

레이저 범프와 대기압 변화에 대한 하드디스크 슬라이더의 부상 특성

이 상 민* · 김 대 은**
(2000년 4월 25일 접수)

Take Off Characteristics of Slider for Various LZT Disks and Ambient Pressures

Sang-Min Lee and Dae-Eun Kim

Key Words: Acoustic Emission(탄성파), Head/Disk Interface(헤드/디스크 인터페이스), Air Bearing(공압), Take Off(부상)

Abstract

The performance of slider of a hard disk drive affects the durability of the system. Particularly, the flying ability of the slider is critical in terms of surface damage and head crash. In this work, the take-off characteristics of the slider for various types of laser zone textured bump geometries were investigated. Also, the effect of ambient pressure on the flying characteristics of the slider was experimentally observed. An index of air density which can be used as a parameter for evaluating the flying characteristic is introduced.

1. 서 론

하드디스크의 저장밀도 향상을 위해서 헤드와 디스크의 부상 간격을 줄이고 있으며 최근에는 간헐적인 또는 연속적인 디스크와 헤드의 접촉 상태에서의 근접 저장(proximity recording)의 수준까지 이르게 되었다.^(1,2) 이를 위해서 자기 디스크 표면은 거칠기가 작아야 하지만 정지 상태에서 디스크와 헤드의 응착(adhesion)을 방지하기 위해서는 디스크의 랜딩존(landing zone)에 인위적인 거칠기를 주는 것이 바람직하다.⁽³⁾ 이러한 근접 저장은 일반적인 스트레인 게이지 탐지 기술의 해상도에까지 영향을 주게 되었다. 결과적으로 새롭고, 더욱 민감하며,⁽⁴⁾ 편리하고 간단한 기술인 AE(Acoustic Emission)가 헤드/디스크 인터페이스(HDI, Head/Disk Interface)의 연구에 점차 사용

되고 있다. 디스크 표면의 미세한 요철과 슬라이더의 ABS(Air Bearing Surface)가 접촉하면 슬라이더가 요동하게 되고, 그 신호는 AE센서에 의해서 쉽게 감지된다. AE는 1950년에 Kaiser에 의해서 발견되어 'Kaiser 효과'로 알려진 이후로 다양한 상호작용 및 현상 연구에 이용되어 왔다.⁽⁵⁾ 하드 디스크 산업에서는 Kita et al.⁽⁶⁾에 의해 소개되어 헤드/슬라이더의 접촉 감지 및 접촉력 측정에 널리 사용되어왔다.

본 연구에서는 다양한 랜딩존의 범프들을 이용하여 슬라이더 부상시 발생하는 AE를 통해서 슬라이더의 ABS(Air Bearing Surface)와 레이저 범프가 슬라이더 부상에 미치는 영향을 고찰하였다. 이를 위해서 슬라이더 부상시 공압의 변화로 인한 슬라이더 ABS에 작용하는 공기 베어링 형성의 변화와 슬라이더의 거동을 간접적으로 예측하기 위해서 다양한 범프 형상과 배열의 디스크를 이용하여 고도 변화에 따른 CSS(Contact Start Stop) 실험을 하였다. 일반적으로 고도가 증가하게 되면 하드디스크의 내부 압력은 감소하고 헤드/슬라이더와 디스크 인터페이스의 공기 분자수

* 회원, 연세대학교 대학원

** 회원, 연세대학교 기계전자공학부

E-mail : kimde@yonsei.ac.kr

TEL : (02)2123-2822 FAX : (02)365-0491

가 감소하여 슬라이더에 작용하는 부상력이 작아져서 슬라이더의 부상 높이가 감소하고 거동이 불안정해진다. 이러한 고도 변화의 영향과 LZT 디스크 랜딩존의 다양한 범프 형상과 배열의 관계를 알아보고 실험적인 모델링을 제시하였다.

2. 실험 방법

2.1 실험 장치

본 실험에 사용한 실험 장치는 Fig. 1과 같은 상용화된 CETR CSS tester이다. AE 신호를 측정하기 위한 센서는 로드빔의 윗면에 부착되어 있어서 헤드/디스크의 접촉에 의해 발생하는 고주파 진동 탄성파를 로드빔을 통해 전달받아 감지할 수 있도록 설계되어 있다. CSS tester 내의 고도 변화는 특정 고도에 대한 압력을 조절하기 위해서 압력 조절 펌프를 가진 고도 사양을 사용하였다.

