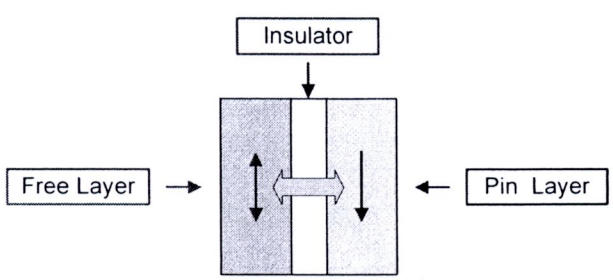
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากความต้องการ ความหนาแน่นในการจับเก็บข้อมูลที่เพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ได้มีการใช้แผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิดลอดผ่าน หรือแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิดทีเอ็มอาร์ (Tunneling magneto resistance, TMR) มาเป็นตัวตรวจจับสำหรับหัวอ่านข้อมูลสำหรับหัวบันทึกข้อมูลแบบแนวดิ่ง (Current perpendicular magnetic recording head) ทั้งนี้เนื่องจาก ความต้านทานของแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิด TMR นี้ จะเปลี่ยนไปตามขนาดและทิศทางของสนามแม่เหล็ก จึงถูกเรียกว่า ความต้านทานแม่เหล็ก (Magnetoresistance)

โครงสร้างพื้นฐานของแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิดทีเอ็มอาร์ ประกอบไปด้วย ชั้นของวัสดุแม่เหล็กประเภทเฟอร์โรแมกเนติกส์ (Ferromagnetic) สองชั้น ทำหน้าที่เป็น 1) ชั้นอิสระ (Free Layer) ทิศทางของแมกนีไตเซชั่น ของชั้นอิสระนี้ จะเปลี่ยนแปลงตามสนามแม่เหล็กจากภายนอก 2) ชั้นถูกบังคับ (Pin Layer) แมกนีไตซ์ของชั้นที่ถูกบังคับ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางได้โดยสนามแม่เหล็กจากภายนอก โดยจะทำหน้าที่แสดงทิศทางอ้างอิงให้กับแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็ก และ 3) ชั้นฉนวน ซึ่งจะถูกขนาบโดย ชั้นอิสระ และชั้นถูกบังคับ ในกรณีที่มีสนามแม่เหล็กจากภายนอก จ่ายให้กับ แผ่นฟิล์มบางแม่เหล็ก จะมีผลทำให้ แมกเนไตเซชั่น ของชั้นอิสระหมุนทำมุมกับ แมกเนไตเซชั่นของชั้นบังคับ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดกระแสไหลจากชั้นอิสระไปยังชั้นบังคับทำให้เกิดเป็นความต้านทานแม่เหล็ก โดยอาศัยขบวนการ สปินโพลาไลซ์เซชั่น (Spin Polarization Tunneling) [1-2] อย่างไรก็ตาม การที่จะทำให้กระแสลอดผ่านชั้นฉนวนของแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิดทีเอ็มอาร์ได้นั้น จำเป็นที่จะต้องออกแบบให้ชั้นฉนวนมีความบางน้อยมาก (10-20 อังสตอม) [2] จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้แผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิดทีเอ็มอาร์ มีโอกาสเกิดการเกิดการทะลาย (Breakdown) ได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทะลายที่เกิดจาก การคายประจุไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Discharge)



ภาพที่ 1.1 โครงสร้างพื้นฐานของแผ่นฟิล์มบางทีเอ็มอาร์

ระดับความเสียหาย ที่เกิดขึ้นในหัวบันทึก อันเนื่องมาจากการคายประจุไฟฟ้าสถิต สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระดับด้วยกัน [3] คือ 1) ความเสียหายในระดับรุนแรง (Hard ESD damage) ซึ่งมีผลทำให้แผ่นฟิล์มบางสำหรับอ่านข้อมูลของหัวบันทึก เกิดความเสียหายทางกายภาพ ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยอาศัยภาพถ่ายไมโครสโคปชนิดสแกนอิเล็กตรอน (Scanning electron microscope, SEM) 2) ความเสียหายระดับเบา (Soft ESD damage) ซึ่งมีผลทำให้ คุณสมบัติทางแม่เหล็กของ แผ่นฟิล์มบางสำหรับอ่านข้อมูลของหัวบันทึก เกิดการเสื่อมคุณภาพ (Degrade) ซึ่ง อาจจะตรวสสอบได้โดยอาศัย จากการวัด รูปร่างของเส้นกราฟฮีสเตอร์เรซีฟ (Hysteresive curve) นอกจากนี้การลดคุณภาพของแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กอาจจะเกิดจาก การที่

การคายประจุไปมีผลทำให้เกิดแมกเนไตซ์เซชั่นของชั้นบังคับเกิดความไม่เสถียร [4] และอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดสัญญาณรบกวนในลักษณะต่าง ๆ เช่น สัญญาณรบกวนชนิดความถี่ต่ำ (Low frequency noise) [5-6] และสัญญาณรบกวนเชิงความร้อน (Thermal magnetic noise) [7-8] และ ความเสียหายระดับสุดท้าย คือ 3) ความเสียหายแบบแฝง ซึ่งเป็น ปัญหาสำคัญที่อุตสาหกรรมการผลิตหัวบันทึกให้ความสำคัญสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากความเสียหายแบบแฝงนี้ เป็นปัญหาที่ยากต่อการตรวจจับ และไม่แสดงการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะทางไฟฟ้า รวมไปถึงคุณสมบัติทางแม่เหล็กอย่างชัดเจน และอาจจะไม่สามารถตรวจพบได้ในระหว่างที่ทำการผลิต แต่อาจจะส่งผลเมื่อถึงขบวนการผลิตขั้นสุดท้าย

