บทที่ 4

การออกแบบแผนการทดลอง

4.1 บทนำ

จากการศึกษาปัจจัยที่น่าจะมีอิทธิพล (Effect) ต่อค่าตัวแปรตอบสนอง ในบทที่ 3 นั้น สามารถสรุปปัจจัยที่ควรนำมาพิจารณาใช้ในการทดลองนี้ทั้งหมด 5 ปัจจัย คือ ความเร็วรอบในการตัด ความลึกของใบมีด ในการตัด อัตราการป้อนตัด จำนวนครั้งในการลับมีด และทิศทางในการตัด ขั้นตอนต่อไปจะนำปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลอง เพื่อพิสูจน์ยืนยันถึงสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าปัจจัยทั้ง 5 น่าจะมีอิทธิพลต่อจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าว ในกระบวนการตัดแผ่น Wafer ซึ่งสามารถในการทดลองจะใช้หลักการทางสถิติวิเคราะห์ ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบการทดลอง เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลในเชิงสถิติแล้ว จะต้องทำการตีความหมายออกมาเพื่อใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิต โดยผลสรุปที่ได้จากการทดลอง จะสามารถบอกได้ว่า ปัจจัยใดบ้างที่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตอบสนองที่สนใจในกระบวนการที่ทำการศึกษาในระดับความเชื่อมั่นหนึ่งๆ หรือที่ระดับนัยสำคัญที่ต้องการ

ในการทำการทดลองเพื่อยืนยันสมมติฐานที่ตั้งไว้นั้น ควรจะมีการออกแบบแผนการทดลองตามลำดับขั้นตอนเพื่อสามารถนำไปปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง ตามหลักการของการออกแบบการทดลอง โดยมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

4.2 กำหนดปัญหาที่น่าสนใจ

ปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการตัดแผ่น Wafer คือ รอยบิ่นและรอยร้าวที่บริเวณแนวตัดด้านบน ซึ่งเป็นปัญหาที่โรงงานตัวอย่างมีความต้องการที่จะลดการเกิดรอยบิ่น และรอยร้าวบริเวณแนวตัด ให้น้อยลงดังนั้น จึงได้ตั้งวัตถุประสงค์ ในการทำการทดลองครั้งนี้ เพื่อจะหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวที่เกิดขึ้น จากนั้นนำผลของการทดลองไปช่วยปรับปรุงกระบวนการการผลิตเพื่อลดปัญหาการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าว ดังกล่าว

4.3 การเลือกปัจจัยที่จะทำการศึกษา

จากการวิเคราะห์ในบทที่ 3 ได้แสดงเหตุผลต่างๆที่ใช้ในการเลือกปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดรอยบิ่น และรอยร้าว ในกระบวนการดัดแผ่น Wafer ตลอดจนพิจารณาถึงการควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่จะมีผลกระทบต่อกระบวนการ และได้เลือกปัจจัยที่ใช้ในการทดลองเบื้องต้นดังต่อไปนี้

4.3.1 ความเร็วรอบในการตัด
4.3.2 ความลึกของใบมีดในการตัด
4.3.3 อัตราการป้อนตัด
4.3.4 จำนวนครั้งในการลับมีด
4.3.5 ทิศทางในการตัด

ในการทดลองนี้จะกำหนดระดับของปัจจัย (Levels) เป็นแบบกำหนดตายตัว (Fixed Levels) เนื่องจากปัจจัยที่เลือกมาทำการทดลองทั้ง 5 ปัจจัยนี้ เป็นปัจจัยที่สามารถกำหนดค่าได้แน่นอน โดยอาศัยความรู้พื้นฐาน ในกระบวนการผลิตแล้วทำการกำหนดระดับของปัจจัยที่ควรจะใช้ในการทดลอง ซึ่งจากการพิจารณาพบว่าแต่ละปัจจัยควรจะมีระดับของปัจจัย เพียง 2 ระดับ เพราะถ้าใช้ระดับของปัจจัยมากกว่านี้ จะทำให้การเก็บข้อมูลใช้เวลานานมาก

