Co-Cr-(Ta) 수직자기기록용 박막의 자기이방성에 대한 연구

황충호, 박용수
연세대학교 공과대학 금속공학과
서울시 서대문구 신촌동 134, 120-749
신경호, 이택동
한국과학기술연구원 재료연구단
서울시 성북구 하월곡동 39-1, 136-791

(1993년 7월 5일 받음, 1993년 9월 6일 최종수정본 받음)

Ta을 미량 첨가한 Co-Cr-Ta 박막의 높은 수직보자력의 원인을 알아보기위하여 회전우력자력계(torque magnetometer)와 진동시료형 자력계(VSM)를 이용하여 Co-Cr 박막과 Co-Cr-Ta 박막의 수직자기이방성에너지를 조사하였다. $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막의 수직이방성에너지는 동일 기판온도에서 성막한, 비슷한 용질원자량의 $Co_{81}Cr_{19}$ 박막보다 높았다. 그 원인을 분석하기 위하여 as-sputtered 상태의 박막들을 annealing 처리한 후 수직자기이방성에너지의 변화를 조사하였다. annealing 처리에 의해 수직자기이방성에너지는 감소하였다. 이러한 annealing 처리에 의한 수직자기이방성에너지의 감소량은 CoCrTa 박막의 경우 더 컸으며, annealing 처리후의 수직자기이방성에너지는 이원계 및 삼원계 박막에서 비슷한 값을 보였다.

이는 Ta 첨가에 의해 as-sputtered 박막내 용질원자의 편석(segregation) 정도가 증가하며, 이러한 편석의 증가로 박막내에 형태자기이방성의 기여가 증가하여 수직자기이방성에너지의 증가가 있었던 것으로 해석된다. 또한 이러한 용질원자의 편석의 증가에 의한 수직자기이방성에너지의 증가로 박막의 보자력도 증가한 것으로 생각된다.

Ⅰ. 서 론

수직자기기록의 개념은 1976년 일본의 Iwasaki 등이 처음 제안하였으며 그 후 많은 연구가 있었다. 지금까지 개발된 수직기록매체중에서 Co-Cr 박막은 그 특성이 우수하여 고기록밀도의 가능성을 보였다[1]. 수직기록매체에서도 특히 고기록밀도 영역에서 출력을 높이기 위해서는 역시 고보자력매체가 요구된다[2]. 고보자력을 얻기 위해서는 Co-Cr 박막에서는 Cr 함량을 19-22 at. % 까지 높이고 박막제조시 기판온도를 높이는 것이 일반적인 방법이다. 다른 하나는 Ta 등과 같은 제 3 원소를 첨가하는 것이다. 박막형성시에 기판온도를 높이면 수직보자력이 증가한다. 이에 대한 원인은 기판온도가 높을수록 결정립 경계(혹은 결정립 내부)에 Cr의 편석(segregation)이 심화되기 때문에 결정자기이방성 이외에 연속박막이지만 형태이방성에 의한 기여가 커지고 따라서 보자력이 커진다는 것이 정설이다[3].

Co-Cr계 자기기록박막에서 제 3 원소로서 Ta을 첨가하면 기판온도를 100 ℃로 비교적 낮게하면서도 1400 Oe 정도의 높은 보자력을 얻을 수 있다[4]. Ta 첨가에 의한 수직보자력 증가에 대한 연구로 Sagoi 등에 의하면, Co-Ta 및 Co-Cr 2원계 평형상태도상에서 Cr 보다 Ta의 고용도(solubility limit)가 작기 때문에 Ta 자체가 박막내에서 편석하기 쉬워 Ta 첨가시 박막내 편석량의 증가로 인해 수직보자력이 증가하였다고 보고[5]가 있었으나, 이에 대한 연구는 많이 되어 있지 않다.

본 연구에서는 Ta 첨가에 의한 수직보자력 증가의 원인을 알아보기위하여 Co-Cr 및 Co-Cr-Ta 박막의 수직자기이방성에너지(perpendicular magnetic anisotropy energy)를 비교하여 보았으며, grain growth나 재결정이 거의 일어나지 않는 온도에서 열처리를 행하여 Cr 및 Ta의 편석효과를 배제한 후 수직자기이방성에너지의 변화를 조사하였다.

