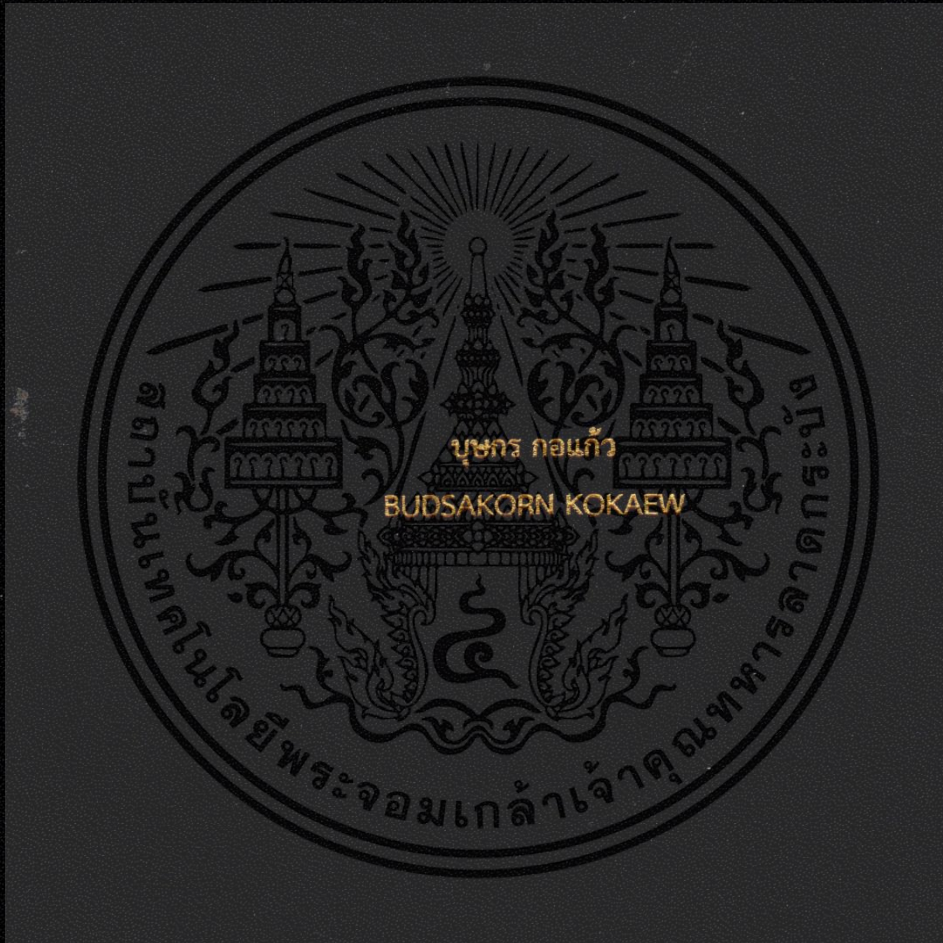


การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกล
ในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์

A CAUSAL ANALYSIS AND RECOMMENDED IMPROVEMENTS FOR
REDUCING MECHANICAL DAMAGE FAILURES IN WAFER TESTING PROCESS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตรบัณฑิตและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-ED-M-232-087

การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกล
ในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์

A CAUSAL ANALYSIS AND RECOMMENDED IMPROVEMENTS FOR
REDUCING MECHANICAL DAMAGE FAILURES IN WAFER TESTING PROCESS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2560

KMITL-2017-ED-M-232-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A CAUSAL ANALYSIS AND RECOMMENDED IMPROVEMENTS
FOR REDUCING MECHANICAL DAMAGE FAILURES
IN WAFER TESTING PROCESS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN ELECTRONICS
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2017

KMITL-2017-ED-M-232-087

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2017

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION AND TECHNOLOGY

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์
A Causal Analysis and Recommended Improvements for Reducing Mechanical Damage Failures in Wafer Testing Process

นักศึกษา

นางบุษกร กอแก้ว

รหัสประจำตัว

56603283

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา




อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.ดร.กิติพงศ์ มะโน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รศ.ปิยะ ศุภวราสุวัฒน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	
รศ.ดร.กิติพงศ์	มะโน	
รศ.ปิยะ	ศุภวราสุวัฒน์	
ผศ.ดร.สมชาย	หมื่นสายญาติ	
ผศ.ดร.ไพบุลย์	พวงวงศ์ตระกูล	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ

22 กรกฎาคม 2560 เวลา 14.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ

ณ ห้องเรียนปริญญาเอก คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีรับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ ดร.กิติพงศ์ มะโน)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

วันที่ 31 เดือน 7 พ.ศ. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์
นักศึกษา	นางบุษกร กอแก้ว
รหัสประจำตัว	56603283
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2560
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.กิติพงศ์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ปิยะ ศุภวาราสูวัฒน์

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานเสียที่ลดลงหลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการทำงาน โดยใช้แนวคิดของซิกซ์ ซิกม่า ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานและการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) สำหรับข้อมูลแบบนับ (Attribute gage R&R study) เพื่อประเมินประสิทธิผลการวัดของพนักงาน พบว่าสาเหตุของการเกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage คือความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด เนื่องจากโพรบการ์ดมีอายุการใช้งานที่ต่างกันและเกณฑ์การตรวจวัดอายุการใช้งานไม่เหมาะสม หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน พบว่าค่าประสิทธิผลในการวัดของพนักงานทุกคนเพิ่มขึ้นจาก 56.67 เปอร์เซ็นต์ เป็น 93.33 เปอร์เซ็นต์ และการใช้ระบบ PLM เพื่อควบคุมความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด โดยการเก็บข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2560 พบว่าสามารถลดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จาก 1,126,262 ชิ้น เป็น 526,046 ชิ้น คิดเป็น 53.29 เปอร์เซ็นต์

Thesis Title	A Causal Analysis and Recommended Improvements for Reducing Mechanical Damage Failures in Wafer Testing Process
Student	Mrs. Budsakorn Kokaew
Student ID.	56603283
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Electronics
Year	2017
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kitipong Mano
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Piya Supavarasuwat

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the causes of pad damages in the bad dies from the wafer's electrical properties testing process and to compare the percentage reduced damaged pads after improving the process by utilizing the Six-Sigma concept and measurement system analysis (MSA) for the agreement analysis to evaluate the performance of the employee's measurement. The results showed that the causes of pad damages are the needle length and lifetime of the probe card due to the differences of the needle's lifetime and improper lifetime inspection criteria. After improving the work procedure, the results showed that the performance of all employees increased from 56.67% to 93.33%. The usage of the PLM system used to control the needle length and the probe card's lifespan, and to gather data from the damaged pad from the wafer's electrical testing from May 2016 to April 2017 showed that the pad damage was reduced from 1,126,262 pieces to 526,046 pieces, which was 53.29% in total.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ก็ด้วยความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ปิยะ ศุภวาราสุวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ผศ.พิชญ์สินี มะโน ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะ ความช่วยเหลือและช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้สอนทุกท่าน รวมถึงโรงงานผลิตไอซีและวิศวกรฝ่ายแผนกทดสอบเวเฟอร์ทุกท่าน ที่ให้คำชี้แนะและความร่วมมือให้ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลเป็นอย่างดี และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา-มารดาที่เป็นกำลังใจเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดา-มารดาของผู้วิจัยและผู้มีพระคุณทุกท่านด้วยความเคารพยิ่ง หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

บุษกร กอแก้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย.....	2
1.4 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	2
1.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	3
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย.....	3
1.7 คำนียามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 กระบวนการผลิตไอซี.....	5
2.2 กระบวนการทดสอบเวเฟอร์.....	7
2.3 หลักการของชิพ ชิกมา.....	9
2.4 เครื่องมือและเทคนิคของชิพ ชิกมา.....	12
2.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ.....	16
2.6 การวิเคราะห์ระบบการวัด.....	24
2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	30
บทที่ 3 วิธีดำเนินการงานวิจัย.....	33
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	33
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	33
3.3 การดำเนินการวิจัย.....	34
3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	51
4.1 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	51
4.2 ผลวิเคราะห์ระบบการวัดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	54
4.3 ผลวิเคราะห์หลังจากการควบคุมกระบวนการทำงาน.....	60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	61
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
5.2 อภิปรายผลวิจัย.....	61
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	63
บรรณานุกรม.....	64
ภาคผนวก.....	66
ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย.....	67
ภาคผนวก ข แบบฟอร์มลงคะแนนสาเหตุและผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage.....	70
ภาคผนวก ค แบบฟอร์มลงคะแนนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิด Pad damage.....	72
ภาคผนวก ง ขั้นตอนการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด.....	75
ภาคผนวก จ ผลที่ได้จากการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด.....	78
ภาคผนวก ฉ ผลการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ดก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	83

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การทดสอบเวเฟอร์และไอซีในระหว่างกระบวนการต่างๆ.....	7
2.2 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ.....	19
2.3 การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง.....	20
2.4 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ.....	20
2.5 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม.....	22
2.6 ขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำสำหรับการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยข้อมูลนับ.....	27
2.7 ตัวแบบของความผิดพลาดจากระบบการวัด.....	28
3.1 ข้อมูลชิ้นงานเสียหายจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์.....	35
3.2 ผลการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage.....	38
3.3 ผลการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิด Pad damage.....	41
3.4 ค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานของโพรบการ์ด.....	45
3.5 ตารางบันทึกผลตรวจวัดโพรบการ์ด.....	46
4.1 ตารางบันทึกผลตรวจวัดโพรบการ์ดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	51
4.2 ตารางบันทึกผลตรวจวัดโพรบการ์ดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	56
4.3 การเปรียบเทียบชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	60
ข.1 แบบฟอร์มลงคะแนนสาเหตุและผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage.....	71
ค.1 แบบฟอร์มลงคะแนนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิด Pad Damage.....	73
ค.2 ตัวเลขลำดับของความเสีย.....	74
ฉ.1 ผลการตรวจวัดโพรบการ์ดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	81
ฉ.2 ผลการตรวจวัดโพรบการ์ดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์.....	6
2.2 ขั้นตอนกระบวนการประกอบไอซี.....	7
2.3 ใต้ที่ผ่านการทดสอบ.....	8
2.4 ส่วนประกอบของโพรบการ์ด.....	8
2.5 โพรบการ์ด ชนิด Vertical.....	8
2.6 การทดสอบเวเฟอร์.....	9
2.7 แสดงเส้นโค้งการกระจายตัวปกติ.....	10
2.8 แผนผังกระบวนการไหล.....	12
2.9 แผนภูมิพาเรโต.....	13
2.10 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล.....	15
2.11 การจำแนกความคลาดเคลื่อนจากการวัดออกเป็นแหล่งต่างๆ.....	25
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	34
3.2 รอยเข็มจากการทดสอบเวเฟอร์.....	35
3.3 การทดสอบเวเฟอร์.....	35
3.4 แผนภูมิพาเรโตแสดงสัดส่วนของชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบ คุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์.....	36
3.5 ลักษณะ Pad Damage.....	36
3.6 แผนผังสาเหตุและผลของชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage.....	37
3.7 แผนภูมิพาเรโตเรียงลำดับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Pad Damage.....	39
3.8 การตรวจสอบความยาวเข็มและอายุการใช้งานในปัจจุบัน.....	42
3.9 การวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด.....	43
3.10 กล้องไมโครสโคป (Measuring Microscope) รุ่น STM7.....	43
3.11 ผลค่าเฉลี่ยความยาวเข็มที่มากกว่า 200 ไมครอน.....	44
3.12 ผลค่าเฉลี่ยความยาวเข็มที่น้อยกว่า 200 ไมครอน.....	45
3.13 ขั้นตอนการทำระบบ PLM.....	48
3.14 ระบบ PLM.....	48
4.1 ผลการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	53
4.2 ผลการวิเคราะห์ระหว่างพนักงานก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	53

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 กราฟแสดงค่าความเชื่อมั่นของพนักงานก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	54
4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดระหว่างพนักงาน ก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	55
4.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดพนักงานทุกคนกับมาตรฐาน ก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	55
4.6 ผลการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	57
4.7 ผลการวิเคราะห์ระหว่างพนักงานหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	58
4.8 กราฟแสดงค่าความเชื่อมั่นของพนักงานหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	58
4.9 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดระหว่างพนักงาน หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	59
4.10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดพนักงานทุกคนกับมาตรฐาน หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน.....	59
ง.1 การวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด.....	76
ง.2 การปรับโฟกัสที่ปลายเข็ม.....	76
ง.3 ปรับโฟกัสไปยังโพรบเฮดเพื่อวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด.....	77
จ.1 โพรบการ์ดสิ้นสุดการใช้งาน.....	79
จ.2 โพรบการ์ดสามารถใช้งานได้.....	79

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมการผลิตวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) หรือไอซี ยังคงเติบโตอย่างต่อเนื่องตลอด 10 ปีที่ผ่านมา ถึงแม้จะไม่เติบโตอย่างก้าวกระโดดเหมือนช่วง 20 ปีก่อน แต่ยังคงเติบโตต่อเนื่องด้วยอัตราคงที่ที่ 4.5 เปอร์เซ็นต์ (McKinsey : 2015) ปัจจัยหลักที่ผลักดันอุตสาหกรรมเกิดจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค เนื่องจากในยุคปัจจุบันพึ่งพาเทคโนโลยีมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ผลิตเร่งพัฒนาผลิตภัณฑ์รุ่นใหม่ที่มีความหนาแน่นของวงจรมากขึ้นแต่มีขนาดเล็กลง ซึ่งส่งผลต่อขนาดของอุปกรณ์ด้วยฟังก์ชันที่ใช้งานที่หลากหลาย และมีประสิทธิภาพสูงออกสู่ตลาดอย่างต่อเนื่อง ในวิถีชีวิตของคนในปัจจุบันต้องพึ่งพาระบบควบคุมอัตโนมัติในการดำเนินชีวิต ตั้งแต่ตื่นเช้าจนถึงเข้านอน ถ้าหากระบบดังกล่าวเกิดความบกพร่องหรือทำงานผิดพลาดอาจก่อให้เกิดความเสียหายอย่างรุนแรงได้ เช่น ระบบเบรกอัตโนมัติในรถยนต์ทำงานผิดพลาด ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สินได้หรือระบบควบคุมเครื่องจักรในอุตสาหกรรมทำงานผิดพลาดทำให้เกิดอันตรายต่อชีวิตของผู้ปฏิบัติงานได้เช่นกัน เพื่อป้องกันข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นได้ ผู้ผลิตไอซีจึงจำเป็นต้องทดสอบชิ้นงานทุกตัวก่อนส่งให้ผู้บริโภคหรือผู้ผลิตรายถัดไป โดยทั่วไปการทดสอบไอซีจะทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าอย่างน้อย 2 ครั้ง คือเริ่มจากระบวนการทดสอบแผ่นเวเฟอร์ทางไฟฟ้า (Wafer probe test) จากนั้นส่งมากระบวนประกอบชิพ (Assembly process) และส่วนสุดท้ายทำการทดสอบแผงวงจรรวมที่ประกอบสำเร็จทางไฟฟ้าอีกครั้ง (Final test) (ศราวุธ มีพัฒน์. 2558) การทดสอบแผ่นเวเฟอร์ทางไฟฟ้าคือกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ โดยใช้โพรบการ์ดเป็นอุปกรณ์ในการทดสอบ ซึ่งโพรบการ์ดทำหน้าที่ติดต่อระหว่างเครื่องทดสอบกับแผ่นเวเฟอร์ที่ต้องการทดสอบมีลักษณะเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board) ทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างเครื่องทดสอบและมีปลายเข็มเป็นจุดสัมผัสกับเวเฟอร์ในตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ (สุพิศ กอสอน. 2555) ซึ่งเข็มจะถูกติดตั้งอยู่บนโพรบเฮดและมีการจัดวางเข็มให้ตรงตามตำแหน่งของเวเฟอร์ที่ต้องการทดสอบ

กระบวนการผลิตไอซีในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยหลายแห่งมักเกิดความเสียหายขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุและต้องมีการวิเคราะห์สาเหตุต่าง ๆ เพื่อทำการแก้ไขและปรับปรุงกระบวนการผลิต ตัวอย่างเช่น การเก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นงานเสียของบริษัทผลิตไอซีแห่งหนึ่งในจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่าลักษณะชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage เกิดขึ้นมากที่สุด คิดเป็น 47.5 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนชิ้นงานเสียทั้งหมด ซึ่งชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีลักษณะเป็นรอยแตกบนชิ้นงานบริเวณจุดเชื่อมต่อขาของไอซี หรือบอนด์แพด (Bond Pad) ซึ่งเป็นความเสียหายเชิงกล (Mechanical Damage) และชิ้นงานเสียหายเหล่านี้ไม่สามารถนำไปประกอบเป็นไอซีได้ ทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนและกำลังในการผลิตเพื่อทดแทนชิ้นงานที่เสียไป ทั้งนี้อาจส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการส่งมอบชิ้นงานให้แก่ลูกค้าและอาจทำให้ลูกค้าขาดความเชื่อมั่นกับผู้ผลิตไอซีได้

จากปัญหาในกระบวนการผลิตแผงวงจรรวมในประเทศไทยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยสนใจการวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ เพื่อลดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage ที่เกิดจากกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ โดยนำแนวคิดและเครื่องมือของซิกซ์ ซิกม่า มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานเสียที่ลดลงจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการทำงานสามารถลดการเกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage ได้อย่างน้อย 50 เปอร์เซ็นต์

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้หลักการปรับปรุงกระบวนการทำงานของ ซิกซ์ ซิกม่า (จิตวิวัฒน์ รัชชธาดา, 2553) เป็นกรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหา (D: Define) การกำหนดปัญหาและเป้าหมายอย่างชัดเจนที่จะทำการศึกษา
2. การวัด (M: Measure) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเสียหายทำให้เข้าใจสภาพของกระบวนการทำงานในปัจจุบัน
3. การวิเคราะห์ (A: Analyze) เป็นการนำข้อมูลทางตัวเลขและสาเหตุของปัญหาที่ได้จากการวัดมาวิเคราะห์ เพื่อหาสาเหตุในการที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การปรับปรุง (I: Improve) เพื่อพัฒนาหรือการปรับปรุงสมรรถนะและประสิทธิภาพของกระบวนการ
5. การควบคุม (C: Control) เป็นการพยายามที่จะควบคุม รักษาของกระบวนการที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้ว

1.5 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โพรบการ์ด ชนิด Vertical ที่ใช้ในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์

1.5.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โพรบการ์ด ชนิด Vertical ที่ใช้ในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ในโรงงานกรณีศึกษา จำนวน 30 การ์ด

1.6 ข้อตกลงเบื้องต้นของการวิจัย

1.6.1 ศึกษากระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ด้วยโพรบการ์ดชนิด Vertical ภายในพื้นที่ Probe Production ของโรงงานกรณีศึกษาเท่านั้น

1.6.2 ศึกษาเฉพาะปัจจัยที่มีต่อการเกิดขึ้นงานเสียประเภท Pad Damage ที่เกิดจากโพรบการ์ดเท่านั้น ส่วนปัจจัยอื่นที่สามารถควบคุมได้จะไม่นำมาศึกษาในงานวิจัยนี้

1.7 คำนิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

1.7.1 การวิเคราะห์ หมายถึง การวิเคราะห์สาเหตุหรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเกิดความเสียหายเชิงกลจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ โดยใช้หลักการปรับปรุงกระบวนการทำงานของ ชิคม่า ชิคม่า

1.7.2 กระบวนการทดสอบเวเฟอร์ หมายถึง กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ เพื่อคัดกรองชิ้นงานก่อนส่งไปประกอบเป็นไอซีสำเร็จรูป

1.7.3 การปรับปรุงกระบวนการทำงานของชิคม่า ชิคม่า หมายถึง ขั้นตอนการดำเนินงานปรับปรุงคุณภาพ ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ การกำหนดปัญหา การวัดและรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ การปรับปรุง และการควบคุมกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7.4 เวเฟอร์ (Wafer) หมายถึง แผ่นซิลิกอนทรงกลมแบนที่ประกอบไปด้วยได (Dice) หรือ ชิพ (Chip) ตั้งแต่หลักร้อยจนถึงหลักหมื่นตัวขึ้นไป

1.7.5 โพรบเฮด (Probe Head) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับติดตั้งเข็มของโพรบการ์ดให้อยู่ตรงตามตำแหน่งของเวเฟอร์ที่ต้องการทดสอบ

1.7.6 โพรบการ์ด ชนิด Vertical (Vertical Probe Card) หมายถึง อุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นวงจรมีพิมพ์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อทางไฟฟ้าระหว่างเครื่องทดสอบและเวเฟอร์ ซึ่งมีปลายเข็มเป็นจุดสัมผัสกับเวเฟอร์และมีการวางเข็มในลักษณะแนวตั้ง

1.7.7 อายุการใช้งานของโพรบการ์ด (Life Time) หมายถึง จำนวนครั้งที่เข็มของโพรบการ์ด (Touch Down: TD) สัมผัสบนเวเฟอร์ ซึ่งกำหนดโดยผู้ผลิตโพรบการ์ด

1.7.8 การวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน หมายถึง การวิเคราะห์ความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน

1.7.9 การวิเคราะห์ระหว่างพนักงาน หมายถึง การวิเคราะห์ระดับของความเห็นพ้องหรือจำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกันระหว่างพนักงานแต่ละคู่

1.7.10 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการวัด หมายถึง ความเห็นพ้องกันระหว่างพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐานของระบบการวัด (MSA)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิด
ชิ้นงานเสียในกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 กระบวนการผลิตไอซี
- 2.2 กระบวนการทดสอบเวเฟอร์
- 2.3 หลักการของชิพ ชิกมา
- 2.4 เครื่องมือและเทคนิคของชิพ ชิกมา
- 2.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ
- 2.6 การวิเคราะห์ระบบการวัด
- 2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กระบวนการผลิตไอซี

เทคโนโลยีวงจรรวมสามารถผลิตวงจรรวมไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่เหมือนกันเป็นจำนวนมากลงบน
แผ่นผลึกหรือเวเฟอร์แผ่นเดียวได้ โดยที่แต่ละวงจรรวมประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ไดโอด ตัวต้านทาน
เป็นจำนวนมากและอาจมีตัวเก็บประจุอยู่บ้างเล็กน้อย โดยทั่วไปแผงวงจรรวมหรือเรียกว่า ไอซี
ที่สร้างขึ้นจะอยู่บนผิวหน้าแว่นผลึกและเนื้อที่ที่ใช้สร้างวงจรรวมแต่ละวงจรรวมลงบนแว่นผลึก
เรียกว่า ชิพ การเชื่อมต่อกันระหว่างองค์ประกอบต่างๆ จะกระทำโดยใช้โพลีซิลิกอนที่นำไฟฟ้าและ
อลูมิเนียมที่เป็นเส้นวางพาดผ่านบนตัวสิ่งประดิษฐ์ และสิ้นสุดด้วยการต่อเส้นตัวนำเหล่านี้
กับ แพด (Pad) อลูมิเนียม ซึ่งแพดเหล่านี้มีไว้เพื่อทำให้สามารถโพรบและตรวจสอบวงจรรวมไฟฟ้าในชิพ
ได้สะดวก หลังจากการสร้างเสร็จก็จะผ่านกระบวนการตัดชิพ ประกอบเป็นไอซีและกระบวนการทดสอบ
ไอซีที่สำเร็จรูปก่อนจะส่งไปยังลูกค้าต่อไป (ศราวูร มีพัฒน์. 2558)

