(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0120451
(43) 공개일자 2014년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 27/115 (2006.01) *H01L 21/8247* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0036116
(22) 출원일자 2013년04월03일
심사청구일자 2013년04월03일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
유천열
서울 강남구 남부순환로 2914, 7동 1403호 (대치동, 개포우성아파트)
강물빛
인천 남구 주안로61번길 8-24, 102호 (주안동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이평우

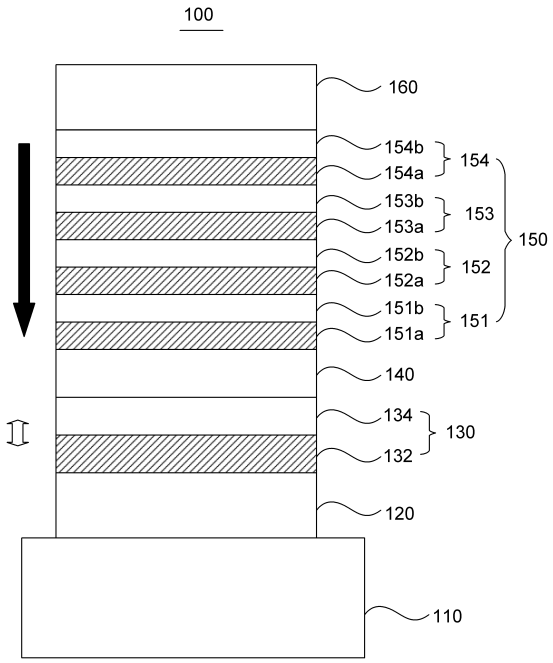
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **수직 방향 자기저항 소자**

(57) 요 약

본 발명은 수직 방향 자기저항 소자를 제공한다. 수직 방향 자기저항 소자는 타이타늄산화물(TiO2)을 포함하는 시드층, 수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 시드층 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화방향을 가지는 자유층, 수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 자유층 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화방향을 가지는 고정층, 및 자유층과 고정층 사이에 개재된 비자성 스페이서층을 포함한다.

대 표 도 - 도3



(72) 발명자

이정섭

인천 남구 매소홀로 143, 1동 601호 (용현동, 윤성아파트)

윤정범

광주 광산구 목련로21번길 45, 108동 1003호 (산정동, 다사로움1단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345168897

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원

연구과제명 신개념 스핀소자 성능향상을 위한 강자성체 감쇠계수의 최적화 연구

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교

연구기간 2012.09.01 ~ 2013.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

타이타늄산화물(TiO2)을 포함하는 시드층;

수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 시드층 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화 방향을 가지는 자유층;

수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 자유층 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화방향을 가지는 고정층; 및

상기 자유층과 상기 고정층 사이에 개재된 비자성 스페이서층을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항 소자.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 시드층의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm이고,

자기저항 마이너 루프에서 상기 자유층의 보자력(coercive force; Hc)의 절대값은 수십 에르스텟(Oe) 이하인 것을 특징으로 하는 수직 방향 저기저항 소자.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 비자성 스페이서층은 금속층이고, 구리, 금, 은 , 및 크롬 중에서 적어도 하나를 포함하고,

상기 비자성 스페이서층의 두께는 0. 5 nm 내지 10 nm 인 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항소자.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 비자성 스페이서층은 절연층이고 알루미늄산화막 및 마그네슘 산화막 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항소자.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 자유층은 Co/Pd, Co/Pt, CoFe/Pd, CoFe/Pt, Co/Ni, CoFeB, CoFeB/Pt, CoFeB/Pd 중에서 적어도 하나를 포함하고,

상기 자유층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항소자.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 고정층은 초격자다층박막, CoFeB, FePd, FePt, 및 희토류-전이금속 합금 중에서 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항소자.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 초격자다층박막은 강자성층 및 금속 도전층을 포함하고,

상기 강자성층은 Co, CoFe, 또는 CoFeB이고,

상기 금속 도전층은 Pd, Ni, 또는 Pd이고,

상기 강자성층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm이고,

상기 금속 도전층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항소자.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 초격자다층박막은 $[Co/Pd]_N$,$[Co/Pt]_N$,$[CoFe/Pd]_N$,$[CoFe/Ptd]_N$, 또는 $[Co/Ni]_N$ 이고, N은 2 이상의 자연수인 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항소자.

청구항 9

제1 항에 있어서,

상기 고정층은 $[Co/Pd]_N$ 구조의 초격자다층박막이고,

상기 자유층은 Co/Pd 구조이고,

상기 비자성 스페이서층은 구리이고,

상기 비자성 스페이서층의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm이고,

상기 자유층의 상기 Pd 의 두께는 0.2 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 하는 수직 방향 자기저항 소자.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 수직 방향 자기저항 (Perpendicular Magneto-resistance) 소자에 관한 것으로, 더 구체적으로 수직 방향 거대 자기저항(Perpendicular Giant Magneto-resistance) 소자 또는 수직 방향 터널 자기 저항 (Perpendicular Tunneling Magneto-resistance) 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 수직 방향 자기저항 (Magneto-resistance) 소자는 고정층과 자유층의 상호 간의 자화방향에 따라 다른 자기 저항을 가지는 소자이다. 자기저항 소자는 비휘발성 메모리 또는 자기 센서로 개발되었다. 그러나, 종래의 수직 자기저항 소자는 큰 보자력을 가지고 있어, 자기 센서 및 메모리에 응용에 한계가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 낮은 보자력을 가지는 수직 방향 자기저항 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 방향 자기저항 소자는 타이타늄산화물(TiO2)을 포함하는 시드층; 수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 시드층 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화 방향을 가지는 자유층; 수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 자유층 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화방향을 가지는 고정층; 및 상기 자유층과 상기 고정층 사이에 개재된 비자성 스페이서층을 포함한다.

[0005] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 시드층의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm이고, 자기저항 마이너 루프에서 상기 자유층의 보자력(coercive force; Hc)의 절대값은 수십 에르스텟(Oe) 이하일 수 있다.

