



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월02일
(11) 등록번호 10-1964879
(24) 등록일자 2019년03월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/18 (2006.01) G01L 1/22 (2006.01)
H01B 1/04 (2006.01) H01B 1/08 (2006.01)
H01B 3/46 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/18 (2013.01)
G01L 1/225 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0164923
(22) 출원일자 2017년12월04일
심사청구일자 2017년12월04일
(56) 선행기술조사문헌
JP2008175570 A
JP2015197300 A
KR1020150059452 A

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
정창윤
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
차상협
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 한상호

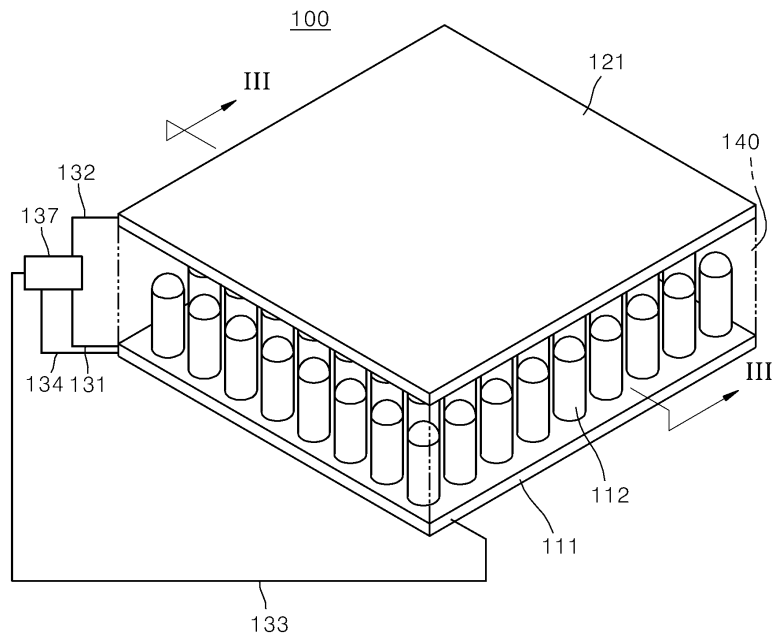
(54) 발명의 명칭 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서로서, 탄소물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제1기재, 상기 제1기재의 상면 상에 형성되어 있는 제1나노로드들, 상기 제1기재 및 상기 제1나노로드들 상에 형성되어 있는 제1도전층, 및 상기 제1도전층 상에 형성되어 있는 제1수지 박막층을 포함하는 제1도전성 부재,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



상기 제1도전성 부재의 상면으로부터 이격되어 배치되어 있는 제2도전성 부재, 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재 사이를 채우며, 탄성을 가지는 수지 매트릭스 및 상기 제1도전성 부재 및 제2도전성 부재에 전기적으로 각각 연결되어 압축력을 측정하기 위한 제1회로부 및 각각 상기 제1도전성 부재의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 인장력을 측정하는 제2회로부를 구비하는 제어모듈을 포함하며, 상기 제어모듈은, 상기 탄소 복합체 센서에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전층과 상기 제2도전성 부재의 거리가 변경되어 상기 제1회로부의 저항 변화로부터 상기 압축력을 측정하고, 상기 탄소 복합체 센서에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전성 부재 변형에 의하여 상기 제2회로부의 저항 변화로부터 상기 인장력을 측정하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서를 제공한다.

따라서, 탄소 복합체 상에 형성된 나노로드들에 의한 접촉면적 확대에 의하여, 탄소 복합체끼리의 접촉에 의한 경우보다 외력에 의한 저항변화를 더욱 섬세하게 감지하여 압축력의 측정 민감도가 향상될 수 있다.

(52) CPC특허분류

H01B 1/04 (2013.01)

H01B 1/08 (2013.01)

H01B 3/46 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서로서,

탄소물질들을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제1기재, 상기 제1기재의 상면 상에 형성되어 있는 제1나노로드들, 상기 제1기재 및 상기 제1나노로드들 상에 형성되어 있는 제1도전층, 및 상기 제1도전층 상에 형성되어 있는 제1수지 박막층을 포함하는 제1도전성 부재;

상기 제1도전성 부재의 상면으로부터 이격되어 배치되어 있는 제2도전성 부재;

상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재 사이를 채우며, 탄성을 가지는 수지 매트릭스; 및

상기 제1도전성 부재 및 제2도전성 부재에 전기적으로 각각 연결되어 압축력을 측정하기 위한 제1회로부; 및 각각 상기 제1도전성 부재의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 인장력을 측정하는 제2회로부를 구비하는 제어모듈을 포함하며,

상기 제어모듈은,

상기 탄소 복합체 센서에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전층과 상기 제2도전성 부재의 거리가 변경되어 상기 제1회로부의 저항 변화로부터 상기 압축력을 측정하고,

상기 탄소 복합체 센서에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전성 부재 변형에 의하여 상기 제2회로부의 저항 변화로부터 상기 인장력을 측정하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제2도전성 부재는,

제2기재; 및

상기 제2기재의 하면 상에 형성되어 있는 제2도전층을 포함하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제2도전성 부재는,

제2기재, 상기 제2기재의 하면 상에 형성되어 있는 제2나노로드들, 상기 제2기재의 하면 및 상기 제2나노로드들 상에 형성되어 있는 제2도전층, 및 상기 제2도전층 상에 형성되어 있는 제2수지 박막층을 포함하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제2도전성 부재는,

탄소물질들을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제2기재, 상기 제2기재의 하면 상에 형성되어 있는 제2나노로드들, 상기 제2기재의 하면 및 상기 제2나노로드들 상에 형성되어 있는 제2도전층, 및 상기 제2도전층 상에 형성되어 있는 제2수지 박막층; 및;

상기 제2도전성 부재에의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 있는 제3회로부를 더 포함하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1나노로드들은 산화아연 또는 산화구리로 형성되는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 6

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서,

상기 제2나노로드들은 산화아연 또는 산화구리로 형성되는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 7

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1도전층은 탄소나노튜브로 형성되는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 제1수지 박막층은 실리콘 계열 수지로 형성되는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 실리콘 계열 수지는 폴리디메틸실록산 또는 에코플렉스로 형성되는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 제1수지 박막층의 두께는 8 내지 12 마이크로미터인 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 수지 매트릭스는 상기 제1도전성 부재 및 상기 제2도전성 부재를 둘러싸도록 더 형성되어 있는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 제2회로부는, 상기 제1도전성 부재의 양 측면들에 각각 전기적으로 연결되어 있는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서.