ขั้นตอนกระบวนการประกอบไอซี (Integrated Circuit Assembly Process)

1. กระบวนการทดสอบเวเฟอร์ (Wafer Probe Test)

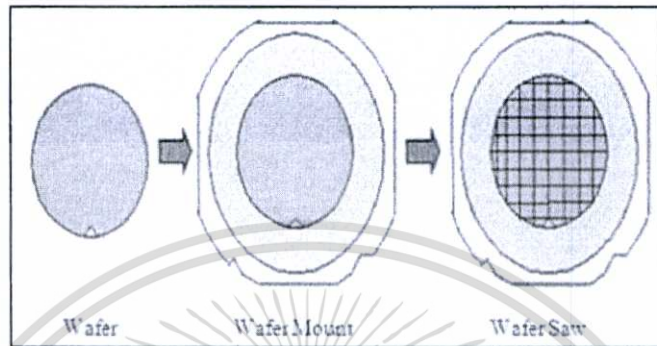
เป็นกระบวนการทดสอบวงจรรวมบนแผ่นเวเฟอร์และทำเครื่องหมายบนชิพ เพื่อทดสอบว่า
มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่

2. การบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Sawing)

เป็นกระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ให้แยกออกเป็นแผ่นชิพตัวเล็กๆ โดยใช้เครื่องตัดแผ่น
เวเฟอร์ ซึ่งใบมีดที่ใช้ตัดแผ่นเวเฟอร์ทำมาจากกากเพชร แต่ก่อนที่จะทำการตัดแผ่นเวเฟอร์
จะต้องทำการยึดเวเฟอร์บนเทป (Wafer Mounting) ซึ่งเป็นการยึดแผ่นเวเฟอร์ให้ติดกับริงเฟรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยใช้เทปที่มีความหนา 76 ไมครอน เป็นตัวยึดติดเพื่อใช้สำหรับยึดจับแผ่นเวเฟอร์ไม่ให้เคลื่อนเมื่อเข้าสู่กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ และเมื่อติดแผ่นเวเฟอร์และริงเฟรมเข้าด้วยกันแล้ว ขั้นตอนต่อไป นำแผ่นเวเฟอร์ที่ติดกับริงเฟรมไปตัด จากนั้นนำแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านการตัดแล้ว ไปทำการตรวจสอบคุณภาพของแผ่นชิพก่อนที่จะส่งให้กระบวนการต่อไป



รูปที่ 2.1 กระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์

ที่มา : (ศราวุธ มีพัฒน์. 2558 : 11)

3. กระบวนการติดได (Die Attach)

เป็นกระบวนการนำแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านกระบวนการตัดแล้วมาผ่านกระบวนการแยกแผ่นตัวชิพไปติดบนขาของผลิตภัณฑ์ลีดเฟรม (Lead Frame) ที่ผ่านการขึ้นรูปมาแล้ว โดยใช้กาวชนิดหนึ่งเป็นตัวประสานให้ตัวชิพติดแน่นกับลีดเฟรม จากนั้นนำไปอบด้วยเครื่องอบให้ชิ้นงานยึดติดกัน

4. กระบวนการไวร์บอนด์ (Wire Bonding)

เป็นกระบวนการนำเอาลวดทองคำบริสุทธิ์มาทำการเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าระหว่างตัวชิพกับขาของลีดเฟรมซึ่งเป็นส่วนที่ใช้งานในการเชื่อมต่อกับวงจรรภายนอก

5. กระบวนการโมลด์ (Molding)

เป็นกระบวนการนำงานที่ผ่านการไวร์บอนด์เสร็จแล้วมาทำการฉีดหล่อหุ้มด้วยสารคอมปาวด์ โดยจะไปคลุมหน้าแผ่นชิพในลีดเฟรม ซึ่งจะมีรูปร่างต่างๆ ตามข้อกำหนดผู้ผลิต จากนั้น ทำให้แห้งและแข็งตัวโดยการอบ

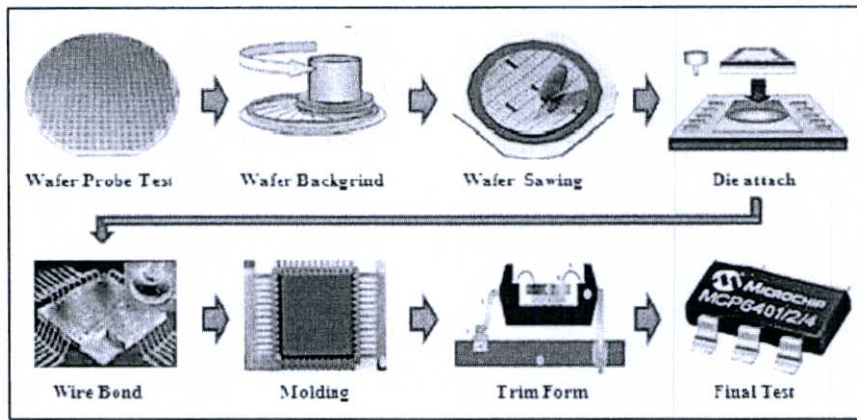
6. กระบวนการพับและตัดขา (Trim Form)

เป็นกระบวนการตัดผลิตภัณฑ์ที่ติดกันออกเป็นตัวๆ และทำการพับหรือขึ้นรูปที่ขาผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามข้อกำหนดของผู้ผลิต

7. กระบวนการทดสอบไอซี

เป็นกระบวนการทดสอบไอซีที่ประกอบสำเร็จทางไฟฟ้าอีกครั้ง เพื่อตรวจหาความผิดปกติก่อนที่จะส่งไปยังลูกค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนกระบวนการผลิตไอซี

ที่มา : (ศราวุธ มีพัฒน์. 2558 : 10)

2.2 กระบวนการทดสอบเวเฟอร์

วัตถุประสงค์ทั่วไปของการทดสอบเวเฟอร์และไอซี เพื่อทำการทดสอบการทำงานของตัวอุปกรณ์ว่าอยู่ในมาตรฐานที่กำหนดของแต่ละวงจรที่ออกแบบไว้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบจนกระทั่งเป็นอุปกรณ์สำเร็จรูป (สุพิศ งามสอน. 2555) ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การทดสอบเวเฟอร์และไอซีในระหว่างกระบวนการต่างๆ

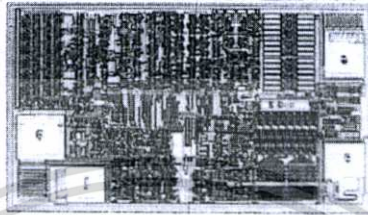
การทดสอบเสมือนจริง	ในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา
การแก้ไขข้อบกพร่องและตรวจสอบคุณสมบัติ	เป็นขั้นตอนก่อนทำการผลิต โดยตรวจสอบการทำงานตามหน้าที่ที่ได้ออกแบบไว้ (Functional) และการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้า (DC/AC Parametric)
การทดสอบในขั้นตอนการผลิต	ทำการทดสอบโดยใช้เครื่องทดสอบอัตโนมัติ Automatic Test Equipment (ATE)
การวิเคราะห์ความล้มเหลว	ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของความล้มเหลวที่พบในขั้นตอนการทดสอบในขั้นตอนการผลิต

Functional Testing คือการทดสอบการทำงานตามหน้าที่ที่ออกแบบไว้ Parametric Test คือการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าตามที่กำหนด DC Parametric คือการวัดแรงดันและกระแสโดยการทดสอบเปิดวงจรหรือลัดวงจรโดยไม่ขึ้นกับเวลาส่วน AC Parametric Test คือการวัดคุณสมบัติที่ขึ้นกับเวลา เช่น เวลาหน่วง (Delays Time) และเวลาลด (Fall Time) การทดสอบระหว่างการผลิต (Production Test) มีขั้นตอนการทดสอบหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่กระบวนการสร้างแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Fabrication) จนกระทั่งเป็นอุปกรณ์สำเร็จรูป (Packaged Device)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์

เป็นการทดสอบวงจรบนแผ่นเวเฟอร์เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าว่ามีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานตามที่ต้องการหรือไม่ (สุพัส งอสอน. 2555) โดยใช้โพรบการ์ดเป็นอุปกรณ์ในการทดสอบ ซึ่งเข็มของโพรบการ์ดจะสัมผัสกับบอนด์แพดบนเวเฟอร์ จากรูปที่ 2.3 เวเฟอร์ที่ผ่านการทดสอบจะมีรอยเข็มหรือเรียกว่า Probe Mark

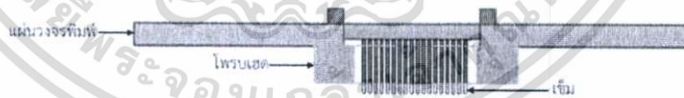


รูปที่ 2.3 ซิปที่ผ่านการทดสอบ
ที่มา : (โรงงานกรณีศึกษา. 2559)

2.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบเวเฟอร์

2.1.2.1 โพรบการ์ด (Probe Card)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการติดต่อระหว่างเครื่องทดสอบกับเวเฟอร์ที่ต้องการทดสอบมีลักษณะเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างเครื่องทดสอบที่มีปลายเข็ม (Probe) เป็นจุดสัมผัสกับเวเฟอร์ในตำแหน่งที่ต้องการทดสอบ ซึ่งเข็มจะถูกติดตั้งอยู่บนโพรบเฮดเพื่อจัดวางเข็มให้ตรงตามตำแหน่งของเวเฟอร์ที่ต้องการทดสอบ ดังรูปที่ 2.4 และ 2.5



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของโพรบการ์ด



รูปที่ 2.5 โพรบการ์ด ชนิด Vertical

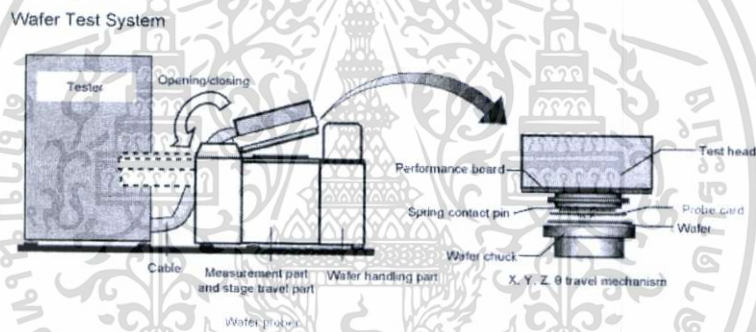
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ [ที่มา : \(http://zetch.com/probe.html\)](http://zetch.com/probe.html) ซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.2 โพรบเบอร์ (Prober)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่วางปรับตำแหน่งให้ปลายเข็มของโพรบการ์ดตรงกับจุดที่ต้องการทดสอบเวเฟอร์ โดยมีแท่นวางเวเฟอร์ที่สามารถปรับตำแหน่งได้ทั้งในแนวแกน X, Y และ Z ดังรูปที่ 2.6

2.1.2.3 เครื่องทดสอบ (Tester)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายทั้งกระแสและแรงดันให้กับโพรบการ์ดและนอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับหรือตรวจวัด กระแส แรงดัน ความจุ ที่มีค่าน้อยๆ ในระดับพิโคแอมป์ (Pico Amp) หรือพิโคฟารัด (Pico Farad) ได้โดยค่าแรงดัน กระแส ความต้านทานหรือความจุที่วัดได้จะอยู่ในรูปของสัญญาณแอนะล็อก ส่วนของเครื่องทดสอบจะทำการแปลงให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อส่งไปประมวลผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งคอมพิวเตอร์ทำหน้าที่ในการประมวลผลสัญญาณที่รับเข้ามาได้และแสดงผลลัพธ์ออกมา โดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะมีซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการควบคุมตำแหน่งของเวเฟอร์ ควบคุมการรับและส่งสัญญาณที่โพรบการ์ด ในบางระบบคอมพิวเตอร์อาจต่อรวมกันเป็นระบบ network ได้



รูปที่ 2.6 การทดสอบเวเฟอร์

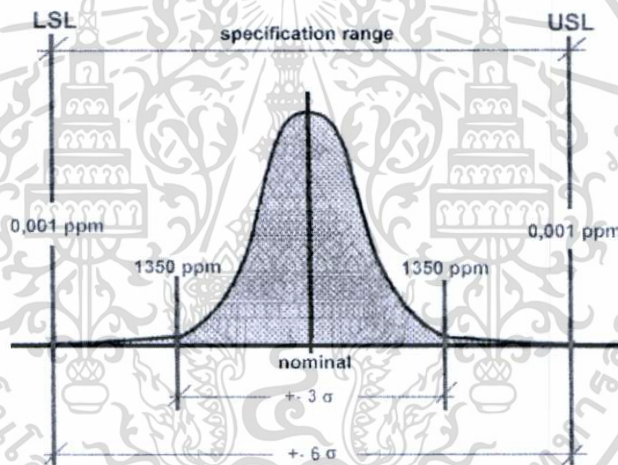
ที่มา : (https://www.mjc.co.jp/en/technology/column/wafer_prober.html)

2.3 หลักการของชิกซ์ ชิกม่า

การนำแนวทางของ ชิกซ์ ชิกม่า ไปใช้ในองค์กรธุรกิจเพื่อปรับปรุงกระบวนการ ทำให้บรรลุตามเป้าหมายวิธีการแต่ละองค์กรจะแตกต่างกันในส่วนของการรายละเอียด แต่สิ่งที่เหมือนกันคือการดำเนินการต้องต้องเริ่มต้นจากผู้บริหาร หรือเริ่มจากบนลงล่างของฐานเพราะ ชิกซ์ ชิกม่า ไม่สามารถเริ่มจากฐานล่างขององค์กรเนื่องจากต้องมีการระบุหรือกำหนดปัจจัยก่อนการดำเนินการกำหนดระดับความร่วมมือและการพึ่งพากันในองค์กร การจัดโครงสร้าง จุดมุ่งเน้นและการคัดเลือกโครงการ ดังนั้น ชิกซ์ ชิกม่า จึงเป็นกระบวนการที่อาศัยหลักการและเทคนิคที่ต้องมีการผลักดันให้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ธุรกิจดำเนินไปอย่างมีคุณภาพมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิกซ์ ซิกม่า เป็นภาษาในวิชาสถิติ ซึ่งสัญลักษณ์ ซิกม่า (σ) เป็นตัวอักษรในภาษากรีกที่ใช้แทนความหมายของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ซึ่งค่าซิกซ์ ซิกม่า ยิ่งสูงแสดงว่ามีความแปรปรวนของกระบวนการ ยิ่งสูงทำให้มีพื้นที่ที่อยู่นอกเหนือพื้นที่ในการยอมรับหรือในสเปคน้อยลงนั่น คือมีของเสียที่อยู่นอกเหนือขอบเขตที่ยอมรับได้น้อยลง โดยที่ในระดับ 6 ซิกม่านั้นจะยอมรับให้เกิดของเสียได้ทีปริมาณ 3.4 ชิ้นในการผลิต 1 ล้านชิ้นหรือที่เรียกว่า 3.4 PPM (Part Per Million) ดังรูปที่ 2.7 หากเป็นไปตามเส้นโค้งการกระจายตัวตามปกติ(Normal Distribution Curve) การควบคุมระดับ ซิกซ์ ซิกม่า คือการควบคุมคุณภาพที่ระดับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน การเพิ่มการควบคุมสูงขึ้นยังสามารถลดค่าความแปรปรวนในกระบวนการผลิตให้มีค่าน้อยส่งผลให้การดำเนินงานยังมีประสิทธิภาพมากขึ้น การดำเนินงานทุกขั้นตอนจะถูกควบคุมอย่างเป็นระบบ ทำให้องค์กรที่มีการควบคุมระดับซิกซ์ ซิกม่า หลายองค์กรประสบผลสำเร็จในการพัฒนาด้านคุณภาพ รวมถึงเพิ่มผลผลิตและเพิ่มความสามารถในการทำกำไร



รูปที่ 2.7 แสดงเส้นโค้งการกระจายตัวปกติ
ที่มา : (อิติตมา พงษ์สงกา. 2551)

การปรับปรุงกระบวนการทำงานของ ซิกซ์ ซิกม่า หรือ DMAIC ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน
ดังนี้

1. ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตของปัญหา (Define Phase)

คือ การนิยามปัญหาเป็นขั้นแรกของการประยุกต์แนวคิดของ ซิกซ์ ซิกม่า ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่การกำหนดทีมงาน เพื่อทำการระดมความคิดและเก็บรวบรวมข้อมูล และศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิจัย พิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน โดยอาจจะพิจารณาจากปริมาณของเสียในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ขั้นตอนการวัดและรวบรวมข้อมูล (Measure Phase)

คือการวัดเพื่อกำหนดสาเหตุของปัญหาประกอบด้วยวิเคราะห์สาเหตุและผลกระทบของกระบวนการด้วยวิธีต่างๆ เช่น ผังก้างปลา (Cause & Effect Diagram) และต่อด้วยการสร้างตารางเพื่อหาสาเหตุและบ่อเกิดของผลกระทบ (C&E Matrix) เป็นต้น โดยขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาและเลือกปัจจัยนำเข้าที่สำคัญเพื่อคัดปัจจัยต่างๆ มาทำการวิเคราะห์ทีละขั้นต่อไป

3. ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyze Phase)

คือขั้นตอนการวิเคราะห์ปัญหาที่เป็นต้นเหตุของปัญหาโดยอาศัยวิธีการทางสถิติวินิจัยเพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนอง เช่น การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) หรือการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง เพื่อเลือกปัจจัยนำเข้าที่มีนัยสำคัญทั้งหมดนำไปทำการออกแบบการทดลองในขั้นต่อไป

4. ขั้นตอนการปรับปรุง (Improve Phase)

คือขั้นตอนการปรับปรุงกระบวนการเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการหาวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดตามสาเหตุที่เราระบุได้ นอกเหนือจากการปรับปรุงยังสามารถใช้วิธีดำเนินการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยนำเข้าที่สำคัญและผลตอบที่ต้องการ ประกอบด้วยขั้นตอนของการกำหนดตัวแปรที่อาจส่งผลกระทบต่อผลการทดลอง การกำหนดขั้นตอนของการทดลองและวิธีการเก็บข้อมูลจากการทดลองตามแผนที่วางไว้และวิเคราะห์สรุปผลการทดลองเพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งหมดต่อผลตอบที่ต้องการ จากนั้นทำการทดสอบยืนยันผลเพื่อนำค่าที่ได้ไปใช้งานจริง

5. ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ (Control Phase)

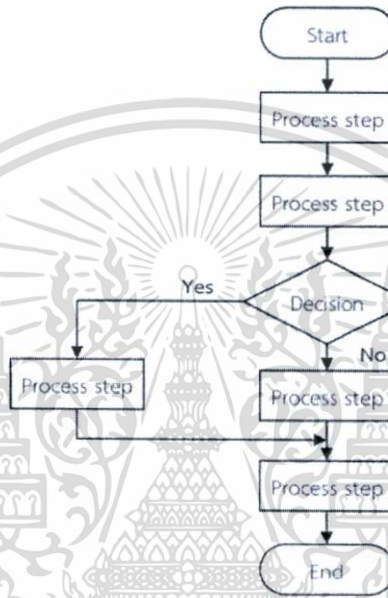
คือขั้นตอนสุดท้ายในการควบคุมและสร้างระบบป้องกันความผิดพลาด โดยจัดทำแผนการควบคุมและการติดตามในกระบวนการโดยมีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบและควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ ที่ได้จากการวิเคราะห์ผล ซึ่งต้องพิจารณาคัดเลือกแผนภูมิด้วยการกำหนดวิธีการวัด ขนาดกลุ่มตัวอย่าง ความถี่ในการวัด และกำหนดวิธีการแก้ไขเมื่อเกิดค่าที่ได้ไม่ตกอยู่ในขอบเขตที่ต้องการ ผังควบคุมช่วยให้องค์กรลดปัญหาของเสียระยะยาว และช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตรวมถึงลดของเสียอันเกิดจากความผันแปรตามปกติ การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการจัดทำผังควบคุมนี้ ต้องมีความระมัดระวังเพราะผังควบคุมนี้จะแตกต่างกันออกไปหากมีการจัดกลุ่มของข้อมูลผิดไป การเก็บข้อมูลจึงควรรัดกุมและขนาดของข้อมูลต้องมากพอที่สามารถแยกแยะสาเหตุของของเสียที่เกิดจากสภาพที่ผิดปกติได้อย่างชัดเจนและถูกต้อง ขั้นตอนการควบคุมจะต้องทำอย่างต่อเนื่องและมีแผนนั้นกระบวนการจะกลับไปสู่รูปแบบเดิมอันเนื่องมาจากความเคยชินของผู้ปฏิบัติงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เครื่องมือและเทคนิคของซิกซ์ ซิกมา

2.4.1 แผนผังกระบวนการไหล (Process Flow Chart)

แผนผังการไหลในกระบวนการจะแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนการทำงานที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้อย่างชัดเจน เพื่อสามารถทำการแยกแยะปัจจัยหรือสาเหตุที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการโดยรูปแบบของแผนผังกระบวนการไหลสามารถเขียนอธิบายได้ ดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 แผนผังกระบวนการไหล (Process Flow Chart)

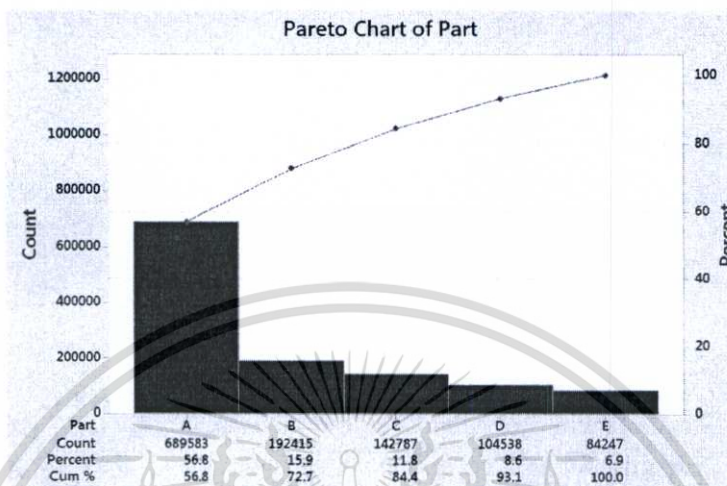
2.4.2 เทคนิคการระดมสมอง (Brainstorming)

เป็นเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในโอกาสต่างๆ ในการพัฒนางานตั้งแต่ระดับการวางแผน การค้นหาปัญหา การหาทางออกของปัญหา คุณค่าของเครื่องมือ ระดมสมอง ประเด็นหนึ่งที่มีความสำคัญคือความคิดอันเกิดจากการใช้ความคิด บ่อยครั้งที่ความคิดดีๆ เกิดขึ้นจากการได้ใช้ความคิดการต่อ ยอดความคิด ตามความหมายของการระดมสมองคือ การแสดงความคิดเห็นร่วมกันระหว่างสมาชิก เพื่อเป็นแนวทางที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา

2.4.3 แผนภูมิพาเรโต (Pareto Diagrams)