2.2 실험 시편

2.2.1 헤드 슬라이더

본 실험에 사용된 헤드/슬라이더는 상용화된 50% 슬라이더(나노 슬라이더)이다. 공기 베어링의 형상은 비대칭의 두 레일이 있고 약 3 μm 의 단차를 이루고 있는 negative pressure 슬라이더이며 trailing edge의 한쪽 끝에 헤드부가 있다. 슬라이더의 크기는 2.0 mm \times 1.6 mm이고 두께는 0.45 mm이며, 질량은 약 5.7 mg이다. 시뮬레이션 결과 슬라이더의 공기 압력 분포는 Fig. 2와 같으며 leading edge와 trailing edge에 비슷한 압력이 형성되는 것을 알 수 있다. 또한 슬라이더의 부상 높이는 5400 rpm의 디스크 회전 속도에서 30~40 nm 정도이다.

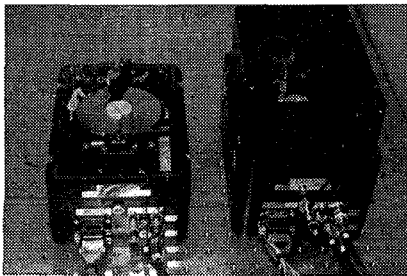


Fig. 1 CETR CSS tester

2.2.2 디스크 미디어

본 실험에서는 랜딩존의 범프 형상과 배열이 각기 다른 7가지 LZT 디스크를 이용하였다. 실험에 사용된 디스크 범프의 형상은 V형과 W형이며 디스크 종류마다 범프의 지름, 둘레 높이, 최대 높이 등이 다르다. 또한 디스크 종류별로 범프의 배열이 디스크의 트랙 방향(원주 방향), 섹터 방

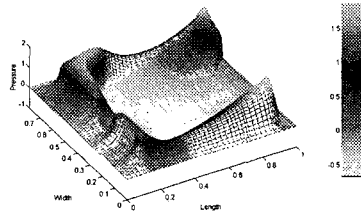


Fig. 2 Air pressure distribution of nano slider

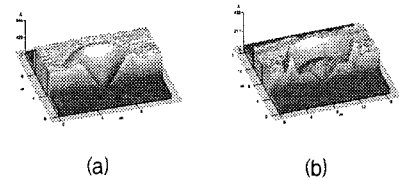


Fig. 3 AFM image of cross-section for laser bumps : (a) V type, (b) W type

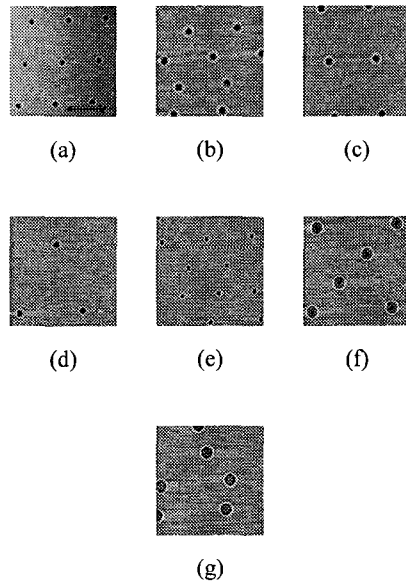


Fig. 4 Laser bumps arrangement (80 μm \times 80 μm) : (a) disk 1, (b) disk 2, (c) disk 3, (d) disk 4, (e) disk 5, (f) disk 6, (g) disk 7

Table 1 Specification for laser bumps of various disks

	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4	Disk 5	Disk 6	Disk 7
Bump shape	V	V	V	V	V	W	W
Track direction distance(μm)	28	37	36	48	27	60	52
Sector direction distance(μm)	31	21	40	51	20	30	22
Bump diameter(μm)	5.65	7.53	7.10	6.20	4.24	9.50	10.00
Bump height(nm)	19	20	20	18	22	17	15.5
Bump peak-to-valley value(nm)	75	75	76	70	88	37	28

향(반경 방향)에 따라 수 μm 에서 수십 μm 씩 차이가 난다. 디스크 범프의 배열 양상을 AFM(Atomic Force Microscope)으로 측정된 결과는 Fig. 3, Fig. 4와 같으며 범프에 대한 자세한 사항은 Table 1에 나타내었다.

