

**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2025-0104199

(43) 공개일자 2025년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01L 1/22 (2006.01) D21H 19/06 (2006.01)

D21H 23/50 (2006.01) D21H 27/22 (2006.01)

D21H 27/32 (2015.01)

(52) CPC특허분류

G01L 1/2287 (2013.01)

D21H 19/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0196330

(22) 출원일자 2023년12월29일

심사청구일자 2023년12월29일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

오승주

서울특별시 중구 청구로 64, 113동 104호(신당동, 청구 e편한세상)

이상엽

서울특별시 양천구 신정로7길 76, 203동 604호(신정동, 푸른마을 2단지아파트)

이용민

서울특별시 성북구 고려대로16길 4-15, 104호 (안암동3가, 하이원룸)

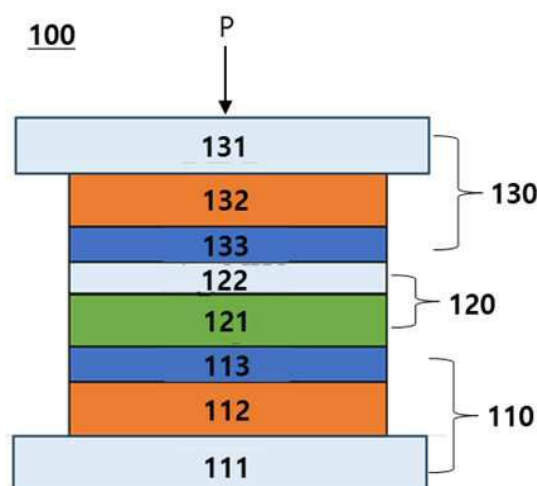
(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **고감도 압력센서 및 이의 제조방법****(57) 요약**

본 발명은 고감도 압력센서 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 직물 및 전도성 소재로 이루어진 하이브리드 구조체 및 스페이서를 포함하는 압력센서이다. 본 발명의 일 실시예에 따라, 측정하고자 하는 압력에 따라 하이브리드 구조체 및 스페이서의 물성을 조절함으로써 종래의 압력센서와 비교하여 초기 저항을 자유롭게 제어할 수 있으며, 민감도가 높은 압력센서를 제공할 수 있다.

**대표도** - 도1a

(52) CPC특허분류

*D21H 23/50* (2013.01)

*D21H 27/22* (2013.01)

*D21H 27/32* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제1 기관, 상기 제1 기관 상의 제1 전극 및 상기 제1 전극 상의 제1 스페이서(spacer)를 포함하는 제1 구조체;  
상기 제1 구조체 상에 형성되고, 전도성 소재 및 직물(fabric)로 이루어지는 하이브리드 구조체; 및  
상기 하이브리드 구조체 상에 형성되는 제2 구조체를 포함하고,  
상기 제2 구조체는 제2 기관, 상기 제2 기관 상의 제2 전극 및 상기 제2 전극 상의 제2 스페이서를 포함하고,  
상기 하이브리드 구조체는 상기 제2 스페이서와 접촉하고 있는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 하이브리드 구조체는 상기 직물의 상면 또는 하면에 상기 전도성 소재가 적층되는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
상기 전도성 소재는 금속 나노 와이어 또는 금속 나노 입자인 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,  
상기 금속 나노 와이어는 은(Ag) 나노 와이어, 백금(Pt) 나노 와이어 및 구리(Cu) 나노 와이어에서 선택되는 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,  
상기 직물은 내부에 기공을 포함하고,  
상기 제2 기관에 가해지는 압력의 크기에 따라 상기 기공의 압축률이 제어되어 제1 전극과 전도성 소재 및 제2 전극과 전도성 소재의 접촉 면적이 조절되는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,  
상기 제2 기관에 가해지는 압력의 크기에 따라 상기 제1 스페이서 및 상기 제2 스페이서의 압축률이 제어되어 상기 제1 전극과 상기 하이브리드 구조체 및 상기 제2 전극과 상기 하이브리드 구조체 간의 간격이 조절되는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 제1 스페이서의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제2 스페이서의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 인 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 압력센서는 상기 하이브리드 구조체의 압축률을 조절하여 상기 압력센서의 초기 저항 감도를 조절하는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 제1 스페이서 또는 상기 제2 스페이서는 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리우레탄(PU) 및 에코플렉스(ecoflex)를 포함하는 고분자(polymer) 군에서 선택되는 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서.

#### 청구항 11

전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계;

상기 하이브리드 구조체의 하면에 제1 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 하이브리드 구조체의 상면에 제2 구조체를 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 제1 구조체를 형성하는 단계는 제1 기판 상에 제1 전극을 형성하는 단계 및 상기 제1 전극 상에 제1 스페이서를 형성하는 단계를 포함하며,

상기 제2 구조체를 형성하는 단계는 제2 기판 상에 제2 전극을 형성하는 단계 및 상기 제2 전극 상에 제2 스페이서를 형성하는 단계

를 포함하는 수직형 고감도 압력센서의 제조방법.

#### 청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1 스페이서를 형성하는 단계 및 상기 제2 스페이서를 형성하는 단계는,

고분자를 용매에 분산시켜 고분자 용액을 생성하고,

상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 상에 상기 고분자 용액을 코팅하여 상기 제1 스페이서 및 상기 제2 스페이서를 형성하는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서의 제조방법.

### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 고분자를 상기 용매에 분산시키는 비율을 조절하여 상기 제1 스페이서 및 상기 제2 스페이서의 두께를 제어하는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서의 제조방법.

### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 고분자 용액은 상기 고분자 및 상기 용매를 1:0.8 내지 1:1.2의 부피비로 분산시켜 생성하는 것을 특징으로 하는 수직형 고감도 압력센서의 제조방법.

### 청구항 15

전도성 소재 및 직물(fabric)로 이루어진 하이브리드 구조체;

상기 하이브리드 구조체의 하면의 일단에 형성되고, 제3 스페이서, 상기 제3 스페이서 하의 제3 전극 및 상기 제3 전극 하의 제3 기판을 포함하는 제3 구조체; 및

상기 하이브리드 구조체의 하면의 타단에 상기 제3 구조체와 이격되어 형성되고, 제4 스페이서, 상기 제4 스페이서 하의 제4 전극 및 상기 제4 스페이서 하의 제4 기판을 포함하는 제4 구조체;

를 포함하는 수평형 고감도 압력센서.

### 청구항 16

제15항에 있어서,

상기 하이브리드 구조체는 상기 직물의 상면 또는 하면에 상기 전도성 소재가 적층된 것을 특징으로 하는 수평형 고감도 압력센서.

### 청구항 17

제15항에 있어서,

상기 압력센서는 하이브리드 구조체의 두께를 조절하여 상기 하이브리드 구조체의 초기 저항 및 상기 압력센서의 감도를 조절하는 것을 특징으로 하는 수평형 고감도 압력센서.

### 청구항 18

전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계;

상기 하이브리드 구조체의 하면의 일단에 제3 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 하이브리드 구조체의 하면의 타단에 상기 제3 구조체와 이격하여 제4 구조체를 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 제3 구조체를 형성하는 단계는 제3 기판 상에 제3 전극을 형성하는 단계 및 상기 제3 전극 상에 제3 스페이서를 형성하는 단계를 포함하며,

상기 제4 구조체를 형성하는 단계는 제4 기판 상에 제4 전극을 형성하는 단계 및 상기 제4 전극 상에 제4 스페

이서를 형성하는 단계  
를 포함하는 수평형 고감도 압력센서의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 고감도 압력센서 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 직물 및 전도성 소재로 이루어진 하이브리드 구조체 및 스페이서를 포함하는 압력센서이다.

### 배경 기술

[0003] FSR(Force Sensitive Resistor)은 힘, 압력 또는 기계적 응력이 가해질 때 저항이 변화하는 재료이다. 기존에는 FSR로 Velostat을 저항형 압력센서의 전도성 소재로 사용하였다. 하지만 Velostat은 50 ℃ 이상의 온도에서 열에 의한 변형이 일어나고, 이로 인해 전기적 특성이 달라져 신뢰성이 크게 하락하는 문제가 있다. 또한 Velostat은 초기 저항을 다양하게 제작할 수 없어 압력센서로 제작시 측정 범위가 매우 좁다는 단점이 존재한다.

[0004] 더불어, 기존의 압력센서용 스페이서는 두께가 매우 두꺼우며, 제조공정이 복잡하다. 두께가 두꺼운 스페이서는 매우 큰 압력을 통해서만 전극과 전도성 소재가 닿게 되어 작은 압력은 감지하는 것이 불가능하다. 또한 스페이서를 별도의 공정으로 제작한 후 압력센서와 결합하는 공정을 통해 제작되기 때문에 압력센서의 단가가 상승한다는 단점이 존재한다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-2555533호, "압력 센서 및 이를 포함하는 압력 측정기"

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 하이브리드 구조체 및 스페이서를 이용하여 민감도가 향상된 압력센서를 제공하는 것이다.

[0008] 본 발명의 목적은 하이브리드 구조체 및 스페이서를 포함하는 수직형 압력센서와 수평형 압력센서를 제공하는 것이다.

[0009] 본 발명의 목적은 스페이서 제조방법을 단순화하고 압력센서 제조 공정과 통합하는 것이다.

[0010] 본 발명의 목적은 하이브리드 구조체 및 스페이서의 두께를 자유롭게 조절할 수 있는 압력센서의 제조방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서는 제1 기판, 상기 제1 기판 상의 제1 전극 및 상기 제1 전극 상의 제1 스페이서(spacer)를 포함하는 제1 구조체, 상기 제1 구조체 상에 형성되고, 전도성 소재 및 직물(fabric)로 이루어지는 하이브리드 구조체 및 상기 하이브리드 구조체 상에 형성되는 제2 구조체를 포함하고, 상기 제2 구조체는 제2 기판, 상기 제2 기판 상의 제2 전극 및 상기 제2 전극 상의 제2 스페이서를 포함하고, 상기 하이브리드 구조체는 상기 제2 스페이서와 접촉하고 있다.

