



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년01월07일
(11) 등록번호 10-2348625
(24) 등록일자 2022년01월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 43/08 (2006.01) H01L 43/02 (2006.01)
H01L 43/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 43/08 (2013.01)
H01L 43/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0060871
(22) 출원일자 2015년04월29일
심사청구일자 2020년04월08일
(65) 공개번호 10-2015-0124929
(43) 공개일자 2015년11월06일
(30) 우선권주장
61/996,086 2014년04월29일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20140043891 A1
JP2013197402 A
KR1020110056382 A

(73) 특허권자
내셔널 유니버시티 오브 싱가포르
싱가포르 119077 로우어 켄트 리지 로드 21
학교법인 연세대학교
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동)
(72) 발명자
룽, 리 밍
싱가포르, 싱가포르 119077, 21 로우어 켄트 리지
로드, 디파트먼트 오브 일렉트릭얼 앤드 컴퓨터
엔지니어링, 패컬티 오브 엔지니어링, 내셔널 유니
버시티 오브 싱가포르 내
양현수
싱가포르, 싱가포르 119077, 21 로우어 켄트 리지
로드, 디파트먼트 오브 일렉트릭얼 앤드 컴퓨터
엔지니어링, 패컬티 오브 엔지니어링, 내셔널 유니
버시티 오브 싱가포르 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인한얼

전체 청구항 수 : 총 22 항

심사관 : 이양근

(54) 발명의 명칭 자기저항 장치 제조 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예들은 자기저항 장치(magnetoresistive device) 제조 방법을 제공한다. 상기 방법은, 자기저항 장치의 자기적 특성 및 자기저항적 특성이 개선될 수 있도록, 제1 기판으로부터 상기 자기저항 장치를 형성하기 위한 다층의 자기저항 구조를 릴리싱하여(releasing) 상기 다층의 자기저항 구조 내의 고유 응력을 이완시키는 것을 포함한다. 상기 자기적 특성 및/또는 상기 자기저항적 특성은, 비제한적으로, 상기 자기저항 장치의 보자성(coercivity), 스위칭의 각형비(squareness) 또는 비약성(abruptness), 자기저항성(magnetoresistance: MR) 및 저항성(magnetoresistance)을 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01L 43/12 (2021.01)

(72) 발명자

이원호

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동) 연세대학교 내

안중현

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동) 연세대학교 내

바티아, 샤란짓 싱

싱가포르, 싱가포르 119077, 21 로우어 켄트 리지로드, 디파트먼트 오브 일렉트릭얼 앤드 컴퓨터 엔지니어링, 패컬티 오브 엔지니어링, 내셔널 유니버시티 오브 싱가포르 내

명세서

청구범위

청구항 1

자기저항 장치의 자기적 특성, 자기저항적 특성 또는 이들 모두를 개선하기 위해, 상기 자기저항 장치의 형성을 위해 사용되는 다중층 자기저항 구조를 제1 기재로부터 박리하여 상기 다중층 자기저항 구조 내의 고유 응력을 이완시키는 단계를 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 다중층 자기저항 구조는 상측 전기 전도성 층, 전기 절연 캡슐레이션 층, 자기저항 소자, 하측 전기 전도성 층 및 식각 차단 층을 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 자기저항 소자는 자기 터널 접합부(MTJ) 또는 이중 MTJ 또는 자이언트 자기저항(GMR) 구조를 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 다중층 자기저항 구조 내의 상기 고유 응력은 상기 다중층 자기저항 구조의 임의의 층의 고유 응력을 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 자기저항 장치를 형성하기 위해 상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 제2 기재와 통합시키는 단계를 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제2 기재는 통상의 강성 기재들, 가요성 폴리머 기재들, 웨이퍼들, 유리, 포일, 폴리디메틸실록산(PDMS) 기재들, 플라스틱 및 니트릴 고무 기재들로 구성되는 그룹으로부터 선택되는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제2 기재는 변형가능한 기재이며, 상기 방법은 상기 다중층 자기저항 구조에 인장 또는 압축 스트레인(strain)을 제공하도록 상기 제2 기재를 변형시키는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 제2 기재에 통합시키는 단계는 상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 전달 캐리어에 의해 상기 제2 기재에 전달하는 단계를 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 전달 캐리어는 변형된 PDMS 스탬프(stamp)인, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 전달 캐리어는 열 박리 테이프이고, 상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 제2 기재에 통합하는 상기 단계는 상기 자기저항 구조가 상기 제2 기재로 전달된 이후 상기 열 박리 테이프를 가열하는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 제2 기재에 통합하는 상기 단계는,

글루/접착제를 사용하거나, 상기 제2 기재, 상기 박리된 다중층 자기저항 구조의 표면 또는 이들 모두를 플라즈마 처리하거나, 고온 또는 고압을 동반하는 통상의 방법에 의하거나, 웨이퍼 또는 표면 활성화 또는 원자 확산 본딩 방법에 의하여,

상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 상기 제2 기재에 본딩시키는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 12

제5항에 있어서, 상기 자기저항 구조에 제공되는 스트레인의 미리결정된 값, 구성 또는 이들 모두에 따라 상기 박리된 다중층 자기저항 구조를 제2 기재와 통합하는 방법을 선택하는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 제1 기재로부터 상기 다중층 자기저항 구조를 박리하는 단계 이전에, 상기 제1 기재 상에 상기 다중층 자기저항 구조를 제조하는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 다중층 자기저항 구조 내의 상기 고유 응력을 미리결정된 값, 구성 또는 이들 모두로 만드는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 다중층 자기저항 구조의 상기 고유 응력을 미리결정된 값, 구성 또는 이들 모두로 만드는 상기 단계는,

상기 고유 응력의 상기 미리결정된 값, 구성 또는 이들 모두에 기초하여,

상기 자기저항 구조의 언더층(under layer), 캡슐레이션 층, 덮개 층 또는 임의의 다른 층의 재료, 두께 또는 이들 모두를 선택하는 단계;

박막 증착 조건을 결정하는 단계;

어닐링 조건을 결정하는 단계; 및

상기 자기저항 구조의 구성을 선택하는 단계; 중 적어도 하나를 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 16

제1항에 있어서, 상기 다중층 자기저항 구조는 식각 기술에 의해 상기 제1 기재로부터 박리되는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 제1 기재로부터 상기 자기저항 구조를 박리시키기 위한 공정 동안 식각 두께를 조절하여 상기 다중층 자기저항 구조의 상기 고유 응력의 이완을 제어하는 단계를 더 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 18

제1항에 있어서, 상기 자기저항 장치의 상기 자기적 특성, 자기저항적 특성, 또는 이들 모두는 보자력, 스위칭의 각형성(squareness) 또는 급격성, 자기저항(MR) 및 자기저항 장치의 저항을 포함하는, 자기저항 장치 제조 방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따라 제조된 자기저항 장치.

