

자장하에서 성장한 CoCr박막의 자기적 특성 및 미세구조에 관한 연구

李瑜基 · 張平宇* · 李宅東** · 李啓完

한양대학교 공과대학 금속공학과

*청주대학교 이공대학 물리학과

**한국과학기술연구원 재료연구단

A Study on the Magnetic Properties and Microstructure of CoCr Thin Films Growing under Magnetic Field

You-Kee LEE, Pyung-Woo JANG*, Taek-Dong LEE** and Kye-Wan LEE

Dept. of Metallurgical Engineering, Hanyang University, Seoul 133-791

**Dept. of Physics, Chongju University, Chongju 360-764*

***Div. of Materials, Korea Institute of Science & Technology, Seoul 136-791*

초 록 인가자장하에서 성장한 $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ 박막의 자기적 특성 및 미세구조를 조사하였고, 인가자장을 가하지 않은 경우에 성장한 박막과 그 특성 및 미세구조를 비교 하였다. 인가자장은 박막의 포화자화와 수평방향 보자력에는 아무런 영향을 주지 못하였지만, 수직보자력과 유효수직이방성자계를 감소시켰다. 또한 천이층의 결정립경과 두께는 인가자장에 의해 영향을 받지 않았지만, C축배향성은 약간 약화되었다. 또한 TEM사진은 인가자장의 유무에 관계없이 박막의 두께가 두꺼워질수록 (002)방위의 결정립 등이 우선적으로 성장함을 보여주었다.

Abstract Magnetic properties and microstructures of the $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ films growing under the applied magnetic field were studied. In comparison, those of the films growing without magnetic field were also studied. Magnetic field does not affect saturation magnetization and in-plane coercivity of the films. On the contrary perpendicular coercivity and effective perpendicular anisotropy field decreased. Grain size and the thickness of the so-called transition layer were not affected and the C-axis alignment of the films was slightly deteriorated due to magnetic field. Also, microstructures of the sputtered films showed larger grain sizes of strong (002) preferred orientation for thicker film specimens independent of applied magnetic field.

1. 서 론

수직자기기록방식은 수평자기기록방식에 비해 매체의 고밀도화를 이룩하는데 많은 장점이 있어 Iwasaki¹⁾에 의해서 그 가능성과 원리가 주창된 이래로 CoCr 박막에 대해서 많은 연구가 진행되어 왔다. 박막의 제조조건들 중에서 예비진공도, 스파터압력, 기판온도, 기판의 영향 등에 관해서는 많은 연구가 되어 있으나 CoCr 박막을 성장시킬 때 성장박막에 가한 자장의 영향에 관한 연구는 전혀 되어있지

않다.

자성박막의 성막시 인가자장의 영향에 관해서는 NiFe 박막 등의 경우 오래전부터 연구가 되어왔으며 수평방향으로 자장의 인가에 의해 자장이 없는 경우 생성되기 쉬운 수직이방성을 가진 스트라이프자구(stripe domain)의 생성이 억제되고 수평방향의 유도자기이방성이 생성된다는 것이 잘 알려져 있다^{2,3)}. CoCr 박막에서도 스파터시 자장을 가한 경우가 있지만^{4,5)} 이는 플라즈마의 분포를 변화시키기 위한 방법으로만 사용되었고 성장박막에 인가한

자장의 영향에 관한 연구는 전혀 없다.

한편 CoCr박막이 고밀도수직자기기록용 매체로 갖추어야 할 첫번째 조건은 높은 수직보자력이다. 일반적으로 100°C 이상의 높은 기판온도에서 성장한 CoCr박막에서 높은 수직보자력을 얻을 수 있다. 그러나 기판온도가 높아지면 박막생성초기에 소위 무질서방위를 하고 있는 천이층(transition layer)의 생성이 촉진되어 박막 전체의 배향성을 악화시키는 단점이 있다^{6,7)}. 이를 개선하기 위해서 일반적으로 Ti, Ge등의 하지층(underlayer)^{8,9)}과 크롬 박막의 씨앗층(seed layer)^{10,11)}을 먼저 성장시킨후 그 위에 에피택시로 CoCr층을 만드는 방법이 쓰인다.

그러나 본 연구에서는 RF 마그네트론 스파터방법으로 일축수직이방성을 가지는 CoCr박막을 제조할 때 기록밀도를 향상시키기 위한 C축(hcp의 [0002])배향을 갖는 주상조직의 발달과 더불어 천이층의 생성억제를 위한 연구의 필요성에 의해 증착시 기판에 수직으로 자장을 인가하여 박막성장방향으로의 인가자장이 CoCr박막의 자기적특성, 배향성 및 미세구조에 미치는 영향을 주로 조사하였고 천이층의 형성에 관해서도 검토하였다.

