



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월11일
 (11) 등록번호 10-1619929
 (24) 등록일자 2016년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G11B 5/39 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0091841
 (22) 출원일자 2014년07월21일
 심사청구일자 2014년07월21일
 (65) 공개번호 10-2015-0014855
 (43) 공개일자 2015년02월09일
 (30) 우선권주장
 13/953,936 2013년07월30일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US08014108 B2*
 US20110007427 A1
 JP2009134850 A
 JP2012133864 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
시게이트 테크놀로지 엘엘씨
 미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우스 디 엔자 블러바드 10200
 (72) 발명자
맥네일, 케빈
 아일랜드 비티47 6더블유디 테리 이나그 웨스트레이크 28
고긴, 아이덴
 아일랜드 코. 도네갈 레드캐슬 벨리라탄
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 20 항

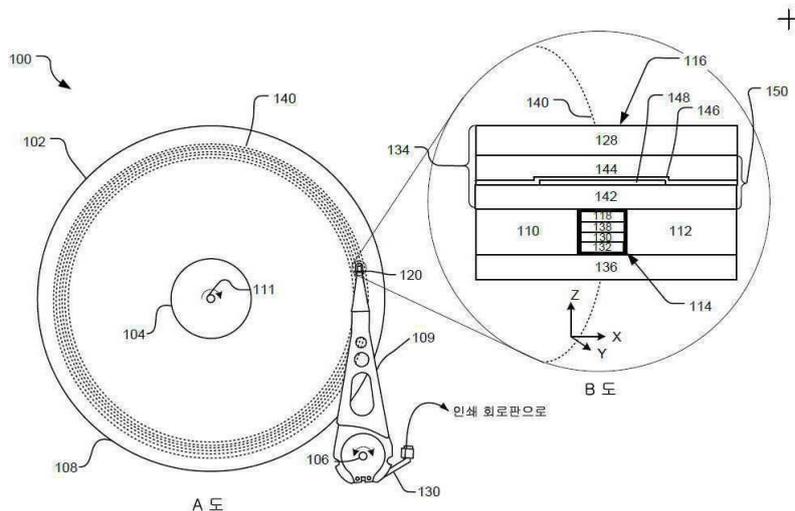
심사관 : 황승희

(54) 발명의 명칭 **저기저항 센서 차폐**

(57) 요약

본원에 개시되는 구현들은 합성 반강자성체(SAF) 차폐 내에 감소된 비등방성 영역을 제공함으로써 자기저항(MR) 센서에 의해 검출된 신호가 개선될 수 있게 한다. SAF 차폐는 결합 스페이서층에 의해 격리된 제 1 및 제 2 강자성 물질층들을 포함한다. 제 1 및 제 2 강자성 물질층들 간에 거리는 센서 스택에서 떨어진 영역에서보다 센서 스택 근방의 영역에서 더 크다.

대표도



(72) 발명자

오름스톤, 마르쿠스

아일랜드 비티47 6엘알 데리 리마베디 로드 65씨

사포즈니코브, 빅터 보리스

미국 55435 미네소타 미네통카 마운트 테라스
14009

명세서

청구범위

청구항 1

센서 스택의 제 1 측 상에 위치한 차폐를 포함하고, 상기 차폐는,

제 1 강자성 물질층;

제 2 강자성 물질층;

상기 제 1 강자성 물질층 및 상기 제 2 강자성 물질층을 격리하는 결합 스페이서 층을 포함하고,

상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이의 거리는 상기 센서 스택에서 떨어진 영역에서보다 상기 센서 스택 근방의 영역에서 더 큰, 센서 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 결합 스페이서층은 가변 두께를 갖는, 센서 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이의 상기 거리는 상기 센서 스택에서 떨어진 영역에서보다 상기 센서 스택의 중심에 축선방향으로 정렬된 영역에서 더 큰, 센서 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이에 비-자기층을 추가로 포함하는, 센서 장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 비-자기층은 상기 센서 스택의 서로 대향하는 표면들을 넘어 트랙-횡단 방향으로 확장하는 서로 대향한 에지들을 갖는, 센서 장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층, 상기 제 2 강자성 물질층, 및 상기 결합 스페이서층은 상기 센서 스택의 상부 차폐의 합성 반강자성체(SAF) 구조를 형성하는, 센서 장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층, 상기 제 2 강자성 물질층, 및 상기 결합 스페이서층은 상기 센서 스택의 하부 차폐의 합성 반강자성체(SAF) 구조를 형성하는, 센서 장치.

청구항 8

제 1 강자성 물질층;

제 2 강자성 물질층,

상기 제 1 강자성 물질층 및 상기 제 2 강자성 물질층을 격리시키는 결합 스페이서층을 포함하고,

상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이의 거리는 에지 영역에서보다 중심 영역에서 더 큰, 합성 반강자성체(SAF) 구조.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 결합 스페이서층은 가변 두께를 갖는, 합성 반강자성체(SAF) 구조.

청구항 10

청구항 8에 있어서, 상기 결합 스페이서층은 루테튬인, 합성 반강자성체(SAF) 구조.

청구항 11

청구항 8에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이에 비-자기층을 추가로 포함하는, 합성 반강자성체(SAF) 구조.

청구항 12

청구항 8에 있어서, 상기 합성 반강자성체(SAF) 구조는 센서 스택의 상부 차폐인, 합성 반강자성체(SAF) 구조.

청구항 13

청구항 8에 있어서, 상기 합성 반강자성체(SAF) 구조는 센서 스택의 하부 차폐인, 합성 반강자성체(SAF) 구조.

청구항 14

센서 스택의 제 1 측 상에 위치된 차폐로서, 상기 차폐는,

제 1 강자성 물질층;

제 2 강자성 물질층;

상기 제 1 강자성 물질층 및 상기 제 2 강자성 물질층을 격리시키는 결합 스페이서 층을 포함하고, 상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이의 거리는 상기 센서 스택에서 떨어진 영역에서보다 상기 센서 스택 근방의 영역에서 더 큰, 상기 차폐; 및

상기 차폐를 상기 센서 스택으로부터 격리시키는 비-자기 분리층을 포함하는, 센서 장치.

청구항 15

청구항 14에 있어서, 상기 결합 스페이서층은 가변 두께를 갖는, 센서 장치.

청구항 16

청구항 14에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이의 거리는 상기 센서 스택로부터 떨어진 영역에서보다 상기 센서 스택의 중심에 축선방향으로 정렬된 영역에서 더 큰, 센서 장치.

청구항 17

청구항 14에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층과 상기 제 2 강자성 물질층 사이에 비-자기 삽입층을 추가로 포함하는, 센서 장치.

청구항 18

청구항 17에 있어서, 상기 비-자기 삽입층은 트랙-횡단 방향으로의 상기 센서 스택의 길이보다 더 큰 트랙-횡단 방향으로의 길이를 갖는, 센서 장치.

청구항 19

청구항 14에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층, 상기 제 2 강자성 물질층, 및 상기 결합 스페이서층은 상기 센서 장치의 상부 차폐의 합성 반강자성체(SAF) 구조를 형성하는, 센서 장치.

청구항 20

청구항 14에 있어서, 상기 제 1 강자성 물질층, 상기 제 2 강자성 물질층, 및 상기 결합 스페이서층은 상기 센서 장치의 하부 차폐의 합성 반강자성체(SAF) 구조를 형성하는, 센서 장치.

