สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

# การวิเคราะห์หาสาเหตุค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวด้วยวิธีการจำลองเพื่อทำการลดค่า Loss จากการเชื่อมต่อระหว่างจุดเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอม

# THE ANALYSIS OF CAUSE FROM FUSION SPLICE IN SINGLE MODE OPTICAL FIBER FOR REDUCING SPLICING LOSS

T051888

อชิระ จำปาเทศ

ASHIRA JUMPATES

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2547

ISBN 974-9680-27-8

วพ. อ119 ก 2547 ฉ.1

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 51888

วัน,เดือน,ปี - 4 ส.ค. 2547

b. 11399521

i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# THE ANALYSIS OF CAUSE FROM FUSION SPLICE IN SINGLE MODE OPTICAL FIBER FOR REDUCING SPLICING LOSS

ASHIRA JUMPATES

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN TELECOMMUNICATION ENGINEERING

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

ISBN 974-9680-27-8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2004
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **หัวข้อวิทยานิพนธ์** | การวิเคราะห์หาสาเหตุค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวด้วยวิธีการจำลองเพื่อทำการลดค่า Loss จากการเชื่อมต่อระหว่างจุดเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอม |
| **นักศึกษา** | นายอชิระ จำปาเทศ |
| **รหัสประจำตัว** | 44611203 |
| **ปริญญา** | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | วิศวกรรมโทรคมนาคม |
| **พ.ศ.** | 2547 |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์** | ผศ. อภินันท์ มัณยานนท์ |
| **อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม** | ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ |

# บทคัดย่อ

บทความนี้เป็นการศึกษาค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงอันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนต่างๆ เพื่อที่จะนำไปหาสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจริง โดยนำมาเปรียบเทียบกับทางทฤษฎี ผลลัพธ์ที่ได้จะเป็นการนำไปสู่การคาดคะเนสาเหตุการเกิดความคลาดเคลื่อนของจุดเชื่อมต่อของเส้นใยแสง ในแต่ละครั้งที่ช่างเทคนิคได้ทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีค่า loss เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อนั้น ส่วนใหญ่ช่างเทคนิคนั้นจะไม่ทราบเลยว่าค่า loss ที่เกิดขึ้นนั้นจะมาจากสาเหตุใด ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่จะมีความเป็นไปได้ และยังได้จัดทำโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม microsoft access สำหรับตรวจสอบค่า loss และสาเหตุที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนแบบต่างๆมาด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับช่างเทคนิคที่จะนำไปแก้ไขและฝึกฝนวิธีการที่จะลดค่า Loss ที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมต่อด้วยวิธีการหลอมซึ่งจะกล่าวในเรื่องของค่าความร้อนที่มีการกระจายตัวในขณะที่ทำการ fusion splice และช่วงเวลาที่จะทำการ fusion splice ในส่วนค่าพารามิเตอร์ต่างๆเหล่านี้จะเป็นตัวแปรสำคัญที่จะนำมาพิจารณาและแนวทางความเป็นไปได้เมื่อเทียบกับการใช้งานจริง จะเป็นแนวทางในการพัฒนาให้เส้นใยแสงมีขีดความสามารถในส่วนที่เป็นทางผ่านของข้อมูลความเร็วสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีการจำลองนี้เป็นเทคนิคที่ง่ายและสามารถที่จะนำไปใช้งาน กับองค์กรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการปรับปรุงระบบ Telecommunications System ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | The Analysis of Cause from Fusion Splice in Single Mode Optical Fiber for Reducing Splicing Loss |
| **Student** | Mr. Ashira Jumpates |
| **Student ID.** | 44611203 |
| **Degree** | Master of Engineering |
| **Program** | Telecommunication Engineering |
| **Year** | 2004 |
| **Thesis Advisor** | Asst.Prof. Apinan Manyanon |
| **Thesis Co-Advisor** | Asst.Prof.Dr. Suthichai Noppanakeepong |

# ABSTRACT

This article is loss study of fusion splice for single mode optic fibers from any errors in order to find out the actual loss cause. By comparison the loss from fusion splicing with the loss which is obtained from simulation. The result predicts the error cause of fusion splicing. It is an actual error at junction, so we reduce the fusion splicing loss of fiber optic. Sometimes the technician just notice that fusion splicing has some loss but he does not know the actual cause. Researcher want to find out and prepare the Microsoft access program for checking loss and cause from any errors. So it is useful for the technicians to train and to decrease any errors from fusion splice. So that the heat comes from radiation fusion splice is important parameter to be considered, when compared with the actual development of optic fiber to the gateway of high speed data. This simulation is easily technique and can be applied with organization or related institution in order to improve telecommunication system for more efficiency.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดีจากหลายๆฝ่าย ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ

ขอขอบพระคุณ ผศ. อภินันท์ มัณยานนท์ และ ผศ.ดร. สุทธิชัย นพนาคีพงษ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและปรึกษาเกี่ยวกับการเชื่อมต่อเส้นใยแสงและการหาสาเตุการเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสง รวมไปถึงการลดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท ทศท. คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ที่ได้เอื้อเฟื้อเครื่องมือและห้องโทรคมนาคมในการทดสอบเพื่อเป็นการจัดทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆนักศึกษาทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ ในการจัดทำและตรวจสอบข้อผิดพลาดของวิทยานิพนธ์นี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้ให้โอกาสและให้กำลังใจตลอดมา

อชิระ จำปาเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VII

สารบัญรูป.....VIII

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....1

1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....2

1.4 ทฤษฎีแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....2

1.4.1 การนำแนวทางนี้ไปใช้งานที่เป็นส่วนประกอบของระบบสื่อสาร.....2

1.4.1.1 การนำไปใช้ในการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์แยก / รวม สัญญาณ (Coupler) .....2

1.4.1.2 การนำไปใช้ในการต่อเชื่อมกันระหว่างอุปกรณ์ WDM .....3

1.4.1.3 การนำไปใช้เชื่อมโยงระหว่างชุมสายที่มีระยะทางไกลๆ .....5

1.5 ขอบเขตการวิจัย.....6

1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....7

บทที่ 2 ทฤษฎี

2.1 กล่าวนำ.....9

2.2 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อเส้นใยแสง .....10

2.3 การเชื่อมต่อเส้นใยแสง.....12

2.4 การเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเนื่องจากการเชื่อมต่อไม่ดี.....13

2.4.1 ความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments).....14

2.4.2 ความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments).....15



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4.3 ระยะห่างของด้านหน้า (Gap).....16
2.5 เกิดจากค่าความแตกต่างของพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง.....20
2.6 การเชื่อมต่อด้วยวิธีสไปลซ์ (splice).....21
2.6.1 การสไปลซ์แบบหลอมหรือฟิวส์ชั่นสไปลซ์ (fusion splice) .....21
2.6.2 เทคนิคการจัดเรียงแนวแกนกลางเส้นใยแสง (optical fiber alignment technique) .....23

บทที่ 3 การทดสอบทางทฤษฎี
3.1 การวิเคราะห์การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core .....29
3.2 การวิเคราะห์การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core .....29
3.3 การวิเคราะห์การเกิดระยะห่างของด้านหน้า.....30

บทที่ 4 การทดสอบทางปฏิบัติ
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทางปฏิบัติ.....34
4.1.1 OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer).....34
4.1.2 เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสง.....38
4.2 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของเส้นใยแสง.....39
4.2.1 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core จากจุดที่ใช้งานจริง.....39
4.2.2 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core จากจุดที่ใช้งานจริง.....40
4.2.3 การทดสอบการเกิดระยะห่างของด้านหน้า (gap) จากจุดที่ใช้งานจริง.....41

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....48



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


เอกสารอ้างอิง.....51

ภาคผนวก.....52

Source code โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในการจำลองรูปที่ 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9 .....53

บทความที่ได้รับการตีพิมพ์.....55

ประวัติผู้เขียน.....64

OPTICAL FIBER FUSION SPLICER TYPE-36 INSTRUCTION MANUAL .....65

OPTICAL FIBER CONNECTOR AMP .....119

OPTICAL FIBER CABLE TFOC .....131

FIBER CLEAVER .....141




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**หน้า**

**ตารางที่**

2.1 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการต่อเชื่อมโดยไม่ใช้ความร้อนกับวิธีการต่อเชื่อมโดยใช้ความร้อน.....26

2.2 การแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการต่อสาย .....27

4.1 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งค่าโปรแกมเครื่องเชื่อมต่อแบบ manual.....43

5.1 สรุปสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อ.....44



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

หน้า

รูปที่

1.1 แสดงตัวอย่างของ coupler ในแบบต่างๆ.....3
1.2 แสดงการทำงานของเทคนิค WDM.....5
1.3 แสดงถึงลักษณะการใช้งสนโดยเส้นใยแสงเป็นตัวกลางการเชื่อมต่อกันระหว่างชุมสาย A กับ ชุมสาย B .....6
1.4 แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นใยแสงทั้ง 2 ชนิดที่เกิดขึ้นกับเหตุการณ์จริง.....7
2.1 แสดงวิธีการเชื่อมต่อด้วยวิธี fusion splice เข้าด้วยกันพร้อมกับในขณะที่ใช้ความร้อนจากการ Arc ด้วยไฟฟ้า.....10
2.2 แสดงการเดินทางของสัญญาณแสงจุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงเส้นใยแสง (พิจารณาส่วนของ คอร์).....10
2.3 แสดงวิธีการเชื่อมต่อด้วยวิธี fusion splice เข้าด้วยกันพร้อมกับในขณะที่ใช้ความร้อนจากการ Arc ด้วยไฟฟ้า .....13
2.4 แสดงรูปค่าความผิดพลาดทั้ง 3 ชนิด.....14
2.5 แสดงการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากแกน core (Lateral Misalignments).....15
2.6 แสดงการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากมุม core (Angular Misalignments).....17
2.7 แสดงการวิเคราะห์ระห่างของด้านหน้า (Gap).....18
2.8 แสดงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments) ใน SMF. ...19
2.9 แสดงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) ใน SMF. ....19
2.10 แสดงการวิเคราะห์ระยะห่างของด้านหน้า (Gap) ใน SMF.....20
2.11 แสดงค่าความผิดพลาดจากความแตกต่างของพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง .....21
2.12 แสดงขั้นตอนการหลอมปลายสายเส้นใยแสงเชื่อมต่อด้วยวิธีสไปลซ์ .....24
2.13 แสดงเทคนิคการจัดเรียงแนวแกนกลางเส้นใยแสงสองเส้นที่นำมาต่อเชื่อมกัน .....25
2.14 แสดงข้อบกพร่องที่จุดต่อสาย .....27
3.1 แสดงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นแบบต่างๆ ใน SMF. .....30
3.2 แสดงโปรแกรมการวิเคราะห์หาสาเหตุค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวทำการทดสอบค่าสูญเสียที่ 0.01 dB .....31



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**หน้า**

**รูปที่**

3.3 แสดงโปรแกรมการวิเคราะห์หาสาเหตุค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวทำการทดสอบค่าสูญเสียที่ 0.57 dB .....32

4.1 หลักการทำงานของ OTDR .....32

4.2 แสดงภาพตัวอย่างของ OTDR .....33

4.3 แสดงการกระเจิงย้อนกลับของเส้นใยแสงเมื่อถูกตีความหมายโดย OTDR .....34

4.4 แสดงภาพตัวอย่างของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่ใช้ในการทดสอบ .....36

4.5 แสดงภาพตัวอย่างการวัดค่าสูญเสียด้วย OTDR กับงานที่ใช้จริง ซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.01 dB.....37

4.6 แสดงภาพการวางเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นลงใน V-groove ที่เรียบร้อยแล้วก่อนที่จะทำการเชื่อมต่อ .....38

4.7 แสดงภาพตัวอย่างการวัดค่าสูญเสียด้วย OTDR กับงานที่ใช้จริง ซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.57 dB.....38

4.8 แสดงภาพของเชื่อมต่อเส้นใยแสงขณะกำลัง Arc.....39

4.9 แสดงภาพของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงขณะที่ทำการเชื่อมต่อเสร็จแล้ว.....40

4.10 แสดงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงระหว่างเส้นใยแสงที่มีขนาดคอร์ต่างกัน.....41

4.11 แสดงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดคอร์ต่างกันซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.01 dB.....41

4.12 แสดงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดคอร์ต่างกันซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.57 dB.....42

5.1 แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ.....43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวเป็นที่นิยมใช้ในระบบสื่อสารอย่างแพร่หลาย เนื่องจากส่งข้อมูลได้ในปริมาณมากๆ ค่าสูญเสียต่ำ ที่จุดเชื่อมต่อของเส้นใยแสงเป็นสิ่งสำคัญที่จะบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของระบบ [1, 2] ที่จุดเชื่อมต่อนี้จะใช้วิธีการหลอมด้วยไฟฟ้า (Fusion Splice) เป็นการเชื่อมต่อแบบถาวร โดยจะใช้กระแสประมาณ 14 -16mA ที่เวลาประมาณ 1.5 - 2 วินาที ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อที่มีค่าสูญเสียต่ำมากๆ [3] สิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการฝึกฝนเทคนิคการเชื่อมต่อเพื่อลดความคลาดเคลื่อนที่จุดเชื่อมต่อ ซึ่งช่างเทคนิคอาจจะไม่ทราบสาเหตุของค่าสูญเสียที่เกิดขึ้น

การเชื่อมต่อเส้นใยแสงแต่ละครั้งจะมีค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยประมาณระหว่าง 0 ~ 0.02 dB/จุด ซึ่งถือว่าเป็นค่าสูญเสียที่มีค่าต่ำมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการเชื่อมต่อแบบวิธีอื่น เช่นการใช้ connector ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบไม่ถาวร ซึ่งในทางทฤษฎีจะกล่าวไว้ว่าค่าสูญเสียที่เกิดจากการเชื่อมต่อแบบ Fusion Splice จะมีค่าสูงได้ไม่เกิน 0.06 dB/จุด

วิทยานิพนธ์นี้จะทำการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียอันเนื่องมาจาก ค่าความผิดพลาดในรูปแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับเหตุการณ์จริงไม่ว่าจะมาจากการเชื่อมต่อไม่ดีซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดค่าความผิดพลาดในหลายรูปแบบซึ่งจะกล่าวในส่วนของทฤษฎีต่อไป และค่าความผิดพลาดอีกแบบหนึ่งเกิดจากความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

เมื่อผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อของเส้นใยแสงได้ จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับเป็นแนวทางการแก้ไขจุดบกพร่องของช่างเทคนิค ที่จะทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงให้มีค่าสูญเสียที่น้อยลง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งที่จะเพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบเส้นใยแสงที่ใช้เชื่อมโยงกันระหว่างชุมสายที่มีปริมาณข้อมูลที่สูงโดยผ่าน Transmission ที่มีประสิทธิภาพไม่ว่าจะเป็น SDH หรือ PDH ที่มีระยะทางไกลซึ่งใช้เป็นงานหลัก และยังเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การลดค่าสูญเสียที่ใช้เป็นอุปกรณ์แยก / รวมสัญญาณ (Coupler) จะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการนำไปใช้ WDM (Wavelength Division Multiplexing) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ Passive ที่สำคัญสำหรับการส่งข้อมูลความเร็วสูง ซึ่งสิ่งต่างๆที่กล่าวมาทั้งหมดนี้สามารถนำไปใช้ปฏิบัติงานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

ในการวิจัยการเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อนี้จะมาจากสาเหตุการเชื่อมต่อไม่ดีที่จะส่งผลให้เกิดค่าความผิดพลาดในรูปแบบต่างๆซึ่งแล้วแต่กรณี ไม่ว่าจะเป็นความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments), ความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) และระยะของด้านหน้า (Gap) ซึ่งเป็นสาเหตุหลัก ส่วนสาเหตุอื่นจะมีผลน้อยมากเลยจะไม่นำมาวิเคราะห์

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในทางทฤษฎีค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงนั้นจะมีค่าไม่เกิน 0.06 dB/จุด ซึ่งจะถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ ในทางปฏิบัติจริงนั้นในแต่ละครั้งที่ผู้วิจัยทำการทดสอบการเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้เครื่องมือเชื่อมต่อที่มีประสิทธิภาพและช่างเทคนิคที่มีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ เพื่อผลการวิจัยที่มีค่าที่ถูกต้อง จะทำการทดสอบโดยใช้เส้นใยแสงที่เป็นชนิดเดียวกัน, มีขนาดของ core เท่ากัน, ค่าพารามิเตอร์ที่เท่ากันและเป็นเส้นใยแสงจากบริษัทผู้ผลิตเดียวกัน โดยทั้งนี้ต้องรักษาความสะอาดของเส้นใยแสงและเครื่องมือต่างๆด้วย จะได้ค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่ออยู่ประมาณ 0 dB/จุด ซึ่งผู้วิจัยได้พบว่าที่ใช้ในงานจริงระหว่างชุมสายที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลโดยผ่าน optical fiber cable นั้น เมื่อมีการเชื่อมต่อเข้ากับอุปกรณ์ Transmission จะต้องเชื่อมต่อด้วยอุปกรณ์ connector แต่เนื่องจากทางองค์กรที่รับผิดชอบจะไม่มีอุปกรณ์การเข้าหัว connector เพื่อต้องการลดค่าความผิดพลาดจากการเข้าหัว connector เลยมีวิธีการแก้ไขด้วยการใช้สายแบบสำเร็จรูปที่มีการเข้าหัว connector เรียบร้อยแล้ว (Pigtail) นำมาตัดออกแล้วเชื่อมต่อเข้าด้วยกันกับ optical fiber cable ปรากฏว่าเส้นใยแสงทั้ง 2 ชนิดนี้มีขนาด core ที่ต่างกัน เลยทำให้มีค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเกิดขึ้น นี่เป็นเพียงตัวอย่างของการเกิดค่าความผิดพลาดที่เกิดจากการใช้งานจริง

### 1.4.1 การนำแนวทางนี้ไปใช้งานที่เป็นส่วนประกอบของระบบสื่อสาร

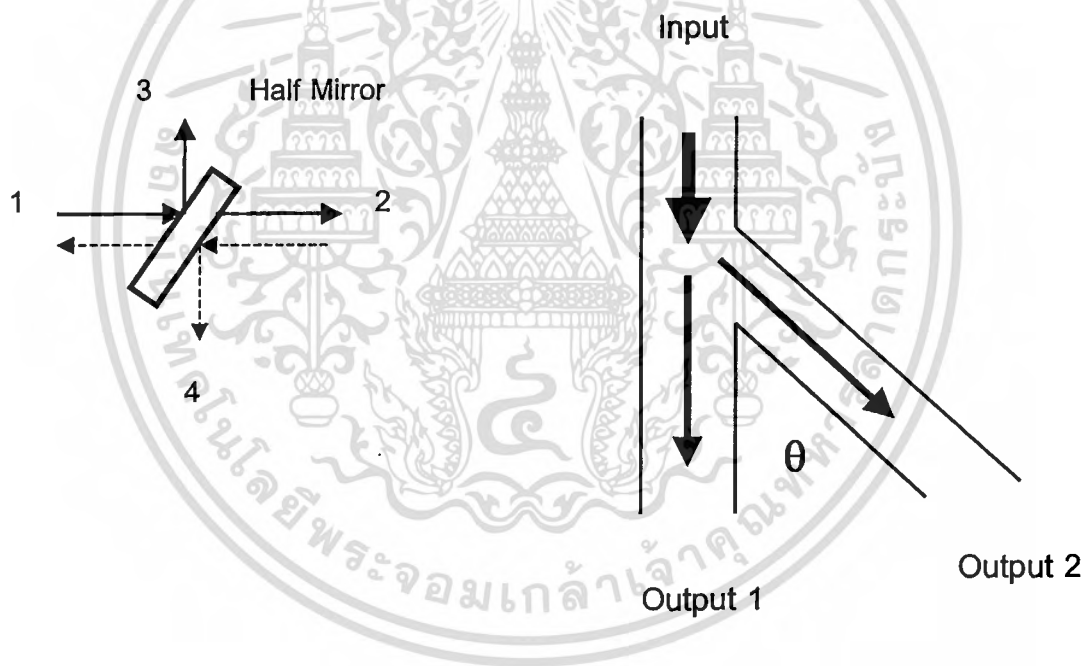
ในส่วนแนวทางนี้จะเป็นตัวอย่างที่ต้องใช้การลดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อนี้มาแก้ไขระบบเพื่อให้เกิดค่าสูญเสียน้อยที่สุด จะขอหยิบยกตัวอย่างมาแค่ 3 ตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจยิ่งขึ้นดังต่อไปนี้

#### 1.4.1.1 การนำไปใช้ในการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์แยก / รวมสัญญาณ (Coupler)

อุปกรณ์ Coupler เป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งที่ใช้ใน Optical circuit จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเชื่อมต่อ ไม่ว่าจะเป็น Directional Coupler โดยจะมีอินพุทเพียงด้านเดียว สามารถที่จะบังคับค่าพลังงานแสง ซึ่งจะอาศัย Half Mirror ในการวางให้เกิดมุมเพื่อที่จะสามารถบังคับแสงให้มีการสะท้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปและกลับที่มีค่าที่แตกต่างกัน โดยจะขึ้นอยู่กับค่ามุมของ Half Mirror หรืออีกลักษณะหนึ่งของ Y-branch โดยจะอาศัยท่อ Wave Guide มาต่อกันเป็นรูปตัว Y โดยมีด้านอินพุทเพียงด้านเดียว และด้านเอาท์พุทเป็นแขนกางออก 2 ข้าง สามารถบังคับค่าพลังงานแสง ซึ่งจะอาศัยการบังคับมุม $\theta$ ของแขนเอาท์พุททั้ง 2 ข้างนี้ ซึ่งจะเป็นส่วนหนึ่งที่จะนำไปเป็นองค์ประกอบหลักของ Optical circuit โดยจะอาศัยการเชื่อมต่อกันกับโครงข่ายหลักเดิมที่มีอยู่แล้ว จะขอหยิบยกตัวอย่างของ Coupler เพียงแค่ 2 ชนิดเท่านั้น เมื่อมาทำความรู้จักกับอุปกรณ์ Coupler ในแบบต่างๆเรียบร้อยแล้ว ในการนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์อื่นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการเชื่อมต่อกันกับเส้นใยแสงเพื่อให้ครบวงจรประกอบกันเป็น Optical circuit ซึ่งการเชื่อมต่อนั้นจะต้องเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อโดยอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่เมื่อสามารถทราบสาเหตุของการเกิดค่าสูญเสียแล้วจะสามารถลดค่าสูญเสียตรงจุดนั้นไปได้ในระดับหนึ่งถึง 100% เลยทีเดียว




**รูปที่** 1.1 แสดงตัวอย่างของ coupler ในแบบต่างๆ

### 1.4.1.2 การนำไปใช้ในการเชื่อมต่อกันระหว่างอุปกรณ์ WDM

จะขออธิบายความหมายและหลักการของ WDM เบื้องต้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อไป [7] ระบบแบ่งความยาวคลื่นแสงหรือ WDM (Wavelength Division Multiplexing) เป็นระบบมัลติเพล็กซ์ที่ใช้คลื่นแสงที่มีค่าความยาวคลื่นต่างกันเป็นคลื่นพาห์สำหรับนำข้อมูล (เช่น แสงสีแดง, เขียวและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ม่วง จะใช้ส่งข้อมูลแต่ละช่อง) โดยแสงทั้งหมดจะถูกรวมกันก่อนส่งออกไปในเส้นใยแสงเส้นเดียวกันด้วยออปติคอลคับเปลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 1.2 คลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นค่าหนึ่งจะสามารถบรรจุข้อมูลได้หนึ่งชุด และข้อมูลแต่ละชุดนี้อาจเป็นข้อมูลเดียวของหนึ่งช่องสัญญาณหรืออาจเป็นข้อมูลจำนวนมากที่มาจากหลายหลายช่องสัญญาณที่ได้จากการจัดระบบข้อมูลด้วยเทคนิคของ TDM (Time Division Multiplexing) และ SCM (Sub-Carrier Multiplexing) มาแล้วก็ได้ และเนื่องจากสัญญาณคลื่นแสงที่มีค่าความยาวคลื่นต่างกันย่อมให้สีที่ต่างกัน บางครั้งระบบ WDM จะถูกเรียกว่าระบบการผสมสีของแสง และเนื่องจากค่าความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กับค่าความถี่ การใช้ความยาวคลื่นแสงที่แตกต่างกันในการส่งข้อมูล ย่อมหมายถึงการใช้ค่าความถี่แสงที่มีค่าต่างกันด้วย คล้ายกับระบบแบ่งความถี่ทางไฟฟ้าหรือ FDM (Frequency Division Multiplexing) ดังนั้นหากกล่าวคำว่า FDM ในระบบของเส้นใยแสงโดยมิได้อธิบายให้ชัดเจน อาจก่อให้เกิดความสับสนระหว่างระบบ WDM กับระบบ SCM ได้

ที่ภาครับ ข้อมูลแสงจะถูกแยกออกในแต่ละช่วงของความยาวคลื่น (แต่ละช่อง) ด้วยระบบกรองแสง สัญญาณแสงที่ถูกแยกแล้ว จะถูกดีมอดูเลตและถอดรหัสด้วยวิธีที่เหมาะสมกับขบวนการทางอินพุท (ในลักษณะของ TDM หรือ SCM)

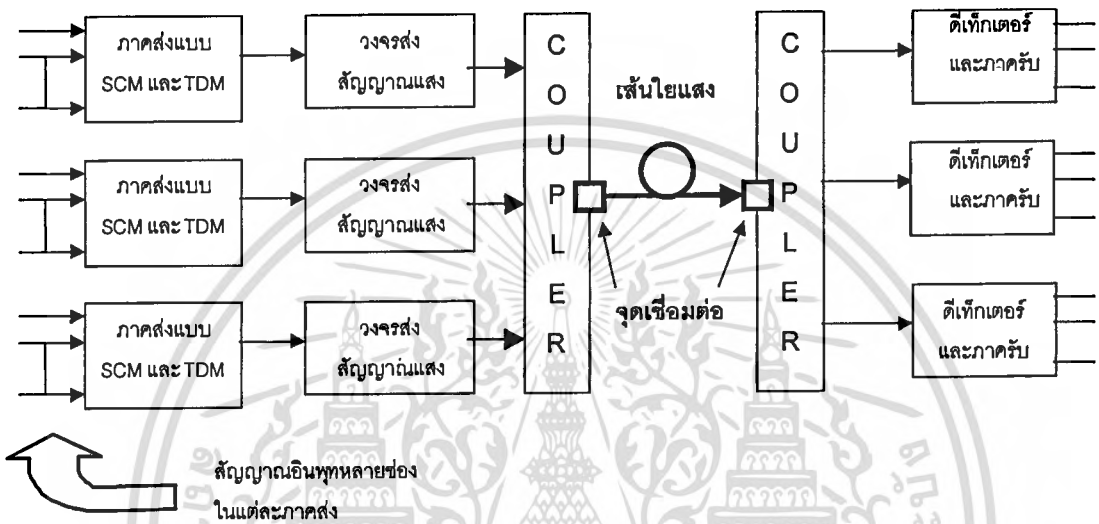
ระบบ WDM นี้เป็นเทคนิคที่ใช้เฉพาะระบบการสื่อสารข้อมูลทางแสงเท่านั้นที่สำคัญ ระบบ WDM นี้สามารถส่งข้อมูลได้เป็นจำนวนมากมหาศาล อย่างไรก็ตาม การสงแสงที่มีความยาวคลื่นแตกต่างกันหลายค่าเข้าในเส้นใยแสง จะมีผลเสียในทางปฏิบัติอยู่สองประการใหญ่ๆ คือ

- ระยะห่างของสถานีทวนสัญญาณของข้อมูลแต่ละช่อง หรือแต่ละค่าความยาวคลื่นแสงจะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแสง มีค่าขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาในการกำหนดตำแหน่งของสถานีทวนสัญญาณ
- การออกแบบระบบขยายสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์อาจมีความซับซ้อนเพราะจำนวนช่องสัญญาณมีจำนวนมาก เช่นเดียวกับกรณีของสถานีทวนสัญญาณทางแสง ที่ต้องทำการขยายสัญญาณทุกค่าความยาวคลื่นไปพร้อมกัน

เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว ในระบบจริงจึงใช้แสงที่มีค่าความยาวคลื่นใกล้เคียงกันมากๆ เช่นในย่านของค่าความยาวคลื่น 1.55 $\mu$m โดยแต่ละช่องสัญญาณอาจใช้แสงที่มีค่าความยาวคลื่น 1.51, 1.53, 1.55 และ 1.57 $\mu$m สำหรับส่งข้อมูล 4 ช่องสัญญาณไปพร้อมกัน จึงทำให้ระบบ WDM มักถูกเรียกว่า ระบบ DWDM หรือ Dense Wavelength Division Multiplexing เนื่องจากสเปกตรัมของแสงมีค่าใกล้กันมากหรือดูหนาแน่นมากนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.2 นี้จะสังเกตุเห็นว่าเมื่อภาคส่งและภาครับจะมีการเชื่อมต่อกันด้วยเส้นใยแสงกัน โดยจะผ่านอุปกรณ์ coupler ซึ่งการเชื่อมต่อนี้ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านภาครับและภาคส่งกับส่วนของเส้นใยแสง จะมีการเกิดค่าสูญเสียเกิดขึ้น จุดนี้เองจะสามารถที่จะนำหลักการที่ได้จากวิทยานิพนธ์นี้ นำไปเป็นแนวทางปฏิบัติเพื่อลดค่าสูญเสียดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้น



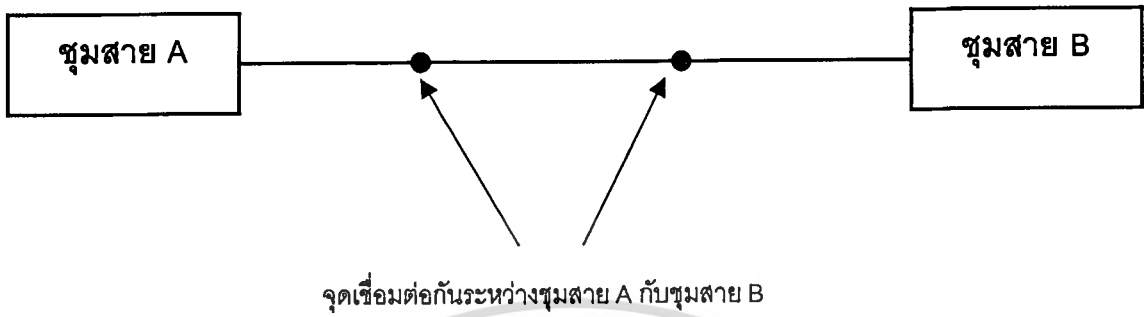

**รูปที่** 1.2 แสดงการทำงานของเทคนิค WDM

### 1.4.1.3 การนำไปใช้เชื่อมโยงระหว่างชุมสายที่มีระยะทางไกล ๆ

เมื่อความต้องการในการใช้โทรศัพท์ของประชาชนทั่วไปที่พักอาศัยอยู่ห่างไกลจากตัวเมืองมากๆ จำเป็นอย่างยิ่งที่องค์กรหรือหน่วยงานที่รับผิดชอบจะต้องมีการตอบสนองความต้องการของประชาชน โดยที่ให้มีโทรศัพท์ใช้กันอย่างทั่วถึง เพื่อให้มีการติดต่อสื่อสารกันอย่างทั่วถึง ซึ่งในปัจจุบันได้มีการขยายจำนวนชุมสายออกไปตามพื้นที่ห่างไกลต่างๆมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งระยะทางที่ไกลออกไปนั่นจะทำให้การเชื่อมต่อกันระหว่างชุมสายหลักกับชุมสายท้องถิ่นมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น ในการเชื่อมต่อนี้จะใช้กับ cable เส้นใยแสงเป็นตัวกลางในการเชื่อมโยงข้อมูลความเร็วสูง ปัญหาก็คือว่าทางบริษัทผู้ผลิตเส้นใยแสงไม่สามารถที่จะตอบสนองความต้องการในการผลิตเส้นใยแสงได้ตามความยาวที่มีค่าสูงได้ทุกค่าความยาว ซึ่งจะต้องแก้ไขด้วยวิธีการเชื่อมต่อเส้นใยแสง ซึ่งการเชื่อมต่อนั้นจะใช้วิธีการเชื่อมต่อแบบ Fusion Splice ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบถาวรซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดค่าสูญเสียน้อยมาก จึงเป็นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นิยมในการนำมาใช้เชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีระยะทางไกลๆ ในส่วนนี้เองจะเป็นส่วนหลักที่สำคัญของระบบสื่อสารความเร็วสูงด้วยการผ่านเส้นใยแสงเป็นตัวกลาง




**รูปที่** 1.3 แสดงถึงลักษณะการใช้งานโดยใช้เส้นใยแสงเป็นตัวกลางการเชื่อมต่อกันระหว่างชุมสาย A กับชุมสาย B

จากตัวอย่างการนำไปใช้งานที่กล่าวมาทั้งหมด 3 แบบ เมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเข้าด้วยกันในแบบ Fusion Splice ซึ่งเป็นการเชื่อมต่อแบบถาวรจะส่งผลให้เกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อมีค่าต่ำ ถ้าทำการวิเคราะห์เพื่อให้รู้ถึงปัญหาและสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อที่เกิดขึ้นนั้น จะสามารถแก้ไขปัญหาในรูปแบบต่างๆได้ เพื่อที่จะลดค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อลงได้ ซึ่งเมื่อสามารถลดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อได้นั้น จะทำให้ประสิทธิภาพของระบบเส้นใยแสงทั้งระบบมีค่าสูงขึ้นมากๆ

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้จะมีการทดสอบในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ จะนำเฉพาะเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมาวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้อง ในการหาสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียจากการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเนื่องจากการเชื่อมต่อไม่ดีที่จะส่งผลไปยังการเกิดค่าความผิดพลาดในรูปแบบต่างๆตามที่ทฤษฎีกล่าวในหัวข้อต่อไป และผู้วิจัยยังได้จัดทำโปรแกรมสำหรับตรวจสอบหาสาเหตุการเกิดค่าสูญเสีย ที่จะช่วยให้ช่างเทคนิคใช้ทำการวิเคราะห์ได้ง่ายและสะดวกขึ้น จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับช่างเทคนิคที่นำไปแก้ไขและฝึกฝนเพื่อลดค่าสูญเสียลงได้ และสามารถที่จะนำไปใช้กับงานจริงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์นี้จะทำการศึกษาหาค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงนี้ จะทำการวิเคราะห์จากสมการที่กล่าวไว้ในทางทฤษฎีมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB ในการหาค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นและนำไปเปรียบเทียบกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง

**รูปที่** 1.4 แสดงการเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นใยแสงทั้ง 2 ชนิดที่เกิดขึ้นกับเหตุการณ์จริง

จากรูปที่1.4นี้เป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงภาพนี้ได้มาจากชุมสายบางกรวย ซึ่งเชื่อมโยงกันระหว่างชุมสายบางกรวยกับชุมสายบางพลัดโดยผ่านระบบ Transmission ที่ขนาดความเร็ว 140Mbps ยี่ห้อ NEC จะใช้ความยาวคลื่นที่ใช้งานคือ 1.55 μm ซึ่งเชื่อมโยงกันด้วย optical fiber cable (เส้นสีดำด้านล่าง) ชนิด Single-Mode ซึ่งขนาด core ประมาณ 8.3 μm ซึ่งเป็นเส้นใยแสงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริษัท Thai Fiber Optics Co., Ltd., เชื่อมต่อกับเส้นใยแสงชนิดสำเร็จรูป (Pigtail) โดยมีการเข้า connector เรียบร้อยแล้ว (เส้นสีเหลือง) เพื่อลดค่าสูญเสียที่เกิดจากการเข้าหัวอุปกรณ์ connector ซึ่งถ้าได้สายที่มีการเข้า connector แล้วมาจากโรงงานชนิดนี้ จะช่วยลดค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการเข้าอุปกรณ์ connector จากผู้ปฏิบัติงานได้ ซึ่งเส้นใยแสงสำเร็จรูปนี้จะมีขนาด core ประมาณ 6 μm ซึ่งเป็นเส้นใยแสงของบริษัท AMP สังเกตเห็นว่าจะมีค่าขนาดของ core ที่ต่างกัน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้การเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยเครื่องเชื่อมต่อโดยจะใช้โปรแกรมในการเชื่อมต่อนี้แบบ automatic ไม่ได้ ซึ่งการใช้โปรแกรมแบบ automatic จะต้องมีข้อจำกัดหลายอย่างเช่น เส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นจะต้องมีขนาด core ที่เท่ากัน, ต้องมีค่าดัชนีหักเหเท่ากัน รวมไปถึงค่าพารามิเตอร์ต่างๆต้องเท่ากันด้วย และต้องเป็นเส้นใยแสงชนิดเดียวกันด้วย ซึ่งการเชื่อมต่อเส้นใยแสงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจากรูปที่ 1.3 นี้ซึ่งเป็นเส้นใยแสงที่มีขนาดของ core ที่ต่างกัน จะต้องใช้โปรแกรมการเชื่อมต่อแบบ manual ซึ่งจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่จะช่วยให้มีการลดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎี

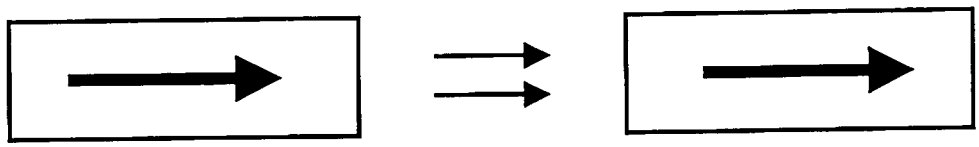
## 2.1 กล่าวนำ

ในระบบสื่อสารที่มีการขนส่งข้อมูลความเร็วสูงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยตัวกลางที่มีประสิทธิภาพสูง เช่นเดียวกับระบบซุมสายในปัจจุบัน ที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลถึงกันเมื่อมีข้อมูลปริมาณมากจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องส่งผ่านเส้นใยแสง เมื่อมีระยะทางที่ไกลมากขึ้นจะต้องมีการต่อเชื่อมเส้นใยแสง จึงเป็นข้อจำกัดสำหรับบริษัทผู้ผลิตเส้นใยแสงที่มีการผลิตเส้นใยแสงที่ความยาวไม่ได้ตามที่ลูกค้าต้องการได้ทุกค่าความยาวหรือเมื่อเส้นใยแสงที่มีการติดตั้งเรียบร้อยแล้วเกิดอุบัติเหตุไม่ว่าในกรณีใดก็แล้วแต่ที่ทำให้สายขาด จุดนี้เองเป็นปัญหาหลักสำหรับช่างเทคนิคที่ต้องทำการเชื่อมต่อ ซึ่งจะก่อให้เกิดค่าสูญเสีย เมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแล้วมีค่าสูญเสียเกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อ ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์สาเหตุที่เกิดขึ้นได้ 2 กรณีในส่วนของกรณีแรกคือ เกิดจากการเชื่อมต่อไม่ดีจะส่งผลทำให้เกิดค่าความผิดพลาดในรูปแบบต่างๆ คือ ความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments), ความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) และระยะห่างของด้านหน้า (Gap) ในบทวิจัยนี้จะขอกล่าวเพียงแค่ค่าความผิดพลาดแค่ 3 รูปแบบเท่านั้นที่เป็นสาเหตุหลักๆ ส่วนสาเหตุอื่นๆจะมีผลกับค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อน้อยมากเลยไม่ได้นำมากล่าวถึง ในส่วนของกรณีที่สองก็คือ เกิดจากความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง ในส่วนนี้จะไม่นำไปทดสอบในทางปฏิบัติเพราะเนื่องจากในทางปฏิบัติจริงจะไม่นิยมนำมาใช้งาน

เคเบิลเส้นใยแสงที่ใช้ในระบบสายส่งจะมีความยาวอย่างมากไม่เกิน 12 km แต่ระยะทางระหว่างสถานีในระบบสื่อสารจริงไกลกว่านี้มาก ทำให้ต้องใช้เคเบิลเส้นใยแสงหลายเส้นมาเชื่อมต่อกัน ในการเชื่อมต่อเส้นใยแสงต้องใช้เทคนิคและวิธีการเฉพาะ เพื่อให้เกิดการส่งผ่านแสงในส่วนของคอร์ระหว่างเส้นใยแสงที่นำมาต่อเชื่อมกัน ทั้งนี้วัตถุประสงค์หลักของการเชื่อมต่อก็เพื่อความต้องการในการส่งผ่านกำลังงานแสงจากเส้นใยแสงเส้นหนึ่งไปสู่เส้นใยแสงอีกเส้นหนึ่ง โดยที่จะต้องมีค่าสูญเสียสัญญาณน้อยที่สุดหรือไม่สูญเสียสัญญาณเลย หลักการเบื้องต้นในการจัดวางเส้นใยแสงให้เกิดการส่งผ่านกำลังงานอาจทำได้โดยการนำปลายเส้นใยแสงมาต่อชนกัน (butt joint) แสดงดังรูปที่ 2.1 (ก) หรืออาจใช้เลนส์รวมแสงเข้ามาช่วยดังแสดงในรูปที่ 2.1 (ข) ซึ่งวิธีที่สองค่อนข้างยุ่งยากเมื่อเทียบกับวิธีแรก ในขณะที่วิธีแรกก็มิได้ทำให้เกิดการสูญเสียสัญญาณ ณ จุดเชื่อมต่อมากนัก จึงเป็นที่นิยมใช้กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากในเชิงปฏิบัติ อย่างไรก็ตาม เส้นใยแสงที่นำมาใช้เชื่อมต่อกันนั้น จุดเชื่อมต่อต้องมีความแข็งแรงทนทานต่อสภาวะแวดล้อมและการใช้งาน จึงต้องมีการกระทำบางอย่างที่เหมาะสม

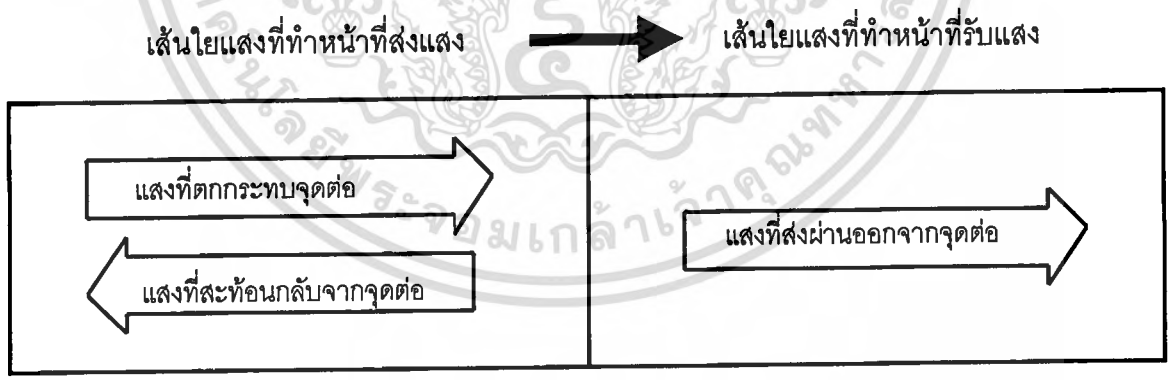


ก). การต่อชนปลาย

ข). การใช้เลนส์รวมแสง

**รูปที่** 2.1 แสดงวิธีการส่งผ่านกำลังงานแสงระหว่างเส้นใยแสงที่เชื่อมต่อกัน

## 2.2 ข้อควรคำนึงในการเชื่อมต่อเส้นใยแสง




**รูปที่** 2.2 แสดงการเดินทางของสัญญาณแสงผ่านจุดเชื่อมต่อเส้นใยแสง (พิจารณาส่วนของคอร์)

ในการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเข้าด้วยกัน จุดเชื่อมต่อที่ดีควรมีคุณสมบัติต่างๆดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีค่าการสูญเสียสัญญาณต่ำ (Low Join Loss) การสูญเสียสัญญาณ ณ จุดต่อเส้นใยแสง (joint loss) มีชื่อเฉพาะเรียกว่า อินเซอร์ตชั่นลอส (insertion loss)

พิจารณาการเดินทางของสัญญาณแสง ณ จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสง เมื่อพิจารณาในส่วนของคอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 จะเห็นว่า แสงที่ตกกระทบจุดเชื่อมต่อ (incident power, $P_i$) จะทำให้เกิดแสงที่ส่งผ่านออกจากจุดต่อ (transmitted power, $P_t$) ซึ่งเป็นแสงที่ต้องการ และแสงที่สะท้อนกลับจากจุดต่อ (reflected power, $P_r$) เข้ามาในเส้นใยแสงเส้นเดิม

ค่าการสูญเสียสัญญาณที่จุดต่อในเทอมของ Insertion loss ($L_I$) หาได้จาก

$$L_I = 10\log\left(\frac{P_t}{P_i}\right)dB \qquad (2.1)$$

เมื่อพิจารณาจากโครงสร้างการเชื่อมต่อ จะพบว่าจุดเชื่อมต่อที่ไม่มีค่าสูญเสียสัญญาณเลย จะต้องมีค่ากำลังงานแสงที่ส่งผ่านเท่ากับกำลังงานแสงที่ตกกระทบจุดเชื่อมต่อ โดยจะต้องไม่มีแสงสะท้อนกลับออกมาเลย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับสมการที่ (2.1) จะหมายถึง $L_I$ = 0dB อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติหลายกรณีอาจทำได้ยาก ดังนั้นหากค่า $L_I$ ยิ่งมีค่าน้อยเท่าไร ย่อมแสดงว่าได้จุดเชื่อมต่อที่ดียิ่งขึ้น ข้อสังเกตในการใช้สมการ (2.1) ก็คือ ค่าที่คำนวณได้จะมีค่าเป็นลบ นั่นแสดงว่าเกิดการสูญเสียสัญญาณเกิดขึ้นนั่นเอง ดังนั้น บางตำราอาจใส่เครื่องหมายลบไว้ข้างหน้าเพื่อขจัดเครื่องหมายลบออกไป หรือกลับเศษส่วน เพื่อให้ได้ค่าเป็นบวก ซึ่งในทางเทคนิคถือว่าถูกทั้งหมด เพราะเรามักสนใจปริมาณของค่าที่คำนวณได้เป็นหลักเท่านั้น เมื่อต้องคำนึงถึงค่าการสูญเสียสัญญาณ

- มีสัญญาณสะท้อนกลับต่ำ (Low Reflectivity) หรือ มีค่าการสูญเสียสัญญาณย้อนกลับสูง (High Return Loss) เมื่อทำการพิจารณารูปที่ 2.2 โดยละเอียดจะพบว่า กำลังงานแสงที่สะท้อนกลับ ($P_r$) ตรงจุดเชื่อมต่อถือเป็นค่าเอาท์พุตของกำลังงานแสงตกกระทบ ($P_i$) ซึ่งเป็นอินพุตของจุดเชื่อมต่อ ดังนั้นเราจะนิยามค่าการสูญเสียสัญญาณสะท้อนกลับ (Return Loss, $L_R$) ได้ตามสมการ

$$L_R = 10\log\left(\frac{P_r}{P_i}\right)dB \qquad (2.2)$$

จุดเชื่อมต่อที่ดีมากๆไม่ควรมีค่ากำลังงานแสงสะท้อนกลับหรือ $P_r$ = 0 นั่นแสดงว่าเมื่อพิจารณาจุดเชื่อมต่อ จะถือว่ามีค่าการสูญเสียสัญญาณสะท้อนกลับสูงมาก จนทำให้ไม่มีเอาท์พุตของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาเลย ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ดีของจุดเชื่อมต่อ หากค่ากำลังงานแสงทั้งหมดที่ตกกระทบสะท้อนกลับออกมาทั้งหมดแสดงว่า $P_r = P_i$ จะทำให้ค่าของ $L_R$ ตามสมการที่ (2.2) มีค่าเท่ากับ 0 dB นั่นคือไม่เกิดการสูญเสียสัญญาณสะท้อนกลับเลย ซึ่งในกรณีเช่นนี้ของจุดเชื่อมต่อถือเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้น อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ อาจมีแสงสะท้อนกลับที่มีค่ากำลังงานเล็กน้อยเล็ดลอดออกมาได้บ้าง แต่จุดเชื่อมต่อที่ดี ต้องทำให้แสงที่สะท้อนกลับออกมานี้มีค่าน้อยมากๆ ซึ่งหมายถึงปริมาณของค่าการสูญเสียสัญญาณย้อนกลับออกมานี้มีค่าน้อยมากๆ ซึ่งหมายถึงปริมาณของค่าการสูญเสียสัญญาณย้อนกลับ $L_R$ (ไม่ต้องคำนึงถึงเครื่องหมายที่เป็นลบ) มีค่ามากๆนั่นเอง

- มีความเชื่อถือได้สูง (Reliability) เส้นใยแสงที่ผ่านกระบวนการเชื่อมต่อใดๆ จะต้องมีความทนทานต่อการใช้งาน มีอายุการทำงานสูงตลอดการใช้งานของระบบสายส่ง และมีคุณสมบัติทุกชนิดคงที่โดยเฉพาะค่าการสูญเสียสัญญาณทุกชนิดตลอดอายุการใช้งาน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้มีความมั่นใจในการใช้งาน

- มีขั้นตอนไม่ยุ่งยาก สะดวกและง่าย เทคนิคการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่ดี ต้องมีขั้นตอนที่ง่าย ไม่ยุ่งยาก และมีความสะดวกในการใช้งาน ผู้ที่ไม่มีประสบการณ์การเชื่อมต่อมาก่อนต้องสามารถเรียนรู้เทคนิคที่ใช้เชื่อมต่อได้โดยง่าย ทั้งนี้เนื่องจากในระบบสื่อสารโทรคมนาคม มักจะต้องมีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเป็นจำนวนมาก ในพื้นที่ที่แตกต่างกันในภาคสนาม

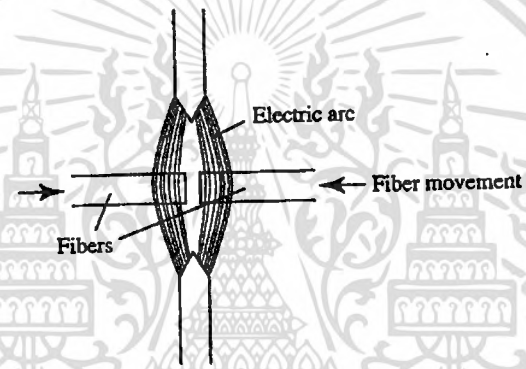
- มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ, ฝุ่นละอองและความชื้น เป็นต้น จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงเป็นสิ่งที่ต้องอยู่ควบคู่กับสายส่งเส้นใยแสงตลอดสภาพการทำงานอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะต้องเผชิญกับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ตามช่วงเวลาของวันและฤดูกาล ดังนั้น หากจุดเชื่อมต่อไม่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อม ก็จะส่งผลให้ระบบสายส่งประสบปัญหาในการทำงานไปด้วย

## 2.3 การเชื่อมต่อเส้นใยแสง

การเชื่อมต่อเส้นใยแสงนั้นสามารถที่จะเชื่อมต่อได้ทุกตำแหน่งของเส้นใยแสงที่มีความยาวมากๆ ซึ่งต้องพยายามให้มีจำนวนของจุดเชื่อมต่อน้อยที่สุด ในการเชื่อมต่อแต่ละครั้งนั้นจะต้องให้มีค่าสูญเสียทางแสงน้อยที่สุดไม่ว่าจะเป็นการเชื่อมต่อแบบถาวร หรือแบบไม่ถาวร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บางทีเทคนิคง่ายๆ สำหรับการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเข้าด้วยกันคือการเชื่อมต่อแบบวิธีการหลอมละลาย (fusion splice) ดังรูปที่ 2.3 ปลายของเส้นใยแสงถูกวางชิดกันมากและใช้ความร้อนในการหลอมละลายวัตถุที่จุดอ่อนตัว (ประมาณ 1,800 - 2,200° C สำหรับชนิด silica) จะถูกผลักเข้าหากันและจะถูกหลอมตามรูปทรงต่อๆกันไปตามความยาวของเส้นใยแสง ในตอนแรกปลายทั้งสองของเส้นใยแสงยังไม่ได้รับการปรับแต่งปลายทั้งสองของเส้นใยแสง จะถูกแก้ไขจากแรงดึงผิวจะถูกดึงกลับในการปรับแต่ง ลำดับต่อมาการเชื่อมต่อจะมีความอ่อนไม่มีความทนทาน ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันการเคลื่อนที่ อุปกรณ์ป้องกันนี้จะใช้โลหะแท่งเหล็กคล้ายหลอดเลื่อนเข้าไปตรงจุดเชื่อมต่อแล้วทำการยึดติดด้วย epoxy resin ทั้งชนิด multi-mode และ single-mode นี้สามารถใช้การเชื่อมต่อแบบที่กล่าวมานี้ได้ และค่าการสูญเสีย (Loss) จะมีค่าน้อยกว่า 0.1 dB

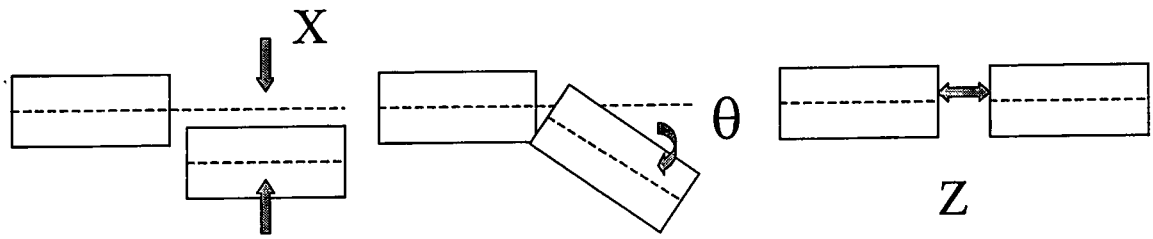



**รูปที่** 2.3 แสดงวิธีการเชื่อมต่อด้วยวิธี fusion splice เข้าด้วยกันพร้อมกับในขณะที่ใช้ความร้อนจากการ Arc ด้วยไฟฟ้า

## 2.4 การเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเนื่องจากการเชื่อมต่อไม่ดี

การเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อนี้จะมาจากสาเหตุต่างๆกันซึ่งแล้วแต่กรณี ไม่ว่าจะมาจากความชำนาญของช่างเทคนิคที่ทำการเชื่อมต่อ, เส้นใยแสงที่ต่างชนิดกัน, ขนาดของเส้นใยแสงที่ไม่เท่ากันและเครื่องมือต่างๆที่ไม่ได้คุณภาพหรือเครื่องมือไม่มีความสะอาดเพียงพอ สิ่งต่างๆเหล่านี้ล้วนแต่เป็นปัจจัยหลักสำคัญที่จะก่อให้เกิดค่าสูญเสียทั้งสิ้น ในการใช้งานจริงเมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดเท่ากันด้วยเครื่องเชื่อมต่อจะใช้โปรแกรมในการเชื่อมต่อแบบ automatic แต่เมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดไม่เท่ากันด้วยเครื่องเชื่อมต่อจะใช้โปรแกรมในการเชื่อมต่อแบบ manual ซึ่งจะต้องมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ ในการสร้างอุณหภูมิการหลอมให้เกิดความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric Arc) และระยะเวลาในการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ก). Lateral Misalignments ข). Angular Misalignments ค). Gap

