

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ G11B 5/39	(45) 공고일자 2000년03월 15일
	(11) 등록번호 10-0249976
	(24) 등록일자 1999년 12월 29일
(21) 출원번호 10-1997-0011014	(65) 공개번호 특1997-0071483
(22) 출원일자 1997년03월28일	(43) 공개일자 1997년11월07일
(30) 우선권 주장 96-073404 1996년03월28일 일본(JP) 96-109067 1996년04월30일 일본(JP)	
(73) 특허권자	가부시끼가이샤 도시바 니시무로 타이쵸
(72) 발명자	일본국 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 호리가와쵸 72반지 가미구치 유조 일본 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 고무카이 도시바쵸 1, 가부시끼가이샤 도시바 연구개발센터내 사이토 가즈히로 일본 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 고무카이 도시바쵸 1, 가부시끼가이샤 도시바 연구개발센터내 후쿠자와 히데아키 일본 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 고무카이 도시바쵸 1, 가부시끼가이샤 도시바 연구개발센터내 후케 히로미 일본 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 고무카이 도시바쵸 1, 가부시끼가이샤 도시바 연구개발센터내 이와사키 히토시 일본 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 고무카이 도시바쵸 1, 가부시끼가이샤 도시바 연구개발센터내 사하시 마사시 일본 가나가와켄 가와사키시 사이와이쿠 고무카이 도시바쵸 1, 가부시끼가이샤 도시바 연구개발센터내
(74) 대리인	나영환, 이상섭

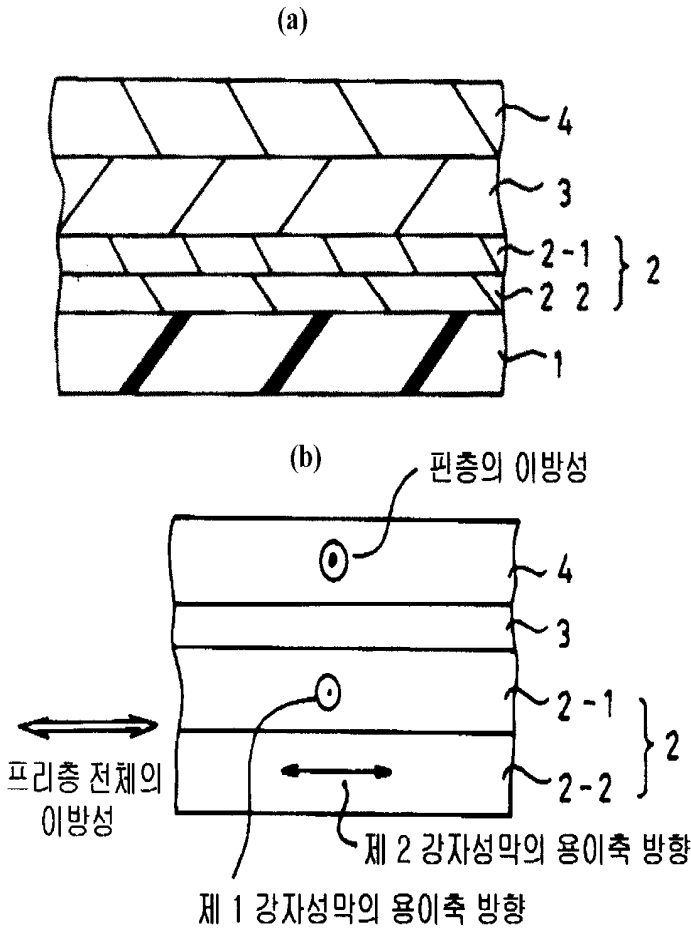
심사관 : 정경덕

(54) 자기저항 효과 소자 및 그 제조 방법

요약

제 1 강자성 도전층과, 이 제 1 강자성 도전층 상에 적층된 비자성 도전층과, 이 비자성 도전층 상에 적층된 제 2 강자성 도전층을 구비하고, 자기저항 효과를 보이는 적층체와, 이 적층체 상에 형성된 한쌍의 전극을 구비하여, 이 제 1 및 제 2 강자성 도전층의 적어도 한쪽이 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성축, 예컨대 Co 합금축을 포함하고 있다. 또한, Co계 자성 합금 등의 강자성체층과 연자성층의 적층막으로 이루어지는 제 1 자성층과 제 2 자성층의 사이에, 비자성 중간층을 배치한 스핀 밸브막을 구비하는 자기저항 효과 소자로서, 연자성층은 1종의 연자성 재료막 또는 2종 이상의 연자성 재료막으로 이루어지는 연자성 재료 적층막으로 형성되어, 이들의 자화를 M_s [T], 막두께를 d [nm], 이방성 자계를 H_k [Oe]로 하였을 때, $\sum (M_s \times d \times H_k) > 30[TnmOe]$ 를 만족시킨다.

대표도



명세서

도면의 간단한 설명

도 1a는 본 발명의 자기저항 효과 소자를 도시한 개략도이고, 도 1b는 자기저항 효과 소자의 각 층의 자기 방향을 설명하는 도면.

도 2는 본 발명의 스핀 밸브 타입 자기저항 효과 소자를 개략적으로 나타내는 단면도.

도 3은 본 발명을 설명하는 특성도(자성막의 활성화 에너지-어닐온도-이방성 자계의 관련을 설명하는 도면).

도 4는 본 발명의 다른 자기저항 효과 소자의 한 실시 형태의 주요부 구조를 나타내는 단면도.

도 5는 제 1 자성층의 곤란축 방향의 보자력(H_c)과 연자성층의 $\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값의 관계를 나타내는 도면.

도 6은 본 발명의 자기저항 효과 소자를 이용한 자기 기록 독출의 일예를 개략적으로 나타내는 단면도.

도 7a 및 도 7b는 본 발명의 자기저항 효과 소자를 이용한 기록 재생 일체형 헤드의 예를 나타내는 개략도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

- 1 : 기판
- 2 : 프리층
- 2-1 : 제 1 강자성막
- 2-2 : 제 2 강자성막
- 3 : 비자성 도전층
- 4 : 핀층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 자기저항 효과 소자에 관한 것이다.

일반적으로, 자기 기록 매체에 기록된 정보의 독출은 코일을 구비한 재생용 자기 헤드를 기록매체에 대하여 상대적으로 이동시켜, 그 때에 발생하는 전자 유도에 의해 코일에 유기된 전압을 검출하는 방법에 의해 행해져 왔다. 한편, 정보를 독출하는 경우에, 자기저항 효과 소자(이하, MR(magnetoresistance) 소자)를 이용하는 것도 알려져 있다(IEEE MAG-7, 150(1971)등 참조). MR 소자를 이용한 자기 헤드(이하, MR 헤드 라 한다)는 어느 종류의 강자성체의 전기 저항이 외부자계의 강도에 따라서 변화한다고 하는 현상을 이용한 것이다.

최근에, 자기 기록 매체의 소형·대용량화가 진전되어, 정보 독출시의 재생용 자기 헤드와 자기 기록 매체의 상대 속도가 작아지고 있기 때문에, 작은 상대 속도라 하더라도 큰 출력을 고집어 낼 수 있는 MR 헤드에 대한 기대가 높아지고 있다.

상술한 것과 같이, 자기저항 효과는 외부 자계에 의해 강자성체의 전기 저항이 변화하는 현상이며, 고감도 자기 센서(예컨대, 자기 기록 독출용 헤드)로서의 응용이 검토되고 있다.

자기저항 효과는 강자성체 자체가 갖는 이방성(anisotropy) 자기저항 효과(AMR)가 알려져 있지만, 많아야 수 퍼센트 정도의 저항 변화율밖에 보이지 않는다. 이에 대하여, 비자성 도전체층을 통해 적층된 강자성 도전체층 간의 자화의 방향에 의존한 자기저항 효과(GMR)는 10%를 넘는 저항 변화율을 얻을 수 있고, 고감도 자기 센서, 특히 자기 기록의 독출 헤드로서 유망시되고 있다.

이러한 GMR 타입의 자기저항 효과 소자로서는 강자성체층간에 자기적 교환 결합이 있는 것(예컨대, 금속 자성 인공격자)으로, 강자성체층간에 실질적으로 교환 상호 작용이 없는(예컨대, 스핀 밸브) 것이 있다.

독출 헤드 등의 작은 자계를 검출하기 위해서는 작은 자계로 큰 저항 변화를 얻을 필요가 있으며, 저항 변화율의 크기와 함께 포화 자계(자계 인가에 의한 저항 변화가 포화되는 자계)가 작은 것이 요구된다. 따라서 GMR 타입의 자기저항 효과소자에 있어서는 적층막을 구성하는 강자성체층의 연자성화(soft magnetization)가 요구된다.

이러한 연자성화를 달성하기 위해서는 자기적으로 소프트한 재료를 쓰면 좋지만, 재료에 따라서는 저항 변화율 그 자체가 저하되거나, 또 소자 작성시의 여러 가지 조건에 견딜 수 없거나, 또한 소자 동작시의 내구성에 문제가 있는 경우가 있다.

그러나, 예컨대 NiFe 합금(퍼멀로이(permalloy) 등)은 보자력이 작은 연자성 재료의 대표격인데, Co 합금계에 비해서 큐리온도(curie temperature)가 낮아 내열성이 떨어진다. 한편, Co 합금은 보자력이 커서 연자기 특성에 문제가 있고, 포화 자계가 크게 되어 버린다. 이와 같이 강자성 도전체층의 재료 선택만으로는 상반된 특성을 만족시키는 것이 곤란하였다.

이어서, MR 헤드의 외부 자계를 감지하여 저항이 변화하는 부분(이하, MR 소자라 한다)에는 Ni-Fe 합금, 소위 퍼멀로이계 합금이 사용되어 왔다. 그러나, 퍼멀로이계 합금은 양호한 연자기 특성을 갖는 것이라도 자기저항 변화율이 최대 3% 정도이고, 소형·대용량화된 자기 기록 매체용의 MR 소자로서는 자기저항 변화율이 불충분하다. 이 때문에, MR 소자 재료로서, 보다 고감도의 자기저항 효과를 나타내는 것이 요망되고 있다.

이러한 요망에 대하여, Fe/Cr이나 Co/Cu와 같이, 강자성 금속막과 비자성 금속막을 소정의 조건으로 번갈아 적층하여, 근접하는 강자성 금속막 사이를 반강자성 결합시킨 다층막, 소위 인공 격자막이 큰 자기저항 효과를 보이는 것이 확인되고 있다. 인공 격자막에 의하면, 최대 100%를 넘는 큰 자기저항 변화율을 보이는 것이 보고되고 있다(Phys.Rev.Lett., Vol.61,2474(1988), Phys.Rev.Lett., Vol.64,2304(1990)등 참조). 그러나, 인공 격자막은 포화 자계가 높기 때문에, 일반적으로는 MR 소자에는 적합하지 않다.

