

하드디스크 드라이브에서 슬라이더의 DLC 층 손상에 의한 진동 특성 변화에 관한 연구

Analysis for flying stability with damaged DLC layer by confined optical energy in TAMR system

박노철† · 최종학‡ · 임진엽* · 박경수** · 박영필*

Jonghak Choi, No-Cheol Park, Gunyup Lim, Kyouon-Su Park, Young-Pil Park

Key Words : “Hard disk drive(하드디스크드라이브)”, “TAMR(열보조자기기록)”, “DLC layer(DLC 층)”, “Flying Stability(부상특성)”

ABSTRACT

This research investigates to analyze the effect of laser of thermally assisted magnetic recording system on diamond like carbon (DLC) layer of slider. We investigated a damaged DLC layer of slider with laser spot-induced damage and analyze the effect of the damaged DLC layer in slider dynamics. The damaged DLC layer resulted in change of flying height and air bearing stiffness pressure.

1. 서 론

정보량의 지속적인 증가로 인하여, 하드디스크드라이브의 저장용량을 증가시키기 위한 시도가 지속되고 있다. 그 동안, 하드디스크드라이브의 저장방식인 자기기록 방식의 저장밀도는 끊임없이 증가해왔다. 하지만, 요구되는 저장밀도는 끊임없이 증가하는데 비하여, 현재의 저장밀도는 한계에 부딪쳐 1.5Tb/in² 에 머무르고 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 기술이 TAMR(Thermally Assisted Magnetic Recording)이다. TAMR 기술은, 슬라이더로부터 디스크에 직접 열을 가하는 방식을 이용한다. 이러한 열로 인하여, 기록 중에 디스크는 국부적으로 가열되며, 이러한 열로 인하여 더욱 좁은 공간에 기록이 가능해진다[1]. 하지만, 이러한 열로 인하여 슬라이더의 다른 부분에 악영향을 미칠 수 있다. 슬라이더에는 밀면의 보호를 위한 DLC 층이 존재하는데, 이러한 DLC 층이 열에 의하여 손상을 받을 수 있다. 이러한 손상은, 슬라이더의 부상특성

에 영향을 미칠 수 있다. 하드디스크드라이브에서, 슬라이더의 부상특성은 매우 중요한 인자로서, 성능에 큰 영향을 미칠 수 있다.

열은 슬라이더 밀면의 NFT 를 통하여 전달된다. 그림 1 과 같이, 레이저 다이오드와 NFT 는 높은 온도를 가지고 있고, 각각의 온도는 70 °C, 350 °C 에 이른다. 온도와 NFT 의 온도 상승에 관한 연구는 이미 진행되었다[2]. 이러한 열은 슬라이더의 DLC 층에 손상을 입힐 수 있다. 이전의 연구에서, TAMR 시스템의 강한 열이 슬라이더의 열과 관련된 문제를 야기함이 밝혀졌다[3]. 또한, 강한 열에 의하여 DLC 층이 손상 받음이 알려져 있다[4]. 슬라이더 밀면의 DLC 층의 두께는 약 2nm 로, 부상높이가 수 나노미터이기 때문에, DLC 층의 손상은 부상특성에 큰 영향을 미칠 것이라는 것을 예측할 수 있다.

하드디스크드라이브에서의 열에 의한 DLC 층 손상과, 그로 인한 부상특성 변화에 관한 연구는 진행

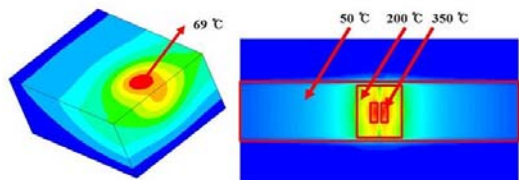


Fig. 1 Temperature distribution of slider in TAMR system

† 교신저자; 연세대학교 기계공학부

E-mail : pnch@yonsei.ac.kr

Tel : 02-2123-4677, Fax : 02-365-8460

‡ 발표자; 연세대학교 기계공학부

* 연세대학교 기계공학부

** 가천대학교 기계공학부

되지 않았다. 따라서 본 논문에서는 이와 관련된 연구를 수행하였다. 열에 의한 DLC 층의 손실에 관한 수식을 유도한 후, 구축한 유한요소해석모델을 바탕으로 열-해석과 구조해석을 진행하였다. 이러한 결과를 바탕으로, 열에 의한 슬라이더의 DLC 층의 손상을 계산하였다. 마지막으로 DLC 층의 손상에 따른 슬라이더의 부상특성 변화에 대하여 분석하였다.

