

스퍼터링법으로 제작된 Co-Cr 박막에서 가스 압력이 c-축 배향성에 미치는 영향

최성민, 손인환, 김재환, 김경환
 광운대학교 전기공학과, 경원대학교 전기전자공학부

The Effect of Gas Pressure on the c-axis Orientation Properties of Co-Cr Thin Film prepared by Sputtering Method

Choi Sung Min, Son In Hwan, Kim Jae Hwan, Kim Kyung Hwan
 KwangWoon Univ. Electrical Eng, KyungWoon Univ. School of Electrical & Electronics Eng

Abstract - In this paper, Co-Cr thin films which are known for a excellent perpendicular magnetic recording media were prepared. Changing target-substrate distance, Ar gas pressure and arriving atoms, the incident angle and c-axis orientation properties by using the facing targets sputtering system.

We evaluated the c-axis dispersion angle by measu ring half-height width with Micro area X-Ray Diffractometer, measured the thickness of thin film with Ellipsometer. The magnetic properties were compared measuring in-plane squareness and perpendicular coercivity with vibrating sample Magnetometer.

1. 서 론

최근 정보의 가치가 증가하게 됨에 따라 정보를 기록·저장하는 기술이 발전되어왔다. 지금까지 상업화되어 있는 수직자기기록방식은 기록시 자화방향이 면내에 평행하게 기록되는데 주행방향의 자화반전을 1개의 비트로 하므로 기록밀도를 높이기 위해선 비트길이를 줄여야 한다. 만일, 비트길이를 너무 줄이면 자화가 균일하게 기록면과 평행하게 되지 않고 자기회로가 말굽 모양으로 되거나 또는 완전히 폐회로가 되어 외부로 누설자계의 양이 감소함에 따라 판독이 어려워진다. 이러한 현상은 감자계 영향 때문이다. 감자계를 감소시키기 위해 여러 가지 방안이 연구되어 왔는데, 하지층을 두는 방법과 매체의 두께를 증가시키는 방법이다[1,2]. 그러나 이러한 방법은 높은 수치의 평균잡음비에 의해 grain size가 커진다는 단점이 있다[3]. 이러한 문제를 해결하기 위해 제안된 것이 수직자기기록 방식이다[4]. 1978년 Iwasaki와 Ouchi는 수직자기기록용 매체로 유망한 CoCr계 박막을 제안하였다[5]. 막에서 CoCr 기록층의 두께와 h.c.p 결정의 c-축 배향정도는 고밀도 기록을 향상시키는데 있어서 필수적인 요소이고 c-축 배향 분산은 CoCr 박막의 자성특성 뿐만 아니라 수직자기기록매체로 적용되기 위해 매우 중요하다[6,7]. 본 실험에서는 낮은 작동 가스 압력하에서 plasma-free의 독특한 능력을 가지는 대향타겟 스퍼터링 시스템을 이용하여 막의 결정배향성에 영향을 미치는 Ar 가스 압력과 타겟-기판 거리를 변화시켜 도달원자의 운동에너지와 입사각 효과를 조사하였다.

2. 실험

2.1 박막제작

본 실험에서는 수직자기기록용 매체인 Co-Cr 박막을 제작하기 위해 그림 1과 같은 대향타겟스퍼터링 장치를 이용하였다. 실험에 사용된 타겟은 직경 100mm, 두께 10mm의 Co₇₉Cr₂₁을 사용하였고, 기판은 slide glass를 사용하였으며, 합금박막을 증착 하기 전에 세제, 증류수, IPA순으로 5~10분간 초음파 세척기를 이용하여 2회 반복하여 기판을 세척하고, 가열 건조시킨 후 사용하였다. 그리고 스퍼터링을 하기 전에 로터리펌프와 터보

분자펌프를 이용하여 도달 진공도를 8×10^{-7} Torr로 한 후, Ar 가스 압력을 1mTorr로 일정하게 유지시키기 위하여 MFC와 니들밸브를 사용하였다. 그리고 DC 전원을 인가하여 플라즈마를 생성시켜, shutter를 닫은 상태에서 30분 정도 예비스퍼터링으로 타겟표면의 불순물을 제거한 뒤 CoCr 박막을 제작하였다. 대향타겟 사이의 거리는 100mm로 기판홀더는 전기적으로 floating bias이며, 타겟홀더내에 설치된 Alnico계 영구자석에 의한 대향타겟 사이의 중앙부에 플라즈마 구속 자계는 약 170 Gauss였다. 챔버는 스테인레스로써 외부에 수냉각용 파이프와 챔버 예열용 히터를 설치하였다. 표 1에 본 실험에 사용한 박막 증착 조건을 나타내었다.

