

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. <sup>6</sup> G11B 5/39	(45) 공고일자 2000년07월01일
	(11) 등록번호 10-0261385
	(24) 등록일자 2000년04월18일
(21) 출원번호 10-1996-0026632	(65) 공개번호 특1997-0002377
(22) 출원일자 1996년07월01일	(43) 공개일자 1997년01월24일
(30) 우선권주장 8/497,324 1995년06월30일 미국(US)	
(73) 특허권자	인터내셔널 비지네스 머신즈 코퍼레이션 포만 제프리 엘 미합중국 10504 뉴욕주 아몬크
(72) 발명자	로버트 에드워드 폰타나 제이알. 미합중국 캘리포니아 95120 산 호세 노스리지 드라이브 6596 브루스 앨빈 거니 미합중국 캘리포니아 95051-4363 산타 클라라 플로라 비스타 애버뉴 #1308 3770 찬 린 미합중국 캘리포니아 95070 사라토가 비어 그랜드 드라이브 19686 버질 사이몬 스페리오수 미합중국 캘리포니아 95119 산 호세 세인트 줄리 드라이브 351 칭 화 창 미합중국 캘리포니아 94087 써니베일 헬레나 드라이브 882 데니스 리차드 월호이트 미합중국 캘리포니아 95037 모건 힐 스프링 힐 드라이브 575
(74) 대리인	박해천, 원석희

심사관 : 황은택

(54) 반평행 구속층과 개선된 바이어스층을 갖는 스핀 밸브 자기저항 센서와 그 센서를 이용한 자기 기록 시스템

### 요약

스핀 밸브 자기저항(SVMR; Spin Valve Magneto Resistive) 센서는 개선된 반강자성(AF; antiferromagnetic) 교환 바이어스층과 결합하는 라미네이트 반평행(AP; antiparallel)구속층을 사용하고 있다. 상기 구속층은 비자성 결합막에 의해서 분리된 두개의 강자성막들을 포함하고 있어 두 개의 강자성막들의 자화가 반평행으로 방위됨으로써 상호 반강자성으로 강하게 결합되어 있다. 이러한 라미네이트 AP 구속층은 SVMR 센서의 자유층을 회전시키기 위해서 요구되는 작은 여자(Small Field Excitation)에 대해서 자기적으로 고정되어 있다. 이러한 AP 구속층 내에 두 개의 강자성층의 자기 모멘트는 거의 동일하고 상기 결합층의 순자기 모멘트는 작다. 그러나, 상기 교환 자계(magnetic field)는 것이 상기 순자기 모멘트에 역비례하기 때문에 대응 관계상 크다. 상기 라미네이트 구속층은, 부식 방지성을 갖고 있으나 교환 이방성(Exchange Anisotropy)이 너무 낮아서 통상의 SVMR 센서들에 사용할 수 없는 AF 물질에 의해서 고정 또는 결합된 자화도를 가지고 있다. 실시예에서, 상기 AF층은 니켈-옥사이드이고, 기판 역할을 하는 자기저항(MR;magneto resistive) 차폐층 중의 어느 하나 상에 형성된다. 따라서 상기 AF 물질 또한 절연 MR 캡물질로 역할을 한다. 상기 AF층과 SVMR 센서의 하면 상에 교환 결합되는 라미네이트 AP 구속층의 위치는 SVMR 센서가 제조될 때 자유층이 개선된 수직 바이어스를 이루도록 한다.

### 대표도

### 도5

### 명세서

### 도면의 간단한 설명

제1도는 본 발명의 스핀 밸브 자기저항(SVMR) 센서가 적용된 종래의 자기 기록 디스크 드라이브의 개략적인 블록도.

제2도는 제1도의 디스크 드라이브의 커버가 제거된 상태의 평면도.

제3도는 종래 기술의 SVMR 센서의 전개 사시도.

제4도는 제3도의 SVMR을 90° 회전시켰을 때의 단면도.

제5도는 본 발명에 따른 SVMR 센서의 단면도.

제6도는 400 Oe 자계(magnetic field)까지의 인가 시에 라미네이트 AP 구속층의 회전이 거의 없음을 나타내는 NiO를 기초로 하는 라미네이트 AP 결합 구조(NiO/Co/Ru/Co)를 이용하는 SVMR의 M-H루프.

제7도는 400 Oe 자계 인가 시의 자기저항 대 가장 큰 자계에서 자기저항의 크기가 단지 약간 감소하는 것을 도시하는 NiO를 기초로 라미네이트 AP 구속 구조(NiO/Co/Ru/Co)에 적용된 SVMR 센서의 인가 자계의 그래프.

제8도는 1,000 Oe 이상의 자계 인가 시 NiO를 기초로 하는 라미네이트 AP 구속 구조(NiO/Co/Ru/Co)를 이용하는 SVMR의 자기저항 대 인가된 자계의 그래프로서 교환 자계가 일반적인 SVMR 센서들보다 실질적으로 큰 600 Oe인 것을 나타내는 도면.

제9도는 약 100 Oe의 저 교환 자계를 도시하기 위한 자기저항 대 1,200 Oe의 자계를 초과하는 NiO를 기초로 한 단일층 결합 구조(NiO/Co)를 이용하는 SVMR 센서의 인가 자계의 그래프.

제10도는 NiO를 기초로 한 라미네이트 AP 구속층이 상부에 위치하고 있는 본 발명의 SVMR 센서의 실시예를 나타내는 도면.

제11도는 자기저항 대 (A)  $Fe_{50}Mn_{50}$  층에 의해서 결합된 단일 Co층을 갖는 SVMR, (B)  $(Fe_{50}Mn_{50})_{97}Cr_3$  층에 의해서 결합된 종래의 Co/Ni-Fe를 갖는 SVMR 및 (C)  $(Fe_{50}Mn_{50})_{97}Cr_3$  층과 결합된 라미네이트된 AP 구속층(Co/Ru/Co)을 갖는 SVMR을 위하여 인가된 자계의 그래프.

#### \* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

55 : 시드층(seed layer)                    57 : 반강자성층(antiferromagnetic layer)

70 : 라미네이트 반평행 구속층(laminated antiparallel pinned layer)

73 : 반평행 결합막(antiparallel coupling film)

72,74 : 강자성층(ferromagnetic layer)

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자계(magnetic field)를 감지하기 위한 스핀 밸브 효과(spin valve effect)를 기초로 한 자기저항(Magnetoresistive : MR)센서에 관한 것으로, 특히 라미네이트 반평행 구속층(Laminated antiparallel pinned layer), 구속층을 구속하기 위한 개선된 반강자성 교환 결합층(antiferromagnetic exchange coupling layer) 및 이러한 센서를 응용하는 자기 기록 시스템에 관한 것이다.

종래의 자기저항(MR)센서들, 예를 들어, 자기 기록 디스크 드라이브들에 사용되는 센서들은 독출 소자 저항(Read Element Resistance) 성분이 독출 소자(Read Element)내의 자화도와 독출 소자를 통하여 흐르는 감지 전류의 방향이 이루는 각의 코사인(cosine)의 자승에 따라서 변화하는 이방성 자기저항 효과(anisotropic magnetoresistive effect)를 기초로 동작된다. 기록된 데이터는 기록된 데이터 매체로부터 외부 신호 필드(신호장 : signal field)가 독출 요소 내에 자화도의 방향을 변화시키고, 다음에 독출 요소 내에 저항 변화를 일으키고, 감지 전류 또는 전압이 변화를 일으킴으로써 자기 매체(Magnetic medium)로부터 독출될 수 있다. 다양하게 불리는 자기저항, 소위 거대 자기저항(giant magnetoresistance ; GMR)은 다수의 자기 다층 구조가 존재하며, 필수적인 특징은 두 개의 강자성 금속층(ferromagnetic metal layer)들이 비강자성 금속층(nonferromagnetic metal layer)에 의해서 분리되는 것이다. GMR 효과는 외부 자계를 인가함으로써 인접하는 강자성층들의 상대적 방위가 변화된다는 데에 그 물리적인 출발이 있고 할 수 있다. 그리고 이것은 차폐로 저도 전자(Conduction Electron)들의 스핀-의존 스캐터링(Spin-Dependent Scattering) 내에 변화를 일으키고, 따라서 상기 구조의 전기 저항의 변화를 일으킨다. 결국 상기 구조의 저항은 강자성층들의 자화의 상대적 배열이 변화함에 따라서 변화한다.

GMR을 특별히 유용하게 응용한 것은 강자성층들 중의 하나의 자화가 구속되는 비자성 금속층에 의하여 분리된 두 개의 비결합 강자성층들로 이루어지는 샌드위치 구조이다. 상기 구속은 두 층들을 교환 결합시키기 위하여, 예를 들 철-망간(Fe-Mn)과 같은 반강자성층 상에 상기 층을 증착시킴으로써 이를 수 있다. 이것은 결과적으로 작은 외부 자계 중에 단지 비구속 또는 자유 강자성층만이 자유롭게 회전되는 스핀 밸브 자기저항(SVMR)을 가져온다. IBM의 미국 특허 제5,206,590호는 이러한 기본적인 SVMR 센서를 개시하고 있다. 출원번호 08/139,477호(출원일 1993. 8. 15)의 IBM 특허는 상기 구속층이 비강자성 결합막에 의해서 분리된 두 개 강자성막들의 라미네이트 구조로 이루어져 두 개의 강자성막들의 자화도가 반평행 방위로 반강자성적으로 강하게 결합되는 SVMR을 개시하고 있다.

이전에 기술한 대부분의 SVMR 센서는 구속층의 자화를 고정 또는 구속하고, 교환 결합시키기 위하여 구속층에 증착된 반강자성층으로 Fe-Mn, 일반적으로  $Fe_{50}Mn_{50}$ 을 사용하고 있다. 상기 Fe-Mn 반강자성체의 교환 이방성을 통하여, 구속층의 자화는 감지되는 신호 필드로부터 일어나는 것과 같은 작은 필드 여기(field excitation) 대하여 고정적으로 유지된다. Fe-Mn은  $0.08erg/Cm^2$ 의 계면 에너지를 갖는 니켈(철(Ni-Fe), 코발트(Co) 및 철(Fe)에 결합되고, 결국 일반적인 구속층 자기 모멘트를 위한 200 Oe를 초과하는 교환 바이

어스 필드를 제공할 수 있다. 이것은 비교적 안정된 SVMR 센서들을 제공하기 위한 교환 에너지로서 충분한 것이다. 그러나, Fe-Mn은 부식 특성(corrosion property)이 매우 좋지 않기 때문에, 이를 갖지 않는 SVMR 센서들을 개발하는 것이 바람직하다. SVMR 센서들에 사용될 수 있는 Fe-Mn보다 좋은 부식 특성을 갖는 다른 많은 반강자성체들이 존재한다. 그러나 이러한 내-부식성의 반강자성 물질들은 너무 작은 교환 이방성을 갖거나 또는 교환 바이어스 구속층 내에 너무 높은 보자력(coercivity)을 가져온다. SVMR 내에서 Fe-Mn을 대체하기 위한 니켈-옥사이드(NiO)의 사용은 H. Hoyashi 등에 의해 저술된 일본의 저널 오브 마그네틱스 소사이어티 18권 355쪽(1994) ; T. C. Antony 등에 저술된 IEEE 트랜잭션스 온 마그네틱스, MAG-30권, 3819쪽(1994)에 기술되어 있다. 그러나 그것은 SVMR 센서 응용에 있어서 너무 낮은 단지 100 Oe 부근의 교환 바이어스 필드를 나타내고 있다. 또한, NiO는 층이 구속되는 단일층에 대하여 대략 50 Oe 이란 비교적 높은 보자력을 일으킨다. 구속층 자신으로부터 발생하는 필드를 감자(Demagnetizing)하는 것을 포함하여, 이와 같이 낮은 교환장과 높은 보자력으로 인하여 적절한 필드에 구속층을 응용하는 것이 불안정하기 때문에, 실현될 수 없다.

또한 대부분의 종래의 기술된 SVMR 센서는 밑부분 또는 센서 기판의 인접 부분에 자유층을 갖고 있고, 윗부분에 구속층을 갖고 있다. 자기 기록 디스크 드라이브들에 있어서 SVMR 독출 센서들은 자기 미디어 상에 매우 작은 트랙 폭(track widths)에서 사용할 필요성 때문에, 자유층의 정교한 수직 바이어스를 갖는 SVMR 센서 구조들이 자기 영역 잡음을 억제하기 위해 필요하다. 제한된 하나의 제안에 있어서 자유층은 구조의 상단에 있고, 구속층은 밑부분 또는 센서 기판에 인접할 것이 요구되고 있다. 그러나, 층들이 서로 다른 층들 상에서 성장하는(grow) 방식이 다르므로, 단지 스핀 밸브층들의 퇴적(deposition) 순서를 바꾸어 동일한 막 특성을 얻는다는 것은 불가능하다. 모든 SVMR 센서들은 정자기적 상호 작용, 막들 내의 핀홀 및 전자 효과와 같은 것들에 의해 야기된 자유층과 구속층 사이에 층간교환 결합장( $H_i$ )을 갖는다. 전체적으로 낮은  $H_i$ 를 갖는 SVMR 센서를 갖는 것이 적절하다고 할 수 있다. 그러나, 바닥 부분 상에 구속층을 갖는 SVMR 센서들은 약 25 Oe 보다 낮은  $H_i$ 를 얻기 위해서는 보다 얇은 Fe-Mn층(예를 들어, 150 Å 대신에 90 Å)이 필요하다. 그러나, 이와 같이 얇은 Fe-Mn층들은 낮은 저지 온도(blocking temperature)(130 °C~160 °C)를 갖기 때문에 부적절하다. 이때 저지 온도는 그 온도 이상에서는 Fe-Mn 반강자성층과 구속층 사이에 교환장이 소멸되는 온도를 말한다.

SVMR 센서들은 낮은 얇은 두께에서 소망 레벨의 자기저항(구속층들과 자유층들의 평행과 반평행의 자화 배열들 사이의  $\Delta R/R$ )을 나타내고 있다. 따라서, 매우 높은 기록 밀도를 달성하기 위해서, 두 MR 차폐들 사이에 MR 독출 갭은 매우 작아야 하며, 일반적으로 2000 Å 이하여야 한다. 이것은 전기적으로 SVMR 센서를 MR 차폐들 중의 하나 또는 모두로부터 격리시켜야만 하는, 갭물질의 전기적 연속성에 제한을 가하게 된다.

### **발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

따라서 구속층에 있어서 우수한 교환 이방성을 제공하고, 대략 130°C보다 높은 저지 온도(blocking temperature)를 갖는 내-부식성의 반강자성체를 갖는 SVMR이 필요하다. 또한 반강자성체는 MR 독출 갭 내에 절연 물질로서 또한 이용될 수 있어야 한다.

### **발명의 구성 및 작용**

본 발명의 SVMR 센서는 개선된 반강자성(AF)층과 결합하는 라미네이트 반평행(AP) 구속층을 이용하고 있다. 이러한 구성에 있어서, 상기 구속층은 비자성 결합막에 의해서 분리된 두 개의 강자성막들을 포함하고 있고, 상기 두 개의 강자성막들의 자화는 반평행 방향(antiparallel orientation)으로 반강자성적으로 서로 강하게 결합되어 있다. 이와 같은 라미네이트 AP 구속층은 자유층을 회전시키는데 필요한 작은 필드 여기(field excitations)에 대하여 자기적으로 고정되어 있다. 이러한 AP 구속층 내에 두 개의 강자성층들의 자기 모멘트가 거의 동일할 때, 구속층의 순자기 모멘트는 작다. 결과적으로, 교환 필드는 순자계 모멘트에 반비례하므로, 그에 따라 교환 필드는 크다. 상기 라미네이트 AP 구속층은, 내-부식성이 높으나 종래의 SVMR 센서들에서 사용되기에는 너무 낮은 교환 이방성을 갖는 AF 물질들에 의해 그의 자화가 고정 즉 구속된다. 바람직한 실시예에서, AF층은 NiO이고, 기판 역할을 하는 MR 차폐들 중 하나 상에 형성된다. 따라서 AF층은 절연 MR 갭물질로서도 역할을 한다. SVMR 센서의 바닥 상에 교환 결합된 AF층과 라미네이트 AP 구속층의 위치는 SVMR 센서 제조 시에 자유층의 수직 바이어스가 개선되도록 한다.

이어서, 본 발명을 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 먼저, 본 발명에서 사용되는 일반적인 기술을 설명하기로 한다.

제1도에 도시된 바와 같이, 본 발명의 SVMR 센서는 자기 디스크 저장 시스템에서 구체화되는 것으로 설명되고 있으나, 본 발명은 자기저항 소자가 비트 셀(bit cell)로 다루어지는 자기 테이프 기록 시스템, 자기 램(Magnetic RAM) 등의 다른 자기 기록, 시스템에도 또한 응용될 수 있다.

제1도를 참조하면, MR 센서를 사용하는 형태의 종래 디스크 드라이브의 개략적인 단면도이다. 상기 디스크 드라이브는 디스크 드라이브 모터(12), 액추에이터(14)가 고정되는 베이스(10) 및 커버(11)를 포함하고 있다. 베이스(10)와 커버(11)는 디스크 드라이브의 실질적으로 봉인된 하우징을 제공한다. 일반적으로 베이스(10)와 커버(11) 사이에 위치한 가스켓(gasket)(13)과 디스크 드라이브의 내부와 외부 환경 간의 압력을 같게 하기 위해서 작은 흡기구(breather port)(미도시)가 있다. 자기 기록 디스크(16)는 드라이브 모터(12)에 의해서 회전되도록 부착된 허브(18)에 의해서 드라이브 모터(12)에 연결된다. 얇은 연속 윤활 필름(thin continuous lubricant film; 50)은 디스크 표면(16)상에 유지된다. 독출/기록 헤드(read/write head) 또는 변환기(transducer; 25)는, 에어-베어링 슬라이더(air-bearing slider; 20)와 같은 캐리어의 후연(trailing edge) 상에 형성된다. 변환기(25)는 유도(inductive) 독출/기록 변환기 또는 상기에서 기술된 타입의 자기저항(MR) 독출 변환기를 갖는 유도 기록 변환기이다. 슬라이더(20)는 강성 아암(rigid arm)(22)과 지지대(24)에 의해서 액추에이터(14)에 연결된다. 지지대(suspension)(24)는 슬라이더(20)가 기록 디스크(16)의 표면상에서 추진되도록 편이력(biasing force)을 제공한다. 디스크 드라이브가 동작되는 동안에, 드라이브 모터(12)는 일정 속도로 디스크(16)를 회전시키고, 일반적으로 선형 또

는 회전 보이스 코일 모터(Voice Coil Motor ; VCM)인 액추에이터(14)는 슬라이더(20)가 디스크(16)의 표면을 통상 반지름 방향으로 이동하도록 하여 독출/기록 헤드(25)가 디스크(16)상에 서로 다른 데이터 트랙들을 액세스하도록 한다.

