

TMR Enhancement with Doubly Plasma Oxidation

The University of Seoul

Kiyung Lee*

The University of Seoul
The University of Seoul

Ohsung Song
Sanghyun Lee

1. 서론

기존의 TMR소자는 MRAM이나 TMR헤드등의 상용목적을 위해 균일하면서도 치밀한 절연층을 제작하여 목적하는 MR비와 기준저항을 만들기 위해 주로 플라즈마산화법과 고밀도플라즈마를 채용한 성막장비를 사용한다. 완성된 TMR소자는 후열처리하거나 2개이상의 절연막층을 형성하는등 여러 가지 방안이 제시되고 있으나 각 방안별로 공정조건이 좁아 양산에 적용하기 곤란하거나, MR비가 급격히 저하하는 등의 문제를 가지고 있다. 이러한 문제들을 보완하기 위해 본 연구는 가능하면 기관전면에 균일한 산화가 가능하도록 ICP(inductively coupled plasma)형 플라즈마 산화장치를 쓰고, 고진공에서 산화시키면서도 Al을 2번에 나누어 증착하는 이중산화공정을 제안하여, 한번에 증착·산화시키는 단일산화 경우보다 하부자성층의 산화를 방지하여 보다 넓은 공정범위를 확보할 수 있는지 확인하였다.

2. 실험방법

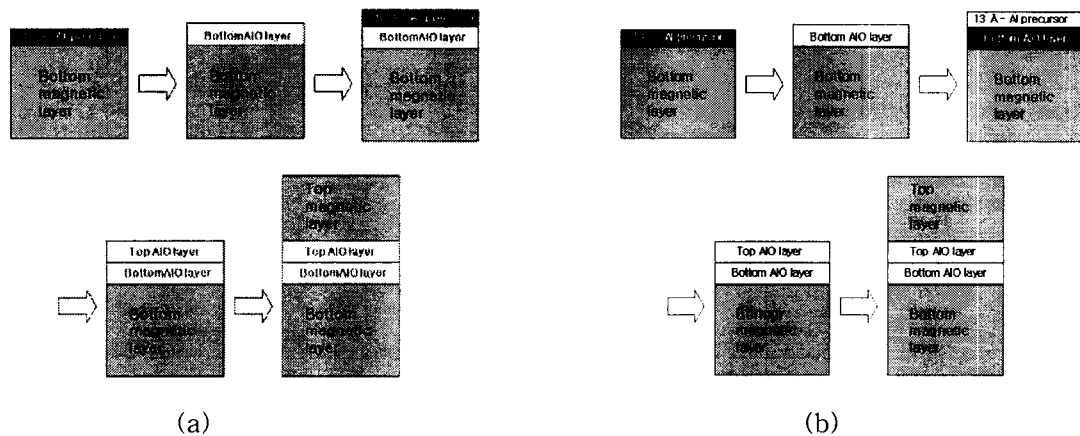


Fig. 1. Schematics of fabrication process of oxidation layer; (a) doubly oxidation I (b) doubly oxidation II.

상기 그림과 같이 자성터널접합(magnetic tunnel junction: MTJ) 소자의 AlO_x 터널장벽 절연층을 플라즈마 산화법으로 2번에 나누어 금속증착·산화를 반복하여 만들어 보았다. 이중산화 I 그룹은 10 Å의 Al 하부 절연막을 증착하고 산화시간을 10 s로 완성한 후 그 위에 13 Å의 Al을 성막하고 50, 80, 120 s간 산화시켜 완성한 절연막의 특성을 알아보았다. 이중산화 II 그룹은 10 Å의 Al 하부 절연막의 산화시간을 30~120 s간 달리하고 그 위에 13 Å의 Al을 성막하고 210 s간 산화시켜 완성한 절연막의 특성을 알아보았다. 절연막층의 산화시간을 달리하여 완성된 TMR 소자의 수직 단면을 수직단면 투과전자현미경((transmission electron microscope: TEM)으로 관찰하였다. X선광전자분석(X-ray photoelectron spectroscopy: XPS)은 Al K_{α} 로부터 생성된 특성 X선을 사용하였고, 상부 표면으로부터 sputter-etching 속도를 10 Å/min로 유지하며 Ar 이온빔을 사용하여 절연막 부근과 바로 직하부 자성층의 원자간 결합정보를 분석하였다.