발명의 설명

배경 기술

- [0001] 자기 데이터 저장 및 인출 시스템에서, 자기 판독/기입 헤드는 자기 디스크 상에 저장된 자기적으로 인코딩된 정보를 인출하기 위한 자기저항(MR) 센서를 가진 판독부를 포함한다. 디스크의 표면으로부터 자속은 MR 센서의 감지층의 자화 벡터의 회전을 야기하며, 이에 따라 MR 센서의 전기적 저항율에 변화가 야기된다. MR 센서의 저항율에 변화는 전류를 MR 센서에 통과시키고 MR 센서에 걸리는 전압을 측정함으로써 검출될 수 있다. 이어 외부 회로는 전압 정보를 적합한 포맷으로 변환하고 이 정보를 조작하여 디스크 상에 인코딩된 정보를 회복한다.
- [0002] 자기 저장 매체 기술에서 개선들은 최근 가용한 자기 디스크들 상에 면적당 기록 밀도들을 허용한다. 그러나, 면적당 기록 밀도들이 증가함에 따라, 더 작고 더 민감한 MR 센서들이 요망된다. MR 센서들이 크기가 더 작아짐에 따라, MR 센서들은 자기 디스크로부터 인가된 필드들에 대한 바람직하지 못한 자기 응답을 나타낼 가능성을 갖는다. 효과적인 MR 센서는 자기 노이즈를 감소 또는 제거하며 디스크 상에 기입된 데이터의 정확한 회복을 위한 적합한 진폭을 가진 신호를 제공할 수 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0003] 본원에 기술되고 청구된 구현들은 센서 스택의 제 1 층 상에 위치된 차폐를 제공하며, 차폐는 제 1 강자성 물질 층, 제 2 강자성 물질층, 제 1 층과 제 2 층을 격리하는 결합 스페이서를 포함하고, 제 1 층과 제 2 층 사이에 거리는 센서 스택에서 떨어진 영역에서보다 센서 스택 근방의 영역에서 더 크다.
- [0004] 이 요약은 상세한 설명에서 이하 더 기술되는 간이화된 형태로 개념들의 선택을 도입하기 위해 제공된다. 이 요약은 청구된 요지의 주요 특징들 또는 필수적 특징들을 확인하게 의도된 것도 아니고 청구된 요지의 범위를 제한하게 사용되도록 의도된 것도 아니다. 청구된 요지의 그외 다른 특징들, 상세들, 유용성들, 및 잇점들은 여러 구현들 및 동반된 도면들에 더욱 도시되고 첨부된 청구항들에 정의된 구현들의 더욱 특징하게 기재된 다음 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0005] 도 1은 슬라이더 상에 자기저항 센서(MR) 센서를 포함하는 예시적 디스크 구동 어셈블리의 평면도이다.
- 도 2는 상부 차폐 및 하부 차폐 둘 다의 SAF 구조들에서 국부적으로 향상된 투자율을 갖는 예시적 MR 센서를 도시한 것이다.
- 도 3은 상부 차폐의 SAF 구조에서 국부적으로 향상된 투자율을 갖는 예시적 MR 센서를 도시한 것이다.
- 도 4는 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조를 포함하는 분리된 상부 차폐를 포함하는 예시적 MR 센서를 도시한 것이다.
- 도 5는 합성 반강자성체(SAF) 구조의 형성 동안 수행되는 피착 동작을 도시한 것이다.
- 도 6 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 및 밀링 동작들을 도시한 것이다.
- 도 7은 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 제거 및 추가의 피착 동작들을 도시한 것이다.
- 도 8은 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 피착 동작을 도시한 것이다.
- 도 9는 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 및 피착 동작들을 도시한 것이다.
- 도 10은 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 제거 및 추가의 피착 동작들을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] 리스 슬리밍(slimming)(예를 들면, 자기저항(MR) 센서에 의해 검출된 자기 신호의 폭을 감소시키는 것)은 MR 센서들의 선형 밀도 분해도를 개선하는 한 방법이다. PW50 감소라고도 하는 펄스 슬리밍은 센서 차폐들의 투자율을 증가시킴으로써 달성될 수 있다. 그러나, 차폐 투자율을 증가시키는 것은 부수적으로 차폐 안정성을 감소시킬 수 있다. 전역적으로 증가된 투자율을 가진 차폐는 트랜스듀서 헤드의 기입 요소 혹은 외부 표유 전계(stray field)에 결합될 가능성이 더 많아지게 하여, 자기 매체로부터 판독된 신호의 신호 대 노이즈(SNR) 비를 감소시킨다. 이에 따라, PW50을 개선하기 위해 차폐 투자율을 증가시키는 것과 MR 센서들에서 차폐 안정성을 보존하기

위해 차폐 투자율을 낮게 유지하는 것인 두 경쟁적 목적들이 있다.

