



การแก้ปัญหาการฉีกขาดของสายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อน



นางสาวจิตราภรณ์ เบื้องบน

B5308019

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 438499 ครงงานวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2553
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2556

การแก้ปัญหาการฉีกขาดของสายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อน

คณะกรรมการสอบโครงการงาน



(อาจารย์ ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์)

กรรมการ/อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการงาน



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย)

กรรมการ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เรืออากาศเอก ดร. ประโยชน์ คำสวัสดิ์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้แนบรายงานโครงการฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 438494 โครงการวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
ประจำปีการศึกษา 2556

| | | |
|-------------------|---|----------|
| โครงการ | การแก้ปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อน | |
| จัดทำโดย | นางสาวจิตรภรณ์ เบื้องบน | B5308019 |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ดร.บุญส่ง สุตะพันธ์ | |
| สาขาวิชา วิศวกรรม | อิเล็กทรอนิกส์ | |
| ภาคการศึกษา | 3/2556 | |

บทคัดย่อ (Abstract)

โครงการนี้เป็นการแก้ปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อน โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปรได้แก่ อุณหภูมิ อัตราการไหลของลมร้อน น้ำหนักลูกตุ้ม และมุมในการจับดึงสายไฟ จากการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัวแปร พบว่าผลผลิตสุทธิต่อการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนได้จากเดิม 88.88% เป็น 93.75% เพิ่มขึ้น 4.87% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ในกระบวนการผลิตและศึกษาค่าความต้านทานของไฟฟ้าเปรียบเทียบกับ 3 ครั้งระหว่าง ก่อนการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน หลังการถอดเปลี่ยนหัวอ่านและหลังจากใส่หัวอ่านใหม่ เนื่องจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนใช้อุณหภูมิที่ 495 องศาเซลเซียสในการหลอมตะกั่วที่อยู่ระหว่างสายไฟกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะทำให้ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ จากการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ พบว่าการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าในชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

โครงการเรื่องการแก้ปัญหาการศึกษาคณะของหลายทองแดง สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากผู้จัดทำได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆจากอาจารย์ที่ปรึกษา ดร .บุญส่ง สุตะพันธ์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านแก่ผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ บุคลากร สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือแก่ผู้จัดทำ ขอกราบขอบพระคุณ คุณอัญชลี อึ้งธรรมคุณ ผู้จัดการแผนกพัฒนาการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ บริษัท ซีเกท เทคโนโลยี (ประเทศไทย) จำกัด (โคราช) ที่ให้ความอนุเคราะห์แก่ผู้จัดทำเพื่อยืมอุปกรณ์ เครื่องเป่าลมร้อนและเครื่องวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าใช้ทำการทดลอง และสุดท้ายนี้ผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณบิดามารดาและผู้ปกครอง ที่ท่านได้ให้การดูแลเอาใจใส่คอยให้กำลังใจและอยู่เคียงข้างมาโดยตลอด จนกระทั่งโครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำโครงการใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงการชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่คณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำโครงการ



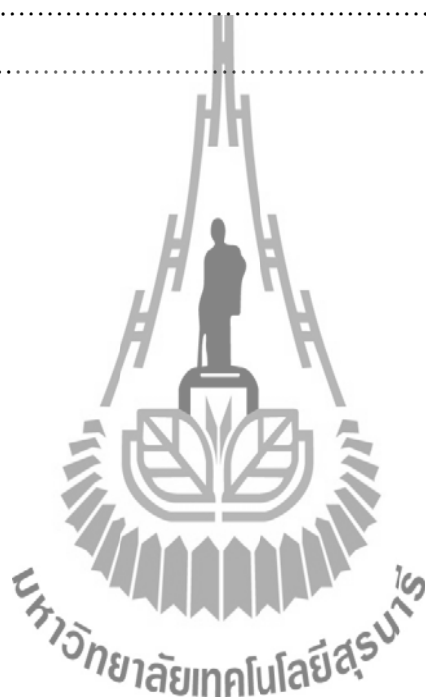
นางสาวจิตรารัตน์ เบื้องบน

สารบัญ

| | |
|--|------|
| เรื่อง | หน้า |
| บทคัดย่อ..... | ก |
| กิตติกรรมประกาศ..... | ข |
| สารบัญ..... | ค |
| สารบัญรูป..... | จ |
| สารบัญตาราง..... | ซ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 บทนำ..... | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์..... | 2 |
| 1.3 ขอบเขตงาน..... | 2 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... | 2 |
| บทที่ 2 ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์และชุดถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน | |
| 2.1 ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์..... | 3 |
| 2.2 กระบวนการแก้ไขชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์..... | 4 |
| 2.3 เครื่องเป่าลมร้อนสำหรับถอดเปลี่ยนหัวอ่าน..... | 6 |
| 2.4 การเชื่อมต่อของสายไฟกับแผ่นวงจร อิเล็กทรอนิกส์..... | 8 |
| 2.5 ลักษณะการชำรุดของคอยล์ทองแดงเมื่อถอดเปลี่ยนหัวอ่าน..... | 9 |
| บทที่ 3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง | |
| 3.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ..... | 11 |
| 3.2 การเปลี่ยนอัตราการไหลของลมร้อน..... | 13 |
| 3.3 การเปลี่ยนน้ำหนักลูกตุ้ม..... | 14 |
| 3.4 การเปลี่ยนมุมการจับดึงเส้นไฟ..... | 15 |
| 3.5 ผลผลิตสุทธิเมื่อปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเครื่องเป่าลมร้อน..... | 16 |
| บทที่ 4 การทดสอบค่าความต้านทานทางไฟฟ้า | |
| 4.1 การอ่านแผนภาพกล่อง (Box plot)..... | 18 |
| 4.1 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Terminal asperity resistance (TA RES)..... | 19 |
| 4.2 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Magneto resistive resistance (MR RES)..... | 20 |
| 4.3 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Read heater resistance (RH RES)..... | 21 |

สารบัญ (ต่อ)

| เรื่อง | หน้า |
|--|------|
| 4.4 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Write heater resistance (WH RES)..... | 22 |
| 4.5 สรุปผลการทดลอง..... | 23 |
| 4.6 การทดลองเพิ่มเติมเพื่อปรับค่าผลผลิตสุทธิให้สูงขึ้น..... | 24 |
| บทที่ 5 สรุป | |
| ประวัติผู้เขียน..... | 29 |
| ภาคผนวก..... | 30 |



สารบัญรูป

| รายการ | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ (Head Stack Assembly, HSA)..... | 3 |
| รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟ | 4 |
| รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของเครื่องเป่าลมร้อน (เครื่องจริง)..... | 6 |
| รูปที่ 2.4 แผนผังเครื่องเป่าลมร้อนสำหรับการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน (แบบจำลอง)..... | 6 |
| รูปที่ 2.5 หัวอ่านและเขียนที่เชื่อมต่ออยู่กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในรูปหัวอ่านที่ 1 และหัวอ่านที่ 4 เสียหาย..... | 8 |
| รูปที่ 2.6 หลังจากดึงสายไฟออกจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในตำแหน่งที่ 1 และตำแหน่งที่ 4 | 8 |
| รูปที่ 2.7 แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์หลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน | 9 |
| รูปที่ 2.8 ลายทองแดงที่เกิดขึ้นหลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน | 9 |
| รูปที่ 3.1 %Yield ทั้งหมด 3 ผลึกภัณฑ์ หลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน พบว่า ผลึกภัณฑ์ที่ 3 มีค่า %Yield ต่ำกว่าผลึกภัณฑ์อื่นๆ..... | 11 |
| รูปที่ 3.2 ระยะห่างของปลายท่อเป่าลมร้อนกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์..... | 12 |
| รูปที่ 3.3 ปุ่มปรับอัตราการไหลของลมร้อนและการแสดงค่าของอัตราการไหลของลมร้อน | 13 |
| รูปที่ 3.4 %Yield การทดลองอัตราการไหลของลมร้อนที่ 23 l/min และ 25 l/min..... | 13 |
| รูปที่ 3.5 ชุดอุปกรณ์ที่ใช้จับดึงเส้นไฟออกจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Tower Gripper)..... | 14 |
| รูปที่ 3.6 แท่งเหล็กน้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้สำหรับถ่วงดึงเส้นไฟ..... | 14 |
| รูปที่ 3.7 %Yield เมื่อทดลองใช้น้ำหนักลูกตุ้มขนาดต่างๆ และเวลาที่ใช้ในการถอดเปลี่ยน | 14 |
| รูปที่ 3.8 มุมของตัวหนักที่ใช้จับดึงสายไฟ ที่มุม 45°, 25° และ 10° | 15 |
| รูปที่ 3.9 %Yield ของการทดลองปรับเปลี่ยนมุมในการจับดึงเส้นไฟ..... | 15 |
| รูปที่ 3.8 %Yield ผลการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร..... | 16 |
| รูปที่ 4.1 ขั้นตอนวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของหัวอ่านเสีย..... | 17 |
| รูปที่ 4.2 แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ของ TA RES | 18 |
| รูปที่ 4.3 แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ของ MR RES | 19 |

สารบัญรูป (ต่อ)

| รายการ | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 4.4 แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ของ RH RES | 20 |
| รูปที่ 4.5 แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงการเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้า ของ WH RES..... | 21 |
| รูปที่ 4.6 ลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์และตำแหน่งที่เราต้องการวัดขนาด | 23 |
| รูปที่ 4.7 แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงขนาดของลายทองแดงที่วัดขนาดของลายทองแดง ระหว่างผู้ผลิตที่ 1 และผู้ผลิตที่ 2..... | 25 |
| รูปที่ 4.8 %Yield การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของลายทองแดงและการทดลอง..... | 26 |
| รูปที่ 4.9 ลายทองแดงที่ทำภาคตัดขวางของผู้ผลิตที่ 1 และผู้ผลิตที่ 2..... | 26 |



สารบัญตาราง

รายการ หน้า

| | |
|--|----|
| ตารางที่ 2-1 กระบวนการแก้ไขชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ..... | 5 |
| ตารางที่ 3-1 ผลการวัดอุณหภูมิจากปลายท่อเป่าลมร้อนถึงชิ้นงาน | 12 |
| ตารางที่ 3-2 การปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 4 ตัวแปรของเครื่องถอดเปลี่ยนหัวอ่านหรือ เครื่องเป่าลมร้อน | 16 |
| ตารางที่ 4-1 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยของค่า TA RES..... | 18 |
| ตารางที่ 4-2 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยของ MR RES..... | 19 |
| ตารางที่ 4-3 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยของ RH RES..... | 20 |
| ตารางที่ 4-4 การวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ WH RES..... | 21 |
| ตารางที่ 4-5 ขนาดของสายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์..... | 22 |
| ตารางที่ 4-6 ขนาดของทองแดง ขนาดของโพลีเอไมน์ และผลรวมความหนาของทองแดง กับโพลีเอไมน์..... | 26 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ชุดหัวอ่าน-เขียน ฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ (Head Stack Assembly, HSA) ประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนหัวอ่าน-เขียน (Head Gimbal Assembly) และส่วนแขนจับ (Arm Hook Up) ในกระบวนการผลิตของชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จจะเป็นการบัดกรีให้ สายไฟของส่วนหัวอ่าน-เขียนกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของส่วนแขนจับให้ยึดติดกันเพื่อให้หัวอ่าน-เขียนสามารถทำงานได้ ในกระบวนการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียน ฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ จะมีการตรวจสอบคุณภาพของหัวอ่าน-เขียนให้ได้ตามค่าคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด ถ้าหากหัวอ่าน-เขียนเสียหายหรือไม่สามารถอ่าน-เขียนได้ตามค่าคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด ชิ้นงานส่วนนี้จะเข้าสู่กระบวนการแก้ไขชิ้นงาน โดยการถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่เสียหายทิ้งเพื่อใส่หัวอ่านที่ดีใหม่ วิธีการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยหัวแรง และการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน พบว่าให้ผลผลิตสุทธิ (%Yield) ของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มีค่าประมาณ 90% ขึ้นไป แต่มีอยู่บางผลิตภัณฑ์ที่ให้ค่า ผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ที่ต่ำมีค่าเท่ากับ 88.88% โดยทราบมาว่าในผลิตภัณฑ์นี้เกิดปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดงที่อยู่บนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นงานที่พบปัญหานี้จะไม่สามารถนำกลับใช้งานใหม่ได้ ดังนั้น การที่จะเพิ่มค่าผลผลิตสุทธิของการแก้ไขชิ้นงาน โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ของชุดการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

ชุดอุปกรณ์การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน จะใช้ความร้อนในการหลอมตะกั่วให้อ่อนตัวและดึง สายไฟของส่วนหัวอ่าน-เขียนออก ในการทำงานของชุดอุปกรณ์การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนมีพารามิเตอร์หลักอยู่ 3 ตัวแปร คือ อัตราการไหลของลม ร้อน น้ำหนักลูกตุ้มและมุมในการจับดึง สายไฟ จึงทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ ดังกล่าวเพื่อแก้ปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดง ลดของเสียจากกระบวนการผลิต และเพิ่ม ผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

นอกจากการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเครื่องเป่าลมร้อน ได้ศึกษาสภาพของลายทองแดงในชิ้นงานเพื่อตรวจสอบว่าในผลิตภัณฑ์นี้มีข้อแตกต่างจากผลิตภัณฑ์โดยส่วนใหญ่หรือไม่ โดยทำการแยกเป็น ผู้ผลิตในส่วนแขนจับ และศึกษาคุณสมบัติของค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ ทำการเปรียบเทียบระหว่าง ก่อนการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน หลังการถอด

