



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월10일
 (11) 등록번호 10-1767257
 (24) 등록일자 2017년08월04일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/414 (2006.01) *G01N 33/543* (2006.01)
H01L 29/06 (2006.01) *H01L 29/78* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01N 27/4145 (2013.01)
G01N 33/54373 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-0073910
- (22) 출원일자 2016년06월14일
 심사청구일자 2016년06월14일
- (56) 선행기술조사문헌
 Ankit Jain et al., "Flexure-FET biosensor to break the fundamental sensitivity limits of nanobiosensors using nonlinear electromechanical coupling", PNAS, vol.109, no.24, pp.1-5, 2012.6.*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 한국과학기술연구원
 서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)
- (72) 발명자
 이병철
 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
 황교선
 서울특별시 성북구 화랑로 14길 5
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인
 특허법인충현

전체 청구항 수 : 총 7 항

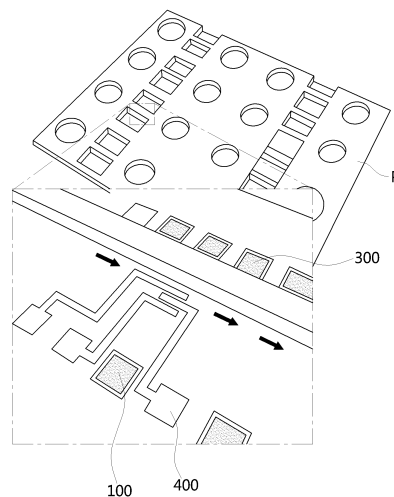
심사관 : 이경철

(54) 발명의 명칭 **멤브레인 구조의 전계효과 트랜지스터 타입 소자 및 그 제조 방법**

(57) 요약

본 발명은 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 반도체 기판상에 정의되는 채널 영역을 사이에 두고 소스 영역과 드레인 영역에 각각 분리 배치된 소스 전극과 드레인 전극, 채널 영역의 전면과 소스 전극 및 드레인 전극의 사이 영역에 진공 갭(Gap)이 형성되도록 상기의 진공 갭을 덮어 형성된 멤브레인 층; 및 채널 영역과 대응되는 멤브레인 층의 전면 적어도 일부 영역을 덮도록 구성된 게이트 전극을 포함하는바, 채널 영역 상에 진공 갭이 형성된 멤브레인 구조로 FET 타입의 소자를 구성함으로써 검출 정확성과 신뢰도를 높이고, 압력 센서, 가스 센서, 초음파 트랜스듀서, 촉각센서, 지문센서, 플래시(flash) 메모리 및 바이오 센서 등으로 다양하게 활용될 수 있도록 하는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 29/0649 (2013.01)

H01L 29/7848 (2013.01)

H01L 29/7849 (2013.01)

(72) 발명자

강지윤

서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

김진식

서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

정승근

서울특별시 성북구 화랑로 14길 5

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 기판상에 정의되는 채널 영역을 사이에 두고 소스 영역과 드레인 영역에 각각 분리 배치된 소스 전극과 드레인 전극;

상기 채널 영역의 전면과 상기 소스 전극 및 상기 드레인 전극의 사이 영역에 진공 갭(Gap)이 형성되도록 상기 진공 갭을 덮어 형성된 멤브레인 층; 및

상기 채널 영역과 대응되는 상기 멤브레인 층의 전면 적어도 일부 영역을 덮도록 구성된 게이트 전극;을 포함하고,

상기 멤브레인 층은, 상기 소스 영역과 상기 드레인 영역의 사이 영역인 상기 채널영역 전면의 상하좌우 방향을 모두 둘러싸는 네 측면의 격벽; 및 상기 네 측면의 격벽 전면에 안착되어 상기 채널영역과는 상기 격벽의 높이 만큼 갭을 두고 상기 채널영역을 덮어 상기 채널영역 상에 상기의 진공 갭을 형성하는 덮개 층으로 구성된 것을 특징으로 하는 멤브레인 구조의 FET 타입 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 게이트 전극 상에 고정 배치되는 적어도 하나의 바이오 리셉터를 더 포함하며, 상기 바이오 리셉터는 압타머, 폴리 펩티드, 올리고 펩티드, 리간드 및 펩타이드 중 적어도 하나의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 멤브레인 구조의 FET 타입 소자.

청구항 3

삭제

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 멤브레인 층의 네 측면 격벽은

절연물질이나 실리콘 산화물질 또는 실리콘 질화물질로 구성되며,

상기 덮개 층은 실리콘 산화물질과 실리콘 질화물질 및 SOI(silicon-on-insulator) 물질 중 적어도 하나의 물질과 감광막이 적층되어 구성된 멤브레인 구조의 FET 타입 소자.

