

## Co-Cr(-Ta)/Si 이층막의 자기적 특성

### Magnetic Properties of Co-Cr(-Ta)/Si Bilayered Thin Film

김용진\*, 박원효\*, 금민중\*, 손인환\*\*, 최형욱\*, 김경환\*

(Yong-Jin Kim\*, Won-Hyo Park\*, Min-Jong Keum\*, In-Hwan Son\*\*, Hyung-Wook Choi\*, and Kyung-Hwan Kim\*)

#### Abstract

In order to investigate the magnetic properties of CoCr-based bilayered thin films on kind of underlayer, we introduced amorphous Si layer to Co-Cr(-Ta) magnetic layer as underlayer. First, we prepared CoCr and CoCrTa single layer using the Facing Targets Sputtering system to investigate their properties. It was revealed that with increasing the film thickness of CoCr, CoCrTa single layer, crystalline orientation and perpendicular coercivity was improved. The CoCrTa thin film showed better crystalline and magnetic characteristics than CoCr thin film.

As a result of investigating magnetic properties of CoCr and CoCrTa magnetic layer on introducing the Si underlayer, perpendicular coercivity and saturation magnetization of CoCr/Si and CoCrTa/Si bilayered thin film were decreased due to the increased grain size and diffusion of Si atoms to magnetic layer. And they showed constant with increasing the film thickness of Si thin film. However, in case of CoCrTa/Si bilayered thin film, in-plane coercivity was controlled low at about 250Oe. The c-axis orientations of CoCr/Si and CoCrTa/Si bilayered thin film showed a good crystalline characteristics as about 2°

**Key Words** : Perpendicular magnetic recording media, Amorphous Si, Co-Cr(-Ta) thin film,

C-axis dispersion angle  $\Delta\theta_{50}$ , Perpenduclaur coercivity  $H_{c,L}$ , Facing targets sputtering system

#### 1. 서론

고도 정보화시대에 있어 정보를 적합하게 처리할 필요가 있으며, 최근 CD-R(W)나 MO, DVD 등의 고용량 기록매체 시장이 활성화 된 것을 보아도 정보를 저장시켜야할 필요성이 어느 정도인지 알 수 있다. 또한, 최근 몇 년 사이에 정보화사

회는 급격하게 발전하여, 개인용 컴퓨터(Personal Computer)의 보급에 따른 인터넷, E-Mail 등의 보급·발달에 따라 정보처리기술은 그 중요성을 더해가고 있다. 이에 따라 동화상, 데이터베이스 등의 대용량의 정보를 저장할 수 있는 장치가 요구되고 있고, 대용량의 정보를 저장할 수 있는 기록매체의 개발이 필요하게 되었다. 이 기록매체 중에서 기술적인 면·가격면에서 가장 적합한 것이 자기기록매체로서 그 중에서도 Co-Cr계 합금박막 매체가 결정배향 및 자기적 특성이 우수하고, 제작이 용이하며, 포화자화, 보자력의 제어가 용이하다는 장점으로 많은 연구·개발이 이루어지고 있다[1].

\* : 경원대학교 공대 전기전자공학과  
(성남시 수정구 복정동 산65, Tel: 031-750-5348  
Fax: 031-750-5491  
E-mail : khkim@mail.kyungwon.ac.kr)

\*\* : 신성대학 전기과  
2001년 10월 16일 접수, 2001년 10월 31일 1차 심사 완료,  
2001년 12월 10일 2 차 심사 완료

