

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2008-0048151 (43) 공개일자 2008년06월02일
(51) Int. Cl. <i>B32B 9/04</i> (2006.01)	(21) 출원번호 10-2006-0118143 (22) 출원일자 2006년11월28일 심사청구일자 2006년11월28일	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내 (72) 발명자 김영근 서울 강남구 압구정2동 한양아파트 72-1109 김유송 서울 광진구 노유2동 830 한강아남아파트 1003호 (뒷면에 계속) (74) 대리인 권혁록, 이정순

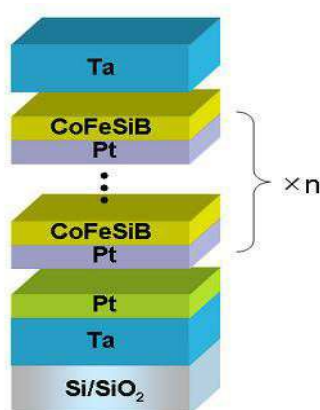
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 수직 자기 이방성을 가지는 코발트-철-실리콘-보론/플래티늄 다층박막

(57) 요약

본 발명은 자기 랜덤 액세스 메모리(자기 메모리)(magnetic random access memory)에 사용하는 자기이방성 다층 박막에 관한 것으로, 구체적으로는 다층의 CoFeSiB/Pt 막을 포함하는 자기이방성 다층박막에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

전병선

서울 관악구 봉천9동 622-118호 6통 5반

한승엽

서울 성북구 안암동5가 동광타운 104호

이장로

서울 서초구 방배동 988-1 신동아아파트 5동 201호

특허청구의 범위

청구항 1

수직 자기 이방성 다층박막에 있어서,
제1 Pt/CoFeSiB 층; 및
상기 제1 Pt/CoFeSiB 층상에 형성된 제2 Pt/CoFeSiB 층을 포함하는 수직 자기 이방성 다층박막.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 CoFeSiB층은 $\text{Co}_{70.5}\text{Fe}_{4.5}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ 의 조성으로 구성됨을 특징으로 하는 수직 자기이방성 다층박막.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제1 Pt/CoFeSiB 층 및 상기 제2 Pt/CoFeSiB 층의 두께의 비는 1:1임을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 제2 Pt/CoFeSiB 층상에 형성된 제3 Pt/CoFeSiB 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 제3 Pt/CoFeSiB 층상에 형성된 제4 Pt/CoFeSiB 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 6

제5항에 있어서,
상기 수직 자기 이방성 다층 박막의 보자력이 200e 이하임을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 7

제5항에 있어서,
상기 수직 자기 이방성 다층 박막에서 Pt 두께가 8 Angstrom 인 경우 CoFeSiB 3 Angstrom이하인 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 8

제5항에 있어서,
상기 수직 자기 이방성 다층 박막에서 CoFeSiB 두께가 3 Angstrom인 경우 Pt는 14 Angstrom 이상인 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 9

비자성 사이층(터널배리어)으로 분리되어 있는 자유층과 고정층을 포함하는 자기터널접합 구조에 있어서,

상기 자유층이

제1 Pt/CoFeSiB 층; 및

상기 제1 Pt/CoFeSiB 층상에 형성된 제2 Pt/CoFeSiB 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 터널 접합.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 CoFeSiB층은 $\text{Co}_{70.5}\text{Fe}_{4.5}\text{Si}_{15}\text{B}_{10}$ 의 조성으로 구성됨을 특징으로 하는 수직 자기 터널접합. .

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 제1 Pt/CoFeSiB 층 및 상기 제2 Pt/CoFeSiB 층의 두께의 비는 1:1임을 특징으로 하는 수직 자기 터널접합. .

