

# Micro Indentor를 이용한 Stiction Free Slider 개발

박준우(연세대 대학원 기계공학과), 김대은(연세대 기계공학과)

## Fabrication and Investigation of a Method of the Reduced-Stiction Slider

J. W. Park(Mech. Eng. Dept., Yonsei University), D. E. Kim(Mech. Eng. Dept., Yonsei University)

### ABSTRACT

It is essential to reduce stiction between the slider and the disk for super-smooth media such as glass disk for high density recording. We developed a stiction-reduced slider by fabricating mechanical bumps on the air bearing surface of the slider by indentation technique. This paper presents a possibility and concept of Stiction-Free-Slider which can operate on the data zone of a magnetic disk. The slider has many bumps and their heights are in the tens of nm range. The SFS shows good performance on the data zone. Moreover, little wear of the bumps was observed when the preload was small.

**Key Words** : HDD(하드디스크), Stiction(정마찰력), Data zone(테이타 존), Landing zone(랜딩 존)

### 1. 서론

최근 하드디스크가 점차 고속화 및 고저장밀도화 되어감에 따라 flying height가 점점 낮아져 15 ~ 25 nm 정도로 디스크와 근접하여 작동되고 있다. Flying height가 작을수록 헤드로부터의 magnetic flux가 디스크 위의 좁은 범위에 작용하므로 저장 밀도를 높일 수 있는 것이다. 그러나 flying height가 낮아지면서 디스크와 헤드/슬라이더간의 접촉 가능성이 높아지고 이는 하드디스크 시스템의 신뢰성 및 내구성에 악영향을 미친다. 또한 헤드/슬라이더가 디스크와 접촉한 상태에서 디스크의 회전으로 상대운동을 시작할 때 발생하는 stiction(정마찰력)은 하드디스크 시스템의 내구성에 큰 영향을 미치는 요소이다. Stiction은 일반적으로 헤드/슬라이더가 디스크 위에 정지상태로 놓여있을 때 디스크 위의 윤활제가 응착하여 발생하는 것으로 큰 stiction이 발생할 경우 헤드/디스크의 내구성이 떨어지며 읽고 쓰는 기능에 장애가 발생한다. 이러한 stiction을 감소시키기 위해 기존의 하드디스크 시스템에서는 디스크의 일정부위를 texturing하여 헤드/슬라이더와 디스크간의 접촉면적을 줄여주는 방법을 사용하고 있다. 이러한 영역을

landing zone이라고 하며 헤드/슬라이더는 이러한 bump가 있는 landing zone위에서 이·착륙을 반복하게 되는데 bump위에 헤드/슬라이더가 놓임으로써 디스크와 헤드/슬라이더간의 접촉면적은 감소하게 되고 이를 통해 정마찰력(stiction)을 줄여줄 수 있는 것이다. 그러나 flying height의 감소로 더욱 표면조도가 우수한 디스크미디어가 요구되고 이로 인해 경도 및 표면조도가 우수한 glass disk가 대체 미디어로 등장하게 되었는데 높은 경도 때문에 glass disk에는 기존의 Al substrate의 disk에서 처럼 laser로 bump를 가공하여 landing zone을 두기 힘들다.

본 연구에서는 디스크가 아닌 슬라이더 위에 기계적인 방법으로 범프를 가공하여 슬라이더와 디스크간의 접촉면적을 줄이고 landing zone이 아닌 data zone에서의 작동시에도 낮은 stiction을 유지할 수 있도록 하는 개념을 제시하고자 한다. 이러한 방법은 디스크에 따로 landing zone을 두지 않고도 data zone에서도 낮은 stiction 및 AE 값을 유지할 수 있도록 하며 landing zone을 따로 두기 어려운 glass disk에 적용할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 lithography와 같은 방법이 아닌 기계적인 방법을 사용하여 제작이 간편하다는 장점이

있다.

## 2. 실험방법

### 2.1 실험 장치

실험 장치는 슬라이더에 범프를 가공하기 위한 마이크로 인텐터와 이렇게 제작된 슬라이더의 성능을 평가하기 위한 CSS tester가 사용되었다.