한편, 강자성막/비자성막으로 된 샌드위치 구조의 다층막에서, 강자성막이 반강자성 결합을 하지 않는 경우라도 큰 자기저항 효과를 실현한 예가 보고되고 있다. 즉, 비자성막을 사이에 둔 2개의 강자성막의 한쪽에 교환 바이어스를 가하여 자화를 고정해 두고, 다른 한쪽의 강자성막을 외부 자계(신호 자계 등)에 의해 자화 반전시킨다. 이로써, 비자성막을 사이에 두고 배치된 2개의 강자성막의 자화 방향의 상대적인 각도를 변화시킴으로써, 큰 자기저항 효과를 얻을 수 있다. 이러한 타입의 다층막은 스핀 밸브막이라고 불리고 있다(Phys.Rev.B., Vol. 45,806(1992), J.Appl.Phys., Vol.69,4774(1991)등 참조). 스핀 밸브막의 자기저항 변화율은 인공 격자막과 비교하면 작지만, 저자장에서 자화를 포화시킬 수 있기 때문에, MR 소자에 적합하다. 이러한 스핀 밸브막을 이용한 MR 헤드는 실용상 크게 기대되고 있다.

그런데, 상술한 강자성막 사이를 반강자성 결합시키지 않는 스핀 밸브막을 이용한 MR 소자에 있어서는, 특히 외부 자계에 의해 자화 반전시키는 강자성막의 연자기 특성을 높이는 것이 소자 감도를 향상시키기 위한 필요 조건이 된다. 그렇지만, 큰 MR 변화량을 가져오는 재료가 반드시 양호한 연자기 특성을 보인다고는 할 수 없으며, 이 두가지의 특성을 양립시키는 것이 중요한 과제로 되고 있다.

예컨대, 강자성막에 Co막이나 Co계 자성 합금막을 이용한 스핀 밸브막, 특히 결정질의 Co막이나 Co계 자성 합금막을 이용한 스핀 밸브막에서는 양호한 MR 변화량을 보이지만, 그 연자성화가 곤란한 것이 알려져 있다. 일반적으로, Co 또는 Co계 자성 합금에 있어서는 자기 이방성의 분산이 발생하여, 곤란측 방향의 자기 히스테리시스에 있어서도 커다란 보자력(H_c)이 생긴다. 이 때문에, Co나 Co계 자성 합금을 이용한 스핀 밸브막을 갖는 MR 소자를 센서 디바이스에 사용하면, 벌크하우젠(Barkhausen) 노이즈가 생겨 버려서, S/N비(신호대 잡음비)가 저하되어 실용적이지 않다는 문제가 있다.

특히, 스핀 밸브막에 있어서는 비자성막을 사이에 두고 배치된 2개의 강자성막의 자화 방향을 제로 자장 중에서 교차시키는 것이 센서 디바이스로서 이용하는 데에 바람직하며, 이를 위한 어닐 처리(annealing)가 필요하게 되었다. 그러나, 그와 같은 어닐 처리를 실행하면, Co나 Co계 자성 합금에 있어서의 자기 이

방성의 분산이 보다 커져서, 벌크하우젠 노이즈가 발생하여 S/N비가 저하되어 실용적이지 않다는 문제가 있다.

이와 같이, 스핀 밸브막을 이용한 MR 소자에서는 커다란 MR 변화량을 보이는 스핀 밸브막에 있어서 양호한 연자기 특성을 재현성 있게 실현하여, 자기 이방성의 분산을 억제하여 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 감소시키는 것이 과제에 되어 있다. 그리고, 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 감소시킴으로써, 센서 디바이스로 구현한 경우의 벌크하우젠 노이즈를 억제하는 것이 강력히 요망되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 제 1 목적은 강자성 도전체층에 보자력이 큰 재료를 사용한 경우라도 포화 자계를 감소시킬 수 있는 자기저항 효과 소자를 제공하는 것이다.

본 발명의 제 2 목적은 큰 MR 변화량과 양호한 연자기 특성을 재현성 좋게 얻을 수 있도록 한 스핀 밸브막을 이용한 자기저항 효과 소자를 제공 하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 제 1 자기저항 효과 소자는 제 1 강자성 도전체층, 이 제 1 강자성 도전체층 상에 적층된 비자성 도전체층 및 이 비자성 도전체층 상에 적층된 제 2 강자성 도전체층을 구비한 적층체와, 이 적층체에 형성된 한쌍의 전극을 구비하고, 상기 제 1 강자성 도전체층과 제 2 강자성 도전체층의 한쪽이 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성층을 구비한다.

상기 제 1 자기저항 효과 소자에 있어서, 자화 용이축 방향의 다른 복수의 강자성막으로 이루어지는 강자성 도전체층은 강자성막 사이에는 직접 교환 결합이 일어나고 있으며, 강자성 도전체층 전체에서 자화가 일체적으로 일어난다. 이 중에 용이 방향의 다른 강자성막이 존재함으로써, 이방성 에너지가 서로 반발하여, 전체적으로 낮은 포화 자계를 실현할 수 있다. 이러한 서로 반발하는 효과는 용이축이 거의 직교하는 경우에 가장 효과적으로 나타난다. 즉, 제 1 자기저항 효과 소자는 제 1 강자성층과 제 2 강자성층의 자화 용이축 방향이 거의 직교하고 있는 것에 특징이 있다.

더욱이 제 1 자기저항 효과 소자에 있어서 제 1 강자성층은 Co 또는 Co 합금으로 이루어지며, 상기 제 1 강자성층은 비자성 도전체층에 접하도록 배치되어 있는 것에 특징이 있다.

본 발명의 제 2 자기저항 효과 소자는 스핀 밸브 타입의 자기저항 효과 소자로서, 막면의 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 강자성 도전체층으로 이루어져, 측정 자계에 의해 자화 방향이 회전하는 프리층과, 막면의 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 강자성 도전체층으로 이루어져, 측정 자계에 의해 자화 방향이 회전하지 않는 핀층이 비자성 도전체층을 통해 적층된 적층체로 형성되며, 상기 프리층과 핀층의 자화가 이루는 각도에 의한 상기 적층체의 저항의 변화에 의해 측정 자계를 검출하는 자기저항 효과 소자에 있어서,

상기 프리층은 자화 용이축의 다른 제 1 및 제 2 강자성층을 포함하고, 상기 프리층 전체에서 소정 방향의 1축 자기 이방성을 유지하고 있는 것을 특징으로 한다.

상기 제 2 자기저항 효과 소자는 제 1 강자성층과 제 2 강자성층의 자화 용이축 방향이 거의 직교하고 있는 것을 특징으로 한다.

더욱이, 제 3 자기저항 효과 소자는 막면의 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 제 1 강자성 도전체층, 이 제 1 강자성 도전체층의 제 1 주면 상에 적층된 비자성 도전체층 및 이 비자성 도전체층 상에 적층된 면의 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 제 2 강자성 도전체층과, 상기 제 1 강자성 도전체층의 제 2 주면 상에 적층된 반강자성체로 이루어지는 자화 고착막을 구비한 적층체와, 이 적층체에 형성된 한쌍의 전극을 구비하고,

상기 제 2 강자성 도전체층은 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성층을 포함하며, 상기 제 2 강자성 도전체층 전체에서 소정 방향의 1축 자기 이방성을 유지하고 있는 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 자기저항 효과 소자는 또한, 제 1 강자성층과 제 2 강자성층의 자화 용이축 방향이 거의 직교하여, 상기 제 1 강자성층과 제 2 강자성층의 한쪽의 자화 용이축 방향과 상기 제 1 강자성 도전체층의 자화 용이축 방향이 거의 평행한 것을 특징으로 한다.

상기 제 3 자기저항 효과 소자는 또한, 제 2 강자성 도전체층에는 외부 자계에 대하여 자화가 회전할 수 있는 정도의 강도로, 제 1 강자성 도전체층의 자화와 직교하는 방향으로 바이어스 자계가 부여되어 있는 것이 바람직하다.

상기 제 1, 제 2, 제 3 자기저항 효과 소자, 즉 제 1 강자성 도전체층 상에 적층된 비자성 도전체층과, 이 비자성 도전체층 상에 적층된 제 2 강자성 도전체층으로 이루어지는 자기저항 효과를 보이는 적층체로 형성되며, 상기 제 1 및 제 2 강자성 도전체층의 적어도 한쪽이 자화 용이 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성막을 포함하고 있는 자기저항 효과 소자의 제조 방법은 상기 적층체를 제 1 온도까지 가열하여 자장을 제 1 방향에 걸쳐서 소정 시간 동안 유지하며, 자장을 인가한 채로 제 2 온도까지 냉각하여, 제 2 온도가 된 시점에서 자장을 제 2 방향으로 회전시켜, 그대로 실온까지 냉각하고, 이로써 제 1 및 제 2 강자성막에 다른 자화 용이축 방향을 부여하도록 열처리하는 열처리 공정을 포함한다.

또한 상기 제조 방법에서, 제 2 자장 방향을 제 1 자장 방향으로부터 거의 90도 회전시키는 직교화 열처리가 바람직하다.

또한, 상기 제조 방법에서는 제 1 및 제 2 강자성막의 전체 이방성 자계가 10 (Oe) 이하가 되도록 열처리를 실행하는 것이 바람직하다.

이상과 같이, 상기 제 1 내지 제 3 자기저항 효과 소자에 있어서는 자화 용이축 방향의 다른 복수의 강자성막으로 이루어지는 강자성 도전체층은 강자성막 사이에는 직접 교환 결합이 일어나고 있으며, 강자성 도전체층 전체에서 자화는 일체적이다. 이 중에 용이축 방향의 다른 강자성막이 존재함으로써, 이방성 에너지가 서로 반발하여, 전체적으로 낮은 포화 자계를 실현할 수가 있다. 이러한 서로 반발하는 효과는 용이축이 거의 직교하는 경우에 가장 효과적으로 나타난다.

더욱 구체적으로 도면을 참조하여 설명한다.

도 1a에 나타낸 것과 같이, 기판(1) 상에 프리층(2), 비자성 도전층(3) 및 핀층(4)이 형성되어 있다. 이 핀층의 자화는 예컨대 FeMn과 같은 반강자성막(도시하지 않음)으로 고정되어 있다. 이 적층막에는 한쌍의 전극이 부여되어 있다(도시하지 않음).

