

극저부상 HDI 개발을 위한 Head-Disk Impact 연구

조언정 • 박노열

삼성종합기술원 MEMS Lab.

Investigation of Head-Disk Impact for Development of Ultra-Low Flying HDI

Unchung Cho and No-Yeol Park

MEMS Lab., Samsung Advanced Institute of Technology

Abstract - Magnetic hard disk drive is continually being pushed to reduce head-disk spacing for higher recording densities. The current minimum spacing between the air-bearing slider and disk has been reduced to under 15 nm. In this work, it was investigated if flying height could be lowered under the height of laser bumps. With the reduction of the spinning speed, the flying height was decreased under the height of laser bumps. When a head swept between landing zone and data zone, the head-disk impact was monitored using AE and friction signals. It is demonstrated that magnetic hard disk drive could be operated without tribological failures under the height of laser bumps.

Key words – impact, head-disk interface, hard disk drive, micro-&nano-tribology

1. 서론

현재 하드디스크 드라이브는 연간 \$250~300억불 정보저장기기 산업이다. 하드디스크가 컴퓨터, A/V 등 여러 분야에서 사용되고, 정보저장에 대한 수요팽창, 네트워크에 의한 정보 전송이 보편화 되면서 보다 큰 기억용량이 요구되고 있고, 이에 따라 면기록밀도를 증가 시키기 위해서 헤드 슬라이더와 디스크의 부상높이가 점차로 낮아지고 있다. Contact Start-Stop (CSS) 방식에서 헤드 슬라이더의 이착륙 영역인 Landing Zone은 디스크와의 접촉면적을 줄여서 Stiction을 낮추기 위해서 Laser Zone Texturing 가공방법으로 만들어진 레이저 범프가 있다. 레이저 범프의 높이가 낮아지면서 가공이 힘들어지고, 레이저 범프 크기의 편차가 커져서,

극저부상에서 요구되는 보다 낮은 레이저 범프 제작에 어려움이 있다. 지금까지 상용 하드디스크 드라이브의 헤드 슬라이더의 부상높이는 레이저 범프의 높이보다 높게 설정되어 있고, 헤드 슬라이더의 부상높이가 레이저 범프 높이 이하일 경우 발생하는 헤드 슬라이더와 디스크의 Impact에 대한 체계적인 연구가 보고 되지 않았다.

본 연구에서는 헤드 슬라이더의 부상높이가 레이저 범프 높이보다 낮을 경우 발생하는 헤드 슬라이더와 디스크의 Impact현상을 Stiction/Friction과 Acoustic Emission (AE)-rms 신호로 분석하였다.

2. 실험

본 연구에서 사용된 실험장치는

Stiction/Friction, AE-rms의 측정이 가능한 Spin Stand이다. 사용된 헤드 슬라이더는 부상높이 15~25nm, 크기 1mm x 1.235mm x 0.305mm의 Pico 헤드 슬라이더와 Micro-pad가 달린 Padded Pico 헤드 슬라이더이다. (Fig. 1)

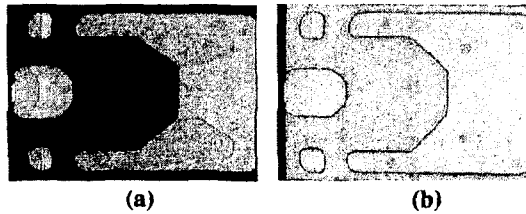


Fig. 1 Optical micrographs of (a) a pico head /slider and (b) a padded pico head /slider.

사용된 디스크 A와 B의 Data Zone에서 평균조도 (Ra)는 5.5~6.5Å이고, Landing Zone에서 Laser Bump의 높이는 10~20nm이다 (Fig. 2). 모든 실험은 온도 25±3C, 상대습도 50±5%, Class 1000의 Clean Room에서 실시되었다.

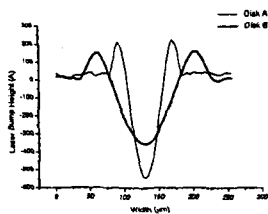


Fig. 2 Shape of laser bumps on disk A and B.