디스크 상에서 슬라이더가 부상과 정지를 반복하게 되면서 두 물체간의 접촉에 의해 마찰력과 충격이 발생하는데 이러한 일련의 과정을 이용한 실험방법을 CSS (contact-start-stop) test라 한다. CSS test에 따라 발생하는 신호를 분석하기 위해 상용 장비인 CETR CSS tester를 사용하였다. 마찰력을 측정하기 위한 load beam의 민감도는  $2 \mu\text{m}/\text{gram}$ 이며 strain-gage의 출력은  $100 \text{ mV}/\text{gram}$ 으로 signal pre-amplifier를 통하여 나온다. strain-gage가 부착된 load beam의 공진 주파수는  $3.2 \text{ kHz}$ 이다. AE 신호를 측정하기 위한 센서는 strain-gage가 부착된 load beam의 뒷면에 부착되어 있어 하드디스크로부터의 탄성파를 load beam을 통해 전달받아 감지할 수 있도록 설계되어 있다. CETR tester를 통해 인터페이스에서 발생하는 AE와 stiction/friction 신호를 받아 저장하였다.



Fig. 1 CETR (CSS tester)

### 2.2 실험 시편

실험에 사용된 head/slider는 현재 HDD내에 장착되는 상용 제품으로 크기가  $2.0 \text{ mm} \times 1.6 \text{ mm}$ 인 nano slider이며 preload는  $3.5 \text{ gf}$ 이다.

디스크 미디어는 디스크가 정지시 head/slider가 놓여지는 위치인 landing zone이 laser로 가공된 LZT (laser zone textured) disk이다. 디스크의 landing zone의 bump 형상은 Fig. 2. 에서와 같이 bump간 거리는  $30 \sim 40 \mu\text{m}$ 이며 불규칙하게

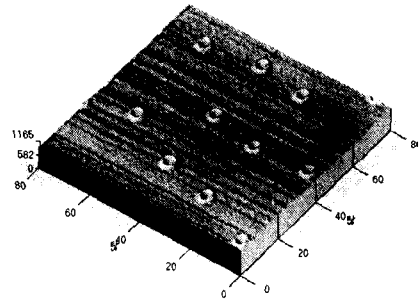


Fig. 2 Disk media (bump array)

배열되어 있다.

### 2.3 실험 방법

본 실험에서는 슬라이더에 가공된 범프의 효과를 알아보기 위해 마이크로 인텐터를 이용하여 슬라이더의 표면에 범프를 가공하였다. 이 때 압입 하중은 수십 gf였으며 범프의 위치나 위치에 따른 압입 하중의 선택은 슬라이더의 형상과 ABS simulation을 통해 이루어졌다. 본 실험에 사용된 슬라이더의 경우 ABS simulation 결과 부상높이는 약  $30 \text{ nm}$  정도였으며 trailing edge에서 보다 leading edge에서의 부상 높이가 10배 가량 높았고 inner edge에서의 부상 높이가 outer edge에서의 부상 높이보다 높다는 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 부상 높이가 높은 지점에서는 보다 높은 압입 하중을 가해 높은 범프를 가공하고 부상 높이가 낮은 지점에서는 보다 낮은 하중으로 압입하여 비교적 낮은 범프를 가공하였으며 crown과 camber를 고려하여 슬라이더의 가운데 부분에는 범프를 두지 않고 끝단 쪽으로 갈수록 높은 범프를 가공하였다. 또한 본 실험은 디스크의 landing zone이 아닌 data zone에서 실험을 하고 범프가 가공된 슬라이더의 data zone에서의 성능을 평가하기 위해 범프가 없는 일반 슬라이더의 data zone에서의 CSS 실험결과와 범프가 가공된 슬라이더의 data zone에서의 결과를 비교 분석하였다. 이러한 비교 분석은 cycle에 따른 stiction과 AE peak 값을 통해 이루어졌다.

## 3. 실험 결과 및 고찰

### 3.1 범프의 가공

마이크로 인텐터를 이용하여 범프를 가공한 결과 팁의 모양과 동일한 형상의 범프가 생기고 압입하중에 따라 범프의 최대 높이가 달라진다. 낮은 하중을 가했을 경우 범프의 직경은  $3 \sim 4 \mu\text{m}$  정도였으며 높이는 십여 nm 이며 수 회에 걸친 실험결과와의 편차는 수 nm 정도로 비교적 반복성이 보여진다.

