

고전기저항용 granular film의 자기적 특성 (Magnetic properties of high resistivity granular film)

창원대학교 재료공학과 정원정*
창원대학교 금속재료공학과 이찬규
창원대학교 세라믹공학과 구분훈
日本 東北大學校 多元科學物質研究所 Y.Shimada

1. 서론

강자성금속(Ferromagnetic Metal, FM)과 이들 강자성 금속보다도 O, N, C, F등과의 친화성이 높은 금속(Metal, M)인 Al, Si 및 Mg와 X(O, N, C, F)로 구성되는 granular 박막은 FM-X와 M-X사이의 생성자유에너지의 차이에 의해 FM과 M-X로 상분리하는 형태인데 강자성 금속(FM)은 nm정도의 미립자 형태로 석출하여 높은 전기저항을 갖는 비자성 절연물 기지상(M-X)중에 분산된 구조로 되어 있다.

금속계 자성박막에서는 granular 박막의 한계가 $10^3 \mu\Omega\text{cm}$ 이다. granular 박막은 수 nm 정도의 강자성 금속 미립자가 적당한 거리를 두고 있을 때 교환결합 하는것에 의해 연자성이 실현되고 있다. 전기저항의 상승을 위해 금속미립자의 체적분율을 적게하면, 교환 결합이 없어져 버려 초상자성(Super-paramagnetic)상태가 되어 연자성이 발생치 않게 되기 때문에 전기저항 상승시에는 원리적으로 한계가 있다. 결국 보통의 granular 박막에서는 연자성의 유지와 전기저항의 증가가 서로 양립하지 않기 때문에 원리적으로 높은 저항에는 한계가 있으므로, 전기적으로 절연된 미립자가 각각의 입자들간에 교환결합이 존재하는 않는 상태에서도 연자성적으로 거동할 수 있는 구조의 박막재료의 개발이 필요하다.,

2. 실험방법

Granular 박막을 제조하기 위하여 타겟은 FeTaZr을 사용하여 타겟위에 MgF_2 chip을 얹은 후 RF magnetron sputtering 법으로 박막을 제조하였다. 기판은 1mm 두께의 상용 슬라이드 glass을 사용하였고, 시료는 $10 \times 10\text{mm}$ 크기로 하였다. 초기 진공은 $2 \times 10^{-6}\text{Torr}$ 이하로 하였고, Ar gas 압력은 8mTorr 로 하였다. MgF_2 chip 수를 조절하여 packing density(전체 증착비에 대한 FeTaZr의 증착비)을 $p=0.2-0.6$ 으로, 시료의 두께는 $0.25 \sim 1\mu\text{m}$ 로 조절하여 a-step으로 측정하였다. 전기저항 측정은 four probe 방식으로 측정후 $\rho = \frac{\pi}{\ln 2} \cdot \frac{V}{I} d$ (d: 두께)의 식으로 resistivity를 구하였다. 자기적 특성은 Vibrating Sample Magnetometer(VSM)으로 최대 10KOe 까지 자장에서 in plane 방향으로 측정 하였다. 구조분석은 Transmission Electron Microscope(TEM)과 X-ray Diffractometer(XRD)으로 행하였다.

3. 실험결과 및 고찰

그림1에서 p 가 감소함에 따라 matrix(M-X)에서 강자성 금속(FM)이 분산된 형태의 granular 박막의 형태로 된다는 것을 예측할 수 있으며 p 의 감소에 의해 matrix 내에서의 M-X의 증가와 강자성금속(FM)의 상대적인 감소로 전기저항값이 증가하고 있다. 특히 $p=0.18$ 일때의 최대 전기저항값은 $10^5 \mu\Omega\text{cm}$ 으로 높은 전기저항값을 나타내고 있다.

그림2(a) 및 2(b)는 $p=0.18$ 인 시료의 TEM의 plan view와 cross section의 관찰 결과이다. plan view로 관찰한 시료의 경우 matrix(M-X)에 강자성 금속(FM)이 분산된 형태를 보여주고 있다. 앞서 측정된 높은 전기저항값을 나타내었을 때 예측했던 oxide matrix에 분산된 강자성 금속(FM)형태와 잘 일치하고 있다. cross section으로 관찰한 시료에서는 강자성금속(FM)이 fiber 구조를 보이고 있으며, oxide matrix에 강자성 금속(FM)이 약 4nm로 분리되어 정렬되어 있음을 알 수 있다.

Fig. 1. Increase of resistivity for granular films

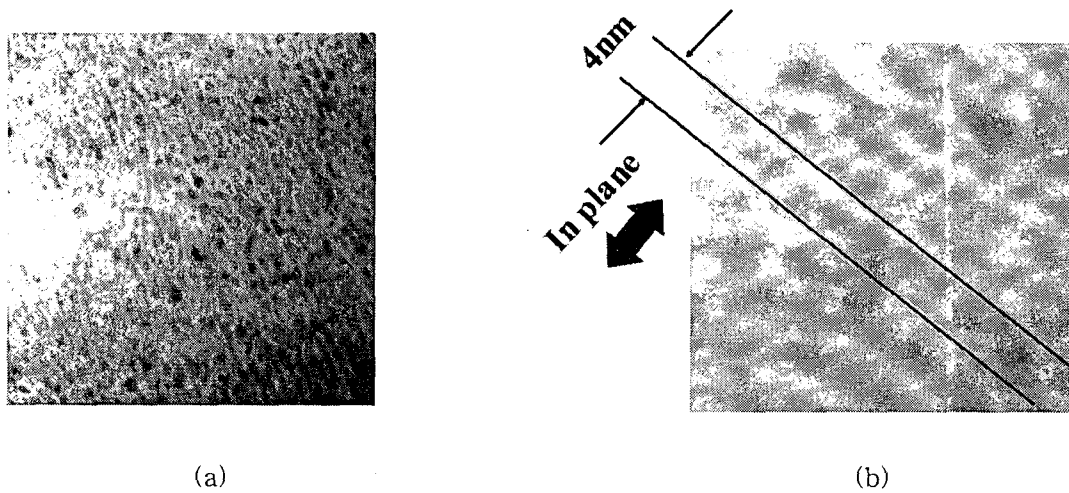


Fig. 2. Fig. TEM picture of (a) plan view and (b) cross section for granular film with $p=0.18$

4. 결론

위 실험에서 Oxide matrix에 강자성 금속(FM)이 분리된 구조를 가진 granular 박막이 제조된 것을 알 수 있다. 특히 TEM의 cross section의 경우 fiber structure의 형태와 유사한 조직이 형성된 것으로 볼 수 있으며, $p=0.18$ 에서 높은 전기저항($10^5 \mu\Omega\text{cm}$)을 가진다는 것을 알 수 있다.

5. 참고문헌

- [1] T. Itoh, et al. J. Magn. Magn. Mat. Vol 272, pp.1419-1420, 2004
- [2] S. Ohnuma, et al. J. Appl. Phys. 82, (2003) 6