



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년01월11일

(11) 등록번호 10-2623192

(24) 등록일자 2024년01월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/14 (2006.01) H01L 29/84 (2006.01)(52) CPC특허분류
G01L 1/14 (2013.01)
H01L 29/84 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0186115

(22) 출원일자 2021년12월23일

심사청구일자 2021년12월23일

(65) 공개번호 10-2023-0096537

(43) 공개일자 2023년06월30일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020180047432 A*

JP2013064681 A*

KR1020190058941 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

박진우

서울특별시 서초구 서초중앙로 188, A동 2207호

이소연

서울특별시 성북구 보국문로12길 24-6, 301호

김승록

서울특별시 서대문구 연희로10길 7, 103호

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 16 항

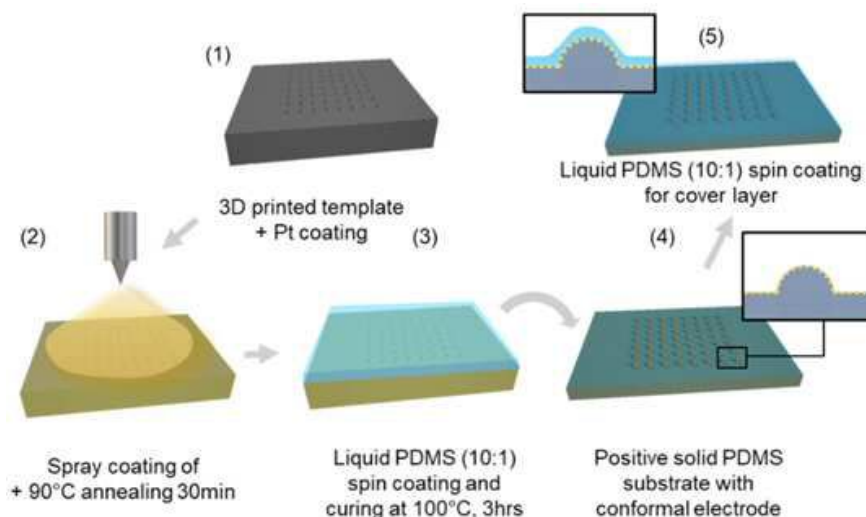
심사관 : 이성현

(54) 발명의 명칭 고민감성 돌기형 압력 센서를 위한 전극 구조체 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 고민감성 돌기형 압력 센서를 위한 전극 구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 전극 구조체에 의하면, 전극이 돌기 구조를 따라 전극이 형성되도록 하여 돌기 구조의 변형을 충분히 감지하여 낮은 압력 범위에서도 높은 민감도를 성취할 수 있음과 동시에 전극 외부에 고분자층을 추가적을 도입하여 우수한 안정성을 달성할 수 있는 장점이 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129226
과제번호	2021R1A2C2004297
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원사업
연구과제명	(통합Ezbaro)마찰발전원리를 이용한 자가동력형 인공 기저막

개발(1/3)(2021.3.1~2024.2.29)

기 여 율	70/100
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415170027
과제번호	20013621
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술거점센터육성시범사업
연구과제명	[RCMS]초임계 소재 산업기술거점센터(2/3)

기 여 율	30/100
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2021.12.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

제1고분자를 함유하는 2 이상의 돌기부를 포함하는 기관; 및
상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층;을 포함하고,
상기 전극층 상에 제2고분자를 함유하는 표면층이 순차적으로 위치하는, 전극 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,
서로 인접하는 상기 돌기부 사이의 간격은 100 μm 이상인, 전극 구조체.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 전극층은 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택되는, 전극 구조체.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 전극층은 금속 나노와이어를 포함하는, 전극 구조체.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 전극층은 표면층에 함입되어 외부로 노출되지 않는, 전극 구조체.

청구항 6

(a) 2 이상의 오목 우물부를 포함하는 몰드에 금속을 증착하여 금속 코팅 몰드를 제조하는 단계;
(b) 상기 금속 코팅 몰드에 결합되고, 제1고분자를 포함하는 2 이상의 돌기부 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 기관을 형성하는 단계; 및
(c) 상기 기관의 2 이상의 돌기부 상에 제2고분자를 포함하는 표면층을 형성하는 단계;
를 포함하는, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 금속은 알루미늄, 백금 및 인듐주석산화물로 이루어지는 군으로부터 선택되는, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 전극층은 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택되는 전도성 소재를 분사하는 단계; 및

상기 분사된 전도성 소재를 열처리하는 단계;로부터 제조되는 것인, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

(b-1) 상기 금속 코팅 몰드에 전극층을 형성하는 단계;

(b-2) 상기 전극층이 형성된 금속 코팅 몰드에 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계;

(b-3) 상기 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하여 2 이상의 돌기부 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 기관을 형성하는 단계; 및

(b-4) 상기 금속 코팅 몰드와 상기 기관을 분리하는 단계;를 포함하는, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1고분자는 실록산계 고분자인, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 (b) 단계는,

(b-1) 상기 금속 코팅 몰드에 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계;

(b-2) 상기 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하여 2 이상의 돌기부를 포함하는 기관을 형성하는 단계; 및

(b-3) 상기 기관의 2 이상의 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 형성하는 단계;를 포함하는, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1고분자는 PVDF계 고분자인, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제1고분자를 포함하는 용액의 양에 따라 기관의 두께를 조절하여 내재전극의 위치가 조절되는, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 14

삭제

청구항 15

제6항에 있어서,

상기 제2고분자는 상기 제1고분자와 동일한 고분자인, 전극 구조체의 제조방법.

청구항 16

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 따른 전극 구조체를 포함하는, 압력센서.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 압력센서를 마찰발전형 압력센서로 사용하였을 때, 압력에 의하여 압력센서가 이동한 변위에 따른 발전 전압의 변화량이 2 V/mm 이상인, 압력센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고민감성 돌기형 압력 센서를 위한 전극 구조체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 압력 자극은 아주 작은 소리의 영역부터, 공기중 유체의 흐름, 신체에서의 맥박, 터치, 발걸음 등에 이르는 넓은 스펙트럼을 가지고 있다. 이 중 인체 내/외에서 발생하는 작은 진동 범위를 갖는 압력자극을 감지하여 체내의 비이상적 징후를 예측하거나, 외부로부터의 정보를 얻기 위해서 웨어러블 형태의 작으면서도 고민감도를 가지는 압력센서가 필요하다.

[0004] 압력센서의 종류로는 전력을 소모하는 압저항형, 정전용량형과 전력을 소모하지 않는 자가발전 타입의 마찰발전형, 압전형이 있다. 이들은 각자 다른 원리와 특징을 가지고 있는데, 압저항형, 정전용량형 그리고 마찰발전형 압력센서에서는 작은 압력에서도 민감하게 전기적 시그널을 출력하기 위해서 돌기 구조를 도입하여 각각 접촉저항의 변화, 유전율의 변화 그리고 마찰면의 면적의 변화를 극대화하여, 민감도와 센싱 범위를 증가시키는 전략을 구현한다.

