

CCl₂F₂ 가스분위기에서 집속레이저빔을 이용한 페라이트의 미세가공

이 경 철, 이 천
인하대학교 전기공학과

Microprocessing of Ferrite Using Focused Laser Beam in CCl₂F₂ Gas Atmosphere

Kyung-Cheol Lee, Cheon Lee
Dept. of Electrical Engineering, Inha Univ.

Abstract - A single crystal Mn-Zn ferrite was directly etched by focused Ar⁺ laser beam in CCl₂F₂ gas atmosphere. AES has been performed for locally investigating the surface composition of an etched layer. MnCl, ZnCl being created after the substrate and CCl₂F₂ chemically reacting was remained in the vicinity of laser irradiation area because of their low vapor pressure. Various patterns using computer were formed on the substrate. The etched grooves and patterned shapes were observed by SEM measurement.

이저 유도 열 화학 습식식각에 의해 Mn-Zn 페라이트를 미세가공하여, 10 μm 이하 선폭의 홈을 형성할 수 있는

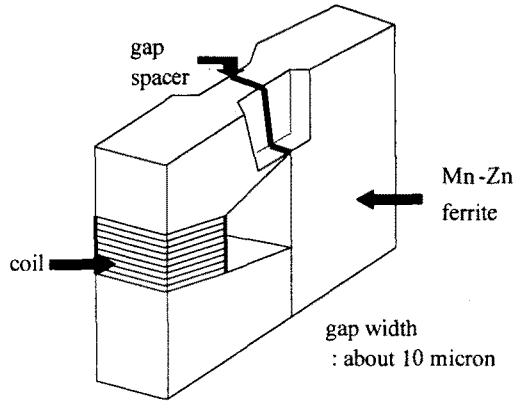


그림 1. 자기기록용 페라이트 헤드의 개략도

1. 서 론

레이저 유도 프로세스는 가공 재료의 표면 손상이 적고 공정이 간단하기 때문에 금속, 절연체, 반도체 혹은 유기재료 등의 미세가공에 많이 이용되고 있다.¹⁾⁻³⁾ 지금까지 VTR 용 자기헤드, FDD, HDD 용 헤드의 주 재료로 사용되는 페라이트의 미세가공은 기계적인 프로세스나 습식화학식각 (wet chemical etching) 을 이용하였으나, 자기기록용량의 증대에 따른 트랙 가공의 미세화, 고정밀화, 생산효율 향상 등이 문제가 되고있다. 또한 헤드 gap 부분에 특수 glass 가 있기 때문에 가공이 같은 속도로 진행되지 않는다. 이 때문에 gap 부분이 너무 깊게 에칭되어 고정밀도를 유지하는 것은 불가능하고 특히 재현성이 나쁘다.

그림 1은 자기헤드의 대략적인 그림이다. 자기 기록 매체의 성능을 향상시키기 위해서는 헤드의 gap 폭을 작게 하여 단위면적당 저장할 수 있는 비트 수를 많게 해야한다. 이와 같이 헤드의 폭이 점점 밀착되어 고정밀 가공이 요구되고 있지만 페라이트가 본래 깨지기 쉽고, 화학적인 반응성이 대단히 낮기 때문에 종래의 가공법으로는 한계가 발생하게 되었다.⁴⁾ 따라서 최근 종래의 가공법의 한계를 극복할 것으로 기대되는 집속 레이저빔에 의한 페라이트의 직접 식각에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

레이저 유도 식각에서의 레이저는 국소부분의 온도를 상승시켜 반응가스 혹은 반응용액과 시료와의 화학반응을 촉진시킨다. 식각이 진행되는 동안 국소부분의 온도 상승으로 야기되는 고속의 대류작용과 레이저빔의 주사로 인해 반응생성물은 식각되는 부분 주위로 이동하게 된다. 또한 레이저 유도 식각은 기관의 용점보다 낮은 온도에서 식각이 가능하기 때문에 온도에 의한 표면 손상이 작다. 본 연구에서는 CCl₂F₂ 가스 분위기에서 레

최적의 조건과 페라이트와 반응가스의 열화학적 반응에 의한 식각특성을 해석하고 시료 위에 여러 가지 패턴을 형성하였다.