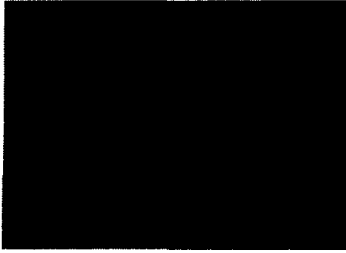


Fig. 2 Optical image of bump

Fig. 2는 마이크로 인텐터를 사용하여 가공된 범프의 형상이다. 이 그림에서와 같이 팁의 형상과 같은 마름모 형태의 범프가 가공되었으며 이의 높이와 지름은 압입 하중에 따라 달라지는 것을 확인할 수 있다.

### 3.2 CSS Test

상용화된 슬라이더의 경우 일반적으로 디스크의 landing zone에서 이·착륙하며 이때 발생하는 stiction 및 AE peak는 대략 각각 3 gf, 2 Volt 정도로 측정된다. 본 실험의 목적이 data zone에서도 낮은 stiction과 AE peak를 나타낼 수 있는 슬라이더의 제작 및 실험이므로 우선 범프를 가공하지 않은 일반 슬라이더를 data zone에서 초기 하중을 3.5 gf 주고 실험을 하였다. 그 결과 Fig. 3과 Fig. 4에서 확인할 수 있듯이 수십 gf의 stiction과 10 Volt를 초과하는 AE 신호가 나타났는데 이는 landing zone에서와는 달리 범프가 없기 때문에 접촉면적이 증가하여 meniscus 효과가 크게 나타나기 때문인 것으로 생각할 수 있다. 그러나 이와 동일한 슬라이더에 실험 방법에서 설명한 것과 같은 방식으로 범프를 가공한 후 실험한 결과 Fig. 5와 Fig. 6에서 나타나듯 초기 수십 회 동안 낮은 stiction과 AE 신호가 측정되었다. 물론 동일한 슬라이더에 범프의 개수나 위치를 달리 함에 따라 다소 그 값이 달라지는 것이 나타났으나 일반적으로 제시된 바와 같은 낮은 stiction과 AE 신호가 초기 100 회 전후까지 관찰되었다. 초기 수십 회 동안 측정되는 stiction은 2 gf 정도이며 AE peak 값은 2 Volt 정도로 이는 laser bump가 있는 landing zone에서 일반 슬라이더가 작동할 때 발생하는 수치와 비슷한 것으로 정상적인 범위이다. 즉, 이러한 결과에서 알 수 있듯이 슬라이더에 범프를 가공하여 접촉면적을 줄임으로써 디스크에 범프를 가공하는 것과 유사한 결과를 얻을 수 있다.

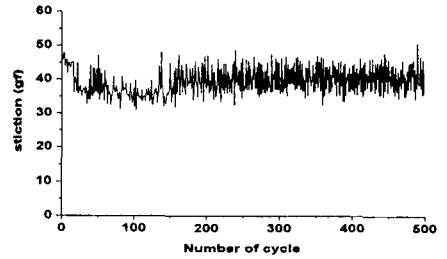


Fig. 3 stiction of normal slider on DZ

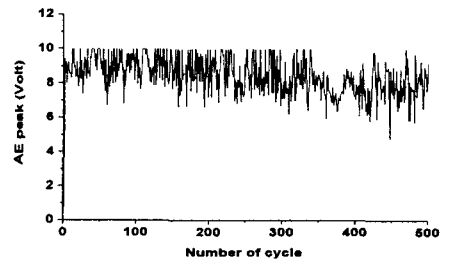


Fig. 4 AE peak of normal slider on DZ

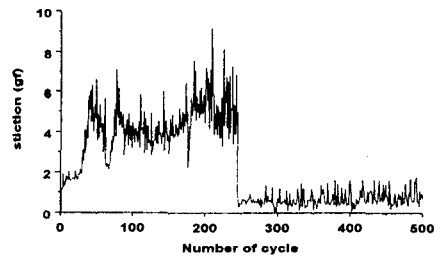


Fig. 5 stiction of SFS on DZ (preload = 3.5 gf)

