

## CoCrTa/CrX (X=Mo, Si) 자성박막의 보자력에 미치는 Mo와 Si의 영향

조준식 · 남인탁

강원대학교 공과대학 신소재공학과,  
강원도 춘천시 효자2동 192-1, 200-701

홍양기

Dept. of Metallurgical and Mining Engineering  
University of Idaho, Moscow, Idaho, U.S.A.

(1999년 4월 16일 받음, 1999년 7월 20일 최종수정본 받음)

CoCrTa/Cr 자성박막의 Cr 하지층에 Mo와 Si를 첨가하여 제조한 박막의 자기적 성질에 미치는 Mo와 Si의 영향에 대하여 조사하였다. 증착시 사용된 장비는 DC magnetron sputtering system이었고, CoCrTa 자성층의 두께는 300 Å으로 Cr 하지층의 두께는 700 Å으로 고정하였으며 기판의 가열온도는 260 °C이었다. CrMo 하지층의 박막이 순수한 Cr 하지층에 비하여 약 200 Oe의 보자력 증가를 나타내었다. 하지만 Si를 첨가하였을 경우엔 첨가량의 증가에 따라 보자력이 점차 감소하는 것으로 나타났다. CrMo 하지층에서는 Mo를 첨가함에 따라 Cr 하지층의 (200)면의 결정배향성이 증가하였고, Mo를 첨가한 Cr(200)면과 CoCrTa(1120)의 lattice misfit가 Si를 첨가한 경우보다 작았고, 이것이 보자력 증가의 원인이었다.

### I. 서 론

컴퓨터의 하드디스크에 있어서 중요한 것은 단위면적당 저장할 수 있는 정보의 양을 증대시키는 이른바 고밀도의 실현이다. 고밀도의 실현은 근래에는 디스크뿐만 아니라 정보를 읽거나 쓰는 자성 헤드의 개선, 헤드와 매체의 간격, tracking 기술의 진보 등이 중요한 요소로 작용하며, 특히 디스크의 저장밀도의 증가는 아직도 고밀도화의 실현에 있어서 매우 주도적인 역할을 하고 있다. 하드디스크의 저장밀도의 증가를 위해서는 noise의 감소와 높은 보자력을 가진 매체의 개발이 필수적이다. 일반적으로 쓰이고 있는 자성매체로는 CoCrTa(Pt)/Cr의 이중박막이 쓰이고 있는데 이는 타재료에 비하여 가격 면에서 유리하고 또한 고밀도에서 중요시되는 큰 보자력을 가지고 있으며 매체의 noise 및 각형비에서 유리함을 가지고 있기 때문이다. 큰 보자력을 우선적인 요건으로 손꼽는 이유는 매체에 존재하는 자화천이영역을 줄일 수 있어 선기록밀도를 향상 시키는데 중요한 인자로 작용하기 때문이다. 높은 보자력을 얻기 위한 연구는 오랫동안 진행되어 왔으며 매체에 사용되는 자성층과 하지층의 두께변화, 스퍼터링시의 Ar gas 압력[1], bias 전압의 사용[2, 3], 매체의 열처리 효과 유도 [4, 5], 기록층 산화를 방지하기 위한 protective layer[6] 및 bump layer의 삽입[7] 등 다양한 방법이 보고되었으