청구항 20

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따라 제조된 자기저항 장치를 갖는 센서.

청구항 21

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따라 제조된 자기저항 장치를 갖는 데이터 저장 장치.

청구항 22

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 따라 제조된 자기저항 장치를 갖는 스트레인 게이지.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 일반적으로 자기저항 장치에 관한 것이며, 특히, 자기저항 장치의 자기적 특성들 및/또는 자기저항적 특성들을 개선시키기 위한 자기저항 장치를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 잘 알려진 바와 같이, 자기저항 장치의 자기저항 구조에 스트레인(strain)을 인가함으로써 자기저항 장치의 더욱 바람직한 자기 특성, 예를 들어, 보자력(coercivity), 스위칭의 각형성(squareness)과 급격성(abruptness), 및 자기저항성(magnetoresistance: MR)이 얻어질 수 있다.
- [0003] 자기저항 구조에 스트레인을 인가하는 기존 방법 중 하나는 자기저항 구조 상에 증착된 스트레서 층(stressor layer)을 요구한다. 이는 제조 비용과 복잡성을 증가시킨다. 현존하는 다른 방법에서, 자기저항 구조가 직접적으로 폴리머 기재 상에 성장되고, 그후, 가요성 폴리머 기재를 변형시킴으로써 자기저항 구조에 스트레인이 인가될 수 있다. 그러나, 이 방법은 한정적인 적용 범위를 가지며, 그 이유는 가요성 폴리머 기재만이 이 방법에서 사용될 수 있다는 점과, 또한, 가요성 폴리머 기재의 물리적 특성, 예를 들어, 높은 표면 조도(surface roughness) 및 열악한 고온 내성(high temperature resistance) 때문이다. 즉, 가요성 폴리머 기재는 고온 처리를 견딜 수 없다.

발명의 내용

- [0004] 본 발명의 일 양태에 따라서, 자기저항 장치를 제조하는 방법이 제공된다. 이 방법은 자기저항 장치의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성을 향상시키기 위해 다층 자기저항 구조의 고유 응력을 이완시키도록 제1 기재로부터 자기저항 장치를 형성하기 위해 사용되는 다층 자기저항 구조를 박리시키는 단계를 포함한다.
- [0005] 이 방법에서, 제1 기재로부터 자기저항 구조가 박리될 때 자기저항 구조의 고유 응력 이완에 기인하여 다층 자기저항 구조에 스트레인이 제공된다. 다수의 실험 결과에 의거하여, 이 방법에 의해, 자기저항 장치의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성이 개선될 수 있음이 판명되었다. 자기저항 장치의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성은 보자력, 스위칭의 각형성이나 급격성, 자기저항(MR) 및 자기저항 장치의 저항(resistance)을 포함한다.
- [0006] 본 발명의 일 실시예에서, 다층 자기저항 구조는 상측 전기 전도성 층, 전기 절연 캡슐레이션층, 자기저항 소자, 하측 전기 전도성 층 및 식각 차단 층을 포함한다. 다층 자기저항 구조 내의 자기저항 소자는 자기 터널 접합부(MTJ: magnetic tunnel junction) 또는 이중 자기 터널 접합부(MTJ) 또는 자이언트 자기저항(GMR: giant magnetoresistive) 구조를 포함할 수 있다.
- [0007] 통상적으로, 다층 자기저항 구조 내의 고유 응력은 자기저항 구조 내의 임의의 층의 고유 응력을 포함할 수 있다.
- [0008] 자기저항 장치를 형성하기 위해, 본 방법은 박리된 다층 자기저항 구조를 제2 기재와 통합시키는 단계를 더 포함한다. 제2 기재는 통상적인 그리드 기재, 가요성 폴리머 기재, 웨이퍼, 유리, 포일(foil), 폴리이메틸실록산(PDMS) 기재, 플라스틱 및 니트릴 고무 기재로 구성되는 그룹으로부터 선택된 임의의 것일 수 있다.
- [0009] 다층 자기저항 구조에 대한 스트레인의 추가적 제공을 위해, 제2 기재는 변형가능한 기재로부터 선택되며, 이 방법은 다층 자기저항 구조에 스트레인을 제공하기 위해 제2 기재를 변형시키는 단계를 더 포함한다. 제2 기재를 변형시킴으로써 제공되는 스트레인은 인장 또는 압축 응력일 수 있다.