Co-Cr계 합금박막 매체는 수평자기기록 뿐만 아니라 수직자기기록방식[2]에서도 많은 연구·개발이 이루어지고 있다. Co-Cr계 합금박막의 경우 하지층의 도입으로 인해 그 결정성 및 자기적 특성을 향상시킬 수 있으며, 하지층으로서 Ti, Pt, Ge 등이 이용되고 있다. 또한, 하지층의 도입으로 자성층 결정립의 미세화 및 수직자기특성이 양호하지 않은 초기층의 성장을 억제 할 수 있는 효과가 있다. 수직자기기록용 CoCr계 박막의 결정배향성을 높이기 위해서 Ti을 하지층으로서 이용하고 있지만, 극박막의 아몰퍼스 Si 박막을 버퍼(buffer)층으로서 이용하였을 때 그 위에 증착된 박막의 결정배향성을 촉진시킨다고 알려져 있어 전체 막 두께를 박막화 시킬 수 있는 기대가 있다[3]. 따라서 본 연구는 Co-Cr계 합금박막에 아몰퍼스 Si을 하지층으로 이용하여 Co-Cr(-Ta)/Si 이층막을 제작, 그 자기적 특성 및 결정학적 특성을 살펴보았다.

## 2. 실험

본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 Co-Cr(-Ta)/Si 이층막을 제작하였다. 대향타겟식 스퍼터법은 낮은 가스압력에서도 안정된 방전을 일으킬 수 있고,  $\gamma$ -전자, 음이온과 같은 고에너지입자로부터 기판으로의 충격을 억제할 수 있는 플라즈마-프리의 기판위치를 가지고 있어 우수한 c-축 배향성 및 막의 표면이 평탄한 고품위 박막을 제작할 수 있는 특징이 있다[4,5]. 직경 4"의  $Co_{77}Cr_{20}Ta_3$ ,  $Co_{78}Cr_{22}$  합금타겟을 이용하여 자성층을 제작하고 동일직경의 Si 타겟을 이용하여 하지층을 glass 기판위에 제작하였다.  $6 \times 10^{-7}$  Torr 까지 챔버를 배기시킨 후 분위기 가스 Ar(99.999%)의 압력을 1 mTorr로 하여 막을 증착하였다, 막 증착시 자성층의 막두께는 100 nm로 고정하였으며, 하지층의 막두께는 5~100 nm로 변화시켰다. 자성층의 기판온도는 250 °C, 하지층의 기판온도는 실온으로 고정하였다. 제작된 막의 결정성 및 표면 분석은 X선 회절장치(X-ray diffractometer), 원자력현미경(Atomic Force Microscopy)를 이용하였으며 자기적 특성은 20 kOe의 최대포화자장을 가지는 진동시료형자력계(Vibrating Sample Magnetometer)를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 CoCr, CoCrTa 단층막

대향타겟식 스퍼터링장치를 이용하여 CoCr[6], CoCrTa 단층막을 제작하였다. 막 제작시 막두께는 30~200 nm로 변화시켰다. 그림 1은 CoCr, CoCrTa 단층막의 막두께 변화에 따른 c-축 배향성  $\Delta\theta_{50}$ 의 막두께의존성을 나타낸 것이다.  $\Delta\theta_{50}$ 은 XRD의  $2\theta$  측정시 가장 높은 회절강도를 나타내는 피크값에 고니어미터를 고정시키고 시료를 회전시켜 얻은 그래프의 반치폭을 나타내는 것으로서 그 값이 작을수록 결정면으로의 배향성이 우수하다고 할 수 있다. 낮은 가스압력에서 제작한 CoCr, CoCrTa 단층막 모두 막두께가 증가할수록 c-축 배향성이 개선되는 결과를 나타내었다. 또한, CoCr 단층막에 비해 CoCrTa 단층막의 c-축 배향성이 모든 막두께 변화에 대해서 우수하게 나타났다. 이것은 Co-Cr 매체에 소량의 Ta을 첨가함으로써 Co-Cr 매체의 육방형격자가 조금 확장되어, Cr이 중앙으로 들어오기 쉽게 되고, hcp 안정의 Co에 bcc 안정의 Cr을 혼합시켜도 hcp 격자를 유지할 수 있게 해주기 때문이라고 사료된다[7]. 그림 2는 CoCrTa 단층막의 rocking curve로서 그림 2(a), (b) 각각의 막두께는 50 nm, 100 nm이다. 막두께 100 nm의 CoCrTa 단층막은 막두께 50 nm보다 그 반치폭이 좁고, 날카로운 모양을 하고 있는 것을 알 수 있다.

