

บทที่ 5

การวิเคราะห์ผลของการทดสอบและการหาโมเดลการทำนายอายุของผลิตภัณฑ์

5.1 ผลการวิเคราะห์สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ "A"

5.1.1 สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสไตรฟ์ (Stripe height, h_{stripe}) และความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟในระดับสโตนอร์ที่อุณหภูมิห้อง

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ A กับ h_{stripe} และ $1/h_{\text{stripe}}$ แสดงในรูปที่ 5.1 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากข้อมูลในตารางที่ 5.1 ระหว่างความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟกับความสูงของสไตรฟ์ จากกราฟรูปที่ 5.1 จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$h_{\text{stripe}} = 2177.7 (\text{MRR}_{\text{slider}})^{-1.1131} \quad (5.1)$$

$$R^2 = 0.9077$$

เมื่อ

$$h_{\text{stripe}} = \text{ความสูงของแมกนีโทริซิสทีฟสไตรฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟ} (\mu\text{inch})$$

$$\text{MRR}_{\text{slider}} = \text{ความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟที่ระดับสโตนอร์และที่อุณหภูมิห้อง} (\Omega)$$

5.1.2 สหสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิของสไตรฟ์ที่สภาวะการทำงานของไครฟ์

จากข้อสมมติฐานของการทดลองประเมินให้อุณหภูมิของไครฟ์ในขณะที่ไครฟ์ทำงานเท่ากับ 60°C ผลของการทดลองมีดังนี้

5.1.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานของแมกนีโทริซิติฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิติฟในระดับ HGA ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าแสดงไว้ในตารางที่ 5.3

5.1.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแมกนีโทริซิติฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิติฟที่ระดับ HGA กับอุณหภูมิของสไตร์ฟที่ 60°C สำหรับสองกระแสไฟฟ้าตรงที่ 8 และ 10 มิลลิแอมป์ แสดงไว้ในตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.2 จากรูปที่ 5.2 จะได้ความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดดังนี้

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{strip at } 60^{\circ}\text{C}} = 1.4274 \text{ MRR}_{\text{HGA,amb}} + 312.89 \quad (5.2)$$

$$R^2 = 0.8944$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{strip at } 60^{\circ}\text{C}} = 2.0599 \text{ MRR}_{\text{HGA,amb}} + 295.74 \quad (5.3)$$

$$R^2 = 0.9350$$

5.1.3 การศึกษา Accelerated Electro-Migration

5.1.3.1 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีโทริซิติฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิติฟแต่ละตัว สำหรับการศึกษาที่แสดงไว้ในตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6 สำหรับอุณหภูมิ 140°C และ 175°C ตามลำดับ

5.1.3.2 ผลการทดลองของ Accelerated Electro-Migration แสดงไว้ในตารางที่ 5.1 และตารางที่ 5.8 สำหรับอุณหภูมิ 140°C และ 175°C ตามลำดับ

5.1.3.3 นำข้อมูล $\ln(\text{TTF})$ กับ $1/T_{\text{strip}}$ มาพล็อตกราฟซึ่งแสดงในรูปที่ 5.1 จากการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะได้สมการเชิงเส้น ดังนี้

$$\ln(\text{TTF}) = 7758 (1/T_{\text{stripe}}) - 10.217 \quad (5.4)$$

$$R^2 = 0.7996$$

5.1.4. คำนวณหาค่าสูงสุดสำหรับหาค่าสูงสุดของอุณหภูมิของสไตร์ฟสำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี ที่ 100% duty cycle จากสมการ (5.4)

$$\ln(5 \times 365 \times 24) = 7758 (1/T_{\text{stripe}}) - 10.217$$

$$1/T_{\text{stripe}} = 0.002695$$

$$T_{\text{stripe}} = 371.1182 \quad \text{K}$$

จากสมการที่ (5.2) และ (5.3) หาคความสัมพันธ์ของความต้านทานสูงสุดของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทิฟที่ระดับ HGA สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี ที่ 100% duty cycle

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} = 1.4274 \text{MRR}_{\text{HGA, amb}} + 312.89$$

$$\text{MRR}_{\text{HGA}} = (T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} - 312.89) / 1.4274$$

$$= (371.1182 - 312.89) / 1.4274$$

$$= 40.7932 \quad (\Omega)$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} = 2.5099 \text{MRR}_{\text{HGA, amb}} + 295.74$$

$$\text{MRR}_{\text{HGA}} = (T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} - 295.74) / 2.5099$$

$$= (371.1182 - 295.74) / 2.5099$$

$$= 30.0324 \quad (\Omega)$$

5.1.5 จากค่าความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟที่ได้ในระดับ HGA สามารถนำมาหาความต้านทานสูงสุดในระดับสไลเดอร์ จากสมการ

$$MRR_{\text{slider}} = MRR_{\text{HGA, amb}} - R_{w, \text{amb}} \quad (5.5)$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$\begin{aligned} MRR_{\text{slider}} &= 40.7932 - 3.92 \\ &= 36.8132 \quad (\Omega) \end{aligned}$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$MRR_{\text{slider}} = 26.0524 \quad (\Omega)$$

5.1.6 จากค่าความต้านทานของแมกนีโดริซิสทีฟที่ได้ในแต่ละระดับของกระแสไฟฟ้าตรงสามารถนำมาหาความสูงของสไลด์รฟ์ได้ จากสมการที่ (5.1)

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$\begin{aligned} h_{\text{stripe}} &= 2177.7 (MRR_{\text{slider}})^{-1.1131} \\ &= 2177.7 (36.8132)^{-1.1131} \\ &= 39.3441 \quad \mu\text{-inch} \end{aligned}$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$h_{\text{stripe}} = 2177.7 (MRR_{\text{slider}})^{-1.1131}$$

$$= 2177.7 (26.0524)^{-1.1131}$$

$$= 57.8121 \quad \mu\text{-inch}$$

5.1.7 ในทำนองเดียวกัน สามารถหาความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสทิฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟของความเร็วสูงสุดของสไคร์ฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟ ที่ Duty cycle อื่น ๆ โดยใช้วิธีการคำนวณในหัวข้อ 4, 5 และ 6 ตารางที่ 5.9 แสดงความต้านทานสูงสุดแมกนีโทริซิสทิฟและความสูงต่ำสุดของสไคร์ฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟ ที่กระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์ และคิดที่ 12.5, 17, 25, 50 และ 100% Duty cycle สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี

การคิด Duty cycle ของการใช้งานนิเมคิตจากจำนวน HGA ที่ใช้คือ Head Stack Assembly (HSA) [17] ตัวอย่างเช่น ไคร์ฟที่มีหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟที่ติดต่อ HSA การทำงานจะใช้หัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟเพียงตัวเดียวในการอ่านและเขียนข้อมูลบนแผ่นดิสก์ ดังนั้นภาระการใช้งาน (Duty Cycle) ของหัวอ่านแมกนีโทริซิสทิฟคือ 25%

5.1.8 หาโมเดลอายุการใช้งานหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟ หรือ TTF สามารถหาได้จากสมการที่ (4.8) เปรียบเทียบกับสมการที่ (5.4) ดังนี้

สมการที่ (4.8) คือ

$$\ln(TTF) = [Ea/k] [1/T_{strip}] + \ln(A)$$

สมการที่ (5.4) คือ

$$\ln(TTF) = 7758 (1/T_{strip}) - 10.217 \quad (5.6)$$

ดังนั้น

$$Ea/k = 7758$$

$$Ea = 7758 \times k$$

$$= 7758 \times 8.617 \times 10^{-5}$$

$$= 0.66851 \text{ eV}$$

$$\ln(A) = -10.217$$

$$A = 3.6544 \times 10^{-5} \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้น โมเดลของการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟแบบ A คือ

$$TTF = 3.6544 \times 10^{-5} e^{[0.66851 / kT_{write}]} \quad (5.7)$$

5.1.9 การทดสอบเพื่อสนับสนุน โมเดลอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟแบบ A

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้คือ ใช้ในการสนับสนุนโมเดลอายุการใช้งาน ในทางปฏิบัติมัน เป็นไปไม่ได้ที่จะยืนยันความถูกต้อง (Validation) ของโมเดลจากการทดสอบบนการทำงานของไดรฟ์จริง แล้วรอให้หัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟเกิดการประลัย เนื่องจากใช้ต้นทุนสูงมากและเวลาที่มีจำกัด

แนวทางการดำเนินการทดสอบนี้ จะคล้ายกับ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 140 °C และ 175 °C ที่ 10 มิลลิแอมป์ เพียงแต่เปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบเป็น 60 °C ที่ อุณหภูมิของสภาวะการทำงานของไดรฟ์ และใช้กระแสกระแสไฟฟ้าตรงที่ 16 มิลลิแอมป์ เพื่อลดเวลาในการทดสอบลง เวลาของการเกิดประลัยหรือ TTF นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับเวลาการประลัยที่ได้จากการคำนวณจากโมเดลที่สภาวะ 60 °C และกระแสกระแสไฟฟ้าตรง 16 มิลลิแอมป์

ผลการทดสอบเวลาการประลัยของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟได้จัดเตรียมไว้ในตารางที่ 5.10 เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับเวลาการประลัยที่ได้จากการคำนวณของโมเดลการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนที่สภาวะการทำงานเดียวกัน รูปที่ 5.5 แสดงการพล็อตของเวลากับการประลัยระหว่างผลที่ได้จากการทดสอบกับผลที่ได้จากการคำนวณของโมเดลการทำนายอายุ พบว่าเวลาการประลัยที่ได้จริงกับเวลาการประลัยที่ได้จากโมเดลการทำนายอายุอยู่ใกล้เคียงกันมาก และยิ่งมีความใกล้เคียงกันมากที่ความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟสูงขึ้น

5.1.10 การยืนยันความถูกต้องของโมเดลทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 1.8 ซึ่งจะได้ค่า Activation Energy (E_a) เท่ากับ 0.66851 eV ซึ่งมีค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองอิเล็กโทรไมเกรชันบนฟิล์ม Ni-Fe (80% Ni) ของ A. Gangulee และ F.M. d'Heurle [10] ซึ่งได้ค่า Activation Energy เท่ากับ 0.7 ± 0.1 eV จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันบนหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A อยู่ในช่วงดังกล่าว ดังนั้นโมเดลในการทำนายอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A น่าจะมีความถูกต้อง

จากผลการทดสอบการหาสัมพัทธ์ของความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A กับความสูงของสไครฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A การหาสัมประสิทธิ์อุณหภูมิความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่ฟ และการทดสอบอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟในอุณหภูมิ 140 °C และ 175 °C ผลการทดสอบดังกล่าว ทำให้ได้โมเดลในการทำนายอายุการใช้งานของหัวอ่านแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A

$$TTF = 3.6544 \times 10^{-5} e^{[0.66851 / kT_{write}]}$$

ค่า Activation Energy (E_a) มีค่าเท่ากับ 0.66851 eV ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันบนฟิล์มเพอแมกนีตอ (80% Ni และ 20% Fe) ซึ่งสามารถอ้างอิงได้ว่าโมเดลน่าจะมีความถูกต้อง

นอกจากจะได้โมเดลในการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแล้ว ผลที่ได้ต่อมาคือสามารถคำนวณหาความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสที่ฟ และค่าต่ำสุดของความสูงสไครฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A สำหรับอายุ 5 ปี ดังแสดงในตารางที่ 5.9 ซึ่งแสดงผลการคำนวณค่าความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสที่ฟและค่าความสูงต่ำสุดของสไครฟ์ของหัวอ่านแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B ที่ 12.5, 17, 25, 50 และ 100% duty cycle และที่ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์ สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี เพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในการผลิต เช่น ถ้าหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B ถูกผลิตเพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์แบบหนึ่ง ซึ่งใช้หัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B จำนวนสี่ตัวต่อไดรฟ์ และใช้ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ จากตารางที่ 5.9 การใช้หัวอ่านเขียนสี่ตัวต่อ HSA หรือ ไดรฟ์ คือ 25% duty cycle ดังนั้นควรกำหนดค่าความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสที่ฟในระดับสโตนอร์เท่ากับ 36.55Ω หรือต่ำกว่า โดยค่าความสูงต่ำสุดของสไครฟ์เท่ากับ $39.65 \mu\text{-inch}$ เพื่อให้ได้อายุการใช้งาน 5 ปี และ MTTF เท่ากับ 800,000 ชั่วโมง ตามข้อกำหนดความเชื่อถือของดิสก์ไดรฟ์อุตสาหกรรม

การประเมินอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่สภาวะการใช้งาน โดยใช้กระแสไฟฟ้าตรง ที่ 8 และ 10 มิลลิแอมป์ ที่ 25 และ 100% ได้ทำการคำนวณและเรียบเรียงไว้ในตาราง 5.11, รูป 5.6 และ 5.7

หมายเหตุ

1. ข้อกำหนดของภาระกระแสไฟฟ้าตรงสำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B คือ 10 มิลลิแอมป์ การทดสอบนี้มีการใช้ภาระกระแสไฟฟ้าตรงที่ 8 มิลลิแอมป์ด้วย เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ดังนั้นการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์โทรโมเกร์ชั้นนี้สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินและกำหนดภาระกระแสไฟฟ้าตรงด้วย
2. อุณหภูมิของผู้ทำความร้อนที่ใช้ในการทดสอบคือ 140°C และ 175°C ซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดการประลัยให้เร็วขึ้น อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการประลัยเร็วขึ้น การออกแบบการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์โทรโมเกร์ชั้นนี้อาจจะใช้อุณหภูมิที่สูงกว่าที่ใช้ในการทดสอบนี้ก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบว่าสามารถทนอุณหภูมิในระยะเวลานานได้หรือไม่
3. จากรูปที่ 5.4 กราฟของ $\ln(\text{TTF})$ กับ $1/T_{\text{stripe}}$ ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B เป็นการพล็อตค่า $\ln(\text{TTF})$ กับ $1/T_{\text{stripe}}$ ของสองกลุ่มตัวอย่าง ในการทดสอบอิเล็กทรอนิกส์โทรโมเกร์ชั้นที่ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ ที่ 140°C และ 175°C แล้วทำการอนุมานเป็นสมการเส้นตรงแบบถินิเยร์ ซึ่งในความเป็นจริงอาจไม่เป็นสมการเส้นตรงแบบถินิเยร์ก็ได้ เนื่องจากการอนุมานจากสองกลุ่มตัวอย่างเท่านั้น เนื่องจากเวลาการทดสอบให้เวลานาน ทรัพยากรค่อนข้างจำกัด และต้นทุนในการทดสอบค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อจำกัดของการทดสอบนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

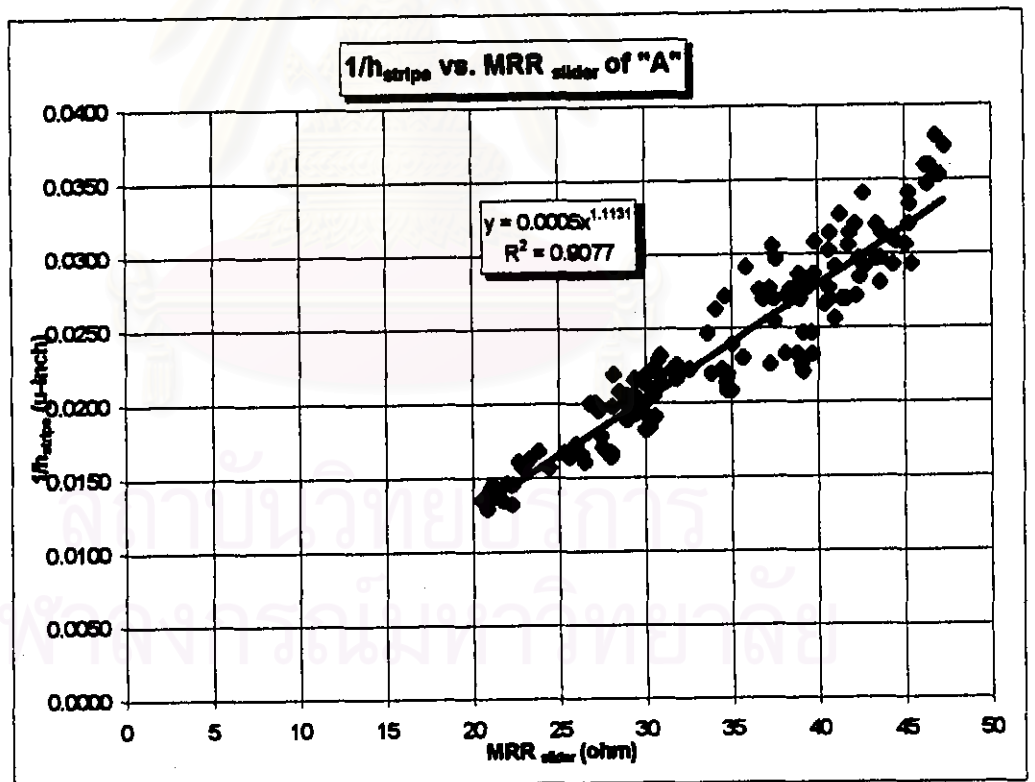
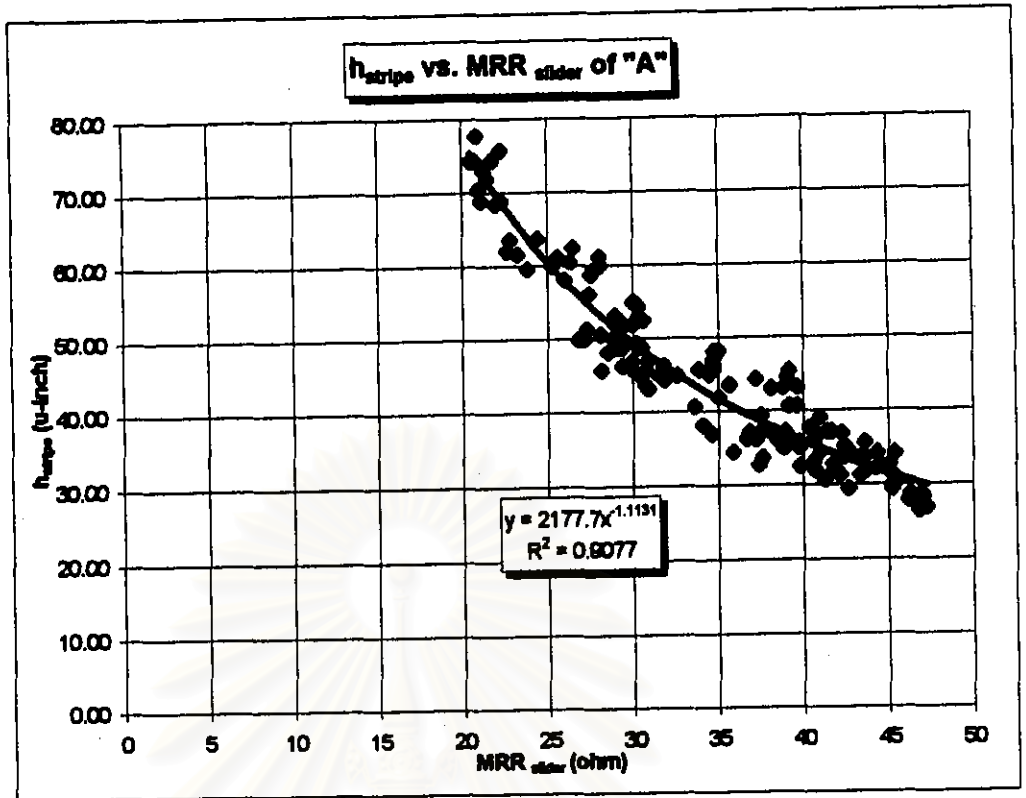
ID#	Resistance (Ω)	Temp (μV)	1/Temp 1/(μV)
1	20.507	74.259	0.013
2	20.752	74.259	0.013
3	20.862	77.660	0.013
4	20.880	70.350	0.014
5	21.126	68.864	0.015
6	21.273	72.793	0.014
7	21.477	71.816	0.014
8	21.779	74.259	0.013
9	21.848	68.385	0.015
10	22.289	68.864	0.015
11	22.284	75.725	0.013
12	22.631	62.042	0.016
13	22.829	63.908	0.016
14	23.270	61.553	0.016
15	23.830	59.599	0.017
16	24.438	63.659	0.016
17	25.319	58.828	0.017
18	25.616	61.174	0.016
19	26.008	58.055	0.017
20	26.309	60.550	0.017
21	26.595	62.421	0.016
22	26.811	48.946	0.020
23	27.126	49.946	0.020
24	27.308	51.183	0.020
25	27.458	56.184	0.018
26	27.524	58.079	0.017
27	27.699	59.302	0.017
28	28.030	61.174	0.016
29	28.084	59.928	0.017
30	28.122	50.570	0.020
31	28.174	45.579	0.022
32	28.528	48.079	0.021
33	28.851	49.946	0.020
34	28.853	53.065	0.018
35	28.855	48.698	0.021

ID#	Resistance (Ω)	Temp (μV)	1/Temp 1/(μV)
36	28.998	51.817	0.019
37	28.252	48.698	0.021
38	29.368	48.203	0.022
39	28.388	48.698	0.021
40	29.468	51.817	0.019
41	28.962	51.817	0.019
42	28.968	48.827	0.021
43	30.004	54.806	0.018
44	30.071	54.806	0.018
45	30.079	45.579	0.022
46	30.174	48.322	0.020
47	30.265	54.312	0.018
48	30.328	53.065	0.019
49	30.408	44.868	0.022
50	30.420	48.698	0.021
51	30.531	48.698	0.021
52	30.602	52.441	0.019
53	30.719	43.708	0.023
54	30.808	45.579	0.022
55	30.871	48.827	0.021
56	30.882	43.084	0.023
57	31.548	44.956	0.022
58	31.804	46.203	0.022
59	31.848	44.332	0.023
60	32.542	44.956	0.022
61	33.601	40.599	0.025
62	33.823	45.579	0.022
63	34.080	38.094	0.026
64	34.421	44.956	0.022
65	34.621	36.847	0.027
66	34.699	46.827	0.021
67	34.703	46.203	0.022
68	34.745	45.579	0.022
69	34.748	48.079	0.021
70	34.805	47.451	0.021

ID#	Resistance (Ω)	Temp (μV)	1/Temp 1/(μV)
71	35.022	48.075	0.021
72	35.025	41.837	0.024
73	35.643	43.472	0.023
74	35.675	43.472	0.023
75	35.857	34.352	0.029
76	36.836	36.223	0.028
77	36.894	37.120	0.027
78	37.222	36.142	0.028
79	37.226	44.332	0.023
80	37.398	32.721	0.031
81	37.469	37.120	0.027
82	37.806	36.342	0.028
83	37.868	30.728	0.030
84	38.114	42.884	0.023
85	38.178	36.847	0.027
86	38.428	36.223	0.028
87	38.772	36.223	0.028
88	38.821	43.084	0.023
89	38.881	36.847	0.027
90	38.686	34.975	0.029
91	38.953	37.120	0.027
92	38.993	35.969	0.028
93	39.052	44.450	0.022
94	39.156	45.427	0.022
95	39.182	40.599	0.025
96	39.237	36.223	0.028
97	39.620	40.588	0.025
98	39.664	43.084	0.023
99	39.776	35.999	0.028
100	39.781	34.976	0.029
101	39.817	32.490	0.031
102	40.363	37.868	0.027
103	40.625	33.104	0.030
104	40.870	36.142	0.028
105	40.882	37.120	0.027

