



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0095187
 (43) 공개일자 2015년08월20일

- | | |
|---|--|
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
<i>H01L 43/02</i> (2006.01) <i>G11C 11/15</i> (2006.01)
<i>H01L 43/10</i> (2006.01)
(52) CPC특허분류
<i>H01L 43/02</i> (2013.01)
<i>G11C 11/15</i> (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0012602
(22) 출원일자 2015년01월27일
심사청구일자 2015년01월27일
(30) 우선권주장
1020140015384 2014년02월11일 대한민국(KR) | (71) 출원인
한양대학교 산학협력단
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)
(72) 발명자
홍진표
서울 성동구 금호로 100, 109동 602호 (금호동1가, 벽산아파트)
이자빈
서울 성동구 사근동8가길 5-25, 202호 (사근동)
(74) 대리인
특허법인이상 |
|---|--|

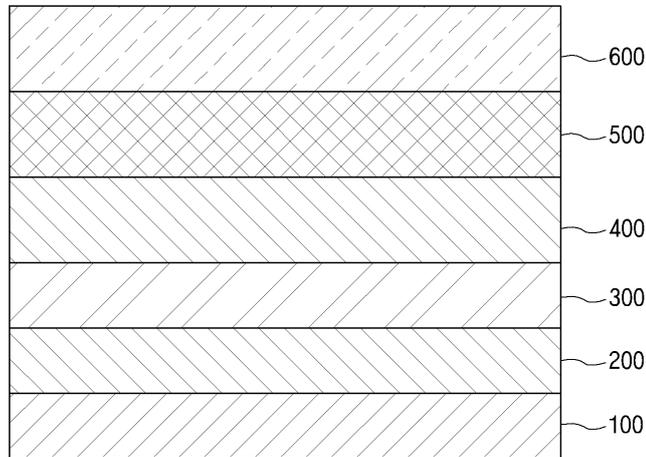
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조**

(57) 요약

수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 제공한다. 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조는 텅스텐 계열 물질을 포함하는 씨앗층, 이러한 씨앗층 상에 위치하며, 보론 계열 물질을 포함하면서 수직자기이방성을 갖는 제1 강자성층, 이러한 제1 강자성층 상에 위치하는 터널링 배리어층 및 이러한 터널링 배리어층 상에 위치하고, 수직자기이방성을 갖는 제2 강자성층을 포함하되, 이때의 씨앗층의 두께는 1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 한다. 따라서, 씨앗층 물질로 텅스텐 계열 물질을 이용함으로써, 350 °C 내지 400 °C의 고온에서도 제1 강자성층의 결정성이 유지되고, 수직자기이방성이 감소하는 문제를 방지하여 열적 안정성이 향상된 MTJ 구조를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 43/10 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

텅스텐 계열 물질을 포함하는 씨앗층;
상기 씨앗층 상에 위치하며, 보론 계열 강자성 물질을 포함하면서 수직자기이방성을 갖는 제1 강자성층;
상기 제1 강자성층 상에 위치하는 터널링 배리어층; 및
상기 터널링 배리어층 상에 위치하고, 수직자기이방성을 갖는 제2 강자성층을 포함하되,
상기 씨앗층의 두께는 1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 하는 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 텅스텐 계열 물질은 W 또는 WB인 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 보론 계열 강자성 물질은 CoFeB인 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 터널링 배리어층은 MgO, Al₂O₃, HfO₂, TiO₂, Y₂O₃ 및 Yb₂O₃로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함하는 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조.

청구항 5

제1항에 있어서,
350 °C 내지 400 °C의 열처리 온도를 수행한 후에도 상기 제1 강자성층의 수직자기이방성이 유지되는 것을 특징으로 하는 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조.

청구항 6

제1항에 있어서,
350 °C 내지 400 °C의 열처리 온도를 수행한 후에, 상기 씨앗층의 텅스텐 계열 물질은 β상 또는 α상과 β상이 혼합된 상을 갖는 것을 특징으로 하는 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조.

청구항 7

복수개의 디짓 라인들;
상기 디짓 라인들의 상부를 가로지르는 복수개의 비트 라인들; 및
상기 디짓 라인과 상기 비트 라인 사이에 개재된 제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 MTJ 구조를 포함하는 자성 소자.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조에 관한 것으로, 더욱 자세하게는 고온에서도 열적 안정성을 갖는 수직 자기 이방성을 갖는 MTJ 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 새로운 정보저장 매체에 대한 요구로 주목받고 있는 차세대 비휘발성 메모리로는 강유전체 메모리(FeRAM), 자기 메모리(MRAM), 저항형 메모리(ReRAM), 상변화메모리(PRAM) 등이 있다. 이들 메모리는 각각의 장점을 가지고 있으며, 그 용도에 맞는 방향으로 연구개발이 활발하게 진행되고 있다.

