วรินทร ชาตะรัตน์ : การวิเคราะห์ขั้นสูงของฟิล์มทีเอ-คาร์บอนชนิดบางมาก สำหรับฮาร์ดดิสก์ที่มีความจุสูง (ADVANCED CHARACTERIZATION OF ULTRA-THIN TETRAHEDRAL AMORPHOUS CARBON OVERCOATS FOR HIGH AREAL DENSITY MAGNETIC RECORDING) อาจารย์ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร.ประยูร ส่งสิริฤทธิกุล, 145 หน้า.

คำสำคัญ: การบันทึกด้วยแม่เหล็กช่วยด้วยความร้อน/ คุณสมบัติทางไตรโบโลยี/ อัตราส่วน I_D/I_G

เทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลด้วยแม่เหล็กในอนาคต เช่น การบันทึกด้วยแม่เหล็กช่วยด้วยความร้อน (HAMR) จะมีความจุหนาแน่นของพื้นที่สูงขึ้นและความหนาของฟิล์มคาร์บอนที่บางลง ช่วยทำให้ระยะห่างของหัวอ่านแผ่นดิสก์ (HMS) ลดลงเพื่อเพิ่มความจุ ดังนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของฟิล์มคาร์บอนลดลงที่มีความจำเป็นในการปกป้องหัวอ่านและแผ่นดิสก์ ในวิทยานิพนธ์นี้ เตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน (*ta*-C) บางเฉียบจำนวนมากสำหรับฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ (HDD) ถูกสังเคราะห์และตรวจสอบในแง่ของคุณสมบัติทางไตรโบโลยี สภาพแวดล้อม ในการยึดติดทางเคมี และโครงสร้างจุลภาคของคาร์บอน การศึกษานี้แบ่งออกเป็นสองส่วน: (i) โครงสร้างคล้ายเพชรของเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอนที่บางเฉียบพึ่งพาความหนาของฟิล์ม สำหรับการบันทึกด้วยสนามแม่เหล็กที่มีความหนาแน่นของพื้นที่สูงและ (ii) อิทธิพลของความหนาของชั้นอินเตอร์เลเยอร์ที่มีต่อโครงสร้างคล้ายเพชรของเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอนที่บางเฉียบ เกี่ยวกับ (i) : ชั้นเคลือบบางเฉียบของเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน ถูกประดิษฐ์ขึ้นในช่วงความหนาระหว่าง 0.5 ถึง 5.0 นาโนเมตร บนชั้นซิลิกอนอินเตอร์เลเยอร์ บนพื้นผิวของนิเกิลเฟอร์ไรต์ (NiFe) โดยใช้แบบพัลส์ฟิลเตอร์แคโทดิกอาร์คในสุญญากาศ (PFCVA) เทคนิคโดยความหนาของชั้นเคลือบเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอนถูกวัดความหนาของฟิล์ม โดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่านความละเอียดสูง (HRTEM) และเอ็กซ์เรย์เรืองแสงกระจายคลื่น (WDXRF) และการวิเคราะห์ชั้นผิวขั้นสูง เช่น AFM XPS NEXAFS และ Raman spectroscopy ระบุลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพื้นผิว องค์ประกอบทางเคมี และโครงสร้างของฟิล์ม วิเคราะห์สมบัติทางไตรโบโลยีด้วยการสึกหรอแบบบอลไปกลับบนแผ่นดิสก์และ ความขรุขระของพื้นผิวของสารเคลือบ ถูกรายงานว่าต่ำกว่า 0.23 นาโนเมตร ชั้นเคลือบของเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน แสดงสัดส่วนพันธะ sp^3 C สูง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากความหนาของฟิล์มลดลงมาในระดับ 1.0 นาโนเมตร สัดส่วนของพันธะ sp^2 ขยายตัว เพิ่มสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (COF) อย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์ที่ได้แสดงให้เห็นถึงข้อจำกัดของความหนาของเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน ที่ประดิษฐ์ขึ้นโดยพัลส์ฟิลเตอร์แคโทดิก-อาร์คในสุญญากาศเทคนิคเพื่อเป็นสารเคลือบป้องกันสำหรับอุปกรณ์จัดเก็บแม่เหล็กความหนาแน่นสูง เกี่ยวกับ (ii) : การสปัตเตอร์ใช้ในการเคลือบชั้นอินเตอร์เลเยอร์ชั้นซิลิกอนและซิลิกอนไนไตรที่มีความหนาตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.0 นาโนเมตร ตามด้วยเคลือบ 1.0 นาโนเมตร ของเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน ด้วย พัลส์ฟิลเตอร์แคโทดิกอาร์ค

