(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.[6]
G11B 5/714

(11) 공개번호 특2000-0022770
(43) 공개일자 2000년04월25일

(21) 출원번호 10-1999-0035889
(22) 출원일자 1999년08월27일
(30) 우선권주장 98-248702 1998년09월02일 일본(JP)
(71) 출원인 가부시키가이샤 히타치세이사쿠쇼 가나이 쓰토무
일본 도쿄토 치요다쿠 간다스루가다이 4쪼메 6반치
(72) 발명자 이나바노부유키
일본사이타마켄하스다시미누마쵸3-14
요시다카즈에쯔
일본사이타마켄히다카시무사시다이2-2-13
야마나카가즈스케
일본카나가와켄쯔쿠이군시로야마쵸마치야4-15-19
키리노후미요시
일본도쿄토스기나미쿠타카이도히가시4-7-7-401
후타모토마사아키
일본카나가와켄쯔쿠이군시로야마쵸하라쥬쿠4-18-2
(74) 대리인 임석재

심사청구 : 없음

(54) 자기 기록매체 및 자기 기억장치

요약

절대온도(T) 5K에서의 포화자화의 크기 Ms(T = 5K)와, 절대온도(T) 300K에서의 포화자화의 크기 Ms(T = 300K)가, Ms(T = 300K)/Ms(T = 5K) ≥0.75를 만족하는 자기 기록막을 사용한 자기 기록매체로 한다.

이것에 의해, 고기록밀도를 실현하고, 또 자기 기억장치의 동작온도 범위에서 충분한 재생출력을 발생할 수 있는 자기 기록매체 및 자기 기억장치를 제공한다.

대표도

도1

색인어

절대온도(T), 포화자화, 고기록밀도, 자기 기록막, 자기 기록매체, 자기 기억장치, 기록, 재생.

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 포화자화의 온도변화의 모식도,

도 2는 면(面)내 자기 기록매체의 일예의 단면 모식도,

도 3은 Co -Cr계 합금면내 자기기록용 박막매체의 규격화 포화자화의 온도변화를 나타내는 도면,

도 4는 규격화 포화자화의 온도 T^2 의존성을 나타내는 도면,

도 5는 Co-Cr계 합금 수직 자기기록용 박막매체의 규격화 포화자화의 온도변화를 나타내는 도면,

도 6은 규격화 포화자화의 온도 T^2 의존성을 나타내는 도면,

도 7은 자기 기억장치의 개략도이다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

11	기판,	12	배향제어용 하층막,
13	자기 기록층(자성 박막),	14	보호막,
15	격자 정합용 하층막,	21	기판,
22	배향제어용 하층막,	23	자기 기록층(자성 박막),
24	보호막,	31	기판,
32	배향제어용 하층막,	33	자기 기록층(자성 박막),
34	보호막,	35	배향 제어층,
41	기판,	42	배향제어용 하층막,
91	자기 기록매체,	92	자기 기록매체 구동부,
93	자기헤드,	94	자기헤드 구동부,
95	기록재생 신호처리계.		

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 고밀도 자기기록에 적합한 자기(磁氣) 기록매체 및 그 자기 기록매체를 사용한 자기 기억장치에 관한 것이다.

자기기록의 분야에서는, 면내(面內) 자기 기록방식과 수직 자기 기록방식이 있고, 현재 전자(前者)의 기록방식이 일반적으로 사용되고 있다. 면내 기록방식은, 자기 기록헤드를 사용해서 자기 기록매체면에 평행하게, 또 자극의 N극과 N극, S극과 S극을 서로 맞대는 방향으로 자화하여 기록비트를 형성하여, 자기기록을 행하는 방법이다. 또한, 수직 기록방식은 자기헤드를 사용해서 기록 매체막면에 수직하고, 또 인접하는 비트의 자화방향이 평행하게 되지 않도록 기록비트를 형성하여 자기기록을 행하는 방법이다. 양 방식 모두 비트로부터 누설하는 자속을 자기헤드에서 검출하는 것에 의해, 기록정보를 판독하고 있다. 이 때문에, 누설자속량이 많으면, 기록정보는 자기헤드에서 고출력으로 검출하는 것이 가능하다. 누설자속량은 근사적으로는 비트를 구성하는 자기 모멘트에 비례한다. 즉, 매체의 단위 체적당 자기 모멘트인 자화(M)와 기록비트의 체적(V)으로 하면, 비트로부터의 누설자속(Φ)은 근사적으로는 MV에 비례한다. 이 때문에, 기록밀도의 향상에 따라, 매체에 기록된 비트의 1 비트당 점유면적이 감소하면, 비트로부터의 누설자속량이 감소하고, 헤드 출력이 저하하게 된다. 따라서, 고밀도기록을 실현하기 위해서는, 누설자속이 감소한 만큼 재생헤드를 고감도화 함과 동시에, 매체의 자화(M)를 충분한 크기만큼 확보할 필요가 있다.

매체의 자화의 크기는 온도에 의존하여 변화한다. 일반적으로, 강자성체에서는 강자성 원자의 자기 모멘트 사이에 작용하는 교환 상호작용에 의해 자기 모멘트를 서로 일치시키고자 하는 기능이 있다. 또한, 한편, 자기 모멘트는 절대영도를 제외하면 온도에 의한 열 에너지를 받기 때문에 요동하고 있고, 온도가 높으면 그 진동은 커지게 된다. 이 때문에, 온도 상승에 따라 교환 상호작용에 의한 자기 모멘트를 일치시키고자 하는 에너지에 비해 열진동 에너지가 점차 많아지기 때문에, 단위 체적당 평균 자기 모멘트의 크기인 자화는, 온도의 증가에 따라 서서히 감소하고, 퀴리(curie) 온도에서 강자성체로부터 비자성체로 상전이(相轉移)를 일으킨다. 이 때문에, 실온 상태에서 매체의 자화의 크기를 충분히 확보하였다고 하여도, 자기 기록장치의 동작온도 범위에서 온도의 상승에 따라 매체의 자화가 급격히 감소하면, 비트로부터의 누설자속이 급속히 감소하여, 재생헤드의 출력저하를 초래하는 것으로 된다.