[0003] 이 중 MRAM(Magnetic Random Access Memory)은 자기저항(Magnetoresistance)이라는 양자역학적 효과를 이용한 기억소자로서, 저소비 전력으로 고밀도성 및 고응답성의 특징으로 비휘발적인 데이터의 기억이 가능한 장치로, 현재 널리 이용되고 있는 기억소자인 DRAM을 대체할 수 있는 대용량용 기억소자이다.

[0004] 자기 저항 효과로는, 거대자기저항(Giant Magneto Resistive, GMR)과 터널자기저항(Tunneling Magneto Resistive, TMR)의 2가지 효과가 알려져 있다.

[0005] GMR 효과를 이용하는 소자는 2개의 강자성층의 사이에 위치한 도체의 저항이 상하의 강자성층의 스핀 방향에 따라 변화되는 현상을 이용하여 정보를 기억하는 것이다. 그러나, GMR 소자는 자기 저항값의 변화의 비율을 나타내는 MR(magnetoresistance)비가 10% 정도로 낮기 때문에, 기억 정보의 판독 신호가 작아서, 판독 마진의 확보가 MRAM 실현의 최대 과제이다.

[0006] 한편, TMR 효과를 이용하는 대표적인 소자로서는, 자기터널접합효과에 따른 자기 저항의 변화를 이용하는 자기터널접합Magnetic Tunnel Junction, MTJ) 소자가 알려져 있다.

[0007] 이 MTJ 소자는 강자성층/절연층/강자성층의 적층 구조로 되어있다. MTJ 소자에서는, 상하의 강자성층의 스핀 방향이 동일한 경우에는, 터널 절연막을 개재한 2개의 강자성층간의 터널 확률이 최대로 되어, 그 결과 저항값이 최소로 된다. 이에 대하여, 스핀 방향이 반대인 경우에는, 그 터널 확률이 최소로 됨으로써 저항값이 최대로 된다.

[0008] 이러한 2가지 스핀 상태를 실현하기 위해, 강자성층(자성체막) 중 어느 한쪽은 그 자화 방향이 고정되어 있어 외부 자화의 영향을 받지 않도록 설정되어 있다. 일반적으로, 이 자화 방향이 고정되어 있는 강자성층을 고정층 또는 핀드층(Pinned layer)이라 한다.

[0009] 다른 쪽 강자성층(자성체막)은 인가되는 자계의 방향에 따라 자화 방향이 고정층의 자화 방향과 동일하거나 반대가 가능하게 되어 있다. 이때의 강자성층을 일반적으로 자유층(Free layer)이라 하며, 정보를 저장하는 역할을 담당하고 있다.

[0010] MTJ 소자의 경우, 현재, 저항 변화율로서의 MR비가 50%를 초과하는 것도 얻어지고 있으며, MRAM 개발의 주류가 되고 있다.

[0011] 한편, 이러한 MTJ 소자 중 수직자기이방성 물질을 이용한 MTJ 소자가 주목받고 있다.

[0012] 특히, 이러한 수직자기이방성 물질을 이용한 MTJ 소자를 수직스핀전달토크형 자기저항메모리(STT-MRAM) 등에 적용을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0013] 스핀전달토크형 기록방식은 외부 자기장이 아닌 자기터널접합에 직접 전류를 주입하여 자화반전을 유도하는 방식을 말한다. 이러한 STT 기록방식은 별도의 외부 도선이 필요없어 고집적화에 유리한 특징이 있다.

[0014] 이러한 수직자기이방성을 이용한 자기터널접합에 사용되는 물질로써 CoFeB를 들 수 있는데, 이는 종래에는 수평 자기이방성 물질로 연구되었으나, 매우 얇은 두께(약 1.5 nm 이하)에서 수직자기이방성을 발현하는 특성이 발견되어 활발히 연구되고 있다.

[0015] 현재까지 알려진 바로는 이러한 CoFeB에서 수직자기이방성을 발현시키기 위해서는 Ta/CoFeB/MgO의 구조를 가지는 접합이 필요하다.

