

Sputter-textured Mo 박막이 CoCrTa/Cr 자기기록매체의 자기적 성질에 미치는 영향

The Effect of Sputter-textured Mo Thin Film on Magnetic properties of CoCrTa/Cr Magnetic Recording Media

조 성 목* 남 인 탁**
Jo, Sung-Mook Nam, In-Tak

Abstract

The effect of Mo underlayer on the magnetic properties of CoCrTa/Cr films deposited on glass substrates were investigated. The coercivity increased and the coercivity squareness decreased by introducing Mo underlayer. The coercivity increase was attributed to the increase of in-plane c-axis orientation and magnetic isolation of Co grains deposited on Cr/Mo underlayer. The decrease of coercivity squareness seemed to be caused by the increase of magnetic isolation. The increase of magnetic isolation of Co grains was attributed to the diffusion of Mo atoms into grain boundaries of Co films and the physical isolation of Co grains. The coercivity of CoCrTa/Cr/Mo showed maximum values at Mo thickness of 400Å. The appearance of the maximum coercivity at that thickness was attributed to the development of strong Co(1010) and Co(1011) preferred orientation.

키워드 : 물리브렌 하지층, 보자력, 자기적 분리
Keywords : Mo underlayer, coercivity, magnetic isolation

1. 서론

최근 반도체산업의 발달과 함께 박막화 기술은 전자산업의 근간이 되는 기술로 성장하였으며, 이 중에서도 자성재료의 박막화 기술은 정보 기록 매체의 대용량화, 고밀도화와 더불어 급속한 속도로 성장하여 오고 있다. 박막자성재료는 주로 스퍼터링방법등에 의해 제조되어지는데, 특히 스퍼터링한 하드디스크 드라이브(HDD)는 대형 컴퓨터에서부터 워크스테이션, 탁상용 컴퓨터 및 휴대용 컴퓨터에 이르기까지 컴퓨터의 중요한 보조기록장치로 널리 사용되고 있다. 현재 하드디스크용 기록매체에서 가장 큰 이슈는 기록밀도의 증가이다. 이러한 고기록밀도를 위해서 자기기록매체는 고보자력, 저노이즈를 갖는 자성박막의 개발이 필수적이다. 매체가 갖는 노이즈의 원인 중 가장 큰 것은 기록된 비트와 비트간의 천이노이즈인데, 이 천이노이즈의 원인인 천이영역의 폭은 자성박막의 보자력을 높이고, 자성막의 잔류자화×자성막 두께의 크기,

($M_r \cdot \delta$)를 감소시키면 좁아지게 된다[1]. 즉, 천이영역의 감소는 결국 출력신호파형의 반가폭(PW50, pulse width 50%)을 줄어뜨리게 하여 고밀도 기록을 가능케 한다. 저노이즈 박막제조를 위해서는 자성박막을 구성하는 결정립의 크기를 작고 균일하게 만들어야 하고, 각각의 결정립들은 가능한 한 최대한으로 자기적으로 분리되도록 하여야 한다[2]. 이러한 자기적 분리를 향상시키기 위한 방법으로는 물리적으로 결정립 간을 분리시키는 방법과 비자성 첨가원소의 결정립계 편석에 의한 결정립 간의 교환 결합을 억제시키는 방법 등이 있다[3-5].

이와 같은 특성을 만족시키기 위하여 최근 여러 종류의 자성박막이 연구되고 있으며, 그 중 대표적인 것으로는 Co-Cr-Ta, Co-Ni-Pt, Co-Cr-Pt, Co-Cr-Pt-X, Co-Sm 합금박막 등이 있다[6, 7]. 그러나, Pt, Sm를 첨가한 자성박막들은 높은 보자력을 갖고 있으나, 노이즈가 크고 가격이 비싸다는 단점을 가지고 있어서 현재 2000 Oe이상의 제품에서도 CoCrTa/Cr 합금계를 개량해서 사용하려는 추세이다.

고기록밀도를 달성하기 위한 또 다른 방안은 헤

* 강원대학교 대학원 신소재공학과 졸업, 공학석사
** 강원대학교 신소재공학과 교수, 공학박사

드(head)와 매체간의 부상거리(flying height)를 줄이는 것이다. 이를 위해서는 얇고 평평한 기판이 요구되는데 현재 상용되는 Al-Mg기판을 얇게 할 경우, 기판이 휘어지고 또한 현재 많이 연구되는 glass 기판보다는 거친 표면조도를 갖는 단점이 있어 현재는 glass 기판을 사용하려는 추세이다. 그러나 이러한 glass 기판은 주성분이 SiO₂로 이루어져 있어서 산소 친화력이 강한 Cr이 바로 성장될 경우 성장초기 단계에서 어느 정도의 범위를 갖고 Cr nuclei와 반응이 진행될 것이며 이것은 Cr층의 microstructure에 영향을 줄 것이라 판단된다.

따라서, 본 연구에서는 glass 기판 위에 coating 재료로 Mo를 도입하여 새로운 자성박막 합금체를 연구하였으며, 이러한 Mo underlayer의 도입에 따른 CoCrTa/Cr 박막의 자기적 특성에 미치는 영향을 결정배향성 및 미세구조 분석 등의 방법으로 조사하였다.