Ⅱ. 실험방법

(a) 박막의 제조 및 자성측정

박막은 rf 마그네트론형 스파터기(rf magnetron sputtering system)를 이용하여 폴리이미드(polyimide, PI) 기판 위에 제조하였다. Co-Cr 박막은 $Co_{83}Cr_{17}$, $Co_{81}Cr_{19}$, $Co_{79}Cr_{21}$ 합금 타겟트(alloy target)를 이용 Cr 함량을 변화시키며 제조하였고, Co-Cr-Ta 박막은 $Co_{83}Cr_{17}$ 합금 타겟트 위에 고순도 Ta 소편(순도 99.99%)을 얹어놓은 복합 타겟트를 이용하여 제조하였다. 스타터 조

건은 초기진공도 3 X 10^{-7} torr 이하, 스파터시 압력 P_{Ar}은 1 mtorr, 투입전력은 200 W였고, 기판과 타겟트간의 거리는 66 mm로 하였다. 박막은 타겟트 cleaning 및 conditioning을 각 20분 이상 한 후 본 스파터를 하여 성막하였다. 기판온도는 저항가열 방법으로 100 ℃ 및 200 ℃로 변화시켰다. 실험용 시편은 박막을 2.5 μm 두께로 만든 후 60 ℃ 히드라진(hydrazine monohydrate, $H_2NNH_2-H_2O$) 용액에서 폴리이미드 기판을 제거하여 준비하였다. 박막의 열처리는 5 × 10^{-6} torr 이하의 진공중에서 행하였고, 550 ℃의 온도에서 3-12시간 유지시킨 후 공냉하였다. 박막의 자기적특성은 진동시료형 자력계(VSM)를 이용하여 10 KOe 자계에서 측정하였고, 수직자기이방성에너지는 회전우력자력계(torque magnetometer)를 이용하여 측정하였다. 박막의 조성은 EPMA(electron probe micro analysis)로 분석하였다.

(b) 수직자기이방성에너지의 측정법

수직자화박막의 경우 수직자기이방성에너지 K_P는

$$K_P = K_U + 2\pi M_S^2 \qquad (1)$$

로 주어지므로 여기서 수직자기이방성에너지를 구할 수 있다. 여기서 K_U는 박막의 일축이방성에너지(uniaxial anisotropy energy), M_S는 박막의 포화자화값(saturation magnetization)이다. 본실험의 경우, 수직자기이방성에너지는 15 KOe의 자계에서 얻은 거의 포화된 토크곡선에서 일축이방성에너지 K_U를 구하고, VSM을 이용하여 포화자화값 M_S를 측정하여, (1)식에서 구하였다. 또한, 이렇게 구한 값의 신뢰성을 얻기위하여 Miyajima법[6]을 병행하였다. Miyajima법이란 토크측정시 peak이 포화되지 않는 경우 수직자기이방성에너지를 얻는 방법으로, 이들 두 방법에서 구한 값들을 비교하여 보면 큰 차 없이 거의 일치하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

그림 1은 100 ℃ 기판온도에서 제조한 Co-Cr 박막의 Cr 함량에 따른 일축이방성에너지의 변화를 나타낸 것이다. 일축이방성에너지 K_U는 Cr 함량 증가에 따라 증가하는 경향을 보이며, Cr 함량이 21 at.%인 경우 양(+)의 값을 보였다. 이러한 경향은 다른 연구자들의 보고[7]와 일치하는 것으로, Cr 함량 증가에 따라 약 20 at.% Cr 부터 양의 값을 보이며 약 24 at.% Cr에서 최고값을 보인다고 한다. 박막의 토크 곡선에서 구한 일축이방성에너지는 수직자화막의 경우 막두께 방향의 반자장(demagnetizing field)에 의한 정자기에너지(magnetostatic

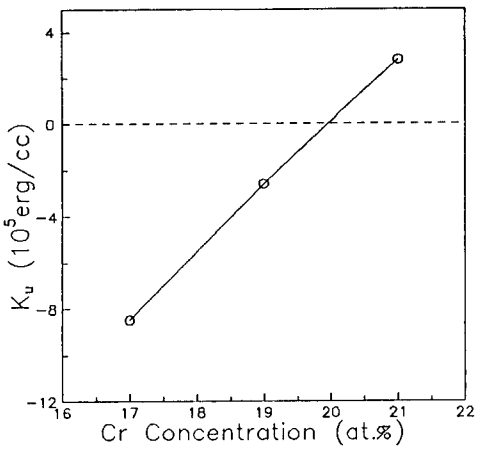

Fig. 1. Cr content dependence of uniaxial anisotropy of Co-Cr film with substrate held at 100 ℃

energy) 만큼 감소되어 측정되기 때문에 $K_{U\,eff.}$라고 표시하기도 한다. $K_{U\,eff.}$가 양의 값을 갖는다는 것은 박막의 자화용이축이 막면에 수직방향에 있다는 것을 의미하지만 어느 정도 작은 음(－)의 값을 가져도 수직자화가 가능하다[8].