청구항 13

탄소물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제1기재를 준비하는 단계, 상기 제1기재의 상면 상에 제1나노로드들을 성장시키는 단계, 상기 제1기재 및 상기 제1나노로드들 상에 제1도전층을 형성하는 단계 및 상기 제1도전층 상에 제1수지 박막층을 형성하는 단계를 포함하는 제1도전성 부재를 준비하는 단계;

제2도전성 부재를 준비하는 단계;

상기 제1도전성 부재 및 제2도전성 부재에 전기적으로 각각 연결되어 압축력을 측정하기 위한 제1회로부; 및 각각 상기 제1도전성 부재의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 인장력을 측정하는 제2회로부를 연결하는 단계; 및

상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재가 서로 이격된 상태를 유지한 상태에서 브이에이알티엠을

이용하여, 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재를 일체로 패키징하는 단계를 포함하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서를 제조하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서 및 이의 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 외부에서 가해지는 외력에 따라 변화하는 저항값을 측정하고 이로부터 저항변화율을 도출하여 인장력과 압축력을 측정할 수 있는 인장력 및 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 스트레인 게이지나 스트레인 센서는 기계적인 미세한 변화(Strain)를 전기신호로 변환하여 검출하는 센서이다. 상기 스트레인 게이지는 기계나 구조물의 표면에 접착 혹은 삽입하여, 표면이나 내부의 미세한 치수의 변화를 측정하여, 구조물의 강도나 안전성을 확인하기 위한 응력을 알 수 있다. 금속선 또는 금속박막으로 이루어진 일반형 스트레인 게이지의 경우, 습도에 민감하고 신호 강도가 낮은 단점이 있다. 반도체 물질의 피에조 저항효과를 이용한 반도체형 스트레인 게이지의 경우, 온도에 민감하여 구동가능한 온도범위가 매우 좁은 문제점이 있다.

[0003] 최근에는, 고분자와 전도성 물질을 포함하는 복합체로 이루어진 스트레인 센서를 제조하는 기술에 대한 관심이 증대되고 있다. 그러나, 이러한 센서도 특정 방향의 스트레인만 측정가능한 바, 다양한 방향에서 가해지는 힘을 측정하는데 한계가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제8,250,927호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 외부에서 가해지는 외력에 따라 변화하는 저항값을 측정하고 이로부터 저항변화율을 도출하여 인장력과 압축력을 측정할 수 있는 인장력 및 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서로서, 탄소물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제1기재, 상기 제1기재의 상면 상에 형성되어 있는 제1나노로드들, 상기 제1기재 및 상기 제1나노로드들 상에 형성되어 있는 제1도전층, 및 상기 제1도전층 상에 형성되어 있는 제1수지 박막층을 포함하는 제1도전성 부재, 상기 제1도전성 부재의 상면으로부터 이격되어 배치되어 있는 제2도전성 부재, 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재 사이를 채우며, 탄성을 가지는 수지 매트릭스 및 상기 제1도전성 부재 및 제2도전성 부재에 전기적으로 각각 연결되어 압축력을 측정하기 위한 제1회로부 및 각각 상기 제1도전성 부재의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 인장력을 측정하는 제2회로부를 구비하는 제어모듈을 포함하며, 상기 제어모듈은, 상기 탄소 복합체 센서에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전층과 상기 제2도전성 부재의 거리가 변경되어 상기 제1회로부의 저항 변화로부터 상기 압축력을 측정하고, 상기 탄소 복합체 센서에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전성 부재 변형에 의하여 상기 제2회로부의 저항 변화로부터 상기 인장력을 측정하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서를 제공한다.

[0007] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 탄소물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제1기재를 준비하는 단계, 상기 제1기재의 상면 상에 제1나노로드들을 성장시키는 단계, 상기 제1기재 및 상기 제1나노로드들 상에 제1도전층을 형성하는 단계 및 상기 제1도전층 상에 제1수지 박막층을 형성하는 단계를 포함하는 제1도전성 부재를 준비하는 단계, 제2도전성 부재를 준비하는 단계, 상기 제1도전성 부재 및 제2도전성 부재에 전기적으로 각