발명이 이루고자하는 기술적 과제

본 발명은 고기록밀도를 실현하고, 또 자기 기억장치의 동작온도 범위에서 충분한 재생출력을 발생할 수 있는 자기 기록매체 및 자기 기억장치을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

현재, 연구실 레벨에서는 1평방 인치당 10G 비트급의 면(面) 기록밀도를 가지는 면내 자기 기록매체가 보고되어 있다(The 7th MMM-Intermag Joint Conference, session ZA, San Francisco, U.S.A., 1998.1). 비트 길이와 트랙 폭과의 비율을, 일반적으로 사용되고 있는 약 20 대 1의 비율로 한 경우, 선(線) 기록밀도는 약 400kFCI로 되고, 비트 길이는 약 60㎚로 된다. 면내 자기기록 방식에 있어서는, 높은 선기록밀도로 기록, 재생시의 고매체 S/N을 실현하기 위해서는, 기록비트와 기록비트와의 사이의 자화 천이영역의 천이 장폭(長幅)을 작게 하여 매체의 자화 천이영역의 지그재그 자벽(磁壁)에 기인한 천이성 노이즈를 저감할 필요가 있다. 매체의 자화 천이 장폭은, 일반적으로 매체를 구성하는 자기 기록층의 막 두께(t)와, 그 자기 기록층의 잔류 자속밀도(Br)와의 곱(積)에 비례한다. 따라서, 잔류 자속밀도 막 두께의 곱(Br · t)이 작으면 노이즈가 저하하여 높은 선기록밀도로 S/N이 향상한다. 한편, Br · t를 너무 작게 하면 기록비트로부터의 누설자속이 저하하고, 재생헤드의 출력이 저하한다. 이 때문에, 높은 선기록밀도에서의 고매체 S/N과 출력 저하를 방지하기 위해, 30Gauss · ㎛ < Br · t < 80Gauss · ㎛의 범위에 잔류 자

속밀도 막 두께의 곱을 설정할 필요가 있다.

또한, 선기록밀도가 약 400kFCI로 되면 비트 길이가 약 60㎚이고, 자기 기록막을 형성하는 자성 결정입자의 평균 결정입자의 지름이 15㎚ 이상이면, 비트 길이 방향은 최대라도 기껏해야 4개의 결정입자로 구성하는 것으로 되어, 결정입자 지름 분포나 결정입자 배열의 분포 등에 기인한 천이영역에서의 지그재그 자벽의 요동이 커지게 되고, 천이 노이즈에 기인한 매체 노이즈가 증가한다. 이 때문에, 비트 길이방향의 결정입자 수를 증가시킬 필요가 있고, 자성 결정입자의 평균 결정입자 지름을 15㎚ 미만으로 할 필요가 있다. 한편, 자성 결정입자가 5㎚ 이하로 되면, 결정입자의 체적이 너무 작아지게 되어, 자성 결정입자가 가지는 자기 모멘트를 자화 용이축의 방향으로 향해 놓기 위한 자성 결정입자가 가지는 자기 이방성 에너지에 비해 자기 모멘트의 열진동 에너지의 쪽이 커지게 되기 때문에, 자기 모멘트가 자화 용이축 방향으로 안정하게 향하는 것이 불가능하게 되고, 초상자성의 성질을 나타내게 된다. 이 때문에, 자성입자의 결정입자 지름(d)은 5㎚ 〈 d 〈 15㎚로 할 필요가 있다.

다음에, 기록비트로부터의 누설자속량의 온도변화가 작고, 온도를 변화시켜도 자기 헤드로부터 고출력 신호가 얻어지도록 할 필요가 있다. 결국, 적어도 자기 기록장치의 동작온도 범위내에서 기록비트로부터의 누설자속량의 온도변화가 작아지게 되는 매체 구조를 실현할 필요가 있다. 이 때문에 본 발명에서는, 자기 기록매체로서 적어도 350K 이하의 온도 영역에서 포화자화의 온도변화가 작은 강자성 박막구조를 사용하는 것으로 하였다.

상술한 바와 같이, 매체의 포화자화의 크기는 온도 상승에 따라서 감소하고, 퀴리 온도에서 자화가 소실한다. 도 1에 포화자화의 온도변화의 모식도를 나타낸다. 일반적으로, 퀴리 온도에 근접함에 따라 자화의 온도변화가 증대한다. 이 때문에, 자기 기록장치의 동작온도 영역의 근방에 매체의 퀴리 온도가 존재하면, 동작온도 영역내에서의 온도변화조차도 매체의 자화를 크게 변화시키는 것으로 된다. 이 때문에, 장치의 동작온도 영역에 비해 충분히 높은 온도로 퀴리 온도를 설정할 필요가 있다.

자성 합금의 퀴리 온도는, 그 자성체를 구성하는 원소의 조합이나 조성비, 또 질서 합금(order alloy)의 경우에는 질서(order) 상태에 있는가 혹은 무질서(disorder) 상태에 있는가 등에 크게 영향을 받는다. 단, 일반적으로 말하면, Co에 비자성원소를 첨가하는 경우, Co 원소 단체(單體)의 퀴리온도에 비해 합금 상태의 퀴리온도는 저하하는 경향이 있다. 또한, 첨가원소의 양이 증가하면 이 경향은 현저해진다. 이것은, Co의 결정배열 중에 비자성원소가 치환되기 때문에, Co 원자간의 교환 상호작용에 절단되는 부분이 생긴 것에 의한다.

자기 기록매체는, 입자 지름 15㎚ 정도 이하의 자성 결정입자로 구성된 다결정 박막이고, 각 결정입자의 자기 특성이 막 전체의 매크로(macro)한 자기 특성을 맡고 있다. 각각의 자성 결정입자가, 자기 기록장치의 동작온도 영역에 비해 충분히 높은 온도에 퀴리온도가 있고, 동작온도 영역내에서의 자화 변화가 작아지게 되는 특성을 가지면, 매체막의 매크로한 자기 특성이 같은 경향을 가지는 것으로 된다. 이것을 위해서는, 각각의 자성 결정입자 중의 강자성 원소의 비율을 증대시키고, 첨가 원소를 감소시키면 좋은 것으로 된다. 그 반면, 단순히 자성 결정입자 중의 자성 원소의 비율을 증대시키면 결정입자 사이에 교환 상호작용이 작용하게 되고, 매체의 기록재생 특성의 관점에서는 기록비트의 천이영역에서 지그재그 자벽에 기인한 노이즈가 증가하는 것으로 된다. 이 때문에, 결정입자 사이의 교환 상호작용이 끊어지는 구조, 즉 결정입자 경계를 비자성화 할 필요가 있다.

이상에 나타낸 바와 같이, 결정입자 자체에 요구되는 자기 특성과 결정입자경계에 요구되는 자기 특성과의 사이에는 상반하는 것이 있다. 이 상반하는 2개의 특성을 만족하는 자기 기록매체는, 예컨대 이하의 실시형태에 나타낸 바와 같이, Co-Cr 합금계 자성체에 대해서 종래의 스퍼터링법에 비해 스퍼터 에너지가 높은 성막법을 사용하고, 성막 후에 열처리를 행하는 것으로 자성 결정입자내에서 첨가원소를 결정입자 경계부로 확산, 편석(偏析)시키는 것에 의해 실현할 수 있다.

즉, 본 발명은 기판상에 자기 기록매체를 형성한 자기 기록매체에 있어서, 절대온도(T) 5K에서의 자기 기록막의 막 평균의 포화자화의 크기 Ms(T = 5K)와, 절대온도(T) 300K에서의 자기 기록막의 막 평균의 포화자화의 크기 Ms(T = 300K)가, Ms(T = 300K)/Ms(T = 5K) ≥0.75를 만족하는 것을 특징으로 한다.