2. 실험방법

RF 마그네트론 스파터방법으로 직경 150mm의 $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ 합금타겟을 사용해 두께 40 μm 인 상온의 폴리이미드기판에 0.03~1 μm 의 $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$

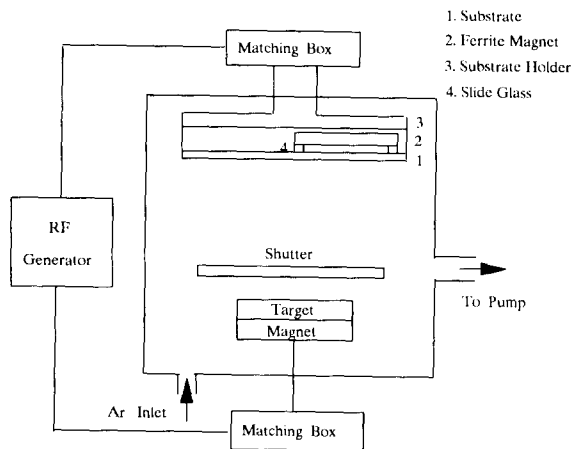


Fig. 1. Schematic diagram of the sputtering system

박막을 제조하였다. 예비도달진공도는 3×10^{-7} torr이하, 스파터압력은 1×10^{-3} torr, 투입전력은 200W이었다. 자장은 $5 \times 5 \times 0.5\text{cm}$ 의 페라이트영구자석으로 가하였으며, 시편은 자석의 중심에서 2mm위에서 채취하였고 이 부근의 수직방향으로의 자장은 약 200 Oe였다. 자석과 기판의 배치, 스파터진공조의 모식도는 그림 1에 표시하였다. 또한 비교를 위해 자장을 가하지 않은 박막을 동일배치(batch)내에서 채취하였다. 제작된 시편의 결정배향성, 조성, 두께, 자기적 특성과 미세구조는 각각 XRD, EDS, 단차계(段差計), VSM, TEM을 이용하여 측정 및 관찰하였다.

3. 실험결과 및 고찰

페라이트자석의 두께가 얇아 두께방향으로의 반자장이 커져 자장이 시편에 수직으로 가해지지 않을 가능성이 있어 유한요소법(finite element method)을 이용해 자장의 분포를 조사하였다. 그림 2는 그 결과를 나타낸 것으로 자석의 중심부위에서는 자장의 방향이 수직방향임을 알 수 있고 가장자리로 갈수록 수평방향의 성분이 심해짐을 알 수 있다. 따라서 시편을 자석의 중심에 놓으면 박막의 성장도중에 자장이 정확히 수직방향으로 가해질 수 있음을 알 수 있다.

인가한 자장으로 CoCr성장박막을 완전히 포화시켰는가는 박막의 실제온도와 이 온도에서의 박막의 수직이방성에너지, 포화자화를

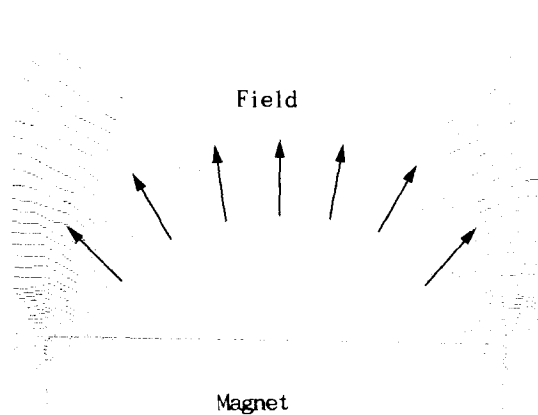


Fig. 2. Distribution of Magnetic Field

알면 알 수 있다. Ouchi¹²⁾에 의하면 성장박막의 표면온도가 열전대로 측정된 기판의 온도에 비해 약 550°C 정도 높다고 보고하고 있다. 또한 Ishizuka¹³⁾에 의하면 수직이방성에너지와 포화자화는 각각 3×10^5 erg/cc, 250 emu/cc 정도이므로 성장박막을 수직방향으로 포화시키기 위한 자장의 세기는 약 600 Oe 정도가 된다. 따라서 본 실험에서는 수직방향으로 200 Oe 정도의 자장을 인가하였으므로 성장박막을 완전히 포화시키지는 못한 것으로 추론된다.

그림 3은 박막의 두께를 변화시켰을 때 인가자장의 유무에 따른 포화자화의 변화를 나타낸 것으로 인가자장의 유무에 관계없이 약 530 emu/cc의 일정한 값을 가진다. 벌크재료의 경우 포화자화는 조성의 함수로 조성이 일정하면 열처리등의 제조공정의 변수에 관계없이 일정하다. 그러나 CoCr박막의 경우 벌크재료에 비해 포화자화가 크고 이것은 Cr의 편석에 기인하는 것으로 잘 알려져 있다¹⁴⁾. 따라서 그림 3의 결과로부터 Cr의 편석에 미치는 인가자장의 영향이 없으며 또한 두께에 따른 편석의 정도가 변하지 않음을 알 수 있다.

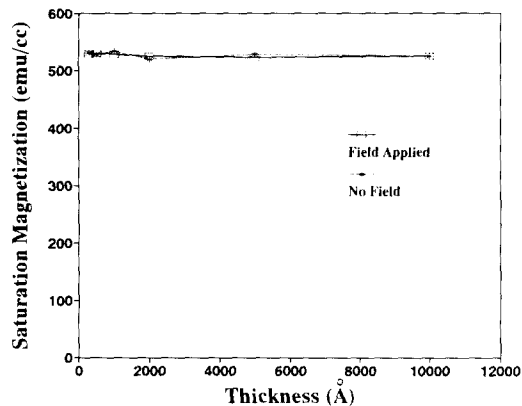


Fig. 3. Dependence of saturation magnetization of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ on film thickness

그림 4는 박막의 두께를 변화시켰을 때 인가자장의 유무에 따른 보자력의 변화를 나타낸 것으로 수직방향의 보자력은 1000~2000 Å의 두께까지 급격히 증가하다가 그 이후에는 약간 감소하여 일정한 값을 나타낸다. 그러나 자장을 가하지 않은 경우에는 박막의 두

께에 관계없이 높은 수직보자력을 보인다. 수평방향의 보자력은 자장의 유무에 관계없이 300 Å 일때 150 Oe의 값을 보이고 500 Å 이후 250 Oe로 거의 일정한 값을 나타낸다.