2. 이론적 배경

자성 박막의 자기적 특성 중 거시적인 특성으로 분류되는 항목으로는 보자력(Hc), 포화자화(Ms), 잔류자화(Mr), 각형비(S)와 보자력각형비(S*)가 있다(Fig.1). 보자력이 클수록 주변 자장 등에 의한 매체내의 자화방향이 변형되지 않게 되어 저장된 정보의 손실을 피할 수 있으며, 비트와 비트 사이의 천이폭의 협소화를 얻을 수 있게 된다. 그러나, 보자력이 헤드의 성능 이상으로 너무 높은 경우에는 헤드가 매체에 충실한 기록을 할 수 없다는 문제점이 발생되므로 자성박막은 제조 디스크 사양에 맞는 적절한 보자력을 갖도록 하여야 한다. 포화자화(Ms)는 자성박막이 가질 수 있는 최대의 자화값으로써, Ms가 크면 재생시 output signal의 amplitude가 크게되는 잇점이 있다. 그러나 높은 Ms만을 위하여 순수한 Co만을 자성층으로 사용하면 Ms의 손실을 보더라도 보자력을 증가시키는 비자성 물질인 Cr, Ta, Pt등의 원소첨가가 필요하게 된다. 또한 현재 그 사용이 늘고 있는 읽기전용 MR(Magneto Resistive)헤드는 큰 자계하에서 포화되어 그 사용이 불가능하기 때문에 높은 Ms(Ms = Mr/S)을 갖는 매체를 사용할 수 없으므로 적절한 Ms 또는 Mr값을 갖도록 한다. Mr은 헤드의 자계로써 매체를 자화시킨 후 헤드가 지나가고, 즉시 외부자계가 제거됐을 때의 자화값으로 이 값은 작을수록 비트간의 천이폭(transition width)의 협소화를 얻을 수 있으므로 가능하면 작게 해야 한다.

한편, 서술한 바와 같이 작은 Mr값을 가져야 MR헤드의 작동이 효과적이므로 작은 Mr을 가지도록 하는 것이 고밀도기록에 유리하다. 단, MR값

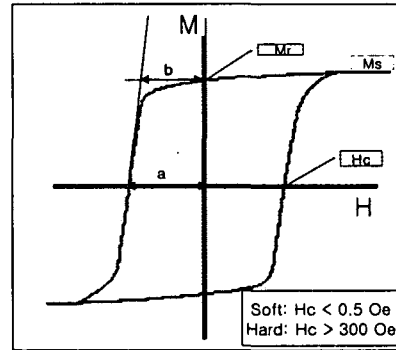


Fig. 1. Hysteresis loop of thin film media.

이 너무 작아지면 reading시 signal의 감지가 어렵게 되므로 너무 작은 값을 갖게 하는 것은 피해야한다. 각형비(S)는 Ms값에 대한 Mr값의 비율을 나타내는 수치, 즉 자기이력곡선의 모양을 나타내는 수치로써 이 값은 클수록 우수한 특성을 갖는 것으로 판단된다. 높은 S값이 갖는 의미는 기록된 정보가 bit내부에서 완전한 한 방향 spin배열을 갖고 있다는 의미로 받아들여질 수 있다. 일반적으로 sputtering을 통하여 얻어지는 박막의 S는 0.9 또는 그 이상이라고 보고되고 있다. 보자력각형비 S*(S*=b/a)는 자화의 방향이 (+)에서 (-)로 전환될 때 자기이력곡선의 기울기를 표현하기 위하여 도입한 항목으로써 고밀도 기록용 하드디스크 매체에선 그 값이 0.8부근을 갖는 것이 기록 및 재생에 유리하다고 알려져 있다. 이 값이 0.8이하의 낮은 값을 갖는 것은 작은 크기의 외부자장 및 인접 bit의 자장의 작용으로도 매체내의 spin방향이 간단하게 바뀔 수 있다는 것을 의미하며, 이 같은 상태의 매체는 기록된 pattern의 정확한 유지를 보장할 수 없기 때문에 낮은 값의 S*를 갖는 자성 박막의 매체 사용은 피해야 한다. S*가 크면 매체의 bit내의 각 부위의 spin방향은 일정하게 될 것이다. 그러나 이 경우는 실제로 매체내 결정립 간에 상당한 크기의 교환상호작용이 있는 상태인 것으로 받아들여지고 있으며, 그 결과 bit간의 천이 영역에서 교환상호작용 증가에 따른 avalanche switching 현상이 발생되어 결국 천이노이즈를 높이는 직접적인 원인으로 작용하게 되므로 적절한 값을 가지도록 박막을 제조하여야 한다.

3. 실험방법

3.1. 실험장비

본 연구에서는 RF/DC magnetron sputtering system을 이용하여 CoCrTa/Cr/Mo 박막을 제조하

였다(Fig. 2). 자성층은 순도가 99.99%로서 직경이 4inch이고 두께가 7mm인 Co-12at%Cr-2at% Ta 합금 target을 사용하였고 역시 같은 순도와 크기의 Cr, Mo target을 각각 interlayer와 underlayer로 사용하였다.

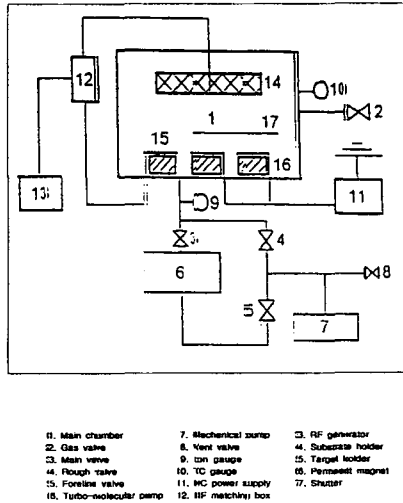


Fig. 2. Schematic diagram of RF/DC magnetron sputtering system.

3.2. 시편준비 및 제조조건

본 실험에 사용한 기판은 Corning cover glass (No. 2865)를 사용하였다. 증착에 들어가기 전 기판표면의 먼지나 유기 물질은 다음 과정을 통하여 제거하였다.