본 실험에서는 도달원자의 운동에너지와 입사각 그리고 다층막에 대한 c-축 배향성을 조사하기 위해 타겟-기판 거리(D_{T-S})와 Ar.가스 압력(P_{Ar}) 그리고 기판 위치각을 변화시켜 제작한 시편을 표 2와 표 3에 나타내었다.

이와같이 제작한 막은 Micro area X-ray diffractometer를 사용하여 h.c.p (002) rocking curve의 반가폭을 측정함으로써 c-축 분산각($\Delta\theta_{50}$)을 평가하였고, N&K thin film analyzer를 이용하여 박막의 두께를 측정하였다.

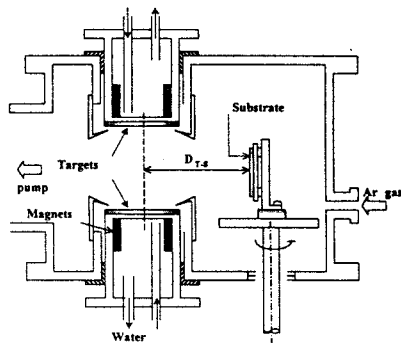


그림 1. 대향타겟스퍼터링의 개략도

표 1. 박막 제작 조건

Parameter	Sputtering Condition
기판	Slide Glass(MATSUNAMI, micro slide glass 76×26×1.0mm s-1111)
타겟	Co ₇₉ Cr ₂₁ Alloy (Diameter 100 mm, Thickness 10mm)
도달압력	8×10^{-7} Torr
작동가스압력	0.125, 0.3, 1.25, 2.5, 4.0, and 7.5mTorr
기판온도	40°C(no heating)
타겟-기판거리	70, 90, 110 and 150 mm

표2. 시편의 종류

D[mm]	A-series7	B-series9	C-series11	D-series15
0.125	A-1	A-2	A-3	A-4
0.3	B-1	B-2	B-3	B-4
1.25	C-1	C-2	C-3	C-4
2.5	D-1	D-2	D-3	D-4
4.0	E-1	E-2	E-3	E-4
7.0	F-1	F-2	F-3	F-4

표3. 1.25mTorr에서 기판위치각 변화에 따른 시편의 종류 (P_{Ar}=1.25(mTorr))

기판 회전각	입사각		
	30°	50°	70°
X-series φ _x	X-1	X-2	X-3
Y-series φ _y	Y-1	Y-2	Y-3

3. 결과 및 고찰

3.1 도달원자의 운동에너지 효과

그림 2는 타겟-기판 거리(D_{T-S})에 대한 c-축 배향각(Δθ₅₀)의 의존성을 나타낸 것이다. D_{T-S}는 대향타겟 중간을 통과한 선과 기판면 사이의 거리이다. 모든 시편은 500W의 입력전력 P_{in}과 스퍼터 시간을 변화시켜 증착되었다.

FTS 시스템에서, 고에너지 입자의 대부분은 대향타겟 사이의 공간에 구속될 것이다. 그러므로, 플라즈마 바깥쪽 기판에서 증착된 막의 c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)은 매우 작고 타겟-기판 거리(D_{T-S})에 의존하는 것을 확인할 수 있었다. 70mm의 타겟-기판 거리(D_{T-S})에서 c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)은 최소값에 이르는 값으로 타겟-기판 거리가 감소함에 따라 작아진다. 70mm 이상의 타겟-기판 거리(D_{T-S})에서 c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)이 일정하게 증가되는 것은 플라즈마에 영향을 받지 않는 곳에 기판이 놓여있어 고에너지 입자의 직접적인 영향을 받지 않기 때문이고 70mm 이하의 타겟-기판 거리(D_{T-S})에서 c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)이 급격하게 증가하는 것은 기판이 방전 플라즈마에 직접적으로 노출되어 성장막에 대한 고에너지 입자의 물리적 충격 때문일 것이다. 이 결과로부터 대향타겟스퍼터링(FTS) 시스템은 고밀도 플라즈마 영역과 plasma-free 영역사이의 뚜렷한 경계를 갖는다고 생각된다.

