

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0076053 (43) 공개일자 2016년06월30일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 43/08 (2006.01) H01L 43/10 (2006.01) H01L 43/12 (2006.01)	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)	
(21) 출원번호 10-2014-0185727	(72) 발명자 이궁원 세종특별자치시 조치원읍 섭골길 59 (세종e편한세상아파트) 108동 1202호 홍진기 서울특별시 마포구 큰우물로 28 (용강동, 래미안아파트) 104동 1301호 (뒷면에 계속)	
(22) 출원일자 2014년12월22일 심사청구일자 2014년12월22일	(74) 대리인 권오식, 김종관, 박창희	

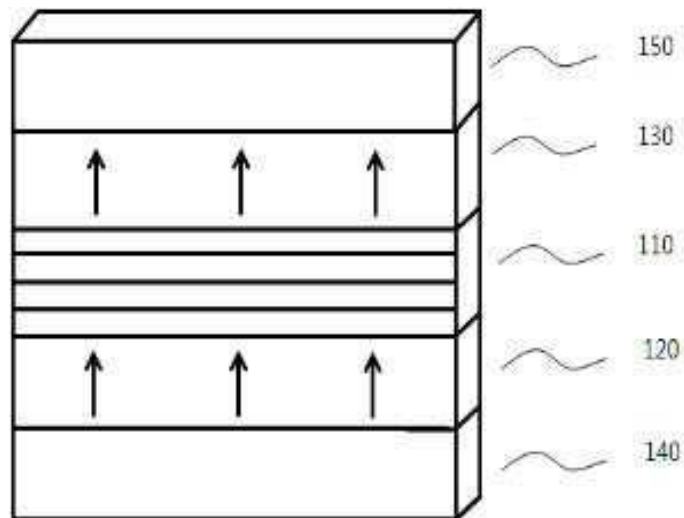
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 강자성 근처 상자성물질을 매개로 한 2개층 이상의 수직 자기 결합

(57) 요약

본 발명은 상온에서 강자성 전이 직전의 상자성체를 매개로 하는 수직 자기 이방성 결합 구조 및 이를 포함하는 자기저항 변화 소자에 관한 것으로, 본 발명에 따른 자기저항변화 소자는 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금인 상자성체 및 상기 상자성체의 상하에 적층된 두 개 이상의 자성체가 자기적으로 연결된 수직 자기 이방성 결합 구조를 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김동석

세종특별자치시 조치원읍 섭골길 59 (세종e편한세
상아파트) 103동 501호

장영재

세종특별자치시 조치원읍 신안새동네길 16 , 베스
트빌 102호

김지민

세종특별자치시 조치원읍 봉산로 62-3 마이움원룸
101동 106호

명세서

청구범위

청구항 1

상온에서 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금인 상자성체; 및 상기 상자성체의 상하에 적층된 두 개 이상의 자성체;가 자기적으로 연결된 수직 자기 이방성 결합 구조를 포함하는 자기저항변화 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상온에서 상기 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금은 하기 식 (1) 및 (2)를 만족하는 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

$$(1) \quad \chi_{enhanced} = \frac{2\mu_B^2 N(E_F)}{1 - U_{eff} N(E_F)} = \frac{\chi_P}{1 - U_{eff} N(E_F)}$$

$$(2) \quad 3 \leq \frac{\chi_{enhanced}}{\chi_P}$$

여기서, $\chi_{enhanced}$: 강조 자화율(Enhanced susceptibility), μ_B : 보어 마그네톤, U_{eff} : 유효 교환 에너지, $N(E_F)$: 상태밀도, χ_P : $U_{eff}N(E_F)=0$ 의 자화율값,

청구항 3

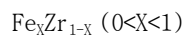
제1항에 있어서,

상기 비정질 합금은 1개 이상의 강자성 원소 성분을 포함하는 자기저항변화 소자.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 비정질 합금은 하기 조성을 가지는 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.