การกำหนดระดับของปัจจัยจะต้องพิจารณาถึงช่วง (Ranges) ที่เหมาะสมต่อการใช้งานจริงด้วย โดยต้องอาศัยความรู้ ในกระบวนการดัดแผ่น Wafer เข้าช่วยในการดัดสินใจกำหนดระดับของปัจจัย ซึ่งจากการพิจารณาการทำให้สามารถกำหนดระดับค่าของปัจจัยของทั้ง5 ได้ดังนี้

4.3.1 ความเร็วรอบในการตัด

ความเร็วรอบที่ใช้ในการตัด คือ ความเร็วของแกนเพลา ที่จับยึดใบมีดนั่นเอง โดยปัจจุบันใช้ความเร็วรอบในการดัดที่อยู่ 9,700 รอบต่อนาที เมื่อพิจารณาช่วงของการใช้งานที่เหมาะสมจะเลือกใช้ค่าความเร็วรอบอยู่ในช่วง 8,500 - 11,000 รอบต่อนาที ดังนั้น จะทำการกำหนดระดับของปัจจัยดังต่อไปนี้

ระดับที่ 1 ความเร็วรอบในการตัดเท่ากับ 8,500 รอบต่อนาที
ระดับที่ 2 ความเร็วรอบในการดัดเท่ากับ 11,000 รอบต่อนาที

4.3.2 ความลึกของใบมีดในการตัด

โดยทั่วไปแล้ว ใบมีดที่จะตัดชิ้นงานจะต้องมีความลึกมากกว่าความหนาของชิ้นงาน ความลึกของใบมีดในการตัดที่ใช้ในปัจจุบันคือ 35 mil การปรับค่าของความลึกสามารถแก้ไขได้ในโปรแกรมสั่งงาน จากการพิจารณาจะกำหนดค่าความลึกที่น้อยกว่า และมากกว่าค่าที่ใช้ในปัจจุบันโดยมีระดับของปัจจัยดังนี้

ระดับที่ 1 ความลึกของใบมีดในการตัดเท่ากับ 30 mil (1 mil =1/1,000 นิ้ว)

ระดับที่ 2 ความลึกของใบมีดในการตัดเท่ากับ 40 mil

4.3.3 อัตราการป้อนตัด (Feed Rate)

อัตราการป้อนตัดจะเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการตัด ดังนั้น การกำหนดอัตราการป้อนตัดที่จะต้องมีค่าไม่น้อยกว่าอัตราการป้อนตัดปัจจุบันซึ่งมีค่าอยู่ที่ 4 นิ้วต่อนาที เมื่อพิจารณาถึงระดับของปัจจัยที่เหมาะสมจึงได้กำหนดระดับของอัตราการป้อนตัดดังนี้

ระดับที่ 1 อัตราการป้อนตัด 4 นิ้วต่อนาที

ระดับที่ 2 อัตราการป้อนตัด 6 นิ้วต่อนาที

4.3.4 จำนวนครั้งในการลับมีด

กระบวนการตัดแผ่น Wafer ในปัจจุบันนี้จะต้องทำการลับใบมีดทุก ๆ ครั้ง ของการตัดครบหนึ่งคอลัมน์ ซึ่งจำนวนครั้งที่ใช้ในการลับใบมีดน่าจะส่งผลต่อความคมของใบมีด ปัจจุบันที่ใช้ในการลับใบมีด คือ จะเคลื่อนใบมีดเข้าลับกับหินลับมีด 8 ครั้ง โดยในการทดลองนี้ได้พิจารณาถึงระดับของปัจจัยของจำนวนครั้งในการลับใบมีด ไว้ดังนี้

ระดับที่ 1 จำนวนครั้งในการลับใบมีด 6 ครั้ง

ระดับที่ 2 จำนวนครั้งในการลับใบมีด 10 ครั้ง

4.3.5 ทิศทางในการตัด

เนื่องจากข้อมูลในอดีตจากวิศวกรที่เคยทำการทดลองมาบ้างว่าทิศทางในการเข้าตัดน่าจะมีผลต่อจำนวนรอยบิ่น และรอยร้าว ดังนั้นจึงได้นำปัจจัยนี้ มาพิจารณาในการทดลองด้วย โดยปัจจุบันทิศทางในการตัด จะเริ่มเข้าตัดในทิศทางจากด้าน Taper มาสู่ด้าน Pole การตัดกลับทิศทางจากปกติที่จะใช้ในการทดลองนั้น คาดหมายว่าน่าจะมีผลต่อจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวให้ลดลง การกำหนดระดับของปัจจัยทั้ง 2 ระดับ เป็นดังนี้