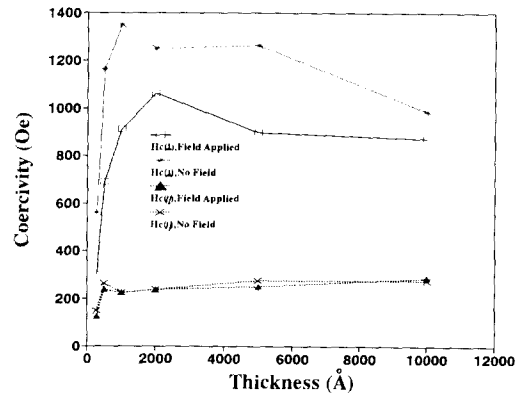


Fig. 4. Dependence of coercivity of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ on film thickness

현재 자장을 인가한 시편에서 보자력이 왜 작게 나타났는지는 밝혀지지 않았다. 이 시편의 보자력은 Cr의 국부적 편석이 자장을 인가하지 않은 시편보다 덜 심하거나 혹은 결정립이 커서 이 두께에서 주상정의 직경대 길이 비가 작거나 했을 때 일어나는 것으로 생각되어지나, 뒤에서 언급하겠지만 전자현미경 조직검사서 두 시편의 결정립 직경크기가 거의 같은 것으로 판단되어 주상정의 직경대 길이 비의 영향 때문은 아닌 것으로 생각되어지며, 또한 Cr의 편석은 스파터조건이 동일할 때는 주로 기판온도에 따라 달라지는데 본 연구에서는 기판의 온도 영향을 줄이기 위해서 슬라이드 글라스를 기판과 자석사이에 집어넣고, 또한 자석과 기판홀더 사이에도 일정한 간격을 유지했기 때문에 자석 삽입으로 인한 기판홀더에로의 열방출 차이는 없었을 것으로 판단되므로 이러한 Cr의 국부적 편석의 정도도 보자력 감소의 원인이 아닌 것으로 생각되어진다.

다른 한가지는 스파터 증착에서 시편에 자장을 가할 경우 이 자장이 플라즈마의 밀도나 분포에 영향을 주어 박막의 물성을 바꿀 수 있다. 그림 2의 자장분포에서 시편근처에서의 자장의 세기가 크고 따라서 시편근처에서의 플라즈마 밀도가 높아 시편의 보자력에 영향

을 미쳤을 가능성이 있다. 그러나 시편을 플라즈마에 거의 노출시키지 않은 대향식 스퍼터장치(Facing Type Sputter)로 CoCr박막을 제조할 경우 수직방향으로 500 Oe이하의 지극히 낮은 보자력을 보이거나 시편을 플라즈마 안에 위치시켰을 경우 높은 보자력을 나타낸다¹⁵⁾. 이러한 사실로부터 그림 4에서 자장을 가한 시편의 보자력이 낮은 것은 플라즈마의 영향때문은 아닌 것으로 추론되나 정확한 원인을 현재 알기는 어렵다.

그림 5는 두께변화에 따른 유효수직이방성자계 Hk_{eff} 의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 두께가 얇은 영역에서는 급격히 증가하다가 두꺼워지면 그 변화폭이 작으나 $1\mu\text{m}$ 까지 계속해서 증가한다. 그러나 보자력의 경향과 같이 자장을 가하지 않은 시편의 Hk_{eff} 가 두께에 관계없이 더 크다. Hk_{eff} 값은 결정의 배향성과 주상정형상, Cr편석 등의 인자에 의해서 지배받을 것으로 생각된다. 즉, $Hk = 2K_{\perp}/M_s$ 으로 정의 되며 M_s 는 거의 조성의 함수이고 만일 편석이나 2차상이 있으면 그에 따라 2nd order 효과로 변한다. 따라서 Hk 값이 바뀌는 것은 주로 수직방향의 자기이방성에너지(K_{\perp})때문에 변하는 것으로 수직방향 자기이방성에너지는 결정립배향성에 의해서, 또 형태이방성의 효과가 중요한 경우는 주상정형상 및 Cr편석때문에 생길것으로 생각되는 약자성 혹은 비자성 Cr부유상의 형태 및 분포에 의해서 지배를 받을 것으로 기대된다.