본 연구에서 수행한 실험은 극저부상에서 헤드 슬라이더와 디스크의 Impact 현상을 연구하기 위한 Landing Zone과 Data Zone 사이의 Seek실험과 Impact이 CSS의 특성에 미치는 영향을 파악하기 위한 20000회 Sweep 실험이다. 헤드 슬라이더의 부상높이를 레이저 범프높이 이하로 낮추기 위해 디스크의 회전속도를 Pico 헤드 슬라이더와 디스크 A의 경우는 900 rpm으로, Padded Pico 헤드 슬라이더와 디스크

B는 2700 rpm 낮추었다. Seek실험에서는 5400 rpm까지 가속 3초, 정속 2초, 900, 2700rpm까지 감속 3초, 정속 2초, 반경 2.54, 10.16mm까지 Seek 동작, 정속 2초, Landing Zone으로 Seek동작, 정속 2초, 감속 1초, 정지 1초를 실시하였다. Sweep실험에서는 5400 rpm까지 가속 3초, 정속 1초, 900, 2700rpm까지 감속 3초, 정속 2초, Landing Zone과 Data Zone 사이의 반경 19.3mm와 21.8mm 구간을 15 Hz와 45 Hz로 Sweep 2만회, 감속 7초, 정지 1초를 실시하였고, 2만회 Sweep을 실시하기 전, 후에 가속 3초, 정속 1초, 감속 7초, 정지 1초의 CSS를 실시하여 20000회 Sweep실험이 CSS특성에 미치는 영향을 조사하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 3, 4는 헤드 슬라이더의 부상높이가 Laser Bump보다 낮을 경우에 2.54와 10.16mm의 Seek 구간에서 Pico 헤드 슬라이더와 Disk A, Padded Pico 헤드 슬라이더와 Disk B사이의 Interaction을 AE, Stiction/Friction 신호로 관찰한 결과이다.

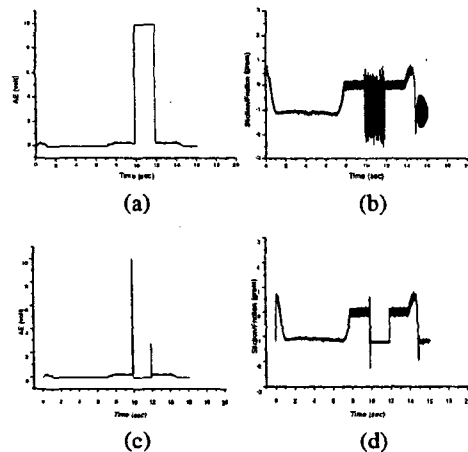


Fig. 3 AE and stiction/friction signals of the seek tests of 2.54mm stroke (a), (b) and 10.16mm stroke (c), (d) for the pico head/slider and disk A.

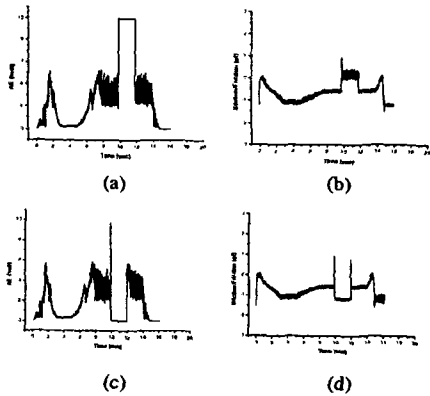


Fig. 4 AE and stiction/friction signals of the seek tests of 2.54mm stroke (a), (b) and 10.16mm stroke (c), (d) for the padded pico head/slider and disk B.

Pico 헤드 슬라이더와 Padded Pico 헤드 슬라이더는 Landing Zone과 Data Zone사이를 이동할 때 헤드 슬라이더와 디스크가 부딪치는 Ding 현상이 일어난다. 2.54mm의 Seek 범위의 경우 Data Zone에서 정속시 접촉이 발생하지만, 10.16mm의 Seek 범위에서는 접촉이 발생하지 않았다. 이는 헤드 슬라이더의 부상높이가 디스크의 안쪽반경보다 바깥반경에서 높아져서 접촉이 발생하지 않은 것으로 추측된다. Pico 헤드 슬라이더가 Landing Zone에 접촉할 때는 Laser Bump가 Stiction을 줄여서 Data Zone에 비해 최대 Friction이 낮고, 동적거동이 훨씬 안정적이지만, Data Zone에서는 Stick-Slip현상이 일어난다. Padded Pico 헤드 슬라이더는 Landing Zone에서 일반 Pico 헤드 슬라이더에 비해서 Micro-pad가 접촉면적을 줄일 수 있어서 Stiction/Friction이 낮지만 Micro-pad와 레이저 범프의 충돌로 동적거동이 다소 불안정적이고, Data Zone에서 접촉이 일어날 때 Micro-pad와 디스크의 Interference로 일반 Pico 헤드 슬라이더에 비해 Stiction/Friction이 높지만, 비교적 일정한 값을 보여준다.

