



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년02월05일
(11) 등록번호 10-2633304
(24) 등록일자 2024년01월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 33/07 (2006.01) G01R 33/00 (2006.01)
H10N 52/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
G01R 33/07 (2013.01)
G01R 33/0052 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0152367
(22) 출원일자 2018년11월30일
심사청구일자 2021년11월25일
(65) 공개번호 10-2020-0065679
(43) 공개일자 2020년06월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110003773 A*
KR1020150088074 A*
KR1020050084288 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
주식회사 나노게이트
강원도 철원군 서면 금강로 7194 ()
(72) 발명자
김태완
경기도 용인시 기흥구 언동로 193-26 어정마을서
희삼정그린뷰아파트 103동 1102호
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 14 항

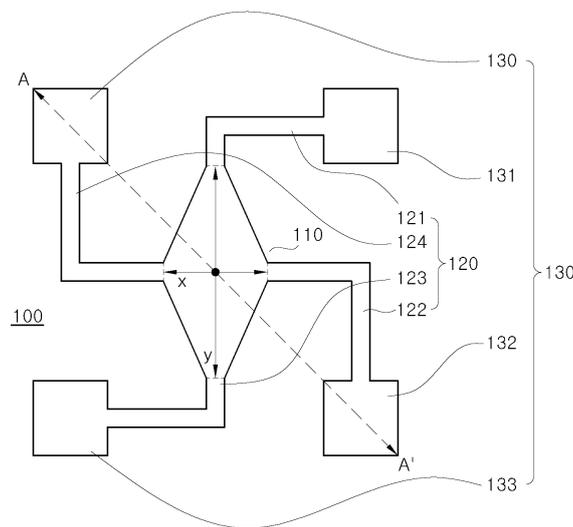
심사관 : 정윤석

(54) 발명의 명칭 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서 및 이의 제조방법

(57) 요약

이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서가 개시된다. 강자성층을 중심으로 비자성 금속층들이 구성되며, 강자성층인 CoFeSiB는 10Å 내지 45Å의 두께를 가진다. 비자성 금속층들의 계면 유도 작용에 의해 계면에 수직인 방향으로 자화 용이축이 형성된다. 또한, 홀 센서는 한번의 패터닝 공정으로 마름모 형상의 감지 영역과, 라인 형태의 전극 배선부 및 패드부를 가진다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
H10N 52/101 (2023.02)

명세서

청구범위

청구항 1

마름모 형상을 가지고, 수직으로 인가되는 자계에 대해 이상 홀 효과에 따른 홀 전압을 생성하는 감지 영역;
 상기 감지 영역의 마름모 형상의 꼭지점에 일체로 연결되고, 입력 전류가 인가되며, 홀 전압이 출력되는 전극 배선부; 및
 상기 전극 배선부와 일체로 형성되고, 외부와 전기적으로 연결되는 패드부를 포함하고,
 상기 전극 배선부는 상기 감지 영역과 동일 적층 구조를 가지고, 상기 감지 영역을 구성하는 막질들과 일체화되어 연결되고,
 상기 감지 영역은,
 기관 상에 형성되고, 다결정 구조를 가지는 제1 비자성 금속층;
 상기 제1 비자성 금속층 상에 형성되고, 인가되는 자계에 의해 이상 홀 효과가 발생되고, CoFeSiB를 포함하는 강자성층; 및
 상기 강자성층 상에 형성되고, 다결정 구조를 가지는 제2 비자성 금속층을 포함하고,
 상기 강자성층은 상기 제1 비자성 금속층 또는 상기 제2 비자성 금속층보다 큰 두께를 가지며,
 상기 강자성층은,
 상기 제1 비자성 금속층과 접하는 계면 영역에 형성되고, 수직자기이방성이 우세한 제1 용이축 유도층;
 상기 제2 비자성 금속층과 접하는 계면 영역에 형성되고, 수직자기이방성이 우세한 제2 용이축 유도층; 및
 상기 제1 용이축 유도층 및 상기 제2 용이축 유도층 사이에 배치되고, 자화의 등방성이 우세한 벌크층을 포함하고,
 상기 제1 용이축 유도층, 상기 제2 용이축 유도층 및 상기 벌크층은 동일 재질인 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 강자성층은 상기 제1 비자성 금속층 또는 상기 제2 비자성 금속층과 접하는 계면에서의 유도된 수직자기이방성에 의해 계면에 수직인 방향으로 자화 용이축을 가지는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 4

삭제

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제1 비자성 금속층은 Pt 또는 Pd를 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 제2 비자성 금속층은 Pt 또는 Pd를 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 강자성층은 10Å 내지 45Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 기판과 상기 제1 비자성 금속층 사이에는 상기 제1 비자성 금속층의 다결정 구조를 유도하기 위한 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 버퍼층은 10Å 내지 50Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 버퍼층은 Ta, Ru 또는 Ti를 포함하는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 12

삭제

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 패드부는 상기 감지 영역과 동일 적층 구조를 가지고, 상기 전극 배선부를 구성하는 막질들이 일체화되어 연결된 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 감지 영역의 마름모 형상의 장축의 폭은 단축의 폭에 대해 1 내지 1.5배의 크기를 가지는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서.

청구항 15

기판 상에 제1 비자성 금속층, 강자성층 및 제2 비자성 금속층을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 제2 비자성 금속층 상에 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 포토레지스트 패턴을 식각 마스크로 이용한 선택적 식각을 통해 상기 기판의 일부를 노출시키고, 마름모 형상을 가지고, 수직으로 인가되는 자계에 대해 이상 홀 효과에 따른 홀 전압을 생성하는 감지 영역, 상기 감지 영역의 마름모 형상의 꼭지점에 일체로 연결되고, 입력 전류가 인가되며, 홀 전압이 출력되는 전극 배선부, 및 상기 전극 배선부와 일체로 형성되고, 외부와 전기적으로 연결되는 패드부를 포함하는 패드부를 동시에 형성하는 단계를 포함하고,

상기 강자성층은 상기 제1 비자성 금속층 또는 상기 제2 비자성 금속층 이상의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서의 제조방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제1 비자성 금속층을 형성하는 단계 이전에 상기 제1 비자성 금속층의 다결정 구조를 유도하기 위한 버퍼층을 형성하는 단계가 더 포함되는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서의 제조방법.

