(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl.[6]
G11B 5/66

(45) 공고일자 2004년06월04일
(11) 등록번호 10-0412256
(24) 등록일자 2003년12월11일

(21) 출원번호 10-1997-0705405
(22) 출원일자 1997년08월06일
번역문 제출일자 1997년08월06일
(86) 국제출원번호 PCT/US1996/001364
(86) 국제출원출원일자 1996년02월01일
(65) 공개번호 10-1998-0702010
(43) 공개일자 1998년07월15일
(87) 국제공개번호 WO 1996/24927
(87) 국제공개일자 1996년08월15일

(81) 지정국 국내특허 : 캐나다, 중국, 일본, 대한민국, 멕시코, 싱가포르,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 리히텐슈타인, 사이프러스, 독일, 덴마크, 스페인, 핀랜드, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴,

(30) 우선권주장 08/385107 1995년02월07일 미국(US)

(73) 특허권자 시게이트 테크놀로지 엘엘씨
미국 캘리포니아 스코츠 밸리 디스크 드라이브 920(우:95066)

(72) 발명자 탱 자이오자이
미국 캘리포니아 95133 산 호세 크리크 포인트 드라이브 2911

쳉 가-레인
미국 캘리포니아 94539 프레몬트 에스트렐라 로드 150

(74) 대리인 남상선

심사관 : 장현숙

(54) 다층자기기록매체및자기저항드라이브시스템

요약

본 발명은 개량된 다층자기기록매체와 이러한 매체가 합체되어 있는 자기저항드라이브시스템에 관한 것이다. 특히, 코발트 또는 코발트합금과 팔라듐이나 백금과 같은 귀금속의 교호층이 포함되어 있는 다층매체와 이러한 매체를 제조하는 방법이 개시되어 있다. 본 발명에 의한 매체에는 일반적으로 기판, 핵생성층, 격자 및 보호층이 포함되어 있다. 일부실시예에서는, 기판이 연사된 알루미늄으로 되어 있다. 다른 실시예에서는 핵생성층의 두께가 100Å 이상이고, 일부실시예에서는 약 200 내지 600Å이다. 격자에는 일반적으로 코발트(또는 그 합금)와 팔라듐 또는 백금의 이중층이 포함되어 있다. 코발트층의 두께는 약 1.5 내지 10Å, 2 내지 7Å 또는 3 내지 5Å이다. 팔라듐 또는 백금층의 두께는 약 5 내지 15Å, 7 내지 12Å 또는 8 내지 11Å이다. 격자(33)내의 층수 또는 주기성은 약 10 내지 30 또는 15 내지 25 이다. 일부실시예에서는 격자(33) 및 핵생성층(32)의 두께가 1500Å를 초과하지 아니한다. 본 발명은 또한 2 x 10 [6] erg/cc를 초과하는 수직비등방성과 5000 Oe 정도의 보자력을 가지는 수직기록매체와 함께, 링기록헤드와 자기저항(MR)판독 헤드가 포함되어 있는 새로운 정보기억장치도 제공한다. 개량된 MR 판독헤드도 제공된다. 개량에는 MR 소자가 매체에 대하여 수직으로 오프셋되게 하는 MR 소자 내에서의 물리적 오프셋이 포함된다.

대표도

도 1

명세서

기술분야

본 발명은 개량된 다층자기기록매체와 이를 내장한 자기저항 드라이브 시스템에 관한 것이다. 특히, 코발트 또는 코발트합금과 팔라듐이나 백금과 같은 귀금속의 교호층을 포함하는 다층매체가 기술된다.

배경기술

자기기록매체는 테이프 레코더 또는 VCR용 테이프에 사용되는 재료와 유사하다. 정보(음악, 단어, 화상)는 기록 및 재생될 수 있다. 그러나, 대부분의 테이프 레코더 및 VCR 내의 테이프와는 달리, 본 발명의 매체(media)는 일반적으로 정보를 디지털형태로 기록하는데 이용된다. 디지털정보는 기본적으로 모스부호(Morse code)의 도트 및 대쉬와 유사한 방법으로 해독할 수 있는 1과 0의 문자열이다. 이러한 디지털정보는(디스크 드라이브내에서와 같은) 컴퓨터 또는 정보를 처리할 수 있는 기타 기계에 의하여 이용될 수 있다.
기록매체에는 일반적으로 지지층에 부착된 자기층이 포함되어 있다. 이러한 자기층은 각각 별개의 자석과 같이 작용하는 다수의 미소 결정(crystal)을 갖는 것으로 생각할 수 있다. 자석에는 북극과 남극이 있다. 누구든지, 하나의 자석의 북극과 다른 자석의 남극은 서로 끌어당기고, 하나의 자석의 북극과 또다른 자석의 북극끼리는 서로 반발한다는 것을 알수 있다.
결정에 전자전하(electronic charge)를 인가하면, 이 결정의 자화(磁化)방향을 예를 들면, 북을 남으로 또는 남을 북으로 변경시킬 수 있다. 따라서, 자기기록 매체에 전자전하를 적절히 제어하여 인가하면, 자기기록매체에 자기 텍스처(magnetic texture)를 제공할 수 있다. 텍스처는 일반적으로 기록헤드(write head)에 의하여 매체상에 기록된다. 기록헤드는 전기를 매체로 통과시킴으로써 결정의 자화방향이 바꾸어지게 한다.
그러므로, 예를 들면, 매체의 결정 전부가 남극을 향하게 배열된 매체로 시작하는 것으로 가정하고, 매체에 전기를 통하게 하면, 결정이 북극으로 향하게 풀립(flip)할 수 있다고 가정하고, 끝으로 남극으로 향하여 있는 결정이 0을 나타내고, 북극으로 향하여 있는 결정은 1을 나타낸다고 가정하자. 그러면, 2개의 결정에는 전기를 통하게 하고, 하나의 결정에는 전기를 중단하고, 하나에는 통과시키고, 3개에는 정지하고, 하나에는 통과시킴으로써, 11010001의 매체상에 텍스처를 만들 수 있다.
매체가 판독헤드 아래에서 이동할 때, 판독헤드는 자화방향을 감지하고, 어느 기계가 지금 감지하고 있는 것에 접속되어있다고 말한다. 판독헤드가 감지하는 것은 물체가 옆으로 지나갈 때 생기는 지나가는 바람(puff of air)과 유사한 자속(flux)이라 한다.
종래의 기록매체는 일반적으로 자기 텍스처를 자기층의 평면내에 배치하기 때문에(세로기록매체), 결정의 자화방향을 일반적으로 우측 또는 좌측이라고 나타낼 수 있다. 더 새로운 기록매체는 일반적으로 텍스처가 매체내에서 수직으로 배치 되어 있기 때문에, 결정은 위를 보거나, 아래를 향한다(수직기록매체). 더 많은 정보가 수직매체상에 기록되고, 수직매체로부터 판독될 수 있다는 것이 판명되었다.
그러나, 현재 이용할 수 있는 거의 모든 자기기록시스템은 세로기록(longitudinal recording)을 이용한다. 세로기록에 있어서도, 정보가 매체의 표면에 대하여 평행으로 자기매체내에 기억된다. 직각 또는 수직기록에 있어서는, 세로 기록과는 대조적으로, 자속이 매체의 표면에 대하여 평행이 아니라, 표면에서 표면으로 매체를 가로질러 또는 수직으로 통과한다.
이론적으로는, 수직매체는 상당히 더 높은 선형데이터밀도를 가질 수 있다. 일반적으로, 이러한 가능성은 주변영역내에서 발견되는 자화(magnetization)에 대하여 역방향 자화를 가지는 이산 영역내의 수직매체내에 정보가 기억되는 사실에서 생기는 것이다. 이러한 영역은 잠재적으로 매체내의 극소수 결정속에 존재할 수 있다. 통상적으로, 정보는, 이산형 수직자화영역내에 있는 국부적 불연속성을 정보로서 처리할 수 있는 전기장으로 변환시키는 자기헤드를 이용하여 매체로 부터 판독된다.
그러나, 이산형 자화영역 사이에도 통상적으로 매체의 표면에 대하여 평행인 자화, 부영역(subdomain) 또는 역자화가 존재한다. 이것은 특히, 층의 잔류자화가 포화자화보다 훨씬 작은 상황에서 그러하다. 이러한 상황에서는 영역 사이의 추이(transition)가 본질적으로 자기잡음에서 생기는 바람직하지 아니한 전자신호를 일으킬 수 있다.
자기기록매체를 기술하는데 중요한 몇 개의 용어는 보자력(保磁力) 비등방성(anisotropy), 출력 및 잡음(noise)이다. 보자력(保磁力)이라 함은 본질적으로 매체가 특정한 자화방향을 얼마나 확고하게 유지하느냐, 예를 들면, 매체내에 있는 하나의 결정의 방위(orientation)를 변경시키려면 얼마나 많은 에너지가 소요되는가를 말하는 것이다. 비등방성이라함은 결정이 한방향 또는 다른 방향을 향하게 하는데 필요한 에너지의 차이를 말한다. 결정은 일반적으로 우선자화방향을 가지고 있기 때문에, 결정을 이러한 우선방향으로 다른 방향으로 플립시키려면 더 많은 에너지가 소요되고, 우선방향으로 복귀시키는데에는 에너지가 적게 소요된다. 출력(output)은 기본적으로 매체내에서 자속의 판독을 용이하게 하는 것을 말한다. 끝으로, 잡음은 무선상의 공전방해(static)와 유사하다. 공전방해가 심하면, 무슨 음악이 연주되고 있는지를 말하기 어렵다.

수직기록을 행하기 위하여도, 수직 비등방성을 가진 자기기록매체를 이용할 필요가 있다. 수직비등방성은 본질적으로 매체의 표면에 대하여 수직인 자기모멘트를 만들어내는 자성체의 결정구조에 기인되는 것이다. 전형적인 수직자성체의 하나는 코발트-크롬 합금(CoCr)이다.
CoCr 합금의 비등방성의 정도는 합금내의 크롬의 양에 따라 달라진다. 크롬의 함량이 증가됨에 따라, 비등방성은 저하된다. 자기이력(magnetic hysteresis:M-H)도 저하된다. 예를 들면, CoCr 매체에 대한 비등방성을 측정하는 전형적인 M-H-루프는 수직방향으로 약 0.3 내지 0.4의 직각도(squareness)를 나타내는데, 이는 이상적인 단위값보다 상당히 낮은 것이다. 그외에도, 충분한 수직보자력을 얻으려면 비교적 두꺼운 필름을 이용하여야 한다. 예를 들면, 1000에르스텟(Oe)의 수직 비등방성을 달성하려면, 필름 두께를 500Å 정도로 하여야 한다.
이 기술분야에서는 코발트와 팔라듐 또는 백금의 교호층이 포함되어 있는 다층매체가 양호한 수직기록능력을 가진 것으로서 제안되었다. 예를 들면, 카르시아(카르시아 I), 브뢰데르 및 카르시아 II에게 수여된 미합중국특허 제 4,587,176호 제 4,678,721호 및 제 5,106,703호에서 각각 코발트와 팔라듐 또는 백금의 교호층을 포함한 다층매체가 개시되어 있다.
카르시아 I의 특허는 코발트와 팔라듐 또는 백금의 교호층을 가진 층상간섭성구조에 관한 것이다. 각 코발트층은 두께가 8Å 이하(더 바람직하기로는 7Å 이하, 가장 바람직하기로는 5Å 이하)로 개시되어 있다. 각 백금 또는 팔라듐층의 두께는 0.65λ 이상(더 바람직하기로는 0.80λ, 가장 바람직하기로는 0.90λ) 두께이며, 여기에서 λ는 인접한 2개의 코발트 및 백금/팔라듐층에 대하여 동등한 주기성의 함수이다. λ의 값은 100Å 이하가 바람직하다. 층상매체의 총두께는 3,000Å 내지 20,000Å가 적당하다. 이러한 교호층이 제공된 매체는 수직자기비등방성이 높다는 것이 참고로 개시되어 있다.
브뢰데르(Broeder) 등의 특허는 수직비등방성을 가진 얇은 자기층이 있는 비자성체기판이 포함되어 있는 자기기록매체에 관한 것이다. 이러한 자기층에는 팔라듐과 코발트의 교호층이 포함되어 있다. 개별 팔라듐 층의 두께는 0.2 내지 2.0nm이고, 개별코발트층에는 적어도 하나의 단일 코발트원자층이 포함되어 있고, 그 두께는 0.3nm 이하이다. 예를 들면, 특허에서는 20nm Pd층, (n)개의 (x) nm Co 층 및 (n)개의 (y) nm Pd층을 포함하는 매체의 제조방법이 개시되어 있는 바, 여기에서 n=150, 200, 250 및 300이고, x=0.2, y=1.80-0.45이다. 연결자기층(즉, 퍼말로이)을 기층으로서 부착시킬 수 있다.
카르시아 II의 특허는 백금과 코발트의 교호층을 포함하는 백금/코발트 다층 필름을 제조하기 위한 개선된 방법에 관한 것이다. 이 방법에서는 크립톤, 크세논 또는 그 혼합물이 스퍼터가스로서 이용된다. 코발트층은 서로 동일한 두께를 가지고, 각 백금층도 다른 백금층과 같은 두께를 가지는 것이 바람직하다. 예를 들면, 코발트층의 적당한 두께는 12Å(1.2nm)이하(가장 바람직하기로는 2 내지 5Å(0.2 내지 0.5nm)이고, 백금층의 적당한 두께는 24Å(2.4nm)이하(가장 바람직하기로는 dpt/dco=1 내지 5)이며, 다층필름의 총두께는 약 750Å(75nm)이하로 한다. 실시예에서는 5, 10, 15, 20, 25 및 40개의 백금 및 코발트 이중층을 가진 샘플을 준비하였다. 이 특허에 의하여 만든 필름은 높은 보자력과 비등방성을 나타내었다.
전술한 특허에서 개시된 매체에 의하여 나타나는 보자력, 출력 및 잡음 수준은 바람직하지 않다. 보자력, 출력 및 잡음수준은 각각 자기기록매체에 의하여 수용되고, 자기기록매체로부터 도출될 수 있는 절대데이터밀도에 영향을 준다. 따라서, 잡음수준을 부수적으로 낮추면서, 보자력과 출력을 높이는 다층자기기록매체를 제공하는 것이 바람직하다.
발명의 개요
출력이 높아지고, 잡음수준이 낮아지나 수직기록매체를 갑자기 제조할 수 있게 하는 본 발명은 종래의 기술보다 훨씬 증대된 보자력, 향상된 출력 및 저하된 소음 수준을 제공하는 개선된 다층자기기록매체이다. 이 매체는 코발트 또는 코발 트와 팔라듐이나 백금과 같은 귀금속의 합금의 다층매체 또는 초격자매체이다. 특히 바람직한 매체는 연질(키퍼)(즉, 퍼말로이)층 위에 팔라듐 핵생성층이 있고, 그 위에 코발트· 팔라듐층을 포함한다.
그외에도, 본 발명자들은 특정한 공정조건을 이용함으로써 매체의 잡음수준을 정밀하게 제어할 수 있다는 것을 발견하였다. 예를 들면, 저진공 기준압력과 높은 스퍼터링 압력(sputtering pressure)을 이용하면, 매체잡음을 감소시킬 수 있다. 스퍼터 가스내에 산소를 집어 넣어도, 매체 잡음을 감소시킬 수 있다. 매체잡음을 제어하기 위하여, 매체 또는 키퍼층(keeper layer)의 어닐링을 이용할 수 있다. 매체잡음은 코발트층을 도핑하여 크롬이나 탄탈과의 합금을 만드는 것에 의하여서도 제어할 수 있다. 끝으로, 매체 또는 판독헤드의 결정 구조는 물리적 오프셋(offset)에 의하여 만들 수 있다.
본 발명의 일양상(aspect)에 있어서, 본 발명자들은 본 발명에 의한 매체와 함께 사용하기 위한 새로운 헤드 디자인을 발견하였다. 이러한 헤드 디자인에는 본질적으로 매체에 대한 기록용으로, 자기저항(MR)판독 헤드와 함께 종래의 링 헤드가 포함되어 있다. 매체잡음을 줄이기 위하여, MR 헤드를 물리적 오프셋에 의하여 구성하여, 매체에 대한 수직면으로 부터의 MR 소자의 감도를 오프셋할 수 있다.
전술한 본 발명의 특징에 의하여, 3 기가비트의 실선형 데이터밀도에 접근하는 단일 디스크 드라이브를 만들 수 있다. 이러한 결과는 종래기술에 의한 자기기록매체에 비하여 대폭적인 개선을 나타낸다.
본 발명자들은 본 발명에 의한 매체를 사용하여 1800 Oe, 2500 Oe 및 5000 Oe를 초과하는 보자력을 가진 수직자기기록매체를 만들었다. 본 발명의 매체는 높은 보자력, 명확한 스위치필드분배 및 높은 각형비(角形比)(squareness ratio)를 보여준다. 따라서, 본 발명에 의한 매체는 초고밀도기록에 매우 적합하다. 예를 들면, M-H 연구에서, 본 발명의 매체는 단위원(unity)에 대하여 0.8 내지 0.9라는 비상한 평방성을 보여주었다. 더구나, 본 발명에 의한 매체의 Mrt는 격자내에 존재하는 다층의 수를 변경함으로써 0.5에서 1.5 memu/cm ^{2} 로 조정할 수 있다. 그러나, Mrt를 조정하기 위하여 다층의 수를 변경하여도, 보자력의 변동은 거의 관찰되지 아니한다. 끝으로, 본 발명에 의한 매체는 일반적으로 30%의 확실히 추이, 고도의 출력 및 데이터 밀도를 보여준다.

본 발명의 일양상에 의하여 50Å 이상의 두께를 가진 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의핵생성층이 증착되어 있는 하나의 기판과, 수직자기비등방성 및 제1두께를 가진 자성금속 또는 그 합금 및 제2두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성 금속의 복수의 이중층을 포함하는 하나의 기록층을 구성되는 자기기록매체가 제공된다.
일반적으로, 제1두께는 약 1.5Å 내지 10Å이다. 제2두께는 일반적으로 5Å 내지 15Å이다. 핵생성층의 두께는 일반적으로 약 200Å 내지 600Å이다. 이중층의 수는 일반적으로 약 10 내지 30이다. 일반적으로, 핵생성층과 기록층의 총두께는 1500Å를 초과하지 아니한다. 일반적으로, 매체의 보자력은 약 1800 에르스텟을 초과한다. 일부 실시예에서는, 매체에 핵생성층과 기판 사이에 증착된 키퍼층이 포함 되어 있다. 이러한 키퍼층을 NiFe 합금으로 형성할 수 있다. 일반적으로, 키퍼층의 두께는 약 2 내지 6μm이다.
본 발명의 제2양상에 의하여, 두께가 50Å 이상인 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 핵생성층이 그 위에 증착되어 있는 하나의 기판과, 제1두께를 가지는 코발트 또는 그 합금 및 제2두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 복수의 이중층이 포함되어 있는 하나의 기록층으로 구성되는 자기기록매체로서, 제1두께가 약 1.5 내지 10Å이고, 제2 두께가 약 5 내지 15Å이고, 이중층의 수가 약 10 내지 30이고, 핵생성층과 기록층의 두께가 1500Å를 초과하지 아니하고, 매체의 보자력이 약 1800 에르스텟을 초과하는 것을 특징으로 하는 자기기록매체가 제공된다.
본 발명의 제3양상에 의하여, 기판을 제공하는 스텝, 기판상에 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택되는 핵생성층을 약 50Å 이상의 두께로 진공 증착하는 스텝, 제1두께를 가지는 코발트 또는 그 합금과 제2두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 복수의 이중층으로 구성되는 기록층을 핵생성층상에 진공증착하는 스텝 등을 포함하는 자기기록매체의 제조방법이 제공된다.
일실시예에서는 이러한 제조방법에, 핵생성층을 증착하는 스텝 다음에, 매체를 산소의 존재하에서 어닐링하는 스탭이 더 포함되어 있는 또다른 실시예에서도, 핵생성층을 증착하기 전에, 기판상에 키퍼층을 진공증착하는 스텝이 더 포함되어 있다. 또다른 실시예에서는 핵생성층을 증착하기 전에, 키퍼층이 제공된 매체를 산 소의 존재하에 어닐링하는 스텝이 더 포함되어 있다. 또다른 실시예에서는 기록층을 증착하는 스텝이 산소의 존재하에 수행된다.
본 발명의 제4양상에 의하여, 정보를 자속(magnetic flux)의 형태로 수신, 기억 및 판독하기 위하여, 2 × 106 erg/cc 이상 또는 이와 동등한 수직자기비등방성을 가지는 하나의 평면자기기로매체와 정보를 자속의 형태로 매체에 기록하고, 정보를 자속의 형태로 매체로부터 판독하기 위하여, 링모양의 기록요소와 자기저항(MR)판독요소가 포함된 판독/기록헤드로 구성되는 정보기억장치가 제공된다.
일시예에서는, 자기기록매체에, 50Å 이상의 두께를 가진 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 핵생성층과, 제1두께를 가지는 코발트 또는 그 합금 및 제2두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 복수 이중층을 포함하는 기록층이 더 포함되어 있고, 이러한 자기기록매체는 제1두께가 약 1.5 내지 10Å이고, 제2두께가 약 5 내지 15Å이며, 이중층의 수가 약 10 내지 30이고, 핵생성층과 기록층의 두께가 1500Å를 초과하지 아니하는 것을 특징으로 한다.
일실시예에서는, MR 요소가 매체의 평면에 대하여 수직으로 뻗어 있는 선에 대하여 약 -10° 의 10° 의 각으로 물리적으로 오프셋되어 있다. 또다른 실시예에서는 자기판독/기록헤드에, 자기정보를 자기기록매체에 기록하기 위한 링헤드와 자기기록매체로부터 자기정보를 판독하기 위한 자기저항판독(MR)헤드가 포함되어 있고, MR 헤드에는 자기기록매체에 대하여 수직방향으로 헤드내에 배치되어 있는 MR 소자가 포함되어 있다. 이러한 개선부분에는 MR 소자가 자기기록매체에 대하여 수직 방향으로부터 약 -10° 의 10° 의 각도로 오프셋되도록, MR 소자에 물리적 오프셋(physical offset)을 제공하는 것이 포함된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명에 의한 다층매체구조의 개략단면도.
도 2는 1000Å CoCrTa 수직매체의 M-H 루프도표(도 2a)와 본 발명에 의한 다층매체의 M-H 루프도포(도 2b)의 비교도.
도 3은 두께가 약 200 내지 250Å이고, 링 헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 CoCr10.4Ta4 세로 자기저항(MR) 기록매체로부터의 고립펄스를 도시한 도면.
도 4는 키퍼층이 제공되어 있고, 링 헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 750Å CoCr17Ta5 수직기록매체로부터의 고립펄스를 도시한 도면.
도 5는 키퍼층이 있고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 본 발명에 의한 다층매체로부터의 고립펄스를 도시한 도면.
도 6은 도 3에 도시된 매체로부터 73kcfi로 출력되고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 신호를 도시한 도면.
도 7은 도 4에 도시된 매체로부터 73kcfi로 출력되고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 신호를 도시한 도면.
도 8은 도 5에 도시된 매체로부터 73kcfi로 출력되고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 신호를 도시한 도면.
도 9은 도 3에 도시된 매체로부터 95kcfi로 출력되고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 신호를 도시한 도면.

도 10은 도 4에 도시된 매체로부터 95kcfi로 출력되고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 신호를 도시한 도면.
도 11은 도 5에 도시된 매체로부터 95kcfi로 출력되고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 신호를 도시한 도면.
도 12는 종래의 (TDK)MR헤드에 의하여 판독되는 본 발명에 의한 매체의 저밀도재생신호를 도시한 도면.
도 13은 본 발명에 의한 매체로부터의 미분고립펄스를 도시한 도면으로서,
도 13a는 양펄스를, 도 13b는 음펄스를 도시한 도면.
도 14는 220kfci에서, 고립펄스의 선형중첩으로부터의 측정미분 트리빗 패턴(...)대 이론적 트리빗 패턴(____)을 도시한 도면.
도 15는 262kfci에서, 고립펄스의 선형중첩으로부터의 측정미분 트리빗 패턴(...)대 이론적 트리빗 패턴(____)을 도시한 도면.
도 16은 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음 스펙트럼으로서, 매체의 잡음을 볼트/(주파수1/2)[v/sqrt f]대 주파수(MHz)로 나타내는 잡음스펙트럼을 도시한 도면. 여기에서는, 스퍼터된 매체(___)를 본 발명에 의한 어닐링 후의 동일매체(....)와 비교한다.
도 17은 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음 스펙트럼으로서, 매체의 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 나타내는 잡음스펙트럼을 도시한 도면. 여기에서는, 키퍼층을 포함하는 스퍼터된(sputtered) 매체(___)를 본 발명에 의한 어닐링 후의 동일매체(...)와 비교한다.
도 18은 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼으로서, 매체의 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 나타내는 잡음스펙트럼을 도시한 도면. 여기에서는, 어닐링되지 아니한 키퍼층으로 제조된 매체(___)는 키퍼를 본 발명에 의한 어닐링한 유사매체(...)와 비교한다.
도 19는 본 발명에 의하여 제조된 비키퍼매체의 잡음스펙트럼으로서, 크롬에 의한 도핑의 효과를 조사하기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 비교하는 잡음스펙트럼을 도시한 도면
도 20은 본 발명에 의하여 제조된 키퍼매체의 잡음스펙트럼으로서, 크롬에 의한 도핑의 효과를 조사하기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 비교하는 잡음스펙트럼을 도시한 도면
도 21은 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼으로서, 격자내의 층의 수의 효과를 조사하기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 비교하는 잡음 스펙트럼을 도시한 도면
도 22는 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼으로서, 격자를 산소의 존재하에 스퍼터링하는 효과를 조사하기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 비교하는 잡음스펙트럼을 도시한 도면
도 23은 본 발명에 의하여 물리적 오프셋이 제공되는 MR 소자를 가지는 MR 헤드의 개략적인 측단면도.
도 24은 기록/판독전략을 각종기록매체와 비교하는 도면으로서, 도 24a는 링 기록헤드와 MR 스트립판독헤드를 이용하는 세로기록매체상에서의 종래의 기록/판독 전략의 일예를 도시한 도면이고, 도 24b는 단극판독기록헤드를 이용하는 수직기록 매체상에서의 종래의 기록/판독전략의 일예를 도시한 것이며, 도 24c는 링기록헤드와 MR 스트립 판독헤드를 이용하는 본 발명에 의한 수직기록매체상에서의 종래의 판독 및 기록전략의 일예를 도시한 도면.
도 25는 본 발명에 의한 매체가 조립된 디스크 드라이브의 상부투시도.
도 26은 도 25에 도시된 디스크 드라이브의 분해도.

발명의 상세한 설명

본 발명자들은 종래의 기술보다 훨씬 높은 보자력, 향상된 출력 및 감소된 잡음수준을 제공하는 개량된 다층자기기록매체를 발견하였다. 기본 매체는 코발트 또는 코발트와 팔라듐 또는 백금과 같은 귀금속의 합금의 다층 또는 초격자이다. 매우 양호한 매체에는 연질자기(키퍼)(즉, 퍼말로이)층 위에 팔라듐의 핵생성층이 있고, 그 위에 코발트층과 팔라듐층이 포함되어 있다.
그외에도, 본 발명자들은 몇가지 프로세스조건을 이용하여, 매체의 잡음수준을 정밀하게 제어할 수 있다는 것도 알게 되었다. 예를 들면, 저진공기준압력과 높은 스퍼터링 압력을 이용하면, 매체잡음을 감소시킬 수 있다. 또한, 스퍼터 가스에 산소를 첨가하는 것은 매체 잡음을 감소시킬 수 있다. 매체잡음을 제어하기 위하여 매체 또는 키퍼층의 어닐링을 이용할 수 있다. 격자내의 층수를 조정함으로써 매체 잡음에 영향을 줄 수 있다. 매체잡음은 코발트층으르 도핑하여 크롬이나 탄탈과 같 은 합금을 형성하는 방법으로도 제어할 수 있다. 끝으로, 매체 또는 판독헤드의 결정구조(crystal structure)는 물리적 오프셋에 의하여 만들 수 있다.
본 발명의 일양상에 있어서, 본 발명자들은 본 발명에 의한 매체와 함께 사용하기 위한 새로운 헤드디자인을 발견하였다. 이러한 헤드디자인에는 본질적으로 매체에 대한 기록용으로, 자기저항(MR)판독헤드와 함께 종래의 링헤드가 포함되어 있다. 매체잡음을 줄이기 위하여, MR 헤드를 물리적 오프셋에 의하여 구성하여, 매체에 대한 수직면으로부터의 MR 소자의 감도를 오프셋할 수 있다.
전술한 본 발명의 특징에 의하여, 3기가비트의 실선형데이터밀도에 접근하는 단일디스크 드라이브를 만들 수 있다. 이러한 결과는 종래기술에 의한 자기기록매체에 비하여 대폭적인 개선을 나타낸다.
본 발명자들은 본 발명에 의한 매체를 사용하여 1800 Oe, 2500 Oe 및 5000 Oe를 초과하는 보자력을 가진 수직자기기록매체를 만들었다. 본 발명의 매체는 높은 보자력, 명확한 스위치 필드분배 및 높은 각형비(squareness ratio)를 보여준다. 따라서, 본 발명에 의한 매체는 초고밀도 기록에 매우 적합하다. 예를 들면, M-H 루프 연구에서 본 발명의 매체는 단위원에 대하여 0.8 내지 0.9라는 우수한 직각도(直角度)를 보여준다. 더구나, 본 발명에 의한 매체의 Mrt는, 격자내에 존재하는 다층의 수를 변경함으로써, 0.5에서 1.5 memu/cm ^{2} 로 조정할 수 있다. 그러나, Mrt를 조정하기

위하여 다층의 수를 변경하여도, 보자력의 변동은 거의 관찰되지 아니한다. 끝으로, 본 발명에 의한 매체는 일반적으로 30%의 확실한 추이, 고도의 출력 및 데이터밀도를 보여준다.

발명에 의한 매체

도 1은 본 발명에 의한 매체의 일실시예를 개략적으로 도시한 도면이다. 전술한 바와 같이, 본 발명에 의한 매체는 기판(30)상에 일반적으로 코발트 또는 코발트의 합금과 같은 수직자성체(34) 및 팔라듐이나 백금과 같은 귀금속을 포함하는 비자성재료(34)의 다층 또는 초격자(33)를 포함한다. 본 발명에 의한 다른 매체에는 연질자성체 또는 키퍼층(31)이 포함되어 있다. 기타 실시예에서는, 본 발명에 의한 매체에 핵생성층(32)도 포함되어 있다. 일실시예에서는, 격자(33)에 연질자기(키퍼)층(31)위로 팔라듐의 핵생성층(32)이 포함되어 있고, 그 위에 코발트 또는 팔라듐층이 있다.

도면에서는, 매체가 기판(30)위에 형성되어 있다. 일부실시예에서는 기판(30)이 경질이고, 금속, 실리콘을 기초로하는 재료, 경질중합체와 같은 종래의 기판재로 만들 수 있다. 예를 들면, 본 발명에 의한 기판은 알루미늄, 닉켈-인 도금 알루미늄, 석영, 유리, 세라믹, 실리콘, 탄화규소, 탄소 등을 포함할 수 있다. 다른 방법으로는, 기판(30)을 비교적 유연하게 할 수 있고, 폴리에스터, 폴리이미드 필름 등과 같은 물질로 만들 수 있다. 기판(30)은 사후에 증착되는 층의 점착성을 높이기 위하여 클리닝이나 기타 처리를 필요로 한다. 그외에도, 특정한 결을 내거나(texturizing), 광택을 내는 것(polishing)과 같이, 뒤에 증착되는 자기기록층내의 원하는 결정형태를 촉진시키기 위한 표면처리도 공지되어 있다. 또다른 방법으로는 기판(30)은 예를 들면, 종래의 플로피디스크(floppy disk)에 사용하기 적합 한 염화 폴리비닐리덴계 또는 폴리에틸렌 테레프탈산계의 열가소성물질등과 같이, 종래의 자기테이프레코딩에 적합한 테이프로 할 수 있다. 후자의 기판에 증착하기 위하여 다른 표면처리를 이용할 수 있다.

일실시예에서는, 연질자성체층(31)이 기판(30)위에 증착되어 있다. 여기에서는 연질자기층(31)을 때로는 키퍼층(31)이라고도 한다. 키퍼층(31)은 여러 가지의 연질자성체로 만들 수 있다. 예를 들면, 일실시예에서는 키퍼층(31)에 퍼말로이(닉켈-철(NiFe))필름이 포함되어 있다. NiFe를 키퍼층(31)으로서 이용하는 것 이외에, 연질자성체의 대다수가 동일한 효과를 가질 수 있다. 추가연질자기층의 예에는 NiFeMo, NiFeMoCu 및 Fe, FeAlSi, FeNiO, FeNx, FeTi, FeSiB, FeBc, FeAl, CoVFe, CoTa, CoZr, CoNbZr, CoTi, CoNbTa, CoNiZr, FeNiP, NiFeMo, NiFeCuMo, FeCoZr 등과 같은 기타 연질합금이 포함된다.

일반적으로, 연질자기키퍼층(31)은 종래의 도금 및 스퍼터링 기술을 이용하여 기판(30)위에 도금 또는 스퍼터된다. 키퍼층(31)은 전형적으로 약 0.1 내지 2.0㎛의 깊이로 증착되고, 일부실시예에서는 약 2 내지 6㎛의 두께로 증착된다.

다음에, 일부실시예에서는 비자성체의 핵생성층(32)이 키퍼층(31)상에 증착된다. 핵생성층(32)은 팔라듐이나 백금과 같은 귀금속으로 만들 수 있다. 다른 금속(구리, 아연, 카드뮴, 수은 합금, 은, 금)도 사용할 수 있으나, 팔라듐 및 백금이 현재는 더 많이 사용된다. 핵생성층(32)내에 사용될 귀금속의 선택은 다음에 설명하는 격자내에 사용되는 금속에 따라 행한다.

핵생성층(32)은 전형적으로 종래의 기술을 이용하여 연질자기층(31)위에 스 퍼터된다. 핵생성층(32)은 전형적으로 약 30 내지 1000Å 또는 약 100 내지 500Å의 깊이로 증착되고, 일부실시예에서는 약 250 내지 500Å의 깊이로 증착된다.

일실시예에서는, 핵생성층 위에 자성체(34)와 비자성체(35)의 교호층의 초격자(33)가 장착되어 있다. 일부실시예에서는, 자기층(34)에 코발트 또는 코발트합금이 포함되어 있다. 자기층(34)을 코발트합금으로 만드는 경우에는 이러한 합금은 일반적으로 매체에 대하여 충분한 수직자기 비등방성 및 보자력을 가질 수 있게 선택한다. 예를 들면, 수직방향으로의 보자력은 약 1500 내지 6000 Oe인 경우가 많다. 일부실시예에서는 자기층(34)을 만드는데 상당히 순수한 코발트를 사용한다. 기타 실시예에서는 코발트-크롬합금 및 코발트-크롬-탄탈합금과 같은 코발트합금이 사용된다. 이러한 합금으로 만든 매체는 본 발명에서 성공적으로 작용한다.

본 발명자들은 자기층(34)이 코발트합금을 포함하여 구성되는 경우에는 매체의 보자력이 감소되는 경향이 있음을 발견하였다. 이와 동시에, 매체의 출력도 감소되는 것처럼 보인다. 그러나, 매체의 잡음이 적어지고, 매체의 신호 대 잡음비는 증가한다.

일부실시예에서는 격자(33)내의 자기층(34)이 약 1.5 내지 10Å 또는 약 2 내지 7Å의 두께로 증착되고, 일부실시예에서는 약 3 내지 5Å의 두께로 증착된다. 일부실시예에서는, 비자기층(35)에 팔라듐이나 백금과 같은 귀금속이 포함되어 있다. 기타금속, 즉 구리, 아연, 카드뮴, 수은합금, 은, 금 등과 사용할 수 있으나, 현재는 팔라듐과 백금이 많이 사용된다. 비자기층(35)내에 사용하기 위한 귀금속은 일반적으로 전술한 핵생성층(32)내에 사용되는 금속에 따라 선택한다. 그러나, 본 발명에 의한 매체에는 귀금속의 혼합물을 사용할 수 있다. 예를 들면, 핵생성층(32)은 팔라듐으로 만들고, 비자기층(35)은 백금으로 만들거나, 그 반대로할 수 있다. 그외에도, 비자기층(35)은 백금층과 팔라듐(또는 기타 적당한 금속)층의 교호층으로도 만들 수 있다.

비자기층(35)은 일반적으로 약 5 내지 15Å 또는 7 내지 12Å의 두께로 증착되고, 일부실시예에서는 약 8 내지 11Å의 두께로 증착된다.

자기층(34)과 비자기층(35)의 쌍층(이중층)(또는 주기성)의 수는 약 10 내지 40 또는 15 내지 25이다. 격자(33)를 만드는 총 층수는 일반적으로 약 20 내지 50이다.

격자(33)는 종래의 기술을 이용하여 스퍼터링할 수 있다. 예를 들면, 교호층은 매체가 자기층(34)과 비자기층(35)의 연속적 스퍼터에 노출될 수 있도록 회전대상에 완성할 수 있다. 회전대의 운동은 스퍼터링 과정중 일시적 정지(pause)를 제공함으로써, 더 두꺼운 또는 얇은 층이 증착될 수 있게 제어할 수 있다. 그외에도 회전대는 교차오염의 가능성으로 제한할 수 있도록, 각 층의 증착중 일시정지시킬 수 있다. 또다른 방법으로는, 대상물을 셔터로 폐쇄하고, 각 층의 증착되기에 충분한 시간동안 셔터를 개방할 수 있다. 본 발명에 의하여 매체를 만드는 유리한 몇가지 방법을 더 상세히 설명하면 다음과 같다.

일부실시예에서는, 본 발명에 의한 매체에는 그 상면(37)에 보호층(36)이 추가로 포함되어 있다. 이러한 보호층(36)은 마모와 자기신호처리장치내에 존재하는 수증기의 부식작용으로부터 매체를 보호하는데 이용된다. 일실시예에서는, 보호층(36)이 적당한 스퍼터된 카본 오버코트(carbon overcoat)로 되어 있다. 다른 방법으로는, 보호층(36)은 로듐, 탄소와 같은 비금속물질, 무기비금속탄화물, 질화물, 산화물, 즉 실리카 또는 일루미나 등을 포함한 금속으로 구성할 수 있다. 자기기록 디스크에 있어서는, 보호층의 두께는 약 80 내지 350Å로 할 수 있고, 현재는 약 100 내지 150Å의 두께가 많이 사용된다.

본 발명에 의한 매체는 일반적으로 기판(30), 핵생성층(32), 격자(33) 및 보호층(36)이 포함되어 있다. 많은 실시예에 있어서, 기판은 연마된 알루미늄이다. 핵생성층(32)의 두께는 일반적으로 100Å 이상이고, 일부실시예에서는 약 200 내지 600Å이다. 일부실시예에서는 격자(32)에 코발트(또는 그 합금)와 팔라듐이나 백금의 이중층(34, 35)이 포함되어 있다. 코발트층의 두께는 약 1.5 내지 10Å 또는 2 내지 7Å이고, 일부실시예에서는 약 3 내지 5Å이다. 팔라듐 또는 백금층의 두께는 약 5 내지 15Å 또는 7 내지 12Å이고, 일부실시예에서는 약 8 내지 11Å이다. 격자(33)내의 층수 또는 그 주기성은 약 10 내지 30 또는 15 내지 25이다. 일실시예에서는 격자(33)와 핵생성층(32)의 두께가 1500Å을 초과하지 아니한다.

본 발명에 의하여 만든 일부매체의 예는 다음 표에서와 같다. 이 표는 본 발 명에 의하여 만드는 여러 가지 매체의 비교를 제공한다.

표 1

샘플 번호	키퍼층 형 //(Å)	하부층 형 //(Å)	자기층 형 //(Å)	비자기층 형 //(Å)	격자층	어닐링	Hc (Oe)	출력 (mv)	잡음 (mv)	SN비 (dBm)
1	n/a	Pd/560Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	5038			13.12
2	n/a	Pd/280Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	3946	56.4	12.1	13.12
3	n/a	Pd/280Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	260°C/20 min	4100	54.16	7.2	17.29
4	n/a	Pd/280Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	3410	61.96	14.01	12.79
5	n/a	Pd/280Å	$CoCr_4$/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	53.74	10.85	13.78
6	n/a	Pd/280Å	$CoCr_{12}$/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	2513	51.08	7.86	18.09
7	도금 NiFe	Pd/280Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	103.94	44.87	7.1
8	도금 NiFe	Pd/280Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	260°C/20 min	n/m	105.36	19.17	14.65
9	담금질된 NiFe	Pd/280Å	Co/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	124.31	25.76	13.62
10	담금질된 NiFe	Pd/280Å	$CoCr_4$/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	120.03	21.66	14.82
11	담금질된 NiFe	Pd/280Å	$CoCr_{12}$/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	111.59	17.63	15.96

샘플 번호	키퍼층 형 /(Å)	하부층 형 /(Å)	자기층 형 /(Å)	비자기층 형 /(Å)	격자층	어닐링	H_c (Oe)	출력 (mv)	잡음 (mv)	SN비 (dBm)
12	탑금질된 NiFe	Pd/280Å	$CoCr_{18}$/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	94.3	15.85	15.4
13	탑금질된 NiFe	Pd/140Å	$CoCr_{18}$/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	1801	114.1	17.33	16.3
14	탑금질된 NiFe	Pd/280Å	$CoCr_{18}$/3.5Å	Pd/10Å	15	n/a	n/m	91.21	11.98	17.54
15	탑금질된 NiFe	Pd/280Å	$CoCr_{18}$/3.5Å	Pd/10Å	25	n/a	n/m	125.9	23.69	14.46
16	탑금질된 NiFe	Pd/280Å	$CoCr_4$/3Å	Pd/10Å	20	n/a	n/m	67.25	11.96	14.93
17	탑금질된 NiFe	Pt/300Å	Co/4Å	Pt/6.5Å	15	n/a	2215	120.37	23.37	14.21
18	탑금질된 NiFe	Pd/470Å	CoCrTa/3Å	Pd/10Å	20	n/a	2015	108.28	16.12	16.49
19	n/a	Pd/280Å	CoCrTa/3Å	Pd/10Å	20	n/a	1462	n/m	n/m	n/m
20	n/a	Pd/280Å	CoCrTa/3.5Å	Pd/10Å	20	n/a	968	n/m	n/m	n/m

상기 표에서, n/m는 측정되지 아니한 것만 말한다. 표에서 알 수 있는 바와 같이, 본 발명에 의하여 제조되는 매체는 보자력과 신호출력이 높고, 잡음이 낮다. 표에서는 매체의 일부구조의 효과를 나타내기 위하여 매체의 유형을 5가지로 나누었다. 샘플 1 내지 3은 본 발명에 의하여, 키퍼층없이 Pd 핵생성층과 Co/Pd 격자로 제조한 매체를 예시한 것이다. 그중에서, 샘플 3은 어닐링의 효과를 예시한 것이고, 샘플 1은 핵생성층의 두께의 변동으로 인한 효과를 예시한 것이다.

보자력(Hc)은 VSM로 측정하였다. 인가된 최대펄드는 10KOe(도 2a 및 도2b에 도시됨)이었다. 필드는 매체표면에 대하여 수직으로 인가되었다. 출력, 잡음 및 신호대 잡음비는 예비증폭후 측정하였다. 사용된 헤드에는 서로 분리된 판독 및 기록 소자, 즉 링헤드 기록소자 및 자기저항소자판독헤드가 있다. 기록헤드의 갭길이는 0.35μm, 갭폭은 4.3μm, 턴의 수는 15, 기록전류는 20mA이었다. 판독소자에는 폭이 3.5μm인 단일 MR 판독소자가 제공되어 있었다. 표의 각 예에서는, 신호는 73kfci 및 469의 IPS로 기록하였다. 잡음은 25mHz 대역폭에 걸쳐 신호피크를 이동시키면서 잡음출력스펙트럼을 통합하여 측정하였다. 헤드와 전자기기의 잡음을 총잡음출력에서 공제하여 매체잡음출력을 정하고, 이러한 매체잡음출력의 제곱근에 의하여 매체잡음전압(N)을 구하였다. 신호대 잡음비(SNR)는 다음의 방정식으로 구한다.

$$SNR = 20 * \log \frac{RMS출력}{N}$$

샘플 4 내지 6도는 본 발명에 의하여 키퍼층없이 Pd 핵생성층과 Co/Pd 격자로 제조한 매체를 예시한 것이다. 그중 샘플 5 및 6에서는 Cr이 Co와 공동스퍼터되어 CoCr 합금을 형성함으로써 합금의 이용효과를 보여준다.

샘플 7 내지 16은 키퍼층과 함께 Pd 핵생성층 및 Co/Pd 격자로 제조된 본 발명의 매체를 예시한 것이다. 그중 샘플 10 내지 16에서는, Cr이 Co와 공동스퍼터되 어 CoCr 합금을 형성함으로써 합금 이용의 효과를 보여준다. 그외에도, 샘플 7에서는 어닐링의 효과를 보여주고, 샘플 14 및 15에서는 격자층 수의 효과를 나타낸다. 샘플 17은 키퍼층과 함께 Pt 핵성층과 Co 합금/Pt 격자로 제조된 본 발명의 매체를 예시한 것이다.

샘플 18 내지 20은 Pt 핵생성층과 CoCr 합금/Pd 격자로 제조된 본 발명의 매체를 예시한 것이다. 샘플 18은 키퍼층의 효과를 보여주고, 샘플 20은 CoCrTa층의 증가효과를 보여준다.

샘플의 비교에 의하여 몇가지 경향(trend)을 분명히 알 수 있다. 첫째로, 샘플 1에 나타나 있는 바와 같이, 핵생성층과 단순 Co/Pd 격자를 사용함으로써 보자력이 크게 높일 수 있다. 그러나, 샘플 2 및 3에서 보는 바와 같이, 출력신호는 우수하지 않다. 출력신호는 샘플 7 내지 18에 예시된 바와 같이, 키퍼층의 사용에 의하여 높일 수 있다. 더구나, 잡음은 어닐링에 의하여 감소시킬 수 있을 뿐 아니라(샘플 3 및 7), 특정합금을 이용하여 감소시킬 수 있다(샘플 6 및 17). 그외에도, 격자 층의 수를 증가시킴으로써, 샘플 14 및 15에 예시된 바와 같이, 출력이 증가되고, 잡음수준도 안정된다.

출력을 높이고, 잡음을 감소시키기 위한 매체의 세부조정에 관하여 더 상세히 설명하면 다음과 같다.

본 발명에 의한 매체의 제조공정

본 발명에 의한 매체는 DC 마그네트론 스퍼터링 RF 스퍼터링, 진공증착과 같은 종래의 스퍼터링공정을 이용하여 제조할수 있다. 이 작업시에는 DC 마그네트론 스퍼터링을 사용하였다. Co, Cr, Pt, Pd 및 CoCrTa의 2인치직경원형타겟을 사용하였다. 스퍼터링 기계에는 4개의 음극이 있어서, 4개의 타켓을 따로따로 또는 동시에 스퍼터링할 수 있다. 기판은 회전테이블식 스퍼터링과 같이, 스퍼터리이 챔버내에서 약 1 내지 100rpm의 속도로 회전된다. 기판은 스퍼터링공정중 타겟의 어느 하나 또는 다수에 노출된다. 각 타켓에 대한 동력의 on/off는 프로그램가능제어기에 의하여 개별적으로 제어된다. 각 타켓에 대한 동력도 개별적으로 제어된다. 하부층과 다층은 선택된 타켓에 대한 동력의 on/off에 의하여 형성할 수 있다. 각층의 두께는 타켓에 대한 동력을 제어하거나, 타켓동력의 on 시간을 제어함으로써 제어할 수 있다.

본 발명자들은 기준압력이 매체잡음에 주는 영향을 연구하기 위하여 스퍼터링전의 기준압력을 약 5 x 10-5 내지 2 x 10-7torr 범위안에서 변동시켰다. 스퍼터링가스(고순도 아르곤)압력은 증착중 약 10 내지 20m torr로 유지하였다. 본 발명자들은 기준압력과 스퍼터링압력이 매체압력에 영향을 준다는 사실을 발견하였다. 매체잡음을 낮추기 위하여 고스퍼터링압력이 사용되는 경우가 많다. 본 응용의 대다수예에서는 감소된 매체잡음을 달성하기 위하여 15μm의 스퍼터링압력을 사용하였다. 그외에도, 본 발명자들은 매체잡음을 스퍼터링가스내에 산소를 주입함으로써 더 원활히 제어할 수 있음을 알게 되었다. 예를 들면, 약 0.05 내지 0.5%(v/v)의 산소를 스퍼터링가스에 주입함으로써, 매체잡음을 대폭적으로 감소시킬 수 있다.

본 발명에 의한 매체의 특성

도 2에는 1000Å CoCrTa 수성매체(도 2a)에 대한 M-H 루프 다이어그램 대 본 발명에 의한 다층매체에 대한 M-H 루프 다이어그램의 비교가 제공되어 있다. 도 2b의 M-H 루프 다이어그램은 표1 에 예시된 샘플 1의 매체에서 취한 것이다.

도 2a는 종래기술에 의한 매체의 보자력과 Mrt를 도시한 것이다. 보자력은 1669 Oe이고, Mrt는 1.6 memu/cm ^{2} 이다. 도표상루프의 직각도(squareness)는 약 0.39이다. 이와는 대조적으로, 본 발명에 의한 매체는 도 2b에 도시된 바와 같이, 5038Oe의 보자력과 0.7 memu/cm ^{2} 의 Mrt를 가지며, 도표상의 M-H 루프는 0.83의 직각도를 보여준다.

도 3 내지 도 5는 2개의 종래기술에 의한 매체(도 3 및 4)와 본 발명에 의한 매체(도 5)로부터의 고립펄스를 도시한 도면이다. 도 3은 두께가 250Å이고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 CoCr10.4Ta4 세로자기저항(MR) 기록매체로부터의 고립펄스를 도시한 도면이다. 이 매체는 1 memu/cm ^{2} 의 Mrt와 2100 Oe의 보자력을 가졌다. 도면에는 PW50가 34.6ns이고, 예비증폭후의 피크 대 피크 출력이 231 mv임을 나타낸다.

도 4는 키퍼층이 제공되어 있고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 750Å CoCr17Ta5 수직지기록매체로부터의 고립펄스를 도시한 도면이다. 이 매체는 1.6 memu/cm ^{2} 의 Mrt를 가졌다. 도면에는 직각도가 빈약하고, 추이가 원활하지 못한 고립필크를 보여준다. 상승시간은 59ns 이상이고, 피크 대 피크 출 력은 예비증폭후 426 mv이다.

도 5는 키퍼층이 있고, 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되는 본 발명에 의한 다층매체로부터의 고립펄스를 도시한 도면이다. 이 매체의 Mrt는 0.7memu/cm ^{2} 이었다. 도면에는 상승시간은 28.5ns, 예비증폭후의 피크대 피크출력이 355mv로 나타내었다. 이 매체는 표 1의 샘플 8에 예시되어 있다.

본 발명의 매체로부터 얻은 펄스는 종래기술에 의한 매체보다 상당히 개선되었다. 펄스의 직각도와 상승시간도 도 3 및 4에 도시된 것에 비하여 크게 향상되었다. 본 발명에 의한 매체의 출력전압은 도 4에 도시된 매체에 의하여 표시되는 출력전압과 비슷하고, 도 3의 매체에 의하여 표시되는 전압보다는 상당히 향상되었다.

도 6 내지 도 8은 CoCr10.4 세로자기저항(MR) 기록매체(도 6)(도 3에서 설명), 750Å CoCr17Ta5 수직기록매체(도 7)(도 4에서 설명) 및 본 발명에 의한 매체(도 8)(도 5에서 설명)로부터 73kcfi로 출력되는 신호를 도시한 도면이다. 각 도면에서는 매체가 링헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되었다. 도면에는 각 매체의 피크 대 피크출력이 표시되어 있다. 도 6에서는, CoCr10.4Ta4 세로자기저항(MR) 기록매체는 예비증폭후 165 mv의 피크 대 피크 출력을 보인다. 도 7에서는 750Å CoCr17Ta5 수직기록매체는 예비증폭후 160 mv의 피크 대 피크출력을 나타낸다. 도 8에서, 본 발명의 매체는 예비증폭후 256 mv의 피크 대 피크출력을 보인다.

본 발명에 의한 매체의 출력은 명백히 73kcfi의 출력신호에서는 종래기술에 의한 매체를 능가한다. 본 발명의 매체로부터의 신호출력은 종래기술에 의한 세로 및 수직매체보다 약 40% 더 높다. 본 발명자들은 종래 기술에 의한 수직매체에 있어서 고주파출력의 하강은 수직매체가 저주파에서 고출력을 가지는 경우에도, 그 분해능(resolution)이 빈약하기 때문이라고 생각한다.

도 9 내지 도 11은 CoCr10.4Ta4 세로자기저항(MR) 기록매체(도 9)(도 3에서 설명), 750Å CoCr17Ta5 수직기록매체(도 10)(도 4에서 설명) 및 본 발명에 의한 매체(도 11)(도 5에서 설명)로부터 95kcfi로 출력되는 신호를 도시한 도면이다. 각 도면에서는, 매체가 랭 헤드에 의하여 기록되고, MR 센서에 의하여 판독되었다. 도면에는 각 매체의 피크 대 피크출력이 표시되어 있다. 도 9에서는, CoCr10.4Ta4 세로자기저항(MR)기록매체는 예비 증폭후 122 mv의 피크 대 피크출력을 보인다. 도 10에서는 750Å CoCr17Ta5 수직기록매체는 예비증폭후 93 mv의 피크 대 피크출력을 나

타내고, 도 11에서, 본 발명의 매체가 예비증폭후 168 mv의 피크 대 피크출력을 보인다.
본 발명에 의한 매체의 출력은 95kcfi의 출력신호에서도 명백히 종래 기술에 의한 매체를 능가한다. 본 발명의 매체로부터의 신호출력은 세로 매체보다는 약 30%, 종래기술에 의한 수직매체보다는 45% 전도가 더 높다.
도 12는 종래의 (TDK)MR 헤드에 의하여 판독되는 본 발명에 의한 매체의 저 밀도재생신호를 도시한 도면이다. 피크 대 피크출력은 약 460 mv이고 출력은 거의 직각을 이루고, 대칭적이다.
도 13a 및 도 13b는 본 발명에 의한 매체로부터의 미분 고립펄스를 도시한 도면이다. 도 13a에는 + 펄스가, 도 13b에는 -펄스가 도시되어 있다. 도 13b의 PW50 9.8μ in으로 계산하였다. 펄스의 미분은 이러한 미분이 신호에 대하여 어느 정도의 부스트(boost)를 제공하고, 기존채널하드웨어를 이용할 수 있고, 저주파 잡음의 영향을 최소화하고, +-PW50 및 증폭이 여기에서 사용되는 헤드가 적정량의 +/- 비대칭성을 가지더라도, 충분히 대칭적으로 되기 때문에, 유용하다.
본 발명에 의한 매체에 있어서, PW50은 매우 좁다. 이와 같이 PW50의 폭이 좁은 것은 PW50이 갭의 길이에 의하여 펴져서는 아니된다는 것을 표시한다. 추이 길이는 매체의 입자크기의 MR 스트립과 매체 사이의 공간에 의하여 제한되는 것으로 보인다. 이것은 PW50이 방정식 2(D+A)에 의하여 개산될 수 있기 때문이라는 것을 나타낸다. 상기 식에서, D는 MR 스트립과 매체 사이의 간격이고, A는 추이길이이다. 사용한 헤드에서는 간격(D)이 약 3.5μ in이다. 이에 따라, 입자크기는 약 1.2μ in이 될 것으로 보인다.
헤드와 매체 사이의 실제간격은 종래의 기술을 이용하여 약 2μ in으로 감소시키고, 입자크기도 2의 계수에 의하여 감소될 수 있기 때문에, 본 발명에 의한 매체에서는 5.2μ in의 PW50을 달성할 수 있다. 이러한 결과는 밀도(Databits/PW50)가 2 보다 큰 경우에는 약 400 kbits.in 이상의 선형데이터 밀도로 번역된다. 도 14는 본 발명에 의한 매체의 220 kfci 고립펄스의 선형중첩으로부터 측정된 미분트리빗 패턴(...) 대 이론적 트리빗 패턴(___)을 도시한 도면이다.
본 발명에 의한 매체의 실출력은 종래의 세로매체와 같이 감소하는 대신에 선형중복플롯에 비례하 여 증가한다. 이러한 증가의 이유는 본 발명에 의한 매체내로의 침투(percolation)가 전혀 없다는 사실에 기인되는 것으로 보인다. 플롯(plot)내에서는 기록시프트(write shift)를 볼 수 있다. 예를 들면, 연속추이는 세로기록에서 관찰되는 것과 반대되는 중복플롯보다 비교적 더 늦게 푸시(push)된다. 이러한 결과는 프로콤펜세이션(write precompensation)에 의하여 쉽게 교정된다. 그러므로, 비선형성은 자기소거 시프트(demagnetization shift)에 기인된다.
본 발명에 의한 매체의 262 kfci 고립펄스의 선형중복으로 부터의 측정된 미분트리핏패턴(...)대 이론적 트리핏패턴(___)을 도시한 도 15에서도 유사한 결과를 보게 된다. 이 분해능의 수준은 종래의 세로 또는 수직 매체를 훨씬 초과한다.
본 발명에 의한 매체를 사용하면, 1 GBit/in2 이상의 영역밀도를 달성할 수 있으리라고 생각된다. 도 15에서, 선형밀도는 349 KBPI이다. 판독소자의 폭은 3.5μm이다. 따라서, 인치(TPI) 트랙밀도당 5000 트랙을 달성할 수 있다. 5000 TPI의 트랙밀도에 의하면, 1.745 GBit/in2 의 영역밀도를 얻는다.
본 발명에 의한 매체의 잡음제어
전술한 바와 같이, 본 발명자들은 본 발명에 의한 매체의 잡음을 제어할 수 있다는 것도 발견하였다. 매체잡음을 제어하는데 도움이 되는 요인 중 일부는 표 1에 관련하여 알아볼 수 있다. 그러나, 본 발명자들이 매체 잡음을 최소화하는데 유용하다고 발견한 일반원칙이 있다. 이러한 원칙은 본 발명의 매체에 관련된 효용(utility) 이외에, 다양한 수직자기매체의 디자인 및 제조에도 유용할 것으로 기대된다.
본 발명자들이 매체잡음을 제어하기 위하여 발견한 일반원칙에는 다음 사항이 포함된다.
(i) 스퍼터된 필름을 산소 또는 공기의 존재하에 어닐링한다.
(ii) 키퍼층을 수직매체의 증착전에 어닐링한다.
(iii) 수직코발트매체를 도핑하여 크롬 또는 크롬/탄탈과 같은 합금을 형성한다.
(iv) 수직기록층내의 층수를 조정한다.
(v) 산소의 존재하에 수직기록매체의 스퍼터링을 실시한다.
상기 요인을 차례로 설명하면 다음과 같다.
스퍼터필름의 어닐링
본 발명자들은 일반적으로 수직기록매체내의 매체잡음을 스퍼터필름을 어닐링(annealing)함으로써 감소시킬 수 있음을 보여주었다. 본 발명에 있어서, 어닐링은 스퍼터 필름(sputtered film)을 비교적 높지 아니한 온도에서, 비교적 짧은 시간동안 노출시킴으로써 수행된다. 예를 들면, 일부실시예에서는, 매체의 어닐링은 약 260℃의 온도에서 약 10내지 20분동안 어닐링한다. 그외에도, 다른 실시예에서는 어닐링스텝이 공기 또는 산소의 존재하에서 실시된다.
어닐링은 특정이론이나 작업방식에 구애됨이 없이, 수직자기기록층의 결정구조를 더 적합시키기 위하여 행하여지는 것으로 보인다. 그러나, 어닐링을 효과적으로 행하기 위하여는, 어닐링의 온도 및 시간을 상당히 주의깊게 조정하여야 한다. 어닐링의 시간이나 온도가 너무 길거나 높으면, 어닐링이 매체의 잡음을 저하시키 는 것처럼 보이나, 매체의 출력은 감소된다. 따라서, 신호 대 잡음비가 최적화되지 아니한다.
어닐링을 산소 또는 공기의 존재하에 수행하는 경우에는, 어닐링의 효과가 최대화된다. 산소나 공기의 존재에 의하여 어떠한 효과가 일어나는가는 명백하지 아니하나, 기록매체의 입자경계내에는 입자의 자기교환커플링을 풀리게 하는 산화물이 어느정도 형성될 수 있다.
본 발명에 의한 스퍼터 매체를 어닐링하는 효과의 일예는 도 16에 도시되어 있다. 도 16에는 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼으로서, 매체의 잡음을 v/sprt f 대 주파수(MHz)로 나타내는 도표가 제공되어 있다. 스퍼터 매체(__)는 본 발명에 의한 어닐링 후 동일매체와 비교하였다.
실험에서는 본 발명에 의한 다층매체를 제공하였다. 이러한 매체에는 300Å 팔라듐 키퍼층과 3.5Å 코발트 및 10Å 팔라듐의 20층 격자로 들어 있었다. 매체를 스퍼터링한 다음에, 잡음스펙트럼을 얻었다. 매체는 잡음스펙트럼을 얻은

후, 260℃의 온도에서 약 10 내지 20분동안 제어된 상태로 어닐링되었다.
도면에서는, 스퍼터매체의 잡음스펙트럼은 어닐링후의 매체의 잡음스펙트럼이 점선(...)으로 표시되어 있는데 비하여 실선(__)으로 도시되어 있다. 도면에서 보는 바와 같이, 매체의 신호출력은 변하지 아니하였다. 그러나, 매체잡음은 감소되었다. 신호 대 잡음비가 4.2dBm 정도 증가하였음을 볼 수 있다.
키퍼층이 제공된 매체에 대하여 유사한 실험을 실시하였다. 이러한 실험의 결과는 도 17과 같다. 도 17에는 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼으 로서, 매체의 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 표시한 잡음 스펙트럼을 도시한 플롯이 제공되어 있다. 키퍼층을 포함한 스퍼터매체(__)를 본 발명에 의한 어닐링 후의 동일매체(...)와 비교한다.
이 실험에서는, 280Å 팔라듐 핵생성층이 그위에 증착되어 있는 6μm NiFe 키퍼층을 가진 수직기록매체를 본 발명에 의하여 준비하였다. 핵생성층상에는 20층 격자를 증착하였다. 격자에는 3.5Å 코발트층과 10Å 팔라듐층이 포함되었다.
매체의 스퍼터링에 이어서 매체상에 잡음스펙트럼이 나타났다. 도면에는 매체의 잡음스펙트럼이 굵은 실선(__)으로 표시되어 있다. 잡음스펙트럼이 얻어진 후, 매체를 본 발명에 의하여 어닐링하였다. 어닐링은 매체를 260℃의 온도에서 10 내지 20분동안 구워서 수행한다. 어닐링 후, 매체상에 잡음 스펙트럼이 나타났다. 이러한 잡음스펙트럼의 결과는 도면에 가는 실선(__)으로 도시되어 있다.
도면에서 보는 바와 같이, 어닐링하지 아니한 매체에 비하여, 어닐링을 거친 매체의 잡음이 현저히 감소되었다. 더구나, 신호도 약간의 증가를 보였다. 그러나, 신호 대 잡음비는 샘플 7 및 8에 관련하여 표 1에 표시된 바와 같이, 약 7 dBm 정도로 크게 증가하였다.
키퍼층의 예비어닐링
본 발명자들은 수직기록매체의 증착전에, 키퍼층의 예비어닐링에 의하여 매체잡음이 감소된다는 것도 발견하였다. 키퍼층이 수직층의 스퍼터링에 앞서 어닐링 되는 경우에는, 관찰된 신호는 증가하는 것으로 보인다.
일실시예에서는, 어릴링은 비교적 높지 아니한 온도에서 비교적 짧은 시간동 안 키퍼층을 노출함으로써 수행된다. 예를 들면, 일부실시예에서는 어닐링이 약 260℃의 온도에서 약 30분 정도의 시간동안에 수행된다. 일부실시예에서는 층필름이 약 260℃의 온도에서 약 10 내지 20분 동안 어닐링된다. 다른 실시예에서는 어닐링 스텝이 공기 또는 산소의 존재하에서 실시된다.
본 발명에 의하여 키퍼층을 어닐링하는 효과의 일예는 표 1과 샘플 7 및 9에 표시한 바와 같이, 도 18에 도시되어 있다. 도 18에는 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼으로서, 매체의 잡음을 v/sqrt 대 주파수(MHz)로 나타내는 잡음스펙트럼을 보여주는 플롯이 제공되어 있다. 비어닐링 키퍼층으로 제조된 매체(__)를 키퍼가 본 발명에 의하여 어닐링된 유사한 매체(...)와 비교하였다.
실험에서는 2가지의 매체를 연구대상으로 하였다. 그중 하나는 도금된 NiFe 키퍼층이고, 또다른 하나는 어닐링된 NiFe 키퍼층이었다. 어닐링은 기판을 도금된 NiFe가 들어있는 기판과 함께 약 260℃의 온도에서 약 10 내지 20분동안 가열하여 수행하였다. 그 다음에, 2개의 기판 위에는 본 발명에 의한 다층매체가 만들어졌다. 이러한 매체는 280Å 팔라듐 하부층과 3.5Å 코발트 및 10Å 팔라듐의 20층격자가 포함되어 있다.
도면에서, 도금키퍼층이 제공된 매체의 잡음스펙트럼은 점선(...)으로 표시된 어닐링 NiFe 매체의 잡음스펙트럼에 비하여, 실선(__)으로 표시되어 있다. 도면에서 보는 바와 같이, 매체의 신호출력은 변하지 아니하였다. 그러나, 매체잡음은 감소되었다. 표 1, 샘플 7 및 9에 표시된 바와 같이, 신호 대 잡음비의 6.5 dBm 증가가 관찰되었다.
수직코발트층의 도핑
본 발명자들은 수직기록체의 합금을 만들므로써, 그 내부에서도 매체잡음을 제어할 수 있다는 것도 발견하였다. 이를 위하여, 본 발명자들은 본 발명에 의하여 7개의 매체, 즉 (i) 크롬이 없는 비키퍼코발트수직매체, (ii) 6% 크롬으로 공동스퍼터된 비키퍼코발트수직매체, (iii) 12% 크롬과 공동스퍼터된 비키퍼코발트수직매체, (iv) 크롬이 없는 키퍼코발트수직매체, (v) 6% 크롬과 공동스퍼터된 키퍼코발트수직매체, (vi) 12% 크롬과 공동스퍼터된 키퍼코발트수직매체 및 (vii) 18% 크롬과 공동스퍼터된 키퍼코발트수직매체 등을 준비하였다.
이러한 샘플로부터 얻은 잡음스펙트럼은 도 19 및 도 20에 표시되어 있고, 여기에서는 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼을 크롬으로 도핑한 효과를 알아보기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 비교하였다. 도 19는 비키퍼매체(샘플(i) 내지 (ii)에 대한 결과를 나타내고, 도 20은 키퍼매체(샘플(iv) 내지 (vii)에 대한 결과를 보인다. 도 19 및 표 2와 관련하여 알 수 있는 바와 같이, 크롬의 농도가 증가됨에 따라, 신호출력은 약간 감소된다. 그러나, 매체잡음은 크게 떨어진다. 신호 대 잡음비는 약 3.31 dBm 정도 상승한다. 표 1의 샘플 4 내지 6 참조.
[표 2]

Cr(%)	출력(mv)	잡음(mv)	SNR(dBm)
0	30.98	14.01	6.77
6	26.37	10.85	7.77
12	25.54	7.86	10.08

도 20 및 표 3에는 본 발명의 키퍼매체(keepered media)에 대한 합금농도의 결과가 표시되어 있다. 여기에서 보는 바와같이, 크롬 농도가 증가함에 따라, 신호는 약간 감소된다. 이와 동시에, 매체내의 잡음도 감소된다. 그러나, 잡음감소의 선형성은 크롬함량이 0.18 amps(즉, 18%)로 증대되는 시점에서 종료되는 것으로 보인다. 신호 대 잡음비는 크롬함량이 증가함에 따라 증가한다. 표 1 및 샘플 9 내지 12 참조.
[표 3]

층의 수	크롬함량(Amps)	출력(mv)	잡음(mv)	SNR(dBm)
20	0	124.31	25.76	13.62
20	0.06	120	21.31	14.8
20	0.12	111.59	17.63	15.96
20	0.18	94.3	15.85	15.4

본 발명자들은 본 발명에 의하여 매체를 제조함에 있어서, 코발트-크롬-탄탈 합금을 이용할 때, 이러한 합금의 두께가 변동됨에 따른 효과를 살펴보았다. 그 결과는 다음의 표 4에 표시되어 있다. 이 표에서 보는 바와 같이, 샘플별 매체 잡음은 크롬함량이 크롬타겟에 대한 0.12 amps(즉, 12%) 동력에 근거한 경우에는, 전술한 크롬도핑샘플과 유사하다. 표 1 및 샘플 12, 18 내지 20 참조.

[표 4]

샘플	하부층 Pd	자기층형(Å)	Pd(Å)	층	Hc(Oe)	Mrt(menu/㎠)	73.02 Kfci출력(mv)	SNR 매체(dBm)	123.57 Kfci 출력(mv)	SNR 매체(dBm)
1	280Å	CoCrTa/3.5Å	10	20	968	1				
2	280Å	CoCrTa/3Å	10	20	1462	0.86				
3	470Å	CoCrTa/3Å	10	20	2015	0.85				
4	470Å	CoCrTa/3Å	10	20			90.09	17	40.95	9.15
5	280Å	CoCrTa/3.5Å	10	15			69.18	17.13	33.51	8.81

기록층내의 층수 조정

본 발명자들은 격자내의 층수가 매체의 잡음에서 한몫을 할 수 있다는 것도 관찰하였다. 이러한 결과는 아래의 표 5에서 볼 수 있다. 표 1, 샘플 11 및 14 참조.

[표 5]

층의 수	크롬함량(Amps)	출력(mv)	잡음(mv)	SNR(dBm)
20	0.12	111.59	17.63	15.96
15	0.12	90.43	11.56	17.71

위표에서 보는 바와 같이, 15층 매체에서는 잡음이 실질적으로 감소되는 한편, 신호도 감소된다. 그러므로, 신호 대 잡음비는 상승한다. 그런데도 불구하고, 본 발명의 매체를 정밀하게 조정함으로써, 신호의 감소없이 격자의 층수를 20층 보다 약간 적게 선택할 수 있다. 이에 의하여, 매체잡음을 더 양호하게 제어할 수 있게 된다. 도 21에는 격자내의 층수의 영향을 알아보기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대주파수(MHz)로 비교하는 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음 스펙트럼의 플롯이 제공되어 있다.

기록층의 산소 존재하에서의 스퍼터링

본 발명자들은 격자를 소량의 산소의 존재하에서 스퍼터링함으로써 매체잡음을 감소시킬 수 있다는 것도 발견하였다. 어닐링에 관련하여 전술한 바와 같이, 특정한 이론이나, 이 공정의 작업방식에 억매이지 아니하는 한, 신호가 기록매체 내에서의 결정체의 재배향(reorientation)을 용이하게 할 것으로 기대된다. 그외에도, 기록매체의 결정격자내에서도, 산화물이 어느정도 형성될 수 있다. RF 스퍼터링을 이용하면, 잡음감소를 위하여 타켓을 산화 코발트로도 만들 수 있다.

격자를 산소의 존재하에서 스퍼터링하는 효과는 도 22에 표시되어 있고, 도 22는 격자를 산소로 스퍼터링하는 효과를 알아보기 위하여, 잡음을 v/sqrt f 대 주파수(MHz)로 비교하는, 본 발명에 의하여 제조된 매체의 잡음스펙트럼의 도표이다. 산소는 기준압력의 변동에 의하여 조정된다. 일부실시예에서는 사용된 산소의 양이 약 0.05 내지 0.5%(v/v)이다.

MR 판독헤드내의 MR 소자의 물리적 오프셋

본 발명자들은 매체잡음을 제어하기 위한 전술한 전략 이외에도, 본 발명에 의한 매체가 MR 판독헤드에 의하여 매우 효율적으로 판독되는 것을 추가로 발견하였다. 본 발명자들은 이를 확인하기 위하여, 명백히 매체잡음을 감소시킬 수 있도록, 물리적으로 오프셋된(즉, 매체내에서 수직펄럭스에 비례하여 기울어지는) MR 헤드를 설계하였다.

여기에서 MR 이라함은 비등방성 자기저항효과(AMR) 및 거대 자기저항효과(GMR)을 말한다. 이 기술분야에서는 여러 가지의 AMR 및 GMR 재료 및 센서가 널리 알려져 있다. 예를 들면, AMR 센서는 전형적으로 NiFe 재료(즉, 퍼말로이)로, 기판 상에 휘트스톤 브리지(Wheatstone bridge)형으로 형성되어 있다. GMR 센서는 전형적으로 교호적인 자성체(즉, Fe, Co, Ni 또는그 합금) 및 비자성체(즉, Cr, Ru, Cu, Al, Ag, Au 또는 그 합금)의 다층필름으로, 기판상에 휘트스톤 브리지형상으로 형성되어 있다. 본 발명에 있어서는 AMR와 GMR 형 센서중 어느 것이라도 사용할 수 있다.

도면에는, 본 발명에 의하여 기록층(61)과 키퍼층(62)이 제공된 수직기록매체(60)가 링 기록소자(63)와, MR 스트립 판독소자(64)로 묘사된 헤드와 함께 도시되어 있다. 링 기록소자(63)에는 일반적으로 제1자속암(65), 제2자속암(66) 및 갭(67)이 포함되어 있다. 링 기록소자(63)는 갭(67)을 가로질러 자속(68)을 생성하는데 이용된다. 자속은 매체(60)내에서의 원하는 자속방향에 따라 제1암(65) 또는 제2암(66)을 통하여 도입될 수 있다. 자속(68)은 매체(60)내에 차동자속밀도(69)(화살표) 영역을 생성한다. 이러한 자속(69)은 링기록소자(63)를 이용하는 때에는, 일반적으로 버티컬

업(vertical up)(70) 또는 버티컬 다운(vertical down)(71)을 그 사이의 추이영역(72)과 일렬이 되게 정렬시킨다.
매체(60)가 MR 소자(64) 아래로 통과하는 때에는 MR 소자(64)는 매체(60)내의 자속이 수직(즉, 점 70 및 71)으로 되고, 신호가 매체내에서 수직으로 정렬된 자속에 응답하는 영역내에서, 저항이 바뀌게 된다.
MR 소자(64)는 실드(74a, 74b)에 의하여 기록헤드(63)로부터 보호되고, 실드(74a, 74b) 사이에 배치되어 있다. 도면에서는, MR 소자(64)가 매체(60)내로 수직 방향에 따라 뻗어있는 가상선(76)에 대하여 각(75)(θ)으로 오프셋되어 있다.
이러한 각(75)(θ)은 약 -20° 내지 20° 또는 약 -15° 내지 15° 이고, 일부 실시예에서는 약 -10° 내지 10° 이다.
도 23a 및 도 23b는 도 23에 도시된 MR 판독소자의 확대도이다. 도 23a에서는 MR 판독소자(64)가 물리적 오프셋 없이 또는 각(75)(θ)이 0도로 도시되어 있다. 도 23b에서는, MR 판독소자(64)가 물리적 오프셋이 제공된 것으로 또는 각(75)(θ)이 약 10도로 도시되어 있다.
운전중에는, MR 소자(64)의 각(75)은 물리적 오프셋을 제공할 수 있게 작용한다. 각(75)은 본질적으로 버티컬 업(70) 또는 버티컬 다운(71)으로 되어 있는 매체내의 자속(69)에 대한 MR 소자(64)의 감도를 약간 감소시키는 작용을 한다. 매체 내의 각 입자는 적어도 입자의 크기와 배향에 따라 달라지는 변동자속밀도를 자기는 것으로 생각된다. 이와 같이, 자속밀도내의 변동에 대한 MR 소자(64)의 감도를 약간 감소시킬지라도, 매체잡음은 감소될 것으로 기대된다.
경미한 유사물리적 오프셋에 의하여 격자내에 결정체를 성정시킴으로써 유사한 효과를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 예를 들면, 기판의 텍스처는 각형결정체가 성장될 수 있게 변동시킬 수 있다. 그 이외에도, 스퍼터링 공정중 기판과 타겟 사이에서 각형전하를 생성시킬 수 있다.
상기 방법들을 결합시킨 접근방법도 이용할 수 있다. 예를 들면, 결정체 성장을 물리적으로 수직면의 한쪽으로 오프셋시키는 반면에, MR 소자(64)는 반대방향 으로 오프셋시킬 수 있다. 이러한 접근방법은 매체잡음을 대폭적으로 감소시키기 위하여 이용할 수 있다.
본 발명에 의한 매체와 링기록/MR 판독헤드가 합체된 디스크 드라이브 시스템.
본 발명에 의하여, 본 발명에 의한 매체와 링기록/MR 판독헤드가 합체되어 있는 디스크 드라이브시스템이 제공된다. 이시스템의 조작은 정보를 기록 및 판독하기 위한 종래기술의 시스템과 관련하여 설명하면 더 잘 이해될 것이다. 종래기술에 의한 시스템은 일반적으로 수직 및 세로매체와 기록 및 판독용으로 이용되는 헤드의 유형에 따라 분류할 수 있다.
도 24에서는 기록/판독전략과 각종 기록매체의 비교를 제공한다. 도 24a는 링 기록헤드와 MR 스트립판독헤드를 이용하여 세로기록매체상에서의 종래의 기록/판독 전략의 일예이다. 도 24b는 단극판독기록헤드를 이용하는 수직기록매체상에서의 종래의 기록/판독전략의 일예이다. 도 24c는 링기록헤드와 MR 스트립 판독헤드를 이용하여 본 발명에 의한 수직기록매체상에서의 판독 및 기록을 위한 전략의 일예이다.
도 24a에는 세로기록매체(38)가 링기록소자(39)와 MR 스트립판독소자(40)에 의하여 묘사된 헤드와 함께 도시되어 있다. 링 기록소자(39)에는 일반적으로 상부 또는 제1극(41), 제2극(42) 및 갭(43)이 포함되어 있다. 링기록소자(39)는 갭(43)을 가로질러 자속(44)을 생성하는데 이용된다. 자속(44)은 매체(38)내에 차동자속밀도(45)(화살표)영역을 생성한다. 도면에서 알 수 있는 바와 같이, 매체표면에 대 하여 평행인 자속은 일반적으로 세로매체내에 정보를 기억시키기 위하여 이용되는 정보포함자속차(flux differentials)이다. 이러한 자속(45)은 링 기록소자(39)를 이용하는 때에는 일반적으로 패럴렐 라이트(parallel right)(46), 버티컬 업(47a), 버티컬 다운(47b) 또는 패럴렐 레프트(48)를 정렬시킨다.
매체(38)가 MR 소자(40) 아래로 통과할 때, MR 소자(40)는 매체(38)내의 자속이 수직(즉, 점 47a 및 47b)이고, 출력(49)에 의하여 표시된 바와 같이, 신호가 생성되는 영역내에서, 저항이 변화한다.
도 24b에는 수직매체에 대한 종래의 기록 및 판독용시스템이 도시되어 있다. 이 도면에는 기록층(51)과 키퍼층(52)을 갖추고 있는 수직기록매체(50)가 도시되어 있다. 자속(54)은 전형적으로 매체(50), 예를 들면 키퍼층(52)을 거쳐 귀환된다. 자속(54)은 매체(50)내에 차동자속밀도(55)(화살표)영역을 생성한다. 이러한 자속(55)은 극헤드(53)를 이용하는 때에는 일반적으로 버티컬 업(56)이나 버티컬 다운(57)을 일렬로 정렬시키면서, 그 사이에 추이영역(58)을 둔다. 극헤드(53)가 기록을 하지 아니하는 때에는, 매체(50)에 대하여 수직인 매체로부터의 자속에 대하여 민감하다.
매체(50)가 판독헤드(53)아래로 통과할 때, 판독헤드(53)는 수직자속영역(즉, 점 56, 57)을 검출하고, 출력(58)에서와 같이 출력을 생성한다.
도 24c에는 기록층(61)과 키퍼층(62)이 갖추어진, 본 발명에 의한 수직 기록 매체(60)가 링기록소자(63) 및 MR 스트립판독소자(64)에 의하여 묘사된 헤드와 함께 도시되어 있다. 링기록소자(63)에는 제1극(65), 제2극(66) 및 갭(67)이 포함되 어있다. 자속(68)은 매체(60)내에 차동자속밀도(69)(화살표) 영역을 생성한다. 이러한 자속(69)은 링기록소자(63)를 이용하는 때에는, 일반적으로 버티컬 업(70)이나 버티컬 다운(71)을 정렬시키고, 그 사이에 추이영역(72)을 둔다.
매체(60)가 MR 소자(64) 아래로 통과하는 때에는, MR 소자(64)는 매체(60)내의 자속이 수직이고(즉, 점 70 및 71), 출력(73)에 의하여 도시된 바와 같이, 신호가 생성되는 영역내에서, 저항이 변화한다.
본 발명의 매체와 전술한 링 기록/MR 판독헤드를 이용하는 디스크 드라이브의 놀라운 특징은, 본 발명의 매체가 링기록헤드에 의하여 수직방향으로 쉽게 자화 된다는 것이다. 종래에는 링기록헤드가 세로매체용으로 사용되었다. 본 발명에 의한 링기록헤드를 이용할 수 있는 것은 큰 장점이 된다. 이러한 헤드는 적은 비용으로 쉽게 제작된다. 더구나, 링기록헤드는 단극기록헤드에서 필요한 것과 같이, 자속 귀환을 위하여 매체에 의지하지 아니한다.
도 25는 본 발명에 의한 매체가 조립된 디스크 드라이브의 상부투시도이다. 디스크 드라이브(77)에는 서로 끼워맞추어져서 하나의 하우징(80)을 형성하는 베이스(78)와 커버(79)로 구성된 하드디스크 어셈블리가 포함되어 있다. 하우

징(80)에는 디스크기억매체(81)와 액츄에이터어셈블리(82)가 들어있다. 디스크기억매체(81)에는 상면(82)과 하면(도시 없음)이 포함되어 있다. 드라이브(77) 내에서의 데이터 기억동작을 제어하기 위하여 이용되는 복수의 집적회로 구성요소가 있는 인쇄배선회로기판(84)이 포함된 제어수단(83)도 제공되어 있다. 제어신호를 인쇄배선회로기판(84)으로부터 하우징(80)으로 전송하기 위한 헤더 어셈블리가 포 함되어 있다.
도 25에 도시된 디스크 드라이브(77)의 분해도인 도 26에 도시된 바와 같이, 스핀 모터(86)는 베이스(78)내에 장착되어있고, 디스크(81)에 대하여 수직인 평면 내에서, 디스크(81)의 거의 중앙을 통과하는 축 둘레를 회전할 수 있도록 디스크기억매체(81)를 지지한다. 액츄에이터 어셈블리(82)에는 적어도 하나의 상호작용요소(88)를 디스크(81)의 표면에 인접하는 위치에 장착하기 위한 액츄에이터 암(87)이 포함되어 있다. 이 기술분야의 전문가는 일반적으로 이해하는 바와 같이, 자기판독 및 기록헤드와 같은 적어도 2개의 상호작용요소(88)가 디스크기억매체(81)의 각 표면에 하나씩 제공되어 있다.
이상에서는 본 발명을 몇가지 실시예와 관려하여 설명하였으나, 본 발명은 더 변경할 수 있고, 이 출원에는 본 발명에 관한 기술분야에서 공지되어 있거나 일상적인 관행에 해당하고, 전술한 본 발명의 본질적인 특징에 적용될 수 있고, 본 발명의 범위와 본 발명의 특허청구범위안에 들어있는 본 개시(disclosure)에서 발원된 사항을 포함하여, 일반적으로 본 발명의 원리에 따르는 본 발명의 모든 변형, 용도 또는 적응도 포함되는 것으로 이해된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
증착된 50Å 이상의 두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 핵생성층(32), 및 수직자기비등방성과 제1두께를 가지는 자성금속 또는 그 합금과 제2두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성된 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 복수의 이중층(34, 35)으로 구성되는 기록층이 기판 위에 증착된 상기 기판을 포함하는 자기기록매체로서,
어닐링된 키퍼층(31)은 제 3 두께를 가지며, 상기 핵생성층 및 상기 기판 사이에 배치되는 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 2.
제 1항에 있어서, 상기 제 1 두께는 1.5Å 내지 10Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 3.
제 1항에 있어서, 상기 제 1 두께는 2Å 내지 7Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 4.
제 1항에 있어서, 상기 제 1 두께는 3Å 내지 5Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 5.
제 1항에 있어서, 상기 자기층은 코발트를 포함하는 것을 특징으로 하는 자 기기록매체.

청구항 6.
제 5항에 있어서, 상기 제 1 두께는 1.5Å 내지 10Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 7.
제 5항에 있어서, 상기 제 1 두께는 2Å 내지 7Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 8.
제 5항에 있어서, 상기 제 1 두께는 3Å 내지 5Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 9.
제 1항에 있어서, 상기 제 2 두께는 5Å 내지 15Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 10.
제 1항에 있어서, 상기 제 2 두께는 7Å 내지 12Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 11.
제 1항에 있어서, 상기 핵생성층의 두께는 200Å 내지 600Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 12.
제 1항에 있어서, 상기 이중층의 수는 10 내지 30인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 13.
제 1항에 있어서, 상기 이중층의 수는 15 내지 25인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 14.
제 1항에 있어서, 상기 핵생성층과 상기 기록층의 총 두께는 1500 Å을 초과하지 아니하는 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 15.
제 1항에 있어서, 상기 매체는 2500 에르스텟을 초과하는 보자력을 가지고 있는 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 16.
제 1항에 있어서, 상기 키퍼층은 NiFe 합금으로 형성되는 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 17.
제 1항에 있어서, 상기 키퍼층의 두께는 2μm 내지 6μm인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 18.
50Å 이상의 두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 비자성금속의 핵생성층, 상기 핵생성층 및 상기 기판 사이에 배치된 어닐링된 키퍼층, 및 제 1 두께를 가지는 코발트 또는 그 합금 및 제 2 두께를 가지는 팔라듐 또는 백금으로 구성된 그룹으로부터 선택되는 비자성금속의 복수이중층을 포함하는 기록층이 기판 위에 증착된 상기 기판이 포함되어 있는 자기기록매체로서,
상기 제 1 두께는 1.5 내지 10Å이고, 상기 제 2 두께는 5Å 내지 15Å이며, 상기 이중층의 수는 약 10 내지 30이고, 상기 핵생성층과 상기 기록층의 두께는 1500Å를 초과하지 아니하며, 상기 매체의 보자력은 약 2500 에르스텟을 초과하는 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 19.
제 18항에 있어서, 상기 제 1두께는 2Å 내지 7Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 20.
제 18항에 있어서, 상기 제 1 두께는 3Å 내지 5Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 21.
제 18항에 있어서, 상기 제 2 두께는 7Å 내지 12Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 22.
제 18항에 있어서, 상기 제 2 두께는 8Å 내지 11Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 23.
제 18항에 있어서, 상기 핵생성층의 두께는 200Å 내지 600Å인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 24.
제 18항에 있어서, 상기 이중층의 수는 15 내지 25인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 25.
제 18항에 있어서, 상기 키퍼층은 NiFe 합금으로 형성되는 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 26.
제 18항에 있어서, 상기 키퍼층의 두께는 약 2μm 내지 6μm인 것을 특징으로 하는 자기기록매체.

청구항 27.
정보기억장치로서,
정보를 자속의 형태로 수신, 기억 및 판독하게 하기 위하여 2 x 10^{6} erg/cc 이상의 또는 이와 동등한 수직자기비등방성을 가지는 청구항 제 1 항에 따른 평면 자기기록매체; 및
정보를 자속의 형태로 매체에 기록하고, 정보를 자속의 형태로 매체로부터 판독하며, 링형기록소자와 자기저항(MR) 판독소자로 구성되는 판독/기록헤드를 포함하는 것을 특징으로 하는 정보기억장치.

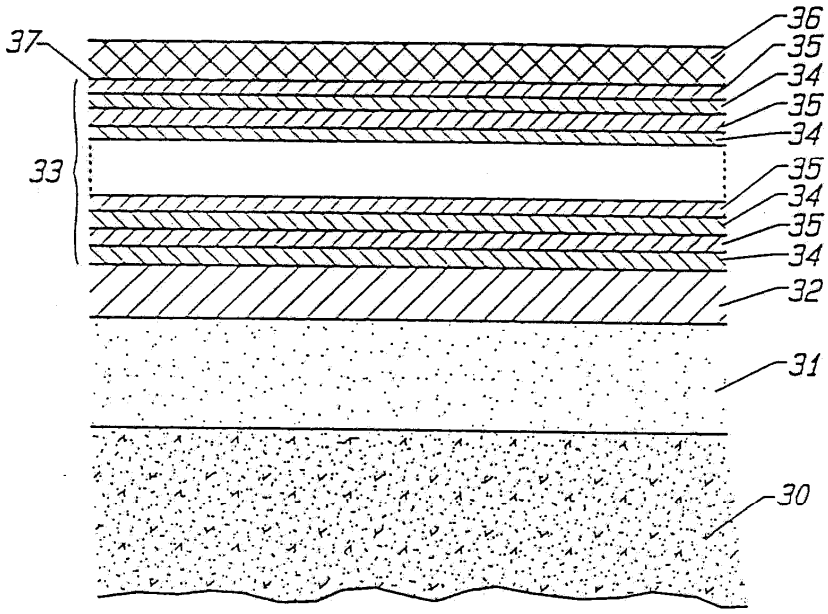
청구항 28.
제 27항에 있어서, 자기기록매체는 50Å 이상의 두께를 가지는 팔라듐이나 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 핵생성층 및 제 1 두께를 가지는 코발트 또는 그 합금과 제 2 두께를 가지는 팔라듐이나 백금으로 구성되는 그룹으로부터 선택된 비자성금속의 복수이중층을 포함하는 기록층이 기판 위에 증착된 상기 기판을 더 포함하고,
상기 제 1 두께는 1.5 내지 10Å이고, 상기 제 2 두께는 5Å 내지 15Å이며, 상기 이중층의 수는 약 10 내지 30이고, 상기 핵생성층과 기록층의 두께는 1500Å를 초과하지 아니하는 것을 특징으로 하는 정보기억장치.

청구항 29.
제 27항에 있어서, 상기 MR 소자는 매체의 평면에 대하여 수직으로 뻗어있는 선에 관하여, 약 -10° 내지 10° 의 각으로 물리적으로 오프셋되어 있는 것을 특징으로 하는 정보기억장치.

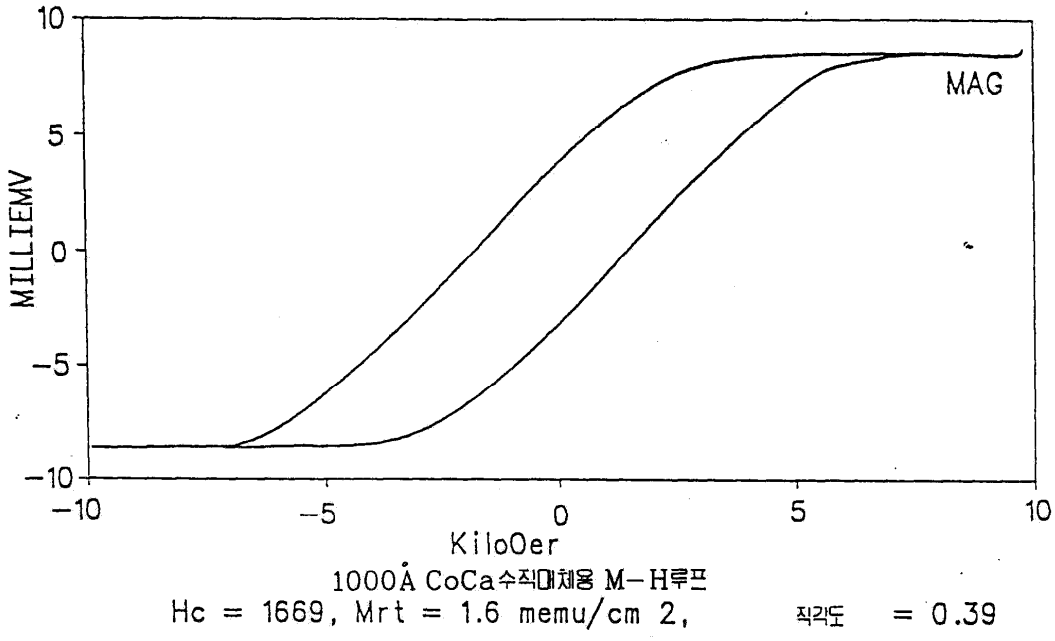
청구항 30.
자기정보를 자기기록매체에 기록하기 위한 링헤드와 자기정보를 자기기록매체로 판독하기 위한 자기저항판독(MR) 헤드로 구성되는 자기판독기록헤드로서,
상기 MR 헤드는 MR 소자 및 자기기록매체 직면 표면을 포함하고, 상기 MR 소자는 자기기록매체 직면 표면에 대한 수직 방향으로부터 0° 내지 20° 이하의 각도 만큼 오프셋되도록 물리적 오프셋을 가지는 것을 특징으로 하는 자기판독기록헤드.

도면

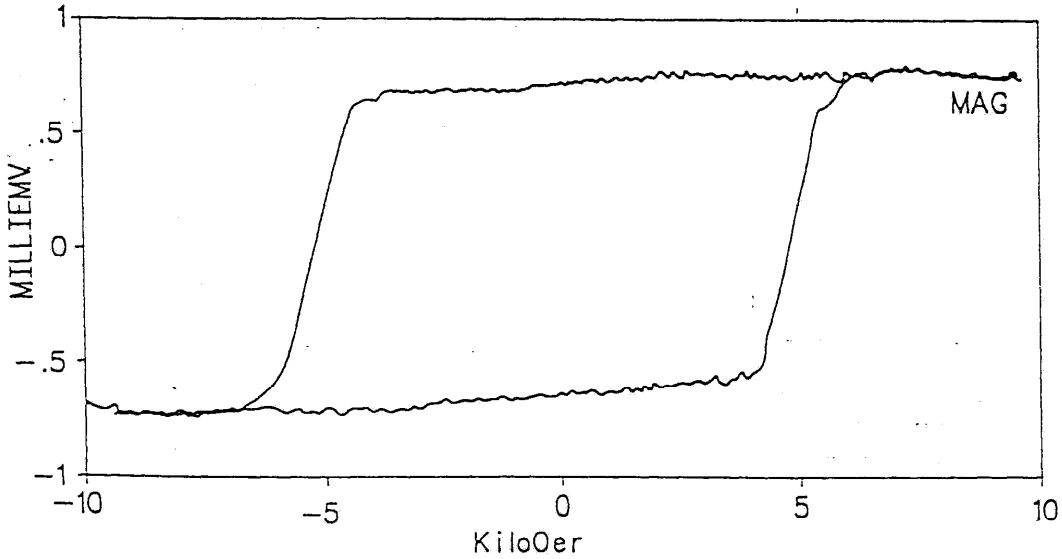
도면1


37
33
36
35
34
35
34
35
34
35
34
32
31
30

도면2a


10
5
0
−5
−10
MILLIEMV
MAG
−10
−5
0
5
10
KiloOer
1000Å CoCa수직매체용 M−H루프
Hc = 1669, Mrt = 1.6 memu/cm 2,
직각도 = 0.39

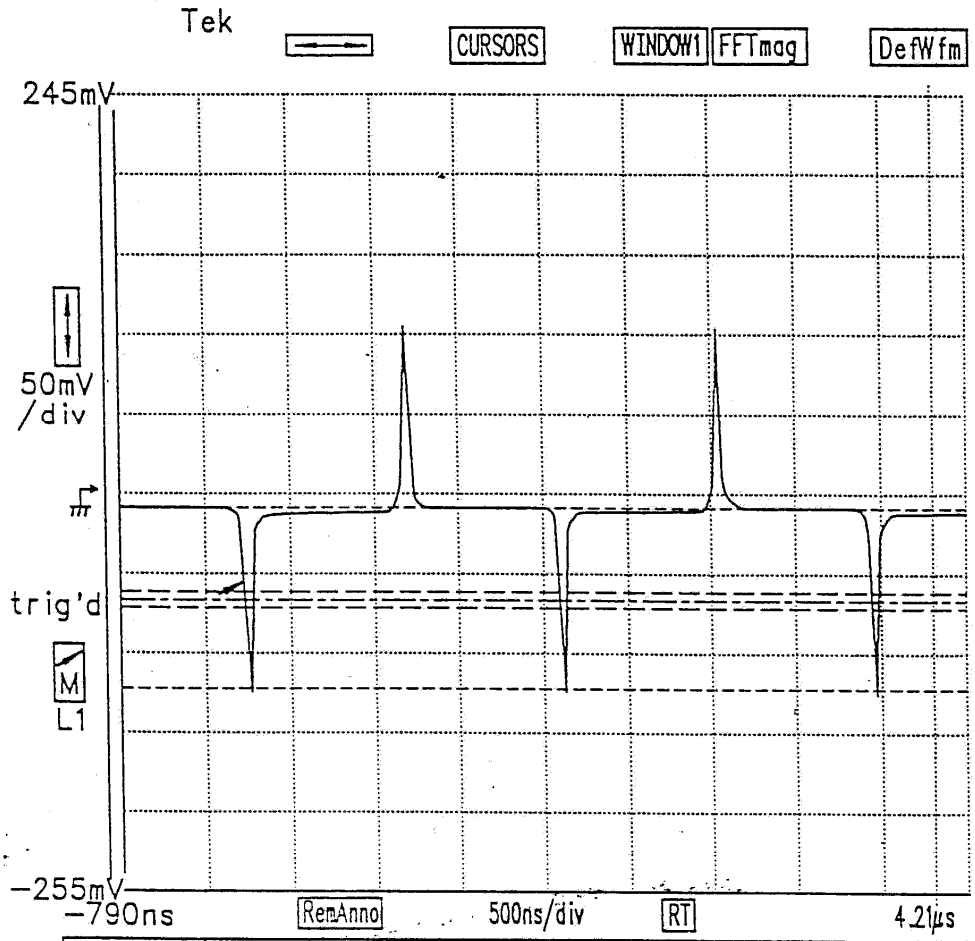
도면2b



(Co/Pd)20/Pd수직 MR대체용 M-H루프

Hc = 5038, Mrt = 0.7 memu/cm 2, 직각도 = 0.83

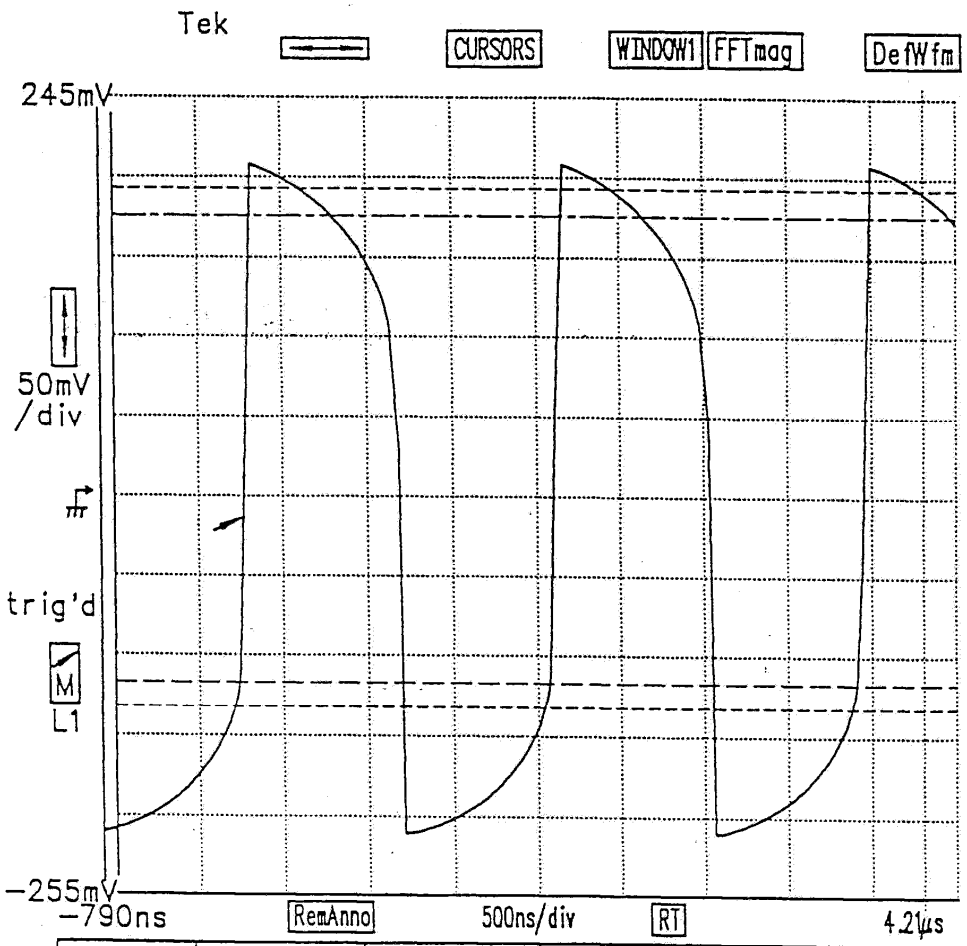
도면3



커서-커서	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
231.3 mV	100.1 mV	-131.2 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭		베이스라인		톱라인
535.5 kHz	34.63 ns		-127.6m V		-12.6m V

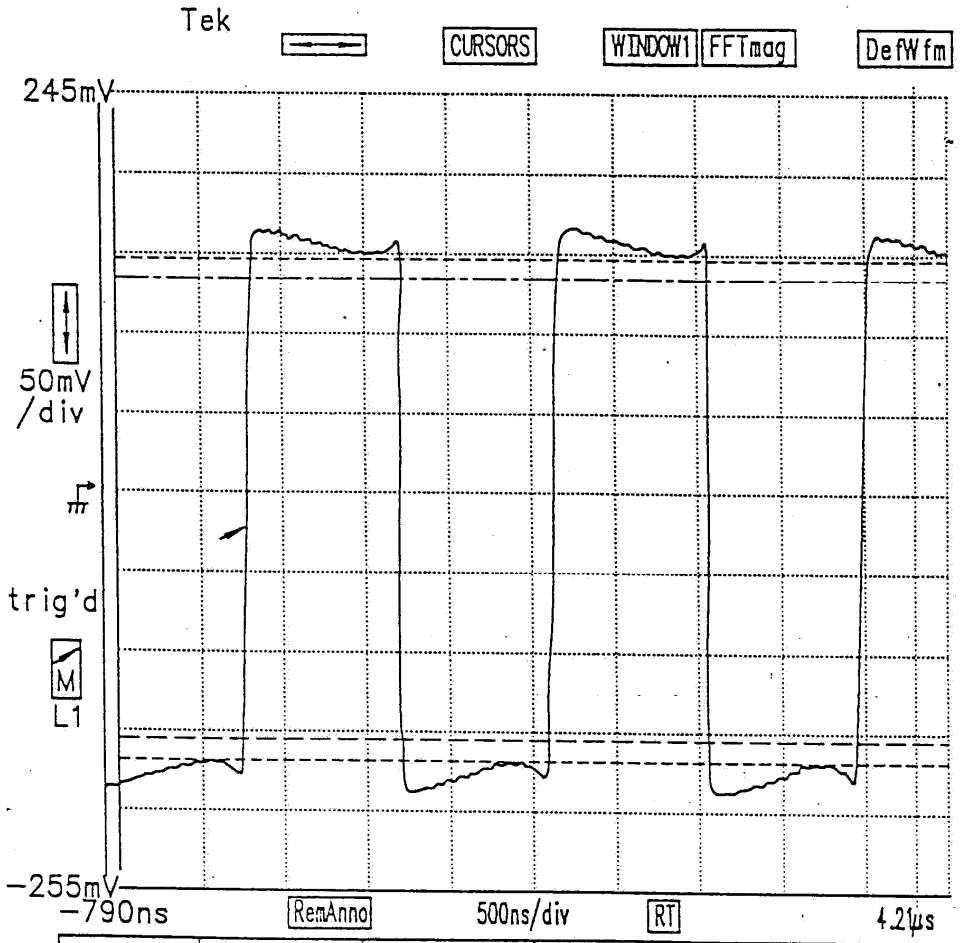
$PW_{50} \simeq 34.63ns$

도면4



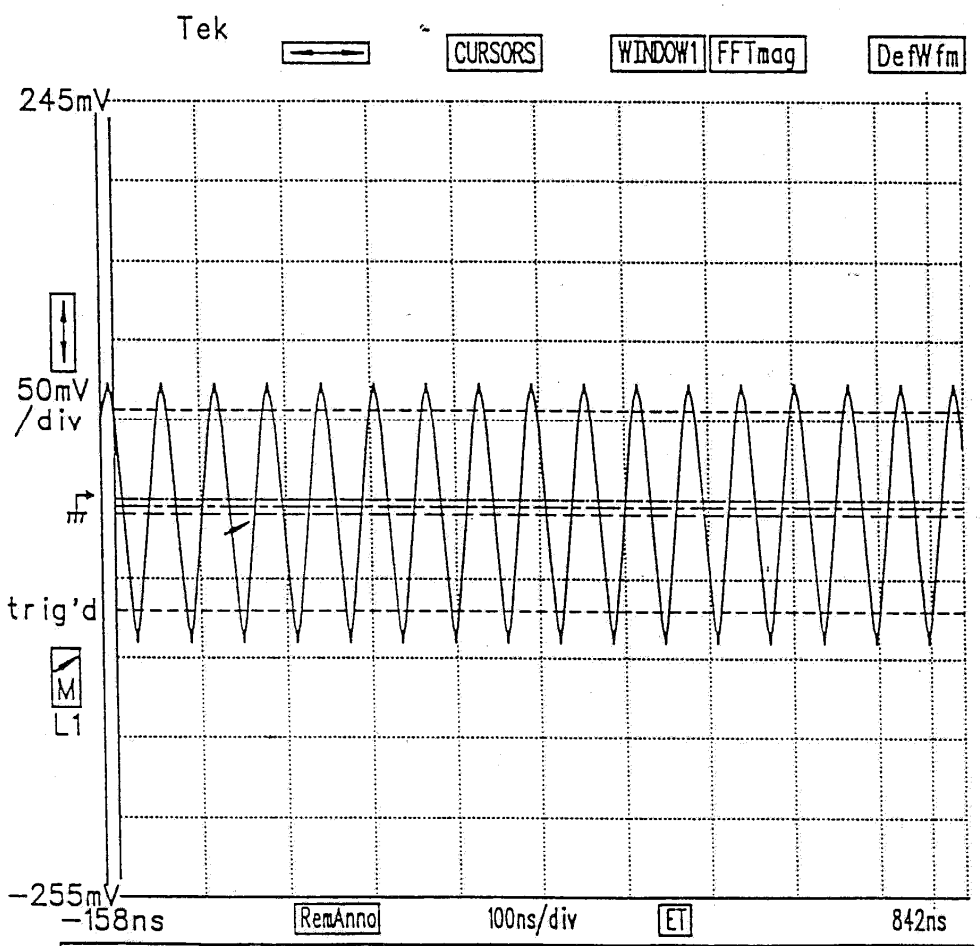
피크-피크	Max	Min	측정	Page to.	Rem Wfm. 1
426.4 mV	204.8 mV	-221.7 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭	Rise	베이스라인		톱라인
535.4 kHz	916.8 ns	59.34 ns	-137.6m v		187.4m v

도면5



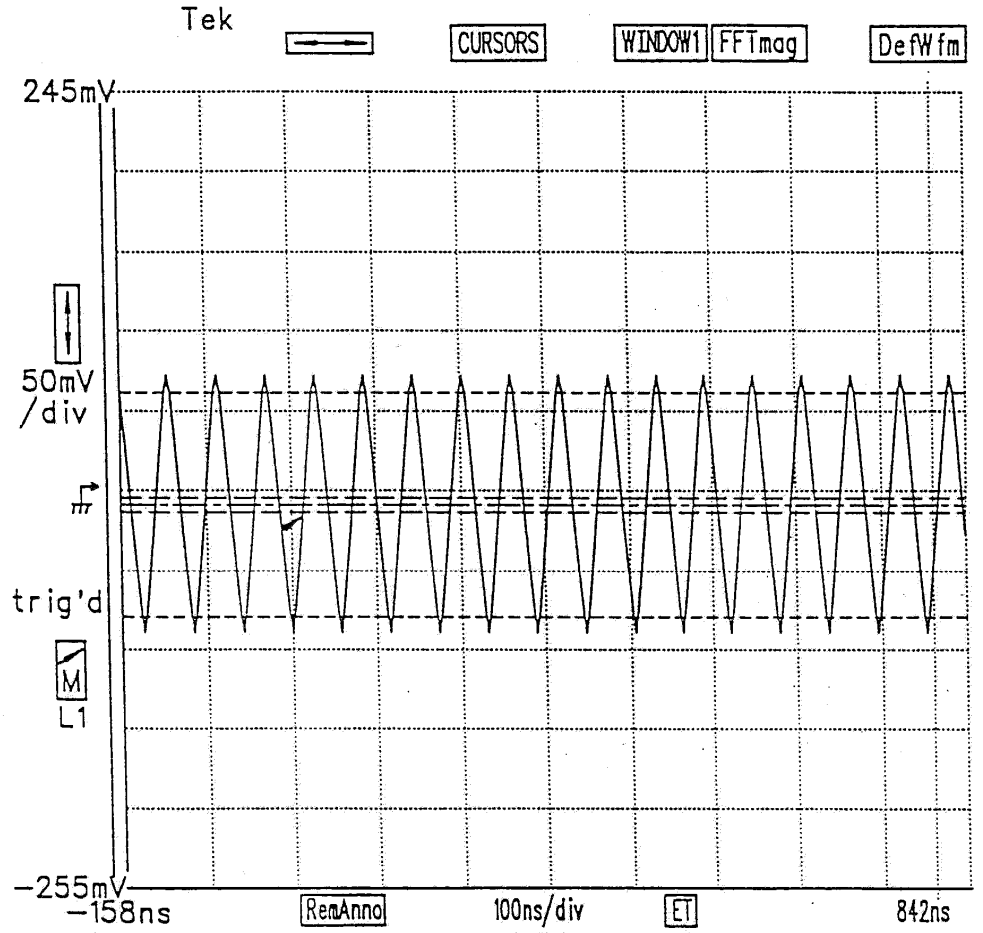
피크-피크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
355.0 mV	162.6 mV	-192.4 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭	Rise	베이스라인		톱라인
535.5 kHz	936.3 ns	28.54 ns	-172.6m v		147.4m v

도면6



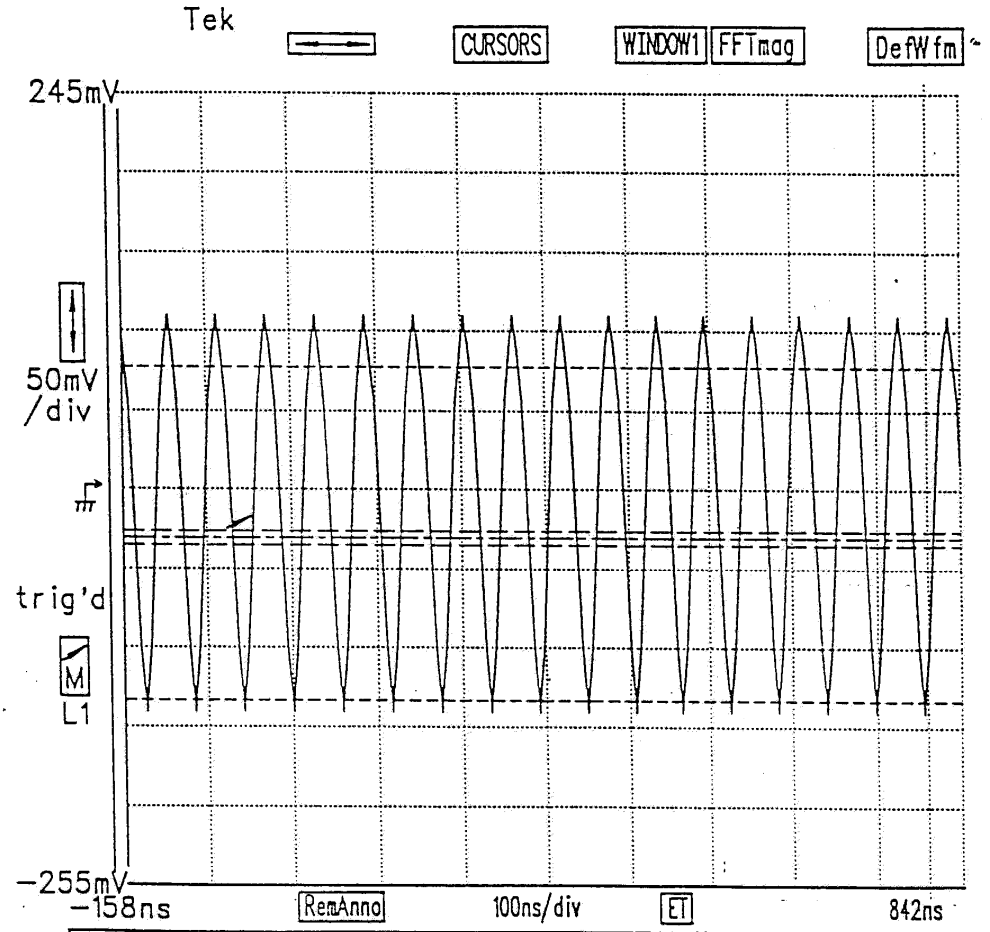
피크-피크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
165.0 mV	68.66 mV	-96.36 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭		베이스라인		톱라인
17.17 MHz	29.97 ns		-72.6m V		52.4m V

도면7



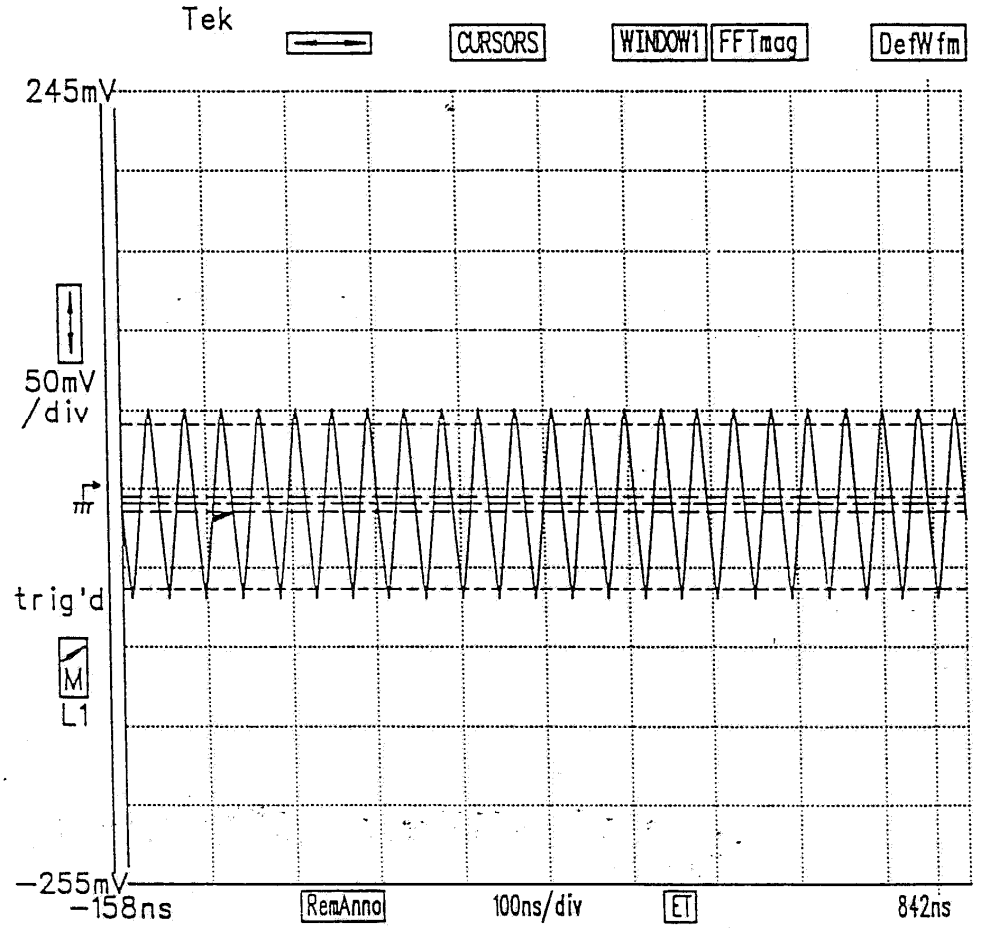
피크-피크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
159.7 mV	66.21 mV	-93.46 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭		베이스라인		톱라인
17.16 MHz	29.37 ns		-82.6m V		57.4m V

도면8



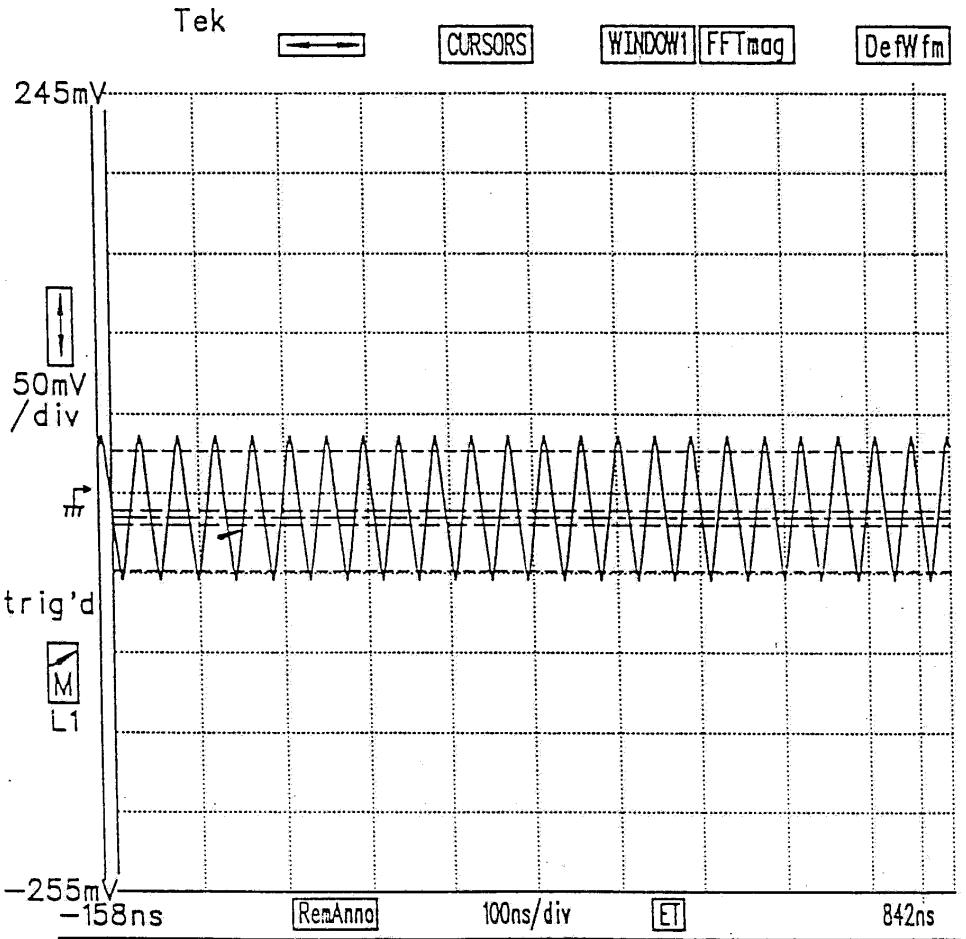
피크-피크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
256.2 mV	108.5 mV	-147.6 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭		베이스라인		톱라인
17.10 MHz	25.46 ns		-137.6m V		72.4m V

도면9



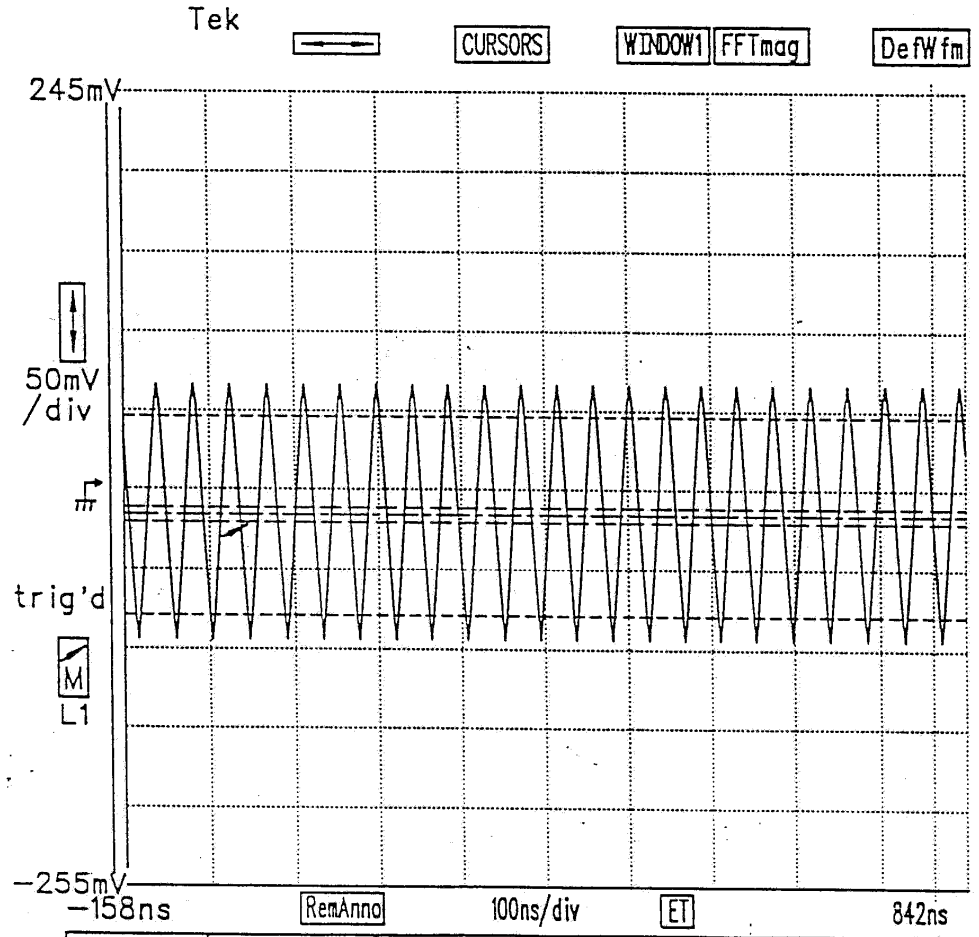
피크-피크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
121.8 mV	46.64 mV	-75.20 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭		베이스라인		톱라인
22.58 MHz	21.66 ns		-67.6m V		37.4m V

도면10



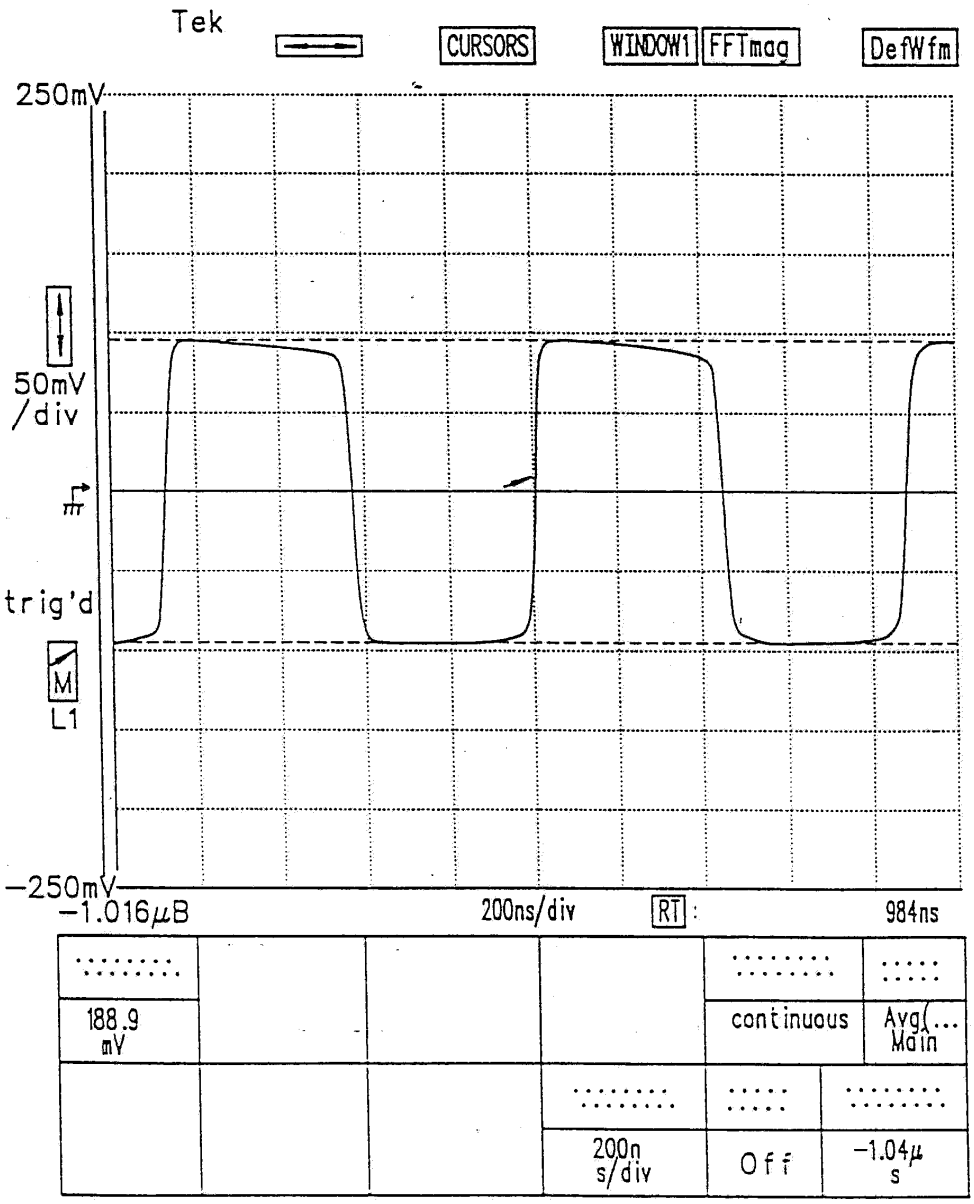
마크-마크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1
92.66 mV	32.45 mV	-60.22 mV		통계 및 히스토그램	Avg(... Main
주파수	폭		베이스라인		톱라인
44.44 MHz	726.0 ps		-52.6m V		22.4m V

도면11

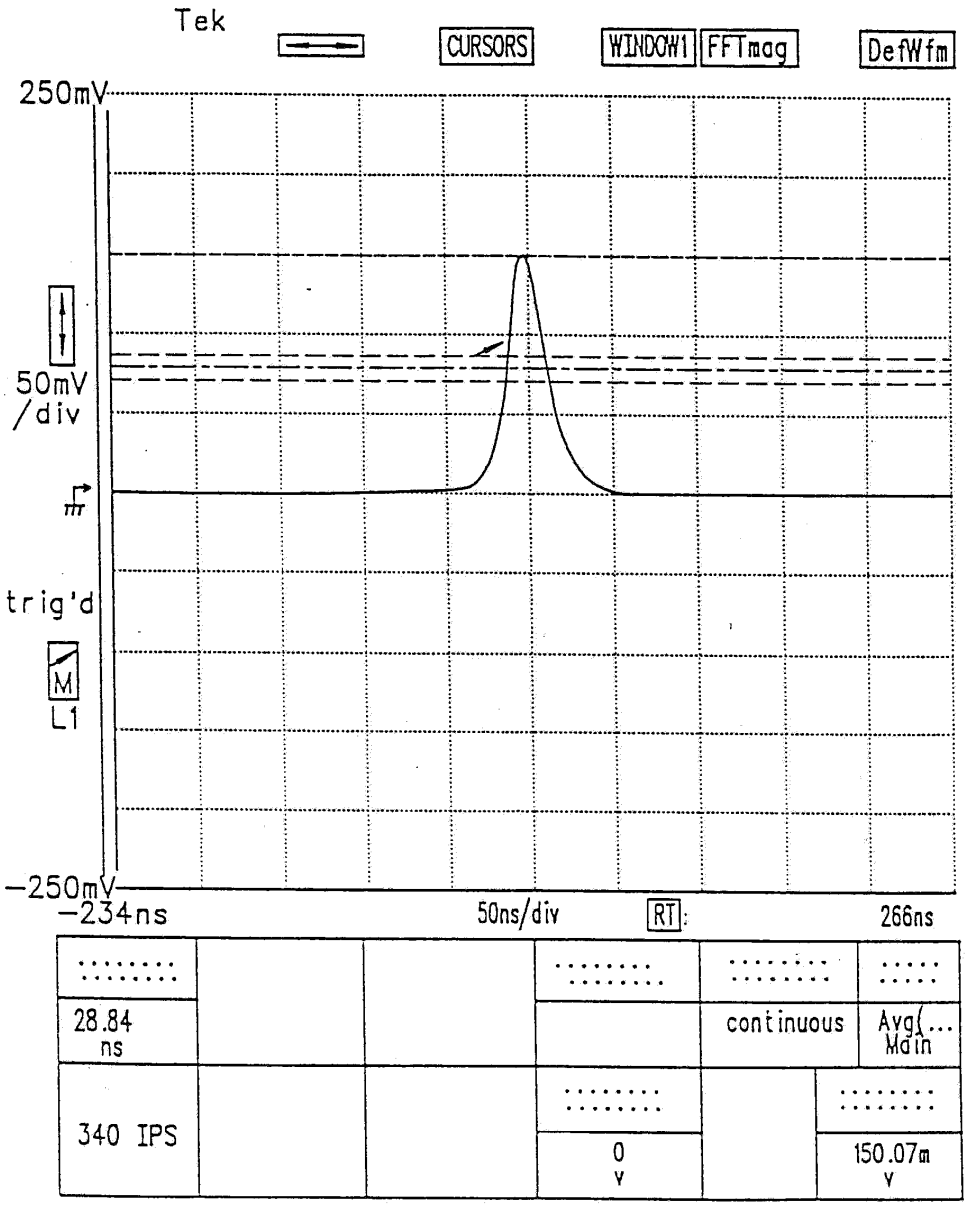


피크-피크	Max	Min	측정	Page to	Rem Wfm 1'
167.6 mV	68.15 mV	-99.41 mV		통계 및 히스토그램.	Avg(... Main-
주파수	폭		베이스라인		톱라인
22.42 MHz	21.05 ns		-82.6m V		42.4m V

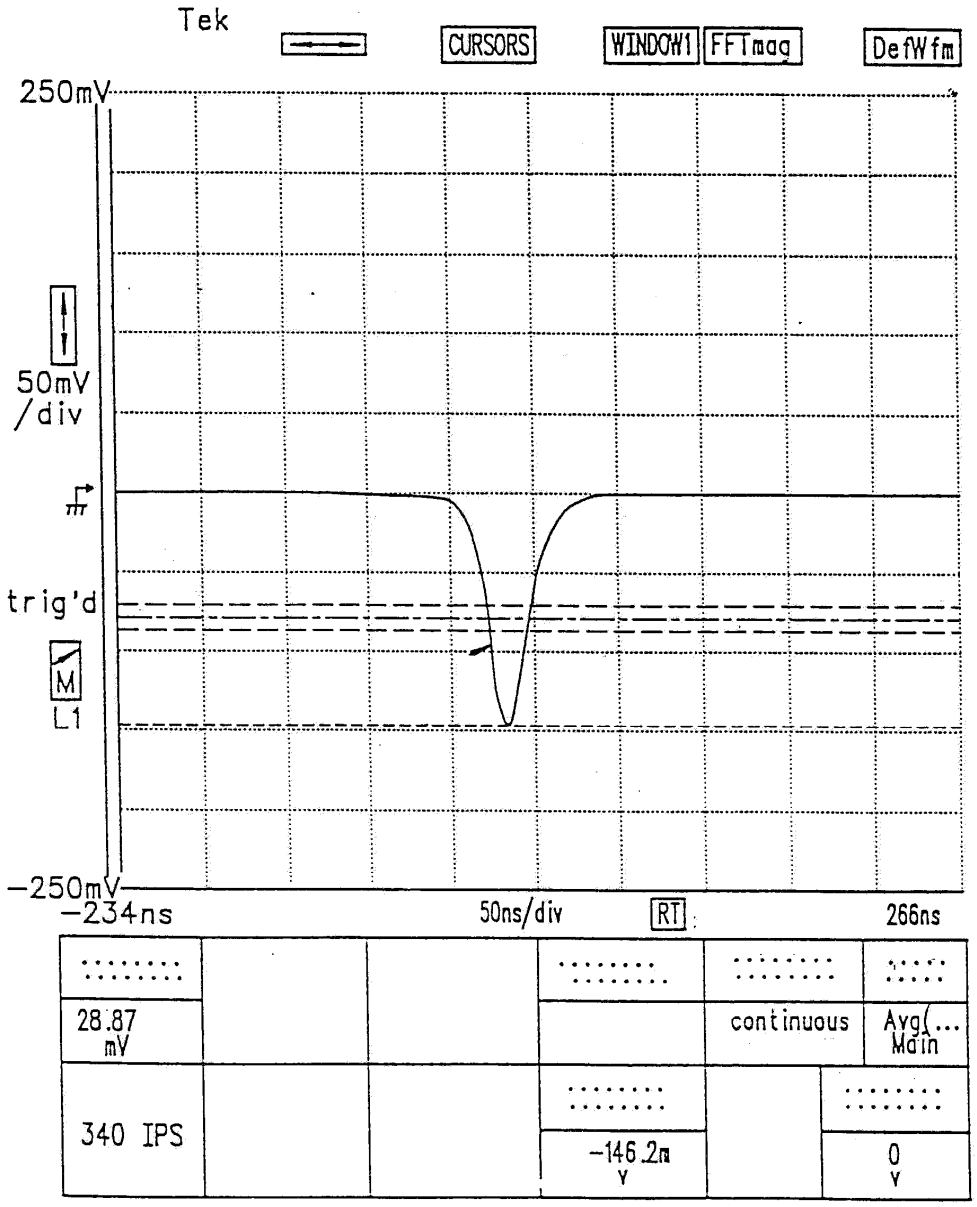
도면12


Tek
CURSORS
WINDOW1
FFTmag
DefWfm
250mV
50mV
/div
trig'd
M
L1
−250mV
−1.016μB
200ns/div
RT
984ns
188.9
mV
continuous
Avg(...
Main
200n
s/div
Off
−1.04μ
s

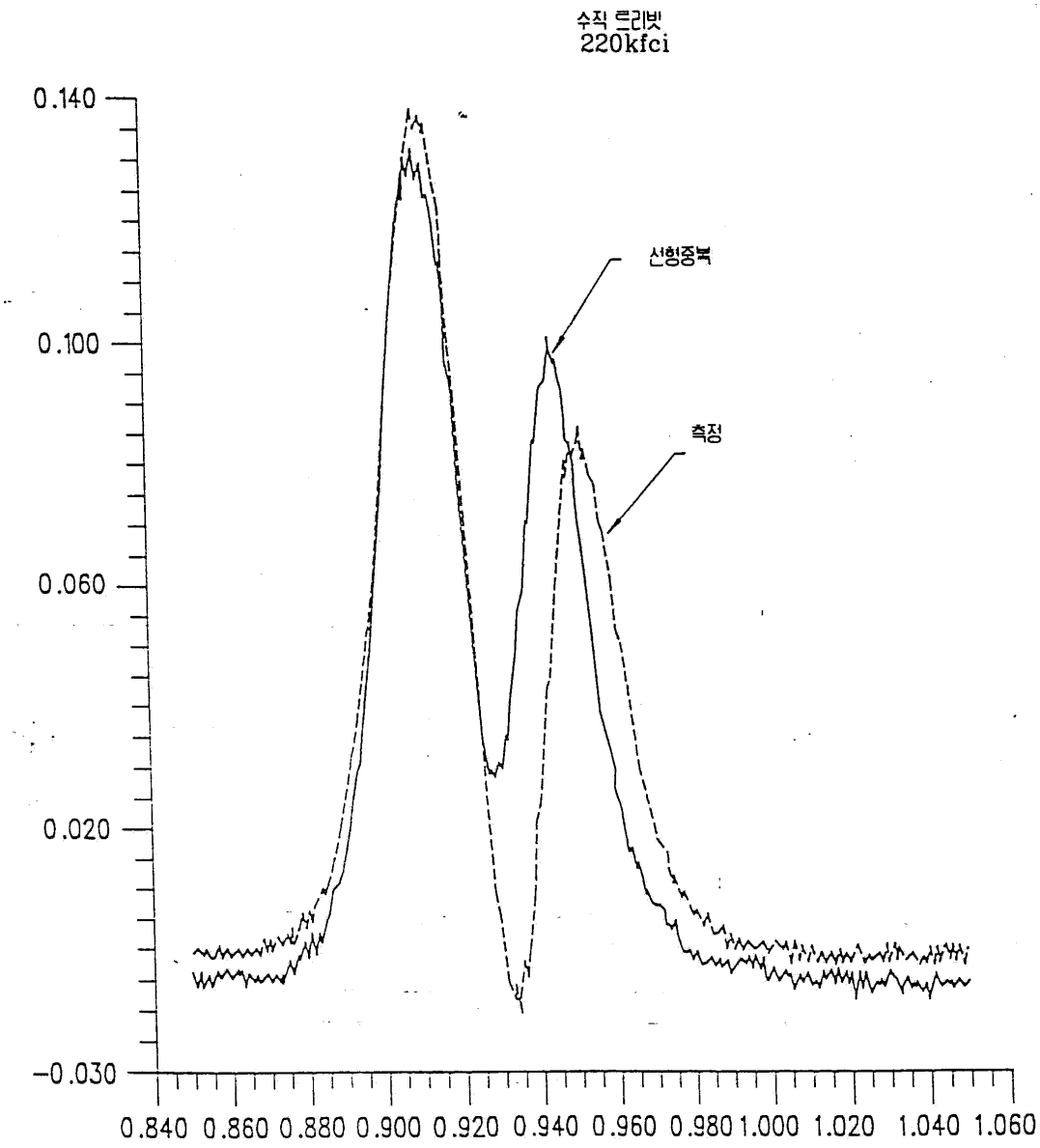
도면13a


Tek
CURSORS
WINDOW1
FFTmag
DefWfm
250mV
50mV
/div
trig'd
M
L1
−250mV
−234ns
50ns/div
RT
266ns
28.84
ns
continuous
Avg(...
Main
340 IPS
0
v
150.07m
v

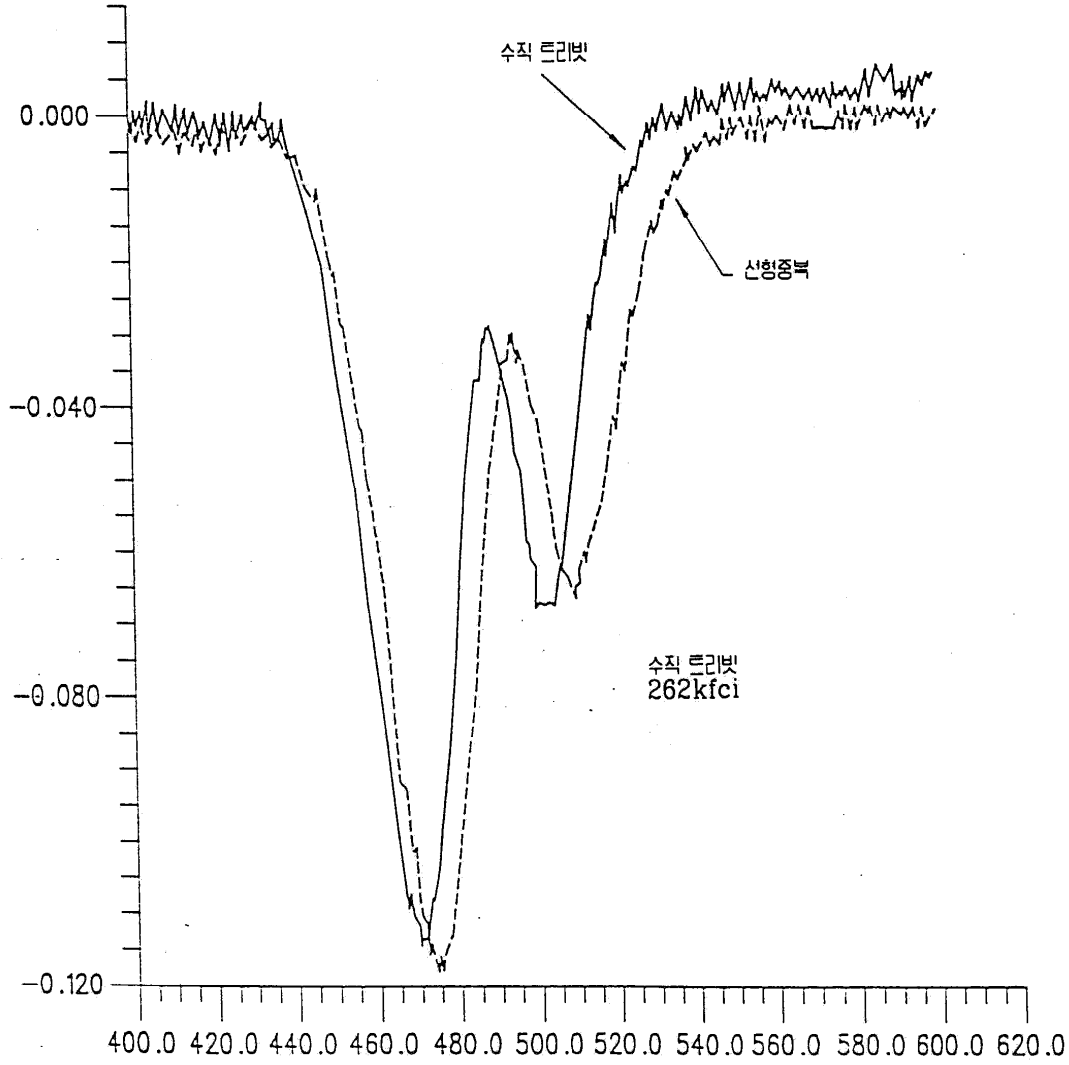
도면13b


Tek
CURSORS
WINDOW1
FFTmag
DefWfm
250mV
50mV
/div
trig'd
M
L1
−250mV
−234ns
50ns/div
RT
266ns
28.87
mV
continuous
Avg(...
Main
340 IPS
−146.2m
V
0
V

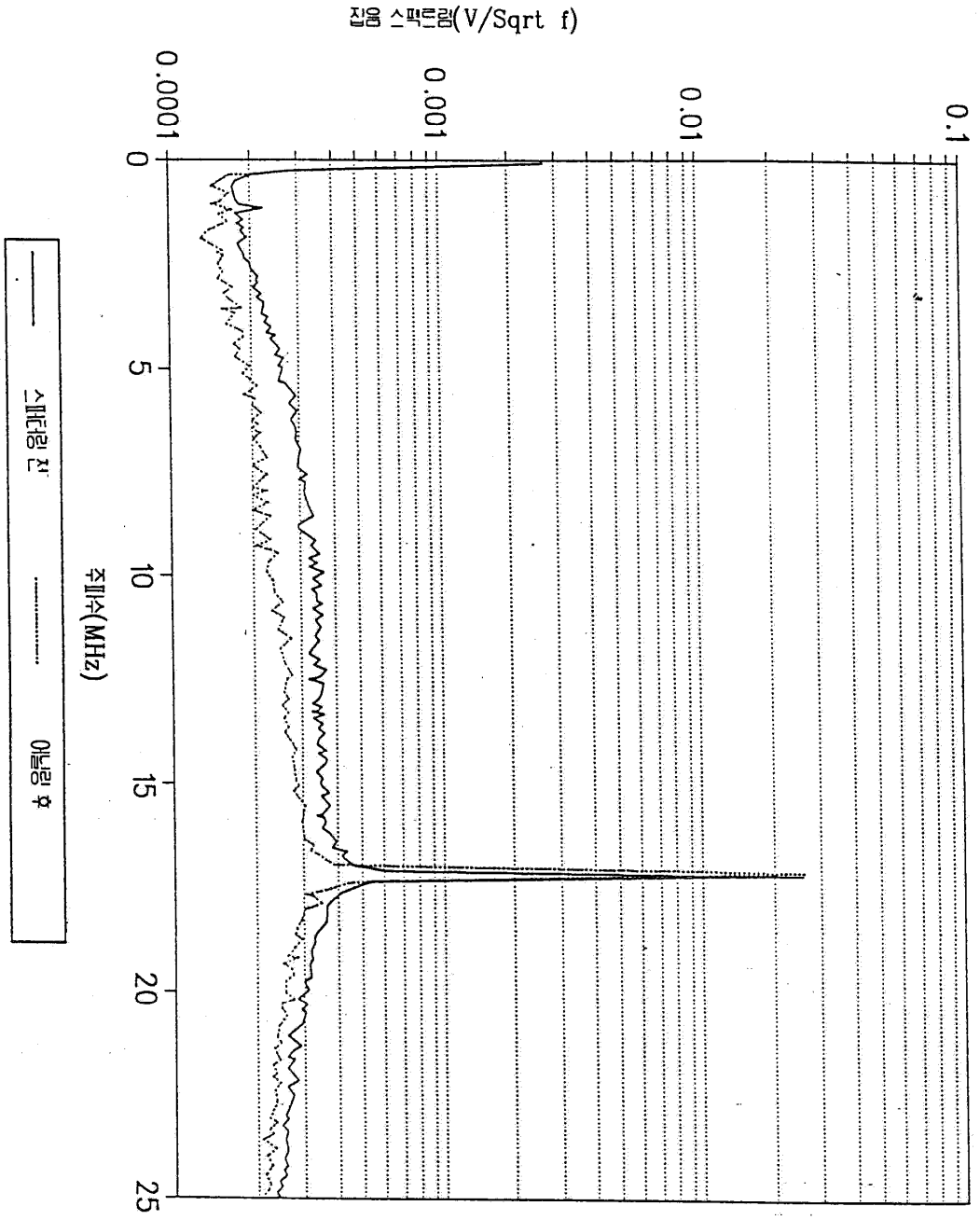
도면14


수직 트리빗
220kfci
0.140
0.100
0.060
0.020
-0.030
0.840 0.860 0.880 0.900 0.920 0.940 0.960 0.980 1.000 1.020 1.040 1.060
선형중복
측정

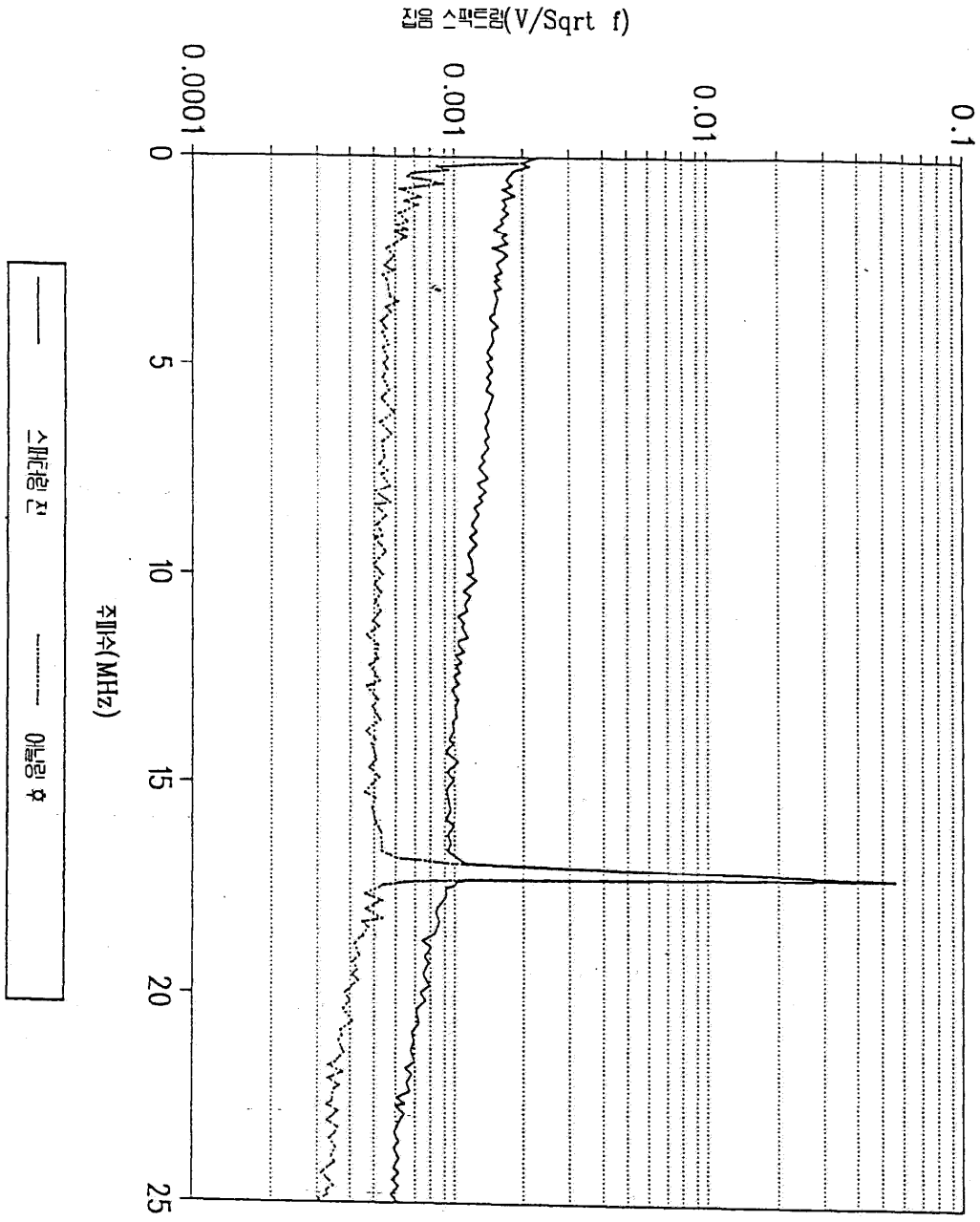
도면15


수직 트리빗
선형중복
수직 트리빗
262kfci
0.000
-0.040
-0.080
-0.120
400.0 420.0 440.0 460.0 480.0 500.0 520.0 540.0 560.0 580.0 600.0 620.0

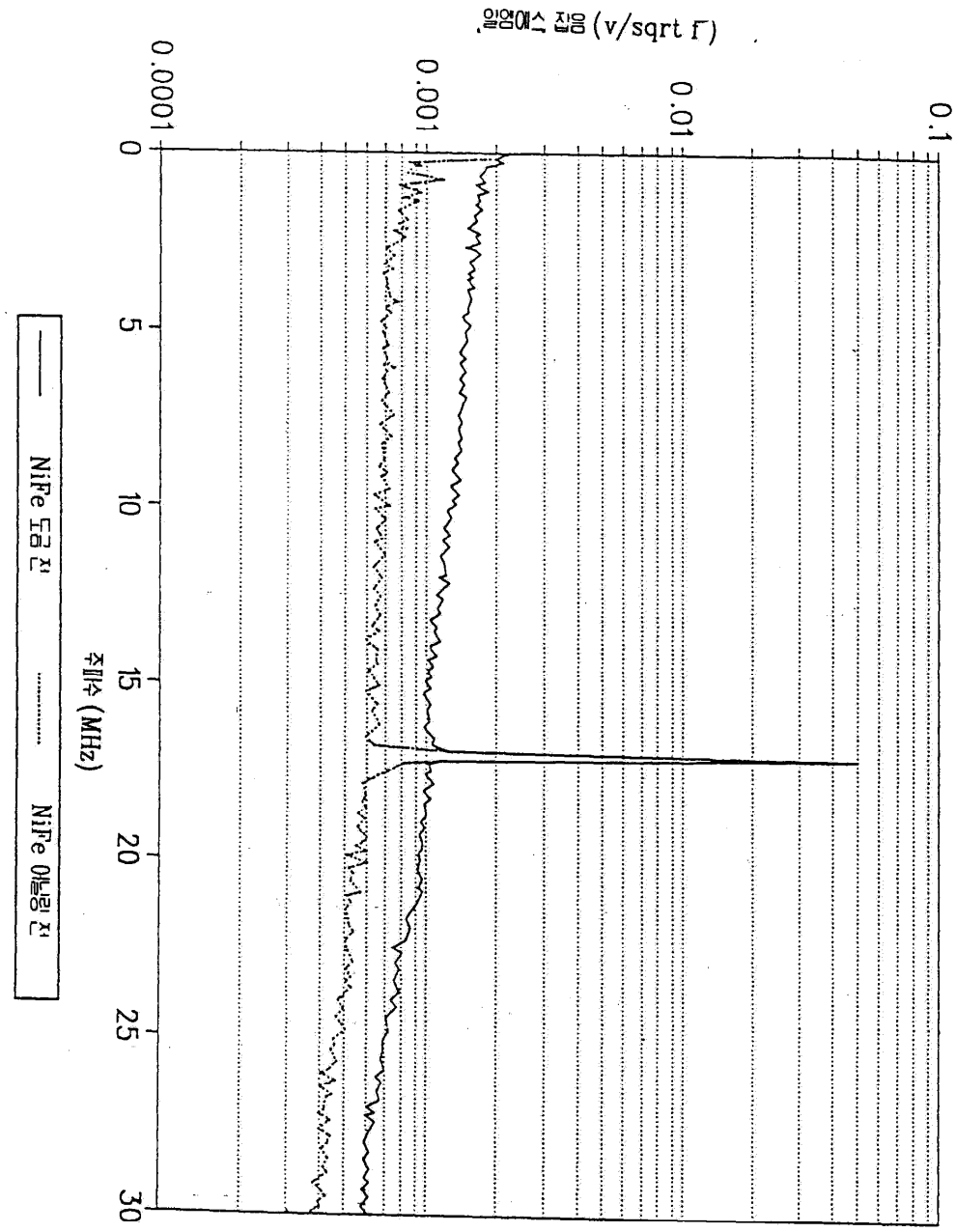
도면16


잡음 스펙트럼(V/Sqrt f)
0.1
0.01
0.001
0.0001
0
5
10
15
20
25
주파수(MHz)
스태킹 전
어닐링 후

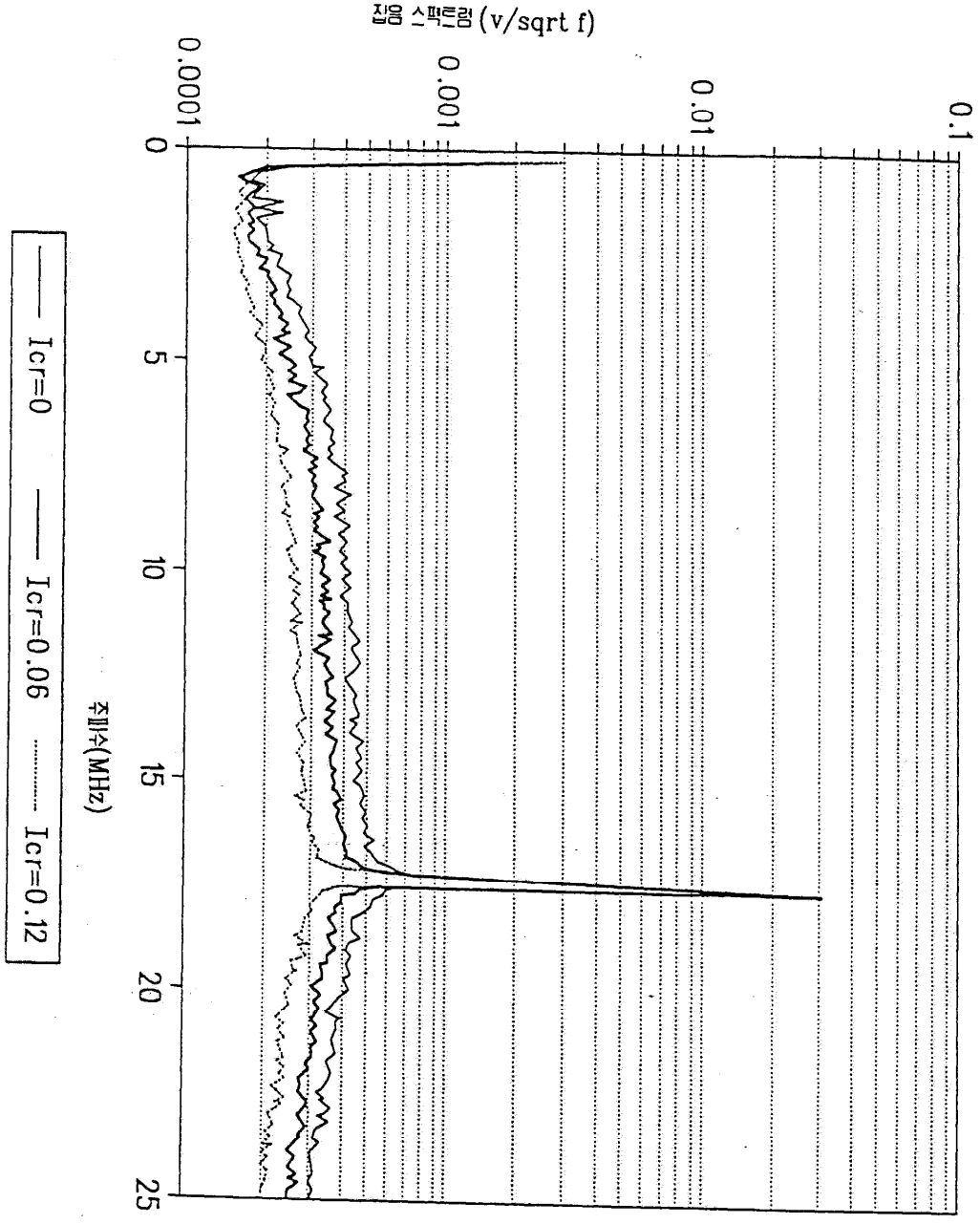
도면17


집음 스펙트럼(V/Sqrt f)
0.0001
0.001
0.01
0.1
0
5
10
15
20
25
주파수(MHz)
스피커링 전
아날링 ☆

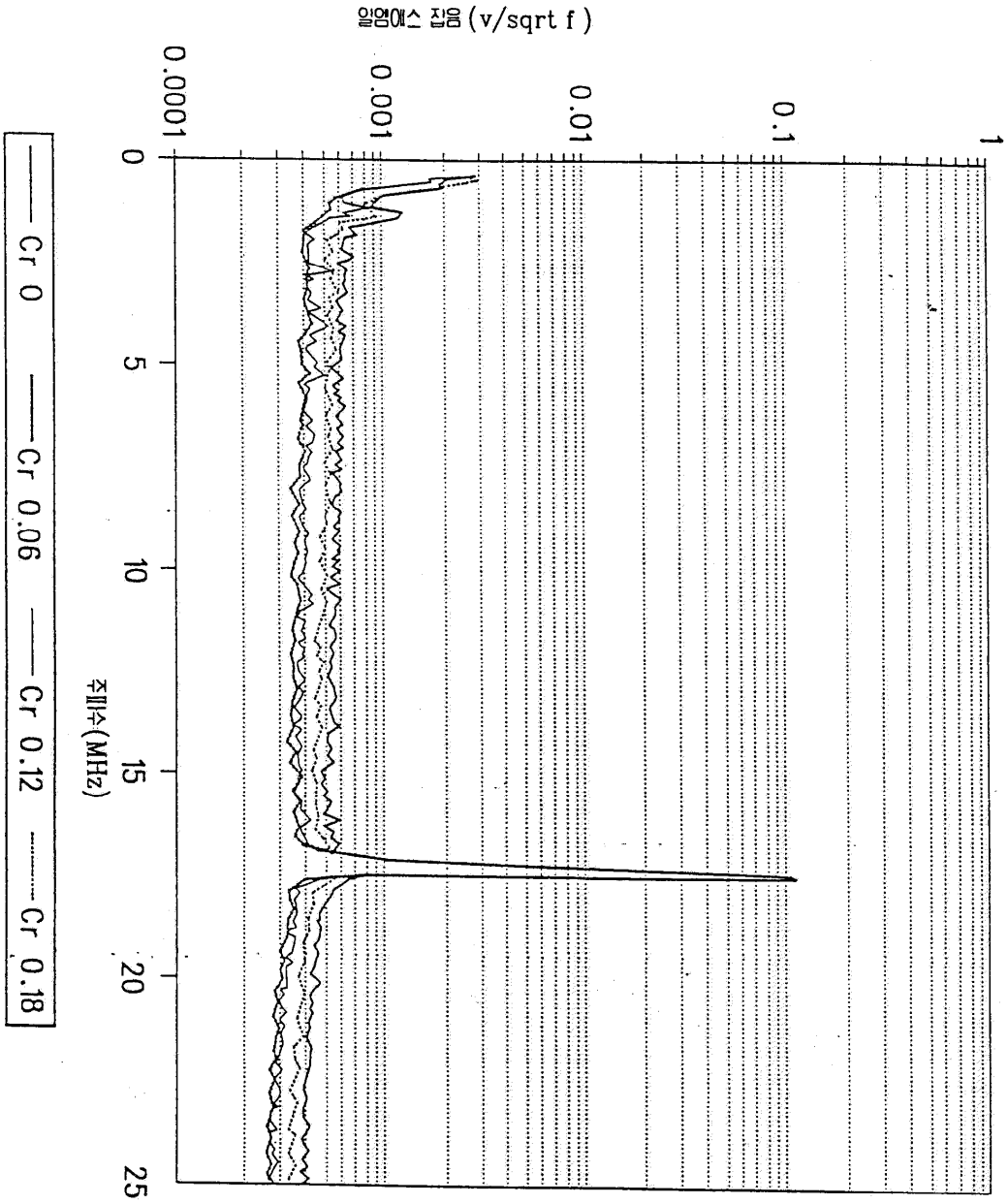
도면18


잡음 스펙트럼 (v/sqrt Hz)
0.1
0.01
0.001
0.0001
0
5
10
15
20
25
30
주파수 (MHz)
NiFe 도금 전
NiFe 어닐링 전

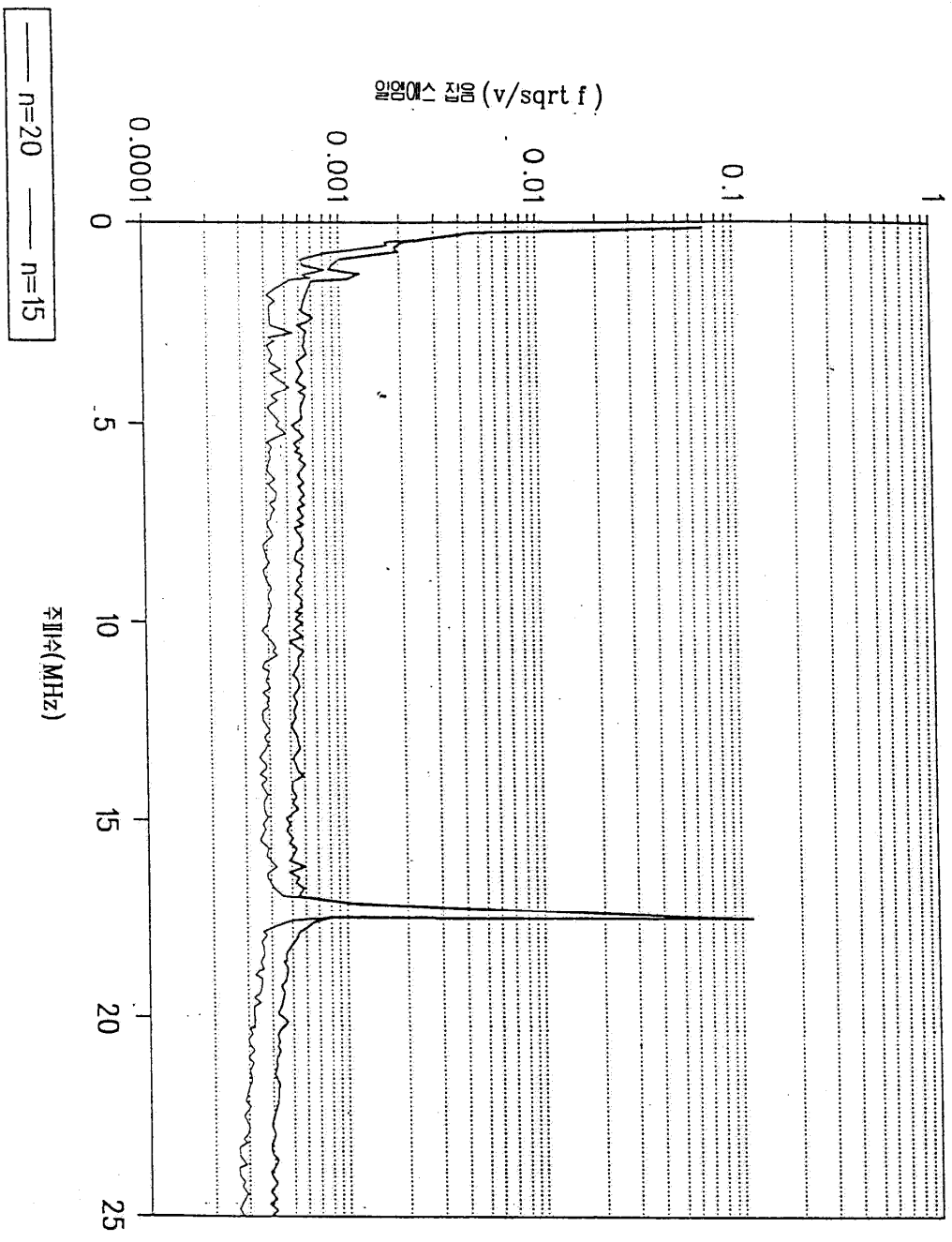
도면19


잡음 스펙트럼 (v/sqrt f)
0.1
0.01
0.001
0.0001
0
5
10
15
20
25
주파수(MHz)
Icr=0
Icr=0.06
Icr=0.12

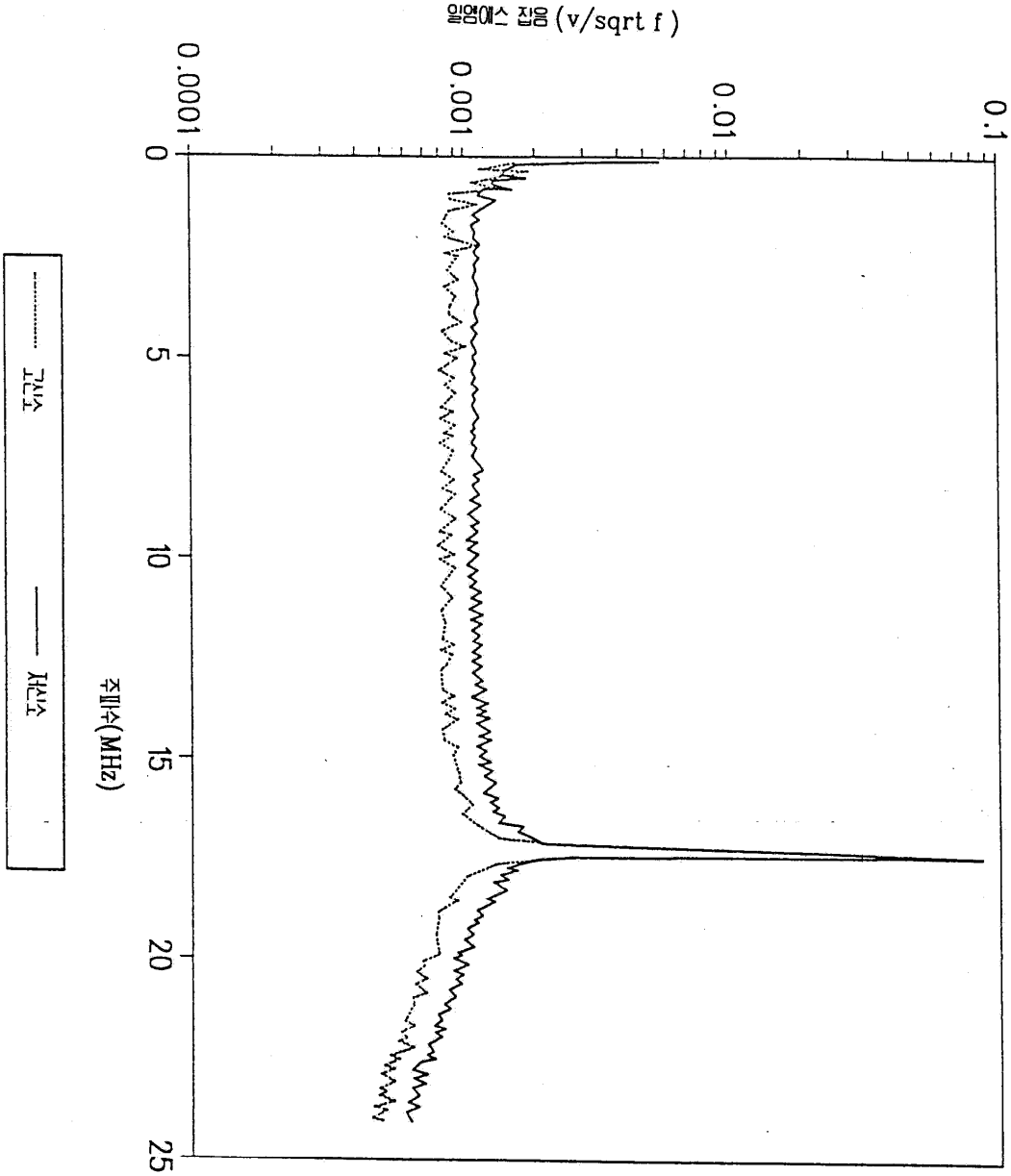
도면20


일렉에스 집음 (v/sqrt f)
0.0001
0.001
0.01
0.1
1
0
5
10
15
20
25
주파수(MHz)
Cr 0
Cr 0.06
Cr 0.12
Cr 0.18

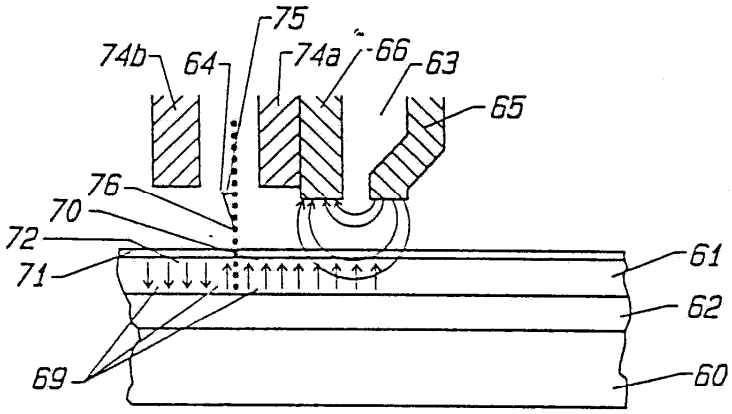
도면21



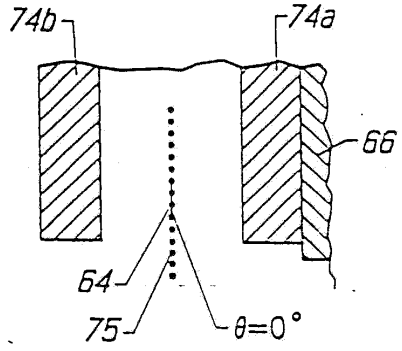
도면22


일렉에스 집음 (v/sqrt f)
0.0001
0.001
0.01
0.1
0
5
10
15
20
25
주파수(MHz)
고산소
저산소

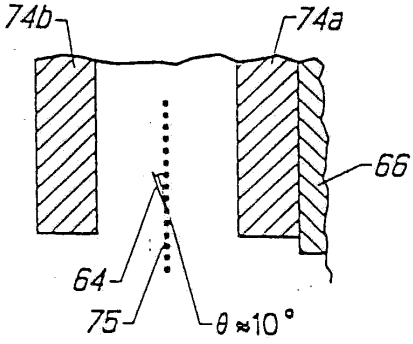
도면23a


75
74b
64
74a
66
63
65
76
70
72
71
61
62
69
60

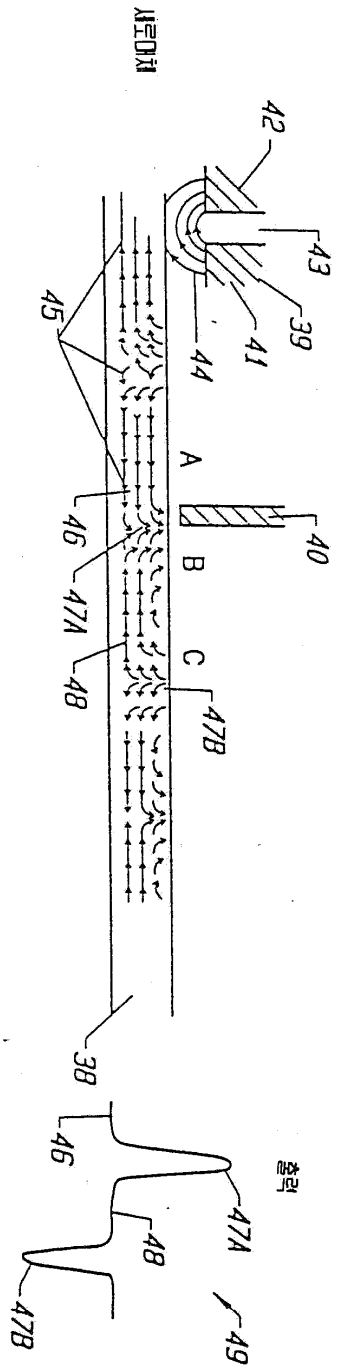
도면23b



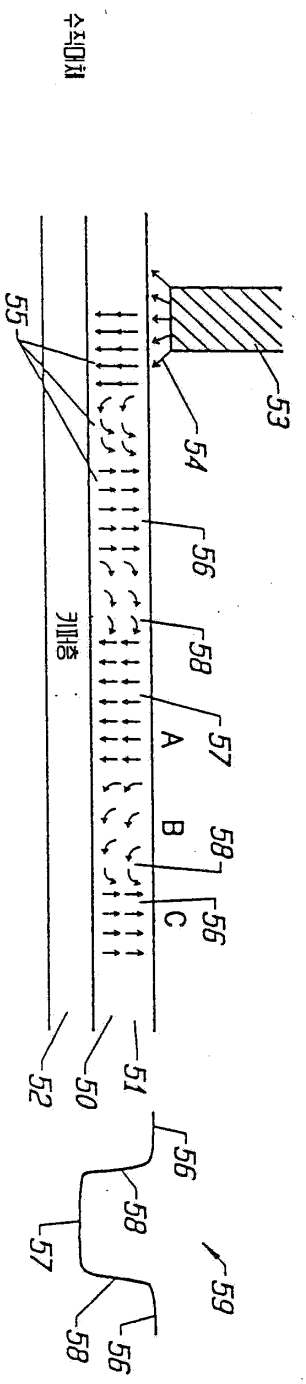
도면23c



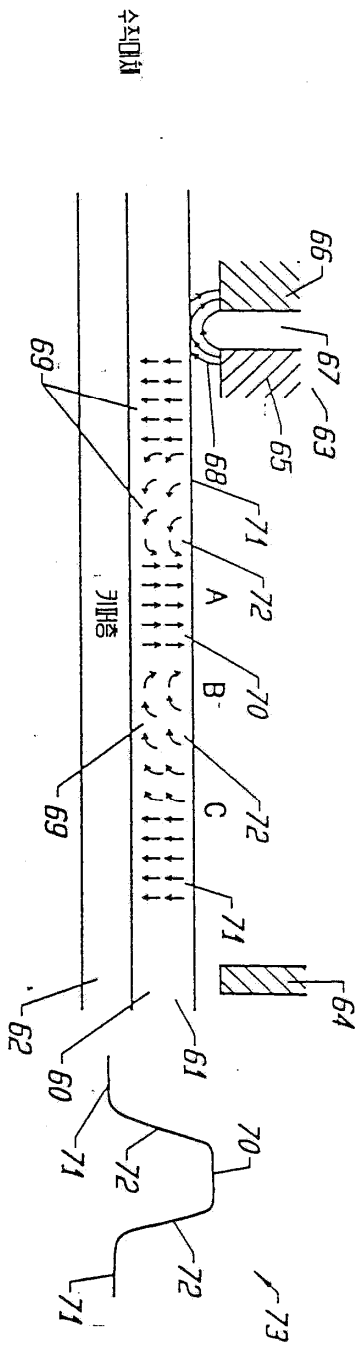
도면24a



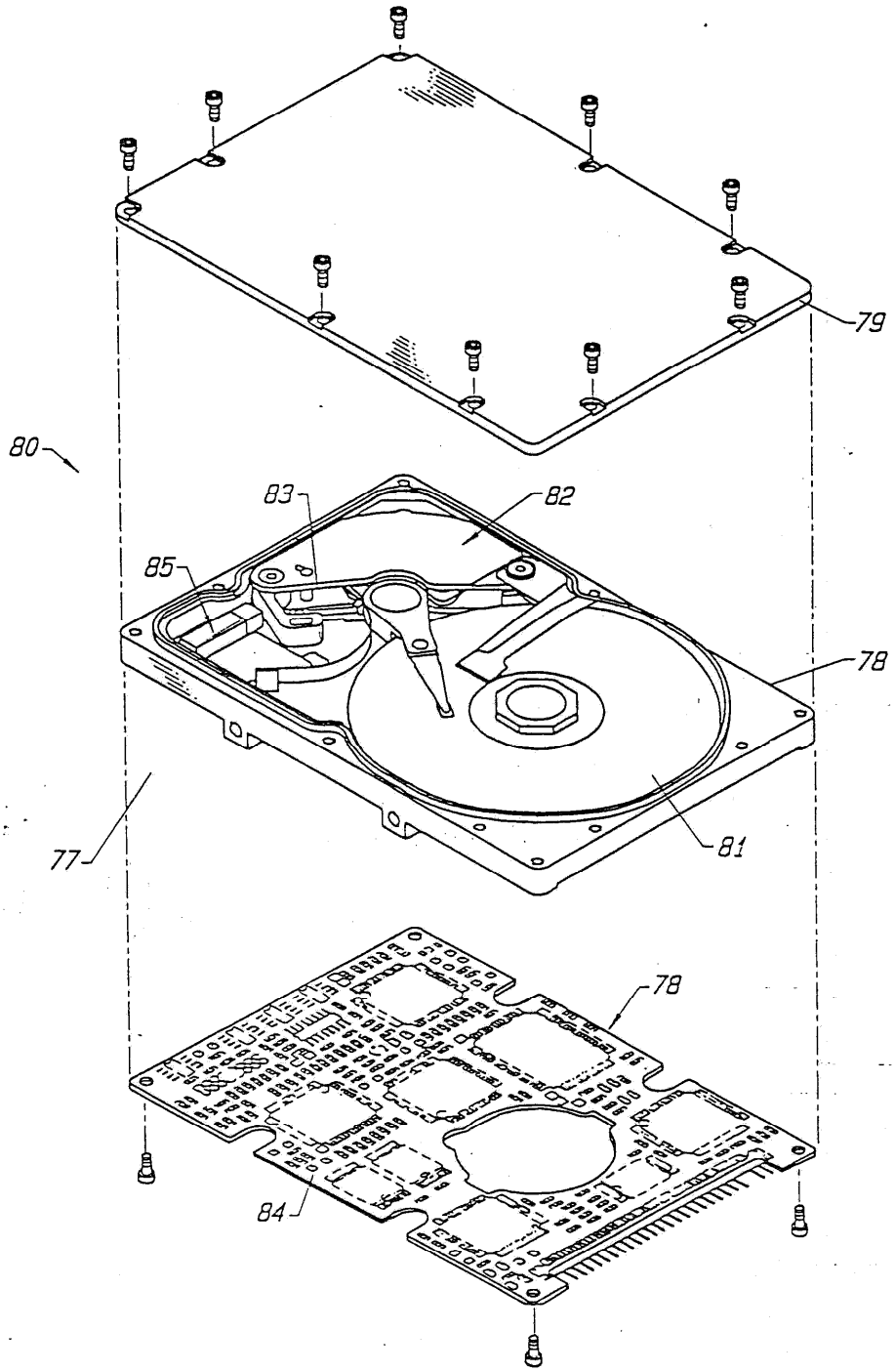
도면24b



도면24c



도면25



도면26