เป็นเครื่องมือสำหรับตรวจสอบปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในองค์กรโดยการนำเอาปัญหาเหล่านั้นมาแบ่งแยกประเภท แล้วเรียงลำดับความสำคัญของข้อมูลจากมากไปน้อย โดยแผนภูมิพาเรโตเป็นการรวมกราฟพื้นฐาน 2 ชนิด คือ กราฟคอลัมน์หรือกราฟแท่งและกราฟเส้น โดยกราฟแท่งมีการจัดการลำดับความสูงของแต่ละแท่งให้เรียงลดหลั่นกันจากซ้ายไปขวา ส่วนกราฟเส้นมีไว้เพื่อแสดงค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สะสมของความสูงของคอลัมน์ต่างๆ ดังรูปที่ 2.9 จากซ้ายไปขวาแล้วอาศัยหลัก 80 : 20 ของแผนภูมิพาเรโตมาใช้ประโยชน์สำหรับแนวทางในการตัดสินใจแก้ปัญหาเร่งด่วน ปัญหารอง ทำให้เข้าใจถึงลำดับความสำคัญของปัญหาก่อนนำไปพิจารณาแก้ไขปรับปรุงต่อไป



รูปที่ 2.9 แผนภูมิพาเรโต

2.4.4 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล

แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผลเป็นแผนผังที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่อาจก่อให้เกิดปัญหานั้น อาจคุ้นเคยกับแผนผังสาเหตุและผลในชื่อของ “ผังก้างปลา” (Fish Bone Diagram) เนื่องจากหน้าตาแผนภูมิมีลักษณะคล้ายก้างปลาที่เหลือแต่ก้างหรือหลายๆ คนอาจรู้จักในชื่อของแผนผังอิชิกาวา (Ishikawa Diagram) ซึ่งได้พัฒนาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1943 โดยศาสตราจารย์คาโอริ อิชิกาวา แห่งมหาวิทยาลัยโตเกียว

2.4.5.1 รูปแบบและโครงสร้าง

ดร.อิชิกาวา เสนอว่ารูปแบบและโครงสร้างพื้นฐานของแผนผังสาเหตุและผลมี 3 ประการด้วยกันดังนี้

(1) การวิเคราะห์การกระจาย (Dispersion Analysis) โดยจะใช้แสดงสาเหตุของการเกิดการผันแปรในคุณภาพที่แสดงด้วยหัวปลาตามลำดับก่อนหลังด้วยการตั้งคำถามว่าทำไมถึงเกิดการผันแปร

(2) การจำแนกตามกระบวนการผลิต (Process Classification) ใช้สำหรับการแสดงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผล โดยมีการจำแนกตามกระบวนการย่อยต่างๆ

(3) การกำหนดรายการสาเหตุ (Case Enumeration) ซึ่งมีโครงสร้างเหมือนกรณีการวิเคราะห์ความผันแปรแต่จะมีความผันแปรและความเหมาะสมแตกต่างที่ว่าแผนผังก้างปลาประเภทนี้จะมุ่งสู่สาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหา (ตามหัวปลา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5.2 การนำแผนผังก้างปลาไปใช้

- (1) เมื่อต้องการค้นหาสาเหตุแห่งปัญหา
- (2) เมื่อต้องการศึกษาทำความเข้าใจหรือทำความรู้จักกับกระบวนการอื่นๆ เพราะว่าโดยส่วนใหญ่พนักงานจะรู้ปัญหาเฉพาะในพื้นที่ของตนเท่านั้น แต่เมื่อมีการทำแผนผังก้างปลาแล้วจะทำให้เราสามารถรู้กระบวนการของแผนกอื่นได้ง่ายขึ้น
- (3) เมื่อต้องการเป็นแนวทางในการระดมสมองจะช่วยให้ทุกๆ คนให้ความสนใจในปัญหาของกลุ่มซึ่งแสดงไว้ที่หัวปลา

2.4.5.3 การกำหนดปัจจัยบนก้างปลา

เราสามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยอะไรก็ได้แต่ต้องมั่นใจว่ากลุ่มที่เรากำหนดไว้เป็นปัจจัยนั้นสามารถที่ช่วยให้เราแยกแยะและกำหนดสาเหตุต่างๆ ได้อย่างเป็นระบบและเป็นเหตุเป็นผล โดยส่วนมากมักจะใช้หลักการ 4M1E เป็นกลุ่มปัจจัย เพื่อจะนำไปสู่การแยกแยะสาเหตุต่างๆ ดังนี้

- (1) M-Man คนงาน พนักงาน หรือบุคลากร เช่น เป็นพนักงานใหม่ทำการฝึกอบรมไม่ดี ไม่มีความชำนาญ เป็นต้น
- (2) M-Machine เครื่องจักรหรืออุปกรณ์อำนวยความสะดวก เช่น เครื่องจักรทำงานผิดปกติ เครื่องชำรุด เป็นต้น
- (3) M-Material วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิต เช่น วัตถุดิบผิดขนาด วัตถุดิบไม่มีคุณภาพ
- (4) M-Method กระบวนการทำงาน เช่น คู่มือการทำงาน กำหนดที่ไม่ชัดเจน ข้ามขั้นตอน เป็นต้น
- (5) E-Environment สภาพแวดล้อม เช่น สถานที่ไม่เหมาะสม อากาศร้อนมีความชื้นมากเกินไป ความสว่างไม่เพียงพอ เป็นต้น

การแยกแยะสาเหตุไม่ได้หมายความว่า การกำหนดก้างปลาจะต้องใช้ 4M1E เสมอไป เพราะหากเราไม่ได้อยู่ในกระบวนการผลิตแล้ว ปัจจัยนำเข้า (Input) ในกระบวนการก็จะเปลี่ยนไป นอกจากนั้นหากกลุ่มที่ใช้ก้างปลา มีประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นอยู่แล้วก็สามารถที่จะกำหนดกลุ่มปัจจัยใหม่ให้เหมาะสมกับปัญหาตั้งแต่แรกได้

2.4.5.4 การกำหนดหัวข้อปัญหาที่หัวปลา

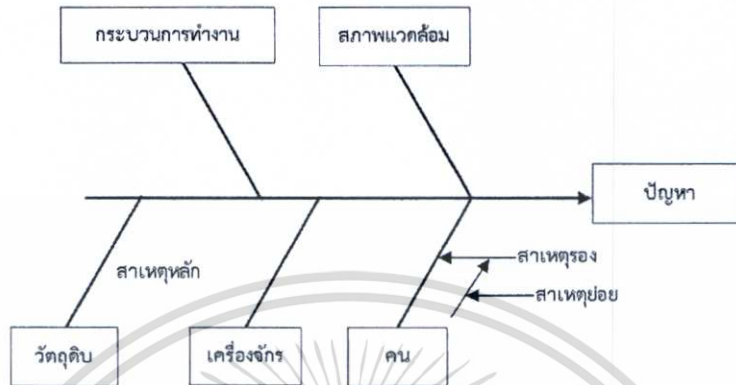
การกำหนดหัวข้อปัญหาควรกำหนดให้ชัดเจนและมีความเป็นไปได้ ซึ่งถ้าระบุการกำหนดประโยคปัญหานี้ไม่ชัดเจนตั้งแต่แรกแล้ว จะทำให้เราใช้เวลามากในการค้นหาสาเหตุและจะใช้เวลาในการทำผังก้างปลา

ผังก้างปลาประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

- (1) ส่วนปัญหาหรือผลลัพธ์จะแสดงอยู่ที่หัวปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) ส่วนสาเหตุจะสามารถแยกย่อยออกได้อีก ซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาจะเขียนไว้ในก้างปลาแต่ละก้าง เมื่อก้างย่อยเป็นสาเหตุของก้างรอง และก้างรองเป็นสาเหตุของก้างหลัก เป็นต้น ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล

2.4.5.5 หลักการเบื้องต้นในการนำแผนผังก้างปลาไปใช้งาน

หลักการเบื้องต้นในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา โดยใช้แผนผังก้างปลานั้นเริ่มจากการกำหนดหัวข้อของปัญหาที่ต้องการวิเคราะห์หาสาเหตุลงทางด้านขวาสุดหรือซ้ายสุดของแผนผังก้างปลา โดยมีเส้นหลักตามแนวยาวของก้างกระดูกสันหลัง จากนั้นใส่ชื่อของปัญหาย่อยซึ่งเป็นสาเหตุของปัญหาหลัก 3 ถึง 6 หัวข้อ โดยลากเป็นเส้นก้างปลา (Sub-bone) ทำมุมเฉียงจากเส้นหลัก เส้นก้างปลาแต่ละเส้นให้ใส่ชื่อของสิ่งที่ทำให้เกิดปัญหานั้นขึ้นมา ระดับของปัญหาที่จะสามารถแบ่งย่อยลงไปได้อีก ถ้าปัญหานั้นยังมีสาเหตุที่เป็นองค์ประกอบย่อยลงไปอีก โดยทั่วไปมักจะมีการแบ่งระดับของสาเหตุย่อยลงไปมากที่สุด 4 ถึง 5 ระดับ เมื่อมีข้อมูลในแผนผังที่สมบูรณ์แล้วจะทำให้มองเห็นภาพขององค์ประกอบทั้งหมดที่จะเป็นสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น จากนั้นนำสาเหตุในแต่ละปัจจัยมาระดมแนวคิด เพื่อทำการตัดสาเหตุของปัญหาที่ไม่ใช่ออกไปคงเหลือไว้เฉพาะสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาที่เกิดขึ้นเท่านั้น จากนั้นจะทดสอบสมมติฐานเพื่อดำเนินการแก้ไขและป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดซ้ำอีก

2.4.5.6 ข้อดีของแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา

- (1) ทำให้เป็นคนที่คิดกว้าง คิดรอบคอบ ไม่เสียเวลาแยกความคิดต่างๆ ที่กระจัดกระจายของแต่ละสมาชิกแผนผังก้างปลาจะช่วยระดมความคิดและรวบรวมความคิดของสมาชิกในทีม
- (2) คิดอย่างมีเหตุผล (Logical Thinking) สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้
- (3) คิดอย่างเป็นระบบ (Systematic Thinking) สามารถแก้ไขและวิเคราะห์ได้อย่างเป็นระบบและตรงจุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) การยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น การเคารพในความเป็นมนุษย์ของคนอื่น เพิ่มมุมมองแนวความคิดให้กว้างมากขึ้น

(5) ทำให้แก้ไขและป้องกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดประสิทธิผลเต็มที่ในการแก้ปัญหาที่สาเหตุรากเหง้า ทราบถึงสาเหตุหลักและสาเหตุย่อยของปัญหา ซึ่งทำให้เราสามารถแก้ปัญหาได้ถูกวิธี

2.4.5.7 ข้อเสียของแผนผังสาเหตุและผลหรือผังก้างปลา

(1) ความคิดไม่เป็นอิสระเนื่องจากมีแผนผังก้างปลาเป็นตัวกำหนด ซึ่งความคิดของสมาชิกในทีมจะมารวมอยู่ที่แผนภูมิก้างปลา

(2) ต้องอาศัยผู้ที่มีความสามารถและประสบการณ์สูงจึงสามารถใช้แผนผังก้างปลาในการระดมความคิด เพราะการที่จะวิเคราะห์ได้ดีต้องอาศัยประสบการณ์และการฝึกฝนผังแสดงเหตุและผล

2.4.6 ตารางสาเหตุและผลกระทบ (Cause & Effect Matrix)

การสร้างตารางเหตุและผลกระทบจะเอื้อประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาได้จริงไม่ใช่เรื่องง่าย ผู้ที่สามารถสร้างตารางแสดงเหตุและผลกระทบ จะต้องทำการแยกแยะและเลือกสรรเพื่อหาปัจจัยอันเป็นสาเหตุแห่งปัญหานั้น ควรใช้การปรึกษาหารือในกลุ่มคนหลายๆ ความคิดมารวมกันเพราะการละเว้นหรือมองข้ามปัจจัยบางอย่างไปจะก่อผลเสียภายหลังได้เลือกคุณลักษณะของปัญหาและปัจจัยสาเหตุในรูปขนาด หรือปริมาณที่สามารถใส่หน่วยวัดลงไปได้เพราะในที่สุดแล้วผลสรุปจากแผนภาพกระบวนการผลิต จะต้องนำไปแก้ไขปรับปรุงตัวแปรต่างๆ ในการผลิตการนำตารางสาเหตุและผลกระทบไปใช้งานจะต้องก่อนสรุปปัญหาควรใส่น้ำหนักหรือคะแนนแต่ละผลลัพธ์จาก 1 - 10 ตามลำดับความสำคัญของลูกค้า และระบุปัจจัยนำเข้าโดยใช้ข้อมูลจากแผนภาพกระบวนการให้คะแนนแต่ละปัจจัยจาก 1 - 10 ตามลำดับผลกระทบที่จะเกิดผลลัพธ์ และใช้แผนภูมิพาเรโตลำดับความสำคัญของปัญหา เพื่อนำข้อมูลเข้าไปวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

2.5 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis : FMEA) ได้รับการพัฒนาขึ้นมาครั้งแรกสำหรับโครงการอวกาศของ NASA ในช่วงทศวรรษที่ 1950 ต่อมาได้มีการขยายไปยังอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยในปี ค.ศ. 1972 กลุ่มปฏิบัติงาน North American Automotive Operations ของบริษัท Ford Motor จำกัด ได้ผนวก FMEA เข้ากับโปรแกรมการฝึกอบรมเรื่องความไว้วางใจของผลิตภัณฑ์สำหรับอบรมแก่พนักงานของบริษัท จากนั้นได้รับการเผยแพร่และนำไปประยุกต์ใช้อย่างรวดเร็วสำหรับอุตสาหกรรมกลุ่มอากาศยาน รถยนต์ อากาศ และอิเล็กทรอนิกส์ สำหรับประเทศไทยได้เริ่มมีการประยุกต์ใช้ FMEA กับกลุ่มอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ก่อนตามความต้องการของบริษัท Ford Motor จำกัด ตามระบบมาตรฐาน Q101 ของ Ford เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อประมาณปี ค.ศ.1990 และหลังจากที่อุตสาหกรรมได้มีการประยุกต์ใช้มาตรฐานระบบบริหารคุณภาพ QS9000 ISO/TS116949 ตลอดจน TL9000 ยิ่งทำให้อุตสาหกรรมไทยเริ่มมีความคุ้นเคยกับ FMEA มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีการนำ FMEA มาใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาการปรับปรุงคุณภาพของ Six Sigma อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ FMEA ในประเทศไทยยังคงจำกัดอยู่ในอุตสาหกรรมยานยนต์และอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนใหญ่

FMEA เป็นวิธีป้องกันที่ใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต เพื่อให้เชื่อมั่นได้ว่าสามารถออกแบบและผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า ในการการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของข้อบกพร่องของกระบวนการนั้น จะต้องมีการจัดตั้งทีมงานที่ทำหน้าที่หาข้อบกพร่องทางด้านศักยภาพที่ลูกค้าไม่พอใจ โดยในที่นี้ คำว่า “ลูกค้า” หมายถึงผู้บริโภคขั้นสุดท้ายสายงานผลิตและประกอบ แผนกบริการและแผนกอื่นๆ รูปแบบตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบจะช่วยบอกว่าข้อบกพร่องใดที่มีคะแนนความเสี่ยงสูง เพื่อนำมาจัดลำดับว่าควรปรับปรุงการออกแบบหรือกระบวนการใดก่อน รวมถึงลดความรุนแรงของผลอันเกิดจากลักษณะของข้อบกพร่อง

ซึ่งประเภทของการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. FMEA ในระบบ (System FMEA) ใช้ในการวิเคราะห์ระบบและระบบย่อยต่างๆ ในขั้นตอนการออกแบบแนวคิด (Concept Design) โดย FMEA ในงานระบบจะเน้นที่การวิเคราะห์หาข้อบกพร่องแนวโน้มที่เกิดกับที่ทำงาน (Function) ของระบบอันเนื่องจากความไม่มีประสิทธิภาพของระบบ ทั้งนี้จะครอบคลุมถึงการศึกษาคืออิทธิพลร่วมระหว่างระบบกับองค์ประกอบต่างๆ ของระบบด้วย
2. FMEA ในการออกแบบ (Design FMEA) ใช้สำหรับการวิเคราะห์ผลการป้องกันและการแก้ไขงานที่มีการทดลองหรือปฏิบัติเป็นครั้งแรก มักจะพิจารณาเกี่ยวข้องกับกลุ่มของการรวมส่วนประกอบต่างๆ หรือส่วนย่อยๆ เข้าด้วยกัน และส่วนของผลิตภัณฑ์ว่ามีหน้าที่การใช้งานตามที่ต้องการเหมาะสมแล้วหรือไม่ และส่วนใดจะมีปัญหาจะป้องกันหรือลดระดับความเสี่ยงได้มากน้อยแค่ไหน
3. FMEA ในกระบวนการผลิต (Process FMEA) สำหรับกระบวนการผลิตซึ่งมีลักษณะเหมือนกับ Design FMEA มักจะพิจารณาเกี่ยวกับปัจจัยการผลิตที่สำคัญคือ พนักงาน เครื่องจักร วัสดุ วิธีการ การวัดและสภาพแวดล้อมของการผลิต โดยทั่วไปแล้วเครื่องจักรจะเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดเมื่อจัดทำ Process FMEA
4. FMEA ในการบริการ (Service FMEA) ใช้ในการวิเคราะห์ถึงกระบวนการบริการก่อนจะส่งมอบให้กับลูกค้า โดย FMEA ประเภทนี้จะเน้นถึงข้อบกพร่อง (ความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อน) อันเนื่องมาจากความไม่มีประสิทธิภาพของระบบและกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1 ขั้นตอนการจัดทำ FMEA

ในการดำเนินงาน FMEA ให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดจะต้องดำเนินการภายใต้รูปแบบ คณะทำงานหรือทีมที่เวลาเริ่มต้นเร็วที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ โดยขั้นตอนทั่วไปในการจัดทำ FMEA ดังนี้

2.5.1.1 การกำหนดกลยุทธ์ในการจัดทำ FMEA

เนื่องจากการจัดทำ FMEA มีรายละเอียดค่อนข้างมาก ดังนั้นการวิเคราะห์ FMEA สำหรับ ทุกๆ กระบวนการในการผลิตส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งที่เกือบจะเป็นไปไม่ได้เพราะต้องใช้ เวลาในการจัดทำค่อนข้างมาก จึงมีความจำเป็นต้องเลือกกระบวนการางกระบวนการขึ้นมาวิเคราะห์ โดย FMEA ควรจะพิจารณาในประเด็นต่างๆ ดังนี้

- มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีใหม่
- ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตอยู่ได้รับการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมค่อนข้างมาก
- มีปัญหาของกระบวนการที่เกิดขึ้นอย่างเรื้อรัง
- มีการควบคุมการทำงานของพนักงานปฏิบัติงานค่อนข้างมาก
- มีความผันแปรค่อนข้างสูง โดยไม่ทราบว่ามีสาเหตุจากแหล่งใด

2.5.1.2 การทบทวนกระบวนการ

ในขั้นตอนนี้คณะทำงาน FMEA จะต้องทำความเข้าใจกับกระบวนการที่ได้รับเลือกไว้ใน ขั้นตอนที่ 1 โดยการทำความเข้าใจนี้ ควรเริ่มต้นจากการทำกระบวนการให้อยู่ในรูปของแผนภาพ หรือแผนภูมิแสดงการไหลของกระบวนการและจากแผนภูมินี้เองจะทำให้ทราบถึงกระบวนการผลิต ในทุกขั้นตอน ตลอดจนความสัมพันธ์ของปัจจัยป้อนเข้า (Input) และผลผลิต (Output) ตลอดจน จุดวัดที่แต่ละกระบวนการ

2.5.1.3 การระดมสมองค้นหาแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง

ในการระดมสมองนี้ มีความจำเป็นต้องตรวจสอบถึงความเข้าใจก่อนว่าสมาชิกในกลุ่ม คณะทำงานมีความเข้าใจในหน้าที่และแนวความคิดในการทำงานของกระบวนการแล้วหรือยัง เพื่อ กำหนดถึงแนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง (Potential failure modes) ซึ่งการดำเนินการนี้ควรให้ สมาชิกทุกคนในคณะทำงานมีอิสระในการใช้ความคิดผ่านการวิเคราะห์หน้าที่ของกระบวนการเพื่อ การกำหนดแนวโน้มขอลักษณะข้อบกพร่องและในการระดมสมองควรเชิญบุคคลที่มีความรู้และผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างมากมาร่วมออกความคิดเห็นด้วย เช่น พนักงานปฏิบัติงานหน้างานหรือหัวหน้างาน เป็นต้น

2.5.1.4 การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการ

ทำการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการและพิจารณาความเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับ ข้อบกพร่องดังนี้

ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity - S)

ความรุนแรงของผลกระทบ หมายถึง การวิเคราะห์ถึงความรุนแรงของแนวโน้มของผลกระทบจากข้อบกพร่อง โดยความรุนแรงจะหมายถึงขนาดของความรุนแรงของผลกระทบในการลดความรุนแรงนี้จะได้มาจากการออกแบบใหม่สำหรับระบบหรือกระบวนการเท่านั้น

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2556)

ผลกระทบจากข้อบกพร่อง	ความรุนแรงของผลกระทบที่มีต่อกระบวนการ	คะแนน
เกิดอันตรายโดยไม่มีการเตือน	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงานหรือเครื่องจักร โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า	10
เกิดอันตรายโดยการเตือน	มีผลกระทบต่อการเกิดอันตรายต่อพนักงานหรือเครื่องจักร โดยมีการเตือน	9
ผลกระทบสูงมาก	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) อาจถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงโดยใช้เวลามากกว่า 1 ชั่วโมง	8
ผลกระทบสูง	อาจจะมีการตรวจสอบผลิตภัณฑ์แบบคัดเลือก (sorting) และผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) อาจถูกทำลายหรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงระหว่างครึ่งชั่วโมงถึงหนึ่งชั่วโมง	7
ผลกระทบปานกลาง	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) อาจถูกทำลายและไม่ต้องตรวจสอบแบบคัดเลือก (sorting) หรือส่งเข้าซ่อมแซมที่แผนกซ่อมบำรุงเวลาดำกว่าครึ่งชั่วโมง	6
ผลกระทบต่ำ	ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (100 เปอร์เซ็นต์) อาจต้องได้รับการ Rework หรือได้รับการซ่อมแซมนอกสายการผลิตที่ฝ่ายผลิต	5
ผลกระทบต่ำมาก	ผลิตภัณฑ์อาจได้รับการตรวจสอบแบบคัดเลือก (sorting) โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำลายแต่บางส่วน (น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) อาจต้องได้รับการ Rework	4
ผลกระทบเล็กน้อย	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) อาจต้องได้รับการ Rework ในสายการผลิตนอกจุดปฏิบัติงานที่ถูกทำลาย	3
เกือบไม่มีผลกระทบ	ผลิตภัณฑ์บางส่วน (น้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) อาจต้องได้รับการ Rework ในสายการผลิตในจุดปฏิบัติงาน โดยไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ถูกทำลาย	2
ไม่มีผลกระทบ	ไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อพนักงานหรือการปฏิบัติงาน	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอกาสที่เกิดขึ้น (Occurrence - O)

โอกาสที่เกิดขึ้น หมายถึง ความเป็นไปได้ที่สาเหตุหรือกลไกเฉพาะหนึ่งจะเกิดขึ้น ดังนั้น อันดับความเป็นไปได้ในการ เกิดจึงมีความหมายเชิงสัมพัทธ์มากกว่าตัวเลขสัมบูรณ์และการลดโอกาสที่เกิดขึ้นนี้ จะต้องได้มาจากการป้องกันหรือการควบคุมสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องที่ผ่านการเปลี่ยนแปลงแบบหรือกระบวนการเท่านั้น