สาเหตุที่ทำให้หัวบันทึกเกิดความเสียหายนี้ ปัจจุบันยังไม่มีความชัดเจน แต่คาดว่า อาจจะเป็นผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติในระดับอะตอมของสารแม่เหล็ก ซึ่งจะไม่มีทางตรวจสอบได้โดยอาศัยเครื่องวัดที่มีใช้ในปัจจุบัน นอกจากนี้ ปรากฏการณ์สปินทรานส์เฟอร์ทอร์ค (Spin Transfer Torque) หรือการสปินทอร์ค (Spin Torque) ของแมกเนไตซ์เซชั่นซึ่งเกิดจาก อันตระกิริยาระหว่างประจุไฟฟ้า และแมกเนติคโมเมนต์ [9-10] อาจจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ แผ่นฟิล์มบางทีเอ็มอาร์ สำหรับหัวบันทึก เกิดความเสียหายแบบแฝงได้ ซึ่งการที่จะทราบถึง สาเหตุของความเสียหายแบบแฝง จำเป็นต้องอาศัยการวิเคราะห์ ถึงโครงสร้างของหัวอ่านข้อมูลโดยละเอียด รวมถึงการวิเคราะห์ถึงการเปลี่ยนแปลงในระดับอะตอมของสารแม่เหล็กที่ถูกใช้เป็นแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กชนิดทีเอ็มอาร์

งานวิจัยนี้เป็น เป็นการเสนอวิธีการวิเคราะห์ถึงความเสียหายที่เกิดขึ้นในหัวบันทึก อันเป็นผลจากการคายประจุไฟฟ้าสถิต ทั้งในระดับของโครงสร้างของหัวอ่าน หรือ ในระดับสเกลขนาดใหญ่ (Macro Scale) โดยอาศัยแบบจำลองทางไฟฟ้า ร่วมกับการทดลองจริง และความเสียหายของแผ่นฟิล์มบางแม่เหล็กในระดับโครงสร้างของอะตอม (Atomistic Scale) โดยใช้ แบบจำลองทางไฟฟ้าร่วม แบบจำลองโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ (Electronics structure) ของแผ่นฟิล์มบางทีเอ็มอาร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 ศึกษาผลกระทบจากการคายประจุไฟฟ้าสถิต ต่อหัวอ่านข้อมูลแบบ ทีเอ็มอาร์

1.2.2 ศึกษาถึง ความเสียหายที่เกิดขึ้นในระดับโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของแผ่นฟิล์มบางทีเอ็มอาร์

1.2.3 ศึกษาถึงโอกาส ของการเกิดสปินทอร์ค อันเป็นผลเนื่องมาจากการคายประจุไฟฟ้าสถิต รวมถึงผลกระทบที่มีต่อหัวอ่าน ทีเอ็มอาร์

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ศึกษาโครงสร้างของหัวอ่านข้อมูลแบบ TMR รวมถึงผลจากการคายประจุที่มีต่อหัวอ่านประเภทนี้

1.3.2 ออกแบบ แบบจำลองทางไฟฟ้าของหัวอ่านข้อมูลแบบ TMR ในระดับการผลิต HGA

1.3.3 เปรียบเทียบผลที่ได้จากการทดสอบจริง กับแบบจำลอง แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลอง

1.3.4 ศึกษา ความเสียหายในระดับโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ ของแผ่นฟิล์มบาง ทีเอ็มอาร์ โดยอาศัย ชุดแพคเกจ การจำลองการคลื่อนย้ายอิเล็กตรอน

1.3.5 ศึกษาถึงความเป็นไปได้ ของการเกิดสปินทอร์ค อันเนื่องมาจากการคายประจุไฟฟ้าสถิต

1.3.6 วิเคราะห์ผลการทดลองที่เกิดขึ้น

1.3.7 จัดทำรายงาน

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ทำการออกแบบ แบบจำลองเฉพาะส่วนของหัวอ่านข้อมูลแบบ TMR ในระดับการผลิต HGA เท่านั้น

1.4.2 ศึกษาเฉพาะผลจากการคายประจุที่เกิดจากแบบจำลอง แบบ HBM ที่ส่งผลต่อหัวอ่านข้อมูลแบบ TMR โดยอาศัยแบบจำลองทางไฟฟ้า

1.4.3 จำลอง ผลจากแรงดันจากขั้วบวก ไปขั้วลบ และ จาก ขั้วลบ ไปขั้วบวก ที่ทำให้เกิดความเสียหายในระดับโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ เฉพาะในส่วนของแผ่นฟิล์มบางที่ประกอบด้วยชั้นสารหลัก เพียงสามชั้นคือ ชั้นอิสระ ชั้นฉนวน และ ชั้นบังคับ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 แบบจำลองของหัวอ่านข้อมูลแบบ ทีเอ็มอาร์ ในระดับการผลิต HGA (Head gimbal assembly)

1.5.2 องค์ความรู้เกี่ยวกับ ขบวนการเกิดไฟฟ้าสถิตในหัวอ่านข้อมูลแบบ ทีเอ็มอาร์ และ การออกแบบหัวบันทึกที่สามารถทนต่อผลที่เกิดจากการคายประจุ

1.5.3 องค์ความรู้เกี่ยวกับ ความเสียหายของหัวอ่านข้อมูล ในระดับโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของแผ่นฟิล์มบางทีเอ็มอาร์

1.6 สถานที่ทำวิจัย

1.6.1 ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.6.2 บริษัทผู้เข้าร่วมทำวิจัย