



250869

การลดของเสียในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

จินดารัตน์ ทาสิ่งคำ

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กุมภาพันธ์ 2555



การลดของเสียในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

จินดารัตน์ ทาสิ่งคำ

การค้นคว้าแบบอิสระนี้เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัยเพื่อเป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
กุมภาพันธ์ 2555

การลดของเสียในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง

จินดารัตน์ ทาสิ่งคำ

การค้นคว้าแบบอิสระนี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าแบบอิสระ

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ

.....ประธานกรรมการ

.....

ผศ.ดร.วิเศษชัย วรรณัจฉกริยา

ผศ.ดร.อรรถพล สมุทรคุปต์

.....กรรมการ

ผศ.ดร.อรรถพล สมุทรคุปต์

.....กรรมการ

รศ.ดร.นิเวศ เจริญใจ

.....กรรมการ

นาย กอบกิจ อิศรชีวะวัฒน์

13 กุมภาพันธ์ 2555

© ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าแบบอิสระนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจาก อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ ผศ.ดร.อรรถพล สมุทรคุปต์ ผู้ซึ่งมอบความรู้ คำปรึกษาและให้ความอนุเคราะห์ในทุกๆ ด้าน ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนการค้นคว้าแบบอิสระเล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.วัสนัย วรธนะจรรย์ชา ผศ.ดร.นิวิท เจริญใจ และนายกอบกิจ อิศรชีวะวัฒน์ ที่ได้กรุณารับเป็นกรรมการสอบการค้นคว้าแบบอิสระ และให้คำแนะนำสำหรับการค้นคว้าแบบอิสระเล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณทีมงานวิศวกร และพนักงานบริษัทฟูจิอุระประเทศไทย จำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการทำการทดลอง และทดสอบ รวมไปถึงการอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ จนทำให้งานวิจัยนี้ลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายที่สุดนี้ หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ และผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าแบบอิสระนี้คงมีประโยชน์สำหรับงานที่เกี่ยวข้องของตลอดจนผู้ที่ศึกษาต่อไป

จินดารัตน์ ทาสิงห์คำ

ชื่อเรื่องการค้นคว้าแบบอิสระ	การลดของเสียในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง
ผู้เขียน	นางสาวจินดารัตน์ ทาสิงห์คำ
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมอุตสาหการ)
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าแบบอิสระ	ผศ.ดร.อรรถพล สมุทรคุปต์

บทคัดย่อ

250669

อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์นับได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศไทยโดยในแต่ละปี ยอดการผลิตและยอดการส่งออกอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในการผลิตแต่ละปีจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบจำนวนมาก หากมีการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมย่อมจะส่งผลดีให้กับประเทศอย่างมาก ทั้งในด้านการลดมลภาวะจากการผลิตของเสียในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ทั้งการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิต เพื่อให้ใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากขึ้น งานค้นคว้าอิสระนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการลดของเสียในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment) ทั้งการออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟกทอเรียล (Full Factorial Design (2^k)) เพื่อทำการคัดกรองปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับเส้นใยแก้วนำแสง โดยปัจจัยที่มีผลต่อค่ากระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง มี 4 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบแกนหมุน (Spindle) อัตราการป้อนแกน Z (Z-Feed) ความลึก (Depth) และการปรับตำแหน่งฟิลเตอร์ (Filter Position Adjustment) จากนั้นทำการหาค่าที่ดีที่สุดในการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับเส้นใยแก้วนำแสง (Parameter Optimization) โดยการออกแบบการทดลองจำลองสมการถดถอย (Regression Model) ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ด้วยการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดโดยวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) พบว่าการปรับปรุงกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับเส้นใยแก้วนำแสงมีค่าความเร็วรอบแกนหมุน (Spindle) 20000 rpm อัตราการป้อนแกน Z (Z-Feed) 1.1 mm/min ความลึก (Depth) 350 μ m และมีการปรับตำแหน่งฟิลเตอร์ (Filter

