

적층성장된 Ni/Cu(001) 나노구조의 XRD 분석 (X-ray diffraction of epitaxial Ni/Cu(001) nanostructure)

이재용*, 방선경, 이성구, 장지원, 황현미

연세대학교 물리및응용물리 사업단

1. 서론

나노구조의 자기성은 크기에 매우 민감하다. 예를 들면 자구(magnetic domain)의 형태가 나노구조의 크기가 감소함에 따라 다자구(magnetic multidomain)에서 소요돌이(vortex), 단자구(single domain) 및 초상자성(superparamagnetism)으로 변한다고 알려져 있다 [1]. 나노구조의 종횡비(aspect ratio)는 demagnetizing field에 큰 영향을 미치기 때문에 나노구조의 자기이방성을 결정하는 가장 중요한 요소이다 [2]. 일반적으로 자기이방성은 구조에 매우 민감하다. 따라서 적층성장된 자성나노구조에 대한 연구는 나노구조의 모양이방성(shape anisotropy)와 구조에 의한 결정자기이방성의 연구를 동시에 수행할 수 있는 흥미로운 주제이다.

본 연구에서는 나노크기의 기공을 가진 마스크를 이용하여 대면적에 제작한 적층성장된 Ni/Cu(001) 나노구조를 X-ray diffraction을 이용하여 분석하였다. 적층성장 나노구조로 Ni/Cu(001)를 택한 이유는 다음과 같다. 첫째, HF 처리된 Si(001) 기판위에 Cu를 진공증착하면 Si(001) 기판에 적층성장된(epitaxial) Cu(001) 박막을 얻을 수 있고, 이 위에 Ni를 증착하면 적층성장된 fcc Ni(001)을 얻을 수 있다 [3]. 본 실험에서는 이 방법을 적용하여 fcc Ni/Cu(001) 나노구조를 성장하였다. 둘째, Ni/Cu(001) 구조는 일정한 Ni의 두께 영역(1.5-15nm)에서 수직자기이방성을 보이며, 이 수직자기이방성은 Ni의 strain과 밀접한 연관이 있다고 알려져 있다 [4]. 따라서 이 구조의 자기이방성의 변화는 Ni의 strain 변화를 반영한다. 나노크기의 Ni/Cu(001)는 shape anisotropy에 의하여 수직자기이방성을 선호하는 반면 측면의 제한으로 인하여 있을 수 있는 Ni 나노구조의 strain 변화는 이 수직자기이방성에 영향을 줄 것이며, 이들의 경쟁에 의하여 Ni/Cu(001) 나노구조의 자기이방성이 결정된다.

2. 실험방법

나노구조의 제작은 Al 박막을 양극산화하여, 나노기공을 AAO를 만든 후 이를 HF 처리한 Si(001) 기판위에 조심스럽게 부착시킨다. AAO/Si(001)을 진공 챔버로 옮긴 후 초고진공 상태에서 Cu와 Ni를 연속으로 증착한 후, 대기압에서 AAO를 제거하여 나노구조를 만든다. 증착된 Cu의 두께는 150 nm이었으며, Ni의 두께는 4.5, 6.5, 10 nm이다. 고정나노구조의 크기와 모양은 field emission SEM을 이용하여 관찰하였으며, 자기이력곡선은 광자기 Kerr 효과(Magneto Optic Kerr Effect)를 이용하여 측정하였다. X-ray diffraction(XRD)은 포항 방사광가속기 센터의 빔라인 10C1에서 파장 1.5425 Å인 빛을 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

같은 기판위에 동시에 성장한 Ni/Cu(001) 박막과 나노구조의 자기이력곡선은 Ni 두께가 증가함에 따라 서로 다른 변화를 보였다. 박막의 경우 비록 Ni의 모든 두께에서 강한 수직자기이방성을 보인데 반하여, 나노구조는 Ni 두께가 6.5 nm에서 수평자기와 수직자기 혼합된 자기이력곡선이었으며, Ni의 두께가 10 nm에서는 수평자화를 보였다.

Ni의 두께가 10 nm인 XRD 측정분석 결과 나노구조의 strain은 박막에 비하여 많이 감소하였으며, 계산결과 strain의 감소에 의하여 수평자화를 선호하는 magnetoelastic anisotropy field의 변화가 수직자기이방성을 선호하는 shape anisotropy field의 변화보다 크기 때문에 이 시료가 수평자화를 갖는다는 것을 알 수 있었다. 현재 다른 Ni 두께를 가진 시료의 XRD 측정결과에 대한 분석이 진행 중이다.

4. 결론

적층성장된 Ni/Cu(001) 나노구조와 박막은 서로 다른 자기이력곡선을 보였다. XRD측정결과 나노구조는 박막에 비하여 strain이 감소하였다. 특히 Ni 10 nm 두께의 나노구조에서 관찰된 수평자화는 strain의 감소에 의한 것으로 설명된다.

5. 참고문헌

- [1] R. P. Cowburn, *J. Mag. Magn. Mater.* **242-245**, 505 (2002).
- [2] C. A. Ross, M. Huang, M. Shima, J. Y. Cheng, M. Farhoud, T. A. Savas, H. I. Smith, W. Schwarzacher, F. M. Ross, M. Redjfal, and F. B. Humphrey, *Phys. Rev. B* **65**, 144417 (2002).
- [3] C.-A. Chang, *J. Appl. Phys.* **68**, 4873 (1990).
- [4] R. Naik, K. Kota, J. S. Payson, and G. L. Dunifer, *Phys. Rev. B* **48**, 1008 (1993); T. G. Kim, Y. H. Shin, J. H. Song, M. C. Sung, I. S. Kim, D. G. You, J. Lee, K. Jeong, G. Y. Geon, and C. H. Whang, *Appl. Phys. Lett.* **81**, 4017 (2002).