이 프리층(2)을 제 1 및 제 2 강자성막(2-1, 2-2)으로 구성한다. 예컨대 비자성 도전층(3)에 접하는 층을 제 1 강자성막(2-1)으로 한다.

스핀 밸브 타입의 자기저항 효과 소자에서는 핀층(4)은 자화가 고정되어 있기 때문에, 연자기 특성은 요구되지 않는다. 연자기 특성이 요구되는 것은 프리층(2)뿐이다. 따라서 프리층(2)만이 연자기 특성이 향상하도록 다층화, 경합 자화 상태를 실현하면 된다. 그렇지만, 필요에 따라서 핀층을 다층화하여도 된다.

GMR 타입의 경우, 비자성층과 자성층의 계면이 자기저항 효과에 큰 영향을 미친다. 따라서 저항 변화율이 크고, 내열성에 뛰어난 Co 혹은 Co 합금을 이용하는 경우에는 비자성 도전층(3)에 접하는 층(제 1 강자성막(2-1))을 Co 혹은 Co 합금으로 하도록 프리층(2) 내의 층구성을 구현하면 좋다.

예컨대, 핀층을 Co 혹은 Co 합금층으로 구성하고, 프리층을 Co 혹은 Co 합금으로 이루어진 제 1 자성막(2-1)과, 퍼말로이 등으로 이루어진 제 2 강자성막(2-2)을 적층한 것으로 하여, 이 제 1 및 제 2 강자성막의 용이축 방향을 예컨대 직교시킴으로써 실현된다.

이러한 경합된 자화 상태의 실현은 자장중에서 열처리함으로써 부여할 수 있다.

제 1 및 제 2 강자성막을 다른 재료로 구성하여 적층한다. 이들의 적층막을 고온에서부터 냉각하는 과정에서 인가 자계의 방향을 예컨대 90도 변화시킨다. 인가 자계의 방향을 바꾸는 온도는 막구성(제 1 및 제 2 강자성막의 조합, 적층 상태 등의 여러 가지 조건에 따라 다르다)에 달려있다.

적정한 온도를 설정함으로써, 예컨대, 제 1 강자성막은 초기의 자장 방향, 제 2 강자성막은 후반의 자장 방향으로 자화 용이축을 향하게 한다.

단, 막 전체에서 본 경우에는 이방성을 지배하는 막의 용이축 방향으로 1축 자기 이방성이 도입된다. 예컨대, 자화의 크기와 막두께와 이방성 자계의 수량이 큰 막으로 전체의 이방성이 지배되게 된다.

제 2 강자성막의 자화가 제 1 및 제 2 강자성막의 적층막의 자화를 지배하고 있다고 하면, 제 2 강자성막의 용이축 방향이 이 적층막의 1축 자기 이방성의 방향이 된다. 따라서, 제 1 강자성막의 자화 무자장 상태에서 제 2 강자성막의 용이축 방향을 향하게 한다.

이와 같은 모양을 도 1b에 나타낸다. 예컨대 핀층(4)의 용이축 방향과, 제 1 강자성막(2-1)의 용이축 방향이 일치하고, 제 2 강자성막(2-2)의 용이축 방향이 직교하는 모양을 보인다. 제 2 강자성막(2-2)이 프리층(2) 전체의 이방성 방향을 지배하여, 결과적으로 프리층(2)과 핀층(4)은 직교된 이방성이 도입된다.

스핀 밸브 타입에서는 핀층의 자화 고정에 반강자성막을 많이 이용한다. 이러한 경우의 구성은 예컨대 도 2에 나타낸다.

즉, 기판(21) 상에, 막면의 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 제 1 강자성 도전체층(핀층(24))과, 이 제 1 강자성 도전층 상에 적층된 비자성 도전층(23)과, 이 비자성 도전층 상에 적층된 막면의 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 제 2 강자성 도전층(프리층(22))과, 상기 제 1 강자성 도전층 상에 적층된 반강자성막으로 이루어지는 자화 고착막(25)을 구비한 적층체와, 이 적층체에 형성된 한쌍의 전극(26)을 구비하며,

상기 제 2 강자성체 도전층이, 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성막(22-1, 22-2)을 포함하고, 상기 제 2 강자성체 도전층 전체에서 소정 방향의 1축 자기 이방성을 유지하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자이다.

이 제 2 강자성체 도전층은 도 1b에서 나타낸 것과 같은 이방성이 도입되어 있다. 이 경우 지면의 평행면이 매체 대향면으로 된다.

또한, 도 2에 나타내는 구성에서는 프리층(22)에 바이어스 자계를 부여하기 위한 CoPt 합금층과 같은 경질 자성층(27)이 프리층에 접하여 형성되어 있다. 경질 자성층은 필수는 아니지만, 벌크하우젠 노이즈를 제거하기 위해 프리층에는 바이어스 자계를 인가하는 것이 바람직하다. 이 방향은 프리층의 1축 자기 이방성의 방향과 평행하다.

또 이 구성에서는 전극(26)을 적층막 상에 설치하였지만, 기판(21)과 적층막 사이, 또는 경질 자성층(27)과 적층막 사이에 설치하여도 상관없다.

더욱이, 일반적으로 반강자성막은 내부식성이 떨어지기 때문에, 반강자성막(25) 상에 보호막을 형성하여도 된다.

통상, 프리층의 1축 자기 이방성은 매체면에 평행하며, 또한 핀층의 1축 자기 이방성은 매체면에 수직으로 설정되어 있다. 따라서, 전술한 자장중 열처리에 있어서, 초기의 인가 자장을 핀층의 1축 자기 이방성의 방향으로 하고, 후단의 인가 자장을 프리층의 1축 자기 이방성의 방향으로 하면 좋다. 예컨대, 프리층을 구성하는 제 1 자성막의 자화 용이축의 방향과 핀층의 자화 용이축의 방향은 같은 방향이 되며,

프리층을 구성하는 제 2 자성막의 자화 용이축의 방향은 그것과 직교하는 방향으로 된다.

이러한 경우라도, 자기저항 효과에 크게 기여하는 것은 비자성 도전막에 접하는 제 1 강자성막이기 때문에, 본 발명의 조건을 만족하면서 제 2 강자성막을 부가함으로써, 제 1 강자성막 단독으로는 양립시키기 어려운 특성을 양립시킬 수 있다.

이러한 본 발명의 제 1 및 제 2 강자성 도전층의 적어도 한쪽이 복수의 자성막을 포함하고 있으면 좋고, 2층 이상의 강자성막을 포함하고 있더라도 상관없는 것은 말할 필요도 없다.

여기서 프리층이 2종의 자성막의 적층막으로 이루어지며, 각각의 자성층의 활성화 에너지가 ϵ_1 , ϵ_2 (eV)이고, 자장속에서 막을 형성하거나 혹은 활성화 에너지에 비교하여 충분히 고온에서 장시간 어닐처리를 실행하는 등의 방법으로, 한방향으로 분산된 작은 1축 자기 이방성이 부여되어 있는 경우에 대해서 설명한다.

일반적으로, 유도 자기 이방성이 부여된 자성막에, 용이축과 직교하는 방향으로 자장을 걸면서 온도(T_a)에서 어닐처리한 경우, 이방성 자계는 $H_K = 2H_{K0}(\exp\{-A \exp(-\beta \epsilon)t\} - 0.5)$ 에 따라서 변화한다. 여기서 H_{K0} 는 무한 시간 어닐처리한 경우의 이방성 자계이며, A 는 실험에 의해 구해지는 정수, t 는 열처리 시간, 또 $\beta = 1/(k_B \cdot T_a)$ 이며, k_B 는 볼츠만 정수, T_a 는 어닐 온도를 나타낸다.

여기서, CoNbZr 막 실험에서 구한 값 A 는 11.6이다. 이를 이용하여 활성화 에너지(ϵ)와 어닐 온도(T_Q)에 의한 H_K 의 의존성을 계산한 결과를 도 5에 나타내었다. 어닐처리 시간은 1000초이다.

도 3에서 알 수 있듯이, 같은 온도에서 직교화 열처리를 실행하더라도 활성화 에너지가 다르면 최종적인 H_K 값이 다르다. 또한 어떤 활성화 에너지에 대하여 적절한 어닐 온도를 선택하면 H_K 를 거의 0에 가깝게 할 수 있다는 것을 알 수 있다.

그러나, 단일 막으로 어닐처리를 행한 경우에는 이방성 분산이 발생하기 때문에, H_K 는 작아지더라도 보자력(H_c)이 커져버려서, 벌크하우젠 노이즈가 발생하는 등의 등의 문제가 생긴다.

한편, 프리층이 2종 자성층의 적층막으로 이루어져 있고, 활성화 에너지(ϵ)가 다른 경우, 소정 온도(T_a)에서 직교화 어닐처리를 실행하면, 이방성 자계의 값은 각 층마다 달라지게 된다.

여기서, $\epsilon_1 = 0.42(\text{eV})$, $\epsilon_2 = 0.52(\text{eV})$ 의 자성 재료를 사용하여 2층 자성 적층막을 형성한 경우를 고려하고, 또 양층의 $M_s \cdot d$ 수치(M_s 는 포화 자화, d 는 막두께)가 1 : 1이 되도록 막두께를 설정하였다고 하자.

이렇게 하면, 200°C에서 직교화 열처리를 행한 경우, 층(1)의 H_K 는 8(0e), 층(2)의 H_K 는 20(0e)이 되어, 도합 H_K 는 평균치의 14(0e)가 된다.

이에 대해, 270°C의 열처리에서는 각각 -10(0e), 14(0e)가 되어, 평균치로서 2(0e)로 작은 값으로 할 수 있다.

또한 각각의 층에 대해서 보면 충분히 큰 이방성이 부여되어 있으며, 이방성 분산이 작은 막으로 되어 있다.

또, 300°C에서 직교화 열처리를 행하면, 층(1)의 H_K 는 10(0e), 층(2)의 H_K 는 0(0e)이 되어, 평균치의 H_K 는 -8(0e)이 된다. 이 경우에는 이방성이 전체에서 90도로 회전해 버리는 층(2)의 H_K 가 너무 내려가고 있기 때문에 이방성 분산이 일어나, 전체적으로 보자력이 나온다는 등의 문제가 생긴다. 따라서, 이러한 경우는 270°C 정도의 직교화 열처리 온도가 가장 적합하게 된다.