- [0010] 미리결정된 값 및/또는 구성을 갖는 응력을 자기저항 구조에 제공하기 위해, 다층 자기저항 구조의 제조 동안, 다층 자기저항 구조의 고유 응력은 미리결정된 값 및/또는 구성으로 가공된다.
- [0011] 다층 자기저항 구조의 고유 응력을 가공하는 단계는 고유 응력의 미리결정된 값 및/또는 구성에 기초하여 언더층, 캡슐레이션층, 덮개 층 또는 자기저항 구조 내의 임의의 다른 층의 재료 및/또는 두께를 선택하는 단계, 박막 증착 조건을 결정하는 단계, 어닐링 조건을 결정하는 단계 및/또는 자기저항 구조의 구성을 선택하는 단계를 포함한다.
- [0012] 본 발명의 다른 양태에 따라서, 본 발명의 실시예에 개시된 방법에 따라 제조된 자기저항 장치가 제공된다.
- [0013] 본 발명의 다른 양태에 따라서, 본 발명의 실시예에 개시된 방법에 따라 제조된 자기저항 장치를 갖는 센서, 데이터 저장 장치 또는 스트레인 게이지가 제공된다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 첨부 도면들을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.
- 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 자기저항 장치를 제조하는 방법을 예시하는 흐름도이다.
- 도 2a는 제1 실시예에 따른, 제1 기재 상에 제조된 자기저항 구조, 즉, 전달전 장치(pre-transferred device)의 단면도를 예시하는 개략도이다.
- 도 2b는 제1 기판으로부터 박리된 자기저항 구조의 단면도를 예시하는 개략도이다.
- 도 2c는 본 발명의 제1 실시예에 따른 자기저항 장치, 즉, 전달후 장치(post-transferred device)의 단면도를 예시하는 개략도이다.
- 도 2d는 제1 실시예의 일 예에 따른 변형된 자기저항 장치의 단면도를 예시하는 개략도이다.
- 도 3a는 도 2a 내지 도 2d의 자기저항 구조의 다층 구조를 예시하는 개략도이다.
- 도 3b는 도 3a의 자기저항 구조의 일부 층의 상세 구조를 예시하는 개략도이다.
- 도 3c는 도 3a의 자기저항 소자의 대안적 구조를 예시하는 개략도이다.
- 도 4a는 전달전 장치의 자기저항 측정의 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 4b는 전달후 장치의 자기저항 측정의 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 5a는 다양한 인장 테스트 단계 동안 전달후 장치의 터널링 자기저항(TMR) 측정의 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 5b는 다양한 압축 테스트 단계 동안 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 6a는 초기 상태에서, 그리고, 0.2% 스트레인에서의 6 굴곡 및 20 굴곡 이후 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 6b는 다른 0.4% 스트레인에서의 6 굴곡 및 20 굴곡 이후의 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시하는 그래프이다.
- 도 7a 및 도 7b는 각각 전달전 장치의 일 예와 전달후 장치의 일 예의 광학 이미지를 도시한다.
- 도 8a는 전달후 장치가 TMR 측정 동안 인장 스트레인을 받을 수 있게 되는 스트레인 테스트 설정의 측면도를 도시한다.
- 도 8b는 TMR 측정 동안 전달후 장치가 압축 스트레인을 받을 수 있게 되는 스트레인 테스트 설정의 측면도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 후속 설명에서, 본 발명의 다양한 예시적 실시예의 전반적 이해를 제공하기 위해 다양한 특정 세부사항이 설명된다. 그러나, 본 기술의 숙련자는 본 발명의 실시예가 이들 특정 세부사항 중 일부 또는 모두 없이 실시될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 본 명세서에 사용되는 용어는 단지 특정 실시예를 설명하는 목적을 위한 것이며, 본 발명의 범주를 제한하는 것을 의도하지 않는다는 것을 이해하여야 한다. 도면에서, 다수의 도면 전반에 걸

쳐 유사 참조 번호는 동일 또는 유사 기능 또는 특징을 나타낸다.

- [0016] 본 발명의 실시예들은 다중층 자기저항 구조를 포함하는 자기저항 장치를 제조하는 방법을 제공한다. 이 방법에서, 자기저항 장치의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성을 개선시키기 위해 초기 기재(제1 기재)로부터 자기저항 구조가 박리될 때 자기저항 구조의 고유 응력(intrinsic stress) 이완에 기인한 자기저항 장치의 다중층 자기저항 구조에 스트레인(strain) 제공된다.
- [0017] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 자기저항 장치(200)를 제조하기 위한 방법(100)을 예시하는 흐름도이다. 본 실시예에서, 자기저항 장치(200)는 도 2c에 도시된 바와 같이 다중층 자기저항 구조(201) 및 제2 기재(205)를 포함한다. 자기저항 장치(200)의 자기저항 구조(201)는 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 제1 기재(202)로부터 박리된다.
- [0018] **블록 101**에서, 선택적으로, 다중층 자기저항 구조(201)는 도 2a에 도시된 바와 같이 전달전 장치(20)를 형성하기 위해 제1 기재(202) 상에 제조된다.
- [0019] 본 실시예에서, 제1 기재(202)는 임의의 적절한 통상의 강성 기재(rigid substrate), 예를 들어, 실리콘(Si) 기재일 수 있다.
- [0020] 도 2a 내지 도 2d에서 자기저항 구조(201)의 상세한 다중층 구조를 예시하는 도 3a를 참조하면, 자기저항 구조(201)는 상측 전기 전도성 층/라인(302), 전기 절연 캡슐레이션 층(304), 자기저항 소자(306), 하측 전기 전도성 층/라인(308) 및 식각 차단 층(310)을 포함한다.
- [0021] 통상적으로, 도 3b에 도시된 바와 같이, 상측 전기 전도성 층/라인(302)은 제1 선택적 덮개 층(들)(1a), 제2 선택적 덮개 층(들)(1c), 제1 및 제2 선택적 덮개 층(들)(1a, 1c) 사이에 배치된 상측 전극 층(들)(1b)을 포함할 수 있다. 자기저항 소자(306)는 상측에서 하측으로 선택적 자속 폐쇄 층(3a), 자유 강자성 층(3b), 터널링 배리어 또는 스페이서 층(3c), 기준 강자성 층(3d), 선택적 피닝 및/또는 자속 폐쇄 층(3e)을 포함할 수 있다. 하측 전기 전도성 층/라인(308)은 언더층(들) 및/또는 금속 라인(4a)을 포함할 수 있다. 상기 층(4a)에서 언더층(들)의 전형적 기능은 그 층(4a) 위에 후속 층들의 성장/제조를 위한 더욱 최적화된 표면을 제공하는 것이다.
- [0022] 상기 층들 3a-3e의 순서는 자기저항 소자(306)에서 반전될 수 있다는 것을 주의하여야 한다. 자기저항 소자(306)는, 상기 층(3c)이 터널 배리어라면 자기터널 접합부(MTJ)이며, 상기 층(3c)이 비자기적, 전기 전도성 스페이서 층이라면 자이언트 자기저항(GMR) 장치이다. 대안적으로, 자기저항 소자(306)는 도 3c에 도시된 상세한 구조를 가질 수 있으며, 그 구조는 이중 자기 터널 접합부(MTJ)이다.
- [0023] 자기저항 구조(201)는 상기 층들(3b, 3d)의 자화 방향과 자기적 이방성을 구성하는 것을 통해 자기장 센서 또는 데이터 저장 메모리 셀로 기능할 수 있다. 자기저항 구조(201)는 또한 스트레인 게이지(strain gauge)로서 기능할 수 있다.
- [0024] 상기 층(3e)은 그 층(3e)이 상기 층(3d)을 위한 피닝 층(pinning layer)으로서 구성되는 경우 반강자성 물질 층을 포함할 수 있다. 층(3a 및/또는 3e)이 각각 층(3b 및/또는 3d)을 위한 자속 폐쇄 층으로서 구성되는 경우, 층(3a 및/또는 3e)은 각각 비자기적 전기 전도성 스페이서 물질 층 및 강자성 층을 포함한다. 스페이서 물질 층은 강자성 층에 대해 층(3b 및/또는 3d)의 반평행 층간 교환 커플링을 가능하게 한다. 상기 층(3e)이 상기 층(3d)을 위한 피닝 및 자속 폐쇄 양자 모두를 제공하도록 구성되는 경우, 상기 층(3e)은 반강자성 물질 층, 비자성 전기 전도성 스페이서 물질 층 및 강자성 층을 포함한다.
- [0025] 이는 전달전 장치(20)가 제3자에 의해 준비되고 자기저항 장치(200)의 제조자에게 제공될 수 있기 때문에 선택적 단계이다.
- [0026] **블록 102**에서, 다중층 자기저항 구조(201)는 자기저항 장치(200)의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성을 향상시키도록 다중층 자기저항 구조(201)의 고유 응력을 이완시키기 위해 제1 기재(202)로부터 박리된다. 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성은 보자력, 스위칭의 각형성 또는 급격성, 자기저항 및 자기저항 장치(200)의 저항을 비제한적으로 포함한다.
- [0027] 다중층 자기저항 구조(201)는 식각 기술, 레이저 어닐링, 화학 용액 또는 직접적 박피에 의해 제1 기재(202)로부터 박리될 수 있다. 다중층 자기저항 구조(201)를 박리하기 위해 식각 기술이 사용되는 경우, 다중층 자기저항 구조(201)에서의 고유 응력의 이완은 자기저항 구조(201)의 박리 공정 동안 식각 두께를 조절함으로써 제어될 수 있다.

