



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년02월14일
(11) 등록번호 10-0803215
(24) 등록일자 2008년02월04일

(51) Int. Cl.

G11B 5/016 (2006.01) G11B 5/127 (2006.01)

G11B 5/33 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0083655

(22) 출원일자 2006년08월31일

심사청구일자 2006년08월31일

(56) 선행기술조사문헌

JP2002005810 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자

조은형

서울 송파구 문정동 73-3 101호

서성동

서울 강남구 신사동 592-9 성호빌딩 5층

손진승

서울 강남구 도곡동 967 경남아파트 102-901

(74) 대리인

리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 40 항

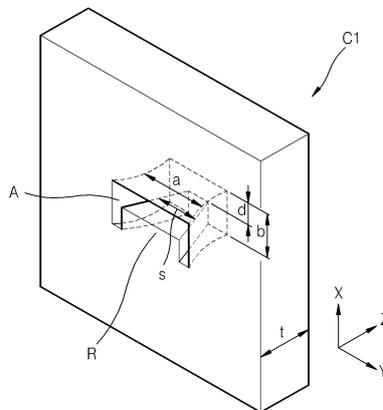
심사관 : 신상길

(54) 개구 구비 금속막과 그 형성방법, 개구 구비 금속막을포함하는 광 전송모듈 및 이를 포함하는 열보조자기 기록헤드

(57) 요약

개구(aperture) 구비 금속막과 그 형성방법, 개구 구비 금속막을 포함하는 광 전송모듈 및 이를 포함하는 열보조 자기기록헤드에 관해 개시되어 있다. 여기서 본 발명은 개구의 입구 및 출구의 크기가 다르고, 상기 개구의 측면은 곡면이되, 상기 개구는 상기 금속막의 리지(ridge)에 의해 C형이고, 상기 곡면은 상기 입구에서 상기 출구 방향으로 휘어진 것을 특징으로 하는 금속막 및 그 형성방법을 제공한다. 또한, 상기 금속막을 출력단에 구비하는 광 전송모듈 및 이러한 광 전송모듈을 광학적 가열 수단으로 포함하는 열보조 자기기록헤드를 제공한다.

대표도 - 도1



- (56) 선행기술조사문헌
JP2002050001 A
JP2003045004 A
US20040008591 A1
US20040062152 A1
US20040223249 A1
US6738338 B1
-

특허청구의 범위

청구항 1

개구(aperture)를 포함하는 금속막에 있어서,
 상기 개구의 입구 및 출구의 크기가 다르고, 상기 개구의 측면은 곡면이 되,
 상기 개구는 상기 금속막의 리지(ridge)에 의해 C형이고,
 상기 곡면은 상기 입구에서 상기 출구 방향으로 휘어진 것을 특징으로 하는 금속막.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 리지의 단면 크기는 상기 리지의 시점과 종점에서 다른 것을 특징으로 하는 금속막.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 개구의 입구와 출구 사이의 임의 위치에서 자른 상기 개구의 단면은 상기 개구에 입사하는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 금속막.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 개구의 입구와 출구 사이의 임의 위치에서 상기 개구의 장축 방향의 폭(a)은 다음의 식으로 결정되는 것을 특징으로 하는 금속막.

$$a = (a_0 + a_1z + a_2z^2)M$$

여기서, $a_0 = 3.96231$, $a_1 = -0.00137$, $a_2 = -0.0002$.

z는 상기 입구에서 상기 임의 위치까지의 거리.

M은 상기 리지의 끝 부분과 이 부분과 마주하는 상기 금속막 사이의 최단거리로서, 상기 개구에 입사되는 입사광의 주파수에 따라 결정되는 상수.

청구항 6

제 4 항에 있어서, 상기 개구의 입구(z=0)와 출구(z=t) 사이의 임의 위치(z)에서 상기 리지의 폭(s)은 다음의 식으로 결정되는 것을 특징으로 하는 금속막.

$$s = -\frac{2M}{t}z + 3M$$

여기서, M은 상기 리지의 끝 부분과 이 부분과 마주하는 상기 금속막 사이의 최단거리로서, 상기 개구에 입사되는 입사광의 주파수에 따라 결정되는 상수.

청구항 7

제 1 항에 있어서, 상기 개구의 입구 둘레에 그루브(groove)가 더 구비된 것을 특징으로 하는 금속막.

청구항 8

광도파로(light waveguide); 및

상기 광도파로의 출력단에 부착된, 청구항 1항의 개구를 구비한 금속막을 포함하는 것을 특징으로 하는 광 전송

모듈.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 개구는 테이퍼형(tapered type)인 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 10

제 8 항에 있어서, 상기 개구 입구의 폭 및 높이 중 적어도 어느 하나는 상기 개구 출구의 그것보다 큰 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 11

제 8 항에 있어서, 상기 개구 입구는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 12

제 8 항에 있어서, 상기 개구 출구는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 13

제 8 항에 있어서, 상기 개구의 입구 및 출구의 면적은 동일한 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 14

제 8 항에 있어서, 상기 개구의 입구와 출구 사이의 상기 개구 단면은 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 15

제 8 항에 있어서, 상기 개구 단면은 직사각형의 제1 부분과, 상기 제1부분의 장축에 따른 양측부로부터 상기 제1 부분과 수직인 어느 한 방향으로 연장되고 서로 이격된 두 개의 제2 부분으로 이루어지고,

상기 제1 부분의 장축길이를 a, 상기 제1 부분의 단축길이를 d, 상기 제2 부분의 연장된 길이를 b/2, 상기 제2 부분 간의 이격 거리를 s, 상기 금속막의 두께(상기 개구의 깊이)를 t라 하면,

상기 개구의 입구(z=0)와 출구(z=t) 사이의 위치(z)에서 상기 a, b, d 및 s는 다음의 식 1 내지 식 4에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

$$\text{<식 1> } a = (a_0 + a_1z + a_2z^2)M$$

여기서, $a_0 = 3.96231$, $a_1 = -0.00137$, $a_2 = -0.0002$.

$$\text{<식 2> } b = 2M$$

$$\text{<식 3> } d = M$$

$$\text{<식 4> } s = -(2M/t)z + 3M$$

상기 식 1 내지 식 4에서, M은 상수.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 M은 상기 a 및 s가 3M 및 M일 때, 다음의 식에 의해서 결정되는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

$$\frac{b}{\lambda_c} = \frac{b}{2(a-s)} \left[1 + \frac{4}{\pi} \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{2b}{a-s}} \right) \frac{2b}{a-s} \ln \csc \frac{\pi}{2} \frac{d}{b} + \left(2.45 + 0.2 \frac{s}{a} \right) \frac{sb}{d(a-s)} \right]^{-1/2}$$

여기서, λ_c 는 입사광의 차단 파장(cutoff wavelength).

청구항 17

제 8 항에 있어서, 상기 개구의 입구 둘레에 그루브(groove)를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 18

제 17 항에 있어서, 상기 그루브는 링형(ring type)인 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 링형 그루브의 외반경은 입사광의 파장의 0.5~1.5배 인 것을 특징으로 하는 광 전송모듈.

청구항 20

기관 상에 돌출부(ridge)를 갖는 제1 금속막을 형성하되, 상기 돌출부의 폭이 위치에 따라 다르도록 형성하는 단계;

상기 제1 금속막 상에 상기 돌출부를 덮는 감광막 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 감광막 패턴을 덮도록 상기 제1 금속막 상에 제2 금속막을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 감광막 패턴은 위치에 따라 폭을 다르게 형성하고, 측면은 곡면이 되도록 형성하는 것을 특징으로 하는 금속막의 형성방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서, 상기 돌출부를 갖는 제1 금속막을 형성하는 단계는,

상기 기관 상에 균일한 두께의 금속막을 형성하는 단계;

상기 금속막 상에 상기 돌출부를 정의하는 마스크를 형성하는 단계;

상기 마스크 둘레의 상기 금속막의 일부 두께를 제거하는 단계; 및

상기 마스크를 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막의 형성방법.