ID#	Resistance (Ω)	Temp (μV)	1/Temp 1/(μV)
106	40.714	31.858	0.031
107	40.966	36.074	0.028
108	40.998	34.352	0.029
109	41.295	30.608	0.033
110	41.386	37.120	0.027
111	41.857	37.120	0.027
112	41.771	32.721	0.031
113	41.851	31.858	0.031
114	42.171	31.233	0.032
115	42.239	36.847	0.027
116	42.366	33.728	0.030
117	42.412	35.165	0.028
118	42.653	28.381	0.034
119	42.681	34.352	0.029
120	43.368	31.255	0.032
121	43.369	33.728	0.030
122	43.619	33.653	0.029
123	43.818	33.698	0.030
124	43.878	31.858	0.031
125	44.255	32.233	0.031
126	44.336	34.187	0.029
127	44.534	32.480	0.031
128	45.087	32.721	0.031
129	45.232	29.361	0.034
130	45.264	31.233	0.032
131	45.311	29.985	0.033
132	45.382	34.187	0.029
133	46.180	27.635	0.036
134	46.281	28.812	0.035
135	46.435	27.635	0.036
136	46.768	26.369	0.038
137	46.771	26.323	0.038
138	47.031	26.323	0.038
139	47.270	26.857	0.037

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการวัดความต้านทานของแมกนีไทริซึมที่มีความสูงของแมกนีไทริซึมที่ (H_{app}) สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีไทริซึมที่แบบ A



รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟกับ h_{stripe} และ $1/h_{\text{stripe}}$ ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ A ในระดับสไลเดอร์

Head Number	Raw data of MRR _{raw} at room temperature										MRR _{raw} at room temperature (subtracted wire resistance)										Normalized MRR _{raw} at room temperature										Temperature Coefficient											
	Room temp. (22°C)		25 °C		50 °C		75 °C		100 °C		125 °C		Room temp. (22°C)		25 °C		50 °C		75 °C		100 °C		125 °C		Room temp. (22°C)		25 °C		50 °C		75 °C		100 °C		125 °C		Slope (Ohm/°C)		Intercept (Ω)		R ²	
	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	
HD#1	39.2	39.36	41.59	43.71	45.72	47.80	49.86	51.91	53.95	55.98	58.00	35.22	35.31	37.14	38.65	40.36	42.09	43.82	45.54	47.26	48.98	50.70	52.42	1.00	1.003	1.05	1.10	1.15	1.19	1.19	1.19	0.067	0.1907%	33.71	0.9991							
HD#2	37.2	37.05	39.26	41.27	43.23	45.27	47.27	49.29	51.26	53.28	55.27	33.22	32.89	34.82	36.41	37.89	39.56	41.23	42.89	44.54	46.18	47.81	49.43	1.00	0.993	1.05	1.10	1.14	1.18	1.19	0.065	0.1851%	31.47	0.9998								
HD#3	49.3	45.29	47.71	49.91	52.10	54.36	56.59	58.77	60.91	63.02	65.10	41.32	41.24	43.25	45.05	46.76	48.67	50.56	52.43	54.28	56.11	57.92	59.72	1.00	0.998	1.05	1.09	1.13	1.18	1.18	0.073	0.1778%	39.48	0.9993								
HD#4	35.1	34.92	37.12	39.82	42.51	45.19	47.86	50.51	53.14	55.75	58.34	31.42	30.87	32.66	33.96	35.32	36.80	38.27	39.72	41.15	42.56	43.95	45.32	1.00	0.992	1.05	1.09	1.14	1.18	1.19	0.058	0.1657%	29.57	0.9970								
HD#5	35.4	35.21	37.29	39.21	41.11	43.03	44.91	46.77	48.61	50.43	52.23	31.42	31.16	32.63	34.35	35.77	37.32	38.69	40.09	41.48	42.85	44.21	45.56	1.00	0.997	1.05	1.10	1.14	1.19	1.19	0.061	0.1844%	29.71	0.9993								
HD#6	38.7	38.88	40.97	42.97	45.03	47.14	49.21	51.26	53.28	55.27	57.23	34.72	34.61	36.52	38.11	39.69	41.43	43.11	44.78	46.43	48.06	49.67	51.26	1.00	0.997	1.05	1.10	1.14	1.19	1.19	0.067	0.1938%	33.03	0.9998								
HD#7	44.0	43.98	46.56	48.76	50.95	53.26	55.54	57.77	60.00	62.18	64.32	40.02	39.93	42.11	43.90	45.61	47.57	49.48	51.34	53.15	54.91	56.62	58.28	1.00	0.996	1.05	1.10	1.14	1.19	1.19	0.075	0.1879%	38.19	0.9998								
HD#8	34.8	34.79	36.81	38.67	40.45	42.33	44.16	45.94	47.71	49.43	51.10	30.62	30.73	32.35	33.61	35.11	36.62	38.11	39.58	41.03	42.46	43.87	45.26	1.00	1.002	1.05	1.10	1.14	1.19	1.19	0.058	0.1695%	29.37	0.9998								
HD#9	39.9	40.05	42.07	43.95	45.86	47.79	49.69	51.56	53.41	55.23	57.03	35.82	36.00	37.61	39.09	40.52	42.08	43.59	45.07	46.52	47.94	49.33	50.70	1.00	1.004	1.05	1.10	1.13	1.17	1.17	0.060	0.1817%	34.54	0.9998								
HD#10	35.5	35.42	37.54	39.09	40.84	42.64	44.39	46.11	47.81	49.48	51.11	31.52	31.37	32.88	34.23	35.50	36.83	38.13	39.41	40.67	41.91	43.13	44.33	1.00	0.995	1.04	1.09	1.13	1.17	1.17	0.055	0.1743%	30.08	0.9992								
HD#11	43.6	43.62	46.07	48.23	50.44	52.75	54.99	57.17	59.32	61.43	63.48	39.82	39.57	41.61	43.37	45.10	47.04	48.86	50.65	52.41	54.14	55.84	57.51	1.00	0.998	1.05	1.09	1.14	1.19	1.19	0.074	0.1859%	37.31	0.9994								
HD#12	32.7	32.73	34.50	36.29	38.01	39.89	41.71	43.47	45.23	46.94	48.61	28.72	28.66	30.04	31.43	32.67	34.18	35.61	37.03	38.44	39.83	41.21	42.58	1.00	0.999	1.05	1.09	1.14	1.19	1.19	0.055	0.1698%	27.31	0.9994								
HD#13	32.6	32.62	34.31	35.97	37.62	39.32	40.94	42.51	44.03	45.54	47.03	28.64	28.57	29.85	31.11	32.28	33.62	34.91	36.18	37.43	38.67	39.89	41.10	1.00	0.998	1.04	1.09	1.13	1.17	1.17	0.050	0.1748%	27.33	0.9997								
HD#14	32.6	32.57	34.44	36.12	37.81	39.51	41.16	42.81	44.43	46.03	47.61	28.82	28.52	29.88	31.28	32.47	33.80	35.11	36.39	37.66	38.91	40.16	41.40	1.00	0.998	1.05	1.09	1.13	1.18	1.18	0.052	0.1825%	27.29	0.9990								
HD#15	33.7	33.68	35.53	37.28	39.07	40.82	42.54	44.23	45.91	47.57	49.21	29.72	29.61	31.06	32.40	33.73	35.11	36.43	37.73	39.01	40.28	41.54	42.79	1.00	0.996	1.05	1.09	1.13	1.18	1.18	0.055	0.1840%	28.28	0.9997								
HD#16	33.9	33.94	35.84	37.62	39.47	41.32	43.13	44.91	46.67	48.43	50.18	29.92	29.89	31.38	32.76	34.13	35.61	36.91	38.18	39.43	40.67	41.90	43.11	1.00	0.999	1.05	1.09	1.14	1.19	1.19	0.057	0.1687%	28.50	0.9997								

ตารางที่ 5.2 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีไทริซิทที่แบบ A สำหรับการศึกษา

ความร้อนของแมกนีไทริซิทที่ 60 °C

Wire #	Wire Resistance at room temperature					Temperature Coefficient		Extrapolate Wire Resistance at room temperature				
	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Slope (Ohm/°C)	Intercept (Ω)	60 °C	140 °C	175 °C	R ²
1	4.00	4.05	4.47	4.97	5.25	5.79	0.01703	3.84	0.99560	4.06	9.02	8.82
2	4.00	4.09	4.50	4.80	5.39	5.80	0.01727	3.62	0.99100	4.63	6.04	6.94
3	3.90	3.98	4.36	4.78	5.27	5.59	0.01656	3.54	0.99569	4.54	5.88	6.44
4	4.00	4.07	4.48	4.67	5.38	5.69	0.01656	3.68	0.99603	4.63	5.97	6.55
5	4.00	4.08	4.48	4.88	5.38	5.70	0.01657	3.68	0.99669	4.63	5.88	6.56
Avg	3.96	4.05	4.45	4.86	5.34	5.71	0.01680	3.82	0.99669	4.63	5.97	6.56

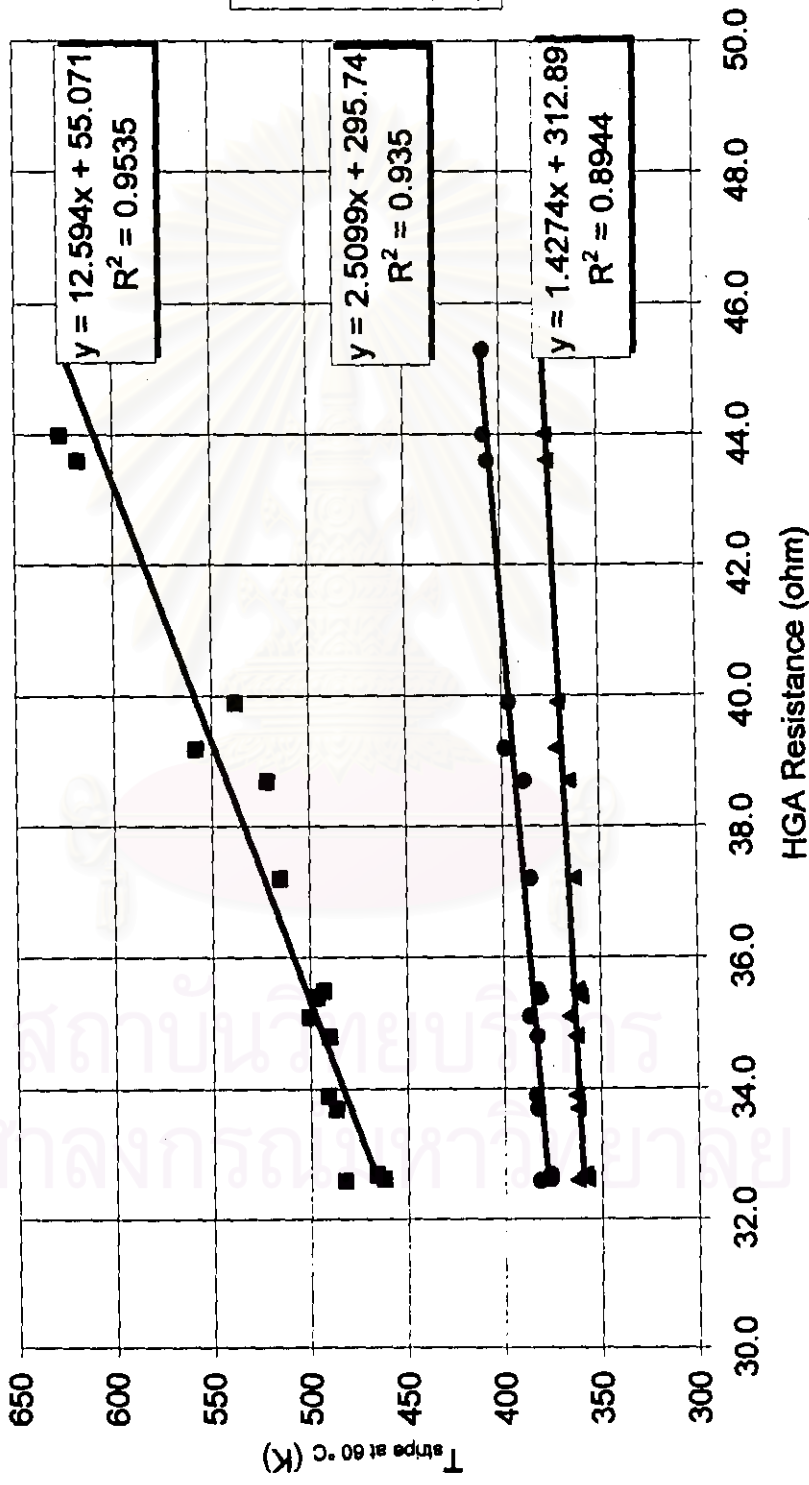
ตารางที่ 5.3 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของตัวนำไฟฟ้าสำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีไทริซิทที่แบบ A

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	MRR _{slider} (Ω)	MRR _{HGA} at 60 °C (Ω)			T.C. (1/°C)	Wire Resistance		T _{stripe} @ 60 °C (K)		
			8 mA	10 mA	16 mA		Room tem	at 60 °C	8 mA	10 mA	16 mA
HD#1	39.2	35.2	44.9949	46.7746	57.5214	0.1907%	3.98	4.63	371.729	398.227	558.238
HD#2	37.2	33.2	42.2567	43.7187	52.1253	0.1951%	3.98	4.63	363.105	385.659	515.343
HD#3	45.3	41.3	51.9428	54.2752	69.7426	0.1778%	3.98	4.63	376.679	408.420	618.906
HD#4	35.1	31.1	39.8684	41.057	47.6756	0.1867%	3.98	4.63	366.004	386.460	500.370
HD#5	35.4	31.4	40.0319	41.2921	48.3473	0.1944%	3.98	4.63	360.310	380.941	496.438
HD#6	38.7	34.7	44.0957	45.6282	54.5886	0.1938%	3.98	4.63	365.666	388.445	521.633
HD#7	44.0	40.0	50.7762	53.1445	69.5876	0.1879%	3.98	4.63	376.604	408.102	626.791
HD#8	34.8	30.8	39.3746	40.5271	46.7766	0.1886%	3.98	4.63	362.635	382.460	489.965
HD#9	39.9	35.9	45.1181	46.634	55.1713	0.1677%	3.98	4.63	370.939	396.098	537.788
HD#10	35.5	31.5	39.8057	40.9295	47.0179	0.1743%	3.98	4.63	361.681	382.142	492.992
HD#11	43.6	39.6	50.1772	52.4378	68.0044	0.1859%	3.98	4.63	375.609	406.305	617.675
HD#12	32.7	28.7	36.8095	37.7695	42.6531	0.1898%	3.98	4.63	358.599	376.214	465.820
HD#13	32.6	28.6	36.399	37.3183	41.6415	0.1748%	3.98	4.63	357.618	375.979	462.329
HD#14	32.6	28.6	36.7649	37.7758	43.0356	0.1825%	3.98	4.63	362.423	381.779	482.490
HD#15	33.7	29.7	38.013	39.1346	44.8329	0.1840%	3.98	4.63	362.124	382.639	486.868
HD#16	33.9	29.9	38.3821	39.5604	45.6543	0.1897%	3.98	4.63	362.654	383.419	490.808

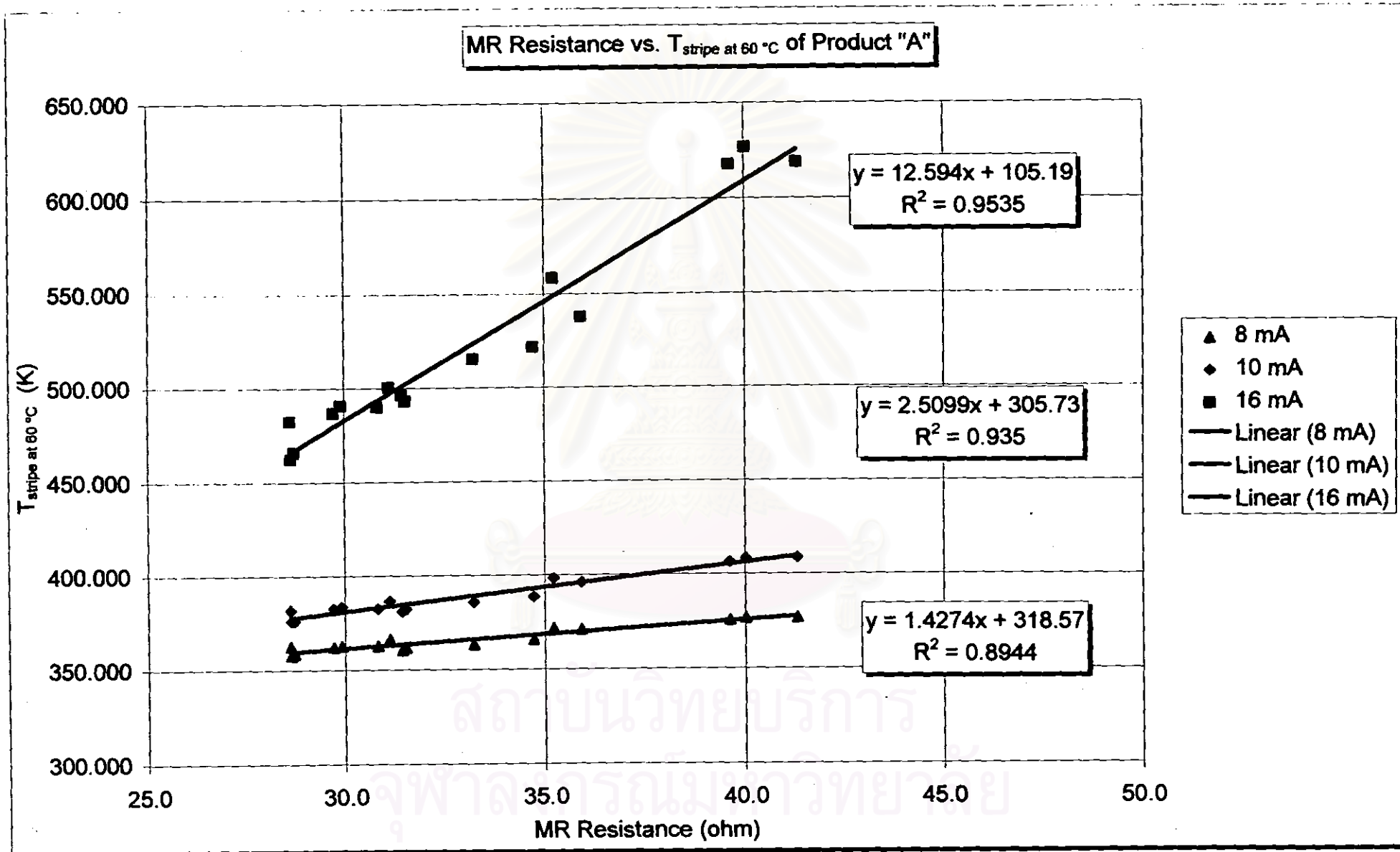
ตารางที่ 5.4 แสดงความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่กับอุณหภูมิของแมกนีโทริซิสที่สภาวะการทำงาน
60 °C สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ A

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HGA Resistance vs. T_{stripe} at 60 °C of "A"



รูปที่ 5.2 แสดงกราฟของ MRR_{BGA} กับ T_{stripe} ที่สภาวะการทำงาน 60 °C สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ



รูปที่ 5.3 แสดงกราฟของ MRR_{slider} กับ T_{stripe} ที่สภาวะการทำงาน 60 °C สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟ

Heat Number	Raw data of MFR rate of melt specimens						MFR rate of melt specimens (subtract wire resistance)						Normalized MFR rate of melt specimens						Temperature Coefficient			
	Roots temp. (22°C)						Roots temp. (22°C)						Roots temp. (22°C)						Slope		Intercept (Q)	R ²
	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)	(Q)			
HDR1	34	34.37	35.90	37.83	38.48	40.98	30.02	30.31	31.54	32.98	34.12	35.27	1.00	1.010	1.05	1.10	1.14	1.17	0.050	0.1664%	28.30	0.9962
HDR2	33	33.95	35.18	36.81	36.43	39.98	29.02	29.50	30.72	31.98	33.08	34.25	1.00	1.017	1.08	1.10	1.14	1.18	0.048	0.1637%	28.34	0.9997
HDR3	35.8	35.91	37.83	38.28	41.19	42.82	31.82	31.88	33.48	34.40	35.85	37.21	1.00	1.001	1.05	1.08	1.13	1.17	0.052	0.1644%	30.84	0.9930
HDR4	33.5	34.18	35.89	37.32	40.15	40.88	28.52	30.13	31.14	32.89	34.81	35.17	1.00	1.021	1.05	1.11	1.18	1.19	0.053	0.1663%	28.69	0.9989
HDR5	36.9	36.08	41.19	43.45	44.79	47.10	34.82	35.01	36.74	38.59	38.42	41.39	1.00	1.003	1.05	1.11	1.13	1.18	0.052	0.1789%	33.56	0.9995
HDR6	35.4	35.87	37.73	38.45	40.98	42.90	31.42	31.76	33.28	34.59	35.64	37.19	1.00	1.011	1.08	1.10	1.15	1.18	0.053	0.1685%	30.52	0.9983
HDR7	36.6	36.62	38.45	40.38	41.89	43.83	32.62	32.87	33.89	35.52	36.85	38.14	1.00	0.998	1.04	1.09	1.12	1.17	0.055	0.1683%	31.23	0.9983
HDR8	36.8	36.62	38.45	40.38	42.12	43.75	32.62	32.87	33.89	35.42	36.78	38.04	1.00	0.992	1.04	1.08	1.12	1.18	0.055	0.1672%	31.24	0.9984
HDR9	34.5	34.18	35.81	37.43	39.08	41.59	30.52	30.13	31.35	32.59	33.72	35.89	1.00	0.997	1.03	1.07	1.10	1.18	0.058	0.1679%	28.57	0.9921
HDR10	33.5	33.55	35.69	37.02	38.45	40.08	28.52	29.50	31.24	32.18	33.11	34.57	1.00	0.999	1.06	1.09	1.12	1.19	0.048	0.1572%	28.59	0.9958
HDR11	37.3	37.43	39.08	40.80	42.83	44.27	33.32	33.38	34.82	35.95	37.29	38.98	1.00	1.002	1.04	1.09	1.12	1.19	0.052	0.1564%	32.05	0.9998
HDR12	29.2	29.48	31.11	32.84	34.18	35.98	25.72	25.43	26.89	27.89	29.81	30.27	1.00	1.006	1.06	1.11	1.14	1.20	0.047	0.1477%	24.29	0.9951
HDR13	36.8	35.81	37.85	38.48	41.10	42.83	32.62	31.78	33.19	34.62	35.79	37.12	1.00	0.973	1.02	1.08	1.10	1.14	0.053	0.1631%	30.50	0.9985
HDR14	36.8	35.81	37.85	38.48	41.10	42.83	31.32	30.84	32.35	33.79	35.14	36.59	1.00	0.998	1.03	1.08	1.12	1.17	0.058	0.1620%	28.54	0.9989
HDR15	37.5	36.62	38.28	40.09	41.82	43.85	33.52	32.57	33.81	35.23	36.48	38.14	1.00	0.972	1.01	1.05	1.09	1.14	0.050	0.1647%	31.70	0.9974
HDR16	36	36.06	40.89	42.83	44.78	46.59	35.02	35.01	36.24	37.87	38.42	40.88	1.00	1.000	1.03	1.08	1.13	1.17	0.050	0.1704%	33.43	0.9990
HDR17	36.7	36.75	40.89	42.62	44.28	46.09	34.72	34.70	36.24	37.79	38.92	40.59	1.00	0.998	1.04	1.09	1.12	1.16	0.058	0.1616%	33.39	0.9978
HDR18	36.7	36.75	40.89	42.62	44.28	46.09	34.72	34.70	36.24	37.79	38.92	40.59	1.00	0.997	1.03	1.08	1.12	1.17	0.048	0.1775%	25.87	0.9968
HDR19	31.2	30.92	32.55	34.18	35.81	37.43	27.22	28.87	28.10	29.52	30.47	31.73	1.00	1.002	1.06	1.11	1.14	1.18	0.051	0.1775%	33.01	0.9921
HDR19	36.3	36.43	40.48	42.80	44.43	46.17	34.32	34.38	36.02	37.85	38.08	40.48	1.00	0.954	1.00	1.05	1.08	1.12	0.048	0.1882%	28.49	0.9972
HDR20	33	31.74	33.37	35.19	36.62	38.35	29.02	27.89	28.81	30.33	31.29	32.84	1.00	0.977	1.02	1.08	1.10	1.13	0.052	0.1546%	31.37	0.9983
HDR21	37.3	36.62	38.45	40.19	41.89	43.43	33.32	32.57	33.89	35.33	36.59	37.72	1.00	0.979	1.02	1.08	1.10	1.14	0.053	0.1674%	29.59	0.9995
HDR22	35.8	34.89	36.62	38.45	40.28	41.89	31.82	30.94	32.17	33.29	34.82	36.18	1.00	0.980	1.05	1.10	1.14	1.20	0.059	0.2058%	31.78	0.9979
HDR23	37.7	37.43	39.88	41.80	43.83	45.17	33.72	33.36	35.42	37.05	38.59	40.48	1.00	0.980	1.05	1.10	1.14	1.20	0.059	0.2058%	31.78	0.9979
HDR24	37.9	37.43	39.08	41.50	43.13	44.89	33.82	33.38	34.61	36.45	37.79	39.29	1.00	0.984	1.02	1.08	1.11	1.16	0.050	0.1788%	31.85	0.9931

