บทที่ 4

การออกแบบและขั้นตอนการทำการทดลอง

การออกแบบการทดลองอิเล็กโทรไมเกรชั่นเพื่อทดสอบหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟภายใต้ข้อกำหนดของอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟที่ต้องมี MTBF เท่ากับ 800,000 ชั่วโมง (92 ปี) ของประชากรของฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟภายใต้สภาวะที่กำหนด ทำให้สามารถคาดหวังว่าฮาร์ดดิสก์ไดร์ฟแต่ละตัวรวมทั้งหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟมีอายุการใช้งานประมาณ 5 ปี โดยมีโอกาสการรอด (Probability of survival , R) ประมาณ 95% [8] ซึ่งมาจากความสัมพันธ์

$$R = e^{(-\text{useful life}/\text{MTBF})} = 95\%$$

ดังนั้นการหาโมเดลทำนายอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์จะใช้เกณฑ์ที่ 5 ปี สำหรับข้อกำหนดของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ

ในการวิจัยนี้จะใช้อาร์ฮีเนียสโมเดลในการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ ซึ่งโมเดลนี้ได้มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาอิเล็กโทรไมเกรชั่นในอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์

เนื่องจากอาร์ฮีเนียสโมเดล [$TTF = Ae^{(Ea/kT)}$] มีอุณหภูมิเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้นจะต้องคำนวณความร้อนที่เกิดขึ้นบนแมกนีโทรีซิสทีฟที่เกิดขึ้น

4.1 โมเดลการวิเคราะห์ความร้อนสำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ

โมเดลนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Yumi Gue และ Kochan Ju [14] โดยข้อสมมติฐานที่ว่าแมกนีโทรีซิสทีฟเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนแหล่งเดียว และชิลด์ทั้งสองเป็นตัวถ่ายเทความร้อนในอุดมคติ (Ideal heat sinks) ซึ่งไว้ในรูปที่ 4.1 Joule heat power density ใน MR stripe สามารถแสดงได้ดังนี้

$$P = \rho(T) j^2 \qquad (4.1)$$

เมื่อ

j = ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้า

$\rho(T)$ = รีซิสติวิตี้ (Resistivity) ของแผ่นฟิล์มแมกนีโทรีซิสทีฟ

รีซิสติวิตี้ของแผ่นฟิล์มแมกนีโทรีซิสทีฟจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ΔT ดังสมการ

$$\rho(T) = \rho_0 (1 + \alpha \Delta T) \qquad (4.2)$$

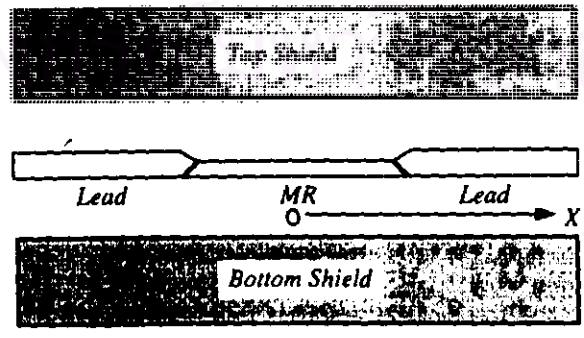
เมื่อ

ΔT = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของแมกนีโทรีซิสทีฟ

α = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีโทรีซิสทีฟ(NiFe)

สำหรับ จูลฮีทติ้ง (Joule heating) ของบริเวณลีด (Lead) สามารถละเลยได้เนื่องจากวัสดุของลีดมีรีซิสติวิตี้ต่ำ ความหนาของฟิล์มประมาณ 20 นาโนเมตร ซึ่งเป็นเศษหนึ่งส่วนห้าของระยะห่างจากแมกนีโทรีซิสทีฟไปยังชิลด์ การนำความร้อน (Thermal Conductivity) ของเพอมัลลอยอยู่ที่ประมาณ 35 W/m-$^{\circ}$C ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับอลูมินัมออกไซด์ ซึ่งเป็นเซรามิกและเป็นฉนวน โดยมีค่าการนำความร้อนประมาณ 1 W/m-$^{\circ}$C ซึ่งวางระหว่างแมกนีโทรีซิสทีฟกับชิลด์ทั้งสองซึ่งเรียกว่า แก๊ป (gap) เมื่อพิจารณาองค์ประกอบเหล่านี้ ทั้งแมกนีโทรีซิสทีฟ ลีด ที่เป็นตัวนำไฟฟ้าทั้งสองและแก๊ป ทำให้สามารถถือได้ว่า แมกนีโทรีซิสทีฟเป็นแหล่งให้ความร้อน แผ่นราบ [14 , 15] เพียงแหล่งเดียว

สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟมีแทร็ก (Track) ที่แคบ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะไม่ยูนิฟอร์ม ในช่วงความกว้างของแมกนีโทรีซิสทีฟ ความร้อนที่บริเวณตรงกลางของแมกนีโทรีซิสทีฟจะมีอุณหภูมิขึ้นสูงกว่าที่บริเวณทางด้านขวางประมาณ 20 %



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ

อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น (ΔT_{avg}) เหนืออุณหภูมิห้องของแมกนีโทรีซิสทีฟ สามารถหาได้จากสมการที่ 4.3 ในรูปของความต้านทานของหัวอ่านแมกนีโทรีซิสทีฟ [16] ดังนี้

$$\Delta T_{avg} = [(R / R_0)-1] / \alpha \qquad (4.3)$$

เมื่อ

R คือ ความต้านทานของแมกนีโทรีซิสทีฟที่วัดด้วยกระแสไฟฟ้าตรงที่กำหนด

R_0 คือ ความต้านทานของแมกนีโทรีซิสทีฟที่วัดด้วยกระแสไฟฟ้าตรงที่ต่ำ

4.2 ขั้นตอนการทำการทดลอง

4.2.1 การหาสหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสไตร์ฟ (Stripe height) และ ความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟในอุณหภูมิห้อง

4.2.1.1 การเก็บตัวอย่างชิ้นทดสอบ

ชิ้นงานที่จะใช้ในการทดสอบในขั้นตอนนี้คือ หัวอ่านแมกนีโทรีซิสทีฟที่อยู่ในระดับสไลเดอร์ จำนวนที่เหมาะสมของชิ้นทดสอบ ควรจะมีอย่างน้อย 50 สไลเดอร์ โดยที่สไลเดอร์เหล่านี้ จะต้องครอบคลุมช่วงของความต้านทานจากน้อย (Stripe height ยาว) ไปหามาก (Stripe height สั้น) เพื่อให้มีความถูกต้องในการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสไตร์ฟกับความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟในอุณหภูมิห้องได้ถูกต้อง

4.2.1.2 ขั้นตอนการทำการทดสอบ

1) การวัดความต้านทาน

หัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟทั้งหมดจะถูกวัดความต้านทานด้วยเครื่อง Single Slider Probe ที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งใช้กระแส 1 มิลลิแอมป์ ค่าความต้านทานที่วัดได้ในระดับสไลเดอร์ใช้สัญลักษณ์ MRR_{slider}

2) การ Cross-Section หัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ

หัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟทั้งหมดหลังจากทำการวัดความต้านทาน

แล้วจะถูกนำไปผ่านกระบวนการ Lapping เพื่อที่จะดูลักษณะโครงสร้างภายในของหัวอ่านเขียน กระบวนการนี้เรียกว่า "Cross-Section" ซึ่งได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 3 ของบทที่ 3

