



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년11월05일  
(11) 등록번호 10-2040887  
(24) 등록일자 2019년10월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
GOIL 1/14 (2006.01) HOIL 41/113 (2006.01)  
HOIL 41/193 (2006.01) HOIL 41/22 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
GOIL 1/148 (2013.01)  
HOIL 41/113 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2018-0036672  
(22) 출원일자 2018년03월29일  
심사청구일자 2018년03월29일  
(65) 공개번호 10-2019-0114249  
(43) 공개일자 2019년10월10일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2009031045 A\*  
JP2013016778 A\*  
JP2017219336 A\*  
KR1020150028125 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
포항공과대학교 산학협력단  
경상북도 포항시 남구 청암로 77 (지곡동)  
재단법인 나노기반소프트일렉트로닉스연구단  
경상북도 포항시 남구 청암로 77(효자동, 포항공과대학교)  
(72) 발명자  
백상훈  
경상북도 포항시 남구 유동길26번길 11, 302호  
정성준  
경상북도 포항시 남구 지곡로 155 교수아파트, 6동 101호  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
이수열

전체 청구항 수 : 총 19 항

심사관 : 한상호

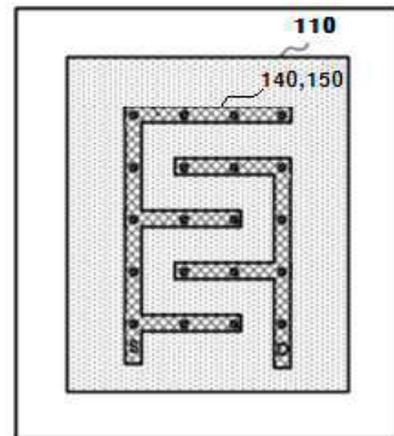
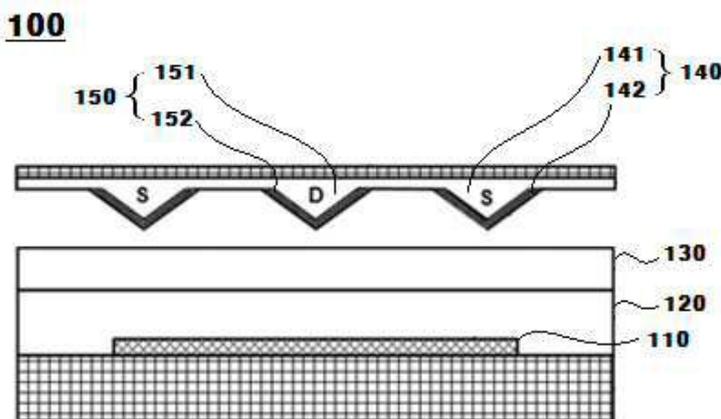
(54) 발명의 명칭 박막트랜지스터 기반 압력센서 및 그의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 게이트 전극; 상기 게이트 전극 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층; 상기 유전체층 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층; 및 상기 반도체층 상에 형성된 소스 전극 및 드레인 전극;을 포함하는 압력센서이고, 상기 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1a



탄성부와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고, 상기 드레인 전극은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부와, 상기 제2 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 것인 압력센서에 관한 것으로, 본 발명의 박막트랜지스터 기반 압력센서 및 그의 제조방법은 전도성 물질로 코팅된 탄성체를 패터닝하여 박막트랜지스터 기반 압력센서의 소스 및 드레인 전극으로 사용함으로써, 저전력 구동 및 능동 매트릭스 구동이 가능하고, 비교적 간단한 공정을 통해 제조할 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류

**H01L 41/193** (2013.01)

**H01L 41/22** (2013.01)

**조길원**

경상북도 포항시 남구 지곡로 155 교수아파트, 4동 904호

(72) 발명자

**권지민**

경기도 과천시 동패로 100 한울마을3단지휴먼시아 아파트 302동 501호

**배근열**

전라남도 여수시 소호6길 36 주은금호아파트 303동 1301호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 IITP-2017-R0346-16-1007

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터

연구사업명 ICT명품인재양성사업

연구과제명 미래IT융합연구원

기 여 율 1/2

주관기관 포항공과대학교 산학협력단

연구기간 2018.01.01 ~ 2018.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015M3A6A5072945

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 글로벌프론티어사업(나노기반소프트일렉트로닉스연구)

연구과제명 웨어러블 센서 플랫폼 및 인터커넥션 기술 개발

기 여 율 1/2

주관기관 포항공과대학교 산학협력단

연구기간 2018.03.01 ~ 2018.12.31

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

게이트 전극;

상기 게이트 전극 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층;

상기 유전체층 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층; 및

상기 반도체층 상에 형성된 소스 전극 및 드레인 전극;을 포함하는 압력센서이고,

상기 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1 탄성부와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고,

상기 드레인 전극은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부와, 상기 제2 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 압력센서이고,

상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지하는 것인 압력센서.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 제1 돌출부 및 제2 돌출부가 각각 독립적으로 상기 반도체층에 가까워질수록 단면적이 작아지는 형상인 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

수축 압력이 상기 제1 또는 제2 전도부에 수직방향으로 작용함에 의해 상기 제1 돌출부, 상기 제2 돌출부, 또는 상기 제1 돌출부 및 상기 제2 돌출부가 각각 독립적으로 변형되어 상기 제1 돌출부, 상기 제2 돌출부, 또는 상기 제1 돌출부 및 상기 제2 돌출부와 반도체의 접촉면적이 증가하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 4**

제2항에 있어서,

상기 제1 돌출부 및 제2 돌출부가 각각 독립적으로 원뿔, 타원뿔, 다각뿔, 원뿔대, 타원뿔대 또는 다각뿔대의 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 5**

제1항에 있어서,

상기 탄성체는 폴리디메틸실록산(PDMS), 에코플렉스(ecoflex), 실리콘 러버(silicone rubber), 플루오로 실리콘 러버(fluoro silicone rubber), 비닐메틸실리콘 러버(vinyl methyl silicone rubber), 스티렌-부타디엔 러버(styrene-butadiene rubber), 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 러버(styrene-ethylene-butylene-styrene rubber), 아크릴 러버(acryl rubber), 부타디엔 러버(butadiene rubber), 클로로이소부틸렌 이소프렌러버(chloro isobutylene isoprene rubber), 폴리클로로프렌(polychloroprene rubber), 에피클로로히드린 러버(epichlorohydrin rubber), 에틸렌 프로필렌 러버(ethylene propylene rubber), 에틸렌프로필렌디엔 러버(ethylene propylene diene rubber), 폴리에테르우레탄 러버(polyether urethane rubber), 폴리이소프렌 러버(polyisoprene rubber), 이소부틸렌 이소프렌 부틸 러버(isobutylene isoprene butyl rubber), 아크릴로니트릴 부타디엔 러버(acrylonitrile butadiene rubber) 및 폴리우레탄 러버 (polyurethane rubber) 중에서 선택된 1 종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 6**

제1항에 있어서,

상기 탄성체는 1 내지 1,000MPa 의 탄성계수를 가지는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 전도성 물질은 탄소나노튜브(CNT), 카본블랙, 그래핀, 흑연, 폴리(3,4-에틸렌이옥시티오펜)(PEDOT), Al, Au, Cu, Ag, Ti 및 Pt 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 8**

제1항에 있어서,

상기 압력센서는 압력 변화시 상기 돌출부가 상기 반도체층과 접촉하는 면적이 변화함에 의해 상기 드레인 전극의 전류가 변화하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제1항에 있어서,

상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지함에 의해 높은 민감도를 가짐과 동시에 낮은 전력에서 구동하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 11**

