



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년08월04일

(11) 등록번호 10-1541992

(24) 등록일자 2015년07월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01R 33/07 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0008445

(22) 출원일자 2014년01월23일

심사청구일자 2014년01월23일

(65) 공개번호 10-2015-0088074

(43) 공개일자 2015년07월31일

(56) 선행기술조사문헌

JP2003229612 A*

JP2004538659 A*

JP2000137906 A

JP2009134850 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

세종대학교산학협력단

서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)

(72) 발명자

김태완

경기 용인시 기흥구 언동로 193-26, 103동 1102호 (중동, 어정마을서희삼정아파트)

이하나

서울 금천구 한대로 62, 11동 1304호 (독산동, 한신아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 19 항

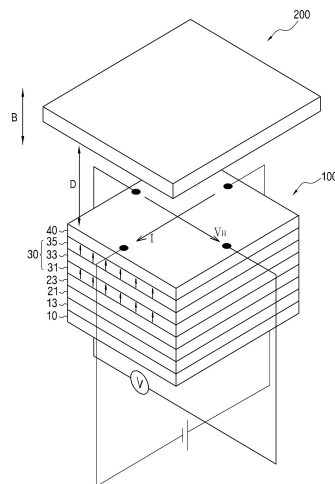
심사관 : 양찬호

(54) 발명의 명칭 자발 홀 효과 마그네틱 센서 및 이를 포함하는 마그네틱 센싱 장치

(57) 요약

마그네틱 센서 및 이를 포함하는 마그네틱 센싱 장치를 제공한다. 상기 마그네틱 센서는 기판, 상기 기판 상에 배치된 하부 강자성체층, 상기 하부 강자성체층 상에 배치된 비자성 중간층, 및 상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층을 포함한다. 이 때, 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 수직이방성을 갖는다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

김성용

인천 남구 주승로 125, 10-402 (주안동, 미래슈타인빌)

김영광

경기 평택시 동삭로 386, 102동 503호 (동삭동, 현대아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상에 배치된 하부 강자성체층;

상기 하부 강자성체층 상에 배치된 비자성 중간층; 및

상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층을 포함하는 마그네틱 센서이되,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 수직이방성을 갖고,

상기 마그네틱 센서의 X축 방향 양측에 연결된 전류 서플라이 배선 및 상기 마그네틱 센서의 Y축 방향 양측에 연결된 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선을 포함하는 마그네틱 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 기관과 상기 하부 강자성체층 사이에 버퍼층을 더 포함하고,

상기 버퍼층은 Pt 또는 Pd층인 마그네틱 센서.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 상부 강자성체층 상에 보호층을 더 포함하고,

상기 보호층은 Pt 또는 Pd층인 마그네틱 센서.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비자성 중간층은 Pt 또는 Pd층인 마그네틱 센서.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 5 내지 20Å의 두께를 갖는 마그네틱 센서.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 비자성 중간층은 20 내지 32Å의 두께를 갖는 마그네틱 센서.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 비정질 강자성층들인 마그네틱 센서.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층 각각은 CoFeB, CoSiB, CoFeSiB, CoFe, 또는 NiFe인 마그네틱 센

서.

청구항 9

제1항에 있어서,

하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 자화 방향이 서로 평행하거나 또는 반평행한 마그네틱 센서.

청구항 10

삭제

청구항 11

기관;

상기 기관 상에 배치된 Pd 또는 Pt인 버퍼층;

상기 버퍼층 상에 배치된 하부 강자성체층;

상기 하부 강자성체층 상에 배치된 Pd 또는 Pt인 비자성 중간층;

상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층; 및

상기 상부 강자성체층 상에 배치된 Pd 또는 Pt인 보호층을 포함하는 마그네틱 센서이되,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층 각각은 5 내지 20Å의 두께를 갖고,

상기 마그네틱 센서의 X축 방향 양측에 연결된 전류 서플라이 배선 및 상기 마그네틱 센서의 Y축 방향 양측에 연결된 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선을 포함하는 마그네틱 센서.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 비자성 중간층은 20 내지 32Å의 두께를 갖는 마그네틱 센서.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 비정질 강자성층들인 마그네틱 센서.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층 각각은 CoFeB, CoSiB, CoFeSiB, CoFe, 또는 NiFe인 마그네틱 센서.

청구항 15

제11항에 있어서,

하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 자화 방향이 서로 평행하거나 또는 반평행한 수직이방성을 갖는 마그네틱 센서.

