

## Co-Cr(-Ta) 층의 결정성 및 자기적 특성에 미치는 하지층 효과

### Underlayer effects on crystallographic and magnetic characteristics of Co-Cr(-Ta) layer

°금민중\*, 공석현\*\*, 가출현\*\*\*, 손인환\*\*\*, 김경환\*  
(Keum Min Jong, Kong Sok Hyun, Ka Chool Hyun, Son In Hwan, Kim Kyung Hwan)

#### Abstract

We prepared Co-Cr-Ta and Co-Cr-Ta/Ti thin film for perpendicular magnetic recording media by facing targets sputtering system (FTS system). Ti underlayer effects on crystallographic and magnetic characteristics of Co-Cr-Ta perpendicular magnetic recording media have been investigated. Crystallographic and magnetic characteristic of prepared thin films were evaluated by x-ray diffractometry(XRD), vibrating sample magnetometer(VSM) and kerr hysteresis loop measurement.

The coercivity and anisotropy field increase by introduced Ti underlayer when substrate temperature is higher than 150°C. The c-axis dispersion angle and grain size of Co-Cr-Ta/Ti thin film is decrease than Co-Cr-Ta when substrate temperature is higher than 100°C. Consequently, the use of a Ti underlayer highly orientated can be improved crystallographic and magnetic characteristics of Co-Cr-Ta perpendicular media layer

**Key words(중요용어)** : Facing Targets Sputtering, crystallographic, magnetic characteristics, Co-Cr-Ta/Ti, c-axis dispersion angle, grain size, coercivity, anisotropy field

#### 1. 서 론

현재, 자기테이프, 플로피 디스크 등의 자기기록매체에 있어서 사용되고 있는 기록방식은 수평자기기록방식이다. 그러나, 수평자기기록방식은 고기록밀도화에 원리적인 한계가 있으며<sup>[1]</sup>, 멀티미디어 시대로 대변되는 고도의 기술기반 정보화 시대에서는 더욱 높은 밀도의 기록 저장이 가능한 매체의 개발이 요구되고 있어, 고밀도 기록에 본질적으로 적당한 수

직자기기록방식의 실용화가 이뤄져야 한다고 많은 관련 연구자들은 주장하고 있다<sup>[2]</sup>.

이제까지, 수직자기기록매체용(perpendicular magnetic recording media)으로서 Ba 페라이트 등의 다양한 재료가 제안되어<sup>[3,4]</sup>, 그 실용화 가능성에 대한 검토가 수행되었으나, 높은 일축자기이방성, 박막 제작의 용이성뿐만 아니라, 보자력(coercivity)과 포화자화(saturation magnetization)의 제어성 등과 같은 제반 특성에 있어서 Co-Cr-X 합금박막이 가장 적합하다는 것이 알려져 있다<sup>[5]</sup>.

본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링 장치(facing targets sputtering system)를 이용하여 수직자기기록매체용 Co-Cr-Ta 및 Co-Cr-Ta/Ti 박막을 제작하였다. face-centered-cubic(f.c.c) 구조를 갖은 Ti 박막을 하지층(underlayer)으로 사용하여 기록층(re-

\* : 경원대학교 공대 전기전자공학부  
(성남시 수정구 복정동 산 65, Fax: 0342-750-5491  
E-mail: khkim@mail.kyungwon.ac.kr)

\*\* : 동경공업대학 전자물리과

\*\*\* : 신성대학 전기과 (ihson@shinsung.ac.kr)

cording layer)의 결정학적 특성 및 자기적 특성에 미치는 하지층의 영향을 조사하였다.

Ti 박막은 Co-Cr 박막의 에피택셜 성장용의 하지층으로서 사용되어왔다. Ti 박막을 하지층으로 사용함으로써 Co-Cr 박막의 결정성이 개선되었다는 다수의 보고가 있다. 최초의 Ti 하지층의 사용은 증착법으로 Co-Cr 박막을 증착하여 박막의 특성 개선에 관한 연구를 수행하던 연구진에 의하여 이루어졌다. 그후, 스퍼터법에서도 Co-Cr 박막의 하지층으로서 Ti 층을 사용하게 되었다. 따라서, 이 Co-Cr 박막과 상호간의 특성이 잘 융화되는 Ti 박막을 하지층으로 사용함으로써 Co-Cr-X 박막의 결정성 및 자기적 특성의 개선이 나타날 것으로 사료된다..

