(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0119588
(43) 공개일자 2010년11월10일

(51) Int. Cl.
G01R 33/00 (2006.01) *G01Q 60/50* (2010.01)
H01F 10/24 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0037428
(22) 출원일자 2009년04월29일
심사청구일자 2009년04월29일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경남 창원시 사림동 9 창원대학교내
(72) 발명자
이찬규
경상남도 창원시 사파동 93 동성아파트 112-501
블라드미르 고나코브
러시아 142432 모스코바 체르노골로브카 아파트 37동 프로에즈드 스트로이텔레즈 4
박찬우
경상남도 창원시 사파동 대동아파트 9-305
(74) 대리인
조주영

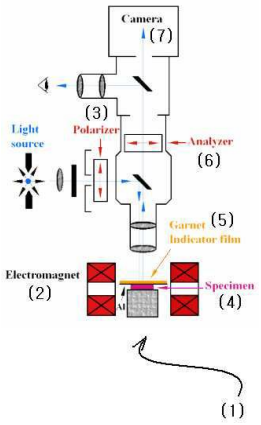
전체 청구항 수 : 총 3 항

(54) 자구 관찰을 위한 엠오아이에프 시스템

(57) 요 약

박막 시료에 대한 자구(magnetic domain)자기구조의 운동을 관찰하기 위한 MOIF(Magneto Optical Indicator Film) 시스템에 관한 것으로, 좀더 상세하게는 자기구조 관찰을 위한 시험편에 자기장을 가하기 위한 전자석에 일정한 전력공급을 위하여 DC전력을 인가하고, 전자석은 시험편에 정·역방향으로 자기장을 제공하며, 퍼멀로이(Ni81-Fe19)의 조성과 100Å나 1000Å의 두께로 Al 기판위에 증착된 가넷필름은 수평방향의 자기 이방성을 가지고 시험편의 위에 위치하는데 외부 자기장에 따라 변화하는 시험편의 자기력선 변화에 따라 가넷필름의 스핀방향에 영향을 미치고 가넷필름에서 투과 반사된 편광을 다시 선형편광시켜 광학편광 영상신호로 변환시키는 검광기를 통하여 명암과 색의 차이를 나타내고, 검광기를 통해 변환된 영상신호를 렌즈를 통해 집광시켜 명암 및 색상을 조절하고 영상촬영을 가능케 하는 카메라로 구성된 자구 관찰을 위한 MOIF 시스템에 특징이 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

박막 시료에 대한 자구를 관찰하기 위한 MOIF 시스템(1)에 있어서,

자구 관찰을 위한 시험편(4)에 자기장을 가하기 위한 전자석(2)에 일정한 전력공급을 위하여 DC전력을 인가하고, 전자석은 시험편에 정·역방향으로 자기장을 제공하며, 퍼멀로이(Ni81-Fe19)의 조성과 100Å나 1000Å의 두께로 Al 기판위에 증착된 가넷필름(5)은 수평방향의 자기 이방성을 가지고 시험편의 위에 위치하는데 외부 자기장에 따라 변화하는 시험편의 자기력선 변화에 따라 가넷필름의 스핀방향에 영향을 미치고 가넷필름에서 투과 반사된 편광을 다시 선형편광시켜 광학편광 영상신호로 변환시키는 검광기(6)를 통하여 명암과 색의 차이를 나타내고, 검광기를 통해 변환된 영상신호를 렌즈를 통해 집광시켜 명암 및 색상을 조절하고 영상촬영을 가능케 하는 카메라(7)로 구성된 것을 특징으로 하는 자구 관찰을 위한 엠오아이에프 시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서, 광원으로 발생된 광은 편광기(3)를 거쳐 선형 편광되고, 대물렌즈를 거쳐 가넷필름(5)에 집광되는 것을 특징으로 하는 자구 관찰을 위한 엠오아이에프 시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서, 가넷필름(5)은 통상 0.5 x 0.5 [㎜]의 크기이며, 0.1 [㎜]이하의 비 반사층인 SiO_2층과, 300 ~ 500 [㎜]의 투명기판층인 $Gd_3Ga_5O_{12}$ 층과, 1 ~ 5 [㎜]의 자기-광학적 변환을 보여주는 $(YBiGd)_3(GaFe)_5O_{12}$ 층과, 광 반사를 위한 0.2 ~ 0.5 [㎜]의 Al 층과, 외부 충격으로부터 광 반사층을 보호하기 위한 0.2 ~ 0.5 [㎜]의 SiO_2 층의 다층으로 구비된 것을 특징으로 하는 자구 관찰을 위한 엠오아이에프 시스템.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 박막 시료에 대한 자구의 운동을 관찰하기 위한 엠오아이에프(MOIF) 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자성재료는 기존의 일반적인 모터나 변압기 또는 엔코더 등을 비롯하여 하드디스크나 고밀도 센서 등과 같은 첨단소재에 이르기까지 그 개발이 다양하게 요구되는 분야이다.