각 연결되어 압축력을 측정하기 위한 제1회로부 및 각각 상기 제1도전성 부재의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 인장력을 측정하는 제2회로부를 연결하는 단계 및 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재가 서로 이격된 상태를 유지한 상태에서 브이에이알티엠을 이용하여, 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재를 일체로 패키징하는 단계를 포함하는 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서를 제조하는 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0008] 본 발명에 따른 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서는 다음과 같은 효과가 있다.
- [0009] 첫째, 탄소 복합체 상에 형성된 나노로드들에 의한 접촉면적 확대로 인하여, 탄소 복합체끼리의 접촉에 의한 경우보다 외력에 의한 저항변화를 더욱 섬세하게 감지하여 압축력의 측정 민감도가 향상될 수 있다.
- [0010] 둘째, 탄소 복합체 및 나노로드들 상에 도전층을 형성하고, 상기 도전층 상에 수지 박막층을 형성함으로써, 외력이 가해질 때 수지 박막층이 없을 때보다 절연 파괴 현상(Insulator Breakdown Voltage)으로 인해 더 큰 저항변화가 발생하는 것을 측정 할 수 있으므로, 센싱 효율이 향상된다.
- [0011] 셋째, 탄소 복합체의 양단에 인장력을 가했을 때 생기는 저항변화로부터 스트레인을 계산함으로써 인장력도 측정이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서의 사시도이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서의 내부를 도시한 모식도이다.
- 도 3은 도 2에 도시된 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서의 III-III선을 취한 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서의 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서의 단면도이다.
- 도 6은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서의 단면도이다.
- 도 7은 도 3에 도시된 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서에 압축력이 가해졌을 때, 센서의 변형 상태의 일부를 확대한 모식도이다.
- 도 8은 도 3에 도시된 인장력과 압축력의 측정이 가능한 탄소 복합체 센서에 인장력이 가해졌을 때, 센서의 변형 상태의 일부를 확대한 모식도이다.
- 도 9는 도 3의 실시예에 따른 센서에 인장 및 압축을 가했을 때, 인장 및 압축의 변화에 따른 저항변화율을 나타내는 실험 자료이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0014] 도 1 내지 도3, 도 7 및 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 센서(100)는 제1도전성 부재(110), 제2도전성 부재(120), 제어모듈(130), 수지 매트릭스(140)를 포함한다.
- [0015] 상기 제1도전성 부재(110)는 제1기재(111), 제1나노로드들(nano rods)(112), 제1도전층(113), 제1수지 박막층(114)을 포함한다.
- [0016] 상기 제1기재(111)는 탄소물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성된다. 상기 제1기재(111)의 상면 상에는 압축력 측정 시 센싱 민감도 향상을 위해 표면적을 넓히는 역할을 하는 상기 제1나노로드들(112)이 형성되어 있다. 상기 제1기재(111)는 탄성력을 가지므로 압축력이 작용할 경우 상기 제1기재(111)의 상면으로부터 이격되어 배치되어 있는 상기 제2도전성 부재(120) 방향으로 휘게 되어, 상기 제1나노로드들(112)과 상기 제2도전성 부재(120)가 쉽게 접촉하도록 하여, 센싱을 용이하게 가능토록 한다. 또한 도 7을 참조하면, 상기 제1기재(111)는 상기 탄소 복합체로 형성되므로 상기 제1기재(111)의 양단에 인장력이 작용하는 경우, 상기 제1기재(111)의 저항 변화로부터 스트레인을 계산하고 상기 스트레인 값으로부터 상기 인장력의 측정이 가능하다.
- [0017] 상기 제1나노로드들(112)은 산화 아연(ZnO) 또는 산화 구리(CuO)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지

않고 변경이 가능하다. 상기 제1나노로드들(112)은 상기 제1기재(111)의 상면 상에 형성되고, 수십 나노미터 지름의 나노 기둥이 뺄뺄하게 솟아있는 형태이다. 상기 제1나노로드들(112)은 지름이 수십 나노미터에 불과해서, 상기 제1기재(111)의 표면에 형성될 경우 상기 제1도전성 부재(110)의 전체 표면적이 증가하는 효과가 있고, 상기 증가된 표면적은 압축력을 측정할 때 상기 제2도전성 부재(120)와의 접촉면적을 증가시켜서 센싱 효율을 향상시킨다.

[0018] 상기 제1도전층(113)은 탄소나노튜브(CNT)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제1도전층(113)은 상기 제1기재(111) 및 상기 제1나노로드들(112) 상에 형성된다. 또한 상기 제1도전층(113) 상에는 상기 제1수지 박막층(114)이 형성된다. 외력이 가해지면 상기 제1도전층(113)은 상기 제2도전성 부재(120)와 상기 제1수지 박막층(114)을 통해 접촉하여 전기적으로 연결된다.

[0019] 상기 제1수지 박막층(114)은 폴리디메틸실록산(PDMS) 또는 에코플렉스(Ecoflex)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 실리콘 계열의 수지로 변경이 가능하다. 상기 제1수지 박막층(114)은 스핀 코팅 방법으로 8 내지 12마이크로미터 두께로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제1수지 박막층(114)은 비도전성이지만 마이크로미터 단위의 얇은 막으로 형성되어서 미세한 전압이 가해지는 경우라도 절연 파괴(Insulator Breakdown Voltage)현상이 발생해서 도전성을 갖게 된다. 외력이 작용하여 상기 제1도전층(113)과 상기 제2도전성 부재(120)가 상기 제1수지 박막층(114)을 경계로 접촉하는 경우, 상기 절연 파괴 현상으로 상기 제1수지 박막층(114)이 도전성을 가지게 되어 상기 제1도전층(113), 상기 제1수지 박막층(114) 및 상기 제2도전성 부재(120)가 전기적으로 연결된다. 상기 제2도전성 부재(120)의 하면 상에도 상기 제1수지 박막층(114)과 유사한 수지 박막층이 형성될 수 있다.

[0020] 상기 제2도전성 부재(120)는 제2기재(121)를 포함한다.

[0021] 상기 제2기재(121)는 탄소 복합체로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제2기재는 상기 제1도전성 부재(110)의 상면으로부터 이격되어 배치된다. 상기 제2기재는(121)는 도전성 및 신축성이 있는 소재이다. 상기 제2기재(121)는 도 6을 참조하면, 외력이 상기 제2기재(121)에 가해지는 경우 상기 제2기재(121)는 탄성력을 가지므로 상기 제1도전성 부재(110) 방향으로 휘게 된다. 상기 제2기재(121)는 상기 제1도전층(113)과, 상기 제1수지 박막층(114)을 통해 전기적으로 연결된다.

[0022] 상기 제어모듈(130)은 제1회로부 및 제2회로부를 포함한다. 상기 제1회로부는 제1도전성라인(131), 제2도전성라인(132) 및 제어부(137)를 포함한다.