- ① Acetone 용액에서 10분 동안 초음파 세척
- ② 증류수로 수세
- ③ Methyl Alcohol용액에서 10분동안 초음파 세척
- ④ 증류수로 수세
- ⑤ chamber에 넣기 직전 N₂ gas로 blowing

증착전의 반응실 초기진공도는 2.0×10^{-6} Torr 이하로 유지하여 실험하였다. Fig. 3은 Ar 압력 증가에 따른 CoCrTa/Cr 박막의 자기적 특성의 변화를 보여주는 것이다. Ar 압력이 증가함에 따라 보자력은 감소하였고, 자성박막의 포화자화값 역시 감소하였다. 이와 같은 자성특성의 감소는 자성박막 내로 유입되는 Ar 원자들의 양이 늘어났기 때문으로 사료된다. 그리고, 여러가지 실험조건들의 변화에 대한 영향을 참조하여 시편의 제조조건을 설정하였는데 그 조건은 Table. I에 나타내었다.

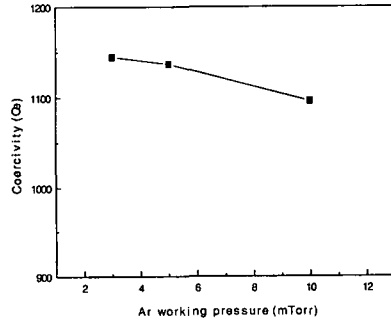


Fig. 3. Coercivity dependence of 400 Å CoCrTa/700 Å Cr/400 Å Mo thin films on Ar working pressures.

Table I. Experimental Conditions.

Target	Co ₈₆ Cr ₁₂ Ta ₂ (99.99%) : 4 inch ϕ Cr(99.99%) : 4 inch ϕ Mo(99.99%) : 4 inch ϕ
Substrate	Corning glass(No. 2865)
Base pressure	less than 2.0×10^{-6} torr
Sputter pressure	Co ₈₆ Cr ₁₂ Ta ₂ : 3 mTorr (99.999% Ar) Cr : 10 mtorr Mo : 10 mtorr
Ar flow rate	20 SCCM
Sputter power	Co ₈₆ Cr ₁₂ Ta ₂ layer : 500W(DC) Cr layer : 500W(DC) Mo layer : 150W(RF)
Substrate temp.	상온 ~ 280°C(주로 260°C)

3.3. 시편분석

시편의 자기적 특성은 진동시료형 자속계(VSM, vibrating sample magnetometer)를 이용하였으며, 박막의 결정 배향성은 XRD(X-ray diffractometer)를 이용하여 조사하였다. 박막들의 각각의 조성 및 박막간의 조성변화여부는 XPS를 이용하여 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 Mo 하지막의 도입 및 성막 조건

에 따라 변화하는 자기적 특성을 비교하였으며 그와 같은 특성변화를 발생시킨 원인을 규명하고자 하였다.

4.1. 기판온도의 영향

(1) 자기적 특성변화

Fig. 4는 기판온도 변화에 따른 CoCrTa/Cr 박막과 CoCrTa/Cr/Mo 박막의 보자력 변화를 나타낸 그림이다. 100°C보다 낮은 기판온도에서는 Mo 하지막 존재 유무와 관계없이 보자력은 거의 동일한 값을 나타내었다. 기판온도가 점차 증가함에 따라서 Mo 하지층의 도입에 따른 보자력증가 현상은 뚜렷해졌고, 260°C부근에서 보자력의 증가는 가장 컸으며, 보자력의 증가폭은 약 240 Oe이었다. Fig. 4의 결과처럼 CoCrTa/Cr 박막과 CoCrTa/Cr/Mo 박막의 보자력은 기판온도에 따라 변화하는 양상을 보이는데, 이에 대한 원인은 일반적으로 다음과 같이 설명되고 있다. 첫째, 고온성막에 따른 Cr면내 결정배향성의 변화가 일어나 Co합금박막의 결정 배향성에 영향을 주어 보자력이 증가한다는 것이다. 앞선 연구자들의 결과에 따르면, Cr 박막의 결정배향은 (110) 또는 (200)인 결정들이 형성된다고 하였으며, 고온 성막시 Cr(200)의 형성은 Cr(110)보다 우세하여진다고 하였다. 이 경우 Cr 박막에 뒤이어 성막되는 Co계 합금은 Co(110)의 우선배향을 가지고 성막된다. 왜냐하면 Cr(200)과 Co(110)은 격자의 misfit가 작아 상호간의 epitaxy growth 관계가 있기 때문이다. Co-alloy계 합금의 수평보자력을 최대 하기 위해서는 Co의 자화용이축인 c-axis를 기판과 평행하도록 배열해야 한다. 고온 성막시 Cr(200)의 배향이 우세하다면 Co의 배향은 (110)만이 형성되므로 박막의 수평보자력은 증가하게 된다. 본 실험에서도 기판온도 증가에 따라 Cr의 우선 배향성이 완전하지는 않지만 Cr(110)에서 Cr(200)으로 천이하는 경향을 보였다. Cr(110)위에 성장가능한 Co의 결정배향성은 Co(100), Co(0002), Co(101)이다. 여기서 Co(100)은 Co(110)과 같이 c-axis가 면내 수평이나 Co(101)은 기판과 약 28°의 각도를 이루고 있고 Co(0002)는 c-axis가 기판과 수직관계를 이루고 있어 면내 수평보자력을 최대화하는데는 적합치 않을 것으로 판단된다. 따라서 Cr(110)만의 형성은 수평의 고보자력 박막제조에 불리하다. 이와 같은 결과들을 종합하여 볼 때, 고온 성막에 따른 보자력의 증가는 Cr(200) 증가에 따른 Co c-axis의 면내 배향성 증가에 기인한 것이라는 설명이다. 즉, 자화용이축이 면내 수직인 Co(0002)의 형성 가능성을 제거하는 것이 면내 수평보자력 증가에 직접적인 원인이라는 것이다. 기판온도 변화에 따른 CoCr 합금자성박막의 면내 수평보자력 변화를 설명하는 또 다른 하나는 고온 성막시, CoCr합금박막의 결정립계에 Cr의 편석이 발

