

เทคนิคการสื่อสารสองทางด้วยแสง



นายณัฐพล ใฝ่สุข

นายศุภลักษณ์ รักวงศ์



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

ปจท.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

2540

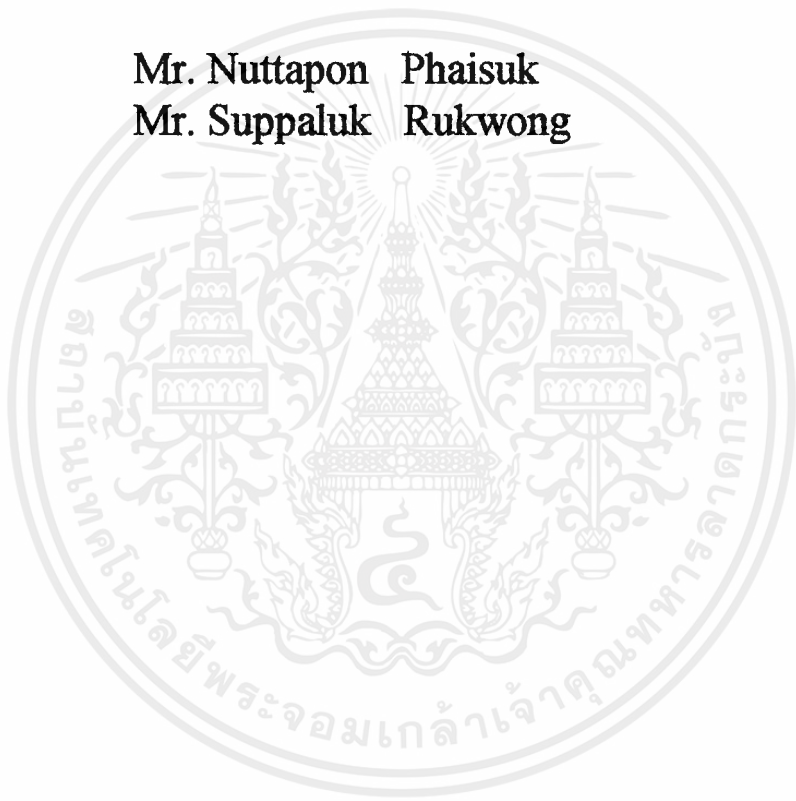
ปีการศึกษา 2540

หมู่.....
ทะเบียน.....31656
เดือน, ปี 19 พ.ค 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTICAL FULL DUPLEX TECHNIQUE

Mr. Nuttapon Phaisuk
Mr. Suppaluk Rukwong



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement
for the Degree of
Bachelor of Science
Department of Applied Physics
Faculty of Science
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
1997**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

เทคนิคการสื่อสารสองทางด้วยแสง

โดย

นายฉัฐพล ฝ้ายสุข

นายศุภลักษณ์ รักวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.ปรีชา ชูพาพิน

รศ.สุวรรณ คูสำราญ

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการ
ศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....

(รศ.ดร. สุรวล รักวิจัย)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะกรรมการโครงการพิเศษ



.....

(ผศ. ดร.ปรีชา ชูพาพิน)

ประธานกรรมการ



.....

(ผศ. อนุพงศ์ สรงประภา)

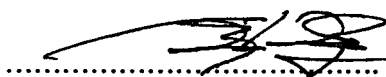
กรรมการ

ศ-๑๕๒

.....

(รศ. สุวรรณ คูสำราญ)

กรรมการ



.....

(อ. วิษณุ เพชรภา)

กรรมการ

อธิการบดีของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

เทคนิคการสื่อสารสองทางด้วยแสง

โดย

นายณัฐพล ใฝ่สุข

นายศุภกฤษณ์ รักรวงค์

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ดร.ปรีชา ยูพาพิน

รศ. สุวรรณ คุตสาราญ

ปีการศึกษา

2540

ภาควิชา

ฟิสิกส์ประยุกต์

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการสื่อสารสองทางแบบฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) โดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันเป็นตัวพาห์ แหล่งกำเนิดแสงทั้งสองจะมอดูเลตทางด้านกระแสอินพุทเพื่อเปลี่ยนข่าวสารที่จะต้องการส่งให้อยู่ในรูปของแสง และใช้เทคนิคการรวมและแยกแสงสำหรับใช้ในการสื่อสารสัญญาณจากเส้นใยนำแสง โดยใช้คู่ควมแสงซึ่งสร้างจากเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก ผลของการสื่อสารสองทาง โดยใช้เทคนิคนี้จะให้สัญญาณเอาท์พุทที่เกิดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณแสงน้อยมากประมาณ -18 เดซิเบล

Special Project Title	Optical Full Duplex Technique
Name	Mr. Nuttapon Phaisuk Mr. Suppaluk Rukwong
Special Project Advisor	Asst. Prof. Dr. Preecha Yupapin Assoc. Prof. Suwan Kusamran
Department	Applied Physics
Academic Year	1997

Abstract

This special project is the study of the optical full duplex based on optical - coupler technique. Plastic fiber taper is constructed then used in corparating with the optical duplex system. Two different light sources are employed by modulated coupling current into the optical system via plastic fiber. The optical output is detected and separated the optical filtering scheme. Results show the possible potential of using such system for light wave communication.

กิติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ได้รับความสำเร็จล่วงไปด้วยดี ด้วยคำแนะนำและความช่วยเหลือทาง
 ด้านต่าง ๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. ปรีชา ชูหาปิน และ รศ. สุวรรณ คูสำราญ
 ขอขอบคุณ บิคมารดาผู้ให้กำเนิดลูกที่ฉลาดหลักแหลม และเลี้ยงดูอย่างดีมาตลอด
 ขอขอบคุณ คุณอภิชาติ สังข์ทอง ที่ให้ความช่วยเหลือและคำปรึกษาในด้านต่าง ๆ
 ขอขอบคุณ ครูและอาจารย์ ผู้ประสิทธิ์ประสาทความรู้จนสำเร็จการศึกษา
 ขอขอบคุณญาติพี่น้องที่ให้ความอบอุ่นและกำลังใจเสมอมา
 ขอขอบคุณ เพื่อน ๆ ที่หวังดีต่อกันเสมอมา
 ขอขอบคุณ ทุก ๆ คนที่มีส่วนเกี่ยวข้องในชีวิตการเรียนมาตลอด 4 ปีนี้ และคอยช่วยเหลือ
 ในสิ่งต่าง ๆ ด้วยความจริงใจเสมอมา

ขอขอบคุณบุคคลเหล่านี้ด้วยความรักและจริงใจ

นายณัฐพล ไร่สุข

นายศุภกฤษณ์ รักวงศ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
บทที่ 1 บทนำ	
วัตถุประสงค์	1
ขอบข่ายการทำงาน	1
ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสื่อสารเส้นใยแสง	
2.1 การสื่อสารเส้นใยนำแสง	3
2.1.1 เส้นใยนำแสง	3
2.1.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเส้นใยนำแสง	3
2.1.3 คุณสมบัติพิเศษต่างๆ ของการสื่อสารด้วยใยแสง	4
2.1.4 เส้นใยนำแสงชนิดพิเศษ	5
2.1.4.1 เส้นใยนำแสงอนุรักษสภาวะทางโพลาไรเซชัน	5
2.1.4.2 เส้นใยนำแสงพลาสติก	8
2.1.4.3 เส้นใยนำแสงสำหรับการทำงานที่ความยาวคลื่นยาว	9
2.2 รูปแบบการสื่อสาร	10
2.2.1 รูปแบบการสื่อสารกับเส้นใยนำแสงและสายโคแอกเซียล	11
2.3 เทคนิคการสื่อสารสองทาง	13
2.3.1 คู่ควมตรงเส้นใยนำแสง	13
2.3.1.1 ไมโครออปติคอลลคัปเปิลเลอร์	18
2.3.1.2 อุปกรณ์เส้นใยนำแสงคู่ควม (เส้นใยนำแสงหลายโหมด)	19
2.3.1.3 อุปกรณ์เส้นใยนำแสงคู่ควม (เส้นใยนำแสงโหมดเดียว)	23
2.3.1.4 คู่ควมแบบไม่สมส่วนกัน (เส้นใยนำแสงหลายโหมด)	27

	หน้า
2.3.2 การเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง	28
2.4 การรบกวนและการสูญเสียที่เกิดขึ้น	30
2.4.1 การรบกวน	30
2.4.1.1 การรบกวนข้ามช่องสัญญาณ	30
2.4.1.2 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน	31
2.4.2 การสูญเสีย	31
2.4.2.1 การสูญเสียเนื่องจากคู่ควบ	31
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	
3.1 การสร้างคู่ควบจากเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก	32
3.2 การจัดอุปกรณ์ศึกษาการสื่อสารสองทางด้วยแสง	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	
4.1 การวัดสัญญาณการรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์รับแสง	36
4.2 การวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ	40
4.3 การวัดอัตราส่วนคู่ควบ	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา	47
บรรณานุกรม	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 4.1.1 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนอุปกรณ์รับส่ง ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ความถี่ของเบสแบนด์ 20 KHz	38
ตาราง 4.1.2 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับส่ง ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ความถี่เบสแบนด์ 50 KHz	38
ตาราง 4.1.3 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับส่ง ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร ความถี่เบสแบนด์ 20 KHz	39
ตาราง 4.1.4 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับส่ง ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร ความถี่เบสแบนด์ 50 KHz	39
ตาราง 4.2.1 การรบกวนข้ามช่องสัญญาณของแหล่งกำเนิดแสง ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร	42
ตาราง 4.2.2 การรบกวนข้ามช่องสัญญาณของแหล่งกำเนิดแสง ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร	42
ตาราง 4.3 อัตราส่วนคู่ควบ	44

สารบัญญภาพ

หน้า

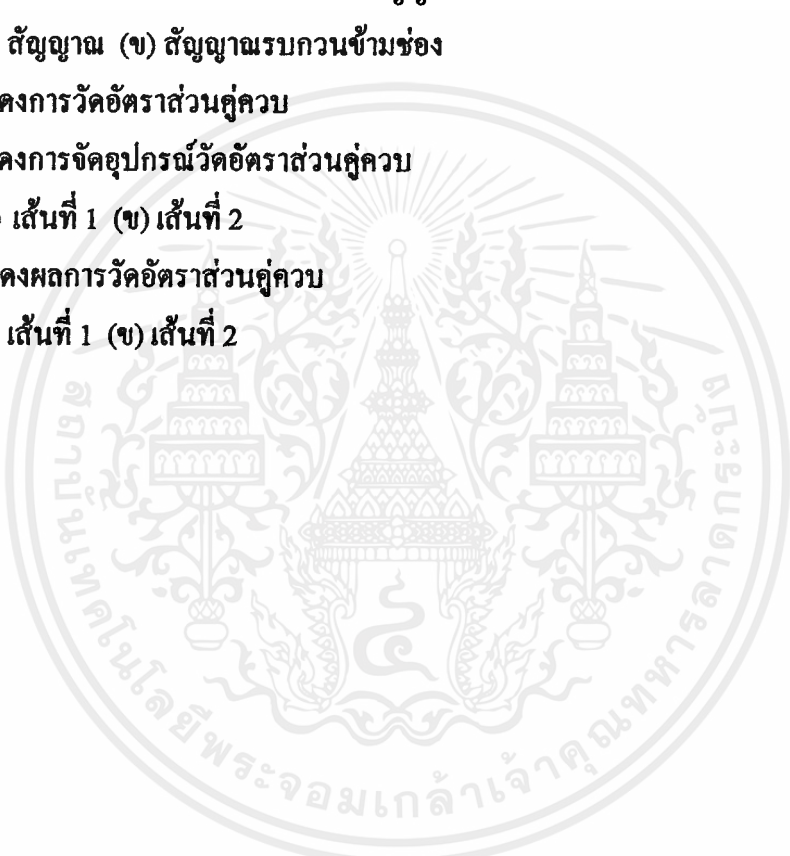
รูป 2.1 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเส้นใยนำแสง	3
รูป 2.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการส่งของ สายเคเบิลโลหะ กับเส้นใยนำแสง	4
รูป 2.3 แสดงการออกแบบเส้นใยนำแสงอนุรักษ์สภาวะทางโพลาไรซ์ชั้น	7
รูป 2.4 แสดงสเปกตรัมการลดทอนของพลาสติก	9
รูป 2.5 แสดงรูปแบบของการสื่อสาร	10
รูป 2.6 แสดงรูปแบบของการสื่อสารแบบทางเดียว (ก) เส้นใยนำแสง (ข) สายโคแอกเซียล	11
รูป 2.7 แสดงรูปแบบของการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง (ก) เส้นใยนำแสง (ข) สายโคแอกเซียล	12
รูป 2.8 แสดงรูปแบบของการสื่อสารแบบสองทาง (ก) เส้นใยนำแสง (ข) สายโคแอกเซียล	12
รูป 2.9 แสดงคู่ควบ $N \times M$	13
รูป 2.10 แสดงคู่ควบวาย (Y Coupler) หรือ ตัวแยกแสง	13
รูป 2.11 แสดงตัวรวมแสง	14
รูป 2.12 แสดงคู่ควบเอ็กซ์ (X Coupler) คู่ควบตรง 2×2	14
รูป 2.13 แสดงคู่ควบดาว (Star Coupler)	15
รูป 2.14 แสดงทรีคัปเปิลเลอร์ ($1 \times M$)	15
รูป 2.15 แสดงฟลักซ์พลังงานที่เข้าไปและออกจากคู่ควบแสง	15
รูป 2.16 แสดงคัปเปิลเลอร์ระหว่างพอร์ตทางเข้า 2 พอร์ต	17
รูป 2.17 แสดงรูปแบบลำแสงขนานของคู่ควบเอ็กซ์	18
รูป 2.18 แสดงคู่ควบเอ็กซ์ไมโคร – ออปติคอล	18
รูป 2.19 แสดงไมโคร – ออปติคอลคัปเปิลเลอร์	19
รูป 2.20 ภาคตัดขวางของฟิวส์ไบโคมิกคอดเทเพอร์คัปเปิลเลอร์ แสดงเส้นลำแสง	19
รูป 2.21 ส่วนของเส้นใยนำแสงเทเพอร์	20

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 2.22 ลัมประสิทธิ์คู่ควบ A_{31} และ A_{41} กับอัตราส่วน R_2/R_1	23
รูป 2.23 แสดงโครงสร้างและกลไกการส่งผ่านพลังงานในคู่ควบ เส้นใยนำแสงในโหมคเดียว	24
รูป 2.24 แสดงทรานซิสแดนซ์และพลังงานคู่ควบ	25
รูป 2.25 แสดงโครงสร้างของการปรับปรุงเส้นใยนำแสงคู่ควบโหมคเดียว	25
รูป 2.26 แสดงโครงสร้างของคู่ควบโหมคเดียวพีวีซีไบโคนิคอลเทเพอร์ แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองสนามในช่องเทเพอร์	26
รูป 2.27 แสดงคู่ควบแสง (ก) ทางตรงเป็นแบบแยก (ข) ในทางกลับกันเป็นรวม	27
รูป 2.28 แสดงการรวมแบบไม่สมส่วนทำใช้กับเส้นใยนำแสงหลายโหมค กับขนาดที่แตกต่าง	27
รูป 2.29 แสดงการวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ	30
รูป 3.1 แสดงคู่ควบตรง (Direct Coupler)	32
รูป 3.2 แสดงการตัดเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกเส้น 1	32
รูป 3.3 แสดงการตัดเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกเส้น 2	33
รูป 3.4 แสดงการประกบคู่ควบ	33
รูป 3.5 แสดงคู่ควบด้วยเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก	33
รูป 3.6 แสดงเลเซอร์ไดโอด (ก) ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร (ข) ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร แสดงอุปกรณ์รับแสง (ค) ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร (ง) ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร	34
รูป 3.7 แสดงการสื่อสารสองทาง	35
รูป 3.8 แสดงอุปกรณ์ศึกษาสื่อสารสองทาง	35
รูป 4.1 แสดงภาพสัญญาณ	36
รูป 4.2 แสดงภาพสัญญาณรบกวน	37
รูป 4.3 แสดงภาพการจัดอุปกรณ์วัดสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูป 4.4 แสดงการวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ	40
รูป 4.5 แสดงภาพการจับอุปกรณ์วัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ	41
รูป 4.6 แสดงผลการวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ (ก) สัญญาณ (ข) สัญญาณรบกวนข้ามช่อง	41
รูป 4.7 แสดงการวัดอัตราส่วนคู่ควบ	44
รูป 4.8 แสดงการจับอุปกรณ์วัดอัตราส่วนคู่ควบ (ก) เส้นที่ 1 (ข) เส้นที่ 2	45
รูป 4.9 แสดงผลการวัดอัตราส่วนคู่ควบ (ก) เส้นที่ 1 (ข) เส้นที่ 2	46



บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการนำเทคโนโลยีทางแสงมาใช้งานกันอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะทางด้านการสื่อสารความเร็วสูงซึ่งได้นำข้อดีต่าง ๆ ของคลื่นแสงมาทำการศึกษาและใช้งานเนื่องจากแสงมีความเร็วสูงและไม่ทำอันตรกิริยาต่อกัน ทำให้สามารถนำมาผสมรวม ๆ กันได้ภายในเส้นใยนำแสงเส้นเดียว โดยอาศัยเทคนิคทางแสงในการแยกและรวมสัญญาณแสงเหล่านั้น ซึ่งโครงการพิเศษที่ได้จัดทำขึ้นมาได้ศึกษาถึงเทคนิคในการนำสัญญาณแสงรวมเข้าไปในเส้นใยนำแสงเพียงเส้นเดียวและแยกออกมาใช้ได้สำหรับงานการสื่อสารสองทาง ทำให้ประหยัดเวลาของการสื่อสารเนื่องจากระบบการสื่อสารสองทางสามารถส่งข้อมูลสวนกันไปมาภายในเวลาเดียวกันได้ ทำให้เกิดระบบที่มีความสะดวกและประสิทธิภาพสูงขึ้นและระบบที่สร้างขึ้นมาน่าจะสามารถที่จะนำไปปรับปรุงสร้างเป็นต้นแบบที่มีราคาถูกเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตขึ้นใช้ได้ภายในประเทศต่อไป อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ทางด้านการศึกษาและประยุกต์นำไปใช้งานในด้านการประมวลสัญญาณด้วยแสงได้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาระบบสื่อสารด้วยแสง
2. ศึกษาเทคนิคการสื่อสารสองทางด้วยแสง
3. ศึกษาและพัฒนาระบบสื่อสารสองทางด้วยแสง
4. สร้างระบบสื่อสารสองทางด้วยแสง

ขอบข่ายการทำงาน

1. สร้างระบบสื่อสารสองทางด้วยแสง
2. ศึกษาในเรื่องของสัญญาณและสัญญาณรบกวนของระบบสื่อสารด้วยแสง
3. นำระบบที่สร้างไปใช้ในการรับสัญญาณต่าง ๆ เช่น อนุภาคและดิจิตอล
4. ทดสอบระบบที่ได้จัดสร้างขึ้น

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. สามารถทำเป็นชุดทดลองสำหรับศึกษาได้
2. นำไปใช้พัฒนาการสื่อสารสองทางให้มีคุณภาพมากขึ้น
3. เป็นพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบสื่อสารด้วยแสง



บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสื่อสารเส้นใยนำแสง

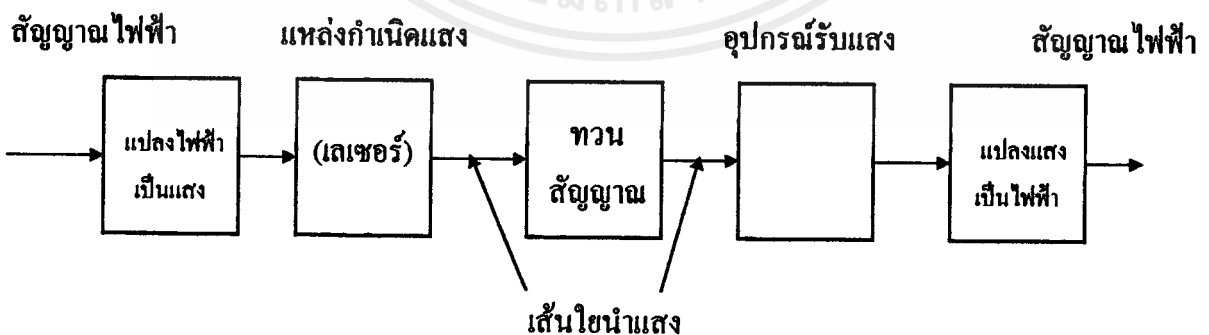
2.1 การสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

2.1.1 เส้นใยนำแสง (Optical Fiber)

เส้นใยนำแสง คือ เส้นใยขนาดเล็กที่ทำหน้าที่เป็นตัวนำแสง โครงสร้างของเส้นใยนำแสงประกอบด้วยส่วนที่แสงเดินทางผ่านเรียกว่า คอร์ (Core) และส่วนที่หุ้มคอร์อยู่เรียกว่า แคลด (Clad) ทั้ง คอร์และแคลดเป็นส่วนที่ไม่เป็นตัวนำไฟฟ้าและโปร่งใส เช่น แก้ว, พลาสติก สร้างโดยการทำให้ค่าดัชนีการหักเหของแคลดมีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีการหักเหของคอร์เล็กน้อยประมาณ 0.2 ถึง 0.3 เปอร์เซ็นต์ และอาศัยปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมดของแสงสามารถทำให้แสงที่ป้อนเข้าไปในคอร์เดินทางไปได้ เนื่องจากกล่าวกันว่าเส้นใยนำแสงมีขนาดเล็กมากขนาดเท่าเส้นผม นั้นหมายถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกของแคลด มีขนาดประมาณ 0.1 มิลลิเมตร ส่วนคอร์ที่แสงเดินทางผ่านนั้นมีขนาดเล็กลงไปอีกคือประมาณไมโครเมตร ซึ่งมีค่าประมาณหลายสิบเท่าของความยาวคลื่นแสงที่ใช้งาน ค่าต่าง ๆ เหล่านี้เป็นค่าที่กำหนดขึ้นจากคุณสมบัติการส่งและคุณสมบัติทางแมกคานิกส์ที่ต้องการในการใช้งานตามสภาพการต่าง ๆ

2.1.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเส้นใยนำแสง

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง แสดงดังรูป



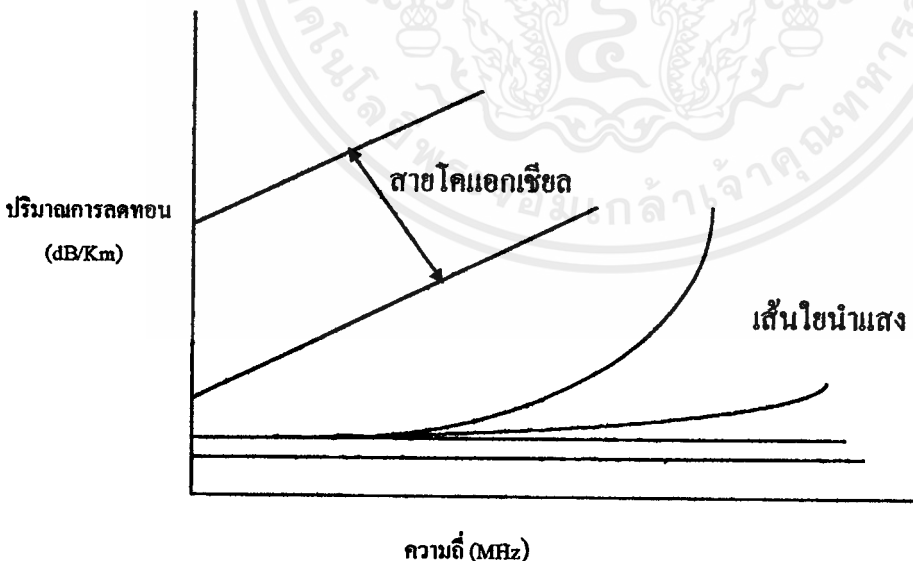
รูป 2.1 แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของการสื่อสารเส้นใยนำแสง

โดยทั่วไปสัญญาณไฟฟ้าที่ถูกส่งมาจากอุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น โทรศัพท์, โทรสาร จะถูกอุปกรณ์เปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง (Electrical To Optical Converter) เปลี่ยนให้เป็นสัญญาณแสง ความแรงของสัญญาณไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นความเข้มของแสงหรือ ข้อมูลดิจิทัล (0, 1) จะเป็นมีคและสว่างและนำส่งเข้าไปในเส้นใยนำแสง สัญญาณที่เดินทางในเส้นใยนำแสงนั้นกำลังของแสงจะอ่อนลงเมื่อเดินทางในระยะทางที่เพิ่มขึ้น พร้อมทั้งรูปคลื่นก็ขยายกว้างออกไปด้วย จึงต้องมีการทวนสัญญาณเพื่อเพิ่มกำลังและลดการเพี้ยนของสัญญาณ มักใช้การแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วใช้การขยายทางไฟฟ้า แล้วจึงแปลงสัญญาณไฟฟ้ากลับมาเป็นสัญญาณแสงอีกครั้ง

2.1.3 คุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ ของการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง

ระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยนำแสง เมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสื่อสารที่ใช้สายเคเบิลที่ทำด้วยโลหะ (Metallic Cable) แล้วมีข้อดีต่าง ๆ ที่เกิดจากคุณสมบัติพิเศษของเส้นใยนำแสง อุปกรณ์กำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง ดังนี้

1. การสูญเสียของแสงต่ำเนื่องจากเส้นใยนำแสงเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเคเบิลโลหะที่ทำด้วยทองแดงเคเบิลแกนร่วมแล้วปรากฏว่ามีการสูญเสียต่ำกว่า ดังแสดงในรูป 2.2



รูป 2.2 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติการส่งของสายเคเบิลโลหะกับเส้นใยนำแสง

2. แบนด์วิดท์ (Band Width) กว้างเนื่องจากเส้นใยนำแสงมีแบนด์วิดท์กว้างซึ่งตั้งขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยนำแสงด้วยแต่จากรูป 2.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ เคเบิลแกนร่วมแล้วสามารถส่งสัญญาณที่มีความถี่สูงมากกว่า

3. ขนาดเล็กและน้ำหนักเบาเนื่องจาก เส้นใยนำแสงเมื่อเทียบกับตัวกลางที่ใช้ส่งอย่างอื่นแล้วมีขนาดเล็กและน้ำหนักเบา เช่น เคเบิลเส้นใยนำแสงขนาด 18 เส้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสายโคแอกเชียลขนาด 18 เส้น เหมือนกันแล้วปรากฏว่ามีพื้นที่หน้าตัดประมาณ $\frac{1}{30}$ มีน้ำหนักเป็น $\frac{1}{20}$ ดังนั้นถ้าหากเส้นใยนำแสงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านนอกเท่ากับสายโลหะ แล้วนอกจากจะสามารถบรรจุเส้นใยนำแสงได้จำนวนมากแล้ว ยังให้ความสะดวกในการวางสายเคเบิลด้วยเพราะมีน้ำหนักเบา

4. ไม่มีการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากแก้วพวกซิลิกา (Silica) และอื่น ๆ จะไม่ยอมให้ไฟฟ้าผ่าน ดังนั้นจึงไม่มีการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้าจากภายนอก เช่น สายไฟแรงสูง, คลื่นของโทรทัศน์และคลื่นของวิทยุเป็นต้น จึงมีข้อดีในการนำไปใช้งานในด้านต่าง ๆ ที่ต้องการความปลอดภัยจากการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น คามารองรถไฟฟ้าแรงสูง

5. ช่วยประหยัดทรัพยากรธรรมชาติเนื่องจากซิลิกา ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของเส้นใยนำแสงเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งทรัพยากรของทองแดง แล้วมีปริมาณมากกว่า นอกจากนั้นยังมีข้อดี คือ สามารถผลิตเส้นใยนำแสงได้ยาวมากโดยที่ใช้วัตถุดิบน้อย

2.1.4 เส้นใยนำแสงชนิดพิเศษ

เส้นใยนำแสงพิเศษขึ้นอยู่กับการออกแบบโครงสร้างของเส้นใยนำแสงให้เหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้งานที่ต้องการคุณสมบัติเฉพาะหรือลดต้นทุนโดยการผลิตจากเส้นใยแก้วคุณภาพสูงมาเป็นวัสดุชนิดอื่นที่มีคุณสมบัติบางอย่างแทนกันได้

2.1.4.1 เส้นใยนำแสงอนุรักษ์สถานะทางโพลาไรซ์เซชัน (Polarization - Maintaining Fibers)

พิจารณาเฉพาะในเส้นใยนำแสงโหมดเดียว กำหนดให้โหมดการแพร่ที่แพร่เข้าไปเป็นแบบเดียว แสงที่แพร่ภายในเส้นใยนำแสงโหมดเดี่ยวนั้นจะมีองค์ประกอบที่ตั้งฉากกัน คือโหมด HE_{11} อยู่ในแนวแกน X และ HE_{11} อยู่ในแนวแกน Y โดยที่โหมดของการโพลาไรซ์เซชันมีความสัมพันธ์กับค่าคงที่ β_x และ β_y ซึ่งก็คือความแตกต่างในการแพร่ของสองโหมดให้ความ

เด่นชัดของคุณสมบัติของเส้นใยนำแสงโดยคามินาว (Kaminow) อธิบายได้โดยให้ดัชนีหักเหที่ตลอดความยาวในแกน Z และ B สามารถเขียนเป็น

$$B = (\beta_x - \beta_y)(2\pi/\lambda) \quad (2.1)$$

เมื่อ λ คือ ระยะทางเดินแสง (Optical Path Length)

B คือ ความแตกต่างในดัชนีประสิทธิภาพสำหรับโหมดโพลาไรซ์

เส้นใยนำแสงสมบรูณ์ ไม่มีการเปลี่ยนแปลงดัชนีการสะท้อนในแกน X และ Y และรูปร่างเส้นใยนำแสงสามารถคงที่ได้ตลอดความยาว สำหรับให้โพลาไรซ์เซชันในเส้นใยนำแสงที่มุม 0 องศาสัมพันธ์กับแกน X แสงที่มีความแตกต่างของโพลาไรซ์เป็นฟังก์ชันของระยะความยาว ตัวอย่างเป็นการเลื่อนเฟสในแกน Z

$$\phi_{(x)} \equiv (\beta_x - \beta_y)z \quad (2.2)$$

ระยะความยาวสอดคล้องกับระยะทางเดินที่เข้ามาโพลาไรซ์อีกครั้งเป็นผลให้กำหนดความยาวเส้นใยนำแสงเป็นช่วง ๆ เป็น

$$\phi(L) = 2\pi \quad (2.3)$$

และ

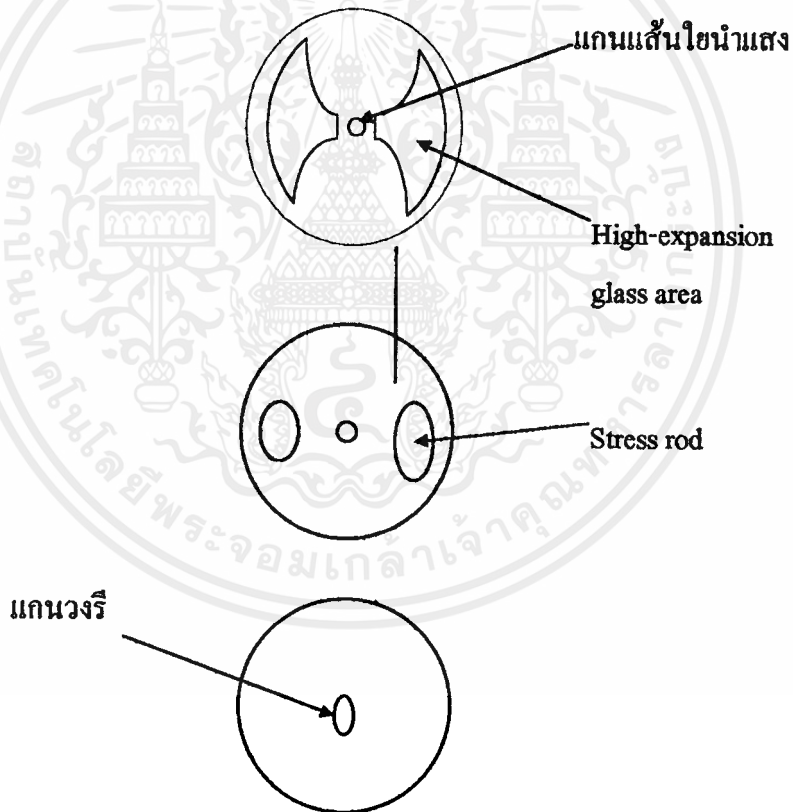
$$L = \lambda/\beta$$

ถึงอย่างไรก็ตามโครงสร้างเส้นใยนำแสงแบบสมบรูณ์สามารถอนุรักษ์สถานะทางโพลาไรซ์เซชันดั้งเดิมไว้ได้ การต่างไปจากความสมบรูณ์ควรจะเป็นกรณีคู่ควบของสองโหมดออกทอกนอก คู่ควบที่สมบรูณ์จากหนึ่งโหมดโพลาไรซ์กับอย่างอื่นมีขึ้น ได้ถ้าซึ่งที่มารบกวนเป็น

$$|\beta_x - \beta_y| = k + \Delta k \quad (2.4)$$

เมื่อ k คือ $2\pi/\lambda$ เป็นความถี่รบกวนในแกน X
 Δk คือ π/l
 l คือ ความยาวเส้นใยนำแสง