ตารางที่ 2.3 การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2556)

โอกาสในการเกิดสาเหตุ	อัตราข้อบกพร่องที่เป็นไปได้	คะแนน
สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100,000 (หรือ 10 เปอร์เซ็นต์)	10
	50,000 (หรือ 5 เปอร์เซ็นต์)	9
สูง : เกิดข้อบกพร่องน้อย	20,000 (หรือ 2 เปอร์เซ็นต์)	8
	10,000 (หรือ 1 เปอร์เซ็นต์)	7
	5,000 (หรือ 0.5 เปอร์เซ็นต์)	6
ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	2,000 (หรือ 0.2 เปอร์เซ็นต์)	5
	1,000 (หรือ 0.1 เปอร์เซ็นต์)	4
	500	3
ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	100	2
	≤ 10	1
ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง		

การตรวจจับ (Detection - D)

การตรวจจับ หมายถึง การจับสาเหตุหรือกลไกของข้อบกพร่องหรือลักษณะข้อบกพร่อง ทั้งโดยวิธีการวิเคราะห์และวิธีการศึกษาทางกายภาพก่อนที่จะถูกก่อนที่แบบจะถูกส่งต่อไปให้ฝ่ายผลิต

ตารางที่ 2.4 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2556)

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
มีความไม่แน่นอน เกือบจะทั้งหมด	ระบบการควบคุมการออกแบบไม่สามารถตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้เลยหรือไม่มีระบบการควบคุม การออกแบบเลย	10
ห่างไกลมาก	มีโอกาสน้อยมากๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับ สาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

การตรวจจับ	ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการควบคุมการออกแบบ	คะแนน
ห่างไกล	มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	8
ต่ำมาก ๆ	มีโอกาสต่ำมาก ๆ ที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	7
ต่ำ	มีโอกาสต่ำที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	6
ปานกลาง	มีโอกาสปานกลางที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	5
ค่อนข้างสูง	มีโอกาสค่อนข้างสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	4
สูง	มีโอกาสสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	3
สูงมาก	มีโอกาสสูงมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบจะตรวจจับสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	2
เกือบจะมี ความแน่นอน	ระบบการควบคุมสามารถตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอนถึงสาเหตุ/กลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้	1

2.5.1.5 การประเมินตัวเลขแสดงความเสี่ยง

ภายหลังจากการวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องแต่ละรายการแล้ว ให้ทำการประเมินผลค่าความเสี่ยงโดยพิจารณาจากองค์ประกอบทั้งสามประการ คือ ความรุนแรงลักษณะข้อบกพร่อง (S) โอกาสในการเกิดสาเหตุ (O) และความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (D) ดังนี้

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.1)$$

RPN หมายถึง ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ยง (Risk Priority Number)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปแล้ว ตัวเลข RPN จะไม่มีความหมายใดๆ นอกจากการใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะของข้อบกพร่องจากการออกแบบเท่านั้น และเพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อนำคะแนน RPN ไปวิเคราะห์ด้วยแผนภาพพาเรโต ซึ่งหากมีการให้คะแนนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแล้วจะพบว่าลักษณะของข้อบกพร่องที่มีความสำคัญมากจะมีจำนวนเพียงเล็กน้อย ขณะที่ลักษณะของข้อบกพร่องที่มีความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมากตามหลักการพาเรโต

ตารางที่ 2.5 กฎเกณฑ์การประเมินผลการตรวจจับของระบบควบคุม (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2556)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
เกือบเป็นไปได้	ไม่มีระบบตรวจจับใด ๆ			x	ไม่สามารถตรวจจับหรือตรวจสอบได้	10
ห่างไกลมาก	มีระบบควบคุมแต่ไม่สามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้			x	การควบคุมทำได้โดยทางอ้อมหรือเป็นเพียงการสุ่มตรวจเท่านั้น	9
ห่างไกล	มีระบบควบคุมแต่มีโอกาสน้อยมากที่จะตรวจจับได้			x	การควบคุมทำได้ด้วยการตรวจสอบเพียงตาเปล่า (Visual Inspection)	8
ต่ำมาก	ไม่มีระบบตรวจจับใด ๆ			x	การควบคุมทำได้ด้วยการตรวจสอบด้วยตาเปล่า 2 ครั้ง (Double Visual Inspection) เท่านั้น	7
ต่ำ	มีระบบควบคุมและอาจตรวจจับข้อบกพร่องได้	x	x		การควบคุมทำได้โดยแผนภูมิ SPC	6
ปานกลาง	มีระบบควบคุมและอาจจะตรวจจับข้อบกพร่องได้		x		มีการควบคุมโดยใช้เครื่องมือวัดชิ้นงานก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน หรือใช้เกจแบบ Go/No Go กับงานทั้งหมดก่อนออกจากจุดปฏิบัติงาน	5
ค่อนข้างสูง	มีระบบควบคุมและมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	x	x		มีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปหรือมีการใช้เครื่องวัดงานชิ้นแรกในขั้นตอนงานการปรับตั้ง	4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 (ต่อ)

การตรวจจับ	กฎเกณฑ์	ประเภทการตรวจสอบ			ขอบเขตวิธีการตรวจจับ	คะแนน
		A	B	C		
สูง	มีระบบควบคุม และมีโอกาสสูงที่จะตรวจจับข้อบกพร่องได้	x	x		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานหรือมีการตรวจจับความผิดพลาดในกระบวนการถัดไปโดยการตรวจสอบเพื่อยอมรับ	3
สูงมาก	มีระบบควบคุม และเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	x	x		มีการตรวจจับความผิดพลาดที่จุดปฏิบัติงานด้วยเครื่องมืออัตโนมัติ ทำให้ชิ้นงานบกพร่องไม่สามารถหลุดผ่านไปได้อีก	2
สูงมาก	มีระบบควบคุม และเกือบจะมั่นใจได้ว่าสามารถตรวจจับข้อบกพร่องได้	x			ไม่มีโอกาสเกิดผลิตภัณฑ์บกพร่อง เพราะใช้ระบบป้องกันความผิดพลาด (Poka - Yoke) ในขั้นตอนการออกแบบผลิตภัณฑ์/กระบวนการ	1

หมายเหตุ A = การป้องกันความผิดพลาด
 B = การใช้อุปกรณ์วัด (Gauging)
 C = ตรวจสอบโดยอาศัยบุคคล (Manual Inspection)

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่ยงต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมากกว่า $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่า ความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก โอกาสในการเกิดสาเหตุนี้มีน้อยมากและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ ในขณะที่ค่าระดับความเสี่ยงสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่าความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมาก มีโอกาสในการเกิดสาเหตุนี้สูงมากและความสามารถในการตรวจจับปัญหาลดต่ำมาก (นุจรินทร์ เวียงคำ. 2552)

2.5.1.6 การกำหนดมาตรการตอบโต้เพื่อลดความเสี่ยง

ภายหลังจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงแล้ว ให้ทำการเลือกลักษณะข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงและความเสี่ยงมากมาพิจารณากำหนดมาตรการตอบโต้ โดยการกำหนดมาตรการตอบโต้ี้ควรมาจากพื้นฐานของเทคโนโลยีเฉพาะด้าน และเมื่อกำหนดมาตรการตอบโต้แล้วให้ดำเนินการปฏิบัติการ โดยการดำเนินการให้อยู่ในรูปแบบคณะทำงานที่มีการมอบหมายอย่างเป็นทางการ

2.5.1.7 การประเมินผลความเสี่ยงภายหลังการปฏิบัติการตอบโต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากมีการใช้มาตรการตอบโต้เรียบร้อยแล้ว ผู้วิเคราะห์จะต้องทำการประเมินค่าความเสี่ยงในรูป RPN โดยอาศัยกฎเกณฑ์เดิมอีกครั้งเพื่อพิจารณาว่าความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องที่พิจารณาได้ลดลงหรือไม่และถ้าไม่ตรงตามที่กำหนดแต่แรก ให้พิจารณาว่ามีสาเหตุมาจากประเด็นใด เพื่อดำเนินการแก้ไขต่อไป

2.5.1.8 การติดตามผลและจัดทำมาตรฐาน

ในขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินการ FMEA การติดตามผลเพื่อสร้างความมั่นใจว่า มาตรการตอบโต้ที่กำหนดไว้ได้รับการนำไปปฏิบัติใช้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ และถ้ามีประสิทธิภาพดีแล้วควรจะดำเนินการจัดทำเป็นมาตรฐานต่อไป

2.6 การวิเคราะห์ระบบการวัด (Measurement System Analysis: MSA)

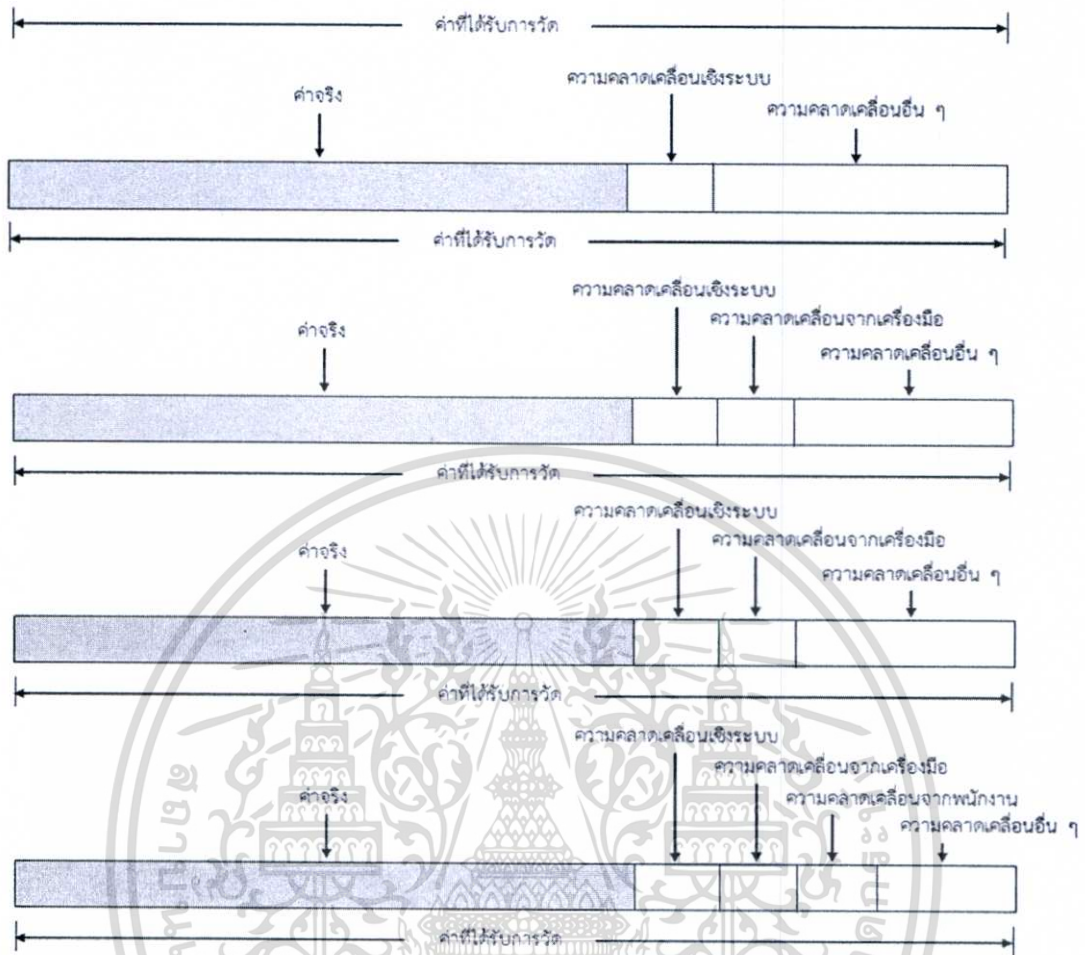
การวิเคราะห์ระบบการวัด เป็นวิธีการหรือเครื่องมืออย่างหนึ่งซึ่งใช้ในการประเมินคุณสมบัติทางสถิติของระบบวัด โดยมีเป้าหมายประสงค์เพื่อทวนสอบทางสถิติว่าระบบการวัดที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนั้นมีความสามารถในการอ่านค่าที่แท้จริงของคุณสมบัติของสิ่งที่ต้องการจะทำการวัดหรือไม่ ตลอดจนสามารถให้ผลการวัดที่เป็นค่าวัดที่มีความผันแปรหรือความแปรปรวนที่ต่ำที่สุด (Variability or Variance) ที่สามารถให้การยอมรับได้หรือไม่ เนื่องจากว่าเมื่อใดก็ตามที่เราทำการวัดสิ่งใดสิ่งหนึ่งย่อมที่จะทำให้เกิดความผันแปรขึ้นในระบบการวัดนั้นอยู่เสมอ การวิเคราะห์ระบบการวัดจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจถึงความผันแปรที่เกิดขึ้นจากระบบการวัดเพื่อลดความผันแปรดังกล่าว และจะมีผลทำให้ความผันแปรของข้อมูลวัดสามารถอธิบายถึงความผันแปรของกระบวนการได้

2.6.1 แนวความคิดในการวิเคราะห์ระบบการวัด

(กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553) การวิเคราะห์ระบบการวัดนี้ มีวัตถุประสงค์สำคัญในการวิเคราะห์ถึงแหล่งความคลาดเคลื่อนในระบบการวัดด้วยการจำแนกสาเหตุของความคลาดเคลื่อนนั้นออกดังรูปที่ 2.11 และเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของค่าวัดนี้มีทั้งปริมาณที่สามารถกำจัดได้ก่อนได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากความผิดพลาด ทั้งนี้ด้วยการดำเนินการทำให้ระบบการวัดเป็นมาตรฐาน

จากนั้นทำการสอบเทียบเครื่องมือเพื่อกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ โดยการสอบเทียบนี้หมายถึง วิธีการในการถ่ายค่ามาตรฐานของค่าวัดจากมาตรฐานที่สูงกว่าสู่มาตรฐานที่ต่ำกว่า โดยระบบการสอบเทียบดังกล่าวนี้จะต้องสามารถสอบกลับได้ (Traceability) โดยการสอบกลับได้หมายถึง ความสามารถต่อการกำหนดความสัมพันธ์ของค่าวัดแต่ละค่ากับมาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานระหว่างประเทศที่ได้รับการยอมรับโดยระบบที่มีความต่อเนื่อง (Unbroken Chain of Comparisons) หลังจากการกำจัดความคลาดเคลื่อนเชิงระบบแล้วจะมีการลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มด้วยการประเมินถึงแหล่งความผันแปรต่างๆ ทั้งจากเครื่องมือวัด พนักงานวัด ตลอดจนสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อค่าวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การจำแนกความคลาดเคลื่อนจากการวัดออกเป็นแหล่งต่างๆ

จากการที่กล่าวมานี้ จะพบว่าหากพิจารณาถึงองค์ประกอบของค่าวัดแต่ละค่าแล้ว
จะได้

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าวัด } (X_{ij}) &= \text{ค่าจริงของงาน } (\mu) + \text{ค่าไบอัส}(b) \\
 &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านชิ้นงาน } (\alpha_i) \\
 &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุด้านพนักงาน } (\beta_j) \\
 &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุร่วมของชิ้นงานกับพนักงาน } (\alpha\beta)_{ij} \\
 &+ \text{ความแตกต่างเนื่องจากสาเหตุแบบสุ่ม } (\varepsilon_{ij})
 \end{aligned} \tag{2.2}$$

$$\text{หรือ} \quad X_{ij} = \mu + b + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij} \tag{2.3}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดค่าวัดในรูปของความผันแปร (Measurement Variation) ได้ว่า

$$\sigma_x^2 = \mu^2 \alpha + \sigma_\beta^2 + \sigma^2 \alpha_\beta + \sigma^2 \quad (2.4)$$

ดังนั้นการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) จะเป็นวิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติเชิงสถิติของระบบการวัดจากค่าวัดที่ได้ เพื่อทำการแยกแหล่งความผันแปรออกเป็นชิ้นงาน (Part-to Part Variation : PV) พนักงานวัด (Appraiser Variation : AV) ความผันแปรร่วม (Interaction Variation) และความผันแปรอื่นๆ ซึ่งโดยปกติมักจะเป็นความผันแปรหลักๆ จากอุปกรณ์วัด (Equipment Variation : EV) ทั้งนี้การวิเคราะห์ระบบการวัดจะอยู่ภายใต้ค่าที่ได้จากการประเมินระบบการวัด (Measurement System Evaluation : MSE)

2.6.2 การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) สำหรับข้อมูลแบบนับ

ในการวิเคราะห์ระบบการวัดนั้น นอกจากค่าวัดจะเป็นข้อมูลแบบผันแปรแล้วค่าวัดอาจจะเป็นข้อมูลแบบนับ ที่เกิดจากการทำคุณลักษณะเชิงแอตทริบิวต์ให้เป็นตัวเลข เช่น กลิ่น รสชาติ ความสวยงาม ฯลฯ ซึ่งข้อมูลอาจจะเป็นข้อมูลตามลำดับหรือข้อมูลในนามก็ได้ โดยแหล่งความผันแปรที่มีความสำคัญของระบบการวัดแบบนี้ คือ ความสามารถตลอดจนทักษะของพนักงานวัดที่มีความจำเป็นต้องทำการประเมินผลเพื่อการรับรองความสามารถ

2.6.2.1 กระบวนการประเมินผลระบบการตรวจสอบในระยะสั้น

ในการประเมินผลระบบการวัด หรือระบบการตรวจสอบในระยะสั้นนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ความเห็นพ้องกันของพนักงานผู้ประเมิน ทำให้สามารถประเมินความสามารถ ในการตรวจสอบของพนักงานได้ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีขั้นตอนการศึกษาดังนี้

(1) ทำการกำหนดบุคลากรที่มีความชำนาญการในการวัดพารามิเตอร์ดังกล่าวว่าเป็นคณะผู้ชำนาญการ (Expert Committee) โดยบุคลากรที่ได้รับเลือกนี้เป็นบุคคลที่มีความสามารถในการแยกแยะคุณภาพของผลิตภัณฑ์ และลูกค้าให้การยอมรับในผลการตรวจสอบดังกล่าว

(2) ให้คณะผู้ชำนาญการกำหนดชิ้นงานที่คุณภาพตามที่กำหนดให้เป็น “ลอตมาตรฐาน” (Standard lots) เพื่อใช้เป็นชิ้นงานมาตรฐานในการประเมินความสามารถของระบบการตรวจสอบโดย Fasser and Brettner (1992 : 204) ได้แนะนำลอตมาตรฐานประกอบไปด้วยสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพดีจำนวน 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างทั้งหมด อีกจำนวน 1 ใน 3 ของสิ่งตัวอย่างงานทั้งหมดเป็นสิ่งตัวอย่างที่มีคุณภาพไม่ดีและสิ่งที่เหลืออีก 1 ใน 3 ให้เป็นตัวอย่างคุณภาพก้ำกึ่ง หรือ มาร์จินัล (Marginal) ซึ่งควรจะประกอบด้วยดีแบบก้ำกึ่ง (Marginal Conformity) และไม่ดีแบบก้ำกึ่ง (Marginal Nonconformity) อย่างละครึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) กำหนดพนักงานวัดที่มีความต้องการประเมินความสามารถในการวัดหรือต้องการวิเคราะห์ระบบการวัด ให้สุ่มพนักงานตรวจสอบมา 2 - 4 คน โดยพนักงานดังกล่าวจะต้องเป็นพนักงานที่มีหน้าที่ประจำในการตรวจสอบคุณภาพและได้ผ่านการฝึกอบรมมาเป็นอย่างดีพร้อมผ่านผลประเมินความสามารถแล้ว

(4) กำหนดจำนวนชิ้นตัวอย่างและจำนวนครั้งในการทดสอบซ้ำ โดยจำนวนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับจำนวนพนักงานทดสอบ ซึ่ง Fasser and Brettner (1992 : 204) ได้แนะนำตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ขนาดสิ่งตัวอย่างที่แนะนำสำหรับการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยข้อมูลนับ

จำนวนพนักงานตรวจสอบ	จำนวนชิ้นงานตัวอย่างที่ต่ำที่สุด	จำนวนทดลองซ้ำที่ต่ำที่สุด
1	24	5
2	18	4
มากกว่า หรือ เท่ากับ 3	12	3

(5) ให้สุ่มพนักงานตรวจสอบขึ้นมา 1 คน แล้วให้ตรวจสอบตัวอย่างของสิ่งแนบสุ่มเพื่อการประเมินผลคุณภาพของสิ่งตัวอย่าง โดยแบ่งออกเป็น 2 พวก คือ ดี (G) / เสีย (NG) หรือแบ่งออกมากกว่า 2 ประเภทก็ได้ พร้อมบันทึกผลในตารางทดสอบ

(6) สุ่มพนักงานมาอีกแล้วดำเนินการทดลองเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 5 และทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบการประเมินผลจากพนักงานทุกคนตามที่มีออกแบบไว้

(7) ทำการประเมินผล ซึ่งอาจจะเริ่มต้นด้วยการวิเคราะห์ความเห็นพ้องกันระหว่างพนักงานแต่ละคู่รวมถึงการประเมินถึงประสิทธิภาพในการวัดซึ่งพนักงานวัดด้วยระบบการวัดที่ศึกษา

หากพิจารณาถึงรูปแบบของความผิดพลาดจากการวัดแล้วอาจจะแสดงได้ด้วย ตารางที่ 2.7 ที่ประกอบด้วยการขาดความสามารถในการทำซ้ำ และถ้าหากมีความสามารถในการทำซ้ำก็อาจจะผิดพลาดจากการเห็นไม่พ้องกันระหว่างพนักงาน และถ้ามีความเห็นพ้องกันที่ระหว่างพนักงานแล้วอาจจะมีความเสี่ยงจากความผิดพลาดประเภทที่ I และ II โดยลำดับ

2.6.2.2 การวิเคราะห์ความเห็นพ้องของพนักงานวัด

ในการประเมินถึงความสามารถของพนักงานวัดนั้น อาจจะประเมินผลที่ตัวพนักงานเอง (Within Appraiser) หรือการประเมินระหว่างพนักงานแต่ละคู่ (Between Appraiser) เพื่อพิจารณาว่าพนักงานคนใดมีความสามารถไม่เข้าเกณฑ์ มีความจำเป็นต้องดำเนินการเพิ่มความสามารถให้พนักงานดังกล่าวก่อนที่จะดำเนินการต่อไป

ตารางที่ 2.7 ตัวแบบของความผิดพลาดจากระบบการวัด

พนักงาน มาตรฐานงาน	คนที่ 1		คนที่ 2		ประเภทความผิดพลาด
	1	2	1	2	
1. งานดี (G)	G	NG	NG	G	ขาดความสามารถในการทำซ้ำ
2. งานดี (G)	G	G	NG	NG	ความเห็นไม่พ้องกัน
3. งานดี (G)	NG	NG	NG	NG	ความผิดพลาดประเภทที่ I
4. งานไม่ดี (NG)	G	G	G	G	ความผิดพลาดประเภทที่ II

ในการวิเคราะห์ความสามารถของระบบการวัดในด้านความเห็นพ้องกันอาจจะจำแนกออกเป็นการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน และการวิเคราะห์ความสามารถระหว่างพนักงาน

