

순철박막의 증착속도, 미세구조 및 자성에 미치는 스퍼터링조건의 영향

한석희, 김희중, 강일구
한국과학기술연구원 금속재료연구단

최정옥, 이정중
서울대학교 공과대학 금속공학과

(1991년 9월 3일 받음)

고주파 마그네트론 스퍼터링법으로 제조된 순철박막에 대해 증착속도, 미세구조 및 자기특성에 미치는 스퍼터링조건의 영향을 조사하였다. 증착속도는 기관에 자장을 가할 경우 현저히 증가하였으며, 이는 자장에 의한 Ar 이온의 증가효과로 고찰되었다. 투입전력이 커질수록 결정립 크기와 격자상수가 증가하였으며 (110)면이 강하게 발달하였다. Ar 압력의 증가에 따라 격자상수는 작아졌으나 결정립 크기는 거의 변화하지 않았다. 기관자장을 가하면서 60W에서 제조한 순철박막의 자화곡선방향이 가장 낮은 약 3Oe의 보자력을 나타내었다. 보자력은 5mTorr 이상의 Ar 압력에서 급증하는 경향을 보였으며, 이는 표면이 거칠어진 효과 및 제2상의 효과로 고찰되었다. 두께에 따른 보자력의 변화는 50-200 nm 두께의 범위에서 Néel의 관계를 잘 만족하였다.

I. 서론

최근 연자성 박막재료의 기술개발은, MHz 영역에서 가급적 높은 주파수 영역까지 높은 유효투자율(effective permeability)을 유지하면서 동시에 높은 포화자속밀도를 갖는 최적의 재료 조성 및 구조의 탐색에 집중되고 있다. 포화자속밀도(M_s)는 재료 성분에만 좌우되는 고유특성이므로 M_s 를 높이는 데는 큰 자기모멘트를 가진 재료의 선택이 필수적이다. 상온에서 가장 큰 자기모멘트를 가진 원소는 Fe이므로 고자속밀도를 갖는 연자성 박막재료의 개발을 위해서 최근 많은 연구자들은 스퍼터링방법을 이용하여 Fe에 C, Si, N, B 원소들[1-4] 및 Co, Ni, Zr, Hf 등[5-7]의 천이금속들을 첨가하여 새로운 조성을 찾고 그 구조도 단층막 뿐만 아니라 여러 재료를 조합한 다층막으로 제조하여 최적의 특성을 나타내는 박막재료를 활발히 연구하고 있다.

Fe계 합금재료를 통상의 고주파 마그네트론(RF magnetron)방식으로 스퍼터링할 경우 순철 타게트는 양호한 연자성체이므로 자기차폐(magnetic shielding)효과가 매

우 커져 박막의 증착속도가 비자성체인 Cr이나 강자성체지만 자기차폐효과가 작은 Co 타게트를 사용한 경우에 비해 1/10 이하로 감소하게 된다[8]. 이러한 결점을 극복하기 위해 Fe계 합금박막의 제조에 이온빔(ion beam) 스퍼터링장치를 채용하고 있으나 이 장치는 가격이 매우 비싸고 양산성에 문제점을 안고 있다. 고주파 마그네트론 스퍼터링방식에서 타게트에 의한 자기차폐효과를 보상하기 위한 방안의 하나가 기관에 자장을 가하는 방법이며, 이 방법은 증착속도의 개선 효과 뿐만 아니라 Co-Hf계 박막의 경우 고주파에서의 유효투자율을 향상시키는 효과도 있음을 알 수 있었다[9].

본 연구는 Fe계 박막재료를 연구하는 데 가장 기본적인 순철을 대상으로 하여 투입전력, Ar 압력 및 기관자장과 같은 스퍼터링 제조조건의 변화가 증착속도, 자성 및 미세구조에 미치는 영향을 조사해 보고자 시도하였다.

II. 실험방법

본 실험에 사용한 스퍼터링장치는 국내에서 자체 제

작한 고주파 2극 마그네트론방식을 취하고 있으며, 장치의 개략도를 그림 1에 나타내었다. 타겟트는 직경이 10cm인 순도 99.9%의 순철 원판을 사용하였으며, 기판은 투과전자현미경(TEM) 관찰용으로는 탄소막을 입힌 Cu grid(200 mesh), 자성 측정용으로는 8×8 mm 크기의 슬라이드유리판을 이용하였다. 본 실험의 스퍼터링조건은 표 1에 나타내었으며, Ar 압력은 1·10 mTorr, 투입전력은 30-120 W, 스퍼터링시간은 30-120 분 범위에서 실험하였다. 또한 박막 제조시에 자장이 미치는 영향을 보기 위해 쉘라이트자석을 설치하여 기판면에 평행한 방향으로 70 Oe의 균일한 자장을 가할 수 있게 하였다.

본 실험에 사용된 시편들은 기판의 위치에 따른 특성의 차이를 배제하기 위해 모두 기판의 중앙에서 1.2cm 떨어진 위치에서 동일한 크기로 채취하였다. 박막의 두

께는 Taly step으로 측정하였고, 결정구조와 미세구조는 X-선 회절장치 및 투과전자현미경(TEM)으로 조사하였다. 박막의 자기특성은 8×8mm 크기의 시편을 사용하여 진동시료형자속계로서 측정하였다.

