

## Effect of Surface Roughness in Tunneling Magnetoresistance Using an Amorphous CoNbZr Under and Capping Layers

Korea University B. S. CHUN\*, C. M. CHOI, S. R. LEE, and Y. K. KIM

### 1. 서론

터널링 자기저항 현상은 상온에서 20%이상의 높은 자기 저항비와 낮은 포화자장을 가진다는 장점으로 MRAM 및 자기저항 Head에 응용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. Magnetic Tunnel Junction(MTJ)을 실제 소자로서 제작하여 사용하기 위해서는 소자 제조온도(~400 °C) 및 작동시(~150 °C) 발생되어지는 열에 대해서 안정해야하고 이러한 열적안정성은 계면의 표면조도에 크게 영향을 받는다. 일반적으로 상지층 및 하지층으로 사용되는 Ta를 대신하여 다층박막 제작 시 표면조도가 우수한 CoNbZr(CNZ)을 사용하여 MTJ의 열적안정성을 비교분석 하였다.

### 2. 실험방법

RF 마그네트론 스퍼터링 방법으로 Ta을 하지층과 상지층으로 사용한 Si/SiO<sub>2</sub>/Ta 2/CoFe 8/IrMn 7.5/CoFe 3/Al 1.6+Oxi/CoFe 3/Ta 2 (nm)와 하지층과 상지층으로 CNZ를 사용한 두 종류의 시편을 초기진공도  $4 \times 10^{-7}$  Torr에서 제작하였다. 터널 접합 형성을 위해 3종류의 Metal Shadow Mask를 사용하였고 Mask 교체를 위해 시편을 절연층 형성 전과 후에 대기 중에 2번 노출시켰다. 이때의 터널 접합 면적은  $200 \mu\text{m} \times 200 \mu\text{m}$  이고, 절연층을 형성하기 위해 Al 1.6 nm를 증착한 후, O<sub>2</sub> 플라즈마를 이용한 산화 방법을 이용하였으며, 산화시간은 50 Sec로 하였다. 증착속도는 1~3 Å/sec으로 하였고 Ar압력은 증착시 Uniformity를 좋게 하기 위해서 2 mTorr로 고정하였다. 자성층에 유도자기이방성을 형성하기 위하여 증착중에 500 Oe의 자장을 인가하였고 각 시편은  $5 \times 10^{-6}$  Torr에서 열처리하여 두 시편의 자기적 특성을 비교하였다. Four point probe를 이용하여 자기 및 자기저항 특성을 분석하였고 AFM, AES를 사용하여 구조적인 분석을 하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

Table 1.은 상지층과 하지층으로 CNZ와 Ta를 사용하였을 때의 표면조도를 나타낸다. Junction Resistance와 TMR Ratio는 하부 전극의 표면조도에 민감할 뿐 아니라 MTJ의 열적안정성을 확보하기 위해서 평활한 계면은 꼭 필요한 요소이다. 하부 전극에서 배리어 층까지 증착 한 후 표면조도를 비교해보면 CNZ를 하지층으로 사용하여 증착하였을 경우 Ta를 사용한 경우에 비해서 표면조도가 우수한 것을 알 수 있다.(0.086 : 0.261) 300 °C, 10 min 열처리하여 표면조도를 측정하면 CNZ를 하지층으로 사용한 경우는 0.086에서 0.09로 증가하지만 Ta의 경우는 0.261에서 0.337로 크게 증가한다. CNZ를 하지층 및 상지층으로 사용, MTJ를 제작하여 TMR Ratio를 측정하면 300 °C, 10 min 열처리에 의해 배리어의 균질화 또는 하부전극과 배리어 계면의 특성향상에 의해 TMR Ratio의 증가가 발생하고 30 min 열처리를 하면 Mn의 interdiffusion에 의한 spin polarization의 감소에 의하여 TMR Ratio가 감소한다. Ta를

하지층 및 상지층으로 사용, MTJ를 제작하여 TMR Ratio를 측정하면 300 °C, 10 min 열처리에 의하여 barrier 내에 Short가 발생하여 current inhomogeneity현상에 의하여 TMR Ratio가 증가한다. 이때에도 Mn의 interdiffusion은 발생한다.

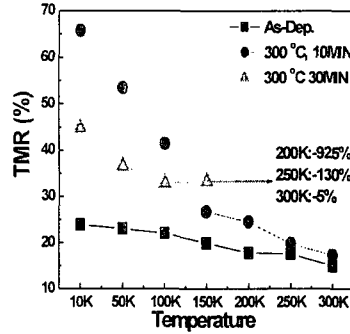
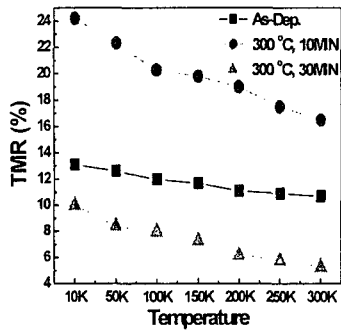


Table 1. The Evolution of RMS Surface Roughness after Subsequent Layer Deposition

Element	CNZ Based TMR		Ta Based TMR	
	As-Dep.	Annealed	As-Dep.	Annealed
Seed	0.091	0.102	0.124	0.146
~CoFe	0.146	0.112	0.184	0.185
~AlOx	0.086	0.09	0.261	0.337

Figure 1. Temperature Dependence of TMR Ratio for CNZ-Based TMR Figure 2. Temperature Dependence of TMR Ratio for Ta-Based TMR

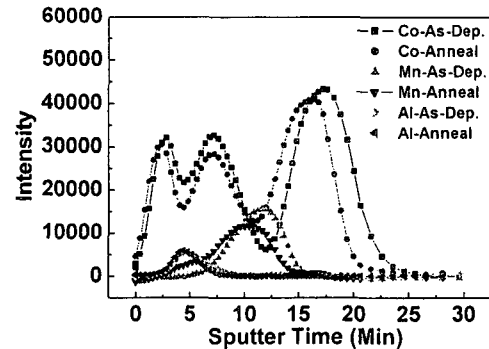
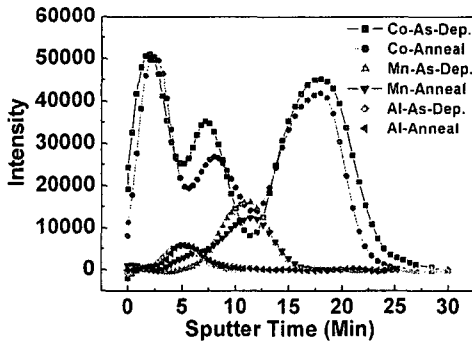


Figure 3. AES profile for CNZ-Based TMR annealed at 300 °C (360 min)

Figure 4. AES profile for Ta-Based TMR annealed at 300 °C (360 min)

#### 4. 결론

MTJ 제작시 CNZ를 사용하면 Ta에 비해 표면조도가 우수하고 이를 통해 열적안정성을 향상시킬 수 있었으나 장시간의 열처리시에서는 Ta을 사용한 경우와 동일하게 Mn의 interdiffusion이 발생하여 MTJ의 특징이 저하되었다.

#### 5. 참고문헌

Ho Gun Cho, Young Keun Kim, and Seong-Rae Lee, J. Appl. Phys. 91, 2002