

Q-13**자기교환결합 터널 접합을 이용한 MRAM 동작 특성**

충실대학교 전자공학과 박승영*, 강재구, 최연봉, 조순철

Characteristics of MRAM operation utilizing exchange biased tunnel junctions

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

1. 서론

MTJ(magnetic tunnel junction)의 저항은 두 개의 FM(ferromagnetic) 층의 상대적인 자화 방향에 의존성을 갖으며 이러한 층들의 자기 모멘트가 다른 한 층과 평행할 때에 낮은 저항을 갖고 평행하지 않을 때에 높은 저항을 갖는다[1]. 저항의 높낮이는 MR 비로 정의되는 낮은 저항 값에 의해 결정되며 이는 출력 신호전압에 비례한다[2][3]. 특별히 유용한 MTJ 구조는 AFM(antiferromagnetic) 층의 교환 결합에 의해 하나의 FM 층이 고착되는 것이다. 이러한 구조에서는 AFM 층이 없는 구조에 비해 출력 신호 전압의 민감도의 향상과 이에 따른 판독 접근시간을 줄일 수 있는 장점을 지닌다[1][4].

2. 실험방법

터널 접합 제조를 위해 Perkin Elmer 2400 스퍼터 장비를 사용하여 초기 진공도 4×10^{-7} Torr이하에서 DC 마그네트론 방법으로 터널 접합을 증착하였다. 기판은 산화막이 2,000Å인 Si(111) 웨이퍼를 사용하였다. 기판 주위에는 영구자석을 이용하여 박막의 자기 이방성을 형성시켰다. 박막은 substrate/Ta(50Å)/NiFe(110Å)/FeMn(150Å)/NiFe(60Å)/CoFe(20Å)/Al₂O₃(16Å)/CoFe(20Å)/NiFe(450Å) 구조로 증착하였다. 금속 마스크를 사용하여 200 μ m \times 200 μ m, 200 μ m \times 1,000 μ m, 1,000 μ m \times 200 μ m, 1,000 μ m \times 1,000 μ m의 서로 다른 면적을 갖는 2 \times 2구조의 시편을 제조하였다. 자기저항은 사탐침법으로 측정하였으며 이때 자장은 ± 300 Oe 까지 가하면서 측정하였다. MRAM 동작 특성을 측정하기 위해 진폭, 주파수 그리고 DC offset을 정밀제어 할 수 있는 발진회로와 코일을 본 연구실에서 제작하여 사용하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

구형과 응답 특성을 해석하기 위해 제조한 시편의 자기저항비 곡선과 top layer와 bottom layer의 자화 방향을 그림 1(a)와 같이 표시하였다. 그림 1(b) 낮은 자장에서의 자기저항비 곡선을 더욱 자세히 나타낸 것이다. 자장이 0 Oe인 점에서 자기저항의 높고 낮음이 뚜렷이 구분된다. 이는 MRAM으로의 동작을 위한 가장 중요한 요소로 작용한다[4]. 그림 2는 구형과 자장에서 시편의 응답 특성을 나타낸 그림이다. 그림 2(a)가 정보를 기록하는 자장이라고 할 때 이에 대한 기록 매체의 추종성을 그림 2(b)에서 보여준다. 그림3은 기록한 정보가 저장되는 모습을 나타낸 그림이다. 그림 3(a)는 양 또는 음의 극에서 0 Oe로 돌아오는 자장의 파형이고 그림 3(b)는 이에 대한 응답 특성을 나타낸 그림으로 0 Oe에서 디지털 정보를 저장하고 있는 모습을 나타내고 있다.

4. 결론

제조한 시편의 자기저항 변화율이 24.3%로 높은 변화율을 보여 약 10 mV의 전압 변동분을 얻을 수 있었다. 현재 상용화된 고속 IC의 경우 전원 전압이 2.5V 이하에 디지털 데이터 "0" 과 "1"의 임계값으로 500mV 이하를 갖는다. 이를 고려할 때에 본 연구에 사용된 시편의 경우 말단에 schmitt-trigger inverter buffer등과 결합할 경우 모든 TTL, CMOS 등의 로직과 결합할 수 있는 신호 품질을 지닐 수 있다. 그리고 FM layer가 없는 시편에 비해 8.57%/Oe로 높은 자장 민감도를 보임으로써 매우 빠른 접근 속도를 가지리라 예상된다.

