

CoCr(-Ta)/Si 이중막의 c-축 우선 배향성에 관한 연구

김용진*, 박원호*, 신성권**, 손인환***, 최형욱*, 김경환*

*: 경원대학교 전기정보공학과, **: 동해대학교 정보통신공학과, ***: 신성대학 전기과

A Study on the c-axis preferred orientation of CoCr(-Ta)/Si doublelayer

Y.J.Kim*, W.H.Park*, S.K.Kwon**, I.H.Son***, H.W.Choi*, K.H.Kim*

*: Kyungwon Univ. **: Donghae Univ. ***: Shinsung College

Abstract - In order to get high saturation magnetization and coercivity, it had need to orient axis of easy magnetization of CoCr-based thin film perpendicular direction(c-axis) to the substrate plane. It was known that crystalline orientation of CoCr-based thin film was improved by introducing underlayer like Ti, Ge. We prepared singlelayer and double layer with Si underlayer by Facing Targets Sputtering System. As a result, intensity and c-axis dispersion angle $\Delta\theta_{50}$ of singlelayer were improved with increasing film thickness. Also, it was found that CoCr/Si and CoCrTa/Si double layer showed good c-axis dispersion angle due to introducing Si.

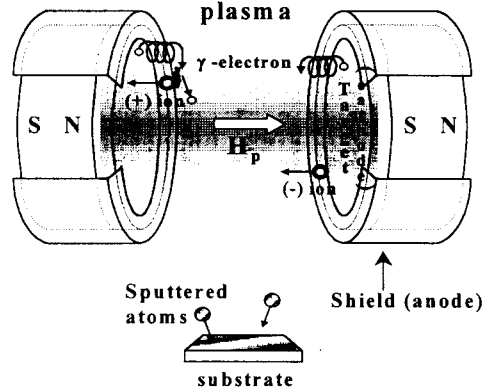


그림 1 대향타겟식 스퍼터법의 개략도

1. 서 론

인터넷의 보급과 개인 PC 보급량의 증가에 따라 이용자는 더욱 많은 정보를 얻고, 저장할 수 있게 되었다. 이에 대응하여 자기기록기술은 빠른 성장속도를 보여 1991년에는 매년 60%의 면기록밀도 향상이 이루어졌으며, 자기저항(MR: Magnetoresistive)헤드와 거대 자기저항(GMR: Giant Magnetoresistive)헤드의 도입으로 1997년 이후부터 연간 100%의 기록밀도향상을 보이고 있다. 자기기록이 발달된 이래 Co-Cr 이원계 합금 기록용매체는 수평자기기록 뿐만 아니라 수직자기기록[1]용 매체로서 많은 연구가 진행되고 있다. 고밀도화를 이루기 위해서 높은 열적안정성(thermal stability), 낮은 매체노이즈(medium noise), 자기결정의 미세결정화(micro-crystalline), 균일한 결정입경 및 극박막화가 요구되고 있다. 그러나, 극박막화에 있어 자성막 증착시 수직자기적 특성이 양호하지 않은 초기층이 형성되기 때문에 이를 제어할 필요가 있다. 수직자기 특성이 나쁜 초기층을 경감시키기 위한 방법으로서 하지층을 도입하는 방법이 있다. 이 하지층의 도입으로 자성층의 초기층의 성장을 억제시키면서 결정을 미세화 할 수 있으며, 막면에 수직인 c-축으로의 배향성을 높일 수 있고, 수직이방성을 높여 수직보자력을 높일 수 있는 효과가 있다.

따라서 본 연구는 높은 수직보자력을 가지기 위한 조건인 c-축배향성에 목적을 두고 Co-Cr계 합금박막의 결정배향성을 높이기 위해서 Si 하지층을 도입하여 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막을 제작하였다.

