

Surface roughness effects of bias voltage characteristics in CoNbZr-based magnetic tunnel junctions

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

1. 서론

자기터널접합에서 절연층은 두 강자성체 전극 사이에서 스핀분극화된 터널링 전자의 터널베리어로 작용한다. 이때 스핀 의존 터널링 현상은 고정층과 자유층으로 사용된 강자성체의 스핀분극도 및 강자성체/절연층 계면의 특성에도 매우 의존도가 크다. 자기터널접합 제작시 매우 얇은 터널베리어를 균일하게 증착하기 위해서는 터널베리어 하부전극의 표면평활도를 매우 균일하게 유지시켜야 한다. 표면평활도를 균일하게 하기위해서 일반적으로 자기터널접합에서 하지층으로 사용되는 Ta 대신 비정질 CoNbZr을 사용하였다. 비정질재료는 결정입계가 존재하지 않으므로 내부확산에 대한 저항성과 균일한 표면 평활도를 제공한다. 본 연구에서는 여러 비정질재료 중에서 열적안정성과 표면평활도가 우수한 CoNbZr을 하지층으로 사용하여 자기터널접합을 제작하였고 제작된 시편의 I-V 특성, V_h 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

자기터널접합은 $\text{Co}_{85.5}\text{Nb}_8\text{Zr}_{6.5}$ or Ta 2 / $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 8 / $\text{Ir}_{20}\text{Mn}_{80}$ 7.5 / $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 3 / Al 1.6 + oxidation / $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}$ 3 / $\text{Co}_{85.5}\text{Nb}_8\text{Zr}_{6.5}$ or Ta 2 (nm) 구조로 rf 마그네트론 스퍼터링 공정을 통해 제작하였고 증착시 초기 진공도는 5×10^{-7} Torr 이하로 하였다. 박막증착을 위한 Ar 분압은 2 mTorr로 고정하였고 하지층으로 사용된 CoNbZr 박막은 Co target에 Nb과 Zr chip을 부착하여 제작하였다. 이때 자기터널접합의 표면조도에 의한 특성을 분석하기 위하여 CoNbZr 증착시 Ar 분압을 10 mTorr로 증가시킨 시편도 제작하였다. 제작된 자기터널접합의 온도의존성은 cryogenic dewar를 사용하여 $10 \text{ K} \leq T \leq 300 \text{ K}$ 온도범위에서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

자기터널접합에서 자기저항비의 인가전압의존성은 여러 가지 요인에 (금속 입자, 마그논, 자성 불순물 등) 의하여 영향을 받는다 [1]. 본 연구에서는 표면 조도를 이러한 인가전압의존성을 발생시키는 인자로 간주하고 자기터널접합의 표면조도를 변화시켜가며 V_h 및 I-V 특성을 연구하였다. 제작된 자기터널접합의 표면조도를 AFM을 이용하여 측정하였을때 CoNbZr을 하지층으로 사용한 자기터널접합은 Ta를 하지층으로 사용한 자기터널접합에 터널베리어까지의 표면 조도가 우수하였다 (0.12 : 0.26 nm). V_h (자기저항비가 전압을 인가하지 않았을 경우 대비 1/2로 감소할 때의 인가전압값)의 온도의존성을 확인해본 결과 10 K에서는 CoNbZr을 하지층으로 사용한 자기터널접합의 V_h 값이 Ta를 하지층으로 사용한 자기터널접합보다 미세하게 우수하였다 (164 mV : 151 mV). 그러나 온도를 증가시킴에 따라 CoNbZr을 하지층으로 사용한 자기터널접합의 V_h 값은 급격히 증가하였지만 Ta를 하지층으로 사용한 자기터널접합은 미

세한 변화만 관찰되었다 (그림. 1.). 이러한 표면조도에 따른 자기저항비의 인가전압의존성을 확인하기 위해 하지층으로 사용된 CoNbZr의 증착시 Ar 분압을 10 mTorr하여 자기터널접합을 제작하였을 경우 (터널베리어의 표면조도는 0.18 nm) 10 K에서의 V_h 값은 큰 변화가 없었으나 300 K에서는 표면평활도가 우수한 CoNbZr을 하지층으로 사용한 자기터널접합에 비해 낮은 값을 나타내었다. 제작된 시편의 I-V 특성을 측정한 결과 CoNbZr을 하지층으로 사용한 자기터널접합은 인가전압의 방향에 따라 대칭적인 거동을 나타내었으나 Ta을 하지층으로 사용한 자기터널접합은 비대칭적인 거동을 나타내었다 (그림. 2.)

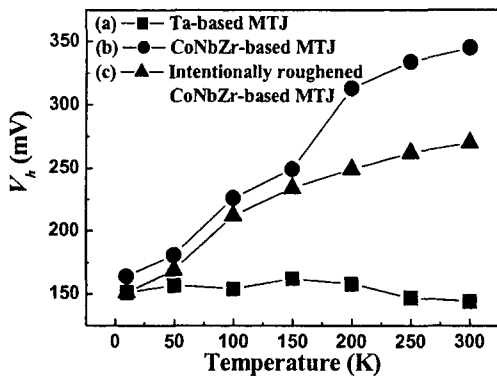


그림. 1. V_h variation of various MTJ samples as a function of measured temperature. The MR ratios at 10 K were (a) 23.9%, (b) 13.1%, and (c) 12.5%, respectively.

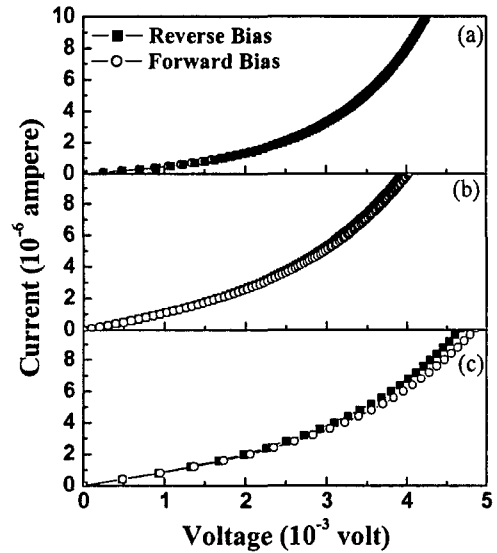


그림. 2. The I-V curves of samples with different surface roughness values: (a) CoNbZr-based MTJ, (b) Intentionally roughened CoNbZr-based MTJ, and (c) Ta-based MTJ.

4. 결론

자기터널접합의 표면평활도에 따른 인가전압의존성을 연구하기 위하여 자기터널접합의 하지층으로 Ta 과 비정질 CoNbZr을 사용하여 자기터널접합을 제작하였다. 본 연구로써 자기터널접합의 표면조도가 균 일하면 높은 V_h 값과 대칭적인 I-V 특성을 가짐을 확인할 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] J. S. Moodera, and G. Mathon, J. Magn. Magn. Mater. 200, 248 (1999).