

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月 10日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22360072

研究課題名（和文） 超平滑表面における単分子液膜の高せん断レオロジーに関する研究

研究課題名（英文） High Shear Rate Rheology of Monolayer Liquid Film at Ultra Smooth Surfaces

研究代表者

張 波 (Zhang Bo)

佐賀大学・大学院工学系研究科・教授

研究者番号：60264678

研究成果の概要（和文）：

ハードディスクは磁気ヘッドが 7000rpm 以上の高速度回転しているハードディスク表面を数ナノメートル程度の浮上高度で走査しながら情報の書き込みや読み取りを行う。ハードディスクの記録密度が 1Tb/in²に達するためには、磁気ヘッドの浮上高度を 2～3nm にまで低下する必要があるとされている。ハードディスク表面には汚れを防ぐための PFPE 単分子液膜を塗布している。本研究は、高速度顕微鏡カメラを使って、回転時に磁気ヘッド表面を直接観察することによって、ハードディスクが故障する原因である吸着膜の流れ挙動を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

The constant increasing in the recording density of the hard disk is always associated with the decreasing in the fly height of the magnetic head and it is necessary to reduce the fly height to 2-3 nm for 1Tb/in². A monolayer PFPE liquid film is coated over the hard disk surface to prevent the contamination. In this study in-situ observation of air bearing surfaces by using a high speed microscope camera was conducted and the flow behavior of adsorbed film was clarified.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	7,800,000	2,340,000	10,140,000
2011年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2012年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2013年度	0	0	0
2014年度	0	0	0
総計	10,600,000	3,180,000	13,780,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・トライボロジー

キーワード：マイクロ/ナノトライボロジー、単分子膜、レオロジー、ハードディスク

1. 研究開始当初の背景

ハードディスクの最表面には厚さが僅か

2nm も満たないフッ素系のオリゴマーPFPE

(Perfluoropolyether)の単分子液膜が塗布されている。液体はせん断応力を受けると流れるという性質をもつが、ハードディスク表面の単分子液膜は、高い空気せん断力を受けているにもかかわらず、流されることなく、10年以上の寿命をもつ。一見、液膜が固体化したようにも見えるが、液膜である。

ハードディスク表面の単分子液膜の挙動は、大気中にさらされることで、さらに複雑になる。大気中にはつねに水蒸気が存在し、水蒸気の吸着は避けられない。さらに吸着は、磁気ヘッドスライダ空気軸受が短時間で数十気圧まで急激の加減圧することによって促進されると考えられる。

記録密度を 1Tb/in^2 乃至 50Tb/in^2 にまで高めるためには、ディスクリートトラック記録(Discrete Track Recording)、ビットパターン記録(Bit Patterned Recording)を含む様々な技術革新が必要とされている。従来の磁気記録媒体表面が均一であるのに対して、トラック記録や、ドット記録の媒体表面は非均一である。PFPE 潤滑膜の流動特性に及ぼす非均一な磁気記録媒体の影響が新たな研究課題になることは必須である。上述の吸着水分子が PFPE の流動性を高めることで、潤滑膜厚の分布が固体表面の不均一性に左右されやすくなることが予想される。

2. 研究の目的

ハードディスクの記録密度が 1Tb/in^2 に達するためには、磁気ヘッドの浮上高度を $2\sim 3\text{nm}$ にまで低下する必要があると言われていた中で、厚さこそが $1\sim 2\text{nm}$ しかないディスク表面の PFPE 単分子液膜はますます重要になってくる。PFPE 単分子液膜

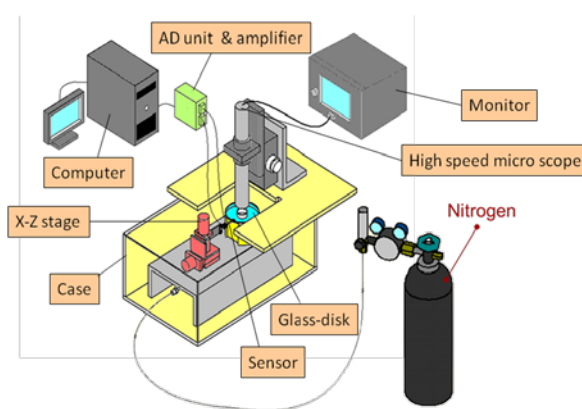
の流れ挙動ならびに水蒸気吸着はハードディスクの信頼性と寿命に関わる至上的な課題である。本研究は、PFPE 単分子液膜の流れ挙動、水蒸気の吸着および単分子液膜の流れ挙動に及ぼすその影響を明らかにすることを目的とする。さらに、理論モデル化し、磁気ヘッド・ディスク界面の設計指針を提案する。