3) การวัดความสูงของสไตร์ฟ

หัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟที่ผ่าน Cross-Section แล้วจะถูกนำไปวัดความสูงแมกนีโทรีซิสทีฟสไตร์ฟ (Magnetoresistive Stripe height) หลังจากนี้เรียกว่า h_{stripe} ด้วยเครื่อง Field Scanning Electron Microscope (หลังจากนี้เรียกว่า FE-SEM) สภาวะการทำงานของ FE-SEM ถูกกำหนดให้ใช้ 10 kV ด้วยเครื่องกำลังขยาย 200,000 เท่า ในโหมด Backscattering ในการวัดขนาด h_{stripe}

4) ทำการพล็อตระหว่าง MRR_{slide} กับ h_{stripe} และ $1/h_{stripe}$

4.2.2 การหาสหสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟในระดับสไลเดอร์ (MRR_{slide}) ที่อุณหภูมิห้องกับอุณหภูมิของสไตร์ฟ (Stripe temperature) ที่สภาวะการทำงานของไดร์ฟ

4.2.2.1 การเก็บตัวอย่างชิ้นทดสอบ

ตัวอย่างทดสอบในขั้นตอนนี้คือ Head Gimbal Assemblies (หลังจากนี้เรียกว่า HGA) ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ การเก็บตัวอย่างทดสอบจะคัดเลือก HGA ที่มีความต้านทานของ HGA (MRR_{HGA}) อยู่ในช่วงที่ทำการผลิตของแต่ละผลิตภัณฑ์นั้น ๆ โดยเป็นการคัดเลือกในลักษณะกระจายให้ครอบคลุมช่วงของความต้านทานที่มีการผลิต

4.2.2.2 การวัดความต้านทาน

การวัดความต้านทานในระดับ HGA จะต้องทำการวัดผ่านลวดนำไฟฟ้าและ Paddle Board ซึ่งมีความต้านทาน $4 \pm 0.5\ \Omega$ การวัดนี้ใช้ HP34401A ซึ่งใช้กระแสไฟฟ้าตรง 1 มิลลิแอมป์ ในการวัดความต้านทานของชิ้นงานทดสอบ

4.2.2.3 การหาสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน (Temperature coefficient of resistance)

1) ทำการปรับกระแสในแผงวงจรของ Electro-Migration Tester(EMT) โดยการปรับและวัดกระแสไฟฟ้าตรงให้ได้ 3 มิลลิแอมป์ โดยใช้ HP 34401A ในการวัดกระแสไฟฟ้าสำหรับในแต่ละในแชนแนล (Channel)

2) HGA ทั้งหมดจะถูกนำไปใส่เข้าไปในฟิกเจอร์ ดังในรูปที่ 4.2 โดยการใส่ Paddle board เข้าไปในฟิกเจอร์ซึ่งทำจากเซรามิคทนความร้อน แล้วทำการขันด้วยสกรูทั้ง 2 ด้าน หลังจากนั้นทำ การวัดความต้านทานของ HGA อีกครั้งดังรูปที่ 4.3 ถ้ามีการเปลี่ยนความต้านทานของ HGA เกิดขึ้นให้ทำการเปลี่ยน HGA ตัวใหม่ เนื่องจากเกิดความบกพร่องของแมกนีโทรีซิสทีฟสไตร์ฟ (MRSH) เกิดขึ้นในช่วงทำการขันสกรูมี Electrostatic discharge ถ้าความต้านทานเท่าเดิมให้ยอมรับได้ หลังจากนั้นให้ทำการใส่ชิ้นทดสอบเหล่านี้กับเมนบอร์ด (Mainboard) EMT ที่อยู่ในตู้ทำความร้อน (Oven) ดังในรูปที่ 4.4

3) ทำการหาสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ โดยการให้ความร้อนกับหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟและเส้นลวดกระแสไฟฟ้าชนิดเดียวกับที่ใช้ในการประกอบเป็น HGA ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ เข้าไปในตู้ทำความร้อน (Oven) โดยการตั้งค่าอุณหภูมิของตู้ทำความร้อนไว้ที่ 25 , 50, 75 , 100 และ 125 ^{o}C ทำการวัดความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟแต่ละตัวในแต่ละอุณหภูมิที่ทำการตั้งค่าไว้ ในแต่ละอุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ให้รอประมาณหนึ่งชั่วโมง เพื่อให้หัวอ่านเขียนมีความสมดุลย์ทางด้านความร้อนและเท่ากับค่าที่ตั้งไว้นั้น ๆ ก่อนที่จะทำการวัดความต้านทาน ในการวัดความต้านทานแต่ละครั้งจะทำการจ่ายกระแสไฟฟ้าตรง 3 มิลลิแอมป์ในขั้นตอนนี้ โดยจ่ายกระแสให้กับหัวอ่านเขียนแมกนีโตรีซิสติฟประมาณ 10 นาที เพื่อให้อยู่ในระดับคงที่ (Steady state) โดยจะใช้ค่าความต้านทานที่อ่านได้หลังสุด หลังจากนั้นทำการพล็อต Normalized resistance ฟังก์ชันกับอุณหภูมิสำหรับแต่ละอุณหภูมิ เมื่อ Normalized resistance นิยามไว้ดังนี้

$$\text{Normalized Resistance} = (MRR_{HGA,Ovenstemp} - Rw_{ovenstemp})/(MRR_{HGA,rmb} - Rw_{rmb}) \quad (4.4)$$