그림 3은 타겟-기판 거리(D_{T-S})와 Ar 가스 압력(P_{Ar}) 변화에 따른 c-축 분산각의 의존성을 나타낸 것이다. 시편막을 Ar 가스 압력(P_{Ar})과 타겟-기판 거리(D_{T-S})를 변화시켜 가며 증착시켰을 때, 원자가 막면에 도달하기 전에 스퍼터 된 원자의 평균충돌수(n)는 Ar 가스 압력(P_{Ar})과 타겟-기판 거리(D_{T-S})값에 의존하여 변화함을 확인할 수 있었다. 평균충돌수(n)는

$$n = L / \lambda \text{ --- (1)}$$

에 의해 결정된다. 평균충돌수(n)는 그림 3에서 보여준 Ar 가스 압력(P_{Ar})과 타겟-기판 거리(D_{T-S})의 조합으로 방정식(1)로부터 계산되었고, c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)은 그림 4와 같이 나누어진다. 20에서 2까지의 평균충돌수(n)에서 c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)의 값은 작아지게 되고, 2에서 0.4까지의 범위에서는 일정하게 됨을 확인하였다. 그리고 0.4 아래의 평균충돌수(n)에 대한 c-축 배향 분산각(Δθ₅₀)의 급격한 증가는 500W의 입력전력(P_{in})을 유지하기 위해 인가된 높은 방전전압(V_a) 때문에 발생되었다고 생각한다.

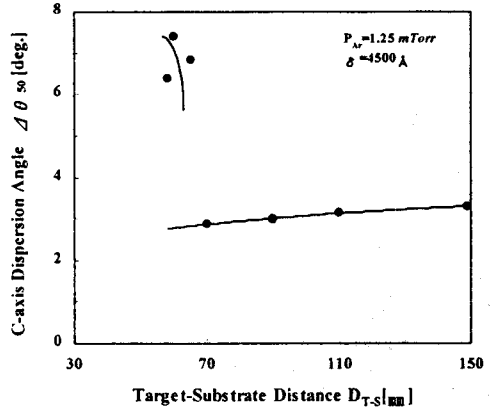
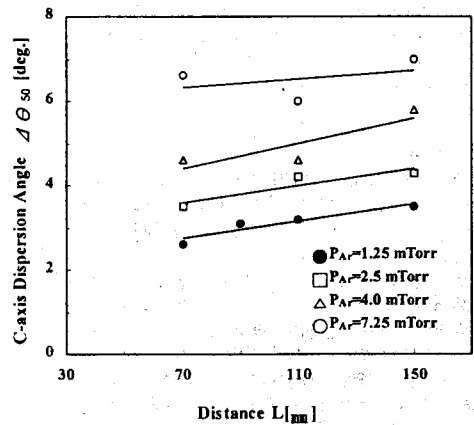
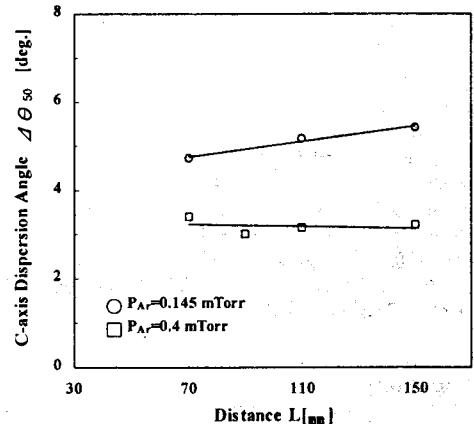


그림 2. C-series에 대한 C-축 배향분산각(Δθ₅₀) 의존



(a) (C,D,E,F-series)



(b) (A,B-series)

그림 3. Ar 가스 압력(P_{Ar}) 변화에 따른 c-축 분산각(Δθ₅₀) 의존성

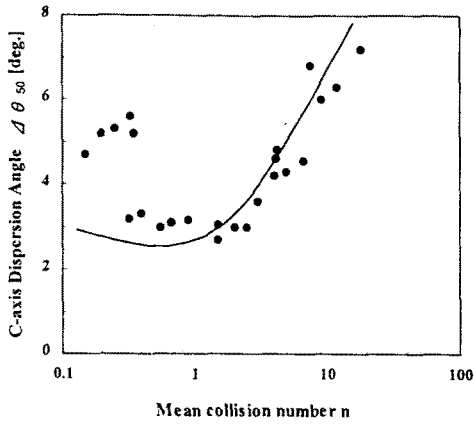


그림 4. 평균충돌수(n)에 대한 c-축 배향 분산각($\Delta\theta_{50}$) 의존성

3.2 도달원자의 입사각 효과

FTS의 경우 기판은 타겟면에 수직으로 장착되고, 플라즈마를 대향타겟 사이의 공간에 적당하게 구속시킴으로써 plasma-free 스퍼터링을 실현시키기 위해 plasma 바깥쪽에 장착한다. 대향타겟으로부터 스퍼터된 입자는 기판에 도달하여 증착된다. 기판은 타겟면을 고려하여 장착하였다. 그림 5에서 타겟면에 수직인 면의 회전각을 나타내었다.