그림 2는 Co-Cr 박막에 Ta을 미량 첨가한 $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막의 기판온도 변화(수냉, 100 ℃, 200 ℃)에 따

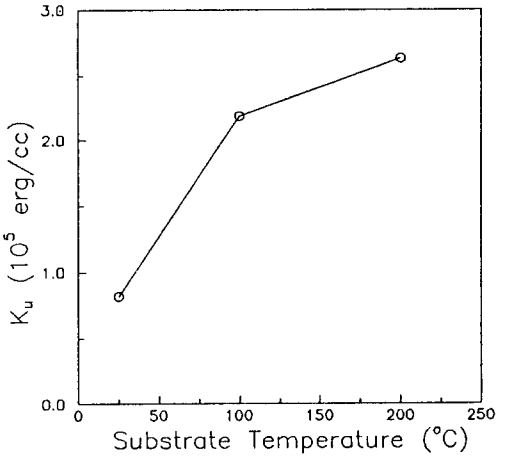

Fig. 2. Substrate temperature dependence of uniaxial anisotropy of $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$film

른 일축이방성에너지 K_U 값들의 변화를 나타낸 것이다. 이들 CoCrTa 박막의 일축이방성에너지 K_U 값은 기판온

도에 관계 없이 모두 양의 값을 보이며, 기판온도가 증가함에 따라 증가하고 있다. 한편, 기판온도 100 ℃의 CoCrTa 박막의 K_U와 그림 1의 $Co_{81}Cr_{19}$ 박막의 K_U 값을 비교해 보면, 각각 2.2×10^5 erg/cc와 -2.6×10^5 erg/cc로 CoCrTa 박막의 경우가 더 컸다. 이들 두 박막은 박막내 용질원자의 함량은 약 19 %로 서로 비슷하지만 Ta이 미량 첨가된 경우 일축이방성에너지 K_U 값이 증가했음을 알 수 있다. 일축이방성에너지 K_U가 증가했다는 것은 식 (1)에서 알 수 있듯이 수직자기이방성에너지 K_P가 증가하거나, 박막의 포화자화값이 작아져서 정자기에너지 $2\pi M_S^2$이 감소하였음을 의미한다.

본실험에서 기판온도가 증가함에 따라 일축이방성에너지 K_U가 증가하였으며, Ta을 미량 첨가하였을 때도 K_U가 증가하였다. 이러한 K_U의 증가원인을 알아보기 위하여 박막의 포화자화값의 변화를 알아 보았다. 또한 박막을 annealing 열처리를 행하여 용질원자들의 편석효과를 배제한 후 포화자화의 변화를 조사하여 그 결과를 나타낸 것이 그림 3, 4이다.

그림 3은 100 ℃ 기판온도에서 제조한 Co-Cr 박막의

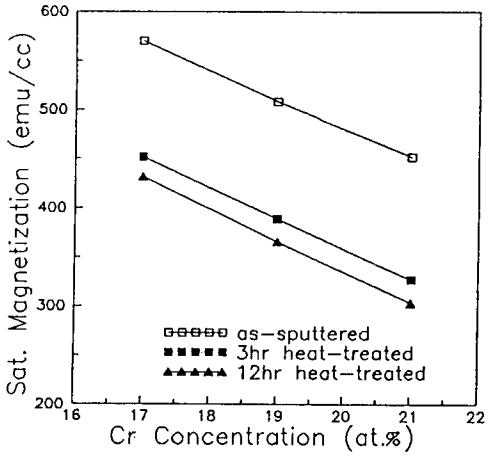

Fig. 3. Variation of saturation magnetization of Co-Cr film with Cr content before and after annealing for substrate held at 100 ℃

Cr 함량에 따른 포화자화값의 변화를 나타낸 것으로 열처리 전후의 값들이다. 박막의 포화자화값은 Cr 함량 증가에 따라 감소하고 있다. Co-Cr계 박막의 포화자화값은 용질원자인 Cr 함량 증가시 감소한다. 또한, 박막의 제조시 기판온도를 높게 하면 Cr의 편석이 발생하는 것으로 알려져 있으며, 이들 편석에 의해 같은 조성의 bulk의 포화자화값에 비해 더 큰 값을 갖는다. 그런데 본실험에서 열처리를 행하면 포화자화값들은 감소되었다. 이는 박막내에 존재하는 Cr의 편석이 annealing에 의해 소멸되기 때문이며, 이때 박막의 포화자화값은 감소하여 bulk의 포화자화값과 비슷해진다[9]. 그러나 $Co_{83}Cr_{17}$ 및 $Co_{81}Cr_{19}$ 박막의 경우는 열처리 후에 M_s 값이 Slater-Pauling 곡선에서 얻은 bulk 값보다는 약 100 emu/cc 이상 낮게 되었는데 그 원인은 확실하지 않으며 더 조사되어야 할 것이다.

