



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년02월27일

(11) 등록번호 10-1496140

(24) 등록일자 2015년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G11B 11/105 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0074486

(22) 출원일자 2013년06월27일

심사청구일자 2013년06월27일

(65) 공개번호 10-2014-0002527

(43) 공개일자 2014년01월08일

(30) 우선권주장

13/537,758 2012년06월29일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20120045662 A1*

US20120140609 A1*

US20100329085 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

시게이트 테크놀로지 엘엘씨

미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우스 디 엔자
블러바드 10200

(72) 발명자

자오, 톡

미국 55344 미네소타 에덴 프레리 유니트 218 스
트라톤 애비뉴 11343

카우츠키, 마이클 크리스토퍼

미국 55122 미네소타 오이겐 카셀 글렌 4143

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 20 항

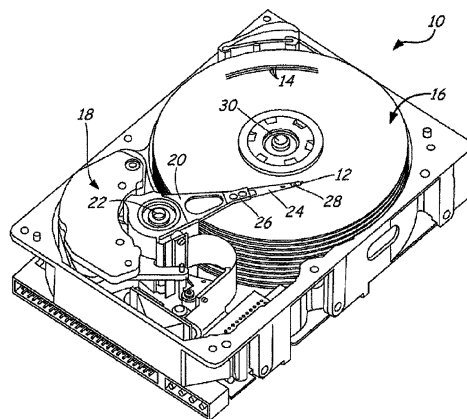
심사관 : 임동재

(54) 발명의 명칭 NFT 및 클래딩 층들을 포함하는 디바이스를 위한 중간층

(57) 요약

디바이스는 니어 필드 트랜스듀서(NFT), NFT에 인접한 적어도 하나의 클래딩 층, 및 NFT 및 적어도 하나의 클래딩 층 사이에 위치된 불연속 금속층을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

제이글러, 마이클 앨런

미국 55347 미네소타 에덴 프레리 토프트 코브
17591

자오, 용준

미국 55347 미네소타 에덴 프레리 셰퍼드 웨이
8655

자야산카, 제이

미국 55345 미네소타 미네톤카 새들우드 트레일
18855

후앙, 시아오유에

미국 55347 미네소타 에덴 프레리 블랙스톤 드라이
브 8628

특허청구의 범위

청구항 1

디바이스로서,

니어 필드 트랜스듀서(near field transducer; NFT);

상기 NFT에 인접한 적어도 하나의 클래딩 층(cladding layer); 및

상기 NFT와 상기 적어도 하나의 클래딩 층 사이에 위치된 불연속 금속층(discontinuous metal layer)을 포함하고,

상기 불연속 금속층의 제 1 표면은 상기 적어도 하나의 클래딩 층에 접촉하고, 상기 제 1 표면 반대편의 상기 불연속 금속층의 제 2 표면은 상기 NFT에 접촉하는,

디바이스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 NFT는 금(Au), 또 다른 재료로 도핑된 금(Au), 은(Ag), 또 다른 재료가 도핑된 은(Ag), 구리(Cu), 또는 알루미늄(Al)을 포함하는,

디바이스.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 NFT는 금을 포함하는,

디바이스.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 2.5Å 내지 50Å의 평균 두께를 갖는,

디바이스.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 5Å 내지 30Å의 평균 두께를 갖는,

디바이스.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 5Å 내지 20Å의 평균 두께를 갖는,

디바이스.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 페르미 준위(Fermi level)에서 비충만된 상태들의 큰 개체군들(populations)을 갖는 초기

3d 전이 금속들을 포함하는,
디바이스.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 불연속 금속층은 Zr, Ti, Y, Sc, Al, Ru, V, Si, Ge, Ta 및 Sn으로부터 선택된 재료를 포함하는,
디바이스.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 불연속 금속층은 Zr을 포함하는,
디바이스.

청구항 10

디바이스로서,
에너지 소스;
상기 에너지 소스로부터 에너지를 수신하도록 구성된 니어 필드 트랜스듀서(NFT);
상기 NFT에 인접한 적어도 하나의 클래딩 층; 및
상기 NFT와 상기 적어도 하나의 클래딩 층 사이에 위치한 불연속 금속층을 포함하고,
상기 불연속 금속층의 제 1 표면은 상기 적어도 하나의 클래딩 층에 접촉하고, 상기 제 1 표면 반대편의 상기 불연속 금속층의 제 2 표면은 상기 NFT에 접촉하는,
디바이스.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
상기 에너지 소스는 레이저를 포함하는,
디바이스.

청구항 12

제 10 항에 있어서,
상기 NFT는 금(Au), 또 다른 재료가 도핑된 금(Au), 은(Ag), 또 다른 재료가 도핑된 은(Ag), 구리(Cu), 또는 알루미늄(Al)을 포함하는,
디바이스.

청구항 13

제 10 항에 있어서,
상기 불연속 금속층은 2.5Å 내지 50Å의 평균 두께를 갖는,
디바이스.

청구항 14

제 10 항에 있어서,
상기 불연속 금속층은 5Å 내지 20Å의 평균 두께를 갖는,

디바이스.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 Zr, Ti, Y, Sc, Al, Ru, V, Si, Ge, Ta 및 Sn으로부터 선택된 재료를 포함하는,

디바이스.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 Zr을 포함하는,

디바이스.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 에너지 소스로부터 상기 에너지를 수신하고 상기 에너지를 상기 NFT로 연결하도록 구성된 도파관을 더 포함하는,

디바이스.

청구항 18

디바이스로서,

니어 필드 트랜스듀서(NFT);

상기 NFT에 인접한 전방 클래딩 층들; 및

상기 NFT와 상기 전방 클래딩 층들 사이에 위치한 불연속 금속층을 포함하고,

상기 불연속 금속층의 제 1 표면은 상기 전방 클래딩 층들에 접촉하고, 상기 제 1 표면 반대편의 상기 불연속 금속층의 제 2 표면은 상기 NFT에 접촉하는,

디바이스.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 불연속 금속층은 2.5Å 내지 20Å의 평균 두께를 갖는,

디바이스.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 NFT는 Au를 포함하고, 상기 전방 클래딩 층들은 SiO₂ 또는 Al₂O₃을 포함하고, 상기 불연속 금속층은 Zr을 포함하는,

디바이스.

