

**Q-12**

## 스핀 터널링 접합에서 열처리 온도에 따른 자기적 특성 변화

승실대학교 강재구\*, 박승영, 최연봉, 조순철

### Variations of magnetic characteristics of spin tunneling junctions with annealing temperature

Soongsil University J. Kang\*, S. Park, Y. Choi, S. Jo

#### 1. 서론

TMR 현상은 20 % 이상의 높은 자기저항비와 작은 포화자계 등 다른 자기저항 재료보다 우수한 특성이 있다. 이러한 우수한 특성 때문에 최근에는 자기헤드, 자기센서와 MRAM 등의 소자응용에 많은 연구가 이루어지고 있다. 이러한 소자 제조과정에는 온도 변화에 따른 소자의 특성 변화가 발생할 수 있다. 따라서 열적 안정도와 온도효과에 따른 접합에서의 특성 변화등이 활발히 연구되고 있다[1,2,3,4].

본 연구에서는 substrate/Ta(50 Å)/NiFe(110 Å)/FeMn(150 Å)/NiFe(60 Å)/CoFe(20 Å)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(16 Å)/CoFe(20 Å)/NiFe(450 Å) 구조에서 진공 중 열처리를 하여 온도에 따른 특성변화를 연구하였다.

#### 2. 실험방법

Perkin-Elmer 2400 스퍼터 장비(4 inch 타겟 5 개 장착)를 사용하여 초기 진공도  $4.0 \times 10^{-7}$  Torr 이하에서 DC 마그네트론 방법으로 터널링 접합을 증착하였다. 기판은 2,000 Å 두께의 산화막이 존재하는 Si 웨이퍼를 1 inch × 1 inch 크기로 잘라 사용하였다. 기판주위에는 영구자석을 배치하여 박막의 이방성을 형성시켰다. 터널링 접합은 금속마스크를 사용하여 십자형으로 형성하였으며 접합부분의 크기는  $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ ,  $200\mu\text{m} \times 1,000\mu\text{m}$ ,  $1,000\mu\text{m} \times 1,000\mu\text{m}$  이다. 이중  $200\mu\text{m} \times 1,000\mu\text{m}$  영역은 긴축이 외부자장과 나란한 경우와 수직인 경우 두 가지가 있으며 이 네가지 구조가 하나의 기판위에 증착할 수 있도록 고안하였다. 열처리는 스퍼터 내부에 장착되어 있는 가열기를 이용하였고 온도는 80℃, 120℃, 150℃, 180℃ 까지 변화를 주었다. 이때에 시편 주위에 영구자석을 배치하여 약 250 Oe 의 자장을 박막 증착시 가해진 방향으로 인가하였다. 열처리시간은 1 시간이었고 실온까지 서서히 냉각 한 후 4 탐침법을 이용하여 자기저항비를 측정하였다.

#### 3. 실험결과 및 고찰

열처리 과정 중  $200\mu\text{m} \times 1,000\mu\text{m}$  영역에서만 180℃ 까지 자기적 특성을 측정할 수 있었고 나머지 크기의 영역에서는 전과정에서 이미 터널 접합구조가 파괴되어 측정이 불가능하게 되었다. Fig. 1 은  $200\mu\text{m} \times 1,000\mu\text{m}$  크기의 접합 영역에서 열처리 온도 변화에 따른 자기저항비 변화의 결과이다. 열처리 전 21.2 % 의 자기저항비가 180 ℃ 열처리 후 15.9 % 까지 감소하였으며 Fig. 2 는 본 연구에서 열처리한 접합 구조에서 측정한 자기저항비를 전체적으로 나타낸 것이다. Fig. 2 에서 볼 수 있듯이 열처리 온도가 증

가함에 따라 자기저항비는 서서히 감소하다가 180 °C 에서 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다. Fig. 3 은 열처리 온도 변화에 따른  $H_{ex}$  값의 변화의 결과이다. 열처리 전 50 Oe 에서 점차 증가하여 180 °C 열처리 후 78.9 Oe 까지 증가하는 것을 볼 수 있다. Fig. 4 는 열처리 온도에 따른 터널링 접합 구조에서 자유층과 고착층의 스핀 배열이 평행일 경우와 반 평행일 경우의 저항차이다. 온도가 증가함에 따라 열처리 전 약 500  $\Omega$  정도의 저항값이 180 °C 열처리 후 점차 증가하여 2,000  $\Omega$  이상까지 증가함을 볼 수 있다.

