

다공성 알루미늄 양극산화 피막에 도금된 철 및 코발트의 자기적 성질

김기호* · 강탁* · 손현준**

*서울대학교 공과대학 금속공학과

**서울대학교 공과대학 자원공학과

Magnetic Properties of Electrodeposited Iron and Cobalt films on Porous Aluminum Oxide Layer

K. H. Kim*, T. Kang*, H. J. Sohn**

*Department of Metallurgical Eng., Seoul National Univ.

**Department of Mineral and Petroleum Eng., Seoul National Univ.

Abstract

The magnetic properties of electrodeposited iron and cobalt films on porous aluminum oxide film were examined. There exists perpendicular magnetic anisotropy due to the shape anisotropy. The coercivity and squareness ratio of films were strongly dependent on deposited particle diameter. The effect of packing fraction on squareness ratio was also appreciable. Unlike the iron-deposited films, the magnetic properties of cobalt films were changed by preferred orientation because of its large crystal anisotropy constant.(about 10 times of Fe) The Fe deposited films were found to be more suitable for perpendicular magnetic recording media because perpendicular coercivity, squareness ratio and the ratio of perpendicular coercivity to horizontal ones of iron films are greater than those of cobalt films.

1. 서 론

1975년경 Iwasaki등에 의해 수직자기기록 방식이 제안된 이후^{1,2)} 고밀도 자기기록용 수직자기기록 매체의 제작과 그 자기적 성질에 대한 많은 연구가 이루어졌다.

수직자기기록매체의 제작방법으로는 스퍼터 증착법, 진공증착법, 무전해도금법, 전기도금법이 있는데, 앞의 두 방법은 Co-Cr계를, 무전해 도금법은 Co-Ni-P 계를, 전기도금법은 Co, Fe계를 주종으로 하고

있다. 이들 가운데 가장 많은 연구가 행해진 Co-Cr 스퍼터 박막은 자화용이축인 Co의 c축 수직배향성이 우수하며, 포화자화 및 항자력 조절이 용이하다는 장점을 갖고 있다. 이에 반해 무전해 도금법이나 전기도금법에 의해 제작된 박막은 sputtering법에 의해 제작된 박막에 비해 자기적 성질이 다소 떨어지나, 대량생산이 가능하며, 생산단가가 낮다는 장점을 갖고 있다.

전기도금법은 먼대기록방식을 중심으로 1960년대 에 활발한 연구가 진행되었으며,^{3,4)} 수직기록방식이

제안된 이후 80년대 초반부터 순수한 Co를 도금하여 수직기록매체로 이용하고자 하는 연구가 행해졌다. Iwasaki 등은 순수한 Co의 수직 자기이방성에너지 K가 정자에너지보다 작기 때문에 면내기록 방식만이 가능하다고 하였다.⁵⁾ 그러나 Chen과 Cavallotti는 전류밀도와 용액의 온도, 조성을 조절하여, 비자성물질인 $\text{Co}(\text{OH})_2$ 에 의해 분리된 침상결정을 c축이 수직 배향되게 도금한 후, 이 도금층을 에칭하여, 각 침상결정을 분리시키면, 수직 자기이방성을 갖게 할 수 있다고 하였다.⁶⁾

전기도금법으로 수직기록매체를 제작할 수 있는 또 하나의 방법은 순수한 Al판을 양극산화하여 얻은 기공내에 Fe 혹은 Co를 도금하는 방법으로, S. Kawai와 R. Ueda에 의해 연구가 시작되었다.^{7,8)} 이들의 결과에 의하면, 수직방향의 자기이방성이 존재하며, 항자력도 최대 2000 Oe 정도이고 각형성도 우수하여, Chen과 Cavallotti가 제안한 방법에 의해 생성된 도금층에 비해 자기적 성질이 좋은 것으로 나타났다. 또 Tsuya 등이 이 도금층에 대해 기록밀도를 측정된 결과에 의하면⁹⁾, D_{50} 기록밀도가 50 KBPI로, 수직자기기록매체로서의 가능성도 판명되었다.

양극산화 피막의 기공내에 Fe, Co 등의 금속을 도금시킨 재료는 건축물의 외장재료만 이용되어 왔고, 이를 자성재료로 사용하기 위한 연구는 최근에야 시작되었기 때문에 도금층의 수직자기이방성을 변화시키는 요인과 그 존재 원인에 대한 연구나 도금층의 항자력, 각형비가 어떤 요소에 의해 지배되며, Fe와 Co 도금층이 서로 다른 자기적 성질을 갖는 원인 등에 대한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 도금층의 수직자기이방성, 항자력 그리고 각형비에 대한, 도금된 철 또는 코발트 입자의 직경, 길이, 입자간거리 그리고 우선 방위의 영향을 조사하였으며, 이 도금층의 수직자기 이방성의 존재 원인을 살펴보고, 철 도금층과 코발트 도금층의 자기적 성질을 비교 검토하였다.

