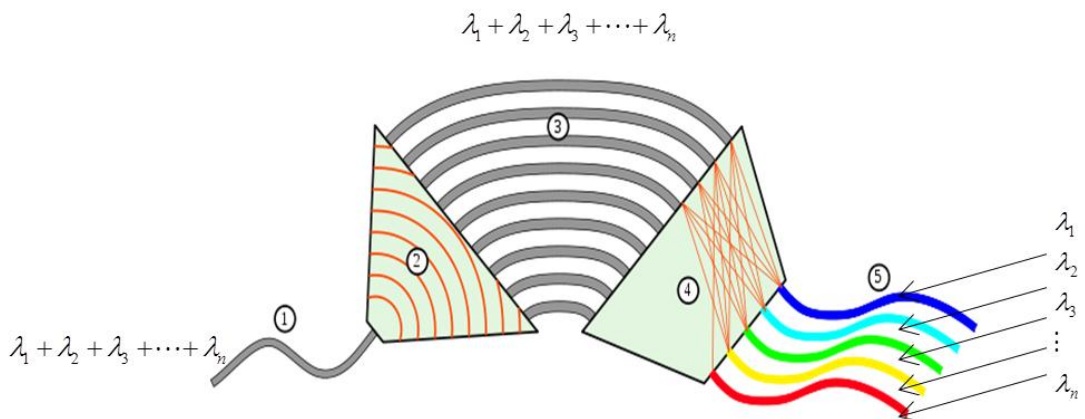
Keywords: arrayed waveguide grating; transmission star couplers; insertion loss

1. บทนำ

ในระบบการสื่อสารทางแสงนั้นเทคโนโลยี wavelength-division multiplexing (WDM) เป็นเทคโนโลยีที่สำคัญ เนื่องจากเทคโนโลยีนี้สามารถส่งข้อมูลหลายชนิดพร้อม ๆ กันผ่านเส้นใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียว โดยใช้หลักการส่งข้อมูลเป็นความยาวคลื่นของแสง ซึ่งข้อมูลแต่ละข้อมูลจะส่งผ่านความยาวคลื่นของแสงที่ต่างกัน [1] ดังนั้นในเทคโนโลยี WDM จึงต้องอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสง ได้แก่ multiplexer, de-multiplexer, filter, amplifier และ switch เป็นต้น เพื่อใช้งานในโครงข่ายใยแก้วนำแสง [2]

Arrayed waveguide grating (AWG) เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสงที่สำคัญของระบบการ

สื่อสารที่ใช้เทคโนโลยี WDM ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้ใช้หลักการแทรกสอดของแสง เพื่อทำหน้าที่แยกสัญญาณแสงที่ถูกส่งรวมไปพร้อมกันหลายๆความยาวคลื่นในเส้นใยแก้วนำแสงเส้นเดียว ออกเป็นความยาวคลื่นต่าง ๆ ได้มากกว่า 16 ช่องความยาวคลื่น [3] โดยทั่วไปแล้วอุปกรณ์ชนิดนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนหลัก ๆ คือ (1) ช่องสัญญาณขาเข้า (input waveguide) (2) บริเวณฟรีโพรพาเกชัน 1 [free propagation region 1 (FPR1)] (3) กลุ่มอาร์เรย์เวฟไกด์ (arrayed waveguide) (4) บริเวณฟรีโพรพาเกชัน 2 [free propagation region 2 (FPR2)] และ (5) ช่องสัญญาณขาออก (output waveguide) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ AWG [4]

โดยส่วนของ input waveguide นั้นทำหน้าที่เป็นทางเดินแสงนำแสงที่มีค่าความยาวคลื่นต่าง ๆ เข้าสู่ตัว AWG และส่วนของ FPR 1 เป็นส่วนที่ปล่อยให้แสงทุก ๆ ค่าความยาวคลื่นเกิดการกระจายตัวอย่างอิสระ ต่อมาในส่วนของบริเวณ arrayed waveguide นั้นทำหน้าที่รับแสงทุก ๆ ค่าความยาวคลื่นที่กระจายตัวจาก FPR 1 เพื่อทำให้เกิดความต่างของเฟสของแสงใน waveguide แต่ละเส้นในบริเวณ arrayed waveguide หลังจากนั้นส่วนของ FPR 2 เป็นส่วนที่รับแสงจากบริเวณ arrayed waveguide และที่ปลายของบริเวณ FPR 2 จะเป็นบริเวณที่แสงที่มีความยาวคลื่นเดียวกันเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน โดยจะมีการไล่ลำดับของความยาวคลื่นจากบนลงล่าง และส่วนสุดท้ายของอุปกรณ์เป็นส่วนของ output waveguide ที่ทำหน้าที่รองรับสัญญาณแสงของแต่ละความยาวคลื่นที่แทรกสอดแบบเสริมกันจากบริเวณ FPR 2 [4]

จากการศึกษาทางวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าที่ผ่านมาได้มีการศึกษาถึงการประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ AWG ในการแยกสัญญาณแสงของความยาวคลื่นกลาง 2 ความยาวคลื่นที่ค่าความยาวคลื่นแสงในย่าน 1.33 ไมโครเมตรและ 1.55 ไมโครเมตร ด้วยอุปกรณ์ AWG ตัวเดียวกัน [5] อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของ AWG

ได้แก่ ปัญหาเรื่องความสูญเสียทางแสงทั้งค่าลดทอนของสัญญาณ (insertion loss) และค่าการรบกวนของสัญญาณใกล้เคียง (crosstalk) รวมถึงปัญหาเรื่องขนาดของอุปกรณ์ AWG และปัญหาเรื่องอุณหภูมิที่ทำให้ค่าดัชนีหักเหของวัสดุเปลี่ยนไปเวลาใช้งาน [6-8] โดยในส่วนของปัญหาเรื่องขนาดของอุปกรณ์ AWG นั้น ผู้วิจัยส่วนใหญ่เลือกที่จะเปลี่ยนวัสดุที่นำมาทำอุปกรณ์ AWG แทนวัสดุประเภทซิลิกา เช่น การเลือกใช้สารประกอบกึ่งตัวนำหมู่ III-V หรือวัสดุจำพวกโพลีเมอร์ในการผลิตอุปกรณ์ AWG ที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตาม เนื่องจากซิลิกาเป็นวัสดุที่มีราคาต่ำกว่ารวมทั้งง่ายต่อการผลิตมากกว่าวัสดุชนิดอื่น จึงทำให้อุปกรณ์ AWG ที่ผลิตจากแก้วซิลิกายังคงได้รับความนิยมในการผลิต ถึงแม้ว่าตัวอุปกรณ์จะมีขนาดค่อนข้างใหญ่

โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้อุปกรณ์ AWG ที่ออกแบบโดยบริษัท C2V [9] เป็นอุปกรณ์ตัวต้นแบบในการทำงานวิจัย ซึ่งโครงสร้างดังกล่าวกำหนดให้แก้วซิลิกาเป็นวัสดุในการผลิต ซึ่งค่า insertion loss และ ค่า crosstalk ของอุปกรณ์ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 1.26 และ -30.08 dB ตามลำดับ และในงานวิจัยที่ผ่านมากลุ่มของผู้วิจัยได้ทำการออกแบบโครงสร้างของอุปกรณ์ AWG ให้มีขนาดเล็ก เพื่อลดขนาดของอุปกรณ์ AWG

