



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년12월06일

(11) 등록번호 10-2336038

(24) 등록일자 2021년12월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 43/08 (2006.01) *H01L 43/02* (2006.01)
H01L 43/10 (2006.01) *H01L 43/12* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 43/08 (2013.01)
G01R 33/0052 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7021480
- (22) 출원일자(국제) 2015년01월07일
 심사청구일자 2019년09월05일
- (85) 번역문제출일자 2016년08월05일
- (65) 공개번호 10-2016-0106681
- (43) 공개일자 2016년09월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/010424
- (87) 국제공개번호 WO 2015/105836
 국제공개일자 2015년07월16일
- (30) 우선권주장
 61/925,446 2014년01월09일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2004031545 A*
 JP2006179566 A*
 JP2009252342 A*
 JP2002542617 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 알레그로 마이크로시스템즈, 엘엘씨
 미국 03103-3353 뉴햄프셔주 맨체스터 페리미터
 로드 955
- (72) 발명자
 드레스릴, 시릴
 프랑스 에프-38210 툴린스 체민 데 라 플레이네
 데 툴린스 2835
 페르몬, 클로드
 프랑스 에프-91400 오르세이 알레 브왈로 6
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 박영우

전체 청구항 수 : 총 33 항

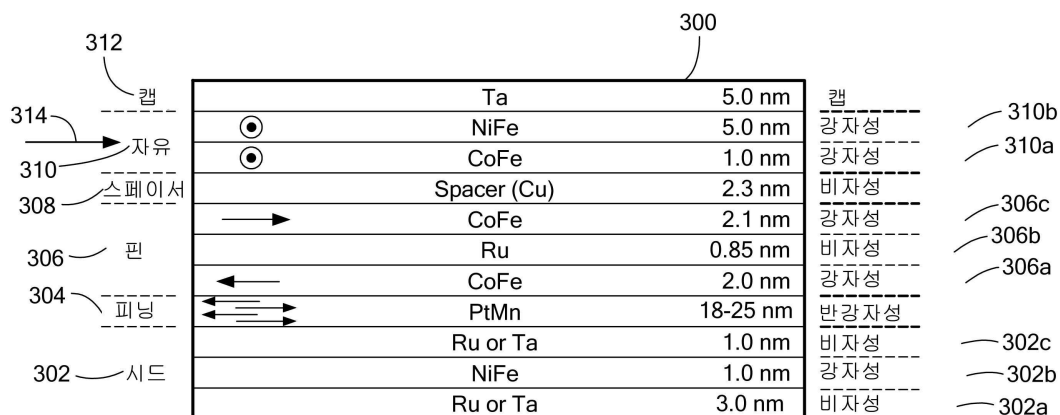
심사관 : 이양근

(54) 발명의 명칭 자기장들에 대한 향상된 반응을 증진시키는 개선된 시드층을 갖는 자기저항 요소

(57) 요약

자기저항 요소 및 그 제조 방법에서, 상기 요소는 기판, 시드층 구조 및 자유층 구조를 포함하며, 전자는 상기 시드층 구조 상부에 적층되는 상기 자기저항 요소의 층들의 증가된 자기 이방성을 증진시키는 적어도 강자성 시드층을 구비한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

G01R 33/093 (2013.01)

G01R 33/098 (2013.01)

H01L 43/02 (2013.01)

H01L 43/10 (2013.01)

H01L 43/12 (2021.01)

(72) 발명자

판네티에르-레코에우르, 미리암

프랑스 에프-91440 부레스 수르 이베트 뤼 데 라
무투아리테 41

시릴, 마리-클레르

프랑스 에프-38650 시나드 레 콜레트

캄피그리오, 파올로

프랑스 에프-92120 몬트루즈 애비뉴 아리스티데 브
리안드 102

명세서

청구범위

청구항 1

자기저항(magnetoresistance) 요소에 있어서,

기관을 포함하고,

상기 기관 상부에 배치되는 시드층(seed layer) 구조를 포함하며, 상기 시드층 구조는,

NiFe의 이원 합금으로 구성되는 강자성 시드층을 구비하며;

상기 강자성 시드층의 아래에 직접 인접하고 상기 기관에 근접하여 배치되는 제1 비자성 스페이서층(nonmagnetic spacer layer)을 구비하고, 상기 제1 비자성 스페이서층은 Ta 또는 Ru로 구성되며;

상기 강자성 시드층 상부에 근접하여 배치되는 제2 비자성 스페이서층을 구비하며, 상기 제2 비자성 스페이서층은 Ta 또는 Ru로 구성되며, 상기 자기저항 요소는,

상기 시드층 구조 상부에 배치되는 자유층(free layer) 구조를 더 포함하고, 상기 강자성 시드층은 결정 이방성(crystalline anisotropy)을 가져, 상기 자유층 구조가 제1 방향으로 배향되는 자기장들을 갖는 자기 도메인들을 가지며, 하나 또는 그 이상의 다른 제2 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 도메인들의 숫자를 감소시키도록 상기 시드층 구조에 의해 증진되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 자기장은 이십 에르스텟(0ersted) 내지 백오십 에르스텟인 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들은 각기 Ru로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들은 각기 Ta로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상기 제1 및 비자성 제2 스페이서층들의 하나는 Ru로 구성되고, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들의 다른 하나는 Ta로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 시드층 구조 상부 및 상기 자유층 구조 아래에 배치되는 반강자성 피닝층(antiferromagnetic pinning layer)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 반강자성 피닝층은 PtMn으로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 12

제 10 항에 있어서, 상기 반강자성 피닝층은 PtMn, IrMn 또는 FeMn으로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 반강자성 피닝층 상부 및 상기 자유층 구조 아래에 배치되는 핀층(pinned layer) 구조를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 핀층 구조는,

상기 반강자성 피닝층 상부에 배치되는 제1 강자성 핀층;

상기 제1 강자성 핀층 상부에 배치되는 제3 비자성 스페이서층; 및

상기 제3 비자성 스페이서층 상부에 배치되는 제2 강자성 핀층을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 강자성 핀층들은 CoFe로 구성되고, 상기 제3 비자성 스페이서층은 Ru로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 핀층 구조 및 상기 자유층 구조 사이에 배치되는 제4 비자성 스페이서층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 17

제 16 항에 있어서, 상기 제4 비자성 스페이서층은 Cu, Au 또는 Ag로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 18

제 16 항에 있어서, 상기 자유층 구조는,

상기 제4 비자성 스페이서층 상부에 배치되는 제1 강자성 자유층; 및

상기 제1 강자성 자유층 상부에 배치되는 제2 강자성 자유층을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 제1 강자성 자유층은 CoFe로 구성되고, 상기 제2 강자성 자유층은 NiFe로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 20

제 1 항에 있어서, 상기 자유층 구조는 복수의 자기 도메인들을 포함하고, 상기 복수의 자기 도메인들은,

제1 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 제1 복수의 자기 도메인들; 및

상기 제1 방향과 다른 하나 또는 그 이상의 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 제2 복수의 자기 도메인들을 구비하며,

상기 강자성 시드층의 물질은 상기 자유층 구조 내의 상기 제2 복수의 자기 도메인들 내의 자기 도메인들의 양의 선택된 감소를 야기하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 21

삭제

청구항 22

자기저항 요소를 제조하는 방법에 있어서,

반도체 기판 상부에 시드층 구조를 증착하는 단계를 포함하고, 상기 시드층 구조를 증착하는 단계는,

상기 기판 상부에 적어도 강자성 시드층을 증착하는 단계를 구비하고, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성되며;

상기 강자성 시드층 아래에 근접하여 제1 비자성 스페이서층을 증착하는 단계를 구비하고;