그림 6은 박막의 두께를 변화시켰을 때 인가자장의 유무에 따른 C축의 수직배향정도를

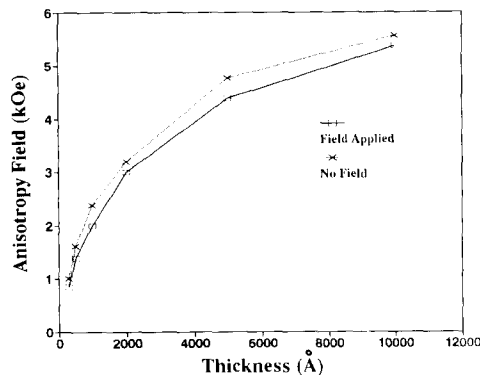


Fig. 5. Dependence of anisotropy field of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ on film thickness

X-선 로킹커브(rocking curve)의 (002)피크(peak)의 반가폭 $\Delta\theta_{50}$ 의 변화로 나타낸 것으로 인가자장의 유무에 관계없이 1000 Å까지 급격히 감소하다가 그 이상의 두께에서는 거의 일정해진다. 이 결과를 앞서의 Hk_{eff} 결과와 비교해보면 결국 전술한 바와 같이 Hk_{eff} 가 $\Delta\theta_{50}$ 과 완전히 일치하지 않는다는 것은 수직이방성이 단순한 결정이방성만에 의해서 결정되지 않는다는 것과 일치하는 사항이다. 로킹곡선은 자화 용이축에 수직한 면의 회절각도에 X-ray source와 검출기를 고정하고 시료만을 회전시키는 것으로, 회절 각도에 따른 회절빔 강도분포는 Gauss 분포곡선과 비슷하다. 이 회절빔 강도분포 곡선의 반가폭($\Delta\theta_{50}$)이 작은 경우가 자화 용이축의 수직배향성이 좋은 것이다.

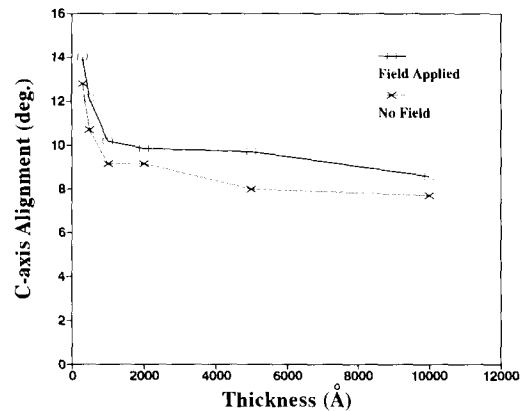


Fig. 6. Dependence of C-axis alignment of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ on film thickness

Maeda⁴⁾는 인가자장을 0에서 90 Oe까지 변화시켰을 때 자장의 효과는 두께가 1.3~1.9 μm 의 Co-23wt.%Cr필름을 제조할 때 인가자장이 40 Oe까지 증가할 때는 $\Delta\theta_{50}$ 이 급격히 감소하다가 그 이상의 자장에서는 거의 변화하지 않는다는 결과를 얻었다. 또 자기적 특성은 역시 약 30~40 Oe까지는 인가자장이 증가함에 따라서 각형성과 잔류자화비가 증가하다가 어떤 포화치에 이르며 기타 보자력등은 인가자장 영향이 거의 없었다고 보고했다. Honda⁵⁾등은 인가자장크기를 0, 35, 61 Oe로 변화시키고, 또한 bias voltage를 변화시켜서 이들이 생성되는 Co-18~20at.%Cr박막 필름의 자성에 어떤 영향을 미치는가를 연구했다.

이들 결과에 의하면 역시 인가자장을 가하면 $\Delta\theta_{50}$ 은 약간 개선되나 기타 자장에는 데이터의 산란으로 확실한 효과를 단정하기 힘들다고 했으며 $H_c(\perp)$ 은 변화가 없다고 보고했다. 특히 $\Delta\theta_{50}$ 의 개선은 주로 산소나 질소 등의 개스혼입이 인가자장이 있는 경우 적게 들어 있는 것과 관계지어 설명했다.

이들의 연구에서는 자장을 가하는 방법으로 챔버(chamber) 바깥쪽에 솔레노이드 코일을 감아서 사용했는데 이 경우 자장때문에 플라즈마가 가운데로 집중되고 이에 따라 전자가 가운데로 집중되어 기판에 계속적으로 전자나 이온의 조사(bombardment)가 자장을 가하지 않은 경우보다 많아지고 이러한 조사가 많아지면 필름중에서 존재하던 Ar이나 O, N 등의 개스원자들이 낮아지게 되고 또 이미 필름상에 있던 원자도 moment transfer에 의해서 확산이 쉽게 일어남으로 저에너지면인 (200)면이 기판에 평행하게 자라도록 되기 쉽고 이 때문에 $\Delta\theta_{50}$ 이 낮아질 수 있다. Honda등은 약 -50V의 bias전압을 기판에 가했을 때 $\Delta\theta_{50}$ 이 가장 낮았다고 하는데 역시 이것은 앞서 언급한 해석과 일치한다.

그러나 본 연구에서는 영구자석을 사용하여 매우 국부적으로만 자장을 기판에 수직하게 가했기 때문에 앞서의 두 연구자의 결과와는 달리 순수한 기판 주변의 자장의 영향만을 측정할 수 있었다. 이 결과 자장자체의 영향은 별로 없고 단지 자장이 있는 경우에 수직방향의 보자력이 없는 경우에 비해서 수백 Oe정도 낮은 것으로 나타났다.