청구항 5

반도체 기판에 채널 영역을 정의하고 소스/드레인 영역을 형성하는 단계;

상기 채널 영역의 전면을 덮어 상기 채널 영역의 전면에서 진공 갭이 형성되도록 멤브레인 층을 구성하는 단계; 및

상기 소스/드레인 영역의 일부를 각각 덮도록 소스/드레인 전극을 구성함과 아울러 상기 멤브레인 층의 전면 적어도 일부 영역을 덮으면서도 외부의 입출력 단자와 접속될 수 있도록 게이트 전극을 구성하는 단계;를 포함하고,

상기 멤브레인 층을 구성하는 단계는, 상기 반도체 기판의 전면에서 실리콘 질화층 또는 실리콘 산화층과 같은 절

연층 도포하는 단계; 상기 소스 영역과 상기 드레인 영역 및 상기 채널 영역을 정의하여 포토 리소그래피 공정을 통해 절연층을 패터닝하는 단계; SOI(silicon-on-insulator) 물질과 감광막이 적층되어 구성된 덮개 층을 구성하는 단계; 진공 상태에서 상기 패터닝된 절연층 상에 상기 덮개 층을 덮어 고정하는 단계; 상기 덮개 층의 감광막을 패터닝하고 포토 리소그래피 공정을 통해 상기 진공 갭이 형성되도록 상기의 멤브레인 층을 구성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 게이트 전극의 전면 적어도 일부 영역에 적어도 하나의 바이오 리셉터를 구성하는 단계를 더 포함하며,

상기 적어도 하나의 바이오 리셉터는 압타머, 폴리 펩티드, 올리고 펩티드, 리간드 및 펩타이드 중 적어도 하나의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 채널 영역을 정의하고 상기 소스/드레인 영역을 형성하는 단계는

상기 반도체 기판의 전면에 감광 물질을 도포하는 단계;

상기 소스 영역과 상기 드레인 영역 및 상기 채널 영역을 정의하여 상기 소스 영역과 드레인 영역을 제외한 나머지 영역을 모두 덮도록 감광막을 패터닝하는 단계;

상기 외부로 노출된 상기 소스 영역과 상기 드레인 영역에 도전형 불순물 이온을 주입하여 상기 소스 영역과 상기 드레인 영역을 반도체 층으로 형성하는 단계;

상기 패터닝된 감광막을 모두 식각 또는 그라인딩 공정으로 제거하는 단계;

를 포함하는 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 소스/드레인 전극을 구성함과 아울러 상기 게이트 전극을 구성하는 단계는, 상기 소스/드레인 영역과 함께 상기 멤브레인 층을 모두 덮도록 금속이나 합금물질을 도포 또는 프린팅하는 단계; 및 상기 도전형 불순물이 주입된 소스 영역과 드레인 영역을 적어도 일부 덮으면서도 상기 멤브레인 층의 전면 적어도 일부 영역을 덮도록 상기의 금속이나 합금물질을 패터닝하여 상기 소스/드레인 전극 및 상기 게이트 전극을 구성하는 단계;를 포함하는 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 센서로 활용하는 전계효과 트랜지스터(FIELD EFFECT TRANSISTOR : FET) 타입 소자에 관한 것으로, 상세하게는 채널 영역 상에 진공 갭이 형성된 멤브레인 구조로 FET 타입의 소자를 구성함으로써 검출 정확성과 신뢰도를 높이고, 압력 센서, 가스 센서, 초음파 트랜스듀서, 촉각센서, 지문센서, 플래시(flash) 메모리 및 바이오 센서 등으로 다양하게 활용될 수 있도록 한 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근 들어 다양한 분야에서 센서 및 트랜스듀서로 활용되고 있는 소자들의 연구가 활발히 진행되는 가운데, 특히 유전자, 단백질 등의 다양한 생체물질의 유무 및 그 농도를 전기적 방법으로 검출하는 바이오 센서가 많이 개발되고 있다. 그 하나의 예가 대한민국 등록특허 제777973호(2007.11.29.공고)에 개시된 교차전극(interdigitated microelectrode)을 이용하는 것이다. 교차전극 바이오 센서는 생체물질과 특이적 결합을 하는 수용체가 고정되는 영역이 지그재그 형태로서 실질적으로 매우 넓기 때문에 생체물질의 농도가 낮더라도 측정이 제대로 이루어진다는 평가를 받고 있다.
- [0003] 또한, T.P. Burg, et al., Nature 446, pp. 1066 - 1069, 2007 논문에는 특정 경로로 생체 물질이 이동되도록 하면서 수용체와 결합되는 포인트에서 주파수를 검출하는 메커니컬 댐핑(Mechanical damping) 기법의 바이오 센서가 제시되기도 하였다.
- [0004] 상술한 종래의 교차전극 바이오 센서와 메커니컬 댐핑 기법의 바이오 센서들은 혈액이나 타액 등과 같이 액상 형태의 생체 물질을 통해 표적 생체 물질을 검출해야 하는 방식이다.
- [0005] 반면, K.S. Hwang, et al., Annu. Rev. Anal. Chem. 2, pp. 77 - 98, 2009에는 복수의 수용체가 고정된 두 판형 전극을 이용해 공기 중의 표적 생체 물질이 수용체와 결합되도록 함으로써, 두 판형 전극의 진동 주파수를 검출하는 캐틸레버 기반의 바이오 센서(cantilever-based biosensors)가 제시되었다.
- [0006] 하지만, 종래 기술에 따른 캐틸레버 기반의 바이오 센서는 각각 구성된 판형 전극들의 전면과 후면에 모두 수용체나 표적 생체물질이 결합될 수 있는 구조이기 때문에 결합되는 면적에 따라 검출 정확도가 불안정해지는 문제가 있었다. 검출 정확도를 높이기 위해서는 각각 구성된 판형 전극들의 전면에만 수용체나 표적 생체 물질들이 반응하도록 후면은 별도로 커버해야 하기 때문에, 불편함이 따라 그 신뢰성과 활용성이 저하되는 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제777973호(2007.11.29.공고)