ระดับที่ 1 เริ่มตัดจากด้าน Taper มาสู่ด้าน Pole
ระดับที่ 2 เริ่มตัดจากด้าน Pole มาสู่ด้าน Taper

ในขั้นตอนนี้สามารถสรุปปัจจัย และระดับของปัจจัยต่างๆ ได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย

ปัจจัย	สัญลักษณ์	ระดับของปัจจัย	
		- (ต่ำ)	+ (สูง)
1. ความเร็วรอบในการตัด (rpm)	A	8,500	11,000
2. ความลึกของใบมีดในการตัด (mil)	B	30	40
3. อัตราการป้อนใบมีด (IPM)	C	4	6
4. จำนวนครั้งในการลับมีด (ครั้ง)	D	6	10
5. ทิศทางในการตัด	E	Taper-Pole	Pole-Taper

4.4. การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Response Variables)

จากการกำหนดปัญหาในข้อ 1 ทางผู้ทดลองจึงมีความสนใจที่จะทำการลดเปอร์เซ็นต์รอยบิ่น และรอยร้าวที่เกิดขึ้น ในกระบวนการแผ่น Wafer ดังนั้นตัวแปรตอบสนองที่ใช้ ก็คือ จำนวนของรอยบิ่นและรอยร้าว ซึ่งตัวแปรตอบสนองนี้จะมีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพ จะต้องใช้ผู้ตรวจสอบเป็นผู้ตัดสินใจว่ามีการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าวขึ้นหรือไม่ โดยพิจารณาจากข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ ถ้าลักษณะของรอยบิ่นและรอยร้าวนั้นมีขนาดเกินกว่าข้อกำหนด ก็นับว่าเป็นของเสีย โดยการตรวจสอบนี้จะเกิดขึ้น 2 ขั้นตอน คือ ก่อนการตัดแผ่น Wafer และหลังการตัดแผ่น Wafer เพื่อจะดูว่าจำนวนรอยบิ่น และรอยร้าวที่เกิดขึ้น จากกระบวนการตัดจริงๆเป็นเท่าไร ซึ่งเมื่อได้ข้อมูลจากการตรวจสอบแล้ว ก็จะนำไปสู่การวิเคราะห์ข้อมูลในขั้นตอนต่อไป

4.5 การเลือกแบบการทดลอง

จากการทดลองปัจจัยต่างๆ ระบุไว้ในตารางที่ 4.1 โดยมีปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย แต่ละปัจจัยที่ระดับของปัจจัย 2 ระดับ ดังนั้น แผนการทดลองที่เหมาะสมกับการทดลองครั้งนี้ คือ แผนการทดลอง แฟรคชั่นนอลแบบครึ่งหนึ่งของ 2^k แฟคทอเรียล

หลักการที่ใช้ในการออกแบบการทดลอง ได้แก่

1. การทำแบบสุ่ม (Randomization) เป็นการทำให้การเก็บข้อมูลนั้นมีการกระจายอิทธิพลของปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้ ได้แก่ ข้อมูลทุกตัวอย่างเท่าเทียมกัน ในการทดลองนี้ได้เลือกใช้การทำสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomization)

2. การทดลองซ้ำ (Replication) ในการทดลองครั้งนี้เนื่องจากการตัดชิ้นงานแต่ละ Pallet จะต้องทำการตรวจสอบถึงสองครั้ง คือ ก่อนเข้าทำการตัด และหลังทำการตัด และเวลาที่ใช้ในการตัดก็นาน ดังนั้นในแต่ละหน่วยการทดลองจะทำการทดลองเพียงครั้งเดียว คือไม่มีจำนวนซ้ำ แต่ต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธีพิเศษ **[1]**