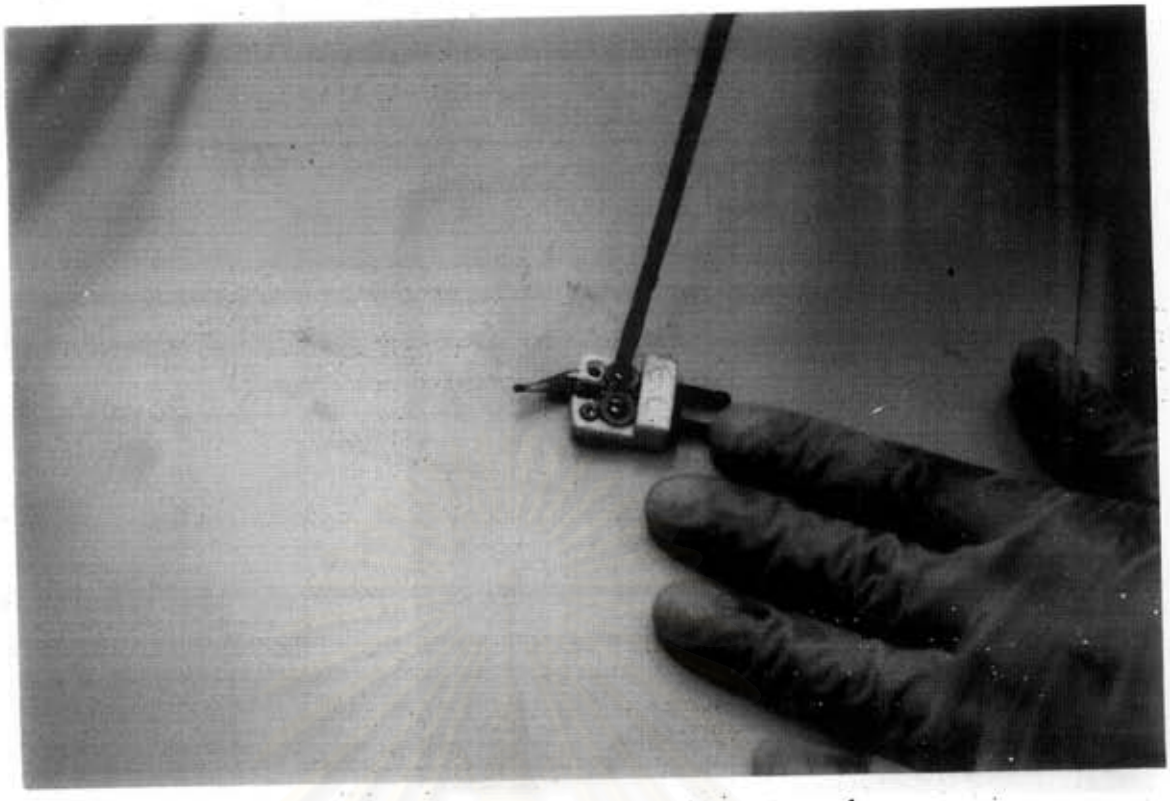
เมื่อ

$MRR_{HGA,ovenstemp}$ = ค่าความต้านทานของ HGA วัดที่อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ของตู้ทำความร้อน (Ω)

$Rw_{ovenstemp}$ = ค่าความต้านทานเฉลี่ยที่อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ของตู้ทำความร้อน ซึ่งมาจากการคำนวณ Rw_{rmb} กับสัมประสิทธิ์อุณหภูมิความต้านทานของลวดนำกระแสไฟฟ้า (Ω)

$MRR_{HGA,rmb}$ = ค่าความต้านทานของ HGA วัดที่อุณหภูมิห้อง ด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 1 มิลลิแอมป์ (Ω)

Rw_{rmb} = ค่าเฉลี่ยความต้านทานของลวดนำกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิห้องและวัดด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 1 มิลลิแอมป์ (Ω)



รูปที่ 4.2 แสดงการโหลด HGA ใส่เข้าไปในฟิกเจอร์
ที่มา : จากห้องปฏิบัติการของโรงงานตัวอย่าง

รูปที่ 4.3 แสดงการวัดความต้านทานของ HGA
ที่มา : จากห้องปฏิบัติการของโรงงานตัวอย่าง

รูปที่ 4.4 รูปแสดงการใส่ชิ้นทดสอบกับเมนบอร์ด (Mainboard) ที่อยู่ในตู้ทำความร้อน
ที่มา : จากห้องปฏิบัติการของโรงงานตัวอย่าง

ทำวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (linear least squares fit) ให้กับข้อมูลของหัวอ่านเขียนแต่ละตัว ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานแต่ละหัวอ่านเขียน

4.2.2.4 วัดความต้านทานของหัวอ่านเขียนที่อุณหภูมิ 60 °C ด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์ และ 10 มิลลิแอมป์

1) หลังจากเสร็จขั้นตอนของการหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน ให้ทำการลดอุณหภูมิของตู้ทำความร้อนลงมาที่อุณหภูมิห้อง เพื่อทำการลดอุณหภูมิของตู้ทำความร้อน หัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟและฟิกเจอร์ จากนั้นให้ทำการตั้งค่าอุณหภูมิของตู้ทำความร้อนที่ 60 °C รอจนกระทั่ง อุณหภูมิถึง 60 °C แล้วรออีกประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ความร้อนของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟสมดุลย์และเท่ากับ 60 °C

2) ในช่วงที่รอให้อุณหภูมิลงมายังอุณหภูมิห้อง ให้ทำการปลดคอนเนคเตอร์ที่มีสายไฟฟ้าเชื่อมระหว่างแผงวงจรของ EMT กับหัวอ่านเขียนและฟิกเจอร์ที่อยู่ภาย

ในตู้ทำความร้อน โดยที่เครื่องต้องปิดเสมอที่ทำขั้นตอนนี้ หลังจากปลดคอนเนคเตอร์ให้เปิดเครื่อง EMT อีกครั้งเพื่อทำการปรับกระแสไฟฟ้าตรงจาก 3 มิลลิแอมป์ เป็น 8 มิลลิแอมป์ ทุกแชนแนล หลังจากนั้นให้ทำการปิดเครื่อง EMT เพื่อใส่คอนเนคเตอร์และสายไฟเข้ากับเครื่อง EMT อีกครั้ง

