สำนักหอสมุดกลาง_พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแปลงความยาวคลื่นโดยใช้เกรตติงใยแก้วนำแสง

T043949

นายทินกร นิวันติ
นายอรรถสิทธิ์ ปิฬาสันต์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43949
วัน, เดือน, ปี 18 ต.ค. 2545
b.....
i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wavelength Converter Using Fiber Bragg Device

Mr. Tinnakon Niwanti

Mr.Atasit Pirason

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

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	**การแปลงความยาวคลื่นโดยใช้เกรตติงใยแก้วนำแสง**	
โดย	**นายทินกร**	**นิวันติ**
	นายอรรถสิทธิ์	**ปิพาสันต์**
ภาควิชา	**ฟิสิกส์ประยุกต์**	
อาจารย์ที่ปรึกษา	**รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา**	**ยุพาพิน**
	อาจารย์ ภารุจ	**บัณฑิธาดาวิทย์**

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

--- หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชาญ เตชิตธีระ)

--- ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปรีชา ยุพาพิน)

--- กรรมการ

(อาจารย์ ภารุจ บันทิธาดาวิทย์)

--- กรรมการ

(อาจารย์ สุรชาติ กมลดิลก)

--- กรรมการ

(อาจารย์ ภูมินทร์ จินดาจิธาวัฒน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	**การแปลงความยาวคลื่นโดยใช้เกรตติงใยแก้วนำแสง**	
โดย	**นายทินกร**	**นิวันติ**
	นายอรรถสิทธิ์	**ปิฬาสันต์**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**รศ.ดร.ปรีชา**	**ยุพาพิน**
	อาจารย์ ภารุจ	**บันทิธาดาวิทย์**
ภาควิชา	**ฟิสิกส์ประยุกต์**	
ปีการศึกษา	**2544**	

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการประยุกต์ใช้เกรตติงใยแก้วนำแสงในการเปลี่ยนความยาวคลื่นแสง โดยใช้การให้ความร้อนกับเกรตติงใยแก้วนำแสงแล้วใช้ผลของสัญญาณที่ทะลุผ่านออกจากเกรตติงใยแก้วนำแสงซึ่งเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นค่าความยาวคลื่นกลางที่ผ่านออกมาก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นแหล่งกำเนิดใหม่ที่มีความยาวคลื่นกลางเปลี่ยนแปลงไปโดยใช้อุปกรณ์ติดตั้งเพิ่มเติมจากแหล่งกำเนิดเดิมหรือเซนเซอร์อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	**Wavelength Converter Using Fiber Bragg Device**
Name	**Mr.Tinnakon Niwanti**
	Mr.Atasit Pirason
Special Project Advisors	**Assoc.Prof. Dr.Preecha Yupapin**
	Mr.Parud Buntitadavid
Department	**Applied Physics**
Acadamic Year	**2001**

ABSTRACT

This project presents the study of wavelength conversion techique using fiber grating as sensing unit, where system is aligned in the temperature controlled environment. The center wavelength of the output wavelength is change subjecting to the change in surrounding temperature. Resuls obtained have shown the potential of using such a system for wavelength converter or temperature sensor applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ข้าพเจ้ามีความภาคภูมิใจมากเนื่องจากเกิดจากกำลังปัญญา กำลังแรง และขาดเสียมิได้นั่นคือ กำลังทรัพย์ ที่ได้ทุ่มเทให้กับโครงงานพิเศษฉบับสมบูรณ์เล่มนี้ แต่การกระทำใด ๆ จะสัมฤทธิ์นั้นจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบหลาย ๆ อย่างรวมเข้าไว้ด้วยกัน ดังนั้น ข้าพเจ้าจะไม่สามารถกระทำโครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จมิได้ถ้าไม่ได้รับความกรุณาสำหรับ

บิดา มารดา ตา ยาย ผู้ให้กำเนิดชีวิตข้าพเจ้าและส่งเสียให้ข้าพเจ้าได้เล่าเรียนจนถึงระดับนี้

รศ.ดร.ปรีชา ยุพาพิน อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษฉบับนี้ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำเทคนิคต่างๆ

อาจารย์ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกๆท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือในหลายๆด้าน

เพื่อนๆ ภาควิชาฟิสิกส์ทุกคนสำหรับความร่วมมือทั้งด้านกำลังกายและกำลังใจ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอให้ผลแห่งความดีทั้งหมดที่ทุกๆท่านให้การช่วยเหลือข้าพเจ้าในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้จงดลบันดาลให้ทุกท่านประสบแต่ความสุขความเจริญ

นายทินกร นิวันติ

นายอรรถสิทธิ์ ปิฬาสันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะหัวต่อ เอสซี,เอสที และ เอฟซี...30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะหน้าคลื่น……………………………………………………………..…5
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของใยแก้วนำแสง…………………………………..………..……6
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของใยแก้วนำแสง…………………………………………..…..……7
รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อนกลับหมด……..………………………………………..…...…7
รูปที่ 2.5 แสดงรังสีของแสงตามกฎของสเนลล์……………………………………..……....8
รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของดัชนีหักเหแบบต่าง ๆ…………………………………………....10
รูปที่2.7แสดงใยแก้วนำแสงโหมดเดียวชนิดขั้นบันได……………………………………....11
รูปที่2.8แสดงใยแก้วนำแสงหลายโหมดชนิดขั้นบันได……………………………………..…11
รูปที่2.9 แสดงใยแก้วนำแสงแบบมน…………………………………………………..……12
รูปที่2.10การเชื่อมต่อใยแก้วนำแสง..……………………………………………………...…13
รูปที่2.11 เกรตติงที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงอัลตราไวโอเลต 2 ลำ………………….....14
รูปที่2.12 เกรตติงที่เกิดจากการยิงแสงเลเซอร์กระทบปลายเปิดหลายช่อง……………………14
รูปที่2.13 แสดงโครงสร้างภายในเส้นใยแก้วนำแสงของเซนเซอร์แบบแบรกเกรตติง……..…...15
รูปที่2.14 แสดงลักษณะ เลนส์ดัชนีหักเหแบบมน (GRIN) …………………………..…...16
รูปที่ 2.15 แสดงการรวมแสงเข้าสู่ใยแก้วนำแสง………………………………………..……17
รูปที่2.16 แสดงพัลส์ของแสงที่เดินทางไปและกลับภายในสายสัญญาณ………………...…18
รูปที่ 2.17 แสดงการเดินทางย้อนกลับมาของแสงภายในเส้นในแก้วนำแสงเนื่องจากการ
กระเจิงกลับแบบเรย์ลี และการสะท้อนแบบเฟรสเนล ….. ………………..………20
รูปที่2.18 แสดงการกระเจิงกลับของแสง……………………………………….……..…....21
รูปที่2.19แสดงรูปแบบการตรวจวัดบนหน้าจอโอทีดีอาร์…………………..………..…...22
รูปที่2.20 แผนภาพต่อไปนี้แสดงโครงสร้างทั่วไปของระบบเครื่องโอทีดีอาร์………...………......23
รูปที่ 2.21 แสดงการขยายมาตราส่วนบนหน้าจอโอทีดีอาร์……………………...……......24
รูปที่ 2.22 แสดงการเชื่อมต่อใยแก้วนำแสงเชิงกลแบบต่าง ๆ……………………………......25
รูปที่ 2.23 แสดงการเชื่อมต่อแบบหลอมรวม……………………………………………..26
รูปที่2.24แสดงการหลอมรวมแบบแอลไอดี…………………………………………….......27
รูปที่2.25 แสดงการหลอมรวมในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงหลาย ๆ เส้นพร้อมกัน
(Ribbon Fiber) ซึ่งทำให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นด้วย…………..………………….27
รูปที่2.26 แสดงหัวต่อเอฟซี (FC)…….……………………………………………………...…28
รูปที่2.27 แสดงหัวต่อเอสที(ST)……..…………………………………………………….….29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่2.28 แสดงหัวต่อเอสซี (SC)……………………………………………………………29

รูปที่ 2.29 แสดงหัวต่อเอฟดีดีไอ (FDDI)………………………………........………..…….30

รูปที่ 2.30 แสดงหัวต่อเอสเอ็มเอ (SMA) ………………………………………………..…..31

บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน

รูปที่ 3.1 แสดงระบบชุดการทดลอง…………………………………………………………..…..32

รูปที่ 3.2 แสดงสเปกตรัมการทะลุผ่าน……………………………………………...……...33

รูปที่ 3.3 แสดงไดอะแกรมโมโนโครเมเตอร์………………………………………………...…33

รูปที่ 3.4 แสดงการส่งคลื่นแสงจากเครื่องโอทีดีอาร์……………………………..…..…..34

รูปที่ 3.5 แสดงการจัดระบบการทดลอง……………………………………………………...……36

รูปที่ 3.6 แสดงการต่อใยแก้วนำแสงที่จับยึดโดยตัวจับยึดใยแก้วนำแสง

เลนส์ โมโนโครเมเตอร์ ดีเทคเตอร์……………………………………………………………37

รูปที่ 3.7 แสดงการร้อยเกรตติงใยแก้วนำแสงผ่านหลอดแก้ว...……………………..……..………37

รูปที่ 3.8 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป………………………………...…………38

รูปที่ 3.9 แสดงการจับยึดเส้นไฟเบอร์โดยใช้ตัวจับยึดใยแก้วนำแสง

ที่ปลายหลอดแก้วและที่ชุดติดตั้งเลนส์……………………………………………..…..38

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

รูปที่ 4.1 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1………41

รูปที่ 4.2 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1………41

รูปที่ 4.3 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1……....42

รูปที่ 4.4 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1………42

รูปที่ 4.5 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2………43

รูปที่ 4.6 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2………43

รูปที่ 4.7 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2………44

รูปที่ 4.8 แสดงกราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2………44

รูปที่ 4.9 แสดงกราฟแอมพลิจูดของแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่ 25,30,40,50 องศาเซลเซียส

ครั้งที่ 1…………………………………………………………………………………...45

รูปที่ 4.10 แสดงกราฟแอมพลิจูดของแสงที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ที่ 25,30,40,50 องศาเซลเซียส

ครั้งที่ 2……………………………………………………………………………………46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..ก

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..ข

กิตติกรรมประกาศ..ค

สารบัญตาราง..ง

สารบัญรูป...จ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงานพิเศษ..1

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงานพิเศษ..2

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ..2

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานพิเศษ..3

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ธรรมชาติของแสง...4

2.2 ใยแก้วนำแสง..5

2.3 เกรตติงใยแก้วนำแสง...13

2.4 การส่งแสงเข้าไปในใยแก้วนำแสง...16

2.5 อุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง..17

2.6 เครื่องตรวจสอบเส้นใยแก้วนำแสงโอทีดีอาร์...17

2.7 การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง...25

บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 การจัดการทดลอง...32

3.2 วิธีการทดลอง...39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการวิจัย……………………………………………………………………40

4.2 วิจารณ์……………………………………………………………………48

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย……………………………………………………………49

5.2 ข้อเสนอแนะ………………………………………………………………49

5.3 แนวทางในการพัฒนา………………………………………………………49

5.4 ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัย……………………………………………………50

ภาคผนวก……………………………………………………………………51

เอกสารอ้างอิง…………………………………………………………………60

ประวัติผู้เขียน…………………………………………………………………61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

จากความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้มีความต้องการในการแลกเปลี่ยนข่าวสารและข้อมูลเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการทั้งปัจจุบันและอนาคต ระบบสื่อสารด้วยแสง (Optical Communication System) ซึ่งสามารถส่งข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ได้เป็นจำนวนมากในเวลาเดียวกันจึงได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย

ระบบการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสื่อสารที่ใช้สายเคเบิลที่ทำด้วยโลหะและมีข้อดีต่าง ๆ ที่เกิดจากคุณสมบัติของใยแก้วนำแสงมีดังนี้คือ

1.แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ที่กว้างขึ้น กล่าวคือ การใช้คลื่นพาห์มีความถี่สูงในระบบสื่อสารทำให้ได้แบนด์วิดท์ (Bandwidth) ของสัญญาณกว้างมากขึ้น การสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสงนั้นขึ้นกับคลื่นพาห์ที่มีความถี่อยู่ในช่วง 10^{13} ถึง 10^{14} เฮิรตซ์ (Hz) เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่ของคลื่นวิทยุซึ่งมีความถี่ 10^{6} ถึง 10^{9} เฮิรตซ์ (Hz) แล้วจะเห็นว่าแบนด์วิทด์ (Bandwidth) ของสัญญาณกว้างขึ้นถึงประมาณ 10^{6} หรือ 1 ล้านเท่า

2.ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียวสามารถแทนคู่สายทองแดงขนาดใหญ่แต่ละคู่ได้เช่น สายเคเบิ้ลทางโทรศัพท์ที่มี 1000 คู่สายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 ถึง 10 เซนติเมตร จะสามารถใช้เคเบิ้ลใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียวที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร แทนในการส่งช่องสัญญาณจำนวนที่เท่ากันได้

3.การสูญเสียต่ำใยแก้วนำแสงมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการลดทอนน้อยกว่าสายเกลียวคู่ (Twisted Pair) หรือ หุ้มฉนวน (Coaxial Cable)

4.ไม่ถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเนื่องจากใยแก้วนำแสงไม่ได้สร้างจากเส้นลวดโลหะเหมือนสายเคเบิลโลหะแต่สร้างจากแก้ว (Glass) หรือซิลิคอน (Silicon) ดังนั้นจึงไม่ถูกรบกวนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และไม่ต้องใช้เทคนิคป้องกันด้วยวิธีการชิลด์ (Shield) ที่มีราคาแพงแล้วยุ่งยากเพื่อการป้องกันการรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

5.คงทนและไม่ถูกรบกวนโดยสภาพดินฟ้าอากาศ แก้วหรือซิลิคอนมีความแข็งกว่าโลหะถึง 20 เท่าโดยที่ซิลิคอนหรือแก้วก็เป็นธาตุเฉื่อยดังนั้นสภาพแวดล้อมจึงมีผลน้อยกว่าการใช้งานสายที่ทำด้วยโลหะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.มีความปลอดภัย ในระบบสายโลหะจำเป็นต้องป้องกันอันตรายให้กับอุปกรณ์หรือมนุษย์จากไฟฟ้าลัดวงจร ระหว่างสายหรือระหว่างสายกับสายดินซึ่งเมื่อใช้เส้นใยแก้วนำแสงแล้วจะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสิ่งเหล่านี้

7.ราคาถูก ราคาของเส้นใยแก้วนำแสงในปัจจุบันมีราคาต่ำลงเรื่อย ๆ ในขณะที่ราคาของสายโลหะมีราคาเพิ่มมากขึ้นในทางปฏิบัติ ทุกวันนี้ราคาของการออกแบบระบบที่ใช้ใยแก้วนำแสงมีราคาต่ำกว่าระบบแบบใช้โลหะ

ในการสื่อสารเชิงพานิชย์นั้นจำเป็นจะต้องส่งข้อมูลให้ได้ครั้งละมากๆ จึงต้องมีการใช้แหล่งกำเนิดแสงในการส่งแสงที่มีความถี่หลายค่าไปด้วยแต่ในการนำไปใช้งานนั้นเราจะไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เนื่องจากการปรับแหล่งกำเนิดแสงเป็นเรื่องที่ยุ่งยากมาก ๆ ดังนั้นจึงได้มีการพัฒนาการปรับความยาวคลื่น (λ ; มีความสัมพันธ์กับความถี่ตามสมการ $C = \lambda f$ ซึ่งการที่เราปรับความยาวคลื่นนั้นก็เสมือนว่าเรามีการปรับความถี่นั้นเอง) ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้เรียกว่า การแปลงความยาวคลื่น (Wavelength Converter) โดยที่การปรับความยาวคลื่นนั้นก็จะมีหลากหลายชนิดวิธีที่แตกต่างกันออกไปแต่ในโครงงานพิเศษฉบับนี้จะใช้เกรตติงใยแก้วนำแสง (Bragg Grating) ซึ่งจะสามารถปรับความยาวคลื่นได้ในระดับนาโนเมตร (nm) ทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับแหล่งกำเนิดแสงทุกความยาวคลื่น

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงงานพิเศษ

1.ศึกษาวิธีการและสามารถบังคับให้ปรับจูนความยาวคลื่นให้มีช่วงความยาวคลื่นที่เป็น FWHM (Full Width at Half Maximum) ที่แคบ ๆ ได้

2.สามารถปรับความยาวคลื่นที่จะส่งเข้าไปในสายใยแก้วนำแสงให้มีความละเอียดมากขึ้นซึ่งวิธีการนี้จะไม่สามารถปรับแต่งได้จากแหล่งกำเนิดแสงอื่น ๆ

3.สามารถแยกสัญญาณที่ส่งผ่านมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นซึ่งมีหลายความยาวคลื่นโดยใช้แบรกเกรตติง(Bragg Grating) ให้ได้สัญญาณเอาท์พุตที่ออกมาจะมีความยาวคลื่นเพียงค่าเดียวและทำให้เกิดสัญญาณรบกวนน้อยที่สุดในค่าความยาวคลื่นนั้น ๆ

4.ศึกษาระบบการวัดอุณหภูมิโดยการใช้เกรตติงใยแก้วนำแสง

5.สามารถประยุกต์ใช้คุณสมบัติของเกรตติงใยแก้วนำแสงในการใช้เปลี่ยนความยาวคลื่นกลางแสงจากแหล่งกำเนิดได้

1.3ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1.ศึกษาหลักการและทฤษฎีทางแสงตลอดจนเกรตติงใยแก้วนำแสง (Fiber Bragg Grating) ที่เกี่ยวกับโครงงานพิเศษ

2.ศึกษาคุณสมบัติของไฟเบอร์แต่ละชนิดที่จะใช้ในโครงงานพิเศษ

3.ศึกษาหลักการของประมวลผลของสัญญาณทางแสง (signal processing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงงานพิเศษ

โครงงานพิเศษนี้จะเป็นการประยุกต์เกรตติงใยแก้วนำแสง (Fiber Bragg Grating) อีกรูปแบบหนึ่งที่จะนำมาใช้เป็นการแปลงความยาวคลื่น (Wavelength converter) เพื่อเปลี่ยนความยาวคลื่นที่ใกล้เคียงกันเพื่อประยุกต์ใช้ในงานสื่อสารทางแสงและสามารถออกแบบให้ใช้กับความยาวคลื่นช่วงต่าง ๆ ได้อย่างหลากหลาย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1ธรรมชาติของแสง

แสงเป็น "พลังงาน" ที่สามารถทำให้ประสาทตาของคนปกติเกิดความรู้สึกในการมองเห็นและสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานในรูปแบบอื่นได้ ในราวกลางศตวรรษที่ 17 นั้น คนทั่วไปเชื่อว่าแสงประกอบด้วยลำของอนุภาคเล็ก ๆ โดยถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง เช่น ดวงอาทิตย์ โดยอนุภาคเล็ก ๆ เหล่านี้จะเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นแนวเส้นตรง และจะผ่านวัตถุโปร่งแสงไปได้แต่ถ้าตกกระทบวัตถุทึบแสงจะสะท้อนกลับมาและเมื่ออุณหภูมิเล็ก ๆ เหล่านี้กระทบกับดวงตาจะทำให้เราสามารถมองเห็นวัตถุได้ และสามารถที่จะใช้เป็นทฤษฎีของอนุภาคนี้อธิบายการเดินทางเป็นเส้นตรง การสะท้อนกลับจากผิวเรียบเช่น กระจกเงา ด้วยมุมสะท้อนเท่ากับมุมตกกระทบ และการหักเหเมื่อเคลื่อนผ่านตัวกลางชนิดหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง

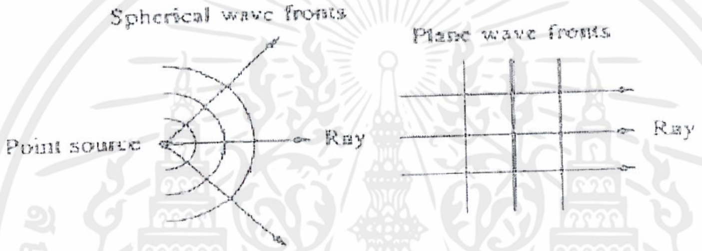
ในขณะเดียวกันนั้นมีนักวิทยาศาสตร์เกิดความคิดว่า แสงบางทีอาจจะไม่ได้ประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ อย่างเดียวแต่อาจจะเป็นคลื่นก็ได้ เขาก็คือ ฮอยแกนส์ (Huygens) อธิบายว่า กฎการสะท้อนและการหักเหสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคลื่น และยังสามารถอธิบายปรากฏการณ์ใหม่ได้อีกด้วย เช่น การหักเหเชิงซ้อน แต่ในขณะนั้นยังไม่มีใครเชื่อและมีข้อขัดแย้งที่ว่า ถ้าแสงเคลื่อนที่เป็นคลื่นจริงแล้วก็ย่อมสามารถมองเห็นแสงอ้อมผ่านมุมห้องได้ทั้งนี้เพราะว่าคลื่นนั้นสามารถอ้อมผ่านวัตถุได้ อย่างไรก็ตามความยาวช่วงคลื่นของคลื่นแสงนั้นสั้นมากซึ่งแม้แสงจะสามารถหักเหผ่านสิ่งกีดขวางได้ก็ตามก็ยังไม่สามารถเห็นได้ ผู้สังเกตเห็นปรากฏการณ์อันนี้ คือ กริมาลดิ (Grimaldi) และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเลี้ยวเบนของแสง (diffraction of light)

ในปี ค.ศ. 1827 ญัง (Young) และเฟรสเนล (Fresnel) ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับเรื่องการแทรกสอด (interference) และการวัดความเร็วของคลื่นแสงในของเหลว ซึ่งการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้ทฤษฎีของอนุภาคอย่างเดียวไม่เพียงพอ ต้องใช้ปรากฏการณ์แทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงอธิบายด้วย ต่อมา แมกซ์เวลล์ (Maxwell) ได้พิสูจน์ให้เห็นว่าวัตถุสามารถสั่นได้จะต้องแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา ความเร็วในการเคลื่อนที่ของคลื่นสามารถคำนวณได้ประมาณ 3×10^8 เมตร/วินาที ซึ่งค่านี้จะเท่ากับความเร็วในการเคลื่อนที่ของแสงที่วัดได้จริง ๆ จากหลักฐานที่ได้นี้จึงยืนยันได้ชัดแจ้งว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีความยาวช่วงคลื่นสั้นมากภายหลังจากการทดลองของแมกซ์เวลล์ (Maxwell) แล้วต่อมาเฮิรตซ์ (Hertz) ได้ใช้วงจรกำเนิดความถี่สร้างคลื่นที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก เรียกว่า ไมโครเวฟ (Microwave) และแสดงให้เห็นว่าคลื่นนี้มีคุณสมบัติของคลื่นแสงครบทุกประการ กล่าวคือ สะท้อน หักเห โฟกัสไปรวมที่จุดหนึ่งโดยใช้เลนส์ได้และมีสมบัติการโพราไรซ์ (Polarize) ได้เช่นเดียวกับคลื่นแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปีค.ศ. 1905 ไอน์สไตน์ ได้ตั้งสมมุติฐานไว้ว่า พลังงานของลำแสงแทนที่จะถูกปล่อยออกมาผ่านบรรยากาศในรูปของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้านั้นกลับรวมกันเป็นกลุ่มก้อนเรียกว่า โฟตอน (Photon)