명세서

배경 기술

[0001]

가열 보조 자기 기록(본원에서 "HAMR"로서 지칭됨) 기술은 저장 밀도를 1 Tbit/inch² 이상 증가시키기 위한 유망한 접근법이다. HAMR 헤드들은 자기 기록 층들을 가열하기 위해 NFT들(near field transducers)을 사용할 수

있다. HAMR 헤드에서 NFT의 재료들 및 주위 구조물들 간의 열악한 접착력은 프로세싱 또는 사용 동안에 고장을 유도할 수 있다. 따라서, 그러한 고장을 감소시킬 필요성이 존재한다.

발명의 내용

[0002] 니어 필드 트랜스듀서(NFT); NFT에 인접한 적어도 하나의 클래딩 층(cladding layer); 및 NFT 및 적어도 하나의 클래딩 층 사이에 위치한 불연속 금속층을 포함하는 디바이스가 개시된다.

[0003] 에너지 소스; 에너지 소스로부터 에너지를 수신하도록 구성된 니어 필드 트랜스듀서(NFT); NFT에 인접한 적어도 하나의 클래딩 층; 및 NFT 및 적어도 하나의 클래딩 층 사이에 위치한 불연속 금속층을 포함하는 디바이스가 또한 개시된다.

[0004] 니어 필드 트랜스듀서(NFT); NFT에 인접한 전방 및 후방 클래딩 층; 및 NFT와 전방 클래딩 층 및 NFT와 후방 클래딩 층 사이에 위치한 불연속 금속층을 포함하는 디바이스가 또한 개시된다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1은 HAMR 디바이스들을 포함할 수 있는 자기 디스크 드라이브의 사시도.

도 2는 수직 HAMR 자기 기록 헤드 및 연관된 기록 매체의 단면도.

도 3은 개시된 불연속 금속층을 포함하는 자기 디바이스의 일부분의 사시도.

도 4는 접착 테스트에 노출될 때, 아래에 놓인 불연속 지르코늄 층의 두께의 함수로서 남아있는 금막의 퍼센트를 도시한 도면.

도 5a 및 도 5b는 불연속 금속층이 없는(도 5a) 및 2.5 Å Zr 층을 갖는(도 5b) 금 NFT의 다운스트림 화학 기계적 폴리싱(CMP) 프로세싱 후의 단면 스캐닝 전자 마이크로스코프(SEM) 이미지들을 도시한 도면.

도 6a는 굴절률(n)을 도시하고, 도 6b는 어닐링 온도의 함수로서 400 nm 내지 1000 nm의 파장 범위 내의 Zr 불연속층/Au 층 막 스택의 흡광 계수(k)를 도시한 도면.

도 7a 및 도 7b는 성장된 상태 그대로(도 7a) 및 300 °C 어닐링 후(도 7b)의 다양한 Zr 두께들을 갖는 Zr/Au 막 스택들의 $\theta \sim 2\theta$ 스캔들을 도시한 도면.

도 8의 a 내지 d는 어닐링 전 및 후에 불연속 Zr 층들을 갖거나 없는 150 nm Au 막들의 AFM(atomic force microscopy) 이미지들을 도시한 도면.

도 9a 및 도 9b는 Au(111) 개체군(도 9a) 및 Au 입자 크기(도 9b)에 대한 Zr 두께의 효과를 도시한 도면.

도 10a 및 도 10b는 막들이 가열됨에 따라 개시된 불연속 금속층이 없는(도 10a) 및 개시된 불연속 금속층을 갖는(도 10b) Au 막에서 생성되는 열 응력을 도시한 도면.

도 11은 그에 인접한 다양한 두께들의 불연속 Zr 막들을 갖는 150 nm 두께의 Au 막들의 정규화된 나노압입 경도를 도시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006] 도면들이 반드시 축척에 맞게 그려지진 않는다. 도면들에서 사용되는 동일한 번호들은 동일한 컴포넌트들을 지칭한다. 그러나, 주어진 도면에서 컴포넌트를 지칭하기 위한 번호의 사용이 동일한 번호로 라벨링된 또 다른 도면 내의 컴포넌트를 제한하도록 의도되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0007] 다음의 설명에서, 도면들의 부분을 형성하고, 예시로 몇몇의 특정 실시예들이 도시된 첨부된 세트의 도면들에 대해 참조가 이루어진다. 다른 실시예들이 고려되고, 본 발명의 범위 또는 사상으로부터 벗어나지 않고 이루어질 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 다음의 상세한 설명은 제한적인 의미로 취해지지 않는다.

[0008] 달리 표시되지 않는다면, 명세서 및 청구항들에서 사용되는 피쳐 크기들, 양들 및 물리적 속성들을 표현하는 모든 수들은 모든 경우들에서 용어 "약"에 의해 수정되는 것으로서 이해되어야 한다. 따라서, 반대로 표시되지 않는다면, 앞서 말한 명세서 및 첨부된 청구항들에 제시된 수치적 파라미터들은, 본원에 개시된 교시들을 활용하여 당업자들에 의해 획득되도록 요구되는 속성들에 의존하여 변동될 수 있는 근사치들이다.

[0009] 종점들에 의한 수치적 범위들의 언급은 그 범위 내에 포함된 모든 수들(예를 들면, 1 내지 5는 1, 1.5, 2,

2.75, 3, 3.80, 4 및 5를 포함함) 및 그 범위 내의 임의의 범위를 포함한다.

[0010] 이러한 명세서 및 첨부된 청구항들에서 사용된 바와 같이, 내용이 달리 명확히 구술하지 않는다면, 단수 형태들, "한", 및 "하나"는 복수의 지시 대상들을 갖는 실시예들을 포함한다. 이러한 명세서 및 첨부된 청구항들에서 사용된 바와 같이, 용어 "또는"은 내용이 달리 명확히 구술하지 않는다면 "및/또는"을 포함하는 의미로 일반적으로 사용된다.