Cr 하지층에 제 2의 원소를 첨가하여 자기적 특성을 향상 시키려는 시도들 중의 하나로 CoNiCr/Cr 매체의 Cr 하지층에 Gd, Si, Cu, Ce과 V 등을 첨가하여 보자력이 증가함을 보고하고 있다[8]. 또한 CoCrPtTa 매체의 Cr 하지층에 W, Si, Mo, Ta를 첨가하여 보자력과 noise 특성을 향상시킬 수 있었다고 보고하고 있다[9]. Li-Lien Lee는 하지층으로 CrMn을 사용하고 기판을 가열함으로써 CoCrPt 박막매체의 보자력을 크게 할 수 있다고 보고하고 Mn의 interdiffusion이 그 원인이라고 하였다[10]. 최근의 연구에서 CoCrPtTa/CrMo 매체가 5 Gb/in<sup>2</sup> 기록밀도의 기록매체로서 적당하다고 보고되었다[11]. CoCrTa(Pt) 자성막에서 Pt 함량에 따라서 최적 보자력을 나타내는 하지층의 원소 및 그 함량도 다른 것으로 알려져 있다. 그러나 Pt를 포함하지 않는 CoCrTa 매체의 하지층에 Cr 이외의 원소를 첨가하여 보자력을 증가시키고 그 원인에 대한 연구는 거의 보고되지 않았다. Mo는 Cr과 같은 BCC 구조를 가지고 있어 고용체를 만들기엔 유리할 뿐만 아니라 Mo의 원자반경이 Cr보다 크기 때문에 하지층의 격자상수를 조절하여 그 위에 성장하는 CoCrTa 합금의 격자상수와 비슷하게 함으로써 hetero epitaxy 성장을 잘 유도 할 것으로 생각되어 첨가원소로 설정하였고, Si는 CoNiCr 매체의 경우 Cr 하지층의 결정립 크기를 작게 하여 보자력을 증가시킨다고 하였으나[8] CoCrPtTa 매체의 경우에는 결정

립 크기를 증가시켜 결정립간의 exchange coupling을 감소시킨다고 보고되고 있으므로 [9] Si의 영향에 대하여 조사할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 경제적으로 자기 기록매체의 적용에 문제가 있는 Pt를 포함하지 않는 CoCrTa 매체의 Cr 하지층에 Mo와 Si를 첨가한 매체의 자기적 성질을 순수한 Cr 하지층의 매체와 비교하고 Mo와 Si의 영향을 조사하고자 하였다.

### II. 실험방법

모든 박막은 DC magnetron sputtering system을 이용하여 증착하였으며 증착전 반응실의 진공도는  $2.0 \times 10^{-6}$  Torr 이하로 유지하였고, 증착에 사용된 target은 순도가 99.9%로서 직경이 4 inch이며 두께가 7 mm인 Co-12 at% Cr-6 at% Ta 합금 target을 사용하였다. 하지층으로 99.99%의 순도를 가지며 크기가 같은 Cr target을 사용하였으며 Mo와 Si는 target 표면 위에 chip 형태로 올려놓음으로써 첨가량을 조절하여 증착시켰다. 사용된 chip size는 가로  $\times$  세로  $\times$  높이가 각각 4 mm  $\times$  6 mm  $\times$  8 mm로 일정한 크기였으며 본 실험에서 사용된 기판은 1.8 cm  $\times$  1.8 cm  $\times$  0.16 mm 크기의 coming cover glass(#2865)이었다. Ar gas 압력은 2 mTorr로 유지했고, 자성합금 박막의 두께는 300 Å, Cr 하지층의 박막 두께는 700 Å로 고정하였으며, Mo와 Si는 chip의 숫자를 변화시켜 하지층의 조성을 조절하였다. 기판의 온도를 260 °C로 하여 증착하였으며, 제조된 박막의 결정구조와 자기적 특성은 X선 회절장치와 진동시료형자력계(VSM)를 사용하여 각각 분석하였고, 분석을 위해 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)를 이용하였다. 또한 증착된 박막의 미세 구조를 관찰하기 위하여 AFM과 SEM을 사용하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

하지층의 두께에 따른 보자력의 변화를 살펴보기 위해 2 mTorr의 Ar 압력과 260 °C의 기판온도에서 하지층의 두께를 700 Å에서 900 Å까지 증착시키고 그 위에 300 Å의 CoCrTa 자성층을 증착하였다. Fig. 1은 이때의 보자력 변화를 나타낸 것으로 보자력은 하지층의 두께에 따라 700 Å까지는 증가하는 추세를 보였다가 900 Å 이상에서 거의 일정하게 유지되는 것으로 나타났고, 700 Å의 하지층 두께에서 1060 Oe의 보자력을 얻을 수 있었다. 200 °C 이상의 기판온도에서 증착된 Cr 하지층의 결정배향은