ตัวต้นแบบโดยทำการลดจำนวนของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ให้มีจำนวนน้อยลงกว่าเดิมจาก 32 เส้น เหลือเพียง 16 เส้น และทำการปรับขนาดของ waveguide ให้กว้างขึ้นจากโครงสร้างตัวต้นแบบ คือ เพิ่มจาก 6 เป็น 8 ไมโครเมตร เพื่อให้แสงเดินทางเข้าไปใน waveguide ได้มากยิ่งขึ้น [10] ซึ่งเมื่อปรับโครงสร้างดังกล่าวแล้วทำให้ขนาดของอุปกรณ์ลดลงได้ถึง 50 % และมีผลทำให้ค่า insertion loss และ crosstalk เท่ากับ 1.79 และ -23.94 dB ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า insertion loss และ crosstalk ของอุปกรณ์ AWG ที่ได้ออกแบบยังมีค่าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบ

ดังนั้นในบทความนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาวิธีปรับปรุงค่าความสูญเสียเชิงแสงของอุปกรณ์ AWG ที่ได้ออกแบบในงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยการเขียนลวดลายของ transmission star couplers (TSC) เพิ่มเข้าไปในบริเวณ FPR1 ซึ่งการเพิ่ม TSC ในงานวิจัยนี้จะประยุกต์ใช้หลักการที่ว่าค่าดัชนีหักเหของวัสดุสามารถปรับเปลี่ยนได้ด้วยวิธีการฉายแสง UV หรือเรียกว่า UV-irradiation [11] และผู้วิจัยออกแบบว่าได้มีการใช้เทคนิค UV-irradiation ในการฉายแสง UV เพื่อให้เกิดลวดลายของ TSC บนบริเวณ FPR1 โดย TSC จะทำหน้าที่ในการกำหนดแสงให้อยู่ในพื้นที่และทิศทางที่กำหนดไว้ ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าหากแสงสามารถเดินทางอยู่ในพื้นที่และทิศทางที่กำหนดไว้แล้ว ก็จะทำให้สัญญาณแสงสามารถถูกส่งไปยังบริเวณ output waveguide ของตัวอุปกรณ์ AWG ได้มากขึ้น ทำให้ค่าความสูญเสียเชิงแสงในกรณีต่างๆลดลง นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มขนาดของ waveguide ที่บริเวณ arrayed waveguide เพื่อให้แสงเข้าไปใน waveguide แต่ละเส้นมากขึ้นอีกด้วย โดยจากการทำตามเงื่อนไขดังกล่าว จะไม่ทำให้ขนาดโดยรวมของอุปกรณ์ AWG เพิ่มขึ้นจากงานวิจัยที่ได้เคยนำเสนอเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของ

อุปกรณ์เท่านั้น ดังนั้นขนาดโดยรวมของอุปกรณ์ยังคงเป็น 50 % ของขนาดของอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบ

2. ตัวแปรที่ใช้ออกแบบ

ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม OlympIOs ในการวิเคราะห์สมบัติของแสง โดยวิเคราะห์จากการเดินทางของแสงใน transverse electric (TE) mode เพื่อจำลองการเดินทางของแสงในอุปกรณ์ AWG โดยใช้สัญญาณแสงจำนวน 8 ความยาวคลื่น ที่มีความยาวคลื่นต่างกัน 3.2 นาโนเมตร คือ 1.5388, 1.5420, 1.5452, 1.5484, 1.5516, 1.5548, 1.5580 และ 1.5612 ไมโครเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1.55 ไมโครเมตร ในการทดสอบ โดยตัวแปรพื้นฐานต่าง ๆ ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งในการคำนวณเกี่ยวกับสมบัติเชิงแสงของอุปกรณ์ AWG ของโปรแกรมนี้นั้น ทางโปรแกรมได้ทำการตัดส่วนโค้งของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ออกไป แต่ความต่างมุมเฟสของแสงที่เกิดจากส่วนโค้งของ waveguide แต่ละเส้นนั้นได้ทำการคำนวณเสร็จสิ้นภายในโปรแกรม ดังนั้นค่าความสูญเสียของแสงที่เกิดจากการงอโค้งของแสง (bending loss) จึงไม่ถูกนำมาคิด โดยผู้วิจัยได้เลือกนำเสนอผลการคำนวณ ใน 2 รูปแบบ คือ การนำเสนอแบบแสดงผลการกระจายตัวของแสง (intensity mode) การนำเสนอในรูปแบบนี้เป็นการนำเสนอเพื่อให้เห็นการกระจายตัวของแสงทั้งหมด ทั้งที่เป็นแสงส่วนใหญ่และส่วนน้อย และการนำเสนอแบบแสดงผลการกระจายตัวของแสงส่วนใหญ่ (contour mode) การนำเสนอในรูปแบบนี้เป็นการนำเสนอเพื่อให้เห็นการกระจายตัวของแสงเฉพาะที่เป็นแสงส่วนใหญ่เท่านั้น ซึ่งการแสดงผลดังกล่าวจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการกระจุกตัวของแสงภายในอุปกรณ์

ตารางที่ 1 ตัวแปรพื้นฐานของอุปกรณ์ AWG สำหรับงานวิจัยนี้

ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ	ลักษณะ
จำนวน output guide	8 ช่อง
จำนวน waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide	16 เส้น
ผลต่างของค่าความยาวคลื่น บริเวณ output channel	3.2 นาโนเมตร
ความยาวคลื่นกลาง	1.55 ไมโครเมตร
ความสูงของ FPR	275 ไมโครเมตร
ดัชนีหักเหของแสงบริเวณ FPR1	1.455
ดัชนีหักเหของแสงบริเวณ FPR2	1.455
ดัชนีหักเหของแสงของกลุ่ม arrayed waveguide	1.455
ดัชนีหักเหของพื้นหลัง	1.450
ระยะโฟกัสของ FPR	1467 ไมโครเมตร
ระยะห่างระหว่าง อาร์เรย์เวฟไกด์	10 ไมโครเมตร

3. ขั้นตอนการวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการวิจัยเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาผลกระทบของการเขียนลดทอนของ TSC เพิ่มเข้าไปในบริเวณ FPR1 ที่มีต่อสมบัติเชิงแสงของอุปกรณ์ AWG และส่วนที่สองเป็นการศึกษาผลกระทบของการเพิ่มความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ที่มีต่อสมบัติเชิงแสงของอุปกรณ์ AWG โดยผู้วิจัยคาดว่าจากผลการศึกษาทั้งสองขั้นตอน จะทำให้ผู้วิจัยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ AWG ให้มีความเข้มแสงภายในตัวอุปกรณ์มากขึ้นเนื่องจากสัญญาณแสงสามารถถูกส่งไปยังบริเวณ output waveguide ของตัวอุปกรณ์ AWG ได้มากขึ้น ทำให้ค่าความสูญเสียเชิงแสงในกรณีต่าง ๆ ลดลง

