สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบาญตาราง	ฌ
สารบาญภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มา และความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	6
1.4 วิธีดำเนินการวิจัย	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
บทที่ 2 แนวคิดทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 กระบวนการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน	9
2.1.1 การศึกษาวัสดุที่ใช้ในการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน	10
2.1.2 การศึกษากระบวนผลิตแผงวงจรแบบอ่อน ผลิตภัณฑ์ A	15
2.1.3 สายการทำสำเร็จแผงวงจรแบบอ่อน	19
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับซิกส์ซิกม่า	20
2.2.1 หลักการและกระบวนการ DMAIC	24
2.2.2 การคัดเลือกโครงการ	25
2.2.3 กำหนดเป้าหายและมาตรวัดต่างๆ	27
2.2.4 กำหนดพื้นฐาน และประโยชน์ที่จะเกิดขึ้น	28
2.2.5 การกำหนดขอบเขตโครงการ	30
2.2.6 หลักการทดสอบสมมุติฐาน	33
2.3 การออกแบบการทดลอง	34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

2.3.1 ขั้นตอนในการดำเนินการทดลอง 35
2.3.2 หลักการพื้นฐานของการออกแบบการทดลอง 36
2.3.3 สมมุติฐานทางสถิติ 37
2.3.4 การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล 38
2.4 วรรณกรรมปริทัศน์ 49

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 55
3.1 วิเคราะห์ปัญหาเบื้องต้นของการโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน 55
3.2 วิเคราะห์ปัจจัยเบื้องต้นที่มีผลต่อความโค้งงอจากกระบวนผลิตกแผงวงจรแบบอ่อนผลิตภัณฑ์ WDC 57
3.2.1 กระบวนการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน 57
3.2.2 การวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีผลต่อการโค้งงอ 60
3.3 การออกแบบการทดลองผลิตภัณฑ์ WDC 73
3.4 การวัดผลการทดลอง 76
3.5 การทดลองเพื่อยืนยันผล 78
3.6 การประเมินผล 79
3.7 สรุปผลการทดลอง 79

บทที่ 4 ผลการวิจัย และการวิเคราะห์ 78
4.1 การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งของแผงวงจรแบบอ่อน 78
4.2 การทดสอบยืนยันผลการปรับปรุงปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอ 93

บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ 96
5.1 สรุปผลการวิจัย 96
5.1.1 ผลการวิจัยกับวรรณกรรมปริทัศน์ 100
5.2 ข้อเสนอแนะ 101

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญ (ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม 102

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารควบคุมการปรับปรุงกระบวนการ 106
ภาคผนวก ข ต้นทุนในขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์วิจัย 110
ภาคผนวก ค การประเมินคะแนนสำหรับตาราง FMEA 113
ภาคผนวก ง ผลการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยโปรแกรม Minitab version 14 117

หนังสือยินยอมเปิดเผยข้อมูลเพื่อการทำวิทยานิพนธ์ 133
ประวัติผู้เขียน 134

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง **หน้า**

1.1 แสดงประมาณการแผนการผลิตในเดือน กรกฎาคม-ธันวาคม ปี 2550 6

2.1 แสดงคุณสมบัติของแผนทองแดงที่ใช้ในการผลิตแผงวงจรแบบอ่อน 12

2.2 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างอัตราของเสีย (PPM) ที่ระดับคุณภาพซิกม่าต่างๆ 22

2.3 แสดงการการกำหนดเงื่อนไขในแต่ละปัจจัยการทดลองแบบแฟคทอเรียล 38

2.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของการออกแบบ 2^k 40

2.5 แสดงเศษส่วน ½ ของการออกแบบ 2^3 ทั้งสองแบบ 43

2.6 โครงสร้างคู่แฝดแฝงของการออกแบบ 2^{6-2} IV 44

2.7 โครงสร้างคู่แฝดแฝงของการออกแบบ 2^{6-2} IV ซึ่งมี ตัวก่อกำเนิด I=ABCD และ I=BCDF 46

2.8 แสดงระดับของปัจจัยในการทดลอง 50

2.9 แสดงระดับของปัจจัยในการขึ้นรูปที่มีผลต่อทิศทางการโก่ง หรือโค้ง 53

3.1 แสดงแผนผังเหตุและผลของปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน 61

3.2 แสดงแผนผังสาเหตุและผลกระทบของปัจจัยที่มีผลต่อความโค้งงอของแผงวงจรแบบอ่อน 62

3.3 แสดงระดับของปัจจัยควบคุมทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบน 63