[0016] 이러한 구조의 경우, 실제 공정상 열처리 온도인 350 °C 내지 400 °C의 고온에서, B의 확산이 일어나게 되고, 그로 인해 CoFeB층과 Ta층 사이의 계면 특성 및 CoFeB층의 수직자기이방성이 감소할 수 있는 문제점이 있다. 즉, Ta/CoFeB/MgO의 구조는 열적안정성이 매우 취약한 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0017] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2010-0119196호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 고온에서 열적 안정성을 갖는 수직 자기 이방성을 갖는 MTJ 구조를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0019] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 제공한다. 이러한 MTJ 구조는 텅스텐 계열 물질을 포함하는 씨앗층, 상기 씨앗층 상에 위치하며, 보론 계열 강자성 물질을 포함하면서 수직자기이방성을 갖는 제1 강자성층, 상기 제1 강자성층 상에 위치하는 터널링 배리어층 및 상기 터널링 배리어층 상에 위치하고, 수직자기이방성을 갖는 제2 강자성층을 포함할 수 있다. 이때의 씨앗층의 두께는 1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 한다.

[0020] 또한, 텅스텐 계열 물질은 W 또는 WB일 수 있다.

[0021] 또한, 보론 계열 강자성 물질은 CoFeB일 수 있다.

[0022] 또한, 터널링 배리어층은 MgO, Al₂O₃, HfO₂, TiO₂, Y₂O₃ 및 Yb₂O₃로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 350 °C 내지 400 °C의 열처리 온도에서 상기 제1 강자성층의 결정성이 유지되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 350 °C 내지 400 °C의 열처리 온도를 수행한 후에, 상기 씨앗층의 텅스텐 계열 물질은 β상 또는 α상과 β상이 혼합된 상을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 과제를 이루기 위하여 본 발명의 다른 측면은 자성소자를 제공한다. 이러한 자성소자는 복수개의 디짓 라인들, 상기 디짓 라인들의 상부를 가로지르는 복수개의 비트 라인들 및 상기 디짓 라인과 상기 비트 라인 사이에 개재된 상술한 MTJ 구조를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명에 따르면, 씨앗층 물질로 텅스텐 계열 물질을 이용함으로써, 350 °C 내지 400 °C의 고온에서도 제1 강자성층의 결정성이 유지되고, 수직자기이방성이 감소하는 문제를 방지할 수 있다.

[0027] 따라서, 고온에서도 열적 안정성이 향상된 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조 및 이를 포함하는 자성소자를 제공할 수 있다.

[0028] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 나타낸 단면도이다.

도 2는 비교예에 따른 MTJ 구조를 나타낸 단면도이다.

도 3은 제조예에 따른 MTJ 구조를 나타낸 단면도이다.

도 4는 비교예에 따른 MTJ 구조를 열처리한 전, 후의 자성특성을 나타낸 그래프들이다.

도 5는 제조예에 따른 MTJ 구조를 열처리 전의 자성특성을 나타낸 그래프들이다.

도 6은 제조예에 따른 MTJ 구조를 350 °C 열처리한 후의 자성특성을 나타낸 그래프들이다.

도 7은 제조예에 따른 MTJ 구조를 400 °C 열처리한 후의 자성특성을 나타낸 그래프들이다.