เปลี่ยนหัวอ่าน และหลังจากใส่หัวอ่านที่ดีใหม่ โดยใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า (COMSAT HSA Electrical Test) เนื่องจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนชุดหัวอ่าน-เขียน ฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟจะ ถูกความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงอาจจะทำให้ค่าความต้านทานในตัวชิ้นงานหรือหัวอ่านข้างเคียงเปลี่ยนแปลงได้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อแก้ปัญหาการนึกขาดของลายทองแดง
- 1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า หลังจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน
- 1.2.3 เพื่อลดของเสียจากกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน

1.3 ขอบเขตของงาน

- 1.3.1 เป็นการศึกษาปัญหา การนึกขาดของลายทองแดง ที่เกิดจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนใน บางผลิตภัณฑ์ ที่ทำผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนต่ำกว่ามาตรฐานที่ยอมรับได้
- 1.3.2 เป็นการศึกษา ระบบวงจรไฟฟ้าและค่าความต้านทานของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟหลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 สามารถลดปัญหาการนึกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อนได้
- 1.4.2 สามารถรักษาคุณสมบัติทางไฟฟ้า หลังจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน
- 1.4.3 สามารถลดของเสียจากกระบวนการแก้ไขชิ้นงานได้

บทที่ 2

ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ และชุดถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

ในบทนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ (Head Stack Assembly, HAS) ชุดอุปกรณ์การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน และปัญหาการสึกของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อน

2.1 ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนหัวอ่าน-เขียน (Head Gimbal Assembly, HGA) และส่วนแขนจับ (Arm Coil Assy) ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ใช้สำหรับการอ่านและเขียนข้อมูลลงบนแผ่นดิสก์เพื่อจัดเก็บข้อมูลและ โปรแกรมของเครื่อง ดังนั้นในการผลิตชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์จึงมีการตรวจสอบประสิทธิภาพของหัวอ่าน-เขียนอย่างเคร่งครัด เพื่อให้การผลิตมีคุณภาพที่ดีที่สุดก่อนการส่งออกไปยังลูกค้า จากการผลิตชุดหัวอ่านและเขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์จะมีอยู่หลากหลายผลิตภัณฑ์ ในกระบวนการผลิตจะมีการตรวจสอบในแต่ละส่วนดังนี้ ตรวจสอบตำแหน่งในการอ่านและเขียน ตรวจสอบการอ่านและเขียนของหัวอ่าน และตรวจสอบลายวงจรและสายไฟ



(ก) หัวอ่าน-เขียน

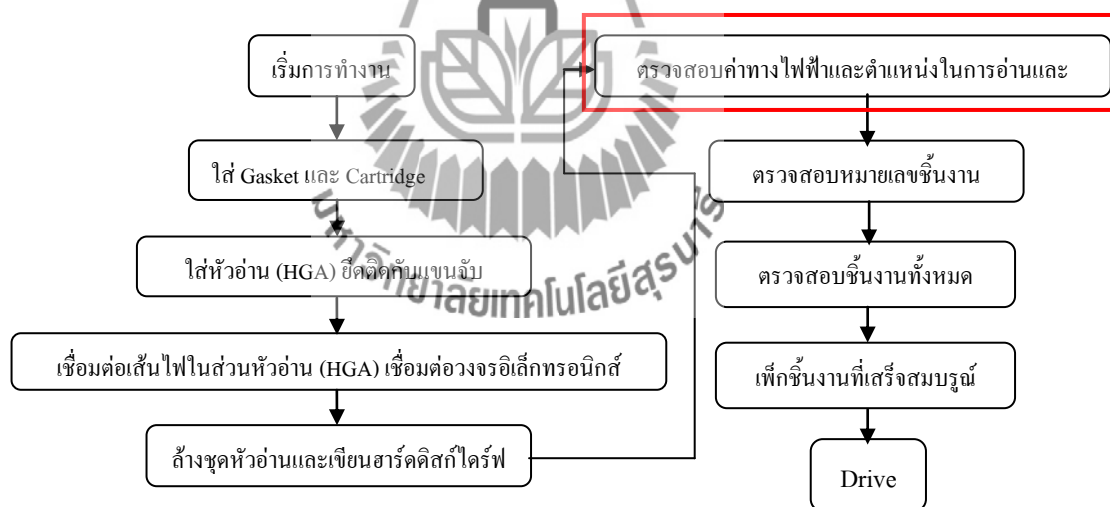
(ข) แขนจับ

(ค) ชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ (Head Stack Assembly, HSA)

2.2 กระบวนการแก้ไขชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

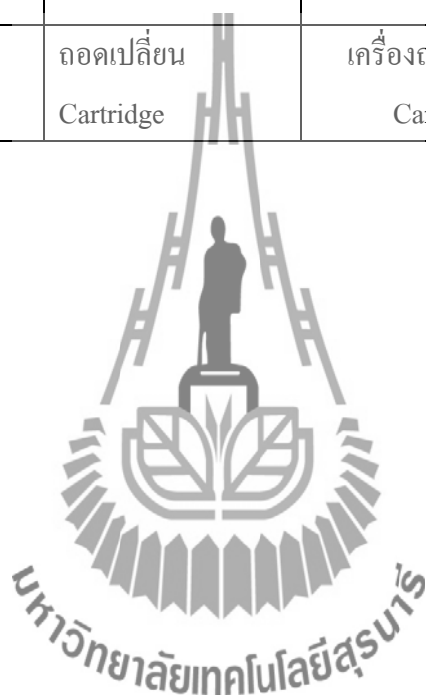
การตรวจสอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ เมื่อตรวจสอบแล้วพบว่าตำแหน่งของหัวอ่านไม่สามารถอ่านและเขียนได้ตามที่กำหนดหรือเกิดความเสียหาย จะนำชิ้นงานเหล่านี้เข้าสู่กระบวนการแก้ไขชิ้นงาน โดยการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน โดยทั่วไปในผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่จะมีค่าผลผลิตสุทธิของการแก้ไขชิ้นงานประมาณ 90% แต่จะมีอยู่บางผลิตภัณฑ์มีค่าผลผลิตสุทธิของการแก้ไขชิ้นงานประมาณ 88.88% ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับในกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน โดยผลิตภัณฑ์นี้จะมีหัวอ่าน-เขียนอยู่ทั้งหมด 6 หัวอ่าน เมื่อทำการถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่เสียหายในหัวอ่านใดหัวอ่านหนึ่งพบว่าเกิดการลิกขาตของลายทองแดงทำให้ชิ้นงานนี้เสียหายทั้งตัวและไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ถ้าหากไม่พบการลิกขาตของลายทองแดงหลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน จะนำชิ้นงานใส่หัวอ่านที่ดีใหม่และทำการตรวจสอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ใหม่ เพื่อทำการประกอบเป็นฮาร์ดดิสก์ไครฟ์ออกจำหน่าย



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการประกอบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไครฟ์

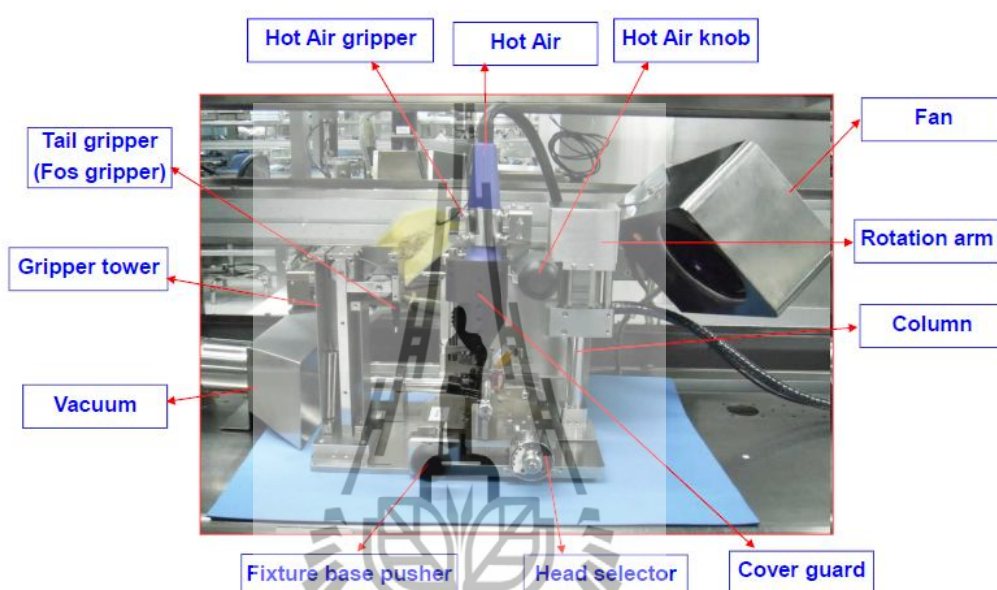
ตารางที่ 2-1 กระบวนการแก้ไขชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

| ปัญหาที่พบ | ขั้นตอนการแก้ไข | อุปกรณ์ | ขั้นตอนต่อไป |
|--|-------------------------|---|-----------------|
| 1.ตำแหน่งของหัวอ่านและเขียนไม่ตรง | ถอดเปลี่ยนหัวอ่าน | ชุดถอดเปลี่ยนหัวอ่าน (เครื่องเป่าลมร้อน) | นำกลับมาใช้ใหม่ |
| 2.หัวอ่านและเขียนเสียหาย | ถอดเปลี่ยนหัวอ่าน | ชุดถอดเปลี่ยนหัวอ่าน (เครื่องเป่าลมร้อน) | นำกลับมาใช้ใหม่ |
| 3.แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์และเส้นไฟเสียหาย | ไม่สามารถแก้ไขได้ | ทิ้ง | N/A |
| 4.Cartridge เสียหาย | ถอดเปลี่ยน Cartridge | เครื่องถอดเปลี่ยน Cartridge | นำมาใช้ใหม่ |

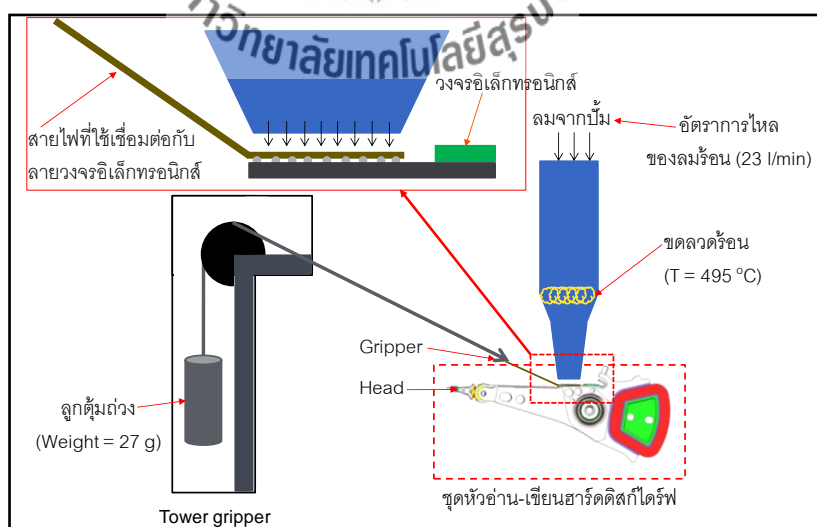


2.3 เครื่องเป่าลมร้อนสำหรับถอดเปลี่ยนหัวอ่าน

เป็นเครื่องที่ใช้สำหรับถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่เสียบออกแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Print Circuit, PCC) โดยจะใช้ตัวหนีบ (Gripper) ที่มีลูกตุ้มน้ำหนักถ่วงไว้ ในการจับสายไฟที่ต้องการแก้ไขให้ตั้ง และการใช้ความร้อนเพื่อหลอมตะกั่วให้เกิดการอ่อนตัว ตัวหนีบจะทำการดึง สายไฟที่ติดอยู่กับ แผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ออก



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของเครื่องเป่าลมร้อน (เครื่องจริง)



รูปที่ 2.4 แผนผังเครื่องเป่าลมร้อนสำหรับการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน (แบบจำลอง)

- ขั้นตอนที่ 1 หยิบชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟออกจากถาดและตัดสายไฟออกจากหัวอ่านที่เสียหาย(ต้องการแก้ไข)
- ขั้นตอนที่ 2 โหลดชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟเข้าเครื่องเป่าลมร้อน
- ขั้นตอนที่ 3 เลือกหัวอ่านที่ต้องการจะถอดเปลี่ยน
- ขั้นตอนที่ 4 นำตัวหนีบที่มีลูกตุ้มน้ำหนักถ่วงไว้ จับสายไฟที่ตัดไว้แล้ว
- ขั้นตอนที่ 5 เคลื่อนหัวเป่าลมร้อนให้ตรงกับหัวอ่านเพื่อทำการหลอมตะกั่วให้อ่อนตัว
- ขั้นตอนที่ 6 ตัวหนีบจะดึงสายไฟออกจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- ขั้นตอนที่ 7 โหลดชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟออกจากเครื่องเป่าลมร้อนและเก็บใส่ถาด