[0006] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 비자성 스페이서층은 금속층이고, 구리, 금, 은 , 및 크롬 중에서 적어도 하나를 포함하고, 상기 비자성 스페이서층의 두께는 0. 5 nm 내지 10 nm 일 수 있다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 비자성 스페이서층은 절연층이고 알루미늄산화막 및 마그네슘 산화막 중에

서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 자유층은 Co/Pd, Co/Pt, CoFe/Pd, CoFe/Pt, Co/Ni, CoFeB, CoFeB/Pt, CoFeB/Pd 중에서 적어도 하나를 포함하고, 상기 자유층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm일 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고정층은 초격자다층박막, CoFeB, FePd, FePt, 및 희토류-전이금속 합금 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 초격자다층박막은 강자성층 및 금속 도전층을 포함하고, 상기 강자성층은 Co, CoFe, 또는 CoFeB이고, 상기 금속 도전층은 Pd, Ni, 또는 Pd이고, 상기 강자성층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm이고, 상기 금속 도전층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 초격자다층박막은 $[Co/Pd]_N$,$[Co/Pt]_N$,$[CoFe/Pd]_N$,$[CoFe/Ptd]_N$, 또는 $[Co/Ni]_N$ 이고, N은 2 이상의 자연수일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 고정층은 $[Co/Pd]_N$ 구조의 초격자다층박막이고, 상기 자유층은 Co/Pd 구조이고, 상기 비자성 스페이서층은 구리이고, 상기 비자성 스페이서층의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm이고, 상기 자유층의 상기 Pd 의 두께는 0.2 nm 내지 10 nm일 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 방향 자기저항 소자는 제작 조건과 층 구조를 최적화하여 동작 자기장(magnetic field intensity;H)의 범위를 수 에르스텟(Oe) 까지 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 기존의 수평 방향 거대 자기 저항 소자를 나타내는 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 방향 자기저항 소자를 나타내는 도면이다.

도 3은 도 2의 수직 방향 자기저항 소자를 자세히 나타내는 도면이다.

도 4a는 본 발명의 일 실시예에 의한 수직 방향 자기저항 소자의 외부 자기장에 따른 자기 모멘트를 나타내는 그래프이다.

도 4b는 도 4a의 수직 방향 자기저항 소자의 외부 자기장에 따른 자기 저항비(Magneto-Resistance Ratio; MR Ratio)를 나타내는 그래프이다.

도 5a는 고정층이 음의 방향으로 자화된 상태에서 도 4a의 수직 방향 자기저항 소자의 자기 저항 마이너 루프(Magneto-Resistance Minor Loop)를 설명하는 도면이다.

도 5b는 고정층이 양의 방향으로 자화된 상태에서 도 4a의 수직 방향 자기저항 소자의 자기 저항 마이너 루프(Magneto-Resistance Minor Loop)를 설명하는 도면이다.

도 6a 내지 도 6i는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수직 자기저항 소자의 마이너 자기이력 곡선을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이하, 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 보다 상세히 설명한다. 이하의 도면들에서 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 지칭하며, 도면상에서 각 구성요소의 크기는 설명의 명료성과 편의상 과장되어 있을 수 있다.

[0016] 도 1은 기존의 수평 방향 거대 자기 저항 소자를 나타내는 단면도이다.

[0017] 도 1을 참조하면, 수평 방향 거대 자기 저항 소자(10)는 면내 자화 방향을 가지고, 면에 평행한 외부 자기장에 의해 자기 저항이 변하도록 구성되었다. 상기 수평 방향 거대 자기 저항 소자(10)는 자유층(30), 상기 자유층(30) 상에 배치된 고정층(50), 및 상기 자유층(30)과 상기 고정층(50) 사이에 배치된 비자성층(40)을 포함한다. 상기 고정층(50)은 면내 자화 방향을 가지고, 상기 자유층(30)은 변경가능한 면내 자화 방향을 가진다. 상기 자유층(30)의 자화방향에 따라, 자기 저항이 변경된다. 이 경우, 보자력은 통상적으로 수 에르스텟(Oe)을 가진다.

[0018] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 방향 자기저항 소자를 나타내는 도면이다.

[0019] 도 3은 도 2의 수직 방향 자기저항 소자를 자세히 나타내는 도면이다.

[0020] 도 2 및 도 3을 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자(100)는 타이타늄산화물(TiO2)을 포함하는 시드층(120), 수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 시드층(120) 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화 방향을 가지는 자유층(130), 수직 자기 이방성을 가지는 강자성체를 포함하고 상기 자유층(130) 상에 배치되고 배치 평면에 수직인 자화방향을 가지는 고정층(150), 및 상기 자유층(130)과 상기 고정층(150) 사이에 개재된 비자성 스페이서층(140)을 포함한다.

[0021] 수직 방향 자기저항 소자(100)는 수직 방향의 자화 방향을 가진다. 배치 평면에 수직한 외부 자기장에 의해, 수직 방향 자기저항 소자(100)의 자기 저항은 변할 수 있다.

[0022] 거대 자기 저항 소자는 자기 센서로 동작할 수 있다. 하드디스크 드라이브에 사용되는 거대 자기 저항 소자는 면내 자화 방향을 가지는 수평 방향 자기저항 방식을 사용하고 있다.

[0023] 한편, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상업용 자기센서의 큰 응용분야인 자기 스피드 센서(magnetic speed sensor)와 변위 측정을 위한 위치 센서(position sensor)에서도 파급 효과가 기대된다. 자기 스피드 센서(magnetic speed sensor)는 자동차용 휠 스피드를 측정할 수 있다. 왜냐하면, 현재 자기 센서를 이용한 비접촉식 속도(speed) 및 변위측정 응용 분야에서, 경우에 따라 거대자기저항(GMR), 비등방성 자기저항(Anisotropic Magneto-resistance;AMR), 홀(Hall) 원리가 사용되고 있다. 그러나, 응용에 따라 수직 방향의 자기장 검출이 선호되는 경우에는 거대자기소자는 사용되기 어려웠다. 또한, 거대자기저항(GMR)을 사용하는 응용의 경우에는 반드시 외부 자기회로(Magnetic circuit)에서 수평 자기장성분을 발생시켜주어야만 하는 추가적인 설계 제약이 있었다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 자기저항 소자는 수직 방향의 자기장 검출이 선호되는 응용분야에서도 자기저항소자가 제공하는 양호한 지터 특성(good jitter performance)과 높은 감도(high sensitivity) 등의 장점을 유지할 수 있다. 따라서, 기존 수직방향 자기장 검출에서 사용되는 홀 센서를 대체 할 수 있다.

[0025] 따라서, 동작 자기장이 수십 에르스텟(Oe) 정도에서 동작하는 수직 방향 거대 자기저항 센서 또는 수직 방향 터널 자기저항 센서가 요구된다. 이 경우, 수직 방향 자기저항 센서는 홀 센서(Hall sensor)를 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

[0026] 일반적인 수직 방향 자기저항 소자의 보자력(coercive force)은 수백 에르스텟(Oe) 정도의 값을 갖는다. 수직 방향의 자화를 갖기 위해서는 형상자기 이방성 에너지(shape magnetic anisotropy energy) 보다 큰 수직 자기이방성 에너지(perpendicular magnetic anisotropy energy)가 필요하다. 따라서, 필연적으로 수백 에르스텟(Oe) 정도의 보자력이 요구된다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 방향 자기저항 소자는 타이타늄 산화막(Titanium oxide layer; TiO2 layer)을 시드층(seed layer)으로 사용하였다. 이에 따라, 수직 방향 자기저항 소자의 보자력의 크기는 수십 에르스텟(Oe) 이하로 감소되었다.