도 8은 제조예에 따라 씨앗층의 두께를 다르게 하여 제조된 MTJ 구조들을 350 °C 열처리한 후에 씨앗층을 측정 한 XRD 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 의한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0031] 본 발명이 여러 가지 수정 및 변형을 허용하면서도, 그 특정 실시예들이 도면들로 예시되어 나타내어지며, 이하에서 상세히 설명될 것이다. 그러나 본 발명을 개시된 특별한 형태로 한정하려는 의도는 아니며, 오히려 본 발명은 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 사상과 합치되는 모든 수정, 균등 및 대용을 포함한다.
- [0032] 층, 영역 또는 기판과 같은 요소가 다른 구성요소 "상(on)"에 존재하는 것으로 언급될 때, 이것은 직접적으로 다른 요소 상에 존재하거나 또는 그 사이에 중간 요소가 존재할 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.
- [0033] 비록 제1, 제2 등의 용어가 여러 가지 요소들, 성분들, 영역들, 층들 및/또는 지역들을 설명하기 위해 사용될 수 있지만, 이러한 요소들, 성분들, 영역들, 층들 및/또는 지역들은 이러한 용어에 의해 한정되어서는 안 된다는 것을 이해할 것이다.
- [0034] 또한, 본 발명에서 사용하는 용어 "A/B/C 다층구조"는 A층 상에 B층 및 C층이 차례로 위치하는 구조를 의미한다.
- [0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 설명한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 나타낸 단면도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, MTJ 구조는 기판(100), 씨앗층(200), 제1 강자성층(300), 터널링 배리어층(400), 제2 강자성층(500) 및 캡핑층(600)을 포함한다.
- [0038] 기판(100)은 공지된 다양한 물질의 기판을 이용할 수 있다. 예를 들어, 이러한 기판(100)은 실리콘 기판으로 구현될 수 있다. 또한, 이러한 기판(100)은 전극으로 구현될 수도 있다. 한편, 경우에 따라, 이러한 기판(100)은 생략될 수 있다.
- [0039] 씨앗층(200)은 기판(100) 상에 위치한다. 이러한 씨앗층(200)은 텅스텐(W) 계열 물질을 포함할 수 있다.
- [0040] 이러한 텅스텐(W) 계열 물질은 종래에 씨앗층 물질로 사용되었던 비정질에 가까운 다결정인 Ta 물질에 비해 결정성이 좋으며, 보론(B)에 대한 고체용해도 낮다. 따라서, 높은 열처리 온도에서도 씨앗층(200)과 후술하는 제1 강자성층(300) 간의 물질 확산에 따른 결정성 감소의 문제를 최소화할 수 있다.
- [0041] 이때의 씨앗층(200)의 두께는 1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 한다. 만일 씨앗층(200)의 두께가 1 nm 미만인 경우, 자성특성이 발현되지 않는 문제점이 있다. 이는 지나치게 얇게 증착된 씨앗층의 결정 구조가 제대로 형성되지 않은 이유 때문이다.
- [0042] 또한, 만일 씨앗층(200)의 두께가 10 nm를 초과하는 경우, 수직자기이방성 특성이 나타나지 않는 문제점이 있다. 이는 강자성층과 선호결정방향이 다른 씨앗층이 지나치게 두꺼워짐으로 인해 강자성층 본연의 선호결정방향을 가지지 못하는 이유 때문이다.
- [0043] 한편, 씨앗층(200) 물질로 사용된 텅스텐(W)은 β상(β-phase) 텅스텐 또는 α상(α-phase)과 β상이 혼합된 상(α/β 혼합된 상)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0044] 텅스텐은 α상 텅스텐과 β상 텅스텐이 존재한다. α상 텅스텐은 pure metallic W이고, bcc(110) 구조이며, 격자상수(a)는 3.165 Å이다. 또한, β상 텅스텐은 W₃W, W₃O, WO₃와 같은 A₃B 형태이고, A15 구조(structure)이며, 격자상수(a)는 5.05 Å이다.
- [0045] 통상적으로 CoFeB 자성층이 수직자기이방성을 나타내기 위해서는 비정질 씨앗층 물질이 필요하다고 알려져 있다. 비정질 씨앗층 상에 비정질 CoFeB 이 성막된 후, 열처리를 통하여 CoFeB 본연의 적절한 결정구조인 bcc(001) 를 갖게 되는 것이 바람직하다. 이러한 씨앗층으로써 α상 텅스텐을 사용하게 될 경우, α상 텅스텐

상에 성막되는 CoFeB 층은 열처리 후뿐만 아니라 성막 당시부터 bcc(001) 결정구조를 가지지 못하고 α 상 텅스텐의 결정구조를 따라 bcc(110) 결정구조를 가지게 될 가능성이 존재한다. 반면에 β 상 텅스텐 상에 CoFeB 층을 성막하게 될 경우 결정구조의 불연속성으로 인해 CoFeB 층은 비정질로 성막되고, 그 후 열처리에 의해 bcc(001) 결정구조를 가질 가능성이 높아지게 된다. 따라서, α 상 텅스텐에 비하여 β 상 텅스텐이 상기와 같은 이유로 씨앗층(200) 물질로 사용하는 것이 보다 바람직하다.

