

표면층 산화에 따른 NiFe/Cu/Co 박막의 향상된 자기저항

단국대학교 최진형, 이미선, 주호완, 이기암

Enhanced magnetoresistance by surface oxidation in NiFe/Cu/Co films

Dankook Univ. Jin-Hyup Choi, Mi-Sun Lee, Ho-Wan Joo, and Ky-Am Lee

1. 서 론

일반적으로 pseudo-spin valve 구조는 두개의 강자성층 사이에 비자성층을 삽입하여, 두 강자성층의 보자력의 차이를 이용하여 GMR 구조를 유도하는 형태이다.

본 실험에서는 Ta를 seed layer로 시작하여 보자력이 작은 연자성적 성질이 우수한 NiFe를 고정층(pinned layer)으로 하고 보자력이 큰 경자성적 성질이 우수한 Co를 자유층(free layer)으로 하여 고정층과 자유층 사이에 비자성층 Cu를 삽입한 Ta/NiFe/Cu/Co 삼층박막을 제작하였다. 이 구조는 작은 자장범위에서 비교적 가파른 자기저항 변화를 보이며 자기저항 민감도(sensitivity)가 우수한 반면 비교적 자기저항비가 작은 단점이 있다.

이러한 특징을 이용한 본 연구에서는 일반적인 pseudo spin-valve 구조의 자기저항비보다 3-4배정도의 높은 저항비를 얻어 자연산화에 의한 specular 효과를 이용해 자기저항비의 향상을 살펴보고 분석해보고자 한다.

2. 실험방법

박막은 3인치 4-gun type DC 마그네트론 장치(magnetron sputtering system)로 제작하였다. 제작에 사용된 각 타겟 Co, Ta, NiFe 그리고 Cu는 Cerac사의 타겟을 사용하여 증착하였고, 이 모든 타겟은 DC 마그네트론 장치로 증착하였다. 기판은 Corning 1737 Glass를 사용하였으며 시편의 모양을 일정하게 유지하기 위하여 마스크를 사용하여 증착하였다. 이때 초기 진공도는 1.0×10^{-6} Torr였으며, 증착시 일정 작업진공도를 유지하기 위하여 Ar 유입량을 MFC(Mass Flow Controller)로 제어하여 8.0×10^{-4} Torr에서 증착하였다. 또한 증착시 시편에 일축이방성을 인가하기 위하여 시편의 수평방향으로 약 400 Oe에 인가자장을 주었다. 자연 산화에 의한 specular 효과를 관찰하기 위하여 자기저항특성은 시편생성 30일 후 처음 측정하고 그 후, 20일 주기로 총 110일 동안 4 단자법(four-terminal method)으로 실온에서 측정하였다. 그리고 자구의 특성과 표면의 거칠기를 분석하고자 DI사의 SPM(Scanning Probe Microscope, Dimension 3100 IV-a)를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림.1 은 (a) Ta(4 nm)/NiFe(10 nm)/Cu(4 nm)/Co(X nm) 삼층박막 구조에서 자연산화 되기 전 Co 두께 변화에 따른 것과 (b) 시편 1 : Ta(4 nm)/NiFe(10 nm)/Cu(3 nm)/Co(2.5 nm) 그리고 시편 2 : Ta(4 nm)/NiFe(10 nm)/Cu(4 nm)/Co(5 nm) 구조에서 자연산화 시간에 따른 자기저항비(MR), 보자력(Hc) 그리고 민감도(θ_{Co})의 변화를 나타낸 것이다. 그림 1 (b)에서 볼 수 있듯이 자연 산화시간이 길어짐에 따라 시편 1과 시편 2의 자기저항비는 대조적인 현상을 관찰 할 수 있다. 이것은 시편 1의 경우 경강자성층인 Co의 두께가 얇고 자연산화 시간이 길어짐에 따라 산화하여 더욱 두께가 얇아져 충분한 경강자성의 특성을 갖지 못하여 연강자성 NiFe와의 상호작용력이 커져 자기저항비가 급격히 낮아진 것으로 간주되며, 이것은 보자력 그래프에서 보자력이 감소하는 현상으로 확인 할 수 있다. 반면 시편 2의 경우 시편 1에 경우와는 달리 자기저항비와 보자력이 증가하는 현상을 확인 할 수 있다. 현저하게 차이가 발생하는 것은 아니지만 자기저항비가 증가하는 것은 Co층이 산화되어 산화층 CoO의 형성으로 인한 Co/CoO 사이 계면에서 specular 반사가 이루어져 전자의 평균자유이동경로(Mean Free Path ; MFP)가 확장되어 결과적으로 자기저항비의 향상을 가져온 것으로 간주된다. 그리고 민감도의 경우 두 시편 모두 자연산화 시간이 길어짐에 따라 감소하는 현상을 볼 수 있다.