[0028] 수직 방향 자기저항 소자(100)는 기판(110), 상기 기판(110) 상에 배치된 시드층(120), 및 상기 시드층(120) 상에 배치되고 수직자기이방성을 제공하는 강자성체를 포함하는 자유층(130)과 고정층(150), 그리고 상기 고정층(150)과 상기 자유층(130) 사이에 개재된 비자성 스페이서층(140)을 포함한다. 상기 고정층(150) 상에는 캐핑막(160)이 배치될 수 있다. 상기캐핑막(160)은 보호막 및 전기적 연결을 위하여 사용될 수 있다. 차례로 적층된 자유층(130), 비자성 스페이서층(140), 고정층(150), 및 캐핑막(160)은 실온에서 3 mTorr(밀리토로)를 유지하며 DC 스퍼터링 방법으로 연속적으로 증착될 수 있다.

[0029] 상기 기판(110)은 유리 기판, 반도체 기판, 실리콘(Si) 기판, 마그네슘 산화물(MgO) 기판, 금속 기판, 또는 플라스틱 기판일 수 있다.

[0030] 상기 기판(110) 상에 타이타늄 산화막을 포함하는 시드층(120)이 증착될 수 있다. 상기 타이타늄 산화막은 RF 스퍼터링 방법으로 증착될 수 있다. 상기 타이타늄 산화막은 1.5 mTorr(밀리토르)의 압력에서 아르곤(Ar)과 산소(O_2)의 분압 비를 8:2로 조절하여, 지름 2 인치의 타이타늄 산화물(TiO_2) 타겟(target)을 이용해서 RF 스퍼터링으로 증착되었다. 상기 유리 기판의 온도는 섭씨 200도로 설정되었다. 상기 타이타늄 산화막 또는 상기 시드층(120)의 두께는 0.1 nm 내지 100 nm일 수 있다. 상기 시드층은 상기 자유층의 보자력을 감소시킬 수 있다.

[0031] 상기 자유층(130)은 상기 시드층 상에 직접적으로 적층될 수 있다. 상기 자유층(130)은 Co/Pd, Co/Pt, CoFe/Pd, CoFe/Pt, Co/Ni, CoFeB, CoFeB/Pt, CoFeB/Pd 등의 수직자기 이방성을 가지는 강자성층일 수 있다. 상기 자유층(130)은 작은 보자력을 갖는 것이 바람직하며, 상기 자유층(130)의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm일 수 있다. 상기 자유층(130)은 강자성층(132) 및 비자성 금속층(134)을 포함할 수 있다. 상기 강자성층(132)은 Co, CoFe, 또는 CoFeB일 수 있다. 상기 비자성 금속층(134)은 Pd, Pt, 또는 Ni일 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 기판/TiO_2 시드층/자유층 구조는 기판/자유층 구조에 비해서 작은 보자력을 가진다. 이 경우, TiO_2 시드층(120)은 상기 자유층(130)의 보자력을 작게 만드는 역할을 한 것으로 예상된다.

[0033] 상기 비자성 스페이서층(130)은 비자성체이다. 상기 비자성 스페이서층(130)은 비자성 금속층일 수 있다. 상기 비자성 금속층은 구리(Cu), 은(Ag), 금(Au), 및 크롬(Cr) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이에 따라, 상기 자기저항 소자는 거대자기저항 소자를 형성할 수 있다. 상기 비자성 금속층의 두께는 0.5 nm 내지 10 nm 일 수 있다.

[0034] 상기 비자성 스페이서층(130)은 절연층일 수 있다. 상기 절연층은 알루미늄 산화막(AlOx) 및 마그네슘 산화막(MgO) 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 자기저항 소자는 터널 자기저항 소자를 형성할 수 있다. 상기 절연층의 두께는 0.5 nm 내지 10 nm 일 수 있다.

[0035] 상기 고정층(150)은 수직자기 이방성을 가진 강자성층을 포함하고, 외부 자기장에 의해서 상기 고정층의 자화방향이 변하지 않도록 가급적이면 큰 보자력을 가져야 한다. 한편, 상기 자유층(130)은 가급적이면 작은 보자력을 가져서, 외부 자기장에 의해 쉽게 자화방향이 바뀌는 것이 바람직하다.

[0036] 상기 고정층(150)은 초격자다층박막, CoFeB, FePd, FePt, 및 희토류-전이금속 합금 중에서 적어도 하나를 포함할 수 있다. 상기 초격자다층박막은 $[Co/Pd]_N$, $[Co/Pt]_N$, $[CoFe/Pd]_N$, $[CoFe/Pt]_N$, 또는 $[Co/Ni]_N$ 등일 수 있다. 희토류-천이 금속 합금은 TbFeCo 또는 SmTbFeCo 등일 수 있다. 상기 고정층의 두께는 1 nm 내지 10 nm 일 수 있다. 상기 고정층의 보자력은 동작을 원하는 동작 자기장보다 큰 보자력을 가져야 한다.

[0037] 상기 초격자다층박막은 강자성층(151a,152a, 153a, 154a) 및 비자성 금속층(151b, 152b,153b,154b)을 포함할 수 있다. 상기 강자성층은 Co, CoFe, 또는 CoFeB일 수 있다. 상기 비자성 금속층은 Pd, Ni, 또는 Pd일 수 있다. 상기 강자성층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm일 수 있다. 상기 금속 도전층의 두께는 0.1 nm 내지 10 nm 일 수 있다.

[0038] 상기 캐핑막(160)은 비자성 금속으로 보호막과 전극의 역할을 할 수 있다. 상기 캐핑막을 통하여 외부 회로에 연결될 수 있다. 상기 캐핑막은 탄탈(Ta)일 수 있다.

[0039] 상기 수직 방향 자기저항 소자(100)는 홀 센서 대용의 자기 센서, 하드디스크 헤드, 및 자기 메모리 소자 등에 적용될 수 있다.

[0040] 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 의한 수직 방향 자기저항 소자의 외부 자기장에 따른 자기 모멘트를 나타내는 그래프이다.

[0041] 도 4b는 도 4a의 수직 방향 자기저항 소자의 외부 자기장에 따른 자기 저항비(Magneto-Resistance Ratio; MR Ratio)를 나타내는 그래프이다.

[0042] 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)]/Cu(2.3nm)/$[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 자유층(120)은 Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)이다. 비자성 스페이서층(130)은 2.3 nm의 Cu 층이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0043] 외부 자기장(External magnetic field intensity)은 약 -1.0 kOe(킬로 에르스텟) 내지 약 1.0 kOe(킬로 에르스텟)의 범위에서 스캔한다. 외부 자기장의 방향은 박막의 평면에 수직한 수직 방향이다.

[0044] 약 -1.0 kOe(킬로 에르스텟)의 외부 자기장이 인가된 경우, 고정층(150)은 음의 방향(검정색 화살표가 아래쪽을 향함)으로 자화되고, 자유층(130)은 음의 방향(흰색화살표가 아래쪽을 향함)으로 자화된다.