상기 강자성 시드층 상부에 근접하여 제2 비자성 스페이서층을 증착하는 단계를 구비하며, 상기 자기저항 요소를 제조하는 방법은,

상기 시드층 구조 상부에 자유층 구조를 증착하는 단계를 더 포함하고, 상기 강자성 시드층을 증착하는 단계는 소정의 방향을 따른 운동의 존재에서 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층을 증착하는 단계를 포함하여, 향상된 결정 이방성을 갖는 상기 강자성 시드층을 야기하고, 향상된 우선적 자기 방향을 갖는 상기 자유층 구조를 야기하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

제 22 항에 있어서, 상기 소정의 자기장은 이십 에르스텟 내지 백오십 에르스텟인 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 27

삭제

청구항 28

제 22 항에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들의 하나는 Ru로 구성되고, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들의 다른 하나는 Ta로 구성되거나, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들 모두가 Ru로 구성되거나, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들 모두가 Ta로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 30

제 22 항에 있어서,

상기 시드층 구조 상부에 반강자성 피닝층을 증착하는 단계; 및

상기 강자성 시드층을 증착시키는 단계에 사용된 소정의 자기장의 소정의 방향에 평행한 주요 방향을 갖는 어닐링(annealing) 자기장을 이용하여 상기 반강자성 피닝층을 어닐링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 31

제 30 항에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 32

제 31 항에 있어서, 상기 소정의 자기장은 이십 에르스텟 내지 백오십 에르스텟인 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 33

제 30 항에 있어서,

상기 반강자성 피닝층과 상기 자유층 구조 사이에 핀층 구조를 증착하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 34

제 33 항에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 35

자기저항 요소를 제조하는 방법에 있어서,

반도체 기판 상부에 시드층 구조를 증착하는 단계를 포함하고, 상기 시드층 구조를 증착하는 단계는,

상기 기판 상부에 NiFe의 이원 합금으로 구성되는 강자성 시드층을 증착하는 단계를 구비하고;

상기 강자성 시드층의 아래에 직접 인접하고, 상기 기판에 근접하여 배치되는 제1 비자성 스페이서층을 증착하는 단계를 구비하며, 상기 제1 비자성 스페이서층은 Ta 또는 Ru로 구성되고;

상기 강자성 시드층 상부에 근접하여 제2 비자성 스페이서층을 증착하는 단계를 구비하며, 상기 제2 비자성 스페이서층은 Ta 또는 Ru로 구성되고, 상기 자기저항 요소를 제조하는 방법은,

상기 시드층 구조 상부에 자유층 구조를 증착하는 단계를 더 포함하며, 상기 강자성 시드층을 증착하는 단계는 소정의 방향을 따른 운동의 존재에서 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층을 증착하는 단계를 포함하여, 상기 강자성 시드층이 보다 큰 결정 이방성을 가지며, 상기 자유층 구조가 제1 방향으로 배향되는 자기장들을 갖는 자기 도메인들을 가지고, 하나 또는 그 이상의 다른 제2 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 도메인들의 숫자를 감소시키도록 상기 시드층 구조에 의해 증진되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 36

삭제

청구항 37

제 35 항에 있어서, 상기 소정의 자기장은 이십 에르스텟 내지 백오십 에르스텟인 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 38

제 35 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들의 하나는 Ru로 구성되고 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들의 다른 하나는 Ta로 구성되거나, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들 모두가 Ru로 구성되거나, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들 모두가 Ta로 구성되는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 39

제 35 항에 있어서,

상기 시드층 구조 상부에 반강자성 피닝층을 증착하는 단계; 및

상기 강자성 시드층을 증착시키는 단계에 사용된 소정의 자기장의 소정의 방향에 평행한 주요 방향을 갖는 어닐링 자기장을 이용하여 상기 반강자성 피닝층을 어닐링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 40

제 39 항에 있어서, 상기 반강자성 피닝층과 상기 자유층 구조 사이에 핀층 구조를 증착하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 41

제 35 항에 있어서, 상기 결정 이방성은 소정의 방향을 따른 운동의 존재 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층의 증착에 의해 유도되고, 상기 결정 이방성은 향상된 우선적 자기 방향을 갖는 상기 자유층 구조를 야기하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소의 제조 방법.

청구항 42

제 1 항에 있어서, 상기 결정 이방성은 소정의 방향을 따른 운동의 존재 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층의 증착에 의해 유도되고, 상기 결정 이방성은 향상된 우선적 자기 방향을 갖는 상기 자유층 구조를 야기하는 것을 특징으로 하는 자기 저항 요소.

청구항 43

자기 저항 요소에 있어서,

기관을 포함하고,

상기 기관 상부에 배치되는 시드층 구조를 포함하며, 상기 시드층 구조는 NiFe의 이원 합금으로 구성되는 강자성 시드층을 구비하고,

상기 강자성 시드층 아래에 근접하여 배치되는 제1 비자성 스페이서층을 구비하고,

상기 강자성 시드층 상부에 근접하여 배치되는 제2 비자성 스페이서층을 구비하며, 상기 제1 및 제2 비자성 스페이서층들은 Ta 또는 Ru로 구성되고,

상기 시드층 구조 상부에 배치되는 자유층 구조를 포함하며, 상기 강자성 시드층은 결정 이방성을 가지고, 상기 결정 이방성은 소정의 방향을 따른 운동의 존재 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층의 증착에 의해 유도되며, 상기 결정 이방성은 향상된 우선적 자기 방향을 갖는 상기 자유층 구조를 야기하는 것을 특징으로 하는 자기저항 요소.

청구항 44

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 대체로 스핀 전자 기술 자기저항 요소들에 관한 것이며, 보다 상세하게는, 자기장들에 대한 향상된 반응을 증진시키는 개선된 시드층을 가지는 거대 자기저항(GMR) 요소들 및 터널 자기저항(TMR) 요소들에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 여기에 사용되는 바에 있어서, "자기장 센싱 요소(magnetic field sensing element)"라는 용어는 자기장을 감지할 수 있는 다양한 전자 요소들을 기술하는 데 사용된다. 하나의 이와 같은 자기장 센싱 요소는 자기저항(magnetoresistance: MR) 요소이다. 상기 자기저항 요소는 상기 자기저항 요소가 겪는 자기장과 관련하여 변화되는 저항을 가진다.

[0003] 알려진 바와 같이, 다른 유형들의 자기저항 요소들, 예를 들면, 안티몬화인듐(InSb)과 같은 반도체 자기저항 요소, 거대 자기저항(giant magnetoresistance: GMR) 요소, 이방성 자기저항(anisotropic magnetoresistance: AMR) 요소, 그리고 자기 터널 접합(magnetic tunnel junction: MTJ) 요소라고도 호칭되는 터널링 자기저항(tunneling magnetoresistance: TMR) 요소가 있다. 상기 자기저항 요소들의 일부는 때때로 스핀 밸브(spin valve)로 언급된다.

[0004] 상기 자기저항 요소들 중에서, 상기 GMR 및 상기 TMR 요소들은 저항이 비자성층들에 의해 분리되는 다른 자성층들의 자기 배향에 관련되는 스핀 전자 기술(spin electronics)(즉, 전자 스핀들)으로 동작한다. 스핀 밸브(spin valve) 구성에서, 상기 저항은 이른바 "기준층(reference layer)"인 다른 층에 대한 이른바 "자유층(free layer)"의 자화의 각도 방향과 관련된다. 상기 자유층과 상기 기준층은 다음에 보다 상세하게 설명된다.

[0005] 상기 자기저항 요소는 단일의 요소가 될 수 있거나, 선택적으로는, 다양한 구성들, 예를 들면, 하프 브리지 또는 폴(휘스톤(Wheatstone)) 브리지로 배열되는 둘 또는 그 이상의 자기저항 요소들을 포함할 수 있다.

[0006] 여기에 사용되는 바에 있어서, "자기장 센서(magnetic field sensor)"라는 용어는 일반적으로 다른 회로들과 결합되어 자기장 센싱 요소를 사용하는 회로를 기술하는 데 사용된다. 통상적인 자기장 센서에 있어서, 상기 자기장 센싱 요소 및 다른 회로들은 공통 기판 상에 집적될 수 있다.