(1) การวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน

ในการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนจะพิจารณาถึงค่าความสามารถในการวัดซ้ำ (%Repeatability) ของพนักงานแต่ละคน ซึ่งอาจเรียกว่า เปอร์เซ็นต์คะแนนของพนักงานวัดแต่ละคน (% Appraiser Score) ได้โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์รีพีทะบิลิตีของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจได้ผลเหมือนกัน (m)}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ (N)}} \quad (2.5)$$

ดังนั้น อาจจะทำหนดพิสัยความเชื่อมั่น (Confidence Interval) ได้จากค่าแจกแจงแบบ F

$$LCI = \frac{v_1 \times F_{v_1, v_2; 1-\alpha/2}}{v_2 + (v_1 \times F_{v_1, v_2; 1-\alpha/2})} \quad (2.6)$$

เมื่อ $v_1 = 2m$ และ $v_2 = 2(N - m + 1)$ และ

$$UCI = \frac{v_1 \times F_{v_1, v_2; \alpha/2}}{v_2 + (v_1 \times F_{v_1, v_2; \alpha/2})} \quad (2.7)$$

เมื่อ $v_1 = 2(m + 1)$ และ $v_2 = 2(N - m)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(2) การวิเคราะห์ระหว่างพนักงาน

นอกจากการวิเคราะห์ความสามารถของแต่ละคนแล้ว ยังสามารถวิเคราะห์ถึงระดับของความเห็นพ้อง (Level of Agreement) ระหว่างพนักงานแต่ละคู่ด้วยการใช้ สัมประสิทธิ์คัปปา (Kappa : K) ของ Cohen ซึ่งนิยามไว้ว่า

$$K = \frac{p_o - p_e}{1 - p_e} \quad (2.8)$$

เมื่อ K = สัมประสิทธิ์คัปปาของ Cohen

p_o = ผลงานของสัดส่วนที่เห็นพ้องกันจากค่าสังเกต (แนวทแยงมุม)

p_e = ผลงานของสัดส่วนที่เห็นพ้องกันจากค่าคาดหวัง

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถระหว่างพนักงานทุกคนจะสามารถประเมินผลด้วยเปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีทหะบิลิตี้ของการตรวจสอบ (% screen effective score) โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิผลด้านรีพีทหะบิลิตี้} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad (2.9)$$

(3) การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัด

ในหัวข้อที่ (1) และ (2) จะเป็นการวิเคราะห์ถึงความสามารถของพนักงานแต่ละคนและระหว่าง โดยคำนึงถึงความพ้องกันของการวัด โดยกรณีดังกล่าวผู้วิเคราะห์ไม่มีความจำเป็นต้องทราบค่าที่แท้จริงของชิ้นงานวัด สำหรับหัวข้อนี้จะแสดงถึงควมมีประสิทธิผล (Effectiveness) ของระบบการวัดซึ่งมีความจำเป็นที่ผู้ศึกษาจะต้องทราบถึงคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานตัวอย่างที่ทำการวัด จากนั้นจะทำการศึกษาถึงความพ้องกันระหว่างพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐาน ด้วยการประเมินผลคะแนนของค่าแอดทริบิวต์ (% Attribute) โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์คะแนนของค่าแอดทริบิวต์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad (2.10)$$

และสามารถประเมินถึงประสิทธิผลโดยรวมของระบบได้จาก เปอร์เซ็นต์คะแนนของประสิทธิผลของค่าแอดทริบิวต์ (% Attribute Screen Effective Score) โดย

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของประสิทธิผลของค่าแอดทริบิวต์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ผลถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad (2.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จตุวัฒน์ ธวัชธาดา (2553 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่องการปรับปรุงงานโดยบูรณาการแนวคิด ลีนและเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง โดยการศึกษาจะมุ่งเน้นกิจกรรมที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่าและเป็นความสูญเปล่าในกระบวนการ จากการศึกษากระบวนการผลิตตัวอย่างพบว่าของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตคือ การเกิดปัญหาเศษติด (Spatter) ติดกับชิ้นงาน ซึ่งต้องมีการตรวจเช็คและเคาะออก ทำให้สูญเสยทั้งเวลาและอาจจะมีข้อผิดพลาด จึงได้นำแนวคิดการป้องกัน ความผิดพลาด (Mistake Proofing) มาประยุกต์ใช้ และต้องการปรับปรุงการสั่งผลิตจากแบบ Pattern หรือ Lot Size มาเป็นการใช้วิธีการปรับเรียบการผลิต เพื่อลดชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิตและลดพื้นที่การจัดเก็บชิ้นงานสำเร็จรูป โดยมีการใช้แนวคิดลีนและเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่ามาใช้ร่วมกัน ซึ่งหลังจากการปรับปรุงพบว่าทำให้ปัญหาเศษติดกับชิ้นงานมีจำนวนที่ลดลงจากเดิม 304,400 PPM เหลือเพียง 2,000 PPM และรอบการทำงานลดลงจาก 83.1 วินาที/ชิ้น เหลือเพียง 75.5 วินาที/ชิ้น และสามารถทำการลดการจัดเก็บสินค้าคงคลังสำเร็จรูปจาก 1.5 วัน เหลือเพียง 1.0 วัน ทำให้สามารถลดความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการได้

ณัฐศุขยา สิทธิโชคโรตม (2552 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยเรื่องการปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป โดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ ซิกม่า งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูปเพราะเป็นอุตสาหกรรมที่มีมักจะมีปัญหาเรื่องการผลิตสินค้าให้ได้คุณภาพตรงตามที่ลูกค้ากำหนดและทันเวลากำหนด สำหรับโรงงานกรณีศึกษามีขั้นตอนการทำงานที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าแฝงอยู่ในกระบวนการเย็บประกอบและกระบวนการตกแต่งสำเร็จรูปค่อนข้างมาก มีปริมาณงานระหว่างทำค้างในกระบวนการสูงสัดส่วนของเสียค่อนข้างมากและการจัดจำนวนคนในแต่ละขั้นตอนไม่เหมาะสม จึงปรับปรุงกระบวนการทำงานใหม่ควบคู่กับการตรวจสอบคุณภาพในกระบวนการ ผลที่ได้คือประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานเย็บประกอบเพิ่มขึ้นจาก 37.23 เปอร์เซ็นต์ เป็น 61.24 เปอร์เซ็นต์ ของเสียงานเย็บลดลงจาก 12.67 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8.26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระบวนการตกแต่งสำเร็จรูปได้ใช้แบบจำลองสถานการณ์มาจำลองสถานการณ์หลังปรับปรุง ผลที่ได้คือสามารถลดปริมาณงานระหว่างทำค้างในกระบวนการลงได้จาก 9,355 ตัว/เดือน เป็น 5,859 ตัว/เดือน เวลารอคอยระหว่างกระบวนการย่อยลดลงจาก 13.09 ชั่วโมง/ตัว เป็น 6.72 ชั่วโมง/ตัว และมีกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 113,312 ตัว/เดือน เป็น 117,150 ตัว/เดือน

นุจรินทร์ เวียงคำ (2552 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยการลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาบริษัทไทยเวิลด์แวย์ โพลีโพรดักส์จำกัดได้เลือกปัญหาพิมพ์เหลืองและสีลากของบริษัท เนื่องจากมีปริมาณของเสียและจำนวนข้อร้องเรียนจากลูกค้า ซึ่งมาจากกระบวนการพิมพ์เป็นจำนวนมากที่สุด ผลจากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำแนวทางการจัดการคุณภาพแบบซิกซ์ ซิกม่า มาประยุกต์ใช้ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2551 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2552 พบว่าปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการพิมพ์ลดลง จาก 14.3 เป็น 7.2 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ หรือเมื่อเปรียบเทียบกับในระดับ σ สามารถปรับปรุงจากระดับ 2.6 σ เป็นระดับ 3.0 σ โดยปริมาณของเสียจากปัญหาพิมพ์เหลืองลดลง จาก 5.1 เปอร์เซ็นต์ เป็น 2.6 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ ปัญหาสีลากลดลงจาก 3.7 เปอร์เซ็นต์ เป็น 1.4 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็น 63 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากมีการควบคุมอย่างต่อเนื่องจะทำให้ปริมาณของเสียลดลงได้อย่างต่อเนื่อง

วรชัย ชำบ่าเหน็จ (2558 : บทคัดย่อ) ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองในการปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนของแขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟ โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้มีผลลดลงในสัดส่วน 50 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบการวัดด้วยวิธี GR&R แบบ Attribute เพื่อตรวจสอบความสามารถของการวัดหลังจากนั้นทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาความสัมพันธ์ของปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดของเสียและหาค่าสภาวะเหมาะสมของแต่ละปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุดจากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์แขนจับหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟในรุ่น Brink-2H เป็นรุ่นที่มีจำนวนการผลิตสูงที่สุด และมีสัดส่วนของเสียในกระบวนการสวมอัดมากที่สุดคือ 1.51 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อประยุกต์ใช้เทคนิคซิกซ์ ซิกม่าในการศึกษาและปรับปรุงกระบวนการสามารถลดสัดส่วนของเสียสวมอัดลดลงจาก 1.51 เหลือ 0.58 หรือคิดเป็น 61.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งบรรลุเป้าหมายและประสิทธิภาพในกระบวนการการสวมอัดเพิ่มจาก 98.49 เพิ่มเป็น 99.42 เปอร์เซ็นต์

วสันต์ พุกผาสุข (2547 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยการลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม โดยมีเป้าหมายคือ การลดอัตราของเสียที่เกิดขึ้นลง 70 เปอร์เซ็นต์ การดำเนินงานจะเริ่มจากขั้นตอนการกำหนดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยระบุถึงขอบเขตปัญหาที่จะทำการแก้ไข และกำหนดตัวชี้วัดปรับปรุงกระบวนการ โดยอาศัยการวัดความสามารถกระบวนการ พบว่าการเกิดเม็ดหรือตามดบนผิวชิ้นงานเป็นเหตุทำให้เกิดของเสียมากที่สุดจึงนำปัญหานี้มาแก้ไข ผลหลังจากปรับปรุงพบว่า ค่าเฉลี่ยของเสียต่อเดือนลดลงจาก 146,295 PPM เหลือเพียง 25,780 PPM และทำให้ลดมูลค่าความสูญเสียจาก 774,714 เหลือ 128,648 บาท ต่อเดือน โดยสามารถลดระดับการเกิดของเสียลง 82 เปอร์เซ็นต์ซึ่งบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

ศราวุธ มีพัฒน์ (2558 : บทคัดย่อ) ได้หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ในการผลิตไอซี โดยการออกแบบการทดลองแบบเศษส่วนเชิงแฟกทอเรียล 1/2 โดยแต่ละปัจจัยมี 2 ระดับ ทำการกรอง 4 ปัจจัยพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการบิ่นของขอบชิพอย่างมีนัยสำคัญคือ ความเร็วรอบในการตัด อัตราป้อนใบมีด และความลึกในการตัด จากนั้นนั้นใช้การทดลองแบบบ็อกซ์ – เบห์นเคน (Box Behnken Design) เพื่อวิเคราะห์หาผลตอบสนองที่ดีที่สุด โดยที่ผลการทดลองมีขนาดการบิ่นของขอบชิพที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่าค่าคงเหมาะสมของปัจจัยๆ คือ ความเร็วรอบในการตัดเท่ากับ 46,000 รอบต่อนาที อัตราการป้อนใบมีดเท่ากับ

1.5 นิ้วต่อวินาที และความลึกในการตัดเท่ากับ 305 ไมครอน ซึ่งทำให้อัตราการเกิดของเสียในกระบวนการตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อนำไปดำเนินการจริงพบว่าสามารถลดปัญหาการบิ่นของชิพจากเดิม 0.15 ลดลงเหลือ 0.06 คิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์

สุพิศ งอสอน (2555 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยการปรับปรุงวิเคราะห์ระบบการวัดในกระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์แผ่นเวเฟอร์ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ความแม่นยำของระบบการวัด เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้เป็นไปตามข้อกำหนดของระบบวัด AIAG, MSA 4th Edition 2010 เนื่องจากพบว่ามีความผันแปรของระบบการวัดซึ่งมีผลทำให้ค่าที่วัดได้เบี่ยงเบนไปจากค่าจริงและค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากวิธีการวัด โดยขอบเขตของการศึกษาเฉพาะกระบวนการตรวจวัดชิ้นงานของพนักงานควบคุมเครื่องจักรและความแม่นยำในการวัดสำหรับข้อมูลแบบนับเท่านั้น หลังจากทำการทดลองและวิเคราะห์ผลก่อนและหลังการปรับปรุง จากผลการปรับปรุงวิธีการทำงานและวิธีการวัดพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของพนักงานผู้ปฏิบัติงานจาก 70.33 เป็น 90.67 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ในเกณฑ์การยอมรับตามข้อกำหนด

สรชัช ประทุมไทย (2556 : บทคัดย่อ) ได้วิจัยการลดปริมาณของเสียในกระบวนการตัดเวเฟอร์ โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อลดปริมาณของเสียในกระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์โดยเครื่องเลื่อยสวด จากข้อมูลเดือนตุลาคม พ.ศ. 2555 ถึงกันยายน พ.ศ. 2556 ลักษณะของเสียที่พบได้แก่ แผ่นเวเฟอร์หนาไม่ไปเป็นตามข้อกำหนดและแผ่นเวเฟอร์แตก เมื่อวิเคราะห์ด้วยแผนผังแสดงเหตุและกำหนดความสัมพันธ์ของปัจจัย เพื่อหาเป็นปัจจัยการเกิดของเสียที่สำคัญที่สุด 3 ลำดับแรก จากนั้นประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล 3^k ซึ่งพบว่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของปัจจัยคือ ความเข้มข้นผงขัด 1.5 โมลต่อลูกบาศก์เมตร ความเร็วป้อนสวด 45 เมตรต่อนาที และความเร็วแท่นสตัด 0.07 มิลลิเมตรต่อนาที และเมื่อนำพารามิเตอร์นี้มาดำเนินการผลิตจริง พบว่าเกิดของเสียโดยเฉลี่ยคิดเป็น 59.13 เปอร์เซ็นต์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ โดยดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การดำเนินการวิจัย
- 3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โพรบการ์ด ชนิด Vertical ที่ใช้ในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์

3.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ โพรบการ์ด ชนิด Vertical ที่ใช้ในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ในโรงงานกรณีศึกษา จำนวน 30 การ์ด

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

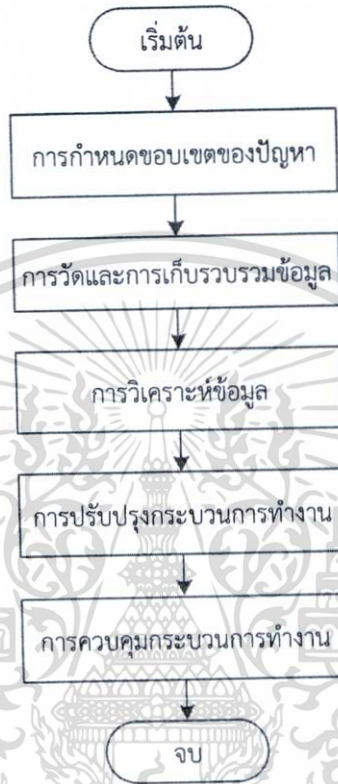
ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือของ ซิกซ์ ซิกมา มาประยุกต์ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

- 3.2.1 แผนผังกระบวนการไหล
- 3.2.2 การระดมความคิด
- 3.2.3 แผนภูมิพาเรโต
- 3.2.4 แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผล
- 3.2.5 ตารางสาเหตุและผลกระทบ
- 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ
- 3.2.7 การวิเคราะห์ระบบการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ใช้หลักการปรับปรุงกระบวนการทำงานของ ชิกซ์ ชิโกมา ในการดำเนินการวิจัย ในครั้งนี้ ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

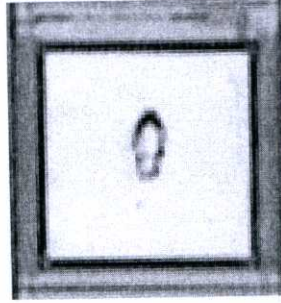
3.3.1 ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตของปัญหา

3.3.1.1 ศึกษากระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์

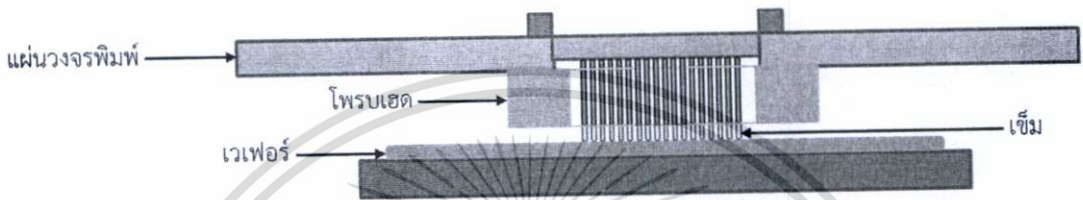
3.3.1.2 ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์

กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์เป็นการทดสอบชิพทุกตัวบนเวเฟอร์ว่ามีประสิทธิภาพในการทำงานตามที่ต้องการหรือไม่ ดังรูปที่ 3.2 แสดงรูปชิพที่ผ่านการทดสอบจะมีรอยเข็มปรากฏบนบอนด์แพด การทดสอบนี้จะใช้โพรบการ์ดเป็นอุปกรณ์ติดต่อระหว่างเครื่องทดสอบกับเวเฟอร์ที่ต้องการทดสอบ ซึ่งโพรบการ์ดจะมีลักษณะเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีปลายเข็มเป็นจุดสัมผัสกับชิพบนเวเฟอร์ ดังรูปที่ 3.3 โดยเข็มจะถูกติดตั้งอยู่บนโพรบเฮดเพื่อจัดวางเข็มให้ตรงตามตำแหน่งของเวเฟอร์และมีอายุการใช้งานเฉลี่ยที่ 600,000 ครั้ง หรือหมายถึงเข็มสัมผัสลงบนเวเฟอร์ 600,000

เอกสารนี้^{ครั้ง}เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 รอยเข็มจากการทดสอบเวเฟอร์



รูปที่ 3.3 การทดสอบเวเฟอร์

3.3.1.3 เก็บรวบรวมข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์

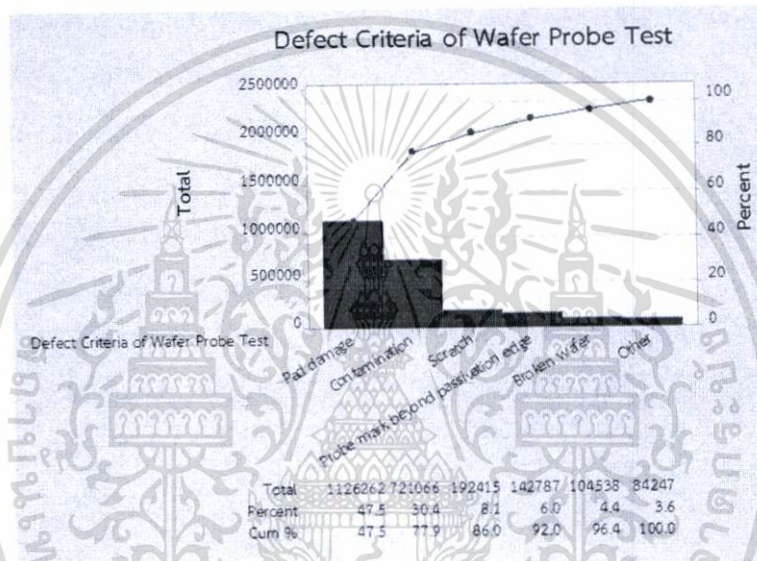
ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ ตั้งแต่เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 พบชิ้นงานเสียรวมทั้งสิ้น 2,371,315 ชิ้น โดยแบ่งลักษณะของชิ้นงานเสียได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์

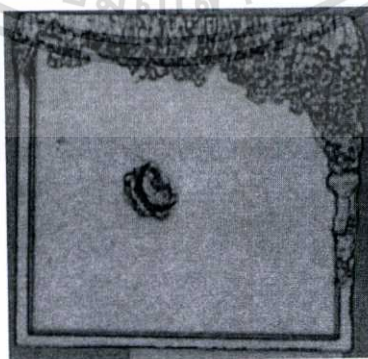
ลักษณะชิ้นงานเสีย	จำนวนชิ้นงานเสีย (ชิ้น)	เปอร์เซ็นต์ชิ้นงานเสีย
Pad Damage	1,126,262	47.50
Contamination	721,066	30.41
Scratch	192,415	8.11
Probe Mark Beyond Passivation Edge	142,787	6.02
Broken Wafer	104,538	4.41
Probe Out of Pad	84,247	3.55
รวม	2,371,315	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.4 แสดงแผนภูมิมาร์โตแสดงสัดส่วนของชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ ซึ่งลักษณะชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ Pad Damage เป็นจำนวน 1,126,262 ชิ้น และคิดเป็น 47.5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชิ้นงานเสียทั้งหมด ชิ้นงานเสียเหล่านี้ไม่สามารถส่งต่อไปยังกระบวนการเชื่อมต่อขาไอซีได้ เนื่องจากชิ้นงานเสีย Pad Damage จะมีลักษณะเป็นรอยแตกบนบริเวณบอนด์แพดเกินกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บอนด์แพดทั้งหมด แสดงดังรูปที่ 3.5 ปัญหาดังกล่าวส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและทำให้ระยะเวลาในการผลิตเพิ่มมากขึ้น เพื่อทดแทนชิ้นงานที่เสียไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage เพื่อนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและหาแนวทางการแก้ไขปัญหา



รูปที่ 3.4 แผนภูมิมาร์โตแสดงสัดส่วนของชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์



รูปที่ 3.5 ลักษณะ Pad Damage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1.4 ศึกษาทฤษฎีหลักการของ ซิกซ์ ซิกม่า และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

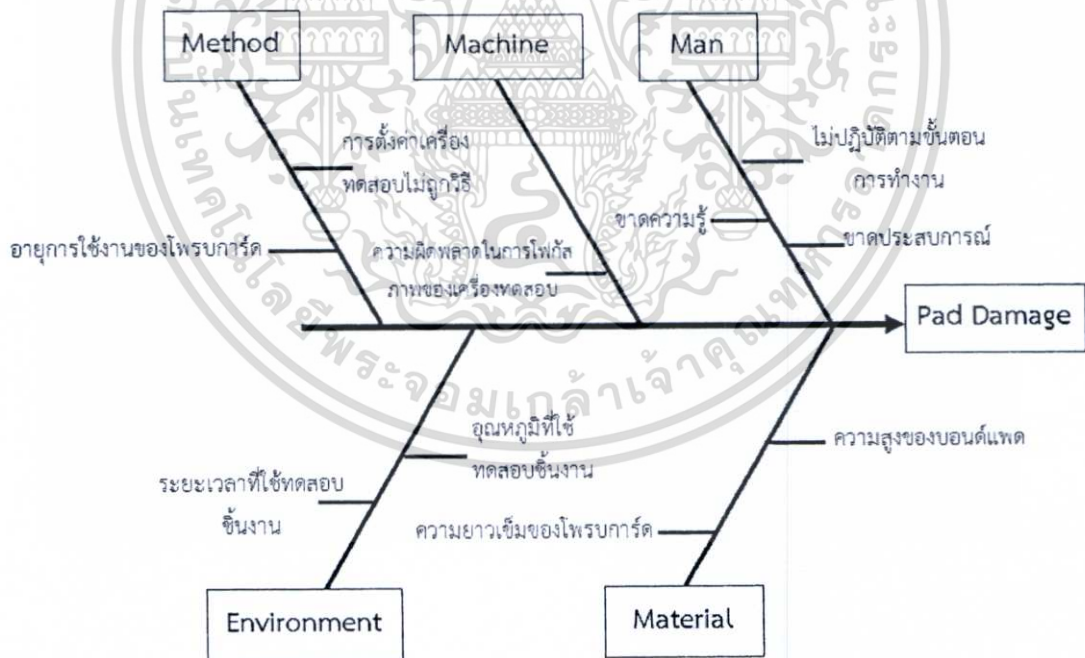
3.3.1.5 กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย

3.3.1.6 จัดตั้งทีมวิเคราะห์โดยเลือกจากบุคคลที่มีความรู้ ความชำนาญและผู้ที่เกี่ยวข้อง
ในแผนกทดสอบเวเฟอร์ เพื่อระดมความคิดและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการทดสอบ
คุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ จำนวนทั้งหมด 5 คน ดังนี้

- | | |
|--|------------|
| (1) วิศวกรซ่อมบำรุงโพรบการ์ด (Probe Card Engineer) | จำนวน 1 คน |
| (2) วิศวกรซ่อมบำรุงโพรบเบอร์ (Prober Engineer) | จำนวน 1 คน |
| (3) วิศวกรควบคุมคุณภาพเวเฟอร์ (Yield Engineer) | จำนวน 1 คน |
| (4) ช่างเทคนิค (Technician) | จำนวน 1 คน |
| (5) พนักงานปฏิบัติงาน (Operator) | จำนวน 1 คน |

3.3.2 ขั้นตอนการวัดและรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยและทีมวิเคราะห์ระดมความคิดเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุที่ทำให้เกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์ โดยใช้แผนผังก้างปลาหรือแผนผังสาเหตุและผลซึ่งใช้หลักการ 4M1E เป็นกลุ่มปัจจัยหลักดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แผนผังสาเหตุและผลของชิ้นงานเสียประเภท Pad damage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้ชิ้นงานเสียหายผู้วิจัยได้นำปัจจัยที่ได้มาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบ โดยมีการระดมความคิดร่วมกับทีมวิเคราะห์เพื่อลงคะแนนความคิดเห็นเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage โดยกำหนดให้มีเกณฑ์การลงคะแนนดังต่อไปนี้

- 0 = ไม่มีผลต่อการเกิด Pad Damage
- 1 = มีผลกระทบเล็กน้อยต่อการเกิด Pad Damage
- 4 = มีผลกระทบปานกลางต่อการเกิด Pad Damage
- 7 = มีผลกระทบมากต่อการเกิด Pad Damage
- 10 = มีผลกระทบโดยตรงต่อการเกิด Pad Damage

โดยทีมวิเคราะห์แต่ละคนจะลงคะแนนในแบบฟอร์ม ภาคผนวก ข จากนั้นนำคะแนนที่ได้มารวมกันเพื่อใช้พิจารณาถึงปัจจัยที่ทำให้เกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage และผลจากการลงคะแนนของทีมวิเคราะห์สามารถสรุปผลคะแนนได้ตามตารางที่ 3.2

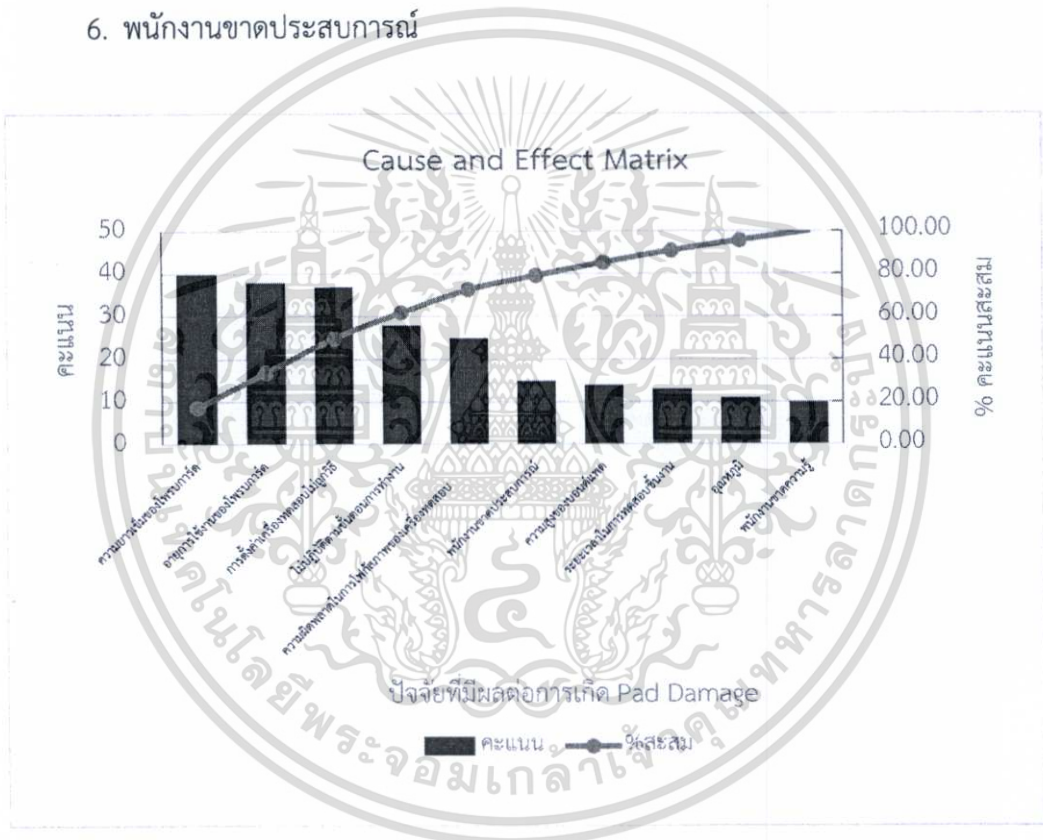
ตารางที่ 3.2 ผลการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage

กระบวนการ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Pad Damage	Probe Card	Prober	Yield Engineer	Technician	Operator	รวม
Man	พนักงานขาดประสบการณ์	3	4	3	3	2	15
	พนักงานขาดความรู้	2	2	2	2	2	10
	ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	6	7	5	5	5	28
Machine	ความผิดพลาดในการโฟกัสภาพของเครื่องทดสอบ	5	6	5	5	4	25
Material	ความสูงของบอร์ดแพด	2	3	5	2	2	14
	ความยาวเข็มของโพรบการ์ด	10	9	8	7	6	40
Method	การตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธี	7	9	8	7	6	37
	อายุการใช้งานของโพรบการ์ด	9	9	8	6	6	38
Environment	อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบชิ้นงาน	2	3	2	2	2	11
	ระยะเวลาในการทดสอบชิ้นงาน	3	3	3	2	2	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาจัดลำดับจากมากไปน้อยแล้วใช้แผนภูมิพารेटอเพื่อคัดปัจจัยที่ทำให้เกิดขึ้นงานเสียประเภท Pad Damage ที่มีค่า 80 เปอร์เซนต์ของคะแนนสะสมแสดงดังรูปที่ 3.7 โดยปัจจัยที่ถูกคัดเลือกจะนำไปการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดขึ้นงานเสียประเภท Pad Damage ซึ่งมีทั้งหมด 6 ปัจจัย ดังนี้

1. ความยาวเข็มของโพรบการ์ด
2. อายุการใช้งานของโพรบการ์ด
3. การตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธี
4. ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน
5. ความผิดพลาดในการโฟกัสภาพของเครื่องทดสอบ
6. พนักงานขาดประสบการณ์



รูปที่ 3.7 แผนภูมิพารेटอเรียงลำดับปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Pad Damage

3.3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์

3.3.3.1 วิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ

ทีมวิเคราะห์ได้นำปัจจัยที่ถูกคัดเลือกมาวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อหา ลักษณะของข้อบกพร่องและสาเหตุสำคัญของการเกิด Pad Damage รวมทั้งผลกระทบที่เกิดขึ้น แสดงในตารางที่ 3.3 โดยการประเมินผลค่าความเสี่ยง (Risk Priority Number: RPN) ดังสมการ 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$RPN = S \times O \times D$$

(3.1)

RPN หมายถึง ตัวเลขแสดงลำดับของความเสี่ง (Risk Priority Number)

S หมายถึง ความรุนแรงของผลกระทบ (Severity)

O หมายถึง โอกาสในการเกิดสาเหตุ (Occurrence)

D หมายถึง ความสามารถในการตรวจจับลักษณะข้อบกพร่อง (Detection)

ค่า S, O และ D นิยมใช้เป็นตัวเลขจำนวนเต็มมีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 ดังนั้นค่าระดับความเสี่งต่ำสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1 ซึ่งมาจาก $1 \times 1 \times 1$ หมายความว่า ความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีน้อยมาก โอกาสในการเกิดสาเหตุนี้มีน้อยมากและสามารถตรวจจับปัญหานี้ได้ ในขณะที่ค่าระดับความเสี่งสูงสุดของการเกิดปัญหาคือค่า RPN เท่ากับ 1,000 ซึ่งมาจาก $10 \times 10 \times 10$ หมายความว่า ความรุนแรงของผลกระทบเมื่อเกิดปัญหานี้มีมาก มีโอกาสในการเกิดสาเหตุนี้สูงมากและความสามารถในการตรวจจับปัญหาค่ามาก (นุจรินทร์ เวียงคำ : 2552)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.3

Process Step/Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Actions Recommended
กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าของเวเฟอร์	ความยาวเข็มของโพรบการ์ด	Pad Damage	10	-เข็มสั้นก่อนถึงอายุการใช้งาน -วิธีการวัดไม่ถูกต้อง	9	ตรวจสอบความยาวของเข็มทุกๆ 100k Touchdown	5	450	
	อายุการใช้งานของโพรบการ์ด	Pad Damage	10	โพรบการ์ดอายุการใช้งานไม่เท่ากัน	9	หาค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานของโพรบการ์ดแต่ละชนิด	4	360	
	การตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธี	Pad Damage, Probe Card Broken	10		8	มีการทดสอบการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทุกปี	2	160	
	ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	Pad Damage, Scratch Wafer, Probe Card Broken	10		5	มีการทดสอบการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทุกปี	2	100	
	ความผิดพลาดในการไฟกัสภาพของเครื่องทดสอบ	Pad Damage, Scratch Wafer, Probe Card Broken	10	มีสิ่งสกปรกติดที่ปลายเข็มของโพรบการ์ดทำให้กล้องของเครื่องทดสอบจับภาพผิดพลาด	6	ไม่มี	2	120	
	พนักงานขาดประสบการณ์	Pad Damage, Scratch Wafer, Probe Card Broken	8		3	มีการทดสอบการทำงานของผู้ปฏิบัติงานทุกปี	2	48	

จากนั้นวิเคราะห์ผลคะแนน RPN โดยใช้แผนภูมิพาเรโตเพื่อจัดลำดับความสำคัญเพื่อคัดเลือกปัจจัยที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Pad Damage พบว่ามี 3 ปัจจัย ได้แก่

1. ความยาวเข็มของโพรบการ์ด
2. อายุการใช้งานของโพรบการ์ด
3. การตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธี

ดังนั้นผู้วิจัยได้คัดเลือกปัจจัยที่ 1 และ 2 คือ ความยาวเข็มของโพรบการ์ด และอายุการใช้งานของโพรบการ์ด นำมาปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ ส่วนปัจจัยการตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธีนั้นสามารถปรับปรุงกระบวนการทำงานได้โดยการจัดอบรมพนักงาน ทำคู่มือการตั้งค่าเครื่องทดสอบ และจัดการทดสอบพนักงานทุกปี

3.3.4 ขั้นตอนการปรับปรุง

หาแนวทางการแก้ไขปัญหาคัดเลือกปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Pad Damage โดยการระดมความคิดร่วมกับทีมวิเคราะห์เพื่อศึกษาขั้นตอนการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ดและอายุการใช้งานของโพรบการ์ดที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เพื่อวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) ที่ใช้งานอยู่และประเมินประสิทธิภาพของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ด และนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลหลังจากการปรับปรุงกระบวนการตรวจวัดโพรบการ์ด

3.3.4.1 ขั้นตอนการตรวจสอบความยาวเข็มและอายุการใช้งานในปัจจุบัน

พนักงานตรวจวัดจะนำโพรบการ์ดมาส่องเข็มใต้กล้องไมโครสโคป โดยใช้สายตาของพนักงานในการประเมินลักษณะของเข็มเทียบกับอายุการใช้งานของโพรบการ์ดในระบบฐานข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และโพรบการ์ดทุกตระกูลจะสิ้นสุดการใช้งานที่ 600,000 ครั้ง



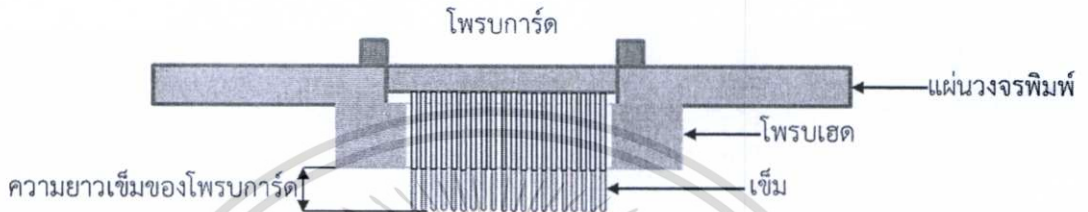
รูปที่ 3.8 การตรวจสอบความยาวเข็มและอายุการใช้งานในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.2 ขั้นตอนการตรวจสอบความยาวเข็มและอายุการใช้งานหลังการปรับปรุง

(1) ความยาวเข็มของโพรบการ์ด (Probe Length)

กำหนดค่าความยาวเข็มที่สิ้นสุดการใช้งานเท่ากับ 200 ไมครอน (μm) ดังรูปที่ 3.9 เมื่อใช้งานโพรบการ์ดถึงความยาวเข็มที่กำหนดต้องมีการเปลี่ยนเข็มทั้งหมด เพื่อป้องกันเวเฟอร์ชนกับโพรบเฮดในขณะที่ทำการทดสอบ เพราะอาจทำให้เกิดความเสียหายกับโพรบการ์ดและเกิด Pad Damage บนเวเฟอร์ได้



รูปที่ 3.9 การวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด

พนักงานตรวจวัดต้องทำการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ดจากปลายเข็มไปถึงเซรามิกของโพรบเฮด ซึ่งมีขั้นตอนดังภาคผนวก ก. โดยใช้กล้องไมโครสโคป (Measuring Microscope) รุ่น STM7 ดังรูปที่ 3.10 ซึ่งสามารถวัดแกน X, Y และ Z ซึ่งแสดงผลเป็นตัวเลขและผ่านการสอบเทียบมาตรฐานไม่เกิน 6 เดือน



รูปที่ 3.10 กล้องไมโครสโคป (Measuring Microscope) รุ่น STM7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พนักงานตรวจวัดจะเริ่มวัดความยาวเข็มครั้งแรกหลังจากมีการเปลี่ยนเข็มใหม่ครั้งที่สองหลังจากใช้งานไป 200,000 ครั้ง และหลังจากนั้นวัดทุกๆ 100,000 ครั้งที่ใช้ งาน จนกระทั่งความยาวเท่ากับ 200 ไมครอน หรือสิ้นสุดอายุการใช้งาน โดยวัดความยาวเข็ม 5 ตำแหน่ง ดังนี้

- ตำแหน่งเข็มมุมบนขวาของโพรบเฮด (Upper Right)
- ตำแหน่งเข็มมุมบนซ้ายของโพรบเฮด (Upper Left)
- ตำแหน่งเข็มตรงกลางของโพรบเฮด (Center)
- ตำแหน่งเข็มมุมล่างขวาของโพรบเฮด (Lower Right)
- ตำแหน่งเข็มมุมล่างซ้ายของโพรบเฮด (Lower Left)

โดยวัดจากปลายเข็มไปถึงแผ่นเซรามิกของโพรบเฮดและนำค่าที่ได้บันทึกลงในแบบฟอร์มวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด ซึ่งสร้างจากโปรแกรม Excel เพื่อหาค่าเฉลี่ยของความยาวเข็มของโพรบการ์ดหากค่าเฉลี่ยมากกว่า 200 ไมครอน จะแสดงผล “READY TO USE” แสดงดังรูปที่ 3.11 แต่ถ้าค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 200 ไมครอน จะแสดงผล “STOP RUN” ดังรูปที่ 3.12

Probe card PLM

Platform	HW Name	S/N	Spec No	Vendor	TD Count
XXX	Lxxxx	5600	XXX	XXX	354,760

5 Points Tip Length	Point	Inc.	um	Tip Length Average (um)	Ready to use
	Upper Right	0.00984	249.936	248.1072	
	Upper Left	0.00977	248.158		
	Center	0.00979	248.666		
	Lower Right	0.00988	250.952		
	Lower Left	0.00956	242.824		

***Note** Tip length lower limit =200 um.

Checked by	B
Group	1
Date	3/22/2017

รูปที่ 3.11 ผลค่าเฉลี่ยความยาวเข็มที่มากกว่า 200 ไมครอน

Probe card PLM

Platform	HW Name	S/N	Spec No	Vendor	TD Count
XXX	Lxxxx	4373	XXX	XXX	864,760

5 Points Tip Length	Point	Inc.	um	Tip Length Average (um)	Status for Production
	Upper Right	0.00804	204.216	199.5932	STOP RUN
	Upper Left	0.00787	199.898		
	Center	0.00824	209.296		
	Lower Right	0.00788	200.152		
	Lower Left	0.00726	184.404		

***Note** Tip length lower limit =200 um.

Checked by	C
Group	2
Date	3/17/2017

รูปที่ 3.12 ผลค่าเฉลี่ยความยาวเข็มที่น้อยกว่า 200 ไมครอน

(2) อายุการใช้งานของโพรบการ์ด

เวเฟอร์แต่ละตระกูลผลิตด้วยเทคโนโลยีและการทดสอบที่แตกต่างกัน จึงไม่สามารถมีอายุการใช้งานของโพรบการ์ดที่เท่ากันได้ ดังนั้นผู้วิจัยได้นำประวัติอายุการใช้งานจริงของโพรบการ์ด ที่มีอยู่ในระบบฐานข้อมูลของโรงงานกรณีศึกษามาหาค่าเฉลี่ยของอายุการใช้งานจริงของโพรบการ์ดแต่ละตระกูลโดยละทิ้งทศนิยม ดังแสดงตารางที่ 3.4 เมื่อเปรียบเทียบกับอายุการใช้งานที่กำหนดจากผู้ผลิตโพรบการ์ด พบว่าโพรบการ์ดบางตระกูลอายุการใช้งานไม่ถึง 600,000 ครั้ง และโพรบการ์ดบางตระกูลสามารถใช้งานได้เกิน 600,000 ครั้ง

ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยอายุการใช้งานของโพรบการ์ด

ตระกูลของโพรบการ์ด	อายุการใช้งานที่กำหนด (ครั้ง)	อายุการใช้งานจริง (ครั้ง)
Lxxxx	600,000	832,211
Txxxx	600,000	312,245
Uxxxx	600,000	339,298
Yxxxx	600,000	447,118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4.3 การเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

การประเมินระบบการวัดและประสิทธิผลของพนักงานที่ตรวจสอบความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด โดยคัดเลือกพนักงานจำนวน 3 คนที่มีประสบการณ์การทำงานอย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป และใช้โพรบการ์ดชนิด Vertical ทั้งหมดจำนวน 30 การ์ด ที่มีอายุการใช้งานและความยาวเข็มแตกต่างกันและให้พนักงานแต่ละคนทำการวัดความยาวเข็มซ้ำ 3 ครั้ง โดยผู้วิจัยได้สร้างแบบบันทึกผลการตรวจวัดโพรบการ์ดดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ตารางบันทึกผลการตรวจวัดโพรบการ์ด

Probe Card	Probe Card Reference	พนักงาน A ครั้งที่วัด			พนักงาน B ครั้งที่วัด			พนักงาน C ครั้งที่วัด		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	G									
2	G									
3	NG									
4	NG									
5	G									
6	G									
7	NG									
8	G									
9	NG									
10	G									
11	NG									
12	NG									
13	G									
14	NG									
15	G									
16	NG									
17	NG									
18	NG									

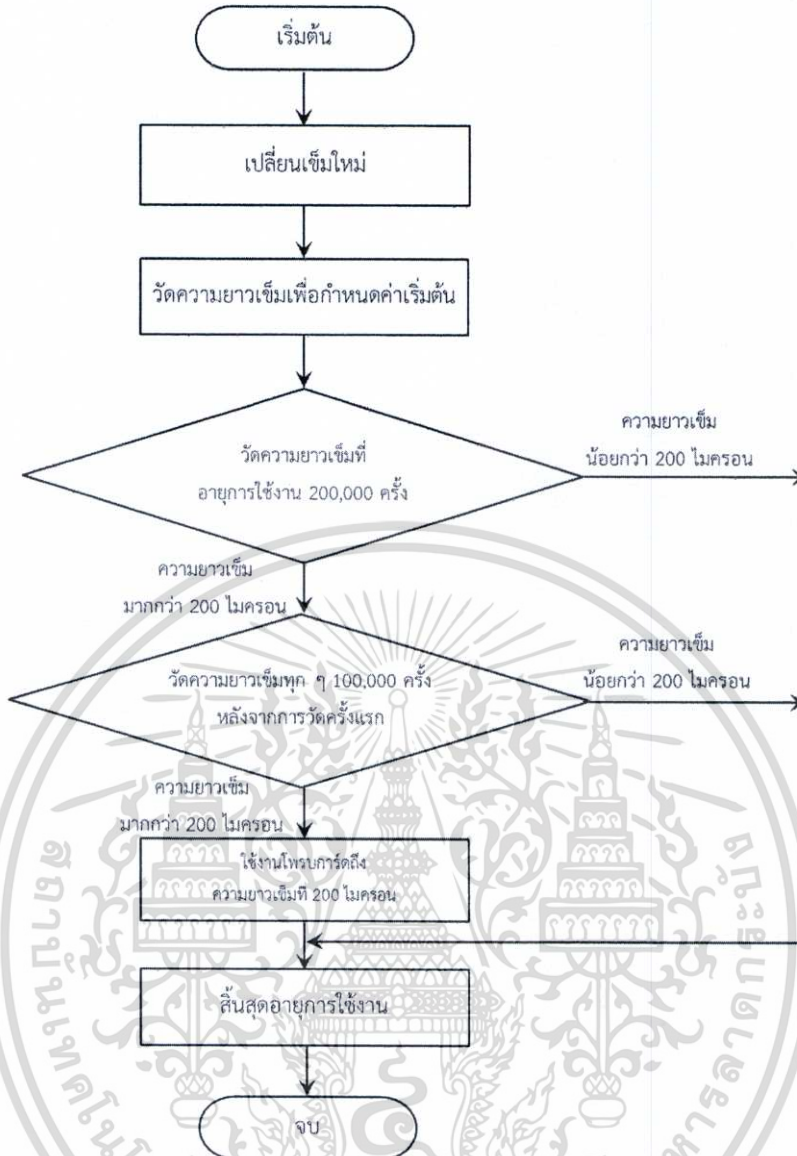
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