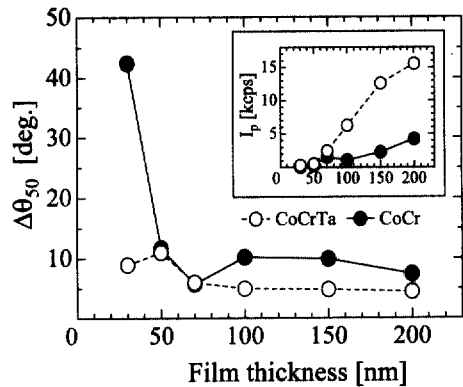


그림 1. CoCr, CoCrTa 단층막의  $\Delta\theta_{50}$ 의 막두께의존성

Fig. 1. Film thickness dependence of  $\Delta\theta_{50}$  for CoCr, CoCrTa single layer

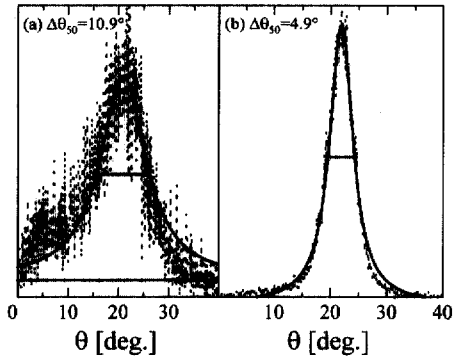


그림 2. CoCrTa 단층막의 rocking curve  
((a):CoCrTa 50 nm, (b):CoCrTa 100 nm)

Fig. 2. Rocking curves of CoCrTa single layer  
((a):CoCrTa 50 nm, (b):CoCrTa 100 nm)

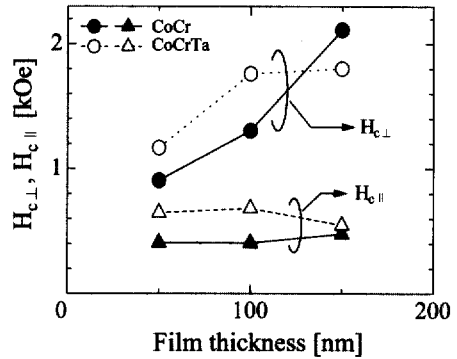


그림 3. 수직보자력  $H_{c\perp}$  및 수평보자력  $H_{c\parallel}$ 의 단층막 막두께 의존성

Fig. 3. Film thickness dependence of perpendicular coercivity  $H_{c\perp}$  and in-plane coercivity  $H_{c\parallel}$  for CoCr, CoCrTa single layer

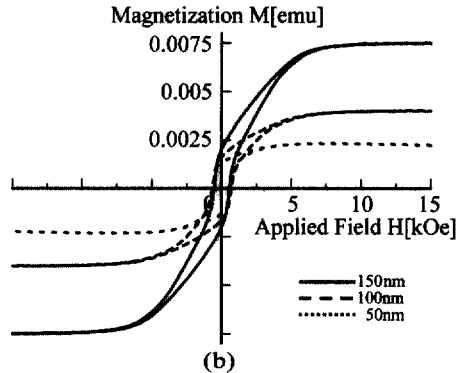
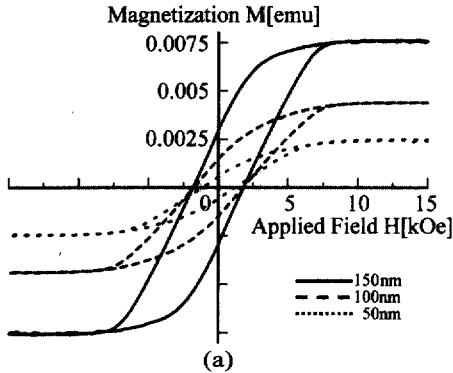