2. 본 론

2.1 실험

4"의 Co₇₇Cr₂₀Ta₃, Co₇₈Cr₂₂ 합금타겟과 Si타겟을 가지는 대향타겟식 스퍼터링(Facing Targets Sputtering)장치[2]를 이용하여 CoCr(-Ta)/Si 이중막을 slide glass 기판 위에 제작하였다. 막 증착시 아르곤

(99.999%)가스압력 1mTorr, 자성층의 기판온도를 250℃, 하지층의 기판온도를 R.T로 고정시키고, 자성층의 막두께를 100nm, 하지층의 막두께는 5~100nm로 변화시켜 제작하였다. 제작된 이중막의 c-축배향성을 측정하기 위해서 Xray-diffractometer(XRD)를 이용하였고, 막의 표면은 Atomic Force Microscopy(AFM)를 이용하여 조사하였다.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 CoCr, CoCrTa 단층막

그림1은 대향타겟식 스퍼터장치의 구조를 나타낸 것이다. 대향타겟식 스퍼터법은 서로 마주보고 있는 타겟 뒷면에 영구자석을 배치시켜 타겟면과 수직으로 자계를 형성한다. 타겟으로부터 방출되는 γ -전자는 타겟사이에 수축된 자계에 의해 구속되어 왕복운동을 하고, 스퍼터 가스(아르곤)의 이온화를 촉진시켜 고밀도의 플라즈마를 생성한다. 기판이 플라즈마로부터 떨어져 있는 플라즈마-프리(plasma-free)의 배치를 하고 있어 γ -전자는 물론, 스퍼터시 타겟으로부터 방출되는 음이온 등의 고에너지입자로부터 기판으로의 충격을 억제 할 수 있는 특징을 가지고 있다.

대향타겟식 스퍼터 장치를 이용하여 CoCr, CoCrTa 박막의 두께를 30~200nm 변화시켜 각각 제작하였다. 그림2는 CoCr, CoCrTa 단층막의 막두께 변화에 따른 $\Delta\theta_{50}$ 의 변화를 나타낸 것이다. 그래프 중 사각형 안의 그래프는 XRD 회절강도 I_0 의 변화를 나타낸 것이다. 막두께가 증가함에 따라 CoCr, CoCrTa 박막 모두 회절강도가 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 또, CoCrTa 단층막은 CoCr 단층막에 비해서 그 기울기가 높게 나타났다. $\Delta\theta_{50}$ 의 변화는 회절강도의 증가에 수반하여 막 두께가 증가할수록 그 값이 낮아지는 것을 확인 할 수 있다. 처음 막 증착시 Cr 함유량이 낮은 영역과 높은

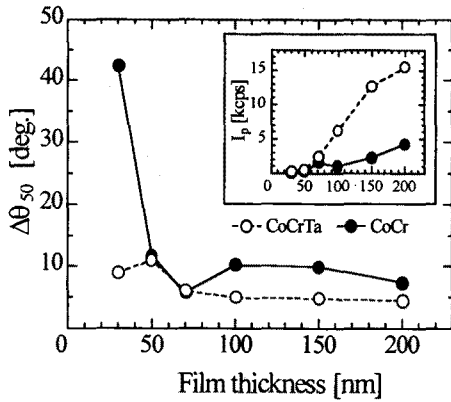


그림 2 CoCr, CoCrTa 단층막 막두께 변화에 따른 $\Delta\theta_{50}$ 의 변화(박스 안은 회절강도 I_p 의 변화)

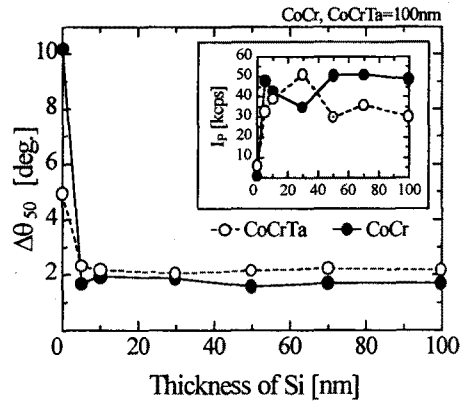


그림 4 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막의 하지층막두께 변화에 따른 $\Delta\theta_{50}$ 의 변화 (박스 안은 회절강도 I_p 의 변화)