청구항 5

제1항에 있어서,

상기 자성체는 수직 자기 이방성을 가지는 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 상자성체의 두께 t 는 $0\text{nm} < t < 2\text{nm}$ 의 범위를 가지는 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 상자성체는 상기 자성체보다 결정화 온도가 150℃ 내지 250℃ 높은 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 자성체는 CoFeB인 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 적층은 스퍼터링을 포함하는 코팅 방식으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 수직 자기 이방성 결합 구조층;상기 수직 자기 이방성 결합 구조층 아래에 터널배리어층; 및 상기 터널배리어층 아래에 자성체로 이루어진 자기 터널 접합 구조를 포함하는 자기저항변화 소자.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중에서 선택되는 어느 한 항에 있어서,

상기 자기저항변화 소자가 STT-MRAM(Spin Transfer Torque-Magnetic Random Access Memory)인 것을 특징으로 하는 자기저항변화 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자기저항 변화 소자에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 강자성 전이 직전의 상자성체를 매개로 발생 하는 수직 자기 이방성 결합 구조 및 이를 포함하는 자기저항 변화 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자소자 기술은 정보통신기술(ICT)과 더불어 급격하게 발전하고 있다. 전자소자 기술 중 대용량 및 고집적 메모리 분야는 반도체 재료를 기반으로 개발되고 있다. 하지만 반도체 기반 메모리 기술은 집적화 및 소형화의 기술적 한계에 도달하였다. 상기 기술적 한계를 극복하기 위해 스핀트로닉스(Spintronics)가 새롭게 주목받고 있다. 스핀트로닉스는 자기장을 이용하여 전자 스핀을 제어하는 기술이다. 대표적인 자기저항 변화 소자로서 STT-MRAM (Spin Transfer torque-Magnetic Random Access Memory)을 제시할 수 있다.

[0003] 상기 STT-MRAM은 스핀 전달 토크를 이용한 자기 메모리이다. 스핀 전달 토크(Spin transfer Torque)는 자성 소자에 스핀전류를 가하여 자화의 방향을 변화시키는 것을 의미한다. 따라서, 상기 STT-MRAM은 자유층/터널 장벽층/고정층/자성층으로 구성되는 자기 터널 접합(Magnetic Tunnel Junction) 구조에서 상기 스핀 전달 토크를 이용하여 정보를 기록하는 소자이다. 그러나 상기 STT-MRAM은 소자의 크기가 작아지면 발열에 의한 스핀 요동(Spin fluctuation)으로 인해 자화가 임의로 스위칭되는 한계가 있다.상기 스위칭은 상기 STT-MRAM을 구성하는 자성체의 수직자기 이방성이 변화되는 것이다.

[0004] 상술한 한계로 인해 상기 자기저항변화 소자는 $K_B T$ (K_B :볼츠만 상수, T:절대온도)의 수십 배에 해당하는 에너지 크기의 열적 요동(Thermal Fluctuation)에 버틸 수 있어야 한다. 상기 자기저항변화 소자의 열적 안정성은 자성체의 두께가 클수록 안정적이다. 하지만 자성체의 두께가 일정 크기 이상으로 커지면 수직 자기 이방성이 소멸된다. 따라서, 상기 자기저항변화 소자의 상용화는 2nm 이상 두께의 자성체에서 수직 자기 이방성이 유지되어야 이루어질 수 있다.

