

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
G11B 5/39

(45) 공고일자 1999년 10월 15일

(11) 등록번호 10-0223390

(24) 등록일자 1999년 07월 09일

(21) 출원번호	10-1995-0023032	(65) 공개번호	특 1996-0005450
(22) 출원일자	1995년 07월 25일	(43) 공개일자	1996년 02월 23일
(30) 우선권 주장	280,967 1994년 07월 26일 미국(US)		

(73) 특허권자 인터내셔널 비지네스 머신즈 코포레이션 포만 제프리 엘

미국 10504 뉴욕주 아몬크

(72) 발명자 로버트 에드워드 폰태너

미국, 캘리포니아 95120, 산호세, 노스리지 드라이브 6596

찬린

미국, 캘리포니아 95008, 캠프벨, 새디코트 4017

칭화창

미국, 캘리포니아 94087, 서니베일, 헬레나 드라이브 882

(74) 대리인 이병호

심사관 : 정경덕

(54) 스핀밸브자기저항소자및그제조방법, 스핀밸브자기저항센서, 자기기억시스템, 자기기록디스크드라이브

요약

개량된 스핀 밸브(SV) 자기 저항 소자는 중심 활성영역의 에지와 접하고 연속되는 한정된 에지와 단부영역을 갖는 중심 활성영역의 형태로 자유 강자성층을 갖는다. 반강자성 재료, 양호하게는 니켈-망간(Ni-Mn) 합금의 층은 단부영역에 자화의 종방향 바이어스를 제공하기 위해 단부영역과 교환 커플링시키기 위해 단부영역내의 강자성 재료상에 접하여 형성된다. SV 소자내의 고정된 강자성층은 반강자성 재료, 양호하게는 철-망간(Fe-Mn) 합금의 다른 층과 교환 커플링에 의해 고정된다. 이 재료는 단부영역상의 반강자성 재료와는 다른 날 온도를 갖는다. SV 소자의 제조방법은 자유층 및 고정된 층의 자화를 적절한 방향으로 배향하기 위해 인가된 자장의 존재하에 여러가지 소정 온도로 가열하는 단계를 포함한다. SV 소자는 자기 기록 시스템내의 데이터를 판독하기 위한 센서로서 사용될 수도 있다.

명세서

[발명의 명칭]

스핀 밸브 자기 저항 소자 및 그 제조방법, 스핀 밸브 자기저항 센서, 자기 기억 시스템, 자기 기록 디스크 드라이브

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명에 따른 SV 센서와 함께 사용하기 위한 자기 기록 디스크 드라이브의 단순화된 블록 다이어그램.

제2도는 덮개가 제거된 상태의 제1도의 디스크 드라이브의 평면도.

제3도는 단부 영역이 반강자성층(antiferromagnetic layer)에 교환 커플링 된(exchange coupled) 연속 자유층을 도시하는 종래의 SV 센서의 분해 사시도.

제4도는 캡핑층(capping layer)과 전기 리드를 도시하는, 디스크 측으로부터 본 제3도의 종래의 SV 센서의 측면도.

제5도는 디스크 측으로부터 보았을 때의 본 발명에 따른 SV 센서의 측면도.

제6a도 내지 6g도는 제5도의 SV 센서의 제조단계를 예시하는 단면도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

12 : 모터

14 : 작동기(actuator)

15 : 집적회로 칩

16 : 디스크

20 : 슬라이더(케리어)

22 : 아암

24 : 현수부

25 : 변환기(헤드)

30 : SV 센서

31 : 기판

33 : 하부층(버퍼층)

35 : 강자성층(자유층)

36 : 중심 활성 감지 영역

37 : 얇은 비강자성 금속 스페이서층

39 : 제2 얇은 강자성 재료층(고정층)

[발명의 상세한 설명]

[발명의 분야]

본 발명은 스핀 밸브 효과(spin valve effect)에 기초하여 자장을 감지하기 위한 자기저항(magnetoresistive)(MR) 센서와 그 제조방법, 그러한 센서를 구비한 자기 기록 시스템에 관한 것이다.

[발명의 배경]

MR 센서는 자기재료로 제조된 판독소자(read element)가 감지한 자속(magnetic flux)의 세기 및 방향의 함수로서의 판독소자의 저항 변화를 통해 자장신호를 검출한다. 종래의 MR 센서는 판독소자 저항의 성분이 판독소자내의 자화(magnetization)와 판독소자를 통한 감지 전류의 방향과의 사이의 각도의 코사인인 제곱으로 변하는 이방성 자기저항(anisotropic magnetoresistive: AMR) 효과에 기초하여 작동된다. 기록된 자기매체로부터의 외부 자장(신호장(signal field))은 판독소자내의 자화방향의 변화를 일으키고 따라서 판독소자내의 저항의 변화와 감지된 전류 또는 전압의 대응되는 변화를 일으키므로, 기록된 데이터는 자기매체로부터 판독될 수 있다.