직교하는 용이축(제 1 방향, 제 2 방향)을 갖는 복수의 강자성막으로 강자성 도전층이 구성되는 경우,

$$H_K(\text{total}) = [\sum 1(M_s \cdot t \cdot H_K) - \sum 2(M_s \cdot t \cdot H_K)] / \sum 1,2(M_s \cdot t)$$

중에서, M_s : 각 1층의 포화 자속 밀도,

t : 각 1층의 막두께,

H_K : 각 1층의 이방성 자계,

$\sum 1$: 제 1 방향의 용이축을 갖는 강자성층에 대한 총합계,

$\sum 2$: 제 2방향의 용이축을 갖는 강자성층에 대한 총합계, 및

$\sum 1, 2$: 강자성층 전체에 대한 총합계이다.

이상의 식으로 표시되는 $H_K(\text{total})$ 값의 절대치가 작은 쪽이 연자기 특성이 우수하다. 실용적으로는 이 값을 10(0e) 이하로 하는 것이 바람직하다. 따라서, 이 관계를 만족하는 온도를 선택하게 된다.

본 발명에 이용하는 강자성 도전체로는 Fe, Co, Ni 및 이들의 합금을 들 수 있다. 특히 Co 또는 Co 합금을 이용한 경우는 내열성, 고저항 변화율을 얻는데 효과적이다. 예컨대 Fe의 함유량이 5에서 40 원자% 정도의 Co가 풍부한 CoFe 합금 등을 예시할 수 있다. Pt 등의 첨가 원소를 가하여도 상관없다. 막의 두께는 5nm에서 20nm 정도이다.

Co 합금을 비자성 도전층에 접하는 층의 자성막으로 사용하여, 다른 자성막의 적층에 의해 전체적으로 연자성화를 달성함으로써, 높은 내열성(비자성 도전층으로의 확산의 저감 등) 및 높은 저항 변화율의 특징을 최대한으로 살릴 수 있다.

또 비자성 도전체로서는 Cu, Au, Ag 등을 들 수 있다. 마찬가지로 막의 두께는 5nm에서 20nm 정도이다.

또한, 반강자성체로는 FeMn, NiO, IrMn 등을 이용할 수 있다.

본 발명의 제 4 자기저항 효과 소자는 Co를 함유하는 강자성체막과 연자성막의 적층막으로 이루어지는 제 1 자성층, 제 2 자성층 및 상기 제 1 자성층과 제 2 자성층의 사이에 배치된 비자성 중간층을 갖는 스핀

밸브막을 구비한 자기저항 효과 소자에 있어서, 상기 연자성막은 1종의 연자성 재료막 또는 2종 이상의 연자성 재료막으로 이루어지는 연자성 재료 적층막으로 형성되며, 상기 연자성 재료막 또는 연자성 재료 적층막은 그 자화를 M_s [T], 막두께를 d [nm], 이방성 자계를 H_k [Oe]로 하였을 때, $\Sigma(M_s \times d \times H_k) > 30[TnmOe]$ 을 만족하는 것을 특징으로 한다. 여기서 $\Sigma(M_s \times d \times H_k)$ 값은 각 연자성 재료막의 ($M_s \times d \times H_k$) 값의 총합계를 가리킨다.

본 발명의 자기저항 효과 소자에 있어서는 Co를 함유하는 강자성체막과 접하여 형성되는 연자성층에, $\Sigma(M_s \times d \times H_k)$ 값이 $30[TnmOe]$ 를 넘는 연자성 재료막 또는 연자성 재료 적층막을 이용하고 있다. 여기서, 상기 연자성층의 $\Sigma(M_s \times d \times H_k)$ 값은 Co를 함유하는 강자성체막의 이방성 분산을 억제하는 힘을 나타내고 있다. 이러한 $\Sigma(M_s \times d \times H_k)$ 값이 $30[TnmOe]$ 를 넘는 연자성막을 사용함으로써, Co를 함유하는 강자성체층의 이방성 분산을 재현성 좋게 억제할 수 있다. 이렇게 함으로써, Co를 함유하는 강자성체막의 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 예컨대 10e 이하까지 감소시킬 수 있게 된다. 즉, Co를 함유하는 강자성체막의 연자 특성의 도모할 수 있다.

또한 본 발명의 제 4 자기저항 효과 소자의 제조 방법, 즉, Cu를 함유하는 강자성체막과 연자성막의 적층막으로 이루어지는 제 1 자성층, 제 2 자성층 및 상기 제 1 자성층과 제 2 자성층의 사이에 배치된 비자성 중간층을 갖는 스핀 밸브막을 구비하는 자기저항 효과 소자의 제조 방법은 기판 상에 연자성막을 형성하고, 이 연자성막 상에 Co 함유 강자성막을 적층하여 제 1 자성층을 형성하고, 이 제 1 자성층 상에 비자성 중간층, 또, Co 함유 강자성체로 이루어지는 제 2 자성층을 형성하며, 또 반강자성층을 적층하여 스핀 밸브막을 형성하고, 직교 어닐처리를 행함으로써, 스핀 밸브 자기저항 효과 소자로 만든다.

이하, 본 발명의 제 4 자기저항 효과 소자에 관해서 설명한다.

도 4는 본 발명의 한 실시 형태에 의한 자기저항 효과 소자(MR 소자)의 주요부 구성을 보이는 단면도이다. 도 4에 있어서, 51은 기판, 52는 제 1 자성층, 54는 제 2 자성층이고, 이들 제 1 및 제 2 자성층(52, 54)사이에는 비자성 중간층(53)이 삽입되어 있다. 이들 자성층(52, 54)들은 반강자성 결합을 하지 않고, 비결합형의 적층막을 구성하고 있다.

이들 자성층(52, 54)중, 제 1 자성층(52)은 Co를 함유하는 강자성체로 이루어지는 강자성체층(52-1)과, 연자성 재료로 이루어지는 연자성층(52-2)의 적층막에 의해 구성되어 있다. 이 중에서, 강자성체층(52-1)은 자기저항 효과에 기여하는 층이고, 연자성층(52-2)은 후에 상술하는 것과 같이, 강자성체층(52-1)의 연자기 특성을 향상시키는 층이다. 연자성층(52-2)은 1종의 연자성 재료로 이루어지는 연자성 재료막으로 구성하여도 좋고, 또한 2종 이상의 연자성 재료막으로 이루어지는 연자성 재료 적층막으로 구성하여도 좋다.

강자성체층(52-1)과 연자성층(52-2)의 적층막으로 이루어지는 제 1 자성층(52)은 강자성체층(52-1)이 비자성 중간층(53)과 접하도록 배치되어 있다. 한편, 반드시 이러한 배치에 한정되는 것이 아니지만, 큰 MR 변화량을 얻기 위해서는 상기와 같은 배치로 하는 것이 바람직하다. 또한, 강자성체층(52-1)과 연자성층(52-2)의 사이는 직접 자기적으로 교환 결합시켜서, 막두께 방향에서 보면 자화가 일체적으로 발생하는 것이 바람직하다.

이 제 1 자성층(52)은 신호 자계 등의 외부 자계에 의해 자화 반전하는 자성층, 소위 프리 자성층이다. 또한, 강자성체층(52-1)은 MR 변화량이 양호하지만, 연자성화가 곤란한 결정질인 경우에, 특히 본 발명의 효과를 발휘한다.

상기 제 1 자성층(52)에 있어서, 강자성체층(52-1)에는 Co 단일체나 Co계 자성 합금을 사용할 수 있지만, MR 변화량에 영향을 미치는 벌크(bulk) 효과와 계면 효과를 함께 크게 할 수 있고, 이로써 큰 MR 변화량을 얻을 수 있는 Co계 자성 합금을 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 Co계 자성 합금으로서 Co에 Fe, Ni, Au, Ag, Cu, Pd, Pt, Ir, Rh, Ru, Os, Hf 등의 1종 또는 2종 이상을 첨가한 합금을 들 수 있다. 첨가 원소량은 5~50 원자%로 하는 것이 바람직하고, 이와 더불어 8~20 원자%의 범위로 하는 것이 바람직하다. 이것은 첨가 원소량이 지나치게 적으면, 벌크 효과가 충분히 증가하지 않고, 반대로 첨가 원소량이 지나치게 많으면, 계면 효과가 크게 감소할 우려가 있는 때문이다. 첨가 원소는 큰 MR 변화량을 얻는 데에 있어서, 특히 Fe를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 강자성체층(52-1) 및 연자성층(52-2)의 막두께는 열 안정성의 관점에서 1nm 이상으로 하는 것이 바람직하다. 또, 강자성체층(52-1)의 막두께는 너무 두껍게 하면, ①MR 변화율이 감소하여 버리며, ②반자계에 의해 벌크하우젠 노이즈가 쉽게 생기게 되고, ③연자성층(52-2)에 의해 얻을 수 있는 이방성 분산의 억제 효과가 감소되어 버리는 등의 문제를 초래할 우려가 있기 때문에, 10nm 이하로 하는 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 5nm 이하로 하면 좋다. 그리고, 연자성층(5)의 막두께에 대해서는 후에 상술한다.

한편, 제 2 자성층(54)은 제 1 자성층(52)에 있어서의 강자성체층(4)과 같은 식의 Co 단일체나 Co계 자성 합금으로 이루어지는 강자성체층이고, 제 1 자성층(52)과 같은 이유에서 Co계 자성 합금을 이용하는 것이 바람직하다. 이 제 2 자성층(54)은 그 위에 형성된 IrMn막, FeMn막, NiO막 등으로 이루어지는 반강자성층(56) 혹은 CoPt막 등으로 이루어지는 연자성층에 의해서, 바이어스 자계가 부여되어 자화고착되어 있다. 이 제 2 자성층(54)은 소위 핀 자성층이다.

제 2 자성층(54)의 막두께는 큰 MR 변화량을 얻을 수 있는 1~10nm의 범위로 하는 것이 바람직하다. 또, 이 핀 자성층으로서의 제 2 자성층(54)은 상기와 같이 강자성체층의 자화를 반강자성층(56) 등으로 자화고착한 것에 한하지 않고, 예컨대 경자성층 등을 직접 사용할 수도 있다.

여기서, 제 1 자성층(52) 및 제 2 자성층(54)의 자화 방향은 MR 소자의 선형 응답성을 향상시키는 데에 있어서, 외부 자계가 0인 상태에서 예컨대 서로 직교하게 놓는 것이 바람직하다. 이러한 자화 상태는 예컨대 이하에 나타내는 것과 같은 어닐처리를 실행함으로써 얻을 수 있다. 즉, ①1kOe 정도의 자장을 인가하면서 250℃ 정도의 온도로 1시간 정도 유지한 후, ②그대로 1kOe 정도의 자장 속에서 210℃ 정도의 온도까지 냉각하고, ③210℃ 정도의 온도로 된 곳에서 자장의 인가 방향을 90° 회전시켜 실온까지 냉각한

다. 이러한 어닐처리(이하, 직교 어닐이라 한다)에 의해, 직교시킨 자화 상태를 안정하게 얻을 수 있다.