비특허문헌

- [0008] (비특허문헌 0001) T.P. Burg, et al., Nature 446, pp. 1066 - 1069, 2007
- (비특허문헌 0002) K.S. Hwang, et al., Annu. Rev. Anal. Chem. 2, pp. 77 - 98, 2009

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 목적은 채널 영역 상에 진공 갭이 형성된 멤브레인 구조로 FET 타입의 센싱 소자를 구성함으로써 검출 정확성과 신뢰도를 높이고, 압력 센서, 가스 센서, 초음파 트랜스듀서, 촉각센서, 지문센서, 플래시(flash) 메모리 및 바이오 센서 등으로 다양하게 활용될 수 있도록 한 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 멤브레인 구조의 FET 타입 소자는 반도체 기판상에 정의되는 채널 영역을 사이에 두고 소스 영역과 드레인 영역에 각각 분리 배치된 소스 전극과 드레인 전극, 채널 영역의 전면과 소스 전극 및 드레인 전극의 사이 영역에 진공 갭(Gap)이 형성되도록 상기의 진공 갭을 덮어 형성된 멤브레인 층; 및 채널 영역과 대응되는 멤브레인 층의 전면 적어도 일부 영역을 덮도록 구성된 게이트 전극을 포함한다.

[0011] 또한, 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 멤브레인 구조의 FET 타입 센싱 소자 제조 방법은 반도체 기판에 채널 영역을 정의하고 소스/드레인 영역을 형성하는 단계, 채널 영역의 전면을 덮어 채널 영역의 전면에 진공 갭이 형성되도록 멤브레인 층을 구성하는 단계, 및 소스/드레인 영역의 일부를 각각 덮도록 소스/드레인 전극을 구성함과 아울러 멤브레인 층의 전면 적어도 일부 영역을 덮으면서도 외부의 입출력 단자와 접속될 수 있도록 게이트 전극을 구성하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0012] 상기에서 설명한 본 발명의 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 및 그 제조 방법은 채널 영역 상에 진공 갭이 형성된 멤브레인 구조로 FET 타입의 소자를 구성함으로써, 특히 결합되는 바이오 물질이 멤브레인 게이트의 질량을 변화시키거나 멤브레인이 휘는 정도를 변화시키면 이때의 캐패시턴스의 차이로 채널의 전류량 변화를 검출하는 바, 검출 정확성과 신뢰도를 높일 수 있는 효과가 있다.

[0013] 아울러, 멤브레인 구조의 전면에만 바이오 리셉터를 형성할 수 있는 구조이며 멤브레인의 배면에 진공 갭이 형성되기 때문에, 바이오 리셉터가 형성되는 전면과 표적 생체 물질이 결합되는 면을 일정하게 하여 검출 편의성과 함께 정확도를 높일 수 있는 효과가 있다.

[0014] 또한, 바이오 마커를 붙일 수 있는 센서로 만들면 바이오 센서로 사용이 가능하고, 멤브레인에 가스를 감지할 수 있는 바이오 리셉터를 형성하면 가스 감지 센서로 활용할 수 있으며, 진공 갭에 다양하게 압력 차를 인가하면 압력 센서로 이용이 가능하다. 아울러, 멤브레인의 공진 주파수를 이용하면 초음파 트랜스듀서로도 사용이 가능하고, 어레이 타입으로 구성 및 배치하면 촉각센서나 지문 센서 등으로도 활용 가능하여 필요에 따라 다양하게 활용할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 멤브레인 구조의 FET 타입 소자를 어레이 타입으로 구성한 예를 나타낸 구성도이다.

도 2는 도 1에 도시된 멤브레인 구조의 FET 타입 소자를 구체적으로 나타낸 사시도이다.

도 3은 도 2에 도시된 A-A' 단면 형태와 멤브레인 층의 변화 모습을 구체적으로 나타낸 단면도이다.

도 4는 도 3에 도시된 FET 타입 소자를 이용한 표적 생체 물질 검출 방식을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 도 1에 도시된 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법을 설명하기 위한 제조 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명하기로 한다.

[0017] 본 발명의 멤브레인 구조의 FET 타입 소자는 멤브레인 게이트의 바이오 물질 변화를 통해 검출하는 바이오 센서에 국한되는 것이 아니라, 멤브레인 게이트의 압력, 질량, 멤브레인의 스트레스 등의 물리적인 변화량에 의해 멤브레인의 변화를 통한 캐패시턴스 차이로 채널의 전류량을 변화시키는 소자들을 포함한다. 본 발명의 멤브레인 구조의 FET 타입 소자는 본 발명의 한 가지 실시예인 바이오 센서를 설명하기 위한 것이며, 본 발명의 구조를 통한 압력 센서, 가스 센서, 초음파 트랜스듀서, 촉각 센서, 지문 센서 및 플래시 메모리 구조 등의 실시예들도 포함하는 것으로 해석한다.

[0018] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 멤브레인 구조의 FET 타입 센싱 소자를 어레이 타입으로 구성한 예를 나타낸 구성도이며, 도 2는 도 1에 도시된 어느 한 멤브레인 구조의 FET 타입 소자를 구체적으로 나타낸 사시도이다.

[0019] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 멤브레인 구조의 FET 타입 소자는 실리콘 등의 반도체 기판(P)에 어레이 타입으로 다수개가 배열되도록 구성될 수 있으며, 별도의 반도체 기판에 단수개로 구성되어 활용될 수도 있다.