**รูปที่** 2.4 แสดงรูปค่าความผิดพลาดทั้ง 3 ชนิด

2.4.1 **ความคลาดเคลื่อนของแกน** core (Lateral Misalignments)

ในกรณีของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนของแกน core ที่จะนำเสนอนี้ หรือที่นิยมเรียกกันสั้นๆว่า ออฟเซ็ท (offset) ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก) การเหลื่อมกันของแนวแกนกลางเส้นใยแสงนี้ ทำให้พื้นที่หน้าตัดบางส่วนของคอร์ของเส้นใยแสงที่ส่งแสงอยู่ในแนวเดียวกับแคลดดิ้งของเส้นใยแสงที่รับแสง ทำให้แสงบางส่วนเกิดการสูญเสียไปในแคลดดิ้งได้ ส่วนใหญ่จะเกิดจากการจัดแกน core ที่มีความผิดพลาด (Misalignment) ค่าสูญเสียจะขึ้นอยู่กับรูปร่างและการเพิ่มขนาดของโหมด จะได้จากสมการของค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นคือ [4]

$$LOSS_{Lat;\,smf} = -10\log\left[\exp\left(\frac{-X}{W}\right)^2\right] \qquad (2.3)$$

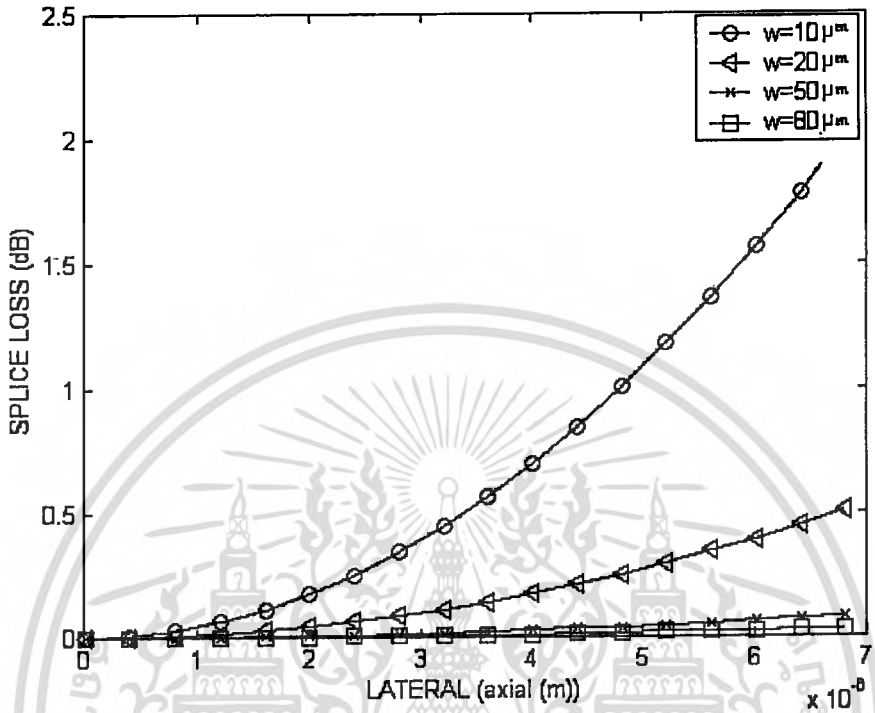
โดยที่ X คือ ระยะค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core

W คือ รัศมีของ core

จากนั้นได้นำสมการที่ (2.3) ไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MATLAB จะแสดงผลตามรูปที่ 2.5 สังเกตจะเห็นว่ามีการ step ค่าของขนาด core ที่ระยะตั้งแต่ 20 μm →80 μm แทบจะไม่มีผลกับค่าสูญเสียมากมาย จึงสรุปได้ว่าเส้นใยแสงชนิดโหมดร่วม (MMF) แทบจะไม่มีผลต่อค่าสูญเสีย ที่เกิดจากแกน core คลาดเคลื่อนเลย เนื่องจากเส้นใยแสงชนิดโหมดร่วม (MMF) มีขนาดของแกน core

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และค่าที่ใหญ่กว่าขนาดของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) จะวิเคราะห์ได้ว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากแกน core คลาดเคลื่อนจะมีค่าสูญเสียที่น้อยมาก เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าสูญเสียแบบอื่นๆ




**รูปที่** 2.5 แสดงการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากแกน core ( Lateral Misalignments)

จากสมการที่ (2.3) เมื่อมีการเพิ่มค่า X ให้สูงขึ้นจะส่งผลให้มีค่าสูญเสียเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่เมื่อมีการเพิ่มค่า W ให้มีค่าสูงขึ้นผลที่ได้คือแทบจะไม่มีผลในเรื่องของค่าสูญเสียสูงขึ้นเลย เปรียบเสมือนกับเส้นใยแสงชนิดโหมดร่วม (MMF) เมื่อรัศมีของ core มีค่าสูงจะทำให้ค่า Numerical Aperture (NA) มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย แต่จะไม่มีผลในเรื่องของค่าความยาวคลื่นที่นำไปใช้งาน

2.4.2 **ความคลาดเคลื่อนของมุม** core (Angular Misalignments)

ในกรณีเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนของมุม core ที่จะนำเสนอนี้ เป็นลักษณะการต่อเชื่อมเส้นใยแสงสองเส้น ที่มิได้ถูกจัดให้อยู่ในแนวเส้นตรง แต่เกิดเป็นมุมเอียงกับแนวแกนกลางของเส้นใยแสงดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ข) ส่วนใหญ่จะเกิดจากการตัดผิวหน้าของเส้นใยแสงไม่เรียบ, การวางเส้นใยแสงลงสู่ V-groove ไม่เป็นระนาบเดียวกัน หรืออุปกรณ์ V-groove เกิดการชำรุด จะได้จากสมการของค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นคือ

$$Loss_{Ang;\,smf} = -10\log\left[\exp(-T)^2\right] \tag{2.4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $T = n\pi W\sin\theta / \lambda$

โดยที่ n คือ ดัชนีหักเหของ cladding

W คือ รัศมีของ core

$\theta$ คือ ค่ามุมของแกน core ที่มีความผิดพลาด

$\lambda$ คือ ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน

จากรูปที่ 2.6 สังเกตจะเห็นว่ามีการ step ค่าของขนาด core ที่ระยะตั้งแต่ 10$\mu$m $\rightarrow$80$\mu$m จะมีผลกับค่าสูญเสียเทียบกันในแต่ละจุดของค่ามุม $\theta$ ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) ยิ่งมีค่าสูญเสียที่สูงกว่าเส้นใยแสงชนิดโหมดร่วม (MMF) เมื่อเทียบกับค่ามุม $\theta$ ของทุกๆมุม

จากสมการที่ (2.4) เมื่อทำการวิเคราะห์ในเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว เมื่อมีการเพิ่มค่า $\theta$ ให้สูงขึ้น จะส่งผลทำให้แสงเลเซอร์มีการกระจายตัวออกนอกแกน core เข้าสู่ cladding จะส่งผลให้เกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานจะส่งผลให้ค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อมีค่าต่ำลง

2.4.3 **ระยะห่างของด้านหน้า** (Gap)

ในกรณีเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากระยะห่างของด้านหน้า ที่จะนำเสนอนี้ เป็นลักษณะการจัดวางปลายเส้นใยแสงที่นำมาเชื่อมต่อกัน ให้มีช่องว่างเกิดขึ้นระหว่างปลายหน้าตัดของเส้นใยแสงทั้งสอง ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ค) ซึ่งช่องว่างนี้อาจเกิดจากความตั้งใจหรือไม่ก็ได้ ทำให้พลังงานแสงบางส่วนกระเจิงออกนอกเส้นใยแสงได้อันจะก่อให้เกิดการสูญเสียสัญญาณในที่สุด ส่วนใหญ่จะเกิดจากอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมในการหลอมให้เกิดความร้อนด้วยไฟฟ้า (Electric Arc) มีสาเหตุมาจากการนำเส้นใยแสงที่มีขนาด core ที่ต่างกันมาเชื่อมต่อกัน ดังนั้นในการเชื่อมต่อด้วยเครื่องเชื่อมต่อจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์จากโปรแกรมแบบ manual ซึ่งจะอธิบายในส่วนของการทดสอบทางปฏิบัติต่อไป จะได้จากสมการของค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นคือ [5]

$$Loss_{Gap;\,smf} = -10\log\left[\frac{1}{(S^2+1)}\right] \qquad (2.5)$$

เมื่อ

$S = Z\lambda / (2\pi nW^2)$

โดยที่ Z คือ ระยะห่างของด้านหน้าเส้นใยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

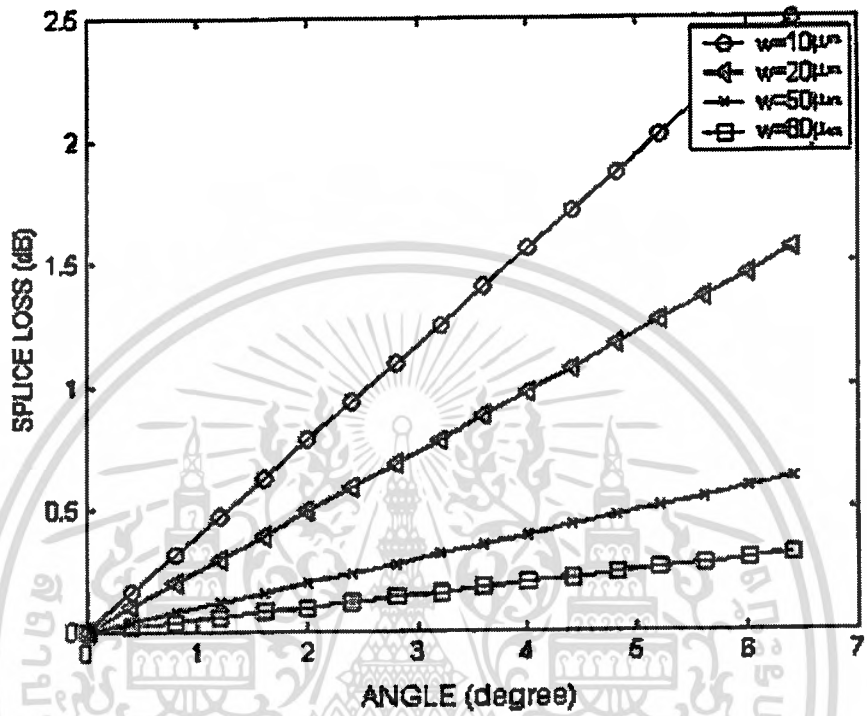
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



$\lambda$ คือ ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน

n คือ ค่าดัชนีหักเหของ cladding

W คือ รัศมีของ core




**รูปที่** 2.6 แสดงการวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อนจากมุม core (Angular Misalignments)

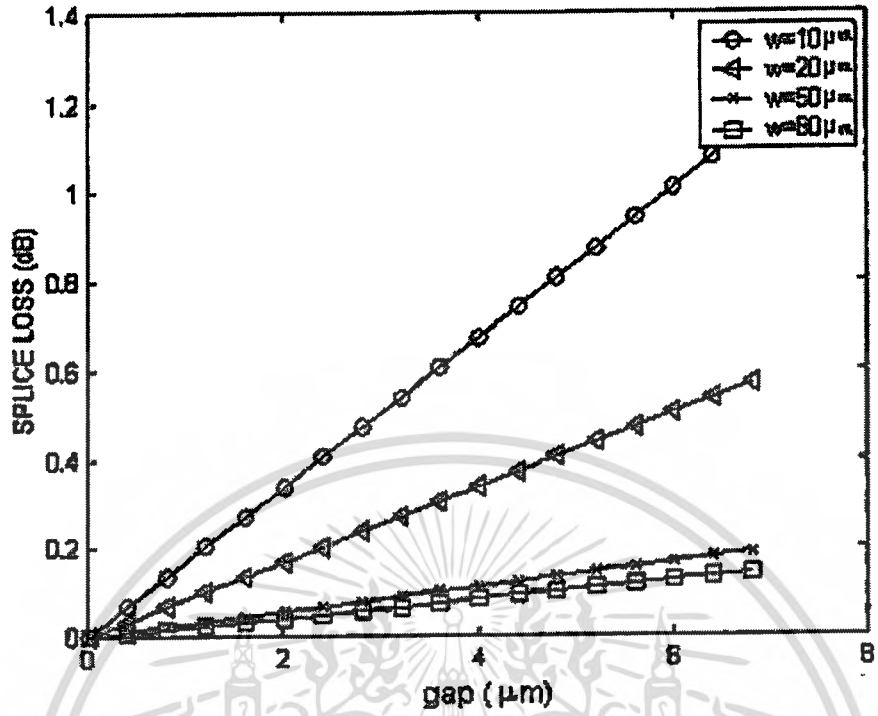
จากรูปที่ 2.7 จะสังเกตเห็นว่ามีการเกิดค่าสูญเสียที่สูงเมื่อเทียบกับทุกๆระยะของขนาดแกน core จึงวิเคราะห์ได้ว่าค่าสูญเสียที่เกิดจากระยะห่างของด้านหน้าของ core จะทำให้ค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอม (Fusion Splice) มีค่าสูงสุด ซึ่งในทางปฏิบัติและใช้งานจริงไม่สมควรที่จะให้เกิดขึ้น

จากสมการที่ (2.5) เมื่อทำการวิเคราะห์ในเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว เมื่อเพิ่มค่า Z จะส่งผลทำให้แสงเลเซอร์มีการกระจายตัวออกนอกแกน core จะส่งผลให้เกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเพิ่มขึ้น และเมื่อมีการเพิ่มค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานจะส่งผลให้ค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อมีค่าต่ำลง

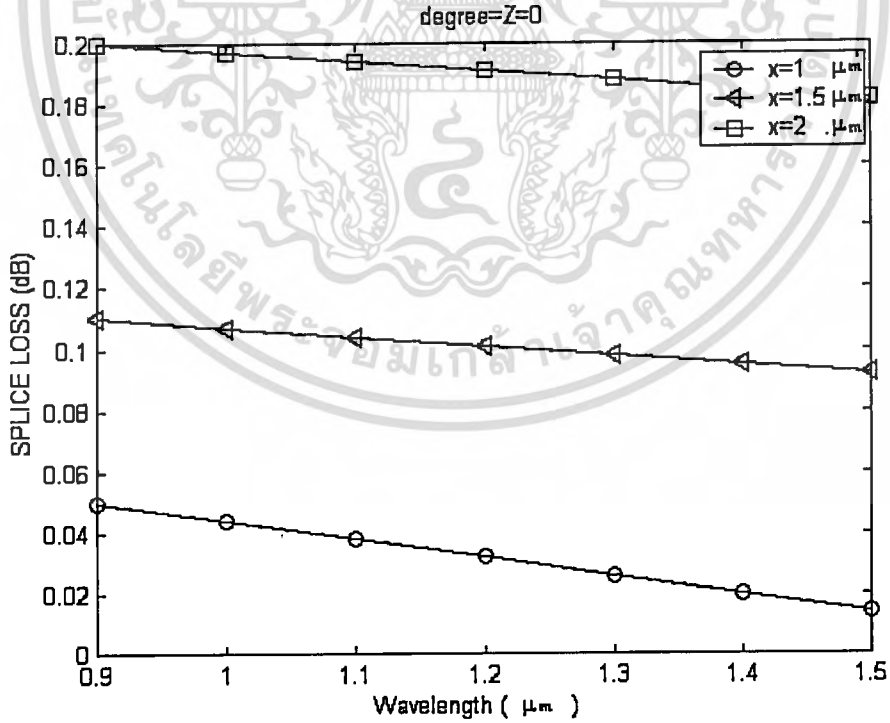
เมื่อนำรูปที่ 2.5, 2.6 และ 2.7 มาวิเคราะห์ที่ค่าขนาดของ core = 10$\mu$m เปรียบเสมือนกับเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) เทียบกับค่าความยาวคลื่น($\lambda$) ที่ใช้งานในช่วงต่างๆต่อไป จะได้ค่าผลจากการวิเคราะห์ตามรูปที่ 2.8 , 2.9 และ 2.10 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

51888



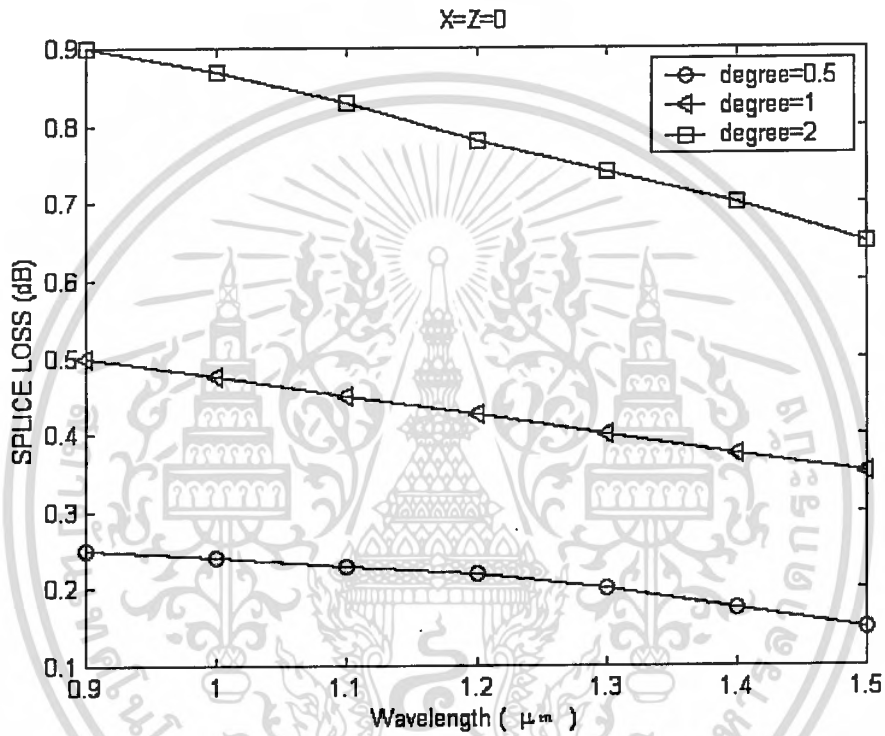

**รูปที่** 2.7 แสดงการวิเคราะห์ระห่างของด้านหน้า (Gap)




**รูปที่** 2.8 แสดงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments) ใน SMF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

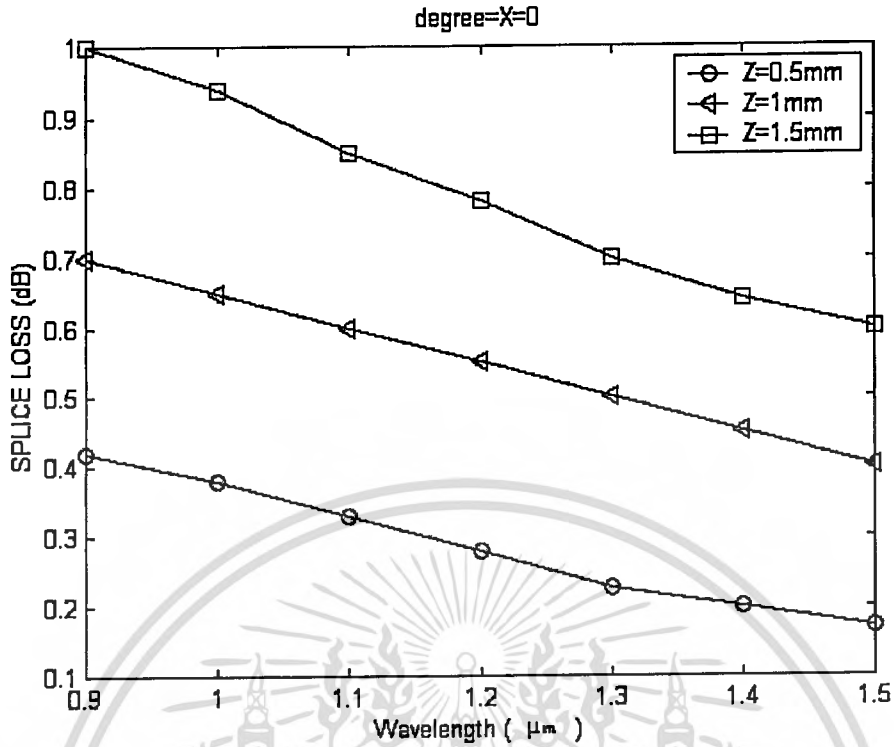
เมื่อพิจารณารูปที่ 2.8, 2.9 และ 2.10 สังเกตค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อเพิ่มค่าความคลาดเคลื่อนในแบบต่างๆ จะทำให้ค่าสูญเสียเพิ่มขึ้นตามลำดับ ให้สังเกตค่าความคลาดเคลื่อนของ core (lateral Misalignments) ในเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF.) ที่กำหนดให้ค่า $\theta$ และค่า Z ให้เท่ากับ 0 เท่ากับว่าจะมีค่าความคลาดเคลื่อนของ core (Lateral Misalignments) เพียงอย่างเดียว ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9 ค่าสูญเสียที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของ core(Lateral Misalignments) นี้มีค่าน้อยที่สุด และในทางตรงกันข้ามให้สังเกตที่รูปที่ 2.9




**รูปที่** 2.9 แสดงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) ใน SMF.

ค่าความคลาดเคลื่อนระยะห่างของด้านหน้า core (gap) ในเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF) ที่กำหนดให้ค่า X และค่า $\theta$ ให้เท่ากับ 0 เท่ากับว่าจะมีค่าความคลาดเคลื่อนระยะห่างของด้านหน้า core (gap) ในเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว(SMF) นี้มีค่ามากที่สุด ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวด้วยวิธีการหลอม (Fusion Splice) ถ้ามีค่าสูญเสียเกิดขึ้นมีค่าต่ำจะสามารถคาดคะเนได้ว่าจุดเชื่อมต่อนี้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนของ core(Lateral Misalignments) โดยจะประมาณให้ค่าสูญเสียนั้นจะอยู่ในช่วงประมาณ 0.05 dB ที่มีระยะค่า X ที่ 1$\mu$m ดังตัวอย่างในหัวข้อถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 2.10 แสดงการวิเคราะห์ระยะห่างของด้านหน้า (Gap) ใน SMF.

## 2.5 เกิดจากค่าความแตกต่างของพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง

การเกิดค่าสูญเสียเนื่องจากค่าความแตกต่างของพารามิเตอร์ของเส้นใยแสงนี้ จะขออธิบายให้เกิดความเข้าใจด้วยสมการ (2.6) [6]

$$Loss_{N.A.} \cong -20\log\left(N.A._2 \Big/ N.A._1\right) \tag{2.6}$$

เมื่อ

$$N.A. = \sqrt{n_1^{\,2} - n_2^{\,2}}$$

โดยที่ N.A. คือ ค่าขนาดของมุมในการรับแสง

$n_1$ คือ ค่าดัชนีหักเหของ core

$n_2$ คือ ค่าดัชนีหักเหของ cladding

จากสมการที่ (2.6) เมื่อค่า N.A. (Numerical Aperture) ในแต่ละองค์ประกอบของเส้นใยแสงในแต่ละเส้นที่จะนำมาเชื่อมต่อกัน ถ้าค่า $n_1$ ของเส้นใยแสงเส้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ $n_1$ ของเส้นใยแสงเส้นที่ 2 และในทำนองเดียวกันถ้า ถ้าค่า $n_2$ ของเส้นใยแสงเส้นที่ 1 มีค่าเท่ากับ $n_2$ ของเส้นใยแสงเส้นที่ 2 จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งผลทำให้ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงจะมีค่าเป็น 0 ซึ่งในทางปฏิบัติจริงจะไม่สมควรที่จะนำมาใช้งาน เพราะเนื่องจากจะก่อให้เกิดค่าสูญเสียและเป็นการลดสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียจึงไม่สมควรนำมาใช้งาน ซึ่งในทางปฏิบัติจริงจะไม่มีการนำเส้นใยแสงที่มีค่าพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันมาต่อเชื่อมกันอยู่แล้ว

**รูปที่** 2.11 แสดงค่าความผิดพลาดจากความแตกต่างของพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง

## 2.6 การเชื่อมต่อด้วยวิธีสไปลซ์ (Splice)

สไปลซ์ (Splice) เป็นเทคนิคการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบถาวร แบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ การสไปลซ์แบบหลอมหรือฟิวชั่นสไปลซ์ (Fusion Splice) และการสไปลซ์เชิงกลหรือแมคคานิคอลสไปลซ์ (Mechanical Splice) ในที่นี้เราจะกล่าวถึงแค่การสไปลซ์แบบหลอมหรือฟิวชั่นสไปลซ์เท่านั้น

### 2.6.1 การสไปลซ์แบบหลอมหรือฟิวส์ชั่นสไปลซ์ (Fusion Splice)

การสไปลซ์แบบหลอมหรือฟิวชั่นสไปลซ์ (Fusion Splice) เป็นการเชื่อมต่อปลายเส้นใยแสงสองเส้นด้วยการหล่อหลอมด้วยความร้อน ให้วัสดุที่ใช้ทำเส้นใยแสงกลายเป็นเนื้อเดียวกัน เนื่องจากเส้นใยแสงมาตรฐานที่ใช้ในระบบสื่อสารโทรคมนาคมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กมากเท่ากับ 125 $\mu$m การหล่อหลอมเส้นใยแสงเพื่อให้ส่วนของคอร์และแคลดดิ้งกลายเป็นเนื้อเดียวกัน โดยยังคงสภาพส่วนของคอร์และแคลดดิ้งแยกออกจากกันเหมือนเดิม ต้องกระทำด้วยความร้อนที่เหมาะสม นั่นหมายถึงขนาดของอุณหภูมิ และเวลาที่ป้อนความร้อน ต้องมีความแน่นอน มิฉะนั้นส่วนของคอร์และแคลดดิ้งอาจหลอมละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการเช่นนี้เรียกว่าเครื่องสไปลซ์หรือสไปลเซอร์ (Splicer)

ในการเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยวิธีฟิวชั่นสไปลซ์ (ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกสั้นๆว่าวิธีสไปลซ์) สิ่งสำคัญเป็นอันดับแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ การเตรียมปลายเส้นใยแสงที่จะนำมาเชื่อมต่อเข้าด้วยกัน ซึ่งสามารถจัดแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักตามลำดับดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Stripping (สตริปปิ้ง) เป็นการปอกเส้นใยแสงให้เหลือเฉพาะส่วนของเส้นใยแสงเปลือย (bare fiber) คือให้เหลือเฉพาะส่วนของแก้วที่เป็นแคลดดิ้งและคอร์เท่านั้น ส่วนของโค๊ดติ้งและเปลือกหุ้มอื่นต้องกำจัดออกให้หมด ในการกำจัดเปลือกหุ้มส่วนนอกออกมักกระทำได้โดยง่าย แต่การปอกหรือขูดส่วนของโค๊ดติ้งออกต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง มิฉะนั้นผิวรอบเส้นใยแสงอาจมีรอยขีดข่วนไปจนถึงทำให้เส้นใยแสงแตกหักได้ เนื่องจากผนังชั้นในของโค๊ดติ้งจะยึดติดกับเนื้อผิวด้านนอกของเส้นใยแสง เครื่องมือเฉพาะที่ใช้ในการปอกโค๊ดติ้งเรียกว่า สตริปเปอร์ (Stripper) ซึ่งมีลักษณะคล้ายคีมปอกสายไฟ แต่ถูกออกแบบมาสำหรับใช้กับเส้นใยแสงเท่านั้น

- Cleaning (คลีนนิ่ง) เป็นการทำความสะอาดปลายเส้นใยแสงเปลือย ด้วยการใช้กระดาษทิชชูชนิดไม่มีขุยชุบแอลกอฮอล์ แล้วเช็ดปลายเส้นใยแสงในลักษณะเช็ดถูทางเดียวไปทางตอนปลายประมาณ 3—5 ครั้ง ทั้งนี้ปลายเส้นใยแสงที่ถูกทำความสะอาดแล้ว จะต้องปราศจากการจับต้องด้วยมือ เพราะปลายนิ้วมือมีคราบน้ำมันที่อาจทำให้ปลายเส้นใยแสงสกปรกได้

- Cleaving (คลีฟวิ่ง) เป็นการตัดปลายเส้นใยแสง เพื่อให้ระนาบหน้าตัดเส้นใยแสงมีความเรียบและที่สำคัญต้องตั้งฉากหรือทำมุมกับแนวแกนกลางของเส้นใยแสงตามต้องการ เนื่องจากเส้นใยแสงที่ทำมาจากแก้ว จะมีเนื้อวัสดุที่มีความแข็งมาก ใบมีดที่ใช้ตัดแก้วจึงต้องเป็นใบมีดพิเศษ สำหรับหลักการตัดปลายเส้นใยแสง จะทำการสร้างรอยบากเล็กๆ ขึ้นที่ผิวด้านนอกของเส้นใยแสง จากนั้นจะใช้แรงกดปลายเส้นใยแสงให้โค้งงอ ในขณะที่อีกด้านหนึ่งของรอยบากจะถูกยึดไว้อย่างมั่นคง เมื่อเส้นใยแสงโค้งงอมากๆ รอยบากที่สร้างขึ้นจะแตกแยกออกโดยง่าย ทำให้เส้นใยแสงแยกขาดออกจากกัน ในขณะเดียวกันรอยตัดที่แยกออกจากกันก็จะมีผิวเรียบด้วย (ให้ลองนึกภาพตอนตัดกระจกธรรมดา ที่ต้องสร้างรอยขีดเล็กๆ แล้วออกแรงกดกระจกให้แยกออกจากกัน) เนื่องจากการตัดปลายเส้นใยแสงมีความสำคัญมาก จึงมักมีความจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องมือเฉพาะที่เรียกว่า คลีฟเวอร์ (Cleaver)

ในการหลอมเส้นใยแสงที่เชื่อมต่อกันด้วยวิธีสไปลซ์ จะนำปลายเส้นใยแสงที่เตรียมปลายแล้วมาจับยึดวางไว้ใกล้กันให้ห่างกันประมาณ 2-5 มิลลิเมตร โดยจะต้องจัดวางให้อยู่ในแนวเส้นตรง (เพื่อแก้ปัญหาเอียง) หากไม่อยู่ในแนวที่มีแกนกลางตรงกัน ก็ต้องทำการปรับตำแหน่งให้ตรงกันเพื่อป้องกันการเกิดออฟเซ็ต ซึ่งเครื่องสไปลเซอร์ในปัจจุบันสามารถจัดตำแหน่งเพื่อแก้ปัญหาออฟเซ็ตได้โดยอัตโนมัติ จนปลายเส้นใยแสงทั้งสองสัมผัสกันพอดี (เพื่อแก้ปัญหาการแยกกัน) จากนั้นก็จะทำการให้ความร้อน โดยทั่วไปเครื่องสไปลเซอร์มักใช้เข็มโลหะขนาดเล็กสองอันจัดวางในลักษณะตั้งฉากกับแนวเส้นใยแสงในช่วงรอยต่อของเส้นใยแสงพอดี โดยจัดวางให้ห่างกันประมาณ 3-5 มิลลิเมตร เข็มโลหะนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะทำหน้าที่เป็นอิเล็กโตรด จะเกิดความต่างศักย์ระหว่างขั้วอิเล็กโตรดทั้งสองทำให้เกิดประจุไฟฟ้ากระโดดจากขั้วหนึ่งไปยังอีกขั้วหนึ่ง ในลักษณะของการสปาร์ก (spark) ทำให้เกิดความร้อนสูงในบริเวณนี้ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ต้องการเชื่อมต่อเส้นใยแสงพอดี

ในครั้งแรกที่ทำการให้ความร้อน (จากขั้วอิเล็กโตรดไฟฟ้า) จะกระทำเพียงช่วงเวลาสั้นๆ เพื่อต้องการทำความสะอาดปลายเส้นใยแสงที่นำมาต่อเชื่อมกันเสียก่อน ขั้นตอนนี้เรียกว่าการพรีฟิวชั่น (prefusion) จากนั้นจะทำการตรวจสอบและจัดปลายเส้นใยแสงทั้งสองอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าเส้นใยแสงที่นำมาเชื่อมต่ออยู่ในแนวแกนกลางเดียวกันพอดี เมื่อแน่ใจดีแล้ว ก็จะทำการให้ความร้อนจากขั้วอิเล็กโตรดในครั้งนี้ขนาดของอุณหภูมิ (กำหนดจากค่าความต่างศักย์ทางไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโตรด) และระยะเวลาที่ให้ความร้อน ต้องมีค่าที่เหมาะสมเพื่อทำให้ส่วนของคอร์และแคลดดิ้งของเส้นใยแสงทั้งสองหล่อหลอมเป็นเนื้อเดียวกันได้พอดี เมื่อเส้นใยแสงถูกเชื่อมต่อโดยการหล่อหลอมเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จะทำการห่อหุ้มเส้นใยแสงในบริเวณเชื่อมต่อซึ่งเป็นเส้นใยแสงเปลือยด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า สลีฟ (Sleeve) ซึ่งมีลักษณะคล้ายท่อโลหะหรือวัสดุแข็ง เพื่อทำให้จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงมีความแข็งแรงสามารถทนแรงจับและแรงกระแทกเบาๆ ได้

2.6.2 **เทคนิคการจัดเรียงแนวแกนกลางเส้นใยแสง** (Optical Fiber Alignment Techniques)

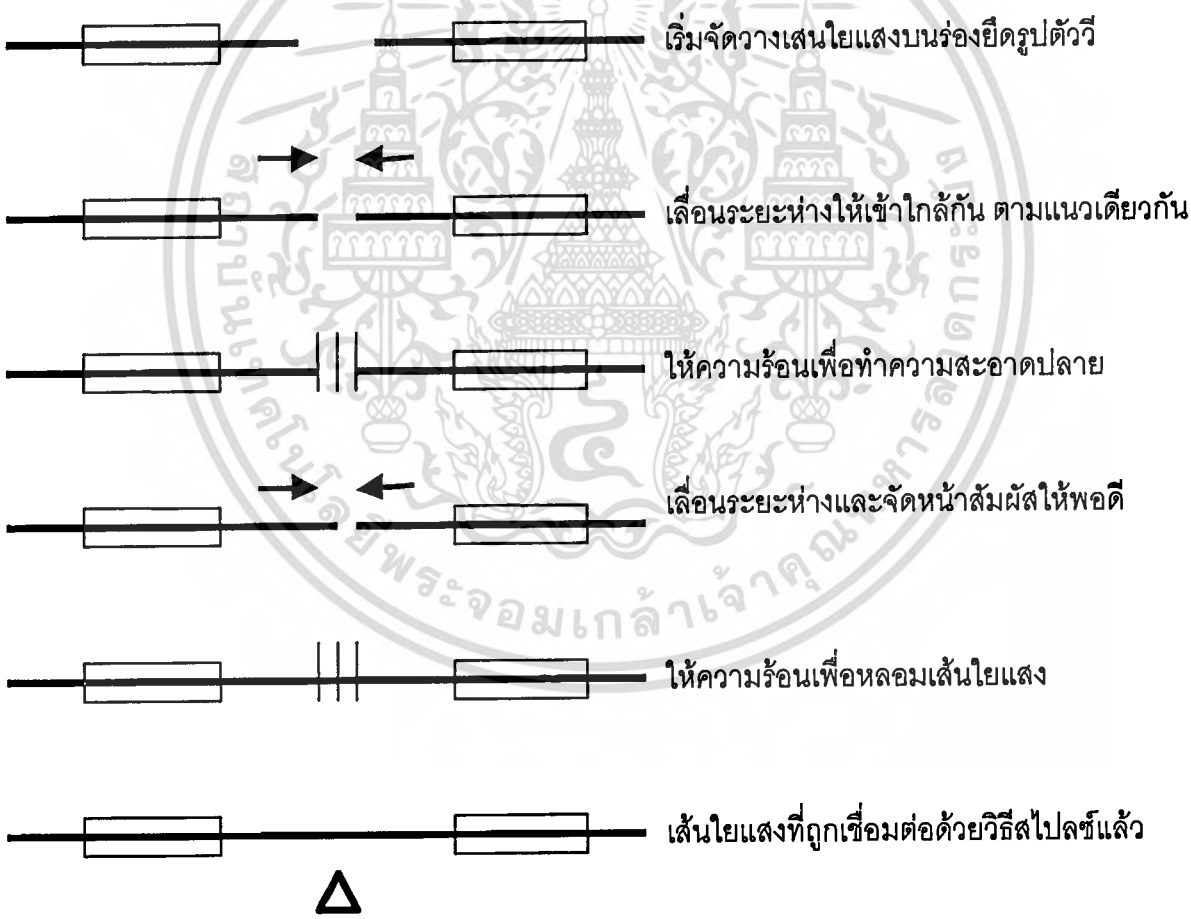
เทคนิคการจัดเรียงแกนกลางของเส้นใยแสงที่ใช้ในเครื่องสไปลเซอร์ ส่วนใหญ่มี 2 วิธี ได้แก่ วิธี LID (Local Injection and Detection) และวิธี PAS (Profile Alignment System)

- LID (Local Injection and Detection) เป็นเทคนิคการส่งแสงเข้าไปในเส้นใยแสงผ่านทางผนังรอบเส้นใยแสง โดยการทำให้เส้นใยแสงมีลักษณะโค้งงอ ด้วยค่ารัศมีความโค้งที่เพียงพอ ที่จะทำให้แสงที่ตกกระทบผิวหรือผนังรอบเส้นใยแสงจากด้านนอก สามารถทะลุผ่านเข้าไปในแคลดดิ้ง แล้วผ่านสู่คอร์ของเส้นใยแสงได้ดังแสดงในรูปที่ 2.13 (ก) แสงที่เข้าสู่เส้นใยแสงในลักษณะเช่นนี้จะมีค่ากำลังงานไม่มากนัก แต่ก็เพียงพอในกระบวนการจัดแนว แสงที่เข้าสู่เส้นใยแสงเส้นหนึ่ง จะเดินทางไปเข้าสู่เส้นใยแสงอีกเส้นหนึ่งตรงจุดเชื่อมต่อ โดยเส้นใยแสงที่นำเชื่อมต่อก็จะถูกทำให้โค้งงอเช่นกัน เพื่อทำให้แสงเดินทางในเส้นใยแสงรั่วไหลผ่านออกมาด้านนอกของเส้นใยแสงได้ เนื่องจากปรากฏการณ์สะท้อนกลับหมด (TIR) ไม่ทำงาน แสงที่ออกมาจากเส้นใยแสงที่นำมาเชื่อมต่อนี้จะถูกวัดหาค่ากำลังงานเพื่อแสดงสถานภาพการจัดเรียงแนวของเส้นใยแสงทั้งสองเส้นที่จะเชื่อมต่อกัน ซึ่งจะเห็นว่า หากการจัดเรียงแนวทำให้ส่วนของคอร์ประกบกันพอดี และแกนกลางเส้นใยแสง (fiber axis) ทั้งสองอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

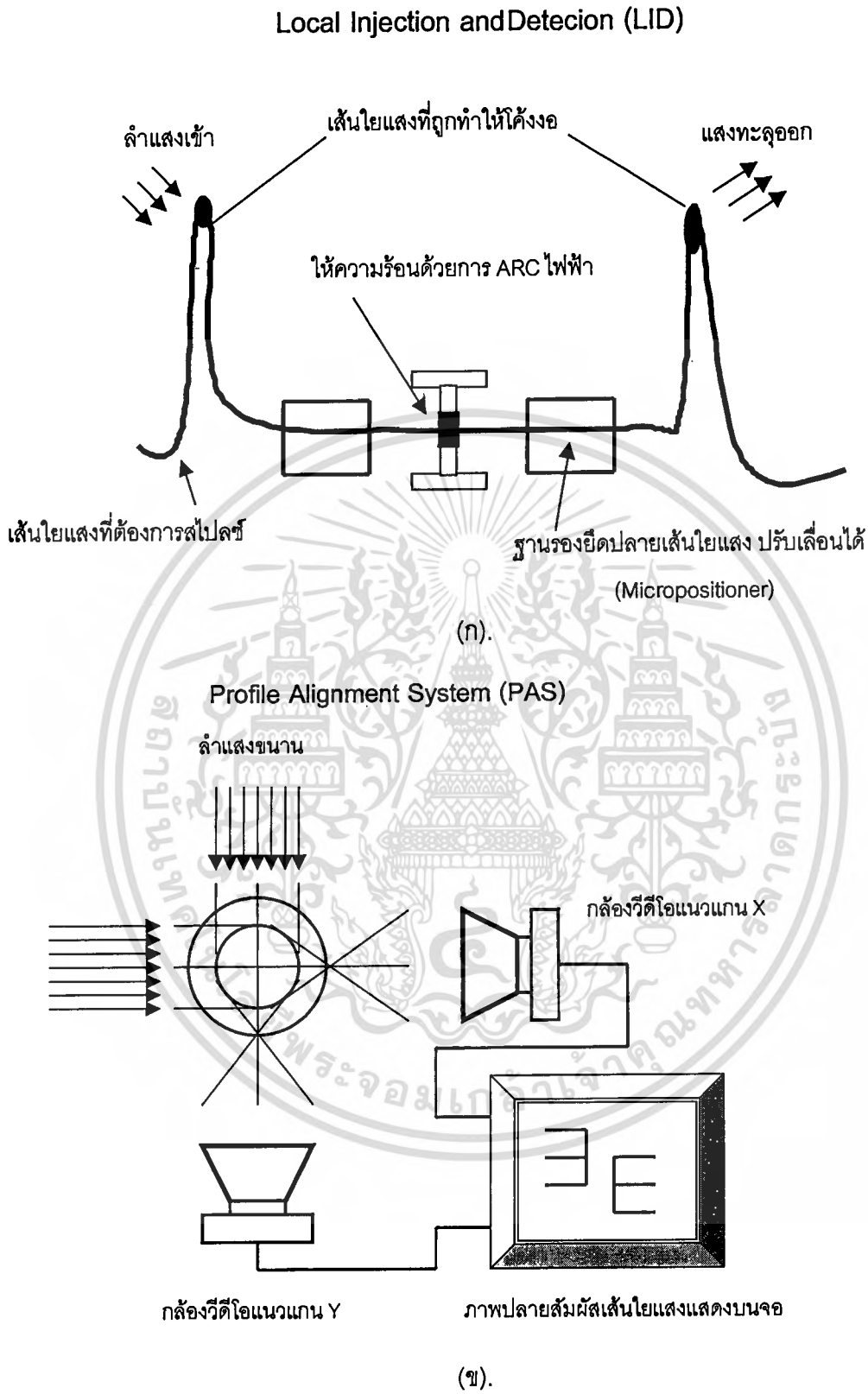
แนวเส้นตรงเดียวกัน ค่ากำลังงานแสงที่วัดได้จะต้องมีค่ามากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกำลังงานแสงที่วัดได้ในกรณีที่การจัดเรียงแนวแกนกลางของเส้นใยแสงผิดเพี้ยนไป เทคนิค LID ยังมีประโยชน์ในการประมาณค่าการสูญเสียสัญญาณ ที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงนี้ได้อีกด้วย

- PAS (Profile Alignment System) เป็นเทคนิคการใช้ภาพขยายของจุดต่อที่มองเห็นมุม 2 มุม ที่ตั้งฉากกัน เพื่อบอกสภาพการจัดเรียงแนวแกนกลางเส้นใยแสง ดังแสดงในรูป 2.13 (b) หลักการทำงานของเทคนิค PAS จะใช้กล้องวีดีโอจำนวน 2 กล้องจับสัญญาณภาพของจุดเชื่อมต่อในมุมที่ตั้งฉากกัน โดยภาพที่ได้จะแสดงออกมาบนจอมอนิเตอร์ ที่มักติดตั้งรวมอยู่เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องสไปลซ์ ซึ่งถ้าการจัดเรียงแนวแกนกลางไม่สมบูรณ์ เช่น การเหลื่อมกัน การแยกกัน และการจัดแนวไม่เป็นเส้นตรง เป็นต้น ก็จะเห็นภาพความบกพร่องในการเชื่อมต่อของเส้นใยแสงทั้งสองได้อย่างชัดเจน




**รูปที่** 2.12 แสดงขั้นตอนการหลอมปลายสายเส้นใยแสงเชื่อมต่อด้วยวิธีสไปลซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 2.13 แสดงเทคนิคการจัดเรียงแนวแกนกลางเส้นใยแสงสองเส้นที่นำมาต่อเชื่อมกัน

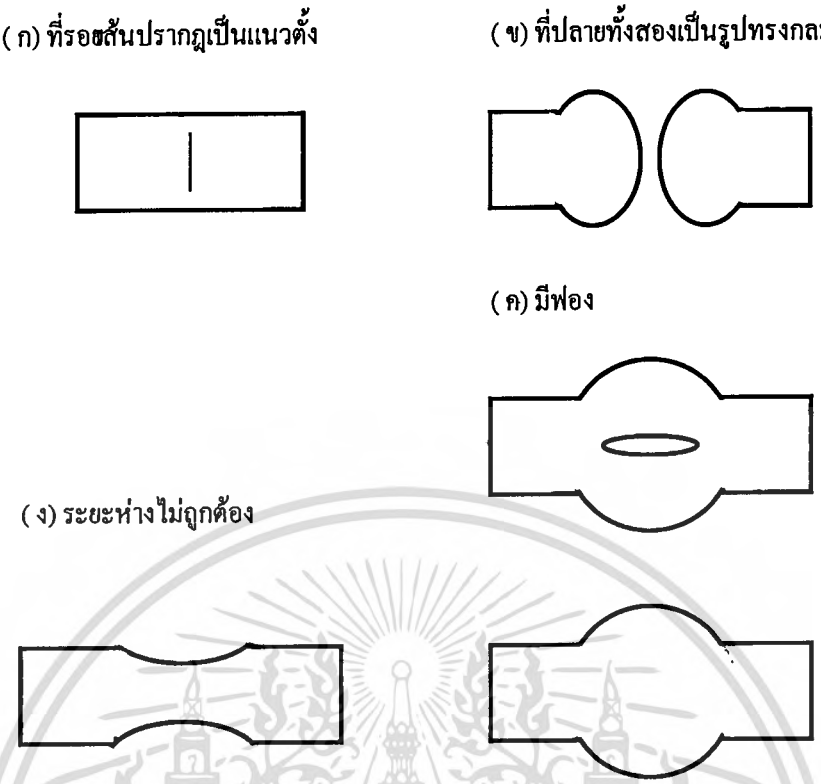
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 2.1** แสดงการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการต่อเชื่อมโดยไม่ใช้ความร้อนกับวิธีการต่อเชื่อมโดยใช้ความร้อน

| หัวข้อ | วิธีการต่อเชื่อมโดยใช้ความร้อน | วิธีการต่อเชื่อมโดยไม่ใช้ความร้อน | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| การเสื่อมตามอายุการใช้งานของส่วนต่อเชื่อม | ไม่มี | มี | เนื่องจากกำลังการติดของกาวที่ใช้จะลดลง และคุณสมบัติทางแสงเสื่อมลง |
| การสูญเสียของการต่อเชื่อม | น้อย | น้อย | การสูญเสียของการต่อเชื่อมส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับวิธีการปรับแกน |
| รูปร่างลักษณะของส่วนต่อเชื่อม | เล็ก | โต | เนื่องจากวิธีการต่อเชื่อมโดยใช้ความร้อนนั้นไม่ต้องใช้มาตรฐานการปรับแกน จึงสามารถทำให้ ส่วนต่อเชื่อมมีขนาดเล็กได้ |
| ระยะเวลาที่ใช้ในการต่อเชื่อม | น้อย | มาก | - |
| การเสื่อมคุณภาพของเส้นใยแสงตอนทำการต่อเชื่อม | อาจมี | ไม่มี | จากเงื่อนไขการให้ความร้อนทำให้ Tensionstrength เสื่อมลงนอกจากนั้นอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงของการกระจายค่าดัชนีการหักเห |

สำหรับรูปที่ 2.14 [8] จะเป็นการแสดงในส่วนของข้อบกพร่องที่จุดต่อสายซึ่งส่วนนี้จะไม่ได้กล่าวในส่วนของทฤษฎีเพราะเนื่องจาก การเกิดขึ้นเป็นไปได้น้อยมาก แต่เนื่องจากต้องการให้เห็นถึงภาพของการเกิดและแนวทางแก้ไข จึงจะอธิบายในส่วนของตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 2.14 แสดงข้อบกพร่องที่จุดเชื่อมต่อสาย

**ตารางที่** 2.2 แสดงการแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในการต่อสาย

| ข้อบกพร่อง | สาเหตุ | การแก้ไข |
|---|---|---|
| ที่จุดต่อปรากฏเส้นในแนวตั้ง | 1. ในขณะทำการ Discharge มีกระแสไฟต่ำเกินไป<br>2. ที่ขั้ว Electrode มีรอยขูดขีดหรือเสียหาย<br>3. การปรับขั้ว Electrode ไม่ถูกต้อง | 1. ตรวจและปรับกระแสให้เพียงพอสำหรับการ Discharge<br>2. เปลี่ยนขั้ว Electrode<br>3. ตรวจสอบตำแหน่งของขั้ว Electrode |
| 1. ที่จุดต่อปรากฏเป็นรูปทรงกลม<br>2. ที่จุดต่อมีขนาดเล็กลง | 1. การเชื่อมที่จุดต่อมีกระแสไฟ Discharge มากเกินไป<br>2. ช่วงห่างของ gap มากเกินไป | 1. ตรวจสอบและปรับกระแสไฟ Discharge ให้เหมาะสม<br>2. ปรับระยะห่างของสายที่ต่อให้ถูก |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| ข้อบกพร่อง | สาเหตุ | การแก้ไข |
|---|---|---|
| ที่จุดต่อมีฟองอากาศ | 1. ข้อบกพร่องเกิดจากการตัดสาย<br>2. ที่ปลายทั้งสองของสายสกปรก<br>3. stopper สกปรก | 1. ตัดสายใหม่ หรือ เปลี่ยนอุปกรณ์การตัดสาย<br>2. เหมือนข้อ 1<br>3. ทำความสะอาด stopper |
| ที่จุดต่อพองขึ้น | 1. กระแสไฟ Discharge ไม่เหมาะสม<br>2. ปรับระยะ gap ของสายไม่ถูกต้อง | 1. ตรวจสอบกระแสไฟ Discharge ให้ถูกต้อง<br>2. ปรับระยะ gap ของสายให้ถูกต้อง |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# การทดสอบทางทฤษฎี

## 3.1 การวิเคราะห์การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core

ในการวิเคราะห์การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments) นี้จะนำสมการที่ (2.3) มาจำลองการเกิดค่าสูญเสียด้วยโปรแกรม MATLAB จะแสดงในรูปที่ 3.1

เมื่อพิจารณาในรูปที่ 3.1 ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะทำให้ค่าสูญเสียมีค่าเพิ่มขึ้นสูงตามลำดับ เมื่อมีการกำหนดให้ค่า $\theta$ และ Z มีค่าเท่ากับ 0 เปรียบเสมือนว่ามีเพียงค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments) เพียงอย่างเดียว ค่าสูญเสียนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานที่อยู่ในช่วง 0.9~1.55 $\mu$m เพราะเนื่องจากย่านความยาวคลื่นช่วงนี้นิยมนำมาใช้ในระบบสื่อสาร จะสังเกตเห็นว่าค่าสูญเสียมีค่าน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนในแบบอื่นๆ จะเห็นว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้จะไม่มีผลในเรื่องของค่าความยาวคลื่นที่นำไปใช้งาน ค่าสูญเสียจะอยู่ที่ประมาณ 0~0.2 dB ที่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน 1.55 $\mu$m

## 3.2 การวิเคราะห์การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core

ในการวิเคราะห์การเกิดค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) นี้จะนำสมการที่ (2.4) มาจำลองการเกิดค่าสูญเสียด้วยโปรแกรม MATLAB จะแสดงในรูปที่ 3.1

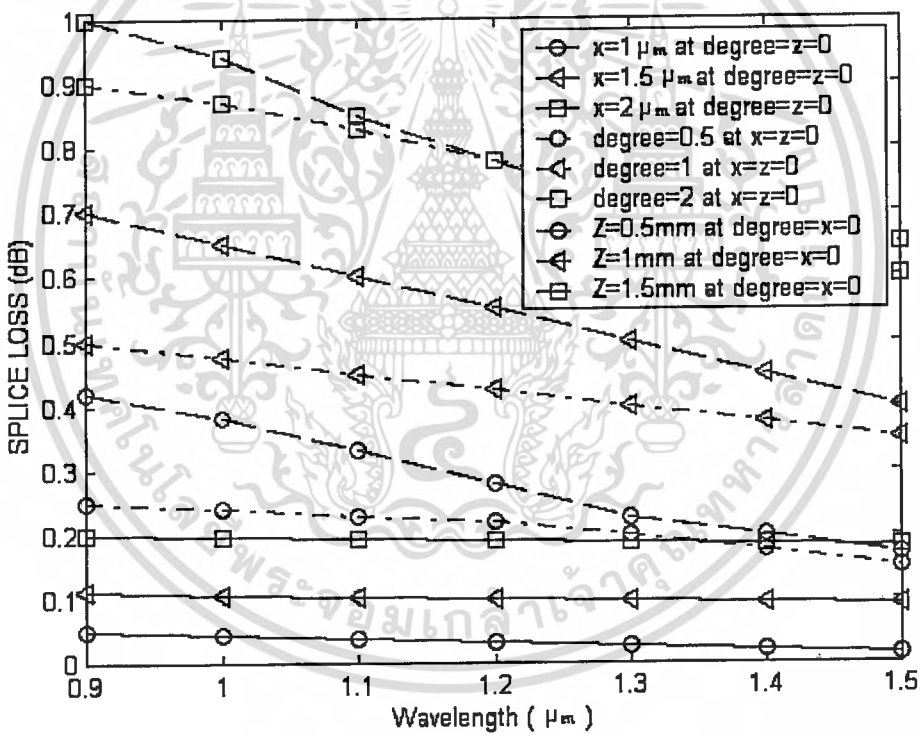
เมื่อพิจารณาในรูปที่ 3.1 ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะทำให้ค่าสูญเสียมีค่าเพิ่มขึ้นสูงตามลำดับ เมื่อมีการกำหนดให้ค่า X แ ละ Z มีค่าเท่ากับ 0 เปรียบเสมือนว่ามีเพียงค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) เพียงอย่างเดียว ค่าสูญเสียนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานที่อยู่ในช่วง 0.9~1.55 $\mu$m เพราะเนื่องจากย่านความยาวคลื่นช่วงนี้นิยมนำมาใช้ในระบบสื่อสาร จะสังเกตเห็นว่าค่าสูญเสียมีค่าอยู่ระหว่างกลาง เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนในแบบอื่นๆ จะเห็นว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้จะมีผลในเรื่องของค่าความยาวคลื่นที่นำไปใช้งานคือถ้านำไปใช้ในย่านค่าความยาวคลื่นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าสูญเสียมีค่าน้อยลง ค่าสูญเสียจะอยู่ที่ประมาณ 0.21~0.4 dB ที่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน 1.55 $\mu$m