[0023] 상기 제1도전성라인(131)의 일단은 상기 제1도전성 부재(110)에 연결되고, 다른 일단은 상기 제어부(137)에 연결된다.

[0024] 상기 제2도전성라인(132)의 일단은 상기 제2도전성 부재(120)에 연결되고, 다른 일단은 상기 제어부(137)에 연결된다.

[0025] 상기 제어부(137)는 상기 제1도전성라인(131) 및 상기 제2도전성라인(132)의 각각과 연결된다. 또한 상기 제어부(137)는 이하 설명할 제3도전성라인(133) 및 제4도전성라인(134)과도 각각 연결된다. 상기 제어부(137)는 상기 센서(100)에 외부로부터 외력이 가해지면, 상기 제1도전층(113)과 상기 제2도전성 부재(120)의 거리가 변경되어 상기 제1회로부의 저항 변화로부터 압축력을 측정한다.

[0026] 상기 제2회로부는 제3도전성라인(133), 제4도전성라인(134) 및 상기 제어부(137)를 포함한다. 상기 제2회로부는 상기 제1도전성 부재(110)의 양 측면들에 각각 전기적으로 연결되어 있다. 상기 제3도전성라인(133) 및 상기 제4도전성라인(134) 각각의 일단은 상기 제1도전성 부재(110)의 양 측면들에 각각 전기적으로 연결된다.

[0027] 상기 제어부(137)는 상기 제3도전성라인(133) 및 상기 제4도전성라인(134)의 각각과 연결된다. 상기 제어부(137)는 상기 제1도전성부재(110)에 인장력이 가해지면, 상기 제1도전성부재(110)의 변형에 의한 상기 제2회로부의 저항 변화로부터 상기 인장력을 측정한다.

[0028] 상기 수지 매트릭스(140)는 폴리디메틸실록산 또는 에코플렉스로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 수지 매트릭스(140)는 상기 제1수지 박막층(114)과 동일한 물질로 형성한다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 수지 매트릭스(140)는 상기 제1도전성 부재(110) 및 상기 제2도전성 부재(120)가 이격되어 배치되어 있는 공간상에 채워진다. 상기 수지 매트릭스(140)는 상기 제1도전성 부재(110) 및 상기 제2도전성 부재(120)의 이격 공간에 채워짐으로써 상기 제1도전성 부재(110)와 상기 제2도전성 부재(120)를 연결시킨다. 또한 상기 수지 매트릭스(140)는 상기 센서(100)를 브이에이알티엠(VARTM, vacuum

assisted resin transfer molding) 성형법을 이용하여 제조할 경우 상기 제1도전성 부재(110) 및 상기 제2도전성 부재(120))를 둘러싸도록 더 형성된다. 상기 수지 매트릭스(140)는 상기 제1도전성부재(110) 및 상기 제2도전성부재(120) 사이의 공간에 충전된다. 상기 수지 매트릭스(140)는 상기 제1도전성 부재(110) 및 상기 제2도전성부재(120)가 연결된 상태에서 상기 수지 매트릭스(140) 내부에서 고정되도록 밀착하여 충전된다. 상기 수지 매트릭스(140)와 상기 제1도전성부재(110) 및 상기 제2도전성부재(120) 사이의 공간에 충전되는 소재는, 상기 제1도전성부재(110)와 상기 제2도전성부재(120)를 연결하는 충전 소재와 동일한 소재로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 브이에이알티엠(VARTM) 성형법은 등록 특허 10-1452411호에 개시되어 있다. 다만, 브이에이알티엠(VARTM) 성형법은 이에 한정되지 않고, 공지된 다양한 브이에이알티엠(VARTM) 성형법이 이용될 수도 있다.

- [0029] 도 4를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 센서(200)는 제1도전성 부재(210), 제2도전성 부재(220), 제어 모듈(230) 및 수지 매트릭스(240)를 포함한다. 도면 상에는 도시되지 않았지만, 도 4의 센서(200)도 도 1의 센서(100)와 마찬가지로 상기 제1도전성 부재(210) 및 상기 제2도전성 부재(220)를 둘러싸는 상기 수지 매트릭스(240)를 포함한다.
- [0030] 상기 센서(200)는 도 2의 실시예에 따른 센서(100)와 비교할 때, 제2도전성 부재(220)가 비도전성 제2기재(221) 및 제2도전층(223)을 포함하는 점이 도 1의 센서(100)와의 차이점이다.
- [0031] 상기 제2기재(221)는 폴리디메틸실록산으로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제2기재(221)는 신축성이 있어서 외력이 작용할 때 휘면서 상기 제1도전성 부재(210)와 접촉을 용이하게 한다. 상기 제2기재(221)의 하면 상에는 상기 제2도전층(223)이 형성된다.
- [0032] 상기 제2도전층(223)은 탄소나노튜브(CNT)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제2도전층(223)은 외력이 작용할 때 상기 제1도전성 부재(210)와 접촉하여 전기적으로 연결된다.
- [0033] 상기 제1도전성 부재(210), 상기 제어모듈(230), 상기 수지 매트릭스(240) 및 상기 성형몰드(250)는 도 1의 실시예에 따른 센서(100)와 유사한바 설명을 생략한다.
- [0034] 도 5를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 센서(300)는 제1도전성 부재(310), 제2도전성 부재(320), 제어모듈(330) 및 수지 매트릭스(340)를 포함한다. 도면 상에는 도시되지 않았지만, 도 5의 센서(300)도 도 1의 센서(100)와 마찬가지로 상기 제1도전성 부재(310) 및 상기 제2도전성 부재(320)를 둘러싸는 상기 수지 매트릭스(340)를 포함한다.
- [0035] 상기 제1도전성 부재(310)는 제1기재(311), 제1나노로드들(312), 제1도전층(313) 및 제1수지 박막층(314)을 포함한다.
- [0036] 상기 제2도전성 부재(320)는 제2기재(321), 제2나노로드들(322), 제2도전층(323) 및 제2수지 박막층(324)을 포함한다.
- [0037] 상기 제어모듈(330)은 제1회로부 및 제2회로부를 포함한다.
- [0038] 상기 센서(300)는 도 4의 실시예에 따른 센서(200)와 비교할 때, 상기 제2도전성 부재(320)의 구성에 차이가 있다.
- [0039] 상기 제2기재(321)는 도 4의 실시예에 따른 센서(200)와 유사한바 설명을 생략한다.
- [0040] 상기 제2나노로드들(322)은 산화 아연(ZnO) 또는 산화 구리(CuO)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제2나노로드들(322)은 상기 제2기재(321)의 하면 상에 형성되고, 수십 나노미터 지름의 나노 기둥이 뿔뿔하게 솟아있는 형태이다. 상기 제2나노로드들(322)은 지름이 수십 나노미터에 불과해서, 상기 제2기재(321)의 표면상에 형성될 경우 상기 제2도전성 부재(320)의 전체 표면적이 증가하는 효과가 있고, 상기 증가된 표면적은 압축력을 측정할 때 상기 제1도전성 부재(310)와의 접촉면적을 증가시켜서 센싱 효율을 향상시킨다. 상기 제2나노로드들(322) 상에는 제2도전층(323)이 형성된다.
- [0041] 상기 제2도전층(323)은 탄소나노튜브(CNT)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제2도전층(323)은 상기 제2기재(321)의 하면 및 상기 제2나노로드들(322) 상에 형성된다. 또한 상기 제2도전층(323) 상에는 상기 제2수지 박막층(324)이 형성된다. 외력이 가해지면 상기 제2도전층(323)은 상기 제1도전층(313)과, 상기 제1수지 박막층(314) 및 상기 제2수지 박막층(324)을 통해 접촉하여 전기적으로 연