2. 본 론

2.1 실험

식각율과 식각 균일성 및 자기 기록매체와 헤드의 접촉 문제되는 마모율은 페라이트의 결정방향에 크게 의존하기 때문에 본 실험에서는 수정된 Bridgmann 방법을 이용하여 제작된 (110) 결정방향의 Mn-Zn 페라이트 (MnO : ZnO : Fe₂O₃ = 29.5 : 18.5 : 52)를 사용하였다.⁵⁾

시료는 기본 진공도 10⁻³ Torr 인 진공용기 (vacuum chamber) 내의 시료 holder 위에 올려놓고 석영유리(quartz) 를 통해 레이저빔을 조사하였다. 시료 holder 와 진공용기는 내부식성이 강한 스테인레스 스틸(SUS304) 를 이용하여 제작하였다.

파장 514 nm 인 Ar⁺ 레이저를 N.A.(Numerical Aperture) 0.50, 초점깊이가 2.50 인 현미경 대물렌즈로 0.67 μm (at 1/e intensity) 로 집속하였다.

3축으로 이동 가능한 X-Y-Z 스테이지와 컨트롤러를 컴퓨터를 이용하여 주사함으로써 다양한 패턴의 홈을 형성시켰다.

진공용기 내에 흘러 들어가는 CCl₂F₂ 가스의 주입량을 미세조정하기 위해 needle valve (valve 3) 와

MFC(Mass Flow Controller) 를 사용하여 제어하였다. 레이저빔의 출력은 100~1000 mW 로 변화를 두고 실험하였고 반응가스압은 250 mbar (187.5 Torr)에서 1000 mbar (750 Torr) 까지 변화시켜가며 실험하였다.

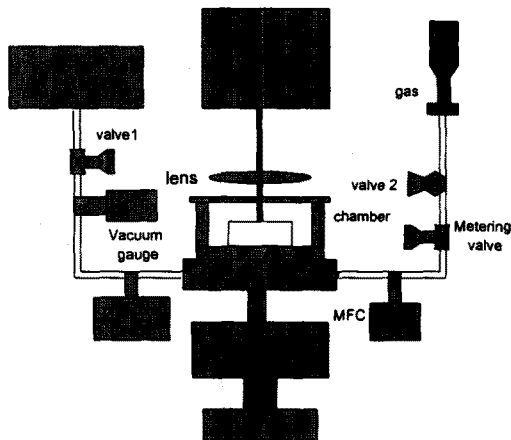


그림 2. 레이저 유도 건식식각 장치의 개략도

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 AES 분석결과 와 반응메카니즘

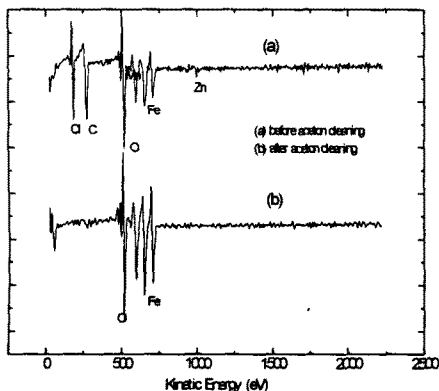


그림 3. 단결정 Mn-Zn 페라이트의 레이저유도 식각후 표면의 Auger 스펙트럼
: (a) 아세톤 세척 전 (b) 아세톤 세척 후

Auger 측정 결과 식각된 홈의 주변에 쌓인 반응퇴적물은 금속이온과 chlorine 의 화합물 ($MnCl_2$, $ZnCl_2$) 이며 fluorine의 값은 검출되지 않았다. 탄소와 chlorine의 결합에너지는 117.0 kcal/mol (5.08 eV) 이고, 탄소와 fluorine은 78.1 kcal/mol (3.39 eV) 이다. 따라서 레이저빔이 조사되면 CCl_2F_2 반응가스 중 chlorine 이 열적으로 더 쉽게 분해되어 기관의 MnO , ZnO , Fe_2O_3 분자들과 화학 반응을 통해 식각이 이루어진다. 또한 본 실험에 사용한 514 nm 의 Ar^+ 레이저의 광자에 의해 CCl_2F_2 분자는 해리될 수 없다. 따라서 CCl_2F_2 분위기에서 Ar^+ 레이저에 의한 Mn-Zn 페라이트 식각반응은 열화학적 반응에 의한 것이다. 산소 peak 가 반응생성물에 나타나는 것은 식각반응이