- [0028] 박리된 자기저항 구조(201)는 도 2b에 도시되어 있다. 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 본 실시예에서, 자기저항 구조(201)가 제1 기재(202)로부터 박리될 때, 자기저항 구조(201)의 고유 응력은 완전히 또는 부분적으로 이완되며, 그리하여 자기저항 구조(201)에 스트레인(strain)이 제공되는 것으로 고려된다.
- [0029] 자기저항 구조(201) 내의 고유 응력은 도 3a에 도시된 바와 같은 자기저항 구조(201)의 각 층에 생성될 수 있다. 따라서, 자기저항 구조(201)의 고유 응력의 이완은 자기저항 구조(201)의 임의의 층에서 발생할 수 있다.
- [0030] 또한, 일 실시예에 따라 미리결정된 값 및/또는 구성을 갖는 스트레인이 자기저항 구조(201)에 제공되어 바라는 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성이 자기 저항 장치(200)에서 얻어지는 것이 보장되도록, 자기저항 구조(201)에서 고유 응력의 이완을 제어하기 위하여 도 2a의 다중층 자기저항 구조(201)는 미리결정된 값 및/또는 구성을 갖는 고유 응력을 갖도록 준비된다. 즉, 자기저항 구조(201)의 고유 응력은 미리결정된 값 및/또는 구성에 도달하도록 만들어진다. 고유 응력 또는 스트레인(intrinsic stress or strain)의 구성은 고유 응력 또는 스트레인의 방향(들), 예를 들어, 단축(uniaxial) 인장/압축 응력 또는 스트레인, 이축(biaxial) 인장/압축 응력/스트레인을 포함한다.
- [0031] 미리결정된 값 및/또는 구성으로 자기저항 구조(201)의 고유 응력을 만들기 위해 다양한 방법이 사용될 수 있다. 이 방법은 이하에서의 단계들을 비제한적으로 포함한다:
- [0032] 자기저항 구조(201)의 언더층, 캡슐레이션 층, 덮개 층 또는 임의의 다른 층의 재료 및/또는 두께의 선택함;
- [0033] 박박 증착 조건의 결정함. 예를 들어, 다중층 자기저항 구조(201)의 제조 동안 박박 증착 공정에 사용되는 파워 및/또는 압력을 결정함;
- [0034] 어닐링 조건을 결정함. 예를 들어, 다중층 자기저항 구조(201)의 제조 동안 어닐링 공정의 온도 및/또는 시간의 결정함; 그리고/또는
- [0035] 미리결정된 값 및/또는 구성을 초래할 수 있는 자기저항 구조(201)의 구성을 선택함. 상기 자기저항 구조(201)의 구성은 자기저항 구조(201)의 형상 및/또는 종횡비(aspect ratio)를 포함할 수 있다.
- [0036] 자기저항 구조(201)의 고유 응력을 미리결정된 값 및/또는 구성으로 만드는 일 예가 아래에 설명된다:
- [0037] 전달전 장치(20)의 제조 동안, 자기저항 구조(201)의 전기 절연 캡슐레이션 층은 전기 절연 캡슐레이션 층을 위한 적절한 재료 및 증착 조건의 선택을 통해 미리결정된 양의 평면내(in-plane) 고유 압축 응력을 갖도록 처리된다. 또한, 자기저항 구조(201)의 형상/구성은 자기저항 구조(201)에서 고유 압축 응력을 집중시키기 위해 코너(corner)들을 갖도록 설계된다. 따라서, 자기저항 구조(201)가 제1 기재(202)로부터 박리될 때, 자기저항 구조(201)의 고유 압축 응력의 이완은 미리결정된 값 및 구성을 갖는 평면내 인장 응력이 자기저항 구조(201)에 제공되게 한다. 자기저항 구조(201)의 전술한 형상/구성에서와 같이, 평면내 인장 응력의 값은 균일하지 않을 수 있으며, 필요에 따라 일부 영역에서는 더 높고 다른 영역에서는 더 낮을 수 있다.
- [0038] **블록 103**에서, 상기의 박리된 자기저항 구조(201)는 전달전 장치(200), 즉, 도 2c에 도시된 바와 같이 자기저항 장치(200)를 형성하도록 제2 기재(205)와 통합된다.
- [0039] 자기저항 구조(201)가 자기장 센서, 데이터 저장 메모리 셀 또는 스트레인 게이지로서 기능할 수 있기 때문에, 따라서, 자기저항 장치(200)는 자기장 센서, 데이터 저장 장치 또는 스트레인 게이지일 수 있다.
- [0040] 본 발명의 이러한 실시예에서, 제2 기재(205)는 종래의 강성 기재, 예를 들어, Si 기재, 웨이퍼, 유리, 포일, 폴리디메틸실록산(PDMS) 기재, 플라스틱 및 니트릴 고무 기재/표면 등으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 임의의 것일 수 있다. 자기저항 장치(200)의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성을 추가로 개선시키기 위해, 제2 기재(205)는 가요성 폴리머 기재, 예를 들어, 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(PEN), 폴리에테르설폰(PES), 폴리이미드(PI) 및 폴리디메틸실록산(PDMS) 등 같은 변형가능한 기재일 수 있다. 이는 블록(104)에서 상세히 설명될 것이다.
- [0041] 제2 기재(205)와 박리된 자기저항 구조(201)를 통합하기 위해 다수의 방법이 사용될 수 있다. 전형적으로, 이 통합 공정은 전달 캐리어, 예를 들어, PDMS 스탬프, 테이프 등에 의해 박리된 자기저항 구조(201)를 제2 기재(205)로 전달하기 위한 전달 단계를 포함한다. 일부 방법들에서, 상기 통합 공정은 박리된 자기저항 구조(201)를 제2 기재(205)에 본딩시키기 위한 본딩 단계를 더 포함할 수 있다. 자기저항 구조(201)가 제2 기재(205)와 통합된 이후, 전달 캐리어는 제거될 수 있다. 제2 기재(205)와 박리된 자기저항 구조(201)를 통합하기 위한