청구항 16

삭제

청구항 17

기관, 상기 기관 상에 배치된 하부 강자성체층, 상기 하부 강자성체층 상에 배치된 비자성 중간층, 및 상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층을 포함하되, 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 수직이

방성을 갖는 마그네틱 센서;

상기 마그네틱 센서의 X축 방향 양측에 연결된 전류 서플라이 배선;

상기 마그네틱 센서의 Y축 방향 양측에 연결된 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선; 및

상기 상부 강자성체층 상부에 배치된 영구자석을 포함하는 마그네틱 센싱 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 기판과 상기 하부 강자성체층 사이에 Pt 또는 Pd층인 버퍼층; 및

상기 상부 강자성체층 상에 Pt 또는 Pd층인 보호층을 더 포함하고,

상기 비자성 중간층은 Pt 또는 Pd층인 마그네틱 센싱 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 5 내지 20Å의 두께를 갖는 마그네틱 센싱 장치.

청구항 20

제18항 또는 제19항에 있어서,

상기 비자성 중간층은 20 내지 32Å의 두께를 갖는 마그네틱 센싱 장치.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층 각각은 CoFeB, CoSiB, CoFeSiB, CoFe, 또는 NiFe인 마그네틱 센싱 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마그네틱 소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 마그네틱 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 마그네틱 센서는 자계를 전기신호로 변환시켜주는 변환기 역할을 하는 센서이다. 이러한 마그네틱 센서는 자속이나 자계의 크기 측정, 방위 측정, 자기기록매체의 데이터 읽기, 카드 혹은 지폐의 자성 무늬 식별 등에 사용될 수 있다.

[0003] 마그네틱 센서 시장의 반 이상은 홀 효과를 이용한 마그네틱 센서인 것으로 알려져 있다. 홀 효과는 도체에 전류를 흘리고 전류와 수직방향으로 자계를 가하면, 플레밍의 왼손 법칙에 따라 전류와 자계 양쪽에 대해 직각인 방향으로 로렌즈 힘이 발생하여 전하를 편향시키는 효과를 말한다. 이러한 전하 편향에 의해 전류와 자계 양쪽에 대해 직각인 방향으로 기전력이 발생하고, 이를 홀 전압이라고 한다. 홀 효과를 이용한 마그네틱 센서는 자계의 변화를 홀 전압으로 변환하는 센서를 의미한다.

[0004] 이러한 마그네틱 센서에서 사용되는 도체는 주로 반도체로서 외부 자계가 매우 강해야 홀 전압을 발생시킬 수 있으며, 또한 짧은 자석-센서간 거리 및 낮은 구동온도를 요구하고 있어 사용에 제약이 많은 것으로 알려져 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 외부 자계에 대한 민감성이 매우 높은 마그네틱 센서를 제공함에 있다.
- [0006] 본 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상기 기술적 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 마그네틱 센서를 제공한다. 상기 마그네틱 센서는 기판, 상기 기판 상에 배치된 하부 강자성체층, 상기 하부 강자성체층 상에 배치된 비자성 중간층, 및 상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층을 포함한다. 이 때, 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 수직이방성을 갖는다.
- [0008] 상기 기판과 상기 하부 강자성체층 사이에 버퍼층을 더 포함하고, 상기 버퍼층은 Pt 또는 Pd층일 수 있다. 상기 상부 강자성체층 상에 보호층을 더 포함하고, 상기 보호층은 Pt 또는 Pd층일 수 있다. 상기 비자성 중간층은 Pt 또는 Pd층일 수 있다.
- [0009] 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 5 내지 20Å의 두께를 가질 수 있다. 또한, 상기 비자성 중간층은 20 내지 32Å의 두께를 가질 수 있다. 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 비정질 강자성층들일 수 있다. 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층 각각은 CoFeB, CoSiB, CoFeSiB, CoFe, 또는 NiFe일 수 있다. 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 자화 방향이 서로 평행하거나 또는 반평행할 수 있다.
- [0010] 상기 마그네틱 센서의 X축 방향 양측에 전류 서플라이 배선이 연결될 있고, 상기 마그네틱 센서의 Y축 방향 양측에 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선이 연결될 수 있다.
- [0011] 상기 기술적 과제를 이루기 위하여 본 발명의 일 측면은 마그네틱 센서의 다른 예를 제공한다. 상기 마그네틱 센서는 기판, 상기 기판 상에 배치된 Pd 또는 Pt인 버퍼층, 상기 버퍼층 상에 배치된 하부 강자성체층, 상기 하부 강자성체층 상에 배치된 Pd 또는 Pt인 비자성 중간층, 상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층, 및 상기 상부 강자성체층 상에 배치된 Pd 또는 Pt인 보호층을 포함한다. 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층 각각은 5 내지 20Å의 두께를 갖는다.
- [0012] 상기 기술적 과제를 이루기 위하여 본 발명의 다른 측면은 마그네틱 센싱 장치를 제공한다. 상기 마그네틱 센싱 장치는 기판, 상기 기판 상에 배치된 하부 강자성체층, 상기 하부 강자성체층 상에 배치된 비자성 중간층, 및 상기 비자성 중간층 상에 배치된 상부 강자성체층을 포함하되, 상기 하부 강자성체층과 상기 상부 강자성체층은 수직이방성을 갖는 마그네틱 센서를 구비한다. 상기 마그네틱 센서의 X축 방향 양측에 전류 서플라이 배선이 연결된다. 상기 마그네틱 센서의 Y축 방향 양측에 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선이 연결된다. 상기 상부 강자성체층 상부에 영구자석이 배치된다.