[0005] 하지만, 변화를 보이는 소자의 active 물질의 위치와 변화를 감지하는 전극이 멀리 떨어져 있어, 돌기 구조의 장점을 충분히 활용할 수 없어, 여전히 낮은 압력 범위에서의 높은 민감도 성취가 어려운 실정이다. 또한, 돌기 구조를 형성함에 있어 대부분 Si wafer를 에칭하여 몰드로 사용하기 때문에 기존의 연구에서 구현된 돌기구조는 구형, 피라미드, 원기둥 형으로 한정되어, 이는 압력 자극의 종류에 따라 요구되는 적합한 구조를 다양하게 구현하는데 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 돌기 구조를 따라 전극이 형성되도록 하여 돌기 구조의 변형을 충분히 감지하여 낮은 압력 범위에서도 높은 민감도를 성취할 수 있음과 동시에 전극 외부에 고분자층을 추가적을 도입하여 우수한 안정성을

달성할 수 있는 전극 구조체 및 이의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명은 제1고분자를 함유하는 2 이상의 돌기부를 포함하는 기관; 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 전극 구조체를 제공한다.
- [0010] 본 발명의 전극 구조체에 있어서, 상기 서로 인접하는 돌기부 사이의 간격은 100 μm 이상일 수 있다.
- [0011] 본 발명의 전극 구조체에 있어서, 상기 전극층은 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있고, 상기 전극층은 금속 나노와이어를 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 전극 구조체에 있어서, 상기 전극층 상에 제2고분자를 함유하는 표면층이 순차적으로 위치하며, 상기 전극층은 표면층에 함입되어 외부로 노출되지 않을 수 있다.
- [0013] 본 발명은 (a) 2 이상의 오목 우물부를 포함하는 몰드에 금속을 증착하여 금속 코팅 몰드를 제조하는 단계; 및 (b) 상기 금속 코팅 몰드에 결합되고, 제1고분자를 포함하는 2 이상의 돌기부 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 기관을 형성하는 단계를 포함하는 전극 구조체의 제조방법을 제공한다.
- [0014] 본 발명의 전극 구조체의 제조방법에 있어서, 상기 금속은 알루미늄, 백금 및 인듐주석산화물로 이루어지는 군으로부터 선택될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 전극 구조체의 제조방법에 있어서, 상기 전극층은 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택되는 전도성 소재를 분사하는 단계; 및 상기 분사된 전도성 소재를 열처리하는 단계로부터 제조되는 것일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 전극 구조체의 제조방법에 있어서, 상기 (b) 단계는 (b-1) 상기 금속 코팅 몰드에 전극층을 형성하는 단계; (b-2) 상기 전극층이 형성된 금속 코팅 몰드에 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계; (b-3) 상기 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하여 2 이상의 돌기부 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 기관을 형성하는 단계; 및 (b-4) 상기 금속 코팅 몰드와 상기 기관을 분리하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제1고분자는 실록산계 고분자일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 전극 구조체의 제조방법에 있어서, 상기 (b) 단계는 (b-1) 상기 금속 코팅 몰드에 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계; (b-2) 상기 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하여 2 이상의 돌기부를 포함하는 기관을 형성하는 단계; 및 (b-3) 상기 기관의 2 이상의 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 형성하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제1고분자는 PVDF계 고분자일 수 있으며, 상기 제1고분자를 포함하는 용액의 양에 따라 기관의 두께를 조절하여 내재전극의 위치가 조절될 수 있다.
- [0018] 본 발명의 전극 구조체의 제조방법에 있어서, 상기 (b) 단계 이후에, (c) 상기 기관의 2 이상의 돌기부 상에 제2고분자를 포함하는 표면층을 형성하는 단계를 포함할 수 있고, 상기 제2고분자는 상기 제1고분자와 동일한 고분자일 수 있다.
- [0019] 본 발명은 상기 전극 구조체를 포함하는 압력센서를 제공한다.
- [0020] 본 발명의 압력센서에 있어서, 상기 압력센서를 마찰발전형 압력센서로 사용하였을 때, 압력에 의하여 압력센서가 이동한 변위에 따른 발전 전압의 변화량이 2 V/mm 이상일 수 있다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따른 전극 구조체에 의하면, 전극이 돌기 구조를 따라 전극이 형성되도록 하여 돌기 구조의 변형을 충분히 감지하여 낮은 압력 범위에서도 높은 민감도를 성취할 수 있음과 동시에 전극 외부에 고분자층을 추가적으로 도입하여 우수한 안정성을 달성할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 실시예 2에 따른 전극 구조체의 제조방법을 개략적으로 나타낸 그림이다.
- 도 2는 실시예 3에 따른 전극 구조체의 제조방법을 개략적으로 나타낸 그림이다.

도 3은 실시예 1에 따른 전극 구조체를 SEM을 통하여 관찰한 그림이다.

도 4는 실시예 2에 따른 전극 구조체를 SEM을 통하여 관찰한 그림이다.

도 5는 실시예 3에 따른 전극 구조체에서 고분자 용액의 양에 따른 전극의 위치를 관찰한 그래프이다.

도 6은 실시예 1에 따른 전극 구조체를 포함하는 센서의 기계적 자극에 대한 안정성 시험으로, 높은 압력을 인가한 전/후의 민감도에 변화가 없음을 나타내는 그래프이다.

도 7 및 도 8은 실시예 1 및 비교예 1에 따른 전극 구조체를 포함하는 마찰발전형 센서에 일정한 압력을 가했을 때 발생하는 전압을 나타내는 그래프이다.

도 9는 실시예 1 및 비교예 1에 따른 전극 구조체를 포함하는 마찰발전형 센서에 일정한 주파수의 자극을 가했을 때 발생하는 전압을 나타내는 그래프이다.

도 10은 실시예 2에 따른 전극 구조체를 포함하는 마찰발전형 센서에 다른 대전특성을 갖는 두 가지 종류의 필름으로 압력에 대한 시험 시, 전기적 출력을 조절할 수 있음을 나타내는 그래프이다.