## 2. 실험 방법

Ti 막의 결정성은 제작방법에 많은 영향을 받다고 알려져 있다. 본 연구에서는 대향타겟식 스퍼터링법을 사용하여 Ti 박막을 제작하였다. 대향타겟식 스퍼터법을 이용하여 다양한 조건에서 제작된 Ti 박막의 결정성에 관한 연구는 기존에 상세히 보고된 바 있다<sup>15)</sup>. 우선 본 연구에서 박막 제작에 사용한 FTS 법은 이미 국외뿐만 아니라, 국내에서도 여러차례에 걸쳐 스퍼터 원리 및 제작된 박막의 특성에 대하여 보고된바 있는 플라즈마-프리 스퍼터법으로서 다양한 박막의 제작에 응용할 수 있는 박막 제조 공정의 하나라 할 수 있다. 현재, 연구실내에 FTS 1, 2호기가 가동 중에 있으며, Ti 박막 및 Co-Cr-Ta 박막의 제작에 있어서는 그림 1의 FTS 1호기를 이용하였다. FTS법의 특징은 기판과 성장 박막에 미치는  $\gamma$  전자와 음이온과 같은 고에너지 입자들의 물리적인 충격이 기판의 위치가 타겟 면에 수직으로 플라즈마 밖에 위치하기 때문에 억제되며, 결론적으로, 성장 박막의 온도가 비교적 낮게 유지된다는 데 있으면, 낮은 스퍼터 가스 압력에서도 플라즈마 구속장계의 영향으로 용이하게 스퍼터링을 할 수 있다는 데 있다.

본 실험에서는 직경 100mm의  $Co_{80}Cr_{17}Ta_3$  디스크형 합금을 타겟으로 사용하여 기록층을 제작하였으며, 스퍼터 가스로서 99.999%의 아르곤 가스를 사용하여 Ti 하지층을 표 1에 나타난 조건과 같이 slide glass 기판에 성장된 하지층을 갖는 Co-Cr-Ta/Ti 박막과 단층막인 Co-Cr-Ta 박막을 기판온도를 변화시켜 제작하였다. Ti 박막은 h.c.p 구조(002)면을 우선적으로 배향시키기 위해서는 1mTorr의 높은 가스 압력에서 또는 200°C 정도의 높은 기판온도에서 제

작되어야 한다는 연구가 이미 보고된 있다. Ti 박막의 (002)면을 우선 배향하는 것이 Co-Cr-Ta 박막의 c-축 배향성의 향상에 기여함으로써 표 1과 같이 Ti 박막의 기판온도를 220°C의 고온으로 결정하여 박막을 제작하였다. 표 1에서 나타난 Co-Cr-Ta 층의 제작에서의 기판온도를  $T_s(Co-Cr-Ta)$ 로 정의한다.

제작된 박막의 평가방법으로서는 다음과 같은 일반적인 방법이 사용되었다. 즉, 결정구조 및 결정성은 X선 회절법을 사용하여 조사하였다. 자성박막과 하지층은 성장된 상태에서 다결정질의 합금계이며, 그 결정성 배향, 기판 면에 대한 결정면의 배향도를 Cu-K $\alpha$ 를 사용한 X선 회절의  $2\theta$  scan methods를 사용하여 평가하였다. 막의 배향 분산은  $2\theta$ 의 피크 위치에 따라 goniometer를 고정시킨 후 시료의 입사 X선에 대한 각도  $\theta$ 를 회전하여 얻어진 피크의 반치폭을  $\Delta\theta_{50}$ 으로 정의하여 평가하였다. 또한, 박막의 자기적 특성은 진동시료형자력계(VSM)과 Kerr 히스테리시스 장치를 사용하여 검토하였다.

