



ความร้อนที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสงในเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR

Electromagnetic Field in Light Band Produced Heat on TuMR Read Sensor

สุนทรี แจ็งแรง, จิรัญ โพธิ์รักษา, สงวน บุญปัญญารักษ์, วิชัย ประเสริฐเจริญสุข, อาคม แก้วระวัง, ปรีชา รัตนันต์, มงคล ลิ้มประกอบบุญ, สุภาวดี สวัสดิพรพัฒน์ และอภิรัฐ ศิริธราธิวัตร*

Romklaw Boonpoo-nga, Manus Sriring, Supinya Nijpanich, Lalida Wongbuth and Surangkhan Martwiset*

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

*Correspondent author: apirat@kku.ac.th

Received May 31, 2011

Accepted August 18, 2011

บทคัดย่อ

แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์นั้นถือเป็นรูปแบบหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสงซึ่งอาจเหนี่ยวนำทำให้เกิดความร้อนและสร้างความเสียหายให้กับหัวอ่านได้ งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองผลทางความร้อนที่เกิดขึ้นกับเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR โดยใช้โปรแกรมจำลองสนามแม่เหล็กไฟฟ้า จากการจำลองพบว่า เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสง (380-750 THz) แพร่เข้ามากระทบกับเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR บริเวณผิวด้านข้างที่สัมผัสกับคลื่นโดยตรงในส่วนของชั้นของแอนติเฟอร์โร มีอุณหภูมิเกิดขึ้นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 164.0654 °C (ที่ความถี่ 750 THz) นอกจากนี้เมื่อทำการสังเกตอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของแต่ละชั้นวัสดุของโครงสร้างเซนเซอร์ชนิด TuMR พบว่าที่ชั้นสเปเซอร์ เป็นชั้นที่อุณหภูมิสูงที่สุด ที่ค่าเท่ากับ 43.9427 °C อย่างไรก็ตาม ผลของอุณหภูมิของทั้งโครงสร้างที่ได้ทำการจำลองที่แอมพลิจูดสนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 V/m มีระดับความร้อนต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้เมกเนไต์เซชันของวัสดุเปลี่ยนแปลงทิศทาง (T_b) หรือ อุณหภูมิที่ทำให้วัสดุหลอมเหลว (T_m) ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสงไม่ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR และกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

Abstract

The lights of fluorescent used in hard disk assembly (HDA) process is the one form of the electromagnetic field that can generate heat and lead to read sensor degradation due to the field induced. In this work, the characteristic of heat occurred on TuMR read sensor is observed by using electromagnetic simulation software. We have found that the highest temperature occurs at the nearest side of TuMR sensor, which directly contacts with the front of incident wave that is anti-ferromagnetic layer with 164.0654 °C at 750 THz. Moreover, when the middle of each layer in the TuMR is observed, the spacer layer has the highest temperature of 43.9427 °C at 750 THz. However, when both of blocking and melting

temperatures of read sensor material are determined, the temperature level occurred in TuMR read sensor is lower than both of them. Therefore, the heat induced from the electromagnetic field in light band that E-field is 10 V/m has no effect on the magnetic properties of TuMR read sensor and HDA process.

