



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월13일

(11) 등록번호 10-1349904

(24) 등록일자 2014년01월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G11B 5/127 (2006.01) G11B 5/187 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0140363

(22) 출원일자 2011년12월22일

심사청구일자 2011년12월22일

(65) 공개번호 10-2012-0071366

(43) 공개일자 2012년07월02일

(30) 우선권주장

12/976,559 2010년12월22일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

US20050024957 A1*

US20100214685 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자

시게이트 테크놀로지 엘엘씨

미국 캘리포니아 95104 쿠퍼티노 사우쓰 디 엔자
블러바드 10200

(72) 발명자

바브라, 월리엄 폴

미국 55359 미네소타 메이플 플레인 케그겐-티나
로드 2636

진, 수호이

미국 55379 미네소타 새코피 화이트테일 드라이브
3917

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 20 항

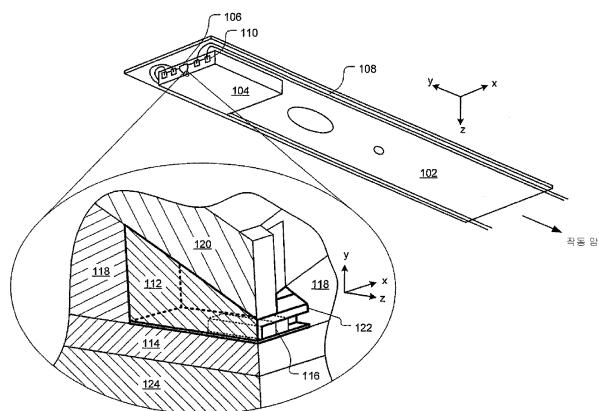
심사관 : 권영학

(54) 발명의 명칭 광학 균거리 변환기들을 위한 열 싱크들

(57) 요 약

HAMR 헤드 내에서 동작하는 경우 광학 NFT 내에서 열 에너지가 발생된다. HAMR 헤드 내의 열 싱크 어셈블리가 광학 NFT로부터 열 에너지를 추출하고, 이 열 에너지를 대류를 통해 HAMR 헤드를 둘러싼 공기중으로, 복사를 통해 HAMR 헤드에 인접한 표면들로, 및/또는 전도를 통해 HAMR 헤드의 다른 부분들로 전달한다. 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 열 싱크로 전도된다. 열 싱크의 에어-베어링 표면은 그 에어-베어링 표면과 인접 자기 매체의 표면 사이를 통과하는 공기중으로 열 에너지의 적어도 일부를 대류적으로 전달한다. 추가적으로, 열 에너지의 일부는 또한 에어-베어링 표면으로부터 자기 매체로 복사적으로 전달될 수 있다.

대 표 도



(72) 발명자

후양, 시아오유에

미국 55347 미네소타 에덴 프레리 브랙스턴 드라이
브 8628

카우츠키, 마이클 크리스토퍼

미국 55122 미네소타 이건 카렐 글렌 4143

가오, 카이종

미국 55347 미네소타 에덴 프레리 재스퍼 레인
12350

특허청구의 범위

청구항 1

열 보조 자기 기록 헤드로서,
광학 근거리 변환기(transducer); 및
상기 광학 근거리 변환기와 열 전도적으로 접촉되고, 대류적으로 냉각되는 표면을 갖는 열 싱크 어셈블리
를 포함하고, 상기 열 싱크 어셈블리는 상기 광학 근거리 변환기를 적어도 부분적으로
캡슐화(encapsulate)하는,
열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 열 싱크 어셈블리는 자기 매체로부터 멀어지는 방향을 따라 상기 광학 근거리 변환기를 적어도 부분적으로
캡슐화하는(encapsulate), 열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 3

제 1 항에 있어서,
상기 열 싱크 어셈블리는 상기 광학 근거리 변환기로부터 날개형 연장(extension)들의 쌍을 포함하는, 열 보조
자기 기록 헤드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 열 싱크 어셈블리는 상기 광학 근거리 변환기로부터 절단된 원뿔형(truncated conical) 연장을 포함하는,
열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
기록 풀을 더 포함하고,
상기 열 싱크 어셈블리는 상기 기록 풀 상의 금속 오버레이(overlay)를 포함하는, 열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 열 싱크 어셈블리는 제 1 열 싱크 및 제 2 열 싱크를 포함하고, 상기 제 1 열 싱크는 상기 제 2 열 싱크와
열 전도적으로 접촉하는, 열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 열 싱크 어셈블리는 상기 열 보조 자기 기록 헤드의 에어-베어링(air-bearing) 표면을 접유하는, 열 보조
자기 기록 헤드.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 열 싱크 어셈블리는 광학적 품질(optical quality) 유전체를 포함하는, 열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 열 싱크 어셈블리는 비자성 금속을 포함하는, 열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 대류적으로 냉각되는 표면은, 자기 기록 매체에 대향하는 에어-베어링 표면인, 열 보조 자기 기록 헤드.

청구항 11

광학 근거리 변환기 내의 열 에너지를 발산시키기 위한 방법으로서,

상기 광학 근거리 변환기 내에서 열 에너지를 발생시키는 단계;

상기 광학 근거리 변환기 내의 상기 열 에너지의 적어도 일부를 상기 광학 근거리 변환기와 전도적으로 접촉하는 열 싱크 어셈블리로 전도시키는 단계; 및

상기 열 싱크 어셈블리로 전도된 상기 열 에너지의 적어도 일부를, 대류적으로 냉각되는 표면에서의 에어-베어링 표면으로 대류적으로 전달하는 단계를 포함하는,

광학 근거리 변환기 내의 열 에너지를 발산시키기 위한 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 열 싱크 어셈블리는 제 1 열 싱크 및 제 2 열 싱크를 포함하고, 상기 제 1 열 싱크는 상기 제 2 열 싱크와 열 전도적으로 접촉하는, 광학 근거리 변환기 내의 열 에너지를 발산시키기 위한 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 열 싱크 어셈블리는 열 보조 자기 기록 헤드의 상기 에어-베어링 표면을 점유하는, 광학 근거리 변환기 내의 열 에너지를 발산시키기 위한 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 대류적으로 냉각되는 표면은 자기 기록 매체에 대향하는, 광학 근거리 변환기 내의 열 에너지를 발산시키기 위한 방법.

청구항 15

시스템으로서,

광학 근거리 변환기와 전도적으로 접촉하는 제 1 열 싱크; 및

상기 제 1 열 싱크와 전도적으로 접촉하는 제 2 열 싱크를 포함하며,

상기 제 1 열 싱크 및 상기 제 2 열 싱크 중 하나 또는 둘 모두는 대류적으로 냉각되는 표면을 포함하고, 상기 제 1 및 제 2 열 싱크들 중 하나 또는 둘 모두는 상기 광학 근거리 변환기로부터 날개형 연장들의 쌍을 포함하는,

시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 열 싱크들 중 하나 또는 둘 모두는 상기 광학 근거리 변환기를 적어도 부분적으로 캡슐화하는, 시스템.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 날개형 연장들의 쌍은 에어-베어링 표면을 따라 상기 광학 근거리 변환기로부터 연장되는, 시스템.

청구항 18

제 15 항에 있어서, 상기 제 1 및 제 2 열 싱크들 중 하나 또는 둘 모두는 상기 광학 근거리 변환기로부터 절단된 원뿔형 연장을 포함하는, 시스템.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

기록 풀을 더 포함하고,

상기 제 1 및 제 2 열 싱크들 중 하나 또는 둘 모두는 또한 상기 기록 풀과 전도적으로 접촉하고, 상기 기록 풀 상의 금속 오버레이를 포함하는, 시스템.

청구항 20

제 15 항에 있어서,

상기 대류적으로 냉각되는 표면은 자기 기록 매체에 대향하는 에어-베어링 표면인, 시스템.

명세서

기술 분야

[0001]

본 명세서에서 설명되고 청구되는 구현들은 광학 근거리 변환기(transducer) 및 열 싱크 어셈블리를 갖는 열 보조 자기 기록 헤드를 제공한다. 열 싱크 어셈블리는 광학 근거리 변환기와 열 전도 접촉하고, 대류적으로 냉각되는 표면을 갖는다.

[0002]

다른 구현들이 또한 본 명세서에서 설명되고 인용된다.

발명의 내용

도면의 간단한 설명

[0003]

도 1은, 말단(distal end)에 탑재된 캡슐화된 열 싱크를 이용하는 열 보조 자기 기록 헤드를 갖는 예시적인 작동기 암 플렉서(flexure)를 도시한다.

도 2a는 예시적인 기록 풀(pole) 및 요크(yoke)의 투시도를 도시한다.

도 2b는 예시적인 금속 오버레이 열 싱크를 갖는 도 2a의 기록 풀 및 요크를 도시한다.

도 3은 금속 오버레이 열 싱크를 갖는 기록 풀을 구비한 예시적인 열 보조 자기 기록 헤드의 부분 투시도의 단면을 도시한다.

도 4a는 예시적인 광학 근거리 변환기의 투시도를 도시한다.

도 4b는 예시적인 날개형 열 싱크들을 갖는, 도 4a의 광학 근거리 변환기를 도시한다.

도 5는 날개형 열 싱크들을 갖는 광학 근거리 변환기를 구비하는 예시적인 열 보조 자기 기록 헤드의 부분 투시도의 단면을 도시한다.

도 6a는 예시적인 원형 광학 근거리 변환기의 투시도를 도시한다.

도 6b는 예시적인 절단된 원뿔형(truncated conical) 열 싱크를 갖는, 도 6a의 원형 광학 근거리 변환기를 도시

한다.

도 7은, 절단된 원뿔형 열 싱크를 갖는 원형 광학 근거리 변환기를 구비하는 예시적인 열 보조 자기 기록 헤드의 부분 투시도의 단면을 도시한다.

도 8은, 현재 개시되는 기술에 따른 광학 근거리 변환기로부터 멀리 열 에너지를 전도시키기 위한 예시적인 동작들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0004]

열 보조 자기 기록(HAMR) 기술은, 매체를 먼저 가열하기 위해 포커싱된(focused) 광을 이용하여 높은 안정성의 매체 상에 데이터를 자기적으로 기록한다. HAMR 기술은, 매체를 구성하기 위한 철 백금 합금과 같은 높은 안정성의 자기 화합물들을 이용한다. 이 재료들은, 자기 매체 저장에 이용되는 종래의 기술들을 제한하는 동일한 초상자성(superparamagnetic) 효과에 의해 제한되지 않고 훨씬 더 작은 영역에 단일 비트들을 저장할 수 있다. 그러나, 이 높은 안정성의 자기 화합물들은, 자기 배향에서의 변경들을 매체 상에 적용시키기 위해 먼저 가열되어야 한다.

[0005]

일 구현에서, HAMR 헤더는 적어도 광학 근거리 변환기(NFT) 및 기록 폴을 포함한다. 광학 NFT는 광을 집광(collect)하고 매체에 포커싱하는데 이용된다. 포커싱된 광은, 매체 상의 스팟(spot)의 온도를, 기록 폴에 의해 유발되는 자기 배향에서의 변경들을 허용하기에 충분히 크게 증가시킨다(예를 들어, 수백 도의 온도 증가). 그러나, 광학 NFT가 광을 집광 및 포커싱하는 경우 발생하는 극단적 열은 광학 NFT의 동작 수명을 심각하게 제한한다.

[0006]

유한 요소 분석(finite element analysis)은, 매체의 자기 배향에서의 변경들을 허용하기에 충분한 광을 포커싱하는 경우 광학 NFT의 온도가 섭씨 500 도를 초과할 수 있는 것으로 표시한다. 현재 개시된 기술은 광학 NFT의 열 관리를 위한 온도 싱크들을 개시한다. 그러나, 다수의 난제들이 존재한다. 첫째로, 광학 NFT의 작은 사이즈 때문에 열 에너지 발산을 위한 작은 표면적이 있다(예를 들어, 일반적으로 100 nm 내지 200 nm 폭). 둘째로, 광학 NFT의 인근에 배치되는 어떠한 것도 기록 폴 및/또는 광학 NFT의 효율 또는 공진 주파수를 현저하게 손상시키거나 변경시킬 수 없다. 다른 구현들에서, 추가적 마이크로전자 컴포넌트들(예를 들어, 하나 이상의 팬독기들 및 센서들)이 HAMR 헤드에 포함된다. 또한, 광학 NFT의 인근에 배치되는 어떠한 것도 추가적 마이크로전자 컴포넌트들 중 임의의 컴포넌트의 효율 또는 공진 주파수를 현저하게 변경시킬 수 없다.

[0007]

그 결과, 현재 개시된 열 싱크들 및 열 싱크 어셈블리들은 광학 NFT로부터 열 에너지를 추출하고, 이 열 에너지를 대류를 통해 HAMR 헤드를 둘러싼 공기중으로, 복사(radiation)를 통해 HAMR 헤드에 인접한 표면들(예를 들어, 자기 매체)로, 및/또는 전도를 통해 HAMR 헤드의 다른 부분들로 전달한다. 다른 구현들에서, 광학 NFT 및 열 싱크(들)는 HAMR 헤드 이외에 기록 헤드에서 이용된다.

[0008]

도 1은, 말단에 탑재된 캡슐화된 열 싱크(112)를 이용하는 HAMR 헤드(106)를 갖는 예시적인 작동기 암 플렉서(102)를 도시한다. 플렉서(102)의 아래에서 플렉서(102)의 말단 쪽으로 길이방향으로 연장되는 y-방향, 대응 자기 매체(미도시)와 평행한 방향에서 플렉서(102)를 가로질러 말단방향으로 연장되는 x-방향, 및 자기 매체쪽으로 하방으로 연장되는 z-방향을 갖는 좌표축이 도시되어 있다. 작동기 암 플렉서(102)는 y-방향으로 연장되는 캠틸레버 작동기 암(미도시)에 부착되고, 작동기 암 플렉서(102)는, 자기 매체 상의 자기 비트들의 하나 이상의 트랙들을 따르도록(follow) z-방향에서 조정가능하다. HAMR 헤더(106)를 갖는 에어-베어링 슬라이더(ABS; 104)가 플렉서(102)의 말단에서 자기 매체(미도시)에 대향하는 플렉서(102)의 표면 상에 탑재된다. 슬라이더(104)는, HAMR 헤더(106)가 자기 매체의 대응하는 표면 위에서 균접하여 떠있게(fly) 한다. 전기 배선들(예를 들어, 배선(108))이 일반적으로 y-방향에서 플렉서(102)를 따라 연장되고, 궁극적으로 HAMR 헤더(106)에 접속하는 슬라이더(104) 상에서 접촉 패드들(예를 들어, 패드(110))에 부착된다. 기록/판독 및 다른 전기 신호들이 전기 배선들 및 접촉 패드들을 통해 프로세싱 일렉트로닉스(미도시)로 전달되고, 프로세싱 일렉트로닉스로부터 HAMR 헤드(106)로 전달된다.

[0009]

HAMR 헤드(106)는 또한 도 1에서 단면으로 확대 및 회전되어 도시되어 있다. HAMR 헤드(106)는 확대되고 x-축을 중심으로 90도 회전되고 z-축을 중심으로 90도 회전되고, HAMR 헤드(106)는 HAMR 헤드(106) 내의 다양한 컴포넌트들의 배향들이 명백해지도록, HAMR 헤드(106)의 중앙을 통과하는 y-z 평면에 대해 절단되어 있다. 기판(124)은 HAMR 헤드(106) 컴포넌트에 대한 탑재 표면으로 기능하고, HAMR 헤드(106)를 ABS(104)에 접속시킨다. 기판(124) 상에 탑재된 도파관 코어(114)는 광파들을 광학 NFT(116)에 전달하고, 광학 NFT(116)는 광을 포커싱

하고 자기 매체(미도시) 상의 일 포인트로 지향시킨다.

[0010] 통상적으로, 광학 NFT들(예를 들어, 광학 NFT(116))은, HAMR 헤드들에서 광학 도파관 피복재(cladding material)로서 기능하는 Al₂O₃로 둘러싸여 있다. Al₂O₃의 광학 특성들은 도파관들에 적합하지만, Al₂O₃의 열 전도성은 매우 낮다(예를 들어, 1.35 W/m/K). 이것은, 광학 NFT에 의해 흡수된 에너지를 열 에너지로 트랩하여, 광학 NFT의 동작 수명을 심각하게 제한한다.

[0011] Al₂O₃의 이러한 단점을 극복하기 위한 하나의 방법은, 열 싱크로서 이용되는 광학적 품질(optical quality) 유전체의 블록으로 광학 NFT를 둘러싸거나 캡슐화하는 것이다. 이 열 싱크는 Al₂O₃보다 높은 열 전도성을 가져야 하고, 광학 NFT로부터의 효과적인 열 전달을 허용할 정도로 충분히 커야 한다. 또한, 열 싱크는, 광학 NFT 공진에 현저하게 영향을 주지 않도록 그리고/또는 도파관 손실을 초래하지 않도록 충분히 작고 그리고/또는 HAMR 헤드 내에 배향되어야 한다. 일 구현에서, 광학 NFT의 컴포넌트는 직경에서 200 nm이다. 열 싱크는 광학 NFT와 양호하게 접촉하도록 적절한 사이즈를 가져야 한다. 또한 추가적으로, 열 싱크는, HAMR 헤드 내의 임의의 다른 마이크로전자 컴포넌트들(예를 들어, 하나 이상의 판독기들 및 센서들)에 현저하게 영향을 주지 않도록, 충분히 작고 그리고/또는 HAMR 헤드 내에 배향되어야 한다. 일 구현에서, 열 싱크는 결정 상(crystalline phase)으로 생성될 수 있는 다양한 금속 화합물들(예를 들어, MgO, MgF₂, LiF, CaF₂, BaF₂, BeO, ZnO, Si₃N₄ 및/또는 AlN)로 이루어질 수 있다.

[0012] 도 1에서, 광학 NFT(116)는 열 싱크(112)(굵게 도시됨)에 의해 둘러싸인 것으로 도시되어 있다. 열 싱크(112)는 도파관 코어(114) 상에 증착되고, 광학 NFT(116)는 열 싱크(112) 내에 증착된다. 광학 NFT(116)로부터, 종래의 광학 도파관 피복재(118)(예를 들어, Al₂O₃)가 이용된다. 기록 폴(120)은 열 싱크(112) 및/또는 피복재(118) 상에 증착된다.

[0013] 일 구현에서, 열 싱크(112)는 광학 NFT(116)로부터의 열 에너지를 전도적으로 추출하고, 이 열 에너지를 주위의 HAMR 헤드(106) 컴포넌트들(예를 들어, 도파관 코어(114), 피복재(118) 및/또는 기록 폴(120))에 전도적으로 전달한다. 다른 구현에서, 열 싱크(112)는, 자기 매체에 대향하는 열 싱크(112)의 에어-베어링 표면(122)으로부터 일반적으로 z-방향으로 위치된 인접한 자기 매체(미도시)에 열 에너지를 복사적으로 전달한다. 또 다른 구현에서, 열 싱크(112)는 에어-베어링 표면에 인접한 이동하는 공기중으로 열 에너지를 대류적으로 전달한다. 또 다른 구현에서, 열 싱크(112)는 광학 NFT(116)의 온도를 관리하기 위해 전도적, 복사적 및 대류적 열 에너지 전달의 조합을 이용한다.

[0014] 열 싱크가 없는 HAMR 헤드 내의 광학 NFT의 예시적인 구현에서, 광학 NFT의 온도는 HAMR 헤드의 동작 동안 500 °C보다 높게 상승한다. 열 싱크가 추가되는 경우, 광학 NFT의 동작 동안의 온도 상승과 열 싱크의 열 전도성 사이의 역관계(inverse relationship)가 명백해진다. 예시적인 구현에서, 도 1에 도시된 바와 같은 열 싱크는, 에어 베어링 표면(122)으로부터 네거티브(negative) z-방향으로 0.5 마이크론, 및 크로스-트랙 방향(즉, x-방향)으로 0.5 μ m만큼 연장된다. 열 싱크가 5 W/m/K의 열 전도성을 갖는 경우, 광학 NFT의 온도는 HAMR 헤드의 동작 동안 약 275°C만큼 상승한다. 열 싱크가 20 W/m/K의 열 전도성을 갖는 경우, 광학 NFT의 온도는 HAMR 헤드의 동작 동안 약 150°C만큼 상승한다.

[0015] 도 2a는 예시적인 기록 폴(220) 및 요크(226)의 투시도를 도시한다. (실선들로 도시된) 기록 폴(220)은 (대시라인들로 도시된) 요크(226)에 부착되고, 요크(226)로부터 z-방향 및 네거티브 y-방향으로 연장된다. 요크(226)는, 오프-헤드 프로세싱 일렉트로닉스(미도시)로부터 기록 신호를 수신하는 자기 코일들(미도시)에 부착된다. 요크(226)는 자기 코일들로부터의 기록 신호를 기록 폴(220)에 전달하고, 기록 폴(220)은 매체 상의 비트들의 자기 분극을 변경시키기 위해 매체에 그 기록 신호를 적용하여, 기록 신호로부터의 데이터를 매체에 기록한다.

[0016] HAMR 헤드에서, 광학 NFT(미도시)는 도시된 기록 폴(220) 및 요크(226)에 인접하여 위치된다. 일 구현에서, 기록 폴(220)로부터 전도적으로 추출되는 열 에너지는 광학 NFT로부터 열 에너지를 추출하는 것을 보조한다.

[0017] 도 2b는 예시적인 금속 오버헤드 열 싱크(228)를 갖는, 도 2a의 기록 폴(220) 및 요크(226)를 도시한다. (굵게 도시된) 열 싱크(228)는 기록 폴(220)을 오버레이(overlay)하고, 기록 폴(220)로부터 x-방향 및 네거티브 x-방향으로 연장된다. 일 구현에서, 열 싱크(228)는 x-방향 및 네거티브 x-방향(즉, 크로스-트랙 방향들)으로 수 마이크론(예를 들어, 4 μ m - 20 μ m) 연장되고, y-방향 및 z-방향에서는 오직 십분의 몇(a few tenths) 마이크론 두께이다. 이 구현에서, 열 싱크(228)는 광학 NFT 온도들을 25% 내지 30%만큼 감소시키기 위한 충분한 사이즈

및 표면적을 갖는다. 일 구현에서, 양호한 열 전도성을 갖는 하나 이상의 금속들(예를 들어, Cr, Ru, Cu, Au, Ag, Al, Ni, Ir, Pt, W, Ti, Mo, Zr, Rh, Pd, V 및 이들의 합금들 또는 도핑들)이 금속 오버레이를 형성하는데 이용될 수 있다.

[0018] 도 3은 금속 오버레이 열 싱크(328)를 갖는 기록 풀(320)을 구비한 예시적인 HAMR 헤드(300)의 부분 투시도의 단면을 도시한다. 도 3은 도 2b에 도시된 바와 같은 기록 풀(220)과 열 싱크(228) 사이의 인터페이스의 세부도이다. 열 싱크(328)는 기록 풀(320)로부터 x-방향 및 y-방향으로 연장된다. 또한, 열 싱크(328)는 도시된 구현에서는 광학 NFT(316)와 실제로 접촉하지 않는다. 광학 NFT(316)로부터 열 싱크(228)로의 열 에너지 전달은 기록 풀(320) 및 임의의 주위의 피복재(318)를 통해 이루어진다.

[0019] 열 싱크(328)는 에어 베어링 표면(322)에서 대류 열 에너지 전달을 이용함으로써 광학 NFT(316)로부터의 열 에너지 발산을 최대화한다. 열 싱크(328)는 기록 풀(320)과의 간접 및/또는 사이드-트랙 소거의 위험성들을 최소화하기 위해 비자성 금속으로 이루어지는 것이 바람직하다. 일 구현에서, 열 싱크(328)는 증착 후(post-deposition) 슬라이더 프로세싱(예를 들어, 웨이퍼로부터 다이스의 분리, 다이스의 래핑(lapping), 다이스의 연마, 다이스 상의 공기역학적 구조들의 패터닝, 다이스 상에 보호 코팅(들)의 도포 등)과 호환될 수 있다. 또한, 열 싱크(328)는 (가열기가 온(on)되어 기록 풀(320)을 매체 쪽으로 푸시한 경우 및 가열기가 오프(off)된 경우 모두에) 기록 풀(320)을 넘어 매체 쪽으로 돌출되지 않는다. 그 결과, 열 싱크(328)는 HAMR 헤드(300)의 트레일링 에지에서 토포그래피 문제들을 유발시키지 않는다.

[0020] 일 구현에서, 열 싱크(328)는 본 명세서에 개시된 다른 열 에너지 발산 디바이스들 중 하나 이상과 결합될 수 있다. 더 상세하게는, 열 싱크(328)는, 도 4b 및 5에 도시된 바와 같은 날개형 열 싱크(432, 532)와 함께 이용되는 경우 특히 효과적이다. 본 명세서에 개시된 열 싱크들 중 하나 이상의 열 싱크의 조합들은 열 싱크 어셈블리들로 지칭된다.

[0021] 도 4a는 예시적인 광학 NFT(416)의 투시도를 도시한다. 광학 NFT(416)는 광을 집광하고 매체(미도시)에 포커싱하는데 이용된다. 포커싱된 광은, 매체 상의 스팟의 온도를, 기록 풀(미도시)에 의해 유발되는 자기 배향에서의 변경들을 허용할 정도로 충분히 높게 증가시킨다.

[0022] 도 4b는 예시적인 날개형 열 싱크들(432 및 434)을 갖는 도 4a의 광학 근거리 변환기(416)를 도시한다. (굵게 도시된) 열 싱크들(432, 434)은 광학 NFT(416)를 부분적으로 오버레이하고, 광학 NFT(416)로부터 x-방향 및 y-방향으로 연장된다. 일 구현에서, 열 싱크들(432 및 434)은 x-방향 및 네거티브 x-방향(즉, 크로스-트랙 방향들)으로 수 마이크론(예를 들어, 4 μ m - 20 μ m) 연장되고, y-방향에서는 광학 NFT(416)보다 더 두껍다.

[0023] 그 결과, 열 싱크들(432 및 434)은 서로 함께 이용되는 경우 도 2b 및 3의 열 싱크(228 및 328)를 접촉시킬 수 있다. 이 결합은 광학 NFT의 광학 효율에 거의 영향을 주지 않거나 전혀 영향을 주지 않는다. 함께 이용되는 열 싱크들(228, 328 및 432, 434)은 광학 NFT의 온도들을 50%까지 감소시키기 위해 충분한 사이즈 및 표면적을 갖는다. 일 구현에서, 양호한 열 전도성을 갖는 하나 이상의 금속들(예를 들어, Cr, Ru, Cu, Au, Ag, Al, Ni, Ir, Pt, W, Ti, Mo, Zr, Rh, Pd, V 및 이들의 합금들 또는 도핑들)이 열 싱크들(432 및 434)을 형성하는데 이용될 수 있다. 몇몇 구현들에서, 열 싱크들(432 및 434)은 광학 NFT(416)와 동일한 재료로 구성될 수 있다.

[0024] 도 5는 날개형 열 싱크(532)를 갖는 광학 NFT(516)를 구비하는 예시적인 HAMR 헤드(500)의 부분 투시도의 단면을 도시한다. 도 5는 광학 NFT(516), 날개형 열 싱크(532) 및 기록 풀(520) 사이의 인터페이스의 세부도이다. 열 싱크(532)는 광학 NFT(516)로부터 x-방향 및 y-방향으로 연장된다. 열 에너지는 광학 NFT(516)로부터 열 싱크(532)로 전도적으로 전달된다. 다음으로, 열 에너지는 열 싱크(532)로부터 임의의 주위의 피복재(518), 도파관 코어(514) 및/또는 기록 풀(520)로 전도된다. 또한, 에어 베어링 표면(514)에서의 대류 열 에너지 전달이 열 에너지를 열 싱크(532)로부터 전달한다.

[0025] 날개형 열 싱크(532)로부터 열 에너지의 전도적 전달을 개선하기 위해, 열 싱크(532)는 도 2a 및 3의 열 싱크(228, 328)과 함께 이용될 수 있다. 에어 베어링 표면(522)에서 열 싱크(228 및 328)의 비교적 큰 표면적에 기인하여, 대류 열 에너지 전달은 열 싱크(532)를 단독으로 이용하는 구현에 비해 현저하게 크다. 다른 구현들에서, 열 싱크(532)는 본 명세서에 개시된 다른 열 에너지 발산 디바이스 중 하나 이상과 결합될 수 있다.

[0026] 도 6a는 예시적인 원형 광학 NFT(636)의 투시도를 도시한다. 원형 광학 NFT(636)는 광을 집광하고 매체(미도시)에 포커싱하는데 이용된다. 포커싱된 광은, 매체 상의 스팟의 온도를, 기록 풀(미도시)에 의해 유발되는 자기 배향에서의 변경들을 허용할 정도로 충분히 높게 증가시킨다.

[0027] 도 6b는 예시적인 절단된 원뿔형 열 싱크(638)을 갖는, 도 6a의 원형 광학 NFT(636)를 도시한다. (굵게

도시된) 열 싱크(638)는 광학 NFT(636)를 오버레이하고, 광학 NFT(636)로부터 y-방향으로 연장되어 절단된 원뿔을 형성한다. 일 구현에서, 열 싱크(636)는 y-방향으로 수분의 일(a fraction of a) 마이크론(예를 들어, 50 nm - 250 nm) 연장된다.

[0028] 도 7은, 절단된 원뿔형 열 싱크(738)를 갖는 원형 광학 NFT(736)를 구비하는 예시적인 HAMR 헤드(700)의 부분 투시도의 단면을 도시한다. 열 싱크(738)는 광학 NFT(736)와 기록 폴(720) 사이에서 y-방향으로 연장된다. 열 에너지는 광학 NFT(736)로부터 열 싱크(738)로 전도적으로 전달된다. 다음으로, 열 에너지는 열 싱크(738)로부터 기록 폴(720) 및 임의의 주위의 피복재(718)로 전도된다. 다른 구현들에서, 열 싱크(738)는 본 명세서에 개시된 다른 열 싱크들 중 하나 이상과 결합될 수 있다.

[0029] 일 구현에서, 양호한 열 전도성을 갖는 하나 이상의 금속들(예를 들어, Cr, Ru, Cu, Au, Ag, Al, Ni, Ir, Pt, W, Ti, Mo, Zr, Rh, Pd, V 및 이들의 합금들 또는 도핑들)이 열 싱크(738)를 형성하는데 이용될 수 있다. 몇몇 구현들에서, 열 싱크(738)를 형성하기 위해 선택된 재료(들)는 또한 광학 NFT(736)의 연결 효율을 유지하도록 적응된다. 플라즈모닉(plasmonic) 금속들(예를 들어, Au, Ag, Cu, Al, Pd, V 및 이들의 합금들 또는 도핑들)이 광학 NFT(736)의 연결 효율을 유지하는데 특히 유용하다. 몇몇 구현들에서, 열 싱크(738)는 광학 NFT(736)와 동일한 재료로 구성될 수 있다. 일 구현에서, 열 싱크(738)는 웨이퍼 처리 동안 박막 성장 방향(즉, y-방향)에서 광학 NFT(736)와 기록 폴(720)을 접속시킨다.

[0030] 광학 NFT(736)는 피복재(718) 및 열 싱크(738)에 의해 둘러싸인다. 도파관 코어(714)는 피복재(718)의 일측을 한정한다. 열 싱크(738)는 광학 NFT(736), 피복재(718) 및 기록 폴(720)에 의해 한정된다. 일 구현에서, 열 싱크(738)의 베이스는 광학 NFT(736)의 원형 부분과 동일한 단면 치수들을 갖는다. 열 싱크(738)의 절단된 원뿔형 연장이 도시되어 있지만, 열 싱크들은 원기둥 섹션 또는 다른 형상들로 연장될 수 있다.

[0031] 종종, 광학 NFT로부터 충분한 열 에너지 전달을 전도시키기에 충분한 사이즈의 열 싱크의 x-z 단면적은 광학 NFT의 이상적인 x-z 단면적보다 크다. 도 6b 및 7의 구현들에서, 광학 NFT(636, 736)는 절단된 원뿔형 열 싱크(638, 738)의 베이스의 단면 형상에 매칭하기 위해 필요한 것보다 크게 된다. 이것은, 광학 NFT(636, 736)의 효율을 약 30%만큼 감소시킬 수 있지만, 광학 NFT(636, 736)로부터 발산되는 전력은 광학 NFT(636, 736)로부터 열 싱크(638, 738) 및 기록 폴(620, 720)로의 증가된 전도적 열 에너지 전달에 기인하여 더 작은 광학 NFT(도 5의 광학 NFT(516) 참조)에 비해 약 55% 증가할 것이다. 또한, 광학 NFT(636, 736)의 동작 동안 열 싱크(638, 738)의 x-z 단면적과 광학 NFT(636, 736)의 온도 상승 사이에는 역관계가 존재하고, 모든 다른 것들은 동일하다.

[0032] 열 싱크(738)의 x-z 단면적을 광학 NFT(736)의 x-z 단면적에 매칭시킴으로써 유발되는 증가된 열 에너지 전달은 열 싱크(738)가 없는 이상적 사이즈의 광학 NFT에 비해 광학 NFT(736)에서 약 50%의 전체 온도 감소를 유도할 수 있다. 기록 폴(720)은 열 싱크(738)가 없는 구현에 비해 이 구현에서는 50%만큼 더 많은 전력을 흡수할 수 있다. 이 추가적 전력 흡수는 광학 NFT의 동작 온도를 감소시키고, 이것은 광학 NFT의 동작 수명을 연장시킬 수 있다.

[0033] 도 2b 및 3에 도시된 바와 같은 열 싱크(228, 328)가 열 싱크(738)와 함께 이용되면, 열 싱크(228, 328)의 체적은 기록 폴(720)로 전도되는 추가적 열 에너지의 대부분을 발산시킬 수 있다. 그 결과, 자기 기록 헤드(700)의 동작 동안 기록 폴(720)의 온도는 작은 열 싱크를 갖거나 열 싱크 없이 이용되는 기록 폴의 온도와 동일하거나 유사할 수 있다. 기록 폴의 동작 수명은 또한 그 동작 온도에 크게 영향받는다. 열 싱크(738)로부터 기록 폴(720)로 전달되는 열을 기록 폴(720)로부터 열 싱크들(228 또는 328)로 전달되게 하는 것은 기록 폴(720)의 동작 수명 및 원하는 동작 온도를 유지하는 것을 보조한다.

[0034] 도 8은 현재 개시된 기술에 따른 광학 근거리 변환기로부터 열 에너지를 전도시키기 위한 예시적인 동작들(800)을 도시한다. 발생 동작(805)에서, HAMR 헤드 내에서 동작중인 경우의 광학 NFT 내에서 열 에너지가 발생된다. 광학 NFT는 광을 집광하여 자기 매체에 포커싱한다. 그 결과, 광학 NFT는 가열된다. 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지를 발산시키기 위해, 현재 개시된 열 싱크들 중 하나 이상이 이용될 수 있다.

[0035] 판정 동작(810)에서, 특히 도 1과 관련하여 설명된 바와 같은 캡슐화된 열 싱크가 HAMR 헤드 내에 존재하면, 전도 동작(815)로 진행한다. HAMR 헤드 내에 캡슐화된 열 싱크가 존재하지 않으면, 발생 동작(805)으로 리턴한다.

[0036] 전도 동작(815)에서, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 캡슐화된 열 싱크로 전도된다. 추가적으로, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 또한 광학 NFT에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 도파관 피복

및/또는 다른 열 싱크)로 전도될 수 있다. 또한 추가적으로, 캡슐화된 열 싱크로 전도되는 열 에너지는 캡슐화된 열 싱크에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 기록 폴, 도파관 코어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 추가로 전도될 수 있다. 그러나, 기록 폴, 도파관 코어 및/또는 도파관으로의 전도적 열 에너지 전달은 광학 NFT 및/또는 캡슐화된 열 싱크에 의한 불충분한 열 접촉 영역에 기인하여 제한될 수 있다. 또한, 기록 폴, 도파관 코어 및/또는 도파관의 재료 구성이 열 에너지 전달에 특히 적합하지 않을 수도 있다.

[0037] 판정 동작(820)에서, 특히 도 4b 및 5와 관련하여 설명된 바와 같은 날개형 열 싱크가 HAMR 헤드 내에 존재하면, 전도 동작(825)으로 진행한다. HAMR 헤드 내에 날개형 열 싱크가 존재하지 않으면, 발생 동작(805)으로 리턴한다.

[0038] 전도 동작(835)에서, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 날개형 열 싱크로 전도된다. 추가적으로, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 또한 광학 NFT에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 전도될 수 있다. 또한 추가적으로, 날개형 열 싱크로 전도되는 열 에너지는 날개형 열 싱크에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 기록 폴, 도파관 코어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 추가로 전도될 수 있다.

[0039] 판정 동작(830)에서, 특히 도 6b 및 7과 관련하여 설명된 바와 같은 절단된 원뿔형 열 싱크가 HAMR 헤드 내에 존재하면, 전도 동작(835)으로 진행한다. HAMR 헤드 내에 절단된 원뿔형 열 싱크가 존재하지 않으면, 발생 동작(805)으로 리턴한다.

[0040] 전도 동작(825)에서, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 절단된 원뿔형 열 싱크로 전도된다. 추가적으로, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 또한 광학 NFT에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 전도될 수 있다. 또한 추가적으로, 절단된 원뿔형 열 싱크로 전도되는 열 에너지는 절단된 원뿔형 열 싱크에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 기록 폴, 도파관 코어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 추가로 전도될 수 있다.

[0041] 판정 동작(840)에서, 특히 도 2b 및 3과 관련하여 설명된 바와 같은 금속 오버레이 원뿔형 열 싱크가 HAMR 헤드 내에 존재하면, 전도 동작(845)으로 진행한다. HAMR 헤드 내에서 절단된 원뿔형 열 싱크, 날개형 열 싱크 또는 캡슐화된 열 싱크 중 하나 이상이 발견되는 경우 판정 동작(840)이 발생한다.

[0042] 전도 동작(845)에서, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 (존재한다면) 도파관 피복, 원뿔형 열 싱크, 날개형 열 싱크, 또는 캡슐화된 열 싱크를 통해 금속 오버레이 열 싱크로 전도된다. 추가적으로, 광학 NFT 내에서 발생된 열 에너지는 또한 광학 NFT에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 전도될 수 있다. 또한 추가적으로, 금속 오버레이 열 싱크로 전도되는 열 에너지는 금속 오버레이 열 싱크에 인접한 HAMR 헤드의 다른 컴포넌트들(예를 들어, 기록 폴, 도파관 코어, 도파관 피복 및/또는 다른 열 싱크)로 추가로 전도될 수 있다.

[0043] 전도 동작(845)에 후속하여 금속 오버레이 열 싱크가 존재하거나, 판정 동작(840)에 후속하여 금속 오버레이 열 싱크가 존재하지 않으면, 대류/복사 동작(850)이 발생한다. 대류/복사 동작(850)에서, 대류적으로 냉각된 표면(예를 들어, HAMR 헤드 상의 에어-베어링 표면)을 형성하는 HAMR 헤드의 하나 이상의 컴포넌트들(예를 들어, 하나 이상의 열 싱크들, 기록 폴, 광학 NFT, 도파관 코어, 및/또는 도파관 피복) 내의 열 에너지는 HAMR 헤드 상의 에어-베어링 표면과 자기 매체의 표면 사이를 통과하는 공기중으로 대류적으로 전달된다. 다양한 구현들에서, HAMR 헤드 및/또는 자기 매체 표면은 이동하여, 대류적 열 에너지 전달을 증가시키는 난기류(air turbulence)를 생성시킨다. 추가적으로, 대류/복사 동작(850)은 또한 HAMR 헤드 상의 에어-베어링 표면으로부터 자기 매체로의 직접적인 복사 열 에너지 전달을 포함할 수 있다.

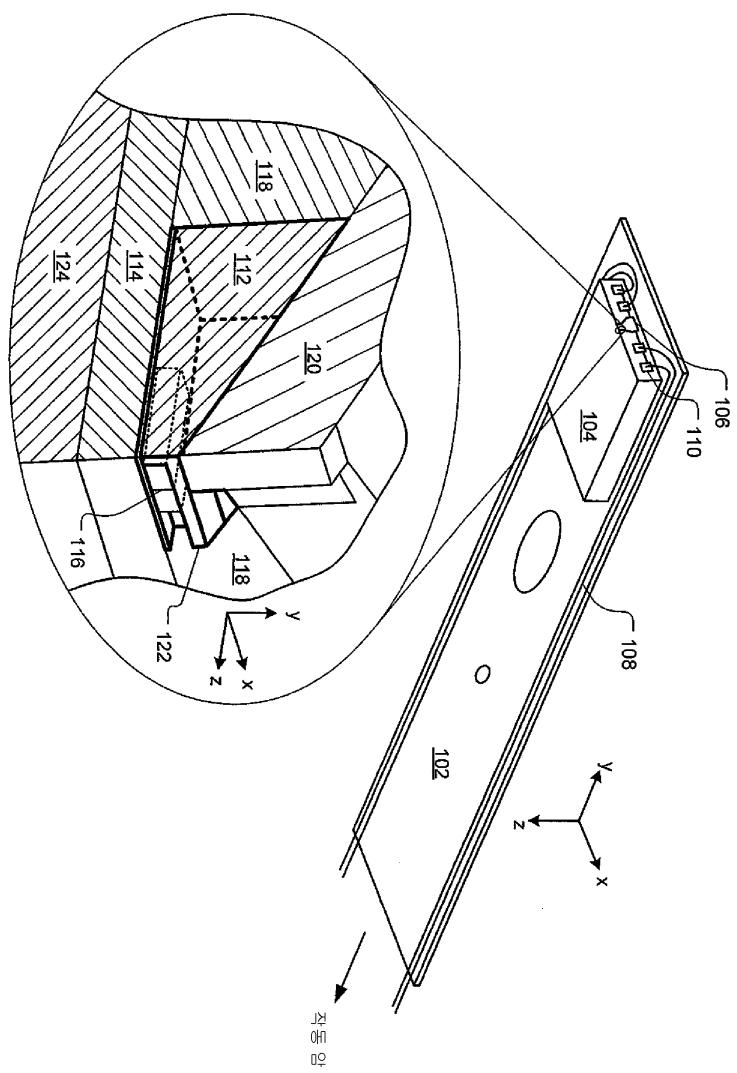
[0044] 에어-베어링 표면에 노출된 열 싱크의 표면적의 양이 커질수록, 대류 열 에너지 전달은 커지고, 모든 다른 것들은 동일하다. 추가적으로, 광학 NFT에 접촉하는 열 싱크의 표면적의 양이 커질수록, 전도적 열 에너지 전달은 커지고, 모든 다른 것들은 동일하다. 그 결과, 금속 오버레이 열 싱크는 원뿔형 열 싱크, 날개형 열 싱크 또는 캡슐화된 열 싱크와 함께 이용되어, 광학 NFT로부터 열 에너지의 전도 및 에어-베어링 표면에서의 대류/복사 열 에너지 전달 모두를 개선시킬 수 있다. 본 명세서에 개시된 열 싱크들 중 하나 이상의 열 싱크의 조합들은 열 싱크 어셈블리들로 지칭된다.

[0045] 전술한 명세서, 예시들, 및 데이터는 본 발명의 예시적인 실시예들의 이용 및 구조의 완전한 설명을 제공한다. 본 발명의 사상 및 범주를 벗어나지 않고 본 발명의 다수의 실시예들이 행해질 수 있기 때문에, 본 발명은 하기에 첨부된 청구항들에 존재한다. 또한, 상이한 실시예들의 구조적 특징들은 인용된 청구항들을 벗어나지 않고

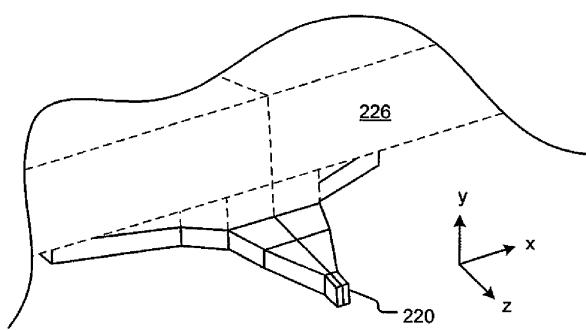
또 다른 실시예에서 결합될 수 있다.

도면

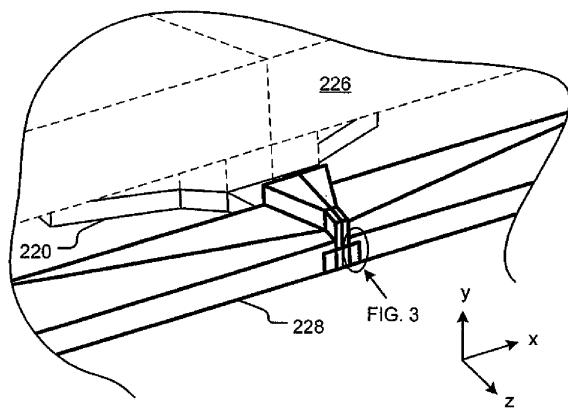
도면1



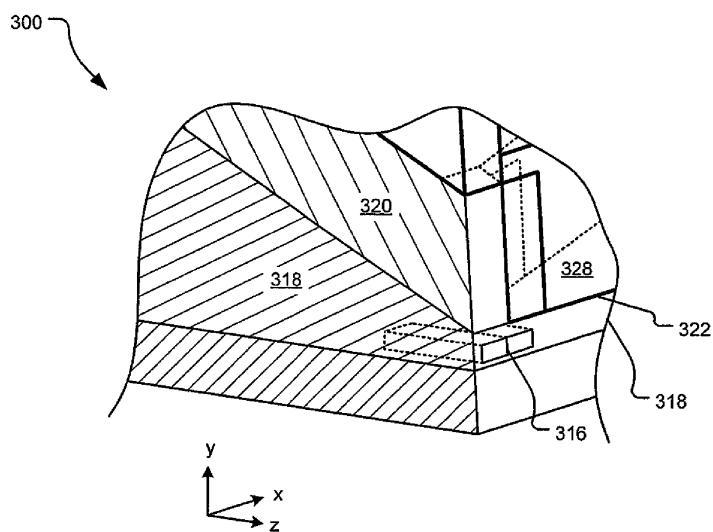
도면2a



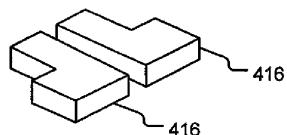
도면2b



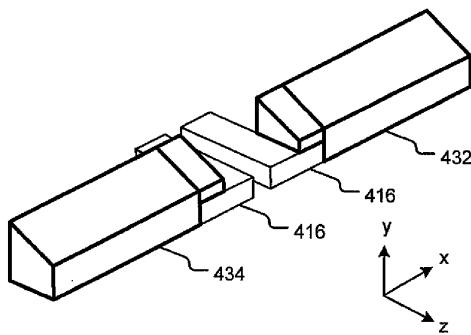
도면3



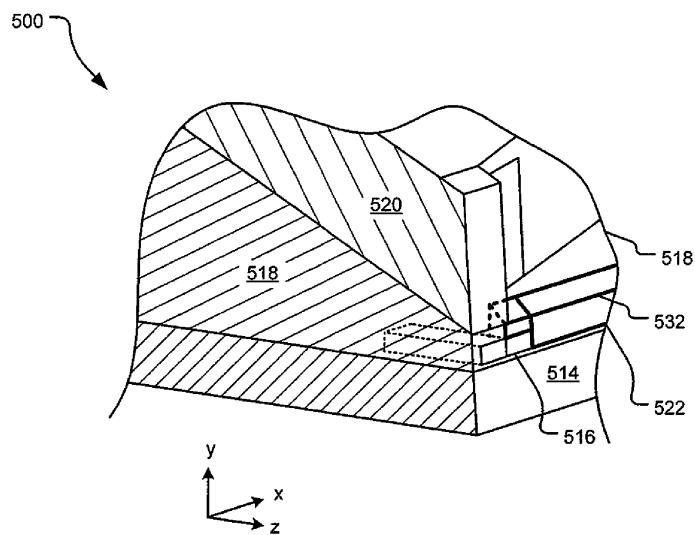
도면4a



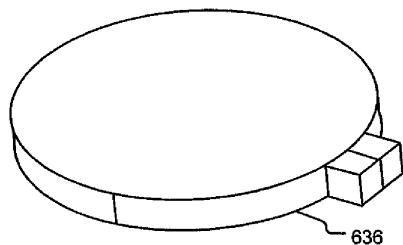
도면4b



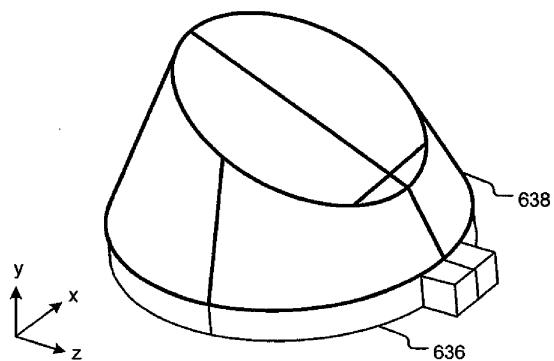
도면5



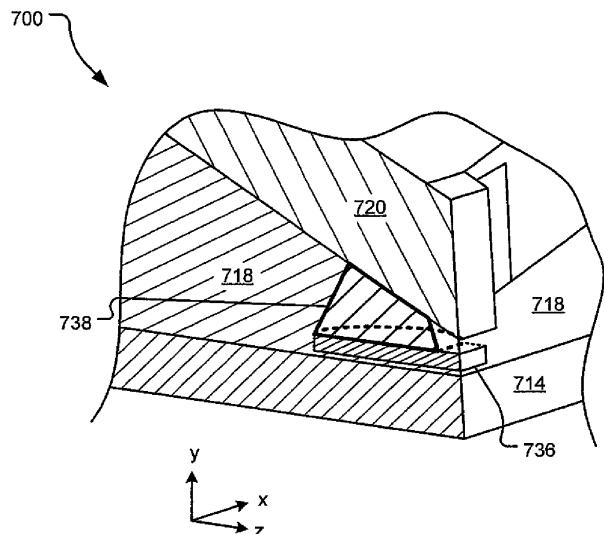
도면6a



도면6b



도면7



도면8

