



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년12월20일
(11) 등록번호 10-1213970
(24) 등록일자 2012년12월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
GOIN 27/22 (2006.01) GOIL 9/12 (2006.01)
C12Q 1/68 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2010-0089482
(22) 출원일자 2010년09월13일
심사청구일자 2010년09월13일
(65) 공개번호 10-2012-0027725
(43) 공개일자 2012년03월22일
(56) 선행기술조사문헌
KR100455284 B1*
US07086288 B2*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)
(72) 발명자
이정훈
서울특별시 서초구 남부순환로297나길 13, 명지해
드논터 601 (방배동)
정경한
서울특별시 용산구 서빙고로51길 64, 코오롱 그린
파크 101동 1304호 (서빙고동)
최준규
서울특별시 관악구 봉천동 산사-2 서울대 관악사
918-507
(74) 대리인
특허법인 다해

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 하정균

(54) 발명의 명칭 금속 나노막대를 포함하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인, 그 제조방법 및 이를 이용한 박막 트랜스듀서

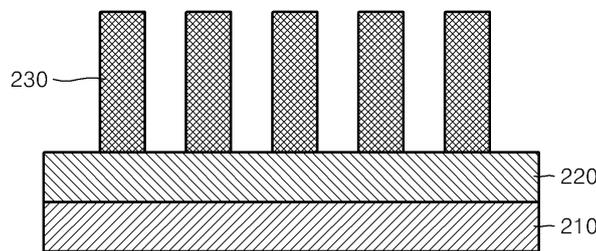
(57) 요약

박막 트랜스듀서용 멤브레인, 그 제조방법 및 이를 포함하는 박막 트랜스듀서가 제공된다.

본 발명에 따른 박막 트랜스듀서용 멤브레인은 절연막; 상기 절연막 상에 적층된 금속막; 및 상기 금속막 상에 형성된 금속 나노막대를 포함하며, 여기에서 상기 금속 나노막대는 상기 멤브레인의 수평면을 기준으로 수직 배향된 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도2

200



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20100002216

부처명 한국과학재단

연구사업명 미래유망 융합기술 파이오니아사업

연구과제명 CMOS 분자 이미지 프로세서 개발 융합연구단 나노박막을 이용한 화학기계변환시스템 개발

주관기관 서울대학교 산학협력단

연구기간 2010.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

기관, 상기 기관과 소정 간격으로 이격된 멤브레인을 포함하며, 상기 멤브레인 표면에서의 물질결합에 따라 멤브레인이 변형되는 박막 트랜스듀서용 멤브레인에 있어서, 상기 멤브레인은

절연막;

상기 절연막 상에 적층된 금속막; 및

상기 금속막 상에 형성된 금속 나노막대를 포함하며, 여기에서 상기 금속 나노막대는 상기 멤브레인의 수평면을 기준으로 수직 배향되고, 상기 금속 나노막대에는 탐침물질이 고정되며, 상기 탐침물질과 표적물질 간의 특이적 결합에 따라 상기 멤브레인이 변형되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 금속막 및 금속 나노막대에는 생물학적 활성물질을 검출하기 위한 탐침물질이 고정된 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 생물학적 활성물질은 단일 스트랜드 DNA이며, 상기 금속막 및 금속 나노막대는 티올기로 기능화된 금을 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 멤브레인의 변형은 전기적 방식 또는 광학 방식으로 검출되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 전기적 방식은 상기 금속막과 기관에 구비된 전극 사이의 거리 변화에 따른 정전용량 변화를 측정하는 방식인 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 금속 나노막대는 상기 복수 개의 금속 나노막대로 이루어진 어레이 형태로 형성된 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인.

청구항 7

멤브레인을 포함하는 박막 트랜스듀서에 있어서,

기관; 및

상기 기관과 소정 간격으로 이격되며, 금속막 및 상기 금속막 표면에 형성된 금속 나노막대를 포함하는 멤브레인을 포함하며, 여기에서 상기 금속 나노막대는 상기 멤브레인의 수평면을 기준으로 수직 배향되고, 상기 금속 나노막대에는 탐침물질이 결합하며, 상기 탐침물질과 표적물질 간의 특이적 결합에 따라 상기 멤브레인은 변형되는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 7항에 있어서,
상기 기판은 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서.

청구항 10

제 7항에 있어서,
상기 탐침물질은 생물학적 활성물질로서, DNA인 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서.