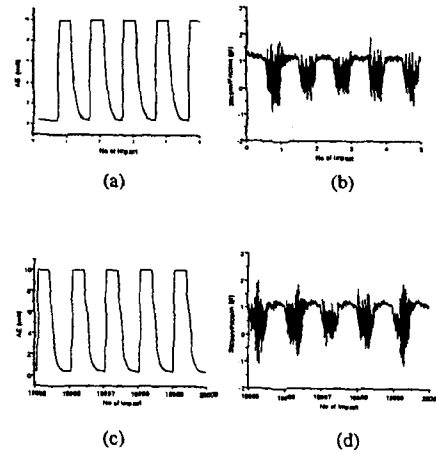


Fig. 5 AE and stiction/friction signals in the beginning and ending cycles of the 20000 cycle sweep test of 2.54 mm stroke for the pico head/slider and disk A.

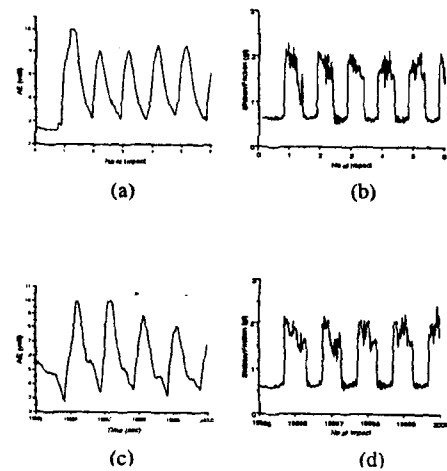


Fig. 6 AE and stiction/friction signal in the beginning and ending cycles of the 20000 cycle sweep test of 2.54 mm stroke for the padded pico head/slider and Disk B.

Fig. 5와 Fig. 6은 20000회 Sweep동작시의 Pico 헤드 슬라이더, Padded Pico 헤드 슬라이더와 Disk A, B의 Interaction을 AE, Stiction/Friction로 관찰한 결과이다. Fig. 3, 4에서 나타난 것처럼 Landing Zone으로부터 2.54mm Seek 후에 정속 2초 구간에서 Pico 헤드 슬라이더, Padded Pico 헤드 슬라이더가 Data Zone과 접촉된 것을 고려하면, 2.45mm Stroke의 Sweep중에도 Data Zone과 접촉이 발생되었다고 판단된다. Pico 헤드 슬라이더, Padded Pico 헤드 슬라이더가 Data Zone으로 이동시에는 Data Zone과 Ding이 발생하고, Landing Zone으로 복귀시에는, Data Zone과 Ding이 발생한 후 레이저 범프와 다시 Impact이 발생한 것으로 생각할 수 있다. Pico 헤드 슬라이더는 Micro-Pad의 존재에 따라 Sweep할 때 디스크와의 Interaction이 달라지지만, 20000회 Sweep동안 AE와 Stiction/Friction특성이 크게 변하지 않았으므로 20000회 Sweep으로 Head-Disk Interface가 파손되지 않았다고 추측할 수 있다.

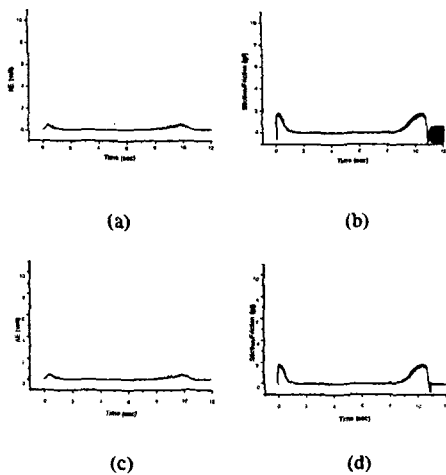


Fig. 7 AE and stiction/friction signal versus time during contact start/stop before and after 20000 sweep test for pico head/slider on disk A.

