



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년11월15일

(11) 등록번호 10-1797605

(24) 등록일자 2017년11월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G11B 5/667 (2006.01) *G11B 5/82* (2017.01)

(21) 출원번호 10-2012-7007094

(22) 출원일자(국제) 2010년08월19일

심사청구일자 2015년08월05일

(85) 번역문제출일자 2012년03월19일

(65) 공개번호 10-2012-0062801

(43) 공개일자 2012년06월14일

(86) 국제출원번호 PCT/US2010/046010

(87) 국제공개번호 WO 2011/066007

국제공개일자 2011년06월03일

(30) 우선권주장

12/544,091 2009년08월19일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

US20020127433 A1

(73) 특허권자

시게이트 테크놀로지 엘엘씨

미국 캘리포니아 95014 쿠퍼티노 사우쓰 디 엔자
블러바드 10200

(72) 발명자

놀란, 토마스 피.

미국 94539 캘리포니아 프레몬트 이. 워런 애브뉴
279

발쿠, 보그단 에프.

미국 94538 캘리포니아 프레몬트 스티븐슨 블러바
드 3400

탕, 리

미국 94539 캘리포니아 프레몬트 리버모어 커먼
43329

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 29 항

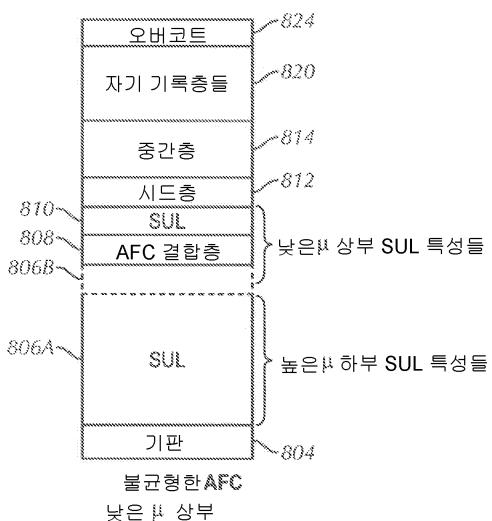
심사관 : 윤석채

(54) 발명의 명칭 신뢰성 있는 기입성 및 삭제성을 가진 자기 기록 매체

(57) 요약

수직 자기 기록 매체의 기입성을 증가시키고 의도하지 않은 삭제성을 감소시키기 위한 방법들 및 매체 구조들이 제공된다. 자기 모멘트(B_s) 및 자기 이방성(H_k)과 같은 벌크 SUL 재료 특성들과 관계없이, 얇은 연성의 하부층(SUL) 구조 내에서 다양한 투자율이 제어된다. 기록된 트랙에 대한 보다 용이한 기입성 및 오프-트랙에 대한(트랙들 사이 및 이웃하는 트랙들에 대한) 삭제의 곤란성의 개선된 조합을 구비한 매체가 불균형하게 반강자성적으로 결합된(AFC) SUL 구조에 의해 부분적으로 달성된다. 투자율 변화도는 상이한 투자율값과 자기 두께(B_s*t)를 갖는 층들을 구비한 연성 하부층 내에서 성립된다. 일 양태에 있어서, 제 1 SUL층은 고투자율 영역 및 그 위에 놓인 저투자율 영역을 포함한다. 제 2 층은 상기 제 1 층과 저투자율인 제 3 SUL층을 반강자성적으로 결합한다. 본 발명은 고도의 균형 있는 자기 특성들이 요구되는 고밀도의 수직 자기 기록 매체에 이용될 수도 있다.

대 표 도 - 도11



명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

제 1 자기 두께(Bst)를 갖는 제 1 연자성층 – 상기 제 1 연자성층은 저투자율 영역 및 고투자율 영역을 가짐

— ;

제 2 자기 두께를 갖는 제 2 연자성층 — 상기 제 2 자기 두께는 상기 제 1 자기 두께와 상이하며, 상기 저투자율 영역의 자기 두께와 동일함 — ; 및

상기 제 1 연자성층 및 상기 제 2 연자성층 사이에 배향되는 제 1 결합층 — 상기 제 1 결합층은 상기 제 1 연자성층 및 상기 제 2 연자성층에 반강자성적 결합하도록 구성됨 — 을 포함하는, 시스템.

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

제 31 항에 있어서,

상기 저투자율 영역은 상기 고투자율 영역 위에 놓인, 시스템.

청구항 35

제 31 항에 있어서,

상기 고투자율 영역은 상기 저투자율 영역 위에 놓인, 시스템.

청구항 36

제 31 항에 있어서,

상기 저투자율 영역 및 상기 제 2 연자성층은 각각 상기 제 1 결합층에 인접하게 배향되어 있는, 시스템.

청구항 37

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층 및 상기 제 2 연자성층은 상이한 두께들을 갖는, 시스템.

청구항 38

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층 및 상기 제 2 연자성층은 동일한 자기 모멘트들을 갖는, 시스템.

청구항 39

제 31 항에 있어서,

제 3 자기 두께를 갖는 제 3 연자성층 — 상기 제 3 자기 두께는 상기 제 1 자기 두께 및 상기 제 2 자기 두께 중 하나 또는 모두와 상이한 크기를 가짐 — ; 및

상기 제 3 연자성층 및 상기 제 1 연자성층 사이에 배향된 비자성 스페이서층을 더 포함하는, 시스템.

청구항 40

제 39 항에 있어서,

상기 제 3 연자성층은 제 1 연자성층 및 제 2 연자성층 각각 보다 더 높은 투자율을 갖는, 시스템.

청구항 41

제 39 항에 있어서,

제 4 자기 두께를 갖는 제 4 연자성층 — 상기 제 4 자기 두께는 제 3 자기 두께와 상이한 크기를 가짐 — ; 및

상기 제 3 연자성층 및 상기 제 4 연자성층 사이에 배향되고 상기 제 3 연자성층 및 상기 제 4 연자성층 사이에 반강자성적 결합을 제공하는 제 2 결합층을 더 포함하는, 시스템.

청구항 42

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층의 상기 저투자율 영역 및 상기 제 2 연자성층은 모두 $2\text{mmu}/\text{cm}^2$ 미만의 자기 두께를 갖는, 시스템.

청구항 43

제 31 항에 있어서,

결합된 상기 제 1 연자성층, 상기 제 2 연자성층, 및 상기 제 1 결합층의 총 두께는 200옹스트롬 내지 400옹스트롬 사이인, 시스템.

청구항 44

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층, 상기 제 2 연자성층, 및 상기 제 1 결합층 위에 놓인 비자성 시드층;

상기 시드층 위에 놓인 중간층; 및

상기 중간층 위에 놓인 자기 기록층을 더 포함하는, 시스템.

청구항 45

제 44 항에 있어서,

상기 자기 기록층은 경자성 수직 기록층인, 시스템.

청구항 46

기판 위에 제 1 자기 두께(B_{st})를 갖는 제 1 연자성층을 적층하는 단계;

상기 제 1 연자성층 위에 제 1 결합층을 적층하는 단계; 및

상기 결합층 위에, 제 2 자기 두께를 갖는 제 2 연자성층을 적층하는 단계 – 상기 제 2 연자성층은 저투자율 영역 및 고투자율 영역을 가짐 – 를 포함하고,

상기 제 2 자기 두께는 상기 제 1 자기 두께와 상이한 크기를 가지고, 상기 제 1 자기 두께는 상기 저투자율 영역의 자기 두께와 동일하고, 상기 제 1 결합층은 상기 제 1 연자성층과 상기 제 2 연자성층 사이에 반강자성적 결합을 제공하는, 방법.

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

제 46 항에 있어서,

상기 저투자율 영역 및 상기 제 1 연자성층은 동일한 두께를 가지는, 방법.

청구항 50

제 46 항에 있어서,

상기 고투자율 영역은 상기 저투자율 영역 위에 놓인, 방법.