생하여 결정립계 부근이 비자성화되고 이들 비자성영역이 Co-rich 영역인 결정립들간에 자기적 연결을 끊어주어 박막을 구성하는 Co-rich 결정립간의 자기적 분리를 일으키기 때문이라는 것이다. CoCr 합금계에서 고온 성막시 결정립계에서 Cr의 편석이 발생하는 원인에 관해서는 아직 확실히 밝혀지지 않았으나, Cr 편석 현상에 관한 실험적인 결과는 계속 보고 되고 있다. 본 실험 결과 역시, 기판 온도가 증가함에 따라 보자력이 계속적으로 증가하였다. 이와 같은 현상은 서술한 바와 같이 Cr(200)의 형성에 따른 Co(110) 우선 배향성 증가와 Cr의 결정립계로의 편석에 따른 자기적 분리의 향상이 동시에 영향을 미쳤기 때문으로 판단된다. 한편 260°C 이후에는 보자력이 다소 감소하는 경향을 보이는데, 이는 고온 성막에 따른 자성박막의 결정립 크기 증가에 따른 기인한 것으로 판단된다. 결정립 크기 증가는 각 결정립을 단자구 상태에서 다자구 상태로 변환시키게 되고 결국 보자력의 감소를 야기하게 된다.

Fig. 5는 기판온도에 따른 CoCrTa/Cr 박막과 CoCrTa/Cr/Mo 박막의 보자력각형비 변화를 나타낸 것이다. 보자력각형비는 두 경우 모두 직선적으로 감소하는 경향을 보이는데 Mo 하지층이 도입된 CoCrTa/Cr/Mo 박막의 경우, 기판온도가 증가할수록 보자력각형비의 감소정도가 CoCrTa/Cr 박막에 비해 더 크게 나타나는데 이는 고온성막에 따른 비자성 Mo원자가 CoCrTa 자성박막내로 확산해 들어가 자기적 분리를 향상시켰기 때문이라고 판단된다.

Table. II는 상온과 고온(260°C)에서 자성박막의 자기적 특성들을 정리한 것이다. 자성박막의 자기적 특성은 고온에서 Mo 하지막의 도입에 따라 큰 차이를 보였는데 보자력은 대략 240 Oe 정도 증가하였으며 보자력각형비는 둘 다 감소하였다.

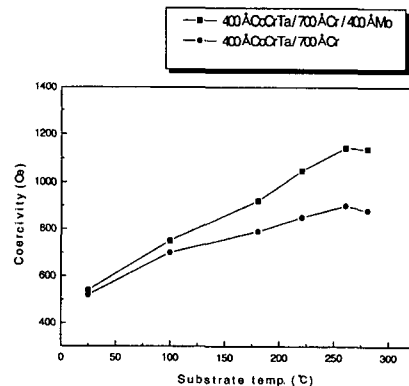


Fig. 4. Coercivity changes of CoCrTa/Cr with and without Mo underlayer as a function of substrate temperatures.

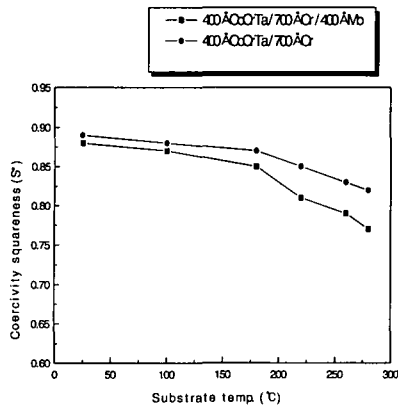


Fig. 5. Coercivity squareness changes of CoCrTa /Cr with and without Mo underlayer as a function of substrate temperatures.

Table II. Magnetic properties of thin film (Ts = 260°C)

Film	Hc(Oe)	S*
CoCrTa/Cr/Mo	1145	0.79
CoCrTa/Cr	902	0.83

(2) 결정배향성의 변화

Fig. 6은 상온 및 260°C의 기판온도에서 성막한 700Å 두께의 Cr박막의 XRD pattern을 나타내었다. 상온에서 성막된 Cr박막은 Cr(110) peak만 형성되었으나 기판온도가 260°C인 경우에는 Cr(110), (200) peak이 형성되었다. Cr(200) peak은 이후 성막되는 CoCrTa 박막의 (11 $\bar{2}$ 0)를 형성시키는 역할을 하는 배향으로 알려져 있다. Fig. 7은 상온 및 260°C의 기판온도에서 성막된 700ÅCr/400ÅMo 박막의 XRD pattern을 나타낸 그림이다. Cr/Mo박막에서의 Cr 우선배향은 Cr/glass 경우와 다른 결과를 나타내었다. Cr만 성막한 경우 260°C에서의 우선배향은 Cr(110), (200)이었으나, Mo 위에 성막된 Cr은 (110) 우선배향만 보였다.

Mo 하지막이 도입된 경우에 Cr 우선 배향이 Cr(110)으로 고정되는 현상을 알아보기 위해서 Mo의 결정 배향성과 Cr 결정 배향성과의 관계를 알아보았다.