[0003] 특히 최근 고밀도 저장매체 개발을 위한 나노자성박막에 대한 연구가 활발해지면서 자구관찰에 대한 중요성이 높아지고 있는데, 나노자성박막을 이용한 자기정보기록이나 자기메모리 기술은 근본적으로 자구의 스핀방향에 의해 정보를 기록하고 외부자장을 인가하여 자구스핀의 방향을 변환시키기 때문에 응용적인 측면뿐 아니라 자구 모양 및 현상에 대한 심도 있는 이해를 위해 자구 및 스핀의 관찰이 중요하다.

[0004] 기본적인 스핀구조를 이해하기 위해서는 자화반전과정 등과 같은 복잡한 영향들을 명확히 이해해야한다.

[0005] 종래의 자벽이동 및 자화반전에 대한 관찰은 일반적으로 VSM(Vibration sample magnetometer)으로 측정하여 얻어진 자기이력곡선을 바탕으로 이루어져 왔지만, 자기이력곡선으로부터 포화자화 및 보자력과 자화방향 등의 정보를 얻을 수는 있으나 이는 외부자장에 따른 전체영역의 거시적인 측정값이며 실시간으로 자구의 움직임을 관찰하는 방식이 아니기 때문에 자화반전 및 자구의 영역에 관한 측정 및 관찰이 불가능하였다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 그러나 상기의 종래기술은 자기이력곡선으로부터 포화자화, 보자력, 자화 방향 등의 정보를 얻을 수는 있으나, 이는 외부자장에 따른 전체영역의 거시적인 측정값이며 실시간으로 자구의 움직임을 관찰하는 방식이 아니기 때문에 자화반전 및 자구의 영역에 관한 측정 및 관찰이 불가능하다는 문제점이 있었다.

[0007] 또한 기존 MFM(Magnetic Force Microscopy) 시스템에 의한 자구관찰의 경우, 시험편의 표면에 한정되는 수단이라는 한계가 있었다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하기 위한 것으로, MOIF 시스템에서는 편광현미경을 이용하여 시편에 외부자장을 가해주면 샘플에 발생된 도메인들에 의해 자기력선이 나타나고 이 자기력선에 의해 가넷필름의 스핀들이 배열되어 실시간으로 도메인 관찰을 할 수 있는 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

효 과

[0009] 본 발명은 MOIF 시스템에서는 편광현미경을 이용하여 시편에 외부자장을 가해주면 샘플(Sample)에 발생된 도메인들에 의해 자기력선이 나타나고 이 자기력선에 의해 가넷필름(garnet indicator film)의 스핀들이 배열되어 실시간으로 도메인 관찰을 할 수 있는 방법을 제공하여 자구의 운동을 용이하게 관찰할 수 있는 효과가 있으며, 또한 본 발명은 시험편 내부까지 효과적으로 관찰이 가능하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0010] 본 발명은 박막 시료에 대한 자구의 운동을 실시간으로 관찰하기 위한 MOIF 시스템에 관한 것으로, 상세한 설명은 첨부되는 도면을 참조하여 설명하기로 한다.

[0011] 도 1은 본 발명 MOIF 시스템의 구성도이고, 도 2는 본 발명의 구성도이며, 도 3은 100Å의 두께의 강자성체 시험편에 대한 자화반전 이미지이고, 도 4는 1000Å의 두께의 강자성체 시험편에 대한 자화반전 이미지이며, 도 5는 100Å의 두께의 Co 시험편에 대한 자화반전 이미지이고, 도 6은 1000Å의 두께의 Co 시험편에 대한 자화반전 이미지이다.