- [0046] 또한, 본 발명에 따르면, 350 °C 내지 400 °C의 열처리 온도를 수행한 후에, 상기 씨앗층(200)의 텅스텐 계열 물질은 β 상 또는 α 상과 β 상이 혼합된 상을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0047] 이는 씨앗층(200)의 두께가 10 nm 이하인 경우, 후술하는 실험예 3에서와 같이 α 상으로의 상전이가 일어나지 않기 때문이다.
- [0048] 만일, 씨앗층(200)의 두께가 10 nm를 초과하는 경우, 350 °C 내지 400 °C의 열처리 온도에서, 상기 씨앗층(200)의 텅스텐 계열 물질은 α 상을 갖게 된다. 예컨대, 박막 상태의 씨앗층(200) 물질로 β 상 또는 α/β 혼합된 상을 갖는 텅스텐을 사용할 경우, 씨앗층(200)의 두께가 임계 두께인 10 nm를 초과하는 경우, 200 °C 부근의 열처리를 거치면 β 상 텅스텐이 α 상 텅스텐으로 상전이가 일어나게 된다.
- [0049] 따라서, 실제 공정상 열처리 온도인 350 °C 내지 400 °C의 온도를 거칠 경우, 텅스텐 계열의 씨앗층(200)의 두께가 10 nm 이하의 경우에는 α 상으로의 상전이는 일어나지 않고, β 상 또는 α/β 혼합된 상을 유지하며, PMA 특성을 보인다. 그러나, 텅스텐 계열의 씨앗층(200)의 두께가 10 nm를 초과하는 경우 α 상으로 상전이가 일어나며, PMA 특성이 나타나지 않게 된다.
- [0050] 이러한 씨앗층(200)은 통상의 증착 방법을 통해 형성될 수 있다. 예를 들어, 물리적 기상 증착법, 화학적 기상 증착법, 스퍼터링법 또는 용액공정법이 가능하다.
- [0051] 제1 강자성층(300)은 씨앗층(200) 상에 위치한다. 이러한 제1 강자성층(300)은 보론(B) 계열 강자성 물질을 포함하면서 수직자기이방성을 갖는다. 예를 들어, 이러한 보론 계열 강자성 물질은 CoFeB일 수 있다.
- [0052] 이때의 CoFeB를 포함하는 제1 강자성층(300)은 수직자기이방성을 갖기 위하여 1.5 nm 이하의 두께로 형성될 수 있다.
- [0053] 이러한 제1 강자성층(300)은 통상의 증착 방법을 통해 형성될 수 있다. 예를 들어, 물리적 기상 증착법, 화학적 기상 증착법, 스퍼터링법 또는 용액공정법이 가능하다.
- [0054] 한편, 이러한 제1 강자성층(300)은 층의 형성시에 이미 수직자기이방성을 가질 수도 있겠지만, 층의 형성에 열처리 등의 기법을 통해 수직자기이방성을 가질 수도 있다.
- [0055] 이러한 제1 강자성층(300)은 고정층 또는 자유층일 수 있다.
- [0056] 고정층은 자화 방향이 고정되어 있어 외부 자화의 영향을 받지 않도록 설정된다.
- [0057] 자유층은 인가되는 자계의 방향에 따라 자화 방향이 고정층의 자화 방향과 동일하거나 반대가 가능하게 됨으로써, 정보를 저장하는 역할을 한다.
- [0058] 터널링 배리어층(400)은 이러한 제1 강자성층(300) 상에 위치한다. 즉, 터널링 배리어층(400)은 제1 강자성층(300)과 후술하는 제2 강자성층(500) 사이에 개재된다.
- [0059] 따라서, 이러한 터널링 배리어층(400)의 물질은 절연물질인 것이면 어느 것이나 가능할 것이다.
- [0060] 예를 들어, 이러한 절연물질은 MgO, Al₂O₃, HfO₂, TiO₂, Y₂O₃ 및 Yb₂O₃로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나일 수 있다. 바람직하게 터널링 배리어층(400)은 MgO층일 수 있다.
- [0061] 이러한 터널링 배리어층(400)은 통상의 증착 방법을 통해 형성될 수 있다. 예를 들어, 물리적 기상 증착법, 화학적 기상 증착법, 스퍼터링법 또는 용액공정법이 가능하다.
- [0062] 제2 강자성층(500)은 터널링 배리어층(400) 상에 위치한다. 만일, 제1 강자성층(300)이 고정층인 경우, 제2 강자성층(500)은 자유층이고, 제1 강자성층(300)이 자유층인 경우, 제2 강자성층(500)은 고정층일 것이다.