- [0007] 본원에 개시된 구현들은 신호 품질에 부수적인 감소를 완화하면서 요망되는 PW50 감소를 달성하기 위해 센서 스택 근방에 국부적으로 향상된 차폐 투자율을 가능하게 하는 MR 센서 차폐 설계들을 제공한다. 특히, 본원에 개시되는 예시적 MR 센서들은 국부적으로 향상된 투자율의 영역을 가진 합성 반강자성체(SAF) 차폐를 포함한다. 일 구현에 따라, 센서 스택 근방의 영역 내에서 SAF 차폐의 비등방성을 감소시키기 위해 한 쌍의 강자성층들 사이에 비-자기 층이 삽입된다. 감소된 비등방성의 이 영역은 SAF 차폐의 전역적 투자율보다 큰 투자율(예를 들면, 국부적 투자율)을 갖는다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "전역적 투자율"이라는 용어는 MR 센서 차폐의 하나 이상의 차폐 요소들의 총 투자율을 지칭한다.
- [0008] 본원에 개시된 기술은 다양한 서로 다른 유형들의 MR 센서들(예를 들면, 이방성 자기저항(AMR) 센서들, 터널링 자기저항(TMR) 센서들, 거대 자기저항(GMR) 센서들, 등)과 연대하여 사용될 수 있다. 따라서, 본원에 개시된 구현들은 측방 스핀 밸브(LSV), 스핀-홀 효과(SHE), 스핀 토크 진동(STO), 등과 같은 새로운 물리적 현상들에 기초하는 새로운 MR 센서 설계들에도 적용될 수 있다.
- [0009] 도 1은 예시적 디스크 구동 어셈블리(100)의 평면도를 도시한 것이다. 예시적 디스크 구동 어셈블리(100)는 매체 디스크(108) 위에 위치된 액츄에이터 암(109)의 말단부 상에 슬라이더(120)를 포함한다. 액츄에이터 회전축선(106)에 관하여 회전하는 회전 보이시 코일 모터는 슬라이더(120)를 데이터 트랙(예를 들면, 데이터 트랙(140)) 상에 위치시키기 위해 사용되며, 디스크 회전축선(111)에 관하여 회전하는 스핀들 모터는 매체 디스크(108)를 회전시키기 위해 사용된다. 구체적으로 A 도를 참조하면, 매체(108)는 외직경(102) 및 내직경(104)을 포함하고 이들 사이에는 원형 점선들로 도시된, 다수의 데이터 트랙들(예를 들면, 데이터 트랙(140))이 있다. 플렉스 케이블(130)은 동작 동안 액츄에이터 암(109)이 선회 운동을 할 수 있게 하면서도 슬라이더(120)의 필수적 전기적 연결 경로들을 제공한다.
- [0010] 슬라이더(120)는 다양한 기능들을 수행하는 다양한 층들을 가진 적층된 구조이다. 슬라이더(120)는 요크 또는 페데스탈에 의해 리턴 또는 대향 폴(pole)에 자기적으로 결합된 주 기입 폴을 가진 기입부(도시되지 않음)를 포함한다. 자화 코일은 기입 폴 내에 자기 기입 펄스들을 인도하기 위해 요크 또는 페데스탈을 둘러싼다.
- [0011] 또한, 슬라이더(120)는 매체 디스크(108)로부터 데이터를 판독하기 위한 하나 이상의 MR 센서들을 포함한다. B 도는 디스크 구동 어셈블리(100)가 사용중에 있을 때 매체 디스크(108)의 공기-베어링 표면(ABS)에 면하는 MR 센서(116)의 일측을 도시한 것이다. 이에 따라, B 도에 도시된 MR 센서(116)는 A 도에 도시된 슬라이더(120)에 동작적으로 부착되었을 때 약 180도만큼(예를 들면, z-축선에 관하여) 회전될 수 있다.
- [0012] 슬라이더(120)의 MR 센서(116)는 복수의 기능들을 수행하는 복수의 층들을 포함하는 센서 스택(114)을 포함한다. 여러 구현들에서, 이러한 층들의 수 및 이들의 연관된 기능들은 서로 다를 수 있다. 그러나, 도 1의 예시적 센서 스택(114)은 제 1 소프트 자기층(130) 및 제 2 소프트 자기층(118)을 포함한다. 제 1 소프트 자기층(130)("핀(pinned) 층"이라고도 함)은 AFM층(132)에 의해 주어진 방향으로 바이어스된 자기 방위를 갖는다. 또한, 소프트 자기 물질로 만들어질 수 있는 기준층(138)은 제 1 소프트 자기층(130)을 제 2 소프트 자기층(118)으로부터 자기적으로 격리한다. 이에 따라, 제 2 소프트 자기층(118)은 외부 전계에 응하여 자유롭게 회전하며 "자유층"이라 한다. 이러한 회전은 하부 차폐(136)와 상부 차폐(134) 간에 센서 스택(114)의 전기적 저항율에 변화를 야기한다. 센서 스택(114)의 전기적 저항율에 변화들은 매체 디스크(108) 상에 자기적으로 분극된(polarized) 영역들에 상관되고, 이것은 자기 매체 상에 저장된 데이터에 대응하게 된다.
- [0013] 상부 차폐(134) 및 하부 차폐(136)는 센서 스택(114)을 전자기 간섭, 주로 z-방향 간섭으로부터 격리시키며, 처리 전자장치들(도시되지 않음)에 연결되는 전기적 도전성의 제 1 전기적 리드(lead) 및 제 2 전기적 리드로서 작용한다. 일 구현에서, 하부 차폐(136) 및 상부 차폐(134)는 다른 이웃한 데이터 비트들의 전계 간섭을 감소 또는 차단함과 아울러 센서 스택(114) 바로 밑에 데이터 비트의 전계들에 의해 센서 스택(114)이 영향을 받을 수 있게 한다. 동작에서, 매체 디스크(108) 상에 트랙(140)을 따른 데이터 비트는 연속적으로 상부 차폐(134) 밑, 이어서 센서 스택(114) 밑, 이어서 하부 차폐(136) 밑을 통과한다. 그러므로, 상부 차폐(134) 근방의 센서 스택(114)의 에지를 센서 스택의 "리딩 에지(leading edge)"라 하고 하부 차폐(136) 근방의 센서 스택(114)의 에지를 센서 스택(114)의 "트레이일링 에지(trailing edge)"라고 할 수 있다.
- [0014] MR 센서(116)의 상부 차폐(134)는 반강자성(AFM) 핀 층(128) 및 합성 반강자성체(SAF) 구조(150)를 포함한다. SAF 구조(150)는 상측 강자성층(144), 결합 스페이서층(146), 비-자기 삽입층(148), 및 하측 강자성층(142)을 포함한다. 다른 SAF 구조들에서처럼, 강자성층들(144, 142)은 실질적으로 서로 반대되는 방위들을 갖고 실질적

으로 동일 크기의 자기 모멘트들을 갖는다. AFM 핀층(128)은 상측 강자성층(144)의 자기 방위를 설정된 방향으로 피닝(pin)하며, 결합 스페이서층(146)은 상측 강자성층(144)과 하측 강자성층(142) 간에 강한 반강자성 결합이 되게 하는 RKKY(Ruderman-Kittel-Kasuya-Yosida) 반응을 제공한다. 이 결합은 전역적으로 증가된 자기 비등방성을 제공하는 강한 반평행 결합이며, 이것은 증가된 차폐 안정성으로 이어진다.

[0015] 상측 강자성층(144) 및 하측 강자성층(142) 각각은 결합 스페이서층(146)보다 실질적으로 더 큰 z-방향 두께를 갖는다. 일 구현에서, 상측 강자성층(144) 및 하측 강자성층(142) 각각은 약 10 ~ 40 나노미터 정도의 z-방향 두께를 가지며, 결합 스페이서층(146)은 약 0.3 ~ 1.0nm의 z-방향 두께를 갖는다. 상측 및 하측 강자성층들(144, 142)은 예를 들면, CoFe, NiFe, CoNiFe, 또는 CoFeB와 같은 강자성 합금 물질일 수 있다. 결합 스페이서층(146)은 예를 들면, Ru, Cu, Cr, 또는 Mo를 포함하는, RKKY 상호작용을 제공할 수 있는 비-자기 물질일 수 있다. 일 구현에서, 결합 스페이서층(146)은 약 1nm 두께의 루테튬층이다.

[0016] 비-자기 삽입층(148)은 센서 스택(114)의 중심과 축선방향으로 정렬된(z-방향을 따라) 영역에서 상측 강자성층(144)과 하측 강자성층(142) 간에 거리를 증가시킨다. 하측 강자성층(142)과 상측 강자성층(144) 간에 증가된 격리는 RKKY 결합을 국부적으로 절단 또는 단절하여 SAF 구조(150)의 비등방성을 감소시킨다. 이러한 국부적으로 감소된 비등방성은 센서 스택(114)의 리딩 에지 근방의 영역에서 투자율에 국부화된 증가로 이어진다. 결국, MR 센서(116)에 의해 목격되는 PW50는 상부 차폐(134)의 안정성에 현저히 영향을 미치지 없이 감소한다. 상부 차폐(134)의 안정성은 적어도 일 구현에서, 투자율에 무관하게 최적화될 수 있다.

[0017] 비-자기 스페이서층(148)을 위해 제한없이, Ru, Ta, Cr, Cu, Pt 및 이러한 물질들의 비-자기 합금들(예를 들면, NiRu, NiCr, NiPt, 등)을 포함한 다양한 적합한 물질들이 사용될 수 있다. 비-자기 스페이서층(148)은 센서 스택(114)의 트랙-횡단(cross-track)(x-방향) 길이보다 큰 트랙-횡단 길이를 가질 수 있다. 도 1에서, 비-자기 스페이서층(148)은 센서 스택(114)의 양측을 넘어 트랙-횡단 방향(x-방향)으로 거리만큼 확장한다. 예시적 일 구현에서, 센서 스택(114)은 50nm 이하인 트랙-횡단 길이를 가지며, 비-자기 스페이서층(148)은 대략 50 내지 (200)nm 사이의 트랙-횡단 길이를 갖는다.

[0018] 위에 기술된 층들 외에, MR 센서(116)는 또한 센서 스택(114)의 서로 대향한 측들에 이웃한 측 차폐들(110, 112)을 포함하는데, 이것은 센서 스택(114)을 x-방향(트랙-횡단) 간섭으로부터 격리시킴으로써 MR 센서(116)의 트랙-횡단 분해도를 개선한다.

[0019] 도 2는 센서 스택(204)의 양측에 국부적으로 향상된 투자율의 영역들을 갖는 예시적 MR 센서(200)를 도시한 것이다. MR 센서(200)는 제 1 SAF 구조(226)를 가진 상부 차폐(230) 및 제 2 SAF 구조(228)를 가진 하부 차폐(232)를 포함한다. SAF 구조들(226, 228) 각각은 한 쌍의 강자성층들(예를 들면, 제 1의 한 쌍의 강자성층들(206, 208) 및 제 2의 한 쌍의 강자성층들(216, 218))을 포함한다. 또한, SAF 구조들(226, 228) 각각은 결합 스페이서층(예를 들면, 결합 스페이서층들(212, 222)), 및 비-자기 삽입층(예를 들면, 비-자기 삽입층들(210, 234))을 포함한다. AFM 핀 층들(214, 236)은 각각 제 1 및 제 2 SAF 구조들(226, 228)의 바깥 에지에서 접하고, 이웃한 강자성층들(208, 218)의 자기 방위를 바람직한 방향(예를 들면, 강자성층들(208, 218) 내에 화살표들도 도시된 방향)으로 바이어스한다. 결합 스페이서층들(212, 222) 각각은 각 한 쌍의 강자성층들(예를 들면, 한 쌍의 강자성층들(208, 206) 또는 한 쌍의 강자성층들(216, 218)) 간에 강한 RKKY 반강자성 결합을 제공한다. 이 강한 결합은 비-자기 삽입층들(210, 234)에 의해 국부적으로 단절되는데, 이것은 비-자기 삽입층들(210, 234)을 포함하는 영역들에서 향상된 투자율을 야기한다.

[0020] MR 센서(200)의 센서 스택(204)은 복수의 기능들을 수행하는 복수의 층들(도시되지 않음)을 포함한다. 하드 또는 소프트 자기 물질로부터 만들어질 수 있는 측 차폐들(220, 224)은 센서 스택(204)의 서로 대향한 측들 상에 위치되고, 센서 스택(204)을 트랙-횡단 방향으로(예를 들면, x-방향) 전계들로부터 차폐한다. 측 차폐들(220, 224) 각각의 자기 방위(측 차폐들(220, 224) 내에 화살표들도 도시된)은 이웃한 강자성층들(206, 216) 중 하나 또는 둘 다의 자기 방위(강자성층들(206, 216) 내에 화살표들도 도시된)에 의해 바이어스된다.

[0021] 비-자기 삽입층들(210, 234)은 각각 센서 스택(238)의 트레일링 에지와 이웃한 결합 스페이서층(212 또는 222) 사이에 위치된다. 그러나, 다른 구현에서, 비-자기 삽입층들(210 또는 234) 중 하나 또는 둘 다는 이웃한 결합 스페이서층(212 또는 222)의 대향 측 상에 위치된다. 예를 들면, 비-자기 삽입층(210)은 결합 스페이서층(212)과 강자성층(208) 사이에 위치될 수 있다.

[0022] 비-자기 삽입층(210)은 결합 스페이서층(212)의 두께와 동일하거나 유사한 z-방향 두께를 가질 수 있다. 일 구현에서, 비-자기 삽입층들(210, 234) 중 하나 또는 둘 다의 z-방향 두께는 약 1nm 정도이다. MR 센서(200)의 다

른 특질들은 도 1에 관하여 위에 기술된 것과 동일하거나 유사할 수 있다.

- [0023] SAF 구조들(226, 228)이 동일한 것으로 도시되었을지라도, 이러한 구조들은 조성 또는 구조에서 서로 다를 수 있다. SAF 구조들(226, 228) 중 어느 하나 또는 둘 다는 도시된 것들에 더하여 층들을 내포할 수 있다. 다른 구현들은 도시된 층들 중 하나 이상을 생략하거나, 하나 이상의 층들을 유사하게 기능하는 대안적 구조들로 대체할 수도 있다. 적어도 일 구현에서, SAF 구조(예를 들면, SAF 구조(228))가 상부 차폐 내가 아니라 하부 차폐에 포함된다.
- [0024] 도 3은 상부 차폐(330)의 SAF 구조(326)에 국부적으로 향상된 투자율을 갖는 예시적 MR 센서(300)를 도시한 것이다. SAF 구조(326)는 결합 스페이서층(312)의 양측 상에 한 쌍의 강자성층들(306, 308)을 포함한다. 결합층(312)은 에지들 가까이에서보다 MR센서(300)의 중심 축선(350) 가까이에서 더 큰 가변 두께(z-방향 두께)를 갖는다. 동작에서, 결합 스페이서층(312)은 MR 센서(300)의 에지들 가까이에 강자성층들(306, 308) 사이에 강한 RKKY 반강자성 결합을 제공한다. 그러나, 이 RKKY 결합 효과는 센서 스택(304)과 축선방향으로 정렬된, 중앙 영역에서 감소 또는 제거되며, 여기에서 결합 스페이서층(312)은 증가된 두께를 갖는다. 결국, 상부 차폐(330)는 결합 스페이서층(312)의 증가된 두께의 영역 내에 국부적으로 향상된 투자율을 갖는다.
- [0025] 예시적 일 구현에서, 결합 스페이서층(312)은 예를 들면, 약 10 ~ 50 μm 일 수 있는, MR 센서(300)의 실질적으로 전체 트랙-횡단(x-방향) 길이에 걸쳐 있다. 결합 스페이서층(312) 내에 증가된 두께의 중앙 영역은 트랙-횡단 방향으로 약 50 ~ 200nm의 길이에 걸쳐 있다.
- [0026] MR 센서(300)의 바깥 에지들(예를 들면, 트랙-횡단 방향으로 평면과 교차하는 에지들) 근방의 결합 스페이서층(312)의 영역들은 약 1nm의 z-방향 두께를 가질 수 있고, 증가된 두께의 중앙 영역은 약 2 ~ 3nm의 z-방향 두께를 가질 수 있다.
- [0027] SAF 구조(326) 외에, MR 센서(300)는 바람직한 방향(예를 들면, 강자성층(308) 내에 화살표들로 도시된 자기 방위)으로 강자성층(308)의 자기 방위를 바이어스하는 AFM 핀 층(314)을 포함한다. 축 차폐들(320, 324)은 센서 스택(304)을 트랙-횡단 방향으로 전계들로부터 차폐하기 위해 센서 스택(304)의 서로 대향한 측들 상에 위치된다. MR 센서(300)의 다른 특질들은 도 1 및 도 2에 관하여 위에 기술된 것과 동일하거나 유사할 수 있다.
- [0028] SAF 구조(326)를 센서 스택(304) 및 축 차폐들(320, 324)로부터 분리(decouple)하는 것은 국부적으로 향상된 투자율의 영역 내에서(예를 들면, 도 1 및 도 2에 관하여 도시되고 기술된 결합 스페이서층(312) 또는 비-자기 삽입층의 증가된 두께의 영역 내) 자기 회전이 더 많아질 수 있게 함으로써 분해도 이득을 더욱 높일 수 있다. 따라서, 도 4는 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조(426)를 포함하는 분리된 상부 차폐(430)를 포함하는 예시적 MR 센서(400)를 도시한 것이다.
- [0029] 상부 차폐(430)는 반강자성(AFM) 핀 층(414) 및 SAF 구조(426)를 포함한다. SAF 구조(426)는 한 쌍의 강자성층들(406, 408), 결합 스페이서층(412), 및 비-자기 삽입층(410)을 추가로 포함한다. 결합 스페이서층(412)은 강자성층들(406, 408) 사이에 강한 RKKY 반강자성 결합을 제공한다. 그러나, 이 RKKY 결합 효과는 비-자기 삽입층(410)을 포함하는 센서 스택(404)과 축선방향으로 정렬된 중앙 영역에선 감소 또는 제거된다. RKKY 결합을 국부적으로 단절시키는 것은 것은 센서 스택(404)의 리딩 에지에 축선방향으로 정렬된 MR 센서(400)의 중앙 영역에서 비등방성을 국부적으로 감소시키는 효과를 갖는다.
- [0030] 상부 차폐(430)는 비-자기 분리 층(416)에 의해 센서 스택(404) 및 축 차폐들(420, 424)로부터 분리된다. 이러한 분리는 SAF 구조(426) 내 이웃한 강자성층(406)의 자기 방위(강자성층(406) 내에 화살표들로 도시된)와는 다른 자기 방위(축 차폐 요소들(420, 424) 내에 화살표들로 도시된)를 축 차폐들(420, 424)이 가질 수 있게 한다. 일 구현에서, 축 차폐들(420, 424)의 자기 방위는 강자성층(406)의 자기 방위에 반대 또는 실질적으로 반대된다.
- [0031] 도 4의 SAF 구조(426)가 축 차폐들(420, 424)로부터 분리되기 때문에, MR 센서(400)에 의해 목격되는 PW50는 SAF 구조(426)가 축 차폐들(420, 424)로부터 분리되지 않는 구현들(예를 들면, 도 1 ~ 도 3)과 비교했을 때 개선된다. 일 구현에 따라, MR 센서(400)는 축 차폐들(410, 420)에 결합된 SAF 구조(426)를 가진 다른 동등한 구현에 비해 1 내지 1.5nm PW50 이득을 갖게 한다.
- [0032] 도 5 ~ 도 7은 국부적으로 향상된 투자율의 영역들을 가진 SAF 차폐를 제작하기 위한 예시적 동작들을 도시한 것이다. 도 5는 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 피착 동작(500)을 도시한 것이다. 피착 동작(500)에서, 부분적으로 형성된 MR 센서(530) 상에 강자성 물질층(506) 및 비-자기 물질층(510)이 피착된다. 부분적으로 형성된 MR 센서(530)는 하부 차폐(536), 센서 스택(504), 및 축 차폐들(520, 524)을

포함한다. 강자성 물질층(506)은 강자성 물질(506)이 측 차폐들(520, 524) 및 센서 스택(504) 둘 다와 접촉하도록 부분적으로 형성된 MR 센서(530)에 걸쳐 실질적으로 균등하게 피착된다. 비-자기 물질층(510)은 강자성 물질층(506)에 걸쳐 실질적으로 균등하게 피착된다.

[0033] 도 6은 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조의 형성동안 수행되는 마스크 및 밀링 동작들(600)을 도시한 것이다. 마스크 및 밀링 동작들(600) 동안에, 부분적으로 형성된 MR 센서(630)에 걸쳐 실질적으로 균등하게 얇은 액체 포토레지스트층(도시되지 않음)이 피착된다. 부분적으로 형성된 MR 센서(600)는 하부 차폐(636), 센서 스택(604), 측 차폐들(620, 624), 강자성 물질층(606), 및 비-자기 물질층(610)을 포함한다. 액체 포토레지스트의 부분들이 고 강도 광에 노출되어, 노출된 혹은 비-노출된 부분들(포토레지스트의 유형에 따라)의 용해도를 변화시킨다. 포토레지스트의 변화되지 않은 부분들은 현상액에 의해 제거되어, 부분적으로 형성된 MR 센서(630)의 중앙 영역 위에 경화된 포토레지스트 마스크(622)를 남긴다. 마스크되지 않은 비-자기 물질(도시되지 않음)은 부분적으로 형성된 MR 센서(630)의 에지들에 가까이에서 밀링되는 동안 경화된 포토레지스트 마스크(622)는 중앙 영역 내 하지의 비-자기 물질(610)을 보호한다.

[0034] 도 7은 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 제거 및 추가의 피착 동작들(700)을 도시한 것이다. 마스크 제거 및 층 구축 동작들(700) 동안에, 하부 차폐(736), 센서 스택(704), 측 차폐들(720, 724), 강자성 물질층(706), 및 비-자기 물질층(710)의 형성 후에, 경화된 포토레지스트 마스크(예를 들면, 도 6의 경화된 포토레지스트 마스크(622)와 동일하거나 유사한 마스크)를 MR 센서(730)로부터 제거하기 위해 포토레지스트 용제들이 사용된다. 경화된 포토레지스트 마스크가 제거된 후에, 결합 스페이서층(712)이 비-자기 물질(710) 위에 피착되어 이와 접촉하고, 또 다른 강자성층(708)이 결합 스페이서층(712) 위에 피착되어 이와 접촉하고, AFM 층(714)이 강자성층(708) 위에 피착되어 이와 접촉한다.

[0035] 도 8 ~ 도 10은 국부적으로 향상된 투자율의 영역을 가진 SAF 차폐를 제작하기 위한 추가의 예시적 동작들을 도시한 것이다. 도 8은 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조의 형성동안 수행되는 피착 동작(800)을 도시한 것이다. 피착 동작(800)에서, 부분적으로 형성된 MR 센서(830) 상에 강자성 물질층(806)이 피착된다. 부분적으로 형성된 MR 센서(820)는 하부 차폐(836)를 포함하고 이 위엔 센서 스택(804)과 측 차폐들(820, 824)이 형성된다. 강자성 물질층(806)은 강자성 물질(806)이 측 차폐들(820, 824) 및 센서 스택(804) 둘 다와 접촉하게, 부분적으로 형성된 MR 센서(830)에 걸쳐 실질적으로 균등하게 피착된다.

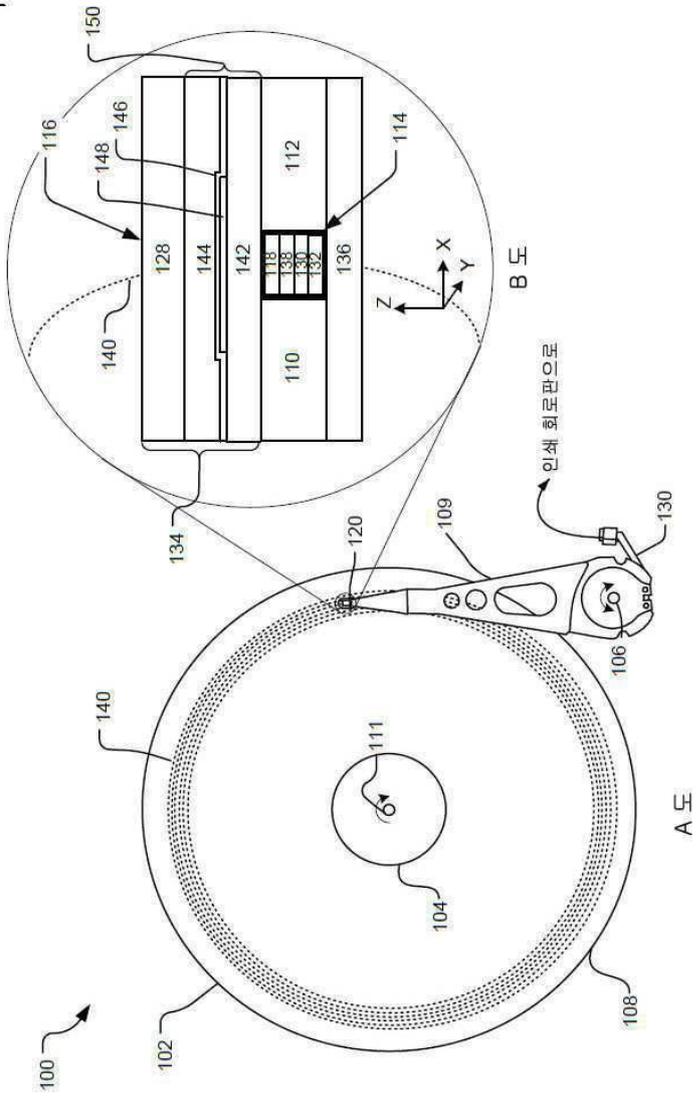
[0036] 도 9는 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 및 피착 동작들(900)을 도시한 것이다. 마스크 및 피착 동작들(900) 동안에, 하부 차폐(936), 센서 스택(904), 측 차폐들(920, 924), 및 강자성 물질층(906)을 포함하는 MR 센서(930)에 걸쳐 실질적으로 균등하게 얇은 액체 포토레지스트층(도시되지 않음)이 피착된다. 액체 포토레지스트의 부분들이 고 강도 광에 노출되고, 노출된 혹은 비-노출된 부분들(포토레지스트의 유형에 따라)의 용해도를 변화시킨다. 포토레지스트의 변화되지 않은 부분들은 현상액에 의해 제거되어, 부분적으로 형성된 MR 센서(930)의 바깥 에지 영역들 위에 경화된 포토레지스트 마스크(922)를 남긴다. 경화된 포토레지스트 마스크(922)는 바깥 에지 영역들 내에 하지의 강자성 물질(906)을 보호하고 아울러 중앙 영역 내에 강자성 물질(906)을 노출되게 한다. 경화된 포토레지스트 마스크가 자리에 있는 동안, 부분적으로 형성된 MR 센서(930)에 걸쳐 실질적으로 균등하게 비-자기 물질층(910)이 피착된다.

[0037] 도 10은 국부적으로 향상된 투자율을 가진 SAF 구조의 형성 동안 수행되는 마스크 제거 및 추가의 피착 동작들(1000)을 도시한 것이다. 마스크 제거 및 층 구축 동작들(1000) 동안에, 하부 차폐(1036), 센서 스택(1004), 측 차폐들(1020, 1024), 강자성 물질층(1006), 및 비-자기 물질층(1010)의 형성 후에, MR 센서(1030)로부터 경화된 포토레지스트 마스크(예를 들면, 도 9의 경화된 포토레지스트 마스크(922)와 동일하거나 유사한 마스크)를 제거하기 위해 포토레지스트 용제들이 사용된다. 경화된 포토레지스트 마스크가 제거된 후에, 결합 스페이서층(1012)이 비-자기 물질(1010) 위에 피착되어 이와 접촉하고, 또 다른 강자성층(1008)이 결합 스페이서층(1012) 위에 피착되어 이와 접촉하고, AFM 층(1014)이 강자성층(1008) 위에 피착되어 이와 접촉한다.

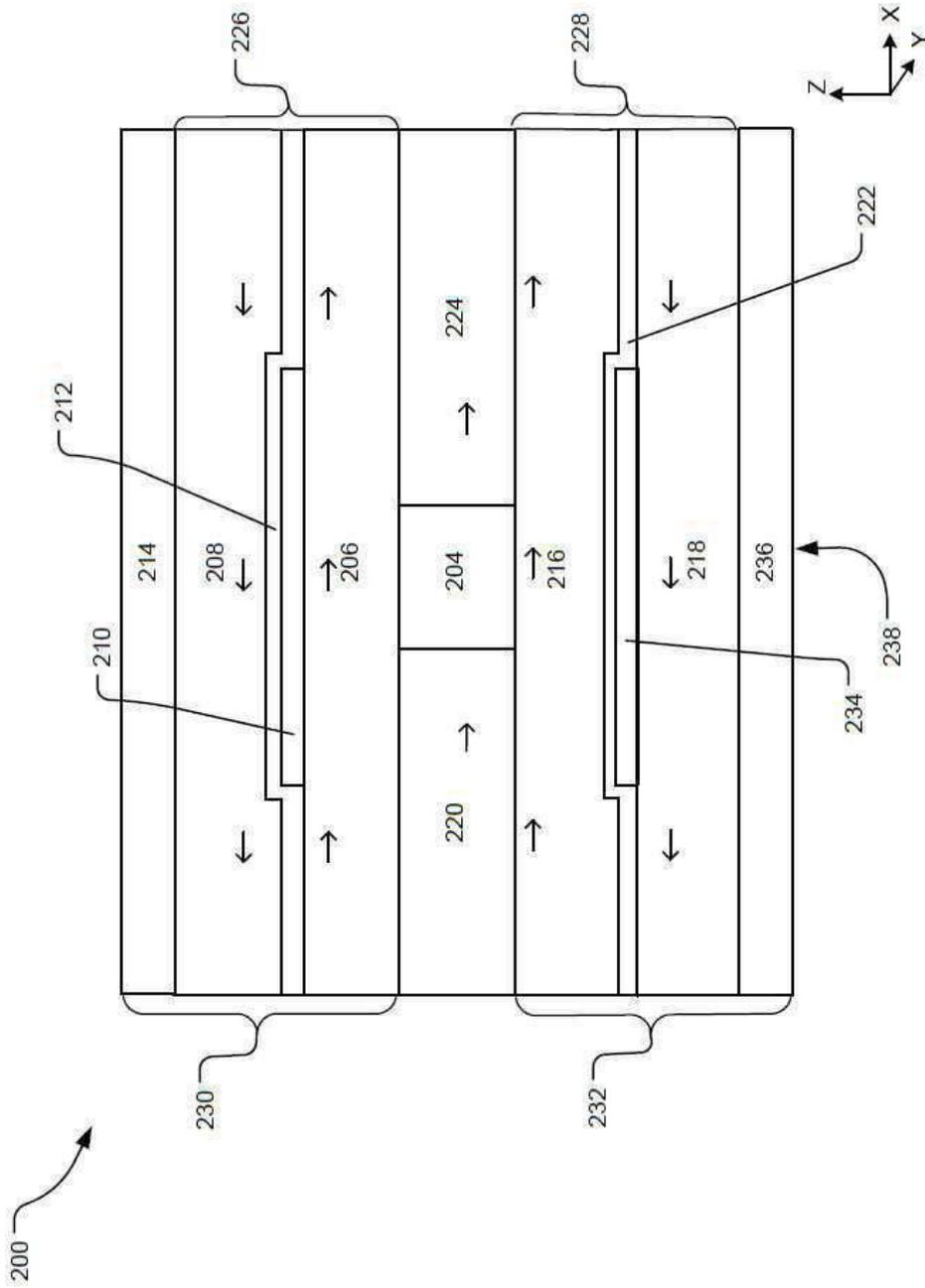
[0038] 본원에 개시된 구현들 각각에 관하여 논의된 구체적 단계들은 선택의 문제이며, 이용되는 물질들 및/또는 주어진 시스템의 설계 기준에 따를 수 있다. 위에 명세, 예들, 및 데이터는 발명의 예시적 구현들의 구조 및 사용의 완전한 설명을 제공한다. 발명의 많은 구현들은 발명의 정신 및 범위 내에서 행해질 수 있기 때문에, 발명은 이하 첨부된 청구항들에 있다.