4.6 ดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลองจะใช้หลักการสุ่มแบบสมบูรณ์ เพื่อป้องกันความไม่สม่ำเสมอของเครื่องจักร ผู้ทำการตรวจสอบ และผู้ทำการทดลองการใช้เทคนิคการทดลองแบบแฟคทอเรียล ก็เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยร่วม (Interaction) ของปัจจัยด้วย โดยในการทดลองต้องพยายามดำเนินให้เป็นไปตามแผนที่ออกแบบไว้อย่างเคร่งครัด

4.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้หลักการทางสถิติ เข้าช่วยในการวิเคราะห์เพื่อให้การวิเคราะห์มีความน่าเชื่อถือโดยข้อมูลที่ได้จาการทดลองนั้น จะถูกวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตามหลักการของฟิชเชอร์ (Fisher)

สมการตัวแบบที่จะใช้ในการทดลองนี้คือ

$$y_{ijklm} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + \omega_l + \theta_m + (\tau\beta)_{ij} + (\tau\gamma)_{ik} + (\tau\omega)_{il} + (\tau\theta)_{im} + (\beta\gamma)_{jk} + (\beta\omega)_{jl} + (\beta\theta)_{jm} + (\gamma\omega)_{kl} + (\gamma\theta)_{km} + (\omega\theta)_{lm} + \varepsilon_{ijklm}$$

เมื่อ $i = 1,2$; $j = 1,2$; $k = 1,2$; $l = 1,2$; $m = 1,2$

สมมติฐานของการทดลองจะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

1. สมมติฐานของปัจจัยเดี่ยวมี5สมมติฐาน เช่น

H_0 : $\tau_1 = \tau_2 = 0$

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ$\tau_i \neq 0$

H_0 : $\beta_1 = \beta_2 = 0$

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $\beta_j \neq 0$

2. สมมติฐานของปัจจัยร่วมมี 10 สมมติฐาน เช่น

H_0 : $(\tau\beta)_{ij} = 0$ สำหรับทุกค่า i,j

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\beta)_{ij} \neq 0$

H_0 : $(\tau\gamma)_{ik} = 0$ สำหรับทุกค่า i,k

H_1 : อย่างน้อยหนึ่งค่าของ $(\tau\gamma)_{ik} \neq 0$

เมื่อตั้งสมมติฐานของการทดลองเสร็จแล้วก็จะนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาทำการตรวจสอบความถูกต้อง (Model Adequacy Checking) ซึ่งการตรวจสอบความถูกต้องนี้จะทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น โดยการตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบ จะนำค่าความคลาดเคลื่อน (Residuals) มาพล็อตเป็นกราฟของ Residual (Residual Plot) แล้วจึงทำการวิเคราะห์ว่าข้อมูลนั้นมีลักษณะเป็นไปตามข้อกำหนดตามหลักสถิติที่ตั้งไว้หรือไม่

หลังจากการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 *ตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวน*

แหล่งของความแปรปรวน	ผลรวมกำลังสอง (SS)	ขั้นของความอิสระ (DF)	ค่าเฉลี่ยกำลังสอง (MS)	ค่าทดสอบ F_0	ค่า F วิกฤต
ทรีตเมนต์					
ความคลาดเคลื่อนทั้งหมด					

4.8 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

หลังจากที่คำนวณค่าต่างๆ ในตารางการวิเคราะห์ความแปรปรวนขั้นตอนต่อไปจะต้องทำการสรุปว่าปัจจัยใดบ้างมีผลต่อจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวที่เกิดขึ้นบ้าง ตลอดจนต้องหาสภาวะการตัดที่เหมาะสมเพื่อทำให้จำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวลดลงได้ด้วย

เราสามารถสรุปแผนการออกแบบการทดลองดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 สรุปแผนการออกแบบการทดลอง

แผนการออกแบบการทดลอง

1. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าว และหาเงื่อนไขในกระบวนการตัดแผ่น Wafer ที่เหมาะสม เพื่อลดจำนวนรอยบิ่นและรอยร้าวที่เกิดขึ้น

