

미세구조 MTJ 소자 제작 및 특성측정

한국표준과학연구원 : 나필선, 우병철, 김진태, 김진희\*  
충남대학교 : 김효진

Fabrication and Characterization of Micro-structured MTJ Device

KRISS : P. S. Na, B. C. Woo, Jin-Tae Kim, Jinhee Kim\*  
Chungnam National University : H. J. Kim

1. 서론

자기 터널링 접합(Magneto-Tunneling Junction, MTJ)을 자기 메모리(Magnetic Random Access Memory, MRAM) 및 자기 기록헤드 등의 소자로 활용하기 위해서는, 접합 크기를 최소화하기 위한 공정 개발이 요구되며 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>1,2</sup> 본 연구는 전자빔 묘사(e-beam lithography) 와 ion milling을 이용하여, self-aligned 방법으로 전극을 형성한, 접합 크기가  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 인 MTJ 소자의 제작과정과 그 특성에 관한 것이다.

2. 실험 방법

본 실험에서 사용한 MTJ 박막은 실리콘 기판 위에  $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{NiFe}/\text{CoFe}/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CoFe}/\text{IrMn}/\text{Ta}$ 의 다층구조로 구성 되어있다. MTJ 소자를 제작한 일련의 공정 개요도를 그림 1에 나타내었다. 그림 1의 (a)와 같이 광 묘사(photo lithography, PL) 로 하부 전극을 형상화하고, (b)와 같이 전자빔 묘사(e-beam lithography, EL)로 크기가  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 인 접합부 island를 형성하였다. 형상가공은 ion milling을 이용하여 수행하였다. (c)와 같이  $\text{SiO}_2$ 를 RF-sputter로 증착하여 절연층을 형성하고, 접합부의 절연층을 lift-off 공정으로 제거하고 전극을 형성하는 self-aligned 방법을 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림2는 상부 전극을 형성기 직전의 MTJ 소자 접합부의 전자현미경 사진이다.  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$  크기의 정사각형 접합부가 잘 형상화되었음을 알 수 있다. 제작된 MTJ 소자의 외부 인가자장에 대한 MR 특성을 측정한 결과는 그림 3과 같으며, 이는 열처리 등의 후 처리 공정을 거치

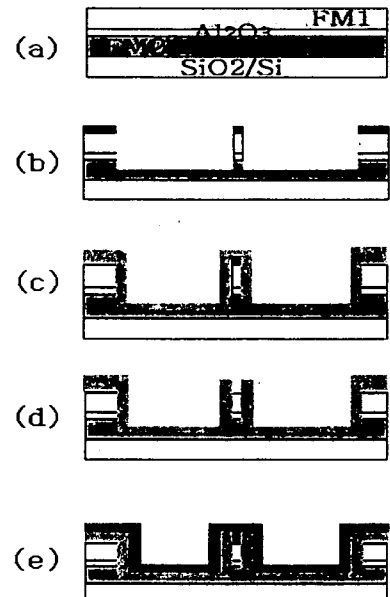


Fig. 1. Fabrication process of (a) base patterning(PL), (b) junction patterning(EL), (c) insulator deposition, (d) lift-off, and (e) top electrode patterning.

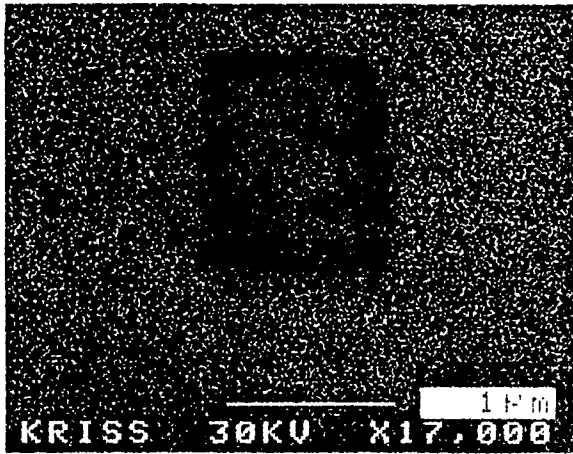


Fig. 2. SEM image of the fabricated MTJ device with the junction size of  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ .

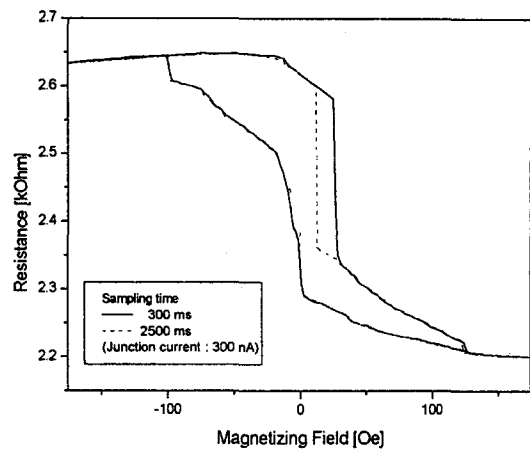


Fig. 3. Measured magnetoresistance as a function of applied magnetic field.

지 않은 상태로 측정된 값이다. 제작된 소자의 접합 면적과 저항의 곱으로 주어지는 접합 비저항 (junction resistivity,  $\rho_s$ )은  $2.5 \text{ k}\Omega\mu\text{m}^2$ , 두 자성층의 스핀 방향이 평행할 때 접합 저항은  $R_p = 2.2 \text{ k}\Omega$ , 그리고 MR 비는 20% 정도임을 알 수 있다. 한편 동일한 MTJ 박막으로 EL 대신 PL을 사용하고 기타 같은 공정을 거쳐 제작한 접합 크기가  $10 \times 20 \mu\text{m}^2$ 인 MTJ 소자의 특성은,  $\rho_s = 1.9 \text{ k}\Omega\mu\text{m}^2$ ,  $R_p = 9.6 \Omega$ , 그리고 MR 비는 12% 정도였다.

두 방법으로 제작한 크기에 따른 MTJ 소자의 접합 단위 면적당 저항은 큰 차이를 보이지 않으나, MR 비는 상당한 차이를 나타내었다. 또한 그림 3에서 보는 바와 같이 MR 곡선은 비대칭적인 특성을 나타내고, 측정 시간에 따라서 상당한 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이러한 현상은 ion-milling시 발생하는 접합부 측면의 제반 현상에 기인하는 것으로 여겨진다. RTA(rapid thermal annealing) 및 자장 증열처리 등과 같은 후처리 공정을 통하여 MR 특성을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결론

터널링 자기저항 박막을 전자빔 묘사 및 ion milling 식각과 self-aligned 방법으로 전극을 형성하는 기술 등을 이용하여  $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 의 접합 크기를 지닌 MTJ 소자 제작공정을 확립하였다. 이러한 공정 기술은 sub- $\mu\text{m}$  크기의 MTJ 제작을 요구하는 고집적 자기 메모리 및 자기기록 헤드 등의 개발에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

#### 5. 참고문헌

- [1] W. J. Gallagher, *et al.*, J. Appl. Phys., 81(8), 3741(1997).
- [2] J. J. M. Ruigrok, *et al.*, J. Appl. Phys., 87(9), 5398(2000).