III. 실험결과 및 고찰

1. 투입전력과 Ar 압력이 박막의 증착속도에 미치는 영향

스퍼터링된 입자가 기판에 부착되는 속도인 증착속도는 박막의 두께를 결정할 뿐만 아니라 박막의 구조, 자기특성을 비롯한 여러 물리적 특성들에 영향을 미친다는 점에서 박막의 연구에서 우선적으로 조사되어야 할 항목이다. 증착속도는 스퍼터링장치의 구조, 투입전력, 전극간 거리, 이온화가스 압력, 기판온도, 재료 구성원소 등 여러 스퍼터링 변수에 의해 변화하게 되는 것으로 알려져 있다[10]. 본 연구에서는 이 중 투입전력과 Ar 압력이 증착속도에 미치는 영향에 대해 조사되었다.

그림 2는 Ar 압력이 1mTorr일 때 투입전력에 따른 증착속도의 변화를 나타낸 것이며, 투입전력의 증가에 따라 증착속도는 거의 직선적으로 증가하고 있음을 볼 수 있다. 기판 자장이 가해지지 않은 경우에는 1W의 전력 증가당 0.15 Å/min의 증착속도 증가를 나타내었으며, 이는 Co의 경우에 비해 약 1/10 정도로 낮은 속도이었다[9]. 그러나 70 Oe의 기판자장이 가해지면 거의 2배로 증

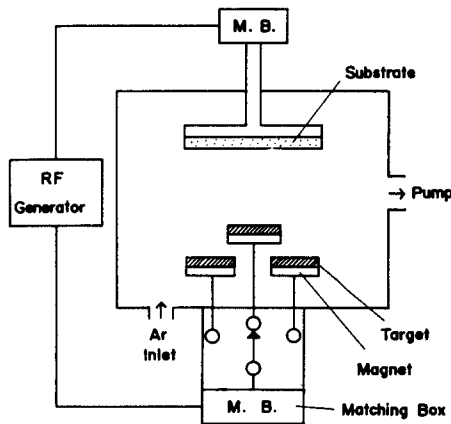


Fig. 1. Schematic diagram of the RF magnetron sputtering apparatus.

Table 1. Sputtering conditions used in this experiment

Parameter	Condition
Vacuum	less than 8×10^{-7} Torr
Ar Pressure	1·10 mTorr
Target(T)	100 mmΦ Fe
Substrate(S)	8×8mm slide glass Cu grid(C film)
S-T Distance	7 cm
Input power	30-120 W
Sputter time	30-120 min.
Magnetic field	0, 70 Oe

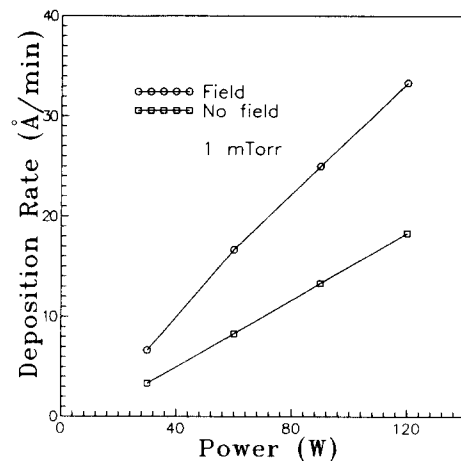


Fig. 2. Effect of RF input power on the deposition rate.

착속도가 증가하는 것을 알 수 있다.

그림 3은 투입전력이 60W일 때 Ar 압력에 따른 증착 속도의 변화를 나타낸 것으로 기관 자장이 없는 경우에는 증착속도가 5mTorr까지 점차 증가하다가 감소하는 경향을 보이는 반면, 기관에 자장을 가한 경우에는 1mTorr에서 가장 높은 17 Å/min의 증착속도를 나타내고 Ar 압력이 증가함에 따라 증착속도가 서서히 감소하다가 5mTorr 이상에서 급격한 감소추세를 보이고 있다.

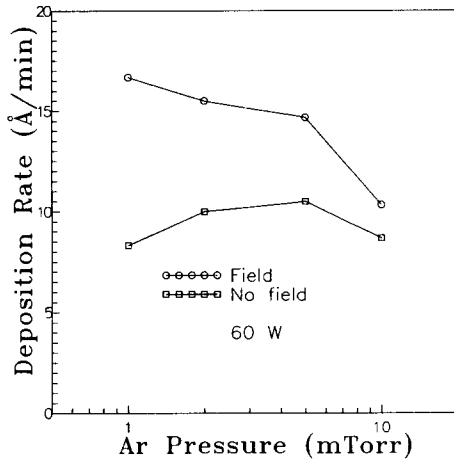


Fig. 3. Effect of Ar pressure on the deposition rate.

