

연세대학교 강성준, 이재용*
KIST 김광윤

Magnetoresistance and magnetic anisotropy of Co/Cu multilayer at the second antiferromagnetic maximum

Yonsei Univ. S. J. Kang, J. Lee*
KIST K. Y. Kim

1. 서론

거대자기저항현상(GMR)을 나타내는 Co/Cu 다층자성박막에서 Cu의 두께를 변화시키면 자기저항비가 주기적 변화를 보인다. 비록 두 번째 최대치($\text{Cu}^{2\text{nd}}$)에서의 최대자기저항비(MR_{max})는 첫 번째 최대치($\text{Cu}^{1\text{st}}$)에 비하여 작은 값을 나타내는 단점이 있지만 포화자장(H_{sat})의 세기가 훨씬 작다는 잇점이 있다. $\text{Cu}^{2\text{nd}}$ 에서의 특징은 (1) 자장을 가하기 전에 자기저항비가 최대값($\text{MR}_{\text{as-grown}}$)을 나타내고 자장을 가한 후에는 이 값을 얻을 수 없으며[1,2], (2) $\text{Cu}^{1\text{st}}$ 에서의 MR_{max} 은 거의 같은 자장에서 나타나는데 비하여 $\text{Cu}^{2\text{nd}}$ 에서는 MR_{max} 가 두방향의 보자력($\pm H_c$)에서 나타난다는 것이다. 본 연구는 (2)에 착안하여 거대자기저항과 자기이력곡선을 자장방향에 따라 측정하여 다층자성박막에서 흔히 나타나는 자기이방성이 MR_{max} 에 미치는 영향과 자장을 가한 후에 감소하는 MR_{max} 의 원인에 대한 것이다.

2. 실험방법

Si/[20 Å Co/20 Å Cu]₃₀ 다층자성박막을 마그네트론 스퍼터링법으로 상온에서 자장 없이 제작하였다. 자장 방향에 따른 MR 및 자기이력곡선 측정에서는 시료의 표면과 평행하게 자장을 가하였고 시료를 회전하였다. 자기저항값의 측정은 4 점 탐침법(4 point probe)을 사용하였고, 이방성 자기저항효과(anisotropic magnetoresistance effect)를 없애기 위하여 가해주는 전류와 자장의 방향을 평행상태로 유지하였다. 자기이력곡선은 광자기 Kerr 효과(MOKE : magneto optic Kerr effect)를 이용하여 두 수직 성분의 자기모멘트를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림 1(a)는 Co/Cu 다층박막의 자기모멘트 x-성분(자장과 평행한 성분)의 자장방향에 따른 자기이력곡선이며 일축이방성(uniaxial anisotropy)을 보여준다. 그림1(b)는 자기모멘트 y-성분의 크기를 각에 따라 보여주며 (a)와는 달리 0° 와 -90° 에서 최소값, -65° 에서 최대값을 보여준다.

그림 2(a)는 자장방향 및 세기에 따른 자기저항이며 이해를 돕기 위하여 최대값을 같게 하였다. 그림 2(b)는 자장방향(θ)에 따른 MR_{max} 와 자장이 0일 때의 자기저항비(MR_0)이다. 자장방향에 따라 분명한 차이를 보여주며 특히 (b)의 180° 측정범위에서 MR_{max} 가 4개의 최대치(왼쪽부터 CH, E1, E2, CH)를 보여 주고, 3개의 최소치(H2, CE, H1)를 보여준다. 특히 그 형태로 보아 E1과 E2는 그 원인이 같지만

CH와는 다르다는 것을 추정할 수 있다. 자장 방향에 따른 MR_{max} 의 변화는 자기이방성과의 연관을 암시한다. x-성분의 자기이력곡선에 근거하여 그림 2에 표시된 E1, H1, CE와 CH를 각각 easy direction1, hard direction1, common easy direction과 commom hard direction으로 한다. 그림 2(b)를 바탕으로 하여 본 연구의 Co/Cu 다층박막시료는 비록 다결정 시료일지라도 2개의 효과적인(effective) easy axis를 가지고 있다는 것을 알 수 있다.

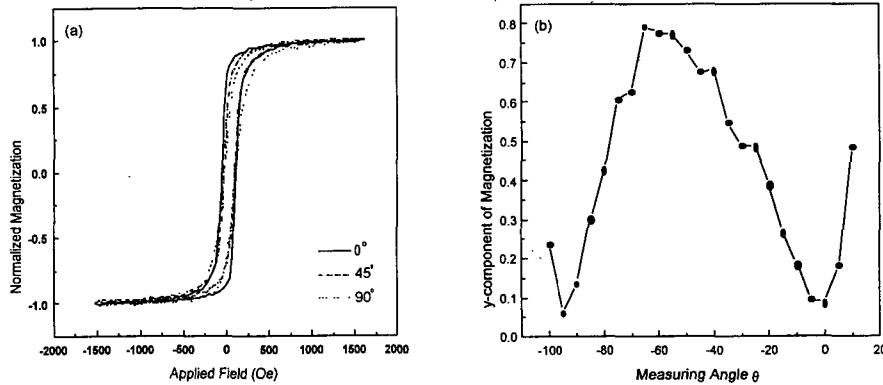


그림1.MOKE (a) hysteresis loops of x-component, (b) angular modulation of y-component

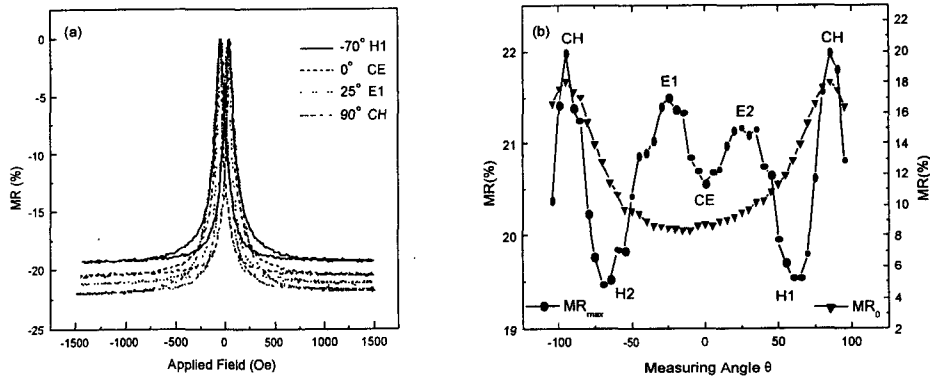


그림2.(a) some of MR data, (b) angular modulation of MR_{max} and MR_0

4. 결 론

이 시료에서 각도에 따른 MR_{max} 와 MR_0 가 나타나는 원인은 각각의 자기모멘트를 서로 반대방향으로 만들려는 힘(exchange force)과 자기모멘트를 서로의 easy 방향으로 향하게 하려는 자기이방성 및 자장 방향에 따른 자기모멘트의 배열에 의한 것이라는 것을 알 수 있다. 또한 $MR_{as-grown}$ 시료에서 최대저항이 나타나는 이유는 as-grown 시료에서 자기교환작용(exchange coupling)을 받는 두 자기모멘트양이 최대이기 때문이라고 생각된다.

5. 참고문헌

- [1] H. Holloway and D. J. Kubinski, J. Appl. Phys. **83**, 2705 (1998).
- [2] J. A. Borchers, J. A. Dura, J. Unguris, D. Tulchinsky, M. H. Kelley, C. F. Majkrzak, S. Y. Hsu, R. Loloee, W. P. Pratt, Jr., and J. Bass, Phys. Rev. Lett. **82**, 2796 (1999).