그림 4. CoCrTa 단층막의 수직·수평히스테리시스곡선 ((a): 수직곡선, (b) : 수평곡선)

Fig. 4. Hysteresis loops of CoCrTa single layer

그림 3은 CoCr, CoCrTa 단층막의 막두께 변화에 따른 수직보자력  $H_{c\perp}$  및 수평보자력  $H_{c\parallel}$ 의 막두께 의존성을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 CoCr, CoCrTa 단층막 모두 막두께가 증가할수록 수직보자력  $H_{c\perp}$ 은 증가하고 있는 것을 알 수 있다. CoCr 단층막 보다 CoCrTa 단층막이 큰 보자력을 나타내었다. 이것은 Ta의 첨가로 인해 Co-Cr 결정 내에서 grain boundary로의 Cr 편석을 높여서 나타난 결과라 할 수 있다[8]. 그러나, 막두께 150 nm에서 CoCrTa 단층막의 수직보자력이 CoCr

단층막보다 작게 나온 것은 막두께 증가에 따른 CoCr의 결정입경의 증가보다 CoCrTa의 증가율이 높아 막 내의 인접 자구들 사이에서 자기적인 분리가 무너지면서 서로간에 영향을 주어 나타난 결과라 생각된다. 그림 4는 CoCrTa 막두께를 50 nm, 100 nm, 150 nm로 제작한 단층막의 수직·수평히스테리시스곡선을 나타낸 것이다. 막두께 50 nm에서 CoCr계 박막은 결정성장에 있어 형상자기이방성이 강하여 막 면에 수평방향으로 자화가 용이하게 되지만, 막두께 100 nm 이상에서는 형상자기이

방성보다 c-축으로의 결정자기이방성이 크게 되어 수직보자력 히스테리시스곡선의 기울기가  $1/4\pi$  이상의 값을 나타내고, 그 기울기가 증가한 것으로 사료된다. 수평히스테리시스곡선의 경우 단층막 막 두께 증가에 따라  $M_s$ 도 함께 증가하고,  $(M_r/M_s)_r$ , 즉 수평곡선의 각형비는 그 값이 줄어들고 있어 막면에 대해서 수직인 방향으로 자화가 용이하게 되는 것을 알 수 있다.

### 3.2 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이층막

그림 5는 CoCrTa/Si 이층박막의 XRD 패턴으로 자성층의 막두께는 100 nm, Si 하지층의 막두께를 5~100 nm로 변화시켜 제작하였다. 막두께 100 nm의 단층막에 비해 이층막은 그 회절강도가 크게 증가한 것을 볼 수 있다. 그림에는 나타내지 않았지만 CoCr/Si 이층박막도 같은 경향을 나타내었다. 하지층의 막두께를 변화시켜 제작한 CoCr/Si 및 CoCrTa/Si 이층박막의 c-축 분산각  $\Delta\theta_{50}$ 을 조사한 결과 그림 6과 같은 결과가 나타났다. 단층막에 비해 각각의 이층막은 Si 하지층의 도입으로 인해  $\Delta\theta_{50}$ 의 값이 크게 개선되는 것을 알 수 있다. 특히 CoCr/Si 이층막의 경우 CoCr 단층막에 비해  $\Delta\theta_{50}$ 이  $10^\circ$ 에서  $2^\circ$ 로 크게 개선되었으며, 하지층의 막두께를 100 nm까지 증가시켜 제작한 이층막에서는  $\Delta\theta_{50}$ 이 일정한 값을 나타내었다. 이

