

Ramp Loading Scratch 방법을 이용한 상용 HDD Media와 ZnO 박막소재의 Scratch 특성에 관한 연구

이정은 · 린리위 · 김대은[†]

연세대학교 기계공학과

Study on Scratch Characteristics of HDD Media and ZnO Thin Films by Ramp Loading Scratch Method

Jung Eun Lee, LiYu Lin, and DaeEun Kim[†]

Dept. of Mechanical Engineering, Yonsei University

Abstract – In this work, ramp loading scratch method was used to evaluate the scratch characteristics of HDD media and ZnO thin films. Commercially available HDD media and ZnO thin films grown on silicon(100) substrate by sol-gel method were used. As for the ZnO films, the effects of annealing temperature after the film deposition process were also investigated. A custom built scratch tester was used to scratch the specimen under a ramp loading condition. The scratch track formed by ramp loading was measured by optical microscope and Atomic Force Microscopy (AFM). The wear depth and width were used to assess the scratch characteristics of the HDD Media and ZnO thin films. The results showed that ZnO film annealed at 800°C had the best scratch resistance property. Also, the HDD media showed overall better scratch resistance than the ZnO films.

Key words – AFM(원자현미경), ramp loading method(램프로딩방식), scratch test(스크래치 테스트), thin film(박막)

1. 서 론

최근 급속한 정보화로 인해 정보저장장치의 고속화, 대용량화가 가속되고 있다. 특히 현재 상용화된 Hard Disk Drive (HDD)는 이러한 요구에 맞추어 트랙을 조밀화하고, disk와 slider사이 간격을 줄여나가고 있다. HDD의 media와 같은 경우에는 다양한 박막으로 구성되고, 각 박막의 내구성 향상을 위하여서 마찰, 마모현상에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 특히 코팅된 박막의 재료특성을 이해하고, 적절한 공정과정을 통하여 원하는 내마모 성능을 얻기 위한 연구가 꾸준히 수행되고 있다[1-4].

HDD의 Head-Disk Interface (HDI)에서는 slider가 disk 표면에 접촉하여 물리적, 전기적 손상을 일으킬 수

있다. 이는 HDD의 데이터 손상과, 신뢰성 저하의 요인이 된다. 따라서 media를 구성하는 다양한 박막의 특성을 평가하고 더욱 우수한 내구성과 기능을 가지는 박막을 제시하는 것이 요구된다.

본 연구에서는 박막의 특성을 평가하기 위하여 ramp loading scratch 방법을 이용하였다[5]. 상용 HDD의 media와, sol-gel법을 이용하여 ZnO 박막을 형성한 시편의 표면에 scratch test를 실시하고, 이를 분석하였다.

2. 실험 방법

2-1. 실험 장치

본 연구에서 사용한 실험장치를 Fig. 1에 나타내었다. Scratch test를 위하여 X,Y,Z 축으로 이송할 수 있는 3축 actuator를 이용하여 실험장치를 구성하였다. 또한 C 프로그래밍을 이용하여 10 μm의 속도로 5 gf의 ramp

[†]주저자 · 책임저자 : kimde@yonsei.ac.kr

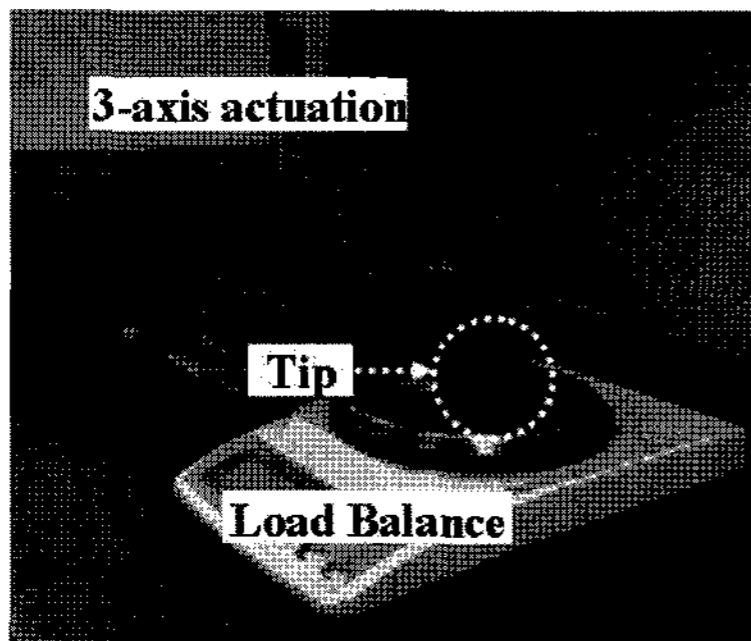


Fig. 1. Experimental apparatus for scratch test.

loading scratch test하였다. Scratch test에 사용한 팁은 상용 HDD의 Al_2O_3 -TiC slider이다. 이때, Al_2O_3 -

TiC slider의 꼭지점이 시편에 접촉한 상태에서 시편에 scratch를 생성하도록 rotation stage를 사용하였다. 팁과 시편의 각도는 임의로 20° 가 되도록 하였다. Scratch test의 수직하중은 정밀저울로 측정하였다.