도 11 및 도 12는 정전용량형 센서에 실시예 1 및 비교예 1에 따른 전극 구조체를 포함하는 정전용량형 센서에 일정한 압력을 가했을 때 정전용량의 변화를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 전극 구조체를 상세히 설명한다.
- [0026] 다음에 소개되는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수 있으며, 이하 제시되는 도면들은 본 발명의 사상을 명확히 하기 위해 과장되어 도시될 수 있다.
- [0027] 이 때, 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명을 생략한다.
- [0028] 또한 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.
- [0029] 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 제1, 제2 등의 용어는 한정적인 의미가 아니라 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소와 구별하는 목적으로 사용된다.
- [0030] 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서 포함하다 또는 가지다 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 또는 구성 요소가 존재함을 의미하는 것이고, 특별히 한정하지 않는 한, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성요소가 추가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.
- [0031] 본 명세서 및 첨부된 특허청구범위에서, 막(층), 영역, 구성 요소 등의 부분이 다른 부분 위에 또는 상에 있다고 할 때, 다른 부분과 접하여 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막(층), 다른 영역, 다른 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0033] 본 발명의 전극 구조체는 제1고분자를 함유하는 2 이상의 돌기부를 포함하는 기판; 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층;을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0035] 일반적인 전극 구조체는 전력을 소모하는 압저항형 또는 정전용량형 압력센서에 국한되어 사용되는 반면, 본 발명의 일 구체예에 따른 전극 구조체는 압저항형 또는 정전용량형 압력센서뿐만 아니라, 전력을 소모하지 않는 자가발전 타입의 마찰발전형 압력센서에도 사용이 가능하여 전극의 변형으로 인해 마찰 대전값을 잘 전달할 수 있도록 하여 압력 민감도를 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 또한, 기판과 전극층이 embedding에 의하여 복합체를 형성하기 때문에 전극층이 기판에서 탈리되지 않고 물리적, 화학적으로 안정적으로 제작이 가능한 장점이 있다.
- [0037] 일 구체예에 있어, 상기 제1고분자는 상기 전극층과의 접착력이 우수한 고분자를 선택할 수 있고, 바람직하게는 탄성 중합체(elastomer) 계열의 고분자를 선택할 수 있으며, 보다 바람직하게는 실리콘 계열 고분자, 에폭시 고분자 및 우레탄 고분자로 이루어지는 군에서 선택할 수 있다. 상기 제1고분자의 비한정적인 예로 폴리아크릴레이트 고무(polyacrylate rubber, ACM), 에틸렌 아크릴 고무(ethylene acrylic rubber, AEM), 폴레에스터 우레

탄(polyester urethane, AU), 부타디엔 고무(butadiene rubber, BR), 클로로프렌 고무(chloroprene (or neoprene) rubber, CR), 클로로설포네이트 폴리에틸렌(chlorosulfonated polyethylene, CSM), 에틸렌 옥사이드 에피클로로하이드린 고무(ethylene oxide epichlorohydrin rubber, ECO), 에틸렌 프로필렌 다이엔 고무(ethylene propylene diene rubber, EPDM), 폴리에터 우레탄(polyether urethane, EU), 퍼플루오르엘라스토머(perfluoroelastomer, FFKM), 플루오르카본 고무(fluorocarbon rubber, FKM), 플루오르실리콘 고무(fluorosilicone rubber, FVMQ), 수소화된 니트릴 부타디엔 고무(hydrogenated nitrile butadiene rubber, HNBR), 이소프렌 고무(isoprene rubber, IR), 부틸 고무(butyl rubber, IIR), 니트릴 부타디엔 고무(nitrile butadiene rubber, NBR), 천연 고무(natural rubber, NR), 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS), 스티렌 부타디엔 고무(styrene butadiene rubber, SBR) 폴리부타디엔(polybutadiene, PB), 폴리우레탄(polyurethane, PU), 폴리우레탄 아크릴레이트(polyurethane acrylate, PUA), PVDF(polyvinylidene fluoride), PVDF-TrFE(poly(vinylidenefluoride-co-trifluoroethylene)) 및 실리콘 고무(silicone rubber, VMQ) 등을 사용할 수 있고, 바람직하게는 PDMS 또는 PVDF-TrFE를 사용할 수 있다.

- [0038] 일 구체예에 있어, 상기 돌기부의 구조는 원기둥형, 원뿔형, 반구형, 다각기둥형, 다각뿔형 등의 다양한 형상일 수 있고, 바람직하게는 반구형일 수 있다.
- [0039] 일 구체예에 있어, 상기 돌기부의 직경은 500 μm 이상일 수 있고, 바람직하게는 500 내지 2,000 μm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 600 내지 1,600 μm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 700 내지 1,200 μm 일 수 있다. 또한, 상기 돌기부의 높이는 500 μm 이상일 수 있고, 바람직하게는 500 내지 2,000 μm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 600 내지 1,600 μm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 700 내지 1,200 μm 일 수 있다. 따라서, 상기 돌기가 기판과 접하는 면에서의 돌기의 직경과 높이의 비는 1:0.1 내지 1:10 일 수 있고, 바람직하게는 1:0.2 내지 1:5 일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 1:0.5 내지 1:2 일 수 있다.
- [0040] 일 구체예에 있어, 상기 돌기부 사이의 간격은 100 μm 이상일 수 있고, 바람직하게는 100 내지 1,000 μm 일 수 있고, 바람직하게는 150 내지 750 μm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 200 내지 500 μm 일 수 있다. 일반적인 전극 구조체의 조방법에 의하여 제조된 전극 구조체는 수 나노미터 내지 수 마이크로미터의 작은 단위의 구조만 제작이 가능하나, 본 발명의 일 구체예에 따른 전극 구조체는 큰 단위의 구조를 제작할 수 있는 장점이 있다.
- [0041] 일 구체예에 있어, 상기 제1고분자의 탄성 계수는 1 내지 1,000 MPa 일 수 있고, 바람직하게는 1 내지 100 MPa 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 1 내지 10 MPa 일 수 있다. 상기 범위의 탄성 계수를 만족하는 경우, 압력센서의 민감도, 검출 한계 및 검출 가능 압력 범위가 우수한 장점이 있다.
- [0043] 일 구체예에 있어, 상기 전극층은 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택할 수 있고, 바람직하게는 금속 나노와이어, 금속 나노튜브, 금속 나노입자, 탄소 나노와이어, 탄소 나노튜브, 탄소 나노입자, 그래핀 및 PEDOT:PSS로 이루어지는 군으로부터 선택할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 금속 나노와이어를 선택할 수 있다. 상기 금속 나노와이어, 금속 나노튜브 또는 금속 나노입자에 포함되는 금속의 비한정적인 예로 은(Ag), 백금(Pt), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 몰리브덴(Mo), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 레늄(Re), 팔라듐(Pd), 바나듐(V), 텅스텐(W), 코발트(Co), 철(Fe), 셀레늄(Se), 니켈(Ni), 비스무트(Bi), 주석(Sn), 크롬(Cr), 티타늄(Ti), 금(Au), 세륨(Ce) 및 구리(Cu) 등을 사용할 수 있고, 바람직하게는 은 또는 구리를 사용할 수 있다.
- [0044] 일 구체예에 있어, 상기 전극층의 두께는 스프레이 코팅하는 양에 따라 변동이 가능하며, 0.5 내지 5 μm 일 수 있고, 바람직하게는 1 내지 2 μm 일 수 있다. 상기 범위의 전극층의 두께를 만족하는 경우, 제1고분자의 embedding이 용이하여 등각 접촉형 전극의 제작이 용이하고, 압력센서의 민감도를 유지함과 동시에 전극층이 깨지는 것을 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [0046] 일 구체예에 있어, 상기 전극층 상에 제2고분자를 함유하는 표면층이 순차적으로 위치하며, 상기 전극층은 표면층에 함입되어 외부로 노출되지 않을 수 있다.
- [0047] 마찰발전형 압력센서에서는 구조체뿐만 아니라 접촉하는 면의 전기적 특성(대전량, 전하밀도 등)이 반영되기 때문에 노출전극은 전도체로서 한 종류의 대전 특성을 가지는데, 상기 전극층 상에 제2고분자를 함유하는 표면층을 위치시킴에 따라, 다양한 종류의 대전 쌍을 토대로 쌍전극(paired electrode) 구조 및 단일전극(single electrode) 구조에서 튜닝성(tunability)을 줄 수 있다. 즉, 마찰발전형 압력센서에서 표면층의 조절을 통해, 사람의 피부로 터치할 때 가장 높은 전기적 출력이 나오도록 조절할 수도 있고, 직물 등의 옷이 닿는 구조에서 높은 출력이 나오게 할 수 있는 장점이 있다.

- [0049] 일 구체예에 있어, 상기 제2고분자는 상기 제1고분자와 동일한 고분자를 선택할 수 있다. 상기 제2고분자를 전극층 상에 증착함으로써 인하여 압력센서의 민감도를 유지함과 동시에 전극층이 움직이거나 깨지는 것을 방지하여 압력센서의 안정성이 우수한 장점이 있다.
- [0050] 일 구체예에 있어, 상기 제2고분자를 함유하는 표면층의 두께는 돌기부의 직경에 대비하여 1/10 내지 1/100의 비율을 가질 수 있고, 바람직하게는 1/50 내지 1/100의 비율을 가질 수 있다. 상기 범위의 표면층의 두께를 만족하는 경우, 구조체의 형상을 잘 반영하여, 압력센서의 민감도를 유지함과 동시에 전극층이 깨지는 것을 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [0051] 또한, 상기 표면층의 최외부로부터 전극층까지의 깊이는 10 내지 30 μm 일 수 있고, 바람직하게는 10 내지 25 μm 일 수 있고, 더욱 바람직하게는 10 내지 20 μm 일 수 있으나, 그 깊이는 하기 단계 (c)의 표면층을 형성하는 조건에 따라 조절할 수 있다.
- [0053] 본 발명의 전극 구조체의 제조방법은 (a) 2 이상의 오목 우물부를 포함하는 몰드에 금속을 증착하여 금속 코팅 몰드를 제조하는 단계; 및 (b) 상기 금속 코팅 몰드에 결합되고, 제1고분자를 포함하는 2 이상의 돌기부 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 기판을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0054] 일반적인 전극 구조체의 제조방법은 실리콘 에칭 방식이나, 자연에서의 재료를 몰드로 사용하여 패턴을 제작하기 때문에 특정한 모양에 국한되는 단점이 있었다. 또한, 이미 형성된 전극 구조체 위에 전극층을 코팅하기 때문에, 마찰이 진행되면 전극층이 탈리되어 전극이 불안정하고, 기계적으로 유연하지 못한 단점이 있었다. 반면, 본 발명의 일 구체예에 따른 전극 구조체의 제조방법에 따르면 3D 프린팅을 이용하여 몰드를 제작할 수 있기 때문에 다양한 형상의 전극 구조체를 제조할 수 있고, embedding 방식으로 전극 구조체를 제작할 수 있기 때문에 기계적, 화학적으로 안정한 장점이 있다.
- [0056] 일 구체예에 있어, 상기 (a) 단계에서 몰드에 금속을 증착하여 금속 코팅 몰드를 제조할 수 있고, 상기 금속의 비한정적인 예로 알루미늄(Al), 갈륨(Ga), 인듐(In), 티타늄(Ti), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag) 인듐주석산화물(ITO) 등을 사용할 수 있고, 바람직하게는 알루미늄, 백금, 인듐주석산화물을 사용할 수 있으며, 가장 바람직하게는 백금을 사용할 수 있다. 상기 몰드는 광경화성 고분자로 구성될 수 있고, 광경화성 고분자는 빛을 받아서 단량체 사이의 결합이 형성되어 경화되는데, 이 때, 상기 제1고분자를 구성하는 단성 중합체 계열의 고분자는 몰드를 구성하는 광경화성 고분자에서 완전히 경화되지 않은 단량체에 인하여 경화가 저해되는 문제가 있다. 이에, 상기 금속을 포함하는 층을 사용하는 경우, 제1고분자의 경화가 저해되는 문제를 방지하고, 몰드의 탈착 후에 전극층 및 제1고분자를 포함하는 기판의 손상을 방지할 수 있는 장점이 있다.
- [0058] 일 구체예에 있어, 상기 전극층은 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택되는 전도성 소재를 분사하는 단계; 및 상기 분사된 전도성 소재를 열처리하는 단계로부터 제조되는 것일 수 있다.
- [0060] 일 구체예에 있어, 상기 (b) 단계는 (b-1) 상기 금속 코팅 몰드에 전극층을 형성하는 단계; (b-2) 상기 전극층이 형성된 금속 코팅 몰드에 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계; (b-3) 상기 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하여 2 이상의 돌기부 및 상기 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 포함하는 기판을 형성하는 단계; 및 (b-4) 상기 금속 코팅 몰드와 상기 기판을 분리하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0062] 일 구체예에 있어, 상기 (b-1) 단계에서 전극층을 형성하는 단계는 스프레이 코팅에 의하여 형성할 수 있다. 상기 스프레이 코팅은 압축된 기체를 이용하여 용매와 섞인 형태의 전극 재료를 분사하여 전극층을 형성하는 단계일 수 있다. 상기 용매의 끓는점보다 높은 온도에서 용매와 섞인 형태의 전극 재료를 분사하여 용매는 선택적으로 증발하고, 전극 재료만 남아 전극층을 형성하는 방식일 수 있다.
- [0063] 상기 전극 재료는 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택할 수 있고, 바람직하게는 금속 나노와이어, 금속 나노튜브, 금속 나노입자, 탄소 나노와이어, 탄소 나노튜브, 탄소 나노입자, 그래핀 및 PEDOT:PSS로 이루어지는 군으로부터 선택할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 금속 나노와이어를 선택할 수 있다. 상기 금속 나노와이어, 금속 나노튜브 또는 금속 나노입자에 포함되는 금속의 비한정적인 예로 은(Ag), 백금(Pt), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 몰리브덴(Mo), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 레늄(Re), 팔라듐(Pd), 바나듐(V), 텅스텐(W), 코발트(Co), 철(Fe), 셀레늄(Se), 니켈(Ni), 비스무트(Bi), 주석(Sn), 크롬(Cr), 티타늄(Ti), 금(Au), 세륨(Ce) 및 구리(Cu) 등을 사용할 수 있고, 바람직하게는 은 또는 구리를 사용할 수 있다.

- [0065] 일 구체예에 있어, 상기 (b-2) 단계의 제1고분자는 탄성 중합체 계열의 고분자일 수 있고, 바람직하게는 실록산계 고분자일 수 있다. 상기 탄성 중합체 계열의 고분자를 사용함으로써 인하여 내재전극 구조체의 탄성을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.
- [0066] 상기 (b-2) 단계에서 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계는 스핀 코팅 또는 드랍 캐스팅에 의하여 코팅할 수 있다. 상기 조건을 만족하는 경우, 전극층이 움직이거나 깨지는 것을 방지할 수 있고, 제1고분자를 포함하는 용액과 전극층이 탈리되지 않아 압력센서의 안정성이 우수한 장점이 있다.
- [0068] 일 구체예에 있어, 상기 (b-3) 단계에서 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하는 단계는 탄성 중합체를 경화하는데 통상적으로 사용되는 방법으로 수행되면 무방하다. 일 예로, 고온 열경화, 상온경화, 자외선경화, 초음파경화 등에 의해 수행될 수 있고, 바람직하게는 고온 열경화에 의해 수행될 수 있다. 이 때, 상기 용액을 100 내지 200℃에서 경화할 수 있고, 바람직하게는 120 내지 180℃에서 경화할 수 있으며, 1분 내지 2시간 동안 경화할 수 있고, 바람직하게는 10분 내지 1시간 동안 경화할 수 있다. 상기 온도 및 시간 범위 내에서 경화함으로써 인하여 짧은 시간 동안 고온에서 경화하기 때문에 금속 증착된 3D printed 몰드 내부로 탄성 중합체가 침투하는 것을 방지할 수 있는 장점이 있다.
- [0070] 일 구체예에 있어, 상기 (b) 단계는 (b-1) 상기 금속 코팅 몰드에 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계; (b-2) 상기 제1고분자를 포함하는 용액을 경화하여 2 이상의 돌기부를 포함하는 기판을 형성하는 단계; 및 (b-3) 상기 기판의 2 이상의 돌기부의 표면을 따라 등각적으로 위치하는 전극층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0072] 일 구체예에 있어, 상기 (b-1) 단계의 제1고분자는 탄성 중합체 계열의 고분자가 아닐 수 있고, 바람직하게는 PVDF계 고분자일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 PVDF-TrFE 일 수 있다.
- [0073] 상기 (b-1) 단계에서 제1고분자를 포함하는 용액을 코팅하는 단계는 제1고분자가 용해된 용액을 사용할 수 있고, 이를 스핀 코팅 또는 드랍 캐스팅에 의하여 코팅할 수 있다. 여기서 제1고분자가 용해된 용액의 양에 따라 기판의 두께를 조절하여 내재전극의 위치를 조절할 수 있다. 상기 용액의 농도는 1 내지 20 wt% 일 수 있고, 바람직하게는 5 내지 15 wt% 일 수 있으며, 용액의 양은 100 내지 2,000 mg 사용할 수 있고, 바람직하게는 200 내지 1,800 mg 사용할 수 있고, 가장 바람직하게는 300 내지 1,600 mg 사용할 수 있다. 상기 농도 및 양의 용액을 사용하는 경우, 내재전극의 위치가 조절되어 어떤 압력에서 가장 민감한 반응을 보일지 용이하게 조절이 가능하다는 장점이 있다.
- [0075] 일 구체예에 있어, 상기 (b-2) 단계에서 제1고분자를 포함하는 용액을 가열하는 단계는 상기 용액을 100℃ 이하로 가열할 수 있고, 바람직하게는 60 내지 100℃로 가열할 수 있으며, 1 내지 5시간 동안 가열할 수 있고, 바람직하게는 1.5 내지 3시간 동안 가열할 수 있다. 상기 온도 및 시간 범위 내에서 가열함으로써 인하여 용매의 끓는점 이하의 온도에서 상기 용액에 포함되는 용매가 휘발되고 남은 고분자가 필름을 형성하게 되는 장점이 있다.
- [0077] 일 구체예에 있어, 상기 (b-3) 단계에서 전극층을 형성하는 단계는 스프레이 코팅에 의하여 형성할 수 있다. 상기 스프레이 코팅은 압축된 기체를 이용하여 용매와 섞인 형태의 전극 재료를 분사하여 전극층을 형성하는 단계일 수 있다. 상기 용매의 끓는점보다 높은 온도에서 용매와 섞인 형태의 전극 재료를 분사하여 용매는 선택적으로 증발하고, 전극 재료만 남아 전극층을 형성하는 방식일 수 있다.
- [0078] 상기 전극 재료는 전도성 1차원 금속 소재, 전도성 1차원 탄소 소재, 전도성 2차원 금속 소재, 전도성 2차원 탄소 소재 및 전도성 고분자로 이루어지는 군으로부터 선택할 수 있고, 바람직하게는 금속 나노와이어, 금속 나노튜브, 금속 나노입자, 탄소 나노와이어, 탄소 나노튜브, 탄소 나노입자, 그래핀 및 PEDOT:PSS로 이루어지는 군으로부터 선택할 수 있으며, 더욱 바람직하게는 금속 나노와이어를 선택할 수 있다. 상기 금속 나노와이어, 금속 나노튜브 또는 금속 나노입자에 포함되는 금속의 비한정적인 예로 은(Ag), 백금(Pt), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 몰리브덴(Mo), 오스뮴(Os), 이리듐(Ir), 레늄(Re), 팔라듐(Pd), 바나듐(V), 텅스텐(W), 코발트(Co), 철(Fe), 셀레늄(Se), 니켈(Ni), 비스무트(Bi), 주석(Sn), 크롬(Cr), 티타늄(Ti), 금(Au), 세륨(Ce) 및 구리(Cu) 등을 사용할 수 있고, 바람직하게는 은 또는 구리를 사용할 수 있다.
- [0080] 일 구체예에 있어, 상기 (b) 단계 이후에, (c) 상기 기판의 2 이상의 돌기부 상에 제2고분자를 포함하는 표면층을 형성하는 단계를 추가적으로 포함할 수 있고, 상기 표면층을 형성하는 단계는 스핀 코팅 또는 드랍 캐스팅에 의하여 형성할 수 있다. 마찰발전형 압력센서에서는 구조체뿐만 아니라 접촉하는 면의 전기적 특성 (대전량, 전하밀도 등)이 반영되기 때문에 노출전극은 전도체로서 한 종류의 대전 특성을 가지는데, 상기 전극층 상에 제2고분자를 함유하는 표면층을 위치시킴에 따라, 다양한 종류의 대전 쌍을 토대로 쌍전극(paired electrode) 구조

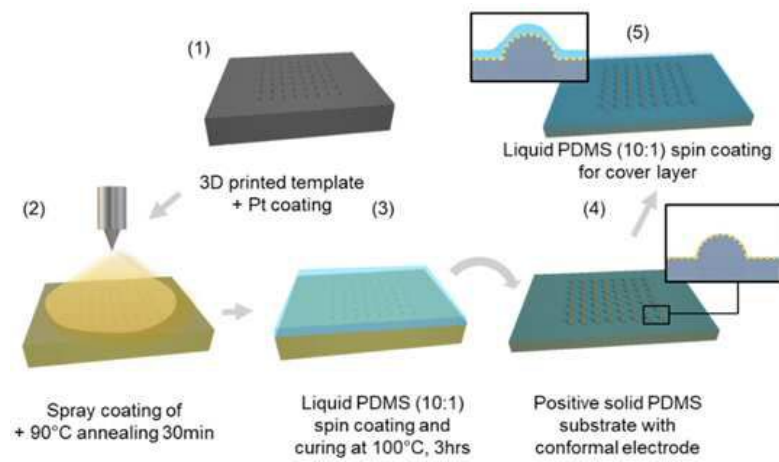
및 단일전극(single electrode) 구조에서 튜닝성(tunability)을 줄 수 있다. 즉, 마찰발전형 압력센서에서 표면층의 조절을 통해, 사람의 피부로 터치할 때 가장 높은 전기적 출력이 나오도록 조절할 수도 있고, 직물 등의 옷이 닿는 구조에서 높은 출력이 나오게 할 수 있는 장점이 있다.

- [0082] 본 발명은 상기 전극 구조체 및 상기 전극 구조체의 제조방법에 의하여 제조된 전극 구조체를 포함하는 압력센서를 제공한다.
- [0083] 일 구체예에 있어, 상기 압력센서를 마찰발전형 압력센서로 사용하였을 때, 압력에 의하여 압력센서가 이동하게 되고, 압력센서가 이동한 변위에 따라 전극층에 의하여 전압이 발전되는데, 이 때 압력센서가 이동한 변위에 따른 발전 전압의 변화량이 2 V/mm 이상일 수 있고, 바람직하게는 2 내지 10 V/mm 일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 2 내지 5 V/mm 일 수 있다.
- [0084] 일 구체예에 있어, 상기 압력센서를 정전용량형 압력센서로 사용하였을 때, 압력에 의하여 압력센서가 이동하게 되고, 압력센서가 이동한 변위에 따라 전극층에 의하여 정전용량이 발생하는데, 이 때 압력센서가 이동한 변위에 따른 정전용량의 변화량이 1 F/mm 이상일 수 있고, 바람직하게는 1 내지 10 F/mm 일 수 있으며, 더욱 바람직하게는 1 내지 5 F/mm 일 수 있다.
- [0086] 이하 본 발명을 실시예를 통해 상세히 설명한다. 다만, 이들은 본 발명을 보다 상세하게 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 권리범위가 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0088] <실시예 1> PDMS 고분자를 포함하는 노출전극 구조체의 제조
- [0089] 먼저, High temperature resin을 사용한 3D printed 몰드에 이온플라즈마 장비로 백금(Pt)을 증착하였다. 그 후, 0.31 wt%(in ethanol)의 나노와이어(AgNW)를 spray gun으로 분사 후 100℃에서 30분간 열처리하였다. 그 후, PDMS를 curing agent 와 10:1 로 섞어 1000 rpm의 속도로 30초 동안 스핀 코팅한 뒤, 이어서 500 rpm의 속도로, 30초 동안 스핀 코팅하였다. 이때, 스핀 코팅 조건은 원하는 최종 두께에 따라 가감이 가능하다. 그 후, 시료를 160℃에서 2시간 동안 열처리하였다. 다음으로, 물 속에 상기 시료를 담겨 몰드를 떼어내면 양각으로 구조체가 생긴 PDMS를 확인할 수 있다.
- [0091] <실시예 2> PDMS 고분자를 포함하는 내재전극 구조체의 제조
- [0092] 상기 실시예 1에서 제조한 노출전극 구조체 위에 PDMS를 curing agent 와 10:1 로 섞어 스핀 코팅하는 단계를 추가적으로 수행하여 제조하였다.
- [0093] 구체적인 제조방법은 도 1에 나타내었다.
- [0095] <실시예 3> PVDF-TrFE 고분자를 포함하는 내재전극 구조체의 제조
- [0096] 먼저, High temperature resin을 사용한 3D printed 몰드에 이온플라즈마 장비로 백금(Pt)을 증착하였다. 그 후, PVDF-TrFE 용액을 몰드에 스핀 코팅 또는 드랍 캐스팅하고, 추가 열처리를 통해 용매를 증발시켜 얇은 PVDF-TrFE 층이 몰드에 남도록 했다. 상기 PVDF-TrFE/몰드 위에 AgNW를 스프레이 코팅하고, 다시 PVDF-TrFE 용액을 코팅 후, 열처리를 통해 용매를 증발시킨 후, 몰드를 제거하여 내재전극이 형성된 필름을 제조하였다.
- [0097] 구체적인 제조방법은 도 2에 나타내었다.
- [0099] <비교예 1> 전극이 돌기 구조를 따라 형성되지 않는 전극
- [0100] 금속 코팅이 된 3D printed mold에 PDMS를 curing agent 와 10:1 로 섞어 스핀 코팅하고, 이후, 전극층을 spray coating하고, 그 위를 다시 PDMS로 덮어 구조체의 반대쪽 flat한 부분에 전극이 형성되도록 제조하였다.
- [0102] <실험예 1> 전극 구조체의 구조 분석
- [0103] 먼저, 본 발명의 실시예 1에 따른 노출전극 구조체의 구조를 SEM을 통하여 관찰하였다.
- [0104] 도 3을 참조하면, 구형의 돌기의 표면을 따라 은 나노와이어 전극층이 형성되었음을 확인할 수 있다. 상기 돌기 구조의 직경은 약 400 μm 를 가지고, 은 나노와이어 전극층의 두께는 약 1 μm 임을 알 수 있다.
- [0106] 다음으로, 본 발명의 실시예 2에 따른 내재전극 구조체의 구조를 SEM을 통하여 관찰하였다.
- [0107] 도 4를 참조하면, 전극층이 나노와이어 형태임을 확인할 수 있고, 상기 전극층 상에 고분자층이 형성되었음을 확인할 수 있으며, 상기 고분자층의 두께는 약 13 내지 18 μm 임을 알 수 있다.

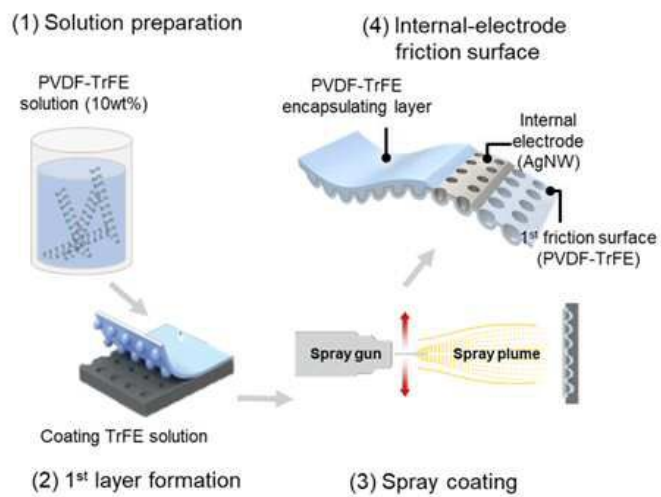
- [0109] 다음으로, 본 발명의 실시예 3에 따른 내재전극 구조체에서 PVDF-TrFE 용액의 양에 따른 내재전극의 위치를 관찰하였다.
- [0110] 도 5를 참조하면, PVDF-TrFE 용액의 양을 500, 700, 1,000, 1,500 mg로 증가함에 따라, 내재전극의 위치가 107.73, 136.85, 181.11, 202.79 μm 로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 즉, PVDF-TrFE 용액의 양을 조절하여 내재전극의 위치를 조절할 수 있음을 확인할 수 있고, 구체적으로 PVDF-TrFE 용액의 양이 증가함에 따라, 내재전극의 위치가 더 깊은 곳에 위치하는 것을 확인할 수 있다.
- [0112] <실험예 2> 전극 구조체의 안정성 분석
- [0113] 본 발명의 실시예 1에 따른 노출전극 구조체의 기계적, 화학적인 안정성을 평가하기 위하여 일정한 자극을 가하였을 때 센서의 민감도를 관찰하였다.
- [0114] 도 6을 참조하면, 약 70% 이상의 strain을 가하거나, 약 9 kPa 이상의 압력을 가한 것과 같이 높은 기계적 자극을 가한 경우에도, 센서의 민감도가 초기와 큰 차이 없이 유지되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 전극 구조체는 embedding 방식으로 제작하여 높은 기계적 자극에도 민감도가 유지되는 것으로 보아 기계적, 화학적 안정성이 높은 것을 알 수 있다.
- [0116] <실험예 3> 마찰발전형 센서의 성능 분석
- [0117] 마찰발전형 센서에 실시예 1에 따른 전극 또는 비교예 1에 따른 전극을 적용하여 일정 시간 동안 자극을 가했을 때, 발생하는 전압을 비교하였다.
- [0118] 도 7에서 알 수 있는 바와 같이, 비교예 1에 따른 전극에 비해 실시예 1에 따른 전극에 자극을 가하는 경우, 동일한 자극을 동일한 시간동안 가하여도 발생하는 전압의 양이 현저하게 증가하는 것을 확인하였다.
- [0119] 즉, 상기 실험 결과를 정리하면, 도 8에서 알 수 있는 바와 같이, 압력(변위)에 대응한 발전 전압의 민감도가 비교예 1에 따른 전극에 비해서 실시예 1에 따른 전극이 큰 것을 확인하였다.
- [0121] 또한, 도 9에서 알 수 있는 바와 같이, 낮은 압력 범위의 높은 주파수에서도 비교예 1에 따른 전극에 비해서 실시예 1에 따른 전극이 높은 압력 민감 출력을 보이는 것을 확인하였다.
- [0123] 다음으로, 실시예 2에 따른 내재전극 구조체를 포함하는 마찰발전형 압력센서에서 다양한 종류의 대전 쌍을 토대로 쌍전극(paired electrode) 구조 및 단일전극(single electrode) 구조에서 튜닝성(tunability)을 관찰하였다.
- [0124] 도 10을 참조하면, 표면층 또는 전도체의 종류에 따라 튜닝성이 있는 전기적 출력이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 즉, 마찰발전형 압력센서에서 표면층의 조절을 통해, 사람의 피부로 터치할 때 가장 높은 전기적 출력이 나오도록 조절할 수도 있고, 직물 등의 옷이 닿는 구조에서 높은 출력이 나오게 할 수 있는 장점이 있다.
- [0126] <실험예 4> 정전용량형 센서의 성능 분석
- [0127] 정전용량형 센서에 실시예 1에 따른 전극 또는 비교예 1에 따른 전극을 적용하여 일정 시간 동안 자극을 가했을 때, 발생하는 전압을 비교하였다.
- [0128] 도 11에서 알 수 있는 바와 같이, 비교예 1에 따른 전극에 비해 실시예 1에 따른 전극에 자극을 가하는 경우, 동일한 자극을 동일한 시간동안 가해도 발생하는 전압의 양이 현저하게 증가하는 것을 확인하였다.
- [0130] 즉, 상기 실험 결과를 정리하면, 도 12에서 알 수 있는 바와 같이, 압력(변위)에 대응한 정전용량의 변화 민감도가 비교예 1에 따른 전극에 비해서 실시예 1에 따른 전극이 큰 것을 확인하였다.
- [0132] 상기 실험예에 따라, 본 발명에 따른 전극 구조체 및 이를 포함하는 센서에 의하면, 전극이 돌기 구조를 따라 형성되어 돌기 구조의 변형을 충분히 감지할 수 있기 때문에, 낮은 압력 범위에서도 높은 민감도를 얻을 수 있는 장점이 있다.

도면

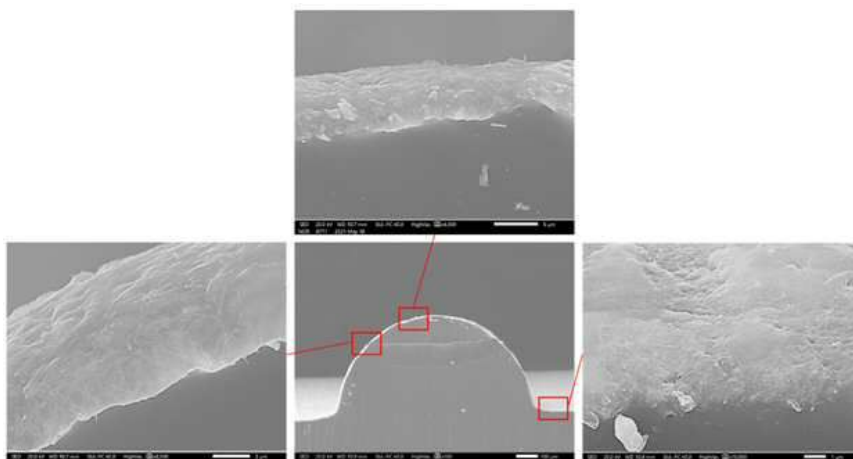
도면1



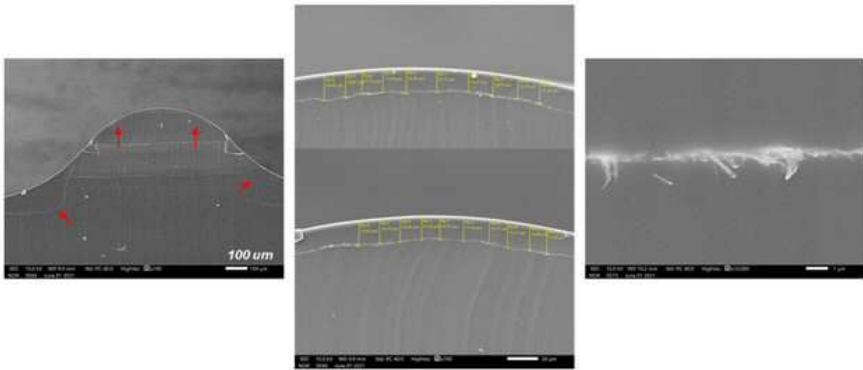
도면2



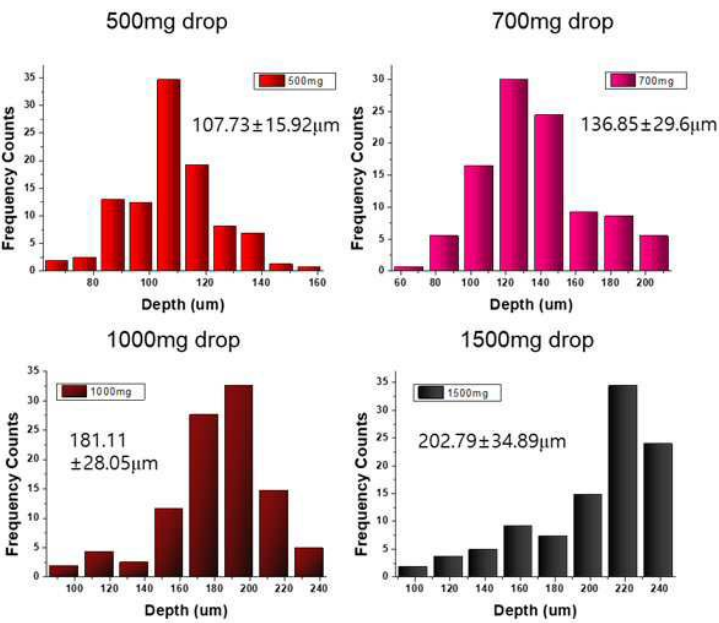
도면3



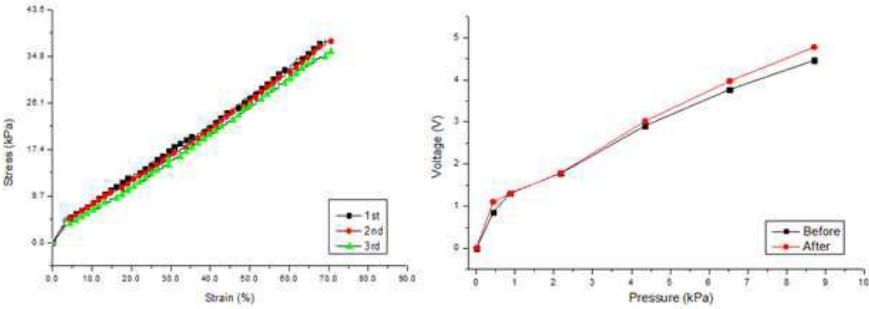
도면4



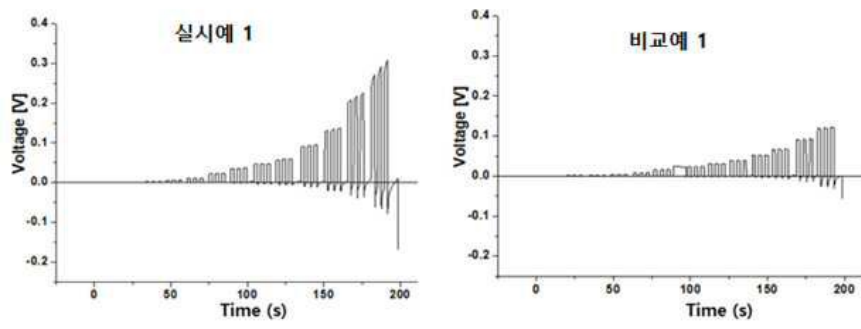
도면5



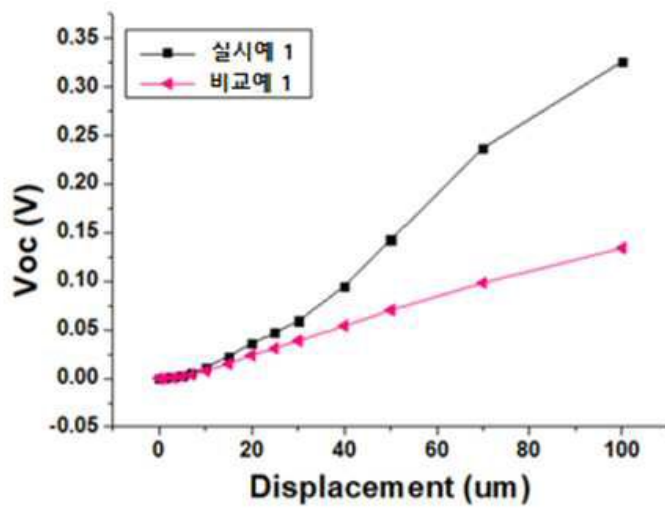
도면6



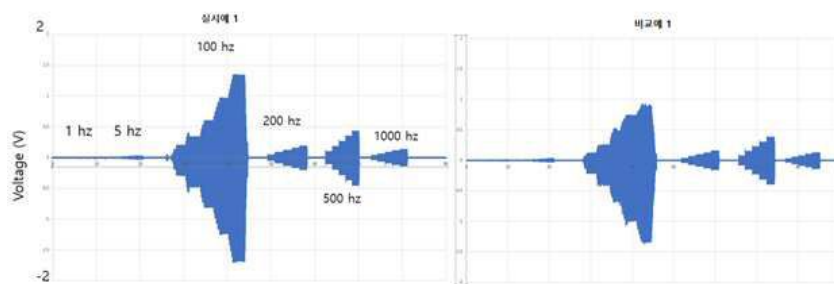
도면7



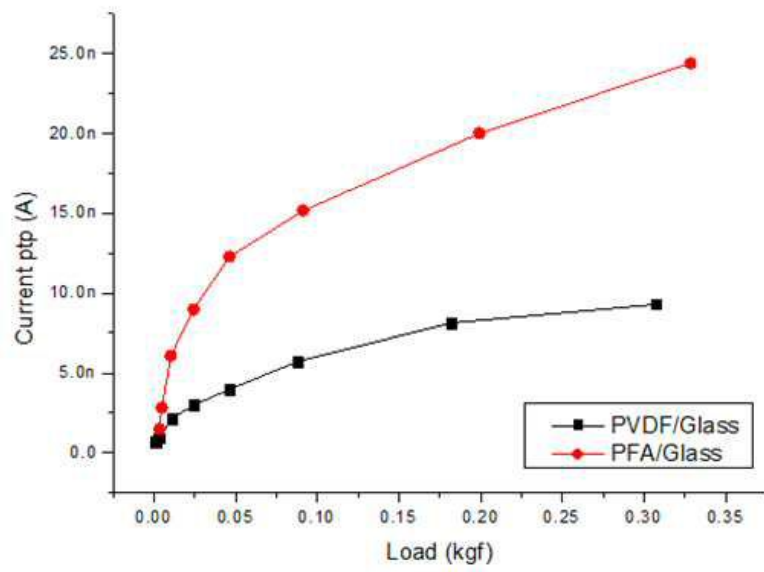
도면8



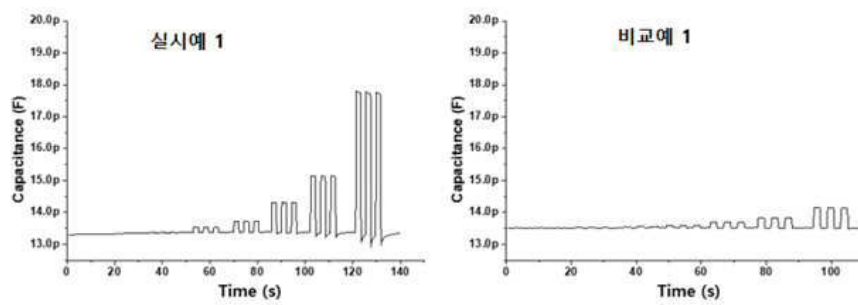
도면9



도면10



도면11



도면12