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 제2 Pt/CoFeSiB 층상에 형성된 제3 Pt/CoFeSiB 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 터널접합.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제3 Pt/CoFeSiB 층상에 형성된 제4 Pt/CoFeSiB 층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 수직 자기 이방성 다층 박막에서 Pt 두께가 8 Angstrom 인 경우 CoFeSiB 3 Angstrom이하인 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 수직 자기 이방성 다층 박막에서 CoFeSiB 두께가 3 Angstrom인 경우 Pt는 14 Angstrom 이상인 것을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 수직 자기 이방성 다층 박막의 보자력이 200e 이하임을 특징으로 하는 수직 자기 이방성 다층 박막.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <6> 본 발명은 자기 랜덤 액세스 메모리에 사용하는 자기이방성 다층박막에 관한 것으로, 구체적으로는 다수의 CoFeSiB/Pt 층을 포함하는 자기이방성 다층박막에 관한 것이다.
- <7> 자기 랜덤 액세스 메모리(magnetic random access memory)(이하 '자기 메모리'로 약칭한다)는 미사일, 우주선과 같은 군수용 제품에 사용되고 있다. 또한, 자기 메모리는 기존의 휘발성 소자인 DRAM(Dynamic Random Access Memory)의 고집적도와 SRAM(Static Random Access Memory)의 고속도를 구현할 수 있으며, 비휘발성체인 Flash 메모리에 비해 소비전력이 적으며, 기록재생 반복횟수가 매우 커 휴대 전화기, 컴퓨터 및 네트워크에 사용되는 기존의 메모리의 대체수단으로 부각되고 있다. 또한, 저가, 휘발성을 요구하는 RFID(Radio Frequency Identification) 태그에 적용하려는 시도가 진행 중이며, 공장자동화용 로봇 등에 활용가능성이 크다.
- <8> 자기 메모리는 터널링 자기 저항(tunneling magnetoresistance: TMR)에 기초한 자기 터널 접합(MTJs: Magnetic Tunnel Junctions) 구조를 갖는 자기 기억 소자이며, 소자 내부에 있는 전자의 자체 회전으로 발생된 스핀의 방향을 이용하여, 이웃한 자성층의 스핀 방향이 평행(parallel) 또는 반평행(anti-parallel) 인가에 따라 소자의 저항 값이 달라지는 성질을 이용하여 외부에서 자기장을 걸어 스핀 방향을 평행 또는 반평행으로 조작함으로써 정보를 입력할 수 있다.
- <9> 여기서 자기터널접합은 터널링 장벽(tunneling barrier)으로서 절연층 (일반적으로 Al_2O_3)을 사이에 둔 두 강자성층 (ferromagnetic layer)의 샌드위치 형태로 되어 있으며, 전류가 각 층에 수직하게 흐르는 현상을 나타낸다. 여기서 두 강자성층은 기준층으로 작용하는 고정층(pinned layer)과 저장이나 감지의 기능을 하는 자유층(free layer)을 말한다. 전류가 흐를 때, 두 강자성층의 스핀 방향이 같으면 (parallel) 저항이 작으며 전류의 터널링 확률이 크게 된다. 반면에 두 강자성층의 스핀 방향이 정반대이면 (antiparallel), 저항이 크며 전류의 터널링 확률이 작게 된다. 자기메모리의 초고집적화를 위해서는 서브마이크로 미터 단위의 메모리 셀 형성이 필요하다. 이렇게 자기메모리의 고집적화를 위해 단위 자기터널접합의 크기를 감소시키면서 셀의 종횡비(aspect ratio)를 작게 하는 경우에는 자기터널접합의 자성체 내부에서 강한 반자장에 의한 다자구(multi-domain) 또는 볼텍스(vortex)가 형성되고 이로 인해 불안정한 셀 스위칭 현상이 나타나 기록마진이 떨어지게 된다.
- <10> 큰 종횡비로 셀을 제작하면 이러한 다자구 구조는 형상자기이방성에 의해 발생하지 않지만 고집적화를 이룰 수 없고 큰 스위칭 자기장을 필요로 하게 되어 결과적으로 고집적화를 이룰 수 없다.
- <11> 그래서 개발된 것이 수직자기이방성 자기터널접합이다 (Naoki Nishimura *et al.*, J. Appl. Phys., vol. 91, p. 5246, 2002). 니시무라 그룹은 수직자기 이방성 물질로 잘 알려진 TbFeCo, GdFeCo를 자유층과 고정층으로 사용하여 자기터널접합을 제작하여 자기저항비 55%를 획득하였다. 또한 MFM(magnetic force microscope)을 통해 수직자기이방성 자기터널접합에서 자화 비틀림 현상이 없다는 것을 확인하였다. 그러나 이 실험에서 사용된 Tb, Gd 등은 희토류 금속으로 지구상에서 존재량이 적어 실용화가 불가능하다. 그러므로 수직자기이방성 자기터널접합을 실용화하기 위해서는 새로운 수직자기이방성 물질의 개발이 필요하다.
- <12> 기존에 연구되던 수직자기 이방성 박막들은 고밀도화에 있어 한계에 부딪칠 수평자기 기록 매체를 대체하기 위하여 개발되었다. 수직자기 이방성을 보이는 물질은 CoCr계 합금막, Co/Pt, Co/Pd 다층박막 등으로, 이때 요구되는 물리적 성질은 기록자구의 안정성과 신뢰성을 위하여 수직자기 이방성이 크고, 보자력이 높으며, 잔류 자화값이 큰 것을 요구한다.
- <13> 그러나 자기 메모리는 빠른 스위칭과 저전력 동작이 요구되며, 이에 따라 낮은 보자력(Coercivity)과 재생마진 증진을 위한 높은 자기이방성이 요구된다. 또한, 잔류자화값(remanent magnetization)이 포화자화값(saturation magnetization)과 유사하며, 동시에 낮은 값을 유지하는 것이 자기 메모리 스위칭 동작의 민감도 향상에 필요하다.
- <14> 즉, 자기 메모리 고집적화 해결책으로서 현재 활발히 연구되고 있는 pMTJ(perpendicular magnetic tunnel junction)을 사용하기 위하여는 자기메모리로 사용할 수 있도록 낮은 보자력과 포화자화값, 높은 자기이방성을 갖는 수직 자기 이방성 박막을 사용하여, 자화가 면에 수직으로 생성되는 수직자기이방성 자기터널접합은 낮은 포화자화값을 가지고 박막끝부분에서의 어떠한 자화 비틀림 현상도 나타나지 않기 때문에 고밀도가 가능하다.
- <15> 따라서 낮은 보자력과 잔류자화값(remanent magnetization)이 포화자화값(saturation magnetization)과 유사하며, 동시에 낮은 포화자화값을 가지고, 소비전력을 최소화할 수 있는 수직 자기 이방성 박막이 요구된