[0007] 자기장 센서들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 자기장의 방향의 각도를 감지하는 각도 센서, 전류를 운반하는 도체에 의해 운반되는 전류에 의해 발생하는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 물체의 근접을 감지하는 자기 스위치, 상기 자기장 센서가 백-바이어스(back-biased)되거나 다른 자석과 결합되어 사용되는 경우에 통과하는 강자성 물품들, 예를 들면 링 자석 또는 강자성 타겟(예를 들면, 기어 톱니(gear teeth))의 자기 도메인들을 감지하는 회전 검출기, 그리고 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서를 포함하는 다양한 응용들에 사용된다.

[0008] 다양한 변수들이 자기장 센서들 및 자기장 센싱 요소들의 성능을 특징짓는다. 자기장 센싱 요소들에 관하여, 상기 변수들은 자기장에 반응하는 자기장 센싱 요소의 출력 신호의 변화인 감도 및 상기 자기장에 대해 상기 자기장 센서의 출력 신호가 선형적으로(즉, 직접적으로 비례하여) 변화하는 정도인 선형성을 포함한다.

[0009] GMR 및 TMR 요소들은, 예를 들면, 홀(Hall) 요소들과 비교하여 상대적으로 높은 감도를 가지는 것으로 알려져 있다. GMR 및 TMR 요소들은 또한 다만 자기장들의 제한된 범위들에 걸쳐, 홀 요소가 동작할 수 있는 범위 보다 제한된 범위에 걸쳐 적절하게 우수한 선형성을 가지는 것으로 알려져 있다. 그러나, 자기장들의 제한된 범위 내에서도, 상기 GMR 또는 TMR 요소의 선형성은 불규칙성들의 문제들이 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 일부 GMR 및 TMR 요소들이 고온 저장 후에 행동을 변화시키는 경향이 있는 점이 알려져 있다. 따라서, 선형성의 불규칙성들이 감소되고, 고온 저장의 감소된 효과를 가지는 GMR 또는 TMR 요소를 제공하는 것이 바람직할 수 있다.

[0010] 종래의 GMR 및 TMR 요소들과 특히 스핀 밸브들도 자기장이나 전류 측정들에서 이들의 정확도를 감소시키는 바람직하지 않은 히스테리시스(hysteresis) 행동을 가지는 것으로 알려져 있다. 따라서, 감소된 히스테리시스를 갖는 GMR 또는 TMR 요소를 제공하는 것 또한 바람직할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 선형성의 불규칙성들이 감소되고, 히스테리시스 행동이 감소되는 GMR 또는 TMR 요소(또는 임의의 스핀 전자 기술 자기저항 요소)를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명의 측면을 이해하기 위한 유용한 예들에 따르면, 자기저항 요소(magnetoresistance element)는 기판 및 상기 기판 상부에 배치되는 시드층(seed layer) 구조를 포함한다. 상기 시드층 구조는 적어도 강자성 시드층을 구비한다. 상기 자기저항 요소는 또한 상기 시드층 구조 상부에 배치되는 자유층(free layer) 구조를 포함한다. 상기 강자성 시드층은 결정 이방성(crystalline anisotropy)을 가지고, 상기 결정 이방성은 소정의 방향을 따른 운동의 존재에서 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층의 증착에 의해 유도되며, 상기 결정 이방성은 향상된 우선적 자기 방향을 갖는 상기 자유층 구조를 야기한다.
- [0013] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기저항 요소는 임의의 결합으로 다음 측면들의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 시드층 구조는 상기 강자성 시드층 상부에 배치되고 근접하거나, 아래에 배치되고 근접하는 비자성 스페이서층(nonmagnetic spacer layer)을 더 포함한다.
- [0015] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0016] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0017] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0018] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 소정의 자기장은 약 이십 에르스텟(0ersted) 내지 약 백오십 에르스텟이다.
- [0019] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 시드층 구조는,
- [0020] 상기 강자성 시드층 아래에 배치되고 근접하는 제1 비자성 스페이서층; 및
- [0021] 상기 강자성 시드층 상부에 배치되고 근접하는 제2 비자성 스페이서층을 더 포함한다.
- [0022] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 및 제2 스페이서층들은 각기 Ru로 구성된다.
- [0023] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 및 제2 스페이서층들은 각기 Ta로 구성된다.
- [0024] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 및 제2 스페이서층들의 하나는 Ru로 구성되고, 상기 제1 및 제2 스페이서층들의 다른 하나는 Ta로 구성된다.
- [0025] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기저항 요소는,
- [0026] 상기 시드층 구조 상부 및 상기 자유층 구조 아래에 배치되는 반강자성 피닝층(antiferromagnetic pinning layer)을 더 포함한다.
- [0027] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 반강자성 피닝층은 PtMn으로 구성된다.
- [0028] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 반강자성 피닝층은 PtMn, IrMn 또는 FeMn으로 구성된다.
- [0029] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기저항 요소는,
- [0030] 상기 반강자성 피닝층 상부 및 상기 자유층 구조 아래에 배치되는 핀층(pinned layer) 구조를 더 포함한다.
- [0031] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 핀층 구조는,
- [0032] 상기 반강자성 피닝층 상부에 배치되는 제1 강자성 핀층;
- [0033] 상기 제1 강자성 핀층 상부에 배치되는 제3 스페이서층; 및

- [0034] 상기 제3 스페이서층 상부에 배치되는 제2 강자성 핀층을 포함한다.
- [0035] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 및 제2 강자성 핀층들은 CoFe로 구성되고, 상기 제3 스페이서층은 Ru로 구성된다.
- [0036] 일부 실시예들에 있어서, 상기 자기저항 요소는,
- [0037] 상기 핀층 구조 및 상기 자유층 구조 사이에 배치되는 제4 스페이서층을 더 포함한다.
- [0038] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제4 스페이서층은 Cu, Au 또는 Ag로 구성된다.
- [0039] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자유층 구조는,
- [0040] 상기 제4 스페이서층 상부에 배치되는 제1 강자성 자유층; 및
- [0041] 상기 제1 강자성 자유층 상부에 배치되는 제2 강자성 자유층을 포함한다.
- [0042] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 강자성 자유층은 CoFe로 구성되고, 상기 제2 강자성 자유층은 NiFe로 구성된다.
- [0043] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 자유층 구조는 복수의 자기 도메인들을 포함하고, 상기 복수의 자기 도메인들은,
- [0044] 제1 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 제1 복수의 자기 도메인들; 및
- [0045] 상기 제1 방향과 다른 하나 또는 그 이상의 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 제2 복수의 자기 도메인들을 구비하며,
- [0046] 상기 강자성 시드층은 선택된 물질로 구성되고, 상기 선택된 물질은 상기 자유층 구조 내의 상기 제2 복수의 자기 도메인들 내의 자기 도메인들의 양의 선택된 감소를 야기한다.
- [0047] 상기 자기저항 요소의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0048] 본 발명의 다른 측면을 이해하기 위한 유용한 다른 예에 따르면, 자기저항 요소를 제조하는 방법은 반도체 기판 상부에 시드층 구조를 증착하는 단계를 포함한다. 상기 사드층 구조를 증착하는 단계는 상기 기판 상부에 적어도 강자성 시드층을 증착하는 단계를 구비한다. 상기 방법은 상기 시드층 구조 상부에 자유층 구조를 증착하는 단계를 더 포함하며, 상기 강자성 시드층을 증착하는 단계는 소정의 방향을 따른 운동의 존재에서 및 동일한 소정의 방향을 갖는 소정의 자기장의 존재에서 상기 시드층을 증착하는 단계를 포함하여, 향상된 결정 이방성을 갖는 상기 강자성 시드층을 야기하고, 향상된 우선적 자기 방향을 갖는 상기 자유층 구조를 야기한다.
- [0049] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은 임의의 결합으로 다음 측면들의 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있다.
- [0050] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 시드층 구조를 증착하는 단계는,
- [0051] 상기 강자성 시드층 상부에 근접하여 또는 아래에 근접하여 비자성 스페이서층을 증착하는 단계를 더 포함한다.
- [0052] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0053] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0054] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 소정의 자기장은 약 이십 에르스텟 내지 약 백오십 에르스텟이다.
- [0055] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 시드층 구조를 증착하는 단계는,
- [0056] 상기 강자성 시드층 아래에 근접하여 제1 비자성 스페이서층을 증착하는 단계; 및
- [0057] 상기 강자성 시드층 상부에 근접하여 제2 비자성 스페이서층을 증착하는 단계를 더 포함한다.
- [0058] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0059] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 제1 및 제2 스페이서층들의 하나는 Ru로 구성되고, 상기 제1 및 제2

스페이서층들의 다른 하나는 Ta로 구성되거나, 상기 제1 및 제2 스페이서층들 모두는 Ru로 구성되거나, 상기 제1 및 제2 스페이서층들 모두는 Ta로 구성된다.