스퍼터링의 경우 증착속도 R 은 스퍼터링변수들 및 재료의 특성과 다음과 같은 관계를 가지는 것으로 알려져 있다[11].

$$R = ki, SM / Ne\rho \quad (1)$$

여기에서 k 는 사용된 스퍼터링장치의 전극구조에 의해 결정되는 상수를 의미하며, 본 실험장치와 같은 planar magnetron 구조에서는 $k=1$ 이라 생각하고 있다. i_+ 는 타겟 표면의 이온전류밀도, S 는 스퍼터율(sputter yield), M 은 스퍼터물질의 원자량, N 은 Avogadro수, e 는 전자, ρ 는 증착되는 재료의 밀도를 나타낸다. 본 실험의 경우와 같은 보통의 방전조건(입사이온의 에너지가 수백~수천 eV)에서는 투입전력이 증가하면 i_+ 과 S 는 거의 직선적으로 증가하게 되므로[12], (1)식에 의해 그림 2의 증착속도와 투입전력과의 거의 직선적인 경향을 쉽게 해석할 수 있다.

Ar 압력이 증착속도에 미치는 효과는 매우 복잡적이

므로 고찰하기 쉽지 않다. 일반적인 고주파 스퍼터링시 Ar 압력이 낮은 범위에서는 증착속도가 증가하여 약 10mTorr에서 최대가 된 후 그 이상의 Ar 압력으로 높아지면 증착속도가 Ar 압력의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있으며[13], 이는 다음과 같이 생각할 수 있다.

증착속도는 이온화된 Ar 이온이 타겟에 충돌하여 튀어 나오는 입자의 총량이 많고, 스퍼터입자들이 기관으로 이동할 때 방전공간에 존재하는 Ar 원자 및 이온, 스퍼터입자들과 충돌하여 비산되는 양이 적을수록 커지게 된다. Ar 압력이 낮은 범위에서는 비산되는 양이 무시할 만큼 적은 반면 Ar 이온의 양도 적어 (1)식에서 i_+ 이 작으므로 증착속도는 낮게 된다. Ar 압력이 증가하면 비산되는 양이 증가되나 i_+ 가 커져 스퍼터되는 입자의 총량이 증가하는 효과가 더욱 크게 작용하여 증착속도는 증가하게 된다. 그러나 Ar 압력이 어느 한도 이상이 되면 전리된 전자들이 Ar 이온과 재결합하여 Ar 이온의 양이 감소되므로 i_+ 가 낮아져 스퍼터되는 총량이 감소함과 동시에 방전공간에 Ar 농도가 높아 비산되는 입자들이 많아지므로 증착속도는 감소하게 된다. 그림 3의 자장이 없는 상태의 증착속도 변화는 위와 같이 고찰될 수 있다.

한편 타겟 아래에 설치된 마그네트론에 의한 자장은 방전공간내에서 전계방향과 자계방향이 직교상태가 되어 전리된 전자들이 cycloid형으로 선회하면서 전자와 Ar 가스와의 충돌횟수를 증가시켜 동일한 Ar 압력하에서 Ar 이온의 농도를 높이게 되며, 이 경우 전자와 Ar 이온의 분리 확률을 의미하는 전리계수는 자화량의 제공에 비례하는 것으로 보고되고 있다[14]. 따라서 상대적으로 많은 수의 Ar 이온을 전리할 수 있는 마그네트론방식은 마그네트론이 없는 방식에 비해 타겟과 충돌하는 Ar 이온의 수를 증가시킬 수 있어 증착속도를 높일 수 있다. Fe 타겟은 양호한 연자성체이므로 타겟 아래에 설치된 자석으로부터 나오는 자장을 차폐시켜 방전공간에는 매우 약한 자장만이 존재하게 된다. 본 장치에서 타겟 위의 방전공간에서의 자장을 측정해 보면 Cr 타겟의 경우는 최대 1000Oe, Co 타겟은 최대 650Oe인데 비해 Fe 타겟은 최대 50Oe의 자계가 분포되어 있어 이 자기차폐효과를 반증해 주고 있다[8]. 기관에 70 Oe의 자장을 가진 영구자석을 설치하면 방전공간내의 자장이 약 50% 정도 증가하였다[8]. 따라서 이 기관으로부터 발생하는 자장 역시 Ar 이온의 전리계수를 높여 i_+ 를 증가시키고 증착속도를 높일 수 있다는 것을 알 수 있으며, 그림 2와 3에서 기관자장에 의한 증착속도의 증

가현상은 이 효과로 해석할 수 있다. 한편 그림 3에서 보인 기관자장의 효과가 낮은 Ar 압력하에서 현저히 큰 이유를 생각해 보면 Ar 압력이 낮은 경우에는 비산효과가 적어 증착속도에 Ar 이온의 효과가 결정적으로 기여하지만 Ar 압력이 높아지면 비산효과와 함께 전자와의 재결합에 의해 i_s 가 감소되므로 증착속도가 감소하게 되는 것으로 해석할 수 있다.

2. 스퍼터링조건이 순철박막의 미세구조에 미치는 영향

순철박막은 스퍼터링 제조조건에 따라 결정구조 및 미세조직이 변화되게 되며, Ishiwata 등[15]에 의하면 타겟트에서의 Ar 이온 가속전압이 증가하고 기관온도가 높아지면 (200)면에서 (110)면으로 우선배향이 변한다고 보고되고 있다.