결된다.

- [0042] 상기 제2수지 박막층(324)은 폴리디메틸실록산(PDMS) 또는 에코플렉스(Ecoflex)로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 실리콘 계열의 수지로 변경이 가능하다. 상기 제2수지 박막층(324)은 8 내지 12마이크로미터 두께로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다. 상기 제2수지 박막층(324)은 비도전성이지만 일정한 전압이 가해지는 경우 절연 파괴(Insulator Breakdown Voltage)현상이 발생해서 도전성을 갖게 된다. 외력이 작용하여 상기 제2도전층(323)과 상기 제1도전층(313)이 상기 제1수지 박막층(314) 및 상기 제2수지 박막층(324)을 경계로 접촉하는 경우, 상기 절연 파괴 현상으로 상기 제1수지 박막층(314) 및 상기 제2수지 박막층(324)이 도전성을 가지게 되어 상기 제1도전층(313), 상기 제1수지 박막층(314), 상기 제2수지 박막층(324) 및 상기 제2 도전층(323)이 전기적으로 연결된다
- [0043] 상기 제1도전성 부재(310), 상기 제어모듈(330) 및 상기 수지 매트릭스(340)는 도 4의 실시예에 따른 센서(200)와 유사한바 설명을 생략한다.
- [0044] 도 6을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 센서(400)는 제1도전성 부재(410), 제2도전성 부재(420), 제어모듈(430) 및 수지 매트릭스(440)를 포함한다. 도면 상에는 도시되지 않았지만, 도 6의 센서(400)도 도 1의 센서(100)와 마찬가지로 상기 제1도전성 부재(410) 및 상기 제2도전성 부재(420)를 둘러싸는 상기 수지 매트릭스(440)를 포함한다.
- [0045] 상기 제1도전성 부재(410)는 제1기재(411), 제1나노로드들(412), 제1도전층(413) 및 제1수지 박막층(414)을 포함한다.
- [0046] 상기 제2도전성 부재(420)는 제2기재(421), 제2나노로드들(422), 제2도전층(423) 및 제2수지 박막층(424)을 포함한다.
- [0047] 상기 제어모듈(330)은 제1회로부, 제2회로부 및 제3회로부를 포함한다.
- [0048] 상기 센서(400)는 도 5의 실시예에 따른 센서(300)와 비교할 때 상기 제2도전성 부재(410) 및 상기 제어모듈(430)의 구성에 차이가 있다.
- [0049] 상기 제2기재(421)는 탄소 물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성된다. 상기 제2기재(421)는 도 5의 실시예에 따른 센서(300)와 달리 상기 제2기재(421)의 양단에 인장력이 작용하는 경우 상기 제2기재(421)의 저항변화로부터 인장력을 측정할 수 있다.
- [0050] 상기 제어모듈(430)은 도 5의 실시예에 따른 센서(300)와 달리 상기 제2기재(421)의 양 측면들에 각각 전기적으로 연결되어 있는 제3회로부를 더 포함한다. 상기 제3회로부는 상기 제2기재(421)와 연결되는 제5도전성라인(435) 및 제6도전성라인(436)을 포함한다. 또한 상기 제5도전성라인(435) 및 제6도전성라인(436)과 연결되는 제어부(437)을 포함한다.
- [0051] 상기 제3회로부는 상기 제2기재(421)에 인장력이 가해진 경우, 상기 제2기재(421)의 저항변화로부터 스트레인을 계산하여 인장력을 측정한다. 상기 제3회로부는 상기 제2도전성 부재(420)의 양 측면들에 각각 전기적으로 연결된다.
- [0052] 상기 제1도전성 부재(410), 상기 제2도전성 부재(420) 중 제2나노로드들(422), 제2도전층(423), 제2수지 박막층(424), 상기 제어모듈(430) 중 제1회로부 및 제2회로부는 도 4의 실시예에 따른 센서(300)와 유사한바 설명을 생략한다.
- [0053] 도 8을 참조하면, 도 8은 도 3의 실시예에 따른 센서(100)에 압축력 및 인장력이 각각 작용했을 때 압축력 및 인장력이 각각 변화함에 따라 저항이 변화하는 비율을 나타내는 실험 자료이다. 상기 실험 자료에서 R0는 초기 저항을, R은 변화된 저항을 나타낸다.
- [0054] 상기 실험 자료에서 압축 그래프를 참조하면, 압축력에 따른 변형이 증가함에 따라 저항 변화율은 줄어드는 것을 볼 수 있다. 압축력이 작용하기 시작하는 시점에는 저항의 변화율이 크다가 점점 더 저항의 변화율이 감소하는 것을 볼 수 있다. 압축력이 증가함에 따라서 상기 센서(100)의 제2기재(121)가 압축되어 두께가 줄어들게 됨으로써 저항이 감소한 것을 알 수 있다.
- [0055] 또한 상기 실험 자료에서 인장 그래프를 참조하면, 인장력이 증가함에 따라 저항의 변화율은 증가하는 것을 볼 수 있다. 인장력이 작용하기 시작하는 시점에는 저항의 변화율이 적다가 점점 더 저항의 변화율이 증가하는 것을 볼 수 있다. 인장력이 증가함에 따라서 상기 센서(100)의 제1기재(111)의 단면적은 줄어들고 길이는 늘어남