Fig. 8은 기판온도 260°C에서 Mo 박막의 두께

를 증가시켰을 때의 XRD pattern이다. BCC Mo 박막의 우선배향은 (110)면이었다. Fig. 9에서는 Mo(110)과 Cr(110), (200)의 격자구조를 나타낸 그림이다. 그림에서 Cr(110)과 (200)은 Mo(110)에 대해 misfit가 각각 14%, 40%로 Royer가 제시한 두 물질간 epitaxy조건 즉, misfit가 15%이하이고 두 물질간 bonding type이 동일한 경우를 비추어 볼 때 Cr(200)은 Mo(110) 위에서 epitaxy 성장은 어렵다고 판단되며, 반면 Cr(110)은 작은 misfit로 인하여 Mo(110)위에 epitaxy 성장이 가능할 것으로 판단된다. 본 실험결과도 Mo 하지막이 도입된 경우에 Mo(110)/Cr(110)의 형태를 띠는 것으로 보아 Cr(110)은 Mo(110) 위에서 epitaxy성장을 한다는 결론을 내릴 수 있다.

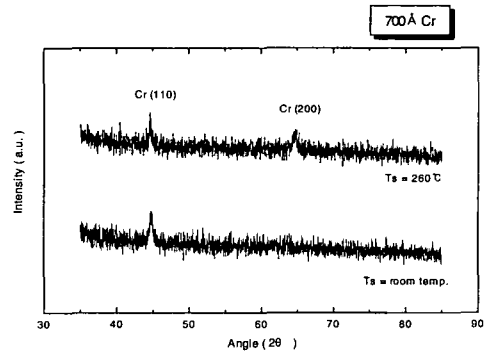


Fig. 6. XRD patterns of 700Å Cr films deposited at room temperature and 260°C.

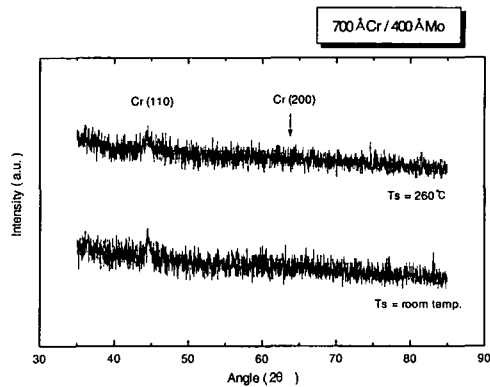


Fig. 7. XRD patterns of 700Å Cr/400Å Mo thin films deposited at room temperature and 260°C.

Fig. 10은 260°C에서 성막한 400ÅCoCrTa/700ÅCr 박막과 400ÅCoCrTa/700ÅCr/400ÅMo 박막의 XRD pattern을 나타낸 것이다. CoCrTa/Cr 박막에서는 Cr(110), Cr(200)과 Co(0002), Co(11 $\bar{2}$ 0)

peak들이 나타났다. 여기서 Co(0002) peak는 Cr(110) 위에서 형성된 것이며 Co(11 $\bar{2}$ 0) peak는 Cr(200)위에서 형성된 것이다. Co격자와 Cr격자의 lattice matching 관계를 Fig. 11에 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 Co(0002) 역시 Cr(110)과 같은 위치에서 XRD peak가 겹치므로 Co(0002)이 얼마나 형성되었는지 정확히 알 수 없었다. CoCrTa/Cr/Mo 박막에서 Cr(200) 배향이 없는 관계로 Co(11 $\bar{2}$ 0)이 형성되지 않았으며, 그 대신 Co(10 $\bar{1}$ 1)과 Co(10 $\bar{1}$ 0) peak가 강하게 나타났다. CoCrTa박막의 보자력 향상기구를 조사하기 위한 CoCrTa/Cr 및 CoCrTa/Cr/Mo 박막의 XRD pattern으로부터는 수평보자력을 감소시키는 Co(0002)의 형성정도를 파악할 수 없어 Co 결정배향성이 보자력에 어떤 영향을 주었는지 정확히 판단하기는 어렵지만, CoCrTa/Cr/Mo 박막에서는 CoCrTa/Cr 박막과는 달리 수평보자력을 증가시키는 Co(10 $\bar{1}$ 1)과 Co(10 $\bar{1}$ 0) peak가 나타나는 것으로 보아 이것이 수평보자력을 증가시키는데 중요한 역할을 한 것으로 판단된다.

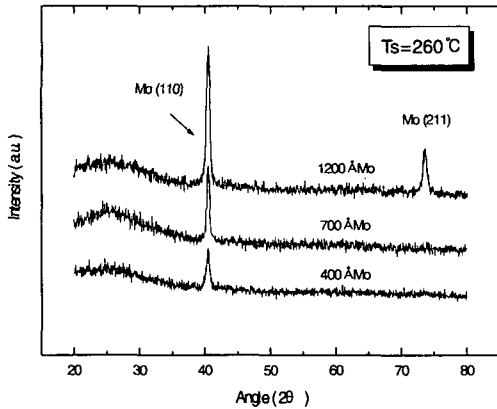


Fig. 8. XRD patterns of Mo thin films with various film thickness deposited at 260°C.

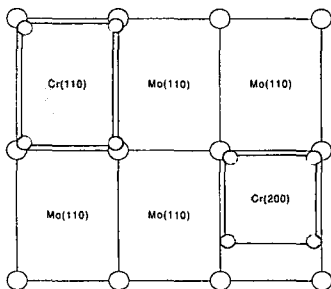


Fig. 9. Lattice relationship between Mo(110) and Cr(110), Cr(200).