발명의 효과

- [0013] 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 마그네틱 센서의 외부 전기장에 대한 감도를 크게 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 센서를 나타낸 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 센서를 포함하는 마그네틱 센싱 장치를 설명하기 위한 개략도이다.
- 도 3a는 CoSiB가 2, 3, 4, 또는 5Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt 박막 샘플의 자기이력곡선을 나타내며, 도 3b는 CoSiB가 6, 8, 10, 또는 15Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt 박막 샘플의 자기이력곡선을 나타내며, 또한 도 3c는 CoSiB가 20, 30, 또는 40Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt 박막 샘플의 자기이력곡선을 나타낸다.
- 도 4a는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 14, 17, 20, 또는 22Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt/CoSiB/Pt 마그네틱 센서

의 홀 저항-자기장 곡선을 나타내며, 도 4b는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 24, 27, 30, 또는 32Å일 때의 $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}$ 마그네틱 센서의 홀 저항-자기장 곡선을 나타내며, 또한 도 4c는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 34 또는 36Å일 때의 $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}$ 마그네틱 센서의 홀 저항-자기장 곡선을 나타낸다.

도 5는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 24Å일 때의 $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}$ 마그네틱 센서의 영구자석과의 거리에 따른 홀 전압을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 보다 상세하게 설명한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되어지는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 도면들에 있어서, 층이 다른 층 또는 기판 "상"에 있다고 언급되어지는 경우에 그것은 다른 층 또는 기판 상에 직접 형성될 수 있거나 또는 그들 사이에 제 3의 층이 개재될 수도 있다. 본 실시예들에서 "제 1", "제 2", 또는 "제 3"는 구성요소들에 어떠한 한정을 가하려는 것은 아니며, 다만 구성요소들을 구별하기 위한 용어로서 이해되어야 할 것이다.
- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 센서를 나타낸 단면도이다.
- [0017] 도 1을 참조하면, 기판(10) 상에 절연층(13), 하부전극층(21), 버퍼층(23), 하부 강자성층(31), 비자성 중간층(33), 상부 강자성층(35), 및 보호층(40)이 차례로 배치될 수 있다. 상기 기판(10)은 실리콘 기판일 수 있고, 또한 상기 절연층(13)은 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막일 수 있다. 상기 하부전극층(21)은 전도성이 우수한 금속층, 전이금속, 전이금속 합금으로서, 일 예로서 Ta, Ag, TiN 또는 TiAu층일 수 있다.
- [0018] 상기 차례로 적층된 하부 강자성층(31), 비자성 중간층(33), 및 상부 강자성층(35)은 스핀 밸브층(spin valve layer, 30)을 구성할 수 있다. 상기 하부 강자성층(31)과 상기 상부 강자성층(35)은 비정질 강자성층들일 수 있다. 일 예로서, 상기 강자성층들(31, 35)은 CoFeB, CoSiB, CoFeSiB, CoFe, 또는 NiFe일 수 있다. 한편, 상기 비자성 중간층(33)은 비자성 금속층 일 예로서, Pd 또는 Pt일 수 있다.
- [0019] 상기 버퍼층(23)은, 상기 하부 강자성층(31)에 접하는 면의 거칠기가 커서, 상기 버퍼층(23)과 상기 하부 강자성층(31) 사이의 계면에서 스트레스를 발생시켜 이 스트레스로 인해 상기 하부 강자성층(31)의 수직이방성을 유도할 수 있는 층으로, Pd 또는 Pt층일 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 비자성 중간층(33)이 Pd 또는 Pt층인 경우에, 상기 비자성 중간층(33) 또한 표면 거칠기가 커서 상기 하부 강자성층(31)과의 계면과 상기 상부 강자성층(35)과의 계면에서 역시 스트레스를 발생시킬 수 있다. 따라서, 상기 하부 강자성층(31) 뿐 아니라 상기 상부 강자성층(35)에 수직이방성을 유도할 수 있다.
- [0021] 상기 보호층(40) 역시 Pd 또는 Pt층일 수 있다. 이 경우, 상기 보호층(40)의 표면 거칠기가 또한 커서 상기 상부 강자성층(35)과의 계면에서 역시 스트레스를 발생시킬 수 있다. 따라서, 상기 상부 강자성층(35)에 수직이방성을 유도할 수 있다.
- [0022] 이러한 상기 강자성층들(31, 35)이 수직이방성을 갖기 위해서는, 약 5 내지 약 20Å의 두께를 가질 수 있다. 또한, 상기 강자성층들(31, 35)은 서로 층간 교환 결합(interlayer exchange coupling)할 수 있고, 또한 상기 비자성 중간층(33)의 두께에 따라 자화 방향이 서로 평행하거나 또는 반평행하게 변화될 수 있다.
- [0023] 상기 하부전극층(21), 버퍼층(23), 하부 강자성층(31), 비자성 중간층(33), 상부 강자성층(35), 및 보호층(40)은 스퍼터링 등의 적절한 방법을 사용하여 적층될 수 있다. 또한, 이러한 층들이 형성된 기판을 열처리할 수 있다. 이러한 열처리는 급속열처리(Rapid Thermal Annealing; RTA)일 수 있고, 약 150 °C에서 수행될 수 있다. 이러한 열처리 과정에서 상기 상하부 강자성층(31, 35)은 비정질 상태를 유지할 수 있다.
- [0024] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 마그네틱 센서를 포함하는 마그네틱 센싱 장치를 설명하기 위한 개략도이다.
- [0025] 도 2를 참조하면, 영구자석(200) 하부에 도 1을 참조하여 설명한 마그네틱 센서(100)가 배치된다.