다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <16> 위와 같은 기술적 과제를 해결하기 위하여,
- <17> 본 발명의 목적은 낮은 보자력(200e 이하), 잔류자화값(remanent magnetization)과 유사하며, 동시에 낮은 값을 가지는 포화자화값을 나타내는 자기이방성 박막을 제공하고자 함에 있다.
- <18> 본 발명의 다른 목적은 낮은 보자력(200e 이하), 잔류자화값(remanent magnetization)과 유사하며, 동시에 낮은 값을 가지는 포화자화값을 나타내는 CoFeSiB/Pt 자기이방성 박막을 제공하고자 함에 있다.
- <19> 본 발명의 또 다른 목적은 낮은 보자력(200e 이하), 잔류자화값(remanent magnetization)과 유사하며, 동시에 낮은 값을 가지는 포화자화값을 나타내는 CoFeSiB/Pt 박막의 다층으로 구성되는 자기이방성 박막을 제공하고자 함에 있다.
- <20> 이러한 본 발명의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 을 포함하는 자기이방성 박막을 제공한다.
- <21> 또한, 이외에 이러한 자기이방성 다층박막 구조와 다른 실시예, 또는 구성요소의 변경, 추가 등에 의한 다른 실시예의 제공이 가능하다.

발명의 구성 및 작용

- <22> 본 발명에 따른 수직자기 이방성 다층 박막의 적층 구조는 Si/SiO₂/Ta/Pt/[Pt/CoFeSiB]_n/Ta 이다. 여기에서 Si는 기판을 의미하며, SiO₂ 층은 기판위에 형성한 자연 산화층이고, Ta 층과 Pt층은 버퍼층이다. 다른 Ta 층은 덮개층(capping layer)이다. 여기에서 본 발명의 대상은 수직 자기 이방성을 나타내는 [Pt/CoFeSiB] 층이다. 즉, 본 발명에서는 기존의 수직이방성 다층박막에서 사용되던 Pt/Co 및 Pt/CoFe 층을 CoFeSiB 층으로 대체한다.
- <23> 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <24> 도 1은 본 발명에 따라 형성한 CoFeSiB/Pt 수직자기 이방성 박막의 적층구조를 나타내는 도면이다.
- <25> 도 1에 나타나 있는 바와 같은 본 발명에서 일 실시예로 형성한 수직 자기 이방성 박막을 두께 표시하여 나타내면, Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt (t₁)/CoFeSiB (t₂)]_n/Ta 50 (두께단위: Angstrom)이다. 여기에서 n은 Pt (t₁)/CoFeSiB (t₂) 층의 개수(반복 회수)를 의미하며, t₁은 Pt의 두께, t₂는 CoFeSiB의 두께를 의미한다. Si는 기판을 의미하며, SiO₂는 기판위에 형성한 산화층으로 두께가 의미를 가지지 않는다.
- <26> 여기서 CoFeSiB는 Co_{70.5}Fe_{4.5}Si₁₅B₁₀이며, t₁, t₂ 및 n은 변수로 다양하게 변화시킨다.
- <27> 본 발명의 다층박막을 적층하는 데에 사용된 것은 직류 마그네트론 스퍼터링(sputtering) 방법이며, 기준 압력(base pressure)은 5×10⁻⁸ Torr 미만이다. 박막의 두께는 증착 시간을 통해 조절하였다. Pt와 CoFeSiB의 박막을 반복적으로 증착시켜 계면에서의 표면이방성(surface anisotropy)에 의해 수직자기이방성을 생성한다. 자기적 특성을 측정해 본 결과 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB 3]₄/Ta 50 (두께단위: Angstrom) 박막구조에서 보자력은 20 Oe, 포화자화값 170 emu/cm³, 수직자기이방성 5×10⁵ erg/cm³를 나타낸다. 여기서 바람직하게는 반복횟수는 3이나 4이다. 반복횟수가 더 많아지면 보자력이 커지므로 바람직하지 못하다.
- <28> 도 2 Co/Pt 다층박막과 본 발명에 따라 형성한 CoFeSiB/Pt 다층박막의 자기적 특성의 비교를 나타내는 도면이다.
- <29> 도 2는 동일한 구조와 박막두께로 이루어진 기존의 [Co/Pt] 다층박막과 본 발명의 [CoFeSiB/Pt] 다층박막의 자기적 특성을 비교해 놓은 도면이다. 즉, 박막구조는 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB 또는 Co 3]₅/Ta 50 (두께단위: Angstrom)이며, 자기적 특성은 VSM (vibrating sample magnetometer)으로 측정하였다.