เมื่อแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ดังนั้นเพื่อความสะดวกจึงพิจารณาคลื่นแสงด้วยการพิจารณาหน้าคลื่น โดยมีแหล่งกำเนิดของคลื่นแสงเล็ก ๆ เป็นจุดศูนย์กลางรวมอยู่ที่ต้นกำเนิดตามรูป 2.1 ซึ่งแสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาด้วยหน้าคลื่นทรงกลม (spherical wave fronts) และจุดที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงมาก ๆ รัศมีของหน้าคลื่นทรงกลมก็จะใหญ่มาก ดังนั้นจึงสามารถที่จะมองเห็นคลื่นที่อยู่ห่างจากจุดกำเนิดมาก ๆ นี้เป็นหน้าคลื่นระนาบ (plane wave fronts) จากแนวความคิดนี้จึงทำให้สะดวกมากในการมองรังสีของแสง เพราะรังสีจะแสดงการไหลของพลังงานในลำแสง



รูป 2.1 แสดงลักษณะหน้าคลื่น

2.2 ใยแก้วนำแสง

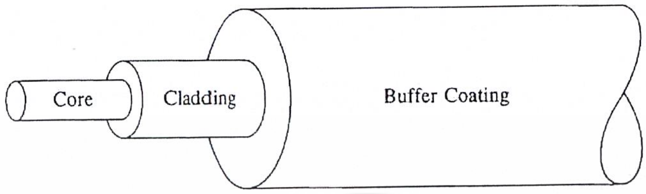
1.ประวัติความเป็นมาของใยแก้วนำแสง

การใช้แสงเป็นสื่อในการนำสัญญาณแล้วส่งไปในตัวกลางต่าง ๆ นั้น ได้เริ่มขึ้นจากที่นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษชื่อ จอห์น ทินดัล (John Tyndall) ได้พบว่า แสงสามารถส่งผ่านไปตามลำน้ำได้ ตั้งแต่ พ.ศ. 2413 จากจุดเริ่มต้นนี้ก็ได้มีความพยายามกันเป็นเวลานานที่จะทำให้ปรากฏการณ์นี้มีประโยชน์ในทางปฏิบัติให้ได้ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2503 ก้าวสำคัญของการเปลี่ยนแปลงก็มาถึงเมื่อมีการทดลองใช้เลเซอร์เป็นครั้งแรก ต่อมาในปี พ.ศ. 2509 ก็มีนักวิทยาศาสตร์สองคนของสหราชอาณาจักร ชื่อ ฮอคแคม (GA Hockham) และเกา (C.C. Kao) ได้ทำการศึกษาวิจัยว่าตัวกลางที่ทำด้วยใยแก้วนำแสงสามารถส่งผ่านแสงได้ 1 เปอร์เซ็นต์ ของแสงอินพุทด้วยระยะทาง 1 กิโลเมตร และตัวกลางนี้จะเป็นคู่แข่งที่สำคัญกับสายทองแดงหรือสายหุ้มฉนวน (Coaxial Cable) จากนั้นมาด้วยความก้าวหน้าทางวัสดุศาสตร์ จึงทำให้ปัจจุบันสามารถมีใยแก้วนำแสงที่มีการส่งผ่านแสงได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือมีการสูญเสียต่ำได้ ใยแก้วนำแสงบางชนิดมีการสูญเสียต่ำมากเพียง 0.1 เดซิเบลต่อกิโลเมตร (dB/km) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.โครงสร้างของใยแก้วนำแสง (Fiber Optic Structure)

ส่วนประกอบของใยแก้วนำแสงประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ส่วนที่เป็นแกนอยู่ตรงกลางหรือชั้นในแล้วหุ้มด้วยส่วนที่เป็นแคลด (Clad) แล้วถูกหุ้มด้วยส่วนป้องกัน (Coating) โดยที่แต่ละส่วนนั้นทำด้วยวัสดุที่มีค่าดัชนีหักเหของแสงที่มีค่าแตกต่างกัน ทั้งนี้ก็เพราะต้องคำนึงถึงหลักการหักเหและสะท้อนกลับหมดของแสง



รูป 2.2 แสดงโครงสร้างของใยแก้วนำแสง

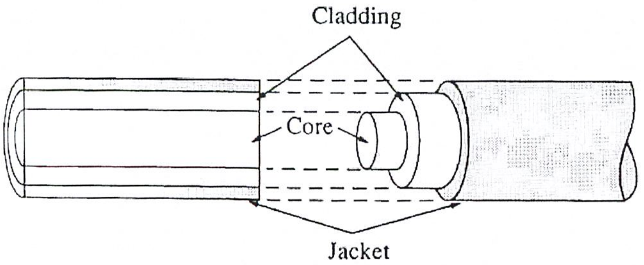
แกน: เป็นส่วนตรงกลางของเส้นใยแก้วนำแสงและเป็นส่วนนำแสงโดยดัชชีหักเหของแสงส่วนนี้ต้องมากกว่าของส่วนแคลด (Clad) แล้วลำแสงที่ผ่านไปในแกนจะถูกขังหรือเคลื่อนที่ไปตามเส้นใยแก้วนำแสงด้วยขบวนการสะท้อนกลับหมดภายใน

ส่วนป้องกัน: เป็นชั้นที่ต่อจากแคลด (Clad) ที่กันแสงจากภายนอกเข้าเส้นใยแก้วนำแสง และกันแสงจากเส้นใยแก้วนำแสงออกข้างนอก และยังไปใช้ประโยชน์เมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงโครงสร้างอาจจะประกอบไปด้วยชั้นของพลาสติกหลาย ๆ ชั้น นอกจากนั้นส่วนป้องกันยังทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันการกระทำจากแรงภายนอกอีกด้วย ตัวอย่างของค่าดัชชีหักเห เช่น แกนมีค่าดัชชีหักเหประมาณ 1.48 ส่วนของแคลด (Clad) และส่วนป้องกันซึ่งทำหน้าที่ป้องกันแสงจากแกนออกจากภายนอกและป้องกันแสงภายนอกรบกวนจะมีค่าดัชชีหักเหเป็น 1.46 และ 1.52 ตามลำดับ

3.คุณสมบัติของใยแก้วนำแสง

คุณสมบัติของใยแก้วนำแสงจะมีคุณสมบัติทั่ว ๆ ไป กล่าวคือ ส่วนประกอบที่สำคัญของใยแก้วนำแสงคือ แกน (core) และแคลดดิง (cladding) และส่วนห่อหุ้ม (protective coating) ดังแสดงดังรูปที่ 2.3 โดยทั่ว ๆ ไปแล้วขนาดของแกนมีขนาดประมาณ 5 ถึง 50 ไมโครเมตร (μm) ทั้งนี้แล้วแต่เป็นใยแก้วนำแสงชนิดใด

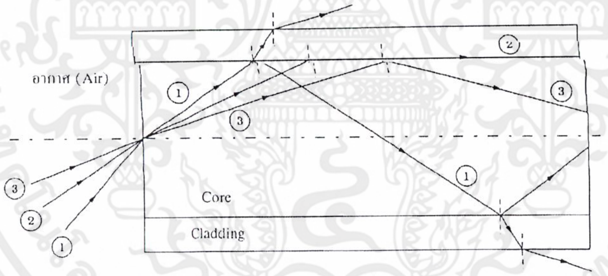
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป2.3 แสดงลักษณะของใยแก้วนำแสง

3.1.การสะท้อนกลับหมดในใยแก้วนำแสง

การสะท้อนกลับหมดของแสงในใยแก้วก็มีหลักการเช่นเดียวกับของแสงในตัวกลางอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 โดยหมายเลขแสดงรังสีของแสงเดินทางจากอากาศไปยังใยแก้วนำแสงเป็นหมายเลขแสดงว่าเป็นรังสีที่มาจากลำแสงเดียวกัน

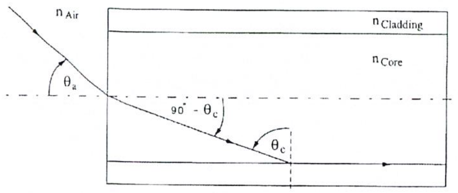


รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อนกลับหมด

3.2.กรวยรับแสง (Acceptance Cone)

มุมรับแสง (acceptance angle , $2\theta_a$) คือมุมที่ฉายแสงเข้าไปยังแกนของใยแก้วนำแสงแล้วทำให้แสงที่ตกกระทบผิวรอยต่อระหว่างแกนกับแคลดดิงมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับมุมวิกฤต ในกรณี 3 มิติ มุมรับแสงก็คือกรวยรับแสงดังรูป 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.5 แสดงรังสีของแสงตามกฎของสเนลล์

พิจารณาจากกฎของเสนลล์

$$n_{Air}\sin(\theta_a) \quad = \quad n_{core}\sin(90^\circ - \theta_c)$$

$$\sin(\theta_a) \quad = \quad n_{core}\cos(\theta_c)$$

$$\theta_c \quad = \quad \sin -1\,(n_{core}(\,1 - \sin 2(\theta_c)\,)^{1/2}\,) \qquad _______(2.1)$$

พิจารณาที่ผิวรอยต่อระหว่างแกนและแคลดดิงจากกฎของสเนลล์จะได้

$$n_{core}\,\sin(\theta_c) \;=\; n_{clade}\,\sin(90^\circ)$$

$$\sin(\theta_c) \quad = \quad n_{clad} / n_{core} \qquad _______\ (2.2)$$

แทนค่าสมการ (2.2) ลงในสมการที่ (2.1)

$$\theta_a \;=\; \sin -1\ \{\ n_{core}\,[1\text{-}(n_{clad} / n_{core})^2]^{1/2}\}$$

$$\theta_a \;=\; \sin -1\ \{\ [(n_{core})^2 - (n_{clad})^2]^{1/2}\} \qquad ________\ \ (2.3)$$

สมการ(2.3) เรียกว่าครึ่งมุมรับแสง (half acceptance angle)

3.3ดัชชีหักเหสัมพัทธ์ (Relative Refractive Index Differrence)

เป็นปริมาณที่แสดงค่าความแตกต่างของค่าดัชชีหักเหระหว่างแกนและแคลดดิงซึ่งมีค่าเท่ากับ

$$\Delta = (n_{core} - n_{clad})/n_{core} \qquad _________\ \ (2.4)$$

นิวเมอริคัลอเปอเจอร์ (Numerical Aperture)

เป็นปริมาณที่บอกถึงความสามารถในการรับแสง(light – collecting ability) ของใยแก้วนำแสงซึ่งมีค่าเท่ากับผลคูณระหว่างดัชชีหักเหของตัวกลางตกกระทบ (incident medium) กับค่าไซน์ (sine) ของครึ่งมุมรับแสง (half acceptance angle) พิจารณากรณีที่ตัวกลางตกกระทบเป็นอากาศ ($n_1 = 1$) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$NA = n_1\sin(\theta_a) = [(n_{core})^2 - (n_{clad})^2]^{1/2} \qquad (2.5)$$

เราสามารถแสดงค่า NA ในเทอมของ Δ ได้ดังนี้

จากสมการข้างต้น

$$NA = [(n_{core})^2 - (n_{clad})^2]^{1/2} = n_{core}\{(n_{core} + n_{clad})(n_{core} - n_{clad})/(n_{core})^2\}^{1/2} \qquad (2.6)$$

เนื่องจากค่าดัชนีหักเหของแกนและแคลดดิงมีค่าใกล้เคียงกันดังนั้น $[(n_{core}) + n_{clad}) \approx 2n_{core}]$ จะได้

$$NA = n_{core}\{(2n_{core})(n_{core} - n_{clad})/(n_{core})^2\}^{1/2}$$

$$NA = n_{core}(2\Delta)^{1/2} \qquad (2.7)$$

จากสมการ(2.4) ถ้า n_1=1 แสดงว่า NA$\leq$ 1

ถ้า NA มีค่ามากแสดงว่าใยแก้วนำแสงมีมุมรองรับแสงมากหรือแสงสามารถเดินทางในแกนของใยแก้วนำแสงได้มาก

จำนวนโหมดแสง (V- Number)

V-Number เป็นปริมาณที่ใช้บอกถึงจำนวนโหมดของแสงที่สามารถเดินทางในใยแก้วนำแสงได้โดยมีความสัมพันธ์คือ

$$V=[2\pi(a/\lambda)NA] \qquad (2.8)$$

เมื่อ A คือรัศมีของแกน ,λ คือความยาวคลื่นตามผลคลื่นแสง ถ้าค่า V-Number มีค่าน้อยกว่า 2.405 แสดงว่ามีเฉพาะแสงโหมดเดียวเท่านั้นที่สามารถเดินทางในแกนของใยแก้วนำแสงได้ ถ้ามีค่ามากกว่า 2.405 แสดงว่าแสงที่เดินทางในแกนของใยแก้วนำแสงมีลักษณะเป็นชนิดหลายโหมดหรือมัลติโหมดโดยสามารถหาจำนวนโหมดของแสงได้จากความสัมพันธ์ดังนี้

จำนวนโหมดในใยแก้วนำแสงแบบขั้นบันได คือ

$$N = V^2 / 2 \qquad (2.9)$$

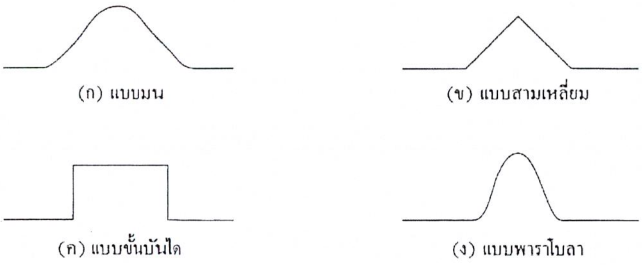
จำนวนโหมดในใยแก้วนำแสงแบบมนคือ

$$N = V^2 / 4 \qquad (2.10)$$

ลักษณะของดัชนีหักเห (Refractive Index Profile)

เป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเหกับรัศมีแกน ซึ่งแสดงลักษณะโหมดของแสงที่เดินทางในแกนของใยแก้วนำแสงจะขึ้นอยู่กับรูปร่างของลักษณะของค่าดัชนีหักเห โดยลักษณะของดัชนีหักเหแสดงได้ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งมีลักษณะต่างๆ กัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงลักษณะของดัชนีหักเหแบบต่าง ๆ

4.ชนิดของใยแก้วนำแสง(Type of Optical Fiber)

การแบ่งชนิดของใยแก้วนำแสงนั้นค่อนข้างยุ่งยากเนื่องจากได้มีการแบ่งชนิดของใยแก้วนำแสงออกไปหลากหลายแบบ เช่นแบ่งตามวัสดุที่ทำ แบ่งตามคุณสมบัติการสูญเสียกำลังแสง แบ่งตามองค์ประกอบของแกนใยแก้ว เป็นต้น อย่างไรก็ตามหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการแบ่งชนิดของใยแก้วนำแสงตามคุณสมบัติการสูญเสียความเข้มแสงของตัวกลางที่นำมาสร้างใยแก้วนำแสง และ การแบ่งตามองค์ประกอบของแกนใยแก้วนำแสง

การแบ่งชนิดของใยแก้วนำแสงตามการสูญเสียความเข้มแสง ซึ่งเป็นผลสืบเนื่องมาจากตัวกลางแสงที่นำมาทำใยแก้วนำแสง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ ชนิดที่สูญเสียความเข้มแสงต่ำ (low-loss) ชนิดที่มีการสูญเสียความเข้มแสงปานกลาง (medium-loss) และชนิดที่มีการสูญเสียความเข้มสูง (higher-loss) โดยที่สองชนิดแรกมักจะใช้แก้วทำเป็นแกนและแคลดดิงของใยแก้วนำแสง

การแบ่งตามชนิดของใยแก้วนำแสงตามองค์ประกอบของแกนใยแก้วนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดสเต็ปอินเด็กซ์ (step-index fiber) และชนิดเกรดอินเด็กซ์ (grade-index fiber) โดยที่ใยแก้วนำแสงแบบสเต็ปอินเด็กซ์นั้นประกอบไปด้วยแกนของใยแก้วนำแสงที่มีองค์ประกอบเดียวโดยตลอดตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนใยแก้วนำแสงแบบเกรดอินเด็กซ์นั้นมีองค์ประกอบของแกนใยแก้วไม่สม่ำเสมอตามแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง

นอกจากนี้เรายังแบ่งใยแก้วนำแสงทั้งชนิดสเต็ปอินเด็กซ์ และเกรดอินเด็กซ์ ได้เป็น 2 แบบ คือ แบบโหมดเดียว (single-mode หรือ monomode) และแบบหลายโหมด (multi-mode) โดยนิยามว่าใยแก้วนำแสงแบบโหมดเดียวคือ ใยแก้วนำแสงที่มีเพียงโหมดเดียวเท่านั้น ที่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในท่อใยแก้วนำแสง ส่วนใยแก้วนำแสงแบบหลายโหมดคือ ใยแก้วนำแสงที่มีอย่างน้อยสองโหมดขึ้นไปที่สามารถเคลื่อนที่ได้ภายในท่อใยแก้วนำแสง

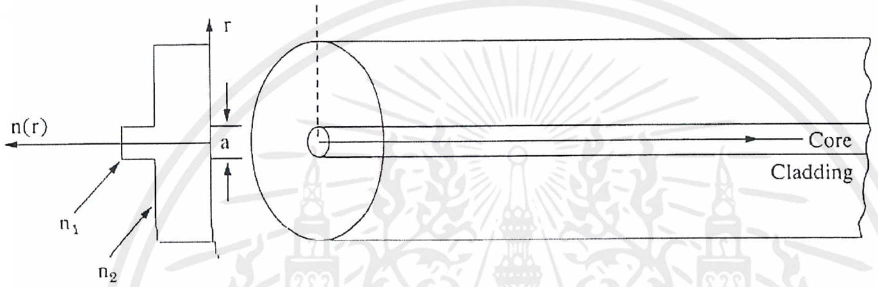
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใยแก้วนำแสงชนิดขึ้นบันได

แกนและแคลดดิงจะมีค่าดัชนีหักเหคงที่ โดยที่แกนมีค่าดัชนีหักเหมากกว่าแคลดดิง ค่าดัชนีหักเหของแกนและแคลดดิงเป็นไปตามสมการ(2.5)

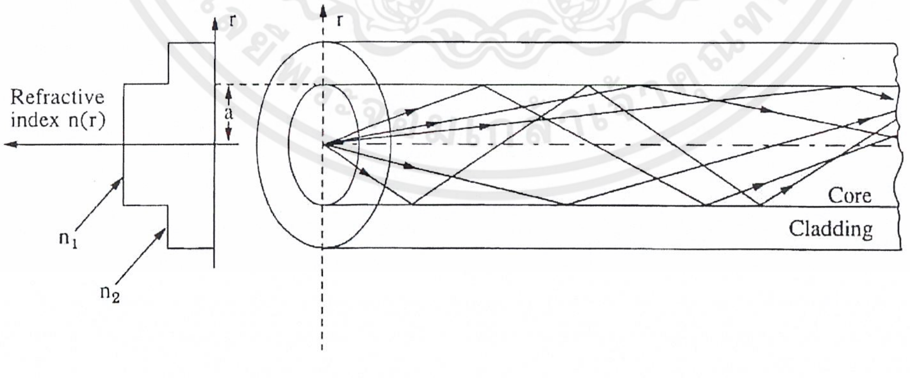
$$N(r) = n_1 : r < a \text{ (core)}$$
$$= n_2 : r \geq a \text{(cladding)} \qquad (2.11)$$

ใยแก้วนำแสงขั้นบันไดโหมดเดียวมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนและแคลดดิงประมาณ 25 ถึง 100 ไมโครเมตร และ 125 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังรูปที่2.7



รูปที่2.7แสดงใยแก้วนำแสงโหมดเดียวชนิดขั้นบันได

ใยแก้วนำแสงขั้นบันไดหลายโหมดมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนและแคลดดิงประมาณ 50 ไมโครเมตร และ 125 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังรูป 2.8



รูปที่2.8แสดงใยแก้วนำแสงหลายโหมดชนิดขั้นบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

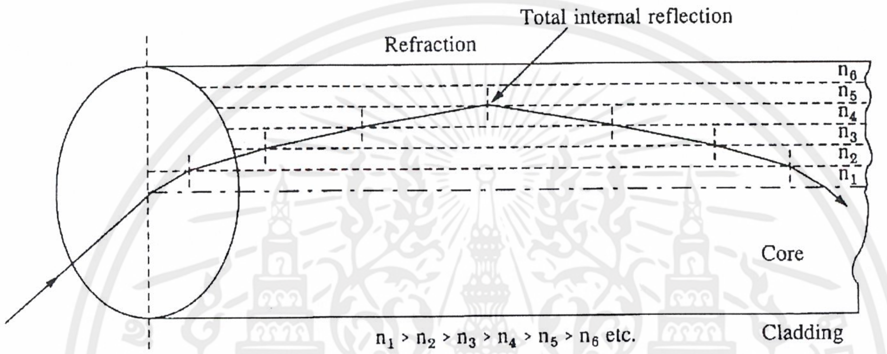
ใยแก้วนำแสงแบบมน (Graded Index Fiber)

ค่าดัชนีหักเหของแกนมีค่าไม่คงที่และมีค่าลดลงตามรัศมีของแกนซึ่งเป็นไปตามสมการ(2.6)

$$n(r) = n_1[1-2\Delta(r/a)\alpha]^{1/2} : r < a(\text{core})$$

$$= n_1(1-2\Delta)^{1/2} = n_2 : r \geq a(\text{cladding}) \qquad (2.6)$$

เมื่อ Δ คือ ดัชนีหักเหสัมพันธ์ และ α คือ พารามิเตอร์โปรไฟล์ (profile parameter) ในการผลิตใยแก้วนำแสงชนิดนี้ไม่สามารถทำให้ขนาดของแกนเล็กมาก ๆ ได้เหมือนชนิดขั้นบันได ดังนั้นใยแก้วนำแสงชนิดนี้จึงมีขนาดของแกนที่ใหญ่ซึ่งเป็นโครงสร้างของใยแก้วชนิดหลายโหมด มีเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนและแคลดดิงประมาณ 50 ไมโครเมตร และ 125 ไมโครเมตร ตามลำดับ ดังรูป2.9