- [0060] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은,
- [0061] 상기 시드층 구조 상부에 반강자성 피닝층을 증착하는 단계; 및
- [0062] 상기 강자성 시드층을 증착시키는 단계에 사용된 상기 소정의 자기장의 소정의 방향에 평행한 주요 방향을 갖는 어닐링(annealing) 자기장을 이용하여 상기 반강자성 피닝층을 어닐링하는 단계를 더 포함한다.
- [0063] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층은 NiFe, NiFeCr, CoFe, CoFeB 또는 CoFeCr로 구성된다.
- [0064] 상기 방법의 일부 실시예들에 있어서, 상기 소정의 자기장은 약 이십 에르스텟 내지 백오십 에르스텟이다.
- [0065] 일부 실시예들에 있어서, 상기 방법은,
- [0066] 상기 반강자성 피닝층과 상기 자유층 구조 사이에 핀층 구조를 증착하는 단계를 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0067] 상술한 본 발명의 특징들뿐만 아니라 본 발명 자체도 다음의 도면들의 상세한 설명으로부터 보다 상세하게 이해될 수 있을 것이며, 첨부된 도면들에 있어서,
- 도 1은 거대 자기저항(GMR) 요소의 이상적 및 실제 전달 특성을 나타내는 그래프이고,
- 도 2는 단일 핀 장치를 갖는 종래 기술의 GMR 요소의 층들을 나타내는 블록도이며,
- 도 3은 단일 핀 장치를 구비하고 특정한 시드층을 갖는 다른 예시적인 GMR 요소의 층들을 나타내는 블록도이고,
- 도 4는 회전 속도 측정을 위해 자성 타겟 상부에 위치하는 자기저항 요소 자기장 센서의 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0068] 본 발명을 설명하기 전에, 여기서 때때로 특정한 형상들(예를 들면, 요크(yoke) 형상)을 갖는 GMR 또는 TMR 요소들을 참조하는 점에 유의하여야 한다. 그러나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 여기서 설명되는 기술들이 다양한 크기들과 형상들에 적용 가능한 점을 이해할 것이다.
- [0069] 여기에 사용되는 바에 있어서, "이방성(anisotropy)" 또는 "이방성의(anisotropic)"라는 용어는 강자성(ferromagnetic) 또는 페리자성(ferrimagnetic) 층의 자화가 추가적인 외부 자기장을 겪지 않을 때에 배향되는 경향이 있는 특정한 축이나 방향을 언급한다. 축 이방성은 결정 효과에 의하거나 형상 이방성에 의해 생성될 수 있으며, 이들 모두는 자기장들의 두 동등한 방향들을 가능하게 한다. 또한, 방향 이방성은, 예를 들면, 반강자성층(antiferromagnetic layer)에 의해 인접하는 층 내에 생성될 수 있고, 이는 상기 인접하는 층 내의 특정한 축을 따른 단일 자기장 방향만을 가능하게 한다.
- [0070] 전술한 바를 고려하면, 자성층 내의 이방성의 도입이 상기 자성층의 자화를 외부 자기장의 부존재에서 상기 이방성을 따라 정렬되게 하는 결과를 가져오는 점이 이해될 것이다. GMR 또는 TMR 요소의 경우, 방향 이방성은, 예를 들면, 외부의 자기장에 반응하여 자성층 내의 자기장의 코히런트(coherent) 회전을 수득하는 능력을 제공한다. 방향 이방성은 또한 대응되는 요소의 히스테리시스(hysteresis) 행동을 억제하는 경향이 있다.
- [0071] 여기에 사용되는 바에 있어서, "자기장 센싱 요소(magnetic field sensing element)"라는 용어는 자기장을 감지할 수 있는 다양한 전자 요소들을 기술하는 데 사용된다. 자기저항 요소(magnetoresistance element)는 상기 자기장 센싱 요소들의 단지 하나의 유형이다. 자기저항 요소들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 이들의 일부가 스핀 밸브(spin valve)들이 될 수 있는 GMR 및 TMR 요소들을 포함한다.
- [0072] 여기에 사용되는 바에 있어서, "자기장 센서(magnetic field sensor)"라는 용어는 일반적으로 다른 회로들과 결합되어 자기장 센싱 요소를 사용하는 회로를 기술하는 데 사용된다. 자기장 센서들은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 자기장의 방향의 각도를 감지하는 각도 센서, 전류를 운반하는 도체에 의해 운반되는 전류에 의해 발생하는 자기장을 감지하는 전류 센서, 강자성 물체의 근접을 감지하는 자기 스위치, 통과하는 강자성 물품들, 예를 들면 링 자석의 자기 도메인들을 감지하는 회전 검출기, 그리고 자기장의 자기장 밀도를 감지하는 자기장 센서를 포함하는 다양한 응용들에 사용된다.