ประโยชน์ของเส้นใยนำแสงอนุรักษัสถานะทางโพลาไรซ์เชิงชั้น สามารถนำมาทำเป็นอุปกรณ์เครื่องมือวัดทางกายภาพ เช่น การแทรกสอดของ 2 ลำแสงอาพันธ์เส้นใยนำแสงที่ออกแบบให้เพิ่ม β ในเส้นใยนำแสงโดยเปลี่ยนแปลงรูปทรงหรือตัววัสดุแสดงดังรูป



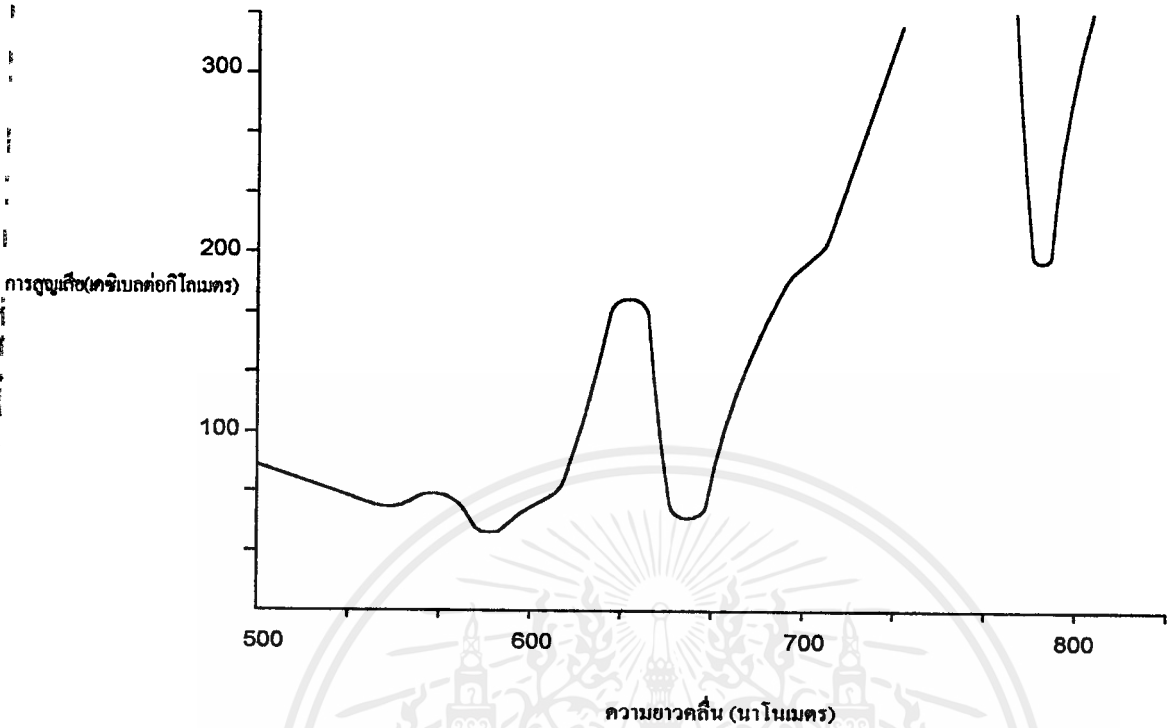
รูป 2.3 แสดงการออกแบบเส้นใยนำแสงอนุรักษัสถานะทางโพลาไรซ์เชิงชั้น

2.1.4.2 เส้นใยนำแสงพลาสติก

การสร้างเส้นใยนำแสงพลาสติกมีในวงการธุรกิจเป็นเวลานานก่อนเส้นใยนำแสงชนิดแก้ว วงการธุรกิจใช้เส้นใยนำแสงพลาสติกที่มีตัวเลขอะเปอร์เจอร์ (0.5 หรือมากกว่า) กับ คอร์ขนาดใหญ่ (มากกว่า 100 ไมโครเมตร) ราคาถูก (ราคาต่อเมตร) และการสูญเสียสูง (ต่อกิโลเมตร) เนื่องจากขีดจำกัดของแคลคพลาสติก คอร์พลาสติกคือตัวเลขอะเปอร์เจอร์ แม้ว่าสามารถประดิษฐ์ให้เลขอะเปอร์เจอร์มีค่ามาก ขบวนการสร้างพลาสติกไม่สามารถควบคุมคุณภาพของการแพร่ดัชนีคอร์ ดังนั้นเส้นใยนำแสงแสดงความเพี้ยนมาก ทำให้อัตราการส่งข้อมูลต่ำ การเพี้ยนที่มากเกิดโดยองค์ประกอบในอัตราการส่งผ่าน เช่น พลาสติกเป็นวัสดุที่มีการเพี้ยนมาก (300 ถึง 700 นาโนวินาทีต่อกิโลเมตร) การลดทอนสูงเกี่ยวข้องกับเส้นใยนำแสงพลาสติกด้วย เพราะแถบการดูดกลืนมาจากพันธะคาร์บอน - ไฮโดรเจน (C-H) ที่สั้น ดังนั้นช่วงที่เหมาะสมกับการทำงานอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 500 ถึง 700 นาโนเมตร จึงใช้แหล่งกำเนิดแสงเป็นแอลอีดี (LED) ได้ระบบเส้นใยนำแสงพลาสติกสามารถสร้างให้อุปกรณ์ประกอบมีราคาต่ำได้

คุณสมบัติการตอบสนองการแผ่รังสีสำหรับเส้นใยนำแสงพลาสติก ชั้ช้อนมากกว่าเส้นใยนำแสงแก้วเพราะว่าค่าเฉพาะของวัสดุมีค่ามากกว่าที่ใช้สร้างเส้นใยนำแสงพลาสติก แนวโน้มโดยรวมของเส้นใยนำแสงพลาสติกมีไฮโดรเจนอิสระ โดยการแตกของพันธะคาร์บอน - ไฮโดรเจน (C-H) ไฮโดรเจนที่ถูกปล่อยเป็นอิสระเกิดรวมตัวขึ้นใหม่ในโครงสร้างโพลิเมอร์จากองค์ประกอบอื่น ๆ ในองค์ประกอบเดิม ประเภทของการรวมตัวบ่อย ๆ เช่นพันธะ C-C แดก เมื่อองค์ประกอบใหม่แตกต่างอย่างรุนแรง ทำให้คุณสมบัติของวัสดุ ดัชนีการสะท้อนถูกรบกวนให้การสูญเสียจากการกระเจิงมาก

การลดอุณหภูมิของเส้นใยนำแสงพลาสติกเปลี่ยนโครงสร้างโพลิเมอร์ ในสถานะปกติใช้พลาสติกที่อุณหภูมิ 80 ถึง 100 องศาเซลเซียส เส้นใยนำแสงพลาสติกแคลคซิติก้า เป็นตัวเลือกกับเส้นใยนำแสงแก้วทั้งหมดหรือพลาสติกทั้งหมด การลดทอนของเส้นใยนำแสงพลาสติกแคลคซิติก้า มีค่าเฉพาะ 5 ถึง 10 เดซิเบลต่อกิโลเมตร ที่ 800 ถึง 1310 นาโนเมตร ในช่วงการทำงานที่เหมาะสม การสูญเสียมากกว่าของเส้นใยนำแสงแก้วทั้งหมด เนื่องจากการสูญเสียที่มากของพลาสติกที่ห่อหุ้ม การดูดกลืนในเส้นใยนำแสงพลาสติกแคลคซิติก้ามีค่าคล้ายกับในเส้นใยนำแสงแก้ว แม้ว่าเส้นใยนำแสงมีตัวเลขอะเปอร์เจอร์สูงกว่า



รูป 2.4 แสดงสเปกตรัมการลดทอนของพลาสติก

2.1.4.3 เส้นใยนำแสงสำหรับการทำงานที่ความยาวคลื่นยาว

เส้นใยนำแสงสามารถสร้างให้การทำงานกับความยาวคลื่นยาวประดิษฐ์จากองค์ประกอบของแก้ว คุณสมบัติพันธะและโครงสร้างพันธะอินทรีย์ให้ทำงานในช่วงอินฟราเรด เมื่อการสูญเสียตามทฤษฎี 0.001 เดซิเบลต่อกิโลเมตร องค์ประกอบของแก้วและเทคนิคการผลิตมีความสามารถที่จะทำให้มีการสูญเสียที่ต่ำมาก ๆ ที่เหมาะสมกับการทำงาน กับเลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ความยาวคลื่น 10.6 ไมโครเมตร

เส้นใยนำแสงความยาวคลื่นยาวประดิษฐ์ได้จากระบบสามวัสดุโลหะหนัก ฟลูออไรด์ (Fluorides) แก้วซาวโคจีไนด์ (Chalcogenide Glasses) และ วัสดุคริสตัลไลน์ (Crystalline Materials) องค์ประกอบโลหะหนักฟลูออไรด์อยู่ตรงกลางรอบ ๆ เป็นแก้วที่เสถียรการสูญเสียจากระบบแก้ว อยู่ในช่วง 5 ถึง 10 เดซิเบลต่อกิโลเมตร ที่ความยาวคลื่น 2 ถึง 2.2 ไมโครเมตร สร้างโดย 2 เบ้าหลอม

ความสกปรกของเส้นใยนำแสงอยู่ในขั้นของขนาดมากกว่าการผลิตเส้นใยนำแสงโดยการแพร่ไอเคมีและกลไกการสูญเสียหลักของเส้นใยนำแสงเกิดจากการสกปรกของโลหะเส้นใยนำ

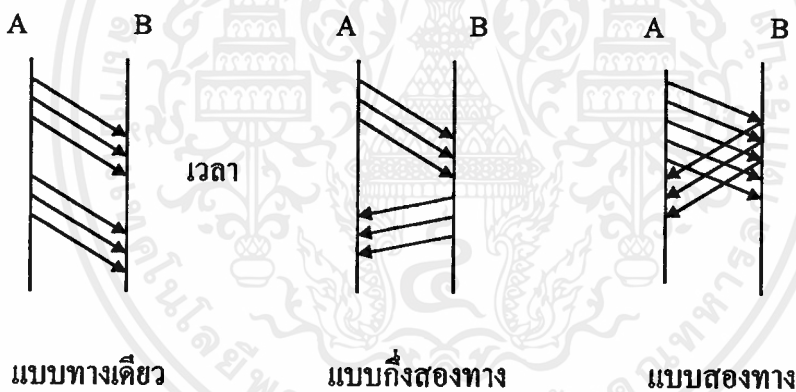
แสงฟลูออไรด์มีการผลิตโดยใช้ แบเรียมฟลูออไรด์ (BaF_2) ในขบวนการแพร่ไอเคมี (CVD) ในกรณีนี้ OH^- จะคุกกร่อนสำหรับเทคนิคการประดิษฐ์ที่ใช้ขีดจำกัดของการสูญเสียที่ต่ำที่สุดของสเปกตรัมในย่านอินฟราเรด

รูปแบบเส้นใยนำแสงจากแก้วชาวโคจีนไนต์เป็น แอซีนิก/ซัลเฟอร์ (Arsenic/Sulfur (As/S)) และวัสดุคริสตัลไลน์มีคอร์เป็นซิลเวอร์โบรไมด์ (Silver Bromide) และแคลคคิงซิลเวอร์คลอไรด์ (Silver Chloride (AgCl) Cladding)

2.2 รูปแบบการสื่อสาร

รูปแบบของการสื่อสารเป็นลักษณะของการติดต่อสื่อสารแบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ

1. การสื่อสารทางเดียว
2. การสื่อสารกึ่งสองทาง
3. การสื่อสารสองทาง



รูป 2.5 แสดงรูปแบบของการสื่อสาร

จากรูป 2.5 แสดงรูปแบบของการสื่อสารทั้งสามแบบ

กรณีที่รูปแบบของการสื่อสารเป็นแบบทางเดียว คือ มีการส่งสัญญาณจากอุปกรณ์เพียงด้านเดียวและสัญญาณเดินทางไปที่ทิศทางเดียว อุปกรณ์ด้านส่งจะไม่มีโอกาสรู้ได้ว่าอุปกรณ์ทางด้านรับรับสัญญาณได้ถูกต้องหรือไม่ ทำให้เกิดโอกาสที่จะผิดพลาดได้ง่าย

กรณีที่รูปแบบของการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง การส่งสัญญาณจะเกิดขึ้นได้ทั้งสองด้านแต่เวลาจะไม่ตรงกัน ทำให้ปลายทางสามารถตรวจสอบว่ามีการผิดพลาดจากการส่งขึ้นหรือไม่ ถ้าพบ

ว่ามีการผิดพลาดเกิดขึ้นก็จะส่งสัญญาณบอกทางคืนทางให้ทำการส่งสัญญาณใหม่ได้ ความน่าเชื่อถือของระบบก็จะมากขึ้น

กรณีรูปแบบของการสื่อสารแบบสองทาง การส่งสัญญาณจากทั้งสองด้านจะสามารถส่งไปและกลับภายในช่วงเวลาเดียวกันได้ ทำให้อุปกรณ์ทางด้านส่งในขณะการส่งอยู่จะได้รับข่าวสารที่ส่งมาจากอีกปลายทางด้านหนึ่งได้ภายในเวลาเดียวกันได้ จึงนับว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพในการใช้งานสูง

รูปแบบของการสื่อสารจะมีความสัมพันธ์กับความเชื่อถือได้ของการส่งผ่านข่าวสาร ว่าในการส่งข่าวสารมีความแม่นยำและความคิดพลาดของการส่ง ถ้ามีความผิดพลาดแล้วทำให้เกิดการตีความผิดไป ข่าวสารที่ได้จะผิดไป ทำให้ความน่าเชื่อถือของการส่งผ่านข่าวสารน้อยลงไป การเลือกใช้รูปแบบของการสื่อสารแบบใด ขึ้นอยู่กับความต้องการความเชื่อถือได้ของการส่งผ่านข่าวสารและประสิทธิภาพในเชิงการใช้เวลา

2.2.1 รูปแบบการสื่อสารกับเส้นใยนำแสงและสายโคแอกเซียล

จากรูปแบบการสื่อสารที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น จะมาพิจารณารูปแบบของการสื่อสารในเส้นใยนำแสงและภายในสายโคแอกเซียล

รูปแบบของการสื่อสารแบบทางเดียว จำนวนเส้นใยนำแสงจะใช้จำนวนเท่ากับในสายโคแอกเซียล



(ก) เส้นใยนำแสง

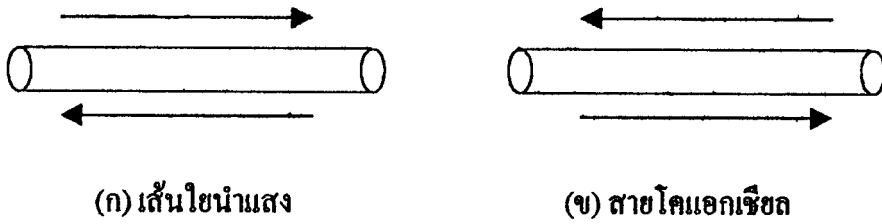
(ข) สายโคแอกเซียล

รูป 2.6 แสดงรูปแบบของการสื่อสารแบบทางเดียว

(ก) เส้นใยนำแสง (ข) สายโคแอกเซียล

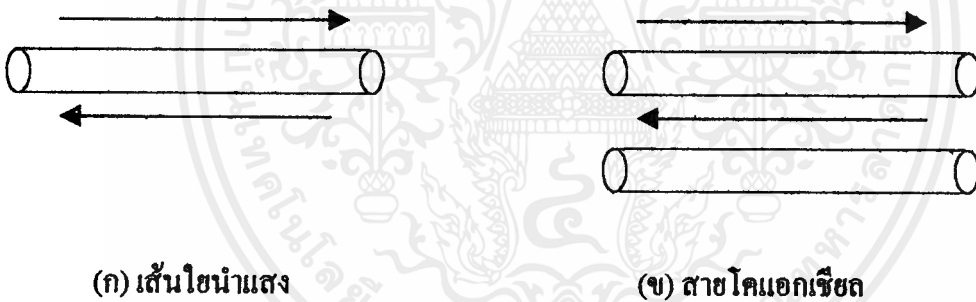
ก็จะสามารถใช้การส่งข่าวแบบทางเดียวได้

รูปแบบของการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง จำนวนเส้นใยนำแสงและจำนวนสายโคแอกเซียลยังคงเท่ากันในการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง เนื่องจากสายโคแอกเซียลสามารถออกแบบอุปกรณ์ประกอบให้เป็นตัวรับและส่งในตัวเดียวกันแต่ต่างเวลาได้



รูป 2.7 แสดงรูปแบบของการสื่อสารแบบกึ่งสองทาง
(ก) เส้นใยนำแสง (ข) สายโคแอกเซียล

รูปแบบของการสื่อสารแบบสองทาง จำนวนเส้นใยนำแสงและจำนวนสายโคแอกเซียลมีความแตกต่างกันโดยจำนวนเส้นใยนำแสงจะน้อยกว่า เนื่องจากสามารถส่งสัญญาณแสงสวนกันภายในเส้นใยนำแสงเส้นเดียวกันได้แต่สายโคแอกเซียลไม่สามารถทำได้