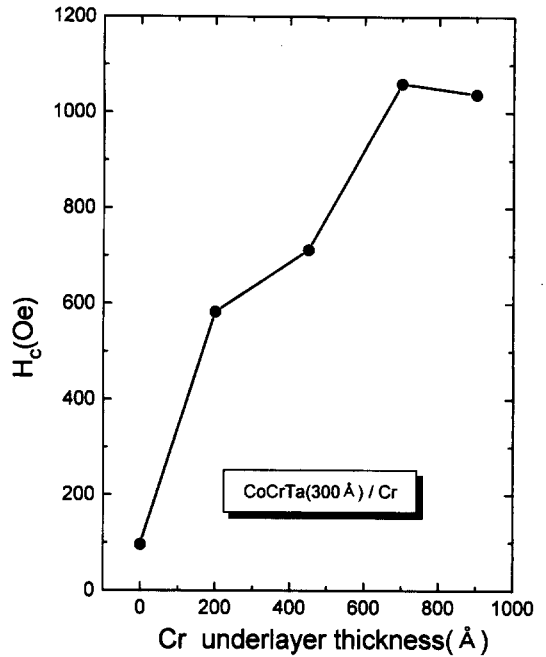


Fig. 1. Coercivity change with Cr underlayer thickness.

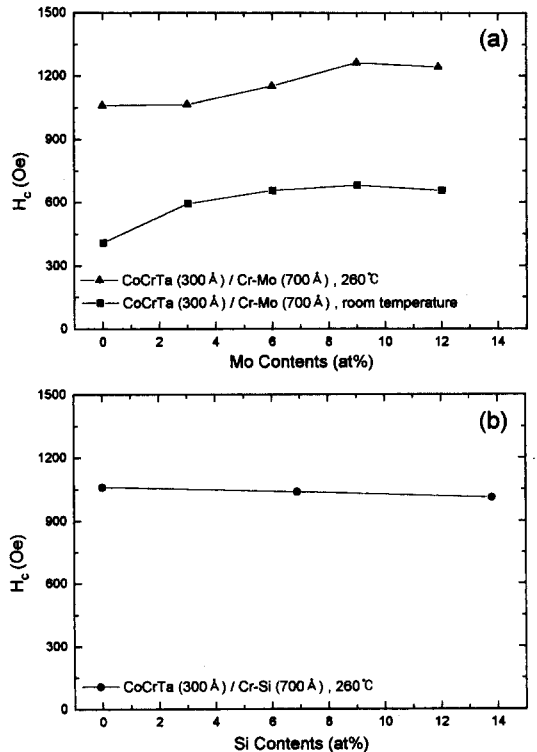


Fig. 2. Coercivity change in CoCrTa(300 Å)/CrX(700 Å) films as a function of Mo and Si contents. (a) Cr-Mo underlayer, (b) Cr-Si underlayer

(200)면이 되며, 그 위에 증착되는 CoCrTa 자성박막은 (1120)면이 하지층의 위에 우선 성장하게 되고, 이러한 성장방향은 수평 자기 기록 매체에 유리한 조건이 되도록 자화용이축인 Co합금의 c축이 매체의 평면상에 놓일 수 있게 하므로 매체를 제조할 때에는 200°C 이상의 기판온도에서 제조한다.

CoCrTa 박막의 두께를 300 Å으로 고정하고 700 Å의 Cr 하지층에 첨가 원소로 Si, Mo를 각각 첨가하였을 때의 첨가량에 따른 보자력 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 첨가된 원소에 따라서 보자력은 각각 다른 양상을 나타내었는데 보는 바와 같이 Si은 첨가량이 증가함에 따라 미세하게 감소하는 것을 보여주는 반면에 Mo를 첨가하였을 경우는 첨가량이 증가함에 따라 보자력이 증가되는 것을 보여주고 있고 9.0 at%의 Mo에서 1260 Oe로 가장 큰 보자력값을 보여주고 있다. 이것은 순수한 Cr 하지층에 비해서 약 200 Oe 정도의 보자력 증가를 가져온 것으로 그 보다 더 많은 양을 첨가한 12.0 at%에서도 거의 그 값을 유지하고 있었다. 상온에서 증착된 Cr-Mo 하지층 위에 증착된 CoCrTa 박막도 순수한 Cr 하지층일 때보다도 높은 보자력 값을 보여준다. 또한 상온에서 증착된 매체보다도

260°C에서 증착된 매체가 훨씬 높은 보자력을 나타낸다. 위의 결과는 기판의 가열이 보자력을 증가시키는데 필수적이라는 것을 의미한다. Mo의 첨가에 따라 보자력이 증가하고 Si을 첨가하였을 때 감소하는 이유를 조사하기 위하여 X-ray diffraction pattern을 구하였다.