거대 자기저항(giant magnetoresistance(GMR))이라고 지칭되는 다른 더욱 심화된 자기저항은 다양한 자기 다중층(multilayered) 구조에서 관찰되었으며, 기본적인 특징은 비강자성(nonferromagnetic) 금속층에 의해 분리된 2개 이상의 강자성 금속층이다. 이 GMR 효과는 강자성층들의 강한 반강자성(antiferromagnetic) 커플링을 보이는 Fe/Cr 또는 Co/Cu 다중층과 같은 다양한 시스템에서 발견되었으며, 또한 2개의 강자성층중의 한 강자성층내의 자화방향이 고정되는(fixed or pinned) 본질적으로 커플링되지 않은 층 구조에서도 발견된다. 물리적 근원은 모든 형태의 구조에서 동일한데, 즉, 외부 자장의 인가는 인접 강자성층들의 자화의 상대적 방향을 변화시킨다. 이것은 다음에는 전도전자의 스핀 의존 스퀘터링(spin-dependent scattering)의 변화를 일으키고 따라서 구조의 전기저항의 변화를 야기한다. 따라서, 상기 구조의 저항은 강자성층들의 자화의 상대적 정렬이 변화될때 변화된다.

GMR의 특히 유용한 응용은 강자성층중의 한 강자성층의 자화가 고정되는(pinned) 비자기 금속 스페이서층(spacer layer)에 의해 분리된 2개의 기본적으로 커플링되지 않은 강자성층을 포함하는 샌드위치 구조이다. 고정된 2개의 인접층이 교환 커플링(exchange coupled)되도록 강자성층을 반강자성 철-망간(Fe-Mn)층 상에 고정되도록 증착시키므로써 달성될 수 있다. 고정되지 않은 즉 자유로운(free) 강자성층은 그의 연장부(중심 활성 감지 영역의 양쪽 측부상의 자유층의 일부분)가 상기 고정된 층의 자화에 수직인 방향으로 자화되도록 고정되어서 자유층 중심 활성영역의 자화만이 외부 자장의 존재하에 자유롭게 회전하게 할 수 있다. 자유층 연장부내의 자화는 또한 반강자성층에의 교환 커플링에 의해 고정될 수 있다. 그러나, 이것을 위해 사용된 반강자성 재료는 상기 고정된 층을 고정시키는데 사용된 상기 Fe-Mn 반강자성 재료와는 달라야만 한다. 그 결과로 형성되는 구조물은 외부 자장의 존재하에 자유 강자성층만이 회전하기에 자유로운 스핀 밸브(SV) 자기저항 센서이다. IBM에 양도된 미국 특허 제 5,159,513호는 강자성층중의 하나 이상이 코발트 또는 코발트 합금으로 형성되고, 2개의 강자성층의 자화는 고정된 강자성층을 반강자성층에 교환 커플링시키므로써 외부에 인가된 0의 자장에서 상호 실질적으로 수직으로 유지되는 SV 센서를 기술한다. 역시 IBM에 양도된 미국 특허 제 5,206,590호는 자유층이 중심 활성 영역과 단부 영역을 갖는 연속 막인 기본적 SV 센서를 기술한다. 자유층의 단부 영역은 한 형태의 반강자성 재료에 교환 커플링시키므로써 교환 바이어스되고(exchange biased), 고정된 층은 다른 형태의 반강자성 재료에 교환 커플링시키므로써 고정된다. 상기 미국 특허 제 5,206,590호에 기술된 SV 센서는 제조하기 어렵다는 문제점을 갖는다. 서브트랙티브법(subtractive processing technique)이 사용되면, 자유층에 손상을 입히지 않거나 얇게 하지 않으면서 센서의 상부층(top layer)을 하향으로 자유층까지 정확하게 제거하는 것이 어렵다. 또한, 자유층은 두께가 불과 몇 앙스트롬인 얇은 층을 포함하여 여러개의 층의 조합일 수 있으며, 자유층 구조의 상부층들은 제거공정동안에 손상을 입을 수 있다. 애디티브법(additive processing)이 사용되면, 한 진공 사이클에서 스핀 밸브층 전체를 증착시키는 것이 더이상 불가능하여 자유층과 스페이서층 사이의 인터페이스의 완전성(integrity)은 감소된다.

본 출원이 관련된 1993년 7월 13일자 출원된 계류중인 미국 특허출원 제 090714호는 MR 소자가 중심 감지 영역과 접하는 불연속 단부영역을 가지며, 단부 영역은 반강자성층에 의해 종방향으로 바이어스된 AMR 센서를 기술한다.

요구되는 것은 반강자성층에의 커플링을 위해 개량된 단부 영역을 가진 자유 강자성층을 갖는 SV 센서이다.

[발명의 요약]

본 발명은 개량된 SV 센서와, 상기 센서를 제조하는 방법과, 상기 센서를 구비한 자기 기록 시스템이다. SV 센서내의 자유 강자성층은 센서의 중심 활성 감지 영역에만 존재한다. 그것은 단부 영역과 접하는 에지(edge)를 한정한다. 단부 영역은 강자성층과 반강자성층으로 형성된다. 단부영역내의 강자성층은 센서의 중심 활성영역내의 자유층과 구별된다. 이러한 강자성층은 조성, 두께 또는 자기 모우먼트가 동일할 필요는 없다. 반강자성 재료, 양호하게는 니켈-망간(Ni-Mn) 합금의 층은 자화의 종방향 바이어스를 단부 영역에 제공하기 위해서 단부영역과의 교환 커플링을 위해 단부영역내의 강자성 재료위에 접촉되게 형성된다. SV 센서내의 고정된 강자성층은 반강자성 재료, 양호하게는 철-망간(Fe-Mn) 합금으로 된 다른 층과의 교환 커플링에 의해 고정된다. 이 재료는 단부영역상의 반강자성 재료와는 실질적으로 다른 네일 온도(Neel temperature)를 갖는다.