2-2. 실험 시편

본 연구를 위하여 상용 HDD media시편과 Si 기판에 ZnO 박막이 형성된 시편을 준비하였다. ZnO 박막은 sol-gel법으로 Si 기판에 280 nm의 두께로 형성시켰다. 또한, ZnO 박막의 경도를 변화 시키기 위하여 박막을 형성한 후 1시간 정도 annealing하였다. Annealing temperature를 450°C , 500°C , 550°C , 700°C , 800°C 로 조절하였으며 최종적으로 ZnO 박막이 형성된

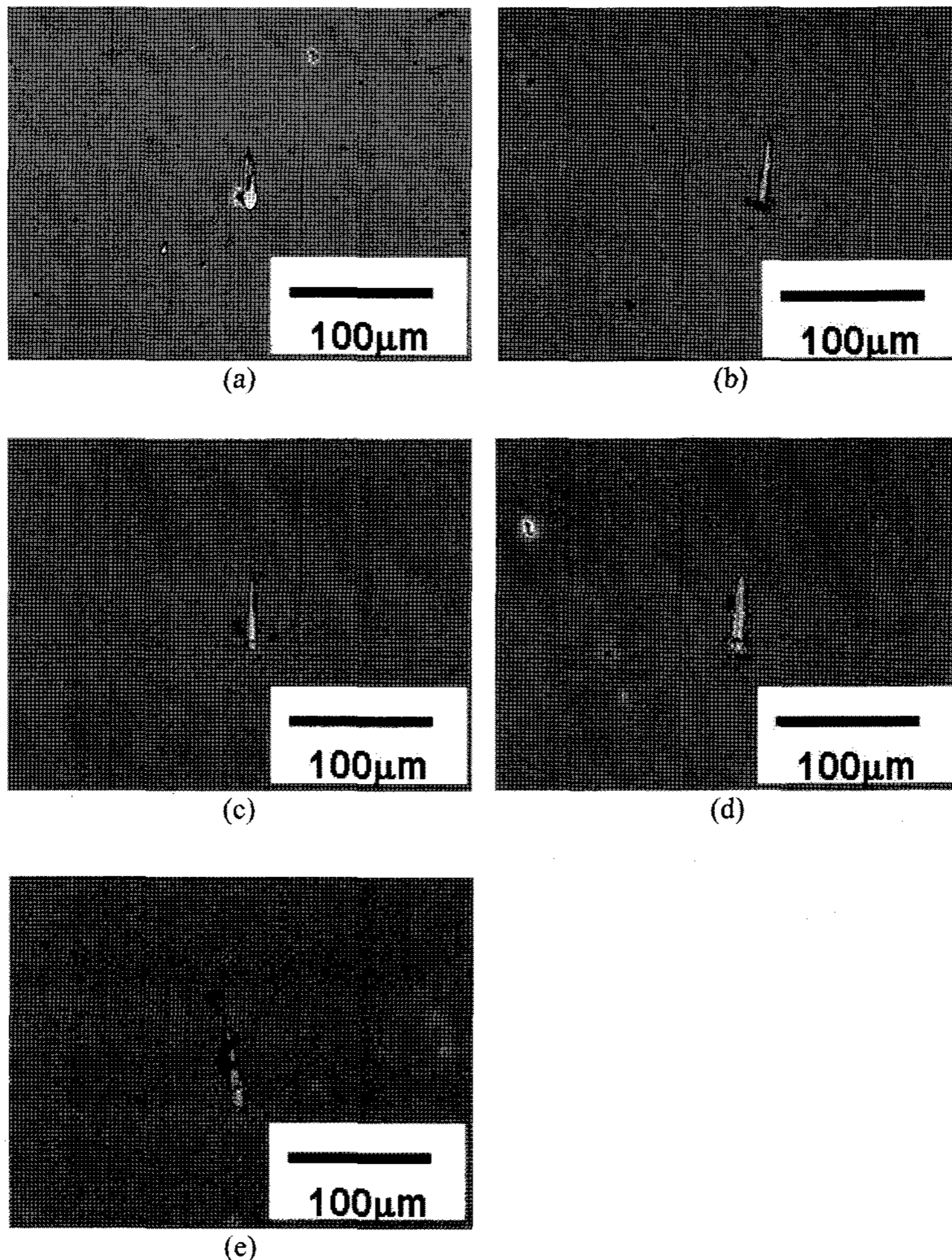


Fig. 2. Optical microscope images of scratch tracks on ZnO thin films annealed at (a) 450°C , (b) 500°C , (c) 550°C , (d) 700°C , (e) 800°C .

5종류의 시편을 준비하였다.

2-3. 실험 방법

Scratch test는 3축 actuator를 이용하여 X축이 고정된 상태에서 Y, Z축 으로 ramp loading scratch test 하였다. 하중의 범위는 0~5 gf 범위로써 각 시편에 동일하게 적용하였다. 상용 HDD의 Al₂O₃-TiC slider를 팁으로 사용하여, 시편과 팁의 각도가 20°를 유지한 상태에서 scratch test하였다. 이때 scratching 속도는 10 μm/s이고, 이는 속도가 표면의 scratch생성에 미치는 영향을 무시할 수 있을 정도로 작은 값이다. 시편에 생성된 scratch는 50 μm이고, 모든 시편에 동일하게 scratch test하여 보다 용이하게 비교 분석할 수 있도록 실험하였다. Scratch test는 상온(25~27°C)과 30~35%의 상대습도 환경에서 이루어졌다. Scratch test 후에 표면에 발생한 scratch는 광학현미경과 AFM을 사용하여 측정하였다.

