

FTS 방식으로 증착된 Co-Cr 박막의 자기적 특성

손인환, \*김명호, \*\*공석현, \*\*김경환, \*\*\*中川茂樹, \*\*\*直江正彦

광운대학교 전기공학과, \*경원전문대학 건축설비과, \*\*경원대학교 전기·전자공학부, \*\*\*東京工業大學 電子物理科

Magnetic Properties of Co-Cr Thin Films Deposited by FTS Method

In-Hwan Son, \*Myung-Ho Kim, \*\*Sok-Hyun Kong, \*\*Kyung-Hwan Kim, \*\*\*S. Nakagawa, \*\*\*M. Naoe  
Kwangwoon Univ., \*Kyungwon Junior College, \*\*Kyungwon Univ., \*\*\*Tokyo Inst. of Tech.,

**Abstract** - The Co-Cr thin films are one of the most suitable candidates for perpendicular magnetic recording media. The facing targets sputtering(FTS) method has a advantage of preparing films over a wide range of working gas pressure on plasma-free substrates. In this study, we investigated the possibility of employing FTS system for depositing Co-Cr films. Co-Cr thin films were deposited with continuously sputter gas pressure ( $P_{Ar}=0.1$  mTorr) by FTS method at temperature of 40°C. We find that the change of thickness and deposition rate of sputtered Co-Cr thin films affect crystal orientation and magnetic properties. Crystallographic and magnetic properties were evaluated by x-ray diffractometry(XRD) and vibrating sample magnetometer(VSM) respectively. It has been confirmed that the FTS method is very useful for preparing Co-Cr thin film recording media.

들어, 낮은 아르곤 가스압력은 보다 우수한 c-축 배향성의 결과를 이끌어 낸다. 이는 높은 Ar 가스압력은 스퍼터된 입자들의 운동에너지를 감소시키는 역할을 하여, 결국 박막 내에 h.c.p. 상안에 면심육방격자(face centred cubic lattice:f.c.c) 상의 혼합을 야기시키기 때문이다[3,4]. 그러므로 본 실험에서는 플라즈마-프리 상태에 기판을 배치시켜 스퍼터링을 하는 FTS 방식으로 Co-Cr 박막을 증착하는 경우에 있어서, 제작된 박막의 결정학적 특성 및 자기적인 특성에 미치는 막두께와 증착속도의 영향을 조사하였다.

1. 서 론

2. 실험

2.1 박막제작

본 실험에서는 수직자기기록용 매체인 Co-Cr 박막을 제조하기 위하여 그림 1의 대향타겟식스퍼터링(Facing Targets Sputtering:FTS)장치를 이용하였다.

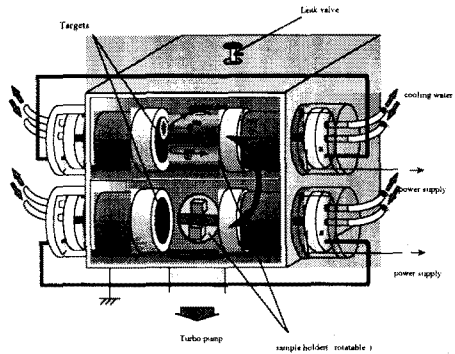


그림 1. 대향타겟식스퍼터링장치

실험에 사용된 타겟은 직경 4", 두께 10mm의 Co83Cr17 디스크형 합금을 사용하였고, 기판은 slide glass를 사용하였으며, 박막을 증착하기 전에 세제, 증류수, IPA(isopropyl alcohol) 순으로 5~10분간 초음파 세척기를 이용하여 2회 반복 세척하고, 가열 건조시킨 후 사용하였다. 그리고 스퍼터링을 하기 전에 Rotaty 펌프(ALCATEL, PPM 2015 SD)와 TMP(turbo molecular pump: ALCATEL, ATP 400)를 이용하여 도달진공도  $2 \times 10^{-4}$  mTorr로 한 후, MFC(mass flow controller)와 밸브를 이용하여 챔버내 Ar가스압력( $P_{Ar}$ )을 1mTorr로 일정하게 유지 시킨 후, DC 전원을 인가하여, 플라즈마를 안정하게 형성시키고, shutter를 닫은 상태에서 30분 정도 예비스퍼터링을 시켜 타겟 표면의 불순물을 제거 한 뒤, Co-Cr 박막을 제조하였다. 장치 내의 타겟거리는 100mm로 기판홀더는 전기적으로 Floating Bias이며, 타겟홀더 내에 설치된 Alnico계 영구자석에 의한 양타겟 사이 중앙부의 플라