또한 자장을 가하지 않은 시편의 반가폭이 자장을 가한 시편보다 역시 더 낮았다. 그러나 자장의 유무에 관계없이 (002)면의 배향성은 두께가 증가할수록 향상되며, 두께가 증가할수록 배향성이 향상되는 것은 Co계 합금 박막에서의 일반적인 실험결과이다. 반가폭에 영향을 주는 것이 결정의 배향성뿐만 아니라 결정립이 작을 경우 결정립 크기 역시 영향을 미쳐 결정립경이 작을 경우가 반가폭이 커진다. 따라서 이러한 반가폭 차이가 결정립차이에 기인하는지 혹은 결정립의 배향성차이에 기인하는지를 분석하기 위해서 전자현미경 미세조직관찰을 행하였다. 그림 6에서의 반가폭 차이와 미세조직변화는 미세조직 관찰에서 는

하였다.

그림 7의 (a), (b)는 각각 기판에 수직한 방향으로 인가자장이 있는 경우와 없는 경우에 500Å 두께까지 성막했을 경우의 $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ 박막의 자화곡선(M-H Curve)을 VSM으로 측정 한 결과이다. 박막의 수평방향의 자화곡선을 보면 인가자장 H가 0 근처에서 M값이 급격히 떨어지는 영역이 존재하며 이 점프(jump)의 크기는 (a), (b) 두 시편에서 거의 동일하다. 이러한 점프는 이미 알려진 바와 같이 소위 연자성층과 비슷하게 거동하는 천이층의 존재 때문에 생기는데^{1,5)} 이결과는 500Å 두께의 시편에서는 성막시 인가한 자장의 영향에 무관하게 거의 같았다. 또 수직방향의 자기적 특성을 보면 인가자장이 없는 경우가 인가자장이 있는 경우에 비해서 보자력이 수백 Oe 정도 더 컸다.

그림 7의 (c), (d)는 동일한 경우에 1000Å 두께까지 성막했을 경우의 자화곡선이다. 인가자장의 유무에 무관하게 수평방향의 자화곡선이 비슷하고 또 점프의 크기도 거의 차이가 없었다. 단지 500Å 두께보다 소위 천이층의 두께가 상대적으로 얇기때문에 점프의 크기는 훨씬 적어졌다. 이 사실은 인가자장의 유무에 무관하게 천이층의 두께가 500Å 이하라는 것을 나타낸다. 또 수직방향의 자화곡선을 살펴 보면 500Å 두께까지 성막했을 경우와 같이 자장을 인가하지 않은 시편에서 보자력이 오히려 크게 나타난다. 현재 자장을 인가한 시편에서 보자력이 왜 작게 나타났는지 앞에서 이미 언급되었듯이 아직 정확한 원인을 알기는 어렵다.

바로 위에서 언급한바와 같이 CoCr박막의 성장초기에 무질서방위를 가지는 소위 천이층이 생성되면 수평방향의 VSM 자화곡선의 원점 근처에서 자화의 점프가 일어난다. 이것은 천이층이 수평방향으로의 자화용이축을 가지기 때문으로 이러한 천이층의 생성 정도의 척도로 자화점프의 반을 잔류자화로 나눈 값을 사용하여 그결과를 그림 8에 나타내었다. 그림 8에서 자장의 인가 유무에 관계없이 두께 변화에 따라 초기에는 점프값이 급격히 감소하나 감소폭이 점차 작아지고 5000Å 이상의 시편에서는 점프가 나타나지 않는다. 또한 모든 두께범위에서 자장을 가한 시편의 점프값