[0045] 이어서, 상기 외부 자기장이 증가하여 플러스 수십 Oe(킬로 에르스텟) 근처에서, 상기 자유층(130)은 양의 방향으로 자화된다.

[0046] 이어서, 상기 외부 자기장이 증가하여 약 0.7 kOe(킬로 에르스텟)에 도달하여, 상기 고정층(150)은 외부 자기장에 의하여 양의 방향으로 자화된다.

[0047] 이어서, 상기 외부 자기장이 약 1.0 kOe(킬로 에르스텟)에 도달한 후, 다시 상기 외부 자기장이 마이너스 수십 Oe(킬로 에르스텟) 근처로 감소하면, 상기 자유층(130)은 음의 방향으로 자화된다.

[0048] 이어서, 상기 외부 자기장이 약 -0.7 kOe(킬로 에르스텟)에 도달하여, 상기 고정층(150)은 외부 자기장에 의하여 음의 방향으로 자화된다.

[0049] 자유층(130)과 고정층(150)의 자화 방향이 서로 같은 방향이면, 자기저항 비(MR ratio)는 영에 가까운 값을 가진다. 또한, 자유층(130)과 고정층(150)의 자화 방향이 서로 반대 방향이면, 자기저항 비는 약 1.6 퍼센트 정도의 값을 가진다.

[0050] 도 5a는 고정층이 음의 방향으로 자화된 상태에서 도 4a의 수직 방향 자기저항 소자의 자기 저항 마이너 루프(Magneto-Resistance Minor Loop)를 설명하는 도면이다.

[0051] 도 5a를 참조하면, 외부 자기장은 -30 Oe(에르스텟) 내지 +30 Oe(에르스텟)를 시간에 따라 스캔할 수 있다. 자기저항 비(MR Ratio) = (R(H)-R(평행))/R(H)으로 주어진다. R(평행)는 고정층(150)과 자유층(130)이 서로 평행한 경우의 저항이고, R(H)는 외부 자기장이 H인 경우의 자기 저항이다.

[0052] -30 Oe(에르스텟)의 외부 자기장이 인가된 경우, 고정층(150)은 이미 음의 방향으로 자화되었다. 자유층은 음의 방향으로 자화되었다.

[0053] 이어서, 상기 외부 자기장이 증가하여 영 Oe(에르스텟) 에 도달하여, 상기 자유층(130)은 상기 외부 자기장에 의하여 양의 방향으로 자화된다.

[0054] 이어서, 상기 외부 자기장이 더욱 증가하여 30 Oe(에르스텟)에 도달한 후, 다시 감소하여 영 Oe(에르스텟)에 도달하면, 상기 자유층(130)은 상기 외부 자기장에 의하여 음의 방향으로 자화된다.

[0055] 보자력(Hc)은 자기 저항비가 최소 포화 값(0 퍼센트)과 최대 포화 값(약 1.6 퍼센트) 사이의 중간 값(0.8 퍼센트)을 가지기 위한 외부 자기장의 값일 수 있다. 이 경우, 상기 자유층(130)의 상기 보자력(Hc)은 약 3 Oe(에르스텟)일 수 있다.

[0056] 상기 수직 방향 자기저항 소자가 동작하는 외부 동작 자기장의 최소 범위는 대략 -20 Oe(에르스텟) 내지 대략 +20 Oe(에르스텟)일 수 있다. 상기 외부 동작 자기장이 최소 범위보다 큰 경우, 상기 수직 방향 자기저항 소자(100)는 외부 동작 자기장에 따른 출력 신호를 제공할 수 있다.

[0057] 도 5b는 고정층이 양의 방향으로 자화된 상태에서 도 4a의 수직 방향 자기저항 소자의 자기 저항 마이너 루프(Magneto-Resistance Minor Loop)를 설명하는 도면이다.

[0058] 도 5b를 참조하면, 외부 자기장은 -30 Oe(에르스텟) 내지 +30 Oe(에르스텟)를 시간에 따라 스캔할 수 있다.

[0059] -30 Oe(에르스텟)의 외부 자기장이 인가된 경우, 고정층(150)은 이미 양의 방향으로 자화되었다. 자유층(130)은 음의 방향으로 자화되었다.

[0060] 이어서, 상기 외부 자기장이 증가하여 영 Oe(에르스텟) 에 도달하여, 상기 자유층(130)은 상기 외부 자기장에 의하여 양의 방향으로 자화된다.

[0061] 이어서, 상기 외부 자기장이 더욱 증가하여 30 Oe(에르스텟)에 도달한 후, 다시 감소하여 영 Oe(에르스텟) 근처에 도달하면, 상기 자유층(130)은 상기 외부 자기장에 의하여 음의 방향으로 자화된다.

[0062] 보자력(Hc)은 자기 저항비가 최소 포화 값(0 퍼센트)과 최대 포화 값(약 1.6 퍼센트) 사이의 중간 값(0.8 퍼센트)을 가지기 위한 외부 자기장의 값일 수 있다. 이 경우, 상기 자유층(130)의 상기 보자력(Hc)은 약 -5 Oe(에르스텟)일 수 있다.

[0063] 도 6a 내지 도 6i는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수직 자기저항 소자의 마이너 자기이력 곡선을 나타내는 그래프이다.

표 1

[0064]

	Pd 0.8 nm	Pd 0.9 nm	Pd 1.0 nm	Pd 1.1 nm
Cu 2.1 nm		수평자기이방성		

Cu 2.2 nm		수평자기이방성	수직자기이방성 (Hc= 34 Oe)	
Cu 2.3 nm	수평자기이방성	수직자기이방성 (Hc=3 Oe)	수직자기이방성 (Hc=4 Oe)	수직자기이방성 (Hc=50 Oe)
Cu 2.4 nm		수평자기이방성		
Cu 2.5 nm		수평자기이방성		

[0065] 도 6a를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0066] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(0.8nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.3 nm의 Cu 층이다.

[0067] 도 6b를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0068] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.1 nm의 Cu 층이다.

[0069] 도 6c를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0070] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.2 nm의 Cu 층이다.

[0071] 도 6d를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0072] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.3 nm의 Cu 층이다. 마이너 루프가 면적을 형성하여, 자기저항 소자는 수직 자기 이방성을 나타낸다. 또한, 보자력은 3 Oe (에르스텟)이다.

[0073] 도 6e를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0074] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.4 nm의 Cu 층이다.

[0075] 도 6f를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0076] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(0.9nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.5 nm의 Cu 층이다.

[0077] 도 6g를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판/TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0078] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(1.0nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.2 nm의 Cu 층이다. 마이너 루프가 면적

을 형성하여, 자기저항 소자는 수직 자기 이방성을 나타낸다. 또한, 보자력은 34 Oe (에르스텟)이다.