그림 4는 $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막의 기판온도 변화(수냉, 100 ℃, 200 ℃)에 따른 포화자화값의 변화를 나타낸 것

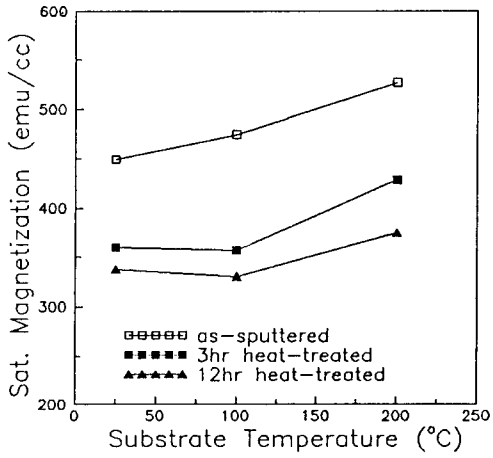

Fig. 4. Variation of saturation magnetization of $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ film with substrate temperature before and after annealing

으로 열처리 전후의 값들이다. 박막의 포화자화값은 기판온도 증가에 따라 증가하였다. 이는 기판온도 상승시 박막내 용질원자들의 편석이 증가하였기 때문으로 판단된다. 이들 박막의 포화자화값은 열처리에 의해 크게 감소하여, 12 시간 열처리를 한 경우, 기판온도에 관계 없이 약 350 emu/cc정도의 값을 보였다. 이는 열처리에 의하여 결정립 경계나 결정립내에 편석되었던 용질원자들이 열처리 동안 재분배되어 최인접 원자 상호작용만을 생각할 때 Cr-Cr bonding 수와 Co-Co bonding 수가 줄어들고, Co-Cr bonding 수가 늘어나서 박막의 포화자화값이 감소하기 때문에 생기는 현상으로 설명된다. 즉, 박막의 형성과정은 증기상태에서 고체상태로 급냉되는 과정이기 때문에, Co 내의 Cr은 Co-Cr계 합금의 평형상태도에서 예상되는 균질한 solid solution 상태로 분포하지 않고,

결정립계나 결정립내에 편석하게 된다[10]. 따라서 박막내의 Cr-Cr bonding이 많아지고 또한 Co-Co bonding이 많아 질 수 있다. 이 경우 박막의 포화자화값은 동일조성의 균질한 solid solution 상태에 비하여 커질것이다. 그러나 이들 박막을 열처리를 해주면 열역학적으로 안정한 균질한 solid solution 상태로 돌아가기 때문에 박막내의 Cr-Cr bonding 수와 Co-Co boning 수는 줄어들고 Co-Cr bonding 수는 증가된다. 이렇게 되면 박막의 포화자화값은 감소될 것이고 결국 bulk 치에 가까운 값을 보일 것이다. 박막생성시에 이러한 편석이 일어나는 원인은 현재까지 밝혀진 것이 없으나, 아마 박막형성시 표면에너지를 낮추기 위해서 표면 diffusivity가 빠른 Cr이 주상정 경계(column boundary)의 오목한 부분에 모이기 때문이 아닌가 추측된다. 이러한 편석기구가 사실이라면, 기판온도가 높을 수록 Cr 편석이 증가되고 따라서 포화자화값은 상승하며, 결정립도(grain size) 및 c-축 배향성(c-axis alignment)이 같다면 수직보자력값도 증가할 것인데, 이것은 본 실험결과와 일치한다. 즉, as-sputtered의 박막에서는 기판온도 증가시 편석의 정도가 증가하여 포화자화값은 증가하였고, 열처리에 의해 편석의 효과가 배제된 때에는 성막시 기판온도가 달랐던 세 경우 모두 포화자화값이 비슷한 값을 보였다.