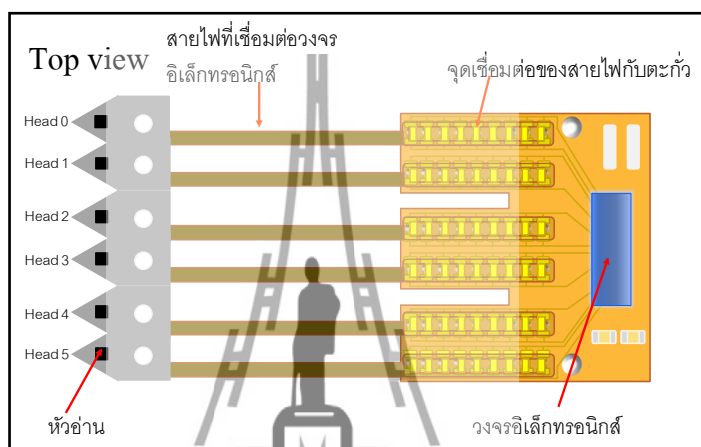
ประโยชน์ของเครื่องเป่าลมร้อนสำหรับการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน เนื่องจากไม่ได้สัมผัสชิ้นงานโดยตรงจึงช่วยลดเม็คฝุ่นและสิ่งปนเปื้อน เพิ่มความสะดวกต่อชิ้นงานและเมื่อมีการแก้ไขชิ้นงานที่มีจำนวนมากช่วยลดเวลาในการทำงานได้

ในผลิตภัณฑ์ที่มีค่าผลผลิตสุทธิ การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ที่เท่ากับ 88.88% หลังจากชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟถูกถอดเปลี่ยนด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีการฉีกขาด ซึ่งทำให้ชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้ เนื่องจากลวดวงจรไฟฟ้าถูกฉีกขาดก็เปรียบเสมือนการเปิดวงจร (Open circuit) ซึ่งในการเขียนและอ่านข้อมูลลงบนไคร์ฟจะต้องมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปเพื่อให้ชุดหัวอ่านเขียนสามารถเขียนและอ่านข้อมูลลงบนแผ่นบันทึกข้อมูล จากปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อน จะทำการแก้ไขด้วยการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ทั้งหมด 3 ตัวแปร ดังนี้

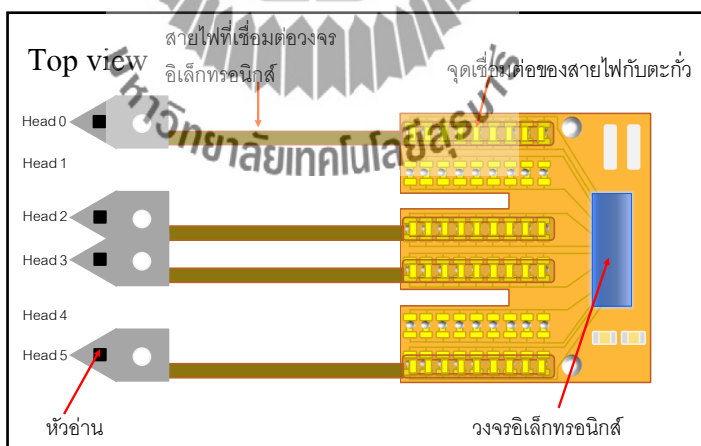
- อัตราการไหลของลมร้อน
- น้ำหนักลูกตุ้ม
- มุมในการจับดึงสายไฟ

2.4 การเชื่อมต่อของสายไฟกับแผ่นวงจร อิเล็กทรอนิกส์

ในการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน จะใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 495 องศาเซลเซียสเพื่อหลอมให้ตะกั่วอ่อนตัวง่ายต่อการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน จากรูปที่ 2.5 เป็นการเชื่อมต่อระหว่างสายไฟกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในส่วนนี้ สมมติว่าหัวอ่านที่ 1 และ 4 เสียหาย จะมีการเป่าลมร้อนในบริเวณหัวอ่านที่ต้องการแก้ไขและมีตัวหนีบที่จับดึงสายไฟไว้ เมื่อตะกั่วเกิดการอ่อนตัวตัวหนีบจะทำการดึงสายไฟออกจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ดังรูปที่ 2.6



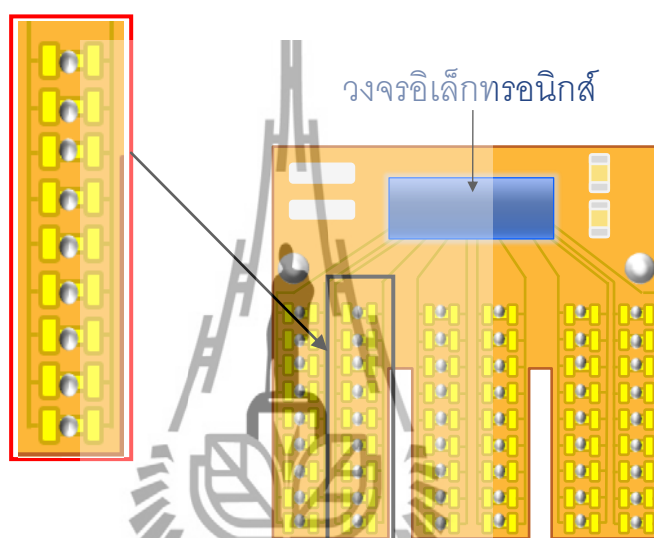
รูปที่ 2.5 หัวอ่านและเขียนที่เชื่อมต่ออยู่กับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในรูปหัวอ่านที่ 1 และ 4 เสียหาย



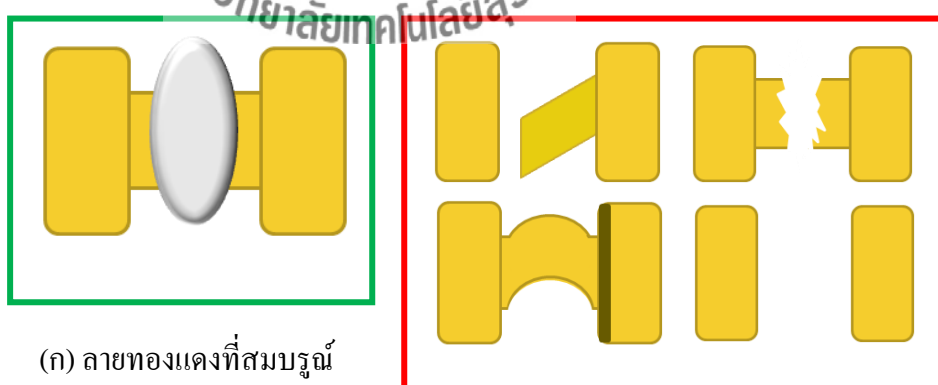
รูปที่ 2.6 หลังจากดึงสายไฟออกจากแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในตำแหน่งที่ 1 และ 4

2.5 ลักษณะการชำรุดของลายทองแดงเมื่อถอดเปลี่ยนหัวอ่าน

จากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน พบว่ามีการฉีกขาดของลายทองแดง รูปที่ 2.6 ในผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาได้ค่า ผลผลิต สุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ประมาณ 88.88% ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถยอมรับได้ ดังนั้น จึงทำการทดลองปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการไหลของลมร้อน น้ำหนักลูกค้อนและมุมในการจับค้อน สายไฟ เพื่อแก้ปัญหาลักษณะการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อนให้ได้ลายทองแดงที่สมบูรณ์และได้ผลผลิต สุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่ยอมรับได้



รูปที่ 2.7 แผ่นวงจรมอเตอร์อิเล็กทรอนิกส์หลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน



(ก) ลายทองแดงที่สมบูรณ์

(ข) ลายทองแดงที่เกิดความเสียหาย

รูปที่ 2.8 ลายทองแดงที่เกิดขึ้นหลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

บทที่ 3

ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่มีปัญหาได้ ผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ประมาณ 88.88% ไม่เป็นที่ยอมรับในกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน ในบทนี้จึงกล่าวถึงการทดลองเพื่อทำการแก้ปัญหา ที่ผลผลิตสุทธิของการแก้ไขชิ้นงานต่ำ ให้ได้ผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน เพิ่มขึ้น 90% ขึ้นไป โดยการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการไหลของลมร้อน น้ำหนักลูกตุ้มและมุมในการจับดึงสายไฟดังต่อไปนี้

นิยาม

$$\% \text{Yield} = \frac{X-Y}{\text{All}} \times 100\%$$

โดยที่ %Yield = ผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

X = จำนวนงานที่ดี

Y = จำนวนงานที่เสีย

All = จำนวนงานทั้งหมด

ก่อนจะมีการปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของเครื่องเป่าลมร้อนคือ

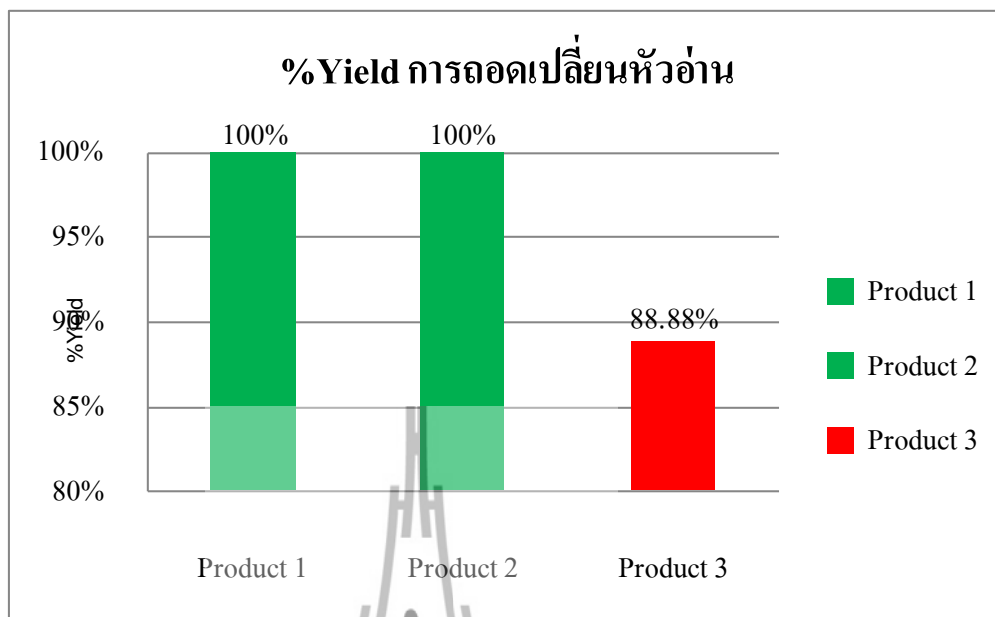
อุณหภูมิ 495 °C

อัตราการไหลของลม 25 l/min

น้ำหนักลูกตุ้ม 58 กรัม

มุมในการจับดึงเส้นไฟ 40 °

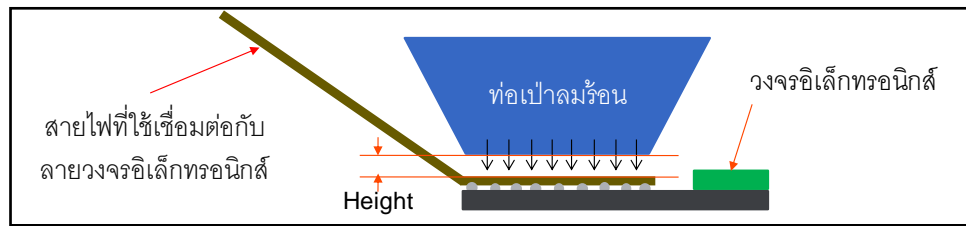
จากการทดลองการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ได้ทำการตั้งค่าเครื่องที่ใช้พารามิเตอร์ในการทำงานที่เหมือนกัน เห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ 1 และผลิตภัณฑ์ 2 มีค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ที่ได้ 100% ไม่พบปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดง หลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน และพบว่าในผลิตภัณฑ์ที่ 3 มีค่าผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนอยู่ที่ 88.88% ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับในกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน โดยทั่วไปแล้วผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนต้องได้ 90% ขึ้นไป ดังนั้นจากที่ทำการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน เกิดปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในผลิตภัณฑ์ที่ 3 จึงทำการทดลอง ปรับเปลี่ยน พารามิเตอร์ 3 ตัวแปร เพื่อแก้ปัญหากลไกการฉีกขาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องเป่าลมร้อนในผลิตภัณฑ์ที่ 3 ตามการทดลองต่อไป



รูปที่ 3.1 %Yield ทั้งหมด 3 ผลิตภัณฑ์ หลังจากถูกถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ 3 มีค่า %Yield ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์อื่นๆ

3.1 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ

ในการวัดค่าอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนโดยใช้เครื่องมือในการวัด คือ Thermocouple เนื่องจากต้องการทราบว่าอุณหภูมิที่แสดงในตัวเครื่องให้ความร้อนกับขดลวดตรงกันหรือไม่ โดยการปรับเปลี่ยนตำแหน่งของปลายท่อเป่าลมร้อนกับแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และอัตราการไหลของลมร้อน จาก พบว่าที่ตำแหน่งของปลายท่อและอัตราการไหลที่ต่างๆจะได้ผลใกล้เคียงกับค่าที่แสดงในตัวเครื่อง แต่อยู่ที่ตำแหน่ง 7 มิลลิเมตร และอัตราการไหลของลมร้อนอยู่ในตำแหน่งที่สูงที่สุดคือ 25 l/min ได้อุณหภูมิที่วัดที่น้อยมาก ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการเป่าของชิ้นงานเป็นเวลานาน เนื่องจากมีอัตราการไหลของลมร้อนที่แรงผ่านขดลวดที่อุณหภูมิ 495 องศาเซลเซียสซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับในกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน ในที่นี้เราต้องการทราบว่าในตำแหน่งที่ 5 มิลลิเมตร และอัตราการไหลของลมร้อนซึ่งเป็นค่าแรกที่ทดลองวัดอุณหภูมิของเครื่องเป่าลมร้อนได้ประมาณ 338 องศาเซลเซียส ถือว่าเป็นอุณหภูมิที่สูงแต่สำหรับการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน ต้องการให้ได้ระยะเวลาและคุณภาพงานที่ดี จึงเลือกใช้อุณหภูมิในตำแหน่งที่ 3 มิลลิเมตร และอัตราการไหลของลมอยู่ที่ 23 l/min เนื่องจากเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมเนื่องจากว่าไม่สูงหรือว่าต่ำจนทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย และอุณหภูมิที่เป่าออกมาค่อนข้างสูง ประมาณ 381 องศาเซลเซียส ซึ่งส่งผลให้ระยะเวลาในการถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่ใช้เวลาน้อยขึ้นกว่าตำแหน่งเดิม