## 3.3 การวิเคราะห์การเกิดระยะห่างของด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการวิเคราะห์การเกิดระยะห่างของด้านหน้า (Gap) นี้จะนำสมการที่ (2.5) มาจำลองการเกิดค่าสูญเสียด้วยโปรแกรม MATLAB จะแสดงในรูปที่ 3.1

เมื่อพิจารณาในรูปที่ 3.1 ค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ต่างๆ จะทำให้ค่าสูญเสียมีค่าเพิ่มขึ้นสูงตามลำดับ เมื่อมีการกำหนดให้ค่า X และ $\theta$ มีค่าเท่ากับ 0 เปรียบเสมือนว่ามีเพียงค่าระยะห่างของด้านหน้า (Gap) เพียงอย่างเดียว ค่าสูญเสียนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานที่อยู่ในช่วง 0.9~1.55 $\mu$m เพราะเนื่องจากย่านความยาวคลื่นช่วงนี้นิยมนำมาใช้ในระบบสื่อสาร จะสังเกตเห็นว่าค่าสูญเสียมีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเคลื่อนในแบบอื่นๆ จะเห็นว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้จะมีผลในเรื่องของค่าความยาวคลื่นที่นำไปใช้งานคือถ้านำไปใช้ในย่านค่าความยาวคลื่นที่สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่าสูญเสียมีค่าน้อยลง ค่าสูญเสียจะอยู่ที่ประมาณ 0.41 dB ขึ้นไป ที่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน 1.55 $\mu$m



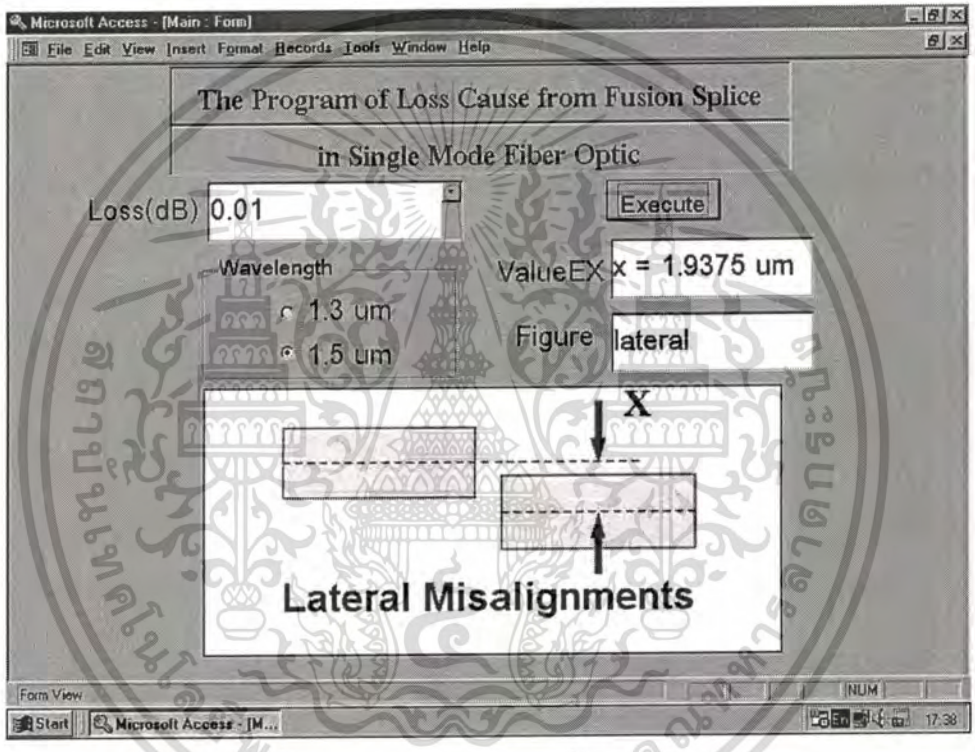

**รูปที่** 3.1 แสดงการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นแบบต่างๆ ใน SMF.

รูปที่ 3.1 นี้จะได้มาจากการนำรูปที่ 2.8, 2.9 และ 2.10 ของบทที่ 2 มา plot ลงในตารางเดียวกันเพื่อแสดงการเปรียบเทียบให้เห็นค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 3 แบบ ใน SMF. เพื่อให้ง่ายสำหรับการพิจารณาการวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว

จากนั้นจึงนำค่าต่างๆที่ได้จากรูปที่ 3.1 มาทำเป็นฐานข้อมูล เพื่อนำไปสร้างเป็นโปรแกรมสำหรับการตรวจสอบหาค่าสูญเสีย และหาสาเหตุที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนแบบต่างๆ เพื่อให้เกิดความง่ายและเข้าใจปัญหา ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับช่างเทคนิคที่จะนำไปแก้ไขและฝึกฝนการเชื่อมต่อเพื่อที่จะสามารถลดค่าสูญเสียลงได้ จะแสดงตัวอย่างของการใช้งานโปรแกรมดังรูปที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ

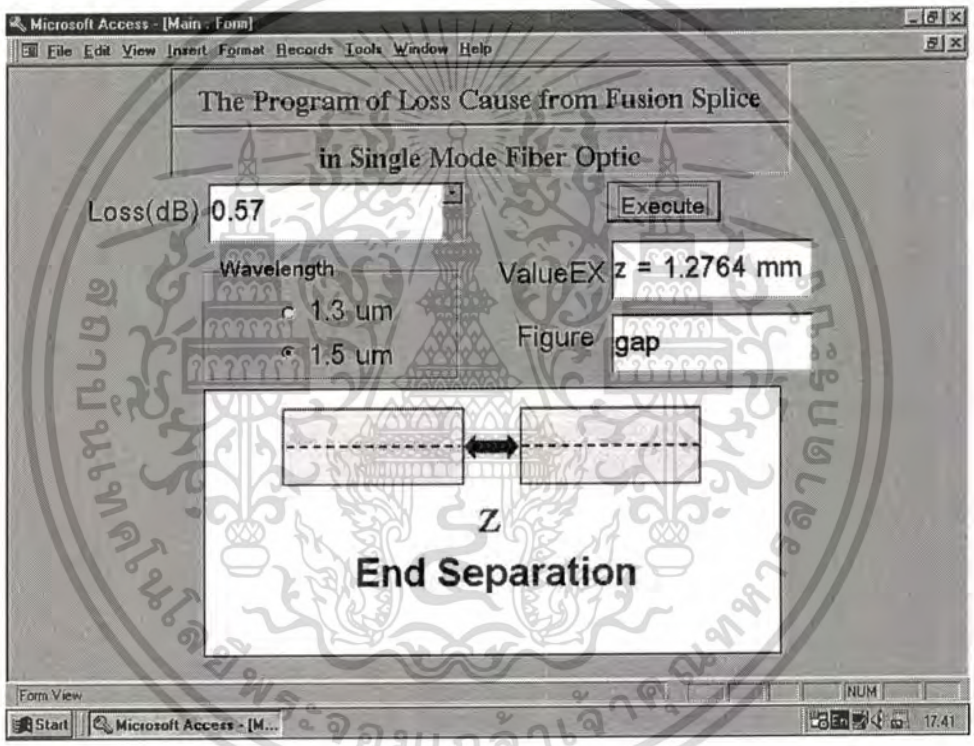



**รูปที่** 3.2 แสดงโปรแกรมการวิเคราะห์หาสาเหตุค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวทำการทดสอบค่าสูญเสียที่ 0.01 dB

จากรูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างการใช้งานของโปรแกรมก็คือ เมื่อทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยเครื่องเชื่อมต่อเสร็จแล้ว ค่าสูญเสียจะแสดงขึ้นที่เครื่องเชื่อมต่อว่ามีค่าเท่าใด จากนั้นนำค่าสูญเสียที่อ่านได้มาป้อนเข้าที่โปรแกรมและทำการใส่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานด้วยเพราะเนื่องจากในส่วนของทฤษฎีที่ผ่านมาแล้วกล่าวไว้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนบางรูปแบบจะมีผลกับค่าสูญเสีย จากนั้นโปรแกรมจะแสดงคำตอบไม่ว่าจะเป็นเรื่องของค่าความผิดพลาดรูปภาพและระยะค่าความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลาดเคลื่อนซึ่งค่าที่แสดงผลนี้จะนำมาจากการจำลองในส่วนของทฤษฎี เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้นสำหรับผู้ใช้งาน ในส่วนของรูปที่ 3.2 นี้ จะสามารถอธิบายการใช้งานของโปรแกรมได้โดย เมื่อผู้ทำการทดสอบได้ทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแล้วเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อ สามารถอ่านได้จากหน้าจอของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสง เมื่อพบว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่า 0.01 dB จึงนำค่าสูญเสียนี้มาป้อนเข้าโปรแกรมแล้วใส่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน ในการทดสอบครั้งนี้ผู้ทำการทดสอบใช้ทดสอบกับเส้นใยแสงที่ต่อเชื่อมกับ Transmission System ขนาด 140 Mb/s ขึ้นไป จึงใส่ค่าความยาวคลื่นที่ค่า 1.5 $\mu$m ผลที่ได้ก็คือ ค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงมีค่า 0.01 dB จะสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุได้ว่าเกิดจากค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core ซึ่งมีระยะค่าความผิดพลาด X=1.9375 $\mu$m




**รูปที่** 3.3 แสดงโปรแกรมการวิเคราะห์หาสาเหตุค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อจากการหลอมของเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยวทำการทดสอบค่าสูญเสียที่ 0.57 dB

จากรูปที่ 3.3 เป็นตัวอย่างการใช้งานของโปรแกรมก็คือ เมื่อทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยเครื่องเชื่อมต่อเสร็จแล้ว ค่าสูญเสียจะแสดงขึ้นที่เครื่องเชื่อมต่อว่ามีค่าเท่าใด จากนั้นนำค่าสูญเสียที่อ่านได้มาป้อนเข้าที่โปรแกรมและทำการใส่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งานด้วยเพราะเนื่องจากในส่วนของทฤษฎีที่ผ่านมาแล้วกล่าวไว้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนบางรูปแบบจะมีผลกับค่าสูญเสีย จากนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมจะแสดงคำตอบไม่ว่าจะเป็นเรื่องของค่าความผิดพลาดรูปภาพและระยะค่าความคลาดเคลื่อนซึ่งค่าที่แสดงผลนี้จะนำมาจากการจำลองในส่วนของทฤษฎี เพื่อให้เกิดความเข้าใจง่ายขึ้นสำหรับผู้ใช้งาน ในส่วนของรูปที่ 3.3 นี้ จะสามารถอธิบายการใช้งานของโปรแกรมได้โดย เมื่อผู้ทำการทดสอบได้ทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแล้วเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อ สามารถอ่านได้จากหน้าจอของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสง เมื่อพบว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่า 0.57 dB จึงนำค่าสูญเสียนี้มาป้อนเข้าโปรแกรมแล้วใส่ค่าความยาวคลื่นที่ใช้งาน ในการทดสอบครั้งนี้ผู้ทำการทดสอบใช้ทดสอบกับเส้นใยแสงที่ต่อเชื่อมกับ Transmission ขนาด 140 Mb/s ขึ้นไป จึงใส่ค่าความยาวคลื่นที่ค่า 1.5 μm ผลที่ได้ก็คือ ค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงมีค่า 0.57 dB จะสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุได้ว่าเกิดจากค่าระยะห่างของด้านหน้า ซึ่งมีระยะค่าความผิดพลาด Z=1.2764 mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# การทดสอบทางปฏิบัติ

ในการทดสอบทางปฏิบัตินั้นจะต้องอาศัยเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพอย่างสูงเช่น OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer), เส้นใยแสงที่มีคุณภาพที่มีขนาดแกน core ที่เท่ากัน , ค่าพารามิเตอร์ของเส้นใยแสงที่เท่ากัน, เครื่องมือต้องมีความสะอาด ฯลฯ เพื่อผลการทดสอบที่มีค่าถูกต้อง ก่อนอื่นเราจะต้องมาทำความรู้จักกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบกันก่อน

## 4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทางปฏิบัติ

### 4.1.1 OTDR (Optical Time-Domain Reflectometer)

OTDR เป็นเครื่องมือวัดที่เกี่ยวกับเส้นใยแสง OTDR ถือว่าเป็นเครื่องมือสำคัญและมีประโยชน์อย่างมากโดยเฉพาะในระบบสื่อสารด้วยเส้นใยแสง เพราะสามารถวัดหาสิ่งต่างๆ ได้มากมายเช่น

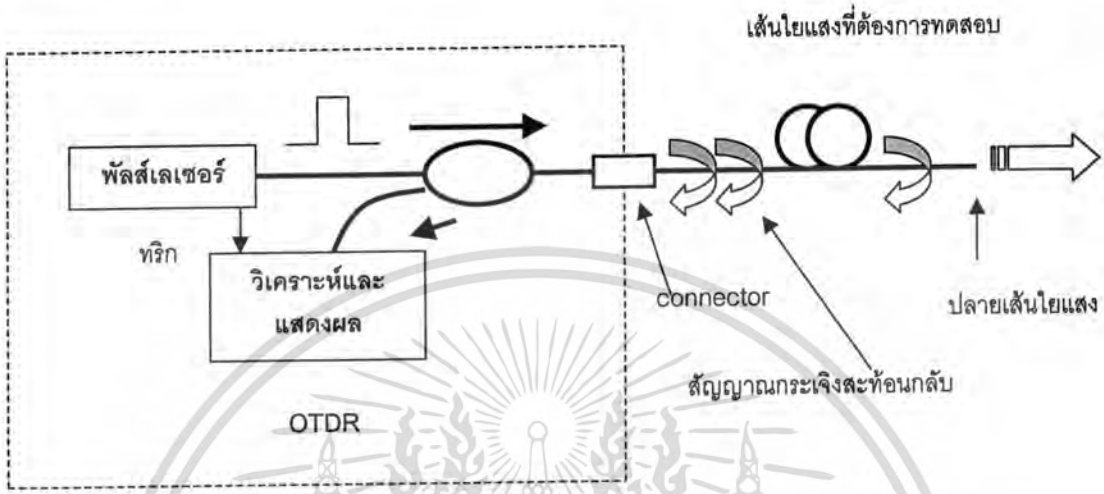
- วัดความยาวของเส้นใยแสงทั้งหมดที่ใช้
- วัดเส้นใยแสงแต่ละเส้นที่นำมาต่อรวมกันในระบบ
- วัดค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแสง (แต่ละเส้นในระบบพร้อมกัน)
- วัดค่าการสูญเสียสัญญาณ ของจุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงในลักษณะต่างๆ
- แสดงจำนวนเส้นใยแสงที่ใช้ในการเชื่อมโยงระหว่างสถานี
- แสดงตำแหน่งหรือจุดบกพร่องของระบบเส้นใยแสง
- ฯลฯ

นอกจากนี้ หากผู้ใช้เครื่อง OTDR มีประสบการณ์เพียงพอ จะสามารถวิเคราะห์รูปแบบสัญญาณของจุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงเพื่อคาดคะเนได้ว่า จุดที่เชื่อมต่อนั้นเกิดจากการสไปลซ์ (Splice) หรือใช้ connector รวมทั้งอาจระบุได้ว่าตำแหน่งที่เกิดความบกพร่องของระบบสายส่งเส้นใยแสงเกิดจากอะไร เช่น เส้นใยแสงแตกหัก หรือเกิดรอยร้าวรอยแยก เป็นต้น

OTDR ทำงานได้ด้วยหลักการวัดสัญญาณกระเจิงย้อนกลับ (Back Scattering) และ FRESNEL REFLECTION ที่เกิดขึ้นในเส้นใยแสงขณะป้อนสัญญาณเข้าไป ภายในตัวเครื่องจะมีแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่เปล่งออกมาด้วยค่าความยาวคลื่นเพียงค่าเดียว (เช่น 1.31 $\mu$m หรือ 1.55 $\mu$m) ในลักษณะพัลส์ที่ห่างกันด้วยคาบเวลาที่แน่นอน สัญญาณพัลส์แสงนี้จะถูกส่งเข้าไปในเส้นใย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสง ผ่านคับเปลอร์เส้นใยแสงแล้วเข้า สู่เส้นใยแสงที่ต้องการทดสอบที่ต่อเข้าด้วยกับ OTDR ด้วย connector ในขณะที่สัญญาณพัลส์แสงเริ่มถูกส่งเข้าไปในระบบเส้นใยแสง จะมีสัญญาณส่วนหนึ่งเข้ามาทริก (Trig) ส่วนของวงจรวิเคราะห์และแสดงผล



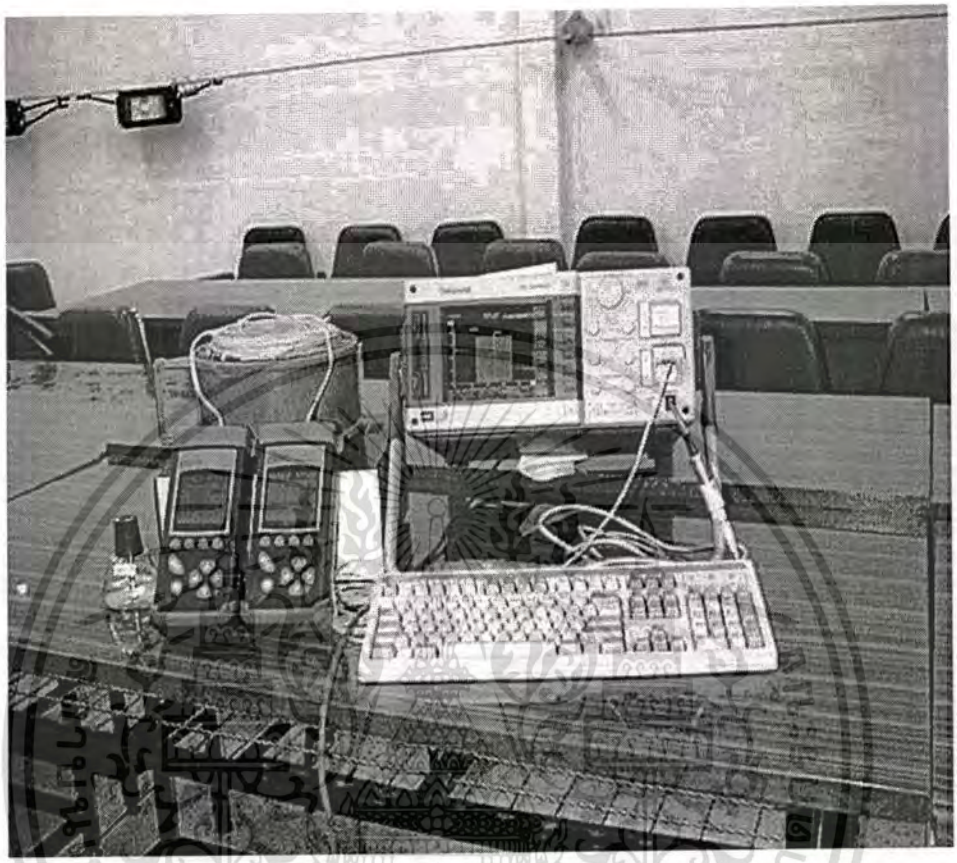

**รูปที่** 4.1 หลักการทำงานของ OTDR

สัญญาณแสงที่เดินทางเข้าสู่ระบบเส้นใยแสง จะเดินทางเข้าไปตามแนวของเส้นใยแสงด้วยความเร็ว $v = c / n_1$ เมื่อ $c = 3x10^8$ m/s เป็นความเร็วแสงในอากาศหรือสูญญากาศ และ $n_1$ เป็นค่าดัชนีหักเหของคอร์ โดยปกติในขณะที่แสงเดินทางอยู่ภายในคอร์ของเส้นใยแสงจะเกิดการกระเจิง (Scattering) ทุกครั้งที่แสงกระทบกับโมเลกุลของเนื้อสาร การกระเจิงนี้จะเกิดขึ้นทุกทิศทุกทางโดยรอบโมเลกุล หากการกระเจิงนั้นทำให้พลังงานของแสงย้อนสวนทางกับทิศทางที่แสงเคลื่อนไปข้างหน้า จะเรียกว่าเกิดการกระเจิงแบบย้อนกลับ แสงที่เกิดกระเจิงย้อนกลับนี้จะเดินทางกลับมายัง OTDR เมื่อผ่านมายังคับเปลอร์เส้นใยแสง จะถูกกำหนดให้เดินทางเข้าสู่วงจรวิเคราะห์และแสดงผลเพื่อวัดหาค่าความเข้มแสงที่เดินทางกลับมานี้ อย่างไรก็ตามแสงที่เกิดจากการกระเจิงย้อนกลับนี้จะมีค่าความเข้มแสงน้อยมาก ทำให้โฟโต้ดีเทกเตอร์ของวงจรวิเคราะห์และแสดงผล ต้องมีค่าความไวในการรับสัญญาณแสง (optical sensitivity) สูงๆ (สามารถรับสัญญาณความเข้มแสงน้อยๆ ได้ดี)

เมื่อสัญญาณพัลส์แสงเดินทางเข้าไปในระบบเส้นใยแสง ในแต่ละจุดที่แสงเดินทางจะเกิดมีสัญญาณแสงส่วนน้อยเดินทางสวนกลับ เนื่องมาจากการกระเจิงย้อนกลับในขณะที่แสงส่วนใหญ่ยังคงเดินทางไปข้างหน้าต่อไป สัญญาณแสงย้อนกลับที่รับได้จะเสมือนเป็นสัญญาณต่อเนื่อง แม้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดจากแสงที่เป็นพัลส์ก็ตาม โดยแสงที่สะท้อนกลับมาก่อนจะมีความเข้มแสงมากกว่าแสงที่สะท้อนกลับมาจากจุดที่อยู่ห่างออกไป เพราะแสงใช้ระยะทางในการเดินทางสั้นกว่า



**รูปที่** 4.2 แสดงภาพตัวอย่างของ OTDR

ลองพิจารณารูปที่ 4.3 สัญญาณแสงที่กระเจิงย้อนกลับมาจากตำแหน่ง a จะเดินทางเป็นระยะทาง 2La (ไปและกลับ) เพื่อกลับเข้ามาสู่ OTDR (ในทางปฏิบัติจะถือว่าระยะทางที่แสงเดินทางใน OTDR มีค่าน้อยมาก) ในขณะที่แสงที่กระเจิงย้อนกลับจากตำแหน่ง b จะเดินทางเป็นระยะทางที่มากกว่า และใช้เวลานานกว่าทำให้ค่าความเข้มแสงมีค่าน้อยกว่าการกระเจิงในตำแหน่ง a อันเนื่องมาจากค่าการลดทอนสัญญาณแสงในเส้นใยแสงนั่นเอง และเนื่องจากแสงเกิดกระเจิงทุกตำแหน่งในเส้นใยแสง สัญญาณแสงที่ OTDR วัดได้ จึงมีค่าความเข้มลดลงอย่างต่อเนื่อง ตามเวลาและระยะทางของการเดินทาง ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ที่กำหนดให้แกนตั้งแสดงค่าความเข้มแสงที่วัดได้และแกนนอนแสดงระยะทางตำแหน่งของเส้นใยแสงซึ่งสามารถคำนวณหาค่าที่แน่นอน (L) ได้จากสมการ $2L = v / t = c / nt$ เมื่อ t เป็นช่วงเวลาที่พัลส์ของแสงเดินทางไปและกลับมายัง OTDR แนวแกนนอนของกราฟในรูปที่ 4.3 ซึ่งโดยปกติวัดออกมาได้เป็นค่าของเวลาเครื่อง OTDR จะนำมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนวณเพื่อหาค่าระยะทางที่สอดคล้องกับตำแหน่งของเวลาได้ แล้วแสดงออกมาบนจอ ตัวอย่างเช่น ในการคำนวณหาความยาวของเส้นใยแสงทั้งเส้นจะทำได้ด้วยสมการ $L = c / 2n_1t$ เมื่อ $t = (t_2 - t_1)$

จากกราฟรูปที่ 4.3 สัญญาณเริ่มต้นจะมีลักษณะเป็นยอดขึ้นไป เนื่องจากการสะท้อนแสง (FRESNEL REFLECTION) ของแสงที่ปลายขาเข้าเส้นใยแสงนอกเหนือจากการกระเจิง ทำให้มีปริมาณความเข้มแสงมากกว่าที่ควร จากจุดนี้ถือเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นใยแสงซึ่งแสดงด้วยเวลา $t_1$ ในรูป สัญญาณแสงที่วัดได้จาก OTDR เมื่อแสงเดินทางในเส้นใยแสงจะมีค่าลดลงเรื่อยๆ ตามค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแสง จนกระทั่งแสงเดินทางออกจากเส้นใยแสงที่เวลา $t_2$ ซึ่งที่ตอนปลายของเส้นใยแสงมักจะเป็นอากาศ ทำให้เกิดการสะท้อนแสง (FRESNEL REFLECTION) กลับมามากเช่นเดียวกับตอนส่งแสงเข้าเส้นใยแสง ลักษณะของกราฟจึงเป็นยอดแหลมเช่นเดียวกัน หากค่าความเข้มแสงที่วัดได้ที่เวลา $t_1$ มีค่าเป็น $P_1$ วัตต์ และความเข้มแสงที่เวลา $t_2$ มีค่าเป็น $P_2$ วัตต์ จะสามารถคำนวณหาค่าการลดทอนสัญญาณแสงของเส้นใยแสงได้เป็น

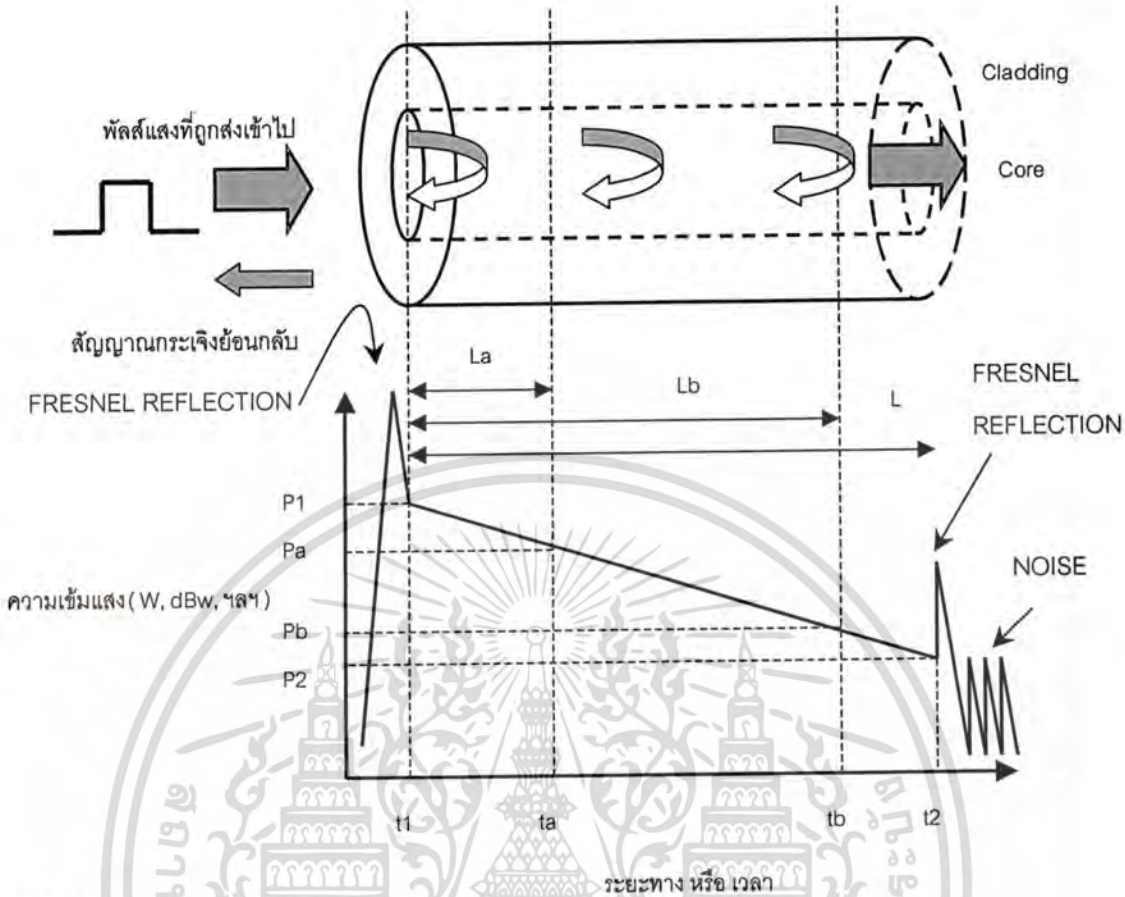
$$\alpha = \frac{10}{L} \log \frac{P_2}{P_1} dB / km \tag{4.1}$$

เมื่อ L เป็นความยาวของเส้นใยแสงทั้งสองเส้นหรือในช่วงเวลา $t_1$ ถึง $t_2$ ในกรณีที่ทราบค่าความเข้มแสงที่วัดได้ที่ขาเข้า $P_1$ และที่ขาออก $P_2$ ของเส้นใยแสง ในหน่วยของ dBm ก็สามารถคำนวณหาค่าการลดทอนสัญญาณแสง ได้ง่ายขึ้นด้วยสมการ

$$\alpha = \frac{P_1 - P_2}{L} dB / km \tag{4.2}$$

จากหลักการทำงานของ OTDR จะสังเกตพบว่า ความชันของเส้นกราฟที่วัดได้ จะมีค่าแปรผันตรงกับค่าการลดทอนสัญญาณของเส้นใยแสงเอง กล่าวคือ หากเส้นกราฟมีความชันมากแสดงว่าเส้นใยแสงมีค่าการลดทอนสัญญาณมาก หรือเส้นใยแสงที่มีค่าการลดทอนสัญญาณต่ำ ก็จะได้กราฟที่มีความชันน้อยเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่** 4.3 แสดงการกระเจิงย้อนกลับของแสงในเส้นใยแสงเมื่อถูกตีความหมายโดย OTDR

### 4.1.2 เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสง

เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงนี้จะนิยมนำไปเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่เป็นชนิดถาวร เนื่องจากมีค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อน้อย จะอาศัยการทำงานโดยใช้ electrode ที่มีขั้วไฟฟ้าต่างกัน เมื่อระยะของ electrode ที่ใกล้กันแล้วจะเกิดการ Arc ที่อุณหภูมิประมาณ 1,800 - 2,200 $^{o}$C เพื่อหลอมละลายเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นให้เชื่อมติดถึงกัน ที่เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงจะมีการใช้งานของโปรแกรม 2 แบบ คือ แบบ automatic และ manual โดยที่โปรแกรมแบบ automatic นี้จะทำงานก็ต่อเมื่อมีการวางเส้นใยแสงที่มีขนาดของ core เส้นใยแสงที่เท่ากันหรือต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เมื่อในกรณีของเส้นใยแสงที่ขนาดของ core ต่าง จะนิยมใช้โปรแกรม manual ซึ่งจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ให้ได้ค่าที่เหมาะสมที่สุด และจากนั้นที่มองข้ามไม่ได้ก็คือการ alignment ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้บริษัทผู้ผลิตเครื่องเชื่อมต่อได้มีเทคนิควิธีการออกแบบการ alignment ที่แม่นยำมากที่สุดเพื่อสามารถลดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

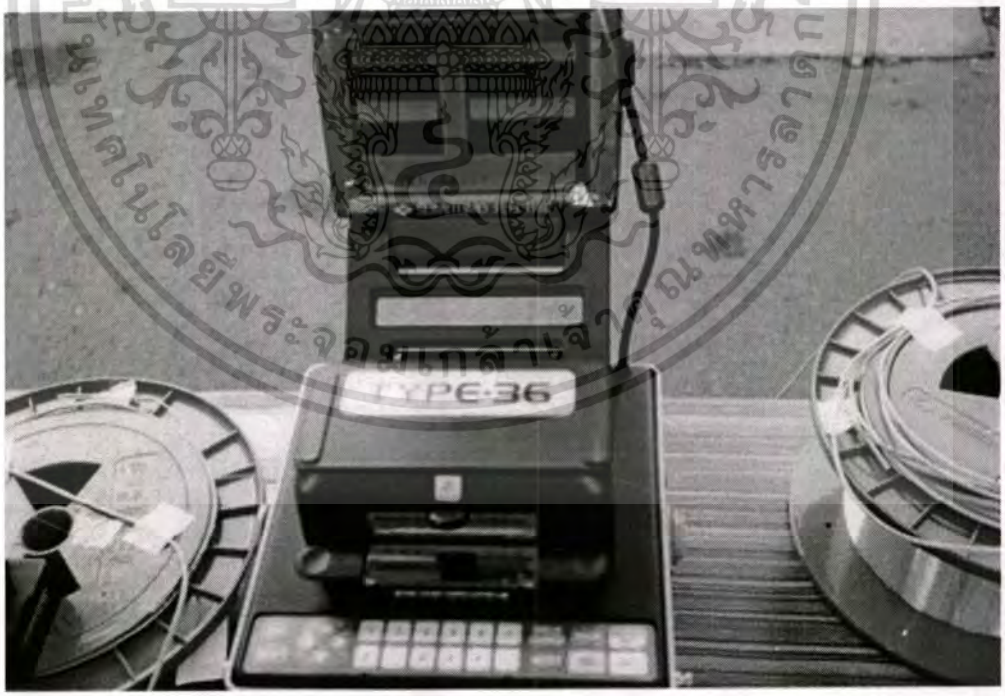
ในการประมาณค่าการ splicing นั้นจะใช้วิธี Image Processing เพื่อหาค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากแกนคลาดเคลื่อนกับมุมที่เกิดจากแกนคลาดเคลื่อน ในการหาค่าประมาณของแกนคลาดเคลื่อนนั้นจะใช้วิธี Sampling Line จำนวนหนึ่งในแนวแกนตั้งฉากกับแกนกลางของเส้นใยแสง แล้วหาจุดศูนย์กลางนอก แล้วนำค่าความคลาดเคลื่อนของจุดศูนย์กลางมาหาค่า Least Square Average เพื่อหาปริมาณการคลาดเคลื่อนของแกน ก่อนการเชื่อมต่อและหลังการเชื่อมต่อมาเปรียบเทียบกันเพื่อหาค่าสูญเสียที่เกิดขึ้น

สำหรับรูปที่ 4.4 นี้แสดงลักษณะการ alignment เพื่อความเตรียมพร้อมก่อนที่จะทำการ Arc ด้วยไฟฟ้าเพื่อให้เกิดความร้อน เส้นใยแสงทั้ง 2 จึงจะเชื่อมติดกันได้ สำหรับการทดสอบครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องเชื่อมต่อยี่ห้อ SUMITOMO รุ่น TYPE-36

## 4.2 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนต่างๆของเส้นใยแสง

### 4.2.1 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core จากจุดที่ใช้งานจริงมาเปรียบเทียบ

ในการทดสอบทางปฏิบัตินั้น ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับการใช้งานจริงระหว่างชุมสายลาดหญ้ากับชุมสายหมู่บ้านสยามนิเวศน์ โดยการใช้ OTDR ทำการทดสอบหาค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อ



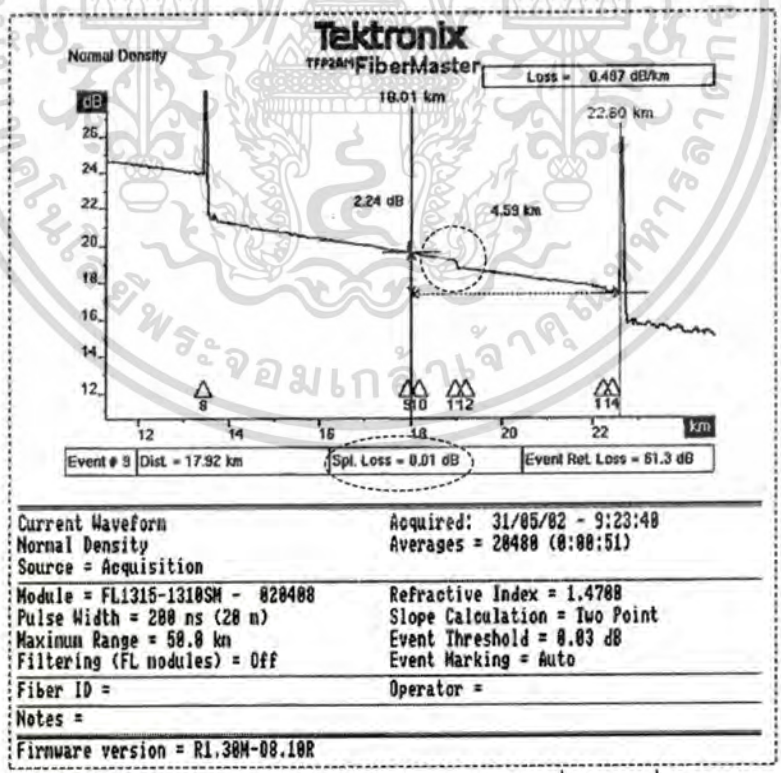

**รูปที่ 4.4** แสดงภาพตัวอย่างของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่ใช้ในการทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมองจากกราฟแสดงผลในรูปที่ 4.5 มีเส้นใยแสงจำนวน 2 เส้นต่อเชื่อมกันอยู่ ซึ่งมีระยะทางรวมกันคือ 22.60 km ปรากฏว่าพบค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่ออยู่ 1 จุดเชื่อมต่อ ซึ่งมีค่าน้อยมากคือจะมีประมาณ 0.01 dB ซึ่งจะคาดคะเนค่าความผิดพลาดที่เกิดจากค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core (Lateral Misalignments) เพราะเนื่องจากค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่าน้อยมาก เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ผ่านมาแล้ว หลังจากนั้นได้ไปทำการตรวจสอบหาสาเหตุที่เกิดค่าสูญเสียนั้น จากที่หน้างานจริง ผลปรากฏว่าเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้น เป็นเส้นใยแสงต่างบริษัทผู้ผลิตกัน ซึ่งจะมีค่าขนาดของ core ไม่เท่ากันนั่นเอง

### 4.2.2 การทดสอบค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core จากจุดที่ใช้งานจริง

ในการทดสอบทางปฏิบัตินั้น การเกิดค่าสูญเสียที่จะส่งผลให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core นั้นแทบจะไม่มีเลย ที่ใช้ในงานจริงนั้นเมื่อเรานำเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นที่ต้องการจะเชื่อมต่อกัน เราจะนำเส้นใยแสงมาตัดผิวหน้าให้เรียบด้วย Fiber Cleaver ที่มีคุณภาพ แล้วนำเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นมาวางที่อุปกรณ์ V-groove เส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นจะวางขนานกัน แล้วเครื่องเชื่อมต่อจะทำการ Arc อุณหภูมิสูงจนเส้นใยแสงหลอมละลายติดกัน ถ้าในกรณีที่อุปกรณ์ V-groove ไม่เคยชำรุดและที่ใช้ในงานได้ดีนั้นจะส่งผลให้การเชื่อมต่อเส้นใยแสงแต่ละครั้งจะไม่มีค่าสูญเสียที่จะส่งผลให้เกิด




**รูปที่** 4.5 แสดงภาพตัวอย่างการวัดค่าสูญเสียด้วย OTDR กับงานที่ใช้จริง ซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.01 dB

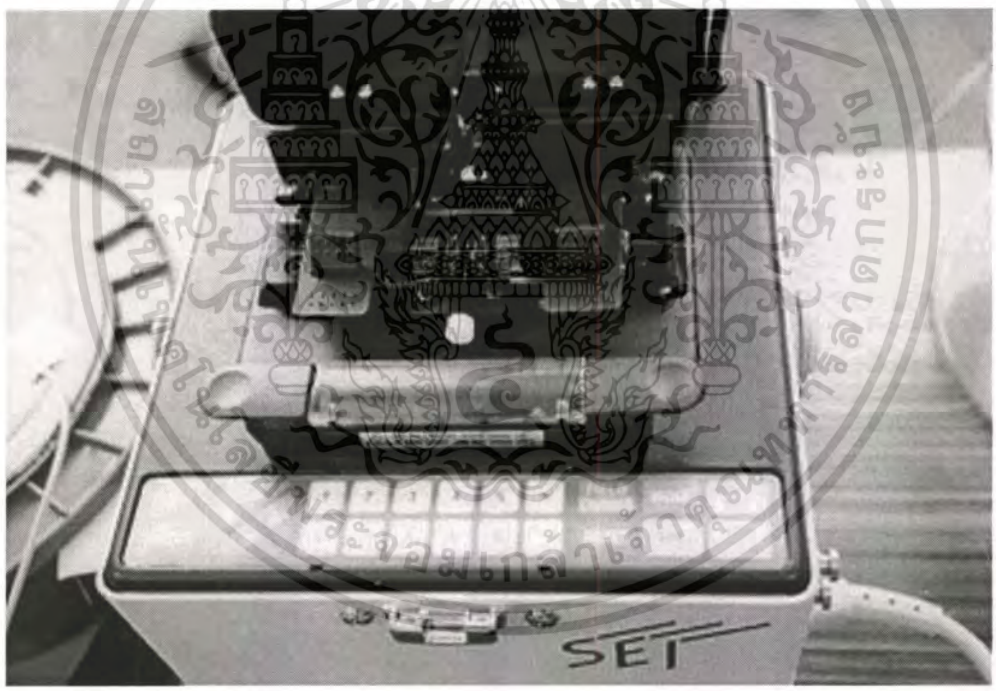
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core ได้เลย

สำหรับรูปที่ 4.6 นี้แสดงลักษณะการวางเส้นใยแสงในลักษณะพร้อมที่จะทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเข้าด้วยกันทั้ง 2 เส้น โดยการทำความสะอาดเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นนี้ด้วยแอลกอฮอลล์เรียบร้อยแล้วจึงจะนำไปวางลงบนร่อง V-groove ในตำแหน่งที่เหมาะสม สำหรับการทดสอบครั้งนี้ ได้ใช้เครื่องเชื่อมต่อยี่ห้อ SUMITOMO รุ่น TYPE-36

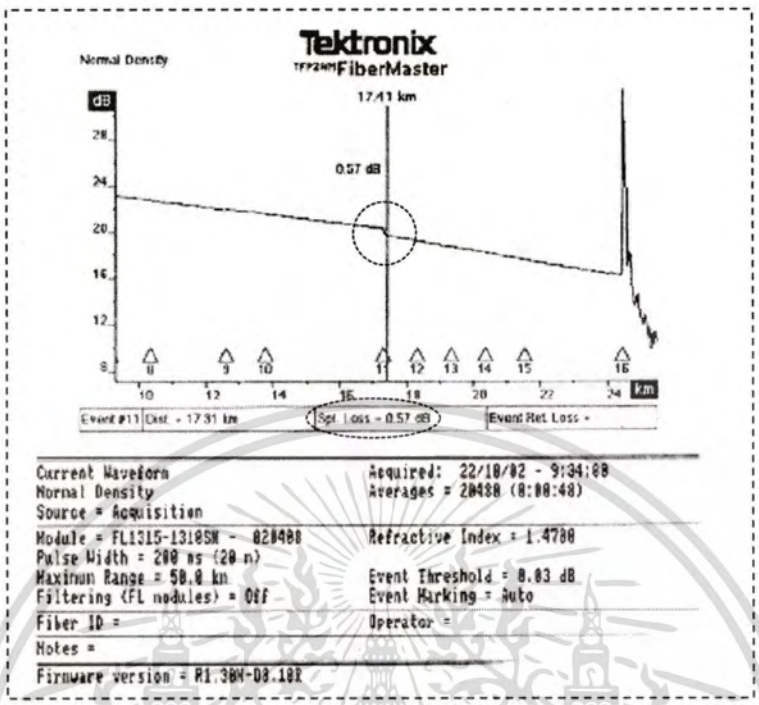
### 4.2.3 การทดสอบการเกิดระยะห่างของด้านหน้า (Gap) จากจุดที่ใช้งานจริง

ในการทดสอบทางปฏิบัตินั้น การเกิดค่าสูญเสียที่จะส่งผลให้เกิดระยะห่างของด้านหน้า (Gap) นั้นจะมาจากสาเหตุที่มีการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาด core ต่างกันมากๆ ซึ่งตอนที่ใช้เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงนั้นจะต้องตั้งโปรแกรมแบบ manual ซึ่งจะมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ถ้าตั้งค่าอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมหรือมีค่าสูงเกินไปจะก่อให้เกิดระยะของด้านหน้า ซึ่งจะเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อนี้มีค่ามากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเกิดค่าสูญเสียในแบบอื่นๆ




**รูปที่** 4.6 แสดงภาพการวางเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นลงใน V-groove ที่เรียบร้อยแล้วก่อนที่จะทำการเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



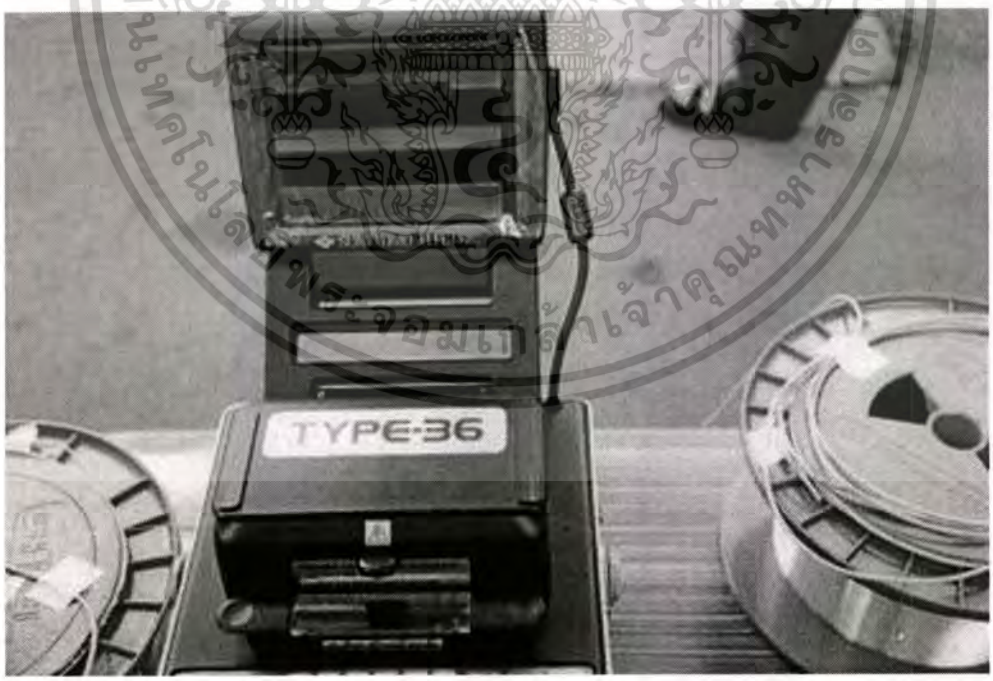

**รูปที่** 4.7 แสดงภาพตัวอย่างการวัดค่าสูญเสียด้วย OTDR กับงานที่ใช้จริง ซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.57 dB

**รูปที่** 4.8 แสดงภาพของเชื่อมต่อเส้นใยแสงขณะกำลัง Arc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนรูปกราฟที่แสดงผล จากรูปที่ 4.7 มีเส้นใยแสงจำนวน 2 เส้นต่อเชื่อมกันอยู่ ซึ่งจะพบว่าที่ระยะทาง 17.41 km นี้มีจุดเชื่อมต่ออยู่ 1 จุด ซึ่งมีค่าสูญเสียที่อ่านจากกราฟได้คือ 0.57 dB ซึ่งเป็นค่าสูญเสียที่สูงมาก ในทางปฏิบัติจริงเมื่อนำไปต่อเชื่อมกับระบบ Transmission แล้วจะไม่สามารถสื่อสารส่งข้อมูลกันได้ ซึ่งจะคาดคะเนค่าความผิดพลาดที่เกิดจากระยะห่างของด้านหน้า (Gap) เพราะเนื่องจากค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่าสูงมาก เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ผ่านมาแล้ว หลังจากนั้นได้ไปทำการตรวจสอบหาสาเหตุที่เกิดค่าสูญเสียนั้น จากที่หน้างานจริง ผลปรากฏว่าเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้น เป็นเส้นใยแสงต่างบริษัทผู้ผลิตกัน ซึ่งจะมีค่าขนาดของ core แตกต่างกันมาก ในขณะที่จะทำการเชื่อมต่อ ถ้ากรณีของเส้นใยแสงมีขนาดของแกน core ที่ต่างกันมากๆ อย่างเช่นกรณีนี้ที่เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงจะไม่สามารถใช้งานด้วยโปรแกรมแบบ automatic ได้ วิธีแก้ไขก็คือจะต้องใช้โปรแกรมแบบ manual ซึ่งจะต้องมีการปรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งจะแสดงผลจากการปรับและรายละเอียดอีกต่อไป

สำหรับรูปที่ 4.8 นี้เป็นภาพขณะที่ทำการทดสอบเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้โปรแกรมแบบ manual ซึ่งจะเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นใยแสงชนิดสำเร็จรูป (Pigtail) กับเส้นใยแสงที่เป็นชนิดเดียวกันกับชนิดตอนนอก ซึ่งในขณะนี้จะเป็นช่วงที่กำลัง Arc ด้วยอุณหภูมิสูงประมาณ 1,800 – 2,200 $^{\circ}$c ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิสามารถหลอมละลายเส้นใยแสงได้




**รูปที่** 4.9 แสดงภาพของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงขณะที่ทำการเชื่อมต่อเสร็จแล้ว

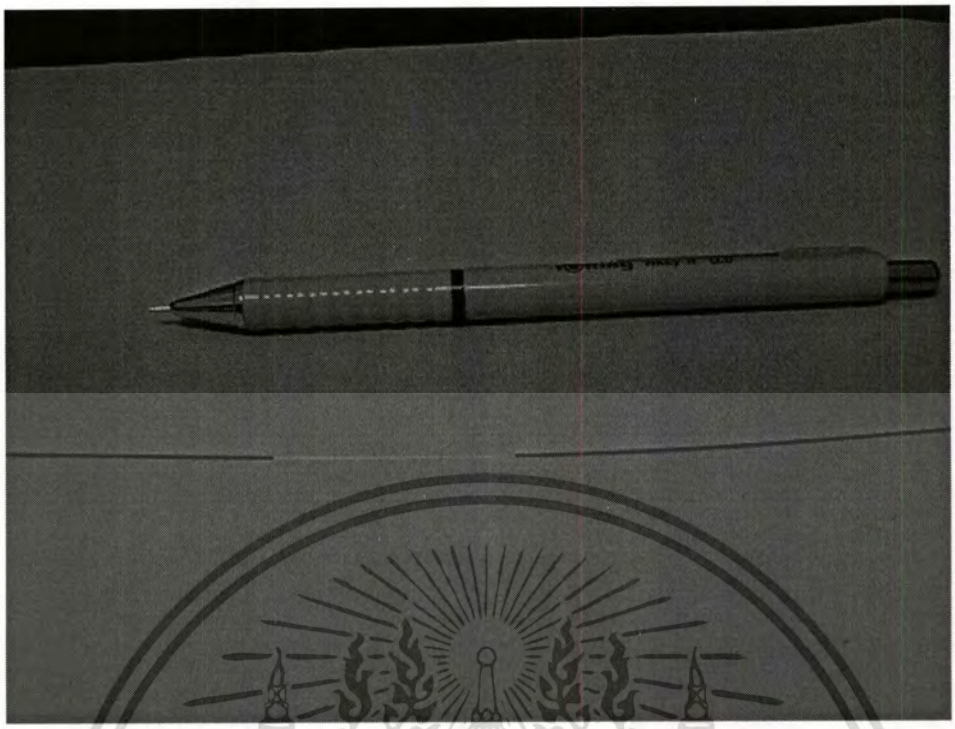
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปที่ 4.9 นี้เป็นภาพที่ทำการทดสอบเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงโดยใช้โปรแกรมแบบ manual ซึ่งจะเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นใยแสงชนิดสำเร็จรูป (Pigtail) กับเส้นใยแสงที่เป็นชนิดเดียวกันกับชนิดตอนนอก ซึ่งในขณะนี้เป็นช่วงที่ทำการเชื่อมต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว สังเกตเห็นที่หน้าจอพบว่าเส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นที่แกน core จะถูกเชื่อมติดกันพอดีโดยจะไม่มีระยะห่างของด้านหน้า (Gap) เลยและจะไม่มีค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core (Angular Misalignments) ซึ่งจะสามารถอ่านค่าสูญเสียที่เกิดจากจุดเชื่อมต่อได้เลยจากที่หน้าจอของเครื่องเชื่อมต่อ

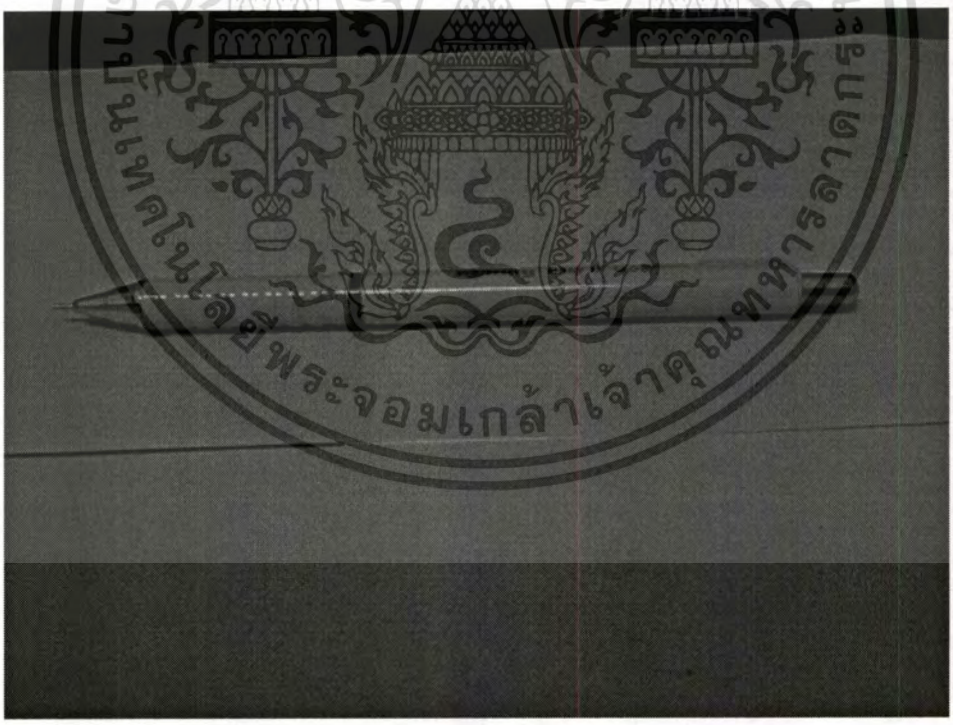
สำหรับรูปที่ 4.10 นี้เป็นภาพการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดของคอร์ที่ต่างกันโดยใช้โปรแกรมแบบ manual เชื่อมต่อด้วยค่าพารามิเตอร์ตามตารางที่ 4.1 (Program 1.)พร้อมกับการห่อหุ้มเส้นใยแสงด้วยอุปกรณ์ที่เรียกว่า สลีฟ (Sleeve) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับจุดต่อของเส้นใยแสง ซึ่งจะเชื่อมต่อกันระหว่างเส้นใยแสงชนิดสำเร็จรูป (Pigtail) กับเส้นใยแสงที่เป็นชนิดเดียวกันกับชนิดตอนนอก ซึ่งในขณะนี้เป็นช่วงที่ทำการเชื่อมต่อเสร็จเรียบร้อยแล้ว พร้อมที่จะนำบรรจุลงในอุปกรณ์โคลสเซอร์ (Closure)