2.3 실험 방법

슬라이더 부상시 공압의 변화로 인한 슬라이더 ABS에 작용하는 공기 베어링 형성의 변화와 슬라이더의 거동을 간접적으로 예측하기 위한 고도 변화에 따른 CSS 실험을 하였다. 본 실험에 사용된 슬라이더는 상용화된 나노 슬라이더이고, 디스크 미디어는 Table 1에 제시한 바와 같이 랜딩존의 레이저 범프의 형상과 배열이 각기 다른 7가지의 디스크를 이용하였다. 슬라이더의 서스펜션이 디스크에 가하는 초기하중은 3.5 gf이며 이 값은 나노 슬라이더에 적용되는 일반적인 값이다. 실험 환경은 상온(23~25 °C), 상습도(40~50 % RH)와 Class 100의 청정도를 유지하였다. 그밖에 모든 실험은 외부 진동의 영향을 방지하기 위해서 방진 테이블 위에서 실시하였다.

CSS 실험은 초기 가속 시간 5초, 정속 시간 3초, 감속 시간 3초, 정지 시간 1초로 하였으며, 슬라이더는 디스크의 랜딩존에서 부상하고 다시 착륙하도록 하였다. 또한 정속 구간에서 디스크의 속도는 5400 rpm으로 일정하게 하였다. CSS 실험 중 AE-rms 신호를 실험 장치와 연결된 컴퓨터에 저장했으며, 이때 AE-rms의 저장률(sampling rate)은 2 kHz로 지정하였다. CSS 장치내의 고도 변화는 특정 고도에 대한 압력을 조절하기 위하여 압력 조절 펌프를 가진 altitude option을 사용하였고 0 ft, 5000 ft, 10000 ft, 15000 ft, 20000 ft에서 각각 5회의 CSS 실험을 하였다.

실험 후 슬라이더 부상시 발생하는 AE-rms 신호의 고도 변화에 따른 변화 양상을 관찰하였으며, 랜딩존의 범프 배열과 범프의 밀도가 AE-rms 피크에 미치는 영향을 분석하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

고도 증가로 인하여 하드디스크내의 압력이 낮아지게 되면 헤드/슬라이더와 디스크 인터페이스의 공기의 양이 줄어들어 슬라이더의 부상이 불안정해질 수 있다. 본 실험에서는 공압 변화와 LZT 디스크 랜딩존의 범프 형상 및 배열의 관계를 알아보고 공압 변화에 덜 민감하고 tribological 특성이 우수한 랜딩존의 범프 형상 및 배열에 대한 고찰을 하였다.

3.1 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 신호 변화

실험에 사용된 디스크 종류별로 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 변화 양상에 대한 분석을 다음과 같이 하였다.

먼저 disk 1 시편의 경우 Fig. 5에 나타난 바와 같이 고도가 증가함에 따라 CSS시 1초 가량 경과된 부상 초기 부분과 3초 정도 경과된 중후반 부분에서의 AE-rms 피크가 조금씩 커지며 초기 부분의 피크가 중후반 부분의 피크보다 더 큰 증가율을 보였으며 0 ft에서 20000 ft에 도달하기까지 각각의 피크에서의 AE-rms 변화는 약 2.2 volt와 0.8 volt이다. 또한 5400 rpm의 정속 구간에 도달하기까지 AE-rms 신호는 초기 noise level로 감소되는 것을 알 수 있다.

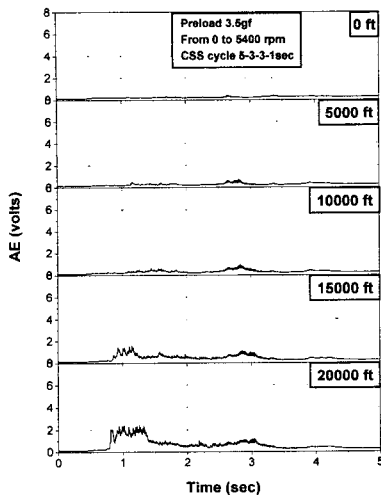


Fig. 5 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 1)