- [0013] 일 실시형태에 따라서는, 상기 하이브리드 구조체는 상기 직물의 상면 또는 하면에 상기 전도성 소재가 적층될 수 있다.
- [0014] 일 실시형태에 따라서는, 상기 전도성 소재는 금속 나노 와이어 또는 금속 나노 입자일 수 있다.
- [0015] 일 실시형태에 따라서는, 상기 금속 나노 와이어는 은(Ag) 나노 와이어, 백금(Pt) 나노 와이어 및 구리(Cu) 나노 와이어에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0016] 일 실시형태에 따라서는, 상기 직물은 내부에 기공을 포함하고, 상기 제2 기판에 가해지는 압력의 크기에 따라 상기 기공의 압축률이 제어되어 제1 전극과 전도성 소재 및 제2 전극과 전도성 소재의 접촉 면적이 조절될 수 있다.
- [0017] 일 실시형태에 따라서는, 상기 제2 기판에 가해지는 압력의 크기에 따라 상기 제1 스페이서 및 상기 제2 스페이서의 압축률이 제어되어 상기 제1 전극과 상기 하이브리드 구조체 및 상기 제2 전극과 상기 하이브리드 구조체 간의 간격이 조절될 수 있다.
- [0018] 일 실시형태에 따라서는, 상기 제1 스페이서의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0019] 일 실시형태에 따라서는, 상기 제2 스페이서의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0020] 일 실시형태에 따라서는, 상기 압력센서는 상기 하이브리드 구조체의 압축률을 조절하여 상기 압력센서의 초기 저항 감도를 조절할 수 있다.
- [0021] 일 실시형태에 따라서는, 상기 제1 스페이서 또는 상기 제2 스페이서는 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리우레탄(PU) 및 에코플렉스(ecoflex)를 포함하는 고분자(polymer) 군에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서의 제조방법은 전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계, 상기 하이브리드 구조체의 하면에 제1 구조체를 형성하는 단계 및 상기 하이브리드 구조체의 상면에 제2 구조체를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제1 구조체를 형성하는 단계는 제1 기판 상에 제1 전극을 형성하는 단계 및 상기 제1 전극 상에 제1 스페이서를 형성하는 단계를 포함하며, 상기 제2 구조체를 형성하는 단계는 제2 기판 상에 제2 전극을 형성하는 단계 및 상기 제2 전극 상에 제2 스페이서를 형성하는 단계를 포함한다.
- [0023] 일 실시형태에 따라서는, 상기 제1 스페이서를 형성하는 단계 및 상기 제2 스페이서를 형성하는 단계는, 고분자를 용매에 분산시켜 고분자 용액을 생성하고, 상기 제1 전극 및 상기 제2 전극 상에 상기 고분자 용액을 코팅하여 상기 제1 스페이서 및 상기 제2 스페이서를 형성할 수 있다.
- [0024] 일 실시형태에 따라서는, 상기 고분자를 상기 용매에 분산시키는 비율을 조절하여 상기 제1 스페이서 및 상기 제2 스페이서의 두께를 제어할 수 있다.
- [0025] 일 실시형태에 따라서는, 상기 고분자 용액은 상기 고분자 및 상기 용매를 1:0.8 내지 1:1.2의 부피비로 분산시켜 생성할 수 있다.
- [0026] 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서는 전도성 소재 및 직물(fabric)로 이루어진 하이브리드 구조체, 상기 하이브리드 구조체의 하면의 일단에 형성되고, 제3 스페이서, 상기 제3 스페이서 하의 제3 전극 및 상기 제3 전극 하의 제3 기판을 포함하는 제3 구조체 및 상기 하이브리드 구조체의 하면의 타단에 상기 제3 구조체와 이격되어 형성되고, 제4 스페이서, 상기 제4 스페이서 하의 제4 전극 및 상기 제4 스페이서 하의 제4 기판을 포함하는 제4 구조체를 포함한다.
- [0027] 일 실시형태에 따라서는, 상기 하이브리드 구조체는 상기 직물의 상면 또는 하면에 상기 전도성 소재가 적층될 수 있다.
- [0028] 일 실시형태에 따라서는, 상기 압력센서는 하이브리드 구조체의 두께를 조절하여 상기 하이브리드 구조체의 초기 저항 및 상기 압력센서의 감도를 조절할 수 있다.
- [0029] 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서의 제조방법은 전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계, 상기 하이브리드 구조체의 하면의 일단에 제3 구조체를 형성하는 단계 및 상기 하이브리드 구조체의 하면의 타단에 상기 제3 구조체와 이격하여 제4 구조체를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 제3 구조체를 형성하는 단계는 제3 기판 상에 제3 전극을 형성하는 단계 및 상기 제3 전극 상에 제3 스페이서를 형성하는 단계를 포함하며, 상기 제4 구조체를 형성하는 단계는 제4 기판 상에 제4 전극을 형성하는

단계 및 상기 제4 전극 상에 제4 스페이서를 형성하는 단계를 포함한다.

### 발명의 효과

- [0031] 본 발명의 실시예에 따른 고감도 압력센서는 하이브리드 구조체 및 스페이서의 두께의 조절을 통해 측정하고자 하는 압력에 맞추어 초기 저항을 다양하게 설정할 수 있고, 고감도로 압력을 측정할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 실시예에 따른 고감도 압력센서는 50 ℃ 이상의 온도에서도 압력센서가 정상적으로 기능할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 따른 고감도 압력센서는 스페이서 제조방법이 간단하고, 스페이서의 두께를 용이하게 조절할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 따른 고감도 압력센서는 맥박 측정, 신체 운동 감지 등의 기능이 있는 웨어러블 장치에 적용할 수 있고, 기계적 압력 측정이 필요한 공정 등에 활용할 수 있다.
- [0035] 본 발명의 실시예에 따른 고감도 압력센서는 리튬 이온 배터리 팽창, 건물 외벽 갈라짐 등 팽창 감지가 필요한 분야에 압력센서로 활용 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

- [0037] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서를 나타낸 모식도이다.
- 도 2는 전도성 하이브리드 구조체를 도식화한 것이다.
- 도 3은 스페이서를 미포함 및 포함하는 수직형 압력센서를 도식화한 것이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서의 제조방법을 흐름도로 나타낸 것이다.
- 도 5a 및 도 5b는 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서를 나타낸 모식도이다.
- 도 6은 스페이서를 포함하는 수평형 압력센서를 도식화한 것이다.
- 도 7는 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서의 제조방법을 흐름도로 나타낸 것이다.
- 도 8a 내지 도 8c는 각각 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 9a 및 도 9b는 각각 비교예 3 및 비교예 4의 측정 결과를 나타낸 그래프이다.
- 도 10a는 실시예 1, 도 10b는 실시예 2에 다양한 압력을 가하고 전류의 세기를 측정한 결과이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0038] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.
- [0039] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.
- [0040] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.
- [0041] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0042] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

- [0043] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0045] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서(100)를 나타낸 모식도이다.
- [0046] 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서(100)는 제1 기관(111), 제1 기관(111) 상의 제1 전극(112) 및 제1 전극(112) 상의 제1 스페이서(spacer)(113)를 포함하는 제1 구조체(110), 제1 구조체(110) 상에 형성되고, 직물(fabric)(121) 및 전도성 소재(122)로 이루어지는 하이브리드 구조체(120) 및 하이브리드 구조체(120) 상에 형성되는 제2 구조체(130)를 포함한다. 제2 구조체(130)는 제2 기관(131), 제2 기관 상(131)의 제2 전극(132) 및 제2 전극(132) 상의 제2 스페이서(133)를 포함하고, 하이브리드 구조체(120)는 제2 스페이서(133)와 접촉하고 있다.
- [0047] 즉, 제1 구조체와 제2 구조체는 공통적으로 기관, 전극 및 스페이서를 포함하는 구조를 가진다. 또한, 제1 구조체와 제2 구조체는 하이브리드 구조체(120)를 중심으로 각각 하이브리드 구조체(120)의 하면 및 상면에 위치한다. 따라서, 하이브리드 구조체(120)를 중심으로 상면과 하면은 대칭적인 구조를 나타낸다.
- [0049] 일 실시형태에 따라서는, 하이브리드 구조체(120)는 직물(121)의 상면 또는 하면에 전도성 소재(122)가 적층될 수 있다. 도 1a 및 도 1b는 직물(121)의 상면에 전도성 소재(122)가 적층된 수직형 압력센서, 도 1c는 직물(121)의 하면에 전도성 소재(122)가 적층된 수직형 압력센서의 구조를 도식화한 것이다.
- [0050] 보다 상세하게는, 전도성 소재(122)는 직물(121)의 상면 또는 하면에 코팅될 수 있다. 하이브리드 구조체(120)는 전도성 소재(122)로 인해 전류의 흐름을 유도할 수 있고, 때문에 압력 감지부로 작용할 수 있다. 측정하려는 압력의 크기에 따라 하이브리드 구조체(120)의 두께를 조절하여 다양한 압력을 고감도로 측정할 수 있다.
- [0052] 상기 직물(121)은 실크(silk), 화장지(wipe) 등의 박엽지(얇은 종이, tissue), 천 및 셀룰로오스(cellulose)에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.
- [0054] 일 실시형태에 따라서는, 전도성 소재(122)는 금속 나노 와이어 또는 금속 나노 입자일 수 있다. 공통적으로 전도성 소재(122)는 전기 전도성이 우수한 소재를 사용하며, 이로 인해 하이브리드 구조체(120)에 전도성을 부여할 수 있다. 이로 인해 저항 변화형 압력센서에 압력이 가해지면 전류가 흘러 압력의 크기를 감지할 수 있다.
- [0055] 도 2는 전도성 하이브리드 구조체(120)를 도식화한 것이다. 보다 상세하게는, 전도성 소재(122)로 금속 나노 입자를 직물(121) 상에 코팅한 것이다. 도 2를 참고하면, 전도성 소재(122)를 첨가하기 전 직물(121) 자체로는 전기 전도성을 갖지 못하나, 전도성 소재(122)를 첨가함으로써 전도성이 부여된 하이브리드 구조체(120)가 구현됨을 알 수 있다.
- [0057] 일 실시형태에 따라서는, 금속 나노 와이어는 은(Ag) 나노 와이어, 금(Au) 나노 와이어, 백금(Pt) 나노 와이어 및 구리(Cu) 나노 와이어에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다. 즉, 금속 나노 와이어를 구성하는 금속은 전기 전도성이 높은 재료를 사용할 수 있다.
- [0058] 또한, 금속 나노 입자도 은(Ag) 나노 입자, 금(Au) 나노 입자, 백금(Pt) 나노 입자 및 구리(Cu) 나노 입자에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0060] 일 실시형태에 따라서는, 직물(121)은 내부에 기공을 포함하고, 제2 기관(131)에 가해지는 압력(P)의 크기에 따라 기공의 압축률이 제어되어 제1 전극(112)과 전도성 소재(122), 그리고 제2 전극(132)과 전도성 소재(122)의 접촉 면적이 조절될 수 있다.
- [0061] 직물(121)은 복수 개의 얇은 섬유들로 구성되어 있다. 직물이 내부에 기공을 포함한다는 의미는 직물 섬유들은 인접하는 직물 섬유들 간에 기공이 형성되도록 랜덤하게 어셈블리 되어있다는 것을 의미한다.