ตารางที่ 5.5 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแมกนีโทริซิติฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิติฟ

สำหรับการทดสอบอุณหภูมิใช้งานที่ 140 °C และใช้กระแสไฟที่ตรง 10 มิลลิแอมป์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HD#	MRR _{HGA} (W)	R _{start} (W)	R _{after} (W)	TTF (hr) dR/R >= 1.05	dR/R %	Wire Resistance (W)		T.C (1/°C)	T _{stripe} (K)	1/T _{stripe} (1/K)	Ln(TTF) (hr)
						at room temp	at 140 °C				
HD#1	34.00	44.43	46.39	448.12	1.0508	3.98	5.97	0.1664%	484.048	0.00215	6.1051
HD#2	33.00	43.21	45.17	500.91	1.0524	3.98	5.97	0.1637%	468.132	0.00214	6.2184
HD#3	35.80	47.61	49.80	380.11	1.0528	3.98	5.97	0.1644%	482.741	0.00207	5.9404
HD#4	33.50	44.88	46.61	794.01	1.0500	3.98	5.97	0.1863%	462.117	0.00216	6.6771
HD#5	38.90	52.49	54.93	384.11	1.0525	3.98	5.97	0.1789%	482.824	0.00207	5.9509
HD#6	35.40	47.12	49.32	358.10	1.0534	3.98	5.97	0.1685%	478.826	0.00209	5.8808
HD#7	36.60	49.07	51.27	292.08	1.0510	3.98	5.97	0.1693%	484.851	0.00206	5.6770
HD#8	36.60	52.98	55.42	115.03	1.0519	3.98	5.97	0.1672%	553.631	0.00181	4.7452
HD#9	34.50	47.36	49.43	848.36	1.0500	3.98	5.97	0.1819%	490.948	0.00204	6.7433
HD#10	33.50	44.92	46.88	241.07	1.0501	3.98	5.97	0.1572%	498.239	0.00201	5.4651
HD#11	37.30	50.54	52.98	122.03	1.0548	3.98	5.97	0.1564%	510.813	0.00196	4.8043
HD#12	29.20	38.57	40.20	1670.49	1.0500	3.98	5.97	0.1877%	451.021	0.00222	7.4209
HD#13	36.60	49.32	51.51	123.03	1.0507	3.98	5.97	0.1631%	496.613	0.00201	4.8125
HD#14	35.30	47.12	49.18	602.40	1.0500	3.98	5.97	0.1800%	469.451	0.00213	6.4009
HD#15	37.50	49.56	51.76	302.08	1.0504	3.98	5.97	0.1647%	477.437	0.00209	5.7107
HD#16	39.00	53.47	55.91	213.06	1.0514	3.98	5.97	0.1704%	504.152	0.00198	5.3616
HD#17	38.70	52.49	54.93	190.05	1.0525	3.98	5.97	0.1618%	505.091	0.00198	5.2473
HD#18	31.20	43.95	45.84	381.50	1.0500	3.98	5.97	0.1775%	517.692	0.00193	5.9441
HD#19	38.30	51.76	54.05	782.04	1.0500	3.98	5.97	0.1775%	483.285	0.00207	6.6619
HD#20	33.00	43.21	45.07	545.20	1.0500	3.98	5.97	0.1692%	462.495	0.00216	6.3012
HD#21	37.30	49.32	51.51	206.06	1.0507	3.98	5.97	0.1546%	489.713	0.00204	5.3282
HD#22	35.60	46.88	49.07	425.12	1.0537	3.98	5.97	0.1674%	470.436	0.00213	6.0524
HD#23	37.70	52.25	54.56	592.79	1.0500	3.98	5.97	0.2056%	476.186	0.00210	6.3848
HD#24	37.90	51.76	54.20	363.10	1.0533	3.98	5.97	0.1766%	493.150	0.00203	5.8947

ตารางที่ 5.6 แสดงผลของการทดสอบ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 140 °C กระแสไฟฟ้าตรง

10 มิลลิแอมป์ สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ A

Head Number	Raw data of MRR						MRR (after wire resistance)					Normalized MRR					Temperature Coefficient					
	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125°C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125°C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125°C	Slope		Intercept	R ²
	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(%/°C)	(1/°C)	(Ω)	
H001	35.00	34.88	38.81	38.63	40.29	41.82	31.02	30.94	32.35	33.78	34.95	35.91	1.00	0.997	1.04	1.09	1.13	1.18	0.050	0.1819%	28.83	0.984
H002	36.60	36.23	37.43	38.46	41.22	43.03	32.62	32.18	32.98	34.80	35.88	37.32	1.00	1.026	1.05	1.10	1.15	1.19	0.053	0.1853%	30.84	0.982
H003	35.30	38.21	37.43	38.46	41.22	43.03	31.32	32.18	32.98	34.80	35.88	37.32	1.00	1.001	1.04	1.10	1.13	1.19	0.057	0.1834%	29.51	0.984
H004	34.90	34.99	38.71	38.87	40.29	42.30	30.92	30.94	32.25	34.01	34.95	36.89	1.00	1.012	1.08	1.11	1.14	1.18	0.042	0.1651%	25.08	0.987
H005	29.60	28.98	31.74	33.37	34.87	35.91	25.82	25.83	27.29	28.51	29.33	30.20	1.00	0.979	1.02	1.07	1.10	1.15	0.058	0.1724%	30.29	0.989
H006	36.49	35.81	37.43	39.39	41.13	43.05	32.42	31.78	32.88	34.53	35.79	37.34	1.00	1.032	1.09	1.13	1.18	1.25	0.058	0.2007%	27.04	0.985
H007	31.49	32.55	34.46	36.21	37.80	40.19	27.82	28.50	30.02	31.35	32.59	34.45	1.00	1.002	1.05	1.10	1.14	1.18	0.050	0.1755%	32.18	0.989
H008	37.36	37.63	38.58	41.59	43.43	45.18	33.52	33.58	35.12	36.53	37.88	39.28	1.00	1.006	1.04	1.09	1.13	1.17	0.055	0.1829%	32.47	1.000
H009	37.46	37.85	38.58	41.39	43.22	44.97	33.82	33.80	35.11	36.53	37.88	39.28	1.00	0.998	1.02	1.08	1.11	1.15	0.058	0.1839%	33.57	0.980
H010	39.30	39.08	40.89	43.13	44.78	46.39	35.92	35.01	36.24	38.27	39.42	40.89	1.00	1.006	1.04	1.09	1.13	1.17	0.055	0.1750%	30.07	0.944
H011	35.30	34.88	37.43	38.89	40.69	42.32	31.32	30.94	32.88	35.02	35.99	36.81	1.00	0.999	1.05	1.12	1.13	1.17	0.056	0.1750%	30.07	0.944
H012	41.90	42.32	44.55	46.47	48.41	50.64	37.82	35.82	37.45	39.09	40.53	42.54	1.00	1.017	1.08	1.11	1.15	1.21	0.059	0.1879%	34.13	0.989
H013	39.20	38.88	41.80	43.85	45.87	48.25	35.22	33.38	34.71	36.19	37.48	38.94	1.00	1.006	1.08	1.12	1.16	1.21	0.059	0.1723%	31.88	1.000
H014	36.20	37.43	38.18	41.05	42.82	44.65	32.22	34.82	36.78	41.41	43.08	44.72	1.00	1.112	1.15	1.20	1.25	1.30	0.095	0.1898%	38.57	0.989
H015	38.40	42.32	44.19	46.27	48.40	50.43	34.42	38.27	38.74	41.41	43.08	44.72	1.00	1.045	1.10	1.15	1.17	1.24	0.082	0.1859%	33.38	0.986
H016	37.39	38.88	41.04	43.13	44.45	47.00	33.32	34.82	36.58	38.27	38.11	41.29	1.00	0.994	1.05	1.09	1.12	1.18	0.081	0.1741%	33.65	0.967
H017	39.26	39.08	41.90	43.13	44.78	47.20	35.22	35.01	37.05	38.27	38.42	41.49	1.00	1.042	1.08	1.15	1.19	1.23	0.058	0.1914%	28.79	0.988
H018	32.99	34.18	35.81	38.22	39.85	41.29	28.82	30.13	31.35	33.38	34.31	35.57	1.00	0.936	0.97	1.01	1.04	1.07	0.046	0.1370%	30.84	0.989
H019	37.80	35.81	37.43	38.06	40.60	42.13	33.82	37.79	32.89	34.20	35.28	36.42	1.00	0.819	0.89	0.99	1.02	1.08	0.051	0.1378%	33.01	0.986
H020	41.20	38.25	40.09	41.83	43.45	45.07	37.22	34.20	35.64	38.87	38.11	38.39	1.00	1.020	1.07	1.11	1.15	1.19	0.056	0.1581%	34.78	0.988
H021	39.00	40.13	42.08	43.88	45.53	47.47	35.02	36.08	37.82	38.02	40.19	41.78	1.00	1.023	1.07	1.11	1.15	1.19	0.057	0.1879%	33.89	0.986
H022	38.20	38.08	41.90	42.83	44.78	46.50	34.22	35.01	36.65	38.07	38.42	40.79	1.00	0.946	0.98	1.02	1.06	1.09	0.049	0.1480%	28.74	1.000
H023	38.70	34.89	38.82	38.25	39.88	41.52	32.72	30.84	32.17	33.39	34.54	35.81	1.00	1.043	1.10	1.15	1.19	1.25	0.082	0.1980%	31.12	0.987
H024	35.20	36.82	38.85	40.89	42.90	44.86	31.22	32.57	34.39	35.83	37.18	38.18	1.00	1.002	1.05	1.09	1.13	1.18	0.057	0.1698%	32.04	0.988
H025	37.30	37.43	39.46	41.10	42.95	44.87	33.32	33.38	35.02	36.25	37.61	38.18	1.00	1.059	1.12	1.15	1.21	1.25	0.080	0.1871%	32.85	0.983
H026	38.30	38.22	40.59	42.10	44.43	46.87	32.32	34.20	38.11	37.25	39.09	40.29	1.00	1.145	1.19	1.22	1.26	1.31	0.055	0.1814%	37.89	0.988
H027	38.10	43.12	44.89	46.80	46.42	50.38	34.12	38.06	40.50	41.74	43.08	44.67	1.00	0.898	1.03	1.08	1.12	1.18	0.057	0.1857%	32.70	0.988
H028	38.30	38.25	39.88	41.80	43.85	45.57	34.32	34.20	35.42	37.05	38.31	39.88	1.00	0.981	1.03	1.08	1.12	1.18	0.084	0.1814%	33.31	0.983
H029	38.30	39.09	40.89	42.82	44.78	47.29	35.32	35.01	38.54	38.08	38.42	41.58	1.00	0.874	1.01	1.05	1.09	1.14	0.051	0.1842%	28.81	0.987
H030	34.80	34.18	35.81	37.43	38.08	40.99	30.82	30.13	31.35	32.58	33.74	35.28	1.00									

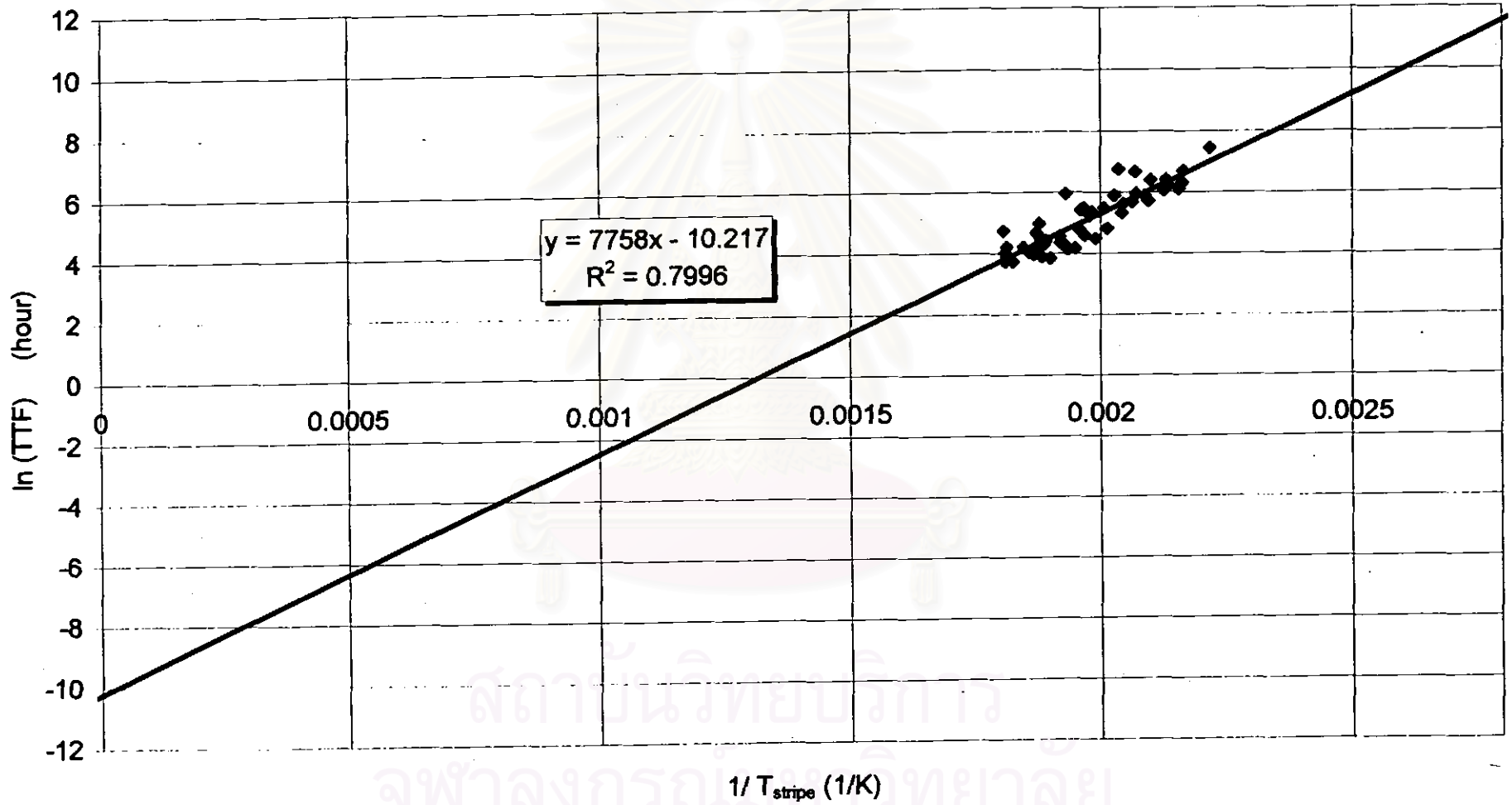
ตารางที่ 5.7 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีไทริซิทที่ฟของหัวอ่านเขียนแมกนีไทริซิทที่ฟแบบ A สำหรับการทดสอบอายุการใช้งานที่ 175 °C และใช้กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	R _{start} (Ω)	R _{after} (Ω)	TTF (hr) dR/R ≥ 1.05	dR/R %	Wire Resistance (Ω)		T.C (1/°C)	T _{stripe} (K)	1/T _{stripe} (1/K)	Ln(TTF) (hr)
						at room temp.	at 175 °C				
HD#1	35.00	49.58	51.78	108.03	1.051	3.98	6.56	0.1616%	534.09	0.00187	4.6824
HD#2	36.60	52.73	55.18	55.02	1.053	3.98	6.56	0.1616%	552.26	0.00181	4.0076
HD#3	35.30	50.29	52.49	49.01	1.050	3.98	6.56	0.1683%	530.60	0.00188	3.8921
HD#4	34.90	49.58	51.78	242.37	1.051	3.98	6.56	0.1834%	508.13	0.00197	5.4905
HD#5	29.60	41.75	43.70	96.03	1.056	3.98	6.56	0.1651%	521.24	0.00192	4.5648
HD#6	36.40	52.25	54.69	148.04	1.053	3.98	6.56	0.1724%	532.44	0.00188	4.9839
HD#7	31.60	45.41	47.36	276.38	1.050	3.98	6.56	0.2097%	489.03	0.00204	5.6218
HD#8	37.50	53.96	56.40	83.02	1.052	3.98	6.56	0.1755%	531.00	0.00188	4.4191
HD#9	37.60	54.20	56.64	49.01	1.051	3.98	6.56	0.1629%	551.05	0.00181	3.8921
HD#10	39.50	55.18	57.62	79.02	1.050	3.98	6.56	0.1635%	520.60	0.00192	4.3697
HD#11	35.30	50.54	52.98	48.42	1.056	3.98	6.56	0.1750%	525.99	0.00190	3.8376
HD#12	41.90	61.28	64.21	42.01	1.054	3.98	6.56	0.1721%	552.47	0.00181	3.7379
HD#13	39.20	57.37	60.06	70.02	1.053	3.98	6.56	0.1876%	531.10	0.00188	4.2488
HD#14	36.20	52.25	54.69	56.02	1.053	3.98	6.56	0.1723%	537.70	0.00188	4.0256
HD#15	38.40	57.37	60.06	42.01	1.053	3.98	6.56	0.1886%	547.61	0.00183	3.7379
HD#16	37.30	53.71	56.15	74.02	1.052	3.98	6.56	0.1856%	518.70	0.00193	4.3043
HD#17	39.20	56.88	59.57	67.02	1.053	3.98	6.56	0.1741%	541.40	0.00185	4.2050
HD#18	32.90	47.36	49.58	228.32	1.054	3.98	6.56	0.1914%	509.82	0.00196	5.4308
HD#19	37.90	50.78	53.96	63.02	1.072	3.98	6.56	0.1370%	516.75	0.00194	4.1434
HD#20	41.20	54.93	57.37	65.02	1.050	3.98	6.56	0.1376%	512.82	0.00195	4.1747
HD#21	39.00	54.69	57.13	78.02	1.051	3.98	6.56	0.1591%	530.30	0.00189	4.3570
HD#22	38.20	52.98	55.42	99.03	1.053	3.98	6.56	0.1675%	507.88	0.00197	4.5954
HD#23	36.70	49.32	51.51	88.02	1.051	3.98	6.56	0.1480%	502.38	0.00199	4.4778
HD#24	35.20	53.71	56.15	67.02	1.052	3.98	6.56	0.1990%	551.52	0.00181	4.2050
HD#25	37.30	53.47	55.91	53.01	1.052	3.98	6.56	0.1698%	535.22	0.00187	3.9706
HD#26	36.30	53.15	55.84	89.02	1.058	3.98	6.56	0.1871%	531.11	0.00188	4.4889
HD#27	38.10	54.70	57.63	46.01	1.061	3.98	6.56	0.1614%	549.61	0.00182	3.8289
HD#28	38.30	54.44	56.88	64.02	1.051	3.98	6.56	0.1657%	533.58	0.00187	4.1592
HD#29	39.30	56.88	59.57	74.02	1.053	3.98	6.56	0.1814%	529.29	0.00189	4.3043
HD#30	34.90	49.32	51.51	83.02	1.051	3.98	6.56	0.1642%	528.27	0.00189	4.4191

ตารางที่ 5.8 แสดงผลของการทดสอบ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 175 °C กระแสไฟฟ้าตรง

10 มิลลิออมป์ สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ A

ln (TTF) vs. $1/T_{\text{stripe}}$ of A



รูปที่ 5.4 กราฟของ ln (TTF) กับ $1/T_{\text{stripe}}$ ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริคิสทิฟแบบ A

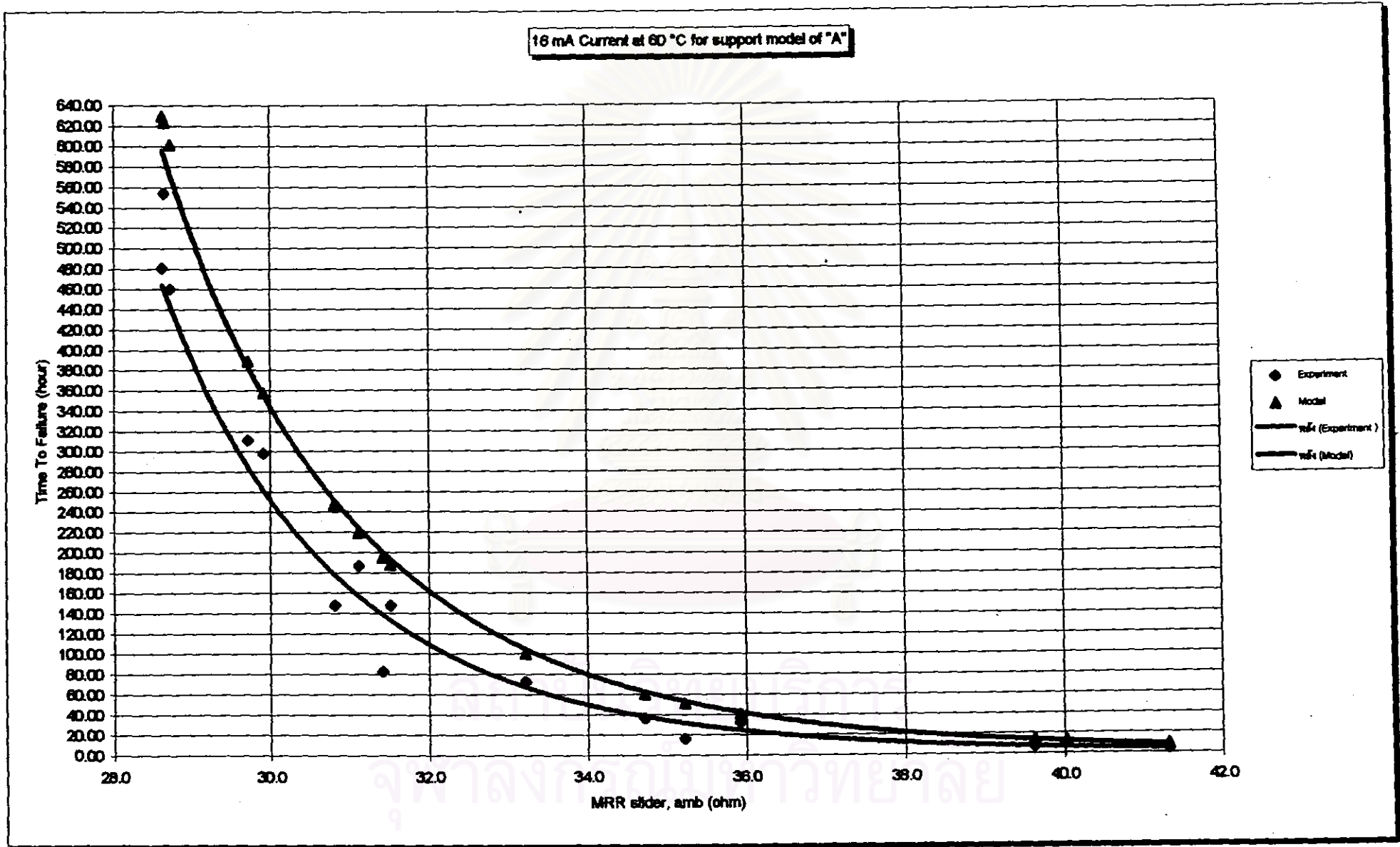
Number of HGAs/stack	Duty Cycle	T _{stripe} at 80 °C	Operate at 8 mA Current			Operate at 10 mA Current		
			Maximum Allowable HGA Resistance (Ω)	Maximum Allowable Slider Resistance (Ω)	Minimum Allowable Stripe Height (u-inch)	Maximum Allowable HGA Resistance (Ω)	Maximum Allowable Slider Resistance (Ω)	Minimum Allowable Stripe Height (u-inch)
1 HGA/Stack	100%	371.12	40.79	36.81	39.34	30.03	26.05	57.81
2 HGAs/Stack	50%	383.85	49.71	45.73	30.91	35.10	31.12	47.43
4 HGAs/Stack	25%	397.48	59.26	55.28	25.02	40.53	36.55	39.65
6 HGAs/Stack	17%	405.87	65.14	61.16	22.36	43.88	39.90	35.97
8 HGAs/Stack	12.5%	412.11	69.51	65.53	20.71	46.37	42.39	33.63