คำสำคัญ: เซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสง ความร้อน

Keywords: TuMR read sensor, electromagnetic field in light band, heat

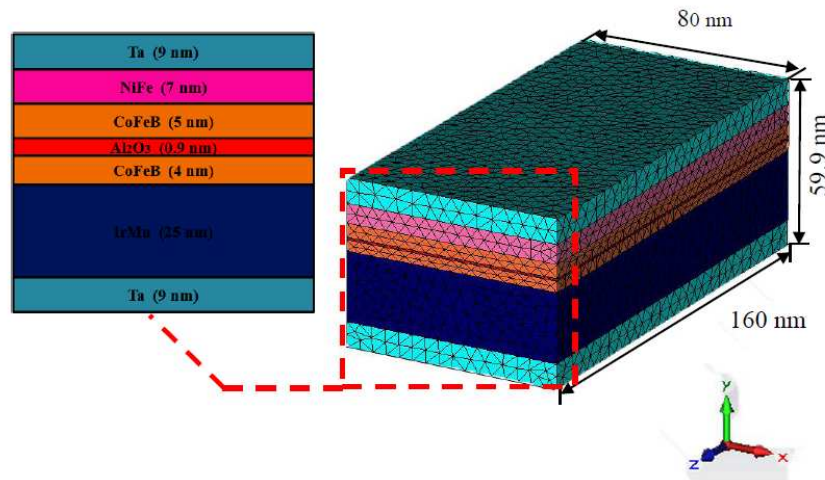
1. บทนำ

อุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์เป็นอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ผลกระทบที่ได้ นั้นเป็นที่ต้องการอย่างมากสำหรับผู้บริโภคในยุคนี้ ซึ่งจำเป็นต้องทำให้มีขนาดที่เล็กลงและมีความจุที่มากขึ้น เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ไม่ใช่ถูกใช้เพียงในคอมพิวเตอร์เท่านั้นแต่ยังมีการนำไปใช้ใน โทรศัพท์เคลื่อนที่ กล้องดิจิทัล ฯลฯ เพื่อเป็นการตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ทางผู้ผลิต จำเป็นต้องลดขนาดของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ลงและเพิ่มความจุให้มากขึ้น ส่งผลทำให้จำเป็นต้องลดขนาดของหัวอ่านเพื่อให้สามารถอ่านเขียนข้อมูลที่มีขนาดบิตลดลงได้ ด้วยเหตุนี้ส่งผลให้มีความเสี่ยงเพิ่มมากขึ้นกับผลกระทบซึ่งที่จะเกิดความเสียหายได้ (1)

ในกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์มีหลายปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงกับหัวอ่านได้ เช่น การคายประจุไฟฟ้าสถิต (2) ระบบกราวด์ (3) และ สนามแม่เหล็กไฟฟ้า (4-8) เป็นต้น แต่หลายปัจจัยดังกล่าวได้มีการศึกษาและหาวิธีแก้ไขอย่างแพร่หลาย แต่ไม่ได้มีการอธิบายในส่วนของ เซนเซอร์ ซึ่งความเสี่ยงที่เกิดจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นเป็นสิ่งที่น่าสนใจและมีความสำคัญมาก เพราะไม่สามารถวัดหรือแสดงผลได้อย่างชัดเจน และสามารถเกิดขึ้นได้ไม่ว่าจะบริเวณใดๆ ของกระบวนการผลิต แสงที่สามารถมองเห็นได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์ในกระบวนการผลิตนั้นถือเป็นรูปแบบหนึ่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสงที่มีความถี่อยู่ในช่วง 380-750 THz คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหล่านี้สามารถเหนี่ยวนำให้

เกิดความร้อนขึ้นกับวัสดุจำพวกไดอิเล็กตริกและตัวนำทางไฟฟ้าได้ อุณหภูมิที่เกิดขึ้นในโครงสร้างนั้นเกิดจากการที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีทั้งสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กแพร่เข้าสู่โครงสร้าง ทำให้เกิดสนามไฟฟ้าดัดคร่อมที่บริเวณต่างๆ ของโครงสร้างก่อให้เกิดแรงดันดัดคร่อมและกระแสไฟฟ้าไหลภายในโครงสร้างตามลำดับ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลในวัสดุใดๆ ก็จะทำให้สร้างความร้อนภายในตัวเองและแพร่ไปทุกทิศทุกทาง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งอธิบายตามสมการการถ่ายเทความร้อน

งานวิจัยนี้ได้ทำการจำลองผลทางความร้อนที่เกิดขึ้นภายในเซนเซอร์ของหัวอ่านที่เกิดจากอิทธิพลของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสงที่มีแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 V/m ซึ่งศึกษาผลโดยจำลองแบบสามมิติในโปรแกรมสำเร็จรูป CST microwave studio ที่มีคุณสมบัติเฉพาะทาง ในการสร้างลักษณะของโครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR (tunneling magnetoresistance) และคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสง โดยในโปรแกรมได้ใช้ช่องท่อนำคลื่น (waveguide port) เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสงที่มีการแพร่กระจายคลื่นเข้าไปในทิศทางของแนวแกน x เท่านั้นและเปลี่ยนความถี่ต่างๆ เพื่อสังเกตและบันทึกผลที่เกิดขึ้นทางด้านอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปภายในโครงสร้าง เนื่องจากเมื่อเกิดความร้อนขึ้นบริเวณของแผ่นฟิล์ม หากอุณหภูมิสูงเกินอุณหภูมิที่ทำให้แมกเนโตเซชันของวัสดุเปลี่ยนแปลงทิศทาง (T_b : blocking temperature) หัวอ่านจะเกิดความ