청구항 51

제 46 항에 있어서,

상기 저투자율 영역 및 상기 제 1 연자성층은 각각 상기 결합층에 인접하게 배향되어 있는, 방법.

청구항 52

제 46 항에 있어서,

상기 제 2 연자성층의 저투자율 영역 및 상기 제 1 연자성층 모두 상기 제 2 연자성층의 고투자율 영역의 자기 두께보다 얇은 자기 두께를 갖는, 방법.

청구항 53

제 46 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층 및 상기 제 2 연자성층은 동일한 자기 모멘트들을 갖는, 방법.

청구항 54

제 46 항에 있어서,

상기 제 2 연자성층 위에 비자성 스페이서층을 적층하는 단계; 및

상기 비자성 스페이서층 위에, 상기 제 2 연자성층의 고투자율 영역의 투자율보다 더 큰 크기의 투자율을 가지는 제 3 연자성층을 적층하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 55

삭제

청구항 56

제 54 항에 있어서,

상기 제 3 연자성층 위에 제 2 결합층을 적층하는 단계; 및

상기 제 2 결합층 위에, 상기 제 3 연자성층의 투자율보다 더 큰 크기의 투자율을 가지는 제 4 연자성층을 적층하는 단계를 더 포함하고,

상기 제 4 연자성층은 저투자율 영역 및 고투자율 영역을 가지며, 상기 제 2 결합층은 상기 제 3 연자성층 및 상기 제 4 연자성층 사이에 반강자성적 결합을 제공하는, 방법.

청구항 57

제 46 항에 있어서,

상기 제 2 연자성층 위에 비자성 시드층을 적층하는 단계;

상기 시드층 위에 중간층을 적층하는 단계; 및

상기 중간층 위에 자기 기록층을 적층하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 58

제 57 항에 있어서,

상기 자기 기록층은 경자성 수직 기록층인, 방법.

청구항 59

자기 기록 매체로서,

기판;

2개 또는 그 초과의 반강자성적으로 결합된 연자성층들을 갖는 연자성 하부층 – 상기 2개 또는 그 초과의 반강자성적으로 결합된 연자성층들 중 적어도 2개는 동일하지 않은 자기 모멘트들과 상이한 자기 두께(Bst)를 가지고, 상기 적어도 2개의 반강자성적으로 결합된 연자성층들 중 하나는 저투자율 영역과 고투자율 영역을 가지며, 상기 저투자율 영역의 자기 두께는 상기 적어도 2개의 반강자성적으로 연결된 연자성층들의 나머지의 자기 두께와 동일함 – ; 및

경자성 기록층을 포함하는, 자기 기록 매체.

청구항 60

삭제

청구항 61

제 41 항에 있어서,

상기 제 3 및 제 4 연자성층들은 상기 제 1 연자성층 및 상기 제 2 연자성층의 각각보다 더 낮은 투자율을 갖는, 시스템.

청구항 62

제 31 항에 있어서,

상기 제 2 연자성층은 상기 저투자율 영역과 동일한 두께를 갖는, 시스템.

청구항 63

제 31 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층은 상기 제 2 연자성층보다 더 높은 투자율을 갖는, 시스템.

청구항 64

제 34 항에 있어서,

상기 제 2 연자성층은 상기 제 1 및 제 2 연자성층들의 전체 두께의 43.75% 또는 그 미만의 두께를 갖는, 시스템.

청구항 65

제 35 항에 있어서,

상기 제 1 연자성층은 상기 제 1 및 제 2 연자성층의 전체 두께의 56.25% 이상이고, 93.75% 또는 그 미만의 두께를 갖는, 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 자기 기록 매체에 관한 것이며, 특히 기록 매체의 기입성을 증가시키고 의도하지 않은 삭제성을 감소시키는 방법들 및 매체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자기 저장 매체는 다양한 어플리케이션들에, 특히 오디오 및 비디오 신호들의 저장은 물론, 데이터/정보 저장 및 리트리브(retrieval) 어플리케이션들을 위한 컴퓨터 산업에 널리 이용되고 있다. 디스크 구동 메모리 시스템들은 자기 디스크 매체 상의 원심 트랙들에 기록되어 있는 디지털 정보를 저장한다. 적어도 하나의 디스크가 스팬들(spindle) 상에 회전 가능하게 장착되며, 디스크들 내에 자기 전이 형태로 저장될 수 있는 정보는 판독/기입 헤드들 또는 변환기들(transducers)을 이용하여 액세스된다. 구동 제어기는 전형적으로 호스트 시스템으로부터 수신된 명령들에 기초하여 디스크 드라이브 시스템을 제어하는데 이용된다. 구동 제어기는 디스크 드라

이브를 제어하여, 자기 디스크들로부터 정보를 저장 및 리트리브(retrieve)한다. 기록 면밀도(areal recording density), 즉 자기 매체의 비트 밀도를 증가시키고자 하는 노력이 계속적으로 이루어지고 있다.

[0003] 다양한 관점들에 걸쳐 동일한 참조 번호들은 동일한 구성 요소들을 나타내는 도면들을 참조하면, 도 1은, 본 발명이 유용한 전형적인 디스크 구동 데이터 저장 시스템, 또한 디스크 기록 매체의 사시도, 및 수평(longitudinal) 및 수직(perpendicular) 자기 기록 사이의 차이점을 나타내는 디스크의 단면도를 도시한다. 도 1은 디스크의 일축을 도시하지만, 자기 기록층들은 일반적으로 도 1의 비자성 알루미늄 기판의 양측에 스퍼터링 증착된다. 또한, 도 1은 알루미늄 기판을 도시하지만, 대안적인 실시형태들은 유리, 유리-세라믹, 알루미늄/NiP, 금속 합금들, 플라스틱/폴리머 재료, 세라믹, 유리-폴리머, 복합 재료들 또는 그 밖의 비자성 재료들로 이루어진 기판을 포함한다.

[0004] 미립 다결정 자기 합금층이 활성 기록 매체층으로서 기능하는 자기 박막 매체는 자성 재료 입자들의 자기 구역들(magnetic domains)의 자화의 배향에 따라 일반적으로 "수평" 또는 "수직"으로 분류된다. 수평 매체에 있어서(흔히 "종래" 매체라고 하기도 함), 비트들 내 자화는 헤드가 디스크에 대해 이동하는 방향에 평행 및 반평행(anti-parallel)으로 놓인 사이에서 플리핑(flipping)된다. 수직 자기 기록 매체는 수평 매체와 비교하여 기록 밀도를 높이도록(열 안정성 한계를 경험하지 않고) 개발되고 있다. 박막 수직 자기 기록 매체는 기판 및 수직 자기 이방성(HK)을 갖는 자성층을 포함한다. 수직 매체에 있어서, 디스크의 자화는, 수평 기록에서와 같이 디스크의 평면에 놓이는 대신에, 디스크의 평면에 수직으로 직립한다. 그런 다음, 비트들은 (디지털 데이터의 1 및 0에 대응하여) 상방 또는 하방을 향한 자화의 영역들로 나타난다.

[0005] 수직 매체 기술은 수평 매체에 비해 높은 면밀도 성능을 제공하는 한편, 입자 수직 자기 기록 매체는 종래의 수직 자기 기록 매체에 비해 면밀도를 더욱 높이기 위해 개발되었으며, 면밀도는 자기 입자들 사이의 강력한 측면 교환 결합(lateral exchange coupling)의 존재에 의해 제한된다. 입자 구조들은 입자 경계에 대한 산화 분류(oxide segregation)를 통해 더 양호한 입자 분리를 제공하며, 따라서 입자 대 입자의 자기 결합해제(decoupling)가 향상되고 매체의 신호대 잡음비(SNR)가 증가한다. 입자 수직 자성층은, 자기 입자들을 결합해제하도록 산화물들, 질화물들 또는 탄화물들과 같은 유전체 재료를 포함하는 입자 경계들에 의해 분리된 자기 주형 입자들(columnar grains)을 포함한다. 대략 2옹스트롬 내지 대략 30옹스트롬의 두께를 갖는 입자 경계들은, 자기 입자들 간 자기 상호 작용을 실질적으로 감소시킨다.

[0006] 수직 매체는 대부분의 컴퓨터 관련 기록 어플리케이션들에 있어서 수평 매체를 대체하였으며, 수평 매체의 성능을 뛰어 넘어 기록 면밀도들을 계속해서 증가시키고자 하고 있다. 그러나, 수직 매체 및 기록 기술은 수평 매체 및 기록 기술의 측면에 비해 개발이 덜 이루어졌다.

[0007] 기록 밀도를 계속해서 증가시키려면, 입자 구조들을 보다 작게 하여 비트 내 자기 입자들의 수를 유사한 값으로 유지시킬 필요가 있다. 그러나, 입자 구조들이 작을수록 삭제가 용이해지며, 열 안정성을 유지하는데 보다 높은 이방성을 필요로 하여, 기입성이 악화된다. 수직 기록이 당면한 지배적인 문제점 중 하나는 의도하지 않은 삭제, 특히 사이드트랙 삭제(STE)이다. 따라서, 포유 전자계(stray field)에 의해 이웃하는 트랙들에 대한 삭제 또는 제한된 열 안정성을 회피하면서, 기록 헤드에 의해 기록 트랙에 효과적으로 기입할 수 있는 기록 매체를 제조하는데는 상당한 어려움이 있다.

발명의 내용

[0008] 수직 자기 기록 매체의 기입성을 증가시키고 의도하지 않은 삭제성을 감소시키기 위한 방법들 및 매체 구조들이 본 명세서에 설명된다. 일 실시형태에 있어서, 수직 자기 기록 매체는 기판 및 기판 위에 위치된 상부 레이어 스택(overlying layer stack)을 포함한다. 레이어 스택은 연자성 하부층을 포함한다. 하부층은, 놓인 순서대로, 제 1 층, 반강자성 결합층인 제 2 층, 및 제 3 층을 포함하는 적층 구조이다. 제 1 층은 고투자율 영역 및 그 위에 놓인 저투자율 영역을 갖는다. 제 3 층은 저투자율을 갖는다. 제 1 층 및 제 3 층은 상이한 자기 모멘트를 갖는 불균형이며, 반강자성적으로 결합되어 있다. 고투자율 영역은 저투자율 영역보다 높은 투자율을 갖는다. 이들 및 다른 특징들 및 이점들은 하기 상세한 설명으로부터 명확해질 것이다.

[0009] 상술한 본 발명의 양태들 및 다양한 부수적 이점들은 첨부된 도면과 관련하여 설명될 때, 하기 상세한 설명에 의해 보다 쉽게 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명이 유용한 전형적인 디스크 구동 데이터 저장 시스템, 또한 디스크 기록 매체의 사시도, 및 수평

및 수직 자기 기록 사이의 차이점을 나타내는 디스크의 단면도이다.

도 2는 도 1에서와 같이 디스크 구동 데이터 저장 시스템에 사용될 수 있는, 종래 입자 수직 자기 기록 매체 및 단일극 변환기 헤드를 포함하는 리트리브 시스템의 간략화된 부분 단면도이다.

도 3은 현대적 설계에 따른 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합되며, 하부 영역에서 저투자율을 가지는 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합되며, 상부 영역에서 저투자율을 가지는 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다.

도 6은 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합된, 5개의 층의 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다.

도 7은 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합된, 7개의 층의 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다.

도 8은 20nm의 단일층의 연성 하부층의 히스테리시스 곡선의 그래프도이다.

도 9는 반강자성적으로 결합된 2개의 10nm의 층들의 히스테리시스 곡선의 그래프도이다.

도 10은 모두 동일한 자기 모멘트(B_s) 값을 가지며, 10nm의 연성 하부층에 반강자성적으로 결합된 30nm의 연성 하부층의 히스테리시스 곡선의 그래프도이다.

도 11은 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합되며, 상부 영역에서 저투자율을 가지는 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다.

도 12는 연성 하부층의 상부 영역 두께와 비교하여 기입 용이성을 나타내는, 기록 메트릭(recording metric), 역방향 겹쳐쓰기(ROW)의 그래프도이다.

도 13은 연성 하부층의 상부 영역 두께와 비교하여 인접하는 트랙의 삭제 용이성을 나타내는, 기록 메트릭, 인접 트랙 간섭(ATI)의 그래프도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 예시적인 실시형태들은 특정 구조들을 참조하여 설명된다. 당업자라면 첨부된 청구항들의 범위 내에서 다양한 변경들 및 변형들이 이루어질 수 있음을 이해할 것이다. 또한, 본 발명을 불명확하게 하는 것을 회피하기 위하여 주지의 요소들, 장치들, 구성 요소들, 방법들, 처리 단계들 등에 대해서는 상세하게 설명하지 않을 수도 있다.

[0012] 수직 기록 매체(자성층에 수직 이방성(HK)을 가지며, 자성층들의 표면에 대해 수직 방향으로 자화를 형성하는 기록 매체)는 수평 매체와 관련된 열 안정성 제한을 경험하지 않고 매우 높은 비트 밀도들을 달성하는데 있어서 수평 매체보다 우수한 것으로 밝혀졌다. 수직 자기 기록 매체에 있어서, 잔존하거나 남은 자화가, 전형적으로 적절한 기판 위의 자성 재료층인 자기 매체의 표면에 대해 수직 방향으로 형성된다. 매우 높은 초고 선형 기록 밀도들은 이러한 수직 자기 매체를 구비한 "단일극(single-pole)" 자기 변환기나 "헤드"를 이용함으로써 얻을 수 있다. 전형적으로, 수직 기록 매체는 다결정 CoCr 또는 CoPt-산화물 함유 막들로 제조된다. 다결정 막에 있어서, Co가 풍부한 영역들은 강자성이며, Cr 또는 산화물이 풍부한 영역들은 비자성이다. 인접한 강자성 결정 입자들의 구역들 간 자기 상호 작용은 그 사이의 비자성 영역들에 의해 약화된다.

[0013] 고밀도 수직 기록 매체는 고도의 균형 있는 자기 특성들을 필요로 하며, 그 특성들은: 열 안정성, 내삭제성 및 현대적인 헤드 설계들을 효과적으로 이용한 기능을 보증하기에 충분히 높은 이방성; 헤드에 의한 기입을 가능하게 하기에 충분히 낮은 스위칭 필드; 자기 입자들 또는 클러스터들(clusters) 사이의 작은 상관 길이를 유지하기에 충분히 낮은 측면 교환 결합; 좁은 스위칭 필드 분포(SFD)를 유지하기에 충분히 높은 측면 교환 결합; 및 열 안정성과 최소 SFD를 유지하기에 충분한 자기 특성들의 입자 대 입자 균일성을 포함한다.

[0014] 기록 밀도가 계속해서 증가함에 따라, 입자 구조들을 보다 작게 하여 비트 내 자기 입자들의 수를 유사한 값으로 유지할 필요가 있다. 입자 구조들이 작을수록 삭제가 용이해지며, 열 안정성을 유지하는데 보다 높은 이방성을 필요로 하여, 기입성이 악화된다. 따라서, 포유 전자계에 의해 이웃하는 트랙들에 대한 삭제 또는 제한된

열 안정성을 회피하면서, 기록 헤드에 의해 기록 트랙에 효과적으로 기입할 수 있는 기록 매체를 제조하는데는 상당한 어려움이 있다.

[0015] 수직 자기 기록 매체는, 이하에 보다 상세하게 설명된 바와 같이, 주로 경자성 기록층, 비자성 중간층, 및 연자성 하부층(SUL)을 포함한다. SUL은 일반적으로, 자기 풀렉스(magnetic flux)의 전도도를 증가시키는 높은 투자율(μ) 및 다양한 풀렉스를 도전가능하게 하는 높은 자기 모멘트(B_s)를 갖는다. 따라서, SUL은 매체 기록층을 통해 풀렉스를 헤드의 주극(main pole)으로부터 다시 헤드 리턴극(return pole)으로 향하게 하여, 매체 기입성을 증가시키도록 보조한다. 그러나, 문제점으로서, 기록된 트랙 및 삭제될 수 있는 인접하는 트랙들 모두에 대해 유사하게 기입성이 증가된다.

[0016] 수직 자기 기록 매체의 기입성을 증가시키고 의도하지 않은 삭제성을 감소시키기 위한 방법들 및 매체 구조들이 본 명세서에서 설명된다. 논의되고 청구된 바를 특징으로 하는 자기 기록 매체는 낮은 프로파일의 디스크 구동 메모리 시스템들을 포함하는 디스크 구동 메모리 시스템들에 이용될 수도 있음을 이해해야 한다. 본 발명은 자기 모멘트(B_s) 및 자기 이방성(Hk)과 같은 벌크 SUL 재료 특성들에 관계없이, 얇은 SUL 층 구조 내에서 다양한 투자율을 제어하기 위한 개선된 방법을 제공한다. 기록된 트랙에 대한 기입의 용이성 및 오프 트랙(off-track)에 대한(트랙들 사이 및 이웃하는 트랙들에 대한) 삭제의 곤란성의 개선된 조합을 구비한 매체가, 상이한 투자율 값들 및 자기 두께(B_s*t)를 갖는 층들을 포함하는 SUL 구조에 의해 부분적으로 달성된다.

[0017] 도 2를 참조하면, 도 1의 디스크 구동 데이터 저장 시스템에 사용될 수 있는, 종래 입자 수직 자기 기록 매체 및 단일극 변환기 헤드를 포함하는 리트리브 시스템의 간략화된 부분 단면도가 도시되어 있다. 종래의 수직 기록 시스템(200)은 수직 배향된 자기 매체(210)를 이용하여 도시되어 있다. 레이어 스택은 유리, 알루미늄(AI) 또는 AI-계 합금과 같은 비자성 기판(212) 및 선택 접착층(214)을 포함한다. 선택 접착층이 기판 표면 위에 존재하는 경우, 전형적으로 대략 200온스트롬 미만의, 금속 또는 Ti, Ti-계 합금, Ta, Ta-계 합금, Cr, 또는 Cr-계 합금과 같은 금속 합금 재료의 두꺼운 층을 포함한다. 선택 접착층(214) 위에는 상대적으로 두꺼운(자기 기록층(222)과 비교하여) "연성(soft)" 투자성 하부층(216), 즉 NiFe 합금(퍼멀로이(Permalloy)), 또는 용이하게 자화 및 소자되는(demagnetized) 재료와 같이 대략 1kOe 이하의 상대적으로 낮은 보자력을 갖는 자성층이 놓인다. 연자성 하부층(216, SUL)은 경자성 수직 기록층을 통해 헤드로부터 방출되는 자기 풀렉스를 안내하여 기입성을 향상시키도록 기능한다. 하부층(216) 위에는 선택 시드층(218) 및 적어도 하나의 비자성 중간층(220)이 놓인다. 이들이 존재하는 경우, 시드층(218)은 전형적으로 대략 100온스트롬 미만의, Cu, Ag, Pt, Ni 또는 Au의 합금과 같은 FCC 재료, 또는 Ta, TaW, CrTa, Ti, TiN, TiW, 또는 TiCr과 같은 비정질 또는 미립 재료의 두꺼운 층을 포함할 수도 있다.

[0018] 상대적으로 얇은 중계층(intermediate layer) 또는 중간층(220)은 전형적으로 대략 50 내지 대략 300온스트롬의 비자성 재료(들)의 두꺼운 층 또는 층들을 포함한다. 중간층 스택은 일반적으로 경자성 수직 기록층(222)에 인접하여, Ru, TiCr, RuCr/CoCrPt 등과 같은 hcp 재료의 적어도 하나의 중간층을 포함한다. 중간층(들)의 역할은 우수한 매체 성능을 얻기 위해 매우 중요하다. 상세하게는, 수직 자기 기록 매체에 있어서, 중간층(들)은 다음과 같은 기능을 제공한다:

[0019] 1. 주 기록층(들)의 결정학적 배향의 제어;

[0020] 2. 주 기록층(들)의 입자 크기 및 입자 분포의 제어;

[0021] 3. 경자성 기록층들과 연자성층들 사이의 교환 결합의 파괴; 및

[0022] 4. 주 기록층(들)이 저온, 높은 가스 압력 스퍼터링 처리, 및/또는 반응성 스퍼터링 처리에 의해 형성될 때 특히 바람직하고 중요한 특징으로서, 산화물, 즉 Co-산화물 또는 Cr-산화물을 인접한 입자들 사이의 경계들에 발생시키는 것에 의한 주 기록층(들)의 인접한 입자들 사이의 물리적 분리.

[0023] 중간층(220) 위에는, 그 자화 용이축이 막 평면에 대해 수직인, 적어도 하나의 상대적으로 얇은 수직 경자성 기록층(222)이 놓인다. "경성(hard)" 자기 기록층은, 전형적으로 대략 3-8kOe의, 즉 수직 이방성을 갖는 코발트-계 합금(즉, CoCrPtB와 같은 Co-Cr 합금)의 상대적으로 높은 보자력을 이용한다. 경자성 수직 기록층(222)은 전형적으로, Cr, Fe, Ta, Ni, Mo, Pt, W, Cr, Ru, Ti, Si, O, V, Nb, Ge, B, 및 Pd를 포함하는 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 원소들을 포함하는 Co-계 합금(들)의 대략 10 내지 25nm의 두꺼운 층(들)로 구성된다.

[0024] 레이어 스택을 완전하게 하는 것은 경자성층(222) 위에 형성된, 유사 다이아몬드 탄소(DLC) 등의 보호 오버코트 층(224)이다. 보호 오버코트(224)는 자기 기록층(222)이 부식되는 것을 방지하며, 디스크와 판독/기입 헤드 사

이의 마찰력을 감소시킨다. 또한, 퍼플루오로폴리에테르(PFPE) 재료 등의 얇은 윤활층(226)이 보호 오버코트(224)의 표면에 도포되어, 보호 오버코트(224)의 마찰 및 마모를 감소시킴으로써 헤드-디스크 인터페이스의 마찰학적(tribological) 성능을 향상시킬 수도 있다.

[0025] 자기 플럭스(Φ)의 경로를 나타낸 화살표들로 도시한 바와 같이, 플럭스(Φ)는 자기 변환기 헤드(202)의 주 기입극(204, main writing pole)으로부터 방출되고, 주극(204) 하부 영역에서 수직 배향된 적어도 하나의 경자성 기록층(222)으로 들어가서 통과하며, 연자성 하부층(216, SUL)으로 들어가서 소정 거리 이동한 다음, 그로부터 나가 변환기 헤드(202)의 보조극(206, auxiliary pole) 하부 영역에서 경자성 기록층(222)을 통과한다. 변환기 헤드(202)를 지나간 수직 자기 매체(210)의 이동 방향은 매체(210) 위의 화살표(230)로 도면에 도시되어 있다.

[0026] 계속해서 도 2를 참조하면, 수직 라인들(232)은 매체(210)를 구성하는 레이어 스택의 다결정 층들(220 및 222)의 입자 경계들을 나타낸다. 경자성 주기록층(222)은 중간층(220) 위에 형성되며, 각 다결정층의 입자들은 (수평 방향으로 측정되는 바와 같이) 입자 크기 분포로 나타낸 상이한 폭들을 가질 수도 있으며, 일반적으로 수직 레지스트리(registry), 즉 수직으로 "상호연관되거나" 정렬된다.