청구항 17

제15항에 있어서, 입력 전류는 상기 감지 영역의 대향하는 꼭지점들에 연결된 상기 전극 배선부의 최상층의 상기 제2 비자성 금속층을 통해 인가되는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서의 제조방법.

청구항 18

제17항에 있어서, 홀 전압은 상기 감지 영역에서 입력 전류가 인가되지 않는 꼭지점에 연결된 상기 전극 배선부의 최상층의 상기 제2 비자성 금속층을 통해 출력되는 것을 특징으로 하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자기 센서에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 이상 홀 효과를 이용하는 자기 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자기 센서는 자기장의 변화를 감지하여 전기적 신호로 변환하는 소자이다. 따라서, 자기 센서의 실질적인 입력은 자기장이며, 출력은 전기 신호가 된다. 대표적인 자기 센서로는 홀 센서가 있다. 홀 센서는 홀 효과를 이용하는 소자이다. 홀 효과는 전류가 자기장을 가로지르는 방향으로 흐르는 조건 하에서 전류 방향과 자기장 방향에 동시에 수직한 방향으로 전위차가 발생하는 현상을 지칭한다.

[0003] 홀 센서는 사용되는 환경에 적합한 특성을 가져야 한다. 통상적으로 홀 센서는 낮은 오프 셋 전압, 높은 레벨의 홀 전압, 높은 분해능을 가질 필요가 있다. 이러한 특성을 구현하기 위해 홀 센서는 대략 십자형의 구조를 가지며, 반도체 기판 상에 n형으로 도핑된 감지 영역이 형성되며, 감지 영역은 대략 십자형의 구조를 가진다.

[0004] 가장 대표적인 홀 센서는 GaAs 타입의 홀 센서이다. GaAs 타입의 홀 센서는 출력전압으로 높은 홀 전압을 가지며, 낮은 오프 셋 전압으로 인해 카메라의 손떨림 방지 기능(Optical Image stabilizer)의 구현에 사용된다.

[0005] 도 1은 종래 기술에 따른 홀 센서의 구조를 도시한 사시도이다.

[0006] 도 1을 참조하면, 홀 센서로 GaAs 타입의 홀 센서가 제공된다. 홀 센서의 제작을 위해 기판(10)으로는 GaAs가 사용된다. 기판(10) 상에 MOCVD(metalorganic chemical vapour deposition) 공정을 통해 n 타입의 GaAs 막질을 성장시킨다. 막질의 성장 이후에는 통상의 포토 리소그래피 공정을 이용하여 포토 레지스트 패턴을 형성한다. 이어서, 포토 레지스트 패턴을 식각 마스크로 이용하여 식각을 수행하면 기판(10) 상에 십자형의 형상을 가지고, n형으로 도핑된 감지 영역(20)을 얻을 수 있다. 감지 영역(20) 내에서 십자형의 형상의 말단은 금속 배선들(31, 32, 33, 34)과 전기적으로 연결되어야 한다. 통상의 리프트 오프 또는 금속막의 증착 이후의 선택적 식각을 통해 금속 배선들(31, 32, 33, 34)이 형성된다. 형성된 금속 배선들(31, 32, 33, 34)은 감지 영역(20) 말단부 상에 겹쳐서 형성되고, 감지 영역(20)이 형성되지 않은 영역에서는 GaAs 재질의 기판(0) 상에 직접 형성된다.

[0007] 금속 배선들(31, 32, 33, 34)은 기판(10)의 소정 영역에 형성된 패드와 전기적으로 연결된다. 상기 패드는 금속 배선(31, 32, 33, 34)과 동일 재질이며, 금속 배선(31, 32, 33, 34)과 동시에 형성된다. 다만, 상기 패드는 형상과 사이즈에서 금속 배선(31, 32, 33, 34)과 다른 것이 특징이다.

[0008] 다만, 상기 도 1에 도시된 GaAs 타입의 홀 센서는 인가되는 자계의 세기가 매우 커야 하며, 온도의 변화에 민감한 단점을 가진다. 인가되는 자계의 세기가 커야 한다는 것은 자계의 변화에 대해 높은 분해능을 가지지 못하는 것으로 해석된다. 또한, 온도가 변화되는 경우, 홀 전압의 변동이 발생되어 인가되는 자계의 세기에 선형적으로 변화하는 홀 전압의 동작 특성을 저하시키는 원인이 된다.

[0009] 이러한 문제를 해결하기 위해 GMR(Giant MagnetoResistance) 센서 및 TMR(Tunneling MagnetoResistance) 센서가 사용된다. 이들은 모두 강자성체와 다른 소재들 사이의 층간 상호작용을 이용하는 것으로 스핀 전자의 자기 유도 현상을 이용하는 것으로 설명된다.

[0010] GMR 센서는 거대자기저항 효과 센서로도 알려진다. 이는 2개의 강자성체들 사이에 비자성체가 개입된 구조이다. 이들의 계면에 수직한 방향으로 전류가 흐르는 상태에서 외부 자계는 계면에 수평한 방향으로 인가된다. 계면에 수평한 방향으로 인가되는 자계에 의해 스핀 전류와 강자성체가 가지는 자기 모멘트는 같은 방향이 될 수 있고, 다른 방향이 될 수 있다. 이를 통해 2개의 강자성체 사이의 저항이 결정되고, 강자성체들에서의 수평자기이방성

이 변경되며, 이는 홀 전압으로 나타난다.

[0011] TMR 센서는 2개의 강자성체들 사이에 절연막의 일종인 터널 장벽층이 개입된 구조이다. 계면에서 자기 모멘트는 수평을 유지한다. 다만, 2개의 강자성체의 계면에 수직인 방향으로 전류를 흘릴 경우, 밸브가 존재하는 것처럼 전류량이 변경되는 바, 이를 스핀 밸브라 지칭한다. 이는 터널 장벽층을 통과하는 전자의 양을 조절한다. 다만, 강자성체들은 수평자기이방성을 가지며, 계면에 수평인 방향으로 자계가 인가되어 홀 전압을 유도할 수 있다.

[0012] 상술한 새로운 GMR 센서 및 TMR 센서들은 강자성체의 계면에 수평인 방향으로 자계를 인가하고, 자계의 변화를 홀 전압으로 구현한다. 따라서, 사용환경에서 센서를 패키징화 하여 기판에 실장하는 경우, 적용이 원활하지 못하는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 상술한 문제를 해결하기 위한 본 발명의 제1 기술적 과제는 강자성체의 계면에 수직하게 인가되는 자계를 이용하고, 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서를 제공하는데 있다.