으로써 저항이 증가한 것을 알 수 있다.

[0056]

상기 도 1의 실시예에 따른 센서(100)의 제조는 다음의 단계를 통해서 한다. 탄소물질을 포함하는 탄소 복합체로 형성되는 제1기재를 준비하고, 상기 제1기재의 상면 상에 제1나노로드들을 성장시키며, 상기 제1기재 및 상기 제1나노로드들 상에 제1도전층을 형성하고, 상기 제1도전층 상에 제1수지 박막층을 형성하여 제1도전성 부재를 준비한다. 다음으로 제2도전성 부재를 준비하고, 상기 제1도전성 부재 및 제2도전성 부재에 전기적으로 각각 연결되어 압축력을 측정하기 위한 제1회로부 및 각각 상기 제1도전성 부재의 서로 다른 위치에 전기적으로 각각 연결되어 인장력을 측정하는 제2회로부를 연결한다. 끝으로 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재가 서로 이격된 상태를 유지한 상태에서 브이에이알티엠을 이용하여, 상기 제1도전성 부재와 상기 제2도전성 부재를 일체로 패키징한다.

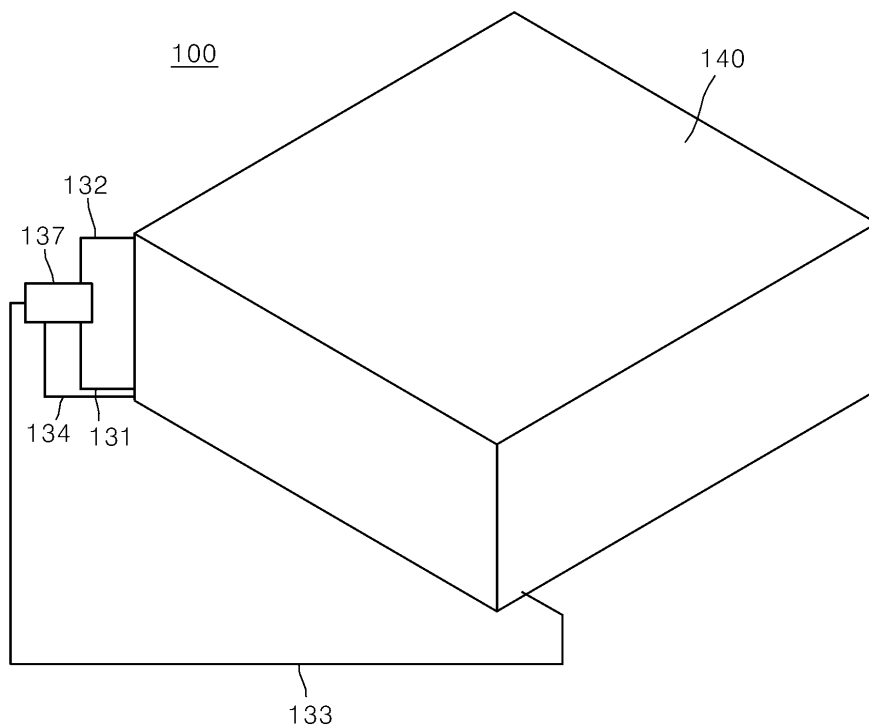
부호의 설명

[0057]

