

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความหนาแน่นเชิงพื้นที่ของฮาร์ดดิสก์เพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี มันสามารถเพิ่มขึ้นได้ด้วยการลดขนาดเกรนของแผ่นบันทึกข้อมูล อย่างไรก็ตามเสถียรภาพทางความร้อนของแผ่นบันทึกข้อมูลต่ำลง หรือถึงผลแม่เหล็กพารายิงยวด ผลที่ตามมาความหนาแน่นเชิงพื้นที่ที่ไม่สามารถเกิน 1 Tb/in^2 ได้ ดังนั้นเสถียรภาพทางความร้อนของแผ่นบันทึกข้อมูลสามารถเพิ่มขึ้น ด้วยการเพิ่มค่าคงที่แอนไอโซโทรปีแม่เหล็ก K_u อย่างไรก็ตามแผ่นบันทึกข้อมูลที่มีค่า K_u สูง จำเป็นใช้สนามที่ใช้ในการกลับทิศทาง (switching field, H_{sw}) สูงจากหัวเขียน ซึ่งค่าสูงสุดมีประมาณ 24.5 kOe เพื่อลดค่า H_{sw} ของแผ่นบันทึกแม่เหล็ก แผ่นบันทึกข้อมูลที่ประกอบด้วย การแลกเปลี่ยนคัปปลิง (exchange coupled composite (ECC) media) ที่ประกอบด้วยชั้นฟิล์มบางแม่เหล็กแบบอ่อนและแข็ง และการบันทึกแม่เหล็กที่มีไมโครเวฟช่วย (microwave assisted magnetic recording (MAMR)) ที่ใช้เรโซแนนซ์แม่เหล็กเฟอร์โร (ferromagnetic resonance) เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจสำหรับการบันทึกแม่เหล็กอนาคต ปฏิสัมพันธ์ระหว่างบิตและสัญญาณรบกวนที่เกิดจากขอบเกรนแบบซิกแซก (transition noise) เป็นปัญหาหนึ่งสำหรับเทคโนโลยีการบันทึกแม่เหล็กที่ความหนาแน่นเชิงพื้นที่สูง ปัญหาเหล่านี้สามารถกำจัดได้ โดยแผ่นบันทึกข้อมูลบิตแพทเทิร์น (bit-patterned media (BPM)) ซึ่งประกอบด้วยจุดแม่เหล็กโดดเดี่ยวถูกคั่นด้วยวัสดุไม่เป็นแม่เหล็กหรือตัวคั่น (spacer) แผ่นบันทึกข้อมูลนี้สามารถเพิ่มความหนาแน่นเชิงพื้นที่ได้ด้วยการลดขนาดบิตและระยะห่างระหว่างบิต

ในงานนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์คุณสมบัติแม่เหล็กและ H_{sw} ของแผ่นบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องและบิตแพทเทิร์นที่มีเทคโนโลยี ECC และ MAMR ชั้นแม่เหล็กแบบอ่อนและแข็งของแผ่นบันทึกข้อมูลแม่เหล็กเป็น $L1_0\text{-FePt}$ และ Fe ตามลำดับ การจำลองในงานนี้ใช้โปรแกรม object oriented micromagnetic framework (OOMMF) บนพื้นฐานของสมการ Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG)

สำหรับแผ่นบันทึกข้อมูลต่อเนื่อง ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่า H_{sw} ของ single layer มีค่าสูงกว่า ECC bilayer และ ECC trilayer ดังนั้นแผ่นบันทึกข้อมูล ECC ลด H_{sw} ลงได้อย่างมาก ยิ่งไปกว่านั้น H_{sw} สามารถลดลงได้อีกภายใต้ H_{ac} ของ Fe (5, 10nm)/ $L1_0\text{-FePt}$ (10nm)/Fe (5, 10nm) ECC trilayer ชนิดแผ่นบันทึกข้อมูลแบบต่อเนื่องที่มีค่าคงที่แลกเปลี่ยนคัปปลิง A_{ex} ระหว่างชั้นแม่เหล็กแบบอ่อนและแบบแข็งเป็น $12.5 - 30 \text{ pJ/m}$ สามารถลดอยู่ในบริเวณที่สนามหัวเขียนได้ และมีค่าต่ำกว่า ECC bilayer