주로 화학적인 것을 나타낸다. 아세톤 세척후 chlorine peak가 사라진 것은 금속과 chlorine 이 반응하여 생성된 화합물이 아세톤 용액에 모두 용해되어 제거되었기 때문이다.

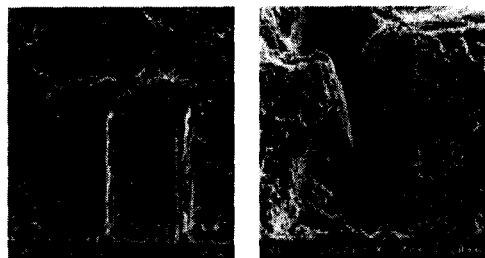
2.2.2 CCl_2F_2 가스 분위기에서 레이저 유도 건식 식각특성

레이저 유도 습식식각의 반응용액의 농도의존성을 살펴본 결과 수소 반응기가 많은 고농도의 인산수용액에서 더 깊은 홈을 얻을 수 있었는데 건식식각의 경우에도 반응가스압이 높을수록 종횡비가 큰 홈을 얻을 수 있었다.

식각 후 홈의 깊이가 현미경의 대물렌즈의 초점깊이 보다 최소 수배 최대 수백배 차이가 날 수 있는 이유는 홈의 벽면을 따라 빔이 이동하는 light-guiding 효과에 의한 것이다.

레이저 출력치 100 mW, 주사속도 10 μm , 반응가스압 400 mbar(300 Torr) 에서 Mn-Zn 페라이트를 레이저 유도 건식식각하여 3.4 μm 선 폭을 갖는 연속적인 홈을 형성할 수 있었다.

그림 4(a)는 레이저 유도 열화학 반응을 이용하여 형성한 자기헤드의 구조이고 그림 4(b)는 타원으로 표시된 중앙 막대부를 다시 가공하여 갭을 형성한 것이다.



(a) (b)

그림 4. 레이저 유도 열화학 반응에 의해 제작된 자기헤드 구조(a) 와 gap 의 형성

: 레이저 출력 300 mW, 주사속도 20 μm , 반응 가스압 250 mbar (187.5 Torr)

3. 결 론

CCl_2F_2 가스 분위기에서 레이저 유도 건식식각을 수행하여 선폭 3.4 μm , 최대 3.4 의 종횡비(식각된 홈의 깊이/식각된 홈의 넓이)를 갖는 홈을 형성하였다. 반응퇴적물은 주로 페라이트 금속과 chlorine 의 반응에 의해 형성되고 이러한 반응퇴적물은 아세톤용액에서 초음파 세척을 통해 제거가 가능하다는 것을 AES 분석을 통해 확인할 수 있었다. 또한 레이저를 이용하여 간단한 헤드 구조를 형성한 후 수 μm 선 폭의 갭을 실현하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] Kurt E. Petersen, " Silicon as a Mechanical material ", IEEE, Vol 70, No. 5, p420, 1982
- [2] W.Westlake, M. Heinz "Substrate selective deposition and etching of silicon thin film ", J.Appl.Phys., 77(2), p879, 1995
- [3] Michael Bass, "Laser materials processing",

North-Holland publishing company, p339-400, 1983

[4] D. W. Johnson, Jr., E. M. Vogel, "Recent Progress on Mechanical Properties of Ferrites", Proceeding of International Conference Japan, p285,1980

[5] M. Ichinose, M. Aronoff, " Single-Crystal Ferrite Technology for Monolithic Disk Head " , IEEE, Vol. 26, No. 6, p2972-2977,1990