ตารางที่ 5.9 แสดงผลการคำนวณค่าความต้านทานสูงสุดและค่าความสูงต่ำสุดของแมกนีโทริซิสทีฟไดรฟ์ (h_{stripe}) ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ A ที่ 12.5 , 17 , 25 , 50 และ 100% duty cycle สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี และที่ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	MRR _{older} (Ω)	R _{start} (Ω)	Rafter (Ω)	Time to failure (hour)	dR/R %	Time from model (hour)
1	39.2	35.2	57.875	60.331	18.09	1.050	50.43
2	37.2	33.2	52.132	54.544	72.61	1.051	99.55
3	45.3	41.3	70.261	73.556	3.67	1.050	8.89
4	35.1	31.1	47.660	49.83136	186.72	1.050	218.99
5	35.4	31.4	48.346	50.55187	82.46	1.050	194.67
6	38.7	34.7	54.643	57.147	36.26	1.050	59.42
7	44.0	40.0	70.623	74.149	9.25	1.053	12.40
8	34.8	30.8	46.770	48.900	147.77	1.051	246.79
9	39.9	35.9	55.222	57.756	31.84	1.050	40.33
10	35.5	31.5	47.011	49.471	147.54	1.058	167.26
11	43.6	39.6	68.888	72.109	6.59	1.050	13.79
12	32.7	28.7	42.642	44.54183	480.27	1.050	601.45
13	32.6	28.6	41.642	43.50256	554.02	1.050	623.48
14	32.6	28.6	43.092	45.11485	480.77	1.053	629.10
15	33.7	29.7	44.838	46.89773	310.92	1.051	388.74
16	33.9	29.9	45.665	47.73619	298.08	1.050	357.22

ตารางที่ 5.10 แสดงผลการทดสอบ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 60 °C, 16 มิลลิแอมป์
สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทเรซิสทีฟแบบ A



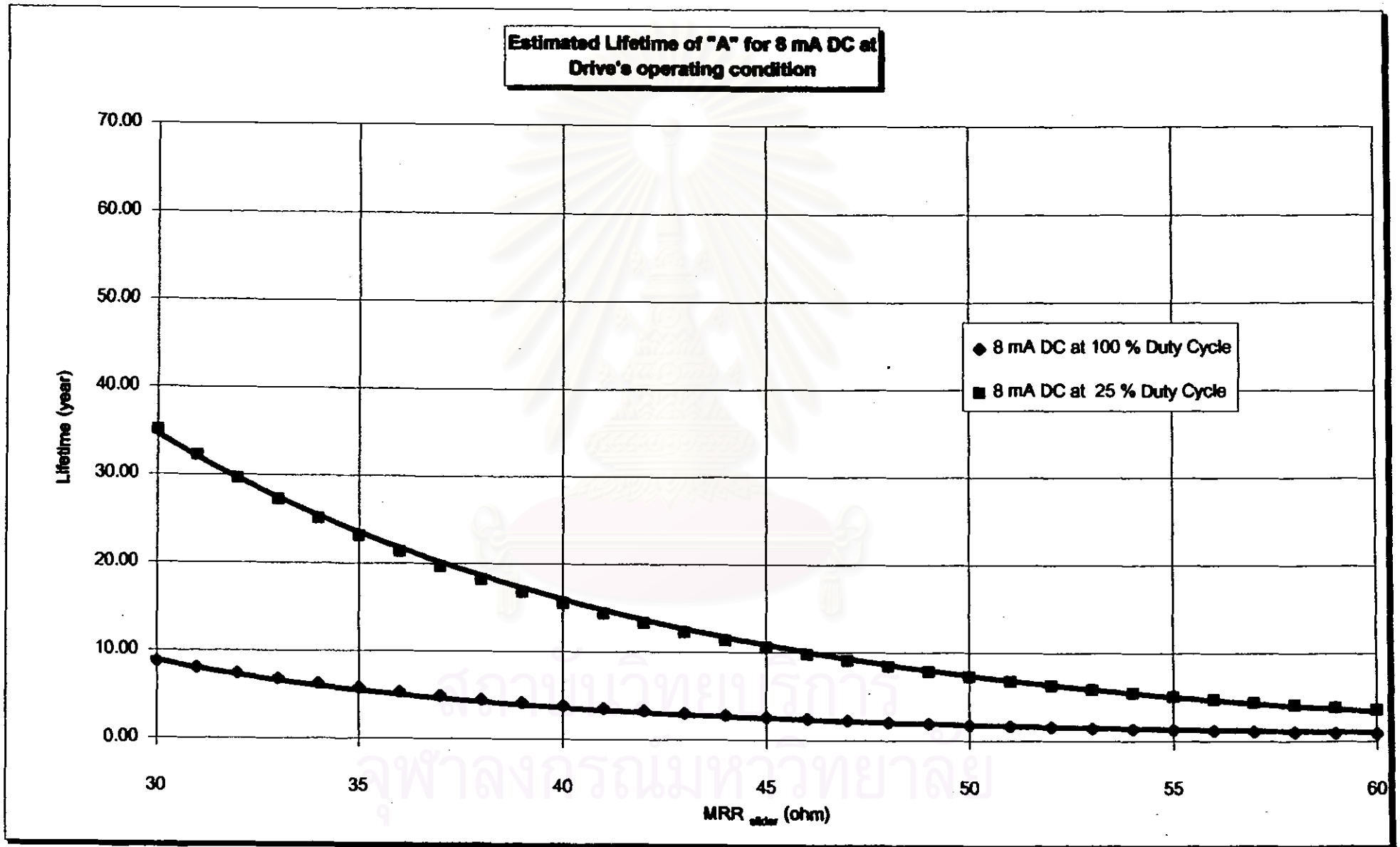
รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทดลองจริงกับผลที่ได้จากโมเดลการทำงานอายุของ

หัวอ่านแม่เหล็กแบบหัวโตะที่ติดตั้งบน ML A

	8mA	8mA	8mA	8mA	10mA	10mA	10mA	10mA	16mA	16mA	16mA	16mA
Silider Res (amb, 1mA) (ohm)												
	$T_{\text{range at } 80^{\circ}\text{C}} \text{ (K)}$	$1/T_{\text{range at } 80^{\circ}\text{C}} \text{ (1/K)}$	Life(yr)_8mA_100%	Life(yr)_8mA_25%	$T_{\text{range at } 80^{\circ}\text{C}} \text{ (K)}$	$1/T_{\text{range at } 80^{\circ}\text{C}} \text{ (1/K)}$	Life(yr)_10mA_100%	Life(yr)_10mA_25%	$T_{\text{range at } 80^{\circ}\text{C}} \text{ (K)}$	$1/T_{\text{range at } 80^{\circ}\text{C}} \text{ (1/K)}$	Life(yr)_16mA_100%	Life(yr)_16mA_25%
25	354.3	0.00282	13.52	54.10	368.5	0.00271	5.81	23.23	420.0	0.00238	0.4381	1.7524
26	355.7	0.00281	12.39	49.55	371.0	0.00270	5.04	20.15	432.6	0.00231	0.2559	1.0236
27	357.1	0.00280	11.35	45.41	373.5	0.00268	4.38	17.51	445.2	0.00225	0.1541	0.6164
28	358.5	0.00279	10.41	41.65	376.0	0.00266	3.81	15.24	457.8	0.00218	0.0954	0.3817
29	360.0	0.00278	9.56	38.22	378.5	0.00264	3.32	13.29	470.4	0.00213	0.0606	0.2425
30	361.4	0.00277	8.78	35.10	381.0	0.00262	2.90	11.61	483.0	0.00207	0.0394	0.1577
31	362.8	0.00276	8.07	32.26	383.5	0.00261	2.54	10.16	495.6	0.00202	0.0262	0.1049
32	364.2	0.00275	7.42	29.67	386.0	0.00259	2.23	8.91	508.2	0.00197	0.0178	0.0712
33	365.7	0.00273	6.83	27.30	388.6	0.00257	1.96	7.83	520.8	0.00192	0.0123	0.0492
34	367.1	0.00272	6.28	25.14	391.1	0.00256	1.72	6.89	533.4	0.00187	0.0087	0.0346
35	368.5	0.00271	5.79	23.16	393.6	0.00254	1.52	6.07	546.0	0.00183	0.0062	0.0247
36	370.0	0.00270	5.34	21.38	396.1	0.00252	1.34	5.35	558.6	0.00179	0.0045	0.0180
37	371.4	0.00269	4.93	19.70	398.6	0.00251	1.18	4.73	571.2	0.00175	0.0033	0.0132
38	372.8	0.00268	4.55	18.19	401.1	0.00249	1.05	4.19	583.8	0.00171	0.0025	0.0099
39	374.2	0.00267	4.20	16.80	403.6	0.00248	0.93	3.72	596.4	0.00168	0.0019	0.0074
40	375.7	0.00266	3.88	15.53	406.1	0.00246	0.82	3.30	609.0	0.00164	0.0014	0.0057
41	377.1	0.00265	3.59	14.36	408.6	0.00245	0.73	2.93	621.5	0.00161	0.0011	0.0044
42	378.5	0.00264	3.32	13.29	411.1	0.00243	0.65	2.61	634.1	0.00158	0.0009	0.0034
43	379.9	0.00263	3.08	12.30	413.7	0.00242	0.58	2.33	646.7	0.00155	0.0007	0.0027
44	381.4	0.00262	2.85	11.40	416.2	0.00240	0.52	2.08	659.3	0.00152	0.0005	0.0022
45	382.8	0.00261	2.64	10.57	418.7	0.00239	0.47	1.86	671.9	0.00149	0.0004	0.0017
46	384.2	0.00260	2.45	9.80	421.2	0.00237	0.42	1.67	684.5	0.00146	0.0003	0.0014
47	385.7	0.00259	2.27	9.09	423.7	0.00236	0.37	1.49	697.1	0.00143	0.0003	0.0011
48	387.1	0.00258	2.11	8.44	426.2	0.00235	0.34	1.34	709.7	0.00141	0.0002	0.0009
49	388.5	0.00257	1.96	7.84	428.7	0.00233	0.30	1.21	722.3	0.00138	0.0002	0.0008
50	389.9	0.00256	1.82	7.29	431.2	0.00232	0.27	1.09	734.9	0.00136	0.0002	0.0006
51	391.4	0.00256	1.70	6.78	433.7	0.00231	0.24	0.98	747.5	0.00134	0.0001	0.0005
52	392.8	0.00255	1.58	6.31	436.2	0.00229	0.22	0.88	760.1	0.00132	0.0001	0.0005
53	394.2	0.00254	1.47	5.87	438.8	0.00228	0.20	0.80	772.7	0.00129	0.0001	0.0004
54	395.6	0.00253	1.37	5.47	441.3	0.00227	0.18	0.72	785.3	0.00127	0.0001	0.0003
55	397.1	0.00252	1.27	5.10	443.8	0.00225	0.16	0.65	797.9	0.00125	0.0001	0.0003
56	398.5	0.00251	1.19	4.75	446.3	0.00224	0.15	0.59	810.5	0.00123	0.0001	0.0002
57	399.9	0.00250	1.11	4.44	448.8	0.00223	0.13	0.54	823.0	0.00121	0.0001	0.0002
58	401.4	0.00249	1.03	4.14	451.3	0.00222	0.12	0.49	835.6	0.00120	0.0000	0.0002
59	402.8	0.00248	0.97	3.87	453.8	0.00220	0.11	0.44	848.2	0.00118	0.0000	0.0002
60	404.2	0.00247	0.90	3.61	456.3	0.00219	0.10	0.40	860.8	0.00116	0.0000	0.0001

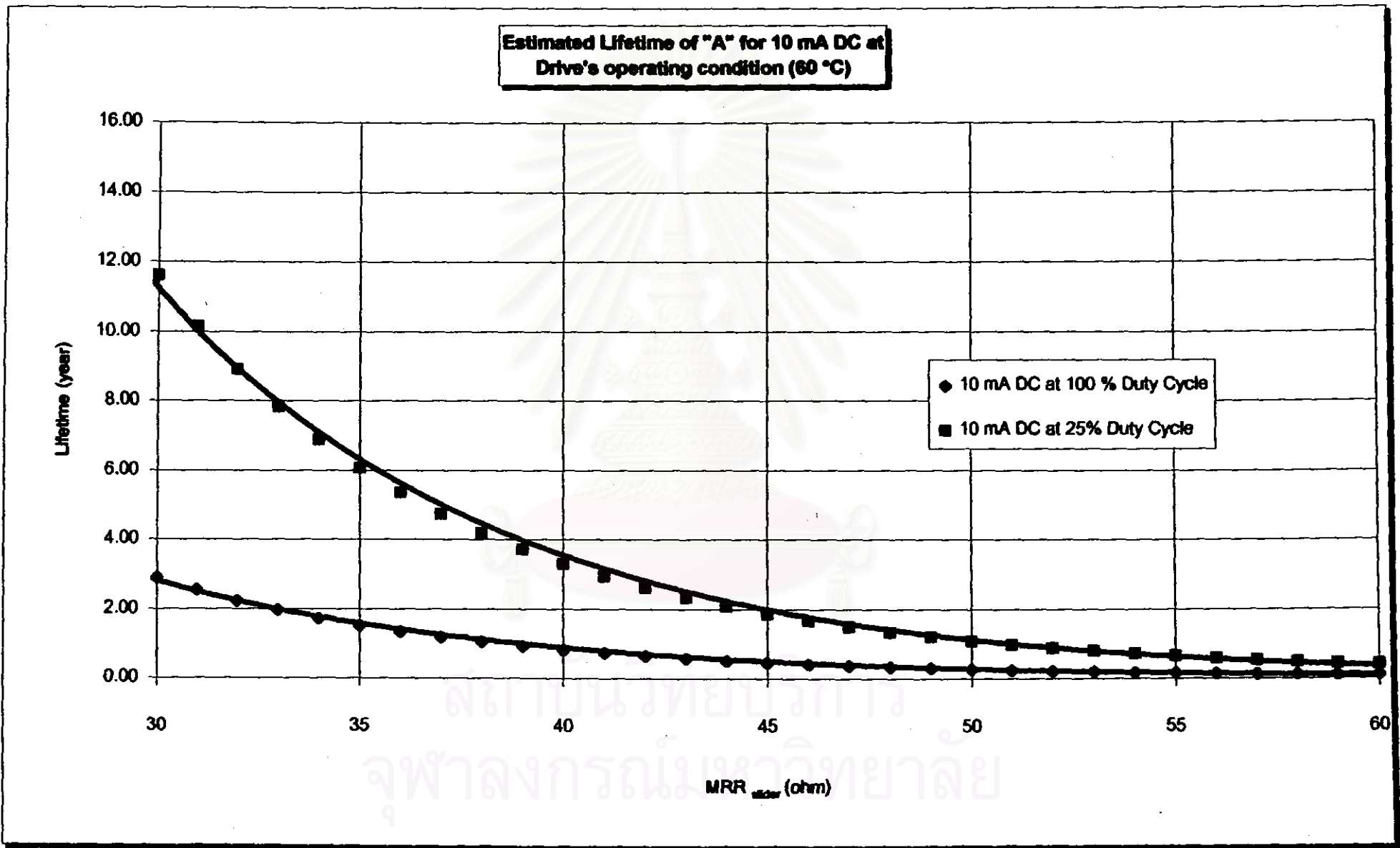
ตารางที่ 5.11 แสดงผลการประเมินอายุการใช้งานหรือ TTF ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ A ที่

สภาวะการทำงานโดยมีกระแสไฟฟ้าตรง 8, 10 และ 16 มิลลิแอมป์ ที่สภาวะการไงาน 25 และ



รูปที่ 5.6 แสดงกราฟอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ A กับกระแสไฟฟ้าตรงที่ 8

และใช้สภาวะการใช้งาน 25 และ 100% Duty cycle



รูปที่ 5.7 แสดงกราฟอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ A กับกระแสไฟฟ้าตรงที่ 10

5.2. ผลการวิเคราะห์สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ "B"

5.2.1 สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของสไตรฟ์ (Stripe height, h_{stripe}) และความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟในระดับสไลเดอร์ที่อุณหภูมิห้อง

ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ A กับ h_{stripe} และ $1/h_{stripe}$ แสดงในรูปที่ 5.8 ซึ่งเป็นการพล็อตกราฟจากข้อมูลในตารางที่ 5.12 ระหว่างความต้านทานของหัวอ่านแมกนีโทริซิสทีฟกับความสูงของสไตรฟ์ จากกราฟรูปที่ 5.8 จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$h_{stripe} = 2542.9 (MRR_{slider})^{-1.2585} \tag{5.8}$$

$$R^2 = 0.9269$$

เมื่อ

$$h_{stripe} = \text{ความสูงของแมกนีโทริซิสทีฟสไตรฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟ } (\mu\text{-inch})$$

$$MRR_{slider} = \text{ความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟที่ระดับสไลเดอร์และที่อุณหภูมิห้อง } (\Omega)$$

5.2.2 สหสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิของสไตรฟ์ที่สภาวะการทำงานของไครฟ์

จากข้อสมมติฐานของการทดลองประเมินให้อุณหภูมิของไครฟ์ในขณะที่ไครฟ์ทำงานเท่ากับ 60 °C ผลของการทดลองมีดังนี้

5.2.2.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟในระดับ HGA ได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.13 ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของลวดนำไฟฟ้า แสดงไว้ในตารางที่ 5.14

5.2.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟของหัวอ่านเขียน

แมกนีโทริซิทีฟที่ระดับ HGA กับอุณหภูมิของสไตร์ฟที่ 60°C สำหรับสองกระแสไฟฟ้าตรงที่ 8 และ 10 มิลลิแอมป์ แสดงไว้ในตารางที่ 5.15 และรูปที่ 5.9 จากรูปที่ 5.19 จะได้ความสัมพันธ์จากการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีกำลังสองน้อยที่สุด ดังนี้

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{stripe at } 60^{\circ}\text{C}} = 2.7568 \text{ MRR}_{\text{HGA,amb}} + 223.1 \quad (5.9)$$

$$R^2 = 0.7022$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{stripe at } 60^{\circ}\text{C}} = 5.7033 \text{ MRR}_{\text{HGA,amb}} + 170.76 \quad (5.10)$$

$$R^2 = 0.7900$$

5.2.3 การศึกษา Accelerated Electro-Migration

5.2.3.1 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิทีฟแต่ละตัว สำหรับการศึกษานี้แสดงไว้ในตารางที่ 5.16 และตารางที่ 5.18 สำหรับอุณหภูมิ 140°C และ 175°C ตามลำดับ

5.2.3.2 ผลการทดลองของ Accelerated Electro-Migration แสดงไว้ในตารางที่ 5.17 และตารางที่ 5.19 สำหรับอุณหภูมิ 140°C และ 175°C ตามลำดับ

5.2.3.3 นำข้อมูล $\ln(\text{TTF})$ กับ $1/T_{\text{stripe}}$ มาพล็อตกราฟซึ่งแสดงในรูปที่ 5.11 จากการวิเคราะห์การถดถอยและวิธีกำลังสองน้อยที่สุดจะได้สมการเชิงเส้น ดังนี้

$$\ln(\text{TTF}) = 8840 (1/T_{\text{stripe}}) - 11.632 \quad (5.11)$$

$$R^2 = 0.8163$$

5.2.4. คำนวณหาค่าสูงสุดสำหรับหาค่าสูงสุดของอุณหภูมิของสไตร์ฟสำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี ที่ 100% duty cycle จากสมการ (5.11)

$$\ln(5 \times 365 \times 24) = 8840 (1/T_{\text{stripe}}) - 11.632$$

$$1/T_{\text{stripe}} = 0.00252482$$

$$T_{\text{stripe}} = 396.0682 \quad ^\circ\text{K}$$

จากสมการที่ (5.9) และ (5.10) หาค่าความสัมพันธ์ของความต้านทานสูงสุดของหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิททีฟที่ระดับ HGA สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี ที่ 100% duty cycle

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} = 3.7568 \text{ MRR}_{\text{HGA,amb}} + 223.1$$

$$\text{MRR}_{\text{HGA}} = (T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} - 223.1) / 3.7568$$

$$= (396.0682 - 223.1) / 3.7568$$

$$= 46.0414 \quad (\Omega)$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} = 5.7033 \text{ MRR}_{\text{HGA,amb}} + 170.76$$

$$\text{MRR}_{\text{HGA}} = (T_{\text{stripe ที่ } 60^\circ\text{C}} - 170.76) / 5.7033$$

$$= (396.0682 - 170.76) / 5.7033$$

$$= 39.5049 \quad (\Omega)$$

5.2.5 จากค่าความต้านทานสูงสุดของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ทำได้ในระดับ HGA สามารถนำมาหาความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสที่พินระดับสไลเดอร์ จากสมการ

$$MRR_{\text{slider}} = MRR_{\text{HGA,amb}} - R_{w_{\text{amb}}} \quad (5.12)$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$\begin{aligned} MRR_{\text{slider}} &= 46.0414 - 3.6 \\ &= 42.4414 \quad (\Omega) \end{aligned}$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$MRR_{\text{slider}} = 35.9049 \quad (\Omega)$$

5.2.6 จากค่าความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่ทำได้ในแต่ละระดับของกระแสไฟฟ้าตรง สามารถนำมาหาความสูงของสไลด์ได้ จากสมการที่ (5.8)

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 8 มิลลิแอมป์

$$\begin{aligned} h_{\text{stripe}} &= 2542.9 (MRR_{\text{slider}})^{-1.2585} \\ &= 2542.9 (42.4414)^{-1.285} \\ &= 22.7382 \quad \mu\text{-inch} \end{aligned}$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

$$\begin{aligned} h_{\text{stripe}} &= 2542.9 (MRR_{\text{slider}})^{-1.2585} \\ &= 2542.9 (35.9049)^{-1.2585} \\ &= 28.0652 \quad \mu\text{-inch} \end{aligned}$$

5.2.7 ในทำนองเดียวกัน สามารถหาความต้านทานสูงสุดของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟและความสูงต่ำสุดของสไตร์ฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟที่ Duty cycle อื่น ๆ โดยใช้วิธีการคำนวณในหัวข้อ 4, 5 และ 6 ตารางที่ 5.7 แสดงความต้านทานสูงสุดของแมกนีโคริซิสทิฟและความสูงต่ำสุดของสไตร์ฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟที่กระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์ และคิดที่ 12.5, 17, 25, 50 และ 100% Duty cycle สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี

การคิด Duty cycle ของการใช้งานนิยมนิดจากจำนวน HGA ที่ใช้ต่อ Head Stack Assembly (HSA) [17] ตัวอย่างเช่น ไคร์ฟที่มีหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟสี่ตัวต่อ HSA การทำงานจะใช้หัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟเพียงตัวเดียวในการอ่านและเขียนข้อมูลบนแผ่นดิสก์ ดังนั้นภาระการใช้งาน (Duty Cycle) ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟคือ 25%

5.2.8 หาโมเดลอายุการใช้งานหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟ หรือ TTF สามารถหาได้จากสมการที่ (4.8) เปรียบเทียบกับสมการที่ (5.11) ดังนี้