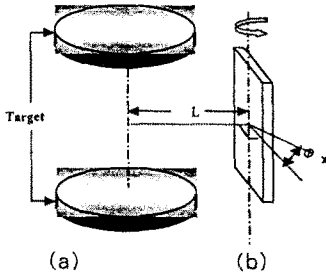


그림 5. X축과 Y축 방향으로의 기판위치

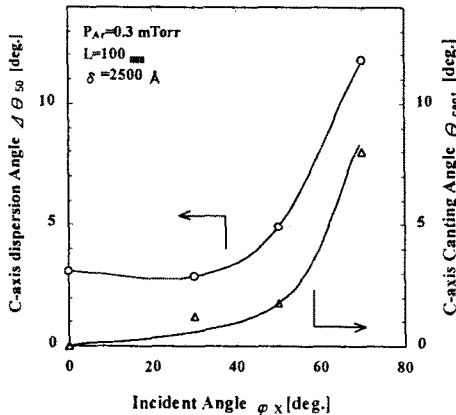


그림 6. X-series에 대한 c-축 분산각($\Delta\theta_{50}$)과 경사각(θ_{cant}) 의존성

결정 배향에 대한 입사각 ψ_x 의 효과를 조사하였다. 그림 6은 1.25mTorr의 Ar 가스 압력(P_{Ar})에서 c-축 배향 분산각($\Delta\theta_{50}$)과 c-축 경사각(θ_{cant})의 ψ_x 의존성을 나타낸 것이다. c-축 배향 분산각($\Delta\theta_{50}$)은 30° 아

래의 ψ_x 에서 거의 일정하지만 70° 이상의 ψ_x 에서 급격하게 증가하는 것을 확인하였다. 즉, c-축 경사각 (θ_{cant})은 ψ_x 의 증가와 함께 단조롭게 증가하고, 급격한 증가는 70° 이상의 ψ_x 에서 보여진다. 이 결과로부터 ψ_x 가 어떤 임계각보다 작다고 할 때, 막에서 결정 배향이 입사각 ψ_x 에 의존하지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 실험에서는 낮은 Ar 가스 압력과 plasma-free의 독특한 능력을 갖는 대향타겟스퍼터링(FTS)을 이용하여 Ar 가스 압력과 기판위치각 그리고 타겟-기판 거리를 변화시켜 도달원자의 운동에너지와 입사각 효과를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

이 실험에서는 대향타겟스퍼터링(FTS)의 타겟-기판 거리(D_{T-s})를 70mm이상으로 설치하고 평균충돌수(n)을 1 또는 2보다 작게 유지하기 위해 동작 가스 압력(P_{Ar})을 1mTorr보다 작게 유지하여 우수한 c-축 배향을 갖는 막을 증착하여 성장막 표면에 도달원자의 에너지가 막에서 h.c.p 결정의 c-축 배향성을 조절하기 위한 중요한 파라미터중의 하나라는 것을 확인하였고, 대향타겟 스퍼터링(FTS) 시스템은 고밀도 플라즈마 영역과 plasma-free 영역사이의 뚜렷한 경계가 있음을 확인하였다.

조밀미세구조를 갖는 c-축으로 배향된 막은 낮은 Ar 가스 압력(P_{Ar})에서 그리고 45° 아래의 입사각 ψ_x 에서 얻을 수 있음을 확인하였다.

(참 고 문 헌)

- [1] T.Osaka, T.Homma, T.Watanabe, Y.Kurokawa, Jpn J. Appl. Phys. 2, Lett. 33(4B) 15 (1994) 594
- [2] K.Ouchi, S. Onodera, Y.Nakamura, S.Iwasaki, J.Magn.Mater. 134(2B) (1994) 323
- [3] M.Naoe, J.Magn. Soc. Japan 18(suppl.S1) (1994) 479
- [4] S.Iwasaki and Y.Nakamura, "An analysis for the magnetization mode for high density magnetic recording," IEEE Trans. Magn., vol.13, pp.1272-1277, 1977
- [5] S.Iwasaki, Y.Nakamura, and K.Ouchi, "Perpendicular magnetic recording with a composite anisotropy film", IEEE Trans. Magn., vol.15, pp.1456-1458, 1979
- [6] Y.Niimura, S.Nakagawa, Y.Kitamoto, and M.Naoe, "Influence of film-growth conditions on c-axis orientation in sputtered Co-Cr thin films", J. Appl. Phys., 61, (8) 3152-3154(1987)
- [7] Y.Kitamoto, M.Abe, and M.Naoe, "Deposition of Co-Cr films with excellent c-axis orientation and uniform thickness for rigid disks using compact sputtering apparatus" International Magnetism Conference (Intermag'96) (1996)