- [0073] 여기에 기재되는 구조들과 방법들은 GMR 및 TMR 자기저항 요소들 모두에 적용된다. 그러나, 동일하거나 유사한 구조들과 방법들이 현재 알려져 있거나 후에 발견되는 다른 스핀 전자 기술(spin electronics) 자기저항 요소들에 적용될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다. 이는 특히 산화물계 스핀 전자 기술 구조들을 포함한다.
- [0074] 도 1을 이제 참조하면, 그래프(100)는 밀리테슬라(mT)로 자기장의 단위들의 크기를 나타낸 수평축 및 임의의 단위들로 저항의 단위들의 크기를 나타낸 수직축을 가진다.
- [0075] 곡선(102)은 이상적인 GMR 요소의 전달 함수(transfer function), 즉 저항에 대한 자기 GMR 요소가 겪는 자기장을 나타낸다. 전달 함수(102)는 상부 포화점(102b)과 하부 포화점(102c) 사이에 선형 영역(102a)을 가진다. 영역들(102d, 102e)은 포화 상태에 있다. 자기 선형 영역(102a)이 이상적인 선형 영역인 점이 이해되어야 한다. 또한, 이상적인 GMR 요소는 그 자기 이력과 독립적으로 주어진 자기장에 대해 동일한 값의 저항을 나타낸다. 즉, 이상적인 GMR 요소는 히스테리시스(hysteresis)를 가지지 않는다.
- [0076] 스텝(step)들, 예를 들면, 스텝(104)은 자기 GMR 요소의 실제 전달 함수를 나타낸다. 자기 포화점들(102b, 102c)을 넘어서 자기 스텝들(104)에 의해 나타나는 실제 전달 함수는 자기 포화 영역들(102d, 102e)과 합쳐진다.
- [0077] 자기 스텝들(104)은 바람직하지 않다. 자기 스텝들(104)은 GMR 요소 내의 이른바 자유층(free layer) 내부의 자기 도메인들의 자성 행동으로부터 야기된다. 자기 자유층의 행동은 도 2와 함께 보다 상세하게 설명된다.
- [0078] 자기 스텝들(104)이 균등한 간격과 균등한 스텝 높이들을 갖는 규칙적인 스텝들로 도시되지만, 자기 스텝들(104)은 불균등한 간격 및 불균등한 스텝 높이들(즉, 진폭들)을 가져 불규칙하게 될 수도 있다. 자기 스텝들은 통상적으로 자기 자유층의 국소 이력 및 재생 가능한 회전에 대응된다.
- [0079] 도 2를 이제 참조하면, 종래 기술의 GMR 요소(200)는 기관 상부에 배치되는 복수의 층들을 포함한다. 자기 기관의 상부 표면은 도 2의 저부에 가장 아래의 라인으로 도시된다.
- [0080] 도 2의 좌측에서, 각 층이 기능적인 명칭으로 식별된다. 도 2의 우측에서, 자기 기능적 층들을 형성할 수 있는 서브 층(sub-layer)들의 자기적 특성들이 도시된다. 일반적으로, 자성 물질들은 다양한 자기적 특성들을 가질 수 있고, 이에 한정되는 것은 아니지만, 강자성, 반강자성 및 비자성을 포함하는 다양한 용어들로 분류될 수 있다. 다양한 유형들의 자성 물질들에 대한 서술은 여기서는 상세하게 하지 않는다. 그러나, 여기서는 강자성 물질이 자기 강자성 물질 내부의 원자들의 자기 모멘트들이 평균적으로 평행하고 동일한 방향으로 정렬되는 경향이 있어 자기 강자성 물질의 영(zero)이 아닌 순자기 자화(net magnetic magnetization)의 결과로 되는 것으로 말하면 충분하다.
- [0081] 구리, 은 및 금과 같은 대부분의 물질들은 순 자화를 나타내지 않는 반자성 물질이다. 이들 물질들은 인가된(외부) 자기장에 반대되고 비례하는 극히 약한 자화를 나타내는 경향이 있다. 반자성 물질들은 또한 비자성 물질들로 호칭된다.
- [0082] 반강자성 물질은 자기 반강자성 물질 내부의 자기 모멘트들이 자기 강자성 물질 내의 서브 층들 내에서 평균적으로 평행하지만 반대 방향으로 정렬되는 경향이 있어, 영(zero)의 순 자화의 결과가 된다.
- [0083] 도시된 바와 같이, 종래 기술의 GMR 요소(200)는 자기 기관 상부에 배치되는 시드층(seed layer)(202), 자기 시드층(202) 상부에 배치되는 반강자성 피닝층(pinning layer)(204) 및 자기 반강자성 피닝층(204) 상부에 배치되는 핀층(pinned layer) 구조(206)를 포함할 수 있다. 자기 핀층 구조(206)는 제1 강자성 핀층(206a), 제2 강자성 핀층(206c) 및 이들 사이에 배치되는 비자성 스페이서층(spacer layer)(206b)으로 구성될 수 있다.
- [0084] 종래의 GMR 요소(200)는 또한 자기 제2 강자성 핀층(206c) 상부에 배치되는 비자성 스페이서층(208) 및 자기 비자성 스페이서층(208) 상부에 배치되는 자유층 구조(210)를 포함할 수 있다. 자기 비자성 스페이서층(206b)은 비자성의 금속성 층이 될 수 있다. 자기 비자성 스페이서층(208)은 또한 GMR을 위해 금속성이거나 TMR을 위해 절연성이 될 수 있다. 자기 자유층 구조(210)는 제1 강자성 자유층(210a) 및 제2 강자성 자유층(210b)으로 구성될 수 있다.
- [0085] 캡층(cap layer)(212)은 자기 GMR 요소(200)를 보호하도록 자기 자유층 구조(210) 상부에 배치될 수 있다.
- [0086] 종래 기술의 GMR 요소(200)의 층들의 두께들의 예들은 나노미터로 나타낸다. 종래 기술의 GMR 요소의 층들의 물질들의 예들은 원소 기호들로 나타낸다.
- [0087] 일부 층들 내에서, 화살표들은 자기 GMR 요소(200)가 외부 자기장을 겪지 않을 때에 자기 층들의 자기장 방향들

을 나타내거나 그 들을 나타내는 것으로 도시된다. 도면 밖으로 나오는 화살표들은 원들 내의 점들로 나타내며, 도면 내로 들어가는 화살표들은 원들 내의 십자가들로 나타낸다.

- [0088] 하부로부터 상부로 상기 층들을 형성하면, 상기 시드층(202)은 상기 층들, 특히 상기 PtMn 반강자성 피닝층(204) 및 상부 층들의 결장 성질들에 영향을 미치는 상기 기판 상의 규칙적인 결정 구조를 제공하도록 사용된다.
- [0089] 상기 반강자성 피닝층(204)에 대하여, 상기 반강자성 피닝층(204) 내의 서브 층들(즉, 층 부분들)은 오른쪽 및 왼쪽 화살표들로 나타내는 교대되는 다른 방향들을 향하는 자기장들을 가지는 경향이 있어, 상기 반강자성 피닝층은 영의 순자기장을 가지게 된다. 상기 반강자성 피닝층(204)의 상부 표면은 여기서는 왼쪽으로 도시되는 하나의 방향을 향하는 자기 모멘트를 가지는 경향이 있다.
- [0090] 상기 핀층(206)에 대하여, 상기 제1 강자성 핀층(206a)은 상기 반강자성 피닝층(204)의 상부 표면에 강자성적으로 연결되는 경향이 있으며, 이에 따라 상기 제1 강자성 핀층(206a) 내의 자기장은 여기서는 오른쪽으로 도시되는 상기 반강자성 핀층(204)의 상부 표면에서의 자기 모멘트에 평행하게 정렬될 수 있다.
- [0091] 상기 제1 및 제2 강자성 핀층들(206a, 206c) 사이의 상기 스페이서층(206b)의 존재로 인하여, 상기 제2 강자성 핀층(206c)은 제1 강자성 핀층(206a)에 반강자성적으로 연결되는 경향이 있으며, 이에 따라 여기서는 오른쪽으로 향하도록 도시되는 다른 하나의 방향을 향하는 자기장을 가진다. 상기 세 개의 층들(206a, 206b, 206c)의 결합은 합성 반강자성 구조(synthetic antiferromagnetic structure) 또는 층으로 언급될 수 있다.
- [0092] 상기 제1 및 제2 자유층들(210a, 210b)은 외부 자기장의 부존재에서 도면 밖으로 향하는 각각의 자기장들을 가진다. 이와 같이 향하는 방향은 도면의 밖으로 향하는 방향을 따르는 특정 이방성을 생성함에 의해 구현될 수 있다. 이러한 이방성은 상기 GMR 요소의 형상에 의하거나 도 3과 함께 다음에 설명되는 다른 고려 사항들에 의해 생성될 수 있다.
- [0093] 동작 시에, 종래의 GMR 요소(200)가 화살표(214)의 방향으로 향하는 외부의 자기장에 노출될 때, 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 자기장들은 상기 제2 강자성 핀층(206c) 내의 자기장이 향하는 방향에 보다 정렬되도록(또는 완전히 정렬되도록, 즉 오른쪽을 향하도록) 오른쪽으로 회전하는 경향이 있다. 그러나, 상기 핀층(206) 내의 자기장들은 상기 반강자성 피닝층에 의해 고정되고, 회전하지 않는다. 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 자기장들의 회전의 양은 상기 외부 자기장의 크기에 의존한다. 상기 제2 강자성 핀층(206c) 내의 자기장의 방향에 대한 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 자기장들의 증가된 정렬은 상기 GMR 요소(200)의 저항이 낮아지게 하는 경향이 있다.
- [0094] 반대로, 상기 GMR 요소가 상기 화살표(214)의 방향에 반대되는 외부 자기장에 노출될 때, 상기 자유층 구조(210) 내의 자기장들은 상기 제2 강자성 핀층(206c) 내의 자기장이 향하는 방향에 더욱 반대로 정렬되도록(또는 완전히 반대로 정렬되도록, 즉 왼쪽을 향하도록) 왼쪽으로 회전하는 경향이 있다. 상기 회전의 양은 상기 외부 자기장의 크기에 의존한다. 상기 제2 강자성 핀층(206c) 내의 자기장의 방향에 대한 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 자기장들의 증가된 반대 정렬은 상기 GMR 요소(200)의 저항이 높아지게 하는 경향이 있다.
- [0095] 전술한 바를 고려하면, 도 1을 간단히 참조하여, 외부 자기장의 부존재에서, 상기 GMR 요소(200)의 저항이 상기 선형 영역(102a)의 중심에 있고, 상기 저항이 외부 자기장(214)의 방향에 따라 상기 전달 특성 곡선(102) 상에서 오른쪽으로나 왼쪽으로(즉, 낮아지거나 높아지게) 이동할 수 있는 점이 이해될 것이다. 층들의 전체적인 정렬이나 전체적인 반대 정렬이 구현될 때, 상기 GMR 요소(200)는 상기 하부 포화 영역(102e) 또는 상기 상부 포화 영역(102d) 내에 각기 있게 될 것이다.
- [0096] 일반적으로, 상기 강자성 자유층들(210a, 210b)은, 이에 한정되는 것은 아니지만, 제1 방향을 향하는 자기장들을 갖는 제1 복수의 자기 도메인(magnetic domain)들 및 하나 또는 그 이상의 다른 방향들을 향하는 자기장들을 갖는 제2 복수의 자기 도메인들을 포함하는 복수의 자기 도메인들을 자연적으로 가지려는 경향이 있다. 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 상기 제1 복수의 자기 도메인들은 상기 GMR 요소(200)가 외부 자기장에 노출되지 않을 때는 도면 밖으로 나오도록 도시되는 상기 자유층 구조(210)의 순자기장에 정렬되는 방향들을 향하는 자기장을 가지지만, 상기 GMR 요소(200)가 자기장에 노출됨에 따라 회전할 수 있다. 상술한 바와 같이, 상기 제1 복수의 자기 도메인들의 자기장이 향하는 방향은 상기 외부 자기장에 반응하여 회전한다. 상기 제2 복수의 자기 도메인들은 하나 또는 그 이상의 다른 방향들로 향하는 자기장이 향하는 방향들을 가지려는 경향이 있다.
- [0097] 간단히 말하면, 도 1의 스텝들(104)에 대하여, 각 스텝은 상기 제1 복수의 자기 도메인들 내에 있지 않은(예를 들면, 상기 제2 복수의 자기 도메인들 내에 있는) 상기 자기 도메인들의 하나 또는 그 이상, 즉 상기 강자성 자