[0079] 도 6h를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판 /TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0080] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(1.0nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.3 nm의 Cu 층이다. 마이너 루프가 면적을 형성하여, 자기저항 소자는 수직 자기 이방성을 나타낸다. 또한, 보자력은 4 Oe (에르스텟)이다.

[0081] 도 6i를 참조하면, 수직 방향 자기저항 소자는 유리기판 /TiO2(5nm)/[Co/Pd]/Cu/[Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)]$_4$/Ta(3nm)이다. 시드층(110)은 5 nm의 타이타늄산화막(TiO2)이다. 고정층(150)은 4층 구조를 가진 Co(0.4nm)/Pd(1.1nm)이다. 캐핑막(160)은 3 nm의 탄탈(Ta)이다.

[0082] 자유층(130)은 Co(0.6nm)/Pd(1.1nm)이다. 비자성 스페이서층(140)은 2.3 nm의 Cu 층이다. 마이너 루프가 면적을 형성하여, 자기저항 소자는 수직 자기 이방성을 나타낸다. 또한, 보자력은 50 Oe (에르스텟)이다.

[0083] 도 6a 내지 도 6i를 참조하면, 측정된 마이너 자기이력 곡선으로부터 10 Oe 미만의 보자력과 약 1.6 퍼센트의 거대 자기저항 비가 얻어질 수 있다.

[0084] Pd 과 Cu 층의 두께를 0.1 nm 씩 바꿀 때, 보자력 또는 거대 자기저항 비가 변한다. 따라서, 원하는 동작 자기장 범위를 선택해서 사용하는 것이 가능하다.