- [0062] 수직형 압력센서는 제1 기관(111), 제2 기관(131) 또는 제1 기관(111) 및 제2 기관(131) 방향으로 압력(P)이 가해질 수 있다. 상기 어느 방향에서 압력(P)이 가해지더라도 신축성이 높고 기공을 내포하고 있는 직물(121)은 압축되어 직물 섬유들 사이사이의 빈 공간이 감소하는 현상이 발생할 수 있다. 이와 같이 직물(121)이 압축되면 제1 전극(112)과 전도성 소재(122) 간의 거리 및 전도성 소재(122)와 제2 전극(132) 간의 거리가 가까워질 수 있다. 이로 인해 제1 전극(112)과 전도성 소재(122) 사이의 맞닿는 면적, 그리고 전도성 소재(122)와 제2 전극(132) 사이의 맞닿는 면적이 증가하게 되고, 이들 간의 저항이 감소하게 될 수 있다.
- [0063] 직물은 소재에 따른 특성과 얇은 두께로 인하여 직물 상에 형성된 전도성 소재는 직물의 뒷부분으로 일부 침투하는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 제1 전극(112)과 전도성 소재(122) 간에 직물(121)이 존재하더라도 전기적 연결이 형성될 수 있다. 즉, 외부에서 압력(P)을 더 세게 가할수록 직물(121)은 더욱 많이 압축되고, 제1 전극(112)과 전도성 소재(122) 간의 접촉 면적, 그리고 제2 전극(132)과 전도성 소재(122) 간의 접촉 면적이 더욱 증가하며, 전류가 더욱 많이 흐르게 되어 압력센서에서 더 큰 압력을 감지하게 될 수 있다.
- [0065] 도 3은 스페이서를 미포함 및 포함하는 수직형 압력센서를 도식화한 것이다. 도 3의 압력센서에는 기관, 직물 등의 구조가 생략되어 있다. 수직형 압력센서에서 스페이서(spacer)는 기관과 전극 사이에 위치하도록 도입할 수 있다. 스페이서는 기관과 전극을 이격시켜 그 사이에 간격을 형성할 수 있다. 또한, 스페이서는 복수 개로 존재하며, 각 스페이서는 전극 상에 소정 간격으로 이격되어 위치하고, 이로 인해 공극이 형성될 수 있다. 이때 각 스페이서 간의 간격인 공극의 크기는 일정하거나 일정하지 않을 수 있다.
- [0067] 일 실시형태에 따라서는, 제2 기관(131)에 가해지는 압력(P)의 크기에 따라 제1 스페이서(113) 및 제2 스페이서(133)의 압축률이 제어되어 제1 전극(112)과 하이브리드 구조체(120) 및 제2 전극(132)과 하이브리드 구조체(120) 간의 간격이 조절될 수 있다. 즉, 압력센서에 가해지는 압력에 의해 제1 스페이서(113) 및 제2 스페이서(133)가 압축되고, 제1 스페이서(113)와 제2 스페이서(133)가 압축된 정도에 따라 제1 전극(112)과 전도성 소재(122), 그리고 제2 전극(132)과 전도성 소재(122) 간의 접촉되는 면적이 변경될 수 있다.
- [0068] 압력센서에 가해지는 압력이 없거나 매우 작은 압력 하에서는 스페이서가 이격시킨 간격에 의해 하이브리드 구조체(120)와 전극이 접촉되어 있지 않아 초기 저항을 높게 설정할 수 있고, 이로 인해 전기가 흐르지 않는다. 하지만 어느 정도 이상의 압력이 가해지면 스페이서가 위아래로 압축되며 스페이서와 다른 스페이서 사이의 공극을 통해 하이브리드 구조체(120)와 전극이 접촉하여 저항 및 전류가 변화할 수 있다. 가해지는 외부 압력의 크기가 증가할수록 제1 스페이서(113) 및 제2 스페이서(133)의 압축률이 증가하며 제1 전극(112), 하이브리드 구조체(120) 및 제2 전극(132) 간의 거리가 가까워지고, 이로 인해 흐르는 전류의 세기가 증가하며, 압력센서는 더 큰 압력이 가해졌다고 감지할 수 있다. 정리하면, 스페이서의 도입을 통해 초기 저항을 높게 설정함으로써 압력이 가해졌을 때 저항의 변화폭을 크게 만들어 압력센서의 감도를 향상시킬 수 있다.
- [0070] 일 실시형태에 따라서는, 제1 스페이서(113)의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 일 실시형태에 따라서는, 제2 스페이서(133)의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 제1 스페이서(113)와 제2 스페이서(133)의 두께는 동일하거나 상이할 수 있다.
- [0071] 종래에도 압력센서에 스페이서를 사용하였으나, 스페이서의 두께가 너무 두꺼워 매우 큰 압력을 가해야만 전극과 전도성 소재(122)가 접촉할 수 있었고, 이로 인해 작은 압력은 감지할 수 없었다. 본 발명에서는 상기과 같이 얇은 두께의 스페이서를 제작하여 사용함으로써 작은 압력도 감지할 수 있는 고감도 압력 센서를 구현할 수 있다. 스페이서의 두께가 너무 얇으면 압력센서의 초기 저항이 너무 작고, 압축 가능한 범위가 좁아 감지할 수 있는 압력의 범위가 매우 좁고, 매우 가벼운 무게만 감지할 수 있다는 단점이 있다. 반면, 스페이서의 두께가 너무 두꺼우면 외부에서 압력을 가하더라도 압력에 의한 저항 변화가 나타나지 않아 압력을 감지할 수 없다.
- [0073] 일 실시형태에 따라서는, 압력센서(100)는 하이브리드 구조체(120)의 압축률을 조절하여 압력센서의 초기 저항 및 감도를 조절할 수 있다. 보다 상세하게는 하이브리드 구조체(120) 중 직물(121)의 두께를 조절하여 압력센서의 초기 저항 및 감도를 조절할 수 있다. 초기 저항은 압력 센서를 제작한 후 압력이 전혀 가해지지 않은 상태에서의 저항 값을 의미한다.

- [0074] 압력센서의 초기 저항과 관련하여, 종래에 사용하던 Velostat(벨로스택; 폴리올레핀 등 고분자 포일에 카본 블랙을 함침시켜 전기 전도성을 갖도록 제작한 포장재)과 같은 압력 감지 소재는 소재의 종류에 따라 고정된 고유의 저항 값을 가진다. 따라서 초기 저항을 니즈에 따라 다양하게 제작할 수 없어 측정 가능한 압력의 범위가 매우 좁다는 문제가 있다. 하지만 본 발명에서는 하이브리드 구조체(120)의 두께, 보다 상세하게는 직물(121)의 두께를 조절하여 압력센서의 초기 저항을 제어할 수 있다. 즉, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 얇을수록 전도성 소재(122)와 전극의 접촉 면적이 증가하게 되어 초기 저항이 작아지고, 이로 인해 상대적으로 작은 압력을 감지하는 것이 용이해질 수 있다. 반대로, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 두꺼울수록 전도성 소재(122)와 전극의 접촉 면적이 감소하게 되어 초기 저항은 커지고, 이로 인해 상대적으로 큰 압력을 감지하는 것이 용이해질 수 있다.
- [0075] 또한 압력센서의 민감도에 있어서는, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 얇을수록 초기 저항이 작아 압력센서의 감도가 우수하며, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 두꺼울수록 초기 저항이 크고, 이로 인해 저항이 변화할 수 있는 범위가 작아져 압력센서의 감도가 낮아질 수 있다.
- [0077] 또한, 종래의 전도성 소재인 Velostat와 달리 본 발명의 하이브리드 구조체(120)를 구성하는 직물(121) 및 전도성 소재(122)는 50 ℃ 이상의 온도에서도 열에 의한 구조적 변형이 일어나지 않아 고온에서도 압력센서의 측정 범위 및 신뢰성이 문제되지 않는다.
- [0079] 일 실시형태에 따라서는, 제1 스페이서(113) 또는 제2 스페이서(133)는 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리우레탄(PU) 및 에코플렉스(ecoflex)를 포함하는 고분자(polymer) 군에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0080] 제1 스페이서(113)의 소재와 제2 스페이서(133)의 소재는 동일할 수도, 상이할 수도 있다. 다만, 동일한 소재로 제조할 경우 압력센서의 감도에 영향을 미치는 변수를 줄이기 때문에 바람직하다.
- [0082] 도 4는 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서의 제조방법을 흐름도로 나타낸 것이다.
- [0083] 본 발명에 따른 수직형 고감도 압력센서의 제조방법은 전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계(S110), 하이브리드 구조체의 하면에 제1 구조체를 형성하는 단계(S120) 및 하이브리드 구조체의 상면에 제2 구조체를 형성하는 단계(S130)를 포함한다. 제1 구조체를 형성하는 단계(S120)는 제1 기판 상에 제1 전극을 형성하는 단계(S121) 및 제1 전극 상에 제1 스페이서를 형성하는 단계(S122)를 포함한다. 제2 구조체를 형성하는 단계(S130)는 제2 기판 상에 제2 전극을 형성하는 단계(S131) 및 제2 전극 상에 제2 스페이서를 형성하는 단계(S132)를 포함한다.
- [0084] 이때 수직형 고감도 압력센서는 제1 구조체를 형성하는 단계, 제1 구조체의 상면에 하이브리드 구조체를 형성하는 단계 및 하이브리드 구조체의 상면에 제2 구조체를 형성하는 단계의 순서로도 제조할 수 있다.
- [0086] 전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계(S110)에서, 전도성 소재를 직물 상에 스프레이 코팅(spray coating) 또는 드롭 캐스팅(drop casting)하여 하이브리드 구조체를 형성할 수 있다. 전도성 소재가 직물의 하면에 적층되는 경우에는 직물의 상면에 전도성 소재를 형성시킨 후, 직물을 상하로 뒤집어 사용할 수 있다. 이때 코팅하는 전도성 소재의 양을 감소시키거나 증가시켜 측정하고자 하는 압력의 크기에 맞게 초기 저항을 다양하게 설정할 수 있다.
- [0088] 이때 스프레이 코팅은 7회 내지 13회 수행할 수 있다. 바람직하게는 스프레이 코팅을 10회 수행할 수 있다.
- [0089] 스프레이 코팅을 7회 미만으로 수행할 경우에는 전도성 소재가 너무 적게 코팅되어 저항 변화가 거의 나타나지 않을 정도로 압력센서의 초기 저항이 너무 크게 형성될 수 있다. 예를 들어 초기 저항이 30 MΩ이면, 1 kg의 무게를 가하더라도 저항은 29 MΩ으로 거의 변하지 않는다.
- [0090] 스프레이 코팅을 13회를 초과하여 수행할 경우에는 전도성 소재가 너무 많이 코팅되어 저항 변화가 거의 나타나지 않을 정도로 압력센서의 초기 저항이 너무 작게 형성될 수 있다. 예를 들어 초기 저항이 10 Ω이면, 1 kg의

무게를 가하더라도 저항은 8  $\Omega$ 으로 거의 변하지 않는다.