3. 실험결과 및 고찰

이중산화공정으로 제조된 시편은 전 실험범위에서 자기저항비(magnetoresistance: MR)는 27% 이상으로 우수하였고, 이는 13 Å의 Al을 증착하고 한번만 산화시키는 통상의 단일산화[1,2,3]에 비해 MR비가 우수하고 공정범위가 넓었다. 수직단면 투과전자현미경(transmission electron microscope: TEM)으로 미세구조를 확인한 결과 이중산화가 단일산화보다도 더 얇고 균일한 두께를 유지함을 알 수 있었다. 이중 절연층의 증착두께가 얇고 시간이 길어짐에도 불구하고 절연막 두께는 이중 절연막을 형성한 시편이 더 얇다는 것은 이중 절연막 형성방법을 사용하여 절연막을 제작한 경우가 더 치밀하고 균일한 막질을 형성하는 간접증거로 볼 수 있다. X선광전자분석(X-ray photoelectron spectroscopy: XPS)로 확인한 결과 이중산화는 절연막층 하부 CoFe 자성층의 Fe의 산화를 방지하여, 결과적으로 단일산화법에 비해서 하부 자성층의 산화를 방지하여 긴 산화시간 공정 범위에서도 우수한 MR비를 가질 수 있었다. 이러한 결과는 제안된 이중산화공정이 하부자성전극의 과산화 가능성을 방지하는데 매우 효과적임을 의미하고, 궁극적으로 양산에 유리한 공정범위를 크게 할 수 있음을 의미하였다.

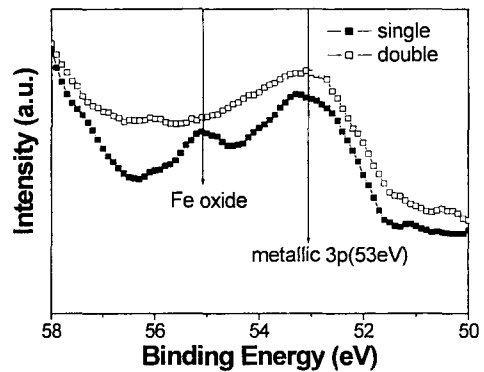
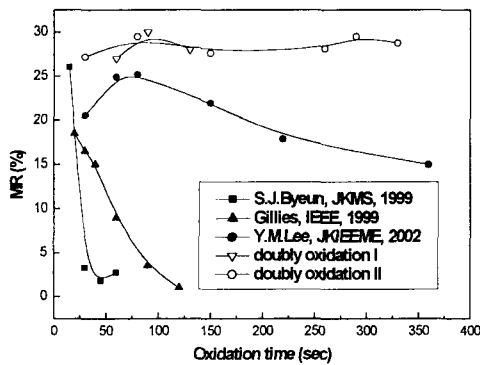


Fig. 2. Plots of MR on plasma oxidation time.

Fig. 3. XPS spectra for junctions with single and double oxidized (10 sec oxidized in the 1st oxidation) tunnel barrier: Fe3p spectra near the CoFe/AlO_x interface.

4. 결 론

MTJ소자의 AlO_x 터널베리어 절연층을 Al의 증착, 플라즈마 산화를 2번에 나누어 반복하는 공정을 채택하여 제작하고 이들의 MR비 측정, 수직단면 투과전자현미경을 이용한 미세구조 확인, XPS에 의한 절연층 부근의 원자상태를 확인하였다. 이중산화방법의 통상의 ICP에 의한 단일산화공정에 비해서 전 실험 범위에서 MR비가 27% 이상을 보여 큰 공정범위를 확보할 수 있었다. 절연막의 두께는 이중산화의 경우가 더 얇게 형성되는 특색이 있었다. XPS 분석결과 이중산화공정은 절연층 하부전극의 CoFe층 중 특히 Fe의 산화를 효과적으로 방지하여 목표 MR비를 확보할 수 있는 넓은 공정범위의 확보가 가능하였다.

5. 참고문헌

[1] M. F. Gilles, W. Oepts, A. E. T. Kuiper, R. Coehoorn, Y. Tamminga, J. H. M. Sniijders, and W. M. Arnold Bik, *Magnetics*, IEEE Transactions On, **35**, 2991(1999).
 [2] Y. M. Lee, Ohsung Song, *Journal of Korea Electrical and Electronic Material Engineers*, **15**, 373(2002).
 [3] S. J. Byeun, P. K. Park, I. W. Jang, M. S. Youn, J. H. Lee and K. W. Rhie, *J. Korean Magn. Soc.* **9**, 245(1999).