

**Co/Pd 수직자화 다층박막을 이용한 자기터널접합의  
다층구조 변화에 따른 자기저항 특성 변화**  
(**Magnetoresistance behavior of perpendicularly magnetized MTJ  
based on Co/Pd multilayers**)

\*임동원<sup>1</sup>, 김성동<sup>2</sup>, 이성래<sup>1</sup>

<sup>1</sup>고려대학교 공과대학 신소재공학과, 서울특별시 성북구 안암동 5-1, 136-701

<sup>2</sup>Storage Lab., 경기도 용인시 기흥읍 삼성종합기술원, 449-711

## 1. 서론

자기터널접합(Magnetic Tunnel Junction, MTJ)은 HDD의 헤드 및 비휘발성 메모리인 Magnetoresistive Random Access Memory(MRAM) 등의 자기저항 특성을 이용하는 소자에 응용하기 위해 많은 연구가 이루어지고 있다. 현재까지의 연구는 대부분 수평자성체를 이용하여 이루어졌으나 소자 크기를 줄였을 때 vortex 자화의 형성, 스위칭 특성 확보를 위한 작은 형상비로 인하여 기록 밀도 향상에 어려움이 있었다. 하지만 수직자성체에서는 소자 크기가 작아졌을 때도 수평자성체에서 나타나는 문제점이 나타나지 않는 것으로 보고되었으며 이를 이용해 자기터널접합소자를 제작하려는 시도가 있었다[1-2]. 본 연구에서는 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여  $\text{SiO}_2/\text{Pd } X/(\text{Co } 2/\text{Pd } 7)_n/\text{Co } Y/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 3/(\text{Pd } 7/\text{Co } 2)_3/\text{Pd } 20$  (Å) 구조를 가지는 자기터널접합을 제작하고 자기적 성질을 연구하였다. 터널배리어와 접하고 있는 Co의 두께는 수직이방성을 유지하는 범위내에서 충분히 두꺼울 때 터널링자기저항을 측정할 수 있었다. Bilayer 수는 3일 때 최대 자기저항비를 나타내었으며 그 수가 증가하면서 저항과 비저항차는 지속적으로 증가하였다. Bilayer 수가 증가하면서 불완전한 계면구조 및 체적증가에 의한 열적교란의 감소로 수직이방성이 증가하여[3] 자기저항비는 증가하나 계면 수가 많아지게 되면 계면에서 전자의 산란과 Pd에 의한 스핀분극의 감소로 TMR이 감소하고 저항은 증가한다. 하지층 두께 증가는 표면조도를 향상시켜 자기저항이 증가하였으며 전체 박막의 체적증가로 인하여 온도의존성이 감소하였다.

## 2. 실험방법

DC 및 RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로  $\text{SiO}_2/\text{Pd } X/(\text{Co } 2/\text{Pd } 7)_n/\text{Co } Y/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 3/(\text{Pd } 7/\text{Co } 2)_3/\text{Pd } 20$  (Å) 구조를 가진 자기터널접합을 제작하였다. 하지층은 70 Å과 100 Å로, Co/Pd의 bilayer 수는 1~5까지 변화시켰으며 산화층과 접하는 Co 두께는 2~7 Å범위에서 변화시켰다. Al 산화층은 플라즈마 산화법을 이용하였다. 접합 면적은  $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ 이며 shadow mask를 이용하여 자기터널접합을 제작하였다. Four point probe를 이용하여 자기 및 자기저항 특성을 분석하였다. 자기저항의 온도의존특성 분석은 시편의 온도를 10 K로 내린 후 300 K까지 온도를 상승시키면서 자기저항비의 변화를 관찰하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은  $\text{SiO}_2/\text{Pd } 70/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_n/\text{Co } 5/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 5/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_3/\text{Pd } 20$  (Å) 구조에서 bottom layer의 bilayer 수 변화에 따른 TMR, 저항, 비저항차의 변화이다. Bilayer의 수가 3일 때 TMR은 7.2%로 최대를 보이며 bilayer 수가 증가하면서 저항과 비저항차는 지속적으로 증가하고 있다. Bilayer 수가 증가하면서 불완전한 계면구조 및 체적증가에 의한 열적교란의 감소로 수직이방성이 증가하여[3] 자기저항비는 증가하나 계면 수가 많아지게 되면 계면에서 전자의 산란과 Pd에 의한 스핀분극의 감소로 TMR이 감소하고 저항은 증가한다.

Fig. 2는  $\text{SiO}_2/\text{Pd } 70/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_3/\text{Co } Y/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 5/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_3/\text{Pd } 20$  (Å) 구조에서 Co 두께에 따른 TMR, 저항, 비저항차의 변화를 나타내고 있다. Co 두께가 2 Å에서 6 Å으로 증가함에 따라 자기저항비는 증가하며 7 Å 이상에서는 감소하였다. Co 두께가 2 Å일 때 자기저항비가 나타나지 않는 것은 산화층 형성 시 인접하고 있는 Co의 산화로 스핀의존터널링이 일어날 수 없기 때문이며 6 Å 이상에서는 수직이방성의 감소로 인하여 TMR이 감소한다.

