

Thermal Stability of α -Fe₂O₃/Co/Cu/Co Spin Valve

Changwon National University JUNG GYU JUNG*, BYEONG SEON LEE, CHAN GYU LEE

Korea Institute of Machinery & Materials GUN HWAN LEE

1. 서 론

스핀밸브형 GMR(Giant magnetoresistance) 소자는 낮은 자장범위에서 큰 자기저항변화가 생기는 높은 민감도의 소자로서, 고밀도 자기기록매체의 재생헤드 및 MRAM(Magnetoresistance Random Access Memory) 등의 실제 응용에 있어 큰 자기저항비와 열적 안정성을 가지는 재료들을 필요로 한다. NiO, α -Fe₂O₃, NiO/ α -Fe₂O₃ 등과 같은 산화물의 경우, 높은 T_N(Neél temperature)을 가지므로 이를 이용한 Bottom형 스핀밸브에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 특히, α -Fe₂O₃ 반강자성체는 680°C(bulk)의 높은 T_N을 가지므로 T_b(Blocking temperature)가 높아 열적 안정성이 우수하고, 스핀밸브에 적용시 대부분의 구조에서 높은 자기저항비를 가지므로 강자성층을 pinning시키는 반강자성층 재료로 큰 관심을 모으고 있다. 하지만, 지금까지의 α -Fe₂O₃계 스핀밸브에 대한 연구는 주로 sputter 조건, 온도, 강자성층의 종류 및 두께에 따른 교환결합특성과 H_{ex}(Exchange Biased Field) 향상화 방안에 관한 연구에 국한되어 왔으며, 아직까지 GMR head의 제조온도인 300°C부근의 온도에서 자기저항특성에 관한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서, 본 연구에서는 높은 자기저항비를 가지는 bottom형 α -Fe₂O₃/Co/Cu/Co 스핀밸브를 제조하여, 상온(RT)~400°C의 온도에서 각 온도(T_{ANN})와 annealing한 후 상온(T_{RT})의 자기저항비 측정을 통하여 열적 안정성을 살펴보고자 한다.

2. 실험방법

RF reactive sputter와 DC magnetron sputter법을 이용하여 두 강자성층(free, pinned layer) 사이의 반강자성 배열에 의해 자기저항비가 최대가 되는 SiO₂/ α -Fe₂O₃(50 nm)/Co(2.5 nm)/Cu(2 nm)/Co(3 nm)/Au(2.5 nm) 스핀밸브를 제조하였다[1]. 초기 진공도는 $5 \times 10^{-7} \sim 1.8 \times 10^{-8}$ Torr이고, 1.5~2 mTorr의 Ar pressure에서 Co, Cu, Au를 증착하였다. α -Fe₂O₃는 Ar과 O의 혼합가스를 사용하여 반응 sputter로 제조하였다. 스핀밸브의 자기저항측정은 직류 4단자 탐침법을 이용해 각각의 annealing 온도에서, 그리고 냉각 후 상온에서 행하는 2가지 방법을 택하였다. 또한, VSM(Vibrating Sample Magnetometer)을 이용하여 자기적 특성을 분석하였으며, AFM(Atomic Force Microscope)와 XRD(X-ray Diffractometer)로 온도에 따른 표면 거칠기와 미세구조의 변화를 관찰하여 자기저항특성에 미치는 영향을 살펴보았다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 As-deposit 상태에서 SiO₂/ α -Fe₂O₃(50 nm)/Co(2.5 nm)/Cu(2 nm)/Co(3 nm)/Au(2.5 nm) 스핀밸브의 Hysteresis loop과 자기저항곡선을 나타내었다. 이 스핀밸브의 자기저항비 및 자기저항 변화감도는 As-deposit 상태에서 각각 12%와 0.24%/Oe의 높은 값을 가졌다. 이러한 큰 자기저항과 높은 자기저항 감응도는 α -Fe₂O₃와 Co의 smooth한 계면에서 큰 specular reflection coefficient에 의한 것으로 사려된다[1]. 또한, 이 스핀밸브의 H_c는 647Oe이고, H_{ex}는 그보다 훨씬 낮은 51Oe의 값을 나타내었다. 따라서, α -Fe₂O₃계 GMR 스핀밸브의 주요 기구는 pinned layer와 free layer의 보자력 차이에 의한 것임을 확인하였다.