센서 제조 공정에 있어서, 중심 감지영역을 구성하는 층은 한정된 트랙 폭을 가진 중심 감지영역을 한정하기 위해 패턴 에칭된다. 다음에는 추가적 강자성 재료가 기판상에서 자유층 중심 영역의 에지에 접하도록 자유층 중심영역의 측부에 증착된다. Ni-Mn의 층은 단부영역내의 강자성 재료상에 증착된다. 다음에는 센서는 자장이 인가된 상태에서 어닐링 오븐(annealing oven)내에서 Ni-Mn 자화가 고정되고 강자성 단부

영역의 자화와 정렬되도록 허용하는 온도로 가열된다. 냉각후에, 센서는 오븐내에서 90도 회전되고, 또한 고정된 강자성층의 자화와 정렬될 Fe-Mn의 자화를 고정시키기 위해 Fe-Mn의 날 온도 이상에서 가열된다.

본 발명의 성질과 이점에 대한 더욱 완전한 이해를 위해서, 첨부된 도면과 함께 다음의 상세한 설명을 참조하여야 한다.

[발명의 상세한 기술]

[종래기술]

본 발명의 SV 센서는 제1도에 도시된 바와 같이 자기 기록 디스크 드라이브내에 실시되는 것으로 기술되지만, 본 발명은 자기 테이프 기록 시스템과 같은 다른 자기 기록 시스템과 자기 저항 소자가 비트 셀로서 작용하는 자기 랜덤 액세스 메모리 시스템에도 적용될 수 있다.

제1도를 참조하면, MR 센서를 사용하는 형태의 종래 기술의 디스크 드라이브의 개략 단면도가 도시되었다. 디스크 드라이브는 디스크 드라이브 모터(12)와 작동기(14)가 고정된 베이스(10)와, 덮개(11)를 포함한다. 베이스(10)와 덮개(11)는 디스크 드라이브를 위한 실질적으로 밀봉된 하우징을 제공한다. 통상적으로, 베이스(10)와 덮개(11) 사이에 위치한 가스켓(13)과, 디스크 드라이브의 내부와 외부 환경 사이의 압력을 동일하게 하기 위한 작은 통기 포트(도시되지 않음)가 있다. 자기 기록 디스크(16)는 드라이브 모터(12)에 의한 회전을 위해 부착된 허브(18)로 드라이브 모터(12)에 연결된다. 얇은 윤활막(50)은 디스크(16)의 표면에 유지된다. 기록/판독 헤드 또는 변환기(transducer)(25)는 공기 베어링 슬라이더(20)와 같은 캐리어의 후단부(trailing end)상에 형성된다. 변환기(25)는 유도 판독 및 기록 변환기 또는 이하에서 기술될 형태의 SV 판독소자를 가진 유도 기록소자일 수 있다. 슬라이더(20)는 강제 아암(22)과 현수부(24)에 의해 작동기(14)에 연결된다. 현수부(24)는 슬라이더(20)를 기록 디스크(16)의 표면에 가압하는 편향력을 제공한다. 디스크 드라이브의 작동 동안에 드라이브 모터(12)는 디스크(16)를 일 정속도로 회전시키고, 통상적으로 선형 또는 회전식 음성코일 모터(voice coil motor)(VCM)인 작동기(14)는 슬라이더(20)를 디스크(16)의 표면을 가로질러 대체로 반경 방향으로 이동시켜 판독/기록 헤드가 디스크(16)상의 다른 데이터 트랙에 접근할 수 있게 한다.

제2도는 덮개(11)가 제거된 디스크 드라이브의 내부를 도시하는 평면도이며, 슬라이더(20)를 디스크(16)로 향해 가압하는 힘을 슬라이더(20)에 제공하는 현수부(24)를 더욱 상세히 설명한다. 현수부는 IBM의 미국 특허 제 4,167,765호에 기술된 공지의 와트러스 현수부(watrous suspension)와 같은 종래 형태의 현수부일 수 있다. 이러한 형태의 현수부는 또한 슬라이더가 공기 베어링상에서 활주할 때 피칭(pitch) 및 롤링(roll)하도록 허용하는 슬라이더의 짐발식 부착(gimbaled attachment)을 제공한다. 변환기(25)에 의해 디스크(16)로부터 검출된 데이터는 아암(22)상에 위치한 집적 회로 칩(15)내의 신호 증폭 및 처리 회로에 의해 데이터 리드백(readback) 신호로 처리된다. 변환기(25)로부터의 신호는 가요성 케이블(17)을 경유하여 칩(15)으로 전송되고, 칩(15)은 출력 신호를 케이블(19)을 경유하여 전송한다.

통상적인 자기 기록 디스크 드라이브의 상기 설명과 제1도 및 2도는 설명의 목적을 위한 것일 뿐이다. 디스크 드라이브는 많은 수의 디스크와 작동기를 포함할 수 있고, 각각의 작동기는 많은 수의 슬라이더를 지지할 수 있다는 것이 명백하다. 또한, 공기 베어링 슬라이더대신에, 헤드 캐리어는 액체 베어링(liquid bearing) 및 다른 접촉 기록 디스크 드라이브(contact recording disk drive)와 같은 디스크와 접촉되거나 거의 접촉되는(in contact or near contact with) 헤드를 유지하는 것일 수 있다.

