



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월21일

(11) 등록번호 10-1376207

(24) 등록일자 2014년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G11B 5/62 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0126909

(22) 출원일자 2011년11월30일

심사청구일자 2011년11월30일

(65) 공개번호 10-2012-0059433

(43) 공개일자 2012년06월08일

(30) 우선권주장

12/956,752 2010년11월30일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

KR100448990 B1*

KR1020080070812 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자

시게이트 테크놀로지 엘엘씨

미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우쓰 디 엔자
블러바드 10200

(72) 발명자

송, 디온

미국 55347 미네소타 애덴 프레리 레녹 씨클
17560

코빙턴, 마크 월리엄

미국 55410 미네소타 애디나 에스. 애보트 애브뉴
5916

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

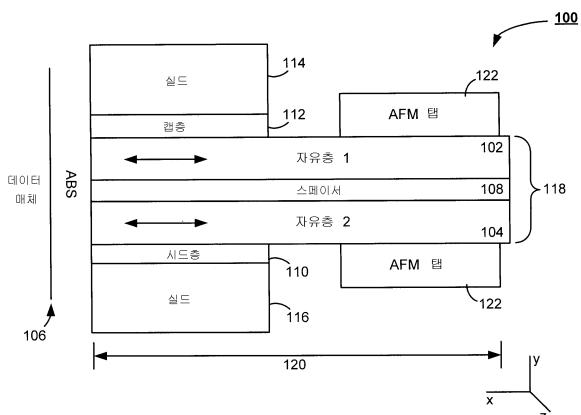
전체 청구항 수 : 총 19 항

심사관 : 권영학

(54) 발명의 명칭 향상된 안정성을 갖는 자기 엘리먼트

(57) 요약

고체-상태 비휘발성 메모리 엘리먼트로서 또는 데이터 변환 헤드에서의 판독 센서로서의 사용을 위한, 자기 상태들의 변화들을 검출할 수 있는 자기 엘리먼트가 개시된다. 다양한 실시예들에 따라, 자기 엘리먼트는 제 1 면적 범위를 갖는 자기적으로 응답하는 스택 또는 적층물을 포함한다. 스택은 제 1 및 제 2 강자성 자유층들 사이에 위치되는 스페이서층을 포함한다. 적어도 하나의 반강자성(AFM) 텁은 스페이서층을 마주하는 그의 표면상의 제 1 자유층에 연결되며, AFM 텁은 제 1 면적 범위보다 작은 제 2 면적 범위를 갖는다.

대 표 도 - 도1

(72) 발명자

혜, 청

미국 55446 미네소타 풀리머 엔. 블랙 오크스 레인
3845

디미트로브, 디미탈 벨리코브

미국 55439 미네소타 에디나 더블유. 68 스트리트
5709

티안, 웨이

미국 55347 미네소타 에덴 프레리 마셜 로드 9498

정, 원준

미국 55344 미네소타 에덴 프레리 마그놀리아 트래
일 8685 #210

강오페드야이, 수니타 브하드와즈

미국 55344 에덴 프레리 비치 로드 6449

특허청구의 범위

청구항 1

제 1 및 제 2 강자성 자유층들 사이에 위치된 스페이서 층을 포함하며, 제 1 면적 범위(areal extent)를 갖는 자기 반응성 스택;

상기 스페이서 층 반대편의 상기 제 1 강자성 자유층의 표면상에서 상기 제 1 강자성 자유층에 커플링된 적어도 하나의 반강자성(AFM) 팁 – 상기 AFM 팁은 상기 제 1 면적 범위 미만인 제 2 면적 범위를 가짐 –; 및

상기 자기 반응성 스택의 대향하는 면들에 각각 커플링된 제 1 및 제 2 전극층을 포함하는,
장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 스페이서 층 반대편의 상기 제 2 강자성 자유층의 표면상에서 상기 제 2 강자성 자유층에 커플링된 제 2 AFM 팁을 더 포함하는, 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 스택의 선택된 면에 커플링된 적어도 하나의 자기 실드를 더 포함하는, 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 자기 실드는 상기 AFM 팁의 일부를 하우징하는 감소된 두께의 영역을 갖는, 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

절연층이 상기 AFM 팁과 상기 자기 실드 사이에 배치되는, 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 AFM 팁은, 상기 스택의 제 1 단부에 인접한 에어 베어링 표면(air bearing surface)으로부터 오프셋 거리 만큼 떨어져서, 상기 제 1 강자성 자유층에 접촉하는, 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 AFM 팁 및 상기 제 1 전극층은 동일 평면 상에 있고, 양자 모두는 상이한 위치들에서 상기 제 1 강자성 자유층에 커플링되는, 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 강자성 자유층들은 각각 다층 구조들인, 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

$\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층과 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층 사이에 제 1 금속 삽입층이 위치되며, 상기 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층과 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층 사이에 제 2 금속 삽입층이 위치되는, 장치.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

각각의 강자성 자유층과 AFM 템 사이에 합성 반강자성체가 배치되는, 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

데이터 변환 헤드에서의 판독 센서로서 특징지어지는, 장치.

청구항 13

스페이서 층에 커플링된 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층, AFM 템에 커플링된 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층, 및 상기 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층과 상기 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층 사이에 배치된 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층을 각각 포함하는 제 1 및 제 2 강자성 자유 다층 구조들 사이에 위치된 상기 스페이서 층을 포함하며, 제 1 면적 범위를 갖는 자기 반응성 스택; 및

상기 스페이서 층 반대편의 제 1 강자성 자유층의 표면상에서 상기 제 1 강자성 자유층에 커플링된 적어도 하나의 반강자성(AFM) 템 — 상기 AFM 템은 상기 제 1 면적 범위 미만인 제 2 면적 범위를 가짐 —

을 포함하는, 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 다층 구조들 중에 적어도 하나는 상기 강자성 자유층들의 자기 모멘트를 약화시키는(dilute) 금속 삽입층인, 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

비휘발성 고체 상태 메모리 셀로서 특징지어지는, 장치.

청구항 16

제 1 면적 범위를 가지며, 제 1 강자성 자유층과 제 2 강자성 자유층 사이에 배치된 비-자기 터널링 장벽층;

상기 비-자기 터널링 장벽층 반대편의 상기 제 1 또는 제 2 강자성 자유층들의 표면상에서 상기 제 1 또는 제 2 강자성 자유층들에 접속되며, 상기 제 1 강자성 자유층의 전면(front surface)으로부터 오프셋 거리만큼 떨어져 이격된 적어도 하나의 반강자성(AFM) 템; 및

상기 비-자기 터널링 장벽층에 대향하는 상기 제 1 및 제 2 강자성 자유층들의 표면 상에서 상기 제 1 및 제 2 강자성 자유층들에 각각 커플링된 제 1 및 제 2 전극층을 포함하는,

자기 소자.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

에어 베어링 표면에 대향하는 상기 강자성 자유층들의 면을 대면하며, 상기 강자성 자유층들에 인접하게 위치된 자석을 더 포함하는, 자기 소자.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

제 1 및 제 2 절연 물질이 상기 AFM 텁 및 제 2 강자성 자유층에 커플링되는, 자기 소자.

청구항 19

제 16 항에 있어서,

상기 AFM 텁은 상기 제 1 면적 범위 미만의 제 2 면적 범위를 갖는, 자기 소자.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 강자성 자유층들은 비휘발성 고체 상태 메모리 셀로서 자기 배향을 저장할 수 있는, 자기 소자.

명세서**발명의 내용**

[0001]

본 발명의 다양한 실시예들은 일반적으로 자기 상태들에서의 변경들을 검출할 수 있는 자기 엘리먼트에 관한 것이다. 다양한 실시예들에 따르면, 자기 엘리먼트는 제 1 면적 범위(areal extent)를 갖는 자기 반응성 스택 또는 라미네이션을 포함한다. 스택은 제 1 및 제 2 강자성 자유층들 사이에 위치되는 스페이서 층을 포함한다. 적어도 하나의 반강자성(AFM) 텁이 스페이서 층 반대편의 제 1 자유층의 표면 상에서 제 1 자유층과 커플링되며, AFM 텁은 제 1 면적 범위보다 작은 제 2 면적 범위를 갖는다.