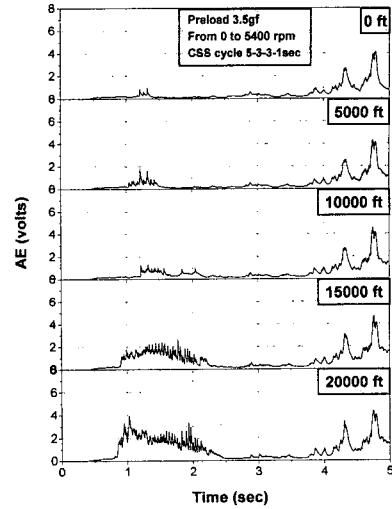


Fig. 7 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 3)

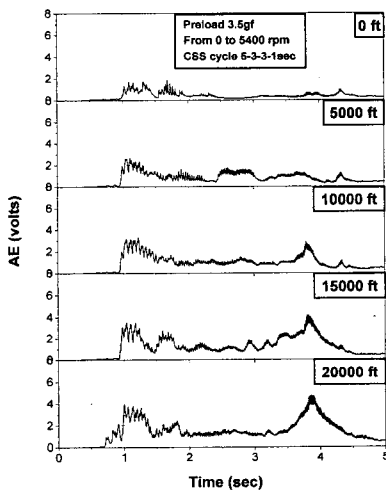


Fig. 6 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 2)

Disk 2는 Fig. 6에서와 같이 고도가 증가함에 따라 부상 초기의 AE-rms 피크의 증가보다 부상 후기 부분(CSS시 약 4초 경과 부분)의 AE-rms 피크의 증가가 더욱 두드러지게 나타났으며, 0 ft에서 20000 ft에 도달할 동안 그 증가 정도는 초기 피크는 2.3 volt, 후기 피크는 4.0 volt 가량 되는 것을 알 수 있었다. 부상 후반부의 AE-rms 신호는 5400 rpm의 정속 구간에 도달하기 전에 거의 noise level로 떨어지는 특성을 나타내었다.

Fig. 7은 disk 3의 고도 변화별 슬라이더 부

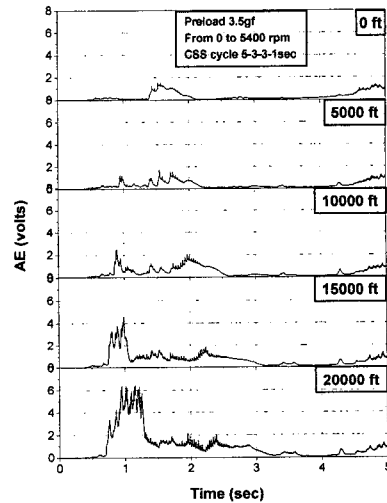


Fig. 8 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 4)

상시 발생하는 AE-rms 신호를 나타낸 것이다. 고도가 증가함에 따라 부상 초기의 피크 구간은 넓어지며 조금 커지는 것을 알 수 있으며 20000 ft 고도 증가 후 3 volt 정도의 AE-rms 증가가 나타났다. 부상 후기 부분(4~5초 사이)에는 크게 2개의 피크가 발생하며 20000 ft 고도 상승 이후 AE-rms는 0.35 volt 가량 증가하였다. AE-rms 신호는 5400 rpm의 정속 구간 근처에서도 피크가 발생하고 noise level에 도달하지 않는 것을 알 수 있다.

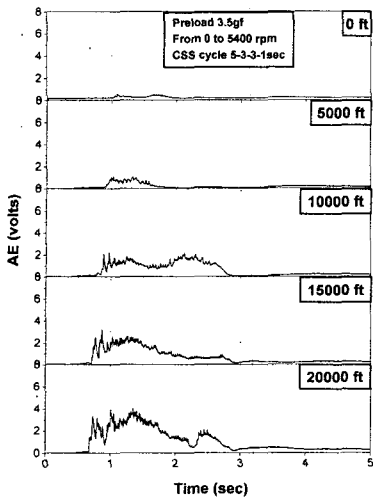


Fig. 9 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 5)

Fig. 8은 disk 4의 고도 변화별 슬라이더 부상시 발생하는 AE-rms 신호를 나타낸 것이다. 고도가 증가함에 따라 부상 초기의 피크가 급격히 커지는 것을 알 수 있으며 20000 ft 고도 증가 후 6.1 volt 정도의 AE-rms 증가가 나타났다. 부상 후기 부분(3.5초 부분)에는 크기가 작은 피크가 발생하며 20000 ft 고도 상승 이후 AE-rms는 0.3 volt 가량 증가하였다. AE-rms 신호는 5400 rpm의 정속 구간 근처에서 다시 조금씩 커져서 noise level에 도달하지 않는 것을 알 수 있다.