สมการที่ (4.8) คือ

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

สมการที่ (5.11) คือ

$$\ln (\text{TTF}) = 8840 (1/T_{\text{stripe}}) - 11.632 \quad (5.13)$$

ดังนั้น

$$Ea/k = 8840$$

$$Ea = 8840 \times k$$

$$= 8840 \times 8.617 \times 10^{-3}$$

$$= 0.7617428 \text{ eV}$$

$$\ln (A) = -11.632$$

$$A = 8.8774 \times 10^{-6} \text{ ชั่วโมง}$$

ดังนั้น โมเดลของการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B คือ

$$TTF = 8.8774 \times 10^{-6} e^{[0.7617428 / (KT_{\text{time}})]} \quad (5.14)$$

5.2.9 การทดสอบเพื่อสนับสนุน โมเดลอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B

วัตถุประสงค์ของการทดสอบนี้คือ ใช้ในการสนับสนุนโมเดลอายุการใช้งาน ในทางปฏิบัติมัน เป็นไปไม่ได้ที่จะยืนยันความถูกต้อง (Validation) ของโมเดลจากการทดสอบบนการทำงานของไดรฟ์ จริง แล้วรอให้หัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟเกิดการประลัย เนื่องจากใช้ต้นทุนสูงมากและเวลาที่มี จำกัด

แนวทางการดำเนินการทดสอบนี้ จะคล้ายกับ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 140 °C และ 175 °C ที่ 10 มิลลิแอมป์ เพียงแค่เปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบเป็น 60 °C ที่ อุณหภูมิของสภาวะการทำงานของไดรฟ์ และใช้กระแสกระแสไฟฟ้าตรงที่ 16 มิลลิแอมป์ เวลาของการ เกิดประลัยหรือ TTF นี้จะนำไปเปรียบเทียบกับเวลาการประลัยที่ได้จากการคำนวณ จากโมเดลที่สภาวะ 60 °C และกระแสกระแสไฟฟ้าตรง 16 มิลลิแอมป์

ผลการทดสอบเวลาการประลัยของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟได้จัดเตรียมไว้ในตารางที่ 5.23 เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่ได้กับเวลาการประลัยที่ได้จากการคำนวณของโมเดลการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนที่สภาวะการทำงานเดียวกัน รูปที่ 5.13 แสดงการพล็อตของเวลากับการ ประลัยระหว่างผลที่ได้จากการทดสอบกับผลที่ได้จากการคำนวณของโมเดลการทำนายอายุ พบว่าเวลา การประลัยที่ได้จริงกับเวลาการประลัยที่ได้จากโมเดลการทำนายอายุอยู่ใกล้เคียงกันมาก และยังคงมีความ ใกล้เคียงกันมากที่ความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟสูงขึ้น

5.2.10 การยืนยันความถูกต้องของโมเดลทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B

จากผลการวิเคราะห์ในหัวข้อ 2.8 ซึ่งจะได้ค่า Activation Energy (Ea) เท่ากับ 0.7617428 eV ซึ่งมีค่าที่ได้ใกล้เคียงกับการทดลองอิเล็กโทรไมเกรชันบนฟิล์ม Ni-Fe (80% Ni) ของ A. Gangulee และ F.M. d'Heurle [10] ซึ่งได้ค่า Activation Energy เท่ากับ 0.7 ± 0.1 eV จะเห็นได้ว่าค่า Activation Energy ที่ได้จากการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันบนหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B อยู่

ในช่วงดังกล่าว ดังนั้นโมเดลในการทำนายอายุการใช้งานของหัวอ่านแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B น่าจะมีความถูกต้อง

จากผลการทดสอบการหาสัมพัทธ์ของความต้านทานของแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B กับความสูงของสไตรฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟ การหาสัมประสิทธิ์อุณหภูมิความต้านทานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟ และการทดสอบอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟในอุณหภูมิ 140 °C และ 175 °C ผลการทดสอบดังกล่าว ทำให้ได้โมเดลในการทำนายอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B

$$MTTF = 8.8774 \times 10^6 e^{(0.7617428 / kT_{range})} \text{ hour}$$

ค่า Activation Energy (Ea) มีค่าเท่ากับ 0.7617428 eV ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันบนฟิล์มเพอมีตลอย (80% Ni และ 20% Fe) ซึ่งสามารถอ้างอิงได้ว่าโมเดลน่าจะมีความถูกต้อง

นอกจากจะได้โมเดลในการทำนายอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแล้ว ผลที่ได้ต่อมาคือสามารถคำนวณหาความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสทิฟ และค่าต่ำสุดของความสูงสไตรฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี ดังแสดงในตารางที่ 5.7 ซึ่งแสดงผลการคำนวณค่าความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสทิฟ และค่าความสูงต่ำสุดของสไตรฟ์ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B ที่ 12.5, 17, 25, 50 และ 100% duty cycle และที่ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์ สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี เพื่อนำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินใจในการกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ในการผลิต เช่น ถ้าหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B ถูกผลิตเพื่อนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของฮาร์ดดิสก์แบบหนึ่ง ซึ่งใช้หัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B จำนวนสี่ตัวต่อไดรฟ์ และใช้ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ จากตารางที่ 5.20 การใช้หัวอ่านเขียนสี่ตัวต่อ HSA หรือ ไดรฟ์ คือ 25% duty cycle ดังนั้นควรกำหนดค่าความต้านทานสูงสุดของแมกนีโทริซิสทิฟในระดับสไลเดอร์เท่ากับ 40.50 Ω หรือต่ำกว่า โดยค่าความสูงต่ำสุดของสไตรฟ์เท่ากับ 24.12 μ-inch เพื่อให้ได้อายุการใช้งาน 5 ปี และ MTTF เท่ากับ 800,000 ชั่วโมง ตามข้อกำหนดความเชื่อถือของดิสก์ไดรฟ์อุตสาหกรรม

การประเมินอายุของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟที่สภาวะการใช้งาน โดยใช้กระแสไฟฟ้าตรงที่ 8 และ 10 มิลลิแอมป์ ที่ 25 และ 100% ได้ทำการคำนวณและเรียบเรียงไว้ในตาราง 5.24, รูป 5.14 และ 5.15

หมายเหตุ

1. ข้อกำหนดของภาระกระแสไฟฟ้าตรงสำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทิฟแบบ B

คือ 10 มิลลิแอมป์ การทดสอบนี้มีการใช้กระแสไฟฟ้าตรงที่ 8 มิลลิแอมป์ด้วย เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ดังนั้นการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันนี้สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ตัดสินและกำหนดค่ากระแสไฟฟ้าตรงด้วย

2. อุณหภูมิของคูบที่ใช้ในการทดสอบคือ 140°C และ 175°C ซึ่งเป็นการเร่งให้เกิดการประลัยให้เร็วขึ้น อุณหภูมิสูงขึ้นจะทำให้เกิดการประลัยเร็วขึ้น การออกแบบการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันอาจจะใช้อุณหภูมิสูงกว่าที่ใช้ในการทดสอบนี้ก็ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับเวลาและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบว่าสามารถทนอุณหภูมิในระยะเวลาานได้หรือไม่

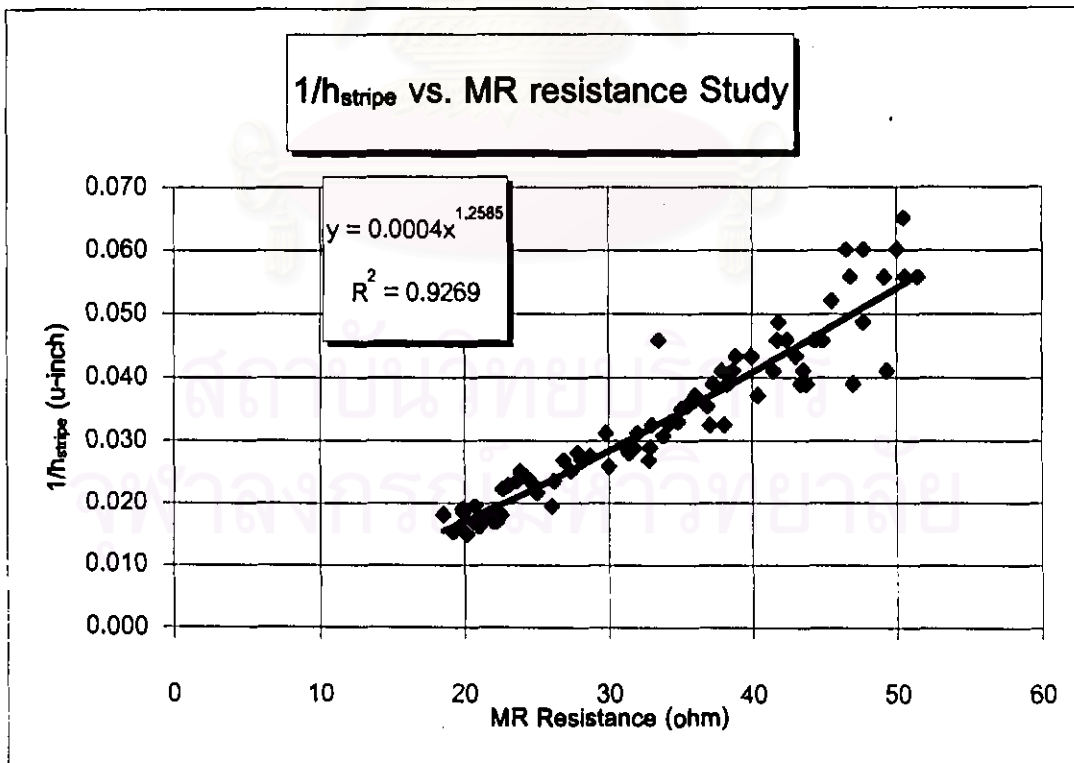
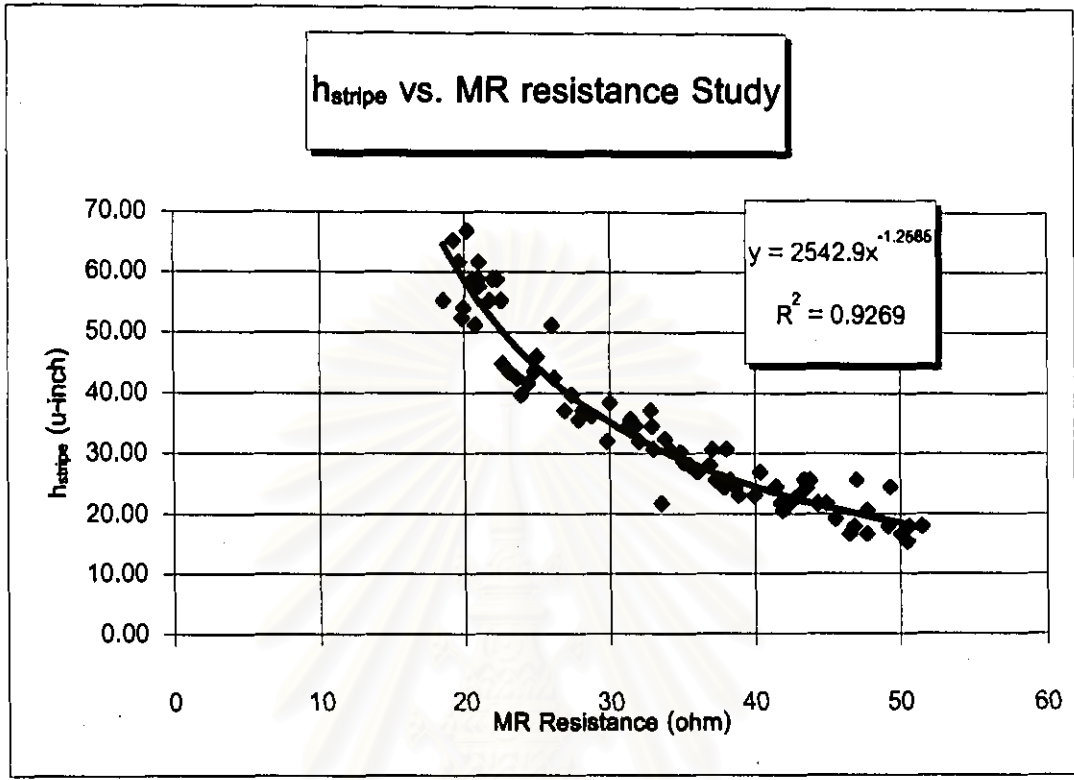
3. จากรูปที่ 5.11 กราฟของ $\ln(\text{TTF})$ กับ $1/T_{\text{temp}}$ ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ B เป็นการพล็อตค่า $\ln(\text{TTF})$ กับ $1/T_{\text{temp}}$ ของสองกลุ่มตัวอย่าง ในการทดสอบอิเล็กโทรไมเกรชันที่กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์ ที่ 140°C และ 175°C แล้วทำการอนุมานเป็นสมการเส้นตรงแบบถินิเยร์ ซึ่งในความเป็นจริงอาจไม่เป็นสมการเส้นตรงแบบถินิเยร์ก็ได้ เนื่องจากเป็นการอนุมานจากสองกลุ่มตัวอย่างเท่านั้น เนื่องจากเวลาทดสอบใช้เวลานาน ทวิพยากรณ์ข้างจำกัด และต้นทุน ในการทดสอบค่อนข้างสูง จึงเป็นข้อจำกัดของการทดสอบนี้

HD#	Resistance (Ω)	h_{stripe} (μm)	$1/h_{\text{stripe}}$ $1/(\mu\text{m})$
1	18.52	55.20	0.018
2	19.23	65.20	0.015
3	19.63	61.60	0.016
4	19.84	52.40	0.019
5	19.93	54.00	0.019
6	20.18	66.80	0.015
7	20.61	58.80	0.017
8	20.74	51.20	0.020
9	20.96	58.80	0.017
10	21.01	61.60	0.016
11	21.04	57.60	0.017
12	21.74	55.20	0.018
13	21.98	58.80	0.017
14	22.24	58.80	0.017
15	22.53	55.20	0.018
16	22.63	44.80	0.022
17	23.04	43.60	0.023
18	23.60	42.40	0.024
19	23.86	39.68	0.025
20	24.36	41.60	0.024
21	24.79	43.60	0.023
22	25.01	46.00	0.022
23	26.04	51.20	0.020
24	26.20	42.40	0.024
25	26.89	37.12	0.027
26	27.39	39.68	0.025
27	27.85	35.60	0.028
28	28.13	37.12	0.027
29	28.74	36.20	0.028
30	29.83	32.00	0.031
31	30	38.40	0.026
32	31.28	34.56	0.029
33	31.45	35.60	0.028
34	31.8	34.56	0.029
35	32.03	32.00	0.031
36	32.82	37.12	0.027
37	32.93	34.56	0.029
38	33.05	30.72	0.033
39	33.55	21.80	0.046
40	33.83	32.40	0.031

HD#	Resistance (Ω)	h_{stripe} (μm)	$1/h_{\text{stripe}}$ $1/(\mu\text{m})$
41	34.24	30.50	0.033
42	34.88	30.20	0.033
43	35.1	28.50	0.035
44	35.5	28.10	0.036
45	36.07	26.88	0.037
46	36.92	28.16	0.036
47	37.07	30.72	0.033
48	37.31	25.64	0.039
49	37.9	24.36	0.041
50	38.08	30.72	0.033
51	38.29	25.64	0.039
52	38.66	24.36	0.041
53	38.87	23.08	0.043
54	39.96	23.08	0.043
55	40.39	26.88	0.037
56	41.48	24.36	0.041
57	41.75	21.80	0.046
58	41.88	20.52	0.049
59	42.42	21.80	0.046
60	43.06	23.08	0.043
61	43.37	25.64	0.039
62	43.56	24.36	0.041
63	43.8	25.64	0.039
64	44.34	21.80	0.046
65	44.91	21.80	0.046
66	45.53	19.20	0.052
67	46.52	16.64	0.060
68	46.83	17.92	0.056
69	46.99	25.64	0.039
70	47.71	16.64	0.060
71	47.72	20.52	0.049
72	49.15	17.92	0.056
73	49.32	24.36	0.041
74	50.05	16.64	0.060
75	50.5	15.36	0.065
76	50.6	17.92	0.056
77	51.51	17.92	0.056

ตารางที่ 5.12 แสดงผลการวัดความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟและความสูงของแมกนีโทริซิสทีฟ (h_{stripe})

สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ B



รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานของแมกนีโทริซิสทีฟกับ h_{stripe} และ $1/h_{\text{stripe}}$ ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ B ในระดับสโกลเดอร์

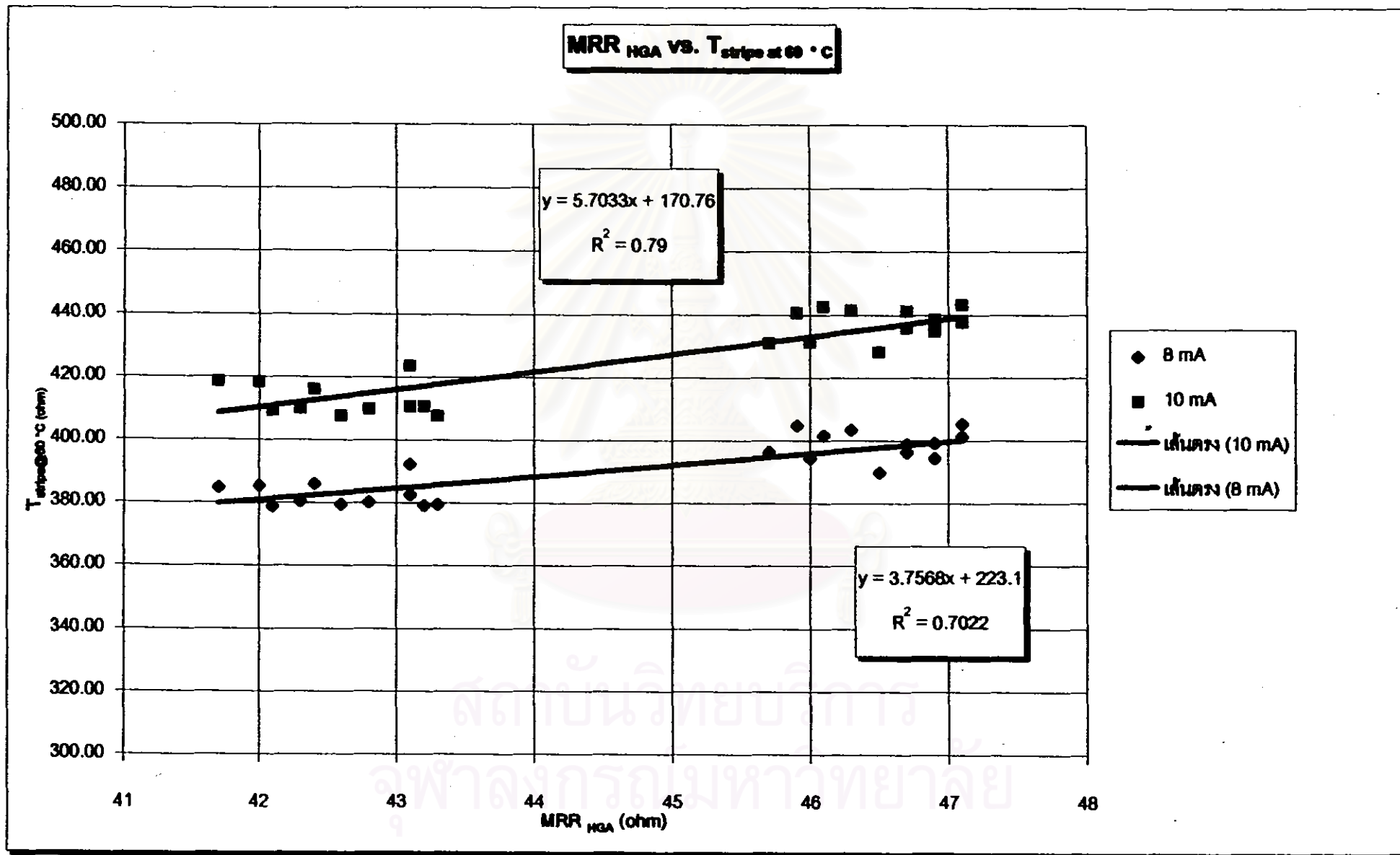
Head Number	Raw data of MRR <small>at room temperature</small>						MRR <small>at room temperature (subtract wire resistance)</small>						Normalized MRR <small>at room temperature</small>						Temperature Coefficient			
	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Slope		Intercept	R ²
	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(Ohm/°C)	(1/°C)	(Ω)
HDP1	47.1	48.41	50.46	52.90	54.52	58.55	43.50	44.75	46.38	48.42	49.84	51.28	1.00	1.03	1.07	1.11	1.14	1.18	0.095	0.190%	43.20	0.995
HDP2	45.7	44.78	47.20	48.84	51.27	53.71	42.10	41.09	43.12	45.17	46.38	48.42	1.00	0.98	1.02	1.07	1.10	1.15	0.072	0.170%	38.48	0.994
HDP3	46.3	46.39	48.83	50.46	52.90	54.52	42.70	42.72	44.75	45.98	48.01	49.24	1.00	1.00	1.05	1.08	1.12	1.15	0.065	0.153%	41.25	0.993
HDP4	46.5	46.39	48.01	50.46	52.90	54.52	42.90	42.72	43.94	45.98	48.01	49.24	1.00	1.00	1.02	1.07	1.12	1.15	0.068	0.159%	40.84	0.991
HDP5	46.5	46.39	48.01	50.46	52.90	54.52	42.90	42.72	43.94	45.98	48.01	49.24	1.00	1.00	1.02	1.07	1.12	1.15	0.068	0.159%	40.84	0.991
HDP6	46.1	46.19	47.81	50.26	52.38	54.21	42.50	42.82	43.74	45.78	47.50	48.92	1.00	1.00	1.03	1.08	1.12	1.15	0.068	0.159%	40.72	0.995
HDP7	46.7	46.99	48.43	51.06	53.50	55.12	43.10	43.32	45.35	46.38	48.61	49.84	1.00	1.01	1.05	1.08	1.13	1.16	0.065	0.151%	41.85	0.993
HDP8	46	46.19	47.81	50.26	52.38	54.21	42.40	42.52	43.74	45.78	47.50	48.92	1.00	1.00	1.03	1.08	1.12	1.15	0.068	0.159%	40.72	0.995
HDP9	47.1	47.39	49.83	51.46	53.90	55.84	43.50	43.72	45.75	46.98	49.01	50.55	1.00	1.01	1.05	1.08	1.13	1.16	0.068	0.159%	42.13	0.995
HDP10	45.9	46.19	47.81	50.26	52.38	54.21	42.30	42.52	43.74	45.78	47.50	48.92	1.00	1.01	1.03	1.08	1.12	1.16	0.068	0.157%	40.72	0.995
HDP11	46.9	47.39	49.83	51.46	53.90	55.52	43.30	43.72	45.75	46.98	49.01	50.24	1.00	1.01	1.06	1.08	1.13	1.16	0.065	0.151%	42.25	0.993
HDP12	46.9	47.39	49.83	51.46	53.90	55.52	43.30	43.72	45.75	46.98	49.01	50.24	1.00	1.01	1.06	1.08	1.13	1.16	0.065	0.151%	42.25	0.993
HDP13	46.7	47.29	49.83	51.26	53.70	55.32	43.10	43.82	45.55	46.78	48.91	50.04	1.00	1.01	1.05	1.09	1.13	1.16	0.064	0.149%	42.13	0.994
HDP14	43.1	42.32	44.76	46.39	48.83	50.46	39.50	38.65	40.68	41.91	43.94	45.17	1.00	0.98	1.03	1.06	1.11	1.14	0.065	0.157%	37.18	0.993
HDP15	42.6	42.32	44.76	46.39	48.83	50.46	39.00	38.65	40.68	41.91	43.94	45.17	1.00	0.98	1.04	1.07	1.13	1.16	0.065	0.167%	37.18	0.993
HDP16	42	42.60	44.13	45.76	47.30	48.83	38.40	38.84	40.05	41.28	42.41	44.54	1.00	1.01	1.04	1.08	1.10	1.16	0.065	0.143%	37.30	0.993
HDP17	43.3	43.39	45.83	47.46	49.90	51.52	39.70	39.72	41.75	42.98	45.01	46.24	1.00	1.00	1.05	1.08	1.13	1.16	0.065	0.164%	36.25	0.993
HDP18	42.3	42.50	44.95	46.57	48.20	50.84	39.70	39.84	40.87	42.10	43.31	45.35	1.00	1.00	1.05	1.09	1.12	1.17	0.062	0.160%	37.45	0.990
HDP19	41.7	42.00	43.63	45.26	46.89	49.33	39.10	39.34	39.55	40.78	42.00	44.04	1.00	1.01	1.04	1.07	1.10	1.16	0.055	0.145%	36.79	0.996
HDP20	43.1	43.13	44.76	46.39	48.83	50.46	39.50	39.46	40.68	41.91	43.94	45.17	1.00	1.00	1.03	1.08	1.11	1.14	0.059	0.149%	37.83	0.991
HDP21	42.4	42.50	43.95	45.57	48.01	50.46	39.80	39.84	39.87	41.10	43.13	45.17	1.00	1.00	1.03	1.08	1.11	1.16	0.064	0.164%	36.84	0.977
HDP22	43.2	43.43	45.87	47.50	49.13	51.57	39.80	39.78	41.80	43.02	44.24	46.28	1.00	1.00	1.06	1.09	1.12	1.17	0.062	0.159%	36.38	0.990
HDP23	42.1	42.20	44.65	46.27	47.90	50.34	39.50	39.54	40.57	41.80	43.01	45.05	1.00	1.00	1.05	1.09	1.12	1.17	0.062	0.161%	37.15	0.990
HDP24	42.8	43.12	44.65	46.59	48.28	50.96	39.20	39.46	40.57	42.11	43.40	45.67	1.00	1.01	1.03	1.07	1.11	1.16	0.061	0.159%	37.68	0.984