รูป 2.8 แสดงรูปแบบของการสื่อสารแบบสองทาง
(ก) เส้นใยนำแสง (ข) สายโคแอกเซียล

ทำให้เส้นใยนำแสงสามารถประหยัดจำนวนของสารที่จะใช้ได้ดีกว่าสายโคแอกเซียล

2.3 เทคนิคการสื่อสารสองทาง

ในการสื่อสารสองทางความสำคัญของการกระจายข้อมูลไปยังจุดต่าง ๆ และการรวมข้อมูลข่าวสารเข้าไว้ด้วยกันการกระทำเช่นนั้น ต้องใช้อุปกรณ์และเทคนิคที่น่าเชื่อถือเพื่อประกันความผิดพลาดที่เกิดขึ้น ซึ่งในโรงงานพิเศษนี้ได้ใช้เทคนิคการคู่ควบทางแสงเป็นวิธีการที่ใช้ในการสื่อสารสองทาง

2.3.1 คู่ควบตรงเส้นใยนำแสง

การกระจายสัญญาณ ไปผู้รับรายย่อย และรวมสัญญาณหลายสัญญาณเข้าสู่สายเส้นเดียว โดยไม่ใช้การแปลงสัญญาณแสงเป็นสัญญาณ ไฟฟ้าโดยเป็นอุปกรณ์แสงที่ไม่ต้องการ ไฟเลี้ยงคุณสมบัติเหล่านี้ได้สร้างเป็น คู่ควบตรงเส้นใยนำแสง

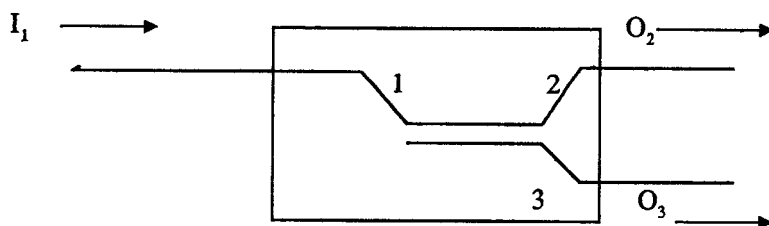
ตัวอย่างของอุปกรณ์ชนิดนี้มีทางเข้า N พอร์ตและทางออก M พอร์ต แสดงดังรูป 2.9



รูป 2.9 แสดงคู่ควบแสง $N \times M$

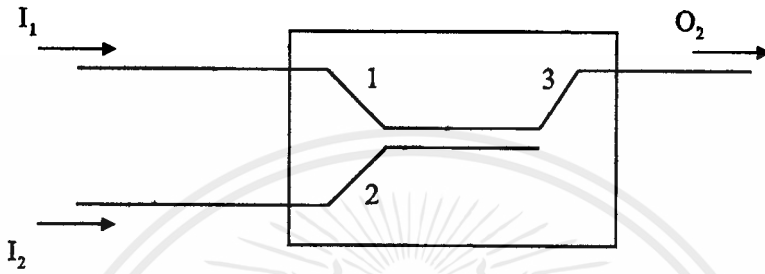
คู่ควบแสงแบบนี้สามารถเชื่อมต่อได้ง่ายกับเส้นใยนำแสงและอุปกรณ์ทางแสงต่าง ๆ

การกำหนดชื่อตามคุณสมบัติคู่ควบแสงคู่ควบวอย (Y Coupler) หรือ ตัวแยกแสงเป็นอุปกรณ์ที่แพร่พลังงานแสงโดยมี 1 ทางเข้าและ 2 ทางออก รูป 2.10



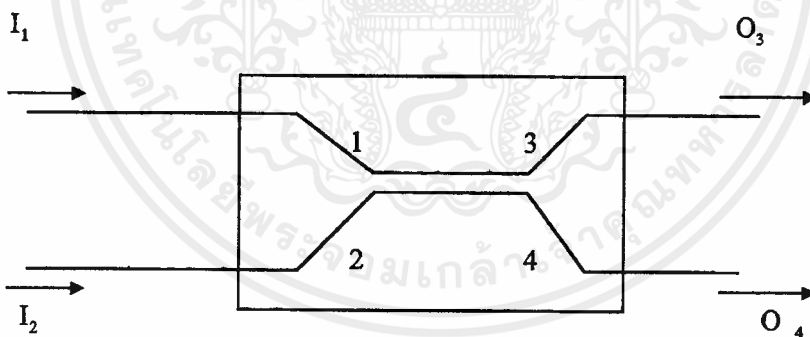
รูป 2.10 แสดงคู่ควบวอย (Y Coupler) หรือตัวแยกแสง

เมื่อเส้นหนึ่งจากสองเส้นของทางออกแบ่งพลังงานของแสงออกมาบางครั้งจะเรียกว่า คู่ควบที (T Coupler) หรือกับคักแสงและสามารถใช้ตรวจสอบพลังงานของสายเมนหลักได้ อุปกรณ์ที่ใช้รวมสัญญาณจากเส้นใยนำแสง 2 เส้น ไปสู่เส้นเดียวจะเรียกว่า ตัวรวมแสง ดังรูป 2.11



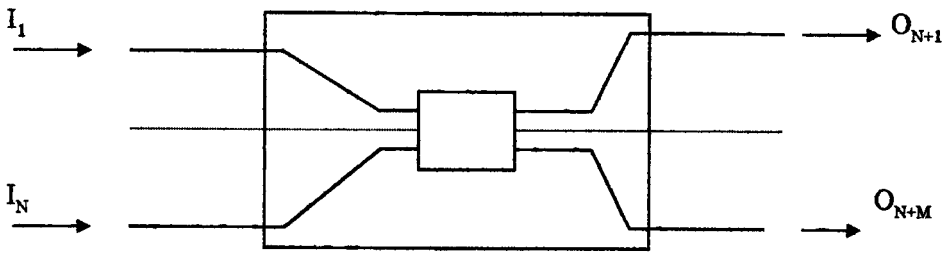
รูป 2.11 แสดงตัวรวมแสง

ทั้งตัวรวมและตัวแยกแสงจะเรียกว่ากันว่า คู่ควบเอ็กซ์ (X Coupler) หรือ 2×2 คัปเปิลอร์ ตรง แสดงดังรูป 2.12



รูป 2.12 แสดงคู่ควบเอ็กซ์ (X Coupler) คู่ควบตรง 2×2

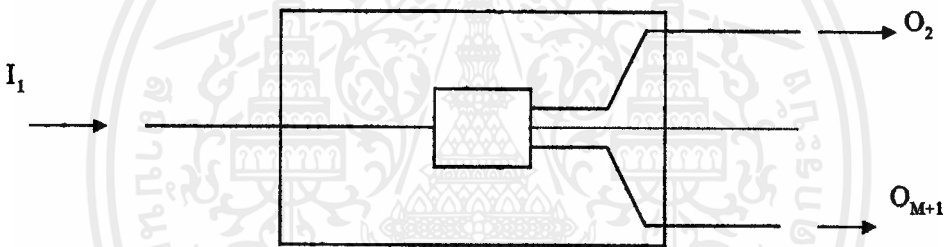
อุปกรณ์หลายพอร์ตมีทางเข้าหรือทางออกที่มากกว่า 2 จะเรียกว่า คู่ควบดาว (Star Coupler) แสดงดังรูป 2.13



รูป 2.13 แสดงคู่ควบดาว (Star Coupler)

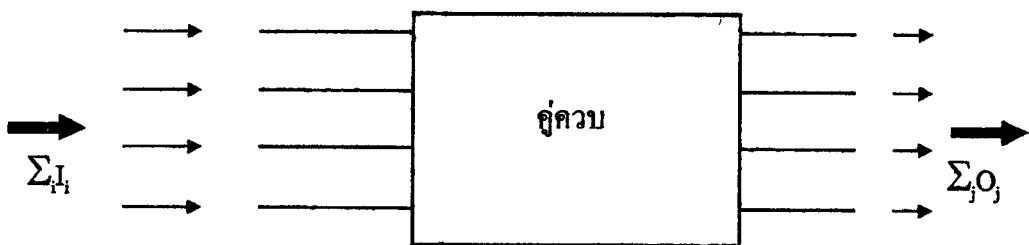
แต่ถ้าด้านหน้ามี 1 เส้น อีกด้านหนึ่งมีมากกว่า 2 เส้น จะเรียกว่า คู่ควบทรี (Tree Coupler)

แสดงผังรูป 2.14



รูป 2.14 แสดง ทรีคัปเปิลเลอร์ (1 x M)

คู่ควบดาวและคู่ควบทรีจำนวนมากใช้ใน โลกอล-เอเรีย เน็ตเวิร์ค (Local Area Networks) และใช้สนับสนุนผลิตภัณฑ์สำหรับการแบ่งพลังงานหรือรวมพลังงานแสง คุณลักษณะพื้นฐานของคู่ควบแสง ดังรูป 2.15



รูป 2.15 แสดงพลังค์พลังงานที่เข้าไปและออกจากคู่ควบแสง

ถ้า I_i เป็นพลังงานที่ใส่เข้าไป O_j เป็นพลังงานที่ออกมา $\Sigma_i I_i$ และ $\Sigma_j O_j$ เป็นพลังงานรวม, เข้าไปและออกของคู่ควบ ความแตกต่างของพลังงาน ($\Delta P = \Sigma_i I_i - \Sigma_j O_j$) เป็นจำนวนของพลังงาน ไปในทางเดินของแสงจากพอร์ตทางเข้าไปถึงพอร์ตทางออก เพราะว่าการสะท้อนที่สูญหาย การกระเจิงและความไม่สมบูรณ์ ประสิทธิภาพการส่งผ่าน (η) ของคู่ควบกำหนดเป็น

$$\eta = \frac{\Sigma_j O_j}{\Sigma_i I_i} \quad (2.5)$$

ให้พลังงานที่สูญเสียเล็กน้อยเป็น

$$\Lambda = \frac{\Delta P}{\Sigma_i I_i} = 1 - \eta \quad (2.6)$$

การสูญเสียที่เกินมาของอุปกรณ์ในหน่วยเดซิเบลเป็น

$$L = -10 \log \eta \quad (2.7)$$

พลังงานที่ออกมาที่พอร์ตทางออก O_j เขียนได้เป็น

$$O_j = \Sigma_i A_{ij} I_i \quad (2.8)$$

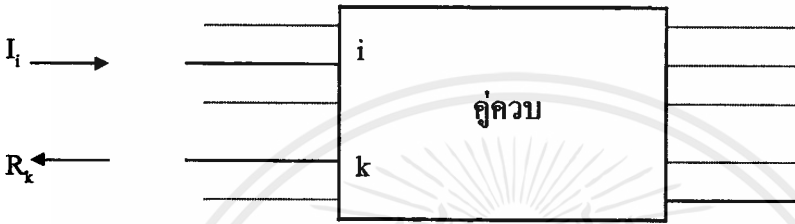
เมื่อสัมพันธ์คู่ควบระหว่างพอร์ตทางเข้า i_k และพอร์ตทางออก j_k A_{ji} แทนพลังงานเล็กน้อยที่เข้าไปในพอร์ตทางเข้า i_k กับออกที่พอร์ตทางออก j_k การสูญเสียจากการรวมแสงในหน่วยเดซิเบลตลอดความยาวจาก i_k ถึง j_k ให้ค่าเป็น

$$L_{ji} = -10 \log A_{ji} \quad (2.9)$$

การวัดคู่ควบแสงโดยตรงโดยแยกออกระหว่างพอร์ตทางเข้าเมื่อพลังงานไปในพอร์ต i_k ควรแยกออกระหว่าง พอร์ต i_k และ k_m แสดงดังรูป 2.16

$$D_{ki} = -10 \log \frac{R_k}{I_i} \tag{2.10}$$

เมื่อ R_k เป็นตัวเลขพลังงานที่ส่งกลับที่พอร์ต k



รูป 2.16 แสดงคัมเบิลระหว่างพอร์ตทางเข้า 2 พอร์ต

ตัวอย่างตัวแยกแสงของรูป 2.10 พลังงาน I_i ใส่อเข้าไปในพอร์ต 1 และแบ่งไปยัง O_2 และ O_3 ที่พอร์ตทางออก 2 และ 3 อัตราส่วนแยกแสง S กำหนดเป็น

$$S = \frac{O_2}{O_3} \tag{2.11}$$

การสูญเสียจากการรวมแสง จาก 1-2 และ 1-3 เป็น

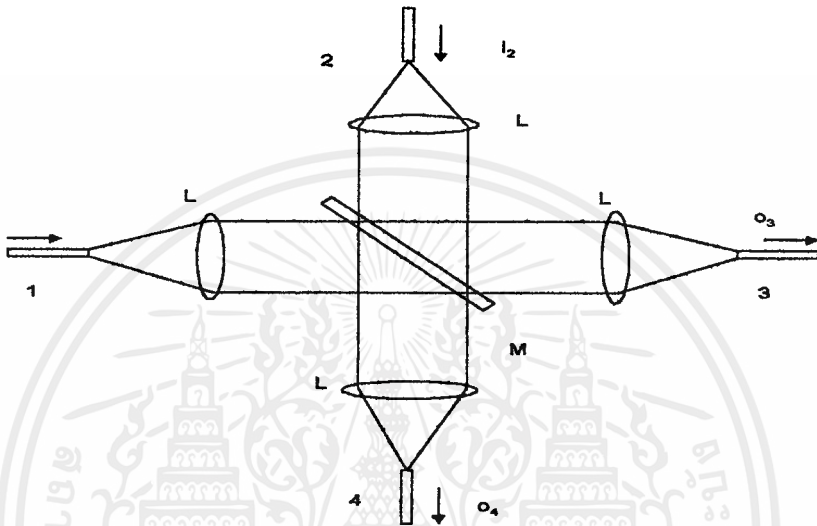
$$L_{21} = -10 \log \frac{O_2}{I_1} = -10 \log A_{21} \tag{2.12}$$

$$L_{31} = -10 \log \frac{O_3}{I_1} = -10 \log A_{31} \tag{2.13}$$

ส่วนกรณีของการรวมแสง สามารถกลับเป็น $L_{12} = L_{21}$ และ $L_{13} = L_{31}$

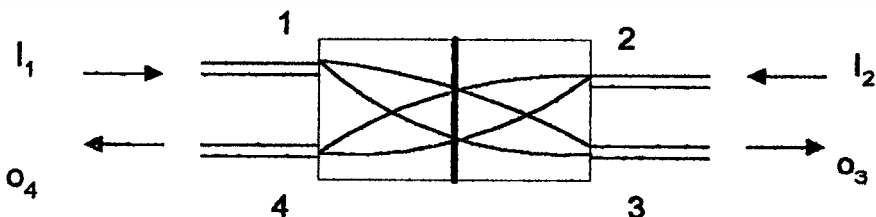
2.3.1.1 ไมโคร - ออปติคอลล กัปเพลอร์ (Micro - Optical Couplers)

การแยกหรือการรวมสัญญาณแสงสามารถทำกับลำแสงขนานได้ แสดงดังรูป 2.17 สำหรับรูปแบบคู่ควมเอ็กซ์ แสงจะขนานและถูกโฟกัสโดยเลนส์ ปรากฏการณ์แยกและรวมแสงได้จากการที่กระจกสะท้อนให้ค่าการสะท้อน R เป็นค่าที่ต้องการ



รูป 2.17 แสดงรูปแบบลำแสงขนานของคู่ควมเอ็กซ์เมื่อ L เป็นเลนส์รวมแสงและ M เป็นกระจกสะท้อน

ความเป็นจริงคู่ควมสามารถสร้างให้เป็นอุปกรณ์แสงขนาดเล็ก (ไมโครเลนส์) (ดูรูป 2.19) พื้นฐานโครงสร้างของคู่ควมไมโคร - ออปติคอลล สอดคล้องกับรูปแบบของรูป 2.19 เป็นดังรูป 2.18



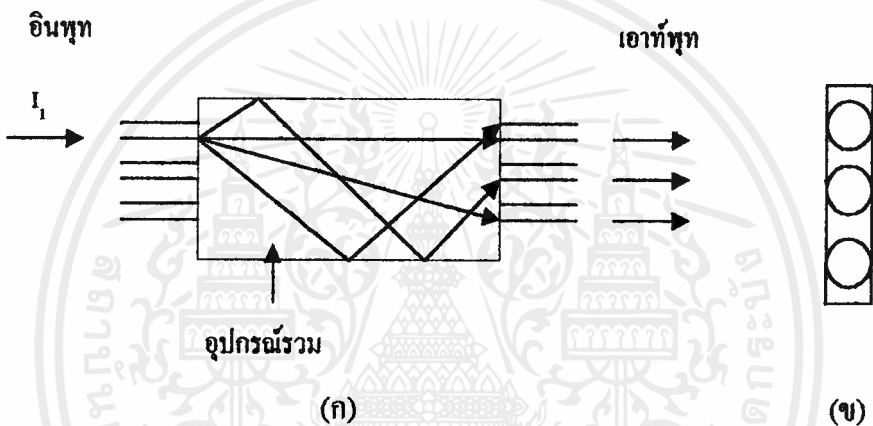
รูป 2.18 แสดงคู่ควมเอ็กซ์ไมโคร - ออปติคอลล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