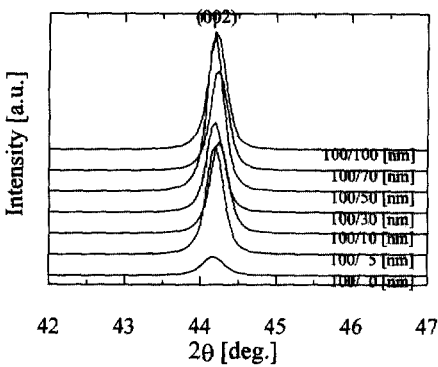


그림 5. 하지층 막두께변화에 따른 CoCrTa/Si 이층막의 XRD 패턴

Fig. 5. XRD patterns of CoCrTa/Si doublelayer on varying thickness of underlayer

것은 Si 하지층의 도입으로 인하여 CoCr, CoCrTa 자성층의 결정배향을 촉진되어 나타난 결과라 사료된다. Ti, Pt 하지층 및 Pt/Ti 복합하지층을 이용한 CoCrTa 이층박막[9]의 c-축 분산각에 비해서 Si 하지층을 이용한 CoCrTa/Si 이층박막은 동일막 두께에 대해 더 낮은 값을 나타내었다. 그림7은 CoCr 단층막과 CoCrTa/Si 이층막의 rocking curve를 나타낸 것으로서 이층막의 하지층 막두께는 5 nm 이다. 5 nm 이상의 하지층 막두께에 대해서는 5 nm와 같은 rocking curve를 나타내었다. 그림6에서도 나타내었듯이 아몰포스 Si 하지층을 사용함으로써 rocking curve의 반치폭인  $\Delta\theta_{50}$ 이 더 좁게 나타나고 더 날카로운 모양을 하고 있는 것을 알 수 있다.

그림8은 Si 하지층의 막두께를 변화시켜 제작한 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이층막의 수직보자력 및 수평보자력의 하지층막두께 의존성을 나타낸 것이다. Si 하지층을 이용한 CoCr/Si 및 CoCrTa/Si 이층박막에서는 수직보자력이 단층막에 비해 낮은 값을 나타내었다. 또한 하지층의 막두께를 변화시켜 제작한 각각의 이층박막에 대해서는 변화가 나타나지 않고 일정한 값을 나타내었다. 수직보자력의 감소는 다음과 같이 생각할 수 있다. Si 하지층 증착 후 자성층 증착까지의 기판온도 상승과정에서 기판히팅과정에서 Si 원자가 받는 과잉에너지로 인해 CoCr 및 CoCrTa 자성층의 결정배향성의 증가

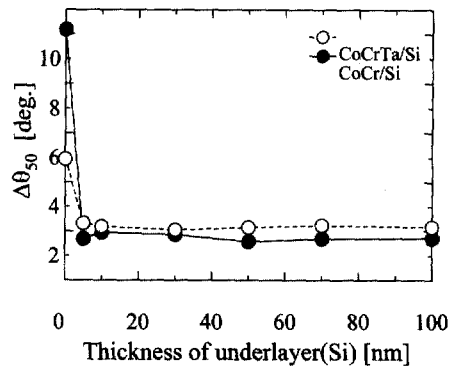


그림 6. CoCr/Si, CoCrTa/Si 이층막의  $\Delta\theta_{50}$ 의 하지층 막두께의존성

Fig. 6. Underlayer thickness dependence of  $\Delta\theta_{50}$  for CoCr/Si, CoCrTa/Si bilayered thin film

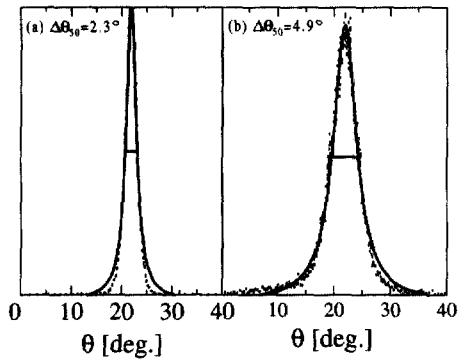


그림 7. CoCrTa 단층막과 CoCrTa/Si 이중막의 rocking curve

((a):CoCrTa/Si 100/5 nm, (b):CoCrTa 100 nm)

Fig. 7. Rocking curves of CoCrTa single layer and CoCrTa/Si double layer

((a):CoCrTa/Si 100/5 nm, (b):CoCrTa 100 nm)