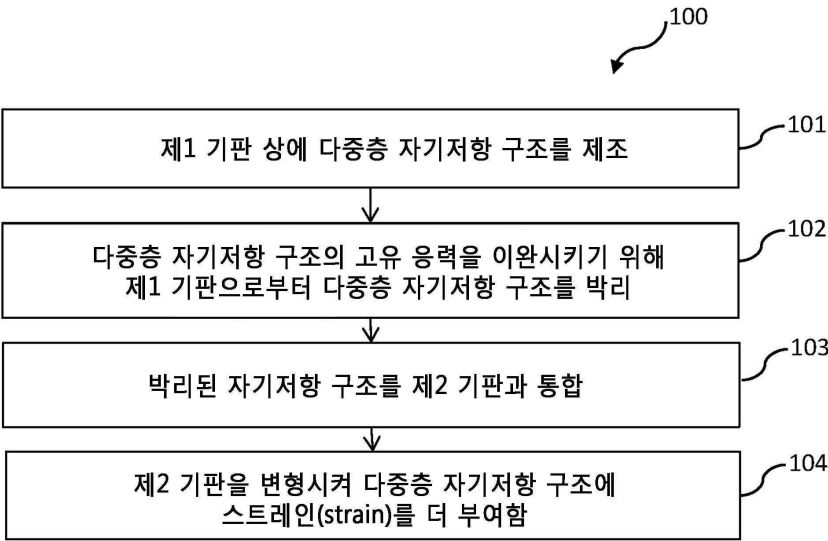
방법 중 몇가지가 후술된다.