3. 실험 결과

3-1. ZnO 박막의 scratch 특성

Fig. 2는 ZnO 박막 위에 ramp loading scratch test를 실시한 후 광학현미경을 통하여 scratch를 관찰한 것을 보여준다. 또한, Fig. 3은 AFM측정을 통하여 scratch track을 확인한 결과이다. 준비된 5개의 ZnO 박막 위에 scratch test를 실시한 결과, 하중이 1 gf일 때 annealing temperature가 높은 ZnO 박막 시편이 annealing temperature가 낮은 ZnO 박막 시편에 비교하여 작은 depth와 width를 가지는 것을 알 수 있다. 이는Fig. 4(a), (b)에 나타나있다.

5개 시편의 scratch depth가 차이를 보이는 이유는, 서로 다른 annealing temperature로 형성된 ZnO 박막이 서로 다른 경도를 가지기 때문이다. 450~800°C의

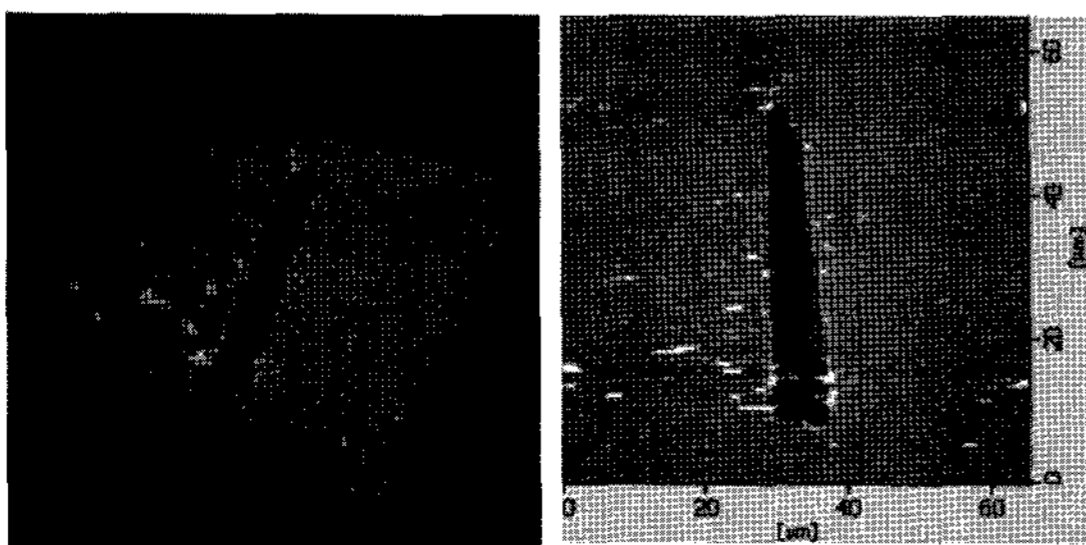
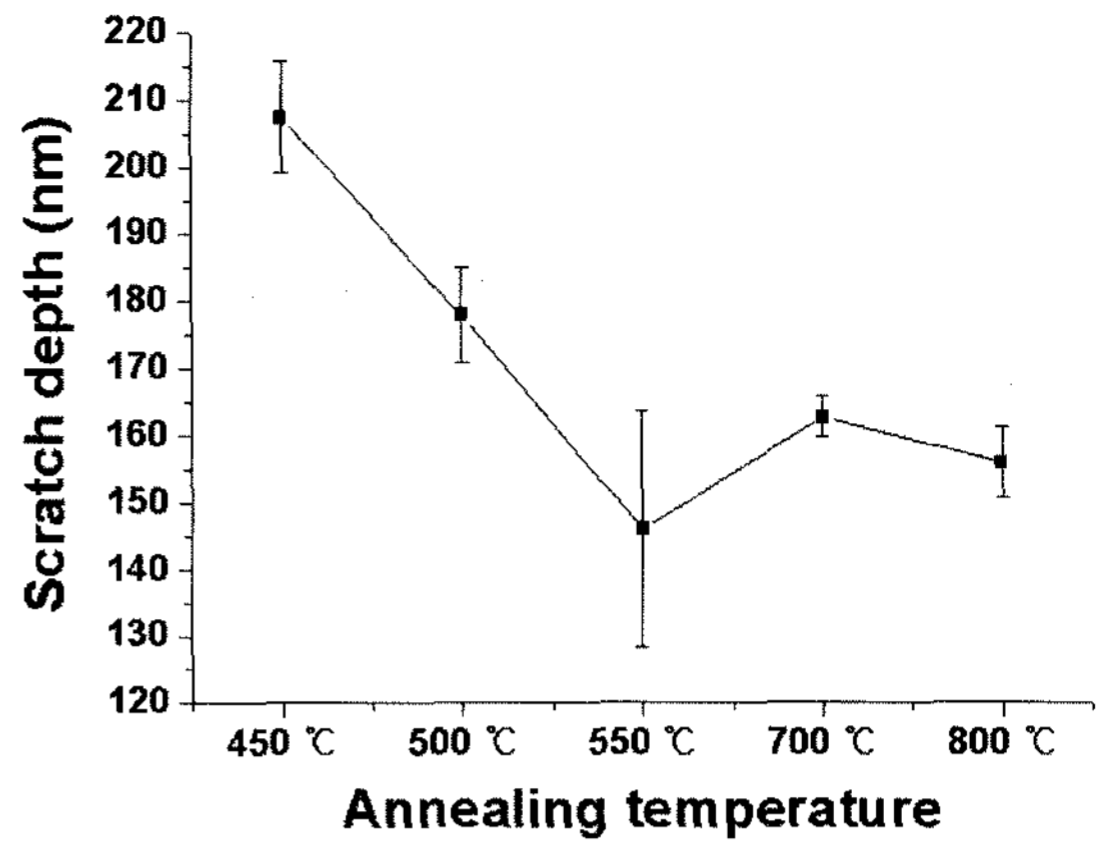
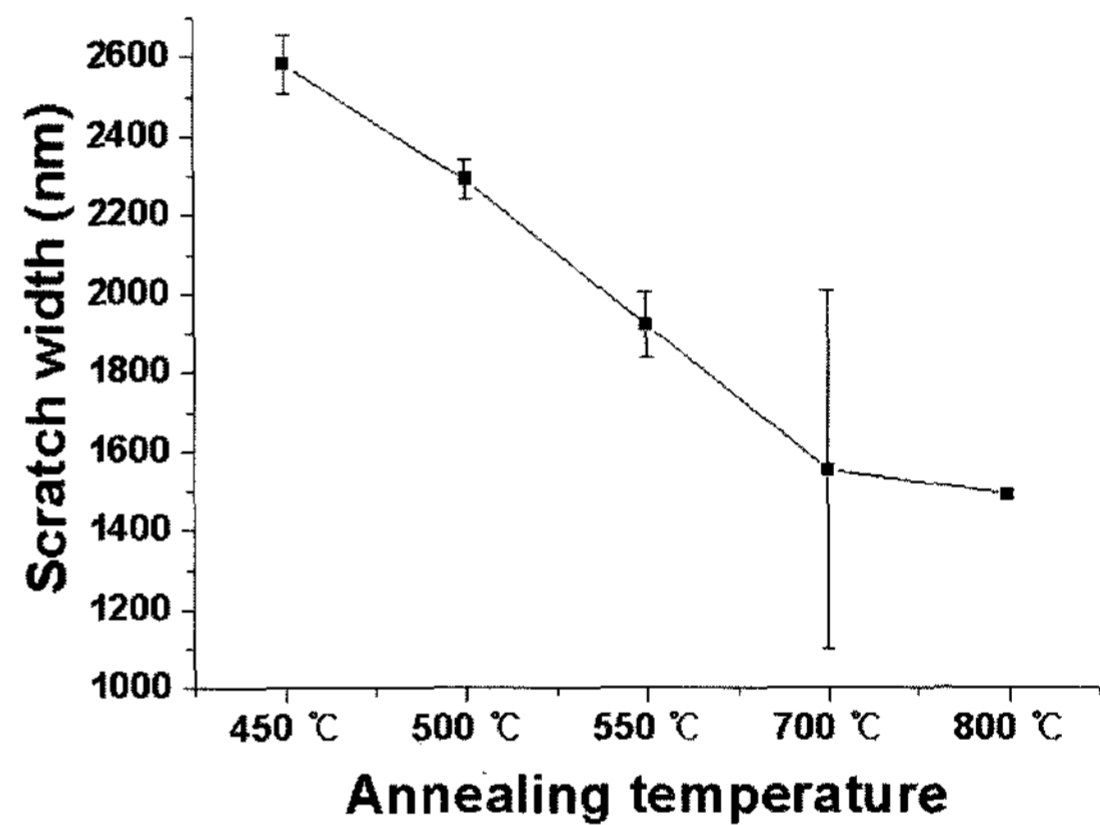