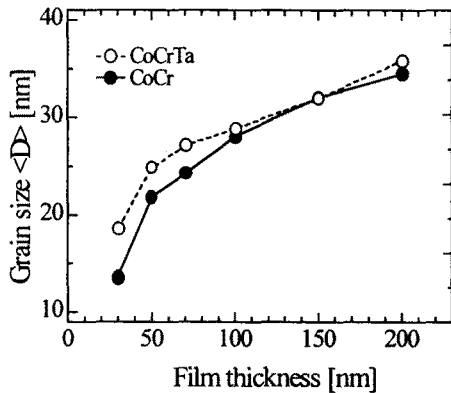


그림 3 CoCr, CoCrTa 단층막 막두께 변화에 따른 평균결정입경 <D>의 변화

영역간의 스피노달분해(spinodal decomposition)의 결과로 나타난 내부응력으로 인해 Co-Cr계 합금은 FCC 구조의 막성장을 하지만 증착이 계속되면 FCC 격자 안에서의 재배치가 일어나 HCP 격자 성장을 하게 된다(3). 따라서 막두께가 증가할수록 (002)면으로의 성장이 높아져 회절 강도가 높아졌다고 볼 수 있다.

$\Delta\theta_{50}$ 은 CoCrTa 단층막에 비해 CoCr 단층막의 경우 막두께 증가에 따라 크게 개선되었지만, CoCrTa 단층막이 더 낮은 값을 나타내었다. 이것은 Ta원자를 첨가하여 Cr원자를 Ta원자로 치환하면 Co의 HCP 원자격자망이 조금 확장되어 c-축 배향성이 개선된다는 사실에 기인한 것이다(4).

그림3은 CoCr, CoCrTa 단층막의 막두께 변화에 따른 평균결정입경 <D>의 변화를 나타낸 것이다. CoCrTa 단층막이 CoCr 단층막에 비해 조금 큰 결정입경을 나타내고 있는데 이것은 앞에서 언급한 Ta원자의 Cr원자로의 치환에 따른 결과라 사료된다.

2.2.2 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막

CoCr, CoCrTa 단층막의 결과에 기인하여 CoCr/Si,

CoCrTa/Si 이중막을 제작하였다. 제작시 CoCr, CoCrTa 자성층의 막두께는 100nm로 고정하고 Si 하지층의 막두께를 5~100nm로 변화시켜 이중막을 제작하였다. 그림4는 Si 하지층 막두께 변화에 따른 c-축 분산각 $\Delta\theta_{50}$ 과 회절강도 I_p 의 변화를 나타낸 것이다. Si 하지층의 막두께가 증가할수록 회절강도는 단층막의 경우와 비교해 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막 모두 10배에 가까운 값을 나타내고 있는 것을 알 수 있다.

이것과 상응하여 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막의 c-축 분산각인 $\Delta\theta_{50}$ 은 Si 하지층의 도입으로 인해 크게 개선되었다. 그러나 하지층의 막두께 변화에 따라서 그 값의 차이는 나타나지 않고 일정하였다. 이것은 Si 하지층과의 epitaxial 성장으로 인한 CoCr(-Ta) 자성층의 결정배향성의 증가인한 결과라 생각할 수 있다.

그림5는 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막의 하지층 막두께 변화에 따른 평균결정입경 <D>의 변화를 나타낸 것이다. Si 하지층의 도입으로 단층막보다 이중막의 경우 CoCr/Si 이중막은 약 10nm, CoCrTa/Si 이중막의 경우는 약 7nm의 증가를 나타내었다.

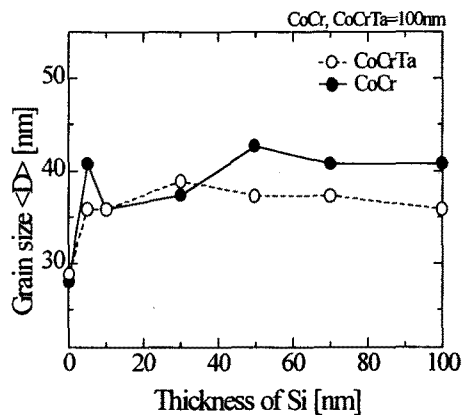


그림 5 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막의 하지층 막두께 변화에 따른 평균결정입경 <D>의 변화

할 수는 없었다.