รูปที่ 1. โครงสร้างชั้นต่างๆของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR

เสียหายทางแม่เหล็ก เช่น เกิดการสลับด้านของเส้นโค้งทรานสเฟอร์ อันเนื่องมาจากแมกเนไตเซชันในชั้นพินเน็ต (pinned layer) นั้นหมุนกลับทิศ แต่ถ้าอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจนเกินอุณหภูมิที่ทำให้วัสดุหลอมเหลว (T_M : melting temperature) ของวัสดุนั้นๆแล้ว หัวอ่านจะเกิดความเสียหายอย่างสมบูรณ์

2. วิธีการวิจัย

การจำลอง (simulation model) ในการจำลองผลของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านความถี่แสงที่แพร่เข้าสู่โครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR นั้น เป็นจำลองในรูปแบบสามมิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST microwave studio ที่มีความสามารถในด้านนี้โดยเฉพาะ ซึ่งมีลักษณะการคำนวณแบบ ไฟไนต์อินทิกรัลหรือการคำนวณแบบกริด (FIT: finite integral technique) (9) เพื่อการสังเกตความสัมพันธ์ของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในโครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR เมื่อถูกรบกวนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่คลื่นแสงที่มีลักษณะเป็นคลื่นสนามระยะไกล (far-field) ผลที่ได้เป็นอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในชั้นต่างๆ ของเซนเซอร์ ส่วนบริเวณที่งานวิจัยนี้สนใจคือชั้นพินเน็ต ฟรี และสเปเซอร์

ซึ่งเป็นชั้นที่มีความสำคัญในการอ่านข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

2.1 โครงสร้างและการจำลอง

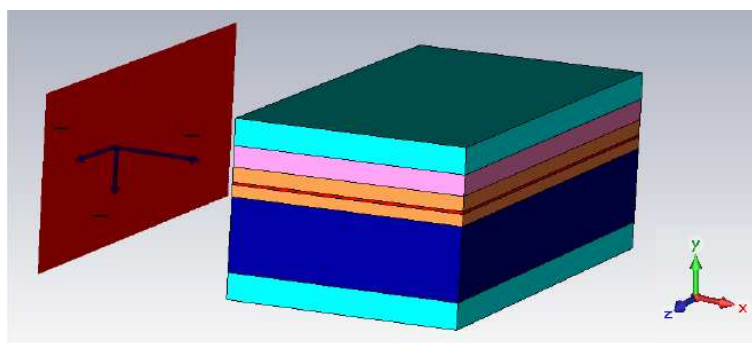
โครงสร้างเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ที่นำมาใช้ในการจำลองเป็นโครงสร้างอย่างง่ายประกอบด้วยชั้นพินเน็ต ฟรี ที่ถูกคั่นด้วยชั้นสเปเซอร์ ฯลฯ โครงสร้างมีความกว้าง 80 nm ยาว 160 nm และสูง 59.9 nm ในการจำลองพิจารณาโครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ที่ประกอบด้วยหลายๆชั้น เช่น Ta(9 nm)/IrMn(25 nm)/CoFeB(4 nm)/Al₂O₃(0.9 nm)/CoFeB(5 nm)/NiFe(7 nm)/Ta(9 nm) ดังแสดงในรูปที่ 1 (10)

2.2 สัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความถี่แสง

สำหรับแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ใช้ช่องท่อนำคลื่น (waveguide port) เป็นแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แพร่เข้าสู่โครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยการแพร่เข้าไปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านั้นจะถูกกำหนดให้แพร่เข้าไปทั้งช่วงของย่านความถี่แสง (380-750 THz) และกำหนดให้มีแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้ามีเท่ากับ 10 V/m ในระนาบแกน x เพียงกรณีเดียว โดย