- [0063] 이 때의 제2 강자성층(500)은 수직자기이방성을 갖는 강자성 물질을 주 원소로 한다. 따라서, 이러한 제2 강자성층(500)은 수직자기이방성을 갖기 위하여 Fe, Co, Ni, B, Si, Zr, Pt, Tb, Pd, Cu, W, Ta 및 이들의 혼합물 중에서 선택되는 군에서 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0064] 예를 들어, 이러한 제2 강자성층(500)은 CoFeB를 포함할 수 있다. 이때의 CoFeB층은 수직자기이방성을 갖기 위하여 얇은 두께로 설정될 수 있다. 예를 들어, 수직자기이방성을 갖기 위하여 CoFeB층의 두께는 1.5 nm 이하로 설정될 수 있다.
- [0065] 이러한 제2 강자성층(500)은 통상의 증착 방법을 통해 형성될 수 있다. 예를 들어, 물리적 기상 증착법, 화학적 기상 증착법, 스퍼터링법 또는 용액공정법이 가능하다.
- [0066] 한편, 이러한 제2 강자성층(500)은 층의 형성시에 이미 수직자기이방성을 가질 수도 있겠지만, 층의 형성 이후에 열처리 등의 기법을 통해 수직자기이방성을 가질 수도 있다.
- [0067] 캡핑층(600)은 제2 강자성층(500) 상에 위치한다. 이러한 캡핑층(600)은 보호층으로서 기능하며, 제2 강자성층(500)이 산화되는 것을 보호한다. 이러한 캡핑층(600)은 경우에 따라 생략될 수 있다.
- [0068] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 포함하는 자성소자를 설명한다.
- [0069] 이러한 자성소자는 복수개의 디짓 라인들, 이러한 디짓 라인들의 상부를 가로지르는 복수개의 비트 라인들 및 디짓 라인과 비트 라인 사이에 개재된 자기 터널 접합을 포함할 수 있다.
- [0070] 이 때의 자기 터널 접합은 텅스텐 계열 물질을 포함하는 씨앗층, 이러한 씨앗층 상에 위치하며, 보론 계열 강자성 물질을 포함하면서 수직자기이방성을 갖는 제1 강자성층, 이러한 제1 강자성층 상에 위치하는 터널링 배리어층 및 이러한 터널링 배리어층 상에 위치하고, 수직자기이방성을 갖는 제2 강자성층을 포함할 수 있다. 이때의 씨앗층의 두께는 1 nm 내지 10 nm인 것을 특징으로 한다.
- [0071] 이러한 자기 터널 접합은 도 1을 참조하여 상술한 자기 터널 접합으로서, 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.
- [0072] 본 발명에 따르면, MTJ 구조의 씨앗층 물질로 텅스텐 계열 물질을 이용함으로써, 350 °C 내지 400 °C의 고온에서도 제1 강자성층의 결정성이 유지되고, 수직자기이방성이 감소하는 문제를 방지할 수 있다.
- [0073] 따라서, 고온에서도 열적 안정성이 향상된 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조를 포함하는 자성소자를 제공할 수 있다.
- [0074] **비교예**
- [0075] 씨앗층 물질로 Ta 물질을 사용한 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조로서, Ta 씨앗층/제1 강자성층/터널링 배리어층/캡층 구조를 제조하였다. 이때, 실험 편의상, 터널링 배리어층 상에 제2 강자성층을 형성하는 단계는 생략하고 제조하였다.
- [0076] 도 2는 비교예에 따른 MTJ 구조를 나타낸 단면도이다.
- [0077] 도 2를 참조하면, 기판 상에 5 nm 두께의 Ta 씨앗층, 1.2 nm 두께의 CoFeB층, 2 nm 두께의 MgO층 및 3 nm 두께의 Ta 캡층을 차례로 적층한 MTJ 구조를 제조하였다.
- [0078] **제조예**
- [0079] 씨앗층 물질로 W 물질을 사용한 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조로서, W 씨앗층/제1 강자성층/터널링 배리어층/캡층 구조를 제조하였다. 이때 실험 편의상, 터널링 배리어층 상에 제2 강자성층을 형성하는 단계는 생략하고 제조하였다.
- [0080] 도 3은 제조예에 따른 MTJ 구조를 나타낸 단면도이다.
- [0081] 도 3을 참조하면, 기판 상에 다양한 두께(X nm)의 W 씨앗층, 1.2 nm 두께의 CoFeB층, 2 nm 두께의 MgO층 및 3 nm 두께의 Ta 캡층을 차례로 적층한 MTJ 구조들을 제조하였다.
- [0082] 이때, W 씨앗층의 두께(t_w)로, 1.9 nm, 3.7 nm, 5.6 nm, 10.0 nm 및 18.0 nm 로 설정하여 각각 제조하였다.