(참 고 문 헌)

- [1] S.Iwasaki and T.Kakemura, IEEE Trans. Magn. MAG-11, 5, 1975
- [2] K.H.Kim, S.H.Kong, I.H.Son, M.Naoe and S.Nakagawa, Applied surface Science, 169, pp. 410-414, 2001
- [3] S.Kadokura and Masahiko Naoe, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 193, pp. 114-116, 1999
- [4] M.Naoe, Journal of Magnetic Society Japan, 24, 1, pp. 25-34, 2000

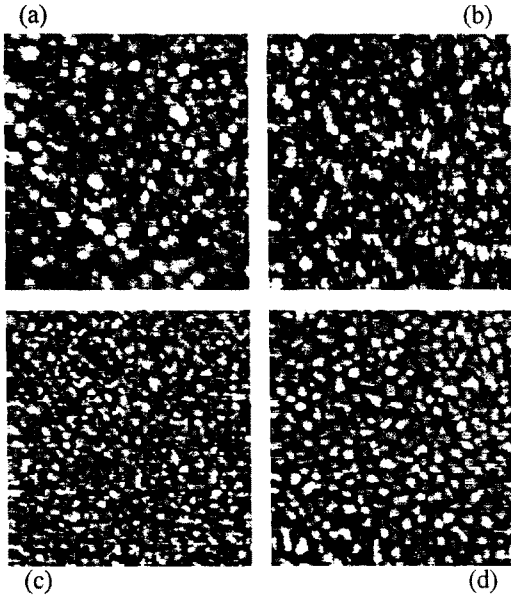


그림 6 단층막과 이중막의 AFM 이미지

- (a) CoCrTa=100nm
- (b) CoCrTa/Si=100/5nm
- (c) CoCr=100nm
- (d) CoCrTa/Si=100/5nm

하지층의 막두께가 증가하여도 <D> 값의 변화는 크게 나타나지 않았다.

또, 단층막에서는 CoCr이 CoCrTa 보다 작은 평균결정 입경을 나타내었지만 Si 하지층의 도입에 의한 이중막 막구조에서는 CoCr/Si 이중막이 CoCrTa/Si 보다 다소 높게 나왔다.

CoCr, CoCrTa 단층막과 CoCr/Si(5nm), CoCrTa/Si(5nm) 이중막의 표면을 AFM을 통하여 살펴보았다.(그림6) 각 이미지의 크기는 $1 \times 1 \mu\text{m}$ 이다. 이중막에서 결정입경이 증가한 것을 볼 수 있다.

CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막의 roughness는 각각 3.88nm, 4.2nm로 그 높이 분포가 거의 일정한 평탄한 막을 얻을 수 있었다.

3. 결 론

대향타겟식 스퍼터링장치를 이용하여 수직자기기록용 매체 CoCr, CoCrTa 단층막 및 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이중막을 제작하였다. 단층막의 막두께를 변화시켜 제작한 결과, 막두께가 증가할수록 결정배향성이 향상되었고, 결정입경이 증가하는 것을 나타내었다. 이것은 막 증착시 FCC 상에서 격자안에서의 재배치에 의한 HCP 상으로의 상변이에 따른 결과로 사료된다.

하지층의 도입으로 단층막의 결정성을 개선하기 위해 CoCr, CoCrTa 자성층의 막두께를 100nm로 고정하고 Si 하지층의 막두께를 변화시켜 이중막을 제작한 결과, 하지층의 도입으로 인해 회절강도 및 c-축 분산각 $\Delta\theta_{50}$ 은 크게 개선되었다($\Delta\theta_{50}$: 10° (CoCr) $\rightarrow 1.8^\circ$, 5° (CoCrTa) $\rightarrow 2^\circ$). 이것은 Si 하지층과 자성층간의 epitaxial 성장에 기인한 것이라 생각된다. 또, AFM을 통하여 이중막의 표면을 살펴본 결과, 이중막의 도입으로 인하여 표면이 평활한 막을 얻을 수 있었지만, 이중막의 평균결정입경은 증가하여 자성층의 결정을 미세화