[0002]

다른 실시예들은 제 1 면적 범위를 갖는 자기 반응성 스택을 포함하며, 스페이서 층에 커플링된 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층, AFM 텁에 커플링된 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층, 및 상기 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층과 상기 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층 사이에 배치된 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층을 각각 가지는 제 1 및 제 2 강자성 자유 다층 구조들 사이에 위치된 상기 스페이서 층과 함께 구성된다. 적어도 하나의 반강자성(AFM) 텁이 상기 스페이서 층 반대편의 상기 제 1 자유층의 표면 상에서 상기 제 1 자유층에 커플링되며, 상기 AFM 텁은 상기 제 1 면적 범위 미만인 제 2 면적 범위를 가진다.

[0003]

다른 예시적인 실시예에서, 비-자기 터널링 장벽층은 제 1 강자성 자유층과 제 2 강자성 자유층 사이에 배치되고, 제 1 면적 범위를 가진다. 적어도 하나의 반강자성(AFM) 텁이 상기 스페이서 층 반대편의 상기 제 1 또는 제 2 자유층들의 표면 상에서 상기 제 1 또는 제 2 자유층들에 접속되며, 상기 제 1 자유층의 에어 베어링 면(air bearing surface)으로부터 오프셋 거리만큼 떨어져 이격된다.

[0004]

본 발명의 다양한 실시예들을 특징지우는 이러한 그리고 다른 특징들 및 장점들은 다음의 상세한 설명 및 첨부 도면을 참조하여 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0005]

도 1은 관독 센서로서 사용될 수 있는 예시적인 자기 엘리먼트를 일반적으로 도시한다.

도 2는 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 것으로서, 도 1의 예시적인 자기 엘리먼트의 부분을 도시한다.

도 3은 도 2의 자기 엘리먼트의 예시적인 동작 특성들을 도시한다.

도 4는 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 예시적인 자기 엘리먼트를 도시한다.

도 5a - 도 5c는 도 4의 자기 엘리먼트에서 사용될 수 있는 예시적인 자기 스택들의 부분들을 일반적으로 도시한다.

도 6은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 예시적인 자기 엘리먼트를 도시한다.

도 7은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 예시적인 자기 엘리먼트를 도시한다.

도 8은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 예시적인 자기 엘리먼트를 도시한다.

도 9은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 예시적인 자기 엘리먼트를 도시한다.

도 10은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되고 동작되는 예시적인 자기 엘리먼트를 제공한다.

도 11은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 실시되는 예시적인 엘리먼트 제조 루틴의 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006]

본 개시내용은 일반적으로, 이를 테면 데이터의 비-휘발성 저장을 제공하기 위해 사용되는 자기 메모리 엘리먼트들 및 데이터 변환(transducing) 헤드들에서 사용되는 판독 센서들의 맥락에서, 자기 변동(fluctuation)들을 검출할 수 있는 자기 엘리먼트들에 관한 것이다. 전자 디바이스들이 더 복잡해질수록, 더 높은 데이터 용량에 대한 수요 및 개선된 데이터 전달률들이 데이터 감지 엘리먼트들의 속도 및 신뢰성 면에서 추가로 강조될 여지가 있다. 자기 저장기의 사용을 통하여 수행되는 데이터 저장기의 큰 세그먼트와 함께, 자기 변동들에서의 변화들에 민감한 데이터 감지 엘리먼트들의 자기 안정화는 늘 중요한 역할을 한다.

[0007]

따라서, 본 발명의 다양한 실시예들은 일반적으로 하나 이상의 자유층들에 결합되는 반강자성(AFM; antiferromagnetic) 탭(tab)의 사용을 통해 증가된 자기 안정화를 갖는 자기 엘리먼트에 관한 것이다. 자유층들의 더 큰 면적 범위에 대응하는 형상 비등방성이 더 큰 자기 안정화를 제공하도록, AFM 탭은 자유층들의 확장된 스트라이프(stripes) 높이 부분에 위치될 수 있다. 에어 베어링 표면(ABS; air bearing surface)으로부터 오프셋(offset)되는 AFM 탭의 위치는 더 작은 실드-투-실드 공간(spacing)을 허용할 수 있다.

[0008]

도 1은 데이터 저장 디바이스의 데이터 변환 헤드 내의 판독 센서로서 사용되는 자기 엘리먼트(100)의 예시적 블록 표현을 보여준다. 엘리먼트(100)는 외부 자기장들에 각각 민감한 제1 및 제2 강자성 자유층들(102 및 104)을 포함한다. 각 자유층(102 및 104)은 데이터 저장 매체(106) 상에서 자기 비트들이 프로그래밍됨으로써 제공되는 것과 같이, 조우되는(encountered) 외부 자기장에 대응하는 독립 또는 공통 자화(magnetization)들을 가질 수 있다.

[0009]

자유층들(102 및 104)은 요구된 자유층 자기 감지를 수용하기 위해 다양한 두께로 구성될 수 있는 비-자기 스페이서층(108)에 의해 분리된다. 몇몇 실시예들에서, 스페이서층(108)은 터널링 장벽층이다. 자유층들(102 및 104)은 각각 시드층(seed layer; 110) 및 캡층(cap layer; 112)과 같은 전극층에 추가로 결합될 수 있다. 전극층들의 조성, 형상 및 배치는 제한되지 않고, 원하는대로 변경될 수 있다.

[0010]

자기 엘리먼트(100)는 추가로 자유층들(102 및 104)의 반대편들 상의 전극층들에 부착되는 실드층들(114, 116)을 선택적으로 포함한다. 실드층들(114 및 116)은 자유층들(102 및 104)로부터 원치 않는 자기 플럭스를 멀리 지향시키기 위해, 다양한 포메이션들 및 조성들에서 배향(orient)될 수 있다. 이러한 차폐(shielding)는 노이즈 및 인접 비트들의 우연한 감지를 제거함으로써 매체(106)로부터 프로그래밍된 비트들의 개선된 자기 감지를 허용할 수 있다.

[0011]

도 1에 도시된 것처럼, 적층(laminated) 감지 스택(118)은 스페이서(108)로 구성되며 자유층들(102 및 104)은, 각각이 더 작은 면적 범위 및 스트라이프(stripes) 높이를 갖는 실드들(114 및 116) 및 전극층들(110 및 112)에 비해 제1 면적 범위에 대응하는 세장형(elongated) 스트라이프 높이(120)를 갖는다. 감지 스택의 더 긴 스트라이프 높이(120)는 운영상의 가변성에 대해 견고성을 갖는 증가된 성능을 제공함으로써 데이터 비트들의 자기 감지를 강화할 수 있다. 이러한 증가된 성능은 외부 비트들의 것들에 응답하여 더 강한 자화를 유지함으로써 외부 비트들의 개선된 자기 감지를 허용할 수 있다.

[0012]

외부 자기장들에 민감한 각각의 자유층들(102 및 104)로, 외부 비트들의 감지는 기준으로서의 사용을 위한 디폴트 자기 배향(orientation) 없이는 어려울 것이다. 다양한 실시예들에서, 반강자성(AFM) 탭(122)은 자유층의 자기 배향에 영향을 미치고 디폴트 자기 기준을 제공하기 위해, 하나 또는 모든 자유층들(102 및 104)에 결합된다. AFM 탭(122)은 미리 결정된 임계값을 초과하는 외부 자화의 존재가 극복될 수 있는 AFM 물질과 관련된 교환 바이어스를 통해 미리 결정된 자기 배향에서 하나 또는 모든 자유층들(102 및 104)을 유지할 수 있다.

[0013]

예를 들어, 제1 자유층(102)은 외부 자화에 응답하여 제2 방향으로 반전되고 탭(122)으로부터 가해지는 자화보다 더 큰, AFM 탭(122)에 의해 가해지는 제1 방향의 디폴트 자화를 가질 수 있다. AFM 탭(122) 및 자유층들(102 및 104)의 자화 방향들 및 크기들이 자기 엘리먼트(100)의 원하는 성능을 위하여 필요에 따라 구성될 수 있다는 것이 주목되어야 한다.