[0014] 본 발명의 제2 기술적 과제는 상기 제1 기술적 과제를 달성하기 위한 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서의 제조 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 상술한 제1 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명은, 마름모 형상을 가지고, 수직으로 인가되는 자계에 대해 이상 홀 효과에 따른 홀 전압을 생성하는 감지 영역; 상기 감지 영역의 마름모 형상의 꼭지점에 일체로 연결되고, 입력 전류가 인가되며, 홀 전압이 출력되는 전극 배선부; 및 상기 전극 배선부와 일체로 형성되고, 외부와 전기적으로 연결되는 패드부를 포함하는 패드부를 포함하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서를 제공한다.

[0016] 또한, 상술한 제2 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명은, 기판 상에 제1 비자성 금속층, 강자성층 및 제2 비자성 금속층을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 제2 비자성 금속층 상에 포토레지스트 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 포토레지스트 패턴을 식각 마스크로 이용한 선택적 식각을 통해 상기 기판의 일부를 노출시키고, 마름모 형상을 가지고, 수직으로 인가되는 자계에 대해 이상 홀 효과에 따른 홀 전압을 생성하는 감지 영역, 상기 감지 영역의 마름모 형상의 꼭지점에 일체로 연결되고, 입력 전류가 인가되며, 홀 전압이 출력되는 전극 배선부, 및 상기 전극 배선부와 일체로 형성되고, 외부와 전기적으로 연결되는 패드부를 포함하는 패드부를 동시에 형성하는 단계를 포함하는 이상 홀 효과를 이용하는 홀 센서의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0017] 상술한 본 발명에 따르면, 상술한 본 발명에서는 전극 배선부 및 패드부의 적층 구조가 감지 영역과 동일하다. 즉, 제작 과정에서 하나의 포토 마스크를 사용하고, 1회의 식각 공정을 통해 홀 센서를 제작할 수 있다. 이를 통해 높은 생산성을 확보한다.

[0018] 또한, 본 발명에서는 계면에 수직인 방향으로 인가되는 자계를 이용하고, 인가되는 자계에 따라 강자성층의 수직자기이방성의 세기가 변경되는 이상 홀 효과를 이용한다. 이를 통해 온도 변화에 둔감하고, 높은 감도를 가지는 홀 센서를 얻을 수 있으며, 강자성층의 계면에 수직 방향으로 자계를 인가하여 홀 효과를 유도할 수 있으므로 매우 탄력적인 사용환경에 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 종래 기술에 따른 홀 센서의 구조를 도시한 사시도이다.
 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이상 효과를 이용하는 홀 센서의 평면도이다.
 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 2의 홀 센서를 AA' 방향으로 절단한 단면도이다.
 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 2의 홀 센서의 감지 영역의 동작을 설명하기 위한 상세 단면도이다.
 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 2의 홀 센서를 AA' 라인을 따라 절단한 다른 단면도이다.

도 6 내지 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 상기 도 2 및 도 3의 홀 센서를 제작하는 방법을 설명하기 위한 평면도들 및 단면도들이다.

도 8 내지 도 11은 본 발명의 제조예에 따라 자계의 인가에 따른 홀 전압의 변화를 측정된 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.
- [0021] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0022] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0024] 실시예
- [0025] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 이상 효과를 이용하는 홀 센서의 평면도이다.
- [0026] 도 2를 참조하면 홀 센서는 감지 영역(110), 전극 배선부(120) 및 패드부(130)를 포함한다.
- [0027] 감지 영역(110), 전극 배선부(120) 및 패드부(130)는 기판(100) 상에 형성된다. 기판(100)은 절연성 재질이 바람직하며, SiO₂ 또는 SiN을 포함할 수 있다. 이외 기판(100)은 후 공정의 진행에서도 물성이 크게 변하지 않는 절연성 재질이라면 어느 것이나 사용가능하다 할 것이다.
- [0028] 감지 영역(110)은 대략 마름모 형상을 가지고, 마름모의 꼭지점은 전극 배선부(120)와 연결된다. 상기 감지 영역(110)에서는 인가되는 자계에 의해 홀 전압이 발생된다. 즉, 감지 영역(110)에서 이상 홀 효과에 따른 홀 전압이 생성된다.
- [0029] 마름모 꼴의 형상을 가지는 감지 영역(110)에서는 수직자기방성의 변화에 따른 홀 전압이 생성된다. 또한, 형성되는 홀 전압의 선형성의 확보 및 크기의 증가를 위해 감지 영역(110)은 마름모 꼴의 형상을 가진다.
- [0030] 감지 영역(110)의 4개의 꼭지점은 전극 배선부(120)에 연결된다. 감지 영역(110)과 전극 배선부(120)의 재질은 상호 완전 동일하다. 예컨대, 마름모 꼴의 장축인 y 방향으로서는 제1 전극 배선(121) 및 제3 전극 배선(123)이 형성된다. 또한, 마름모 꼴의 단축인 x 방향으로서는 제2 전극 배선(122) 및 제4 전극 배선(124)이 형성된다. 또한, 장축인 y 방향으로서는 폭은 단축인 x 방향의 폭보다 1배 또는 1.5배의 크기를 가짐이 바람직하다.
- [0031] 입력 전류가 x 방향으로 인가되는 경우, y 방향의 2개의 전극 배선들(121, 123)은 홀 전압을 감지하는데 사용된다. 물론, 감지 영역(110)의 표면과 수직인 방향으로서는 자계가 인가된다.
- [0032] x 방향으로 입력 전류가 흐르는 경우, 마름모 꼴의 빗변을 따라 전류가 확산되며, 감지 영역(110)의 표면 전체에 균일하게 전류가 공급될 수 있다. 따라서, 인가되는 자계의 변화에 대한 홀 전압의 증가를 유도할 수 있다. 또한, 기존의 십자형 구조가 십자형 패턴의 중심부에 입력되는 자계를 홀 전압에 이용할 수 있음에 비해 본 발명의 마름모 꼴이 감지 영역(110)은 마름모 꼴에 인가되는 모든 자계를 홀 전압의 생성에 이용할 수 있는 장점이 있다. 본 실시예에서는 단축인 x 방향으로 입력 전류가 인가되고, 장축인 y 방향의 두 꼭지점에서 홀 전압을 출력하는 것으로 설명되나, 그 반대의 경우도 가능하다.
- [0033] 상기 전극 배선부(120)는 패드부(130)와 일체로 형성되고, 4개의 패드들(131, 132, 133, 134)을 가진다.
- [0034] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 2의 홀 센서를 AA' 방향으로 절단한 단면도이다.
- [0035] 도 3을 참조하면, 기판(100) 상에 제4 패드(134), 감지 영역(110) 및 제2 패드(132)가 도시된다. 제4 패드(134), 감지 영역(110) 및 제2 패드(132)는 상호간에 동일한 적층 구조를 가지며, 이는 도 3에 개시되지 않은 다른 패드들 및 전극 배선부에도 동일하게 적용된다. 즉, 전극 배선부(120) 및 패드부(130)의 적층구조는 감지 영역(110)과 동일하다.