제1항에 있어서,

상기 압력센서가 상기 게이트 전극 상에 상기 유전체층과 마주하는 방향의 반대방향으로 기판을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 12**

제11항에 있어서,

상기 기판이 규소, 유리, 고분자 및 금속으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 13**

제12항에 있어서,

상기 고분자가 폴리에틸렌 2,6-나프탈레이트(Poly(ethylene 2,6-naphthalate), PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Poly(ethylene terephthalate), PET), 폴리이미드(Polyimide, PI), 폴리에테르술폰(polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르 이미드(polyetherimide), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 셀룰로오스 트리 아세테이트(cellulose triacetate) 및 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propinoate)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 14**

제1항에 있어서,

상기 게이트 전극이 Al, Au, Cu, Ag, Ti, Pt, graphene, carbon nano tube(CNT), PEDOT:PSS, 및 silver nanowire 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 15**

제1항에 있어서,

상기 유전체층이 parylene, polydimethylsiloxane (PDMS), Cytop, Polystyrene (PS), poly(methyl methacrylate) (PMMA), poly(vinyl pyrrolidone) (PVP), polyimide (PI), SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 16**

제1항에 있어서,

상기 반도체층이 N형 유기반도체, P형 유기반도체 및 산화물 반도체 중에서 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 압력센서.

**청구항 17**

게이트 전극;

상기 게이트 전극 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층;

상기 유전체층 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층; 및

상기 반도체층 상에 형성된 패터화된 소스 전극 및 패터화된 드레인 전극;을 포함하는 압력센서이고,

상기 패터화된 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하고, 패터화된 제1 패터탄성부와, 상기 제1 패터탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고,

상기 패터화된 드레인 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하고, 패터화된 제2 패터탄성부와, 상기 제2 패터탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 압력센서이고,

상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지하는 것인 압력센서.

**청구항 18**

(a) 게이트 전극을 형성하는 단계;

(b) 상기 게이트 전극 상에 유전체를 포함하는 유전체층을 형성하는 단계;

(c) 상기 유전체층 상에 반도체를 포함하는 반도체층을 형성하여 게이트 전극/유전체층/반도체층을 제조하는 단계;

(d) 소스 전극 및 드레인 전극을 형성하여 소스 전극/드레인 전극을 제조하는 단계; 및

(e) 상기 게이트 전극/유전체층/반도체층의 반도체층 상에 상기 소스 전극/드레인 전극을 위치시켜 압력센서를 제조하는 단계;를 포함하고,

상기 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1 탄성부와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고,

상기 드레인 전극은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부와, 상기 제2 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 압력센서의 제조방법이고,

상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지하는 것인 압력센서의 제조방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서,

상기 단계 (d)가

(d-1) 패턴이 형성된 몰드에 탄성체를 주입하여 탄성체를 포함하고, 돌출부를 포함하는 탄성부를 제조하는 단계; 및

(d-2) 상기 돌출부를 포함하는 탄성부의 표면에 전도성 물질을 코팅하여 전도성 물질을 포함하는 전도부를 탄성부의 표면 상에 형성하여 소스 전극 및 드레인 전극을 제조하는 단계;를

포함하는 것을 특징으로 하는, 압력센서의 제조방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

단계 (d-2)의 코팅이 스프레이 코팅, 스퍼터링, 스핀 코팅, 열증착, 무전해도금 및 전극층 전사방법 중에서 선택된 어느 하나의 방법으로 수행되는 것을 특징으로 하는 압력센서의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 박막트랜지스터 기반 압력센서 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 전도성 물질로 코팅된 탄성체를 패터닝함으로써 압력센서의 소스 및 드레인 전극으로 사용하는 박막트랜지스터 기반 압력센서 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 인간의 피부는 외부 환경과 소통하는 기관으로서 촉감을 통해 압력, 온도, 습도 등의 정보를 제공해준다. 이러한 인간의 피부 체계를 모사하기 위한 전자 피부 (Electronic skin, E-skin)의 연구가 많이 진행되고 있으며 전자 피부를 통해 압력, 온도, 습도 등의 정보를 전기적인 신호로 변환하는 전자 피부 센서에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 전자 피부의 개발은 로봇, 의학적 진단, 인공 보철, 웨어러블 헬스 모니터링 장치 등 다양한 분야에서 유용하게 사용될 수 있다. 이와 같은 전자 피부는 인간의 부드러운 피부처럼 넓은 면적으로, 부드럽고 유연성 있는 기관에 제작되어야 한다.

[0003] 특히 압력 정보를 전기적인 신호로 변환하는 압력센서에 대한 연구가 활발히 진행되어왔고 여러 가지 방법으로 압력센서가 제작되었다. 가장 흔하게 사용되는 방법 중 하나는 터치 패널에서도 가장 많이 사용되는 방법인 커패시턴스의 변화를 이용하는 방법(piezo-capacitive)으로서, 두 개의 평판 사이에 위치한 유전체 층으로 구성된 평판 커패시터 모델에서 압력이 가해짐에 따라 두 평판 사이의 거리가 감소하여 커패시턴스가 증가하는 방법을 사용한다. 이 방법은 원리가 간단하여 제작과 분석이 용이하다는 장점이 있지만 소형화 할 경우 초기 면적이 작아 초기 커패시턴스 값이 작아서 신호 대 잡음비가 좋지 않다는 단점이 있다.

[0004] 또 다른 방법 중 하나는 저항의 변화를 이용하는 방법(piezo-resistive)으로 압력이 가해졌을 때 두 물질 사이의 저항이 변하는 방식을 주로 사용하는데 원리가 간단하지만 압력에 따라 전류가 증가하여 전력 소모가 크다는 단점이 있다.

[0005] 이와 같이 압력에 따른 커패시턴스 및 저항의 변화를 이용한 압력센서들은 대면적 제작을 위해 여러 전극을 교차시켜 수동 매트릭스 (Passive matrix) 방법으로 사용할 수 있는데 수동 매트릭스의 경우 각 픽셀의 독립적인 컨트롤이 어려워 크로스토크가 발생할 수 있고 동작속도가 느리다는 단점이 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명의 목적은 상기 문제점을 해결하기 위한 것으로, 전도성 물질로 코팅된 탄성체를 패터닝함으로써, 박막트랜지스터 기반 압력센서의 소스 및 드레인 전극으로 사용할 수 있는 박막트랜지스터 기반 압력센서를 제공하는데 있다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 이와 같은 박막트랜지스터 기반 압력센서를 사용함으로써, 기존의 저항/커패시턴스 타입의 수동 매트릭스에 비해 대면적의 능동 매트릭스 구동이 가능한 박막트랜지스터 기반 압력센서를 제공하는데 있다.

[0008] 본 발명의 또 다른 목적은 이와 같은 박막트랜지스터 기반 압력센서를 사용함으로써, 접촉 저항이 크고 지배적인 서브스레시홀드 영역 (Subthreshold regime)에서 구동시켜 높은 민감도를 가짐과 동시에 기존의 박막 트랜지스터를 활용한 고전력 압력 센서에 비해 현저히 낮은 저전압 구동이 가능한 박막트랜지스터 기반 압력센서를 제공하는데 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 다른 목적은 이와 같은 박막트랜지스터 기반 압력센서를 비교적 간단한 공정을 통해 제조할 수 있는 박막트랜지스터 기반 압력센서의 제조방법을 제공하는데 있다.