Fig. 3. AFM (65×65 nm) images of ZnO thin films.



(a)



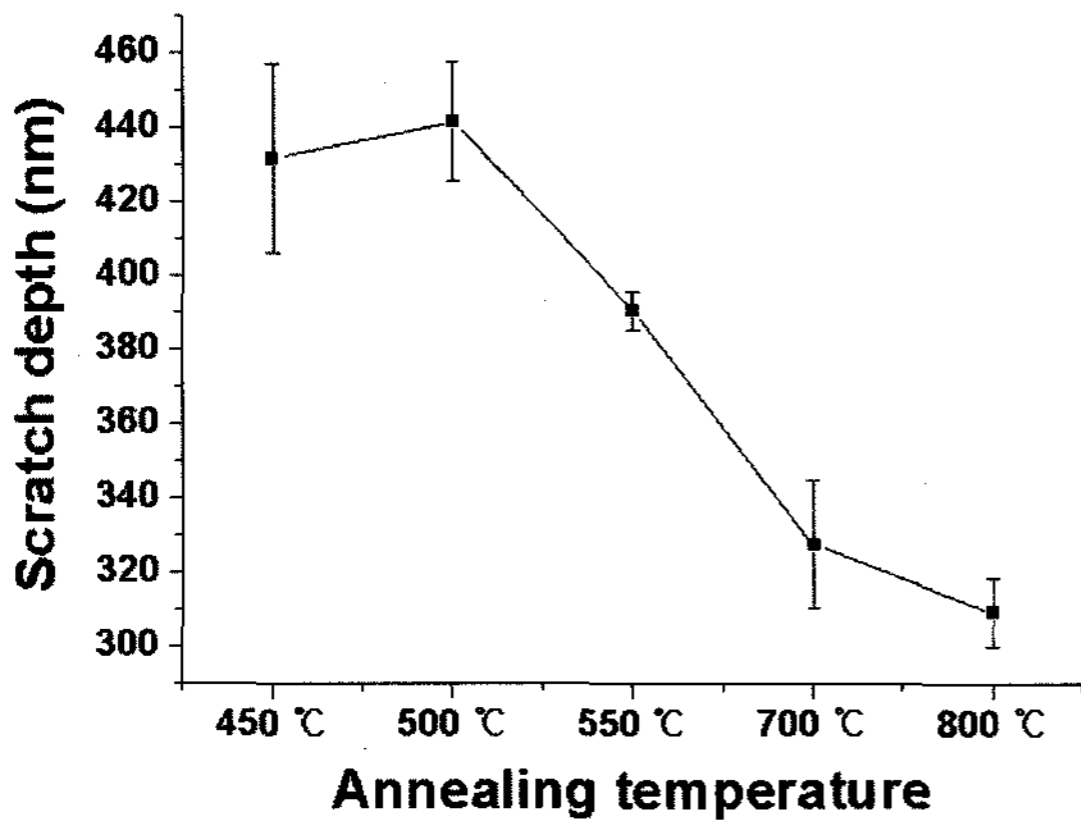
(b)

Fig. 4. 1 gf scratch (a) depth and (b) width of ZnO films grown on silicon substrate annealed in air at different temperatures.

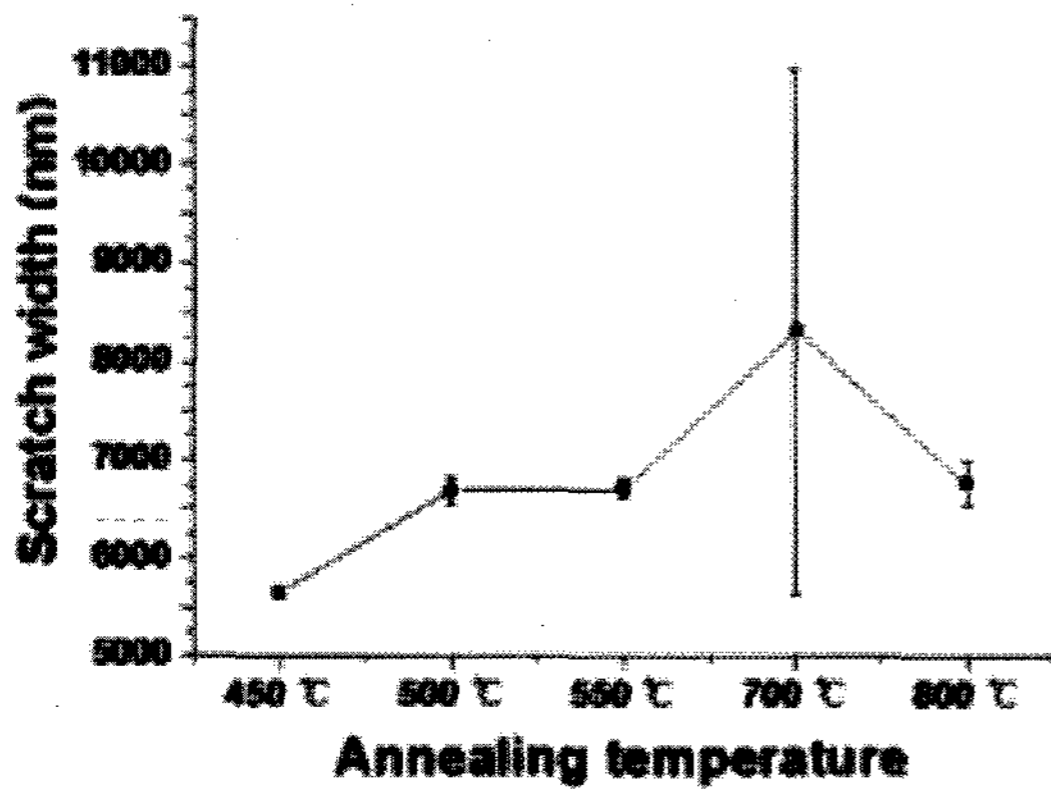
annealing temperature에서 형성된 ZnO박막은 1.3~2.5 GPa의 hardness를 보인다. Annealing temperature가 높은 상태에서 형성된 ZnO 박막은 상대적으로 높은 hardness를 보인다. 따라서 annealing temperature를 이용하여 ZnO 박막의 상대적인 경도를 조절할 수 있음을 확인할 수 있다.

3-2. ZnO 박막이 기판에 미치는 영향

Fig. 5는ZnO박막 위에 형성된 scratch track의 마지막 부분에 해당하는 5 gf하중에서의 scratch depth와 width를 나타낸 것이다. Al₂O₃-TiC slider는 ZnO 박막을 완전히 파괴하고, ZnO 박막이 형성된 Si기판에 scratch track을 생성한다. 5개 시편의 scratch depth를 비교해 보았을 때, annealing temperature가 높은



(a)



(b)

Fig. 5. 5 gf scratch (a) depth and (b) width of ZnO films grown on silicon substrate annealed in air at different temperatures.