ตารางที่ 1. ค่าคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชั้นของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR

วัสดุ	ค่าการนำไฟฟ้า σ (Ωm) ⁻¹	ค่าการนำความร้อน K (W/K/m)	ค่าความจุความร้อน C (kJ/K/kg)	ค่าความหนาแน่น ρ (kg/m ³)
Ta	8×10^6	4.3	0.144	16327
CoFeB	4×10^8	37	0.446	8659
Al ₂ O ₃	4×10^2	27	0.900	3900
IrMn	2.13×10^7	5.7	0.316	10181
NiFe	2.33×10^6	37	0.447	8694



รูปที่ 2. การจำลองการแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับโครงสร้าง

แหล่งกำเนิดคลื่นห่างจากเซนเซอร์หัวอ่าน 100 nm

2.3 ความร้อนเนื่องจากคลื่น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน หรือเหนี่ยวนำซึ่งกันและกัน ทำให้เกิดการแพร่กระจายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยสนามแม่เหล็กที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำภายในโครงสร้าง ตามกฎของฟาราเดย์ (11) คือ

$$V = -\frac{d\phi}{dt} \dots\dots\dots [1]$$

เมื่อ V คือ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V), ϕ คือ เส้นแรงแม่เหล็ก (Wb) และ t คือ เวลา (s)

โครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านเป็นวัสดุที่มีความต้านทานทางไฟฟ้าเมื่อมีแรงดันตกคร่อมทำให้เกิดกระแสไหลภายในโครงสร้างตามกฎของโอห์ม ($V = IR$) กระแสไฟฟ้าที่ไหลภายใน

โครงสร้างจะสร้างความร้อนภายในตัวเองและแพร่ไปทุกทิศทุกทาง โดยความร้อนที่ได้เป็นไปตามสมการของจูล (12) ดังสมการที่ [2]

$$Q = \frac{1}{\sigma} |J|^2 \dots\dots\dots [2]$$

เมื่อ Q คือปริมาณความร้อน (W), σ คือ ค่าการนำไฟฟ้า (S/m), J คือความหนาแน่นกระแส (A/m²)

จากปริมาณความร้อนที่เปลี่ยนไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิซึ่งอธิบายตามสมการการถ่ายเทความร้อนดังนี้

$$\rho C \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot (k \nabla T) = Q \dots\dots\dots [3]$$

เมื่อ ρ คือความหนาแน่น (kg/m³), T คืออุณหภูมิ (°C), C คือความจุความร้อน (kJ/K/kg), k คือค่าสภาพนำความร้อน (W/K/m), t คือเวลา (s) และ Q คือปริมาณความร้อน (W)

จากสมการจะพบว่า ถ้าวัสดุของชั้นนั้นมีค่าความหนาแน่นสูง ความจุความร้อนสูง แต่มีค่าการนำความร้อนที่ต่ำ จะทำให้เกิดความร้อนสูงในบริเวณของวัสดุนั้นดังตารางที่ 1

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

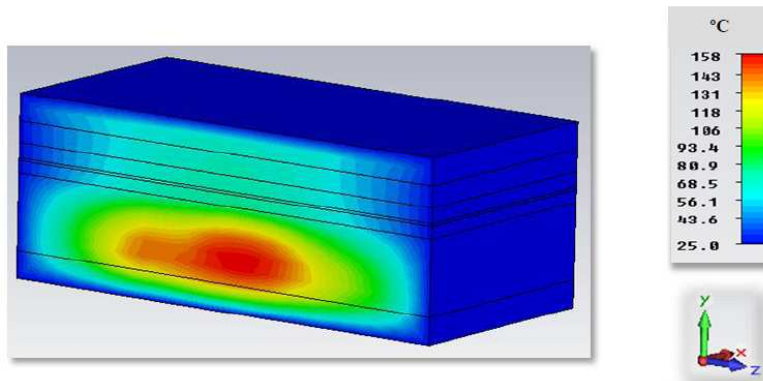
การจำลองการแพร่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสงที่มีแอมพลิจูดของสนามไฟฟ้าเท่ากับ 10 V/m เข้าสู่โครงสร้างของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ในทิศทางของแกน x เท่านั้น โดยมีอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 25 °C พบว่าบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงสุดของโครงสร้างเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR คือบริเวณผิวรอบข้าง โดยเฉพาะด้านที่สัมผัสกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสง

โดยตรง ดังรูปที่ 3

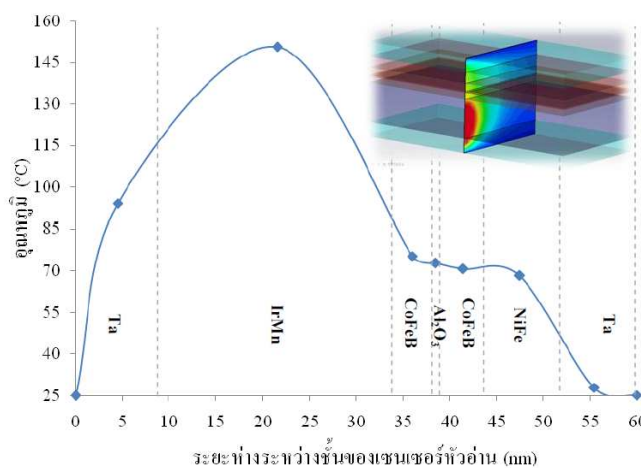
เมื่อพิจารณาที่ความถี่ 700 THz พบว่าที่ชั้นของแอนติเฟอร์โร (IrMn) พิกัด (x,y,z) เท่ากับ (-40, 21.5,0) มีอุณหภูมิสูงสุดที่สุด คือ 150.65 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 4

เมื่อทำการปรับค่าความถี่ในย่านของความถี่แสงพบว่า ผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นแปรผันตรงกับความถี่ คือที่ความถี่สูงผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในโครงสร้างจะมีค่าสูงมากกว่าที่ความถี่ต่ำกว่า ดังรูปที่ 5

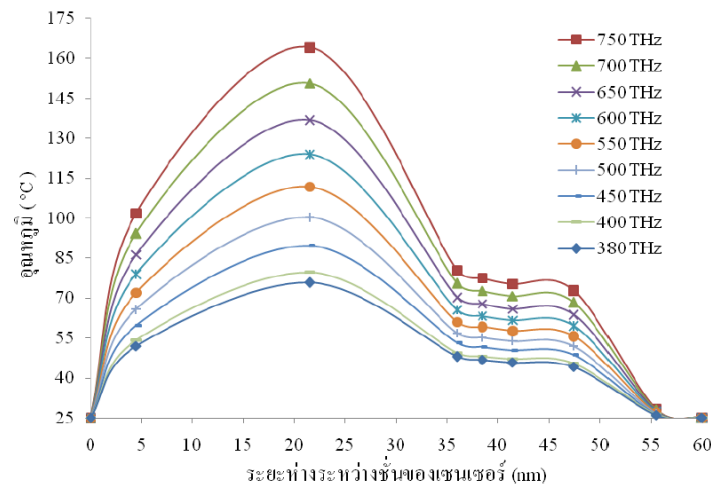
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่จุดกึ่งกลางแต่ละชั้นของเซนเซอร์ของโครงสร้าง พบว่า อุณหภูมิเกิดขึ้นสูงที่สุดอยู่ที่ชั้นสเปเซอร์และแพร่กระจาย