앞에서 측정한 일축이방성에너지는 시편형태가 박막이므로 두께방향으로 강한 반자장 속에서 측정된 값이다. 따라서 수직자기이방성에너지는 앞의 (1)식에서와 같이 일축이방성 에너지에 정자기에너지항인 $2\pi M_S^2$을 더해 주어야 한다. 그림 5는 Co-Cr 박막의 Cr 함량에 따른 수직자기이방성에너지의 변화를 나타낸 것으로 열처리 전후의 값을 나타냈다. 박막의 수직자기이방성에너지는 Cr 함량 증가에 따라 약간 증가하였다. 수직자기이방성에너지는 21 at. % Cr의 경우 약 1.5×10^6 erg/cc 정도인데 이것은 Co 금속의 K_{U1} 4.1×10^6 erg/cc에 비해서 훨씬 낮다. 이렇게 수직자기이방성에너지가 낮은 것은 일반적으로 스파터한 다결정 박막에서는 낮은 수직자기이방성에너지가 얻어진다는 보고[11]와 일치한다. 이 원인을 알아보면, 박막형성시 초기에 생기는 random orientation의 미세한 입자들로 이루어진 천이층이 생겨 수직자기이방성에너지 감소에 가장 큰 기여를 하고 있을 것이며, 그외에 Co 격자점에 Cr이 치환형으로 들어감으로써 수직자기이방성에너지가 저하하는 요인과 c-축 배향이 완전하지 못하기 때문에 생기는 요인 등이 있을 것이다. 한편, 수직자기이방성에너지가 증가 할 수 있는 요인으로는, Co-Cr 박막이 두께방향으로 평행한 column으로 성장하고 Cr이 column 경계에 존재하면 column 내부의

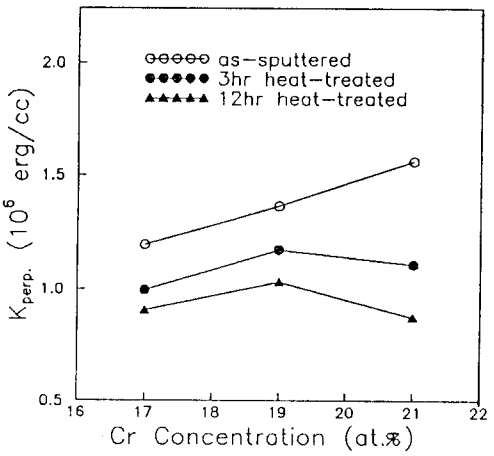

Fig. 5. Cr content dependence of perpendicular anisotropy of Co-Cr film with substrate held at 100 ℃ before and after annealing

Co-rich 지역은 박막면에 수직하게 배열된 길쭉한 모양을 가져 형태이방성의 기여가 있을 수 있다. 한편, (1)식에서 수직이방성에너지를 구할 때 반자장 계수(demagnetizing facter)를 무한히 넓은 얇은 원판일 때의 값인 4π로 하여 정자기에너지항 $2\pi M_S^2$을 보정해 주었으나, 앞서 언급한 박막내의 형상 때문에 반자장 계수는 4π 보다 작아져 정자기에너지를 보정해줄 때 그 값이 과대 평가가 될 수 있다. 따라서 수직자기이방성에너지가 실제의 값보다 크게 평가 될 수 있다[12]는 점등이다. Co-Cr 박막의 수직자기이방성에너지는 기판을 수냉하거나, 실온으로 하는 경우 포화자화값의 감소에 따라 직선적으로 감소하는 것으로 알려져 있다[13, 14]. 그러나 Hoffmann 등에 의하면, 기판온도가 200 ℃로 고온인 경우에는, Cr 함량(Cr 함량 증가와 포화자화값 감소는 매우 밀접한 관계가 있음) 증가에 따라 약 17 at. %까지는 수직자기이방성에너지는 일정하고, 17-20 at. %까지는 거의 직선적으로 증가하다가 그 이상의 Cr 함량 증가시는 수직자기이방성에너지가 감소한다고 보고했다[14]. 본 실험에서는 17-21 at. %Cr 영역에서 기판온도가 100 ℃로 크게 높지 않으나, Cr 함량 증가에 따라 수직자기이방성에너지의 증가를 보여 기판온도를 200 ℃로 한 경우와 유사한 경향을 보였다.

현재까지 용질 원자의 편석은 박막 증착과정에서만 발생하는 것으로 알려져 있다. 한편, 성막 후의 열처리에 의해서는 편석된 용질 원자가 앞에서 설명한바와 같이 열역학적 이유 때문에 재분배 된다면, 재결정이나 결정성장이

일어나는 온도 이하에서의 열처리에 의하여 수직자기이방성에너지가 변화 할 수 있다. 이를 조사하기 위해 550 ℃ 진공 열처리 후의 수직자기이방성에너지의 변화를 알아 보았다. 그림 5는 그 결과이다. 열처리에 의하여 수직자기이방성에너지는 as-sputter 상태에 비하여 감소하였고 열처리시간이 길수록 감소정도는 증가하였다. 한편, 열처리 후에 torque 값에서 측정한 일축이방성에너지는 증가한 값을 보였다. 그러나 열처리에 의해 박막의 M_S 값이 급격히 감소하기 때문에 앞의 (1)식의 관계에서 나타난 바와 같이 $2\pi M_S{}^2$의 기여가 커져서 수직자기이방성에너지는 감소하고 있다.