- [0026] 상기 마그네틱 센서(100)의 일축방향 일 예로서, X축 방향 양측에 전류 서플라이 배선이 연결된다. 또한, 상기 마그네틱 센서(100)의 타축방향 일 예로서, Y축 방향 양측에 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선이 연결된다. 상기 전류 서플라이 배선을 통해 상기 마그네틱 센서(100)에 전류를 흘리고, 이 때, 홀 전압 또는 홀 비저항 감지 배선을 통해 상기 마그네틱 센서(100)의 홀 전압 또는 홀 비저항을 측정한다.
- [0027] 홀 전압 또는 홀 비저항은 상기 영구자석(200)의 전기장으로 인해 발생한 로렌즈 힘에 의한 정상 홀 효과(ordinary hall effect)와 마그네틱 센서(100)의 자화상태에 의한 자발 홀 효과(spontaneous hall effect)에 의해 영향을 받는다. 그러나, 마그네틱 센서(100) 구체적으로, 상부 강자성층(35)의 자화상태가 상기 영구자석(200)의 방향과 평행하게 되는 다시 말해서, 수직 자화되는 경우에는, 상기 자발 홀 효과는 상기 정상 홀 효과에 비해 매우 커진다. 이 경우, 상기 정상 홀 효과는 무시될 수 있다. 이 경우, 상기 홀 전압 또는 홀 비저항은 자발 홀 효과에 의해 지배될 수 있다.
- [0028] 상기 영구자석(200)은 마그네틱 센서(100)의 Z축 방향을 따라 상하로 이동할 수 있다. 이로써, 상기 영구자석(200)과 마그네틱 센서(100) 사이의 거리(D) 즉, 상기 영구자석(200)이 상기 마그네틱 센서(100)에 미치는 전기장(B)는 변화될 수 있다. 상기 영구자석(200)과 마그네틱 센서(100) 사이의 거리(D)에 의존하여 상부 강자성층(35)의 자화상태가 변할 수 있고, 이에 따라 상기 홀 전압 또는 홀 비저항이 변할 수 있다. 그 결과, 상기 홀 전압 또는 홀 비저항의 측정을 통해 상기 영구자석(200)과 마그네틱 센서(100) 사이의 거리(D) 또는 상기 영구자석(200)이 상기 마그네틱 센서(100)에 미치는 전기장(B)를 센싱할 수 있다.
- [0029] 이와 같이, 강자성층들(31, 35) 특히, 상부 강자성층(35)이 수직자화됨에 따라 자발 홀 효과에 의해 홀 전압 또는 홀 비저항을 측정할 수 있는데, 자발 홀 효과는 정상 홀 효과에 비해 상기 영구자석(200)의 전기장(B) 또는 상기 마그네틱 센서(100)과의 거리 변화(D)에 매우 민감하다. 따라서, 강자성층들(31, 35) 특히, 상부 강자성층(35)이 수직자화된 경우, 마그네틱 센서(100)의 감도가 크게 향상될 수 있다.
- [0030] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위해 바람직한 실험예(example)를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예들에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0031] <실험예 1>
- [0032] 실리콘 기판 상에 SiO₂, 50Å의 Ta, 30Å의 Pt, CoSiB, 30Å의 Pt를 스퍼터링을 사용하여 적층하되, CoSiB의 두께를 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 15, 20, 30, 40Å으로 다르게 하여 총 11개의 샘플을 제조한 후 VSM(Vibrating Sample Magnetometer)를 사용하여 자기이력곡선들을 얻었다..
- [0033] 도 3a는 CoSiB가 2, 3, 4, 또는 5Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt 박막 샘플의 자기이력곡선을 나타내며, 도 3b는 CoSiB가 6, 8, 10, 또는 15Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt 박막 샘플의 자기이력곡선을 나타내며, 또한 도 3c는 CoSiB가 20, 30, 또는 40Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt 박막 샘플의 자기이력곡선을 나타낸다.
- [0034] 도 3a, 도 3b, 및 도 3c를 참조하면, 자기장을 박막과 평행하게 가한 인-플레인(in plane) 상태와 자기장을 박막에 수직하게 가한 아웃오브-플레인(out of plane)상태를 비교할 때, 한 쌍의 Pt박막들 사이에 끼워진 CoSiB막이 5 내지 20Å일 때 아웃오브-플레인 상태에서의 자기이력곡선이 직사각형 모양을 나타내므로, 한 쌍의 Pt박막들 사이에 끼워진 CoSiB막이 5 내지 20Å일 때 수직자기이방성을 나타냄을 알 수 있다.
- [0035] <실험예 2>
- [0036] 실리콘 기판 상에 SiO₂, 50Å의 Ta, 30Å의 Pt, 15Å의 CoSiB, Pt, 15Å의 CoSiB, 및 30Å의 Pt를 스퍼터링하여 차례로 적층하되, CoSiB층들 사이의 Pt층의 두께를 14, 17, 20, 22, 24, 27, 30, 32, 34, 및 36Å으로 다르게 하여 총 10개의 샘플을 제조하였다.
- [0037] 도 4a는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 14, 17, 20, 또는 22Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt/CoSiB/Pt 마그네틱 센서의 홀 저항-자기장 곡선을 나타내며, 도 4b는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 24, 27, 30, 또는 32Å일 때의 SiO₂/Ta/Pt/CoSiB/Pt/CoSiB/Pt 마그네틱 센서의 홀 저항-자기장 곡선을 나타내며, 또한 도 4c는 CoSiB층들 사이