스터퍼링 현상을 이용한 박막 형성기술은 고용점의 금속이나 산화물 등의 거의 모든 물질의 박막화에 이용되어 왔다. 더욱이, 스퍼터링은 장시간의 연속운전이나 막조성의 제어, 대면적 기판상의 박막 형성 등이 용이하며, 또한 형성된 박막과 기판과의 강한 접착력 등, 여러가지 우수한 특징을 갖는다[1]. 그러나 스퍼터법의 결점인 낮은 막증착속도, 박막 형성 중의 기판온도의 급격한 상승, 높은 분위기 가스압력에서 박막 형성이라는 문제점을 극복하고, 높은 증착속도, 낮은 기판 온도 및 낮은 가스압력에서의 스퍼터링의 실현을 위한 연구가 계속 진행 중에 있다.

지금까지 광자기기록을 제외한 거의 모든 자기기록 시스템에서 사용되고 있는 수평자기기록 방식은 매체의 면내방향으로 자화를 시키기 때문에 고밀도화를 이루는데 있어서 한계가 발생하고 있다[2]. 따라서 본 연구에서는 기존의 수평자기기록방식과 상이하게 매체의 수직방향으로 자화시키는 수직자기기록 방식의 자기기록매체로 사용 가능한 박막을 제작하고자 한다. 조성 Cr 20at.% 이상의 Co-Cr박막은 초고밀도 수직자기기록 시스템에 있어서 가장 유망한 매체 중의 하나로서 광범위하게 연구되어왔다. 그러나, 아직까지는 박막 형성 중 발생하는 결함 때문에 매체로서 만족할 만한 특성을 갖는 수직자기기록용 박막의 제작방법은 개발되지않았다. 수직자기방성은 육방조밀격자(hexagonal close packed lattice:h.c.p) Co 결정의 c-축 배향성에 기인하므로, 막면에 수직하게 c-축으로 배향된 h.c.p. 결정의 높은 비율을 갖는 Co-Cr 기록매체가 매우 중요하다. 막막에서 c-축 배향성은 증착조건 즉, 공급전력, 작용가스압력, 기판온도, 증착속도, 막두께 등에 매우 민감하다. 예를

즈마 구속자계는 약 150gauss 였다. 챔버는 스테인레스(sus304)제로서 외부에 수냉용 파이프와 챔버 예열용 열선을 설치하였다. 표 1에 본 실험에서 사용한 박막 증착조건을 나타내었다.

표 1. 박막제작조건

타겟조성	Co <sub>83</sub> Cr <sub>17</sub>
방전전압 V <sub>a</sub>	450~550 V
방전전류 I <sub>d</sub>	0.5~1.5 A
Ar가스압력 P <sub>Ar</sub>	1 mTorr
기판온도 T <sub>s</sub>	40 °C
두께 δ	25~1000 nm
증착속도 R <sub>d</sub>	1~100 nm/min

## 2.2 실험방법

고품질의 박막을 제조하는데 있어서, 박막을 정확하게 평가하는 것은 매우 중요하다. 박막을 평가하는 수단으로는 여러 가지 방법이 있다. 이와 같은 여러 평가방법은 목적이나 상황에 맞게 채택, 사용해야한다. 본 실험에서는 제조된 Co-Cr 박막의 결정성을 평가하기 위해, X선회절분석장치(x-ray diffractometry : XRD, philips제 PW 1830)를 사용하였다. X선의 입사각을 1/6° 로 하여 rocking curve를 측정하였다. 이 측정으로부터 얻은 rocking curve의 반치폭 Δθ<sub>50</sub>은 Co-Cr 결정의 c-축 분산 정도를 나타낸다. 또한 자기특성은 진동시료형자력계(vibrating sample magnetometer :VSM)와 Kerr 히스테리시스 루프 측정장치를 사용하여 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 막두께 의존성

Co-Cr 박막의 결정성 및 자기적특성은 막두께에 크게 의존한다. 제조한 Co-Cr 박막의 두께의존성을 조사하기 위하여, 박막 제조시 증착시간을 조정하여 두께를 변화시켰다. 그림 2과 3에 기판온도 40°C의 Co-Cr 박막의 결정성 및 자기적특성의 두께의존성을 나타내었다.