[0005] 상기 문제점을 해결하기 위한 종래 기술은 Ta과 같은 비자성 금속을 수직 자기 이방성 자성체 사이에 삽입하여

수직 자기 이방성을 유지하게 하는 수직 자기 이방성 결합 구조[V.B. Naik, H. Meng, and R. Sbiaa. AIP advances 2, 042182(2012)]를 형성하는 것이었다. 또 다른 종래 기술은 대한민국 공개특허 제2011-0011807호에 서와 같이 비정질 버퍼를 이용하여 2nm이하의 자성층을 확보하는 것이었다. 상술한 바와 같이 종래 기술은 2nm 이하의 두께에서 수직 자기 이방성이 형성되어 열적 안정성이 확보되지 않고, 다양한 원인에 의해 수직 자기 이 방성의 유지가 불안정한 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2011-0011807호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 강자성 전이 직전이고 비정질 합금인 상자성체를 매개로 하여 두 개 이상의 자성체가 자기적으로 연결된 수직 자기 이방성 결합 구조 및 이를 포함하는 자기저항변화 소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명에 따른 자기저항변화 소자는 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금인 상자성 체 및 상기 상자성체의 상하에 적층된 두 개 이상의 자성체가 자기적으로 연결된 수직 자기 이방성 결합 구조를 포함한다.

[0009] 보다 상세하게는 상기 자기저항변화 소자는 상기 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합 금은 하기 식 (1) 및 (2)를 만족하며,

$$[0010] \quad (1) \quad \chi_{enhanced} = \frac{2\mu_B^2 N(E_F)}{1 - U_{eff} N(E_F)} = \frac{\chi_P}{1 - U_{eff} N(E_F)}$$

$$[0011] \quad (2) \quad 3 \leq \frac{\chi_{enhanced}}{\chi_P}$$

[0012] 여기서, $\chi_{enhanced}$: 강조 자화율(Enhanced susceptibility), μ_B : 보어 마그네톤, U_{eff} : 유효 교환 에너지, $N(E_F)$: 상태밀도, χ_P : $U_{eff}N(E_F)=0$ 의 Pauli 자화율값,

[0013] 상기 비정질 합금은 1개 이상의 강자성 원소 성분을 포함하며, Fe_xZr_{1-x} ($0 < x < 1$)의 조성을 가질 수 있다.

[0014] 그리고 상기 자기저항변화 소자는 상기 자성체가 수직 자기 이방성을 가지며, CoFeB인 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 자기저항변화 소자에서 상기 상자성체의 두께 t 가 $0nm < t < 2nm$ 의 범위를 가지고, 상기 상자성체는 상기 자성체보다 결정화 온도가 $150^\circ C$ 내지 $250^\circ C$ 높은 물질이다.

[0016] 상기 자기저항변화 소자에서 수직 자기 이방성 결합 구조를 형성하는 적층은 스퍼터링을 포함하는 코팅 방식으 로 이루어진다.

[0017] 상기 자기저항변화 소자는 상기 수직 자기 이방성 결합 구조층, 상기 수직 자기 이방성 결합 구조층 아래에 터 널배리어(tunnel barrier)층 및 상기 터널배리어층 아래에 자성체로 이루어진 자기 터널 접합을 포함할 수 있다.

[0018] 나아가 상기 자기저항변화 소자는 STT-MRAM(Spin Transfer Torque-Magnetic Random Access Memory)인 것을 특

정으로 할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른 자기저항변화 소자는 강자성 전이 직전이고 비정질 합금인 상자성체를 매개로 두 개의 자성층을 자기적으로 연결하여 마치 하나의 자성층이 존재하는 것과 같은 효과를 만들며, 상승한 효과를 통해 3.5nm 이상의 수직자기 이방성 결합 구조층을 형성하여 열적 안정성을 확보하고, 소자 상용화를 달성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 자기 이방성 결합 구조를 구비한 자기저항변화 소자를 개략적으로 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 자기 이방성 결합 구조를 구비한 자기 터널 접합(Magnetic Tunnel Junction)을 개략적으로 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 자기 터널 접합을 구비한 STT-MRAM(Spin Transfer Torque-Magnetic Random Access Memory)을 개략적으로 도시한 것이다.