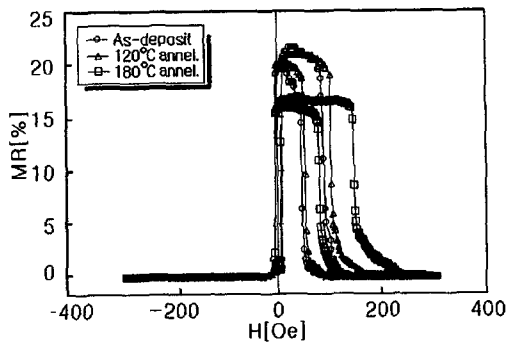


Fig. 1. RH curves at various annealing temperatures.

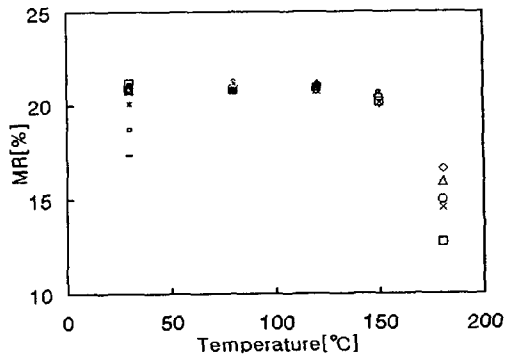


Fig. 2. Annealing temperature dependence of TMR.

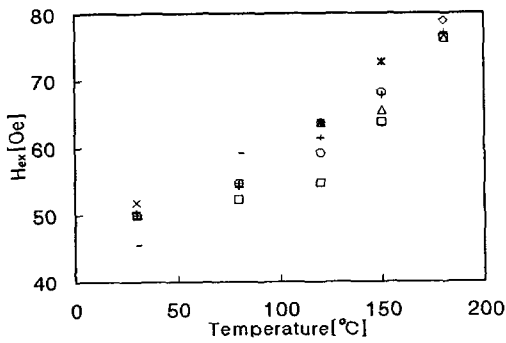


Fig. 3. Annealing temperature dependence of  $H_{ex}$ .

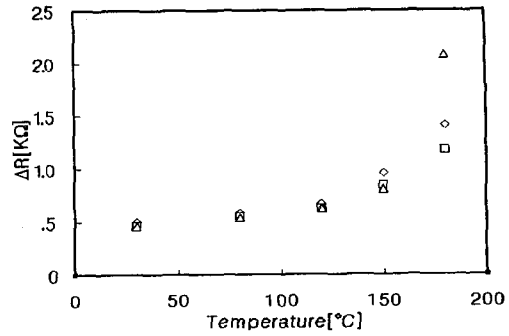


Fig. 4. Annealing temperature dependence of  $\Delta R$  ( $R_{max} - R_{min}$ ).

#### 4. 참고문헌

- [1] S. Kumagai, N. Tezuka, and T. Miyazaki, *Jpn. J. Appl. Phys*, 36, L1498 (1997).
- [2] G. Choe, and S. Gupta, *Appl. Phys. Lett*, 70(13), 1766 (1997).
- [3] M. Sato, H. Kikuchi, and K. Kobayashi, *J. Appl. Phys*, 83(11), 6691 (1998).
- [4] R. C. Sousa, J. J. Sun, V. Soares, and P. P. Freitas, *J. Appl. Phys*, 85(8), 5258 (1999).