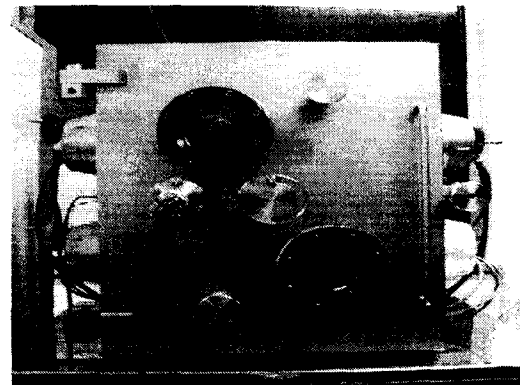


그림 1. FTS 장치

Fig. 1. Facing targets sputtering system apparatuses

표 1. Co-Cr-Ta/Ti 이중막의 제작조건

Table 1. Sputtering conditions of Co-Cr-Ta/Ti double layer

	$Co_{80}Cr_{17}Ta_3$ recording layer	Ti underlayer
Ar Gas Pressure	0.3mTorr	0.3mTorr
Discharge Voltage	580~620V	400~420V
Discharge Current	0.5A	1A
Substrate Temperature	40°C~350°C	220°C
Thickness of Layers	200nm	20nm

### 3. 결과 및 검토

#### 3.1 Ti 하지층이 결정성에 미치는 영향

우선, 결정성에 대하여 조사하였다. XRD를 이용한 결정성 분석 결과에 따르면, 44.3°, 38° 부근에 회절강도의 피크가 나타난다. 44.4° 부근의 피크는 Co-Cr-Ta 박막의 피크이며, 다른 하나는 Ti 박막의 회절강도 피크임을 알 수 있다. 그림 2에 Co-Cr-Ta 층과 Ti층의 결정입경의 기판온도의존성을 나타내었다. 그림 2로부터 Ti 박막의  $\langle D \rangle_{Ti(002)}$ 는 기판온도가 증가함에 따라 미소한 증가 추세를 나타내고 있으나, Co-Cr-Ta막의 결정입경은  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$ 의 증가에 따라 낮은 온도영역에서는 증가하는 경향을 보이다가 고온영역으로 온도가 상승할수록 감소하는 추세를 나타낸다. 감소가 시작되는 온도는 약 200°C 부근이라는 것을 확인하였다. Ti 박막의 결정입경이 증가하는 이유는 annealing 효과에 기인한다고 생각된다. Co-Cr-Ta 층의 결정입경의 변화는 기존의 단층막의 경우와 동일하다.

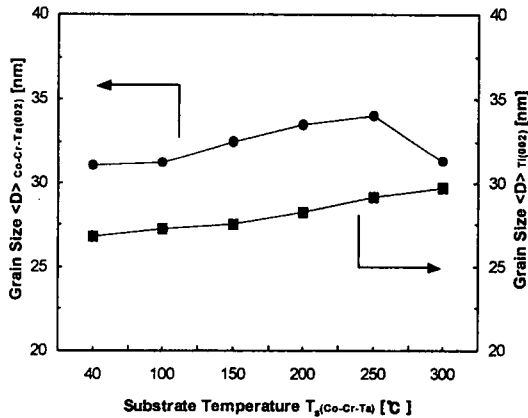


그림 2. Co-Cr-Ta 박막과 Ti 박막의 평균결정입경  $\langle D \rangle$ 의 기판온도의존성  
 Fig. 2. substrate Temperature dependence of grain size  $\langle D \rangle$  of Co-Cr-Ta and Ti thin film

Co-Cr-Ta 단층막과 Co-Cr-Ta/Ti 이층막의 결정학적 특성을 비교하여 Ti 하지층 효과를 조사하였다. 그림 3에  $\Delta\theta_{50}$ 의 Co-Cr-Ta 박막과 Co-Cr-Ta/Ti 박막의 기판온도 의존성을 나타내었다.  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$ 가 200°C 이상에서 단층막에서는 c-축 분산각이 증가하지만, Ti 하지층을 도입한 박막의 경우는 높은 기판온도에서도 매우 작은  $\Delta\theta_{50}$ 을 유지한다. 이 원인으로서서는 Co-Cr-Ta 층과 Ti 층의 에피택셜 성