3) เมื่อตู้ทำความร้อนถึง 60 °C มากกว่า 1 ชั่วโมง ให้ทำการวัดความต้านทานของหัวอ่านเขียนด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์ โดยใช้เวลาวัด 10 นาที เพื่อให้การอ่านความต้านทานอยู่ในสภาวะคงที่ โดยใช้ข้อมูลที่วัดได้ในนาทีที่ 10 ข้อมูลการอ่านจะถูกเก็บไว้ในฮาร์ดดิสก์ ให้ทำการปิดเครื่องหลังจากเสร็จสิ้นการวัดความต้านทาน

4) ทำการปรับกระแสไฟฟ้าตรงจาก 8 มิลลิแอมป์เป็น 10 มิลลิแอมป์ (ดังในขั้นตอนที่ 2) แล้วทำการวัดความต้านทานของหัวอ่านเขียนด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ (ซึ่งเหมือนกับขั้นตอนที่ 3).

4.2.2.5 ทำการหาอุณหภูมิของสไตร์ฟ (T_{stripe}) ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟที่กระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$T_{stripe} = [((MRR_{HGA,\ oven\ temp.} - Rw_{oven\ temp.}) / (MRR_{HGA,\ amb} - Rw_{amb})-1) / T.C.\ ]+ T_{amb} \quad (4.5)$$

เมื่อ

$MRR_{HGA,\ oven\ temp}$ = ค่าความต้านทานของ HGA วัดที่อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ของตู้ทำความร้อน (Ω)

$Rw_{oven\ temp}$ = ค่าความต้านทานเฉลี่ยที่อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ของตู้ทำความร้อน ซึ่งมาจากการคำนวณ Rw_{amb} กับสัมประสิทธิ์อุณหภูมิความต้านทานของลวดนำกระแสไฟฟ้า (Ω)

$MRR_{HGA,\ amb}$ = ค่าความต้านทานของ HGA วัดที่อุณหภูมิห้อง ด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 1 มิลลิแอมป์ (Ω)

Rw_{amb} = ค่าเฉลี่ยความต้านทานของลวดนำกระแสไฟฟ้า อุณหภูมิห้องและวัดด้วยกระแสไฟฟ้าตรง 1 มิลลิแอมป์ (Ω)

T.C. = ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของ HGA ($1/^{\circ}C$)

T_{amb} = อุณหภูมิห้อง (K)

4.2.2.6 หาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของ HGA (MRR_{HGA}) ที่อุณหภูมิห้อง (วัดที่กระแสไฟฟ้าตรง 1 มิลลิแอมป์) กับอุณหภูมิของสไตร์ฟ (T_{stripe}) ที่ 60°C สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์

4.2.3 การศึกษา Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 140 และ 175 °C

4.2.3.1 การเก็บตัวอย่างชิ้นทดสอบ

ชิ้นทดสอบในขั้นตอนนี้คือ HGA การคัดเลือก HGA ควรเลือกให้ครอบคลุมถึงความต้านทานของ HGA ของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ตามข้อกำหนดการผลิต จำนวนตัวอย่างชิ้นทดสอบสำหรับการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชั่น คือ $\geq$ 20 ตัวอย่าง [5] ในแต่ละการทดลอง ดังนั้น ควรจะคัดเลือกจำนวน HGA อย่างน้อย 20 ตัว สำหรับแต่ละอุณหภูมิ (140 และ 175 °C)

4.2.3.2 การวัดความต้านทานของ HGA

ให้ปฏิบัติตามขั้นตอน 4.2.2.2

4.2.3.3 หาสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน

ปฏิบัติตามขั้นตอน 4.2.2.3 เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทาน

4.2.3.4 วัดความต้านทานของ HGA ฟังก์ชันกับเวลาที่กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

