



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0098143
(43) 공개일자 2008년11월07일

(51) Int. Cl.

G01N 13/16 (2006.01) G01N 13/00 (2006.01)
G11B 9/14 (2006.01) G11B 5/127 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0043449

(22) 출원일자 2007년05월04일
심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지전자 주식회사

서울특별시 영등포구 여의도동 20번지

(72) 발명자

장성수

서울 금천구 독산동 379-1호

(74) 대리인

황이남

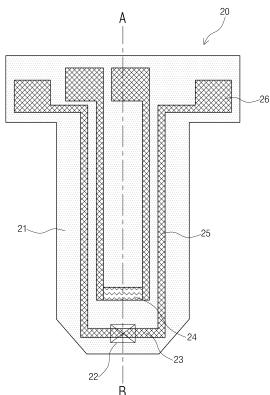
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 탐침형 원자현미경 기반 나노정보저장장치의 헤드, 그 제조방법 및 나노저장장치

(57) 요 약

캔틸레버 본체와 탐침을 모두 질화막을 이용하여 구성함으로써 캔틸레버 두께와 탐침의 높이를 균일하게 하고 탐침의 내구성을 높이는 SPM 기반 나노정보저장장치의 헤드 및 그 제조 방법이 제공된다. 정보의 재생에 사용되는 저항센서를 포함하는 캔틸레버 본체, 상기 캔틸레버 본체의 일단 부분에 형성되는 탐침, 상기 탐침 상부에 형성되며, 상기 탐침을 가열시키는 히터를 포함하고, 상기 캔틸레버 본체 및 상기 탐침은 질화막으로 형성되며, 열 기록 및 열 감지 방식으로 매체에 정보를 기록하거나 매체에 기록된 정보를 판독하는 나노정보저장장치의 헤드가 제공된다.

대 표 도 - 도2a



특허청구의 범위

청구항 1

정보의 재생에 사용되는 저항센서를 포함하는 캔틸레버 본체;
상기 캔틸레버 본체의 일단 부분에 형성되는 탐침; 및
상기 탐침 상부에 형성되며, 상기 탐침을 가열시키는 히터를 포함하고,
상기 캔틸레버 본체 및 상기 탐침은 질화막으로 형성되는 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

일단이 상기 히터 및 상기 저항센서에 연결되어 전기적 신호를 전달하는 금속 배선을 더 포함하는 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 금속 배선의 타단에 연결되어 외부 신호를 상기 금속 배선으로 전달하는 패드를 더 포함하는 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 히터 및 상기 저항센서는 동일한 물질로 구성되는 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 히터의 재질은 폴리 실리콘, 도핑된 폴리 실리콘, 금속, 전도성 금속 산화물 또는 전도성 금속 질화물인 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 저항센서의 재질은 폴리 실리콘, 도핑된 폴리 실리콘, 금속, 전도성 금속 산화물 또는 전도성 금속 질화물인 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 저항센서는 상기 캔틸레버 본체의 바닥에 노출되는 형상인 나노정보저장장치의 헤드.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 탐침의 하부는 탄소와 같은 다이아몬드 또는 실리콘 카바이드로 코팅되는, 나노정보저장장치의 헤드.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<5>

본 발명은 캔틸레버의 열기록 또는 열감지를 이용한 SPM 기반 나노정보저장장치의 헤드 및 그 제조 방법에 관한 것이며, 구체적으로는 상기 나노정보저장장치의 헤드에 있어서 캔틸레버 본체와 탐침을 질화막을 사용하여 구성함으로써 캔틸레버의 균일도를 높이고 탐침의 내마모성을 향상시키는 SPM 기반 나노정보저장장치의 헤드 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

<6>

일반적으로 원자현미경 (AFM) 은 캔틸레버 (cantilever) 라 불리는 미소한 막대를 이용하여 표면형상 등을 측정하는 장치로 캔틸레버 본체의 종단 상부에 미세한 (수 nm) 크기의 캔틸레버 탐침이 형성되는 구조를 가지고 있다. 이를 이용하여 nm 의 해상도로 시편의 표면형상, 전기 또는 자기적인 성질 등을 밝혀낼 수 있다. 이러한 원자현미경은 수 nm 크기의 탐침을 이용함으로써 원자구조를 직접 측정할 수 있을 정도로 높은 해상도를 갖는 것이 가장 큰 장점이다. 최근 원자현미경이 갖는 높은 해상도를 이용하여 Tbit/in² 이상의 저장밀도를 갖는 정보저장장치를 개발하고자 하는 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이렇게 캔틸레버 탐침을 이용하여 소정의 저장 매체 (media) 를 변화시켜 기록하는 장치를 "SPM(Scanning Probe Microscopy) 원리를 이용한 정보 저장 장치" 라고 한다.

<7>

이렇게 SPM 원리를 이용하여 매체를 변화시키는 방법에는 열을 이용하여 매체를 기계적으로 변형시키는 (열 기록 및 열 감지) IBM 방식과 압전 구동기와 같은 강유전체의 분극을 변화시키는 방법 및 상전이 물질을 이용하여 열 혹은 전기로 상을 변화시켜 저항의 변화를 유도하는 방법 등이 있으며, 그 외에 강자성체 물질을 이용하는 방법 등도 사용된다.

<8>

도 1은 종래기술로서 IBM 에서 개발한 나노 정보 저장장치의 헤드로서 캔틸레버의 단면도를 도시한다. 이 캔틸레버 (10) 탐침 (12), 히터 (11) 및 저항 센서 (13)를 포함한다. 도 1 을 참조하여, 열 기록 및 열 감지 방식의 SPM 기반 정보저장장치의 동작원리를 살펴보면, 도 1a에 도시한 바와 같이 히터 (11)가 탐침 (12)을 저항 가열식으로 가열하고 가열된 탐침 (12)은 매체의 폴리머 부분 (16)에 압력을 가한다. 이 압력에 의해 폴리머 부분 (16) 및 실리콘 기판 (17)으로 이루어지는 매체 중 폴리머 부분 (16)에는 압흔 (indentation)이 남게 되는데 이러한 압흔이 있는 곳과 없는 곳을 구별함으로써 정보가 기록된다.

<9>

한편, 상기의 방법으로 기록된 정보는 캔틸레버 (10)의 저항 센서 (13)에 의한 열감지에 의해 이루어진다. 도 1b 에 도시된 바와 같이, 캔틸레버 (10)에 형성된 저항 센서 (13)가 가열된 상태에서 탐침 (12)이 매체의 표면을 이동하면서 저항센서 (13)와 매체 표면 사이의 거리의 변화에 따른 저항센서 (13)의 열손실 정도를 비교함으로써 이루어진다. 즉, 매체의 표면에 압흔이 있는 곳에서는 저항 센서 (13)와 매체 표면 사이의 거리가 가까워져 저항 센서 (13)의 열이 매체로 빠르게 확산 되기 때문에 열손실이 크고, 반대로 압흔이 없는 곳에서는 저항 센서 (13)의 열손실이 적다는 것을 이용하여 압흔의 유무를 판단하므로서 기록된 정보를 판독할 수 있는 것이다.

<10>

이러한 IBM의 열 기록 및 열 감지 방식 캔틸레버는 실리콘 (silicon)으로 이루어져 있으며 실리콘 기판 (Silicon On Insulator; SOI)을 기반으로 하여 제조된다. SOI 웨이퍼는 약 500 μm 의 두께를 갖는 희생 실리콘 기판 상에 수백 nm의 두께를 갖는 산화물과 10 μm 이내의 캔틸레버 본체 및 탐침 형성용 실리콘을 형성시킴으로써 이루어지며, 이러한 SOI 웨이퍼에서 실리콘의 일부가 에칭되어 캔틸레버 및 탐침이 형성된다.