- [0036] 따라서, 제4 패드(134)는 기관(100) 상에 버퍼층(111), 제1 비자성 금속층(112), 강자성층(113) 및 제2 비자성 금속층(114)을 가지며, 이는 감지 영역(110) 및 제2 패드(132)에도 동일하게 적용된다.
- [0037] 버퍼층(111)은 상기 기관(100) 상에 형성된다. 상기 버퍼층(111)은 제1 비자성 금속층(112)의 형성을 용이하게 하기 위해 구비된다. 즉, 절연성 재질의 기관(100) 상에 직접 제1 비자성 금속층(112)을 형성하는 경우, 제1 비자성 금속층(112)은 일정한 격자 상수를 가지지 못하거나 결정립을 형성하지 못해 다결정 구조가 형성되지 않을 수 있다. 따라서, 버퍼층(111)의 형성을 통해 제1 비자성 금속층(112)은 다결정 상태로 용이하게 형성된다. 상기 버퍼층(111)은 Ta, Ru 또는 Ti 임이 바람직하다.
- [0038] 상기 버퍼층(111) 상에는 제1 비자성 금속층(112)이 형성된다. 제1 비자성 금속층(112)은 다결정 상태이며, 강자성층(113)과의 계면에서 응력을 유발한다. 또한, 강자성층(113)과의 계면에서의 자기적 상호작용에 의해 강자성층(113)의 계면 부위에 수직자기이방성을 유도한다. 상기 제1 비자성 금속층(112)은 Pt 또는 Pd 임이 바람직하다.
- [0039] 상기 제1 비자성 금속층(112) 상에는 강자성층(113)이 형성된다. 강자성층(113)은 CoFeSiB의 합금으로 구성된다. 강자성층(113) 내의 벌크 영역에서는 수직자기이방성과 수평자기이방성이 혼재된 상태이다. 즉, 수직 자화 및 수평 자화가 혼재되고, 수직과 수평의 중간 영역의 자화도 나타난다. 다만, 강자성층(113)의 하부 영역 및 상부 영역은 비자성 금속층들(112, 114)과 인접하거나 접하며, 접하는 영역 부근에서는 수직자기이방성이 우세하게 나타난다. 이는 제1 비자성 금속층(112) 및 제2 비자성 금속층(114)의 두께와 강자성층(113)의 두께에 의해 결정된다. 즉, 소정의 두께 범위를 가지는 경우, 비자성 금속층(112, 114)과 접하는 강자성층(113)의 계면에서는 수직자기이방성이 우세하게 나타난다. 계면에서 나타나는 강한 수직자기이방성은 벌크 영역에 까지 스핀 궤도 상호작용을 유발한다.
- [0040] 스핀 궤도 상호작용에 의해 강자성층(113)은 수직 자화가 자화 용이축으로 설정된다. 따라서, 강자성층(113)에 수직인 방향으로 자계가 인가되는 경우, 수직 방향이 자화 용이축이 되므로 강자성층(113)은 인가되는 자계의 세기에 비례하여 수직자기이방성이 강화되고, 이는 홀 전압으로 나타난다.
- [0041] 상기 강자성층(113) 상에는 제2 비자성 금속층(114)이 형성된다. 제2 비자성 금속층(114)은 Pt 또는 Pd의 재질을 가짐이 바람직하다. 제2 비자성 금속층(114)은 하부의 강자성층(113)의 계면에 수직자기이방성을 유도한다. 유도된 수직자기이방성에 의해 강자성층(113)의 자화 용이축은 수직방향으로 결정된다. 상기 제2 비자성 금속층(114)은 자기 대칭성의 확보를 위해 제1 비자성 금속층(112)과 동일 재질로 구성됨이 바람직하다. 또한, 제2 비자성 금속층(114)이 가지는 두께는 제1 비자성 금속층(112)이 가지는 두께와 동일함이 바람직하다. 이를 통해 자기 대칭성이 확보되고, 강자성층(113)의 벌크 영역에서의 자화 용이축들이 대칭적으로 설정될 수 있으며, 제조되는 홀 센서의 출력 전압인 홀 전압의 오프 셋이 최소화될 수 있다.
- [0042] 또한, 본 실시예에서 패드들을 통해 입력 전류는 제2 비자성 금속층(114)에 우선적으로 공급된다. 제2 비자성 금속층(114), 강자성층(113) 및 제1 비자성 금속층(112)은 금속 재질이므로, 각각의 저항에 상응하여 입력 전류가 확산되어 흐른다. 또한, 입력 단자들로 결정된 패드들에 대응하여 잔류하는 2개의 패드들은 출력 단자를 형성한다. 출력인 홀 전압은 제2 비자성 금속층(114)을 통해 출력된다.
- [0043] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 2의 홀 센서의 감지 영역의 동작을 설명하기 위한 상세 단면도이다.
- [0044] 도 4를 참조하면, 설명의 편의를 위해 기관 및 버퍼층은 생략된다. 또한, 제1 비자성 금속층(112)과 제2 비자성 금속층(114) 사이에는 강자성층(113)이 구비된다.
- [0045] 제1 비자성 금속층(112)과 접하는 강자성층(113)의 계면으로부터 소정의 영역에는 수직자기이방성이 강화된 제1 용이축 유도층(1131)이 형성되고, 제2 비자성 금속층(114)과 접하는 강자성층(113)의 소정 영역에는 제2 용이축 유도층(1133)이 형성된다. 2개의 용이축 유도층(1131, 1133)은 비자성 금속층들(112, 114)과의 계면에서의 상호작용에 의해 형성된다. 다만, 제1 용이축 유도층(1131) 및 제2 용이축 유도층(1133)은 벌크층(1132)과는 동일 재질이며, 수직자기이방성에서는 구분되는 층으로 설명된다. 즉, 제1 용이축 유도층(1131)과 제2 용이축 유도층(1133)은 수직자기이방성이 우세한 특징을 가지며, 용이축 유도층들(1131, 1133) 사이의 벌크층(1132)은 자화 방향의 등방성이 우세한 특징이 있다.
- [0046] 다만, 제1 용이축 유도층(1131) 및 제2 용이축 유도층(1133)의 수직 자화에 의해 벌크층(1132)에서는 스핀 궤도 상호작용이 일어나며, 이에 따라 벌크층(1132)에서의 자화 용이축은 수직 방향으로 설정된다. 따라서, 외부 자

