

## Magnetic tunnel junctions with thin free layer

한국과학기술원

임 우 창\*, 박 병 국, 배 지 영, 이 택 동

### 1. 서론

Magnetic tunnel junctions은 최근 자기저항용 재료나 MRAM용 소자로 사용하기 위한 연구가 활발하게 진행되고 있다. Magnetic tunnel junction을 저자계, 저전력용 소자로 사용되기 위해서는, 작은 switching field 값과 uniform한 switching field 분포를 가져야 한다. Micromagnetic simulation을 통하여 free layer의 두께와 포화 자화 값이 감소함에 따라서 switching field가 감소함을 알 수 있었다. 본 연구에서는 얇은 free layer를 사용하여 magnetic tunnel junction을 제조하고, 얇은 free layer가 자기저항에 미치는 영향에 대하여 알아보았다.

### 2. 실험 방법

Magnetic tunnel junction의 구조는 Si/SiO<sub>2</sub>/Ta (5 nm)/NiFe (8 nm)/IrMn (20 nm)/CoFe (4 nm)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (1.7 nm Al)/FM (*x* nm)/Ta (15 nm) (FM : NiFe, CoFe, CoFe/NiFe)이고, 절연층은 ozone을 이용하여 산화시켰다[1]. Si shadow mask를 이용하여 junction area 150×50μm<sup>2</sup>의 junction을 제조하였고, free layer로는 CoFe과 NiFe, 그리고 CoFe/NiFe bilayer를 사용하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 NiFe free layer의 두께에 다른 switching field와 자기 저항비의 변화를 열처리 전과 후에 대하여 나타내고 있다. 3 nm 이상의 두께의 경우에는 일정한 switching field와 자기 저항비를 나타내지만, 3 nm 이하의 얇은 두께의 경우에는 두께가 감소함에 따라 switching field와 자기저항비가 감소함을 알 수 있다. 250℃에서 열처리한 후에는 자기저항비가 15% 이상으로 증가하였고, switching field는 10e이하로 감소하였다. CoFe free layer의 경우에는 NiFe free layer에 비하여 비교적 큰 자기 저항비와 큰 switching field를 나타내지만, 이 역시 두께가 감소함에 따라서 Fig. 2에서 보는 바와 같이 자기 저항비와 switching field가 감소한다. 그러나 1.5 nm 이하의 NiFe와 1 nm 이하의 CoFe layer의 경우에는 자기저항비가 나타나지 않았다.

CoFe/NiFe bilayer를 free layer로 사용하였을 경우에는 CoFe (0.3 nm)/NiFe (1 nm) free layer가 3%, CoFe (0.6 nm)/NiFe (1 nm) free layer가 12%의 자기 저항비를 보였으나, CoFe (0.3 nm)/NiFe (0.6 nm)의 경우에는 자기 저항비를 나타내지 않았다.

위의 결과에서 알 수 있듯이 free layer의 두께가 얇아짐에 따라서 자기 저항비와 switching field는 감

소하고, 어느 특정 두께 이하에서는 자기 저항비가 나타나지 않았다. 얇은 free layer에서 자기 저항비가 나타나지 않는 이유에 대해서는 thermal fluctuation이나 불연속적인 free layer 형성 등의 여러 가지로 설명될 수 있다. 자성층의 두께가 아주 얇아지게 되면, thermal fluctuation에 의하여 자화 값을 가지지 않게 된다. 이로 인하여 자기 저항비가 나타나지 않을 수 있다. 또한 free layer가 island structure와 같이 연속적으로 형성되지 못하면, 비자성층인 Ta capping layer와 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 절연층이 직접 만나게 되어, spin-independent tunneling의 영향이 커지게 된다. 먼저 thermal fluctuation에 의한 영향에 대하여 알아보기 위해, 액체 질소를 이용하여 77K에서 자기 저항비를 측정해 보았다. 또한 TEM을 통하여 microstructure를 관찰함으로써 free layer의 uniformity가 어떠한지 살펴보았다.

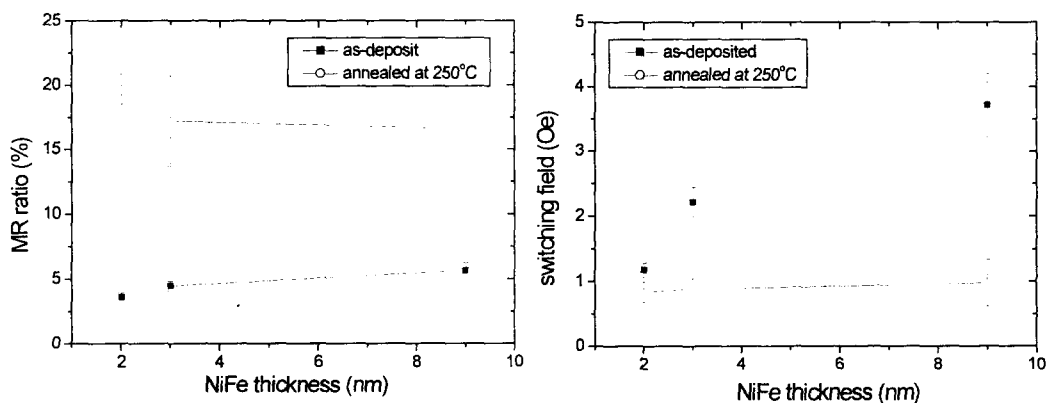


Fig. 1. TMR ratio and switching field as a function of NiFe free layer thickness after annealing at 250°C

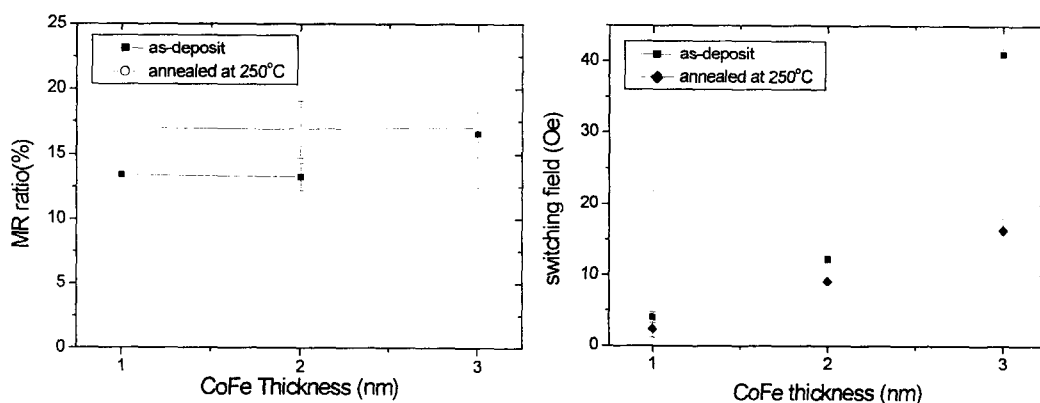


Fig. 2. TMR ratio and switching field as a function of CoFe free layer thickness after annealing at 250°C

#### 4. 참고 문헌

[1] B.G.Park, T.D.Lee, J. Magn. Magn. Mater. 226-230 (2001) 926