청구항 11

제 10항에 있어서,
상기 금속막 및 금속 나노막대는 금으로 이루어진 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서.

청구항 12

기판, 상기 기판과 소정 간격으로 이격된 멤브레인을 포함하며, 상기 멤브레인 표면에서의 물질결합에 따라 멤브레인이 변형되는 박막 트랜스듀서용 멤브레인의 제조방법에 있어서, 상기 멤브레인은 순차적으로 적층된 절연막, 금속막 및 금속 나노막대로 이루어지며, 상기 방법은

절연막상에 금속막을 적층하는 단계;

상기 적층된 금속막상에 알루미늄층을 적층하는 단계;

상기 알루미늄층을 양극산화시켜 나노포어가 형성된 알루미늄 산화층을 형성시키는 단계;

상기 나노포어가 형성된 알루미늄 산화층을 포함하는 멤브레인을 금속이온이 함유된 용액에 침지시킨 후, 전압을 인가하여, 상기 나노포어 내부에 금속 나노막대를 성장시키는 단계; 및

상기 알루미늄 산화층을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인의 제조방법.

청구항 13

제 12항에 있어서,
상기 금속은 금인 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 금속 나노막대를 포함하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인, 그 제조방법 및 이를 이용한 박막 트랜스듀서에 관한 것이다. 좀더 상세하게는 금속 나노막대가 어레이 형태로 조밀히 수직 성장한 형태이므로, 높은 표면적의 금속 나노막대를 포함하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인, 그 제조방법 및 이를 이용한 박막 트랜스듀서에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 종래에는 전기적인 신호로 생체분자(Biomolecule)를 검출하는 센서 중 트랜지스터를 포함하는 구조를 지닌 TR기반의 바이오센서가 주로 이용되고 있다. 이는 반도체 공정을 이용하여 제작한 것으로, 전기적인 신호의 전환이 빠르고, IC와 MEMS의 접목이 용이한 장점이 있어, 그 동안 이에 대한 많은 연구가 진행되어 왔다.

[0003] FET를 사용하여, 생물학적 반응(Biological reaction)을 측정하는 것의 원천특허로 1980년 출원된 미국특허 제 4,238,757호가 있다. 이는 항원(antigen)-항체(antibody) 반응을 표면 전하 밀도(surface charge

concentration) 변화로 인한 반도체 반전층의 변화를 전류로 측정하는 바이오 센서에 관한 것으로 생체분자 중 단백질(protein)에 관한 것이다.

[0004] 미국특허 제 5,466,348호 및 제 6,203,981호에서는 TFT(thin film transistor)를 사용하며, 회로를 접목시켜 신호대 잡음비(S.N ratio)를 향상시키는 내용이 개시되어 있다. 하지만, 반도체 공정에 의하여 제조되는 FET 방식을 이용한 바이오 센서의 단점을 해결하기 위하여 박막 트랜스듀서를 이용한 바이오 센서가 개시된다.

[0005] 미국공개특허공보 2004/0211251호는 이러한 박막 트랜스듀서 방식의 센서를 개시한다. 박막 트랜스듀서 방식의 센서는 금과 같은 전극이 결합된 박막에서 일어나는 화학적 또는 생물학적 반응에 의한 박막 멤브레인의 기계적 스트레스를 이용한다. 즉, 화학적 또는 생물학적 반응으로부터의 기계적 스트레스에 따라 변형되는 박막과 하부 전극 사이의 거리변화(이것은 두 전극 사이의 거리 변화에 대응된다)에 의하여, 정전용량 변화를 측정하고, 측정된 상기 정전용량 변화로부터 생물학적 활성 물질을 검출한다. 이와 같은 박막 트랜스듀서의 경우, 박막의 유효면적(즉, 표적물질이 결합될 수 있는 면적)이 매우 중요한데, 이를 증가시키기 위하여, 표면의 러프니스를 증가시키는 시도가 있어 왔다. 하지만, 매우 얇은 박막 특성상 식각 공정 등으로 러프니스를 증가시키는 경우, 매우 정밀한 공정 제어가 요구된다는 문제가 있었다. 더 나아가, 박막 트랜스듀서의 박막은 기판에 고정되어 있기 보다는 기판과 소정 간격만큼 이격된 상태이므로, 만약 과도한 식각공정을 진행한다면, 박막 자체가 찢어질 수 있는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하려는 과제는 넓은 표면적 및 높은 감도를 가지는 박막 트랜스듀서용 멤브레인 및 그 제조방법을 제공하는 것이다.