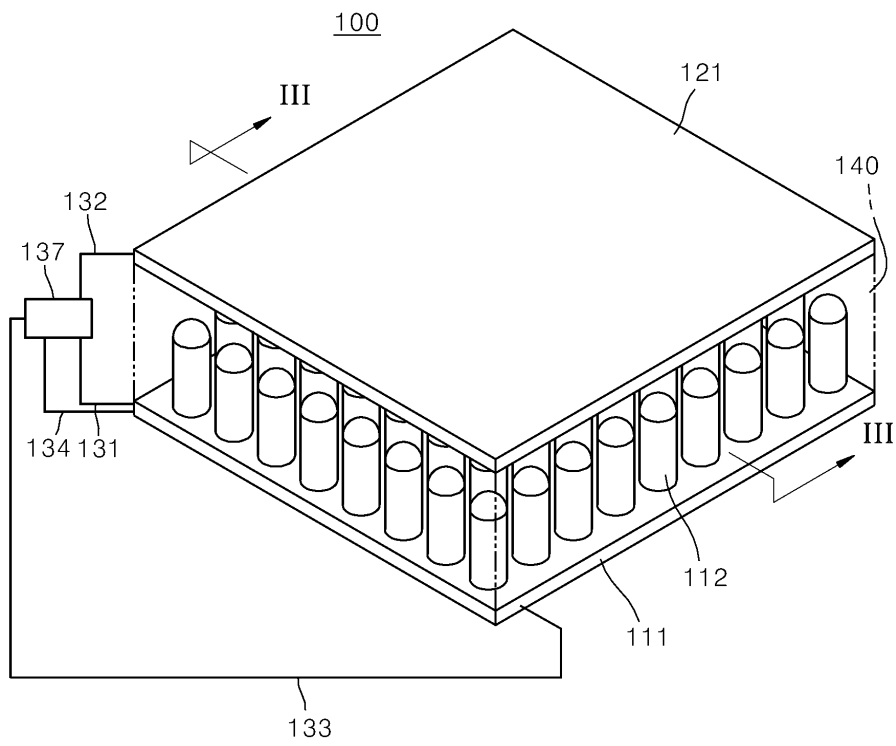
110, 210, 310, 410: 제1도전성 부재	111, 211, 311, 411: 제1기재
112, 212, 312, 412: 제1나노로드들	113, 213, 313, 413: 제1도전층
114, 214, 314, 414: 제1수지 박막층	120, 220, 320, 420: 제2도전성 부재
121, 221, 321, 421: 제2기재	322, 422: 제2나노로드들
123, 223, 323, 423: 제2도전층	324, 424: 제2수지 박막층
130, 230, 330, 440: 제어모듈	131, 231, 331, 431: 제1도전성 라인
132, 232, 332, 432: 제2도전성 라인	133, 233, 333, 433: 제3도전성 라인
134, 234, 334, 434: 제4도전성 라인	435: 제5도전성 라인
436: 제6도전성 라인	137, 237, 337, 437: 제어부
140, 240, 340, 440: 수지 매트릭스	

