

적층성장된 fcc Co/Cu 와 bcc Fe/Cu 박막 및 나노구조체의 구조 및 자기이방성 연구

H. M. Hwang*, S. W. Shin, J. H. Kang, and J. Lee

Institute of Physics and Applied Physics, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

1. 서론

최근까지 자성 박막 분야를 보면, Fe/Cu, Co/Cu, Ni/Cu 계들이 활발히 연구되었다.[1] 이러한 계들은 표면자성이나 저차원 자성, 광자기, GMR (giant magnetic resistance) 등과 같은 응용성으로 관심을 받아왔다. Fe는 상온에서의 안정적인 BCC (body centered cubic) 구조이지만, Cu(001) 위에서는 박막 성장 초기에 FCC (face centered cubic) 구조를 갖고, Co도 상온에서 안정적인 HCP (hexagonal centered packing) 구조이지만, Cu(001) 위에서는 FCC 구조를 갖는다. 이는 FCC 일때의 γ -Fe는 $a=3.64\text{\AA}$ 와 Co는 $a=3.54\text{\AA}$ 이므로, FCC 구조를 갖는 Cu의 격자상수 $a=3.62\text{\AA}$ 와 차이가 별로 나지 않으므로 Fe 와 Co 박막은 Cu(001) 기판의 영향을 받아서 적층 성장된 FCC 구조를 가진다. 그러나 Fe가 5Å 이하에서만 FCC 구조이고 그 이상두께에서는 BCC 구조를 갖고, Co는 상당한 두께($\sim 200\text{\AA}$) 까지 FCC 구조를 유지한다[2]. 따라서 동일두께에서 Fe는 적층 성장된 BCC 구조를 가지고, Co는 적층 성장된 FCC 구조 갖게 되므로, 각 각에 경우에 나노 구조체를 만들어 구조와 자기적 성질을 비교해 보는 것은 여러 가지로 흥미롭다. 특히 BCC Fe/Cu은 (110) 면으로 성장하는데, 구조상 자기적 성질이 일축결정 자기이방성을 가질 것으로 보이나, 실제로는 FCC Co/Cu 와 같은 4-fold 자기 이방성을 보이는 것은 매우 흥미로운 사실이다. 이는 동일 면상에서 같은 에너지를 가지며 상대적으로 90도 돌아가서 성장된 두 layer 가 공존하기 때문이다.[3] 한편, 구조상으로도 나노 구조체의 경우, Co/Cu 와 Fe/Cu 는 다른 경향을 보일 것으로 예상된다. 이는 서로 독립적으로 떨어져 있는 나노 입자들, Fe/Cu 경우 BCC (110)면 구조상 일축결정 자기 에너지를 느끼게 되므로, FCC Co/Cu 와 같이 두 축에서 동일한 자기 에너지를 느끼는 경우와 다른 자기이력곡선을 보일 것으로 기대된다.

이에 본 연구에서는, 적층구조의 BCC Fe/Cu 및 FCC Co/Cu의 박막과 나노 구조체를 만들어 그들의 구조와 자기적 성질을 조사하겠다.

2. 실험방법

HF 처리한 Si 기판 위에 8000Å의 Al 박막을 base pressure 2×10^{-8} Torr에서 e-beam 방식으로 증착한 후 이를 인산(phosphoric acid) 용액에서 2 step anodization 과정을 통하여 직경 250nm ~ 300nm 크기의 pore를 가지는 Anodic Aluminum Oxide (AAO) mask를 제작하였다. 제작된 AAO mask를 기판에서 떼어낸 후, HF 처리 된 clean Si 기판 위에 부착한 다음, UHV chamber에서 1.5Å/sec의 속도로 Cu를 1500Å 성장시키고, 그 위에 Fe (또는 Co)을 0.5Å/sec의 속도로 적층 성장시켰다. 그 후 AAO를 제거하여 Si 기판 위에 적층성장된 자성 나노 구조체를 제작하였다. 이때, 박막과 나노 구조체 상호간의 비교분석을 위하여, 동시에 적층구조의 박막도 성장시켰다. 제작된 Co($t=5,10,15,25,30\text{nm}$)/Cu/Si(001)의 박막과 나노 구조체의 구조 확인은 X-ray diffraction(XRD)로서 포항 방사광가속기 센터의 빔라인 10C1에서 1.5425 Å인 빛을 이용하여 θ -2 θ scan과 Cu <111>에 대한 360° phi scan 측정을 함으로서 이 나노 구조체가 단결정을 구조임을 확인하였고, 나노 구조체의 실상은 field emission Scanning Electron Microscopy로 관찰하였다. 또한 자기적 성질은 광자기

Kerr 효과(Magneto Optic Kerr Effect)를 이용하여 측정하였다. 이와 같은 방법으로 Fe(t=5,20nm)/Cu/Si(001)의 박막의 구조와 자기적 성질이 측정되었으며, Fe/Cu 나노 구조체는 제작 및 분석 예정이다.

3. 실험결과 및 고찰

SEM결과는 Co/Cu 나노 구조체가 직경은 ~250nm이고, 각 구조체가 독립 되어 있으며, 수 mm의 넓은 영역에서 나노 구조체가 정상적으로 제작되었고, 원추형태의 모습을 보여준다. 시료 평면에 대해 수직방향의 결정 성장을 확인 시켜 주는 XRD 결과는 Co/Cu/Si(001) 박막 및 나노 구조체가 Co[110]//Cu[110]//Si[001]인 (001)면을 가지고 성장된 FCC 구조임을 증명한다. Co/Cu 나노 구조체의 자기적 특성은 longitudinal MOKE를 이용하여 얻어졌는데, Co 5nm 두께의 나노구조체에서 자기적 등방성이 관찰되었고, 나머지 두께의 박막과 나노 구조체는 4-fold 자기이방성이 나타났다.

이와 같은 방법으로 Fe(t=5,20nm)/Cu/Si(001)의 박막과 나노 구조체 연구가 진행 중이다. XRD결과로부터 Fe ~44.76° BCC (110) peak가 관찰되었고, Fe[110]//Cu[100]//Si[110]인 BCC (011)면을 가짐을 예상할 수 있다. longitudinal MOKE의 결과로부터 Co박막과 마찬가지로 Fe박막도 4-fold 자기이방성을 가짐을 확인하였고, 차후 Fe/Cu 나노 구조체의 연구가 보완되어 발표될 것이다.

4. 참고문헌

- [1] D. Pescia, M. Stampanoni, G. L. Bona, A. Vaterlaus and R. F. Willis, Phys. Rev. Lett. 58, 2126 (1987). ;C. Liu, E. R. Moog and S. D. Bader, Phys. Rev. Lett. 60, 2422 (1988);H. Li and B. P. Tonner, Surf. Sci. 237, 141 (1990); W. L. O'Brien, T. Droubay and B. P. Tonner, Phys. Rev.B 54, 9297 (1996).
- [2] S. F. Cheng, et al, IEEE Trans. Magn. 33, 3529 (1991)
- [3] F. Scheurer, R. Allenspach, P. Xhonneux, and E. Courtens Phys. Rev. B 48, 9890 (1993)