Fig. 3은 순수한 Cr 하지층에 Mo를 첨가함에 따른 XRD 패턴을 보여주는 그림이다. 그림에서 보면 순수한 Cr 하지층에 비하여 Cr(200)의 회절 강도가 점점 증가하고 있으며 그에 따라 CoCrTa 자성층의 (1120) peak 강도가 증가됨을 보여주고 있다. 따라서 Cr 하지층은 Mo를 첨가함에 따라 CoCrTa 자성층의 c-축이 박막의 평면상에 놓여지는 (1120)면으로의 결정배향성이 증가된다는 것을 알 수 있고 이에 따라 보자력이 증가되었고 생각된다. 하지층에 Si을 첨가하였을 때는 첨가량이 증가함에 따라 Cr(200) peak의 강도는 거의 변화가 없었다(Fig. 4). 이러한 결과로 Si의 첨가는 Cr(200)면의 성장보다는 Cr(110)면의 성장에 유리한 것으로 생각된다. 따라서 Mo는 Cr(200)의 결정배향성을 증가시키고 하지층위에 성장하는 CoCrTa 자성층의 (1120)면의 결정배향성을 증가시켜서 보자력이 증가하는 것으로 생각된다. 이것은 Mo가 Cr과 같

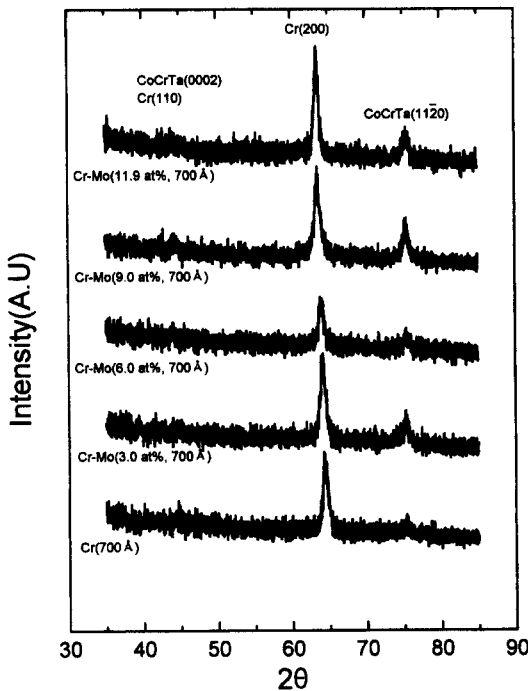


Fig. 3. XRD patterns of CoCrTa(300 Å)/Cr-Mo(700 Å) films for various Mo contents.

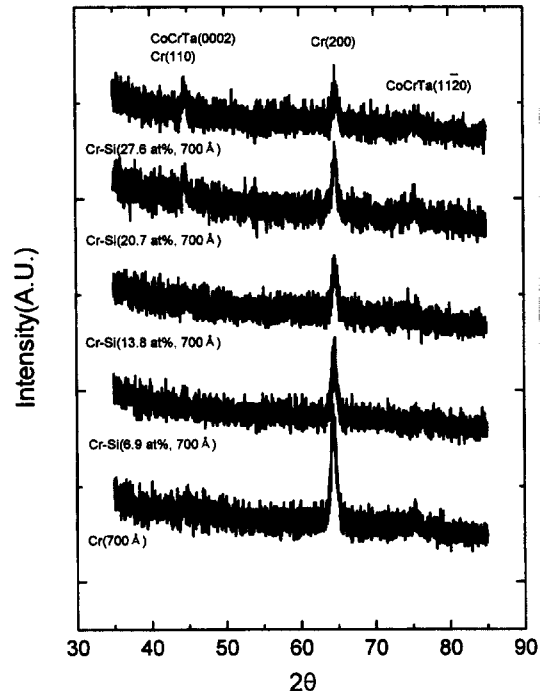


Fig. 4. XRD patterns of CoCrTa(300 Å)/Cr-Si(700 Å) films for various Si contents.

