(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0131390
(43) 공개일자 2020년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01D 21/02 (2006.01) *C08K 3/04* (2006.01)
C08L 27/06 (2006.01) *C08L 29/04* (2006.01)
C08L 75/04 (2006.01) *G01K 13/02* (2006.01)
G01L 19/04 (2006.01) *H01B 1/20* (2006.01)
B82Y 30/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G01D 21/02 (2013.01)
C08K 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0055792
(22) 출원일자 2019년05월13일
심사청구일자 2019년05월13일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
정창윤
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
전용준

전체 청구항 수 : 총 15 항

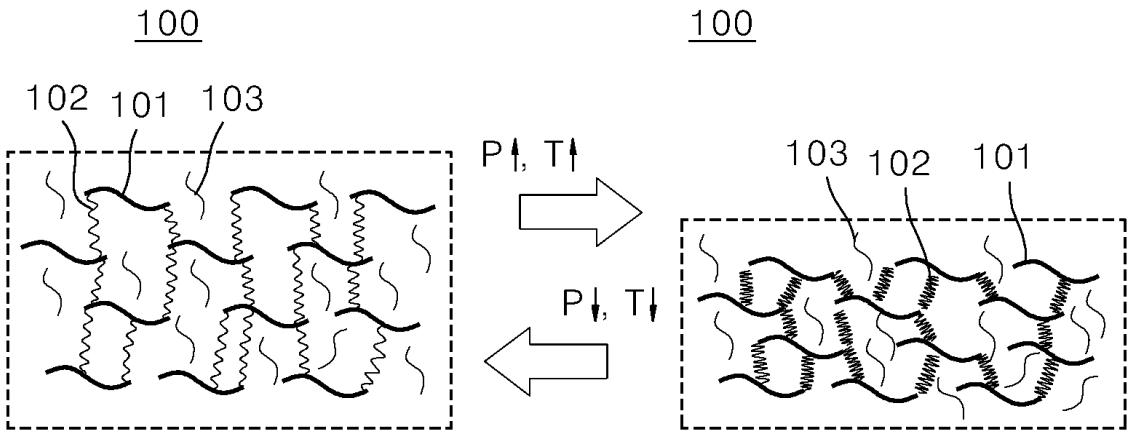
(54) 발명의 명칭 **복합 센서**

(57) 요 약

본 발명은 복합 센서에 관한 것으로, 본 발명은 복합 센서에 있어서, 제1 고분자매트릭스; 상기 제1 고분자매트릭스 내에 함침되어 전기적 네트워크를 형성하는 제1 전기전도성물질; 및 상기 제1 고분자매트릭스 내에 함침되어 온도에 따라 체적이 변형되는 열반응성 하이드로겔(pNiPAM)을 포함하는 제1 도전성시트를 포함하고, 상기 복

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



합 센서에 압력이 가해져 상기 복합 센서가 변형되면, 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 압력의 크기를 측정하며, 상기 복합 센서의 온도 변화에 의해 상기 열반응성 하이드로겔의 체적이 변형되어 상기 복합 센서가 변형되면, 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 온도의 크기를 측정하는 복합 센서를 제공한다.

본 발명에 의하면, 압전형 압력 센서에 열반응성 하이드로겔을 첨가하여 온도에 따라 변형되게 함으로써, 압전형 압력 센서의 압력 측정 기전을 그대로 활용하여 센서에 가해지는 압력과 함께 센서 주변의 온도를 용이하게 측정할 수 있다.

(52) CPC특허분류
C08K 3/041 (2017.05)
C08K 3/042 (2017.05)
C08K 3/08 (2013.01)
C08L 27/06 (2013.01)
C08L 29/04 (2013.01)
C08L 75/04 (2013.01)
G01K 13/02 (2013.01)
G01L 19/04 (2013.01)
H01B 1/20 (2013.01)

(72) 발명자
황상하
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

채한기
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명 세 서

청구범위

청구항 1

복합 센서에 있어서,

제1 고분자매트릭스;

상기 제1 고분자매트릭스 내에 함침되어 전기적 네트워크를 형성하는 제1 전기전도성물질; 및

상기 제1 고분자매트릭스 내에 함침되어 온도에 따라 체적이 변형되는 열반응성 하이드로겔(pNiPAM)을 포함하는 제1 도전성시트를 포함하고,

상기 복합 센서에 압력이 가해져 상기 복합 센서가 변형되면, 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 압력의 크기를 측정하며,

상기 복합 센서의 온도가 변화되어 상기 열반응성 하이드로겔에 의해 상기 복합 센서가 변형되면, 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 온도의 크기를 측정하는 복합 센서.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 전기전도성물질은,

금속 분말, 탄소 섬유, 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT), 그래핀(Graphene, Graphene nanoribbon, Graphene tubule, Graphene-based nanocomposites), 그래핀 산화물(Graphene oxide, reduced graphene oxide), 또는 은 나노입자(Ag nanoparticle)인 복합 센서.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제1 고분자매트릭스는,

폴리염화비닐(Polyvinyl chloride, PVC), 폴리우레탄(polyurethane, PU) 또는 폴리비닐 알코올(polyvinyl alcohol, PVA)인 복합 센서.

청구항 4

제1 고분자매트릭스 내 제1 전기전도성물질이 함침되어 전기적 네트워크가 형성되며, 압력이 가해져 변형되면 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 판별하여 상기 압력의 크기를 측정하며, 제1 고분자매트릭스 내 온도에 따라 체적이 변화되는 열반응성 하이드로겔이 함침되어 온도에 의해 변형되면 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 온도의 크기를 측정하는 제1 도전성시트; 및

제2 고분자매트릭스 내 제2 전기전도성물질과 상기 열반응성 하이드로겔이 함침되되, 상기 제1 도전성시트의 질량 분율과 다른 질량 분율을 갖도록 형성되어 상기 제1 도전성시트에 적층됨으로써, 상기 제1 도전성시트의 압력 측정 구간과는 상이한 구간의 압력을 측정하는 제2 도전성시트를 포함하는 복합 센서.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1 및 제2 전기전도성물질은,

금속 분말, 탄소 섬유, 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT), 그래핀(Graphene, Graphene nanoribbon,

Graphene tubule, Graphene-based nanocomposites), 그래핀 산화물(Graphene oxide, reduced graphene oxide), 또는 은 나노입자(Ag nanoparticle)인 복합 센서.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 제1 및 제2 고분자매트릭스는,

폴리염화비닐(Polyvinyl chloride, PVC), 폴리우레탄(polyurethane, PU) 또는 폴리비닐 알코올(polyvinyl alcohol, PVA)인 복합 센서.

청구항 7

청구항 4에 있어서,

상기 제2 도전성시트는,

상기 제1 전기전도성물질보다 많은 양의 상기 제2 전기전도성물질이 포함되어 상기 제1 도전성시트에 비해 높은 강성을 유지함으로써 상기 제1 도전성시트보다 높은 압력을 측정하며, 상기 제1 도전성시트의 아래에 적층되어 상기 제1 도전성시트를 지지하는 복합 센서.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1 도전성시트와 상기 제2 도전성시트 사이에 적어도 하나 이상 설치되어, 상기 제1 도전성시트에 가해지는 분포된 압력을 집중시켜 제2 도전성시트로 전달하는 제1 지지부재를 더 포함하는 복합 센서.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 제1 지지부재는,

상기 제1 도전성시트와 상기 제2 도전성시트를 전기적으로 연결하는 복합 센서.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 제1 지지부재는,

복수개로 마련되어 상기 제1 도전성시트와 상기 제2 도전성시트 사이에 일정 간격 배열되어 설치되되, 상기 제1 도전성시트가 가해지는 상기 압력에 의해 처짐변형되는 높이보다 높게 형성되며, 원통 형상으로 형성되어 양 단이 상기 제1 및 제2 도전성시트에 각각 결합됨으로써, 전달되는 압력이 길이방향을 가로지르는 방향으로 균일하게 전달되도록 하는 복합 센서.

청구항 11

청구항 4에 있어서,

상기 제1 도전성시트와 상기 제2 도전성시트는 Cold Welding되어 결합되는 복합 센서.

청구항 12

청구항 4에 있어서,

상기 제1 전기전도성물질과 상기 제2 전기전도성물질 및 상기 제1 고분자매트릭스와 상기 제2 고분자매트릭스는 각각 동일한 재질로 형성되는 복합 센서.

청구항 13

청구항 4에 있어서,

제3 고분자매트릭스 내 제3 전기전도성물질과 상기 열반응성 하이드로겔이 함침되되, 상기 제1 및 제2 도전성시트의 질량 분율과 다른 질량 분율을 갖도록 형성되어 상기 제2 도전성시트에 적층됨으로써, 상기 제1 및 제2 도전성시트의 압력 측정 구간과는 상이한 구간의 압력을 측정하는 제3 도전성시트를 포함하는 복합 센서.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 제3 도전성시트는,

상기 제2 전기전도성물질보다 많은 양의 제3 전기전도성물질이 포함되어 상기 제2 도전성시트에 비해 높은 강성을 유지함으로써, 상기 제2 도전성시트보다 높은 압력을 측정하며, 상기 제2 도전성시트의 아래에 적층되어 상기 2제 도전성시트를 지지하는 복합 센서.