[0027] 자기 기록 매체를 분류하는데 현재 이용되는 방식은, 물리적 및 자기적으로 입자들을 결합해제하여 개선된 매체 성능 특성을 제공하도록 기록층의 자기 입자들을 상호 분리시키는 것, 즉 구분시키는 것에 기초한다. 이 분류 방법에 따르면, Co-계 합금 자기 기록층들(즉, CoCr 합금들)을 구비한 자기 매체는 2개의 상이한 타입들: (1) Cr이 풍부한 입자 경계들을 형성하도록 층의 입자 경계들에 대한 자성층의 Cr 원자들의 확산에 의해 입자들의 분류가 발생하며, 상기 확산 처리는 자성층의 형성(증착) 중에 매체 기판을 가열할 필요가 있는 제 1 타입; 및 (2) 소위 "입자" 매체를 형성하도록 인접하는 자기 입자들 사이의 경계들에서 산화물들, 질화물들, 및/또는 탄화물들의 형성에 의해 입자들의 분류가 발생하며, 산화물들, 질화물들, 및/또는 탄화물들이 Co 합금-계 자성층의 스퍼터링 증착 중에 산소, 질소, 및/또는 탄소 원자들(즉, O₂, N₂, CO₂ 등)을 함유하는 적어도 하나의 반응성 가스를 비활성 가스(즉, Ar) 분위기로 소량 도입함으로써 형성될 수도 있는 제 2 타입으로 분류된다. 일 실시형태에 있어서, 본 발명은 자기 기록 매체의 양 타입들에 이용될 수도 있다.

[0028] 도 3을 참조하면, 현대적 설계에 따른 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체(300)의 간략화된 부분 단면도가 도시되어 있다. 이러한 현대적 구조의 하부층은 단일층 SUL 설계와 비교하여, 상대적으로 낮은 투자율을 가지며, 균형있게 반강자성적으로 결합된(AFC) 층들로 설계된다. SUL(304) 및 SUL(308)은 루테늄(또는 루테늄 합금) 층(306)에 걸쳐 AFC 결합되며, 기록층(320)은 SUL 위에 위치된다. 이러한 현대적 설계들의 SUL은 일반적으로 자기 플럭스의 도전성을 증가시키기에 충분히 높은 투자율(μ) 및 다량의 플럭스를 도전할 수 있는 높은 자기 모멘트(B_s)를 갖는다. 따라서, SUL은 플럭스가 매체 기입성을 증가시키도록 보조한다. 그러나, 문제점으로서, 기록된 트랙 및 인접하는 트랙들 모두에 대해 유사하게 기입성이 증가된다. 따라서, 이웃하는 트랙들에 대한 삭제가 발생할 수 있다.

[0029] 도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합되며, 하부 영역에서 저투자율을 가지는 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체(400)의 간략화된 부분 단면도이다.

[0030] 매체 기입성을 증가시키는데 있어서 SUL의 유효성은 일반적으로 SUL 투자율, 자기 모멘트, 두께 및 전달되는(헤드에 의해 공급되는) 플럭스의 양에 의존한다. 얇은 SUL 층이 효율적으로 전달할 수 있는(높은 투자율 및 자기 도전성으로) 플럭스는 포화 자기 유도와 층 두께의 곱인 $B_s t$ 이다. 진공 또는 비자성 재료($\mu=1$)에 우선하여, $B_s t$ 보다 큰 추가적인 플럭스가 SUL에 전달되지 않는다. 따라서, 매우 얇거나 낮은 자기 모멘트(B_s) 층은 소량의 자기 플럭스를 효율적으로 전달할 수도 있지만, 다량의 플럭스는 그만큼 효율적으로 전달하지 못할 것이다. SUL이 $B_s t$ 미만의 소량의 플럭스를 운반할 효율성은 제어 가능한 변수, μ 의 값을 변경함으로써 변화될 수도 있다. μ 의 값이 클수록, SUL의 플럭스 전달 효율은 높아지며, 기입성의 더 많은 향상도 가능해진다. 온트랙(on-track) 기록 기입 처리에 포함된 플럭스의 양은 이웃하는 트랙들의 부분 삭제를 유발하는 플럭스보다 상당히 크다. 따라서, 일 실시형태에 있어서, 본 발명은 플럭스가 적은 경우, 낮은 투자율로 SUL을 설계함으로써 개선된 내삭제성을 구비한 매체를 제공한다.

[0031] 본 발명은 자기 모멘트(B_s) 및 자기 이방성(Hk)과 같은 벌크 SUL 재료 특성들에 관계없이, 얇은 SUL 층 구조 내에서 다양한 투자율의 제어를 제공한다. 기록된 트랙에 대한 기입의 용이성 및 오프 트랙에 대한(트랙들 사이 및 이웃하는 트랙들에 대한) 삭제의 곤란성의 개선된 조합을 구비한 매체가, 상이한 투자율 값들 및 자기 두께($B_s * t$)를 갖는 층들을 포함하는 SUL 구조에 의해 부분적으로 달성된다.

- [0032] 수직 자기 기록 매체(400)는 소정 두께와, 저투자율의 하부 영역 및 고투자율의 상부 영역을 가지며 불균형하게 반강자성적으로 결합된 3-층 SUL 구조를 포함한다. 도시된 실시예에 있어서, 자기 기록 매체(400)는 기판(미도시) 및 기판 위에 위치하여 놓인 레이어 스택을 포함한다. 레이어 스택은 기판으로부터 놓인 순서대로, 연자성 하부층을 포함한다. 하부층은, 놓인 순서대로, 제 1 층(404), 반강자성 결합층인 제 2 층(406) 및 제 3 층(408A 및 408B)을 포함하는 적층 구조이다. 자기 기록층(420)과, 시드층 및 중간층을 포함하는 선택적인 다른 층들은 SUL 위에 위치된다. 제 1 층(404)은 저투자율을 갖고, 제 3 층은 저투자율 영역(408A)과 그 위에 놓인 고투자율 영역(408B)을 갖는다. 제 1 층(404) 및 제 3 층(408A 및 408B)은 불균형이며(상이한 자기 모멘트) 반강자성적으로 결합된다. 고투자율 영역(408B)은 저투자율 영역(408A)보다 높은 투자율을 갖는다.
- [0033] 고투자율 및 저투자율 층들의 두께 및 적층은 단일 AFC 결합된 SUL 구조에 포함된 각 SUL 층의 두께로 제어된다. 불균형한 AFC 구조의 SUL 특성들은 단일층 및 가장 얇은 SUL 층의 층 두께를 갖는 동일한 두께의 AFC SUL 층의 중첩(superposition)이다. 보다 일반적으로는, 저투자율 특성들을 나타내는 큰 모멘트의 SUL 층의 두께는, 큰 모멘트의 층과 동일한 모멘트를 포함하는 층의 두께와 동일하다. 큰 모멘트 층의 남아 있는 모멘트는 대응하는 층 두께의 단일층 SUL의 투자율을 나타낸다.
- [0034] 일 실시형태에 있어서, 제 1 층(404) 및 제 3 층의 저투자율 영역(408A)은 동일한 자기 두께($B_s t$)를 갖는다. 자기 두께($B_s t$)는 자기 모멘트(B_s)와 층 두께(t)의 곱이다. 다른 실시형태에 있어서, 제 1 층(404) 및 제 3 층의 저투자율 영역(408A)은 동일한 두께(t)를 갖는다. 일 실시예에 있어서, 제 1 층(404) 및 제 3 층의 저투자율 영역(408A)은 모두 100 이하의 투자율(μ)과 대략 $2\text{memu}/\text{cm}^2$ 미만의 자기 두께($B_s t$)로 설계되어 있다.
- [0035] 일 실시예에 있어서, $SUL_1(408A, 408B)$ 은 모멘트($B_{s1}t_1$)로 설계되고, $SUL_2(404)$ 는 모멘트($B_{s2}t_2$)로 설계되며, 여기서, $B_{s1}t_1 > B_{s2}t_2$ 이고, Ru AFC 결합층(406) 두께는 최적화된다. $SUL_2(404)$ 두께(t_2)는 낮은 μ AFC 특성들을 갖는다. $SUL_1(408A)$ 두께($t' = B_{s2}t_2 * (B_{s2}/B_{s1})$)는 $SUL_2(404)$ 와 동일한 낮은 μ AFC 특성들을 갖는다. $SUL_1(408B)$ 두께($t_1 - t'$)는 두께($t_1 - t'$)를 갖는 SUL_1 재료의 단일층의 높은 μ 특성들을 갖는다. SUL_1 의 높은 μ 영역(408B)은 AFC 결합층(406)에서부터 가장 먼 두께($t_1 - t'$)의 영역이다. 따라서, 두께($t_2 + t'$)의 낮은 μ 층 및 두께($t_1 - t'$)의 높은 μ 층을 갖는 듀얼 μ SUL 구조가 형성될 수 있다. 이들 층들의 두께들, 투자율들 및 상대 위치는 각 SUL 층의 두께 및 B_s 및 Ru 합금 결합층의 결합 강도를 선택함으로써 광범위하게 임의로 조절될 수 있다.
- [0036] 도 5는, 불균형하게 반강자성적으로 결합되며, 상부 영역(508)에서 저투자율을 가지는 SUL 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체(500)의 간략화된 부분 단면도이다. 이 불균형 SUL 설계는 수직 자기 기록 매체의 기입성을 증가시키고 의도하지 않은 삭제성을 감소시킨다. 본 설계와 도 4에 도시된 설계는 투자율 변화도에 의해 바람직한 기입성 및 삭제성에 대한 조절을 가능하게 한다. 본 대안적인 실시형태에 있어서, 제 1 층은 고투자율 영역(504A)과 그 위에 놓인 저투자율 영역(504B)을 가지며, 제 3 층(508)은 저투자율이다. 제 1 층(504A, 504B) 및 제 3 층(508)은 불균형이며(상이한 자기 모멘트), AFC 결합층(506)(즉, 루테늄 또는 루테늄 합금)에 걸쳐 반강자성적으로 결합되어 있다. 제 1 층의 저투자율 영역(504B) 및 제 3 층(508)은 동일한 자기 두께($B_s t$)로 설계되어 있다. 일 실시형태에 있어서, 제 1 층의 저투자율 영역 및 제 3 층은 모두 제 1 층의 고투자율 영역의 자기 두께($B_s t$) 미만의 자기 두께($B_s t$)를 갖는다. 자기 두께($B_s t$)는 자기 모멘트(B_s)와 층 두께(t)의 곱과 동일하다. 일 실시형태에 있어서, 제 1 층의 저투자율 영역(504B) 및 제 3 층(508)은 동일한 두께(t)로 설계되어 있다. 또 다른 실시형태에 있어서, 제 1 층(504A, 504B) 및 제 3 층(508)은 상이한 자기 두께($B_s t$)들을 갖는다.
- [0037] 상술한 바와 같이, SUL 층들의 두께들 및 자기 두께들은 본 발명의 실시형태들에 따라 변화할 수 있다. 일 실시예에 있어서, 제 1 층의 저투자율 영역(504B) 및 제 3 층(508)은 모두 100 이하의 투자율(μ)과 대략 $2\text{memu}/\text{cm}^2$ 미만의 자기 두께($B_s t$)를 갖는다. 또 다른 실시예에 있어서, 하부층의 층 두께는 대략 400온스트롬이며, 제 3 층(508)의 두께는 대략 175온스트롬 미만이다. 또 다른 실시예에 있어서, 제 3 층(508)의 두께는 하부층의 층 두께의 대략 43.75퍼센트 미만이다. 또 다른 실시예에서, 제 1 층의 저투자율 영역(504B) 및 제 3 층(508)은 모두 100 미만의 투자율(μ)을 가지며, 제 1 층의 고투자율 영역(504A)은 100보다 큰 투자율(μ)을 갖는다. 다른 실시예에 있어서, 제 1 층의 저투자율 영역(504B) 및 제 3 층(508)은 모두 50 미만의 투자율(μ)을 가지며, 제 1 층의 고투자율 영역(504A)은 200보다 큰 투자율(μ)을 갖는다. 일 실시예에 있어서, 제 1

총의 저투자율 영역(504B) 및 제 3 층(506)이 모두 10nm 미만의 두께 및 1나노웨버(nanoweber) 미만의 자기 두께($B_s t$)를 갖는다.

[0038] 고투자율층 및 저투자율층을 포함하는 SUL 구조는 또한 AFC 결합된 SUL 구조 및 비자성 스페이서로 분리된 단일 층 SUL을 포함하는 5-층 구조로 구성될 수 있다. 도 6은, 불균형하게 반강자성적으로 결합된, 5개의 층의 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다. 여기서, SUL 층(608)은 결합층(610)에 걸쳐 SUL 층(612)과 반강자성적으로 결합되어 있다. SUL 층(604)은 비자성 스페이서(606, 즉, 티타늄)로 분리되어 있다. 일 실시예로서, SUL 층(604)은 고투자율로 설계되어 있고, AFC 결합된 SUL 층들(608 및 612)은 저투자율로 설계되어 있다. 5-층 구조에 있어서, SUL 구조는 3개의 투자율 레벨들로 형성될 수도 있으며, 이러한 투자율 레벨들은 필요에 따라 다양한 실시형태들에 대해 분류될 수 있다. 예를 들어, SUL 층(604)은 SUL 층들(608 및 612)보다 높은 투자율을 가질 수도 있다. 그런 다음, 이러한 AFC 결합된 SUL 층들은 상술한 바와 같이, 모두 층(604)보다 낮은 투자율을 갖는 상대적으로 낮고 상대적으로 높은 투자율 영역들을 형성하는 불균형한 설계로 형성될 수도 있다. 5-층 구조는 단지 2개의 투자율 레벨들, 즉 높음 및 낮음은 물론, 높음, 중간, 낮음으로 분류될 수 있는 3개의 투자율 레벨들이 될 수 있다. 추가로, 대안적인 실시형태에 있어서, SUL 층들(604 및 608)은 AFC 결합되며, 층(610)에 스페이서를 구비한 SUL 층(612)은 고투자율층이다.

[0039] 또 다른 실시형태에 있어서, 고투자율층 및 저투자율층을 포함하는 SUL 구조는 상이한 Ru층 두께를 갖고 비자성 스페이서에 의해 분리된 2개의 AFC 결합된 구조들을 포함하는 7-층 구조로 구성된다. 도 7은, 불균형하게 반강자성적으로 결합된, 7개의 층의 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다. 여기서, SUL 층(704)은 결합층(706)에 걸쳐 SUL 층(708)과 반강자성적으로 결합되어 있다. SUL 층(712)은 결합층(714)에 걸쳐 SUL 층(716)과 반강자성적으로 결합되어 있다. SUL 층들(708 및 712)은 비자성 스페이서(710)에 의해 분리되어 있다. 일 실시예로서, AFC 결합된 층들(704 및 708)은 저투자율로 설계되어 있고, AFC 결합된 SUL 층들(712 및 716)은 고투자율로 설계되어 있다. 대안적으로, AFC SUL 하부 구조(704 및 708)는 2개의 투자율 레벨들을 제공하고, AFC SUL 하부 구조(712 및 716)는 2개의 투자율 레벨들을 제공하여, 7-층 SUL 적층에 있어서 총 4개의 투자율 레벨들이 성립된다.

[0040] 이제 도 8을 참조하면, 그래프도는 20nm의 단일층의 SUL의 히스테리시스 곡선을 나타낸다. SUL의 투자율은 진동 시료형 자력계(VSM)를 이용하는 등의 방법들에 의해 히스테리시스 곡선들로부터 측정될 수도 있다. 도시된 바와 같이, 인가된 자계 또는 보자력(H(0e))이 Y축 위의 자화(m(emu))에 대해 X축 위에 표시되어 있다. 큰 자계가 인가되면, 20nm의 단일층 SUL 재료의 시료는 자기 포화된다. SUL 시료의 평균 투자율(μ)은 자기 포화(Hsat)에 도달한 자계로 나눈 Ms(즉, Ms/Hsat)이다. 표시된 점들의 기울기는 SUL 재료의 투자율이다.

[0041] 1000 이상의 높은 단일층의 투자율값을 갖는 SUL 재료들의 투자율이, 반강자성적으로 결합된(AFC) 결합층의 최적화된 두께로 분리된 2개의 SUL 층들을 포함하는 AFC 구조의 형성에 의해 100 이하 또는 10 이하의 값으로 감소될 수 있다.

[0042] 도 9는 반강자성적으로 결합된 2개의 10nm의 SUL 층들의 히스테리시스 곡선의 그래프도이다. 다시, 인가된 자계 또는 보자력(H(0e))이 Y축 위의 자화(m(emu))에 대해 X축 위에 표시되어 있다. 표시된 점들의 기울기는 SUL 재료의 투자율이다.

[0043] 도 10은 모두 동일한 자기 모멘트(B_s) 값을 가지며, 10nm의 SUL에 반강자성적으로 결합된 30nm의 SUL의 히스테리시스 곡선의 그래프도이다. 다시, 인가된 자계 또는 보자력(H(0e))이 Y축 위의 자화(m(emu))에 대해 X축 위에 표시되어 있다. 표시된 점들의 기울기는 SUL 재료의 투자율이다. 도 10의 듀얼 μ SUL 구조의 자기 특성들은 도 8의 단일층 SUL 및 도 9의 AFC 구조의 종합으로 구성되어 있다. SUL 구조는 AFC SUL의 특성들을 구비한 20nm의 SUL 및 단일층 SUL의 특성들을 구비한 20nm의 SUL로 이루어진다. 임의의 바람직한 두께의 높은 μ SUL 재료는 본 발명에 따른, 제어된 제조 가능한 방식으로 임의의 바람직한 두께의 낮은 μ SUL 재료 상부 또는 하부에 위치될 수 있다.

[0044] 도 11은 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 불균형하게 반강자성적으로 결합되며, 상부 영역에서 저투자율을 가지는 연성 하부층 구조를 포함하는 수직 자기 기록 매체의 간략화된 부분 단면도이다. 매체 구조는 기판(804), SUL 구조(후술함), 그 위에 놓인 시드층(812), 중간층(814) 및 자기 기록층(820)을 포함한다. 레이어 스택을 완전하게 하는 것은 유사 다이아몬드 탄소(DLC) 등의 보호 오버코트(824)로, 보호 오버코트(224)는 자기 기록층(820)이 부식되는 것을 방지하며, 디스크와 판독/기입 헤드 사이의 마찰력을 감소시킨다. 또한, 퍼플루오로폴리에테르(PFPE) 재료 등의 얇은 윤활층(미도시)이 보호 오버코트(824)의 표면에 도포되어, 보호 오버코

트(824)의 마찰 및 마모를 감소시킴으로써 헤드-디스크 인터페이스의 마찰학적 성능을 향상시킬 수도 있다.

[0045] 도 11의 실시형태의 일 실시예에 있어서, SUL 구조는 자기 두께($B_{s1} \cdot T_1$)의 제 1 연자성층(810), 반강자성 결합층(808), 및 자기 두께($(B_{s2} \cdot T_2) = (B_{s1} \cdot T_1) + (B_s \cdot T')$)의 제 2 연자성층(806A, 806B)을 포함한다. 자성층(806A, 806B)은 자기 두께($2B_{s1} \cdot T_1$)의 저투자율 영역(806B)과 자기 두께($B_s \cdot T'$)의 고투자율 영역(806A)을 포함한다.

[0046] 도 11의 또 다른 실시형태의 일 실시예에 있어서, 기록 매체 SUL은 $B_{s1}=B_{s2}$ 로 설계되어 있으며, 이는 자기 두께($(B_s \cdot T)_1$)의 제 1 연자성층(810)과, 반강자성 결합층(808)과, 자기 두께($B_s \cdot T_2=(B_s \cdot (T_1+T'))$)의 제 2 연자성층(806A, 806B)을 포함한다. 자성층(806A, 806B)은 자기 두께($2B_{s1} \cdot T_1$)의 저투자율 영역(806B)과 자기 두께($B_s \cdot T'$)의 고투자율 영역(806A)을 포함한다.

[0047] 도 12는 연성 하부층의 상부 영역의 두께와 비교하여 기입 용이성을 나타내는, 기록 메트릭, 역방향 겹쳐쓰기(ROW)의 그래프도이다.

[0048] 데이터는 동일한 재료 및 총 두께를 갖는 3개의 SUL 설계들에 대해 나타낸다: i) (도 3에 도시한 바와 같이) 대략 200온스트롬의 상부 SUL 층 두께를 갖는 낮은 μ AFC SUL; ii) (도 4에 도시한 바와 같이) 대략 200온스트롬 보다 큰 상부 SUL 층 두께를 갖는 낮은 μ 하부와 높은 μ 상부의 설계; 및 iii) (도 5에 도시한 바와 같이) 대략 200온스트롬 미만의 상부 SUL 층 두께를 갖는 낮은 μ 상부와 높은 μ 하부의 설계.

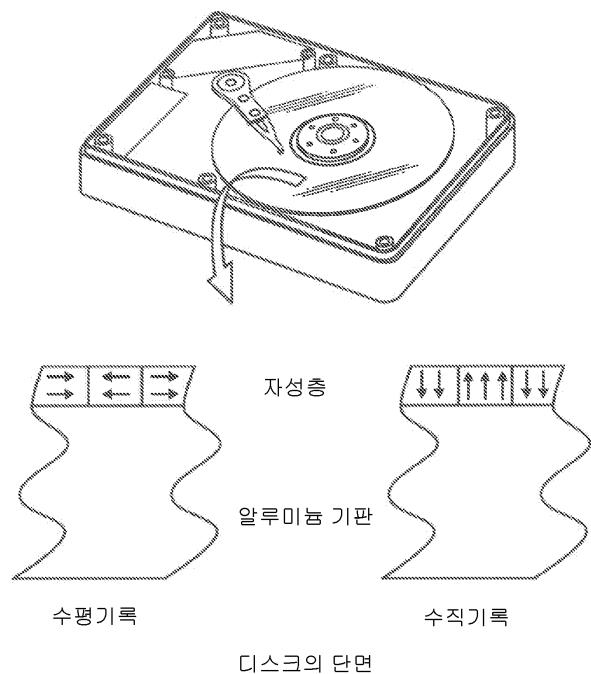
[0049] 도 12에 있어서, 대략 25온스트롬 내지 대략 175온스트롬인 상부 SUL 두께들은 낮은 μ 상부와 높은 μ 하부를 갖는 설계들을 나타낸다. 대략 200온스트롬의 상부 SUL 두께는 낮은 μ AFC SUL을 갖는 균형있는 설계를 나타낸다. 대략 225온스트롬 내지 대략 375온스트롬의 상부 SUL 두께들은 높은 μ 상부와 낮은 μ 하부를 갖는 설계들을 나타낸다. 대략 0온스트롬 및 대략 400온스트롬의 상부 SUL 두께들은 높은 투자율의 단일층 SUL 설계를 나타낸다.