도면
도면1

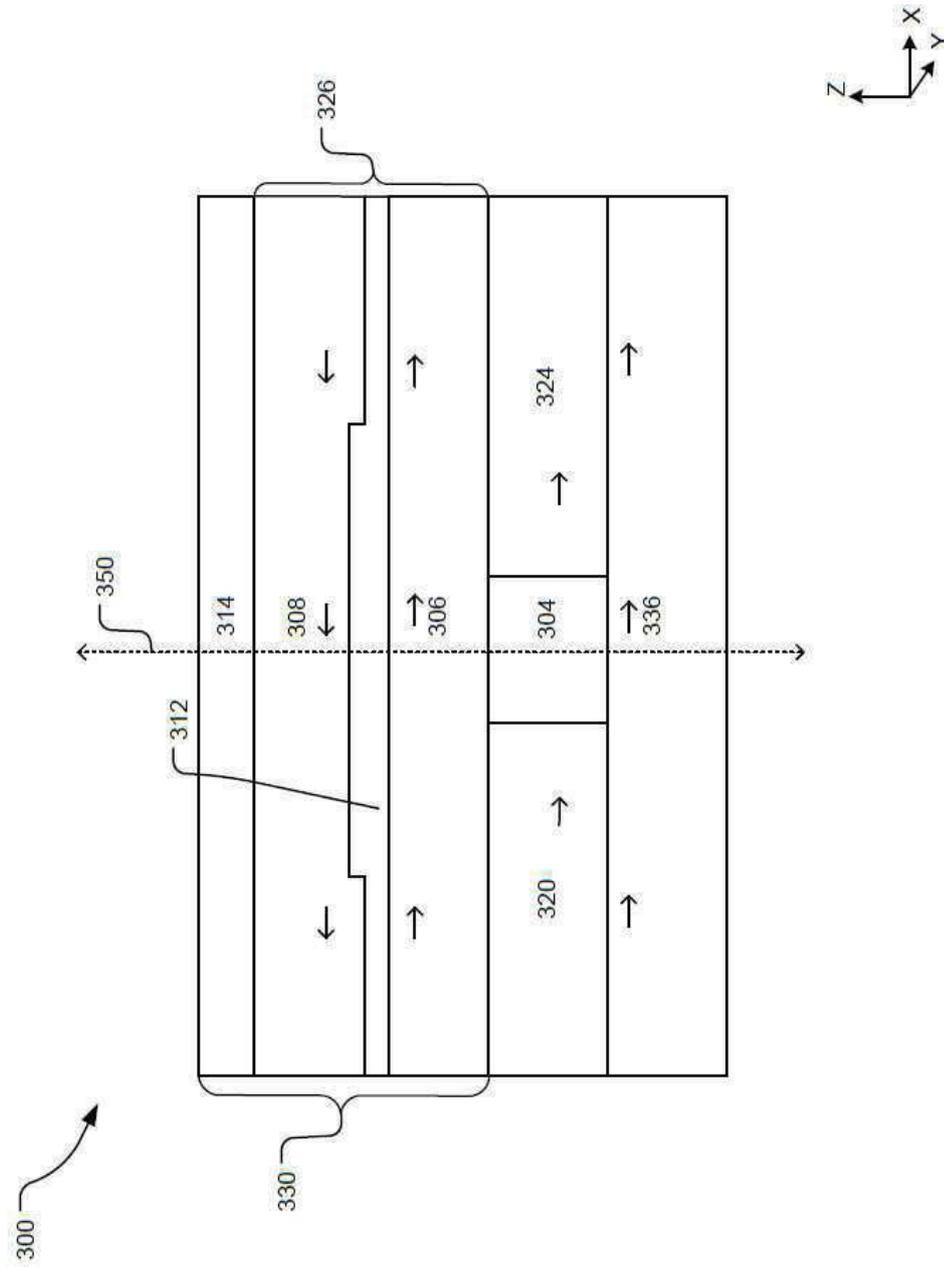
+



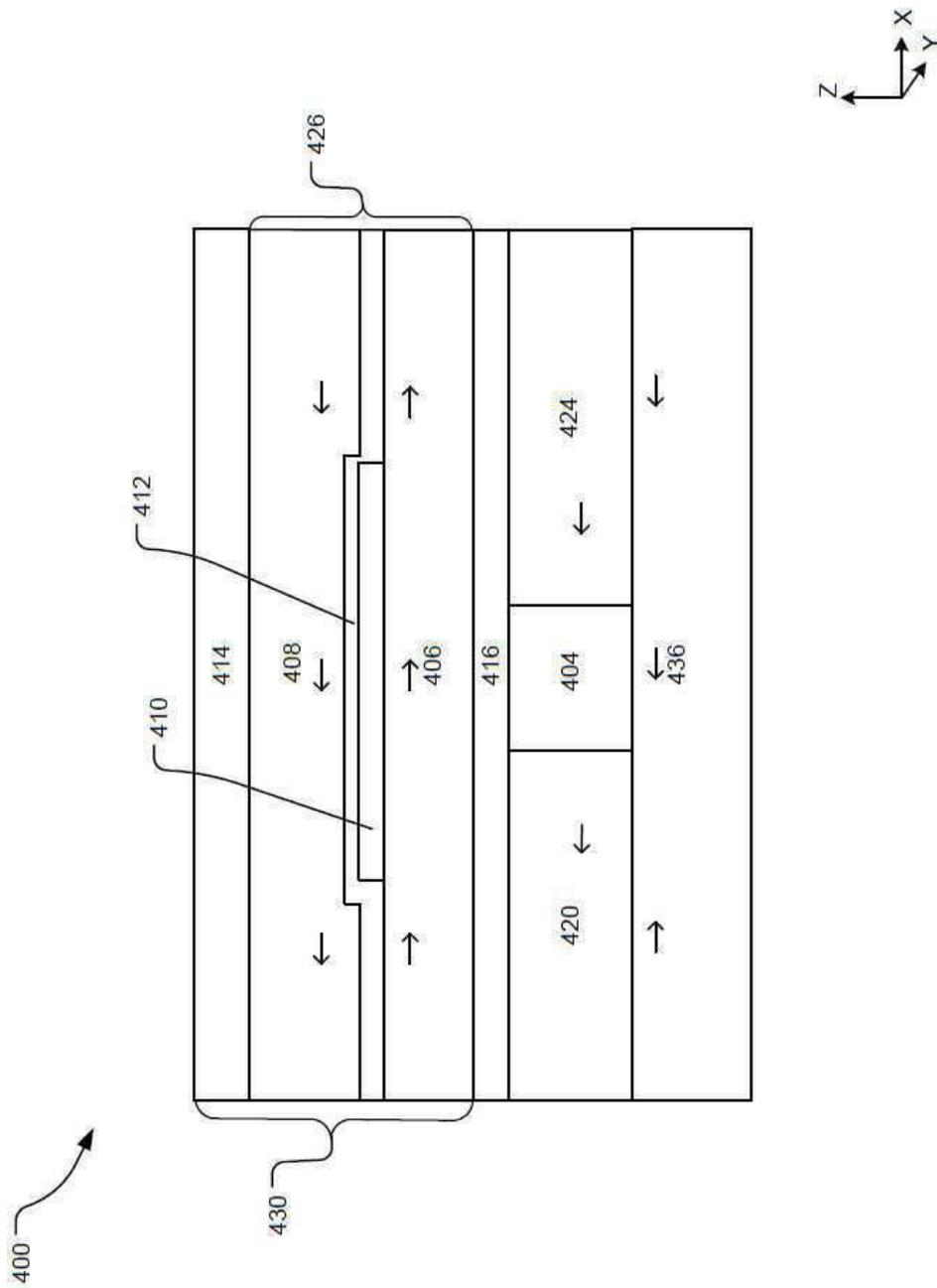
도면2



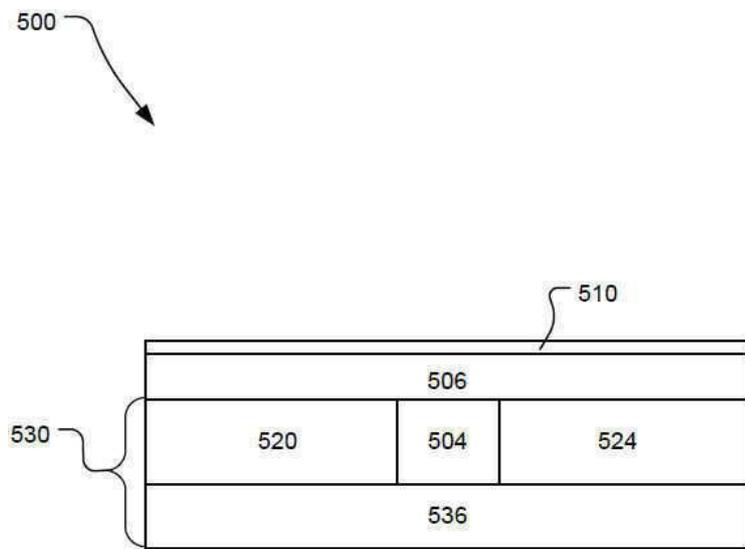
도면3



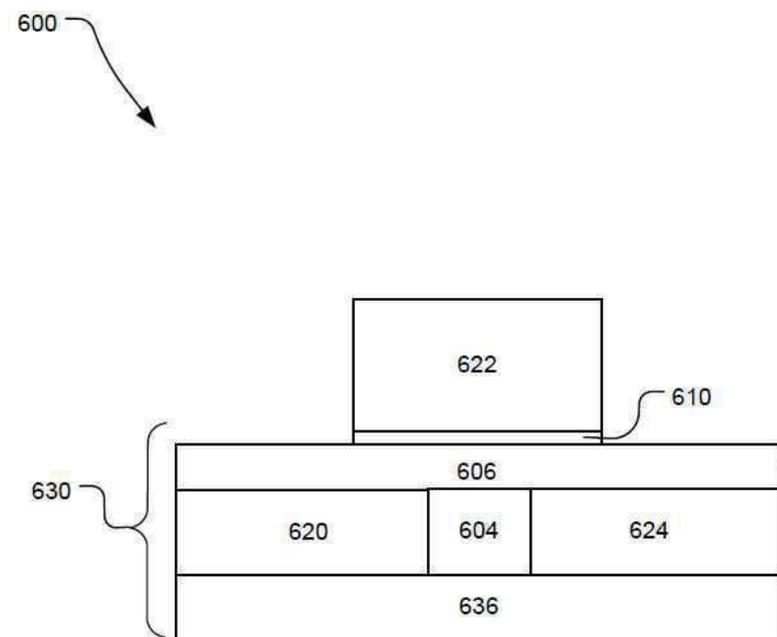
도면4



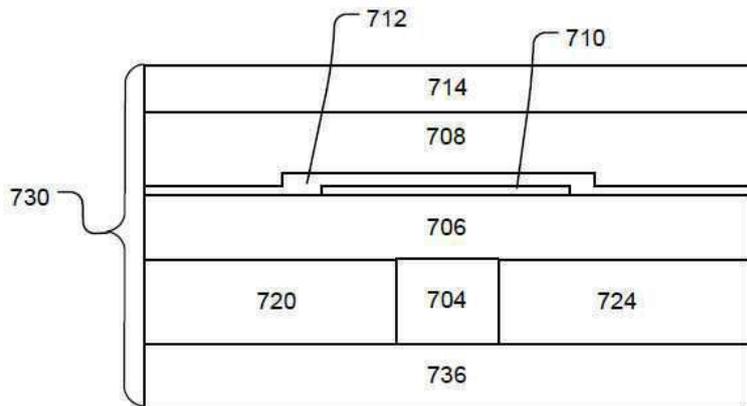