은 BCC 구조를 가지고 있기 때문이다. 이러한 Mo와 Si의 효과는 CoCrPtTa이나 CoCrPt 자성매체에서의 보자력에 대한결과와 일치한다[9].

X-선회절 pattern으로부터 Cr하지층에 Mo와 Si를 첨가했을 때 첨가량에 따른 Cr(200)면의 면간거리(d)의 변화를 조사하여 Fig. 5에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 Mo를 첨가함에 따라 d값이 증가하였고, Si의 경우에는 첨가량이 증가함에 따라 d값이 감소하였다. Cr의 원자반경이 1.85 Å인데 비하여 Mo는 2.01 Å으로 Cr보다 크고 Si는 1.45 Å으로 Cr 원자보다 작다. 따라서 첨가원소에 따른 d값의 변화는 Cr에 치환되어 들어가는 Si과 Mo에 따라 면간거리의 증감을 가져왔다. Table I은 Co(1120)이

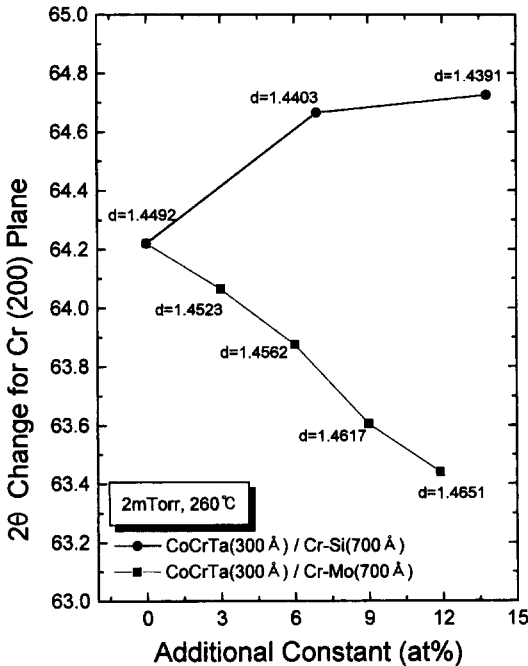


Fig. 5. Change of interplanar distance of Cr(200) plane as a function of Mo and Si contents.

Table I. Lattice Constant of CoCrTa, CrMo(3.0 at%) and CrMo(9.0 at%) layers

Lattice Fitting	CrMo (3.0 at%) ( $\sqrt{2} a$ )	CrMo (9.0 at%) ( $\sqrt{2} a$ )	CoCrTa		
			CrMo (3.0 at%)	CrMo (9.0 at%)	
$\frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} a_{hcp} // a_{bcc}$	4.1077	4.1343	$\sqrt{3} a_{hcp}$	4.3738	4.35402
$c_{hcp} // \sqrt{2} a_{bcc}$	4.1077	4.1343	$c_{hcp}$	4.1237	4.1050

Cr(200)에 에피성장 할 때  $\sqrt{3} a_{hcp}$ 가  $\sqrt{2} a_{bcc}$ 와 fitting하거나  $c_{hcp}$ 이  $\sqrt{2} a_{bcc}$ 와 matching하게 되는 두 가지 경우의 lattice constant 변화를 나타내었고, Table II는 그 결과에 따른 areal misfit를 나타내었다. 9.0 at%의 Mo가 첨가된 Cr(200)면과 CoCrTa(1120)면의 areal misfit가 3.0 at%의 Mo를 첨가한 경우보다 작았다. Fig. 6은 Cr 하지층에 첨가되는 Mo와 Si의 양에 대한 CoCrTa과의 areal misfit를 나타내고 있는데, Si의 경우 함량이 증가함에 따라 0.5% 정도의 작은 증가를 할 때 보자력의 값은 약 50 Oe 정도 감소하였다. 그러나 Cr과의 원자반경 차이가 Si보다 작은 Mo의 경우에 3.0~9.0 at%인 범위에서 areal misfit가 급격히 감소하였으며, 이것이 CoCrTa(300 Å)/Cr-Mo(700 Å) 자성박막의 보자력을 증가시키는 원인이라고 생각된다.