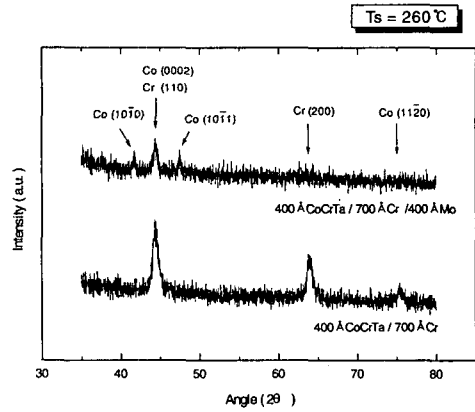


Fig. 10. XRD patterns of 400 Å CoCrTa/700 Å Cr and 400 Å CoCrTa/700 Å Cr/400 Å Mo thin films deposited at 260°C.

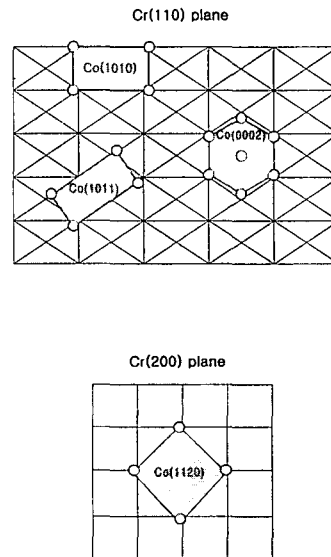


Fig. 11. Epitaxial relationship between Cr and Co plane.

(3) XPS 분석

고온 성막에 따른 박막내의 조성변화는 ESCA를 이용하여 XPS 분석을 하였는데, 시간에 따른 sputtering을 한 후 박막의 조성변화 여부를 조사하였다. AES depth profile 과 같이 정확한 정량적인 분석은 어렵겠지만 개략적으로 적층 되어진 박막내의 정성분석은 가능하다고 판단되어 본 장비를 이용하여 분석하였다.

Fig. 12, 13은 기판온도가 상온과 260°C일 때

400ÅCoCrTa/700ÅCr/400ÅMo 박막의 시간에 따른 sputtering 한 후의 XPS 분석을 행한 그림이다. 전체적으로 표면근처에서는 산화물이 형성되어진 것으로 사료되고 각 그림을 좀더 자세히 살펴보면, Fig. 12는 시간에 따른 sputtering 후의 Cr 2p에 대한 XPS를 나타낸 것으로 상온에서는 sputtering 60분과 80분 사이에서 Cr peak intensity가 크게 증가하는 것으로 보아 자성층과 Cr층간의 계면이 구별되지만 고온에서는 자성층내의 Cr peak가 크게 성장되어 나타나는 것으로 보아 CoCrTa 자성층내로 Cr이 확산해 들어간 것임을 알 수 있다. Fig. 13은 시간에 따른 sputtering 후의 Mo 3d에 대한 XPS를 나타낸 그림으로 상온에서는 Cr층과 Mo층의 계면이 확연히 구별되지만(160분과 190분 사이에서 계면이 존재), 고온에서는 박막들간의 계면이 불분명해지고 자성층과 Cr층내에 Mo peak가 나타나는 것으로 보아 자성층내로 Mo가 확산해 들어간 것임을 확인할 수 있었다.

이러한 XPS 분석은 Mo 하지막으로부터 자성층으로 확산해 온 Mo 원자들이 비록 자성층내 결정립계로의 확산은 설명할 수 없으나 비자성 물질인 Mo 및 Cr이 자성층내로 확산한 것은 결정립간의 자기적 연결을 단절시키는데 중요한 역할을 할 것으로 판단되며, 이러한 결정립간의 자기적 연결의 단절이 자성박막의 보자력 증가 및 보자력각형비감소에 직접적인 영향을 미치게 될 것으로 사료된다.

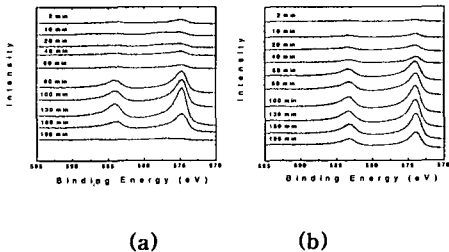


Fig. 12. Cr 2p spectrum measured by XPS. (a) room temperature (b) 260°C

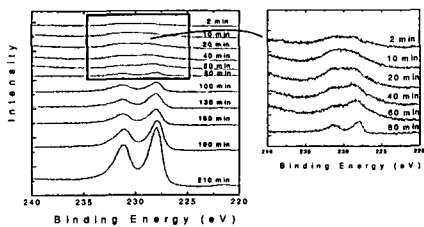


Fig. 13. Mo 3d spectrum measured by XPS at 260°C.

(4) 보자력 각도의존성

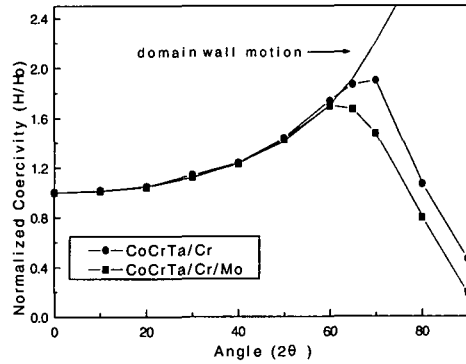


Fig. 14. Angular variations of coercivity in Magnetic thin films.