**과제의 해결 수단**

[0010] 본 발명의 일 측면에 따르면, 게이트 전극; 상기 게이트 전극 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층; 상기 유전체층 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층; 및 상기 반도체층 상에 형성된 소스 전극 및 드레인 전극;을 포함하는 압력센서이고, 상기 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1 탄성부와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고, 상기 드레인 전극은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부와, 상기 제2 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 것인 압력센서를 제공한다.

[0011] 상기 제1 돌출부 및 제2 돌출부가 각각 독립적으로 상기 반도체층에 가까워질수록 단면적이 작아지는 형상일 수 있다.

[0012] 수축 압력이 상기 제1 또는 제2 전도부에 수직방향으로 작용함에 의해 상기 제1 돌출부 및/또는 제2 돌출부가 각각 독립적으로 변형되어 상기 제1 돌출부 및/또는 상기 제2 돌출부와 반도체의 접촉면적이 증가할 수 있다.

[0013] 상기 제1 돌출부 및 제2 돌출부가 각각 독립적으로 원뿔, 타원뿔, 다각뿔, 원뿔대, 타원뿔대 또는 다각뿔대의 형상을 가질 수 있다.

[0014] 상기 탄성체는 폴리디메틸실록산(PDMS), 에코플렉스(ecoflex), 실리콘 러버(silicone rubber), 플루오로 실리콘 러버(fluoro silicone rubber), 비닐메틸실리콘 러버(vinyl methyl silicone rubber), 스티렌-부타디엔 러버(styrene-butadiene rubber), 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 러버(styrene-ethylene-butylene-strylene rubber), 아크릴 러버(acryl rubber), 부타디엔 러버(butadiene rubber), 클로로이소부틸렌 이소프렌러버(chloro isobutylene isoprene rubber), 폴리클로로프렌(polychloroprene rubber), 에피클로로히드린 러버(epichlorohydrin rubber), 에틸렌 프로필렌 러버(ethylene propylene rubber), 에틸렌프로필렌디엔 러버(ethylene propylene diene rubber), 폴리에테르우레탄 러버(polyether urethane rubber), 폴리이소프렌 러버(polyisoprene rubber), 이소부틸렌 이소프렌 부틸 러버(isobutylene isoprene butyl rubber), 아크릴로니트릴 부타디엔 러버(acrylonitrile butadiene rubber) 및 폴리우레탄 러버 (polyurethane rubber) 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 탄성체는 1 내지 1,000MPa 의 탄성계수를 가질 수 있다.

[0016] 상기 전도성 물질은 탄소나노튜브(CNT), 카본블랙, 그래핀, 흑연, 폴리(3,4-에틸렌이옥시티오펜)(PEDOT), Al, Au, Cu, Ag, Ti 및 Pt 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0017] 상기 압력센서는 압력 변화시 상기 돌출부가 상기 반도체층과 접촉하는 면적이 변화함에 의해 상기 드레인 전극의 전류가 변화할 수 있다.

[0018] 상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지할 수 있다.

[0019] 상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지함에 의해 높은 민감도를 가짐과 동시에 낮은 전력에서 구동할 수 있다.

[0020] 상기 압력센서가 상기 게이트 전극 상에 상기 유전체층과 마주하는 방향의 반대방향으로 기판을 추가로 포함할 수 있다.

[0021] 상기 기판이 규소, 유리, 고분자 및 금속으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0022] 상기 고분자가 폴리에틸렌 2,6-나프탈레이트(Poly(ethylene 2,6-naphthalate), PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Poly(ethylene terephthalate), PET), 폴리이미드(Polyimide, PI), 폴리에테르술폰(polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리에테르 이미드(polyether imide), 폴리페닐렌 설페이드(polyphenylene

sulfide), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 셀룰로오스 트리 아세테이트(cellulose triacetate) 및 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propinoate)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0023] 상기 게이트 전극이 Al, Au, Cu, Ag, Ti, Pt, graphene, carbon nano tube(CNT), PEDOT:PSS, 및 silver nanowire 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0024] 상기 유전체층이 parylene, polydimethylsiloxane (PDMS), Cytop, Polystyrene (PS), poly(methyl methacrylate) (PMMA), poly(vinyl pyrrolidone) (PVP), polyimide (PI), SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0025] 상기 반도체층이 N형 유기반도체, P형 유기반도체 및 산화물 반도체 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, 게이트 전극; 상기 게이트 전극 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층; 상기 유전체층 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층; 및 상기 반도체층 상에 형성된 패턴화된 소스 전극 및 패턴화된 드레인 전극;을 포함하는 압력센서이고, 상기 패턴화된 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하고, 패턴화된 제1 패턴탄성부와, 상기 제1 패턴탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고, 상기 패턴화된 드레인 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하고, 패턴화된 제2 패턴탄성부와, 상기 제2 패턴탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 것인 압력센서를 제공한다.

[0027] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면, (a) 게이트 전극을 형성하는 단계; (b) 상기 게이트 전극 상에 유전체를 포함하는 유전체층을 형성하는 단계; (c) 상기 유전체층 상에 반도체를 포함하는 반도체층을 형성하여 게이트 전극/유전체층/반도체층을 제조하는 단계; (d) 소스 전극 및 드레인 전극을 형성하여 소스 전극/드레인 전극을 제조하는 단계; 및 (e) 상기 게이트 전극/유전체층/반도체층의 반도체층 상에 상기 소스 전극/드레인 전극을 위치시켜 압력센서를 제조하는 단계;를 포함하고, 상기 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1 탄성부와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고, 상기 드레인 전극은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 것인 압력센서의 제조방법을 제공한다.

[0028] 상기 단계 (d)가 (d-1) 패턴이 형성된 몰드에 탄성체를 주입하여 탄성체를 포함하고, 돌출부를 포함하는 탄성부를 제조하는 단계; 및 (d-2) 상기 돌출부를 포함하는 탄성부의 표면에 전도성 물질을 코팅하여 전도성 물질을 포함하는 전도부를 탄성 표면 상에 형성하여 소스 전극 및 드레인 전극을 제조하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0029] 단계 (d-2)의 코팅이 스프레이 코팅, 스퍼터링, 스핀 코팅, 열증착, 무전해도금 및 전극층 전사방법 중에서 선택된 어느 하나의 방법으로 수행될 수 있다.

### 발명의 효과

[0030] 본 발명은 전도성 물질로 코팅된 탄성체를 패터닝함으로써, 박막트랜지스터 기반 압력센서의 소스 및 드레인 전극으로 사용이 가능하다.

[0031] 또한, 상기 박막트랜지스터 기반 압력센서를 사용함으로써, 기존의 저항/커패시턴스 타입의 수동 매트릭스에 비해 대면적의 능동 매트릭스 구동이 가능하다.

[0032] 또한, 상기 박막트랜지스터 기반 압력센서를 사용함으로써, 접촉 저항이 크고 지배적인 서브스레시홀드 영역 (Subthreshold regime)에서 구동시켜 높은 민감도를 갖음과 동시에 기존의 박막 트랜지스터를 활용한 고전력 압력 센서에 비해 현저히 낮은 저전압 구동이 가능한 효과가 있다.

[0033] 또한, 상기 박막트랜지스터 기반 압력센서를 비교적 간단한 공정을 통해 제조할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0034] 도 1a는 본 발명에 따른 압력센서의 단면도 및 평면도이다.

도 1b는 본 발명에 따른 압력센서에 압력을 가했을 때, 소스 및 드레인 전극과 반도체 층과의 접촉면적이 증가하는 모습을 나타낸 단면도 및 평면도이다.

도 2는 본 발명에 따른 압력센서의 측면도이다.

도 3a는 탄성부와 전도부를 포함하는 탄성체가 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극으로 패터닝된 모습을 나타낸 도면이다.