3. 研究の方法

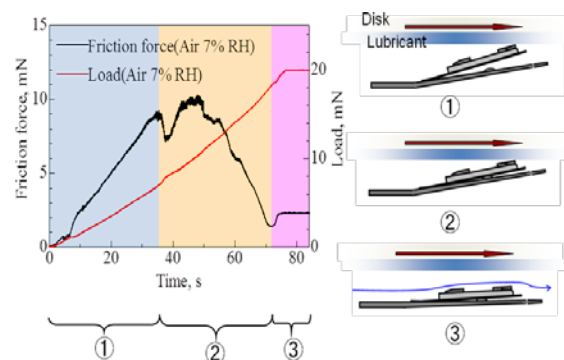
その場観察ハードディスク摩擦試験機等を用いて、PFPE 単分子膜の流れ挙動、吸着ならびに吸着水分子が PFPE 単分子膜の流れ挙動に及ぼす影響を実験的に明らかにすると同時に、理論モデル化し、磁気ヘッド・ディスク界面の設計指針を提供する。

4. 研究成果

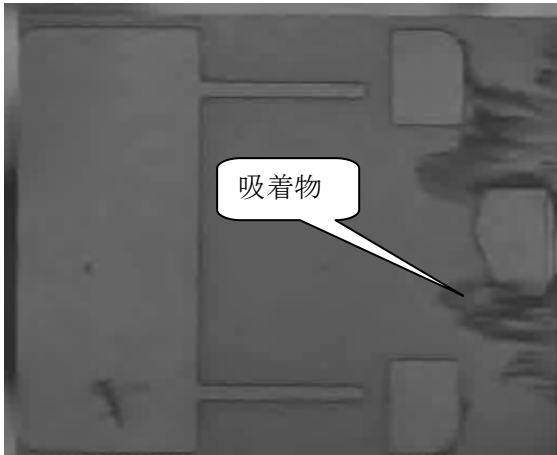
(1) その場観察ハードディスク摩擦試験機の構成



(2) 磁気ヘッドの典型的な浮上摩擦特性



(3) 磁気ヘッド空気軸受表面の吸着



(4) 吸着を考慮した空気軸受理論

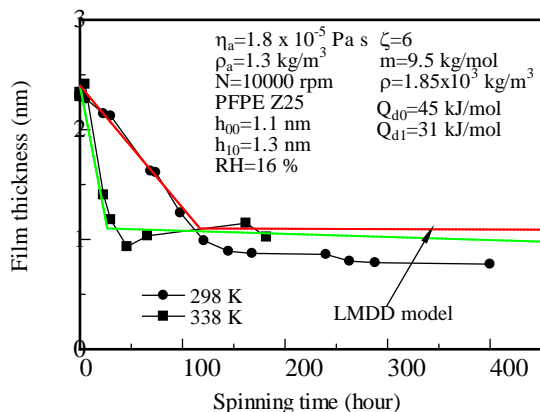
$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{h^3}{3\eta_f} \frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{h^3}{3\eta_f} \frac{\partial p}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\tau_{xz}^h}{2\eta_f} h^2 \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\tau_{yz}^h}{2\eta_f} h^2 \right) + \frac{\partial h}{\partial t} - q$$

ここで q は吸着率である。

(5) 層分子動力学拡散モデル(LMDD)

$$h = h_0 - \frac{v_m}{\zeta h \exp(Q_a / RT)} \left(m\omega^2 + A_m \frac{\omega \sqrt{\eta_a \rho_a \omega}}{2} t \right)$$

(6) 層分子動力学拡散モデルと実験との比較



5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計4件)

(1) Bo Zhang, Toshifumi Mawatari, and Akira Nakajima, The Effect of Humidity on Frictional Behavior of Slider Air Bearings in Both Air and Nitrogen Gas, International Tribology Conference, Hiroshima 2011, October 30 – November 3, 2011, Hiroshima, Japan (査読あり) .

(2) Bo Zhang, Toshifumi Mawatari, and Akira Nakajima, Slider air bearing design in consideration of the Pumping effect, Proceedings of the STLE/ASME 2011 International Joint Tribology Conference IJTC2011, October 23-26, 2011, Los Angeles, California, USA (査読あり) .

(3) Bo Zhang, Hiroshi Chiba, and Akira Nakajima, Rheology of Nano PFPE Liquid Film at Hard Disk Surfaces under Blow Off Flow, International Tribology Congress - ASIATRIB 2010, Perth, Australia, 5-9 December 2010 (査読あり) .

(4) Bo Zhang, and Akira nakajima, Pumping effect of slider air bearing surface for non-langmuir adsorption, Proceedings of the STLE/ASME 2010 International Joint Tribology Conference, IJTC2010, October 17-20, 2010, San Francisco, California, USA (査読あり) .

[学会発表] (計2件)

(1) 藤田 貴士、石田 誠也、馬渡 俊文、張 波、磁気ヘッド浮上挙動のその場観察に関する研究、2012年度精密

工学会秋季大会学術講演会論文集（九州工業大学戸畑キャンパス、2012-9-14～16）493 - 494。

- (2) 佐藤 潤二郎、張 波、馬渡 俊文、磁気ヘッド・ディスク界面のその場観察によるトライボロジカル特性の解明、日本設計工学会 2011 年度春季研究発表講演会。2011.5.28 日本大学

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
<http://evalwww.cc.saga-u.ac.jp/search/IST?ISTActId=FINDJPDetail&userId=1530>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

張 波 (Zhang Bo)
佐賀大学・大学院工学系研究科・教授
研究者番号：6 0 2 6 4 6 7 8

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：