[0012] 박막 시료에 대한 자구의 운동을 관찰하기 위하여 구성된 MOIF 시스템은 다음과 같은 구성을 가지는데, 자구와 자화반전에 대한 관찰은 MOIF 시스템의 구성에 의하여 가능하다.

[0013] 1) 전자석(Electromagnet) : 시험편에 자기장을 인가시키기 위한 장치로써, 코일에 DC전력을 인가하여 정방향 및 역방향으로 자기장을 제공한다.

[0014] 2) DC power : 시험편에 자기장을 가하기 위한 전자석에 전압 0~60V, 전류 0~2A 사이의 일정한 전력공급을 위하여 구성된다.

[0015] 2) 시험편(Specimen) : 자구관찰을 위한 대상 시험편이다.

[0016] 3) 가넷필름(Ganet indicator film) : Ni81-Fe19(퍼멀로이)의 조성과 100Å나 1000Å의 두께로 Al 기판위에 증착된 가넷필름은 수평방향의 자기 이방성을 가지고 있으며, 시험편의 위에 위치하는데, 외부 자기장에 따라 변화하는 시험편의 자기력선 변화에 따라 가넷필름의 스핀방향에 영향을 미치고, 이러한 가넷필름에게서 투과 반사된 편광은 검광기를 통과함에 따라 명암과 색의 차이로 나타난다.

[0017] 4) 검광기(Analyzer) : 가넷필름으로부터 반사된 광원을 다시 선형편광시켜 광학편광 영상신호로 변환시키는 검광기이다.

[0018] 5) 카메라(Camera) : 검광기를 통해 변환된 영상신호를 카메라 렌즈를 통해 집광시켜 명암 및 색상을 조절하고 영상촬영을 가능케 한다.

[0019] 본 발명의 원리 및 실시 예를 살펴보기로 한다.

[0020] 광원으로 발생된 광은 편광필터 또는 편광기(Polarizer)를 거쳐 선형 편광되고, 대물렌즈를 거쳐 가넷필름에 집광된다.

[0021] 가넷필름을 투과하여 Al 기판에서 반사된 광은 다시 대물렌즈를 거쳐 검광기에서 광학평광 영상신호(명암 및 색상)로 변환된다.

[0022] 이 신호는 다시 카메라 렌즈에 집광되고 화면에 나타나게 된다.

[0023] 검광기를 거친 광이 영상신호로 변환되는 것은 패러데이-회전(Faraday rotation) 효과에 의한 것으로 자성재료에서 반사된 빛이 자화된 자성재료의 영향으로 그 편광상태가 변하는 현상을 의미한다.

[0024] 패러데이회전은 아래와 같은 식 1을 따른다.

[0025] $\beta = VBd$ ---------- (식 1)

[0026] 여기서 β : 회전각, V : 베르데상수, d : 자기영역의 길이

[0027] 일반적으로 선형 편광된 빛이 자성재료에 의해 반사될 때에는 이러한 패러데이회전 효과 때문에 그 편광축이 Kerr 회전각만큼 회전하게 된다.

[0028] 여기서 커(Kerr) 효과에 대하여 알아보면, 전자기장이 편광 또는 물질의 광학적 성질에 미치는 효과의 하나로서 전기광학적인 것과 자기광학적인 것이 있는데, 전기광학적인 것은 등방성(isotropy)인 물체를 정전기장 속에 두면 마치 변형을 가한 경우처럼 일시적인 비등방성을 띠고 복굴절성 물질로 변하는 현상이며 자기광학적인 것은 직선편광이 자극(magnetic pole)에서 반사하면 타원편광으로 변하는 현상이다.

[0029] 따라서 편광기를 통해 가넷필름에 입사된 광은 높은 베르데 상수값을 갖는 가넷필름의 미세면적에 대한 자화 상태에 따라 그 선형편광축이 회전하게 된다.

[0030] 이렇게 회전된 선형 편광축을 가지는 광이 다시 검광기에 의해 선형 편광되면 빛의 명암이 생기게 된다.

[0031] 결국 광학 편광현미경으로부터 출력되는 영상의 명암을 통하여 가넷필름 표면의 자화 상태를 관찰할 수 있게 된다.

[0032] 이때 광을 반사하는 가넷필름은 자구관찰 대상 시험편 위에 위치하며 시험편의 자기력선에 따라 스핀배열이 이루어지게 된다.