1) ทำการปรับกระแสไฟฟ้าตรงจาก 3 มิลลิแอมป์ไ ปยัง 10 มิลลิแอมป์ ก่อนที่จะทำขั้นตอนนี้ คอนเนคเตอร์และสายไฟฟ้าที่เชื่อมระหว่าง EMT กับ HGA และฟิกเจอร์ต้องถูกปลดออกจากกัน ในช่วงปลดหรือใส่กลับเข้ามาต้องปิดเครื่อง EMT ก่อนทุกครั้ง เนื่องจากการสปาร์คจะทำให้แมกนีโทรีซิสทีฟเสียหายได้

2) วัดความต้านทานของ HGA ฟังก์ชันกับเวลาที่กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ สำหรับอุณหภูมิ 140 และ 175 °C ความต้านทานเริ่มต้น (Initial Resistance) ของ HGA ใช้ในการหาอุณหภูมิของสไตรฟ์ (T_{stripe}) เมื่อทำการพล็อต TTF กับ $1/T_{stripe}$ ข้อกำหนดของการประลัยคือ

$$(MRR_{slider,\,t} - MRR_{slider,\,LT\,start}) \,/\, MRR_{slider,\,LT\,start} = 5\% \qquad (4.6)$$

เมื่อ

$MRR_{slider,LT\,start}$ = ความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟที่อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ของตู้ทำความร้อนที่กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ หลังจากถึงจุดสมดุลทางความร้อน 1 ชั่วโมง

$MRR_{slider,t}$ = ความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟที่เวลา "t" ระหว่างช่วงการทดสอบ

ถ้าการทดสอบใช้เวลามากกว่าหรือเท่ากับ 400 ชั่วโมง และการเพิ่มความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟยังไม่ถึง 5 % ให้ใช้การอนุมานได้

4.2.3.5 ทำการหาอุณหภูมิของสไตร์ฟ (T_{stripe}) ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟที่กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ สำหรับอุณหภูมิ 140 และ 175 ^{o}C T_{stripe} คำนวณจากสมการ (4.5) ในหัวข้อ 4.2.2.5

4.2.3.6 ทำการพล็อต ln(TTF) กับ-1/ T_{stripe} แล้วทำการอนุมานพล็อตของ ln(TTF) กับ 1/ T_{stripe} ด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด เพื่อใช้ในการหาค่าสูงสุดของอุณหภูมิของสไตรฟ์สำหรับอุณหภูมิอายุการใช้งาน 5 ปี

TTF = เวลาที่ชิ้นทดสอบเกิดการประลัยที่ 5 % ของความต้านทานที่เพิ่มขึ้น

T_{stripe} = อุณหภูมิของสไตร์ฟที่เวลาเริ่มต้นของการทดสอบอายุ

ใช้ความสัมพันธ์ในหัวข้อ 4.2.2.6 ระหว่าง T_{stripe} และ MRR_{HGA} ในการหาค่าสูงสุดของความต้านทานสำหรับ HGA และหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ ใช้ความสัมพันธ์ในหัวข้อที่ 4.2.2.4 ระหว่าง h_{stripe} และความต้านทานของแมกนีโทรีซิสทีฟ เพื่อหาขนาดความยาวต่ำสุดของสไตร์ฟสำหรับข้อจำกัดของการออกแบบ

4.2.3.7 ทำการหาโมเดลทำนายอายุการใช้งานหรือ TTF ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ จากสมการวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ของ ln (TTF) กับ 1/ T_{stripe} ในขั้นตอน 4.2.3.6

โมเดลทำนายอายุการใช้งานมาจากสมการของอาร์ซีเนียสดังนี้

$$TTF = A\, e^{[(Ea/k)(1/T_{stripe})]} \qquad (4.7)$$

เมื่อ

TTF = เวลาการประลัยของชิ้นทดสอบ

A = ค่าคงที่จากการทดลอง

Ea = Activation energy (ev)

k = Boltzmann's constant (8.617×10^{-5} eV/K)

นำ ln คูณทั้งสองข้างของสมการ (4)

$$\ln(TTF) = [Ea/k]\,[1/T_{stripe}] + \ln(A) \qquad (4.8)$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย