

# 페라이트의 레이저 유도 습식 에칭

이 천, 이 경 철\*  
 인하대학교 공과대학 전기공학과

## Laser-Induced Wet Etching of Mn-Zn Ferrite

Cheon Lee, Kyoung Chul Lee\*  
 Dept. of Electrical Eng. Inha Univ

### ABSTRACT

VTR 자기헤드의 핵심소재로 사용되는 ferrite는 VTR의 주기능인 영상의 기록 및 재생역할에 가장 중요한 소재이다. 이러한 종류의 head는 지금까지 mask wet chemical etching과 mechanical process에 의해 제작되어왔다. 그러나 기록용량의 증가로 자기장치의 recording density를 높일것이 요구됨에 따라 자기헤드의 gap width를 줄일 필요가 있게 되었다. 본 연구는 mask와 photoresist를 사용하지 않고 ferrite를 직접 미세가공하는 laser-induced wet etching을 이용하여 자기헤드의 기록용량을 높이고자 하였다. Ar<sup>+</sup> laser (파장 514 nm)를 빔 확장기와 렌즈를 사용하여 직경 1.8 μm로 집속하고, 100 ~ 500 mW의 출력 변화를 주어 실험을 하였다. 인산 수용액 (45, 65, 85 %)을 etchant로 사용하여 5 ~ 30 μm/sec의 주사속도로 etching하여, 미세선폭과 high aspect ratio를 갖는 groove를 얻을 수 있었다.

### 1. 서론

금속, 절연체, 반도체 혹은 유기체 등의 레이저 유도 etching<sup>[1,2,3,4,5]</sup>은 지금까지 많이 보고 되어왔다. 가공 대상재료로서 금속, 반도체와 더불어 급속히 그 응용분야가 넓어지고 있는 fine-ceramics의 한 종류인 ferrite는 audio, video의 자기 tape 기록장치 혹은 FDD, HDD의 자기헤드로 사용되는 중요한 물질이다. VTR 자기헤드의 핵심소재로 사용되는 ferrite는 지금까지 mask wet etching과 mechanical process에 의해 제작되어 왔으나 ceramics의 본래의 특성인 고경도이며, 깨지기 쉽고, 화학적인 반응성이 좋지 않기 때문에<sup>[6]</sup> 가공하기가 어려웠다. 또한 기록용량의 증가 (BPI: bit per inch, TPI: track per inch)로 gap width를 줄이고 기록되는 track들이 점점

더 밀착 되어질 필요성이 있게 됨에 따라 10 μm 이하의 좁은 track을 얻기 위해 laser로 유도된 프로세스를 해야할 필요가 생기게 되었다. 집속 레이저빔을 이용한 레이저 유도 프로세스는 마스크가 필요 없고 그 공정이 기계적인 프로세스에 비해 간단하고 track가공의 미세화, 고정밀도화를 이루어 낼수 있다. 최근에 레이저로 유도한 단결정 페라이트의 건식에칭<sup>[7,8]</sup>이 기록용량을 증가시키기 위해 개발되어 왔으나 etching rate가 실용적이지 못하여 본실험에서는 건식에칭에 비해 수배나 큰 etching rate를 얻을 수 있는 습식에칭을 실행하였다.

### 2. 실험 방법

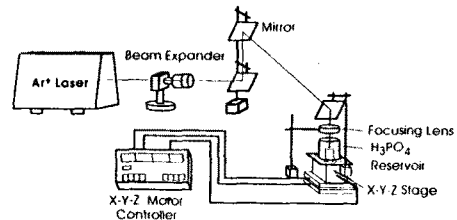


그림 1. ferrite의 레이저 유도 습식에칭 장치의 개략도

단결정 ferrite가 마그네틱 헤드물질로서는 다결정이나 무결정 보다 기계적, 자기적인 특성이 더 좋기 때문에<sup>[7]</sup> 본 실험에서는 단결정의 Mn-Zn ferrite (MnO : ZnO : Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 29.5 : 18.5 : 52)를 이용하여 실험을 수행 하였다. 514 nm의 파장을 갖는 Ar<sup>+</sup> laser를 expander와 focusing lens를 사용하여 빔을 1.8 μm로 집속 하였다. Ferrite의 레이저 유도 습식에칭 장치의