제2도는 커버(11)가 제거된 상태의 디스크 드라이브의 평면도이고, 슬라이더(20)가 디스크(16)를 향해 추진되도록 슬라이더(20)에 힘을 제공하는 지지대(24)를 보다 상세히 도시하고 있다. 지지대(24)는, 출원인의 미국특허 제4,167,765호에 기술된, 잘 알려진 워트로스 지지대(Watrous suspension)와 같은 종래 형태의 지지대일 수 있다. 이러한 형태의 지지대는 슬라이더가 에어 베어링 상에 이동함에 따라서, 슬라이더가 피치(pitch)하고, 롤(roll)할 수 있도록 하는 짐발 접촉을 또한 제공한다. 헤드(25)에 의해서 디스크(16)로부터 검출된 데이터는 아암(22)상에 위치하는 집적회로 칩(15) 내에서의 신호 증폭과 처리 회로에 의해서 데이터 리드백 신호(data read back signal)로 처리된다. 헤드(25)로부터의 신호들은 플렉스 케이블(17)을 경유해서 칩(15)으로 이동하고, 칩은 그것의 출력 신호들을 케이블(19)을 경유하여 송출한다.

상기 제1도와 제2도에 따른 일반적인 자기 디스크 저장 시스템의 설명은 단지 표현하기 위한 것일 뿐이다. 디스크 저장 시스템은 다수의 디스크를 및 액추에이터들을 포함할 수 있으며, 각 액추에이터들은 다수의 슬라이더들을 지지할 수 있다. 또한 에어 베어링 슬라이더 대신에 헤드 캐리어(head carrier)는, 액체 베어링 및 다른 접촉 기록 디스크 드라이브들과 같은, 디스크와 접촉(contact) 또는 근접 접촉(near contact)하여 헤드를 유지하는 것일 수 있다.

제3도를 참조하면, 종래의 SVMR 센서(30)는, 유리, 세라믹 또는 반도체와 같은 기판(31)을 포함하고, 예를 들어 그 위에는 시드(seed) 또는 버퍼층(33), 연성의 강자성 물질의 제1박층(thin layer)(35), 얇으며 비강자성 금속 스페이서층(37) 및 강자성 물질의 제2박층(39)이 퇴적된다. MR센서(30)는 제1도와 제2도의 디스크 드라이브 시스템의 변환기(25)의 일부를 형성하고, 기판(31)은 헤드 캐리어 또는 슬라이더(20)의 후면일 수 있다. 기록된 자기 매체로부터 외부에서 인가된 자계가 없을 때, 강자성 물질의 두 층(35,39)의 자화도는 각각 화살표(32),(38)에 나타난 바와 같이 상호 일정 각도, 바람직하게는 대략 90° 각도로 향하게 된다. 강자성층(35)은 그의 자화가 층(35) 상에 점선 화살표로 도시된 바와 같이(제3도에 도시된 바와 같이, 자기 매체로부터의 자계 h와 같은) 외부 인가 자계에 응답하여 그것의 방향을 자유롭게 회전한다는 점에서, 소위 “자유(free)” 강자성층이라 한다. 강자성층(39)은 그 층의 자화도 방향이 화살표(38)에 도시된 바와 같이 선택방향(preferred orientation)으로 고정되거나 구속되기 때문에 소위 “구속(pinned)” 강자성층이라 한다. 상대적으로 높은 전기저항을 갖는 교환 바이어싱 반강자성 물질의 박막층(thin film layer)(41)은 강자성층(39)과 직접 접촉 상태로 퇴적되어 교환 결합에 의해서 바이어싱 필드(biasing field)를 제공한다. 따라서 층(41)은 선택 방향으로 강자성층의 자화도를 구속하여 신호 필드(signal field)의 범위의 크기를 갖는 외부 자계가 인가되어도 방향을 회전할 수 없다. 교환 바이어싱층(41)은 일반적으로 철-망간(Fe-Mn)이다. 이 물질은 상대적으로 낮은 내식성(corrosion resistance)을 갖는다. 그러나, 구속층은 대략 30~100 Å의 Ni-Fe에 대응하는 순 자기 모멘트를 일반적으로 갖기 때문에, 이 물질은 구속층의 자화 방향을 고정시키기 위한 교환 결합의 소망 레벨을 제공한다.

제4도는 제3도의 구조의 단면도로, 구속층(39)의 자화 방향이 화살표(38)로 나타난 바와 같이 종이면에 있도록 90° 회전된 것이다. 구속 강자성층(39)은 화살표(38)로 나타난, 순 거시 자기 모멘트(net macroscopic magnetic moment)를 갖는다. 이러한 자기 모멘트에 관련된(플럭스 라인들(36)로 도시된) 자계는 자유 강자성층(free ferromagnetic layer: 35)에 영향을 미친다-여기서, 자유 강자성층(35)은 구속층의 자화 방향에 대하여 대략 90°의 각도로 형성된 자화 방향(지면 내부로 향하는 화살표(32)을 갖는다. 이러한 구속층(39)으로부터 필드는 상기 자유층(35)내의 자화를 불균일하게 한다. 자유층(35)이 SVMR 센서 내에서 상대적으로 짧기 때문에, 자화의 불균일성은 자기 매체로부터 외부 인가 신호 자계가 존재할 때 상기 센서의 일부분들이 조기에 포화되도록 한다. 상기 SVMR 센서는 자유층(35)이 밑부분 상에 또는 센서 기판에 인접해 있는 전형적인 스피ن 밸브 구조이다.

이어서, 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명하기로 한다.

본 발명의 SVMR 센서에 있어서, 종래의 단일층의 구속 강자성층(Single-Layer Pinned Ferromagnetic Layer)이 적어도 두 개의 강자성막들을 포함하는 라미네이트 구조로 대체되고, 상기 강자성막들은 두 개의 강자성막들의 반평행 결합(Antiparallel Coupling ; APC)을 제공하는 박막의 비강자성막에 의해서 분리된다. 이러한 라미네이트 반평행(AP) 구속층은 출원번호 08/139,477로 출원된 서류에 기술되어 있다. 반평행 결합(APC)막은 두 개의 강자성막들이 반강자성적으로 상호 결합되도록 하는 적당한 형태와 두께로 이루어져 있고, 실시예에서는 대략 2~8 Å의 루테튬(Ru)이다. 이러한 라미네이트 구속층은 기판 가까운 SVMR의 밑부분에 위치되고, 라미네이트 구속층을 구속하기 위한 반강자성(antiferromagnetic ; AF)층은 상대적으로 높은 내식성을 갖는 반강자성 물질들의 그룹으로부터 선택된다. AF층은 상대적으로 낮은 교환 이방성을 갖는 물질일 수 있다-한편, 이러한 낮은 교환 이방성으로 인하여 종래의 SVMR 센서들에서 사용하는 것이 부적절하였었음-.

제5도에 도시된 바와 같이 SVMR 센서는 기판/시드/AF/PF<sub>1</sub>/APC/PF<sub>2</sub>/SP//FR/CP에 따른 일반적인 구조를 갖고 있다. 기판(45)은 유리, 반도체 물질 또는 알루미나(alumina: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)와 같은 세라믹을 포함하는 임의의 적당한 물질(substance)이다. 시드층(seed layer)(55)은 후속 층들의 결정그래픽 조직(Crystallographic Texture) 또는 입자 크기를 변형하기 위해 퇴적된 임의의 층으로 기판에 따라 필요하지 않을 수 있다. 시드층은 탄탈륨(tantalum: Ta), 지르코늄(zirconium: Zr), 니켈-철(Ni-Fe) 또는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>으로 형성 가능하다. 반강자성(AF)층(57)은 바람직하게는 니켈-옥사이드(NiO)이다. NiO AF층(57)은 종래의 방법, 예를 들어 NiO 타겟을 스퍼터링시키거나 또는 산소 함유 개스 중에 Ni 타겟 스퍼터링과 같은 방법으로, 소망의 교환 성질이 달성되는 두께, 일반적으로 200~500 Å로 시드층(55)상에 퇴적된다. PF<sub>1</sub>/APC/PF<sub>2</sub> 라미네이트 반평행 구속층(70)은 AF층(57)상에 형성된다. 두 개의 강자성층들(PF<sub>1</sub>과 PF<sub>2</sub>)(72),(74)은, 바람직하게는 Co로 형성되고 동일하거나, 또는 거의 동일한 자기 모멘트를 갖고, PF<sub>1</sub>과 PF<sub>2</sub>가 반강자성으로 강하게 서로 결합되도록 하는 비자성 물질인 반평행 결합막(Antiparallel Coupling film; APC film)(73)에 의해서 분리된다. 라미네이트 AP 구속층(70)내에 두 Co막들(72),(74)은 화살표들(75),(76)에 의해 표시된 바와 같이 반평행의 자화 방향들을 갖고 있다. 두개의 막들(72),(74)의 자화의 반평행 배열은 APC필름(73)에 의한 반강자

성 교환 결합에 의해서 비롯된다. 이러한 반강자성 결합 때문에 또한 두 개의 Co막들(72,74)이 실질적으로 동일 두께를 갖고 있기 때문에, 막들 각각의 자기 모멘트들은 상호 거의 상쇄되어, 라미네이트 AP-구속층(70) 내에는 순 자기 모멘트는 거의 없거나 또는 본질적으로 없어지게 된다. 이로 인해 단지 층(72)만이 AF층(57)에 의해 구속되는 단일 구속층으로 사용되었다면 나타나게 될 정도 이상으로 교환 필드를 증폭하게 된다.