2. ข้อมูลพื้นฐาน

กระบวนการตัดเป็นกระบวนการทางกลใช้ใบมีดซึ่งมีความคมและทำให้หมุนด้วยความเร็วรอบค่าหนึ่งแล้วจึงเคลื่อนเข้าหาชิ้นงานที่ต้องการตัด ซึ่งในขณะตัดจะทำให้ชิ้นงานบริเวณนั้นหลุดออกและใช้น้ำหล่อเย็นเป็นตัวช่วยพาเศษงานตัดออกมา จากการพิจารณาเบื้องต้นพบว่าปัจจัยที่น่าจะมีอิทธิพลต่อการเกิดรอยบิ่นและรอยร้าว คือ ความเร็วรอบในการตัดความลึกของใบมีดในการตัด อัตราการป้อนตัด จำนวนครั้งในการลับมีดและทิศทางในการตัด

3. ตัวแปรต่าง ๆ ในการทดลอง

3.1 ตัวแปรตอบสนอง

จำนวนหัวอ่านเขียนข้อมูลที่เกิดรอยบิ่นหรือรอยร้าว โดยใช้การตรวจสอบด้วยสายตาผ่านกล้องขยาย 10 เท่า เพื่อทำการตัดสินใจ

3.2 ปัจจัย

	ระดับ	
1. ความเร็วรอบในการตัด	8,500	11,000
2. ความลึกของใบมีดในการตัด	30	40
3. อัตราการป้อนตัด	4	6
4. จำนวนครั้งในการลับมีด	6	10
5. ทิศทางในการลัดมีด	Taper-Pole	Pole-Taper

3.3 ปัจจัยที่ควบคุม

1. เครื่องจักรที่ใช้ในการตัด
2. กล้องที่ใช้ตรวจ
3. ผู้ตรวจสอบชิ้นงาน
4. ชนิดของแผ่น Wafer

4. จำนวนซ้ำ

การทดลองทั้งหมดมี $2^{5-1} = 16$ สภาวะ ไม่มีการทำซ้ำ

5. เมตริกการออกแบบการทดลอง

เมตริกการออกแบบการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.4

6. วิธีการสุ่ม

ทำการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomization) ในการทดลอง ตามตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 *สรุปแผนการออกแบบการทดลอง (ต่อ)*

7. ตารางบันทึกผล

ใช้แบบฟอร์มเดียวกับเมตริกการออกแบบการทดลอง

8. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

ค่าตัวแปรตอบสนอง (Response Variable)

กราฟค่าเรสซิดวล (Residual Plot)

9. อื่น ๆ

*ตารางที่ **4.4** เมตริกการออกแบบการทดลอง*

2^{5-1} Design for Chip&Crack							
Run	Basic Design				E=ABCD	Treatment Combination	Chip&Crack
	A	B	C	D			
1	-1	-1	-1	-1	1	e	
2	1	-1	-1	-1	-1	a	
3	-1	1	-1	-1	-1	b	
4	1	1	-1	-1	1	abe	
5	-1	-1	1	-1	-1	c	
6	1	-1	1	-1	1	ace	
7	-1	1	1	-1	1	bce	
8	1	1	1	-1	-1	abc	
9	-1	-1	-1	1	-1	d	
10	1	-1	-1	1	1	ade	
11	-1	1	-1	1	1	bde	
12	1	1	-1	1	-1	abd	
13	-1	-1	1	1	1	cde	
14	1	-1	1	1	-1	acd	
15	-1	1	1	1	-1	bcd	
16	1	1	1	1	1	abcde	

ตารางที่ 4.5 การสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Complete Randomization) ในการทดลอง

Run	หมายเลขลำดับที่	Run	หมายเลขลำดับที่
1	5	9	14
2	10	10	16
3	13	11	11
4	4	12	8
5	12	13	7
6	2	14	1
7	15	15	9
8	3	16	6

4.9 สรุป

จากการออกแบบการทดลองที่ผ่านมา ทำให้ได้แผนการทดลองที่เป็นไปตามหลักการออกแบบการทดลอง ซึ่งแผนการทดลองนี้จะถูกนำไปใช้ในการดำเนินการทดลอง โดยยึดถือตามหลักการและแผนที่ได้ทำเอาไว้เพื่อความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือของข้อมูล โดยในบทต่อไปจะเป็นการดำเนินการทดลองทั้งหมด 16 สภาวะตามที่กำหนดไว้