[0085] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0086] 110: 기판

120: 시드층

130: 자유층

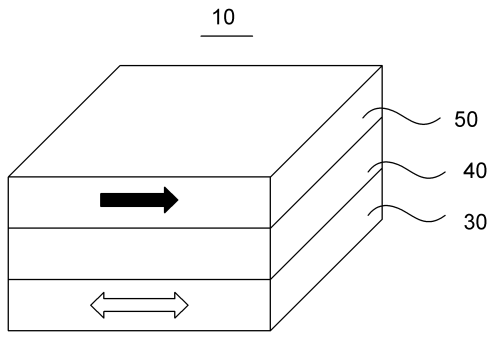
140: 비자성 스페이서층

150: 고정층

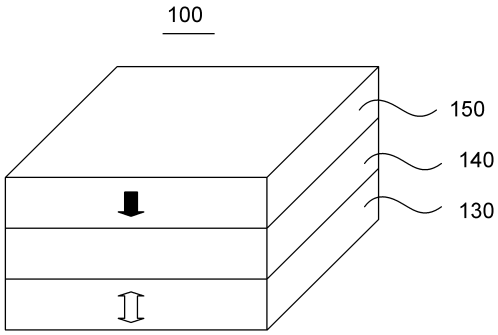
160: 캐핑막

도면

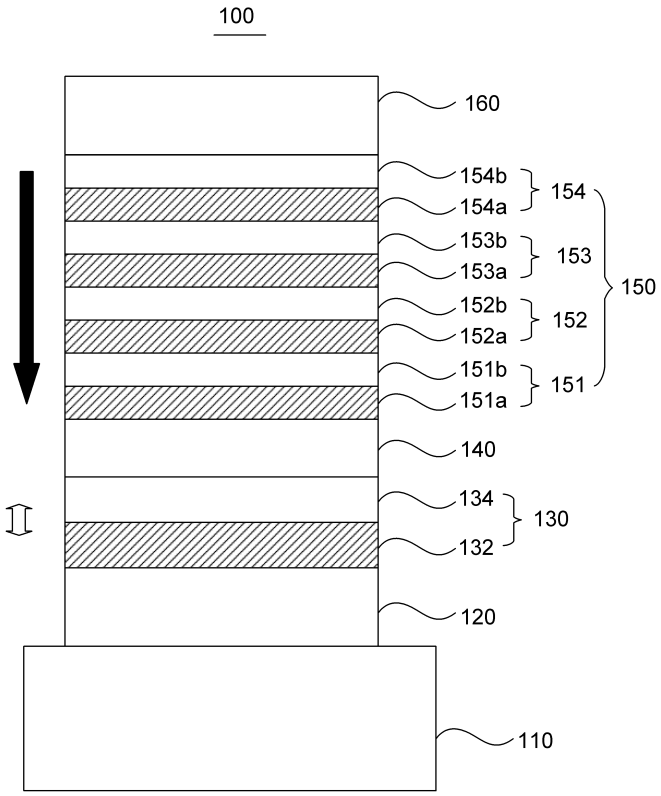
도면1



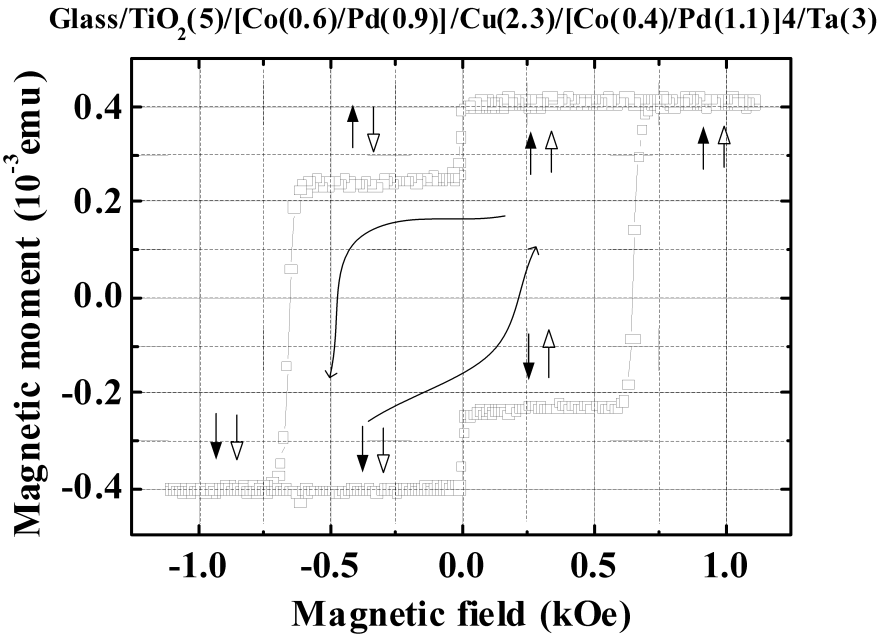
도면2


100
150
140
130

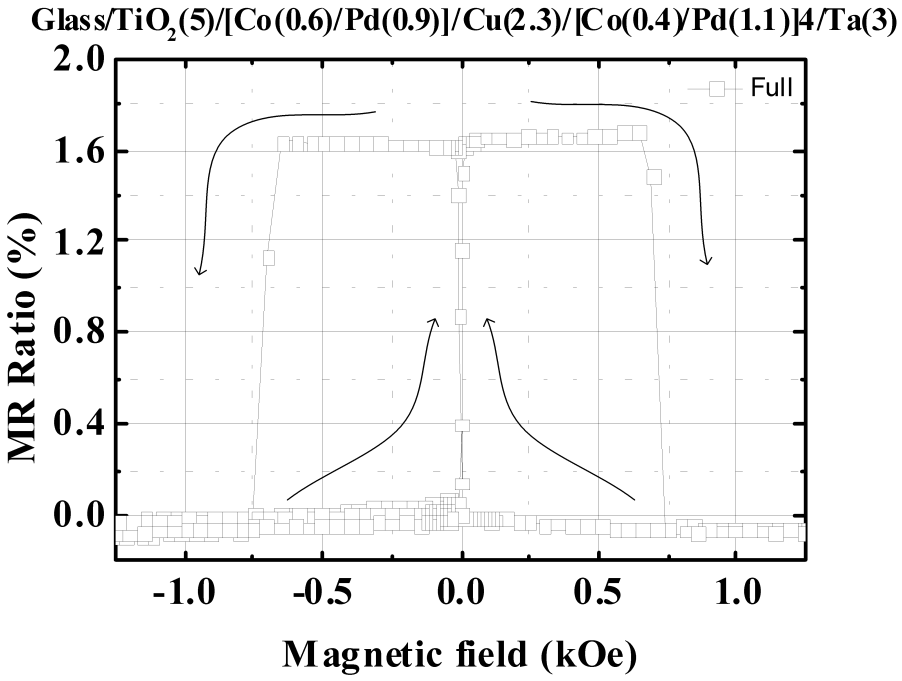
도면3


100
160
154b
154a
154
153b
153a
153
152b
152a
152
151b
151a
151
150
140
134
132
130
120
110

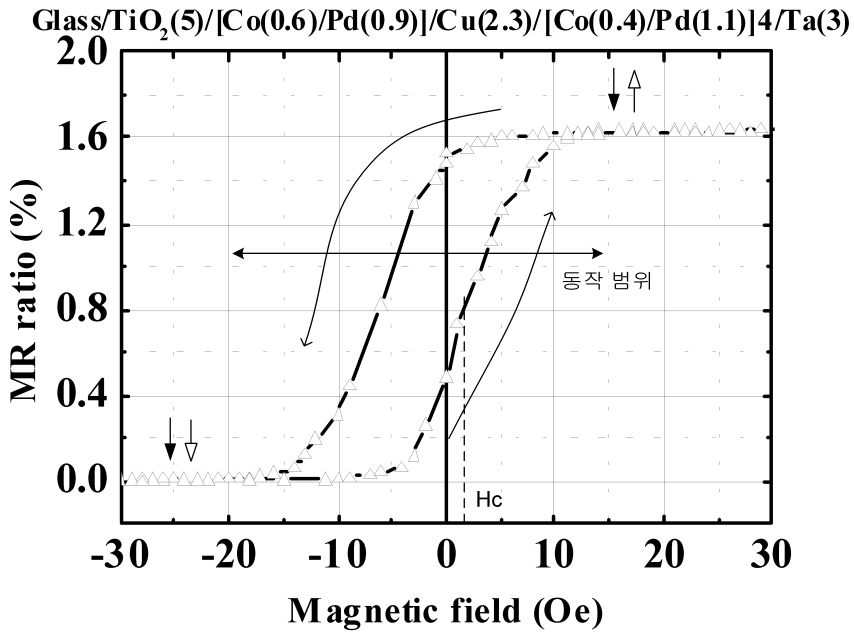
도면4a


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]/Cu(2.3)/[Co(0.4)/Pd(1.1)]4/Ta(3)
Magnetic moment (10-3emu)
0.4
0.2
0.0
-0.2
-0.4
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
Magnetic field (kOe)

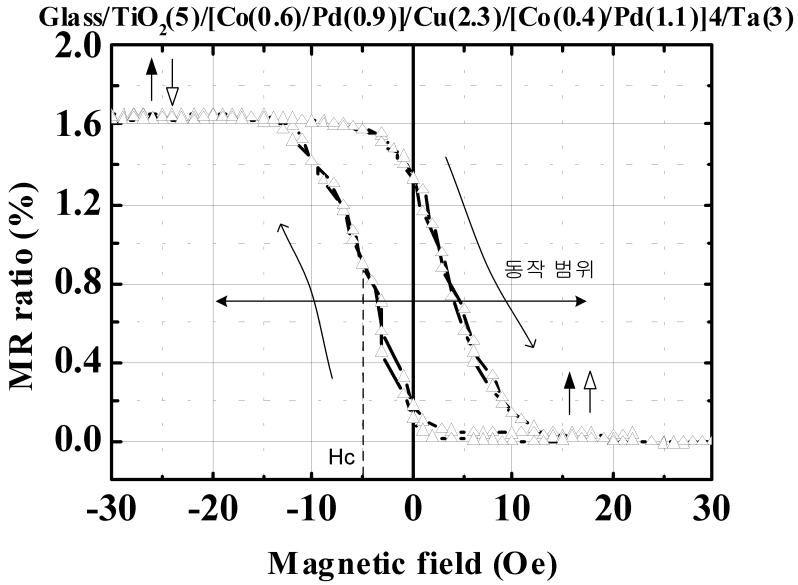
도면4b


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]/Cu(2.3)/[Co(0.4)/Pd(1.1)]4/Ta(3)
Full
MR Ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
Magnetic field (kOe)

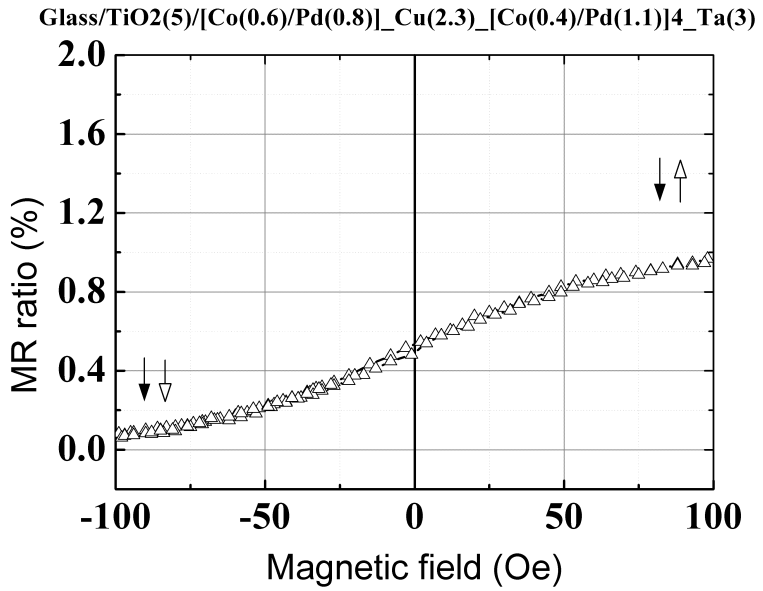
도면5a


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]/Cu(2.3)/[Co(0.4)/Pd(1.1)]4/Ta(3)
MR ratio (%)
Magnetic field (Oe)
동작 범위
Hc
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30