[0014]

일 예시적 자기 엘리먼트 구성은 도 2의 자기 스택(130)으로 보여진다. 스페이서 또는 터널링 장벽층(132)은

제1 및 제2 자유층들(134 및 136)을 분리하고, 각 자유층은 독립적인 AFM 텁들(138 및 140)에 부착된다. 캡 또는 시드 전극층들(142 및 144)이 각각 ABS와 AFM 텁들(138 및 140) 사이에 놓여지도록 AFM 텁들은 각각 에어 베어링 표면(ABS)로부터 오프셋(offset)되고 분리된다. 이처럼, AFM 텁들(134 및 136)은 ABS에 접촉하거나 접근하지 않고 ABS로부터 측정되는 오프셋 거리(146)에서 자유층들(134 및 136)에 결합된다.

[0015] ABS로부터의 오프셋되는 AFM 텁들(138 및 140)로, ABS에서의 스택(130)의 두께는 더 높은 선형 밀도 애플리케이션들을 허용하도록 최소화될 수 있다. 스택(130)의 스트라이프 높이를 따른 AFM 텁들(138 및 140)의 부착은 AFM 텁들의 교환 바이어스 자화(exchange bias magnetization)와 효율적으로 상호작용하여 외부 자화의 부재시 미리결정된 디폴트 자화를 미리결정된 임계치를 초과하도록 설정하기 위해 자유층들(134 및 136)과 연관된 형상비등방성(shape anisotropy)을 허용한다.

[0016] 도 2에서 도시된 바와 같이, 제 1 및 제 2 자유층들(134, 136) 및 개입하는 스페이서층(132)은 제 1 면적 범위를 갖는 자기적 응답 라미네이션(또는 스택)을 형성한다. 이러한 제 1 면적 범위는 라미네이션의 위 또는 아래로부터 보여질 수 있는 바와 같이, 그것의 주요(가장 큰) 축들을 따른 라미네이션의 표면적을 나타낸다.

[0017] AFM 텁들(138 및 140)은 개입하는 라미네이션의 반대 측면들에 연결되고, 각각은 제 2 면적 범위로 제공된다. 이러한 제 2 면적 범위는 라미네이션의 제 1면적 범위와 대면 관계에 있으며, 제 1 면적 범위보다 작다. 이러한 것은 도시된 바와 같이, 라미네이션에 대한 AFM 텁들에 오프셋 거리(146)를 제공한다. 적어도 일부의 실시예들에서, AFM 텁들(138 및 140)은 오프셋 거리(146) 보다 큰 텁 길이(138)를 가질 것이다. 참조로, 자유층들의 예시적인 스트라이프 두께는 약 300 나노미터(nm) 정도일 수 있고, 예시적인 오프셋 거리는 약 50 nm 정도일 수 있다. 도면들은 반드시 축적대로 도시되지 않았음이 이해되어야 할 것이다.

[0018] 자유층들(134 및 136)과의 관계에서 AFM 텁들(138 및 140)의 면적 범위의 크기설정은 자유층들(134 및 136)의 자화에 영향을 미치도록 선택되며, 주어진 애플리케이션의 요건에 따라 변할 수 있다. 일반적으로, AFM 텁들은 ABS로부터 떨어져서 자유층들의 일부 근처에서만 확장되어, 자유층들의 각각의 최상 표면의 일부를 따라 균일한 교환 바이어스 필드를 생성한다. 일부 실시예에서, 영구 자석(148)은 AFM 텁들(138 및 140)과 함께 구성되어 미리결정된 디폴트 자화를 유지하도록 자유층들(134 및 136)에 자기적으로 영향을 준다.

[0019] 도 2의 스택(130)은 단지 예시적인 구성이고 이에 제한되지 않는다. 필요에 따라 또는 요구에 따라 스택(130)의 양상들에 대해 물질들, 배향들 및 구성들에 대한 스택의 변형이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 단일 AFM 텁이 제 1 자유층(164)의 두께보다 큰 텁 길이(150)를 갖도록 구성될 수 있고, 여기서 두께는 최상 표면(152)으로부터 수직적으로 측정된다. 대안적으로, 대향하는 AFM 텁들은 상이한 면적 범위들로 제공될 수도 있다.

[0020] 도 3은 일반적으로 AFM 텁의 사용 없이 후방(reward) 자석의 사용을 이용하는, 다양한 예시적인 외부 자화에 응답하는 자기 스택들의 수를 나타낸다. 스택(160)은 자석(162)로부터의 바이어스 자화에 의해 설정되는 디폴트 자기 배향을 갖는 제 1 및 제 2 자유층들을 표시한다. 자기적으로 중성적인 외부 필드(164)는 각각의 자유층의 자화들이 정자기(magneto static)의 인터랙션 에너지를 최소화하기 위해 코너들을 비스듬히 향하게 하기 때문에, 스택(160)의 디폴트 자화에 영향을 주지 않는다.

자유층들이 자석(162)에 의해 부여되는 디폴트 자화보다 큰 제 1 상부 방향으로의 외부 자화를 조우하는 경우에는, 스택(166) 및 자화(168)에 의해 도시된 바와 같이, 자유층들의 자화는 0 또는 1과 같은 논리 상태에 대응하도록 감지될 수 있는 방식으로 코너들에 더욱 비스듬히 향한다.

[0021] 삭제

[0022] 자기 스택(170)은 제 2 하부 방향을 가지며 자석(162)의 디폴트 자화를 초과하는 외부 자화(172)가 자유층들의 자화에 어떻게 영향을 주는지 보여준다. 자유층 자화들은 코너들을 비스듬히 향하는 것을 줄이고 외부 자화(172)가 자석(162)으로부터의 바이어스 필드의 방향에 매칭할수록 더욱 평행하게 된다. 스택(166)의 자유층 자화들과 같이, 외부 자화(172)의 영향이 감지될 수 있고 논리적 상태를 판독하도록 스택(162)의 디폴트 자화와 구별될 수 있다.

[0023] 이중 자유층 스택들(160, 166 및 170)의 동작이 자유층들 사이의 스페이서층의 구성에 따라 터널링 자기 저항성(Tunneling Magneto Resistive; TMR), 거대 자기 저항성(Giant Magneto Resistive; GMR), 및 비등방성 자기 저항성(Anisotropic Magneto Resistive; AMR) 효과들과 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 다양한 상이한 방식에 의해 감지될 수 있는 반면, 스택(174)에 도시된 바와 같이, 자유층들 중 하나가 우연히 자화 방향을 스위치

하는 경우 자기 불안정이 발생할 수 있다. 자화에 있어서 이러한 스위치는 높은 저항 및 매우 작은 출력 응답이 외부 데이터 비트들을 판독하기 적합하지 않도록 만드는 AP 상태(176)로 지칭될 수 있다.

[0024] 열 및 상대적으로 강한 외부 필드들과 같은 다양한 특성들에 응답하여 AP 상태(176)로의 스위치가 발생할 수 있으며, 데이터 변환 헤드(data transducing head)의 대실패를 초래할 수 있다. 마찬가지로, 도 1 및 2의 AFM 팁들의 포함은 불리하게 자기 스택의 두께를 증가시키지 않으면서 자유층들의 자화를 안정시키는 교환 바이어스 필드들을 생성할 수 있다. 추가로, ABS로부터 거리를 두고 떨어지도록 AFM 팁들을 리세싱함으로써, 교환 바이어스 필드들은 ABS에서 자유층들의 자기 응답에 영향을 미치지 않는다.

[0025] 자유층들 각각의 상부 표면을 따르는 AFM 팁들의 배치는 추가적으로 교환 바이어스 필드들이 자유층들의 후면에 대하여 배향되는 자석과 대조적으로 ABS에 수직하게 한다. 도 1 및 2에 도시되는 바와 같은 AFM 팁들의 구성은 또한 자유층들의 디폴트 자화 및 자화 임계치를 설정할 수 있는 다양한 교환 바이어스 강도를 생성하기 위하여 팁 길이 및 자유층들의 스트라이프 높이(stripe height)의 조작을 허용할 수 있다. 결과적으로, 스트라이프 높이의 적어도 절반과 같은 상대적으로 큰 면적 범위를 갖는 AFM 팁의 구성은 열적 또는 자기적 여기(excitation)들에도 불구하고 디폴트 자화로 리턴하는 자유층들을 초래할 수 있다.