SVMR 센서를 완성시키기 위하여 금속 스페이서층(SP)(65)이 제2강자성막(74)상에 형성되고, 자유 강자성층(FR)(63)이 상기 스페이서층(65)상에 형성되고, 캡핑층(Capping Layer: CP)(62)이 자유 강자성층(63)상에 형성된다. 인가 자계가 없을 때에는 자유 강자성층(63)은 화살표(77)로 도시된(전체적으로 구속막들(72,74)의 자화축(75,76)에 수직인) 방향으로 향하는 자화축(magnetization axis)을 갖는다.

AF층(57)은 상대적으로 높은 내식성을 갖는 임의의 반강자성층이다. 그러나, 그것은 AF/PF<sub>1</sub>/APC/PF<sub>2</sub> 구조의 상승 또는 감쇠 자화 곡선(M-H loop)이 적어도 0을 중심으로 하여 대략 +/-200 Oe의 외부 자계 범위에서 일반적으로 평탄하도록 충분한 교환 에너지를 라미네이트 구속층(70)에 제공하여야 한다. 그러한 기준이 충족될 때에는 PF<sub>1</sub> 또는 PF<sub>2</sub>의 자화의 회전이 거의 없거나 또는 전혀 일어나지 않게 되고, 그에 따라 낮은 필드 레벨에서도 SVMR 센서의 자기 저항에 어떠한 역효과도 가져오지 않는다. Fe-Mn의 교환 에너지보다 작은 교환 에너지를 갖는 AF층(57)을 사용할 때, 이러한 기준은 제5도에 도시된 라미네이트 AP 구속층을 사용함으로써 달성된다.

NiO 기반 AP 구속층을 갖는 SVMR은 다음과 같은 방법으로 만들어진다. 420Å NiO AF층이 NiO 타겟으로부터의 RF 마그네트론 스퍼터링에 의해서 청정 유리 기판상에 퇴적된다.(산소를 포함하는 반응 가스 중에서 Ni 타겟을 사용함으로써 또한 스퍼터 퇴적 NiO층(sputter deposited NiO layer)을 얻을 수 있다) 어떠한 시드층도 유리 기판 상에 사용되지 않았다. NiO층이 수백 Oe의 자계 중에 퇴적되었으나, 퇴적 동안에 자계의 인가가 필요한 것은 아니다. NiO층의 퇴적 후에 샘플을 NiO 퇴적 시스템(deposition system)으로부터 꺼내어, 제2퇴적 시스템으로 공기 중에서 이송한다. 샘플은 제2퇴적 시스템에 안내되고 종래의 이온 빔 소스(ion beam source)를 사용하여 100초 동안 아르곤 이온(Ar ion)을 500eV로 에칭한다. 이것은 NiO 표면을 청결하게 하여, 결과적으로 표면 물질을 대략 10Å 제거하였다.

에칭 후에, 샘플에 외부 자계를 인가하면서 라미네이트Co/Ru/Co AP 구속층과 나머지 막들을 DC 마그네트론 스퍼터링에 의해서 퇴적하였다. 퇴적 후에 NiO AF층은 단일 반강자성 영역 상태로 있지 않을 것이며, 그 결과 Co/Ru/Co 구속층은 단일의 강자성 영역 상태에 있을 수 없으므로 결과적으로 자기저항의 크기가 감소될 것이다. 따라서, 막들을 퇴적 후에, 샘플은 15 kOe의 필드 내에서 NiO 반강자성 저지 온도(NiO antiferromagnetic blocking temperature)이상으로 가열되었다. 이와 같이 큰 자계는 Ru의 효과에 대항하여 Co/Ru/Co 구속층 중의 2개의 Co층들의 자화를 회전시키기에 충분하므로, 그들의 자화 방향 모두는 인가된 자계에 평행하게 되고, Co층들은 모두 단일 영역 상태(single domain state)로 된다. 그런 후 샘플은 필드를 계속 인가하면서 냉각되어 구속층 중의 NiO/Co 부분(NiO AF층과 인접한 제1강자성막)의 단일 영역 상태가 유지되도록 하였다. 상온으로 냉각한 후에, 인가된 필드가 제거되고, Ru의 영향으로 인하여, NiO AF 층과 접촉하는 Co막의 자화에 반평행(antiparallel)하게 구속층 중의 제2 Co막의 자화가 회전한다. 이것은 교환 이방성(exchange anisotropy)의 방향과 정렬하고(align), 구속층을 본질적으로 단일 영역 상태에 있게 하여, 최대화된 자기정향을 얻게 된다.

제6도는 APC막으로서 4Å의 Ru 및 AF층으로서 NiO를 포함하는 라미네이트 AP 구속층을 갖는 SVMR 센서의 M-H루프를 도시한다. 제6도에 도시된 데이터를 갖는 상기 SVMR 센서는 제5도에 도시된 구조를 갖고 있고, 기판(45), 시드층이 없이 유리기판(45) 상에 직접 퇴적된 420Å NiO층(AF)(57), 30Å 코발트(Co) 제1 구속 강자성막(PF<sub>1</sub>)(72), 4Å Ru막(APC)(73), 35Å Co의 제2 구속 강자성막(PF<sub>2</sub>)(74), 22.5Å 구리(Cu) 스페이서층(SP)(65), 2Å Co와 56Å Ni-Fe로 이루어진 자유 강자성층(FR)(63) 및 50Å 탄탈륨(Ta) 캡핑층(CP)(62)을 포함하고 있다. 상기 NiO층(57)이 나머지 막들을 형성하기 위한 챔버와는 다른 챔버 내에서 퇴적(deposit)되었기 때문에, NiO층(57)은 PF<sub>1</sub>필름의 퇴적 전에 그것의 표면을 청결히 하기 위해서 대략 100초 동안 이온빔에 의해서 에칭되었다. 제6도에서, 인가 필드가 0일 때의 자화의 커다란 변경이 일어나는데 이는 자유층(63)의 자화 방향의 역전(reversal)되는 것이다. 인가 필드 레벨이 0에서 멀어져 대략 +/-400 Oe까지 변화할 때, 자화는 본질적으로 평탄한데, 이는 라미네이트 AP-구속층(70)에 거의 회전이 없음을 나타낸다.

제7도는 NiO 기반 라미네이트 AP 구속층(NiO based laminated AP-pinned layer)을 갖는 SVMR 센서의 MR 응답을 도시한 것이다. 이러한 SVMR 센서는 자유층(63)이 2Å Co / 56Å Ni-Fe 대신에 10Å Co / 57Å Ni-Fe로 이루어졌다는 점을 제외하고는 제6도에 도시된 MR 응답을 나타내는 센서와 동일하다. 제7도는 인가 필드(applied field)가 +400 Oe로 접근함에 따라, ΔR/R에서 작은 강하(small drop)로 표시되는 바와 같이, 구속층의 회전이 아주 적음을 나타내고 있다. 데이터가 제6도와 제7도에 도시된 실시예들에 있어서, PF<sub>1</sub>/APC/PF<sub>2</sub> 라미네이트 구속층의 순 자기 모멘트는 겨우 대략 10Å의 Ni<sub>80</sub>Fe<sub>20</sub>의 것과 동등하였다.

제8도는 +/-1000 Oe에 걸친 필드에 대하여 제6도를 위해 설명된 것과 동일한 구조를 갖는 NiO 기반 라미네이트 AP 구속 SVMR 센서의 자기저항을 나타낸다. AF층으로서 420Å NiO층을 가질 때 교환 이방성 에너지는 대략 0.02erg/cm<sup>2</sup>이므로, 제8도에 도시된 바와 같이, 대략 600 Oe의 교환 필드 Hex가 얻어진다. 제8도는 이와 같은 높은 필드(high field)일지라도 이러한 SVMR 센서의 응답은 라미네이트 AP 구속층의 역으로 할 수 있는 회전(reversible rotation)에 의해서 지배되어, 이 막(film)이 이러한 높은 필드에 영향을 받을 때 자기저항이 변하지 않은 것을 도시하고 있다. 따라서, NiO 기반 라미네이트 AP 구속층을 갖는 SVMR 센서는 높은 필드에 대항하여 소정의 안정성 레벨을 크게 초과한다. 이와 같은 응답에 대비하여, 제9도는 NiO AF층이 종래의 단일층 구속층으로 사용된다면 이러한 기준이 틀림없이 위반됨을 도시하고 있다. 제9도에 도시된 바와 같은 MR 응답을 갖는 SVMR 센서는 420Å NiO AF층에 의해 구속된 구속층과 같이 단일 35Å Co층을 가졌다. 제9도는 교환 필드가 겨우 대략 120 Oe이고 구속층이 겨우 대략 200 Oe의 인가 자계 내에서 회전하기 시작함을 나타내고 있다.

