

비정질 Gd-Co 박막에서 구조적 불균일성과 자기적 이방성의 상호관계

전남대학교 금속공학과 최건*

Correlation between the structural inhomogeneity and magnetic anisotropy of amorphous Gd-Co thin film

Chonnam National University, G. Choe*

1. 서론

비정질 Gd-Co 합금박막의 여러 실험적 결과는 자기적 수직이방성이 박막의 성장조건, 즉 증착방법¹, 산소의 영향², 기판바이어스³, 성장후처리⁴ 등에 따라 달라진다는 것을 보여준다. 특히 이러한 연구결과는 미시적 또는 거시적 스케일에서의 자기적 교환결합이 수직이방성에 크게 기여하고 있다는 것을 암시하며 이러한 자기적 dipolar interaction은 스퍼터링과정중 여러제조인자에 의해서도 영향을 받음을 알수있다. 따라서 본 연구에서는 비정질 자성박막을 순금속 타겟을 이용한 cosputtering방법에 의해 성장시켜, 거기서 얻어진 조성적 또는 구조적 불균일성과 자기적 이방성의 상호관계를 규명하고자 했다. 전자현미경 조직사진의 Fourier digital image processing, 조직의 small angle scattering, 얻어진 결과의 이론적 모델과 비교, 그리고 자구의 관찰등을 통해 수직이방성의 기원을 규명하는데 기여하고자 했다.

2. 실험방법

비정질 Gd-Co 박막을 회전하는 기판위에 순수 gadolinium과 cobalt 타겟을 co-sputter하여 두께 약 500Å으로 기판 bias를 0V와 -65V로 가하여 제조하였다(표1 참조). 조성적 변조는 기판의 회전속도를 조절하여 변화하였으며, 평균조성은 bias를 가하기전과 후를 일치하도록 각 타겟의 파우워를 조절하였다. 조직적 관찰은 투과전자현미경으로 하였으며, 회절결과를 photodensitometer tracer를 이용해 표시하였다. small angle scattering (SAS) 실험을 위해 전자빔의 divergence를 7.5×10^{-4} rad으로 줄였으며, 얻어진 불균일한 조직의 Fourier transform은 Kontron Electronics IPS image processing 시스템을 이용하였다. 자구의 관찰은 Fresnel image 방법에 의한 Lorentz microscope를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

TEM 조직사진에서 본바와 같이 비정질 Gd-Co 박막은 상분리에 의한 조성적 불균일한 형상을 보여주며 그 크기와 분포가 박막의 성장조건에 따라 달라짐을 알 수 있다. (그림1). 특히 SAS 결과는 기판 bias를 가한 B-2의 경우 $s(4\pi\sin\theta/\lambda) = 0.16\text{Å}^{-1}$ 에서 극대값을 가짐을 보여주며 동시에 peak의 위치도 각 시편에 따라 변화함을 보여준다. (그림2)

TEM 조직사진의 Digital Fourier transform을 행한 결과는 좀더 구체적으로 불균일한 형상의 분포와 크기를 나타내 주는데 그 결과는 표 2에 주어져 있다. 실제로 SAS결과와 매우 유사한 결과를 보여주며 역시 A시편에서 B시편으로 갈수록 불균일한 형상의 분포가 제한되어 나타나며 그 크기도 감소함을 알 수 있다. 조성적 불균일성을 반경 R1의 입자를 반경 R2의 입자가 둘러싸고 있는 경우로 가정하여 Guinier model⁵에 의해 SAS 결과를 구성한 것이 그림 3에 나타나 있다. 실험적으로 얻은 B-2시편의 결과(R2 = 30Å, R1 = 13Å)와 매우 잘 일치하고 있음을 알 수 있으며 B-2시편의 SAS결과는 조성적 불균일에 의한 입자간의 간섭에 의한 것이라 할 수 있다. 위시편의 자구의 관찰결과, A시편 및 B-1시편은 in-plane domain을, B-2시편은 stripe domain의 수직이방성을 나타냈다. 결국 불균일한 형상의 분포가 한정되고 그 크기가 충분히 작은 B-2시편은 불균일한 조성간의 교환결합이 강하게 일어나 자기적 수직이방성을 유도하는데 크게 기여하였음을 알 수 있다.

- (1) Y. Sakurai and K. Onishi, J. Magn.Magn.Mat. 35, 183 (1983).
- (2) A. Brunsh and J. Schneider, J. Appl. Phys. 48, 2641 (1977).
- (3) T. Kusuda, S. Honda and M. Ohkoshi, J. Appl. Phys., 53, 2338 (1982).
- (4) Y. Nishihara et.al., Jpn. J. Appl. Phys., 17, 1083 (1978).
- (5) A. Guinier, X-ray diffraction (Freeman, San Francisco, 1963).

Table 1. Amorphous Gd-Co thin films prepared with different substrate bias and bilayer periods.

sample	bilayer period(TGd + TCo)	substrate bias
A-1	$\approx 10 \text{ \AA}$	0 V
A-2	$< 10 \text{ \AA}$	0 V
B-1	$\approx 10 \text{ \AA}$	-65 V
B-2	$< 10 \text{ \AA}$	-65 V

Table 2. The average size and distribution of morphological inhomogeneities obtained by Fourier digital image processing of the TEM micrographs.

sample	average size (\AA)	distribution (max. - min.) \AA
A-1	71	79
A-2	65	70
B-1	44	36
B-2	39	21

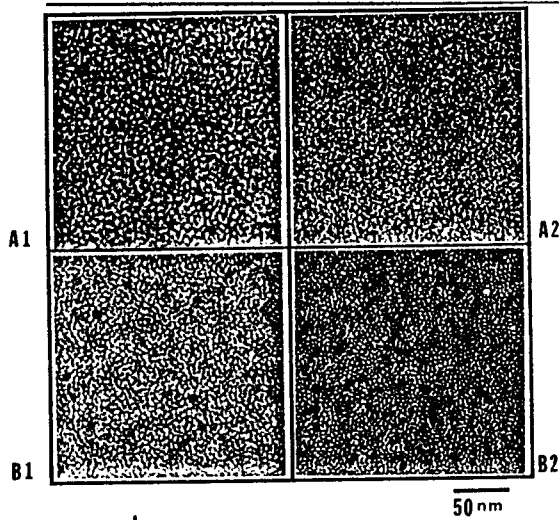


Fig.1: TEM micrographs of amorphous Gd-Co thin films showing nanoscale morphological inhomogeneities.

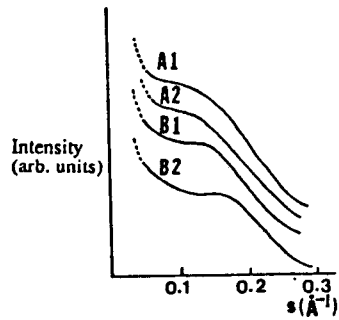


Fig.2: Small angle scattering intensity profiles as a function of the scattering parameter for amorphous Gd-Co thin films.

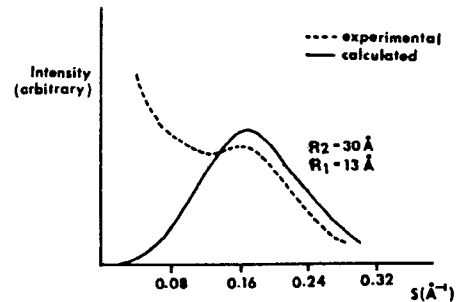


Fig.3: The calculated and experimentally obtained SAS intensity profiles of amorphous Gd-Co film (B-2).