Disk 5는 Fig. 9와 같이 고도가 증가함에 따라 부상 초기 부분의 AE-rms 피크가 커지고 피크 발생 구간이 넓어진다. 20000 ft 고도 증가 이후 AE-rms 초기 피크 증가는 약 3.8 volt이다. 그러나 부상 후기 부분에는 고도가 증가해도 AE-rms 피크가 발생되지 않았으며 noise level이 유지되는 것을 알 수 있었다.

Disk 6과 disk 7은 범프 형태가 W형이며 disk 6의 경우 Fig. 10과 같이 부상 초기 부분에는 고도가 증가하면 AE-rms 피크가 커지지만, 부상 후기 부분에서는 오히려 작아지는 것을 알 수 있다. 고도 20000 ft 증가 동안의 AE-rms 피크 변화폭은 부상 초기 부분은 3.7 volt 가량 증가하고 부상 후기 부분(CSS 3.3초 부분)은 1.3 volt 정도 감소한다. 또한 5400 rpm의 정속 구간에 도달하기 전에 AE-rms 신호는 noise level로 유지된다.

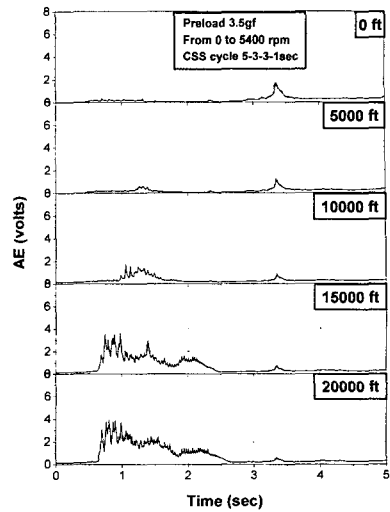


Fig. 10 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 6)

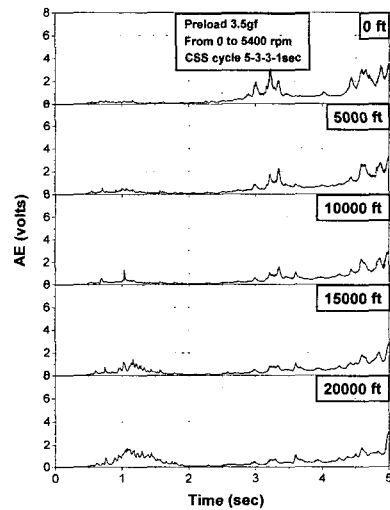


Fig. 11 AE-rms variation with respect to altitude during slider take off (disk 7)

Disk 7은 Fig. 11에 나타난 바와 같이 고도 20000 ft 증가 후 부상 초기 부분의 AE-rms 피크는 1.6 volt 정도 증가하고 부상 후기 부분(CSS 3초 부분)은 2 volt 정도 감소한다. 또한 AE-rms 값은 5400 rpm 정속 구간 근처에서 noise level보다 높은 전압을 나타낸다. Disk 6, Disk 7은 W형이며 고도가 증가함에 따라 부상 후기 부분의 AE-rms 피크가 감소하는 공통된 특징이 관찰된다.

3.2 고찰

고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 신호 변화에 대한 실험에서 디스크의 랜딩존에 분포되어 있는 범프로 인한 슬라이더의 부상 특성을 공압 변화에 의해 알아보았다. 본 실험에서 대부분의 경우(disk2 제외) 고도 변화에 따른 AE-rms 피크의 변화 양상에서 고도가 증가하면 CSS시 AE-rms의 부상 초기 피크의 변화폭이 부상 중, 후기의 피크의 변화보다 큰 것을 알 수 있었다. Disk 2의 경우는 고도가 증가할수록 슬라이더 부상 후기의 AE-rms 신호 변화가 더 큰 경향을 나타냈는데 이러한 특징은 다른 디스크와 달리 범프의 track 방향 간격과 sector 방향 간격의 차이가 크고 범프의 배열이 다소 불규칙한 데서 기인한 것으로 생각된다.