<11>

이러한 IBM 방식에 있어서는 캔틸레버와 탐침이 모두 SOI 기판을 이용하여 형성되며 이로 인해 다음과 같은 문제점이 있다.

<12>

즉, 캔틸레버를 이루는 SOI 기판의 실리콘은 두께 균일도가 5% 이하로 매우 낮고, 에칭 속도의 편차도 매우 크므로 최종적으로 완성된 캔틸레버의 두께 편차는 상당히 클 수밖에 없으며, 이러한 캔틸레버의 큰 두께 편차가 캔틸레버에 형성되는 히터 및 저항센서의 저항값 편차를 증가시킬 수 있다. 또한, 이러한 두께 편차로 인해 캔틸레버와 매체 사이에 작용하는 힘 또는 양자간의 거리를 일정치 못하게 하는 문제가 야기될 수 있다.

<13>

한편, 탐침을 이루는 물질인 실리콘의 기계적인 강도와 내마모성을 매우 낮으므로, 매체에 정보를 기록하고 판독할 시에 발생하는 탐침과 매체 간의 빈번한 마찰로 인해 탐침이 쉽게 마모될 수 있다.

<14>

또한, SOI 기판의 단가가 높을 뿐만 아니라, SOI 기판의 높은 두께 편차를 극복하기 위해 사용될 수 있는 에피-실리콘 (Epi-Silicon) 이 있는 SOI 웨이퍼 또한 단가가 매우 높아 정보저장장치의 제조 비용이 높아진다는 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <15> 본 발명은, 상술한 문제점을 해결하기 위해 안출한 것으로, SPM 기반 나노정보저장장치의 헤드에 있어서, 캔틸레버와 탐침을 모두 질화막을 이용하여 구성함으로써 캔틸레버 두께와 탐침의 높이를 균일하게 하고 탐침의 내 구성을 높이는 동시에, 열 기록 시에 사용되는 히터와 열 감지 시에 사용되는 저항센서로 사용되는 저항체를 폴리실리콘과 같은 증착 균일도가 높은 물질을 이용하여 형성시킴으로써 저항 균일도를 높이는 SPM 기반 나노정보저장장치의 헤드 및 그 제조 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- <16> 발명의 구성 및 작용
- <16> 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 정보의 재생에 사용되는 저항센서를 포함하는 캔틸레버 본체, 상기 캔틸레버 본체의 일단 부분에 형성되는 탐침, 상기 탐침 상부에 형성되며, 상기 탐침을 가열시키는 히터를 포함하고, 상기 캔틸레버 본체 및 상기 탐침은 질화막으로 형성되는 나노정보저장장치의 헤드가 제공된다.
- <17> 바람직하게는, 상기 나노정보저장장치의 헤드는 일단이 상기 히터 및 상기 저항센서에 연결되어 전기적 신호를 전달하는 금속 배선을 더 포함한다.
- <18> 바람직하게는, 상기 나노정보저장장치의 헤드는 상기 금속 배선의 타단에 연결되어 외부 신호를 상기 금속 배선으로 전달하는 패드를 더 포함한다.
- <19> 바람직하게는, 상기 히터 및 상기 저항센서는 동일한 물질로 구성된다.
- <20> 또한, 상기 히터 및 상기 저항센서의 재질은 폴리 실리콘, 도핑된 폴리 실리콘, 금속, 전도성 금속 산화물 또는 전도성 금속 질화물일 수 있다.
- <21> 바람직하게는, 상기 저항센서가 상기 캔틸레버 본체의 바닥에 노출되는 형상이다.
- <22> 바람직하게는, 상기 탐침의 하부가 탄소와 같은 다이아몬드 또는 실리콘 카바이드로 코팅된다.
- <23> 한편, 상술한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 실시형태에 따르면, 희생 기판에 탐침의 형상을 패터닝하는 단계, 패터닝된 상기 희생 기판 상에 실리콘 산화막을 형성시키는 단계, 및 상기 실리콘 산화막 상에 캔틸레버 본체 및 탐침이 될 질화막을 형성시키는 단계를 포함하는 나노정보저장장치의 헤드 제조 방법이 제공된다.
- <24> 바람직하게는, 상기 탐침의 형상을 패터닝하는 단계는 상기 희생 기판 상에 마스크를 형성시키는 단계, 상기 마스크가 형성된 희생 기판을 노광시키는 단계, 및 상기 마스크를 제거하는 단계를 포함하는 포토 리소그래피 공정에 의해 수행된다.
- <25> 바람직하게는, 상기 희생 기판은 실리콘 기판이다.
- <26> 바람직하게는, 상기 질화막을 형성시키는 단계는 화학 기상 증착 (CVD) 방식에 의해 수행된다.
- <27> 바람직하게는, 상기 나노정보저장장치의 헤드 제조 방법은 상기 질화막을 패터닝하여, 저항 센서의 형성을 위한 흄을 형성시키는 단계, 상기 질화막 상에 히터 및 저항센서의 형성을 위한 층을 증착시키는 단계, 상기 히터 및 저항센서의 형성을 위한 층을 패터닝하여 히터 및 저항센서를 형성시키는 단계를 더 포함한다.
- <28> 바람직하게는, 상기 히터 및 저항센서의 형성을 위한 층의 재질은 실리콘, 도핑된 폴리 실리콘, 금속, 전도성 금속 산화물 또는 전도성 금속 질화물이다.
- <29> 바람직하게는, 상기 나노정보저장장치의 헤드 제조 방법은 상기 탐침의 하부에 탄소와 같은 다이아몬드 또는 실리콘 카바이드를 코팅하는 단계를 더 포함한다.
- <30> 또한, 본 발명은 상기 헤드가 구비된 나노저장장치를 제공한다.
- <31> 이하, 첨부되는 도면을 참조하여 본 발명의 다양한 실시형태들을 상세히 설명한다.
- <32> 도 2a 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 SPM 기반 열 기록 및 열 감지 방식의 나노정보 저장장치에 있어서 헤드의 구조를 도시하는 평면도이고, 도 2b 는 도 2a 의 평면도에서 A-B 선을 따라 절단한 단면의 형상을 도시하는 단면도이다.
- <33> 도 2a 및 도 2b 를 참조하여 본 발명에 따른 헤드 (20)의 구조를 살펴보면, 균일한 두께를 유지하기 용이하며

내구성이 높아 마모가 덜한 질화막으로 형성된 캔틸레버 본체 (21), 캔틸레버 본체 (21)의 말단에 형성되는 탐침 (22), 상기 탐침 (22)의 상부에 위치하고 탐침 (22)을 지나도록 형성되는 열 기록용 히터 (23), 상기 히터와 동일한 재질로 이루어질 수 있고 탐침 (22) 부근에 형성되는 열 감지용 저항 센서 (24), 열 기록용 히터 (23)와 열 감지용 저항센서 (24)에 전기적인 신호를 가하는 금속 배선 (25), 열 기록용 히터 (23)와 열 감지용 저항센서 (24)를 외부신호와 연결시켜주는 패드 (26)를 포함한다.

<34> 여기서, 열 기록용 히터 (23)는 매체에 기록을 실시하기 위해 필요하며, 열 감지용 저항센서 (24)는 매체에 기록된 정보를 판독하기 위해 필요하다. 또한, 첨부되는 도면에는 도시되지 않으나 상기 헤드 (20)를 물리적으로 지지하면서 매체로의 기록 또는 매체로부터의 판독을 위한 각종 신호 전달 회로부가 상기 헤드 (20)와 물리적 또는 전기적으로 연결될 수 있다.

<35> 본 발명에서는 캔틸레버 본체 (21) 및 탐침 (22)을 형성함에 있어서, 질화막을 이용하고 있다. 이에 따라 캔틸레버 본체 (21) 및 탐침 (22)의 두께의 균일성 유지 및 마모에 대한 내구성 향상이 가능하다. 이러한 질화막은 화학 기상 증착 (CVD) 등의 방법을 통해 형성될 수 있다. 또한, 도 2b의 도시에서 탐침 (22) 하부, 즉, 탐침 (22)이 매체와 접촉하는 부분은, 내마모성을 더욱 증가시키기 위해 다이아몬드, 탄소, 실리콘 카바이드 등의 물질로 코팅될 수 있다.

<36> 또한, 열 기록용 히터 (23) 및 저항 센서 (24)는 동일한 물질로 형성될 수 있으며, 이 물질은 도핑된 폴리 실리콘, 금속, 전도성 금속 산화물 또는 전도성 금속 질화물 등이 될 수 있다. 한편, 탐침 (22)을 형성함에 있어서도 단순히 실리콘 층을 에칭하여 형성하는 방법이 아니라, 질화막을 이용하는 방법을 사용하기 때문에 그 정밀도가 크게 높아질 수 있으며, 이에 따라 매체에 대한 기록 및 판독 정밀성이 향상되어 매체를 높은 밀도로 사용할 수도 있다.

<37> 또한, 도 2b에 도시된 바와 같이, 열 감지용 저항센서 (24)는 탐침 부분의 캔틸레버 본체 (21)에 형성되어 있는데, 매체에 기록된 정보를 열 감지 방식으로 판독할 시에 매체와의 열전달 효율을 증가시켜 판독의 정밀도를 높이기 위해 질화막으로 형성되는 캔틸레버 본체 (21)의 바닥면에 노출되도록 형성된다.

<38> 상기와 같은, 캔틸레버 본체, 탐침, 히터, 저항 센서를 포함하는 SPM 기반 나노정보 저장장치는 열 기록 및 열 감지 방식에 의해 매체에 정보를 기록하거나 매체에 기록된 정보를 판독할 수 있다.

<39> 도 2b를 참조하여, SPM 기반 나노정보 저장장치의 동작원리, 즉, 열 기록 및 열 감지 방식의 원리를 설명한다. 탐침 (22)의 상부에 형성되어 있는 히터 (23)는 탐침 (22)을 저항 가열식으로 가열할 수 있다. 이렇게 가열된 탐침 (22)은 통상적으로 실리콘 기판과 폴리머 부분으로 이루어지는 매체 중 폴리머 부분에 압력을 가하고 이 압력에 의해 매체에는 압흔이 남게 된다. 이렇게 탐침 (22)에 의한 압흔을 남기는 방식으로 매체에 정보를 기록한다.

<40> 이렇게 기록된 정보는 저항 센서 (24)에 의한 열 감지 방식에 의해 판독된다. 저항 센서 (24)는 가열된 상태에서 매체와 열전달을 할 수 있고, 이에 따라 열손실이 발생한다. 탐침 (22)이 정보가 기록된 매체 표면을 이동할 경우, 압흔이 있는 곳에서는 저항 센서 (24)와 매체 표면과의 거리가 가까워져 열손실이 커지고, 압흔이 없는 곳에서는 저항 센서 (24)와 매체 표면과의 거리가 상대적으로 멀어져 열손실이 작아진다. 따라서, 저항센서 (24)의 열손실 정도의 차이를 이용하여 압흔의 유무를 판단하고, 이러한 방식에 의해 기록된 정보를 판독할 수 있는 것이다.

<41> 다음으로, 도 3을 참조하여 본 발명의 일 실시형태에 따른 SPM 기반 나노정보 저장장치에 있어서, 헤드의 캔틸레버 본체, 탐침, 저항센서 및 히터를 형성하는 방법을 설명한다.

<42> 먼저, 도 3a에 도시되는 바와 같이, 희생 기판으로서의 실리콘 기판 (31)을 준비하고, 상기 실리콘 기판 (31) 상부에 포토 레지스트와 같은 마스크 층 (32)을 형성시킨다. 그 후, 마스크 층 (32)을 에칭하여 탐침의 형상을 패터닝한다. 이 패턴은 피라미드와 같은 형상이 될 수 있다.

<43> 다음으로, 도 3b에 도시되는 바와 같이, 마스크 층 (32)을 모두 제거시키고 실리콘 기판 (31)을 열산화하여 실리콘 산화막 (33)을 얇은 두께로 형성시킨다. 이 실리콘 산화막 (33)은 수백 nm 일 수 있다. 그 후, 상기 실리콘 산화막 (33) 상부에 캔틸레버 본체 및 탐침으로 사용될 질화막 (34)을 화학 기상 증착 (CVD) 방식에 의해 형성시킨다. 이렇게 하여 질화막 (34)으로 된 캔틸레버 본체 및 탐침의 구조가 형성된다. 추후에 이렇게 형성된 탐침의 하부, 즉, 끝부분에는 내마모성의 증가를 위해 탄소와 같은 다이아몬드 또는 실리콘 카바이드와 같은 물질을 코팅하는 과정이 추가로 행해질 수 있다.

<44> 다음으로, 도 3c에 도시되는 바와 같이, 이렇게 형성된 질화막 (34)을 패터닝하여 저항센서를 위한 홈을 만든다. 이는 저항센서가 캔틸레버 본체의 바닥면에 노출되도록 하여 매체와의 열 전달 효율을 증가시키기 위함이다. 그 후, 도 3d에 도시되는 바와 같이, 질화막 (34) 상에 히터 및 저항센서를 형성시키기 위한 실리콘 층 (36)을 증착시키고, 이를 패터닝하여 열 감지용 저항센서 및 히터를 형성시킨다. 상기 실리콘 층은 도핑된 폴리 실리콘, 금속, 전도성 금속 산화물 또는 전도성 금속 질화물 등으로 대체될 수 있다.

<45> 본 발명은, SPM 기반 나노정보 저장장치의 헤드에 있어서, 캔틸레버 본체와 탐침을 질화막을 이용하여 형성시킴으로써, 캔틸레버 및 탐침의 두께 균일성 및 탐침의 내마모성을 향상시킬 수 있다. 또한, 캔틸레버 및 탐침의 두께 균일성은 저항값 편차를 최소화시켜 매체와의 관계에서 전기적 또는 물리적 힘, 거리 등을 일정하게 해주고, 이에 따라 매체로의 정보 기록 또는 매체로부터의 정보 판독에 있어서, 그 정밀도가 극대화될 수 있다. 한편, 탐침의 내마모성 향상으로 탐침과 매체와의 마찰에 의한 탐침의 손상을 막아 나노정보 저장장치에 있어서 헤드 교환의 필요성을 감소시키며, 캔틸레버 본체 및 탐침 형성시에 값비싼 SOI 기판을 사용하지 않으므로, 제조 비용 또한 감소시킬 수 있다. 또한, 열 기록용 히터 및 열 감지용 저항센서를 폴리 실리콘과 같은 증착 균일도가 좋은 물질로 함으로써 저항 균일도를 향상시킬 수 있다.

<46> 이상 본 발명의 구체적 실시형태와 관련하여 본 발명을 설명하였으나 이는 예시에 불과하며 본 발명은 이에 제한되지 않는다. 당업자는 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 설명된 실시형태를 변경 또는 변형할 수 있으며, 이러한 변경 또는 변형도 본 발명의 범위에 속한다. 또한, 본 명세서에서 설명한 각 구성요소의 재질은 당업자가 공지된 다양한 재질로부터 용이하게 선택하여 대체할 수 있다. 또한 당업자는 본 명세서에서 설명된 구성요소 중 일부를 성능의 열화 없이 생략하거나 성능을 개선하기 위해 구성요소를 추가할 수 있다. 뿐만 아니라, 당업자는 공정 환경이나 장비에 따라 본 명세서에서 설명한 방법 단계의 순서를 변경할 수도 있다. 따라서 본 발명의 범위는 설명된 실시형태가 아니라 특허청구범위 및 그 균등물에 의해 결정되어야 한다.

발명의 효과

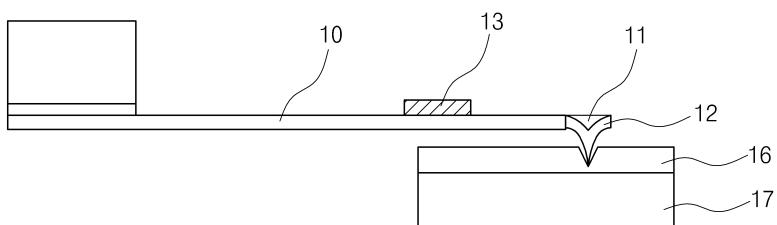
<47> 본 발명에 따르면, 캔틸레버 및 탐침의 두께 균일성 및 탐침의 내마모성이 향상되고, 열 기록용 히터 및 열 감지용 저항센서의 저항 균일도가 향상된 SPM 기반 나노정보 저장장치의 헤드를 얻을 수 있고, 제조시 SOI 기판의 이용을 배제함으로써 그 제조 비용 또한 감소시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

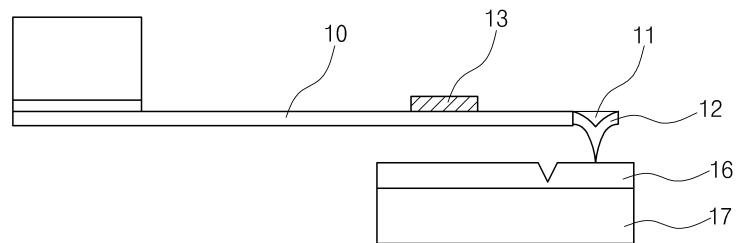
- <1> 도 1은 종래 나노 정보 저장장치의 헤드로서 캔틸레버의 단면도.
- <2> 도 2a는 본 발명에 따른 나노정보 저장장치의 헤드의 구조를 도시하는 평면도.
- <3> 도 2b는 도 2a의 A-B 선을 따라 절단한 단면의 형상을 도시하는 단면도.
- <4> 도 3a 내지 도 3d는 본 발명에 따른 나노정보 저장장치의 헤드를 제조하는 과정을 도시하는 공정 단면도.

도면

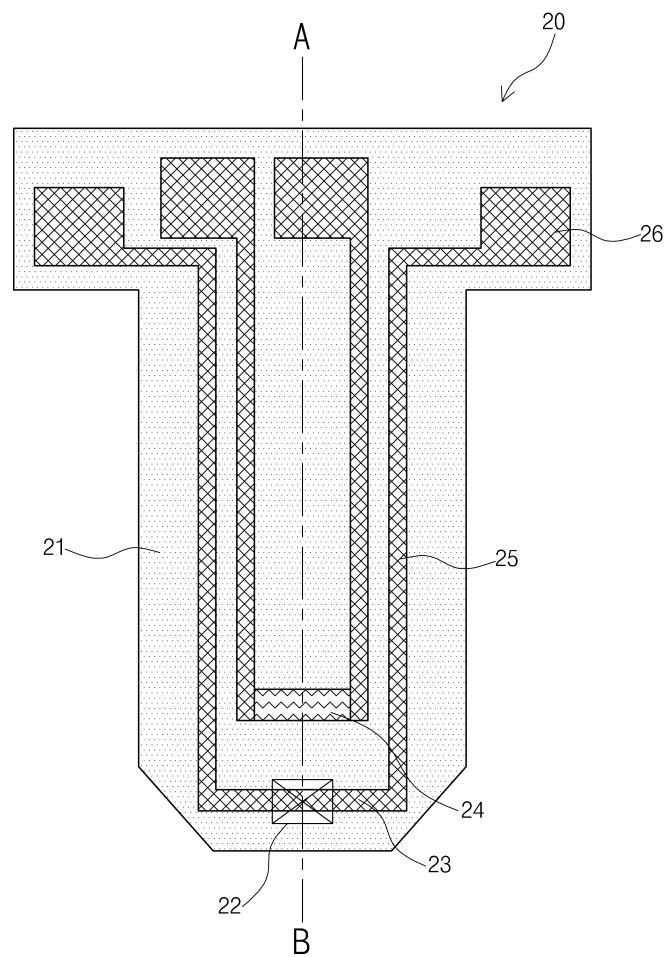
도면1a



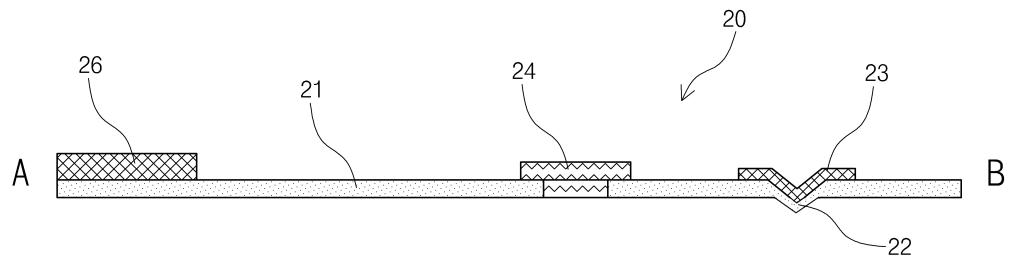
도면1b



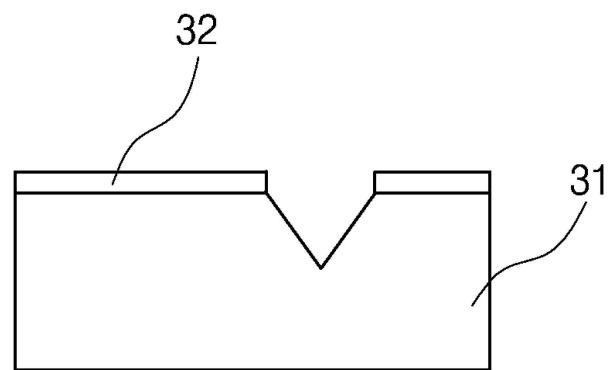
도면2a



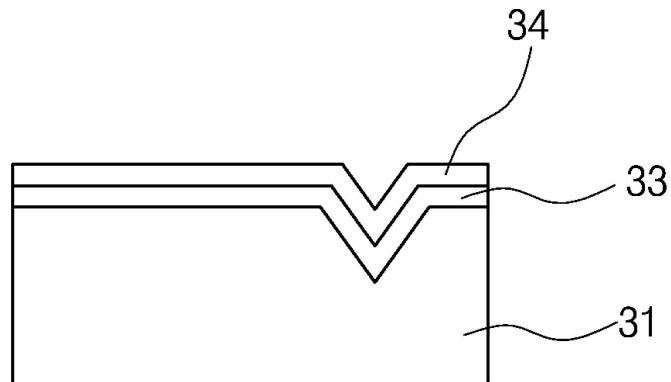
도면2b



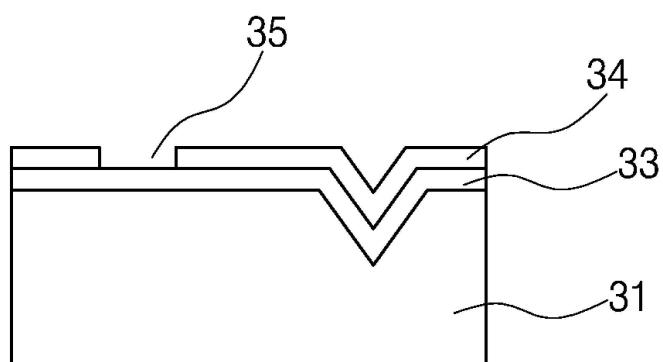
도면3a



도면3b



도면3c



도면3d