계가 강자성층(113)의 평면에 대해 수직 방향으로 인가되면, 벌크층(1132)의 등방성은 이방성으로 전환되고, 강자성층(113)의 평면 방향으로 전류가 인가되면, 전류 및 자계의 방향에 수직인 방향으로 홀 전압을 생성한다.

- [0047] 강자성층(113)의 벌크층(1132)에 유도되는 수직자기이방성의 크기는 인가되는 자계의 세기에 비례하며, 이를 통해 출력 전압인 홀 전압은 선형성을 확보할 수 있다.
- [0048] 상술한 수직자기이방성이 인가되는 자계의 세기에 의해 변화하는 현상은 전극 배선부 및 패드부에도 발생하고, 이에 따라 출력 전압인 홀 전압에서 노이즈 성분이 발생할 우려가 있다. 그러나, 홀 전압은 강자성층의 표면에 수직으로 인가되는 자계, 입력 전류 및 홀 전압을 측정하기 위한 출력 노드들이 하나의 요소에 모두 갖추어져야 측정될 수 있는 데이터이다. 즉, 전극 배선부들에서는 입력 전류 및 출력 노드 중 어느 하나가 결여된 상태이며, 패드부에서도 입력 전류 및 출력 노드 중 어느 하나가 결여된 상태로 나타나므로 감지 영역에서 발생하는 홀 전압에 영향을 미치지 못한다.
- [0049] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 2의 홀 센서를 AA' 라인을 따라 절단한 다른 단면도이다.
- [0050] 도 5를 참조하면, 기판(100) 상에 제4 패드(134), 감지 영역(110) 및 제2 패드(132)가 형성된다. 제4 패드(134), 감지 영역(110) 및 제2 패드(132)는 서로 동일한 적층 구조를 가진다. 이는 전극 배선부에 대해서도 동일하게 적용된다. 즉, 전극 배선부(120), 패드부(130) 및 감지 영역(110)은 동일한 적층 구조를 가진다. 다만, 상기 적층 구조는 상기 도 3에서 개시한 적층 구조에서 강자성층과 비자성 금속층을 추가한 것이다.
- [0051] 상기 도 5에서 기판(100) 상에 버퍼층(111), 제1 비자성 금속층(112), 제1 강자성층(113), 제2 비자성 금속층(114), 제2 강자성층(115) 및 제3 비자성 금속층(116)이 형성된다.
- [0052] 버퍼층(111)의 재질은 상기 도 3에서 설명된 바와 동일하다. 따라서, 상기 버퍼층(111)은 Ta, Ru 또는 Ti 임이 바람직하다. 또한, 비자성 금속층들(112, 114, 116)의 재질은 상기 도 3에서 설명된 바와 동일하게 Pt 또는 Pd를 포함한다. 또한, 강자성층들(113, 115)의 재질은 CoFeSiB를 포함한다. 즉, 상기 도 5에서는 강자성층(113, 115)을 중심으로 상부 및 하부에 비자성 금속층들(112, 114, 116)이 배치되고, 상기 배치가 반복되는 구조이다. 다만, 제2 강자성층(115)은 하부의 제1 강자성층(113) 사이에 하나의 비자성 금속층(114)을 공유하는 구조이다.
- [0053] 상기 도 2 내지 도 5에서 각각의 버퍼층(111)의 두께는 10Å 내지 50Å임이 바람직하다. 버퍼층(111)의 두께가 50Å를 상회하면 홀 전압의 선형성이 약해지고, 센싱 감도가 저하됨을 알 수 있다. 이는 강자성층에서 수직자기이방성 특성이 원활하게 작용하지 않음을 의미한다. 버퍼층(111)의 두께가 50Å를 상회하는 경우, 버퍼층(111)과 제1 비자성 금속층(112) 사이에서 발생하는 응력 또는 스트레스가 버퍼층(111)의 큰 두께로 인해 흡수된다. 따라서, 제1 비자성 금속층(112)이 제1 강자성층(113)과 접하는 계면에서 제1 강자성층(113)에 에너지 형태로 인가되는 스트레스도 감소된다. 이에 따라 수직 자화의 강도가 감소되어 수직자기이방성이 약해진다.
- [0054] 또한, 10Å 미만의 두께를 가지는 버퍼층(111)은 본 출원의 발명자들이 보유하는 장비로는 그 제조여부를 확인할 수 없다.
- [0055] 또한, 각각의 강자성층(113, 115)은 그 두께가 10Å 내지 45Å의 값을 가짐이 바람직하다. CoFeSiB 재질을 가지는 강자성층(113, 115)은 10Å 미만의 두께로 제작하기 곤란하다. 또한, 강자성층(113, 115)의 두께가 45Å를 상회하면, 선형성이 악화되고, 포화 자화와 관련된 곡선이 사라지고, 인가되는 자계에 대해 매우 낮은 감도를 가지는 것으로 확인된다.
- [0056] 또한, 각각의 비자성 금속층(112, 114, 116)의 두께는 강자성층(113, 115)의 두께 이하임이 바람직하다. 다만, 비자성 금속층(112, 114, 116)의 두께를 10Å 미만으로 제작하는 것은 공정상 매우 곤란하다. 따라서, 비자성 금속층(112, 114, 116)은 그 두께가 10Å 이상이면서 강자성층(113, 115)의 두께 이하일 필요가 있다. 비자성 금속층(112, 114, 116)의 두께가 강자성층(113, 115)의 두께 이하인 경우, 홀 전압은 선형적인 특성을 보이며, 포화 자화 상태 이전의 선형적 궤적에서 전압차도 상호 동일함을 알 수 있다. 또한, 비자성 금속층(112, 114, 116)의 두께가 작을수록 낮은 값의 자계에서도 홀 전압이 급격히 변하는 경향이 있다. 이는 비자성 금속층(112, 114, 116)의 두께가 작을수록 센싱 감도가 향상됨을 의미한다.
- [0057] 또한, 비자성 금속층(112, 114, 116)의 두께가 강자성층(113, 115)의 두께를 상회하면, 선형성이 나빠지고, 포화 자화가 생성되지 못한다. 감도 또한 급격히 저하된다. 이는 비자성 금속층(112, 114, 116)으로 흐르는 전류가 강자성층(113, 115)을 흐르는 전류를 상회하고, 일정 비율 이상으로 비자성 금속층(112, 114, 116)에 전류가 집중되면, 자기이방성의 제거가 곤란함을 의미한다.
- [0058] 특히, 증가한 두께를 가지는 비자성 금속층(112, 114, 116)은 내부에 큰 두께의 벌크 영역을 가지고 이는 강자