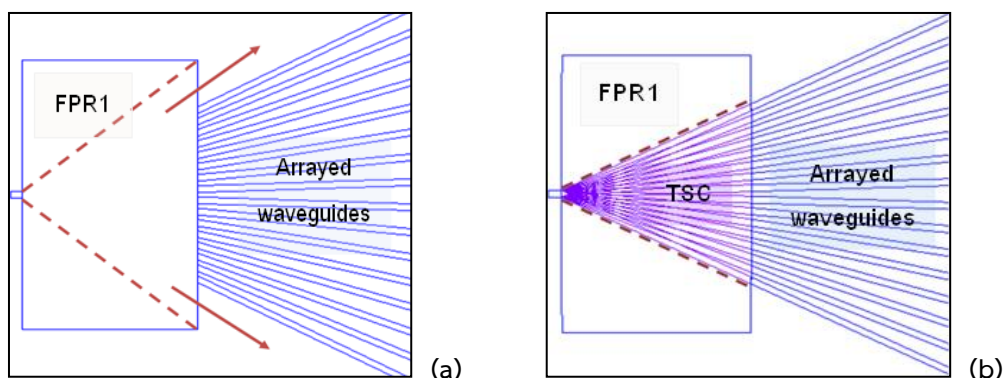
3.1 การศึกษาผลกระทบของการเพิ่ม TSC เข้าไปในบริเวณ FPR1 ที่มีต่อสมบัติเชิงแสงของอุปกรณ์ AWG

โดยทั่วไปแล้วหลังจากที่แสงเดินทางผ่าน input waveguide ไปยังบริเวณ FPR1 แสงจะมีการกระจายตัวอย่างอิสระในส่วนของ FPR1 ดังรูปที่ 2a ดังนั้นมีผลทำให้แสงบางส่วนเดินทางหลุดลอดออกจาก FPR1 โดยไม่ผ่าน waveguide ที่อยู่ในบริเวณ arrayed waveguide ดังแสดงตามทิศทางของลูกศร ซึ่งส่งผลให้ค่า insertion loss ของอุปกรณ์ AWG มีค่าสูง ดังนั้นการเพิ่ม TSC เข้าไปในส่วนของ FPR1 ดังรูปที่ 2b เพื่อเป็นการกำหนดแสงให้อยู่ในพื้นที่และทิศทางที่กำหนด แสงจึงสามารถเดินทางเข้าไปในส่วนหนึ่งของบริเวณ arrayed waveguide ได้มากขึ้นและช่วยให้ค่า insertion loss ที่เกิดขึ้นที่บริเวณรอยต่อระหว่าง FPR 1 และบริเวณ arrayed waveguide ลดลง อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในงานวิจัยก่อนหน้านี้ ผู้วิจัยพบว่าเมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูงไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำกว่าแสงจะเบนออกจากเส้นปกติ (ลู่ออก) ในทางกลับกันถ้าแสงเดินทางจากบริเวณที่มีค่าดัชนีหักเหต่ำไปยังตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าแสงจะเบนเข้าสู่แนวเส้นปกติ (ลู่ออก) [10] ดังนั้นเพื่อให้สัญญาณแสงสามารถเดินทางเข้าไปในบริเวณ TSC ได้มากยิ่งขึ้นนั้น บริเวณ TSC จะต้องมีความหนาแน่นหักเหที่มากกว่า input waveguide ที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.455 ดังนั้นในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ทำการปรับเพิ่มค่าดัชนีหักเหของ TSC จาก 1.455 เป็น 1.456, 1.457, 1.458, 1.459, 1.460, 1.461 และ 1.462 ตามลำดับ ซึ่งค่าของดัชนีหักเหที่เพิ่มขึ้นนั้น ผู้วิจัยได้มาจากการอ้างอิงจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [11]

รูปที่ 3 แสดงสเปกตรัมของความเข้มแสง โดยแสดงในรูปแบบของสนามไฟฟ้าทางฝั่ง output

waveguide ในกรณีที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5516 ไมโครเมตร เพียงความยาวคลื่นเดียว โดยในกรอบสี่เหลี่ยมในรูปจะเน้นค่าสนามไฟฟ้าสูงสุดของแต่ละกรณี โดยจากรูปพบว่าเมื่อค่าดัชนีหักเหของ TSC เพิ่มขึ้นจาก 1.455 เป็น 1.456, 1.457, 1.458, 1.459, 1.460 และ 1.461 ความเข้มแสงสูงสุดทางฝั่ง output waveguide จะเพิ่มตามลำดับ โดยที่ความเข้มแสงสูงสุดทางฝั่ง output waveguide จะมีค่าใกล้เคียงกัน

เมื่อค่าดัชนีหักเหเป็น 1.460 และ 1.461 หลังจากนั้นค่าความเข้มแสงสูงสุดจะลดลงเมื่อค่าดัชนีหักเหเป็น 1.462 ซึ่งค่าความเข้มแสงสูงสุดของทุกกรณีแสดงในตารางที่ 2 จากตารางพบว่าในกรณีที่ค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.460 จะมีความเข้มแสงสูงสุดเท่ากับ 857.41 V/m และในกรณีที่ค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.461 จะมีความเข้มแสงสูงสุดเท่ากับ 857.56 V/m ตามลำดับ



รูปที่ 2 การกระจายตัวของแสงในส่วนของ FPR1 (a) แสงกระจายตัวอย่างอิสระ และ (b) แสงเดินทางไปยังพื้นที่และทิศทางที่กำหนดซึ่งควบคุมโดย TSC

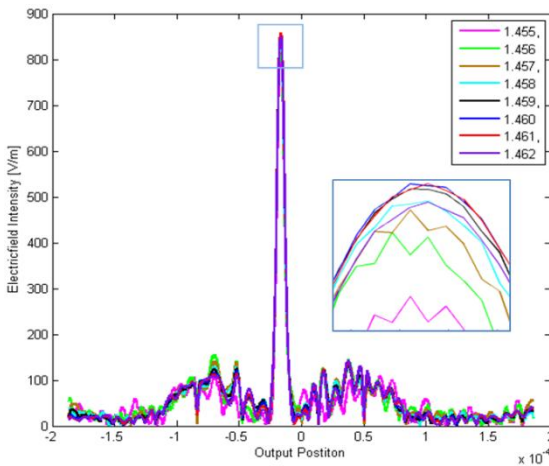
ตารางที่ 2 ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าของสัญญาณแสงสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ

ค่าดัชนีหักเหของ TSC	1.455	1.456	1.457	1.458	1.459	1.460	1.461	1.462
ความเข้มแสงสูงสุด (V/m)	816.16	839.62	847.87	851.09	855.53	857.41	857.56	850.72

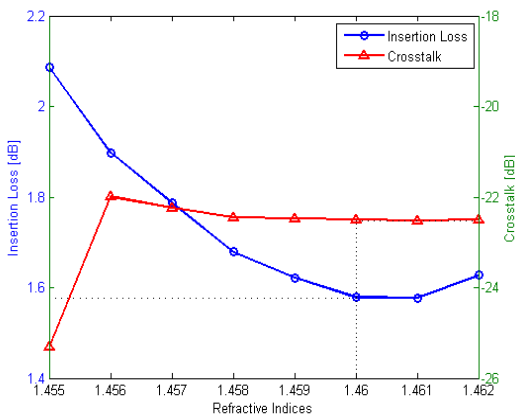
รูปที่ 4 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง insertion loss และ crosstalk ของอุปกรณ์ AWG โดยพิจารณาจาก 8 ค่าความยาวคลื่นกับค่าดัชนีหักเหที่เปลี่ยนแปลง จากรูปพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าดัชนีหักเหจาก 1.455 ถึง 1.461 ค่า insertion loss จะลดต่ำลงเรื่อย ๆ ในทางกลับกันเมื่อค่าดัชนีหักเหเป็น 1.462 ค่า insertion loss จะสูงขึ้น โดยค่า crosstalk มีค่าสูงสุดเมื่อมีค่าดัชนีหักเหเป็น 1.456 และลดลงเล็กน้อยเมื่อค่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าเมื่อมีค่า