도 4는 본 발명의 실험예에 따른 수직 자기 이방성 구조에 대한 M-H loop 자료를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021] 이하 본 발명의 강자성 전이 직전의 상자성체를 매개로 하는 수직 자기 이방성 결합 구조 및 이를 포함하는 자기저항 변화 소자를 상세히 설명한다. 이때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0022] 본 발명에 따른 자기저항변화 소자는 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금인 상자성체의 상하에 적층된 두 개 이상의 자성체가 자기적으로 연결되며, 상기 비정질 합금은 강자성 전이 직전의 상태를 가지는 수직 자기 이방성 결합 구조를 포함한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 자기 이방성 결합 구조를 구비한 자기저항변화 소자를 개략적으로 도시한 것이며, 본 발명의 실시예는 이에 한정되지 않는다. 도 1에 도시한 바와 같이, 상기 자기저항변화 소자는 강자성 전이 직전의 비정질 합금으로 이루어진 상자성체(110)의 상하에 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)가 자기적으로 연결된 수직 자기 이방성 결합 구조를 포함한다. 상기 수직 자기 이방성 결합구조는 상부 자성체(130) 및 하부 자성체(120)가 상기 상자성체(110)에 의한 자기적 연결에 의해 수직 자기 이방성이 향상된 결합 구조를 포함한다. 상기 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)는 단일층의 단일 자성체 또는 다층 구조의 이성질 자성체층을 가질 수 있다. 도 1의 최상위층 터널배리어층(150) 및 최하위층의 버퍼(140)는 상기 상부 수직 자기 이방성 자성체(130)와 하부 수직 자기 이방성 자성체(120)가 수직 자기 이방성을 발현할 수 있는 결정구조를 가진다. 특히, 상기 터널배리어층 (150)는 전자들이 양자역학적으로 터널링(tunneling)되는 절연체로써 터널 장벽 역할을 한다.

[0024] 상기 수직 자기 이방성 결합 구조에서 상기 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)는 수직 자기 이방성을 유지하기 위해 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금인 상자성체(110)가 필요하다. 구체적으로 상기 상자성체(110)이 강자성으로 전이하기 직전의 비정질 합금일 때 상기 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)의 자기 상호작용이 강하다. 상기 비정질 합금은 자성 금속과 초기전이금속(Early Transition Metal)으로 구성될 수 있다. 상기 자성 금속은 Fe, Ni, Co를 포함할 수 있으며, 상기 초기전이금속은 Y, Zr, Ti, Hf, Ta를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 비정질 합금은 강자성체의 띠이론(Band theory)에서 설명하고 있는 강조 자화율 χ 로 정의될 수 있다. 상기 강자성체의 띠이론(Band theory)은 합금 또는 2종 이상의 금속에서 전자의 상호작용 및 상태밀도가 달라짐에 따라 자성이 변하는 원리를 서술한다. 상기 강자성체의 띠이론에서 강조 자화율 χ 는,

$$(1) \quad \chi_{enhanced} = \frac{2\mu_B^2 N(E_F)}{1 - U_{eff} N(E_F)} = \frac{\chi_P}{1 - U_{eff} N(E_F)}$$

[0026]

[0027]

로 나타내어진다. 여기서, $\chi_{enhanced}$ 는 강조 자화율(Enhanced susceptibility), μ_B 는 보어 마그네톤, U_{eff} 는 유효 교환 에너지, $N(E_F)$ 는 상태밀도이다. 따라서, 강자성 전이 직전이고 2개 이상의 원소로 이루어진 비정질 합금의 강조 자화율 χ 는,

$$(2) \quad 3 \leq \frac{\chi_{enhanced}}{\chi_P}$$

[0028]

[0029]

로 정할 수 있다. 여기서, χ_P 는 $U_{eff}N(E_F)=0$ 일 때 자화율값이다.

[0030]

본 발명은 15℃ 내지 25℃의 상온에서 상기의 식 (2)를 만족하는 강조 자화율을 가지며, 1개 이상의 강자성 원소 성분을 포함하는 비정질 합금을 사용하였다. 보다 상세하게, 상기 비정질 합금은 강자성 직전의 상자성을 가지는 FeZr합금일 수 있으며, Fe_xZr_{1-x} ($0 < x < 1$)의 조성을 가지는 것이 바람직하며, Fe_xZr_{1-x} ($0.1 < x < 0.7$)의 조성을 가지는 것이 더 바람직하며, Fe_xZr_{1-x} ($0.2 < x < 0.35$)의 조성이 더 바람직할 수 있다.