Probe Card	Probe Card Reference	พนักงาน A ครั้งที่วัด			พนักงาน B ครั้งที่วัด			พนักงาน C ครั้งที่วัด		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
19	NG									
20	G									
21	G									
22	G									
23	NG									
24	NG									
25	NG									
26	G									
27	G									
28	G									
29	G									
30	G									

3.3.5 ขั้นตอนการควบคุมกระบวนการ

หลังจากการปรับปรุงกระบวนการทำงานต้องมีการควบคุมกระบวนการเพื่อตรวจวัดความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage ผู้วิจัยและวิศวกรแผนกทดสอบเวเฟอร์ได้ร่วมกันสร้างระบบ PLM (Probe Length Monitor) ซึ่งมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.13 โดยระบบ PLM จะแจ้งเตือนผ่านอีเมลแก่ผู้ที่รับผิดชอบ เมื่อเข็มมีอายุการใช้งานตามที่กำหนดไว้ โดยผู้มีหน้าที่รับผิดชอบจะแจ้งพนักงานให้วัดความยาวเข็มและบันทึกข้อมูลลงในระบบ PLM ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการทำระบบ PLM

Serial#	HW Name	Technology	Duts	Status	TD Count	TD Count @PLM	Tip Length @PLM	Tip Length Limit	Rebuild Date	Last PLM Date	PLM
4864	Nxxxx	Vert	60	Shelf	7,950	-	301.244	200	8/1/2016	2/22/2017	Fine
4874	Nxxxx	Vert	60	Pin Worn Out	364,786	364,786	192.9892	200	12/11/2012	2/22/2017	Fail
4878	Jxxxx	Vert	7	Checked Out	392,567	380,863	191.5668	200	7/2/2016	2/22/2017	Fine
5750	Jxxxx	Vert	7	Checked Out	211,173			200	2/22/2017	2/22/2017	PLM Now
5254	Jxxxx	Vert	8	Shelf	408,304	408,304	227.5332	200	8/29/2016	2/19/2017	Fine
4713	Jxxxx	Vert	32	Shelf	415,179	407,529	257.048	200	6/1/2016	2/19/2017	Fine
6574	Hxxxx	Vert	18	Checked Out	389,414	385,580	250.2408	200	10/4/2016	2/18/2017	Fine
5923	Hxxxx	Vert	12	Shelf	372,442	369,094	207.4672	200	8/27/2016	2/18/2017	Fine
5311	Jxxxx	Vert	8	Pin Worn Out	436,670	436,300	168.1988	200	7/1/2016	2/18/2017	Fail
4465	Jxxxx	Vert	3	Checked Out	470,559	432,224	201.0156	200	10/20/2016	2/18/2017	Fine
6204	Hxxxx	Vert	64	Shelf	336,197	334,987	368.554	200	2/16/2016	2/18/2017	Fine
5674	Jxxxx	Vert	32	Shelf	376,498	376,498	245.5672	200	2/31/2016	2/18/2017	Fine
6695	Jxxxx	Vert	32	Shelf	500,998	492,148	366.3188	200	9/20/2016	2/18/2017	Fine
4545	Jxxxx	Vert	32	Shelf	377,732	377,732	256.9972	200	12/7/2012	2/18/2017	Fine
4735	Jxxxx	Vert	6	Shelf	332,823	332,823	234.696	200	9/12/2012	2/18/2017	Fine
5582	Jxxxx	Vert	28	Shelf	201,850			200	2/18/2017	2/18/2017	PLM Now
6704	Hxxxx	Vert	16	Shelf	214,279			200	2/18/2017	2/18/2017	PLM Now

รูปที่ 3.14 ระบบ PLM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป Minitab18 วิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) สำหรับข้อมูลแบบนับ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการวัดและพนักงานตรวจสอบโพรบการ์ด ซึ่งคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

3.4.1 การวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน

ในการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคน จะพิจารณาถึงค่าความสามารถในการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน ซึ่งอาจเรียกว่า เปอร์เซ็นต์คะแนนของพนักงานวัดแต่ละคน ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์พิทหะบิลิตีของพนักงาน} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ตรวจได้ผลเหมือนกัน (m)}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ (N)}} \quad (3.2)$$

ดังนั้น อาจกำหนดพิทหะบิลิตีความเชื่อมั่นได้จากค่าแจกแจงแบบ F ดังนี้

$$LCI = \frac{v_1 \times F_{v_1, v_2; 1-\alpha/2}}{v_2 + (v_1 \times F_{v_1, v_2; 1-\alpha/2})} \quad (3.3)$$

เมื่อ $v_1 = 2m$ และ $v_2 = 2(N - m + 1)$ และ

$$UCI = \frac{v_1 \times F_{v_1, v_2; \alpha/2}}{v_2 + (v_1 \times F_{v_1, v_2; \alpha/2})} \quad (3.4)$$

เมื่อ $v_1 = 2(m + 1)$ และ $v_2 = 2(N - m)$

3.4.2 การวิเคราะห์ระหว่างพนักงาน

เมื่อพิจารณาถึงความสามารถระหว่างพนักงานทุกคนจะสามารถประเมินผลด้วย เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพิทหะบิลิตีของการตรวจสอบ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพด้านรีพิทหะบิลิตี} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานตรวจสอบได้ผลเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad (3.5)$$

3.4.3 การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัด

ประสิทธิผลของระบบการวัดมีความจำเป็นที่ผู้วิจัยจะต้องทราบถึงคุณภาพที่แท้จริงของชิ้นงานตัวอย่างที่ทำการวัด จากนั้นจะทำการศึกษาถึงความพ้องกันระหว่างพนักงานแต่ละคนกับมาตรฐาน ด้วยการประเมินผลคะแนนของค่าแอดทริบิวต์ ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์คะแนนของค่าแอดทริบิวต์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่ผลการตรวจสอบเหมือนกันและถูกต้อง}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad (3.6)$$

และสามารถประเมินถึงประสิทธิผลโดยรวมของระบบได้จาก เปอร์เซ็นต์คะแนนของประสิทธิผลของค่าแอดทริบิวต์

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของประสิทธิผลของค่าแอดทริบิวต์} = \frac{\text{จำนวนครั้งที่พนักงานทุกคนตรวจสอบได้ผลถูกต้องเหมือนกัน}}{\text{จำนวนชิ้นงานทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \quad (3.7)$$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ใช้การวิเคราะห์ระบบการวัดสำหรับข้อมูลแบบนับ ซึ่งโปรแกรม Minitab เรียกว่า การวิเคราะห์ความเห็นพ้องกันโดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการวัดและพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

4.1 ผลวิเคราะห์ระบบการวัดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการวัดความยาวเข็มที่ใช้งานในปัจจุบันก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ได้กำหนดเกณฑ์การวัด ดังนี้ G หมายถึง โพรบการ์ดสามารถใช้งานได้ และ NG หมายถึง โพรบการ์ดไม่สามารถใช้งานได้ โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางบันทึกผลตรวจวัดโพรบการ์ดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

Probe Card	Probe Card Reference	พนักงาน A ครั้งที่วัด			พนักงาน B ครั้งที่วัด			พนักงาน C ครั้งที่วัด		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	G	NG	G	G	G	G	G	NG	NG	G
2	G	G	G	NG	G	NG	NG	G	G	NG
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	NG
4	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	NG	NG	G
5	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Probe Card	Probe Card Reference	พนักงาน A ครั้งที่วัด			พนักงาน B ครั้งที่วัด			พนักงาน C ครั้งที่วัด		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
11	NG	G	NG	G	NG	NG	G	G	NG	NG
12	NG	G	G	G	NG	G	G	G	G	G
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	G	NG	G	G	NG	NG	G	NG	G	G
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	G	G	G	NG	NG	G	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G	NG
22	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
23	NG	G	NG	G	NG	G	NG	G	G	NG
24	NG	NG	NG	G	NG	G	NG	NG	NG	NG
25	NG	NG	G	G	NG	NG	G	NG	NG	NG
26	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
27	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
28	G	NG	G	G	G	G	G	NG	G	G
29	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
30	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

4.1.1 ผลการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

จากตารางที่ 4.1 ได้นำผลมาวิเคราะห์พนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดแต่ละคน โดยพิจารณาถึงค่าความสามารถการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน ซึ่งอาจเรียกว่า เปอร์เซนต์คะแนนของพนักงาน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจวัดโพรบการ์ดแต่ละคนได้ดังรูปที่ 4.1 โดยพนักงาน A และ C มีค่าความสามารถในการวัดซ้ำ 70 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าในการตรวจวัดโพรบการ์ด 100 การ์ด สามารถวัดตรวจวัดได้ผลเหมือนกัน 70 การ์ด อีก 30 การ์ด จะให้ผลแตกต่างกันออกไป ดังนั้น จากการกำหนดค่าช่วงของความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลของช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 50.60 เปอร์เซ็นต์ ถึง 85.71 เปอร์เซ็นต์และพนักงาน B จะมีค่าความสามารถในการวัดซ้ำ 66.67 เปอร์เซ็นต์ โดยจะมีค่าของช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 47.19 เปอร์เซ็นต์ ถึง 82.71 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังกราฟในรูปที่ 4.3

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	30	21	70.00	(50.60, 85.27)
B	30	20	66.67	(47.19, 82.71)
C	30	21	70.00	(50.60, 85.27)

Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

รูปที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

4.1.2 การวิเคราะห์ระหว่างพนักงานก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

เพื่อพิจารณาถึงความสามารถระหว่างพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดแต่ละคนกับมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งพบว่าพนักงานทุกคนมีค่าประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำเท่ากับ 66.67 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่าในการตรวจวัดโพรบการ์ด 100 การ์ด พนักงานสามารถวัดผลได้ถูกต้องและเหมือนกัน 66.67 การ์ด ส่วนที่เหลือจะวัดผลได้ไม่เหมือนกัน หรือวัดได้ผลเหมือนกันแต่ไม่ถูกต้อง และมีค่าช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 47.19 เปอร์เซ็นต์ ถึง 82.71 เปอร์เซ็นต์ จากค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ 95 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังกราฟในรูปที่ 4.3

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	30	20	66.67	(47.19, 82.71)
B	30	20	66.67	(47.19, 82.71)
C	30	20	66.67	(47.19, 82.71)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

รูปที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ระหว่างพนักงานกับมาตรฐาน

ก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

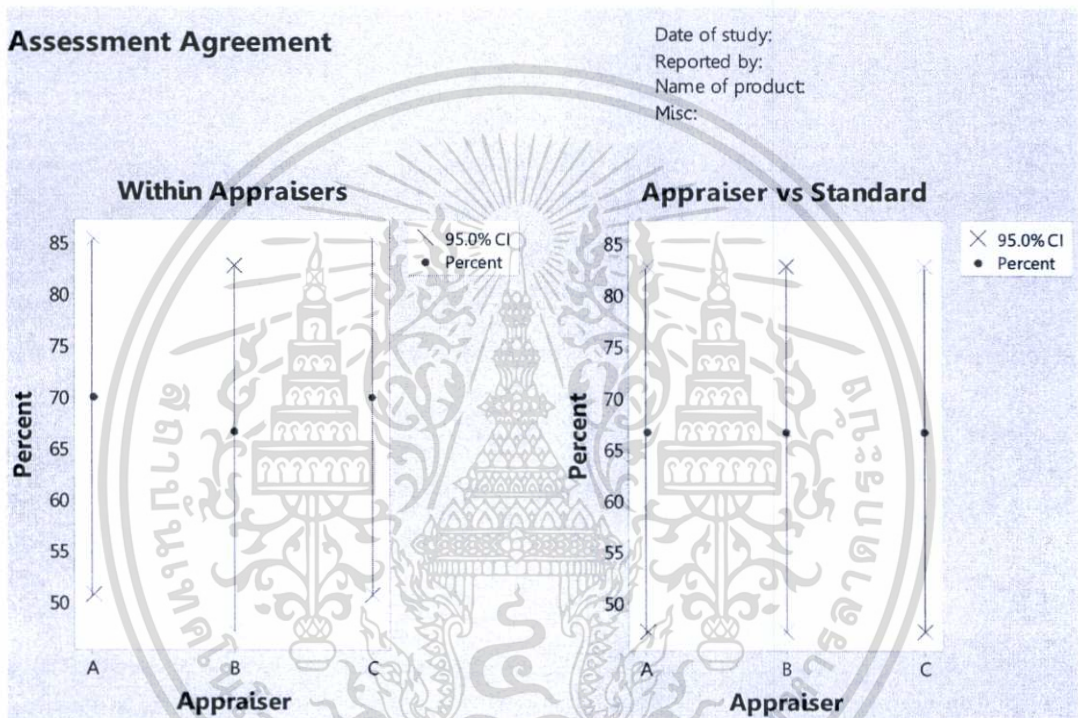
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessment Disagreement

Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
A	0	0.00	1	7.14	9	30.00
B	0	0.00	0	0.00	10	33.33
C	0	0.00	1	7.14	9	30.00

NG / G: Assessments across trials = NG / standard = G.
 # G / NG: Assessments across trials = G / standard = NG.
 # Mixed: Assessments across trials are not identical.

รูปที่ 4.2 (ต่อ)



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความเชื่อมั่นของพนักงานก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

4.1.3 การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

ในการประเมินผลด้วยค่าประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจวัดโพรบการ์ดได้ค่าเท่ากับ 56.67 เปอร์เซ็นต์ แสดงดังรูปที่ 4.4 หมายถึง พนักงานตรวจโพรบการ์ดทั้งสามคนสามารถตรวจวัดได้เหมือนกันทุกครั้งจำนวน 56.67 การ์ด จากโพรบการ์ด 100 การ์ด และค่าช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 56.67 เปอร์เซ็นต์ ถึง 74.54 เปอร์เซ็นต์ จากค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้เปอร์เซ็นต์ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	17	56.67	(37.43, 74.54)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

รูปที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดระหว่างพนักงาน ก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

จากการประเมินประสิทธิผลของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทุกคนกับมาตรฐานก่อนการปรับปรุงกระบวนการ ดังรูปที่ 4.5 พบว่า เปอร์เซ็นต์ของประสิทธิผลของค่าแอดทริบิวต์หรือค่าประสิทธิผลของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทุกคนกับมาตรฐานเท่ากับ 56.67 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่าในการตรวจวัดโพรบการ์ด 100 การ์ด ด้วยพนักงาน 3 คน สามารถวัดผลได้เหมือนกันทุกคน ทุกครั้ง และมีความถูกต้องเพียง 56.67 การ์ดเท่านั้น เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบการวัด (MSA) (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553) พบว่าไม่สามารถให้การยอมรับพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดได้ต้องมีการปรับปรุงระบบการตรวจวัดโพรบการ์ด

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	17	56.67	(37.43, 74.54)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

รูปที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดพนักงานทุกคนกับมาตรฐาน ก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

4.2 ผลการวิเคราะห์ระบบการวัดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

การวิเคราะห์ประสิทธิผลของระบบการวัดความยาวเข็มหลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการวัดความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด จากนั้นนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับผลก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน ซึ่งกำหนดเกณฑ์การวัดดังนี้ G หมายถึง โพรบการ์ดสามารถใช้งานได้ และ NG หมายถึง โพรบการ์ดไม่สามารถใช้งานได้ โดยผลการวิเคราะห์แสดงในตาราง 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ตารางบันทึกผลตรวจวัดโพรบการ์ดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

Probe Card	Probe Card Reference	พนักงาน A ครั้งที่วัด			พนักงาน B ครั้งที่วัด			พนักงาน C ครั้งที่วัด		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG
13	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	G	G	G	G	G	NG	G	G	G	G
16	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
21	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
22	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
23	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Probe Card	Probe Card Reference	พนักงาน A ครั้งที่วัด			พนักงาน B ครั้งที่วัด			พนักงาน C ครั้งที่วัด		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
26	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
27	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
28	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
29	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
30	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

4.2.1 ผลการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

นำผลที่ได้จากตารางที่ 4.2 มาวิเคราะห์พนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดแต่ละคน โดยพิจารณาถึงค่าความสามารถการวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน แสดงดังรูปที่ 4.6 โดยพนักงาน A มีความสามารถในการตรวจวัดซ้ำของพนักงานแต่ละคน แสดงดังรูปที่ 4.6 โดยพนักงาน A มีความสามารถในการตรวจวัดโพรบการ์ดได้ผลเหมือนกันทั้งหมด 100 การ์ด จากการกำหนดค่าช่วงของความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ผลของช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 90.50 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพนักงาน B และ C จะมีค่าความสามารถในการวัดซ้ำเท่ากับที่ 96.67 เปอร์เซ็นต์ โดยจะมีค่าของช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 82.78 เปอร์เซ็นต์ ถึง 99.92 แสดงดังกราฟในรูปที่ 4.8

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
B	30	29	96.67	(82.78, 99.92)
C	30	29	96.67	(82.78, 99.92)

* Matched: Appraiser agrees with him/herself across trials.

รูปที่ 4.6 ผลการวิเคราะห์พนักงานแต่ละคนหลังการปรับปรุง

กระบวนการทำงาน

4.2.2 การวิเคราะห์ระหว่างพนักงานหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

เพื่อพิจารณาถึงความสามารถระหว่างพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดแต่ละคนกับมาตรฐาน ดังแสดงในรูปที่ 4.7 ซึ่งพบว่าพนักงาน B และ C มีประสิทธิภาพด้านความสามารถในการวัดซ้ำเท่ากับ 96.67 เปอร์เซ็นต์ หมายความว่างาน 100 ชิ้น พนักงานทั้งสองสามารถวัดได้ผลเหมือนกันและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะบุคคลเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์หรือข้อผิดพลาดใดๆ กรุณาแจ้งให้ทราบ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความถูกต้อง 96.67 ขึ้น ส่วนที่เหลือจะวัดผลได้ไม่เหมือนกันหรือวัดได้ผลเหมือนกันแต่ไม่ถูกต้อง และมีค่าช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 82.78 เปอร์เซ็นต์ ถึง 99.92 เปอร์เซ็นต์และพนักงาน A สามารถวัดผลได้ถูกต้องและเหมือนกันได้ทั้งหมด 100 ขึ้น จะมีค่าช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 90.50 เปอร์เซ็นต์ ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ จากค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ 95 เปอร์เซ็นต์ ดังกราฟในรูปที่ 4.8

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
A	30	30	100.00	(90.50, 100.00)
B	30	29	96.67	(82.78, 99.92)
C	30	29	96.67	(82.78, 99.92)

Matched: Appraiser's assessment across trials agrees with the known standard.

Assessment Disagreement

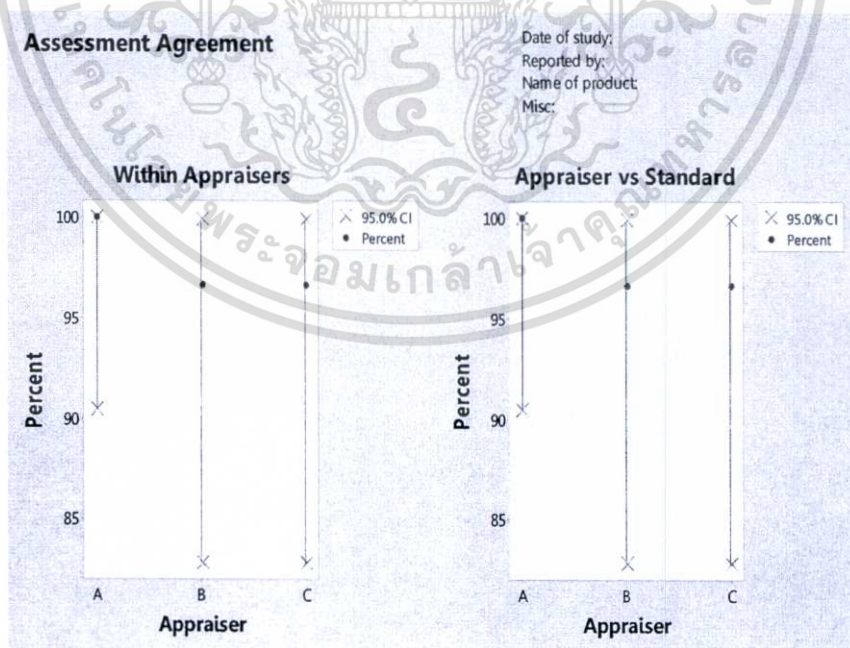
Appraiser	# NG / G	Percent	# G / NG	Percent	# Mixed	Percent
A	0	0.00	0	0.00	0	0.00
B	0	0.00	0	0.00	1	3.33
C	0	0.00	0	0.00	1	3.33

NG / G: Assessments across trials = NG / standard = G.

G / NG: Assessments across trials = G / standard = NG.

Mixed: Assessments across trials are non-identical.