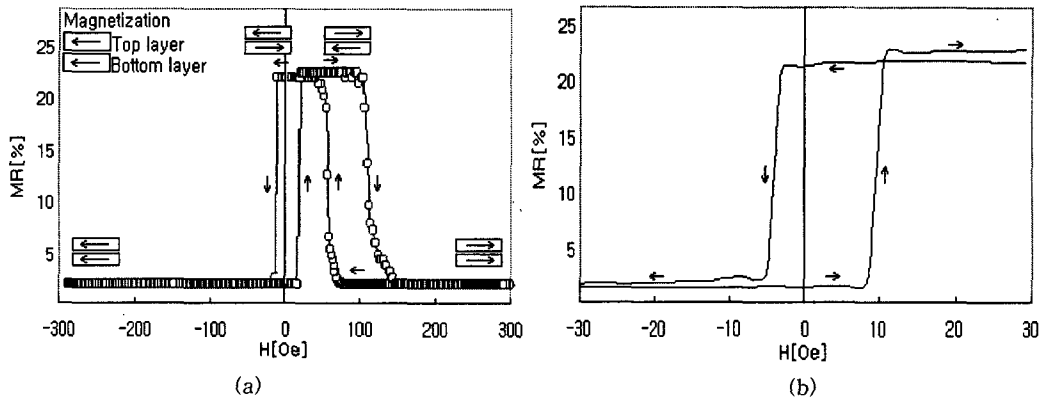


Fig. 1. (a) MR change curve of Si/Ta(50 Å)/NiFe(110 Å)/FeMn(150 Å)/NiFe(60 Å)/CoFe(20 Å)/Al₂O₃(16 Å)/CoFe(20 Å)/NiFe(450 Å) structure
(b) low field MR change curve.

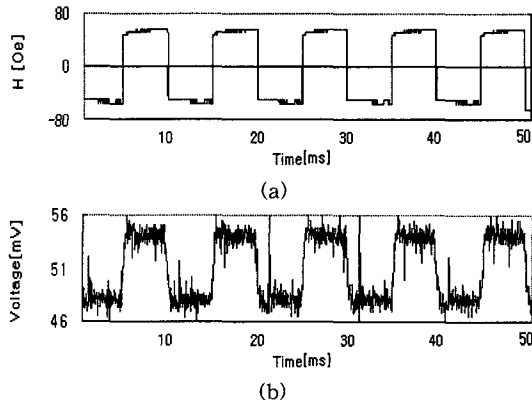


Fig. 2. (a) Applied square magnetic field and
(b) output voltage of a MTJ device.

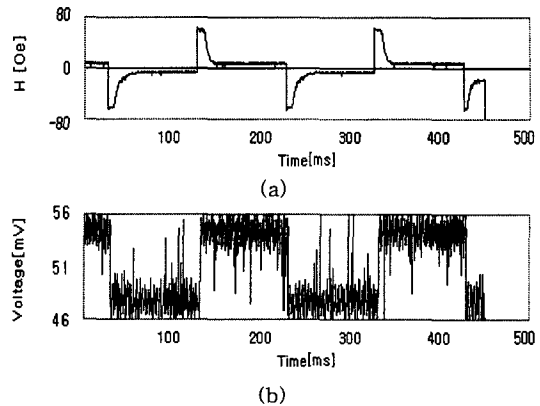


Fig. 3. (a) Applied decaying magnetic field and
(b) output voltage of a MTJ device.

5. 참고문헌

- [1] S.S.P. Parkin, 1999 Digests of Intermag 99, GA-01, (1999).
- [2] Z. Wang and Y. Nakamura, IEEE Trans. on Mag., 32(5), 4002(1996).
- [3] 박승영, 최연봉, 조순철, 하계종합학술대회 논문집, 22(1), 950(1999).
- [4] S. Park, Y. Choi, J. Kang and S. Jo, 7th KCS'00(The 7th Korean Conference on Semiconductor), 359(2000)