ดัชนีหักเหเป็น 1.460 และ 1.461 ค่า insertion loss และ crosstalk ของทั้งสองกรณีมีค่าใกล้เคียงกัน โดย insertion loss มีค่าเท่ากับ 1.58 dB และ crosstalk มีค่าเท่ากับ -22.49 dB ในกรณีที่ค่าดัชนีหักเหเป็น 1.460 และ insertion loss มีค่าเท่ากับ 1.58 dB และ crosstalk มีค่าเท่ากับ -22.52 dB ในกรณีที่ค่าดัชนีหักเหเป็น 1.461 และเมื่อพิจารณาถึงสมบัติของ UV-irradiation เทคนิคแล้ว ค่าดัชนีหักเหที่เหมาะสมของงานวิจัยนี้ที่ทำให้ค่า insertion loss ต่ำ และง่ายต่อ

การปรับค่ามากกว่าโดยใช้วิธีนี้คือ ค่าดัชนีหักเหมีค่าเท่ากับ 1.460



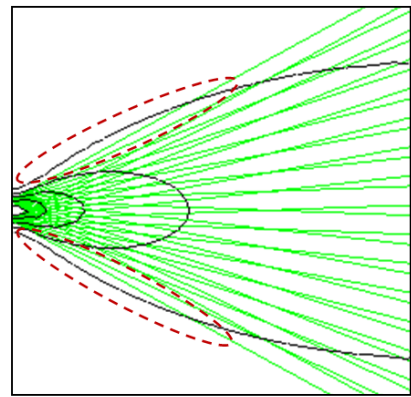
รูปที่ 3 สเปกตรัมของสนามไฟฟ้าของสัญญาณแสงทางฝั่ง output waveguide ในกรณีที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5516 ไมโครเมตร



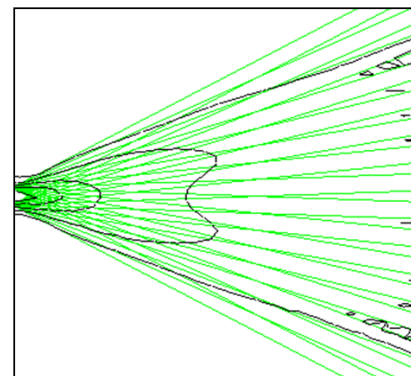
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่าง insertion loss และ crosstalk กับ ค่าดัชนีหักเหต่าง ๆ บริเวณ TSC

รูปที่ 5 แสดงส่วนขยายของบริเวณ TSC ใน FPR1 โดยที่ TSC มีดัชนีหักเหเป็น 1.455 ดังรูปที่ 5a และ 1.460 ดังรูปที่ 5b พบว่าเมื่อค่าของดัชนีหักเห

ของ TSC มีค่าเท่ากับ 1.455 ซึ่งเท่ากับค่าดัชนีหักเหของ FPR1 แสงจะกระจายตัวอย่างอิสระเหมือนกรณีที่ไม่มีบริเวณ TSC ซึ่งจะเห็นได้จากมีปริมาณของแสงที่กระจายออกนอกเส้นขอบของ TSC ดังแสดงในบริเวณวงรีเส้นประในรูปที่ 5a จึงทำให้แสงบางส่วนได้รั่วไหลออกจากบริเวณ FPR1 โดยไม่เดินทางเข้าไปในบริเวณ arrayed waveguide และส่งผลให้ค่าของ insertion loss มีค่าสูงกว่าของกรณีอื่น ๆ และเมื่อค่าดัชนีหักเหมีค่าเท่ากับ 1.460 ค่าของ insertion loss ลดลงเนื่องจากแสงเดินทางในพื้นที่ที่กำหนดไว้ ดังแสดงในรูป 5b



(a)



(b)

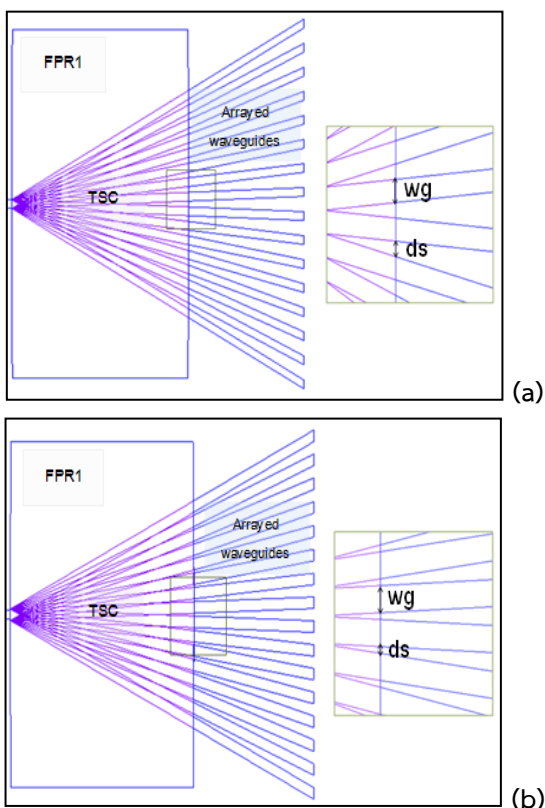
รูปที่ 5 การกระจายตัวของแสงใน FPR1 ในกรณีที่เพิ่มบริเวณ TSC (a) ค่าดัชนีหักเหของแสงที่บริเวณ TSC เท่ากับ 1.455 และ (b) ค่าดัชนีหักเหของแสงที่บริเวณ TSC เท่ากับ 1.460

อย่างไรก็ตาม จากรูปที่ 4 ค่า crosstalk ของอุปกรณ์กลับเพิ่มขึ้นเนื่องจากแสงถูกบีบให้แคบลง ทำให้จำนวน waveguide ที่แสงส่งผ่านถูกใช้น้อยลง ส่งผลให้การแทรกสอดของแสงไม่สมบูรณ์ และยังส่งผลให้ขนาดของลำแสงที่รวมตัวกันบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณ FPR 2 กับ output waveguide กว้างขึ้น ทำให้สัญญาณแสงเกิดรั่วไหลออกจาก output waveguide แต่ละช่องไปรบกวน output waveguide ช่องที่อยู่ใกล้เคียง (ซึ่งพฤติกรรมของแสงดังกล่าวจะคล้ายกับพฤติกรรมของแสงที่จะแสดงในรูปที่ 10 ในหัวข้อที่ 3.2) นอกจากนี้เมื่อค่าดัชนีหักเหเพิ่มขึ้นเป็น 1.462 แสงจะถูกบีบตัวแคบลงมากจนเกินไป ทำให้แสงเกิดการรั่วไหลผ่านช่องว่างระหว่าง waveguide ในบริเวณ arrayed waveguides มากขึ้น ส่งผลให้ค่า insertion loss สูงขึ้นอีกครั้ง

3.2 การศึกษาผลกระทบของการเพิ่มความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ที่มีคุณสมบัติเชิงแสงของอุปกรณ์ AWG