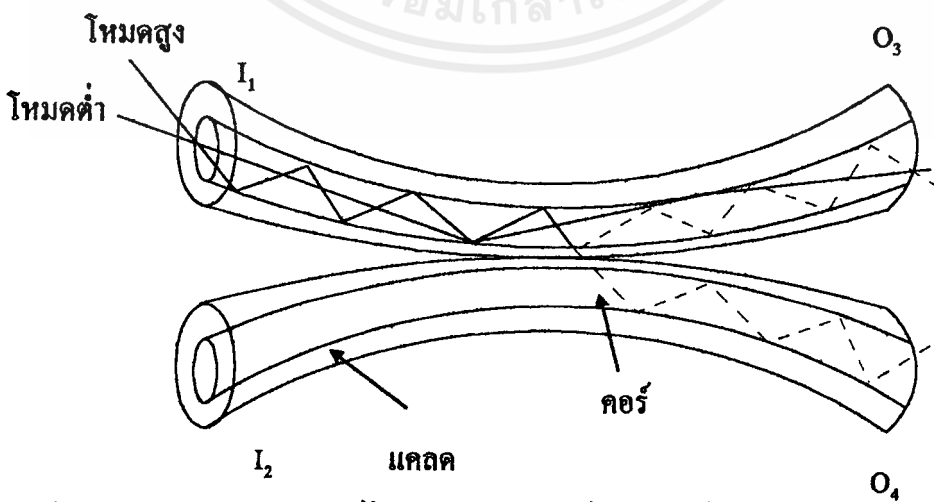
สำหรับเส้นใยนำแสงหลายโหมดความสูญเสียของคู่ควมไมโคร - ออปติคอลลอยู่ในช่วงของ 0.5 ถึง 1 เดซิเบล คู่ควมดาวสามารถสร้างโดยใช้ไมโคร - ออปติคอลลได้

2.3.1.2 อุปกรณ์เส้นใยนำแสงคู่ควม (เส้นใยนำแสงหลายโหมด)

ตัวอย่างและประสิทธิภาพคู่ควมเอ็กซ์สามารถสร้างโดยความรู้ทางเทเพอร์ริง, ทวิตติง และพีวซิ่ง ขบวนการนี้เรียกว่า พีวซ ไบโคนิคอล เทเพอร์ คัปเปิลเลอร์ (Fused Biconical Taper Coupler (FBT)) หลักการทำงานของคู่ควมชนิดนี้สามารถอธิบายโดยเปรียบเทียบกัภาพตัดขวางคู่ควมตามรูป 2.20

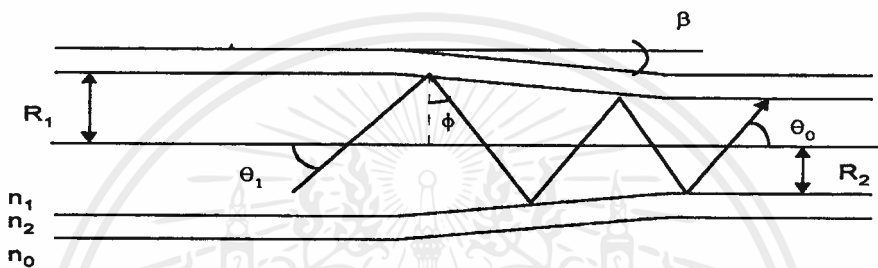


รูป 2.19 แสดง ไมโคร - ออปติคอลล คัปเปิลเลอร์ (ก) ภาคตัดตามขวาง (ข) ภาคตามระนาบกำหนดให้เป็นเส้นใยนำแสงแบบสแต็ป-อินเด็กซ์ (Step - Index) เพื่อให้ง่ายต่อการพิจารณา



รูป 2.20 ภาคตัดขวางของพีวซ ไบโคนิคอล เทเพอร์ คัปเปิลเลอร์ แสดงเส้นลำแสง

พลังงานแสง I_1 ป้อนเข้าสู่พอร์ต 1 การกระจายของมัลติโหมดความยาวของโหมคนำแสง สอดคล้องกับโครงสร้าง เมื่อโหมคนำถึงช่วงที่ลดลงจะลดตัวเลข อะเปอร์เจอร์ แม้ว่าจะมีโหมค จำนวนมากที่ไปไม่ไกลโดยคอร์และการแพร่ซิมในแคลค ส่วนในช่วงพีวด์ (Fused) หลังจากช่วงนี้ พลังงานแสงในแคลค จะแยกไปเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน แต่ระบบจะหาโครงสร้างที่ค่อย ๆ ลดลง เพราะว่าสอดคล้องกับการเพิ่มเลขอะเปอร์เจอร์ การนำลักษณะของคู่ควบ FBT สามารถอธิบาย ความกระจ่างโดยอ้างอิงกับคุณสมบัติพื้นฐานของเส้นใยนำแสงที่มีขนาดเล็กลงเป็นดังรูป 2.21



รูป 2.21 ส่วนของเส้นใยนำแสง เทเปอร์

ถ้าแสงที่แพร่เข้าไปในเส้นใยนำแสงที่มีขนาดเล็กลงมุมของการแพร่จะเพิ่มขึ้นเริ่มต้นที่ มุมมีค่าเป็น θ_1 มุมการแพร่จะเพิ่มขึ้นโดย 2β ที่การสะท้อนของผิวคอร์ - แคลค ความยาวที่เท่า กันมุม ϕ ซึ่งเป็นมุมมากที่สุดของมุมวิกฤต (สำหรับการสะท้อนภายใน) ถ้าแสงจะคงเท่าเดิมไป ตลอดช่วงที่มีขนาดลดลง รูปแบบของมุม θ_0 กับแกนเส้นใยนำแสงถ้าการลดลงอย่างเรียบ ๆ และ ตัวเลขของการสะท้อนสูงสุด θ_0 สามารถหาได้โดย

$$\sin \theta_0 = \frac{R_1}{R_2} \sin \theta_1 \quad (2.14)$$

เมื่อ R_1 คือ รัศมีของคอร์ก่อนการลดลง

R_2 คือ รัศมีของคอร์หลังการลดลง

แม้ว่ามุมของการแพร่ลำแสงที่ทางออกของช่วงที่ลดลงขึ้นอยู่กับอัตราส่วนที่ลดลง R_1/R_2 เมื่อมุม ϕ กลายเป็นน้อยกว่าค่าวิกฤต ลำแสงจะไม่อยู่ในคอร์อย่างไรก็ตามสามารถอยู่หนึ่งภายในที่จำกัดในแคลคพิจารณาได้เป็น

$$\sin\theta_0 \leq \sin\theta_{OM} = \frac{(n_1^2 - n_0^2)^{\frac{1}{2}}}{n_1} \quad (2.15)$$

เมื่อ n_0 และ n_1 เป็นดัชนีหักเหของตัวการภายนอกและคอร์ตามลำดับและ θ_{OM} เป็นมุมที่มีการแพร่มากที่สุดของลำแสงที่ทางเข้าของคู่ควบ มุมที่มากที่สุดที่ป้อนแสงเข้าไป θ_{im} เป็นการจำกัดโดยตัวเลขอะเปอร์เจอร์ของเส้นใยนำแสงได้เป็น

$$n_1 \sin\theta_{im} = NA = (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.16)$$

หลักเกี่ยวกับการแพร่รังสีภายนอกแคลค โดยยอมรับลำแสง θ_0 (θ_{im}) ต้องมีค่าจำกัด

$$\theta_0(\theta_{im}) \leq \theta_{OM} \quad (2.17)$$

จากสมการ 2.14 และ 2.16

$$\frac{R_1}{R_2} \leq \left(\frac{n_1^2 - n_0^2}{n_1^2 - n_2^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.18)$$

กำหนดขีดจำกัดบนของอัตราส่วนบริเวณลดลง R_1/R_2 แกนแสงในคู่ควบให้ค่าถูกต้องของการสูญเสีย

$$n_1 \sin\theta_0 \leq (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.19)$$

สมการ 2.14 กลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$n_1 \sin \theta_i \leq \left(\frac{R_2}{R_1} \right) (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} \quad (2.20)$$

ตัวเลขอะพอร์เจอร์สำหรับโครงสร้างส่วนลดลง NA_T สามารถกำหนดเป็น

$$NA_T = n_1 \sin \theta_{iT} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{R_2}{R_1} \right) NA \quad (2.21)$$

สำหรับเส้นโยนนำแสงในรูป 2.21 ตัวเลขอะพอร์เจอร์จะลดลงจากตัวเลขอะพอร์เจอร์เดิม โดยค่า (R_2/R_1) น้อยกว่า 1 ดังนั้นลำแสงสามารถแบ่งพื้นฐานของมุมที่ใส่เข้าไป θ_i

ลำแสงกับ $\theta_i \leq \theta_{iT}$ การส่งผ่านของพอร์ต 1 ไปยังพอร์ต 3

ลำแสงกับ $\theta_{iT} \leq \theta_i \leq \theta_{im}$ เป็นการแบ่งกันระหว่างพอร์ต 3 และพอร์ต 4

มันเป็นการเข้าใจในคู่ควบพิวซ์ ไบโคนิคัล เทเพอร์ คัปเปลอร์ เฉพาะถ้าเลี้ยงที่แพร่เข้าไปในมุมมาก ๆ สอดคล้องกับโหมคออกเคอร์เป็นคู่ควบที่อยู่ใกล้เส้นโยนนำแสงกับลำแสงออกเคอร์ต่ำถูกเก็บอยู่ข้างใน

การป้อนแสงเข้าไปในเส้นโยนนำแสงสัมประสิทธิ์คู่ควบระหว่างพอร์ตกำหนดในบทที่

2.3.1 สามารถคำนวณได้ คือ

$$A_{31} = \frac{1}{2} \left[1 + \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 \right] \quad (2.22)$$

$$A_{41} = \frac{1}{2} \left[1 - \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^2 \right] \quad (2.23)$$

A_{31} และ A_{41} เป็นตัวแทนของพลังงานที่ให้เข้าไปออกพอร์ต 3 และ 4 ตามลำดับ ทำที่ของสัมประสิทธิ์เป็นไปตามรูป 2.18 1 ต่อ 1 แบ่งอัตราส่วนระหว่างทางออกของกึ่ง $R_2/R_1 = 0$ ซึ่งขัดแย้งกับสมการ 2.18 และนอกจากนี้มันทั้งคู่ยังไม่สมจริงถ้าสมการ 2.20 ให้รายละเอียด A_{41} เป็น

$$A_{41} \leq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{NA^2}{n_1^2 - 1} \right) \quad (2.24)$$

สำหรับเส้นใยนำแสงสเต็ป - อินเด็กซ์กับ $n_1 = 1.47$ และ $NA = 0.22$ ค่าต่ำสุดของ R_2/R_1 เป็น 0.2 สอดคล้องกับ $A_{41} = 0.48$ ค่าวิกฤตของการสูญเสียที่เกินมาของการสูญเสียที่เกิดมาของคู่ควบพิวซ์ ใยโคไนคัล เทพอร์ คัปเปิลอร์ อยู่ในช่วงของ 0.5 ถึง 1 dB สำหรับแกนอินเด็กซ์ คอร์ 50 ไมโครเมตร แคลด 125 ไมโครเมตร มัลติพอร์ต



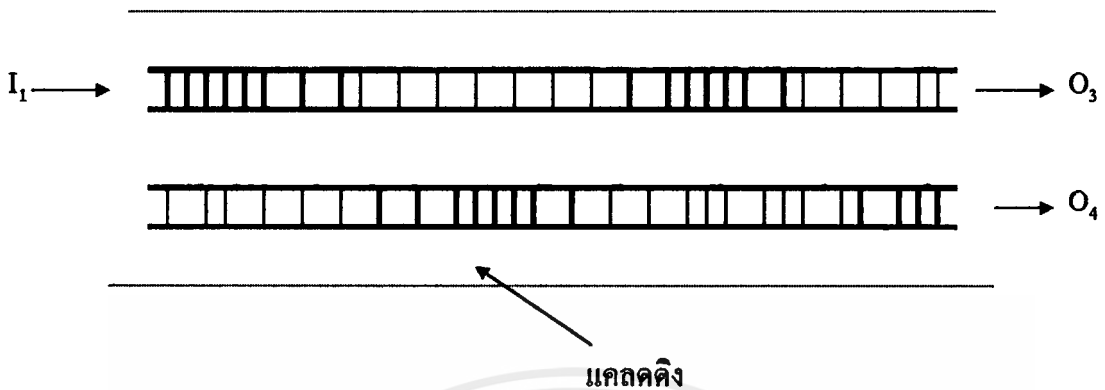
รูป 2.22 สัมประสิทธิ์คู่ควบ A_{31} และ A_{41} กับ อัตราส่วน R_2/R_1

2.3.1.3 อุปกรณ์เส้นใยนำแสงแสงคู่ควบ (เส้นใยนำแสงโหมดเดียว)

คู่ควบที่มีประสิทธิภาพสามารถสร้างโดยคู่ควบตรงของเส้นใยนำแสงโหมดเดียวตามทฤษฎีต่าง ๆ เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ลักษณะของลำแสงขนานสองลำและท่อนำแสงแบบโหมดเดียวสำหรับตัวอย่างโครงสร้างท่อนำคลื่นคู่ควบแสดงในรูป 2.23 สำหรับการวิเคราะห์ภายใต้สมมติฐานของคู่ควบอย่างอ่อนกำหนดให้ผลลัพธ์การกระจายสนามซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองของส่วนประกอบท่อนำแสงสามารถอธิบายโดยลิเนียร์ ซูเปอร์โพสิชัน ของสนามสัญญาณ

ในกรณีเฉพาะค่าคงที่การแพร่ของแบบจำลองพื้นฐานของสัญญาณและแยกออกจากท่อนำคลื่นเท่ากันเช่น $\beta_1 = \beta_2 = \beta$ ค่าตอบทั่วไปแบบจำลองคู่ควบสมการประกอบด้วยการซ้อนทับกันของสองแบบจำลองใหม่ให้ค่าคงที่ของการแพร่ β_+ และ β_- ให้เป็น

$$\begin{aligned} \beta_+ &= \beta + \Delta\beta \\ \beta_- &= \beta - \Delta\beta \end{aligned} \quad (2.25)$$



รูป 2.23 แสดงโครงสร้างและกลไกการส่งผ่านพลังงานในคู่ควมสั้นโยนแสงใน โหมดเคียว

เมื่อ $\Delta\beta$ แทนสัมประสิทธิ์คู่ควมระหว่างสองท่อนำแสงในการประมาณขั้นแรกสอง โหมดปกติค่าคงที่ของการแพร่สามารถหาโดยสมการ 2.55 สามารถรองรับองค์ประกอบของท่อนำแสงเราสามารถบันทึกการส่งผ่านเต็มของพลังงานแสงจากหนึ่งท่อนำแสงไปสู่ที่อื่นได้ ถ้า $\beta_1 = \beta_2$ การแลกเปลี่ยนของพลังงานครอบครองเฉพาะระหว่างแบบจำลองกับค่าคงที่การแพร่ ถ้าพลังงานกำหนดให้ป้อนแสงเข้าทางพอร์ตหนึ่งและเมื่อ $Z = 0$ กำหนดให้เริ่มต้นของบริเวณอันตรกิริยาระดับพลังงานของแสงที่ตรงกันตลอด Z ในสองทางออก O_3 และ O_4 ต่อมา

$$\begin{aligned} O_3(Z) &= I_1 \cos^2(\Delta\beta Z) \\ O_4(Z) &= I_1 \sin^2(\Delta\beta Z) \end{aligned} \quad (2.56)$$