Table II. Areal misfit of CrMo(3.0 at%) and CrMo(9.0 at%) and CoCrTa layers

Layers	Area(Å) <sup>2</sup>	Areal misfit (%)
CoCrTa	18.0362	
CrMo(3.0 at%)	16.8731	6.4
CoCrTa	17.8732	
CrMo(9.0 at%)	17.0924	4.4

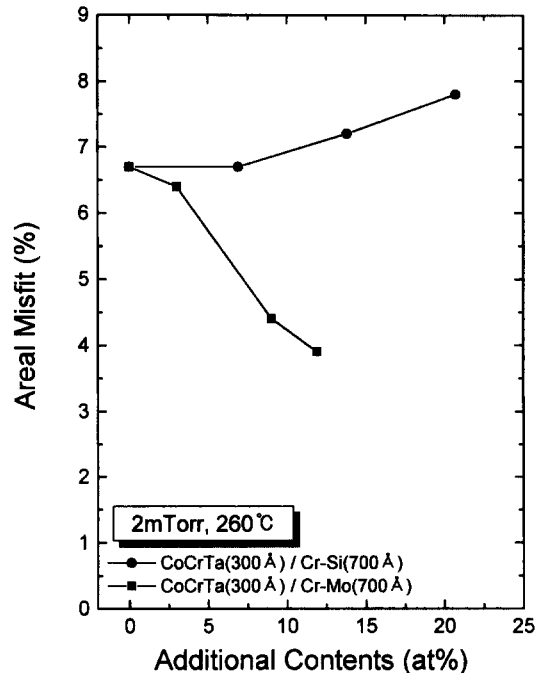


Fig. 6. Change of areal misfit between CoCrTa and Cr-X as a function of additional contents.

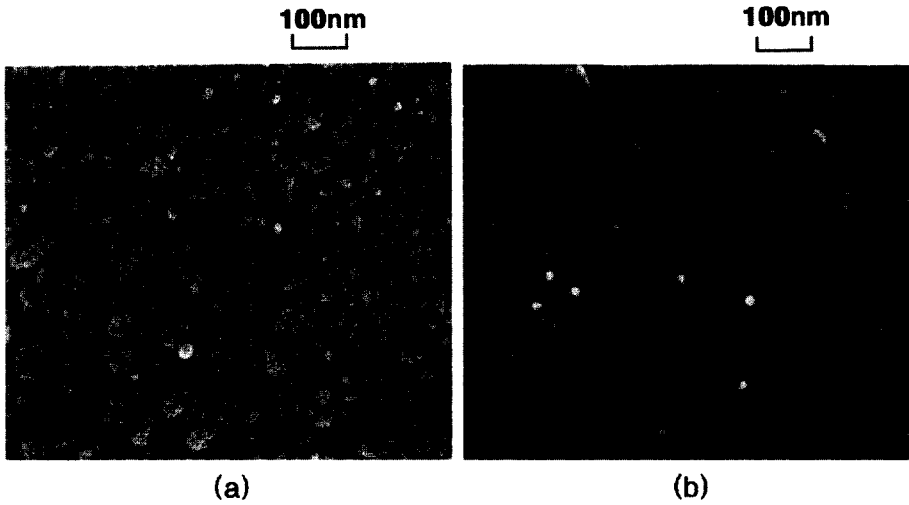


Fig. 7. SEM micrographs. (a) CoCrTa(300 Å)/Cr(700 Å), (b) CoCrTa(300 Å)/Cr-Mo(700 Å, 9.0 at%).