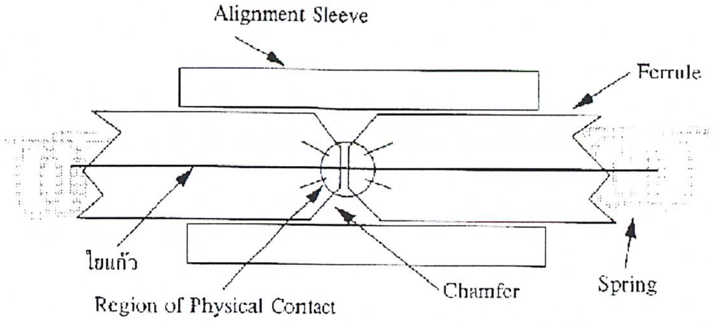


รูปที่2.9 แสดงใยแก้วนำแสงแบบมน

การเชื่อมต่อและการสูญเสีย

รูปที่ 2.10ข้างล่าง เป็นระบบสื่อสารใยแก้วนำแสงทั่ว ๆ ไป ซึ่งในการประกอบกันเป็นระบบนั้นจะต้องมีการเชื่อมต่อในส่วนของใยแก้วนำแสงเสมอ โดยการเชื่อมต่อสายใยแก้วนำแสงนั้นอาจมีการคลาดเคลื่อนซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียสัญญาณได้จากลักษณะต่าง ๆ ของใยแก้ว ดังตัวอย่างแสดงดังรูป2.10 ที่เป็นลักษณะของการวางตัวของใยแก้วในการเชื่อมต่อซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียสัญญาณซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดแต่ละกรณีต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.10การเชื่อมต่อของใยแก้วนำแสง

2.3 เกรตติงใยแก้วนำแสงหรือแบรกเกรตติง (Bragg Grating)

การพัฒนาทางด้านระบบการตรวจวัดโดยใช้เลเซอร์ส่งผ่านเส้นใยแก้วนำแสงได้มีการนำเซนเซอร์แบบเกรตติง (Bragg grating sensor) มาใช้ร่วมด้วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจวัดโครงสร้างของวัสดุ ซึ่งระบบการตรวจวัดนี้เป็นระบบการตรวจวัดความเครียด (แรงที่กระทำกับวัตถุและระยะยืดที่เกิดขึ้นภายในวัตถุ) หรืออุณหภูมิของวัตถุ

1.เกรตติงบนเส้นใยแก้วนำแสง

เกรตติงเป็นอุปกรณ์ที่ตอบสนองความยาวคลื่นได้ในช่วงแคบๆ ใช้ในการสะท้อนความยาวคลื่นของแบรก (bragg wavelength) ซึ่งความยาวคลื่นที่ใช้นี้ต้องสัมพันธ์กับช่องห่างระหว่างเกรตติง หรือที่เรียกว่า พิตช์ (Pitch : Λ) สามารถหาได้จากสมการ

$$\lambda_B = 2mn_c\Lambda \qquad (2.12)$$

λ_B คือ ความยาวคลื่นของแบรกที่เกิดการสะท้อนกลับ

m คือ อันดับของเกรตติงที่เกิดการสะท้อนกลับของความยาวคลื่น λ_B เช่น เลข 1,2,3,…….

n_cคือดัชนีหักเหของแสง

ผลกระทบทางอุณหภูมิของเกรตติงใยแก้วนำแสง

ค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปมีผลทำให้ค่าความยาวคลื่นแบรกของเกรตติงใยแก้วนำแสงมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามสมการ

$$\Delta\lambda B = \lambda B(\alpha + \varsigma)\Delta T \qquad (2.13)$$

โดย $\alpha = (1/\Lambda)(\partial\Lambda/\partial T)$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนของเกรตติงใยแก้วนำแสง

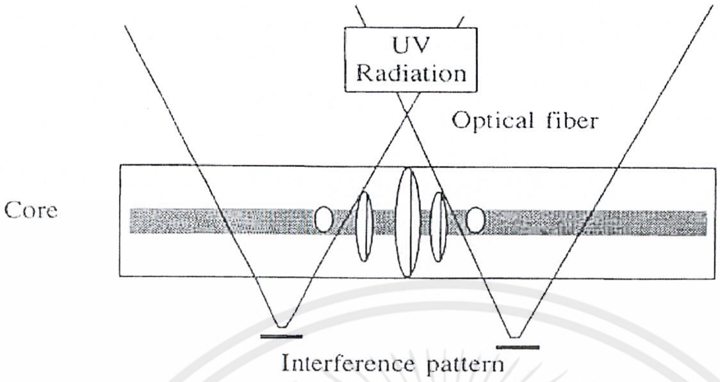
ς คือ สัมประสิทธิ์เทอร์โม-ออปติก

ซึ่งค่า α, ς นั้นมีค่าขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำเกรตติงใยแก้วนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

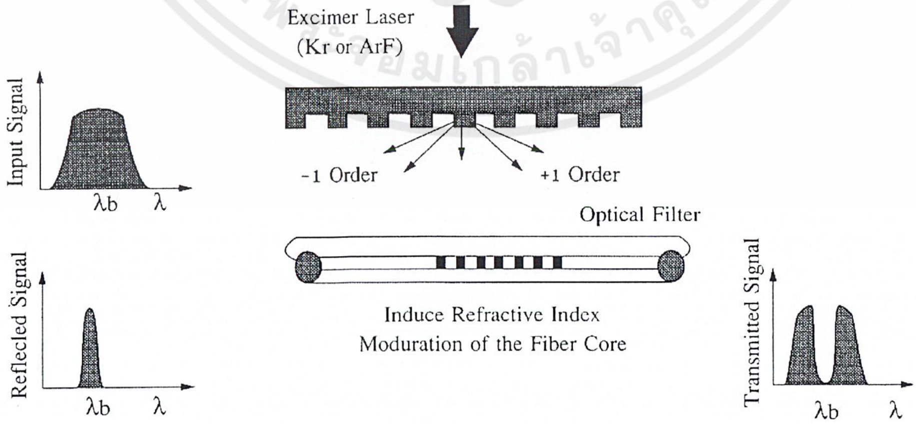
2.การสร้างเกรตติงบนใยแก้วนำแสงนี้มีวิธีสร้าง 3วิธีด้วยกันคือ

2.1การแทรกสอดจากแสงสองลำ(two beam interference) โดยการยิงลำแสงอัลตราไวโอเลต (ultraviolet) 2 ลำที่มีความเข้มสูงไปที่เส้นใยแก้วนำแสงแล้วทำให้เกิดการแทรกสอดของทั้งสองขึ้นเกิดเป็นแถบมืดแถบสว่างบนเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่2.11 เกรตติงที่เกิดจากการแทรกสอดของแสงอัลตราไวโอเลต 2 ลำ

2.2การแทรกสอดจากช่องเปิดหลายช่อง (phase mark) โดยการฉายเลเซอร์เอกซ์ไซเมอร์ (excimer laser) คือ แสงซึ่งเกิดจากการกระตุ้นของธาตุในหมู่ VIIIA (ก๊าซเฉื่อย) มีความยาวคลื่นแสงประมาณ 175 ถึง 351 นาโนเมตร (nm) ให้ตกกระทบช่องเปิดหลายช่องจากนั้นแสงจะเลี้ยวเบนออกมาชนกันเกิดเป็นการแทรกสอดของแสงขึ้นจึงได้เป็นลายของเกรตติงขึ้นมา

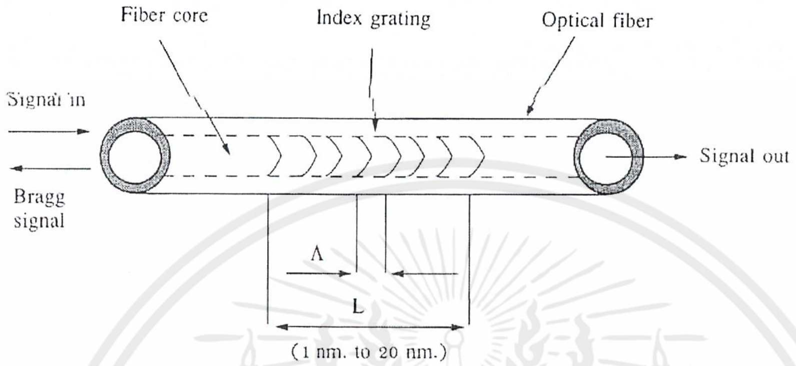


รูปที่2.12 เกรตติงที่เกิดจากการยิงแสงเลเซอร์กระทบปลายเปิดหลายช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3การเขียนลงตรง ๆ โดยใช้เลเซอร์กำลังสูง (writeing grating point by point) วิธีนี้จะใช้พัลส์เดี่ยวของเลเซอร์แบบเอกซ์ไซเมอร์เขียนไปบนสลิตที่วางอยู่บนแกนของเส้นใยแก้วนำแสง ซึ่งค่าดัชนีหักเหของแกนเปลี่ยนแปลงตามความเข้มแสงจึงทำให้เกิดเป็นลายของเกรตติงขึ้นมา

3.โครงสร้างของแบรกเกรตติง(Bragg Sensor)



รูปที่2.13 แสดงโครงสร้างภายในเส้นใยแก้วนำแสงของเซนเซอร์แบบแบรกเกรตติง

แบรกเซ็นเซอร์เป็นระบบการตรวจวัดซึ่งอาศัยความยาวคลื่นแสงในการตรวจวัด โดยสามารถให้คามละเอียดในการวัดได้น้อยกว่า 10^{-3} นาโนเมตร (nm) แต่เดิมระบบตรวจวัดนี้ใช้ตัววิเคราะห์สเปกตรัมทางแสงซึ่งสิ่งเหล่านี้มีข้อจำกัดในการใช้งานและมีราคาสูง ต่อมาระบบการตรวจวัดดังกล่าว ได้มีการพัฒนาด้านต่าง ๆ เช่น โครงสร้างของระบบตรวจวัดดังกล่าว ๆ ได้มีการพัฒนาด้านต่าง ๆ เช่น โครงสร้างของระบบตรวจวัดรวมทั้งวิธีการดีมอดูเลชั่น (demodulation) ซึ่งทำให้มีระดับความสามารถในการวัดสูงขึ้น และความคลาดเคลื่อนมีน้อยลง

ข้อดีของการตรวจวัดโดยใช้วิธีเซนเซอร์แบบแบรกเกรตติง (Bragg grating sensor)

1.มีค่าความละเอียดสูง (high resolution) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 μstrain($\mu\varepsilon$) , 10^{-6} เปอร์เซ็นต์ ต่อการเปลี่ยนแปลงความยาว 100 เมตร หรือ 0.1 องศาเซลเซียส

2.ค่าที่วัดได้จะเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นของการวัด (เอาท์พุตที่ได้เป็นเส้นตรง)

3.สามารถทำการตรวจวัดอุณหภูมิได้หลายจุดรวมทั้งสามารถตรวจวัดปริมาณอย่างอื่นที่ต้องการความดันได้พร้อม ๆ กัน ภายในเส้นใยแก้ว 1 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การนำไปใช้ประโยชน์

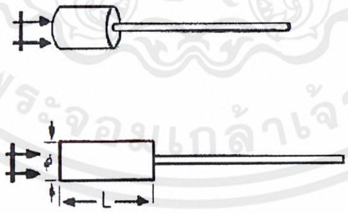
ปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เช่น

-ในเมืองคาลการี รัฐอัลเบอร์ตา ประเทศแคนนาดา ได้มีการนำเส้นใยแก้วนำแสงใส่ไว้ในโครงสร้างของสะพานเบดดิงตันเทรลเพื่อตรวจสอบการรับน้ำหนักของสะพาน

-ได้มีการนำแบรกเซ็นเซอร์ใช้กับปีกของเครื่องบิน เพื่อตรวจสอบสภาพของปีกเครื่องบินว่ามีสภาพพร้อมที่จะทำงานได้หรือไม่ ซึ่งจะทำการตรวจสอบก่อนเครื่องจะขึ้นและระหว่างการบินด้วย ทั้งยังสามารถตรวจสอบอุณหภูมิ ความดัน และตำแหน่ง บริเวณที่มีการกระแทกได้ด้วย

2.4 การส่งแสงเข้าไปในใยแก้วนำแสง

เนื่องจากตามปกติแสงที่ความยาวคลื่น 1.55 นาโนเมตรนั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางของ Gaussian beam ประมาณ 10 ไมโครเมตรและใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียวนั้นมีเส้นผ่านศูนย์กลางของแกนในช่อง 8 ถึง 10 ไมโครเมตร วิธีหนึ่งของการส่งแสงเข้าไปในใยแก้วนำแสงนั้นคือ วางแหล่งกำเนิดแสงในตำแหน่งที่ติดใกล้ ๆ กับใยแก้วนำแสง ซึ่งถ้าแสงรวมเป็นจุดที่ดีอยู่ในแนวของแกน และมีแอมปลิจูดและการกระจายของเฟสพอดีกับโหมดที่เดินทางไปได้ในใยแก้วนำแสงแล้วกำลังของแสงที่ส่งเข้าไปจะสามารถส่งเข้าไปในใยแก้วนำแสงได้ทั้งหมด แต่ในความเป็นจริงแล้วการใช้วิธีดังกล่าวกำลังของแสงเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะสามารถส่งกำลังของแสงจากแหล่งกำเนิดให้เข้าไปสู่ใยแก้วนำแสงได้สูงขึ้น ซึ่งวิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงคือการใช้เลนส์ดัชนีหักเหแบบมน(GRIN) มีลักษณะดังรูปที่2.14

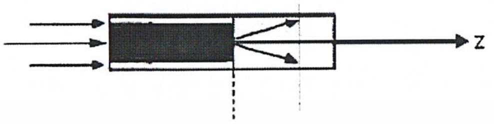


รูปที่2.14 แสดงลักษณะ เลนส์ดัชนีหักเหแบบมน(GRIN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การออกแบบนั้นจะออกแบบให้มีค่าดัชนีหักเหในรูปฟังก์ชัน $n(r) = n_o [1-q(r/r_{max})^2]$ ซึ่ง n_o ,q และ r_{max} เป็นค่าคงที่โดยจะใช้หลักการรวมแสงใน Focal plane และเดินทางต่อไปยังบริเวณ Destination plane ซึ่งในระยะไกล ๆ แสงจะรวมเป็นจุดเข้าไปสู่ใยแก้วนำแสงดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงการรวมแสงเข้าสู่ใยแก้วนำแสง

2.5 อุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่นิยมในปัจจุบันคือ ไดโอดเปล่งแสงชนิดสารกึ่งตัวนำและไดโอดเลเซอร์ เพราะไดโอดเหล่านี้เปล่งแสงที่ความยาวคลื่นย่าน 0.8 ถึง 0.9 ไมครอน และ 1.3 ถึง 1.6 ไมครอน ซึ่งตรงกับย่านที่ใยแก้วนำแสงมีค่าสูญเสียต่ำและสามารถควบคุมกำลังขาออกได้อย่างรวดเร็วโดยการปรับค่ากระแสไบแอส (Bias Current) จึงง่ายต่อการผสมสัญญาณ อีกทั้งอายุการใช้งานก็มากกว่าหนึ่งล้านชั่วโมง ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง LED และ LD คือ LD มีมุมการเปล่งแสงที่แคบกว่าแต่มีความกว้างของสเปกตรัมมากกว่า จึงนิยมใช้กับการส่งสัญญาณแบบโคฮีเรนท์ (Coherent Transmission) นอกจากนี้ยังเปล่งแสงเมื่อมีการต่อกระแสขับดัน (Drave Current) ได้เร็วกว่า แต่เนื่องจาก LD เป็นอุปกรณ์เทรชส์โฮลด์ (Threshold Device) การเปล่งแสงจึงไม่คงที่และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแส จึงต้องมีวงจรควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback) เพื่อทำให้กำลังขาออกของเลเซอร์คงที่

2.6 เครื่องตรวจสอบเส้นใยแก้วนำแสงโอทีดีอาร์

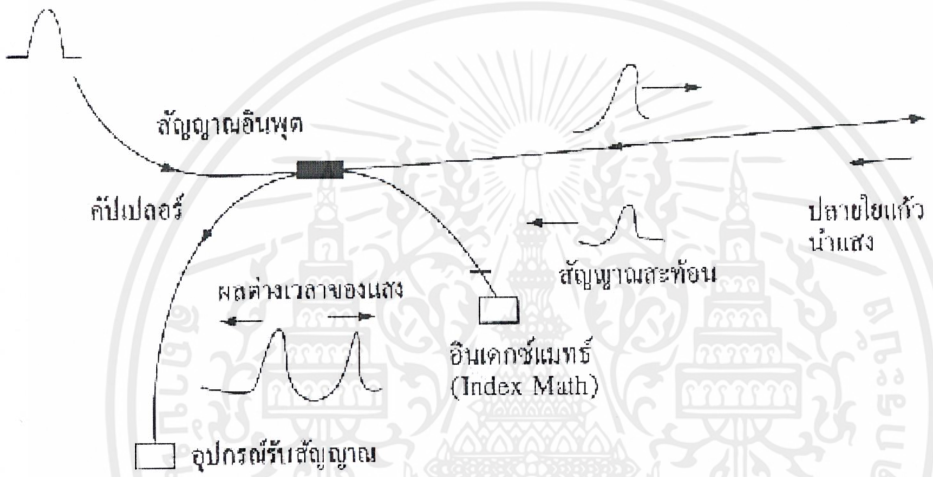
6.1เครื่องมือวัดการสะท้อนกลับเชิงเวลา

เมื่อสัญญาณคลื่นถูกส่งผ่านเข้าสู่ตัวกลางที่รู้ค่าความเร็ว ตัวอย่างเช่นเมื่อมีคลื่นแสงเดินทางในอากาศหรือในน้ำ คลื่นจะเคลื่อนที่โดยมีความเร็วแตกต่างกันซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของตัวกลางนั้น ๆ จากหลักการดังกล่าวนำมาสร้างเครื่องโซนาร์ (Sonar) ซึ่งสามารถบอกตำแหน่งหรือบอกระยะทางของวัตถุที่อยู่ลึกลงไปในน้ำได้โดยการบันทึกเวลาที่คลื่นเสียงเดินทางไปและกลับจากเรือไปยังวัตถุใต้น้ำและสะท้อนกลับมายังเรืออีกครั้งและทราบค่าความเร็วของเสียงน้ำ ในระบบเรดาร์ก็เช่นกัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกส่งออกไปเป็นพัลส์จากแหล่งกำเนิดคลื่นไปยังวัตถุ ทำการตรวจวัดจำนวนพัลส์ของคลื่นที่สะท้อนกลับก็จะสามารถบอกระยะของตำแหน่งวัตถุได้เช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

43949

สัญญาณพัลส์ทางไฟฟ้าที่เดินทางในสายนำสัญญาณด้วยความเร็วคงที่ (ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วแสงที่เดินทางในสุญญากาศ) เมื่อสัญญาณเดินทางมาถึงปลายทางจะมีสัญญาณบางส่วนสะท้อนกลับทางเดิม ถ้าทราบค่าความเร็วของพัลส์ที่เดินทางภายในสายและรู้เวลาไปและกลับก็จะสามารถบอกระยะทางระหว่างปลายทั้งสองได้ จากกระบวนการการนำสัญญาณเข้าสู่ปลายอินพุตตรวจวัดการสะท้อนกลับ และใช้เวลาที่แตกต่างกันระหว่างสัญญาณที่ถูกส่งเข้าและสะท้อนกลับที่ปลายอีกด้านหนึ่งสามารถบอกระยะทางระหว่างปลายทั้งสองได้ วิธีการดังกล่าวเรียกว่าเครื่องมือวัดการสะท้อนกลับเชิงเวลา (Time Domain Reflectometry;TDR)



รูปที่2.16 แสดงพัลส์ของแสงที่เดินทางไปและกลับภายในสายสัญญาณ

วิธีการดังกล่าวไม่สามารถตรวจวัดเวลาจากพัลส์ส่งไปยังปลายสายได้โดยตรงแต่พิจารณาจากครึ่งหนึ่งของระยะเวลาระหว่างระยะทางที่ตรวจวัด ดังนั้นความยาวของสายอาจหาได้จากการคำนวณ

$$\text{ระยะทาง} = (\text{ความเร็ว})(\text{เวลา})$$

$$\text{ระยะทาง} = (\text{ความเร็ว})(\text{ผลต่างของเวลา})/2$$

การวัดการสะท้อนของแสงเชิงเวลา

เมื่อคลื่นแสงถูกส่งเข้าสู่เส้นใยแก้วนำแสงพัลส์ของแสงเดินทางผ่านเส้นใยแก้วนำแสงด้วยความเร็วที่ขึ้นกับดัชนีหักเหแสงของเส้นใยแก้วนำแสงที่เป็นสายส่ง ซึ่งค่าดัชนีหักเหของแสงเป็นอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสุญญากาศกับความเร็วแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสงเคลื่อนที่มาถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณปลายทาง แสงบางส่วนจะสะท้อนกลับมายังตัวรับสัญญาณแสงที่อยู่ด้านเดียวกับแหล่งกำเนิดแสง เครื่องมือที่อาศัยหลักการวัดการสะท้อนของแสงเชิงเวลาสามารถตรวจวัดพัลส์ของแสงที่สะท้อนกลับและคำนวณความยาวของเส้นใยแก้วนำแสง โดยพิจารณาดัชนีหักเหแสงของเส้นใยแก้วนำแสงและความแตกต่างของเวลาระหว่างพัลส์ที่ส่งเข้าไปและพัลส์ที่สะท้อนกลับมา เนื่องจากคุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสงที่ทำการตรวจวัดถูกนำมาสร้างเป็นเครื่องมือโอทีดีอาร์ เพื่อใช้วัดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ภายในเส้นใยแก้วนำแสงสัมพันธ์กับความยาว โดยนำปลายคอนเนคเตอร์ (Connector) ด้านหนึ่งของเส้นใยแก้วนำแสงที่ต้องการวัดต่อเข้ากับเครื่องโอทีดีอาร์ (ดังรูปที่2.16)