개략도는 그림1과 같다. 페라이트 시료위로 빔을 주사(走査) 하기 위해 3축으로 이동가능한 X-Y-Z stage 를 이용하여 5~30  $\mu\text{m}/\text{sec}$  로 변화를 주어 실험을 하였다. 습식에칭에 사용되는 반응용액은 인산수용액( $\text{H}_3\text{PO}_4$  solution) 45, 65, 85 % 를 사용하였다. 페라이트를 올려놓기 위해 반응용기 (reservoir) 를 제작하였는데 이는 에칭에 사용되는 산이나 알칼리와 반응을 하지 않도록 테프론을 이용하였다. 또한 시료의 온도 상승 특성을 계산하기 위해 3차원 열전도 방정식을 이용하였고<sup>[9]</sup> 에칭한 groove 의 폭과 깊이를 관찰하기 위해 SEM (Scanning Electron Microscopy) 측정을 하였다.

### 3. 실험결과 및 토의

그림2는 scan speed 15  $\mu\text{m}/\text{s}$ , laser power 400 mW 에서 레이저 유도로 페라이트를 습식에칭하여 생긴 groove 의 단면 그림이다. 그림에서 처럼 에칭된 groove 는 Gaussian 형상<sup>[10]</sup>을 띠고 있다. 이 결과로부터 레이저 유도 습식에칭에 의한 페라이트의 가공은 레이저에 의한 열화학 반응으로 인한 것이라는 것을 알 수 있다. 그림 3은 레이저 power 를 증가하여 에칭되어진 깊이와 넓이의 power 에 대한 의존성을 나타낸다. 그림에서 보는 바와 같이 레이저 파워가 증가할수록 에칭된 깊이는 급준히 상승함을 알 수 있고, 에칭된 넓이는 그 laser power 에 따른 증가정도가 비교적 완만한 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 반도체, 즉 Si 이나 GaAs 의 경우와 비교 하자면 단결정 페라이트는 반도체에 비해 더 낮은 열전도율과 열확산율을 갖고 있기 때문이라고 생각된다. 만일 현미경으로 더욱더 빔을 집중하게 되면 이러한 단결정 페라이트의 열특성의 잇점으로 훨씬 더 좋은 aspect ratio 를 얻을 수 있다. 적절한 조건을 찾으면 대단히 큰 aspect 비를 구할 수 있는데 본 실험에서는 레이저 출력치 380 mW, scan speed 5  $\mu\text{m}/\text{s}$  로 하고 인산수용액 85 %에서 257  $\mu\text{m}$  의 깊이를 갖는 홈을 얻을 수 있었다. 이때의 etching rate 는 714  $\mu\text{m}/\text{s}$  정도로 대단히 높은 값을 얻을 수 있었다. 그림4는 일직선상으로 연속적인 레이저 빔을 가하였음에도 불구하고 에칭된 groove 의 형태가 주기적으로 홈이 발생한 형상을 보여준다. 이러한 형태는 페라이트 표면이 레이저빔에 의해 국부적으로 열을 받고 완전히 etching 되기 전에 다시 빔이 이동되기 때문이다. 이러한 주기적인 물결 구조는 레이저의 출력치와 주사속도를 조절함으로써 제거할 수 있다. 그림 5는 출력전압을 고정하고 그 scan speed 를 변수로 하여 주사속도가 증가 하면 groove 의 깊이가

점점 작아지는 것을 보여준다. 이 결과는 scan speed 가 작을수록 레이저빔이 기판에 머무르는 시간 (dwell time) 길어지기 때문 이라고 사료된다.