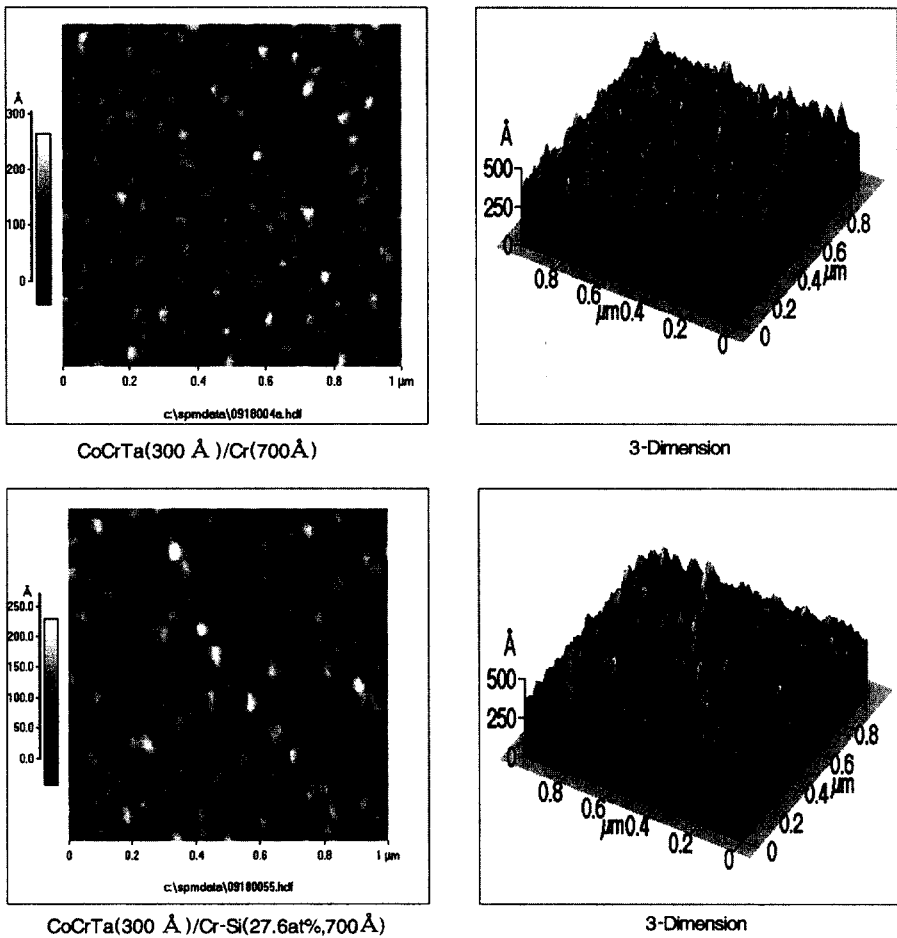


Fig. 8. AFM image of CoCrTa/Cr and CoCrTa/Cr-Si(27.6 at%).

결정배향성, 응력뿐만 아니라 결정립의 크기도 보자력에 영향을 미치기 때문에 결정립의 크기의 변화를 살펴보기 위하여 SEM을 사용하여 표면을 분석하였다. Fig. 7은 순수한 Cr 하지층과 Mo를 9.0 at% 첨가한 자성박막의 SEM 분석결과를 보인 것이다. Cr 하지층에 Mo를 첨가한 경우 순수한 Cr 하지층에 비하여 결정립의 크기가 다소 작아진 것으로 보여지고 있으나 큰 차이를 나타내지는 않았다. 따라서 CrMo 하지층의 보자력 증가에 결정배향성의 증가가 중요한 역할을 한다고 생각된다. 그러나 Mo를 첨가한 하지층의 SEM 사진에서 보는 것과 같이 입자의 크기가 균일해진 것이 보자력의 증가에 다소 기여한 것으로 생각된다. 또한 Si의 첨가에 따른 박막표면의 변화를 AFM으로 관찰한 것을 Fig. 8에 나타내었다. Si의 첨가에 따른 결정립의 크기와 표면 거칠기의 변화는 관찰되지 않았다. 따라서 Si의 첨가에 따른 보자력의 감소는 Cr(200)면의 결정배향성의 감소가 주요한 원인이라고 생각된다.