รูปที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ระหว่างพนักงานกับมาตรฐาน
หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงค่าความเชื่อมั่นของพนักงานหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

ในการประเมินผลด้วยค่าประสิทธิผลด้านความสามารถในการวัดซ้ำของการตรวจวัดโพรบการ์ดได้ค่าเท่ากับ 93.33 เปอร์เซนต์ หมายถึง พนักงานทั้ง 3 คนตรวจวัดโพรบการ์ด 100 การ์ด ทุกคนสามารถตรวจวัดได้เหมือนกันทุกครั้งจำนวน 93.33 การ์ด และค่าช่วงความเชื่อมั่นอยู่ระหว่าง 77.93 เปอร์เซนต์ ถึง 99.18 เปอร์เซนต์ จากค่าความเชื่อมั่นที่กำหนดไว้ 95 เปอร์เซนต์

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	28	93.33	(77.93, 99.18)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

รูปที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดระหว่างพนักงาน หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

จากการประเมินประสิทธิผลของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทุกคนกับมาตรฐานหลังการปรับปรุงกระบวนการ ดังรูปที่ 4.10 พบว่า ประสิทธิภาพของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทุกคนกับมาตรฐาน เท่ากับ 93.33 เปอร์เซนต์ ซึ่งหมายความว่าในการตรวจวัดโพรบการ์ด 100 การ์ด ด้วยพนักงาน 3 คน สามารถวัดผลได้เหมือนกันทุกคน ทุกครั้ง และมีความถูกต้องทั้งหมด 93.33 การ์ด เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบการวัด (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2553) สามารถให้การยอมรับพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดและระบบการตรวจวัดโพรบการ์ดได้

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95% CI
30	28	93.33	(77.93, 99.18)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

รูปที่ 4.10 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิผลของการวัดพนักงานทุกคน หลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการวิเคราะห์หลังจากการควบคุมกระบวนการทำงาน

หลังการปรับปรุงกระบวนการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด แบ่งอายุการใช้งานตามตระกูลของโพรบการ์ด และใช้ระบบ PLM เพื่อควบคุมความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด จากนั้นผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ หลังการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการทำงาน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2559 ถึงเดือนเมษายน 2560 เพื่อข้อมูลมาเปรียบเทียบกับก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน แสดงดังตารางที่ 4.3 ซึ่งพบว่าสามารถลดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จาก 1,126,262 ชิ้น เป็น 526,046 ชิ้น หรือคิดเป็น 53.29 เปอร์เซ็นต์ของชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage

ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage ก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

รายการ	ก่อนการปรับปรุง กระบวนการทำงาน	หลังการปรับปรุง กระบวนการทำงาน
จำนวนชิ้นงานที่ผลิต (ชิ้น)	434,380,000	470,446,300
จำนวนชิ้นงานเสียทั้งหมด (ชิ้น)	2,371,315	1,631,160
จำนวนชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage (ชิ้น)	1,126,262	526,046

สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการวิจัยเพื่อวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ โดยใช้หลักการปรับปรุงกระบวนการทำงานของ ชิกซ์ ชิกม่า ในการดำเนินการวิจัยและใช้เครื่องมือของชิกซ์ ชิกม่า ในการวิเคราะห์หาสาเหตุและปัจจัยที่ทำให้เกิด Pad Damage ผู้วิจัยจึงขอสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและมีข้อเสนอแนะของงานวิจัยดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ลักษณะชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นมากที่สุดจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ คือ Pad Damage คิดเป็น 47.5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชิ้นงานเสียทั้งหมด

5.1.2 จากการวิเคราะห์ข้อมูลชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage ร่วมกับทีมวิเคราะห์ พบว่ามี 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิด Pad Damage คือ ความยาวเข็มของโพรบการ์ด อายุการใช้งานของโพรบการ์ดและการตั้งค่าเครื่องทดสอบ

5.1.3 หลังจากปรับปรุงกระบวนการทำงานพบว่า ค่าประสิทธิภาพของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทุกคนกับมาตรฐานเพิ่มขึ้นจาก 56.67 เป็น 93.33 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงสามารถยอมรับผลที่ได้จากพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ด

5.1.4 จากการเก็บข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ หลังจากการปรับปรุงและควบคุมกระบวนการ พบชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จำนวน 526,046 ชิ้น ซึ่งลดลงจากเดิม 1,126,262 ชิ้น โดยคิดเป็น 53.29 เปอร์เซ็นต์

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.2.1 การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ พบว่ามีลักษณะชิ้นงานเสียชนิด Pad Damage จำนวน 47.5 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนชิ้นงานเสียทั้งหมด ซึ่งมีลักษณะเป็นรอยแตกบนบริเวณบอนด์แพดเกินกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่บอนด์แพดทั้งหมด ชิ้นงานเสียเหล่านี้ไม่สามารถส่งต่อไปยังกระบวนการเชื่อมต่อขาไอซีได้ ทำให้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตและทำให้ระยะเวลาในการผลิตเพิ่มมากขึ้นเพื่อทดแทนชิ้นงานที่เสียไป เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ปัจจัยการวัดความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด สามารถปรับปรุงกระบวนการทำงานได้ โดยการกำหนดความยาวเข็มที่สิ้นสุดการใช้งานเท่ากับ 200 ไมครอน และเปลี่ยนวิธีวัดความยาวเข็มจากการใช้สายตามาเป็นการใช้เครื่องไมโครสโคปที่สามารถวัดแกน Z และแสดงผลเป็นตัวเลข โดยการวัดจากปลายเข็มไปถึงโพรบเฮด จากนั้นจัดกลุ่มอายุการใช้งานของโพรบการ์ดจากการนำประวัติอายุการใช้งานของโพรบการ์ดแต่ละตระกูลในระบบฐานข้อมูลของโรงงาน ทัศนศึกษาหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดอายุการใช้งานที่แท้จริง พบว่าโพรบการ์ดบางตระกูลอายุการใช้งานไม่ถึง 600,000 ครั้ง และโพรบการ์ดบางตระกูลสามารถใช้งานได้เกิน 600,000 ครั้ง และปัจจัยการตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธีนั้น สามารถแก้ไขได้โดยการจัดอบรมให้ความรู้แก่พนักงาน จัดทำคู่มือการตั้งค่าเครื่องทดสอบ และจัดการทดสอบพนักงานทุกปีเพื่อประเมินประสิทธิภาพการตั้งค่าเครื่องทดสอบของพนักงาน

5.2.3 จากการเปรียบเทียบการวัดความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ดระหว่างก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการโดยการวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) พบว่าก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงานพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทั้ง 3 คนสามารถวัดผลได้เหมือนกันทุกคน ทุกครั้งและมีความถูกต้องเพียง 56.67 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของระบบการวัด (MSA) พบว่าไม่สามารถให้การยอมรับพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดได้ต้องมีการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งหลังจากการปรับปรุงกระบวนการวัดความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ดพบว่าค่าประสิทธิภาพผลของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ดทุกคนกับมาตรฐานเพิ่มขึ้นเป็น 93.33 เปอร์เซ็นต์ โดยพนักงาน A สามารถตรวจวัดโพรบการ์ดได้ถูกต้องทั้งหมด 30 การ์ด ส่วนพนักงาน B และ C วัดผลได้ถูกต้อง 29 การ์ด และวัดผลผิดพลาด 1 การ์ด เนื่องจากโพรบการ์ดมีความยาวเข็มที่ก้ำกึ่งระหว่างเข็มที่สามารถใช้งานได้กับเข็มที่สิ้นสุดการใช้งาน

5.2.4 ผู้วิจัยและวิศวกรแผนกทดสอบเวเฟอร์ได้ร่วมกันสร้างระบบ PLM หลังจากมีการปรับปรุงกระบวนการทำงาน เพื่อควบคุมกระบวนการตรวจวัดความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดขึ้นงานเสียประเภท Pad Damage โดยเริ่มวัดความยาวเข็มครั้งแรกหลังจากมีการเปลี่ยนเข็มใหม่ ครั้งที่สองหลังจากใช้งานไป 200,000 ครั้ง และหลังจากนั้นวัดความยาวเข็มทุกๆ 100,000 ครั้งที่ใช้งาน จนกระทั่งความยาวเข็มเท่ากับ 200 ไมครอน หรือสิ้นสุดอายุการใช้งาน โดยระบบ PLM จะแจ้งเตือนผ่านอีเมลแก่ผู้ที่รับผิดชอบ เมื่อเข็มมีอายุการใช้งานตามที่กำหนดจากนั้นผู้มีหน้าที่รับผิดชอบจะแจ้งพนักงานให้วัดความยาวเข็มและบันทึกข้อมูลลงในระบบ PLM

หลังการใช้ระบบ PLM เพื่อควบคุมความยาวเข็มและอายุการใช้งานของโพรบการ์ด โดยการเก็บข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบคุณสมบัติไฟฟ้าของเวเฟอร์ ตั้งแต่เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2560 พบว่าสามารถลดชิ้นงานเสียประเภท Pad Damage จาก 1,126,262 ชิ้น เป็น 526,046 ชิ้น โดยคิดเป็น 53.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ (ศราวุธ มีพัฒน์. 2555 : บทคัดย่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการตัดเวเฟอร์ในการผลิตไอซี เมื่อไปดำเนินการจริงพบว่าสามารถลดปัญหาการบิ่นของชิพจากเดิม 0.15 ลดลงเหลือ 0.006 คิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์

5.1 ข้อเสนอแนะ

5.1.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

5.1.1.1 เนื่องจากใช้สายตาทนทานในการปรับโฟกัสภาพที่กล้องไมโครสโคป รุ่น STM7 จึงทำให้เกิดความผิดพลาดระหว่างพนักงานได้ ดังนั้นควรใช้การปรับโฟกัสกล้องไมโครสโคปแบบอัตโนมัติ

5.1.1.2 โพรบการ์ดที่มีความยาวเข็มที่ก้ำกึ่งระหว่างเข็มที่สามารถใช้งานได้กับเข็มที่สั้นสุดการใช้งาน ควรกำหนดช่วงของค่าความผิดพลาดจากการวัด เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจของพนักงานตรวจวัดโพรบการ์ด

5.1.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในอนาคต

5.1.2.1 ควรมีการวิจัยโดยศึกษาและวิเคราะห์ชิ้นงานเสียประเภท Contamination ในกระบวนการผลิตไอซี

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2553. การวิเคราะห์ระบบการวัด (MSA) (ประมวลผลด้วย Minitab 15). พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ : ส.ส.ท.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. 2556. FMEA การวิเคราะห์อาการขัดข้องและผลกระทบ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ส.ส.ท.
- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2559. สถิติสำหรับงานวิจัย. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ : สามลดา.
- สิทธิศักดิ์ พุทธรักษ์. 2546. การพัฒนาคุณภาพแบบก้าวกระโดดด้วยวิธี Six Sigma. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ส.ส.ท.
- จตุวัฒน์ ธวัชธาดา. 2553. “การปรับปรุงงานโดยบูรณาการแนวคิดลีนและเครื่องมือซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษาโรงงานตัวอย่าง” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ณัฐศยา สิทธิโชคโรตม. 2552. “การปรับปรุงกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูปโดยใช้แนวคิดลีน ซิกซ์ซิกม่า” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธิติมา พงษ์สังกา. 2551. “การลดของเสียในโรงงานผลิตเชิงไมยางพาราโดยเทคนิคซิกซ์ ซิกม่า” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- นุจรินทร์ เวียงคำ. 2552. “การลดของเสียจากกระบวนการพิมพ์ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ชนิดอ่อน โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัทไทยเวิลด์แวร์โพลีโปรดักส์ จำกัด” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการจัดการอุตสาหกรรม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- วรชัย ชำบ่าเหน็จ. 2558. “การลดของเสียในกระบวนการประกอบแขนจับของหัวอ่านฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์โดยใช้เทคนิคซิกซ์ซิกม่า” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- วสันต์ พุกผาสุข. 2547. “การลดของเสียจากกระบวนการชุบโครเมียม โดยประยุกต์ใช้วิธีการซิกซ์ ซิกม่า กรณีศึกษา บริษัทในอุตสาหกรรมชุบโครเมียม” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม (ต่อ)

- ศราวุธ มีพัฒน์. 2558. “การหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการตัดแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ในโรงงานผลิตแผงวงจรรวมโดยการออกแบบการทดลอง” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการนวัตกรรมเพื่อธุรกิจและอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สุพิศ งามสอน. 2555. “การปรับปรุงการวิเคราะห์ระบบการวัดในกระบวนการทดสอบผลิตภัณฑ์แผ่นเวเฟอร์” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- สรชัช ประทุมไทย. 2556. “การลดปริมาณของเสียในกระบวนการผลิตตัดแผ่นเวเฟอร์โดยการออกแบบการทดลอง กรณีศึกษาโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- McKinsey & Company. 2015. McKinsey on SEMICONDUCTORS. USA.
- ZETCH corporation. 2017. Probe Cards. [Online]. Available : <http://zetch.com/probe.html>

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก หนังสือราชการประกอบการดำเนินการวิจัย
- ภาคผนวก ข แบบฟอร์มลงคะแนนสาเหตุและผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage
- ภาคผนวก ค แบบฟอร์มลงคะแนนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิด Pad damage
- ภาคผนวก ง ขั้นตอนการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด
- ภาคผนวก จ ผลที่ได้จากการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด
- ภาคผนวก ฉ ผลที่ได้การวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ดก่อนและหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ประกาศคณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อ
และเค้าโครงวิทยานิพนธ์ ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อ วันที่ 4 เมษายน 2560 ให้ดำเนินการดังนี้

นางสาวบุษกร พวงจิตร รหัสประจำตัว 56603283 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การวิเคราะห์สาเหตุ
และปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ (A Causal Analysis
and Recommended Improvements for Reducing Mechanical Damage Failures in Wafer
Testing Process)” โดยมี รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รศ.ปิยะ ศุภราสวัสดิ์

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้เสร็จสิ้น
ภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ เมษายน พ.ศ. 2560

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงศ์ มะโน)

คณบดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 1902

คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ
ทหารลาดกระบัง ถนนฉลองกรุง
เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๕ มิถุนายน ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้จัดการฝ่ายเวเฟอร์โพรบ (Probe Operation Manager)
บริษัทไมโครชิพเทคโนโลยี (ไทยแลนด์) จำกัด

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. ประกาศผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ จำนวน ๑ ฉบับ
๒. ข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบเวเฟอร์

ด้วย นางสาวบุษกร พวงจิตร นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การวิเคราะห์สาเหตุและปรับปรุงการทำงานเพื่อลดความเสียหายเชิงกลในกระบวนการทดสอบเวเฟอร์” โดยมี รศ.ดร.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และ รศ.ปิยะ ศุภวรรคสุวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและได้รับอนุมัติหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์แล้ว เมื่อวันที่ ๔ เมษายน ๒๕๖๐ คณะกรรมการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านให้ นางสาวบุษกร พวงจิตร ทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ข้อมูลชิ้นงานเสียจากกระบวนการทดสอบเวเฟอร์ ภายในหน่วยงานของท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ดร.ราตรี ศิริพันธ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๔-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๕๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๔-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๔๒-๖๗๔-๓๔๓๔

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 แบบฟอร์มลงคะแนนสาเหตุและผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage

ผลกระทบต่อการเกิด Pad Damage		รวม
กระบวนการ	ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด Pad Damage	
Man	พนักงานขาดประสบการณ์	
	พนักงานขาดความรู้	
	ไม่ปฏิบัติตามขั้นตอนการทำงาน	
Machine	ความผิดพลาดในการไฟฟ้าสภาพของเครื่องทดสอบ	
Material	ความสูงของบอร์ดแพด	
	ความยาวเข็มของโพรบการ์ด	
Method	การตั้งค่าเครื่องทดสอบไม่ถูกวิธี	
	อายุการใช้งานของโพรบการ์ด	
Environment	อุณหภูมิที่ใช้ทดสอบชิ้นงาน	
	ระยะเวลาในการทดสอบชิ้นงาน	

โดยกำหนดให้มีเกณฑ์การลงคะแนนดังนี้

- 0 = ไม่มีผลต่อการเกิด Pad Damage
- 1 = มีผลกระทบเล็กน้อยต่อการเกิด Pad Damage
- 4 = มีผลกระทบปานกลางต่อการเกิด Pad Damage
- 7 = มีผลกระทบมากต่อการเกิด Pad Damage
- 10 = มีผลกระทบโดยตรงต่อการเกิด Pad Damage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 แบบฟอร์มลงคะแนนการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบของการเกิด Pad Damage

Process Step/Input	Potential Failure Mode	Potential Failure Effects	SEV	Potential Causes	OCC	Current Controls	DET	RPN	Actions Recommended

ตารางที่ ค.2 ตัวเลขลำดับของความเสี่ย (RPN – Risk Priority Number)

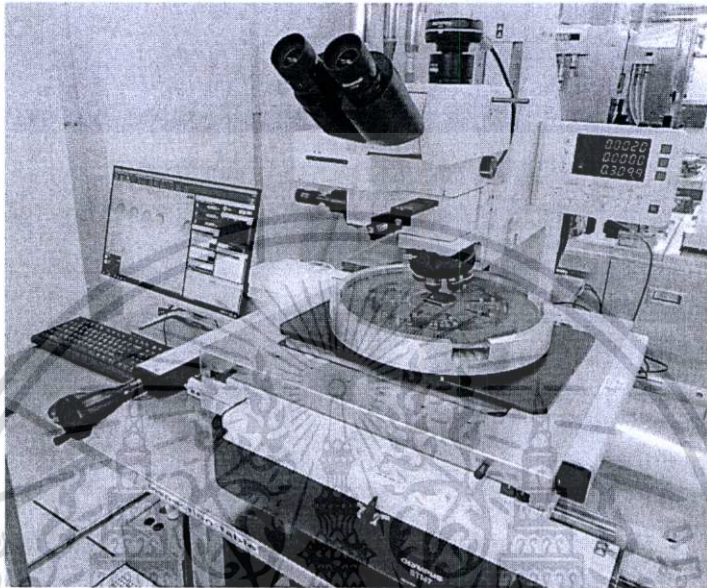
คะแนน	ความรุนแรงของ ลักษณะข้อบกพร่อง Severity - S	โอกาสในการเกิดสาเหตุ (ppm/รายการ) Occurrence - O	ความสามารถในการตรวจจับ ลักษณะข้อบกพร่อง Detection - D
10	เกิดอันตรายโดยไม่มีกรเตือน	สูงมาก : เกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ	≥ 100,00
9	เกิดอันตรายโดยการเตือน		50,000
8	ผลกระทบสูงมาก	สูง : เกิดข้อบกพร่องน้อย	20,000
7	ผลกระทบสูง		10,000
6	ผลกระทบปานกลาง	ปานกลาง : เกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว	5,000
5	ผลกระทบต่ำ		2,000
4	ผลกระทบต่ำมาก	ต่ำ : เกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย	1,000
3	ผลกระทบเล็กน้อย		500
2	เกือบไม่มีผลกระทบ	ห่างไกล : เกือบไม่มีโอกาสจะเกิดข้อบกพร่อง	100
1	ไม่มีผลกระทบ		≤10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

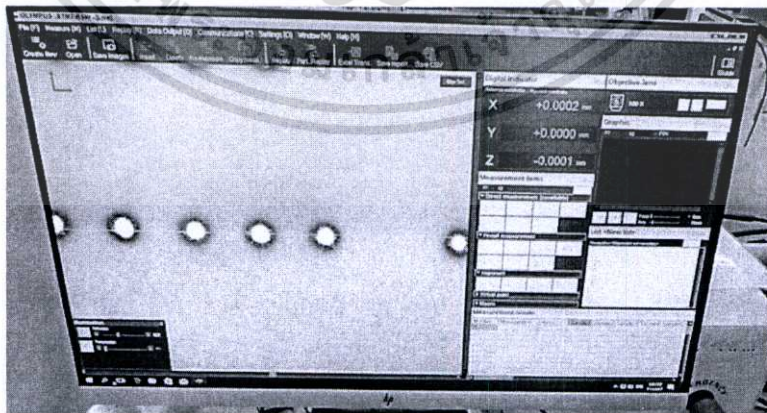
ขั้นตอนการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด

1. ใช้กล้องไมโครสโคป (Measuring Microscope) รุ่น STM7 ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งสามารถวัดแกน X, Y และ Z ซึ่งแสดงผลเป็นตัวเลขและผ่านการสอบเทียบมาตรฐานไม่เกิน 6 เดือน



รูปที่ ๓.1 การวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด

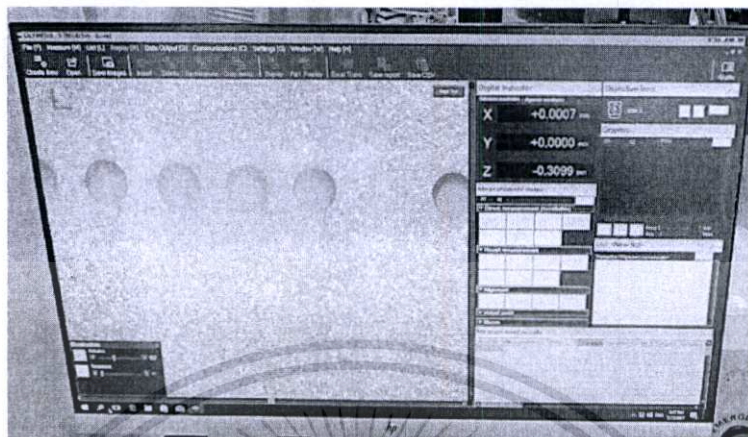
2. ปรับโฟกัสที่ปลายเข็มของโพรบการ์ด โดยใช้อัตราขยาย 50x หรือ 100x แล้วปรับค่าแกน Z เท่ากับศูนย์



รูปที่ ๓.2 การปรับโฟกัสที่ปลายเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. จากนั้นปรับโฟกัส โดยการเลื่อนแกน Z ของกล้องไมโครสโคปไปยังโฟรบนเฮด และนำค่าแกน Z ที่วัดได้บันทึกลงในแบบฟอร์มวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด แสดงในภาคผนวก ฉ.



รูปที่ ง.3 ปรับโฟกัสไปยังโฟรบนเฮดเพื่อวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Probe card PLM

Platform	HW Name	S/N	Spec No	Vendor	TD Count
XXX	Lxxxx	4373	XXX	XXX	864,760

5 Points Tip Length	Point	Inc.	um	Tip Length Average (um)	Status for Production
	Upper Right	0.00804	204.216	199.5932	STOP RUN
	Upper Left	0.00787	199.898		
	Center	0.00824	209.296		
	Lower Right	0.00788	200.152		
	Lower Left	0.00726	184.404		

***Note** Tip length lower limit =200 um.

Checked by	C
Group	2
Date	3/17/2017

รูปที่ จ.1 โพรบการ์ดสิ้นสุดการใช้งาน

Probe card PLM

Platform	HW Name	S/N	Spec No	Vendor	TD Count
XXX	Lxxxx	5600	XXX	XXX	354,760

5 Points Tip Length	Point	Inc.	um	Tip Length Average (um)	Status for Production
	Upper Right	0.00984	249.936	248.1072	Ready to use
	Upper Left	0.00977	248.158		
	Center	0.00979	248.666		
	Lower Right	0.00988	250.952		
	Lower Left	0.00956	242.824		

***Note** Tip length lower limit =200 um.

Checked by	B
Group	1
Date	3/22/2017

รูปที่ จ.2 โพรบการ์ดสามารถใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ฉ

ผลที่ได้จากการวัดความยาวเข็มของโพรบการ์ดก่อนและหลัง
การปรับปรุงกระบวนการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ฉ.1 ผลการตรวจวัดโพรบการ์ดก่อนการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

Probe Card	Probe Length (μm)	Probe Card Reference	พนักงาน A			พนักงาน B			พนักงาน C		
			ครั้งที่วัด			ครั้งที่วัด			ครั้งที่วัด		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	210	G	NG	G	G	G	G	G	NG	NG	G
2	208	G	G	G	NG	G	NG	NG	G	G	NG
3	189	NG	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	NG
4	190	NG	NG	NG	NG	G	NG	NG	NG	NG	G
5	225	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	253	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	182	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	238	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	187	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	262	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	191	NG	G	NG	G	NG	NG	G	G	NG	NG
12	197	NG	G	G	G	NG	G	G	G	G	G
13	241	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	183	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	202	G	NG	G	G	NG	NG	G	NG	G	G
16	179	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	194	NG	NG	NG	G	G	G	NG	NG	G	NG
18	175	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	180	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	227	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
21	211	G	G	G	G	G	G	G	G	G	NG
22	218	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
23	196	NG	G	NG	G	NG	G	NG	G	G	NG
24	195	NG	NG	NG	G	NG	G	NG	NG	NG	NG
25	188	NG	NG	G	G	NG	NG	G	NG	NG	NG
26	263	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
27	214	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
28	209	G	NG	G	G	G	G	G	NG	G	G
29	229	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
30	212	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ๑.2 ผลการตรวจวัดโพรบการ์ดหลังการปรับปรุงกระบวนการทำงาน

Probe Card	Probe Length (μm)	Probe Card Reference	พนักงาน A			พนักงาน B			พนักงาน C		
			ครั้งที่วัด			ครั้งที่วัด			ครั้งที่วัด		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	210	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
2	208	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
3	189	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
4	190	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
5	225	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
6	253	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
7	182	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
8	238	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
9	187	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
10	262	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
11	191	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
12	197	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	G	NG
13	241	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
14	183	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
15	202	G	G	G	G	NG	G	G	G	G	G
16	179	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
17	194	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
18	175	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
19	180	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
20	227	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
21	211	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
22	218	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
23	196	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
24	195	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
25	188	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG	NG
26	263	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
27	214	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
28	209	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
29	229	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
30	212	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางบุษกร กอแก้ว
วัน-เดือน-ปีเกิด	20 กรกฎาคม 2531
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง
ที่อยู่ปัจจุบัน	82/410 ซอย รามอินทรา 119 แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10510
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2549 สำเร็จการศึกษา ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง ปีการศึกษา 2555 สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิชาครุศาสตร์วิศวกรรม แขนงวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปีการศึกษา 2559 สำเร็จการศึกษาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2557 - ปัจจุบัน วิศวกร บริษัท Microchip Technology (Thailand)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้