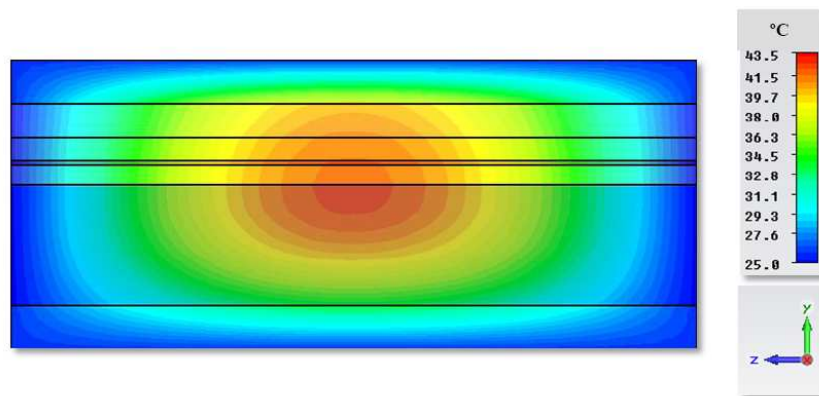
รูปที่ 3. แสดงอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ณ บริเวณผิวของโครงสร้างด้านที่สัมผัสกับคลื่น โดยตรงที่ความถี่ 700 THz



รูปที่ 4. อุณหภูมิที่ผิวของโครงสร้างด้านที่สัมผัสกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสง ณ ความถี่ 700 THz



รูปที่ 5. ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ในย่านของคลื่นแสงกับอุณหภูมิที่ชั้นต่างๆของเซนเซอร์ชนิด TuMR

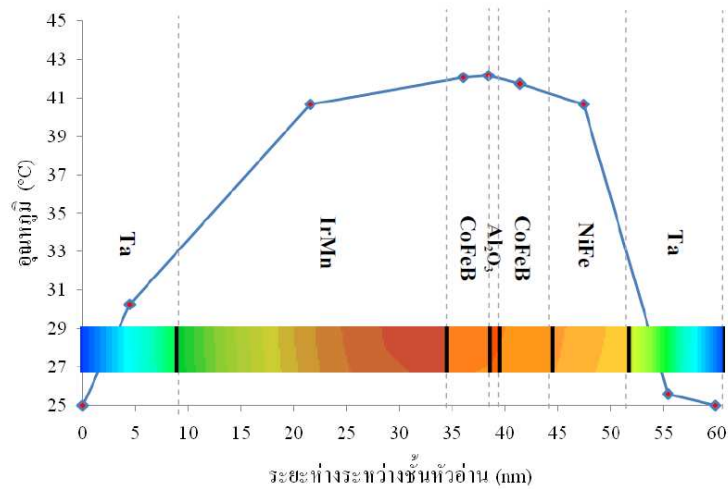


รูปที่ 6. ภาพตัดขวางโครงสร้างเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ที่ความถี่ 700 THz

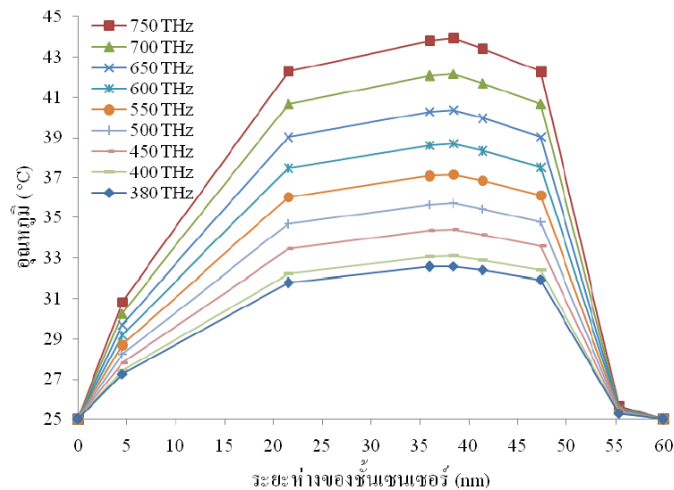
ไปบริเวณใกล้เคียง ดังรูปที่ 6

หลังจากนั้นทำการวัดผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น ณ จุดกึ่งกลางของแต่ละชั้นในโครงสร้าง ดังรูปที่ 7 จากกราฟพบว่าที่กึ่งกลางของโครงสร้าง ค่าอุณหภูมิสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ชั้นสเปเซอร์ พิกัด (x, y, z) เท่ากับ (0, 38.45, 0) มีค่าเท่ากับ 42.1782 °C ณ ความถี่ 700 THz เนื่องจากชั้นสเปเซอร์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติคือ ค่าความจุความร้อนที่สูงและมีค่าการนำความร้อนที่ต่ำกว่าชั้นอื่นๆ ทำให้มีการสะสมความร้อนมากที่บริเวณนั้นๆ และหากชั้นสเปเซอร์มีความหนาเพิ่มขึ้นทำให้สะสมความร้อนได้มากขึ้น บริเวณใกล้เคียงก็จะมีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นด้วย