청구항 22

제 20 항에 있어서, 상기 감광막 패턴은 상기 돌출부의 시점과 종점 사이에서의 폭이 다음의 식 1을 만족하고, 상기 돌출부 상에 형성되는 두께는 다음의 식 2를 만족하도록 형성하는 것을 특징으로 하는 금속막 형성방법.

$$\text{<식 1> } a = (a_0 + a_1z + a_2z^2)M$$

여기서, a는 폭, $a_0 = 3.96231$, $a_1 = -0.00137$, $a_2 = -0.0002$.

z는 상기 돌출부의 시점과 종점이 Z축 상에 있을 때, 상기 시점(z=0)과 종점(z=t : t는 상기 금속막의 Z축에 따른 두께) 사이의 위치 값.

$$\text{<식 2> } d = M$$

여기서, M은 상기 감광막 패턴에 입사되는 광의 주파수에 따라 정해지는 상수로서, 상기 돌출부의 성장 방향의 끝 부분과 이 부분과 마주하는 상기 제2 금속막 사이의 최단거리.

청구항 23

제 21 항에 있어서, 상기 마스크는 폭(s)이 다음의 식을 만족하는 것을 특징으로 하는 금속막의 형성방법.

$$s = -(2M/t)z + 3M$$

여기서, t는 상기 돌출부의 시점과 종점이 Z축 상에 있을 때, 상기 돌출부의 Z축에 따른 두께. z는 상기 돌출부의 시점과 종점이 Z축 상에 있을 때, 상기 시점(z=0)과 종점(z=t) 사이의 위치 값.

M은 상기 감광막 패턴에 입사되는 광의 주파수에 따라 정해지는 상수로서, 상기 돌출부의 끝 부분과 이 부분과

마주하는 상기 제2 금속막 사이의 최단거리.

청구항 24

제 22 항에 있어서, 상기 M은 다음의 식에 의해서 결정되는 것을 특징으로 하는 금속막의 형성방법.

$$\frac{b}{\lambda_c} = \frac{b}{2(a-s)} \left[1 + \frac{4}{\pi} \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{2b}{a-s}} \right) \frac{2b}{a-s} \ln \csc \frac{\pi d}{2b} + \left(2.45 + 0.2 \frac{s}{a} \right) \frac{sb}{d(a-s)} \right]^{-1/2}$$

여기서, a 및 s는 각각 3M 및 M이고, b와 d는 각각 2M 및 M이며, λ_c 는 상기 감광막 패턴에 입사되는 광의 차단 파장(cutoff wavelength).

청구항 25

제 20 항에 있어서, 상기 제2 금속막을 형성하는 단계 후, 상기 돌출부의 폭이 좁은 끝단면(종점)이 노출되도록, 상기 제2 금속막, 상기 감광막 패턴, 상기 제1 금속막 및 상기 기관의 단부를 연마하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막의 형성방법.

청구항 26

제 20 항에 있어서, 상기 제2 금속막을 형성하는 단계 후, 상기 감광막 패턴을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 금속막의 형성방법.

청구항 27

자기기록매체에 데이터를 기록하기 위한 메인 폴과 리턴 폴을 포함하는 자기기록부를 포함하고, 상기 자기기록 매체의 기록 예정 영역을 가열하기 위한 광학적 가열 수단을 포함하는 열보조 자기기록헤드에 있어서, 상기 광학적 가열수단은 청구항 1항의 개구를 구비한 금속막을 포함하는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록헤드.

청구항 28

제 27 항에 있어서, 상기 광학적 가열수단은, 광원, 상기 광원으로부터 조사된 광을 전송하는 광도파로 및 상기 광도파로의 출력단에 부착되는 상기 금속막을 포함하는 광 전송모듈인 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 29

제 28 항에 있어서, 상기 광원과 상기 광도파로 사이에 프리즘 커플러 또는 그레이팅 커플러가 더 구비된 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 30

제 27 항에 있어서, 상기 개구는 입구에서 출구로 갈수록 가늘어지는 테이퍼형(tapered type)인 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 31

제 27 항에 있어서, 상기 개구의 입구의 폭 및 높이 중 적어도 어느 하나가 상기 개구의 출구의 그것보다 큰 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 32

제 27 항에 있어서, 상기 개구의 입구는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 33

제 27 항에 있어서, 상기 개구의 출구는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 34

제 27 항에 있어서, 상기 개구의 입구와 출구는 동일한 면적을 갖는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 35

제 27 항에 있어서, 상기 개구의 입구와 출구 사이의 상기 개구의 단면은 입사광과 공진을 일으키는 모양을 갖는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 36

제 27 항에 있어서, 상기 개구의 단면은 직사각형의 제1 부분과, 상기 제1 부분의 장축에 따른 양측부로부터 상기 제1 부분과 수직한 어느 한 방향으로 연장되고 서로 이격된 두 개의 제2 부분들로 이루어지고,

상기 제1 부분의 장축길이를 a, 상기 제1 부분의 단축길이를 d, 상기 제2 부분의 연장된 길이를 b/2, 상기 제2 부분 간의 이격 거리를 s, 상기 금속막의 두께(상기 개구의 깊이)를 t라 하면,

상기 개구의 입구(z=0)와 출구(z=t) 사이에서 상기 a, b, d 및 s는 다음의 식 1 내지 식 4에 의해 결정되는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

$$\langle \text{식 1} \rangle \quad a = (a_0 + a_1z + a_2z^2)M$$

여기서, $a_0 = 3.96231$, $a_1 = -0.00137$, $a_2 = -0.0002$.

$$\langle \text{식 2} \rangle \quad b = 2M$$

$$\langle \text{식 3} \rangle \quad d = M$$

$$\langle \text{식 4} \rangle \quad s = -(2M/t)z + 3M$$

여기서, M은 입사광의 주파수에 따라 정해지는 상수.

청구항 37

제 36 항에 있어서, 상기 M은 상기 a 및 s가 3M 및 M일 때, 입사광의 파장에 따라 아래의 식에 의해서 결정되는 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

$$\frac{b}{\lambda_c} = \frac{b}{2(a-s)} \left[1 + \frac{4}{\pi} \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{2b}{a-s}} \right) \frac{2b}{a-s} \ln \csc \frac{\pi}{2} \frac{d}{b} + \left(2.45 + 0.2 \frac{s}{a} \right) \frac{sb}{d(a-s)} \right]^{-1/2}$$

여기서, λ_c 는 입사광의 차단 파장(cutoff wavelength).

청구항 38

제 27 항에 있어서, 상기 금속막은 상기 광학적 가열수단의 광출력단 그 자체인 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 39

제 27 항에 있어서, 상기 금속막에 상기 개구 입구를 둘러싸는 그루브(groove)가 더 형성된 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 40

제 39 항에 있어서, 상기 그루브(groove)는 링형(ring type)인 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