유층들(210a, 210b) 내의 순자기장의 방향으로 향하지 않는 자기장들을 갖는 자기 도메인들의 하나 또는 그 이상이 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 자기장의 순자기장이 향하는 방향과 정렬되게 되는 방향으로 갑자기 스냅(snap)(즉, 점프)되는 때에 발생되며, 어디든지 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 순자기장이 외부 자기장에 반응하여 향하게 될 수 있다(즉, 회전될 수 있다). 그러나, 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 순자기장의 방향으로 향하지 않는 자기장들을 갖는 상기 자기 도메인들의 하나 또는 그 이상이 상기 강자성 자유층들(210a, 210b) 내의 자기장의 순자기장이 향하는 방향과 정렬되게 되는 방향으로 보다 느리게 전이되는 것도 가능하며, 이 경우에 도 1의 단계들의 하나 또는 그 이상이 도시된 경우보다 덜 가파를 수 있지만, 여전히 바람직하지 않다. 따라서, 상기 자유층 구조(210) 내의 순자기장의 방향과 다른 방향으로 향하는 상기 자유층 구조(210) 내의 많은 자기 도메인들을 감소시키는(즉, 상기 제2 복수의 자기 도메인들 내의 자기 도메인들의 양을 감소시키는) 것이 바람직할 수 있다. 이러한 감소는 보다 적은 스텝들(104), 보다 작은 스텝들(104) 또는 스텝들(104)이 없는 결과로 될 수 있다.

- [0098] 상기 자유층의 순자기장의 방향과 다른 방향으로 향하는 상기 자유층(210) 내의 자기 도메인들의 숫자를 감소시키기 위하여, 즉 도면 밖으로와 다른 방향으로 향하는 자기 도메인들의 숫자를 감소시키기 위하여, 외부의 바이어싱 자석(biasing magnet)이 사용될 수 있다. 선택적인 예로서, 복수의 층들이 이른바 "이중 핀(double pinned)" 장치들을 갖는 내부 적층 자기 바이어스를 구현하기 위해 기본 GMR 요소(200)에 추가될 수 있다.
- [0099] 도 3을 이제 참조하면, GMR 요소(300)의 예는 기판 상부에 배치되는 복수의 층을 포함한다. 상기 기판의 상부 표면은 도 3의 저부의 가장 아래의 라인으로 도시된다.
- [0100] 도 3의 좌측에서, 각 층이 기능적인 명칭으로 식별된다. 도 3의 우측에서, 상기 기능적 층들을 형성할 수 있는 서브 층들의 자기적 특성들이 도시된다.
- [0101] 도시된 바와 같이, 상기 예시적인 GMR 요소(300)는 상기 기판 상부에 배치되는 시드층 구조(302)를 포함할 수 있다. 도 2의 시드층(202)과는 달리, 상기 시드층 구조(302)는 제1 비자성 스페이서층(302a), 상기 제1 비자성 스페이서층(302a) 상부에 배치되는 강자성 시드층(302b) 및 상기 강자성 시드층(302b) 상부에 배치되는 제2 비자성 스페이서층(302c)으로 구성될 수 있다. 상기 시드층 구조(302)는 다음에 보다 상세하게 설명한다.
- [0102] 다른 실시예들에 있어서, 상기 시드층 구조(302)는 상기 제1 비자성 스페이서층(302a) 또는 상기 제2 비자성 스페이서층(302c)이 생략되지만, 여전히 상기 강자성 시드층(302b)을 포함한다. 따라서, 다른 실시예들에서, 상기 시드층 구조(302)는 상기 강자성 시드층(302b)의 상부 또는 하부에 하나의 스페이서층만을 포함한다.
- [0103] 일반적으로, 상기 비자성 스페이서층(302a 또는 302c)은 상기 강자성 시드층(302b)의 적절한 결정 성장을 확보하며, 상기 GMR 요소(300)의 이방성, 특히 후술하는 자유층 구조의 이방성을 가져온다.
- [0104] 반강자성 피닝층(304)은 상기 시드층 구조(302) 상부에 배치될 수 있다.
- [0105] 상기 강자성 시드층(302b)은 소정의 자기장의 존재에서 소정의 온도(온도) 및 소정의 진공에서 상기 강자성 시드층(302b)를 증착시켜 향상된 일치성, 방향성 및 선명성을 구비하는 결정층을 가질 수 있고, 상기 자기장은 상기 기판의 표면에도 평행하고, 상기 반강자성 피닝층(304)의 자화에 직교하는 주요 방향을 갖는 상기 GMR 요소에 대해 정지 방향을 가진다. 예를 들면, 상기 강자성 시드층(302b)은 약 1×10^{-8} 밀리바(millibar)의 기본 진공에서 및 약 이십 에르스텟(Oersted) 내지 약 백오십 에르스텟 사이의 자기장의 존재에서 가열 없이(예를 들면, 실온에서) 증착될 수 있다. 그러나, 다른 온도들, 진공들 및 자기장들도 가능할 수 있다.
- [0106] 일부 다른 실시예들에 있어서, 온도는 약 섭씨 십도 내지 약 섭씨 오십도의 범위 이내가 될 수 있고, 진공은 약 1×10^{-7} 밀리바 내지 약 1×10^{-10} 밀리바의 범위 이내가 될 수 있으며, 자기장들은 약 십 에르스텟 내지 약 오백 에르스텟의 범위 이내가 될 수 있다.
- [0107] 일부 실시예들에 있어서, 상기 강자성 시드층(302b)만이 상기 조건들 하에서 증착된다. 일부 다른 실시예들에 있어서, 상기 전체 시드층 구조(302)가 상기 조건들 하에서 증착된다.
- [0108] 독일의 신굴루스® 테크놀로지스사(Singulus® Technologies AG)의 증착 장비가 회전보다는 선형 변환(linear translation)으로 층 증착을 수행한다. 선형 변환 증착은 상기 강자성 시드층(302b)의 증착 동안에 고정된 방향의 자기장의 적용을 위해 매우 적합하다. 상기 증착 동안에 인가되는 운동의 방향 및 자기장의 방향은 서로 평행할 수 있다. 상기 기판이나 증착 장비 또는 이들 모두가 선형 변환으로 이동할 수 있다. 그러나, 웨이퍼를 회전시키는 증착 장치를 사용하고, 예에 따라 상기 강자성 시드층(302b)의 증착 동안에 회전하는 자기장을 제공할