성층(113, 115)과의 계면에서 에너지 또는 스트레스를 일으키지 못한다. 따라서, 수직자기이방성에 따른 자화 용이축의 생성이 곤란해진다.

[0059] 도 6 내지 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 상기 도 2 및 도 3의 홀 센서를 제작하는 방법을 설명하기 위한 평면도들 및 단면도들이다.

[0060] 도 6을 참조하면, 기판(100) 상에 스퍼터링 등의 다양한 방법을 통해 버퍼층(111), 제1 비자성 금속층(112), 강자성층(113) 및 제2 비자성 금속층(114)을 순차적으로 형성한다. 각각의 막질들이 두께와 재질은 설명된 바와 동일하다.

[0061] 따라서, 기판(100)의 전면에 걸쳐 막질들이 형성되며, 최상층에는 제2 비자성 금속층(114)이 노출된다.

[0062] 도 7을 참조하면, 최상층의 제2 비자성 금속층(114) 상에 포토레지스트 패턴(118)이 형성된다. 상기 포토레지스트 패턴(118)은 알려진 포토리소그래피 공정에 따라 형성된다. 즉, 제2 비자성 금속층(114) 상에 포토레지스트가 도포되고, 통상의 포토리소그래피 공정에 의해 포토레지스트 패턴(118)을 형성한다.

[0063] 이어서 형성된 포토레지스트 패턴(118)을 식각 마스크로 이용하여 하부의 기판(100)의 일부가 노출되도록 식각을 수행한다. 이를 통해 상기 도 2 및 도 3에 도시된 홀 센서 패턴 형상을 얻을 수 있다.

[0064] 계속해서 에칭 등의 공정을 이용하여 상부의 포토레지스터 패턴(118)을 제거하고, 최상층의 제2 비자성 금속층(114)의 표면을 노출시킨다.

[0065] 상술한 제조공정에서 본 발명의 감지 영역(110)은 전극 배선부(120)와 동일한 적층구조를 가진다. 또한, 감지 영역(110)은 패드부(130)와도 동일한 적층구조를 가진다. 즉, 전극 배선의 형성을 위한 별도의 금속층 형성 및 패터닝 공정이 요구되지 않는다. 이는 패드부에 대해서도 동일하게 적용된다.

[0066] 즉, 단 1회의 포토레지스트 패턴의 형성 및 식각 공정을 통해 감지 영역, 전극 배선부 및 패드부가 동시에 형성된다. 따라서, 생산공정에서 보잡하고 많은 공정이 생략될 수 있으며, 생산성을 개선할 수 있다.

[0068] 제조예 : 패턴의 변화에 따른 홀 전압의 측정

[0069] DC 마그네트론 스퍼터를 이용하여 홀 센서를 제작한다. 챔버 내의 증착 압력은 3mTorr 내지 5mTorr로 설정한다. 증착을 위해 각각의 타겟을 배치하고, 건 파워(gun power)를 이용한다. 기판은 SiO₂이며, 버퍼층으로는 Ta가 사용되고, 제1 비자성 금속층은 Pt 재질이며, 강자성층은 CoFeSiB이고, 제2 비자성 금속층은 제1 비자성 금속층과 동일한 Pt 재질이다. Ta 타겟에 인가되는 건 파워는 60W, Pt 타겟에 인가되는 건 파워는 60W, CoFeSiB 타겟에 인가되는 건 파워는 80W이다.

[0070] 상기 조건을 적용하고, 마스크 패턴에서 전극 배선부의 폭을 변경하여 4종의 샘플을 제조한다. SiO₂ 기판 상에 증착된 Ta 버퍼층의 두께는 50Å, 제1 비자성 금속층인 Pt의 두께는 25Å이며, 제2 비자성 금속층인 Pt의 두께는 25Å이고, 강자성층은 CoFeSiB의 두께는 35Å이다.

[0071] 샘플의 분리를 위해 전극 배선부의 배선폭의 변경을 통해 입력 저항을 4개의 값으로 분리한다. 또한, 입력 배선들은 서로 마주 보는 방향으로 설정되고, 출력 배선들도 서로 마주 보는 방향으로 설정된다. 배선폭을 조절하여 출력 저항을 1.3 kΩ으로 설정한다. 입력 저항의 변동에 따른 샘플의 분리는 하기의 표 1로 구분된다.