จากรูปที่ 8 แสดงผลของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นที่จุดกึ่งกลางของแต่ละชั้นของโครงสร้างเมื่อปรับค่าความถี่ต่างๆในย่านของความถี่แสงพบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นกระจายในบริเวณต่างๆของเซนเซอร์ให้ผลในลักษณะที่คล้ายกันในแต่ละความถี่ และอุณหภูมิที่เกิดขึ้นนั้นมีแนวโน้มแปรผันตรงกับความถี่ คือเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้อุณหภูมิเพิ่มมากขึ้น โดยมีอุณหภูมิสูงสุดที่สุดคือ 43.9427 °C ที่ความถี่ 750 THz เนื่องจากความถี่มากขึ้นทำให้ขนาดของเส้นแรงแม่เหล็ก (ϕ) และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V) มากขึ้นดังสมการที่ [1] เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่มากขึ้นและขนาดของความต้านทานทางไฟฟ้าของโครงสร้างคงที่ทำให้



รูปที่ 7. ความสัมพันธ์ระหว่างจุดต่างๆของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงที่ 700 THz



รูปที่ 8. ความสัมพันธ์ระหว่างจุดต่างๆของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR กับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

มีกระแสที่ไหลมากขึ้น ส่งผลให้เกิดความร้อนมากขึ้นตามกฎของจูลและมีการถ่ายเทความร้อนมากตามลำดับ

4. สรุป

บทความนี้ได้นำเสนอผลของอุณหภูมิภายในโครงสร้างเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR เมื่อถูกรบกวนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสง โดยการใช้การจำลองแบบสามมิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป CST microwave studio จากการจำลองพบว่า เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่

แสง (380-750 THz) แพร่เข้ามากระทบกับเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR บริเวณผิวด้านข้างที่สัมผัสกับคลื่นโดยตรงในส่วน of ชั้นของแอนติเฟอร์โร มีอุณหภูมิเกิดขึ้นสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 164.0654 °C ที่ความถี่ 750 THz นอกจากนี้เมื่อทำการสังเกตอุณหภูมิที่จุดกึ่งกลางของแต่ละชั้นวัสดุของโครงสร้างเซนเซอร์ชนิด TuMR พบว่าที่ชั้นสเปเซอร์ เป็นชั้นที่อุณหภูมิสูงที่สุด ที่ค่าเท่ากับ 43.9427 °C ที่ความถี่ 750 THz อย่างไรก็ตาม ผลของการจำลองอุณหภูมิของทั้งโครงสร้างที่ได้ทำ

การจำลองที่ขนาดแอมปริจูดของสนามไฟฟ้า 10 V/m และแหล่งกำเนิดคลื่นห่างจากเซนเซอร์หัวอ่าน 100 nm มีระดับความร้อนต่ำกว่าอุณหภูมิที่ทำให้แมกเนไตเซชันของวัสดุเปลี่ยนแปลงทิศทาง (T_b) หรือ อุณหภูมิที่ทำให้วัสดุหลอมเหลว (T_m) ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านความถี่แสงไม่ส่งผลให้เกิดความเสียหายกับเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR และกระบวนการผลิตฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