ZnO 박막의 기판이 annealing temperature가 낮은 ZnO 박막의 기판에 비하여 작은 depth를 보인다.

그리고 Fig. 6은 5개 시편에 생성된 scratch track의 wear volume을 비교해 본 것이다. Annealing temperature가 높은 시편의 wear volume이 최소값을 보이고, 반대로 annealing temperature가 낮은 시편의 wear volume은 최대값을 보인다. 즉 서로 다른 annealing temperature는 ZnO 박막이 형성된 기판의 scratch depth와 width에 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 또한 시편의 annealing temperature가 높아질수록 scratch track의 wear volume이 감소함을 통하여 우수한 scratch resistance를 보이는 것을 알 수 있다.

3-3. 상용 HDD media의 scratch 특성

ZnO 박막의 scratch 특성과 상대 평가하기 위하여

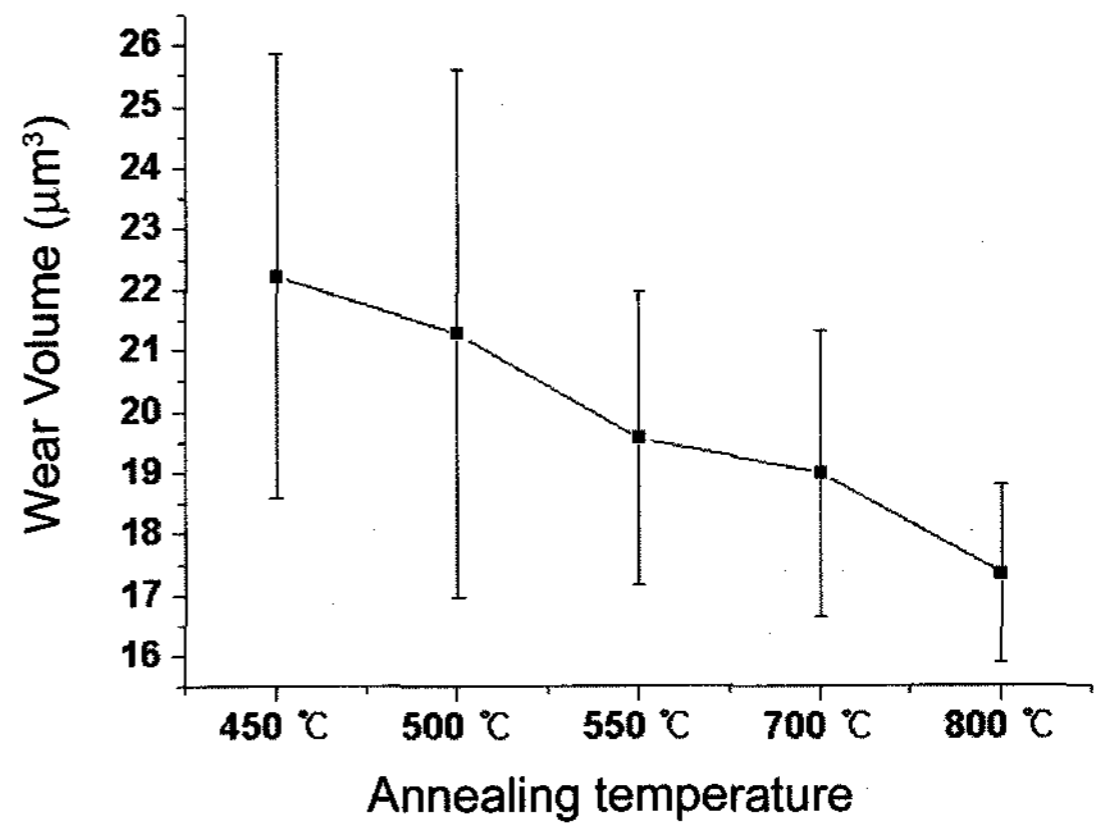
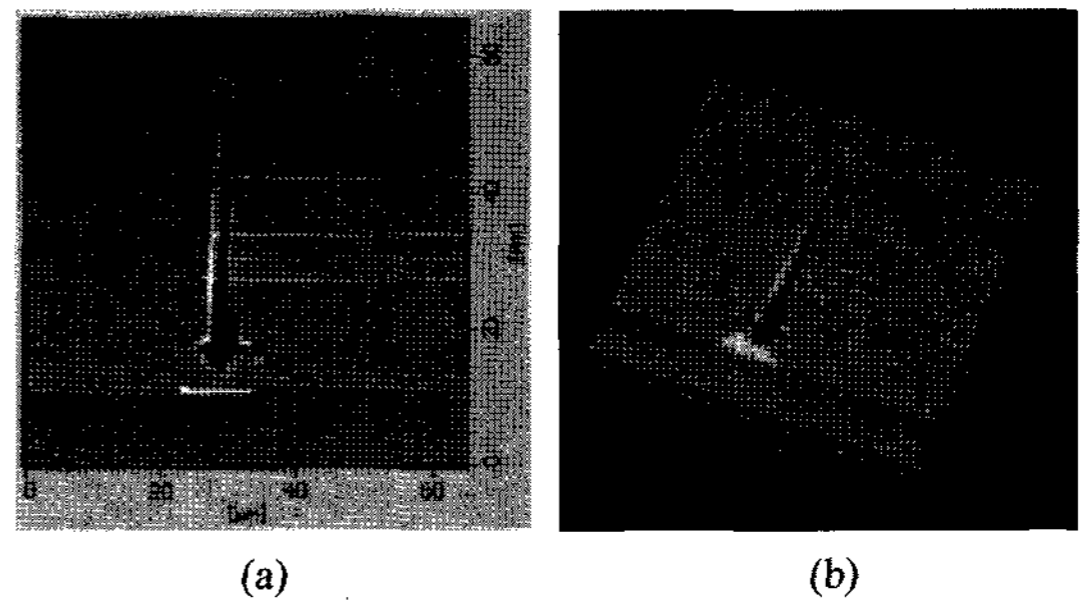