**รูปที่** 4.10 แสดงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงระหว่างเส้นใยแสงที่มีขนาดคอร์ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**รูปที่** 4.11 แสดงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดคอร์ต่างกันซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.01 dB



**รูปที่** 4.12 แสดงการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่มีขนาดคอร์ต่างกันซึ่งมีค่าสูญเสีย 0.57 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปที่ 4.11 นี้เป็นภาพการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยมีขนาดของคอร์ทั้งสองเส้นที่ต่างกันเพียงเล็กน้อย ซึ่งใช้โปรแกรมการเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบ automatic เมื่อเทียบกับดินสอ จะมีขนาดที่เล็กมากๆ โดยที่ค่าสูญเสียจะมีค่า 0.01 dB

สำหรับรูปที่ 4.12 นี้เป็นภาพการเชื่อมต่อเส้นใยแสงที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว โดยมีขนาดของคอร์ทั้งสองเส้นที่ต่างกันอยู่พอสมควร ซึ่งใช้โปรแกรมดารเชื่อมต่อเส้นใยแสงแบบ manual เมื่อเทียบกับดินสอ จะมีขนาดที่เล็กมากๆ โดยค่าสูญเสียจะมีค่า 0.57 dB

ในส่วนของตารางที่ 4.1 นี้จะแสดงการปรับค่าพารามิเตอร์เพื่อที่จะใช้ในการตั้งค่าโปรแกรมแบบ manual ซึ่งจะมีการทดสอบแล้วหลายๆครั้งจนได้ค่าพารามิเตอร์เมื่อเชื่อมต่อแล้วมีค่าสูญเสียน้อยที่สุดคือ 0.07 dB (ในกรณีของ Program 1.) ในกรณีที่เส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นมีขนาดของแกน core ที่แตกต่างกัน ในส่วนสำคัญของการตั้งค่าพารามิเตอร์นี้ สังเกตค่า Gap ในทุกๆโปรแกรม คือตั้งแต่โปรแกรม 1 - 6 จะมีค่า Gap ที่เพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตั้งแต่ 50 μm, 51 μm, 53μm, 55μm, 56μm และ 57 μm ตามลำดับ ค่าสูญเสียก็จะเพิ่มสูงขึ้นตามที่แสดงไว้ในตาราง ในจุดนี้เองจึงพบว่าการตั้งโปรแกรมของเครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงระหว่าง automatic และ manual จะมีข้อแตกต่างกันตรงการจัดระยะระหว่างด้านหน้า core (Gap), กระแสและระยะเวลาที่จะทำการ fusion ซึ่งในกรณีโปรแกรมแบบ automatic จะทำการจัดระยะเองขึ้นอยู่กับความเหมาะสม ที่ส่งผลให้เกิดค่าสูญเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเลย ในกรณีของโปรแกรมแบบ manual ทางผู้เชื่อมต่อจะต้องตั้งค่าพารามิเตอร์เอง โดยค่าต่างๆที่ได้จะมาจากการทดสอบทั้งสิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

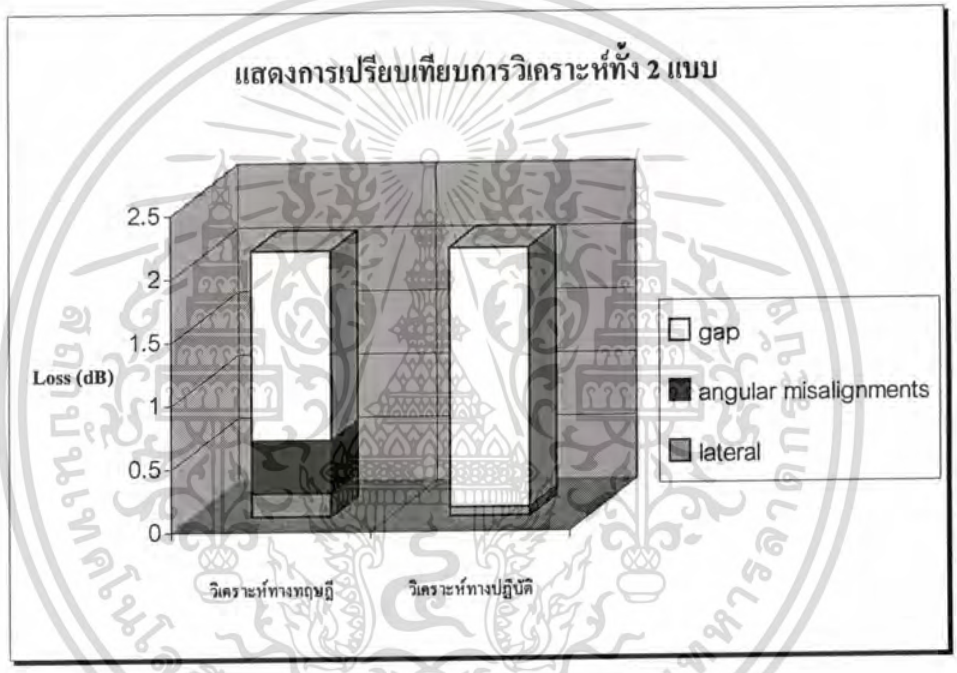
**ตารางที่** 4.1 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตั้งค่าโปรแกมเครื่องเชื่อมต่อแบบ manual

| | | Program 1. | Program 2. | Program 3. |
|---|---|---|---|---|
| Preheating | Prefusion time | 0.2 sec | 0.2 sec | 0.2 sec |
| | Prefusion current | 10 mA | 10 mA | 10 mA |
| | Gap | 50 μm | 51 μm | 53 μm |
| | Overlap | 12 μm | 12 μm | 12 μm |
| Fusion | Prefusion time 1 | 0.3 sec | 0.3 sec | 0.3 sec |
| | Prefusion current1 | 10.5 mA | 10.5 mA | 10.5 mA |
| | Prefusion time 2 | 1 sec | 2 sec | 3 sec |
| | Prefusion current2 | 16.3 mA | 16.3 mA | 16.3 mA |
| | Prefusion time 3 | 2 sec | 2 sec | 2 sec |
| | Prefusion current3 | 12.5 mA | 12.5 mA | 12.5 mA |
| Loss(dB) | | 0.07 | 0.1 | 0.22 |
| | | Program 4. | Program 5. | Program 6. |
| Preheating | Prefusion time | 0.2 sec | 0.2 sec | 0.2 sec |
| | Prefusion current | 10 mA | 10 mA | 10 mA |
| | Gap | 55μm | 56 μm | 57 μm |
| | Overlap | 12 μm | 12 μm | 12 μm |
| Fusion | Prefusion time 1 | 0.3 sec | 0.3 sec | 0.3 sec |
| | Prefusion current1 | 10.5 mA | 10.5 mA | 10.5 mA |
| | Prefusion time 2 | 4 sec | 5 sec | 6 sec |
| | Prefusion current2 | 16.3 mA | 16.3 mA | 16.3 mA |
| | Prefusion time 3 | 2 sec | 2 sec | 2 sec |
| | Prefusion current3 | 12.5 mA | 12.5 mA | 12.5 mA |
| Loss(dB) | | 1 | 1.36 | 1.5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในส่วนของผลการทดลองนี้ ผู้วิจัยของแบ่งหัวข้อของผลการที่ทดสอบผ่านมาแล้วนั้นเป็น 2 หัวข้อใหญ่ๆ คือ การทดสอบในทางทฤษฎี และการทดสอบในทางปฏิบัติ ซึ่งค่าที่ได้จากการทดสอบนั้นจะกล่าวอ้างอิงจากทางทฤษฎีทั้งสิ้น แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลในทางปฏิบัติหรือที่ใช้กับงานจริง




**รูปที่** 5.1 แสดงการเปรียบเทียบการวิเคราะห์ทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

จะเห็นว่าในทางปฏิบัติจริงค่า loss ที่เกิดขึ้นจากจุด splice จะมีค่าที่ต่ำมาก ซึ่งสามารถที่จะคาดคะเนได้ว่าเมื่อค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงมีค่าสูง โดยใช้โปรแกรมแบบ manualจะมีค่าสูญเสียเกินกว่า 0.07 dBนั้นจะเกิดความคลาดเคลื่อนระยะห่างของด้านหน้า (gap) ซึ่งจะมีผลเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิในการ Arc นั่นเองตามผลการทดสอบที่ผ่านมาข้างต้น และอีกนัยหนึ่งจากการวิเคราะห์ที่ผ่านมาเทียบกับค่าที่ใช้งานจริงโดยใช้โปรแกรมแบบ automatic สังเกตว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการหลอม(Fusion Splice) ส่วนใหญ่ค่าที่ได้จะมีค่าไม่เกิน 0.02 dB ซึ่งค่าที่ได้นี้จะสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาดคะเนได้ว่าค่าสูญเสียที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากความคลาดเคลื่อนของแกน core (lateral) เมื่อนำไปเทียบกับในทางทฤษฎี ( จากการเชื่อมต่อเส้นใยแสงด้วยวิธีการหลอมแต่ละครั้งเมื่อมีการปรับค่าอุณหภูมิในการ Arc และระยะค่า Gap ที่เหมาะสม เส้นใยแสงทั้ง 2 เส้นจะเกิดการหลอมเยิ้มของเนื้อแก้วติดกันทำให้ไม่มีอากาศแทรกตรงกลางระหว่างจุดเชื่อมต่อซึ่งจะส่งผลทำให้การเกิดความคลาดเคลื่อนระยะห่างของด้านหน้า (Gap) หมดไป ) ซึ่งเป็นสิ่งที่ทำให้บริษัทผู้ผลิตเครื่อง optical fiber fusion splicing ได้มีเทคนิควิธีการ alignment ที่สามารถจะลดค่า loss จากความคลาดเคลื่อนของ core ในจุดนี้ให้มีค่าน้อยที่สุด

**ตารางที่** 5.1 สรุปสาเหตุการเกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อของเส้นใยแสง

| **การเกิดค่าสูญเสียที่เกิดจากตัวผู้เชื่อมต่อเอง** | **การเกิดค่าสูญเสียที่ไม่ได้เกิดจากตัวผู้เชื่อมต่อ** |
|---|---|
| **<u>จะมีผลทำให้</u>** | **<u>จะมีผลทำให้</u>** |
| เกิดค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อเนื่องจากการเชื่อมต่อไม่ดี | เกิดจากค่าความแตกต่างของพารามิเตอร์ของเส้นใยแสง |
| **<u>จะส่งผลทำให้</u>** | **<u>จะส่งผลทำให้</u>** |
| 1. เกิดค่าความคลาดเคลื่อนของแกน core<br>2. เกิดค่าความคลาดเคลื่อนของมุม core<br>3. เกิดระยะห่างของด้านหน้า | 1. มีค่าสูญเสียที่จุดเชื่อมต่อ |
| **<u>วิธีการแก้ไข</u>** | **<u>วิธีการแก้ไข</u>** |
| 1. ฝึกฝนการเชื่อมต่อให้เกิดความชำนาญ<br>2. เมื่อขนาด core ของเส้นใยแสงต่างกันให้ศึกษาการตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อทำการ set โปรแกรมแบบ manual | 1. จะไม่เลือกใช้เส้นใยแสงที่มีค่าพารามิเตอร์ที่ต่างกันมาเชื่อมต่อกัน |

สำหรับการนำเส้นใยแสงไปใช้งานในการเชื่อมโยงข้อมูลของชุมสาย เมื่อกรณีมีเส้นใยแสงที่รอการขยายชุมสาย (optical fiber cable ชุดเก่า) แน่นอนที่ว่าเส้นใยแสงเส้นใหม่ที่จะนำมาเชื่อมต่อกับเส้นใยแสงชุดเก่า ซึ่งเป็นเส้นใยแสงต่างบริษัทผู้ผลิตกัน ขนาดของคอร์ก็มีค่าที่ต่างกันด้วย การใช้เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงจึงต้องใช้โปรแกรมแบบ manual ดังนั้นจะสามารถนำค่าพารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบตาม Program 1. ตามตารางที่ 4.1 ของบทที่ 4 เมื่อทำการเชื่อมต่อเส้นใยแสงเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น ค่าสูญเสียที่ได้จะมีค่าไม่เกิน 0.07 dB / จุด และในอีกกรณีหนึ่ง เมื่อทำการเชื่อมต่อ optical

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

fiber cable เข้ากับเส้นใยแสงชนิดสำเร็จรูป (Pigtail) สังเกตว่าขนาดของเส้นใยแสงทั้งสองมีค่าที่ต่างกัน ในการใช้เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงก็จะใช้โปรแกรมแบบ manual เหมือนกัน ซึ่งสามารถที่จะอ้างอิงจากค่าพารามิเตอร์ที่ทำการทดสอบตาม Program 1. ตามตารางที่ 4.1 ของบทที่ 4 ได้เช่นกัน

สิ่งที่สำคัญสำหรับการ Fusion Splicing ที่มีผลกับการลดค่า loss ระหว่างเส้นใยแสงชนิดโหมดเดี่ยว (SMF.) คือเครื่องมือต้องมีความสะอาด, เส้นใยแสงต้องมีคุณภาพที่ดี, เครื่องเชื่อมต่อเส้นใยแสงจะต้องมีระบบการ alignment ที่ดี และต้องมีโปรแกรมที่ใช้งานได้ตรงกับชนิดของเส้นใยแสง, electrode ต้องมีคุณภาพที่ดี ซึ่งสิ่งต่างๆเหล่านี้เป็นปัจจัยหลักที่จะต้องมีการเตรียมการก่อนการเริ่มปฏิบัติการ ซึ่งจะส่งผลให้ค่า loss ที่จุด splice มีค่าที่ต่ำ ซึ่งวิธีการที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดนั้นจะเป็นวิธีการที่ง่ายและสามารถที่จะนำมาใช้ในงานจริงของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของเส้นใยแสงได้

โดยทั้งนี้ทาง บริษัท ทศท. คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) จึงมีมาตรฐานในการวัดค่าสูญเสียของระบบ (รวมไปถึงค่าสูญเสียที่เกิดจากการลดทอนของเส้นใยแสงและ ค่าสูญเสียที่เกิดจากจุดเชื่อมต่อเส้นใยแสงรวมกัน) ก่อนที่จะมีการติดตั้งอุปกรณ์ Multiplex หรือ Transmission โดยจะมีรายละเอียดตามค่าต่อไปนี้

ที่ค่า Wavelength 1,310 nm => 0.4 x ระยะทาง (km) + 0.15 x จำนวนจุดเชื่อมต่อ + 0.4 x จำนวน connector

ที่ค่า Wavelength 1,550 nm => 0.25 x ระยะทาง (km) + 0.15 x จำนวนจุดเชื่อมต่อ + 0.4 x จำนวน connector

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# เอกสารอ้างอิง

[1] **Optical Fiber Fusion Splicer Type-36 Instruction Manual**, SUMITOMO Electric Industries, LTD.

[2] **Optical Fiber Fusion Splicer Type-X75 Instruction Manual**, A SIEMENS COMPANY.

[3] SENIOR, **Optical Fiber Communications Principles and Practice**, 2nd Edition 1992.

[4] D. Marcuse, D. Gloge, and E. A. J. Marcacatili, **"Guiding properties of fibers"**, in S. E. Miller and A. G. Chynoweth, eds., Optical Fiber Telecomnications, Academic, New York, 1979.

[5] D. Marcuse, **"Loss analysis of Single-Mode splices"**, Bell Sys. Tech. J., vol.56, pp.703-718, May 1977.

[6] Henry Zanger, Cynthia Zanger, **"Fiber Optics Communication and Other Application"**, pp.148, 1991

[7] อธิคม ฤกษบุตร **"เส้นใยแก้วและการประยุกต์ใช้งานเบื้องต้น"**, จัดพิมพ์ครั้งที่ 1 , 2543

[8] อภินันท์ มัณยานนท์ **"การสื่อสารเส้นใยแสง"**, จัดพิมพ์ครั้งที่ 9, ก.พ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ในการจำลองจากรูปที่ 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10

จากสมการที่ (2.3) จะ plot ได้รูปที่ 2.5

```
x=0.01e-6:0.4e-6:7e-6;
aa=-10*log10(exp(-(x./10e-6).^2));
ab=-10*log10(exp(-(x./20e-6).^2));
ac=-10*log10(exp(-(x./50e-6).^2));
ad=-10*log10(exp(-(x./80e-6).^2));
plot(x,aa,'o-r',x,ab,'g-<',x,ac,'b-
x',x,ad,'c-s')
xlabel('LATERAL (axial (m))');ylabel('SPLICE
LOSS (dB)');
legend('w=10e-6','w=20e-6','w=50e-6','w=80e-
6');
```

จากสมการที่ (2.4) จะ plot ได้รูปที่ 2.6

```
s=0.01e-3:0.4e-3:6.8e-3;
aa=-10*log10(exp(-1*(1.467*pi*80e-
6*sin(s)./1550e-9))^2);
ab=-10*log10(exp(-1*(1.467*pi*50e-
6*sin(s)./1550e-9))^2);
ac=-10*log10(exp(-1*(1.467*pi*20e-
6*sin(s)./1550e-9))^2);
ad=-10*log10(exp(-1*(1.467*pi*10e-
6*sin(s)./1550e-9))^2);
plot(s,aa,'o-r',s,ab,'g:<',s,ac,'b-
x',s,ad,'c:s');
xlabel('ANGULAR (degree)');ylabel('SPLICE
LOSS (dB)');
legend('w=10e-6','w=20e-6','w=50e-6','w=80e-
6');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จากสมการที่** (2.5) **จะ** plot **ได้รูปที่** 2.7

```
z=0.1e-6:0.8e-6:10e-6;
aa=-
10*log10((1./(z*1.310)./(2*pi*1.467*(10e-
6)^2).^2)+1);
ab=-
10*log10((1./(z*1.310)./(2*pi*1.467*(20e-
6)^2).^2)+1);
ac=-
10*log10((1./(z*1.310)./(2*pi*1.467*(50e-
6)^2).^2)+1);
ad=-
10*log10((1./(z*1.310)./(2*pi*1.467*(80e-
6)^2).^2)+1);
plot(z,aa,'o:r',z,ab,'g:<',z,ac,'b:x',z,ad,'
c:s')
xlabel('gap');ylabel('SPLICE LOSS (dB)');
legend('w=10e-6','w=20e-6','w=50e-6','w=80e-
6');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทความที่ได้รับการตีพิมพ์

1. Ashira Jumpates, Ruchaneeya Leepila, Apinan Manyanon, Suthichai Noppanakeepong, " The Analysis of Cause from Fusion Splice in Single Mode Optic Fiber for Reducing Splicing Loss Between Fusion Splicing " , Student Conference On Research and Development SCOReD 2003 IEEE Malaysia Section.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

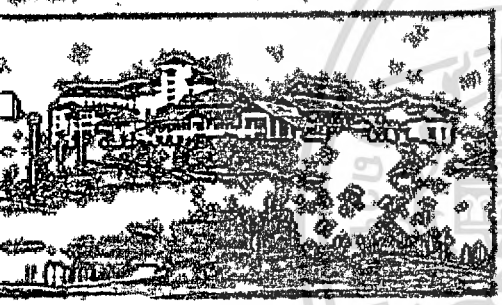
IEEESB UPM

IEEE

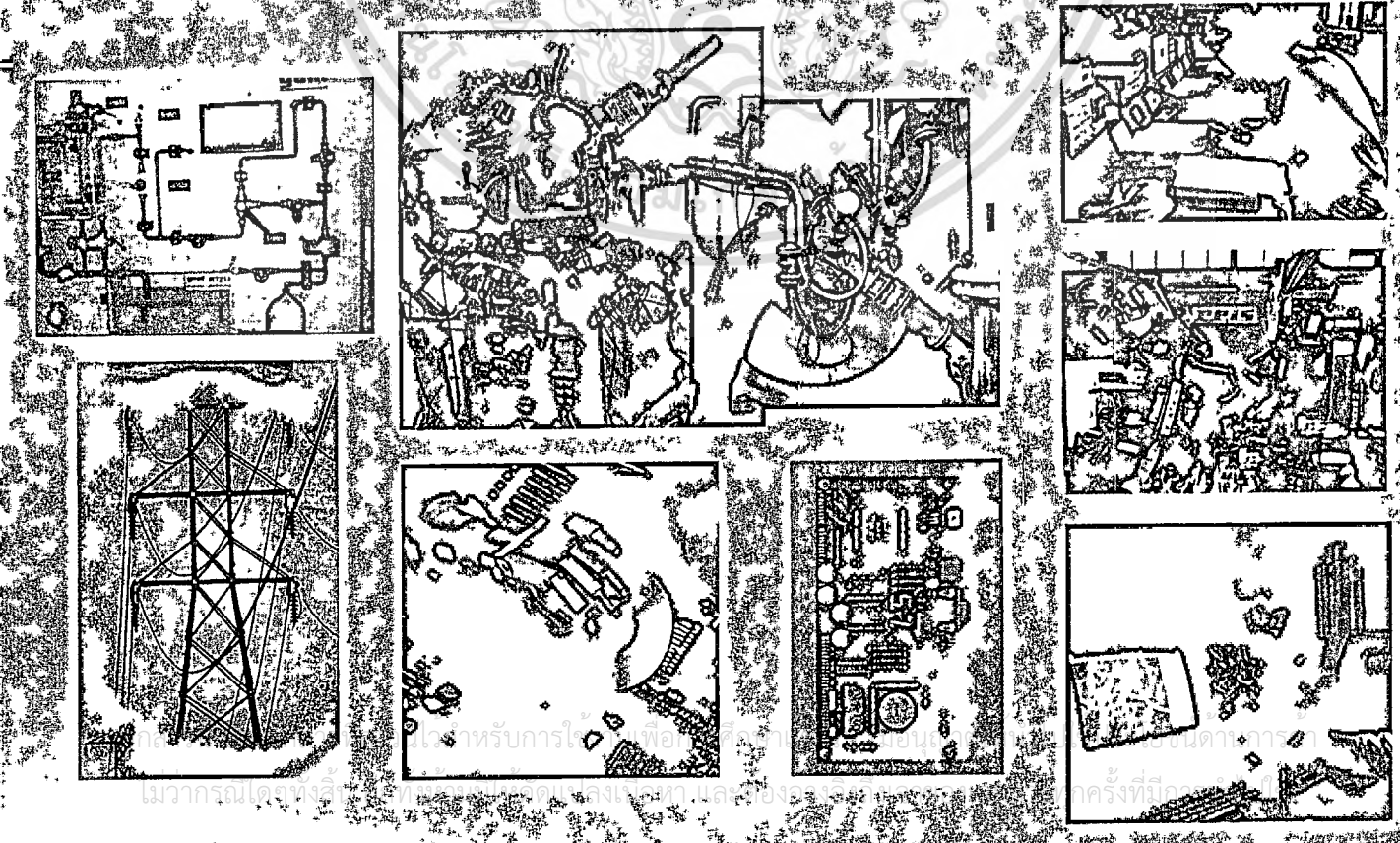
# STUDENT CONFERENCE ON RESEARCH AND DEVELOPMENT SCOReD 2003

# ABSTRACTS AND PROGRAM BOOK

25 - 26 August 2003
Renaissance Palm Garden Hotel, Putrajaya



Jointly organized by
Deparment of Electrical and Electronic Engineering
Universiti Putra Malaysia
and
Institute of Electrical and Electronics Engineers
Student Branch Universiti Putra Malaysia
and supported by
Institute of Electrical and
Electronics Engineers Malaysia Section



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| SESSION 3B: TELECOMMUNICATION III<br>Session Chair: Dr. Ashraf Gasim Esid Abdalla | | |
|---|---|---|
| TEL – 11 | 16:00 – 16:15 | The Observation and Simulated of the Airplane Flutter on Low Band Television Broadcasting Signal<br>*A. Waisontia, S. Noppanakeepong, N. Leelaruji and Y. Moriya* |
| TEL – 12 | 16:15 – 16:30 | The Evaluation of Optimal Output Buffer Size and Shared Buffer Size in Partially Shared Buffering for Packet Switching Architecture.<br>*Nattapong Kitsuwan, Chirakorn Srikoon dan Suthichai Noppanakeepong* |
| TEL – 13 | 16:30 – 16:45 | A Boundary Location Update Strategy for Minimizing Average Cost of Paging<br>*Somkeat Dangiumeak, Jatuporn Peinjalern and Suthichai Noppanakeepong* |
| TEL – 14 | 16:45 – 17:00 | GPRS Location Update Performance Using Dynamic Counter<br>*Murugan Krishnan and Mahamod Ismail* |
| TEL – 15 | 17:00 – 17:15 | Monte Carlo Simulation of Wavelet-based MC-CDMA systems<br>*Wannaree Wongtrairat and Suvepon Sittichevapak* |
| TEL – 16 | 17:15 – 17:30 | Analytical Evaluation of Crosstalk in a WDM Network<br>*Sim Ngee Thiam* |

POSTER PRESENTATION

PUTRA 2

| SESSION 1: CONTROL | |
|---|---|
| CON – 17 | Design of Entertainment Mobile Robot: IDAP<br>*Asnor Juraiza Ishak, Ishak Aris, Denny Lim, Parvez Iqbal, Samsul Bahari Mohd Noor, Napsiah Ismail and Aziz Kamal* |
| CON – 18 | A Fuzzy Logic Based Controller for an Indirect Vector Controlled Induction Motor<br>*Omar S. Bennanes, Norman Mariun, Samsul Bahari Mohd Noor and Jasronita Jasni* |
| CON – 19 | Room Access Monitoring System<br>*R. K. Z. Sahbudin, Lee Choong Hooi, Tan Chin Guan and Ling Siong Liet* |
| CON – 20 | Lighting Management System<br>*Ikmal Arif bin Abd. Jalal, Mohd Khair Hassan and Mohd Amrallah Mustafa* |

| SESSION 2: TELECOMMUNICATION I | |
|---|---|
| TEL – 17 | Simulation Method of Slotted – ALOHA ATM Satellite Communication with Self–similar Input Traffic<br>*Kidsanapong Puntsri and Suvepon Sittichivapak* |
| TEL – 18 | Performance Analysis of Multiuser Detection Combining with Multicarrier on Nakagami Fading Channels for DS/CDMA Transmission Systems.<br>*Apinya Kothiram, Thanest Sirimak and Suvepon Sittichivapak* |
| TEL – 19 | Mobile Positioning Location Using E-OTD Method for GSM Network<br>Soontorn Chantanetr and Suthichai Noppanakeepong |
| TEL – 20 | Indirect Detection of Multi-wave Length for Infrared Wireless Communications in the Room and Public Area Services<br>*S. Sudkaew, J. Sartthong, S. Noppanakeepong and A. Manyanon* |
| TEL – 21 | The Analysis of Loss Cause from Fusion Splice in Single Mode Optic Fiber for Reducing Splicing Loss Between Fusion Splicing<br>*Ashira Jumpates, Ruchaneeya Leepila, Apinan Manyanon and Suthichai Noppanakeepong* |
| TEL – 22 | Optical Fiber Communications Planning with the use of Pascal Probability for Forecasting Traffic Limitation<br>*S. Neittanit, R. Leepila, S. Sudkaew, S. Noppanakeepong and A. Khawne* |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## TEL - 20

## Indirect Detection of Multi -wave Length for Infrared Wireless Communications in the Room and Public Area Services

S. Sudkaew, J. Sartthong, S. Noppanakeepong and A. Manyanon

*Faculty of Engineering and Research Center for Communications and Information Technology (ReCCIT)*
*King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, 3 Moo 2 Chalongkrung Rd,.*
*Ladkrabang Bangkok, Thailand 10520*
*E-mail: sunsudkaew22@yahoo.com*

In this paper, we propose optical multi-wavelength modulation to reduce the effects of intersymbol interference (ISI) on the artificial light noise and multi path channels. We assume that the noise model in the room is the Additive White Gaussian Noise (AWGN), and multi wavelength optical modulation schemes are used On Off Keying (OOK). When an infrareds link in the room or public area services are used Intensity Modulation and Direct Detection (IM/DD). The normal room and some interior in this case to study the obstruction and the reflex effect to the communications speed rate 10-100Mbps. Finally we approved and compared each performance of BER per Transmitted light power of Multi-wavelength Infrared system by the carrier characteristic of Multi-wavelength will be improved the same as RF- carriers on mobiles applications.

**Keywords:** OOK.IM/DD, ISI, Multi Wavelength

## TEL - 21

## The Analysis of Cause from Fusion Splice in Single Mode Optic Fiber for Reducing Splicing Loss Between Fusion Splicing

Ashira Jumpates, Ruchaneeya Leepila, Apinan Manyanon, Suthichai Noppanakeepong

*Department of Telecommunication Engineering , Faculty of Engineerin,g*
*King MongKut's Institute of Technology Ladkrabang (KMIT'L).*
*Chalongkung Rd., Ladkrabang , Bangkok 10520 , Thailand.*
*E-mail: s4611203@kmitl.ac.th,, ashira_j@hotmail.com*

This article is loss study of fusion splice for single mode optic fibers from any errors in order to find out the actual loss cause. By comparison the loss from fusion splicing with the loss which obtained from simulation. The result can predict the error cause of fusion splicing. It will be an actual error at junction , so we can reduce fusion splicing loss of fiber optic. Sometime technician just notice that fusion splicing has some loss but he does not know the actual has cause. Researcher want to find out and prepared the microsoft access program for checking loss and cause from any errors. So that useful for technician to train and to decrease any errors from fusion splice. So that of heat to be radiation fusion splice and then to do fusion splice of that parameter be important to consider. When comparison that actual just for development of optic fiber to the gateway of data high speed. This simulate be easy technical and can do actual right with organization so adaptation telecommunications system has to be performance.

**Keywords:** Fusion Splice, Single Mode Optic Fiber (SMF.), Lateral misalignment, Angular misalignment, End separation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# The Analysis of Cause from Fusion Splice in Single Mode Optic Fiber for Reducing Splicing Loss Between Fusion Splicing

Ashira Jumpates , Ruchaneeya Leepila , Apinan Manyanon , Suthichai Noppanakeepong
Department of Telecommunication Engineering , Faculty of Engineering
King MongKut's Institute of Technology Ladkrabang (KMIT'L).
Chalongkung Rd., Ladkrabang , Bangkok 10520 , Thailand.
E-mail : s4611203@kmitl.ac.th or E-mail : ashira_j@hotmail.com

**Abstract:** This article is loss study of fusion splice for single mode optic fibers from any errors in order to find out the actual loss cause. By comparison the loss from fusion splicing with the loss which obtained from simulation. The result can predict the error cause of fusion splicing. It will be an actual error at junction , so we can reduce fusion splicing loss of fiber optic. Sometime technician just notice that fusion splicing has some loss but he does not know the actual has cause. Researcher want to find out and prepared the microsoft access program for checking loss and cause from any errors. So that useful for technician to train and to decrease any errors from fusion splice. So that of heat to be radiation fusion splice and then to do fusion splice of that parameter be important to consider. When comparison that actual just for development of optic fiber to the gateway of data high speed. This simulate be easy technical and can do actual right with organization so adaptation telecommunications system has to be performance.

**Keywords**
Fusion Splice , Single Mode Optic Fiber(SMF.), Lateral misalignment, Angular misalignment, End separation.

## I. INTRODUCTION

Nowaday, the telecommunications system has been quickly developed to satisfy demands to communicate in several forms. Besides communication by voice, pictures and information also can be communicated. The expansion of information telecommunication service directly affects the economic and commerce. In the future, if ISDN network is utilized and high-speed communication is improved by SDH, the information telecommunications system will be more effectively. So that the ISDN network and high-speed communications can be implemented, fiber optic is required to use as a transmission media.

At present, the single mode fiber optic has importantrole in telecommunications because of fiber optic has low dispersion it can transfer a lot of data. In telecommunication, we can say that, fiber optic has high performance, and one thing should never forget, that is the loss from fusion splice in network for all fiber optic [1,2]. In this junction can use fusion which to be heated by electric arc with the current about 14-16mA at the duration time about 1.5-2 sec. And working at high temperature about 1,800-2,000°c so it's connect permanently and has low loss (on the average 0.06dB) [3] However , technician should be trained infusion splice for low loss by any error of junction and find out the actual cause . The connection between nodes that has more data it's must be use transmission line, and long distance communication has necessary use junction optic by using fusion splice.

## II. THEORY

The loss of fusion splice from error of lateral misalignment, angular misalignment, and end separation (showed in fig. 1)

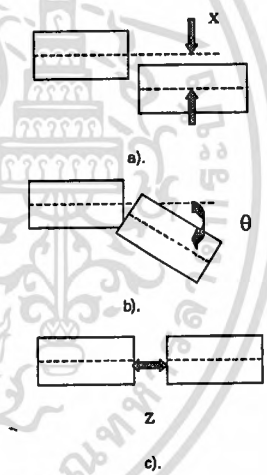



Fig. 1 3 types of error (a). Lateral misalignment (b). Angular misalignment (c). End separation.

In single mode fibers the lateral(axial) offset loss presents the most serious misalignment. This loss depends on the shape of the propagating mode. For gaussian-shape beams the loss between identical fibers is [4]

$$. Loss_{lat} = -10\log\left[\exp\left(\frac{-X}{W}\right)^2\right] \qquad (1)$$

Where spot size W is the mode-field radius , and X is lateral misalignment in single mode fibers , the loss at a wavelength is

$$Loss_{ang} = -10\log\left[\exp(-T)^2\right] \qquad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Where $\tau = n\pi W\sin\theta / \lambda$, n is the refractive index of the cladding, θ is the angular misalignment in radians, and W is the mode-field radius.

$$Loss_{gap} = -10\log\left[\frac{1}{(S^2+1)}\right] \qquad (3)$$

Where $S=Z\lambda / (2\pi nW^2)$, with S being the end face separation.

## III. RESULT

### A. Analysis for any error of SMF.

The eq.(1), (2) and (3) analysis find out loss. The analysis any error of lateral misalignment by using core diameter between 20→80μm. So that has low loss result of multi mode optic fiber don't mind for loss of lateral misalignment. Because multi mode optic fiber has diameter and N.A. more than of SMF. The loss of lateral misalignment has less than.

The analysis any error of angular misalignment by using core diameter between 10→80μm result of any loss of single mode fiber optic has loss more than MMF.

The analysis any error of end separation by using core diameter between 10→80μm result of any loss more than when comparison any misalignment

Using eq. (1) , (2) and (3) analysis for core diameter = 10μm like ness SMF. For any wavelength (λ) result can show in fig. 2

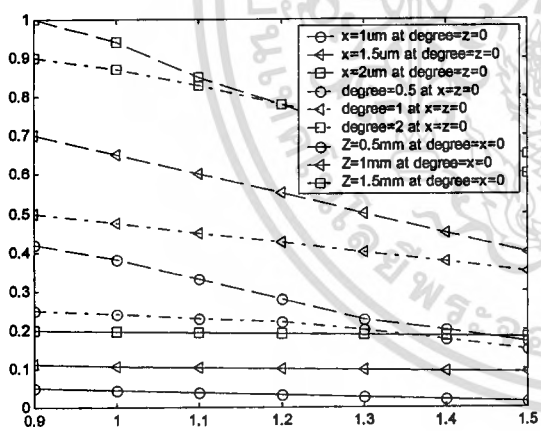
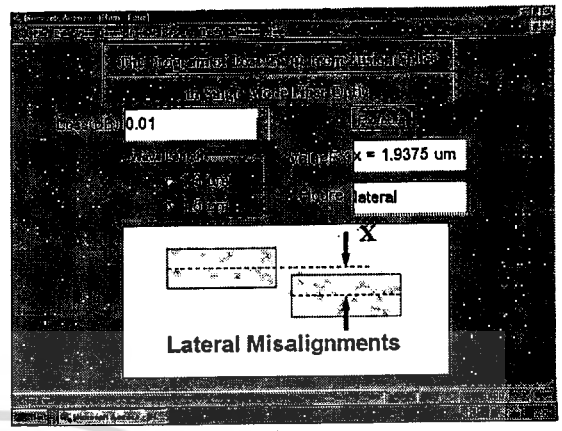
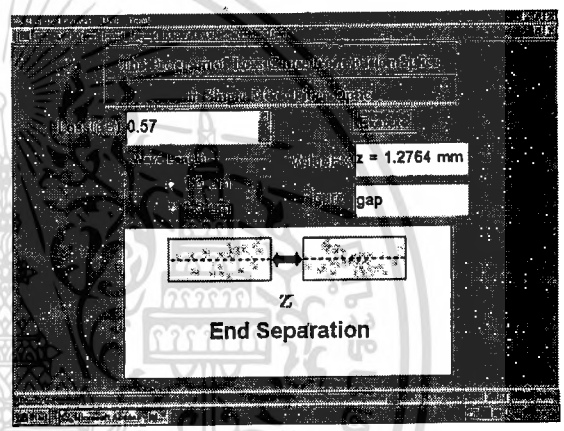



Fig. 2 Analysis for any error of SMF.

In fig. 2 When we increase any error be increase loss. At lateral misalignment in SMF. by θ and Z = 0 has one lateral misalignment and the loss of lateral misalignment has loss than. At end separation has loss more than show that when fusion splice in SMF. by X and θ = 0 has one end separation and loss can predict the error of lateral misalignment loss about 0.05dB by X = 1μm at next column. That result can be use as the reference and then make program for checking loss and find out any error so easily for training technician any loss from fusion splice show in fig. 3




(a).




(b).

Fig. 3 The program analysis find out any loss at junction by fusion splice of SMF.

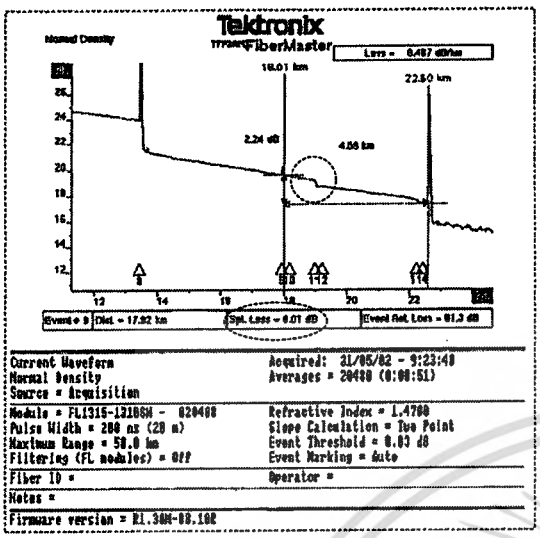
After test by the program fig. 3(a) such loss = 0.01dB at wavelength = 1.5μm at predict of loss any error from lateral misalignment so that X = 1.9375μm and in fig. 3(b) such loss = 0.57dB at wavelength = 1.5μm at predict of loss any error from end separation so that Z = 1.2764mm

### B. Practical test

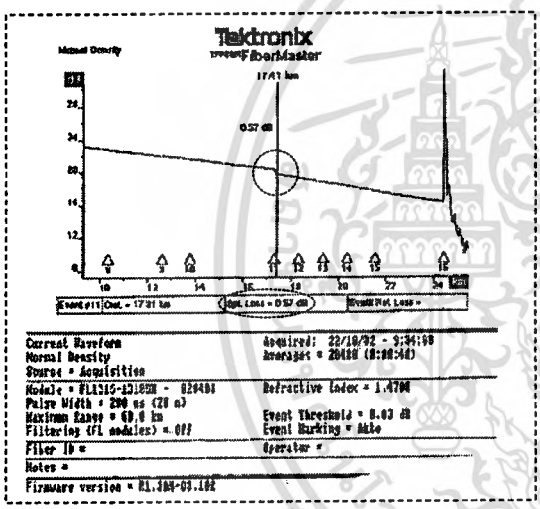
Fig. 4(a) use OTDR for check any loss at junction from Latya node to Siam village node so that check for any loss from junction has loss 1 point it's less than = 0.01dB. To predict of loss, any error from lateral misalignment due to the loss has less than the others, checking for any loss at outside plant, when compare in the theory, The result, both fiber optics at difference vender has the difference core diameter and from fig. 4(b) junction has found any loss about one point has any loss a more than about 0.57dB at predict of loss any error from the end separation and then checking for any loss. The result of fusion splice has operating arc with

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

highly temperature which occurs the end separation phenomena.




(a).




(b).

Fig. 4 Example for checking Loss by OTDR. at true

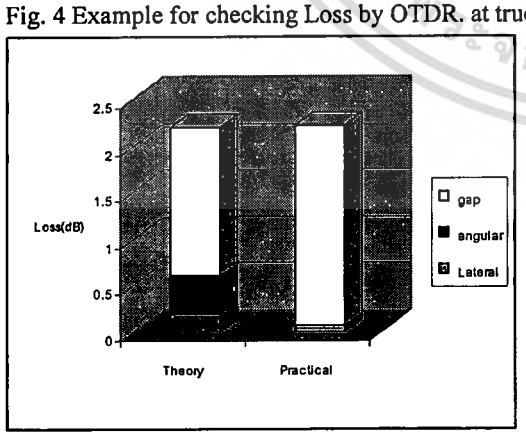



Fig. 5 The comparison by theory and practice

Table 1. The parameter it use setup program manual of fiber optic fusion splicing machine

| | | Progm. 1 | Progm. 2 | Progm. 3 |
|---|---|---|---|---|
| Preheating | Prefusion time | 0.2s | 0.2s | 0.2s |
| | Prefusion current | 10 mA | 10 mA | 10 mA |
| | Gap | 50μm | 51μm | 53μm |
| | Overlap | 12μm | 12μm | 12μm |
| Fusion | Prefusion time1 | 0.3s | 0.3s | 0.3s |
| | Prefusion current1 | 10.5mA | 10.5mA | 10.5mA |
| | Prefusion time2 | 2s | 2s | 2s |
| | Prefusion current2 | 16.3mA | 16.3mA | 16.3mA |
| | Prefusion time3 | 2s | 2s | 2s |
| | Prefusion current3 | 12.5mA | 12.5mA | 12.5mA |
| **Loss(dB)** | | **0.07** | **0.1** | **0.22** |
| | | Progm. 4 | Progm. 5 | Progm. 6 |
| Preheating | Prefusion time | 0.2s | 0.2s | 0.2s |
| | Prefusion current | 10 mA | 10 mA | 10 mA |
| | Gap | 55μm | 56μm | 57μm |
| | Overlap | 12μm | 12μm | 12μm |
| Fusion | Prefusion time1 | 0.3s | 0.3s | 0.3s |
| | Prefusion current1 | 10.5mA | 10.5mA | 10.5mA |
| | Prefusion time2 | 2s | 2s | 2s |
| | Prefusion current2 | 16.3mA | 16.3mA | 16.3mA |
| | Prefusion time3 | 2s | 2s | 2s |
| | Prefusion current3 | 12.5mA | 12.5mA | 12.5mA |
| **Loss(dB)** | | **1** | **1.36** | **1.5** |

The analysis of loss cause from fusion splice that is a simple. Some time, technician or engineer splice the fiber optic at V-groove, so the both fiber optic align in the has average an loss about 0.02dB/point

First, using that fiber optical splicing machine, both fiber optics must be at V-groove so the both fiber optics same direction, They have any loss from angular misalignment is littleness. When the fiber optic put on the V-groove, and use fiber cleaver to out fiber optic that will be smooth. It can be highly performance and no loss from angular misalignment in the practical. If we use high temperature(may be use high current , long time arc or long end separate). All thing are caused any loss from end separate. So that, we can check of any loss. The checking for any error of end separation in SMF. can be manual program of fiber optic fusion splicing machine at parameter in table 1. From all parameters compare with loss when we use gap = 50μm at preheating that has the least. The value of end separation in SMF. has less than. In experimental has any loss of angular misalignment less than from the front reason. If fiber optic fusion splicing machine has damage at V-groove the loss of end separation come to using the manual program in fusion splicing differential core diameter core or differential type.

## IV. CONCLUSIONS

In the experiment the loss at the fusion splice has quite small that has from the tools (fiber optic fusion splicing machine), and high loss by use manual program has loss more than 0.07dB. So know that any error from the end separation, related to the temperature in the arc action that effect due to different diameter core. From the analysis comparison with automatic program. The loss from fusion splice, has almost less than about 0.02dB,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

that predict from lateral misalignment when compare with the theory, (each fusion splice, when suitable adjust the temperature in arc and end separation. The both of fiber optic fusion has been jointed into vacuum, that air gap are not occur then end separation has not occur). So the vender (fiber optic fusion splicing machine) should be designed an alignment that has not lateral misalignment.

The most important to reduce amount of loss of fusion splicing, tools should be clean, fiber optic must have a high quality, (structure always of core diameter) , the fiber optic fusion splicing machine has good alignment, program can use for fiber optic, high quality of electrode. All must be prepared and before the operation start that has less so that and all procedure can use in the organize relate to fiber optic.

## V. REFERENCES

[1] Optical Fiber Fusion Splicer Type-36 Instruction Manual , SUMITOMO Electric Industries , LTD.

[2] Optical Fiber Fusion Splicer Type -X75 Instruction Manual , A SIEMENS COMPANY.

[3] SENIOR, Optical Fiber Communications Principles and Practice, 2nd Edition, 1992.

[4] D. Marcuse, D. Gloge, and E. A. J. Marcacatili, "Guiding properties of fibers, "in S. E. Miller and A. G. Chynoweth, eds., Optical Fiber Telecommunications, Academic, New York, 1979.

[5] D. Marcuse, "Loss analysis of single-mode splices", Bell Sys. Tech. J. , vol. 56, pp.703-718, May 1977.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ประวัติผู้เขียน

นายอชิระ จำปาเทศ เกิดเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2519 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี ค ณะวิศวกรรมศาสตร์ (วิศวกรรมโทรคมนาคม) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปีการศึกษา 2541 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่ บริษัท ทศท. คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งวิศวกร 4 ฝ่ายปฏิบัติการสื่อสารข้อมูล ได้รับทุนการศึกษาต่อในระดับปริญญาโทจาก บริษัท ทศท. คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน).

**การอบรมพิเศษ**

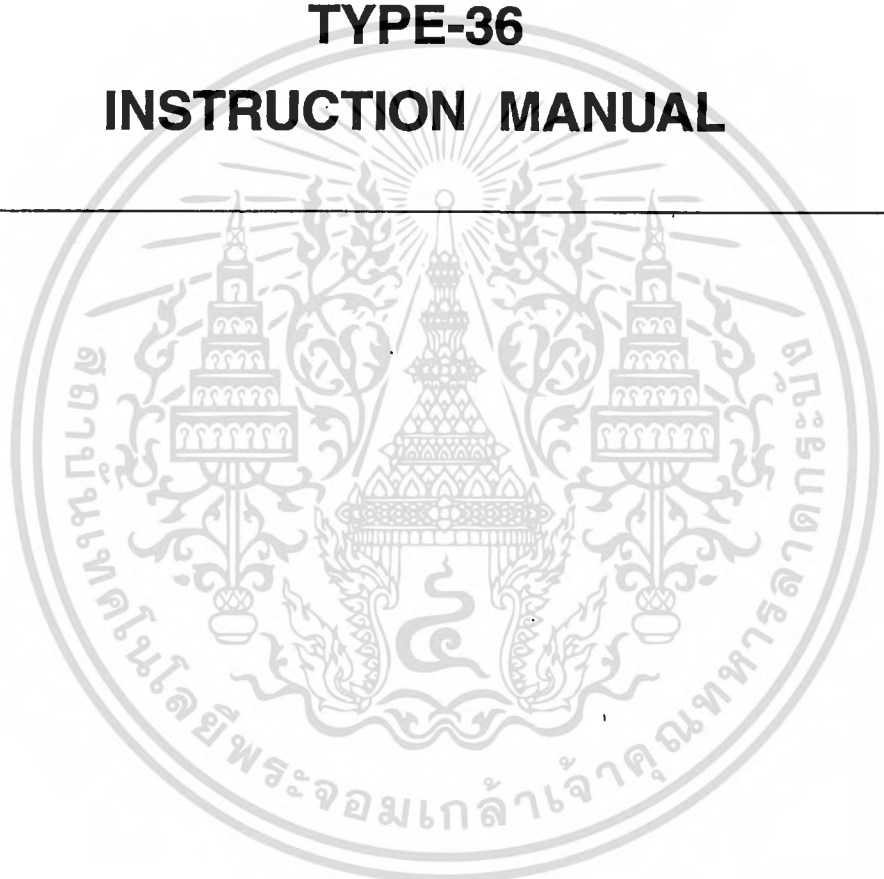
1. Introduction to Digital Multiplex Techniques.
2. Introduction to ATM Network.
3. Introduction to IP Network.
4. Introduction to Cisco Devices Configurations.
5. ฯลฯ

**ผลงานทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์**

1. อชิระ จำปาเทศ, ปัญญา เมืองรื่น, สมผล โกศัลวิตร์, สุริภณ สมควรพานิชย์, "การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการแฮนด์ออฟในระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่เซลล์ลูลาร์", การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของประเทศไทย ครั้งที่ 2 คณะวิทยาศาสตร์ ม.มหิดล
2. อชิระ จำปาเทศ, สมผล โกศัลย์วิตร์, "การเปรียบเทียบการวัดค่าสูญเสียสัญญาณของเส้นใยแก้ว" , วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา ปีที่ 12 ฉบับที่ 3 พ.ศ. 2544
3. Ashira Jumpates, Ruchaneeya Leepila, Apinan Manyanon, Suthichai Noppanakeepong, " The Analysis of Cause from Fusion Splice in Single Mode Optic Fiber for Reducing Splicing Loss Between Fusion Splicing " , Student Conference On Research and Development SCOReD 2003 IEEE Malaysia Section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# OPTICAL FIBER FUSION SPLICER
# TYPE-36
# INSTRUCTION MANUAL



SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Table of Contents

## Type-36 Fusion Splicer

**1. GENERAL** ..... 1

1.1 SPECIFICATIONS ..... 2
1.2 OPERATING RECOMMENDATIONS ..... 2

**2. SAFETY PRECAUTIONS** ..... 2

**3. REFERENCE DOCUMENTS** ..... 3

**4. PARTS, REPAIRS, AND ORDERING INFORMATION** ..... 3

4.1 STANDARD EQUIPMENT ..... 3
4.2 OPTIONAL ACCESSORIES ..... 3
4.3 CONSUMABLES ..... 3

**5. OPERATING PROCEDURES** ..... 4

5.1 SPLICING STEPS SUMMARY ..... 4
5.2 SPLICING ACCESSORIES ..... 5
5.3 UNPACKING THE FUSION SPLICER ..... 5
5.4 POSITIONING THE LCD MONITOR ..... 6
5.5 SETTING UP THE FUSION SPLICER ..... 8
5.6 USING THE KEYPADS ..... 8
5.7 USING SPLICE MODE MENU FUNCTIONS ..... 9
5.8 CHANGING SPLICE MODE MENUS ..... 10
5.9 INSTALL A REINFORCING SLEEVE ..... 10
5.10 PREPARING THE FIBER ..... 10
5.11 INSERTING THE FIBERS IN THE SPLICER ..... 11
5.12 STARTING THE AUTOMATIC SPLICE ..... 12
5.13 EVALUATING SPLICE QUALITY ..... 13

**6. INSTALLING A PROTECTIVE SLEEVE** ..... 14

6.1 POSITIONING THE SPLICE IN THE HEATER ..... 14
6.2 HEATING/SHRINKING THE SLEEVE ..... 14

**7. PACKING AND STORAGE INSTRUCTIONS** ..... 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**8. TROUBLESHOOTING AND TIPS** ..... **16**

8.1 SPLICE WHILE HEATING ..... 16
8.2 V-GROOVE CLEANING WITH ACETONE ..... 16
8.3 SPLICING ERRORS ..... 16
8.4 ARC PROBLEMS ..... 16
8.5 PROOF TEST FAILURE ..... 17
8.6 HEAT SHRINK SLEEVE PROBLEMS ..... 17
8.7 PROBLEMS SETTING UP THE SPLICER ..... 17

**9. MAINTENANCE** ..... **18**

9.1 CLEANING THE V-GROOVES AND CLAMPS ..... 18
9.2 CLEANING THE LENS ..... 18
9.3 REPLACING ELECTRODES ..... 19
9.4 CLEANING THE LED LIGHT SOURCE ..... 20

**10. ARC TEST PROCEDURE** ..... **21**

10.1 PERFORMING AN ARC TEST ..... 21

**11. MODES FUNCTIONS** ..... **22**

11.1 SWITCHING MODES ..... 22
11.2 MODE FUNCTION SUMMARY ..... 22
11.3 CHANGING SPLICE MODE ..... 23
11.4 COMMUNICATION MODE ..... 23
11.5 PARAMETER MODE ..... 24
11.6 MAINTENANCE MODE ..... 25
11.7 CONDITION SETTINGS ..... 26
11.8 SYSTEM SETTING MODE ..... 27
11.9 REMOTE MODE ..... 27
11.10 SOFTWARE UPGRADE ..... 28

**12. MENU SELECTIONS** ..... **29**

12.1 SPLICE ..... 29
12.2 SPLICE CONDITION ..... 29
12.3 OPTIONS ..... 34
12.4 ADJUST FIBER ..... 44

**PARAMETER TABLE - VERSION 1.0** ..... **45**

PARAMETER 001 - 040 ..... 45
PARAMETER 041 - 080 ..... 46
PARAMETER 081 - 120 ..... 47
PARAMETER 121 - 160 ..... 48
PARAMETER 161 - 201 ..... 49
PARAMETER 202 - 220 ..... 50

**SPLICING ERROR MESSAGES** ..... **51**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1. General

1.01 This procedure contains all of the information required to unpack, setup, and use the Sumitomo Type 36 Fusion Splicer to create low-loss optical fiber splices in the field. Introductory sections of this practice describe basic equipment operation, unit unpacking and preparation and applicable safety precautions. Latter sections detail unit configuration, fiber preparation, splicing, maintenance, and trouble-clearing for the use and care of the splicer unit.