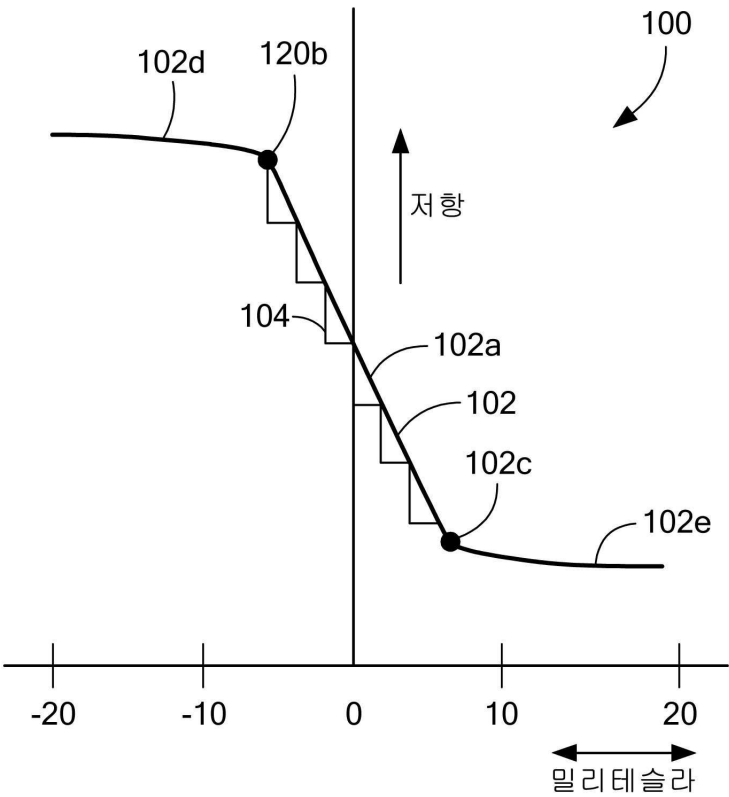
는 것도 가능할 수 있다.

- [0109] 전술한 바로부터, 상기 강자성 시드층(302b)이 결정 이방성을 가지며, 상기 결정 이방성이 소정의 방향을 따른 상술한 운동의 존재에서 및 동일한 소정의 방향을 따른 인가되는 소정의 자기장의 존재에서 상기 강자성 시드층의 증착에 의해 유도되고, 상기 결정 이방성이 향상된 우선적인 자기 방향(예를 들면, 향상된 자기 이방성)을 가지는 상기 자유층 구조(310)를 야기하는 점이 이해되어야 한다.
- [0110] 상기 반강자성 피닝층(304) 내 및 상기 핀층 구조(306) 내의 자기장들의 방향들이 소정의 온도에서 소정의 자기장으로의 어닐링(annealing)의 결과인 점이 이해될 것이다. 상기 어닐링은 여기서는 상세하게 설명하지 않는다.
- [0111] 상면도에 있어서, 일부 실시예들에서, 상기 GMR 요소(300)는 사각형의 형상을 가질 수 있다.
- [0112] 사각형 GMR 요소를 제조할 때, 상기 시드층의 증착 동안에 인가되는 자기장의 방향은 사각형의 장축을 따르며, 이는 또한 상기 시드층 구조(302)의(또는 상기 강자성 시드층(302b)만의) 증착 동안에 상기 웨이퍼의(또는 상기 증착 장비의) 진행의 선형 방향이 될 수 있다. 도 3의 단면도 및 이에 도시되는 화살표들에 대하여, 이러한 사각형의 장축은 도면 밖으로 나올 수 있다.
- [0113] 상기 예시적인 GMR 요소(300)는 또한 상기 반강자성 피닝층(304) 상부에 배치되는 상기 핀층 구조(306)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 핀층 구조(306)는 제1 강자성 핀층(306a), 제2 강자성 핀층(306c) 및 이들 사이에 배치되는 비자성 스페이서층(306b)으로 구성될 수 있다.
- [0114] 상기 GMR 요소(300)는 또한 상기 핀층(306) 상부에 배치되는 비자성 스페이서층(308) 및 상기 비자성 스페이서층(308) 상부에 배치되는 자유층 구조(310)를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 자유층 구조(310)는 제2 강자성 자유층(310b) 아래에 배치되는 제1 강자성 자유층(310a)으로 구성될 수 있다.
- [0115] 캡층(312)은 상기 GMR 요소(300)를 보호하도록 상기 GMR 요소(300) 상단에 배치될 수 있다.
- [0116] 일부 층들 내에서, 화살표들은 상기 GMR 요소(300)가 외부 자기장을 겪지 않을 때에 상기 층들의 자기장들을 나타내거나 그 방향들을 나타내도록 도시된다. 도면 밖으로 나오는 화살표들은 원들 내의 점들로 나타내며, 도면 내로 들어가는 화살표들은 원들 내의 십자가들로 나타낸다.
- [0117] 상기 예시적인 GMR 요소(300)의 층들의 두께들은 나노미터로 나타낸다. 상기 예시적인 GMR 요소(300)의 층들의 물질들은 원소 기호들로 나타낸다.
- [0118] 이에 따라, 일부 실시예들에서, 상기 비자성 시드층(302a)은 Ru 또는 Ta로 구성되고, 상기 강자성 시드층(302b)은 NiFe(또는 선택적으로, NiFeCr, CoFe, CoFeB 혹은 CoFeCr 합금)로 이루어지며, 상기 제1 비자성 스페이서층(302c)은 Ru 또는 Ta로 구성되고, 상기 반강자성 피닝층(304)은 PtMn으로 이루어지며, 상기 제1 강자성 핀층(306a)은 CoFe로 구성되고, 상기 제2 비자성 스페이서층(306b)은 Ru로 이루어지며, 상기 제2 강자성 핀층(306c)은 CoFe로 구성되고, 상기 제3 비자성 스페이서층(308)은 Cu(또는 선택적으로, Au 혹은 Ag)로 이루어지며, 상기 제1 강자성 자유층(310a)은 CoFe로 구성되고, 상기 제2 강자성 자유층(310b)은 NiFe로 이루어지며, 상기 캡층(312)은 Ta로 구성된다. 그러나, 다른 물질들도 가능하다.
- [0119] 일부 다른 실시예들에 있어서, 상기 반강자성 피닝층(304)은 IrMn, FeMn 또는 NiMn으로 구성된다.
- [0120] NiFe로 구성되는 상기 강자성 시드층(302b)은 상기 GMR 요소(300)에 특정한 구조 및 이에 따른 동작 특성들을 부여한다. 특히, 전술한 증착 기술들에 의해, NiFe(또는 선택적으로, NiFeCr, CoFe, CoFeB 혹은 CoFeCr 합금)이 종래의 비자성 시드층, 예를 들면, 도 2의 종래의 Ru 또는 Ta 시드층(202)의 결정화보다 높은 정도의 일치성, 방향성 및 선명성을 구비하는 결정축을 가지는 점이 이해될 것이다. 상기 강자성 시드층(302b)의 높은 결정화는 후속하는 층들 내에 상기 강자성 시드층(302b) 상부의 층들 내의 높은 정도의 결정화를 가져오도록 전파한다. 특히, 이는 상기 자유층 구조(310)의 우선적 자기 방향축을 유도한다.
- [0121] 상기 시드층 구조(302)는 성장 유도 이방성을 증진시킨다. 자화 축을 따르는 두 방향들은 모든 다른 가능한 방향들에 대해 효과적으로 우선될 수 있다. 그 결과, 상기 자유층 구조(310) 내의 순 자기장의 방향과 다른 방향들로 향하는 자기장들을 갖는 상기 자유층 구조(310) 내의 자기 도메인들의 숫자의 감소가 존재한다.
- [0122] 높은 정도의 결정화를 가지기 때문에, 상기 자유층 구조(310)는 제1 방향으로 지향되는 자기장들을 갖는 자기 도메인들을 증진시키고, 전술한 하나 또는 그 이상의 제2의 다른 방향들로 향하는 자기장들을 갖는 자기 도메인들의 숫자를 감소시키는 경향이 있다.