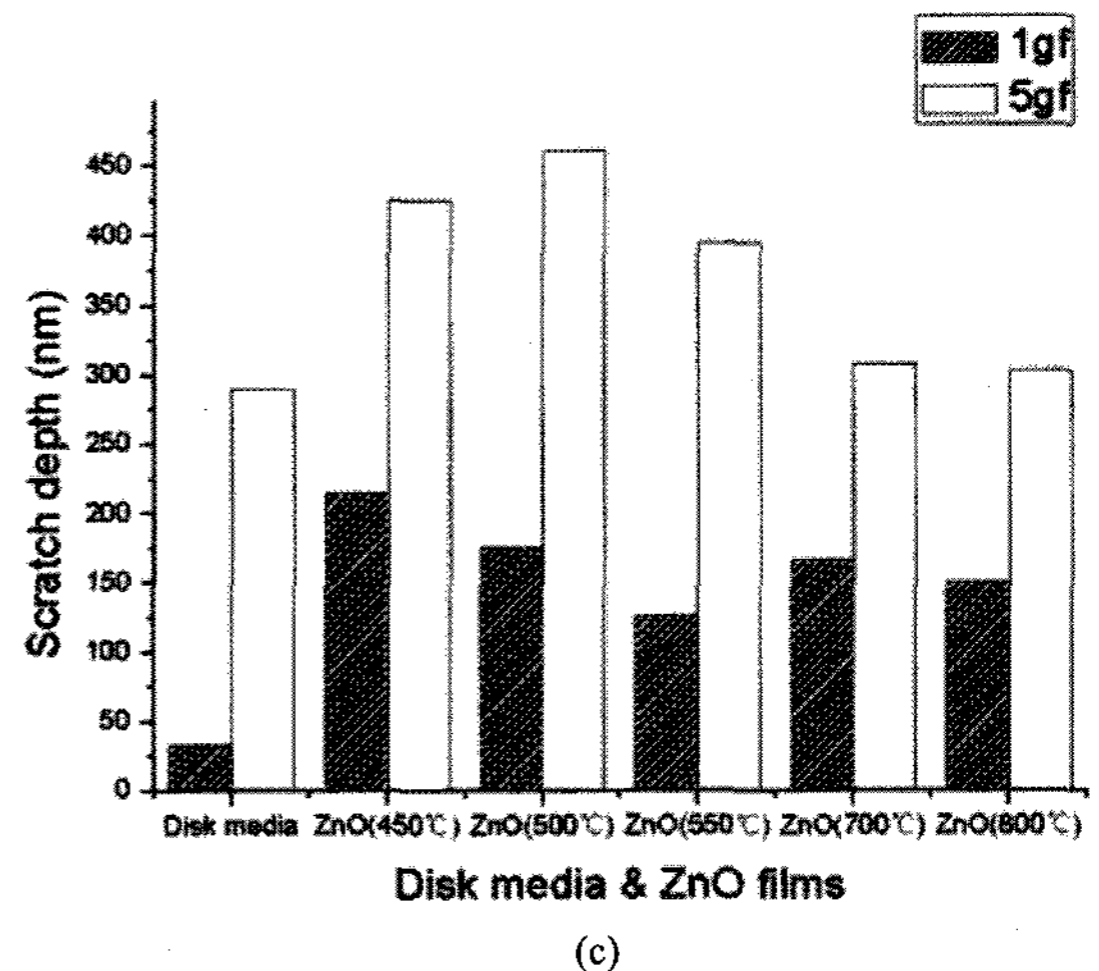
Fig. 6. Wear volume of ZnO Films.

상용화 된 HDD의 media에 대하여 추가로 scratch 실험을 실시하였다. 상용 HDD의 media에 ramp loading scratch test를 한 후 측정된 AFM 이미지를 Fig. 7(a), (b)에서 확인 할 수 있다. 상용 HDD의 media에 형성된 scratch track은 ZnO 박막에 형성된



(a)

(b)



(c)

Fig. 7. (a), (b) AFM (65×65 nm) image of disk media, (c) scratch depth HDD disk media and ZnO film.