이와 같이 슬라이더 부상 초기의 AE-rms 피크가 헤드/슬라이더와 디스크 인터페이스에서 tribological 특성에 큰 영향을 미치므로 본 실험에서도 다양한 디스크 범프로 대해서 고도 변화에 따른 슬라이더 부상 초기의 AE-rms 피크의 변화 양상을 알아보았다. 그 결과는 Fig. 12와 같이 나타난다. 이 그래프에서 고도 변화에 대해서 AE-rms 값의 변화가 작을수록 안정된 공압이 형성되는 것으로 판단할 수 있는데, 이러한 관점에서 안정적인 공압을 형성하는 디스크 시편은 disk 1, disk 2, disk 7일 수 있다. 이 디스크 시편들은 Fig. 4에서와 같이 비교적 범프 밀도가 높은 것을 알 수 있다. 범프 밀도에 대해서는 다음절에 다시 언급하기로 한다. 이 세 가지 디스크 시편 중 AE-rms가 작은 것은 disk 1과 disk 7이며, 이 두 디스크 시편이 AE-rms가 큰 disk 2보다 우수한

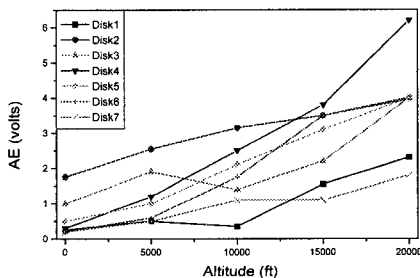


Fig. 12 First stage AE-rms peak during slider take off with respect to altitude for various disks

tribological 특성을 가진다고 할 수 있다. 그러나 disk 7의 AE-rms는 5400 rpm에서 noise level보다 높은 값이 나타나므로 결국 disk 1이 가장 우수한 tribological 특성을 나타내는 것으로 판단할 수 있다.

V형 범프의 5가지 디스크 시편들(disk 1~disk 5)의 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 변화를 비교해 보면 범프 배열 간격이 커질수록 AE-rms의 값이 크게 나타났는데 이는 범프 간격이 크면 적절한 공압이 형성되기 어렵고 그 결과 슬라이더 부상 초기의 불안정한 거동이 발생된 것으로 생각할 수 있다.

W형 범프의 2가지 디스크 시편들(disk 6, disk 7)의 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 변화를 비교해 보면 Fig. 4에서 비교할 수 있듯이 범프 밀도가 높은 disk 7이 AE-rms 값이 작게 나타나며, 규칙적인 배열을 나타내는 disk 6이 정속 구간에서 AE-rms 값이 작은 것을 알 수 있다. W형 범프의 디스크들은 V형 디스크와 달리 고도가 증가하면 CSS시 슬라이더 부상 후기의 AE-rms 값이 줄어드는 경향을 나타내었다.

3.3 모델링

본 실험의 결과를 바탕으로 V형 범프 밀도와 슬라이더 부상시 발생하는 AE-rms 피크의 관계에 대한 간단한 모델링을 시도하였다. 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 피크값의 변화는 크게 슬라이더 부상 초기와 슬라이더 부상 후기로 나눌 수 있으며 부상 초기에는 공압이 완전히 형성되지 않으므로 슬라이더와 레이저 범프의 기계적 접촉이 주로 발생할 것이며, 슬라이더 부상 후기에는 공압이 형성된 상태이므로 공기 베어링에 의한 슬라이더 거동이 주로 일어날 것이다. 이러한 전제에서 슬라이더 부상 초기의 AE-rms 피크의 고도에 따른 변화는 범프 배열의 평균 거리와 관련될 것이다. 고도에 따른 AE-rms 피크의 변화는 0 ft와 20000 ft에서의 슬라이더 부상시 AE-rms 피크의 값의 차이로 나타냈으며 Table 2에 제시하였다.

그리고 범프 배열의 평균 거리는 식 (1)과 같이 track 방향 범프 간격과 sector 방향 범프 간격을 더한 후 2로 나누어 구하였다.

$$d_a = \frac{d_t + d_s}{2} \quad (1)$$

여기서 d_b 는 범프 배열의 평균 거리이고 d_t 는 track 방향 범프 거리, d_s 는 sector 방향 범프 거리이다.