그림 4는 Ar 압력을 1mTorr로 고정하고 투입전력을 30-120 W까지 변화시켰을 때의 미세구조 및 회절패턴의 변화를 투과전자현미경으로 관찰한 것이다. 투입전력이 증가함에 따라 결정립의 크기가 현저히 커지는 것을 볼 수 있다. 이는 투입전력이 커지면 Ar 이온의 가속전압이 증가되어 스퍼터되는 입자의 운동에너지가 커지게 되고, 이러한 입자들이 기관에 도달하게 되면 기관에서의 확산거리가 커지고 기관의 온도가 상승하여 결정의 성장이 촉진되기 때문으로 생각할 수 있으며, Ishiwata 등의 연구결과와 일치하는 경향이다.

회절패턴을 분석해 보면 bcc구조인 α -Fe(110), (200), (211), (220), (310) 및 (222)면들이 공통적으로 나타나고 있다. 30W의 경우에는 다른 경우들에는 보이지 않는 미지의 2개의 회절링이 보이고 있으며, 이 회절링은 60 W 이상이 되면 보이지 않고 있다. 이 예상치 않은 미지의 회절링은 확실히 단정하기는 어렵지만 회절패턴을 분석해 본 결과로는 각각 γ -Fe₂O₃의 (119) 또는 (313), (513) 또는 (339)면과 유사하였다. 그러나 순철의 고온상인 γ -Fe도 빠른 냉각속도로 인해 생성되었을 가능성도 배제하기 어려우므로 좀더 체계적인 연구를 하여 평가할 필요가 있다고 생각된다. 회절패턴에서 가장 강한 회절강도를 나타내는 것은 (110)면이며, 투입전력이 증가하면 (110)면이 확산된 링형태에서 날카로운 링형태로 변화한다. 이는 (110)면의 우선배향이 증가하는 것을 의미하며, 그림 5에 나타난 X-선 회절패턴에서도 이 경향은 확인할 수 있다.

TEM과 X-선 회절패턴으로 부터 격자상수(lattice parameter)를 계산하여 투입전력에 대해 나타낸 것이 그림 6이다. 박막의 격자상수는 투입전력이 증가함에 따라 거

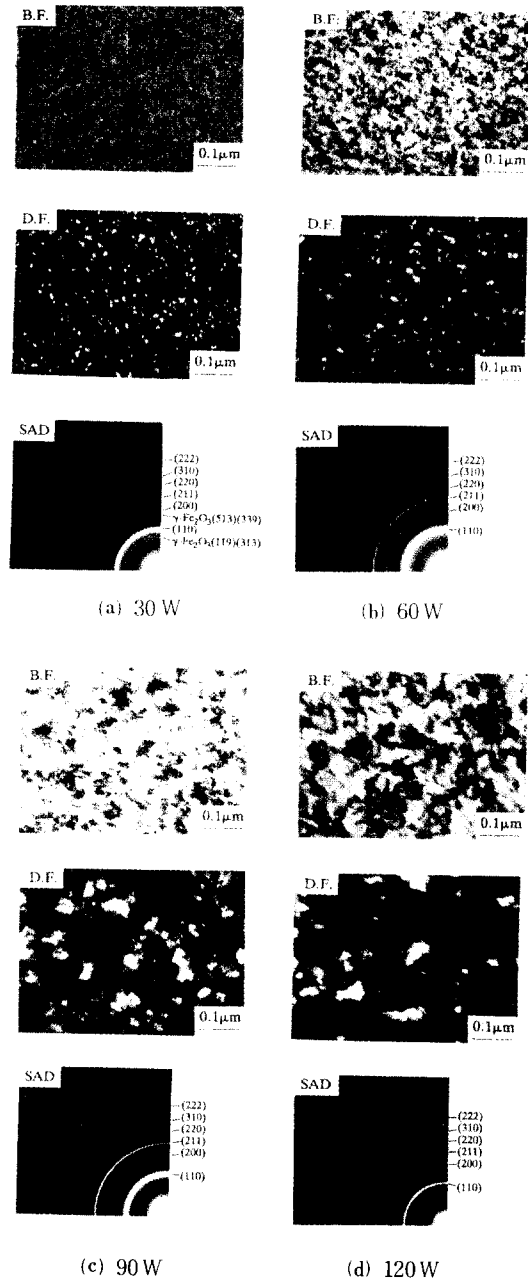


Fig. 4. TEM images and SAD patterns of the pure Fe thin films sputtered at various RF input powers (P_{Ar} : 1 mTorr).

의 직선적으로 증가하고 있으며, 벌크(bulk) 상태의 격자상수 2.8665 Å보다 높게 나타나고 있다. 이는 투입전력이 증가할수록 기관에 도달하는 입자들의 운동에너지

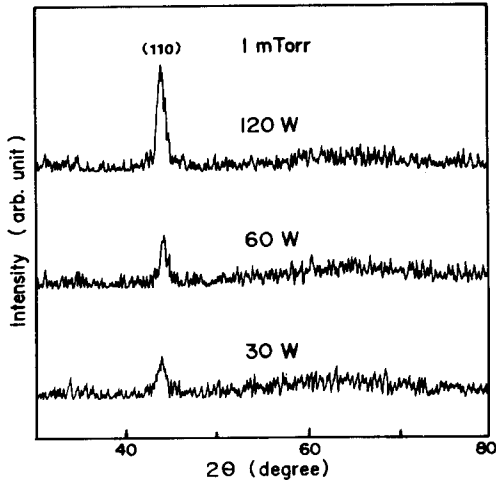


Fig. 5. X-ray diffraction patterns of pure Fe films sputtered at various RF input powers