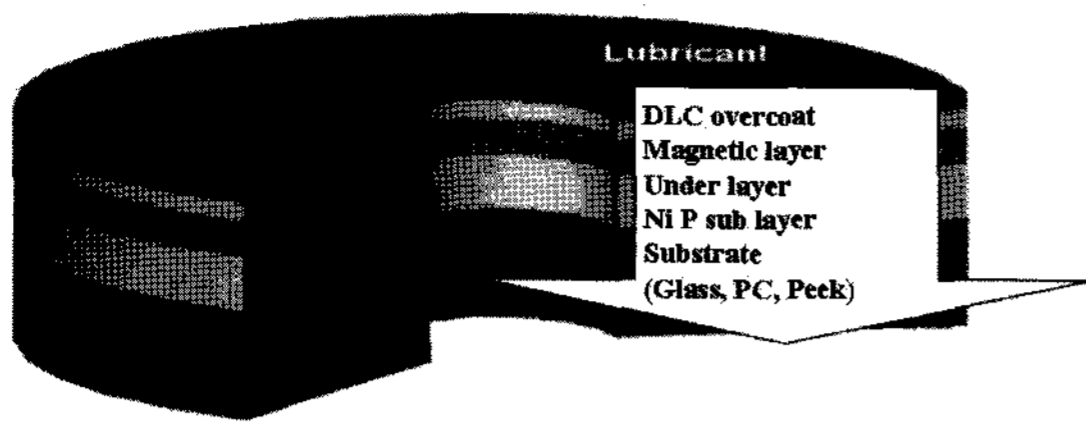


Fig. 8. Disk media of HDD.

scratch track에 비하여 상대적으로 작은 depth와 width를 가짐을 알 수 있다. 그 이유는 Fig. 8에서 확인할 수 있듯이, disk media는 다양한 박막으로 구성되어있고, 표면에는 윤활 막이 존재한다. 따라서 disk media의 scratch는 ZnO박막에 생성된 scratch와 비교하여 작은 scratch depth와 width를 가지는 것을 확인할 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 ramp loading scratch test를 통하여 상용 HDD의 media와 annealing temperature가 다른 ZnO 박막 시편들의 표면에 scratch track을 생성시켰고, 그 특성에 대하여 논의하였다.

1) ZnO박막에 생성된 scratch track은 annealing temperature가 높은 시편일수록 작은 scratch depth와 width를 가지는 것을 확인 하였다. 따라서 annealing temperature는 ZnO 박막의 경도를 조절하여 ZnO의 파손과 그 기판의 파손 정도에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

2) 1 gf 하중에서 ZnO박막에 생성된 scratch track은, 130~220 nm의 scratch depth, 1000~2700 nm의 scratch width를 생성하였다. 또한 5 gf 하중에서는 300~450 nm의 scratch depth, 5500~11000 nm의 scratch width를 가지는 scratch track을 생성하였다. 이와 같은 scratch track의 wear volume을 살펴보면, annealing temperature가 높은 시편일수록 작은 wear volume을 가지는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 annealing temperature가 높은 시편일수록 우수한 scratch resistance를 보임을 확인하였다.

3) 상용 HDD의 media에 생성된 scratch track은 1 gf 하중에서 30~40 nm의 scratch depth, 400~550 nm의 scratch width를 생성하였다. 또한 5 gf 하중에서

는 250~350 nm의 scratch depth, 4000~5000 nm의 scratch width를 생성하였다. 이와 같은 scratch track의 wear volume은, ZnO 시편에 생성된 scratch track의 wear volume에 비하여 50% 감소된 값이다. 따라서 상용 HDD의 media는 ZnO박막이 형성된 시편보다 우수한 scratch resistance를 가지는 것을 알 수 있다.

후 기

이 논문은 한국 과학재단 2007년도 나노 원천 기술 개발 사업 (과제번호: M1-0203-00-0031)의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다.

참고 문헌

1. Choa, S. H. and Sharma, V., "Sensitivity and Rejection Capability of Thermal Asperities in Hard Disk Drive," *J. Magnetism and Magnetic Materials*, Vol. 241, pp. 466-474, 2002.
2. Ji, R., Liew, T. and Chong, T.C., "A Study of Contact-start-stop Wear Tracks by TOF SIMS," *Tribology International*, Vol. 36, pp. 883-888, 2003.
3. Liew, T., Wu, S. W., Chow, S. K., and Lim, C. T., "Surface and Subsurface Damages and Magnetic Recording Pattern Degradation Induced by Indentation and Scratching," *Tribology International*, Vol. 33, pp. 611-621, 2000.
4. Raju, T., Nakasa, K. and Kato, M., "Delamination of thin Films and Backward Deviation of Load-displacement Curves under Repeating Nanoindentation," *Acta Materialia*, Vol. 51, pp. 457-467, 2003.
5. Huang, L., Zhao, J., Xu, K. and Lu, J., "A New Method for Evaluating the Scratch Resistance of Diamond-like Carbon Films by the Nano-scratch Technique," *Diamond and Related Materials*, Vol. 11, pp. 1454-1459, 2002.
6. Li, X., Bhushan, B., Takashinma, K., Baek, C. and Kim, Y., "Mechanical Characterization of Micro/nanoscale Structures for MEMS/NEMS Applications using Nanoindentation Techniques," *Ultramicroscopy*, Vol. 97, pp. 481-494, 2003.
7. Lee, J. W., Chung, K. H. and Kim, D. E., "Damage Characteristics of Thin Films on Silicon Substrate by Ramp Loading Scratch Method," *KSPE*, Vol. 21, pp. 559-562, 2004.