[0026] 도 4는 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 구성되는 예시적인 자기 엘리먼트(180)를 보여준다. 엘리먼트(180)는 자계들에 대하여 각각 독립적으로 민감한 강자성 자유 다중-층들(182 및 184)의 쌍을 갖는다. 즉, 각각의 자유 다중-층(182 및 184)은 도 1 및 2의 자유층들과 동일한 방식으로 네트(net) 자화를 가질 수 있다. 도 4에 도시되는 바와 같이, 자유 다중 층은 제1 AFM 팁(186)에 결합되는 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 강자성 자유층, $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 중간층, 및 스페이서(188)에 결합되는 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 강자성 자유층으로 구성될 수 있다.

[0027] 인식될 수 있는 바와 같이, 자유 다중 층들(212, 214)의 층들의 화학적 조성들은 서로 다를 수 있으며, X 및 Y 변수들은 0% 내지 100% 범위의 엘리먼트들 각각의 원자 또는 무게 농도들을 나타낸다. 다중 층들(182, 184)의 한 예시적인 구조는 CoFe_{30} 강자성 자유 층과 $\text{CoFe}_{48}\text{B}_{20}$ 강자성 자유 층 사이에 NiFe_4 중간층이 배치되게 한다. 그러나 X 및 Y 변수들은 원하는 대로 임의의 범위 내에서 선택적으로 수정될 수 있으므로, 이러한 다중 층 구조가 필수적이거나 한정적인 것은 아니다.

[0028] 다른 예시적인 실시예에서, 층들은 비정질, 나노결정질, 또는 본래 면심 입방(FCC: face centered cubic) 또는 체심 입방(BCC: body centered cubic) 격자 구조들인 결정질일 수 있다. 자유 다중 층들(182, 184)의 이러한 다양성 및 구조는 AFM 팁들의 교환 바이어스 필드가 자유 다중 층들의 자화에 더 효과적으로 영향을 주고 안정화하게 한다.

[0029] 자유 다중 층들은 도 1 및 도 2의 자유 층들과 함께 또는 도 4에 도시된 것과 같이 자유 자기 감지 층들로서 개별적으로 사용될 수 있다. 다중 층들(182, 184)의 사용은 큰, 예를 들어 700 Oe보다 큰 교환 바이어스를 산출할 수 있는 동시에, 적절한, 예를 들어 약 200 Oe의 보자력 필드를 인에이블할 수 있다. 따라서 AFM 팁(186)을 자유 다중 층들에 커플링하는 것은 개선된 자기 안정화를 통해 자기 엘리먼트(180)의 정확도 및 내구력(durability)을 향상시킬 수 있다.

[0030] $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 의 결정질 구조로 인해, 스페이서 층(188)으로부터 가장 먼 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 강자성 자유 층의 배치는 AFM 팁(186)의 보다 효율적인 증착을 가능하게 할 수 있다. 이러한 결정질 구조는 AFM 팁(186)의 교환 커플링이 항상 될 수 있는 인터페이스를 추가로 제공할 수 있다. 구체적으로, AFM 팁(186)이 $\text{Ir}_x\text{Mn}_{1-x}$, $\text{Pt}_x\text{Mn}_{1-x}$, NiCo 및 $(\text{Ni}_x\text{Co}_{1-x})_0$ 와 같은 물질들로 구성될 때, 자유 다중 층(182, 184)의 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 와 AFM 팁(186) 사이의 교환 바이어스 필드는 작동중에(operationally) 증가한다.

[0031] 도 5a 내지 도 5c는 각각 도 4의 자기 엘리먼트에 사용될 수 있는 자기 스택의 부분들을 나타낸다. 도 5a에서, 자유 다중 층(202)은 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층과 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층 사이의 금속 삽입 층으로 구성된다. 금속 삽입 층은 또한 도 5b의 다중 층(204)으로 도시된 바와 같이, $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층과 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층 사이에 배치될 수도 있다. 자기 스택(200)의 구성은 단일 금속 삽입 층으로 한정되는 것은 아니다. 도 5c는 한 쌍의 금속 삽입 층들 사이에 배치된 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층을 갖는 다중 층(206)을 나타낸다.

[0032] 도 5a 내지 5c에 도시된 다중층들(202-206)은 단지 예시적이고, 스페이서 또는 터널링 장벽층(208)의 일측 상에 있는 자기 스택의 오직 일부를 제공함을 유의해야 한다. 이와 같이, 금속 삽입층들을 이용하는 자기 스택은 스페이서 층(208)의 일 측 또는 양 측 모두에 도 5a 내지 5c의 다중층 구성들 중 임의의 구성을 가질 수 있다.

그러나, 도 5a 내지 5c에 표시되는 금속층의 삽입은 400 Oe보다 큰 강화된 바이어스 자화를 제공할 수 있음이 관측된다.

[0033] 금속 삽입층들의 조성 및 두께는 제한되지 않으며, Ta, Hf, La, Ti 및 W와 같은 다양한 여러 금속들일 수 있다. 금속층들의 삽입은 자유 다중층들(212 및 214)의 자기 모멘트를 약화시킬 수 있고, 다중층들에 영향을 주는 전자 교환 바이어스 필드를 증가시킬 수 있다. 금속층들의 하나의 예시적인 이용에서, 고체 Ta 층이 .2 나노미터 미만의 두께로 구성되고, $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 와 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층들 사이에 배치되는 한편, Ti 합금층이 .2 옹스트롬보다 큰 두께로 $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$ 와 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 층들 사이에 장착된다.

[0034] 도 4로 돌아가서, 자유 다중층들(182 및 184)은, ABS와 AFM 텁들(186) 사이에 배치되는 전극층(192)을 통해 자기 실드(190)에 각각 커플링된다. 실드들(190)은, AFM 텁들(186)을 하우징하도록 적응되는 감소된 두께의 영역(194)으로 각각 구성될 수 있다. AFM 텁들(186)의 커플링에 의해 달성되는 강화된 자기 안정화에 의해, 실드들(190)은 감소된 두께의 영역(194)을 가지면서, 원하지 않는 자기 풀럭스에 대한 적절한 보호를 제공할 수 있다. 도시된 바와 같이, 실드들(190)의 두께는, 인접한 매체 트랙들과 같은 스트레이(stray) 자화에 대해, 자유 다중층들에 대한 최대 자기 보호를 제공하도록 ABS에서 최대이다.

[0035] 도 6에 도시된 예시적인 자기 엘리먼트(220)에서, 실드들(222)의 감소된 두께 영역은 제 1 및 제 2 자유 층들(224 및 226)의 스트라이프 높이를 넘어서 확장되지 않는다. 감소된 두께 영역은, 자유 층들(224 및 226)과 평행하게 분로(shunting) 저항을 생성하는 것으로부터 교환 바이어스 필드를 감소시킬 수 있는 절연체(228)로 추가로 충진된다. 그 결과, 절연 물질(228)은 분로 저항에서의 감소에 기인한 더 큰 진폭 리드백(readback) 신호 손실을 제공한다.

[0036] 실드들(222)이 AFM 텁들(230)의 후방 부분을 차폐하기 위해 자유층들(224 및 226)의 스트라이프 높이(stripe height)를 넘어서 확장하지만, 그러한 구성은 더 크거나 더 적은 차폐를 수용하도록 변경될 수 있다. 예를 들면, 실드들(222)은 ABS에 대향하는 자유층들(224 및 226) 뒤에서 만날 수 있거나, 도 2의 자석과 같은 후방 위치된 자석을 하우징하도록 감소된 두께의 다른 면적들을 포함할 수 있다.