제5도를 다시 참조하면, 상기 SVMR 센서를 자기 기록 시스템 내의 감지 회로에 연결하기 위한 수단들을

개략적으로 도시하고 있다. 전기 리드들(80)은 SVMR 센서, 전류원(82) 및 감지 수단(84) 사이에 회로 경로를 형성하기 위해 제공된다. 해당 분야에서 잘 알려진 바와 같이 부가적인 감지 소자들, 예를 들어, 수평과 수직의 바이어스층들(미도시됨)이 최적의 SVMR 센서 응답 회로를 제공하기 위해 요구될 수도 있다. 바람직한 실시예에서, 매체 내에서의 자기 신호는 자유 강자성층(63)의 자화 방향이 기록 매체로부터 인가된 자기 신호에 응답하여 회전함에 따른 저항 변화  $\Delta R$ 를 감지하는 감지 수단(84)에 의해서 감지된다.

제5도에 도시된 실시예에서 라미네이트 AP-구속층(70)은 단일 APC막(73)에 의해서 분리된 2개의 강자성막들(72,74)을 포함하고 있으나, 라미네이트 AP 구속층(70)은 APC막들에 의해 분리된 많은 강자성막들을 포함할 수도 있다. 상기 라미네이트 AP 구속층(70)내에 강자성막(72,74) 및 APC막(73)으로 선택된 물질들에 따라서, 상기 강자성막들(72,74)이 강하게 반강자성적으로 결합하게 되는 바람직한 APC막 두께가 선택된다. 바람직한 Co/Ru 조합에 있어서, Ru AF 결합막의 두께는 2-8Å 사이로 선택될 수 있다. 선택된 물질 조합들에 있어서 진동 결합 관계(oscillatory coupling relation)는 파킨 등에 의해서 기술된 Phys. Rev. Lett., 64권 2034쪽(1990)에 의해서 상세히 기재되어져 있다. SVMR 센서 내에 라미네이트 AP 구속층의 강자성과 APC막들로서 각각 Co와 Ru의 선택 물질들로 나타내었으나, 다른 APC막들(예를 들어, 크롬(Cr), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 구리 및 그들의 합금) 및 다른 강자성 물질들(예를 들어 Co, Fe, Ni 및 Ni-Fe, Ni-Co, Fe-Co와 상기 물질의 합금들)도 가능하다. 이러한 각각의 물질 조합에 있어서, 진동 교환 결합 관계는 알려져 있지 않다고 하여도 APC막 두께가 두 강자성막들 사이에 확실히 반강자성 결합이 일어나도록 선택되어야 한다.

라미네이트 AP 구속층(70)을 형성하는 2개의 강자성막들(72,74)의 두께가 동일하다면, 이론적으로 구속층(70)의 순 자기 모멘트는 각각의 자기 모멘트가 정확히 상쇄되기 때문에 0으로 된다. 이 막들(films)의 두께를 정확히 동일하게 제조하기란 불가능하기 때문에 라미네이트 AP 구속층(70)은 순 자기 모멘트는 정상적인 퇴적 과정에 따른 자연적인 결과로서 0의 값은 아니라고 하여도 작은 값을 갖게 될 것이다. 그러나 구속 강자성막들(72,74)중의 하나를 다른 막의 두께보다 약간 큰 두께로 세심하게 퇴적하여, 구속층이 0이 아닌 작은 순 자기 모멘트로 하는 것이 바람직하다. 이것은 라미네이트 AP 구속층(70)의 자화가 자계가 존재하는 경우에 안정되도록 하여 자화 방향이 예측될 수 있도록 한다.

자유 강자성층(63)은 스페이서층(65)에 인접한 얇은 Co막을 또한 포함할 수 있다. 이것은 제5도에 도시되어 있지 않으나, 제6도 내지 제8도에 나타난 데이터에 관련하여 기술된 바와 같은 실시예들의 일부를 형성하고 있다. 이러한 Co막들은 SVMR의 자기저항을 증가시키나, 센서의 투과성에 상대적인 경자성("hard" magnetic) Co물질의 효과를 최소화하고, 적당한 자유층 모멘트를 유지하기 위하여 2-20Å의 범위내에서 상대적으로 얇게 유지한다.

라미네이트 AP 구속층을 구속시키기 위해 사용된 높은 내식성(high corrosion-resistant), 저 교환 이방성 AF 물질은, MR 독출 공극(MR read gap)에서 캡물질로서 또한 역할을 할 수 있다는 부가적인 이점을 SVMR 센서들에 제공한다. 다시 제5도를 참조하면, SVMR 독출 요소 및 유도 기입 요소를 포함하는 집적 독출/기입 헤드와 같은 완전한 SVMR 구조의 제조에 있어서, 제5도에 도시된 SVMR 센서층들은 통상  $Ni_{80}Fe_{20}$  또는 선더스트(sendust)(Fe, Si 및 Al의 자성 합금)로 형성되는 한 쌍의 MR 차폐들 사이에 위치된다. 그리고 전기적으로 절연인 캡물질은 차폐들 사이에 위치된다. 그러나, 본 발명에서  $NiO$  AF층(57)은, 그것이 우수한 절연 물질이므로, 공극 물질 역할 또는 할 수 있다는 부가적인 이점을 제공한다. 이 경우에 있어서 제1 MR 차폐는 기판(45)으로서 기능한다.

제10도는 제5도의 실시예와 유사한 실시예이나 자유층(FR)(63)이 SVMR의(기판(61)에 근접된) 저면에 있고, AP 구속층(70)이 SVMR 센서의 윗면에 있다. AF층(66)은 제2 구속 강자성막( $PF_2$ )(74)상에 퇴적된다. 이와 같은 구조도 또한 저 교환 이방성 반강자체와 함께 사용될 수 있다.

제11도는 다른 SVMR 센서들과 비하여, 제10도에 도시된 SVMR 센서 실시예-그러나, 내식성 AF층은  $NiO$  대신에 Fe-Mn과 크롬(Cr)의 합금, 예를 들어,  $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{97}Cr_3$ 으로 이루어짐-에 있어서 자기저항 대 인가 자계 관계를 나타낸 것이다. 제11도에서 곡선 A는 반강자성체로서  $Fe_{50}Mn_{50}$ 을 사용하는 종래의 단일층 구속층을 갖는 SVMR 센서에 대한 것이고, 약 220 Oe의 교환 필드를 나타내고 있다. 곡선 B는 반강자성체로서  $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{97}Cr_3$ 을 사용하는 종래의 구속층을 갖는 SVMR 센서에 대한 것으로 대략 160 Oe의 교환 필드를 나타낸다.  $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{97}Cr_3$ 은 Fe-Mn보다 큰 내식성을 제공하는 것으로 알려져 있으나, 곡선B는 교환 필드에서의 현저한 감소로 인하여 종래의 SVMR에서는 그것이 바람직하지 않음을 명백히 나타낸다. 곡선 C는  $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{97}Cr_3$ 을 갖는 Co/Ru/Co의 라미네이트 AP 구속층을 사용하는 본 발명에 따른 SVMR 센서에 대한 것으로 약 900 Oe의 교환 필드를 나타낸다.  $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{97}Cr_3$ 은 SVMR 센서에 대한 내식성(corrosion resistance)을 현저히 개선시킨다. Cr의 양은 바람직한 내식성을 제공하도록 선택되는데, 일반적으로는 약 2-5%이다.

SVMR 센서들에서 라미네이트 AP 구속층으로 사용하기 위한 AF층으로서  $NiO$ 와  $(Fe_{0.5}Mn_{0.5})_{97}Cr_3$ 외에도, 다른 SVMR 센서에서는 AF 물질로 사용하기에 부적절하다고 할 수 있으나, 필요한 내식성과 충분한 교환 이방성을 제공하는 다른 물질로서  $(Ni_{1-x}Co_x)O$ (이때 x는 대략  $0 < x < 0.5$ )를 들 수 있다.

### 발명의 효과

상술한 바와 같이, 본원 발명에 따른 자기저항 센서는 교환 이방성이 우수하고, 내식성이 높으며 저지 온도(blocking temperature)가 높아, 성능이 개선된다는 이점을 갖는다.

본 발명은 특정한 실시예들에 관련하여 기술되었으나, 당해 분야의 기술자라면 본 발명의 기술 사상과 범위 내에서 다양하게 변형시킬 수 있는 것이 가능할 수 있다. 따라서, 개시된 발명은 단순히 예시적으로 고려되어야 하고, 후술되는 청구 범위에서 특정되는 기술 사상에 한정되어야 한다.