รูปที่ 3.2 ระยะห่างของปลายท่อเป่าลมร้อนกับแผ่นวงจรรีเลย์เทอร์อนิกส์

ตารางที่ 3-1 ผลการวัดอุณหภูมิจากปลายท่อเป่าลมร้อนถึงชิ้นงาน

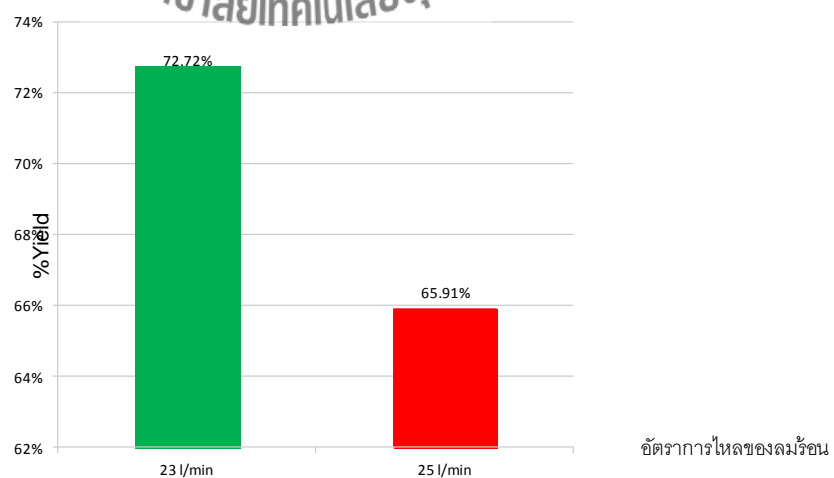
| Height (mm) | Flow rate (l/min) | 1 st (T= 495 °C) | 2 nd (T= 495 °C) | 3 th (T = 495 °C) | Average (T = 495 °C) |
|-------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------|
| 0 | 10 | 480 | 488 | 494 | 487 |
| | 15 | 442 | 447 | 459 | 449 |
| | 20 | 430 | 437 | 437 | 435 |
| | 23 | 427 | 432 | 433 | 431 |
| | 25 | 416 | 415 | 415 | 415 |
| 3 | 10 | 370 | 421 | 414 | 402 |
| | 15 | 387 | 405 | 406 | 399 |
| | 20 | 385 | 382 | 396 | 388 |
| | 23 | 390 | 376 | 378 | 381 |
| | 25 | 345 | 357 | 360 | 354 |
| 5 | 10 | 390 | 391 | 395 | 392 |
| | 15 | 385 | 384 | 366 | 378 |
| | 20 | 355 | 355 | 353 | 354 |
| | 23 | 350 | 351 | 351 | 351 |
| | 25 | 338 | 383 | 341 | 338 |
| 7 | 10 | 236 | 364 | 375 | 325 |
| | 15 | 291 | 345 | 345 | 327 |
| | 20 | 280 | 323 | 324 | 309 |
| | 23 | 275 | 300 | 309 | 295 |
| | 25 | 260 | 285 | 287 | 277 |

3.2 การเปลี่ยนอัตราการไหลของลมร้อน

ในการเปลี่ยนอัตราการไหลของลมร้อนพบว่า ค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนในอัตราการไหลของลมร้อนที่ 23 l/min และ 25 l/min ในตำแหน่งความสูงของปลายท่อลมร้อนกับชิ้นงานชุดหัวอ่านและเขียนที่ระยะห่าง 3 มิลลิเมตร มีค่าเท่ากับ 72.72% และ 65.91% ตามลำดับ จากการเปลี่ยนอัตราการไหลของลมร้อน ที่อัตราการไหลของลมร้อนที่ 23 l/min ได้ค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน มากกว่าอัตราการไหลของลมร้อนที่ 25 l/min จึงเลือกอัตราการไหลของลมร้อนที่ 23 l/min ในกระบวนการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน เพื่อใช้ในกระบวนการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนต่อไป คือ การเปลี่ยนน้ำหนักลูกตุ้ม



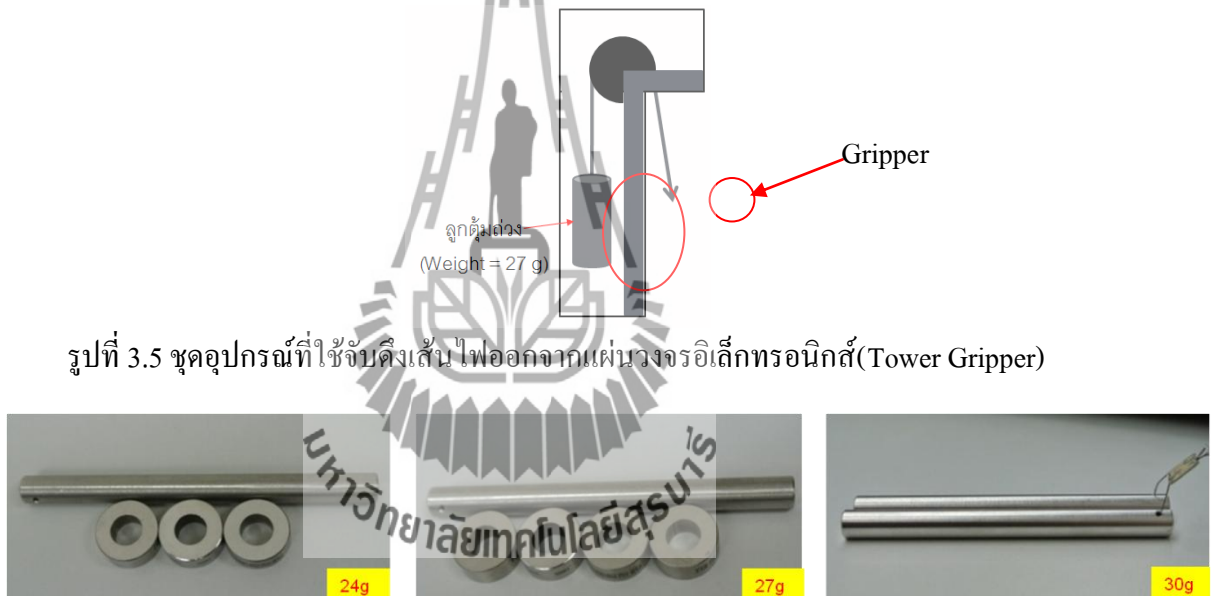
รูปที่ 3.3 ปุ่มปรับอัตราการไหลของลมร้อนและการแสดงค่าของอัตราการไหลของลมร้อน



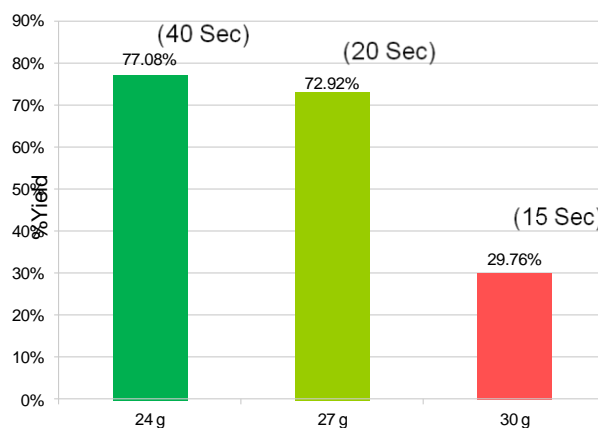
รูปที่ 3.4 %Yield การทดลองอัตราการไหลของลมร้อนที่ 23 l/min และ 25 l/min

3.3 การเปลี่ยนน้ำหนักลูกตุ้ม

การทดลองใช้น้ำหนักลูกตุ้ม 3 ขนาด ได้แก่ 24 g, 27 g และ 30 g ได้ ค่าผลผลิตสุทธิต่อการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนเท่ากับ 77.08%, 72.92% และ 29.76% ตามลำดับ พบว่าน้ำหนักที่ใช้ในการทดลองที่น้ำหนัก 24 g และ 27 g เมื่อใช้ถ่วงในการดึงสายไฟเกิดปัญหาการฉีกขาดของสายทองแดงได้ค่า ค่าผลผลิตสุทธิต่อการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่ดีขึ้น แสดงว่าหลังจากที่ปรับเปลี่ยนน้ำหนักลูกตุ้มสามารถช่วยลดปัญหาการฉีกขาดของสายทองแดงได้ แต่ในน้ำหนักที่ 24 g ใช้ระยะเวลาในการถอดเปลี่ยนหัวอ่านอยู่ประมาณ 40 วินาทีต่อหัวอ่าน ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับในกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน โดยทั่วไปในการแก้ไขชิ้นงานต้องใช้เวลาไม่เกิน 20 วินาทีต่อหัวอ่าน จึงเลือกใช้น้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้สำหรับถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่ 27 g เนื่องจากช่วยลดการฉีกขาดของสายทองแดงได้



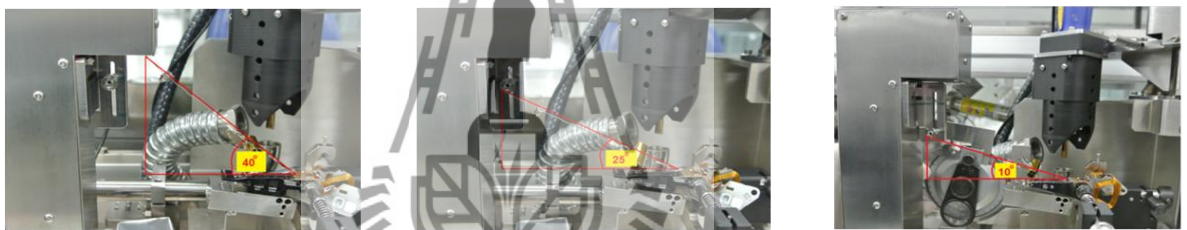
รูปที่ 3.6 แท่งเหล็กน้ำหนักลูกตุ้มที่ใช้สำหรับถ่วงดึงเส้นไฟ



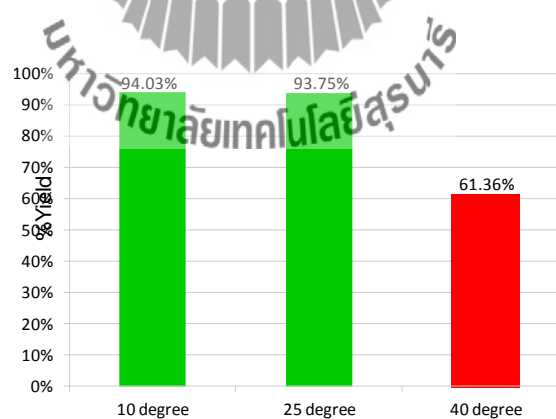
รูปที่ 3.7 %Yield เมื่อทดลองใช้น้ำหนักลูกตุ้มขนาดต่างๆ และเวลาที่ใช้ในการถอดเปลี่ยน

3.4 การเปลี่ยนมุมการจับดิ่งสายไฟ

จากผลการทดลองมุมในการจับดิ่งสายไฟมีอยู่ 3 มุม ได้แก่ 10° , 25° และ 40° ได้ผลสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนเท่ากับ 94.03%, 93.75% และ 61.36% ตามลำดับ ซึ่งเป็นมุมที่ 40° เกิดการหนีกขาดของสายวงจรที่มากที่สุด และพบว่าในตำแหน่งมุมที่ 10° มีค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่สูงที่สุดเท่ากับ 94.03% แต่ไว้ในมุมที่ 10° เป็นมุมที่ต่ำทำให้ตัวหนีบสายไฟสัมผัสกับหัวอ่านข้างเคียงทำให้เกิดปัญหาส่วนอื่นมากขึ้น จึงไม่เลือกใช้เป็นค่าสำหรับการตั้งค่าเครื่องเป่าลมร้อน ดังนั้นจากการทดลองมุมในการจับดิ่งสายไฟที่เลือกใช้เพื่อแก้ไขปัญหาคือการหนีกขาดของสายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อนคือมุมในการจับดิ่งสายไฟที่ตำแหน่ง 25° เนื่องจากเป็นมุมที่ได้ค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนเท่ากับ 93.75% เป็นค่าที่ยอมรับได้ในการแก้ไขชิ้นงานโดยการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน และสามารถลดปัญหาการหนีกขาดของสายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อนได้