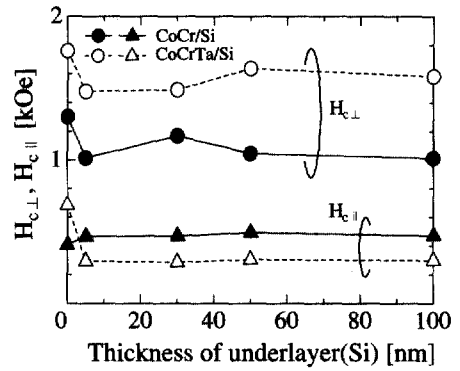


그림 8. 수직보자력  $H_{c\perp}$  및 수평보자력  $H_{c\parallel}$  의 하지층 막두께 의존성

Fig. 8. Underlayer thickness dependence of perpendicular coercivity  $H_{c\perp}$  and in-plane coercivity  $H_{c\parallel}$  for CoCr/Si, CoCrTa/Si bilayered thin film

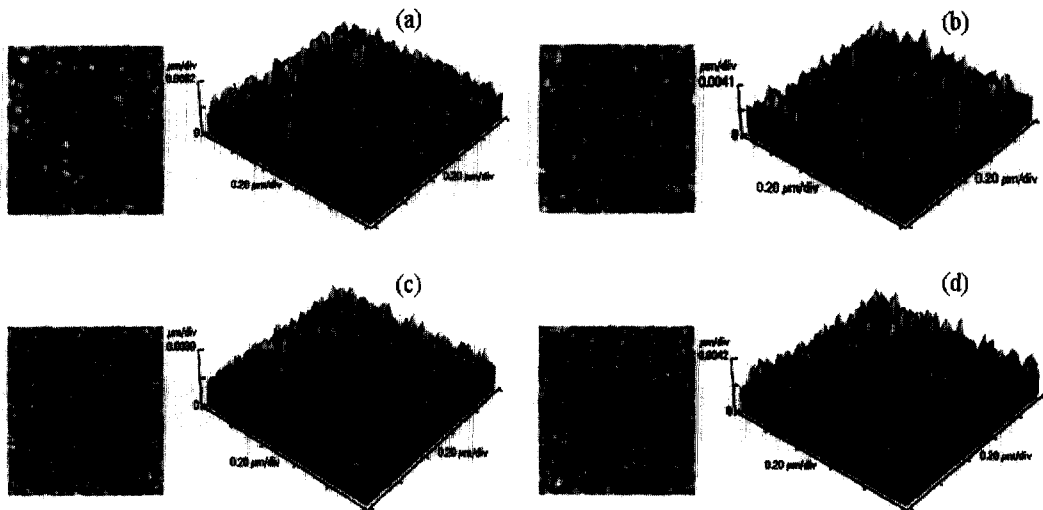


그림 9. 단층막과 이중막의 AFM 이미지

(a) CoCrTa=100 nm, (b) CoCrTa/Si=100/5 nm

(c) CoCr=100 nm, (d) CoCr/Si=100/5 nm

Fig. 9. AFM images of CoCr, CoCrTa single layer and bilayered thin films

와 동시에 자성층으로 침투하여 막 전체의 포화자화  $M_s$ 가 감소하고 자성층영역이 줄어들어 수직보자력의 감소가 나타난 것이라 생각할 수 있다[10]. 또한 CoCr 및 CoCrTa 자성층의 결정입경의 증가로 인하여 결정간의 자기적 분리가 나타나지 않고 서로간의 결정에 자기적 간섭으로 인하여 그 수직보자력의 감소가 나타났다고 할 수 있다. 수평보자력의 경우 CoCr/Si 이층막은 단층막에 비해 수평보자력은 증가하였으나 CoCrTa/Si 이층막은 그 값이 단층막에 비해 CoCrTa/Si 이층막이 수평보자력을 제어하는데 더 유리하다고 할 수 있겠다.