250669

Position Adjustment) ทำให้ได้ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับเหมาะสมที่สุด 47.81 dB. ความสามารถของกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง (Cpk) เพิ่มขึ้นจาก 0.89 เป็น 1.88 และผลผลิตสุทธิที่ได้จากกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง เพิ่มขึ้น จาก 86.04% เป็น 97.73%

Independent Study Title	Defect Reduction of Filter Assembly Process Connect to Optic Fiber
Author	Ms. Jindarat Thasingkham
Degree	Master of Engineering (Industrial Engineering)
Independent Study Advisor	Asst. Prof. Dr. Uttapol Smutkupt

ABSTRACT

250669

Electronic industry is considered as one of the major industrial in Thailand. Each year the number of part produced and exported is increased. In the production, there are a lot of raw materials using for manufacturing. If the Design of Experiment technique is used for manufacturing process, it can help to reduce industrial waste and improve process efficiency. This technique helps manufacturer to use resources more efficiently. As a result, this independent studying is tried to reduce defect in the Optical Filter-Embedded manufacturing by using Design of Experiment knowledge. The Full Factorial design (2^k) is used for determining factor corresponding with Optical Filter-Embedded assembly. There are 4 factors concerned with Optical Filter-Embedded assembly; Spindle speed, Z-Axis feeding speed, Depth of cutting and Filter position adjustment. Finally, the best condition for Optical Filter Embedded assembly from a regression model is founded. The result parameters for Optical Filter-Embedded assembly are 20000 rpm of Spindle speed, 1.1 mm/minute for Z-Axis feeding speed, 350 μm for Cutting Depth and the need of filter position adjustment. These specified parameters can result in the Return loss at 47.81 dB. This result make the process capability (Cpk) of the Optical Filter-Embedded manufacturing increase from 0.89 to 1.88 and the output of this process increase from 86.04% to 97.73%.

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหางานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.4 แผนการดำเนินการค้นคว้าแบบอิสระ	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 การออกแบบการทดลอง	7
2.2 การออกแบบเศษส่วนเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ (Fractional Factorial Design)	7
2.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k (Factorial Design)	9
2.4 แฟคชันนอลแฟคทอเรียล Fractional Factorial แบบ 2^{k-1} Design	10
2.5 แฟคชันนอล (Fractional Factorial) แบบ 2^{k-p} Design	14
2.6 การออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design; CCD)	15
2.7 การออกแบบพื้นผิวผลตอบ (Response Surface Design)	18
2.8 แบบจำลองการถดถอย (Regression Model)	20

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)	
2.9 แบบจำลองการทดลองสำหรับการออกแบบส่วนประสมกลาง (Central Composite Design)	20
2.10 การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis)	21
2.11 พื้นผิวผลตอบ (Response Surface Methodology; RSM)	22
2.12 กระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	27
2.13 การควบคุมกระบวนการด้วยวิธีการทางสถิติ (Statistical Process Control; SPC)	30
2.14 การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	37
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	
3.1 ศึกษาการกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	41
3.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการสูญเสียสะท้อนกลับ (Return loss)	44
3.3 การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k (Factorial Design)	45
3.4 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการพยากรณ์ผลตอบ	47
3.5 การศึกษาวิธีการทดสอบค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ	47
3.6 การประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงจากเงื่อนไขค่าที่เหมาะสม ของแต่ละแบบจำลอง	49
3.7 สรุปเปรียบเทียบผลการทดลอง	49
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย	
4.1 การออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟกทอเรียล (Full Factorial Design; 2^k)	50
4.2 การวิเคราะห์ผลการทดลองตามแนวทางของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของการทดลองแบบฟูลแฟกทอเรียล (Full Factorial Design)	51
4.2.1 การประมาณผลกระทบจากการทดลอง (Estimate Factor Effects)	51
4.2.2 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น (Form Initial Model)	51
4.2.3 การทดสอบทางสถิติ (Perform Statistical Testing)	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย (ต่อ)	
4.3 การวิเคราะห์ผลการทดลองตามแนวทางของการวิเคราะห์ความแปรปรวน ของการทดลองสมการถดถอย (Regression Analysis)	56
4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ ด้วยการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis)	57
4.5 สร้างสมการการทำนาย	58
4.6 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการ (Cp)	61
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลงานวิจัย	64
5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	72
ภาคผนวก ก	73
ภาคผนวก ข	75
ภาคผนวก ค	79
ประวัติผู้เขียน	82