จากการสังเกตบริเวณ arrayed waveguide พบว่า ในกรณีที่ค่าความกว้างของ waveguide แต่ละเส้นในบริเวณ arrayed waveguide เท่ากับ 6 ไมโครเมตร ตามโครงสร้างของอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบนั้น จะมีช่องว่างเนื่องจากระยะห่างระหว่าง waveguide แต่ละเส้น โดยช่องว่างเหล่านี้ได้ก่อให้เกิดความสูญเสียเชิงแสง เนื่องจากแสงไม่สามารถเดินทางเข้าสู่บริเวณ arrayed waveguide ได้ ดังนั้นผู้วิจัยคาดว่า การเพิ่มความกว้างของ waveguide (wg) สามารถทำให้ระยะห่างระหว่าง waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide (ds) ลดลง (รูปที่ 6) และทำให้แสงเดินทางเข้าไปในบริเวณ arrayed waveguide ได้มากขึ้น รวมถึงยังสามารถลดระยะห่างระหว่าง waveguide แต่ละเส้นเพื่อให้แสงเดินทางหลุดลอดออกไปได้น้อยลง อย่างไรก็ตามในการเพิ่มความกว้างของ waveguide แต่ละเส้นจะต้อง

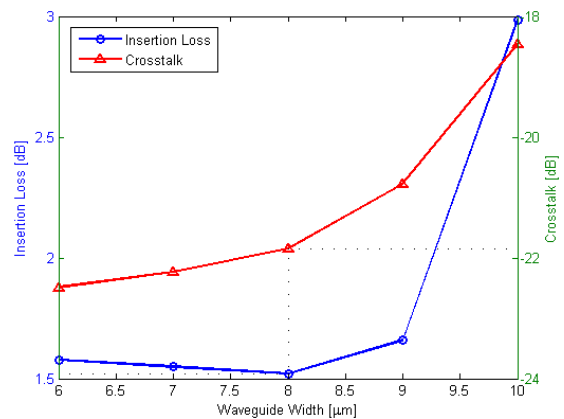
คำนึงถึงการ coupling ของสัญญาณแสงที่จะเกิดขึ้นเมื่อ waveguide แต่ละเส้นอยู่ใกล้กันอีกด้วย โดยค่าความกว้างของ waveguide แต่ละเส้นในบริเวณ arrayed waveguide จะมีการเพิ่มค่าจาก 6 ไมโครเมตรจากหัวข้อ 3.1 เป็น 6, 7, 8, 9 และ 10 ไมโครเมตรตามลำดับ



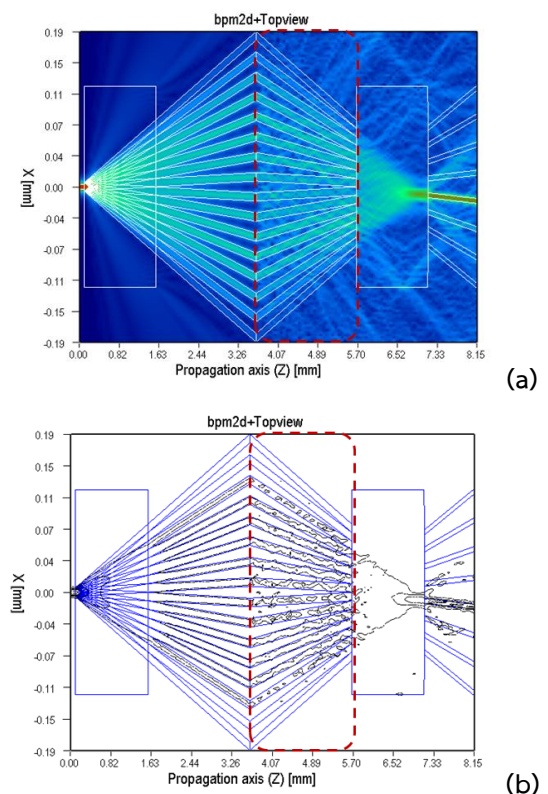
รูปที่ 6 การปรับเพิ่มความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide (a) ก่อนการปรับความกว้าง และ (b) หลังการปรับความกว้าง

รูปที่ 7 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่าง insertion loss และ crosstalk ของอุปกรณ์ AWG โดยพิจารณาจากการใช้งานกับสัญญาณแสง 8 ค่า ความยาวคลื่นกับค่าความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ที่เปลี่ยนแปลง จาก

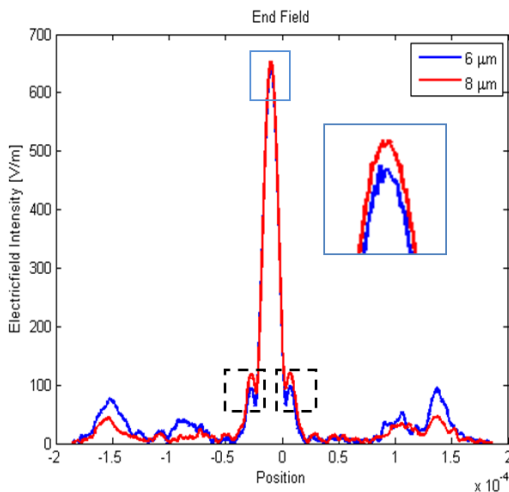
รูปพบว่าเมื่อทำการเพิ่มค่าความกว้างของ waveguide จาก 6 จนถึง 8 ไมโครเมตร ค่า insertion loss ของอุปกรณ์ AWG มีค่าลดลง และเมื่อความกว้างของ waveguide เป็น 9 และ 10 ไมโครเมตร ค่า insertion loss ของอุปกรณ์กลับเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีสาเหตุเนื่องมาจากขนาดความกว้างของ waveguide ที่มากเกินไป ทำให้ระยะห่างระหว่าง waveguide ลดลง จึงส่งผลให้เกิดการ coupling ของแสงระหว่าง waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ซึ่งการเกิดการ coupling ในบริเวณดังกล่าวส่งผลให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณแสงก่อนที่จะเดินทางไปถึงบริเวณ FPR 2 ของอุปกรณ์ AWG โดยในกรณีที่ค่าความกว้างของ waveguide เป็น 8 ไมโครเมตร ค่า insertion loss ของอุปกรณ์ AWG จะมีค่าต่ำสุด และมีค่าเท่ากับ 1.52 dB โดยมีค่าลดลงจากกรณีที่ไม่ได้เพิ่มความกว้างของ waveguide จากหัวข้อ 3.1 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.58 dB และเมื่อพิจารณาในส่วนของค่า crosstalk ของอุปกรณ์ พบว่าเมื่อค่าความกว้างของ waveguide เพิ่มขึ้นจาก 6 จนถึง 10 ไมโครเมตร จะส่งผลให้ค่า crosstalk มีค่าสูงเรื่อย ๆ โดยรูปที่ 8 แสดงพฤติกรรมของแสงที่เดินทางภายในอุปกรณ์ AWG ในกรณีที่ค่าความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide เป็น 10 ไมโครเมตร จากรูปพบว่าแสงเกิดการสะท้อนภายใน waveguide แต่ละเส้น รวมทั้งเกิด coupling loss ระหว่าง waveguide ในบริเวณช่วงปลายของบริเวณ arrayed waveguides ก่อนถึงบริเวณ FPR 2 เนื่องจากขนาดของ waveguide แต่ละเส้นมีค่ามากเกินไป และยังทำให้ waveguide แต่ละเส้นเข้ามาชิดกันมากเกินไป จึงทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังกล่าวดังแสดงให้เห็นในบริเวณสี่เหลี่ยมเส้นประ นอกจากนี้ยังพบว่าสัญญาณแสงบริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณ FPR 2 กับ output waveguide ไม่สามารถรวมตัวกันได้ อย่างเป็นระเบียบอีกด้วย