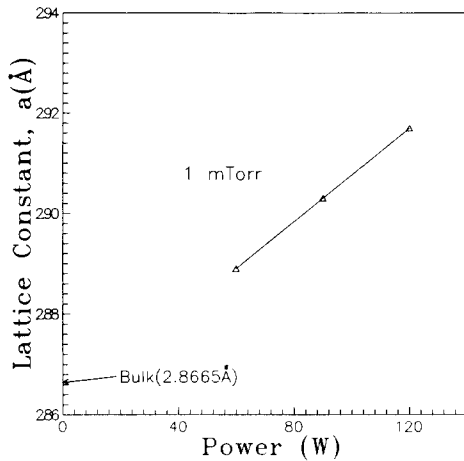


Fig. 6. Effect of RF input power on the lattice parameters of pure Fe thin films.

가 높아 증착시에 박막 내부의 응력을 증가시키기 때문에 생각할 수 있다. 투입전력에 따른 미세구조의 실험에서 기판자장의 효과는 거의 확인할 수 없었다.

그림 7은 투입전력을 60W로 고정하고 Ar 압력을 1-10 mTorr까지 변화시켰을 때의 투과전자현미경으로 조사한 미세조직과 회절패턴의 변화를 나타낸 것이다. Ar 압력에 따른 결정립 크기의 변화는 거의 나타나지 않고 있다. 그러나 회절패턴을 보면 5 mTorr Ar 압력에서 (110)면의 회절링이 가장 강하게 나타나고, 1 mTorr 에서

가장 확산된 (110) 회절링이 나타남을 볼 수 있다. 또한 10 mTorr에서는 앞의 30 W의 회절링과 같은 미지의 회절링이 보이고 있다. 5 mTorr에서 가장 강한 (110) 회절링이 보이는 것은 그림 3의 무자장의 경우에서 보이는 바와 같이 가장 높은 증착속도를 나타내는 조건이므로 단

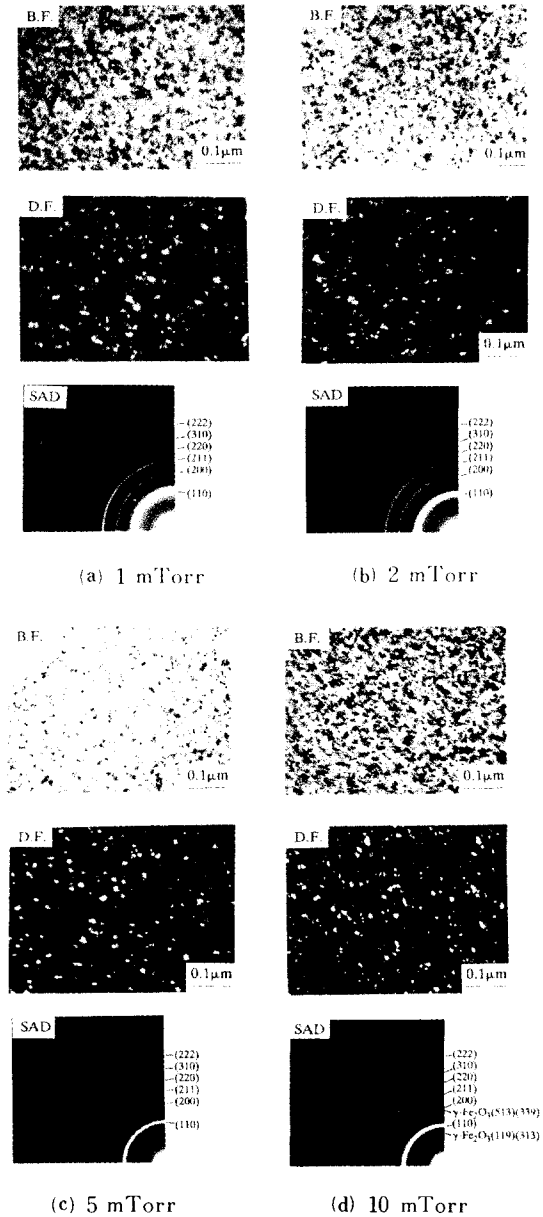


Fig. 7. TEM images and SAD patterns of the pure Fe thin films sputtered at various Ar pressures (RF power:60 W).

위시간당 가장 많은 증착입자들이 기판에 부착되어 가장 큰 기관 가열 효과를 주어 (110)면의 성장을 촉진시키기 때문으로 생각된다.

그림 8에는 Ar 압력에 따른 격자상수를 앞의 TEM 회절패턴과 X-선 회절패턴을 분석하여 구해 나타내었다. 1mTorr에서의 격자상수는 약 2.89Å이지만 Ar 압력이 증가하여 5mTorr 이상이 되면 벌크상태의 α -Fe와 유사한 격자상수로 됨을 알 수 있다. 이는 Ar 압력이 1mTorr 일 때는 스퍼터입자가 기판에 도달될 때까지 Ar이나 다른 입자들과의 충돌이 적어 기판에 도달시의 운동에너지가 큰 반면 Ar 압력이 5mTorr 이상이 되면 스퍼터 입자들이 방전공간내에서 충돌되는 확률이 높아져 기판에 도달시에는 그 운동 에너지가 상대적으로 낮아져 증착되는 박막의 내부응력이 작아지기 때문으로 생각된다.

