

터널링 자기저항소자의 접합면 정전용량에 의한 응답특성

숭실대학교 박승영*, 강재구, 최연봉, 조순철

Junction capacitance dependence of response time
for magnetic tunnel junction

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

1. 서론

최근 활발히 연구되고 있는 MRAM 재료로 가장 주목받고 있는 것은 전자의 터널링 효과를 이용한 터널링 자기저항 재료이다[1]. 그러나 터널링 자기저항소자의 높은 접합저항은 출력은 크지만 접합면의 정전용량에 비례하여 응답지연시간을 크게 하며, 이는 전체적으로 MRAM의 동작시간을 느리게 하는 것이 문제점으로 지적되고 있다. 반면 접합저항이 너무 작아지면 출력전압이 너무 작아져 신호대 잡음비를 나쁘게 만든다[2]. 따라서 접합저항과 출력전압 그리고 응답시간 등을 모두 고려하여 적절한 조건을 찾기 위한 연구가 진행되고 있다[3].

따라서 본 연구에서는 출력전압을 크게 가질 수 있는 높은 저항의 시편을 수동소자로 모델링하고, 1Mhz 이상의 전기적 신호에 대한 응답특성을 측정하여 그 결과들을 비교하였다. 그리고 시편에 정전용량이 존재하는지의 여부를 알아보기 위한 측정을 실시하였고, 그 용량을 계산하였다. 또한 10^{10} 이상의 전기적 switching 후에 얻은 자기저항비와 초기의 자기저항비를 비교하여 터널링 자기저항소자의 신뢰도를 알아보았으며 이러한 결과를 바탕으로 터널링 자기저항소자의 성능을 향상시킬 수 있는 방법에 대하여 고찰하였다.

2. 실험방법

Substrate/Ta/NiFe/FeMn/NiFe/CoFe/Al₂O₃/CoFe/NiFe의 구조를 갖는 시편에서 시정수(τ ; time constant)에 의한 영향이 얼마 만큼인지 알아보기 위해 그림 1 과 같이 최대 진폭이 1V인 1MHz ~ 5MHz의 양극성 구형파를 터널링 자기저항소자에 입력하였다. 그림 2 와 같은 출력파형은 digital oscilloscope를 이용하여 관찰하였고 이를 근거로 시정수를 구하였다. 특히 도선의 저항 유무에 따른 응답특성의 차이를 관찰하기 위해 그림 1 에 숫자로 표시된 여러 측정 지점에서 측정을 실시하였다. 그리고 Pspice를 이용하여 소자를 수동소자의 등가회로로 모델링하였다. 내구성과 재현성 여부를 알아보기 위하여 그림 3 과 같이 증착 직후와 10^{10} 회 이상의 전기적 switching 후에 자기저항 곡선을 측정하여 비교하였다.

3. 실험결과 및 고찰

제조된 터널링 자기저항 소자는 접촉단자 면에 양극성 구형파를 인가하였을 때 측정 부위에 따라 도선의 저항과 접합면 정전 용량의 곱에 의존하는 곡선의 기울기를 갖는 응답특성을 보였다. 시정수를 계산한 결과 표 1 과 같은 결과를 구할 수 있었으며, 이를 기초로 모델링 조건을 측정 결과에 근접시키는

방법으로 단위 μm^2 당 $2.25 \times 10^{-15}\text{F}$ 의 정전용량이 존재함을 알아낼 수 있었다.

바닥층과 위층의 저항을 10Ω 정도로 하였을 때 20ns 전후의 매우 짧아진 시정수를 보임을 관찰하였다. 따라서 우리가 원하는 MRAM의 접근시간을 얻기 위해서는 시정수를 최소화하여야 하는데, 이는 도선의 저항을 최소화함은 물론 접합면을 통과하는 저항 또한 가능한 작게 함으로써 얻어질 수 있다.

그림 3은 as-deposited 결과와 10^{10} 이상의 전기적 switching 후의 결과를 비교한 것으로 자기저항비 측면에서는 비슷한 거동을 나타내었으나 시편의 저항은 0 Oe 부근에서 6 k Ω 이상 증가하였다. 이는 MRAM이 자기저항 소자의 저항을 감지하여 정보를 출력한다는 사실을 감안할 때 재현성에 있어서는 앞으로도 많은 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- [1] S.S.P.Parkin, et. al, J. Appl. Phys., **85**, 5828 (1999)
- [2] R. Coehoorn, S. R. Cumpson, J. J. M. Ruigrok, and P. Hidding, IEEE Trans. Magn. **35**, 2586(1999)
- [3] Kyusik Sin, Chester Chien, Lena Miloslavsky, Hua-Ching Tong and Subhadra Gupta, Intermag 2000, DS-05 (2000)

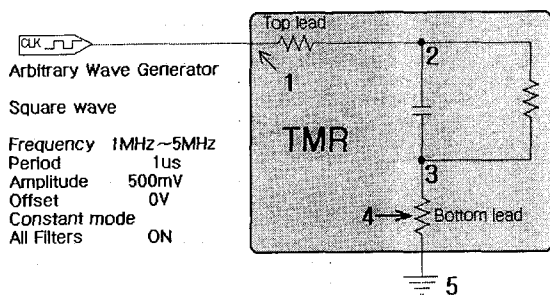


Fig. 1 Test parameters and simple equivalent circuit of tunneling magnetoresistance samples

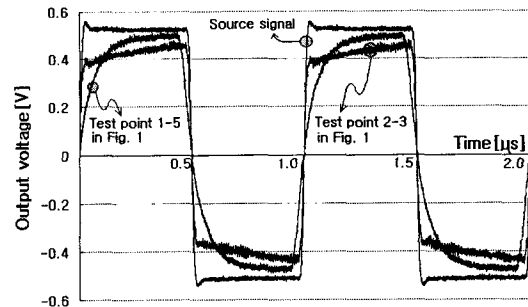


Fig. 2 Wave forms of source and various test point in Fig. 1

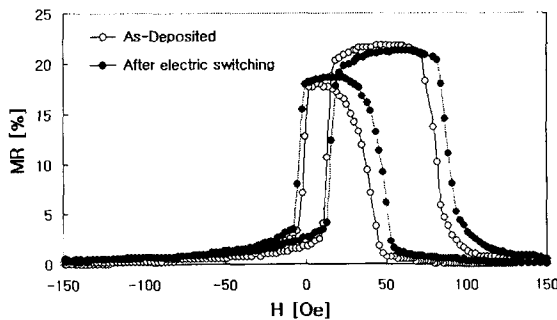


Fig. 3 As-deposited vs. after electric switching over 10^{10} times MR-H graphs

test point	Cell size		τ
	top	bottom	
2 - 3	200 μm	200 μm	20.0 ns
1 - 5	200 μm	200 μm	74.0 ns
1 - 5	200 μm	1000 μm	87.4 ns
1 - 5	1000 μm	200 μm	86.6 ns
1 - 5	1000 μm	1000 μm	68.9 ns

Table 1. Time constant(τ) of each cell