#### IV. 결 론

1. CoCrTa/Cr 자성박막에서 Cr 하지층에 Mo를 첨가하였을 때가 순수한 Cr 하지층을 증착했을 때 보다 보자력이 증가하였고, Mo의 양을 9.0 at%로 하였을 때 보자력이 200 Oe 증가하였다. 이것은 Mo의 첨가로 Cr(200)면의 우선 성장이 촉진되면서 그 위에 헤테로 에피택셜 성장하는 CoCrTa 자성층의 (1120)면이 우선적으로 박막의 수직방향으로 성장하였기 때문이다.

2. Si을 Cr 하지층에 첨가하였을 경우는 첨가량의 증가에 따라 보자력이 다소 감소하였는데 이는 Si의 첨가가 Cr(110)면의 성장을 촉진하여 CoCrTa의 (1120)면의 결정

배향성이 감소하였기 때문이다.

3. Cr하지층에 Mo를 첨가하였을 때 Cr(200)면의 면간 거리는 지속적으로 증가하였으나 Si의 경우는 감소하였다. Mo를 첨가한 경우 Cr(200)면과 CoCrTa(1120)의 areal misfit가 Si보다 작았고, 이것이 보자력 증가의 원인이었다.

#### 감사의 글

본 연구는 한국과학기술연구원의 'G-7 위탁연구과제'에 의해 연구되었으며, 연구비지원에 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [1] T. Kawanabe, J. G. Park, M. Naoe, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., **232**, 21 (1991).
- [2] Brij B. Lal, M. Tobise and T. Shinlhara, IEEE Trans. Magn., **30**(6), 3954 (1994).
- [3] Youping Deng and David N. Lambeth, IEEE Trans. Magn., **28**(5), 3096 (1992).
- [4] S. L. Duan J. O. Artman, K. Hono and D. E. Laughlin, J. Appl. Phys., **67**(9), 4704 (1990).
- [5] Motoharu Sato, Yoshihiko Onishi and Akinitsu Nakaue, IEEE Trans. Magn., **29**, 6, 3685(1993).
- [6] T. Kogure and S. Katayama, J. Appl. Phys., **67**(9), 470 (1990).
- [7] H. S. Chang, K. H. Shin, T. D. Lee and J. K. Park, IEEE Trans. Magn., **31**(6), 2731(1995).
- [8] N. Tani, M. Hashimoto, Y. Murata, M. Ishikawa and Nakamura, J. Appl. Phys., **67**(12), 7507 (1990).
- [9] T. Miyamoto, J. Nakai, K. Yoshikawa, 일본응용자기학회 논문개요집, 2pb-15 (1997).
- [10] Li-Lien Lee, IEEE Trans. Magn., **34**, 1561 (1998).
- [11] I. Okamoto, K. Sato, C. Okuyama, M. Shinobara, Y. Mizoshita, Digest of Intermag '97, FC-06 (1997).

## **Effects of Mo and Si on the Coercivity of CoCrTa/CrMo and CoCrTa/CrSi Thin Film Media**

**Jun-Sik Cho and In-Tak Nam**

*Department of Advanced Materials Engineering Kangwon National University, Chuchon, 200-701, Korea*

**Yang-Ki Hong**

*Department of Metallurgical and Mining Engineering University of Idaho, Moscow, Idaho, U.S.A.*

(Received 16 April 1999, in final form 20 July 1999)

Effects of Mo and Si addition in Cr underlayer on magnetic properties of CoCrTa/ CrMo and CoCrTa/Si thin film media were investigated. Thin films were prepared with DC magnetron sputtering system. The thickness of CoCrTa magnetic layer and Cr underlayer were fixed at 300 Å and 700 Å, respectively. The substrate heating temperature was kept constant at 260 °C for both magnetic layer and underlayer preparation. The coercivity increase of CoCrTa film was realized due to Mo addition in Cr underlayer. Si addition made a small decrease in coercivity. Coercivity increase seems to be attributed by the improvement of preferred orientation of Cr(200) plane. It is found that lattice fit between Cr(200) and CoCrTa(1120) of CrMo underlayer is better than that of CrSi underlayer. This small misfit may also contribute coercivity increase.