2. 실험방법

99.5 wt% 알루미늄 판(면적 40 cm^2)을 각각 양극과

음극으로 사용하여, 35 $^{\circ}\text{C}$, 3 wt% $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 용액에서 직류로 양극산화를 실시하였다. 산화전압은 20에서 50V까지 변화시켰으며, 이때 전류밀도는 20V와 50V 일때 각각 5 mA/cm^2 , 30 mA/cm^2 였다. 각 산화전압에서 12.5Q/ cm^2 의 전하량이 흘렀을 때 양극산화를 종료하였으며, 이때 생성된 산화피막의 두께는 약 5 μm 였다. 균일한 도금층을 얻기 위해 양극산화 후 동일한 농도의 옥살산 용액에서 2.5 mA/cm^2 의 정전류로 약 1 분간 재산화하여, 환성층의 두께를 일정하게 했다. 산화전압을 조절하면 산화피막의 기공크기를 조절할 수 있으나, 이것만으로는 다양한 기공크기를 얻는데 한계가 있었기 때문에 생성된 산화막을 20 $^{\circ}\text{C}$ 1wt% H_3PO_4 용액에 일정시간 용해하여 또한 기공크기를 조절하였다. 양극산화 피막의 기공도는 pore filling method¹⁰⁾로 측정하였고, 단위 면적당 기공수는 산화막을 3 wt% Hg_2Cl_2 에 1분간 침지한 후, 증류수에 담가서 산화막을 분리시켜, TEM으로 관찰하여 결정하였다. 이로부터 기공의 크기를 결정하였다.

도금은 교류를 이용하여 시행하였으며, 도금시 사용된 용액의 조성과 그의 도금조건은 표 1에 표시된 것과 같다. 위의 실험으로 부터 얻어진 도금층의 자기적 성질은 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)으로 조사하였고, X선 회절분석기를 이용하여 도금층의 우선방위를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 산화피막의 성질

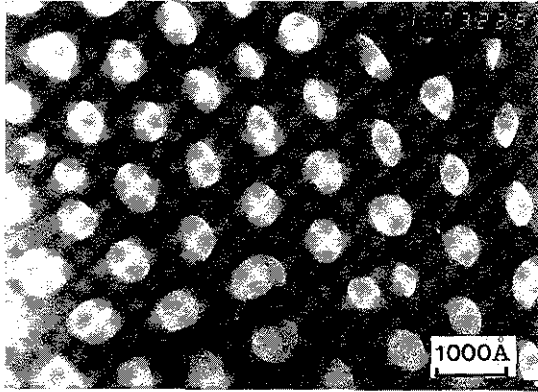
황산, 옥살산, 인산 용액에서 알루미늄을 양극산화하면 많은 기공을 갖는 피막이 생성된다는 사실은 잘 알려져 있다. 그림 1의 A는 산화피막의 표면모양으로 원형태의 기공이 균일하게 배열되어 있음을 볼 수 있다. 산화피막의 단면의 개략적인 모양은 그림 1의 B와 같이, 막면에 대해 수직으로 배열된 육각형의 cell 내부에 원기둥 모양의 기공이 생성되어 있으며, 기공의 바닥과 알루미늄 사이에 수백 Å 정도의 비다공성 산화층인 활성층이 형성된다고 보고되고 있다.¹¹⁾

표 2는 양극산화 전압에 따른 단위면적당(1 cm^2) 기

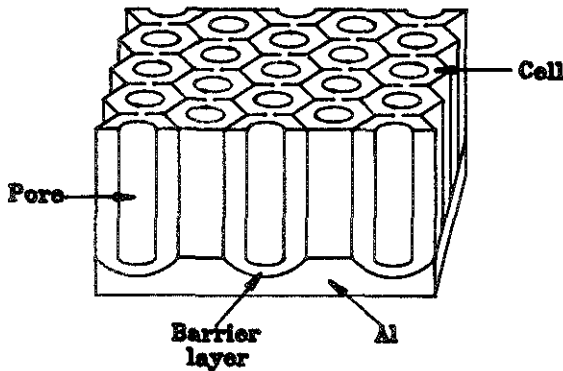
Table 1. The solution composition and plating conditions used in Fe and Co plating

	sulfate	H_3BO_3	Glycerin	$\text{MgS}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	pH	Voltage
Fe	50g/l	30g/l	20g/l	24g/l	4	15V
Co	140g/l	30g/l	-	-	4-6	15V

공수의 변화를 보여주는데, 산화전압이 커질수록 기공수는 감소하였다. 그림 2는 산화전압에 따른 셀 직



A



B

Fig. 1. The pore structure of aluminum oxide. (A : surface, B : cross section (schematic))

Table 2. The dependence of number of pores on anodizing voltage.

Anodizing Voltage(V)	No. of pores(cm ²)
20	5.33 × 10 ¹⁰
28	3.00
35	2.14
40	1.63
45	1.25
50	1.07

경, 기공직경 그리고 기공도의 변화이다. 셀 크기 (D_c)는 각 셀이 정육각형이며, 그 수는 표 2에 나타난 단위 면적당 기공(N)과 동일하다고 가정하면 식 (2)를 이용해 구할 수 있다. 또, pore filling method에 의해 얻은 산화막의 기공도는 전체 산화막 면적에서 기공이 차지하는 면적에 해당하므로, 기공의 단면이 원형이라 가정하면 식(3)과 같이 단위면적당 기공수(N)와 기공도(α)를 이용해 기공직경 D_p를 구할 수 있다.

$$D_c = \left(\frac{2}{\sqrt{3N}} \right)^{1/2} \text{ (cm)} \quad (1)$$

$$D_p = 2 \left(\frac{\alpha}{\pi N} \right)^{1/2} \text{ (cm)} \quad (2)$$

셀 크기의 기공직경은 산화전압 증가에 따라 직선적으로 커지며, 알 수 있고 기공도는 산화전압이 증가하면 약간 감소하다가 40V 이상에서는 거의 일정해진다. 이러한 양상은 다공성 산화피막이 생성되는 황산이나 인산 용액에서의 양극산화 경우에도 관찰되는 일반적인 경향으로, 산화피막의 셀크기, 기공직경 그리고 기공도는 주로 산화전압에만 의존하는 것으로 알려져 있다.