- [0042] 자기저항 구조(201)는 거친 표면이나 패터화된 표면을 갖는 변형된 PDMS를 사용함으로써 제2 기재(205)와 통합될 수 있다. 변형된 PDMS 스탬프가 자기저항 구조(201)를 제2 기재(205)로 전달하기 위한 전달 캐리어로서 선택된다. 변형된 PDMS 스탬프의 특수한 표면에 기인하여, 감소된 접촉 영역으로 인해 자기저항 구조(201)와 변형된 PDMS 스탬프 사이에 보다 약한 반데르 발스 힘이 형성된다. 따라서, 자기저항 구조(201)는 변형된 PDMS 스탬프와 자기저항 구조(201) 사이의 반 데르 발스 힘보다 더 높은 제2 기재(205)와 자기저항 구조(201) 사이의 반 데르 발스 힘에 기인하여 제2 기재(205)와 통합된다. 변형된 PDMS 스탬프와 유사한 특성을 갖는 임의의 다른 전달 캐리어가 이 방법에 사용될 수 있다는 것을 인지하여야 한다. 특히, 전달 캐리어와 자기저항 구조(201) 사이의 반 데르 발스 힘이 자기저항 구조(201)와 제2 기재(205) 사이의 것보다 낮아지게 하는 특성을 갖는 임의의 전달 캐리어가 이 방법에 사용될 수 있다.
- [0043] 자기저항 구조(201)는 열 박리 테이프를 사용하여 제2 기재(205)와 통합될 수 있다. 이 방법에서, 열 박리 테이프는 자기저항 구조(201)를 제2 기재(205)로 전달하기 위한 전달 캐리어로서 선택된다. 열 박리 테이프가 붙여진 박리된 자기저항 구조(201)와 제2 기재(205)가 합쳐져 가열될 때, 열 박리 테이프는 그 접착 특성을 소실하고, 자기저항 구조(201)는 반 데르 발스 힘에 의해 제2 기재(205)와 통합된다.
- [0044] 전달 캐리어를 사용하여 제2 기재(205)에 전달된 이후, 자기저항 구조(201)는 제2 기재(205)의 일 표면 상에 제공된 글루 또는 접착 층을 사용하여 제2 기재(205)에 본딩될 수 있다. 글루 또는 접착 층은 전달 캐리어에 비해 강한 접착력을 갖는다. 따라서, 자기저항 구조(201)가 제2 기재(205)에 결합된 이후, 전달 캐리어는 자기저항 구조(201)로부터 쉽게 제거된다.
- [0045] 다른 방법에서, 제2 기재(205)와 자기저항 구조(201)를 통합시키기 위해, 자기저항 구조(201)의 표면은 자기저항 구조(201)와 제2 기재(205) 사이의 강한 화학적 결합을 형성하도록 플라즈마 처리된다. 자기저항 구조(201)는 전달 캐리어를 사용하여 제2 기재(205)에 전달된 이후, 자기저항 구조(201)는 플라즈마 처리에 의해 형성된 강한 화학적 결합에 기인하여 제2 기재(205)에 본딩된다.
- [0046] 또한, 전달 캐리어를 사용하여 자기저항 구조(201)가 제2 기재(205)로 전달된 이후, 웨이퍼 다이렉트 본딩, 표면 활성화 결합, 원자 확산 결합 등 같은 산업적 방법 또는 고온이나 고압을 수반하는 통상적 방법들이 또한 자기저항 구조(201)를 제2 기재(205)에 결합하기 위해 사용될 수 있다.
- [0047] 제2 기재(205)에 대한 부착을 조절함으로써, 예를 들어, 제2 기재(205)와 자기저항 구조(201)를 통합하기 위한 다양한 방법을 사용함으로써, 자기저항 구조(201)에 스트레인이 제공될 수 있다는 것이 주목되어야 한다. 상기 본딩 공정에 의해 제공되는 스트레인은 미리결정된 값 및/또는 구성을 갖는 스트레인이 자기저항 구조(201)에 제공되는 것을 보장하기 위해 사용될 수 있다. 특히, 본딩 공정에 의해 제공되는 스트레인은 고유 응력 이완에 기인하여 자기저항 구조(201)에 제공된 스트레인의 값 및/또는 구성을 증대시키거나, 부분적으로 오프셋시키거나 또는 변경시키기 위해 사용될 수 있다.
- [0048] **블록 104**에서는, 선택적으로, 다층 자기저항 구조(201)에 스트레인을 제공하도록 제2 기재(205)가 변형된다.
- [0049] 제2 기재(205)가 변형가능한 기재, 예를 들어, 플라스틱 기재, 가요성 폴리머 기재 등인 경우, 도 2d를 참조하면, 제2 기재(205)가 볼록 윤곽으로 변형될 때, 인장 응력이 다층 자기저항 구조(201)에 제공된다. 반대로, 제2 기재(205)가 오목한 윤곽(concave contour)으로 변형되는 경우, 다층 자기저항 구조(201)에 압축 스트레인(compressive strain)이 제공된다.
- [0050] 본 발명의 실시예에 설명된 방법에 따라 제조된 자기저항 장치(즉, 전달후 장치)의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성이 종래의 자기저항 장치(즉, 전달전 장치)에 비해 향상된다는 것을 증명하기 위해 다수의 실험이 수행되었다. 측정 결과 중 일부가 도 4a 내지 도 6b에 도시되어 있으며, 후술된다. 이 실험들에서, 두 개의 장치가 샘플로서 사용되었다: 도 7a에 도시된 바와 같이 Si 기재 상에 제조된 자기저항 구조를 갖는 전달전 장치 및 도 7b에 도시된 바와 같이 PET 기재와 통합된, 그리고, 전달전 장치로부터 박리된 자기저항 구조를 갖는 전달후 장치. 자기저항 구조는 MTJ를 포함한다.
- [0051] (1) 자기저항(magnetoresistance) 측정
- [0052] 도 4b에 도시된 바와 같이, 전달후 장치의 자기저항은 자기장이 -75-75 (Oe) 이내일 때 225(%) 이상이고, 자기장이 동일 범위 이내에 있을 때 전달전 장치(도 4a 참조)의 자기저항은 120(%) 이하이다. 측정 결과는 전달후 장치가 전달전 장치에 비해 더 높은 터널링 자기저항(TMR)을 갖는다는 것을 보여준다.

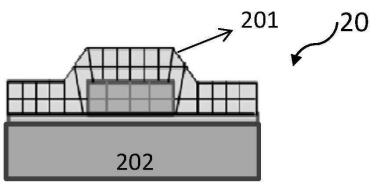
- [0053] (2) 여러 인장/압축 테스트 단계들 동안 전달후 장치의 TMR 측정
- [0054] 도 8a 및 도 8b는 각각 TMR 측정 동안 전달후 장치가 인장 및 압축 변형을 받을 수 있게 하는 스트레인 테스트 셋업의 측면도를 도시한다.
- [0055] 도 5a는 인장 테스트의 다양한 단계 동안 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시한다. 도 5a에서, 곡선 1은 전달후 장치의 초기 상태 하에서의 측정 결과를 나타내고, 곡선 2는 0.6% 단축 인장 스트레인 하에서의 측정 결과를 나타내고, 곡선 3은 0.7% 단축 인장 스트레인 하에서의 측정 결과를 나타내고, 곡선 4는 단축 인장 스트레인이 제거되었을 때의 측정 결과를 나타낸다. 도 5b는 다양한 압축 시험의 단계 동안 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시한다. 도 5b에서, 곡선 1은 전달후 장치의 초기 상태 하에서의 측정 결과를 나타내고, 곡선 2는 0.3% 단축 압축 스트레인 하에서의 측정 결과를 나타내고, 곡선 3은 자기장이 전달후 자기저항 장치의 초기 자화 용이 축으로부터 이격 방향으로 평면내 10° 회전된 상태에서 0.3% 단축 압축 스트레인 하에서의 측정 결과를 나타내며, 곡선 4는 단축 압축 스트레인이 제거되었을 때의 측정 결과를 나타낸다. 측정 결과는 스트레인을 받을 때에도, 전달후 장치가 높고 강인한 TMR을 나타낸다는 것을 보여준다.
- [0056] (3) 반복 스트레인 하에서의 전달후 장치의 TMR 측정
- [0057] 도 6a는 초기 상태와, 0.2% 스트레인에서의 6 굴곡들(flexes) 및 20 굴곡들(flexes)에서 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시한다. 굴곡들(flexes)은 전달후 장치에 인장 및 압축 스트레인 교번적으로 인가하는 것을 나타낸다. 도 6b는 0.4% 스트레인에서의 다른 6 굴곡 및 20 굴곡 이후의 전달후 장치의 TMR 측정의 결과를 도시한다. 측정 결과는 반복 스트레인 하에서 TMR의 내구성을 보여준다.
- [0058] 상술한 바로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 발명의 실시예에 개시된 자기저항 장치를 제조하는 방법은 자기저항 구조에 스트레인을 제공하기 위해 스트레서 층(stressor layer)을 필요로 하지 않는다. 대신, 이는 자기저항 장치의 자기적 특성 및/또는 자기저항적 특성이 개선될 수 있도록 자기저항 구조에 스트레인을 제공하기 위해서 자기저항 구조가 제1 기체로부터 박리될 때의 자기저항 구조의 고유 응력의 이완에 종속한다. 따라서, 본 발명의 실시예에 개시된 방법은 간단하고 비용 효율적이다. 또한, 본 발명의 실시예는 종래의 강성 기재, 가요성 기재, 웨이퍼, 유리, 포일, PDMS 스탬프, 플라스틱 및 니트릴 고무를 포함하는 다양한 유형의 기재/표면 상으로의 자기저항 구조의 통합을 가능하게 한다. 기존 방법의 설계 제약들이 극복되었다.
- [0059] 추가적으로, 자기저항 구조에 제공된 스트레인의 값 및/또는 구성은 자기저항 구조에서 고유 응력을 만들고, 제1 기체로부터 자기저항 구조를 박리하는 공정 동안 식각 두께를 제어하고 및/또는 제2 기체에 대한 접착을 조절함으로써 제어될 수 있다.
- [0060] 상술된 실시예 및 특징은 예시적이고 비제한적인 것으로 고려된다는 것을 이해하여야 한다. 본 발명의 명세서 및 실시예에 대한 고려로부터 본 기술 분야의 숙련자들은 다수의 다른 실시예를 명백히 알 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 범주는 첨부 청구범위를 이런 청구범위에 부여되는 균등물의 전체 범주와 함께 참조하여 결정되어야 한다. 또한, 특정 용어는 설명의 명료성을 위해 사용되며, 본 발명의 개시된 실시예를 제한하지 않는다.