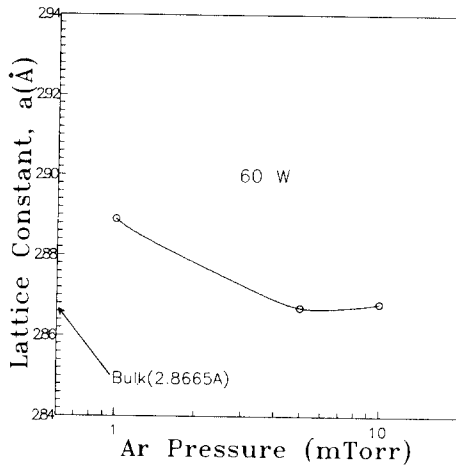


Fig. 8. Effect of Ar pressure on the lattice parameters of pure Fe thin films.

3. 스퍼터링조건이 순철박막의 직류자기특성에 미치는 영향

그림 9에서 Ar 압력을 1mTorr로 하고 투입전력을 변화시켰을 때의 보자력 변화를 기관자장이 없는 경우와 기관자장을 가해 준 경우에 대해 나타내었다. 보자력은 두께의 민감한 자기특성이므로 이 그림의 결과는 그림 2 및 그림 3의 증착속도 변화 경향을 고려하고 박막 두께가 약 0.1 μm 가 되도록 스퍼터링 시간을 변화시켜 제조한 박막에서 구하였다. 이 그림에서 기관자장의 유무에 관계없이 투입전력이 증가하면 보자력이 감소하여 60W에서 최소치를 나타내고 그 이상에서는 증가하는 경향

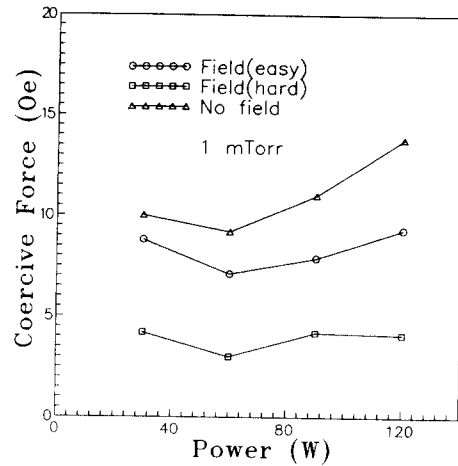


Fig. 9. Effect of RF input power on the coercive force.

을 보이고 있다. 한편 자장을 가한 경우의 보자력이 자장이 없는 경우보다 낮게 나타나고 있으며, 기관자장에 수직인 방향(그림 9에서 hard로 표시)의 보자력이 평행한 방향(easy로 표시)의 보자력보다 낮게 나타나고 있다. 가장 낮은 보자력은 기관에 자장을 가하면서 1mTorr, 60W의 조건으로 스퍼터링시켜 제조한 시편을 기관자장에 수직인 방향으로 측정하였을 때 나타났으며 보자력은 약 30e이었다.

일반적으로 보자력은 자속밀도가 높을수록, 자기이방성(magnetic anisotropy)과 자왜(magnetostriction)가 작을수록 높아지는 것으로 알려져 있다. 그러나 그림 4의 미세구조에서 보는 바와 같이 결정립경이 수십 nm인 초미세결정(nanocrystalline) 구조의 연자성재료에서는 자기이방성의 분산[16]이 일어나 보자력에는 결정자기이방성의 효과가 거의 무시되는 반면 결정립경이 주로 기여하여 결정립이 작을수록 보자력이 작아지게 된다. 따라서 결정립경이 큰 120W의 경우보다 결정립이 미세화된 60W의 경우가 작은 보자력을 나타내게 된다. 그러나 결정립경이 가장 작은 30W에서 보자력이 최소가 되지 않는 원인은 회절패턴에서 보이는 미지의 제2상이 존재하여 자구의 움직임을 방해하는 요인을 우선 들 수 있다. 또한 Ishiwata 등[15]의 연구에서 보고된 것처럼 투입전력의 증가와 함께 순철박막의 결정구조가 (200)면에서 (110)면으로 변화되면서 포화자왜가 (+)에서 (-)로 바뀌게 되는데 본 연구결과의 경우 60W의 경우가 이 경계인 영자왜조건에 접근하는 조건이므로 보자력이 낮아졌을 가능성도 생각할 수 있다.