이 연구에서는 산화전압을 20에서 50 V까지 변화시켜, 셀직경은 450 Å에서 부터 1000 Å까지, 기공직경은 200 Å에서 358 Å까지 그리고 기공도는 0.11에서

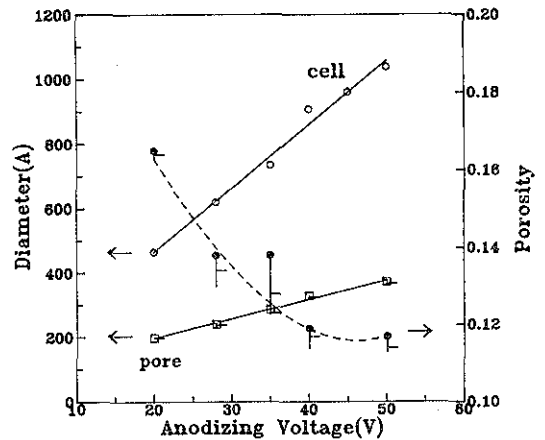


Fig. 2. The effect of anodizing voltage on the cell, pore diameter and porosity.

0.16까지 조절할 수 있었다. 그러나 자기적 성질에 대한 기공직경과 기공도의 영향을 더 넓은 범위에서 관찰하기 위해, 각 전압에서 생성된 산화막을 인산용액에서 일정시간 용해하여, 기공도는 약 0.5까지 그리고 기공직경은 700 Å까지 변화시켰다. 산화전압을 더 상승시키면 기공직경은 더 증가하나, 50 V 이상의 전압에서는 산화시 생성되는 많은 열로 인해 피막이 제대로 생성되지 않으며, 기공도는 그림 2에 나타난 결과와 같이 변화하지 않는다. 용해시간에 따른 기공직경의 증가 양상은 여기에 제시하지 않았으나, 시간에 따라 거의 직선적으로 그 크기가 커지며, 180분 정도 용해하면 기공직경이 약 2배 증가한다.

3-2 도금층의 조성 및 구조

양극산화에 의해 생성된 다공성 막에 철 및 코발트를 도금할 때는 교류로 전해를 하였으며, 그림 3에 도금시 사용된 교류전압과 이때 생성되는 전류파형을 도시하였다. (편의상 환원 전압, 전류를 양의 값으로 나타내었다.) 그림 3에서 보는 바와 같이 약간의 정류작용이 있어 산화전류가 환원전류에 비해 덜 흐르게 된다. 그러나 일정량의 산화전류는 항상 도금시 존재하므로 철 및 코발트 산화물이 도금시 생성될 가능성이 있다. 또 도금시 철 및 코발트 뿐만 아니라

수소 이온의 환원도 동시에 진행되므로, 용액의 pH는 수산화물이 생성될 정도로 높지 않다하더라도, 음극 표면에서는 수소 발생으로 인한 pH상승으로 수산화물이 형성될 가능성도 있다.

그래서 순수한 Fe나 Co외에 산화물이나 수산화물이 도금층에 존재하는지의 여부를 다음과 같은 방법으로 조사하였다. 시편의 포화자화(emu)를 VSM으로 구하고, AA(Atomic Absorption) 분석으로 도금된 금속양을 측정하여, 이로부터 각 시편의 σ_s (emu/g, specific magnetization)을 구한후, 이 값들을 순수한 Fe 및 Co의 σ_s 218 emu/g, 161 emu/g와 비교하였다. (만일 도금층에 순수한 철이나 코발트 이외의 물질이 존재하면 σ_s 는 순수한 철과 코발트에 비해 작은 값이 얻어지게 된다.) 그 결과는 표 3에 나타난 바와 같으며, Fe, Co 모든 경우에 순수한 물질에 비해 적은 σ_s 가 얻어졌다. 그러므로 도금층에는 산화물이나 수산화물이 어느 정도 존재하는 것으로 생각된다. R. L. Cohen등이 주석 도금층을 Mossbauer spectroscopy로 분석한 결과도 대부분은 금속상태의 주석이나 약 10% 정도의 수산화물이 있다고 한다.¹²⁾ 그러나 상온에서 도금층의 자기적 성질(특히 포화자화)에 영향을 줄 정도는 아니기 때문에, 도금층은 순수한 Fe, Co로 되어있다고 간주했다. 그림 1의 B와 같은 구조를 갖는 산화막에 철이나 코발트를 도금했을 때 금속은 기공의 내부에만 도금된다고 한다.⁹⁾ 따라서 얻어진 도금층에서 철이나 코발트는 기공과 동일한 크기를 갖는 원기둥 형태의 입자로 존재하며, 이 입자들은 도금층의 두께 방향으로 균일하게 배열되고, 각 입자는 셀직경 만큼 Al_2O_3 에 의해 분리된 상태라 할 수 있다.