[0037] 도 7은, AFM 텁들(242) 및 자석(244) 양자가 제 1 및 제 2 자유층들(246 및 248)의 수직 표면들 상에 위치되는 그러한 예시적인 자석 엘리먼트(240)를 도시한다. 듀얼 바이어스 필드들이 각각의 자유층(246 및 248)에 영향을 미치면서, AFM 텁들(242)의 텁 길이 및 면적 범위가 미리결정된 디플트 자화 및 자화 임계치를 설정하도록 수정될 수 있다. AFM 텁들(242)에 관하여 절연 물질(250)이 비배타적으로 도시되지만, 절연 물질은 자석(244)을 포함하고 실드들(252) 사이의 공간을 분리하도록 확장될 수 있다.

[0038] 도 8에서, 합성 반강자성체(SAF)(262)가 자유층들(264) 및 AFM 텁들(266) 사이에 배치된 예시적인 자석 엘리먼트(260)가 구성된다. SAF(262)는 단일층으로서 또는 강자성 자유 기준층(268), 전도성층(270), 및 자기 고정층(magnetically pinned layer)(272)의 라미네이션으로서 구성될 수 있다. 전도성층(270)은 SAF(262)에 대한 순자화(net magnetization)를 가능하게 하기 위해 강자성 자유 기준층(268) 및 고정층(272) 사이에 부가적으로 배치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 전도성층(270)은 루테늄(Ruthenium)일 수 있다. 그러한 SAF 구성 및 AFM 텁들(266)과 자유층들(264) 사이의 배치는 AFM 텁(266)의 교환 바이어스 필드(exchange bias field)를 개선함으로써 자유층들을 부가적으로 안정화시킬 수 있다.

[0039] 일부 실시예들에서, 도 4 내지 도 5c의 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$, $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$, 및 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 자유 다중층은 SAF(262) 대신에 사용될 수 있고, $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$ 층이 AFM 텁(266)에 직접적으로 연결되도록 구성될 때 개선된 교환 바이어스 필드들을 제공한다. 자석 엘리먼트(260)의 실드들(274)이 SAF(262)의 포함으로 인해 부가적인 두께의 감소를 수용하도록 수정된 것으로 도시된다는 것을 유의해야 한다. 실드들(284)이, ABS에 대향하는 자유층들의 후방에서 감소된 두께의 다수의 면적들을 갖고 자석(276)을 하우징하는 것과 같이, 다수의 상이한 방식들로 구성될 수 있다는 것이 인지될 수 있다.

[0040] AFM 텁(266)과 공통 면적 범위(common areal extent)를 공유하기 위한 SAF(262)가 도 8에서 도시되지만, 다양한 실시예들이 자유층들(264)의 면적 범위보다 적은 면적 범위를 갖지만 AFM 텁(266)의 면적 범위보다 더 큰 또는 더 작은 면적 범위를 갖는 SAF(262)를 갖기 때문에 이러한 배향(orientation)은 요구되지 않는다. 그럼으로써, 자유층(264)의 상부 표면을 따라 측정된 것과 같은 SAF(262)의 면적 범위는 자기 엘리먼트(260)의 동작적인 특성을 변경하도록 요구될 때 변형될 수 있다.

[0041] 도 1 내지 8에 있어서, 공통 구조로서 접속될 수 있거나 접속되지 않을 수 있는 몇 개의 AFM 텁들이 제시된다.

도 9의 자기 엘리먼트(280)에서, 단일의 AFM 텁(282)이 강자성 자유층들(284 및 286)의 쌍의 한쪽(single side)에 커플링된다. 도시된 바와 같이, 제 1 자유층(284)의 면적 범위는 제 2 자유층(286)의 면적 범위 미만이며, 이로 인해 단일 AFM 텁(282)이 2개의 자유층들에 접촉하게 되어 디폴트 자화 및 임계 자화에 영향을 미치게 된다. 디폴트 자화의 조작 및 자기 엘리먼트(280)의 동작은 자유층 차동 거리(288)를 조정함으로써 변형될 수 있다. 예를 들어, 차동 거리(288)의 증가는 제 2 자유층(286)과 직접 접촉하는 AFM 텁(282)의 더 큰 표면적을 제공하며, 또는 그 반대도 가능하다.

[0042] 다양한 실시예들은 동일한 면적 범위로 구성되고 그 후 예를 들어, 예칭 프로세스에 의해 제 1 자유층(284) 및 스페이서층(290)의 일부의 제거를 거치는 제 1 및 제 2 자유층들(284 및 286)을 갖는다. 그러나 자유층들(284 및 286)은 제 1 자유층(284)이 제 2 자유층(286)보다 더 큰 면적 범위를 가질 수 있기 때문에 도 9에 도시된 배향으로 제한되지 않는다.

[0043] 표시되는 것과 같은 자기 엘리먼트(280)는 상부 실드(292)가 하부 실드(294)보다 두께면에서 상이한 감소를 갖는 비대칭 구성을 갖는다. 비대칭은 실드들(292 및 294)에 부착될 수 있거나 부착되지 않을 수 있는 절연 물질(296 및 298)의 형상들로 추가로 연장한다. 즉, 하부 실드(294)와 하부 절연 물질(298)의 90° 각도 전이부와는 대조적으로, 상부 실드(292) 및 상부 절연 물질(296)은 테이퍼부(taper)를 갖는 상부 실드에서의 감소된 두께 영역으로부터의 상부 실드 전이부들과 AFM 텁(282) 사이에 배치된다.

[0044] 일부 실시예들에서, 제 1 자유층(284)로부터 제 2 자유층(286)으로의 전이(transition)는 AFM 텁(282)과 유사하게 테이퍼링(taper)된다. 한편, 다른 실시예들에서, 하부 절연 물질(298)은 상부 절연 물질(296) 및 자유층들(284 및 286)의 두께보다 더 큰 두께를 갖는다. 자기 엘리먼트(280)의 다양한 구성들은 제 1 및 제 2 자유층들(284 및 286)을 안정화시키는 강한 교환 바이어스 필드 상호작용을 유지하면서 폭 넓고 다양한 사용들을 수용하기 위해서 변경된 구성 및 동작을 허용한다.

[0045] 상기의 논의는 데이터 변환 헤드(transducing head)의 판독 센서의 맥락에서 예시적인 메모리 엘리먼트들을 설명하지만, 이것은 제한되어서는 안됨이 인식될 것이다. 도 10은 일반적으로 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 고체 상태의 메모리 셀로 사용될 수 있는 자기 엘리먼트(300)를 도시한다. 도 1 및 도 6-9의 자기 엘리먼트들에 관하여, 자기 실드(shielding) 물질은 엘리먼트의 자기 센싱의 안정성 및 신뢰성을 향상시키기 위해서 원하지 않는 자기 플러스를 자유층들로부터 멀리 떨어지게 하도록 전극층들을 통해 듀얼 자유층들에 부착되었다. 그러나, 자기 실드들은 도 10의 엘리먼트(300)에 의해 도시되는 바와 같이, 상기 논의되는 다양한 자기 엘리먼트들의 동작에 대하여 요구되지 않는다.

[0046] 회전 매체로부터 스트레이 자기장들(stray magnetic fields)에 조우하는 전통적인 자기저항성 변환기들과는 달리, 고체 상태 메모리 셀은 종종 어레이에 부착되며, 종종 차폐를 요구하는 최소 스트레이 자기장들에 조우한다. 이로써, 자기 엘리먼트(300)는 엘리먼트(300)의 전체 두께를 증가시킬 수 있는 실드층들을 갖지 않는다. 그러나, 일부 실시예들에서, 자기 실드층들은 듀얼 자유층들(302)의 일부 또는 전부 상에 증착된다.

[0047] 자기 엘리먼트(300)는 제 1 면적 범위(306)에 대응하고, 증가된 형상의 이방성으로 인하여 자기 안정성을 증진시키는 연장된 줄의 높이로 듀얼 자유층들(302) 및 비-자기 스페이서층(304)을 구성한다. 각각의 자유층(302)은 자유층들(302)의 미리결정된 부분을 제 2 면적 범위(310)와 계속 접촉하게 결합(engage)하는 AFM 텁(308)에 연결된다. AFM 텁(308)의 반강자성 특성들은 텁의 면적 범위가 증가함에 따라 강화된다. 즉, AFM 텁(308)은 더 강자성의 또는 덜 강자성의 물질을 각각의 자유층(302)에 접촉하게 하는 다양한 면적 범위들로 구성될 수 있다.