- <30> 그 결과를 보면, 본 발명의 [CoFeSiB/Pt] 다층박막은 기존의 [Co/Pt] 다층박막보다 1/10 정도의 보자력과 1/3 정도의 포화자화값을 갖고 있어, 이를 pMTJ의 자유층으로 응용할 경우 좋은 스위칭 특성을 나타낸다.
- <31> 도 3은 본 발명에 따라 형성한 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt t/CoFeSiB 3]₅/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 Pt

두께(t) 변화에 따른 다층 박막의 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면이다.

- <32> 도 3을 참조하면, Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt t₁/CoFeSiB 3]×5/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 Pt 두께(t₁) 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 알 수 있다. 즉, Pt 두께가 늘어나면서 자성층간의 dipole-interaction이 작아져서, 보자력은 12 Angstrom 이후 급격히 작아지게 되는 것을 알 수 있고, 포화자화는 Pt의 두께가 늘어남에 따라 작아지게 됨을 알 수 있다. pMTJ(perpendicular magnetic tunnel junction)용으로 사용하기 위하여는 보자력이 200e이하인 것이 바람직하므로 CoFeSiB 3 Angstrom인 경우 Pt는 14 Angstrom 이상이어야 함을 알 수 있다.
- <33> 도 4는 본 발명에 따라 형성한 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB 3]×n/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 반복 횟수(n)의 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면이다.
- <34> 도 4를 보면, Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB 3]×n/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 다층박막의 반복횟수(개수)의 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면이다. 예측대로 반복횟수가 늘어남에 따라 보자력은 증가하고 포화자화는 증가하다가 일정한 값을 가지게 됨을 알 수 있다. pMTJ(perpendicular magnetic tunnel junction)용으로 사용하기 위하여는 보자력이 200e이하인 것이 바람직하므로 반복횟수는 3내지 4회가 바람직하다.
- <35> 도 5는 본 발명에 따라 형성한 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB x]×5/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 CoFeSiB의 두께(x) 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면이다.
- <36> 도 5를 보면, Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB t₂]×5/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 CoFeSiB의 두께(t₂) 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 알 수 있다. CoFeSiB의 두께가 6 Angstrom 이하일 때는 두께에 따라 수직자기이방성이 증가하여 보자력이 증가하지만, 두께가 더 두꺼워질 경우 bulk anisotropy가 증가하여 수평자기성분이 커지게 되므로 수직성분의 보자력은 감소하게 된다. 포화자화의 경우 6 Angstrom 이하일 때는 수직 자기 이방성 박막이 두꺼워짐에 따라 수직자기이방성도 증가하게 되지만, 일정 두께 이상이 되면 더 이상 증가하지 않음을 알 수 있다. pMTJ(perpendicular magnetic tunnel junction)용으로 사용하기 위하여는 보자력이 200e이하인 것이 바람직하므로 Pt는 8 Angstrom 인 경우 CoFeSiB 3 Angstrom이하이어야 함을 알 수 있다.
- <37> 한편, 본 발명의 상세한 설명에서 바람직한 실시 예 등을 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다.