**(57) 청구의 범위****청구항 1**

기판과; 니켈-옥사이드,  $(\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x)_0$ (단  $0.0 < x < 0.5$ ) 및 (Fe-Mn)과 Cr의 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 반강자성 물질의 교환 바이어스층-여기서, 교환 바이어스층은 상기 기판 상에 직접 그리고 접촉하여 형성됨-과; 상기 교환 바이어스층에 인접하는 라미네이트 반평행 구속층(laminated antiparallel pinned layer)-여기서, 라미네이트 반평행 구속층은 상기 교환 바이어스층 상에 직접적으로 접촉하여 반강자성적으로 결합되어 형성된 제1 강자성막과, 제2 강자성막과, 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화가 서로 반평행하게 정렬되도록 상기 제1 및 제2 강자성막들을 반강자성적으로 서로 결합하기 위하여 상기 제1 및 제2 강자성막들 사이에서 이들과 접촉하는 반평행 결합막을 포함하고, 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화는 인가된 자계가 존재하는 경우에 상기 교환 바이어스층에 의해 반평행이고 구속된 채로 남게 됨-과; 상기 라미네이트 반평행 구속층의 상기 제2 강자성막에 인접하는 비자성 스페이서층과; 상기 스페이서층에 인접하고 그에 접촉하는 자유 강자성층-여기서 자유 강자성층은 인가된 자계가 없는 경우에 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화축에 일반적으로 수직인 자화의 우선축(preferred axis)을 가짐-을 포함하는 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 기판이 자기저항 차폐(magnetoresistive shield)인 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 교환 바이어스층이 본질적으로 니켈-옥사이드로 구성된 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 비자성 반평행 결합막이 본질적으로 루테늄(Ru)으로 구성된 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 5**

제4항에 있어서, 상기 루테늄막은 대략 2-8Å의 두께를 갖는 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들은 코발트(Co), 철(Fe), 니켈(Ni) 및 그들의 합금을 포함하는 그룹으로부터 선택된 물질로 만들어지며, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 비자성 반평행 결합막은 루테늄(Ru), 크롬(Cr), 로듐(Rh), 이리듐(Ir) 및 그들의 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 만들어지는 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 7**

제6항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들이 본질적으로 코발트로 구성된 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 8**

제1항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층의 순 자기 모멘트(Net Magnetic Moment)가 본질적으로 0인 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들이 실질적으로 동일 두께를 갖는 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 10**

비자성 금속층에 의해 분리된 2개의 비결합 강자성층들을 갖는 반전 형태의 스핀 밸브 자기저항 센서에 있어서-여기서, 상기 강자성층들중 하나의 자화는 상기 센서를 지지하는 기판 상에 직접적이고 또한 접촉하여 형성되는 반자성층에 의해 구속(pinned)됨-, 기판과; 상기 기판 상에 형성되는 시드층과; 니켈-옥사이드,  $(\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x)_0$ (이때  $x$ 는  $0.0 < x < 0.5$ ) 및 철-망간(Fe-Mn)과 크롬(Cr)의 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 반강자성 물질의 교환 바이어스층-여기서, 상기 교환 바이어스층은 상기 시드층 상에 직접적으로 접촉하여 형성됨-과; 상기 교환 바이어스층에 인접하는 라미네이트 반평행 구속층과-여기서 상기 라미네이트 반평행 결합층은 상기 교환 바이어스층 상에 직접적으로 접촉하여 반강자성적으로 결합된 제1 강자성막과, 제2 강자성막과, 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화가 서로 반평행하게 정렬되도록 상기 제1 및 제2 강자성막들을 반강자성적으로 서로 결합하기 위하여 상기 제1 및 제2 강자성막들 사이에 이들과 접촉하는 반평행 결합막을 포함하고, 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화는 인가된 자계가 존재하는 경우에 상기 교환 바이어스층에 의해 반평행이고 구속된 채로 남게 됨-과; 상기 라미네이트 반평행 구속층의 상기 제2 강자성막에 인접한 비자성 스페이서층과; 상기 스페이서층에 인접하고 접촉하며, 인가된 자계가 없는 경우 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화축에 일반적으로 수직인 자화의 우선축을 갖는 자유 강자성층을 포함하는 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 11**

제10항에 있어서, 상기 기판은 자기저항 차폐이고, 상기 시드층은 탄탈륨, 지르코늄, 니켈-철 및 알루미늄으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 물질로 만들어지는 스핀 밸브 자기저항 센서.

**청구항 12**

자기 기록 디스크와; 상기 디스크를 회전시키기 위해 상기 디스크에 연결된 모터와; 스핀 밸브 자기저항 센서를 지지하고 또한 상기 센서의 부착을 위한 기판을 제공하는 캐리어와; 상기 디스크에 자기적으로 기록된 데이터를 감지하기 위해 상기 캐리어 기판상에 형성된 스핀 밸브 자기저항 센서와-여기서, 상기 센서는 상기 기판 상에 직접적으로 접촉하여 형성되며 니켈-옥사이드,  $(\text{Ni}_{1-x}\text{Co}_x)_2\text{O}_3$ (단,  $0.0 < x < 0.5$ ) 및 (Fe-Mn)과 Cr의 합금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 반강자성 물질의 교환 바이어스층과; 상기 교환 바이어스층에 인접하는 라미네이트 반평행 구속층(laminated antiparallel pinned layer)-여기서, 라미네이트 반평행 구속층은 상기 교환 바이어스층 상에 직접적으로 접촉하여 반강자성적으로 결합되어 형성된 제1 강자성막과, 제2 강자성막과, 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화가 서로 반평행하게 정렬되도록 상기 제1 및 제2 강자성막들을 반강자성적으로 서로 결합하기 위하여 상기 제1 및 제2 강자성막들 사이에 이들과 접촉하는 반평행 결합막을 포함하고, 상기 제1 및 제2 강자성막들의 자화는 인가된 자계가 존재하는 경우에 상기 교환 바이어스층에 의해 반평행이고 구속된 채로 남게 됨-과; 상기 라미네이트 반평행 구속층의 상기 제2 강자성막에 인접하는 비자성 스페이서층과; 상기 스페이서층에 인접하고 그에 접촉하는 자유 강자성층을 포함함- 상기 디스크 상에 자기적으로 기록된 데이터의 서로 다른 지역을 상기 센서 메모리가 액세스하도록 상기 디스크에 일반적으로 방사상으로 가로질러 상기 캐리어를 움직이게 하는 액추에이터와; 상기 디스크 근처에 상기 캐리어를 유지하기 위해 상기 액추에이터에 상기 캐리어를 연결하는 수단과; 상기 자기적으로 기록된 디스크로부터 자계에 응답하여, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 반평행 결합된 제1 및 제2 강자성막들의 고정된 자화들에 대해 상기 자유 강자성층의 자화축의 회전에 의해 발생된 상기 센서의 저항의 변화를 감지하기 위해 상기 센서에 전기적으로 결합된 수단과; 상기 모터와 상기 액추에이터를 지지하기 위한 수단을 포함하는 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 13**

제12항에 있어서, 상기 기판은 자기저항 차폐인 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 14**

제12항에 있어서, 상기 교환 바이어스층이 본질적으로 니켈-옥사이드로 구성된 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 15**

제12항에 있어서, 상기 비자성 반평행 결합막이 본질적으로 루테늄(Ru)으로 구성된 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 루테늄(Ru)막은 대략 2~8Å 범위의 두께를 갖는 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 17**

제12항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들이 코발트(Co), 철(Fe), 니켈(Ni)과 그들의 합금들로 구성되는 그룹으로부터 선택된 물질로 형성되고, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 비자성 반평행 결합막이 루테늄(Ru), 크롬(Cr), 로듐(Rh), 이리듐(Ir) 및 그들의 합금들로 구성되는 그룹으로부터 선택된 물질로 형성되는 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 18**

제17항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들이 본질적으로 코발트로 구성된 자기 기록 디스크 드라이브.

**청구항 19**

제12항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층의 순 자기 모멘트가 본질적으로 0인 자기 기록 디스크 드라이브.

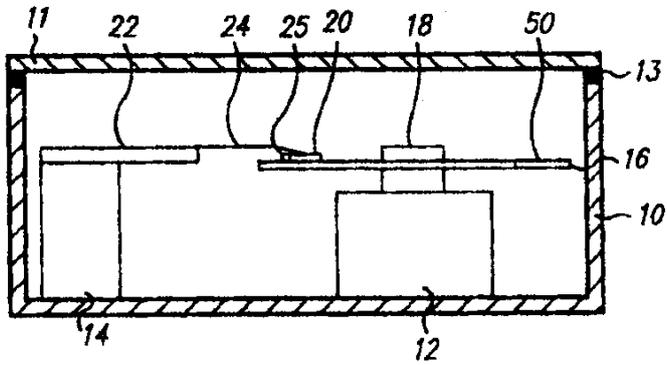
**청구항 20**

제12항에 있어서, 상기 라미네이트 반평행 구속층 내의 상기 제1 및 제2 강자성막들이 실질적으로 동일 두께를 갖는 자기 기록 디스크 드라이브.

**도면**

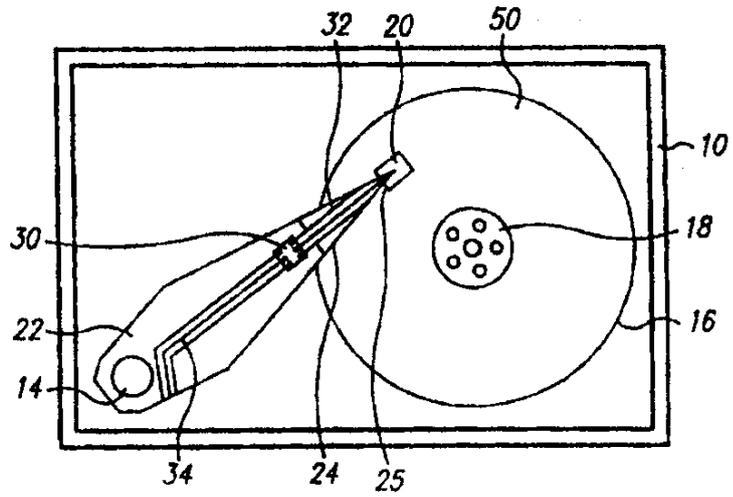
도면1

(중래 기술)