의 Pt층이 34 또는 36Å일 때의 $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}$ 마그네틱 센서의 홀 저항-자기장 곡선을 나타낸다.

[0038] 도 4a, 도 4b, 및 도 4c를 참조하면, 실험예 2에 따른 마그네틱 센서들은 -200 내지 200 Oe의 외부 자기장 변화에 대해 홀 저항의 변화가 선형성(linearity)을 나타내며 또한 홀 저항의 변화의 폭이 $0.8\mu\Omega \cdot \text{cm}$ (-0.4 ~ 0.4 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, 24Å Pt층) 내지 $0.3\mu\Omega \cdot \text{cm}$ (-0.15 ~ 0.15 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, 32Å Pt층)임을 알 수 있다. 이는 실험예 2에 따른 마그네틱 센서들의 감도가 매우 우수한 것임을 나타낸다.

[0039] 실험예 2에 따른 마그네틱 센서들에서 한 쌍의 CoSiB층들 사이의 Pt층이 20 내지 32Å일 때 외부 자기장 0에서 잔류 홀 저항이 매우 작거나 혹은 0이 되는 것을 알 수 있다. 따라서, 한 쌍의 CoSiB층들 사이의 Pt층이 20 내지 32Å인 경우가 마그네틱 센서로서 더욱 적절함을 알 수 있다.

[0040] 도 5는 CoSiB층들 사이의 Pt층이 24Å일 때의 $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}/\text{CoSiB}/\text{Pt}$ 마그네틱 센서의 영구자석과의 거리에 따른 홀 전압을 나타내는 그래프이다.

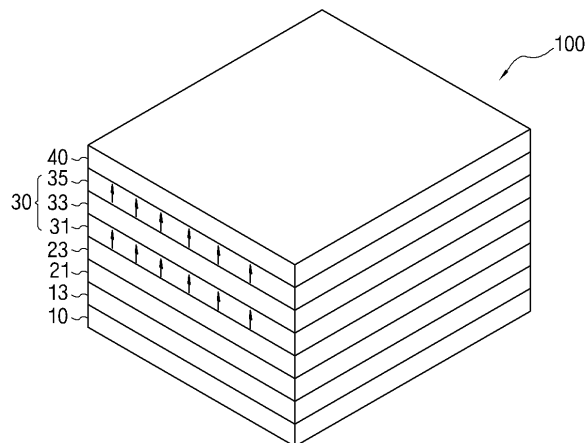
[0041] 도 5를 참조하면, 마그네틱 센서로부터 영구자석 사이의 거리가 30mm에 이르기까지 홀 전압이 선형성을 가져 마그네틱 센서로 적절함을 알 수 있다.