Fig. 2는 $\text{SiO}_2/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3(50\text{ nm})/\text{Co}(2.5\text{ nm})/\text{Cu}(2\text{ nm})/\text{Co}(3\text{ nm})/\text{Au}(2.5\text{ nm})$ 구조의 스핀밸브에서 자기저항비의 온도 의존성을 보여준다. 자기저항비는 각 온도(T_{ANN})에서, 그리고 냉각 후 상온(T_{RT})에서 측정하는 두 가지 방법을 선택하였다. 각 온도(T_{ANN})에서 측정한 경우, 온도가 증가함에 따라 빠르게 감소하였으며, 325°C 부근에서 그 특성이 사라짐을 알 수 있었다. 이 온도는 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Co}$ bilayer에서 나타난 375~390°C의 T_b 와는 다소 차이가 있으나 slope이 변화하며 감소하는 유사한 특성을 나타내었다. 이러한 T_b 의 차이는 buffer layer와 sputter 조건의 차이에 의한 것으로 사려된다[2]. annealing한 후 상온에서 측정한 경우(T_{RT})에는 약 200°C까지 변화가 없었으나 그 이후에는 급격히 저하함을 알 수 있었다.

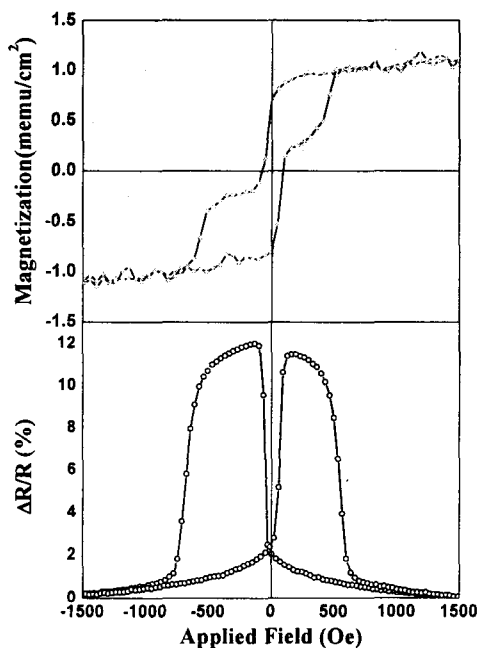


Fig. 1. The M-H and R-H curves for $\text{SiO}_2/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3(50\text{ nm})/\text{Co}(2.5\text{ nm})/\text{Cu}(2\text{ nm})/\text{Co}(3\text{ nm})/\text{Au}(2.5\text{ nm})$ spin valve structure.

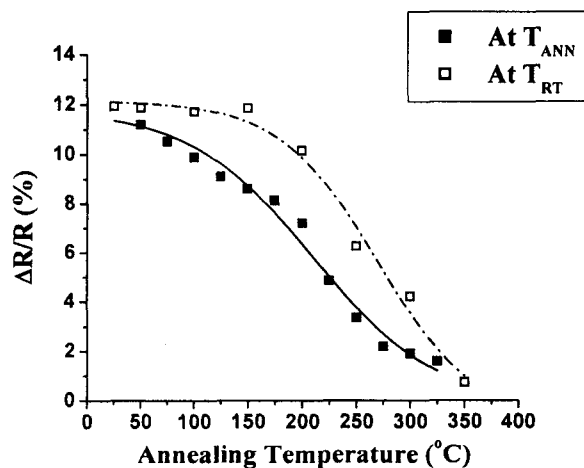


Fig. 2. Temperature Dependence of MR ratio for $\text{SiO}_2/\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3(50\text{ nm})/\text{Co}(2.5\text{ nm})/\text{Cu}(2\text{ nm})/\text{Co}(2.5\text{ nm})/\text{Au}(2.5\text{ nm})$ film. The solid symbols indicate temperature MR ratio after 30 min anneals at successively higher temperatures

4. 결론

상온의 As-deposit 상태에서 스핀밸브의 자기저항비 및 자기저항 변화감도는 각각 12%와 0.24%/Oe로 높은 값을 가졌으며, H_c 는 647Oe, H_{ex} 는 그보다 훨씬 낮은 51Oe의 값을 나타내었다. 각 온도(T_{ANN})에서 측정한 경우, 온도가 증가함에 따라 빠르게 감소하였으며, 325°C 부근에서 그 특성이 사라짐을 알 수 있었다. annealing한 후 상온에서 측정한 경우(T_{RT})에는 약 200°C까지 변화가 없었으나 그 이후에는 급격히 저하함을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] Seongtae Bae, Jack H. Judy, W. F. Egelhoff, Jr., P. J. Chen, J. Appl. Phys. 87. 6980 (2000)
- [2] Seongtae Bae, Jack H. Judy, P. J. Chen, W. F. Egelhoff, Jr., Appl. Phys. Lett. 78. 4163 (2001)