[0007] 본 발명이 해결하려는 또 다른 과제는 넓은 표면적 및 높은 감도를 가지는 박막 트랜스듀서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 기판, 상기 기판과 소정 간격으로 이격된 멤브레인을 포함하며, 상기 멤브레인 표면에서의 물질결합에 따라 멤브레인이 변형되는 박막 트랜스듀서용 멤브레인에 있어서, 상기 멤브레인은 연막; 상기 절연막 상에 적층된 금속막; 및 상기 금속막 상에 형성된 금속 나노막대를 포함하며, 여기에서 상기 금속 나노막대는 상기 멤브레인의 수평면을 기준으로 수직 배향된 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인을 제공한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속막 및 금속 나노막대에는 생물학적 활성물질을 검출하기 위한 탐침 물질이 고정되는데, 이때 상기 생물학적 활성물질은 단일 스트랜드 DNA이며, 상기 금속막 및 금속 나노막대는 티올기로 기능화된 금을 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에서 상기 멤브레인의 변형은 전기적 방식 또는 광학 방식으로 검출된다. 본 발명의 일 실시예에서 전기적 방식은 상기 금속막과 기판에 구비된 전극 사이의 거리 변화에 따른 정전용량 변화를 측정하는 방식이다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속 나노막대는 상기 복수 개의 금속 나노막대로 이루어진 어레이 형태로 형성된다.

[0012] 상기 또 다른 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 멤브레인을 포함하는 박막 트랜스듀서에 있어서, 기판; 및 상기 기판과 소정 간격으로 이격되며, 금속막 및 상기 금속막 표면에 형성된 금속 나노막대를 포함하는 멤브레인을 포함하며, 여기에서 상기 금속 나노막대는 상기 멤브레인의 수평면을 기준으로 수직 배향된다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속 나노막대에는 탐침물질이 결합하며, 상기 탐침물질과 표적물질 간의 특이적 결합에 따라 상기 멤브레인은 변형된다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 기판은 전극을 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 일 실시예에서 상기 탐침물질은 생물학적 활성물질로서, DNA일 수 있으며, 상기 금속막 및 금속 나노막대는 금으로 이루어질 수 있다.

[0015] 상기 또 다른 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 기판, 상기 기판과 소정 간격으로 이격된 멤브레인을

포함하며, 상기 멤브레인 표면에서의 물질결합에 따라 멤브레인이 변형되는 박막 트랜스듀서용 멤브레인의 제조 방법에 있어서, 상기 멤브레인은 순차적으로 적층된 절연막, 금속막 및 금속 나노막대로 이루어지며, 상기 방법은 절연막상에 금속막을 적층하는 단계; 상기 적층된 금속막상에 알루미늄층을 적층하는 단계; 상기 알루미늄층을 양극산화시켜 나노포어가 형성된 알루미늄 산화층을 형성시키는 단계; 상기 나노포어가 형성된 알루미늄 산화층을 포함하는 멤브레인을 금속이온이 함유된 용액에 침지시킨 후, 전압을 인가하여, 상기 나노포어 내부에 금속 나노막대를 성장시키는 단계; 및 상기 알루미늄 산화층을 제거하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 박막 트랜스듀서용 멤브레인의 제조방법을 제공한다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속은 금이다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따른 박막 트랜스듀서용 멤브레인은 금속 나노막대가 조밀히 수직으로 성장한 형태이므로, 높은 표면적을 가지며, 이로부터 보다 많은 탐침물질(probe)을 박막에 고정시킬 수 있다. 따라서 표적물질의 박막 결합 확률은 크게 올라갈 수 있다. 또한, 수직으로 성장한 금속 나노막대 표면에 결합한 탐침물질과 표적물질이 매우 짧은 거리에서 조밀하게 배열되므로, 분자 간 상호작용에 따라 박막의 감도가 크게 증가할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서의 구성도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서 멤브레인의 확대 단면도이다.
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 멤브레인을 포함하는 박막 트랜스듀서의 개략도이다.
 도 4 내지 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서 멤브레인의 동작 과정을 설명하는 도면이다.
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서용 멤브레인의 제조방법에 관한 단계도이다.
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된, 금 나노막대 어레이를 포함하는 멤브레인의 단면사진(배율: 50배)이다.
 도 9는 도 8의 사진 내 우측상단에 대한 평면사진(배율: 5만배)이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명의 실시의 형태에 대해서, 도면을 참조하여 설명한다. 이하의 실시 형태는, 본 발명을 설명하기 위한 예시이며, 본 발명을 이 실시 형태에만 한정하는 취지는 아니다. 본 발명은, 그 요지를 일탈하지 않는 한, 다양한 형태로 실시할 수 있다.