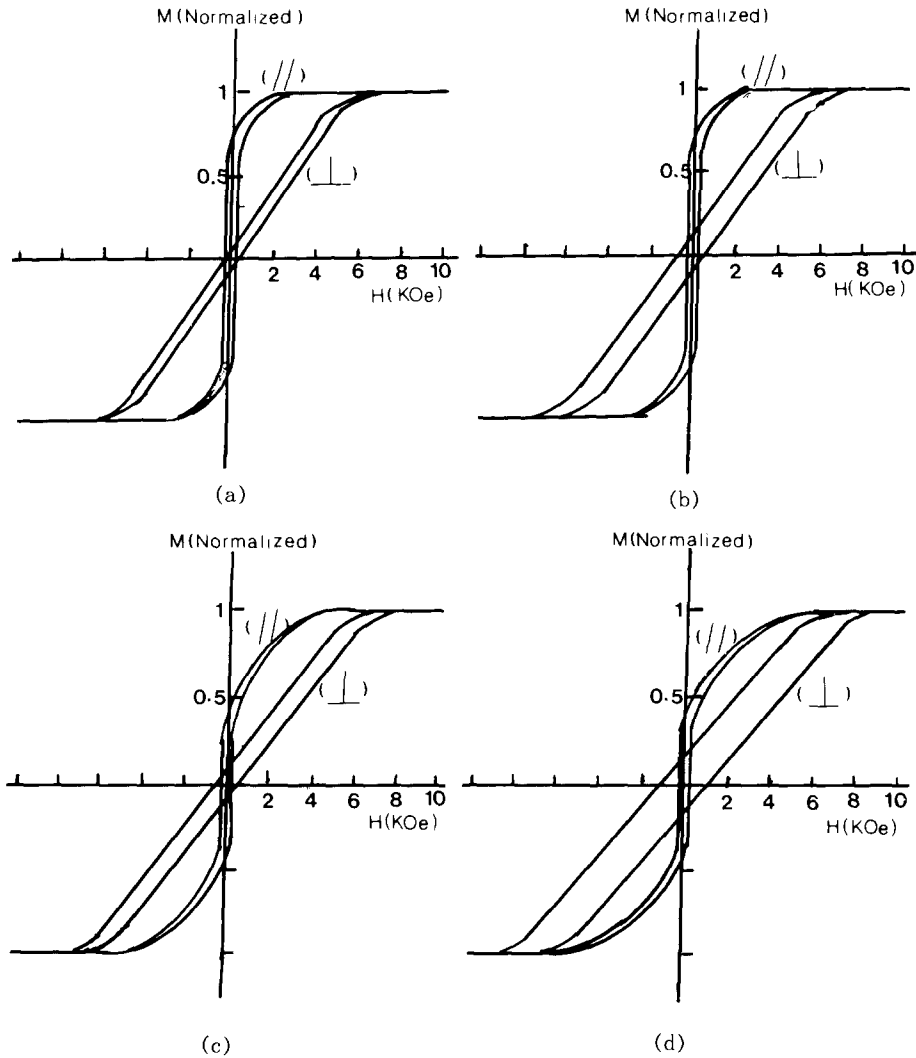


Fig. 7. Perpendicular and parallel hysteresis loops of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ film

(a) 500 Å, Field applied (b) 500 Å, No field

(c) 1000 Å, Field applied (d) 1000 Å, No field

이 작으나 그 차이는 매우 작다. 그림 8에서 점프값이 1이 되도록 상대적 점프값으로 의삽해보면 천이층의 두께가 두 경우 모두 200~250 Å 정도임을 알 수 있다.

Byun¹⁶⁾은 CoCr의 주상조직을 스퍼터 에치(sputter etch)에 의해 제거시킨 후 수평방향의 자화곡선에서의 이상스런 점프(Barkhausen jump)가 천이층에서 일어난다는 결과를 구체적으로 증명하고 천이층이 존재하는 박막의 결정배향성이 크게 악화 됨을 밝혔다. 이와같이 상대적 점프값으로 천이층의 두께가 예측 가능하다.

인가자장이 미세조직에 미치는 영향을 조사

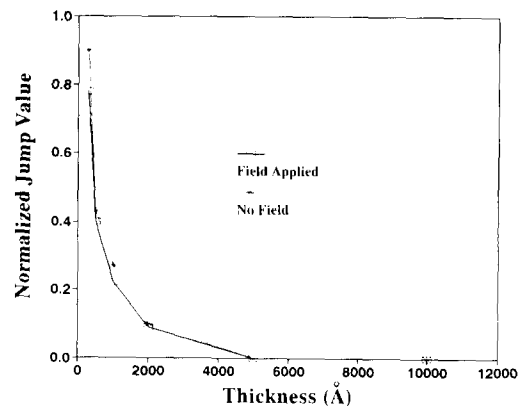


Fig. 8. Dependence of monalized jump of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ on film thickness