Table 1의 범프 간격으로부터 구한 범프 평균 거리는 29.5 μm (disk 1), 29 μm (disk 2), 38 μm (disk 3), 49.5 μm (disk 4), 23.5 μm (disk 5)이다. 디스크별 고도 변화에 따른 슬라이더 부상 초기에 발생하는 AE-rms 피크의 변화값과 범프 평균 거리에 대한 경향을 Fig. 13에 나타내었다. 위의 두 가지 변수의 경향이 비교적 비슷한 것을 알 수 있다. Disk 5의 경우만 경향에서 약간 벗어나는데 이는 Fig. 9에서 알 수 있듯이 슬라이더 부상 초기 부분의 피크의 구간이 넓기 때문에 고도 변화에 따른 AE-rms 피크의 변화의 기준으로 선택되는 피크에 따라 고도 변화에 따른 AE-rms 피크의 변화 정도는 조금씩 달라질 수 있기 때문이다.

슬라이더 부상 후기의 AE-rms 피크의 고도에 따른 변화는 범프 배열에 의한 공압 밀도와 관련될 것이다. 공압 밀도와 관련하여 실험적인 결과를 고려할 때 식 (2)와 같은 범프 밀도 지수를 제안할 수 있다.

$$D_b = k \frac{d_b}{d_t d_s} \quad (2)$$

Table 2 AE-rms peak variation during slider take-off w.r.t. altitude(0~20000 ft)

	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4	Disk 5
First stage AE-rms peak variation(volts)	2.2	2.3	3.0	6.1	3.8
Last stage AE-rms peak variation(volts)	0.8	4.0	0.35	0.3	N/A

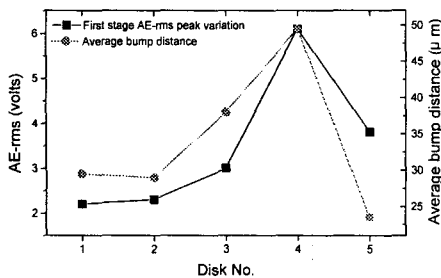


Fig. 13 First stage AE-rms peak variation and average bump distance w.r.t. disk type

이 식에서 D_b 는 범프 밀도 지수이고, d_b 는 범프의 지름을 나타낸다. 범프 밀도 지수는 단위면적당 범프가 차지하는 비율을 나타낸다. 그리고 k 는 헤드/슬라이더와 디스크 인터페이스의 온도, 습도, 윤활제 종류, 표면 에너지 등의 영향을 받는 실험적 환경 상수를 나타낸다. 본 실험에서는 모두 동일한 조건으로 가정하고 $k=1$ 로 하였다. 그리고 범프 둘레의 곡률은 비슷하다는 가정하에 고려하지 않았다. 또한 범프의 깊이에 의한 공압 밀도도 고려하면 최종적으로 다음의 식 (3)과 같은 공압 밀도 지수를 제안한다.

$$D_A = p D_b \quad (3)$$

이 식에서 D_A 는 공압 밀도 지수를 나타내며, p 는 디스크 범프의 peak-to-valley를 의미한다. 실험에 사용된 V형 범프 디스크중 고도 변화에 따라 슬라이더 부상 후기 부분에 AE-rms 피크가 발생되지 않는 disk 5를 제외한 공압 밀도 지수 D_A 는 Table 1을 통해서 구할 수 있으며 그 결과 disk 1부터 disk 4까지의 공압 밀도 지수는 차례대로 0.4875, 0.6923, 0.3846, 0.1813이다. 이러한 공압 밀도 지수와 Table 2의 고도 변화에 따른 슬라이더 부상 후기 부분의 AE-rms 피크의 변화값의 관계를 그래프로 표현한 것이 Fig. 14이다. 디스크별 공압 밀도 지수의 변화와 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 후기 부분의 AE-rms 피크값의 변화는 유사한 추세를 나타내는 것을 알 수 있다. $H_u^{(7)}$ 는 디스크 표면의 돌기(범프)는 유동 흐름을 줄이는 역할을 하고 이로 인해서 슬라이더와 디스크의 간격을 증가시키며, 돌기로 둘러싸인 부분의 압력이 다른 부분의 압력보다 높다고 하였다. Disk 2의 경우 슬라이더 부상 후기의 AE-rms 피크의 변화값이 크게 나타났는데 이는