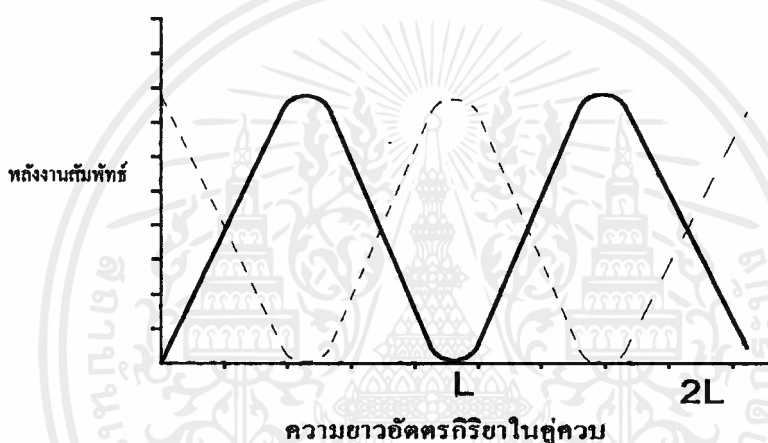
เมื่อ I_1 เป็นพลังงานเข้ามาที่พอร์ตหนึ่งและ $\Delta\beta$ เป็นเฟสตัวซ้ำที่ปรากฏในสมการ 2.55 สมการ 2.56 แสดงความชัดเจนพลังงานแสงเป็นช่วง ๆ ที่ผ่านตลอด Z จากท่อนำคลื่นไปยังส่วนอื่นๆ $O_3(2)$ และ $O_4(2)$ แทนในรูป 2.20 ค่าเฉพาะของ Z, L_c สอดคล้องกับพลังงานที่ส่งผ่านสมบูรณ์ (เช่นจากท่อนำคลื่น 1 ไปท่อนำคลื่น 2) มีค่าเป็น

$$L_c = \frac{\pi}{2\Delta\beta} \quad (2.57)$$

เราจะเรียกว่าเป็นความยาวคู่ควม

เส้นใยนำแสงคู่ควมโหมคเดียวผลิตได้จากสองวิธี โดยวิธีแรกองค์ประกอบของการปรับปรุงเส้นใยนำแสง นำแคลตออกไปจากเขตที่กำหนดไว้จนกว่าคอร์สามารถนำปิคซิดใกล้ ผลลัพธ์ในโครงสร้างคู่ควม - ท่อนำคลื่นแสดงดังรูป 2.25

ในวิธีการที่สอง นำแสงโหมคเดียวนำมาหลอมและลดขนาดบางครั้งจะใช้การทำการปฏิบัติการเคมี ตลอดความยาวช่วงอันตรกิริยา ขบวนการคู่ควมเกิดจากคู่ควมยาวที่สั้นระหว่างคอร์ และการขยายออกของโหมคหน้า (ดูรูป 2.26) ผลลัพธ์นี้ทำโดยลดขนาดของคอร์ การสูญเสียที่มากกว่าปกติของการคู่ควมโหมคเดียวมีค่าต่ำมากกว่าค่าวิกฤตอยู่ชั้นของ 1 เดซิเบลหรือน้อยกว่า



รูป 2.24 แสดงทรานสมิตแทนซ์และพลังงานคู่ควม O_3 และ O_4 กับความยาวอันตรกิริยาในคู่ควมโหมคเดียวของรูป 2.23



รูป 2.25 แสดงโครงสร้างของการปรับปรุงเส้นใยนำแสงคู่ควมโหมคเดียว

ในโครงสร้างทั้งคู่ สัมประสิทธิ์คู่ควบ $\Delta\beta$ เป็นจริงขึ้นอยู่กับ Z กรณีทั้งสองทั้งที่ความถี่ของชนิดเดียวกันเป็นไปตามสมการ 2.56 สามารถสังเกตได้ ทำแบบจำลองให้ง่ายสามารถทำให้เป็นยอมรับการอธิบายโหมดเดียว ความน่าเชื่อถือบนสมมติฐานนี้ในช่วงพีวค์เซ็นเตอร์ (Fused Central)

ผลลัพธ์ที่ได้นี้มาจากความแตกต่างดัชนีระหว่างวัสดุเคลือบ (n_2) และตัวกลางภายนอก (n_0) สามารถทำเป็นคอร์และแคดแบบใหม่ช่วงตรงกลางคู่ควบกำหนดให้มีพื้นที่ $b \times 2b$

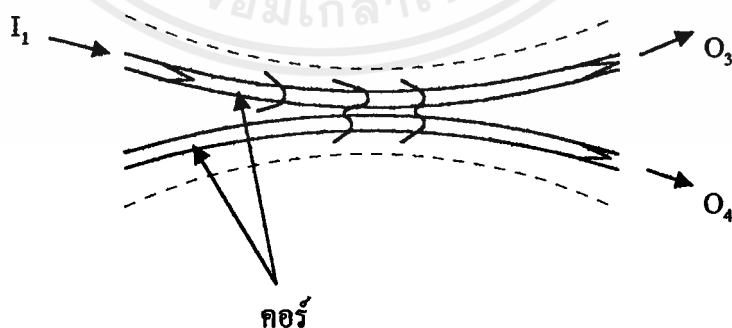
ภายใต้สมมติฐานนี้เฉพาะสองแบบจำลองพื้นฐานของท่อนำคลื่นสามารถแพร่ในช่วงคู่ควบพลังงานถูกแยกระหว่างสองทางออกพอร์ต 3 และ 4 เป็นการอธิบายโดยสมการ 2.56 เมื่อสัมประสิทธิ์คู่ควบอธิบายโดย

$$\Delta\beta = \frac{3\pi\lambda}{32n_2b^2} \frac{1}{\left(1 + \frac{1}{v}\right)^2} \quad (2.58)$$

เมื่อ

$$v = (2\pi b / \lambda)(n_2^2 - n_0^2)^{\frac{1}{2}}$$

สมการ 2.58 อธิบายถึงการขึ้นกับ $\Delta\beta$ บนรูปทรงและสมบัติทางแสงของโครงสร้าง

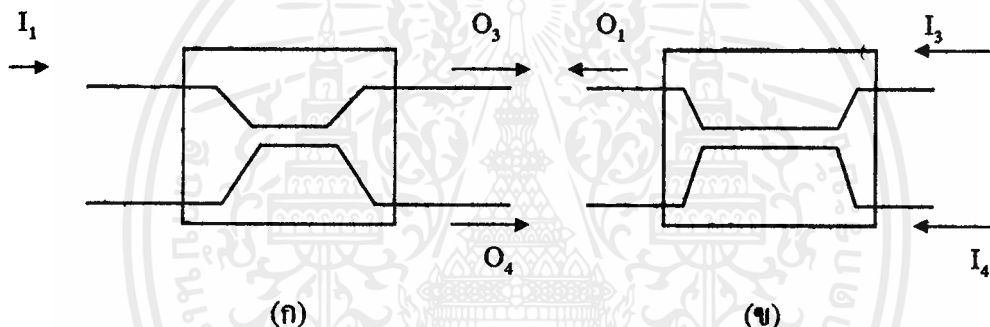


รูป 2.26 แสดงโครงสร้างของคู่ควบโหมดเดียวพีวค์ไบโคนิคอลเทเพอร์ แสดงการเปลี่ยนแปลงแบบจำลองสนามในช่วงเทเพอร์

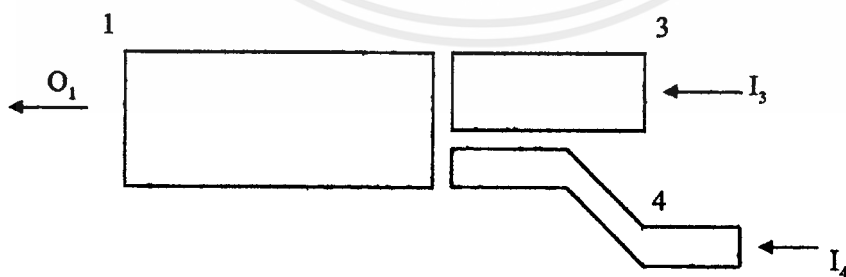
2.3.1.4 คู่ควบแบบไม่สมส่วนกัน (เส้นโยนแสงหลายโหมด)

ในรูปแบบของคู่ควบแบบเอ็กซ์จะเป็นไปไม่ได้ที่จะรวบรวมพลังงานจากสองพอร์ตทางเข้าสู่ทางออกเดียวทั้งหมด เมื่อคู่ควบใช้เป็นตัวแยก (รูป 2.27 ก) พลังงานที่ออกจาก $O_3 = A_{31} I_1$ และ $O_4 = A_{41} I_1$ กรณีจริง $A_{31} + A_{41} \leq 1$ ในกรณีอุดมคติ $A_{31} + A_{41} = 1$ และ $O_3 + O_4 = I_1$ (ถ้าสำหรับตัวอย่าง $A_{31} = A_{41} = 0.5$ แล้ว $O_3 = O_4 = I_1/2$)

ถ้าอุปกรณ์เหมือนกันใช้ในทางกลับกัน (รูป 2.27 ข) การรวม I_3 และ I_4 ไปสู่พอร์ตหนึ่งทางออกของอุปกรณ์สามารถคำนวณพื้นฐานของรูปแบบสามารถเขียนเป็น $O_1 = A_{31} I_3 + A_{41} I_4$ สำหรับตัวอย่าง $A_{31} = A_{41} = 0.5$ แล้ว $O_1 = I_3/2 + I_4/2$ ดังนั้นบางครั้งของพลังงานรวมที่เข้ามา ($I_3 + I_4$) ไม่ง่ายถ้าออกมาที่ทางออกของพอร์ตหนึ่งมองเฉพาะที่ปรากฏการณ์รวมพลังงานพอร์ตสามและสี่สู่พอร์ตหนึ่งปรากฏเป็นการสูญเสีย



รูป 2.27 แสดงคู่ควบแสง (ก) ทางตรงเป็นการแยกและ (ข) ในทางกลับกันเป็นรวม



รูป 2.28 แสดงการรวมแบบไม่สมส่วนทำให้กับเส้นโยนแสงหลายโหมดกับขนาดที่แตกต่าง

พลังงานขาดไปที่พอร์ตหนึ่งอย่างง่าย ๆ เพราะว่าปรากฏการณ์แยกแสงและออกทางพอร์ตสอง เงื่อนไขที่พบในคู่ควบพิวซ์ไบโคเนคคัลเทอร์ Y และ X เป็นสมมาตร ถ้านำสมมติฐานของสมมาตรออก (เช่น $A_{13} \neq A_{31}$ และ $A_{14} \neq A_{41}$) มันเป็นไปได้เมื่อใช้เส้นใยนำแสงหลายโหมดคู่ควบ A สามารถลดขนาดเมื่ออุดมคติ $A_{13}=1$ และ $A_{14}=1$ ในกรณีนี้ $O_1=A_{13}I_3+A_{14}I_4=I_3+I_4$ มันเป็นไปได้ในคู่ควบพิวซ์ไบโคเนคคัลเทอร์ จำเพาะในพอร์ตทางเข้าและทางออก ทำให้เส้นใยนำแสงมีขนาดเหมือนกัน

คู่ควบไม่สมส่วน (แยกหรือรวม) สามารถสร้างจากเส้นใยนำแสงหลายโหมดหรือระนาบท่อนำคลื่นที่มีความแตกต่างของขนาดคอร์ แสดงดังรูป 2.28 $A_{13}=1$ เมื่อ $A_{31}<1$ $A_{14}=1$ เมื่อ $A_{41}<1$

2.3.2 การเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง

จะกล่าวถึงการมอดูเลตสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง การมอดูเลตสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงนั้นปัจจุบันที่นิยมใช้กันอยู่คือ การมอดูเลตด้วยการเปลี่ยนความเข้มของแสงซึ่งการมอดูเลตนี้มีอยู่ด้วยกันสองวิธีคือด้วยการเปลี่ยนความเข้มของแสงโดยการมอดูเลตกระแสอินพุทที่ป้อนให้กับแหล่งกำเนิดแสง และอีกวิธีหนึ่งที่นิยมใช้คือการเปลี่ยนความเข้มของแสงโดยใช้หลักการเชิงกลหรือการมอดูเลตภายนอกซึ่งเป็นวิธีการที่มีหลักการที่ว่าใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความเข้มของแสงคงที่ ภายหลังจากนั้นจะใช้อุปกรณ์ทางแสงมาทำการเปลี่ยนความเข้มของแสงซึ่งเป็นการมอดูเลตนั่นเอง โครงการพิเศษนี้ได้ใช้วิธีการมอดูเลตทางกระแสให้กับแหล่งกำเนิดแสงด้วยการมอดูเลตทางความเข้มของแสงทำให้มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสงซึ่งขึ้นอยู่กับความถี่ที่ใช้กับการมอดูเลต ถ้าทำการมอดูเลตโดยการขับกระแสให้กับแหล่งกำเนิดแสงด้วยความถี่ ω แล้วความเข้มของแสงจะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ดังสมการ

$$I(\omega) = I_0 \left(1 + (\omega \tau_{\text{eff}})^2 \right)^{-1} \quad (2.59)$$

เมื่อ I_0 คือ ความเข้มแสงที่ยังไม่มีการมอดูเลต

τ_{eff} คือ ช่วงเวลาในการเดินทางของอิเล็กตรอนภายในบริเวณรอยต่อของ สารกึ่ง

ตัวนำของแหล่งกำเนิดแสง

แบนวิคร์ในการมอดดูเลตของแหล่งกำเนิดแสง จะกำหนดจากเทอมของสัญญาณไฟฟ้าที่มีการมอดดูเลตเข้ากับแหล่งกำเนิดแสงโดยที่ความเข้มของแสงที่ตรวจจับได้มีค่าความเข้มแสงลดลงจนเหลือความเข้มแสงเป็นครึ่งหนึ่งของกำลังแสงก่อนการมอดดูเลตสัญญาณหรือที่ 3 dB เมื่อตรวจจับกำลังของสัญญาณไฟฟ้า $P(\omega)$ ที่เป็นสัดส่วนกับ $I^2\omega$ แบนวิคร์ของการมอดดูเลตจะกำหนดจากช่วงความถี่ โดย $P(0)/2 = P(\omega)$ ดังนั้น $I^2(\omega) = I^2(0)/2$ จากสมการที่ 2.59 ดังนั้นแบนวิคร์ของการมอดดูเลตที่ 3 dB หรือ $\Delta\omega$ จะกำหนดโดย

$$\Delta\omega = 1/\tau_{\text{eff}} \quad (2.60)$$

แหล่งกำเนิดแสงที่ยังไม่ได้มีการมอดดูเลตสัญญาณ โดยทำงานที่ความยาวคลื่น λ_0 และมีผลต่างของความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงเป็น $\Delta\lambda$ จะสามารถหาความยาวโคฮีเรนซ์ได้จาก

$$L = \lambda_0^2 / \Delta\lambda \quad (2.61)$$

กำลังของสัญญาณแสงที่ได้จากอุปกรณ์รับแสงหาได้จาก

$$I = \int_{\delta_1}^{\delta_2} \frac{1}{2} P(\delta) \cdot \{1 + \cos(2\pi\delta D)\} ds \quad (2.62)$$

ซึ่ง $P(\delta)$ คือกำลังของสเปคตรัมแสง โดย

$$\delta = 1/\lambda$$

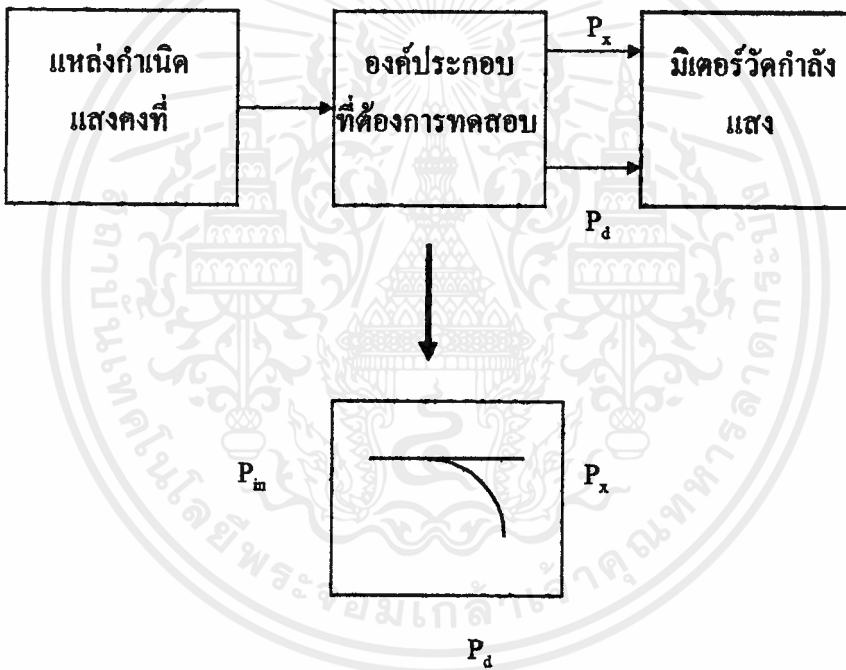
D คือสัญญาณของแสงที่ถูกหน่วงในการเดินทางผ่านตัวกลาง

2.4 การรบกวนและการสูญเสียที่เกิดขึ้น

2.4.1 การรบกวน

2.4.1.1 การรบกวนข้ามช่องสัญญาณ

ในการสื่อสารสองทางทั้งด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และด้านแสงนั้น มักเกิดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ (Crosstalk) เกิดขึ้น โดยผลของการรบกวนข้ามช่องสัญญาณนี้จะเป็นที่แสดงถึงคุณภาพของการสื่อสารสองทางว่าดีเพียงใด สามารถหาได้จากตัวอย่างรูป 2.29



รูป 2.29 แสดงการวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ

$$\text{การรบกวนข้ามช่องสัญญาณ} = 10 \log \frac{P_x}{P_d} = 10 \log \frac{V_x}{V_d}$$