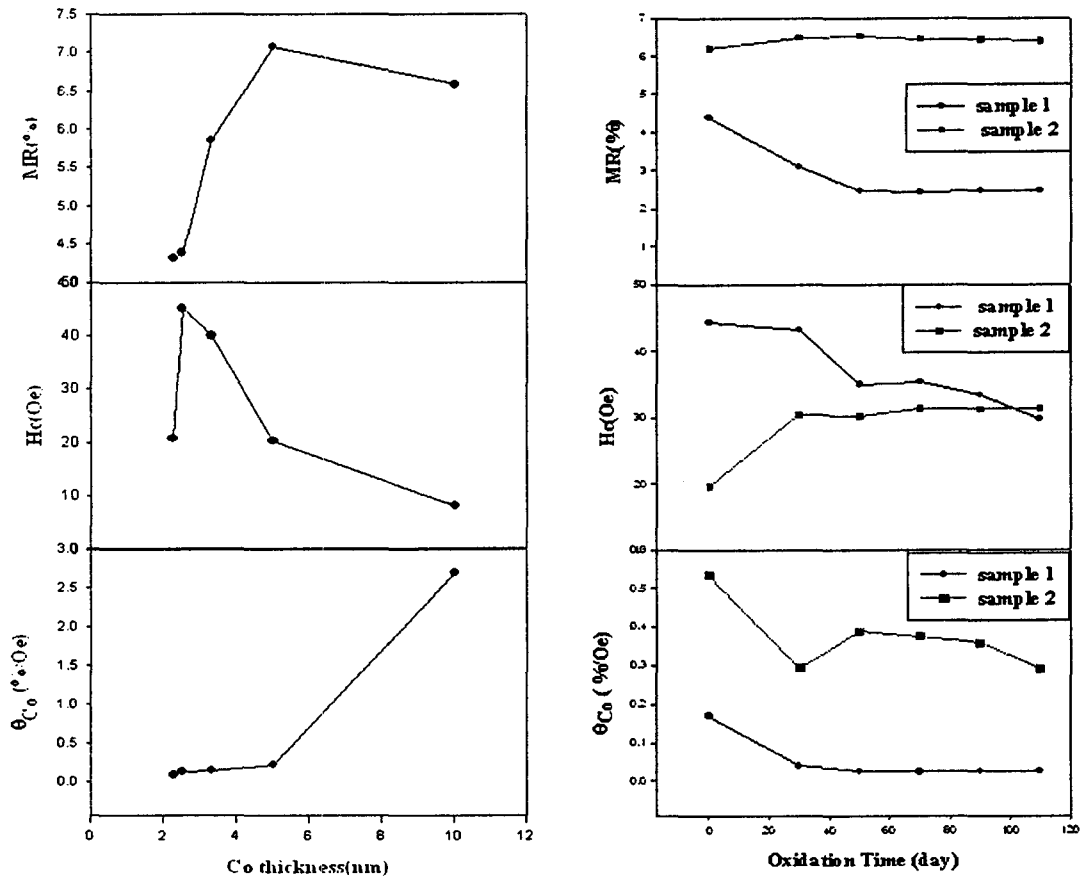


Fig. 1 The MR-ratio, Coercivity, and sensitivity as function of (a) Co thickness in Ta(4 nm)/NiFe(10 nm)/Cu(4 nm)/Co(X nm), (b) natural oxidation time in Ta(4 nm)/NiFe(10 nm)/Cu(3 nm)/Co(2.5 nm) and Ta(4 nm)/NiFe(10 nm)/Cu(4 nm)/Co(5 nm)

4. 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] T. Shinjo, and H. Yamamoto, J. Phys. Soc. Jpn. **59**,3061 (1990).
- [3] A. Chaiken, et. al, Appl. Phys. Lett. **59**(2),240 (1991)
- [4] H. J. M. Swagton, G. J. Strijkers, P. J. H. Bleomen, M. M. H. Willekens, W. J. M. deJonge, and J. C. S. Kools, Phys. Rev. **B53**, 9108(1996)
- [5] D. D. Tang, P. K. Wang, V. S. Speriosu, S. Le, and K. K. Kung, IEEE Trans. Magn., **31**, 3206(1995)