[0011] "포함하다", "포함하는" 등의 용어들은 포괄하는 것, 즉, 구비하는 것 및 비배타적인 것을 의미하지만, 이에 제한되지 않는다. "상부" 및 "하부"(또는 "상위" 및 "하위"와 같은 다른 용어들)가 관련 설명들을 위해 엄격하게 사용되고, 설명되는 엘리먼트가 위치된 물품의 임의의 전체적인 배향을 암시하지 않는다는 것이 유의되어야 한다.

[0012] 도 1은 자기 매체(16)의 트랙(14) 위에 슬라이더(12)를 위치시키기 위한 작동 시스템을 포함하는 디스크 드라이브(10)의 사시도이다. 설명을 용이하게 하기 위해 디스크 드라이브(10)의 특정 구성이 도시되고, 본 발명의 범위를 어떠한 방법으로도 제한하도록 의도되지 않는다. 디스크 드라이브(10)는 축(22)을 중심으로 스핀들 상의 작동기 암(20)을 회전시키도록 배열된 음성 코일 모터(18)를 포함한다. 로드 빔(24)은 헤드 장착 블록(26)에서 작동기 암(20)에 접속된다. 서스펜션(28)은 로드 빔(24)의 종단에 접속되고, 슬라이더(12)는 서스펜션(28)에 부착된다. 자기 매체(16)는 축(30)을 중심으로 회전하여, 편류(windage)가 슬라이더(12)에 의해 부딪히게 되어 슬라이더(12)로 하여금 자기 매체(16)의 표면 위에서 작은 거리로 계속 떠 있게 한다. 자기 매체(16)의 각각의 트랙(14)은 데이터를 저장하기 위한 데이터 저장 셀들의 어레이로 포맷팅된다. 슬라이더(12)는 자기 매체(16)의 트랙들(14) 상에서 데이터를 판독 및/또는 기록하기 위해 자기 디바이스 또는 트랜스듀서(도 1에 도시되지 않음)를 휴대한다. 자기 트랜스듀서는 가열 보조 자기 기록(HAMR)으로 불리는 프로세스에 의한 기록을 용이하게 하도록 매체(16)의 표면을 가열하기 위해 부가적인 전자기 에너지를 사용한다.

[0013] HAMR 트랜스듀서는 자기 매체(예를 들면, 자기 매체(16))에 기록하기 위한 자기장을 생성하기 위한 자기 기록기 및 기록 필드에 가까운 자기 매체의 일부분을 가열하기 위한 광학 디바이스를 포함한다. 도 2는 자기 디바이스, 예를 들면, HAMR 자기 디바이스(40)의 일부분 및 연관된 자기 저장 매체(42)의 일부분의 단면도이다. HAMR 자기 디바이스(40)는 페디스털(48)에 의해 연결된 기록 폴(44) 및 리턴 폴(46)을 포함한다. 도전체들(52 및 54)을 포함하는 코일(50)은 페디스털을 둘러싸고, 절연체(56)에 의해 지지된다. 도시된 바와 같이, 자기 저장 매체(42)는 자기적으로 하드 저장 층(62) 및 소프트 자기 하층(64)을 포함하는 수직 자기 매체이지만, 패터닝된 매체들과 같은 다른 형태들의 매체들일 수 있다. 코일에서 전류는 페디스털 및 폴들에서 자기장을 유도한다. 자속(58)은 에어 베어링 표면(ABS)(60)에서 기록 헤드를 나오고, 영역(58) 내에 둘러싸인 저장 매체(42)의 자기적으로 하드 층(62)의 부분들의 자화를 변경하는데 사용된다. 니어 필드 트랜스듀서(66)는 에어 베어링 표면(60)에 가까운 기록 폴(44)에 인접하게 위치된다. 니어 필드 트랜스듀서(66)는, 레이저와 같은 에너지 소스로부터의 전자기파를 수신하는 도파관(68)에 연결된다. 니어 필드 트랜스듀서(66)의 종단에서의 전기장은 보자력(coercivity)을 낮추기 위해 자기적으로 하드 층(62)의 부분(69)을 가열하는데 사용되어, 기록 폴로부터의 자기장은 저장 매체의 자화에 영향을 줄 수 있다.

[0014] 본원에 개시된 자기 디바이스들은 또한 다른 구조물들을 포함할 수 있다. 본원에 개시된 자기 디바이스들은 또한 더 큰 디바이스들에 통합될 수 있다. 예를 들면, 슬라이더들은 본원에 개시된 바와 같이 자기 디바이스들을 포함할 수 있다. 예시적인 슬라이더들은, 리딩 에지(leading edge), 트레일링 에지(trailing edge) 및 에어 베어링 표면을 갖는 슬라이더 본체를 포함할 수 있다. 이어서, 기록 폴, 판독 폴, 광학 니어 필드 트랜스듀서 및 접촉 패드(및 선택적인 히트 싱크)는 슬라이더 본체 상에(또는 내에) 위치될 수 있다. 그러한 예시적인 슬라이더들은, 예를 들면, 디스크 드라이브에 통합될 수 있는 서스펜션에 부착될 수 있다.

[0015] 도 3은 자기 디바이스의 일부분의 부분적인 사시도를 도시한다. 자기 디바이스(300)는 기록 폴(305)(위에 논의된 바와 같은 특성들을 가질 수 있음) 및 니어 필드 트랜스듀서(NFT)(310)를 포함할 수 있다. 도 3에 도시된 NFT(310)는 2 개의 부분 구조물을 갖는 것으로 설명될 수 있지만, 설명된 실시예들이 임의의 형태 또는 구조물의 NFT(예를 들면, 플라즈모닉(plasmonic) 갭 형태의 NFT들 또는 "몰리팝" 형태의 NFT들로서 또한 지칭될 수 있는 페그(peg) 및 디스크 형태의 NFT들)가 활용될 수 있다는 것이 인지되어야 한다. 통상적으로, NFT(310)는, 예를 들면, 금(Au), 또 다른 재료가 도핑된 금(Au)(예를 들면, AuGe), 은(Ag), 또 다른 재료가 도핑된 은(Ag)(예를 들면, AgGe), 구리(Cu) 및 알루미늄(Al)과 같은 재료들로 구성될 수 있다. 일부 실시예들에서, NFT(310)는 또한 2011년 2월 23일자로 출원된 "HAMR NFT Materials with Improved Thermal Stability"이란 명칭의 미국 특허 공보 제 2011/0205863 호에 열거된 재료들로 또한 구성될 수 있고, 상기 특허의 개시물은 또한 인용에

의해 본원에 포함된다.

- [0016] 개시된 자기 디바이스는 또한 적어도 하나의 클래딩 층을 포함한다. 예시적인 자기 디바이스(300)는 전방 클래딩(315 및 320), 하부 클래딩(325) 및 상부 클래딩(330)을 포함한다. 일반적으로, 설명되는 실시예에서, NFT(310)는 전체적으로 클래딩 재료들에 의해 둘러싸인다. 적어도 하나의 클래딩 층(및, 이러한 실시예에서 전방 클래딩(315 및 320), 하부 클래딩(325) 및 상부 클래딩(330))은 일반적으로 (NFT의 재료에 비해) 낮은 굴절률을 갖는 유전체 재료로부터 형성될 수 있다. 예시적인 재료들은 Ta_2O_5 , Al_2O_3 , SiO_2 , MgO , MgF_2 , Si_3N_4 , $SiON$ 및 $TaSiO_x$ 를 포함한다. 2011년 2월 23일자로 출원되고, 그의 개시물이 인용에 의해 본원에 또한 포함되는 "Optical Waveguide Clad Material"란 명칭의 미국 특허 공보 제 2011/0205864 호에 개시된 재료들은 또한 전방 클래딩(315 및 320), 하부 클래딩(325) 및 상부 클래딩(330), 또는 이들의 몇몇의 조합에 대해 사용될 수 있다. 실시예들에서, 클래딩 층들은, 예를 들면, Al_2O_3 또는 SiO_2 로 구성된다.
- [0017] NFT(310)가 둘러싸는 클래딩 층들에 잘 접촉하게 하는 것은 종종 어려울 수 있다. NFT(310)가 그를 둘러싸는 재료들에 대해 양호한 접착력을 갖지 않는다면, 자기 디바이스는 프로세싱 동안에 또는 자기 디바이스의 동작 동안에 실패할 수 있다. 개시된 자기 디바이스는 또한 불연속 금속층(335)을 포함한다. 불연속 금속층이 단일 층일 수 있지만 그럴 필요는 없다는 것이 유의되어야 한다. 구문 "불연속 금속층"은 NFT 및 둘러싸는 클래딩 층들 사이에 위치한 2 개 이상의 구조물 또는 층을 지칭하는데 사용될 수 있다. 개시된 불연속 금속층은 일반적으로 NFT의 표면 및 인접한 둘러싸는 클래딩 층 사이에 위치될 수 있다. 실시예들에서, 불연속 금속층은 NFT의 각각의 표면 및 각각의 둘러싸는 클래딩 층 사이에 위치될 수 있고, 실시예들에서, 불연속 금속층은 둘러싸는 클래딩 층들 및 NFT의 각각의 표면보다 적은 표면 사이에 위치될 수 있다. 실시예들에서, 불연속 금속층은 전방 클래딩 층들(315 및 320), 하부 클래딩 층(325) 및 상부 클래딩 층(330), 또는 이들의 몇몇의 조합과 접촉하는 NFT의 표면들 사이에 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 불연속 금속층은 실질적으로 전방 클래딩 층들(315 및 320), 및 하부 클래딩 층(325)의 실질적으로 전부와 접촉할 수 있다. 일부 실시예들에서, 증착 프로세스들은, 불연속 금속층(330)이 우선적으로 다양한 클래딩 층들의 표면들 중 일부 또는 모두와 접촉하도록 제어될 수 있다.
- [0018] 개시된 불연속 금속층들은 일반적으로, 클래딩 층과의 개선된 화학적 결합을 제공하거나; 어떠한 인터페이스 반응들도 갖지 않거나 제한된 인터페이스 반응들을 갖거나; 수용 가능한 레벨들의 NFT 커플링 효율 손실을 갖거나; 이들의 일부 조합을 가질 수 있는 재료들로부터 형성될 수 있다.
- [0019] 클래딩 층과의 개선된 화학적 결합을 제공할 수 있는 재료들은 또한 적어도 부분적으로 충만된 전도대(filled conduction band), 또는 일부 실시예들에서, 공핍 전도대(empty conduction band)를 갖는 재료들로서 기재될 수 있다. 공핍 전도대는 재료가 부가적인 전자들을 수용하고 (클래딩 층으로부터의) 산소와의 화학적 결합들을 형성하는 것을 용이하게 한다. 상기 재료들은, 페르미 준위(Fermi level)에서 비충만된 상태들의 큰 개체군들(populations)을 갖는 초기에 3d 전이 금속들(transition metals)이고 도너-액셉터 형태의 결합에 참여할 수 있는 것들로서 또한 기재될 수 있다(클래딩 재료(예를 들면, 옥사이드 음이온(산소) 원자들)로부터의 전자들이 불연속 금속층의 비충만된 3d 상태들로 전환할 수 있음). 클래딩 층과 개선된 화학적 결합을 제공할 수 있는 재료들은 또한 그들의 산화물의 형성의 더 큰 네가티브 열을 갖는 재료들로서 기재될 수 있다. 그러한 재료들은, 그러한 결합이 열역학적으로 선호되기 때문에 산화물 기관들과 잘 결합하기 위한 더 양호한 기회를 가질 것이다. 그러한 재료들은, 예를 들면, 지르코늄(Zr), 티타늄(Ti), 이트륨(Y), 스칸듐(Sc), 알루미늄(Al), 루테튬(Ru), 바나듐(V), 실리콘(Si), 게르마늄(Ge), 탄탈륨(Ta), 및 주석(Sn)을 포함할 수 있다.
- [0020] 어떠한 인터페이스 반응들도 갖지 않거나 제한된 인터페이스 반응들을 갖는 재료들은, 일반적으로 NFT 및/또는 클래딩 재료들로의 최소의 확산을 갖거나 확산을 갖지 않는 재료들을 포함한다. 그러한 재료들은 또한 일반적으로 금속간 형성(intermetallic formation)을 갖지 않는다. 재료는 바람직하게도 약 400 °C의 온도들까지 그러한 속성들을 유지할 것이다. 이것은 NFT 재료의 광학 속성들의 최소 저하 및 양호한 열 안정성을 허용(또는 보장)할 수 있다.
- [0021] 수용 가능한 레벨들의 NFT 결합 효율 손실을 제공하는 재료들이 또한 요구된다. 불연속 금속층의 불연속 성질은 또한 수용 가능한 레벨의 결합 효율 손실에 기여한다. 그러한 재료들은 일반적으로 비교적 높은 굴절률들을 가질 수 있다. NFT 재료 및 클래딩 재료 층의 인터페이스에서 비-플라즈몬 금속층, 예를 들면, 불연속 금속층의 존재는 표면 플라즈몬들(plasmons)을 지원하기 위한 그 인터페이스의 능력을 "약화시키는 것"으로 생각되고, 이것은 NFT로부터의 더 약한 전기장 방출을 발생시킬 수 있다. 일반적으로, 공진-기반 NFT들에 대해, 효율

에 대한 FOM(figure of merit)은 복소 광학 유전율의 실수 대 허수 부분의 비율인 것으로 고려될 수 있다. 작은 네가티브 또는 포지티브 실수부 및/또는 더 큰 포지티브 허수부 중 어느 하나를 갖는 비-플라즈모닉 금속의 도입은 순(net) FOM이 저하하게 할 수 있다. FOM의 저하는 층의 두께를 감소시킴으로써 최소화될 수 있다.

[0022] 일부 실시예들에서, 개시된 불연속 금속층들은 지르코늄(Zr), 티타늄(Ti), 이트륨(Y), 스칸듐(Sc), 알루미늄(Al), 루테튬(Ru), 바나듐(V), 실리콘(Si), 또는 게르마늄(Ge), 탄탈륨(Ta), 및 주석(Sn)으로부터 형성될 수 있다. 일부 실시예들에서, 개시된 불연속 금속층은 Zr로 구성될 수 있다.

[0023] 개시된 불연속 금속층들은 금속 재료의 다수의 "섬들(islands)"로 구성되는 것으로 기재될 수 있다. 섬들은 이질적인 크기들 및 형상들을 가질 수 있지만, 그럴 필요는 없다. 섬들은 사실상 완전히 불규칙적일 수 있지만, 그럴 필요는 없다. 개시된 불연속 금속층들은 단층 두께 미만으로서, 또는 단층 두께 미만인 평균 두께를 갖는 것으로 기재될 수 있다. 개시된 불연속 금속층들은 평균 두께로 기재될 수 있다. 개시된 불연속 금속층들의 재료가 통상적으로 전체 층에 걸쳐 존재하지 않을 것이라는 것이 이해되어야 한다. 실시예들에서, 개시된 불연속 금속층은 2.5 Å 내지 50 Å; 5 Å 내지 30 Å; 또는 5 Å 내지 20 Å의 평균 두께를 가질 수 있다.

[0024] 불연속 금속 층의 평균 두께는, 예를 들면, TEM(transmission electron microscopy) 또는 XPS(x-ray photoelectron spectroscopy)에 의해 측정될 수 있다. 두께는 알려진 두께들을 갖는 표준 샘플들로부터의 조정을 사용하여 결정될 수 있다.

[0025] 개시된 불연속 금속층을 형성하는 예시적인 방법은 극히 느린 증착 레이트를 사용하는 마그네트론 스퍼터링을 포함할 수 있다. 일반적으로, 프로세스는 금속 단층의 것보다 작은 두께를 타겟팅하도록 설정되고, 불연속층이 형성된다. 개시된 불연속 금속층들을 형성하는 하나의 예시적인 방법은 인-시츄(in-situ) 증착이고, 여기서 불연속 금속층 및 NFT 층은 파괴 진공(breaking vacuum) 없이 증착된다. 그러한 방법은, 불연속 금속층의 접착 속성들을 위태롭게 할 수 있는 불연속 금속층의 산화를 막을 수 있다. 개시된 불연속 금속층들을 형성하는 또 다른 예시적인 방법은 CVD(chemical vapor deposition) 또는 ALD(atomic layer deposition)와 같은 저에너지 프로세스들을 포함할 수 있다. 그러한 기술들을 사용할 때, 흡착 원자 이동성(adatom mobility)의 부재 및 클래딩 층의 재료에 비해 높은 금속 표면 자유 에너지는 성장될 작은 지름 섬들의 약간 (또는 일부 실시예에서 매우) 규칙적인 분포를 발생시킨다. 이것은 NFT/클래딩 층 인터페이스에서 지형상의 인터로킹(topographical interlocking)을 촉진한다. 섬형 막 구조는 또한 재료의 "활성화된 디웨팅(dewetting)"을 사용하여 형성될 수 있고, 여기서 섬들로의 막의 분리(segregation)를 촉진하기 위해 주위 금속 증착 다음에 고속 열 어닐링이 뒤따른다.

[0026] 불연속 금속층들은, NFT 및 적어도 하나의 클래딩 층 사이의 접착력을 개선하기 위해 개선된 화학적 결합, 나노 스케일 지형도, 제한된 인터페이스 반응들(확산, 금속간 형성), 또는 이들의 몇몇의 조합을 제공하는 것으로 생각된다. 불연속 금속층의 불연속 속성으로 인해, 불연속 금속층의 재료는 NFT의 활성 플라즈모닉 인터페이스의 작은 부분만을 차지한다. 이것은 NFT의 광학 속성들에 불리하게 영향을 주지 않고 접착력이 개선되도록 허용한다.

[0027] 불연속 금속층을 형성하기 위한 프로세스들은 자기 디바이스의 전체 제조 프로세스에 용이하게 통합될 수 있다. 대체로, 개시된 불연속 금속층들의 사용은 NFT의 박리(delamination)로 인한 수율 손실을 감소시키거나 제거하고, 자기 디바이스에 대한 현재 형성 프로세스들에 대한 매우 적은 효과로 자기 디바이스의 동작 동안에 증가된 NFT 수명에 기여할 것이다.

[0028] 개시된 불연속 금속층들의 사용이 NFT 재료의 결정 구조를 수정함으로써 NFT 재료의 기계적 세기를 증가시킨다는 것이 또한 밝혀졌다. 예를 들면, NFT가 금으로 구성된 실시예에서, 개시된 불연속 금속층들의 사용은 Au(111) 개체군을 증가시키고 이것은 약 300 °C까지 응력 완화 저항 및 Au 입자 안정도를 개선한다. 이것은 NFT 및 따라서 전체 자기 디바이스의 장기간 신뢰성에 기여할 수 있다. 실시예들에서, 불연속 금속층의 포함은, 개시된 불연속 금속층을 포함하는 HAMR(heat assisted magnetic recording) 헤드들과 같은 기계적 디바이스들에서 궁극적으로 개선된 성능, 안정도 및 장기간 신뢰성을 유도할 수 있는 인접한 층(가령, 금 NFT 층)의 기계적인 강도를 증가시킬 수 있다.

[0029] 예들

[0030] 본 발명이 그렇게 제한되지 않지만, 아래에 제공된 예들의 논의를 통해 본 발명의 다양한 양상들의 이해가 획득될 것이다.

- [0031] 불연속 금속층과의 접촉
- [0032] $\text{SiO}_2/x \text{ \AA}$ Zr/2500 \AA Au의 3 층 구조가 제조되었다. 기판은 기판의 표면을 세정하기 위해 아르곤(Ar) 이온 에칭을 사용하여 진공 챔버에서 먼저 사전-에칭되었다. 이어서, Zr 막이 지르코늄(Zr) 타겟으로부터 직류 전류(DC) 마그네트론 스퍼터링에 의해 형성되었다. 남아있는 막들의 퍼센티지를 결정하기 위해 상기 구조들에 대해 시트 막 테이프 테스트가 수행되었다. 웨이퍼 상에 막을 증착하고, 이어서 테이프(끈적거리는 아래의 측면)를 막 상에 도포하고, 이를 벗김으로써 시트 막 테스트가 이루어진다. 강하게 접촉된 막들은 기판에 여전히 결합될 것이고, 테이프는 어떠한 막 파편들도 없이 벗겨질 것이다. 열악하게 접촉된 막들은 테이프와 함께 막을 벗길 것이다. 도 4는 200 W 및 500 W에서 지르코늄(Zr) 두께의 함수로서 남아있는 퍼센티지를 도시한다. 도 4에서 보여지는 바와 같이, 불연속 Zr 층이 없다면, 금은 잘 접촉하지 않고, 금 막의 100 %가 벗겨진다. 심지어 1.25 \AA 불연속 Zr 층의 부가를 통해, 테이프 테스트를 견뎌낸 구조물에 의해 증명된 바와 같이 SiO_2 에 대한 금의 접착력이 개선된다.
- [0033] NFT 구조를 갖는 불연속 금속층
- [0034] 도 5a 및 도 5b는 불연속 금속층이 없는(도 5a) 및 불연속 2.5 \AA Zr 층을 갖는(도 5b) 금 NFT의 다운스트림 화학 기계적 폴리싱(CMP) 프로세싱 후의 단면 스캐닝 전자 마이크로스코프(SEM) 이미지들을 도시한다. 도 5a에서 보여지는 바와 같이, 개시된 불연속 금속층이 없는 경우에, 금 NFT는 클래딩 층 내의 트렌치로부터 벗겨진다. 2.5 \AA Zr 층을 갖는 경우에, 도 5b에서 보여지는 바와 같이, 금 NFT는 심지어 CMP 후에도 클래딩 층 내의 트렌치에 단단히 접촉된 상태에 있다.
- [0035] 광학 속성들
- [0036] 개시된 불연속 금속층을 포함하는 구조의 광학 속성들은, 증착 직후 및 400 nm 내지 1000 nm의 파장들에 걸쳐 다양한 조건들에서의 어닐링 후에 굴절률(n) 및 흡광 계수(k)를 측정함으로써 평가되었다. 도 6a는 굴절률(n)을 도시하고, 도 6b는 성장 직후, 2 분 동안 200 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 어닐링 후에, 2 분 동안 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 어닐링 후에, 및 2 분 동안 400 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 어닐링 후에 2.5 \AA Zr의 상부 상의 100 nm의 Au 층을 포함하는 구조의 400 nm 내지 1000 nm의 흡열 계수(k)를 도시한다. 도 6a에서 보여지는 바와 같이, 어떠한 광학적 저하도 존재하지 않고, 이는 Zr/Au 인터페이스가 400 $^{\circ}\text{C}$ 까지 화학적으로 안정적이라는 것을 나타낸다.
- [0037] 화학적 안정도
- [0038] 인터페이스의 화학적 안정도는 또한 x-레이 회절을 사용하여 조사되었다. 성장된 직후(도 7a) 및 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 어닐링 후(도 7b)의 다양한 Zr 두께들을 갖는 Zr/Au 막 스택들의 $\theta \sim 2\theta$ 스캔들이 도 7a 및 도 7b에서 볼 수 있다. 양자의 도면들에서 보여지는 바와 같이, Au는 (111) 방향에서 대부분 존재하지만, 불연속 Zr 층이 없는 경우에, (200) 및 (311) 방향들이 또한 존재한다. 불연속 Zr 층을 갖는 경우에, 비(111) 방향들이 대부분 제거되었다. fcc(face-centered cubic) 금속들에 대해, (111)이 막/주위 인터페이스에서 제공하기 위한 최저 에너지 페이스이기 때문에, (111)이 일반적으로 가장 에너지적으로 안정된 방향이라는 것이 유의되어야 한다. 도 7a 및 도 7b를 비교함으로써, 막 스택들에서 어떠한 부가적인 위상 형성이 존재하지 않고, 이는 2 개의 재료들 사이에서 최소의 화학적 반응을 나타내는 것이 보여질 수 있다.
- [0039] Au 층의 기계적 강도
- [0040] 도 8의 A 내지 도 8의 D는 어닐링 전 및 후에 5 \AA 불연속 Zr 층들을 갖거나 없는 150 nm Au 막들의 AFM(atomic force microscopy) 이미지들을 도시한다. 도 8의 A 및 도 8의 B를 비교함으로써, 인접한 불연속 Zr 층이 없는 금 층이 200 $^{\circ}\text{C}$ 에서의 어닐링 후에 상당한 입자 성장을 겪는다는 것이 보여질 수 있다. 도 8의 C 및 도 8의 D를 비교함으로써 보여지는 바와 같이, 5 \AA Zr 층을 갖는 경우에, 입자 성장은 심지어 400 $^{\circ}\text{C}$ 어닐링 후에도 극적으로 느려진다. 또한, Au (111) 개체군(도 9a) 및 Au 입자 크기(도 9b)에 대한 Zr 두께 효과 및 안정도가 존재하는 것처럼 보인다. 이전의 도 7a에서 보여지는 바와 같이, Au (111) 방향 개체군은 Zr 두께에 따라 증가하고, Zr의 5 \AA 에서 피크이다. 일반적으로, 더 강한 기계적 강도 및 Au (111) 방향 사이에 상관 관계가 존재한다. 이것은 더 적은 입자 성장/재배향 관련 기계적 연화 메커니즘들로 인한 것일 가능성이 크다. 도 7b는 상이한 어닐링 온도들에서 Zr 두께의 함수로서 Au 입자 크기를 도시한다. 입자 성장은 기계적 연화 메커니즘들 중 하나이고, 상승된 온도에서 입자 성장을 늦추는 것은 기계적인 강도를 개선할 것이다. Zr의 5 \AA 은 400 $^{\circ}\text{C}$ 까지에서 가장 작은 Au 입자 크기 및 가장 적은 입자 성장을 촉진하는 것으로 보인다.
- [0041] 기계적 안정도

[0042]

위에서 관찰된 Au (111) 방향 및 Au 입자 안정도에서의 개선은 개선된 응력 완화 온도로 변환되는 것으로 도시되었고, 이것은 기계적 안정도, 즉, 소성 변형(plastic deformation) 또는 크리프(creep)의 척도이다. 이러한 현상은 막을 가열하고 생성된 응력을 모니터링함으로써 측정된다. 가열 시에, Au 막 및 Si 기판 사이의 열 팽창 계수에서의 부정합으로 인해 Au 막들에서 압축 응력이 생성될 것이다. Au 막에서의 응력의 진전을 측정하기 위해 각각의 온도(도면들에서 계단 단계 라인)에서 온도가 일정하게 유지된다. 도 10a는, Au가 불연속 Zr 층 없이 100 °C와 같은 낮은 온도로부터 완화하기 시작함에 따라 생성되는 열 응력을 도시하며, 이는 소성 변형이 이러한 온도로부터 시작되는 것을 나타낸다. 도 10b는, 5 Å Zr 불연속층을 갖는 경우에, 그러한 완화가 250 - 300 °C까지 발생하지 않는 것을 도시하고, 이는 소성 변형에 대한 개선된 저항력 및 기계적 안정도를 나타내고, 이것은 불연속층을 갖는 NFT를 포함하는 디바이스의 신뢰도를 궁극적으로 개선할 것이다.

[0043]

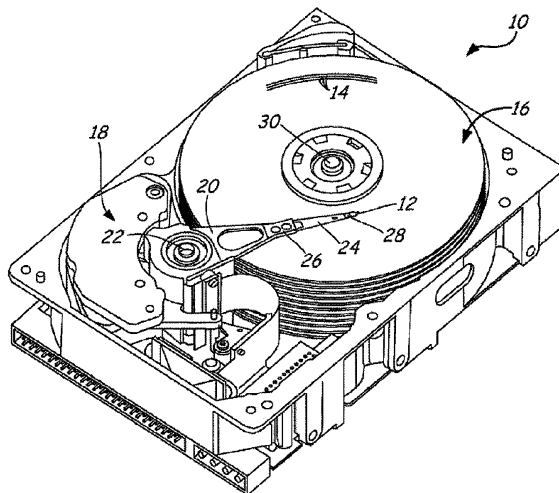
불연속층에 의한 Au 막의 기계적 강도의 개선은 또한 나노압입 정도 측정들에 의해 확인되었다. 도 11에 도시된 바와 같이, 금의 경도는 2.5 Å만큼 얇은 두께의 불연속 Zr 층을 통해 약 70 %만큼 개선된다.

[0044]

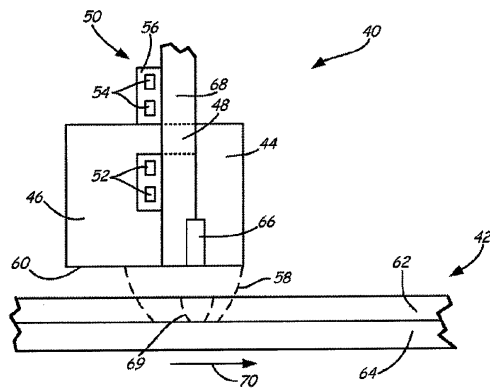
따라서, NFT 및 클래딩 층들을 포함하는 디바이스를 위한 중간층의 실시예들이 개시된다. 위에 설명된 구현들 및 다른 구현들이 다음의 청구항들의 범위 내에 있다. 본 발명이 개시된 것들 이외의 실시예들로 실시될 수 있다는 것을 당업자는 인지할 것이다. 개시된 실시예들은 비제한적인 예시의 목적들로 제시된다.

도면

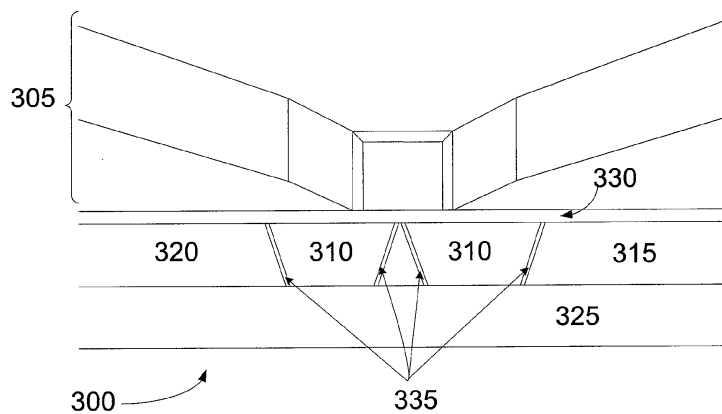
도면1



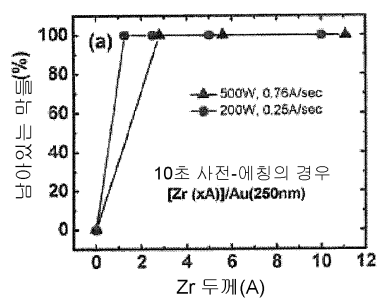
도면2



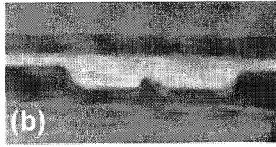
도면3



도면4



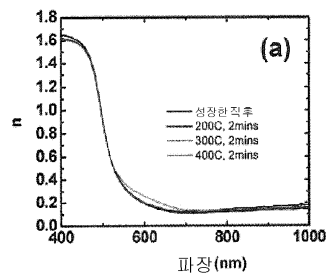
도면5a



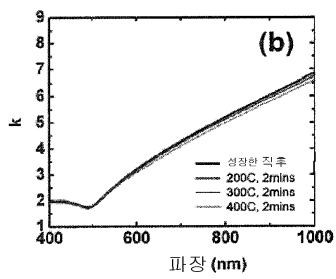
도면5b



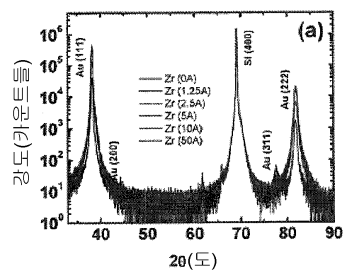
도면6a



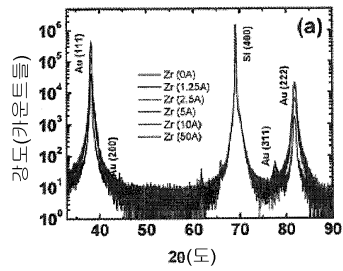
도면6b



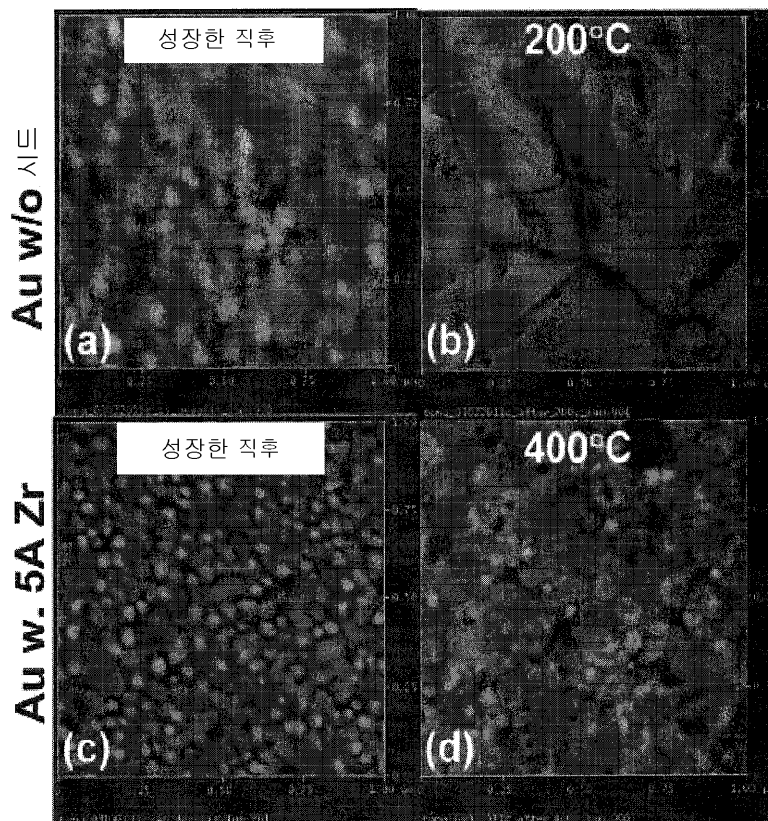
도면7a



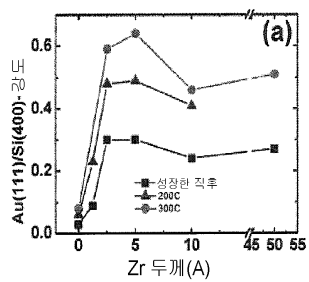
도면7b



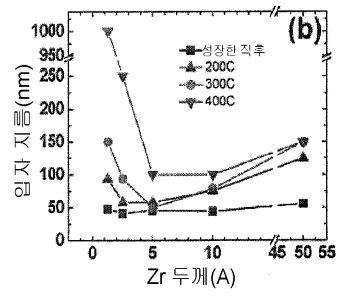
도면8



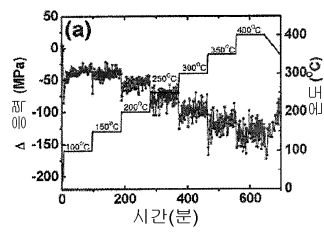
도면9a



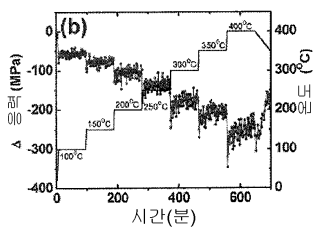
도면9b



도면10a



도면10b



도면11