***Note: Before using the fusion splicer in the field for the first time, read this procedure in its entirety and perform a few trial splices under controlled conditions.***

1.02 The Type-36 Fusion Splicer is a portable, self-contained, fully automatic instrument for creating single low-loss optical fiber splices. The unit is designed to a variety of optical fiber types including singlemode (SM), multimode (MM), dispersion shifted (DSF), dispersion compensated (DCF), cut-off shifted (CSF), and Er-doped fibers. Fiber cladding diameters can range from 80 to 150 µm and acceptable fiber cleave lengths can extend from 8 to 16 mm. All fusion parameters are programmable and stored in non-volatile memory. Identical fiber splices require less than 25 seconds, and average splice losses are typically 0.02 decibels (dB) or less.

1.03 A CCD camera examines the fibers from two perspectives (the X view and Y view) to aid in aligning the fibers before splicing. Precision motors on the fiber chucks automatically align a pair of fibers in both the X and Y (horizontal and vertical) planes and then fuses them with heat from an electric arc to form a splice.

**Figure 1. Type 36 Fusion Splicer Unit.**

1.04 After splicing, HDCM (high-resolution direct core monitoring) image processing software incorporated into the splicer calculates the estimated splice loss based upon cleave perpendicularity, fiber core alignment, and core concentricity at the splice point.

1.05 The splicer has an automatic tensile (pull) test that can be turned on/off with a software selection. This test will verify the strength and physical integrity of the splice.

1.06 After splicing, the splice is protected with a heat-shrinkable reinforcing sleeve. The fusion splicer has a built-in heater to shrink the fiber protection sleeve.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.1 Specifications

| | |
|---|---|
| **Fiber** | |
| Material | Silica-glass |
| Type | SMF,MMF, DSF, CSF, or Er-doped optical fibers. |
| Cladding | 80 - 150μm |
| Cleave length | 8 to 16 mm |
| Coating | 250 μm ~ 900μm |
| **Size and Weight** | |
| Size | 190W x 190D x 176H (mm)<br>7.4W x 7.4D x 6.8H (in.) |
| Weight | 6.9 kg (15.2 lb.) |
| Display | 4 in. diagonal - 3 Locations |
| **Power** | |
| AC input | 85-265 V AC, 50/60Hz |
| DC input | 10-15 V DC |
| **Operating Environment** | |
| Operating temperature | -10 to 50 °C (14-122 °F) |
| Max. operating humidity | 95%RH (non-condensing). |
| **Storage Environment** | |
| Storage temperature | -40 to 70 °C (-40-158 °F) |
| Storage humidity | Non-condensing |
| **Performance** | |
| Splice loss, identical SM | 0.02dB typical |
| Splice loss, identical MM | 0.01dB typical |
| Splice cycle time | 25 seconds typical |
| Heater cycle time | <90 seconds typical |
| **Output Connectors** | |
| Data | RS232C, D-sub-9 type |
| DC Power | 12VDC mini jack |
| Video | Video Signal, RCA connector |
| PCMCIA Card | 2 slots, Type II |
| **Programs** | |
| Fiber types | Stores 36 types |
| Splice data | 1000 splices(built-in memory<br>30,000 splices (optional memory card) |

## 1.2 Operating Recommendations

1.2.1 Exercise care when packing, unpacking, and transporting the splicer unit. Severe mechanical shock or excessive vibration may cause alignment problems.

1.2.2 After removing the protective cover from the equipment, either flip the cover over with open side facing down or store the cover in the closed equipment case. Microscopic particulate matter can easily collect in the cover and contaminate the precision splicing mechanism when the cover is reinstalled.

1.2.3 To ensure low-loss, quality splices, prepare the fiber first by cleaning it carefully and cleaving it as accurately as possible. A power meter or equivalent test is recommended for final verification of splice loss.

1.2.4 The fusion splicer is a precision instrument. For best results, keep the unit clean and handle it with care.

1.2.5 Ensure the splicer is dry before operating it. If necessary, dry the splicer with a hot air gun (i.e. hair dryer) before operation.

1.2.6 When cleaving the fibers, do not allow the waste fibers to build up around the fusion splicer and cleaver. Account for each loose fiber, pick it up with cello-tape, wrap it, and dispose of it properly.

1.2.7 When transporting the fusion splicer, use it's padded transport case to protect it from dust, dirt, moisture, shock, and impact.

***Before starting each splicing session, perform an ARC TEST to ensure the proper arc settings.***

1.2.8 The ARC TEST will correct for fiber differences, environmental changes and electrode deterioration.

## 2. Safety Precautions

2.01 Handle glass fibers with care. They can easily puncture skin and break off. Wear safety glasses at all times for protection from glass fibers. Dispose of the fibers properly.

2.02 Handle cleaners such as pure alcohol with extreme caution. Wear safety glasses when using alcohol to clean fibers. If alcohol splashes in the eyes, flush with cold water and seek medical attention immediately.

***WARNING: Do not use alcohol near heat, flames, nor electric arcs, including the arc in the fusion splicer.***

2.03 Do not use the fusion splicer in the presence of explosive gases. Gases can

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

accumulate in poorly ventilated manholes and vaults. Always follow the recommended testing, purging, and ventilation procedures.

2.04 Use a grounded three-prong AC power source to electrically ground the main body of the splicer and protect against accidental electrical shock.

2.05 Unplug the fusion splicer before attempting any electrical maintenance. Avoid contact with the high-voltage electrodes used to produce the arc.

2.06 Do not lubricate any part of the splicer. Oil based residues on the V-grooves, electrodes or fiber checks will limit the effectiveness of the equipment.

2.07 Do not use compressed gas (i.e., canned air) to clean the splicer, as it will contaminate the V-grooves, electrodes, and optics. Poor splice performance may result.

2.08 Read any Material Safety Data Sheets (MSDS) for materials used in this procedure.

## 3. Reference Documents

| Part Number | Description |
|---|---|
| ETK260027 | FCP-3 Cleaver |
| ETK976021-02 | FCP-22L Cleaver |
| ETK9326001 | JR-1,2,11 |
| ETK9524024 | BP-01 Battery Pack |
| ETK240146 | HP-5 Heater |
| MSDS | As supplied |

## 4. Parts, Repairs, and Ordering Information

4.01 The fusion splicer requires additional tools used to prepare fibers for splicing. Instructions for these tools, if applicable, are in separate documents. See *Reference Documents*.

### 4.1 Standard Equipment

| Part Number | Description |
|---|---|
| SC-36 | Transport Case |
| ER-6 | Replacement Electrodes |
| PC-AC | AC power cord |
| | Cooling Tray |

### 4.2 Optional Accessories

| Part Number | Description |
|---|---|
| SPL-1 | Halogen work light |
| HP-2A /-5 | Separate heater |
| FCP-22L | Precision fiber cleaver |
| FC-3 | Score-and-snap cleaver |
| JR-1,2,11 | Jacket removers |
| BTR-1,2 | Buffer tube cutter |
| PC-C | DC power cord |
| NAVA-034009 | Video monitor, 9in. |
| BP-01 | Battery unit/Charger |
| HL-2 | Solvent dispenser |
| PC-CBU | Car Battery Adapter |
| MDM-36 | S-RIM Modem Card |
| N/A | PCMCIA Memory Card |

### 4.3 Consumables

| Part Number | Description |
|---|---|
| FPS-1 | Protection Sleeve,50/Pk. |
| N/A | Gauze wipes |
| N/A | Isopropyl alcohol (99.5% pure) |
| N/A | Cotton swabs |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# 5. Operating Procedures

## 5.1 Splicing Steps Summary

5.1.1 This procedure assumes the cable has already been prepared and the fibers have been separated and cleaned.

5.1.2 The following is a summary of the steps required to make a splice with the fusion splicer:

- Plug in the splicer and turn it on
- Check/set the splicing program
- Put a reinforcing sleeve on the fiber
- Strip the fiber jacket
- Clean the bare fiber
- Cleave the fiber
- Insert the fibers into the splicer
- Start the automatic splice process
- Inspect and evaluate the splice result
- Slide the reinforcing tube over the splice
- Reinforce the splice
- Remove the protected splice and store it

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.2 Splicing Accessories

5.2.1 Before splicing, collect all of the necessary equipment:

- Cleaver
- Jacket remover
- Fiber cleaning supplies including 99% alcohol and lint-free gauze wipes.
- FPS-1 Protective fiber sleeves (not shown)

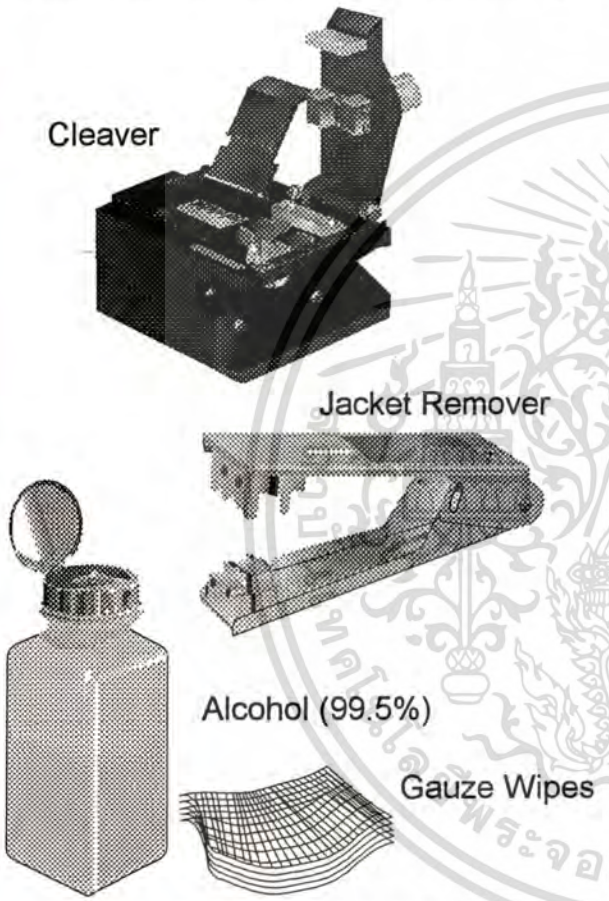



**Figure 2. Splicing Accessories.**

## 5.3 Unpacking the Fusion Splicer

5.3.1 To unpack the fusion splicer, unlatch its transport case, lift the splicer out, placing the unit on a solid, level work surface.

5.3.2 Release the front latch of the hinged protective hood and open the hood. Slide the opened cover to the right, slipping the hinge from it mounting pins and remove the cover.

5.3.3 Store the cover back in the equipment case or place the cover face down to prevent dust and other particulate contaminants from collecting in the cover and contaminating the internal mechanism when reinstalled.

5.3.4 Visually inspect both the equipment case and the splicer unit for any obvious signs of damage. If equipment damage is detected, report the damage as outlined in the *"Returning for Repair"* section of this manual.

5.3.5 Flip the monitor screen open to expose the hood that protects the fiber splicing mechanism. Open the protective hood and carefully remove the packing material surrounding the splicing electrodes. Store this packing material in the equipment case for later shipment. Carefully peel any protective plastic films that may be on the monitor screen, keypad, or heater unit cover and discard these coatings.

5.3.6 Attach and plug in the optional SPL-1 work light if available to the accessory 12V DC output jack.

5.3.7 If the power source is AC, unpack the PC-AC cable, otherwise unpack the PC-C cable and the battery or adapter unit.

5.3.8 Place monitor in desired viewing position as dicribed in the following sections.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.4 Positioning the LCD Monitor

5.4.1 The LCD monitor screen has three available viewing positions top, front, and stand alone. These positions are illustrated in Figures 2-4.

### Top Mounting Position

5.4.2 The top mounted position is the standard viewing position of the monitor and is used to transport and store the splicer.

**Figure 3. Monitor in Top-Mounted Position.**

5.4.3 To move the LCD monitor screen unit to an alternate position, slide the locking pin located on lower left corner of the monitor base to the left and lift the entire unit from the two mounting pins.

### Front Mounting Position

5.4.4 The front mounted position, shown in figure 3, lowers the working height of the unit and allows for taut sheath splicing applications.

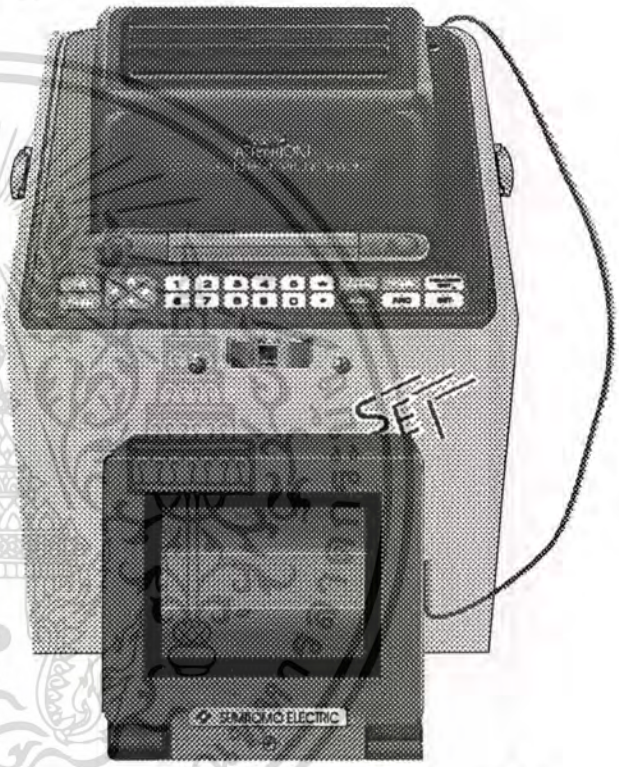



**Figure 4. Monitor in Front-Mounted Position.**

5.4.5 To move the monitor to the front position, remove the black mounting pin cover, located on the front lower area of the machine. Attach the monitor on the mounting pins by sliding the locking lever to the left while pushing the monitor base towards the machine. Place cover on the top position mounting pins to store.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Free Standing Position**

5.4.6 The free-standing position is used for tight quarters and better viewing angles. This position is achieved by rotating the monitor bracket behind the unit as shown in Figure 5.

**Figure 5. Monitor in Free-Standing Position.**

**Retracting the Monitor Cord.**

5.4.7 The monitor cord is stored inside the machine and can wound using the knob on the rear of the splicer unit as shown in Figure 6. Retract excess cord by turning the knob located in a clockwise direction until the desired cord length is exposed.

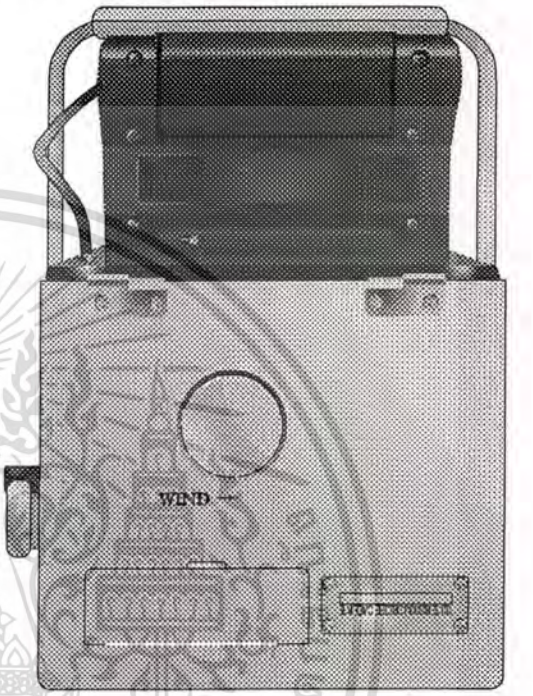



**Figure 6. Knob to Retract Cord**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.5 Setting Up the Fusion Splicer

5.5.1 The fusion splicer receives power from an AC source (wall outlet or generator) or from a battery unit.

5.5.2 **AC Operation**: Locate the 100-240 VAC jack just below the AC-OFF-DC switch on the Input-Output Panel on the fusion splicer. Connect the AC power cord to the jack. Plug the standard outlet plug into an appropriate AC source. Set the AC-OFF-DC switch to the AC position.(Figure 7)

5.5.3 **DC Operation**: Locate the 12VDC IN jack on the lower right side of the Input-Output Panel on the fusion splicer. Connect the DC cable to the receptacle labeled DC IN. Plug the free end into an appropriate 12VDC source. Set the AC-OFF-DC switch to the DC position.

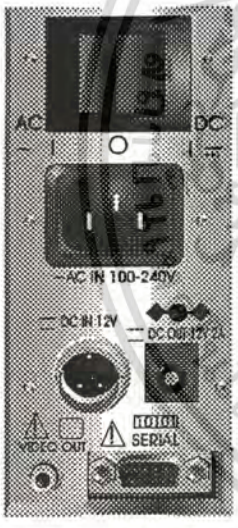



**Figure 7. Input/Output Panel.**

5.5.4 When the initialization completes, a tone sounds and the "SPLICE MODE MENU" screen appears. If a different screen appears, press RESET before continuing. The splicer is ready for operation. If the screen is too bright or dim, adjust by rotating LCD's brightness control to preferred viewing level.

## 5.6 Using the Keypads

5.6.1 The color coded console keys, shown in Figure 8, are located on top of the splicer unit. Keypad control keys are used to select highlighted menu options displayed in menus on the monitor screen.

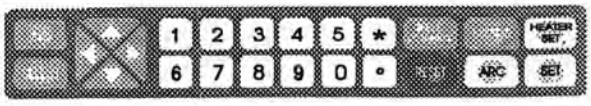



**Figure 8. Splicer Unit Keypad.**

**MODE KEYS**

- **SELECT**-Selects the highlighted item and advances to the next menu.
- **Back**- Acts as a backspace to clear entered values and returns to the previous menu.
- ARROWS ↑,↓,←,→ Scrolls through menu items and moves the highlighted field in the indicated direction.

**NUMBER KEYS**

- **0-9**- Digit keys are used to enter/select program numbers and parameter values. Entering a number moves the selection to the corresponding menu item.

**CONTROL KEYS**

- **FIELD CHANGE**-Alternates between the (Y) and (X) fiber images.
- **RESET**-Restarts the splicer to the beginning menu screen and aborts a splicing operation.
- **MODE**-Switches the splicer between normal operation and the mode selection screen. To switch modes, press this key until a beep is heard.
- **ARC**-Used for manual re-arcing.
- **HEATER SET**-Starts and stops the heating cycle on the heater unit.
- **SET**-Starts or continues the splice operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.7 Using Splice Mode Menu Functions

5.7.1 The fusion splicer can be set to splice different types of fibers. Up to 35 (5 groups of 7 each) arc condition programs can be stored and recalled. Each program specifies five arc parameters namely: arc power, fusion duration, prefusion time, arc gap, and overlap, to accommodate a variety of fiber types and splicing conditions. The programs are retained when the splicer is turned off.

**Splice**

- **AUTOMATIC MODE**- Sets automatic alignment, fusion splicing, and loss estimation.
- **ARC TEST**- Compensates for environmental changes by melting and measuring the fiber end faces to ensure proper arc power.
- **MANUAL MODE**- Semiautomatic fusion splicing mode for manual motor control.
- **STEP MODE**- Automatic fusion in a step-by-step sequence. The SET key must be pressed after each step to resume splicing.

**Splice Condition**

- **FIBER TYPE**- Sets up the inspection software for SMF, MMF, DSF, Special, Er-doped.
- **ALIGN METHOD**- Indicates whether the imaging software is to align fibers by the core or by the outer diameter.
- **HEATER CONDITION**- Allows the selection of the different protection sleeve lengths and heater parameters settings.

**Options**

- **SPLICE DATA STORE** There are three available selections:

**Auto Store**-Automatically stores splice data.

**Manual Store**- Allows stores of data.

**None Store**- Turns the data store option off.

- **CLOSURE No.**- Numerically identifies a group saved splice data points to an enclosure.
- **FIBER No**.- Numerically identifies fiber splices.
- **SET DATE**- Identifies date of splicing session.
- **DATA MEMORY**

**Display Memory** -Recalls individual splice data points.

**Output Memory** -Outputs data memory via the serial port.

**Print Memory** -Print out data memory via the serial port.

**Clear Memory** -Erases data memory.

**Clear Last Entry** -Clears last saved data point.

**Copy to PC Card** -Allows extra space by moving data points to PC card.

- **RESET ARC COUNT**- Returns numerical arc count to zero.
- **SELF CHECK**- diagnosis of optical components.
- **MEMORY CHECK**- evaluates available memory space on PC card.

**Adjust Fiber**

Allows for manual fiber positioning when the initial fiber position is undetected by the splicer. (*Refer to the Menu Selections section*)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.8 Changing Splice Mode Menus

5.8.1 At power-on, the screen displays the "SPLICE MODE MENU" followed by the current splice settings. This usually appears in the Automatic Mode. If a different selection is preferred, press "1" and SELECT to move to the available options. Repeat the process to choose desired mode.

5.8.2 The current fiber splice condition should match the type of fiber to be spliced. To select a different fiber profile, press the "2" key or highlight SPLICE CONDITION followed by the SELECT key to view the drop down menu.

5.8.3 Press the "1" key or highlight FIBER TYPE followed by the SELECT key to choose SMF, MMF, DSF, SPECIAL, or Er-doped options, once the selection is highlighted, press SELECT to call up the ARC CONDITION detail menu.

5.8.4 Use the up/down arrow keys to scroll among the seven fiber types. Also, to move directly to the desired fiber type use the corresponding numerical value. For example, to select the last fiber type option (SMF Other 2), press the "7" key to view setting details.

5.8.5 To change the arc condition parameters, press the right arrow key and the parameter change menu will appear.

5.8.6 Use the up/down arrow keys to highlight and select the desired parameter. Then enter an acceptable numerical value. To record this new value, press SELECT. Press RESET to return to main menu once parameter changes are complete.

5.8.7 To alter or modify the ALIGN METHOD or the HEATER CONDITION option, follow the basic procedure outlined in the Changing Splice Mode Menu listed above.

## 5.9 Install a Reinforcing Sleeve

5.9.1 Select an FPS-1 reinforcing sleeve.

5.9.2 Slip the reinforcing sleeve over one of the two fibers to be spliced. Be sure to do this step before stripping or cleaving the fiber.

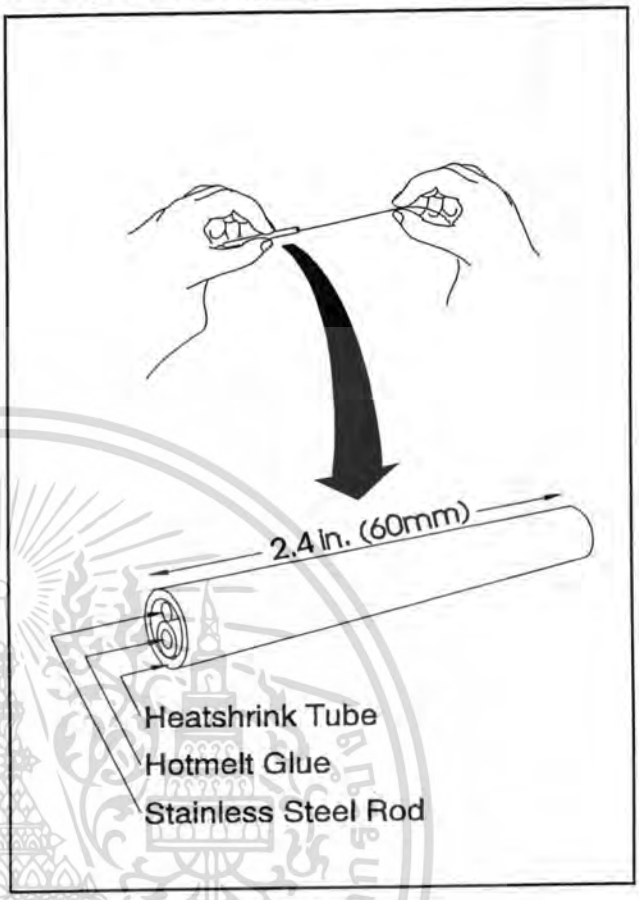



**Figure 9. The Reinforcing Sleeve.**

## 5.10 Preparing the Fiber

5.10.1 Use a jacket remover to remove 40 mm (1 1/2")of the fiber coating in a single attempt.

5.10.2 Clean the bare fiber with a lint-free gauze pad moistened with pure alcohol, and wipe the 1-2 times to remove any coating residue.

5.10.3 Use the cleaving tool to cleave the fiber. The recommended cleave length is 16-18mm (3/4"), but it may vary according to local practices.

***Note: Do not clean the fiber again after cleaving. To avoid chipping the delicate fiber ends, insert each fiber in the splicer immediately after preparation.***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.10.4 Account for all cleaved fiber fragments. Use a loop of cellophane tape to hold the fibers, and dispose of the fibers properly.

***WARNING: The glass fiber fragments are extremely sharp.***

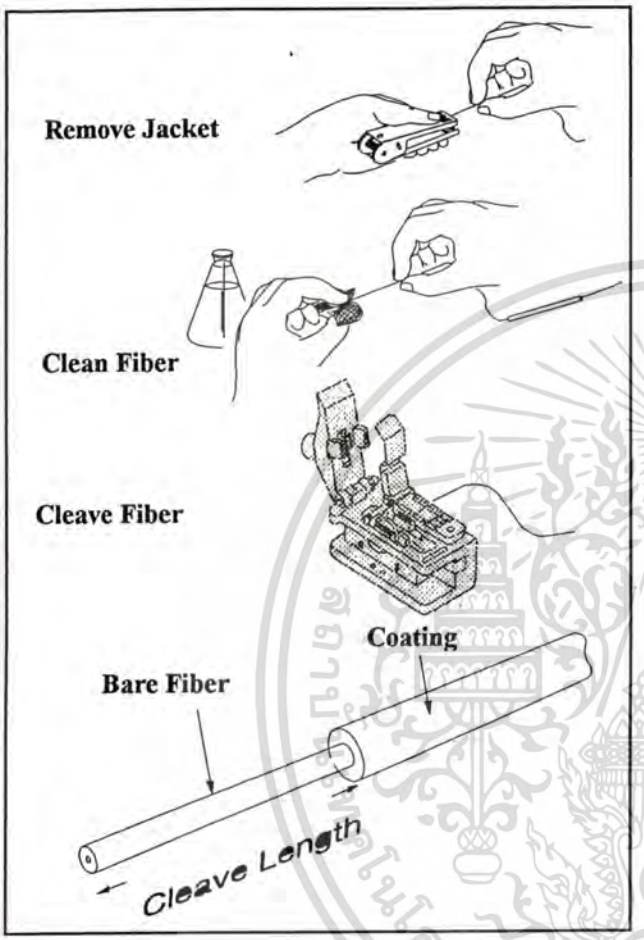



**Figure 10. Preparing the Fibers.**

## 5.11 Inserting the Fibers in the Splicer

5.11.1 This section assumes that the fusion parameters are set, and that a fiber has been prepared for insertion. The section describes a typical splicing operation; variations are possible, depending on the fiber type.

5.11.2 Raise the splicer hood, located in the middle area on top of the unit.

5.11.3 To release the fiber clamps, push the activators towards the rear of the unit. By lifting the clamp lever raise both the bare fiber clamps and coating fiber clamp simultaneously.

5.11.4 Lower, not slide, one fiber onto the v-groove so that the cleaved end overhangs the v-groove and protrudes into the fusion area. The fiber end will be approximately half way between the electrodes and the edge of the v-groove. Use the cleave length mark as a guide by aligning the edge of the coating with the mark.

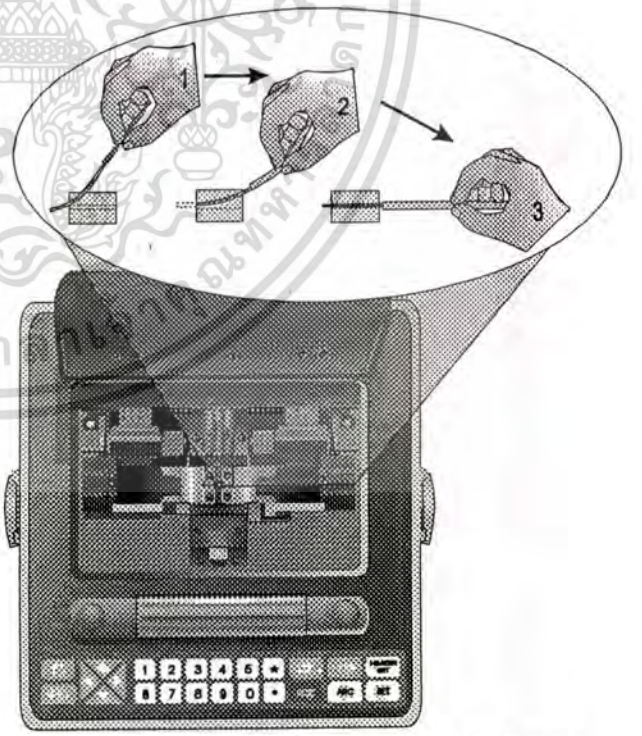



**Figure 11. Inserting the Fibers Into the V-Grooves.**

***Note: Do not allow the fiber end face to touch anything or slide it horizontally in the***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***bottom of the v-groove. This will damage or contaminate the fiber end faces.***

5.11.5 Push the clamp lever down to gently lower the fiber coating clamp. Press the clamp down until it becomes locked. The fiber should be resting in the v-groove with the cleaved end about halfway between the v-groove's inner edge and the electrode tips. Now lower the bare fiber clamp to properly seat the bare fiber in the v-groove.

5.11.6 Prepare the other fiber to be spliced and clamp it in the splicer.

5.11.7 Close the hood. Make sure the fibers are routed through the cutouts on the side of the hood and not caught under it.

## 5.12 Starting the Automatic Splice

5.12.1 The splicing mode has been set and both fibers have been inserted in the splicer. This section describes the automatic splicing procedure.

5.12.2 With the hood closed, and the display screen showing "SPLICE MODE MENU" and "AUTOMATIC MODE," press the SET switch to begin automatic splicing.

5.12.3 The splicer will immediately move the fiber ends into place, and the magnified view will appear on the LCD screen.

5.12.4 The fusion splicer displays a series of messages while it automatically inspects, aligns, and splices the fiber. Different messages will appear depending on the profile type selected, for example, Single Mode or Multimode.

In "AUTOMATIC MODE," the LCD will display this series of messages:

- **GAP ADJUST-** adjusts the gap between the ends of the fibers.
- **FOCUS** - adjusts the focus for the 280X magnified image.
- **SPATTERING-** a brief arc that polishes fiber end faces and sharpens fiber image.
- **FIBER END CHECK-** checks the fiber cleave angle and cleanliness.
- **FIELD CHANGE-** changes view between direct Y and X image.
- **CORE or DIAMETER ALIGN-** aligns the fiber cores or diameters in the X and Y directions.
- **ARC FUSION-** heats the ends, and then feeds fibers together to fuse them.
- **INSPECTION (HDCM)-** High-resolution Direct Core Monitoring is used to inspect the completed splice in the X and Y views.
- **EST. LOSS-** displays the estimated loss in decibels and any observed defects. If the splice is good, the messages "OPEN HOOD" will appear.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.13 Evaluating Splice Quality

5.13.1 Refer to the figure to aid in visually evaluating the splice quality. Use the FIELD CHANGE to examine the fiber image.

5.13.2 For large core offsets, bubbles or bulging: always redo the entire splice.

5.13.3 For black spots or lines: sometimes repeating the ARC can improve the results, especially for cladding defects. Note Do not re-arc a splice more than twice. Instead, perform the ARC TEST procedure, then try to resplice it.

5.13.4 Some flaws are acceptable (marked OK in the Figure 12). These flaws do not effect optical transmission quality. Note that fluorine-doped or titanium-clad fiber may cause white or black lines to appear in the spliced region. This is an optical effect of the image processing, not a weak or high-loss splice.

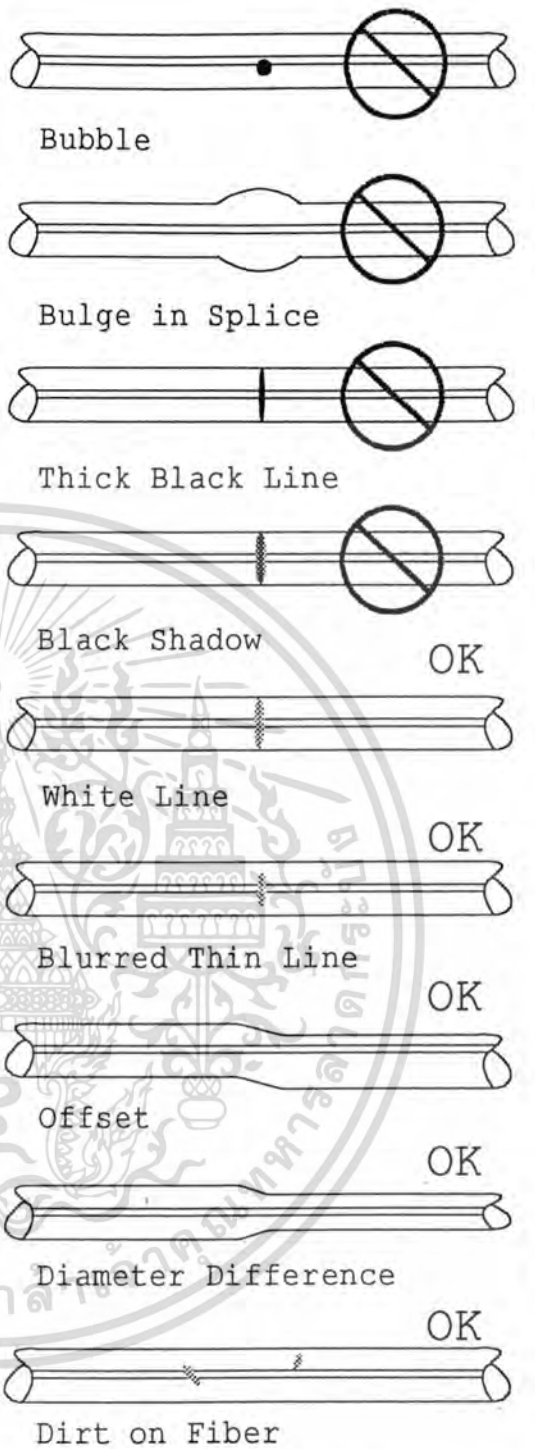



**Figure 12. Splice Evaluation**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6. Installing a Protective Sleeve

### 6.1 Positioning the Splice in the Heater

6.1.1 The integrated heater unit is located at the front top edge of the splicer unit as shown in Figure 13.

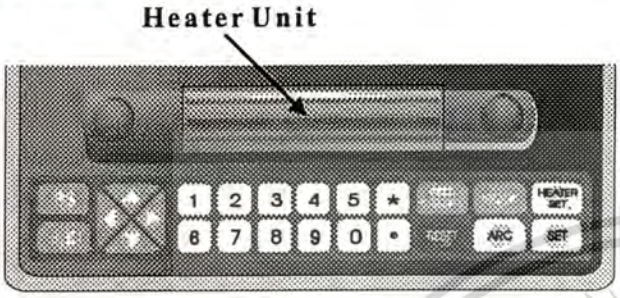



**Figure 13. Heater Unit.**

1. Open the heater clamps on both sides of the heater. One heater clamp is attached to the heater door and will open with clamp.
2. Open the splicer hood and the fiber clamps to release the spliced fiber.
3. Center the FPS-1 fiber protection sleeve over the spliced portion of the fiber.

***Note: Take care to keep the spliced fiber straight. Do not flex it back and forth.***

4. Pull gently on the spliced fiber holding it straight and center the reinforcing sleeve in the heating chamber.
5. Position the fiber onto the heater door arms and lower the fiber and reinforcing sleeve into the heater chamber. Both doors will close simultaneously. The heater clamp will secure the fiber by magnetic latch.

***Note: Before starting the heating cycle, pressing the heater set, make sure the bare fiber portion is in the middle of the protective sleeve.***

### 6.2 Heating/Shrinking the Sleeve

1. Press HEATER SET on the keypad. to apply a heat cycle to shrink the reinforcing sleeve. The green LED on the HEATER SET key indicates that the heater is active. To cancel heating, press the HEATER SET key again.
2. When the heater starts, begin preparing the next splice.

***Note: The fusion splicer and heater can be operated simultaneously.***

3. After about 90 seconds, a single long beep indicates the heat cycle is completed.
4. Lift the open both clamps. Remove the reinforced splice while pulling gently on the fiber to keep it straight. Visually inspect the sleeve. (See Figure 14).

***Warning: Sleeve may be hot! Handle with care.***

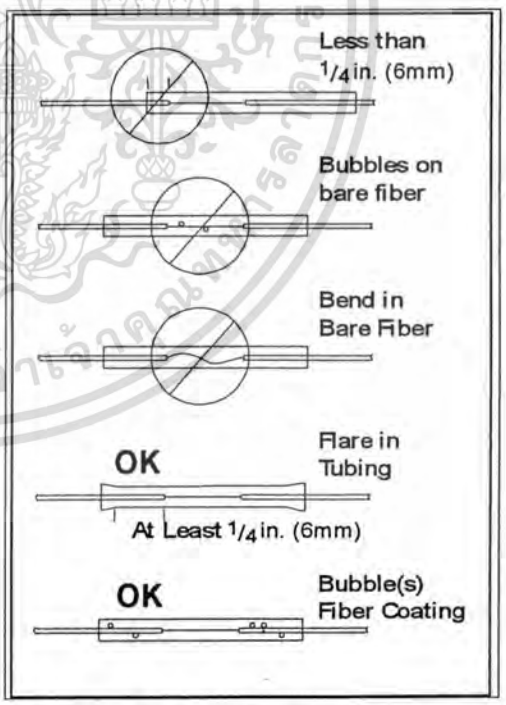



**Figure 14. Reinforcing Sleeve Inspection.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. Packing and Storage Instructions

7.01 The fusion splicer is a precision instrument. Its rugged shipping and storage case are custom designed to protect it from impact, dust, dirt, and moisture. Always store, transport, and ship the machine in its case.

7.02 Perform the following procedure to pack the splicer unit for shipment.

1. Before packing the splicing machine, clean the critical parts: camera lens, LED lens, clamps, and v-grooves.
2. Remove and store any attachments, such as the memory card or work light, from the splicer.
3. With the machine power off, replace the any shipping pads to protect the LEDs during transit.
4. Reposition the LCD screen to top mounting position. Use knob on back of splicer to recoil the LCD cord.
5. Fold the LCD screen down flat over hood.
6. Unplug any connectors from the input/output panel. Neatly coil up the power cords and store them in the padded carrying case.
7. Install the protective cover by sliding the cover back on to the hinge mounting pins, close the cover, and secure the front latch.
8. Lift the fusion splicer by its handle and lower it into its padded transport case.
9. Pack any remaining accessory and consumable items.
10. Close the transport case lid and latch it.

***WARNING: Discard the liquid solvent properly before packing the dispenser in the case.***

***Note: Remember to complete and return the Form with the unit to ensure return shipment and expedite the process. (See Appendix 1)***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 8. Troubleshooting and Tips

- See the General section for information about returning equipment to the factory
- The Modes section may be useful in isolating any problems.

8.01 This section has a background menu that allows access to many useful diagnostics and utility modes, in addition to the Automatic Mode.

8.02 Most cleaning and adjustments require pure alcohol, gauze wipes, tightly wound cotton swabs, and assorted small screwdrivers and metric hex keys.

***WARNING: Do not attempt repairs for which you are unqualified. Unauthorized repairs may void your warranty.***

### 8.1 Splice While Heating

8.1.1 Since the heater and splicer are completely independent, it is much faster to splice a fiber while the previous splice is in the heater. Press RESET immediately after pressing HEATER SET. Begin preparing the next splice.

### 8.2 V-groove Cleaning with Acetone

8.2.1 In general, the use of the solvent acetone is discouraged because of its high volatility. However, it has proven effective in removing coating residue from the v-grooves when alcohol is ineffective. Apply a few drops of acetone to a non-metallic stiff brush or a use a wooden toothpick to clean the v-grooves. To avoid depositing dirt on the camera lens, scrape in a direction away from the electrodes.

***WARNING: Acetone is highly flammable and volatile. Do not use near heat nor flame. Wear eye protection and minimize skin contact. Do not permit acetone to contact any surfaces other than those specifically being cleaned.***

### 8.3 Splicing Errors

8.3.1 A splicing error causes the fusion splicer to interrupt the splice in progress and display an error message.

8.3.2 The usual recovery is to re-cleave the fiber and repeat the splice. Sometimes cleaning the splicer helps. See Section 8 Maintenance for information about cleaning the v-grooves, clamps, and LCD lens.

8.3.3 If splicing errors occur after the arc, do the procedure in Arc Test, Section 9, to verify that the arc power is correct.

8.3.4 Focus errors can occur when the image processor cannot find or recognize the fiber ends.

- Make sure the fiber is positioned properly in the chucks and the cleave lengths are correct.
- Make sure the profile type (SM or MM) matches the fiber being spliced.
- Make sure the fibers are clean.

### 8.4 Arc Problems

8.4.1 The electrodes typically need replacing after 1,000 splices. Some common symptoms that indicate the electrodes need replacing are:

- Fluttering arc observed on the screen
- Sizzling noise while splicing
- Bubbles in the fibers after splicing
- Fiber burned in half
- Diameter faults
- High or inconsistent splice loss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.4.2 Always run the electrode burn-in routine after electrode replacement. See the Maintenance Mode (Discharge) section. Electrode problems are caused by:

- Relying spattering arc to clean fibers.
- Worn or pitted from excess use
- Dirt on electrodes
- Using Freon spray (canned air)
- Contaminated cleaning fluids
- Bent electrodes
- Handling with bare fingers (skin oil)
- Uneven electrode polishing

8.4.3 Due to the critical nature of the electrode shape, electrode cleaning is not recommended by unauthorized personnel. The use of solvents and other cleaning fluids on the electrodes will leave a residue that will degrade performance and shorten the life of the electrodes.

## 8.5 Proof Test Failure

8.5.1 The fiber chucks perform an automatic tensile test (when selected) at 1.96 N once the fiber splice is competed and the hood is lifted.

8.5.2 If the splice breaks, be sure to check the electrode and arc conditions to determine if there is an arcing problem leading to a weak fusion splice. If the electrodes require replacement, follow the instructions detailed in the Electrode Replacement section of this manual.

## 8.6 Heat Shrink Sleeve Problems

- Under shrink (flares): increase heating time
- Over shrink (flows out ends): decrease time
- Bubbles at splice: decrease heat

See Heater Setting Mode in Section 10 for details of adjusting heater settings.

## 8.7 Problems Setting Up the Splicer

8.7.1 The most common trouble in setting up the splicer is loss of power. Usually, the video screen remains dark.

***WARNING: It is important to maintain reliable, stable power at the correct voltage during splicing operations to minimize the electrical noise to the CCD camera. While the fusion splicer has built-in power filtering and surge protection, its CPU and memory, like all computers, are susceptible to extreme power surges or "brown-outs". Ensure that portable generators can supply enough power without interruption for the duration of the splicing session, and that batteries are fully charged and monitored for power level.***

8.7.2 If the fusion splicer fails to power on, check the power system to verify that the power plug is fully and properly seated and also check the following:

- Verify that the AC or DC source is supplying power. Try plugging another piece of equipment into the same outlet or use a voltmeter to measure the voltage at the outlet (or jack for a DC supply).
- Check the power switch on the input/output panel on the right side of the fusion splicer.
- For AC operation, ensure the ON/OFF switch is set to AC. For DC operation, ensure the ON/OFF switch is set to DC.

8.7.3 Look for any evidence that power is present, such as a LED visible. Check the brightness control on the right side of the display screen. If the LED is visible and the screen is still dark, then contact Technical Support. Note: In cold weather, the display screen may require a few minutes to warm up.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 9. Maintenance

9.01 See Section 1, General for information about ordering parts, accessories, and for information about returning equipment to the factory.

9.02 To maintain accessory equipment such as the cleaver, refer to the maintenance section in the appropriate separate document. See Section 1, Reference Documents for a list.

9.03 There are three maintenance categories covered in the following sections:

- Cleaning, to keep the splicer operational during normal use
- Replacing consumable parts, such as the ER-6 electrodes
- Calibration, such as the arc power level parameter

***WARNING: Do not attempt repairs for which you are unqualified. Unauthorized repairs may void your warranty.***

### 9.1 Cleaning the V-grooves and Clamps

9.1.1 This section describes the cleaning procedure for the v-grooves and clamps. The procedure requires pure alcohol and v-groove cleaning brush.

9.1.2 V-grooves are the precision guides in each chuck that keep the bare fibers properly aligned during splicing. Bare fiber clamps hold the fibers into the v-grooves. Tiny bits of dirt or coating residue in the grooves or on the clamps can cause fiber to bounce during splicing, so keep them clean.

9.1.3 Use v-groove cleaning brush and pure alcohol to clean the fiber v-grooves and coating clamp grooves.

***Note: To avoid v-groove damage, only light pressure is needed. Never use any other metal tools on the v-grooves.***

1. Turn the fusion splicer off and open the hood covering the splicing area. Open the chucks to expose the bare fiber clamps and v-grooves by pushing the actuators toward the rear of the machine.
2. Use a firm pressure to clean the bare fiber clamps with a cotton swab moistened with alcohol.

***Note: In some cases it may be necessary to use acetone solvent and a wooden toothpick to remove stubborn coating residue deposited in the v-grooves. Brush away from the ER-6 electrodes, never toward them, to prevent dust from falling on the microscope lens.***

3. Go over the same area with a dry cotton swab to clean off the alcohol.

***WARNING: "Canned air" with Freon or Oil will contaminate the electrodes, so do not use such products to clean the fusion splicer.***

### 9.2 Cleaning the Lens

9.2.1 This section describes the cleaning procedure for the objective lens. The procedure requires a Phillips screwdriver, pure alcohol, and cotton swabs.

9.2.2 There are two microscopes with a built-in camera between the two v-grooves in the fusion splicer's splicing bed. Keep the lens clean since dust on the microscope lens can confuse the fusion splicer's vision system used to inspect the fibers and yield inaccurate results.

9.2.3 Use cotton swabs and 99.5% alcohol to clean the lens.

***WARNING: Do not clean the lens with acetone, as it will damage the lens coating.***

9.2.4 To clean the microscope lenses, perform the following procedure.

1. Turn the fusion splicer off and open the hood covering the splicing area. The

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lens lies below the electrodes at a 45° angle.

2. Loosen the front and rear electrodes and slide them down and out to expose the surface of the lens.

3. Gently clean the lens with a cotton swab moistened with a small amount of alcohol. Clean in a spiral motion from the center of the lens and working out to the edge. Wipe the lens again with a clean dry cotton swab to dry the alcohol, thus avoiding spots.

4. Return both electrodes to their original position and tighten the retaining screws.

*Note: Do not over tighten these screws.*

## 9.3 Replacing Electrodes

9.3.1 This section covers electrode replacement. A pair of electrodes produces an electric arc used to fuse the ends of the fibers. After hundreds of discharges, the electrodes may require replacement.

9.3.2 The fusion splicer keeps a count of the number of arc discharges. This procedure includes instructions about resetting the counter to zero after the replacement of the electrodes.

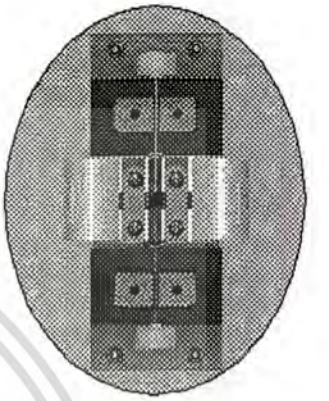
9.3.3 To replace the electrodes, perform the following procedure.

1. Before beginning the replacement, start with the fusion splicer power on. Press the RESET key on the keypad and wait for the splicer to reset. When it resets, turn off the fusion splicer's main power switch and unplug its power cord.

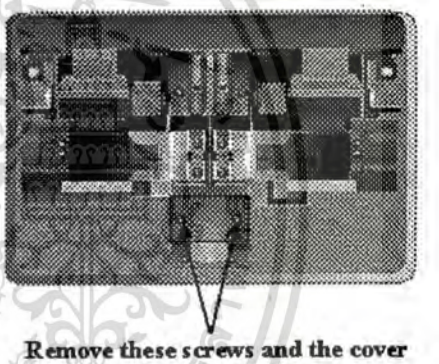
2. With the fusion splicer off, open the hood covering the splicing area. Locate the electrodes, held in place by a clamp and two Phillips screws. Each electrode has a plastic insulator button on one end and is used to handle the electrode.

***WARNING: Do not touch the metal tip of the electrode; skin oil will contaminate it.***

3. With the Phillips screwdriver, loosen (do not remove) both captive screws on the clamp that holds the electrode. Remove the clamp carefully to expose the electrode.



**Electrodes with cover plates removed.**



**Remove these screws and the cover plate to expose the electrode.**

**Figure 15. Replacing the Electrodes**

4. To remove the front electrode, grasp the electrode's plastic insulator button and lift the electrode out.

5. Remove the rear electrode, using the same procedure.

6. Before installing, gently clean the electrodes with pure alcohol and gauze wipes.

7. Place each electrode in its retaining groove. Repostion the plastic clamp over electrodes with the beveled edge toward the center and re-tighten the screws.

*Note: Do not over tighten these screws.*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***Note: To assure proper electrode function, push the buttons forward against the clamps. This will place the tips at the correct arc gap distance.***

9.3.4 Burn-in the electrodes as follows, after electrode replacement and reset the arc counter to 0.

1. Plug the unit in and turn it on.
2. Strip, clean, and insert a long piece of scrap fiber across both v-grooves, then secure it with the fiber clamps.
3. Press the "MODE" key to display the MODE MENU SELECT screen. Then enter MAINTENANCE (4). Next enter DISCHARGE (4) and SELECT. From DISCHARGE MODE, use the numerical keypad to choose the number of electrode discharges(1-99), 30 (recommended), and press SELECT to activate the DISCHARGE burn in procedure.
4. The burn in procedure will fire the arc to condition the electrodes. The procedure takes a few minutes to complete.
5. To reset the electrode discharge counter, choose OPTIONS (3), then enter RESET ARC COUNT (6). From RESET ARC COUNT, select YES (1) to zero the counter.
6. Refer to Section 9, Arc Test, to check and automatically adjust the arc conditions.

***Note: Do not damage or bend the electrode tips by touching them to any portion of the splicer.***

## 9.4 Cleaning the LED Light Source

9.4.1 This section describes cleaning of the LED (light emitting diode) light source. Dust, dirt, or smudges on the lens can block or distort the precise collimated light beam used to illuminate the fibers.

***Warning: Use only a dry swab to clean the LED. Do not use alcohol or acetone.***

9.4.2 To clean the LED light source, perform the following procedure.

1. Open the hood covering the splicing area. Locate the lens covering the LED. Both are located in the center of the hood.
2. Use a dry swab to clean the LED using a firm circular motion.
3. The LED assembly is precisely focused and aimed, and is not a field replaceable part.

***Note: Be careful not to shift or move the LED assembly.***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 10. Arc Test Procedure

10.01 The fusion splicer has a built-in Arc Test that should be used periodically to ensure consistently high-quality splices. The kinds of things that should prompt an arc test are: using the splicer in an extremely hot, cold, dry, or damp environment, wear on the arc electrodes, different fiber types, electrode cleaning or replacement, or combinations of these factors.

10.02 The arc test will automatically adjust the arc parameter for power level for the splicing program selected, and will center the location of the fibers relative to the arc heat zone.

### 10.1 Performing an Arc Test

10.1.1 This test requires two pieces of scrap fiber of the same type as that being spliced. To perform an Arc Test, perform the following procedure.

1. Remove the coatings, clean, cleave, and insert the fibers as for a normal splice. See Section 5, *Procedure* for instructions on preparing the fibers for splicing.
2. From the SPLICE MODE MENU screen, press 2 to choose the ARC TEST menu.
3. ARC TEST should appear below SPLICE on the main menu to show the test is active.
4. Press SET to start the test.
5. The splicer will measure the amount of melt back and automatically adjusts the arc power. Repeat the test until the words ARC POWER OK appears. See Figure 16.
6. Once the ARC TEST is complete, the splicer will automatically reset and return to AUTOMATIC MODE.

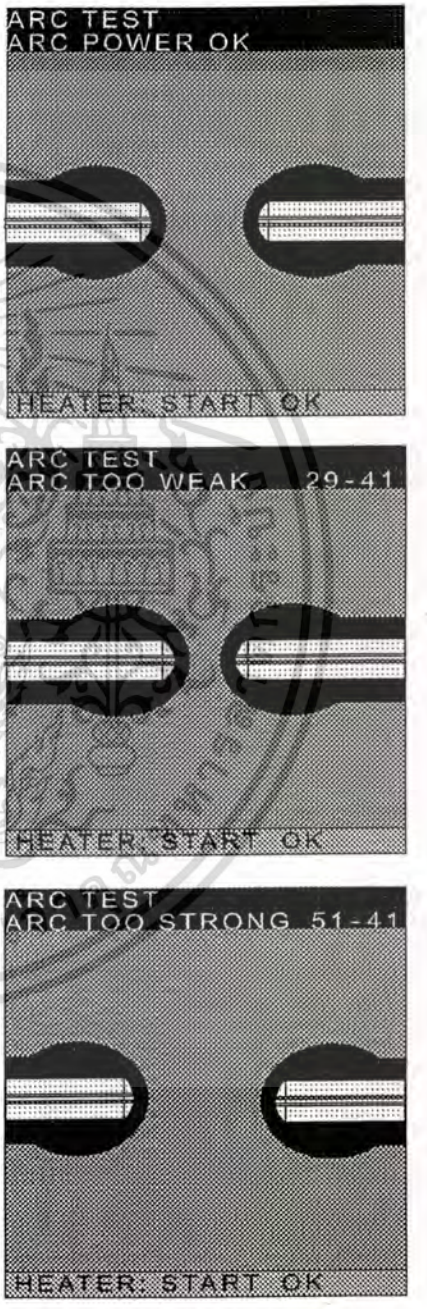



**Figure 16. Arc Power Test.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11. Modes Functions

11.01 The Type-36 fusion splicer has a background menu that allows access to many useful diagnostic and utility modes, in addition to the usual Automatic Mode.

### 11.1 Switching Modes

11.1.1 At the SPLICE MODE MENU screen, press the MODE button from the keypad until a beep is heard. A new screen should appear which displays MODE MENU SELECT screen. From this screen, it is possible to select one of the eight operational modes.

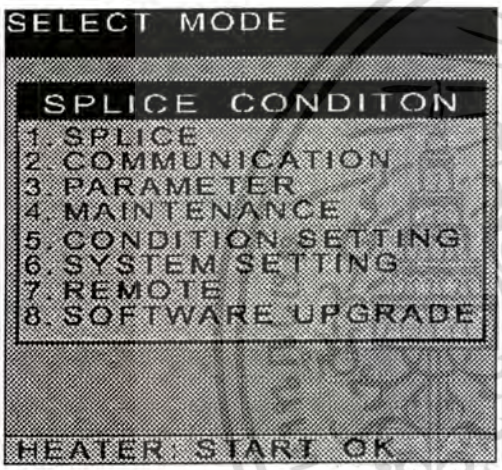



**Figure 17. Splice Condition Menu.**

#### Selecting a Mode

11.1.2 Press one of the number keys or use the up/down arrow keys to scroll between the available selections as shown in Figure 17 To enter the mode, press SELECT key.