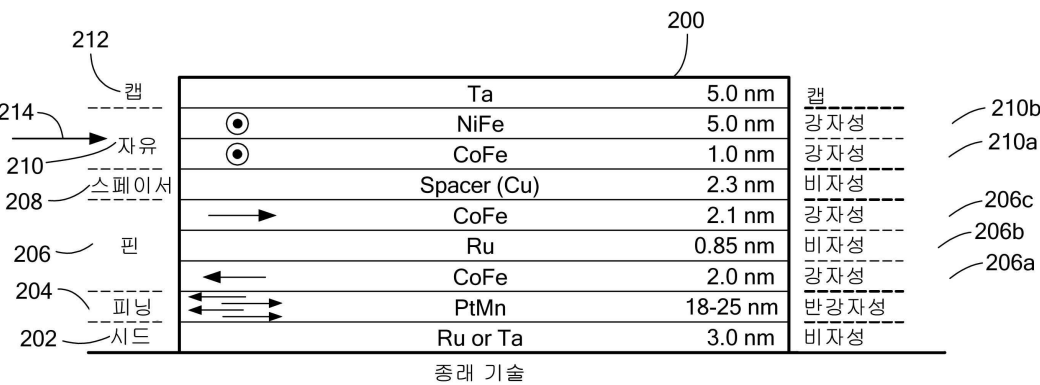
- [0123] 이에 따라, 도 1의 스텝들(104)에 대하여, 상기 제1 방향을 향하는, 즉 상기 자유층 구조(310) 내의 자기장이 회전함에 따라 상기 자유층 구조(310) 내의 자기장에 정렬되는 자기장들을 갖는 자기 도메인들의 증진은 상기 하나 또는 그 이상의 제2의 다른 방향으로 향하는 자기장들을 갖는 자기 도메인들의 숫자를 감소시키는 경향이 있다. 이러한 감소는 보다 적은 스텝들(104), 보다 작은 스텝들(104) 또는 스텝들(104)이 없는 결과로 된다. 상기 감소는 상기 제2 복수의 자기 도메인들 내의 자기 도메인들의 양의 감소를 포함할 수 있다. 히스테리시스 또한 감소될 수 있다.
- [0124] 도 4를 이제 참조하면, 자기장 센서(400)는 하나 또는 그 이상의 자기저항 요소들을 포함할 수 있다. 여기서는, 도 4와 함께 상술한 유형이 될 수 있는 네 개의 자기저항 요소들이 공통 기관 상부에 배열된다. 상기 네 개의 자기저항 요소들은 브리지(bridge)로 정렬될 수 있다. 다른 전자 구성 요소들(도시되지 않음), 예를 들면, 증폭기들 및 프로세서들도 상기 공통 기관 상에 집적될 수 있다.
- [0125] 상기 자기장 센서(400)는 이동하는 자성 물체, 예를 들면, 교번되는 자복극들 및 자남극들을 갖는 링 자석(ring magnet)(402)에 근접하여 배치될 수 있다. 상기 링 자석(402)은 회전에 노출된다.
- [0126] 상기 자기장 센서(400)는 적어도 상기 링 자석의 회전의 속도를 나타내는 출력 신호를 발생시키도록 구성될 수 있다. 일부 장치들에서, 상기 링 자석(402)은 타겟 물체(target object), 예를 들면, 엔진 내의 캠 샤프트(cam shaft)에 연결되고, 상기 링 자석(402)의 회전의 감지된 속도는 상기 타겟 물체의 회전의 속도를 나타낸다.
- [0127] 상기 자기장 센서(400)가 회전 검출기(rotation detector)로 사용되지만, 다른 유사한 자기장 센서들, 예를 들면, 전류 센서들이 도 3의 자기저항 요소들의 하나 또는 그 이상을 가질 수 있는 점이 이해되어야 한다.
- [0128] 단일 핀 GMR 요소가 도 3과 함께 앞서 설명되지만, 도 3의 시드층 구조(302)가 이중 핀 장치의 시드층 구조 또는 또 다른 피닝 및/또는 핀층들을 구비하는 장치의 일부가 될 수 있는 점이 이해되어야 할 것이다.
- [0129] 상기 시드층(302)을 사용할 수 있는 이중 핀 장치들의 예들은, 예를 들면, 2014년 8월 6일자로 출원된 미국 특허출원 제14/452,783호 및 2014년 10월 31일자로 출원된 미국 특허출원 제14/529,564호에서 찾아볼 수 있으며, 이들 모두는 본 출원의 양수인에게 양도되었고, 그 개시 사항들이 전체적으로 여기에 참조로 포함된다.
- [0130] 여기에 언급되는 모든 참조 문헌들은 그 개시 사항들이 여기에 참조로 포함된다.
- [0131] 상술한 바에서는 본 발명의 주제인 다양한 개념들, 구조들 및 기술들을 예시하는 데 기여하는 바람직한 실시예들을 설명하였지만, 이들 개념들, 구조들 및 기술들을 포괄하는 다른 실시예들도 이용될 수 있는 점은 명백할 것이다. 이에 따라, 본 발명의 범주가 실시된 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 다음의 특허 청구 범위의 사상과 범주에 의해 한정되는 것으로 이해되어야 할 것이다.

도면

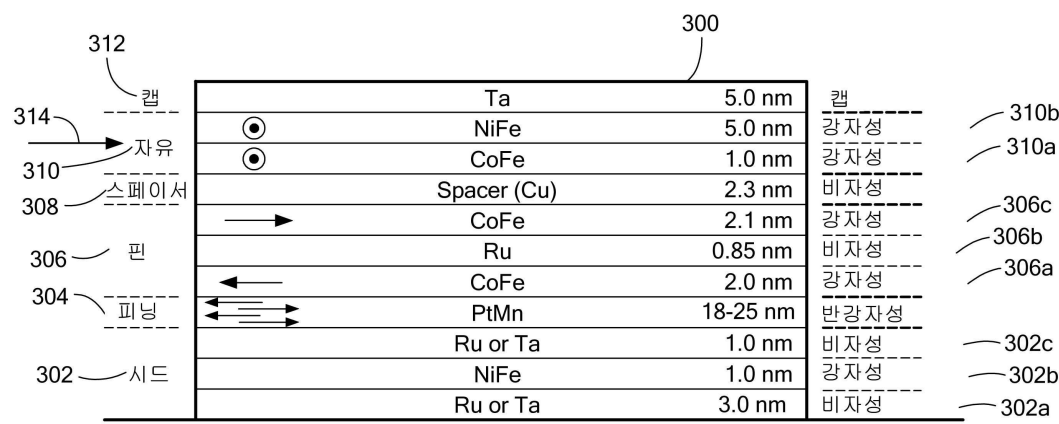
도면1



도면2



도면3



도면4