[0048] 더 큰 AFM 텁(308) 면적 범위가 상기 텁(308)의 연속적인 접촉 때문에 자유층들(302)에 균일하게 가해지는 더 큰 교환 바이어스 필드(exchange bias field)를 제공할 수 있다. 도 10에 도시된 예시적 실시예에서, AFM 텁들(308)은 자유층들(302)의 면적 범위 및 두께(312)의 절반보다 더 큰 면적 범위를 갖는다. 도 10에 추가로 도시된 바와 같이, AFM 텁들(308)은 캡 및 시드 전극층들(314)로부터 분리될 수 있고, 상기 시드 전극층들(314)은 도선들(316)을 통해 전기 신호들을 자유층들(302)로 보내고 그리고 자유층들(302)로부터 전기 신호들을 가져오도록 각각 적응된다.

[0049] 동작중에, 자기 엘리먼트(300)는 자유층들(302) 및 AFM 텁들(308) 사이의 증가된 연결 및 교환 바이어스 필드 상호작용 때문에 향상된 안정성을 갖는다. 자기 안정성은, 전극층들(314)을 통과하지만 AFM 텁들(308)을 통과하지 않는 전기 신호들의 흐름을 통해 추가로 향상된다. 즉, 도선들(316)로의 연결 및 전기 신호들의 결과적인 수신이 AFM 텁들(308)의 자기 특징들 및 후속하여 자유층들(302)과 상호작용하는 교환 바이어스 필드에 영향을

줄 수 있다. 따라서, AFM 텁들(308) 및 도선들(316)의 전기적 분리는, 자유층들(302) 내의 자기 안정성을 촉진시키는 균일한 교환 바이어스 필드를 허용한다.

[0050] 자기 엘리먼트(300)의 예시적 실시예는 AFM 텁(308) 및 적어도 하나의 전극층 – 상기 적어도 하나의 전극층은 동일-평면에 있고, 분리된 인접성으로 제1 강자성 자유층(302)에 각각 결합됨 – 을 포함할 수 있다. 다른 예시적 실시예는 자유층(302) 및 스페이서 층(304)의 전면 표면(318)으로부터 미리결정된 거리에 AFM 텁(308)을 구성한다. 자기 엘리먼트(300)의 구성과 무관하게, AFM 텁들(308)은 부가된 자기 안정성을 엘리먼트 두께의 최소 증가로 제공할 수 있다.

[0051] 도 11은 본 발명의 다양한 실시예들에 따라 수행되는 예시적 엘리먼트 제조 루틴(320)을 제공한다. 루틴(320)은 처음에 단계(322)에서, 제1 및 제2 강자성 자유층들에 제1 면적 범위를 제공한다. 도 1-도 10에서 표시된 바와 같이, 강자성 자유층들은 스페이서 층에 의해 분리될 수 있고, 더 작은 면적 범위를 갖는 캡 또는 시드와 같은 전극층에 각각 연결된다. 다양한 실시예들에서, 자유층들은 각각 도 4에 도시된 바와 같은 $\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x}$, $\text{Ni}_x\text{Fe}_{1-x}$, 및 $(\text{Co}_x\text{Fe}_{1-x})_y\text{B}_{1-y}$ 의 라미네이션이다.

[0052] 단계(322)에 후속하여, 단계(324)를 이용하여 단일 텁을 갖거나 또는 단계(326)를 이용하여 이중 텁들을 갖는 자기 엘리먼트를 생성할지의 여부에 관해 결정이 이루어질 수 있다. 도 9에 도시된 바와 같이, 단일 AFM 텁은, 단계(328)에서 제1 자유층 및 스페이서 층이 제2 면적 범위에 대하여 예칭된 이후에 결합(engagement) 접촉을 통해 자유층들 모두에 영향을 줄 수 있다. 제1 자유층 대신에 제2 자유층이 예칭될 수 있으므로, 상기 예칭은 특정한 프로세스, 형상, 또는 배향(orientation)으로 제한되지 않는다.

[0053] 단계(330)에서, 자유층들 모두가 노출된 상부 표면을 가져, 제3 면적 범위를 갖는 AFM 텁은 각각의 자유층의 상부 표면상에 결합된다. 그 다음에, AFM 텁은 자유층들 모두와 연속적인 접촉을 생성할 것이고, 각각의 자유층에 대하여 디폴트 자기화를 생성할 균일한 교환 바이어스 필드를 제공할 것이다.

[0054] 단계(332)는, 분로 저항으로부터의 진폭 피드백 손실을 감소시키기 위해 격리 물질을 AFM 텁 및 제 2 자유층에 부착시킨다. 단계(328)의 예칭 및 단계(330)의 AFM 텁 증착 이후의 자유층의 다양한 구성들은, 비대칭 배향을 제공할 수 있고, 여기서 AFM 텁의 상기 최상부 표면의 형상은 제 2 자유층의 최하부 표면의 형상과 상이하다. 이와 같이, AFM 텁 상의 절연 물질의 형상은 제2 자유층 상의 절연 물질의 형상과 상이할 수 있다.

[0055] 단계(326)를 이용하여 이중 AFM 텁 구성이 선택된다면, 단계(334)에서, 제4 면적 범위를 갖는 AFM 텁들의 쌍이 제1 및 제2 자유층들에 결합된다. 도 1-도 7에 도시된 바와 같이, AFM 텁들은 각각 자유층 상에서 동일한 면적 범위 및 배향을 가질 수 있다. 그러나, AFM 텁들이 상이한 면적 범위들을 가질 수 있고 자유층들의 최상부 표면의 상이한 구역들에 연결될 수 있으므로, 이러한 구성이 요구되거나 제한되지 않는다.

[0056] 단계(336)는, 분로 저항을 감소시키기 위해 각각의 AFM 텁에 관해 절연 물질을 부착한다. 절연 물질은 AFM 텁들 양자를 둘러싸고 자유 층들에 접촉하도록 연장할 수 있지만, 그러한 배향이 요구되거나 제한되지는 않는다. 루틴(320)은, 결정(338)에서, 고체 상태 메모리 셀이 착수됨에 따라, 엘리먼트를 구성할지 또는 구성하지 않을지 여부를 결정하도록 진행한다. 메모리 셀의 구성이 선택되지 않은 이벤트에서, 자기 실드들이 단계(340)에서 적어도 절연 물질에 부착된다. 상술된 바와 같이, 실드들은 감소된 두께의 국부화된 영역을 갖는 것과 같은 다양한 형상을 취할 수 있으며, 자유 층들 중 일부 또는 전부에 걸쳐 그리고 선택적으로는 후면 탑재 자석 주변에 연장할 수 있다.

[0057] 메모리 셀을 생성하기 위한 결정은, 단계(342)에서, 자유 층들에 바로 인접하는 이전에 증착된 전극 층들에 전기 도선들(leads)을 접속함으로써 인입하는 상기 도선들로부터 AFM 텁 또는 텁들을 분리하게 진행한다. 도 9의 자기 엘리먼트는 일반적으로, AFM 텁들이 전기 통로로부터 자유 층들로 전기적으로 분리될 수 있는 방식을 도시한다.

[0058] 본 발명에서 설명된 자기 엘리먼트의 구성 및 물질 특성들이 작은 실드-대-실드 간격을 유지하면서 유리한 자기 안정성을 허용함을 인식할 수 있다. 듀얼 자유 층들의 연장된 스트립 높이 및 면적 범위는 개선된 자기 성능을 제공한다. 또한, ABS로부터 오프셋되는 AFM 텁은, 자유 층들과의 비교적 크고 균일한 교환 바이어스 상호작용을 통해 자유 층들의 자기 안정성을 향상시키면서 작은 엘리먼트 두께를 허용한다. 부가적으로, 실시형태들이 자기 감지에 관한 것이지만, 청구된 본 발명은 데이터 저장 디바이스 애플리케이션들을 포함하는 임의의 수의 다른 애플리케이션들에서 용이하게 이용될 수 있음을 인식할 것이다.