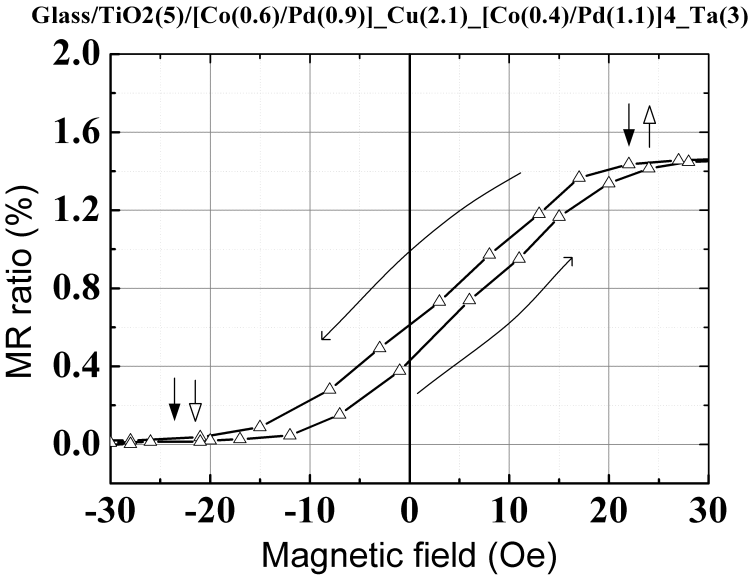
도면5b


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]/Cu(2.3)/[Co(0.4)/Pd(1.1)]4/Ta(3)
MR ratio (%)
Magnetic field (Oe)
동작 범위
Hc
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30

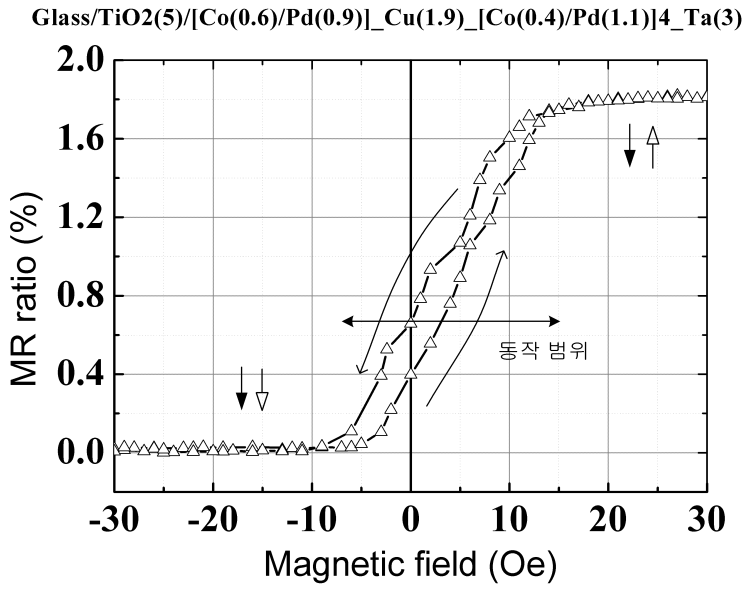
도면6a


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.8)]_Cu(2.3)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-100
-50
0
50
100
Magnetic field (Oe)

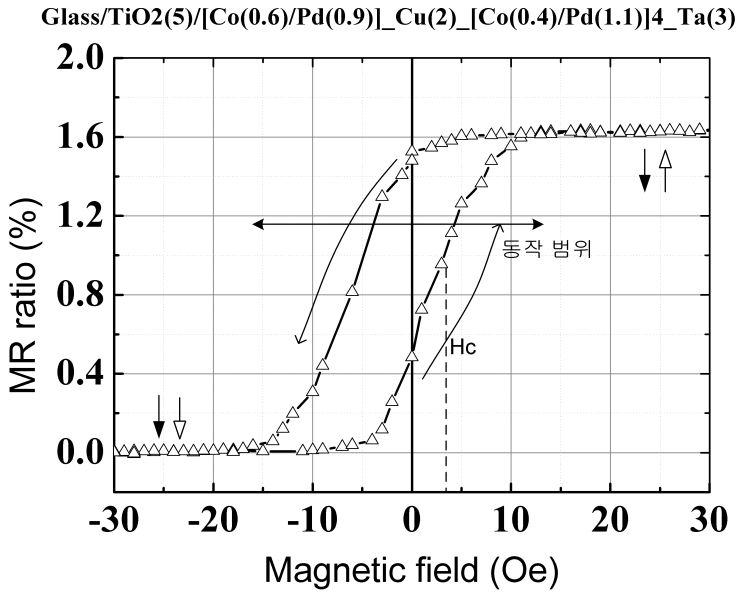
도면6b


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]_Cu(2.1)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30
Magnetic field (Oe)

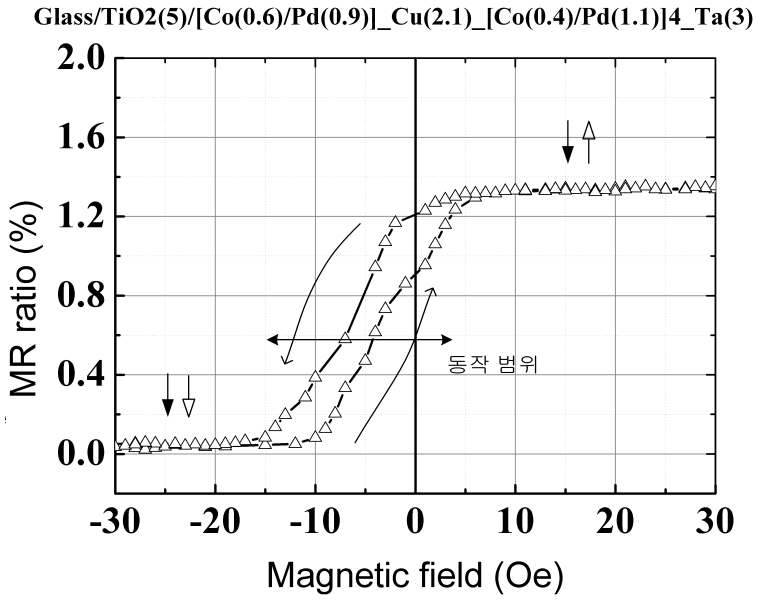
도면6c


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]_Cu(1.9)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30
Magnetic field (Oe)
동작 범위

