

NOL 삽입에 따른 NiO/Co/Cu/Co 스핀밸브 박막의 annealing effect

단국대학교 최상대*, 주호완, 이경민, 이기암

Annealing effect in NiO/Co/Cu/Co spin valve with NOL

Dankook Univ. Sang-Dae Choi*, Ho-Wan Joo, Kyoung-Min Lee and Ky-Am Lee

1. 서 론

거대자기저항(GMR) 분야에서 높은 GMR 값을 보유하는 것은 주요 관심사이다. Egelhoff와 연구자들은 산소를 이용하여 스핀밸브 박막의 표면을 산화시켜 유도 전자들의 specular 산란 효과를 보고하였으며, 강자성층과 산화층 사이의 계면에서 specular 반사가 이루어져 GMR의 향상을 가져온 것으로 보고 있다[1,2]. 또한 annealing에 따른 자기적 특성의 향상과 에 관한 논문도 보고 되어진 바 있다[4]. 본 실험에서는 산소 플라즈마 방법과 자연산화 방법을 이용하여 NOL(nano oxide layer)을 형성하는 기존의 방법들과는 달리[1,2,3], Specular effect를 이용한 Ta(3nm)/NiO(60nm)/Co(2.5nm)/Cu(1.95nm)/Co(4.5nm)/NOL(t nm)/Ta(3nm)의 스핀밸브 박막구조에서 NOL에 하지층의 NiO를 직접 증착하여 specular 효과를 연구하였다. 여기서 NOL(nano oxide layer)은 각각 $t = 0, 1$ nm로 하여 annealing에 따른 자기적 특성을 연구하는 데 목적을 두고 있다.

2. 실험방법

NiO 스핀밸브박막은 4-gun type DC/RF 마그네트론 장치(magnetron sputtering system)로 제작하였다. NiO는 분말시료를 이용 제작한 target을 사용하였고, Co와 Cu는 Cerac사의 target을 사용하여 증착하였다. NiO와 NOL은 RF 마그네트론장치로 증착하였고, Co와 Cu는 DC마그네트론 장치로 증착하였다. 기판은 Si wafer에 SiO₂ 층이 100 nm 입혀진 Si/SiO₂ wafer를 사용하였으며 시편의 모양을 일정하게 유지하기 위하여 마스크를 사용하여 증착하였다. 이때 초기 진공도는 1.0×10^{-6} Torr였으며, 증착시 작업진공도는 1.0×10^{-3} Torr에서 증착하였다. 또한 증착시 시편에 일축이방성을 인가하기 위하여 약 400 Oe에 인가자장을 주었다. Annealing은 진공도 3.0×10^{-5} Torr에서 각각 150, 200 250, 300 °C에서 온도를 30분 유지시킨 후에 식혀주었고, annealing시에도 인가자장을 약 400 Oe를 주었다. 자기저항비는 4 단자법(four-terminal method)으로 실온에서 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Ta(3nm)/NiO(60nm)/Co(2.5nm)/Cu(1.95nm)/Co(4.5nm)/NOL(t nm)/Ta(3nm)의 스핀밸브 박막구조에서 NOL(NiO)을 $t = 0$ nm와 1 nm로 삽입한 결과, 각각의 자기저항비는 9.85 %와 10.99 %를 얻었다. 이들 각각을 더 높은 자기적 특성을 얻기 위해 annealing 해 주었다. 하지층으로써 NiO의 경우, Neal 온도가 낮아서 온도가 높아지면 반강자성의 특성을 잃어버리는 단점이 있음에도 불구하고 Fig. 1에서 보듯이 높은 자기저항의 향상을 가져왔다. NOL이 없는 경우에 자기저항비는 9.85 %에서 11.24 %까지 증가하였으며, NOL을 삽입한 경우 10.99 %에서 12 %까지 증가하여 높은 annealing 효과를 보였다.

