สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

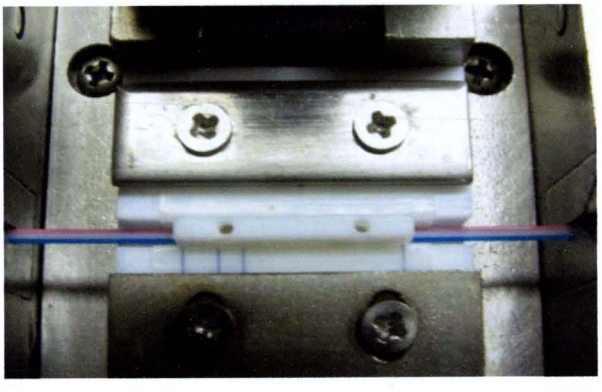
บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการลดของเสียในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ผู้วิจัยได้ดำเนินวิธีการศึกษาตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษากระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

กระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง เป็นกระบวนการหลักในการเชื่อมต่อสัญญาณแสงจากจุดหนึ่งไปยังปลายทางสัญญาณอีกด้านหนึ่ง โดยใช้ฟิลเตอร์ชนิด 1.31/1.55SWPF เป็นตัวกรองสัญญาณแสงที่ความยาวคลื่นสั้น1310 nm และ1550 nm สามารถเดินทางจากตัวกำเนิดสัญญาณแสงที่อยู่ปลายด้านหนึ่งไปยังตัวรับสัญญาณแสงที่อยู่อีกปลายด้านหนึ่ง สัญญาณแสงความยาวคลื่น1650 nm.จะสะท้อนกลับไปตรวจสอบความบกพร่องของทางเดินแสงจากตัวกำเนิดแสงที่อยู่ปลายต้นสัญญาณ โดยมีกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง เริ่มจากการม้วนใยแก้วนำแสง ปอกเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเครื่องปอก (Fiber Stripper) วางเส้นใยแก้วนำแสงลงบนฐานแท่งแก้วดังรูปที่ 3.1 อบด้วยอุณหภูมิ 143 ^{o}C 30นาที และทำการตัดแท่งแก้ว และเส้นใยแก้วนำแสงด้วยเครื่อง Micro Slicer ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 แสดงการวางตำแหน่งเส้นใยแก้วนำแสงลงบนฐานแท่งแก้ว

รูปที่ 3.2 เครื่องตัดแท่งแก้ว และใยแก้วนำแสง Micro Slicer

ทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำ RO เพื่อทำความสะอาดร่องจากการตัดไม่ให้มีเศษจากการตัดเหลืออยู่ในร่องตัด ด้วยเครื่องอัลตราโซนิค (Ultrasonic Tank) ยี่ห้อ Sharp ความถี่คลื่น48 kHz ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดงเครื่อง Ultrasonic Tank

การสอดแผ่นฟิลเตอร์นั้นจะต้องสอดลงในร่องการตัดด้วยความลึกที่ผ่านเครื่องตัด (Micro Slicer Machine) มาก่อนหน้านี้ และอบด้วยอุณหภูมิ 80^{o}C 3ชั่วโมง (Epotek Technology, Inc, 2012) ด้วยเตาอบอุณหภูมิคงที่ (Constant Temperature Oven; Yamato) ทำการการประกอบชิ้นงานลงฐานของชิ้นงานเพื่อเป็นการป้องกันแผ่นฟิลเตอร์ และชิ้นงานไม่ให้กระทบกระเทือน โดยใช้กาวเป็นตัวยึด (Stycast 2057 & Catalyst #9) อบด้วยอุณหภูมิ 65 ^{o}C 5 ชั่วโมงด้วยเตาอบอุณหภูมิคงที่ (Constant Temperature Oven; Yamato) หลังจากนั้นเป็นกระบวนการตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงข้าเข้าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของอณหภูมิ (Temperature Cycling Test) ตามเงื่อนไขของอุณหภูมิ ((-10) – 60 องศาเซลเซียส) ค่าการเปลี่ยนแปลงของแสงเมื่อมีการเปลี่ยน

อุณหภูมิต้องต่างกันไม่เกิน $\pm$0.15 dB ด้วยระบบวัด TDL Measurement System Program หลังจากนั้นตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss Inspection) ในช่วงความยาวคลื่น 1310, 1550 และ 1650 ค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับที่ควบคุมคุณภาพดี ดังตารางที่ 3-1

ตาราง 3-1 ค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss Specification)