발명의 효과

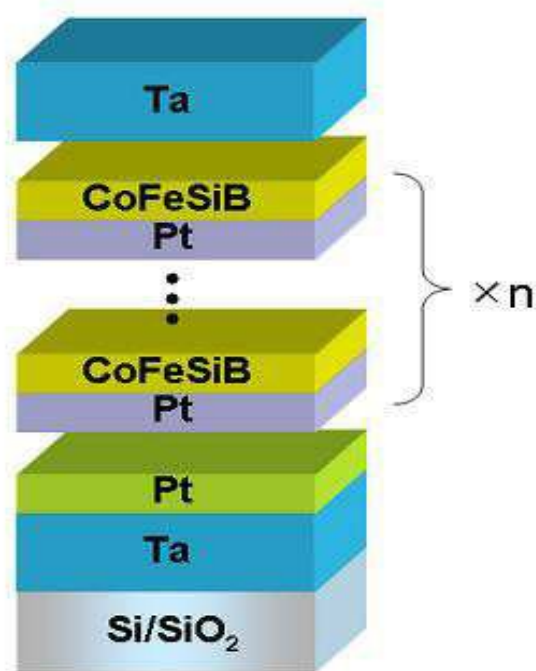
- <38> 본 발명에 따라 낮은 보자력 높은 수직자기 이방성, 잔류자화값(remanent magnetization)과 유사하며, 동시에 낮은 값을 가지는 포화자화값을 나타내는 [Co_{70.5}Fe_{4.5}Si₁₅B₁₀/Pt]×n 자기이방성 다층 박막을 제공하여 고집적 자기메모리 형성이 가능하다.

도면의 간단한 설명

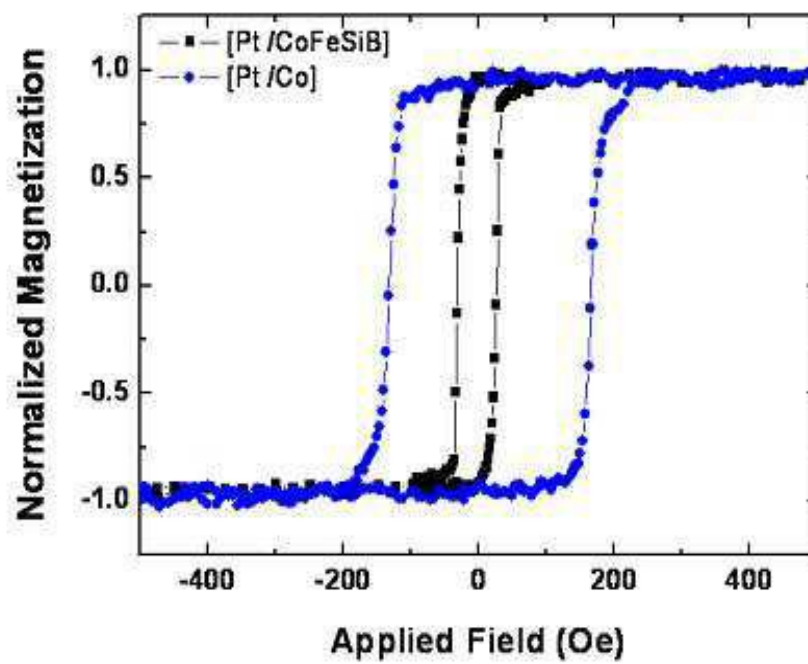
- <1> 도 1은 본 발명에 따라 형성한 CoFeSiB/Pt 수직자기이방성 박막의 적층구조를 나타내는 도면,
- <2> 도 2 Co/Pt 다층박막과 본 발명에 따라 형성한 CoFeSiB/Pt 다층박막의 자기적 특성의 비교를 나타내는 도면,
- <3> 도 3은 본 발명에 따라 형성한 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt (t)/CoFeSiB 3]×5/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 Pt 두께(t) 변화에 따른 다층 박막의 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면,
- <4> 도 4는 본 발명에 따라 형성한 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB 3]×n/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 반복 횟수(n)의 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면,
- <5> 도 5는 본 발명에 따라 형성한 Si/SiO₂/Ta 50/Pt 4/[Pt 8/CoFeSiB (x)]×5/Ta 50 (두께단위: Angstrom)에서 CoFeSiB의 두께(x) 변화에 따른 보자력과 포화자화의 변화를 나타내는 도면.