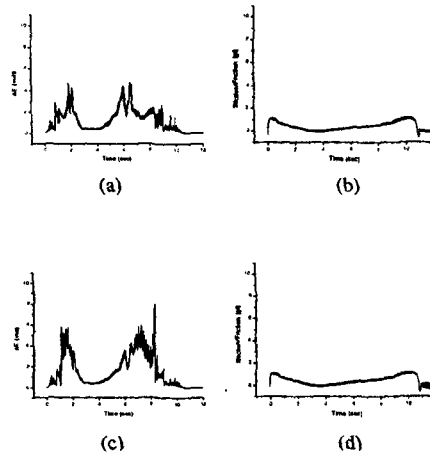


Fig. 8 AE and stiction/friction signal versus time during contact start/stop before and after 20000 sweep test for padded pico head/slider on disk B.

Fig. 7과 8은 20000회 Sweep 실험 전, 후의 CSS 결과로서 AE, Stiction/Friction 특성에 큰 변화가 없음을 보여준다. 이는 20000회의 Sweep실험에서 발생하는 Pico 헤드 슬라이더와 디스크의 Impact이 Head-Disk Interface의 트라이볼로지 특성과 내구성에 큰 영향을 미치지 않았다고 판단할 수 있다.

4. 결론

레이저 범프보다 낮은 부상높이에서 발생하는 Pico 헤드 슬라이더와 디스크의 Impact을 실험적으로 연구하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 부상높이가 레이저 범프높이 이하로 낮아진 후 Landing Zone에서 2.54mm의 Seek 경우에는 정속시 두 Pico 헤드 슬라이더와 Data Zone과의 접촉이 발생했지만, 10.16mm Seek의 경우는 정속시 접촉이 발생하지 않았다. 이는 부상높이가 디스크의 안쪽반경보다 바깥반경에서 높아져서 헤드 슬라이더와 디스크의 접촉이 발생하지 않았다고 판단된다. 2.45mm Stroke의 Sweep 실험에서 Pico 헤드 슬라이더, Padded Pico 헤드 슬라이더가 Data Zone으로 이동시에는 Data Zone과 Ding이 발생하고, Landing Zone으로 복귀시에는, Data Zone과 Ding이 발생한 후 레이저 범프와 다시 Impact이 발생된다.
2. AE와 Stiction/Friction 신호에 의한 헤드 슬라이더와 디스크의 접촉양상을 관찰한 결과, 동적 안정도는 Pico Head 슬라이더와 Landing Zone의 접촉이 가장 안정적이고, 그 다음으로 Padded 헤드 슬라이더와 Landing Zone의 접촉은 비교적 안정되고, 두 Pico 헤드 슬라이더는 모두 Data Zone에서 불안정하였다. Stiction/Friction은 Landing Zone에서 두 Pico 헤드 슬라이더가 비교적 낮고 안정적이었고, Data Zone에서 Padded Pico 헤드 슬라이더의 경우 비교적 높지만 편차가 작았고, Pico 헤드 슬라이더는 Stick-

Slip이 일어났다.

3. Pico 헤드 슬라이더, Padded Pico 헤드 슬라이더가 디스크와의 접촉시 발생하는 AE와 Stiction/Friction의 특성은 20000회 Sweep 실험동안과 20000회 Sweep 실험 전, 후에 실시된 CSS 실험에서 크게 변하지 않았다. 20000회의 Sweep 실험동안 발생하는 Pico 헤드 슬라이더와 디스크간의 Impact은 Head-Disk Interface의 트라이볼로지 특성에 민감하게 영향을 미치지 않는다고 판단할 수 있다. 이 결과는 현재 상용화된 헤드 슬라이더와 디스크의 Interface 적합성을 판단하기 위해 실시되는 CSS 실험의 사이클이 20000~50000회인 점을 고려하면, 하드디스크 드라이브가 트라이볼로지 관점에서 내구성의 문제없이 레이저 범프보다 낮은 부상높이에서 작동될 수 있다는 가능성을 보여준다.