รูปที่ 7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง insertion loss และ crosstalk กับความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide



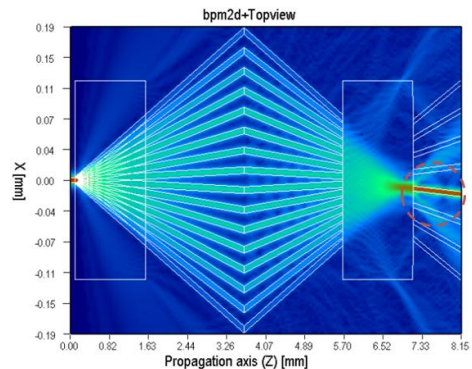
รูปที่ 8 ผลแสดงพฤติกรรมของแสงกรณีความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide เป็น 10 ไมโครเมตร ใน (a) intensity mode และ (b) contour mode



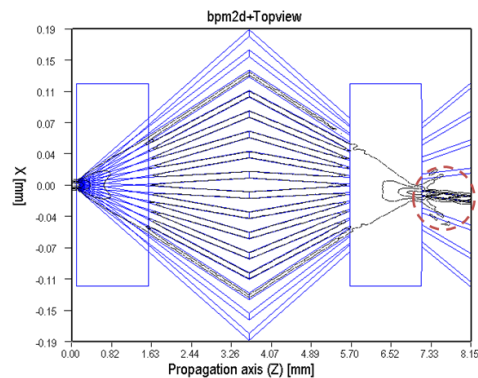
รูปที่ 9 สเปกตรัมของสนามไฟฟ้าของแสงที่บริเวณ FRP 2 ในกรณีที่ความกว้างของ waveguide เป็น 6 และ 8 ไมโครเมตร โดยความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5516 ไมโครเมตร

รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมของความเข้มแสงในรูปแบบของสนามไฟฟ้าที่บริเวณรอยต่อระหว่าง FPR 2 กับ output waveguide ในกรณีที่ค่าความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide เป็น 6 และ 8 ไมโครเมตร จากรูปพบว่าค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าสูงสุดของอุปกรณ์ AWG ในกรณีที่ waveguide เป็น 8 ไมโครเมตร มีค่ามากกว่ากรณีที่ waveguide เป็น 6 ไมโครเมตร จึงส่งผลให้ค่า insertion loss ลดต่ำลง ดังแสดงในบริเวณสี่เหลี่ยมเส้นทึบ แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของการบานของแสงดังแสดงในส่วนของบริเวณสี่เหลี่ยมเส้นประ พบว่าการบานของแสงในส่วนของอุปกรณ์ AWG ที่มี waveguide เป็น 8 ไมโครเมตรมีค่ามากกว่าและทำให้ความเข้มแสงในบริเวณดังกล่าวมีค่าสูงกว่าด้วย ซึ่งความเข้มของแสงในบริเวณดังกล่าวสามารถไปรบกวนสัญญาณแสงที่ถูกส่งไปยัง output waveguide ถัดไปมากยิ่งขึ้น ดังนั้นค่า crosstalk ของอุปกรณ์ AWG ที่มี waveguide เท่ากับ 8 ไมโครเมตร

จึงเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรณีที่ waveguide มีค่าเท่ากับ 6 ไมโครเมตร



(a)



(b)

รูปที่ 10 การบานของแสงที่บริเวณ output waveguide ในกรณีที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5516 ไมโครเมตร แสดงในแบบ (a) intensity mode และ (b) contour mode โดยความกว้างของ waveguide เท่ากับ 8 ไมโครเมตร

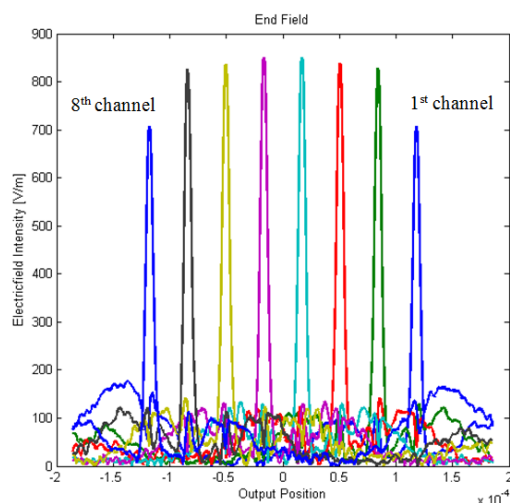
โดยรูปที่ 10 แสดงผลการคำนวณการกระจายตัวของแสงในกรณีที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5516 ไมโครเมตรในรูปแบบของ intensity mode และ contour mode เมื่อทำการเพิ่ม TSC ที่มีค่าดัชนีหักเหเป็น 1.460 เข้าไปในส่วนของ FPR1 และเพิ่มความกว้างของ waveguide ของบริเวณ arrayed waveguide เป็น 8 ไมโครเมตร จากรูปพบว่าไม่มีการ

coupling ของแสงระหว่าง waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide ทำให้ไม่เกิดปัญหาในส่วนของการ coupling loss ระหว่าง waveguide ที่บริเวณส่วนปลายของบริเวณ arrayed waveguide เหมือนกรณีที่มีความกว้างของ waveguide เท่ากับ 10 ไมโครเมตร ดังแสดงในรูปที่ 8 อย่างไรก็ตาม การรวมตัวกันของแสงที่บริเวณรอยต่อระหว่างบริเวณ FPR 2 กับ output waveguide ยังคงไม่สมบูรณ์โดยมีลักษณะบานออกดังแสดงในบริเวณวงกลมเส้นประในรูป จึงส่งผลให้สัญญาณแสงยังคงสามารถไปรบกวนสัญญาณแสงที่ถูกส่งไปยัง output waveguide ช่องถัดไป และทำให้ค่า crosstalk เฉลี่ยของอุปกรณ์ AWG มีค่าสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ waveguide มีค่าเท่ากับ 6 ไมโครเมตร