기판자장에 수직한 방향의 보자력이 가장 낮은 원인을 고찰해 보기 위해 그림 10에는 기판에 자장을 가한 경우와 가하지 않은 경우에 측정된 $M-H$ 이력곡선들을 모식적으로 나타내었다. 기판에 자장을 가하였을 경우에는 박막이 증착될 때 일축자기이방성(uniaxial magnetic anisotropy)이 커져 180° 자구가 자장에 평행하게 배열하여 (a)와 같이 각형을 나타내는 자화용이축(EA)과 경사형의 자화곤란축(HA)이 현저히 구별되지만 자장을 가하지 않은 경우에는 방향성이 없이 모든 방향에서 (b)와 같이 나타났다. 또한 보자력이 자화곤란축에서 낮게 나타나는데 이는 Fe계 박막합금의 다른 연구들[17, 18]에서도 나타나는 현상으로 자화곡선의 측정시 자화용이축으로 배열된 자구는 자화반전시 높은 역자장까지 견디다가 일단 역자구가 생기면 순식간에 자구이동에 의해 반대 방향으로 자화되므로 오히려 보자력이 높게 나타나고, 자화곤란축은 측정자장과 수직한 자화 방향을 가지고 있으므로 역자장이 가해지면 자화회전이 점진적으로 진행되어 보자력은 낮게 나타나게 된다고 생각된다.

그림 11은 투입전력 60W에서 1시간 동안 증착시켰을 때의 Ar 압력에 따른 보자력의 변화를 나타낸 것이다. 보자력은 5mTorr까지는 완만한 증가를 보이다가 10mTorr에서는 급격한 증가를 나타내고 있다. Ar 압력이 변화해도 결정립 크기의 변화는 거의 없고 우선배향도 일정한 경향을 보이지 않으므로 여기에는 다른 요인이 기여하고 있음을 유추할 수 있다. Ar 압력이 증가하면 박막표면이 거칠어지는 현상은 Thornton[19]에 의한 박막 성장 모식도에서 잘 고찰된 바 있으며 본 실험재료들을 주사전자현미경(SEM)으로 표면을 조사해 본 결과는 이 경향과 잘 일치하였다[8]. 따라서 Ar 압력이 높아

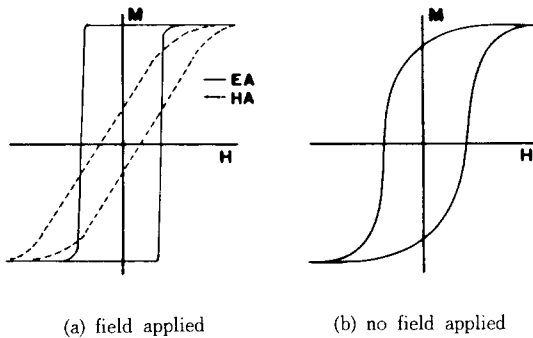


Fig. 10. Schematic representation showing the substrate magnetic field dependence of $M-H$ loops.

짐에 따라 보자력이 증가하는 현상은 순철박막의 표면이 거칠어져 표면부근의 자구고착현상이 강화되어 자화를 곤란하게 하기 때문으로 볼 수 있다. 한편 10mTorr에서 보자력이 급증하는 현상은 표면이 거칠어진 효과 이외에 머지의 제2상이 존재함에 따른 효과도 복합되어 작용하기 때문으로 생각된다.

그림 12는 투입전력 60W, Ar 압력 1mTorr하에서 제조한 순철박막들에 대해 두께에 따른 보자력의 변화를 나타내었다. 그림상의 실선은 Néel[20]이 Bloch wall을 가정하여 유도한 이론식인 $H_c = A_t^{1/3}$ 를 도시한 것이며, 기판자장의 유무에 관계없이 실험결과와 비교적 잘 일

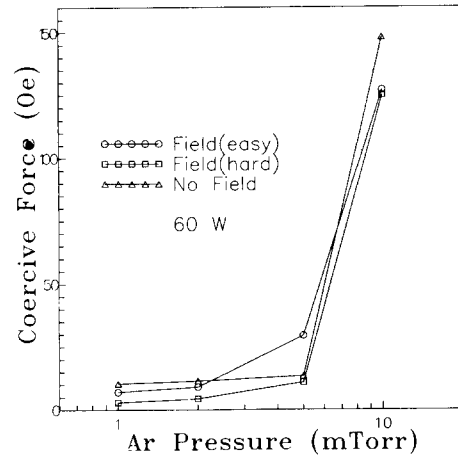


Fig. 11. Effect of Ar pressure on the coercive force.

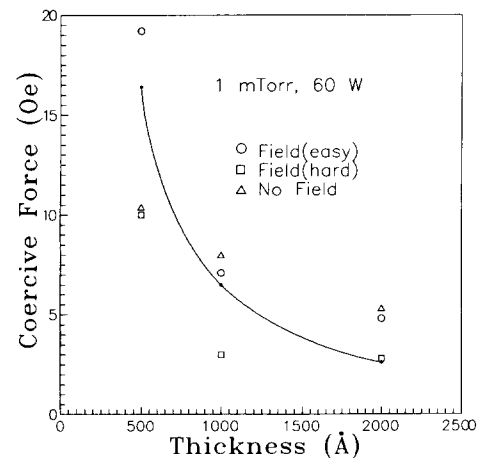


Fig. 12. Dependence of the coercive force on the film thickness.

치하고 있다. 따라서 500-2000 Å 두께 범위에서는 보자력이 순철박막 두께가 증가함에 따라 감소하고 이 현상은 bloch wall이 주로 기여하여 일어나는 것으로 생각할 수 있다.