부호의 설명

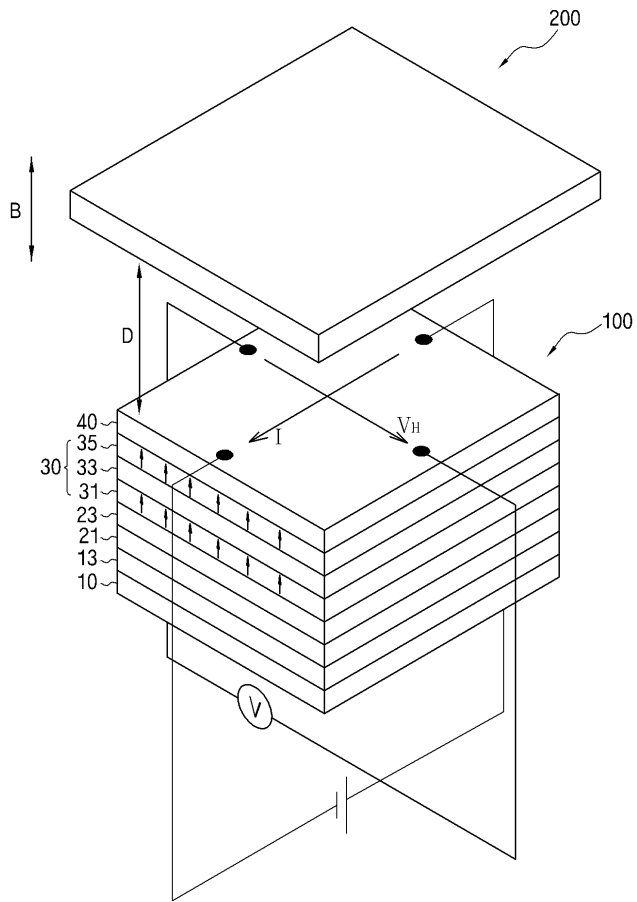
[0042]	10: 기판	13: 절연층
	21: 하부 전극층	23: 버퍼층
	31: 하부 강자성체층	33: 비자성 중간층
	35: 상부 강자성체층	40: 보호층
	100: 마그네틱 센서	200: 영구자석

도면

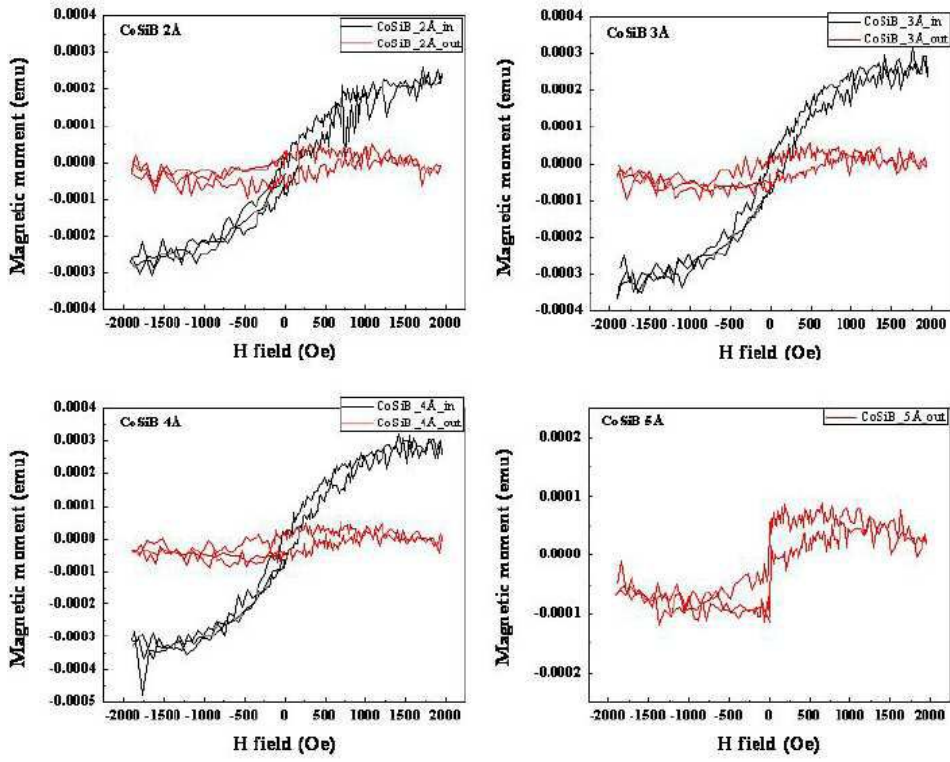
도면1



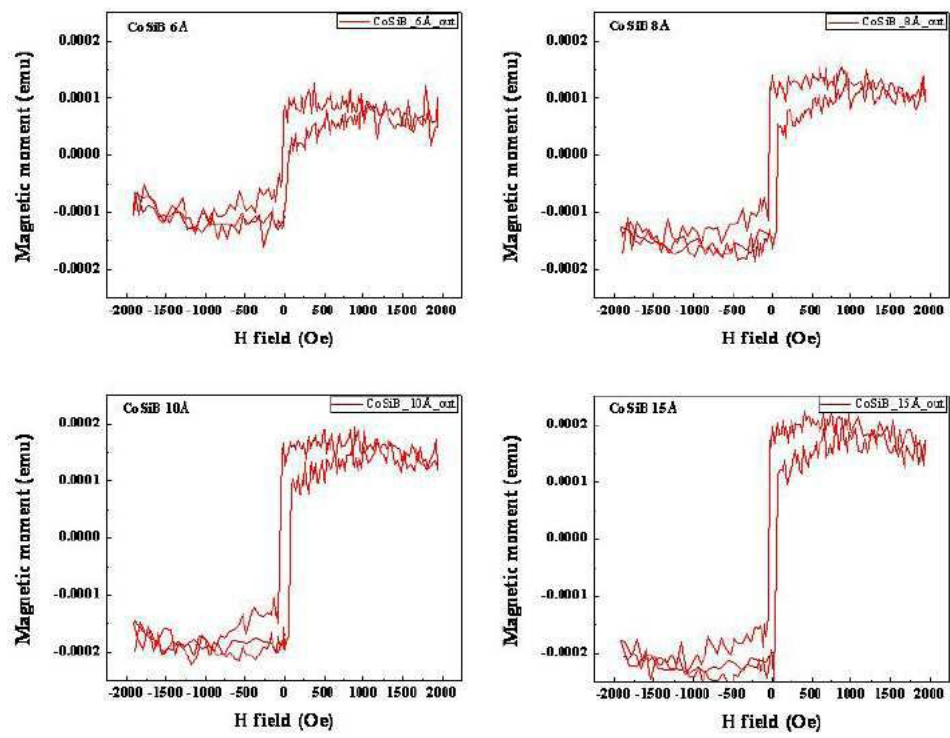
도면2



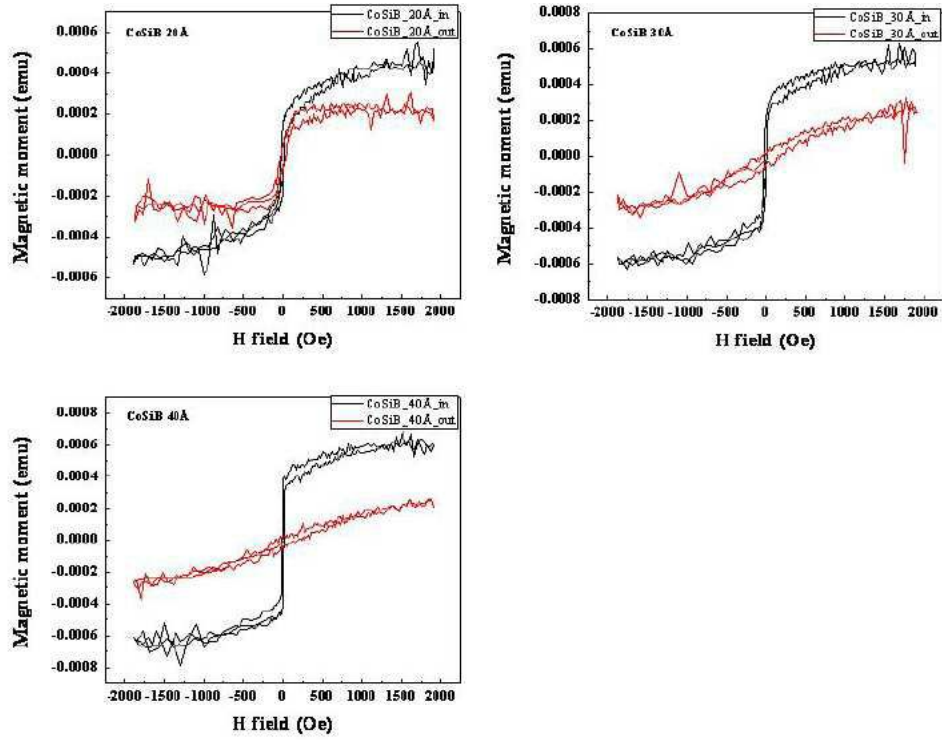
도면3a