ตารางที่ 5.13 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B สำหรับการศึกษา
ความร้อนของแมกนีโทริซิสที่ฟที่ 60 °C

Wire #	Wire Resistance at oven temperature						Temperature Coefficient			Extrapolate Wire Resistance at oven temperature		
	Room temp. (22°C) (Ω)	25 °C (Ω)	50 °C (Ω)	75 °C (Ω)	100 °C (Ω)	125 °C (Ω)	Slope (Ohm/°C)	Intercept (Ω)	R ²	60 °C (Ω)	140 °C (Ω)	175 °C (Ω)
1	3.70	3.66	4.07	4.46	4.88	5.29	0.016	3.25	0.9999	4.23	5.53	6.10
2	3.60	3.68	4.08	4.48	4.89	5.30	0.016	3.27	1.0000	4.24	5.54	6.11
3	3.50	3.67	4.08	4.48	4.86	5.30	0.016	3.27	0.9998	4.23	5.53	6.09
4	3.60	3.66	4.09	4.47	4.90	5.29	0.016	3.26	0.9997	4.24	5.54	6.11
5	3.60	3.67	4.08	4.48	4.89	5.28	0.016	3.27	0.9999	4.24	5.53	6.09
Avg.	3.60	3.67	4.08	4.48	4.89	5.29	0.0162	3.26	0.9998	4.24	5.53	6.10

ตารางที่ 5.14 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของลวดนำไฟฟ้าสำหรับหัวถ่านเจียนแมกนีโทริซิทที่แบบ B

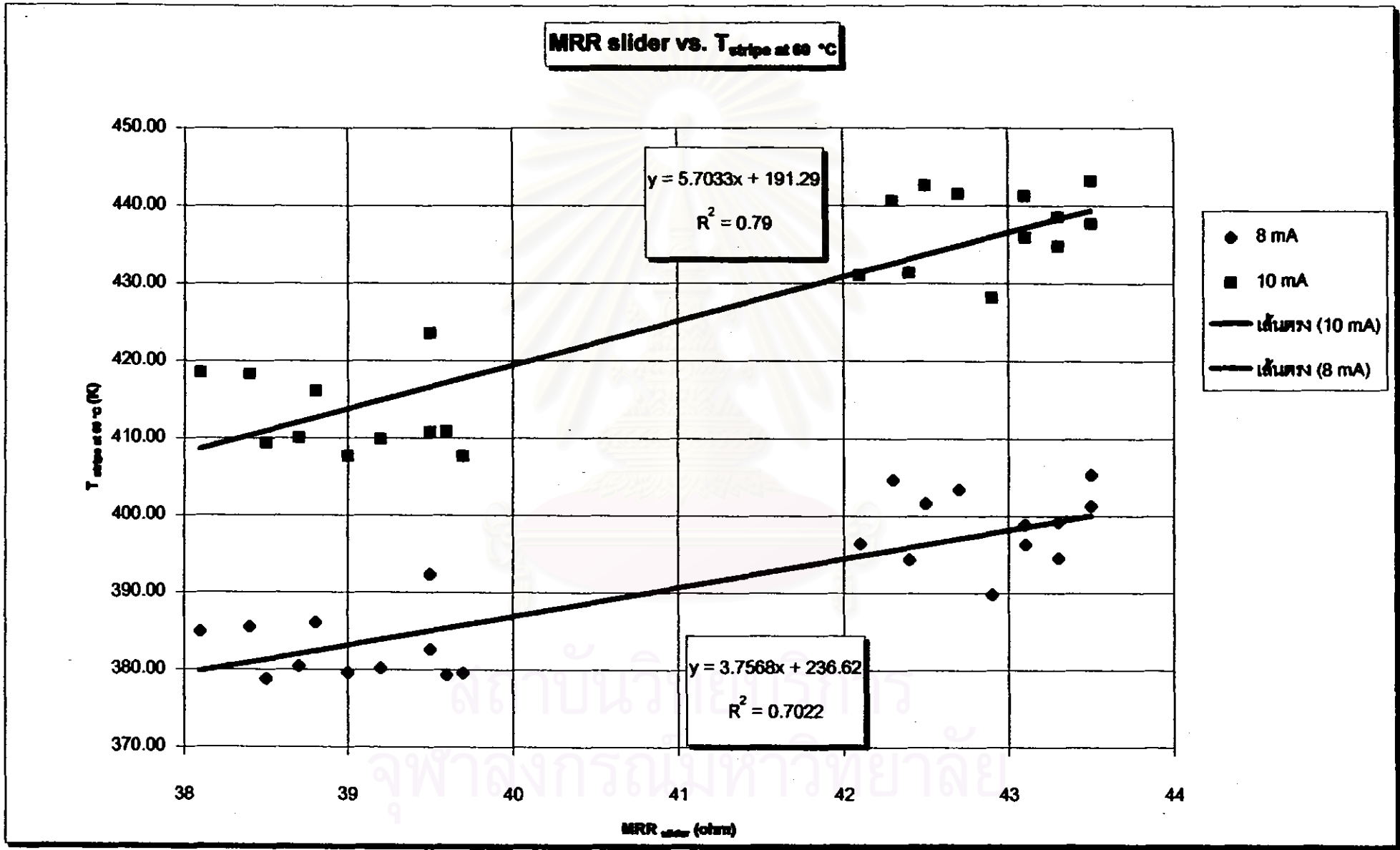
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.9 แสดงกราฟของ MRR_{HGA} กับ T_{stripe} ที่สภาวะการทำงาน 60°C สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟ

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	MRR _{older} (Ω)	MRR _{HGA} at 60 °C (Ω)		T.C. (1/°C)	Wire Resistance		T _{at 60 °C} (K)	
			8 mA	10 mA		at Room temp.	at 60 °C	8 mA	10 mA
HD#1	47.1	43.5	54.92	57.38	0.150%	3.6	4.2	405.40	443.20
HD#2	45.7	42.1	53.60	56.08	0.170%	3.6	4.2	396.42	431.02
HD#3	46.3	42.7	54.00	56.48	0.153%	3.6	4.2	403.47	441.53
HD#4	46.5	42.9	53.62	56.24	0.159%	3.6	4.2	389.85	428.21
HD#5	46.5	42.9	53.62	56.24	0.159%	3.6	4.2	389.85	428.21
HD#6	46.1	42.5	53.79	56.51	0.156%	3.6	4.2	401.66	442.63
HD#7	46.7	43.1	53.93	56.86	0.151%	3.6	4.2	396.35	441.31
HD#8	46	42.4	53.21	55.66	0.156%	3.6	4.2	394.35	431.40
HD#9	47.1	43.5	54.92	57.38	0.156%	3.6	4.2	401.31	437.71
HD#10	45.9	42.3	53.80	56.18	0.157%	3.6	4.2	404.71	440.63
HD#11	46.9	43.3	54.02	56.64	0.151%	3.6	4.2	394.58	434.85
HD#12	46.9	43.3	54.32	56.88	0.151%	3.6	4.2	399.26	438.60
HD#13	46.7	43.1	54.02	56.40	0.149%	3.6	4.2	398.92	435.90
HD#14	43.1	39.5	49.44	51.27	0.165%	3.6	4.2	382.65	410.74
HD#15	42.6	39	48.74	50.57	0.167%	3.6	4.2	379.58	407.68
HD#16	42	38.4	47.61	49.42	0.143%	3.6	4.2	385.44	418.29
HD#17	43.3	39.7	49.44	51.27	0.164%	3.6	4.2	379.58	407.68
HD#18	42.3	38.7	48.22	50.05	0.160%	3.6	4.2	380.45	410.03
HD#19	41.7	38.1	47.31	49.17	0.145%	3.6	4.2	384.88	418.54
HD#20	43.1	39.5	49.44	51.27	0.148%	3.6	4.2	392.36	423.58
HD#21	42.4	38.8	48.83	50.74	0.164%	3.6	4.2	386.10	416.08
HD#22	43.2	39.6	49.05	51.00	0.156%	3.6	4.2	379.34	410.89
HD#23	42.1	38.5	47.91	49.80	0.161%	3.6	4.2	378.75	409.31
HD#24	42.8	39.2	48.63	50.44	0.156%	3.6	4.2	380.21	409.85

ตารางที่ 5.15 แสดงความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่พบกับอุณหภูมิของแมกนีโทริซิสที่สภาวะการทำงาน
60 °C สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ B



รูปที่ 5.10 แสดงกราฟของ MRR_{slider} กับ T_{stripe} ที่สภาวะการทำงาน 60 °C สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟ

Head Number	Raw data of MRR _{at 22°C} at oven temperature						MRR _{at 22°C} after at oven temperature (subtract wire resistance)						Normalized MRR _{at 22°C} after at oven temperature						Temperature Coefficient			
	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Slope		Intercept	R ²
	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(Ohm/°C)	(1/°C)	(Ω)
HD#1	40.6	40.95	42.98	44.77	46.64	48.97	37.00	37.28	38.88	40.29	41.78	43.68	1.00	1.008	1.05	1.09	1.13	1.18	0.063	0.189%	35.67	0.997
HD#2	41.4	43.13	44.76	46.60	48.74	50.37	37.80	39.46	40.68	42.32	43.86	45.08	1.00	1.044	1.08	1.12	1.16	1.19	0.058	0.152%	37.96	0.987
HD#3	41.4	41.50	43.95	45.57	47.81	49.34	37.80	37.84	39.87	41.10	42.73	44.95	1.00	1.001	1.05	1.09	1.13	1.17	0.061	0.162%	36.93	0.994
HD#4	41.4	43.95	45.76	48.10	50.34	52.37	37.90	40.28	41.68	43.62	45.46	47.08	1.00	1.066	1.10	1.15	1.20	1.25	0.070	0.184%	38.41	0.998
HD#5	41.6	42.32	44.76	46.39	48.01	50.46	38.00	38.65	40.68	41.91	43.13	45.17	1.00	1.017	1.07	1.10	1.13	1.19	0.062	0.163%	37.26	0.989
HD#6	41.6	43.95	45.57	48.01	49.64	52.08	38.00	40.28	41.50	43.54	44.76	46.79	1.00	1.060	1.09	1.15	1.18	1.23	0.065	0.171%	38.48	0.992
HD#7	43.3	44.76	47.20	48.63	51.27	52.90	39.70	41.09	43.12	44.35	46.38	47.81	1.00	1.035	1.09	1.12	1.17	1.20	0.065	0.164%	39.62	0.993
HD#8	46.5	48.63	50.96	53.90	55.82	58.27	42.80	45.16	46.68	49.42	50.94	52.96	1.00	1.053	1.09	1.15	1.19	1.23	0.079	0.184%	43.17	0.995
HD#9	46.4	49.64	51.27	53.71	55.84	58.28	42.80	45.67	47.19	49.23	50.95	52.99	1.00	1.074	1.10	1.15	1.19	1.24	0.071	0.188%	43.93	0.994
HD#10	47.2	49.64	51.27	53.71	55.84	58.28	43.60	45.97	47.19	49.23	50.95	52.99	1.00	1.054	1.08	1.13	1.17	1.22	0.071	0.163%	43.93	0.994
HD#11	41.5	42.32	43.95	46.39	48.01	50.56	37.90	38.65	39.67	41.91	43.13	45.27	1.00	1.020	1.05	1.11	1.14	1.19	0.068	0.174%	36.82	0.991
HD#12	39	39.93	41.56	43.80	45.22	47.85	35.40	36.27	37.49	39.33	40.53	42.58	1.00	1.025	1.06	1.11	1.14	1.20	0.062	0.174%	34.57	0.987
HD#13	42.7	43.13	45.57	47.20	48.65	51.67	39.10	39.46	41.50	42.72	44.76	46.38	1.00	1.009	1.06	1.09	1.14	1.19	0.068	0.176%	37.84	0.996
HD#14	44.7	44.76	47.20	49.14	51.27	53.20	41.10	41.09	43.12	44.67	46.38	47.91	1.00	1.000	1.05	1.09	1.13	1.17	0.068	0.164%	39.57	0.997
HD#15	45.1	46.57	48.01	49.96	52.46	54.61	41.50	41.91	43.94	45.48	47.60	49.32	1.00	1.010	1.06	1.10	1.15	1.19	0.074	0.178%	40.10	0.998
HD#16	46.5	48.01	50.46	52.90	55.25	57.67	42.90	44.35	46.38	48.42	50.36	52.28	1.00	1.034	1.08	1.13	1.17	1.22	0.079	0.185%	42.40	1.000
HD#17	48	48.57	50.81	52.64	54.73	56.92	44.40	44.91	46.74	48.17	49.85	51.64	1.00	1.011	1.09	1.08	1.12	1.16	0.068	0.149%	43.29	0.999
HD#18	47	47.20	49.84	51.27	53.71	55.34	43.40	43.53	45.56	46.79	48.83	50.05	1.00	1.003	1.06	1.08	1.13	1.15	0.065	0.150%	42.07	0.993
HD#19	47.8	47.20	49.84	52.08	53.90	56.15	44.00	43.53	45.56	47.81	49.01	50.68	1.00	0.989	1.04	1.08	1.11	1.16	0.072	0.185%	41.66	0.996
HD#20	48.6	49.01	51.46	53.90	55.62	57.97	45.00	45.35	47.38	49.42	50.64	52.88	1.00	1.006	1.05	1.10	1.13	1.17	0.072	0.159%	43.72	0.994
HD#21	47.8	48.01	49.84	52.08	54.11	56.95	44.20	44.35	45.56	47.61	49.23	51.68	1.00	1.003	1.03	1.08	1.11	1.17	0.073	0.166%	42.19	0.989
HD#22	48.5	49.01	51.46	53.90	55.62	57.97	44.90	45.35	47.38	49.42	50.64	52.68	1.00	1.010	1.06	1.10	1.13	1.17	0.072	0.160%	43.72	0.994
HD#23	52.2	52.90	55.34	57.76	60.62	62.69	48.60	49.23	51.26	53.30	55.74	57.40	1.00	1.013	1.05	1.10	1.15	1.18	0.083	0.171%	47.14	0.998
HD#24	43.3	43.13	45.57	47.20	49.53	51.27	39.70	39.46	41.50	42.72	44.64	45.98	1.00	0.994	1.05	1.08	1.12	1.16	0.065	0.163%	38.01	0.994
HD#25	47.1	47.20	49.64	52.08	54.52	56.15	43.60	43.53	45.56	47.81	49.84	50.88	1.00	1.001	1.06	1.09	1.14	1.17	0.075	0.172%	41.82	0.993
HD#26	45.5	45.57	48.01	49.64	52.08	53.71	41.90	41.91	43.94	45.17	47.20	48.42	1.00	1.000	1.06	1.08	1.13	1.16	0.065	0.156%	40.44	0.993
HD#27	36.8	37.43	38.86	40.60	41.82	43.55	33.00	33.77	34.79	36.13	37.63	38.26	1.00	1.023	1.05	1.09	1.12	1.16	0.045	0.136%	32.63	0.997
HD#28	46.2	46.39	48.50	50.50	52.90	54.90	42.60	42.72	44.42	46.02	48.01	49.61	1.00	1.003	1.04	1.08	1.13	1.16	0.069	0.163%	40.95	0.999

ตารางที่ 5.16 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแมกนีโทริซิติฟของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิติฟแบบ B
 สำหรับการทดสอบอายุการใช้งานที่ 140 °C และใช้กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	R _{start} (Ω)	R _{after} (Ω)	TTF (hr) dR/R \geq 1.05	dR/R %	Wire Resistance (Ω)		T.C (1/ $^{\circ}$ C)	T _{stripe} (K)	1/T _{stripe} (1/K)	Ln(TTF) (hr)
						at room temp	at 140 $^{\circ}$ C				
HD#1	40.6	56.88	59.63	220.06	1.0534	3.60	5.53	0.169%	523.99	0.001908	5.394
HD#2	41.4	57.13	59.81	123.06	1.0520	3.60	5.53	0.152%	534.56	0.001871	4.813
HD#3	41.4	57.13	59.81	198.06	1.0520	3.60	5.53	0.162%	520.68	0.001921	5.289
HD#4	41.4	59.08	61.82	281.08	1.0512	3.60	5.53	0.184%	521.71	0.001917	5.639
HD#5	41.6	57.86	60.79	123.03	1.0560	3.60	5.53	0.163%	526.57	0.001899	4.812
HD#6	41.6	59.33	62.12	120.02	1.0520	3.60	5.53	0.171%	537.49	0.001861	4.788
HD#7	43.3	61.28	63.96	274.08	1.0482	3.60	5.53	0.164%	541.37	0.001847	5.613
HD#8	46.5	66.65	69.82	221.06	1.0519	3.60	5.53	0.184%	526.42	0.001900	5.398
HD#9	46.4	66.89	70.07	133.04	1.0517	3.60	5.53	0.166%	555.96	0.001799	4.891
HD#10	47.2	67.63	70.80	160.04	1.0511	3.60	5.53	0.163%	555.01	0.001802	5.075
HD#11	41.5	56.64	59.33	432.12	1.0525	3.60	5.53	0.174%	495.36	0.002019	6.069
HD#12	39	53.96	56.40	367.10	1.0504	3.60	5.53	0.174%	506.23	0.001975	5.906
HD#13	42.7	58.59	61.28	434.12	1.0506	3.60	5.53	0.175%	499.27	0.002003	6.073
HD#14	44.7	61.52	64.45	148.04	1.0523	3.60	5.53	0.164%	515.52	0.001940	4.997
HD#15	45.1	63.23	66.16	241.07	1.0508	3.60	5.53	0.178%	514.15	0.001945	5.485
HD#16	46.5	66.41	69.58	258.07	1.0521	3.60	5.53	0.185%	521.59	0.001917	5.553
HD#17	48	65.92	69.09	147.04	1.0526	3.60	5.53	0.149%	536.32	0.001865	4.991
HD#18	47	66.16	69.34	124.03	1.0523	3.60	5.53	0.150%	559.52	0.001787	4.821
HD#19	47.6	66.16	69.34	247.07	1.0523	3.60	5.53	0.165%	524.75	0.001906	5.510
HD#20	48.6	67.63	70.80	163.05	1.0511	3.60	5.53	0.159%	533.62	0.001874	5.094
HD#21	47.8	66.16	69.34	215.06	1.0523	3.60	5.53	0.166%	519.68	0.001924	5.371
HD#22	48.5	67.38	70.56	142.04	1.0513	3.60	5.53	0.160%	531.61	0.001881	4.956
HD#23	52.2	73.97	77.64	171.05	1.0535	3.60	5.53	0.171%	533.46	0.001875	5.142
HD#24	43.3	59.57	62.50	274.08	1.0542	3.60	5.53	0.163%	516.70	0.001935	5.613
HD#25	47.1	66.65	69.78	172.05	1.0512	3.60	5.53	0.172%	530.25	0.001886	5.148
HD#26	45.5	62.99	65.87	152.04	1.0502	3.60	5.53	0.156%	533.84	0.001873	5.024
HD#27	36.6	49.32	51.51	181.05	1.0502	3.60	5.53	0.136%	535.35	0.001868	5.199
HD#28	46.2	64.21	67.38	217.06	1.0541	3.60	5.53	0.163%	526.47	0.001899	5.380

ตารางที่ 5.17 แสดงผลของการทดสอบ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 140 $^{\circ}$ C กระแสไฟฟ้าตรง

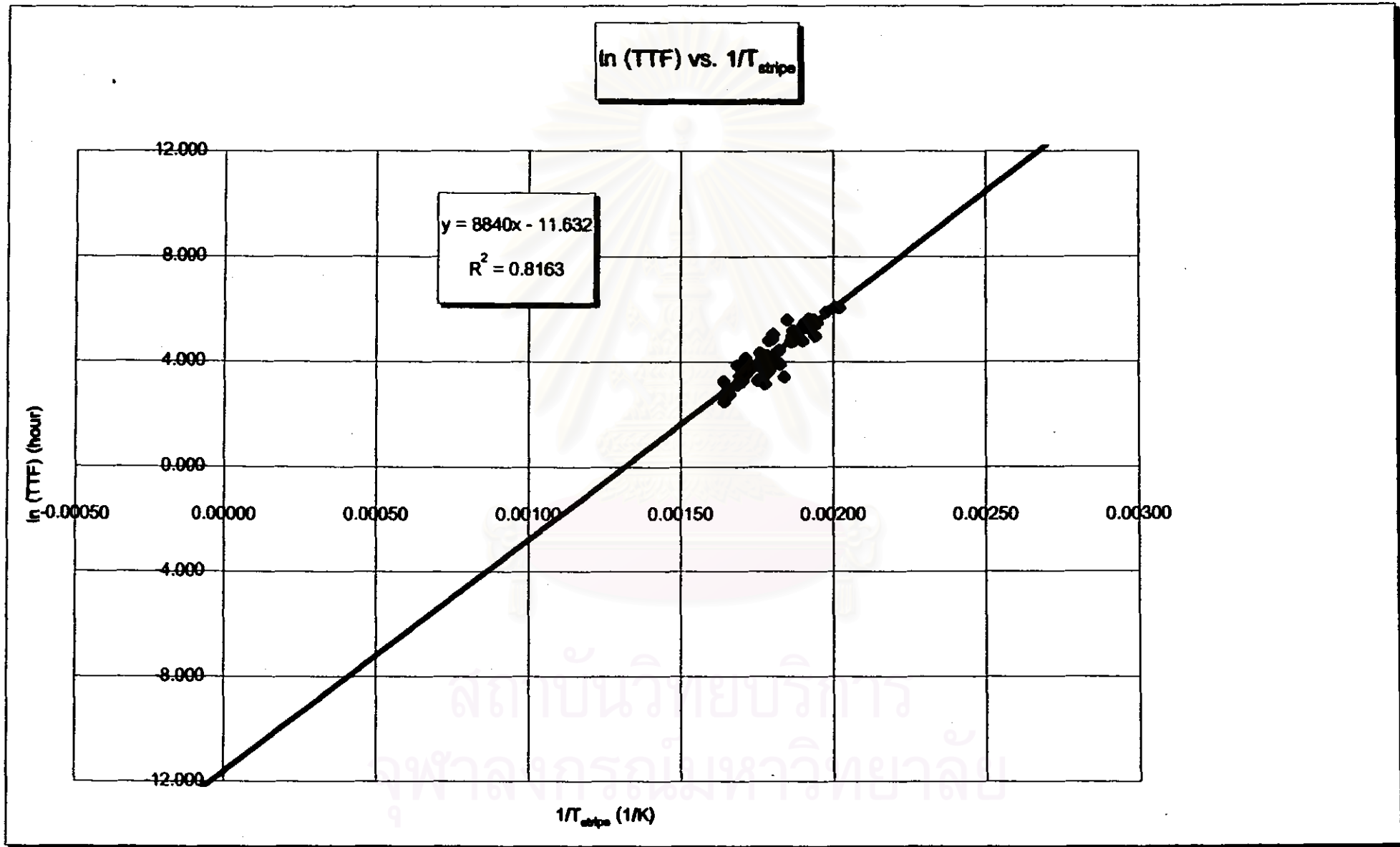
10 มิลลิแอมป์ สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทรีซิสทีฟแบบ B

Head Number	Raw data of MRR <small>data at room temperature</small>						MRR <small>data at room temperature (subtract wire resistance)</small>					Normalized MRR <small>data at room temperature</small>					Temperature Coefficient					
	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Slope		Intercept (Ω)	R ²
	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(Ohm/°C)	(1/°C)		
H001	42.90	42.50	44.53	48.17	48.20	49.83	38.40	38.84	40.45	41.70	43.31	44.84	1.00	1.01	1.05	1.09	1.13	1.18	0.057	0.149%	37.49	0.998
H002	43.60	43.50	45.51	50.24	52.18	54.44	42.00	42.83	44.44	45.77	47.30	48.75	1.00	1.02	1.06	1.09	1.13	1.17	0.082	0.149%	41.25	0.997
H003	47.30	47.20	49.48	51.57	53.90	56.27	43.70	43.93	45.36	47.09	48.61	49.86	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.14	0.084	0.149%	42.08	0.998
H004	46.30	46.80	48.83	50.86	52.90	55.02	42.70	43.22	44.75	46.48	48.01	49.74	1.00	1.01	1.05	1.09	1.12	1.16	0.085	0.150%	41.95	1.000
H005	39.90	41.08	43.15	44.78	46.99	49.53	38.90	37.41	39.05	40.28	41.70	43.24	1.00	1.00	1.06	1.11	1.15	1.19	0.057	0.150%	38.05	0.998
H006	43.60	47.20	49.01	51.24	53.08	55.34	42.00	43.93	44.94	46.77	48.20	50.05	1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	1.19	0.085	0.150%	41.81	0.998
H007	43.90	44.95	47.20	48.14	51.27	52.80	40.30	41.28	43.12	44.67	46.36	47.81	1.00	1.02	1.07	1.11	1.15	1.18	0.094	0.150%	39.94	0.998
H008	42.70	44.85	47.20	48.14	51.27	52.80	38.10	41.28	43.12	44.67	46.36	47.81	1.00	1.06	1.10	1.14	1.19	1.22	0.084	0.150%	39.84	0.998
H009	48.70	41.80	43.98	45.76	47.01	48.14	37.10	39.24	39.46	41.28	42.19	43.85	1.00	1.03	1.08	1.11	1.14	1.18	0.098	0.150%	38.83	0.991
H010	44.80	45.25	47.17	48.20	50.99	52.90	41.20	41.58	43.10	44.72	46.07	47.81	1.00	1.01	1.05	1.09	1.12	1.16	0.080	0.149%	40.11	0.998
H011	46.70	47.20	49.01	51.24	53.08	55.34	43.10	43.93	44.94	46.77	48.20	50.05	1.00	1.01	1.04	1.09	1.12	1.16	0.085	0.151%	41.81	0.998
H012	41.80	41.50	42.83	45.39	47.20	48.83	37.40	37.84	39.85	40.91	42.31	43.54	1.00	1.01	1.04	1.09	1.13	1.16	0.059	0.150%	38.23	0.990
H013	44.30	44.78	46.83	48.83	51.07	52.80	40.80	41.08	42.75	44.35	46.18	47.81	1.00	1.00	1.05	1.08	1.13	1.18	0.088	0.151%	39.48	0.998
H014	42.90	43.85	45.77	47.80	49.84	51.98	39.90	40.28	41.70	43.42	44.78	46.09	1.00	1.02	1.05	1.10	1.14	1.17	0.059	0.150%	38.84	0.998
H015	47.80	48.83	50.86	53.01	54.94	56.85	43.40	45.16	46.88	48.53	50.05	51.86	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	1.19	0.085	0.149%	43.80	1.000
H016	43.30	48.83	50.86	52.80	54.94	57.15	41.70	45.16	46.88	48.42	50.05	51.86	1.00	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	0.088	0.150%	43.90	0.998
H017	44.60	48.83	50.86	52.80	54.94	57.15	41.00	45.16	46.88	48.42	50.05	51.86	1.00	1.10	1.14	1.18	1.22	1.28	0.088	0.152%	43.90	0.998
H018	47.70	48.01	48.73	51.97	53.91	56.15	44.10	44.35	45.85	47.48	49.02	50.88	1.00	1.01	1.04	1.08	1.11	1.15	0.088	0.149%	42.95	0.997
H019	42.70	42.32	43.95	45.97	47.81	49.84	38.10	38.85	39.67	41.50	42.83	44.55	1.00	0.99	1.02	1.06	1.10	1.14	0.059	0.152%	37.04	0.998
H020	45.08	45.78	48.01	49.84	52.08	53.90	41.40	42.09	43.94	45.47	47.20	48.81	1.00	1.02	1.08	1.10	1.14	1.17	0.085	0.150%	40.57	0.998
H021	45.00	46.88	48.83	50.86	52.80	54.82	42.40	43.32	44.75	46.48	48.01	49.84	1.00	1.02	1.08	1.10	1.13	1.17	0.084	0.150%	41.67	0.998
H022	46.60	47.98	49.51	51.57	53.78	55.71	43.00	43.82	45.44	47.09	48.80	50.42	1.00	1.02	1.08	1.10	1.14	1.17	0.088	0.150%	42.21	0.998
H023	47.50	48.20	50.46	52.57	54.30	56.67	43.80	44.53	46.36	48.08	49.41	51.38	1.00	1.01	1.06	1.10	1.13	1.17	0.087	0.152%	42.84	0.997
H024	43.30	44.13	46.08	48.01	50.08	51.74	39.80	40.48	42.01	43.54	45.17	46.45	1.00	1.01	1.05	1.09	1.13	1.18	0.080	0.152%	38.88	0.998
H025	43.60	48.39	48.83	50.24	52.80	54.75	42.00	42.72	44.45	45.77	48.01	48.47	1.00	1.02	1.06	1.09	1.14	1.18	0.088	0.152%	40.97	0.995
H026	44.20	44.78	46.67	48.83	50.84	52.80	40.80	41.08	42.60	44.45	45.78	47.31	1.00	1.01	1.05	1.09	1.13	1.17	0.082	0.154%	39.98	0.998
H027	47.40	46.98	48.84	50.08	51.90	54.22	43.80	42.82	44.58	45.81	47.01	48.94	1.00	0.98	1.02	1.04	1.07	1.12	0.058	0.152%	41.48	0.991
H028	43.20	43.13	44.45	46.47	48.41	50.07	39.80	39.48	40.97	42.00	43.93	44.78	1.00	1.00	1.02	1.06	1.10	1.13	0.055	0.153%	37.89	0.993
H029	43.08	44.93	46.98	47.21	49.08	51.04	38.40	40.86	41.31	42.74	44.17	45.75	1.00	1.04	1.08	1.09	1.12	1.16	0.081	0.129%	38.18	0.872
H030	48.10	48.83	51.17	52.30	54.42	56.45	44.90	45.16	47.09	47.82	49.54	51.18	1.00	1.01	1.06	1.07	1.11	1.15	0.058	0.150%	43.82	0.998
H031	46.10	48.39	47.90	48.98	51.24	53.82	42.90	42.72	43.82	45.08	46.36	48.24	1.00	1.01	1.03	1.08	1.09	1.13	0.054	0.129%	41.17	0.998
H032	44.80	44.77	46.88	48.91	50.47	52.41	41.00	41.11	42.81	44.44	45.98	47.12	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.059	0.144%	38.77	0.998
H033	46.00	46.83	50.84	53.10	54.42	56.47	44.40	45.16	46.98	48.82	49.54	51.18	1.00	1.02	1.05	1.10	1.12	1.15	0.080	0.155%	43.71	0.998
H034	44.80	45.57	47.57	48.14	51.38	52.80	41.20	41.91	43.90	44.87	46.47	47.51	1.00	1.02	1.06	1.08	1.13	1.15	0.087	0.158%	40.98	0.994
H035	41.40	41.90	43.43	45.78	48.90	48.81	37.80	37.84	39.35	41.28	42.01	43.52	1.00	1.00	1.04	1.09	1.11	1.15	0.088	0.149%	38.99	0.995
H036	42.40	42.72	44.53	46.79	48.11	49.84	38.80	39.05	40.45	42.31	43.23	44.55	1.00	1.01	1.04	1.09	1.11	1.15	0.088	0.142%	37.79	0.998
H037	48.90	48.39	48.83	50.48	52.80	54.92	42.80	42.72	44.75	45.88	48.01	48.84	1.00	1.00	1.04	1.07	1.12	1.16	0.088	0.158%	41.09	0.998
H038	47.20	47.20	49.84	51.27	53.41	55.84	43.80	43.93	45.98	46.79	48.93	50.36	1.00	1.00	1.08	1.07	1.11	1.15	0.088	0.152%	41.88	0.998
H039	44.70	44.78	46.98	48.51	50.08	52.90	41.10	41.08	42.31	44.04	45.17	47.01	1.00	1.00	1.03	1.07	1.10	1.14	0.088	0.143%	39.92	0.995

ตารางที่ 5.18 สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีไทริซิทฟของหัวอ่านเขียนแมกนีไทริซิทฟ แบบ B สำหรับการทดสอบอายุการใช้งานที่ 175 °C และใช้กระแสไฟฟ้าตรง 10 มิลลิแอมป์

HDR	MRR _{NSA} (Ω)	R _{start} (Ω)	R _{end} (Ω)	TTF (hr) dR/R ≥ 1.05	dR/R %	Wire Resistance (Ω)		T.C (1/°C)	T _{avg} (K)	1/T _{avg} (1/K)	Ln(TTF) (hr)
						at room temp.	at 175 °C				
HDR1	42.00	59.06	61.77	55.02	1.051	3.6	6.10	0.149%	550.70	0.00182	4.01
HDR2	45.60	65.67	68.85	48.01	1.053	3.6	6.10	0.148%	578.73	0.00173	3.67
HDR3	47.30	68.36	71.78	43.01	1.055	3.6	6.10	0.148%	582.98	0.00172	3.76
HDR4	46.30	66.85	69.82	47.01	1.052	3.6	6.10	0.153%	569.05	0.00176	3.85
HDR5	39.90	56.64	59.33	31.01	1.053	3.6	6.10	0.156%	544.00	0.00184	3.43
HDR6	45.60	65.92	69.09	79.02	1.053	3.6	6.10	0.155%	568.55	0.00176	4.37
HDR7	43.90	63.72	66.65	55.02	1.051	3.6	6.10	0.156%	567.14	0.00176	4.01
HDR8	42.70	61.26	64.21	50.01	1.053	3.6	6.10	0.163%	547.64	0.00183	3.91
HDR9	40.70	57.37	60.06	82.02	1.052	3.6	6.10	0.150%	550.45	0.00182	4.41
HDR10	44.80	63.48	66.41	40.01	1.051	3.6	6.10	0.146%	564.15	0.00177	3.69
HDR11	46.70	66.41	69.58	43.01	1.053	3.6	6.10	0.151%	559.17	0.00179	3.76
HDR12	41.00	58.59	61.26	66.02	1.051	3.6	6.10	0.156%	548.99	0.00182	4.45
HDR13	44.50	64.21	67.14	65.02	1.050	3.6	6.10	0.161%	556.44	0.00180	4.17
HDR14	42.90	61.04	64.70	52.01	1.067	3.6	6.10	0.150%	561.19	0.00176	3.95
HDR15	47.00	68.60	71.78	32.01	1.051	3.6	6.10	0.149%	590.34	0.00169	3.47
HDR16	45.30	66.65	69.82	50.01	1.052	3.6	6.10	0.156%	579.40	0.00173	3.91
HDR17	44.60	66.89	70.07	48.01	1.052	3.6	6.10	0.162%	593.64	0.00166	3.87
HDR18	47.70	68.85	72.27	40.01	1.054	3.6	6.10	0.149%	579.33	0.00173	3.69
HDR19	42.70	60.79	63.72	45.01	1.054	3.6	6.10	0.152%	557.36	0.00179	3.81
HDR20	43.00	64.94	68.12	35.01	1.054	3.6	6.10	0.157%	562.77	0.00176	3.56
HDR21	46.00	65.19	68.36	42.01	1.054	3.6	6.10	0.150%	557.62	0.00179	3.74
HDR22	46.60	66.89	70.07	72.02	1.052	3.6	6.10	0.153%	565.33	0.00177	4.26
HDR23	47.50	69.34	72.51	64.02	1.050	3.6	6.10	0.152%	584.26	0.00171	4.16
HDR24	43.50	62.26	65.19	58.02	1.052	3.6	6.10	0.152%	563.64	0.00177	4.06
HDR25	45.60	66.41	69.58	24.01	1.053	3.6	6.10	0.162%	563.49	0.00177	3.18
HDR26	44.20	62.99	65.92	51.01	1.051	3.6	6.10	0.154%	556.30	0.00180	3.93
HDR27	47.40	67.87	71.29	18.01	1.055	3.6	6.10	0.132%	605.45	0.00165	2.89
HDR28	43.20	60.30	63.23	36.01	1.054	3.6	6.10	0.139%	559.83	0.00179	3.64
HDR29	43.00	60.30	63.23	26.01	1.054	3.6	6.10	0.128%	587.95	0.00170	3.26
HDR30	48.10	68.36	73.73	16.00	1.066	3.6	6.10	0.130%	602.39	0.00166	2.77
HDR31	46.10	65.67	68.85	26.01	1.053	3.6	6.10	0.128%	609.92	0.00164	3.26
HDR32	44.60	64.21	67.14	34.01	1.050	3.6	6.10	0.144%	584.03	0.00171	3.53
HDR33	49.00	69.34	72.51	12.00	1.050	3.6	6.10	0.135%	606.95	0.00164	2.49
HDR34	44.80	64.21	67.14	23.01	1.050	3.6	6.10	0.138%	593.29	0.00169	3.14
HDR35	41.40	59.06	61.77	57.02	1.051	3.6	6.10	0.149%	565.59	0.00177	4.04
HDR36	42.40	59.57	62.26	70.02	1.050	3.6	6.10	0.142%	561.32	0.00176	4.25
HDR37	46.50	67.87	71.04	27.01	1.051	3.6	6.10	0.159%	571.16	0.00175	3.30
HDR38	47.20	69.34	72.51	26.01	1.050	3.6	6.10	0.152%	591.00	0.00169	3.26
HDR39	44.70	63.23	66.16	58.02	1.051	3.6	6.10	0.143%	567.94	0.00176	4.06

ตารางที่ 5.19 แสดงผลของการทดสอบ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 175 °C กระแสไฟฟ้าตรง



รูปที่ 5.11 กราฟของ \ln (TTF) กับ $1/T_{\text{stripe}}$ ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีฟแบบ B

Number of HGAs/stack	Duty Cycle	T _{stripe} at 60 °C (K)	Operate at 8 mA DC Current			Operate at 10 mA DC Current		
			Maximum Allowable HGA Resistance (Ω)	Maximum Allowable Slider Resistance (Ω)	Minimum Allowable Stripe Height (u-Inch)	Maximum Allowable HGA Resistance (Ω)	Maximum Allowable Slider Resistance (Ω)	Minimum Allowable Stripe Height (u-Inch)
1 HGA/Stack	100%	398.07	48.04	42.44	22.74	39.50	35.90	28.07
2 HGAs/Stack	50%	406.76	49.42	45.82	20.85	41.73	38.13	28.02
4 HGAs/Stack	25%	422.30	53.02	49.42	18.77	44.10	40.50	24.12
6 HGAs/Stack	17%	430.60	55.23	51.63	17.77	45.58	41.66	23.07
8 HGAs/Stack	12.5%	436.76	56.87	53.27	17.08	46.64	43.04	22.34

ตารางที่ 5.20 แสดงผลการคำนวณค่าความต้านทานสูงสุดและค่าความสูงต่ำสุดของแมกนีโทริซิสทีปสไตรฟ์ (b_{stripe}) ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสทีปแบบ B ที่ 12.5 , 17 , 25 , 50 และ 100% duty cycle สำหรับอายุการใช้งาน 5 ปี และที่ภาระกระแสไฟฟ้าตรง 8 และ 10 มิลลิแอมป์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Head Number	Rate data of MRR <small>rate at room temperature</small>						MRR <small>rate at room temperature (subtracted wire resistance)</small>						Normalized MRR <small>rate at room temperature</small>						Temperature Coefficient			
	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Room temp. (22°C)	25 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C	Slope		Intercept	R ²
	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(Ω)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(%/°C)	(1/°C)	(Ω)	
HD#1	47.2	47.53	49.57	51.95	53.62	55.93	43.60	43.67	45.40	47.17	48.93	50.85	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	0.070	0.1506%	41.96	1.000
HD#2	47.2	47.17	49.39	51.89	53.69	56.74	43.60	43.50	45.31	47.21	48.81	50.45	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	0.070	0.1506%	41.84	0.999
HD#3	43.7	43.81	45.89	47.71	49.65	51.54	40.10	40.14	41.78	43.23	44.78	46.25	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.081	0.1517%	35.67	1.000
HD#4	43.1	43.18	45.18	47.08	48.91	50.74	39.50	39.52	41.10	42.61	44.09	45.45	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.089	0.1489%	39.10	0.999
HD#5	44.2	44.23	46.36	48.25	50.21	51.97	40.60	40.58	42.28	43.78	45.32	46.68	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.081	0.1505%	39.14	0.999
HD#6	44.8	44.70	46.84	48.84	50.73	52.59	41.00	41.03	42.88	44.38	45.85	47.30	1.00	1.00	1.06	1.08	1.12	1.15	0.082	0.1519%	39.82	0.999
HD#7	44.1	44.09	46.25	48.19	50.05	51.89	40.50	40.42	42.19	43.71	45.17	46.60	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.081	0.1514%	39.02	0.999
HD#8	43.9	43.92	46.08	47.88	49.89	51.85	40.30	40.25	42.00	43.48	45.00	46.38	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.081	0.1510%	38.88	0.999
HD#9	43.1	43.08	45.22	47.15	48.89	50.78	39.50	39.42	41.15	42.67	44.10	45.47	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.080	0.1524%	38.04	0.998
HD#10	42	42.08	43.92	45.85	47.71	49.52	39.40	39.39	39.84	41.38	42.82	44.23	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.089	0.1529%	36.93	1.000
HD#11	38.9	38.97	40.82	42.51	44.16	46.08	35.30	35.30	36.74	38.03	39.27	40.77	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.16	0.084	0.1527%	33.98	0.999
HD#12	41	41.02	42.93	44.67	46.41	48.34	37.40	37.36	38.85	40.19	41.92	43.05	1.00	1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	0.086	0.1508%	35.97	0.999
HD#13	40.1	40.14	42.02	43.74	45.48	47.35	36.50	36.48	37.94	39.28	40.57	42.08	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.085	0.1511%	35.12	0.999
HD#14	44.4	44.39	46.32	48.19	50.04	52.19	40.60	40.72	42.35	43.71	45.15	46.50	1.00	1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	0.081	0.1485%	39.17	0.999
HD#15	44.4	44.39	46.41	48.23	50.18	52.28	40.60	40.72	42.33	43.78	45.29	46.69	1.00	1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	0.082	0.1519%	39.17	0.999
HD#16	47.3	47.30	49.34	51.54	53.50	55.41	43.70	43.84	45.28	47.08	48.61	50.12	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.085	0.1494%	42.04	0.999
HD#17	48.1	48.14	50.31	52.33	54.38	56.43	44.50	44.47	46.23	47.85	49.47	51.14	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.086	0.1490%	42.89	1.000
HD#18	48.4	48.38	50.57	52.60	54.68	56.71	44.60	44.71	46.50	48.13	49.80	51.42	1.00	1.00	1.04	1.07	1.11	1.15	0.087	0.1493%	43.09	1.000
HD#19	48.8	48.75	51.00	53.07	55.13	57.15	45.20	45.08	46.92	48.59	50.24	51.87	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.087	0.1493%	43.48	0.999
HD#20	48.4	48.44	50.84	52.69	54.82	57.04	44.60	44.77	46.57	48.21	49.83	51.75	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.16	0.089	0.1546%	43.05	1.000
HD#21	50.2	50.30	52.54	54.77	56.84	58.94	46.60	46.63	48.48	50.29	51.78	53.85	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.089	0.1499%	44.95	0.999
HD#22	50.3	52.19	54.89	56.18	58.57	61.08	46.70	48.52	50.82	51.70	53.69	55.77	1.00	1.04	1.09	1.11	1.15	1.19	0.089	0.1498%	45.89	0.999
HD#23	51	51.04	53.34	55.68	57.38	59.85	47.40	47.37	49.28	51.20	52.48	54.98	1.00	1.00	1.04	1.08	1.11	1.15	0.070	0.1495%	45.70	0.998
HD#24	51.4	51.44	53.91	56.08	58.28	60.19	47.80	47.77	49.84	51.58	53.39	54.90	1.00	1.00	1.04	1.08	1.12	1.15	0.071	0.1495%	46.15	0.997
HD#25	30.3	30.28	40.84	42.54	44.25	49.28	35.70	35.59	38.78	38.06	39.37	41.00	1.00	1.00	1.03	1.07	1.10	1.15	0.084	0.1505%	34.13	0.999

ตารางที่ 5.21 แสดงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่ฟของหัวอ่านเขียน