장에 의하여 나타난다고 알려져 있다. 이와 같이, Ti 박막을 하지층을 사용한 경우  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$ 가 상승하여도 비교적 일정한  $\Delta\theta_{50}$ 을 나타내고 있는데, 이는 Ti와 Co-Cr-Ta은 결정구조가 육방정이기 때문에 Ti 막을 하지층으로 사용함으로써, Co-Cr-Ta 박막이 하지층에 이끌려 성장하며, 따라서, c-축 배향성이 양호하지 않은 초기 성장층을 감소시킴으로서 박막의 결정성을 향상시킨다고 생각한다.

또한, 그림 4에 나타난 결과에서 Ti 하지층의 도입에 의한 결정입경의 변화를 확인 할 수 있으며, 이는 그림 3과 동일한 결과라 할 수 있다.

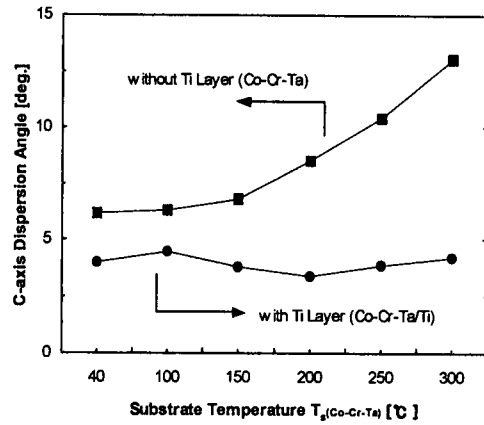


그림 3. Co-Cr-Ta 박막의 c-축 분산각  $\Delta\theta_{50}$ 의 기판온도  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  의존성  
 Fig. 3. substrate Temperature  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  dependence of c-axis dispersion angle  $\Delta\theta_{50}$  of Co-Cr-Ta thin film

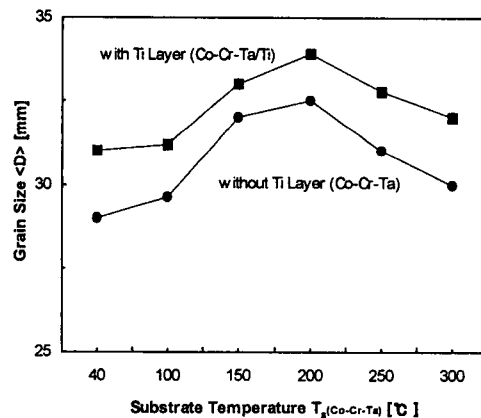


그림 4. 평균결정입경  $\langle D \rangle$ 의 기판온도  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  의존성  
 Fig. 4. substrate Temperature  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  dependence of grain size  $\langle D \rangle$

### 3.2 Ti 하지층이 자기적 특성에 미치는 영향

자기적 특성에 대하여 조사하였다. 그림 5와 그림 6은 수직보자력과 이방성 자계의 기판온도 의존성을 나타낸 것이다. 이 그림으로부터, 기판온도가 상승함에  $H_{c\perp}$ 과  $H_k$ 가 증가한다는 것을 알 수 있다. 그림 5에서 기판온도가 300°C에서 이층막의 수직보자력이 2.5kOe의 값을 가지며, 단층막은 250°C에서 최대값인 2.3kOe를 갖는다. 또한 그림 6으로부터 Ti 하지층을 도입한 경우의 박막의 이방성 자계가 상대적으로 높은 값을 갖는다는 것을 알 수 있다. 이와같은 결과의 원인으로서 기록층의 Co-rich 영역과 Cr-rich 영역의 분리, 즉 편석에 Ti 하지층이 기여함으로써 나타난다고 사료된다.