Fig. 3은  $\text{SiO}_2/\text{Pd } X/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_3/\text{Co } 5/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 5/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_3/\text{Pd } 20$  (Å) 구조에서 온도가 10 K부터 300 K까지 온도 상승할 때 자기저항비의 변화이다. 하지층 두께가 70 Å인 경우 10 K에서 300 K로 온도가 변화할 때 자기저항비는 20.6%에서 5.5%로 감소한 반면 100 Å일 경우

23.6 %에서 17.1 %로 변화하여 하지층의 두께가 두꺼울 때 더 낮은 온도 의존성을 나타내었다. 0 K에서의 스핀분극도는 하지층이 70 Å인 경우 20.9 %, 100 Å인 경우는 24.7 %로 하지층이 두꺼워질 때 스핀분극도는 증가하였다. Co/Pd 다층구조에 구조적, 자기적으로 크게 영향을 미치는 하지층이 충분히 두꺼워졌을 때 다층구조의 수직이방성이 커지고 계면 상태가 좋아지며 열적 교란이 작아져 스핀분극도가 높아지고 자기저항비가 증가한다.

#### 4. 결론

수직자성체인 Co/Pd 다층박막을 이용하여 자기터널접합을 제작하였다. Co/Pd를 이용한 수직자기터널접합은 bilayer 수, Co 두께, 하지층 두께와 같은 다층구조의 변화에 따라 자기저항비, 저항, 스핀분극도가 크게 변화하며 그 원인은 계면에서의 전자의 산란, 열적 교란 효과, 수직이방성이다.

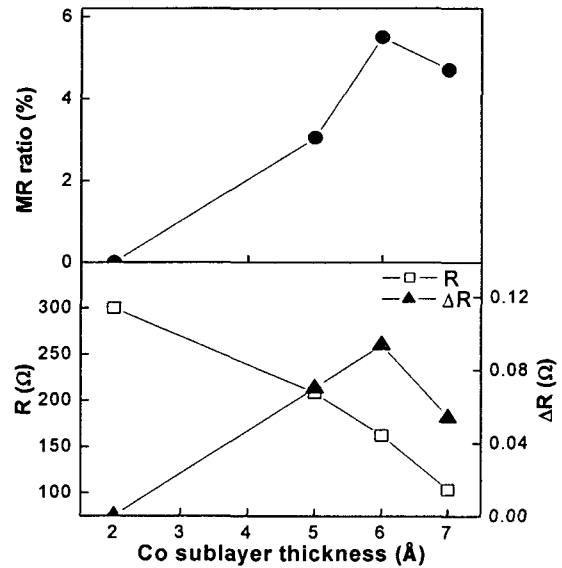
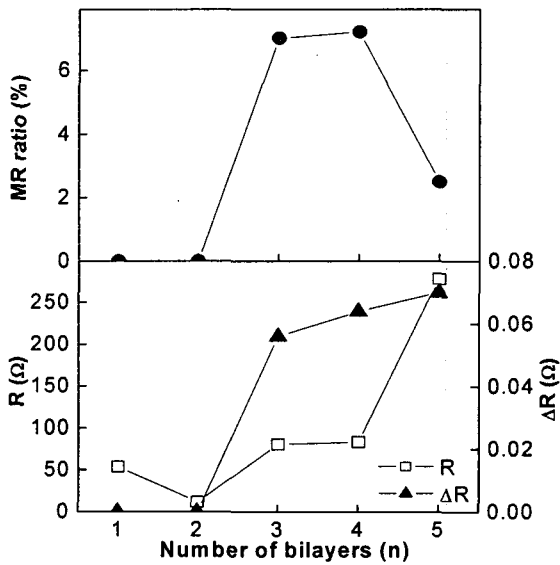


Fig. 1. TMR ratio, R and  $\Delta R$  change of  $\text{SiO}_2/\text{Pd } 70/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_n/\text{Co } 5/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 5/[\text{Co } 2/\text{Pd } 7]_3/\text{Pd } 20$  (Å) as a function of number of bilayers.

Fig. 2. Dependence of TMR ratio, R and  $\Delta R$  change of  $\text{SiO}_2/\text{Pd } 70/[\text{Co } 2/\text{Pd } 9]_3/\text{Co } Y/\text{Al } 16/\text{Oxidation}/\text{Co } 3/[\text{Co } 2/\text{Pd } 9]_3/\text{Pd } 20$  (Å) as a function of Co thickness adjacent to  $\text{AlO}_x$  in bottom layer.

#### 5. 참고문헌

- [1] N. Nishimura, T. Hirai et al., J. Appl. Phys., 91, 5246 (2002).
- [2] F. Garcia, F. Fettar et al., J. Appl. Phys., 93, 8397 (2003).
- [3] Yong-Seon Park and Seong-Rae Lee, Korean Appl. Phys., 6, 244 (1993).