구체적인 자화 방향은 제 1 자성층(52)의 자화 방향을 트랙 폭 방향으로 하고, 제 2 자성층(54)의 자화 방향을 제 1 자성층(52)의 자화 방향과 직교하는 매체 대향면에 대하여 수직인 방향으로 하는 것이 바람직하다.

상술한 제 1 및 제 2 자성층(52, 54) 사이에 배치되는 비자성 중간층(53)은 상자성 재료, 반자성 재료, 반강자성 재료, 스핀 글래스 등에 의해 구성되는 것이다. 구체적으로는 Cu, Au, Ag, 또는 이들과 자성 원소를 함유하는 상자성 합금, Pd, Pt, 및 이들을 주성분으로 하는 합금 등을 예시할 수 있다.

여기서 비자성 중간층(53)의 막두께는 2~5nm로 설정하는 것이 바람직하다. 비자성 중간층(53)의 막두께가 2nm를 넘으면 저항 변화 감도를 충분히 얻을 수 없으며, 또한 5nm 미만이면 자성층(52, 54) 사이의 교환 결합을 충분히 작게 하는 것이 곤란해진다.

상술한 각 층에 의해 스핀 밸브 적층막(57)이 구성되어 있으며, 이러한 스핀 밸브 적층막(57)을 구비하는 MR 소자에 있어서는 제 2 자성층(54)은 자화고착되어 있는데 비하여, 제 1 자성층(52)은 외부 자계에 의해 자화 반전하기 때문에, 비자성 중간층(53)을 사이에 두고 배치된 자성층(52, 54)의 자화 방향의 상대적인 각도가 변화하여 자기저항 효과를 얻을 수 있다. 이 때, 제 1 자성층(52)이나 제 2 자성층(54)을 주로 구성하는 강자성체층으로서 Co를 함유하는 강자성체, 특히 Co계 자성 합금을 사용하고 있기 때문에, MR 변화량을 얻을 수 있다.

여기서, Co나 Co계 자성 합금은 큰 MR 변화량을 가져오지만, 그들 단독으로는 양호한 연자기 특성을 실현하기 어렵고, 일반적으로는 자기 이방성의 분산이 일어나 곤란축 방향의 보자력(H_c)이 큰 값을 가지게 된다. 이들 이방성 분산은 결정 자기 이방성의 분산에 의해 생기는 경우도 있고, 또 유도 자기 이방성 분산에 의해 생기는 경우도 있다. 특히, 스핀 밸브막에 상기와 같은 특유의 직교 어닐을 행하면, 이방성의 분산이 커지기 쉬우며, 또 Co계 자성 합금에 있어서는 Co량이 많을수록 이방성 분산의 정도가 커진다.

그래서, 본 발명에 있어서는 외부 자계에 의해 자화 반전하는 제 1 자성층(52)을 강자성체층(52-1)과 연자성층(52-2)의 적층막으로 구성함과 더불어, 연자성층(52-2)의 자화를 $M_s[T]$, 막두께를 $d[nm]$, 이방성 자계를 $H_k[0e]$ 로 하였을 때, $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 의 값이 $30[Tnm0e]$ 이상이 되도록, 연자성층(52-2)의 재질이나 막두께 등을 설정하고 있다. 여기서, $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값은 연자성층(52-2)을 1층의 연자성 재료막으로 구성하는 경우에는 그 $(M_s \times d \times H_k)$ 값이고, 연자성층(52-2)을 2층 이상의 연자성 재료막의 적층막으로 구성하는 경우에는, 각 연자성 재료막의 $(M_s \times d \times H_k)$ 값의 합계이다.

즉, Co를 함유하는 강자성체층(52-1)과 연자성층(52-2)의 적층막에 있어서, 곤란축 방향의 히스테리시스에 있어서의 보자력(H_c)과 연자성층(52-2)의 자기 특성의 관계를 상세히 조사한 결과, 연자성 재료막의 자화 $M_s[T]$, 막두께 $d[nm]$ 및 이방성 자계 $H_k[0e]$ 를 곱한 값($(M_s \times d \times H_k)$ 값)의 총합계($\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값)와 상기 보자력(H_c)의 사이에 명확한 관계가 존재하여, $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값이 $30[Tnm0e]$ 를 넘는 경우에 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 재현성 좋게 감소시킬 수 있는 것이 분명하다.

도 5에, 연자성층(52-2)의 구성을 바꾸어 $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값을 변화시킨 경우의 곤란축 방향의 보자력(H_c)의 변화를 조사한 결과를 나타낸다. 도 5에서 알 수 있는 바와 같이, 곤란축 방향의 보자력(H_c)은 $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값에 대하여 반비례적인 의존성을 보여, $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값의 증대에 따라 감소하는 것을 알 수 있다. 이것은 Co를 함유하는 강자성체층(52-1)의 이방성 분산이 연자성층(52-2)의 1축 자기 이방성에 의해 억제되기 때문이다. 즉, $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값은 Co를 함유하는 강자성체층(52-1)의 이방성 분산을 억제하는 힘을 나타내고 있으며, 이 값이 $30[Tnm0e]$ 를 넘는 연자성층(52-2)을 사용함으로써, 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 예컨대 1 0e 이하로 감소시킬 수 있게 된다.

이와 같이, 프리 자성층인 제 1 자성층(52)의 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 예컨대 1 0e 이하로 함으로써, 스핀 밸브 적층막(57)을 구비하는 MR 소자를 자기 헤드 등의 센서 디바이로서 이용한 경우에, 벌크하우젠 노이즈의 발생을 안정되게 억제하는 것이 가능해진다. 따라서, 양호한 S/N 비를 갖는 센서 디바이스를 얻을 수 있다. 상기 $\sum(M_s \times d \times H_k)$ 값은 안정적으로 낮은 보자력(H_c)을 실현하는 데에 있어서, $\sum(M_s \times d \times H_k) > 50[Tnm0e]$ 로 하는 것이 바람직하고, 더욱 낮은 보자력 예컨대 $H_c < 0.5 0e$ 를 실현하기 위해서는 $\sum(M_s \times d \times H_k) > 80[Tnm0e]$ 이상으로 하는 것이 바람직하다.

연자성층(52-2)의 구체적인 구성은 상기 $\sum(M_s \times d \times H_k) > 30[Tnm0e]$ 를 만족하는 것이면 특별히 한정되는 것이 아니지만, 강자성체층(52-1)의 이방성 분산을 억제하는 데에 있어서 양호한 1축 자기 이방성을 지닌 것과 동시에, 연자성층(52-2) 자체의 안정화를 위해 이방성 자계가 H_k 가 5 0e 이상인 연자성 재료막을 적어도 1층을 갖는 것이 바람직하다.

구체적인 연자성층(52-2)의 구성 재료로는 NiFe 합금, NiFeCo 합금, 이들 fcc결정구조의 연자성 합금에 Ti, V, Cr, Mn, Zn, Nb, Mo, Tc, Hf, Ta, W, Re 등의 첨가 원소를 첨가하여 고저항화한 합금 Co에 같은 첨가 원소를 첨가하여 비결정질(amorphous)화한 합금, 예컨대 비결정질 CoNbZr 합금 등을 들 수 있다.

상술한 연자성 재료 중, NiFe 합금이나 NiFeCo 합금 등은 fcc결정구조를 갖기 때문에, Co를 함유하는 강자성체층(4)의 결정성을 향상시켜 연자기 특성의 향상에 기여하는데, 이방성 자계(H_k)가 5 0e 미만이기 때문에, 비결정질 CoNbZr 합금 등과 적층막으로서 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 다른 바람직한 형태로서는 이방성 자계(H_k)가 5 0e 이상이 되는 조성으로 한 NiFeCo 합금막을 단일체로 이용하는 것 등을 들 수 있다.

이 실시 형태의 MR 소자에 있어서는 제 1 자성층(52)의 강자성체층(52-1)으로 Co를 함유하는 강자성체를

사용하고 있으므로, 큰 MR 변화량을 얻을 수 있고, 게다가 Co를 함유하는 강자성체층(52-1)을 $\Sigma(M_s \times d \times H_k) > 30[TnmOe]$ 의 연자성층(52-2)의 적층막으로서 이용하고 있기 때문에, Co를 함유하는 강자성체층(52-1)의 자기 이방성의 분산이 억제되어 양호한 연자기 특성을 얻을 수 있다. 이와 같이, 상기 실시 형태의 MR 소자의 스핀 밸브 적층막(57)에서는 큰 MR 변화량과 양호한 연자기 특성이 양립되어 있어서, 소자 감도가 우수한 동시에, 센서 디바이스로서 이용한 경우에 벌크하우젠 노이즈의 발생을 억제하여, 양호한 S/N비를 얻을 수 있다. 즉, 스핀 밸브막을 사용한 MR 소자의 실용성을 대폭으로 높일 수 있다.

이상의 본 발명의 제 1 내지 제 4 자기저항 효과 소자를 자기 기록의 독출 헤드로 사용한 경우, 예컨대 실드(shield) 타입으로 구성하는 것을 고려하면, 도 6에 나타내는 구조를 취할 수 있다.

기판(31) 상에 강자성체로 이루어지는 하부 실드층(32)이 형성되어, 절연체로 이루어지는 하부갭층(33)을 통해 프리층/비자성 도전막층/핀층/자화 고착층의 적층막으로 이루어지는 MR막(34)이 형성된다.

MR막에는 경질 자성층(35)에 의해 바이어스 자계가 부여되어 있다. 경질 자성층(35)을 통해, 또는 직접 MR막(34)에 전극(36)이 형성되어, 이들을 덮는 절연체로 이루어지는 상부 자기갭층(37)을 통해 강자성체로 이루어지는 상부 자기 실드층(38)이 형성되어 있다.

절연체로서는 알루미늄 등을 사용할 수 있고, 강자성체로는 퍼멀로이, CoZrNb 등의 비결정질 자성 합금 등을 사용할 수 있다.

이 구성에서는 상하 자기 실드층간에 매체 자계가 삽입되어, MR막이 검지하게 된다.