[0033] 따라서 시험편의 스핀이 반전될 때 자기력선의 역전현상과 함께 가넷필름 내부 스핀도 회전하게 되고, 최종적으로 회전방향이 다른 자구의 구역에 따라 다른 명암 상태를 보이게 된다.

[0034] 따라서 외부자장에 따른 자기 스핀의 움직임을 관찰하는 것이 가능하게 되는 것이다.

[0035] 여기서 가넷필름을 좀 더 상세하게 살펴보면, 시험편에 따라 사이즈를 다르게 사용하지만 통상적으로 가로x세로가 0.5 ㎜ x 0.5 ㎜의 사이즈로 사용하는 것을 기본으로 한다.

[0036] 가넷필름은 다층으로 구성되며 다음과 같은 조성 및 두께를 가진다.

[0037] 1) 0.1㎜이하의 비 반사층인 실리콘 옥사이드(SiO_2)층과,

[0038] 2) 300～500㎜의 투명기판층인 $Gd_3Ga_5O_{12}$ 층과, (단, Gd_3 : 가돌리늄, Ga_5 :갈륨, O_{12} : 옥사이드)

[0039] 3) 1~5 ㎜의 자기-광학적 변환을 보여주는 주요층인 $\{(YBiGd)_3(GaFe)_5O_{12}\}$층과, (단, YBiGd : 이트륨-비스무스-가돌리늄, GaFe : 갈륨-철, O : 옥사이드)

[0040] 4) 광 반사를 위한 층으로 0.2~0.5 ㎜의 알루미늄(Al) 층과,

[0041] 5) 외부 충격으로부터 광 반사층을 보호하기 위한 0.2~0.5 ㎜두께의 실리콘 옥사이드(SiO_2) 층으로 구성된다.

[0042] 또한 본 MOIF 시스템은 자기장 0.1Oe 단위로 측정이 가능하며, 공간범위 1㎜ 이상의 분해능을 가진다.

[0043] 아래에서는 MOIF 시스템에 의해 실시된 자구 관찰의 예를 나타내었다.

[0044] FeNi(퍼멀로이 : permalloy, 니켈-철 합금)과 Co(코발트) 박막시험편에 대하여 두께에 따른 자구 생성 및 성장의 차이점을 관찰하였다.

[0045] 본 발명의 도 3과 4는 Ni81-Fe19(퍼멀로이)의 조성과 100Å의 두께와 1000Å의 두께를 갖는 각각의 강자성체 시험편에 대하여 자화반전을 관찰한 이미지이다.

[0046] 도면에서 나타내는 H는 외부자기장의 방향을 나타내며 M은 자화방향을 나타낸 것이고 전체 자기이력곡선 상에서의 각각의 위치를 보였다.

[0047] 도 3에서는 최초 H방향으로 자화된 시험편(a)이 반대방향으로 외부자장을 가함(b)에 따라 시험편 내부에 일부 반대방향의 자구가 생성 및 확장되는 모습을 나타내고, 도 4에서도 초기 H방향으로 자화 되었다가(a) 반대방향의 외부자장에 따라 반대자구가 생성되는 모습을 나타내는데, 이때 도면 3보다 두꺼운 도면 4의 경우 반대방향의 자구가 시험편의 모서리로부터 생성되어 성장됨을 나타낸다.

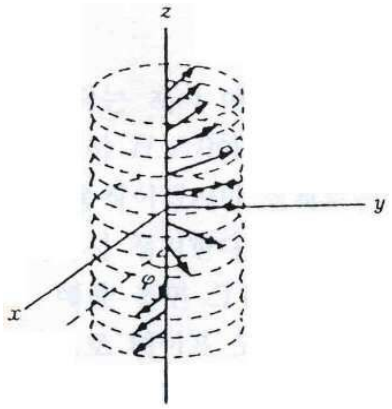
[0048] 일반적으로 자화반전은 자벽내에서의 스핀회전과 180도 방향을 갖는 작은 도메인들의 생성 및 확장에 의해 이루어지는데, 강자성체에서 시험편의 두께가 자벽의 폭을 넘어설 때, 자벽 내에서의 스핀의 회전은 [그림 1]과 같이 수직축을 중심으로 회전하는 형태의 움직임을 보여준다.

[0049] 외부 자기장이 증가함에 따라 스핀은 외부자기장 방향으로 서서히 회전하고, 임계 이상의 자기장에서는 자화방향을 따르는 새로운 자구가 생성되어 성장하게 된다.