สำหรับแผ่นบันทึกข้อมูลแบบบิตแพทเทิร์น แนวโน้มของ H_{sw} สำหรับ Fe/ $L1_0\text{-FePt}$ /Fe ECC-BPM trilayer และ Fe/ $L1_0\text{-FePt}$ ECC-BPM bilayer ลดลง ที่ความหนาแน่นเชิงพื้นที่มากกว่า 4 Tb/in^2 ตามการเพิ่มขึ้นของค่าสัมประสิทธิ์การแลกเปลี่ยนแบบคัปปลิงระหว่างดอทที่อยู่ใกล้เคียง A_{dot} และ A_{ex} ซึ่งแตกต่างจาก BPM single layer ภายใต้อิทธิพลของ A_{ex} และ A_{dot} H_{sw} ของ ECC-BPM trilayer ที่มีความหนาแน่นของชั้น Fe (t_{Fe}) เป็น 10 nm มีค่าต่ำที่สุด H_{sw} ของ ECC-BPM bilayer สามารถลดลงต่ำกว่าค่าสนามหัวเขียนสูงสุด H_{max} สำหรับบางช่วงความถี่ f_{ac} ซึ่งขึ้นอยู่กับ A_{dot} และ A_{ex} บริเวณ H_{sw} เพิ่มขึ้น ตามการเพิ่มขึ้นของ A_{dot} และ A_{ex} ที่ f_{ac} คงที่ H_{sw} ของ ECC-BPM bilayer ขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์แม่เหล็กของ $L1_0\text{-FePt}$ H_{sw} ลดลงตามการลดค่าคงที่แอนไอโซโทรปี K_u การลดค่าคงที่การหน่วง α และการเพิ่มขึ้นค่าแมกเนโทเซชันอิมิตัว M_s H_{sw} ลดลงในช่วงความถี่ตามการเพิ่มขึ้นแอมพลิจูดคลื่นไมโครเวฟ h_{ac} ยิ่งไปกว่านั้น ความชันของลูปลิสเทอริชิสลดลง ตามการเพิ่มขึ้นของมุมเอียงจากการตกกระทบตั้งฉาก θ_{dc} ผลเหล่านี้อาจนำไปใช้สำหรับการพัฒนาของเทคโนโลยีการบันทึกแม่เหล็กอนาคต

คำหลัก: ฮาร์ดดิสก์, แผ่นบันทึกข้อมูลบิตแพทเทิร์น, แผ่นบันทึกข้อมูลที่ประกอบด้วย การแลกเปลี่ยนคัปปลิง, การบันทึกแม่เหล็กที่มีไมโครเวฟช่วย

ABSTRACT

Nowadays, the areal density of hard disk drive increases every year. It can increase with reducing grain size of media. However, the thermal stability of media decreases or reaches the superparamagnetic effects. Consequently, the areal density can not be over 1 Tb/in². Therefore, the thermal stability of media can increase with increasing magnetocrystalline anisotropy constant, K_u . However, the high K_u media need the high switching field, H_{sw} , from write head that maximum value is about 24.5 kOe. To reduce the H_{sw} of magnetic media, the exchange coupled composite (ECC) media composed of soft and hard magnetic thin films and the microwave assisted magnetic recording (MAMR) that uses ferromagnetic resonance are the interesting technology for future magnetic recording. The interaction between bits and transition noise are ones of problems for magnetic recording technology at high areal density. They can be eliminated by bit-patterned media, BPM consisted of isolated magnetic dot sperated by nonmagnetic materials or spacer. The areal density of this media can increase with reducing bit size and bit spacing.

In this work, the magnetic properties and H_{sw} of continuous and bit-patterned media with ECC and MAMR technology are analyzed. The hard and soft magnetic layers of magnetic media are $L1_0$ -FePt and Fe, respectively. The object oriented micromagnetic framework (OOMMF) based on Landau-Lifshitz-Gilbert (LLG) equation is used for simulation in this work.

For continuous media, the simulation results show that H_{sw} of single layer is higher than that for ECC bilayer and ECC trilayer. Therefore, the ECC media greatly reduces H_{sw} . Furthermore, H_{sw} can reduce under H_{ac} . H_{sw} of Fe (5, 10nm)/ $L1_0$ -FePt (10nm)/Fe (5, 10nm) ECC trilayer continuous media with the exchange coupling constant, A_{ex} , between soft and hard magnetic layers of 12.5 - 30 pJ/m can reduce in write head field region and its is lower than that for ECC bilayer.

For bit patterned media, the trend of H_{sw} for Fe/ $L1_0$ -FePt/Fe ECC-BPM trilayer and Fe/ $L1_0$ -FePt ECC-BPM bilayer reduces at the areal density over 4 Tb/in² with increasing the exchange coupling between neighboring dots, A_{dot} , and A_{ex} that is different from BPM single layer. Under the influence of A_{dot} , and A_{ex} , the H_{sw} of ECC-BPM trilayer with Fe thickness (t_{Fe}) of 10 nm is the minimum value. H_{sw} of ECC-BPM bilayer can reduce below the maximum write head field, H_{max} , for some intervals of frequency, f_{ac} , that depends on A_{dot} and A_{ex} . H_{sw} region increases with increasing A_{dot} and A_{ex} at constant of f_{ac} . H_{sw} of ECC-BPM bilayer depends on the magnetic parameters of $L1_0$ -FePt. H_{sw} decreases with reducing anisotropy constant, K_u , increasing damping constant, α , and increasing saturation magnetization, M_s . H_{sw} reduces in some intervals of frequency with increasing microwave amplitude, h_{ac} . In addition, the slope of hysteresis loop at coercivity decreases with increasing the tilted angle from normal incident, θ_{dc} . These results may be used for development of the future magnetic recording technology.

Keywords: Hard Disk Drive, Bit-patterned Media, Exchange Coupled Composite Media, Microwave Assisted Magnetic Recording