



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การหาผลระดับความเสียหายของรอยร้าวในกระบวนการลดอนุภาคแบบละเอียด
และ การขจัดซิลิกอนด้วยกระบวนการขัดแบบแห้ง
Evaluation Fracture Damage layer in Fine Grinding Process and
Silicon Removal by Dry Polishing Process.

นาย ศิววัฒน์ นีซัง

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2561



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การหาผลระดับความเสียหายของรอยร้าวในกระบวนการลดอนุภาคแบบละเอียด
และ การขจัดซิลิกอนด้วยกระบวนการขัดแบบแห้ง

Evaluation Fracture Damage layer in Fine Grinding Process and
Silicon Removal by Dry Polishing Process.

นาย ศิววัฒน์ นีซัง

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การหาผลระดับความเสียหายของรอยร้าวในกระบวนการลดอนุภาคแบบละเอียด และ การขัดซึลิกอนด้วยกระบวนการขัดแบบแห้ง

ชื่อ-สกุล นักศึกษา นาย ศิววัฒน์ นีซัง

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

ชื่อ-สกุล อาจารย์นิเทศ ผศ.เกรียงไกร สุขสุด และ อ.ชินภัทร นันทจิวารัชย์

ชื่อ-สกุล ผู้นิเทศงาน นาย กิตติชัย พัฒนราช

สถานประกอบการ บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอร์ริง ไทยแลนด์ จำกัด

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านกระบวนการขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่พร้อมทั้งการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) ในเงื่อนไขต่างๆ เนื่องจากล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่มีความละเอียดในการขัดที่สูงมากกว่ารุ่นเดิม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรจากการขัดที่ไม่จำเป็นหรือมากเกินไปในกระบวนการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing)

Cooperative Title: Evaluation Fracture Damage layer in Fine Grinding Process and Silicon Removal by Dry Polishing Process.

Student intern name: Mr.Siwat Neesung

Faculty: Engineering **Department:** Electronics

Advisor name: Advisor: Asst. Prof. Kriangkrai Sooksood and Chinnapat Nantajiwakornchai

Mentor name: Kittichai Pattanarach

Company: NXP Manufacturing Thailand



ABSTRACT

This project presents the wafer strength of the new fine grinding wheel and polishing by dry polishing process various conditions. Because the new fine grinding wheel has a higher polishing resolution than the original model. The objective is to reduce the deterioration of the machine from unnecessary or excessive scrubbing in the dry polishing process.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ ได้โดยจากความช่วยเหลือและคำแนะนำจาก ผู้นิเทศงาน นาย กิติชัย พัฒนราช และอาจารย์นิเทศ ที่ช่วยเหลือในการทำโครงการ ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการ Back Grinding และการทำงานในโรงงาน การแก้ปัญหาและประสบการณ์ที่ไม่สามารถหาได้จากมหาวิทยาลัย ผู้ที่มีประสบการณ์ในด้านกระบวนการ Back Grinding ที่ช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์แก่โครงการ คณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

คณะผู้จัดทำหวังว่าโครงการนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้สนใจและผู้นำผลนี้ไปใช้งานหรือนำไปต่อยอดต่อไป

ศิววัฒน์ นิชัง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูปภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 ระยะเวลาในการทำโครงการ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ.....	3
2.1 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์วงจรรวม (IC Packaging Process).....	3
2.1.1 สายการผลิตส่วนหน้า.....	3
2.1.2 สายการผลิตส่วนหลัง.....	5
2.2 กระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ (Back Grinding Process).....	6
2.2.1 กระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ (Back Grinding Process).....	6
2.2.2 เครื่องขัดและหลักการทำงาน.....	7

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3 ความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength).....	7
2.3.1 ความแข็งแรง (Strength).....	8
2.3.2 การทดสอบแรงดัดงอ (Bending Test).....	8
2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ.....	10
2.4.1 การวัดค่ากลางของข้อมูล.....	11
2.4.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean).....	12
2.4.1.2 ค่ามัธยฐาน (Median).....	12
2.4.1.3 ค่าฐานนิยม (Mode).....	12
2.4.2 ค่าสูงสุด (Maximum).....	13
2.4.3 ค่าต่ำสุด (Minimum).....	13
2.4.4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Average).....	13
2.4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation).....	13
2.4.6 ฟังก์ชันการกระจายไวบูลล์.....	15
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ.....	17
3.1 การทดลองที่ 1.....	17
3.1.1 การเตรียมอุปกรณ์.....	17
3.1.2 การทดสอบวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength).....	19
3.2 การทดลองที่ 2.....	22
3.1.1 การเตรียมอุปกรณ์.....	22

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.2 การทดสอบวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength).....	24
บทที่ 4 ผลการทดลองที่ 1.....	27
4.1 ผลการทดลองที่ 1.....	27
4.1.1 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength).....	27
4.2 ผลการทดลองที่ 2.....	28
4.2.1 ผลการวัดปริมาณการขัดออกของกระบวนการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing).....	28
4.2.2 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength).....	29
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	31
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	31
5.2 ปัญหา / อุปสรรค.....	31
5.2 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ.....	32
บรรณานุกรม.....	33
ภาคผนวก.....	34
ประวัติผู้เขียนโครงงาน.....	38

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน.....	2
ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของบริษัท.....	27
ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของบริษัท.....	30



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2-1 สายการผลิตส่วนหน้า.....	4
ภาพที่ 2-2 สายการผลิตส่วนหลัง.....	6
ภาพที่ 2-3 การขัดแผ่นเวเฟอร์.....	6
ภาพที่ 2-4 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเครื่องขัด.....	7
ภาพที่ 2-5 หลักการทดสอบแรงดัดงอ.....	8
ภาพที่ 2-6 การทดสอบการดัดงอแบบ Ball on Ring.....	9
ภาพที่ 2-7 ลักษณะของโค้งแสดงการกระจายข้อมูล.....	14
ภาพที่ 2-8 ลักษณะเส้นโค้งปกติ.....	15
ภาพที่ 2-9 วิธีการพล็อตกราฟความน่าจะเป็น (Probability plot).....	16
ภาพที่ 3-1 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 1.....	18
ภาพที่ 3-2 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 1.....	18
ภาพที่ 3-3 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 1.....	19
ภาพที่ 3-4 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ทั้งหมด.....	20
ภาพที่ 3-5 เครื่อง EZ-Tester.....	20
ภาพที่ 3-6 บันทึกค่าและคำนวณเพื่อให้ได้ Wafer Strength.....	21
ภาพที่ 3.7 นำค่า Wafer Strength ที่ได้จากการคำนวณมาประมวลผลแบบ Weibull Distribution.....	21
ภาพที่ 3.8 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 2.....	23
ภาพที่ 3.9 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 2.....	23
ภาพที่ 3.10 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 2.....	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ทั้งหมด.....	25
ภาพที่ 3.12 เครื่อง EZ-Tester.....	25
ภาพที่ 3.13 บันทึกค่าและคำนวณเพื่อให้ได้ Wafer Strength.....	26
ภาพที่ 3.14 นำค่า Wafer Strength ที่ได้จากการคำนวณมาประมวลผลแบบ Weibull Distribution...26	
ภาพที่ 4.1 ค่า Wafer Strength ของการทดลองที่ 1.....	27
ภาพที่ 4.2 ปริมาณการขีดออกของเวเฟอร์แผ่นที่ 1.....	28
ภาพที่ 4.3 ปริมาณการขีดออกของเวเฟอร์แผ่นที่ 2.....	28
ภาพที่ 4.4 ปริมาณการขีดออกของเวเฟอร์แผ่นที่ 3.....	28
ภาพที่ 4.5 ค่า Wafer Strength ของเวเฟอร์แผ่นที่ 1.....	29
ภาพที่ 4.6 ค่า Wafer Strength ของเวเฟอร์แผ่นที่ 2.....	29
ภาพที่ 4.7 ค่า Wafer Strength ของเวเฟอร์แผ่นที่ 3.....	30

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านวงจรรวมหรือไอซี เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจ เพื่อรองรับและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเครื่องใช้ไฟฟ้า ในผลิตภัณฑ์เหล่านี้ล้วนมีชิ้นส่วนของชิปหรือวงจรรวมเป็นส่วนประกอบ ซึ่งแตกต่างกันไปทั้งโครงสร้างและขนาดตามลักษณะการใช้งาน ในการผลิตไอซีประกอบด้วยหลายกระบวนการซึ่งกระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ (Back Grinding) เป็นหนึ่งในกระบวนการหลักที่มีความสำคัญสำหรับกระบวนการผลิต ในกระบวนการ Back Grinding จะประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 3 ขั้นตอน นั่นคือ 1.การขัดหยาบ(Rough Grinding Z1) 2.การขัดละเอียด(Fine Grinding Z2) 3.การขัดเพื่อเพิ่มความแข็งแรง (Polishing Z3 ใช้กระบวนการขัดแบบแห้ง Dry Polishing) ทางผู้ประกอบการต้องเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ โดยการติดตั้งล้อขัดแผ่นเวเฟอร์รุ่นใหม่ในกระบวนการขัดละเอียด ซึ่งมีความละเอียดในการขัดสูงกว่ารุ่นเก่า ในปัจจุบันปริมาณการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ออก(Dry Polishing) เพื่อกำจัดรอยร้าวที่ล้อขัดรุ่นใหม่สร้างขึ้นยังมีปริมาณเท่ากับล้อขัดรุ่นเก่าอยู่(ปริมาณการขัดต่ำสุด $2\mu\text{m}$) ด้วยเหตุผลที่ล้อขัดรุ่นใหม่มีความละเอียดในการขัดสูงกว่าจึงสร้างความเสียหายต่ำกว่าล้อขัดรุ่นเก่า ดังนั้นผู้ประกอบการจึงต้องการลดปริมาณการขัดเพื่อจำกัดความเสียหายของล้อขัดรุ่นใหม่ลง(ปริมาณการขัดต่ำกว่า $2\mu\text{m}$) เพื่อลดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการขัดด้านหลัง (Back Grinding)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการขัด Back Grinding

1.2.2 เพื่อหาปริมาณการขัดออกในกระบวนการ Dry Polishing ที่เหมาะสมสำหรับล้อขัดแบบละเอียดรุ่นใหม่

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ศึกษาความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ขัดจากล้อขัดแบบละเอียดรุ่นใหม่

1.3.2 ศึกษาความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่มีปริมาณการขัดในกระบวนการ Dry Polishing ต่ำกว่า 2 μ m

1.3.3 หาปริมาณการขัดแบบ Dry Polishing ต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของเวเฟอร์ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการ

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ทราบค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ขัดจากล้อขัดแบบละเอียดรุ่นใหม่

1.4.2 ทราบค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่มีปริมาณการขัด Dry Polishing ต่ำกว่า 2 μ m

1.4.3 ทราบปริมาณการขัดแบบ Dry Polishing ต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของเวเฟอร์ผ่านข้อบังคับของผู้ประกอบการ

1.5 แผนการดำเนินงาน

ระยะเวลาดำเนินงานตั้งแต่ 1 มิถุนายน 2561 ถึง 30 พฤศจิกายน 2561 แสดงดังตารางที่ 1-1

ตารางที่ 1-1 แผนการดำเนินงาน

ข้อ	รายละเอียดงาน	ระยะเวลาดำเนินงาน					
		มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1	ศึกษาลายละเอียดของเครื่องจักร พร้อมทั้งเตรียมอุปกรณ์	■					
2	ศึกษาลายละเอียดของ Back Grinding Process		■				
3	ศึกษาความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ขัดจากล้อขัดแบบละเอียดรุ่นใหม่			■	■		
4	ศึกษาความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่มีปริมาณการขัด Dry Polishing ต่ำกว่า 2 μ m				■	■	
7	ติดตามผลการดำเนินงาน						■
8	สรุปผลการดำเนินงาน						■

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

วงจรรวม (Integrated circuit, IC) หรือไอซี หมายถึง วงจรที่นำเอาไดโอด ทรานซิสเตอร์ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและองค์ประกอบวงจรต่างๆมาประกอบรวมกันบนแผ่นวงจรขนาดเล็ก ปัจจุบันแผ่นวงจรมีการทำด้วยแผ่นซิลิคอน บางที่อาจเรียก ชิพ (Chip) และมีการสร้างองค์ประกอบวงจรต่างๆ ฝังอยู่บนแผ่นผลึกนี้ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่เรียกว่า Monolithic การสร้างองค์ประกอบวงจรบนผิวผลึกนี้ จะใช้กรรมวิธีทางด้านการถ่ายภาพอย่างละเอียดผสมกับกระบวนการทางเคมีทำให้ลายวงจรมีความละเอียดสูงมาก สามารถบรรจุองค์ประกอบวงจรได้จำนวนมาก ภายในไอซีจะมีส่วนของลอจิกมากมายรวมถึงวงจรมีความซับซ้อนสูง เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งใช้ทำงานควบคุมคอมพิวเตอร์จนถึงโทรศัพท์มือถือแม้กระทั่งเตาอบไมโครเวฟแบบดิจิทัลสำหรับชิพหน่วยความจำ (RAM) เป็นอีกประเภทหนึ่งของวงจรมีความสำคัญมากในยุคปัจจุบัน

ในการทำโครงการนี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องนำความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกระบวนการผลิตไอซี โดยเฉพาะกระบวนการตัดแผ่นเวเฟอร์ซิลิคอนและโครงสร้างการทำงานเกี่ยวกับไบเมทัลตามาบูรณาการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหา เสนอวิธีแก้ปัญหาและทำการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิต

2.1 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์วงจรรวม (IC Packaging Assembly)

กระบวนการการประกอบบรรจุภัณฑ์ไอซีในสายการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- (1) ส่วนของการผลิตส่วนหน้า (Front of Line, FOL)
- (2) ส่วนของการผลิตส่วนหลัง (End of Line, EOL)