[0031]

상기의 비정질 합금인 상자성체(110)는 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120) 사이에 위치된다. 상기 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)가 동시에 수직 자기 이방성을 유지하는 상기 상자성체(110)의 두께 t 는 $0nm < t < 2nm$ 의 범위가 바람직할 수 있으며, $0.5nm < t < 1.5nm$ 인 것이 더 바람직할 수 있으며, $0.8nm < t < 1.2nm$ 인 것이 보다 더 바람직할 수 있다. 상기 수직 자기 이방성 결합 구조는 상기의 비정질 합금인 상자성체(110)를 이용해 3.6 nm이상의 두께를 가질 수 있어 열적 안정성이 확보된다.

[0032]

상기 수직 자기 이방성 결합 구조는 두 개의 자성체가 결합하여 수직 자기 이방성을 가지는 것이지만, 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)는 각각 수직 자기 이방성을 가질 수 있다.

[0033]

또한, 상기 수직 자기 이방성 결합 구조에서 상기 상자성체(110)가 수직 자기 이방성이 없는 자성체 사이에 위치된 후 열처리를 통해 수직 자기 이방성을 형성시킬 수 있다. 상기 열처리 과정에서 상기 상자성체가 결정화되지 않기 위해 상기 상자성체는 상기 자성체보다 결정화 온도가 (50℃ 내지 200℃) 높은 것이 바람직할 수 있으며, 80℃ 내지 120℃ 높은 것이 더 바람직할 수 있다.

[0034]

상기 자성체는 수직 자기 이방성 형성을 위해 상기 터널배리어층의 결정구조와 유사한 결정구조를 가진다. 구체적으로 상기 터널배리어층의 염화나트륨 결정 구조의 MgO를 가질 수 있으며, 상기 자성체는 BCC(Body-Centered Cubic) 결정구조의 CoFeB를 가질 수 있다. 상기 CoFeB은 본래 비정질 상태이지만 CoFeB/MgO 구조에서 BCC 결정구조를 가지는 것을 포함한다.

[0035]

상기 수직 자기 이방성 결합 구조는 양자역학적 현상이 나타나는 나노 미터 단위의 박막 구조에서 수직 자기 이방성이 유지될 수 있다. 따라서, 상기 수직 자기 이방성 결합 구조의 적층 방식은 스핀터 증착 방식 또는 MBE(molecular beam epitaxy) 방식에 의해 이루어지는 것이 바람직하다. 그러나 상기 적층 방식은 나노 단위 박막 구조의 적층이 가능한 방식이면 이를 한정하지 않는다.

[0036]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 자기 이방성 결합 구조를 구비한 자기 터널 접합을 개략적으로 도시한 것이다. 도 2에서 보는 바와 같이 상기 자기 터널 접합은 강자성 전이 직전의 비정질 합금으로 이루어진 상자성체(110)의 상하에 상부 자성체(130)와 하부 자성체(120)가 자기적으로 연결된 수직 자기 이방성 결합 구조가 터널배리어층(240)의 상부에 접합되고, 터널배리어층(240)의 하부에 자성체가 접합된 것이다. 상기 자기 터널 접합은 상기 터널배리어층이 충분히 얇다면, 전자들이 터널링 현상을 통해 상기 수직 자기 이방성 결합구조층과 상기 자성체 사이를 이동할 수 있다.

[0037]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 수직 자기 이방성 결합 구조를 구비한 STT-MRAM(Spin Transfer Torque-Magnetic Random Access Memory)을 개략적으로 도시한 것이다. 상기 STT-MRAM은 도면 3의 상부 수직 자기 이방성 구조층(310)과 상부 자성층(330) 사이에 터널배리어층(320)이 결합된 자기 터널 접합을 포함한다. 상기 STT-MRAM은 상부 전극(350) 아래에 상기 자기 터널 접합이 접합되고, 상기 자기 터널 접합 아래에 반강자성

체(340)가 접합되고, 반강자성체(340)의 하부에 하부 전극(360)이 형성되며, 상기 하부 전극에 트랜지스터(370)가 연결된다. 상기 자기저항변화 소자의 구체적인 실시예는 상기 STT-MRAM에 한정하지 않으며, 본 발명에 따른 상기 수직 자기 이방성 접합 구조를 가지는 소자를 포함한다.