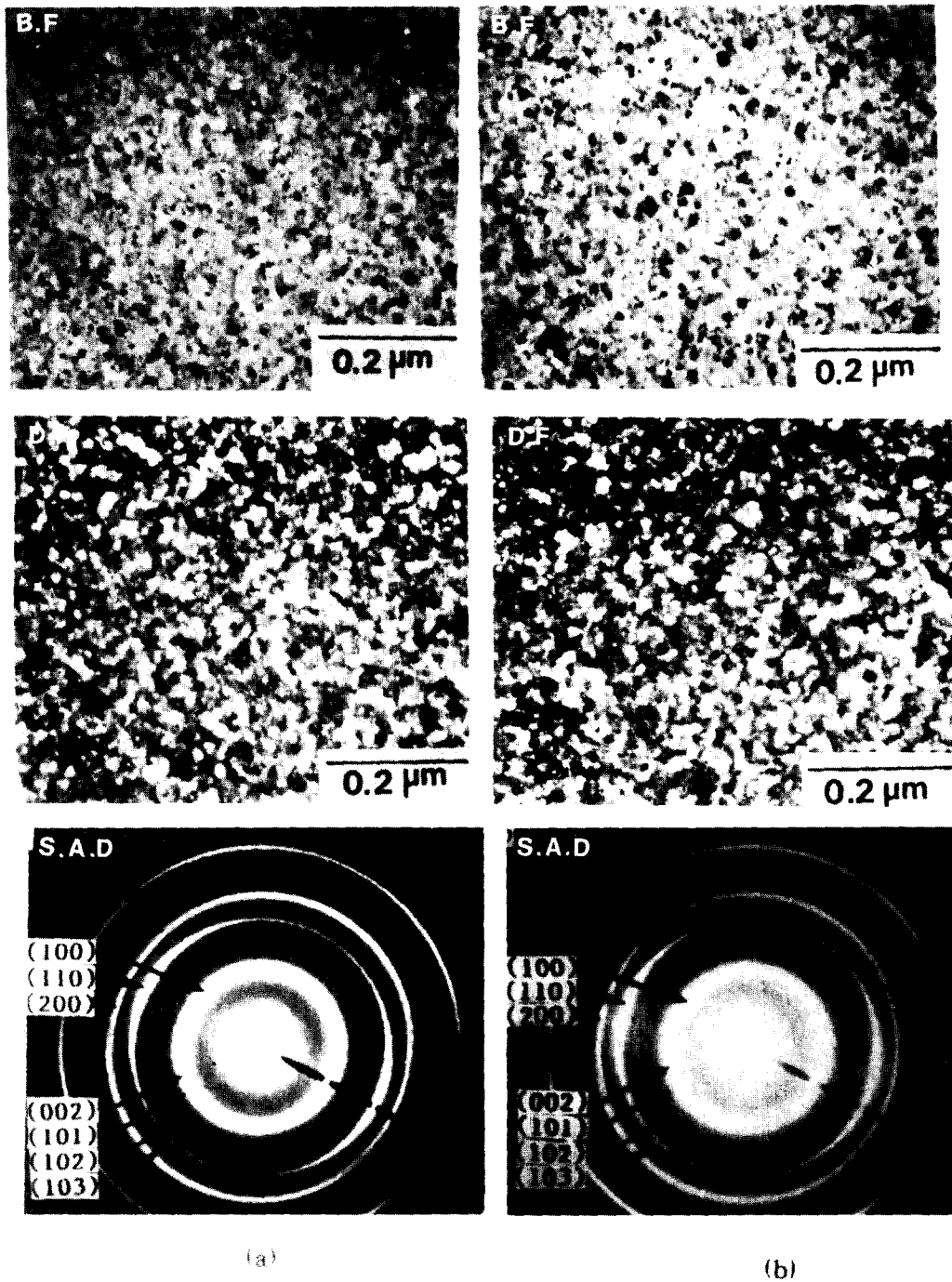


Photo. 1. TEM micrograph of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ film
 (a) 500 Å, Field applied (b) 500 Å, No field

하기 위해서 500 Å 두께에서 전자현미경조적
 검사를 하였으며 사진 1이 그 결과이며 여기
 서, 명시야 및 암시야 상은 회절환의 (002)파

크를 찍은 사진이다. 500 Å 두께의 시편에서
 결정립의 크기는 자장의 유무에 관계없이
 100~150 Å 정도로 거의 같다. 전자회절패턴에

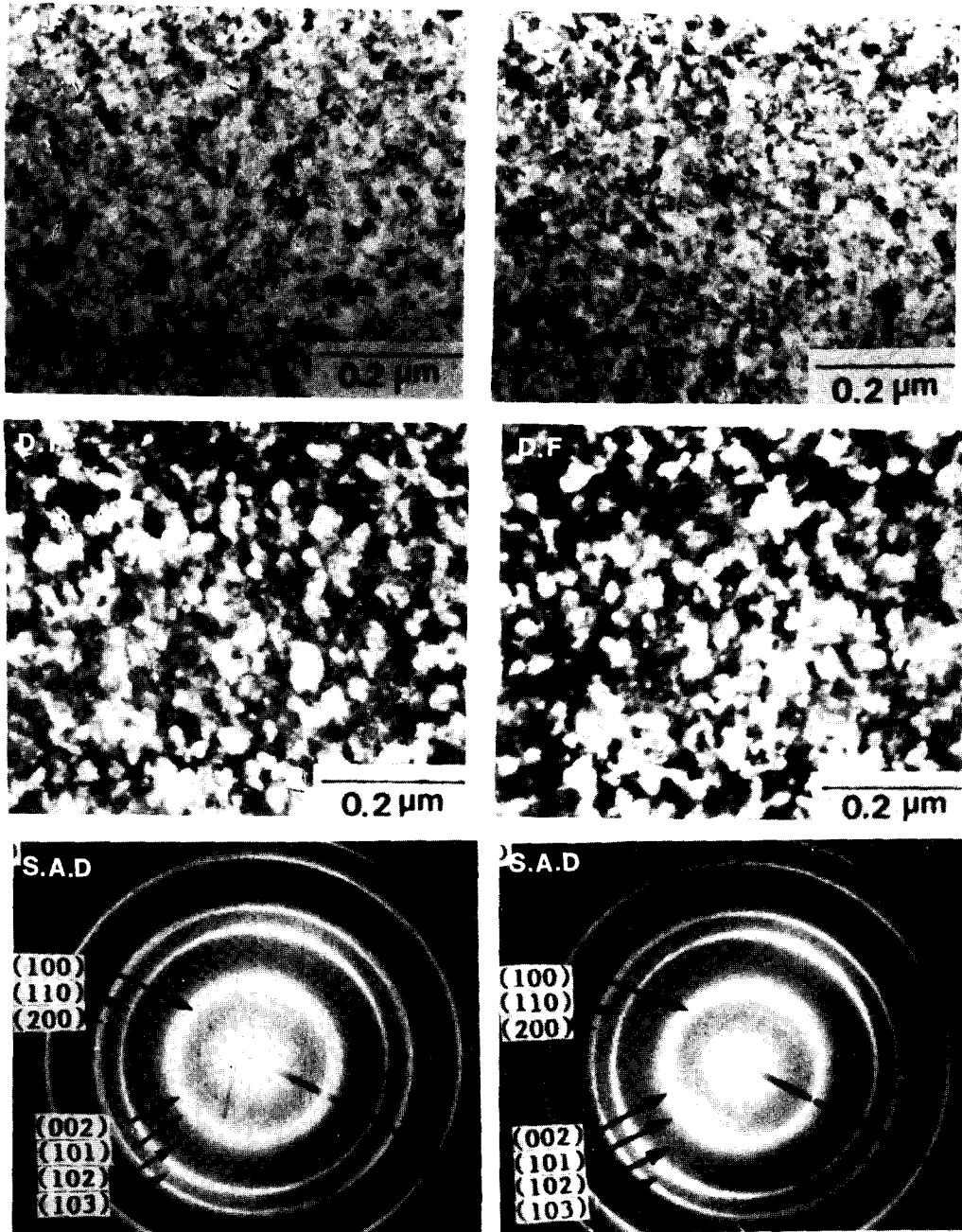


Photo. 2. TEM micrograph of $\text{Co}_{83}\text{Cr}_{17}$ film
 (a) 1000 \AA , Field applied (b) 1000 \AA , No field