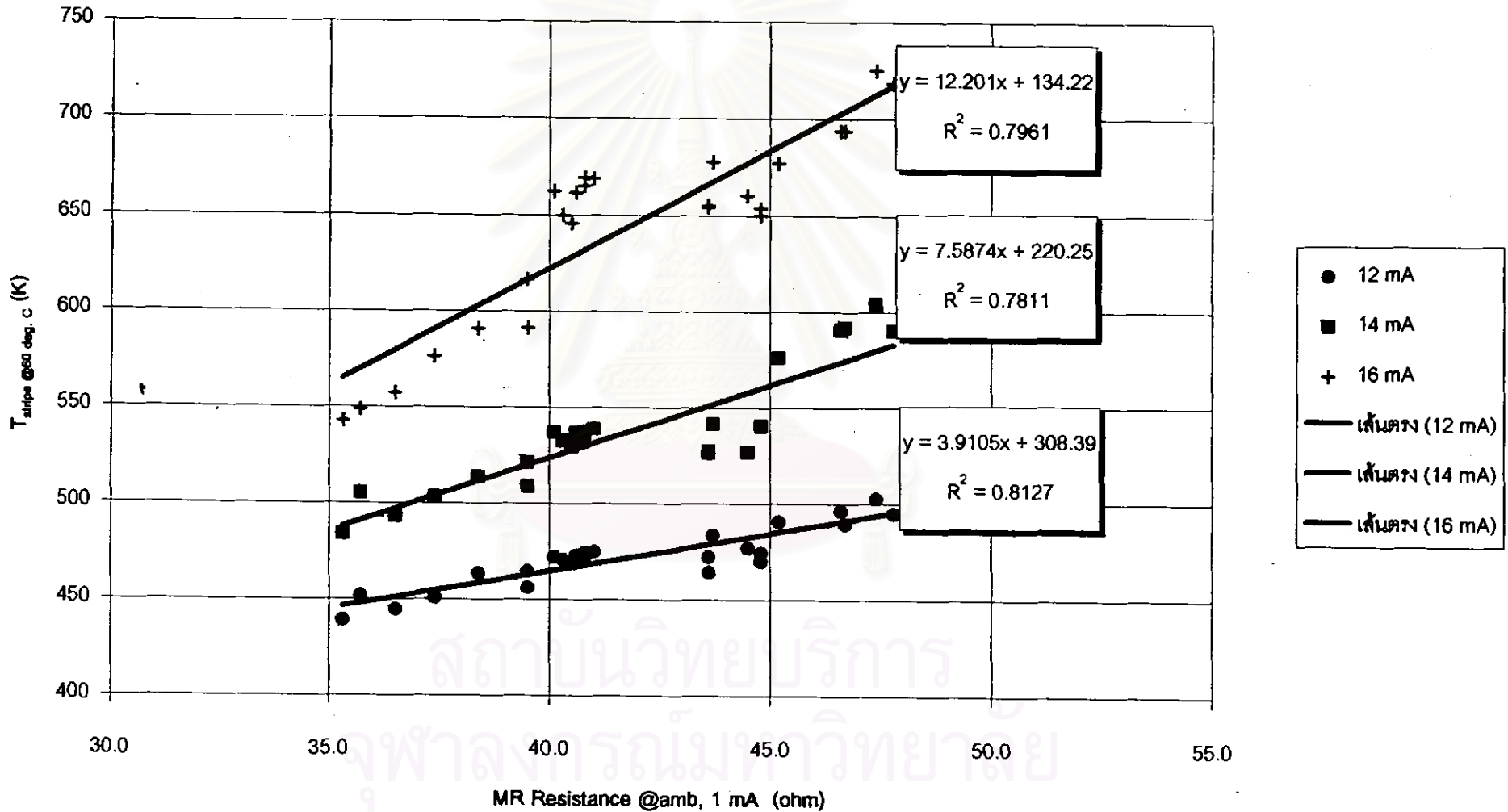
แมกนีโทริซิสที่แบบ B สำหรับการทดสอบเพื่อสนับสนุน ไมเคลที่ 16 มิลลิแอมป์ 60 °C

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	MRR _{strip} (Ω)	MRR _{HGA at 60 °C 16 mA} (Ω)	T.C. (1/°C)	Wire Resistance		T _{strip at 60 °C, 16 mA (K)} (Ω)
					at Room temp.	at 60 °C	
HD#1	47.2	43.6	72.83	0.160%	3.6	4.2	654.28
HD#2	47.2	43.6	72.89	0.160%	3.6	4.2	655.23
HD#3	43.7	40.1	66.67	0.152%	3.6	4.2	662.46
HD#4	43.1	39.5	62.75	0.150%	3.6	4.2	616.49
HD#5	44.2	40.6	67.23	0.151%	3.6	4.2	661.63
HD#6	44.6	41.0	68.44	0.151%	3.6	4.2	668.74
HD#7	44.1	40.5	66.24	0.151%	3.6	4.2	645.75
HD#8	43.9	40.3	66.13	0.151%	3.6	4.2	649.86
HD#9	43.1	39.5	61.56	0.152%	3.6	4.2	591.14
HD#10	42.0	38.4	59.97	0.153%	3.6	4.2	590.99
HD#11	38.9	35.3	52.89	0.153%	3.6	4.2	542.84
HD#12	41.0	37.4	57.46	0.151%	3.6	4.2	576.09
HD#13	40.1	36.5	55.20	0.151%	3.6	4.2	557.40
HD#14	44.4	40.8	67.87	0.150%	3.6	4.2	669.48
HD#15	44.4	40.8	67.98	0.152%	3.6	4.2	665.39
HD#16	47.3	43.7	72.90	0.149%	3.6	4.2	677.63
HD#17	48.1	44.5	72.95	0.149%	3.6	4.2	660.40
HD#18	48.4	44.8	73.03	0.149%	3.6	4.2	653.96
HD#19	48.8	45.2	75.20	0.149%	3.6	4.2	676.67
HD#20	48.4	44.8	73.64	0.155%	3.6	4.2	650.05
HD#21	50.2	46.6	78.49	0.149%	3.6	4.2	693.65
HD#22	50.3	46.7	78.63	0.149%	3.6	4.2	693.72
HD#23	51.0	47.4	81.90	0.148%	3.6	4.2	725.11
HD#24	51.4	47.8	82.18	0.149%	3.6	4.2	718.41
HD#25	39.3	35.7	53.56	0.151%	3.6	4.2	548.78

ตารางที่ 5.22 แสดงความต้านทานของแมกนีโทริซิสที่พับอุณหภูมิของแมกนีโทริซิสที่สภาวะการทำงาน

60 °C ที่กระแสไฟฟ้าตรง 16 มิลลิแอมป์ สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ B

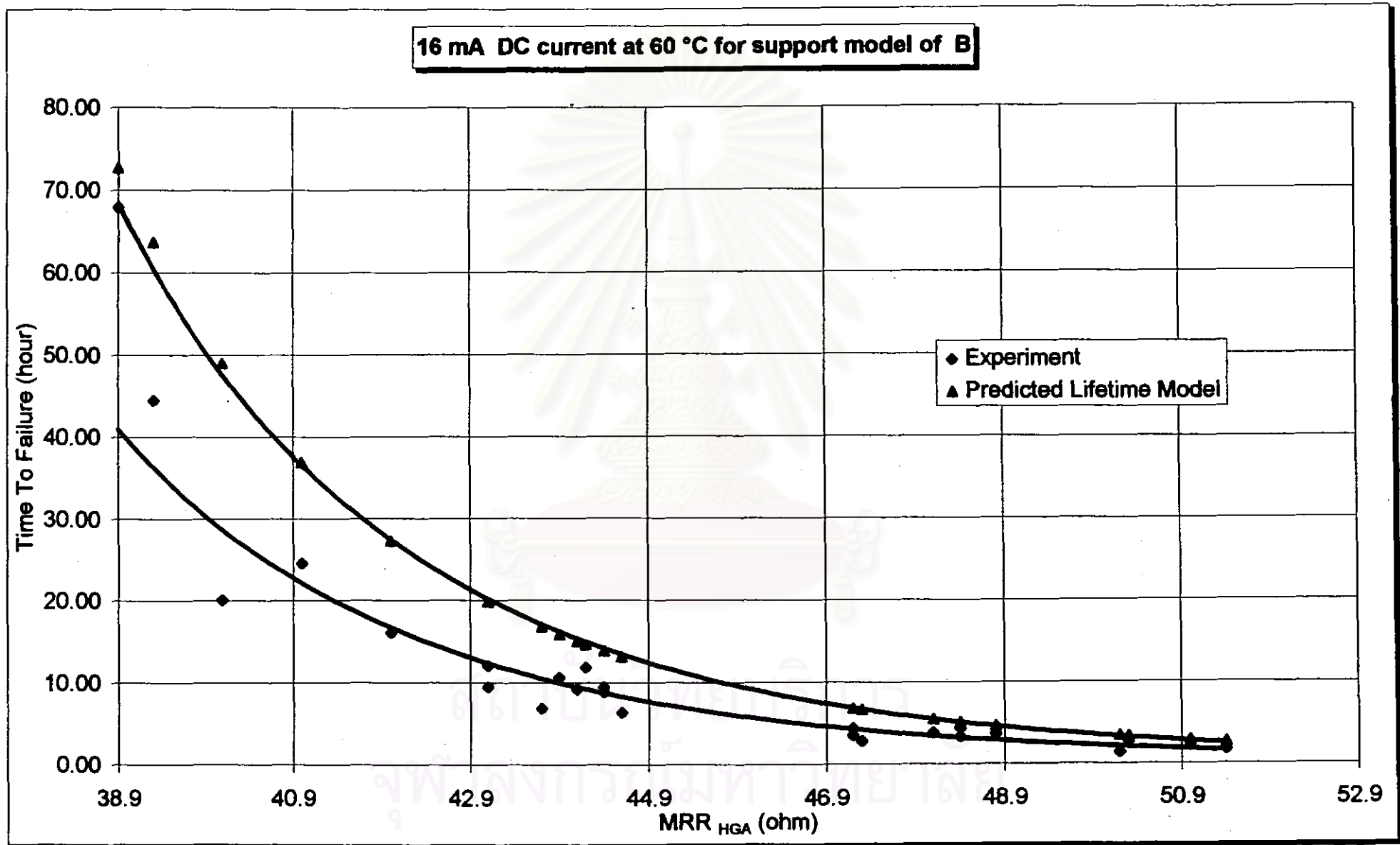
MRR_{slider} vs. T_{stripe} @60 deg. C of "B"



รูปที่ 5.12 แสดงกราฟของ MRR_{slider} กับ T_{stripe} ที่สภาวะการทำงาน 60°C ที่ 12, 14 และ 16 มิลลิแอมป์สำหรับ หัวอ่านเขียนแมกนีโทเรซิสทีฟแบบ B

HD#	MRR _{HGA} (Ω)	MRR _{slider} (Ω)	R _{start} (Ω)	R _{after} (Ω)	Time to failure (hour)	dR/R %	Time from model (hour)
1	47.2	43.60	74.11	81.48	3.50	1.11	6.74
2	47.2	43.60	74.43	81.84	4.33	1.11	6.74
3	43.7	40.10	61.52	64.38	6.84	1.05	16.72
4	43.1	39.50	63.32	66.29	9.42	1.05	19.79
5	44.2	40.60	68.28	71.57	11.84	1.05	14.57
6	44.6	41.00	69.57	73.04	6.25	1.05	13.08
7	44.1	40.50	67.18	70.42	9.17	1.05	14.97
8	43.9	40.30	67.12	70.40	10.59	1.05	15.82
9	43.1	39.50	61.99	64.90	12.00	1.05	19.79
10	42.0	38.40	60.26	63.10	16.01	1.05	27.23
11	38.9	35.30	52.82	55.36	67.84	1.05	72.70
12	41.0	37.40	57.70	60.40	24.51	1.05	36.87
13	40.1	36.50	55.34	57.89	20.09	1.05	48.96
14	44.4	40.80	64.44	67.48	9.42	1.05	13.80
15	44.4	40.80	64.07	67.13	8.84	1.05	13.80
16	47.3	43.70	72.68	76.41	2.75	1.05	6.58
17	48.1	44.50	74.25	77.78	3.75	1.05	5.43
18	48.4	44.80	80.26	85.50	4.33	1.07	5.06
19	48.8	45.20	81.11	86.21	3.58	1.07	4.62
20	48.4	44.80	79.60	83.58	3.25	1.05	5.06
21	50.2	46.60	81.63	85.49	1.33	1.05	3.38
22	50.3	46.70	81.80	85.76	2.67	1.05	3.30
23	51.0	47.40	82.47	86.48	2.33	1.05	2.84
24	51.4	47.80	82.45	87.00	1.67	1.06	2.61
25	39.3	35.70	58.33	61.17	44.43	1.05	63.58

ตารางที่ 5.23 แสดงผลการทดสอบ Accelerated Electro-Migration ที่อุณหภูมิ 60 °C, 16 มิลลิแอมป์
สำหรับหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B

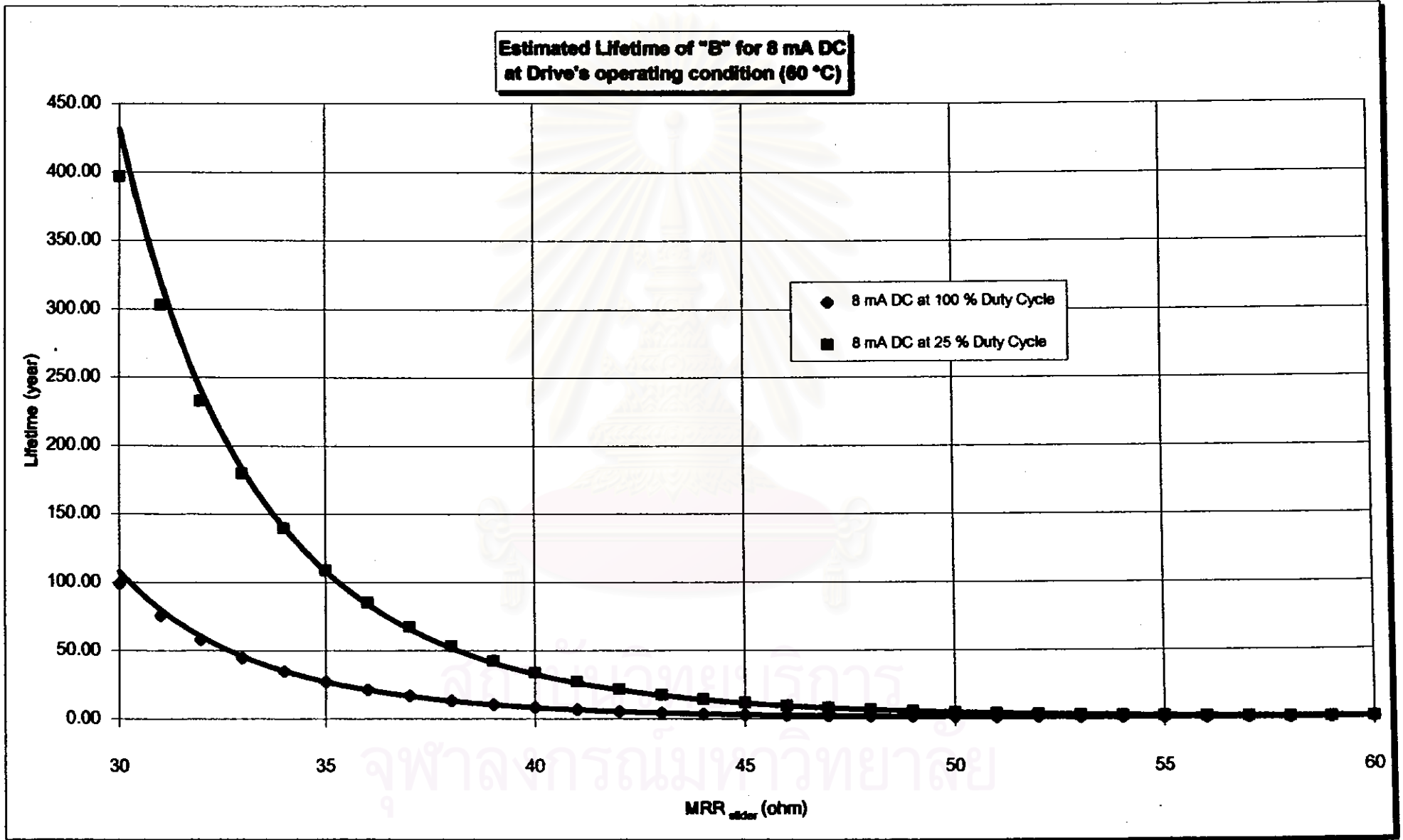


รูปที่ 5.13 กราฟเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้จากการทดลองจริงกับผลที่ได้จากโมเดลการทำนายของ

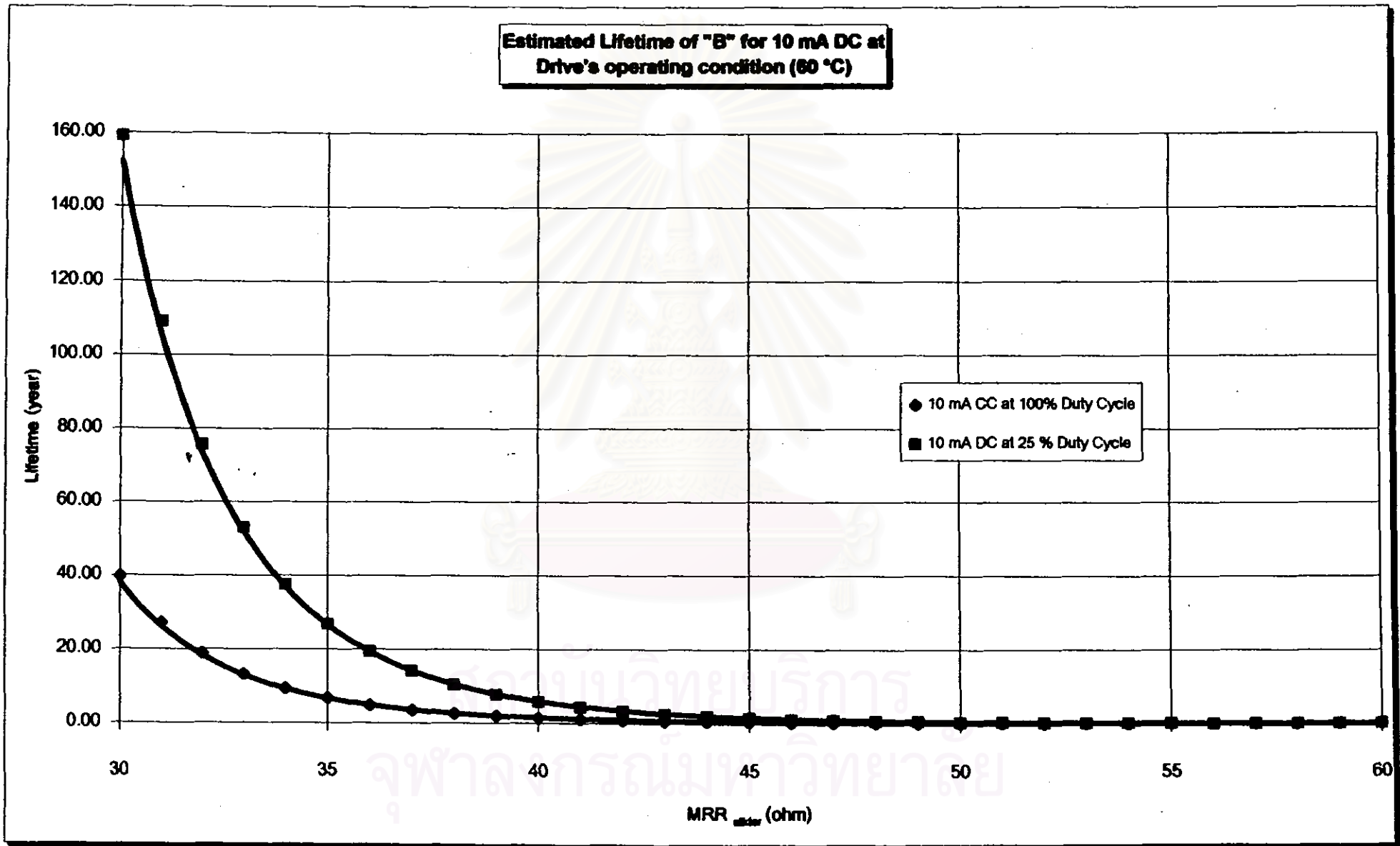
	8mA	8mA	8mA	8mA	10mA	10mA	10mA	10mA	10mA	10mA	10mA	10mA
Slider Res (amb, 1mA) (ohm)	$T_{amb} @ 10^\circ C (K)$	$1/T_{amb} @ 10^\circ C (1/K)$	$L_{HeYr}_8mA_100%$	$L_{HeYr}_8mA_25%$	$T_{amb} @ 10^\circ C (K)$	$1/T_{amb} @ 10^\circ C (1/K)$	$L_{HeYr}_10mA_100%$	$L_{HeYr}_10mA_25%$	$T_{amb} @ 10^\circ C (K)$	$1/T_{amb} @ 10^\circ C (1/K)$	$L_{HeYr}_10mA_100%$	$L_{HeYr}_10mA_25%$
30	349.3	0.002863	99.18	396.72	362.4	0.002756	39.79	159.18	500.3	0.001999	0.0627	0.25
31	353.1	0.002832	75.77	303.09	368.1	0.002717	27.27	109.08	512.5	0.001951	0.0412	0.16
32	356.8	0.002802	58.21	232.85	373.8	0.002675	18.90	75.81	524.7	0.001906	0.0276	0.11
33	360.8	0.002773	44.97	179.89	379.5	0.002635	13.25	53.00	536.9	0.001863	0.0188	0.08
34	364.3	0.002745	34.93	139.71	385.2	0.002596	9.38	37.54	549.1	0.001821	0.0130	0.05
35	368.1	0.002717	27.27	109.07	390.9	0.002558	6.71	26.86	561.3	0.001782	0.0092	0.04
36	371.9	0.002689	21.39	85.57	396.6	0.002521	4.85	19.40	573.5	0.001744	0.0066	0.03
37	375.6	0.002662	16.87	67.46	402.3	0.002486	3.54	14.14	585.7	0.001707	0.0048	0.02
38	379.4	0.002636	13.36	53.44	408.0	0.002451	2.60	10.40	597.9	0.001673	0.0035	0.01
39	383.1	0.00261	10.63	42.52	413.7	0.002417	1.93	7.72	610.1	0.001639	0.0026	0.01
40	386.9	0.002585	8.50	33.99	419.4	0.002384	1.44	5.77	622.3	0.001607	0.0020	0.01
41	390.6	0.00256	6.82	27.28	425.1	0.002352	1.09	4.35	634.5	0.001576	0.0015	0.01
42	394.4	0.002536	5.50	21.99	430.8	0.002321	0.83	3.30	646.7	0.001546	0.0011	0.00
43	398.1	0.002512	4.45	17.80	436.5	0.002291	0.63	2.53	658.9	0.001518	0.0009	0.00
44	401.9	0.002488	3.62	14.47	442.2	0.002261	0.49	1.95	671.1	0.00149	0.0007	0.00
45	405.7	0.002465	2.95	11.80	447.9	0.002232	0.38	1.51	683.3	0.001464	0.0006	0.00
46	409.4	0.002443	2.42	9.66	453.6	0.002204	0.29	1.18	695.5	0.001438	0.0004	0.00
47	413.2	0.00242	1.96	7.94	459.3	0.002177	0.23	0.92	707.7	0.001413	0.0004	0.00
48	416.9	0.002399	1.64	6.55	465.0	0.00215	0.18	0.73	719.9	0.001389	0.0003	0.00
49	420.7	0.002377	1.35	5.42	470.8	0.002124	0.14	0.58	732.1	0.001366	0.0002	0.00
50	424.4	0.002356	1.12	4.50	476.5	0.002099	0.12	0.46	744.3	0.001344	0.0002	0.00
51	428.2	0.002335	0.94	3.75	482.2	0.002074	0.09	0.37	756.5	0.001322	0.0002	0.00
52	432.0	0.002315	0.78	3.13	487.9	0.00205	0.08	0.30	768.7	0.001301	0.0001	0.00
53	435.7	0.002295	0.66	2.63	493.6	0.002026	0.06	0.24	780.9	0.001281	0.0001	0.00
54	439.5	0.002275	0.55	2.21	499.3	0.002003	0.05	0.20	793.1	0.001261	0.0001	0.00
55	443.2	0.002256	0.47	1.88	505.0	0.00198	0.04	0.16	805.3	0.001242	0.0001	0.00
56	447.0	0.002237	0.39	1.57	510.7	0.001958	0.03	0.13	817.5	0.001223	0.0001	0.00
57	450.7	0.002219	0.33	1.33	516.4	0.001937	0.03	0.11	829.7	0.001205	0.0001	0.00
58	454.5	0.0022	0.28	1.14	522.1	0.001915	0.02	0.09	841.9	0.001188	0.0000	0.00
59	458.2	0.002182	0.24	0.97	527.8	0.001895	0.02	0.08	854.1	0.001171	0.0000	0.00
60	462.0	0.002164	0.21	0.83	533.5	0.001874	0.02	0.08	866.3	0.001154	0.0000	0.00

ตารางที่ 5.24 แสดงผลการประเมินอายุการใช้งานหรือ TTF ของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่พบบน B ที่สภาวะ

การทำงานโดยที่กระแสไฟฟ้าตรง 8, 10 และ 16 มิลลิแอมป์ ที่สภาวะการใช้งาน 26 มกราคม 1997



รูปที่ 5.14 แสดงกราฟอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่ฟแบบ B กับกระแสไฟฟ้าตรงที่ 8



รูปที่ 5.15 แสดงกราฟอายุการใช้งานของหัวอ่านเขียนแมกนีโทริซิสที่แบบ B กับกระแสไฟฟ้าตรงที่ 10