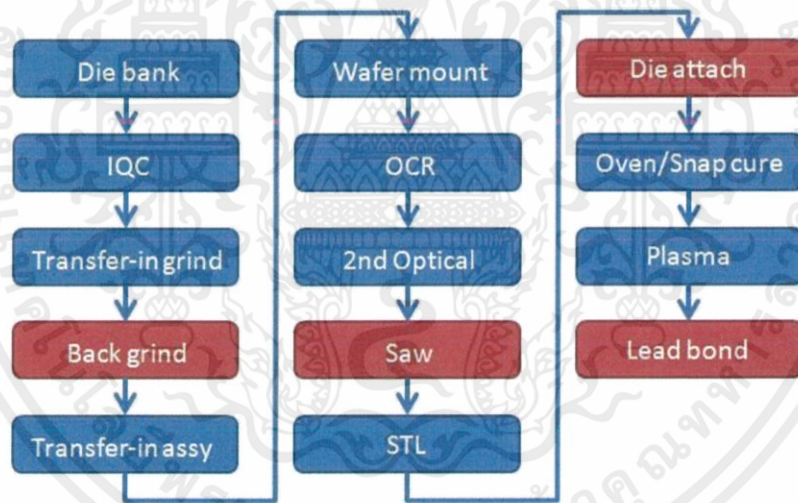
2.1.1 สายการผลิตส่วนหน้า

สายการผลิตส่วนหน้า หรือ FOL ประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตตั้งแต่การเก็บรักษาแผ่นเวเฟอร์จนกระทั่งขั้นตอนการเชื่อมต่อขาคัด รายละเอียดแสดงดังภาพที่ 2-1

- (1) Die Bank เป็นขั้นตอนเก็บวัตถุดิบ Wafer Die ที่รับมาจากลูกค้า
- (2) IQC หรือ Internal Quality Control เป็นขั้นตอนตรวจคุณภาพก่อนการนำเข้าสู่สายการผลิตได้ ก่อตั้งกำลังขยายต่ำ
- (3) Transfer-in Grind เป็นขั้นตอนตรวจเช็ครับจ่าย Wafer Die และเอกสารประกอบการผลิต
- (4) Back Grind เป็นขั้นตอนขัดผิวด้านหลังเวเฟอร์ให้บางลงตามขนาดที่ต้องการ
- (5) Transfer-in Assy เป็นขั้นตอนตรวจเช็ครับจ่าย Wafer Die และเอกสารประกอบการผลิต
- (6) Wafer Mount เป็นขั้นตอนการนำเวเฟอร์ไปติดกับเทป (ด้านหลังเวเฟอร์)
- (7) OCR เป็นการติดบาร์โค้ดที่ขอบเฟรมหรือขอบเวเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (8) 2nd Optical เป็นการตรวจสอบภายใต้กล้องกำลังขยายต่ำครั้งที่ 2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียด
- (9) Saw เป็นขั้นตอนการตัดแบ่งได (Die) ออกจากยูนิท
- (10) STL หรือ Special Treated Lead Frame เป็นขั้นตอนการกัดเฟรมให้มีความขรุขระที่แพดและลีดก่อนทำการติดได
- (11) Die Attach เป็นขั้นตอนการนำตัวไดมาติดที่ลีดเฟรม
- (12) Oven/Snap Cure เป็นขั้นตอนการเอาลีดเฟรมที่ติดไดแล้วไปอบเพื่อให้อีพอกซีแห้งและแข็งตัว
- (13) Plasma เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดลีดเฟรมเพื่อช่วยให้การเชื่อมวงจรมั่นคง
- (14) Lead Bond หรือ Wire Bond เป็นขั้นตอนการเชื่อมวงจรด้วยลวดทองระหว่างไดกับลีดเฟรม

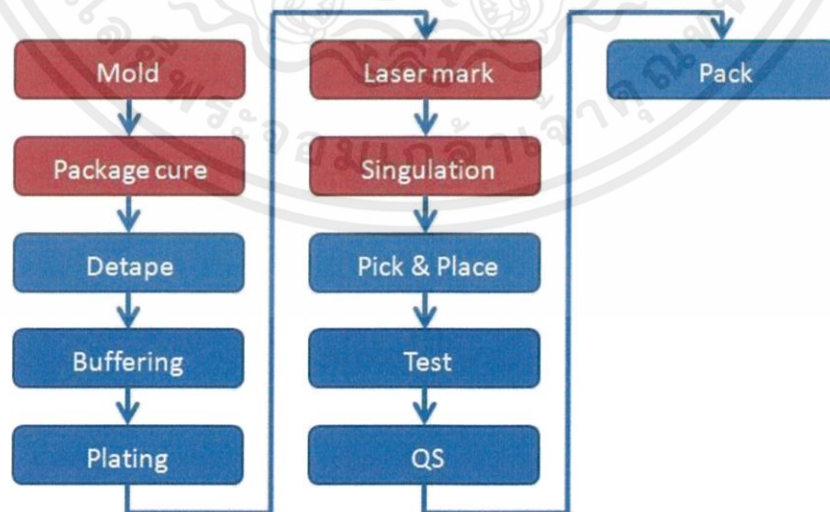


ภาพที่ 2-1 สายการผลิตส่วนหน้า

2.1.2 สายการผลิตส่วนหลัง

สายการผลิตส่วนหลัง หรือ EOL เป็นส่วนของการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์หลังจากที่มีการเชื่อมต่อวงจรระหว่างไดกับลีดเฟรมโดยสายการผลิตจะเริ่มจากการขึ้นรูปตัวไอซีจนกระทั่งเก็บหรือบรรจุตัวไอซีลงในหลอดหรือที่เก็บอื่นๆสำหรับส่งต่อไปยังอุตสาหกรรมประกอบแผ่นวงจรรีเลย์ทรอนิกส์ต่อไป

- (1) Mold เป็นขั้นตอนขึ้นรูปคอมปาวน์ (Compound) ซึ่งทำหน้าที่หล่อหุ้มได้ที่ผ่านการเชื่อมวงจรมาเรียบร้อยแล้ว
- (2) Package Cure เป็นขั้นตอนการอบแพคเกจเพื่อขจัดความชื้น คราบน้ำมันและทำให้แพคเกจแข็งแรง
- (3) Detape เป็นขั้นตอนการลอกเทปกาวออกจากเฟรมหลังจากผ่านการทำโมลแล้ว
- (4) Buffering เป็นขั้นตอนการทำความสะอาดเฟรมโดยการขัดกาวที่เฟรมออกด้วยเคมีหรือการทำพลาสมา โดยเครื่องจะทำการขัดผิวเฟรมความลึกอยู่ที่ 150-200 ไมโครเมตรหรือไมครอน
- (5) Plating เป็นขั้นตอนการเคลือบผิวลิตเฟรมด้วยดีบุก
- (6) Laser Mark เป็นขั้นตอนการประทับตราเครื่องหมายการค้าที่ด้วยยูนิตด้วยแสงเลเซอร์หรือหมึก
- (7) Singulation เป็นขั้นตอนการตัดแยกยูนิตออกจากสตรีป เพื่อส่งไปทำการตรวจสอบคุณภาพภายนอกของยูนิตที่ Pick & Place
- (8) Pick & Place เป็นขั้นตอนการตรวจสอบยูนิตด้วยเครื่องและโหลดงานเข้าหลอด
- (9) Test เป็นขั้นตอนทดสอบการเชื่อมวงจรภายในทางไฟฟ้า
- (10) QS เป็นขั้นตอนการสุ่มตรวจสอบทางกายภาพด้วยสายตาก่อนส่งงานไปยังแพค
- (11) Pack เป็นขั้นตอนการสุ่มตรวจการบรรจุงานในหลอดและบรรจุงานลงกล่องให้กับลูกค้า



ภาพที่ 2-2 สายการผลิตส่วนหลัง

2.2 กระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ (Back Grinding Process)

2.2.1 กระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ (Back Grinding Process)

การขัดแผ่นเวเฟอร์สามารถทำได้โดยใช้ล้อขัด(Grinding wheel) ขัดลงบนด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ ล้อขัดที่ใช้ขัดแผ่นเวเฟอร์จะทำจากกากเพชร ในขั้นตอนนี้จะต้องนำแผ่นเวเฟอร์ไปติดกับเทปป้องกันลายวงจร (Back Grinding Tap) โดยใช้ติดเทป(Laminator) และเมื่อติดแผ่นเวเฟอร์และเทปป้องกันลายวงจรเข้าด้วยกันแล้ว ขั้นตอนที่ต่อไปจะนำแผ่นเวเฟอร์ ที่ติดอยู่บนเทปป้องกันลายวงจรไปขัดโดยใช้เครื่องจักร DGP8761 Grinder/Polisher ซึ่งการขัดแผ่นเวเฟอร์จะขัดลักษณะการหมุนทับซ้อนกันแบบครึ่งต่อครึ่ง(INFEED system) ขณะที่ตัดจะมีการฉีดน้ำดีไอ (Dionized Water, DI) เพื่อล้างเศษผงซิลิกอนที่ติดอยู่บนชิ้นงานออกให้หมด เพื่อให้ชิ้นงานสะอาด โดยการตัดแผ่นเวเฟอร์จะขัดจนกระทั่งได้ความหนาของชิ้นงานที่ต้องการ จากนั้นจึงส่งไปกระบวนการต่อไป ซึ่งได้แก่ Wafer Mount



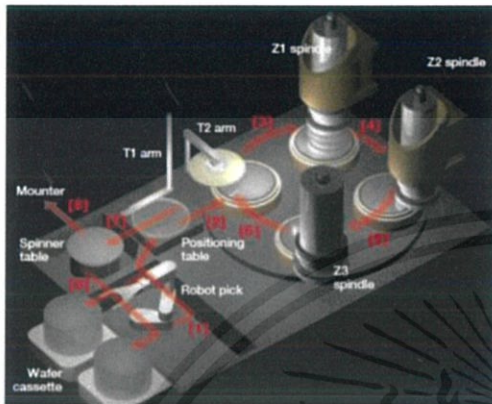
ภาพที่ 2-3 การขัดแผ่นเวเฟอร์

2.2.2 เครื่องขัดและหลักการทำงาน (Back Grinding Machine)

เครื่องขัด (Back Grinding Machine) ที่ใช้ในการทดลองของโครงการนี้คือ DGP8761 Grinder/Polisher ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ใช้อยู่ในสถานประกอบการ ฟังก์ชันการทำงานแสดงดังภาพที่ 2-4 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเครื่องขัดสามารถสรุปได้ดังนี้

- (1) Robot Pick โหลดชิ้นงานจาก Cassette ไปที่ positioning table เพื่อหาตำแหน่งศูนย์กลางของแผ่นเวเฟอร์
- (2) T1 Arm หยิบชิ้นงานไปวางบน Chuck Table
- (3) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการขัดด้วยล้อขัดแบบหยาบ (Rough Grinding)
- (4) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Rough Grinding)
- (5) จากนั้นเข้าสู่กระบวนการขัดด้วยล้อขัดแบบแห้ง (Dry Polishing)

- (6) หลังจากสิ้นสุดกระบวนการขัด T2 Arm จะหยิบชิ้นงานไปที่ Spindle Table เพื่อทำความสะอาดและทำให้แห้ง
- (7) จากนั้นจึงส่งต่อแผ่นเวเฟอร์สู่เครื่อง Mounter DFM2800



Fully Automatic Grinder/Polisher **DGP8761**

DGP8761 Operation flow

- [1] The robot pick removes a wafer from the cassette and places it on the positioning table, where centering takes place.
- [2] The T1 arm places the wafer on the chuck table.
- [3] The wafer proceeds to Z1 for rough grinding.
- [4] The wafer proceeds to Z2 for fine grinding.
- [5] The wafer proceeds to Z3 for dry polishing (or ultra high-mesh wheel grinding).
- [6] [7] The T2 arm removes the wafer from the chuck table and places it on the spinner table, where cleaning and drying take place.
- [8] Transfer to the mounter (DFM2700, DFM2800) or the robot pick returns the workpiece to the cassette.

ภาพที่ 2-4 หลักการทำงานโดยทั่วไปของเครื่องขัด

2.3 ความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength)

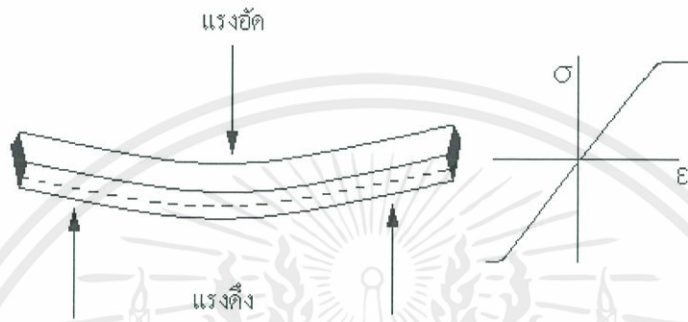
2.3.1 ความแข็งแรง (Strength)

ความแข็งแรงเป็นคุณสมบัติหนึ่งของวัสดุที่บ่งชี้ถึงความทนทานต่อแรงที่มากระทำ ซึ่งความแข็งแรงนี้มีอยู่หลายประเภท แต่โดยทั่วไปหากกล่าวถึงความแข็งแรงแล้วมักจะหมายถึงความแข็งแรงต่อการดึง (Tensile Strength) และความแข็งแรงต่อการอัด (Compressive Strength) ซึ่งสามารถหาได้จาก Stress-Strain Curve นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงอื่นๆ ที่ถูกนำมาใช้เพื่อประโยชน์ในการพิจารณาเลือกใช้งานวัสดุ ได้แก่ ความแข็งแรงต่อการเฉือน (Shear Strength) และความแข็งแรงต่อการโค้งงอ (Flexural Strength) เป็นต้น

2.3.2 การทดสอบแรงดัดงอ (Bending Test)

การทดสอบแรงดัดงอเป็นอีกวิธีหนึ่งสำหรับการทดสอบแบบอัตราเร็วคงที่ ซึ่งนิยมใช้ในการทดสอบพลาสติก และมักใช้เป็นวิธีประมาณค่าความต้านทานแรงดึงของวัสดุ เนื่องจากวิธีนี้จะไม่ค่อยมีปัญหาซึ่งเกิดจากการเยื้องศูนย์ระหว่างชิ้นงาน และเครื่องทดสอบเหมือนการทดสอบแรงดึง นอกจากนี้การกระจายตัวของแนวแรงยังถูกจำกัดอยู่แต่ในบริเวณที่จะเกิดความเสียหายอีกด้วย อย่างไรก็ตามสภาพของแรงที่เกิดขึ้นทั้งสองประเภทนี้แตกต่างกัน ในการทดสอบแรงดึงนั้นชิ้นทดสอบจะได้รับแรงที่เท่ากันตลอดพื้นที่หน้าตัด (Uniform Tension) แต่ในการทดสอบแรงดัดงอชิ้นทดสอบจะได้รับแรงที่ไม่สม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัด เนื่องจากในสถานะที่ชิ้นงานถูกดัดงอนั้น ชิ้นงานทดสอบจะได้รับแรงสูงสุดบนผิวบริเวณหนึ่งเท่านั้นโดยทั่วไป

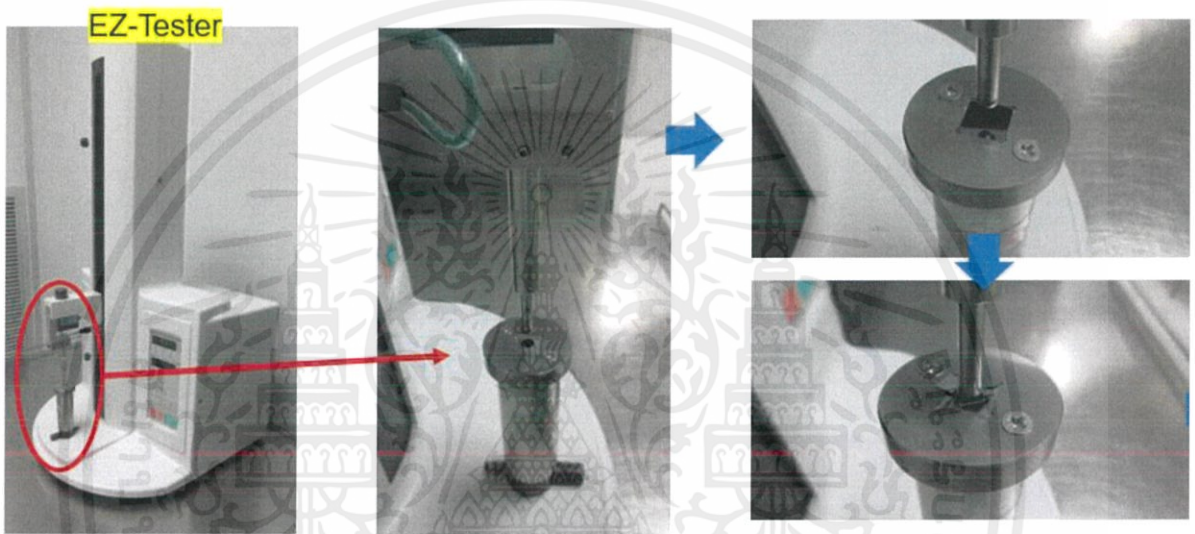
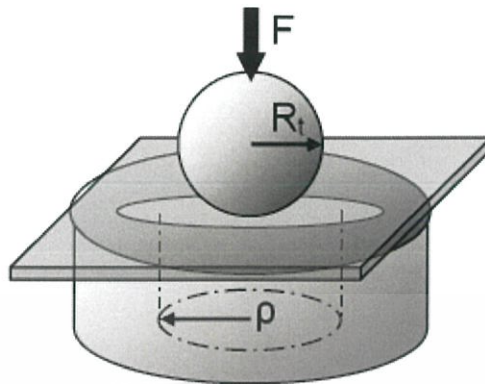
แล้วการทดสอบนี้เหมาะสำหรับการทดสอบพลาสติกที่มีลักษณะแข็งเปราะ แต่ไม่เหมาะสำหรับพลาสติกอ่อนที่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างภายใต้แรงดัดได้มาก เนื่องจากสมการที่ใช้ในการคำนวณของสภาพการดัดงอนี้จะถูกต้องในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุเกิดขึ้นในระดับต่ำ วัสดุแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดแบบเชิงเส้นและอยู่ภายใต้แรงดัดงอนั้น ดังนั้นโดยทั่วไปมักจะไม่ใช่ทดสอบที่ระดับความเครียดเกิน 5%



ภาพที่ 2-5 หลักการทดสอบแรงดัดงอ

การทดสอบการดัดงอแบบบอลบนวงแหวน จุด (Ball on Ring Method)

การทดสอบการดัดงอสามารถทำได้หลายรูปแบบสำหรับการทดสอบการโค้งงอแบบบอลบนวงแหวน คือเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมโดยการทดสอบแบบนี้เป็นการให้แรงกระทำที่จุดกึ่งกลางของชิ้นงานทดสอบ และจุดรองรับเป็นลักษณะวงกลมที่มีระยะรัศมีมากกว่าหัวกดเพียงเล็กน้อย เหมาะสำหรับการทดสอบพลาสติกที่เปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ต่ำ หัวกดที่ใช้ให้แรงกระทำและจุดรองรับมีลักษณะเป็นแท่นวงกลมจากโลหะแข็งรัศมีของหัวกดและจุดให้แรงกระทำต้องมีรัศมี 2.5 มิลลิเมตร และมีรัศมีสูงสุดไม่เกิน 4 เท่าของความหนาชิ้นงานทดสอบ สำหรับหัวกดและ 1.5 เท่าของความหนาชิ้นทดสอบสำหรับจุดรองรับการที่จุดกดและจุดรองรับต้องมีลักษณะแท่นวงกลมที่มีรูขนาดใกล้เคียงกับหัวกดซึ่งมีลักษณะวงกลม เพื่อเป็นการลดความเข้มของความเค้น (Stress Concentration) ที่อาจเกิดขึ้นบริเวณจุดสัมผัสดังกล่าว และอาจทำให้ชิ้นงานเกิดการแตกหักบริเวณจุดสัมผัสนั้น



ภาพที่ 2-6 การทดสอบการดัดงอแบบ Ball on Ring

สูตรการคำนวณในการทดสอบแรงดัดงอแบบ Ball on Ring

$$\sigma_{\max \text{ BoR}} = \frac{3F}{4\pi t^2} \left[(1 + \nu_{Si}) \left(\frac{8}{3} + 2 \ln \frac{\rho}{a} - 2 \ln 2 \right) \right]$$

$$a = \sqrt[3]{\frac{3\pi}{4} F (k_{St} + k_{Si}) R}$$

with

$$k_{St} = \frac{1 - \nu_{St}^2}{\pi E_{St}} ; \quad k_{Si} = \frac{1 - \nu_{Si}^2}{\pi E_{Si}}$$

and

$\sigma_{\max \text{ BoR}}$ [MPa]	... Fracture stress
F [N]	... applied Force at fracture
t [mm]	... sample thickness
ρ [mm]	... hole radius
R [mm]	... Indenter radius
E_{St} [MPa]	... Young's Modulus of Steel
E_{Si} [MPa]	... Young's Modulus of Silicon
ν_{St}	... Poisson ratio of Steel
ν_{Si}	... Poisson ratio of Silicon

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ผลทางด้านสถิติ

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตมีความจำเป็นที่จะต้องนำหลักการทางสถิติเข้ามาประยุกต์เพื่อให้เข้าใจในปัจจัยที่มีผลกระทบและสามารถออกแบบเพื่อปรับปรุงกระบวนการ และเพิ่มกำลังการผลิตได้อีกด้วย “สถิติ” มีความหมาย 2 ประการ คือ

(1) ตัวเลขสถิติ (Statistics) หมายถึง จำนวนหรือค่าที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลแสดงถึงข้อเท็จจริงของสิ่งต่างๆอย่างมีความหมาย เช่น ค่าเฉลี่ยของคะแนนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียน ม.5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555

(2) วิชาสถิติหรือสถิติศาสตร์ (Statistics) หมายถึงศาสตร์ว่าด้วยระเบียบวิธีทางสถิติซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การเก็บรวบรวมข้อมูล การนำเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการแปลความหมายข้อมูล

ประเภทของสถิติในวิชาสถิติแบ่งสถิติออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ คือ สถิติพรรณนาและสถิติอนุมาน

(1) สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “สถิติบรรยาย” เป็นสถิติที่มุ่งศึกษาเพื่ออธิบายเรื่องราวต่างๆของกลุ่มประชากร (Population) กลุ่มใดกลุ่มหนึ่งโดยเฉพาะ อาจเป็นกลุ่มใหญ่หรือกลุ่มเล็กก็ได้โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสมาชิกทุกหน่วยในกลุ่มประชากรนั้น ผลการศึกษาใช้อธิบายหรือสรุปเกี่ยวกับเรื่องราวของกลุ่มที่ศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำผลการศึกษาไปสรุปอ้างอิงถึงกลุ่มอื่นๆที่ไม่ได้ศึกษา

สถิติพรรณนามีหลายชนิด ได้แก่

- สถิติพื้นฐาน เช่น ความถี่สัดส่วนร้อยละ
- การวัดตำแหน่งเช่นอันดับที่ควอไทล์เดซิลเปอร์เซ็นไทล์
- การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง เช่น ฐานนิยม มัธยฐาน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยเรขาคณิต ค่าเฉลี่ยฮาร์โมนิก
- การวัดการกระจาย เช่น พิสัย พิสัยควอไทล์ ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความแปรปรวน สัมประสิทธิ์กระจาย
- การวัดความสัมพันธ์ เช่น สัมประสิทธิ์ถดถอย

(2) สถิติอ้างอิง (Inferential statistics) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า สถิติอนุมาน เป็นสถิติที่มุ่งศึกษาเพื่อหาข้อสรุปเรื่องราวของประชากร โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มย่อยที่เรียกว่า กลุ่มตัวอย่าง (Sample) แล้วนำผลการศึกษาไปสรุปอ้างอิงถึงกลุ่มใหญ่ที่เรียกว่า กลุ่มประชากร (Population) ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการศึกษาค่าต่างๆที่คำนวณได้จากข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างเรียกว่า ค่าสถิติ (Statistic) มีคุณสมบัติเป็นตัวแปร (Variable)

สถิติอ้างอิงแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การประมาณค่าและการทดสอบสมมติฐาน

- การประมาณค่า (Estimation) เป็นการประมาณค่าแท้ของประชากรเรียกว่าค่าพารามิเตอร์ (Parameter) โดยใช้ค่าสถิติที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างการทดสอบสมมติฐาน (Testing Statistical Hypothesis) เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติเพื่อสรุปอ้างอิงค่าสถิติต่างๆไปยังกลุ่มประชากร กล่าวได้อีกอย่างหนึ่งว่าเป็นการทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติ ประโยชน์ของสถิติ

- เป็นสิ่งชี้ให้เห็นถึงข้อเท็จจริงของเหตุการณ์และเรื่องราวที่สนใจอยู่
- เป็นเครื่องมือในการวางแผนงานของโครงการและกิจการต่างๆ
- เป็นระเบียบวิธีสำหรับการวิเคราะห์ในงานวิจัยโดยทั่วไป
- เป็นเครื่องมือในการประเมินผลงานที่ได้ทำไปแล้ว

2.4.1 การวัดค่ากลางของข้อมูล

การหาค่ากลางของข้อมูลเพื่อหาค่าสถิติหรือค่าพารามิเตอร์แล้วนำผลที่ได้มาสรุปตีความหมายของข้อมูลใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งหมด เพื่อความสะดวกในการสรุปเรื่องราวเกี่ยวกับข้อมูลนั้นๆจะช่วยให้การวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องขึ้น การหาค่ากลางของข้อมูลมีหลายวิธี แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียและมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูลและวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ ค่าวัดแนวโน้มสู่ส่วนกลางหรือค่ากลางที่เป็นตัวแทนของข้อมูลที่นิยมใช้มีอยู่ 3 แบบ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต มัธยฐาน และฐานนิยม

2.4.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิตคือค่าของผลรวมของค่าสังเกตของข้อมูลทั้งหมดหารด้วยจำนวนของข้อมูลทั้งหมดเรียกสั้นๆว่า ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยเลขคณิตเหมาะที่จะนำมาเป็นค่ากลางของข้อมูล เมื่อข้อมูลนั้นไม่มีค่าใดค่าหนึ่งสูงหรือต่ำผิดปกติ มีสูตรดังนี้

ค่าเฉลี่ยประชากร (Popular mean)

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

ค่าเฉลี่ยกลุ่มตัวอย่าง (Sample mean)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

คุณสมบัติของค่าเฉลี่ย

- เป็นตัวแทนข้อมูลที่ใช้ข้อมูลทุกค่ามาทำการคำนวณหาขนาดของค่าเฉลี่ย
- เนื่องจากมีการนำข้อมูลทุกค่ามาคำนวณตามหลักคณิตศาสตร์จึงสามารถใช้ในการวิเคราะห์สถิติขั้น

สูงได้

- เนื่องจากการใช้ข้อมูลทุกค่ามาค่าดังนั้นหากมีข้อมูลบางตัวที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กมากผิดปกติ จะมีผลต่อการคำนวณขนาดของค่าเฉลี่ย

- ข้อมูลที่มีมาตรวัดเป็นนามบัญญัติ (Nominal Scale) และเรียงอันดับ (Ordinal Scale) ไม่สามารถใช้คำนวณค่าเฉลี่ยได้

2.4.1.2 ค่ามัธยฐาน (Median)

คือค่าที่อยู่ตำแหน่งกึ่งกลางของข้อมูลทั้งหมดเมื่อมีการจัดเรียงคะแนนตามความมากน้อยจะแบ่งข้อมูลที่เรียงลำดับแล้วออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน ใช้กับข้อมูลเชิงปริมาณเท่านั้น เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นค่ากลางเมื่อข้อมูลนั้นมีค่าหนึ่งค่าใดสูงหรือต่ำผิดปกติข้อมูลที่เรียงลำดับจากน้อยไปหามากแทนด้วย Me

(1) กรณีที่ข้อมูลไม่ได้แจกแจงความถี่ - ข้อมูลเป็นเลขคู่

มัธยฐาน = ค่าของข้อมูลลำดับที่ $(n+1)/2$ - ข้อมูลเป็นเลขคู่

มัธยฐาน = $[\text{ค่าของข้อมูลลำดับที่ } (n)/2 + \text{ค่าของข้อมูลลำดับที่ } (n+1)/2] / 2$

(2) กรณีที่ข้อมูลมีการแจกแจงความถี่

$$Me = U + \left[\frac{\frac{N}{2} - F}{fu} \right] I$$

โดยที่ L แทนขอบเขตล่างของชั้นมัธยฐาน

U แทนขอบเขตบนของชั้นมัธยฐาน

I แทนความกว้างของชั้น

N แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

fL แทนความถี่ของชั้นที่มีค่าสังเกตต่ำกว่าชั้นมัธยฐาน

fu แทนความถี่ของชั้นที่มีค่าสังเกตสูงกว่าชั้นมัธยฐาน

f_m แทนความถี่ของชั้นที่มีค่ามัธยฐาน

2.4.2 ค่าสูงสุด (Maximum)

ใช้ในการหาค่าจำนวนที่มีค่ามากที่สุดจากจำนวนทั้งหมดที่ระบุหรือจำนวนที่มีอยู่ในช่วงเซลล์ทั้งหมดที่อ้างอิงโดยผลลัพธ์จะถูกส่งกลับมาเป็นตัวเลขที่ค่ามากที่สุดในช่วงข้อมูลนั้นๆ

2.4.3 ค่าต่ำสุด (Minimum)

จะใช้งานตรงกันข้ามกับฟังก์ชัน Maximum โดยฟังก์ชัน Minimum จะหาจำนวนที่มีค่าน้อยที่สุดแล้วส่งกลับมาเป็นตัวเลขนั้นๆ

2.4.4 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Average, \bar{X})

จัดว่าเป็นค่าที่มีความสำคัญมากในวิชาสถิติเพราะค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นค่ากลางหรือเป็นตัวแทนของข้อมูลที่ดีที่สุดเพราะ (1) เป็นค่าที่ไม่เอนเอียง (2) เป็นค่าที่มีความคงเส้นคงวา (3) เป็นค่าที่มีความแปรปรวนต่ำที่สุดและ (4) เป็นค่าที่มีประสิทธิภาพสูงสุดแต่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตก็มีข้อจำกัดในการใช้ เช่น ถ้าข้อมูลมีการกระจายมากหรือข้อมูลบางตัวมีค่ามากหรือน้อยจนผิดปกติหรือข้อมูลมีการเพิ่มขึ้นเป็นเท่าตัวค่าเฉลี่ยจะไม่สามารถเป็นค่ากลางหรือเป็นตัวแทนที่ดีของ ข้อมูลได้ ในกรณีที่ข้อมูลไม่ได้มีการแจกแจงความถี่ค่าเฉลี่ยเลขคณิตสามารถหาได้โดย

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

เมื่อ \bar{X} = ค่าเฉลี่ย
 $\sum X_i$ = ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด
 N = ข้อมูลทั้งหมด

2.4.5 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน หรือความเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็นการวัดการกระจายแบบหนึ่งของกลุ่มข้อมูลถ้าข้อมูลแต่ละจุดอยู่ห่างไกลจากค่าเฉลี่ยเป็นส่วนมากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานก็จะมีค่ามากและเมื่อข้อมูลทุกตัวมีค่าเท่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกันหมด จะมีค่าเท่ากับศูนย์ นั่นคือ ไม่มีการกระจายตัว คุณสมบัติที่เป็นประโยชน์อย่างหนึ่งก็คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานใช้หน่วยเดียวกันกับข้อมูล กรณีข้อมูลไม่ได้แจกแจงความถี่มีสูตรดังนี้

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากรแทนด้วย σ

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}}{N}$$

ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแทนด้วย S

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ σ หรือ S = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

S = ข้อมูลแต่ละจำนวน

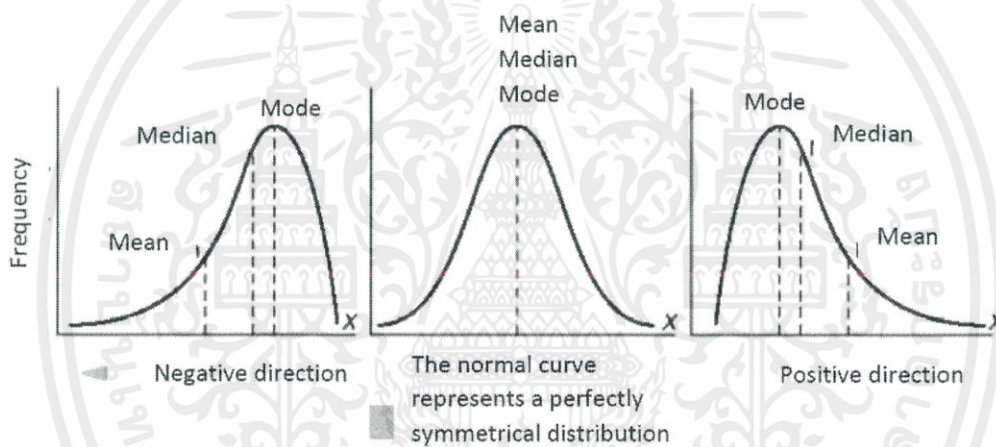
μ หรือ \bar{x} = ค่าเฉลี่ยของข้อมูลชุดนั้น

n = จำนวนข้อมูลจากประชากรทั้งหมด

N = จำนวนข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง

ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกแจงความถี่ค่ากลางและการกระจายของข้อมูล จากข้อมูลที่มีการแจกแจงความถี่ ถ้านำมูลเหล่านี้มาเขียนให้เป็นเส้นโค้งของความถี่จะได้เส้นโค้งของความถี่ 3 ลักษณะ ดังนี้

- (1) เส้นโค้งปกติหรือเส้นโค้งรูประฆังคว่ำ (Normal Curve หรือ Bell-shaped Curve)
- (2) เส้นโค้งเบ้ลาดทางขวาหรือเส้นโค้งเบ้ทางบวก (Positively Curve)
- (3) เส้นโค้งเบ้ลาดทางซ้ายหรือเส้นโค้งเบ้ทางลบ (Negatively Curve)

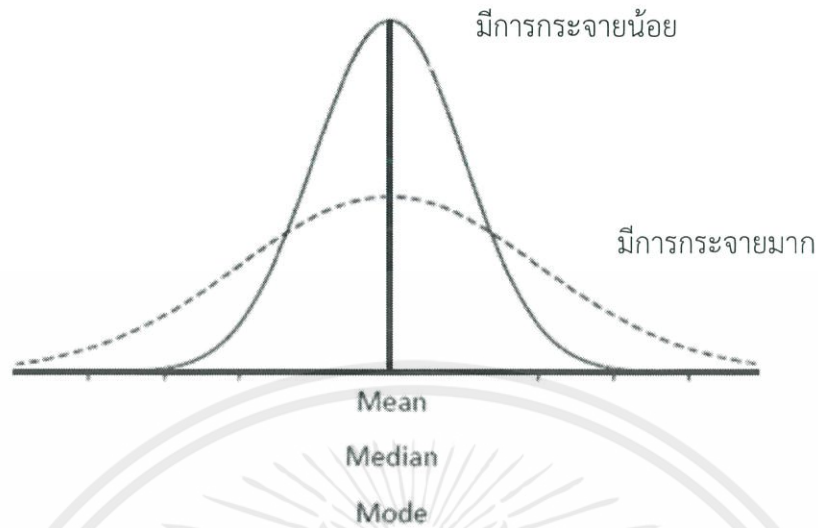


ภาพที่ 2-7 ลักษณะของโค้งแสดงการกระจายข้อมูล

เส้นโค้งของความถี่ของข้อมูลมีความสัมพันธ์กับค่ากลางของข้อมูล คือ

- โค้งปกติจะพบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต=มัธยฐาน=ฐานนิยม
- เส้นโค้งเบ้ลาดทางขวาจะพบว่าฐานนิยม<มัธยฐาน<ค่าเฉลี่ยเลขคณิต
- เส้นโค้งเบ้ลาดทางซ้ายจะพบว่าค่าเฉลี่ยเลขคณิต<มัธยฐาน<ฐานนิยม

เส้นโค้งของความถี่ที่พบบ่อยไม่ว่าจะเป็นข้อมูลทางด้านประชากรเกษตร สังคม เศรษฐกิจ หรือ วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มักเป็นข้อมูลที่เกิดขึ้นหรือเป็นไปตามธรรมชาติ และจะมีเส้นโค้งความถี่เป็นรูปเส้นโค้งปกติ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับความสูง น้ำหนัก ราคา ผลผลิตทางการเกษตร เส้นโค้งปกติมีความโด่งมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ การกระจายของข้อมูล ถ้าข้อมูลมีการกระจายมากเส้นโค้งปกติจะโด่งน้อยหรือค่อนข้างแบน แต่ถ้าข้อมูลมีการกระจายน้อยเส้นโค้งปกติจะโด่งมากหรือค่อนข้างสูง ดังภาพที่ 2-48



ภาพที่ 2-8 ลักษณะเส้นโค้งปกติ

2.4.6 ฟังก์ชันการกระจายไวบูลล์ เนื่องจากการแตกของซิลิกอนเป็นการกระจายของข้อมูลที่ไม่เป็นเชิงเส้น (Non-Linear) ดังนั้น จึงต้องใช้การกระจายแบบไวบูลล์เข้ามาประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูล การกระจายไวบูลล์เป็นการกระจายแบบต่อเนื่องที่ เผยแพร่โดย ดร.วาลอดดี ไวบูลล์ (Waloddi Weibull) [2] ในปี ค.ศ. 1951 นับเป็นที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางและเป็น ที่นิยมใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลวงชีวิตและเทคโนโลยีวิศวกรรมความเชื่อถือได้ของสิ่งของอย่างกว้างขวางในปัจจุบันที่การกระจายไวบูลล์ได้รับความนิยมมากเช่นนี้ เนื่องจากการนำไปใช้ค่อนข้างง่ายในขณะที่ต้องการขนาดตัวอย่างไม่ใหญ่มากและมีความยืดหยุ่นสูง เนื่องจากการใช้ฟังก์ชันความหนาแน่น (Density function) ในการ คำนวณความเชื่อถือได้นั้นมีประโยชน์อย่างมาก ซึ่งการวิเคราะห์ไวบูลล์ช่วยให้วิศวกรสามารถนำข้อมูลต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายไวบูลล์เพื่อจำแนกชนิดของความขัดข้องของสิ่งของช่วยในการจัดทำตารางกำหนดการซ่อมบำรุง และช่วยในการกำหนดการตรวจสอบตามกำหนดการ ซึ่งฟังก์ชันความหนาแน่นของ ความน่าจะเป็นของไวบูลล์มีดังนี้

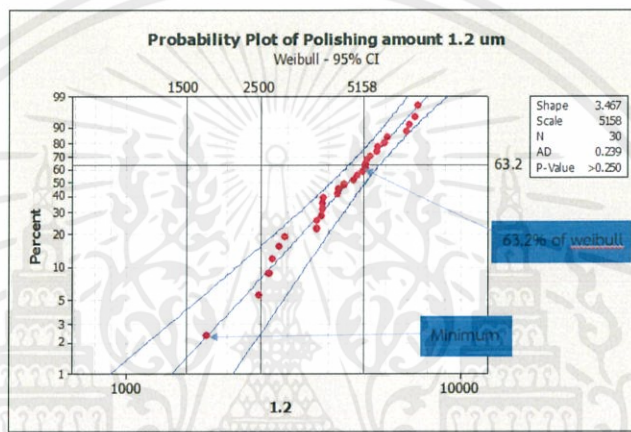
$$f(x) = \frac{\beta t^{\beta-1}}{\eta^\beta} \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right], t \geq 0$$

และมีฟังก์ชันความหนาแน่นความขัดข้องสะสม (Cumulative density function: CDF) ดังนี้

$$F(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta\right]$$

เมื่อ β คือพารามิเตอร์รูปร่าง (Shape parameter) และ η คือพารามิเตอร์สเกล (Scale parameter) β และ η มีความต่อเนื่อง ซึ่งต่างก็มีค่า 0 ถึง ∞ ด้วยกันทั้งคู่ ค่าพารามิเตอร์สเกลยังเป็นที่ยึดกันในเรื่อง

ค่าชีวิตคุณลักษณะ (characteristic life) เนื่องจาก 63.2% ของประชากรของสิ่งของที่ศึกษาจะขัดข้องลงที่จุดค่าชีวิตคุณลักษณะนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงค่าพารามิเตอร์รูปร่าง โดยทั่วไปค่าพารามิเตอร์รูปร่างจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-8.0 เมื่อค่าพารามิเตอร์รูปร่างเพิ่มขึ้นค่าเฉลี่ย(mean) ของการกระจายไวบูลล์จะมีค่าเข้าใกล้ค่าพารามิเตอร์สเกลและค่าความผันแปร (variance) จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ เมื่อค่าพารามิเตอร์รูปร่างเปลี่ยนค่าไปจะทำให้โค้งการกระจายไวบูลล์เปลี่ยนรูปร่างไป ซึ่งอาจมีลักษณะเหมือนกับโค้งการกระจายแบบอื่น เช่น การกระจายเอ็กซ์โพเนนเชียล การกระจายเรย์ไล การกระจายล็อกปกติ และการกระจายแบบปกติ การประมาณค่าพารามิเตอร์ของการกระจายไวบูลล์ สามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการพล็อตกราฟความน่าจะเป็น (Probability plot)



ภาพที่ 2-9 วิธีการพล็อตกราฟความน่าจะเป็น (Probability plot)

ทางผู้ประกอบการได้มีข้อบังคับให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ต้องผ่านเกณฑ์ซึ่งมีค่าความแข็งแรงต่ำสุดมากกว่า 1500 MPa และมากกว่า 2500 MPa ที่ 63.2% of weibull distribution

บทที่ 3

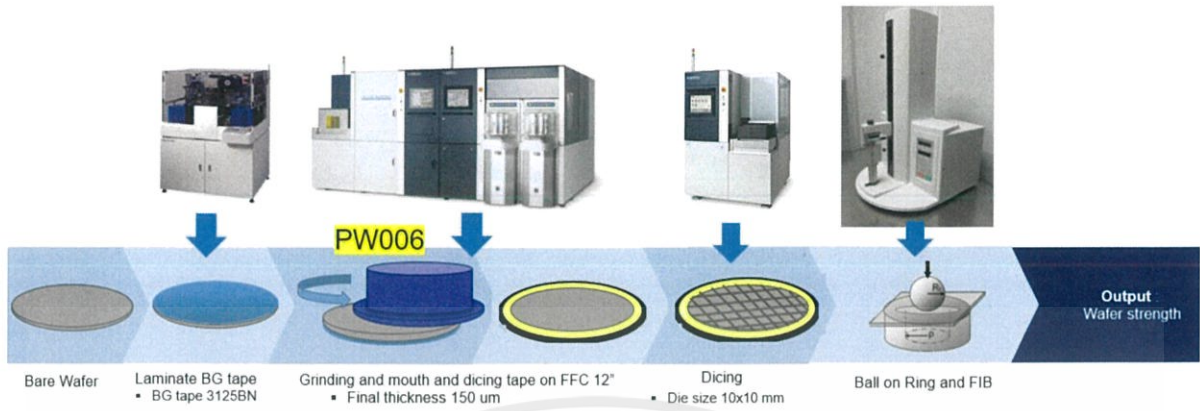
วิธีการดำเนินงาน

สำหรับวิธีการดำเนินงานในโครงการนี้เริ่มจากการออกแบบการทดลองเพื่อให้ได้ความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ที่ได้รับการขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่โดยปราศจากการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) เพื่อทราบถึงประสิทธิภาพของล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่ จากนั้นจึงทำการทดลองที่ 2 ซึ่งทำการขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า $2 \mu\text{m}$ เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ผ่านเกณฑ์ของผู้ประกอบการ เพื่อลดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรจากการขัดที่ไม่จำเป็นหรือมากเกินไป

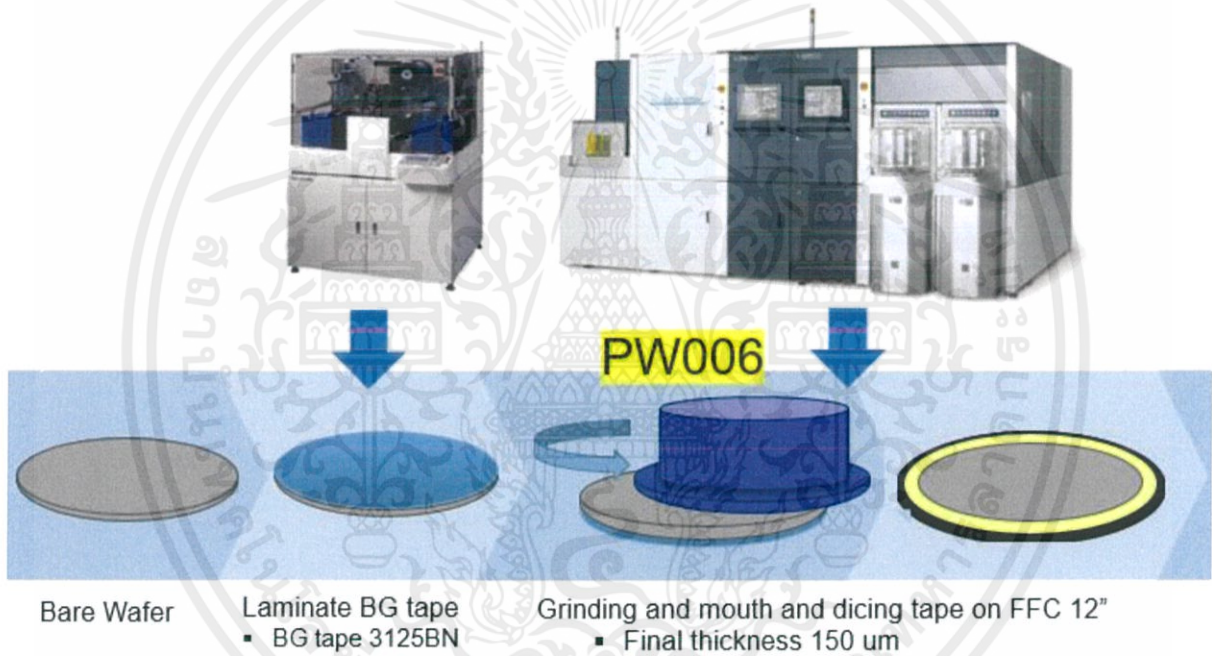
3.1 การทดลองที่ 1

3.1 การทดลองที่ 1 วัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ของเวเฟอร์ที่ขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่โดยปราศจากการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing)

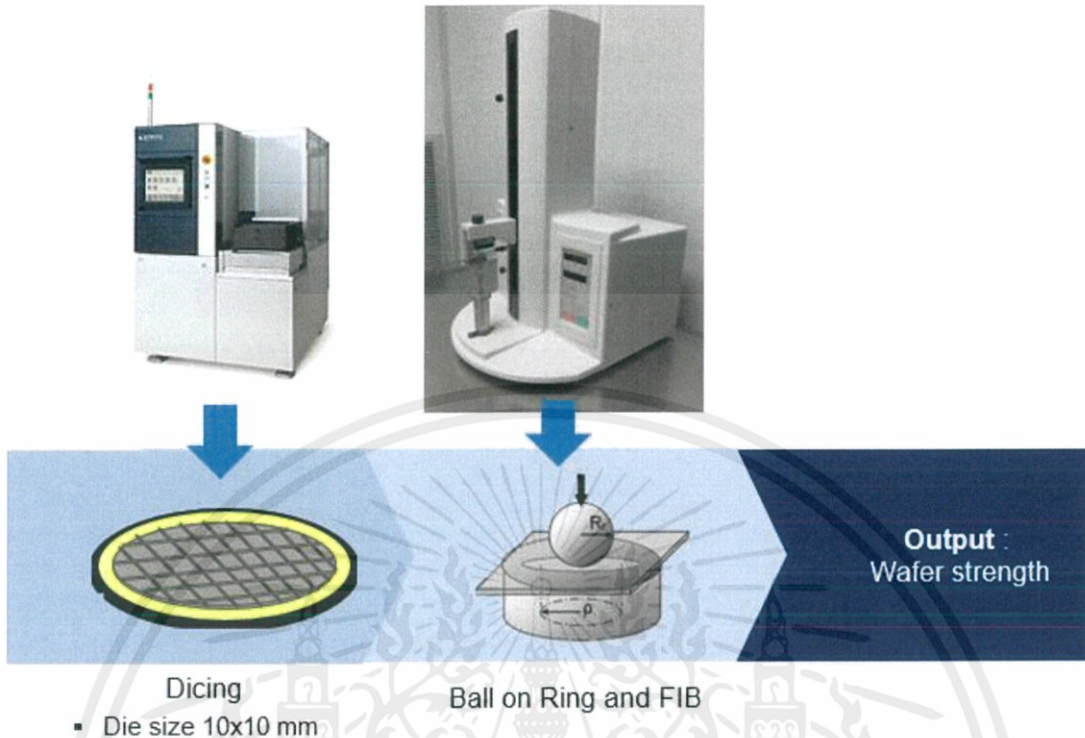
3.1.1 การเตรียมอุปกรณ์ คือ การนำเอาแผ่นเวเฟอร์กระจกมาทำการติดเทปปกป้องลายวงจรถ (Back Grinding Tap) จากนั้นจึงนำแผ่นเวเฟอร์กระจกที่ทำการติดเทปปกป้องลายวงจรถ (Back Grinding Tap) เรียบร้อยแล้วไปเข้าสู่กระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ในเครื่องจักร DGP8761 Grinder and Polisher เพื่อทำการขัดตามวัตถุประสงค์ของการทดลองคือ ขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่โดยปราศจากการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) (ในโครงการนี้พารามิเตอร์ของการขัดเป็นความลับของทางผู้ประกอบการแต่อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์นั้นไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองทุกการทดลองของโครงการนี้ เนื่องจากตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อผลการทดลองคือปริมาณของการขัดออกในกระบวนการ Polishing) หลังจากเสร็จสิ้นจากกระบวนการขัดด้านหลังของแผ่นเวเฟอร์ จึงนำแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านการขัดแล้วมาทำการลอกเทปปกป้องลายวงจรถ หลังจากการทำกระบวนการลอกเทปปกป้องลายวงจรถ จึงนำแผ่นเวเฟอร์มาทำการติดเทปสำหรับการตัดแยกตัวได (Dicing Tap) พร้อมทั้งทำการยึดติดกับเฟรมริง เพื่อเข้าสู่กระบวนการตัดแยกตัวได (Saw Process) โดยจะทำการตัดแยกตัวไดที่ขนาด $10 \times 10 \text{ mm}$ เพื่อเตรียมพร้อมสู่กับวัดค่าความแข็งแรง (พารามิเตอร์ของกระบวนการตัดแยกตัวไดก็ไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองเช่นกัน เนื่องจากการวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์จะไม่ได้รับผลกระทบจากความเสียหายที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแยกตัวได) เมื่อเสร็จสิ้นจากกระบวนการตัดแยกตัวไดแล้วจึงนำชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง UV Dicing Tap เพื่อลดความเหนียวของ Dicing Tap หลังจากนั้นจึงสามารถนำชิ้นงานเข้าสู่การวัดวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ได้โดยกระบวนการทั้งหมดจะมีขั้นตอนดังภาพที่ 3. 1-3



ภาพที่ 3.1 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 1

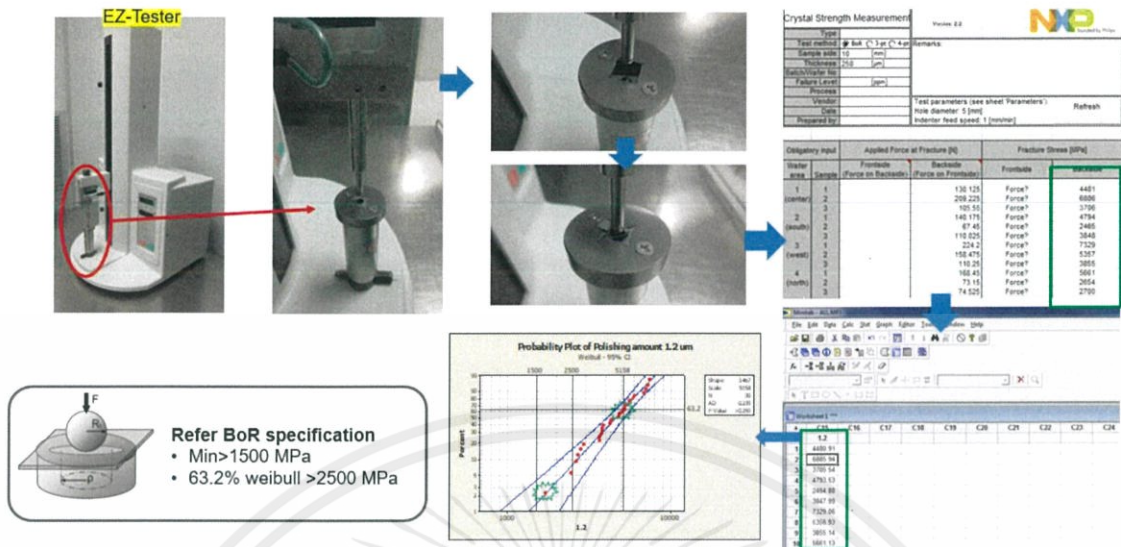


ภาพที่ 3.2 กระบวนการทำงานของการทดลองที่ 1

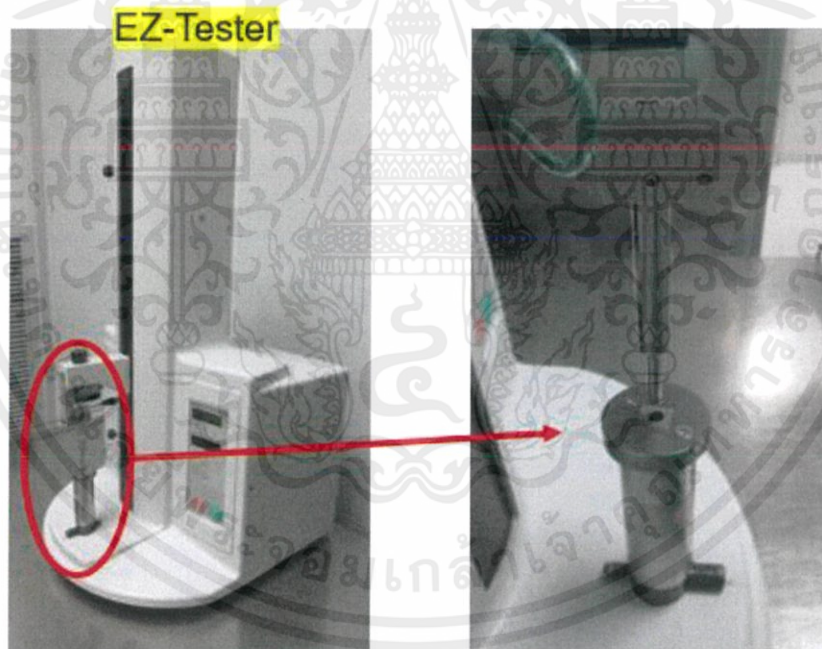


ภาพที่ 3.3 กระบวนการทำงานของการทดลองที่ 1

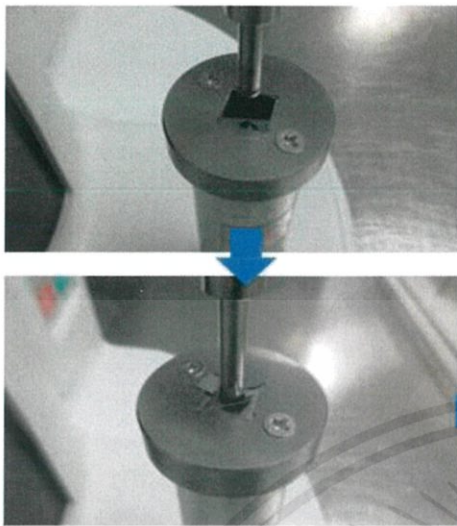
3.1.2 การทดสอบวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) คือ การนำตัวไดที่ผ่านกระบวนการตามการทดลอง 3.1.1.1 มาเข้าสู่การวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ในเครื่อง EZ-tester โดยเครื่องวัดความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ จะทำการกดหัวกดด้วยแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งตัวไดไม่สามารถทนต่อแรงกดของหัวกดและเกิดการแตกหักขึ้นในที่สุดโดยเครื่อง EZ-tester จะทำการบันทึกขนาดของแรงกดที่หัวกดกระทำต่อตัวได ณ เวลาสุดท้ายก่อนที่ตัวไดจะเกิดการแตกหัก เพื่อนำมาคำนวณต่อในสูตรที่ 2-1 จากนั้นจึงได้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ โดยในการทดลองนี้จะทำทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง จาก 5 โซน โซนละ 6 ตัวได (ไดขนาด 10x10 mm) ของแผ่นเวเฟอร์ จากนั้นจึงนำค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่คำนวณได้ทั้งหมดมาประมวลผลผ่านการกระจายแบบ weibull distribution ในโปรแกรมมินิแทบ และอ่านค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ 63.2% of weibull distribution และค่าต่ำสุด เพื่อเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการและสรุปผลการทดลอง ซึ่งขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์มีขั้นตอนดังภาพที่ 3.4-7




ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ทั้งหมด



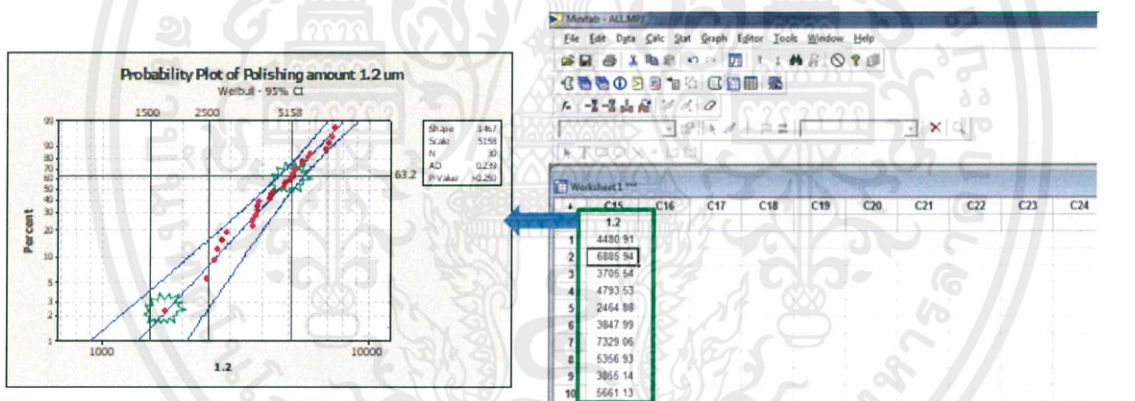
ภาพที่ 3.5 เครื่อง EZ-Tester

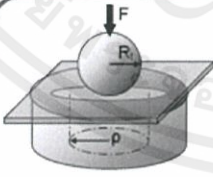


Crystal Strength Measurement		Version: 2.2	
Type:	BoK 3-pt 4-pt		
Test method:	BoK 3-pt 4-pt		
Sample size:	10 (mm)	Remarks:	
Thickness:	250 (µm)		
Batch/Wafer No.:			
Failure Level:	(ppm)		
Process:			
Vendor:		Test parameters (see sheet Parameters):	
Date:		Hole diameter: 5 [mm]	Refresh
Prepared by:		Indenter feed speed: 1 [mm/min]	

Obligatory input		Applied Force at Fracture [N]		Fracture Stress [MPa]	
Wafer area	Sample	Frontside (Force on Backside)	Backside (Force on Frontside)	Frontside	Backside
1 (center)	1		130.125	Force?	4481
	2		209.225	Force?	6886
	3		105.55	Force?	3706
2 (south)	1		140.175	Force?	4794
	2		67.45	Force?	2465
	3		110.025	Force?	3848
3 (west)	1		224.2	Force?	7329
	2		158.475	Force?	5357
	3		110.25	Force?	3855
4 (north)	1		168.45	Force?	5661
	2		73.15	Force?	2654
	3		74.525	Force?	2700

ภาพที่ 3.6 เครื่อง EZ – Tester กดตัวได้ด้วยแรงกระทำพร้อมทำบันทึกค่าและคำนวณเพื่อให้ได้ Wafer Strength





Refer BoR specification

- Min > 1500 MPa
- 63.2% weibull > 2500 MPa

ภาพที่ 3.7 นำค่า Wafer Strength ที่ได้จากการคำนวณมาประมวลผลแบบ Weibull Distribution ในโปรแกรมมินิแทบ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการ

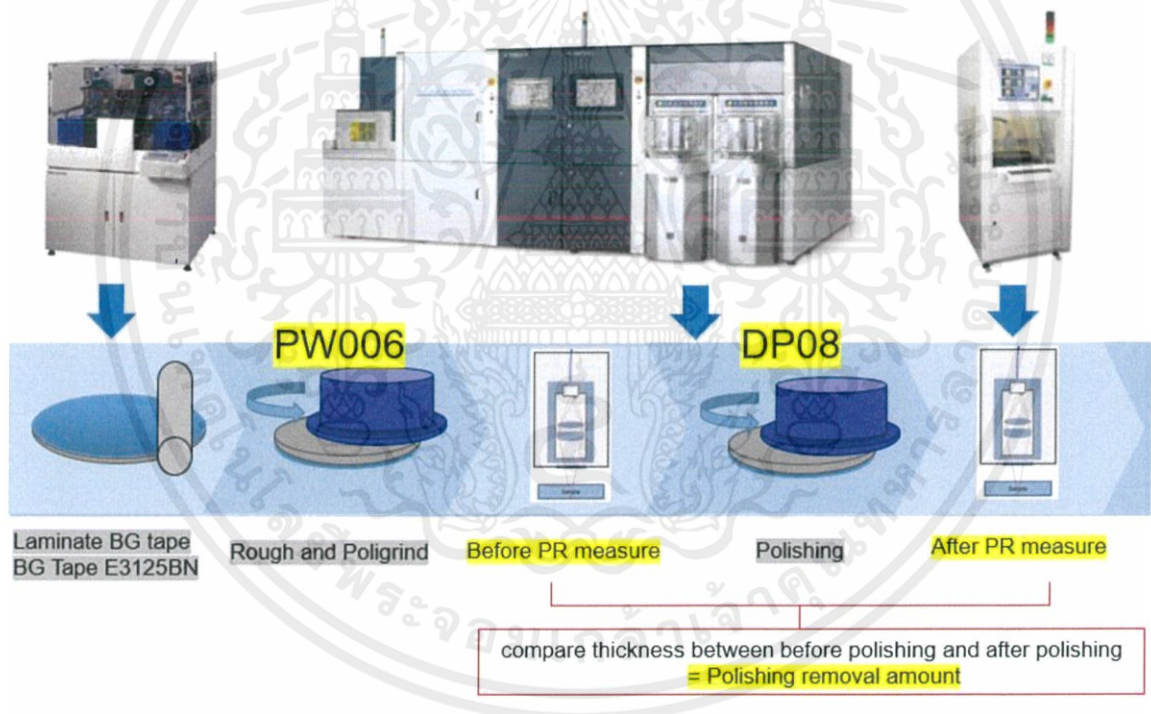
3.2 การทดลองที่ 2

3.2 การทดลองที่ 2 การขัดจากล้อยัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า $2\ \mu\text{m}$

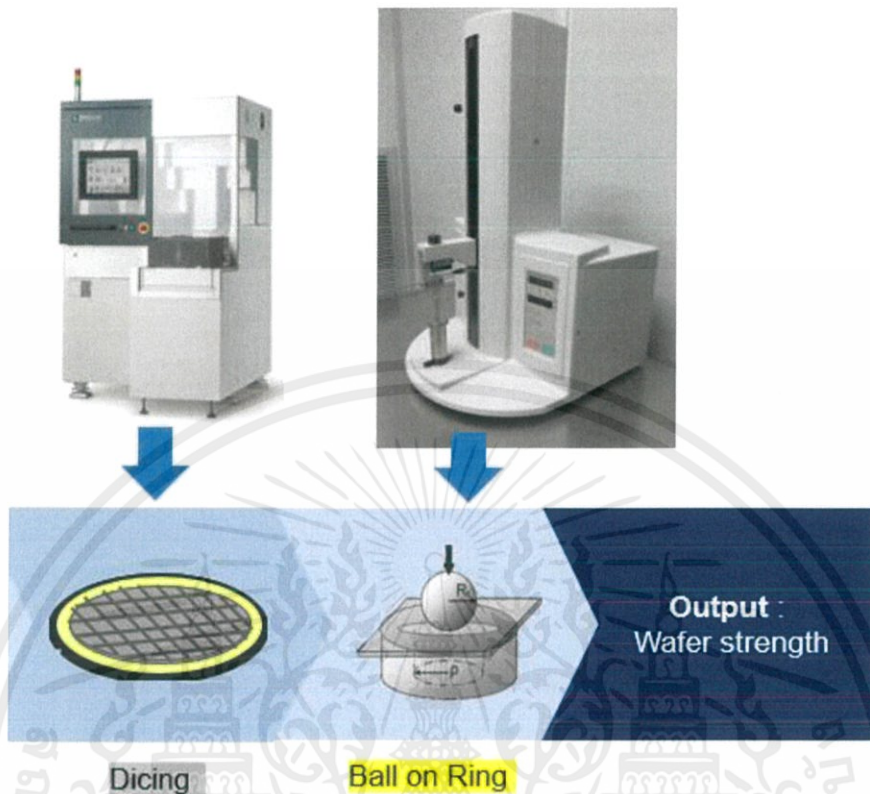
3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์ คือ การนำเอาแผ่นเวเฟอร์กระจกมาทำการติดเทปปกป้องลายวงจร (Back Grinding Tap) จากนั้นจึงนำแผ่นเวเฟอร์กระจกที่ทำการติดเทปปกป้องลายวงจร (Back Grinding Tap) เรียบร้อยแล้วไปเข้าสู่กระบวนการขัดด้านหลังแผ่นเวเฟอร์ในเครื่องจักร DGP8761 Grinder and Polisher เพื่อทำการขัดตามวัตถุประสงค์ของการทดลองคือ ขัดจากล้อยัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า $2\ \mu\text{m}$ (ในโครงการนี้พารามิเตอร์ของการขัดเป็นความลับของทางผู้ประกอบการแต่อย่างไรก็ตามพารามิเตอร์นั้นไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองทุกการทดลองของโครงการนี้เนื่องจากตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองคือปริมาณของการขัดออกในกระบวนการ Polishing) ในกระบวนการขัดด้านหลังของแผ่นเวเฟอร์หลังจากขัดด้วยล้อยัดแบบละเอียด รุ่นใหม่ นำแผ่นเวเฟอร์มาวัดความหนาโดยเครื่องจักร ISIS Semdex บันทึกผล จากนั้นนำแผ่นเวเฟอร์แผ่นเดิมมาทำการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) แล้วนำมาวัดความหนาที่เครื่องจักร ISIS Semdex อีกครั้ง นำค่าความหนาของการวันทั้ง 2 ครั้งมาเปรียบเทียบกับในโปรแกรม excel จะได้ปริมาณการขัดออกของ Dry Polishing หลังจากนั้นจึงนำแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านการขัดแล้วมาทำการลอกเทปปกป้องลายวงจร หลังจากการทำกระบวนการลอกเทปปกป้องลายวงจร จึงนำแผ่นเวเฟอร์มาทำการติดเทปสำหรับการตัดแยกตัวได (Dicing Tap) พร้อมทั้งทำการยึดติดกับเฟรมริง เพื่อเข้าสู่กระบวนการตัดแยกตัวได (Saw Process) โดยจะทำการตัดแยกตัวไดที่ขนาด $10 \times 10\ \text{mm}$ เพื่อเตรียมพร้อมสู่กับวัดค่าความแข็งแรง (พารามิเตอร์ของกระบวนการตัดแยกตัวไดก็ไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองเช่นกัน เนื่องจากการวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์จะไม่ได้รับผลกระทบจากความเสียหายที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแยกตัวได) เมื่อเสร็จสิ้นจากกระบวนการตัดแยกตัวไดแล้วจึงนำชิ้นงานเข้าสู่เครื่อง UV Dicing Tap เพื่อลดความเหนียวของ Dicing Tap หลังจากนั้นจึงสามารถนำชิ้นงานเข้าสู่การวัดวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) โดยการทดลองนี้จะทำทดลองทั้งหมด 3 เวเฟอร์ แต่ละแผ่นมีปริมาณการขัดออกที่แตกต่างกันออกไป โดยกระบวนการทั้งหมดจะมีขั้นตอนดังภาพที่ 3.8



ภาพที่ 3.8 กระบวนการทำงานทั้งหมดของการทดลองที่ 2

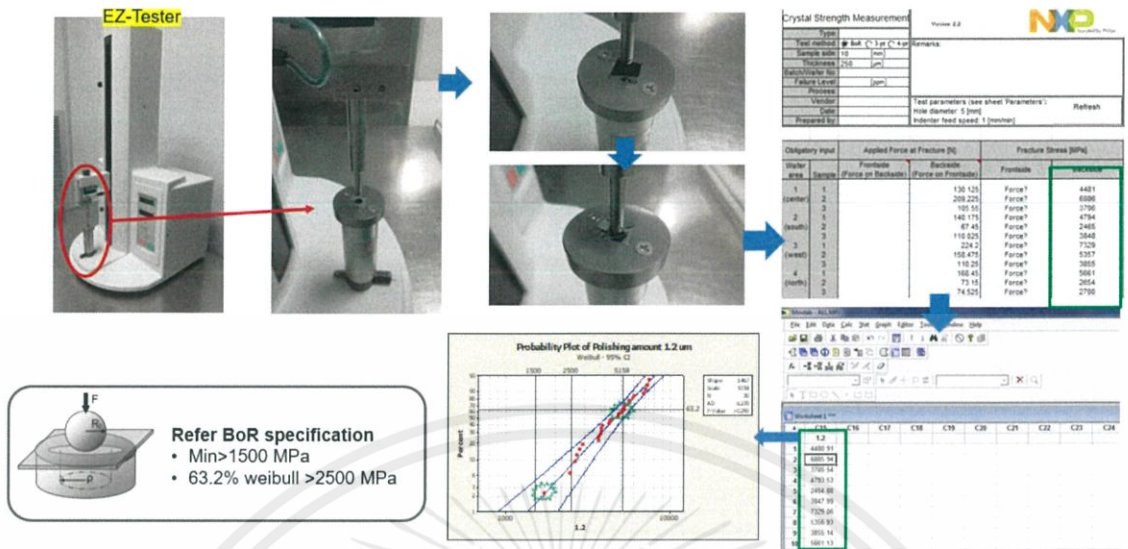


ภาพที่ 3.9 กระบวนการทำงานของการทดลองที่ 2

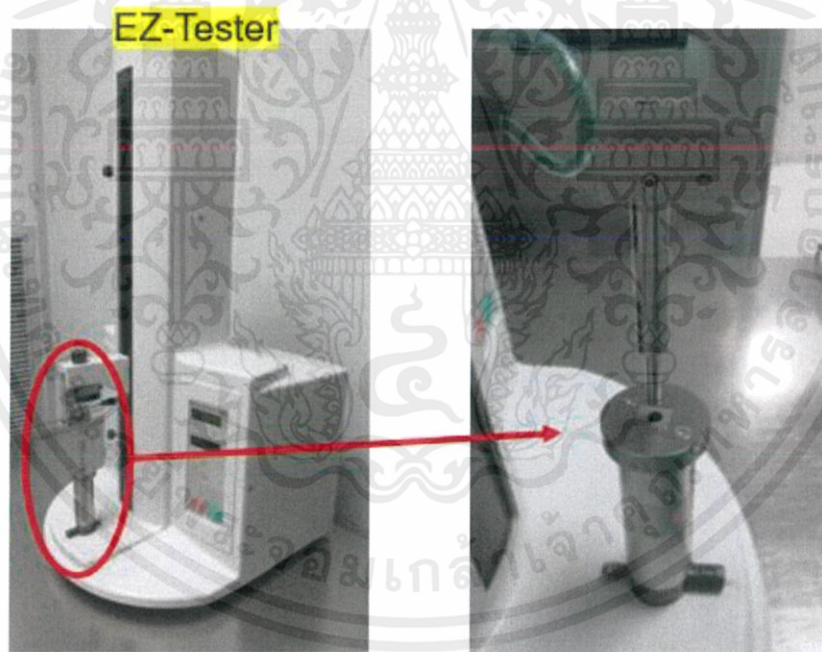


ภาพที่ 3.10 กระบวนการทำงานของการทดลองที่ 2

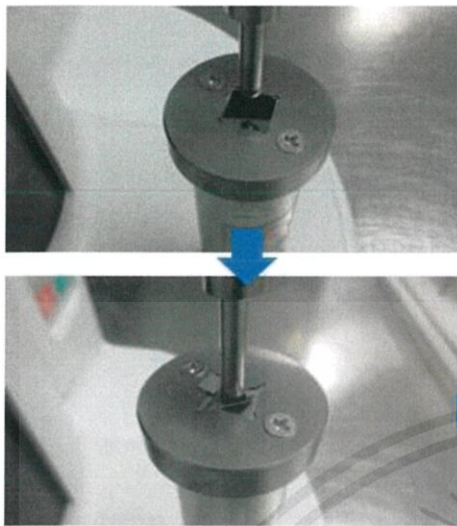
3.2.2 การทดสอบวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) คือ การนำตัวไดที่ผ่านกระบวนการตามการทดลอง 3.2.1 มาเข้าสู่การวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ในเครื่อง EZ-tester โดยเครื่องวัดความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ จะทำการกดหัวกดด้วยแรงกระทำที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งตัวไดไม่สามารถทนต่อแรงกดของหัวกดและเกิดการแตกหักขึ้นในที่สุดโดยเครื่อง EZ-tester จะทำการบันทึกขนาดของแรงกดที่หัวกดกระทำต่อตัวได ณ เวลาสุดท้ายก่อนที่ตัวไดจะเกิดการแตกหัก เพื่อนำมาคำนวณต่อในสูตรที่ 2-1 จากนั้นจึงได้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ โดยในการทดลองนี้จะทำทดสอบทั้งหมด 30 ครั้ง จาก 5 โซน โซนละ 6 ตัวได (โตขนาด 10x10 mm) ของแผ่นเวเฟอร์ จากนั้นจึงนำค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่คำนวณได้ทั้งหมดมาประมวลผลผ่านการกระจายแบบ weibull distribution ในโปรแกรมมินิแทบ และอ่านค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ 63.2% of weibull distribution และค่าต่ำสุด เพื่อเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการและสรุปผลการทดลอง ซึ่งขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์มีขั้นตอนดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.11 ขั้นตอนการทดสอบความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ทั้งหมด

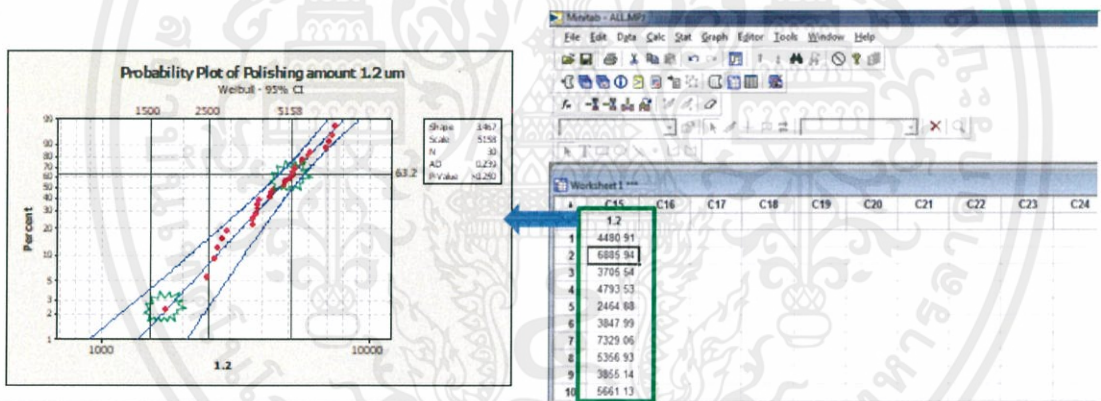


ภาพที่ 3.12 เครื่อง EZ-Tester



Obligatory input		Applied Force at Fracture [N]		Fracture Stress [MPa]	
Wafer area	Sample	Frontside (Force on Backside)	Backside (Force on Frontside)	Frontside	Backside
1 (center)	1		130.125	Force?	4481
	2		209.225	Force?	6886
	3		105.55	Force?	3706
2 (south)	1		140.175	Force?	4794
	2		67.45	Force?	2465
	3		110.025	Force?	3848
3 (west)	1		224.2	Force?	7329
	2		158.475	Force?	5357
	3		110.25	Force?	3855
4 (north)	1		168.45	Force?	5661
	2		73.15	Force?	2654
	3		74.525	Force?	2700

ภาพที่ 3.13 เครื่อง EZ – Tester กดตัวได้ด้วยแรงกระทำพร้อมทำบันทึกค่าและคำนวณเพื่อให้ได้ Wafer Strength



Refer BoR specification

- Min > 1500 MPa
- 63.2% weibull > 2500 MPa

ภาพที่ 3.14 นำค่า Wafer Strength ที่ได้จากการคำนวณมาประมวลผลแบบ Weibull Distribution ใน โปรแกรมมินิแทบ พร้อมทั้งเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการ

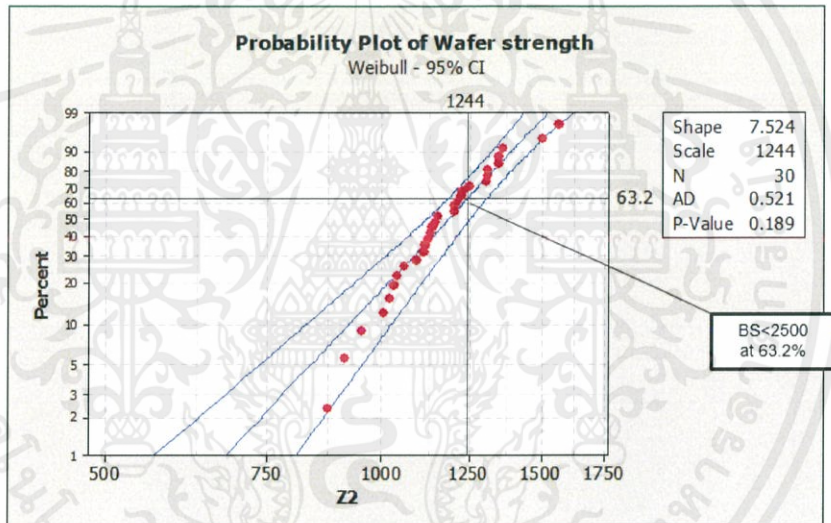
บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในส่วนของบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการดำเนินงานตามแผนการทดลองที่ได้วางแผนไว้ในบทที่ 3 เพื่อวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ของทั้ง 2 การทดลองและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการ

4.1 ผลการทดลองที่ 1

4.1.1 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ของเวเฟอร์ที่ขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่โดยปราศจากการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing)



ภาพที่ 4.1 ค่า Wafer Strength ของการทดลองที่ 1

Criteria	Condition / Method	Q'ty sample	Acceptance	Data	Result
Wafer Strength (mirror wafer 150um thickness)	BOR	12" wafer (30 dies)	BS > 2,500 Mpa(at 63.2% weibull) BS > 1,500 MPa(minimum per sample)	1244 MPa (Min. 872 MPa)	Fail

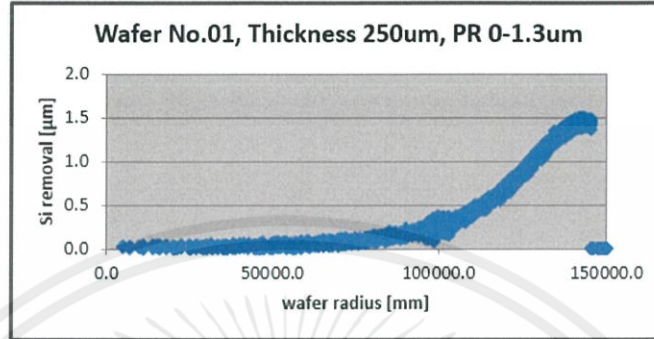
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของบริษัท

พบว่า การขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

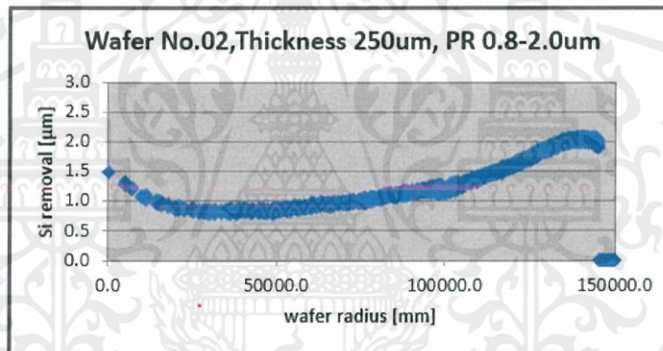
4.2 ผลการทดลองที่ 2

4.2.1 ผลการวัดปริมาณการขัดออกของกระบวนการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) โดยผลการวัดปริมาณการขัดออกของการทดลองนี้มี 3 เวเฟอร์ ได้แก่



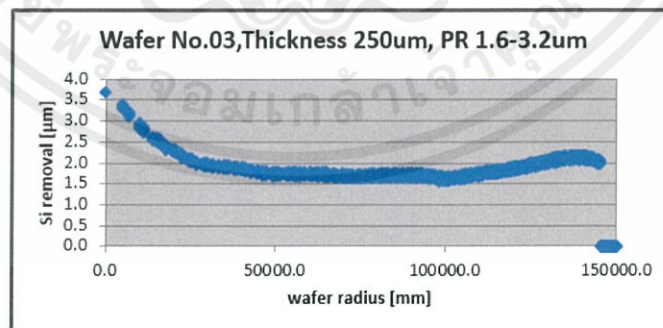
Ref. 01

ภาพที่ 4.2 ปริมาณการขัดออกของเวเฟอร์แผ่นที่ 1



Ref. 02

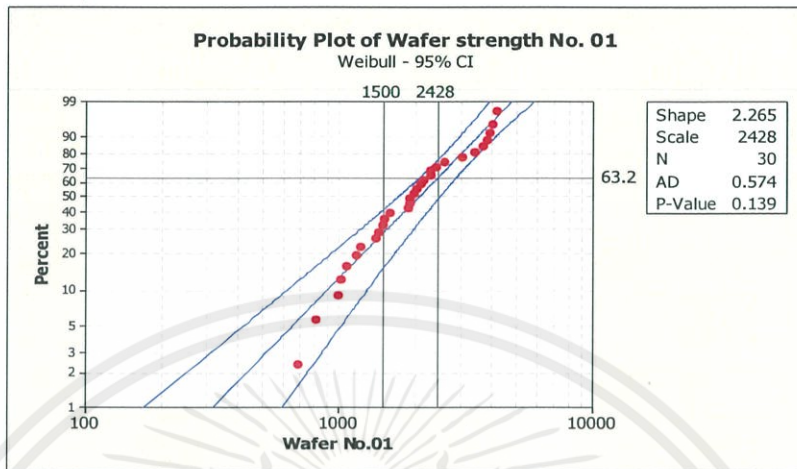
ภาพที่ 4.3 ปริมาณการขัดออกของเวเฟอร์แผ่นที่ 2



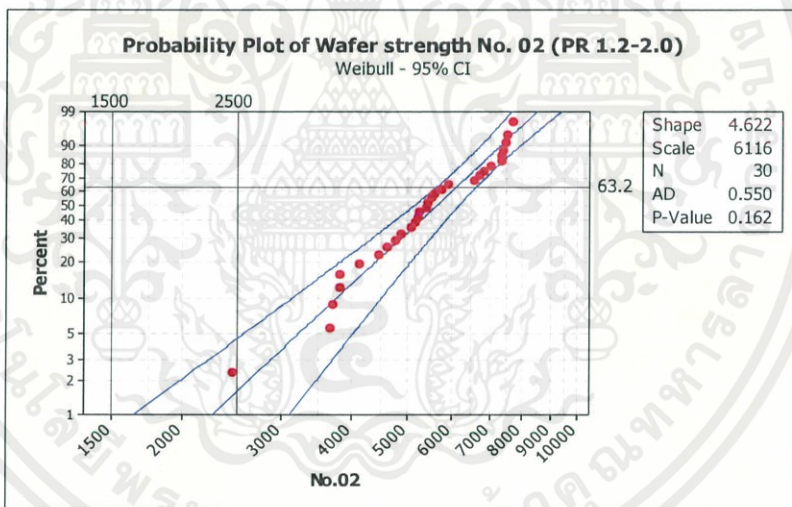
Ref. 03

ภาพที่ 4.4 ปริมาณการขัดออกของเวเฟอร์แผ่นที่ 3

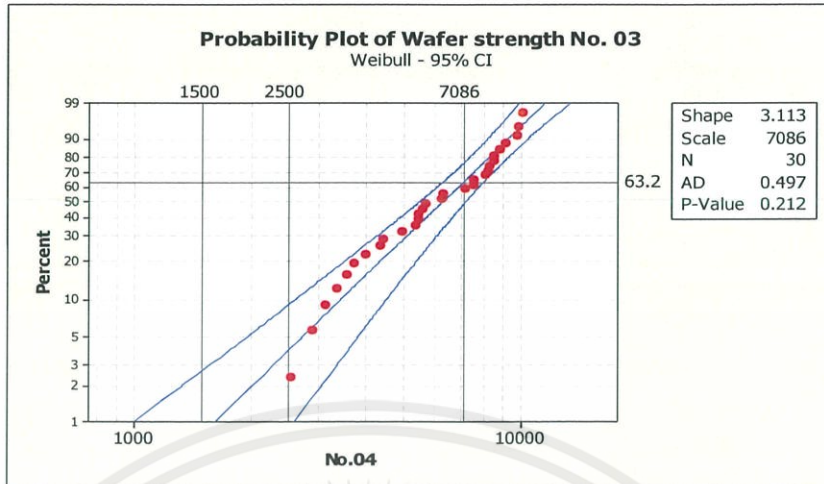
4.2.2 ผลการวัดค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ของเวเฟอร์ที่ขัดการขัดจากล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า 2 μm



ภาพที่ 4.5 ค่า Wafer Strength ของเวเฟอร์แผ่นที่ 1



ภาพที่ 4.6 ค่า Wafer Strength ของเวเฟอร์แผ่นที่ 2



ภาพที่ 4.7 ค่า Wafer Strength ของเวเฟอร์แผ่นที่ 3

Criteria	Test Method	Q'ty sample	Acceptance	Data		
				Wafer 01	Wafer 02	Wafer 03
				PR 0-1.3 um	PR 1.2-2 um	PR 1.6-3.2 um
Wafer Strength	BOR	12" wafer (30 dies)	BS > 2500 Mpa(at 63.2% weibull) BS > 1500 MPa(minimum per sample)	2428 MPa (Min 696 MPa)	6116 MPa (Min 2465 MPa)	7086 MPa (Min 2568 MPa)

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบังคับของบริษัท

พบว่า การขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า 2 μm สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์สามารถผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้ โดยปริมาณการขัดออกต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์สามารถผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้ คือ 1.2 μm

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในส่วนของบทนี้จะเป็นการสรุปผลจากการดำเนินงานของการทดลองหาค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ที่ผ่านกระบวนการขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่พร้อมทั้งการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) ในเงื่อนไขต่างๆตามการทดลองที่ 1 และ 2 เพื่อให้ได้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ (Wafer Strength) ผ่านเกณฑ์ของผู้ประกอบการ เพื่อลดการเสื่อมสภาพของเครื่องจักรจากการขัดที่ไม่จำเป็นหรือมากเกินไป

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

จากผลการทดลองที่ 1 ซึ่งทำการขัดแผ่นเวเฟอร์ด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่โดยปราศจากการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) พบว่าการขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่เพียงอย่างเดียวไม่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้ จำเป็นต้องมีกระบวนการขัดแบบแห้ง (Dry Polishing) เพื่อกำจัดรอยร้าวที่ล้อขัดแบบละเอียดรุ่นใหม่สร้างขึ้นในการทดลองที่ 2 ซึ่งทำการขัดแผ่นเวเฟอร์ด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Z2) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า $2\ \mu\text{m}$ พบว่าการขัดด้วยล้อขัดแบบละเอียด (Fine Grinding) รุ่นใหม่พร้อมทั้งทำการการแบบแห้ง (Dry Polishing) ในปริมาณที่ต่ำกว่า $2\ \mu\text{m}$ สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์สามารถผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้ โดยปริมาณการขัดออกต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์สามารถผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้ คือ $1.2\ \mu\text{m}$

จากผลการทดลองของทั้งสองการทดลองทำให้ทราบว่าปริมาณการขัดออกต่ำที่สุดที่สามารถทำให้ค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์สามารถผ่านเกณฑ์ข้อบังคับของผู้ประกอบการได้ คือ $1.2\ \mu\text{m}$ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นที่จะต้องควบคุมปริมาณการขัดออกที่ต่ำสุด $2\ \mu\text{m}$ เหมือนเช่นในปัจจุบันอีกต่อไป

5.2 ปัญหา / อุปสรรค

เนื่องจากการแตกของเนื้อซิลิกอนจากการทดสอบค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์สามารถคาดเคลื่อนได้จากปัจจัยหลายสิ่ง ทั้งนี้ปัญหานี้ได้ถูกแนะนำโดยผู้เชี่ยวชาญทางเทคนิคเสร็จสิ้นแล้ว

5.3 ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

บริษัทมีการดูแลและอบรมให้ความรู้แก่นักศึกษาปฏิบัติงานสหกิจเป็นอย่างดี มีการวางแผนและแบ่งงานให้กับนักศึกษาปฏิบัติงานสหกิจอย่างเหมาะสม มีการทำงานอย่างมีขั้นตอนและเป็นระบบ



บรรณานุกรม

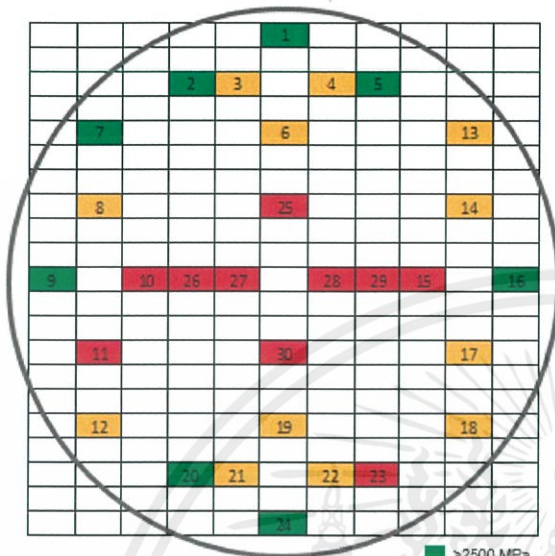
- [1] <https://www.syagrussystems.com/wafer-backgrinding>
- [2] https://en.wikipedia.org/wiki/Weibull_distribution
- [3] https://www.disco.co.jp/eg/products/dry_wheel/getteringdp.html
- [4] www.researchgate.net/publication/245351052_Test_MethodsforsiliconDieStrength
- [5] <https://www.nitto.com/sea/en/products/group/semicon/backgrinding/001/>
- [6] http://www2.diw.go.th/I_Standard/Web/pane_files/Industry25.asp
- [7] <http://sanong2003.tripod.com/icm1-04.htm>





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

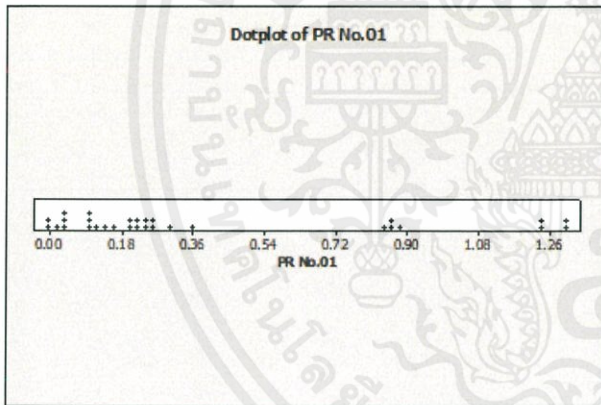
ตารางบันทึกค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ แผ่นที่ 1 ในการทดลองที่ 2



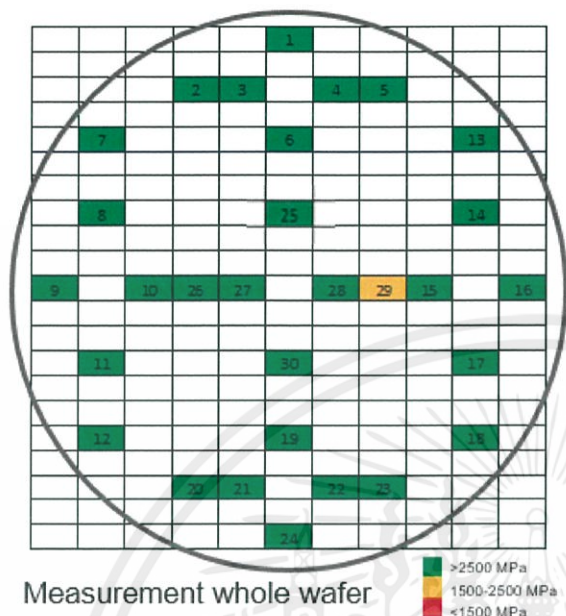
Measurement whole wafer

■ >2500 MPa
■ 1500-2500 MPa
■ <1500 MPa

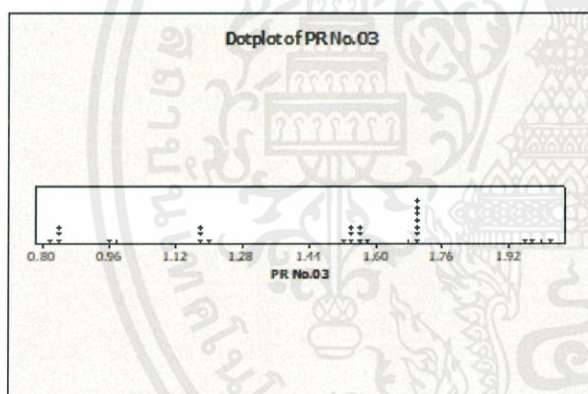
Number	PR amount (um)	Wafer strength (Mpa)
1	1.294	3958
2	0.869	3445
3	0.247	1895
4	0.264	2284
5	0.208	2604
6	0.095	1515
7	0.857	3723
8	0.16	1981
9	1.302	3858
10	0.091	1490
11	0.138	1175
12	0.355	2283
13	0.874	2015
14	0.247	1892
15	0.091	1443
16	1.246	4195
17	0.229	1881
18	0.255	2143
19	0.117	1588
20	0.843	3050
21	0.191	2401
22	0.221	2104
23	0.29	1406
24	1.237	4032
25	0.08	1001
26	0.021	1028
27	0.03	1084
28	0.005	818
29	0.004	696
30	0.03	1217



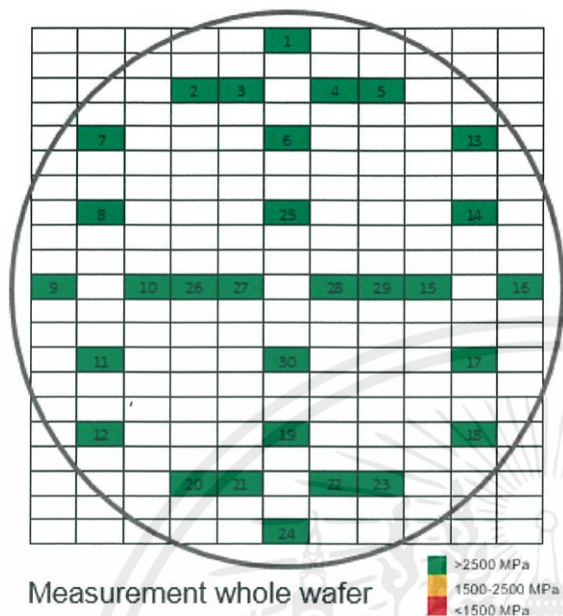
ตารางบันทึกค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ แผ่นที่ 2 ในการทดลองที่ 2



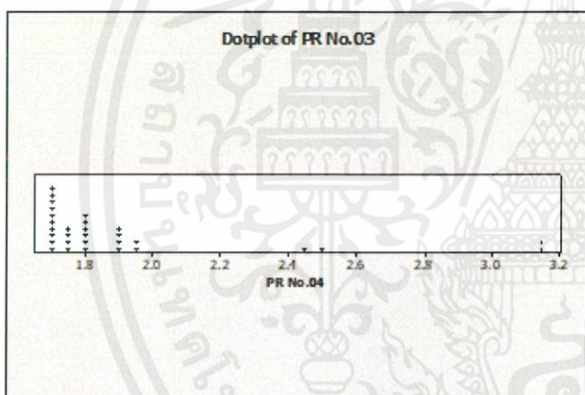
Number	PR amount (um)	Wafer strength (Mpa)
1	1.981	4915
2	1.696	5413
3	1.566	5108
4	1.514	4141
5	1.696	3719
6	1.185	7076
7	1.704	6623
8	1.574	3820
9	2.02	5623
10	1.185	7519
11	1.54	5466
12	1.7	7727
13	1.7	7374
14	1.536	3677
15	1.199	5932
16	2.002	5787
17	1.553	5542
18	1.704	4639
19	1.185	5197
20	1.691	5243
21	1.54	7454
22	1.562	7544
23	1.687	7386
24	1.968	6767
25	0.982	3719
26	0.844	6091
27	0.839	2761
28	0.839	3906
29	0.813	2058
30	0.96	3904



ตารางบันทึกค่าความแข็งแรงของแผ่นเวเฟอร์ แผ่นที่ 3 ในการทดลองที่ 2



Number	PR amount (um)	Wafer strength (Mpa)
1	1.964	7581
2	1.804	5592
3	1.713	5693
4	1.691	4355
5	1.804	5355
6	1.687	2909
7	1.778	8372
8	1.721	9872
9	1.916	7583
10	1.708	9152
11	1.692	4981
12	1.795	10179
13	1.791	8135
14	1.692	6345
15	1.678	9831
16	1.903	5474
17	1.7	5478
18	1.76	7208
19	1.725	8586
20	1.761	3756
21	1.704	8830
22	1.726	8252
23	1.808	6257
24	1.959	3138
25	3.131	8526
26	1.899	2568
27	2.474	4289
28	2.483	4974
29	1.886	3587
30	3.171	4461



ประวัติผู้เขียนโครงการ

ชื่อ-นามสกุล : นาย ศิววัฒน์ นีซัง

ภูมิลำเนา : กรุงเทพฯ

ที่อยู่ปัจจุบัน : 47/68 ถนน นิมิตใหม่ แขวง สามวาตะวันออก เขต คลองสามวา จ.กรุงเทพฯ 10510

ประวัติการศึกษา : มัธยมศึกษาตอนปลาย วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์

โรงเรียนนวมินทราชินูทิศสตรีวิทยา2

วิศวกรรมศาสตร์ สาขาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