### 11.2 Mode Function Summary

11.2.1 The following is a brief description of each of the modes that can be selected from the MODE MENU SELECT screen.

**SPLICE MODE-** Returns operator to the SPLICE MODE MENU screen and offers three types of splice mode options plus an Arc Test.

**COMMUNICATION-** Enables Maintenance Personnel to control the splicer's functions by an external computer terminal.

**PARAMETERS-** Displays and changes software parameters.

**MAINTENANCE-** Performs motor diagnostic tests and electrode maintenance.

**CONDITION SETTING-** Displays and changes fiber and heater parameters.

**SYSTEM SETTING-** Displays and customizes machine functions.

**REMOTE-** Used with Splicer Remote Interactive Maintenance System (S-RIM), this feature allows splicing data to be sent to the Technical Support Staff for evaluation.

**SOFTWARE UPGRADE-** Offers three methods to upgrade software.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11.3 Changing Splice Mode

1. Select SPLICE from the MODE MENU SELECT screen by highlighting or pressing the #1 key. Then press the SELECT key to enter selection. The SPLICE MODE MENU screen will appear. Press the SELECT key again and the popup in Figure 18 will be displayed.

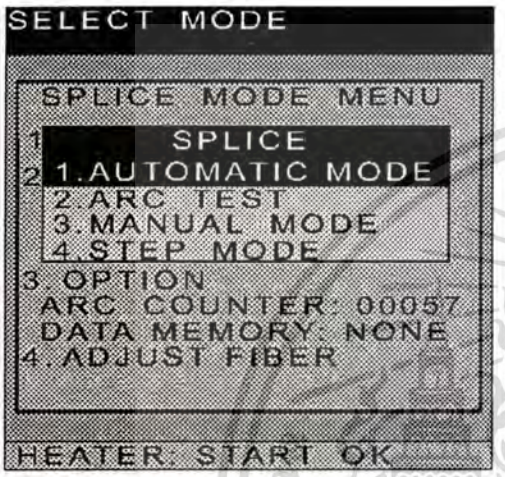



**Figure 18. Splice Mode Menu.**

2. Choose the desired splice mode from the SPLICE submenu by highlighting one of the following four options and pressing the SELECT key.

### Automatic Mode

11.3.1 This is the usual mode for automatic fusion splicing and splice quality testing. Once the fiber ends have been cleaned and inspected, splicing proceeds automatically.

### Arc Test Menu

11.3.2 This mode selects whether the arc power calibration test or normal splicing is to take place. The calibration test melts a pair of fiber ends, measures the resultant effect of the heat intensity, and if necessary, sets the new power level and center of the heat zone.

### Manual Mode

11.3.3 Manual mode enables each step of the fusion process to be operator controlled, including fiber alignment and arcing. After placing the fibers in the machine, press SET to initiate the splice. From that point, each motor must be manually controlled from the keypad.

Press the SELECT key to view the submenu in Figure 19.

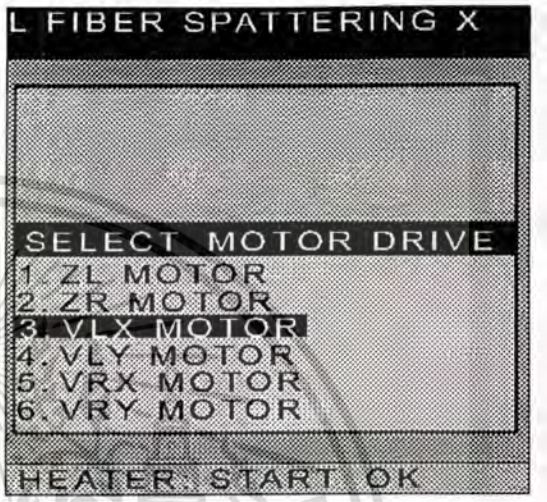



**Figure 19. Select Motor Drive Menu.**

11.3.4 Highlight the motor selection and press SELECT to view the SET MOTOR DIRECTION screen. Highlight the FORWARD or REVERSE direction and press the SELECT button to input the motor travel value. Press SELECT to enter value. Note: In the manual mode, no loss estimation is displayed.

### Step Mode

11.3.5 Step mode is the same as automatic mode, except the process halts after each step and awaits a SET key input from the keypad before resuming the process.

## 11.4 Communication Mode

11.4.1 In this mode, entered from MENU SELECT, an external computer console controls the splicer remotely via an RS232C serial cable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11.4.2 The splicer screen is blank except for the words COMMUNICATION MODE. (See Figure 20)

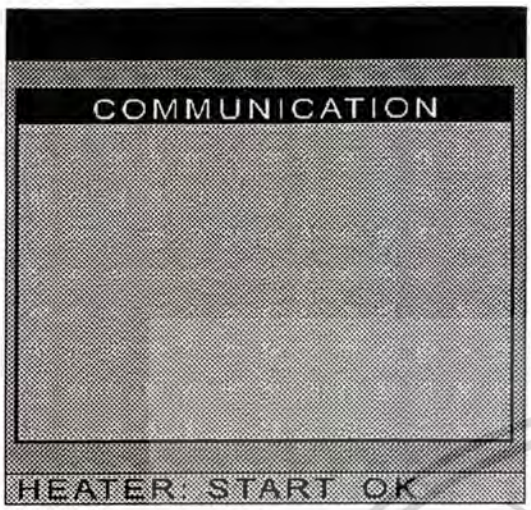



**Figure 20. Communication Mode.**

11.4.3 To return control to the splicer, press RESET.

***Note: Communication mode requires Sumitomo's proprietary machine language commands in order to access the CPU and memory; this mode is used primarily by trained factory service technicians for machine calibration.***

## 11.5 Parameter Mode

***Note: Refer to Parameters Section, for detailed information about the parameters and for a list of all parameters.***

### Parameter Setup

11.5.1 This mode, entered from MODE MENU SELECT screen, is for displaying and editing splice parameters stored in the splicer's non-volatile memory. To access parameter mode setup, perform the following procedure.

1. To open the PARAMETER screen, press 3 followed by the SELECT key.
2. Enter the numeric password "6130". Press SELECT to open the parameter screen.
3. To modify an existing parameter enter the selected parameter number (see parameter list for details) and press the SELECT button to view the SET PARAMETER screen.(See Figure 21)

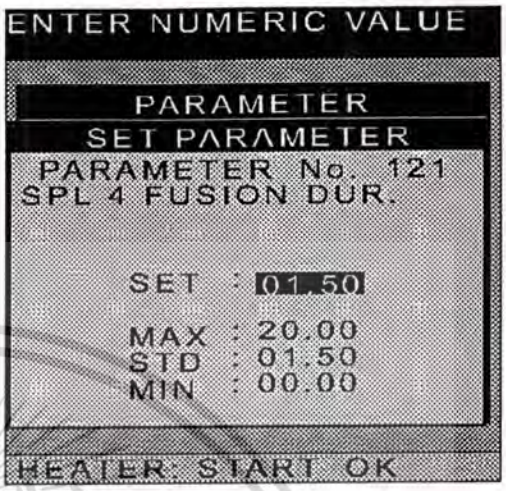



**Figure 21. Setting Parameters.**

4. From the SET PARAMETER screen, enter the desired numeric value and press SELECT.

***Note: Only values that fall between the listed maximum and minimum limits will be accepted. If value is outside the acceptable range and the select button is pressed, an error message will be displayed and an audible alarm will sound for one second.***

***Note: Decimal point input not required.***

5. The machine will initialize and clear values outside the acceptable range. Reinput correct value.
   - To correct an entry, use the "BS" key.
   - To update the entry, press SELECT.
   - To exit to MODE MENU SELECT, press BS.
6. When parameter changes are complete, return to SPLICE MODE MENU by pressing the RESET key.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11.6 Maintenance Mode

### Maintenance Mode Menu

11.6.1 Maintenance mode, entered from MODE MENU SELECT, permits manual operation of the fusion splicer's motors for fault diagnosis.

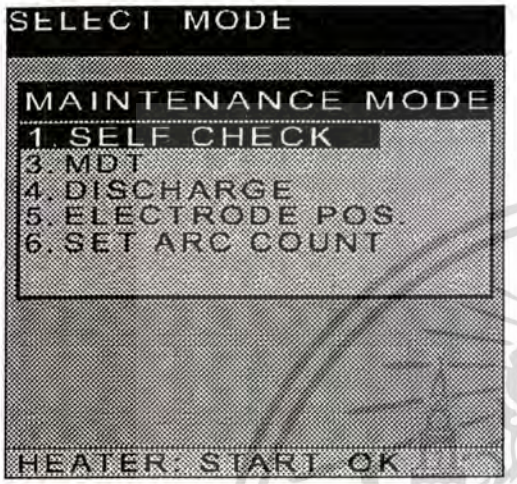



**Figure 22. Maintenance Mode.**

11.6.2 To activate the MAINTENANCE MODE entry, enter value 1-6 or use arrow keys to scroll between available options as viewed in Fig. 22.

11.6.3 Once selection is made from the following options, press the SELECT key to enter the selection.

**SELF CHECK-** Enables self test of the fusion splicer's encoders and circuit boards.

**RUNNING TEST-** Repeats all motor tests for the splicer or the heater by the count entered. The allowed values fall between 0 and 999.

**MDT(Motor Drive Test)-** The motor test performs a diagnostic test of the fusion splicer's built-in motors.

**ZL Motor-** Tests the left fiber feed motor.

**ZR Motor-** Tests the right fiber feed motor.

**VLX Motor-** Tests the left focus arm motor.

**VLY Motor-** Tests the left alignment arm motor.

**VRX Motor-** Tests the right alignment arm motor.

**VRY Motor-** Tests the right focus arm motor.

***Note: To exit a motor test, press RESET.***

**DISCHARGE-** The electrode discharge test arcs the electrodes repeatedly to condition them after replacement.

Each cycle lasts for 1 seconds.

For each cycle, the arc is discharged for the number of seconds given by parameter number 217.

The number of discharge cycles is given by parameter number 218.

•To end the electrode discharge, press RESET.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ELECTRODE POS.-** Displays the electrode center line to ensure the arc takes place at the fiber gap point corresponding to the electrode centerline number. Note: Special electrodes are needed to view electrode position.

**SET ARC COUNT-** Allows operator to clear the arc count value after electrode replacement.

## 11.7 Condition Settings

11.7.1 The CONDITION SETTING screen allows for the assignment of specific condition labels for both the fiber arc conditions and the heater conditions.

11.7.2 To enter the CONDITION SETTING screen, press 5 from the SELECT MODE screen or highlight and press the SELECT key.

**Arc Condition Mode**

11.7.3 Arc Condition Mode, entered from SELECT MODE MENU, permits the assignment of an alphanumeric name up to 12 characters to an arc condition type. After assigning splice parameters to a particular fiber type, a meaningful name can be assigned. That name will then appear in the ARC CONDITION DETAIL menu.

11.7.4 The screen has five available fiber types:

- **SMF-** Single mode fiber.
- **MMF-** Multimode fiber.
- **DSF-** Dispersion shifted fiber.
- **SPECIAL-** Special fiber types
- **ER-DOPED-** Erbium doped fiber

11.7.5 To select the appropriate fiber type press the 1-5 keys or scroll to highlight the selection and press the SELECT key.

11.7.6 Once the fiber type is selected, each fiber type allows for seven profile types. To assign a meaningful name to a profile type, highlight the profile and press the SELECT key. The screen in Figure 23 will appear.

11.7.7 This screen allows the OLD fiber profile name to be changed to a NEW name by is the selection of characters and numbers ABCDEF ... 789-# used to compose the fiber name (use the blank area next to # to enter a space in the name)

- To move the highlighted cursor between the characters, use the arrow keys.
- To select within a field, use the SELECT key.
- To erase the name entered so far, use the BS key.
- To exit the ARC CONDITION screen, press the RESET key.
- To enter the name, move the highlighted cursor to the [ENTER] key located in the lower right corner of the ENTER NAME screen and press SELECT.
- To exit the fiber name mode, with or without entering a fiber name, press the RESET key.

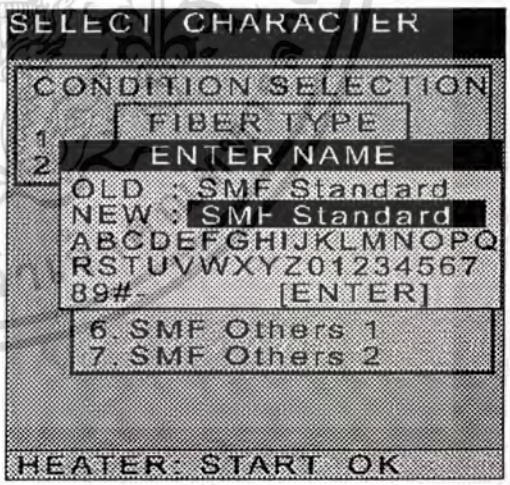



**Figure 23. Fiber Profile Name.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Heater Condition Mode**

11.7.8 Heater Condition Mode, entered from SELELCT MODE MENU screen, permits the assignment of an alphanumeric name up to 12 characters to a heater condition type. After assigning heater parameters to a particular sleeve type, a meaningful name can be assigned. That name will then appear in the HEATER CONDITION DETAIL menu.

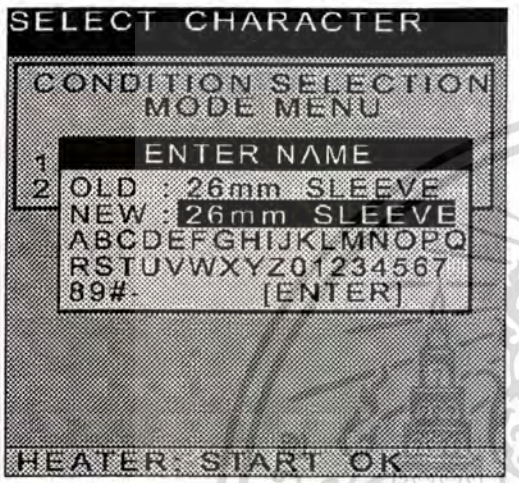



**Figure 24. Heater Condition Name.**

11.7.9 The screen has four available sleeve types:

**32mm-** Sets the parameters for 32mm reinforcing sleeves.

**40mm-** Sets the parameters for 40mm reinforcing sleeves.

**60mm-** Sets the parameters for 60mm reinforcing sleeves.

**OTHER SLEEVE-** Sets the parameters for custom (other) sizes of reinforcing sleeves.

11.7.10 To select the appropriate sleeve type press the 1-4 keys or scroll to highlight the selection and press the SELECT key. The screen in Fig. 24 will appear.

11.7.11 This screen allows the OLD heater profile name to be changed to a NEW name by is the selection of characters and numbers ABCDEF ... 789-# used to compose the heater name (use the blank area next to # to enter a space in the name)

- To move the highlighted cursor between the characters, use the arrow keys.
- To select within a field, use SELECT key.
- To erase the entered name, use BS key.
- To exit the HEATER CONDITION screen, press the RESET key.
- To enter the name, move the highlighted cursor to the [ENTER] key located in the lower right corner of the ENTER NAME screen and press SELECT.
- To exit the heater condition mode, with or without entering a sleeve name, press the RESET key.

## 11.8 System Setting Mode

11.8.1 The SYSTEM SETTING selection from the MODE MENU SCREEN is a Factory Setting Mode Only. The customer is not allowed to access this mode.

## 11.9 Remote Mode

11.9.1 Remote Mode, entered from the MODE MENU SCREEN, enables splicer to be controlled from a remote location via a modem card. This allows for the following:

- Remote Software updates
- Remote splice image transmission
- Remote diagnostics
- Remote operation

11.9.2 To exit the REMOTE MODE press the RESET key.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 11.10 Software Upgrade

11.10.1 The SOFTWARE UPGRADE MODE, entered from the MODE MENU SCREEN, enables splicer software to be upgraded by the following methods (See Figure 25):

- **PC CARD**
- **MODEM CARD**
- **RS232C**

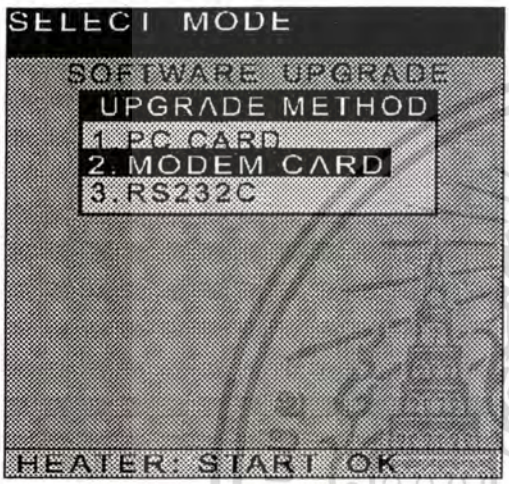



**Figure 25. Software Upgrade.**

11.10.2 To exit the SOFTWARE UPGRADE MODE, press the RESET key.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 12. Menu Selections

The Type-36 fusion splicer has a user friendly "*drop-down*" menu format to access splicer features.

- When splicer is powered up, the SPLICE MODE MENU (Figure 26) is displayed.
- If the displayed fiber settings are correct, press SET to continue with splice.
- The splice will automatically be executed and the estimated splice loss calculated.

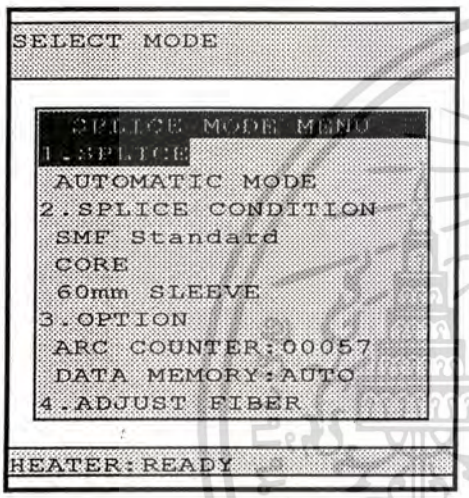



**Figure 26. Splice Mode Menu.**

### 12.1 Splice

12.1.1 If the selected splice mode as shown in Figure 26 is not correct, press the SELECT key to view the options as displayed in Figure 27.

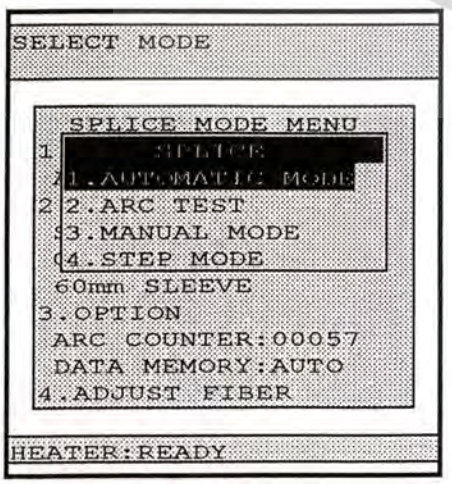



**Figure 27. Splice Menu.**

- **Automatic Mode**-Auto splice mode
- **Arc Test**-Carry Out Arc Test.
- **Manual Mode**-Positions Fiber Manually.
- **Step Mode**-Stops After each sequence.

### 12.2 Splice Condition

12.2.1 When you select splice condition the menu illustrated in Figure 28 will appear and the following selections are available:

- **Fiber Type**
- **Align Method**
- **Heater Condition**

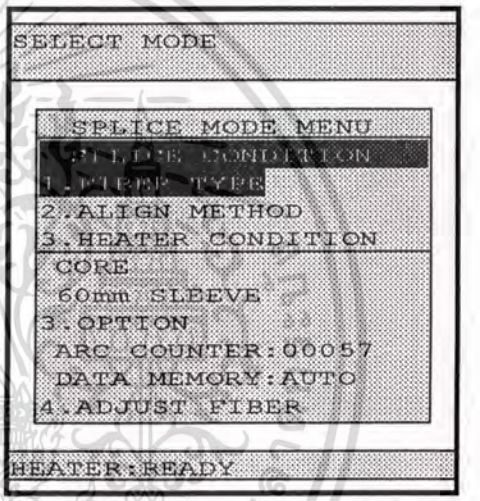



**Figure 28. Splice Condition.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Selecting the Fiber Type

12.2.2 To select a fiber type, perform the following procedure.

1. Select SPLICE CONDITION from SPLICE MODE MENU (Figure 29).

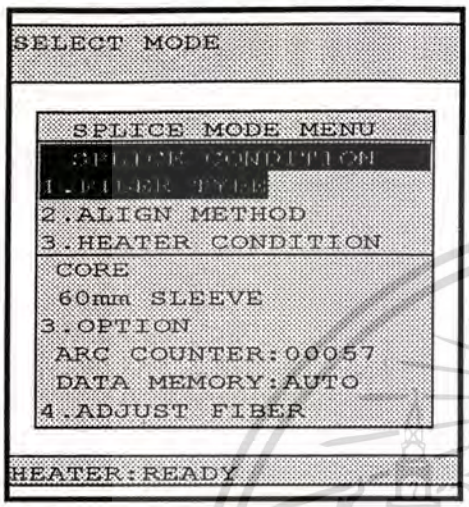



**Figure 29. Splice Condition Fiber Type.**

2. Select FIBER TYPE (1) to display the screen illustrated in Figure 30.

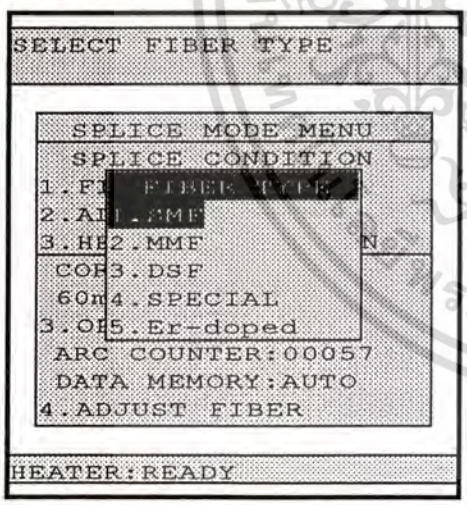



**Figure 30. Fiber Type.**

3. Use the up and down arrow keys or the numerical keypad to select the desired fiber type. Press the SELECT key to display the screen shown in Figure 31.

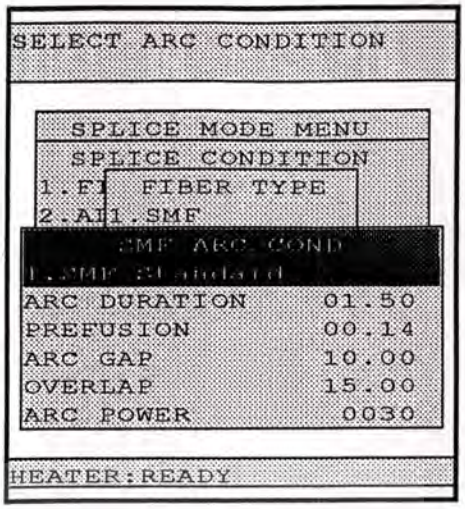



**Figure 31. Arc Condition.**

4. The following SMF arc conditions offer seven preset programs, use the arrow keys or the numerical keypad to choose the program directly. For example, the following SMF presets are available:

- **SMF Standard**
- **SMF VAD**
- **SMF OVD**
- **SMF MCVD**
- **SMF CVD**
- **SMF Other 1**
- **SMF Other 2**

5. When you select the fiber type and arc condition, return to the SPLICE MODE MENU by pressing SELECT.

## Changing Arc Conditions

12.2.3 There are two methods to change the arc conditions.

- **Arc Condition Menu**
- **Parameter Mode**
  (See Modes Section of this manual.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.2.4 To change the arc conditions, perform the following procedure.

1. From the ARC CONDITION MENU screen, press right arrow key to view password screen as shown in Figure 32.

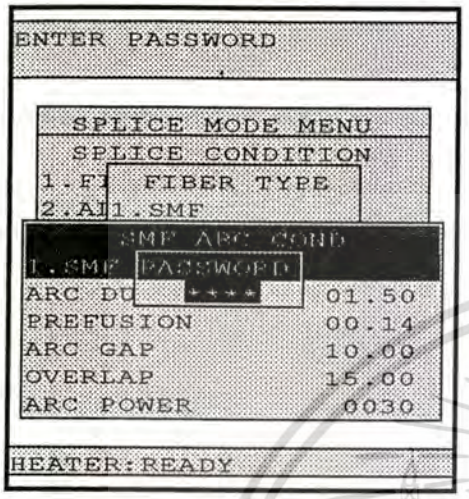



**Figure 32. Arc Condition Password.**

2. Input the password "6130" and press SELECT button. The arc fusion conditions shown in Figure 33 will be displayed. If an incorrect password is input, the splicer will return to the SPLICE MODE MENU.

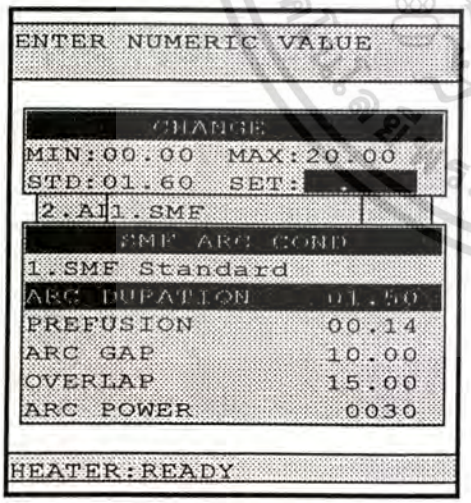



**Figure 33. Arc Fusion Conditions.**

3. Displayed in the ARC CONDITION SCREEN are the following values:

**MIN-** Lowest acceptable value

**MAX-** Highest acceptable value

**STD-** Factory setting

**SET-** Displays input number

4. Highlight the preferred arc condition, then input the correct value by using the numerical keypad. Press "SELECT" to confirm the value.

***Note: If the input value is outside the acceptable limits an audible error message will sound for 1 second and the splicer will clear the incorrect values. Input desired values and press "SELECT" to confirm the new value***

5. Press "RESET" to return to the SPLICE MODE MENU.

**Selecting Alignment Method**

12.2.5 To select the fiber alignment method, perform the following procedure.

1. From SPLICE MODE MENU, select SPLICE CONDITION (2) and press SELECT to display the screen illustrated in Figure 34.

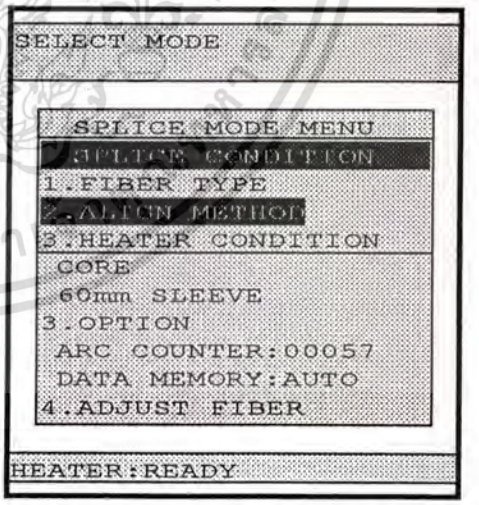



**Figure 34. Splice Condition- Align Method.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. From the screen (ALIGN METHOD) the screen shown in Figure 35 will be displayed. Select 1 of the 3 alignment methods from menu.

**CORE**- Aligns fiber cores

**DIAMETER**- Aligns fiber outer diameters

**IAS**- Intentional Axis Alignment

**ATTEN SPLICE**- Optional. (See ATTEN SPLICE addendum)

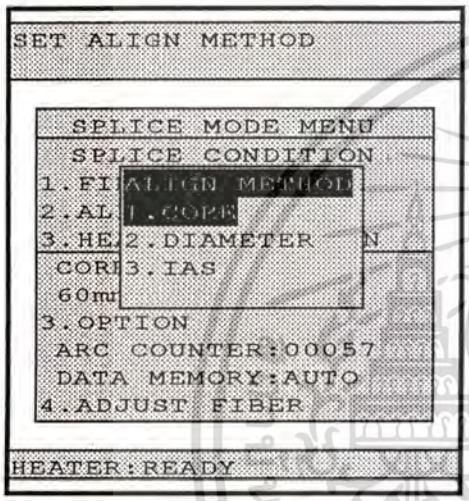



**Figure 35. Core Align Method.**

3. Highlight the preferred alignment method and press SELECT. The selected alignment method will be displayed in the SPLICE MODE MENU screen.

The Back key can also be used to return to the SPLICE CONDITION MENU shown in Figure 34.

**Selecting and Changing Heater Conditions**

12.2.6 This is the method to select the type of protective sleeve and change heater conditions.

**Selecting Type of Protection Sleeve**

12.2.7 To set the protection sleeve type, perform the following procedure.

1. Select Splice Condition from splice mode menu to display the screen shown in Figure 36.

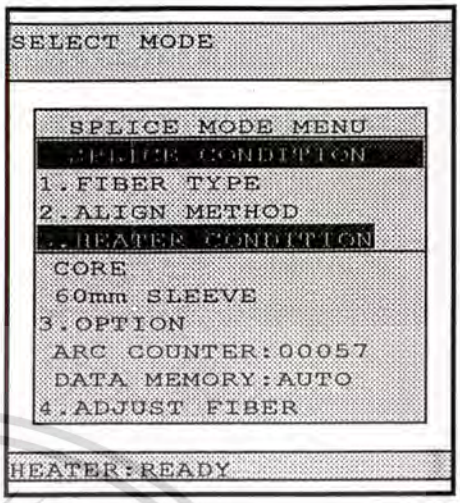



**Figure 36. Heater Condition.**

2. Select HEATER CONDITION to display the screen shown in Figure 37 using one of the following methods:

- Use the up/down arrow key to view sleeve types and heating condition parameters.
- Use numeric key pad 1-4 to display selected heater conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Heater Condition contains the following four sleeve settings:

- **32mm Sleeve**
- **40mm Sleeve**
- **60mm Sleeve**
- **Other Sleeves**

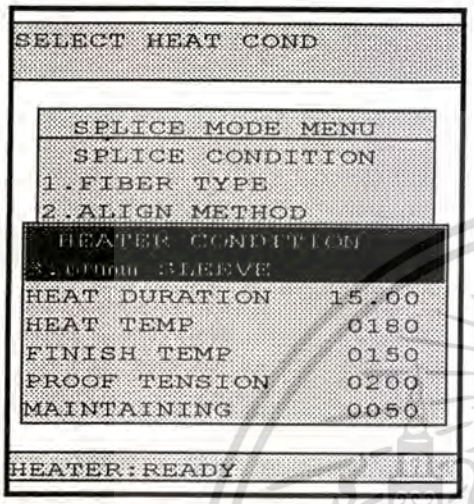



**Figure 37. Heater Conditions.**

2. Press one of the following keys:
   - **SELECT**: Confirms conditions and returns to the SPLICE MODE MENU.
   - **Back**: Views the previous menu.
   - **RESET**: Returns to the SPLICE MODE MENU.

### Changing Heater Parameters

12.2.8 There are two methods to change heater parameters.

- **Heater condition menu**
- **Parameter Mode**
  (See Modes Section of this manual.)

### Changing Heater Parameters from the Heater Condition Menu

12.2.9 To change the header conditions from the Heater Condition Menu, perform the following procedure.

1. Press the right arrow key and the password screen in Figure 38 will be displayed.

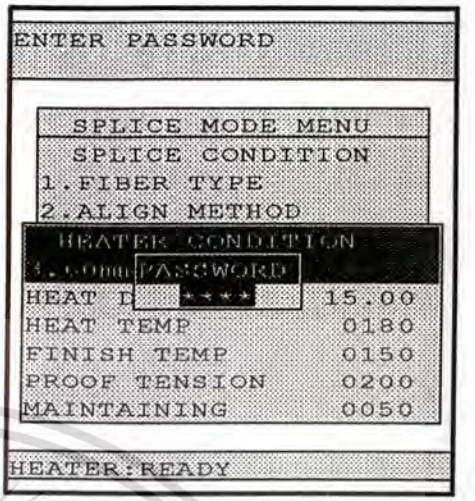



**Figure 38. Heater Condition Password.**

2. Input "6130" and press SELECT. The HEATER CONDITIONS CHANGE menu shown in Figure 39 will be displayed.

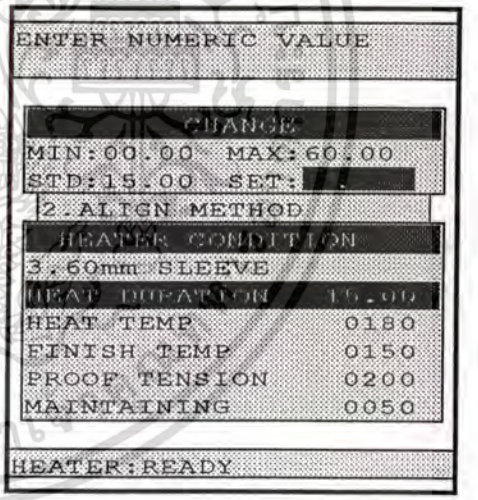



**Figure 39. Heater Conditions Change.**

3. Highlight the value to be changed and use the numerical keys to input the value.

4. Press SELECT to confirm the value.

Displayed in the HEATER CONDITION screen are the following values:

**MIN-** Lowest acceptable value

**MAX-** Highest acceptable value

**STD-** Factory setting

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SET-** Displays input value

5. Input the correct values and press Back to return to the screen in Figure. 39.

6. Press RESET to return to the SPLICE MODE MENU.

7. If an incorrect numeric value is inputted, an error message (Figure 40) will be displayed.

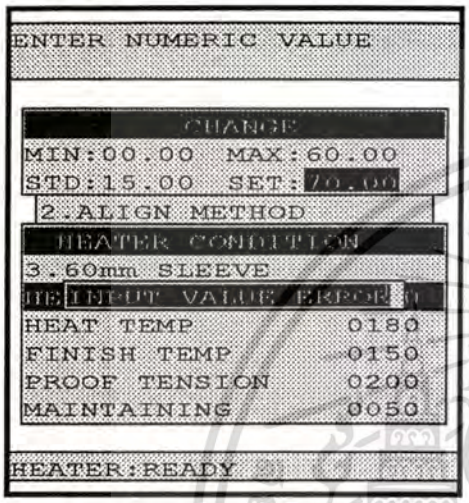



**Figure 40. Heater Condition Entry Error.**

## 12.3 Options

12.3.1 When you select OPTIONS from the SPLICE MODE MENU screen, the OPTION menu screen illustrated in Figure 41 will appear.

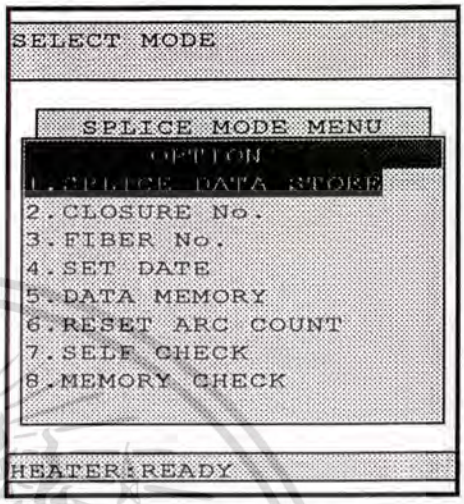



**Figure 41. Splice Data Store.**

- **SPLICE DATA STORE-** Splice data storage methods
- **CLOSURE No.-** Splice closure number ID
- **FIBER No.-** Fiber name ID
- **SET DATE-** Splice date ID
- **DATA MEMORY-** Data memory viewing
- **RESET ARC COUNT-** Arc count reset after replacement.
- **SELF CHECK-** Motor and sensor checks
- **MEMORY CHECK-** PC card checks

**Data Storage Input**

12.3.2 There are three types of data storage:

- **AUTO**
- **MANUAL**
- **NONE**

To set the data storage type, perform the following procedure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen (See Figure 41)

2. Select SPLICE DATA STORE (1) and press SELECT to display the screen shown in Figure 42.

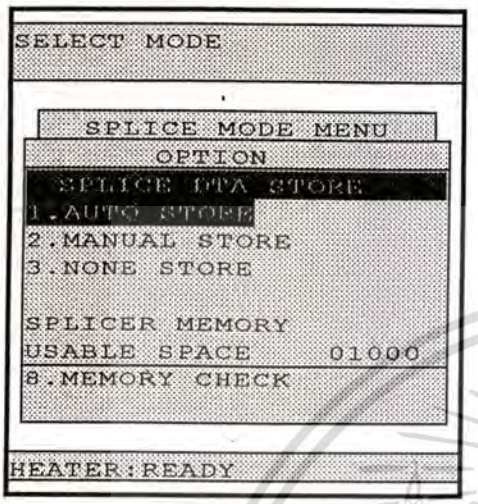



**Figure 42. Auto Store.**

3. Highlight to choose the preferred data store method (Figure 42) press the SELECT key.

4. Press the SELECT key to store data or press the RESET key to return to main menu without storing data.

- **AUTO STORE**- Splice data is automatically stored after each splice.
- **MANUAL STORE**- Operator manually determines if data is stored for each splice.
- **NONE STORE**- No data is stored.

5. If you choose AUTO STORE or MANUAL STORE, input the following:

- **CLOSURE #**
- **FIBER #**
- **DATE.**

6. Splicer Memory shows remaining usable space "XXXXX".

7. If a PCMCIA memory card is installed, slot, the remaining memory space is displayed. Otherwise, the internal memory remaining space is displayed.

**Closure Number Input**

12.3.3 This is the method to store the closure number in the splicing data memory.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen (Figure 43)

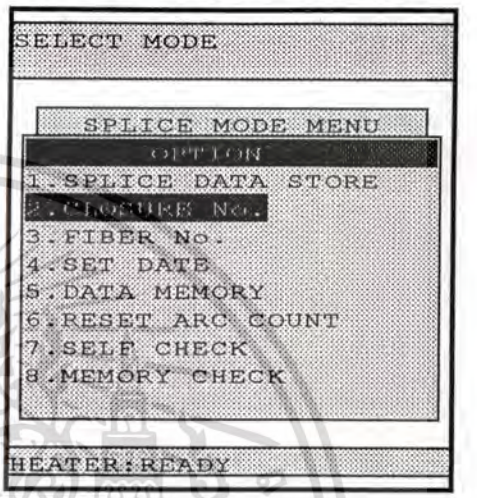



**Figure 43. Closure Number.**

2. Select CLOSURE No. (2) from the SPLICE MODE MENU screen to display the popup illustrated in Figure 44.

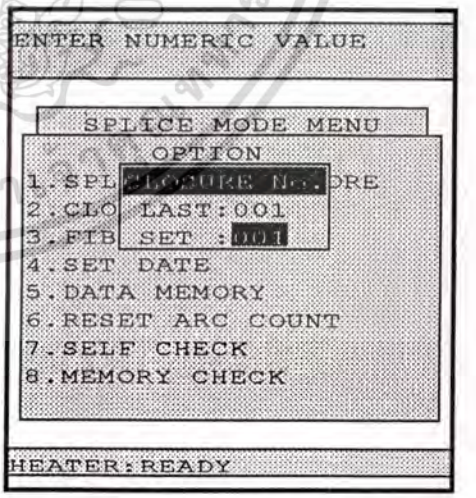



**Figure 44. Enter a Closure Number.**

3. Closure number for previous splice is displayed in Figure 44. If closure number is the same, press SELECT. If not, use the numeric keypad to input a 3 digit number, then press SELECT to

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

return to the SPLICE MODE MENU screen.

**Fiber Number Input**

12.3.4 This is the method to store the fiber # in the splicing data memory.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen (Figure 45)

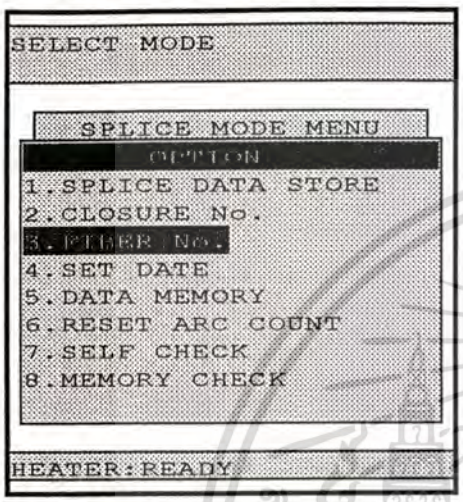



**Figure 45. Fiber Number.**

2. Select FIBER No. (3) to display the screen shown in Figure 46.

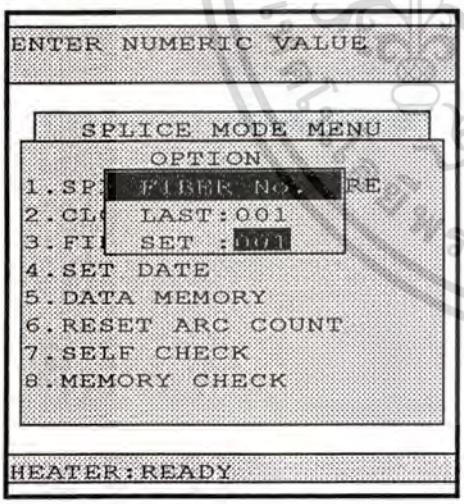



**Figure 46. Entering a Fiber Number.**

3. Fiber number for previous splice is displayed in Figure 46. If fiber number is the same, press SELECT. If not, use the numeric keypad to input a 3 digit number, then press SELECT to return to the SPLICE MODE MENU screen.

**Date Setting Input**

12.3.5 This is the method to store the date settings in the data memory.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen (Figure. 47).

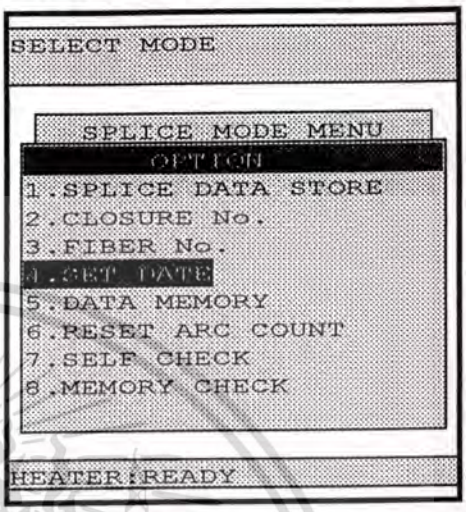



**Figure 47. Set Date Selection.**

2. Select SET DATE (4) and the screen illustrated in Figure 48 will appear.

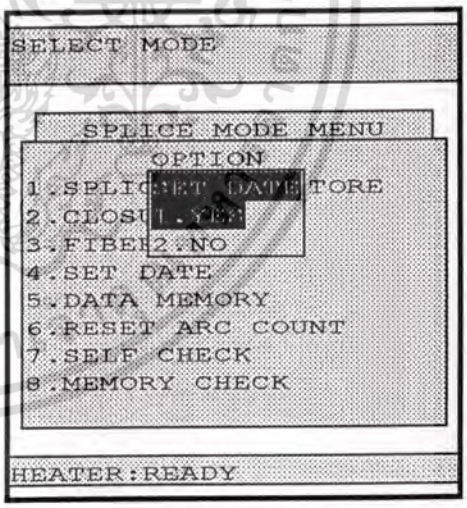



**Figure 48. Setting Power-Up Date.**

3. From pop up shown in Figure 48, select whether to input date based on time of unit power up. Move cursor to YES or NO then press the SELECT key.

**YES-** Menu in Figure 49 will appear then input date every time machine is turned on enter date menu will appear then input new

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

date. Press RESET to return to splice mode menu.

**NO-** Makes it unnecessary to input date at time of unit power up. Machine goes to splice mode menu.

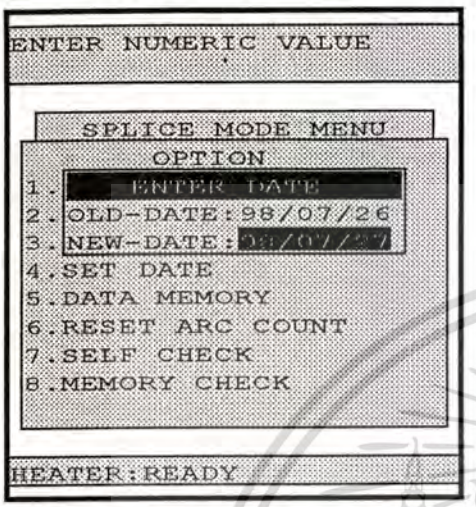



**Figure 49. Entering a New Date.**

4. Input the new date in the popup shown in Figure 49.

- If previous date has been input, both will appear in OLD DATE and NEW DATE.
- If it is not necessary to change date, simply press the SELECT key and machine returns to splice mode menu.
- If you wish to change date, use numeric keys' 1-9 to input YY/MM/DD.

5. When you finish input date, press the SELECT key. Date is confirmed and the splicer returns to SPLICE MODE MENU screen.

6. If try to input date that does not exist or incomplete the DATE ERROR message will appear (Figure 50) and a buzzer will sound for 1 second and data will be cleared. Date from OLD DATE will be substituted. Input correct date.

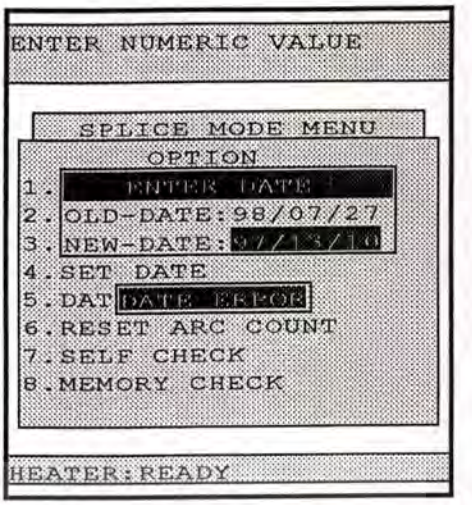



**Figure 50. Date Entry Error.**

## Splice Data Memory

12.3.6 This is the method to display splice data and download, deleting memory, copy to PC card from internal memory.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen.

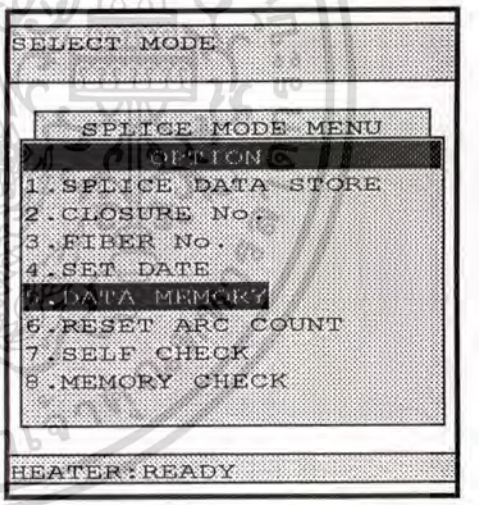



**Figure 51. Data Memory Selection.**

2. Select DATA MEMORY (5) to display the menu screen illustrated in Figure 51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

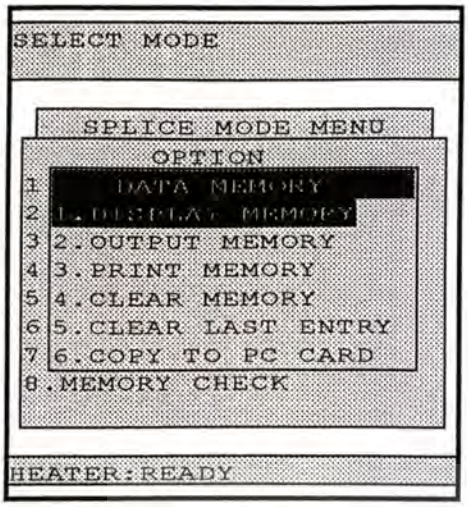



**Figure 52. Selecting a Data Memory Option.**

3. Select one of the following.

**DISPLAY MEMORY**- Displays stored data on LCD monitor.

**OUTPUT MEMORY**- Downloads stored splice data to PC through serial port.

**PRINT MEMORY** - Print out stored splice data to external printer

**CLEAR MEMORY**- Deletes all stored splice data

**CLEAR LAST ENTRY**- Deletes last data stored

**COPY TO PC CARD**- Copies stored internal data to PC memory card.

**Stored Data Display**

12.3.7 This is the method to display stored data.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen, then select DATA MEMORY (5) to display the following screen.

2. Select DISPLAY MEMORY (1) to display the menu screen illustrated in Figure 53.

- Line 2 displays the type of memory (Internal or External PC card).
- Line 3 displays starting and ending data storage range.
- Line 4 displays the data storage number you would like to view.

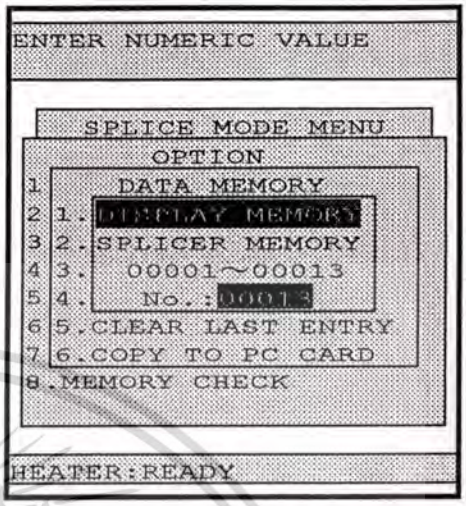



**Figure 53. Display Memory.**

3. If an incorrect numeric value is inputted, an error message (Figure 54) will be displayed.

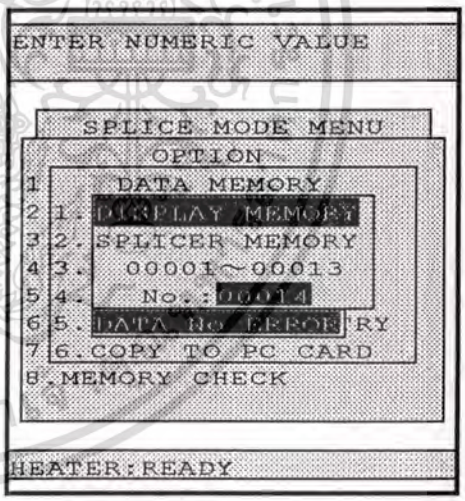



**Figure 54. Data Memory Entry Error.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. If you input splice data number, as shown in Figure 53, the stored splice data will be displayed as illustrated in Figure 55.

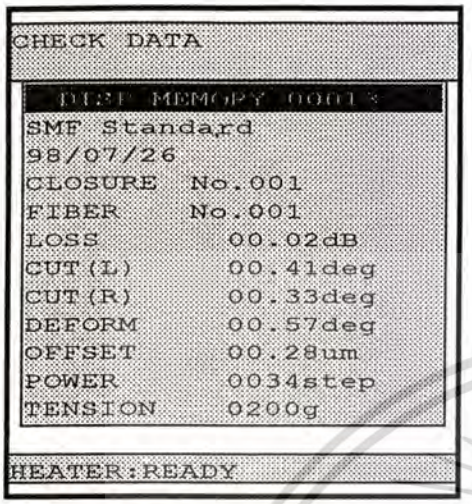



**Figure 55. Displaying Splice Data.**

Use the up and down arrow keys to scroll forward or back to previous data.

Use the right arrow key to view remaining splice data on separate screen as shown in Figure 56.

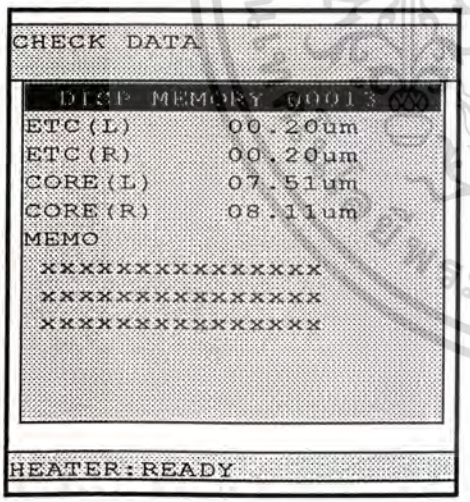



**Figure 56. Displaying Splice Data (cont.)**

5. Use the left arrow key to return to previous screen.

6. Press Back to return to DATA MEMORY screen.

7. If reading error occurs, an error message will appear and a buzzer will sound for 1 second.

Then PRESSRESET message shown will appear.

8. Press the RESET key to return to the main menu.

**Output Data Memory**

12.3.8 This is the method to download stored data memory into a personal computer.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen, then select DATA MEMORY (5) to display the following screen.

2. Select OUTPUT MEMORY (2) to display the screen illustrated in Figure 57.

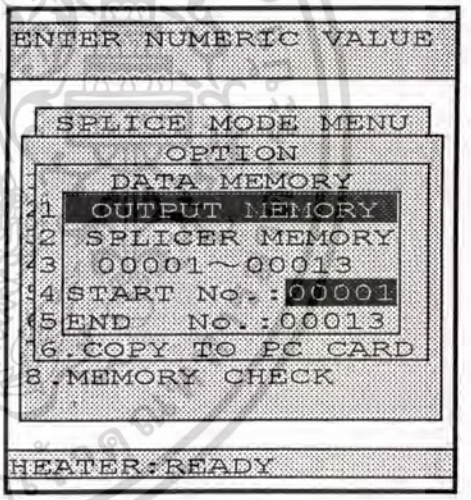



**Figure 57. Output Memory.**

- Line 2 identifies if the data will be removed from either internal or external memory(SRAM card).
- Line 3 shows the minimum and maximum number of splice data entries stored.

3. Input the first splice data number that you would like to download in START No., then move the cursor using down arrow key.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Input the last splice data number that you would like to download in END No., then press SELECT to start data downloading.

5. Use the up arrow key to modify or change values in the START No. field.

- The message in Figure 58 will appear while data is downloading.

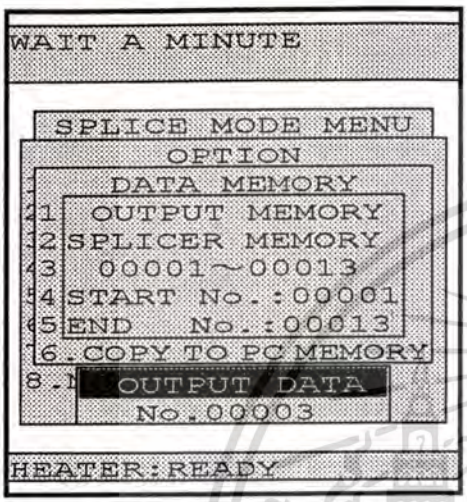



**Figure 58. Data Downloading.**

6. If an input error occurs, and the SELECT key is pressed, an alarm will sound and the error message shown in Figure 59 will be displayed.