도면

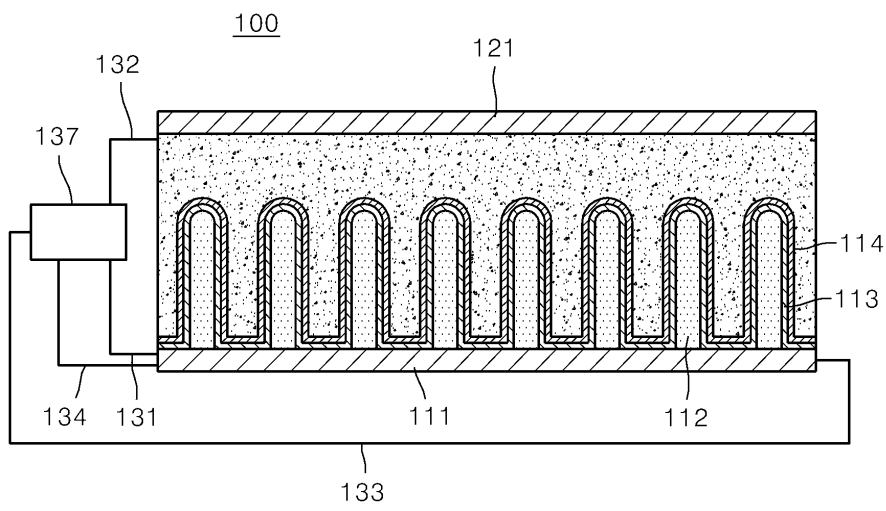
도면1



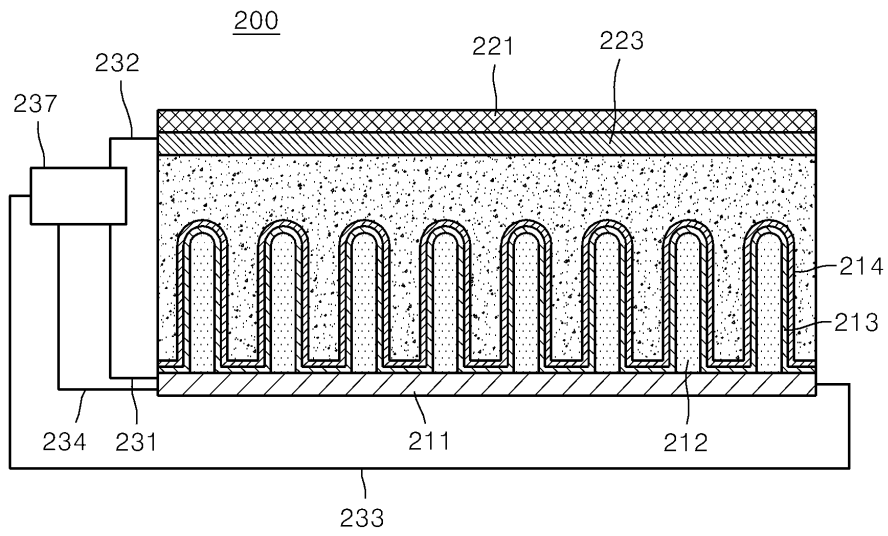
도면2



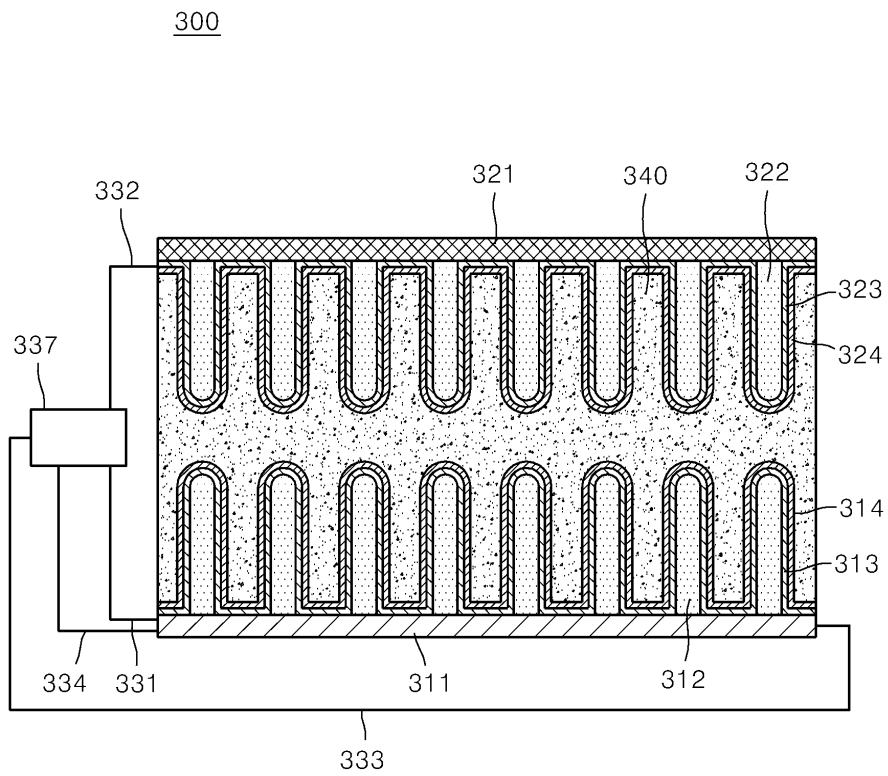
도면3



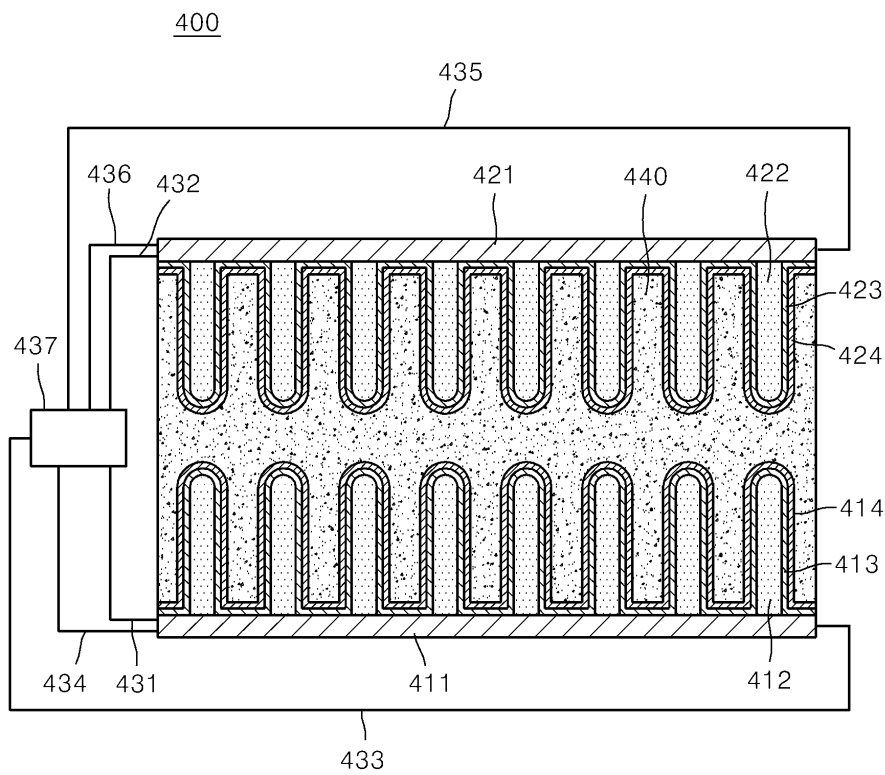
도면4



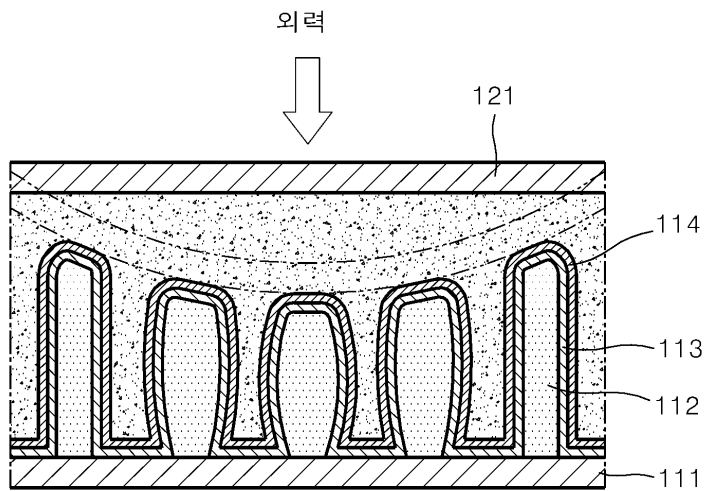
도면5



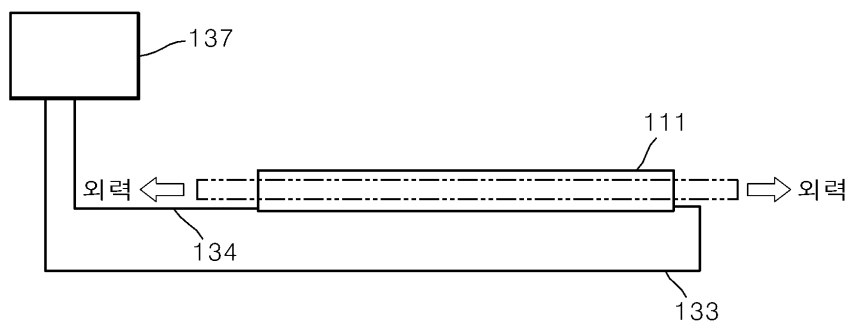
도면6



도면7



도면8



도면9