종래 기술의 SV 센서(30)가 제3도에 도시되었다. 완성된 센서를 형성하는 막은 적절한 기판(31)상에 지지된다. SV 센서(30)는 제1도 및 2도의 디스크 드라이브 시스템내의 변환기(25)의 일부를 형성할 수 있고, 기판(31)은 헤드 캐리어 또는 슬라이더(20)의 후단부일 수 있다.

하부층 또는 버퍼층(33)은 기판(31)상에 침착되고, 연성 강자성 재료의 제1 얇은층(35)이 그 뒤를 따른다. 얇은 비강자성 금속 스페이서층(37), 강자성 재료의 제2 얇은층(39), 및 비교적 높은 전기저항을 가지며 강자성층(39)과 직접 접촉되는 교환 바이어싱 재료(exchange biasing material)로 된 얇은층(41)은 강자성층(35) 위에 증착된다. 층(37, 39, 41)들은 디스크(16)와 같은 자기 매체상의 데이터 트랙의 폭에 일반적으로 대응되는 소정 폭을 갖도록 그 단위 영역에서 에칭된다. 그 다음 반강자성층(42, 43)이 강자성층(35)의 중심 활성 감지영역(36)의 측부상의 연장부(52, 53) 바로 위에 형성된다. 부식방지를 위한 캡핑층과 층(42, 43)상에 패턴화된 전기 리드는 제3도에 도시되지 않았다.

기록된 자기 디스크(16)로부터 외부적으로 인가된 자장이 없는 경우에, 강자성 재료의 2개의 층(35, 39)의 자화는 화살표(32, 38)로 나타내었듯이 상호 어떤각도, 양호하게는 약 90°로 배향된다. 강자성층(35)은 중심영역(36)내의 자화가 외부로부터 인가된 자장(제3도에 도시된 자장(h)과 같은)에 응답하여 층(35)에 점선 화살표로 도시되었듯이 그 방향을 자유롭게 회전시킬 수 있다는 점에서 자유 강자성층이라고 지칭된다. 강자성층(39)은 자화의 방향이 화살표(38)로 도시되었듯이 양호한 방향으로 고정되었기 때문에 고정(fixed or pinned) 강자성층이라고 지칭된다. 층(41)은 교환 커플링에 의해 바이어싱 장(biasing field)을 제공하고, 따라서, 양호한 방향(화살표 38)으로 강자성층(39)의 자화를 고정시켜, 디스크(16)로부터의 신호장의 범위내의 세기를 갖는 인가된 외부 자장의 존재하에서 그 방향을 회전시키지 못한다. 유사하게, 층(42, 43)은 자유 강자성층(35)의 연장부(52, 53)에의 교환 커플링에 의해 종방향 바이어싱을 제공한다. 이것은 자유 강자성층(35)의 중심 감지영역(36)의 자화가 외부 인가된 자장이 없을때 고정 강자성층(39)의 자화에 통상 수직하게 유지되는 것을 보장한다.

제4도는 디스크(16)의 표면으로부터 올려다 볼때 나타나는 제3도의 구조물의 형태를 도시하며, 캡핑층(44)과 센서(30)에의 전기 접속을 위한 패턴화된 전기 리드(45, 46)를 도시한다. 제4도는 또한 점선 사이의 부분으로 나타내어진 중심 활성 감지영역(36)을 가진 하나의 연속적 막으로서의 자유층(35)과, 중심영역(36)의 측부상에 위치한 단부영역 또는 연장부(52, 53)를 도시한다. 영역(36)의 양쪽 측부상의 자유층(35)의 연장부(52, 53)는 각각 반강자성 교환층(42, 43)에 의해 종방향으로 바이어스된다. 반강자성 교환 커플링층(41, 42, 43)의 이용은 강자성층(39)과 자유층(35)의 연장부의 자화를 고정시키는 양호한 방법이다. 교환 바이어싱층(41, 42, 43)은 통상적으로 철-망간(Fe-Mn) 또는 니켈-망간(Ni-Mn)과 같은 적절한 반강자성 재료로 제조된다. 그러나, 층(41)은 층(42, 43)에 사용되는 것과는 다른 반강자성 재료로 제조되어

야만 한다. 이것은 층(41)의 자화가 층(42, 43)의 자화에 수직이어야만 하기 때문이다. 공정동안에, 반강자성 재료는 자화를 배향시키기 위해서 특정 임계 온도로 가열되는 동안에 인가된 자장하에 놓인다. 한 재료가 그 재료의 자화를 배향시키는 온도로 상승될 때에 이 온도는 다른 재료의 임계 온도 아래에 있어서 그 다른 재료의 자화가 영향을 받지 않도록 서로 다른 강자성 재료가 선택되어야만 한다.