도면

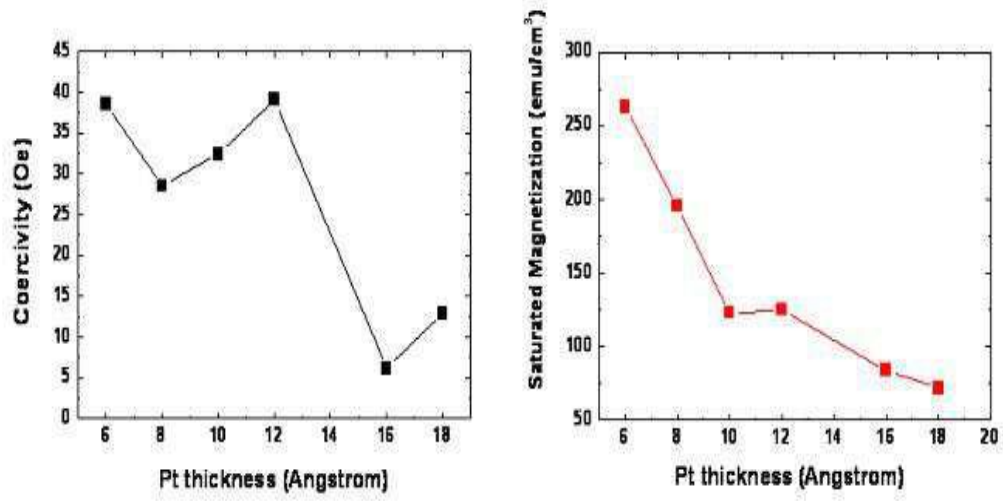
도면1



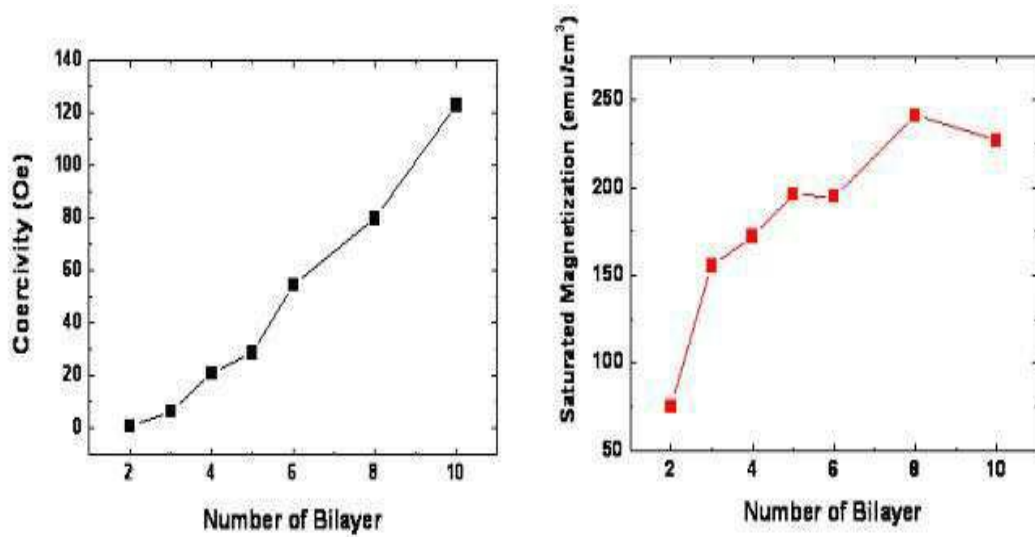
도면2



도면3



도면4



도면5