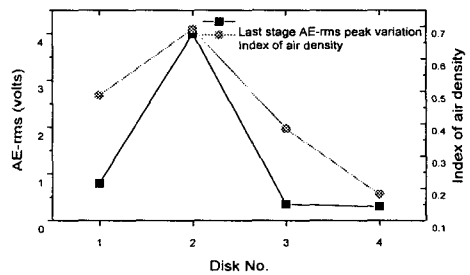


Fig. 14 Last stage AE-rms peak variation and index of air density w.r.t. disk type

Fig. 4에서 알 수 있듯이 다른 디스크 시편들과 달리 track 방향의 범프 간격과 sector 방향의 범프 간격의 차이가 많이 나고 범프의 배열이 다소 불규칙적인 데서 기인한 것으로 판단된다.

이상의 결과를 요약하면 공압 변화에 따른 AE-rms 피크의 변화는 부상 초기에는 디스크의 평균 범프 간격에 영향을 받으며, 부상 후기에는 헤드/슬라이더와 디스크 인터페이스의 범프 밀도에 의한 공압과 관련되는 것을 알 수 있었으며, 이를 실험과 모델링을 통해서 확인하였다.

4. 결 론

하드디스크 슬라이더 부상시 발생하는 AE를 이용하여 고도 변화의 영향과 LZT 디스크 랜딩존의 다양한 범프 형상과 배열의 관계를 알아보고 실험적인 모델링을 통해서 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 공압 변화에 의한 AE-rms 피크값의 변화량은 부상 초기에는 디스크 랜딩존의 평균 범프 배열 간격에 영향을 받고 부상 후기에는 범프 밀도에 의한 공압과 관계 있다. 이와 관련된 모델링을 수행하였다.

(2) V형 범프의 디스크의 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 변화를 비교해 보면 범프 배열 간격이 커질수록 AE-rms의 값이 크게 나타났는데 이는 범프 간격이 크면 적절한 공압이 형성되기 어렵고 그 결과 슬라이더 부상 초기의 불안정한 거동이 발생된 것으로 생각할 수 있다.

(3) W형 범프의 디스크 고도 변화에 따른 슬라이더 부상시 AE-rms 변화에서 W형 범프의 디스크들은 V형 디스크와 달리 고도가 증가하면 CSS 시 슬라이더 부상 후기의 AE-rms 값이 줄어드는 경향을 나타내었다.

후 기

본 연구는 한국과학재단 지정 정보저장기기 연

구센터(과제번호: 97K3-0907-02-02-1)와 삼성종합기술원의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

- (1) Kohira, H., Tanaka, H., Tokisue, H. and Matsumoto, M., 1997, "Friction Force of Negative Pressure Sliders for Proximity Recording," *IEEE Trans. on Magn.*, Vol. 33, No. 5, pp. 3157~3159.
- (2) 이성창, 정구현, 김대은, 1999, "헤드/디스크시스템의 동마찰 및 정마찰 특성," 대한기계학회 논문집 A권, 제23권, 제2호, pp. 172~179.
- (3) 이상민, 한동국, 김대은, 1999, "드래그 테스트를 이용한 헤드/디스크 접촉면의 가속마모실험에 관한 연구," 대한기계학회 1999년도 춘계학술대회 논문집 A권, pp. 329~334.
- (4) Liu, Y., Jiaa, C. L. and Eltoukhy, A., 1997, "Acoustic Emission Study of Lubricant Effect on Proximity Contact Recording," *IEEE Trans. on Magn.*, Vol. 33, No. 5, pp. 3160~3162.
- (5) Williams, R. V., 1980, *Acoustic Emission*, Adam Hilger Ltd, pp. 2~3.
- (6) Kita, T., Kogure, K., Mitsuya, Y. and Nakanishi, T., 1980, "New Method of Detecting Contact between Floating Head and Disk," *IEEE Trans. on Magn.*, Vol. 15, pp. 837~875.
- (7) Hu, Y. and Bogoy, D. B., 1997, "Flying Characteristics of a Slider over Textured Surface Disks," *IEEE Trans. on Magn.*, Vol. 33, No. 5, pp. 3196~3198.