[0050] 그리고 이때 자벽의 두께는 아래 식 2와 [그림 2]로 정의된다.

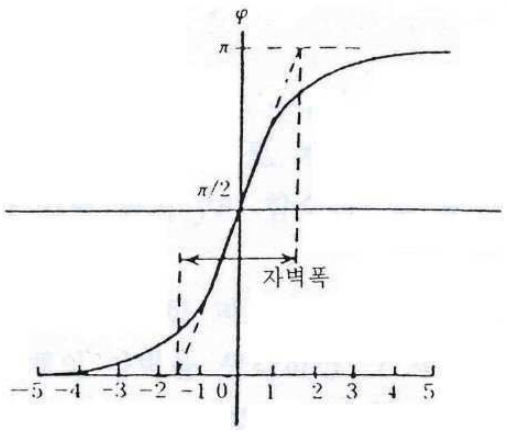
[0051] $$\delta = \pi (A/k)\frac{1}{2}$$ ---------- (식 2)

[0052] 여기서 d : 자벽의 폭, A : 교환에너지, K : 자기결정 에너지



[0053]

[0054] [그림 1. 자벽 내에서 스핀의 회전 모형]



[0055]

[0056] [그림 2. 자벽 내에서 스핀의 회전각과 자벽 폭]

[0057] 상기의 관찰을 통해 볼 때, 두께가 얇은 박막시료의 경우 새로운 도메인 생성이 시험편 내부에서부터 이루어짐을 보이고, 두께가 두꺼운 박막 시료의 경우 자기력과 표유 자계가 최대인 시험편의 모서리 부근에서 우선적으로 새로운 도메인의 생성이 이루어짐을 보여준다.

[0058] 도 5와 6에서 나타낸 100Å 두께와 1000Å 두께의 Co 시험편에서도 같은 양상을 나타내고 있음을 알 수 있는데, 두께가 얇은 박막시료의 경우 새로운 도메인 생성이 시험편 내부에서부터 이루어짐을 보이고, 두께가 두꺼운 박막 시료의 경우 자기력과 표유 자계가 최대인 시험편의 모서리 부근에서 우선적으로 새로운 도메인의 생성이 이

루어짐을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0059] 도 1은 본 발명 MOIF 시스템의 구성도