중심 감지영역과 연장부 또는 단부영역이 연속 막의 부분인 그러한 연속막 자유 강자성층의 사용은 SV 센서의 조립에 여러가지 단점이 있다. 기본적인 문제는 자유 강자성층의 단부영역(52, 53)의 두께를 부식시키거나 또는 인위적으로 감소시킬 수 없이 스페이서층(37), 고정된 강자성층(39) 및 교환 바이어스층(41)의 단부영역을 재현가능하게 에칭시키는 능력이다. 이온 밀링 또는 스퍼터 에칭과 같은 대부분의 에칭 기술은 10 퍼센트의 균일성 제거 특성(uniformity removal characteristics of 10 percent)을 갖는다. 제거되어야만 할 3개의 층은 스페이서를 위해 25 Å, 고정된 강자성층을 위해 60 Å, 교환층을 위해 150 Å 또는 전체적으로 약 250 Å의 두께를 갖는다. 재료 제거의 10 퍼센트의 불확정성을 가지고서, 일반적으로 두께가 50 Å인 자유층은 25 Å까지 거의 50 퍼센트만큼 두께가 감소될 수 있다. 이것은 단부영역내에 포함된 정미(正米)(net) 자기 모우멘트가 안정적 바이어스 상태를 발생시키기 위해서 센서의 중심 활성영역(36)내의 정미 자기 모우멘트와 비교될 수 있을만 해야 하기 때문에 단부영역(52, 53)의 종방향 바이어싱을 감소시킬 것이다. 또는, 애디티브법을 사용하여 종래기술의 스피ن 밸브를 제조할 수 있다. 이 경우에, 자유 강자성층을 증착한 후에, 센서의 활성영역을 위한 개구를 가진 포토레지스트가 자유층상에 증착될 수 있다. 다음에는, 스페이서층, 고정된 강자성층 및 교환층은 포토레지스트, 자유층의 개구영역, 다음에는 포토레지스트를 분해함으로써 자유층으로부터 들어올려 버려진 재료상에 증착될 수 있다. 이 애디티브법은 센서의 활성영역을 형성하기 위해서 2개의 별도의 증착을 요구한다. 특히, 자유 강자성층 및 스페이서층 사이의 인터페이스는 2개의 별도의 증착단계로 형성되고, 이 인터페이스의 품질은 단일 진공단계로 형성된 더욱 이상적인 인터페이스로부터 감소된다. 불량한 인터페이스는 센서내의 더욱 낮은 저항 변화를 발생시킬 것이다. 센서의 단부영역과 활성 영역에 연속 자유층을 사용하는 것은 또한 이러한 영역들에 대해 별도의 서로 다른 강자성 재료를 사용할 수 없게 한다. 어떤 경우에는, 교환 폭을 최대화하기 위해서 중심영역의 조성과는 다른 Ni-Fe의 조성을 단부영역에 사용하는 것이 더욱 이로울 수 있다. 어떤 경우에는, 또한 단부영역과 중심영역에 강자성 재료의 두께(또는 다른 정미 모우멘트)를 달리하는 것이 이로울 수 있다.

상기 실시예는 디스크 드라이브와 같은 자기 기록 시스템내에 사용되는 SV 센서를 위한 것이다. 그러나, 본 발명의 SV 소자는 또한 자기 랜덤 액세스 메모리 시스템에 사용될 수 있다. 그러한 실시예에서, SV 소자는 비트 셀로서 작용하며, 자유층 및 고정층의 자화는 수직이 아니고 비평행(antiparallel)으로 배향된다.

[양호한 실시예]

본 발명에 따른 스피ن 밸브 구조의 양호한 실시예는 제5도에 개략 도시된다. 제4도의 종래기술의 센서(30)와 같이, SV 센서(60)는 디스크(16)와 같이 자기 매체로부터 올라다 본 상태로 도시된다. 버퍼층(62)으로서의 탄탈(Ta)층은 기판(61)상에 형성된다. 다음에는, Ni-Fe 자유 강자성층(63)이 버퍼층(62)상에 형성되고, 다음에는 구리(Cu) 스페이서층(65)이 형성된다. 자유층(63)내의 Ni-Fe는 $\text{Ni}_{80}\text{Fe}_{20}$ 내지 $\text{Ni}_{85}\text{Fe}_{15}$ 의 범위의 조성을 갖는다. 고정된 강자성층(70)은 스페이서층(65)위에 형성되고, 다음에는 Ni-Fe 고정된 층(70)과 교환 커플링 되도록 Fe-Mn 반강자성(66)이 형성된다. 캡핑층(67)은 Fe-Mn 층(66)위에 형성된다. 자유층(63)은 외부 자장이 없을 때에 화살표(64)의 방향으로 향한 자화를 갖는다. 고정된 층(70)은 반강자성층(66)과의 교환 커플링에 의해 화살표(71)의 방향(제5도에서 종이 안쪽으로)으로 고정된 자화를 갖는다. 층(62, 63, 65, 70, 66, 67)은 에치(93, 94)에 의해 한정된 폭을 갖는다. 이 폭은 기본적으로 자기 매체를 위한 원하는 트랙폭이 되도록 선택된다. 이 폭은 마이크로미터(10,000 Å) 범위에 있고, 층의 두께는 10-100 Å 범위에 있으므로, 제5도는 센서막이 적절히 도시될 수 있도록 축적도에 맞추어 작성된 것이 아니다.

Ni-Fe의 층(90)은 자유층(63)의 양쪽 측부에 형성되고 에치(93, 94)에 접한다. Ni-Fe의 층(91)은 층(90)상에서 그에 접촉되게 형성되고, 층(90)과 교환 커플링되어, 후부 또는 단부 영역내의 Ni-Fe의 자화는 통상 화살표(64)에 평행한 방향으로 유지된다. 따라서, 자유층(63) 및 층(90)내의 횡방향 연장부는 SV 센서(60)의 제1 강자성층을 형성한다. 자기 매체로부터 인가된 자장의 존재하에, 층(63)의 자화는 자유롭게 회전하며, 층(90)내의 단부영역내의 자화는 기본적으로 고정된 상태로 유지된다. 도전재료의 층은 층(91)상에 형성되어 SV 센서(60)의 전기 리드(92)의 역할을 한다.