상기 구성에 있어서는 전극, 경질 자성막 등을 기판에 장착하여, MR 적층막 부분을 평탄화하는 것도 가능하다. 또 상하를 역전시켜, 반자성막을 기판측에 배치하는 것도 가능하다.

기록 재생 일체형의 헤드를 구성하는 경우에는 예컨대 상부 자기 실드를 기록 자극에 겸용하여, 이 자극에 박막 코일을 형성하면 된다.

또한, 매체 자계를 요크에 의해 빨아 들여, MR막에서 검출하는 구성도 취할 수 있다(도 7a 참조). 예컨대, 매체층으로 돌출된 부분(41-1)을 만든 요크(41) 상에 MR부(42)를 형성하여, 이 요크 부분에서 도입된 매체 자계를 MR부에서 검출하는 구성이다. 이 구성을 상하 자기 실드(도시하지 않음) 사이에 배치하여 헤드를 구성하게 된다.

도 7a에 나타난 구성에서는 도면의 상하 방향으로 이동하게 된다.

또, 도 7b에 도시된 것과 같이, 기판(401) 상에 자기갭(402)을 통해 대향하는 한쌍의 요크(403-1, 403-2)를 배치하고, 이 한쌍의 요크 사이에 MR부(404)를 배치하여, 도면의 좌우 방향으로 매체를 이동시키는 구성을 취할 수도 있다.

어느 경우든 MR 부분이 매체면에서부터 후퇴하고 있기 때문에, 내부식성, 내마모성 등이 뛰어난 구성이 된다.

또한 기록 재생 일체형의 헤드인 경우에는 유도 타입의 기록 헤드를 적층하는 것도 가능하다.

한편, 헤드에 한하지 않고 자계 센서로서의 응용이나, 센서가 아니라 기록 소자(소위 MRAM)로서 이용할 수 있다. 예컨대 스핀 밸브 구조에서 프리층의 자화 방향으로 "1", "0"을 기록하여, 핀층 사이의 자화 방향에 의존하는 자기 저항의 차이에 의해 이 정보를 독출하는 방식 등이다.

그 밖에, 자기스핀 의존산란에 기인하는 자기저항 효과를 이용한 소자에도 본 발명을 응용할 수 있는 것은 말할 필요도 없다.

이어서, 본 발명이 구체적인 실시예에 대해 설명한다.

[실시예 1]

표면에 열산화막을 갖는 Si 기판 상에, 기판측으로부터

Co₉₀Zr₈Nb₄ 비정질 자성막 : 100 Å (angstrom)

Ni₈₀Fe₂₀막 : 20Å

Co₉₀Fe₁₀막 : 40Å

Cu막 : 30Å

Co₉₀Fe₁₀막 : 40Å

FeMn막 : 150 Å

이 순차로 적층된 소위 스핀 밸브 타입의 자기저항 효과 소자를 형성하였다.

여기서, 핀층이 CoFe막으로 된 단층이고, 프리층이 CoZrNb막과 NiFe막의 2층으로 이루어지는 제 2 자성층이며, CoFe층이 제 1 자성층으로 된 복합 적층막이다.

또, FeMn막 상에는 Ti막 50Å를 보호층으로서 적층하였다.

이 적층막에 대하여, 이하의 조건으로 어닐처리를 행하였다.

①250℃에서, 1kOe의 자장을 한방향(a)에 걸쳐 1시간 유지하여, 자장을 인가한 채로 실온까지 냉각하였다.

②250℃에서, 1kOe의 자장을 한방향(a)에 걸쳐 1시간 유지하여, 자장을 인가한 채로 200℃까지 냉각하고,

200℃가 된 시점에서 자장을 90도 회전시켜(방향 b) 그대로 냉각하였다.

③250℃에서, 1kOe의 자장을 한방향(a)에 걸쳐 1시간 유지하여, 자장을 인가한 채로 150℃까지 냉각하고, 150℃가 된 시점에서 자장을 90도 회전시켜(방향 b) 그대로 냉각하였다.

이상의 3가지의 예에 대해 프리층의 이방성 자계를 VSM으로 측정된 결과를 표1에 나타낸다.

참고로, 각 자성막을 단독으로 형성한 경우의 Hk도 함께 나타낸다. 또한 각 자성막의 용이축 방향을 인가 자장 방향에 의해 나타내었다.

[표 1]

	프리층				핀층
	Hk(Oe)	CoZrNb	NiFe	CoFe	CoFe
①	11	7(a)	3(a)	13(a)	300(a)
②	3	7(a)	3(a)	11(b)	300(b)
③	11	7(a)	3(a)	13(a)	300(b)

어느쪽의 경우도, 프리층 전체에서 방향(a)의 1축 자기 이방성이 부여되어 있었다.

①의 경우, 프리층에 있어서는 모든 막의 이방성이 a 방향이기 때문에, 프리층 전체적으로도 이방성 자계는 그 단순 평균(막두께, 자화를 고려)으로 되어, 110e라는 커다란 값으로 되고 있다.

③의 경우는 핀층의 이방성은 FeMn층과 함께 b 방향을 향하고 있지만, 프리층에 있어서는 ①과 같은 식으로 한결같이 a 방향이며, 이방성 자계는 역시 110e라는 커다란 값으로 되고 있다.

이에 대하여, ②의 경우는 유도 자기 이방성의 방향이 움직이기 쉬운 프리층 중의 CoFe막의 용이축 방향이 CoZrNb막, NiFe막과는 직교 방향을 향하고 있으며, CoFe막 단층으로는 실현할 수 없는 낮은 이방성 자계 30e가 실현되고 있다.

실제로 ②의 막 구성에서, 자기저항 효과 소자로서 자계 측정을 실시한 바, 10%를 넘는 저항 변화율을 얻을 수 있고, 200℃를 넘는 내열성을 확인하였다.

한편, 전술한 계산에 의한 Hk(total)의 값은 측정치 Hk와 거의 동등하며, ②의 경우에만 Hk(total)의 값이 10이하의 조건을 만족하고 있었다.

자기저항 효과를 비교한 바, ②의 경우의 감도가 1.6%/Oe인 데 대하여, ①은 0.45%/Oe, ③은 0.45%/Oe이어서, ②의 고감도가 확인되었다.

이와 같이 본 발명에 의하면, 원래 Co 합금으로서는 실현할 없었던 연자성화를 달성할 수 있고, Co 합금의 높은 내열성, 높은 저항 변화율을 살리면서, 작은 자계로 큰 저항 변화를 얻을 수 있는 자기저항 효과 소자를 얻을 수 있다.

한편, Co 합금 이외의 것을 사용하더라도 같은 효과를 얻을 수 있다.

기판으로는 Si 이외에, 예컨대 알루미늄 기판, 필요에 따라서 알루미늄막이 부여된 AlTiC 기판 등을 이용할 수 있다.

이상과 같이, Co 합금과 같은 높은 보자력의 재료를 사용한 경우에도 양호한 연자기 특성을 실현할 수 있고, 높은 보자력 재료를 사용하여도 작은 자계로 큰 저항 변화를 얻을 수 있는 자기저항 효과 소자를 얻을 수 있다.

[실시예 2]

열산화 Si 기판 상에 스퍼터법에 의해서, 우선 연자성층(5)으로서 비결정질 CoNbZr 합금막과 NiFe 합금막을 순차로 형성하였다. 여기서, 비결정질 CoNbZr 합금막의 막두께를 변화시켜, 비결정질 CoNbZr 합금막의 막두께가 3nm, 5nm, 7nm, 10nm 4종류의 시료를 제작하였다. 또한, NiFe 합금막의 막두께는 2nm으로 일정하였다.

이어서, 이 연자성 재료 적층막으로 이루어지는 연자성층(5) 상에, 강자성체층(4)으로서 막두께 3nm의 Co₉₀Fe₁₀ 합금막, 비자성 중간층(3)으로서 막두께 3nm의 Cu막, 제 2 자성층(2)으로서 막두께 3nm의 Co₉₀Fe₁₀ 합금막, 반강자성층(6)으로서 막두께 10nm의 IrMn 합금막, 보호층으로서 막두께 5nm의 Ta막을 순차로 적층하여, 스핀 밸브 적층막(7)을 형성하였다.

상기 스핀 밸브 적층막(7)에 있어서는 비결정질 CoNbZr 합금막과 NiFe 합금막의 적층막으로 이루어지는 연자성층(5)에 의해서, 그와 인접한 강자성체층(4)으로서의 Co₉₀Fe₁₀ 합금막의 이방성 분산이 억제되고 있으며, 또한 IrMn 반강자성층(6)과 인접한 제 2 자성층(2)으로서의 Co₉₀Fe₁₀ 합금막은 1방향 자기 이방성이 주어지고 있다.

이런 다음, 상기 스핀 밸브 적층막(7)에 패터닝을 실시하고, 또한 외부 자계에 대한 선형 응답 특성을 향상시키기 위해서, 핀 자성층(2)으로서의 Co₉₀Fe₁₀ 합금막의 1방향 이방성의 방향과, 프리 자성층(1)에 있어서의 Co₉₀Fe₁₀ 합금막의 1축 이방성의 방향이 90° 직교하도록, 전술한 직교 어닐처리를 실시하여 MR 소자를 얻었다.

이렇게 하여, 비결정질 CoNbZr 합금막의 막두께를 변화시켜 얻은 각 MR 소자의 소자 전체에서의 곤란축

방향의 보자력(H_c)을 측정하였다. 각 MR 소자의 비결정질 CoNbZr 합금막과 NiFe 합금막의 적층막 $\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값과, MR 소자 전체에서의 곤란축 방향의 보자력(H_c)의 관계를 표 2에 나타낸다.

[표 2]

시료번호	CoNbZr 합금막의 두께(nm)	$\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값(TnmOe)	곤란축방향의 보자 력 H_c (Oe)
1	3	11.2	2.6
2	5	33.6	0.9
3	7	64.5	0.6
4	10	102	0.2

표 2에서 알 수 있듯, $\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값은 비결정질 CoNbZr 합금막의 막두께의 증대에 따라서 커지며, 그에 따라 보자력(H_c)이 감소하고 있다. 그리고, $\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값이 30[TnmOe] 이하인 번호 1의 시료, 즉 본 발명의 범위 밖의 스핀 밸브막을 갖는 시료(비교예)에서는 보자력(H_c)이 1 Oe를 넘는 데 대하여, $\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값이 30 [TnmOe]를 초과하는 번호 2~4의 시료, 즉 본 발명의 스핀 밸브막을 갖는 시료(실시예)는 보자력(H_c)이 1 Oe 이하로 되어 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이, $\Sigma (M_s \times d \times H_k) > 30$ [TnmOe]이 되기 때문에, 양호한 연자기 특성을 얻을 수 있게 된다. 또, 상기 각 시료의 MR 변화율을 조사한 바, 모두 7% 이상으로 큰 값을 나타냈다.