그림 6은 $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막을 제조 할 때 기판온도

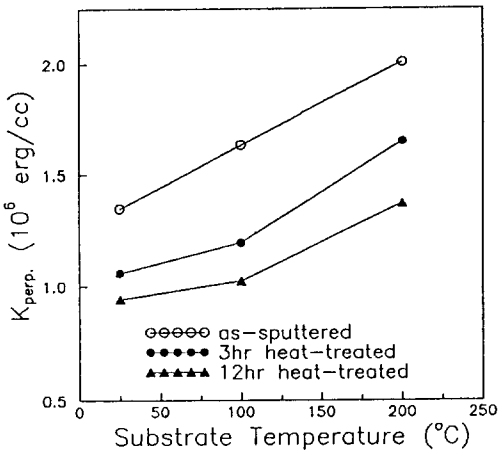

Fig. 6. Substrate temperature dependence of perpendicular anisotropy of $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ film before and after annealing

상승에 따른 as-sputtered 시편의 수직자기이방성에너지의 변화를 나타낸 것이다. 기판온도 상승에 따라 그 값이 증가하고 있다. 기판온도 100 ℃인 경우 $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막과 용질원자 함량이 비슷한 $Co_{81}Cr_{19}$ 박막의 수직자기이방성에너지를 비교해 보면 각각 1.63×10^6 erg /cc 와 1.37×10^6 erg /cc로 3원계 박막의 경우가 약간 더 크다. 이와 같은 수직자기이방성에너지의 증가원인은 역시 앞의 Co-Cr 박막의 경우 언급한 수직자기이방성에너지의 증가 요인중 Ta 첨가에 의한 Cr의 enhanced segregation으로 해석[15] 되어 진다. 그러나 Co에 Ta을 첨가한 경우의 K_{U1} 값의 변화가 Cr 첨가의 경우에 비해서 어떠한 지를 확실히 모르기 때문에 단정 하기는 어렵다. 한편, 그림 5, 6에서 볼 때, 열처리에 의한 수직자기이방성에너지의 변화거동과 포화자화값의 열처리에 의한 변화거동이 서로 유사하여, 변화의 mechanism이 같음을 유추할 수 있다. 즉, 기판온도 증가에 따른 수직자기이방성에너지 및 포화자화의 증가가 용질원자의 편석에 기인한 것이라면, annealing 열처리에 의하여 박막내 이들 용질원자들이 균일하게 재분배 될 것이므로 수직자기이방성에너지 및 포화자화는 감소할 것이다. 그림 6에서 볼 때 기판온도가 수냉인 경우와 100 ℃ 경우의 박막은 열처리에 의하여 수직자기이방성에너지는 감소하여, 두 경우 모두 약 1.1×10^6 erg /cc로 거의 비슷한 값을 보였으며, 200 ℃ 경우의 박막도 열처리에 의하여 수직자기이방성에너지가 크게 감소하고 있음을 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 박막의 조성은 같으나, 박막내 편석 정도가 다른 시편들에 대해 열처리 실험을 행한 보고[8]와 일치하는 것으로, 열처리에 의하여 수직자기이방성에너지는 감소하여 거의 같은 값을 보여, 본실험의 경우와 같은 결과를 보였다. 이상의 결과에서 볼 때, 기판온도 증가에 따른 포화자화값 및 수직자기이방성에너지의 증가는 박막내 용질원자들의 편석의 증가에 의한 것으로 판단된다.

그림 7은 100 ℃ 기판에서 제조한, $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막과 비슷한 용질원자 함량의 Co-19 at. % Cr 박막의 열처리 시간에 따른 자성특성의 변화를 나타낸 것이다. 그림 7-(a)는 열처리 시간에 따른 포화자화 감소율, 그림 7-(b)는 열처리 시간에 따른 수직보자력의 변화, 그림 7-(c)는 열처리 시간에 따른 수직자기이방성에너지의 변화를 나타낸 것이다.