청구항 41

제 40 항에 있어서, 상기 링형 그루브의 외반경은 상기 개구에 입사되는 입사광의 파장의 0.5~1.5배인 것을 특징으로 하는 열보조 자기기록 헤드.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <22> 1. 발명의 분야
- <23> 본 발명은 자기 기록헤드에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 근접장의 세기를 증대시킬 수 있는 C형 나노 개구를 구비한 금속막과 그 형성방법, 상기 금속막을 포함하는 광 전송모듈과 이를 포함하는 열보조 자기기록 헤드에 관한 것이다.
- <24> 2. 관련기술의 설명
- <25> 자기기록헤드에 대한 기술과 자기 기록방법이 발전되면서 자기기록매체에 대한 기록밀도 또한 높아지고 있다. 그러나 기록밀도가 높아짐에 따라 자기기록매체의 최소 단위 정보가 기록되는 영역, 즉 비트 사이즈(bit size)가 감소되면서 비트 사이즈는 초상자성 효과(super-paramagnetic effect)의 영향을 받게 된다. 이에 따라 자기기록매체에서 비트 사이즈의 열적 불안정성이 높아지면서 보다 높은 기록밀도를 실현하는데 어려움이 있다.
- <26> 데이터의 열적 안정성을 높이기 위해서는 일반적으로 보자력이 큰 재료가 자기기록매체로 사용된다. 보자력이 큰 재료를 기록매체로 사용할 경우, 데이터를 기록하기 위해 보다 큰 자기장이 필요하다. 그런데 자기기록헤드에서 발생하는 자기장의 세기는 일정 수준에서 포화되므로, 보자력이 큰 재료를 사용하면 기록이 어려울 수 있다.
- <27> 이러한 문제는 데이터가 기록될 영역을 먼저 가열한 다음, 가열된 영역에 데이터를 기록하는 열보조 자기기록(heat assisted magnetic recording : 이하, HAMR이라 함) 방식을 이용함으로써 어느 정도 해소될 수 있다.
- <28> HAMR 방식에서 데이터 기록 영역을 가열하기 위한 수단으로 광 전송모듈(light delivery module)이 사용된다. 상기 광 전송모듈은 레이저 다이오드(laser diode)와 같은 광원으로부터 발생된 광을 전송하는 광도파로(waveguide)를 포함한다. 상기 광도파로의 광방출면 부분에는 전송된 광의 에너지 분포를 바꾸어 강화된 근접장(enhanced near field)을 발생시키는 나노 개구(nano aperture)가 구비된다.
- <29> HAMR 방식에서 데이터가 기록되는 영역은 큐리온도 근처까지 가열되는 바, HAMR 방식이 적용되는 자기기록헤드에 구비된 광 전송모듈은 기록밀도를 높이기 위해서는 스폿 사이즈가 작으면서 가열에 충분한 세기를 갖는 광을 방출할 수 있어야 한다.
- <30> 현재까지 다양한 HAMR 방식용 광 전송모듈이 소개되었는데, 대부분의 광 전송모듈은 정방형 개구(square aperture)이나 원형 개구(circular aperture) 또는 C형 개구를 포함한다.
- <31> 정방형이나 원형 개구를 포함하는 광 전송모듈의 경우, 개구 크기가 입사광 파장의 1% 미만일 때, 광출력(Power Throughput)은 (파장)⁻⁴에 비례하여 감소한다.
- <32> C형 개구를 포함하는 광 전송모듈의 경우, 자기헤드의 메인 폴을 개구의 리지(ridge)부로 이용하는 경우가 있다. 이 경우, 자기장과 광 사이의 거리를 최소화할 수 있으나, 열로 인해 상기 메인 폴의 자기적 특성이 감소될 수 있다.
- <33> 무엇보다, 아직까지 나노 개구의 모양 및 크기가 최대의 근접장 강화(maximum near field enhancement)를 위해 최적화되지 못하고 있다. 특히, 광도파로의 출사면과 나노 개구의 입구 간의 커플링 효율과, 나노 개구의 출구에서의 광 스폿 프로파일(profile)이 개별적으로 고려되어 최적화되지 않았다. 그러므로, 광 스폿의 크기를 줄이고 근접장 강화 효과를 극대화하기 위해서는, 종래 나노 개구의 구조적 단순함을 탈피하는 보다 다각적인 시도가 이루어져야 한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <34> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상술한 종래의 문제점을 개선하기 위한 것으로써, 광도파로로부터 출력되는 광의 출력 손실을 줄일 수 있고, 스폿 사이즈를 줄일 수 있는 개구를 구비한 금속막을 제공함에 있다.
- <35> 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 상기 개구를 구비한 금속막의 형성방법을 제공함에 있다.
- <36> 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 상기 금속막을 포함하는 광 전송모듈을 제공함에 있다.
- <37> 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 기술적 과제는 상기 광 전송모듈을 포함하여 기록밀도를 높일 수 있는 HAMR 헤드를 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

- <38> 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 개구를 구비하는 금속막에 있어서, 상기 개구의 입구 및 출구의 크기가 다르고, 상기 개구의 측면은 곡면이되, 상기 개구는 상기 금속막의 리지(ridge)에 의해 C형이고, 상기 곡면은 상기 입구에서 상기 출구 방향으로 휘어진 것을 특징으로 하는 금속막을 제공한다.
- <39> 상기 리지의 단면 크기는 상기 리지의 시점과 종점에서 다를 수 있다.
- <40> 삭제
- <41> 상기 개구의 입구와 출구 사이의 임의 위치에서 자른 상기 개구의 단면은 상기 개구에 입사하는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 가질 수 있다.
- <42> 상기 개구의 입구와 출구 사이의 임의 위치에서 상기 개구의 장축 방향의 폭은 수학적 3으로 결정될 수 있다.
- <43> 상기 개구의 입구($z=0$)와 출구($z=t$) 사이의 임의 위치(z)에서 상기 리지의 폭(s)은 수학적 1로 결정될 수 있다.
- <44> 상기 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 기판 상에 돌출부(ridge)를 갖는 제1 금속막을 형성하되, 상기 돌출부의 폭이 위치에 따라 다르도록 형성하는 단계, 상기 제1 금속막 상에 상기 돌출부를 덮는 감광막 패턴을 형성하는 단계 및 상기 감광막 패턴을 덮도록 상기 제1 금속막 상에 제2 금속막을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 감광막 패턴은 위치에 따라 폭을 다르게 형성하고, 측면은 곡면이 되도록 형성하는 것을 특징으로 하는 개구 구비 금속막의 형성방법을 제공한다.
- <45> 상기 돌출부를 갖는 제1 금속막을 형성하는 단계는 상기 기판 상에 균일한 두께의 금속막을 형성하는 단계, 상기 금속막 상에 상기 돌출부를 정의하는 마스크를 형성하는 단계, 상기 마스크 둘레의 상기 금속막의 일부 두께를 제거하는 단계 및 상기 마스크를 제거하는 단계를 포함한다.
- <46> 상기 돌출부의 시점과 종점 사이에서의 상기 감광막 패턴의 폭은 수학적 3을 만족하고 상기 돌출부 상에 형성되는 두께(d)는 M 이 되도록 형성할 수 있다.
- <47> 이때, M 은 상기 감광막 패턴에 입사되는 광에 따라 정해지는 상수로서 상기 돌출부의 끝 부분과 이 부분과 마주하는 상기 제2 금속막 사이의 최단 거리이다. M 은 수학적 2로 정해질 수 있다.
- <48> 상기 돌출부를 정의하는 상기 마스크의 폭은 수학적 1로 정해질 수 있다.
- <49> 상기 금속막 형성방법의 경우에 상기 수학적 1의 t 는 상기 돌출부의 Z축 방향 두께이다. z 는 상기 돌출부의 시점과 종점이 Z축 상에 있을 때, 상기 시점($z=0$)과 종점($z=t$) 사이의 위치 값이다.
- <50> 상기 금속막 형성방법은 상기 제2 금속막을 형성하는 단계 후, 상기 돌출부의 폭이 좁은 끝단면(종점)이 노출되도록, 상기 제2 금속막, 상기 감광막 패턴, 상기 제1 금속막 및 상기 기판의 단부를 연마하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <51> 상기 금속막 형성방법은 상기 제2 금속막을 형성하는 단계 후, 상기 감광막 패턴을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <52> 상기 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 광도파로(light waveguide) 및 상기 광도파로의 출력단에 부착된, 상기 개구를 구비한 금속막을 포함하는 것을 특징으로 하는 광 전송모듈을 제공한다.
- <53> 상기 개구는 테이퍼형(tapered type)일 수 있다.
- <54> 상기 개구 입구의 폭 및 높이 중 적어도 어느 하나는 상기 개구 출구의 그것보다 클 수 있다.