3-3 Fe도금층의 자기적 성질

어떤 도금층이 수직자기기록매체로 사용되기 위해서 갖추어야 할 가장 기본적인 자기적 성질은, 이 도금층이 수직방향의 자기이방성을 가져야 한다는 것이다. 자성체의 자기이방성은 각 방향에서의 초기 자

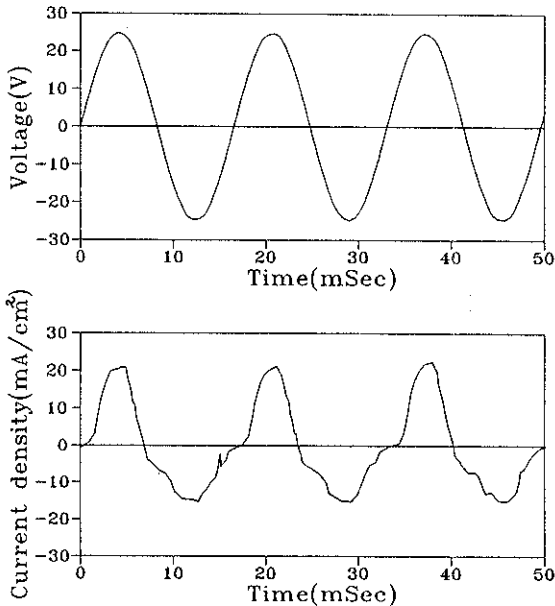


Fig. 3. The voltage and current waveform on aluminum oxide.(AC)

Table 3. σ_s of Fe and Co plated films.

		Fe	Co
σ_s (emu/g)	No.1	210	148
	No.2	190	130
	No.3	205	140
	No.4	187	140

회복선에서 살펴볼 수 있는데, 자기이방성이 존재하는 방향으로 자화될때 가장 작은 자장하에서 포화자화에 이르게 된다. 그런데 이러한 방법으로는 도금층의 자기이방성을 정량적으로 비교할 수 없기 때문에 일반적으로는 유효자기이방성에너지가 사용된다.

수직방향으로의 유효자기 이방성에너지, K_{eff} 는 식(3)에서 구할 수 있으며, 이 값이 0보다 크면 수직방향의 자기이방성이 존재하며, 그 크기가 클수록 자기이방성의 세기는 증가한다.¹³⁾

$$K_{eff} = \frac{1}{2} H_k^{eff} M_s - 2 M_s^2 \quad (3)$$

H_k^{eff} : 유효 수직 이방성자계

M_s : 겉보기 포화자화(충진률×포화자화)

식(3)에서 유효수직이방성자계는 수평방향의 자화곡선을 이용하여 결정할 수 있다.¹³⁾ 따라서 유효수직자기이방성에너지는 유효수직이방성자계와 겉보기 포화자화에 의해 결정되는데, 이 값들은 도금된 철의 우선방위, 입자길이, 직경 그리고 입자간 거리(셀 직경)등에 영향을 받는다.

그림 4는 (200) 면과 (110) 면의 상대강도 비에

따른 유효수직이방성자계의 변화로, $I_{(200)}/I_{(110)}$ 가 0.74에서 3.86까지 변화해도 유효수직이방성자계는 거의 일정한 값을 가졌다.(도금층이 무질서한 방위일때 $I_{(200)}/I_{(110)}$ 는 0.2 이므로 모든 도금층은 (100) 우선방위를 가지며, 이러한 경우 상대강도 비보다는 우선방위계수를 사용하는 것이 더 타당하나, X-선 회절시험결과 회절선이 이 두개 밖에는 생성되지 않아서 우선방위계수를 결정할 수 없었다). Fe의 결정이방성에너지는 4.5×10^5 erg/cc로 이로부터 얻을 수 있는 최대 이방성 자계는 0.5 kOe이며, 이 값은 그림 4에 나타난 이방성 자계의 10% 미만이다. 따라서 Fe 도금층에서는 우선방위가 이방성 자계에 거의 영향을 주지 못한다. 그림 5는 축비(입자길이와 직경의비)에 따른 유효수직이방성자계의 변화로 축비가 10이상이면 H_k^{eff} 는 거의 일정한 값을 가졌다. 본 실험에서 얻은 철 도금층은 몇몇 경우를 제외하고는 축비가 10이상었기 때문에 축비(입자길이)가 H_k^{eff} 에 미치는 영향은 매우 적을 것으로 생각된다. 그림 6은 셀 직경이 각각 620, 735, 842 Å인 경우에 H_k^{eff} 에 대한 입자직경의 영향으로, 입자직경이 400 Å 이상에서 H_k^{eff} 가 감소하는 양상을 있으나, 전체적으로 뚜렷한 경향성을 보이지는 않는다.

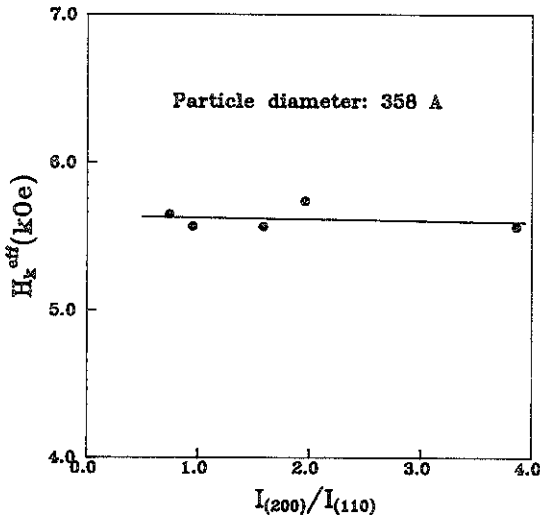


Fig. 4. Dependence of the H_k^{eff} on $I_{(200)}/I_{(110)}$ in Fe deposited films.