- [0091] 상기 스프레이 코팅 횟수 범위를 만족할 때, 스프레이 코팅을 적게 수행할수록 전도성 소재가 소량 코팅되어 큰 압력을 감지하기 용이하고, 스프레이 코팅을 많이 수행할수록 전도성 소재가 다량 코팅되어 작은 압력을 감지하기 용이다. 즉, 전도성 소재와 전극 간의 접촉 면적 조절을 통해 다양한 압력의 범위를 측정 가능하다.
- [0093] 제1 기판 상에 제1 전극을 형성하는 단계(S121)는 유리(glass), PET(polyethylene terephthalate) 등의 제1 기판의 상면에 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu) 등의 금속으로 제1 전극을 형성할 수 있다. 제1 전극은 증착, 도금, 스펀 코팅 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0095] 일 실시형태에 따라서는, 제1 스페이서를 형성하는 단계(S122)는, 고분자를 용매에 분산시켜 고분자 용액을 생성하고, 제1 전극 상에 고분자 용액을 코팅하여 제1 스페이서를 형성할 수 있다. 즉, 제1 스페이서는 고분자 스페이서일 수 있다.
- [0096] 이때 고분자를 분산시키는 용매는 무극성 용매로, 헥산(hexane), 톨루엔(toluene) 및 옥탄(octane) 중 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0097] 또한, 고분자 용액은 제1 전극 상에 스핀 코팅할 수 있다. 고분자 용액을 제1 전극 상에 코팅한 후, 어닐링을 통해 제1 스페이서를 반경화할 수 있다.
- [0099] 이후, 하이브리드 구조체의 하면에 제1 구조체의 제1 스페이서를 접하게 위치시키고 어닐링을 통해 완전 경화할 수 있다. 경화 공정을 통해 제1 스페이서는 하이브리드 구조체와 제1 구조체 사이의 접착제 역할도 할 수 있다.
- [0101] 제2 기판 상에 제2 전극을 형성하는 단계(S131) 또한 유리(glass), PET(polyethylene terephthalate) 등의 제2 기판의 상면에 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu) 등의 금속으로 제2 전극을 형성할 수 있다. 제2 전극은 증착, 도금, 스펀 코팅 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0103] 일 실시형태에 따라서는, 제2 스페이서를 형성하는 단계(S132)에서, 고분자를 용매에 분산시켜 고분자 용액을 생성하고, 제2 전극 상에 고분자 용액을 코팅하여 제2 스페이서를 형성할 수 있다. 즉, 제2 스페이서는 고분자 스페이서일 수 있다.
- [0104] 이때 고분자를 분산시키는 용매는 무극성 용매로, 헥산(hexane), 톨루엔(toluene) 및 옥탄(octane) 중 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0105] 또한, 고분자 용액은 제2 전극 상에 스핀 코팅할 수 있다. 고분자 용액을 제2 전극 상에 코팅한 후, 어닐링을 통해 제2 스페이서를 반경화할 수 있다.
- [0106] 제1 스페이서 및 제2 스페이서는 반경화 및 경화시, 80℃ 내지 100℃에서 30분 내지 60분 동안 어닐링할 수 있다. 어닐링을 80℃ 미만에서 진행하면 경화 시간이 너무 길어지거나, 경화가 충분히 일어나지 못하고, 어닐링 시간이 30분 미만이면 경화가 충분히 일어나지 못할 수 있다. 어닐링 온도가 100℃를 초과하거나 어닐링 시간이 60분을 초과하여 진행되면 열에 의해 전극이 파괴 또는 변형되는 등의 문제가 발생할 수 있다.
- [0108] 종래의 스페이서는 별도의 복잡한 제조 공정을 통해 제작되고, 제작한 스페이서를 압력센서와 결합하는 공정이 추가로 필요하였다. 하지만 본 발명에서는 상기와 같이 간단한 용액 기반 공정을 통해 제1 스페이서 및 제2 스페이서를 제작할 수 있고, 완성된 압력센서와 결합하는 공정이 필요치 않아 제조 비용을 절감할 수 있다.
- [0110] 이후, 하이브리드 구조체의 상면에 제2 구조체의 제2 스페이서를 접하게 위치시키고 어닐링을 통해 완전 경화할 수 있다. 경화 공정을 통해 제2 스페이서는 하이브리드 구조체와 제2 구조체 사이의 접착제 역할도 할 수 있다.

- [0112] 일 실시형태에 따라서는, 고분자를 용매에 분산시키는 비율을 조절하여 제1 스페이서 및 제2 스페이서의 두께를 제어할 수 있다. 용액 기반 공정으로 스페이서를 제조하므로 고분자 용액의 농도를 조절을 통해 원하는 두께로 제조하는 것이 용이하다.
- [0114] 일 실시형태에 따라서는, 고분자 용액은 고분자 및 용매를 1:0.8 내지 1:1.2의 부피비로 분산시켜 생성할 수 있다. 바람직하게는 고분자 및 용매를 1:1의 부피
- [0115] 고분자를 상기 범위 미만으로 분산시킬 경우 스페이서가 너무 두껍게 제작되어 압력센서의 초기 저항이 너무 높고, 이로 인해 압력에 의한 저항 변화가 잘 나타나지 않을 수 있다. 고분자를 상기 범위를 초과하여 분산시킬 경우에는 스페이서가 너무 얇게 제작되어 압력에 의한 저항 변화가 거의 나타나지 않을 정도로 압력센서의 초기 저항이 낮게 형성될 수 있다.
- [0116] 고분자 및 용매의 혼합비가 상기 범위를 만족한다면, 용매 대비 고분자의 함량이 적을수록 고분자 용액의 농도가 감소하여 더 얇은 스페이서를 형성할 수 있고, 고분자의 함량이 높을수록 고분자 용액의 농도가 증가하여 더 두꺼운 스페이서를 형성할 수 있다. 스페이서의 두께가 얇을수록 작은 압력을 잘 감지하고, 스페이서의 두께가 두꺼울수록 큰 압력을 잘 감지할 수 있다. 즉, 스페이서의 두께 조절을 통해 다양한 압력의 범위를 측정할 수 있다.
- [0118] 이하에서는, 수평형 고감도 압력센서에 대해 설명하기로 한다.
- [0119] 한 전극은 상부, 다른 전극은 하부에 형성되어 있는 수직형 압력센서와 달리 수평형 압력센서는 두 전극이 같은 평면 상에 형성되어 있다. 압력센서의 작동 원리는 수직형 압력센서와 수평형 압력센서에서 동일하다.
- [0121] 도 5a 및 도 5b는 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서(200)를 나타낸 모식도이다.
- [0122] 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서(200)는 전도성 소재(122) 및 직물(fabric)(121)로 이루어진 하이브리드 구조체(120), 하이브리드 구조체(120)의 하면의 일단에 형성되고, 제3 스페이서(211), 제3 스페이서(211) 하의 제3 전극(212) 및 제3 전극(212) 하의 제3 기관(213)을 포함하는 제3 구조체(210) 및 하이브리드 구조체(120)의 하면의 타단에 제3 구조체(210)와 이격되어 형성되고, 제4 스페이서(221), 제4 스페이서(221) 하의 제4 전극(222) 및 제4 스페이서(221) 하의 제4 기관(223)을 포함하는 제4 구조체(220)를 포함한다.
- [0124] 일 실시형태에 따라서는, 하이브리드 구조체(120)는 직물(121)의 상면(도 5b) 또는 하면(도 5a)에 전도성 소재(122)가 적층될 수 있다. 보다 상세하게는, 전도성 소재(122)는 직물(121)의 상면 또는 하면에 코팅될 수 있다. 하이브리드 구조체(120)는 전도성 소재(122)로 인해 전류의 흐름을 유도할 수 있고, 이로 인해 압력 감지부로 작용할 수 있다. 측정하려는 압력의 크기에 따라 하이브리드 구조체(120), 보다 상세하게는 직물(121)의 두께를 조절하여 다양한 압력을 고감도로 측정할 수 있다.
- [0125] 바람직하게는 하이브리드 구조체(120)는 직물(121)의 하면에 전도성 소재(122)가 적층될 수 있다. 직물(121)의 하면에 전도성 소재(122)가 적층될 경우 전도성 소재(122)와 전극 간의 거리가 가까워 전기 저항이 감소하고, 이로 인해 압력센서의 측정 감도가 향상될 수 있다.
- [0127] 상기 직물(121)은 실크(silk), 화장지(wipe) 등의 박엽지(얇은 종이, tissue), 천 및 셀룰로오스(cellulose)에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.
- [0129] 일 실시형태에 따라서는, 전도성 소재(122)는 금속 나노 와이어 또는 금속 나노 입자일 수 있다. 공통적으로 전도성 소재(122)는 전기 전도성이 우수한 소재를 사용하며, 이로 인해 하이브리드 구조체(120)에 전도성을 부여할 수 있다. 이로 인해 저항 변화형 압력센서에 압력이 가해지면 전류가 흘러 압력의 크기를 감지할 수 있다.

- [0131] 일 실시형태에 따라서는, 금속 나노 와이어는 은(Ag) 나노 와이어, 금(Au) 나노 와이어, 백금(Pt) 나노 와이어 및 구리(Cu) 나노 와이어에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다. 즉, 금속 나노 와이어를 구성하는 금속은 전기 전도성이 높은 재료를 사용할 수 있다.
- [0132] 또한, 금속 나노 입자도 은(Ag) 나노 입자, 금(Au) 나노 입자, 백금(Pt) 나노 입자 및 구리(Cu) 나노 입자에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0134] 일 실시형태에 따라서는, 직물(121)은 내부에 기공을 포함하고, 직물(121) 또는 전도성 소재(122)에 가해지는 압력(P)의 크기에 따라 기공의 압축률이 제어되어 제3 전극(212)과 전도성 소재(122), 그리고 제4 전극(222)과 전도성 소재(122)간의 접촉 면적이 조절될 수 있다.
- [0135] 직물(121)은 복수 개의 얇은 섬유들로 구성되어 있다. 직물이 내부에 기공을 포함한다는 의미는 직물 섬유들은 인접하는 직물 섬유들 간에 기공이 형성되도록 랜덤하게 어셈블리되어 있다는 것을 의미한다.
- [0136] 수평형 압력센서는 직물(121) 또는 전도성 소재(122)에 압력(P)이 가해질 수 있다. 압력(P)이 가해지면 신축성이 높고 기공을 내포하고 있는 직물(121)은 압축되어 직물 섬유들 사이사이의 빈 공간이 감소하는 현상이 발생할 수 있다. 이와 같이 직물(121)이 압축되면 전도성 소재(122)와 제3 전극(212) 간의 거리 및 전도성 소재(122)와 제4 전극(222) 간의 거리가 가까워질 수 있다. 이로 인해 전도성 소재(122)와 제3 전극(212) 사이의 맞닿는 면적, 그리고 전도성 소재(122)와 제4 전극(222) 사이의 맞닿는 면적이 증가하게 되고, 이들 간의 저항이 감소하게 될 수 있다.
- [0137] 직물은 소재에 따른 특성과 얇은 두께로 인하여 전도성 소재가 직물 상에 형성되더라도 전도성 소재는 직물의 뒷부분으로 일부 침투하는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 제3 전극(212)과 전도성 소재(122), 그리고 제4 전극(222)과 전도성 소재(122) 간에 직물(121)이 존재하더라도 전기적 연결이 형성될 수 있다. 즉, 외부에서 압력(P)을 더 세게 가할수록 직물(121)은 더욱 많이 압축되고, 전도성 소재(122)와 제3 전극(212), 그리고 전도성 소재(122)와 제4 전극(222)은 접촉 면적이 더욱 증가하며, 전류가 더욱 많이 흐르게 되어 압력센서에서 더 큰 압력을 감지하게 될 수 있다.
- [0139] 도 6은 스페이서를 포함하는 수평형 압력센서를 도식화한 것이다. 도 6의 압력센서에는 기관, 직물 등의 구조가 생략되어 있다. 수평형 압력센서에서 스페이서(spacer)는 기관과 전극 사이에 위치하도록 도입할 수 있다. 스페이서는 기관과 전극을 이격시켜 그 사이에 간격을 형성할 수 있다. 또한, 스페이서는 복수 개로 존재하며, 각 스페이서는 전극 상에 소정 간격으로 이격되어 위치하고, 이로 인해 공극이 형성될 수 있다. 이때 각 스페이서 간의 간격은 일정하거나 일정하지 않을 수 있다.
- [0141] 일 실시형태에 따라서는, 직물(121) 또는 전도성 소재(122)에 가해지는 압력(P)의 크기에 따라 제3 스페이서(211) 및 제4 스페이서(221)의 압축률이 제어되어 제3 전극(212)과 하이브리드 구조체(120) 및 제4 전극(222)과 하이브리드 구조체(120) 간의 간격이 조절될 수 있다. 즉, 압력센서에 가해지는 압력에 의해 제3 스페이서(211) 및 제4 스페이서(221)가 압축되고, 제3 스페이서(211) 및 제4 스페이서(221)가 압축된 정도에 따라 제3 전극(212)과 전도성 소재(122), 그리고 제4 전극(222)과 전도성 소재(122) 간의 접촉되는 면적이 변경될 수 있다.
- [0142] 압력센서에 가해지는 압력이 없거나 매우 작은 압력 하에서는 스페이서가 이격시킨 간격에 의해 하이브리드 구조체(120)와 전극이 접촉되어 있지 않아 초기 저항을 높게 설정할 수 있고, 이로 인해 전기가 흐르지 않는다. 하지만 어느 정도 이상의 압력이 가해지면 스페이서의 위아래로 압축되며 스페이서와 다른 스페이서 사이의 공극을 통해 하이브리드 구조체(120)와 전극이 접촉하여 저항 및 전류가 변화할 수 있다. 가해지는 외부 압력의 크기가 증가할수록 제3 스페이서(221) 및 제4 스페이서(221)의 압축률이 증가하며 하이브리드 구조체(120)와 제3 전극(213) 및 제4 전극(223) 간의 거리가 가까워지고, 이로 인해 흐르는 전류의 세기가 증가하며, 압력센서는 더 큰 압력이 가해졌다고 감지할 수 있다. 정리하면, 스페이서의 도입을 통해 초기 저항을 높게 설정함으로써 압력이 가해졌을 때 저항의 변화폭을 크게 만들어 압력센서의 감도를 향상시킬 수 있다.

- [0144] 일 실시형태에 따라서는, 제3 스페이서(211)의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 일 실시형태에 따라서는, 제4 스페이서(221)의 두께는 2  $\mu\text{m}$  내지 3  $\mu\text{m}$ 일 수 있다. 제3 스페이서(211)와 제4 스페이서(221)의 두께는 동일하거나 상이할 수 있다.
- [0145] 종래에도 압력센서에 스페이서를 사용하였으나, 스페이서의 두께가 너무 두꺼워 매우 큰 압력을 가해야만 전극과 전도성 소재(122)가 접촉할 수 있었고, 이로 인해 작은 압력은 감지할 수 없었다. 본 발명에서는 상기와 같이 얇은 두께의 스페이서를 제작하여 사용함으로써 작은 압력도 감지할 수 있는 고감도 압력 센서를 구현할 수 있다. 스페이서의 두께가 너무 얇으면 압력센서의 초기 저항이 너무 작고, 압축 가능한 범위가 좁아 감지할 수 있는 압력의 범위가 매우 좁고, 매우 가벼운 무게만 감지할 수 있다는 단점이 있다. 반면, 스페이서의 두께가 너무 두꺼우면 외부에서 압력을 가하더라도 압력에 의한 저항 변화가 나타나지 않아 압력을 감지할 수 없다.
- [0147] 일 실시형태에 따라서는, 압력센서(200)는 하이브리드 구조체(120)의 압축률을 조절하여 압력센서의 초기 저항 및 압력센서의 감도를 조절할 수 있다. 보다 상세하게는 하이브리드 구조체(120) 중 직물(121)의 두께를 조절하여 압력센서의 초기 저항 및 감도를 조절할 수 있다. 초기 저항은 압력 센서를 제작한 후 압력이 전혀 가해지지 않은 상태에서의 저항 값을 의미한다.
- [0148] 압력센서의 초기 저항과 관련하여, 종래에 사용하던 Velostat(벨로스텓; 폴리올레핀 등 고분자 포일에 카본 블랙을 함침시켜 전기 전도성을 갖도록 제작한 포장재)과 같은 압력 감지 소재는 소재의 종류에 따라 고정된 고유의 저항 값을 가진다. 따라서 초기 저항을 니즈에 따라 다양하게 제작할 수 없어 측정 가능한 압력의 범위가 매우 좁다는 문제가 있다. 하지만 본 발명에서는 하이브리드 구조체(120)의 두께, 보다 상세하게는 직물(121)의 두께를 조절하여 압력센서의 초기 저항을 제어할 수 있다. 즉, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 얇을수록 전도성 소재(122)와 전극의 접촉 면적이 증가하게 되어 초기 저항이 작아지고, 이로 인해 상대적으로 작은 압력을 감지하는 것이 용이해질 수 있다. 반대로, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 두꺼울수록 전도성 소재(122)와 전극의 접촉 면적이 감소하게 되어 초기 저항은 커지고, 이로 인해 상대적으로 큰 압력을 감지하는 것이 용이해질 수 있다.
- [0149] 또한 압력센서의 민감도에 있어서는, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 얇을수록 초기 저항이 작아 압력센서의 감도가 우수하며, 하이브리드 구조체(120)의 두께가 두꺼울수록 초기 저항이 크고, 이로 인해 저항이 변화할 수 있는 범위가 작아져 압력센서의 감도가 낮아질 수 있다.
- [0151] 또한, 종래의 전도성 소재인 Velostat와 달리 본 발명의 하이브리드 구조체(120)를 구성하는 직물(121) 및 전도성 소재(122)는 50  $^{\circ}\text{C}$  이상의 온도에서도 열에 의한 구조적 변형이 일어나지 않아 고온에서도 압력센서의 측정 범위 및 신뢰성이 문제되지 않는다.
- [0153] 일 실시형태에 따라서는, 제3 스페이서(211) 또는 제4 스페이서(221)는 폴리디메틸실록산(PDMS), 폴리우레탄(PU) 및 에코플렉스(ecoflex)를 포함하는 고분자(polymer) 군에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0154] 제3 스페이서(211)의 소재와 제4 스페이서(221)의 소재는 동일할 수도, 상이할 수도 있다. 다만, 동일한 소재로 제조할 경우 압력센서의 감도에 영향을 미치는 변수를 줄이기 때문에 바람직하다.
- [0156] 도 7는 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서의 제조방법을 흐름도로 나타낸 것이다.
- [0157] 본 발명에 따른 수평형 고감도 압력센서의 제조방법은 전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계(S210), 하이브리드 구조체의 하면의 일단에 제3 구조체를 형성하는 단계(S220) 및 하이브리드 구조체의 하면의 타단에 제3 구조체와 이격하여 제4 구조체를 형성하는 단계(S230)를 포함한다. 제3 구조체를 형성하는 단계(S220)는 제3 기판 상에 제3 전극을 형성하는 단계(S221) 및 제3 전극 상에 제3 스페이서를 형성하는 단계(S222)를 포함한다. 제4 구조체를 형성하는 단계(S230)는 제4 기판 상에 제4 전극을 형성하는 단계(S231) 및 제4 전극 상에 제4 스페이서를 형성하는 단계(S232)를 포함한다.

- [0159] 전도성 소재를 직물(fabric)의 상면 또는 하면에 적층하여 하이브리드 구조체를 형성하는 단계(S210)에서, 전도성 소재를 직물 상에 스프레이 코팅(spray coating) 또는 드롭 캐스팅(drop casting)하여 하이브리드 구조체를 형성할 수 있다. 전도성 소재가 직물의 하면에 적층되는 경우에는 직물의 상면에 전도성 소재를 형성시킨 후, 직물을 상하로 뒤집어 사용할 수 있다. 이때 코팅하는 전도성 소재의 양을 감소시키거나 증가시켜 측정하고자 하는 압력의 크기에 맞게 초기 저항을 다양하게 설정할 수 있다.
- [0161] 이때 스프레이 코팅은 7회 내지 13회 수행할 수 있다. 바람직하게는 스프레이 코팅을 10회 수행할 수 있다. 스프레이 코팅을 7회 미만으로 수행할 경우에는 전도성 소재가 너무 적게 코팅되어 저항 변화가 거의 나타나지 않을 정도로 압력센서의 초기 저항이 너무 크게 형성될 수 있다. 예를 들어 초기 저항이 30 MΩ이면, 1 kg의 무게를 가하더라도 저항은 29 MΩ으로 거의 변하지 않는다.
- [0162] 스프레이 코팅을 13회를 초과하여 수행할 경우에는 전도성 소재가 너무 많이 코팅되어 저항 변화가 거의 나타나지 않을 정도로 압력센서의 초기 저항이 너무 작게 형성될 수 있다. 예를 들어 초기 저항이 10 Ω이면, 1 kg의 무게를 가하더라도 저항은 8 Ω으로 거의 변하지 않는다.
- [0163] 상기 스프레이 코팅 횟수 범위를 만족할 때, 스프레이 코팅을 적게 수행할수록 전도성 소재가 소량 코팅되어 큰 압력을 감지하기 용이하고, 스프레이 코팅을 많이 수행할수록 전도성 소재가 다량 코팅되어 작은 압력을 감지하기 용이다. 즉, 전도성 소재와 전극 간의 접촉 면적 조절을 통해 다양한 압력의 범위를 측정 가능하다.
- [0165] 제3 기판 상에 제3 전극을 형성하는 단계(S221)는 유리(glass), PET(polyethylene terephthalate) 등의 제3 기판의 상면에 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu) 등의 금속으로 제3 전극을 형성할 수 있다. 제3 전극은 증착, 도금, 스핀 코팅 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0167] 일 실시형태에 따라서는, 제3 스페이서를 형성하는 단계(S222)는, 고분자를 용매에 분산시켜 고분자 용액을 생성하고, 제3 전극 상에 고분자 용액을 코팅하여 제3 스페이서를 형성할 수 있다. 즉, 제3 스페이서는 고분자 스페이서일 수 있다.
- [0168] 이때 고분자를 분산시키는 용매는 무극성 용매로, 헥산(hexane), 톨루엔(toluene) 및 옥탄(octane) 중 어느 하나를 사용할 수 있다.
- [0169] 또한, 고분자 용액은 제3 전극 상에 스핀 코팅할 수 있다. 고분자 용액을 제3 전극 상에 코팅한 후, 어닐링을 통해 제3 스페이서를 반경화할 수 있다.
- [0171] 이후, 하이브리드 구조체의 하면의 일단에 제3 구조체의 제3 스페이서를 접하게 위치시키고 어닐링을 통해 완전 경화할 수 있다. 경화 공정을 통해 제3 스페이서는 하이브리드 구조체와 제3 구조체 사이의 접촉체 역할도 할 수 있다.
- [0173] 제4 기판 상에 제4 전극을 형성하는 단계(S231) 또한 유리(glass), PET(polyethylene terephthalate) 등의 제4 기판의 상면에 금(Au), 은(Ag), 구리(Cu) 등의 금속으로 제4 전극을 형성할 수 있다. 제4 전극은 증착, 도금, 스핀 코팅 등의 방법으로 형성할 수 있다.
- [0175] 일 실시형태에 따라서는, 제4 스페이서를 형성하는 단계(S242)에서, 고분자를 용매에 분산시켜 고분자 용액을 생성하고, 제4 전극 상에 고분자 용액을 코팅하여 제4 스페이서를 형성할 수 있다. 즉, 제4 스페이서는 고분자 스페이서일 수 있다.
- [0176] 이때 고분자를 분산시키는 용매는 무극성 용매로, 헥산(hexane), 톨루엔(toluene) 및 옥탄(octane) 중 어느 하나를 사용할 수 있다.

- [0177] 또한, 고분자 용액은 제4 전극 상에 스핀 코팅할 수 있다. 고분자 용액을 제4 전극 상에 코팅한 후, 어닐링을 통해 제4 스페이서를 반경화할 수 있다.
- [0178] 제3 스페이서 및 제4 스페이서는 반경화 및 경화시, 80℃ 내지 100℃에서 30분 내지 60분 동안 어닐링할 수 있다. 어닐링을 80℃ 미만에서 진행하면 경화 시간이 너무 길어지거나, 경화가 충분히 일어나지 못하고, 어닐링 시간이 30분 미만이면 경화가 충분히 일어나지 못할 수 있다. 어닐링 온도가 100℃를 초과하거나 어닐링 시간이 60분을 초과하여 진행된다면 열에 의해 전극이 파괴 또는 변형되는 등의 문제가 발생할 수 있다.
- [0180] 종래의 스페이서는 별도의 복잡한 제조 공정을 통해 제작되고, 제작한 스페이서를 압력센서와 결합하는 공정이 추가로 필요하였다. 하지만 본 발명에서는 상기와 같이 간단한 용액 기반 공정을 통해 제3 스페이서 및 제4 스페이서를 제작할 수 있고, 완성된 압력센서와 결합하는 공정이 필요치 않아 제조 비용을 절감할 수 있다.
- [0182] 이후, 하이브리드 구조체의 상면에 제4 구조체의 제4 스페이서를 접하게 위치시키고 어닐링을 통해 완전 경화할 수 있다. 경화 공정을 통해 제4 스페이서는 하이브리드 구조체와 제4 구조체 사이의 접촉제 역할도 할 수 있다.
- [0184] 일 실시형태에 따라서는, 고분자를 용매에 분산시키는 비율을 조절하여 제3 스페이서 및 제4 스페이서의 두께를 제어할 수 있다. 용액 기반 공정으로 스페이서를 제조하므로 고분자 용액의 농도를 조절을 통해 원하는 두께로 제조하는 것이 용이하다.
- [0186] 일 실시형태에 따라서는, 고분자 용액은 고분자 및 용매를 1:0.8 내지 1:1.2의 부피비로 분산시켜 생성할 수 있다. 바람직하게는, 고분자 및 용매를 1:1의 부피비로 분산시킬 수 있다. 고분자를 상기 범위 미만으로 분산시킬 경우 스페이서가 너무 두껍게 제작되어 압력센서의 초기 저항이 너무 높고, 이로 인해 압력에 의한 저항 변화가 잘 나타나지 않을 수 있다. 고분자를 상기 범위를 초과하여 분산시킬 경우에는 스페이서가 너무 얇게 제작되어 압력에 의한 저항 변화가 거의 나타나지 않을 정도로 압력센서의 초기 저항이 낮게 형성될 수 있다.
- [0187] 고분자 및 용매의 혼합비가 상기 범위를 만족한다면, 용매 대비 고분자의 함량이 적을수록 고분자 용액의 농도가 감소하여 더 얇은 스페이서를 형성할 수 있고, 고분자의 함량이 높을수록 고분자 용액의 농도가 증가하여 더 두꺼운 스페이서를 형성할 수 있다. 스페이서의 두께가 얇을수록 작은 압력을 잘 감지하고, 스페이서의 두께가 두꺼울수록 큰 압력을 잘 감지할 수 있다. 즉, 스페이서의 두께 조절을 통해 다양한 압력의 범위를 측정할 수 있다.
- [0189] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0191] **[실시예 1]**
- [0192] 은(Ag) 나노 와이어를 1장의 화장지 위에 10회 스프레이 코팅하여 하이브리드 구조체를 형성하였다.
- [0193] PET(제1 기판) 위에 구리를 증착하여 제1 전극을 제작하였다. PDMS과 헥산을 1:1 부피비로 분산한 뒤 제1 전극 위에 스핀코팅하였다. 이후 80℃에서 30분간 어닐링을 통해 PDMS 제1 스페이서를 반경화하여 제1 구조체를 형성하였다.
- [0194] PDMS 제1 스페이서 위에 하이브리드 구조체를 올리고 80℃에서 1시간 어닐링하여 완전 경화하였다.
- [0195] PET(제2 기판) 위에 구리를 증착하여 제2 전극을 제작하였다. PDMS과 헥산을 1:1 부피비로 분산한 뒤 제1 전극 위에 스핀코팅하고, 80℃에서 30분간 어닐링하여 PDMS 제2 스페이서를 반경화하였다.
- [0196] 하이브리드 구조체 위에 반경화된 PDMS 제2 스페이서가 접촉되도록 제2 구조체를 올리고 80℃에서 1시간 어닐링하여 완전 경화하여 수직형 고감도 압력센서를 제조하였다. 이때, 제1 스페이서 및 제2 스페이서의 두께는 동일

하게 3  $\mu\text{m}$ 로 제작되었다.

**[비교예 1]**

스페이서 형성 시 PDMS와 헥산을 1:5 부피비로 분산한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 수직형 고감도 압력센서를 제조하였다. 이때, 제1 스페이서와 제2 스페이서의 두께는 동일하게 0.5  $\mu\text{m}$ 로 제작되었다.

**[비교예 2]**

스페이서 형성 시 PDMS와 헥산을 1:10 부피비로 분산한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 수직형 고감도 압력센서를 제조하였다. 이때, 제1 스페이서와 제2 스페이서의 두께는 동일하게 0.1  $\mu\text{m}$ 로 제작되었다.

**[비교예 3]**

하이브리드 구조체 형성 시 은(Ag) 나노 와이어 스프레이 코팅을 20회 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 수직형 고감도 압력센서를 제조하였다.

**[비교예 4]**

하이브리드 구조체 형성 시 은(Ag) 나노 와이어 스프레이 코팅을 20회 수행한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 수직형 고감도 압력센서를 제조하였다.

**[실시예 2]**

은(Ag) 나노 와이어를 1장의 화장지 위에 10회 스프레이 코팅하여 하이브리드 구조체를 형성하였다.

PET(제3 기판) 위에 구리를 증착하여 제3 전극을 제작하였다. PDMS와 헥산을 1:1 부피비로 분산한 뒤 제3 전극 위에 스핀코팅하였다. 이후 80℃에서 30분간 어닐링을 통해 PDMS 제3 스페이서를 반경화하여 제3 구조체를 형성하였다.

PET(제4 기판) 위에 구리를 증착하여 제4 전극을 제작하였다. PDMS와 헥산을 1:1 부피비로 분산한 뒤 제4 전극 위에 스핀코팅하고, 80℃에서 30분간 어닐링하여 PDMS 제4 스페이서를 반경화하였다.

PDMS 제3 스페이서 및 PDMS 제4 스페이서를 이격시켜 배치하고, 그 위에 하이브리드 구조체의 은 나노 와이어가 스페이서와 접촉하도록 뒤집어서 올렸다. 이후 80℃에서 1시간 어닐링하여 완전 경화하여 수평형 고감도 압력센서를 제조하였다. 이때, 제1 스페이서 및 제2 스페이서의 두께는 동일하게 3  $\mu\text{m}$ 로 제작되었다.

**표 1**

|       | 압력센서 유형 | 스프레이 코팅 횟수 | PDMS:헥산 |
|-------|---------|------------|---------|
| 실시예 1 | 수직형     | 10회        | 1:1     |
| 비교예 1 | 수직형     | 10회        | 1:5     |
| 비교예 2 | 수직형     | 10회        | 1:10    |
| 비교예 3 | 수직형     | 20회        | 1:1     |
| 비교예 4 | 수직형     | 30회        | 1:1     |
| 실시예 2 | 수평형     | 10회        | 1:1     |

**[특성평가 1] 스페이서의 고분자 분산 비율에 따른 압력센서의 성능 평가**

실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 압력센서를 대상으로 제2 기판의 수직 방향으로 1 kg, 5 kg, 10 kg의 무게를

4 cm<sup>2</sup>의 면적에 가하고 압력센서에 흐르는 전류의 세기를 측정하였다. 도 8a 내지 도 8c는 각각 실시예 1, 비교예 1 및 비교예 2의 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

[0220] 그 결과 도 8a를 참고하면, 실시예 1은 1 kg, 5 kg, 10 kg으로 갈수록 전류의 세기가 증가하였고, 1 kg에서 10 kg까지 압력의 크기를 구분하여 측정 가능하였다. 이는 스페이서 제작을 위한 고분자의 분산 비율이 클때, 즉 스페이서의 두께가 3 μm 정도로 두꺼울 때 상대적으로 큰 압력까지 감지하는 성능이 뛰어난을 시사한다.