ค่าต่าง ๆ ที่วัดได้จากเครื่องโอทีดีอาร์

1.สามารถตรวจวัดความยาวของเส้นใยแก้วนำแสง

2.สามารถตรวจวัดค่าการลดทอนกำลังของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสง เช่น

-ค่าการลดทอนกำลังของแสงรวมของเส้นใยแก้วนำแสงตลอดทั้งเส้น

-ค่าการลดทอนกำลังของแสงต่อหน่วยความยาว หน่วย (dB/km)

-ค่าการลดทอนกำลังของแสงที่แต่ละตำแหน่ง

3.สามารถตรวจวัดค่าการสูญเสียกำลังของแสงอันเนื่องมาจากการเชื่อมต่อ (Splice)

4.สามารถบอกได้ว่ามีการเชื่อมต่อแบบใดบ้างในสายทั้งเส้น

5.สามารถบอกระยะทางที่วัดได้ในแต่ละตำแหน่ง

6.สามารถตรวจสอบและค้นหาตำแหน่งที่มีปัญหาภายในเส้นใยแก้วนำแสงเช่นมีการขาดหรือปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเส้นใยแก้วนำแสงแต่ละเส้น

หลักการทำงานของเครื่องโอทีดีอาร์

หลักการทำงานของเครื่องโอทีดีอาร์ ในกระบวนการผลิตเส้นใยแก้วนำแสงชนิดแก้วที่ทำจากทรายซิลิกา โดยการหลอมด้วยความร้อนสูงและทำให้เย็นลงให้อยู่ในสภาพของแข็งซึ่งพบว่าแก้วยังไม่สามารถคงรูปเป็นของแข็งได้ ต้องเติมสารเจือลงไปทำให้แก้วแข็งแรงขึ้นและให้มีความหนาแน่นไม่เท่ากัน ความหนาแน่นที่ไม่เท่ากันนี้เองทำให้มีดัชนีหักเหแสงในตัวกลางแตกต่างกันในแต่ละส่วนของเส้นใยแก้วนำแสงซึ่งเส้นใยแก้วนำแสงมีส่วนประกอบ 2 ส่วนคือ ส่วนของแกน และแคลด แต่ภายในส่วนที่แสงเดินทางอยู่ภายในนั้นคือส่วนของแกนก็ยังอาจมีดัชนีหักเหแสงของตัวกลางที่ไม่เท่ากันบ้างเล็กน้อยเนื่องจากความหนาแน่นของตัวกลางที่ไม่เท่ากันนี้เอง ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกระเจิงกลับในระหว่างที่แสงเดินทางอยู่ภายในได้ เครื่องโอทีดีอาร์ อาศัยหลักการการสะท้อนของแสงที่เดินทางในเส้นใยแก้วนำแสงเทียบกับเวลาซึ่งแสงจะเดินย้อนกลับมายังด้านต้นทางที่แสงเข้าเนื่องมาจากสาเหตุ 2 ประการคือ การกระเจิงกลับ (Backscattering) และการสะท้อนแบบเฟรสเนล (Fresnel Reflection)

-การกระเจิงกลับ เมื่อแสงเดินทางผ่านเข้าไปในแกนของเส้นใยแก้วนำแสงที่มีดัชนีหักเหไม่สม่ำเสมออันเนื่องจากกระบวนการผลิต หรือกระทบอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะมีแสงบางส่วนสะท้อน หรือกระเจิงในแต่ละทิศทาง ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการกระเจิงแบบเรย์ลี (Rayleigh Scattering) โดยความเข้มแสงของการกระเจิงเป็นปฏิภาคตามกับปริมาตรของอนุภาคยกกำลังสอง และเป็นปฏิภาคกลับกับความยาวคลื่นของแสงยกกำลังสี่ ซึ่งแสงกระเจิงในทุกทิศทาง และมีแสงบางส่วนกระเจิงกลับมายังตัวรับสัญญาณแสงซึ่งอยู่ด้านเดียวกับแหล่งกำเนิดแสง การสะท้อนของแสงลักษณะนี้เรียกว่าการกระเจิงกลับ (Backscattor) ซึ่งดูได้จากสมการที่(2.7)

$$S_R \; \alpha \; 1/\lambda^4 \qquad (2.13)$$

เมื่อ S_R คือ การกระเจิงแบบเรย์ลี

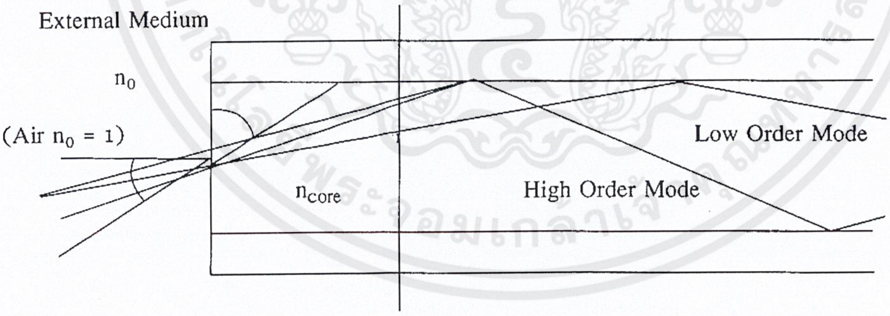
λ คือ ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง

-การสะท้อนแบบเฟรสเนล (Fresnel Reflection) เนื่องจากแสงเดินทางผ่านบริเวณรอยต่อที่มีดัชนีหักเหของแสงแตกต่างกัน เช่นบริเวณรอยต่อของปลายเส้นใยแก้วนำแสงกับอากาศ หรือการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงบางแบบจะเกิดการสะท้อนกลับ โดยค่าการสะท้อนแบบเฟรสเนลเป็นดังสมการที่ (2.8)

$$R_F = \{(n_1 - n_0) / (n_1 + n_0)\}^2 \qquad (2.14)$$

เมื่อ n_0 คือ ค่าดัชนีหักเหของอากาศ

n_1 คือ ค่าดัชนีหักเหของแกนภายในเส้นใยแก้วนำแสง

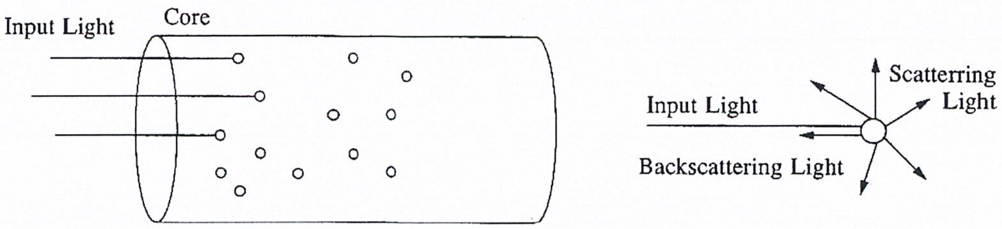


รูปที่ 2.17 แสดงการเดินทางย้อนกลับมาของแสงภายในเส้นในแก้วนำแสงเนื่องจากการกระเจิงกลับแบบเรย์ลี และการสะท้อนแบบเฟรสเนล

การกระเจิงกลับของแสงนั้นเป็นเพียงส่วนน้อยของปริมาณความเข้มแสงทั้งหมดหรือระดับกำลังของแสง (Power Level) ที่เดินทางเข้ามาในเส้นใยแก้วนำแสง การตรวจวัดแสงที่กระเจิงกลับมาสัมพันธ์กับเวลา (ซึ่งแปลงกลับมาเป็นระยะทางในเส้นใยแก้วนำแสง) แล้วนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่กระเจิงกลับมาสัมพันธ์กับเวลาจะสามารถแสดงระดับกำลังของแสงที่แต่ละตำแหน่งของเส้นใยแก้วนำแสงที่ตรวจวัด(Fiber Signature) ดังรูปที่2.18

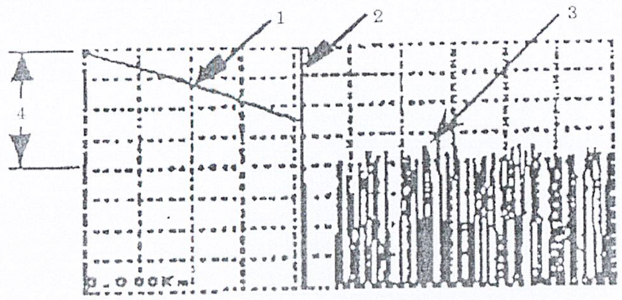


รูปที่2.18 แสดงการกระเจิงกลับของแสง

รูปแบบของการกระเจิงกลับของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสงแสดงดังรูปที่1.19 โดยมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น จากรูปแสดงความหมายจากด้านซ้ายไปยังด้านขวาที่ตำแหน่งเริ่มต้น(ด้านซ้าย) แสดงตำแหน่งปลายคอนเนคเตอร์ของเส้นใยแก้วนำแสงต่อกับแหล่งกำเนิดแสงของเครื่องโอทีดีอาร์ซึ่งระหว่างรอยต่อดังกล่าวเป็นช่องอากาศ เมื่อแสงเดินทางผ่านจะเกิดการสะท้อนกลับมาแบบเฟรสเนลประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์(ที่รอยต่อของตัวกลางเส้นใยแก้วนำแสงกับอากาศ) อธิบายได้จากพีคของสัญญาณที่เกิดขึ้นบนหน้าจอโอทีดีอาร์ และมีลักษณะเดียวกับตำแหน่งปลายของสาย (ด้านขวา) ที่ตำแหน่งต่อมาความชันคงที่อธิบายได้ว่าระดับกำลังของแสงลดลงอย่างคงที่สัมพันธ์กับความยาว นั่นคือขณะนั้นเกิดการลดทอน ความเข้มของพัลส์ของแสงที่ลดลงนี้จะลดลงตามความยาวของเส้นใยแก้วนำแสง หากทำการเปรียบเทียบระดับกำลังของแสงที่ระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่งในเครื่องโอทีดีอาร์ ก็จะสามารถบอกค่าการลดทอนของเส้นใยแก้วนำแสงระหว่างตำแหน่ง 2 ตำแหน่งในเส้นใยแก้วนำแสงได้

โดยปกติหากโครงสร้างภายในของเส้นใยแก้วนำแสงมีค่าดัชนีหักเหสม่ำเสมอ การลดทอนของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสงจะแสดงความชันอันเนื่องจากการกระเจิงกลับแบบเรย์ลีบนหน้าจอของเครื่องโอทีดีอาร์เป็นเส้นตรงคงที่ หากพบว่าความชันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างกระทันหันแสดงว่าขณะนั้นตรวจพบบางสิ่งที่ทำให้ระดับการกระเจิงกลับเปลี่ยนแปลง เช่นตรวจพบจุดที่เชื่อมต่อของเส้นใยแก้วนำแสง และสามารถบอกชนิดของจุดที่เชื่อมต่อได้ด้วยซึ่งให้ผลแสดงบนเครื่องโอทีดีอาร์แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.19แสดงรูปแบบการตรวจวัดบนหน้าจอโอทีดีอาร์

ตำแหน่งที่ 1.แสดงความชันของการลดทอนของแสงใยแก้วนำแสง
ตำแหน่งที่ 2. เกิดการสะท้อนแบบเฟรสเนลที่รอยต่อระหว่างปลายของเส้นใยแก้วนำแสงกับอากาศของแหล่งกำเนิดแสงบนเครื่องโอทีดีอาร์
ตำแหน่งที่ 3.แสดงสัญญาณรบกวนที่อยู่ในระยะที่พ้นปลายใยแก้วนำแสง
ตำแหน่งที่ 4.แสดงระดับกำลังสูงสุดของเครื่องโอทีดีอาร์

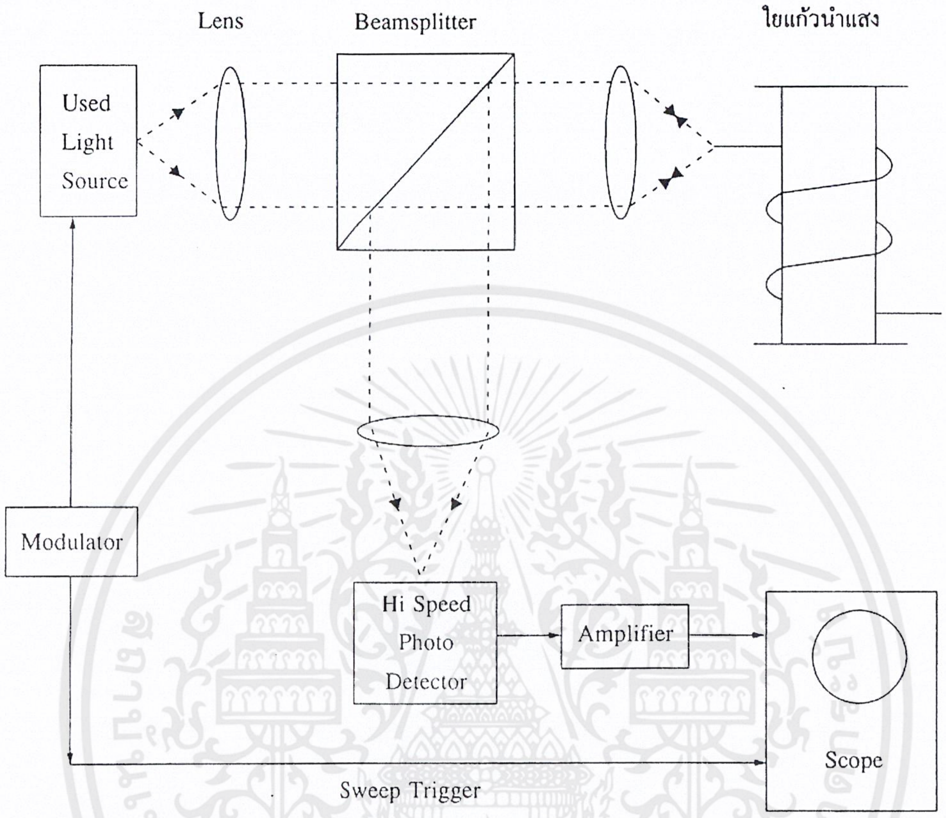
โอทีดีอาร์พารามิเตอร์(OTDR Parameters)

ก่อนการตรวจวัดเส้นใยแก้วนำแสงจำเป็นจะต้องกำหนดการทำงานของเครื่องก่อน โดยการกำหนดพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องซึ่งจะต้องเลือกหรือทำการปรับฟังก์ชันต่างๆ ให้เหมาะสมเพื่อให้การวัดค่าได้ถูกต้องมากที่สุด ซึ่งพารามิเตอร์ต่าง ๆขึ้นอยู่กับรุ่นของเครื่องโอทีดีอาร์ ในส่วนต่อไปนี้จะแสดงพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของโอทีดีอาร์ รุ่นทั่ว ๆ ไป

-ความยาวคลื่น (Wavelength) เครื่องโอทีดีอาร์สามารถเลือกความยาวคลื่นแสงที่ใช้สำหรับตรวจสอบเส้นใยแก้วนำแสงได้ ปกติความยาวคลื่นแสงที่นิยมใช้อยู่ในช่วง 1,310 และ 1,550 นาโนเมตร ขึ้นกับชนิดของเส้นใยแก้วนำแสงที่ต้องการตรวจสอบ

-ดัชนีหักเหแสง(Reflection Index) เครื่องโอทีดีอาร์จะให้ระบุค่าดัชนีหักเหแสงของเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้ในการตรวจสอบด้วย เนื่องจากความเที่ยงตรงของการวัดระยะทางของเครื่องโอทีดีอาร์จะขึ้นอยู่กับความเที่ยงตรงของการกำหนดค่าดัชนีหักเหแสงของเส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.20 แผนภาพต่อไปนี้แสดงโครงสร้างทั่วไปของระบบเครื่องโอทีดีอาร์

-ช่วงกว้างของพัลส์ (Pluse Width) เครื่องโอทีดีอาร์ สามารถเลือกช่วงกว้างของพัลส์ของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสงได้อยู่ในช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 1,000 เมตร ขึ้นกับความต้องการให้ค่าความละเอียดในการวัดหากเลือกช่วงกว้างของพัลส์กว้างส่งผลให้กำลังของแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสงเพิ่มขึ้นทำให้ย่านการวัดของเครื่องโอทีดีอาร์ หรือระยะทางที่สามารถวัดได้ยาวขึ้น อย่างไรก็ตามช่วงกว้างของพัลส์ที่เพิ่มขึ้นนี้จะส่งผลให้ระยะเดดโซนเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ยากต่อการตรวจวัดสิ่งที่อยู่ภายในระยะเดดโซนหากเลือกช่วงกว้างของพัลส์แคบ ทำให้ย่านการวัดของเครื่องโอทีดีอาร์หรือระยะทางที่สามารถวัดได้สั้นลงแต่เพิ่มความละเอียดของการวัดมากขึ้น ระยะทางของการวัดมีความเที่ยงตรงมากขึ้นเนื่องจากระยะเดดโซนอยู่ในช่วงแคบ ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ระยะของเส้นใยแก้วนำแสง (Fiber Range) ในการกำหนดค่าการวัดที่อาศัยหลักการของเวลานี้ การกำหนดค่าระยะของการวัดนี้ควรจะกำหนดให้มีค่าระยะมากกว่าความยาวจริงที่ต้องการวัด ค่านี้มีความสำคัญมาก หากกำหนดระยะให้กับเครื่องสั้นเกินไปจะทำให้เครื่องเริ่มส่งพัลส์ใหม่ และรอบของการตรวจวัดการกระเจิงกลับก่อนที่

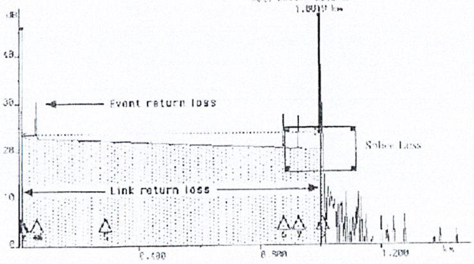
การสะท้อนที่ปลายจาการตรวจสอบก่อนหน้านี้ได้รับ เป็นสาเหตุให้ปลายที่สะท้อนผิดพลาดไป หรือปรากฏบางสิ่งที่บริเวณตรงกลางของเส้นใยแก้วนำแสงแต่หากกำหนดระยะให้กับเครื่องยาวเกินไปก็จะทำการวัดผิดพลาดเช่นกัน ถ้าหากกำหนดระยะมากกว่าเป็น 2 เท่าของความยาวของเคเบิลจริง อาจเกิดการสะท้อนซ้ำ (Ghost Reflection) เกิดขึ้นหลังจากการสะท้อนที่ปลายของเคเบิลแล้วปรากฏบนหน้าจอของเครื่องโอทีดีอาร์ อีกด้วย อีกทั้งยังทำให้การวัดช้าลงอีกด้วย โดยทั่วไปควรกำหนดค่าระยะสัมพันธ์กับความยาวของเคเบิลที่จะทำการวัด

-ค่าเฉลี่ย (Averaging) ค่าเฉลี่ยของการวัดเป็นตัวเลขที่บอกถึงว่าในการตรวจวัดแต่ละครั้งจะทำการเฉลี่ยกับค่าที่ทำการตรวจสอบครั้งที่แล้ว การเลือกค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการวัดทำให้ค่าของการวัดดีขึ้นลดสัญญาณรบกวนลงได้

-สัมประสิทธิ์การกระเจิงกลับ (Backscatering Coefficient) ค่านี้ถูกกำหนดขึ้นจากกระบวนการผลิตเส้นใยแก้วนำแสง โดยปกติเครื่องจะกำหนดเป็น Normal ที่ความยาวคลื่นและช่วงกว้างของพัลส์ที่กำหนดให้ ซึ่งถูกใช้สำหรับคำนวณความเที่ยงตรงของการสะท้อน

-หน่วย (Unit) เครื่องสามารถเลือกได้ว่าจะวัดหน่วยของความยาวเป็น เมตร กิโลเมตร ฟุต กิโลฟุต และไมล์ เป็นต้น

-สเกล (Scale) การแสดงผลบนหน้าจอโอทีดีอาร์ มาตราส่วนในแนวแกน Y แสดงค่ากำลังของแสง หน่วยเดซิเบลต่อช่อง ซึ่งอาจเปลี่ยนให้มีค่ามากขึ้นหรือลดลงได้ เช่นสามารถกำหนดมาตราส่วน 10 เดซิเบลต่อช่อง มาตราส่วนในแนวแกน X ซึ่งแสดงระยะทาง ปกติมีหน่วยกิโลเมตร(ไมล์ หรือ ฟุต) ต่อช่องสามารถเปลี่ยนให้มีขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลงก็ได้เช่นกัน เช่นกำหนดมาตราส่วน 5 กิโลเมตรต่อช่อง เป็นต้น จากรูปที่ 2.21 แสดงมาตราส่วนในแนวแกน Y เป็น 10 dB/div และแนวแกน X เป็น 4,000 km/div



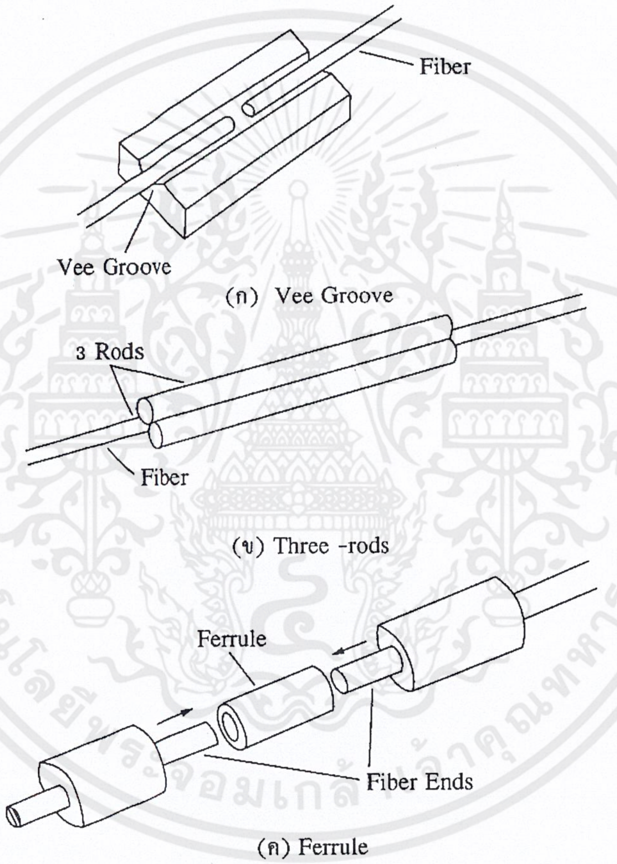
รูปที่ 2.21 แสดงการขยายมาตราส่วนบนหน้าจอโอทีดีอาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสง

การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงมีหลายวิธี ซึ่งจะเลือกวิธีใดก็แล้วแต่ความเหมาะสมกับงานต่างๆที่ต้องการที่ต้องการติดตั้งในระบบสื่อสาร ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.7.1 การเชื่อมต่อด้วยวิธีการเชื่อมต่อเชิงกล(Mechanical Splice) หลักการทั่วไปของการเชื่อมต่อเชิงกลคือการวางเส้นใยแก้วนำแสงให้อยู่ในแนวเดียวกัน โดยใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมและพยายามทำให้ปลายทั้งสองของใยแก้วนำแสงอยู่ชิดกันมากที่สุด ซึ่งการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆในการเชื่อมต่อนี้จะช่วยลดการสูญเสียแสงเนื่องจากการติดตั้งจากการเบี่ยงเบนในแนวต่างๆลง

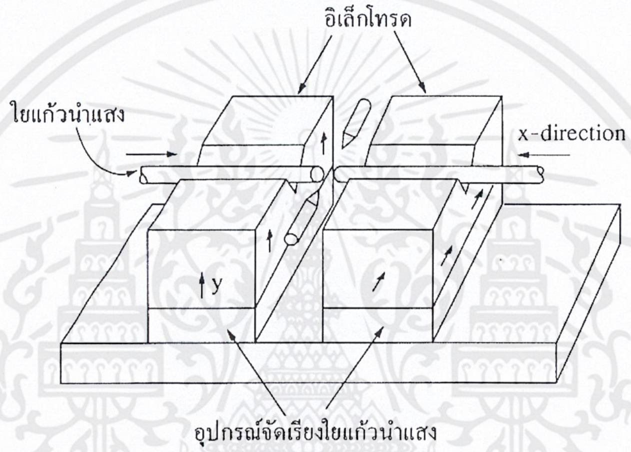


รูปที่ 2.22 แสดงการเชื่อมต่อใยแก้วนำแสงเชิงกลแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 การเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมรวม (Fusion Splice)

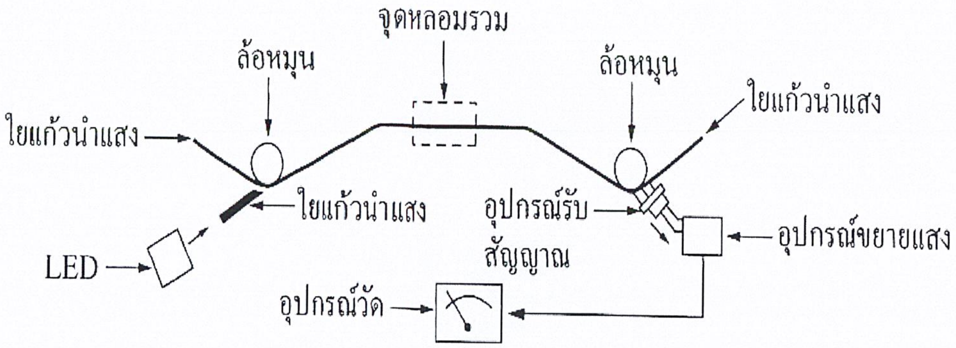
การเชื่อมต่อด้วยวิธีหลอมรวมเป็นวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงเส้นเข้าด้วยกันโดยการให้ความร้อนปลายเส้นใยแก้ว จากนั้นปลายของเส้นใยแก้วนำแสงจะถูกดันมาเชื่อมกัน การเชื่อมต่อลักษณะนี้เป็นการเชื่อมต่อแบบถาวร เส้นใยแก้วที่เชื่อมต่อกันแล้วจะดูเสมือนว่าเป็นเส้นเดียวกัน การสูญเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อแบบนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0102 dB ในขั้นตอนของการเชื่อมต่อนั้นความร้อนที่ทำให้ปลายเส้นใยแก้วนำแสงอ่อนตัวมาจากประกายไฟที่เกิดจากการอาร์กระหว่างขั้วอิเล็โทรด ในการหลอมรวม ดังรูปที่2.23



รูปที่ 2.23 แสดงการเชื่อมต่อแบบหลอมรวม

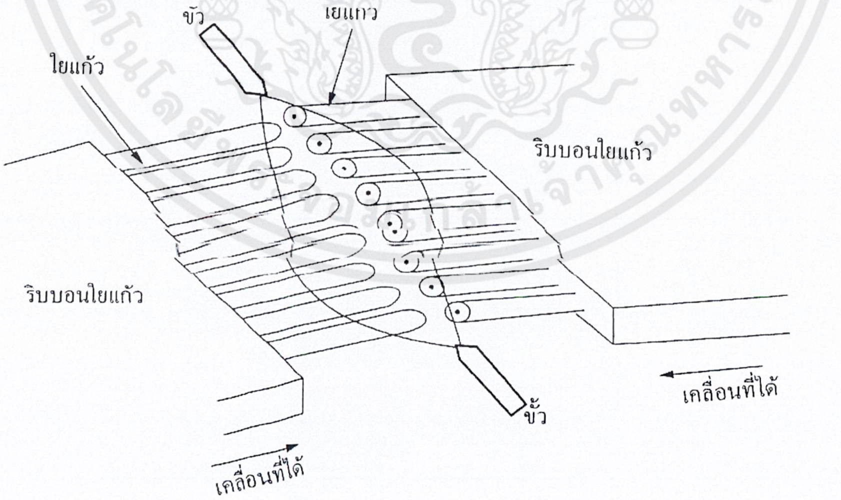
สำหรับการเชื่อมต่อแบบหลอมรวมแบบเดิมนั้นการปรับตำแหน่งการวางตัวของเส้นใยแก้วนำแสง 2 เส้น อาศัยวิธีการปรับฐานรองด้วยการสังเกตผ่านกล้องขยาย แต่ในปัจจุบันมีการใช้วิธีการทางแสงมาช่วยในการจัดวางดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างอัตโนมัติ วิธีการนี้มีชื่อว่า แอลไอดี (Light Injection Detection) แสดงดังรูปที่2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่2.24แสดงการหลอมรวมแบบแอลไอดี

โดยอาศัยหลักการตรวจวัดปริมาณแสงที่ได้จากเส้นใยแก้วนำแสงเส้นที่ 2 ซึ่งส่งผ่านมาจากเส้นใยแก้วเส้นที่ 1 ถ้าพบว่าการวางตัวของเส้นใยแก้วทั้งสองอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ปริมาณแสงที่ตรวจวัดได้จะมีค่ามากที่สุดพร้อมที่จะทำการหลอมรวม แสงที่ใช้ในการตรวจสอบมาจากการส่งผ่านแสงของแอลอีดี เข้าไปในบริเวณที่เส้นใยแก้วนำแสงถูกทำให้โค้ง โดยท่อทรงกระบอกซึ่งมีรัศมีเล็กประมาณ 2-3 มิลลิเมตร และการตรวจวัดแสงก็อาศัยอุปกรณ์รับแสง ซึ่งวางชิดบริเวณที่ถูกทำให้โค้งของเส้นใยแก้วนำแสง วิธีการฉายแสงและตรวจวัดแสงดังกล่าว อาศัยคุณสมบัติของใยแก้วนำแสงเกี่ยวกับการโค้งงอของเส้นใยแก้วนำแสงที่ทำให้เกิดการสูญเสียแสงขึ้น



รูปที่2.25 แสดงการหลอมรวมในกรณีที่ต้องการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงหลาย ๆ เส้นพร้อมกัน (Ribbon Fiber) ซึ่งทำให้สามารถทำงานได้รวดเร็วขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.3 การเชื่อมต่อด้วยหัวเชื่อมต่อ (Connector)

การเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงแบบใช้หัวเชื่อมต่อซึ่งอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้ในการถอดเปลี่ยนได้ตามความจำเป็น ในปัจจุบันมีการผลิตหัวเชื่อมต่อสำหรับใยแก้วนำแสงแออกมาหลายรูปแบบ ซึ่งการเลือกใช้แบบใดก็ขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งานเป็นหลัก โดยทั่วไปแล้วหัวเชื่อมต่อได้ถูกออกแบบมาเพื่อช่วยทำให้ปลายเส้นใยแก้วนำแสงสองเส้นอยู่ใกล้กันมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ นอกจากนี้หัวเชื่อมต่อยังต้องมีคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น แข็งแรง ทนทาน เมื่อใช้งานทำให้เกิดการสูญเสียของแสงต่ำและมีราคาถูก เป็นต้น

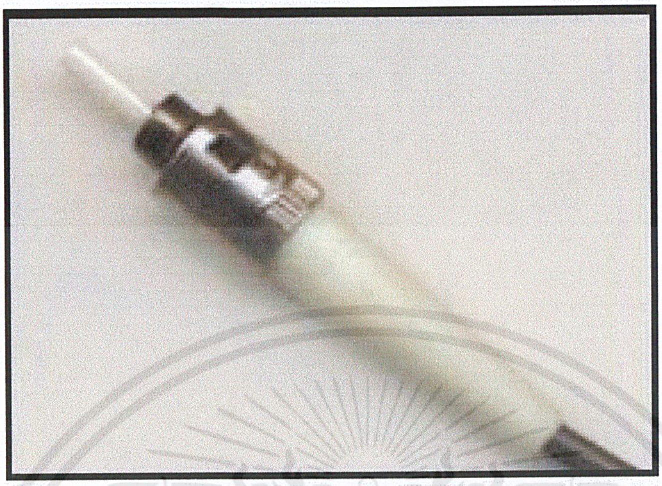
1 . หัวต่อเอฟซี (FC) หัวต่อ FC ได้รับการออกแบบและผลิตออกมาครั้งแรกโดยบริษัท เอ็น ที ที ของญี่ปุ่น ดังรูปที่2.26

รูปที่2.26 แสดงหัวต่อเอฟซี (FC)

ซึ่งนอกจากจะได้รับความนิยมใช้ในญี่ปุ่นแล้วยังมีการใช้หัวต่อชนิดนี้อย่างมากในยุโรปและสหรัฐอเมริกา ส่วนมากหัวต่อชนิดนี้จะนำไปใช้งานด้านเครือข่ายโทรศัพท์ เนื่องจากหัวต่อชนิดนี้อาศัยการขันเกลียวเพื่อยึดติดกับหัวปรับ ข้อดีของหัวต่อชนิดนี้คือทำให้การเชื่อมต่อแน่นหนาแต่ข้อเสียก็คือการเชื่อมต่อเสียเวลามาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 .หัวต่อเอสที (ST) หัวต่อนี้ได้รับการออกแบบโดยบริษัท เอ ที แอนด์ ที นิยมใช้กับการเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนำแสงภายในตึกหรือสำนักงาน ซึ่งเป็นเครือข่ายท้องถิ่น เหมาะกับงานที่ต้องการถอดเปลี่ยนหัวต่ออย่างรวดเร็ว โดยไม่สนใจความหนาแน่นของหัวต่อ ดังรูปที่2.27



รูปที่2.27 แสดงหัวต่อเอสที(ST)

3. หัวต่อเอสซี (SC) ได้รับการออกแบบครั้งแรกโดยบริษัทเอ็นทีที (NTT)แห่งญี่ปุ่น หัวต่อชนิดนี้ใช้ง่ายเพียงแค่ดันหัวต่อเข้าไปก็ใช้งานได้แล้ว หัวต่อชนิดนี้ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้แทนหัวต่อเอฟซี(FC)ในงานด้านสื่อสารและหัวต่อเอสที (ST) ในงานเครือข่ายคอมพิวเตอร์อีกด้วยดังรูปที่2.28

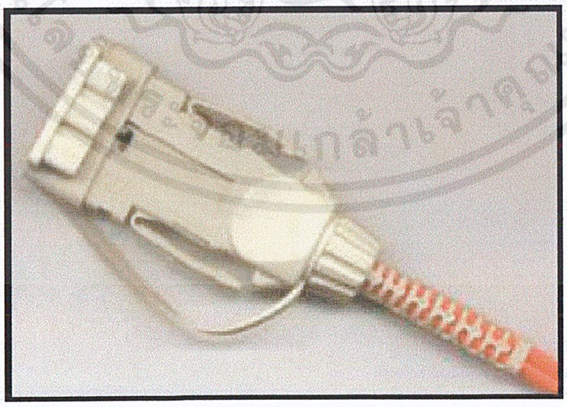
รูปที่2.28 แสดงหัวต่อเอสซี (SC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Series	Dimension (mm)	Features	Insertion Loss		Loss Repeat Ability
			MM	SM	
SC	57(L)x 7(H)x6 (W)	Push-pull Anti-corrosive High Reliability	<0.4 dB	<0.4 dB	1,000 Times
FC	42(L)x ϕ 15	Screw High Reliability Maintaining Stability	<0.4 dB	<0.5 dB	1,000 Times
ST	45(L)x ϕ 8	Bayonet Quick Interconnect High Reliability	<0.6 dB	<0.7 dB	1,000 Times

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะหัวต่อ เอสซี,เอสที และ เอฟซี

4. หัวต่อเอฟดีดีไอ (FDDI) ได้รับการออกแบบโดยสถาบันมาตรฐานอเมริกา (American National Standard Institute ANSI) สำหรับใช้ในเครือข่าย FDDI (Fiber Optic Distributed Data Interfacing) แสดงดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 แสดงหัวต่อเอฟดีดีไอ (FDDI)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. หัวต่อเอสเอ็มเอ (SMA) เป็นหัวต่ออีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างมาก โดยเฉพาะในงานของนาโต (NATO) และกิจการทหารของประเทศสหรัฐอเมริกา หัวต่อ SMA นี้ได้รับการออกแบบโดยบริษัทแอมฟีนอล คอร์เปอเรชัน (Amphenol Corporation) แสดงดังรูปที่ 2.30

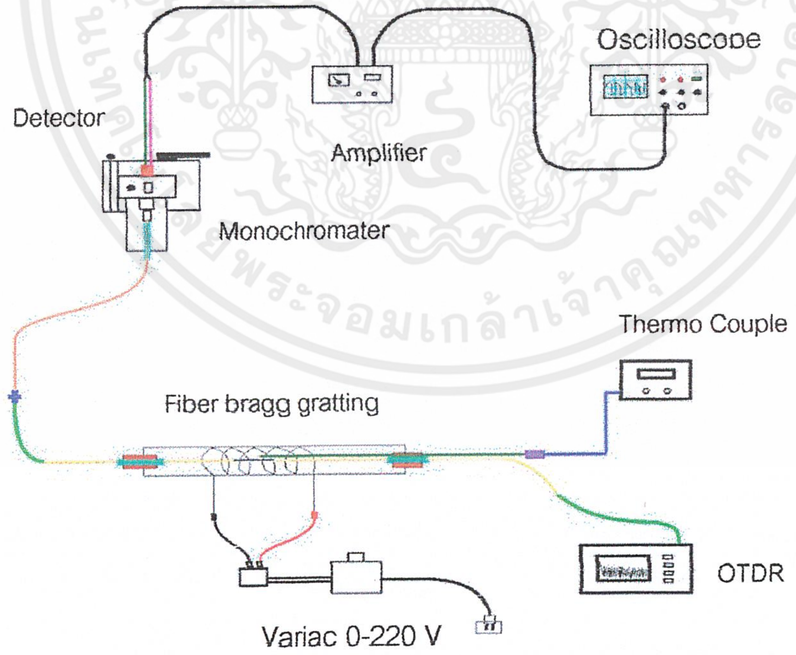
รูปที่ 2.30 แสดงหัวต่อเอสเอ็มเอ (SMA)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 การจัดการทดลอง

เกรตติงใยแก้วนำแสงนั้นสามารถนำไปใช้ประยุกต์ในการทำเป็นเซ็นเซอร์ เช่น เซนเซอร์อุณหภูมิ ความดัน แรง ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้หลักการในการวัดความยาวคลื่นที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อเกรตติงใยแก้วนำแสงได้รับความร้อน ความดัน หรือแรง ที่ทำให้ระยะความห่างของริ้วดัชนีหักเหในเกรตติงใยแก้วนำแสงหรือพิทช์(Pitch Λ) มีการเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้ความยาวคลื่นที่สะท้อนและทะลุผ่านออกมามีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งหากเรานำเกรตติงใยแก้วนำแสงมาประยุกต์ใช้ในการเปลี่ยนความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง โดยในโครงงานพิเศษนี้คณะผู้ค้นคว้าเลือกใช้การให้ความร้อนแก่เกรตติงใยแก้วนำแสงเพื่อเปลี่ยนความยาวคลื่นแสง โดยเลือกใช้สัญญาณที่ทะลุผ่านออกมาจากเกรตติงใยแก้วนำแสง ซึ่งจะเกิดการสูญเสีย(Loss)ของสัญญาณน้อยกว่าเลือกใช้สัญญาณสะท้อนเนื่องจากไม่ต้องต่อคัปเปลอร์(coupler)และการสะท้อนของความยาวคลื่นแบรกก็มีการสะท้อนไม่ถึง100% จึงทำให้สัญญาณที่สะท้อนออกมามีการสูญเสียสูงกว่าสัญญาณที่ทะลุผ่านออกมา ทางผู้ค้นคว้าจึงเลือกใช้สัญญาณที่ทะลุผ่านออกมา โดยจัดระบบการทดลองดังรูปที่ 3.1มีส่วนประกอบต่างๆคือ

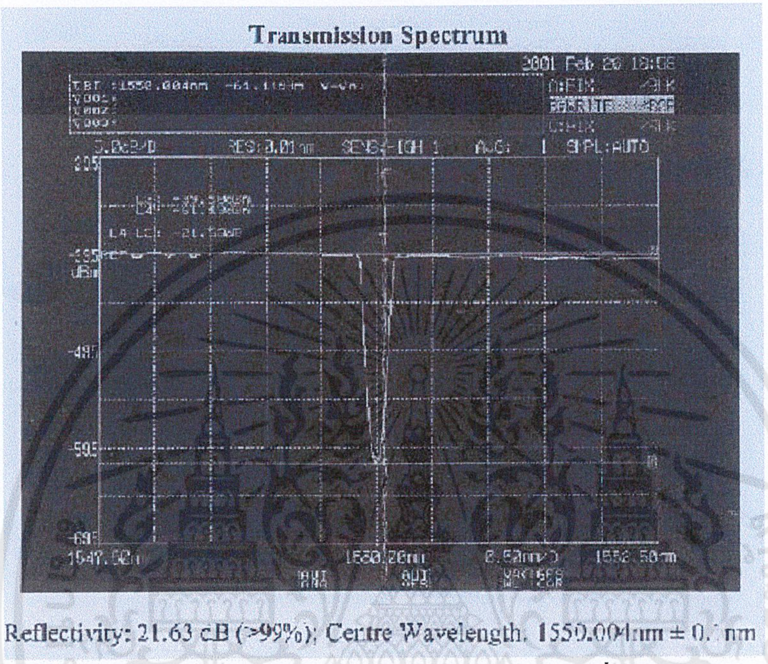


รูปที่ 3.1 ระบบชุดการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 เกรตติงใยแก้วนำแสง

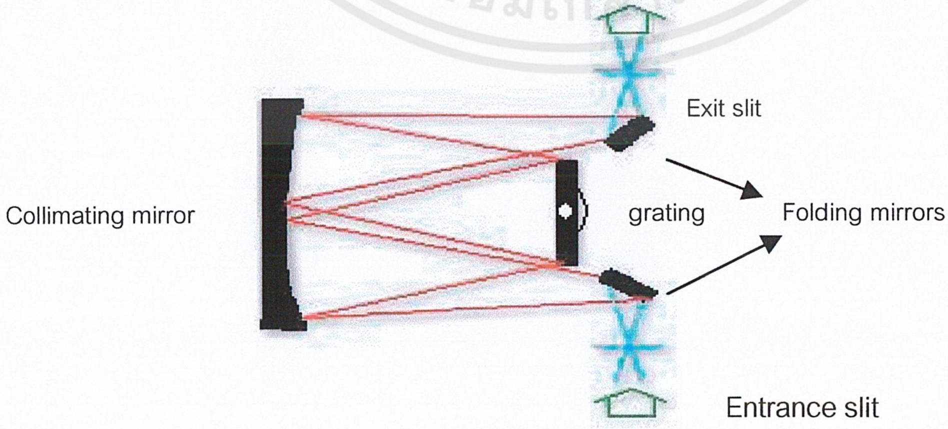
เกรตติงใยแก้วนำแสงที่ใช้มีค่าความยาวคลื่นกลาง(Centre Wavelength)ที่ 1550.004 นาโนเมตร ± 0.1นาโนเมตร ค่าการสะท้อน 21.63 dB โดยรูปที่ 3.2 แสดงการทะลุผ่านของสัญญาณจากเกรตติงใยแก้วนำแสงที่ใช้



รูปที่ 3.2 แสดงสเปกตรัมการทะลุผ่านของความยาวคลื่นต่างๆ

3.1.2 โมโนโครเมเตอร์(monochromator)

ทำหน้าที่แยกแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ โดยไดอะแกรมของโมโนโครเมเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.3



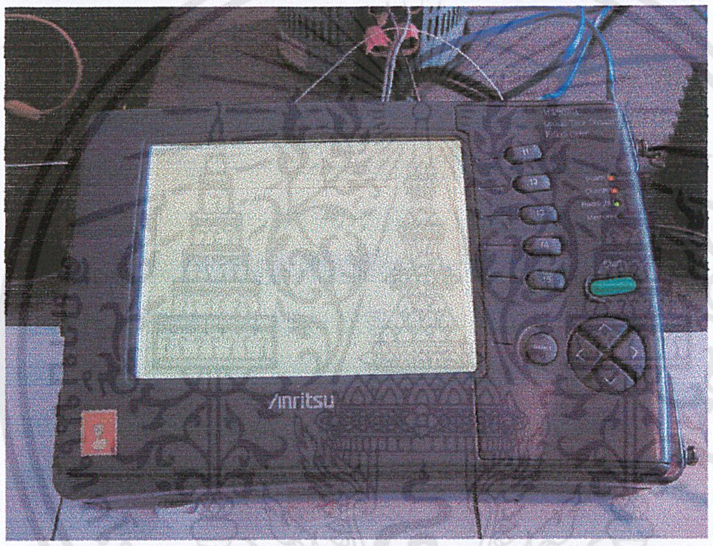
รูปที่ 3.3 ไดอะแกรมโมโนโครเมเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการของโมโนโครเมเตอร์คือเมื่อแสงเข้ามาทางสลิต(entrance slit)จะสะท้อนผ่านกระจก (folding mirror)ไปตกกระทบที่กระจกคอลลิเมติง(collimating mirror)และสะท้อนไปยังแกรตติง จะให้แสงที่ความยาวคลื่นต่างตามการตกกระทบบนเกรตติง ซึ่งสามารถปรับเลือกความยาวคลื่นที่ออกจากโมโนโครเมเตอร์ได้ แสงจากเกรตติงจะสะท้อนกลับไปยังกระจกคอลลิเมติงสะท้อนออกไปยังสลิต(exit slit) โมโนโครเมเตอร์ที่ใช้ในการทดลองเป็นของบริษัทเอดมุนด์ อินดัสเทรียล ออปติก(Edmund Industrial Optics™) รุ่น ดีเอมซี1-05 (DMC1-05)