Mo 하지막으로 부터 확산해 나온 CoCrTa 박막으로 확산되어 들어간 Mo 원자들이 자성층의 자기적 분리에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 보자력각도 의존성변화에 대하여 조사하였다. 보자력 각도의존성변화 측정은 자성박막의 자화반전방식(magnetization reversal mechanism)을 평가하는 방법으로 많이 사용하고 있으며, 자화반전방식은 자성박막의 결정립간의 자기적 분리와 관련이 있다고 알려져 있다. 자성박막의 보자력은 인가하는 자장과 박막면이 이루는 각도(θ)에 따라 변화하며, 만일 자성박막의 자화반전이 자구벽 이동(domain wall motion)에 의하여 일어난다면, 각도에 따른 보자력의 변화는 $1/\cos\theta$ 에 비례하여 변하게 된다[8]. 이 경우에 작은 외부자장하에도 쉽게 자화반전을 일으킬 수 있게 되어 박막의 보자력이 상당히 작아지게 된다. 그러나, 결정립간의 자기적 분리가 일어나면 자화반전의 현상이 자구벽이동에 의한 것보다는 자화벡터의 직접적인 회전(domain rotation)에 의하여 일어나게 되며 이러한 자화반전이 주된 반전기구가 될수록 보자력의 최대값을 나타내는 각도가 낮은 각도에서 나타나게 된다.

Fig. 14는 260°C에서 성장한 400ÅCoCrTa/700ÅCr 박막과 400ÅCoCrTa/700ÅCr/400ÅMo 박막의 보자력 각도의존성을 나타낸 그림이다. Mo 하지막이 없는 CoCrTa/Cr 박막의 경우, normalized coercivity은 70° 까지 domain wall motion을 따라 증가하였고 그 이후 점차로 wall motion에서 벗어나 70° 이후에 구간에서는 domain rotation mode를 따라 감소하였다. Mo 하지막을 도입한 경우, 보자력 각도의존성은 Mo 하지막이 없는 경우와 다른 거동을 보였는데, normalized coercivity은 더 낮은 각도(60°)에서 domain wall motion mode에서 벗어나 domain rotation mode로 자화반전기구

가 변화하였으며, 이것은 결정립간의 자기적 분리가 향상되어 나타나는 현상이다.

그러므로 앞의 두 결과를 종합해 볼 때, Mo 하지막의 도입은 결정립간의 자기적 분리를 향상시켰으며 이러한 결정립간의 자기적 분리가 자성 박막의 보자력 증가 및 보자력 각형비 감소에 중요한 영향을 미친것으로 판단된다.

4.2. Mo 하지층의 두께변화에 의한 영향

(1) 자기적 특성 변화

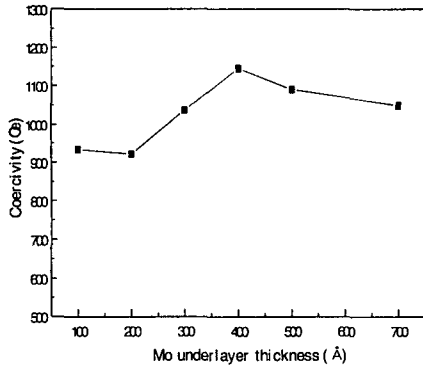


Fig. 15. Coercivity variation of 400 Å CoCrTa/700 Å Cr/Mo thin films with increasing Mo film thicknesses.

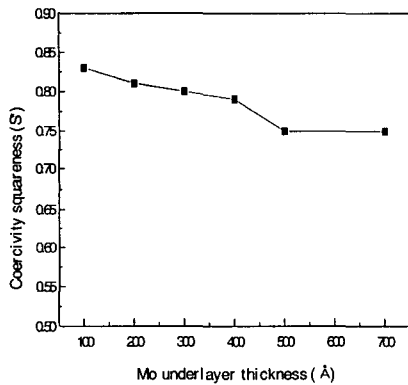


Fig. 16. Coercivity squareness variation of 400 Å CoCrTa/700 Å Cr/Mo thin films with increasing Mo film thicknesses.

Fig. 15, 16은

기판온도 260°C에서 Mo 하지막의 두께가 CoCrTa/Cr 박막의 보자력과 보자력각형비에 미치는 영향을 보여주는 그림이다. CoCrTa/Cr 박막의

보자력은 Mo 하지막의 두께 변화에 따라 변화하였는데 200 Å 이하의 Mo 하지막의 도입은 CoCrTa/Cr 박막의 보자력 증가에 거의 영향을 미치지 못하였다. Mo 하지막의 계속적인 두께 증가는 보자력의 급격한 증가를 가져 왔으며 Mo 하지막의 두께가 300 Å 이상이 됨에 따라 보자력은 크게 증가되었고 400 Å에서 최대값을 보였으며 그 이상에서는 점차 감소하는 경향을 나타내었다. CoCrTa/Cr/Mo 박막의 보자력각형비는 Mo 하지막의 두께가 증가할수록 계속적으로 감소하여 500 Å 두께이상에서 거의 포화된 상태를 가졌다. Mo 하지막 도입에 따른 CoCrTa/Cr 박막의 보자력 증가 및 보자력각형비의 감소에는 여러 요인들이 혼합되어 작용한 것으로 판단된다. Mo 하지막의 도입에 따른 보자력각형비의 감소는 자성박막 결정립의 자기적 분리의 증가와 밀접한 관계가 있으며 이러한 자기적 분리증가는 보자력이 증가하는 요인중의 하나이다.

(2) 결정배향성의 변화

Fig. 17은 260°C에서 400 Å CoCrTa/700 Å Cr/Mo 박막이 Mo 하지막 두께변화에 따라 변화되는 XRD pattern을 보여주는 그림이다. Mo 하지막의 두께가 증가함에 따라 Co(0002) peak의 intensity는 서서히 감소하는데 이는 hcp c-axis의 면내성분이 증가하였기 때문이라고 판단되며 300 Å의 Mo 두께에서는 Co(10 $\bar{1}$ 1)면이 성장하였으며 400 Å의 Mo 두께에서는 기록매체의 수평 보자력을 증가시키는 Co(10 $\bar{1}$ 0)면과 Co(10 $\bar{1}$ 1)면이 크게 성장하였다. 이것이 400 Å의 Mo 두께에서 가장 큰 수평 보자력을 갖게 하는 직접적인 원인으로 판단된다. 500 Å 이상의 Mo 두께에서는 수평 보자력을 증가시키는 Co(10 $\bar{1}$ 0)면과 Co(10 $\bar{1}$ 1)면이 사라지고 600 Å 이상에서는 Mo(110)면이 나타나는데 이에 대한 원인을 알아보기 위해 Cr/Mo 박막에서 Mo 박막의 두께 변화에 따른 XRD변화를 알아보았다.