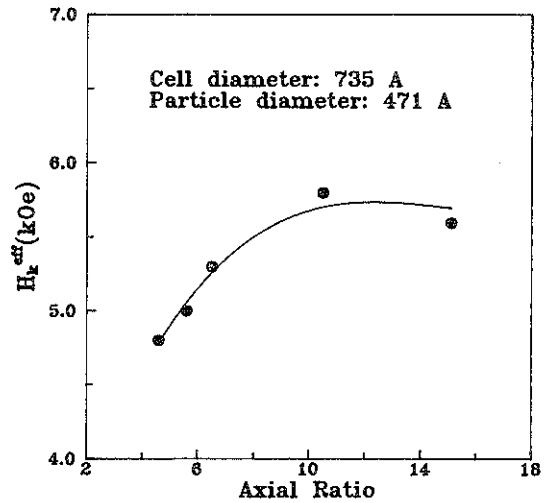


Fig. 5. The effect of the axial ratio on H_k^{eff} in Fe deposited films.

따라서 입자직경만으로는 유효수직이방성자계의 변화를 설명할 수 없었다. 그림 7은 입자직경과 셀 직경의 비인 D_p/D_c 에 따른 H_k^{eff} 의 변화이다. D_p/D_c 가 0.4 보다 적은 구간에서는 유효수직이방성자계가 거의 일정하다가, 그 이상에서는 감소하는 경향을 보였다. 따라서 유효이방성자계를 결정하는 주요인은 입자직경이 아니라 입자직경과 셀 직경의 비임을 알 수 있다. 이는 H_k^{eff} 에 대한 결정방위의 영향이 없는 경우 유효수직이방성자계는 식(4)와 같이 표현하는데, 자성체가 본 도금층과 같을 때는 수평방향의 감자계수가 D_p/D_c 에 의해 좌우되기 때문이다.¹⁴⁾

$$H_k^{eff} = N_h M_s \quad (4)$$

N_h : 수평방향의 감자계수

식(3)에 의하면 겉보기 포화자화는 입자충진률에 따라 달라지는데, 입자충진율은 도금층이 표면적 중자성입자가 차지하는 면적을 의미하므로 충진률(P)역시 D_p/D_c 의 함수로 식(5)와 같이 표현된다.

$$P = \frac{\pi}{2} 3 \left(\frac{D_p}{D_c} \right)^2 \quad (5)$$

그러므로 유효수직이방성에너지는 입자직경과 셀 직경의 비에 의해 지배된다. 그림 8은 D_p/D_c 에 따른 유효수직자기이방성에너지를 도시한 것으로 D_p/D_c 가 약 0.58에서부터 유효수직이방성에너지가 음의 값을 가져 수직자기이방성이 없어짐을 알 수 있다. D_p/D_c 가 0.4 부근에서 최대치를 나타내는 것은 식(3)에서 보는 바와 같이 유효수직자기이방성에너지가 겉보기 포화자화에 대해 이차식 형태를 갖기 때문이다. 스퍼터 증착법이나 무전해 도금법에 의해 제작된 수직기록박막의 수직이방성은 결정이방성에 의해 얻어진다고 알려져 있다.¹⁵⁾ 그러나 앞서 살펴본 바와 같이 본 도금층의 경우는 형태이방성에 의해 수직자기이방성이 얻어지게 된다.

자기 기록매체의 기록밀도를 증대시키기 위해서는 항자력과 각형비(산류자화와 포화자화의 비)가 모두 큰 것이 유리하다. 그러나 매체에 정보를 쓰거나 읽는데 사용되는 헤드(head)의 자장 크기에 한계가 있기 때문에 이를 고려하여 항자력의 크기는 때에 따라서는 조절할 필요가 있다. 그래서 철 도금층의 항자력과 각형비가 도금층의 결정방위, 입자직경, 그리고 입자충진률에 따라 어떻게 변화하는지를 조사하여, 항자력의 조절 방법과 각형비가 최대가 되는 조

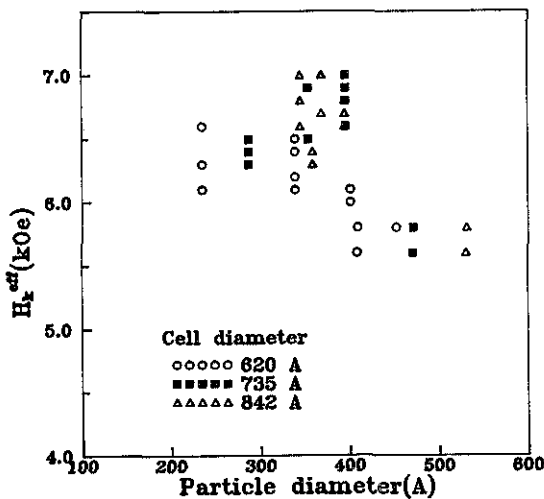
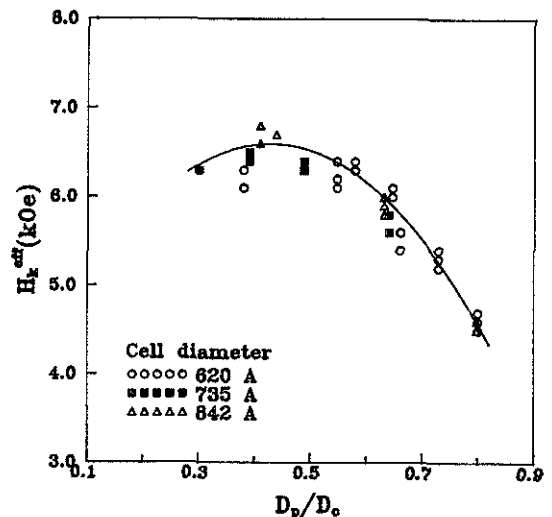


Fig. 6. The effect of the particle diameter on H_k^{eff} in Fe deposited films.