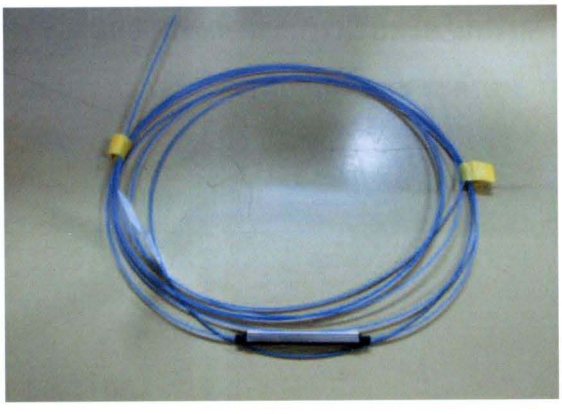
ค่าการสูญเสียของแสง (dB)	ความยาวคลื่น(nm)		
สะท้อนกลับ (RL)	1310	1550	1650
	>40	>40	>35

ตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงขาเข้า (Insertion Loss Inspection) ของแสงในช่วงความยาวคลื่น 1310, 1550 และ1650 nm เพื่อทำการตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงในระบบการส่งสัญญาณขาเข้า ค่าการสูญเสียขาเข้าที่ควบคุมคุณภาพดี ดังตารางที่ 3-2

ตาราง 3-2 ค่าการสูญเสียของแสงขาเข้า (Insertion Loss Specification)

ค่าการสูญเสียของแสง (dB)	ความยาวคลื่น(nm)		
ขาเข้า (IL)	1310	1550	1650
	<0.8	<0.8	>53

ขั้นตอนสุดท้าย ตรวจสอบสภาพภายนอกของชิ้นงาน และความยาวให้ได้ตามความต้องการของลูกค้าดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงชิ้นงานหลังการตรวจสอบสภาพภายนอก

3.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการสูญเสียสะท้อนกลับ (Return Loss)

จากการศึกษากระบวนการประกอบฟิลเตอร์ พบว่าคุณภาพของการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมต่อใยแก้วนำแสงนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยด้วยกัน ซึ่งปัจจัยที่ผู้วิจัยให้ความสนใจมีทั้งหมด 4 ปัจจัยหลักได้แก่

1. ความลึกของการตัด (Depth of Cutting)
2. อัตราการป้อนของแกนZ (Z-Feed)
3. ความเร็วรอบของใบมีดของการเครื่องตัด Micro Slicer (Spindle)
4. การปรับตำแหน่งฟิลเตอร์ (Filter Adjust)

โดยปัจจัยทั้ง 4 ปัจจัยนี้แต่ละปัจจัยจะประกอบด้วยระดับต่ำ (-) และ สูง (+) กำหนดปัจจัย ระดับ ขอบเขตและ สัญลักษณ์แสดงดังตารางที่ 3-3 ค่าปัจจัยและ ระดับของปัจจัยที่แสดงได้มาจากค่าในการปรับจริงในกระบวนการผลิตซึ่งให้ค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับที่ดีที่สุด ช่วงความยาวคลื่น 1650 nm. ต้องมีค่าที่สูงจึงจะสามารถสะท้อนกลับไปตรวจสอบระบบการส่งสัญญาณแสงได้ดียิ่งขึ้น โดยระดับความลึกของเครื่องตัด (Depth of Cutting) ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ ระดับต่ำ (-) และ สูง (+) ความลึกต่ำสุด 250 μm ตามความสูงของร่อง V Groove ของแท่งแก้ว แผ่นฟิลเตอร์สามารถสอดลงผ่านใยแก้วนำแสงได้ ความลึกสูงสุดต้องไม่เกินครึ่งของความลึกของแท่งแก้ว จะทำให้แท่งแก้วแตกหักได้อยู่ที่ระดับความลึก 350 μm อัตราการป้อนของแกน Z (Z-Feed) ของเครื่องตัด Micro Slicer ประกอบด้วย 2 ระดับ คือระดับต่ำ (-) และ สูง (+) อัตราการป้อนของแกน Z จำกัดอยู่ในช่วง 0.2-1.1 mm/min ดังนั้นจึงกำหนดอัตราการป้อนของแกน Z ต่ำสุดที่ 0.2 mm/min และ ระดับสูงอัตราการป้อนของแกน Z อยู่ที่ 1.1 mm/min ความเร็วรอบของใบมีด (Spindle) ประกอบด้วย 2 ระดับ คือระดับต่ำ (-) ความเร็วรอบของใบมีดต่ำสุด 10000 rpm และ ระดับสูง (+) ความเร็วรอบของใบมีดสูงสุด 20000 rpm เนื่องจากความเร็วรอบของเครื่องตัดสูงสุดสามารถตั้งค่าได้ 20000 rpm และการปรับหรือไม่ปรับตำแหน่งฟิลเตอร์ (Filter Adjust) คือระดับต่ำ (-) ไม่มีการปรับตำแหน่งฟิลเตอร์ และ ระดับสูง (+) มีการปรับตำแหน่งฟิลเตอร์