- <55> 상기 개구 입구는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 가질 수 있다.
- <56> 상기 개구 출구는 입사광과 공진을 일으키는 모양을 가질 수 있다.
- <57> 상기 개구의 입구 및 출구의 면적은 동일할 수 있다.
- <58> 상기 개구의 입구와 출구 사이의 상기 개구의 단면은 입사광과 공진을 일으키는 모양을 가질 수 있다.
- <59> 상기 개구의 단면은 직사각형의 제1 부분과, 상기 제1 부분의 장축에 따른 양측부로부터 상기 제1 부분과 수직 한 어느 한 방향으로 연장되고 서로 이격된 두 개의 제2 부분으로 이루어지고, 상기 제1 부분의 장축길이를 a , 상기 제1 부분의 단축길이를 d , 상기 제2 부분의 연장된 길이를 $b/2$, 상기 제2 부분 간의 이격 거리를 s , 상기 금속막의 두께(상기 개구의 깊이)를 t 라 하면, 상기 개구의 입구($z=0$)와 출구($z=t$) 사이의 위치(z)에서 상기 a 는 수학식 3으로, s 는 수학식 1로 결정될 수 있고, b 는 $2M$, d 는 M 일 수 있다.
- <60> 상기 또 다른 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명은 자기기록매체에 데이터를 기록하기 위한 메인 폴과 리턴 폴을 포함하는 자기기록부를 포함하고, 상기 자기기록매체의 기록 예정 영역을 가열하기 위한 광학적 가열 수단을 포함하는 HAMR 헤드에 있어서, 상기 광학적 가열수단은, 입구 및 출구의 크기가 다르고 측면이 곡면인 개구를 포함하는 것을 특징으로 하는 HAMR 헤드를 제공한다.
- <61> 상기 광학적 가열수단은, 광원, 상기 광원으로부터 조사된 광을 전송하는 광도파로 및 상기 광도파로의 출력단에 부착되고 상기 개구가 형성된 금속막을 포함할 수 있다.
- <62> 상기 광원과 상기 광도파로 사이에 프리즘 커플러 또는 그레이팅 커플러가 더 구비될 수 있다.
- <63> 상기 개구의 모든 특징은 상기 광 전송모듈에서 설명한 바와 같을 수 있다.
- <64> 상기 개구는 상기 광도파로의 출력단 자체에 형성된 것일 수 있다.
- <65> 상기 금속막, 상기 광 전송모듈 및 상기 HAMR헤드에서, 상기 개구 입구 둘레에 그루브(groove)가 더 구비될 수 있다. 이때, 상기 그루브는 링형(ring type)일 수 있다. 상기 링형 그루브의 외반경은 상기 개구에 입사되는 입사광의 파장의 0.5~1.5배일 수 있다.
- <66> 이러한 본 발명을 이용하면, 상기 개구의 구조적 특징으로 인해 상기 개구의 광 출사면에서의 광 세기 및 광 출력이 모두 증가된다. 이러한 효과는 상기 개구 둘레에 그루브를 형성함으로써 더욱 증가된다.
- <67> 그러므로 본 발명의 이러한 개구를 채용한 광 전송모듈을 구비하는 HAMR 헤드는 광 강도가 높고 스폿 사이즈가 작으면서 대칭인 광을 방출할 수 있는 바, 데이터 기록밀도를 높일 수 있다.
- <68> 또한, 본 발명의 HAMR 헤드는 메인 폴을 개구를 구비한 금속막의 리지(ridge)부로 이용하지 않는 바, 열에 의해 메인 폴의 자기적 특성이 감소되는 것을 방지할 수 있다.
- <69> 이하, 본 발명의 실시예에 의한 개구를 구비한 금속막과 그의 형성방법, 개구를 구비한 금속막을 포함하는 광 전송모듈 및 이를 포함하는 열보조 자기기록헤드를 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다. 이 과정에서 도면에 도시된 층이나 영역들의 두께는 명세서의 명확성을 위해 다소 과장되게 도시된 것이다.
- <70> 먼저, 본 발명의 실시예에 의한 C형 나노 개구(이하, 개구)를 구비한 금속막에 대해 설명한다.
- <71> <제1 실시예>
- <72> 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 의한 개구(A)를 구비한 금속막(C1)의 입체도이다.
- <73> 도 1을 참조하면, 개구(A)의 입구 및 출구의 크기는 다르다. 그리고 개구(A)의 측면은 곡면이다. 개구(A)는 사각형 콘택홀의 바닥에 리지(R)가 형성된 것과 동일한 모양이다. 금속막(C1)은 Z축을 중심으로 시계 반대 방향으로 90도 회전된 상태로 사용될 수 있다. 이때, 개구(A)는 금속막(C1)의 리지(ridge : R)에 의해 C형 모양일 수 있다. 금속막(C1)의 회전각에 따라 개구(A)는 C형 외의 다른 형태로 표현될 수 있으나, 본 설명에서는 편의 상 개구(A)를 C형으로 기술한다.
- <74> 개구(A)의 Y축 방향의 폭(a)은 입구에서 넓고 출구에서 좁다. 개구(A)의 Y축 방향의 폭(a)은 입구에서 $4M$, 출구에서 $3M$ 일 수 있다. 그리고 개구(A)의 X축 방향의 폭은 리지(R)가 존재하는 영역에서 M 이고, 리지(R) 이외의 부분에서 $2M$ 이다. 개구(A)의 X축 방향의 폭은 개구(A)의 입구에서부터 출구까지 동일하다. 개구(A)의 폭을 나타내는 값에서 M 은 개구(A)에 입사되는 광의 파장에 따라 정해지는 상수인데, 예를 들면 입사광의 파장이 780nm일 때, M 은 90nm정도가 된다. M 에 대해서는 후술한다. 리지(R)의 Y축 방향의 폭도 개구(A)의 입구에서 넓고 출구에

서 좁다. 그러나 리지(R)의 X축 방향의 폭(개구(A)가 회전 없이 도 1에 도시된 상태 그대로 사용될 경우에는 높이)은 개구(A)의 입구에서부터 출구까지 동일하다.

<75> 결과적으로, 개구(A)와 리지(R)는 전체적인 모양이 입구에서 출구쪽으로 가면서 폭이 좁아지는 형태(tapered type)이다.

<76> 이러한 개구(A)를 구비한 금속막(C1)에서, 도시된 바와 같이, 개구(A)의 리지(R)가 Z축 방향으로 형성되어 있다고 하면, 개구(A)의 깊이에 따른, 즉 Z축 방향에 따른 리지(R)의 폭(s)은 다음 수학적 1에 의해 결정된다.

수학적 1

$$s = - \frac{2M}{t} z + 3M$$

<77> 수학적 1에서 M은 개구(A)에 입사되는 입사광의 주파수와 개구(A)의 공진 주파수가 같아지는 공진 조건을 만족하기 위한, 리지(R)가 존재하는 영역에서의 개구(A)의 X축 방향의 폭(d)이다. 곧, M은 리지(R)의 성장 방향(X축 방향)으로의 끝 부분(현재의 도면에서는 상부면)과 이 부분과 마주하는 금속막(C1) 사이의 최단거리이다. M은 개구(A)에 입사되는 입사광에 따라 달라질 수 있다.

<79> 수학적 1의 M은 다음 수학적 2로 정해진다.

수학적 2

$$\frac{b}{\lambda_c} = \frac{b}{2(a-s)} \left[1 + \frac{4}{\pi} \left(1 + 0.2 \sqrt{\frac{2b}{a-s}} \right) \frac{2b}{a-s} \ln \csc \frac{\pi}{2} \frac{d}{b} + \left(2.45 + 0.2 \frac{s}{a} \right) \frac{sb}{d(a-s)} \right]^{-1/2}$$

<80> 여기서, a, b, d 및 s는 각각 3M, 2M, M 및 M이고, λ_c 는 입사광의 차단 파장(cutoff wavelength)이다. 이때, b는 리지(R) 이외의 부분에서 개구(A)의 X축 방향의 폭이고, d는 리지(R)가 존재하는 영역에서 개구(A)의 X축 방향의 폭이다.

<82> 수학적 2에서 차단 파장은 개구(A)에 입사되는 입사광의 파장이므로, M은 입사광의 파장에 따라 달라짐을 알 수 있다. 예컨대, 상기한 바와 같이 입사광의 파장이 780nm일 때, M은 90nm 정도이다.

<83> 또한, 수학적 1에서 t는 개구(A)를 구비한 금속막(6)의 Z축 방향의 두께로서, 광 방출량이 최대가 되게 하는 개구(A)의 최적 두께이다. 즉, 금속막(6)의 Z축 방향 두께를 증가시키면서 전기장 강도 및 광 출력량(Power Throughput) 변화를 측정함으로써, 상기 t가 결정된다. 금속막(6)의 재질이 금(Au)이고, 입사광의 파장이 780nm일 때, 개구(C1)의 최적 두께(t)는 280nm 정도가 된다.

<84> 한편, 개구(A)의 입구(z=0)와 출구(z=t) 사이의 위치(z)에서 개구(A)의 Y축 방향의 폭(a)은 다음 수학적 3에 의해 결정된다. 상기 개구(A)의 Y축 방향의 폭(a)은 개구(A) 장축 방향의 폭(a)이라 한다.

수학적 3

$$a = (a_0 + a_1 z + a_2 z^2) M$$

<85> 수학적 3에서 a_0 는 3.96231이고, a_1 은 -0.00137이며, a_2 는 -0.0002이다.

<87> 입사광이 결정되면, 개구(A)의 b(=2M)와 d(=M)는 수학적 2로 정해지는 고정된 값인 바, 개구(A)의 주어진 깊이에서, 즉 주어진 z값에서 수학적 1 및 3으로부터 리지(R)의 폭(s)과 개구(A)의 폭(a)이 결정되면, 상기 주어진 z값에서 개구(A)의 단면 모양이 결정된다. 이렇게 정해진 개구(A)의 단면에 입사하는 입사광의 주파수(차단 주파수)와 개구(A)의 공진 주파수는 같아진다.

<88> 도 1에서 리지(R)의 폭(s)과 개구(A)의 폭(a)은 각각 수학적 1과 3을 만족한다. 따라서 개구(A)를 그 입구와 출구사이의 위치에서 Z축에 수직인 방향으로 잘랐을 때, 개구(A) 단면의 모양은 개구(A)에 입사하는 입사광의 주

파수와 개구(A)의 공진 주파수가 같아지는 공진 조건을 만족한다.

- <89> 이와 같이 개구(A)를 Z축에 수직한 방향으로 잘랐을 때, 그 단면 모양이 상기 공진 조건을 만족하면, 개구(A)는 공진 영역(Resonant Area)을 갖는다고 정의한다.
- <90> 도 1에 도시한 개구(A)의 입구 면적과 출구 면적은 상기 공진 조건을 만족하면서 면적도 동일하다. 그러나 수학식 1과 3의 함수 형태를 고려하면, 개구(A)의 입구와 출구 사이에서 Z축에 수직한 방향으로 자른 개구(A)의 단면 면적은 개구(A)의 입구 면적 및 출구 면적과 다르다는 것을 알 수 있다.
- <91> 도 2는 도 1에 도시한 개구(A)의 입구면, 중앙면 및 출구면을 보여준다.
- <92> 도 2에서 맨 왼쪽은 개구(A)의 정면에서 본 모양, 즉, 개구(A)의 정면도이고, 맨 오른쪽은 개구(A)의 뒤에서 본 모양, 곧 개구(A)의 배면도이며, 가운데는 개구(A)의 입구와 출구 사이의 중앙에서 자른 개구(A)의 단면을 보여준다.
- <93> 도 2를 참조하면, 개구(A) 입구에서 리지(R)의 폭 3M이고, 개구(A) 출구에서 리지(R)의 폭은 M이며, 개구(A)의 입구와 출구 사이에서 리지(R)의 폭은 수학식 1로 정해지는 값(s)이다. 그리고 개구(A)의 리지(R)가 존재하는 영역에서의 높이는 M이고 리지(R) 이외의 부분에서 개구(A)의 높이는 2M이다. 또한, 개구(A)의 입구의 Y축 방향 폭은 4M이고, 출구의 Y축 방향 폭은 3M이며, 입구와 출구 사이에서 Y축 방향 폭은 수학식 3으로 정해지는 값(a)이다.
- <94> 도 3은 도 1을 X축에 수직하고, Y축 및 Z축에 평행한 방향으로 개구(A)을 지나도록 금속막(C1)을 절개한 결과를 보여준다. 도 3을 통해서 리지(R)의 상부면 및 개구(A)의 평면 형태를 보다 명확하게 알 수 있다.
- <95> 도 3을 참조하면, 리지(R) 상부면의 개구(A) 입구에 위치한 양단과 리지(R) 상부면의 개구(A) 출구에 위치한 양단을 연결하는 선은 직선이다. 달리 말하면, 리지(R)의 측면과 상부면이 만나는 경계선은 직선이다. 이것은 수학식 1로부터 당연한 결과이다.
- <96> 구체적으로 설명하면, 수학식 1에서 s는 개구(C1)의 입구와 출구 사이에 있는 임의 값에 대해서, 즉 Z축 상의 임의의 값에 대해서 일차 함수이므로, 수학식 1의 s로 정의되는 선은 직선이 된다. 리지(R)의 폭은 하부면에서 상부면으로 가면서, 곧 x축 방향으로 변화가 없으므로, 수학식 1로 정해지는 리지(R)의 폭(s)은 리지(R) 상부면의 폭과 같게 된다. 따라서 도 3에 도시한 리지(R) 상부면의 개구(A) 입구에 위치한 양단과 개구(A) 출구에 위치한 양단을 연결하는 선은 수학식 1의 s로 정해지는 직선이 된다.
- <97> 도 3에서 개구(A)의 좌우 경계선(이하, 경계선), 즉 개구(A)의 폭(a)의 변화를 보여주는 선은 곡선인데, 이러한 결과는 수학식 3으로부터 예상된 결과이다.
- <98> 수학식 3에서 a는 z값에 대해서 2차 함수이고, 개구(A)의 폭(a)은 X축 방향으로 변화가 없는 바, 수학식 3으로 표현되는 선, 곧 결정되는 개구(A) 폭(a)의 변화를 나타내는 상기 경계선은 곡선이 된다.
- <99> 이와 같이, 리지(R) 폭(s)과 개구(A)의 폭(a)을 결정하는 수학식 1과 3은 z값에 대한 비례 관계가 서로 다르기 때문에, 개구(A) 입구와 출구 사이의 임의 위치에서 Z축에 수직한 방향으로 금속막(C1)을 잘랐을 때 드러나는 개구(A) 단면의 면적은 개구(A)의 입구 면적과 다르고 출구 면적과도 다르게 된다.
- <100> <제2 실시예>
- <101> 본 발명의 제2 실시예에 의한 개구의 특징은 제1 실시예에 의한 금속막(C1)에서 개구(A) 둘레에 그루브(groove)를 구비하는데 있다. 이하에서는 상기 제1 실시예에 의한 금속막(C1)을 제1 금속막(C1)이라 한다.
- <102> 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 의한 개구를 구비한 금속막(이하, 제2 금속막)의 일 예를 보여준다.
- <103> 도 4를 참조하면, 제2 금속막(C2)은 제1 금속막(C1)의 개구(A)를 포함하고 링형 그루브(ring type groove)(G)를 포함한다. 링형 그루브(G)는 개구(A) 둘레에 형성되어 있다. 링형 그루브(G)의 외반경은 제2 금속막(C2)에 입사되는 광의 파장의 0.5~1.5배 일 수 있다. 예를 들면, 상기 입사광의 파장이 780nm일 때, 링형 그루브(G)의 외반경은 780nm일 수 있다. 이때, 링형 그루브(G)의 내반경 및 깊이는 각각 540nm 및 50nm 정도일 수 있다. 링형 그루브(G)의 외반경, 내반경 및 깊이는 제2 금속막(C2)에 입사되는 광의 종류 및 제2 금속막(C2)의 크기에 따라 달라질 수 있다.
- <104> 이러한 제2 금속막(C2)에서는 링형 그루브(G)의 존재로 인해서 표면 플라즈몬(surface plasmon) 효과가 나타나는데, 개구(A)의 근접장 강화 효과는 더욱 증대된다.

- <105> 이를 확인하기 위해서, 본 발명자는 제2 금속막(C2)에 대해 FDTD(finite difference time domain) 시뮬레이션을 수행하였다. 상기 시뮬레이션에서 제2 금속막(C2)의 재질은 금(Au)으로, Z축 방향의 두께는 280nm로 하였으며, 제2 금속막(C2)의 개구(A) 및 링형 그루브(G)에 입사되는 광의 파장은 780nm로 하였다.
- <106> 상기 시뮬레이션 결과, 제2 금속막(C2)의 개구(A)를 통과한 광의 세기(전기장의 세기)는 $22.5149(V^2/m^2)$, 광 출력량(Power Throughput : PT)은 3.7697, 스폿의 X축 및 Y축 방향의 반치전폭(full width of half maximum)은 각각 140nm 및 145nm이었다.
- <107> 이러한 시뮬레이션 결과는 상기 제2 금속막(C2)의 개구(A)를 통과한 광의 전기장의 강도 및 PT가 종래의 C형 개구보다 3배 정도 증가된 것을 보여준다.
- <108> 한편, 본 발명의 개구(A)는 상술한 바와 같이 광 입사면의 폭이 광 출사면의 폭보다 넓고 높이는 동일한 경우가 바람직하지만, 상기 경우와 다를 수 있다. 예를 들면, 본 발명의 개구(A)의 광 입사면의 높이가 광 출사면의 높이보다 클 수 있다. 또한, 상기 광 입사면의 폭과 높이가 모두 출사면의 그것들보다 클 수도 있다.
- <109> 다음에는 본 발명의 실시예에 의한 개구를 구비하는 금속막 형성방법을 도 5a 내지 도 5e를 참조하여 설명한다.
- <110> 도 5a를 참조하면, 기판(SUB) 상에 균일한 두께의 제1 금속막(M1)을 형성한다. 제1 금속막(M1)은 금(Au)막일 수 있다. 제1 금속막(M1) 상에 마스크(PR)를 형성한다. 마스크(PR)는 감광막일 수 있다. 마스크(PR)의 기하학적 형태 및 치수는 도 4에 도시한 리지(R)와 동일할 수 있다.
- <111> 도 5b를 참조하면, 마스크(PR) 둘레의 제1 금속막(M1)을 주어진 두께가 될 때까지 식각하고 마스크(PR)를 제거한다. 이렇게 해서, 제1 금속막(M1)에 돌출부(ridge)(50)가 형성된다. 돌출부(50)는 마스크(PR)의 모양이 그대로 전사된 것이므로, 돌출부(50)의 기하학적 형태와 치수는 도 1의 리지(R)와 동일하게 된다.
- <112> 계속해서, 도 5c를 참조하면, 제1 금속막(M1) 상에 돌출부(50)를 덮는 감광막 패턴(P)을 형성한다.
- <113> 구체적으로 설명하면, 돌출부(50) 둘레의 제1 금속막(M1) 상에 돌출부(50)를 덮는 감광막(미도시)을 형성한다. 이어서, 상기 감광막 상에 감광막 패턴(P)을 한정하는 마스크(미도시)를 형성한다. 따라서 상기 마스크의 모양과 치수는 감광막 패턴(P)과 동일한 것이 바람직하다. 상기 마스크를 형성한 다음, 노광 및 현상 공정을 거쳐 상기 마스크 둘레의 감광막을 제거한다. 그리고 상기 마스크도 제거한다. 이렇게 해서, 감광막 패턴(P)이 형성된다. 이때, 감광막 패턴(P)은 최종적으로 도 1에 도시한 개구를 정의하는 바, 감광막 패턴(P)은 그 폭(a)이 수학적 3을 따르도록 형성한다. 감광막 패턴(P)은 노광 공정에 의해 상기 마스크 모양이 전사된 결과인 바, 상기 마스크는 그 폭이 수학적 3을 만족하도록 형성된 것을 사용한다.
- <114> 도시하지는 않았지만, 돌출부(50)의 폭이 넓은 끝단면(시점 : 1)으로부터 연장되는 감광막 패턴 부분은 광도파로의 일부가 될 수 있다.
- <115> 한편, 상기 노광 및 현상 공정에 의해 상기 마스크 둘레의 감광막을 제거할 때, 돌출부(50)의 폭이 좁은 끝단면(중점 : 2)을 노출시킬 수도 있다. 즉, 감광막 패턴을 돌출부(50)의 양측면과 상면 및 폭이 넓은 끝단면(1)만 덮도록 형성시킬 수도 있다. 이때에도, 폭이 넓은 끝단면(1)으로부터 연장되는 감광막 패턴 부분은 광도파로의 일부가 될 수 있다.
- <116> 도 5d를 참조하면, 감광막 패턴(P)을 덮도록 제1 금속막(M1) 상에 제2 금속막(M2)을 형성한다. 제2 금속막(M2)은 Au막일 수 있다.
- <117> 도 5e를 참조하면, 제2 금속막(M2)을 형성한 다음, 돌출부(50)의 폭이 좁은 끝단면(중점 : 2)이 노출되도록, 제2 금속막(M2), 감광막 패턴(P), 제1 금속막(M1) 및 기판(SUB)의 단부를 연마한다. 상기 연마는 CMP(chemical mechanical polishing)일 수 있다. 이 결과 입구와 출구를 잇는 측면이 곡면인 개구(A)를 구비한 금속막이 형성된다. 개구(A)는 감광막 패턴(P) 자체일 수 있다. 혹은, 추후 감광막 패턴(P)을 제거하여 개구(A)를 빈공간이 되도록 할 수도 있다.
- <118> 상기한 바와 같은 본 발명의 개구(A) 형성시, 앞서 언급한대로, 개구(A)의 입구와 연결되는 광도파로의 일부를 함께 형성할 수도 있다. 상기 광도파로의 일부는 금속막과 감광막의 적층막으로 이루어진 부분이다.
- <119> 다음에는 본 발명의 실시예에 의한 광 전송모듈(이하, 본 발명의 광 전송모듈)에 대해 설명한다.
- <120> 도 6을 참조하면, 본 발명의 광 전송모듈은 광도파로(light waveguide)(200)를 포함하고 개구(250)가 형성된 금속막(300)을 포함한다. 금속막(300)은 광도파로(200)의 광 출력단에 부착되어 있다. 광도파로(200)의 광 입력단

에 광원, 예를 들면 레이저 다이오드가 부착될 수 있다. 광도파로(200)의 광 출력단과 마주하는 뒷면은 경사면(SL)이다. 이에 따라 광도파로(200)의 광 입력단을 통해서 입사된 광은 광도파로(200)를 진행하여 경사면(SL)에서 반사된 후, 광 출력단과 금속막(300)의 개구(250)를 통해서 출력된다. 개구(250)는 투명한 절연막, 예를 들면 감광막으로 채워질 수 있다. 그리고 광도파로(200)와 금속막(300)의 커플링 방식 및 커플링면의 위치는 달라질 수 있다. 또한, 개구(250)를 포함한 금속막(300)은 도 7에 도시한 바와 같이 개구(250) 둘레에 그루브(G)를 구비할 수 있다.

<121> 다음, 본 발명의 실시예에 의한 HAMR 헤드를 설명한다.

<122> 도 8을 참조하면, 본 발명의 실시예에 의한 HAMR 헤드(HD1)는 자기기록매체에 자기장을 인가하는 메인 폴(MP)을 포함하고 메인 폴(MP)과 자기적으로 연결되어 자로(磁路)를 형성하는 리턴 폴(RP)을 포함하는 자기기록부(MRA)를 구비한다. 메인 폴(MP)과 리턴 폴(RP)의 기록매체(미도시)와 근접한 부분들은 좁은 간격을 유지하고 트랙 폭과 같은 또는 그 보다 좁은 폭을 갖고 있다. HAMR 헤드(HD1)는 또한 상기 기록매체의 데이터 기록영역을 가열하기 위한 수단으로써, 상기 데이터 기록영역에 광을 조사하는 광 전송모듈(LDM)을 포함한다. 광 전송모듈(LDM)은 데이터 기록에 앞서 데이터가 기록될 영역을 가열할 수 있도록 메인 폴(MP) 바로 앞에 위치한다. 광 전송모듈(LDM)은 도 6 및 도 7에 도시한 광 전송모듈과 동일할 수 있다.

<123> 광 전송모듈(LDM)의 광도파로(WG)를 통해서 방출된 광은 개구가 형성된 금속막(NA)을 거쳐 상기 기록매체의 상기 데이터 기록 영역에 조사된다. 금속막(NA)은 도 1 및 도 4에 도시한 금속막들 중 어느 하나이다. 이때, 금속막(NA)은 개구의 폭이 좁은 부분이 상기 기록매체를 향하도록 광도파로(WG)의 출력단에 부착된다. 금속막(NA)의 개구를 통해 방출되는 광의 세기와 광 방출량은 종래보다 모두 증가된다.

<124> HAMR 헤드(HD1)는 슬라이더(SL)의 제1 면(20)에 장착되어 있다. 제1 면(20)은 슬라이더(SL)의 기록매체와 대향하는 밑면(10)에 수직하다. 이때, HAMR 헤드(HD1)는 메인 폴(MP)과 리턴 폴(RP) 및 금속막(NA)이 모두 상기 기록매체를 향하도록 장착된다.

<125> 자기 기록부(MRA)는 기록 자기장을 발생시키는 코일(C), 코일(C)에 의해 형성된 자기장을 이용하여 상기 기록매체에 데이터를 기록하는 메인 폴(MP) 및 리턴 폴(RP), 광 전송모듈(LDM) 위쪽의 메인 폴(MP)에 부착된 서브 요크(SY)를 포함한다.

<126> 한편, 광도파로(WG)에 광을 공급하는 광원(미도시)과 광도파로(WG)는 직접 접합을 통해서 결합(butt coupling)될 수 있다. 또한, 상기 광원과 광도파로(WG)는 프리즘 커플러(prism coupler)나 그레이팅 커플러(grating coupler)를 매개로 해서 결합될 수 있다.

<127> 도 9는 본 발명의 다른 실시예에 의한 HAMR 헤드를 보여준다.

<128> 도 8에 도시한 HAMR 헤드(HD1)가 기록용 헤드라면, 도 9에 도시한 HAMR 헤드(HD2)는 기록 및 재생용 헤드이다.

<129> 도 9를 참조하면, HAMR 헤드(HD2)에서 슬라이더(SL)의 제1 면(20)으로부터 차례로 제1 및 제2 절연막(D1, D2)이 구비되어 있다. 제1 및 제2 절연막(D1, D2)은 그 하단이 슬라이더(SL)의 밑면과 일치되도록 구비되어 있다. 제1 및 제2 절연막(D1, D2) 사이에 재생전극(RE)이 존재한다. 재생전극(RE)은 하단이 제1 및 제2 하단에 일치되도록 구비될 수 있다. 재생전극(RE)를 통해서 상기 기록매체에 기록된 정보를 읽는다.

<130> 상기한 설명에서 많은 사항이 구체적으로 기재되어 있으나, 그들은 발명의 범위를 한정하는 것이라기보다, 바람직한 실시예의 예시로서 해석되어야 한다. 예를 들어, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, HAMR 헤드(HD1, HD2)에서 구성 요소의 위치를 다르게 할 수 있고, 구성 요소의 종류를 보다 다양화할 수 있을 것이다.

<131> 또한, 본 발명의 C형 나노 개구를 포함하는 광 전송모듈은 HAMR 헤드뿐만 아니라 단분자 검출(single molecule detection), 분광(spectroscopy) 및 나노 입자 조작(nano particle manipulation)을 위한 장치에 응용될 수도 있다.

<132> 아울러 본 발명의 기술 사상은 양자점(quantum dots), 나노 패턴(nano pattern) 및 나노 와이어(nano wires)를 사용하는 저장 장치에 응용될 수 있을 것이다.

<133> 또한, 상술한 본 발명의 금속막에서 개구의 측면은 곡면이 아니라 평면일 수 있을 것이다. 때문에 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정하여 질 것이 아니고 특허 청구범위에 기재된 기술적 사상에 의해 정해져야 한다.

발명의 효과

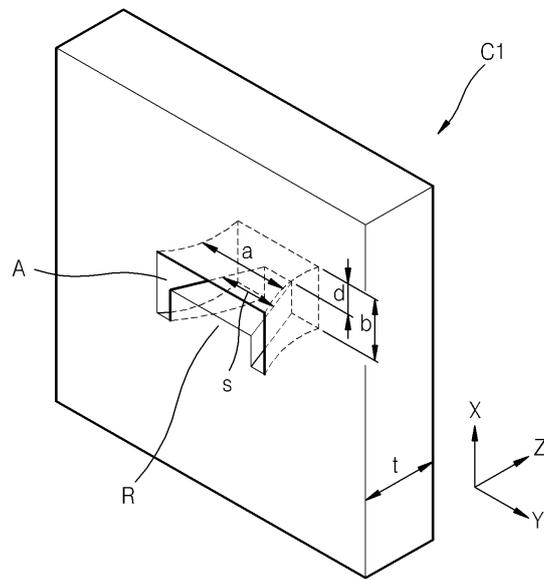
- <134> 상술한 바와 같이, 본 발명의 금속막에서 광이 통과하는 개구의 광 입사면과 광 방출면의 모양이 다르다. 본 발명의 개구의 폭은 상기 광 입사면에서 상기 광 방출면으로 갈수록 좁아지거나 넓어질 수 있다.
- <135> 또한, 상기 개구의 구조적 특징으로 인해 상기 개구의 광 출사면에서의 광 세기 및 광 출력은 모두 증가된다. 더욱이 이러한 효과는 상기 개구 둘레에 그루브를 형성함으로써 더욱 증가된다.
- <136> 그러므로 본 발명의 개구를 채용한 광 전송모듈을 구비하는 HAMR 헤드는 광 강도가 높고 스폿 사이즈가 작으면서 대칭인 광을 방출할 수 있는 바, 데이터 기록밀도를 높일 수 있다.
- <137> 또한, 본 발명의 HAMR 헤드는 메인 폴을 개구의 리지(ridge)부로 이용하지 않는 바, 열로 인한 메인 폴의 자기적 특성이 감소되는 것을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

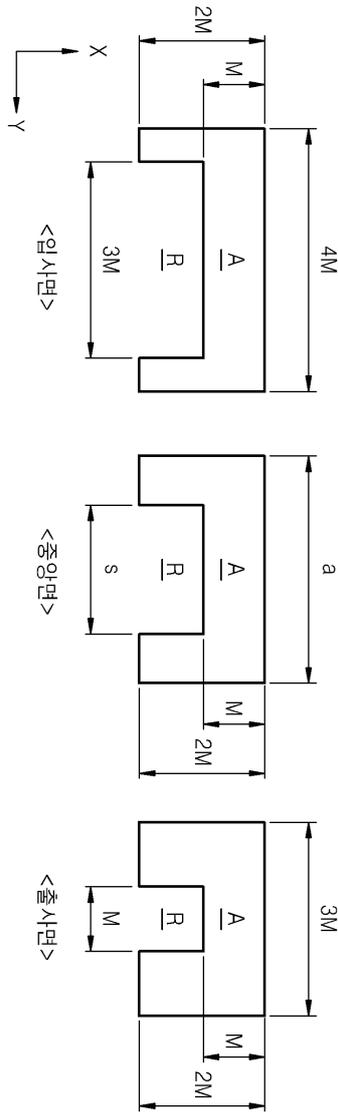
- <1> 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 의한 개구를 구비한 금속막을 나타낸 입체도이다.
- <2> 도 2는 도 1에 도시한 금속막의 정면도와 배면도 그리고 개구의 입구와 출구 사이에서 Z축에 수직하게 자른 단면도이다.
- <3> 도 3은 도 1에 도시한 금속막의 리지 및 개구를 Z축에 평행하고, X축에 수직하게 자른 평면도이다.
- <4> 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 의한 개구를 구비한 금속막을 나타낸 입체도이다.
- <5> 도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 실시예에 의한 개구를 구비한 금속막의 형성방법을 단계별로 나타낸 입체도들이다.
- <6> 도 6은 도 1에 도시한 금속막을 구비하는 광 전송모듈의 입체도이다.
- <7> 도 7은 도 4에 도시한 금속막을 구비하는 광 전송모듈의 입체도이다.
- <8> 도 8은 본 발명의 실시예에 의한 기록전용 HAMR 헤드의 입체도이다.
- <9> 도 9는 본 발명의 실시예에 의한 기록 및 재생용 HAMR 헤드의 입체도이다.
- <10> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <11> 10 : 슬라이더의 기록매체 대향면 20 : 슬라이더의 제1 면
- <12> 200 : 광도파로 300 : 금속 박막
- <13> C1, C2 : 금속막 A : 개구
- <14> a : 개구의 폭 s : 리지(ridge)의 폭
- <15> C : 코일 D1, D2 : 제1 및 제2 절연막
- <16> HD1, HD2 : HAMR 헤드 LDM : 광 전송모듈
- <17> MP : 메인 폴 MRA : 자기기록부
- <18> NA : 개구 R : 리지(ridge)
- <19> RE : 재생 전극 RP : 리턴 폴
- <20> SL : 슬라이더 SY : 서브요크
- <21> WG : 광도파로 NA : 금속막

도면

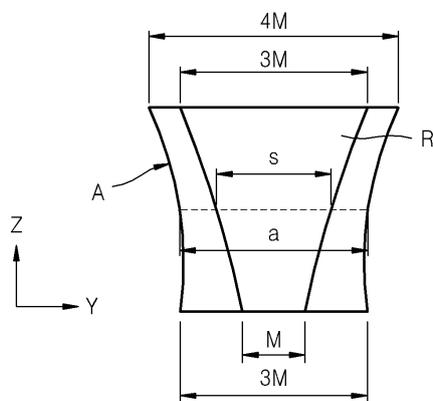
도면1



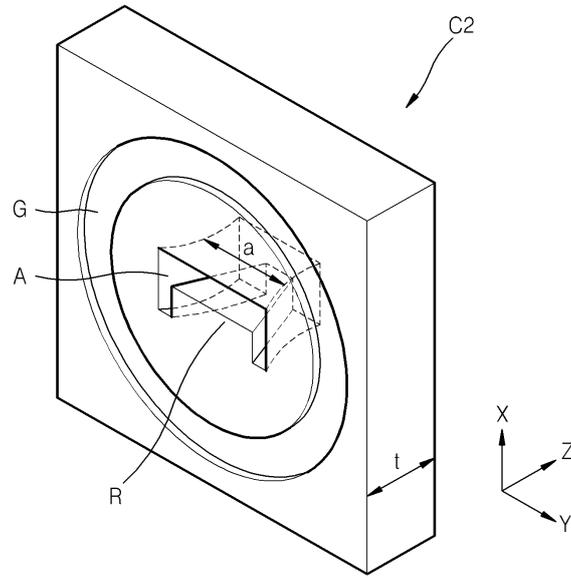
도면2



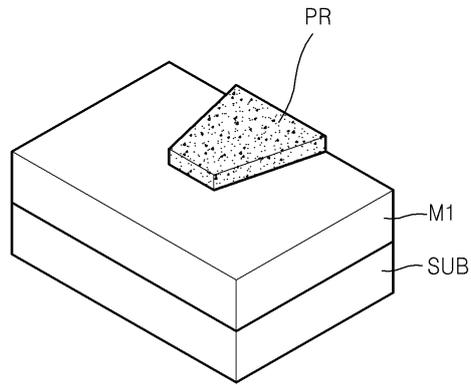
도면3



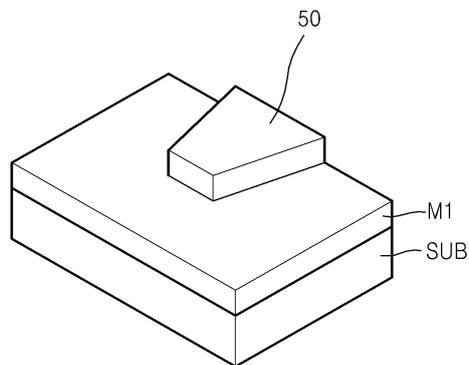
도면4



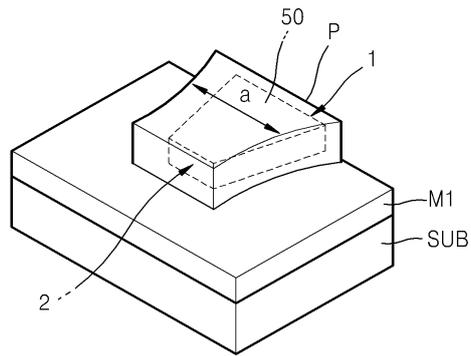
도면5a



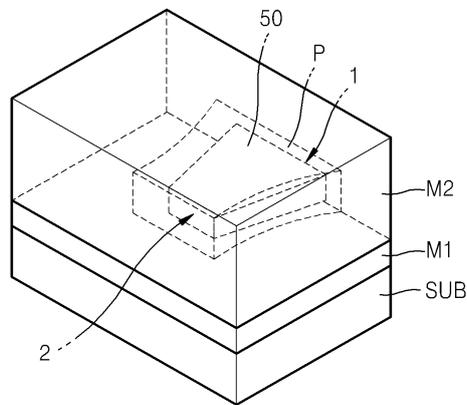
도면5b



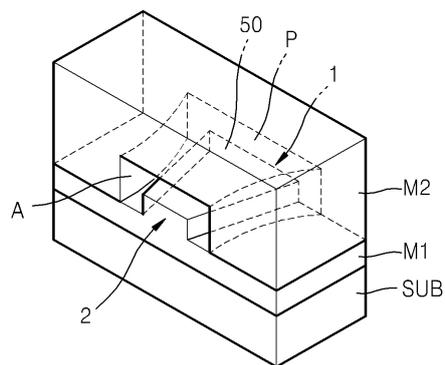
도면5c



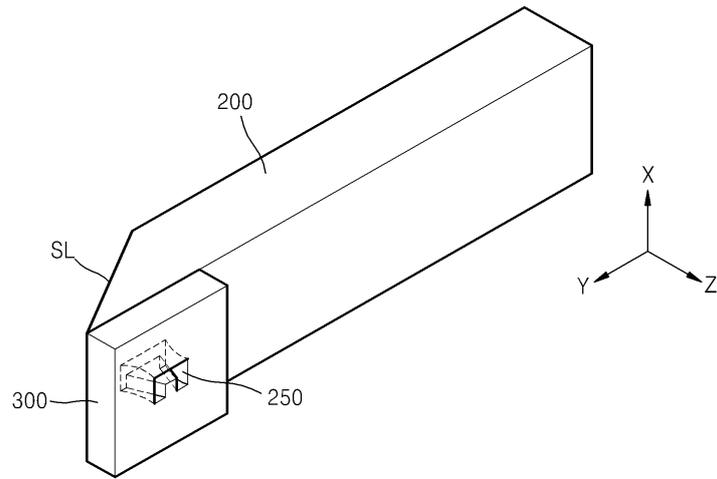
도면5d



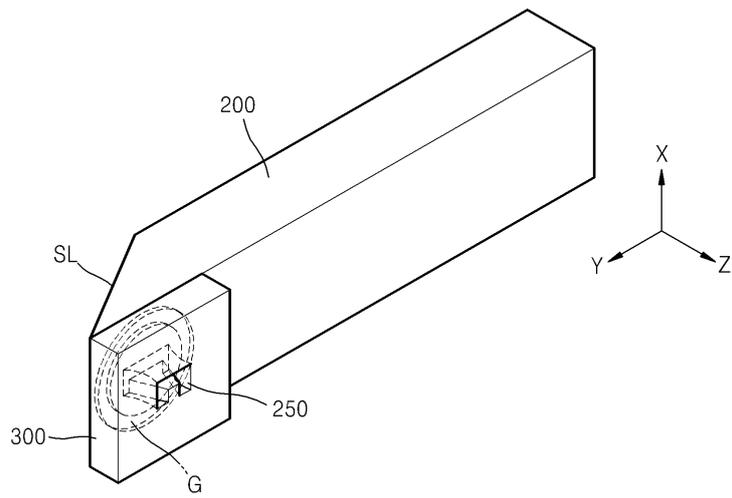
도면5e



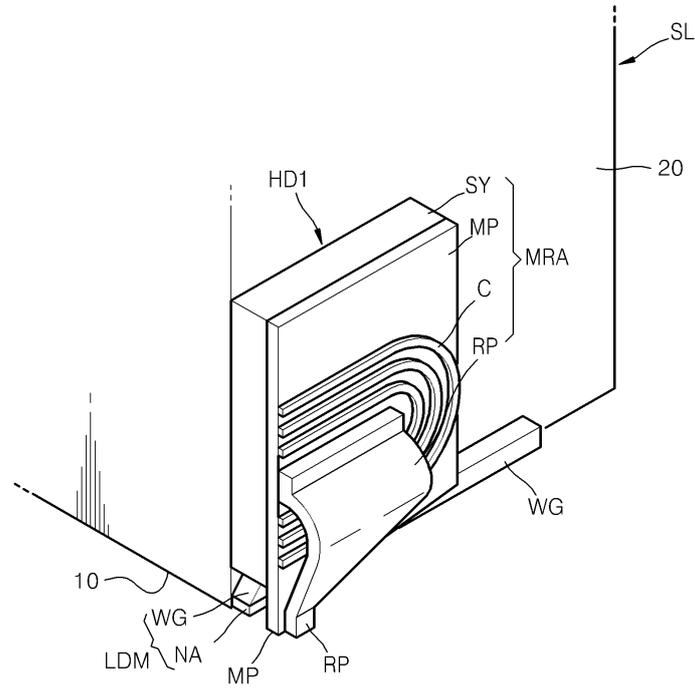
도면6



도면7



도면8



도면9