[0019] 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다.

[0020] 그리고 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 설정된 용어들로서 이는 실험자 및 측정자와 같은 사용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있으므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 또한, 본 명세서에서 박막 트랜스듀서의 “박막”과 “멤브레인”은 사실상 동일한 의미로서, 혼용되어 사용되며, 트랜스듀서 소자를 지칭하는 경우에는 박막이, 얇은 두께의 가요성 막을 독립적으로 지칭할 때는 멤브레인이 사용된다. 또한, 생물학적 활성물질이라 함은 DNA, RNA, 단백질 등과 같이 생체 내에서 존재하거나, 생체 대사 중 유도될 수 있는 임의의 모든 물질을 총칭한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서의 구성도이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 박막 트랜스듀서는 기관(110), 멤브레인(120)을 포함하며, 기관(110)과 멤브레인(120) 사이에는 실리콘 기관 등이 지지기관(130)으로 사용될 수 있다. 상기 지지기관(130)의 두께에 대응하여, 상기 기관(110)과 멤브레인(120)은 소정 간격(d)으로 이격되어 있다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 멤브레인(120)은 실리콘질화물과 같은 절연물질로 이루어진 절연막(122) 및 상기 절연막(122) 위에 형성된 금속막(121)을 기본 구조로 포함한다. 또한 상기 금속막(121) 위에는 소정 높이의 금속 나노막대(nano-rod, 123)가 수직 배열되는데, 상기 금속 나노막대(123)는 도 2 이하에서 보다 상세히 설명한다.

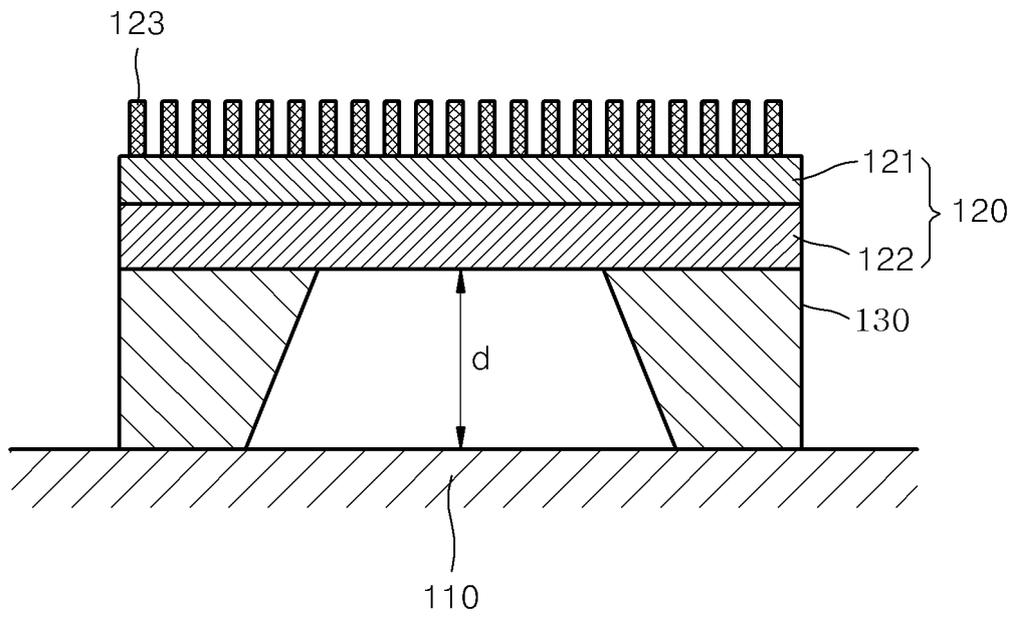
[0024] 가요성을 갖는 상기 멤브레인(120)은 멤브레인 표면에서의 분자간 상호작용에 의하여 변형이 발생하며, 이러한

변형은 멤브레인(120)에 고정된 탐침물질(probe)과 표적물질 사이의 특이 결합에 따른 분자간 상호작용 및 이에 따른 기계적 스트레스에 기인한다. 따라서, 탐침물질이 고정될 수 있는 멤브레인의 유효면적을 증가시키는 것은 매우 중요하데, 왜냐하면 탐침물질이 많이 결합됨에 따라 표적물질의 결합확률이 증가하고, 동일 수준의 결합에 대해서도 멤브레인 변형 정도가 증가하기 때문이다. 따라서, 본 발명은 멤브레인의 유효면적을 증가시키기 위하여 멤브레인의 상부 금속막에 금속 나노막대를 수직 배열시키는 형태의 멤브레인을 제공하는 데 이는 이하 보다 상세히 설명한다.

- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서 멤브레인의 확대 단면도이다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 멤브레인(200)은 하부의 절연막(예를들면 실리콘질화물막, 210)과 상기 절연막(210) 상에 적층된 금속막(220)을 포함한다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속막(220)의 금속은 금이었으나, 본 발명의 범위는 이제 제한되지 않는다. 따라서, 금을 포함하여, 은, 백금, 구리, 알루미늄 등과 같은 임의의 전도성 금속이 모두 멤브레인(200)의 금속막으로 사용가능하나, DNA 등과 같은 생물학적 활성물질과의 결합을 위해 금(Au)인 것이 바람직하다. 또한 상기 전극은 스퍼터법, 도금법, CVD법 등으로 제작될 수 있다.
- [0027] 본 발명의 또 다른 일 실시예에서는 상기 금속막(220)이 상부에 형성된 멤브레인(210) 하부에는 또 다른 금속전극(미도시)이 구비되어, 기관에 포함된 전극과 커패시터 구조를 이룬다. 이 때, 기관과 멤브레인(210)사이 구비되는 금속전극의 두께에 따라 기관과 멤브레인(210)사이의 간격을 조절할 수도 있다. 이로써, 기관과 멤브레인 사이의 거리에 따라 변화되는 정전용량을 기준으로, 탐침물질과 표적물질간의 결합유무를 판단한다.
- [0028] 이상의 구성은 종래 기술과 동일하나, 본 발명에 따른 멤브레인의 금속막(220)에는 상기 금속막(220)의 수평 방향에 대하여 수직으로 배향되어, 정렬된 금속 나노막대(230)가 배치된다. 특히, 본 발명은 수직으로 배향된 금속 나노막대(230)의 어레이를 평면의 금속막(220)에 적층시킴으로써, 멤브레인 수평 면적을 별도로 넓히지 않고서도, 탐침물질이 결합되는 금속 표면의 표면적을 현저히 증가시켰다. 더 나아가, 본 발명에 따른 멤브레인은 이미 적층된 금속막(220)을 식각하여, 러프니스를 증가시키는 종래 기술과 달리 금속막(220)에 금속 나노막대(230)를 형성시킴으로써, 금속 표면의 면적을 증가시킨다. 따라서, 매우 얇은 크기(1 내지 100 μ m)의 박막을 식각 공정으로부터 보호할 수 있다.
- [0029] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 멤브레인을 포함하는 박막 트랜스듀서의 개략도이다.
- [0030] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 박막 트랜스듀서는 도 1에서 도시된 구조와 같이 전극에 해당하는 멤브레인(200)의 금속막(220) 상부에, 상기 금속막(220) 수평방향에 대하여 수직으로 배향되어 조밀하게 형성된 금속 나노막대(230)가 형성된다. 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속 나노막대(230)는 금속막(220)과 동일한 금(Au)으로 이루어지나, 본 발명의 범위는 이에 제한되지 않는다. 상기 금속막(220) 및 금속 나노막대(230)는 티올기로 기능화되어, DNA와 같은 생물학적 활성물질인 탐침물질이 티올기를 연결기(linker)로 하여 금속 표면에 고정된다. 하지만, DNA 이외의 단백질 등과 같은 생물학적 활성 물질이 멤브레인 전극(금속막(220) + 금속 나노막대(230))에 고정, 결합될 수 있다. 이때에는 GBP(Gold Binding Protein)으로 멤브레인 전극이 기능화될 수 있다. 더 나아가, 생물학적 활성물질이 아닌 특이적 화학결합이 가능한 임의의 모든 물질이 상기 탐침물질로 사용될 수 있으며, 이는 본 발명의 범위에 속한다.
- [0031] 도 4 내지 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 박막 트랜스듀서 멤브레인의 동작 과정을 설명하는 도면이다.
- [0032] 도 4를 참조하면, 멤브레인 전극에 탐침물질(probe, 410)이 결합, 고정화(immobilization)되며, 탐침물질(410)에는 표적물질(420)이 특이적으로 결합되지 않은 상태이다. 이때 전극의 금속 나노막대(230)에도 탐침물질(410)이 결합된다. DNA를 센싱하고자 하는 경우, 멤브레인 전극 표면에 기능화된 티올기에 의하여 탐침 DNA가 전극(금속 나노막대(230) 포함)에 결합될 수 있다.
- [0033] 도 5 및 6을 참조하면, 도 4에서와 같이 탐침물질(410)이 결합된 멤브레인 전극에 표적물질(420)이 접촉하며, 접촉된 표적물질(420)은 전극 표면의 탐침물질(410)과 특이적으로 결합한다. 예를 들면, 단일 스트랜드 DNA가 탐침물질(410)로 사용된 경우, 상보적인 서열을 갖는 또 다른 단일 스트랜드 DNA가 탐침 DNA와 혼성화되어, 이중 스트랜드 DNA가 멤브레인 전극에 형성된다. 이와 달리 항원-항체간의 특이적 단백질 결합도 가능하며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다.
- [0034] 도 5 및 6에서는 수직 배향된 금속 나노막대(230) 표면에 특이적으로 결합된 탐침물질-표적물질 복합체(이하 “복합체”)는 금속 나노막대(230)의 어레이 구조상 상호 간격이 매우 가깝다는 점에 주목할 필요가 있다. 즉, 본 발명은 수직 배향된 금속 나노막대(230)를 이용, 결합된 분자간 거리를 최대한 가깝게 함으로써 분자간의 상

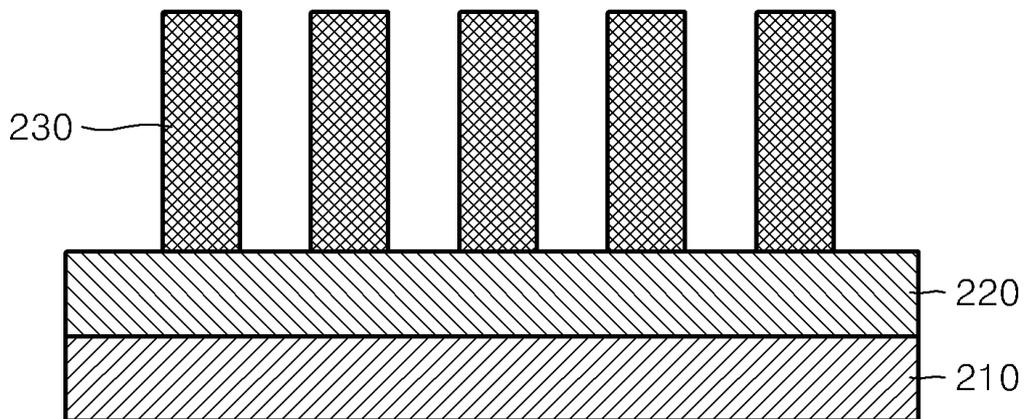
도면

도면1

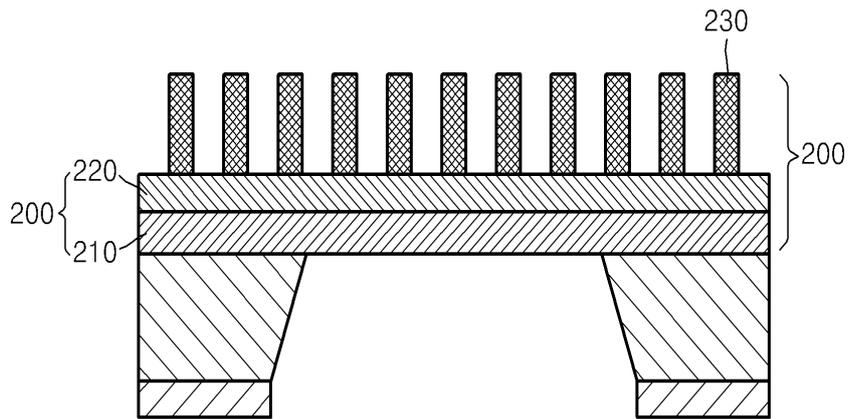


도면2

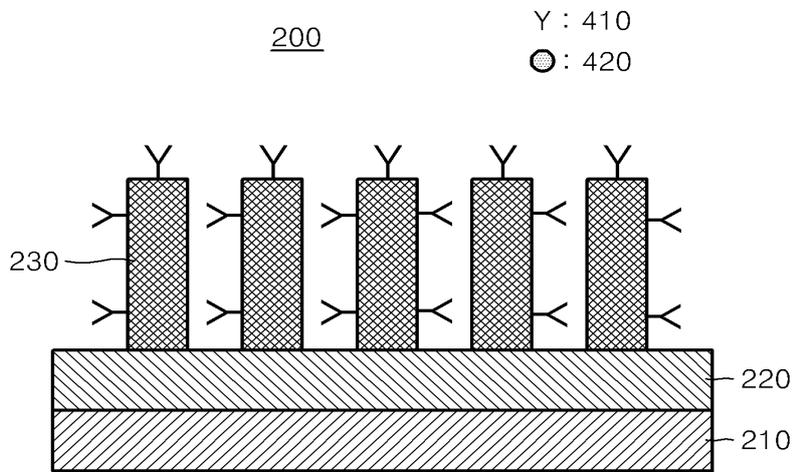
200



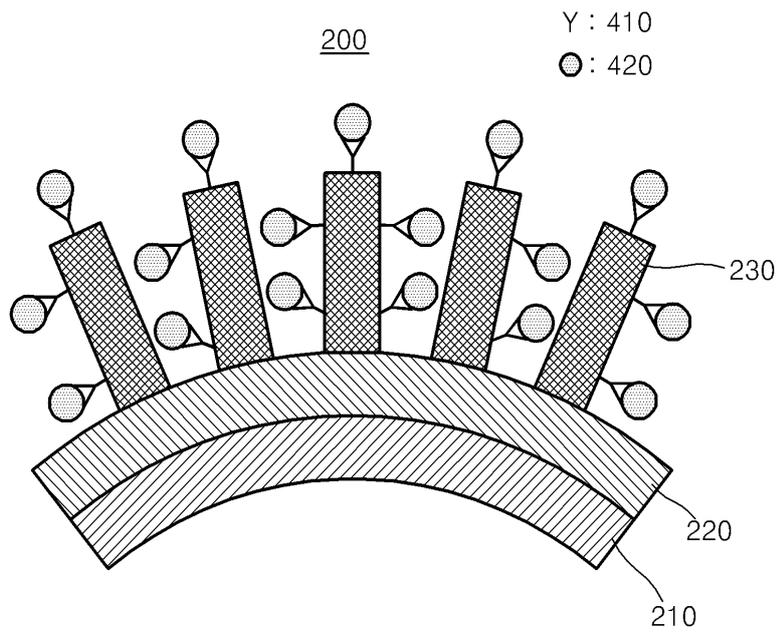
도면3



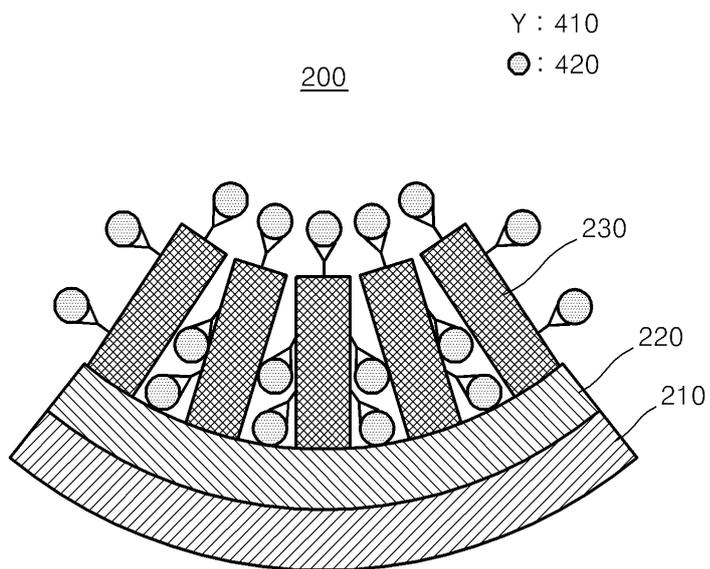
도면4



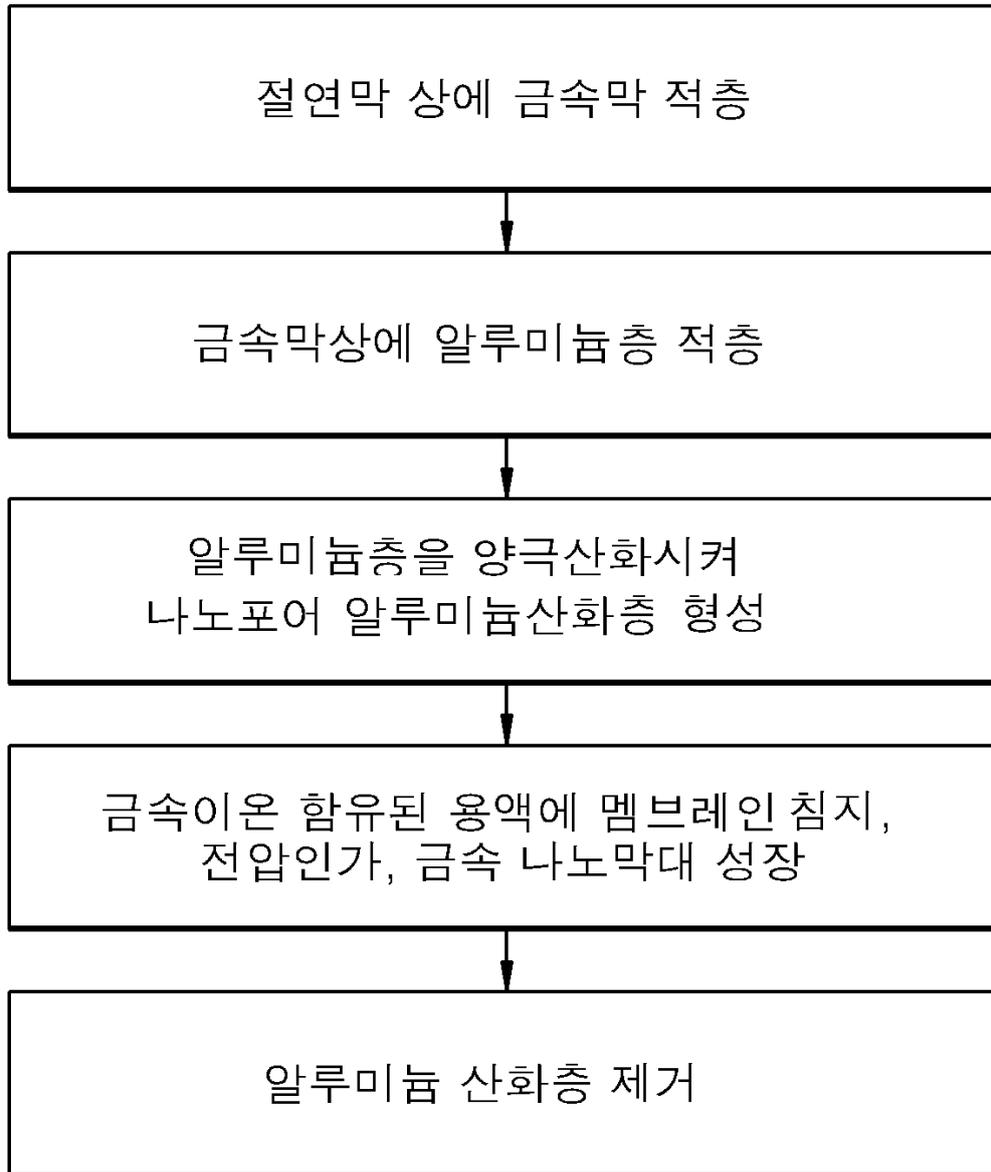
도면5



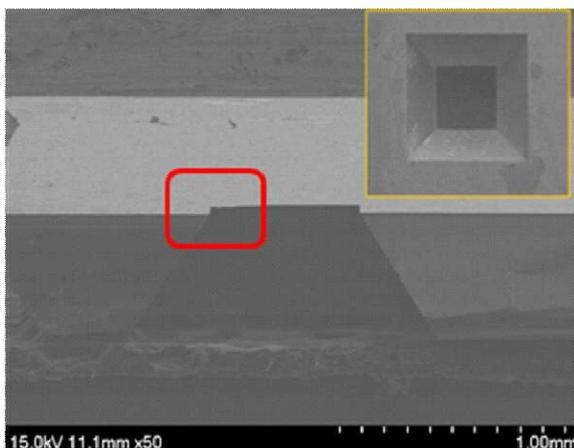
도면6



도면7



도면8



도면9