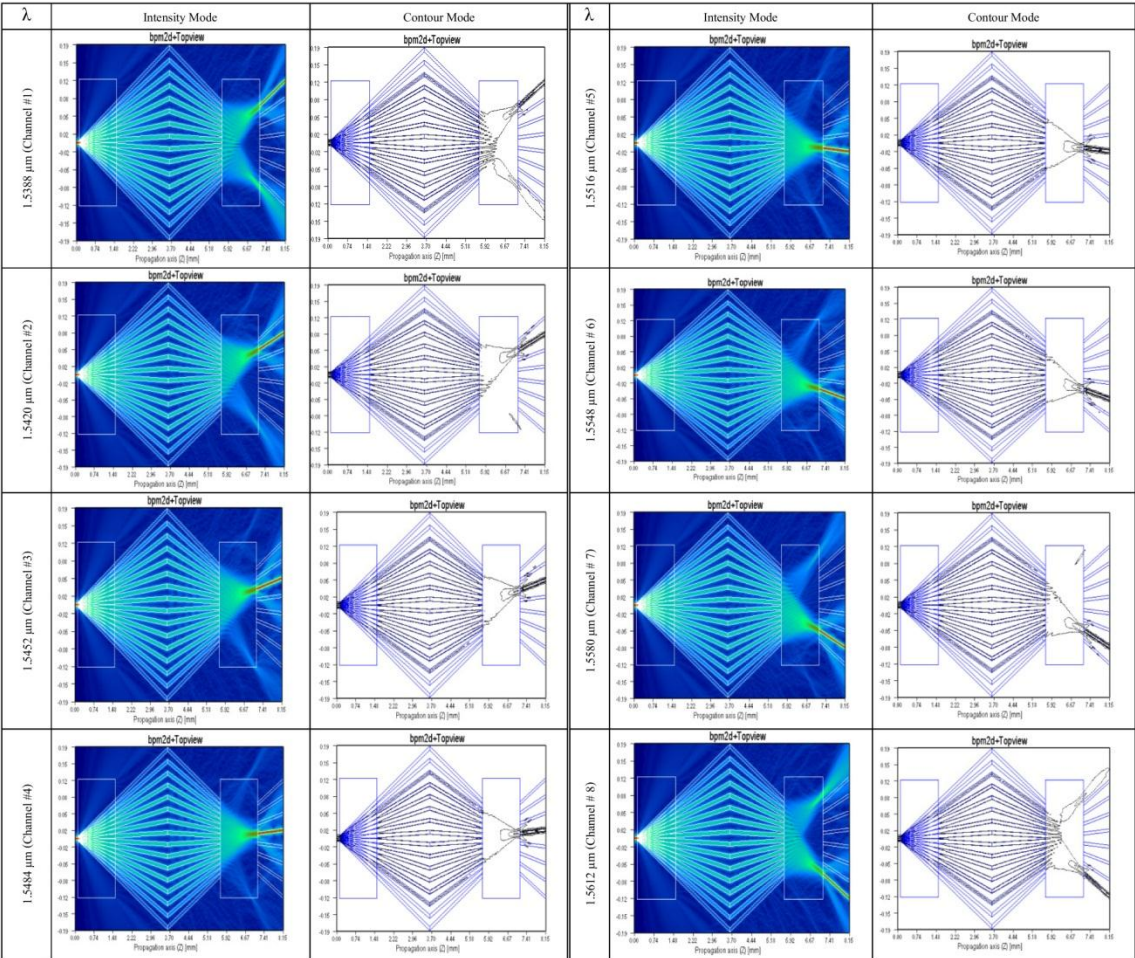
4. การทดสอบประสิทธิภาพของ AWG ที่ได้ทำการออกแบบ

จากการศึกษาในหัวข้อ 3.1 และ 3.2 ผู้วิจัยได้นำแนวคิดจากทั้งสองขั้นตอนมาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อออกแบบอุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัยนี้ โดยอุปกรณ์ AWG ที่ออกแบบนั้นมีการเพิ่มส่วนของ TSC ที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.460 เข้าไปในบริเวณ FPR1 โดยใช้วิธี UV-irradiation และมีการเพิ่มความกว้างของ waveguide ในบริเวณ arrayed waveguide เป็น 8 ไมโครเมตร โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพในการแยกสัญญาณแสงของ AWG ที่มีจำนวนของ output waveguide เป็น 8 ช่องสัญญาณเพื่อใช้แยกสัญญาณแสงจำนวน 8 ความยาวคลื่นที่มีความยาวคลื่นต่างกัน 3.2 นาโนเมตร โดยค่าความยาวคลื่นกลางมีค่าเท่ากับ 1.55 ไมโครเมตร นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบสมบัติเชิงแสงในส่วนของการ insertion loss และ crosstalk ของอุปกรณ์ AWG ที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้ กับอุปกรณ์ AWG ได้ออกแบบในงานวิจัยที่ผ่านมา [10] และอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบที่ออกแบบโดยบริษัท C2V [9]

รูปที่ 11 แสดงผลการคำนวณพฤติกรรมของแสงภายในอุปกรณ์ AWG ที่ใช้งานกับสัญญาณแสงทั้ง 8 ค่าความยาวคลื่น ใน intensity mode และ contour mode จากรูปพบว่าในการทดสอบการใช้งานของแต่ละความยาวคลื่น แสงเกิดการแทรกสอดได้อย่างถูกต้องแม่นยำตาม output waveguide ที่กำหนดไว้สำหรับทุกค่าความยาวคลื่น โดยในกรณีที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5388 ไมโครเมตร แสงจะเกิดการแทรกสอดกันที่ output waveguide ช่องที่ 1 ซึ่งอยู่ด้านบนสุด (1st channel) และในกรณีที่ความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 1.5612 ไมโครเมตร แสงจะเกิดการแทรกสอดกันที่ช่องขาออกช่องที่ 8 ซึ่งอยู่ด้านล่างสุด (8th channel) ตามลำดับ นอกจากนี้สัญญาณแสงทุกค่าความยาวคลื่นสามารถเดินทางอยู่ในพื้นที่และทิศทางที่กำหนดไว้แล้วภายในบริเวณ TSC รวมทั้งไม่มีปัญหาในส่วนของการ coupling ของแสงระหว่าง waveguide ภายในบริเวณ arrayed waveguide ก่อนที่จะแสงเดินทางถึงบริเวณ FPR 2 อีกด้วย



รูปที่ 12 สเปกตรัมของสนามไฟฟ้าที่บริเวณ output waveguide ของอุปกรณ์ AWG ที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้เมื่อทดสอบกับทั้ง 8 ค่าความยาวคลื่น



รูปที่ 11 ผลการคำนวณพฤติกรรมของแสงภายในอุปกรณ์ AWG ที่ใช้งานกับสัญญาณแสงทั้ง 8 ค่าความยาวคลื่นใน intensity mode และ contour mode

ตารางที่ 3 ค่าความเข้มของสนามไฟฟ้าของสัญญาณแสงสูงสุดที่ได้จากการคำนวณ

Structure	Insertion loss (dB)	Crosstalk (dB)
กรณีที่ 1	1.26	-30.08
กรณีที่ 2	1.79	-24.94
กรณีที่ 3	1.52	-21.84

รูปที่ 12 เป็นรูปที่แสดงสเปกตรัมของสนามไฟฟ้าที่ผ่านบริเวณ output waveguide เมื่อใช้งานกับทั้ง 8 ค่าความยาวคลื่นของอุปกรณ์ AWG ที่มี

โครงสร้างตามที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้ จากรูปพบว่าถึงแม้ว่าได้ทำการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในของอุปกรณ์ AWG ตามเงื่อนไขดังกล่าวก็ตาม อุปกรณ์ AWG ก็ยังสามารถทำงานเป็น de-multiplexer ที่สามารถแยกค่าความยาวคลื่นทั้ง 8 ค่าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำเหมือนอุปกรณ์ตัวต้นแบบของงานวิจัยนี้ โดยสัญญาณแสงที่ส่งไปยัง output waveguide ช่องที่ 1 ซึ่งอยู่ด้านบนสุด (1st channel) จะเป็นสเปกตรัมทางด้านขวามือสุด และสัญญาณแสงที่ส่งไปยัง output waveguide ช่องที่ 8 ซึ่งอยู่ด้านล่างสุด (8th