ข้อเสนอแนะแนวทางการนำผลการวิจัยไปใช้

ในการจำลองนี้เป็นการจำลองโครงสร้างอย่างง่ายของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR เพื่อดูแนวโน้มของผลทางความร้อนที่จะเกิดขึ้นกับเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ซึ่งผลที่ได้ไม่สามารถบอกถึงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้อย่างแม่นยำมากนัก เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้เป็นการคำนวณความร้อนแบบจูล (Joule heating) และการถ่ายเทความร้อนแบบการนำเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้ผลที่ได้มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้นจำเป็นต้องปรับปรุงด้วยการเพิ่มโครงสร้างของหัวอ่านให้มีความสมบูรณ์ เช่น เพิ่มส่วนของซิลส์ สไลเดอร์ ชันย้อยอื่นๆ ที่เป็นส่วนประกอบจริงของเซนเซอร์หัวอ่านชนิด TuMR ให้ละเอียดมากขึ้นและค่าคุณสมบัติของวัสดุชั้นต่างๆ ที่ตอบสนองต่อการคำนวณของโปรแกรม และเขียนโปรแกรมเพิ่มเติมในส่วนของการทะลุผ่านแบบอุโมงค์ของกระแสเพราะในความเป็นจริงแล้วหัวอ่านชนิด TuMR จะเกิดปรากฏการณ์การทะลุผ่านแบบอุโมงค์ของกระแส (tunneling effect) และอธิบายผลได้ด้วยหลักการของกลศาสตร์ควอนตัม (quantum mechanics) ก็จะทำให้ทราบถึงผลทางความร้อนที่เกิดขึ้นได้ถูกต้องมากขึ้น ผลที่ได้จากการจำลองสามารถนำไปอธิบายผลทางคุณสมบัติทางแม่เหล็กของชั้นต่างๆได้ รวมถึงบ่งชี้ว่าเซนเซอร์หัวอ่านนั้นเกิดความเสียหายแล้วหรือไม่ นอกจากนี้ สามารถนำโครงสร้างนี้ไปจำลองผลที่เกิดจากปัจจัยอย่างอื่น

เช่น การคายประจุไฟฟ้าสถิตในรูปแบบต่างๆ ได้อีกด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากศูนย์วิจัยร่วมเฉพาะทางด้านส่วนประกอบฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

6. เอกสารอ้างอิง

- (1) Childress JR, Fontana ER. Magnetic recording read head sensor technology, Hitachi Global Storage Technologies, San Jose Research Center, 650 Harry Road, San Jose, CA 95120, USA, C.R. Physique 2005; 6: 997-1012.
- (2) Guarisco D, Li ML. ESD sensitivity of GMR heads at variable pulse length. Proceeding of the EOS/ESD Symposium; 2000 Sep 26-28; Anaheim, California, USA.
- (3) Yan K, Gaertner R, Wong C, Ong C. Automatic handling equipment: the role of equipment maker on ESD protection. Proceeding of the EOS/ESD Symposium; 2009 Aug 30-Sept 4; Anaheim, California, USA.
- (4) Wallash A, Smith D. Electromagnetic interference (EMI) damage to GMR heads. Proceeding of the EOS/ESD Symposium; 1998; Reno, Nevada, USA.
- (5) Kraz V, Wallash A. The effects of EMI from cell phones on GMR magnetic recording heads and test equipment. J Electrostat. 2002; 54: 39-53.
- (6) Perry B, Himle J, Porter T, Boone W, LeBlance J. Using HGA antennas to

- measure EMI. Proceeding of the EOS/ESD Symposium; 1999.
- (7) Kruesubthaworn A, Pratoomthip A, Siritaratiwat A, Ungvichian V. Anomalous magnetic responsiveness of giant magneto-resistive heads under specific electromagnetic interference frequencies using quasistatic tester. J Appl Phys. 2008; 103: 07f538-0 - 07f538-3.
 - (8) Kruesubthaworn A, Sivaratana R, Ungvichian, Siritaratiwat A. Testing parameters of TMR heads affected by dynamic tester induced EMI. J Magn Magn Mater. 2007; 316: e142-4.
 - (9) Weiland T. 2003. Finite integration method and discrete electromagnetism. Lect Notes Comput Sc Eng. 2003: 28; 183-98.
 - (10) Ventura J, Ferreira R, Sousa JB, Freitas PP. Dielectric breakdown in underoxidized magnetic tunnel junctions: dependence on oxidation time and area. IEEE Trans Magn. 2006; 42: 2658-60.
 - (11) Keawrawang A. 2548. Electromagnetic fields. Khon Kaen: Faculty of Engineering, Khon kean University; 2005. Thai.
 - (12) Holman JP. Heat transfer. Bangkok: Top/Macgal-Hill; 2004.