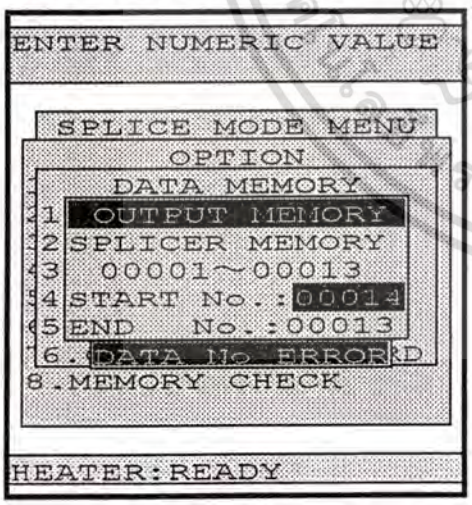



**Figure 59. Data Download Error.**

7. If a downloading error occurs, a message will appear and an alarm will sound for 1 second.

8. Press the RESET key to return to the main menu.

**Print Data Memory**

12.3.9 This is the method to print out the stored data.

***Note: Please refer to the optional sections C.***

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen, then select DATA MEMORY (5) to display the following screen.

2. Select PRINT MEMORY (3) to display the screen illustrated in Figure 60.

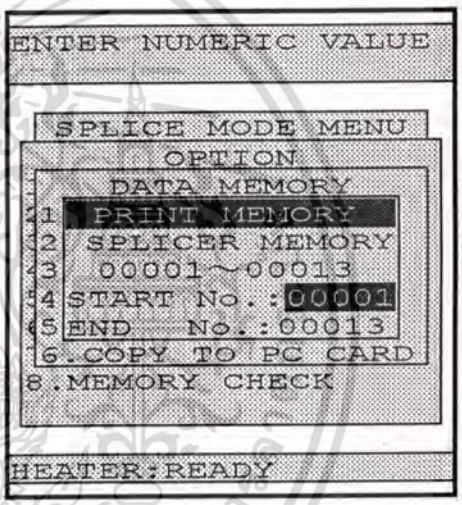



**Figure 60. Print Memory.**

- Line 2 identifies if the data will be removed from either internal or external memory(SRAM card).
- Line 3 shows the minimum and maximum number of splice data entries stored.

3. Input the first splice data number that you would like to print out in START No., then move the cursor using down arrow key.

4. Input the last splice data number that you would like to print out in END No., then press SELECT to start data printing out.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Use the up arrow key to modify or change values in the START No. field.

- The message in Figure 61 will appear while data is printing out.

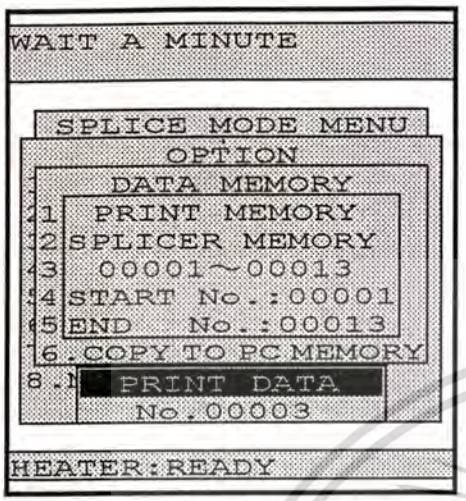



**Figure 61. Data Printing out.**

6. If an input error occurs, and the SELECT key is pressed, an alarm will sound and the error message shown in Figure 62 will be displayed.

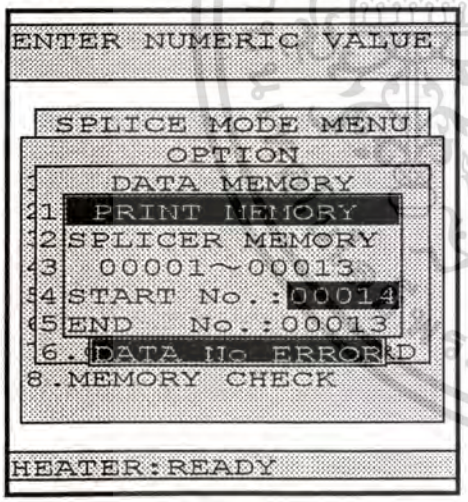



**Figure 62. Data Print out Error.**

7. If a printing out error occurs, a message will appear and an alarm will sound for 1 second.

8. Press the RESET key to return to the main menu.

***Note: OUTPUT MEMORY selection instantly downloads the selected data storage range to the printer and its proper operation is dependent on the printer buffer capacity. The PRINT DATA selection is not dependent on the printer buffer capacity, thus operation is slower.***

**Clear Memory**

12.3.10 This is the method to delete previous and/or entire stored splice data

**Delete Entire Splice**

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen, then select DATA MEMORY (5) to display the following screen.

2. Select CLEAR MEMORY (4) to display the screen illustrated in Figure 63.

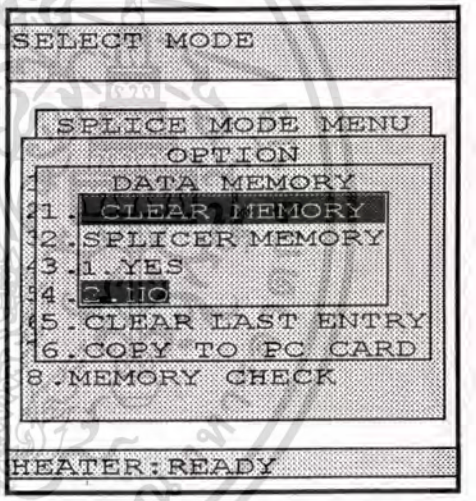



**Figure 63. Deleting Splice Data.**

Line 2 in CLEAR MEMORY shown in Figure 63, shows the memory place to be deleted.

3. If external memory (SRAM card) is installed, the line describes external memory.

- If not, the line describes SPLICER MEMORY for internal memory.

4. Select YES and press SELECT to delete memory stored in both internal or external memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Delete Last Entry.**

12.3.11 To delete the last splice entry, perform the following procedure.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen, then select DATA MEMORY (5) to display the following screen.

2. Select CLEAR LAST ENTRY (5) to display the screen illustrated in Figure 64.

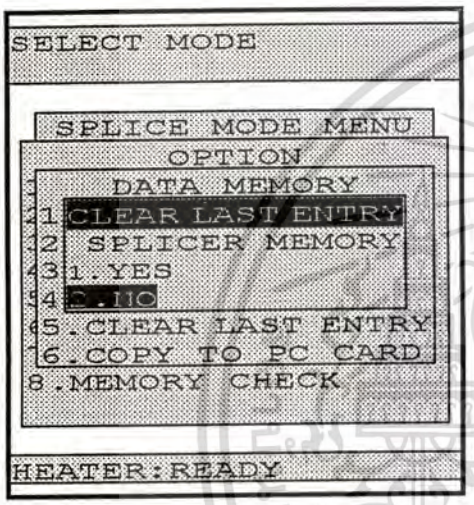



**Figure 64. Clear Last Entry.**

3. Select YES and press SELECT to delete the previous memory stored in internal or external memory.

**Copy Stored Memory**

12.3.12 This is a method to copy the data stored in internal memory to external memory (SRAM card).

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen and then select DATA MEMORY (5) to display the following screen..

2. Select COPY TO PC CARD to display the screen illustrated in Figure 65.

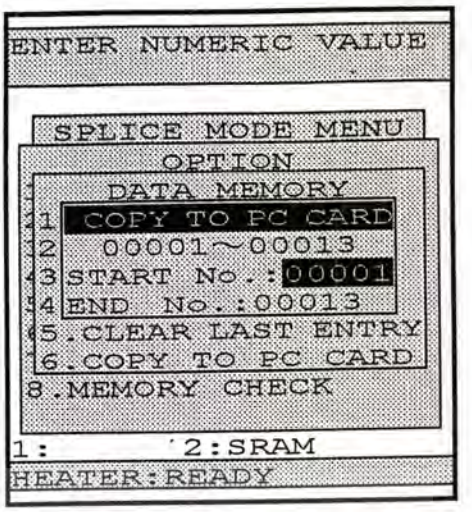



**Figure 65. Copy to PC Card.**

- Line 2 of COPY TO PC CARD shows first(min) and last (max) data number stored in internal memory.
- As initial setting, the first data number is shown in START No. and the last data number is shown in END No.

3. Press the SELECT key to copy all the data stored in internal memory.

4. To copy specific data, input the first and last data numbers into START No. and END No. then press the SELECT key.

5. If incorrect data is input, an error message in Figure 66 will appear and an alarm will sound. Data will return to initial settings.

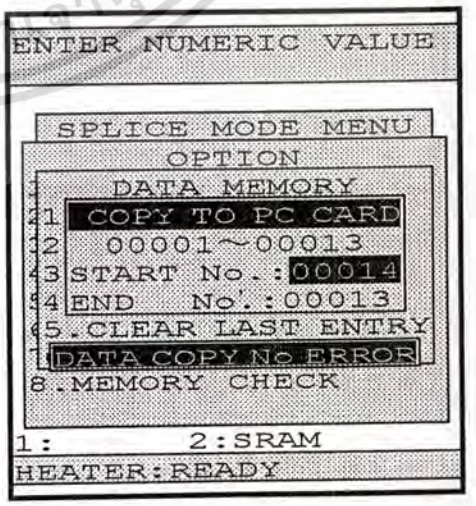



**Figure 66. Copy to PC Card Error.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- While the data is being copied, the message shown in Figure 67 will be displayed.

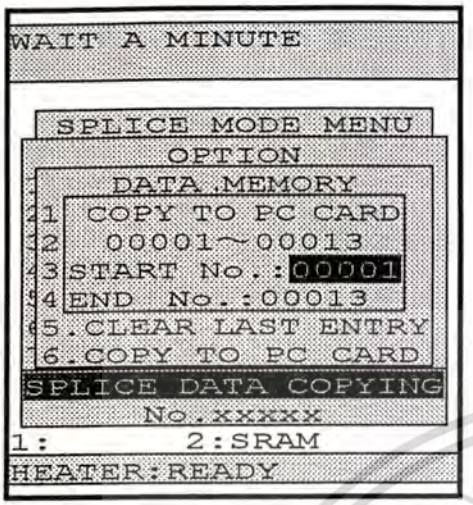



**Figure 67. Copy to PC Card in Progress.**

6. If an error occurs during the copy, the reason will be displayed as shown in Figure 67. Select RETRY or CANCEL to continue.

Listed below are the error messages and the required corrective measures.

- **Card Memory Full-** Card memory is full and not able to store any more data. Delete(clear) splice data in the card or install new memory.
- **Card Write Protect-** Write protected. Take out the protection then retry.
- **Card Access Denied-** SRAM card connection is not good, no card is installed or unusable card is installed. Check the card spec or check card condition insertion connection.
- **Card Battery Low-** SRAM card battery is low. Charge the battery.

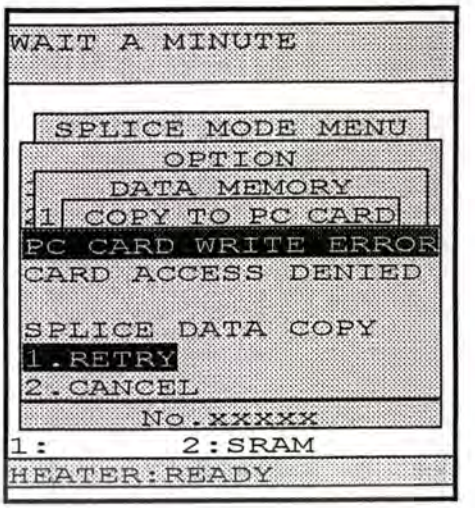



**Figure 68. PC Card Write Error.**

## Reset Arc Count

12.3.13 This method is used to reset the sequential arc count number. This feature provides the operator with a method to monitor equipment usage and is especially helpful in monitoring electrode service.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen.
2. Select RESET ARC COUNT (6) and press SELECT to display the following:
   - Yes- Resets arc count
   - No- Continues previous count.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Self Check**

12.3.14 This method enables the self test of the fusion splicer's encoders and circuit boards.

1. Select OPTION from the SPLICE MODE MENU screen.
2. Select SELF CHECK (7) and press the SELECT key and the following two options will appear.
   - **Yes**-Enables self check feature.
   - **No**- Disables self check feature.

**Memory Check**

12.3.15 This is the method to test the memory capacity of the fusion splicer.

1. Select OPTIONS from the SPLICE MODE MENU.
2. Select MEMORY CHECK (8) and press the SELECT key to display the following options.
   - **First PC Card Slot**
   - **Second PC Card Slot**

**12-4 Adjust Fiber**

When you select ADJUST FIBER from the SPLICE MODE MENU screen, the ADJUST FIBER menu screen illustrated in Figure 69 will appear.

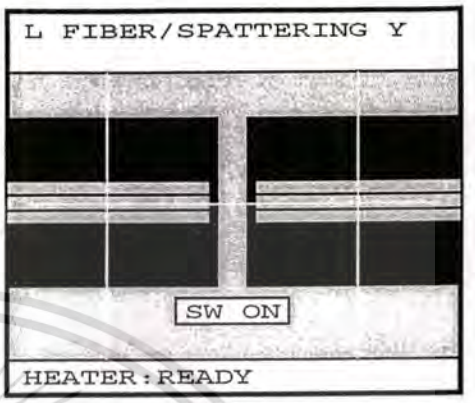



**Figure 69**

The fiber status before connection can be checked here.
The functions of the various switches are listed below.

▷ Key: Continuously press this to move the fiber forward. Release it to stop.

◁ Key: Continuously press this to move the fiber backward. Release it to stop.

△ Key: Continuously press this to move the fiber upward. Release it to stop.

▽ Key: Continuously press this to move the fiber downward. Release it to stop.

[1], [2] Keys:
Push [1] to set it to the left fiber. Push [2] to set it to the right fiber. The initial value is set to the left fiber.

Back Space Key:
Turns the screen display message ON/OFF.

FIELD CHANGE Key:
Switches between screens.

ARC Key: Performs spattering discharge.

● Key: Turns pseudo color ON/OFF.

RESET Key: Returns to the SPLICE MODE MENU.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Parameter Table - Version 1.23

Parameter 001 - 040

| No. | Name | Min. | Max. | Unit | Default | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SMF 1 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 2 | SMF 1 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 3 | SMF 1 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 4 | SMF 1 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 5 | SMF 1 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 6 | SMF 2 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 7 | SMF 2 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 8 | SMF 2 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 9 | SMF 2 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 10 | SMF 2 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 11. | SMF 3 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 12. | SMF 3 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 13. | SMF 3 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 14. | SMF 3 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 15. | SMF 3 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 16. | SMF 4 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 17. | SMF 4 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 18. | SMF 4 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 19. | SMF 4 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 20. | SMF 4 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 21. | SMF 5 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 22. | SMF 5 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 23. | SMF 5 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 24. | SMF 5 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 25. | SMF 5 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 26. | SMF 6 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 27. | SMF 6 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 28. | SMF 6 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 29. | SMF 6 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 30. | SMF 6 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 31. | SMF 7 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 32. | SMF 7 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 33. | SMF 7 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 34. | SMF 7 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 35. | SMF 7 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 36. | MMF 1 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 37. | MMF 1 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.15 | |
| 38. | MMF 1 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 39. | MMF 1 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 40. | MMF 1 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter 041 - 080

| No. | Name | Min. | Max. | Unit | Default | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 41. | MMF 2 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 42. | MMF 2 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 43. | MMF 2 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 44. | MMF 2 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 45. | MMF 2 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0033 | |
| 46. | MMF 3 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 47. | MMF 3 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 48. | MMF 3 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 49. | MMF 3 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 50. | MMF 3 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0033 | |
| 51. | MMF 4 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 52. | MMF 4 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 53. | MMF 4 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 54. | MMF 4 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 55. | MMF 4 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0033 | |
| 56. | MMF 5 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 57. | MMF 5 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.15 | |
| 58. | MMF 5 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 59. | MMF 5 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 60. | MMF 5 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0033 | |
| 61. | MMF 6 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 62. | MMF 6 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 63. | MMF 6 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 64. | MMF 6 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 65. | MMF 6 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0033 | |
| 66. | MMF 7 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 04.50 | |
| 67. | MMF 7 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 68. | MMF 7 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 69. | MMF 7 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 70. | MMF 7 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0033 | |
| 71. | DSF 1 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 72. | DSF 1 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 73. | DSF 1 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 74. | DSF 1 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 75. | DSF 1 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 76. | DSF 2 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 77. | DSF 2 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 78. | DSF 2 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 79. | DSF 2 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 80. | DSF 2 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Parameter 081 - 120

| No. | Name | Min. | Max. | Unit | Default | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 81. | DSF 3 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 82. | DSF 3 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 83. | DSF 3 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 84. | DSF 3 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 85. | DSF 3 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 86. | DSF 4 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 87. | DSF 4 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 88. | DSF 4 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 89. | DSF 4 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 90. | DSF 4 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 91. | DSF 5 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 92. | DSF 5 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 93. | DSF 5 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 94. | DSF 5 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 95. | DSF 5 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 96. | DSF 6 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 97. | DSF 6 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 98. | DSF 6 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 99. | DSF 6 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 100. | DSF 6 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 101. | DSF 7 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 102. | DSF 7 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 103. | DSF 7 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 104. | DSF 7 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 105. | DSF 7 ARC POWER | 0001 | 0024 | step | 0008 | |
| 106. | SPF 1 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 107. | SPF 1 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 108. | SPF 1 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 109. | SPF 1 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 110. | SPF 1 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 111. | SPF 2 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 112. | SPF 2 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 113. | SPF 2 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 114. | SPF 2 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 115. | SPF 2 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 116. | SPF 3 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 117. | SPF 3 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 118. | SPF 3 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 119. | SPF 3 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 120. | SPF 3 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Parameter 121 - 160

| No. | Name | Min. | Max. | Unit | Default | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 121. | SPF 4 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 122. | SPF 4 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 123. | SPF 4 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 124. | SPF 4 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 125. | SPF 4 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 126. | SPF 5 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 127. | SPF 5 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 128. | SPF 5 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 129. | SPF 5 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 130. | SPF 5 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 131. | SPF 6 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 132. | SPF 6 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 133. | SPF 6 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 134. | SPF 6 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 135. | SPF 6 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 136. | SPF 7 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 137. | SPF 7 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 138. | SPF 7 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 139. | SPF 7 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 140. | SPF 7 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 141. | ER 1 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 142. | ER 1 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 143. | ER 1 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 144. | ER 1 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 145. | ER 1 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 146. | ER 2 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 147. | ER 2 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 148. | ER 2 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 149. | ER 2 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 150. | ER 2 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 151. | ER 3 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 152. | ER 3 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 153. | ER 3 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 154. | ER 3 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 155. | ER 3 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 156. | ER 4 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 157. | ER 4 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 158. | ER 4 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 159. | ER 4 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 160. | ER 4 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Parameter 161 - 201

| No. | Name | Min. | Max. | Unit | Default | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 161. | ER 5 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 162. | ER 5 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 163. | ER 5 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 164. | ER 5 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 165. | ER 5 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 166. | ER 6 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 167. | ER 6 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 168. | ER 6 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 169. | ER 6 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 170. | ER 6 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 171. | ER 7 FUSION DURATION | 00.00 | 20.00 | sec | 01.50 | |
| 172. | ER 7 PREFUSION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 173. | ER 7 ARC GAP | 00.00 | 40.00 | µm | 10.00 | |
| 174. | ER 7 OVERLAP | 00.00 | 80.00 | µm | 15.00 | |
| 175. | ER 7 ARC POWER | 0001 | 0064 | step | 0035 | |
| 176. | NOT USED | | | | | |
| 177. | NOT USED | | | | | |
| 178. | NOT USED | | | | | |
| 179. | NOT USED | | | | | |
| 180. | NOT USED | | | | | |
| 181. | HEAT 1 HEAT DURATION | 00.00 | 60.00 | sec | 05.00 | |
| 182. | HEAT 1 HEAT TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0195 | |
| 183. | HEAT 1 FINISH TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0150 | |
| 184. | HEAT 1 PROOF TENSION | 0000 | 0700 | g | 0200 | |
| 185. | HEAT 1 MAINTAINING | 0000 | 0500 | g | 0050 | |
| 186. | HEAT 1 TENSION KEEP | 00.00 | 03.00 | sec | 01.00 | |
| 187. | HEAT 1 HEAT TIMEOUT | 0000 | 0200 | sec | 0120 | |
| 188. | HEAT 2 HEAT DURATION | 00.00 | 60.00 | sec | 05.00 | |
| 189. | HEAT 2 HEAT TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0195 | |
| 190. | HEAT 2 FINISH TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0150 | |
| 191. | HEAT 2 PROOF TENSION | 0000 | 0700 | g | 0200 | |
| 192. | HEAT 2 MAINTAINING | 0000 | 0500 | g | 0050 | |
| 193. | HEAT 2 TENSION KEEP | 00.00 | 03.00 | sec | 01.00 | |
| 194. | HEAT 2 HEAT TIMEOUT | 0000 | 0200 | sec | 0120 | |
| 195. | HEAT 3 HEAT DURATION | 00.00 | 60.00 | sec | 15.00 | |
| 196. | HEAT 3 HEAT TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0190 | |
| 197. | HEAT 3 FINISH TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0150 | |
| 198. | HEAT 3 PROOF TENSION | 0000 | 0700 | g | 0200 | |
| 199. | HEAT 3 MAINTAINING | 0000 | 0500 | g | 0050 | |
| 200. | HEAT 3 TENSION KEEP | 00.00 | 03.00 | sec | 01.00 | |
| 201. | HEAT 3 HEAT TIMEOUT | 0000 | 0200 | sec | 0120 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Parameter 202 - 220

| No. | Name | Min. | Max. | Unit | Default | Remarks |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 202. | HEAT 4 HEAT DURATION | 00.00 | 60.00 | sec | 10.00 | |
| 203. | HEAT 4 HEAT TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0190 | |
| 204. | HEAT 4 FINISH TEMP | 0040 | 0200 | °C | 0150 | |
| 205. | HEAT 4 PROOF TENSION | 0000 | 0700 | g | 0200 | |
| 206. | HEAT 4 MAINTAINING | 0000 | 0500 | g | 0050 | |
| 207. | HEAT 4 TENSION KEEP | 00.00 | 03.00 | sec | 01.00 | |
| 208. | HEAT 4 HEAT TIMEOUT | 0000 | 0200 | sec | 0120 | |
| 209. | NOT USED | | | | | |
| 210. | NOT USED | | | | | |
| 211. | FIBER END ANGLE | 00.00 | 20.00 | deg | 02.00 | |
| 212. | LIP ALLOWANCE | 00.00 | 20.00 | µm | 02.00 | |
| 213. | ARC CLEAN DURATION | 00.00 | 01.00 | sec | 00.10 | |
| 214. | ARC CLEAN TIMES | 0001 | 0010 | sec | 0001 | |
| 215. | NOT USED | | | | | |
| 216. | WARM-UP DURATION | 00.00 | 15.00 | sec | 01.00 | |
| 217. | WARM-UP INTERVAL | 01.00 | 20.00 | sec | 01.00 | |
| 218. | WARM-UP TIMES | 0001 | 0099 | - | 0030 | |
| 219. | AUTO RESET INTERVAL | 0000 | 0020 | sec | 0006 | |
| 220. | PAUSE TIME | 0000 | 0255 | sec | 0002 | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Splicing Error Messages

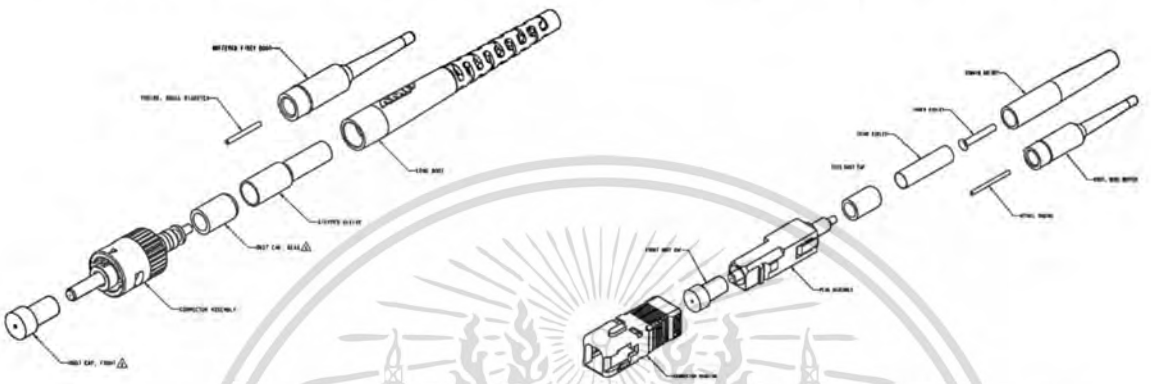
| Error Message | Cause | Solution |
|---|---|---|
| SELF CHECK NG | Chuck protector Pad not removed.<br>Hood open during self-check.<br>Microscope(s) or LED(s) may be dirty | Remove foam protector or close hood and press reset.<br>Clean LED's and microscope's and press reset. |
| INSERT FIBRE NG | Indicated fibre(s) not be positioned properly in v-grooves.<br>Fibre end not inserted close enough to electrodes. | Reposition the fibre closer to the electrodes.<br>Verify correct cleave length. |
| FOCUS NG<br>DUST | Fibre may be dirty or cleaved improperly.<br>LED, v-grooves or microscope(s) may be dirty.<br>Fibre(s) may not be positioned properly in v-grooves.<br>Wrong fibre profile type selected. | Re-strip, clean and cleave fibres.<br>Clean LED's a-grooves and microscopes.<br>Reposition fibres.<br>Select correct profile type for fibre being spliced. |
| VRY, VLY,<br>VRX, VLX<br>F/R LIMIT | Fibre may not be positioned in v-groove properly.<br>V-grooves may be dirty. | Reposition fibre in v-groove.<br>Clean v-groove with alcohol and Q-tip. |
| LIGHT CHECK NG<br>ADJUST | Microscope(s) or LED(s) may be dirty. | Clean LED's and microscope's. |
| LIGHT CHECK NG<br>PROTRUSION | Fibre(s) positioned to close to electrodes. | Reposition fibre further away from the electrodes. |
| CUT FAULT<br>(L, R, LR) | Bad cleave or dirt on fibre. | Re-strip, clean and cleave fibres.<br>Check cleave angle rejection parameter number 211 if cleaves appear to be OK. |
| SPLICE STATE NG | Fibres may have been dirty, or cleaved poorly.<br>Arc power may be set incorrectly.<br>Selected fusion program may not match fibre profile being spliced. | Break the splice, and re-splice.<br>Perform an ARC TEST.<br>Verify correct fusion program for fibre type being spliced. |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LightCrimp Plus Optical Fiber Connectors
## 492642-1, 492643-1, 1278079-1, and 1278082-1

**ST-Style**
**(492642-1 and 1278082-1)**

**SC**
**(492643-1 and 1278079-1)**



NOTE: Drawings includes sub-components. Customer product is factory installed such that there is only the main connector plus the three separate boots: 250 micron hytrel tubing, 900 micron boot and 2.4-3.0 mm jacket boot.

**Description**
AMP LightCrimp Plus optical fiber connector is a no-epoxy, no-polish connector making optical fiber terminations faster and easier with typical termination time in less than a minute. The LightCrimp Plus features a factory polished ferrule enabling the fibers to be terminated in three easy steps. Just strip the cable, cleave the fiber and crimp on the connector. The connector exceeds the requirements of ANSI/TIA/EIA-568-A and ISO 11801 and is part of the AMP 15-year Component and Systems Performance Warranty.

**Specification (Text in brackets [ ] requires a choice.)**
The optical fiber connector shall be a [50 or 62.5] micron, multimode [ST-Style, SC] connector capable of terminating either 250 micron coated or 900 micron buffered fibers, plus either 2.5mm or 3.0mm jacketed fiber. The connector shall have a ceramic ferrule. The connector shall be field installable without requiring epoxy, or polishing. It shall employ a factory polished ferrule. The connector shall meet the performance requirements listed in the following table [include Performance Characteristics table from back page] in addition to meet the intermatability requirements for an [ST-Style connector in ANSI/TIA/EIA-604-2, SC connector in ANSI/TIA/EIA-604-3] and TIA/EIA-568-A and ISO 11801. Optical fiber connector shall be AMP part number [1278082-1, 492642-1, 1278079-1 or 492643-1].

| Connector Type | Fiber Type | Ferrule Material | Housing Material | Individual Package |
|---|---|---|---|---|
| ST-Style | Multimode - 50 | Ceramic | Aluminum | 1278082-1 |
| | Multimode - 62.5 | | | 492642-1 |
| SC Simplex | Multimode - 50 | Ceramic | Plastic | 1278079-1 |
| | Multimode - 62.5 | | | 492643-1 |
| SC Duplex | Multimode - 50 | Ceramic | Plastic | 1278080-1 |
| | Multimode - 62.5 | | | 1278009-1 |

*Note: Simplex versions of the SC are recommended for field installation. Use of duplex connector only required for patch cord assemblies in accordance with TIA-568-A and ISO 11801.*

NETCONNECT Systems
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LightCrimp Plus ST-Style Connector
## 492642-1, 492643-1, 1278079-1, and 1278082-1

**Qualification Test Performance Data**

| Test Description | FOTP | Requirement (dB) | Results (dB) |
|---|---|---|---|
| Visual and Mechanical Inspection | 13 | TIA/EIA-604-2 or -3 Intermatability | Passed |
| Attenuation | 34 | ≤ 0.75 | 0.28 |
| Return Loss | 107 | ≤ -20 | - 30 |
| Low Temperature (-10$^0$ C for 4 days) | 188 | ≤ 0.3 change | 0.05 |
| Temperature Life (60$^0$ C for 14 days) | 7 | ≤ 0.3 change | 0.10 |
| Humidity (90 to95% @ 40$^0$ C for 4 days) | 5 | ≤ 0.3 change | 0.10 |

Note: The above data indicates test results during qualification testing per requirements of draft of TIA/EIA-568-B.3. AMP warrants all products to meet or exceed the requirements of TIA/EIA-568-B.3 as stated. Additionally, the LightCrimp Plus qualification test conditions exceeded the TIA environmental requirements of 0$^0$ C to 55$^0$ C by testing to -10$^0$ C to 60$^0$ C.

**Intermatability Specifications:** TIA/EIA-604-2 for ST-Style
TIA/EIA-604-3 for SC

**Fiber Type:** Multimode: 62.5 µm (492642-1, 492643-1, 1278009-1)
Multimode: 50 µm (1278082-1, 1278079-1, and 1278080-1)

**Materials:** Ferrule – Ceramic
Housing – Aluminum (ST-Style)
Plastic (SC)
Boot – Thermoplastic

**Boots Provided:** 250 µm Hytrel tubing
900 µm boot
2.4 to 3.0 mm Jacket boot

Specifications subject to change without notice. Revised 8/25/99.

AMP Incorporated, Harrisburg, PA 17105-3608. For more information, please call:

| | | | |
|---|---|---|---|
| In the U.S. | 1-800-835-7240 | Canada | 905-475-6222 |
| Latin America North | 525-729-0400 | Latin America South | 54-1-733-2000 |

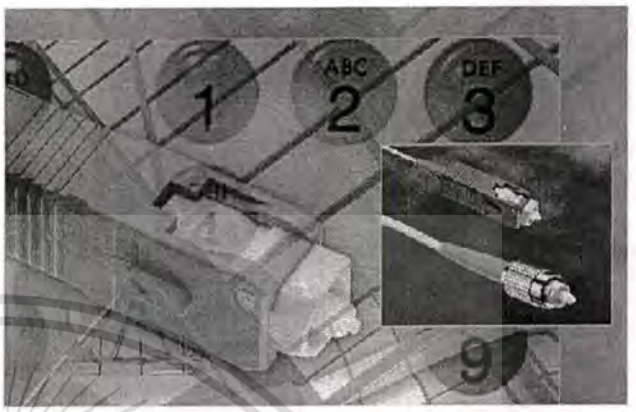
**www.amp.com/networking** ©Copyright 1999 by AMP Incorporated. All Rights Reserved.
AMP and NETCONNECT are trademarks.
A tyco INTERNATIONAL LTD. COMPANY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AMP Singlemode Fiber Optic Pigtails & Patchcords

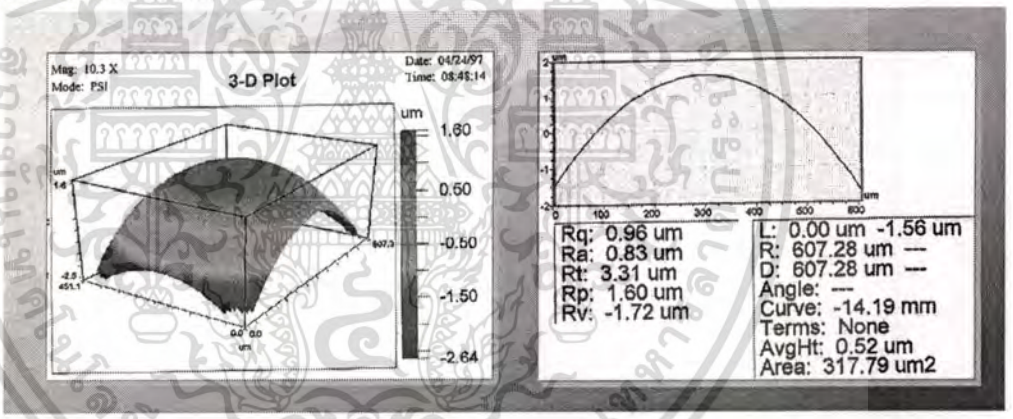
## High Performance

AMP Singlemode fiber optic Pigtails & Patchcords are designed for use in High Speed Telecommunications, CATV, Datacommunications and Wide Area Network applications.
Using high precision ferrule technology, the range features **Low Insertion** and **High Return losses**. The connector interfaces are available in **PC** (Physical Contact) and **APC** (Angled Physical Contact) Technology. Moreover as an option **Tuned Connector Interfaces** are also available, which provide best performance on the market.




## Standards Compliant

All AMP Singlemode Fiber Optic Cable Assemblies comply with the relevant CECC, IEC and ETSI standards. After termination they are completely tested not only with regard to Insertion- and Return- Loss but also with regard to all geometrical end-face parameters ( APEX/Dome offset, Undercut/Protrusion, Ferrule radius etc.). Only this guarantees a reliable long-term performance for the end-user!




*( 3D Plot of a connector interface in order to ensure full IEC compliant end-faces)*

## Specifications

| Connector Type | | CECC Spec. | Insertion Loss [ dB ] Maximum against Reference | Typical | Maximum Random | Return Loss [ dB ] Minimum |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **SC-PC** | Tuned | 86 265 806 | 0.5 | **0.15** | 0.6 | **> 45** |
| **SC-PC** | Un-tuned | 86 265 802 | 0.5 | **0.20** | 1.0 | **> 45** |
| **SC-APC 9°** | Tuned | 86 265 803 | 0.5 | **0.15** | 0.6 | **> 70** |
| **SC-APC 8°** | Tuned | 86 265 805 | 0.5 | **0.15** | 0.6 | **> 65** |
| **SC-APC 9°** | Un-tuned | 86 265 801 | 0.5 | **0.20** | 1.0 | **> 70** |
| **SC-APC 8°** | Un-tuned | 86 265 804 | 0.5 | **0.20** | 1.0 | **> 65** |
| **FC-PC** | Tuned | 86 115 802 | 0.5 | **0.15** | 0.6 | **> 45** |
| **FC-PC** | Un-Tuned | 86 115 803 | 0.5 | **0.20** | 1.0 | **> 45** |
| **FC-APC 8°** | Tuned | 86 115 805 | 0.5 | **0.15** | 0.6 | **> 65** |
| **FC-APC 8°** | Un-Tuned | 86 115 804 | 0.5 | **0.20** | 1.0 | **> 65** |

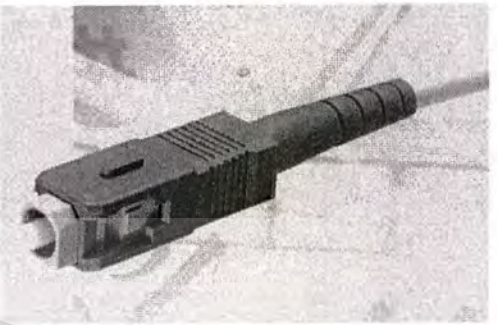
*( AMP can supply also terminations with 0.4 dB maximum random insertion loss upon request!)*

As a testimony of the high quality and performance of these products, AMP Singlemode Fiber Optic Cable Assemblies are already in widespread use by many major CATV and Telecom Operators throughout Europe like for example Great Britain, Germany, Spain, Holland, Belgium, Italy, Finland, Poland, Hungary as well as in Russia. All products are fully approved after corresponding tests in these countries!

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ประการใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

# AMP Singlemode Fiber Optic Pigtails & Patchcords

## SC-PC Pigtails & Patchcords



**AMP Part Numbers:**

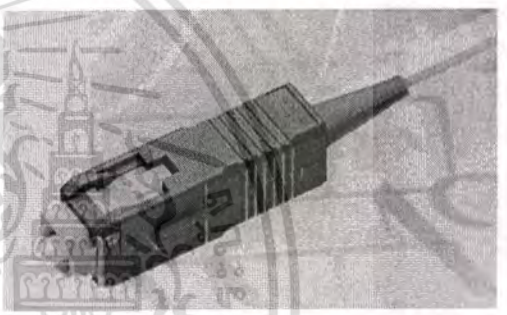
| AMP PN | Description |
|---|---|
| 233266-x | SC-PC Pigtail, 900µ buffered Fiber |
| 233581-x | SC Simplex Patchcord, 2.4 mm Cable |
| 492019-x | SC Duplex Patchcord, 2x3mm Zip.Cable |

*( All Connectors Un-tuned. Tuned Assemblies upon request!)*

***x= Length***

| | | | |
|---|---|---|---|
| *x=2* | *2m* | *x=3* | *3m* |
| *x=5* | *5m* | *x=1..0* | *10m* |

## SC-APC Pigtails & Patchcords



**AMP Part Numbers:**

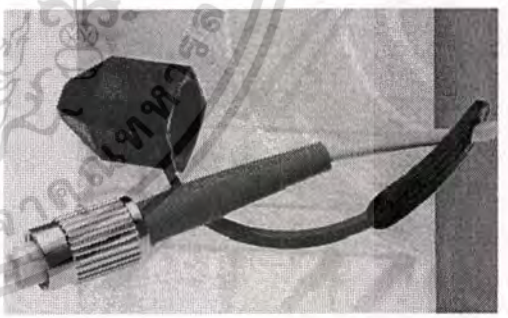
| AMP PN | Description |
|---|---|
| 106895-x | SC-APC 9° Pigtail, 900µ buffered fiber |
| 233103-5 | SC-APC 8° Pigtail, 900µ buffered fiber |
| | |
| 106897-x | SC-APC 9° Simplex Patchcord, 2.4 mm Cable |
| 233162-x | SC-APC 8° Simplex Patchcord, 2.4 mm Cable |

*( All Connectors Un-tuned. Tuned Assemblies upon request!)*

***x= Length***

| | | | |
|---|---|---|---|
| *x=2* | *2m* | *x=3* | *3m* |
| *x=5* | *5m* | *x=1..0* | *10m* |

## FC-PC Pigtails & Patchcords



**AMP Part Numbers:**

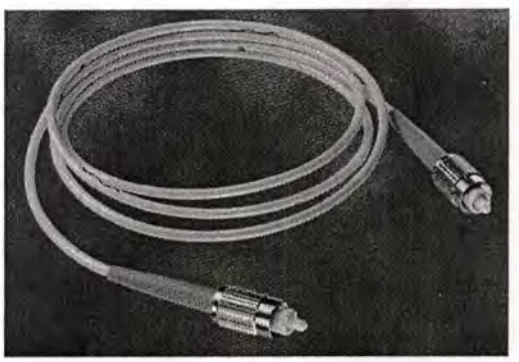
| AMP PN | Description |
|---|---|
| 233129-x | FC-PC Pigtail, 900µ buffered Fiber |
| 233592-x | FC Simplex Patchcord, 2.4 mm Cable |
| 492022-x | FC Duplex Patchcord, 2x3mm Zip.Cable |

*( All Connectors Un-tuned. Tuned Assemblies upon request!)*

***x= Length***

| | | | |
|---|---|---|---|
| *x=2* | *2m* | *x=3* | *3m* |
| *x=5* | *5m* | *x=1..0* | *10m* |

## FC-APC Pigtails & Patchcords



**AMP Part Numbers:**

| AMP PN | Description |
|---|---|
| 233304-x | FC-APC 8° Pigtail, 900µ buffered Fiber |
| 233067-x | FC-APC 8° Simplex Patchcord, 2.4 mm Cable |

*( All Connectors Un-tuned. Tuned Assemblies upon request!)*

***x= Length***

| | | | |
|---|---|---|---|
| *x=2* | *2m* | *x=3* | *3m* |
| *x=5* | *5m* | *x=1..0* | *10m* |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

# AMP Singlemode Fiber Optic Pigtails & Patchcords

## ST-PC Pigtails & Patchcords

**AMP Part Numbers:**

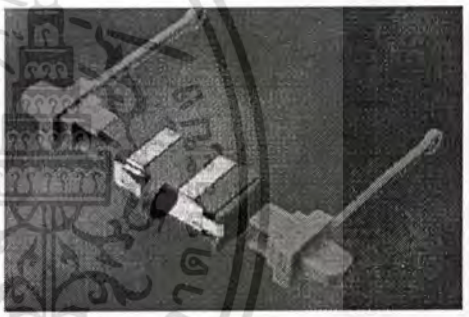
| AMP PN | Description |
|---|---|
| 233129-x | ST-PC Pigtail, 900µ buffered Fiber |
| 233162-x | ST-PC Duplex Patchcord, 2x3mm Zip.Cable |

***x= Length***

*x=2 2m x=3 3m*
*x=5 5m*

## Connector Adapters

AMP provides a full range of various adapters for any connector interface as well as hybrid adapters.
SC Adapters are available also with an automatically closing Dust & Colour Coding Cap which provides additional protection against dust as well as against radiation from lasers.



**AMP Part Numbers:**

*( All Adapters with ceramic alignment sleeves )*

| AMP PN | Description |
|---|---|
| 1-0106901-0 | SC/SC Simplex Adapter, blue (for PC) |
| 5-1206968-2 | SC/SC Simplex Adapter, blue, with automatic front cap (blue) |
| 5-1206968-3 | SC/SC Simplex Adapter, blue, with automatic front cap (red) |
| 4-0106901-4 | SC/SC Simplex Adapter, green (for APC) |
| 5-1206969-1 | SC/SC Simplex Adapter, green, with automatic front cap (green) |
| 5-1206969-3 | SC/SC Simplex Adapter, green, with automatic front cap (red) |
| 1-0502776-1 | SC/SC Duplex Adapter, blue (for PC) |
| 2-0502776-3 | SC/SC Duplex Adapter, green (for APC) |
| | |
| 0-0504506-1 | FC/FC Adapter, Square Flange |
| 0-0504407-3 | FC/FC Adapter, Round Flange (D-Hole) |
| 0-0504407-8 | FC-APC/FC-APC Adapter, Round Flange(D-Hole), precision slot |
| | |
| 0-0502750-1 | ST/ST Singlemode Adapter |
| | |
| 0-0502781-5 | FC/SC Simplex Adapter, blue |
| 0-0503135-5 | FC/SC Duplex Adapter, blue |

*( Other Adapter/Combinations upon request available!)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

Instruction Sheet
408–4213
20 DEC 96 Rev C

AMP

# Singlemode One–Piece FC Connector Kits

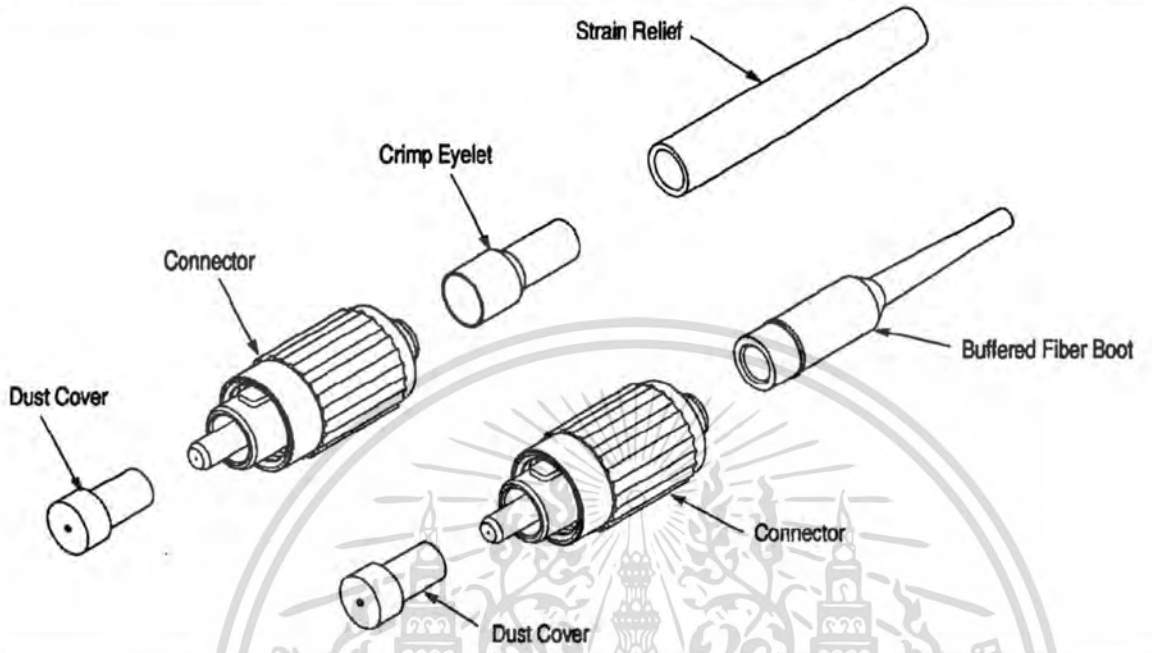



*Figure 1*

## 1. INTRODUCTION

This instruction sheet covers the application of AMP* Singlemode One–Piece FC Connector Kits 504649–[ ], 504914–[ ], 504915–[ ], and 492052–[ ] to fiber optic cable.

Read this material thoroughly before starting assembly.

**NOTE** *Dimensions on this sheet are in millimeters [with inch equivalents in brackets]. Figures and illustrations are for identification only, and are not drawn to scale.*

Reasons for reissue are provided in Section 11, REVISION SUMMARY.

## 2. DESCRIPTION (Figure 1)

The connector kit consists of a connector, dust cover, and either a crimp eyelet and strain relief or a buffered fiber boot. This connector is to be used with 125–µm singlemode optical fiber with a 500– or 900–µm buffer in a 3 mm [0.12 in.], 2.5/2.4 mm [0.10/0.09 in.], or 2 mm [0.08 in.] jacket, where the buffer has movement relative to the jacket (loose–jacketed cable). The connector can also terminate 900–µm buffered fiber and 250–µm coated fiber.

## 3. ASSEMBLY PROCEDURE

### 3.1. Required Tools and Materials

The following AMP tools and materials are required for applying the One–Piece Singlemode FC Connector Kit to optical fibers (numbers in parentheses are corresponding AMP instruction sheets):

**A. Termination Tools and Consumables**

—Cable Stripper 501198–1 (408–9394)
—Crimp Tool 58588–1 *(tool only)*
—3 mm [0.12 in.] Die Assembly 503910–1 *(die assembly only)*
—3 mm [0.12 in.], 2.5/2.4 mm [0.10/ 0.09 in.], and 2 mm [0.08 in.] Die Assembly 492025–1 *(die assembly only)*
—Crimp Tool with 3 mm [0.12 in.] Die Assembly 503911–1 *(tool and die assembly)*
—Crimp Tool with 3 mm [0.12 in.], 2.5/2.4 mm [0.10/0.09 in.], and 2 mm [0.08 in.] Die Assembly 492026–1 *(tool and die assembly)*
—Epoxy 504035–1
—Epoxy Applicator Kit 501473–3
—Epoxy Mixer 501202–1
—203 µm [0.008 in.] Fiber Stripper 504024–1 (408–9485)
—Fiber Protector 502862–2 (pkg. of 6)
—Curing Oven 502134–1 (110V), 502134–2 (240V) (408–9460)
—Scissors 501014–1
—Cleave Tool 504064–1
—Cable Preparation Template 504654–1


This AMP controlled document is subject to change. For latest revision call the AMP FAX number.
©Copyright 1996 by AMP Incorporated. All Rights Reserved.
*Trademark
LOC B
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### B. Hand Polishing Tools and Consumables

- 5-µm Polishing Film 228433-8 (pkg. of 10)
- Polishing Plate 501197-1
- Polishing Pad 501858-1 (Green Pad)
- 0.3-µm Polishing Film 228433-5 (pkg. of 10)
- Final Polishing Film 502748-2 (pkg. of 5)
- Polishing Bushing 504862-1

### C. Machine Polishing Tools and Consumables

| ITEM | MACHINES | | |
|---|---|---|---|
| | SFP-550 | SFP-100D | SFP-70D |
| Machine w/ FC Holder | 503556-1 | 503730-1 | 503559-1 |
| FC Holder Only | 503558-1 | 503732-1 | 503561-1 |
| 4.8 mm [.19 in.] Rubber Pad (pack of 4) | 503586-1 | 503735-1 | 503594-1 |
| 0.05 mm [.002 in.] Spacer Film (pack of 2) | 503587-1 | 503736-1 | 503595-1 |
| 15-µm Film (8 1/2 x 11 in., pack of 10) | 228433-9 | 228433-9 | 228433-9 |
| 5-µm Film (8 1/2 x 11 in., pack of 10) | 228433-8 | 228433-8 | 228433-8 |
| Epoxy Removal Film<br>Premium<br>Standard | <br>503744-1<br>503671-1 | <br>503741-1<br>503750-1 | <br>503745-1<br>503669-1 |
| Medium Diamond Film<br>Premium<br>Standard | <br>503590-1<br>503752-1 | <br>503739-1<br>503752-2 | <br>503598-1<br>503752-3 |
| Fine Diamond Film<br>Standard | <br>503887-1 | <br>503887-2 | <br>503887-3 |
| HX Film | 503966-1 | 503966-2 | 503966-3 |
| Polifine (250 ml) | 998434-1 | 998434-1 | 998434-1 |

- Microscope Kit 502970-1 (408-9801)
- Alcohol Pads or Isopropyl Alcohol
- Distilled Water
- Double-Sided Tape
- Lint-Free Tissues or Cloths
- Cotton Swabs
- Pipe Cleaner

Specific instructions for machine polishing are provided with the polishing machine.

### 3.2. Preparing Fibers

**DANGER** *Always wear eye protection when working with optical fibers. Never look into the end of terminated or unterminated fibers. Laser radiation is invisible but can damage eye tissue. Never eat, drink, or smoke when working with fibers. This could lead to ingestion of glass particles.*

**DANGER** *Be very careful to dispose of fiber ends properly. The fibers create slivers that can easily puncture the skin and cause irritation.*

1. Cut the cable 25 mm [1 in.] longer than the required finish length.

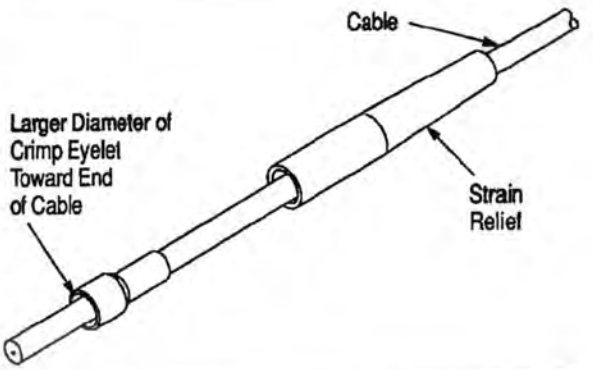



*Figure 2*

2. Slide strain relief onto the cable; then slide on the crimp eyelet with the larger diameter toward the end of the cable. See Figure 2.

3. For buffered fiber application, no crimp eyelet is used. Slide the buffered fiber boot onto the fiber with the large diameter toward the end of the fiber.

4. Strip the cable to the dimensions shown in Figure 3 using Cable Stripper 501198-1, Fiber Stripper 504024-1, and Scissors 501014-1. Use the AMP SC and FC Template 504654-1 for recommended strip dimensions and tolerances.

***NOTE:*** Not to Scale. Dimensions are in Inches

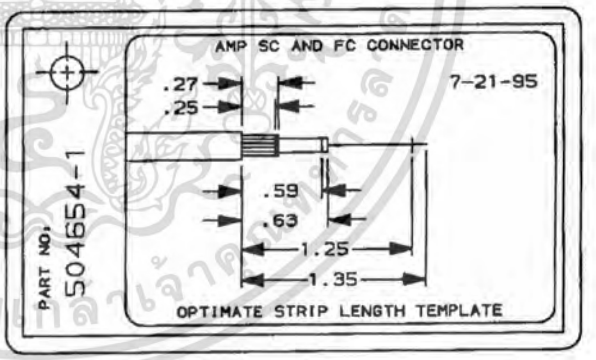



*Figure 3*

5. Clean the fiber thoroughly using an alcohol pad.

**CAUTION** *Never clean a fiber with a dry tissue.*

6. Slide the connector over the stripped fiber to ensure the proper size and strip length. The fiber should protrude slightly past the end of the connector and the buffer should stop against the back of the ferrule before the jacket stops against the connector end.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3. Preparing Epoxy 504035-1

1. Remove the separating clip from the epoxy package and mix thoroughly for 2 minutes. Use Epoxy Mixer 501202-1.

2. Install the needle tip on the epoxy applicator. Make sure it is secure. Remove the plunger.

3. Cut the epoxy packet diagonally at one corner and squeeze the epoxy into the back of the applicator. Replace the plunger. Hold the applicator vertically (needle upward) and slowly push on the plunger until the entrapped air escapes and a bead of epoxy appears at the tip.

## 4. TERMINATING FIBERS

1. Attach a fiber protector to the connector. Hold connector in a vertical position. Clean applicator tip and insert it into the tube recessed in the connector end until it stops. See Figure 4.

CAUTION *The applicator tip must be clean.*

NOTE *Do not get epoxy on the outside of the tube.*

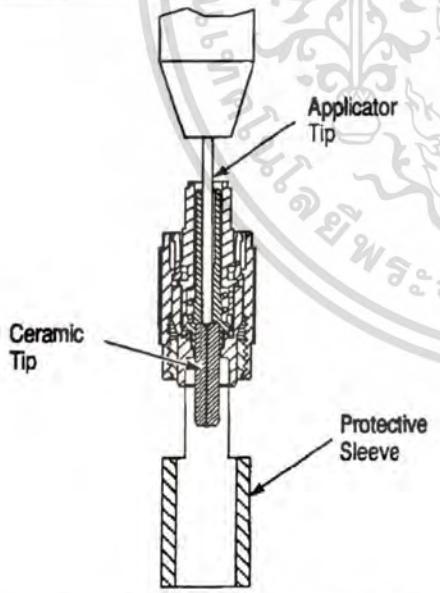



*Figure 4*

2. Hold the connector against the needle. Slowly inject epoxy through the applicator until the epoxy appears at the ceramic tip of the connector. Release the connector and wait approximately one second.

