

Two-Step 방식을 이용한 수직자기 기록용 Co-Cr-Ta 박막의 제작

Preparation of Co-Cr-Ta Thin Films using Two step Method For Perpendicular Magnetic recording Layer

박원호¹, 공석현², 제우성³, 최형욱¹, 박용서¹, 김경환^{1,a}
(Won-Hyo Park¹, Sok-Hyun Kong², Woo Seong-Che³, Hyung-Wook Choi¹, Yong-Seo Park¹,
and Kyung-Hwan Kim^{1,a})

Abstract

In order to improve c-axis crystalline orientation and high perpendicular coercivity of deposited $Co_{77}Cr_{20}Ta_3$ perpendicular recording layer, Two-step method was investigated using a Facing Targets Sputtering System(FTS). The $\Delta\theta_{50}$ of $Co_{77}Cr_{20}Ta_3$ recording layer deposited on seedlayer prepared at Room Temperature was as low as 5° , while that of the recording layer without seedlayer was about 11° . The Two-Step method using $Co_{77}Cr_{20}Ta_3$ seedlayer prepared at Room Temperature was shown to be very effective in controlling the c-axis orientation of $Co_{77}Cr_{20}Ta_3$ recording layer with thin thickness.

Key Words : $Co_{77}Cr_{20}Ta_3$, C-axis orientation, Perpendicular magnetic recording, Seed layer

1. 서론

현재 Hard Disk Drive (H.D.D.)의 기록방식으로 사용되고 있는 수평자기기록 방식은 고밀도 저장을 위하여 자화 비트 간격을 줄여 저장 능력을 극대화시키고자 할 때에 인접 bit간의 감자작용으로 인해 초고밀도에 있어서 물리적 한계가 있음이 밝혀졌다[1]. 자기기록방식의 고밀도화에 있어서 이러한 문제점을 해결하기 위해 수직자기기록방식이 제안되었다. 수직자기기록방식은 기록밀도의 증가와 함께 bit간의 감자작용이 현저히 감소되며, 고기록 밀도일수록 기록자화가 보다 안정화된다는 장점을 가지고 있다[2]. 또한, Co-Cr계 합금박막을 기록층으로 이용하여 152 Gb/in^2 의 초고기록밀도를

갖는 H.D.D.제작에 성공하였다[3].

Co-Cr계 합금박막이 초고밀도 수직자기기록매체의 기록 층으로서 사용되기 위해서는 입자크기의 미세화와 더불어 기록자화의 안정화를 위해 높은 수직자기방성이 요구된다. 또한, 높은 수직자기방성과 입자크기의 미세화를 달성하기 위해서는 c축방향으로의 높은 결정배향성과 더불어 막두께의 감소가 필요로 된다. 즉, 막두께가 얇은 Co-Cr계 합금박막이 초고밀도용 기록 층으로서 사용되기 위해서는 결정성이 불안정한 초기성장층의 억제 필수불가결하다. 결정배향성에 악영향을 미치는 초기 성장층의 두께는 박막제작시의 기판온도의 증가와 더불어 증가하는 경향을 나타내고 있다[4]. 그러나 Co-Cr계 합금박막이 높은 보자력을 확보하기 위해서는 약 $250\text{ }^\circ\text{C}$ 의 높은 기판온도가 요구되기 때문에[5], 초고밀도를 위한 초기성장층의 억제가 큰 문제로 제기되고 있다. Co-Cr계 합금 박막의 경우 하지층의 도입으로 인해 그 결정성을 향상시킬 수 있으며, 자성층 결정립의 미세화 및 수직자기 특성이 양호하지 않은 초기층의 성장을 억제 할 수 있는 효과가 있다[6].

1. 경원대학교 전기정보공학과
(경기도 성남시 수정구 복정동 산 65)
2. Kagoshima University Venture Business Laboratory
3. 동명정보대학교 공과대학 메카트로닉스공학과
a. Corresponding Author : khkim@kyungwon.ac.kr
접수일자 : 2004. 5. 4
1차 심사 : 2004. 5. 20
2차 심사 : 2004. 6. 2
심사완료 : 2004. 6. 12

본 연구에서는 억제된 초기성장층과 더불어 높은 c축 배향성을 갖는 Co-Cr계 기록층을 제작하기 위하여, 다른 성분의 하지층을 도입하지 않고 Two-Step 방법으로 박막을 제작 매체의 결정배향성과 자성특성의 향상을 유도하였다.

2. 실험 방법

그림 1에 본 연구에서 사용된 대향타겟식 스퍼터링 장치를 나타내었다[7].

그림 1. (a) 대향타겟식 스퍼터링 시스템 외부.
(b) 대향타겟식 스퍼터링 시스템 내부.
Fig. 1. Facing targets sputtering system.

대향타겟식 스퍼터링 장치는 낮은 가스압력에서도 안정된 방전을 일으킬 수 있으며, 서로 마주보는 타겟 사이에 고밀도의 플라즈마를 형성시켜 고품위 박막을 제작할 수 있는 장점을 가지고 있다 [8,9].

표 1. 스퍼터링 조건.

Table 1. Sputtering conditions.

조건	Step-1 (Seedlayer)	Step-2 (Recording layer)
타겟	Co ₇₇ Cr ₂₀ Ta ₃	Co ₇₇ Cr ₂₀ Ta ₃
도달진공도	5×10 ⁻⁷ Torr	
아르곤가스압력	1 mTorr	
기관	Slide Glass	
기관온도	R.T.	R.T.~250 °C
막두께	10~50 nm	100 nm
방전전류	0.3 A	

박막제작조건을 표 1과 그림 2에 나타내었다. 타겟으로는 직경 100 mm의 Co₇₇Cr₂₀Ta₃합금 타겟을 사용하였다. Seedlayer 제작시 기관온도는 실온으로 고정시켰으며, 기록층 제작시 기관온도는 실온과 250 °C에서 제작한 후 서로 비교하였다. 또한, seedlayer의 막두께 변화에 따른 특성을 관찰하기 위해 seedlayer의 막두께를 10~50 nm로 다양하게 변화시켰으며, 기록층은 100 nm로 고정하여 제작하였다. 모든 박막제작에 있어서 아르곤가스압력은 1 mTorr로 고정시켜 제작하였으며, 기관은 비정질 slide glass기관을 사용하였다. 제작된 막의 두께는 α-step을 이용하였다. 실험시 막이 증착된 부분과 증착되지 않은 부분과의 차를 평균적으로 산출하여 구하였으며, 이를 기준으로 스퍼터율을 구해 막두께를 조절하였다.

기록층을 실온에서 제작 기록층을 250 °C에서 제작

그림 2. 다층막 제작 조건.

Fig. 2. Multi layer sputtering condition.

3. 결과 및 고찰

그림 3에 실온(검은 원)과 250 °C(흰 네모)의 기관온도에서 제작된 Co-Cr-Ta 이층막의 seedlayer 막두께에 따른 c축 배향도 ($\Delta\theta_{30}$)의 변화를 비교하였다. CoCr계 박막의 결정성장방향인 c-축이 막면에 대해 수직으로 어느 정도로 나열되어 있는가를 조사할 때 사용되는 것이 c-축 분산각 ($\Delta\theta_{30}$)이다. ($\Delta\theta_{30}$)은 2θ축정에 의한 XRD 회절 다이어그램으로부터 회절 피크강도가 최고점이 되는 각도에 고니어미터를 고정시키고 시료를 θ만큼 회전시켜 회절분포를 구한다. 이때 구해진 rocking curve의 반치폭을 c-축 분산각 ($\Delta\theta_{30}$)으로 정의한다. 이 ($\Delta\theta_{30}$)의 CoCr계 박막의 최초밀면인 (002)면에 대한 막면의 기운 정도를 나타내는 것으로 이 값이 작을수록 기관면에 대해서 수직의 방향으로 결정이 성장하고 있는 것을 의미한다.

seedlayer의 막두께 0 nm는 Co-Cr-Ta 단층막을 의미한다. 그림 3을 보면 seedlayer의 삽입과 함께 모든 박막에 있어서 c축배향성이 크게 향상되는 것을 알 수 있다. 특히, 250 °C에서 제작된 박막은 seedlayer를 삽입함에 의해 $\Delta\theta_{50}$ 가 약 11°에서 5°로 크게 개선되었다. 이것은 실온에서 제작된 seedlayer가 그 위에 증착된 Co-Cr-Ta 기록층이 epitaxial growth 하도록 유도하여 기록층의 c축배향개선에 크게 효과가 있다는 것을 의미한다.

그림 3. CoCrTa SeedLayer 막두께 변화에 따른 $\Delta\theta_{50}$ 값의 변화.

Fig. 3. $\Delta\theta_{50}$ Variation for CoCrTa thin films at various thickness of seedlayer.

또한 이렇게 높은 c축배향성을 나타내는 seedlayer위의 Co-Cr-Ta박막은 높은 수직보자력을 나타낼 가능성을 나타내고 있다.

그림 4는 Co-Cr-Ta 이중막의 seedlayer막두께에 따른 수직보자력변화를 나타낸 것이다. 제작된 박막의 자기적 특성은 20 kOe의 최대 외부자장을 나타내는 진동 시료형 자력계(Vibrating Sample Magnetometer)를 사용하여 측정하였다. 측정 방법은 시료의 면과 외부 인가 자계 방향이 수직인 방향으로 측정 하였고, 이때 얻어지는 수직 히스테리시스 곡선으로부터 보자력을 구할 수 있었다.

그림 4에서 보이는 바와 같이 수직보자력의 변화는 기록층을 실온에서 제작한 경우와 250 °C에서 제작한 경우 상당히 큰 차이를 나타내었다. 실온에서 제작한 기록층의 수직보자력은 약 300 Oe인 반면 250 °C에서 제작한 기록층의 경우는 1800 Oe까지 크게 증가되었다. 그러나, 250 °C에서 제작된 박막의 경우, c축배향도 향상에 의한 수직보자력의 증가는 관찰되지 않았다.

그림 4. 수직 보자력 $H_{c\perp}$ 의 Seed Layer 막두께 의존성.

Fig. 4. Perpendicular coercivity [$H_{c\perp}$] dependence of seed layer thickness.

Seedlayer의 막두께 증가 즉, 기록층의 c축배향도 향상과 함께 수직보자력은 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 수직보자력의 감소는 seedlayer위에 증착된 기록층이 epitaxial growth 함에 의해 입자크기가 증가되어 자구가 크게 분할된 결과라 사료된다. 입자크기 증가에 따른 수직보자력의 감소를 확인하기 위해, Atomic Force Microscope(AFM) 을 이용하여 seedlayer위에 증착된 기록층의 입자크기변화를 관찰하였다.

그림 5. 단층막과 Seed Layer가 첨가된 CoCrTa 박막의 AFM 이미지.

- (a) CoCrTa 100 nm
- (b) CoCrTa 30 nm / 100 nm

Fig. 5. AFM image of CoCrTa single layer and double layer thin films.

그림 5는 250 °C에서 제작된 100 nm 막두께를 갖는 Co-Cr-Ta 단층막(a)과 seedlayer위에 250 °C

에서 증착된 100 nm 막두께를 갖는 Co-Cr-Ta 이층막(b)의 AFM으로 관찰한 박막의 표면상태를 나타내고 있다.

같은 막두께임에도 불구하고 seedlayer위에 증착된 Co-Cr-Ta 이층막의 경우 입자크기가 Co-Cr-Ta 단층막과 비교해서 약 2배 이상 증가되어 있는 것을 알 수 있다. 이러한 입자크기의 증가는 같은 결정구조를 갖는 seedlayer위에 증착됨에 의해 Co-Cr-Ta 기록층이 epitaxial growth하였기 때문이라 생각된다.

4. 결론

대향타겟식 스퍼터링 장치를 이용하여 초기 Buffer층을 억제할 목적으로 Two-Step법을 사용, Co-Cr-Ta 이층막을 제작하였다. Seedlayer의 두께 변화에 따라 제작된 막들의 결정성 및 자기적 특성 변화를 살펴본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험에서 기록층의 초기성장층을 억제시키며, 결정성 및 자기적 특성의 개선을 위해 기록층과 같은 결정구조를 갖는 seedlayer가 첨가된 다층막과 seedlayer 없이 제작한 단층막의 결정배향성을 비교하여본 결과 Seed Layer의 도입으로 인하여 결정배향성이 개선됨을 알 수 있었다, 또한 Seed Layer의 막 두께가 증가할수록 c축배향성이 크게 개선됨을 확인하였다. 이는 단일 매체로 막을 제작할 경우 Two-step법을 이용하면 결정배향성의 향상을 기대할 수 있음을 확인 하였다.
3. 수직보자력변화의 경우 실온에서 증착한 경우와 온도를 250 ℃로 올려서 제작한 경우 상당히 큰 차이를 나타내었다. 실온에서 제작된 박막의 수직 보자력은 약 300 Oe인 반면 250 ℃에서 제작된 박막은 약 1800 Oe의 높은 값을 나타내었다. 이는 실온에서 보다 온도를 올려서 제작한 박막의 경우 보자력의 특성이 더욱 우수하다는 것을 입증한다.
4. 그러나, seedlayer 막두께에 따른 Co-Cr-Ta 이층막의 수직보자력은 입자크기 증가에 의해 크기가 감소하는 예상외의 결과가 나타났다.

이 결과들로 볼때 Co-Cr계 합금박막에 있어서 epitaxial growth에 의한 c축배향개선에 따른 높은

수직보자력의 확보는 입자증대억제를 위한 연구가 좀 더 필요함을 나타낸다.

참고 문헌

- [1] S. Iwasaki, "Co-Cr recording films with perpendicular magnetic anisotropy", IEEE Trans, Magn., MAG-14, p. 849, 1978.
- [2] S. Iwasaki, Iwasaki, and S. Nakamura, "An analysis for the magnetization mode for high density magnetic recording", IEEE Trans, Magn., MAG-13, p. 1272, 1977.
- [3] Mitsumasa Oshiki (Fujitsu Laboratories). SRC the 16th Technical Review Meeting in Japan, p. 1, 2003.
- [4] 김용진, 박원효, 금민중, 손인환, 최형욱, 김경환, "Co-Cr(-Ta)/Si 이층막의 자기적 특성", 전기전자재료학회논문지, 15권, 3호, p. 281, 2002.
- [5] 박원효, 김용진, 금민중, 가출현, 손인환, 최형욱, 김경환, "하지층 기판 온도에 따른 CoCrTa/Si 이층 박막의 특성 변화", 전기전자재료학회 2001년 추계학술대회 논문집, 14권, p. 77, 2001.
- [6] 박원효, 김용진, 손인환, 가출현, 박창욱, 김경환, "수직자기기록용 박막의 제작에 있어서 아몰퍼스 실리콘 하지층이 결정학적 특성에 미치는 영향", 전기전자재료 학회2002년도 하계학술대회논문집, 3권, 1호, p. 463, 2002.
- [7] K. H. Kim, I. H. Son, K. B. Song, S. H. Kong, M. J. Keum, S. Nakagawa, and M. Naoe, "Thin Film Properties by Facing Targets Sputtering System", Applied Surface Science, 169-170, p. 410, 2001.
- [8] S. Yamanaka, Matsuoka, M. Hoshi, Y. Naoe, M. "Formation of Ba-ferrite films with perpendicular magnetization by targets-facing type of sputtering", IEEE Tran, Magn., MAG-18, p. 1119, 1982
- [9] 금민중, 공석현, 가출현, 손인환, 김경환, "Co-Cr(-Ta)층의 결정성 및 자기적 특성에 미치는 하지층 효과", 전기전자재료학회2000년도 하계학술대회논문집, 1권, 2호, p. 208, 2000.