channel) จะเป็นสเปคตรัมทางด้านซ้ายมือสุดตามลำดับ

ตารางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบสมบัติเชิงแสงในส่วนของการ insertion loss และ crosstalk ของอุปกรณ์ AWG ตามโครงสร้างในกรณีต่าง ๆ ดังนี้ กรณีที่ 1 เป็นอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบที่ออกแบบโดยบริษัท C2V [9] กรณีที่ 2 เป็นอุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างขนาดเล็กที่ออกแบบโดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ [10] และกรณีที่ 3 เป็นอุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างขนาดเล็กที่ได้ออกแบบในงานวิจัยนี้ จากตารางพบว่าอุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างในกรณีที่ 3 มีค่า insertion loss ต่ำกว่าค่าของอุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างในกรณีที่ 2 โดยผู้วิจัยสามารถลดค่า insertion loss ได้จาก 1.79 dB ให้มีค่าเท่ากับ 1.52 dB ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า crosstalk ของอุปกรณ์ที่ออกแบบในงานวิจัยนี้มีค่าเท่ากับ -21.84 dB ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าของอุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างในกรณีที่ 2 ที่มีค่า crosstalk เท่ากับ -24.94 dB นอกจากนี้อุปกรณ์ AWG ที่มีโครงสร้างในกรณี 3 ยังคงมีค่า insertion loss และ crosstalk ที่สูงอยู่เมื่อเปรียบเทียบกับอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบที่มีโครงสร้างในกรณี 1 ซึ่งมีค่า insertion loss เท่ากับ 1.26 dB และค่า crosstalk เท่ากับ -30.08 dB ตามลำดับ ซึ่งปัญหาในส่วนของคุณค่า crosstalk ที่สูงมากขึ้นเกิดจากการแทรกสอดของแสงแต่ละความยาวคลื่นที่ไม่สมบูรณ์ ทำให้ขนาดของลำแสงที่บริเวณรอยต่อระหว่าง FPR 2 กับ output waveguide กว้างขึ้นและส่งผลให้สัญญาณแสงของแต่ละช่องสัญญาณสามารถไปรบกวนสัญญาณแสงใน output waveguide ช่องถัดไปได้มากยิ่งขึ้น

5. สรุป

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบอุปกรณ์ 1×8 AWG de-multiplexer ที่ผลิตจากแก้วซิลิกา ซึ่ง

อุปกรณ์ AWG ดังกล่าวสามารถแยกค่าความยาวคลื่น 8 ค่าความยาวคลื่น โดยมีค่าความต่างของความยาวคลื่นแสงเท่ากับ 3.2 นาโนเมตร และมีค่าความยาวคลื่นกลางเท่ากับ 1.55 ไมโครเมตร ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม OlympIOs ในการจำลองการเดินทางของแสงภายในอุปกรณ์ AWG และได้ทำการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในของอุปกรณ์ AWG ที่มีขนาดเล็กที่เคยออกแบบในงานวิจัยก่อนหน้านี้เพื่อเพิ่มความเข้มแสงภายในตัวอุปกรณ์ AWG ให้มากขึ้น โดยในงานวิจัยนี้ได้มีการเพิ่มส่วนของ TSC ที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 1.460 โดยใช้วิธี UV-irradiation เข้าไปใน FPR1 ของอุปกรณ์ AWG ทำให้แสงสามารถเดินทางในพื้นที่และทิศทางที่กำหนดไว้ รวมถึงได้มีการเพิ่มความกว้างของ waveguide ภายในบริเวณ arrayed waveguide จาก 6 ไมโครเมตรเป็น 8 ไมโครเมตร เพื่อลดช่องว่างระหว่าง waveguide และให้แสงเดินทางผ่าน waveguide ได้มากยิ่งขึ้น จากการออกแบบดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยสามารถเพิ่มความเข้มของสัญญาณแสงที่ผ่านอุปกรณ์ AWG และส่งผลให้ค่า insertion loss ของอุปกรณ์ AWG ลดลง โดยผู้วิจัยสามารถลดค่า insertion loss ของอุปกรณ์ AWG ที่มีขนาดเล็กจาก 1.79 dB เป็น 1.52 dB

อย่างไรก็ตาม การปรับโครงสร้างดังกล่าวทำให้อุปกรณ์ AWG มีค่า crosstalk สูงขึ้นเนื่องจากแสงถูกบีบให้แคบลง ส่งผลให้จำนวน waveguide ภายในบริเวณ arrayed waveguides ที่แสงส่งผ่านมีจำนวนน้อยลง และเป็นสาเหตุให้การแทรกสอดของแสงที่รอยต่อระหว่างบริเวณ FPR 2 กับ output waveguide ไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ขนาดของลำแสงกว้างขึ้นและทำให้สัญญาณแสงที่บริเวณ output waveguide แต่ละเส้นสามารถรั่วไหลไปยัง output waveguide ลำดับถัดไปได้มากขึ้น นอกจากนี้เนื่องจากผู้วิจัยได้ทำการปรับเปลี่ยนเพียงแค่โครงสร้าง

ภายในของอุปกรณ์ AWG ดังนั้นขนาดภายนอกของอุปกรณ์ AWG ดังกล่าวยังคงมีขนาดเท่าเดิมและมีขนาดเพียงครึ่งเดียวของขนาดของอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบอีกด้วย อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยยังไม่สามารถลดค่าของ crosstalk ให้มีค่าใกล้เคียงค่าของอุปกรณ์ AWG ตัวต้นแบบที่ได้อ้างอิงได้ ซึ่งผู้วิจัยจะทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการปรับปรุงโครงสร้างส่วนอื่นๆของอุปกรณ์ AWG หลังจากได้มีการเพิ่ม TSC เข้าไปในบริเวณ FPR 1 เพื่อลดค่า crosstalk ให้ดียิ่งขึ้นในงานวิจัยต่อไป

6. รายการอ้างอิง

- [1] Zheng, J. and Mouftah, H.T., 2004, Optical WDM Networks: Concepts and Design Principles, John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [2] Lee, T.P. (Ed.), 1994, Current Trends in Integrated Optoelectronics, World Scientific, Singapore.
- [3] Iga, K. and Kokubun, Y., 2006, Encyclopedic Handbook of Integrated Optics, Taylor & Francis Group., New York.
- [4] Okamoto, K., 2010, Fundamentals of Optical Waveguides, Academic Press, New York.
- [5] Sattari, H., 2012, Arrayed waveguide grating-based demultiplexer with two central wavelengths, Optik Int. J. Light Electron Optics 123: 775-778.
- [6] Sugita, A., Kaneko, A., Okamoto, K., Itoh, M., Himeno, A. and Ohmori, Y., 2000, Very low insertion loss arrayed-waveguide grating with vertically tapered waveguides, IEEE Photon. Technol. Lett. 12: 1180-1182.
- [7] Ooba, N., Hibino, Y., Inoue, Y. and Sugita, A., 2000, Athermal silica-based arrayed-waveguide grating multiplexer using bimetal plate temperature compensator, Electron. Lett. 36: 1800-1801.
- [8] Barbarin, Y., Leijtens, X.J.M., Bente, E.A.J.M., Louzao, C.M., Kooiman, J.R. and Smit, M.K., 2004, Extremely small AWG demultiplexer fabricated on InP by using a double-etch process, IEEE Photon. Technol. Lett. 16: 2478-2480.
- [9] Amersfoort, M., 1998, Arrayed Waveguide Grating: Design, Simulation and Layout Using OlympIOs (OlympIOs Integrated Optics Software).
- [10] สาวิตรี ชาญชัยศิลป์ และวีรชัย อัครเมธาพันธ์, 2555, การออกแบบอุปกรณ์ AWG ที่มีขนาดเล็กสำหรับระบบ WDM, ว.วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 20: 279-292.
- [11] Park, J., Chung, Y., Baek, S., Lee, H.J., 2002, New design for low-loss star couplers and arrayed waveguide grating devices, IEEE Photon. Technol. Lett. 14: 651-653.