제5도에 도시된 실시예는 고정된 층(70)보다 기판(61)에 더 근접하여 위치한 자유층(63)을 가지지만, SV 센서(60)를 반대의 방법, 즉, 고정된 층을 기판에 더 근접하도록 형성할 수 있다. 그러한 구조에서, 고정된 층(70)을 고정하기 위한 반강자성층(66)은 기판(61)과 고정된 층(70) 사이에 위치될 것이다. 또한 Ni-Mn 층(91)과 Ni-Fe 단부영역(90)은 반강자성 재료(91)가 먼저 증착되고 다음에 강자성층(90)이 증착되도록 순서를 바꿀 수 있다.

제5도는 또한 자기 기록 시스템내의 감지회로에 SV 센서(60)를 연결하는 수단을 개략적으로 예시한다. 전기 리드(92)는 SV 센서(60)와 전원(82) 및 감지수단(84) 사이에 회로 경로를 형성하도록 제공된다. 매체내의 자기신호는 자유 강자성층(63)의 자화가 기록된 매체로부터 인가된 자기신호에 응답하여 회전될 때 저항의 변화를 검출하는 감지수단(84)에 의해 감지된다.

SV 센서(60)의 제조단계는 제6a도 내지 6g도를 참조하여 설명될 것이다. 제6a도에 도시되듯이, 일련의 층은 우선 단일 펌프다운(single pumpdown) 동안에 기판(61)상에 스퍼터 증착된다. 기판(61)은 유리, 반도체 재료 또는 종래의 슬라이더에 사용된 알루미늄(Al_2O_3)/티탄-카바이드(TiC) 세라믹 재료와 같은 세라믹 재료일 수 있다. 기판(61)상에 순차적으로 형성된 막들은 50 Å 탄탈(Ta) 하부층 또는 버퍼층(62), 60 Å 퍼멀로이(permalloy) Ni-Fe 자유 강자성층(63), 25 Å 구리(Cu) 스페이서층(65), 80 Å 퍼멀로이 고정된 강자성층(70), 고정된 층(70)을 고정하기 위한 150 Å Fe-Mn 교환 바이어스층(66)과 100 Å Ta 캡핑층(67)을 포함한다.

다음에는, 제6b도에 도시된 바와 같이, 사각형 영역을 형성하도록 포토레지스트(74)가 이러한 층 위에 패

턴화된다. 그 층들은 이온 밀링되고, 포토레지스트는 제거된다.

다음에는, 제6c도에 도시된 바와 같이, 포토레지스트(75)는 SV 센서(60)에 요구되는 트랙폭에 대응되는 폭으로 이들 층 위에 패턴화된다. 포토레지스트(75)는 성질상 언더컷을 가진 이중층(bilayer)이다. 언더컷은 단부영역 금속층의 후속적 리프트오프(liftoff)를 허용하고, 단부영역 금속이 캡핑층(67)과 약간 중첩되도록 허용한다.

제6d도와 같이, 포토레지스트(75)에 의해 보호되지 않는 층의 나머지 부분은 이온 밀링에 의해 에칭 또는 제거된다. 이온 밀링 균일성은 통상적으로 10 퍼센트이기 때문에, 이온 밀링 시간은 층을 제거하기 위한 전체 시간의 10 퍼센트보다 크게 선택된다. 이온 밀링 에칭의 중단점은 기판(61)내에 있어 단부영역내의 모든 재료는 제거된다. 제6d도와 같이, 단부 영역내의 모든 재료의 제거는 기판(61)내로 약간 더 이온 밀링함으로써 보장된다.

다음에는 제6e도와 같이, 강자성 재료의 층(90)이 증착되는데, 강자성재료는 통상적으로 Ni-Fe이지만, 반드시 SV 센서의 활성영역내의 Ni-Fe와 동일한 Ni-Fe 조성은 아니다. 이 뒤에는 교환 바이어스층(91)인 300Å의 Ni-Mn이 형성된다. 다음에는 일련의 층들이 전기 리드층(92)으로서 작용하도록 증착된다. 층(92)은 양호하게 Ta, 금(Au) 및 Ta의 일련의 스퍼터-증착된 층으로 형성된다. 층(90, 91, 92)은 또한 포토레지스트층(75) 위에 덮힌다. 강자성 자유층(63)은 SV 센서(60)의 원하는 트랙폭을 형성하도록 이격된 에지(93, 94)를 가진 중심 활성 감지영역이다. 층(90)은 그 정미 자기 모우먼트가 자유층(63)의 정미 자기 모우먼트보다 약 10-30 퍼센트 크도록 하는 두께로 증착된다. 따라서, 층(90)이 층(63)과 동일한 재료 조성이면, 층(90)은 자유층(63)의 두께보다 10-30 퍼센트 크게 형성될 것이다. 반강자성층(91)은 양호하게 동일 진공 펌프다운 순서 동안에 층(90)위에 순차적으로 증착된다.

포토레지스트층(75)은 다음에는 분해되어, 중첩층을 제거하고, 제6f도의 센서 구조를 남긴다.