IV. 결론

고주파 마그네트론 스퍼터링으로 순철박막을 제조할 경우에 투입전력, Ar 압력, 기관 자장 등의 스퍼터링조건들을 변화시켜 이에 따른 증착속도, 미세구조 및 자기 특성의 변화를 조사한 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

증착속도는 투입전력이 증가하면 거의 직선적으로 증가하였으며, 70 Oe의 기관자장이 가해지면 약 2배의 증착속도 증가를 나타내었다. Ar 압력에 따른 증착속도의 변화는 기관자장이 없을 경우 5mTorr까지 증착속도가 증가하다가 감소하는 반면 자장이 가해지면 증착속도가 커진 상태에서 Ar 압력이 증가할수록 계속 감소하는 추세를 나타내었다. 증착속도에 미치는 기관자장의 효과는 Ar 이온의 전리계수 증가로서 해석되었다.

투입전력이 증가할수록 순철박막의 결정립 크기가 커지고, α -Fe의 (110)면이 강하게 발달하면서 격자상수도 증가하는 경향을 나타내었다. Ar 압력이 증가하면 결정립 크기는 변화하지 않았으나 격자상수는 감소하였다. 투입전력이 낮거나 Ar 압력이 높은 경우 α -Fe 이외의 제2상이 관찰되었다.

보자력은 투입전력이 60 W인 경우에 작아지는 경향을 보였으며, 기관자장에 수직인 방향으로 측정하였을 경우에 약 3Oe의 최소치를 나타내었다. Ar 압력이 증가하면 보자력이 5 mTorr까지는 완만하게 증가하다가 10mTorr에서는 급증하는 경향을 보였으며, 이 급격한 증가는 표면이 거칠어진 효과와 제2상의 생성에 의한 것으로 해석되었다. 50-200 nm의 두께범위에서 순철박막의 보자력에 대한 두께 의존성은 Néel의 관계를 잘 만족하였다.

참고문헌

[1] T. Kobayashi, R. Nakatani, S. Otomo and N. Kumasaka, IEEE Trans. Magn., 23, 2746(1987).

[2] N. Kumasaka, N. Saito, Y. Shiroishi, K. Shiiki, H. Fujiwara and M. Kudo, J. Appl. Phys., 55, 2238(1984).

[3] M. Takahashi, H. Shoji, T. Shimatsu, H. Komaba and T. Wakiyama, IEEE Trans. Magn., 26, 1503(1990).

[4] H. Sakakima, K. Ihara, K. Osano and N. Kaminaka, IEEE Trans. Magn., 26, 2347(1990).

[5] M. Senda and Y. Nagai, J. Appl. Phys., 65, 3151(1989).

[6] Y. Nagai, M. Senda and T. Toshima, J. Appl. Phys., 63, 1136(1988).

[7] N. Hasegawa, M. Saito, A. Kojima, A. Makino, Y. Misaki and T. Watanabe, 日本應用磁氣學會誌, 14, 319(1990).

[8] 김희중, 한석희, MOST Report BSE1064.3840-1(1990).

[9] S. H. Han, H. J. Kim, I.K.Kang and J. J. Lee, Kor. Appl. Phys., 3, 209(1990).

[10] 大内一弘, 日本東北大學 博士學位論文(1984).

[11] K. Wasa and S. Hayakawa, 應用物理, 48, 760(1979).

[12] 早川茂, 和佐清孝, 薄膜化技術, 共立出版, 東京(1982) p.70.

[13] 神山雅英, 薄膜핸드북, 오음社, 東京(1988) p.185.

[14] 和佐清孝, 早川茂, 스퍼터技術, 共立出版, 東京(1988) p.55.

[15] N. Ishiwata, C. Wakabayashi and T. Matsumoto, IEEE Trans. Magn., 23, 2152(1987).

[16] H. Hoffmann, J. Appl. Phys., 35, 1790(1964).

[17] M. Senda and Y. Nagai, J. Appl. Phys., 65, 1238(1989).

[18] S. Sugeno, H. Okayama and Y. Narumiya, 日本應用磁氣學會誌, 13, 351(1989).

[19] J. A. Thornton, J. Vac. Sci. Technol., 12, 830(1975).

[20] L. Néel, J. Phys. Radium, 17, 250(1956).

Influence of Sputtering Condition on the Deposition Rate, the Microstructure and the Magnetic Properties of Pure Iron Thin Film

Suk-Hee Han, Hi-Jung Kim and Il Koo Kang
Division of Metals, Korea Institute of Science and Technology

Jeong-Og Choi and Jung Joong Lee
Department of Metallurgical Engineering, Seoul National University

(Received 3 September 1991)

The influences of sputtering conditions on the deposition rate, the micro structure, and the magnetic properties have been studied in the pure iron thin films made by the RF magnetron sputtering. The deposition rate increases remarkably by applying the magnetic field on the substrate, and this effect is discussed with the increase of Ar ion.

With increasing the input power the grain size and the lattice parameter are increased and the (110) plane is strongly developed. With Ar pressure the lattice parameter is decreased while the grain size is not changed.

The smallest coercive force of 3 Oe is shown in the hard direction of Fe film sputtered at 60 W applying the magnetic field to the substrate. The coercive force is largely increased above 5 mTorr due to the rough surface and the second phase. The Néel's theoretical relation between the film thickness and the coercive force can be applied to the sputtered Fe film with the thickness range of 50-200 nm.