[0050] 자기 기록 매체에 대한 기입성은 ROW의 음의 값이 클수록 용이해진다. 그러나, 상부 SUL 층이 얇을수록(하부 SUL 층이 두꺼울수록), (도 13에 도시된 바와 같이) 소량의 삭제성 플러스가 이동하는 기록 헤드 및 기록층에 가장 근접한 영역에서의 SUL의 투자율을 낮게 함으로써 의도하지 않은 삭제성이 최소화되거나 회피된다. 도 13은 연성 하부층의 상부 영역의 두께와 비교하여 ATI(인접 트랙 간섭) 엘타 BER(비트 에러율)인 인접한 트랙의 삭제 용이성을 나타낸다. 자기 기록 매체에 대한 기입성은 ATI의 양의 값이 커질수록 용이해진다. 이와 같이, 낮은 μ 상부를 갖는 설계(도 5에 도시된 바와 같이)는 낮은 μ 의 균형있는 AFC 설계와 유사하게 삭제성을 감소 시키면서 높은 μ 상부와 유사하게 기입 용이성을 증가시킨 유리한 조합을 나타낸다.

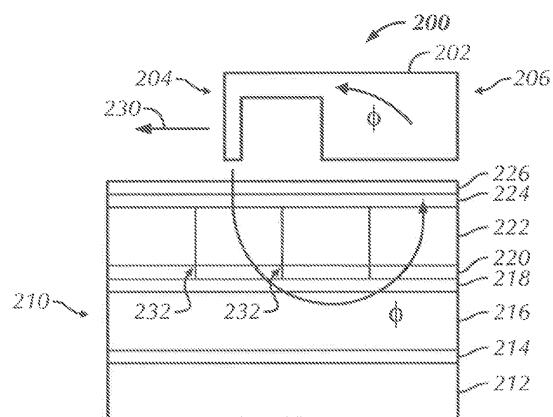
[0051] 본 발명의 사상 및 범위 내에서 개시된 실시형태들에 대해 변형들 및 변경들이 이루어질 수도 있다. 상술된 실행들 및 그 밖의 실행들은 하기 청구항들의 범위 내이다.

도면

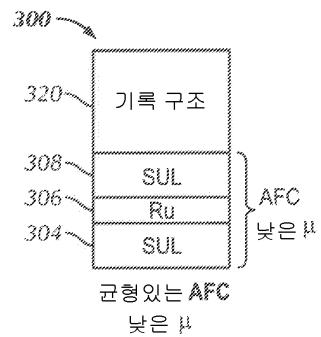
도면1



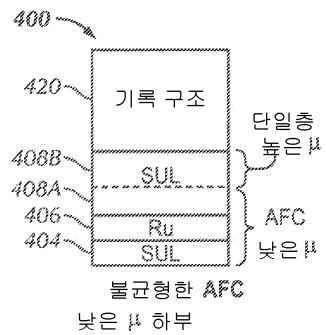
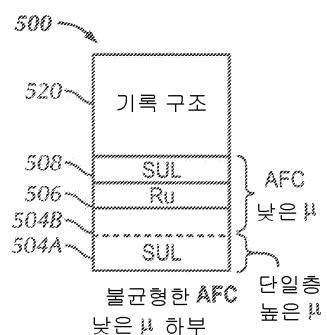
도면2



(종래기술)

도면3

(종래기술)

도면4**도면5**

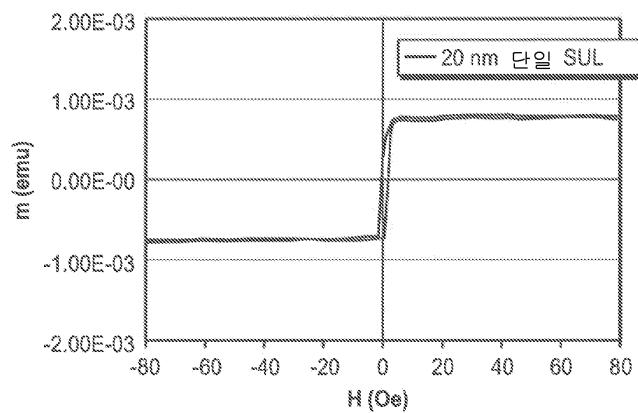
도면6



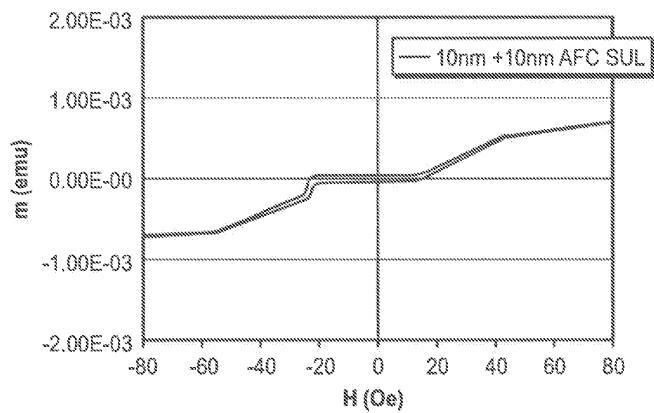
도면7



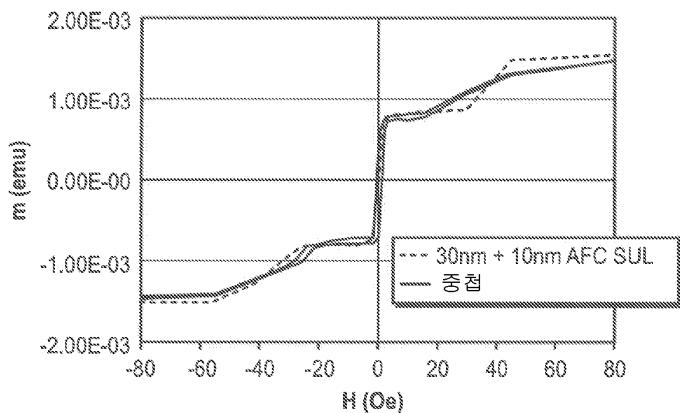
도면8



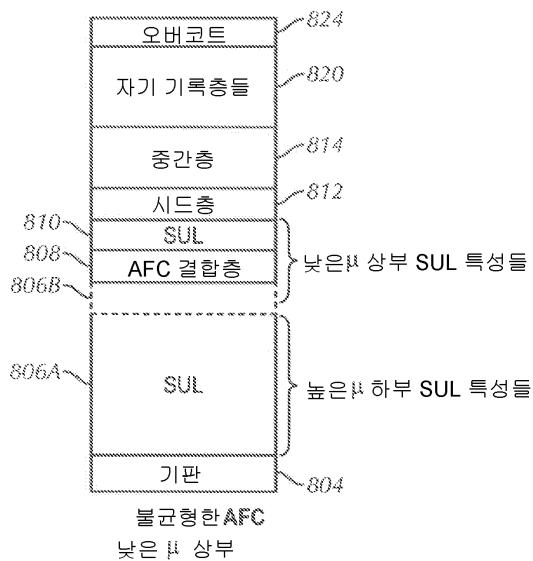
도면9

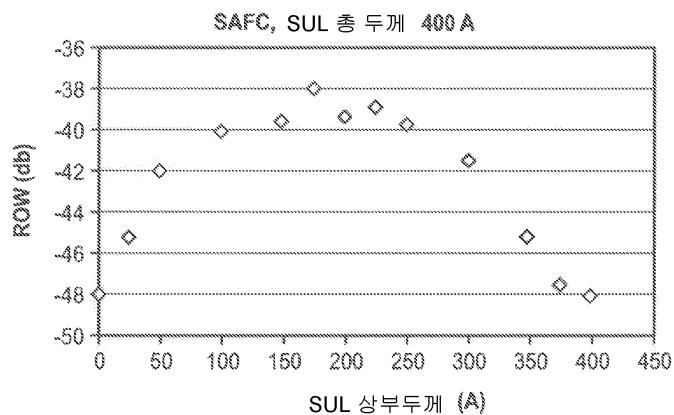


도면10



도면11



도면12**도면13**