층(90)은 또한 자유층(63)과는 다른 강자성 재료 또는 자유층(63)과는 다른 Ni-Fe 조성으로 형성될 수 있다. 어떤 응용에서는, 자유층 Ni-Fe 조성은 자기 엄격성(magnetostriiction) 문제에 대해 최적화되고, 이 조성은 최적화된 Ni-Mn 교환세기(exchange strength)에 대해 유용할 필요는 없다. 어떤 응용에서는, 활성 영역내의 자유층은 Ni-Fe가 아니고 오히려 Ni-Fe/Co 층 구조일 수 있다. 이 경우에, 강자성층(90)은 Ni-Fe/Co 층 구조일 필요는 없고, Ni-Fe 층이 사용될 수 있다. 단부영역 안정화를 위한 기준은 단부영역 강자성층의 정미 자기 모우먼트가 중심 활성영역내의 자유층 강자성층의 정미 자기 모우먼트의 10 내지 30 퍼센트이거나 또는 그보다 커야 한다는 것이다.

SV 센서를 종방향으로 바이어스시키기 위한 접하게 하는 방법(abutted approach)의 장점은 실시 및 재료의 융통성에 있다. 접하게 하는 방법은 센서의 단부영역내의 모든 층의 완전한 제거를 허용하며, 강자성 층과 교환층을 한 연속 진공 사이클에서 증착시키는 것을 허용한다. 접하게 하는 방법은 단부영역 강자성/반강자성층의 교환 세기를 최적화하기 위해 강자성층의 두께와 재료를 선정하는(tailoring) 것을 허용한다.

제6g도는 완성된 SV 센서(60)가 기판(61)상에 형성되는 방법을 설명하기 위한 제6f도의 G-G선 방향의 평면도이다. 포토레지스트(74)(제6b도 참조)는 센서(60)의 에지(100, 101)를 한정한다. 포토레지스트(75)(제6e도 참조)는 센서(60)의 에지(93, 94)를 한정한다. 후부 또는 단부영역내의 상부층은 리드 재료층(92)이고, 센서 영역내의 상부층은 캡핑층(67)이다. 포토레지스트층(75)이 제거된 후에 센서(60)는 기판(61)상에 약 0.5 마이크론의 알루미늄을 스퍼터 증착시킴으로써 캡슐화 된다.

알루미늄 캡슐화된 센서(60)는 어닐링 오븐내에 위치되고, 인가된 자장의 존재하에 약 240°C이 온도로 가열된다. 센서는 인가된 자장이 화살표(64)(제5도)로 표시된 방향이 되도록 오븐내에서 배향된다. Ni-Mn 층(91)이 실내온도에서 반강자성이 아니지만, 가열될 때에는 반강자성이 된다. 자화는 인가된 자장과 정렬된 Ni-Fe 층(90)의 자화방향을 따라 정렬된다. 이 방향은 기본적으로 자유층(63)의 중심영역의 자화방향(64)에 평행하다. 냉각후에, Ni-Mn 층(91)의 자화는 영구적으로 설정되고, 단부영역내의 층(90)에 대해 반강자성 교환 커플링을 제공한다. 이러한 단부 영역은 화살표(64)의 방향으로 영구적으로 자화될 것이다.

냉각후에, 센서는 동일 어닐링 오븐내에서 90도로 회전된다. Ni-Mn 과는 다르게, Fe-Mn 층(66)은 증착되면 반강자성이다. 그러나, 자화는 고정된 층(70)을 적절한 방향으로 교환 커플링시킬 수 있도록 재정렬되어야만 한다. 오븐내에서 온도는 Fe-Mn의 질 온도보다 높은 약 180°C로 상승된다. 이 온도에서, Fe-Mn은 더이상 반강자성이 아니며, 자화 이력(magnetization history)이 없어져서, 후속 냉각시에 자화는 적절한 방향으로 성장될 것이다. 인가된 자장은 고정된 층(70)의 자화방향(71)에 평행하게 배향되기 때문에, Fe-Mn 층(66)의 자화는 그 방향을 따라서 정렬될 것이다. 어닐링 오븐으로부터 인가된 자장은 고정된 층(70)이 적절한 방향(71)(제5도)을 갖도록 준비시키고, Fe-Mn의 질 온도 아래에서의 후속 냉각시에 Fe-Mn은 그 자화를 고정된 층(70)의 자화와 정렬시킬 것이다. 그 결과 Fe-Mn 층(66)은 이제 고정된 층(70)의 자화의 방향을 고정시키기 위해 반강자성 교환 커플링층을 형성한다. 따라서, 인가된 감지장(sensing field)의 존재하에, 고정된 층(70)의 자화는 회전되지 않을 것이다. Ni-Mn의 질 온도는 Fe-Mn의 160°C 질 온도보다 훨씬 높은 약 450°C이기 때문에, Ni-Mn 층(91)의 자화의 방향은 영향을 받지 않을 것이며, Ni-Fe 층(90, 93)의 자화의 방향에 통상 평행하게 유지될 것이다.