ในสุญญากาศ การทดสอบแบบ Ball-on-disk เปิดเผยว่า ซิลิกอน-คาร์บอน และซิลิกอนไนไตรคาร์บอนจะมีค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (COF) ที่มีต่ำกว่า ฟิล์มไม่มีอินเตอร์เลเยอร์ จากการวิเคราะห์ XPS เปิดเผยว่าพันธะ Si และ Si-N ถูกแปลงเป็นพันธะ Si-C และ C-N โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเคลือนชั้นอินเตอร์เลเยอร์ของซิลิกอนไนไตร ระหว่างชั้นเต-ตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน และนิเกิลเฟอร์ไรต์ (NiFe) ตามหลักฐานพบชั้นประสานที่ก่อตัวขึ้นระหว่างสองชั้นดังกล่าว ทำหน้าที่เป็นชั้นกั้นป้องกันการอพยพของน้ำและออกซิเจนผ่านมายังเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอน จากพื้นผิวของนิเกิลเฟอร์ไรต์ ซึ่งบ่งชี้ว่าเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอนแสดงองค์ประกอบออกซิเดชันที่ลดลงซึ่งสนับสนุนให้มีการยึดเกาะ sp^3 C พิจารณาว่าความหนาและความได้เปรียบของ อินเตอร์เลเยอร์ของซิลิกอนไนไตรมีส่วนช่วยในการเพิ่มเนื้อหา sp^3 C ได้ดีเพียงใด ซึ่งยืนยันการค้นพบของ Raman เกี่ยวกับอัตราส่วน I_D/I_G ที่ลดลง ตามความหนาของอินเตอร์เลเยอร์เป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบระบบบันทึกแม่เหล็กความหนาแน่นสูงด้วยสถาปัตยกรรมเตตระฮีดรัลฟิล์มคาร์บอนที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาฟิสิกส์
ปีการศึกษา 2564

ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม _____

WARINTORN CHATARAT : ADVANCED CHARACTERIZATION OF ULTRA-THIN TETRAHEDRAL AMORPHOUS CARBON OVERCOATS FOR HIGH AREAL DENSITY MAGNETIC RECORDING. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. PRAYOON SONGSIRIRITTHIGUL, PH.D. 145 PP.

Keyword: heat-assisted magnetic recording/ tribological properties/ I_D/I_G ratio

Tetrahedral amorphous carbon (*ta*-C) films is a class of diamond-like carbon films that contains a high fraction of tetrahedral sp^3 bonded carbon in its structure. It has been commonly used as an overcoat to provide protection against corrosion and mechanical wear for magnetic recording device and hard disk drive (HDD) components, such as, sliders, read/write heads, and media. For this application, it is desirable to reduce the overcoat thickness as thin as possible, down to a few nanometers, in order to increase the density and capacity of magnetic recording devices and HDDs. However, as the thickness reaches the nanometer range, the *ta*-C overcoats may not be able to maintain their chemical bonding structure, especially their high sp^3 bonds fraction, which directly associated with their mechanical properties, such as density, wear, corrosion, thermal stability, and hardness.

This thesis reports on a comprehensive study on chemical structures and tribological properties of ultrathin *ta*-C overcoats with thicknesses of between 0.5 and 5.0 nm for high areal density magnetic recording. The *ta*-C overcoats were fabricated on NiFe substrates using a pulsed filtered cathodic vacuum arc technique. The *ta*-C overcoat thicknesses were accurately determined by high-resolution transmission electron microscopy and wavelength dispersive X-ray fluorescence techniques (WDXRF). The surface morphology, chemical composition, microstructure, and tribological properties were systematically investigated by atomic force microscopy (AFM), X-ray photoelectron spectroscopy (XPS), near-edge X-ray absorption fine structure, Raman spectroscopy techniques, and a reciprocating wear test. The results showed that the surface morphologies of *ta*-C overcoats were atomically smooth with a root mean square surface roughness (R_q) below 0.23 nm. The *ta*-C overcoats had high sp^3 bonds fraction. However, as the overcoat thickness was thinner than 1 nm, the sp^2 bonds fraction suddenly increased resulting in a significant increase in the

coefficient of friction. The obtained results demonstrated the limitation of the thickness of the *ta*-C overcoat fabricated by the PFCVA technique as a protective coating for high-density magnetic storage devices.

In addition, the influence of interlayers on the structure and tribological properties of ultrathin *ta*-C overcoats were investigated. Two different interlayers, Si and SiN_x, with thicknesses of between 0.5 and 5.0 nm were applied to the interface between the substrate and overcoat layer with a thickness of 1 nm. This was achieved by sputtering technique. The fabricated ultrathin *ta*-C overcoats were characterized by WDXRF, AFM, XPS and Raman spectroscopy, and their tribolgical properties were investigated by the reciprocating wear test. The AFM result showed that the insertion of both Si and SiN_x interlayers slightly changed the R_q of the overcoat. The results showed that the insertion of Si or SiN_x interlayer enhanced the formation of sp^3 bond and the sp^3 bond fraction tended to increase with the interlayer thickness. The XPS result also revealed the presences of Si-C and Si-O-C bonds on the interfaces of both Si and SiN_x interlayer, which enhance the adhesion between the overcoat layer and substrate.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Physics
Academic Year 2021

Student's Signature _____
Advisor's Signature _____
Co-advisor's Signature _____
Co-advisor's Signature _____