[0083]

실험예 1

[0084]

비교예에 따른 MTJ 구조를 열처리 전, 후의 자성특성을 분석하였다.

[0085]

도 4는 비교예에 따른 MTJ 구조를 열처리한 전, 후의 자성특성을 나타낸 그래프들이다.

[0086]

도 4를 참조하면, 열처리 하지 않은 경우(as-deposited) 수평자기이방성 특성이 보이고, 250 °C 열처리한 경우 및 300 °C 열처리 한 경우 수직자기이방성 특성이 나타남을 알 수 있다.

[0087]

그러나, 350 °C에서 열처리를 진행한 경우, 수직자기이방성 특성이 무너지는 경향을 보임을 알 수 있다.

[0088]

실험예 2

[0089]

제조예에 따른 MTJ 구조를 열처리 전(as-deposited)과 350 °C 및 400 °C 열처리 한 후의 자성특성을 분석하였다.

[0090]

도 5는 제조예에 따른 MTJ 구조를 열처리 전의 자성특성을 나타낸 그래프들이다. 도 6은 제조예에 따른 MTJ 구조를 350 °C 열처리한 후의 자성특성을 나타낸 그래프들이다. 도 7은 제조예에 따른 MTJ 구조를 400 °C 열처리 한 후의 자성특성을 나타낸 그래프들이다.

[0091]

도 5를 참조하면, 열처리 전의 경우, W 씨앗층의 두께가 1.9 nm, 3.7 nm, 5.6 nm, 10 nm 및 18.0 nm 인 경우, 모두 수평자기이방성 특성이 나타나는 것을 알 수 있다.

[0092]

도 6 및 도 7을 참조하면, 350 °C 및 400 °C 열처리를 진행한 경우, W 씨앗층의 두께가 1.9 nm, 3.7 nm 및 5.6 nm인 경우, 수직자기이방성 특성이 나타나는 것을 알 수 있다.

[0093]

한편, W 씨앗층의 두께가 10.0 nm 인 경우, 350 °C 열처리에서는 수직자기이방성 특성을 유지하였고, 400 °C 열처리에서는 수직자기이방성 특성이 무너지기 시작함을 알 수 있다.

[0094]

또한, W 씨앗층의 두께가 18.0 nm 인 경우 350 °C 및 400 °C 열처리 온도에서 모두 수직자기이방성 특성이 무너지고, 수평자기이방성 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0095]

실험예 3

[0096]

도 8은 제조예에 따라 씨앗층의 두께를 다르게 하여 제조된 MTJ 구조들을 350 °C 열처리한 후에 씨앗층을 측정 한 XRD 그래프이다.

[0097]

도 8(a)는 씨앗층의 두께가 3.7 nm 및 5.6 nm인 경우의 XRD 그래프이고, 도 8(b)는 씨앗층의 두께가 10 nm 및 18 nm인 경우의 XRD 그래프이다.

[0098]

도 8(a)를 참조하면, 350 °C 열처리를 거친 후에도 PMA 특성을 보이는 10 nm 미만의 두께의 씨앗층을 갖는 샘플 들의 경우, α 상과 β 상이 혼합된 상(α -/ β - mixed phase)의 XRD peak를 보여주고 있다.

[0099]

이와 달리, 도 8(b)를 참조하면, 350 °C 열처리를 거친 후에 PMA 특성이 사라지는 18 nm의 두께의 씨앗층을 갖는 샘플의 경우, 확연한 α 상(α - phase)의 XRD peak를 보여주고 있다.

[0100]

본 발명에 따르면, 씨앗층 물질로 텅스텐 계열 물질을 이용함으로써, 350 °C 내지 400 °C의 고온에서도 제1 강 자성층의 결정성이 유지되고, 수직자기이방성이 감소하는 문제를 방지할 수 있다.

[0101]

따라서, 고온에서도 열적 안정성이 향상된 수직자기이방성을 갖는 MTJ 구조 및 이를 포함하는 자성소자를 제공할 수 있다.

[0102]

본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

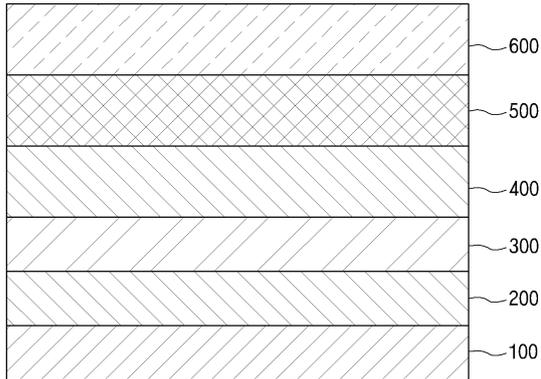
부호의 설명

[0103]