표 1

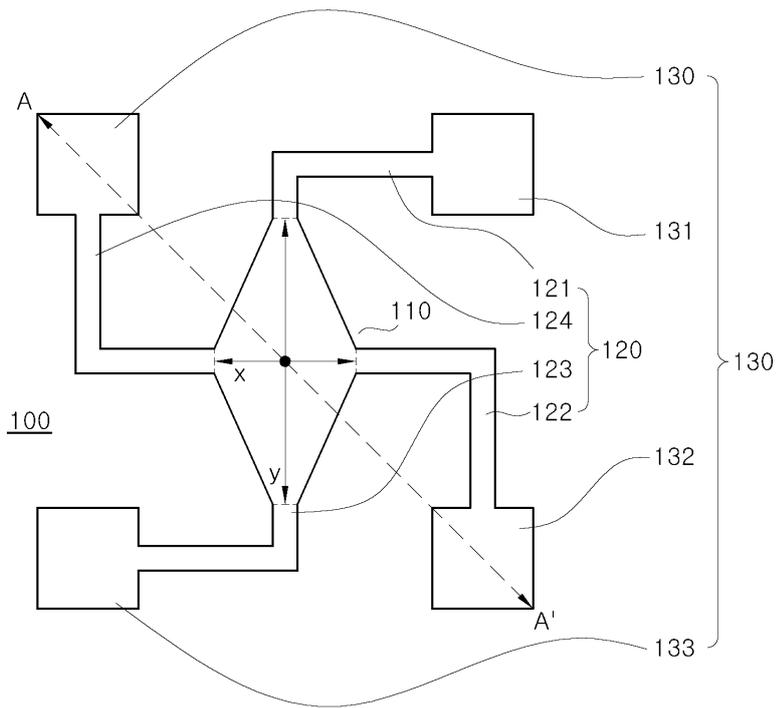
구분	입력 배선폭	입력 저항	출력 배선폭	출력저항
샘플 1	25 μ m	1.6k Ω	50 μ m	1.3k Ω
샘플 2	50 μ m	1.2k Ω		
샘플 3	75 μ m	890 Ω		
샘플 4	100 μ m	550 Ω		

[0073] 도 8 내지 도 11은 본 발명의 제조예에 따라 자계의 인가에 따른 홀 전압의 변화를 측정한 그래프들이다.

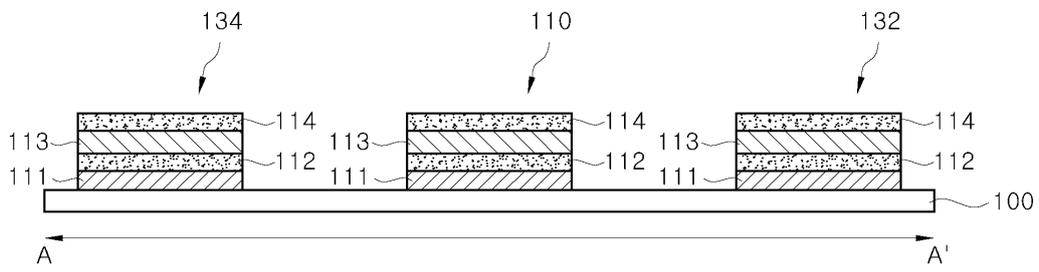
[0074] 도 8을 참조하면, 입력 저항이 1.6kΩ인 경우의 홀 전압의 변화가 도시되고, 도 9에서는 입력 저항이 1.2kΩ인 경우의 홀 전압이 변화가 도시된다. 또한, 도 10에서는 입력 저항이 890Ω인 경우의 홀 전압의 변화가 도시되며, 도 11에서는 입력 저항이 550Ω인 경우의 홀 전압의 변화가 도시된다.

[0075] 또한, 측정은 사이 도 2의 패턴에서 감지 영역이 단축과 장축의 폭이 비율이 1.5이며, 단축으로 입력 전류가 인

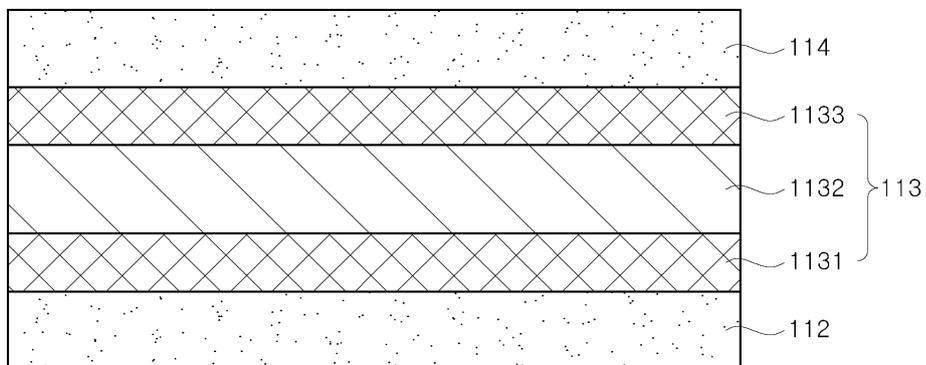
도면2



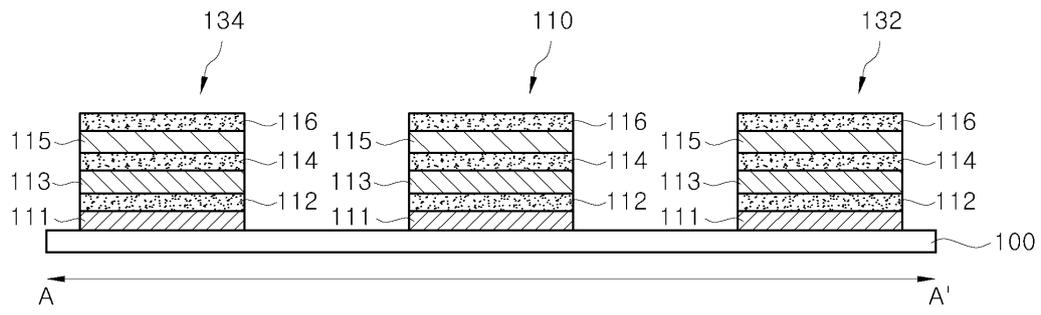
도면3



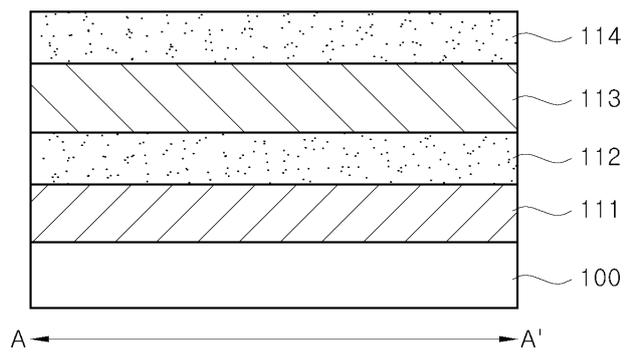
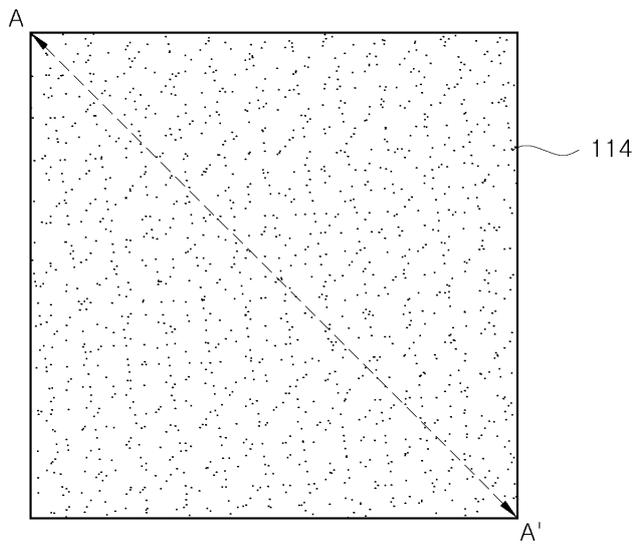
도면4