Fig. 18은 260°C에서 Cr을 700 Å으로 고정시킨 상태에서 Mo 박막의 두께 변화에 따른 Cr/Mo 박막의 XRD pattern 변화를 보여준 것이다. 첫번째 XRD pattern은 700 Å Cr/400 Å Mo의 XRD pattern으로 Cr의 주 peak인 Cr(110) 면만이 나타났을 뿐 다른 peak들은 나타나지 않았고 Mo 두께가 증가할수록 Mo(110) peak가 나타났으며 700 Å의 Mo 두께에서는 Mo(110) peak가 Cr(110) peak와 더불어 크게 성장하였다. 이러한 Mo(110)면의 성장은 CoCrTa/Cr/Mo 박막에서 Mo 두께가 500 Å 이상이 되었을 때 수평 보자력을 증가시키는 Co(10 $\bar{1}$ 0)면과 Co(10 $\bar{1}$ 1)면의 성장을 억제하는 한 요인으로 판단된다. 700 Å Cr/500 Å Mo의 XRD pattern에서 Mo(110)peak가 나타나기 시작하는데 이러한 Mo(110)면이 Co(10 $\bar{1}$ 0), Co(10 $\bar{1}$ 1)면과 lattice misfit

가 커서 그 위에 epitaxy 성장이 어려워지기 때문이다. 700Å Mo 두께에서는 Mo (110) 면이 크게 성장하였는데 이는 CoCrTa/Cr/Mo 박막에서 수평 보자력과 보자력각형비를 낮추는데 직접적인 원인으로 판단된다.

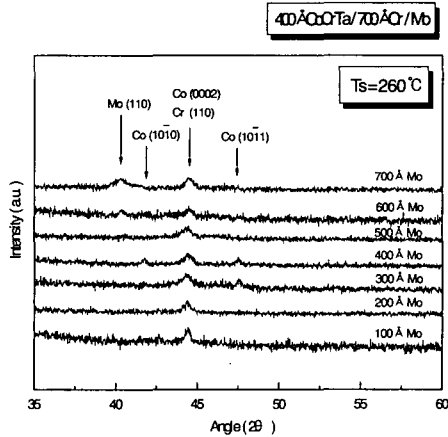


Fig. 17. XRD patterns of 400 Å CoCrTa/700 Å Cr/Mo thin films with increasing Mo films thicknesses.

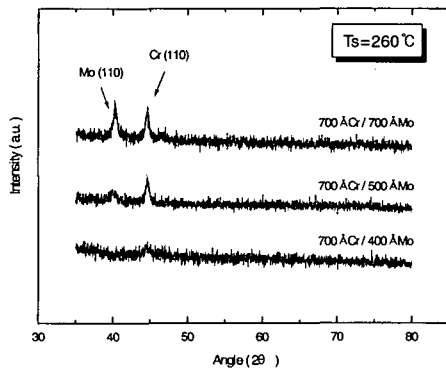


Fig. 18. XRD patterns of 700 Å Cr/Mo thin films with increasing Mo films thicknesses.

5. 결론

1. 고온 성장시 CoCrTa/Cr 박막의 보자력은 Mo underlayer의 도입으로 증가하였다. 보자력은 증가량은 약 240 Oe 이었다.

2. 고온 성장시 Mo underlayer 도입에 따라 CoCrTa/Cr 박막의 보자력각형비는 감소하였고, 자화반전 방식은 자구벽이동 방식에서 벗어나는 경향을 보였다.

3. CoCrTa/Cr 박막의 보자력은 Mo underlayer의 두께변화에 따라 변화하였는데, 최대보자력은 400Å의 Mo 두께에서 나타났다.

감사의 글

이 논문은 강원대학교 연구년교수 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- [1] L. Procker, *presented at 1993 Head/Media Technology Review conference*, Nevada (1993)
- [2] M. Futamoto, F. Jugiya, "Investigation of 2 Gb/in² Magnetic Recording at a Track Density of 17 kTPI" *IEEE Trans. Magn.*, 27, 5280 (1991)
- [3] Kenneth E. Johnson, "Fabrication of Low Noise Media-A Manufacturing Perspective" *IEEE Trans. Magn.*, 29, 215 (1993)
- [4] Y. Maeda, K. Takei, "Compositional inhomogeneities in Co-Cr-Ta/Cr films for longitudinal magnetic recording" *IEEE Trans. Magn.*, 27, 4721 (1991)
- [5] N. Tani, M. Hashimoto, "Increase of Coercive Force in Sputtered Hard Disk" *IEEE Trans. Magn.*, 26, 1282 (1990)
- [6] J. C. Lin, C. D. Wu, "HIGH COERCIVITY of CoCrTa ON A VERY THIN Cr UNDERLAYER" *IEEE Trans. Magn.*, 26, 39 (1990)
- [7] T. Yogi, T. A. Nguyen, "ROLE OF ATOMIC MOBILITY IN THE TRANSITION NOISE OF LONGITUDINAL MEDIA" *IEEE Trans. Magn.*, 26, 1578 (1990)
- [8] S. Chikazumi, "Physics of Magnetism", 285, John Wiley & Sons, Inc., (1964)