그림 2는 c-축 분산각 Δθ<sub>50</sub> 과 막두께 δ의 관계이다. 박막의 두께가 얇은 경우, 결정성, 즉 c-축 배향성이 나쁘다는 사실을 알 수 있다. 이전의 연구결과에서는, 막두께가 20nm 인 경우에도 결정성이 양호한 막을 얻을 수 있다고 보고된 바 있다[4]. 그러나, 본 실험에서 제조된 박막의 경우는, 두께가 얇아지면 결정성이 급격하게 저하되었다. 이 원인에 대해서는 정확하게 설명할 수 없으나, 막두께가 감소하면, 결정립의 크기가 감소하여, 면간격이 증가하며, 따라서, 막의 내부응력이 크게 작용하기 때문에 이같은 결과가 나타난다고 생각한다.

그림 3은 수직방향의 보자력 H<sub>cL</sub>의 막두께 의존성을 나타내었다. 막두께가 감소함에 따라 보자력은 감소하며, 50nm에서 급격한 감소가 나타남을 확인할 수 있다. 따라서, Co-Cr 박막의 결정성, 즉, c-축 배향성이 자기적 특성인 수직보자력에 영향을 미치는 상호작용을 갖는다고 할 수 있다. 수직보자력의 크기는 결정자극이 방향에 크게 의존하며, 이 결정자극이방성은 증착된 박막의 결정구조에 영향을 받는다. 이는 두께가 얇아지면 박막 내의 결정입자구조가 입상구조를 가지므로, 주상구조의 박막에 비하여 수직보자력이 낮게 나타나기 때문이라고 생각한다. 따라서, 본 실험결과에 따르면 수직자기 기록매체로서 사용 가능한 Co-Cr 박막의 두께는 적어도 50nm 이상이어야 한다.

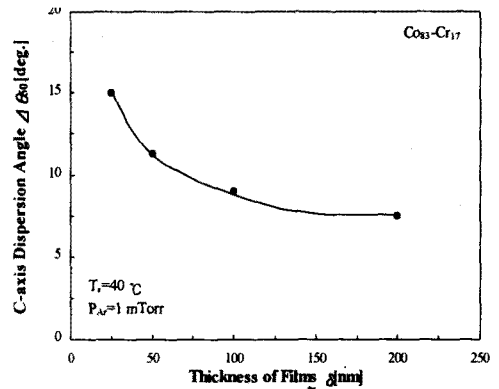


그림 2. Co-Cr 박막의 c-축 분산각 Δθ<sub>50</sub>의 막두께 δ 의존성

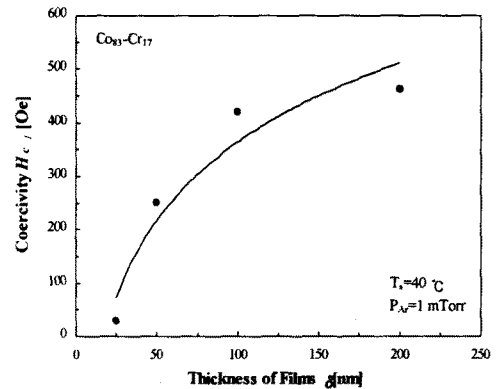


그림 3. Co-Cr 박막의 보자력 H<sub>cL</sub>의 막두께 δ 의존성

### 3.2 증착속도 의존성

막 증착속도가 박막의 결정학적 특성 및 자기적인 특성에 미치는 영향은 이미 많은 보고가 이루어졌다. 특히, 100nm/min 이상의 고속증착에 대한 영향은 매우 자세히 연구되었다[5]. 따라서, 본 실험에서는 저속증착에 있어서의 박막에 미치는 영향을 조사하였다.

막의 증착조건에서 증착속도 R<sub>d</sub>는 방전전압 V<sub>a</sub>를 일정하게 유지한 후, 방전전류 I<sub>d</sub>를 변화시켜 조절하였다. 우선 결정성에 대해서는, 그림 4에 Δθ<sub>50</sub>의 증착속도의존성을 나타내었다. R<sub>d</sub>가 10nm/min에서 Δθ<sub>50</sub>은 최소치를 가지며, 그 이외의 영역에서는 Δθ<sub>50</sub>은 증가한다. 더욱이, R<sub>d</sub>가 10nm/min 이하에서는 Δθ<sub>50</sub>은 급격하게 증가한다. 이는 막 증착속도가 낮아짐에 따라 불순물의 영향을 받기 때문이라는 사실과 입자자체가 갖는 운동에너지의 감소 때문이라고 생각한다.