그림 7-(a)에서 열처리 시간에 따른 포화자화의 감소

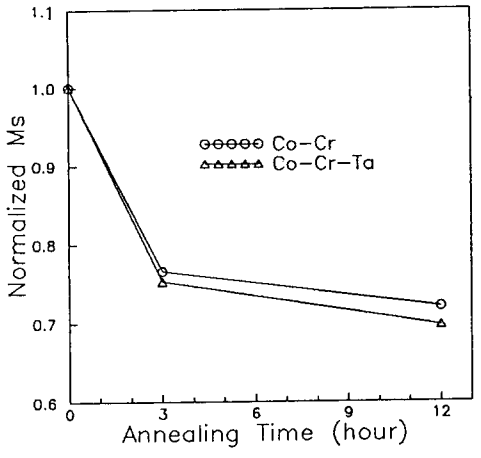

Fig. 7-(a) Variation of normalized M_S of $Co_{81}Cr_{19}$ film and $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ film with annealing time

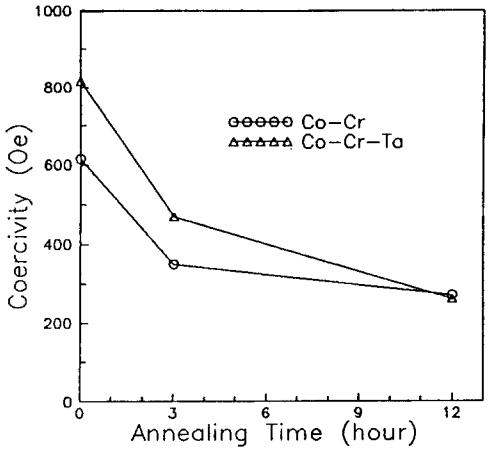

Fig. 7-(b) Variation of perpendicular coercivity of $Co_{81}Cr_{19}$ film and $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ film with annealing time

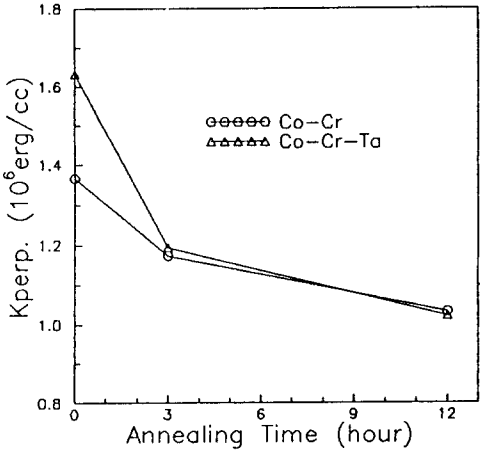

Fig. 7-(c) Variation of perpendicular anisotropy of $Co_{81}Cr_{19}$ film and $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ film with annealing time

는 열처리 초기에 크며, 열처리 시간이 길어짐에 따라 감소율은 작아진다. 이러한 박막의 포화자화값의 열처리에 의한 감소는 편석되었던 용질원자들의 재분배에 의해 박막내 Co-Cr bonding이 증가하여 감소한 것으로 생각된다. 한편, 그림 7-(b), (c)에서 수직보자력 및 수직자기이방성에너지의 열처리 시간에 따른 변화는 포화자화값의 변화와 거동이 서로 비슷한 경향을 보였다. 이상에서 볼 때, 두 박막의 자성치들의 열처리에 의한 변화는 주로 편석되었던 용질원자들의 재분배에 의한 것으로 추정 할 수 있다.

그림 7-(c)에서, 두 박막의 열처리전의 수직자기이방성에너지를 비교해 보면, CoCrTa 박막은 1.63×10^6 erg/cc이고 Co-19 at. % Cr 박막은 1.37×10^6 erg/cc로 Ta이 미량 첨가된 CoCrTa 박막이 더 큰 값을 보였다. 한편, 이들 두 박막은 열처리에 의해 수직자기이방성에너지는 감소하며, 12 시간 열처리 후 약 1×10^6 erg/cc로 그 값이 비슷해진다. 또한, 박막의 포화자화값도 열처리에 의해 크게 감소하여, 12시간 열처리 후, CoCr 박막은 350 emu/cc, CoCrTa 박막은 330 emu/cc로 거의 비슷한 값을 보였다.

이상의 실험 결과에서 볼 때, 열처리에 의해 편석이 줄어든 경우, CoCr 및 CoCrTa 박막의 포화자화값 및 수직자기이방성에너지가 비슷해 지는 것에서, Ta이 미량 첨가된 CoCrTa 박막의 수직자기이방성에너지가 CoCr 박막 보다 큰 원인은 Ta 첨가에 의해 용질원자들의 편석이 촉진되어 발생한 것으로 추론 할 수 있다. 또한, 이러한 수직자기이방성에너지의 증가는 일축이방성에너지를 증가시키므로 박막의 수직보자력를 향상시켰던 것으로 판단된다.