ตาราง 3-3 ปัจจัย ระดับขอบเขต และสัญลักษณ์ในการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

ปัจจัย/หน่วย	ระดับ		สัญลักษณ์
	ต่ำ(-1)	สูง(+1)	
ค่าความลึกของการตัด (Depth of Cutting)	250	350	Depth
อัตราการป้อนของแกน Z (Z-Feed)	0.2	1.1	Z-Feed
ความเร็วรอบของใบมีด (Spindle)	10000	20000	Spindle
การปรับตำแหน่งฟิลเตอร์ (Filter Adjust)	No	Yes	Filter Adjust

3.3 การออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล Full Factorial Design (2^k)

ทำการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคทอเรียล (Full Factorial Design) เพื่อทำการคัดกรองตัวแปรและทำการหาค่าที่ดีที่สุดในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงโดยทำการออกแบบการทดลองปัจจัย 4 ปัจจัย 2 ระดับ โดยทำการทดลองซ้ำ 1 ครั้ง ได้จำนวนการทดลองทั้งหมด 16 การทดลองดังตารางที่ 3-4

ตาราง 3-4 ตารางออกแบบการทดลองในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

ลำดับที่	ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา				ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (dB.)
	Depth (um)	Z-Feed (mm/min)	Spindle (rpm)	Filter Adjust	
1	250	0.2	10000	Yes	
2	250	0.2	10000	No	
3	250	0.2	20000	Yes	
4	250	0.2	20000	No	
5	250	1.1	10000	Yes	
6	250	1.1	10000	No	
7	250	1.1	20000	Yes	
8	250	1.1	20000	No	
9	350	0.2	10000	Yes	
10	350	0.2	10000	No	

ตาราง 3-4 ตารางออกแบบการทดลองในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง (ต่อ)

ลำดับที่	ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา				ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (dB.)
	Depth (um)	Z-Feed (mm/min)	Spindle (rpm)	Filter Adjust	
11	350	0.2	20000	Yes	
12	350	0.2	20000	No	
13	350	1.1	10000	Yes	
14	350	1.1	10000	No	
15	350	1.1	20000	Yes	
16	350	1.1	20000	No	

นำข้อมูลที่ได้จากการบันทึกมาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab Version16 เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยสมการการถดถอย (Regression Analysis) และวิธีการหาค่าผลตอบที่เหมาะสมจากสมการถดถอย โดยทำการออกแบบการทดลอง 2 ปัจจัย 2 ระดับ ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง และทำการทดลองซ้ำที่ศูนย์กลาง (Centre point) 2 ครั้ง เพื่อค้นหาปัจจัยที่มีเหมาะสมต่อค่าการสูญเสียสะท้อนกลับดังตารางที่ 3-5

ตาราง 3-5 ตารางออกแบบการทดลองแบบจำลองสมการถดถอย (Regression Model) ในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

ลำดับที่	ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา		ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (dB.)
	Depth	Filter Adjust	
1	350	Yes	
2	250	Yes	
3	250	No	
4	350	No	
5	350	No	
6	300	No	
7	250	No	
8	250	Yes	

ตาราง 3-5 ตารางออกแบบการทดลองแบบจำลองสมการถดถอย (Regression Model) ในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง (ต่อ)

ลำดับที่	ระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา		ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (dB.)
	Depth	Filter Adjust	
9	250	Yes	
10	350	Yes	
11	250	No	
12	300	Yes	
13	350	No	
14	300	No	
15	350	Yes	
16	300	Yes	

จากตารางที่ 3-5 หาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละปัจจัยที่มีผลต่อค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้า (Splicer Machine) ยี่ห้อFujikura รุ่น FS-50 จากสมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาค่าที่เหมาะสมของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับที่ความยาวคลื่น 1650 nm

