



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0010342
(43) 공개일자 2014년01월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G11B 5/127 (2006.01) G11B 5/17 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0082867
(22) 출원일자 2013년07월15일
심사청구일자 2013년07월15일
(30) 우선권주장
13/550,280 2012년07월16일 미국(US)

(71) 출원인
시게이트 테크놀로지 엘엘씨
미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우스 디 엔자
블러바드 10200
(72) 발명자
찰레너, 윌리엄 알버트
미국 12302 뉴욕 스케넥터디 마우라 레인 951
시글러, 마이클 앨런
미국 55347 미네소타 에덴 프레리 토프트 코브
17591
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

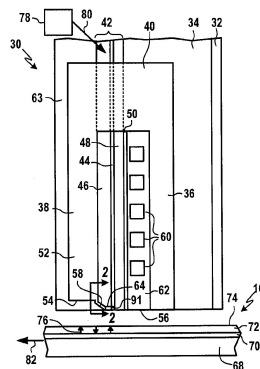
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 근접장 안테나 및 합성 극을 갖춘 기록 헤드

(57) 요약

근접장 트랜스듀서 안테나는 매체 기입 표면에 가까운 제 1 단부 및 광을 안테나로 전달하는 도파관에 가까운 제 2 단부를 포함한다. 안테나는 제 1 단부로부터 제 2 단부로 연장하는 전파축을 따라 배치되는 어퍼처를 포함한다. 노치는 전파축을 따라 연장하는 어퍼처의 개구를 대면한다. 자극은 안테나에 가까우며, 자기 물질의 제 1 부분 및 안테나 물질의 제 2 부분을 포함한다. 제 2 부분은 어퍼처의 개구 위에 그리고 안테나의 노치를 대면하게 배치된다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

장치로서,

근접장 트랜스듀서 안테나 ; 및

상기 안테나에 가까운 자극(magnetic pole)

을 포함하며, 상기 근접장 트랜스듀서 안테나는, 매체 기입 표면에 가까운(proximate) 제 1 단부 및 안테나에 광을 전달하는 도파관(waveguide)에 가까운 제 2 단부를 가지며, 상기 안테나는,

상기 제 1 단부로부터 상기 제 2 단부로 연장하는 전파축(propagation axis)을 따라 배치되는 어퍼처(aperture); 및

상기 어퍼처 내에서 돌출하는 노치(notch)

를 포함하며, 상기 노치는 상기 전파축을 따라 연장하는 상기 어퍼처의 개구(opening)를 대면하며,

상기 자극은 자기 물질의 제 1 부분 및 안테나 물질의 제 2 부분을 포함하며, 상기 제 2 부분은 상기 어퍼처의 개구 위에 그리고 상기 안테나의 노치를 대면하게 배치되는, 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 자극의 상기 제 1 부분 및 상기 제 2 부분의 단면적들(cross sectional areas)은 상기 전파축을 따라 서로에 대해 가변하는, 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 자극의 상기 제 1 부분은 매체 관독 표면 근처의(near) 단면(cross section)에서 상기 어퍼처의 개구 가까이 있는 팁(tip)을 포함하며, 상기 제 2 부분은 상기 매체 관독 표면으로부터 멀리 있는 단면들에서의 상기 어퍼처의 개구와 상기 제 1 부분 사이에 배치되는, 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 자극의 상기 제 1 부분 및 상기 제 2 부분은 상기 전파축을 따라 서로에 대해 선형적으로 가변하는, 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 자극의 상기 제 2 부분은 적어도 부분적으로 상기 전파축을 따라 배치되는 상기 안테나 물질의 플러그(plug)를 포함하는, 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 플러그는 상기 어퍼처의 개구의 일부를 커버하며, 상기 자기 물질의 제 1 부분은 상기 어퍼처의 개구의 나머지 부분(remainder)을 커버하는, 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 자극과 상기 안테나 사이에 유전체 층을 더 포함하는, 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 자극과 상기 안테나 사이에 유전체 층을 더 포함하는, 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 유전체는 상기 안테나의 상기 어퍼처를 채우는(fill), 장치.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 자극의 상기 제 2 부분의 상기 안테나 물질은 비-자기 물질을 포함하는, 장치.

청구항 11

장치로서,

에어 베어링 표면에 인접한 단부를 갖는 도파관;

상기 도파관의 초점(focal point)에 인접하게 위치된(positioned) 근접장 트랜스듀서(near-field transducer) —상기 근접장 트랜스듀서는 상기 에어 베어링 표면에 평행한 단면들을 따르는 E자 형상의 단면 형상을 포함하며, 상기 근접장 트랜스듀서의 전파 방향은 상기 에어 베어링 표면에 수직(normal)임—; 및

상기 전파 방향을 따라 상기 근접장 트랜스듀서의 한 면에 자기적으로 가까운 기입 극(write pole) —상기 기입 극은 비-자기 부분 및 자기 부분을 포함하며, 상기 비-자기 부분은 상기 전파 방향의 적어도 일부를 따르는 상기 근접장 트랜스듀서의 E자 형상의 단면 형상의 적어도 일부를 커버함—

을 포함하는, 장치.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 기입 극의 상기 자기 부분 및 비-자기 부분의 단면적들은 전파축을 따라 서로에 대해 가변하는, 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 기입 극의 상기 자기 부분은 상기 에어 베어링 표면 부근의 상기 근접장 트랜스듀서에 가까운 팁을 포함하며, 상기 비-자기 부분은 상기 에어 베어링 표면으로부터 떨어진(away from) 단면들에서 상기 자기 부분과 상기 근접장 트랜스듀서 사이에 배치되는, 장치.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 기입 극의 상기 기입 극의 상기 자기 부분 및 상기 비-자기 부분은 상기 전파 방향을 따라 서로에 대해 선형으로 가변하는, 장치.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 기입 극의 상기 비-자기 부분은 적어도 부분적으로 상기 전파 방향을 따라 배치되는 안테나 물질의 플러그를 포함하는, 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 플러그는 E자 형상의 단면 형상의 개구의 일부를 커버하며, 상기 자기 물질은 상기 개구의 나머지 부분(remainder)을 커버하는, 장치.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 기입 극과 근접장 안테나 사이에 유전체 층을 더 포함하는, 장치.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

자극과 근접장 안테나 사이에 유전체 층을 더 포함하는, 장치.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 유전체는 상기 근접장 트랜스듀서의 어퍼처를 채우는, 장치.

청구항 20

장치로서,

광학적 에너지(optical energy)에 의해 여기되는(excited) 로컬 표면 플라즈몬 상태들(local surface plasmon conditions)에 응답하여, 매체 기입 표면에 포커싱된 전기장(focused electric field)을 생성하기 위한 수단 —상기 포커싱된 전기장을 생성하기 위한 수단은, 상기 매체 기입 표면으로부터 제 2 단부로 연장하는 전파축을 따라 배치되는 어퍼처 및 상기 어퍼처 내에서 돌출하는 노치를 포함하며, 상기 노치(notch)는 상기 전파축을 따라 연장하는 상기 어퍼처의 개구를 대면함—; 및

자기 물질의 제 1 부분과 안테나 물질의 제 2 부분을 포함하는 가변 자기장을 발생시키기 위한 수단 —상기 제 2 부분은 상기 어퍼처의 개구 위에 그리고 상기 노치를 대면하게 배치됨—

을 포함하는, 장치.

명세서

기술 분야

[0001] 본 개시물은 일반적으로, 가열 자기 기록(heat assisted magnetic recording)에 이용가능한 광학적 근접장 안테나에 관련된다.

발명의 내용

[0002] 일 실시예에서, 장치는 근접장 트랜스듀서 안테나를 포함하며, 상기 근접장 트랜스듀서 안테나는 매체 기입 표면에 가까운(proximate) 제 1 단부 및 안테나에 광을 전달하는 도파관(waveguide)에 가까운 제 2 단부를 갖는다. 안테나는 제 1 단부로부터 제 2 단부로 연장하는 전파축(propagation axis)을 따라 배치되는 어퍼처(aperture)를 포함한다. 어퍼처 내에서 노치(notch)가 돌출된다. 노치는 전파축을 따라 연장하는 어퍼처의 개구(opening)를 대면한다. 자극(magnetic pole)은, 안테나에 가깝고, 자기 물질의 제 1 부분 및 안테나 물질의 제 2 부분을 포함한다. 제 2 부분은 어퍼처의 개구 위에 그리고 안테나의 노치를 대면하게 배치된다.

[0003] 다양한 실시예들에 대한 이들 및 기타의 특징들 및 양상들은 하기 상세한 논의 및 첨부 도면들을 참조하여 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0004]

아래 논의는 하기의 도면들을 참조로 하며, 여기서 동일한 참조 번호는 다수의 도면들에서 유사한/동일한 컴포넌트들을 식별하기 위해 이용될 수 있다.

도 1은 예시적인 실시예에 따른, 가열 자기 기록에 사용하기 위한 기록 헤드의 단면도이다;

도 2는 도 1의 2-2 라인을 따라 취한, E자 형상 어퍼처를 갖는 안테나 형태인 근접장 트랜스듀서 및 도파관의 일부에 대한 측면도(side elevation view)이다;

도 3은 도 2의 3-3 라인을 따라 취한, 도 3의 안테나의 단면도이다;

도 4는 예시적 실시예에 따른, E자 형상 어퍼처를 갖는 안테나를 포함하는 기록 헤드의 일부에 대한 확대도이다;

도 5는 예시적 실시예에 따른, 5-5 라인을 따라 취한 도 4의 기록 헤드의 일부에 대한 단면도이다;

도 6은 예시적 실시예에 따른, 6-6 라인을 따라 취한 도 4의 기록 헤드의 일부에 대한 단면도이다;

도 7은 예시적 실시예에 따른, 결합 효율 대 파장의 그래프이다;

도 8은 예시적 실시예에 따른, 열적 프로파일의 개략적 표현이다;

도 9는 예시적 실시예에 따른, 다양한 극 기술기들에 대한 결합 효율 대 파장의 그래프이다;

도 10은 예시적 실시예에 따른, E자 형상 어퍼처를 갖는 다른 기록 헤드의 에어 베어링 표면의 일부에 대한 평면도이다;

도 11은 예시적 실시예에 따른, 결합 효율 대 파장의 그래프이다;

도 12 및 도 13은 예시적 실시예에 따른, 열적 프로파일들의 개략적 표현들이다;

도 14는 예시적 실시예에 따른, 다른 기록 헤드의 에어 베어링 표면의 일부에 대한 평면도이다;

도 15는 예시적 실시예에 따른, 결합 효율 대 파장의 그래프이다;

도 16은 예시적 실시예에 따른, 열적 프로파일의 개략적 표현이다; 그리고

도 17은 예시적 실시예에 따른, 기록 헤드를 포함할 수 있는 디스크 드라이브 형태인 데이터 저장 디바이스의 그림 표현이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0005]

가열 자기 기록(HAMR: heat assisted magnetic recording)은 일반적으로, 인가되는 자기 기입 필드(magnetic writing field)가 열원에 의해 야기되는 매체의 일시적 자기 소프트닝(temporary magnetic softening) 동안 매체의 자화를 더 쉽게 유도(direct)할 수 있도록 매체의 보자력(coercivity)을 감소시키기 위해 기록 매체를 국부적으로 가열하는 개념을 의미한다. 엄격히 제한된(confined), 고 전력 레이저 광 스폿(high power laser light spot)이 기록 매체의 일부를 가열하여 가열된 부분의 보자력을 실질적으로 감소시키는데 사용된다. 다음, 가열된 부분에는 그 가열된 부분의 자화 방향을 설정하는 자기장이 가해진다. 이런 식으로, 주위 온도(ambient temperature)에서 매체의 보자력은 기록 동안의 보자력보다 훨씬 더 높을 수 있으며, 이로써 훨씬 더 높은 저장 밀도로 그리고 훨씬 더 작은 비트 셀들로, 기록되는 비트들의 안정성을 가능하게 할 수 있다.

[0006]

기록 매체 상에 광을 유도하기 위한 한 가지 접근방식은 PSIM(planar solid immersion mirror) 또는 렌즈를 사용한다. PSIM/렌즈는 평면 도파관 상에/평면 도파관을 이용하여 제작될 수 있으며, 일반적으로 근접장 트랜스듀서(NFT: near-field transducer)를 포함할 수 있다. 예를 들어, NFT는 PSIM 포커스 근처에 배치되는 절연 금속성 나노구조의 형태일 수 있다. NFT는 지정된 광 파장에서 국부적 표면 플라즈몬(LSP: local surface plasmon) 상태에 이르도록 설계된다. LSP에서는, 금속에서 전자들의 집합적 진동으로 인해 NFT를 둘러싸는 높은 필드가 나타난다. 필드의 부분(part)은 인접한 매체로 터널링되고 흡수되어, 기록을 위해 국부적으로 매체의 온도를 상승시킬 것이다.

[0007]

HAMR 기록 매체에서의 전력 흡수는 다른 무엇보다도, 헤드-매체 간격(HMS: head to media spacing) 및 NFT 또는 레이저로부터의 전력 출력에 의존할 수 있다. 이러한 시스템에서, 전력 출력 요건들은 광학적 근접장의 순

간적인 쇠퇴(evanescent decay)로 인해 HMS에 대해 기하급수적으로 반대가 될 수 있다. 이러한 변동은 열적 스폿 크기의 변동으로 이어질 수 있다. 면 밀도가 증가함에 따라, 매체의 가열된 부분의 크기를 더욱 엄격히 통제할 필요가 있다.

- [0008] 이제 도 1을 참조하면, 가열 자기 기록에 사용가능한 예시적인 기록 헤드의 단면도가 도시된다. 기록 헤드(30)는 기관(32), 기관상의 베이스 코트(34), 베이스 코트 상의 하부 극(bottom pole)(36), 그리고 요크나 페디스틸(40)을 통해 하부 극에 자기적으로 결합되는 상부 극(top pole)(38)을 포함한다. 상부 극과 하부 극 사이에 도파관(42)이 위치된다. 도파관은 코어층(44)을 그리고 이 코어층의 마주하는 면들 상의 클래딩층(cladding layer)들(46, 48)을 포함한다. 클래딩층들 중 하나에 인접하게 미러(50)가 배치된다. 일례로, 기관(32)은 AlTiC일 수 있고, 코어층은 Ta₂O₅일 수 있으며, 클래딩층들(46, 48)은 AlO 또는 SiO₂로 형성될 수 있다.
- [0009] 상부 극(38)은, 에어 베어링 표면(56)으로부터 이격된 제 1 단부(54)를 갖는 제 1 부분 또는 극 몸체(pole body)(52), 그리고 제 1 부분으로부터 연장되고 하부 극을 향하는 방향으로 기울어진 제 2 부분 또는 기울어진 극 피스(piece)(58)를 포함하는, 2-피스 극이다. 제 2 부분(58)은 기록 헤드의 에어 베어링 표면(ABS)(56)에 인접한 단부를 포함하도록 구조화될 수 있고, 단부는 상부 극의 제 1 부분보다 도파관에 더 가깝다. 절연 물질(63)의 상부 층은 상부 극(38) 상에 형성될 수 있다. 열 싱크(64)는 경사진 극 피스(58)에 인접하게 위치된다. 열 싱크(64)는 Au, Ag, Cu 등과 같은 비-자기 물질로 이루어질 수 있다.
- [0010] 평면 코일(60)이 또한 상부 극과 하부 극 사이에서 그리고 페디스틸 주위에서 연장된다. 이 예는 평면 코일을 포함하지만, 나선형 코일과 같은 다른 타입들의 코일들이 이용될 수 있다. 나선형 코일은 하부/리턴 극 둘레에 감겨있을(wrap around) 것이다. 이 예에서, 상부 극은 기입 극의 역할을 하고, 하부 극은 리턴 극의 역할을 한다. 절연 물질(62)은 코일 권선들을 분리시킨다.
- [0011] 도 1에 도시된 바와 같이, 기록 헤드(30)는, 기입 극(58)이 저장 매체(16)에 기입 자기장(magnetic write field)(H)을 인가하는 위치에 가까운 자기 저장 매체(16)를 가열하기 위한 구조를 포함한다. 매체(16)는 기관(68), 열 싱크층(70), 자기 기록층(72) 및 보호층(74)을 포함한다. 코일(60)에서 전류에 의해 생성되는 자기장(H)은 매체의 기록층에서 비트들(76)의 자화 방향을 제어하는데 이용된다.
- [0012] 데이터 저장 매체(16)는 기록 헤드(30)에 인접하게 또는 그 아래에 위치된다. 도파관(42)은, 예를 들어, 자외선, 적외선 또는 가시광선일 수 있는 전자기 복사(electromagnetic radiation)의 소스(78)로부터 광을 전도한다. 소스(78)는, 예를 들어, 레이저 다이오드, 또는 도파관(42)을 향해 광 빔(80)을 지향시키기 위한 다른 적절한 레이저 광원일 수 있다. 도파관(42)은 직사각형 유전체 도파관으로서 구성될 수 있다. 도파관(42)은, 예를 들어, Ta₂O₅일 수 있는 코어층(44)을 포함한다. 예를 들어, SiO₂일 수 있는 클래딩층(46)은 코어층(44)의 마주하는 면들 상에 배치된 것으로 도시된다.
- [0013] 광 빔(80)을 도파관(42)에 결합하기 위한, 공지된 다양한 기술들이 사용될 수 있다. 예를 들면, 광원(78)은 광 섬유로부터의 광 빔(80)을 도파관(42) 상의 회절 격자를 향해 시준하기 위한 외부 광학장치(external optics) 및 광 섬유와 결합하여 작동할 수 있다. 대안적으로, 레이저는 도파관(42) 상에 장착될 수 있고, 광 빔(80)은 외부 광학 구성들에 대한 필요성 없이 도파관(42)에 직접적으로 결합될 수 있다.
- [0014] 일단 광 빔(80)이 도파관(42)에 결합되면, 광은 도파관(42)을 통해 기록 헤드(30)의 ABS(56)에 인접하게 형성된 도파관(42)의 단부를 향해 전파된다. 화살표(82)에 의해 도시된 바와 같이 매체가 기록 헤드에 대해 이동함에 따라, 광은 도파관의 단부에서 벗어나고, 매체의 일부를 가열한다. 근접장 트랜스듀서(91)는 에어 베어링 표면 부근에 광을 더 집중시키기 위해 도파관 내에 또는 도파관에 인접하게 위치된다. 도 1의 예가 수직 자기 기록 헤드 및 수직 자기 저장 매체를 도시하지만, 본 발명이 또한 가열 보조 기록을 사용하는 것이 바람직할 수 있는 다른 타입들의 기록 헤드들 및/또는 저장 매체와 결합하여 사용될 수 있음이 인식될 것이다.
- [0015] 아래에 논의되는 다양한 실시예들에서, NFT(91)는 매체 판독/기입 표면(예를 들면, ABS(56))에 가까운 제 1 단부(93) 및 도파관(42)에 가까운 제 2 단부(95)를 갖는 안테나(92)를 포함할 수 있고, 도파관(42)은 광을 안테나(92)로 전달한다. 도 2에서, 측면도는 NFT(91) 및 도파관(42)의 부분을 도시한다. 광은 도파관(42)을 통해 z-축을 따라 전파되고, z-축은 일반적으로 매체 판독/기입 표면(예를 들면, 에어 베어링 표면(56))에 수직이다.
- [0016] 광은 NFT 안테나(92)에 인접한 초점(106)을 통해 도파관(42)을 거쳐 NFT(91)로 전달된다. 도파관(42)의 코어층(44)은 광을 초점(106)으로 전달하도록 셰이핑될 수 있다. 안테나(92)는 데이터 저장 매체(108)에 인접하게 위치되고, 갭(110)에 의해 저장 매체로부터 분리될 수 있다. 하드 드라이브 구현들에서, 이러한 갭(110)은 판독/

기입 헤드의 에어 베어링 표면(56)으로부터 매체 표면을 분리하는 에어 베어링 갭에 대응할 수 있다.

[0017] 도 3에서, 도 2의 3-3 라인 섹션에 대응하는 안테나(92)의 단면도가 도시된다. 이 단면은 일반적으로 도파관(44) 및 NFT(91)를 통한 광의 전파축에 수직인 평면상에 있고 E자 형상의 NFT 안테나(92)를 예시한다. 어퍼처(96)는 도 2에서 도시된 제 1 단부(93)에서 제 2 단부(95)로 연장하는 전파축을 따라 연장한다. 노치(94)는 어퍼처(96) 내에서 돌출하고, 노치(94)는 안테나(92)의 단부들(93, 95) 간의 방향(way) 중 일부 또는 모두 다로 연장할 수 있다. 어퍼처(96)의 구멍(97)을 대면하는 노치(94)는 전파축을 따라 연장한다. 노치는 그의 E자로 형상화된 단면 형상을 안테나(92)에 부여한다. 안테나(92)의 어퍼처(96)는 클래딩층들(46, 48)에서 이용된 것과 유사한 유전체 물질로 또는 임의의 다른 유전체 물질(예를 들어, TaO, AlO, SiON 등)로 충전될 수 있다.

[0018] 성능에 대한 수치적 시뮬레이션들(numerical simulations)은 도 3에 도시되는 바와 같은 안테나 지오메트리 상에서 수행되었다. 안테나(92)는 300nm의 폭(x-방향에서) 및 600nm 높이(y-방향에서)인 것으로 모델링되었고, 노치(94)는 각각의 x- 및 y-방향들에서 36nm x 24nm로서 모델링되었다. 초점 갭(106)(도 2 참조)은 36nm로 설정되었고 매체 갭(110)은 6nm였다. 이 시뮬레이션들은 또한 안테나(92)에 전달되는 입사광이 830nm이 파장을 가지며, x-방향으로 편광된다는 것을 가정했다. 라인들의 시뮬레이션의 방법은 15nm의 간격을 갖는 100개의 라인들을 이용했고, 추가로 다음의 굴절률들, 즉 Ta₂O₅ 코어에 대해 $n = 2.1$, SiO₂ 클래딩에 대해 $n = 1.5$, 금 안테나(92)에 대해 $n = 0.1856 + i(5.3884)$, 및 기록 매체(108)의 Co 층에 대해 $n = 2.53 + i(4.94)$ 이 가정되었다. 매체(108)의 Co 층은 50nm 두께이다. 이들 시뮬레이션 파라미터들은 제한이 아닌 예시 목적들을 위해 제시되었다는 것이 인식될 것이다.

[0019] 이 경우에, 라인들에 대한 방법은 340nm x 407nm의 도파관(42)에 대해 1.77842의 유효 인덱스 및 FWHM(full width at half maximum) 스폿 크기를 밝혀냈다. 에어 갭 내의 필드 세기는 2300 내지 2900인 것으로 발견되었고 에어 갭내의 스폿 크기는 34nm x 29nm이었다. 그러나 에어 갭(110) 내의 필드 세기가 항상 NFT 성능의 신뢰성 있는 측정(measure)이 아닐 수 있고, 이에 따라 기록 매체의 중심 내의 필드 세기가 또한 계산되었다. 이 경우, 표면 아래로 6nm에 위치되는 매체(108)의 평면 내에서 필드 세기는 0.72 내지 1.2의 범위에 이르는 것으로 추정된다. 이 매체 깊이에서 스폿 크기는 99 nm x 57 nm로 증가하였고, 48nm x 48nm 정사각형 내의 전체 전력 소실은 도파관의 입사 전력에 대해 상대적으로 2.3% 낮았다.

[0020] 몇몇의 실시예들에서, 결합 효율에서의 최소 손실로, NFT 도파관에 나란히 코발트 기록 극을 삽입하는 것이 가능할 수 있다. 이러한 어레인지먼트가 도 3a에 도시된다. 코발트 기록 극(100)이 어퍼처 개구 골드 NFT 안테나(102) 근처에 위치되며, NFT 안테나(102)는 도 2 및 도 3에 도시된 실시예와 유사하게 어퍼처(104) 내의 유전체 충전물(fill)과 노치(106)를 포함한다. 결합되는 극(100) 및 안테나(102) 치수들은 도 3에서 안테나(92) 단독의 크기(예컨대, 300nm×600nm)에 근사한다. 극(100)은 (x-방향으로) 126nm 두께이고, 이는 안테나(102)의 (x-방향으로의) 총 두께를 300nm로부터 174nm으로 감소시키고 그리고 어퍼처(104)의 깊이를 60nm으로 감소시킨다. 이 경우, 시뮬레이션은 매체 내에서, 도 2-도 3에 도시된 구성의 결과보다는 더 작은, 54nm×44nm 핫 스폿을 야기시킨다. 부가하여, 전력의 2.1%가, 기록 극(100) 없이 획득된 것보다 단지 약간 더 작은 48nm×48nm 핫 스폿에 전달되었다.

[0021] 아래에 설명되는 실시예들에서, 균질한 자기 극(100)은, NFT의 결합 효율을 개선하기 위해, 합성 자기 극으로 교체된다. 예컨대, 합성 자기 극은 자기 물질의 제 1 부분과 안테나 물질의 제 2 부분을 포함할 수 있다. 제2 부분은, 안테나의 노치(예컨대, 안테나(102)의 노치(106))와 대면하는 어퍼처 개구 위에 배치된다. 자기 물질은 예컨대 FeCo, FeCoNi, NiFe 등을 포함할 수 있다. 제2 부분에 사용되는 안테나 물질은, Au, Ag, Al 및 이들의 합금들과 같이, NFT에 사용되는 동일한, 비-자기의 플라즈모닉(plasmonic) 물질들을 포함할 수 있다.

[0022] 이제 도 4를 참조하면, 확대도는 예시적 실시예에 따른 합성 NFT를 갖는 기록 헤드(120)의 부분을 도시한다. NFT(122)는 에어 베어링 표면(124)에 인접하게 놓인다. (예컨대, TaO 또는 다른 유전체 물질로 형성된) 유전체 코어는 안테나(122)의 어퍼처(129)를 통해 아래로 연장한다. NFT(122)는 어퍼처(129)를 둘러싸는 안테나(128)를 포함한다. 또한, 안테나 물질의 부분(130)은 어퍼처(129)를 둘러싼다. 이들 컴포넌트들(128, 130)은 골드, 또는 Au 합금들, Cu, Ag, Al 등과 같은 다른 NFT 안테나 물질들로 형성될 수 있다.

[0023] 안테나 물질 부분(130)은, NFT(122)에 가깝게 배치된 합성 기록 극(133)의 일부이다. 극(133)은 페라이트 물질(예를 들어, FeCo, FeCoNi, NiFe 등)로부터 형성될 수도 있는 자기 부분(134)을 포함한다. 기록 극(133)은 에어 베어링 표면(124)에서 NFT 안테나(122)의 어퍼처(129)에 근접하게 위치된 팁(132)을 포함한다. 대각선(131)에 의해 표시된 바와 같이, 자기 부분(134)은, 에어 베어링 표면(124)으로부터 훨씬 더 먼 거리들에서 점점 더 넓어지는 안테나 부분(130)에 의해 어퍼처(129)로부터 분리된다. 안테나 물질(130)과 자기 물질(134)의 이

러한 결합은 (예를 들어, NFT에 의해 생성된 핫 스팟에 매우 가까운(closely proximate) 극 팁(132)으로 인한) 양호한 자기 성능 및 광학 효율의 균형을 제공한다(예를 들어, 주변 물질(130)은 NFT의 결합 효율을 개선시킨다).

[0024] 도 5에는, 5-5 세션을 따른 도 4의 기록 헤드의 도면(view)이 도시된다. 이러한 도면은 에어 베어링 표면(124) 아래로부터 위를 볼 경우 보게 되는 것에 해당할 수 있다. 이러한 도면에서, 노치(126)는 그의 E자 형상을 안테나(122)에 부여하는 것으로 보여질 수 있다. 도 6에는, 6-6 라인을 따라 취한 도 4의 기록 헤드의 단면도가 도시된다. 이러한 단면에서, NFT 안테나(122)의 부분(130)은 어퍼처(129) 및 자기 부분(134)을 분리시키는 것으로 보여질 수 있다. 도 4-6에서 볼 수 있는 바와 같이, 영역들(130 및 134)에 의해 형성된 합성 구조는 더 높은 결합 효율을 위해 자신의 길이의 대부분 또는 전부에 걸쳐 도파관 어퍼처(129)의 하나의 에지를 완성한다. 동시에, 테이퍼드(tapered) 극 팁(132) 피스는 데이터 저장 매체(140) 내의 광학 핫 스팟에 근접하게 위치될 수 있다.

[0025] 기입 동작에서, 데이터는 매체(140) 상의 트랙들 내에 저장된다. 데이터 트랙의 적절한 위치는 도 5에서 아이 템(142)으로서 도시된다. 근접장 트랜스듀서 및 기입 극(132)의 단부는 트랙 방향과 평행한 방향으로 공통 라인(144) 상에서 정렬된다. 도 1 및 4-6이 예시적인 기록 헤드 구조를 도시하지만, 본 발명이 도 1 및 4-6에 도시된 특정한 구조로 제한되지 않음을 이해해야 한다. 예를 들어, 어퍼처(129), 노치(126) 및 다른 피쳐들(features)은, NFT(122)의 전체 전과 길이에 따라 존재할 필요는 없고 그리고/또는 ABS(124)로부터의 거리에 의존하여 크기설정에 있어 변할 수도 있다. 유사하게, 전이(transition) 곡선(131)은 선형일 필요는 없지만, 임의의 함수, 예를 들어, 단계적 함수, 포물선 함수, 지수 함수, 로그 함수 등일 수 있다.

[0026] 도 7 및 도 8에는, 도 4 내지 도 7의 기록 헤드 및 NFT 구조들의 수치 모델링(computational modeling)의 결과들이 도시된다. 도 7에서, 결합 효율들은, 도 4 내지 도 6에 도시된 바와 같이 선형으로 기울어진 합성 극(133)과 함께 E자 형상 어퍼처(129)에 대한 파장의 함수로서 도시된다. 본 명세서에서 이용되는 바와 같이, "결합 효율"이라는 용어는, 매체에 결합되는 전력을 매체 상에 입사하는 전력으로 나눈 것을 의미한다. 입사 전력이 상당히 넓은 영역에 걸쳐 분산될 수 있는 경우, 본 명세서에서 계산된 효율들은 특정 관심 영역을 지칭할 수 있다. 예를 들어, $48\text{nm} \times 48\text{nm}$ 에서의 결합 효율은 본 명세서에서 CE_{48} 로 지칭될 수 있다.

[0027] 도 7의 곡선(150)은 24nm 폭 노치에 대한 결합 효율을 나타내고, 곡선(152)은 8nm 폭 노치에 대한 결합 효율을 나타낸다. 이러한 양자 모두의 경우들에서, 노치 "폭"은 도 3에서 보이는 바와 같이 y-방향에서의 치수를 지칭한다. 공진시, 24nm 노치의 피크 효율은 대략 5%이며, 이는 도 3 및 도 3a에서 보여지는 구성들의 피크 효율의 2배보다 많다. 도 8의 광학 필드 강도 그래프는, 24nm 노치를 갖는 선형-가변 합성 에레인지먼트가, 각각 x-방향 및 y-방향에서 $44\text{nm} \times 52\text{nm}$ 의 허용가능한 스팟 크기를 또한 유지하면서, 도 3 및 도 3a의 NFT 구성들에 걸쳐 최대 필드 강도를 거의 2배로 만든다는 것을 도시한다.

[0028] 도 7 및 도 8에 대한 데이터는, 도 4에서 보이는 바와 같이, 합성 극에 대한 45° 기울기 각도(θ)에 대해 계산되었다. 그러나 이러한 각도는 반드시 45° 일 필요는 없다. 도 9는 결합 효율에 대한 합성 극의 기울기 각도(θ)의 영향을 도시한다. 각도는 수직으로부터 측정된다(여기서, 수직은 데이터 저장 매체의 표면에 수직함). 이러한 경우에서 더 작은 각도는, 예를 들어, 라인(131)을 그의 상부 에지에 의해 회전시킴으로써, 극에서의 안테나 물질(예를 들어, 금(gold)) 증가량을 의미할 수 있다. 도 9에서 보이는 바와 같이, 기울기 각도가 감소됨에 따라, 결합 효율은 증가한다.

[0029] 도 10을 이제 참조하여, 단면도는 다른 예시적인 실시예에 따른 합성 NFT/기록 헤드 에레인지먼트를 예시한다. E자 형상 안테나(168)(예를 들어, 금 또는 다른 NFT 안테나 물질)는, 앞서 설명된 바와 같이 어퍼처(162) 내부로 연장하는 노치(166)를 포함할 수 있다. 어퍼처(162)는 유전체 물질로 채워질 수 있다. 기록 극(164)(예를 들어, 페라이트)은, 플러그(160)가 노치(166)의 맞은편(across from) 위치되는 경우를 제외하고는, 어퍼처(162)의 개구를 커버한다. 플러그(160)는 안테나(168)에 이용되는 물질(예를 들어, 금)과 유사한 물질들로부터 형성될 수 있다. 본 실시예에서, 기록 극(164)은, 플러그(160) 둘레를 감싸고, 스트라이트 전이들(straight transitions)의 기록을 돕는 컨투어드(contoured) 자계를 발생시킬 수 있다.

[0030] 도 10의 실시예의 수치적 모델링은 도 11 내지 도 13에서 보여지는 결과들을 산출한다. 도 11에서, 그래프는 도 10에서의 구성(곡선 170)의 CE_{48} 결합 효율을, 금 플러그를 갖지 않는(예를 들어, 도 3a와 유사) 동일한 설계(곡선 172)와 비교한다. 이러한 설계들(170, 172) 양자 모두에 대해, 노치는 24nm 폭이며, 매체에 Cu 히트 싱크를 포함한다. 이러한 곡선들(170, 172)에 의해 볼 수 있는 바와 같이, 금 플러그는 공진시 결합 효율을 거의

20%만큼 향상시킨다. 금 플러그를 갖는 그리고 금 플러그를 갖지 않는 각각의 설계들에 대한 기록 매체 내의 광학 스폿들이 도 12 및 도 13에 도시된다. 도 12에서 볼 수 있는 바와 같이, 스폿은, 플러그를 갖지 않은 도 13에서의 결과와 비교하여, 플러그를 가지며 크기면에서는 유사하고 더욱 강렬하다.

[0031] 이제 도 14를 참조하여, 단면도는 합성 NFT 기록 헤드 어레이먼트의 다른 예시적인 실시예를 예시한다. 다른 도면들과 마찬가지로, 이 도면은 NFT를 통해 광 전파 방향에 수직(normal)인 평면 내에 있다. NFT 안테나(182)는 이전 예들에서와 같이 노치(180)를 포함한다. 기록 극(184)(예를 들어, 페라이트, 코발트)은 안테나(182)의 어퍼처에 걸쳐 위치된다. 이 극(184)은 이전에 설명된 예들(예를 들어, 전파 방향을 따라서 물질 부분들이 가변하며, 플러그가 노치 맞은편에 배치됨)에서와 같이 합성 극일 수 있다.

[0032] 유전체 물질(186)은 어퍼처를 채우고, 또한 기록 극(184)과 안테나(182) 사이에 유전체 층을 형성한다. 이러한 설계는, 노치(180)와 기록 극(184) 사이의 공간이 다른 어레이먼트들에서 이용될 수 있는 것과 같은 화학적-기계적 연마/평탄화(CMP) 래핑 프로세스보다는 박막 증착 프로세스에 의해 더욱 쉽게 제어되기 때문에, 이전의 E자-안테나 설계보다 제조하기에 더욱 간단할 수 있다.

[0033] 도 14의 헤드에 대한 결합 효율의 파장 의존성이 도 15에 도시된다. 도 15는 유전체 스페이서(dielectric spacer)를 갖지 않는 것과 비교하여 유전체 스페이서를 갖는 E자-형상의 안테나의 결합 효율(CE_{48})을 도시한다. 도 14의 헤드에 의해 생성된 기록 매체 내의 광학 스폿이 도 16에 도시된다. 도 13과 비교하여, 계산된 결합 효율이 다소 더 작을지라도, 더 높은 피크 강도로, 표준 E자-형상의 안테나 설계의 것보다 스폿 크기가 약간 더 작다는 것을 알 수 있다. 이러한 차이(discrepancy)는 도 16의 광학 스폿에 대하여 완전히 중심에 있지 않는 결합 효율을 컴퓨팅하는데 이용되는 매체 내의 48 nm x 48 nm 스폿으로 인한 것일 수 있다. 여하튼, 작은 유전체 스페이서의 삽입은 불리한 형태로(in an adverse manner) 결합 효율에 영향을 크게 미치지 않는다는 것이 나타난다.

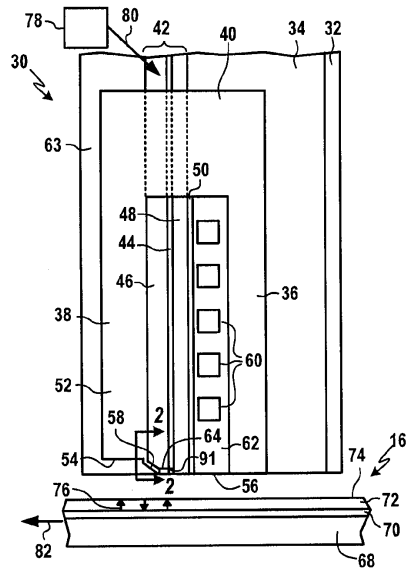
[0034] 도 17에서, 데이터 저장 디바이스는 본 발명의 양상에 따라 구성되는 기록 헤드를 이용할 수 있는 디스크 드라이브(disc drive)(10)의 형태로 표현된다. 디스크 드라이브(10)는 디스크 드라이브의 다양한 컴포넌트들을 포함하도록 크기설정되고 구성된 하우징(12)(이 도면에서 볼 수 있는 하위 부분 및 제거된 상위 부분을 가짐)을 포함한다. 디스크 드라이브(10)는 하우징 내에서 적어도 하나의 자기 기록 매체(16)를 회전하기 위한 스핀들 모터(spindle motor)(14)를 포함한다. 적어도 하나의 아암(arm)(18)은 하우징(12) 내에 포함되고, 각각의 아암(18)은 기록 헤드 또는 슬라이더(22)를 갖는 제 1 단부(20) 그리고 베어링(26)에 의해 샤프트(shaft) 상에 피벗식으로 장착된 제 2 단부(24)를 갖는다. 액추에이터 모터(28)는 디스크(16)의 원하는 트랙(27) 위에 기록 헤드(22)를 위치시키기 위해서, 아암(18)을 피벗시키기 위한, 아암의 제 2 단부(24)에 위치된다. 액추에이터 모터(28)는 이 도면에 도시되지 않았고 당해 기술 분야에 잘 알려져 있는 제어기에 의해 조정된다.

[0035] 슬라이더(22)는 위에서 설명된 바와 같이 합성 기록 극 및 NFT를 포함할 수 있다. 합성 기록 극 및 NFT는 슬라이더(22)의 다른 집적된(integrated) 광학적 및 전기적 컴포넌트들과 인터페이싱할 수 있다. 이러한 다른 컴포넌트들은 판독 헤드들, 레이저 광원들(예를 들어, 레이저 다이오드), 도파관들, 미러들, 프리즘들, 격자들, 모드 컨버터들 및 전기적 신호/전력 컨덕터들을 포함할 수 있지만, 이들에 제한되는 것은 아니다.

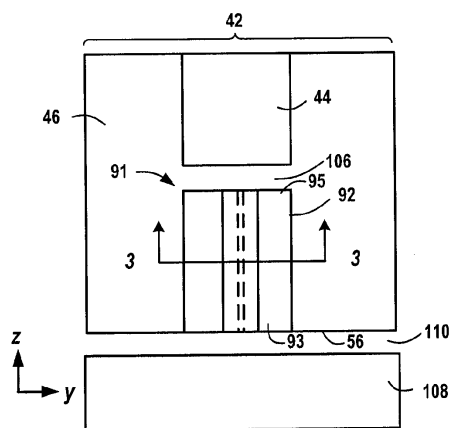
[0036] 몇몇 예시적인 실시예들이 위에서 설명되었지만, 다음의 청구항들에서 설명되는 바와 같이 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 설명되는 예들에 대한 다양한 변경들이 이루어질 수 있다는 것이 당업자들에게 명백할 것이다. 위에서 설명된 구현예 및 다른 구현예들은 다음의 청구항들의 범위 내에 있다.

도면

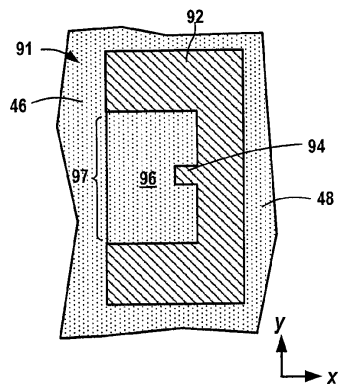
도면1



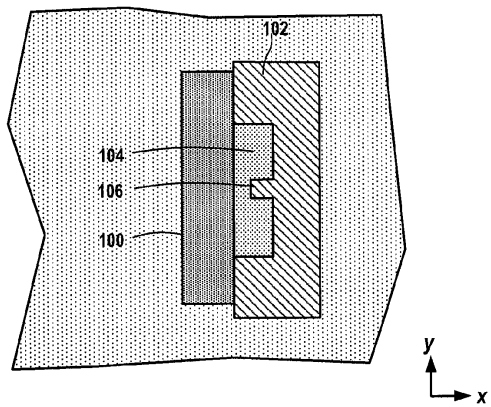
도면2



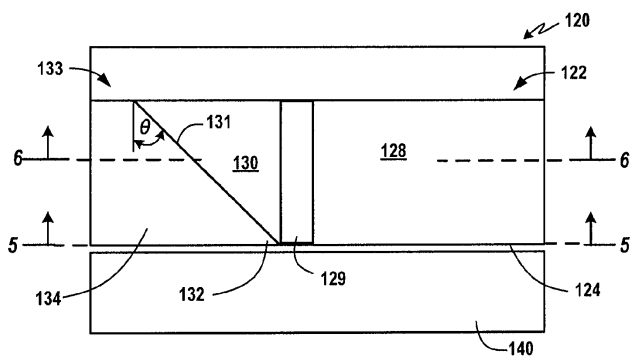
도면3



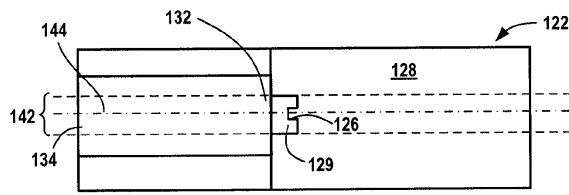
도면3a



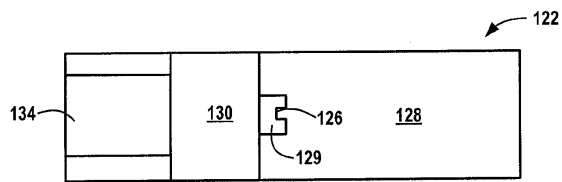
도면4



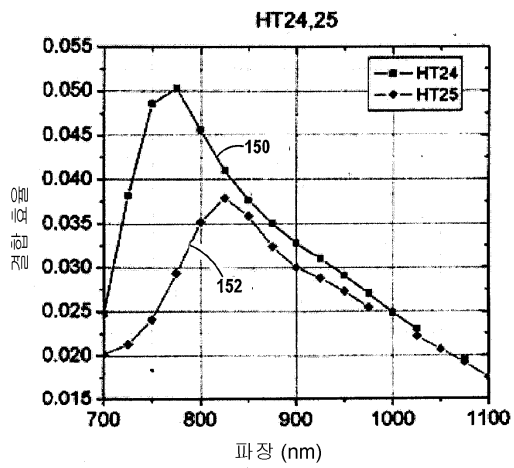
도면5



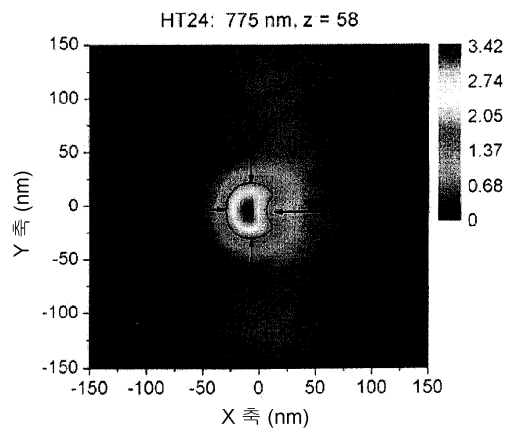
도면6



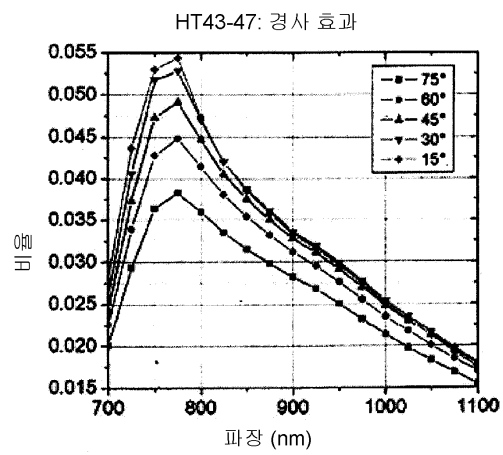
도면7



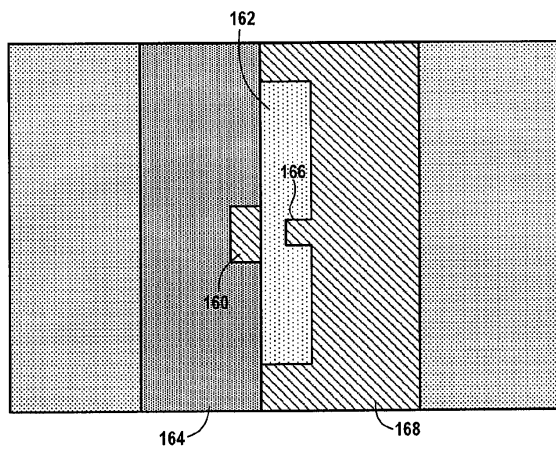
도면8



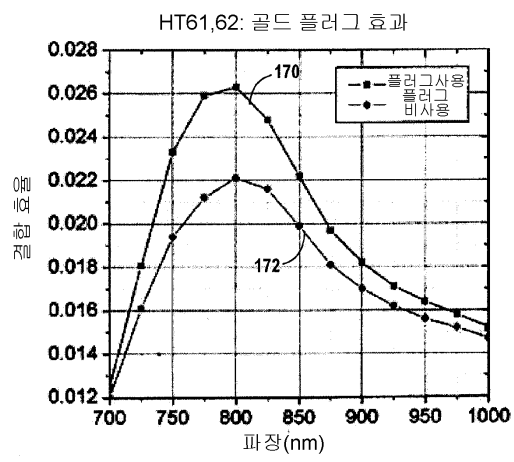
도면9



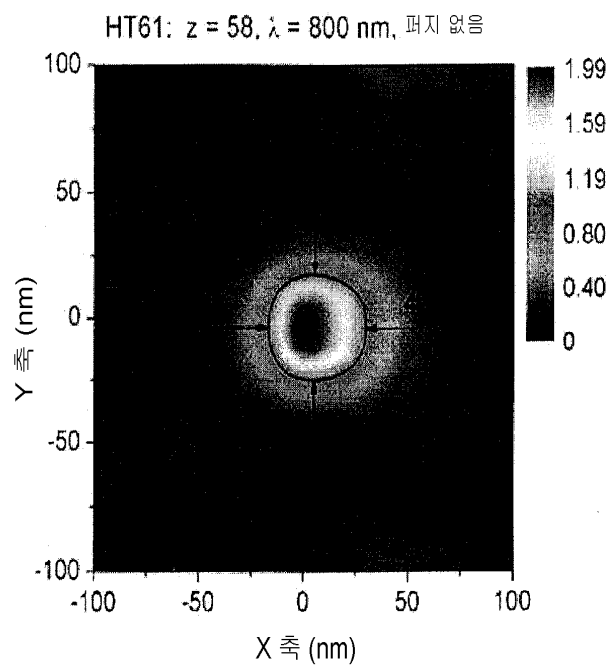
도면10



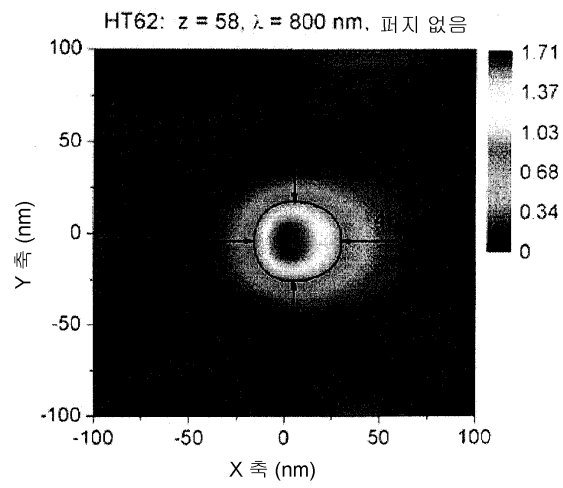
도면11



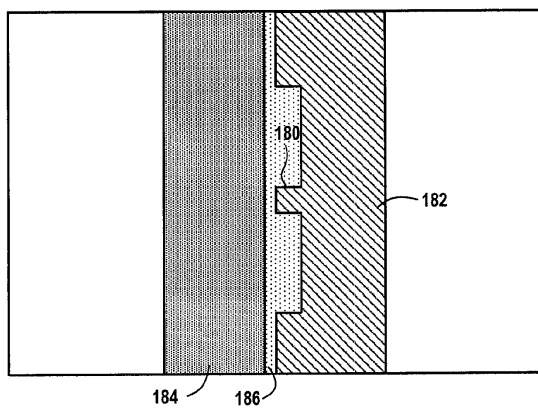
도면12



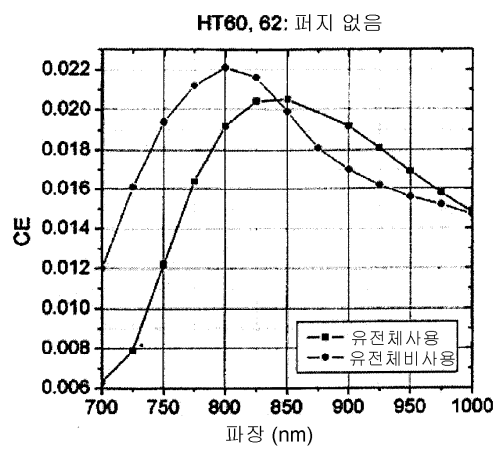
도면13



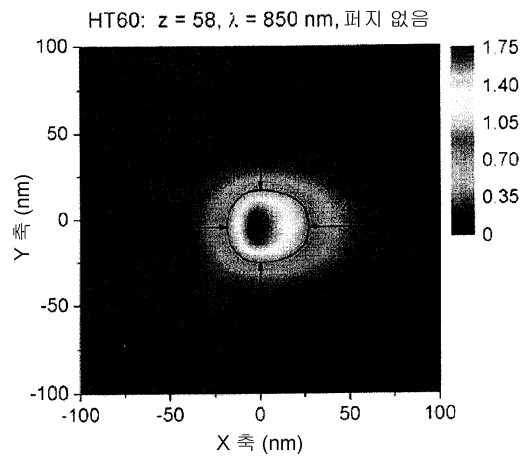
도면14



도면15



도면16



도면17

