

Free-layer를 산화시켜 만든 Nano-scale MTJ의 자기저항 특성

신일재*^{ab}, 이재형^a, 박상용^a, 신경호^a, 홍진표^b

^a한국과학기술연구원 나노소자연구센터

^b한양대학교 물리학과

(Magnetoresistance Properties of Nano-scale MTJ by Free-layer Oxidation Method)

I.J.Shin*^{ab}, J.H. Lee^a, S.Y.Park^a, K.H.Shin^a, J.P.Hong^b

^{a,b}Korea Institute of Science and Technology

^bDept. of physics, Hanyang University

1.서론

최근 차세대 정보 저장 매체로서 Magnetic Random Access Memory(MRAM)에 대해 활발하게 연구가 진행되어지고 있다. 이러한 연구에 있어서 digital data를 고밀도로 집적하기 위하여 memory cell의 size를 줄여야 한다. 그러므로 다양한 lithography 기술을 이용한 junction의 patterning을 제작하는 연구가 수행 되어지고 있다[1]. Junction을 제작하는데 있어 ion-beam milling이나 Reactive Ion Etching(RIE) 등으로 식각하는 방법이 주로 이용되고 있는데, 이러한 방법으로 제작된 micro-size의 cell의 경우 자화반전이 일어나는 자계의 크기가 비교적 일정하지만, nano-scale의 cell에서는 자화반전이 일어나는 자계의 크기가 매우 큰 차이를 보이는 것이 보고되었다[2]

본 연구에서는 ER로 제작된 junction 이외의 free-layer 부분을 산화시켜 절연층으로 형성하는 방법을 이용하여 Magnetic Tunnel Junction(MTJ)를 제조하여 자기저항 특성에 대한 연구를 하였다.

2.실험방법

Base pressure가 1.0×10^{-7} Torr 이하의 DC 마그네트론 스퍼터를 사용하여 Ta/NiFe/PtMn/CoFe/Ru/CoFe/Al_xO_x/CoFe/NiFe/Ta/Ru 구조의 MTJ를 제조하였으며, annealing 후 patterning 공정을 수행하였다. MTJ의 bottom electrode는 photo mask를 이용하여 ion-beam milling 장비로 dry etching하여 제작하였고, junction은 e-beam lithography 기술을 이용하여 150nmX150nm 크기의 memory cell로 제작하였다. 이때 junction 이외의 부분을 ICP-RIE 장비[3]로 산화하여 절연층으로 만든뒤[4], AlO_x로 passivation하여 top electrode와 bottom electrode가 단락되지 않도록 하였다. 이때 passivation layer인 AlO_x가 두껍게 되면 Electron Litho(ER)의 lift-off이 어렵게 되므로 2-step으로 passivation layer를 제작하였다. 먼저 150nmX150nm 크기의 ER위에 2.0×10^{-6} Torr 이하의 DC 마그네트론 스퍼터를 사용하여 AlO_x를 100Å의 두께로 passivation한 뒤 lift-off 공정을 하고, 다시 10μmX10μm 크기의 Photo Litho(PR) 위에 AlO_x를 500Å의 두께로 passivation layer를 제작한 후 lift-off 과정을 거쳐서 junction을 형성하였다. 마지막으로 2.0×10^{-6} Torr 이하의 DC 마그네트론 스퍼터를 사용하여 Al을 1000Å 두께로 쌓아 top electrode를 형성하여 MTJ를 제조하였다.

MTJ의 자기 저항은 4-point probe Magneto Resistance(MR) 측정 장비를 사용하여 R-H loop를 측정하였다.

3.실험결과 및 고찰

Fig.1은 Free layer를 구성하고 있는 CoFe와 NiFe의 산화 조건을 알기 위해 ICP-RIE 장비에서 2분 동안 두께별로 동시에 산화시킨 결과이다. Fig.1에서 보는 바와 같이 동일한 산화시간에서 free-layer를 산화시켰을 경우, CoFe와 NiFe의 두께가 30Å일 때 모두 산화되는 것을 알 수 있다.

Fig.2는 Fig.1에서 나타난 결과를 바탕으로 free-layer를 산화시켜서 150nmX150nm 크기로 제작한

MTJ의 R-H loop를 나타낸 것이다. Fig.2에서 보는 바와 같이 자기 저항비는 31%가 나왔으며, $R \times A$ 값은 $1.35(k\Omega \times \mu m^2)$ 로 나타남을 알 수 있다.

4.결론

Fig.2의 결과에서 보는 바와 같이 free-layer를 산화시키는 방법을 이용한 MTJ는 31%의 자기저항을 나타내게 되었다. 이러한 free-layer 산화법은 식각 공정으로 패터닝된 소자의 형상에 대한 영향을 무시할 수 있는 방법으로 생각된다. 그러나, cell의 size가 작아짐에 따라 저항값이 커지는 점은 해결해야 할 점이라 생각된다.

5.참고문헌

- [1]. W. J. Gallagher, S. S. P. Parkin, Yu Lu X. P. Bian, A. Marley, and K. P. Roche, J. Appl. Phys. 81(8), 1997
- [2]. S. S. P. Parkin, K. P. Roche, M. G. Samant, P. M. Rice, R. B. Beyers, R. E. Scheuerlein, E. J. O'sullivan, S. L. Brown, J. Bucchigano, D. W. Abraham, Yu Lu, M. Rooks, P. L. Trouilloud, R. A. Wanner and W. J. Gallager, J. A. Phys. 85, 5828, 1999.
- [3]. John H. Keller, John C. Forster, and Michael S. Barnes, J. Vac. Technol. A 11(5), 1993.
- [4]. R. Hsiao, D. Mauri, Applied Surface Science, 157, 185, 2000.

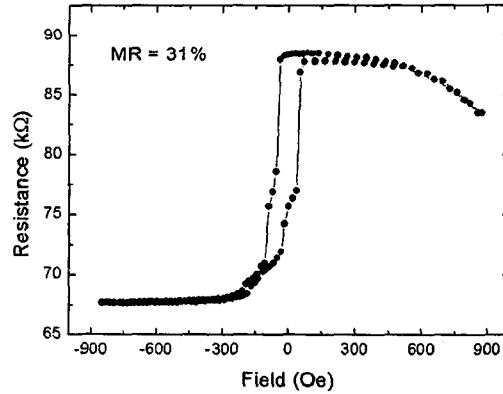
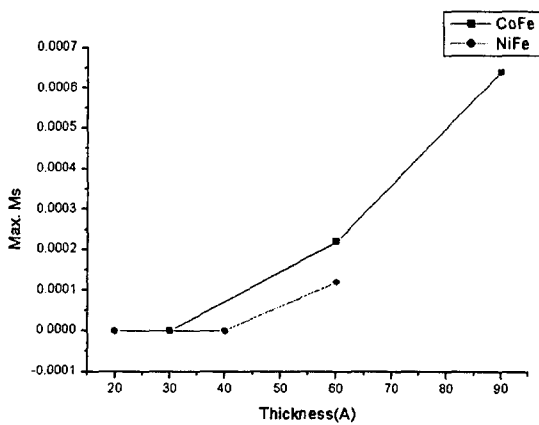


Fig.1 Oxidation condition of NiFe and CoFe. Fig.2 M-H curve of MTJ as a nano-size junction.