[0059] 참조로서, 여기에서 사용된 바와 같이 "면적 범위"라는 용어는, 오브젝트의 가장 긴 직각축에 대면 관계로 배향

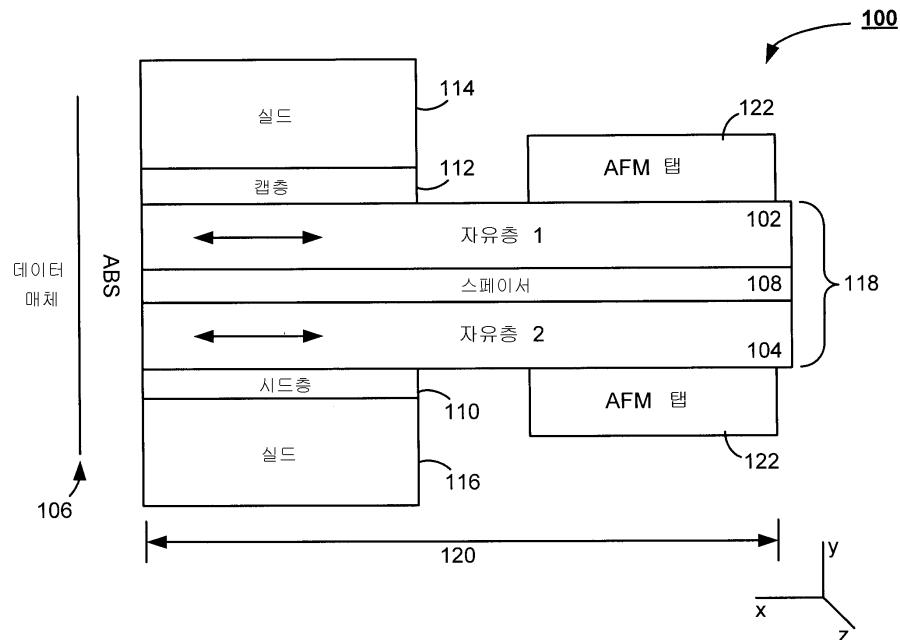
되는 오브젝트의 누산된 표면적을 의미하도록 전술한 설명에 부합하여 이해될 것이며, 축에 대면하지 않는 표면적을 고려하지는 않을 것이다. 예를 들어, 표면은 대향 방향들 뿐만 아니라 수직으로 대면하는 표면들을 갖는 U자-형 노치를 가질 수 있으며, 표면적은 표면들을 대면하는 면을 포함할 것이지만, 노치로부터 관측되는 바와 같이, 면적 범위는 노치의 표면들을 대면하는 면의 면적을 포함하지 않을 것이다.

[0060]

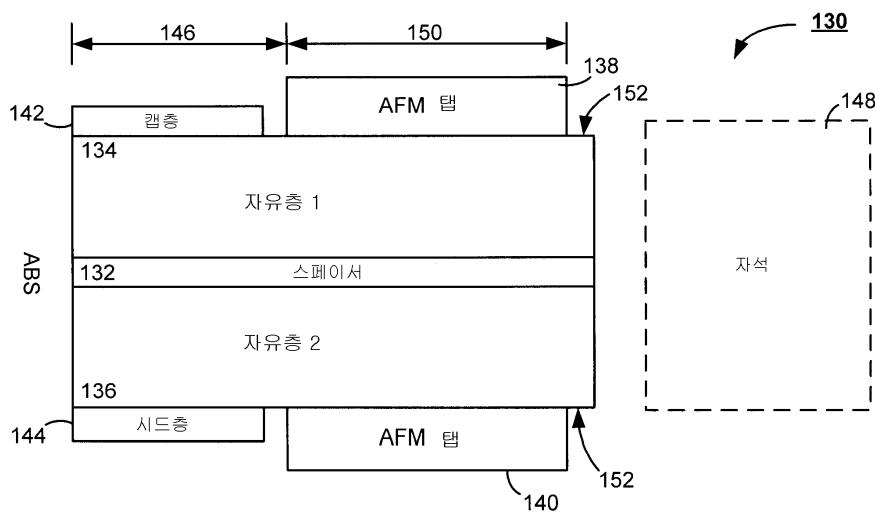
본 발명의 다양한 실시형태들의 다수의 특징들 및 이점들이 본 발명의 다양한 실시형태들의 구조 및 기능의 세부사항들과 함께 전술한 설명에 개시되었지만, 이러한 상세한 설명이 단지 예시적일 뿐이며, 특히, 첨부된 청구항들이 표현되는 용어들의 가장 일반적은 의미에 의해 가장 넓게 표시되는 본 발명의 원리들 내에서 부품들의 구조 및 배열들에 관해 변경들이 세부적으로 행해질 수도 있음을 이해할 것이다. 예를 들어, 특정한 엘리먼트들은, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않으면서 특정한 애플리케이션에 의존하여 변할 수도 있다.