자기 기록막의 자성 결정입자의 결정입자 지름을 막면내 방향에서의 자성 결정입자의 면적과 같은 면적인 원의 직경으로 정의하는 경우, 자성 결정입자의 평균 결정입자 지름(d)은 15㎚ 보다 작은 것이 바람직하다. 자성 결정입자의 평균 결정입자 지름(d)은 5㎚ 보다 큰 것이 바람직하다. 또한, 기록비트의 비트 길이의 최소치(L)에 대해서 12 〉 L/d 〉 4인 것이 바람직하다.

면내 자기 기록매체의 경우에는, 자기 기록막의 막 두께를 t(㎛), 절대온도 로 300K에서의 자기 기록막 평균의 잔류 자속밀도를 Br(Gauss)로 하는 경우, 30Gauss · ㎛ 〈 Br · t 〈 80Gauss · ㎛인 것이 바람직하다.

또한, 절대온도 5K ≤T ≤350K의 범위내에서, 포화자화 Ms(T)를 Ms(T = 5K)로 규격화한 규격화 포화자화 m(T) = Ms(T)/Ms(T = 5K)가 절대온도(T)의 다항식에서 근사하는 경우 T^2에 대해서 거의 선형으로 감소하고, 그 선형관계를, 기울기 정수 A, m(T)축과의 교점을 정수 B로 하여, $m(T) = -A \cdot T^2 + B$로 나타낸 경우, $0 < A < 2.8 \times 10^{-6}(K^{-2})$인 것을 특징으로 한다. m(T1) = 0의 관계를 만족하는 온도 T1은, T1 ≥600K이다. 또한, 절대온도 5K≤T ≤350K의 범위내에서 규격화 포화자화 m(T)의 온도변화율이 1K당 최대 0.002이다.

자기 기록장치의 동작온도 범위는, 일반적으로 하한 온도가 0℃(=273K) 근방이고, 상한 온도는 50℃(=323K) 근방이며, 장치내의 실효적 온도는 75℃(=348K) 정도까지 상승한다. 이 때문에, 정수 A, T1, m(T)의 온도변화율이 이와 같은 조건을 만족되면, 약 273K로부터 약 350K의 온도 범위에서 포화자화의 온도변화가 약 15% 정도로 끝나고, 온도변화에 의한 포화자화 변화에 부수한 헤드에서 검출되는 신호강도의 변화는, 장치를 동작시키는데 흡수 가능한 변동내에 포함되는 것으로 된다.

본 발명에 의한 자기 기억장치는, 자기 기록매체와, 자기 기록매체 구동부와, 자기헤드와, 자기헤드 구동부와, 기록재생 신호처리계를 포함하는 자기 기억장치에 있어서, 자기 기록매체로서 상술한 자기 기록매체를 사용한 것을 특징으로 한다.

본 발명에 의한 자기 기록매체는, 매체에 기록된 기록비트의 평균의 자기 모멘트의 방향이 막면에 거의 평행한 면내 자기 기록방식, 혹은 기록비트의 자기 모멘트의 방향이 막면과 평행하지 않은 수직(垂直) 자기 기록방식이나 경사(傾斜) 자기 기록방식의 자기 기록매체를 구성할 수 있다.

이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 설명한다.

(실시예 1)

도 2는, 면내 자기 기록매체의 일예의 개략 단면도이다. 도 2의 (a)는 본 발명에 의한 면내 자기 기록매체를 나타내고, 도 2의 (b)는 종래의 면내 자기 기록매체를 나타낸다. 본 발명에 의한 매체는 기판(11)상에 배향제어용 하층막(12), 격자 정합용 하층막(15)을 순차 형성하고, 그 상부에 자기 기록막(13), 보호막(14)을 설치한 구조를 가진다. 한편, 종래 구조의 매체는 기판(21)상에 자성막의 배향제어용 하층막(22)을 통해서 기록층인 코발트 합금박막(23)을 제작하고, 그 상부에 보호막(24)을 설치한 구조이다.

다음에, 양 구조의 자기 기록매체의 제작 수순을 설명한다. 우선, 도 2의 (a)에 나타낸 본 발명에 의한 매체의 제작에 있어서는, 세정한 직경 3.5인치 디스크용 석영기판(11)을 스퍼터링 성막장치에 설치하고, 1×10^{-8}Torr 이하의 진공도까지 배기한 후, 기판(11)을 300℃까지 가열하고, 정상온도에서 1 시간 방치하였다. 이 기판(11)상에 배향제어용 하층막(12)으로서 Cr막(막 두께: 10㎚), 격자 정합용 하층막(15)으로서 Cr-15at%Ti막(막 두께: 30㎚)을 순차 성막하였다. 이 2층 구조 하층막의 형성에는 DC 마그네트론 스퍼터링법을 사용하고, 성막시의 Ar 가스압력을 3mTorr로 하였다. 또한, 성막속도는 2㎚/초로 하였다.

그 후, DC 마그네트론 스퍼터링법보다도 성막시의 에너지가 큰 ECR(Electron Cyclotron Resonance) 스퍼터링법을 사용해서, 이 다층 하층막상에 평균 막 조성 Co-15at%Cr-10at%Pt-3at%Ta의 자성막(막 두께: 15㎚)(13)을 형성하였다. 성막시의 Ar 가스압력은 0.5mTorr로 하고, 성막속도가 0.3㎚/초가 되도록 타겟트에 인가하는 DC 전압을 조정하였다. 계속해서, 진공을 파손하지 않고 진공중 열처리를 행하였다. 열처리는, 가열 스테이지내의 진공도를 5×10^{-9}Torr까지 배기한 후 정상온도 450℃로 가열하고, 1 시간 방치한 후 매분 25℃의 비율로 실온까지 냉각하였다. 그 후, 최종 표면에 카본 보호막(막 두께: 15㎚)을 실온에서 성막하였다.

C 타겟트를 제외한 각 타겟트는 순도 99.9%이고, 각 합금박막의 제작에는 각 조성의 합금 타겟트를 사용하였다. 상술한 각 층의 막 조성은, 각각 단층막을 제작하고, ICPS법(Inductively Coupled Plasma Spectroscopy)을 사용하여 결정한 박막상태에서의 평균 조성이다. 이 시료를, 이하 시료 A라 한다.