- 100: 기판 200: 씨앗층
 300: 제1 강자성층 400: 터널링 배리어층
 500: 제2 강자성층 600: 캡핑층

도면

도면1



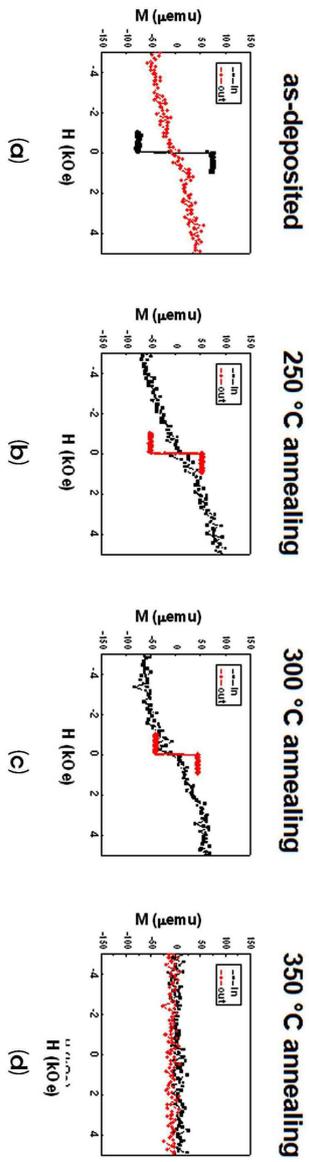
도면2



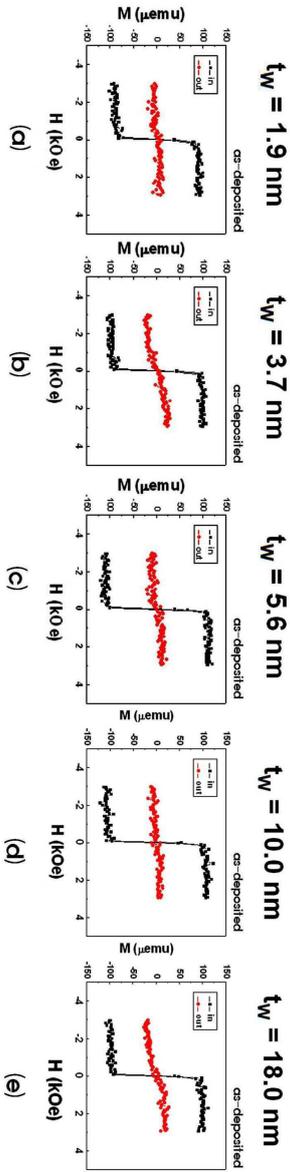
도면3

Ta	3 nm
MgO	2 nm
CoFeB	1.2 nm
W	X nm
기판	

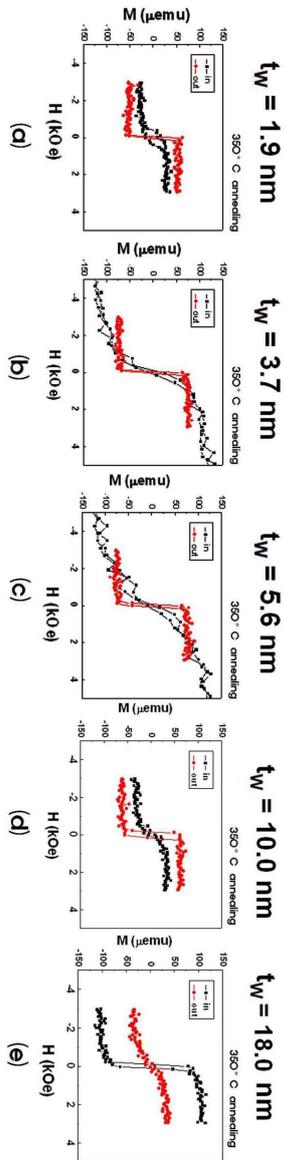
도면4



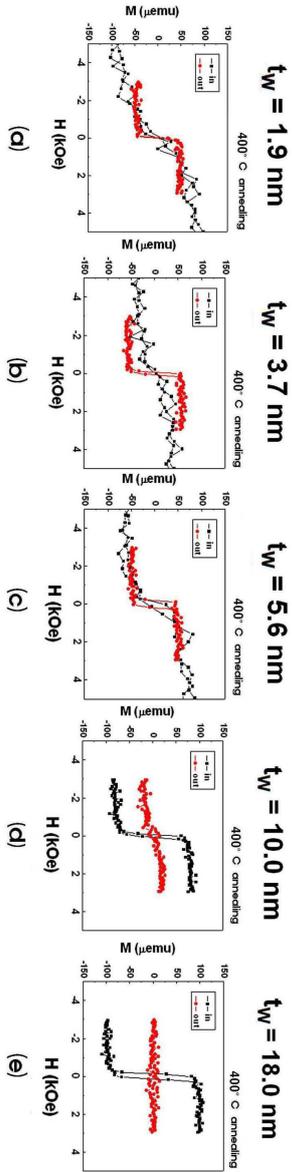
도면5



도면6



도면7



도면8