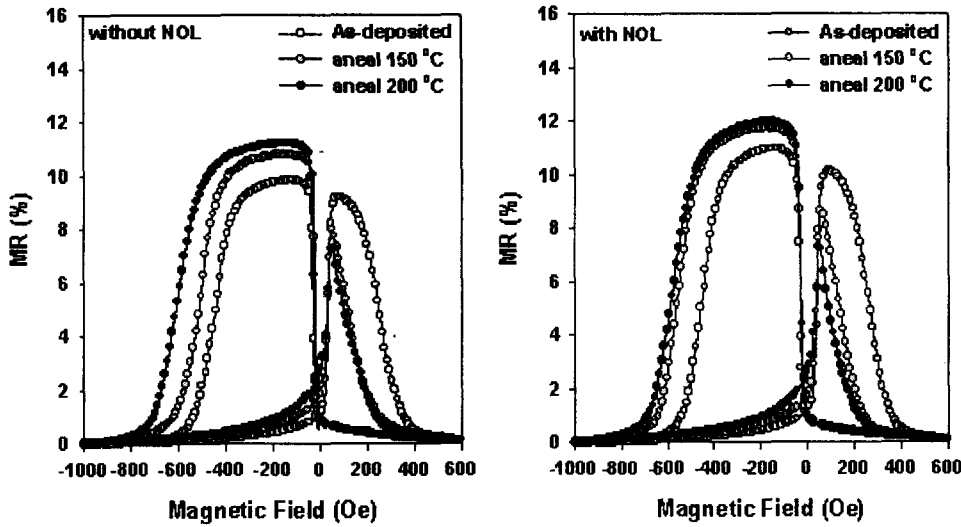


Fig. 1 MR curves of annealed Ta(3nm)/NiO(60nm)/Co(2.5nm)/Cu(1.95nm)/Co(4.5nm)/NOL(t nm)/Ta(3nm) spin valves(t=0, 1nm).

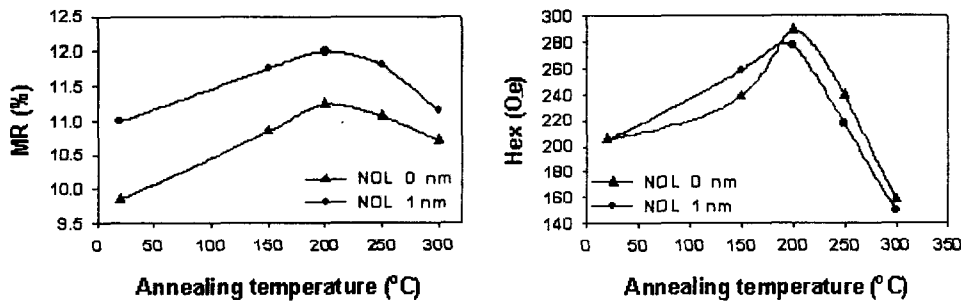


Fig. 2 MR ratios and the exchange biases of annealed Ta(3nm)/NiO(60nm)/Co(2.5nm)/Cu(1.95nm)/Co(4.5nm)/NOL(t nm)/Ta(3nm) spin valves.

Fig. 2에서는 이 두 경우에 annealing 온도에 따른 자기적 특성을 나타내었다. 자기저항비와 교환결합력이 200 °C까지 증가하는 현상을 보였으며, 이는 annealing이 NiO/Co/Cu/Co 스핀밸브 박막에 자기적 특성을 향상 시킨다는 것을 보여준다. 250 °C에서 교환결합력과 자기저항비가 급격히 감소하는데, 이는 NiO의 Neel 온도가 약 250 °C로 하 지층으로써 제대로 역할을 하지 못하기 때문이다.

NOL을 삽입하지 않았을 때의 자기저항비의 향상은 capping layer은 Ta의 영향에 의한 것으로 Egelhoff와 연구자들에 의해 이미 보고 되어진 것과 일치함을 알 수

있다[4].

4. 결 론

Ta(3nm)/NiO(60nm)/Co(2.5nm)/Cu(1.95nm)/Co(4.5nm)/NOL(t nm)/Ta(3nm)의 스핀밸브 박막구조에서 NOL 삽입과 annealing 효과에 의해 9.85 %에서 12 %의 높은 자기저항비 향상과 200 Oe에서 290 Oe의 교환결합력의 향상을 가져왔으며, 이에 자기적 특성에 큰 영향을 미치는 것을 알아보았다.

5. 참고문헌

- [1] W. F. Egelhoff, Jr., P. J. Chen, C. J. Powell, M. D. Stiles, and R. D. McMichael, J. H. Judy, K. Takano and A. E. Berkowitz, J. Appl. Phys. 82, 6142 (1997).
- [2] Junichi Fujikata, Kazuhiko Hayashi, and Masafumi Nakada, J. Appl. Phys. 85, 5021 (1999).
- [3] H. Sakakima, E. Hirota, Y. Kawawake, J. Magn. Mater. 184, 49 (1998).
- [4] R. D. McMichael, P. J. Chen, W. F. Egelhoff, Jr. IEEE Trans. on Mag. 34, 4 (1998)