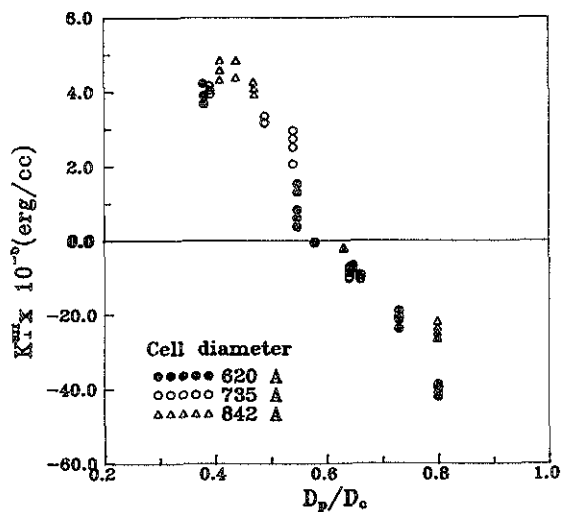


Fig. 8. Dependence of the effective perpendicular anisotropy energy on D_p/D_c in Fe deposited films.

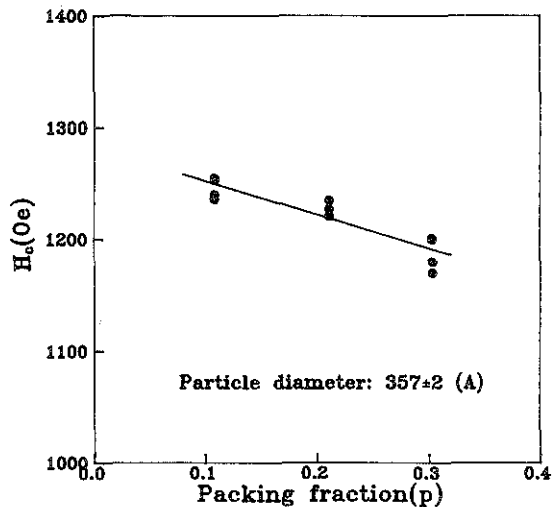


Fig. 10. Dependence of perpendicular coercivity on packing fraction in Fe deposited films at equal particle diameter.(particle diameter : 358 Å)

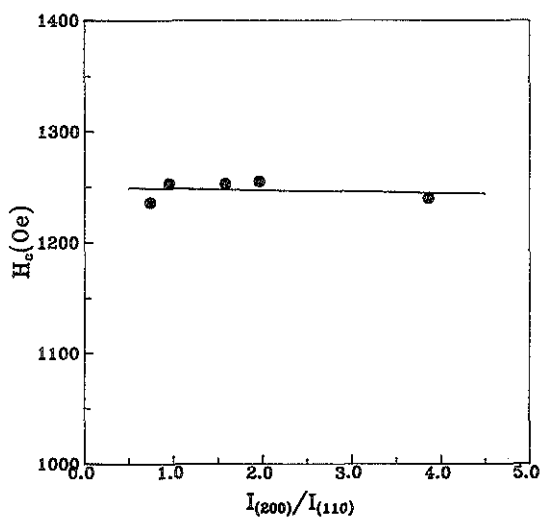


Fig. 9. The relationship between the perpendicular coercivity and $I_{(200)}/I_{(110)}$ in Fe deposited films. (particle diameter : 358 Å)

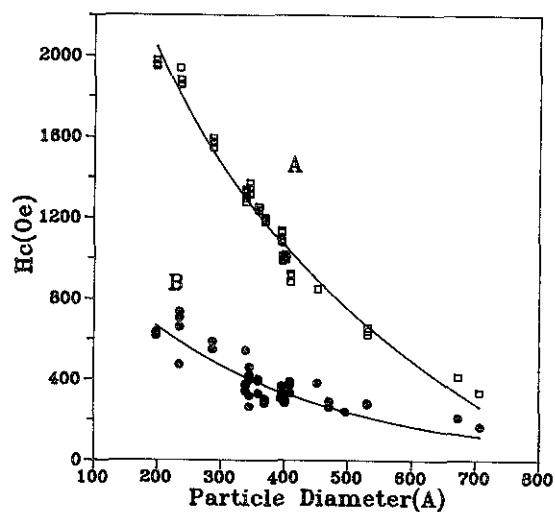


Fig. 11. The effect of particle diameter on coercivity in Fe deposited films. (A : perpendicular direction B : horizontal direction)

건에 대해 검토하였다.

그림 9는 (200)면과 (110)면의 상대강도 비가 수직항자력에 미치는 영향으로, 상대강도 비가 0.5에서 4 까지 변화해도 항자력은 거의 일정한 값을 갖는다.

