

Study on annealing of Cr/Co/Al-O_x/Co/Ni-Fe Magnetic Tunneling junctions

성균관대학교 신소재공학과 이종윤* 전동민 박진우 윤성용 백형기 서수정

1. 서론

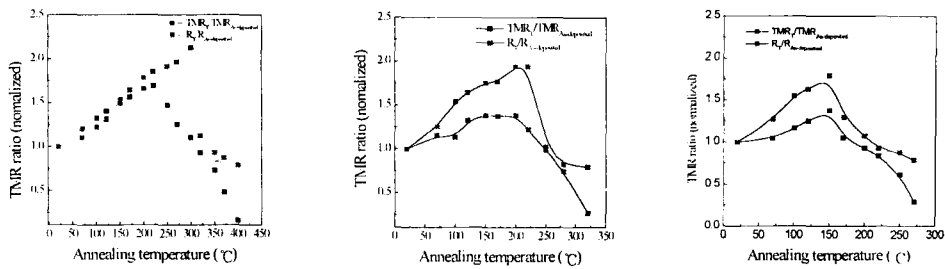
MR(Magneto-resistance)현상이란 인가된 자장에 의해 저항이 변하는 현상이다. 이 현상은 여러 측면에서 연구되고 있고 그 중 TMR(Tunneling Magneto-resistance)현상은 sensor, head, memory device의 적용에 대한 연구가 진행 중에 있다. 특히 memory 소자 측면에서 MRAM은 현재 사용되고 있는 DRAM이나 SRAM들과는 달리 비휘발성과 기록밀도의 고집적등 많은 장점을 갖는 소자로서 연구되고 있다. 하지만 TMR소자 형성 중 가장 중요한 절연층 형성의 난점으로 인해 소자의 재현이 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 Cr/Co/Al-O_x/Co/Ni-Fe를 기본구조로 절연층의 기본이 되는 Al의 산화시간과 각 산화시간 별 열처리를 통하여 그에 따른 경향을 고찰하였다.

2. 실험방법

기판에 존재하는 불순물의 존재를 최소화하기 위하여 Cornig glass 7059 기판을 메틸알코올과 아세톤으로 세척 후 질소가스로 건조하였다. 증착 공정은 9.0×10^{-7} Torr 이하의 DC 마그네트론 스퍼터를 이용하였다. Cr/Co/Al-O_x/Co/Ni-Fe의 터널접합 소자의 Co와 Ni-Fe의 증착속도는 2Å/sec로 하였고 Al의 속도는 0.92Å/sec로 하였다. 산화시간은 25 ~ 180 sec로 다양하게 변화하여 dc 플라즈마 산화법을 이용하였다. 접합면적은 금속 마스크를 이용하여 0.2×0.2 mm²로 일정하게 형성시켰다. 금속 마스크의 교체를 위해 불가피하게 1회 대기노출시켰다. 증착후 열처리 공정은 기본 진공도가 6.0×10^{-6} Torr 진공챔버에서 열처리 온도는 80 ~ 370 °C 까지 실시하였다. 열처리 시간은 동일하게 10 분으로 하였다. 냉각방법은 노냉을 실시하였다. Al-O_x층의 전기적 특성은 I-V 곡선을 측정하여 Simmon 근사식을 적용하여 절연층의 높이(barrier height, Ψ)와 절연층의 두께(barrier width, s)를 얻었다. VSM을 이용하여 자기적 특성 변화를 측정하였고 미세 구조의 변화 및 계면의 특성은 고해상도 TEM을 이용하여 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig.1은 산화시간 별 열처리에 따른 TMR ratio 및 저항변화를 보여주고 있다. Fig.1(a)에서 절연층 저산화시 열처리 온도가 220°C까지 증가함에 따라 TMR ratio와 저항이 처음보다 1.7배정도 증가하였고 그 이후의 온도에서 MR값은 급격히 감소하였다. Fig. 1(b)에서는 절연층을 적정산화시에는 저산화보다는 낮은 온도인 20



(a) 40 sec oxidation. (b) 80 sec oxidation. (c) 140 sec oxidation

Fig. 1. Variation of TMR ratio with annealing temperature in Cr 30 Å /Co 100 Å/Al 25 Å - various oxidation time/Co 30 Å/Ni-Fe 130Å/Cr 30 Å

0°C까지 증가하였고 그 이상의 온도에서는 MR ratio와 저항값이 감소하였다. Fig.1(c)의 과산화의 경우에는 적정산화보다 낮은 150°C까지 MR ratio와 저항이 증가하였다. 즉 산화시간이 증가함에 따라 최적 열처리 온도는 조금씩 감소하였고 이것은 산소의 양에 따라 최적 열처리 온도의 차이가 나타남을 알 수 있다.

열처리에 따라 TMR비가 증가하는 요인으로는 산소의 절연층 내부에서의 균질화됨에 따라 안정성 있는 절연층을 형성하는 것인데 증착후의 산소의 깊이별 농도차이가 상부 계면쪽에 치우쳐 있음을 RBS 분석을 통해서 확인한 바 있다.

열처리가 진행됨에 따라 산소의 이동성은 미반응된 잔류 Al과의 반응이 구동력으로 작용하여 하부쪽으로 진행해 나가게 된다. 하지만 상부쪽의 과포화된 산소가 많은 과산화의 경우에는 하부로의 확산 뿐만 아니라 상부 Co 쪽으로의 산소의 이동이 발생하게 된다. 이는 열처리 온도에 따라 I-V곡선 혹은 dI/dV 곡선을 관찰하게 되면 정확하게 산소의 농도변화를 알 수 있게 된다.

본 연구에서도 산소의 농도 변화에 대하여 XPS와 RBS 분석을 이용하여 절연층내에서 산소농도의 변화를 확인 하였으며 TEM분석을 통해 barrier width의 변화를 관찰할 수 있었다. 저산화의 경우에는 barrier width는 증가하는 경향을 보여 주었고 과산화와 적정산화는 정도의 차이를 보였지만 감소하는 것을 확인 하였다.