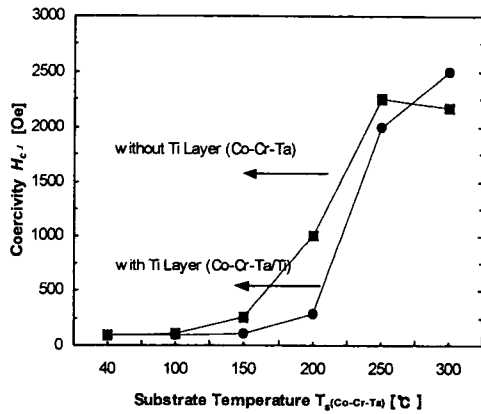


그림 5. 보자력  $H_{c\perp}$ 의 기판온도  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  의존성  
Fig. 5. substrate Temperature  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  dependence of coercivity  $H_{c\perp}$

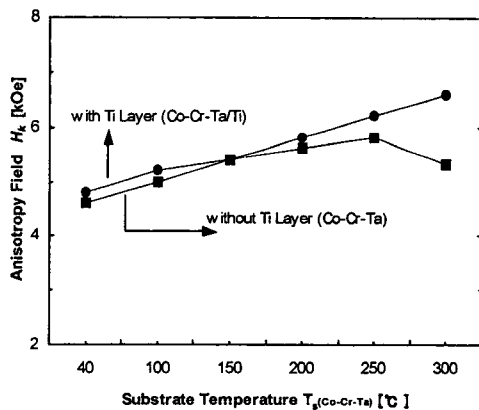


그림 6. 이방성자계  $H_k$ 의 기판온도  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  의존성  
Fig. 6. substrate Temperature  $T_s(\text{Co-Cr-Ta})$  dependence of anisotropy field  $H_k$

모든 박막은 기판온도가 상승함에 따라 수직 보자력이 증가한다. 이는 기판온도의 상승으로 인한 편석 현상에 기인 한 것이다. 이는 박막에 하지층을 도입함으로써 Co-Cr-Ta 입자의 표면확산이 어려워지고, 따라서, 온도상승에 따른 편석 현상이 일어나기 어렵기 때문이다. 그러나, 하지층의 도입을 통하여 수평 보자력값을 감소시키는 효과를 얻을 수 있다. 이는 앞서 언급한 바 있는 박막의 일축 배향성 개선에 기인한다고 생각한다.

### 4. 결론

대향타겟식 스퍼터장치를 이용하여 Co-Cr-Ta 박막을 기록층으로 사용하는 수직자기기록 매체의 결정학적 및 자기적 특성을 개선하고자 Ti 하지층 도입에 의한 결정학적 특성 및 자기적 특성의 변화에 대하여 살펴보았다. 그 결과, 박막의 자기적 특성은 Ti 하지층의 사용에 의하여 수직보자력값이 증가한다는 것을 알 수 있으며, c-축 배향성 조사 결과에서 결정성의 변화가 수직보자력을 증진시킨다는 것을 알 수 있었다. 이는 박막의 제작 과정에서의 초기성장층의 억제가 Ti 하지층을 도입함으로써 가능하다는 사실과 Co-Cr-Ta/Ti 박막의 (002) 우선 배향성의 증진에 의한 것으로 생각된다.

Ti 하지층은 Co-Cr-Ta 기록층의 초기성장층을 감소시켜, 결정성을 양호하게 만들었으며, 보자력은 기판온도가 150°C 이상으로 상승함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 이와 같은 결과에서, Ti 박막을 하지층으로 사용함으로써 Co-Cr-Ta 박막의 결정성 및 자기적 특성을 개선 할 수 있다는 사실을 확인하였다.

### 참고문헌

1. Puling, Lu and Stanley H, charap *IEEE Trans, Mang.*, 31, 1995
2. Y. Ikeda, Y. Sonobe, H. Vchide and T. Toyooka, *IEEE Trans. Magn.* Vol. 32, No. 5, 1996
3. M. Naoe, M. Mastuoka and Y.Hoshi, *J. Appl. Phys.* 57, 1, 4019, 1985
4. Yoshiro Niimura and Masahiko Naoe, *J. Magn. Mater.* Vol. 54-57, 1985
5. Y. Matuda and Y. shiroish, *J. Magn. Soe. Japen.* Vol. 13, No. S1, 391, 1989