한편, 도 2의 (b)에 단면 구조를 나타내는 비교용의 자기 기록매체는, 이하와 같이 하여 제작하였다. 여기서는, 자성막 조성이 Co-20at%Cr-8at%Pt인 매체의 제작 수순을 예로서 나타낸다. 세정한 자기 디스크용 NiP 도금 Al 합금 기판(21)을 스퍼터링 성막장치에 설치하고, 1×10^{-8}Torr 이하의 진공도까지 배기한 후, 기판(21)을 270℃까지 가열하고, 정상온도에서 1 시간 방치하였다. 이 기판(21)상에 배향제어용 하층막(22)으로서의 Cr막(막 두께: 50㎚), Co-Cr-Pt 자성막(막 두께: 15㎚)(23), 카본 보호막(24)을 순차 성막하였다. 박막의 성막조건은, 스퍼터링 Ar 가스압력을 3mTorr로 하고, DC 마그네트론 스퍼터링법으로 하였다. 또한, C 타겟트를 제외한 각 타겟트는 순도 99.9%이고, 자성막 성막에는 합금 타겟트를 사용하였다. 이 시료를, 이하 시료 B라 한다.

제작한 각 매체 시료는, 기록재생 특성을 평가한 후 작은 단편으로 잘라내서 막 구조, 자기 특성을 평가하였다. 매체 박막의 막 구조는, X선 회절법을 사용하여 조사하였다. θ- 2θX선 회절 측정의 결과, 종래 구조의 시료 B에서는, Cr 하층막(22)의 (200)면반사 및 Co-Cr-Pt 자성막(23)의 육방조밀 결정구조의 (11.0)면반사가 관측되었다.

한편, 시료 A에서는, Cr-Ti 하층막(15)의 (200)면반사 및 (200)면반사 의 약 1/10의 X선 회절강도에서 (110)면반사가 관찰되었다. 또한, 자성막(13)은 (11.0)면반사가 주반사이고, 이 피크치의 약 1/15의 강도에서 (10.1)면반사 피크가 관찰되었다. 이 결과는, Cr-Ti 하층막(15)의 대부분의 결정입자가 (110) 배향하고 있고, 이 하층막상에 에피택셜 성장한 자성막(13)은 (11.0) 배향, 일부 자성 결정입자가 Cr-Ti 하층막이 (100) 배향하고 있기 때문에 (10.1) 배향하여 성장한 것으로 생각할 수 있다. 여기서, 자성막의 회절면의 표시는, 4 지수 표시를 사용하고, 제3항을 생략 표기하였다. 또한, Cr 하층막(12)으로부터의 명확한 X선 회절 피크는 확인되지 않았다.

양시료의 결정의 미세구조를 조사하기 위해, 전자현미경을 사용하여 자성막의 평면 TEM상을 관찰하였다. 종래 구조인 시료 B에서는, 평균 결정입자 지름이 약 15㎚이고, 입자지름 분포가 브로드(broad) 하다. 한편, 시료 A에서는, 평균 결정입자 지름이 약 12㎚이고, 입자지름 분포가 시료 B에 비해 약 2할 정도 작게 되어 있다. 또한, 결정입자의 단면 구조에 착안하면, Cr-Ti 배향 제어막과 자성막은 결정 격자가 연속하여 있고 에피택셜 성장하였다. 여기서, 결정입자의 결정입자 지름은, 막면내 방향에서의 결정입자의 면적과 같은 면적인 원의 직경으로 정의하였다.

결정입자 레벨에서의 조성 분포를 조사하기 위해, 공간분해능 2㎚의 EDX 분석기(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)를 탑재한 분석 전자현미경을 사용해서 자성막의 임의의 측정점에서의 조성 분석을 행하였다. 이 결과, 시료 A에서는 결정입자 경계부에서 Cr 원소가 30at% 이상의 값을 나타낸 것에 비해서, 결정입자 내부에서는 평균 약 8at%Cr의 값을 나타내고, 막 평균 조성에 비해 결정입자 내에서는 Cr의 함유량이 반감하였다.

시료 B에 대해서도 같은 분석을 행한 결과, 결정입자 경계에서의 Cr 원소 농도는 약 23at%의 값을 나타

내고, 평균 조성에 비해 약 3at%의 증가로 멈추었다. 한편, 결정입자 내부에서는, 결정입자 경계 근방의 부분에서는 결정입자 경계부에 Cr이 편석한 것에 따라 평균 조성에 비해 약 3at%의 Cr 농도의 감소가 관찰되었지만, 결정입자 중심부에서는 평균 조성과 거의 일치하였다. 이렇게, 시료 B에서는 시료 A에서 관찰된 것처럼 결정입자 내부 전체의 조성이 변화하는 것과 같은 명확한 조성 편석 구조는 생기지 않았다.

이 시료 A, B에 대해서, 온도 범위 5K ~ 350K의 각종 온도에서 자화곡선의 측정을 행했다. 도 3에, 각 시료의 T = 5K에서의 포화자화의 크기로 규격화한 규격화 포화자화 m의 온도변화를 나타낸다. 양 시료 모두, 온도 상승에 따라 규격화 포화자화 m의 값은 단조(單調)롭게 감소하고 있다. 단, 시료 A에서는 T = 300K에서 m = 0.89인 것에 비해서, 시료 B에서는 T = 300K에서 m = 0.65이고, 시료 B의 쪽이 큰 온도변화를 나타내고 있다. 300K에서의 잔류 자속밀도 막 두께의 곱(Br · t)은 시료 A, 시료 B 모두 55Gauss · ㎛였다.

도 4는, 횡축을 T^2로 해서 도 3을 m(T) - T^2의 관계로 다시 기록한 것이다. 시료 A, B 모두 규격화 포화자화 m(T)는 T^2에 대해서 거의 선형으로 단조 감소하고 있고, 근사식 m(T) = -A · T^2 + B의 형태로 기술 가능하다. 시료 A에 대해서, 측정 결과의 최소자승법(least square method) 피팅을 사용하여 근사식의 계수 A, B를 구하면, 다음의 수학식 1과 같이 되고, T^2축과의 교점의 온도(T1)는 T1 =946K로 된다.

$$m(T) = 1.00 - (1.11 \times 10^{-6})T^2$$

또한, 도 4에 나타낸 바와 같이, 온도 상승, 즉 T^2의 증가에 따르지 않고 규격화 포화자화 m(T)는 단조롭게 감소하고 있고, 5K ≤T ≤350K의 온도 영역에서는 m(T)의 온도변화율은 T = 350K 근방에서 최대로 된다. 시료 A에서는 m(T = 320K) = 0.896, m(T = 340K) = 0.871이므로, 1K당 m(T)의 변화율은 다음의 수학식 2와 같이 0.0013으로 된다.

$$\Delta m = -[m(T = 340K) - m(T = 320K)]/[340K\text{-}320K] = 0.0013$$

한편, 시료 B에서는 m(T) = -A · T^2 + B의 형태인 근사식은 다음의 수학식 3으로 되어, T1 = 500K로 된다. 또한, m(T = 320K) = 0.59, m(T = 340K) = 0.538K 이고, 1K당 m(T)의 변화율은 Δm = 0.003으로 된다.

$$m(T) = 1.00 - (4.01 \times 10^{-6})T^2$$

상술한 바와 같은 자기 특성을 가지는 자기 기록매체를 사용해서 자기 기억장치를 조립하였다. 자기 기억장치는, 도 7의 (a)에 평면 모식도를, 도 7의 (b)에 그 AA선의 단면 모식도를 나타내는 주지의 구조의 것으로, 자기 기록매체(91), 자기 기록매체(91)를 회전 구동하는 자기 기록매체 구동부(92), 회전하는 자기 기록매체상을 이동하여 기록 및 재생을 행하는 자기헤드(93), 자기헤드(93)를 자기 기록매체(91)상에서 구동하는 자기헤드 구동부(94), 자기헤드로 기록신호를 공급하고, 또 자기헤드로부터의 재생신호를 처리하는 기록재생 신호처리계(95)를 구비한다.

도 7에 나타내는 자기 기억장치에 시료 A 및 시료 B의 자기 기록매체를 편입시켜, 기록재생 특성의 비교를 행했다. 기록에는, 트랙 폭 2.5㎛, 갭 길이 0.3㎛의 박막헤드를, 재생에는 트랙 폭 2㎛의 자기저항 효과형 헤드를 사용하였다. 기록시, 재생시 모두, 헤드의 부상량은 매체 보호막면으로부터 0.07㎛이고, 슬라이더의 기판에 대한 상대속도는 11m/s로 하였다. 우선, 실온 (T = 296K)에서 선기록밀도 20kFCI로 기록을 행한 후, 이 온도에서 재생을 행했다. 그 후, 항온조 내에서 장치 온도를 T = 350K로 승온하여 열평형 상태에 도달한 후, 실온에서 기록한 상술한 20kFCI에서의 기록신호를 재생하고, 실온에서의 출력신호와 비교하였다.

실온 (T = 296K)에서의 재생신호 출력에서 규격화한 T = 350K에서의 재생신호 출력은 시료 A에서는 0.85인 것에 비해서, 시료 B에서는 0.51로 되어 반감하고 있다. 또한, 온도 상승에 따르는 출력의 저하에 더해서, 노이즈 강도는 증가하였다. 이 경향은, 시료 B의 쪽이 강하고, S/N의 관점에서 보면 시료 B에서는 재생신호의 출력저하 이상으로 S/N의 열화가 현저하다.

자기 기억장치를 동작시킬 때에는, 장치의 사용 환경에 따라 장치 내부의 온도가 변화한다. 이 때문에, 장치 온도가 상승하여도 장치로서 충분한 가동조건을 만족할 필요가 있고, 장치 온도 350K에서의 실온에 대한 재생 출력신호의 변동을 30% 이내로 억제할 필요가 있다. 상술한 바와 같이, 본 발명의 조건을 만족하는 매체 시료 A에서는 출력감소가 약 20%인 것에 비해서, 시료 B에서는 출력이 반감하고 있고, 장치로서 동작시키는 것이 곤란하다.

상술한 시료 이외에, 자기 기록층용 자성막으로서 Co-19at%Cr-10at%Pt-3at%Ta, Co-22at%Cr-10at%Pt-3at%Ta의 2 종류에 대해서, 시료 A와 같은 성막 프로세스로 자기 기록매체를 제작하였다. 이하, 자성막에 Co-19at%Cr-10at%Pt-3at%Ta를 사용한 자기 기록매체를 시료 C, Co-22at%Cr-10at%Pt-3at%Ta를 자성막으로 사용한 자기 기록매체를 시료 D라 한다. 자성막의 자성 결정입자의 크기를 투과형 전자현미경을 사용해서 막 평면내의 결정입자상을 관찰한 바, 평균 결정입자 지름은, 시료 C가 11㎚, 시료 D가 14㎚였다. 300K에서의 잔류 자속밀도 막 두께의 곱(Br · t)은 시료 C가 50Gauss · ㎛, 시료 D가 85Gauss · ㎛였다.

시료 C, D 모두, 규격화 포화자화 m은 T = 300K에서 0.75 이상의 값을 나타내고, 또 T^2에 대해서 규격화 포화자화는 거의 선형으로 감소하였다. 이때 직선의 기울기 주는 정수 A와 온도 T1, 5K≤T≤350K의 온도범위내에서의 규격화 포화자화 mT의 1K당 최대의 온도변화율 및 실온으로부터 T = 350K의 온도변화에 대한 재생출력의 감소율은, 각각 이하의 표 1과 같았다.

[표 1]

	정수 A	T1	m의 변화율	재생신호의 감소율
시료 C	1.7×10^{-6}	775K	0.0012	21%
시료 D	2.5×10^{-6}	632K	0.0018	28%

상기 시료 D가 재생신호의 온도변화에 대한 감소율이 자기 디스크 장치를 동작시키기 위해 필요한 조건의 경계치와 거의 같다고 생각할 수 있다.

(실시예 2)

도 5는, 수직 자기 기록매체의 일예의 개략 단면도이다. 도 5의 (a)는 본 발명에 의한 수직 자기 기록매체를 나타내고, 도 5의 (b)는 종래의 수직 자기 기록매체를 나타낸다. 종래 구조의 매체는, 기판(41)상에 자성막의 배향제어용 하층막(42)을 통해서 기록층인 코발트 합금박막(43)을 성막하고, 그 상부에 보호막(44)을 설치한 구조이다. 한편, 본 발명에 의한 매체는, 종래 매체 이상으로 결정 배향성을 향상하기 위해, 기판(31)상에 종래의 배향제어용 하층막(32)의 상부에 새롭게 배향 제어층(35)을 설치하고, 그 상부에 자기 기록막(33), 보호막(34)을 설치한 구조를 가진다.

다음에, 양 구조의 자기 기록매체의 제작 수순을 설명한다. 우선, 도 5의 (a)에 나타낸 본 발명에 의한 수직 자기 기록매체의 제작에 있어서는, 세정한 직경 3.5인치 디스크용 석영기판(31)을 스퍼터링 성막장치에 설치하고, 1×10^{-8}Torr 이하의 진공도까지 배기한 후, 기판(31)을 300℃까지 가열하고, 정상온도에서 1 시간 방치하였다. 이 기판(31)상에 배향제어용 하층막(32)으로서 Ti막(막 두께: 30㎚), 배향 제어막(35)으로서 Ti-15at%Cr막(막 두께: 30㎚)을 순차 성막하였다. 이 2층 구조의 하층막의 형성에는 DC 마그네트론 스퍼터링법을 사용하고, 성막시의 Ar 가스압력을 3mTorr로 하였다. 또한, 성막속도는 2㎚/초로 하였다.

그 후, DC 마그네트론 스퍼터링법보다도 성막시의 에너지가 큰 ECR 스퍼터링법을 사용해서, 이 다층 하층막상에 평균 막 조성 Co-15at%Cr-10at%Pt-3at%Ta의 자성막(막 두께: 50㎚)(33)을 형성하였다. 성막시의 Ar 가스압력은 0.5mTorr로 하고, 성막속도가 0.3㎚/초가 되도록 타겟트에 인가하는 DC 전압을 조정하였다.

계속해서, 진공을 파손하지 않고, 제작한 박막 시료를 진공중에서 열처리 하였다. 열처리는, 가열 스테이지내의 진공도를 5×10^{-9}Torr까지 배기한 후, 정상온도 450℃로 가열하고 1 시간 방치한 후, 매분 25℃의 비율로 실온까지 냉각하였다. 그 후, 최종 표면에 카본 보호막(막 두께: 15㎚)(34)을 실온에서 성막하였다.

C 타겟트를 제외한 각 타겟트는 순도 99.9%이고, 각 합금박막의 제작에는 각 조성의 합금 타겟트를 사용하였다. 상술한 각 층의 막 조성은, 각각 단층막을 제작하고, ICPS법(Inductively Coupled Plasma Spectroscopy)을 사용하여 결정한 박막상태에서의 평균 조성이다. 이 시료를, 이하 시료 E라 한다.

한편, 도 5의 (b)에 단면 구조를 나타내는 종래 구조의 매체는, 이하와 같이 하여 제작하였다. 여기서는, 자성막 조성이 Co-20at%Cr-8at%Pt인 매체의 제작 수순을 예로서 나타낸다. 세정한 자기 디스크용 NiP 도금 Al 합금 기판(41)을 스퍼터링 성막장치에 설치하고, 1×10^{-8}Torr 이하의 진공도까지 배기한 후, 기판(41)을 270℃까지 가열하고, 정상온도에서 1 시간 방치하였다. 이 기판(41)상에 배향제어용 하층막(42)으로서의 Ti막(막 두께: 50nm), Co-Cr-Pt 자성막(막 두께: 50nm)(43), 카본 보호막(44)을 순차 성막하였다. 박막의 성막조건은, 스퍼터링 Ar 가스압력 3mTorr로 하고, DC 마그네트론 스퍼터링법으로 하였다. 또한, C 타겟트를 제외한 각 타겟트는 순도 99.9%이고, 자성막 성막에는 합금 타겟트를 사용하였다. 이 시료를, 이하 시료 F라 한다.

제작한 각 매체 시료는, 기록재생 특성을 평가한 후, 작은 단편으로 잘라내서 막 구조, 자기 특성을 평가하였다. 매체 박막의 막 구조는, X선 회절법을 사용하여 조사하였다. θ- 2θX선 회절측정의 결과, 시료 E, F 모두, 자성막으로부터는 육방조밀 결정구조의 (00.2)면반사가 관측되고, 시료 E에 비해 시료 F의쪽이 피크가 브로드 하였다. 이 결과는, 양 시료 모두 기본적으로는 자성막의 c축이 막면 수직방향으로 성장한 수직 자화막이지만, 시료 F에 비해 시료 E의 쪽이 c축 배향이 좋은 것을 나타내고 있다. 자성막의 자성 결정입자를 투과형 전자현미경을 이용하여 관찰한 바, 그 평균 결정입자 지름은 시료 E가 14㎚, 시료 F가 16㎚였다.

이 시료 E, F에 대해서, 온도 범위 5K ~ 350K의 각종 온도에서 자화곡선의 측정을 행했다. 도 6에, 각 시료의 T = 5K에서의 포화자화의 크기로 규격화한 규격화 포화자화 m의 온도변화를 나타낸다. 양시료 모두, 온도 상승에 따라 규격화 포화자화 m의 값은 단조롭게 감소하고 있다. 단, 시료 E에서는 T = 300K에서 m = 0.90인 것에 비해서, 시료 F에서는 T = 300K에서 m = 0.68로 되고, 시료 F의 쪽이 큰 온도변화를 나타내고 있다. 이 결과에 대해서 m(T) - T^2의 관계로 다시 정리하여 , 양 시료 모두 근사식 $m(T) = -A \cdot T^2 + B$의 형태로 기술 가능하다.

이때, 시료 E에서는, 계수 $A = 1.1 \times 10^{-6}$, T^2축과의 교점의 온도 T1 = 930K인 것에 비해서, 시료 F에서는 계수 $A = 3.7 \times 10^{-6}$, T1 = 520K였다. 또한, 5K ≤T≤350K의 온도 범위내에서의 규격화 포화자화 mT의 1K당 최대의 온도변화율은 시료 E가 0.0008, 시료 F가 0.0026였다.

상술한 바와 같은 자기 특성을 가지는 자기 기록매체를 도 7에 나타내는 자기 기억장치에 편입한 것에 대해서 기록재생 특성의 비교를 행했다. 기록에는, 트랙 폭 2.5㎛, 갭 길이 0.3㎛의 박막헤드를, 재생에는 트랙 폭 2㎛의 자기저항 효과형 헤드를 사용하였다. 기록시, 재생시 모두, 헤드의 부상량은 매체 보호막면으로부터 0.07㎛이고, 슬라이더의 기판에 대한 상대속도는 11m/s로 하였다.

우선, 실온 (T = 296K)에서 선기록밀도 20kFCI로 기록을 행한 후, 이 온도에서 재생을 행했다. 그 후, 항온조내에서 장치 온도를 T = 350K로 승온하여 열평형 상태에 도달한 후, 실온에서 기록한 상술한 20kFCI에서의 기록신호를 재생하고, 실온에서의 출력신호와 비교하였다. 실온 (T = 296K)에서의 재생신호 출력으로 규격화한 T = 350K에서의 재생출력은, 시료 E에서는 0.86인 것에 비해서, 시료 F에서는 0.54로 되어 반감하고 있다. 또한, 온도 상승에 따른 출력저하에 더해서, 노이즈 강도는 증가하였다. 이 경향은 시료 F의 쪽이 강하고, S/N의 관점에서 보면, 시료 F에서는 재생신호의 출력저하 이상으로 S/N의 열화가 현저하다.

자기 디스크장치를 동작시킬 때에는, 장치의 사용 환경에 따라 장치 내부의 온도가 변화한다. 이 때문에, 장치 온도가 상승하여도 장치로서 충분한 가동조건을 만족할 필요가 있고, 장치 온도 350K에서의 실온에 대한 재생 출력신호의 변동을 30% 이내로 억제할 필요가 있다. 상술한 바와 같이, 본 발명의 조건을 만족하는 매체 시료 E에서는 출력감소가 약 15%인 것에 비해서, 시료 F에서는 출력이 반감하고 있고, 시료 F에서는 장치로서 동작시키는 것이 곤란하다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 자기 기억장치의 동작온도 영역에서 자기 기록매체의 포화자화의 온도변화가 작고, 기록재생 특성의 온도변화가 작은 매체 구조를 실현함으로써, 고밀도 기록을 실현하기 위해 우수한 매체 구조의 제공이 가능해진다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

기판상에 자기 기록막을 형성한 자기 기록매체에 있어서,

절대온도(T) 5K에서의 상기 자기 기록막의 막 평균의 포화자화(saturation magnetization)의 크기 Ms(T = 5K)와 절대온도(T) 300K에서의 상기 자기 기록막의 막 평균의 포화자화의 크기 Ms(T = 300K)가,

$Ms(T = 300K)/Ms(T = 5K) \geq 0.75$

를 만족하는 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 자기 기록막의 자성 결정입자의 결정입자 지름을 막면내 방향에서의 자성 결정입자의 면적과 같은 면적인 원의 직경으로 정의할 때, 상기 자성 결정입자의 평균 결정입자 지름(d)은 5㎚ 보다 크고 15㎚ 보다 작은 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

기록비트의 비트 길이의 최소치(L)에 대해서 $12 > L/d > 4$인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 기록비트의 평균 자기 모멘트의 방향이 막면과 거의 평행하고, 상기 자기 기록막의 막 두께를 t(㎛), 절대온도로 300K에서의 자기 기록막 평균의 잔류 자속밀도를 Br(Gauss)로 할 때, $30Gauss \cdot ㎛ < Br \cdot t < 80Gauss \cdot ㎛$인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

절대온도 $5K \leq T \leq 350K$의 범위내에서, 포화자화 Ms(T)를 Ms(T = 5K)로 규격화한 규격화 포화자화 m(T) = Ms(T)/Ms(T = 5K)가, 절대온도(T)의 다항식에 근사할 때 T^2에 대해서 거의 선형으로 감소하고, 그 선형 관계를 기울기 정수 A, m(T)축과의 교점을 정수 B로 하여

$$m(T) = -A \cdot T^2 + B$$

로 표시한 경우, $0 < A \leq 2.8 \times 10^{-6}(K^{-2})$인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

절대온도 $5K \leq T \leq 350K$의 범위내에서, 포화자화 Ms(T)를 Ms(T = 5K)로 규격화한 규격화 포화자화 m(T) =

Ms(T)/Ms(T = 5K)가, 절대온도(T)의 다항식에 근사할 때 T^2에 대해서 거의 선형으로 감소하고, 그 선형 관계를 기울기 정수 A, m(T)축과 의 교점을 정수 B로 하여

$m(T) = -A \cdot T^2 + B$

로 표시한 경우, $0 < A \leq 2.8 \times 10^{-6}(K^{-2})$인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

m(T1) = 0의 관계를 만족하는 온도(T1)가 T1 ≥600K인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

절대온도 5K≤T≤350K의 범위내에서, 상기 규격화 포화자화 m(T) 의 온도변화율이 1K당 최대 0.002인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

m(T1) = 0의 관계를 만족하는 온도(T1)가 T1 ≥600K인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

절대온도 5K≤T≤350K의 범위내에서, 상기 규격화 포화자화 m(T) 의 온도변화율이 1K당 최대 0.002인 것을 특징으로 하는 자기 기록매체.

청구항 11

자기 기록매체와, 자기 기록매체 구동부와, 자기헤드와, 자기헤드 구동부와, 기록재생 신호처리계를 포함하는 자기 기억장치에 있어서,

기판상에 자기 기록막을 형성하고, 절대온도(T) 5K에서의 상기 자기 기록막의 막 평균의 포화자화의 크기 Ms(T = 5K)와 절대온도(T) 300K에서의 상기 자기 기록막의 막 평균의 포화자화의 크기 Ms(T = 300K)가,

Ms(T = 300K)/Ms(T = 5K) ≥0.75

를 만족하는 자기 기록매체를 이용하는 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 자기 기록막의 자성 결정입자의 결정입자 지름을 막면내 방향에서의 자성 결정입자의 면적과 같은 면적인 원의 직경으로 정의할 때, 상기 자성 결정입자의 평균 결정입자 지름(d)은 5㎚ 보다 크고 15㎚ 보다 작은 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 자기 기록매체는, 기록비트의 비트 길이의 최소치(L)에 대해서 $12 > L/d > 4$인 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 자기 기록매체는, 상기 기록비트의 평균의 자기 모멘트의 방향이 막면과 거의 평행하고, 상기 자기 기록막의 막 두께를 t(㎛), 절대온도로 300K에서의 자기 기록막 평균의 잔류 자속밀도를 Br(Gauss)로 할 때, $30\text{Gauss} \cdot ㎛ < Br \cdot t < 80\text{Gauss} \cdot ㎛$인 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 자기 기록매체는, 절대온도 5K≤T≤350K의 범위내에서, 포화자화 Ms(T)를 Ms(T = 5K)로 규격화한 규격화 포화자화 m(T) = Ms(T)/Ms(T = 5K)가, 상기 절대온도(T)의 다항식에 근사할 때 T^2에 대해서 거의 선형으로 감소하고, 그 선형 관계를 기울기 정수 A, m(T)축과의 교점을 정수 B로 하여

$m(T) = -A \cdot T^2 + B$

로 표시한 경우, $0 < A \leq 2.8 \times 10^{-6}(K^{-2})$인 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 자기 기록매체는, m(T1) = 0의 관계를 만족하는 온도(T1)가 T1 ≥600K인 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

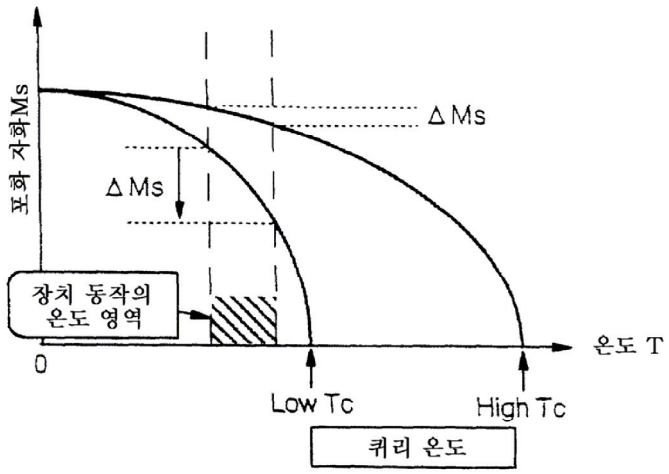
청구항 17

제 15 항에 있어서,

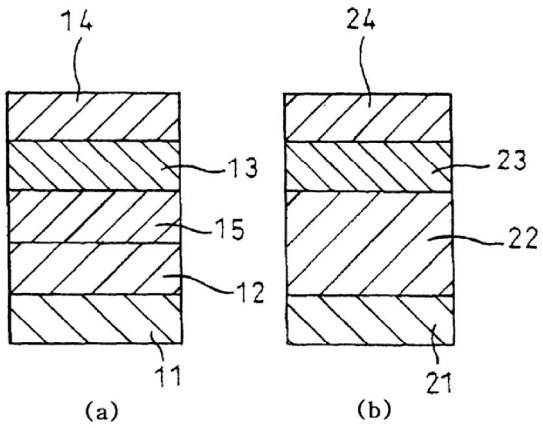
상기 자기 기록매체는, 절대온도 5K≤T≤350K의 범위내에서, 상기 규격화 포화자화 m(T) 의 온도변화율이 1K당 최대 0.002인 것을 특징으로 하는 자기 기억장치.