2. 시뮬레이션

영향을 분석하기에 앞서, 다음과 같은 식을 사용하여, 열에 의한 DLC층의 손실에 대하여 계산하였다.

$$\frac{\partial h_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[-\frac{1}{\mu_i} \frac{A_d}{h_i} \frac{\partial h_i}{\partial x} + \frac{\sigma}{3\mu_i} h_i^3 \left(\frac{\partial^3 h_i}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 h_i}{\partial x \partial y^2} \right) - \frac{\gamma}{2\mu_i} \frac{\partial T}{\partial x} h_i^2 \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[-\frac{1}{\mu_i} \frac{A_d}{h_i} \frac{\partial h_i}{\partial y} + \frac{\sigma}{3\mu_i} h_i^3 \left(\frac{\partial^3 h_i}{\partial x^2 \partial y} + \frac{\partial^3 h_i}{\partial y^3} \right) - \frac{\gamma}{2\mu_i} \frac{\partial T}{\partial y} h_i^2 \right] = 0$$

위의 식을 통하여 DLC 층의 손상을 분석하기 위하여, DLC층의 온도와 두께, 그리고 물성이 필요하다. 따라서, 유한요소해석모델을 구축하여, 열 해석과 열-구조 연성해석을 수행하였다.

제 슬라이더의 경우 NFT의 모양과 레이저 파워에 의하여 온도분포가 달라진다. 본 연구에서는, 간단한 해석을 위하여, 레이저 파워만 달리하여 해석을 수행하였고, 이를 통하여 온도분포와 변형된 DLC 층을 계산할 수 있었다. 실제 DLC층의 두께는 약 2nm 이지만 본 연구에서는 레이저에 의한 영향을 살펴보기 위하여 5 nm의 DLC 층에 대하여 해석을 수행하였다.

표 1과 같이, 레이저 파워를 50mW까지 증가시키며 해석을 수행하였다. 레이저 파워를 증가시키기에 따라, DLC층의 손상된 깊이는 증가함을 확인할 수 있었다. 또한, 손상된 DLC층에 의한 부상특성의 변화를 확인 하였다. 슬라이더와 디스크 사이의 부상높이의 경우, DLC층의 손상이 증가함에 따라 감소함을 확인하였다. 이는 기록밀도의 감소를 야기함으로써, 하드디스크드라이브에 있어 악영향을 끼친다. 또한, 슬라이더 밑면의 ABS 압력의 경우, DLC층의 손상이 커질수록 높아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 손상된 DLC층 사이로 빠른 유동이 집중되기 때문에 발생하는 현상으로 판단할 수 있다.

Table 1 Flying stability for depth of damaged DLC layer

Laser power [mW]	Depth of damage [nm]	Flying-height [nm]	ABS pressure [atm]
0	0	9.47	12.62
7	0.40	9.50	12.64
9	0.65	9.53	12.67
11	0.85	9.56	12.69
13	1.15	9.60	12.70
20	1.95	9.79	12.77
30	2.85	9.98	13.06
40	3.75	10.11	13.78
50	4.50	10.26	14.74

3. 결론

본 연구에서는, TAMR 시스템을 적용한 슬라이더에서 레이저에 의한 DLC층 손상과, 그에 따른 슬라이더의 부상특성 변화에 관한 해석을 수행하였다.

레이저의 열에 의한 DLC층 손상은 부상높이를 약 8 % 증가시키는 악영향을 미칠 수 있다. 따라서, TAMR 시스템을 적용한 슬라이더에서는 레이저에 의한 DLC층 손상을 고려하는 것이 매우 중요하다.

참고 문헌

- (1) W. A. Challener, C. Peng, A. V. Itagi, D. Karns, W. Peng, Y. Peng, X. Yang, X. Zhu, N. J. Gokemeijer, Y. T. Hsia, G. Ju, R. E. Rottmayer, M. A. Seigler, and E. C. Gage, "Heat-assisted magnetic recording by a near-field transducer with efficient optical energy transfer", *Nat. Photonics* 3M (2009) 220-224.
- (2) Hans H. Gatzert, Hans H. Gatzert, Paulo J. P. Freitas, Ernst Obermeier, and John Robertson, "Slider With an Integrated Microactuator (SLIM) for Second Stage Actuation in Hard Disc Drives", *IEEE Trans. Magn.* 44 (2008) 3726-3729
- (3) K. S. Park, K. H. Kim, Y. P. Park, and N. C. Park, "11. Investigation of the Dynamic Characteristics of Light Delivery for Thermal Assisted Magnetic Recording", *IEEE Trans. Magn.* 47 (2011) 1992-1998.
- (4) N. Tagawa and H. Tani, "Lubricant Depletion Characteristics Induced by Rapid Laser Heating in Thermally Assisted Magnetic Recording", *IEEE Trans. Magn.* 47 (2011) 105-110.