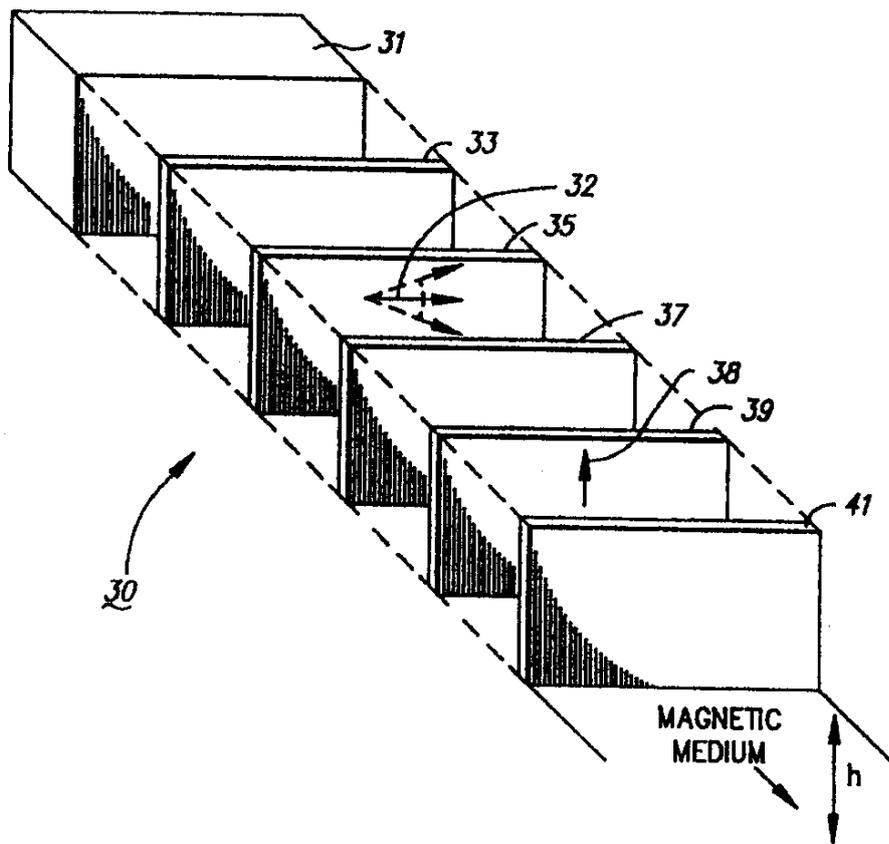
도면2

(중래 기술)



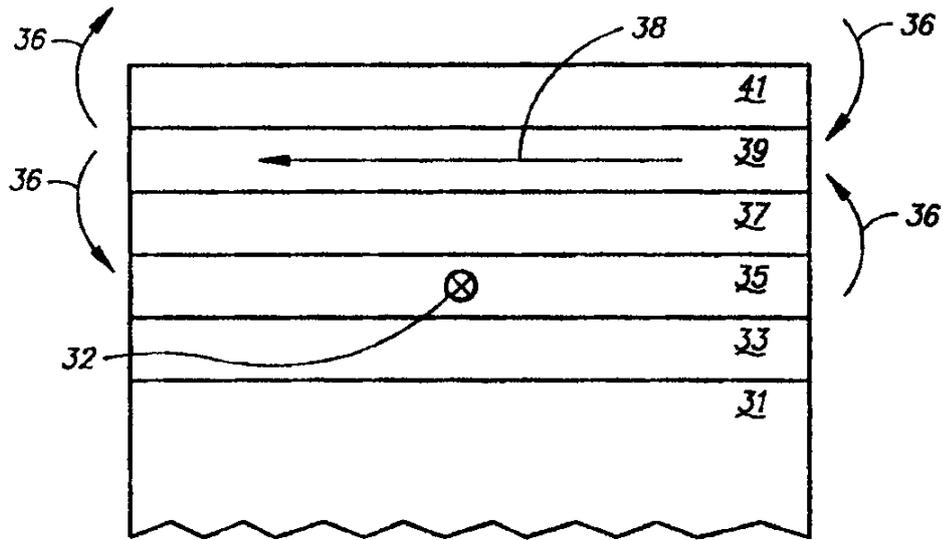
도면3

(종래 기술)

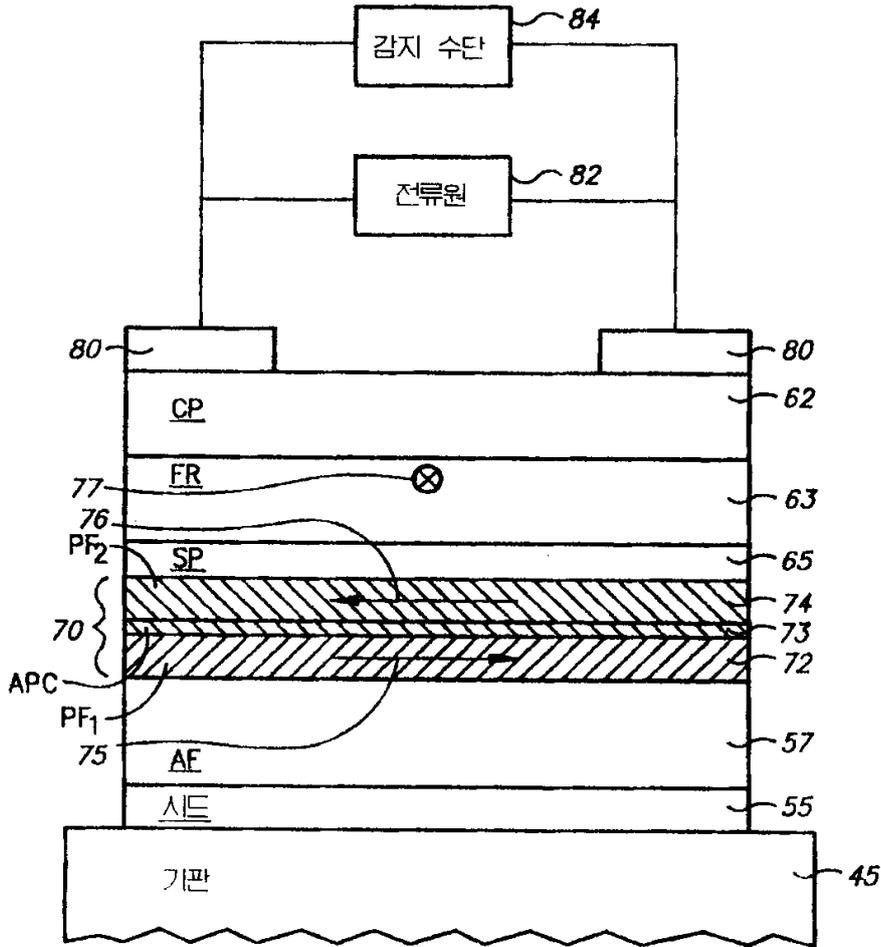


도면4

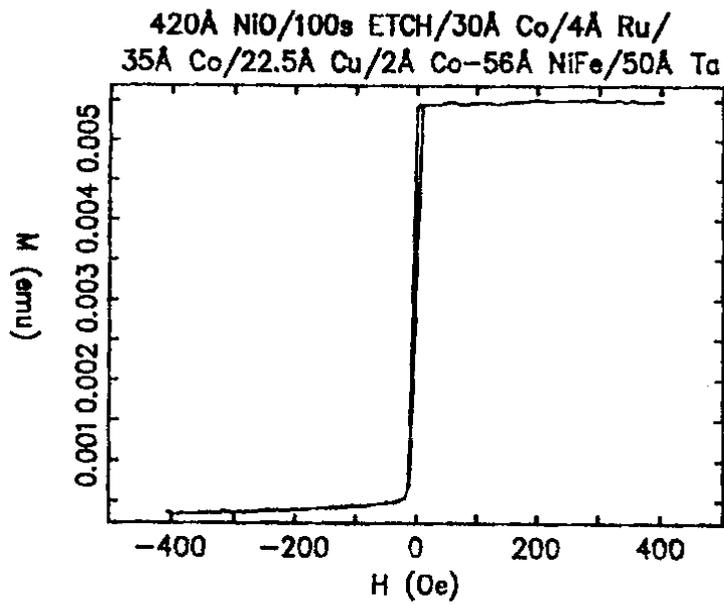
(종래 기술)