3.4 แสดงขบวนการย่อยของขบวนการตัดแผ่นเคลือบด้านบน 64

3.5 แสดงระดับของปัจจัยควบคุมแรงดึงในการผลิตแบบม้วน 65

3.6 แสดงขบวนการย่อยของขบวนการผลิตแบบม้วนโรงงาน ITL3 66

3.7 แสดงระดับของปัจจัยแผ่นรองรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน 67

3.8 แสดงระดับของปัจจัยแผ่นรองรับแรงกดในขบวนการเคลือบอย่างเร็ว 68

3.9 แสดงขบวนการย่อยของขบวนการเคลือบอย่างเร็ว 69

3.10 แสดงระดับของปัจจัยตำแหน่งการวางแผ่นเคลือบด้านบน 69

3.11 แสดงขบวนการย่อยในขบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบน 70

3.12 แสดงระดับของปัจจัยตำแหน่งการจับการเพื่อการตรวจสอบคุณภาพ 71

3.13 แสดงระดับของปัจจัยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ WDC 71

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
3.14 แสดงขบวนการย่อยในขบวนการติดแผ่นเคลือบด้านบน	72
3.15 แสดงชื่อและสัญลักษณ์ที่ใช้แทนปัจจัยและระดับของปัจจัยในการออกแบบการทดลอง	73
3.16 แสดงตารางการทดลอง แบบ Fractional Factorial Design 2^{7-3}	74
3.17 แสดงตารางบันทึกผลความโค้งงอ	77
4.1 แสดงโครงสร้างคู่แฝดของการออกแบบการทดลองแบบ 2^{7-3}	79
4.2 แสดงผลการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบเศษส่วน 2^{7-3} แบบสุ่มอย่างอิสระ	80
4.3 การประมาณผลกระทบและค่าสัมประสิทธิ์การทดลอง	81
4.4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองเมื่อไม่แปลงค่า	82
4.5 ผลการทดลองที่ผ่านการแปลงเรียบร้อย	85
4.6 การประมาณผลกระทบและค่าสัมประสิทธิ์การทดลองจากค่าแปลง	86
4.7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลองเมื่อแปลงค่า	87
4.8 แสดงต้นทุนการใช้แผ่นรับแรงดึงในการผลิตแบบม้วน	89
4.9 การประมาณผลกระทบที่เกิดจากปัจจัย D และ G	90
4.10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการทดลอง	90
5.1 แสดงประมาณการผลิตปี 2551 เทียบกับค่าใช้จ่ายที่ลดได้จากการปรับปรุงใช้แผ่นกระจายแรงกดในกระบวนการเคลือบอย่างเร็ว	101
5.2 แสดงประมาณการผลิตปี 2551 เทียบกับค่าใช้จ่ายที่ลดจากการปรับปรุงถาดใส่งาน	101

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

รูป **หน้า**

1.1 แสดงผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อนของบริษัทวิจัย 3
1.2 แสดงผลิตภัณฑ์เมื่อประกอบเป็นหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ 4
1.3 แสดงผลิตภัณฑ์ WDC 4
1.4 แสดงปัญหาการโค้งงอที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับคู่แข่ง 5
1.5 แสดงระยะที่ลูกค้าสามารถยอมรับได้ 5
1.6 แสดงระยะค่าเฉลี่ยความโค้งของผลิตภัณฑ์ WDC 6
2.1 แสดงเส้นลายวงจรและช่องว่างระหว่างเส้นลายวงจร 10
2.2 แสดงการผลิตแผ่นทองแดงผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน 13
2.3 แสดงการรีดแผ่นทองแดงผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อน 13
2.4 แสดงภาพตัดโครงสร้างแผ่นทองแดงที่ผลิตโดยกระบวนการรีด เปรียบเทียบกับกระบวนการอื่น 14
2.5 แสดงภาพจำลองขบวนการเคลือบติดวัสดุสำหรับการผลิตแผงวงจร 14
2.6 แสดงโครงสร้างแผงวงจรแบบชั้นเดียว 15
2.7 แสดงโครงสร้างแผงวงจรแบบสองชั้น 15
2.8 แสดงการวางโครงสร้างแบบสมดุลของแผงวงจรแบบอ่อนแบบเคลื่อนที่ได้ 16
2.9 แสดงการวางโครงสร้างแบบสมดุลความหนาของแผงวงจรแบบอ่อนแบบเคลื่อนที่ได้ 16
2.10 แสดงผังการผลิตผลิตภัณฑ์แผงวงจรแบบอ่อนรุ่น WDC 17
2.11 แสดงเส้นโค้งการกระจายตัวแบบปกติ 21
2.12 แสดงการกระจายตัวที่มีผลจากปัจจัยรบกวน 22
2.13 การออกแบบเชิงแฟกทอเรียล 2 ปัจจัย 39
2.14 การออกแบบทีละปัจจัย 47
2.15 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์ระหว่างการทดลองแบบแฟกทอเรียลต่อการทดลองแบบที่ละปัจจัย 48
2.16 แสดงการโก่งตัว 51
2.17 แสดงการโก่ง (Warpage) ของอุปกรณ์คอนเนคเตอร์ก่อนการปรับปรุงกระบวนการ 52
2.18 แสดงการโก่ง (Warpage) ของอุปกรณ์คอนเนคเตอร์หลังการปรับปรุงกระบวนการผลิต 53