3.1.3 แหล่งกำเนิดคลื่น

ใช้สัญญาณจากเครื่องออปติคอลไทม์โดเมนรีแฟลกโตมิเตอร์(Optical Time Domain Reflectometer)หรือโอทีดีอาร์(OTDR) ของบริษัทแอนริสุ คอร์เปอร์เรชั่น(Anritsu Corp.) รุ่นเอ็มดับบริว9070เอ(MW 9070A)ให้ความยาวคลื่นกลางที่ 1336 นาโนเมตร



รูปที่ 3.4 แสดงการส่งคลื่นแสงจากเครื่องโอทีดีอาร์

3.1.4 ตัวตรวจจับสัญญาณ(detector)

ทำหน้าที่วัดความเข้มแสงที่ความถี่ต่างๆจากการปรับจากโมโนโครเมเตอร์ โดยตัวตรวจจับสัญญาณที่นิยมใช้มีทั้งชนิดที่ทำจากซิลิกอน(Si)และเจอร์มาเนียม(Ge) ซึ่งมีช่วงใช้งานต่างกันคือ

- Si-detector ตรวจจับได้ที่ความยาวคลื่น 350 – 1100 นาโนเมตร
- Ge-detector ตรวจจับได้ที่ความยาวคลื่น 600 – 1720 นาโนเมตร

เนื่องจากในโครงงานพิเศษนี้ใช้แหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความยาวคลื่นกลาง 1336 นาโนเมตร จึงใช้ตัวตรวจจับที่ทำจากเจอร์มาเนียม ชนิดพิน(PIN)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.5 ตัวจับยึดเส้นใยแก้วนำแสง(fiber shuck)

ใช้จับยึดเส้นเกรตติงใยแก้วนำแสงที่ปลายหลอดแก้วทั้ง 2 ด้านและจับยึดเส้นใยแก้วนำแสงหน้าเลนส์สำหรับทำให้แสงออกมาเป็นลำแสงขนาน

3.1.5 แท่นเลื่อน(translation stage)

ใช้จับยึดและปรับตำแหน่งของโมโนโครเมเตอร์ ที่รับแสงที่ออกจากเลนส์ที่ทำให้แสงออกมาเป็นแสงขนาน เพื่อให้โมโนโครเมเตอร์สามารถรับแสงได้ในตำแหน่งที่เหมาะสม

3.1.6 เทอร์โมคัปเปิล(Thermo couple)

ใช้ในการวัดอุณหภูมิภายในหลอดแก้วที่บรรจุเกรตติงใยแก้วนำแสง

3.1.7 ตัวปรับแรงดันไฟฟ้า(Variac)

ใช้ปรับแรงดันที่ให้กับขดลวดความร้อน ซึ่งใช้ลวดนิโครม ขนาด 600 วัตต์ ปรับแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับได้ในช่วง0 – 220 โวลต์

3.1.8 ออสซิลโลสโคป(oscilloscope)

ใช้วัดแอมปลิจูดของความเข้มแสง โดยวัดแอมปลิจูดแบบยอดคลื่นถึงยอดคลื่น(Peak-Peak)

3.1.9 ส่วนขยายสัญญาณ(Amplifier)

ใช้ในการขยายสัญญาณที่ได้รับจากตัวตรวจจับสัญญาณ(detector)โดยใช้สัญญาณที่ต่อจากเครื่อง บรอดแบนด์ เพาเวอร์/เอนเนอร์จี มิเตอร์(Broadband Power/Energy Meter) ซึ่งให้สัญญาณออกมาในรูปแรงดัน

3.1.10 เลนส์ขยายลำแสง

ใช้ในการขยายลำแสงจากสัญญาณที่ทะลุผ่านจากเกรตติงใยแก้วนำแสงก่อนเข้าสู่โมโนโครเมเตอร์และทำให้แสงออกเป็นแสงขนาน

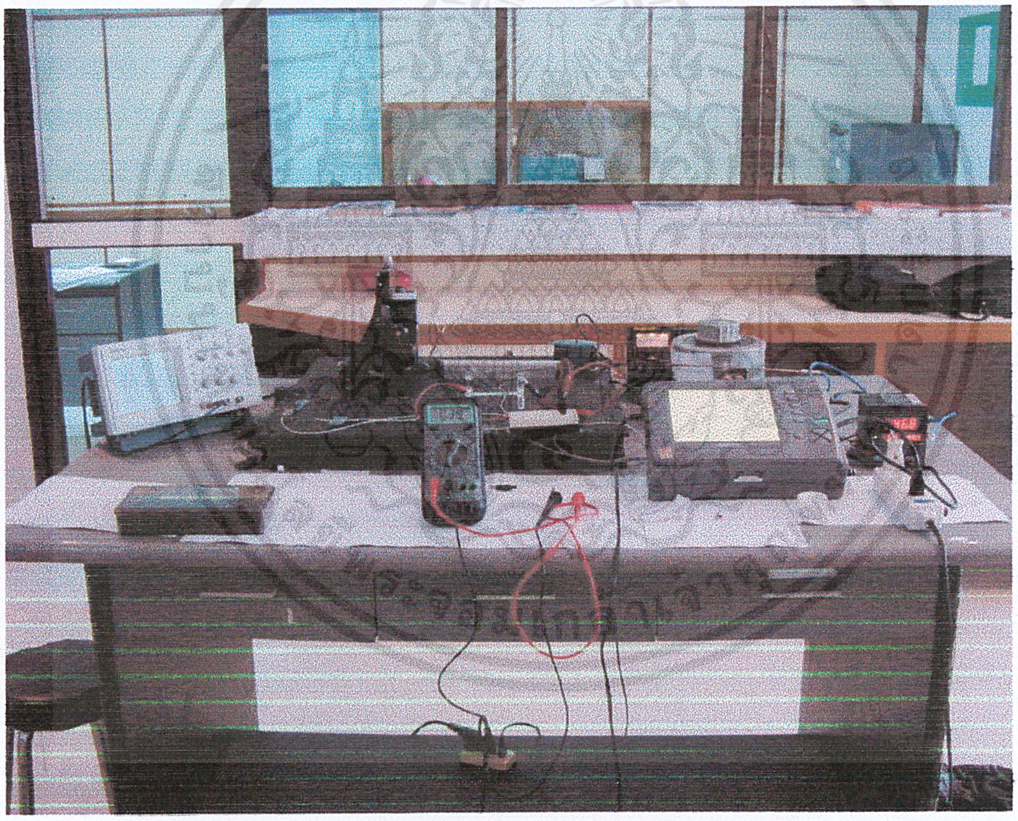
3.1.11 หลอดแก้วทนความร้อน

ใช้ในการบรรจุเกรตติงใยแก้วนำแสงเพื่อให้ความร้อน โดยใช้แก้วกลวงชนิดโบโรซิลิเกต ขนาด 3.2 เซนติเมตร ปลายเปิดทั้งสองด้านและใช้แก้วกลวงขนาด1.7 เซนติเมตรเพื่อให้คอนเนคเตอร์ของเกรตติงใยแก้วนำแสงสามารถร้อยผ่านได้และยึดเส้นเกรตติงใยแก้วนำแสงด้วยตัวจับยึดเส้นใยแก้วนำแสง (fiber shuck) ช่องว่างระหว่างแก้วใช้ยางทนความร้อนในการยึดหลอดแก้วทั้ง 2 ขนาดและตัวจับยึดเส้นไฟเบอร์(fiber shuck) โดยด้านหนึ่งเจาะรูไว้สำหรับสอดหัววัดอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิลด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

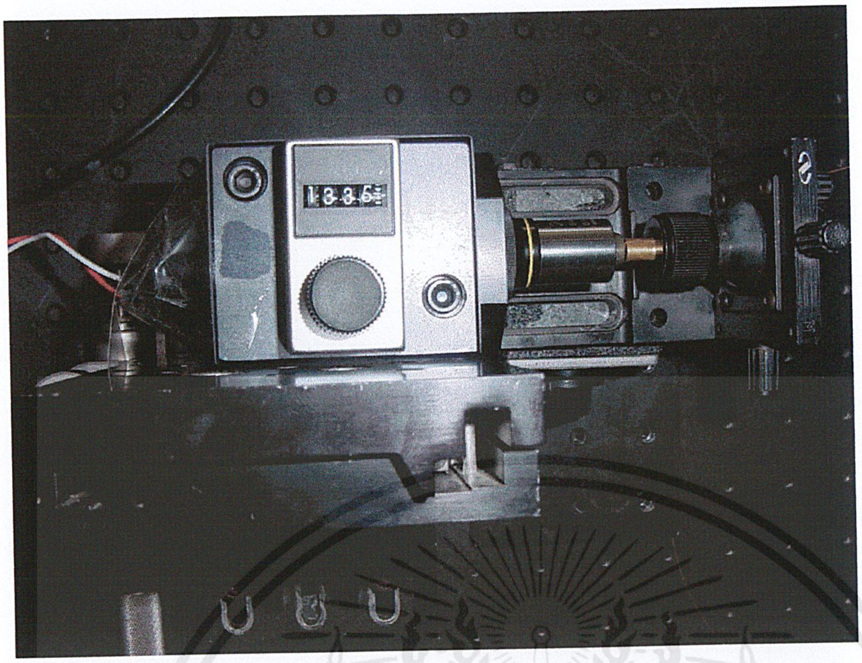
หลักการทำงานของระบบ

ให้แสงจากเครื่อง OTDR ผ่านเข้าไปในเส้นเกรตติงใยแก้วนำแสง ซึ่งใส่ไว้ในหลอดแก้วทนความร้อน ซึ่งภายในมีขดลวดนิโครมสำหรับให้ความร้อนอยู่ภายใน โดยความร้อนปรับได้จากการปรับจากตัวปรับแรงดันไฟฟ้า และวัดอุณหภูมิจากเทอร์โมคัปเปิล เมื่อสัญญาณแสงผ่านออกไปอีกด้านของเกรตติงใยแก้วนำแสงต่อสัญญาณที่ออกจากแบรกเกรตติงเข้ายังเส้นใยแก้วนำแสงอีกเส้นซึ่งมีหัวคอนเนคเตอร์เพียงด้านเดียว อีกด้านหนึ่งตัดปลายให้เรียบจับยึด โดยตัวจับยึดใยแก้วนำแสงห้แสงที่ออกมาเข้าสู่เลนส์ขยายลำแสงและทำให้แสงออกเป็นแสงขนานผ่านเข้าไปยังโมโนโครเมเตอร์เพื่อปรับเลือกความยาวคลื่นที่ต้องการให้ทะลุผ่านและวัดความเข้มแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ โดยตัวตรวจจับสัญญาณ(detector) สัญญาณจะถูกขยายและส่งต่อมายังเครื่องออสซิลโลสโคปเพื่อวัดแอมปลิจูดของความเข้มแสง

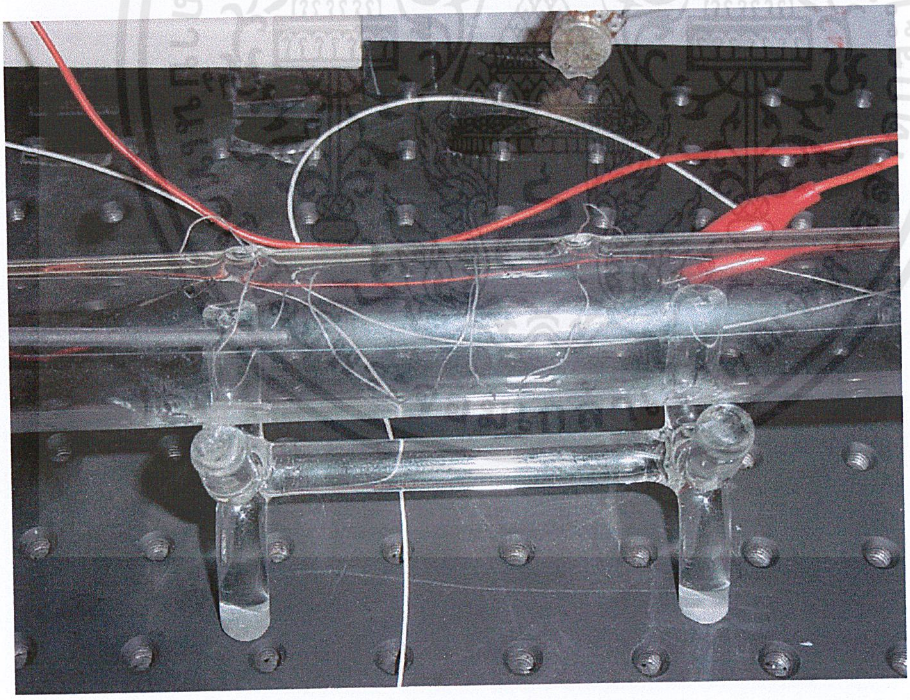


รูปที่ 3.5 แสดงการจัดระบบการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

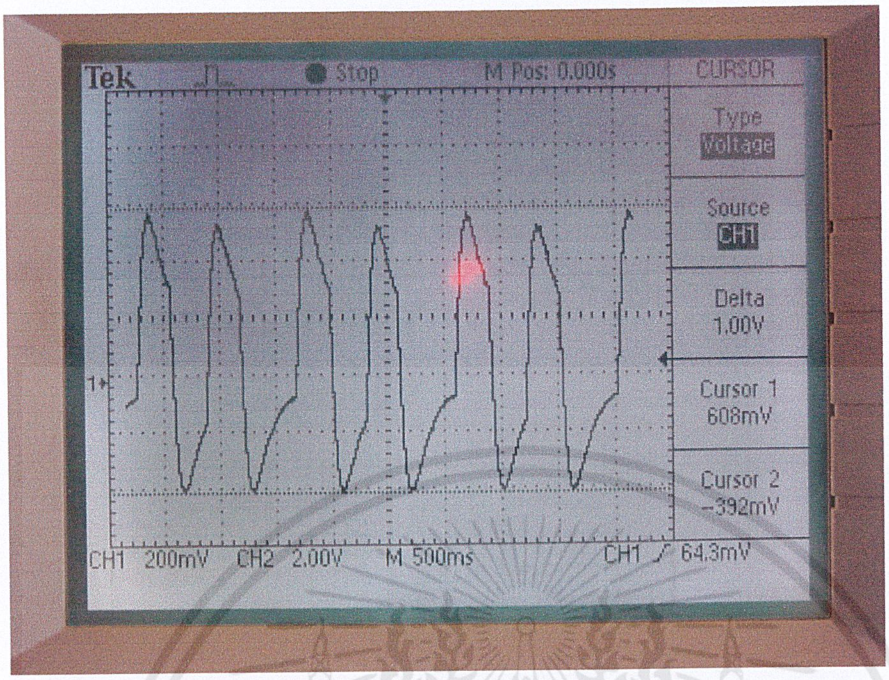


รูปที่ 3.6 แสดงการต่อใยแก้วนำแสง ที่จับยึด โดยตัวจับยึดใยแก้วนำแสง เลนส์ โมโนโครเมเตอร์ ดีเทคเตอร์

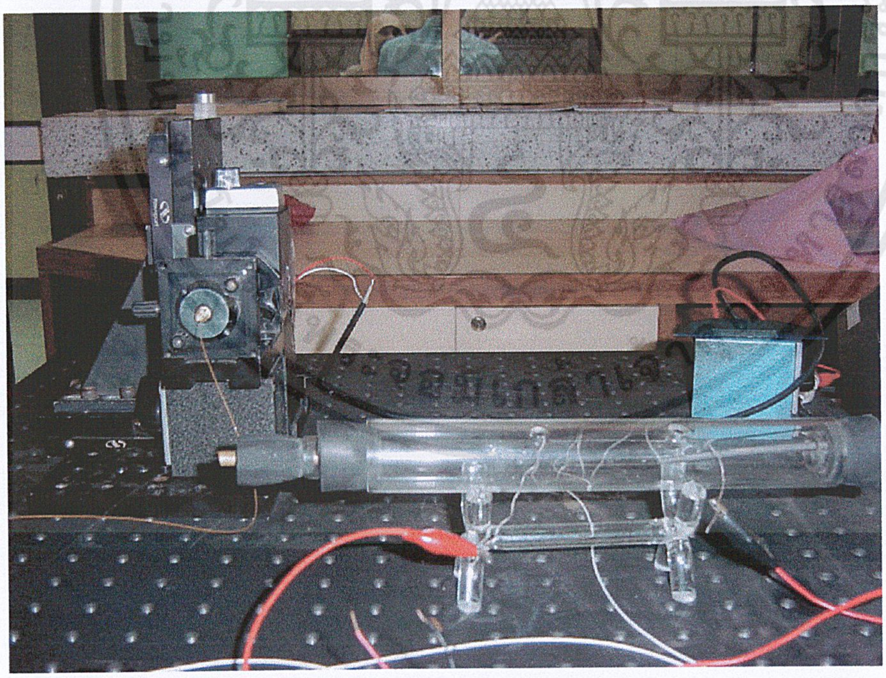


รูปที่ 3.7 แสดงการร้อยเกรตติงใยแก้วนำแสงผ่านหลอดแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากออสซิลโลสโคป



รูปที่ 3.9 แสดงการจับยึดเส้นใยแก้วนำแสงโดยใช้ตัวจับยึดใยแก้วนำแสงที่ปลายหอดแก้วและที่ชุดติดตั้งเลนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วิธีการทดลอง

- 1.จัดระบบการทดลองดังรูปที่ 3.1 โดยยังไม่ต้องเสียบปลั๊กของตัวปรับแรงดันไฟฟ้า (Variac)และปรับเริ่มต้นไว้ที่ 0 โวลต์ ปรับโมโนโครเมเตอร์เริ่มต้นไว้ที่ 1330 นาโนเมตร
- 2.เปิดเครื่องโอทีดีอาร์ กดปุ่ม start เปิดเครื่องบรอดแบนด์ เพาเวอร์/เอนเนอร์จี มิเตอร์ (Broadband Power/Energy Meter) และออสซิลโลสโคป ปรับตำแหน่งของโมโนโครเมเตอร์จากแท่นเลื่อน(translation stage) ให้สามารถอ่านค่าให้ได้แอมปลิจูดสูงสุด บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้นของการทดลองจากเทอร์โมคัปเปิล และปรับโมโนโครเมเตอร์ลงไปที่ 1270 นาโนเมตร
- 3.บันทึกค่าแอมปลิจูด ที่ความยาวคลื่นตั้งแต่ 1270 นาโนเมตรและปรับเพิ่มโมโนโครเมเตอร์ ที่ละ 1 นาโนเมตรบันทึกค่าสัญญาณจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งสัญญาณน้อยลงอีกครั้งจนอ่านค่าแอมปลิจูดไม่ได้ โดยใช้อัตราขยายจากเครื่องบรอดแบนด์ เพาเวอร์/เอนเนอร์จี มิเตอร์ (Broadband Power/Energy Meter) ค่าเดียวกันตลอดการทดลอง
- 4.เสียบปลั๊กตัวปรับแรงดันไฟฟ้า(Variac)อย่าเพิ่งปรับตัวปรับแรงดันไฟฟ้า(Variac) อุณหภูมิจะเริ่มเพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงดัน จากตัวปรับแรงดันไฟฟ้า(Variac)จะไม่อยู่ที่ 0 โวลต์พอดี รอจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่งค่อยๆปรับตัวปรับแรงดันไฟฟ้า (Variac) เพิ่มขึ้นช้าๆรอจนกว่าอุณหภูมิจะคงที่ จนได้อุณหภูมิคงที่ที่ 30,40 และ 50 องศาเซลเซียส บันทึกค่าแอมปลิจูดดังการทดลองข้อ 3.ทำการทดลองซ้ำ
- 5.นำค่าแอมปลิจูดกับความยาวคลื่นไปเขียนกราฟที่อุณหภูมิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

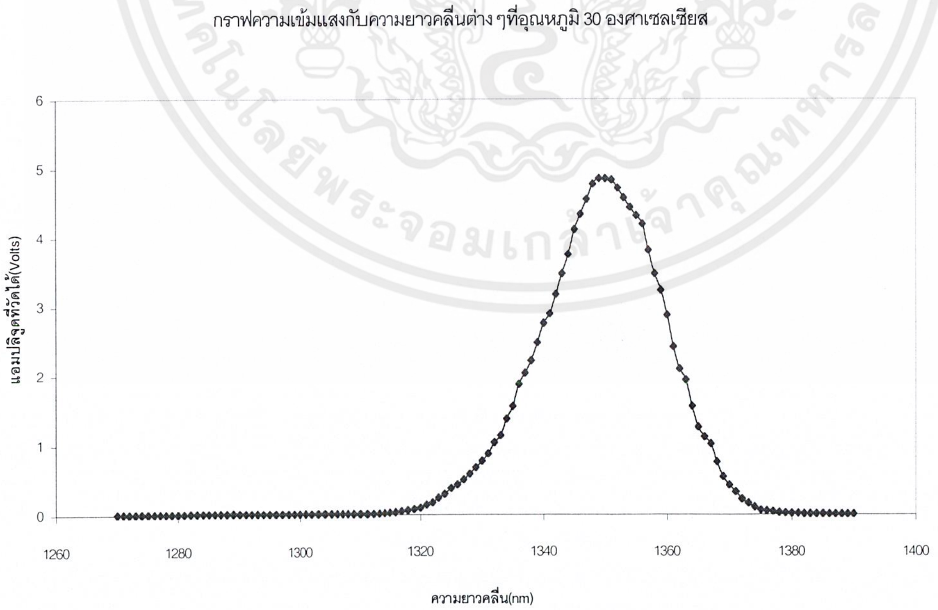
บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

4.1 ผลการวิจัย

เป็นผลจากการวัดแอมปลิจูดของความเข้มแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆของแต่ละอุณหภูมิเป็นดังผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาในรูปกราฟที่ 4.1 - 4.10 ซึ่งเป็นผลที่ได้จากการสลับเปลี่ยนการอ่านค่าของผู้วิจัยและทำการทดลองคนละวันกัน โดยค่าอุณหภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วงระหว่าง ± 0.2 องศาเซลเซียส

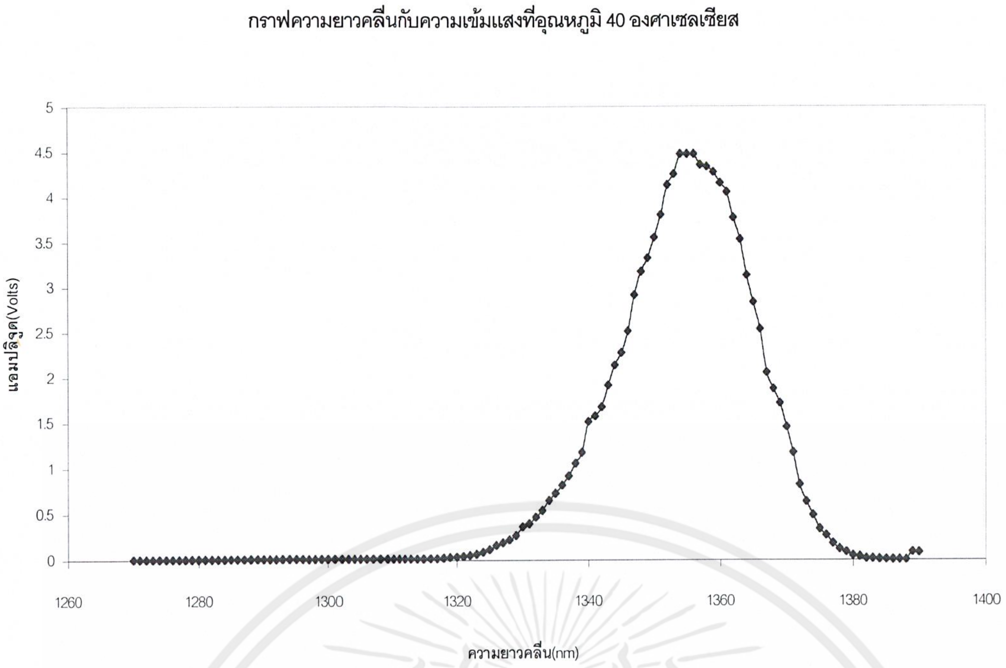
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปกราฟที่ 4.1 กราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1 ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1335 -1337 นาโนเมตร

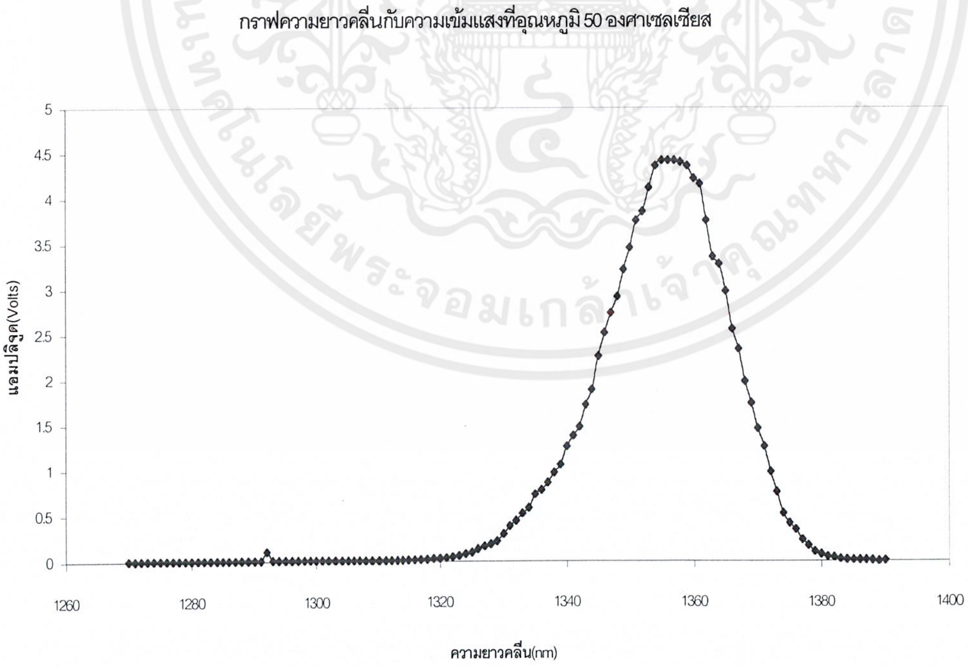


รูปกราฟที่ 4.2 กราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1 ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1350 -1352 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

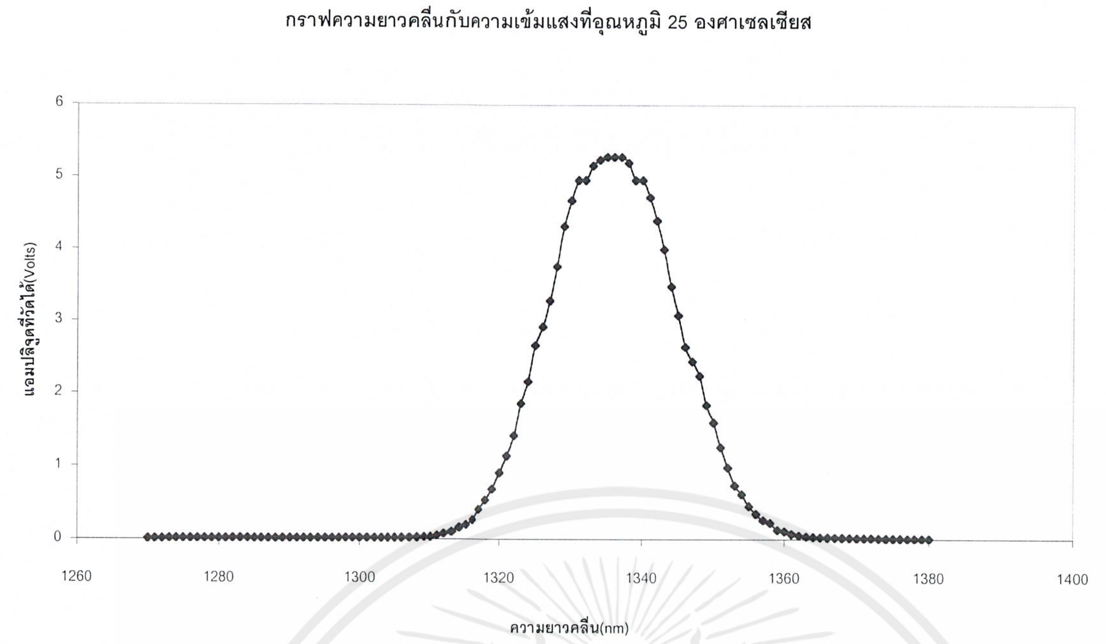


รูปกราฟที่ 4.3 กราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1
ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1354 -1356 นาโนเมตร

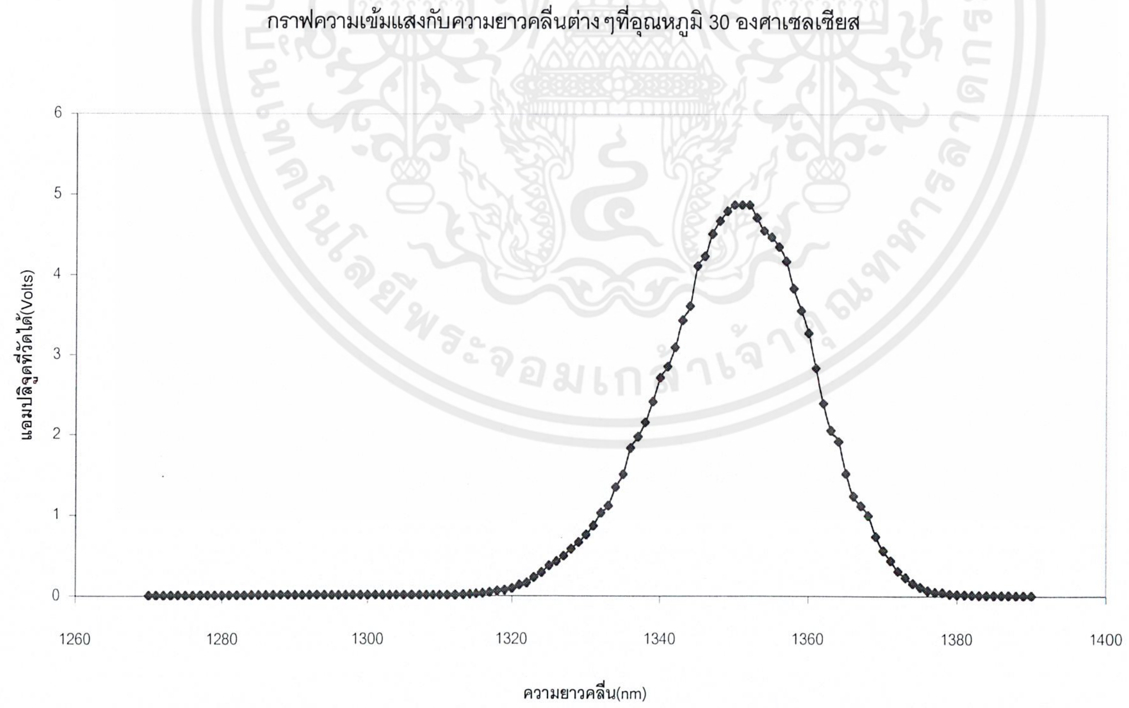


รูปกราฟที่ 4.4 กราฟความยาวคลื่นกับความเข้มแสงที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1
ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1356 -1358 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

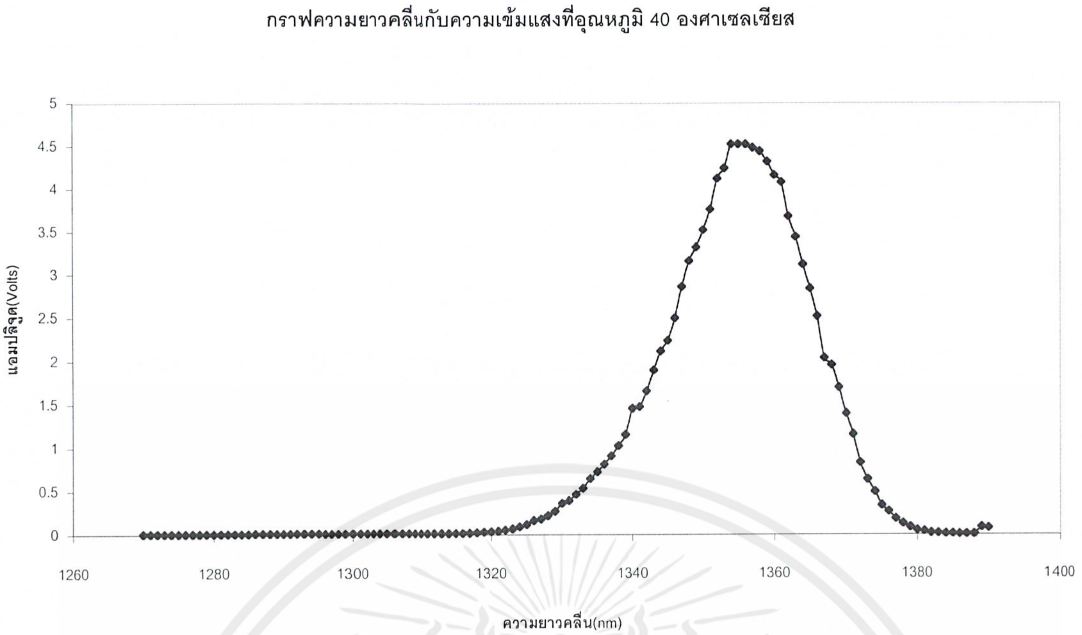


กราฟที่ 4.5 กราฟความเข้มแสงกับความยาวคลื่นต่างๆที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2 ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1334 -1336 นาโนเมตร

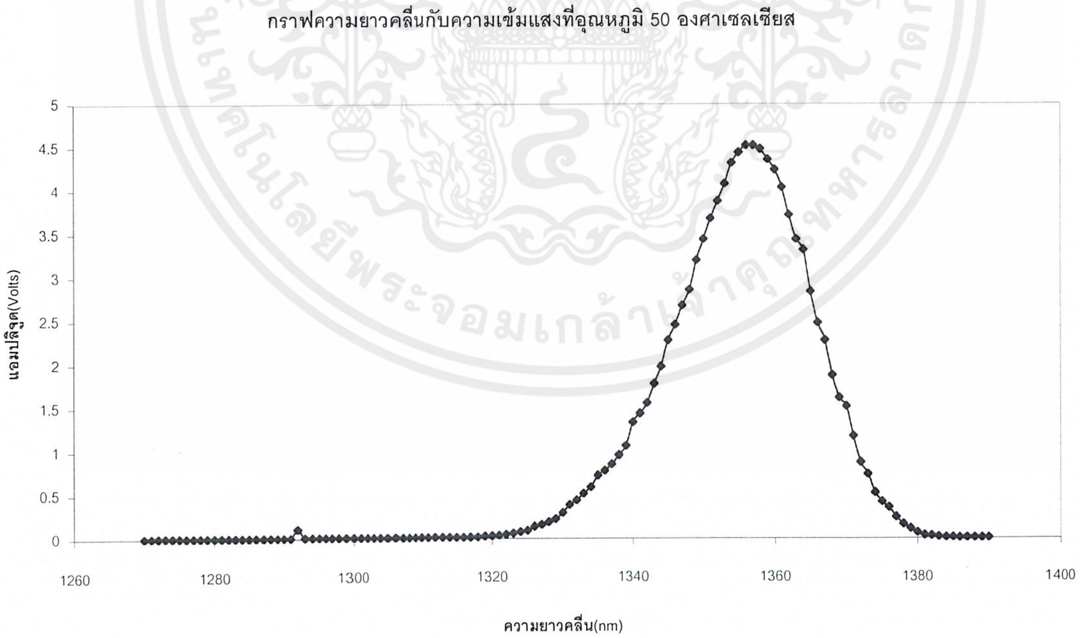


กราฟที่ 4.6 กราฟความเข้มแสงกับความยาวคลื่นต่างๆที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2 ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1349 -1351 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

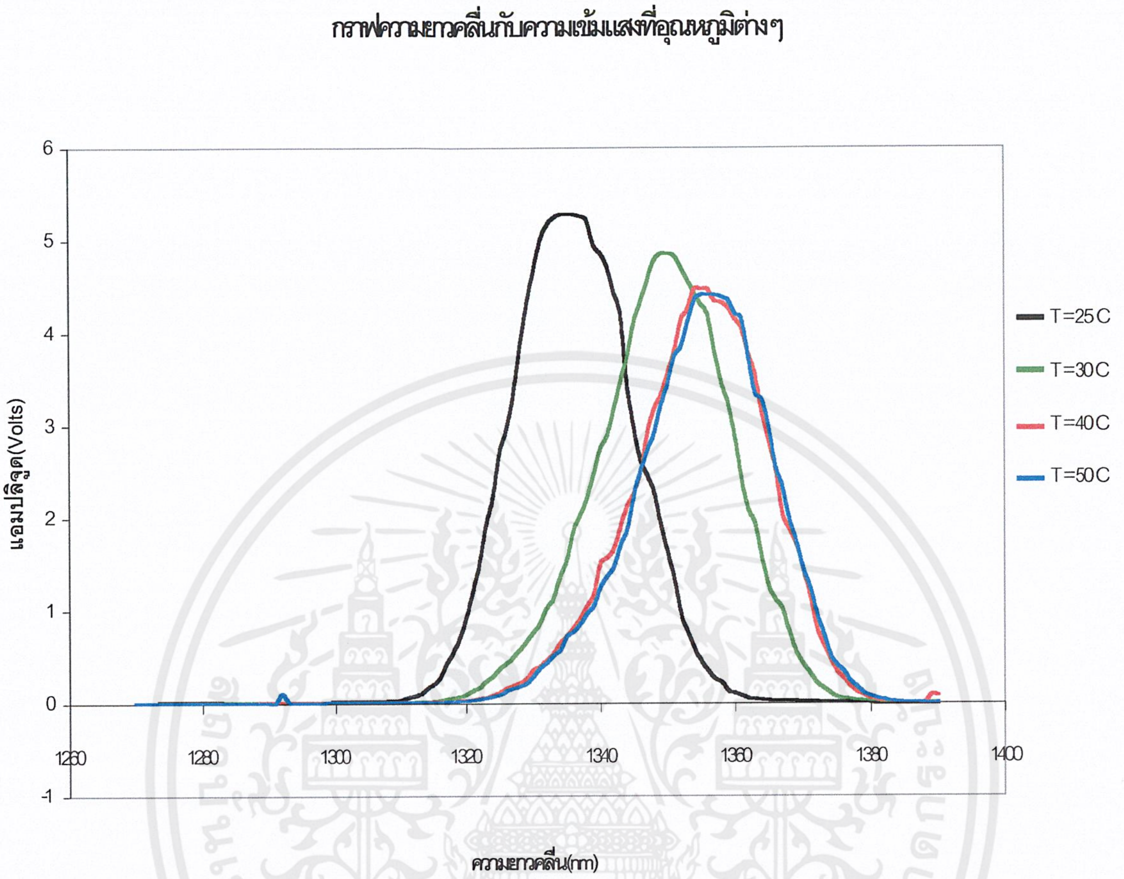


กราฟที่ 4.7 กราฟความเข้มแสงกับความยาวคลื่นต่างๆที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2 ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1354 -1356 นาโนเมตร



กราฟที่ 4.8 กราฟความเข้มแสงกับความยาวคลื่นต่างๆที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2 ค่าความยาวคลื่นกลางอยู่ที่ 1355 -1357 นาโนเมตร

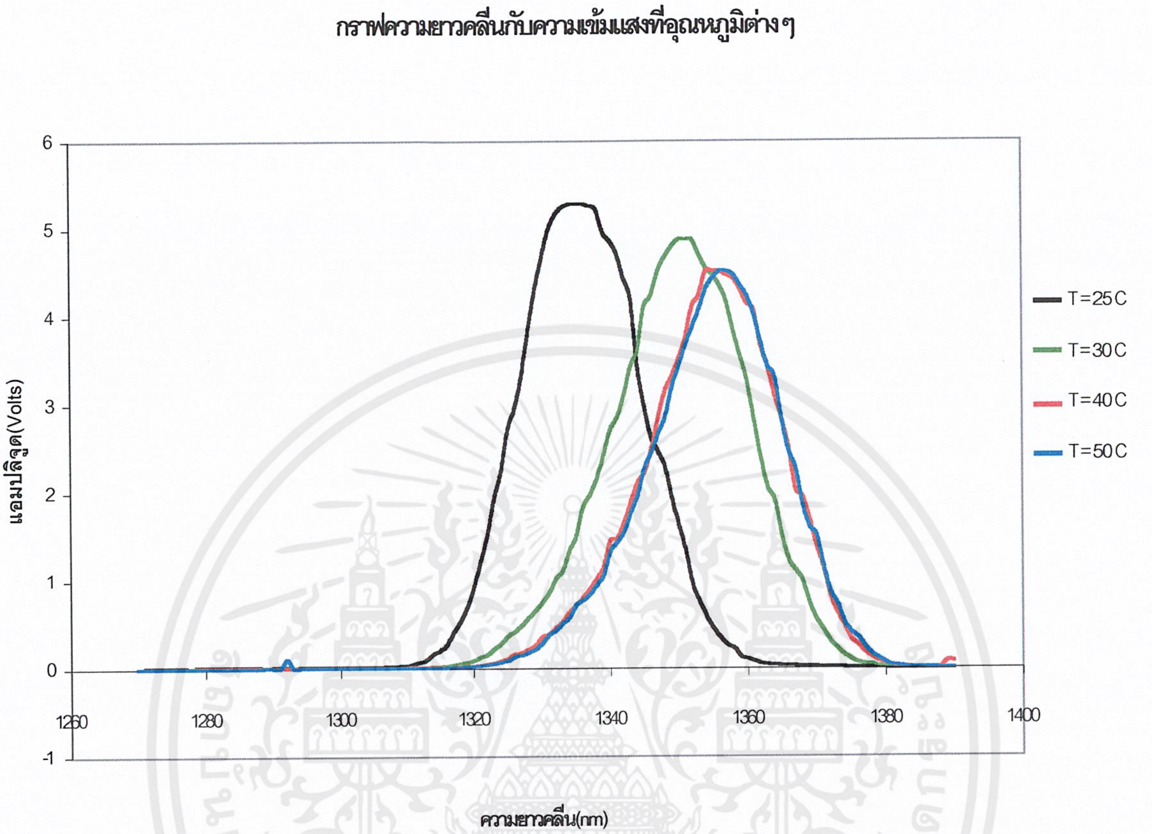
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.9 กราฟแสดงแอมปลิจูดของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ที่ 25,30,40 และ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่ 1

โดย กราฟเส้นสีดำเป็นผลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1336 นาโนเมตร
กราฟเส้นสีเขียวเป็นผลที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1351 นาโนเมตร
กราฟเส้นสีแดงเป็นผลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1355 นาโนเมตร
กราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นผลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1357 นาโนเมตร

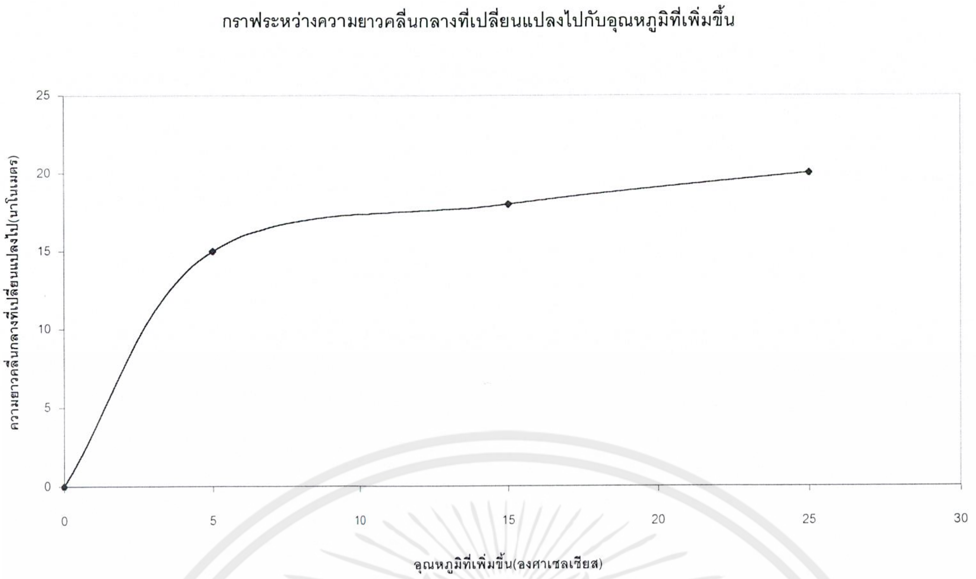
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 4.10 กราฟแสดงแอมปลิจูดของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ ที่ 25,30,40 และ 50 องศาเซลเซียสครั้งที่ 2