[0020] 반도체 기판(P)에 어레이 타입으로 다수개가 배열되도록 FET 타입 소자들을 구성하면 촉각 센서나 지문 센서 등으로도 활용할 수 있다. 그리고, 별도의 반도체 기판에 단수개로 FET 타입 센싱 소자를 구성하여 바이오 마커를 붙일 수 있는 센서로 활용하면 바이오 센서로 이용할 수 있고, 멤브레인에 가스를 감지할 수 있는 바이오 리셉터를 형성하면 가스 감지 센서로 활용할 수도 있다. 또한, 멤브레인 층의 내부 진공 갭에 다양하게 압력 차를 인가하면 압력 센서로 이용이 가능하며, 멤브레인의 공진 주파수를 이용하면 초음파 트랜스듀서로도 사용할

수 있게 된다. 이하에서는 바이오 센서로 활용하는 일 실시예를 구체적으로 설명하기로 한다.

- [0021] 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 멤브레인 구조의 FET 타입 소자는 기판상에 정의되는 채널 영역을 사이에 두고 소스 영역과 드레인 영역으로 각각 분리 배치된 소스 전극(100)과 드레인 전극(300), 채널 영역의 전면(또는, 상부면)과 소스 전극(100) 및 드레인 전극(300)의 사이 영역에 진공 갭(Gap)이 형성되도록 상기의 진공 갭을 덮어 형성된 멤브레인층(200), 및 채널 영역과 대응되는 멤브레인층(200) 전면의 적어도 일부 영역을 덮도록 구성된 게이트 전극(400)을 포함하여 구성된다.
- [0022] 실리콘 등의 반도체 기판(P)에는 소정의 도전형 불순물 이온, 예를 들어 p형 불순물 등이 주입된 반도체 층으로서 소스 영역과 드레인 영역이 각각 형성되고, 소스 영역과 드레인 영역의 사이에 불순물이 주입되지 않은 기판 영역은 채널 영역으로 정의된다.
- [0023] 소스 전극(100)은 도전형 불순물이 주입된 소스 영역을 적어도 일부 덮으면서도 외부의 입출력 단자와 접속될 수 있도록 금속이나 합금물질 등이 포토 리소그래피 공정으로 패터닝되어 형성된다.
- [0024] 드레인 전극(300) 또한 드레인 영역을 적어도 일부 덮으면서도 외부의 입출력 단자와 접속될 수 있도록 금속이나 합금물질 등이 패터닝되어 소스 전극(100)과 동일 공정에 의해 형성된다.
- [0025] 멤브레인 층(200)은 채널 영역의 전면을 덮어 채널 영역의 전면 혹은 채널 영역의 상부면에 소정의 진공 갭(GA)이 형성되도록 구성된다. 구체적으로, 멤브레인층(200)은 소스 영역과 드레인 영역의 사이 영역인 채널영역의 전면 상하좌우를 모두 둘러싸는 네 측면의 격벽 및 상기 네 측면의 격벽 전면에 안착되어 채널영역과는 격벽의 높이만큼 갭을 두고 채널영역을 덮어 채널영역 상에 진공 갭(GA)을 형성하는 덮개 층으로 구성된다. 네 측면의 격벽과 덮개 층으로 이루어지는 멤브레인 층(200)이 진공 공간에서 공정이 이루어지도록 하거나, 별도로 진공 형성 공정을 수행하면 멤브레인 층(200)의 내부 갭을 이루는 공간이 진공 상태를 유지할 수 있게 된다.
- [0026] 멤브레인 층(200)을 이루는 네 측면 격벽은 절연물질이나 실리콘 산화물질 또는 실리콘 질화물질로 구성되며, 덮개 층은 실리콘 산화물질과 실리콘 질화물질 및 SOI(silicon-on-insulator) 물질 중 적어도 하나의 물질과 감광막이 적층되어 구성될 수 있다. 이에, 멤브레인 층(200)은 진공 갭(GA)을 사이에 둔 층간 절연막이 될 수 있는바, 멤브레인 층(200)의 전면 적어도 일부면에 형성되는 게이트 전극(400)에 문턱전압 레벨 이상의 게이트 전압이 인가되면, 멤브레인 층(200)과 진공 갭(GA)을 사이에 두고 채널영역에 전류가 흐르게 되어 멤브레인 층(200)과 진공 갭(GA)은 캐패시터 기능을 수행할 수 있게 된다.
- [0027] 도 3은 도 2에 도시된 A-A' 단면 형태와 멤브레인 층의 변화 모습을 구체적으로 나타낸 단면도이다.
- [0028] 먼저, 도 3(a)에 도시된 바와 같이, 멤브레인층(200)은 소스 영역과 드레인 영역의 사이 영역인 채널영역 전면의 상하좌우 측면을 모두 둘러싸고 채널영역과는 격벽의 높이만큼 갭을 두어 채널영역 상에 진공 갭(GA)이 형성되도록 구성된다.
- [0029] 이 후, 도 3(b)와 같이, 멤브레인층(200)의 전면에 형성된 게이트 전극(400) 상에 베타아밀로이드 항체와 압타며, 및 펩타이드 중 적어도 하나의 물질들을 바이오 리셉터(210)로 고정할 수 있다. 복수의 바이오 리셉터(210)들을 고정한 경우, 멤브레인층(200)의 질량을 변화시켜 멤브레인층(200)의 휘는 정도 또한 변화하게 된다.
- [0030] 다음으로, 도 3(c)와 같이, 복수의 바이오 리셉터(210)들에 항체 등의 다양한 표적 생체물질(220)이 특이결합을 하게 되면 바이오 리셉터(210)들과 표적 생체물질(220)들의 질량 변화에 따라 멤브레인층(200)의 휘는 정도 또한 더욱 변화하게 된다. 여기서, 표적 생체물질(220)들은 단백질, 핵산, 항체, 효소, 탄수화물, 지질 또는 기타 생체 유래의 생물 분자 등이 될 수 있다.
- [0031] 이에, 멤브레인층(200) 전면의 게이트 전극(400)에 문턱전압 레벨 이상의 게이트 전압을 인가하면 멤브레인층(200)의 질량 변화 정도와 휘는 정도에 대응하는 전류량 변화를 센싱할 수 있다. 즉, 전류량 변화를 센싱한 전압 레벨을 미리 설정 또는 측정된 기준 센싱 전압레벨과 비교하면 바이오 리셉터(210)들에 따른 전류량 변화 정도 외에도 표적 생체물질(220)들에 따른 전류량 변화 정도를 측정 및 설정할 수 있다. 또한, 진공 갭(GA)이 꼭 진공이 아닌 다른 압력차이를 통해 측각 센서나 초음파 센서 등으로 이용할 수 있는바, 그 센싱 감도를 조정할 수도 있게 된다.
- [0032] 도 4는 도 3에 도시된 FET 타입 소자를 이용한 표적 생체 물질 검출 방식을 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 도 4를 참조하여, 복수의 바이오 리셉터(210)와 다양한 표적 생체물질(220)의 검출 방법을 살펴보면 다음과 같다.

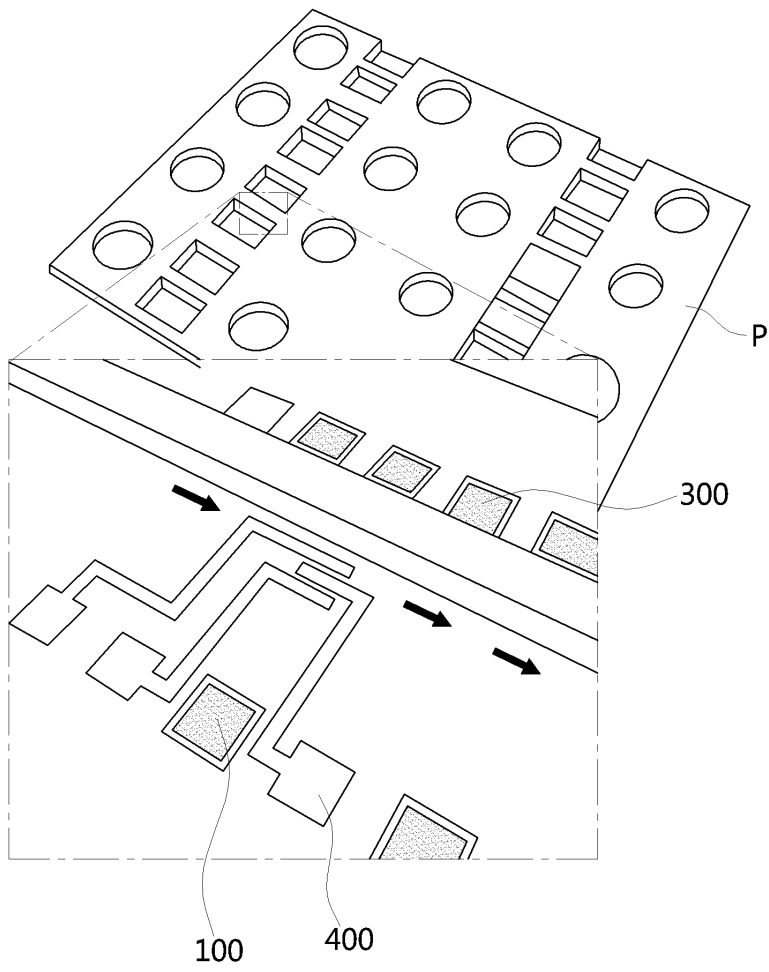
- [0034] 멤브레인 층(200)은 채널영역 전면의 상하좌우 측면을 모두 둘러싸고 격벽의 높이만큼 갭을 두어 진공 갭(GA)이 형성되도록 구성되는바, 도 4(a)에 도시된 바와 같이, 멤브레인 층(200)의 전면에 형성된 게이트 전극(400)에 문턱전압 레벨 이상의 게이트 전압을 인가하여 채널영역의 전류량이 변화를 센싱하면 기준 센싱 전압 또는 기준 센싱 레벨 및/또는 기준 공진주파수를 설정할 수 있다.
- [0035] 이 후, 도 4(b)와 같이, 멤브레인 층(200)의 전면에 형성된 게이트 전극(400) 상에 베타아밀로이드 항체와 압타머, 폴리 펩티드, 올리고 펩티드, 리간드 및 펩타이드 중 적어도 하나의 물질들을 바이오 리셉터(210)로 고정하면, 멤브레인층(200)의 질량을 변화시켜 멤브레인 층(200)의 휘는 정도 또한 변화하게 된다. 이 경우, 멤브레인 층(200) 전면의 게이트 전극(400)에 문턱전압 레벨 이상의 게이트 전압을 인가하면 멤브레인 층(200)의 질량을 변화시키거나 또는 Young's modulus를 변화시켜서 멤브레인 층(200)의 휘는 정도 또한 변화하게 된다. 이 경우, 멤브레인 층(200)의 공진 주파수가 변화하며, 전면의 게이트 전극(400)에 문턱전압 레벨 이상의 게이트 전압을 인가하면 멤브레인 층(200)의 질량 변화 정도와 휘는 정도에 대응하는 전류량 및 공진 주파수 변화를 측정할 수 있다. 즉, 전류량 변화를 센싱한 전압 레벨을 기준 센싱 전압레벨과 비교하거나 공진 주파수를 기준 공진 주파수와 변화한 공진 주파수와 비교하면 바이오 리셉터(210)들에 따른 전류량 및 공진 주파수 변화 정도를 측정 및 설정할 수 있다.
- [0036] 다음으로, 복수의 바이오 리셉터(210)들에 항체 등의 다양한 표적 생체물질(220)이 특이결합을 하게 되면, 바이오 리셉터(210)들과 표적 생체물질(220)들의 질량 변화 또는 Young's modulus를 변화에 따라 멤브레인층(200)의 휘는 정도 또한 더욱 변화하게 된다. 이때, 게이트 전극(400)에 게이트 전압을 인가하면 멤브레인층(200)의 질량 변화 정도 또는 Young's modulus를 변화할 추가적으로 휘는 정도에 대응하는 전류량 변화 및 공진 주파수의 변화를 측정할 수 있다. 즉, 이때의 전류량 변화를 센싱한 전압 레벨을 기준 센싱 전압레벨이나 바이오 리셉터(210)들에 따른 전류량 변화 센싱 레벨과 각각 비교하면 표적 생체물질(220)들에 따른 전류량 변화 정도를 측정할 수 있게 되거나 기준 공진 주파수에서 바이오 리셉터(210)들에 따른 공진 주파수 변화량 및 표적 생체물질(220)들에 따른 공진 주파수 변화 정도를 측정하여 표적 생체물질(220)의 양을 검출할 수 있게 된다.
- [0037] 도 5는 도 1에 도시된 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법을 설명하기 위한 제조 단면도이다.
- [0038] 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 제조 방법은 크게, 실리콘 등의 반도체 기판(P)에 채널 영역을 정의하고 소스/드레인 영역을 형성하는 단계, 채널 영역의 전면을 덮어 채널 영역의 전면에서 소정의 진공 갭(GA)이 형성되도록 멤브레인 층(200)을 구성하는 단계, 소스/드레인 영역의 일부를 각각 덮도록 소스/드레인 전극(100,300)을 구성함과 아울러 멤브레인 층(200)의 전면 적어도 일부 영역을 덮으면서도 외부의 입출력 단자와 접속될 수 있도록 게이트 전극(400)을 구성하는 단계, 및 게이트 전극(400)의 전면 적어도 일부 영역에 적어도 하나의 바이오 리셉터(210)를 구성하는 단계를 포함한다.
- [0039] 좀 더 구체적으로 설명하면, 반도체 기판(P)에 채널 영역을 정의하고 소스/드레인 영역을 형성하는 단계에서는 먼저, (a) 반도체 기판(P)의 전면에서 감광 물질을 도포한 후, (b) 소스 영역과 드레인 영역 및 채널 영역을 정의하여 소스 영역과 드레인 영역을 제외한 나머지 영역을 모두 덮도록 감광막을 패터닝한다.
- [0040] 그리고, 외부로 노출된 소스 영역과 드레인 영역에 도전형 불순물 이온, 예를 들어 p형 불순물 등을 주입하여 소스 영역과 드레인 영역을 반도체 층으로 형성하고, (c) 패터닝된 감광막을 모두 식각 또는 그라인딩 공정으로 제거한다.
- [0041] 다음으로, 채널 영역의 전면을 덮어 채널 영역의 전면에서 소정의 진공 갭(GA)이 형성되도록 멤브레인 층(200)을 구성하는 단계에서는 (d) 반도체 기판(P)의 전면에서 실리콘 질화층 또는 실리콘 산화층과 같은 절연층을 도포한 후, (e) 소스 영역과 드레인 영역 및 채널 영역을 정의하여 포토 리소그래피 공정을 통해 절연층을 패터닝한다.
- [0042] 이어, SOI(silicon-on-insulator) 물질과 감광막이 적층되어 구성된 덮개 층을 구성한 후에, (g) 진공 상태에서 패터닝된 절연층 상에 덮개 층을 덮어 고정한다. 그리고, (h) 덮개 층의 감광막을 패터닝하여 포토 리소그래피 공정을 통해 진공 갭(GA)이 형성되도록 멤브레인 층(200)을 구성한다.
- [0043] 소스/드레인 영역의 일부를 각각 덮도록 소스/드레인 전극(100,300)을 구성함과 동시에 멤브레인 층(200)의 전면 적어도 일부 영역을 덮으면서도 외부의 입출력 단자와 접속될 수 있도록 게이트 전극(400)을 구성하는 단계에서는 소스/드레인 영역과 함께 브레인 층(200)을 모두 덮도록 금속이나 합금물질을 도포 또는 프린팅한다.
- [0044] 그리고, 도전형 불순물이 주입된 소스 영역과 드레인 영역을 적어도 일부 덮으면서도 멤브레인 층(200)의 전면 적어도 일부 영역을 덮도록 상기의 금속이나 합금물질을 패터닝하여 소스/드레인 전극(100,300) 및 게이트 전극

(400)을 구성하게 된다.

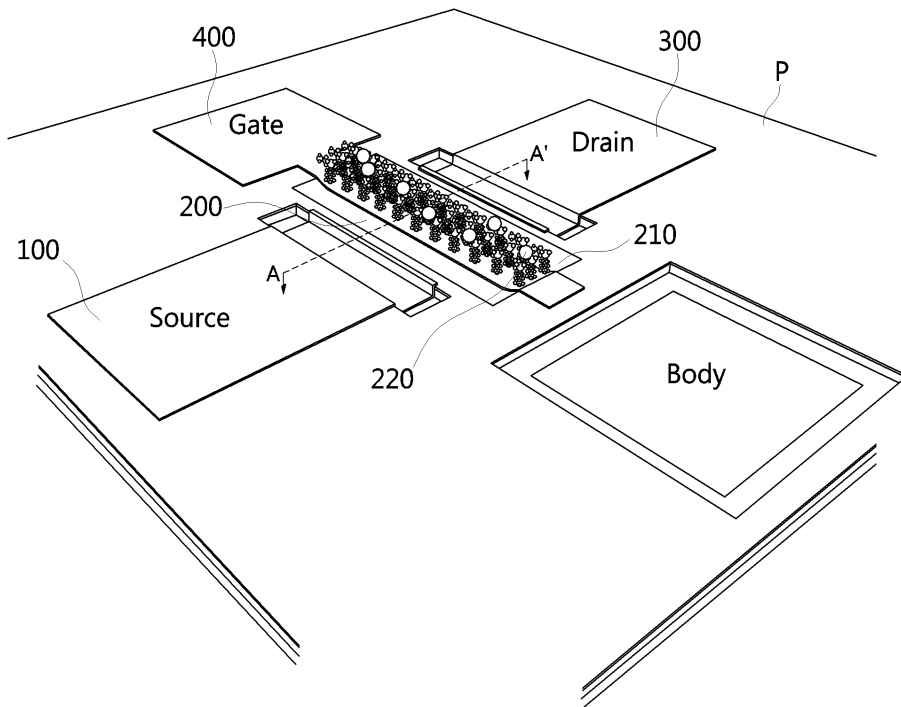
- [0045] 이 후에는 선택적으로 게이트 전극(400)의 전면 적어도 일부 영역에 적어도 하나의 바이오 리셉터(210)를 구성하여 활용할 수 있다.
- [0046] 이상 상술한 바와 같은 본 발명의 상기에서 설명한 본 발명의 멤브레인 구조의 FET 타입 소자 및 그 제조 방법에 따르면, 채널 영역 상에 진공 갭(GA)이 형성된 멤브레인 구조로 FET 타입의 소자를 구성함으로써, 특이 결합되는 바이오 물질이 멤브레인 게이트의 질량을 변화시키거나 멤브레인이 휘는 정도를 변화시키면 이때의 캐패시턴스의 차이로 채널의 전류량 변화를 검출하는바, 검출 정확성과 신뢰도를 높일 수 있게 된다.
- [0047] 또한, 멤브레인 구조의 전면에만 바이오 리셉터(210)를 형성할 수 있는 구조이며 멤브레인의 배면에 진공 갭(GA)이 형성되기 때문에, 바이오 리셉터(210)가 형성되는 전면과 표적 생체 물질이 결합되는 면을 일정하게 하여 검출 편의성과 함께 정확도를 높일 수 있다.
- [0048] 그리고, 멤브레인 구조의 FET 타입 소자는 바이오 마커를 붙일 수 있는 센서로 만들면 바이오 센서로 사용이 가능하고, 멤브레인에 가스를 감지할 수 있는 바이오 리셉터를 형성하면 가스 감지 센서로 활용할 수 있으며, 진공 갭에 다양하게 압력 차를 인가하면 압력 센서로 이용이 가능하다. 아울러, 멤브레인의 공진 주파수를 이용하면 초음파 트랜스듀서로도 사용이 가능하고, 어레이 타입으로 구성 및 배치하면 촉각 센서나 지문 센서 등으로도 활용 가능하여 필요에 따라 다양하게 활용할 수 있게 된다.
- [0049] 상기에서는 본 발명의 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

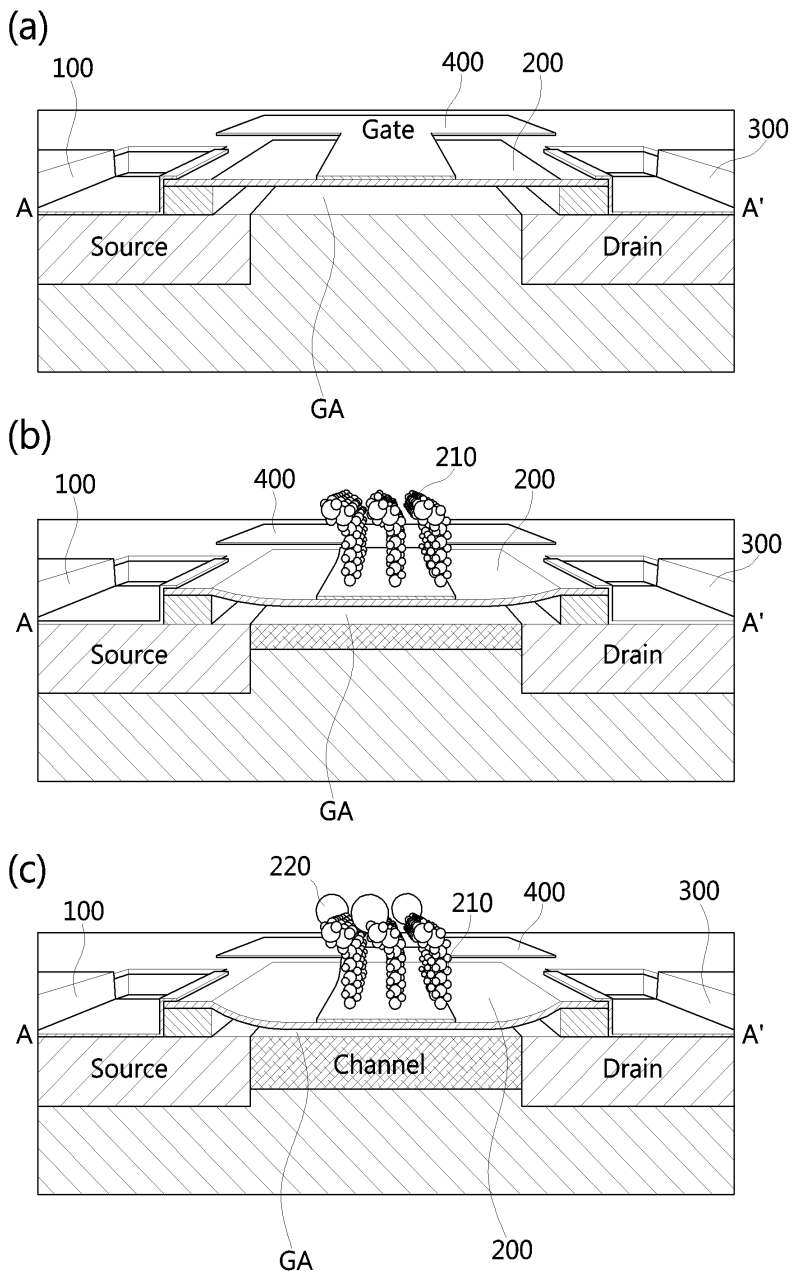
도면1



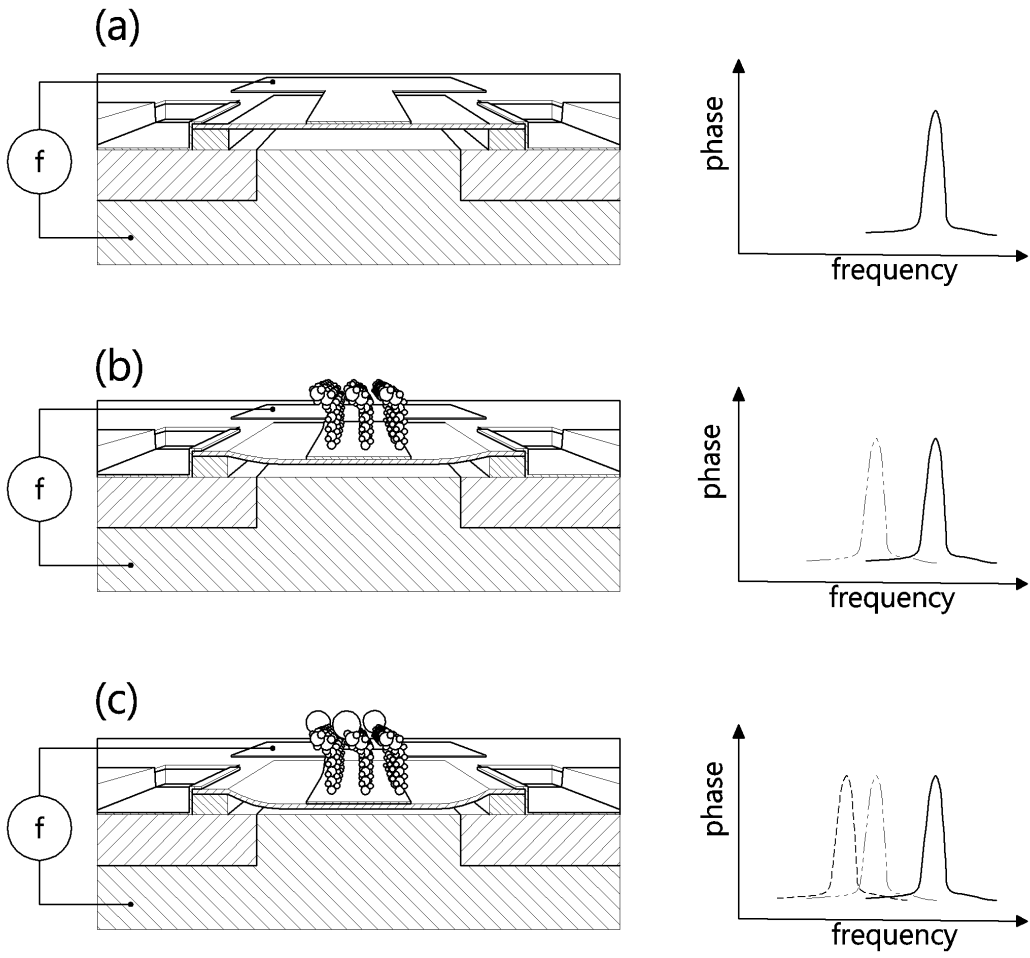
도면2



도면3



도면4



도면5