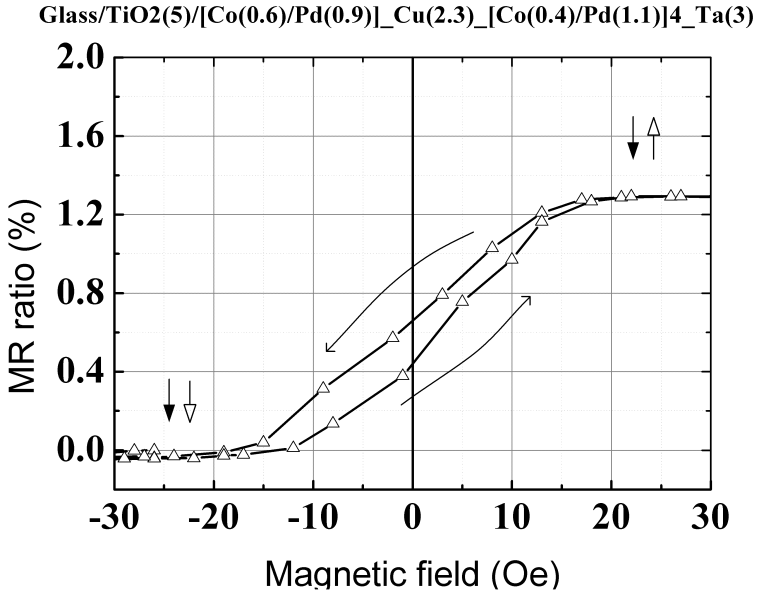
도면6d


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]_Cu(2)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30
Magnetic field (Oe)
동작 범위
Hc

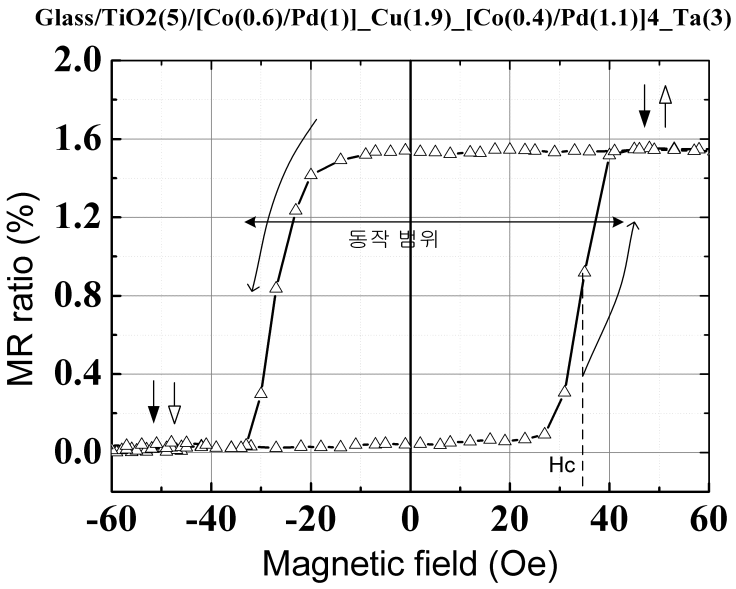
도면6e


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]_Cu(2.1)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30
Magnetic field (Oe)
동작 범위

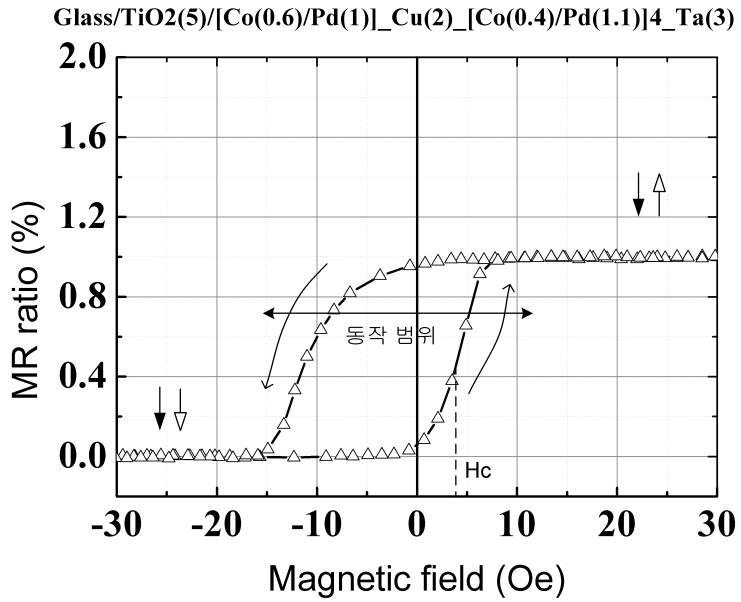
도면6f


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(0.9)]_Cu(2.3)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30
Magnetic field (Oe)

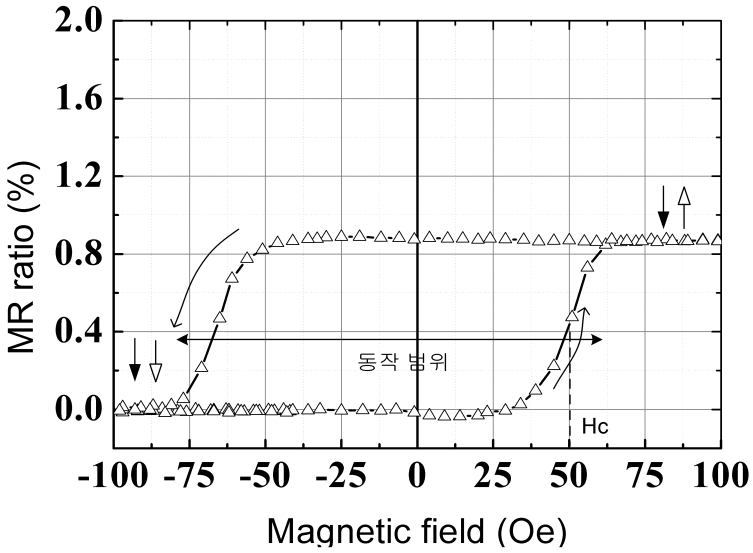
도면6g


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(1)]_Cu(1.9)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-60
-40
-20
0
20
40
60
Magnetic field (Oe)
동작 범위
Hc

도면6h


Glass/TiO2(5)/[Co(0.6)/Pd(1)]_Cu(2)_[Co(0.4)/Pd(1.1)]4_Ta(3)
MR ratio (%)
2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
-30
-20
-10
0
10
20
30
Magnetic field (Oe)
동작 범위
Hc

도면6i


2.0
1.6
1.2
0.8
0.4
0.0
MR ratio (%)
-100 -75 -50 -25 0 25 50 75 100
Magnetic field (Oe)
동작 범위
Hc