3.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ผลตอบ

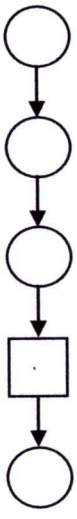
ทำการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ผลตอบ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมจำลองค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสำท้อนกลับของกระบวนประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง และประยุกต์ใช้หลักการของ Regression Analysis

$$y_1 = f(x_1, x_2, x_3) \qquad (3.1)$$

3.5 การศึกษาวิธีการตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ

ศึกษาการระบบการวัดค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss Measurement System) ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ทั้งหมด การใช้งานจะสั่งผ่านโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีขั้นตอนการตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับดังรูปที่ 3.5 ด้วยการเชื่อมใยแก้วนำแสงดังรูปที่ 3.6 และโปรแกรมพร้อมเครื่องมือวัดดังรูปที่ 3.7

กระบวนการตรวจสอบค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ



เชื่อมต่อชิ้นงานกับ Master Cord ของระบบการวัดด้วยเครื่อง Splicer

ม้วนเส้นใยแก้วนำแสงด้วยแท่งเหล็ก 10 รอบ

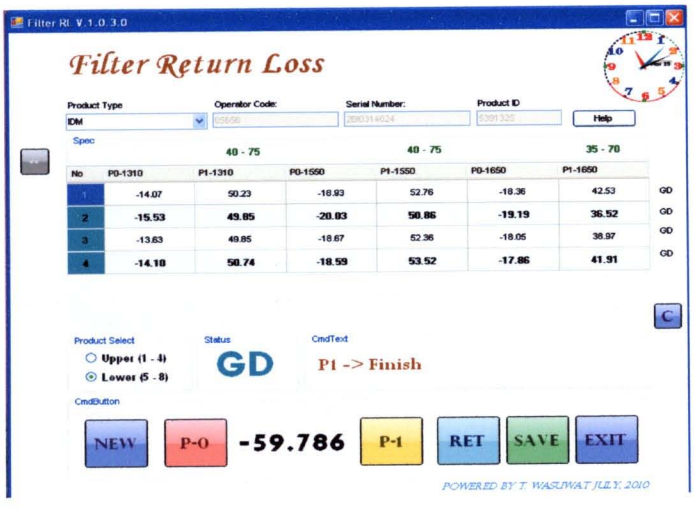
เปิดโปรแกรม ยิงหมายเลขของชิ้นงาน

วัดค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ
ตรวจสอบให้ได้ค่า RL ตามที่ควบคุม

บันทึกค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับใน Data Base

รูปที่ 3.5 กระบวนการไหลของระบบการวัดค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ

รูปที่ 3.6 แสดงการเชื่อมต่อมาสเตอร์คอร์ด (Master Cord) กับชิ้นงานก่อนการวัดค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับด้วยเครื่องเชื่อมแก้ว (Splicer Machine)



รูปที่ 3.7 แสดงโปรแกรมการวัดค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss Measurement Program)

3.6 การประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงจากเงื่อนไขค่าที่เหมาะสมของแต่ละแบบจำลอง

เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย จากแบบจำลองของโปรแกรมจำลองกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงจากนั้นทำการแปลงค่าให้เหมาะสมกับการใช้งานจริงด้วยสมการความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของโปรแกรมจำลองกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง และปัจจัยของเครื่องตัดแท่งแก้ว (Micro Slicer Machine) แล้วนำไปทำการทดลองในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงอีกครั้ง โดยการเปลี่ยนแปลงปัจจัยนำเข้าให้เป็นไปตามค่าที่เหมาะสมนั้น เพื่อยืนยันผลการทดสอบที่ได้ว่าแบบจำลองของโปรแกรมจำลองมีความเหมาะสมที่สามารถค้นหาค่าที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย และสามารถนำไปใช้เพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงได้

3.7 สรุปและเปรียบเทียบผลการทดลอง

ขั้นตอนนี้เป็นการสรุปเปรียบเทียบผลการทดลอง และผลการวิเคราะห์จากขั้นตอนต่างๆ ทั้งหมดที่ได้จากการประยุกต์ใช้ปัจจัยทั้ง 4 ที่ได้ปรับปรุงเพื่อหาค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับที่เหมาะสมที่สุด ประเมินผลการปรับปรุงการทำงาน โดยการเก็บข้อมูลความสามารถในกระบวนการผลิต (Cp) ผลที่ได้จากกระบวนผลิต (Yield) และค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss) ที่ดีขึ้นในระยะเวลา 3 เดือน และสรุปผลการทดลอง