그림 5는 수직방향의 보자력 H<sub>cL</sub>의 증착속도 의존성을 나타낸다. 이 그림으로부터 알 수 있듯이 R<sub>d</sub>=1.5nm/min의 낮은 속도에 있어서도 H<sub>cL</sub>는 약 300 Oe의 낮은 값을 갖는다. 이와 같은 저속의 증착속도라면, Ar 가스압이 10mTorr의 경우와 같이 스퍼터 입자의 운동에너지가 낮아 보자력이 증가 할 것이라는 기대를 하였으나[6], 결과는 상이하였다. 이와 같은 사실로부터 증착속도가 낮은 경우와 높은 Ar가스압 상태에서의 스퍼터와는 다르다는 사실을 알 수 있다.

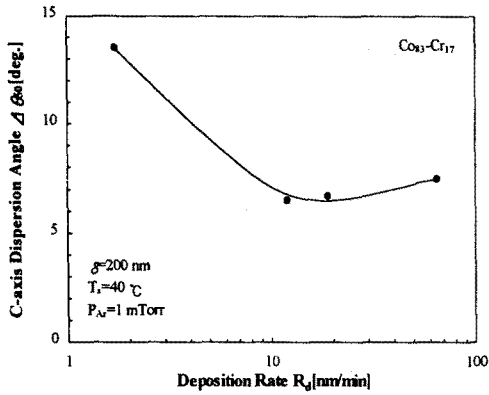


그림 4. Co-Cr 박막의 c-축 분산각  $\Delta\theta_{50}$ 의 증착속도  $R_d$  의존성

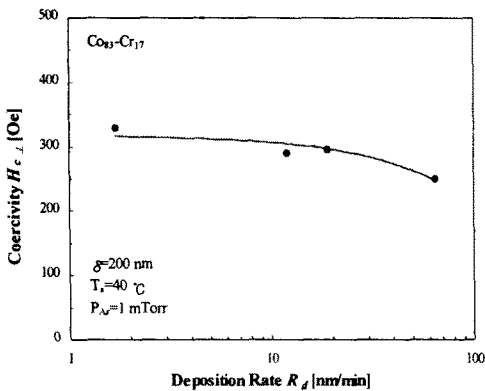


그림 5. Co-Cr 박막의 보자력  $H_{c\perp}$ 의 증착속도  $R_d$  의존성

#### 4. 결 론

Co<sub>83</sub>-Cr<sub>17</sub> 박막의 대향타겟식스퍼터링에 의한 제작조건에 따른 기본적인 특성을 조사하였다. 그 결과, Co-Cr 박막의 결정학적 특성과 자기적 특성에 막두께와 증착속도의 변화가 매우 큰 영향을 준다는 사실을 확인하였다. Co-Cr 박막의 막두께가 증가하면, c-축 분산각은 감소한다. 즉, 막두께에 따라 결정구조의 변화가 일어난다는 사실을 확인하였다. 또한 증착속도는 작용가스로 동작하는 Ar 가스압력의 영향과는 다른 역할을 수행한다는 것을 증착속도 의존성을 통하여 확인하였다. 수직자기기록 매체로서 Co-Cr 박막의 막두께와 증착속도는 50-200nm와 20nm/min 이상으로 하는 것이 적당하다는 것을 확인하였다.

#### (참 고 문 헌)

- [1] S. Iwasaki and Y. Nakamura, *IEEE Trans. Magn.* MAG-13, 1272, 1977
- [2] J. W. Smits, S. B. Luitjens and F. J. A. den Broeder, *J. Appl. Phys.* 55, 2260, 1984
- [3] M. Naoe, M. Mastuoka and Y. Hoshi, *J. Appl. Phys.* 57, 1, 4019, 1985
- [4] J. N. Chapman and J. P. C. Bernard, *J. Magn. Mater.*, 62, 358, 1986
- [5] M. Ohring, "The Materials Science of Thin Films", AP, Inc., 1991
- [6] M. Kume, D. Kishimoto, Y. Nakatsuka and Y. Abe, *IEEE. Trans. Magn.* MAG-22, No. 5, 1161, 1986