3. Withdraw the applicator quickly, without injecting additional epoxy into the connector.

CAUTION *If too much epoxy is injected into the connector, it will not function properly.*

4. Carefully insert the fiber and buffer into the connector while flaring the strength members evenly over the knurl of the connector. The fiber should appear at the ceramic tip. The buffer should stop against the back of the ferrule before the jacket stops against the connector end. Do not allow the strength members to enter the connector end.

CAUTION *Unlike jacketed fiber cable connector kits, where the crimp keeps the buffer in contact with the rear of the ceramic ferrule, 900-µm buffered and 250-µm coated fiber connector kits do not have fiber retention features. Ensure that the buffer maintains contact with the ferrule until the epoxy is fully cured. Otherwise attenuation will result.*

5. For 900-µm fiber, proceed to Section 6, CURING.

## 5. CRIMPING

Die assembly must be installed correctly in tool frame.

1. Squeeze the handles on the hand tool until the ratchet releases. Open the tool fully.

2. Position crimp eyelet over the strength members which surround the knurled portion of the connector.

3. Place the large diameter of the crimp eyelet into the large diameter of the die. Align the edge of the large diameter of the crimp eyelet with the edge of the crimp die. See Figure 5.

4. Squeeze the crimp tool handles shut to crimp large diameter of the eyelet.

NOTE *If using Die Assembly 503911-1 for 3 mm [0.12 in.] cable only, proceed to Step 5.*

*If using Die Assembly 492026-1 for 3 mm [0.12 in.], 2.5/2.4 mm [0.10/0.09 in.], or 2 mm [0.08 in.] cable, proceed to Step 7.*

5. Slide the smaller diameter of the crimp eyelet into the smaller die until it stops. See Figure 6.

6. Squeeze the crimp tool handles shut to crimp small diameter of the eyelet.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

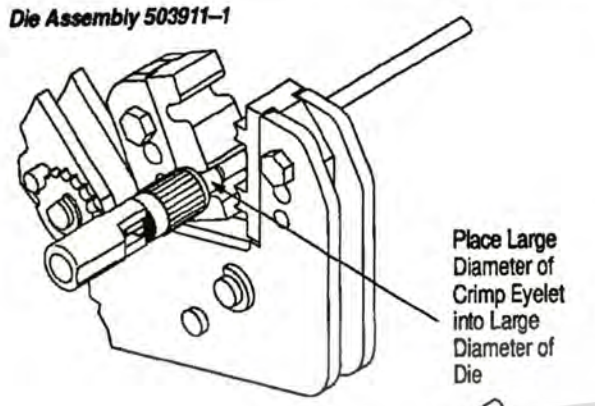



*Figure 5*

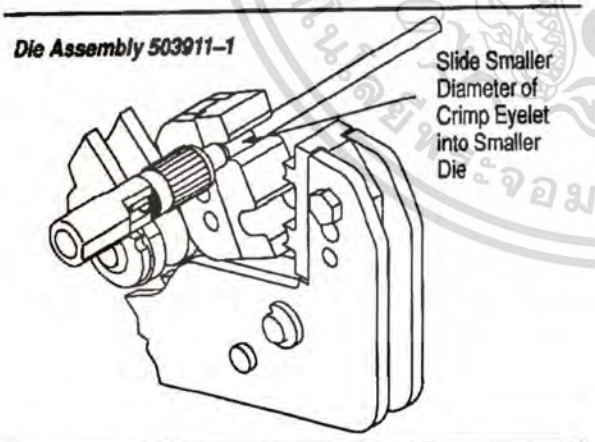



*Figure 6*

7. Apply a thin layer of epoxy to the crimp eyelet/cable jacket interface. See Figure 7.

8. Slide the strain relief toward the connector until it covers the entire crimp eyelet.

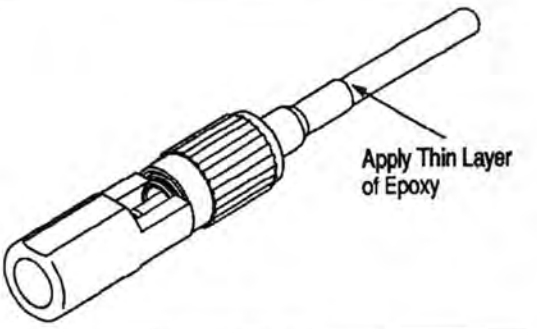



*Figure 7*

9. Remove any epoxy from the crimp die assembly using an alcohol pad.

## 6. CURING

Position the connector vertically with the ceramic ferrule down in curing oven and cure at 115°–120°C [239°–248°F] for 20 minutes minimum using Epoxy 504035–1.

Slide the buffered fiber boot into position after the connector is cured.

## 7. CLEAVING

1. Remove the fiber protector from the connector.

2. Firmly supporting the connector assembly, use Cleave Tool 504064–1 to scribe the fiber. Draw the beveled edge of the tool across the fiber as shown in Figure 8. After scoring the fiber, pull fiber straight away from the connector to finish the cleave process.

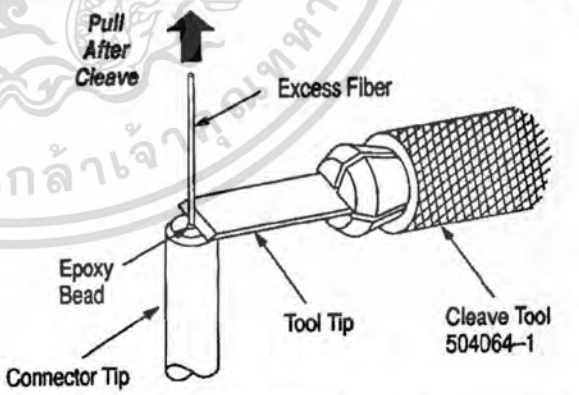



*Figure 8*

**DANGER** *Safely dispose of excess fiber.*

**CAUTION** *Do not allow the cleave tool to make contact with the epoxy. This may damage the sapphire tip.*



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Gently push on the ceramic ferrule to ensure tip movement. If the ferrule does not move in an axial direction, too much epoxy was used or epoxy was dispensed on the outside of the tube and the cable must be reterminated.

## 8. POLISHING PROCEDURES

### 8.1. Machine Polishing

The connectors can be polished on the SFP–550, 100D, and 70D polishing machines. The procedures are identical for each machine. See the table on pages 1 and 2 for part numbers for each machine. Machine operating instructions are provided with the machine.

1. First, prepare the connector ends with a small piece of hand–held 5–µm Polishing Film 228433–8. Remove the fiber stub down to the level of the epoxy.

2. Load the connectors into the holder.

3. Clean the end faces and the bottom of the holder with alcohol and lint–free tissue.

4. Apply a new sheet of epoxy removal film to the 4.8 mm [0.19 in.] thick rubber pad, using double–sided tape.

5. Place the rubber pad with film on top of the machine turntable. Apply several drops of distilled water to the film.

6. Gently rest the polishing holder in the machine. DO NOT APPLY THE CORNER CLAMPS.

7. Run the machine for 30 seconds (0.5 minutes).

8. Remove the holder and wipe the bottom. If epoxy is still present on any of the connector tips, run the epoxy removal step again. This time, clamp the corner clamps after starting the machine.

9. After all epoxy has been removed, clean the tips and bottom of the holder with alcohol and a lint–free tissue.

10. Apply a sheet of medium diamond polishing film to the 4.8 mm [0.19 in.] thick rubber pad, using double–sided tape. Clean the diamond film with alcohol and a lint–free tissue.

NOTE *The diamond film can be reused approximately 20 times until it is damaged or until connector finish appearance degrades.*

11. Place the rubber pad and film on top of the machine turntable. Apply several drops of distilled water to the film.

12. Place the holder in the machine. Set the timer for two minutes. After starting the machine, clamp the corners.

13. Remove the holder and clean the bottom of the holder and the connector tips with alcohol and a lint–free tissue.

14. Apply a sheet of fine diamond polishing film to the 4.8 mm [0.19 in.] thick rubber pad, using double–sided tape. Clean the diamond film with alcohol and a lint–free tissue.

NOTE *The diamond film can be reused approximately 20 times until it is damaged or until connector finish appearance degrades.*

15. Place the rubber pad and film on top of the machine turntable. Apply several drops of distilled water to the film.

16. Place the holder in the machine. Set the timer for 0.5 minutes. After starting the machine, clamp the corners.

17. Remove the holder and clean the bottom of the holder and the connector tips.

18. Place a 0.05 mm [.002 in.] spacer film on top of the machine turntable. Apply a thin layer of water to a 4.8 mm [0.19 in.] thick rubber pad. Place a sheet of HX film on the rubber pad and smooth out the air bubbles by rubbing gently with a lint–free tissue.

19. Place the pad and film on top of the spacer film on the machine turntable. Apply several drops of Polifine polishing fluid to the film, and spread the fluid around with a lint–free tissue. Be certain that the entire film surface is wetted with the polishing fluid.

20. Place the holder in the machine. Set the timer for one minute. After starting the machine, clamp the corners.

21. Remove the holder and clean the bottom of the holder and the connector tips with distilled water. (Do not use alcohol to clean after the last step.) Remove the connectors from the holder and inspect.

NOTE *The rubber pad surface must be clean, smooth, and free from debris or polishing fluid buildup. Alcohol can be used for cleaning.*

### 8.2. Hand Polishing

1. First, prepare the end–face with a small piece of hand–held 5–µm Polishing Film 228433–8. Remove the fiber stub down to the level of epoxy.

2. Use Polishing Bushing 504862–1.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Place the green Polishing Pad 501858–1 on the Polishing Plate 501197–1. Place the 5–µm Polishing Film 228433–8 on the polishing pad. Hold the coupling nut of the connector and rest the tips of your index finger, middle finger, and thumb on the top of the bushing. Starting with very light pressure, polish the end–face of the ceramic with a figure–8 pattern. See Figure 9. Polish until the epoxy turns a very light blue.

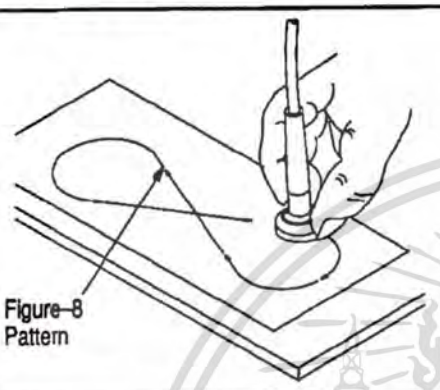



*Figure 9*

**NOTE** *DO NOT remove all the epoxy. As the epoxy gets lighter, check the tip frequently.*

4. Clean the ferrule tip and polishing bushing with alcohol and a lint–free tissue.

5. Place the 0.3–µm Polishing Film 228433–5 on the green pad. Polish in a figure–8 pattern. Stop polishing as soon as all the epoxy is removed.

6. Clean the ferrule tip and polishing bushing with alcohol and a lint–free tissue.

7. Place the Final Polishing Film 502748–2 on the green pad. Apply several drops of water to an unused area of the film. Move the connector in 20 mm [0.75 in.] circles on the water for 25 seconds. (One sheet of final polishing film will be sufficient for 10 to 20 connectors).

8. Remove the connector from the polishing bushing. Clean the ferrule tip with alcohol and a lint–free tissue.

## 9. INSPECTING THE FIBER

**DANGER** *Never inspect or look into the end of a fiber when optical power is applied to the fiber. The infrared light used, although it cannot be seen, can cause injury to the eyes.*

**NOTE** *Refer to AMP instruction sheet 408–9801 for information on the use of the AMP Microscope Kit 502970–1.*

- Be sure all epoxy is removed from ceramic ferrule.
- Dirt may be mistaken for small pits. If dirt is evident, clean with an alcohol pad and then dry.
- Fine polishing lines are acceptable. See Figure 10.
- Small chips at the outer rim of the fiber are acceptable. Large chips in the center of the fiber render the polish unacceptable, and the fiber must be re–terminated.

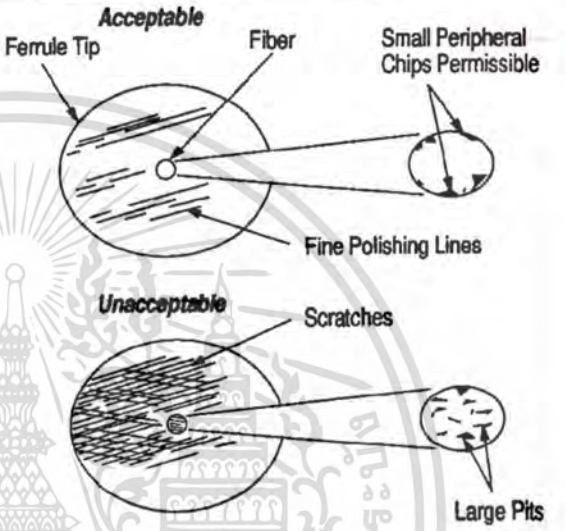



*Figure 10*

## 10. CLEANING PROCEDURES

**DANGER** *Compressed air used for cleaning must be reduced to less than 206.8 kPa [30 psi], and effective chip guarding and personal protective equipment (including eye protection) must be used.*

### 10.1. One Connector Removed From Receptacle

1. Wipe completely around the connector's ceramic ferrule with an alcohol pad two times.

2. Repeat step 1 using a dry lint–free cloth.

3. Place the dry lint–free cloth on a smooth, flat surface. Holding the connector perpendicular, wipe the ceramic ferrule across the cloth.

4. Blow compressed air across the end face of the ceramic ferrule.

5. Examine the end face for debris, using Microscope Kit 502970–1.

6. Remate the connector to the receptacle.

7. If the optical loss is unacceptable, repeat Steps 1 through 6.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. If the value is still too high, unmate both connectors and follow procedures in Paragraph 10.2, Two Connectors Removed From Receptacle.

### 10.2. Two Connectors Removed From Receptacle

1. Wipe completely around both connectors' ceramic ferrules with an alcohol pad two times.

2. Repeat step 1 using a dry lint–free cloth.

3. Place the dry lint–free cloth on a smooth, flat surface. Holding the connector perpendicular, wipe both the ceramic ferrules across the cloth.

4. Blow compressed air across the end face of both the ceramic ferrules.

5. Examine the end faces for debris, using Microscope Kit 502970–1.

6. Blow compressed air through the receptacle.

7. Remate the connectors to the receptacle.

8. If the optical loss is unacceptable, repeat Steps 1 through 7.

9. If the value is still not acceptable, unmate both connectors, run a pipe cleaner through the receptacle and repeat Steps 1 through 7.

## 11. REVISION SUMMARY

Since the previous release of this sheet, the following changes were made:

Per EC 0990–1317–96:

- Added part number 492052–[ ].
- Added buffered fiber boot to Figure 1 and information in text pertaining to the buffered fiber boot.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

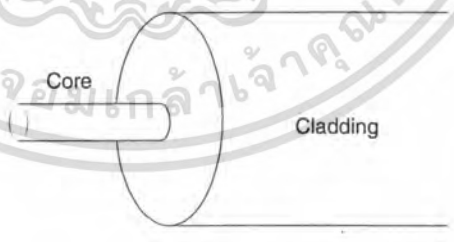
High quality optical fiber made th pure silica-based glass have very w loss for infrared wavelengths and an be used to carry large amounts information for very long distances optical communication systems. igh fiber strength is obtained by otecting the surface of the glass fiber th thin coating layers of polymeric aterials.

TFOC Matched Cladding ngle Mode Fiber consists of a ermanium doped core and a silica adding. The fiber is fully compatible ith other commercially available atched cladding fibers. The spersion characteristics of the fiber e optimized for systems operating the 1310 nm region, although peration at 1550 nm is possible.

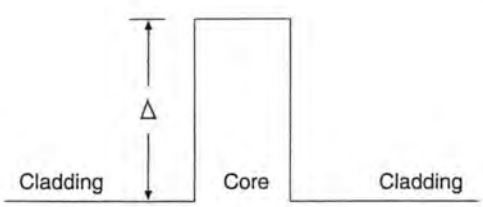
TFOC fibers feature a dual V curable acrylate coating system, hich provides unparalleled erformance in a wide range of nvironmental conditions. The dvantages of this coating structure e excellent resistance to micro-ending induced losses, superior ydrolytic stability and long term reservations of color code integrity. he coating is easily strippable using echanical methods.

The coated fibers are then laced in cable structures having dditional layers to protect the fiber uring the rigors of outside plant stallation and to provide long term eliable operation in the outside plant environment. The design philosophy in meeting these objectives is to provide high quality, rugged, well-tested fiber optic cables, which are compact and have a high strength-to-weight ratio. Compact fiber optic cables are easier to handle and install in the field and provide longer length for field installation.

CROSS SECTION VIEW




SIDE VIEW




REFRACTIVE INDEX PROFILE

Not to scale

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# SINGLE MODE FIBER REQUIREMENTS

## Dispersion-Unshifted Fiber (ITU-T Rec.G.652)

| Fiber Attribute | Description | Notes |
|---|---|---|
| Manufacturing Method | Vapor Phase Axial Deposition (VAD) | - |
| Refractive Index Profile | Step Index, Match Cladding | - |
| Core | $SiO_2 + GeO_2$ | - |
| Core Diameter | 8.3 μm | 2 |
| Cladding | $SiO_2$ | - |
| Index of Refraction Difference | 0.36% | 2 |
| Group Refractive Index * | 1.467 | 2 |
| Cladding Diameter | 125 ± 2 μm | 1 |
| Cladding Non-Circularity | < 2 % | 1 |
| Coating Diameter | 245 ± 10 μm | 1 |
| Colored Fiber Diameter | 255 ± 10 μm | 1 |
| Core/Cladding Concentricity error | < 1 μm | 1 |
| Mode Field Diameter | 9.2 ± 0.6 μm @ 1310 nm<br>10.5 ± 1.0 μm @ 1550 nm | 1 |
| Proof Test Stress | The entire length of fiber is subjected to tensile stress greater than 0.69 GN/ $m^2$ (100 kpsi) : 1% strain equivalent | 1 |
| Attenuation | < 0.40 dB/km @ 1310 nm<br>< 0.25 dB/km @ 1550 nm | 1 |
| Zero-Dispersion Wavelength | Between 1300 and 1324 nm | 1 |
| Zero-Dispersion Slope | ≤ 0.093 ps/($nm^2$.km) | 1 |
| Dispersion | ≤ 3.5 ps/(nm.km) @ 1285 ~ 1330 nm<br>≤ 18 ps/(nm.km) @ 1550 nm | 1 |
| Cable Cut-off Wavelength ( λcc) | ≤ 1270 nm | 1 |
| Bending Loss<br>(100 turns, D=75 mm) | ≤ 0.05 dB @ 1310 nm<br>≤ 0.10 dB@ 1550 nm | 1 |
| Coating Strip Force<br>(@ 0°C to +45°C) | 1.3 N ≤ F ≤ 8.9 N | 2 |

**lotes :** 1. Qualification Requirement
2. Typical Value, Not Specified

Optical time domain reflectometers (OTDRs) require the setting of the fiber's group refractive index in order to calculate and display distance. The above is a group refractive index values for OTDR settings.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LOOSE TUBE FIBER OPTIC CABLE

**Thai Fiber Optics** designs
ıd manufactures loose tube optical
)er cable. We offer a complete line
standard and specialty cable types
r the full range of outside plant
)plications. Fiber type is single mode
counts from 2 to 216. Our loose
be construction ensures exceptional
ng-term cable performance and
liability by protecting the optical fibers
a virtually stress-free environment.

And our cable designs conform
stringent industry standards
cluding
Electronic Industries Association (EIA)
Telecommunications Industry Association (TIA)
International Telecommunications Union (ITU)
International Electrotechnical Commission (IEC)
American Society for Testing and Materials (ASTM)

## Buffer Tube

The basic building block of loose tube consists of the thermoplastic buffer tubes containing 1 to 12 loose optical fibers. Positive identification is provided by color coding both the optical fibers and the buffer tubes. All buffer tubes are provided with the filling compound to provide water penetrations resistance.

## Cable Core

To from the cable core, the individual buffer tubes are stranded about a central strength element of either Glass Reinforced Plastic or Steel. The stranding process, via the Reverse Oscillating Lay (ROL, S-Z) technique, which periodically reverses the rotation of stranding, is employed to facilitate cable mid-span entry. Once a reversal point is located, the tubes can be easily unwrapped from the central strength member. A water blocking material is then applied to the cable core region to prevent water migration.

**- Flooding Compound**

Conventional loose tube cable designs have a flooding compound introduced into core that effectively blocks the penetration of water.

**- Dry Core**

Dry core technology uses dry water-reactive materials for excellent water resistance without using flooding compound. Dry core cables weight less, save on preparations and installation time, and virtually eliminate the need for cleaning solvents.

## Sheathing

In the final steps, dielectric strength elements are applied over the cable core. The quantity of dielectric strength shall be selected to minimize cable cost while meeting the performance requirements of the cable application.

A variety of sheaths are available to withstand the rigors of duct, buried, aerial, and outdoor/indoor installations including:

- Single Jacket, Loose Tube Cable
- Double Jacket, Loose Tube Cable
- Triple Jacket, Loose Tube Cable
- Single Jacket, Single Armor Loose tube Cable
- Double Jacket, Single Armor Loose tube Cable
- Single/Double Jacket, All-dielectric, Self-supporting (ADSS) Loose tube Cable
- Single Jacket, Low Smoke/Zero Halogen, All-Dielectric Out door/Indoor Loose tube Cable
- Single Jacket, Laminated Aluminum Loose tube Cable
- Double Jacket, Single Armor, Laminated Aluminum Loose tube Cable
- Single Jacket, Self-supporting Aerial Loose tube Cable
- Single Jacket, Laminated Aluminum, Self-supporting Aerial Loose tube Cable
- Double Jacket, Single armor, Self-Supporting Aerial Loose tube Cable
- Single Jacket, Dry Core Loose tube Cable

Thai Fiber Optics' primary loose tube optical fiber cable products outlined here are our most popular fiber optic cable product, but we also customer designs and manufactures cables to meet unique customer specifications. For requirements not address in this cable product, please contact us for details cable specifications and performance data.

เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

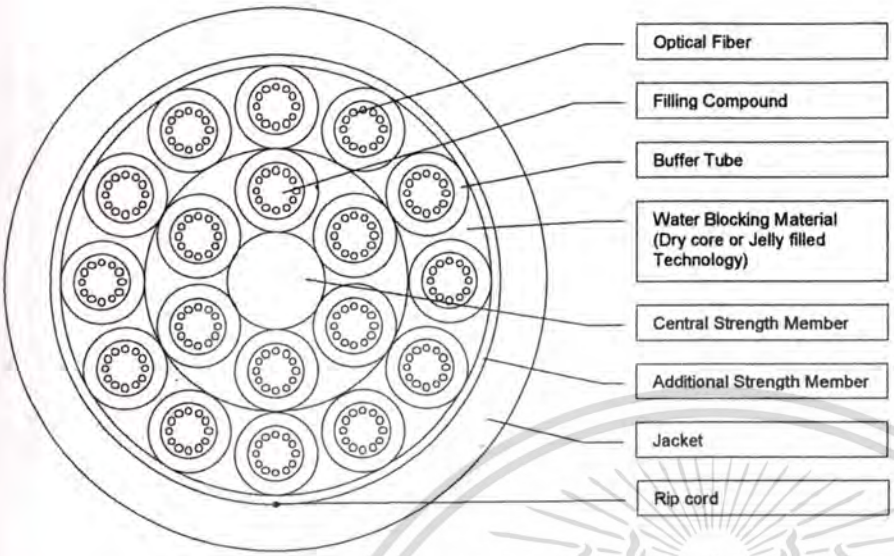



Fig.1

## Single Jacket, Loose Tube Cable

The cross-section of the dielectric single sheath cable is shown in Fig.1 Dielectric strand elements are stranded about the cable core. A High-Density Polyethylene sheath is extruded about the cable core and strength elements. This design is offered for lashed aerial and duct cable application.

## Double Jacket, Single Armor Loose Tube Cable

The Armored sheath is shown in Fig.2 A layer of Polyethylene, the inner sheath, is extruded about the cable core prior to the application of the steel tape. An overlapped armor layer of 0.15 mm corrugated electrolytic chrome coated steel (ECCS) envelopes the inner sheath of the cable. The steel armor is coated to inhibit corrosion and to bond to the outer jacket. The sheath is completed with black High-density polyethylene (HDPE) jacket. The armored cable design is primarily designed for direct buried application where there is a threat of rodent invading the cable. Other applications include aerial lashed and duct. This cable design is rated to Bellcore's superior armor rating for cable crush resistance to 440 N/cm.

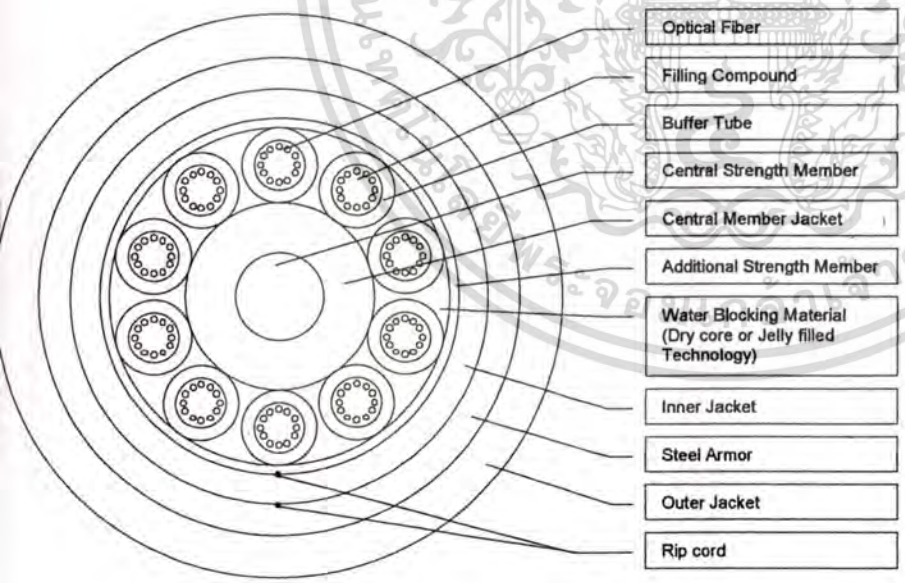



Fig.2

Not to scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ingle Jacket, Laminated luminum, Loose Tube Cable

A representative cross-section iagram of the LAP sheath cable esign is shown in Fig. 3. A core rapping tape is applied over the able core. An overlapped aluminum pe layer of nominally 0.3 mm. (non-orrugated) is longitudinally wrapped out the core and a ripcord is placed nder it to ease its removal. A smooth lack High-Density Polyethylene neath is applied over the LAP tape complete the cable.

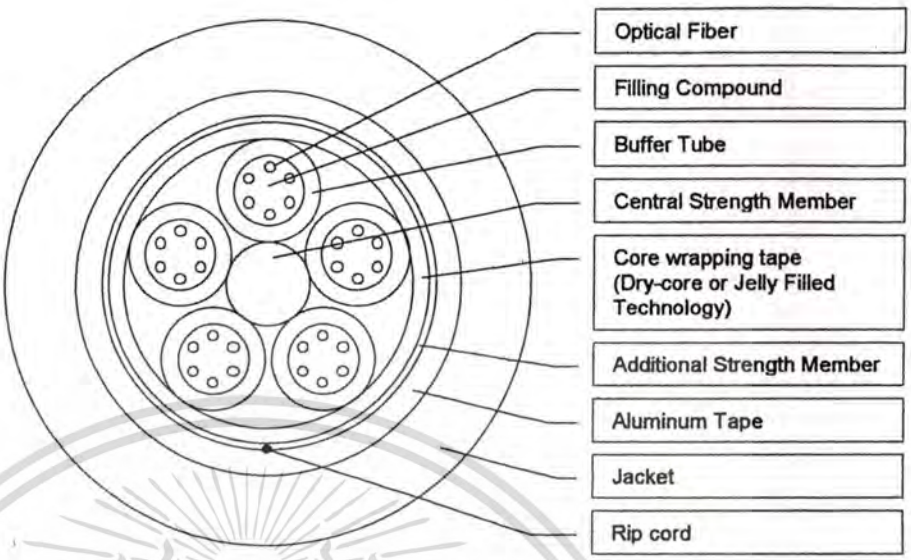



Fig.3

## ingle Jacket, Self-upporting, Laminated luminum, Aerial Loose Tube able (LAP/Figure-8, Self-upporting sheath)

The LAP/figure-8 Self-upporting sheath has the same onstructions as the LAP cable escribed above except that there the addition of A strand 7/1.6 or 2.0 mm, extra high strength alvanized steel is used as the tensile earing element instead of additional rength member. A black High-Density olyethylene (HDPE) sheath connects e cable core to the steel messenger ire via an integral web.

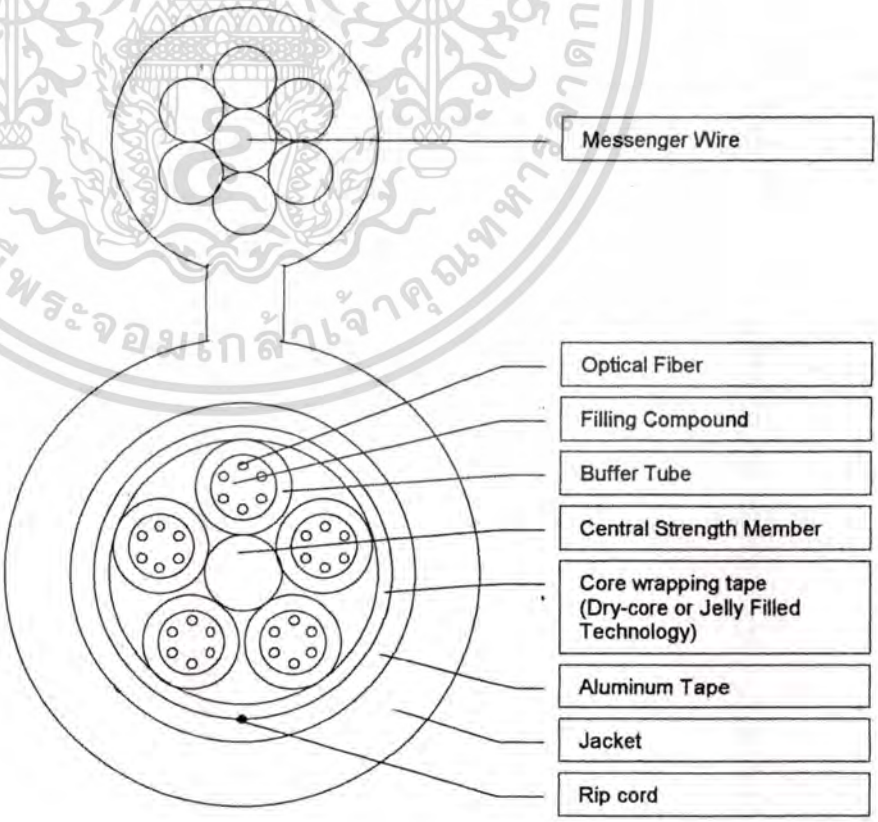



Fig.4

Not to scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

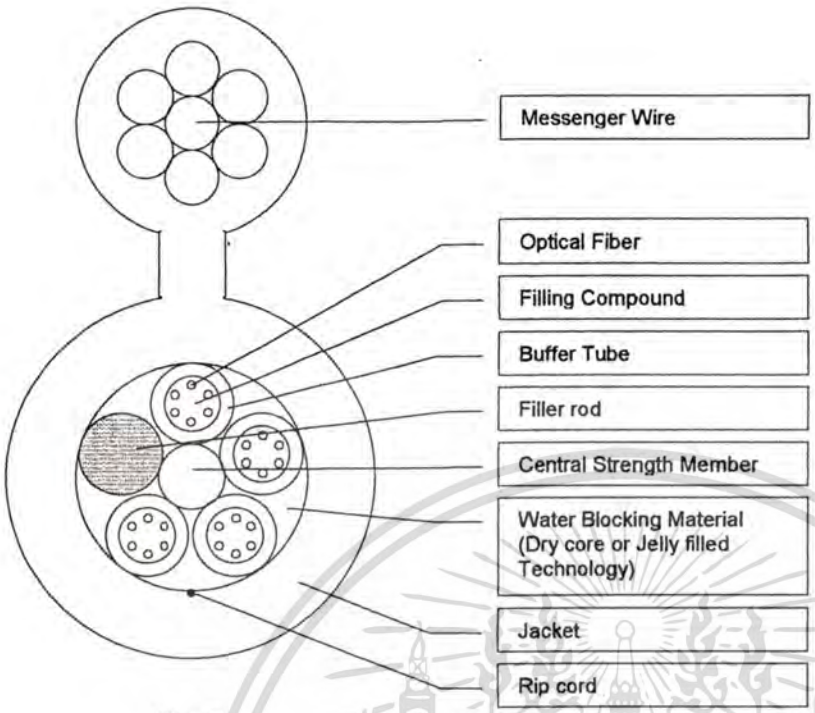



Fig.5

## Single Jacket, Self-Supporting, Aerial Loose Tube Cable (Figure-8, Self-supporting sheath)

The figure-8 Self-supporting sheath is shown in Fig. 5. A strand 7/1.6 or 7/2.0 mm, extra high strength galvanized steel is used as the tensile bearing element. The strand is flooded with a polymer compound for corrosion protection and adhesion to the jacket. A black High-Density Polyethylene (HDPE) sheath connects the cable core to the steel messenger wire via an integral web.

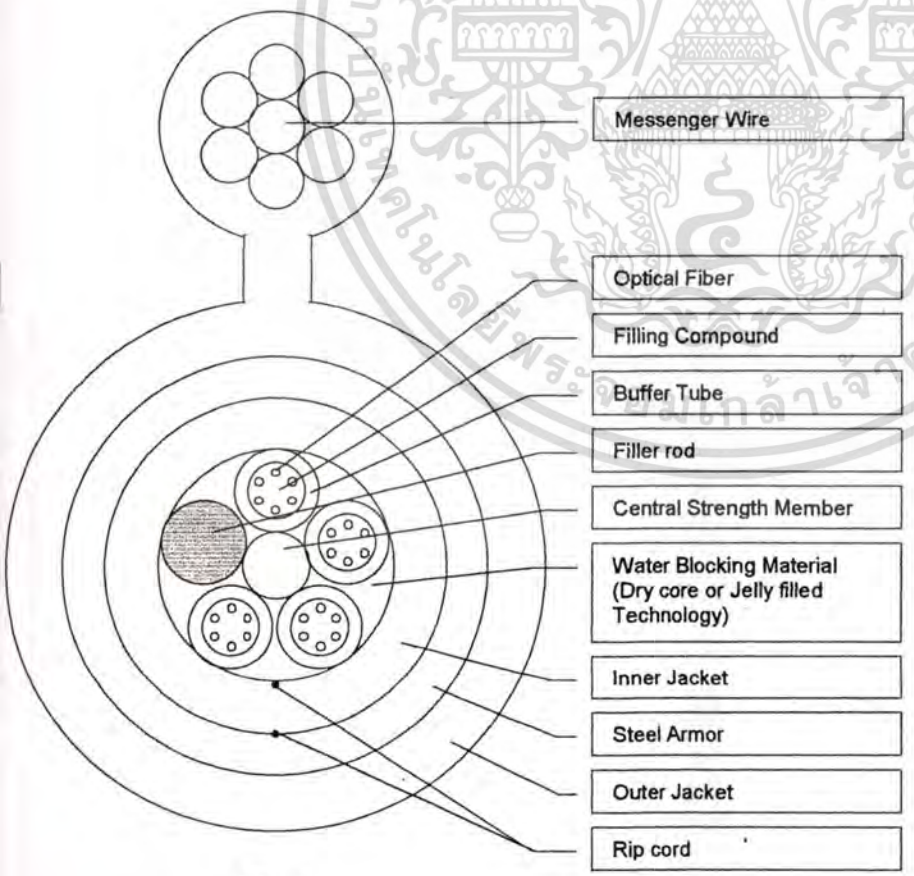



Fig.6

## Double Jacket, Single Armor, Self-supporting, Aerial Loose Tube Cable (Armored Figure-8, Self-supporting sheath)

The armored Figure-8 is the same as the above design described with the addition of an armor/PE sheath (See Fig. 6) The armor is a corrugated tape of 0.15 mm. electrolytic chrome coated steel (ECCS). The electrically continuous metal shield is coated to bond to the outer jacket and is formed to enclose the core tube completely with an overlap. Over the shield is a black High-Density polyethylene (HDPE) outer jacket. An integral outer jacket and web, of HDPE, covers the fiber optic cable and the supporting wire strand, connecting the two members.

Not to scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ingle/Double Jacket, All-ielectric Self-supporting ADSS) Aerial Loose Tube able

The construction of the ielectric Circular Self-Supporting heath is shown in Fig.7 The Strength lements are stranded about the core r inner jacket to provide the cable ith tensile strength. An outer PE heath is extruded about the aramid trength elements. A standard HDPE heath is utilized for aerial application electric field that is less than 12 kV. erial Cable installed on transmission etworks may be susceptible to a henomenon known as dry band rching where field potentials at the able attachment points exceed 12 V. For applications where the space otentials are expected to exceed 12 V but remains below 25kV, an ptional tracking resistant jacket can e offered.

The number of additional trength member and layer of sheath re dependent on several factor ncluding the weight of the cable, the pan length, the specified cable sag, oading conditions, etc. Therefore, we lesign each of its ADSS cable to nsure the customer requirements are net. Additionally, sag and tension ables are generated and can be upplied to the customer for the offered able design.

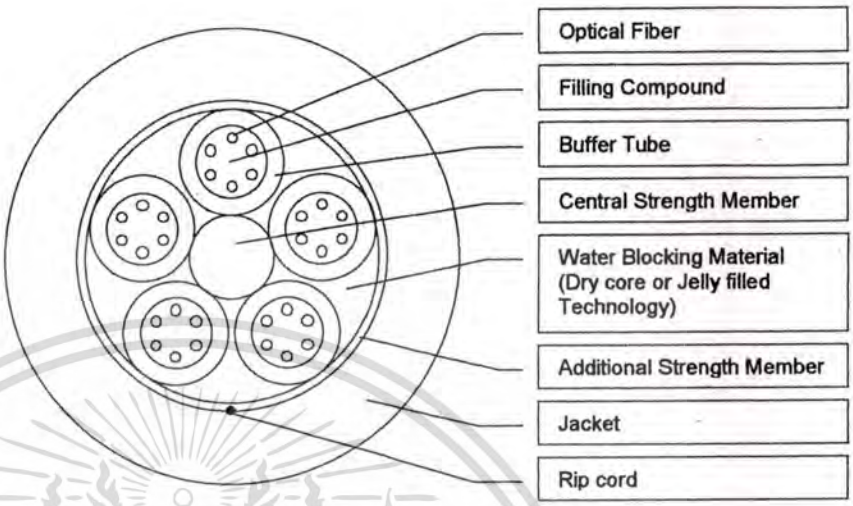



Fig.7

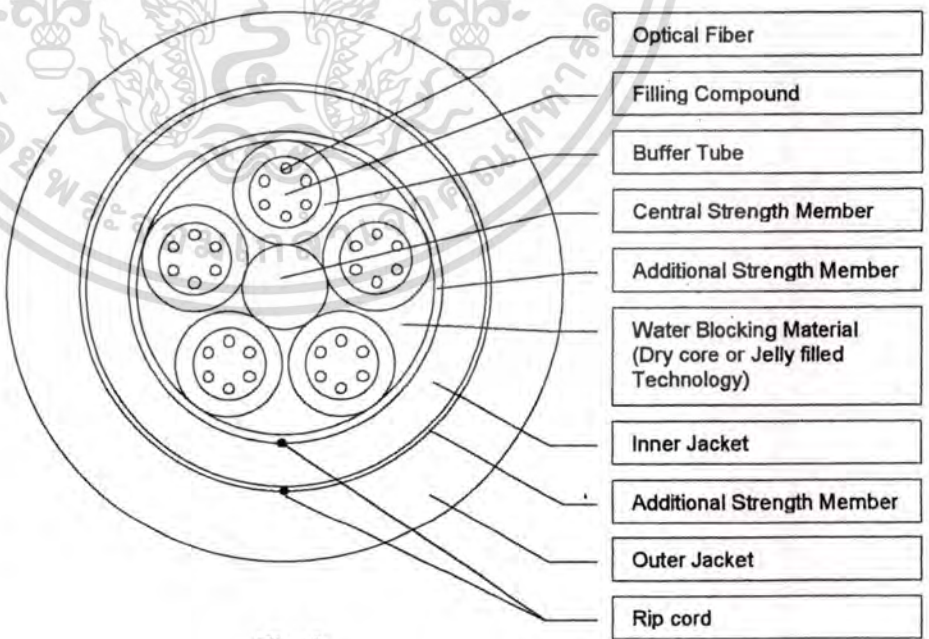



Fig.8

Not to scale

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# MECHANICAL & ENVIRONMENT CHARACTERISTICS

1 Water Penetration Test

No fluid leakage through the open cable end after 1 hour.

EIA-455-82B
Fluid Pressure; 1m static head or equivalent pressure.
Test sample ; 3m
Duration ; 1 hour

2 Impact Test

Maximum attenuation change ≤ 0.10 dB at 1550 nm.
No cable jacket cracking or splitting.

EIA-455-25B
Starting Energy; depend on cable diameter, per Table 1 EIA/TIA-455-25B
Number Impact;25
Test sample; Approx. 20m

3 Tensile Performance Test

Maximum attenuation change ≤ 0.10 dB at 1550 nm at rated tensile load.

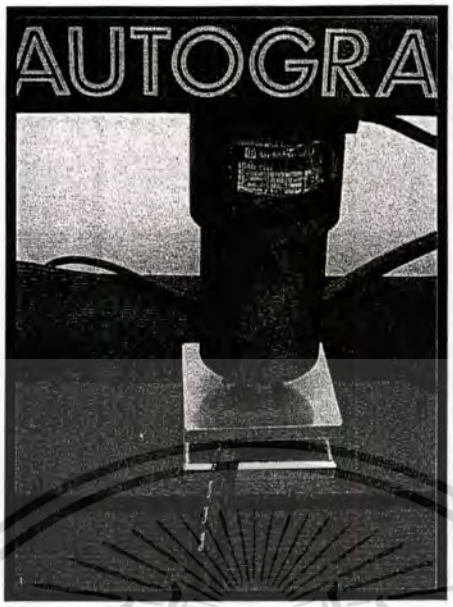
IEC-60794-1-E1
Test sample;25m Minimum
Sheave Dia.;480mm(Universal)
Load; maximum rated tensile load

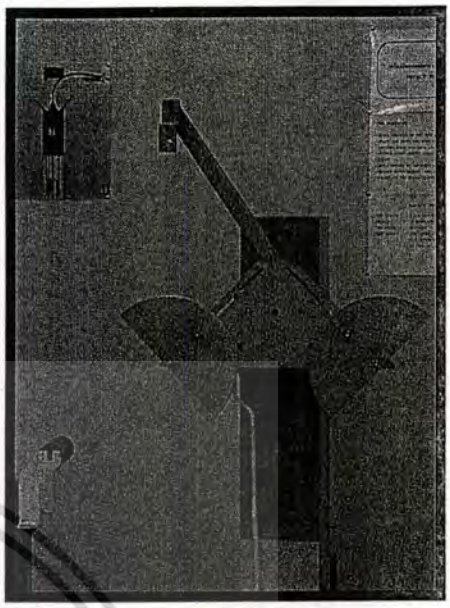
4 Torsion Test

Maximum attenuation change ≤ 0.10 dB at 1550nm. No cable jacket cracking or splitting.

EIA-455-85A
Test sample; 2m Maximum
Load; per table 2, EIA-455-85A
Rotation; ±180 degree, 10 cycles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**5** Temperature Cycling Test

Max. Attenuation change
≤ 0.10 dB/km at 1550 nm
at operating temp.

EIA-455-3A
Time at Temp. ; At least 16hr. Each Temp.
Temp. Range ;-10 ℃ ( ± 2 ℃ )Minimum
+70 ℃ ( ± 2 ℃ )Maximum
Number of Cycles; Not less than 1 cycle

**6** Compression Test

Maximum attenuation change
≤ 0.10 dB at 1550 nm.

EIA-455-41A
Load ;2200N(220N/cm) non-armored
4400N(440N/cm) armored
Duration; 10 minutes
Test sample ; Approx.20m

**7** Repeated Bending Test

Maximum attenuation change
≤ 0.10 dB at 1550 nm.
No jacket cracking or splitting.

EIA-455-104A
Sheave Dia.; 20X cable dia.
Number Cycles ; 25
Load; per Table 2, EIA-455-104A
Test sample; Approx. 20m

## TIA/EIA-598-A, Standard color code for fiber and loose tube identification

| No. | Identifications | No. | Identifications |
|---|---|---|---|
| 1 | Blue | 7 | Red |
| 2 | Orange | 8 | Black |
| 3 | Green | 9 | Yellow |
| 4 | Brown | 10 | Violet |
| 5 | Slate | 11 | Rose |
| 6 | White | 12 | Aqua |

**Notes :** The buffer tubes are color-coded the same as the fibers as described above. For the cables that require more than 12 buffer tubes (2nd layers, >144 fibers), The color code is repeated again. Unless otherwise requested by the customer, all cable jackets are black.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FEATURES & ADVANTAGES

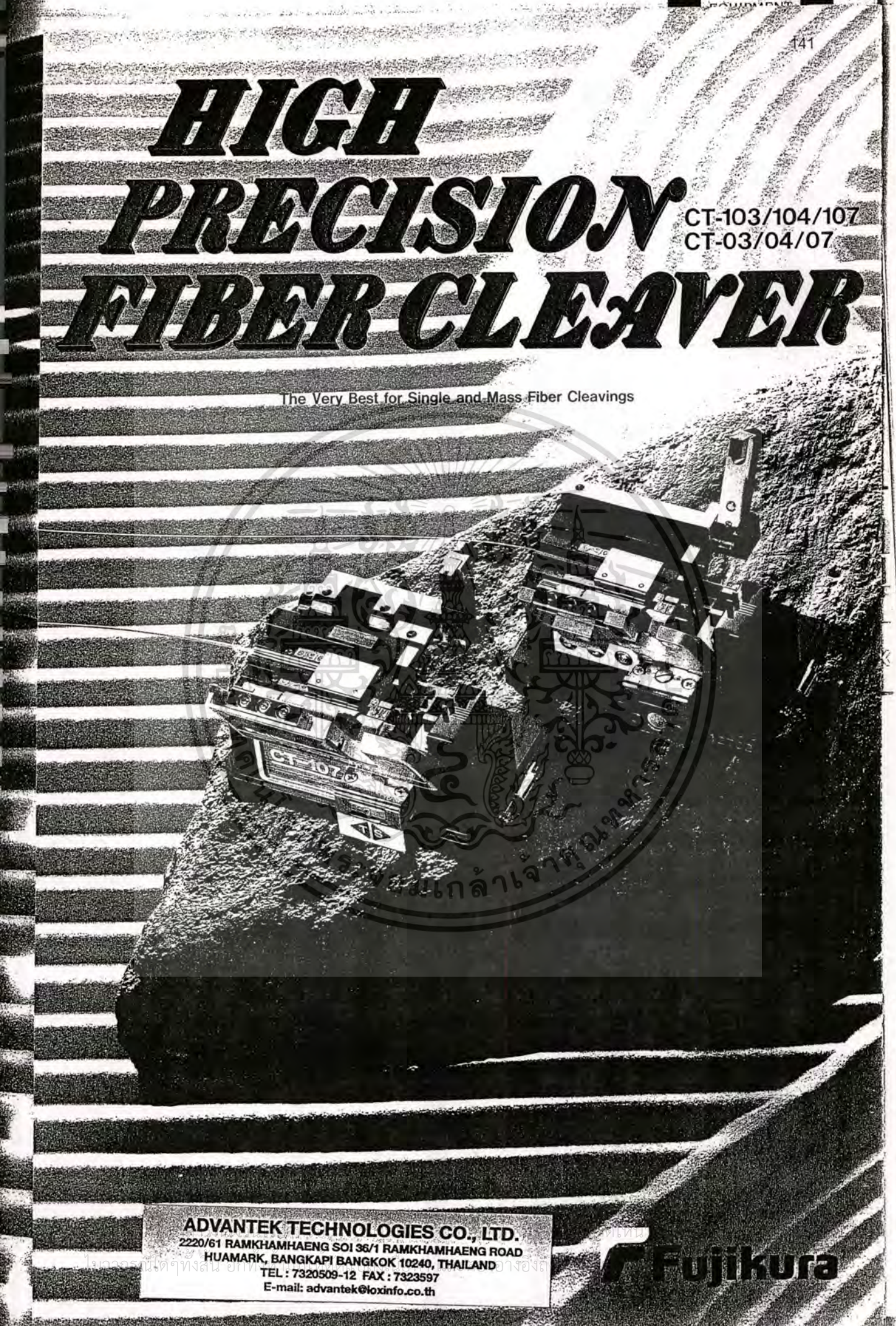
- Fiber count available up to 216, offering greater capacity and using less space.
- Small minimum bend radius of 15 x cable outer diameter during installation and 10 x cable outer diameter post-installation, excellent for confined space installations.
- Full range of cable construction to provide the strength and protections needed for duct, buried, aerial, outdoor/indoor and indoor application.
- Dry Core or Flooded water blocking technologies available.
- ROL buffer tube stranding technique permits quick and easy mid-span fiber access.
- Ripcords for fast sheath removal.
- Flame-retardant for indoor or outdoor/ indoor installations.
- Full range of cable construction to provide the strength and protection needed for duct, buried, aerial, and outdoor/indoor application.
- Generic cable is available in 2700 N (600lb) rated pulling tensions to enable long pulls without concern for fiber damage. (Tensile Loading for Figure-8 8,000 N)
- Abrasion-resistant outer PE jacket.
- Nylon Jacket for Rodent Resistance.
- Plastic coated Aluminum Tape on both sides encases cable core and provides additional moisture barrier.
- Corrugated Steel Armor for Rodent Proof and additional protection in buried or overhead installation.
- 5 Position structure, Smaller, Lighter and more economical.
- Color stripes run longitudinally along the outer sheath is available upon request.
- UV-resistant, Water-resistant and Fungus-Resistant.
- Each design fully qualified in accordance with applicable EIA/TIA, IEC, ASTM and ITU standards.
- ISO 9002 and TIS/ISO9002 (Thai Industrial Standard) manufacturer, assuring maximum cable performance and long-term reliability.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# HIGH PRECISION FIBER CLEAVER

CT-103/104/107
CT-03/04/07

The Very Best for Single and Mass Fiber Cleavings




ADVANTEK TECHNOLOGIES CO., LTD.
2220/61 RAMKHAMHAENG SOI 36/1 RAMKHAMHAENG ROAD
HUAMARK, BANGKAPI BANGKOK 10240, THAILAND
TEL : 7320509-12 FAX : 7323597
E-mail: advantek@loxinfo.co.th

Fujikura

# Specifications Other than a complete cleaver, just an adapter plate or a cleaver base is also available.

## (1) Complete High Precision Fiber Cleaver

| Cleaver Model No. (Adapter Plate and Cleaver Base) | Conventional Complete Cleaver | | | Enhanced Complete Cleaver | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CT-03 | CT-04 | CT-07 | CT-103 | CT-104 | CT-107 |
| Adapter Plate Model No. | AD-03 | AD-04 | AD-07 | AD-03 | AD-04 | AD-07 |
| Cleaver Base Model No. | CT-04B | | | CT-100B | | |

## (2) Adapter Plate only

| Adapter Plate Model No. | AD-03 | AD-04 | AD-07 | | AD-03 | AD-04 | AD-07 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Guide A | Guide B | | | Guide A | Guide B |
| Cleaved Length (mm) | 16 | 6-16 | 6-20 | 10-20 | 16 | 6-16 | 6-20 | 10-20 |
| Fiber Coating Diameter (mm) | 0.25-0.9 | 0.25 | 0.25 | 0.9 | 0.25-0.9 | 0.25 | 0.25 | 0.9 |
| Cladding Diameter (microns) | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 | 125 |

## (3) Cleaver Base only

| Cleaver Base Model No. | Conventional Base CT-04B | Enhanced Base CT-100B |
|---|---|---|
| Applicable Fiber Cladding Material | Conventional silica | Titanium (Ti) doped silica as well as conventional silica |
| No. of Scriber Blade's Height Positions | 1<br>Only one for silica cladding | 2 (Switchable)<br>"T" and "S" positions for Ti doped silica and conventional silica claddings respectively |
| No. of Scriber Blade's Rotational Positions | 12 | 12 |
| No. of Cleavings per Position | 1,000 | 1,000 |
| Total No. of Cleavings per Blade | 12,000 | 12,000 |
| Anvil Movement | Tilte | Ideal linear up and down |
| No. of Fibers to be Cleaved (ditto but for use with mass fiber fusion splicer) | 1 with AD-03, AD-04 or AD-07<br>(1-12 when used with optional respective Fiber Holders hereafter) | 1 with AD-03, AD-04 or AD-07<br>(1-12 when used with optional respective Fiber Holders hereafter) |
| Dimensions (mm/inch) | 90×55×55 / 3.5×2.2×2.2 | 90×55×55 / 3.5×2.2×2.2 |
| Weight (kg/ℓb) | 0.5 / 1.1 | 0.5 / 1.1 |

## Fiber Holder for Cleaving as Well as Stripping and Splicing Used with Mass Fiber Fusion Splicer

Fiber Holder for Encapsulated Fiber Ribbons

Ex.

| Fiber Holder Model | FH-2 | FH-4 | FH-6 | FH-8 | FH-10 |
|---|---|---|---|---|---|
| Fiber Count | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Cleaved Length (mm) | 10 | | | | |

Fiber Holder for Single 250μm OD Fiber

Ex.

| Fiber Holder Model | FH-250 |
|---|---|
| Fiber Count | 1 |
| Cleaved Length (mm) | 10 |

Fiber Holder for Both Edge-Bonded Fiber Ribbons and Bundle Fibers

Ex.

Ex.

| Fiber Holder Model | FH-2 | FH-4 | FH-6 | FH-8 | FH-10 | FH-12 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Fiber Count | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
| Cleaved Length (mm) | 10 | | | | | |

Except for the model FH-900, all the other models are designed for 250μm OD UV cured acrylate coated fibers irrespective of the configuration.

Fiber Holder for Single 900μm OD Fiber

Ex.

| Fiber Holder Model | FH-900 |
|---|---|
| Fiber Count | 1 |
| Cleaved Length (mm) | 10 |

**Specifications subject to change without prior notice.**


**Fujikura Ltd.**
1-5-1 Kiba, Koto-ku, Tokyo 135-8512, Japan
Phone: +81-3-5606-1843 Fax: +81-3-5606-1718 E-mail: FWD@fujikura.co.jp

**Fujikura Europe Ltd.**
C51 Barwell Business Park, Leatherhead Road, Chessington, Surrey, KT9 2NY, UK
Phone: +44(0)1372 802000 Fax: +44(0)1372 802001

**Alcoa Fujikura Ltd.** Telecommunications Division
Phone: 1-800-AFL-FIBER Fax: (864)433-5353

**Fujikura Asia Ltd.**