[0221] 도 8b를 참고하면, 비교예 1은 1 kg보다 5 kg의 무게를 가할 경우 전류의 세기가 증가하였고, 1 kg에서 5 kg까지는 감지가 가능함을 의미한다. 하지만, 10 kg을 가할 시에는 5 kg과 비슷하거나 조금 낮은 세기의 전류가 측정되었다. 이는 비교예 1이 5 kg 이상에서 전류가 포화되어 10 kg은 제대로 감지하지 못하였음을 의미한다. 즉, 스페이서의 두께가 0.5 μm로 얇아지면 감지할 수 있는 압력의 범위가 너무 좁아지고, 상대적으로 작은 압력의 감지에만 적합함을 시사한다.

[0222] 도 8c를 참고하면, 비교예 2는 1 kg, 5 kg, 10 kg에서 모두 유사한 전류 크기를 나타내는 것으로 보아 1kg에서부터 압력센서에 흐르는 전류가 포화되었음을 알 수 있다. 따라서 스페이서의 두께가 얇아질수록 더 좁은 압력 감지 범위를 갖고, 더 낮은 압력에 한해서만 감지 가능한 것으로 확인되었다.

#### [특성평가 2] 전도성 소재의 코팅 횟수에 따른 압력센서의 성능 평가

[0225] 비교예 3 및 비교예 4의 압력센서를 대상으로 제2 기관의 수직 방향으로 1kg, 5kg, 10kg의 무게를 가하고 4cm<sup>2</sup>의 면적에 압력센서에 흐르는 전류의 세기를 측정하였다. 도 9a 및 도 9b는 각각 비교예 3 및 비교예 4의 측정 결과를 나타낸 그래프이다.

[0226] 도 9a를 참고하면, 비교예 3에 1 kg, 5 kg, 10 kg을 가하였을 때 모두 감지가 가능하나 도 8a의 실시예 1과 비교하였을 때 전류의 세기가 무게에 비례하지는 않는 모습을 보였다. 따라서 비교예 3과 같이 은 나노 와이어를 20회 코팅할 경우 압력센서의 초기 저항이 낮아져 실시예 1(10회 코팅)보다 낮은 무게를 감지하는 데 적합하다는 결론이 나온다.

[0227] 도 9b를 참고하면, 비교예 4는 5kg 이상에서 전류가 포화되어 10 kg을 제대로 감지하지 못하는 모습을 확인할 수 있다. 이는 은 나노 와이어를 더 많이 코팅할수록 압력센서의 초기 저항이 낮아져 더 낮은 압력만을 감지할 수 있고, 압력 감지 범위도 좁아진다는 것을 의미한다.

#### [특성평가 3] 수평형 압력센서의 성능 평가

[0230] 실시예 1은 수직형 압력센서, 실시예 2는 수평형 압력센서로 두 압력센서는 구조만 상이할 뿐 나머지 조건은 모두 동일하게 제작하였다.

[0231] 도 10a는 실시예 1, 도 10b는 실시예 2에 다양한 압력을 4cm<sup>2</sup>의 면적에 가하고 전류의 세기를 측정한 결과이다. 도 10a 및 도 10b를 통해 수직형 압력센서와 수평형 압력센서 모두 1kg에서 10kg까지 압력의 크기를 잘 구분할 수 있다는 것을 확인하였다.

[0233] 본 발명의 실시예에 따른 압력센서는 기존의 상용화 압력센서인 FSR(force-sensing resistor; 힘 감지 저항기)가 감지하지 못하는 1 kg, 5 kg, 10 kg의 무게를 정확히 감지하는데 성공하였다. FSR 압력 센서는 스페이서가 포함되어 있지 않다. 스페이서가 없어 1kg 이상의 무게가 가해지면 전류의 세기가 포화되어 5 kg, 10 kg의 무게에 따른 압력은 측정할 수 없게 된다. 또한 FSR의 초기 저항은 수 kΩ 정도로 고정되어 있어 외부 압력의 크기에 따라 초기 저항을 변경하며 원하는 압력을 감지하는 것이 불가능하다.

[0235] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

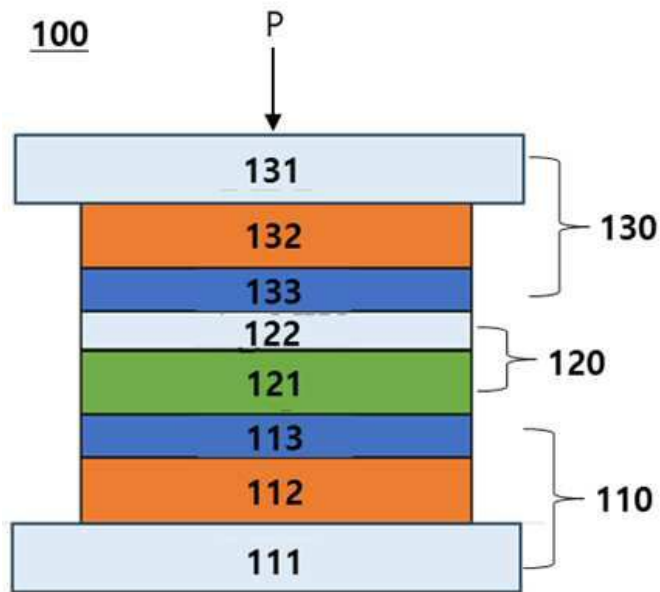
**부호의 설명**

[0237]

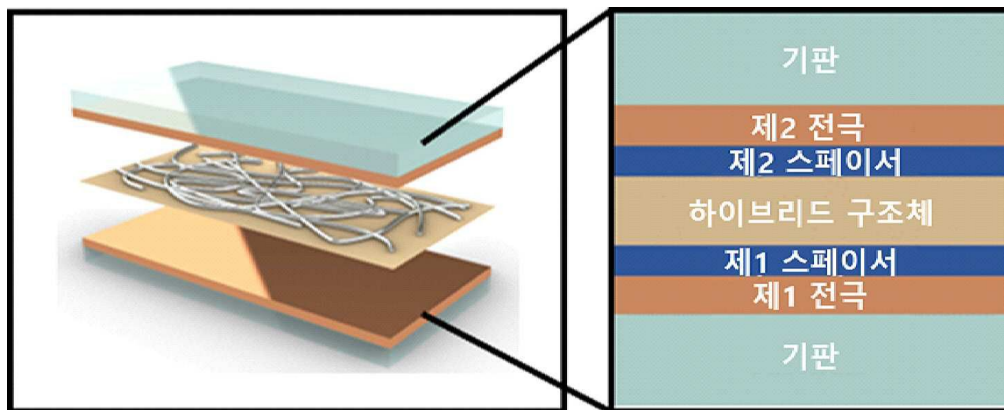
- 100: 수직형 고감도 압력센서
- 110: 제1 구조체
- 111: 제1 기관
- 112: 제1 전극
- 113: 제1 스페이서
- 120: 하이브리드 구조체
- 121: 직물
- 122: 전도성 소재
- 130: 제2 구조체
- 131: 제2 기관
- 132: 제2 전극
- 133: 제2 스페이서
- 200: 수평형 고감도 압력센서
- 210: 제3 구조체
- 211: 제3 스페이서
- 212: 제3 전극
- 213: 제3 기관
- 220: 제4 구조체
- 221: 제4 스페이서
- 222: 제4 전극
- 223: 제4 기관

도면

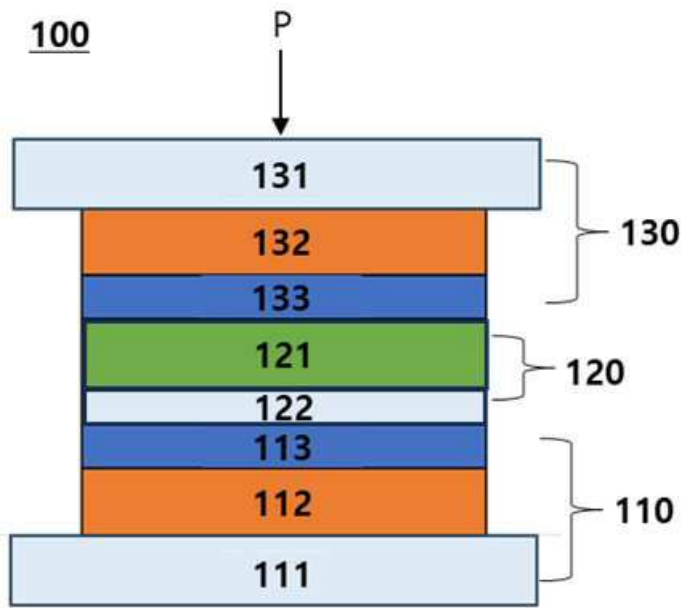
도면1a



도면1b



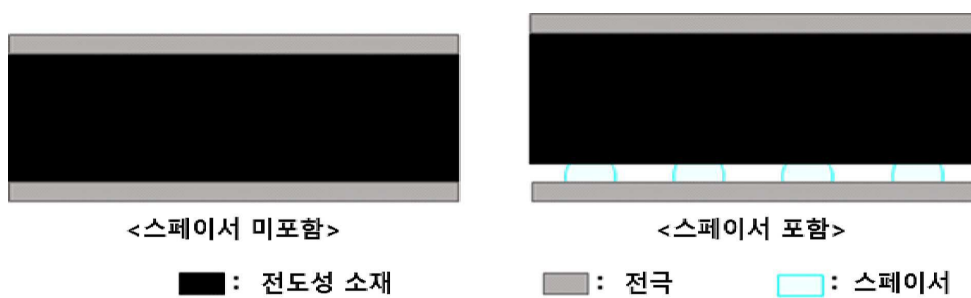
도면1c



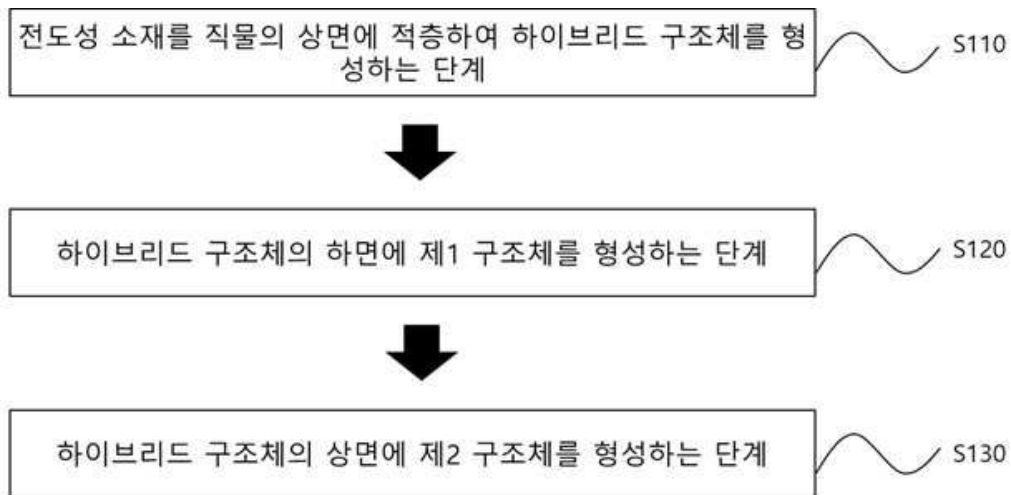
도면2



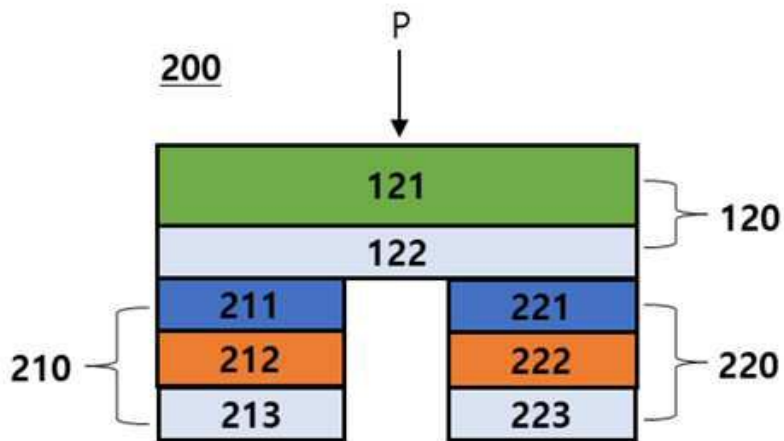
도면3



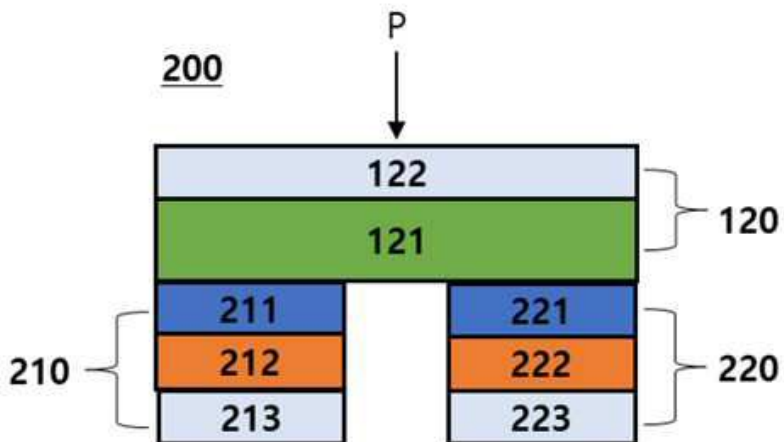
도면4



도면5a



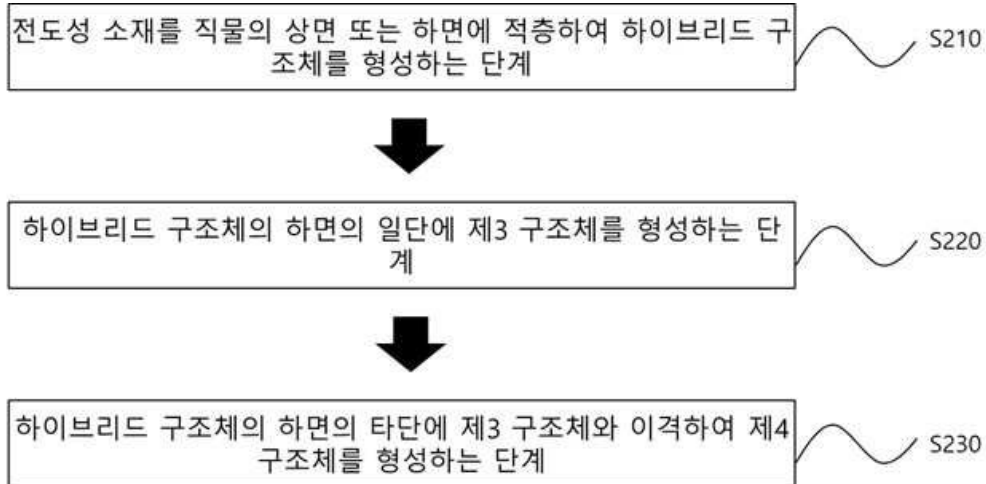
도면5b



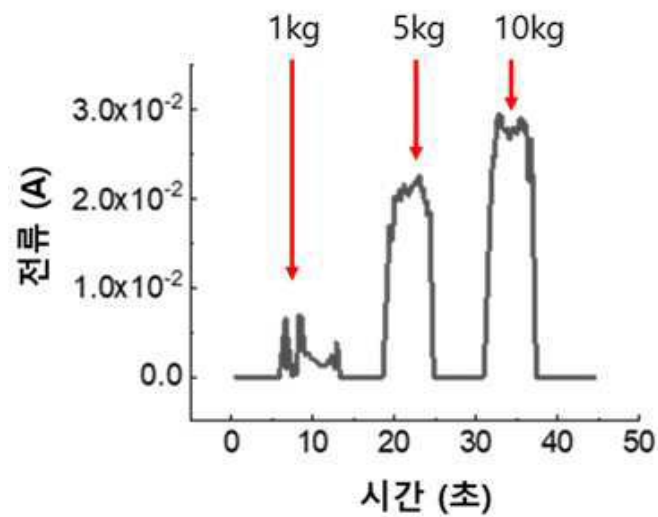
도면6



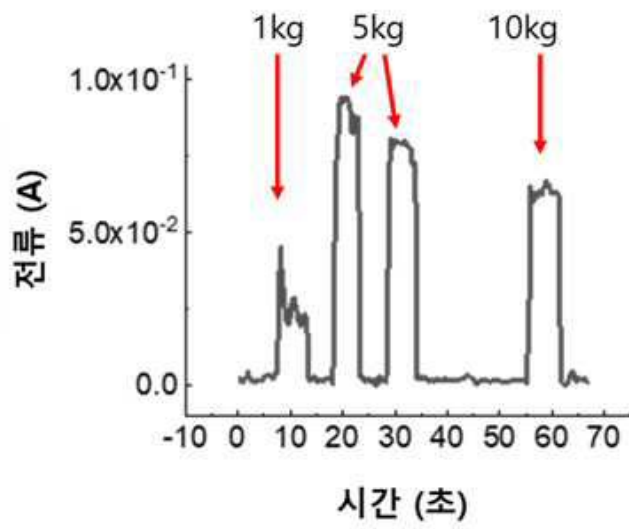
도면7



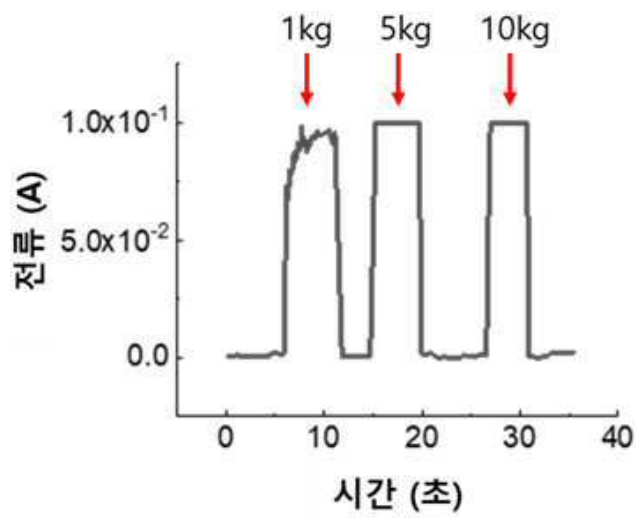
도면8a



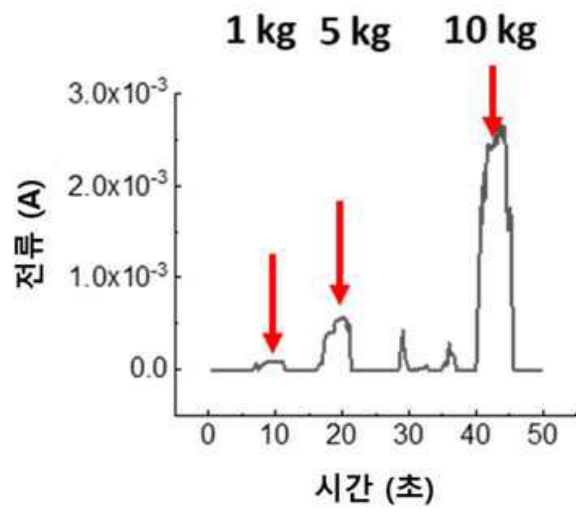
도면8b



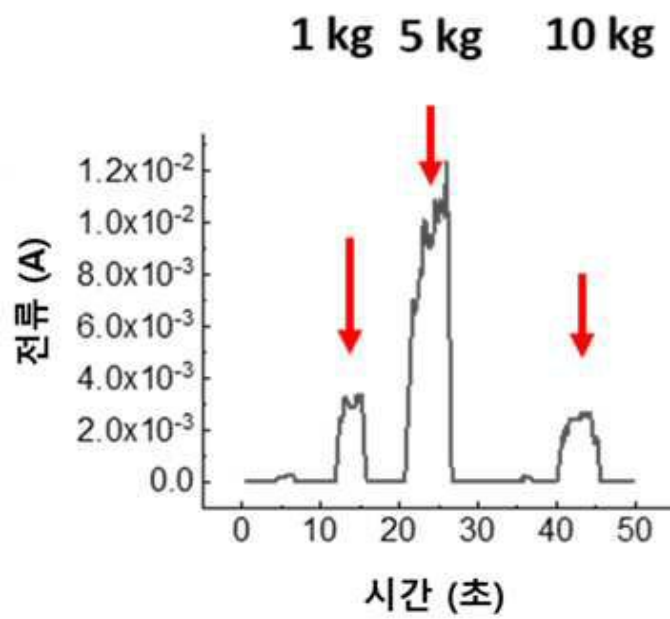
도면8c



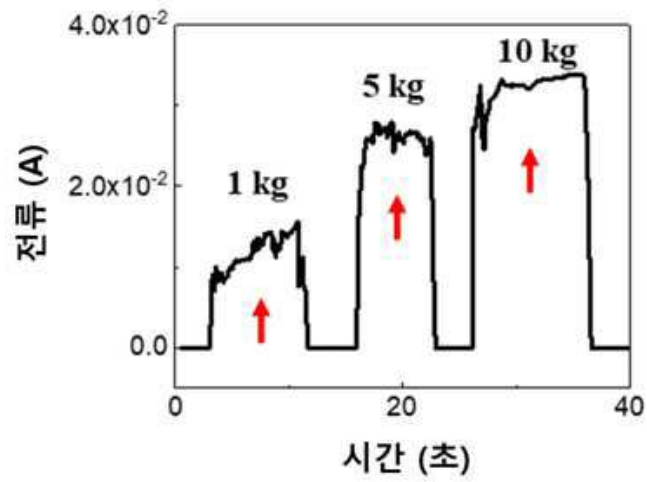
도면9a



도면9b



도면10a



도면10b