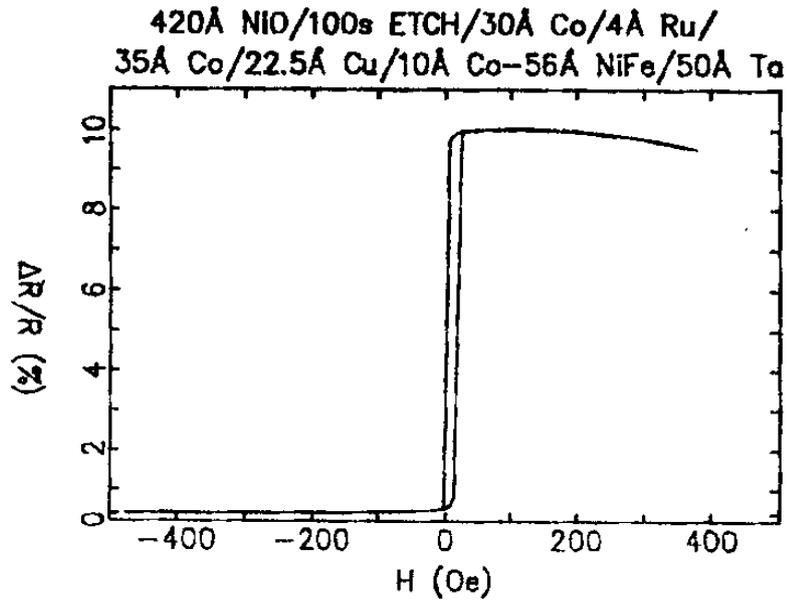
도면5



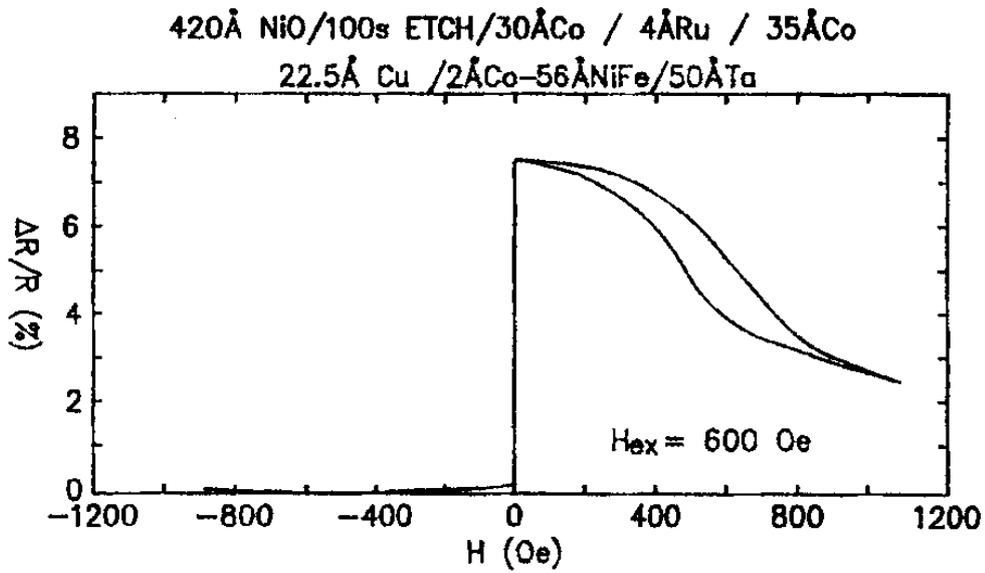
도면6



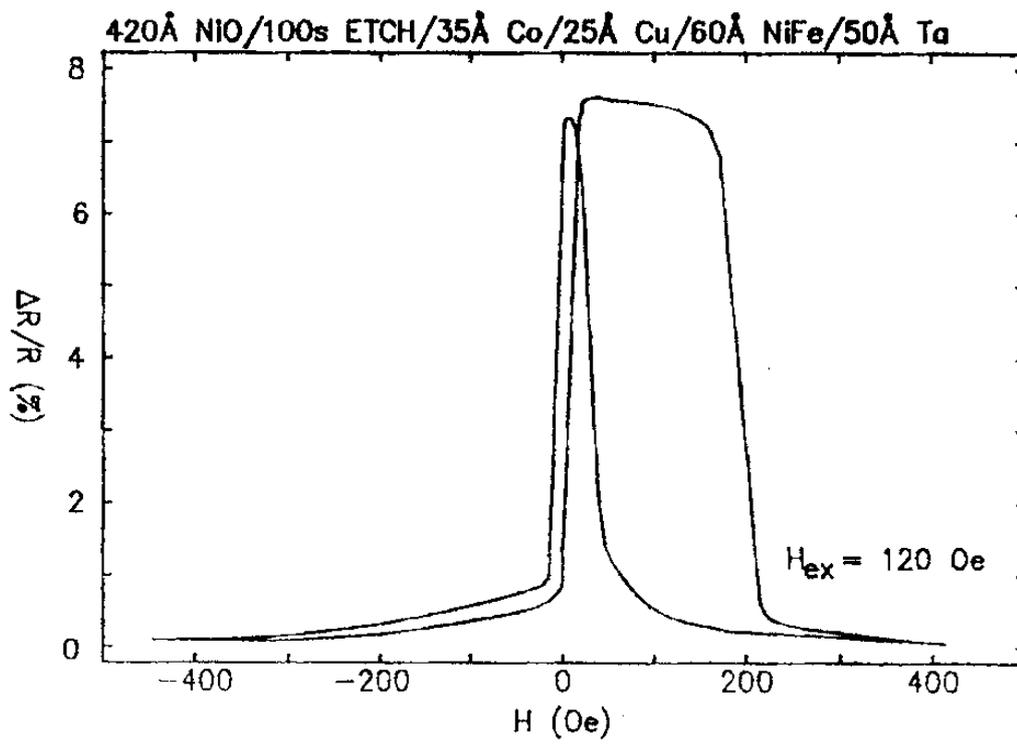
도면7



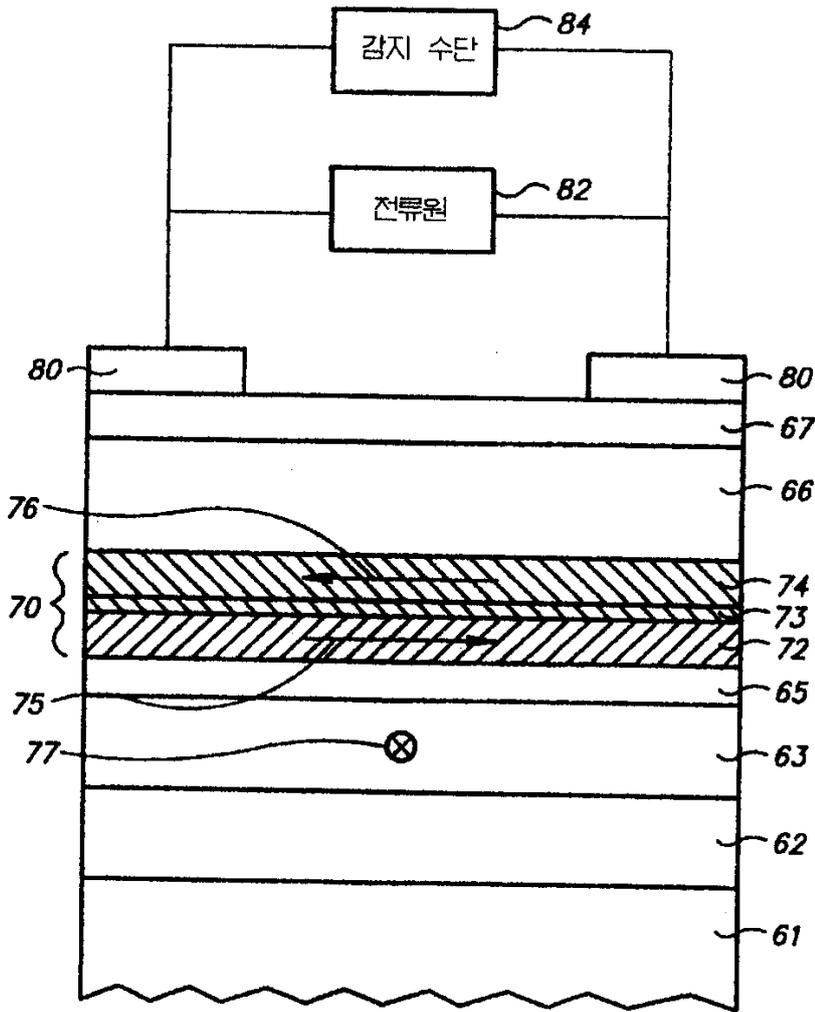
도면8



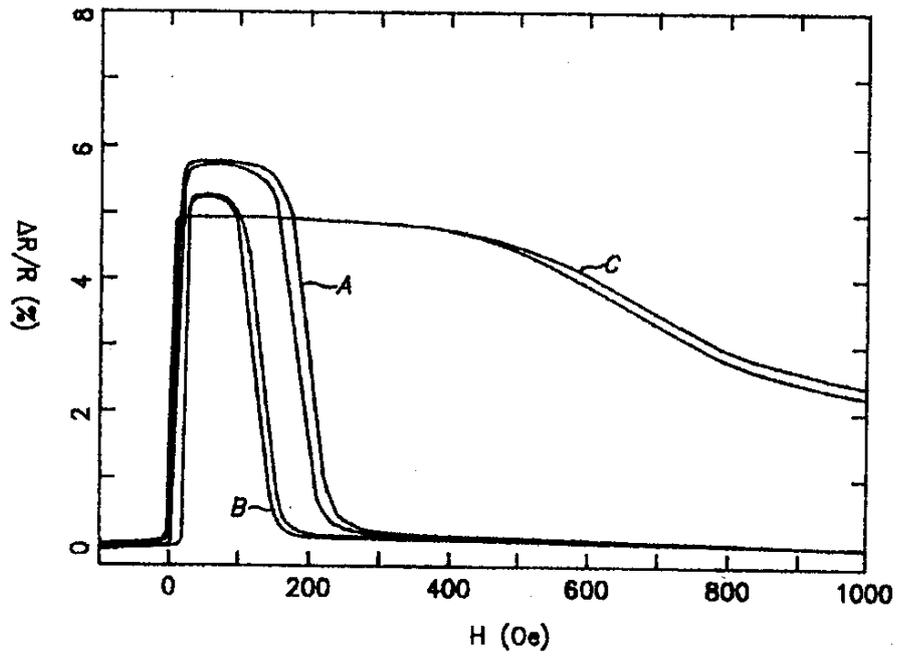
도면9



도면10



도면11



A -- /30Å Co/140Å  $\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50}$ /--

B -- /10Å Co/30Å NiFe/140Å  $(\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50})_{97}\text{Cr}_3$ /--

C -- /20Å Co/6Å Ru/20Å Co/150Å  $(\text{Fe}_{50}\text{Mn}_{50})_{97}\text{Cr}_3$ /--