본 발명은 양호한 실시예를 참조하여 특정하게 도시 및 기술되었으나, 본 기술분야에 익숙한 자는 본 발명의 정신 및 범위를 이탈함이 없이 형태나 상세사항에 여러가지 변화가 가해질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 기술된 발명은 단지 예시적인 것이며, 첨부된 청구범위에 명시된 바의 범위로만 제한되는 것으로 간주되어야 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

스핀 밸브 자기 저항 소자에 있어서, ① 기판과, ② 상기 기판상에 형성된 중심 활성 층 구조와-상기 중

심 활성 층 구조는 ㉔ 인가된 자장이 없을 때에 자화 방향을 갖는 중심 활성 영역 강자성 재료의 자유층과, ㉕ 상기 자유 강자성 층 중심 활성 영역에 인접되고 물리적으로 접촉되는 금속 비자기 스페이서층과, ㉖ 상기 스페이서층에 인접되고 물리적으로 접촉되며, 상기 자유 강자성 층 중심 활성 영역의 자화에 대해 하나의 각도로 배향된 자화를 갖는 고정된 강자성층과, ㉗ 상기 고정된 강자성층의 자화를 고정시키기 위해 상기 고정된 강자성층에 인접되고 물리적으로 접촉되어 형성된 제1 형태의 반강자성 재료의 층을 포함하며, ㉘ 상기 자유층 중심 활성 영역, 스페이서층, 고정된 층 및 제1 반강자성 재료층은 실질적으로 동일한 폭과 공통의 측부 에지를 가짐.-. ㉙ 상기 기판 상에서 상기 중심 활성 층 구조의 측부 에지에 접하며 물리적으로 접촉되어 형성된 종방향 바이어싱 단부영역 층 구조- 상기 종방향 바이어싱 단부 영역 층 구조는 ㉚ 상기 자유층 중심 활성 영역의 측부 에지에 접하고 물리적으로 접촉되는 단부 영역 강자성 재료의 층과, ㉛ 상기 단부 영역 강자성층내의 자화를 종방향으로 교환 바이어싱시키기 위해서 상기 단부 영역 강자성층 상에 물리적으로 접촉되어 형성되고 상기 제1 형태의 반강자성 재료의 조성과 다른 조성을 가지는 제2 형태의 반강자성 재료의 층을 포함함.-를 포함하는, 스핀 밸브 자기 저항 소자.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제2 반강자성 재료는 니켈 및 망간을 포함하는 합금으로 형성되는 스핀 밸브 자기 저항 소자.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 반강자성 재료는 철 및 망간을 포함하는 합금으로 형성되는 스핀 밸브 자기 저항 소자.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제2 반강자성 재료는 상기 자유층 중심 활성 영역의 측부 에지에 접하며 물리적으로 접촉되는 스핀 밸브 자기 저항 소자.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 자유층 중심 활성 영역내의 강자성 재료는 상기 단부 영역 강자성층 내의 강자성 재료의 조성과 다른 조성을 가진 스핀 밸브 자기 저항 소자.

청구항 6

자기 기억 시스템에 있어서, ㉜ 데이터의 기록을 위한 다수의 트랙을 가진 자기 기억 매체와, ㉝ 자기 변환기와 상기 자기 기억 매체 사이의 상대적 운동 동안에 상기 자기 기억 매체에 가까이 유지되는 자기 변환기와-상기 자기 변환기는 ㉞ 기판과, ㉟ 상기 기판상에 형성된 중심 활성 층 구조를 포함하되, 상기 중심 활성층 구조는 인가된 자장이 없을 때에 자화 방향을 갖는 중심 활성 영역 강자성 재료의 자유층과, 상기 자유 강자성 층 중심 활성 영역에 인접되고 물리적으로 접촉되는 금속 비자기 스페이서층과, 상기 스페이서층에 인접되고 물리적으로 접촉되며, 상기 자유 강자성 층 중심 활성 영역의 자화에 대해 하나의 각도로 배향된 자화를 갖는 고정된 강자성층과, 상기 고정된 강자성층의 자화를 고정시키기 위해 상기 고정된 강자성층에 인접되고 물리적으로 접촉되어 형성된 제1 형태의 반강자성 재료의 층을 포함하며, 상기 자유층 중심 활성 영역, 스페이서층, 고정된 층 및 제1 반강자성 재료층은 실질적으로 동일한 폭과 공통의 측부 에지를 가지며, ㊱ 상기 기판 상에서 상기 중심 활성 층 구조의 측부 에지에 접하며 물리적으로 접촉되어 형성된 종방향 바이어싱 단부 영역 층 구조를 포함하되, 상기 종방향 바이어싱 단부 영역층 구조는 상기 자유층 중심 활성 영역의 측부 에지에 접하고 물리적으로 접촉되는 단부 영역 강자성 재료의 층과, 상기 제1 형태의 반강자성 재료의 조성과 다른 조성을 가지며, 상기 단부 영역 강자성 층내의 자화를 종방향으로 교환 바이어싱시키기 위해서 상기 단부 영역 강자성층 상에 물리적으로 접촉되어 형성된 제2 형태의 반강자성 재료의 층을 포함하는, 스핀 밸브 자기 저항 센서를 포함함.-. ㊲ 상기 자기 저항 센서에 의해 인터셉트된(intercepted) 상기 자기 기록 매체내에 기록된 데이터 비트를 나타내는 자장에 응답하는 상기 자기 저항 센서내의 저항 변화를 검출하기 위해 상기 자기저항 센서에 커플링된 수단을 포함하는, 자기 기억 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제2 반강자성 재료는 니켈 및 망간을 포함하는 합금으로 형성되는 자기 기억 시스템.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 제2 반강자성 재료는 상기 자유층 중심 활성 영역의 측부 에지에 접하며 물리적으로 접촉되는 자기 기억 시스템.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 자유층 중심 활성 영역내의 강자성 재료의 조성은 상기 단부 강자성층 내의 강자성 재료의 조성과 다른 자기 기억 시스템.