โดยที่ P_x และ P_d คือ กำลังของแสงที่เกิดการรบกวนและกำลังของแสงที่ต้องการ
 V_x และ V_d คือ สัญญาณที่รับได้จากอุปกรณ์รับแสง ซึ่งคือสัญญาณที่เข้ามา

รบกวนข้ามช่องสัญญาณที่อยู่ในรูปเต็มคลื่น (p-p) กับสัญญาณ ไฟฟ้าที่ต้องการ แบบเต็มคลื่น (p-p)

2.4.1.2 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในระบบสื่อสาร เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในวงจรแม้แต่เพียงแคตัวต้านทานก็จะเกิดสัญญาณรบกวน (Noise) สัญญาณรบกวนนี้เกิดจากการสั้นกระเพื่อมของโมเลกุลของตัวต้านทาน เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ก็จะเกิดความร้อนขึ้น จึงมีการระบายความร้อนออกมา สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นในขณะที่อุปกรณ์ไฟฟ้าหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์เกิดความร้อนเราเรียกว่า สัญญาณที่เกิดจากความร้อน สัญญาณรบกวนที่เกิดจากความร้อนนี้เนื่องจากเกิดจากการสั้นกระเพื่อมของโมเลกุลของสารต่าง ๆ ที่ประกอบเข้าเป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จึงมีลักษณะการเกิดเป็นแบบสุ่ม แต่ว่าถ้าหากไม่มีสัญญาณรบกวนก็ส่งสัญญาณจากคั่นทางซึ่งเป็นเครื่องส่งก็จะได้สัญญาณอย่างเดียวกันที่ปลายทางคือเครื่องรับ โดยสัญญาณอาจลดขนาดลงบ้างเนื่องจากการลดกำลัง (Attenuation) ในตัวกลางเท่านั้น

แต่ในการวัดสัญญาณจริงมักพบสัญญาณรบกวนอยู่ด้วยเสมอ ดังนั้นการที่จะบอกถึงประสิทธิภาพของระบบว่าดีเพียงใดจะขึ้นอยู่กับค่าอัตราส่วนสัญญาณคือสัญญาณรบกวนด้วย ซึ่งสามารถหาได้จาก

$$\text{อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน} = \frac{\text{สัญญาณ}}{\text{สัญญาณรบกวน}}$$

2.4.2 การสูญเสีย

2.4.2.1 การสูญเสียเนื่องจากคู่ควบ

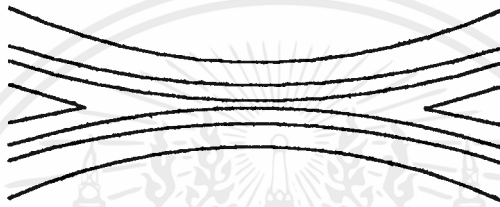
การสูญเสียเนื่องจากคู่ควบ เกิดจากการสะท้อนภายในและวัสดุที่ใช้ทำคู่ควบที่ได้อธิบายในหัวข้อ 2.3.1 ดังนั้น การสูญเสียเนื่องจากคู่ควบหาได้จากอัตราส่วนคู่ควบ เพราะอัตราส่วนคู่ควบบอกถึงความสามารถในการแยกของพลังแสง แล้วพลังแสงที่หายไปจะเป็นการสูญเสียเนื่องจากคู่ควบ

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 การสร้างคู่วางจากเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก

การสร้างคู่วางจากเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก เลือกใช้คู่วางแบบคู่วางตรง (Direct Coupler) ดังรูป 3.1



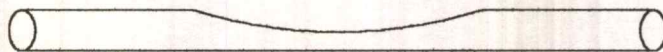
รูป 3.1 แสดงคู่วางตรง (Direct Coupler)

นำเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกยาวประมาณ 1 เมตร มา 1 เส้น ทำการผ่านบริเวณที่ต้องการทำคู่วางให้มีความถี่ประมาณ $\frac{3}{4}$ เท่าของสายเดิม ดังรูป 3.2



รูป 3.2 แสดงการตัดเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกเส้น 1

ทำการขีดควมบริเวณที่ตัดให้เรียบ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการสะท้อนแบบเฟรเนลขึ้นภายในบริเวณรอยต่อ นำเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกอีกเส้นหนึ่งขนาดสั้นกว่า ทำการตัดเช่นเดียวกับเส้นแรกแต่ให้มีความถี่ประมาณ $\frac{2}{4}$ ของสายเส้นเดิม ดังรูป 3.3



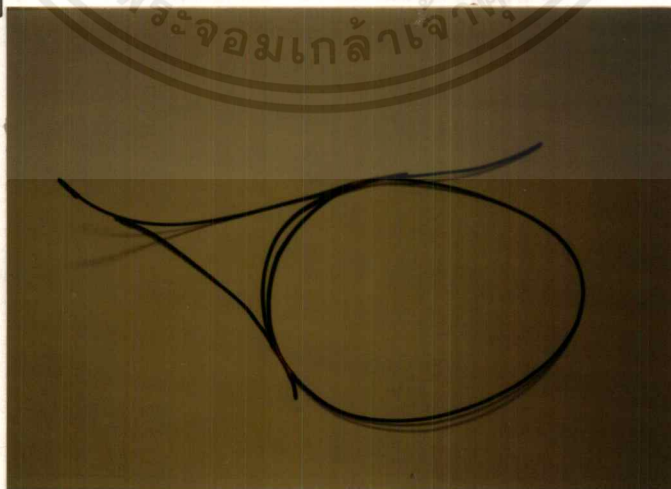
รูป 3.3 แสดงการผ่านเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกเส้น 2

ทำการขีดผิวให้เรียบเช่นเดียวกับเส้นแรก นำทั้งสองเส้นมาประกบกันให้สนิท ทำการมัดด้วย
ลวดให้แน่น (ถ้ายังไม่สนิทให้ตกแต่งให้เรียบและสนิทที่สุด) ดังรูป 3.4



รูป 3.4 แสดงการประกบคู่ควบ

จากนั้นทำการสร้างคู่ควบอีกด้านหนึ่งของสายเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก เช่นเดียวกับ
ขั้นตอนต้นจะได้ดังรูป



รูปภาพ 3.5 แสดงคู่ควบด้วยเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติก

3.2 การจัดอุปกรณ์ศึกษาการสื่อสารสองทางด้วยแสง

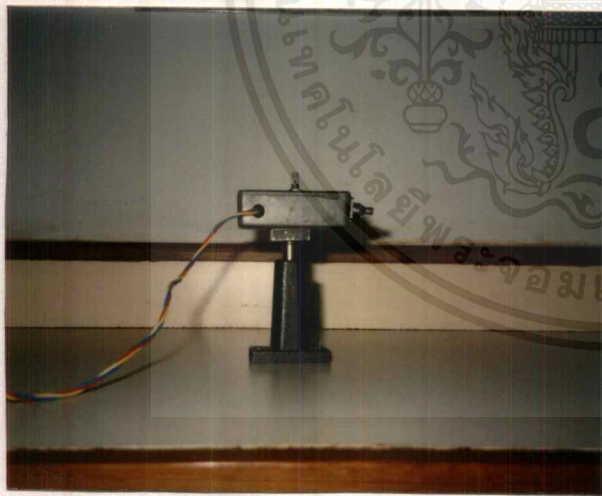
หลังจากได้คู่ควมด้วยเส้นใยนำแสงชนิดพลาสติกแล้ว อุปกรณ์ที่ใช้ส่งสัญญาณแสงจะใช้เป็นเลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 670 นาโนเมตรเป็นแหล่งกำเนิดแสง 1 และเลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 785 นาโนเมตรเป็นแหล่งกำเนิดแสง 2



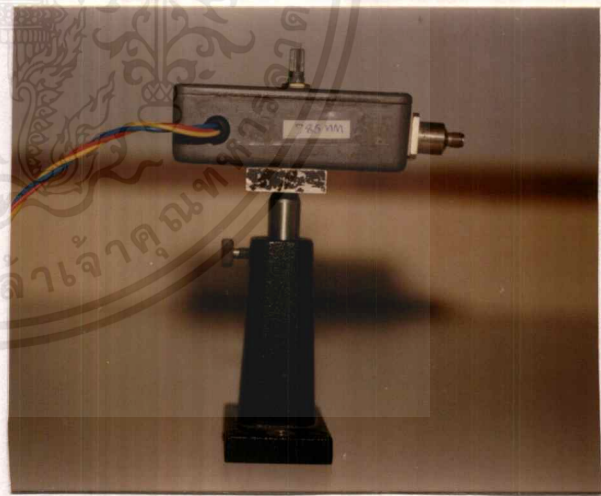
(ก)



(ข)



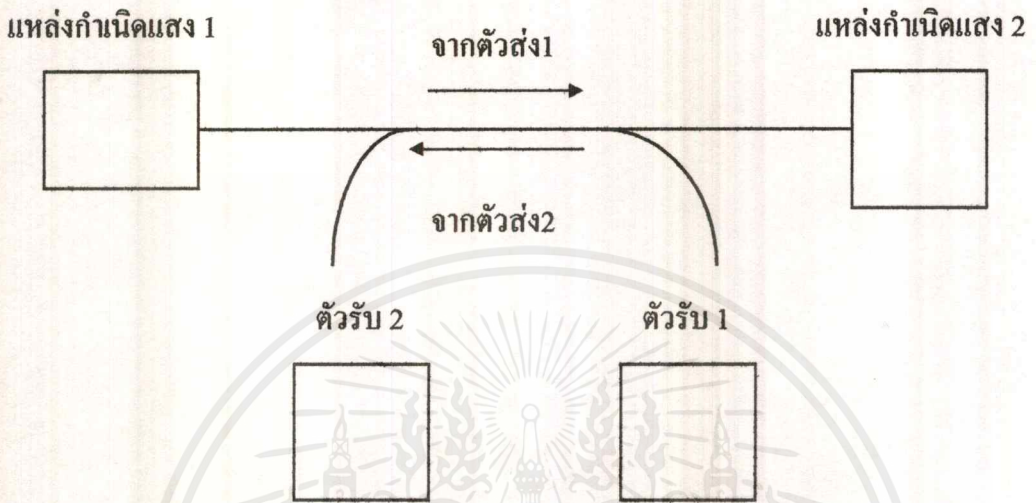
(ค)



(ง)

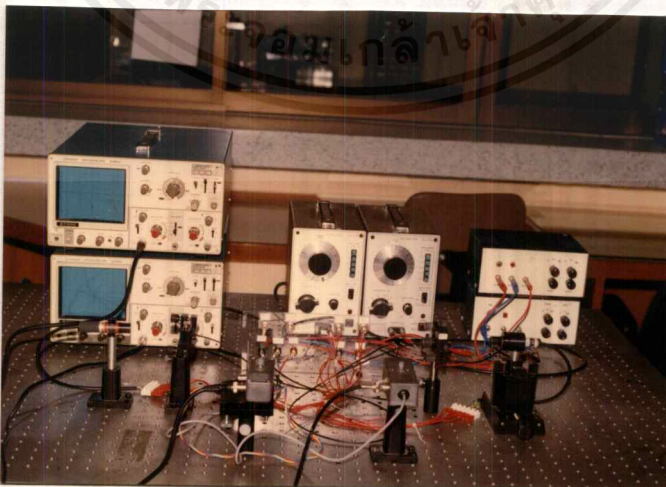
รูป 3.6 แสดงเลเซอร์ไดโอด (ก) ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร
 (ข) ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร
 แสดงอุปกรณ์รับแสง (ค) ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร
 (ง) ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 3.7 แสดง การสื่อสารสองทาง

จากแผนภาพการสื่อสารสองทาง แหล่งกำเนิดแสง 1 จะปล่อยแสงให้ตัวรับ 1 และแหล่งกำเนิดแสง 2 จะปล่อยแสงให้ตัวรับ 2 จะได้เป็นการสื่อสารสองทาง จากแผนภาพจะสามารถจัดอุปกรณ์ศึกษาการสื่อสารสองทางได้ดังภาพ



รูป 3.8 แสดงอุปกรณ์ศึกษาสื่อสารสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

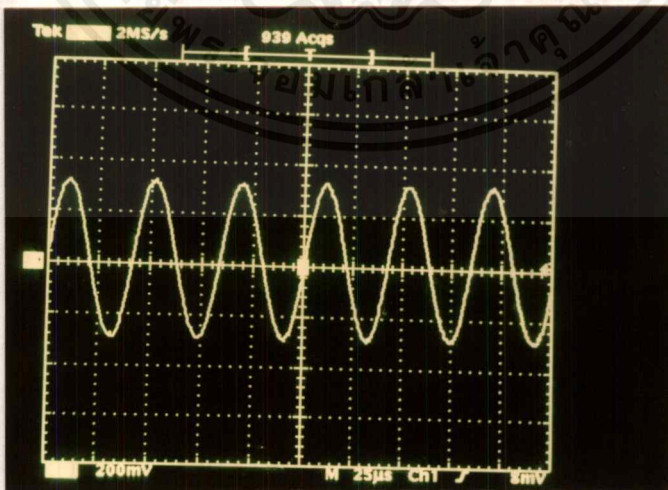
ในการศึกษาโครงงานพิเศษนี้ ระบบที่จัดขึ้น แหล่งกำเนิดแสงที่ 1 (เลเซอร์ไดโอด ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร) และแหล่งกำเนิดแสงที่ 2 (เลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร) จะทำการส่งสัญญาณแสงสวนกันภายในเส้นใยนำแสงเส้นเดียวกันภายในเวลาเดียวกัน

4.1 การวัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากอุปกรณ์รับแสง

ในระบบที่ศึกษานี้ สัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นภายในอุปกรณ์รับแสงสามารถหาได้จาก

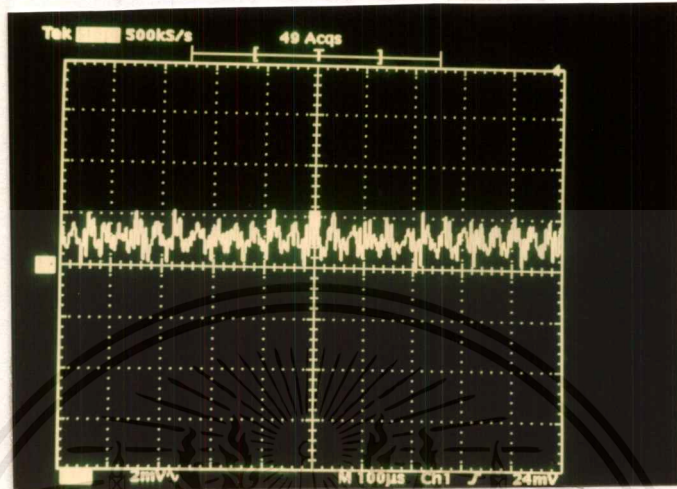
$$S/N = \text{สัญญาณ} / \text{สัญญาณรบกวน}$$

ซึ่งสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์รับแสงนั้น หาได้จากการปล่อยกระแสไฟฟ้าเลี้ยง อุปกรณ์รับแสง แต่ยังไม่มีส่วนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงมาตกกระทบอุปกรณ์รับแสง และทำการบันทึกค่าที่อุปกรณ์รับแสงสามารถวัดออกมาได้



รูป 4.1 แสดงภาพสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 แสดงภาพสัญญาณรบกวน



รูป 4.3 แสดงภาพการจับอุปกรณ์วัดสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.1.1 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน

อุปกรณ์รับแสงความยาวคลื่น 670 นาโนเมตรความถี่ของเบสแบนด์ 20 KHz

ครั้งที่	สัญญาณ (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณรบกวน (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณ/สัญญาณรบกวน
1	235	5	47
2	235	5	47
3	235	5	47
4	235	5	47
5	235	5	47

ตาราง 4.1.2 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับแสง ความยาวคลื่น 670 นาโนเมตร ความถี่เบสแบนด์ 50 KHz

ครั้งที่	สัญญาณ (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณรบกวน (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณ/สัญญาณรบกวน
1	230	5	46
2	230	5	46
3	231	5	46.2
4	230	5	46
5	230	5	46

ซึ่งสัญญาณรบกวนที่ได้จากอุปกรณ์รับแสงมีค่าประมาณ 5 มิลลิโวลต์

ตาราง 4.1.3 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับแสงความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร ความถี่เบสแบนด์ 20 KHz

ครั้งที่	สัญญาณ (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณรบกวน (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณ/สัญญาณรบกวน
1	200	2	100
2	200	2	100
3	200	2	100
4	200	2	100
5	200	2	100

ตาราง 4.1.4 อัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับแสง ความยาวคลื่น 785 นาโนเมตร ตามถี่เบสแบนด์ 50 KHz

ครั้งที่	สัญญาณ (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณรบกวน (V_{pp}) (มิลลิโวลต์)	สัญญาณ/สัญญาณรบกวน
1	190	2	95
2	190	2	95
3	190	2	95
4	190	2	95
5	190	2	95