도면

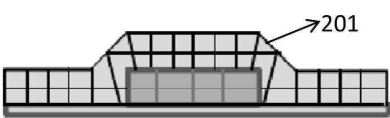
도면1



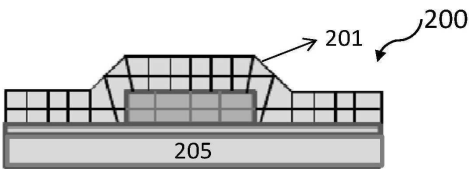
도면2a



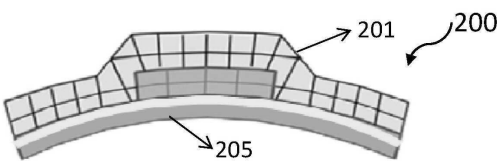
도면2b



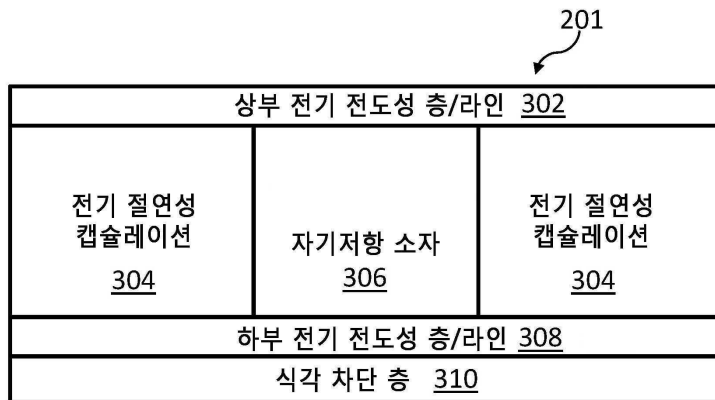
도면2c



도면2d



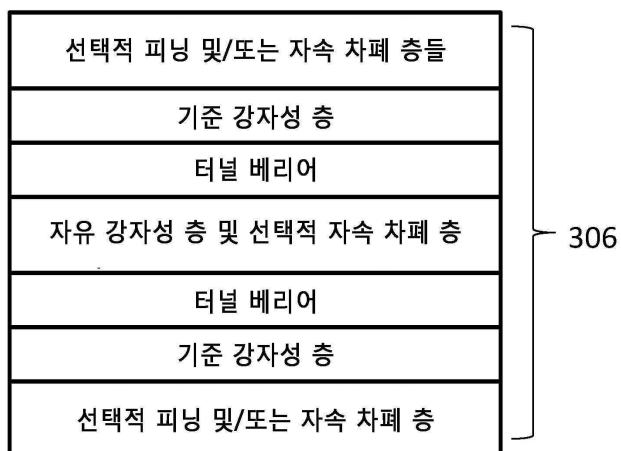
도면3a



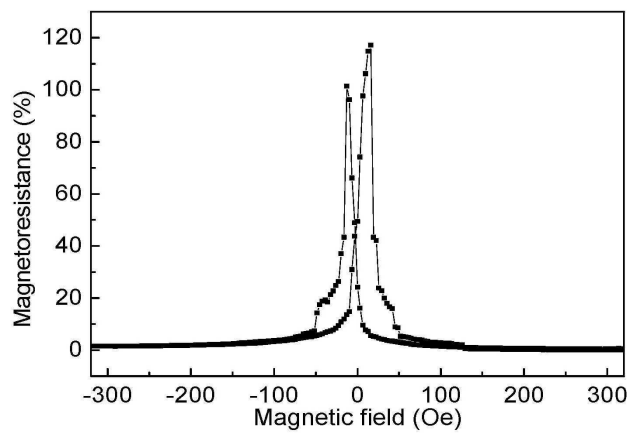
도면3b



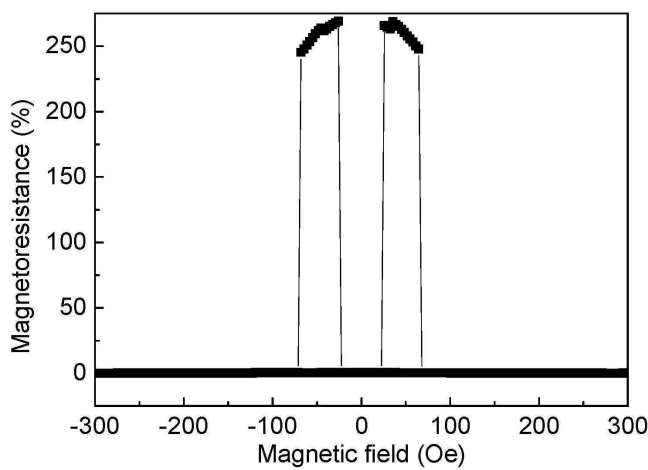
도면3c