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1-1 ตารางเวลาในการดำเนินงานวิจัยทั้งสิ้น 4 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2553 ถึง กุมภาพันธ์ 2554	5
2-1 อัตรส่วนของผลจาก Main Effects ต่อจำนวน Effects รวมทั้งหมดในการทดลอง	10
2-2 การออกแบบการทดลอง 2^k แบบ 4 ปัจจัย	11
2-3 ตารางแสดงตัวแปรหลัก (Main Effects) และความสัมพันธ์ร่วมกันของปัจจัย (Interaction) ของปัจจัย 3 Factor	11
2-4 ตารางออกแบบการทดลองแบบฟูลแฟคชันนอลแฟคทอเรียล (Full Fractional Factorial) ของ 4 ปัจจัย	12
2-5 ตารางแสดง Alias Structure ของปัจจัย 4 ปัจจัย	13
2-6 ตารางแสดงจำนวนรัน (Run) เทียบกับจำนวนปัจจัย (Factor) ของแต่ละการออกแบบการทดลอง	14
2-7 ตารางแสดงระดับ Resolution ที่เป็นไปได้ เมื่อกำหนดการ Run และ จำนวนปัจจัย	15
2-8 ค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับที่ควบคุม (Return Loss)	30
2-9 ค่าการสูญเสียของแสงขาเข้าที่ควบคุม (Insertion Loss Specification)	30
3-1 ค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss Specification)	43
3-2 ค่าการสูญเสียของแสงขาเข้า (Insertion Loss Specification)	43
3-3 ปัจจัย ระดับขอบเขต และสัญลักษณ์ในการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	45
3-4 ตารางออกแบบการทดลองในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	46
3-5 ตารางออกแบบการทดลองแบบจำลองสมการถดถอย (Regression Model) ในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	46
4-1 ตารางออกแบบการทดลองในกระบวนการเชื่อมฟิลเตอร์กับใยแก้วนำแสง	51
4-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (Return loss)	52

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
4-3 แสดงผลการออกแบบการทดลองด้วยวิธีการสมการถดถอย (Regression Analysis)	56
4-4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ ในการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง (RL)	57
4-5 ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับ ใยแก้วนำแสงที่ความยาวคลื่น 1650 nm (Return Loss)	62
5-1 แสดง Yield ของกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงเวลา 2 เดือน (เมษายน-พฤษภาคม 2555)	68
ก-1 ตารางออกแบบการทดลองในการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงที่ ความยาวคลื่น 1650 nm. (Return Loss)	73
ข-1 แสดงผลการออกแบบการทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis)	75
ข-2 วิเคราะห์ผลกระทบของปัจจัยแต่ละตัวของผลตอบค่าการสูญเสียของแสงเมื่อ สะท้อนกลับของการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับเส้นใยแก้วนำแสง	76
ค-1 ค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับในกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับ ใยแก้วนำแสงที่ความยาวคลื่น 1650 nm.	79