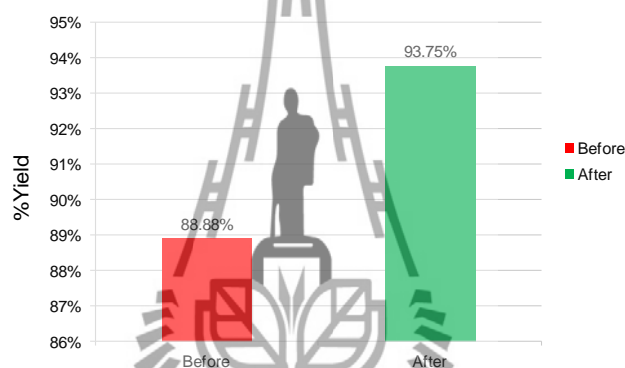
รูปที่ 3.8 มุมของตัวหนีบที่ใช้จับดิ่งสายไฟ ที่มุม 45° , 25° และ 10°



รูปที่ 3.9 %Yield ของการทดลองปรับเปลี่ยนมุมในการจับดิ่งสายไฟ

3.5 ผลผลิตสุทธิเมื่อปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเครื่องเป่าลมร้อน

จากการทำการทดลองที่ได้ทำการปรับค่าพารามิเตอร์ใน ชุดอุปกรณ์การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วย เครื่องเป่าลมร้อนเพื่อช่วยแก้ปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดง โดยมีการปรับเปลี่ยน ค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร ตารางที่ 3-2 พบว่าหลังจากที่มีการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ทั้งหมด สามารถช่วยลดการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดขึ้นจากเครื่องเป่าลมร้อน จากเดิมได้ค่า %Yield ของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนประมาณ 88.88% เพิ่มขึ้นเป็น 93.75% ซึ่งเป็นค่าที่ ยอมรับได้ในกระบวนการแก้ไขชิ้นงาน ดังนั้นการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 3 ตัวแปรสามารถช่วย แก้ปัญหาการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากเครื่องเป่าลมร้อนได้ ช่วยลดของเสียจาก กระบวนการแก้ไขชิ้นงานและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้



รูปที่ 3.8 %Yield ผลการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร

ตารางที่ 3-2 การปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวแปรของเครื่องถอดเปลี่ยนหัวอ่านหรือ เครื่องเป่าลมร้อน

| พารามิเตอร์ | ก่อนการปรับเปลี่ยน | หลังการปรับเปลี่ยน |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| อัตราการไหลของลม | 25 l/min | 23 l/min |
| น้ำหนักลูกตุ้ม | 38 g | 27 g |
| มุมในการจับดึงสายไฟ | 40 ° | 25 ° |

บทที่ 4

การทดสอบค่าความต้านทานทางไฟฟ้า

เนื่องจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงในการเป่าชุดหัวอ่าน -เขียน สำเร็จ เพื่อการหลอมตะกั่วที่อยู่บนแผ่นวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ที่ยึดอยู่กับ สายไฟที่ต้องการแก้ไข จากการทดลองในบทนี้ต้องการทราบว่าชุดหัวอ่าน -เขียนสำเร็จ หลังจากชิ้นงานโดนความร้อนที่อุณหภูมิสูง ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของหัวอ่านข้างเคียงหัวอ่านที่ทำการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน มีค่าความต้านทานของหัวอ่านเปลี่ยนแปลงไปจาก คุณสมบัติทางเทคนิค ที่กำหนดหรือไม่ โดยการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของหัวอ่าน -เขียน สำเร็จ แบ่งออกเป็น 4 ตัวแปร ได้แก่ Terminal asperity resistance (TA RES), Magneto resistive resistance (MR RES), Write heater resistance (WH RES) และ Read heater resistance (RH RES) โดยการใช้เครื่องมือวัดค่าทางไฟฟ้าที่เรียกว่า “COMSAT HSA Electrical Test” ใช้สำหรับเพื่อตรวจสอบการเหนี่ยวนำ ทางไฟฟ้า การต่อเนื่องวงจรและการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้า ภายในตัวชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ และการตรวจค่าการอ่านของความเปลี่ยนแปลงทางสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของหัวอ่าน การวัดค่าทางไฟฟ้า ในการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 3 ครั้ง ดังนี้



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของหัวอ่านเสีย

4.1 การอ่านแผนภาพกล่อง (Box plot)

แผนภาพกล่อง (Box plot) เป็นการนำข้อมูลของตัวอย่างอย่างน้อย 5 อย่างมาแสดงเป็นรูปกราฟ คือ ค่า Minimum, Q1, Q2 (ค่ามัธยฐาน), Q3, และ Maximum โดยการวาดแผนภาพกล่อง (Box plot) จะช่วยให้เห็นค่ากลาง (Mean) ค่าการกระจาย (Inter quartile range, IQR) ลักษณะการแจกแจงข้อมูล และค่าผิดปกติของข้อมูล (Outlier)

Mean = ค่าเฉลี่ย หมายถึงนำค่าของทุกจำนวนบวกกันทั้งหมดแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูล

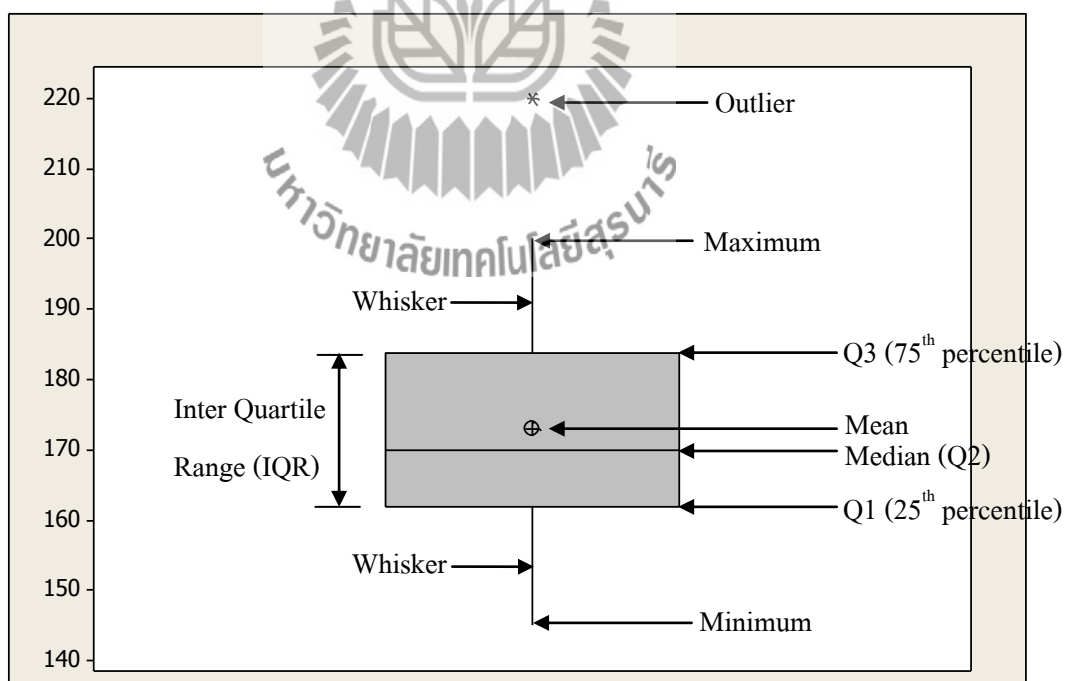
Median = ค่าที่อยู่ตำแหน่งกึ่งกลาง เมื่อนำข้อมูลมาเรียงกันจากน้อยไปมาก

Minimum = ค่าที่ต่ำที่สุด

Maximum = ค่าที่สูงที่สุด

Whisker = ลากจากกล่องสี่เหลี่ยมขึ้นเหนือไปหาจุดที่ค่าสูงที่สุด (Q3) เป็นความยาวเท่ากับ 1.5 เท่าของ $Q3-Q1$ และทำเช่นเดียวกันกับจุดที่ค่าต่ำที่สุด

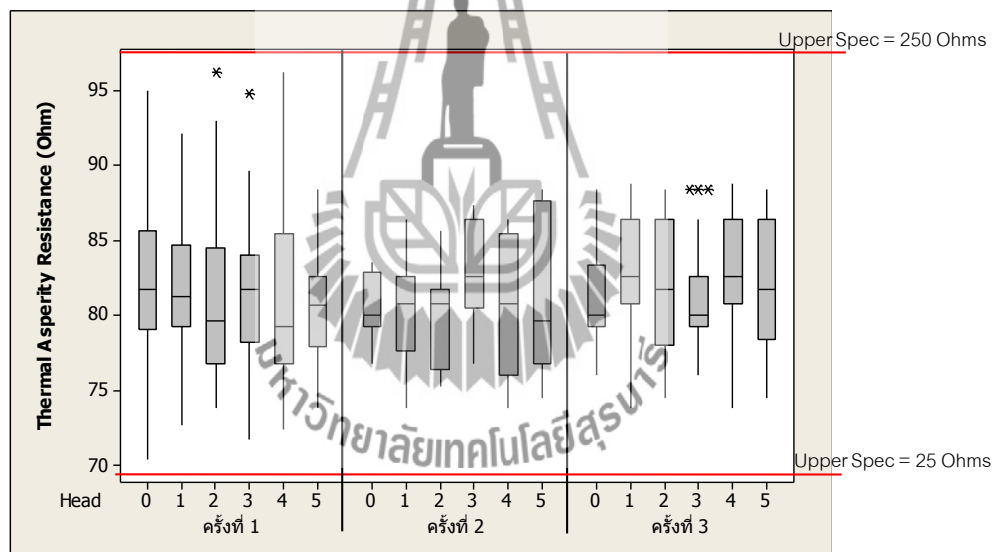
การอ่านค่าของกล่องสี่เหลี่ยมในส่วนด้านบนของสี่เหลี่ยมคือ ข้อมูลลำดับที่ 75 (75th percentile หรือถ้าแบ่งข้อมูลเป็นสี่ส่วนก็คือ 3rd Quartile) และด้านล่างของสี่เหลี่ยมคือ ข้อมูลลำดับที่ 25 (25th percentile หรือถ้าแบ่งข้อมูลเป็นสี่ส่วนก็คือ 1st Quartile)



รูปที่ 4.2 ส่วนประกอบของการอ่านแผนภาพกล่อง (Box plot)

4.2 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Terminal asperity resistance (TA RES)

การวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ Terminal asperity resistance (TA RES) เป็นค่าความต้านทานของเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจ็บรอยนูนบนแผ่นจัดเก็บข้อมูล เมื่อหัวอ่าน-เขียนเกิดการชนกับรอยนูนบนแผ่นจัดเก็บข้อมูลค่าจะเกิดความร้อนขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นค่าความต้านทานคงที่ของเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจ็บรอยนูนบนแผ่นจัดเก็บข้อมูล จากตารางที่ 4-1 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 81.04, 81.94 และ 82.58 โอห์ม ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้ง 3 ครั้งมีค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกันและมีค่าความต้านทานอยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด โดยคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนดของค่าความต้านทานความรุนแรงของความร้อนแบ่งออกเป็นค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 250 โอห์มและค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 25 โอห์ม ดังนั้น การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจ็บรอยนูนบนแผ่นจัดเก็บข้อมูล



รูปที่ 4.3 แผนภาพกล่อง (Box plot) การเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของค่า TA RES

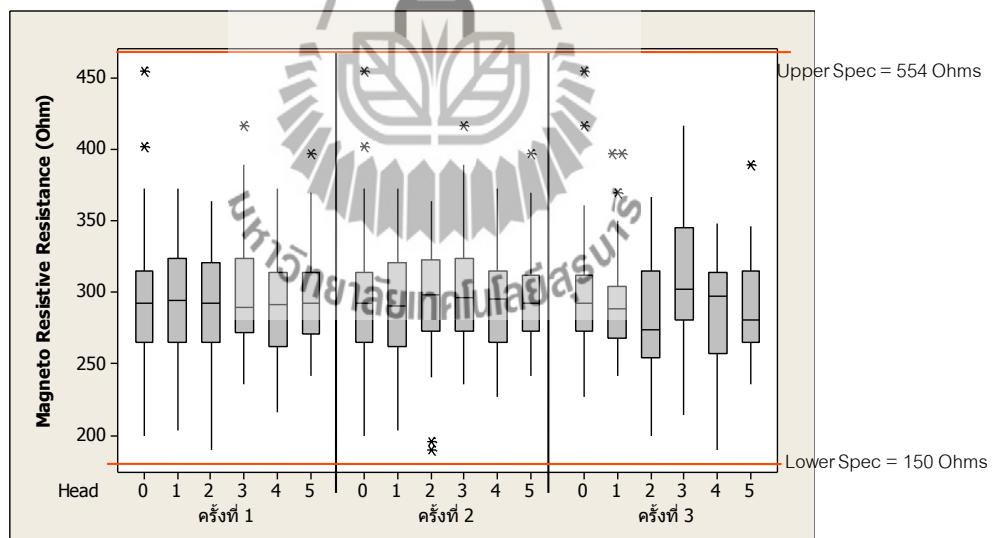
ตารางที่ 4-1 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยของค่า TA RES

Unit: Ohm

| ครั้งที่ | Head 0 | Head 1 | Head 2 | Head 3 | Head 4 | Head 5 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ครั้งที่ 1 | 80.63 | 80.97 | 81.22 | 80.54 | 81.72 | 81.14 |
| ครั้งที่ 2 | 82.11 | 81.95 | 82.21 | 82.26 | 81.65 | 81.49 |
| ครั้งที่ 3 | 82.83 | 82.75 | 82.75 | 82.75 | 81.00 | 83.38 |

4.3 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Magneto resistive resistance (MR RES)

การวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Magneto resistive resistance (MR RES) เป็นเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อมีการหมุนตัวของแผ่นจัดเก็บข้อมูล และอ่านค่าเป็นลอจิก โดยค่าที่วัดได้เป็นค่าความต้านทานคงที่ของเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากตารางที่ 4-2 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยใน ครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 294.80, 279.20 และ 289.36 โอห์ม ตามลำดับ ซึ่งค่าความต้านทานใน ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 3 มีค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกัน โดยกลุ่มที่ 1 เป็นการวัดค่าความต้านทานชุดหัวอ่านและเขียน ก่อนเข้าสู่การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนและใน ครั้งที่ 3 เป็นการวัดค่าความต้านทานหลังจากใส่หัวอ่านที่ตีใหม่ แต่ว่าใน ครั้งที่ 2 เป็นการวัดค่าหลังจากชุดหัวอ่านและเขียนมีการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ซึ่งมีค่าความต้านทานที่ต่ำเมื่อชิ้นงานถูกความร้อน แต่ค่าความต้านทานยังอยู่ใน อยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิค ที่กำหนด โดยค่า คุณสมบัติทางเทคนิคของเซนเซอร์วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก แบ่งออกเป็นค่าสูงสุด มีค่าเท่ากับ 250 โอห์ม และค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 25 โอห์ม ดังนั้นการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซนเซอร์ที่วัดค่าความเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 4.4 แผนภาพกล่อง (Box plot) การเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ MR RES

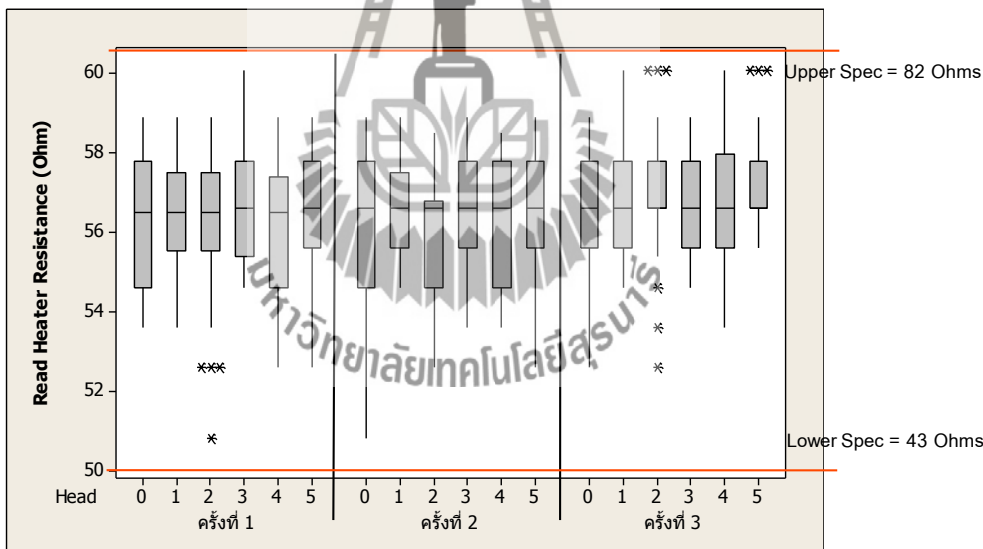
ตารางที่ 4-2 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยของ MR RES

Unit: Ohm

| ครั้งที่ | Head 0 | Head 1 | Head 2 | Head 3 | Head 4 | Head 5 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ครั้งที่ 1 | 295.25 | 293.68 | 291.38 | 300.80 | 290.67 | 297.00 |
| ครั้งที่ 2 | 274.73 | 274.88 | 281.04 | 284.53 | 277.04 | 282.96 |
| ครั้งที่ 3 | 289.51 | 294.25 | 285.58 | 297.09 | 285.79 | 283.92 |

4.4 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Read heater resistance (RH RES)

การวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ Read heater resistance (RH RES) เป็นการวัดค่าความต้านทานความร้อนที่ให้กับการอ่านบนแผ่นจัดเก็บข้อมูล โดยอ่านข้อมูลในระยะที่ใกล้มากขึ้น ยกต่อการผลิตจึงใช้การให้ความร้อนให้หัวอ่าน-เขียน (Slider) เกิดการขยายตัวให้เข้าใกล้แผ่นจัดเก็บข้อมูลเพื่อป้องกันการขูดขีดระหว่างแผ่นจัดเก็บข้อมูลกับหัวอ่านและได้ประสิทธิภาพในการอ่าน ซึ่งค่าที่วัดได้เป็นค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของความร้อนที่ให้กับหัวอ่าน-เขียน จากตารางที่ 4-3 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 56.24, 56.6 และ 56.24 โอห์ม ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้ง 3 ครั้งมีค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าความต้านทานอยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด โดยค่าคุณสมบัติทางเทคนิคของค่าความต้านทานความรุนแรงของความร้อนแบ่งออกเป็นค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 82 โอห์มและค่าต่ำสุด มีค่าเท่ากับ 43 โอห์ม ดังนั้น การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานความร้อนของหัวอ่าน-เขียน



รูปที่ 4.5 แผนภาพกล่อง (Box plot) การเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ RH RES

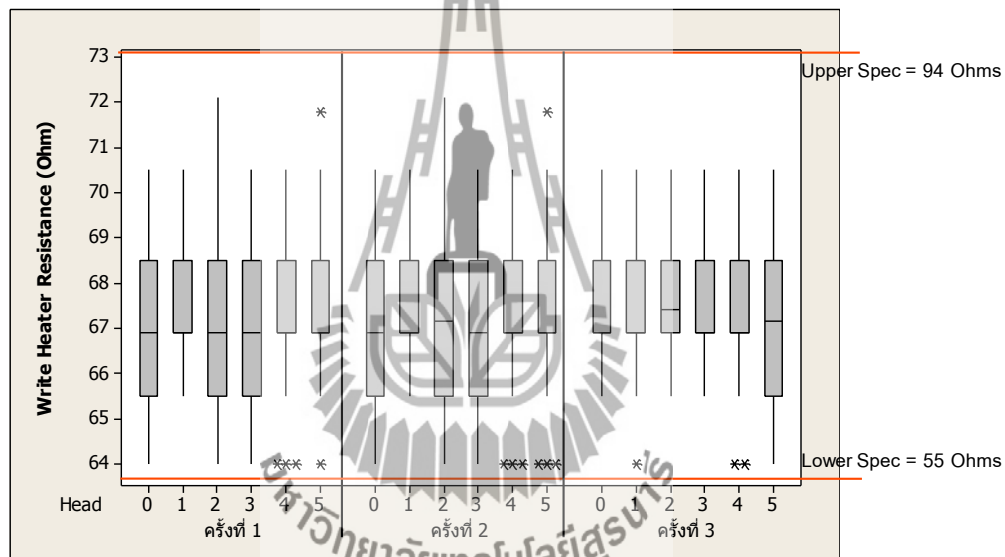
ตารางที่ 4-3 ค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยของ RH RES

Unit: Ohm

| ครั้งที่ | Head 0 | Head 1 | Head 2 | Head 3 | Head 4 | Head 5 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ครั้งที่ 1 | 56.16 | 56.29 | 56.07 | 56.49 | 55.96 | 56.47 |
| ครั้งที่ 2 | 56.75 | 56.35 | 56.31 | 56.49 | 56.85 | 56.85 |
| ครั้งที่ 3 | 56.20 | 56.30 | 56.06 | 56.57 | 55.98 | 56.34 |

4.4 ผลการวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Write heater resistance (WH RES)

การวัดความต้านทานทางไฟฟ้าของ Write heater resistance (WH RES) เป็นการวัดค่าความต้านทานเช่นเดียวกับการอ่าน แต่ค่าความต้านทานนี้ของการเขียน จากตารางที่ 4-4 เป็นค่าความต้านทานทางไฟฟ้าเฉลี่ยในครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 67.29, 67.37 และ 67.36 โอห์มตามลำดับ ซึ่งค่าทั้ง 3 ครั้งมีค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกัน และมีค่าความต้านทานอยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด โดยคุณสมบัติทางเทคนิคของค่าความต้านทานความรุนแรงของความร้อนแบ่งออกเป็นค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 94 โอห์มและค่าต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 55 โอห์ม ดังนั้น การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ค่าความต้านทานความร้อนของหัวอ่านเขียน



รูปที่ 4.6 แผนภาพกล่อง (Box plot) การเปรียบเทียบค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ WH RES

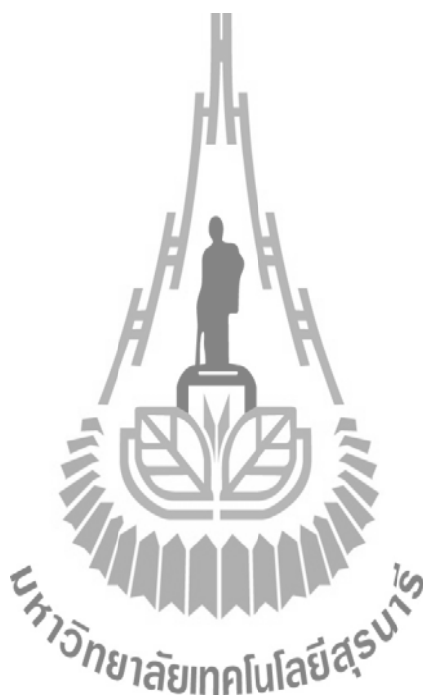
ตารางที่ 4-4 การวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของ WH RES

Unit: Ohm

| ครั้งที่ | Head 0 | Head 1 | Head 2 | Head 3 | Head 4 | Head 5 |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ครั้งที่ 1 | 67.27 | 67.39 | 67.28 | 67.19 | 67.32 | 67.30 |
| ครั้งที่ 2 | 67.52 | 67.32 | 66.96 | 67.18 | 67.40 | 67.82 |
| ครั้งที่ 3 | 67.20 | 67.39 | 67.23 | 67.55 | 67.35 | 67.45 |

4.6 สรุปผลการทดลอง

จากการวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่แบ่งออกเป็น 4 ตัวแปร ได้แก่ Terminal asperity resistance (TA RES), Magneto resistive resistance (MR RES), Write heater resistance(WH RES) และ Read heater resistance (RH RES) สามารถบอกได้ว่าค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่วัดได้ก่อนการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน หลังการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน และชุดหัวอ่าน-เขียน ใส่หัวอ่านใหม่ มีค่าความต้านทานที่ใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด ดังนั้น การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

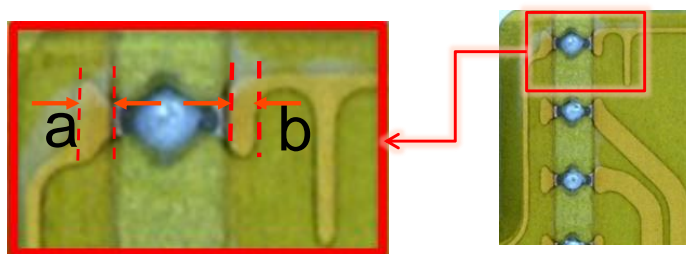


4.7 การทดลองเพิ่มเติมเพื่อปรับค่าผลผลิตสุทธิให้สูงขึ้น

จากการทดลองปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร ซึ่งสามารถช่วยให้ค่าผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนในการแก้ไขชิ้นงาน ปรับขึ้นเป็น 93.75% และเป็นค่าที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามในกระบวนการการแก้ไขชิ้นงานยังต้องการเพิ่มค่าผลผลิตสุทธิของการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้ได้มากที่สุด จึงได้ทำการส่องชุดหัวอ่านและเขียนได้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 60X พบว่าลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์มีความแตกต่างกันในผลิตภัณฑ์นี้ สามารถแยกออกเป็น 2 ผู้ผลิต โดยการนำชิ้นงานไปทำการวัดขนาดของลายทองแดง และ ภาควัดขวาง เพื่อดูความแตกต่างของทั้ง 2 ผู้ผลิต ดังต่อไปนี้

การวัดขนาดของลายทองแดง

จากตารางที่ 5-1 ขนาดของลายทองแดงที่อยู่บนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยที่ทำการวัดจากเครื่องอยู่ 2 เครื่องมือ คือ Camera 1 และ Camera 2 พบว่าขนาดของลายทองแดงที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสองสอดคล้องกัน คือขนาดของลายทองแดงในผู้ผลิตที่ 2 มีขนาดเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ผลิตที่ 1 แตกต่างกันอยู่ประมาณ 0.003-0.005 นิ้ว ซึ่งขนาดของลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการฉีกขาดของลายทองแดงหลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน เนื่องจากในตำแหน่งที่วัด คือ ตำแหน่ง a และ ตำแหน่ง b คือส่วนที่ใช้ยึดกันระหว่างทองแดง (Couple) กับ โพลีเอไมด์ (Polyamide) ฉากที่ตำแหน่งของ a และตำแหน่ง b มีขนาดเล็กมาก เมื่อชิ้นงานถูกถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนซึ่งมีอุณหภูมิที่สูง อาจจะทำให้เกิดการกระจายตัวของความร้อนไปยังทองแดงและโพลีเอไมด์ทำให้เกิดการบิดตัวที่ยึดติดระหว่างทองแดงและโพลีเอไมด์ไม่สามารถทนความร้อนได้ หรือโพลีเอไมด์เกิดการเปลี่ยนรูปร่าง คือหดตัว ดังนั้นขนาดของลายทองแดงที่ตำแหน่ง a และ ตำแหน่ง b มีผลต่อการฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน



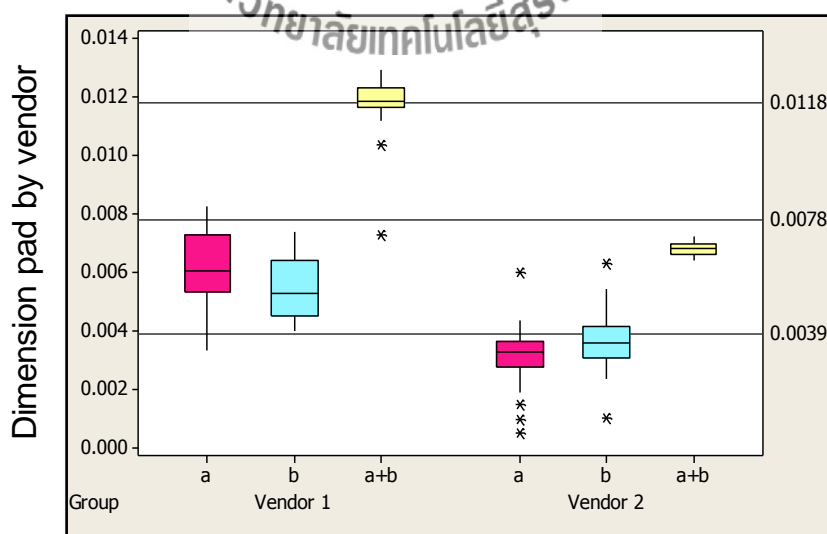
รูปที่ 4.6 ลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์และตำแหน่งที่เราต้องการวัดขนาด

ตารางที่ 4-5 ขนาดของลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

Unit: inch

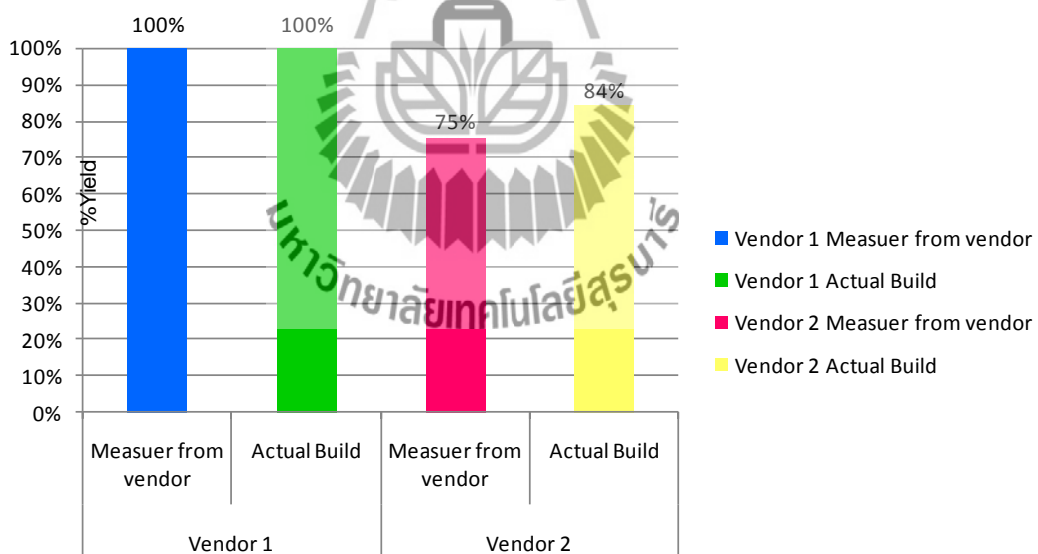
| Vendor | Group | เครื่องมือที่ใช้ | |
|--------|-------|------------------|----------|
| | | Camera 1 | Camera 2 |
| 1 | a | 0.0050 | 0.0081 |
| | b | 0.0050 | 0.0074 |
| 2 | a | 0.0024 | 0.0033 |
| | b | 0.0020 | 0.0035 |

จากรูปที่ 5.2 แผนภาพกล่อง (Box plot) สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ผู้ผลิตที่ 1 มีขนาดของเส้นทองแดงที่ตำแหน่ง a และตำแหน่ง b ที่เข้าใกล้กับค่าที่กำหนด อยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิค แต่ที่ตำแหน่ง a+b มีขนาดที่สูงกว่าค่าคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนดที่สูงที่สุดและผู้ผลิตที่ 2 มีขนาดของเส้นทองแดงที่ตำแหน่ง a และตำแหน่ง b มีค่ากลางที่ต่ำกว่าค่าคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนดที่ต่ำที่สุดและมีข้อมูลบางข้อมูลแยกออกจากกลุ่มข้อมูลส่วนมาก (Outlier) เป็นค่าที่ต่ำกว่า 0.002 นิ้ว แต่ที่ a+b มีขนาดที่เข้าใกล้ค่าที่กำหนด ซึ่งในภาพรวมแล้วสิ่งที่ต้องการจากทาง ผู้ผลิตแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ คือ มีขนาดของลายทองแดงที่กว้างและสมดุล ทั้ง ตำแหน่ง a และตำแหน่ง b เพราะในกระบวนการการ ถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ที่เกิดการรบกวนของลายทองแดงจะเกิดขึ้นในตำแหน่งที่ลายทองแดงมีขนาดเล็ก



รูปที่ 4.7 แผนภาพกล่อง (Box plot) แสดงขนาดของลายทองแดงที่วัดขนาดของลายทองแดงระหว่างผู้ผลิตที่ 1 และผู้ผลิตที่ 2

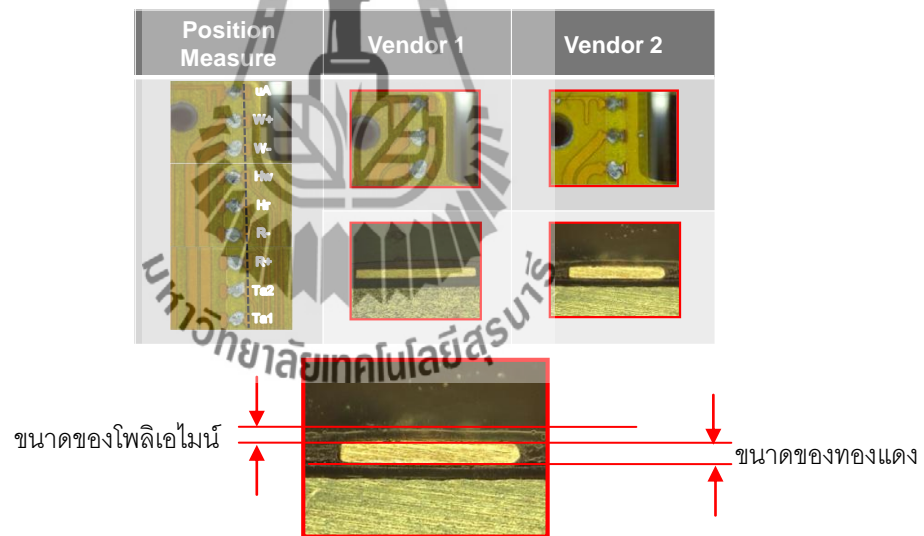
การเปรียบเทียบจากการวัดขนาด ของลายทองแดงจากผู้ผลิต และค่าที่เกิดจากการทดลองได้ ตั้งสมมติฐานว่าจากการทำการทดลองผู้ผลิตละ 32 ตัว โดยที่ผู้ผลิตที่ 2 มีขนาดที่แตกต่างจากกลุ่มคือ มีขนาดของสายไฟที่น้อยกว่า 0.002 นิ้ว อยู่ทั้งหมด 8 ตัว คิดเป็นผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่าน ด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ได้ประมาณ 75% และจากการทดลองทั้งหมด 32 ตัว พบว่าเกิดปัญหาการ ฉีกขาดของลายทองแดง คิดเป็นผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน ได้ประมาณ 84% และผู้ผลิตที่ 1 ซึ่งมีขนาดของลายทองแดงที่ใหญ่ คือมีขนาดของลายทองแดงที่มากกว่า 0.005 นิ้ว มีทั้งหมด 32 ตัว คิดเป็นผลผลิตสุทธิได้ประมาณ 100% และจากการทดลองทั้งหมด 32 ตัว ไม่พบการ ฉีกขาดของลายทองแดงที่เกิดจากการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน คิดเป็นผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนจะได้ 100% สามารถบอกได้ว่าการทดลอง การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนและสมมติฐานในการคิด ผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยน หัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนจากขนาดของลายทองแดงมีค่าที่สอดคล้องกัน ดังนั้น แสดงว่าขนาด ของลายทองแดงที่ผู้ผลิตที่ 2 ที่มีขนาดต่ำกว่า 0.002 นิ้ว เมื่อมีการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่า ลมร้อนลายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เกิดการฉีกขาด



รูปที่ 4.8 %Yield การเปรียบเทียบระหว่างขนาดของลายทองแดงและการทดลอง

การทำภาคตัดขวางสายทองแดงบนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์

จากตารางที่ 5-2 ขนาดของทองแดง ขนาดของโพลีเอไมน์และผลรวมความหนาของทองแดงกับโพลีเอไมน์ พบว่าผลรวมความหนาของแดงและโพลีเอไมน์ของ 2 ผู้ผลิตมีความหนาที่ใกล้เคียงกันคือ 71.32 ไมโครเมตรและ 73.11 ไมโครเมตรตามค่าคุณสมบัติทางเทคนิคกำหนดไว้ แต่ค่าขนาดของทองแดงและขนาดของโพลีเอไมน์มีความแตกต่างกัน คือที่ ผู้ผลิตที่ 1 จะมีค่าขนาดของทองแดงและขนาดของโพลีเอไมน์ เท่ากับ 23.61 ไมโครเมตรและ 24.48 ไมโครเมตร ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้ง 2 มีความสมดุลกันจึงช่วยในการยึดเกาะระหว่างชั้นได้ และผู้ผลิตที่ 2 มีค่าขนาดของทองแดงและขนาดของโพลีเอไมน์ เท่ากับ 32.87 ไมโครเมตรและ 13.40 ไมโครเมตร ตามลำดับ พบว่าที่ผู้ผลิตที่ 2 มีขนาดของโพลีเอไมน์ที่เล็กมาก ซึ่งโพลีเอไมน์ในชั้นนี้จะถูกความร้อนจากเครื่องเป่าลมร้อน โดยตรง อาจจะทำให้โพลีเอไมน์เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิมและส่งผลให้สายทองแดงเกิดการยกตัวและฉีกขาดได้ ควรเพิ่มขนาดของเส้นทองแดงจากทาง ผู้ผลิตที่ 2 ให้มีขนาดที่เท่ากับกับทาง ผู้ผลิตที่ 1 เพื่อให้ลดการเกิดปัญหาการยกตัวของเส้นทองแดงให้ได้ ผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนที่เพิ่มขึ้นกว่าปัจจุบัน



รูปที่ 4.9 สายทองแดงที่ทำภาคตัดขวางของผู้ผลิตที่ 1 และผู้ผลิตที่ 2

ตารางที่ 4-6 ขนาดของทองแดง ขนาดของโพลีเอไมน์และผลรวมความหนาทองแดงกับโพลีเอไมน์

Unit: um

| Drive_S/N | HSA_S/N | uA | W+ | W- | Hw | Hr | R- | R+ | Ta2 | Ta1 | Ave |
|---------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|
| Copper Thickness (um) | Vendor 1 | 24.18 | 23.33 | 24.16 | 24.16 | 23.33 | 24.16 | 22.50 | 22.50 | 24.16 | 23.61 |
| | Vendor 2 | 32.50 | 33.33 | 31.66 | 34.16 | 34.16 | 33.33 | 32.50 | 33.33 | 30.83 | 32.87 |
| Poly amine Thickness (um) | Vendor 1 | 22.48 | 23.73 | 24.33 | 22.91 | 26.51 | 24.29 | 26.87 | 26.26 | 22.92 | 24.48 |
| | Vendor 2 | 10.21 | 15.92 | 16.96 | 16.11 | 11.6 | 16.13 | 12.79 | 8.85 | 12.07 | 13.40 |
| Total Thickness (um) | Vendor 1 | 70.33 | 73.25 | 74.72 | 73.53 | 74.47 | 76.37 | 72.89 | 74.47 | 67.94 | 73.11 |
| | Vendor 2 | 67.84 | 69.41 | 71.17 | 73.05 | 78.91 | 75.13 | 72.46 | 67.46 | 66.42 | 71.32 |

บทที่ 5

สรุป

โครงการนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเครื่องเป่าลมร้อนที่ใช้สำหรับการถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่เสียหายและการทดลองวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไคร์ฟหลังจากถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน

จากการทดลองการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ของเครื่องเป่าลมร้อนที่ใช้สำหรับถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่เสียหาย เพื่อต้องการเพิ่มค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนให้ได้ค่าที่ยอมรับได้คือ 90% ขึ้นไป จึงทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ 3 ตัวแปร ได้แก่ อัตราการไหลของลมร้อน น้ำหนักลูกตุ้ม และมุมในการจับดิ่งสายไฟ จากเดิมอัตราการไหลของลม 25 l/min (ความสูงของปลายท่อเป่าลมร้อน 5 มิลลิเมตร) น้ำหนักของลูกตุ้ม 38 g และมุมในการจับดิ่งสายไฟ 40 ° ได้ค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนอยู่ที่ 88.88% เป็นค่าที่ต่ำไม่สามารถยอมรับได้ หลังจากที่ได้ทำการปรับเปลี่ยนพารามิเตอร์ปัจจุบันมีอัตราการไหลของลม 23 l/min (ความสูงของปลายท่อเป่าลมร้อน 3 มิลลิเมตร) น้ำหนักของลูกตุ้ม 27 g และมุมในการจับดิ่งสายไฟ 25 ° ทั้งหมดได้ค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนเท่ากับ 93.75% เพิ่มขึ้นจากเดิมคิดเป็น 4.87% สามารถผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนได้ ประมาณ 60K เหรียญสหรัฐ คิดเป็นเงินไทยได้ประมาณ 1,947,064.86 บาทและจากการทดลองดังกล่าวสามารถนำไปใช้งานได้จริงโดยปัจจุบันสามารถนำผลิตภัณฑ์นี้มาถอดเปลี่ยนหัวอ่านที่เสียหายด้วยเครื่องเป่าลมร้อนได้ค่าผลผลิตสุทธิการถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อน 95% ขึ้นไป

จากการทดลองวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าของชุดหัวอ่าน-เขียน โดยวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 4 ตัวแปร ได้แก่ Terminal asperity resistance (TA RES) เป็นการวัดค่าความต้านทานของเซนเซอร์ที่ใช้ตรวจจ็บรอยนูนบนแผ่นบันทึกข้อมูล Magneto resistive resistance (MR RES) เป็นการวัดค่าความต้านทานของเซนเซอร์ที่ใช้วัดค่าการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า Write heater resistance (WH RES) และ Read heater resistance (RH RES) เป็นการวัดค่าความต้านทานความร้อนที่ใช้ในการขยายหัวอ่านเพื่ออ่านและเขียนได้ระยะที่ใกล้ มีความคมชัดและมีประสิทธิภาพที่ดี และในแต่ละส่วนมีการวัดค่าความต้านทานอยู่ทั้งหมด 3 ครั้ง พบว่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่วัดได้ในแต่ละตัวแปรมีค่าเฉลี่ยในการวัดค่าความต้านทานทั้ง 3 ครั้งอยู่ใกล้เคียงกันและมีค่าที่อยู่ในคุณสมบัติทางเทคนิคที่กำหนด ดังนั้น การถอดเปลี่ยนหัวอ่านด้วยเครื่องเป่าลมร้อนจึงไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทานในชุดหัวอ่าน-เขียนสำเร็จ

ประวัติผู้เขียน



นางสาว จิตรารักษ์ เบื้องบน เกิดเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2535
ภูมิลำเนาอยู่ที่ 99 หมู่ 16 ต.มะเกลือเก่า อ.สูงเนิน จังหวัดนครราชสีมา
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมตอนปลายจากโรงเรียน อุบลรัตนราช -
กัญญาราชวิทยาลัย นครราชสีมา อ.เมือง จังหวัดนครราชสีมา ปัจจุบัน
เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ สำนักวิชา
วิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด
นครราชสีมา



ภาคผนวก
ข้อมูลเชิงเทคนิคของเครื่องวัดค่าความต้านทานทางไฟฟ้า (COMSAT HSA
ELECTRICAL TEST) ของชุดหัวอ่าน-เขียนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์





Seagate Technology LLC
Thailand Operations

**SPEC, COMSAT
HSA ELECTRICAL
TEST, GRENADA**

**Doc Number:D0000275183
Revision:E
Sheet 31 of 4**

| REVISION HISTORY | | | | |
|-------------------------|------------|---|-----------------|----------------|
| REV | ECR | DESCRIPTION | DATE | ENGRG |
| A | NA | Initial Revision. | See Seascope | Thanongchai R. |
| B | NA | Add the PZT spec. | See Seascope | Thanongchai R. |
| C | NA | Change Head amplitude test spec. | See Seascope | Thanongchai R. |
| D | NA | Add Grenada 1D spec. Add Heater resistance spec. Add Heater power. Add TA resistance spec. Change MR resistance spec. | See Seascope | Vuttikrai R. |
| E | NA | Change PZT spec from 705 pF/head to 790 pF/head Change RHTR spec from 45-84 Ohms to 43-82 Ohms | See Seascope | Vuttikrai R. |

**HSA Electrical Test Specification
Grenada ComSAT**



1.0 SCOPE

This document defines the Grenada Head Stack Assembly (HSA) electrical test parameters and specifications for the ComSAT static electrical test system. The test suite consists of preamp, head, voice coil, and passive element tests to ensure that the assembly meets the electrical performance requirements for the Head Disc Assembly (HDA).

2.0 REFERENCE DOCUMENTS

Grenada ASSY, ACTUATOR/PCC, /COIL 2HD Document number
COIL,ACTR, 4HD Document number

Grenada ASSY, ACTUATOR/PCC, /COIL 4HD Document number D0000266513_B.
COIL,ACTR, 4HD Document number D0000265612_A.

Grenada ASSY, ACTUATOR/PCC, /COIL 6HD Document number D0000266032_B.
COIL,ACTR, 6HD Document number D0000267675_A.

Thermistor NTC 0402 0 PCT RoHS Compliant Document Number D0000243017_A

LSI PA8832 Datasheet
LXC2/LXC3

(May, 2009 revision 1.2)

LSI PA8834 Datasheet
LXA1/LXA2/LXB1

(Sep, 2010 revision 1.5)

- +5 & -5V supplies.
- 2.5V, 5V compliant 3 wire digital interface (X.5.1.N).
- Fault detection: write head open/short-to-ground, low VCC/VEE, over-temperature detection, etc.
- Analog Differential Read Head Voltage measurement (RHBUF).
- Reader Analog/Digital buffered head voltage (RBHV/DRBHV).
- Writer Analog/Digital buffered head voltage (WABHV/DWBHV).
- Heater Analog/Digital resistance measurement.
- Head Heaters with voltage and power bias modes.
 - Head Heater voltage bias range = 0.3 V to 3.5 V (8 bit).
 - Head Heater power bias range = 2 mW to 230 mW (8 bit).
- Current bias and impedance matched low noise MR read amplifier.
- MR resistance range = 75 to 1300 Ω .
- MR head bias current range = 0.0533 mA to 2.004 mA (7 bit).
- Write current range = 10 mA to 60 mA (4 bit).

TI 3946 Data Sheet
BAA

(Dec 12, 2008 revision 1)

TI 3948 Data Sheet
AAA/AAB/BAA/CAA/CBA

(Nov 22,2010 revision 1)

- +5 & -5V supplies.
- 2.5V, 5V compliant 3 wire digital interface (X.5.1.N).
- Fault detection: write head open/short-to-ground, low VCC/VEE, over-temperature detection, etc.
- Analog Differential Read Head Voltage measurement (RHBUF).
- Analog & Digital read head voltage measurement (AVMR/DVMR).
- Analog & Digital Write Head Voltage Measurement (AVWT/DVWT)
- Analog & Digital Heater Current Measurement (AIHT/DIHT)
- Analog & Digital Temperature Measurement (ATEMP/DTEMP)
- Head Heaters with voltage and power bias modes.
 - Head Heater voltage bias range = 0.289 V to 3.4991 V (8 bit).
 - Head Heater power bias range = 1.3 mW to 230.0125 mW (8 bit).
- Current bias and impedance matched low noise MR read amplifier.
- MR resistance range equal = 100 to 1400 Ω
- MR head bias current range = 0.0536 to 2.0 mA (7 bit)



Seagate Technology LLC
Thailand Operations

SPEC, COMSAT
HSA ELECTRICAL
TEST, GRENADA

Doc Number:D0000275183
Revision:E
Sheet 33 of 4

- Write current range = 10.9 mA to 61.9 mA (4 bit).

3.0 Grenada ComSAT TEST PARAMETERS & SPECIFICATIONS

3.1 Grenada ComSAT General Test Parameters & Specifications

| PARAMETER | DESCRIPTION | VALUE | UNITS | COMMENT |
|-------------------------|--|-------|--------|---|
| MR Voltage Bias | Voltage applied to each read head. | 100 | mV | Operating condition at drive level |
| Heater power | Heater power for heater resistance measurement | 11 | mW | Assume heater resistance is 65 Ohms for heater power calculation. |
| Applied Field Frequency | Frequency of the magnetic field applied to each read head. | 100 | Hz | Sinusoidal signal |
| Applied Field Strength | Magnetic field strength applied to each read head. | 40 | Oe rms | RHO enforced stray field limit. |

| TEST TYPE | TEST | DESCRIPTION | MIN | MAX | UNITS | COMMENT |
|------------|-----------------|---|------|-------|-------|---|
| VOICE COIL | VC RESISTANCE | Voice coil resistance measurement for 1D. | 7.65 | 19.85 | Ohms | 12.45 – 14.65 Ohms + ~ 0.2 Ohms (offset to connector) +/- 5 Ohms (tolerance). |
| VOICE COIL | VC RESISTANCE | Voice coil resistance measurement for 2D. | 3.86 | 15.86 | Ohms | 8.66 – 10.66 Ohms + ~ 0.2 Ohms (offset to connector) +/- 5 Ohms (tolerance). |
| VOICE COIL | VC RESISTANCE | Voice coil resistance measurement for 3D. | 4.04 | 16.24 | Ohms | 8.84 – 11.04 Ohms + ~ 0.2 Ohms (offset to connector) +/- 5 Ohms (tolerance). |
| VOICE COIL | ISOLATION | Voice coil isolation measurement. | 8 | - | kOhms | May be raised to 20 kOhms. |
| PZT | PZT Capacitance | PZT Capacitance measurement for 2 HD | 1580 | 10000 | pF | 790 pF/head refer to D0000352840_A |
| PZT | PZT Capacitance | PZT Capacitance measurement for 4 HD | 3160 | 10000 | pF | 790 pF/head refer to D0000352840_A |
| PZT | PZT Capacitance | PZT Capacitance measurement for 6 HD | 4740 | 10000 | pF | 790 pF/head refer to D0000352840_A |
| THERMISTOR | NTC RESISTANCE | Thermistor resistance measurement. | 23.5 | 70.5 | kOhms | Refer to nominal resistance (D0000243017) 47 kOhms +/- 50 % |

3.2 Grenada ComSAT Preamp Specific Test Parameters & Specifications

| PARAMETER | DESCRIPTION | VALUE | UNITS | COMMENT |
|---------------|-------------------------------------|-------|-------|-------------------|
| Write Current | Write current applied to each head. | 20 | mA | Initial revision. |

| TEST TYPE | TEST | DESCRIPTION | MIN | MAX | UNITS | COMMENT |
|-----------|----------|--|-------|-------|-------|---|
| TESTER | VCC | Internal tester positive power supply voltage. | 4.85 | 5.15 | V | 5V +/- 3 % |
| TESTER | VEE | Internal tester negative power supply voltage. | -4.85 | -5.15 | V | (-5V) +/- 3 % |
| HEAD | RMR | MR DC resistance measurement. | 150 | 554 | Ohms | Refer to setup of ET + 6% Cur filename: B196BD3Q.crs |
| HEAD | WHTR RES | Write heater resistance measurement. | 55 | 94 | Ohms | Refer to ET spec, -5/+10 Ohms Cur filename: B196BD3Q.crs |
| HEAD | RHTR RES | Read heater resistance measurement. | 43 | 82 | Ohms | Refer to ET spec, -5/+10 Ohms Cur filename: B196BD3Q.crs |
| HEAD | TA RES | Thermal Asperity resistance. | 25 | 250 | Ohms | Refer to datasheet recommend. |
| HEAD | AMP | MR Head amplitude measurement. | 0.06 | - | Vrms | Refer to correlation between ComSAT and ET. |

3.3 Grenada ComSAT Preamp Specific Test Parameters & Specifications

| TEST TYPE | TEST | DESCRIPTION | MIN | MAX | UNITS | COMMENT |
|--------------|---------|--------------------------------|-----|-----|-------|--|
| PREAMP FAULT | WWSHG | Writer shorted to GND. | - | - | T/F | Result code: 08 if fault condition true. |
| PREAMP FAULT | WHO | Writer open. | - | - | T/F | Result code: 04 if fault condition true. |
| PREAMP FAULT | WHSC | Writer shorted across. | - | - | T/F | Result code: FE if fault condition true. |
| PREAMP FAULT | WHHTOS | Write heater short or open. | - | - | T/F | Result code: 80 if fault condition true. |
| PREAMP FAULT | RHHTOS | Read heater short or open. | - | - | T/F | Result code: 10 if fault condition true. |
| PREAMP FAULT | HHTSHR1 | Heater shorted to reader. | - | - | T/F | Result code: 01 if fault condition true. |
| PREAMP FAULT | TASO | Thermal Asperity short or open | - | - | T/F | Result code: 02 if fault condition true. |
| HEAD | POL_PF | Polarity. | | | P/F | Result: "F" if head is reverse polarity. |
| PREAMP FAULT | WWH | Write without heat detection. | | | | Not tested. |



Seagate Technology LLC
Thailand Operations

**SPEC, COMSAT
HSA ELECTRICAL
TEST, GRENADA**

**Doc Number:D0000275183
Revision:E
Sheet 34 of 4**

3.4 Grenada ComSAT Tool Requirements

1. PCBA, CRUSH PAD, COMSAT, MantaRAY5D part number 100518213_A.
2. BAAK-1 interface board.
3. MAAK-3 board modified for RHBUF (MOD5).
4. PETE0006 board modified for 3.3V serial I/O and Writer short across detection.
5. ASSY, NEST, COMSAT, Bogart part number 100572183_B.

3.5 Grenada ComSAT Software Requirements

ComSAT Software.

- ComSATDLL3_1_7.exe or higher.
- Tester.DLL rev 3.2.0 or higher.
- Asd.dll rev 1.2.2 or higher.
- Associated preamp DLLs.
- Product binary files.

3.6 Note