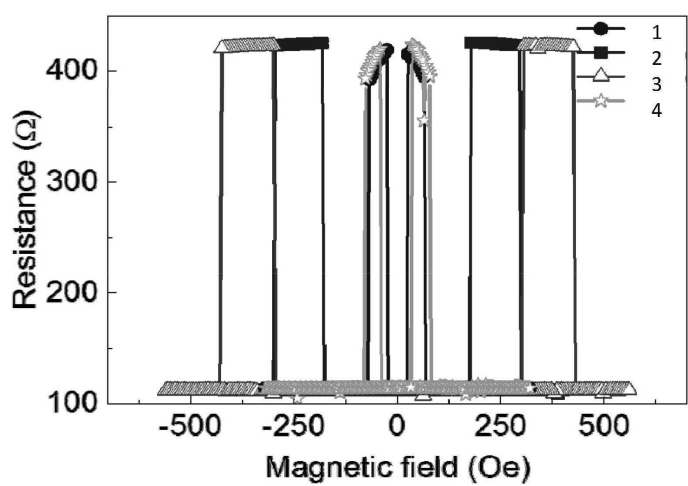
도면4a



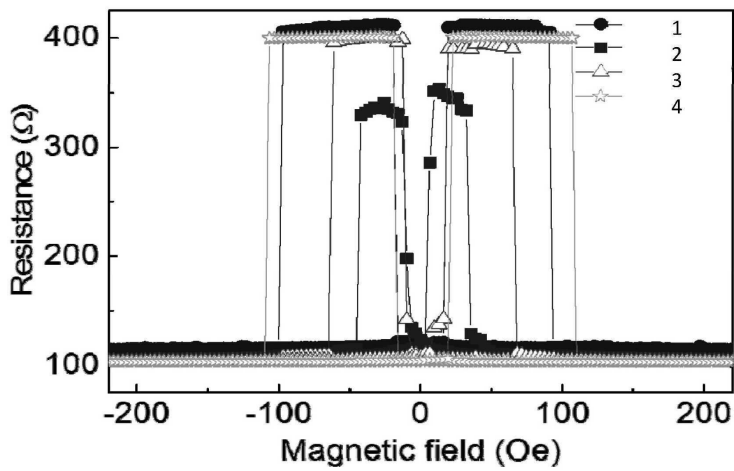
도면4b



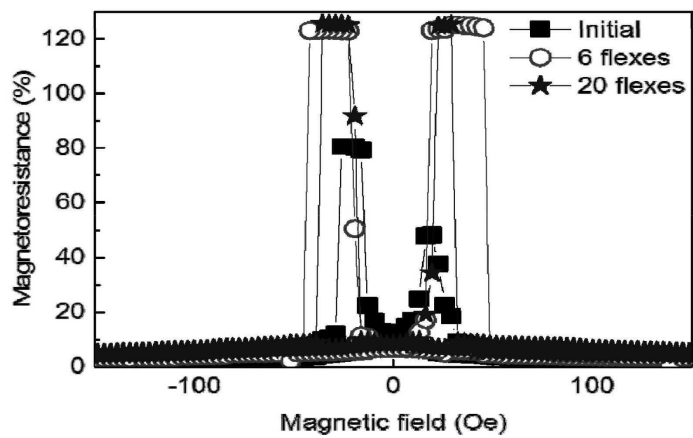
도면5a



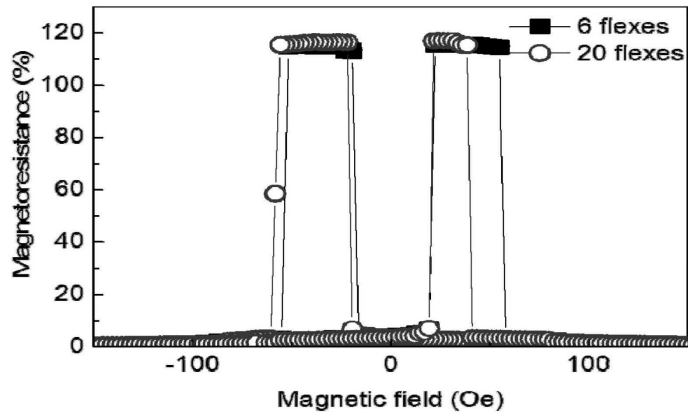
도면5b



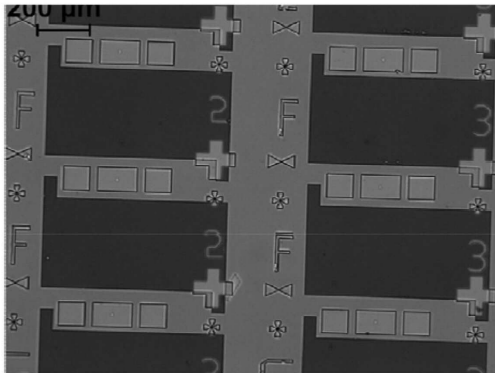
도면6a



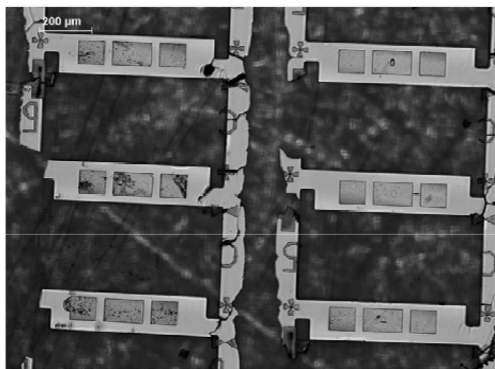
도면6b



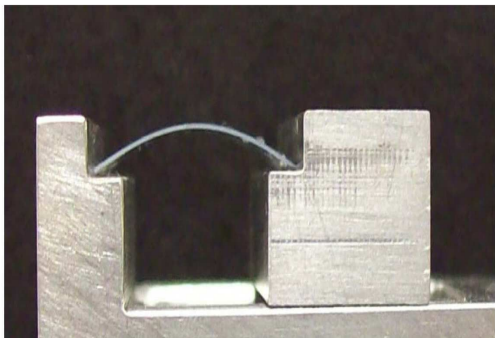
도면7a



도면7b



도면8a



도면8b