따라서 결정방위가 항자력에 미치는 영향은 수직이방성과 마찬가지로 없음을 알 수 있다. 그림 10은 입자충진율에 따른 항자력의 변화로, 충진율이 증가하면 항자력이 약간 감소하게 되나, 충진율이 3배 커져도 항자력 감소는 5% 미만이었다. 충진율의 증가는 곧 감자계의 상승을 의미하므로, 그림 10의 결과는 항자력에 대한 감자계의 영향이 거의 없다는 것을 말하는 것이다. 그림 11은 입자직경에 따른 수직방향과 수평방향의 항자력 변화이다. 이 때, 항자력은 도금된 입자의 길이에 따라 서로 약간 변화하는 경향이 있었기 때문에 이 영향을 최소화 하기위해 축비가 10이상인 시편만을 선택하여 도시하였다. 입자직경이 200Å에서 700 Å로 커지면, 수직항자력은 약 2000 Oe에서 300 Oe정도로 감소했으며, 수평항자력도 그 감소폭은 적으나 수직항자력과 유사한 경향을 보였다. 따라서 입자직경을 변화시킴으로써 도금층의 항자력을 용이하게 조절할 수 있음을 알 수 있다. 이와

같이 항자력이 도금된 입자직경에 의해서만 좌우되는 것은 자성층의 자화역전이 컬링에 의해 일어나기 때문이라 생각되며, 이 방면에 대해서는 다음 기회에 상술하기로 하겠다.

그림 12와 13은 각각 각형비에 대한 입자충진률과 입자직경의 영향을 보여준다. 각형비는 항자력과는 달리 입자충진률에 따른 변화폭이 크며, 충진율이 3배 증가하면 각형비는 약 반으로 감소했다. 입자직경의 영향은 항자력과 유사해서 입자직경이 클수록 각형비는 저해했다. 각형비가 감소한다는 것은 도금된 입자들의 자화방향이 더욱 더 antiparallel하게 된다는 것을 의미하는데, 감자계가 커지거나 항자력이 작아지면 이러한 경향은 심해진다.^(14,15) 따라서 그림 12에서 입자충진률 증가에 의해 각형비가 감소하는 것은 감자계의 증가 때문이며, 그림 13에서 입자직경이 커짐에 따라 각형비가 적어지는 현상은 감자계의 상승과 더불어 항자력 감소도 그 원인이라 할 수 있다. 결국 각형비를 크게 하려면 입자직경과 충진률을 최대한 작게 하는 것이 유리하다. 그러나 충진률이 작아지면, 도금층의 단위면적당 자성입자가 차지하는 면적이 감소하므로 기록밀도를 증가시키기 어렵다는

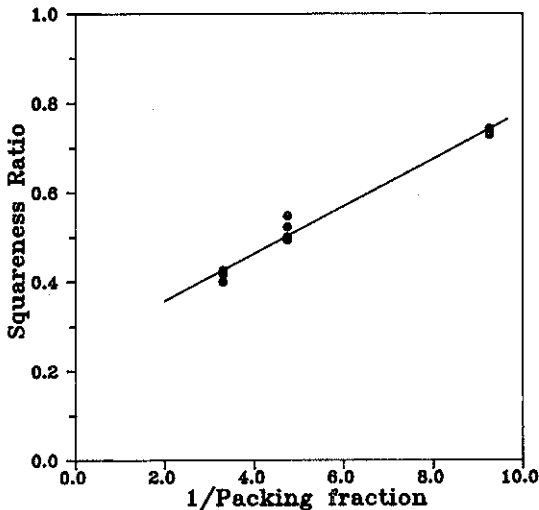


Fig. 12. The relationship between the squareness ratio and inverse of packing fraction in Fe deposited films at equal particle diameter. (particle diameter : 358 Å)

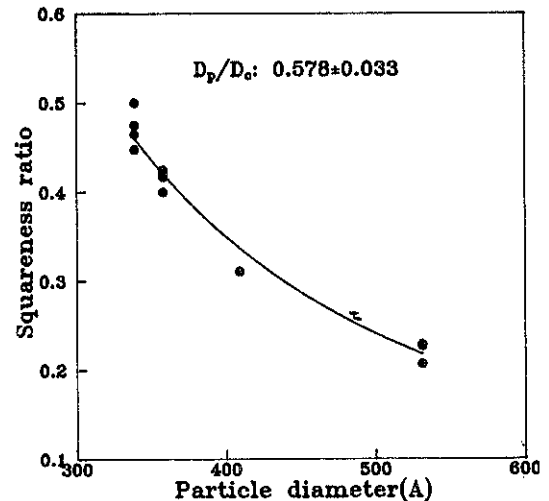


Fig. 13. Dependence of squareness ratio on particle diameter in Fe deposited films at the same packing fraction.

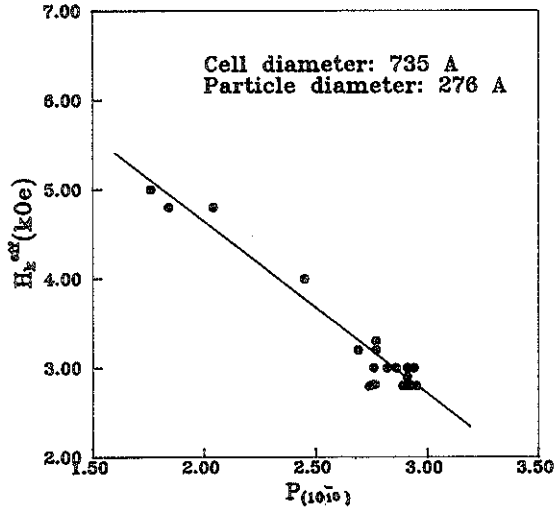


Fig. 14. The relationship between the H_c^{perp} and $(10\bar{1}0)$ texture coefficient in Co deposited films.

단점이 있다. Co 도금층의 경우에도 도금층의 자기적 성질이 주로 도금층의 형상에 의해 지배된다는 사실은 Fe 도금층과 변함이 없었다. 단지 Fe 경우와는 달리 도금층의 수직이방성이나 항자력등이 도금층의 결정방위의 영향을 크게 받았다.