สารบัญภาพ

รูป	หน้า
1.1 แสดงแผนภูมิพาเรโตสำหรับเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตฟิลเตอร์	2
2.1 แสดงแบบจำลองทั่วไปของกระบวนการ	7
2.2 แสดงการออกแบบส่วนประสมกลาง สำหรับ $k=2$ และ $k=3$	20
2.3 พื้นผิวผลตอบแบบสามมิติ	23
2.4 เส้นโครงร่างของพื้นผิวผลตอบ	24
2.5 เส้นโครงร่างของพื้นผิวผลตอบแบบ First Order Model	25
2.6 เส้นโครงร่างของพื้นผิวผลตอบแบบ First Order with Interaction	25
2.7 เส้นโครงร่างของพื้นผิวผลตอบแบบ Second Order	26
2.8 เส้นโครงร่างของพื้นผิวผลตอบในลักษณะหลากหลายแบบของ Second Order	26
2.9 ลักษณะการม้วนไฟเบอร์ (Winding Process)	27
2.10 ลักษณะการบอกตำแหน่งของระยะการม้วนไฟเบอร์ (Fiber Marking)	27
2.11 การเซตไฟเบอร์ลงในร่องตัววี (V Groove)	27
2.12 การตัดไฟเบอร์ และแท่งแก้วด้วยเครื่องตัด (Micro Slicer Machine)	28
2.13 การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยเครื่องอัลตราโซนิก (Ultra Sonic Tank)	28
2.14 การสอดแผ่นฟิลเตอร์ลงในร่องจากการตัดไฟเบอร์ (Fiber) และแท่งแก้ว (Glass Groove)	29
2.15 การประกอบชิ้นงานลงฐานของชิ้นงาน	29
2.16 เงื่อนไขของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Temperature Condition)	29
2.17 แสดงแผนภูมิการไหลการควบคุมกระบวนการผลิตด้วยวิธีการทางสถิติ	31
2.18 แสดงความแปรผัน (Variation)	31
2.19 แสดงการกระจายตัวของประชากร	32
2.20 แสดงแผนภูมิที่แสดงคุณลักษณะของกระบวนการจากข้อมูล	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
2.21 แสดงฟังก์ชันควบคุมควบคุมกระบวนการ	34
3.1 แสดงการวางตำแหน่งเส้นใยแก้วนำแสงลงบนฐานแท่งแก้ว	41
3.2 เครื่องตัดแท่งแก้วและใยแก้วนำแสง Micro Slicer	42
3.3 แสดงเครื่อง Ultrasonic Tank	42
3.4 แสดงชิ้นงานหลังการตรวจสอบสภาพภายนอก	43
3.5 กระบวนการไหลของระบบการวัดค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ	48
3.6 แสดงการเชื่อมต่อ Master cord กับชิ้นงานก่อนการวัดด้วยเครื่องเชื่อมแก้ว (Splicer Machine)	48
3.7 แสดงโปรแกรมการวัดค่าการสูญเสียของแสงสะท้อนกลับ (Return Loss Measurement Program)	49
4.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับของ Filter	53
4.2 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (Return Loss)	55
4.3 ผลการวิเคราะห์แต่ละปัจจัยที่มีผลต่อค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (Return Loss)	55
4.4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (RL) ของการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	59
4.5 ผลการวิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (RL) ของการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง (Cp)	63
5.1 ระบบการวัดค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับขณะการสอดฟิลเตอร์เชื่อมกับแท่งแก้ว	66
5.2 การปรับค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับให้ได้ตามค่าที่ควบคุมขณะสอดฟิลเตอร์เชื่อมกับแท่งแก้ว	66
5.3 การอบการ Epo-Tek301-2ND บนเตาอบ	67
5.4 ความสามารถของกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง (Cp) หลังการปรับปรุง	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
ข-1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าการสูญเสียของแสงเมื่อสะท้อนกลับ (RL) ช่วงความยาวคลื่น 1650 nm ของการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสง	77
ค-1 วิเคราะห์ความสามารถของกระบวนการประกอบฟิลเตอร์เชื่อมกับใยแก้วนำแสงที่ความยาวคลื่น 1650 nm โดยโปรแกรม Minitab Version 16	80