또, 상기 각 시료의 MR 소자를 이용하여 동일한 구조의 MR 헤드를 제작하였다. 헤드는 지름 3 인치의 AlTiC 기판 상에 제작하여, 1장의 기판에서 800개의 헤드를 얻었다. 제작한 헤드를 실제의 디스크·드라이브에 조립하여, 벌크하우젠 노이즈가 생기는 헤드의 수를 각 시료의 헤드마다 확인하였다. 그 결과를 표 3에 나타낸다.

[표 3]

시료번호	CoNbZr 합금막의 막 두 께(nm)	벌크하우젠노이즈가 발 생한 헤드의 수
1	3	380
2	5	65
3	7	10
4	10	6

표 3에서 $\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값이 클수록, 벌크하우젠 노이즈가 생기기 어렵다는 것을 알 수 있다.

[실시예 3]

상기 실시예 2의 비결정질 CoNbZr 합금막과 NiFe 합금막의 적층막으로 이루어지는 연자성층 대신에, $(Ni_{70}Fe_{10}Co_{20})_{95}Cr_5$ 합금막을 연자성층(5)으로서 이용하는 것 이외는 실시예 1과 동일한 구조의 스핀 밸브 적층막(7)을 제작하였다. 이 때, 연자성층(5)로서의 $(Ni_{70}Fe_{10}Co_{20})_{95}Cr_5$ 합금막의 막두께를 표 3에 나타내는 것과 같이 변화시켰다.

이어서, 상기 스핀 밸브 적층막(7)에 패터닝을 실시하고, 또 실시예 1과 같은 방식의 직교 어닐을 실시하여, 각각 MR 소자를 얻었다. 이들 각 MR 소자의 소자전체에대한 곤란축 방향의 보자력(H_c)을 측정하였다. 그 결과를 표 4에 나타낸다.

[표 4]

시료번호	$(Ni_{70}Fe_{10}Co_{20})_{95}Cr_5$ 합금막의 두께	$\Sigma (M_s \times d \times H_k)$ 값(TnmOe)	곤란축방향의 보자 력 H_c (Oe)
5	3	24	1.5
6	5	40	0.8
7	7	56	0.7
8	10	80	0.5

표 4에서 알 수 있듯이, 연자성층(5)으로서 $(\text{Ni}_{70}\text{Fe}_{10}\text{Co}_{20})_{95}\text{Cr}_{5}$ 합금막을 사용한 경우에도, $\Sigma(M_s \times d \times H_k)$ 값이 막두께의 증대에 따라서 커져, 그에 따라 보자력(H_c)이 감소하고 있다. 그리고, $\Sigma(M_s \times d \times H_k)$ 값이 $30[\text{TnmOe}]$ 를 초과하는 번호 6~8의 시료(실시에)는 보자력(H_c)이 1 Oe 이하로 되어 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이, $\Sigma(M_s \times d \times H_k) > 30[\text{TnmOe}]$ 로 함으로써, 양호한 연자기 특성을 얻을 수 있다.

상기 각 시료의 MR 변화율을 조사한 바, 모두 7% 이상으로 큰 값을 나타냈다. 또한, 실시예 2와 같은 식으로 MR 헤드를 제작하여, 벌크하우젠 노이즈의 발생의 유무를 조사한 바, 보자력(H_c)이 1 Oe 이하인 MR 소자를 이용한 경우에는 벌크하우젠 노이즈의 발생을 억제할 수 있는 것을 확인하였다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명의 자기저항 효과 소자에 의하면, 큰 MR 변화량과 양호한 연자기 특성을 재현성 좋게 얻을 수 있게 된다. 따라서, 스핀 밸브막의 자기저항 효과 소자의 실용성을 대폭으로 높일 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

제 1 강자성 도전층, 제 1 강자성 도전층 상에 적층된 비자성 도전층 및 이 비자성 도전층 상에 적층된 제 2 강자성 도전층으로 이루어지며 자기저항 효과를 나타내는 적층체와, 이 적층체에 형성된 한쌍의 전극을 구비하며, 이들 제 1 및 제 2 강자성 도전층의 적어도 한쪽이 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성막을 포함하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 강자성막의 자화 용이축의 방향은 직교하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 제 1 강자성막은 Co 및 Co 합금으로 이루어지며, 또한 비자성 도전층에 접하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 4

막면 안쪽 방향에 1축 자기 이방성이 부여된 강자성 도전층으로 이루어져 측정 자계에 의해 자화 방향이 회전하는 프리층과, 막면 안쪽 방향에 1축 자기 이방성이 부여된 강자성 도전층으로 이루어져 측정 자계에 의해 자화 방향이 실질적으로 회전하지 않는 핀층이, 비자성 도전층을 통해 적층된 적층체로 이루어지고, 상기 프리층과 핀층의 자화가 이루는 각도에 의한 상기 적층체의 전기 저항의 변화를 검출하는 자기저항 효과 소자에 있어서, 상기 프리층이 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성막을 포함하고, 상기 프리층 전체적으로 소정 방향의 1축 자기 이방성을 유지하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 강자성막의 자화 용이축의 방향은 직교하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 6

막면 안쪽 방향에 1축 자기 이방성이 부여된 제 1 강자성 도전층, 이 제 1의 강자성 도전층의 제 1 주면 상에 적층된 비자성 도전층, 이 비자성 도전층 상에 적층된 막면 안쪽 방향으로 1축 자기 이방성이 부여된 제 2 강자성 도전층 및 상기 제 1 강자성 도전층의 제 2 주면 상에 적층되며 반강자성체로 이루어지는 자화 고착층을 구비한 적층체와, 이 적층체에 형성된 한쌍의 전극을 구비하며, 상기 제 2 강자성 도전층은 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성막을 포함하며, 상기 제 2 강자성 도전층 전체적으로 소정 방향의 1축 자기 이방성을 유지하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 강자성막의 자화 용이축의 방향은 서로 직교하며, 상기 제 1 및 제 2 강자성막의 한쪽의 자화 용이축의 방향과 상기 제 1 강자성 도전층의 자화 용이축의 방향이 평행한 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 제 2 강자성 도전층에는 자화가 회전할 수 있는 정도의 세기로 상기 제 1 강자성 도전층의 자화와 직교하는 방향에 바이어스 자계가 부여되는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 9

Co를 함유하는 강자성체막과 연자성막의 적층막으로 이루어지는 제 1 자성층, 제 2 자성층 및 상기 제 1 자성층과 제 2 자성층 사이에 배치된 비자성 중간층을 갖는 스핀 밸브막을 구비하는 자기저항 효과 소자에 있어서, 상기 연자성막은 1종의 연자성 재료막 또는 2종 이상의 연자성 재료막으로 이루어지는 연자성 재료 적층막으로 형성되며, 상기 연자성 재료막 또는 연자성 재료 적층막은 그 자화를 $M_s[\text{T}]$, 막두께를 $d[\text{nm}]$, 이방성 자계를 $H_k[\text{Oe}]$ 로 하였을 때, $\Sigma(M_s \times d \times H_k) > 30[\text{TnmOe}]$ 를 만족시키는 것을 특징으로 하

는 자기저항 효과 소자.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상기 연자성막은 이방성 자계(H_k)가 5 0e 이상인 적어도 1개의 연자성 재료막을 갖는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 11

제 9 항에 있어서, 상기 제 1 자성층은 상기 Co를 함유하는 강자성체막이 상기 비자성 중간층과 접하도록 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 12

제 9 항에 있어서, 상기 Co를 함유하는 강자성체막과 연자성막은 자기적으로 교환 결합하고 있으며, 외부 자계에 대하여 일체적인 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 13

제 9 항에 있어서, 상기 제 1 자성층의 자화 방향과 제 2 자성층의 자화 방향은 서로 직교하고 있는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자

청구항 14

제 9 항에 있어서, 상기 Co를 함유하는 강자성체막의 막두께는 1nm 이상 10nm이하인 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자.

청구항 15

제 1 강자성 도전층과, 이 제 1 강자성 도전층 상에 적층된 비자성 도전층과, 이 비자성 도전층 상에 적층된 제 2 강자성 도전층을 구비하여, 자기저항 효과를 보이는 적층체로 이루어지고, 이들 제 1 및 제 2 강자성 도전층의 적어도 하나가 자화 용이축 방향의 다른 제 1 및 제 2 강자성막을 포함하고 있는 자기저항 효과 소자의 제조 방법에 있어서, 상기 적층체를 제 1 온도에서 자장을 제 1 방향으로 걸어 소정 시간 유지하고, 또 자장을 인가한 채로 제 2 온도까지 냉각하여, 제 2 온도가 된 시점에서 자장을 제 2 방향으로 회전시켜, 그대로 실온까지 냉각하고, 그로써 제 1 및 제 2 강자성막이 다른 자화 용이축 방향을 부여하도록 하는 열처리 공정을 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 열처리 공정은 제 2 자장 방향을 상기 제 1 자장 방향으로 90도 회전시키는 직교화 열처리 공정인 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서, 상기 열처리 공정은 상기 제 1 및 제 2 강자성막의 전체 이방성 자계가 10 0e 이하가 되도록 하는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 18

Co를 함유하는 강자성체막과 연자성막의 적층막으로 이루어지는 제 1 자성층, 상기 연자성막이 1종의 연자성 재료막 또는 2종 이상의 연자성 재료막으로 이루어지는 제 2 자성층 및 상기 제 1 자성층과 제 2 자성층의 사이에 배치된 비자성 중간층을 갖는 스핀 밸브막을 구비하는 자기저항 효과 소자의 제조 방법에 있어서, 기판 상에 연자성막을 형성하는 단계와, 상기 연자성막 상에 Co를 함유하는 강자성막을 적층하여 제 1 자성층을 형성하는 단계와, 상기 제 1 자성층 상에 비자성 중간층을 적층하는 단계와, 상기 비자성 중간층 상에, Co 함유 강자성체로 이루어지는 제 2 자성층을 형성하는 단계와, 상기 제 2 자성층 상에 반강자성층을 형성하여 스핀 밸브를 형성하는 단계와, 상기 스핀 밸브막에 직교 어닐처리를 실행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자 제조 방법.

청구항 19

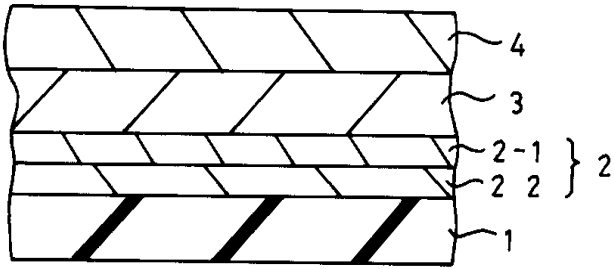
제 18 항에 있어서 상기 연자성막 형성 공정은 기판 상에 Co를 함유하는 비결정질 합금막을 형성하는 단계와, 이 비결정질 합금막 상에 Ni 함유 연자성 재료막을 적층하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자의 제조 방법.

청구항 20

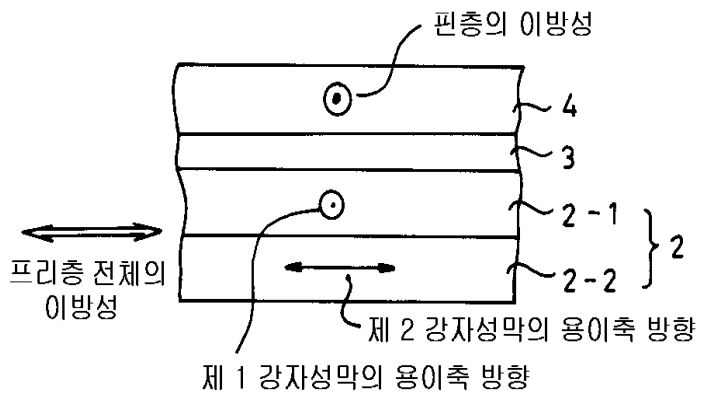
제 18 항에 있어서, 상기 연자성 재료막 또는 연자성 재료 적층막은 $\Sigma(M_s \times d \times H_k) > 30[\text{TnmOe}]$ 를 만족시키도록, 그 자화 ($M_s[\text{T}]$), 막두께($d[\text{nm}]$), 이방성 자계($H_k[\text{Oe}]$)를 선택하는 것을 특징으로 하는 자기저항 효과 소자 제조 방법.

도면

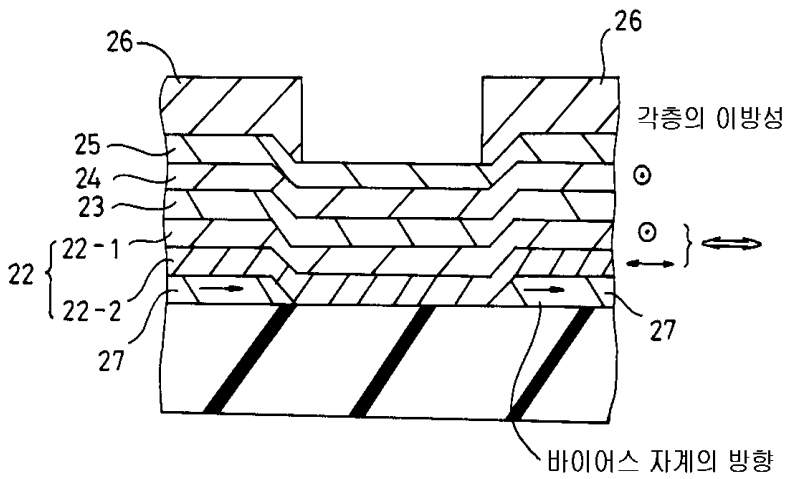
도면 1a



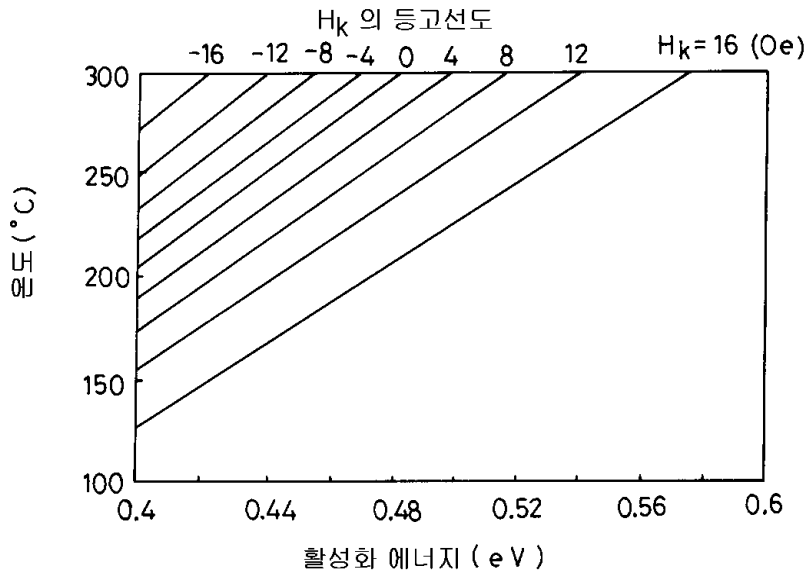
도면 1b



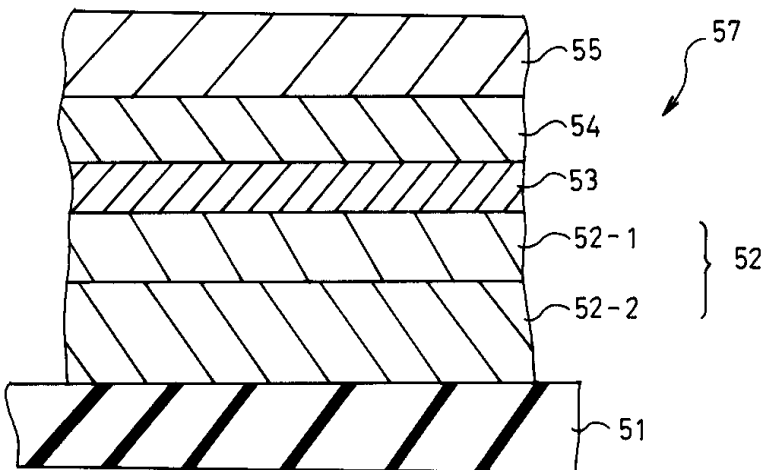
도면 2



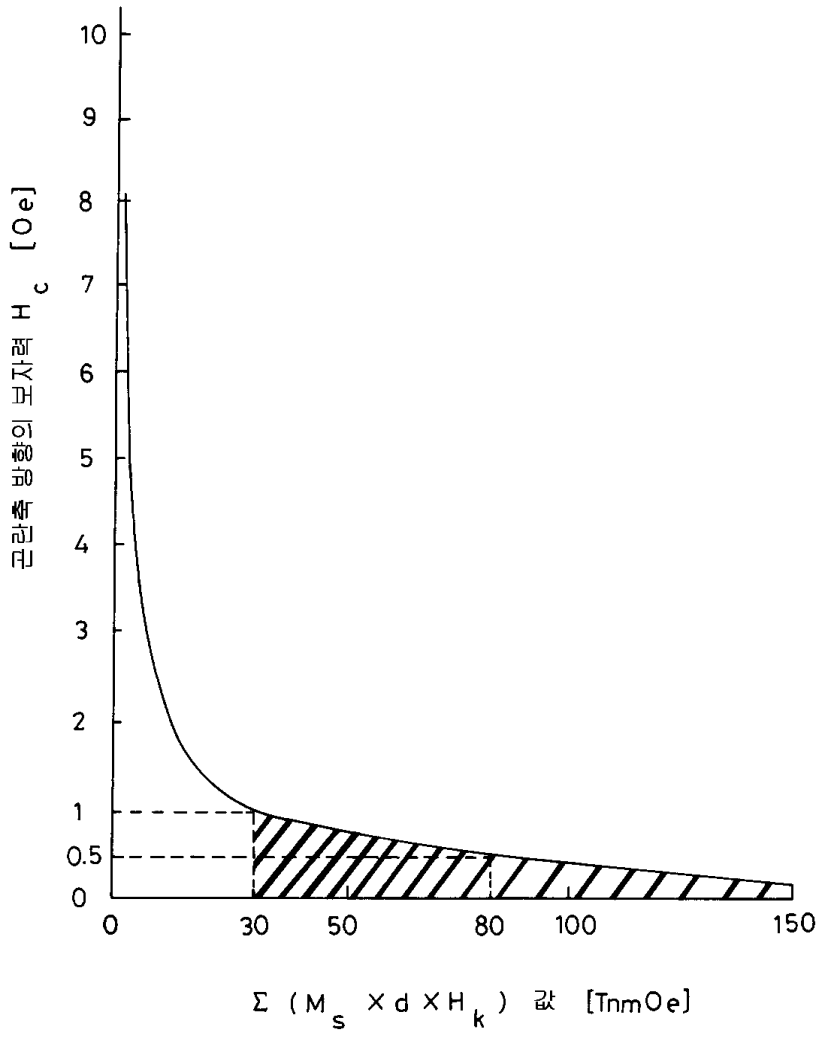
도면3



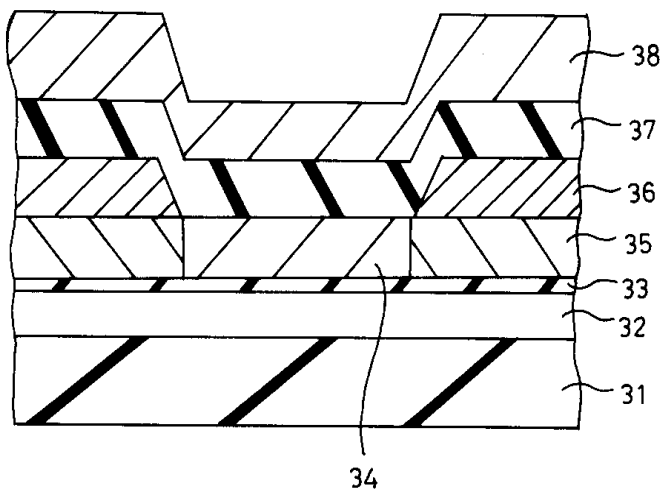
도면4



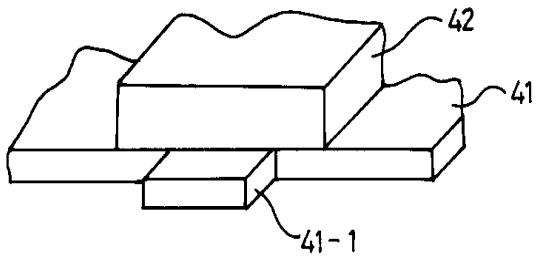
도면5



도면6



도면7a



도면7b