โดย กราฟเส้นสีดำเป็นผลที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1335 นาโนเมตร
กราฟเส้นสีเขียวเป็นผลที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1350 นาโนเมตร
กราฟเส้นสีแดงเป็นผลที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1355 นาโนเมตร
กราฟเส้นสีน้ำเงินเป็นผลที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส มีค่าความยาวคลื่นกลางที่ 1356 นาโนเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟระหว่างความยาวคลื่นกลางที่เปลี่ยนแปลงไปกับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

ความชันของกราฟคือค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ(sensitivity)ในช่วงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0-5 องศาเซลเซียสจะมีการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นกลางมาก มีค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ (sensitivity) เท่ากับ 3 นาโนเมตร/องศาเซลเซียส หลังจากนั้นในช่วงอุณหภูมิเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 5-25 องศาเซลเซียสจะมีค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ(sensitivity) เป็นแบบเชิงเส้นอย่างต่อเนื่อง เท่ากับ 0.25 นาโนเมตร/องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วิจารณ์

จากผลการทดลองและการวิเคราะห์จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นค่าความยาวคลื่นกลางที่ผ่านจากเกรตติงใยแก้วนำแสงจะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจากค่าผลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นทำให้ค่าของความยาวคลื่นแบรกนั้นมีเพิ่มขึ้นด้วยตามสมการ

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B(\alpha+\varsigma)\Delta T$$

และเมื่อความยาวคลื่นแบรกมีค่าเปลี่ยนแปลงทำให้ค่าความยาวคลื่นที่ทะลุผ่าน λ_T มีค่าเปลี่ยนแปลงด้วยตามความสัมพันธ์

$$\lambda_T = \lambda - \lambda_B$$

ซึ่งค่าความยาวคลื่นกลางเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในการเพิ่มอุณหภูมิต้นๆ จาก 25 เป็น 30 องศาเซลเซียส และเปลี่ยนแปลงน้อยลงในช่วงการเพิ่มอุณหภูมิหลังๆ เพิ่มอุณหภูมิเป็น 40และ50 องศาเซลเซียส ความยาวคลื่นกลางสามารถเปลี่ยนไปได้ 15-20นาโนเมตร จากการเพิ่มอุณหภูมิ 5-25 องศาเซลเซียส และค่าแนวโน้มแอมปลิจูดที่ความยาวคลื่นกลางมีค่าลดลงเมื่อความยาวคลื่นกลางเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้จากค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ(sensitivity)ในช่วงต้นที่เพิ่มอุณหภูมิจาก 25 เป็น 30 องศาเซลเซียสมีค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ(sensitivity)เท่ากับ 3 นาโนเมตร/องศาเซลเซียส และจะมีค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ(sensitivity)เป็นเชิงเส้นอย่างต่อเนื่องในช่วงการเพิ่มอุณหภูมิตั้งแต่ 30 เป็น 40 และ50 องศาเซลเซียสมีค่าการตอบสนองต่ออุณหภูมิ(sensitivity)เท่ากับ 0.25 นาโนเมตร/องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้ค่าความยาวคลื่นแบรก(λ_B)ของเกรตติงใยแก้วนำแสงมีค่าเพิ่มขึ้นตามสมการ

$$\Delta\lambda_B = \lambda_B(\alpha+\varsigma)\Delta T$$

ซึ่งมีผลทำให้ค่าความยาวคลื่นที่ทะลุผ่าน(λ_T) เปลี่ยนแปลงไปด้วยตามความสัมพันธ์

$$\lambda_T = \lambda - \lambda_B$$

อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 5-25 องศาเซลเซียสจากอุณหภูมิที่เกรตติงใยแก้วนำแสงทำงานปกติ(ประมาณ 25 องศาเซลเซียส)สามารถทำให้ความยาวคลื่นกลางที่ทะลุผ่านจากเกรตติงใยแก้วนำแสงเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิทำงานปกติ 15-20 นาโนเมตร ซึ่งยังคงให้ค่าแอมปลิจูดที่ความถี่กลางได้ใกล้เคียงกับอุณหภูมิปกติ และสามารถประยุกต์ใช้ในช่วงความยาวคลื่นที่กว้างกว่าการใช้สัญญาณที่สะท้อนจากเกรตติงใยแก้วนำแสง ซึ่งจะใช้งานได้ในช่วงความยาวคลื่นใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแบรกของเกรตติงใยแก้วนำแสง ทั้งยังมีจุดการเชื่อมต่อน้อยทำให้เกิดการสูญเสียของสัญญาณต่ำ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ในการทดลองไม่ควรปรับเปลี่ยนตำแหน่งของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเนื่องจากจะมีผลต่อผลการทดลองที่ได้
- ควรจัดสภาวะในการทดลองให้เหมือนเดิมทุกครั้ง เช่น ปิดม่าน ปิดไฟ เปิดเครื่องปรับอากาศที่อุณหภูมิเดียวกันทุกครั้ง
- ในการทดลองต้องระมัดระวังเป็นพิเศษเนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้แตกหักได้ง่ายและมีราคาสูง

5.3 แนวทางในการพัฒนา

ในการประยุกต์ใช้เกรตติงใยแก้วนำแสงในการเปลี่ยนความยาวคลื่นสามารถเลือกได้ทั้งสัญญาณที่ทะลุผ่านและสะท้อนกลับ ซึ่งหากใช้สัญญาณจากการทะลุผ่านและให้ความร้อนเช่นเดียวกับโครงงานพิเศษนี้หากเพิ่มอุณหภูมิมากขึ้นแนวโน้มที่แอมปลิจูดที่ความยาวคลื่นกลางจะมีค่าลดลงโดยการนำไปใช้งานต้องตรวจสอบแอมปลิจูดว่าสูงเพียงพอต่อการนำไปใช้งานหรือไม่และควรเลือกเกรตติงใยแก้วนำแสงที่ทำจากวัสดุที่มีการนำความร้อนได้ดีและทนความร้อนได้สูงอีกแนวทางคือการใช้สัญญาณจากการสะท้อนซึ่งมีข้อดีที่ตัวส่งสัญญาณกับตัวรับสัญญาณนั้นอยู่ทางด้านเดียวกันเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กับการใช้งานที่ต้องใช้งานระยะไกลและค่าที่วัดได้จะวัดได้เป็นเชิงเส้นควรเลือกเกรตติงใยแก้วนำแสงที่มีค่าการสะท้อนสูงๆ เพื่อให้มีค่าการสูญเสียของสัญญาณน้อยลง อาจพัฒนาไปใช้เป็นเซนเซอร์อุณหภูมิได้อีกด้วย

5.4 ประโยชน์ที่ได้จากงานวิจัย

-สามารถนำไปใช้เปลี่ยนความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดให้สามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดใหม่เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งทางด้านการศึกษาวิจัยและการสื่อสารทางแสง

-สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นเซนเซอร์อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผลการทดลองที่ 4.1 แสดงค่าแอมปลิจูดที่ความยาวคลื่นต่างๆของอุณหภูมิต่างๆ ครั้งที่ 1

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1270	0.0112	0.0078	0.0076	0.007
1271	0.0128	0.008	0.0078	0.0074
1272	0.0132	0.008	0.0078	0.0078
1273	0.0144	0.0086	0.0076	0.008
1274	0.0156	0.0094	0.0082	0.0082
1275	0.016	0.0084	0.0084	0.0086
1276	0.0172	0.0088	0.0086	0.0082
1277	0.0172	0.0104	0.0086	0.0084
1278	0.018	0.0122	0.0094	0.0088
1279	0.018	0.0106	0.0106	0.009
1280	0.0186	0.0112	0.0108	0.0086
1281	0.0192	0.0118	0.0112	0.0084
1282	0.0196	0.0118	0.011	0.0086
1283	0.0196	0.0132	0.0116	0.009
1284	0.0194	0.015	0.0114	0.0088
1285	0.0178	0.0156	0.0116	0.0092
1286	0.018	0.0156	0.0122	0.0088
1287	0.018	0.0162	0.0134	0.0096
1288	0.0172	0.0174	0.0146	0.0104
1289	0.018	0.0176	0.0148	0.0106
1290	0.018	0.0166	0.015	0.0106
1291	0.0184	0.016	0.0152	0.011
1292	0.0188	0.0162	0.0164	0.114
1293	0.019	0.0176	0.0162	0.0128
1294	0.019	0.0164	0.0162	0.0132
1295	0.019	0.016	0.0164	0.0136
1296	0.0192	0.0154	0.016	0.0138
1297	0.0192	0.016	0.0158	0.0136
1298	0.0196	0.016	0.0158	0.014
1299	0.0198	0.0162	0.016	0.015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1300	0.02	0.0166	0.0162	0.0152
1301	0.0204	0.0168	0.0162	0.0156
1302	0.0208	0.0166	0.0164	0.0154
1303	0.0212	0.0166	0.0164	0.0148
1304	0.0224	0.0168	0.0166	0.0152
1305	0.0228	0.0168	0.0166	0.0156
1306	0.0236	0.017	0.0168	0.0162
1307	0.026	0.0172	0.017	0.0156
1308	0.0284	0.0172	0.017	0.0152
1309	0.0328	0.017	0.0172	0.0154
1310	0.0364	0.0182	0.0174	0.016
1311	0.056	0.019	0.0178	0.016
1312	0.0816	0.0208	0.0182	0.0162
1313	0.106	0.0236	0.0188	0.0162
1314	0.164	0.0272	0.0194	0.0164
1315	0.202	0.0316	0.0204	0.0168
1316	0.266	0.036	0.0224	0.0178
1317	0.412	0.0496	0.0244	0.0202
1318	0.54	0.064	0.0278	0.0222
1319	0.692	0.0776	0.0356	0.0308
1320	0.912	0.0984	0.0396	0.0336
1321	1.14	0.138	0.0444	0.0408
1322	1.42	0.164	0.0568	0.0492
1323	1.86	0.234	0.0696	0.0632
1324	2.16	0.292	0.0936	0.0824
1325	2.66	0.378	0.119	0.096
1326	2.92	0.428	0.168	0.142
1327	3.28	0.496	0.184	0.16
1328	3.76	0.584	0.222	0.192
1329	4.32	0.664	0.272	0.226
1330	4.68	0.76	0.364	0.298

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1331	4.96	0.872	0.396	0.392
1332	4.96	1.03	0.468	0.444
1333	5.16	1.12	0.54	0.52
1334	5.24	1.35	0.648	0.592
1335	5.28	1.51	0.728	0.728
1336	5.28	1.84	0.816	0.784
1337	5.28	1.98	0.912	0.856
1338	5.2	2.16	1.03	0.96
1339	4.96	2.42	1.16	1.07
1340	4.96	2.72	1.46	1.34
1341	4.72	2.86	1.48	1.44
1342	4.4	3.1	1.66	1.56
1343	4	3.44	1.9	1.78
1344	3.48	3.62	2.12	1.98
1345	3.08	4.12	2.24	2.28
1346	2.64	4.24	2.5	2.46
1347	2.44	4.52	2.86	2.68
1348	2.24	4.68	3.16	2.86
1349	1.84	4.8	3.32	3.2
1350	1.6	4.88	3.52	3.44
1351	1.26	4.88	3.76	3.68
1352	0.98	4.88	4.12	3.88
1353	0.74	4.72	4.24	4.08
1354	0.62	4.56	4.52	4.32
1355	0.456	4.48	4.52	4.44
1356	0.352	4.36	4.52	4.52
1357	0.264	4.18	4.48	4.52
1358	0.228	3.84	4.44	4.48
1359	0.132	3.56	4.32	4.36
1360	0.114	3.28	4.16	4.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1361	0.078	2.84	4.08	4.04
1362	0.056	2.4	3.68	3.72
1363	0.0448	2.06	3.44	3.44
1364	0.0352	1.92	3.12	3.32
1365	0.032	1.52	2.84	2.84
1366	0.0272	1.24	2.52	2.48
1367	0.0248	1.12	2.04	2.28
1368	0.0224	1	1.96	1.88
1369	0.02	0.74	1.7	1.62
1370	0.0176	0.562	1.4	1.52
1371	0.016	0.44	1.16	1.18
1372	0.016	0.312	0.832	0.88
1373	0.0136	0.232	0.64	0.74
1374	0.0112	0.16	0.496	0.528
1375	0.0096	0.112	0.34	0.424
1376	0.0096	0.072	0.272	0.36
1377	0.008	0.052	0.188	0.248
1378	0.0076	0.048	0.132	0.168
1379	0.0076	0.028	0.09	0.116
1380	0.007	0.022	0.054	0.068
1381	-	0.0208	0.042	0.0384
1382	-	0.0144	0.0228	0.0328
1383	-	0.0136	0.0208	0.021
1384	-	0.0128	0.0152	0.0134
1385	-	0.012	0.0118	0.012
1386	-	0.0108	0.0108	0.0116
1387	-	0.0096	0.0102	0.0112
1388	-	0.0086	0.0094	0.01
1389	-	0.0082	0.09	0.0096
1390	-	0.008	0.082	0.0088

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผลการทดลองที่ 4.2 แสดงค่าแอมปลิจูดที่ความยาวคลื่นต่างๆของอุณหภูมิต่างๆ ครั้งที่ 2

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1270	0.0098	0.008	0.0078	0.0076
1271	0.0114	0.008	0.0076	0.0074
1272	0.0126	0.0082	0.0076	0.0076
1273	0.0142	0.0088	0.0078	0.0078
1274	0.0148	0.0084	0.008	0.0082
1275	0.0158	0.0086	0.0082	0.0082
1276	0.017	0.0092	0.0084	0.0084
1277	0.0172	0.0104	0.0088	0.008
1278	0.0172	0.0108	0.0098	0.0086
1279	0.0176	0.0108	0.0112	0.0088
1280	0.0182	0.011	0.0114	0.0086
1281	0.019	0.0112	0.011	0.0082
1282	0.0194	0.0122	0.0112	0.0084
1283	0.0192	0.0136	0.0114	0.0088
1284	0.0184	0.0148	0.0116	0.0086
1285	0.0178	0.0154	0.0118	0.009
1286	0.018	0.0158	0.0124	0.0088
1287	0.0182	0.0164	0.0138	0.0094
1288	0.0176	0.0166	0.0144	0.0102
1289	0.0184	0.0168	0.0148	0.0104
1290	0.0186	0.0166	0.0152	0.0104
1291	0.0188	0.0162	0.0156	0.0108
1292	0.019	0.0166	0.016	0.112
1293	0.0192	0.0168	0.0162	0.0126
1294	0.0192	0.0164	0.0164	0.013
1295	0.0192	0.0162	0.0162	0.0132
1296	0.0194	0.0164	0.0162	0.0136
1297	0.0196	0.0164	0.016	0.0138
1298	0.0198	0.0164	0.0162	0.0144
1299	0.0198	0.0166	0.0164	0.0152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1300	0.0202	0.0166	0.0166	0.0154
1301	0.0204	0.0168	0.0164	0.0152
1302	0.0208	0.0166	0.0162	0.015
1303	0.0214	0.0168	0.0162	0.015
1304	0.0228	0.0168	0.0164	0.0152
1305	0.0228	0.017	0.0166	0.0154
1306	0.0238	0.0172	0.0168	0.015
1307	0.0264	0.0172	0.017	0.0154
1308	0.0288	0.0174	0.0172	0.0156
1309	0.0332	0.0176	0.0172	0.0152
1310	0.0368	0.0182	0.0176	0.0162
1311	0.0662	0.0188	0.0178	0.0162
1312	0.0822	0.0206	0.0184	0.0162
1313	0.114	0.0242	0.019	0.0164
1314	0.172	0.0278	0.0198	0.0166
1315	0.208	0.0322	0.0212	0.0168
1316	0.274	0.0364	0.0228	0.0182
1317	0.418	0.0512	0.0246	0.0212
1318	0.544	0.0644	0.028	0.0228
1319	0.702	0.0786	0.0362	0.0314
1320	0.932	0.0994	0.0398	0.0336
1321	1.22	0.144	0.0452	0.0404
1322	1.52	0.178	0.0572	0.0512
1323	1.94	0.244	0.0698	0.0636
1324	2.24	0.298	0.0942	0.0832
1325	2.72	0.382	0.122	0.0974
1326	2.96	0.434	0.168	0.138
1327	3.32	0.506	0.194	0.166
1328	3.84	0.586	0.226	0.19
1329	4.3	0.678	0.274	0.222
1330	4.66	0.772	0.368	0.302

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1331	4.98	0.876	0.402	0.388
1332	5.16	1.04	0.472	0.446
1333	5.24	1.14	0.545	0.524
1334	5.28	1.38	0.654	0.586
1335	5.28	1.56	0.732	0.734
1336	5.28	1.88	0.822	0.782
1337	5.26	2.04	0.922	0.862
1338	5.22	2.22	1.06	0.972
1339	4.96	2.48	1.18	1.06
1340	4.86	2.76	1.52	1.26
1341	4.72	2.9	1.58	1.38
1342	4.44	3.18	1.68	1.48
1343	4.2	3.48	1.92	1.72
1344	3.42	3.76	2.14	1.89
1345	2.96	4.12	2.28	2.26
1346	2.62	4.34	2.52	2.52
1347	2.46	4.56	2.92	2.74
1348	2.28	4.78	3.18	2.92
1349	1.92	4.86	3.33	3.22
1350	1.62	4.86	3.56	3.46
1351	1.32	4.84	3.81	3.76
1352	0.94	4.72	4.14	3.86
1353	0.76	4.58	4.26	4.12
1354	0.58	4.44	4.48	4.36
1355	0.448	4.32	4.48	4.42
1356	0.346	4.2	4.48	4.42
1357	0.264	3.82	4.36	4.42
1358	0.224	3.48	4.34	4.4
1359	0.128	3.24	4.28	4.36
1360	0.108	2.88	4.16	4.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น (nm)	แอมปลิจูด(Volts)ที่อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			
	25	30	40	50
1361	0.078	2.42	4.06	4.16
1362	0.052	2.1	3.78	3.76
1363	0.0428	1.94	3.54	3.36
1364	0.0348	1.56	3.14	3.28
1365	0.0324	1.26	2.84	2.98
1366	0.0274	1.12	2.54	2.56
1367	0.0252	1.02	2.06	2.34
1368	0.0236	0.76	1.88	1.98
1369	0.0212	0.548	1.72	1.74
1370	0.0182	0.426	1.46	1.46
1371	0.017	0.328	1.18	1.26
1372	0.0164	0.226	0.828	0.98
1373	0.0142	0.168	0.642	0.76
1374	0.0116	0.11	0.494	0.524
1375	0.0098	0.068	0.344	0.418
1376	0.0092	0.054	0.276	0.348
1377	0.0084	0.046	0.186	0.236
1378	0.008	0.032	0.126	0.174
1379	0.0078	0.026	0.094	0.108
1380	0.0074	0.0212	0.054	0.076
1381	-	0.0206	0.0422	0.0522
1382	-	0.014	0.0224	0.0436
1383	-	0.0134	0.0212	0.0252
1384	-	0.0126	0.0152	0.0174
1385	-	0.0118	0.012	0.0144
1386	-	0.0108	0.0114	0.0124
1387	-	0.0098	0.0108	0.0118
1388	-	0.0088	0.0096	0.0112
1389	-	0.0084	0.094	0.00106
1390	-	0.008	0.088	0.0096

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ปรีชา ยุพาพิน, **วิศวกรรมใยแก้วนำแสง**, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ, 2544

[2] ปรีชา ยุพาพิน, **เครือข่ายใยแก้วนำแสง**,สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น),กรุงเทพฯ, 2541

[3] M. Mansuripur, Launching Light into a Fiber , Optics & Photonics NEWS,August, 2001:56-59

[4] J.P. Laude, Wavelength Division Multiplexing, Prentice Hall,London, 1993.

[5] R. Kashyap, Fiber Bragg Grating, Accademic Press,San Diego, 1999.

[6] Jung, J. et al , Fiber Bragg Grating Temperature Sensors with controllable sensitivity. Appl. Opt.,38(13) , 1999,pp. 2752-2754.

[7] Hill,K.O. and Meltz,G.,Fiber Bragg Grating Technology Fundamentals and Overview. Journal of Lightwave Technology, 15(8), 1997, pp. 1263-1276

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

1. นายทินกร นิวันติ เกิดเมื่อวันที่ 17 พฤษภาคม 2520 เวลา 17.05 น. เป็นบุตรชายคนแรกของตระกูล นิวันติ จากจำนวนพี่น้อง 2 คน บิดาชื่อนาย เจริญ นิวันติ และมารดาชื่อนางจันทร์เพ็ญ นิวันติ พื้นฐานเดิมเป็นคนเมืองรถม้า เข้ารับการศึกษาระดับอนุบาล 1 จนกระทั่งถึงประถมศึกษา 6 ที่โรงเรียนอนุบาลลำปาง จากนั้นได้ศึกษาต่อในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 ณ โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัยจังหวัดลำปาง จากนั้นได้เอ็นทรานเข้าในระดับอุดมศึกษาได้ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แต่มีเหตุอันควรต้องออกจากการศึกษาในช่วงปีที่สองของการศึกษา จึงได้เบนเข็มมาเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์ ด้านฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาโซลิดสเตทอิเล็คทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ความตั้งใจเดิมเมื่อจบการศึกษาคือนำความรู้ที่ได้กลับไปพัฒนาภูมิลำเนาเกิด

2. นายอรรถสิทธิ์ ปิฬาสันต์ เกิดเมื่อวันที่ 29 พฤศจิกายน 2522 เวลา 12.10 น. ณ คลีนิคแพทย์หญิงฉลวย จ.จันทบุรี บิดาชื่อ นายอนันต์ ปิฬาสันต์ มารดาชื่อ น างอนันต์ แก้วศรี ภูมิลำเนาอยู่ที่จังหวัดจันทบุรี เข้ารับการศึกษาตั้งแต่ระดับอนุบาลจนจบมัธยมศึกษาตอนต้นที่โรงเรียนบ้านเนินมะหาด จ.จันทบุรี จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อจนจบระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่โรงเรียนศรียานุสรณ์ จ.จันทบุรี ต่อจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีในคณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ สาขาโซลิดสเตทอิเล็คทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้