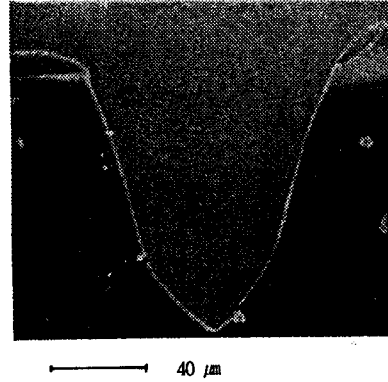


그림2.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  65 %, scan speed 5  $\mu\text{m}/\text{s}$ , laser power 400 mW 의 조건에서 가공된 에칭 단면의 SEM 사진

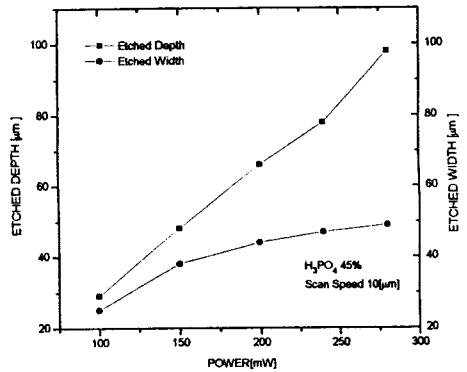


그림3. 에칭된 groove 의 깊이와 넓이의 power 의존성

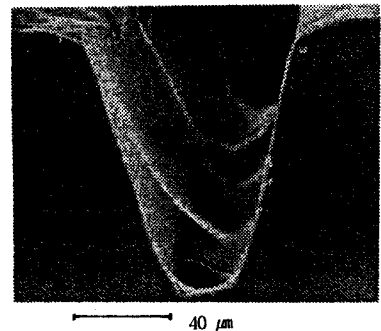


그림4.  $\text{H}_3\text{PO}_4$  85 %, scan speed 5  $\mu\text{m}/\text{s}$ , laser power 300 mW 의 조건에서 가공된 에칭 단면의 SEM 사진

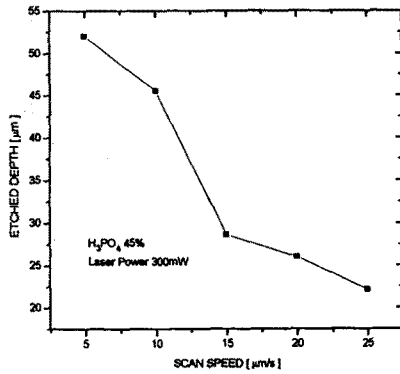


그림5. 에칭된 groove 깊이의 주사속도 의존성

#### 4. 결론

VTR 헤드에 이용하기 위한 페라이트 단결정의 레이저 유도 에칭 결과 714  $\mu\text{m/s}$ 의 etching rate와 5~6의 aspect ratio를 얻어낼 수 있었다. 이러한 습식에칭은 레이저의 출력치를 증가하여 더욱 깊은 groove를 만들어 낼 수 있다. 낮은 출력치에서 형성되는 주기적인 물결구조는 laser power와 scan speed에 변화를 주어 해결할 수 있었다. 또한 레이저의 출력값을 고정하고 X-Y-Z stage를 이용하여 빔의 scan speed에 변화를 주어 실험한 결과 주사속도가 작을수록 더 깊은 groove를 얻어낼 수 있었다.

#### 5. 참고문헌

1. W. Westlake, M. Heintze, J. Appl. Phys., Vol. 77, No. 2, p879, 1995
2. R. D. Horning, A. Mirza, R. R. Martin, J. Electrochem. Soc., Vol. 141, No. 3, p796, 1994
3. Hua Tang, Irving P. Herman, J. Appl. Phys., Vol. 71, No. 7, p3492, 1992
4. Cheon Lee, Mikio Takai, Toshiro Yada, Appl. Phys., A51, p340, 1990
5. Mark N. Ruberto, Xiaoge Zhang, J. Electrochem. Soc., Vol 138, NO. 4, p1175, 1991
6. Noboru Ichinose, " Introduction to fine ceramics ", Ohmsha, 1983, p2
7. M. Takai, Y. F. Lu, Appl. Phys. A. 46, p197, 1988
8. Y. F. Lu, M. Takai, J. J. Appl. Phys., Vol. 28, No. 10, p2151, 1989

9. Edward K. Yung, Brian W. Hussey, J. Electrochem. Soc., Vol. 136, No. 3, p665, 1989
10. Kenichi Iga, " Fundamental of Laser Optics", Plenum Press, 1994, p86