[0060] 도 2는 본 발명의 구성도

[0061] 도 3은 100Å의 두께의 강자성체 시험편에 대한 자화반전 이미지

[0062] 도 4는 1000Å의 두께의 강자성체 시험편에 대한 자화반전 이미지

[0063] 도 5는 100Å의 두께의 Co 시험편에 대한 자화반전 이미지

[0064] 도 6은 1000Å의 두께의 Co 시험편에 대한 자화반전 이미지

[0065] ※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

[0066] 1. MOIF 시스템 2. 전자석

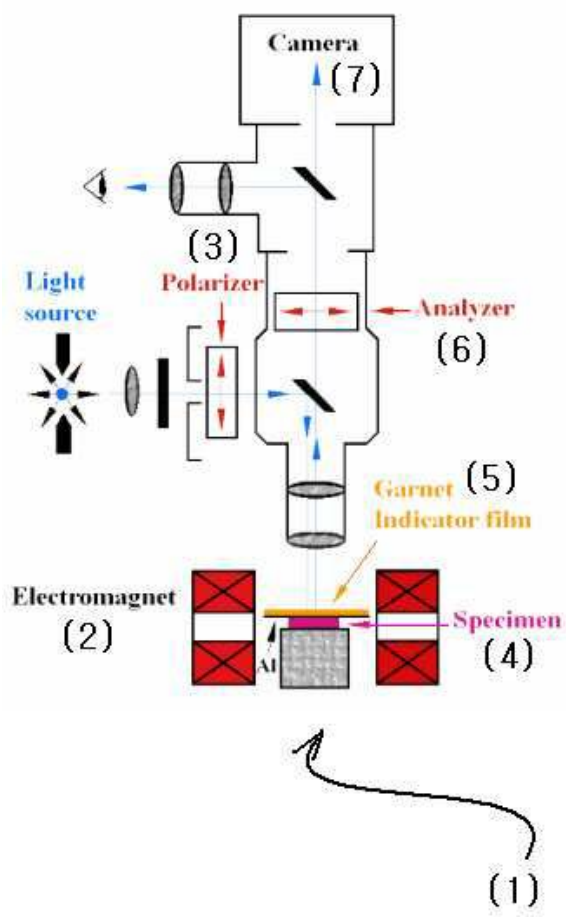
[0067] 3. 편광기 4. 시험편

[0068] 5. 가넷필름 6. 검광기

[0069] 7. 카메라

도면

도면1



도면2

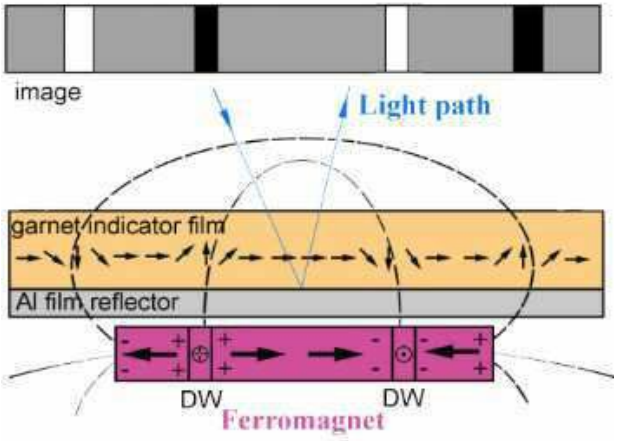
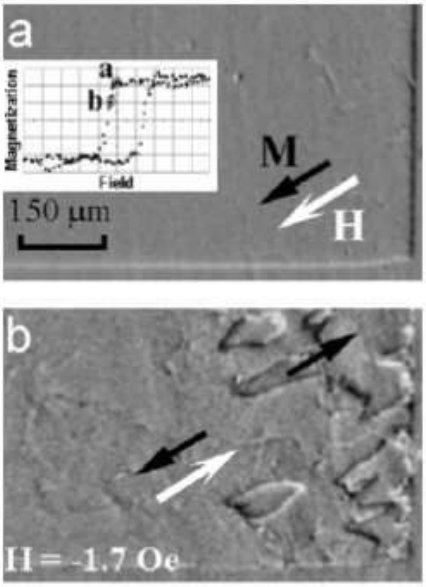
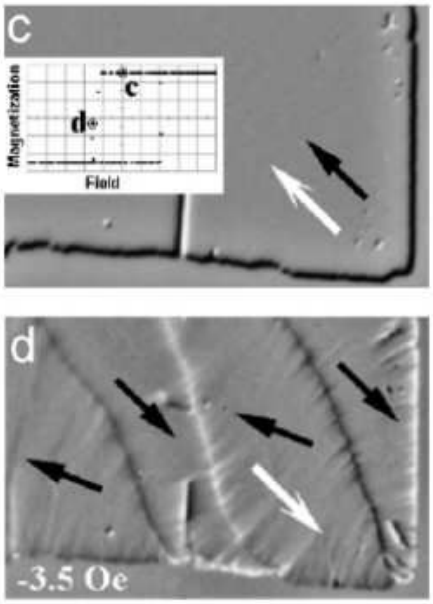


image
Light path
garnet indicator film
Al film reflector
DW
DW
Ferromagnet

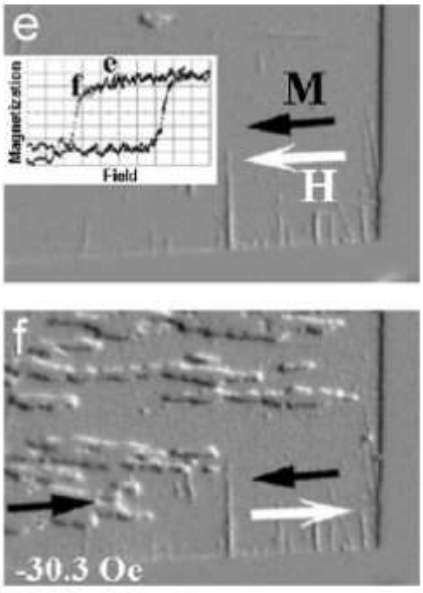
도면3


a
Magnetization
a
b
Field
M
H
150 μm
b
H = -1.7 Oe

도면4


c
Magnetization
c
d
Field
d
-3.5 Oe

도면5


e
Magnetization
e
f
Field
M
H
f
-30.3 Oe

도면6