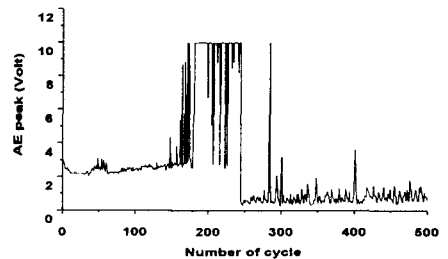


Fig. 6 AE peak of SFS on DZ (preload = 3.5 gf)

SFS를 2.5 gf 초기 하중으로 앞의 실험에 비해 1 gf 가량 줄여서 CSS test를 한 결과 cycle이 증가할수록 stiction이나 AE 신호가 높아지는 경향이 나타났으나 3.5 gf의 초기 하중으로 실험을 했을 때보다 낮은 stiction과 AE 신호를 지속적으로 유지하였다. 이러한 결과들을 통해 디스크가 아닌 슬라이더 위에 범프를 가공할 경우 landing zone을 둔 것과 비슷한 결과를 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있었고 범프의 파손으로 인한 급격한 stiction 및 AE 신호의 증가는 하중을 줄여주는 방법 등을 통해 방지할 수 있다는 것을 알 수 있다.

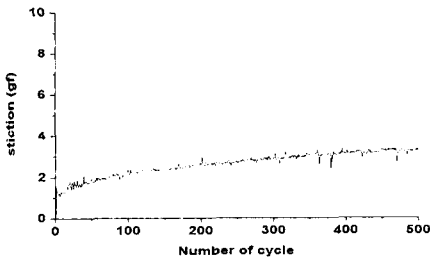


Fig. 7 stiction of SFS on DZ (preload = 2.5 gf)

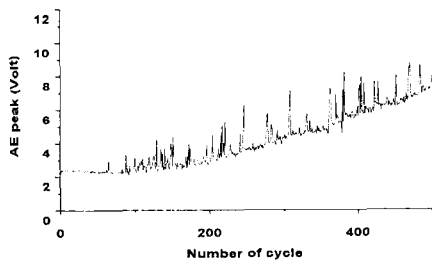


Fig. 8 AE peak of SFS on DZ (preload = 2.5 gf)

#### 4. 결론

본 실험의 목적은 슬라이더 위에 기계적인 방법으로 범프를 가공하여 data zone에서 낮은 stiction을 얻고 정상적인 부상특성을 보이도록 하는 것이며 앞서 제시된 결과를 통해 이를 확인할 수 있었다. 즉 stiction에 영향을 미치는 인자는 접촉면적이라는 것과 이를 효과적으로 감소시킬 수 있는 또 하나의 방법을 제시할 수 있었다. 또한 이러한 범프를 가공함에 있어 슬라이더의 형상을 고려하고 부상 특성을 감안함으로써 보다 효율적으로 stiction을 저감시킬 수 있다는 결과를 얻었다. 한편 범프의 내구성이 낮

아 조기에 파손이 발생하고 이로 인해 stiction 및 AE 신호가 급격히 높아지는 문제가 있는데 이는 범프의 개수나 범프의 접촉면적을 조절하고 preload를 작게 주는 방법을 통해 해결할 수 있을 것으로 생각된다.

레이저 범프를 가공하여 landing zone을 두기 힘든 glass disk 등에 적용할 경우 낮은 stiction과 AE 신호는 물론, 기존의 상용화된 하드디스크 시스템에서의 슬라이더의 부상특성과 유사한 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

#### 후기

본 연구는 한국과학재단 지정 정보저장기기 연구센터(과제번호: 2000G0201)와 삼성종합기술원의 지원을 받아 이루어 졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. Y. Kasamatsu, T. Yamamoto, S. Yoneoka and, Y. Mizoshita, "Stiction Free Slider for the Smooth Surface Disk", IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 31, No 6, pp. 2961-2963, 1995.
2. T. Yamamoto, T, Yokohata, and Y. Kasamatsu, "Stiction Free Slider for Lightly Textured Disks", IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 34, No. 4, pp. 1753-1755, 1998.
3. Y. Wada, T. Roppongi and, I. Sato, "Flying Characteristics of Shallow Step Pads Slider for Low Flying", IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 35, No. 5, pp. 2475-2477, 1999.