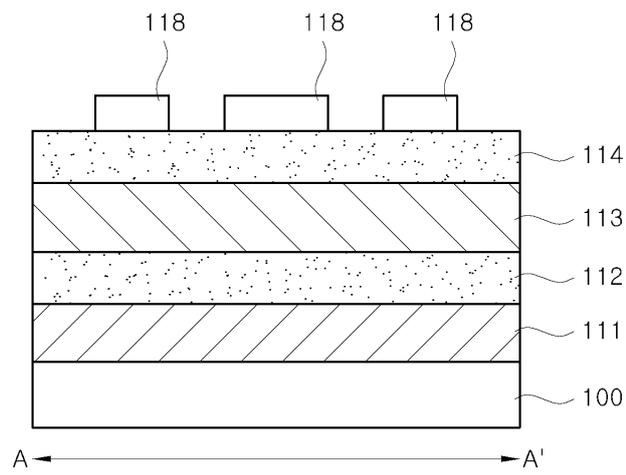
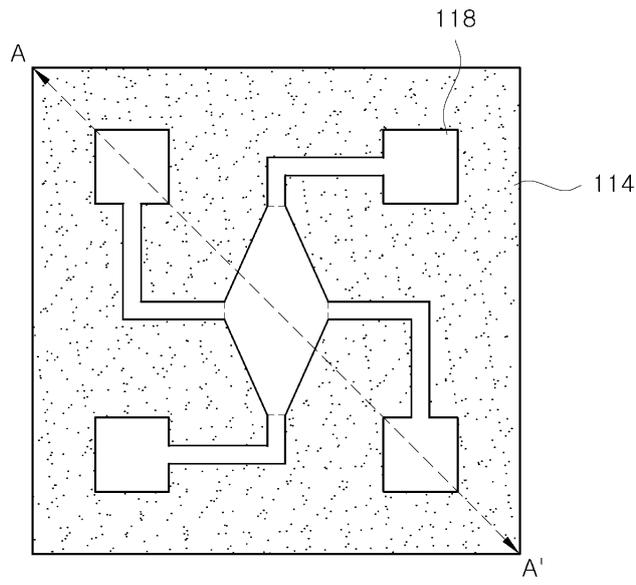
도면5



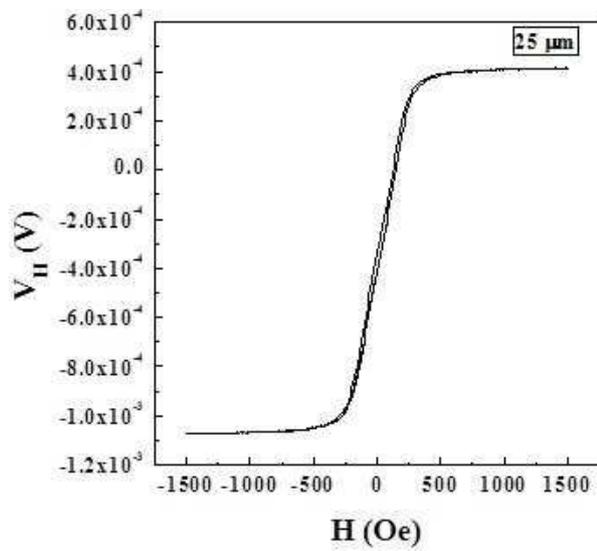
도면6



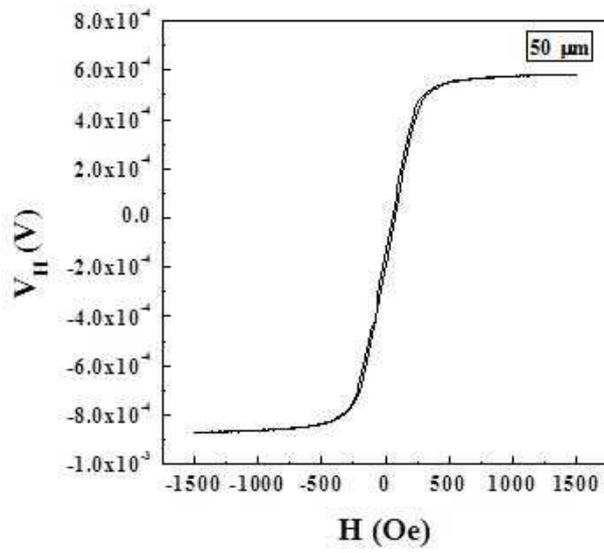
도면7



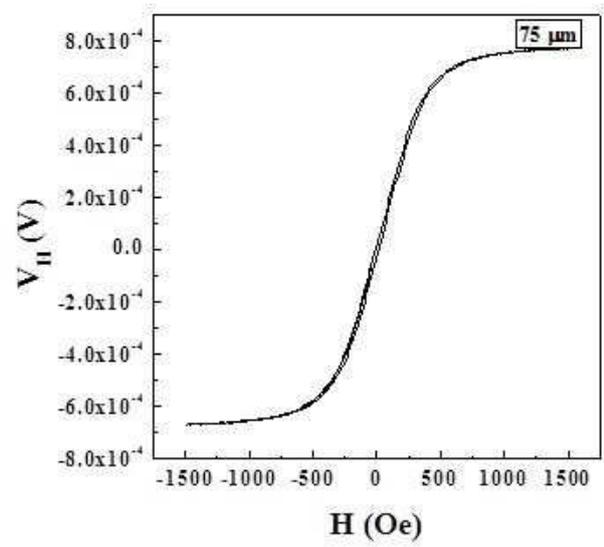
도면8



도면9



도면10



도면11