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

รูป **หน้า**

3.1 แสดงหน้าที่ของแผงวงจรแบบอ่อนในผลิตภัณฑ์ฮาร์ดดิสก์ 55
3.2 แสดงผลิตภัณฑ์ WDC ที่เกิดปัญหาการโค้งงอ 56
3.3 แสดงความโค้งงอของส่วนเคลื่อนที่ยอมรับได้ 56
3.4 แสดงการเปรียบเทียบความโค้งงอกับบริษัทอื่น 56
3.5 แสดงชั้นโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ WDC 57
3.6 แสดงการเปลี่ยนทิศทางการตัดแผ่นเคลือบด้านบนผลิตภัณฑ์ WDC 63
3.7 แสดงการดึงในการผลิตพื้วัสดุหลักแบบม้วนผลิตภัณฑ์ WDC 65
3.8 แสดงการใช้แผ่นรับแรงดึงในการผลิตพื้นวัสดุแบบม้วนของผลิตภัณฑ์ WDC 67
3.9 แสดงภาพจำลองการใช้แผ่นยางรับแรงกดสองด้านของผลิตภัณฑ์ WDC 68
3.10 แสดงการจับงานเพื่อตรวจสอบคุณภาพ 70
3.11 แสดงการโค้งงอของผลิตภัณฑ์ A ซึ่งเกิดจากบรรจุภัณฑ์กดทับ 71
3.12 แสดงถาดบรรจุภัณฑ์ผลิตภัณฑ์ WDC 72
3.13 แสดงจำนวนชิ้นงาน 48 ชิ้น หรือ 1 ถาด 75
3.14 แสดงเครื่องวัดระยะการโค้งงอของผลิตภัณฑ์ WDC ด้วยแสงเลเซอร์ 75
3.15 แสดงผลการทดสอบความแปรปรวนด้วยการวัดด้วยเครื่องวัดระยะโดยแสงเลเซอร์ 78
4.1 กราฟแสดงการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง 83
4.2 กราฟแสดงส่วนตกค้างกับค่าทำนาย 84
4.3 กราฟแสดงส่วนตกค้างกับลำดับการทดลอง 84
4.4 แสดงแผ่นเคลือบด้านบนขนาด 1นิ้ว x 2นิ้ว 88
4.5 แสดงแผ่นเคลือบด้านบนขนาด 2นิ้ว x 250 มม. ตัดด้วยเครื่องอัตโนมัติ 89
4.6 กราฟการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้าง 91
4.7 กราฟแสดงส่วนตกค้างกับค่าทำนาย 92
4.8 กราฟแสดงส่วนตกค้างของระยะความโค้งกับลำดับการทดลอง 92
4.9 แสดงผลิตภัณฑ์ในถาดใส่เพื่อการตรวจวัดระยะความโค้ง 94
4.10 กราฟแสดงความถี่ของระยะความโค้งก่อนการปรับปรุงกระบวนการผลิต 94

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ (ต่อ)

รูป **หน้า**

4.11 กราฟแท่งแสดงระยะโค้งงอจากการยืนยันผลการทดลอง 95
5.1 กราฟแสดงการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้างก่อนการแปลง 97
5.2 กราฟแสดงการตรวจสอบการแจกแจงแบบปกติของส่วนตกค้างหลังการแปลง 97
5.3 กราฟแสดงระยะความโค้งแผงวงจรแบบอ่อนรุ่น WDC จากการสุ่มวัด 99

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved