

개량형 대향타겟스퍼터장치에 의한 Co-Cr 박막의 미세구조

Microstructure of Co-Cr Thin Films Deposited by Improved Facing Targets Sputtering System

김경환, 손인환*, 김명호**, 김재환*, 中川茂樹***, 直江正彦***

(Kyung-Hwan Kim, In-Hwan Son, Myung-Ho Kim, Jae-Hwan Kim, S. Nakagawa, M. Naoe)

경원대학교 전기공학과, *광운대학교 전기공학과, **경원전문대학 건축설비과, ***동경공업대학 전자물리과

Dept. of Electrical Eng., Kyungwon Univ., *Dept. of Electrical Eng., Kwangwoon Univ.

**Dept. of Architectural Equipment, Kyungwon Junior College,

***Dept. of Physical Electronics, Tokyo Inst. of Tech.

Abstract

Sputtered Co-Cr thin films have been developed continuously as one of the major candidates for high density recording media.

In this study, Co-26at%Cr thin films with c-axis oriented h.c.p. structure prepared by a improved facing targets sputtering system. We find that the effect of microstructural changes of sputtered Co-Cr thin films on magnetic properties and changes of crystal orientation due to variation substrate temperature.

1. 서 론

최근, 방대한 정보를 취급하는 고도정보화 사회의 발전에 수반하여, 대용량의 정보를 고밀도로 기록하는 것이 더욱 중요시 되고 있다. 특히, 이전부터 사용되어온 기록방식으로서 자기기록방식이 있다. 자기기록방식은 높은 신뢰성, 낮은 생산원가, 큰 불휘발성 측면에서 기록디바이스 분야에 있어서 중요한 위치를 차지하고 있다[1]. 이 자기기록방식에서는, 현재 수평기록방식이 주류를 이루고 있다. 이 방식은 매체의 면내방향 자화에 의해 기록하는 방법으로, 이 방식에 의한 면기록 밀도는 현재 5Gbit/inch² 까지 증가 가능하다. 이 이상의 면밀도를 실현하고자 연구가 진행되고 있으나, 다양한 문제의 발생에 의하여 기록밀도의 한계가 보고되고 있다[2]. 따라서, 기록밀도의 향상을 도모하고자, 기록매체 면내에 대하여 수직으로 자화시켜 기록하는 수직자기기록방식이 주목을 받고있다[3].

본 연구에서는, 대향타겟스퍼터링(Facing Targets

Sputtering : FTS)장치의 타겟이용효율의 증대와 기판에 미치는 고에너지 입자의 충격을 감소시키고자, 타겟 이면의 영구자석의 배치를 측면으로 확장 배치하여 장착한 새로운 타겟 형태의 개량형대향타겟스퍼터링장치를 이용하여, 수직자기기록방식의 매체로서 유망한 Co-Cr 박막을 제작하고, 고밀도 수직자기 기록에 적당한 증착조건을 조사하였으며, 또한, 자기적인 미세구조에 대하여도 고찰하였다.

2. 실험

본 실험에서는, Co₇₄Cr₂₆(at%) 합금타겟을 사용하여, 두께 80~400nm의 Co-Cr 박막을 기판온도 실온~330℃까지 변화시켜 동작가스압력 0.3~4.0 mTorr에서 Slide glass 기판 위에 증착하였다. 제작 조건은 아래 표 1과 같다.

결정학적 특성은 X선 회절장치(X-ray diffractometer : XRD)로 평가하였다. Co-Cr 막에서는, h.p.c. 구조의 Co (002)면의 피크(I_{p(002)})가 나타나며, 이 피

크의 rocking curve를 측정하여, 그 반가폭 $\Delta\theta_{50}$ 을 구해, Co-Cr의 C-축 배향분산의 정도를 조사하였다. 자기적 특성은 진동시편형자력계(Vibrating Sample Magnetometer : VSM) 및 Kerr 회전각법으로 수직보자력 $H_{c-}(I)$, $H_{c-}(S)$ 를 구하였다. 또한 제작조건에 따른 미세구조 변화를 확인하기 위하여 에칭처리한 Co-Cr 박막을 투과형전자현미경(Transmission Electron Microscopy : TEM)으로 관찰하였다.

표 1 막의 제작조건

타겟	Co ₇₄ Cr ₂₆
입력전력	500W
막두께	80~400nm
스퍼터가스	Ar
가스압력	0.3~4mTorr
기판온도	R.T.~330℃

3. 결과 및 검토

3-1. 결정학적 특성

기판온도 T_s 는 Co-Cr 박막에 있어서 보자력을 제어하는 매우 중요한 파라미터로 알려져 있다. 여기서 언급하는 기판온도 T_s 는 기판홀더의 온도이며, 증착개시온도를 말한다. 제작된 Co-Cr 박막의 결정학적 특성은 다음과 같다. 일반적으로, Co-Cr 스퍼터막은 주상조직으로 형성된 막구조를 갖는다. 주상조직 각각은 육방정의 결정구조이며, 그 자화용이축인 C-축이 막면에 대하여 수직으로 배향되므로, 수직자화막이 된다. 그러므로 C-축의 배향성이 자기적 특성을 판단하는 데 있어서 매우 중요한 요인이라 할 수 있다[4]. C-축의 배향성을 나타내는 파라미터로서 C-축 분산각 $\Delta\theta_{50}$ 이 일반적으로 사용된다. 그림 3-1에 $\Delta\theta_{50}$ 의 기판온도의존성을 나타내었다. T_s 가 증가함에 따라 $\Delta\theta_{50}$ 은 증가하는 경향이 나타난다. 이는 T_s 의 증가에 따라 스퍼터 챔버 내의 잔류 불순물 가스가 증가하여 막 내의 불순물 가스가 증가하기 때문이라고 생각 할 수도 있으나, 막 증착시 도달진공도의 특별한 변화가 없었던 것으로 미루어 정확한 원인이라고는 사료되지 않는다. 따라서, 이와 같은 $\Delta\theta_{50}$ 의 기판온도 상승에 따른 증가 경향은 증착 막내의 Co-rich 영역과 Cr-rich 영역의 조성분리에 원인이 있을 것으로 생각된다. 조성분리의 정도에 따라 증착된 막의 결정성이 민감한 영향을 받을

것으로 사료된다. 기판온도가 200℃를 초과하면 $\Delta\theta_{50}$ 이 급격하게 증가하는 경향을 그림 3-1을 통하여 확인 할 수 있는데, 이는 기판온도가 200℃를 초과하면 막의 평균결정입径의 변화로 인하여 $\Delta\theta_{50}$ 의 증가가 일어난다고 생각된다. 이와 같이 기판온도 T_s 가 하면 Co-Cr 박막의 결정성이 변화하여, 박막의 자기적 특성 즉, 결정자기이방성의 변화가 나타나, 이에 따른 보자력의 증가 혹은 감소의 원인으로 작용한다고 생각된다. 사실을 알 수 있다. 실온의 입상구조에서 온도상승에 따라 주상구조로의 변화가 일어나 $\Delta\theta_{50}$ 의 증가가 일어난다고 생각한다[5].

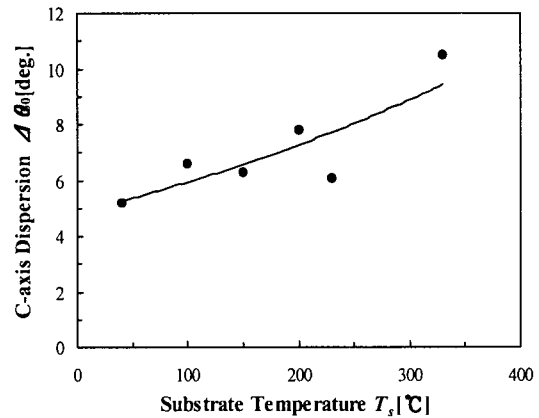


그림 3-1 C-축 분산각 $\Delta\theta_{50}$ 의 기판온도의존성

3-2 자기적 특성과 미세구조

두께방향의 자기적 특성으로서 그림 3-2에 보자력의 기판온도의존성을 나타내었다. $H_{c-}(S)$, $H_{c-}(W)$, $H_{c-}(I)$ 는, 각각 표면층의 수직보자력, 막전체의 수직보자력, 초기성장층의 수직보자력을 나타낸다. 우선, 막전체의 수직보자력 $H_{c-}(W)$ 는, 대략 표면층과 초기성장층의 수직보자력의 평균치라는 사실을 알 수 있다. 또한, 초기성장층보다 표면층의 초기보자력이 크다는 것을 알 수 있다. 표면층의 보자력은 200℃ 이상에서 급격하게 상승하며, $\Delta\theta_{50}$ 의 기판온도의존성에서와 마찬가지로, 막이 입상구조에서 주상구조로 변화된 사실에 기인한다고 사료된다. 즉, 박막의 결정성 변화가 자기적인 특성의 변화에 기인한다는 사실을 알 수 있다. 또한, 이는 온도상승과 함께 Co-rich 강자성영역과 Cr-rich 상자성영역과의 조성분리가 촉진된다는 사실과도 관계가 있다고 생각한다.

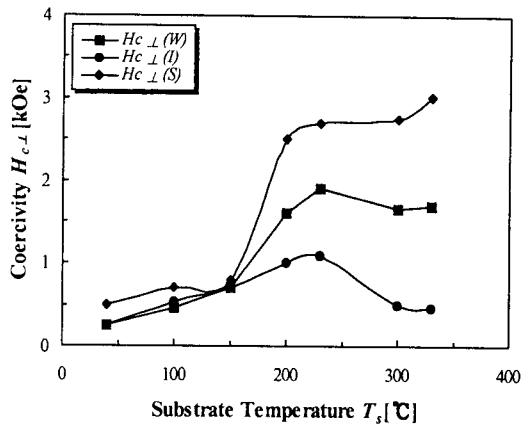
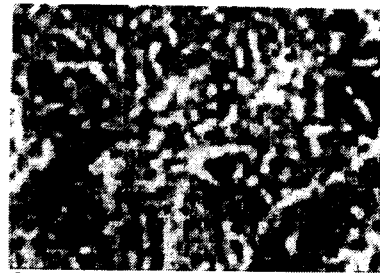


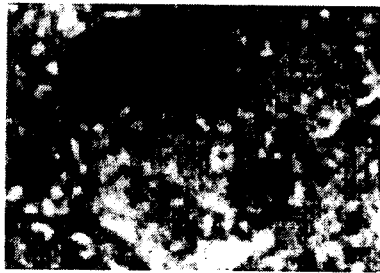
그림 3-2 보자력 $H_{c\perp}$ 의 기판온도의존성

그림 3-4는 에칭에 의해 Co를 제거한 막표면의 TEM 사진이다. 그림의 흰부분은 Co가 제거된 부분에서 Co-rich인 강자성영역이고, 검은 부분은 Cr-rich인 상자성영역에 해당한다. 제작된 시료의 Co-rich 강자성영역과 Cr-rich 상자성영역과 확실히 상분리를 초래하고 있는 것을 알 수 있다. 4.0mTorr에서 제작한 시료 A는 시료 B, C와는 달리 Co-rich 강자성영역이 전체적으로 망목상으로 연속적으로 분포하고 있다. 시료 B, C에서는 Co-rich 강자성영역은 조밀한 고립구조를 가지고, Cr-rich 상자성 매트릭스 내에 도상으로 균일하게 분포하고 있다. 이 고립구조는 시료 C에서 보다 작은 영역으로 나타난다. 여기서, 각 시료의 표면수직보자력 $H_{c\perp}(S)$ 에 대하여 살펴보면, 시료 B의 $H_{c\perp}(S)$ 는 1086[Oe]이며, 다른 시료의 보자력에 비하여 매우 낮다. 이는 B의 강자성 고립영역이 상호자기적작용에 영향을 미치는 것이 원인이라고 생각된다. 시료 A에서는 $H_{c\perp}(S)$ 는 1868[Oe]이며, 비교적 큰 값을 나타낸다. 이는 A의 강자성영역이 연속적으로 분포하기 때문이라 생각된다. 이에 반하여 시료 C에서는 $H_{c\perp}(S)$ 는 매우 큰 2440[Oe]이다. 이는 Co-rich 강자성영역의 크기가 작으며, 또한 주위에 분포하는 다른 강자성영역으로부터 충분히 떨어져 있기 때문에, 자기적인 상호작용의 영향을 받지 않는 것에 기인한다고 생각한다. 이와 같이 $H_{c\perp}(S)$ 는 미세편석구조에 크게 의존하고 있는 것을 알 수 있다[6].



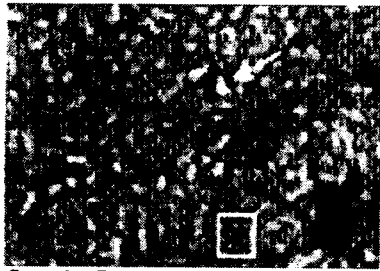
Sample A

P_{Ar} :
4.0mTorr
 $H_{c\perp}(S)$:
1868[Oe]



Sample B

P_{Ar} :
0.5mTorr
 $H_{c\perp}(S)$:
1086[Oe]



Sample C

P_{Ar} :
0.3mTorr
 $H_{c\perp}(S)$:
2440[Oe]

그림 3-3 막의 TEM 사진

4. 결 론

본 연구에서는 플라즈마의 집적효율을 높이고, 또한, 낮은 가스압력에서 양호한 막형성을 기대한, 개량형대향타겟식스퍼터장치를 사용하여 $Co_{76}Cr_{24}$ 박막을 제작하였다. 실험결과 아래와 같은 사실을 확인하였다.

1. 기판온도 200~230°C에 있어서 결정자가 Co-rich 강자성영역과 Cr-rich 상자성영역으로 조성 분리가 일어난다고 생각된다.

2. 4.0mTorr의 비교적 높은 압력에서는 Co-rich 강자성영역이 서로 결합된 망목상으로 연속된 구조를 갖는다는 사실을 확인하였으며, 0.3 및 0.5mTorr의 낮은 가스압력에서는 Cr-rich 영역으로 형성된

상자성 매트릭스 내에 결정성을 갖는 h.c.p. 격자의 Co-rich 강자성영역이 균일하게, 서로 고립된 분포로서 미세편석조직이 형성된다는 사실을 확인하였다.

3. $0.3mTorr$ 에서 제작된 시료는 $0.5mTorr$ 에 비하여 약 2배의 표면수직보자력이 $H_{c-}(S)$ 을 나타낸다. 이는 $0.5mTorr$ 에서 제작한 시료의 강자성영역은 자기적인 상호작용을 강하게 받으며, $0.3mTorr$ 에서 제작된 시료에서는 상호작용의 영향이 약하다기 때문이라고 생각된다.

결과적으로, 크기가 수 nm 정도의 고립된 강자성 영역이 균일하게 분포하고, 매우 높은 보자력을 갖는 Co-Cr 박막을 제작하는 데는 $0.3mTorr$ 정도의 낮은 가스압력에서 박막을 제작하는 것이 유효하다는 사실을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. C. Z. Li, J. C. Lodder : *IEEE Trans. Magn.*, MAG-23, 2260-2262, 1987
2. S. Iwassaki, K. Takemura : *IEEE Trans. Magn.*, MAG-11, 1173-1175, 1975
3. 池田圭宏, 筒井長徳 : 日本應用磁氣學術講演概要集, 11, 1996
4. Y. Ikeda, Y. Sonobe, H. Vchide and T. Toyooka : *IEEE Trans. Magn.* Vol. 32, No. 5, 1996
5. Yoshiro Niimura and Masahiko Naoe : *J. Magn. Mater.* Vol. 54-57, 1985
6. M.Naoe, M.Mastuoka and Y.Hoshi, *J. Appl. Phys.* 57, 1, 4019, 1985