[0038] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 더욱 상세히 설명한다. 이는 본 발명을 실험적으로 입증하기 위해 제시되는 것일 뿐, 본 발명이 제시되는 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0039] [실시예 1]

[0040] $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ 의 SiO_2 단결정의 실리콘 웨이퍼 기재를 스퍼터링 챔버에 로딩한 후 10^{-7} torr의 고진공에서 아르곤을 주입하여 Ta 타겟을 프리 스퍼터링하였다. 작동 압력(working pressure) 10^{-3} torr에서 Ta 2nm를 증착하였다. 그리고 Ta, CoFeB 및 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 의 증착은 DC 파워 스퍼터링으로 하고 MgO의 증착은 RF 파워 스퍼터링으로 하였다. 타겟을 차례로 바꾸어 상기의 파워 조건으로,

[0041] $\text{SiO}_2/\text{Ta}(2\text{nm})/\text{MgO}(2\text{nm})/\text{CoFeB}(1.3\text{nm})/\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}(0.2\text{nm})/\text{CoFeB}(1.3\text{nm})/\text{MgO}(2\text{nm})/\text{Ta}(5\text{nm})$

[0042] 상기와 같은 다층박막구조를 가지는 자기저항변화 소자를 제조하였다.

[0043] [실시예 2]

[0044] 실시예 2는 상기 실시예 1에서 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 의 두께를 0.4 nm로 하여 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0045] [실시예 3]

[0046] 실시예 3는 상기 실시예 1에서 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 의 두께를 0.6 nm로 하여 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0047] [실시예 4]

[0048] 실시예 4는 상기 실시예 1에서 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 의 두께를 0.8 nm로 하여 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0049] [실시예 5]

[0050] 실시예 5는 상기 실시예 1에서 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 의 두께를 1.0 nm로 하여 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0051] [실시예 6]

[0052] 실시예 6는 상기 실시예 1에서 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 의 두께를 2.0 nm로 하여 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0053] [비교예 1]

[0054] 비교예 1은 $\text{Fe}_{33}\text{Zr}_{67}$ 를 코팅하지 않고 상기 실시예 1과 동일하게 실시하였다.

[0055] [실험예]

[0056] 상기 실시예 및 비교예의 자기저항변화 소자에 대해 AHE(anomalous hall effect)으로 M(자화)-H(자기장)을 측정하였다.

[0057] 도 4는 본 발명의 실험예에 따른 수직 자기 이방성 구조에 대한 M-H loop 결과를 보여준다. 그림 2에서와 같이 상자성체(FeZr)이 1nm까지 삽입되어도 두 개의 수직 및 수평 자기 이방성은 하나의 자성층으로 결합되어 있으며, 삽입한 상자성체(FeZr)의 두께가 1nm까지 증가됨에 따라 수직 자기 이방성이 증가되며, 또한 자기적으로 연결되어 하나의 자기이력곡선을 나타냄을 보여준다. 하지만 상자성체의 두께가 2nm를 넘어서면 두 개의 자성층이 분리되어 독립된 두 개의 자기이력곡선이 합쳐진 형태가 나타나게 된다. 이를 통해 두 자성층이 자기적으로 분리되었음을 확인할 수 있다. 상기의 자기적 연결 두께 1nm는 일반적인 경우에 비해 굉장히 두꺼운 영역으로, 현재까지 Ta를 이용하여 형성된 0.5nm의 크기에 비해 두 배정도 더 두꺼운 영역이다. 상기와 같은 결과를 이용하여 두 자성이 자기적으로 연결된 탄성적 연결구간이 확장되는 효과를 얻을 수 있다.