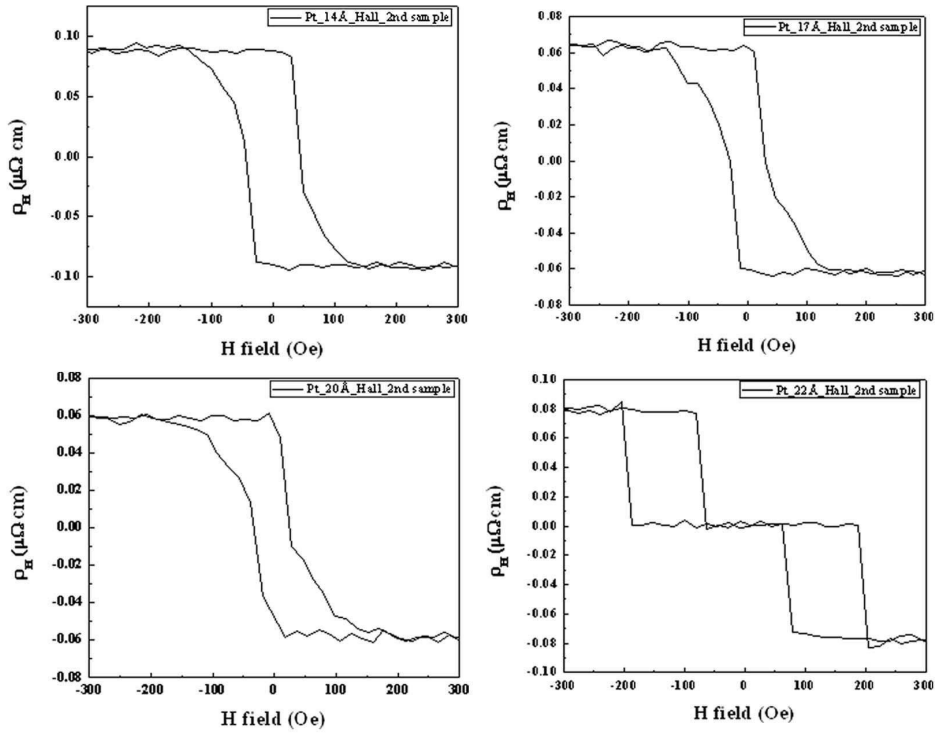
도면3b



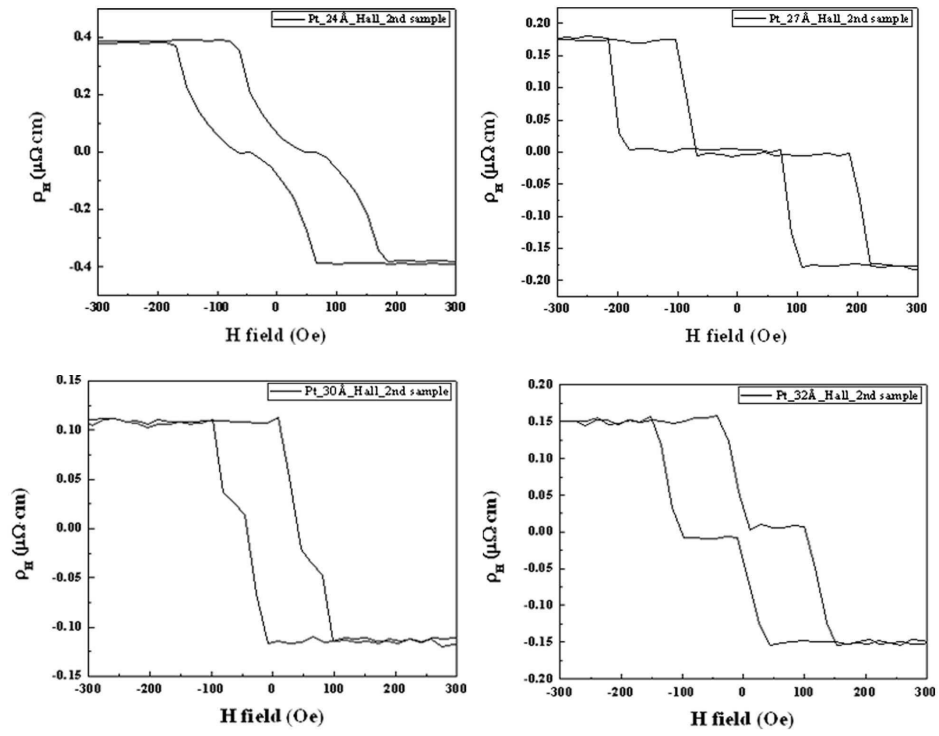
도면3c



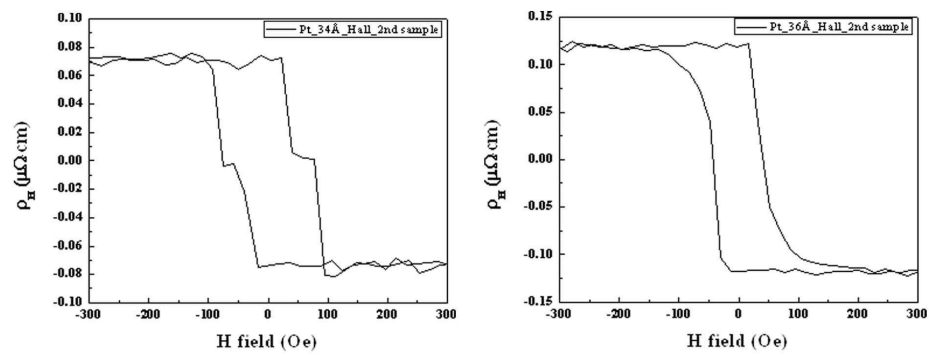
도면4a



도면4b



도면4c



도면5