도면

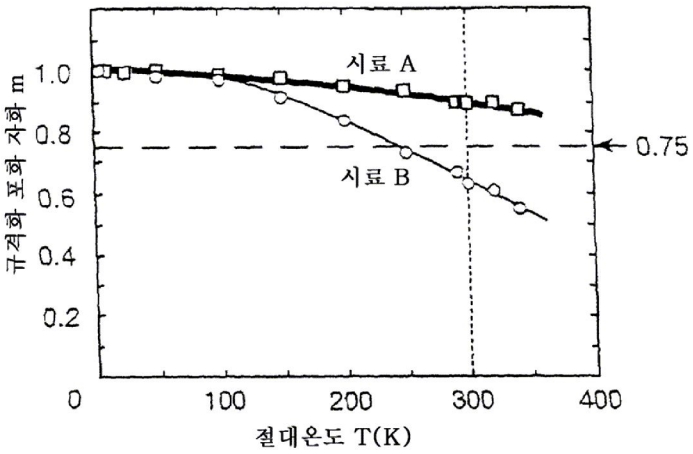
도면1



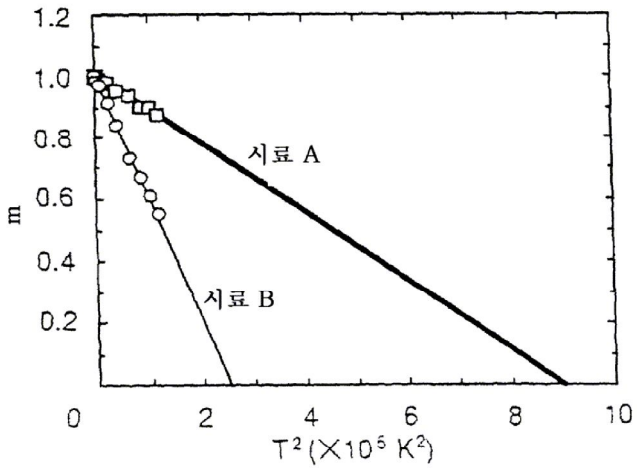
도면2



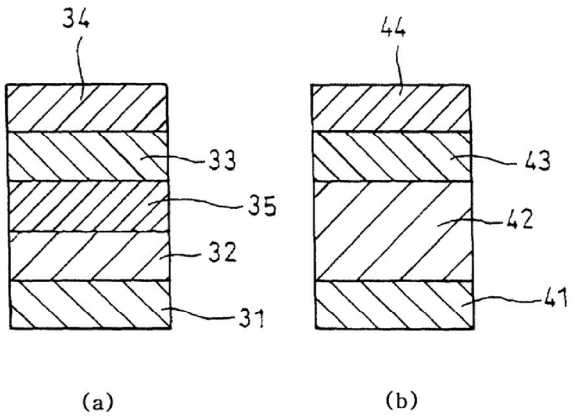
도면3


시료 A
시료 B
0.75
규격화 포화 자화 m
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
100
200
300
400
절대온도 T(K)

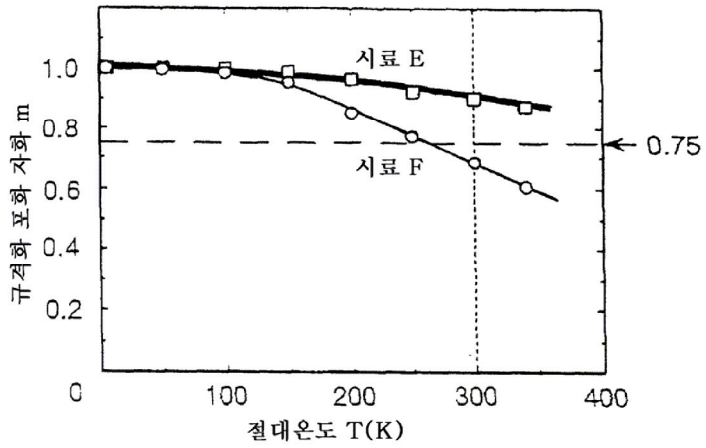
도면4


시료 A
시료 B
m
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
2
4
6
8
10
T²(×10⁵ K²)

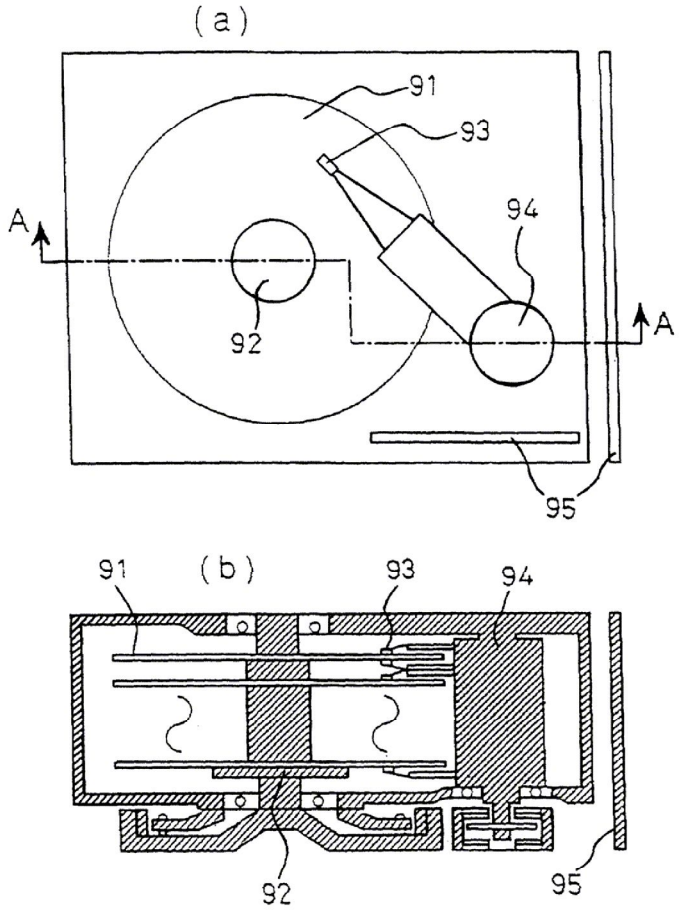
도면5


34
33
35
32
31
44
43
42
41
(a)
(b)

도면6


시료 E
시료 F
0.75
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0
100
200
300
400
규격화 포화 자화 m
절대온도 T(K)

도면7


(a)
91
93
94
A
A
92
95
91
(b)
93
94
92
95