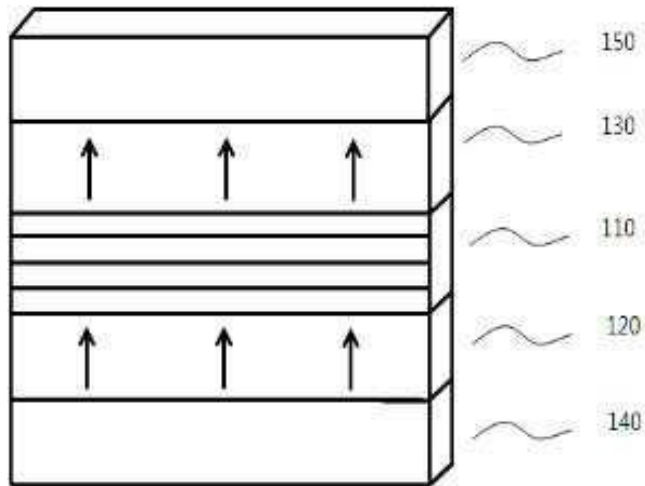
부호의 설명

[0058] 110 : 강자성 직전의 상자성체 120 : 자성체 130 : 자성체 140 : 버퍼 150 : 터널배리어층

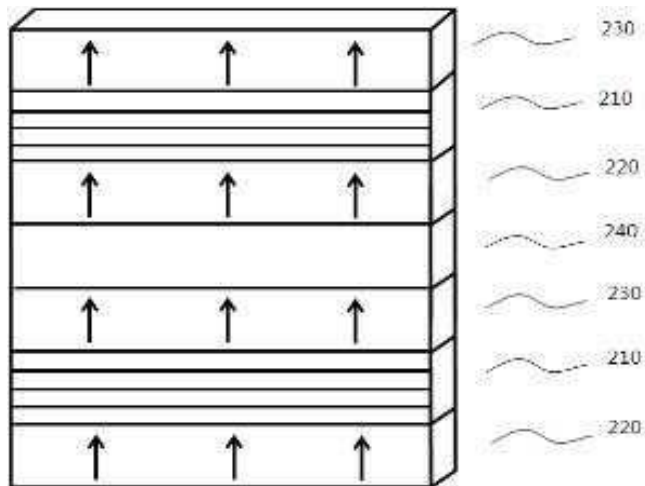
210 : 강자성 직전의 상자성체 220 : 자성체 230 : 자성체 240 : 터널배리어층
 310 : 수직 자기 이방성 결합 구조층 320 : 터널배리어층 330 : 자성층 340 : 반강자성층
 350 : 상부 전극 360 : 하부 전극 370 : 트랜지스터

도면

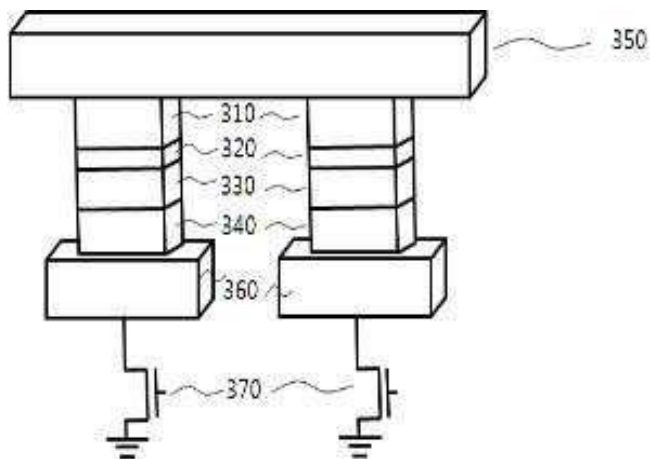
도면1



도면2



도면3



도면4

SiO₂/Ta(2)/MgO(2)/CoFeB(1.3)/FeZr(x)/CoFeB(1.3)/MgO(2)/Ta(5)