도 3b는 탄성부와 전도부를 포함하는 탄성체의 SEM 사진이다.

도 4는 본 발명에 따른 압력센서에 압력이 가해졌을 때, 전극이 변형되어 접촉 면적이 증가하는 모습을 나타낸 도면이다.

도 5는 압력 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

도 6은 압력에 따른 전류 변화량을 나타내는 그래프이다.

도 7a는 서브스레시 홀드 영역에서 압력 센서의 측정가능한 최저압력 (Limit of detection), 도 7b는 안정성 (stability), 도 7c는 반응 시간 (response time), 도 7d는 내구성 (durability)을 나타내는 그래프이다.

도 8a는 3um 두께의 플렉서블 Parylene 기판위에 제작된 5 x 5 (1 cm x 1 cm)의 능동 매트릭스 어레이를 나타내는 이미지이다.

도 8b는 문자 'E'의 2D 등고선지도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0035] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0036] 또한, 이하에서 사용될 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.

[0037] 또한, 어떤 구성요소가 "다른 구성요소 상에", " 다른 구성요소 상에 형성되어" 또는 " 다른 구성요소 상에 적층되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소의 표면 상의 전면 또는 일면에 직접 부착되어 형성되어 있거나 적층되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 더 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0038] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0040] 도 1a 및 도 1b는 본 발명에 따른 압력센서의 개념도(좌: 단면도, 우: 평면도)이며, 도 1a는 압력이 가해지기 전 탄성부와 전도부를 포함하는 탄성체가 박막트랜지스터의 전극을 이루는 모습이고, 도 1b는 압력이 가해져 전극과 반도체층과의 접촉 면적이 증가하는 모습을 나타낸다.

[0041] 도 1a의 평면도(우)를 참조하면, 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)이 패터닝되어 형성되어 있고, 상기 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)은 돌출부를 포함하는 탄성부(141,151) 및 탄성부의 표면 상에 형성된 전도부(142,152)를 포함하는데, 평면도에서 보이는 동그란 가만점은 돌출부를 나타내고, 빗금으로 칠해진 부분은 탄성부의 표면상에 형성된 전도성 물질을 포함하는 전도부를 나타낸다.

[0042] 이하, 도 1a 및 1b를 참조하여 본 발명에 대하여 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 예시로서 제시되는 것으로, 이에 의해 본 발명이 제한되지는 않으며 본 발명은 후술할 청구범위의 범주에 의해 정의될 뿐이다.

[0044] 본 발명은 게이트 전극(110); 상기 게이트 전극(110) 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층(120); 상기 유전체층(120) 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층(130); 및 상기 반도체층(130) 상에 형성된 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150);을 포함하는 압력센서이고, 상기 소스 전극(140)은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1 탄성부(141)와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도

성 물질을 포함하는 제1 전도부(142);를 포함하고, 상기 드레인 전극(150)은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부(151)와, 상기 제2 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부(152);를 포함하는 것인 압력센서(100)를 제공한다.

- [0045] 상기 제1 돌출부 및 제2 돌출부가 각각 독립적으로 상기 반도체층에 가까워질수록 단면적이 작아지는 형상일 수 있다.
- [0046] 수축 압력이 상기 제1 또는 제2 전도부에 수직방향으로 작용함에 의해 상기 제1 돌출부 및/또는 제2 돌출부가 각각 독립적으로 변형되어 상기 제1 돌출부 및/또는 상기 제2 돌출부와 반도체의 접촉면적이 증가할 수 있다.
- [0047] 상기 제1 돌출부 및 제2 돌출부가 각각 독립적으로 원뿔, 타원뿔, 다각뿔, 원뿔대, 타원뿔대 또는 다각뿔대의 형상을 가질 수 있다.
- [0048] 상기 탄성체는 폴리디메틸실록산(PDMS), 에코플렉스(ecoflex), 실리콘 러버(silicone rubber), 플루오로 실리콘 러버(fluoro silicone rubber), 비닐메틸실리콘 러버(vinyl methyl silicone rubber), 스티렌-부타디엔 러버(styrene-butadiene rubber), 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 러버(styrene-ethylene-butylene-styrene rubber), 아크릴 러버(acryl rubber), 부타디엔 러버(butadiene rubber), 클로로이소부틸렌 이소프렌러버(chloro isobutylene isoprene rubber), 폴리클로로프렌(polychloroprene rubber), 에피클로로히드린 러버(epichlorohydrin rubber), 에틸렌 프로필렌 러버(ethylene propylene rubber), 에틸렌프로필렌디엔 러버(ethylene propylene diene rubber), 폴리에테르우레탄 러버(polyether urethane rubber), 폴리이소프렌 러버(polyisoprene rubber), 이소부틸렌 이소프렌 부틸 러버(isobutylene isoprene butyl rubber), 아크릴로니트릴 부타디엔 러버(acrylonitrile butadiene rubber) 및 폴리우레탄 러버 (polyurethane rubber) 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0049] 상기 탄성체는 1 내지 1,000MPa의 탄성계수를 가질 수 있다.
- [0050] 상기 전도성 물질은 탄소나노튜브(CNT), 카본블랙, 그래핀, 흑연, 폴리(3,4-에틸렌이옥시티오펜)(PEDOT), Al, Au, Cu, Ag, Ti 및 Pt 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0051] 상기 압력센서는 압력 변화시 상기 돌출부가 상기 반도체층과 접촉하는 면적이 변화함에 의해 상기 드레인 전극의 전류가 변화할 수 있다.
- [0052] 도 2는 본 발명에 따른 압력센서의 측면도이며, 압력에 가해짐에 따라 트랜지스터의 채널 길이 (L), 너비 (W), 소스/드레인 전극과 게이트 전극간의 중첩 너비 (Lov)가 변함에 따라 드레인 전류가 증가하는 작동 원리를 나타낸다.
- [0053] 또한, 도 4는 본 발명에 따른 압력센서에 압력이 가해졌을 때, 전극이 변형되어 접촉 면적이 증가하는 모습을 나타낸다.
- [0054] 도 2 및 4를 참조하면, 상기 압력센서는 압력이 가해졌을 경우 소스 전극 및 드레인 전극과 반도체층과의 접촉 면적 변화로 인해 드레인 전류가 변하여 압력 측정이 가능할 수 있다. 상기 압력센서에 압력이 가해지면 소스 및 드레인 전극이 변형되면서 박막트랜지스터의 반도체 층과의 접촉 면적이 증가하게 되어 드레인 전류가 증가하고 이를 통해 압력측정이 가능할 수 있다.
- [0055] 또한, 상기 압력센서는 능동 매트릭스 (active matrix) 구동이 가능할 수 있는데, 일반적으로 압력에 따른 커패시턴스 및 저항의 변화를 이용한 압력센서들은 대면적 제작을 위해 여러 전극을 교차시켜 수동 매트릭스 (Passive matrix) 방법으로 사용할 수 있는데 수동 매트릭스의 경우 각 픽셀의 독립적인 컨트롤이 어려워 크로스토크가 발생할 수 있고 동작속도가 느리다는 단점이 있다. 그러나 본 발명은 박막 트랜지스터를 기반으로 하는 압력센서를 제조하기 때문에 대면적의 능동 매트릭스 (Active matrix) 방법으로 구동이 가능하다.
- [0056] 상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지할 수 있다.
- [0057] 상기 압력센서는 서브스레시홀드 영역에서 작동하여 압력을 감지함에 의해 높은 민감도를 가짐과 동시에 낮은 전력에서 구동할 수 있다.
- [0058] 상기 압력센서가 상기 게이트 전극 상에 상기 유전체층과 마주하는 방향의 반대방향으로 기판을 추가로 포함할 수 있다.
- [0059] 상기 기판이 규소, 유리, 고분자 및 금속으로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.

- [0060] 상기 고분자가 폴리에틸렌 2,6-나프탈레이트(Poly(ethylene 2,6-naphthalate), PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Poly(ethylene terephthalate), PET), 폴리이미드(Polyimide, PI), 폴리테르술폰(polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리테르 이미드(polyetherimide), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 셀룰로오스 트리 아세테이트(cellulose triacetate) 및 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propionate)로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있으며, 전자 피부에 적용하기 위해서 폴리에틸렌 2,6-나프탈레이트(Poly(ethylene 2,6-naphthalate), PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(Poly(ethylene terephthalate), PET), 폴리이미드(Polyimide, PI) 등의 부드러운 재질의 유연 기판을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0061] 상기 게이트 전극(110)이 Al, Au, Cu, Ag, Ti, Pt, graphene, carbon nano tube(CNT), PEDOT:PSS, 및 silver nanowire 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있고, 열증착(Thermal evaporation), 스퍼터링(Sputtering), PVD(physical vapor deposition), APCVD (Atmospheric pressure chemical vapor deposition), LPCVD (low pressure chemical vapor deposition), PECVD (plasma enhanced chemical vapor depositon) 등의 방법을 통해 박막으로 제조할 수 있으며, 프린팅 공정을 통해서도 제조할 수 있다.
- [0062] 상기 유전체층(120)이 parylene, polydimethylsiloxane (PDMS), Cytop, Polystyrene (PS), poly(methyl methacrylate) (PMMA), poly(vinyl pyrrolidone) (PVP), polyimide (PI), SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, HfO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 및 Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있으며, 다양한 유기 및 무기 유전체 물질을 포함할 수 있다.
- [0063] 또한, 상기 유전체층(120)은 CVD (chemical vapor deposition), 스핀 코팅 등의 용액 공정을 통해 박막을 형성할 수 있다.
- [0064] 상기 반도체층(130)이 N형 유기반도체, P형 유기반도체 및 산화물 반도체 중에서 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0065] 또한, 상기 반도체 층(130)은 스핀 코팅, 프린팅 등의 용액 공정 혹은 열증착(Thermal evaporation), 스퍼터링(Sputtering), PVD, LPCVD, PECVD 등의 공정을 통해 형성할 수 있다.
- [0066] 또한, 본 발명은 게이트 전극; 상기 게이트 전극 상에 형성되고, 유전체를 포함하는 유전체층; 상기 유전체층 상에 형성되고, 반도체를 포함하는 반도체층; 및 상기 반도체층 상에 형성된 패턴화된 소스 전극 및 패턴화된 드레인 전극;을 포함하는 압력센서이고, 상기 패턴화된 소스 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하고, 패턴화된 제1 패턴탄성부와, 상기 제1 패턴탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부;를 포함하고, 상기 패턴화된 드레인 전극은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하고, 패턴화된 제2 패턴탄성부와, 상기 제2 패턴탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부;를 포함하는 것인 압력센서를 제공한다.
- [0067] 도 3a는 탄성부와 전도부를 포함하는 탄성체가 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극으로 패턴닝된 모습을 나타낸 도면이고, 도 3b는 탄성부와 전도부를 포함하는 탄성체의 SEM 사진이다.
- [0068] 도 3a 및 3b를 참조하면, 상기 패턴화된 소스 전극 및 패턴화된 드레인 전극은 레이저 공정을 통해 소스, 드레인 전극모양으로 패턴화된 것일 수 있다.
- [0069] 또한, 상기 레이저 공정으로 전극의 모양, 채널 길이, 채널 너비를 조절하여 센서의 성능 조절이 가능할 수 있다.
- [0070] 또한, 본 발명은 (a) 게이트 전극(110)을 형성하는 단계; (b) 상기 게이트 전극(110) 상에 유전체를 포함하는 유전체층(120)을 형성하는 단계; (c) 상기 유전체층(120) 상에 반도체를 포함하는 반도체층(130)을 형성하여 게이트 전극/유전체층/반도체층을 제조하는 단계; (d) 소스 전극(140) 및 드레인 전극(150)을 형성하여 소스 전극/드레인 전극을 제조하는 단계; 및 (e) 상기 게이트 전극/유전체층/반도체층의 반도체층 상에 상기 소스 전극/드레인 전극을 위치시켜 압력센서를 제조하는 단계;를 포함하고, 상기 소스 전극(140)은 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제1 돌출부를 포함하는 제1 탄성부(141)와, 상기 제1 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제1 전도부(142);를 포함하고, 상기 드레인 전극(150)은 상기 탄성체를 포함하고, 상기 반도체층 방향으로 돌출된 제2 돌출부를 포함하는 제2 탄성부(151)와, 상기 제2 탄성부의 표면 상에 형성되고, 전도성 물질을 포함하는 제2 전도부(152);를 포함하는 것인 압력센서(100)의 제조방법을 제공한다.

- [0071] 상기 단계 (d)가 (d-1) 패턴이 형성된 몰드에 탄성체를 주입하여 탄성체를 포함하고, 돌출부를 포함하는 탄성부를 제조하는 단계; 및 (d-2) 상기 돌출부를 포함하는 탄성부의 표면에 전도성 물질을 코팅하여 전도성 물질을 포함하는 전도부를 탄성부 표면 상에 형성하여 소스 전극 및 드레인 전극을 제조하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0072] 단계 (d-2)의 코팅이 스프레이 코팅, 스퍼터링, 스핀 코팅, 열증착, 무전해도금 및 전극층 전사방법 중에서 선택된 어느 하나의 방법으로 수행될 수 있다.
- [0074] 이하에서는 본 발명을 실시예를 들어 더욱 상세하게 설명하도록 한다. 그러나 이는 예시를 위한 것으로서 이에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.
- [0076] [실시예]
- [0078] 실시예 1: 박막 트랜지스터 기반의 압력센서
- [0079] 유연하게 휘어지고 생체 친화적인 페릴린 (Parylene) 기판 위에 열 증착(thermal evaporation) 방식으로 Al을 박막으로 증착하여 바텀게이트(Bottom gate)를 제조하고, 그 위에 화학기상증착(Cheical vapor deposition, CVD) 방식으로 게이트 절연층(유전체층) 역할을 하는 페릴린 (Parylene) 박막을 제작한 후, 스핀코팅을 이용하여 P형 유기 반도체 물질인 Poly[3,6-bis(5-thiophen-2-yl)-2,5-bis(2-octyldodecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H,5H)-dione-2,2'-diyl-alt- thieno[3,2-b]thiophen-2,5-diyl] (DPP-DTT) 박막을 제조함으로써 전극이 없는 바텀게이트 구조의 박막 트랜지스터를 제조하였다.
- [0080] 다음으로, 직경 30 um, 간격 60um의 피라미드 패턴이 있는 몰드를 이용하여 액체상태의 탄성체 물질 폴리디메틸실록산(PMDS)을 붓고 압력을 가한 후, 건조시켜 마이크로 패턴을 포함하는 폴리디메틸실록산(PMDS)를 제조하고, 스프레이 코터를 이용하여 탄소나노튜브(SWNT)를 마이크로 패턴이 형성된 폴리디메틸실록산(PMDS) 표면에 코팅하였다. 이를 레이저 가공을 이용하여 상기 탄소나노튜브(SWNT) 코팅을 벗겨냄으로써 (PDMS는 유지되고 코팅된 SWNT만 벗겨지는 방식의 패터닝) 트랜지스터의 소스, 드레인 전극 모양으로 패터닝하여 패터닝된 전극을 바텀게이트 박막 트랜지스터 위에 얹어 박막 트랜지스터 기반의 압력센서를 제조하였다.
- [0082] [시험예]
- [0084] 시험예 1: 압력 측정 평가
- [0085] 도 5는 압력 측정 결과를 나타내는 그래프를 나타내는 것이다.
- [0086] 도 5를 참조하면, 압력이 가해짐에 따라 실시예 1에 따라 제조된 압력센서의 드레인 전류가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.
- [0087] 따라서 실시예 1에 따라 제조된 압력센서는 압력을 가하면 전극과 반도체 층과의 접촉 면적 변화로 인해 드레인 전류가 변하여 압력 측정이 가능하다는 사실을 알 수 있었다.
- [0089] 시험예 2: 압력에 따른 전류 변화량 비교
- [0090] 도 6은 압력에 따른 상대적인 전류 변화량을 나타내는 그래프를 나타낸 것이다.
- [0091] 도 6을 참조하면, 그래프의 접선의 기울기는 민감도를 의미하는데, 게이트 전압에 따라 민감도가 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 특히 서브스레시홀드 영역 ( $V_{GS} = -1.2V$ )에서 민감도가 현저히 증가하여 저전력 구동이 가능하다는 사실을 알 수 있었는데, 그 이유는 본 발명에 따른 압력 센서가 반도체 층과 소스, 드레인 전극 간의 접촉 저항의 변화에 기반하는데 서브스레시홀드 영역에서 접촉 저항이 지배적이기 때문에 접촉 면적 변화에 따른 전류 변화에 미치는 영향이 더 큰 영역이기 때문이다.
- [0093] 시험예 3: 압력센서의 성능 결과
- [0094] 도 7a 내지 7d는 서브스레시 홀드 영역에서 압력 센서를 작동하였을 때 센서의 성능을 나타내는데, 7a는 측정 가능한 최저 압력(Limit of detection), 7b는 안정성(stability), 7c는 반응 시간(response time) 및 7d는 내구성(durability)을 나타내는 그래프이다.
- [0095] 도 7a 내지 7d를 참조하면, 측정 가능한 최저 압력 (Limit of detection)은 12 Pa, 반응 시간 (response time)은 140 ms 이며, 5,000 cycle 동안 성능의 저하 없이 작동하는 사실을 알 수 있었다.
- [0097] 시험예 4: 압력센서의 저전압 구동

[0098] 도 8a는 3 um 두께의 플렉서블 Parylene 기판위에 제작된 5 x 5 (1 cm x 1 cm)의 능동 매트릭스 어레이를 나타내며, 도 8b는 문자 'E'의 2D 등고선지도이다.

[0099] 도 8a 및 8b를 참조하면, 서브스레시 홀드 영역에서 동작시킴으로서 높은 민감도를 갖기 때문에 더 큰 색깔의 대비를 보이며, 기존 동작 영역 보다 1000배 낮은 10 nW 수준의 낮은 전압에서 작동이 가능함을 보여준다.

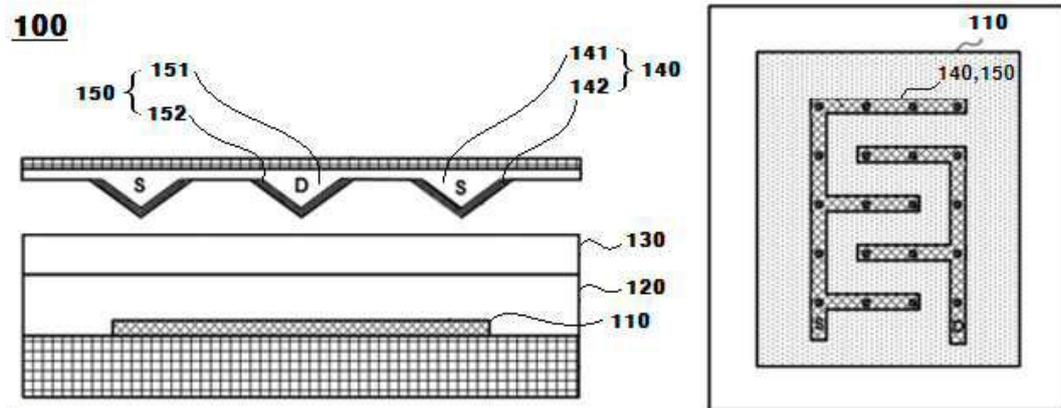
[0101] 이상에서 본 발명의 바람직한 구현예들에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

**부호의 설명**

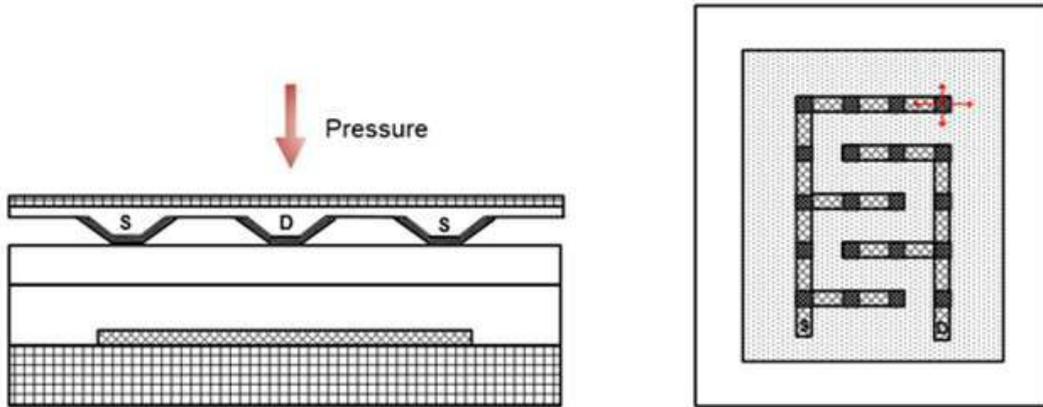
- [0102] 100: 본 발명에 따른 박막트랜지스터 기반 압력센서
- 110: 게이트 전극
- 120: 유전체층
- 130: 반도체층
- 140: 소스전극
- 150: 드레인 전극
- 141: 제1 탄성부 142: 제1 전도부
- 151: 제2 탄성부 152: 제2 전도부

**도면**

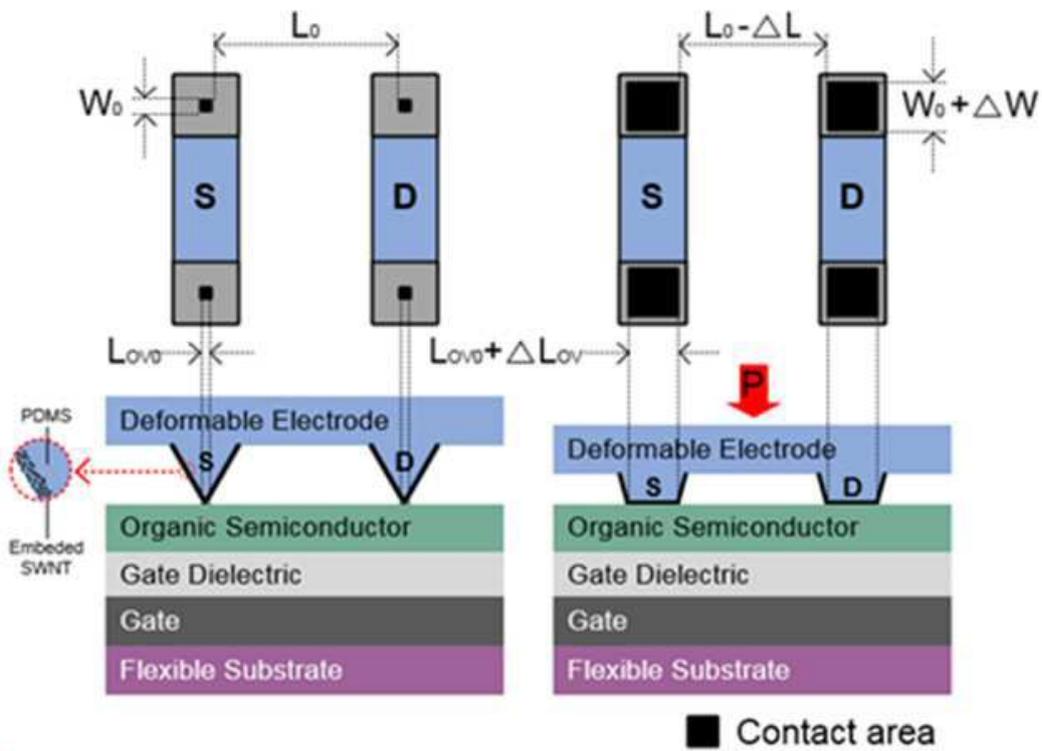
**도면1a**



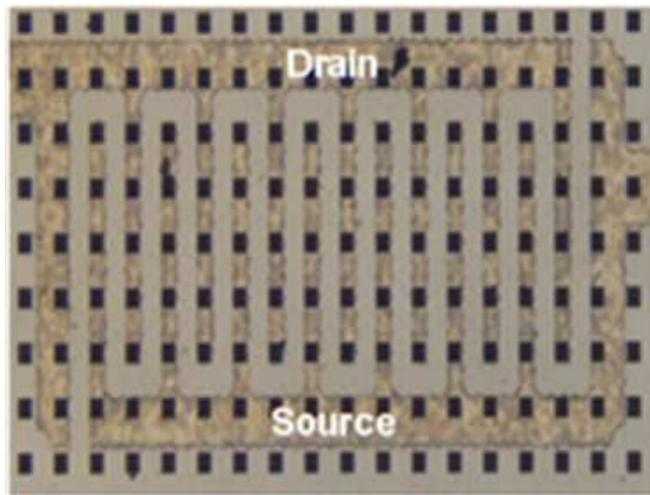
도면1b



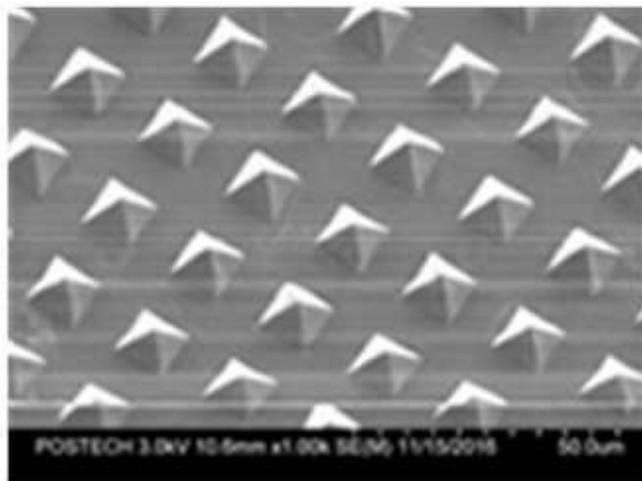
도면2



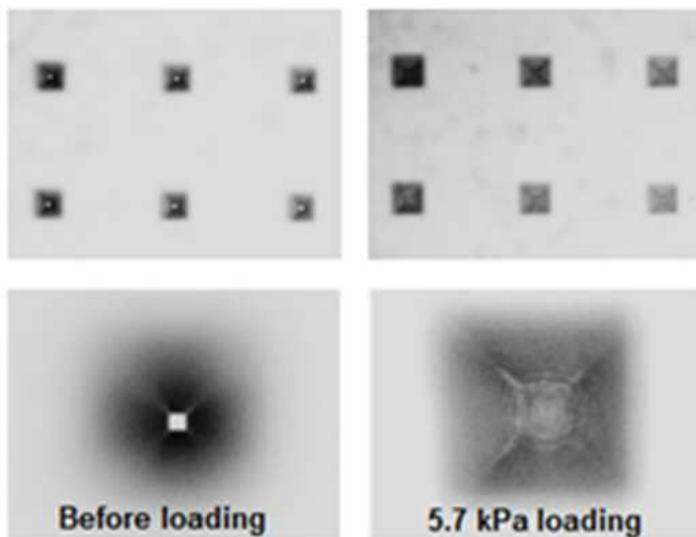
도면3a



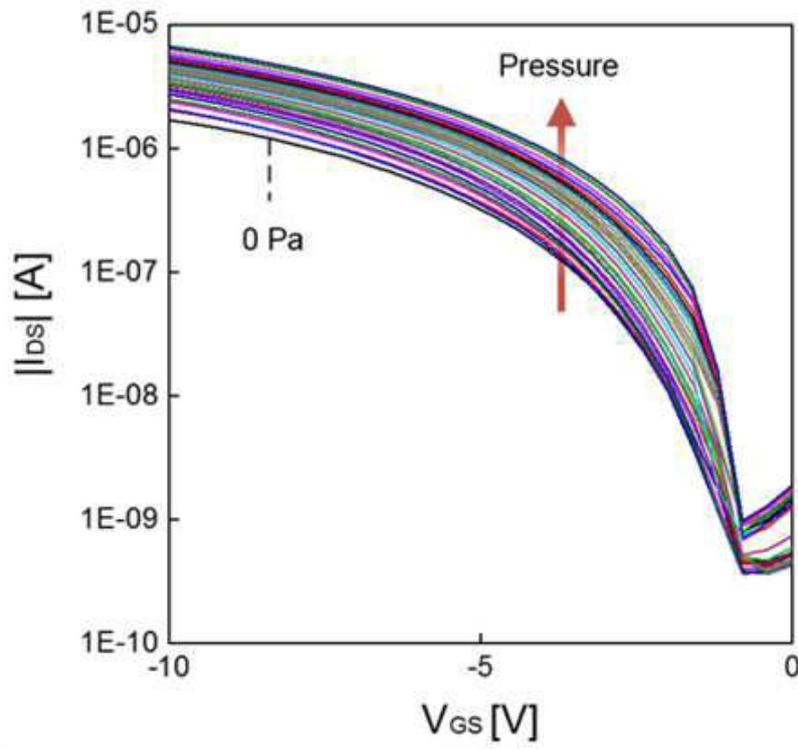
도면3b



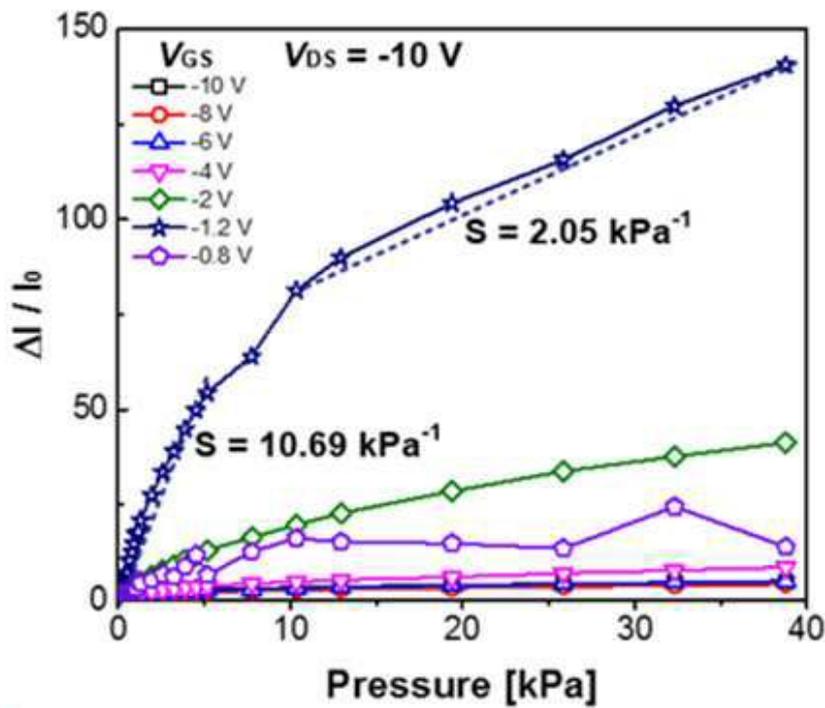
도면4



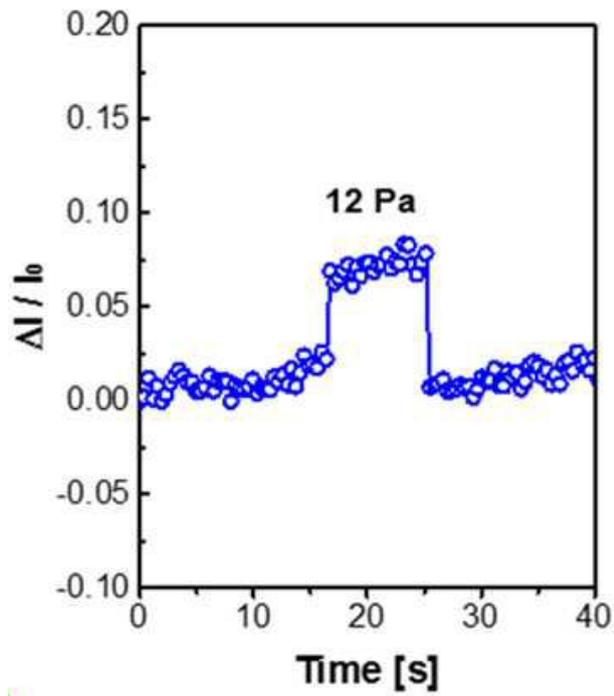
도면5



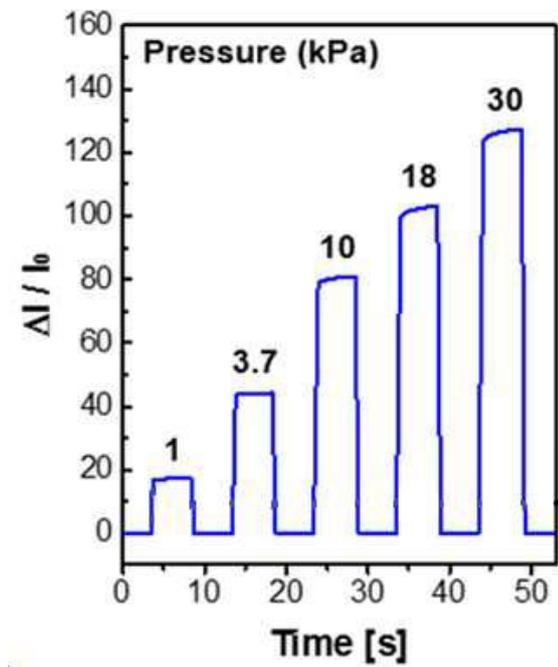
도면6



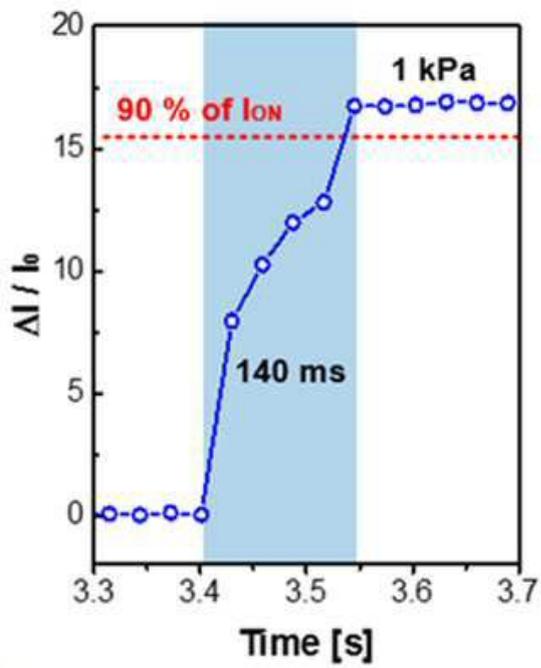
도면7a



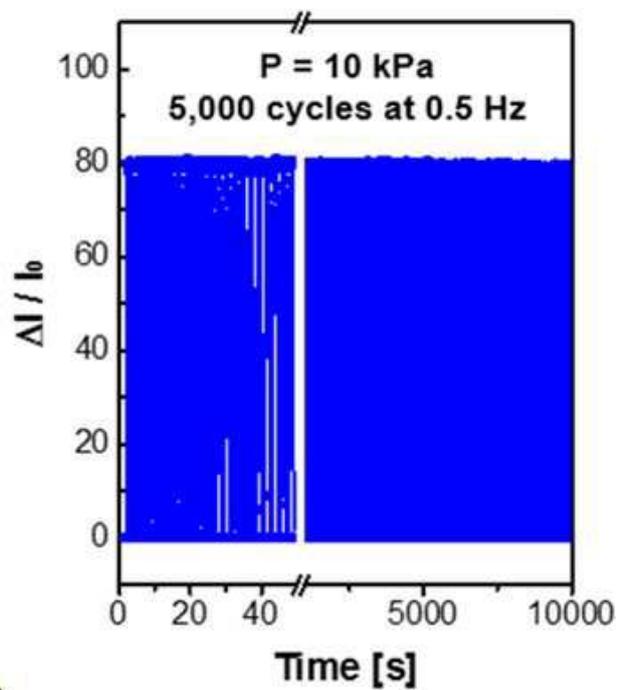
도면7b



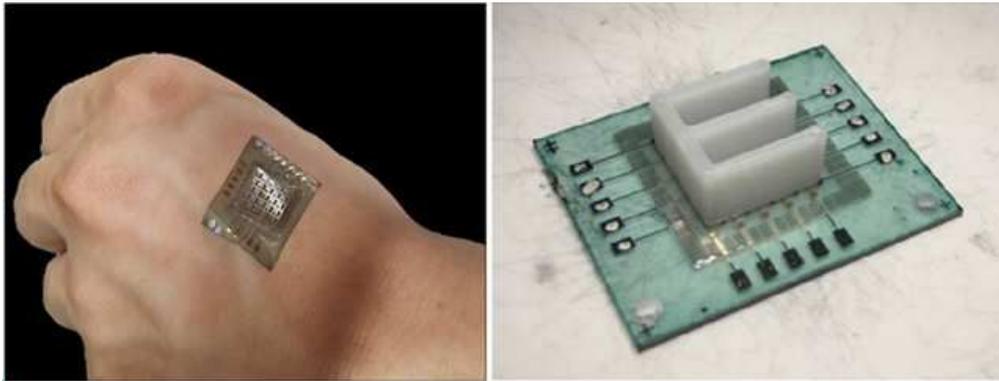
도면7c



도면7d



도면8a



도면8b