서 회절환의 폭이 넓게(broad) 나타나 회절환이 조금 불명확하나 (002)면이 수직배향되었을 경우에 나타나는 (100), (110), (200)

링이 강하게 나타나고 그 이외의 (002), (101) 링이 강하게 나타나며 (102), (103) 링도 약하게 나타나 전반적으로 무질서 방위를

한 결정립이 상당히 많음을 알 수 있다. 두께 500 Å에서의 이러한 배향성의 결과는 그림 7에서 구한 천이층의 두께가 200~250 Å 정도인 사실과 잘 일치한다. Roll¹⁷⁾은 CoCr의 C축이 기판에 수직하게 잘 성장된 박막에서는 (002)피크와 (101)피크의 강도가 약 200배 차이가 나며 0.3 μm 이하의 박막에서는 4배 정도의 차이가 남을 지적하면서 초기의 결정 성장층이 잘 배열 되어있지 못하다고 하였다.

사진 1에서의 전자회절패턴의 각 링의 회절강도만으로부터 배향성에 미치는 자장의 영향을 분간하기는 힘들다. 그러나 결정립경에 대한 자장의 영향이 없다는 사실과 그림 6에서 (002)피크의 반가폭의 결과로부터 자장을 가하면 수직배향성이 악화된다고 결론지을 수 있다. 왜냐하면 그림 6에서의 고찰에서와 같이 반가폭에는 결정립과 배향성 모두 영향을 주지만 결정립경이 같을 경우 배향성이 증가하면 반가폭이 감소하기 때문이다. 두께가 1000 Å 정도로 두꺼워진 경우에도 역시 자장의 영향은 거의 없는 것 같고 사진 2가 그 결과이다. 즉 결정립 크기는 두 경우 모두 약 200~300 Å 으로 비슷했다. 또 전자회절패턴을 비교해 보아도 두 경우가 모두 비슷했는데 단지 500 Å 두께에 비해서 천이층으로 생각되는 무질서 방위에서 발생하는 (002), (101), (102) 및 (103) 링의 강도가 줄어들어 수직배향성이 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 앞서의 normalized 점프값과 비교해보면 잘 일치함을 알 수 있는데 이로부터 두께가 두꺼워질수록 (002)방위의 결정립들이 우선적으로 성장함을 알 수 있다.

4. 결 론

CoCr박막의 성장도중에 수직방향의 200 Oe의 자장을 가하여 자기적 특성, 수직배향성과 미세구조에 미치는 자장의 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. CoCr박막의 성장동안 가한 수직방향의 자장은 수직보자력, 유효이방성자계를 감소시키나 수평보자력과 포화자화에는 영향을 주지 않는다.
2. CoCr박막의 성장동안 가한 수직방향의 자장은 결정배향성을 약간 악화시키나 결정

립경과 천이층의 두께에는 영향이 없었다.

3. 인가자장의 유무에 관계없이 박막의 두께가 두꺼워질수록 (002) 방위의 결정립들이 우선적으로 성장하였다.

참 고 문 헌

1. S. Iwasaki and K. Ouchi, IEEE Trans. Magn., MAG-14, 849 (1978)
2. P. Clureaue and H. Gavrila, Magnetic Heads for Digital Recording, 206, ELSEVIER, Amsterdam (1990)
3. E. Münster, IEEE Trans. Magn., MAG-7, 263 (1971)
4. H. Maeda, J. Appl. Phys., Vol. 54, 2429 (1983)
5. S. Honda, H. Noguchi and T. Kusuda, J. Magn. Soc. Japan, Vol. 13, No. S1, 913 (1989)
6. E. Wouri and J. Judy, IEEE Trans. Magn. MAG-20, 774 (1984)
7. 장 평우, 서울대학교 박사학위 논문, 1991
8. K. Nakamura, N. Echigo, R. Sugita and N. Kamiyama, IEEE Trans. Magn., MAG-22, 1182 (1986)
9. O. Kitakami, K. Ojima, Y. Ogawa, T. Maro and H. Fujiwara, IEEE Trans. Magn., MAG-23, 2797 (1987)
10. M. Yasumura, K. Oucui and S. Iwasaki, IEEE Trans. Magn., MAG-23, 2794 (1987)
11. A. Kouchiyama, I. Sumita, Y. Nakayama and M. Asanuma, IEEE Trans. Magn., MAG-23, 2791 (1987)
12. K. Ouchi, Ph.D. Thesis, Tohoku Univ., Japan (1988)
13. M. Ishizuka, J. Magn. Magn. Mater., Vol. 35, 286 (1983)
14. Y. Maeda and M. Asahi, IEEE Trans. Magn., MAG-23, 2061 (1987)
15. J. K. Park, Private Communication
16. C. Byun, J. M. Sivertsen, and J. H. Judy, J. Appl. Phys., Vol. 57, 3997 (1985)
17. K. Roll, K. H. Schuller and W. D. Munz, IEEE Trans. Magn., MAG-20, 771 (1984)