그림 14는 Co의 $(10\bar{1}0)$ 우선방위계수($P_{(10\bar{1}0)}$)에 따른 유효수직이방성자계의 변화로, $(P_{(10\bar{1}0)})$ 의 증가에 따라 H_c^{perp} 는 직선적으로 감소하는 양상을 보인다.

이것은 $(10\bar{1}0)$ 우선방위가 존재하므로 결정이방성은 수평방향으로 작용하고, 코발트의 결정이방성에너지는 철의 약 10배로, 순수한 결정이방성만으로도 최대 6.3 kOe의 큰 이방성자계를 얻을 수 있기 때문이다. 그러나 이러한 경우에도 여전히 수직이방성은 존재하였으며, 이는 수평방향으로 작용하는 결정이방성에너지 보다 수직방향으로 작용하는 형태이방성에너지의 크기가 더 크기 때문이다. 만일 코발트 도금층이 (0002) 우선방위를 갖는다면 유효수직이방성자계는 더욱 상승할 것으로 예상되나, 이 실험에서는 (0002) 우선방위를 갖는 도금층은 얻을 수 없었다. 그림 15는 $(10\bar{1}0)$ 우선방위계수에 따른 수직항자력의 변화로 $(10\bar{1}0)$ 면의 우선방위계수가 2.9에서 1.7로 되면, 항자력은 800 Oe에서 1700 Oe 정도로 약 2배 이상이나 증가했다. 또 각형비도 결정방위에 따라

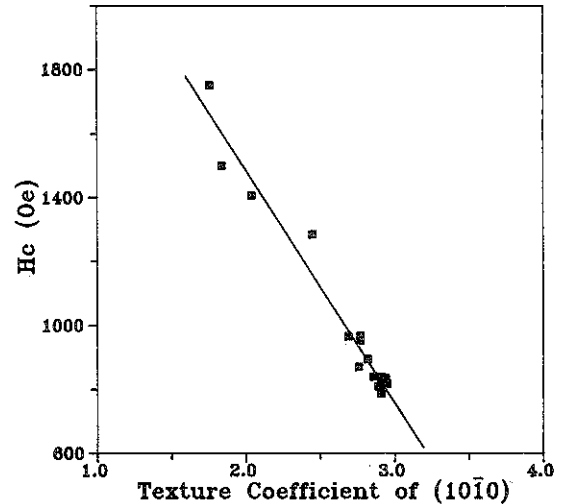


Fig. 15. The change of perpendicular coercivity with $(10\bar{1}0)$ texture coefficient in Co deposited films.

변화했으나, 그 정도는 수직이방성자계나 항자력에 비해서는 적은 편이었다.

그림 14, 15에 도시한 Co 도금층과 동일한 입자직경과 충전율을 갖는 Fe 도금층의 유효이방성 자계와 항자력은 각각 6.4 kOe, 1800 Oe이며, 각형비도 Fe 도금층의 경우는 0.85인데 반해 Co 도금층의 경우는 0.7로 Fe 도금층에 비해 적은 것으로 나타났다. 따라서 수직기록매체에서의 자기적 특성은 도금층이 더 우수한 것으로 판단된다.

4. 결 론

- 1) Fe 도금층에서 입자직경과 셀직경의 비가 0.6이하인 경우에만 수직 방향의 자기 이방성이 존재했다.
- 2) Fe 도금층의 항자력은 입자직경의 감소에 따라 증가했다.
- 3) Co 도금층에서는 Co의 큰 결정이방성에너지로 인해 Fe 도금층과는 달리 도금층의 우선방위에 유효수직이방성 자계와 항자력이 크게 의존했다.
- 4) 동일한 조건에서 제작된 Fe 도금층과 Co 도금층의 유효수직이방성 자계, 항자력, 각형비를 비

교한 결과 수직자기기록매체로서의 자기적 특성을 Fe 도금층이 더 우수한 것으로 나타났다.

5. 참고문헌

1. S. Iwasaki and Y. Nakamura, IEEE Trans. Mag., Mag-13, 1272(1977)
2. S. Iwasaki, ibid, Mag-16, 71(1980)
3. G. Bate, D. E. Soeliotis and J. R. Morrison, J. Appl. Phys., 35, 972(1964)
4. G. Bate, IEEE Trans. Mag., Mag-1, 193(1965)
5. S. Iwasaki, ibid, Mag-14, 849(1978)
6. Tu Chen and P. L. Cavallotti, J. App. Phys., 41, 1125(1982)
7. S. Kawai and R. Ueda, J. Electrochem. Soc., 122, 32(1975)
8. S. Kawai, ibid, 122, 1026(1975)
9. N. Tsuya et al, IEEE Trans.Mag., Mag-21, 14 65(1985)
10. H. Takahashi and M. Nagayama, Corro. Sci., 18, 911(1978)
11. J. P. O'Sullivan and G. C. Wood, Proc. Roy. Soc. Lond., A317, 511(1970)
12. R. L. Cohen, Ch. J. Raub and T. Muramaki, J. Electrochem. Soc., 125, 34(1978)
13. K. Ouchi, Ph. D thesis, Tohoku University, Sendai, Japan(1984)
14. M. Masuda and S. Shiomi, J. Mag. Soc. Jap., 12, 537(1988)
15. W. H. Krann et al, IEEE Trans. Mag., Mag-24, 1793(1988)

후 기

이 연구는 1988년도 문교부 첨단공학(신소재 분야) 학술 연구 조성비에 의해 수행되었음을 밝힙니다.