그림 9은 CoCr, CoCrTa 단층막과 CoCr/Si(5 nm), CoCrTa/Si(5 nm)의 AFM 이미지(image)이다. 스캔사이즈(size)는  $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ 이다 그림에서도 볼 수 있듯이 Si 하지층을 이용한 이층막 매체의 결정은 단층막의 경우와 비교해 조금 큰 것을 알 수 있다. 결정입경의 증가로 인해 그림7에 나타내었던 수직보자력의 감소가 나타난 것을 확인 할 수 있다.

#### 4. 결론

대향타겟식 스퍼터링장치를 이용하여 CoCr, CoCrTa 단층막 및 Si 하지층을 도입하여 CoCr/Si, CoCrTa/Si 이층막을 제작하여 결정성 및 자기적 특성을 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CoCr, CoCrTa 단층막의 경우 막두께가 증가할수록 c-축 분산각  $\Delta\theta_{50}$ 은 감소하고, 수직보자력  $H_{c\perp}$ 은 증가하였다.

2. CoCr/Si, CoCrTa/Si 이층막은 Si 하지층의 도입으로 인해 c-축 분산각  $\Delta\theta_{50}$ 은  $2^\circ$ 의 낮은 값으로 크게 개선되었으며, 하지층의 막두께 변화에 대해서는 일정한 값을 나타내어 결정성을 크게 향상시킬 수 있었다.

3. 이층막의 자기적 특성은 Si 하지층의 도입과 함께 하지층의 막두께 증가에 대해서 수직보자력  $H_{c\perp}$ 은 결정입경의 증가로 인한 결정간의 자기적 간섭으로 인하여 자기적 분리가 나타나지 않아 단층막에 비해 감소하였으나, CoCrTa/Si 이층막의 경우 수평보자력  $H_{c\parallel}$ 는 단층막일 때와 비교해 250 Oe 정도의 낮은 값으로 제어할 수 있었다.

#### 참고 문헌

- [1] S.Iwasaki and K.Ouchi, IEEE Trans. Magn., MAG-14, 849, 1978
- [2] S.Iwasaki and Y.Nakamura, IEEE Trans. Magn., MAG-13, 1272, 1977
- [3] S.Nakagawa, K.Nishimura, Y.Shimizu, and M.Naoe, "Ultrathin Si buffer layers to improve the exchange bias between Ni-Fe and FeMn layers", J. Appl. Phys., Vol. 85, No. 8, p. 4934, 1999
- [4] K.H.Kim, I.H.Son, K.B.Song, S.H.Kong, M.J.-Keum, S.Nakagawa, and M.Naoel, "Thin film properties by facing targets sputtering system", Appl. Surf. Sci, 169-170, p. 410, 2001
- [5] 김경환, "대향타겟식 스퍼터링에 의한 Co-Cr 박막의 제작", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 3, No. 5, p. 418, 1998
- [6] 김경환, "수직자기기록 매체용 Co-Cr 박막의 자기적 특성에 관한 연구", 전기전자재료학회 논문지, Vol. 13, No. 5, p. 444, 2000
- [7] M.Naoe, "Lecture of magnetic thin film V", Journal of Magnetic Society Japan, Vol. 24, No. 1, p. 25, 2000
- [8] N.Inaba and M.Futamato, "Effects of Pt and Ta addition on compositional microstructure of CoCr-alloy thin film media", J. Appl. Phys., Vol. 87, No. 9, p. 6853, 2000
- [9] A.Sato, S.Nakagawa, and M.Naoe, "Co-Cr-Ta perpendicular magnetic recording media using Pt seed layer", IEEE Trans. Magn., Vol. 36, No. 5, p. 2387, 2000
- [10] T.Osaka, Y.Morita, K.Kuramoto, T.Onoue, T. Asahi, and T.Homma, "Ge下地層を有する垂直垂直單層膜磁気記録媒体の制作", Journal of Magnetic Society Japan, 24, p. 271, 2000