ซึ่งสัญญาณรบกวนที่ได้จากอุปกรณ์รับแสงมีค่าประมาณ 2 มิลลิโวลต์

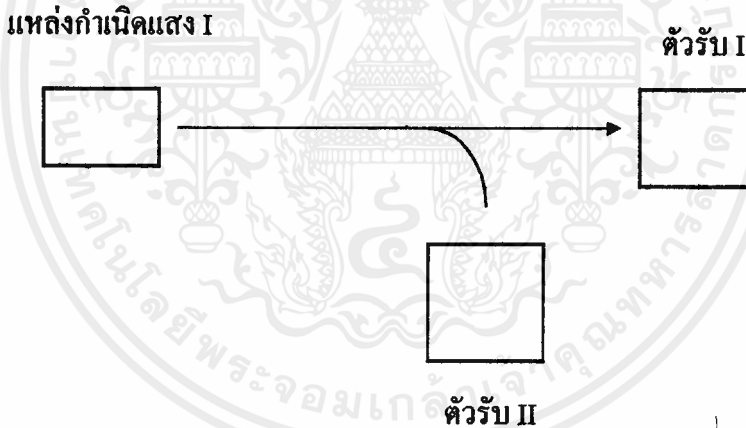
4.2 การวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ

การวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ หาได้จากความสัมพันธ์

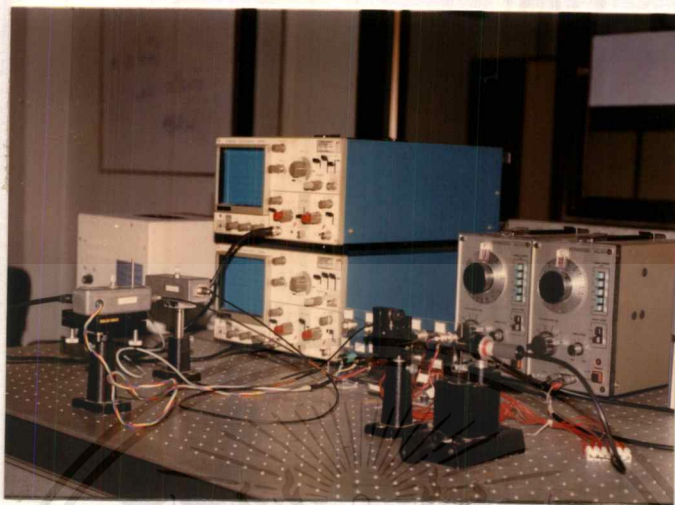
$$\text{การรบกวนข้ามช่องสัญญาณ} = 10 \log \frac{V_x}{V_s}$$

โดยที่ V_x คือสัญญาณที่วัดได้จากอุปกรณ์รับแสงความยาวคลื่นต่างจากแหล่งกำเนิดแสง
 V_s คือสัญญาณที่วัดได้จากอุปกรณ์รับแสงความยาวคลื่นตรงกับแหล่งกำเนิดแสง

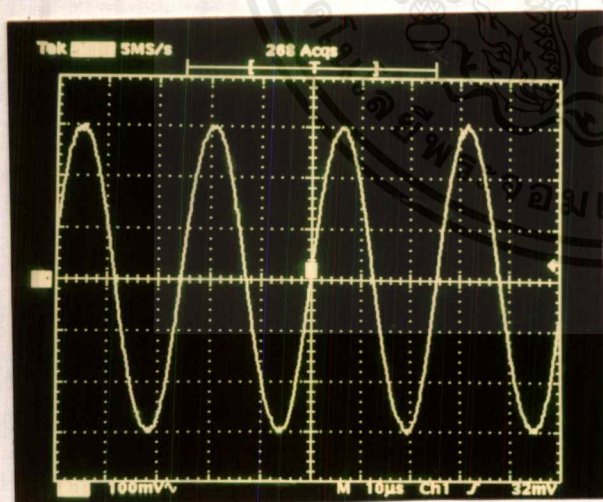
โดยที่การวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ ทำโดยการป้อนแสงจากแหล่งกำเนิดแสงเพียงแหล่งเดียว เข้าไปในเส้นใยนำแสง แล้วใช้อุปกรณ์รับแสงทั้งสองทำการวัดที่ปลายอีกด้านหนึ่ง



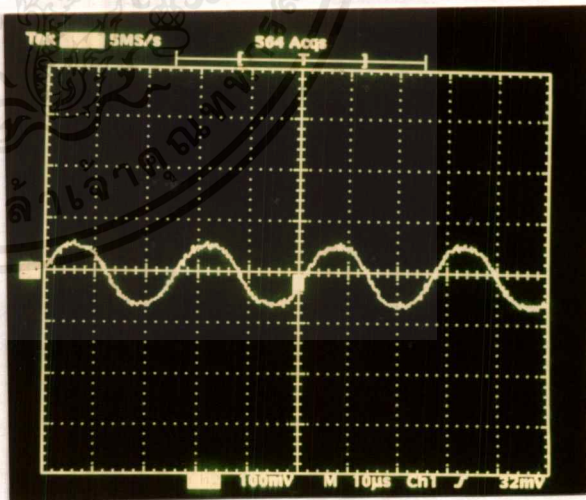
รูป 4.4 แสดงการวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ



รูป 4.5 แสดงภาพการจับอุปกรณ์วัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ



(ก)



(ข)

รูป 4.6 แสดงผลการวัดการรบกวนข้ามช่องสัญญาณ

(ก) สัญญาณ

(ข) สัญญาณรบกวนข้ามช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

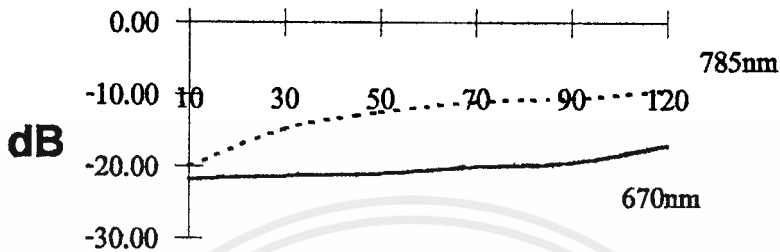
ตาราง 4.2.1 การรบกวนข้ามช่องสัญญาณ ของแหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น
785 นาโนเมตร

ความถี่(KHz) (base band)	แหล่งกำเนิดแสง ความยาวคลื่น	ตัวรับ ความยาวคลื่น 670 nm	ตัวรับ ความยาวคลื่น 785 nm	การรบกวนข้าม ช่องสัญญาณ
10	785	0.6	60	-20
30	785	0.8	24	-14.77
50	785	0.8	14	-12.43
70	785	0.8	10	-10.97
90	785	0.8	9	-10.51

ตาราง 4.2.2 การรบกวนข้ามช่องสัญญาณ ของแหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น
670 นาโนเมตร

ความถี่(KHz) (base band)	แหล่งกำเนิดแสง ความยาวคลื่น	ตัวรับ ความยาวคลื่น 670 nm	ตัวรับ ความยาวคลื่น 785 nm	การรบกวนข้าม ช่องสัญญาณ
10	670	120	0.8	-21.76
30	670	110	0.8	-21.38
50	670	100	0.8	-20.97
70	670	80	0.8	-20.00
90	670	70	0.8	-19.42

cross talk



ความถี่

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการรบกวนข้ามช่องสัญญาณกับความถี่เบสแบนด์ของแหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่น 785, 670 นาโนเมตร ตามลำดับ

4.3 การวัดอัตราส่วนคู่ควบ

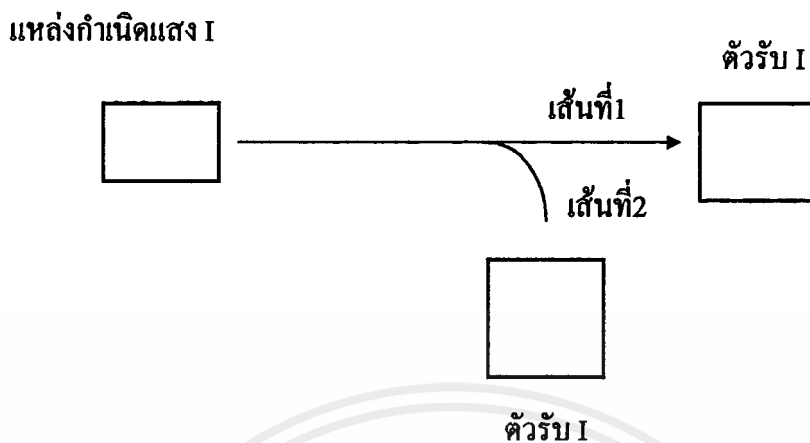
อัตราส่วนคู่ควบจะเป็นตัวที่บอกถึงความสามารถของคู่ควบในการแบ่งสัญญาณแสงหาได้จาก

$$\text{อัตราส่วนคู่ควบ} = \frac{V_i}{V_t} \times 100\%$$

โดยที่ V_i คือสัญญาณที่วัดจากสายที่ต้องการ

V_t คือสัญญาณที่ออกมาจากทั้งสองสาย

ซึ่งสามารถทำการวัดโดย การป้อนแสงเข้าไปในเส้นใยนำแสงแล้ว จึงทำการวัดผลที่ได้จากปลายอีกด้านหนึ่ง โดยใช้อุปกรณ์รับแสงตัวเดียวกัน



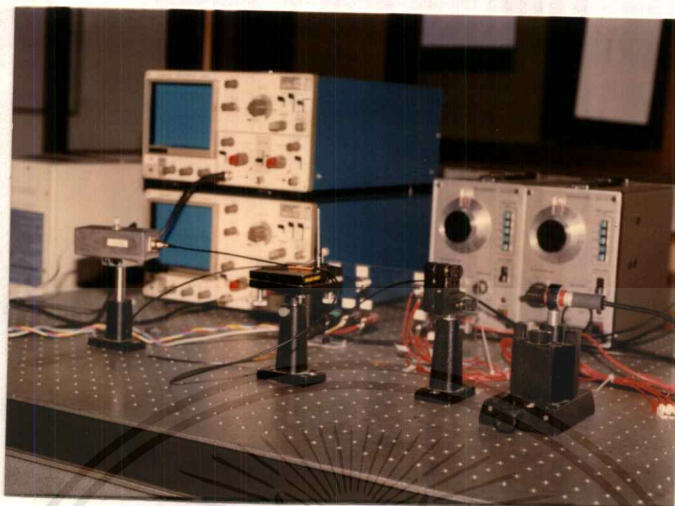
รูป 4.7 แสดงการวัดอัตราส่วนคู่ควบ

ทำการวัดโดยเปลี่ยนความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง

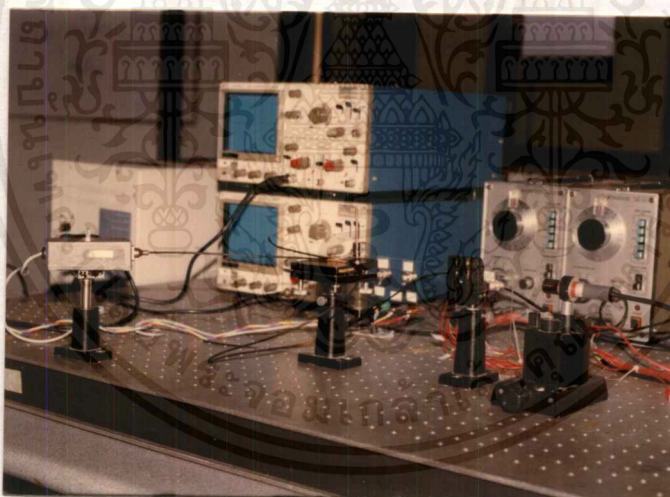
ตาราง 4.3 อัตราส่วนคู่ควบ

ด้านที่	ความยาวคลื่น แหล่งกำเนิดแสง	เส้นที่	อัตราส่วน
1	670	1	72.27%
	670	2	27.27%
2	670	1	72.41%
	670	2	27.58%
1	785	1	76.92%
	785	2	23.02%
2	785	1	73.68%
	785	2	26.31%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



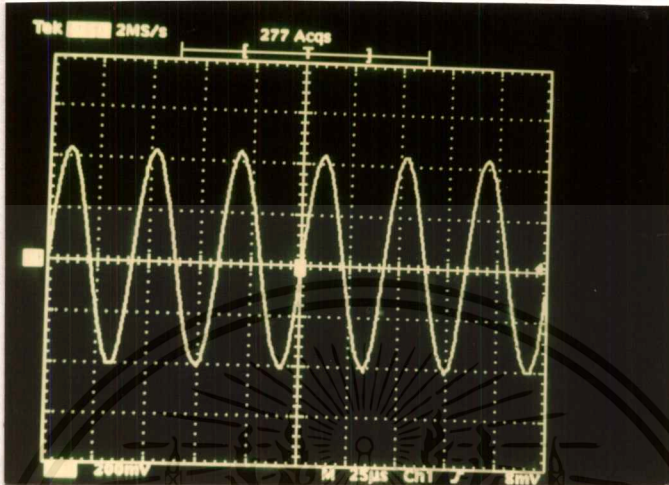
(ก)



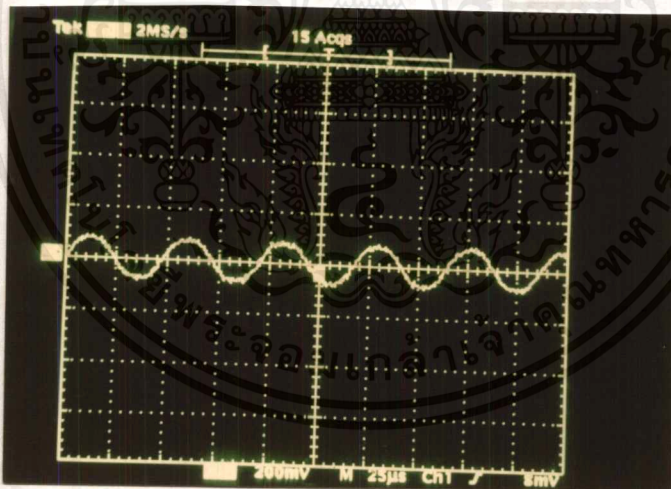
(ข)

รูป 4.8 แสดงการจัดอุปกรณ์วัดอัตราส่วนคู่ควบ
(ก) เส้นที่ 1 (ข) เส้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูป 4.9 แสดงผลการวัดอัตราส่วนคู่ควบ

(ก) เส้นที่ 1 (ข) เส้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและแนวทางการพัฒนา

สำหรับโครงการพิเศษนี้ ได้จัดสร้างชุดทดลองต้นแบบที่ใช้ศึกษาการสื่อสารสองทางด้วยแสง และได้ศึกษาถึงสมบัติของชุดทดลองที่ได้จัดสร้างขึ้นจะพบว่าชุดทดลองที่ได้จัดสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้สูงจะสังเกตได้จาก

1. ค่าของการรบกวนข้ามช่องสัญญาณมีค่าน้อยมากคือเป็นค่าประมาณ -18 เดซิเบล
2. ค่าสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่วัดได้ยังมีค่ามาก แสดงว่าสัญญาณรบกวนของอุปกรณ์รับแสงมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับสัญญาณที่ได้จากชุดทดลอง
3. อัตราส่วนคู่ควบยังบอกถึง อัตราการแบ่งสัญญาณของคู่ควบแสง ซึ่งมีอัตราการแบ่งสัญญาณที่แน่นอน แสดงถึงเสถียรภาพของระบบที่ได้จัดทำขึ้น

เนื่องจากว่าโครงการพิเศษนี้เป็นชุดทดลองเพื่อศึกษาการสื่อสารสองทางด้วยแสงแล้ว ดังนั้นจึงสามารถนำไปพัฒนาศึกษาการสื่อสารสองทางด้วยแสงแบบต่าง ๆ ได้อีก นอกจากนี้ใช้คู่ควบแสงยังสามารถใช้เป็น พลิกโพลาไรซ์ บังคับแสงให้โพลาไรซ์ในทิศทางที่แตกต่างกันได้

ทำให้ได้เทคนิคและวิธีการที่แตกต่างกันออกไป แต่เนื่องจากวิธีการทางแสงสามารถเพิ่มความเร็วของการสื่อสารข้อมูลได้มากขึ้น จึงเป็นที่น่าสนใจและด้วยวิธีทางแสงจะมีข้อได้เปรียบในด้านของแบนด์วิธและสัญญาณรบกวนเหนือระบบอิเล็กทรอนิกส์ได้

บรรณานุกรม

1. E. E Basch, "Optical - Fiber Transmission", Haward W. Same Co., Indianapolis, USA , 1992.
2. Stewart E. Miller, "Optical - Fiber Telecommunication II", Academic Press, London, 1987.
3. J.M Senior, "Optical fiber Communication", Prentice Hall International Ltd, UK, 1992.
4. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคล, "หลักการระบบสื่อสาร", บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2521.
5. อภินันท์ มัชฌานนท์, "ทฤษฎีการสื่อสารเส้นใยแสง", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2536.
6. ปรีชา อุพาพิน, "เทคโนโลยีคลื่นและแสง", โรงพิมพ์ครุสภา, 2540.