Ⅳ. 결 론

Ta 첨가에 의한 수직보자력 증가의 원인을 알아보기위하여 Co-Cr 및 CoCrTa 박막의 자성특성을 비교하여 보았으며, 열처리를 행하여 박막내 용질원자들의 편석을 감소시킨 후 자성특성의 변화를 조사하여 다음의 결론을 얻었다.

1. Ta을 미량 첨가한 $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ 박막의 수직자기이방성에너지 및 일축이방성에너지가 비슷한 용질 원자량의 이원계 Co-19 at. % Cr 박막의 경우 보다 컸으며, 수직보자력이 높아 고밀도 수직자기기록매체로써 더 적합한 것으로 생각된다.
2. Ta 첨가에 의한 수직보자력의 증가는, Ta 첨가로 수직자기이방성에너지의 증가에 따른 일축이방성에너지의 증가에 의한 것이며, 수직자기이방성에너지의 증가는 Ta 첨가에 의해 박막내 용질원자들의 편석이 증가한 때문으로 생각된다.

참 고 문 헌

[1] K. Ouchi, S. Iwasaki, IEEE Trans. Mag-23(5), pp.2443, (1987).

[2] 박관수, 서울대학교 박사학위 논문, (1992).
[3] 이택동, 한국자기학회지 1(2), pp.94, (1991).
[4] 황충호, 박용수, 장평우, 이택동, 한국자기학회지 3(1), pp.41, (1993).
[5] M. Sagoi, T. Inoue, J. Appl. Phys. 67, pp. 6394, (1990).
[6] H. Miyajima, K. Sato, T. Mozoguchi, J. Appl. Phys. 47, pp.4669, (1976).
[7] R. D. Fisher, V. S. Au-Yeung, B. B. Sabo, IEEE Trans. Mag-20, pp.806, (1984).
[8] K. Fukuda, Y. Kitahara, F. Maruta, J. Ezaki, IEEE Trans. Mag-18(6), pp.1116, (1982).
[9] Y. Uchiyama, K. Ishibashi, H. Sato, Japan. J. Appl. Phys. 29, pp.1450, (1990).
[10] K. Hono, Y. Maeda, J. L. Li, T. Sakurai, J. Magn. Magn. Mater. 110, L254, (1992).
[11] S. Iwasaki, K. Ouchi, IEEE Trans. Mag-14 (5), pp.849, (1978).
[12] S. Iwasaki, K. Ouchi, 日本電子通信學會論文誌 J65-c(7), pp.553, (1982).
[13] 高橋健一, 本多茂男, 楠田哲三, 日本應用磁氣學會誌 11(2), pp.77, (1987).
[14] H. Hoffmann, IEEE Trans. Mag-22(5), pp. 472, (1986).
[15] C. H. Hwang, Y. S. Park, P. W. Jang, T. D. Lee, submitted to IEEE Trans. Mag.

A Study on the Magnetic Anisotropy of Co-Cr-(Ta) Thin Films for Perpendicular Magnetic Recording

C. H. HWANG, Y. S. PARK
Dept. of Metall. Eng., Yonsei University, Seoul 120-749, KOREA
K. H. Shin, T. D. Lee
Div. of Metals, Korea Institute of Science and Technology, Seoul 136-791, KOREA

(Received 5 July 1993, in final form 6 September 1993)

In order to investigate the origin of an increase in the coercivity with the Ta addition to Co-Cr films, the perpendicular magnetic anisotropy of Co-Cr film and CoCrTa film was measured by a torque magnetometer and VSM. In Co-Cr binary alloy film, the uniaxial anisotropy increased with increasing Cr content. The perpendicular magnetic anisotropy of $Co_{81.7}Cr_{16.7}Ta_{1.6}$ film was larger than that of $Co_{81}Cr_{19}$ film, both of which were deposited at the same substrate temperature of 100 ℃. The change in the perpendicular magnetic anisotropy with annealing was studied to understand the Ta addition effect. The amount of decrease in perpendicular magnetic anisotropy of the CoCrTa film by the annealing was larger than that of Co-Cr film. And the perpendicular magnetic anisotripies of Co-Cr film and CoCrTa film after annealing were almost the same. The cause of this was interpretated as the enhanced segregation of solute atoms in the Ta added thin film in the as-deposited state. The enhanced segregation of solute atoms increases the perpendicular magnetic anisotropy of the film, and causes the increase of perpendicular coercivity of the film.