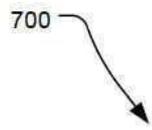
도면5



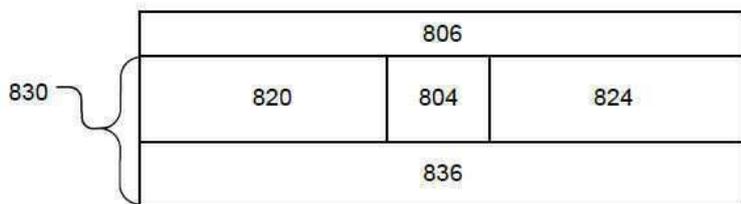
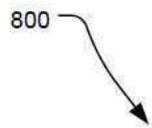
도면6



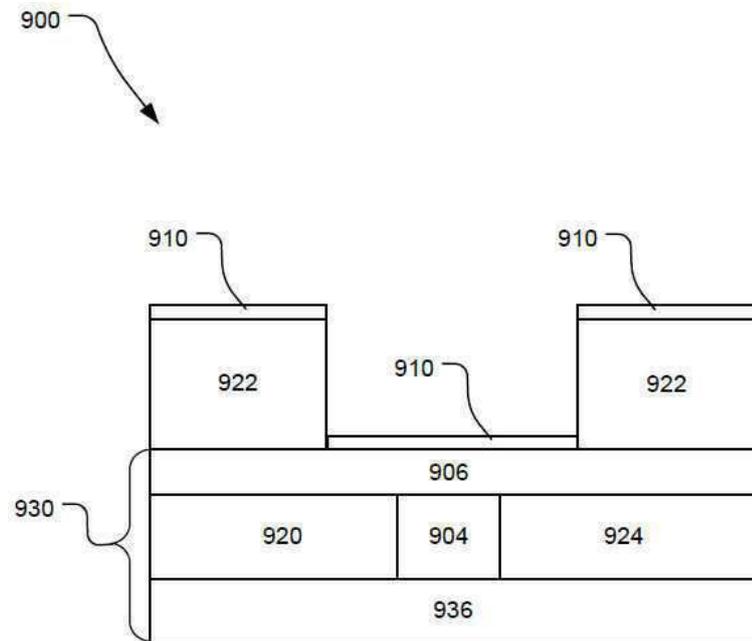
도면7



도면8



도면9



도면10