도면

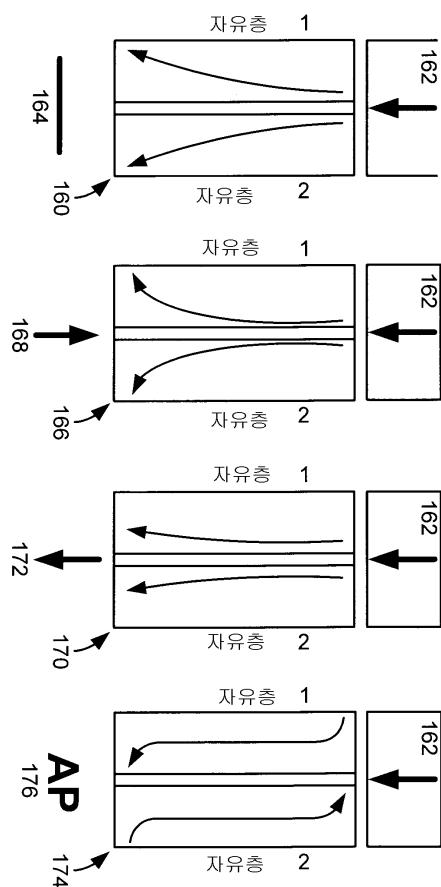
도면1



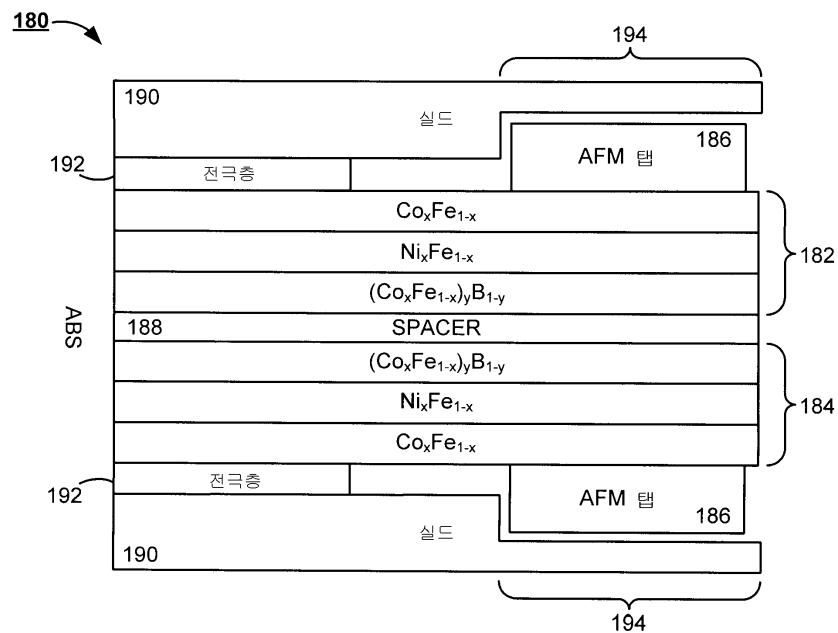
도면2



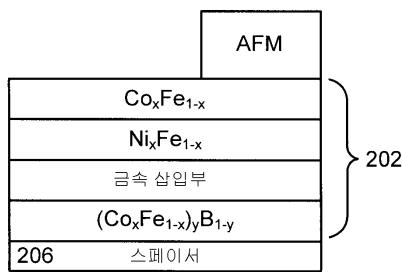
도면3



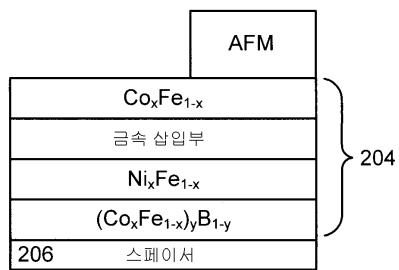
도면4



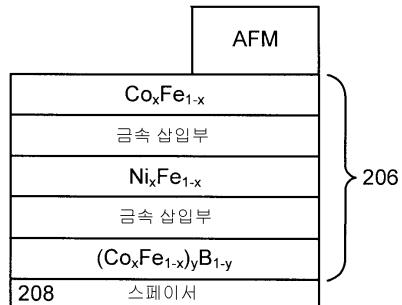
도면5a



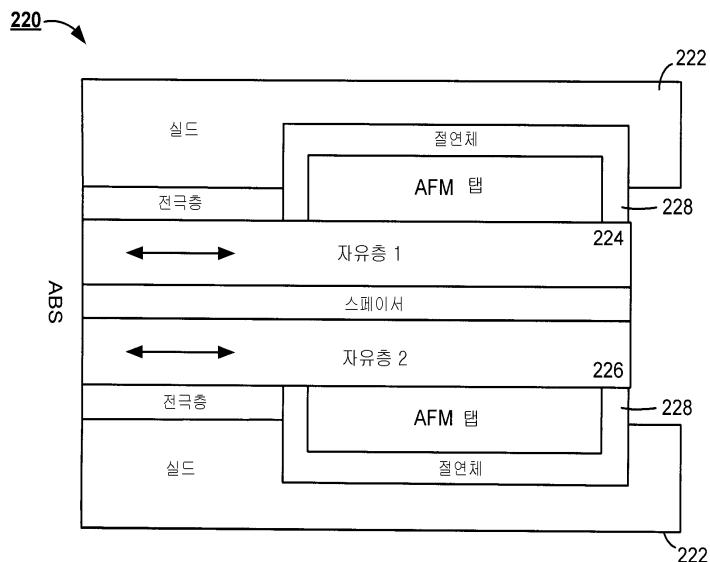
도면5b



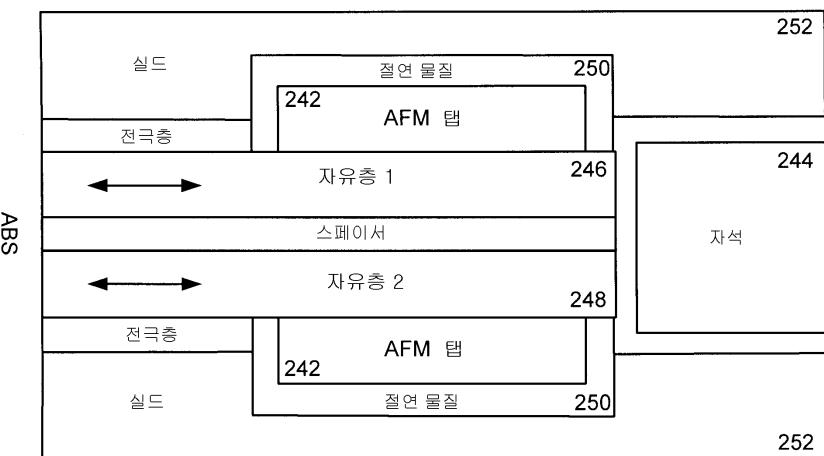
도면5c



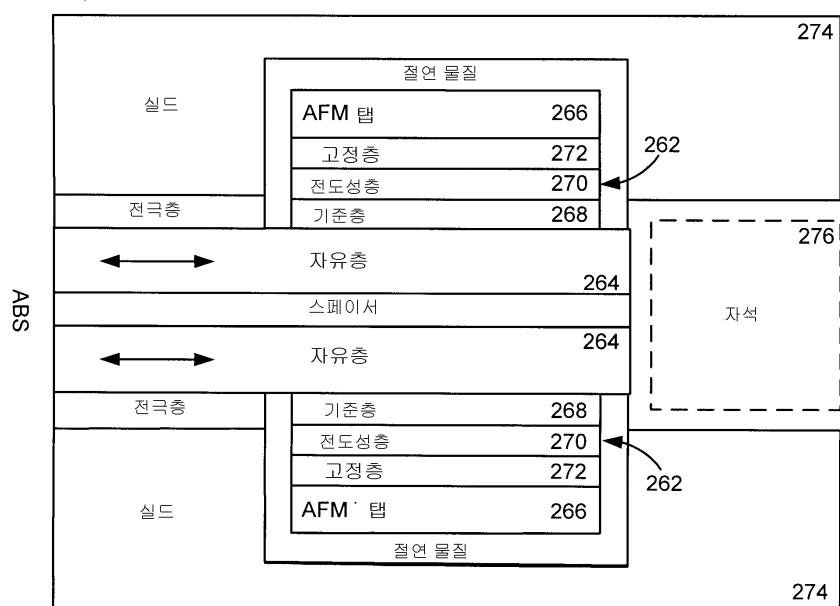
도면6



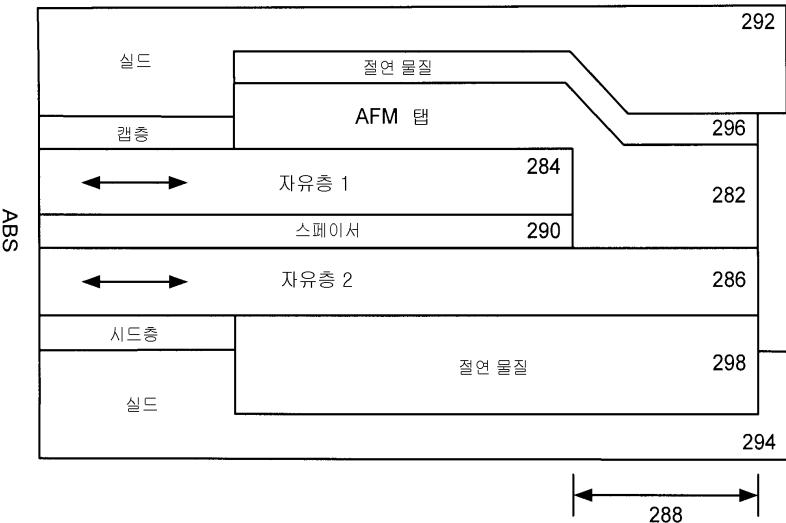
도면7

240→

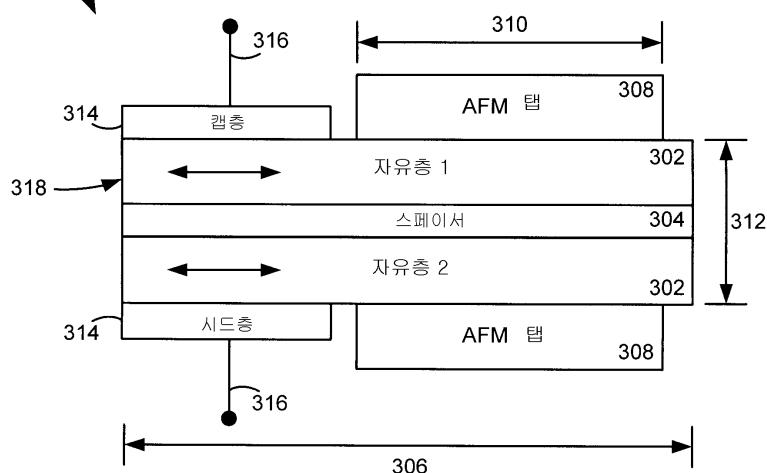
도면8

260→

도면9

280

도면10

300

도면11