청구항 15

청구항 14에 있어서,

상기 제1 도전성시트와 상기 제2 도전성시트 사이에 일정 간격으로 배치되어 상기 제1 도전성시트로부터 전달되는 분포된 하중을 집중시켜 제2 도전성시트에 전달하는 제1 지지부재를 더 포함하며, 상기 제2 도전성시트와 상기 제3 도전성시트 사이에 상기 제1 지지부재와 동일한 배열로 배치되어 상기 제2 도전성시트로부터 전달되는 하중을 제3 도전성시트로 전달하는 제2 지지부재를 더 포함하는 복합 센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 복합 센서에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 압력과 온도를 함께 측정할 수 있으며, 보다 넓은 구간의 압력을 측정할 수 있는 복합 센서에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 압력 센서(pressure sensor)는 절대적인 또는 상대적인 압력의 크기를 측정하는 소자로 압력을 감지하는 원리에 따라 메탈형(metal type), 압저항형(piezoresistive type), 용량형(capacitive type), 압전형(piezoelectric type) 등으로 구분된다. 이 압전형 압력 센서는 ZnO와 같이 piezoelectricity 성질을 가지고 있는 물질을 pressure sensitive material로 하여 박막(thin film) 형태로 만들어 사용하게 되며 응력(stress)이 인가되면 분극 현상에 의한 전계(electric field)가 변하여 전하(charge)를 변화시키거나, 양단에서 potential 차이를 유발하는 성질을 이용한다.

[0003] 이러한 압전형 압력 센서는 산업 전반에 사용될 수 있으며, 압력의 발생은 필히 발열을 야기하게 되어 압력의 측정이 필요한 부분은 온도의 측정 또한 필요하므로 온도 센서를 추가로 설치하는 번거로움이 따른다.

[0004] 또한, 이러한 필름 또는 시트 형태의 압전형 압력 센서는 압력의 측정 구간이 한정적일 수밖에 없는 문제를 안고 있다. 예를 들어, 센서의 강성보다 낮은 압력이 가해지게 되면 센서는 변형이 일어나지 않아 그 압력을 측정할 수 없으며, 또한 센서의 강도보다 높은 압력이 가해지게 되면 센서의 변형은 압력을 측정하는 영역을 넘어서게 되어 이 역시 압력을 온전히 측정할 수 없다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 『대한민국등록특허공보 제10-1412623호, 발명의 명칭: 압저항 센싱감도가 향상된 탄소나노튜브 복합체 및 그 제조방법, 이 탄소나노튜브 복합체를 갖는 압력감응센서, (공고일: 2014년07월01일, 출원인: 한국표준과학연구원)』

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 압력과 온도를 함께 측정할 수 있으며, 기존 압전형 압력 센서보다 넓은 구간의 압력을 측정할 수 있는 복합 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 이러한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은, 복합 센서에 있어서, 제1 고분자매트릭스; 상기 제1 고분자매트릭스 내에 함침되어 전기적 네트워크를 형성하는 제1 전기전도성물질; 및 상기 제1 고분자매트릭스 내에 함침되어 온도에 따라 체적이 변형되는 열반응성 하이드로겔(pNiPAM)을 포함하는 제1 도전성시트를 포함하고, 상기 복합 센서에 압력이 가해져 상기 복합 센서가 변형되면, 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 압력의 크기를 측정하며, 상기 복합 센서의 온도 변화에 의해 상기 열반응성 하이드로겔의 체적이 변형되어 상기 복합 센서가 변형되면, 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 온도의 크기를 측정하는 복합 센서를 제공한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 제1 고분자매트릭스 내 제1 전기전도성물질이 함침되어 전기적 네트워크가 형성되며, 압력이 가해져 변형되면 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 판별하여 상기 압력의 크기를 측정하며, 제1 고분자매트릭스 내 온도에 따라 체적이 변화되는 열반응성 하이드로겔이 함침되어 온도에 의해 변형되면 상기 제1 전기전도성물질의 분극 현상에 따라 변화되는 상기 전기적 네트워크의 저항을 측정하여 상기 온도의 크기를 측정하는 제1 도전성시트; 및 제2 고분자매트릭스 내 제2 전기전도성물질과 상기 열반응성 하이드로겔이 함침되되, 상기 제1 도전성시트의 질량 분율과 다른 질량 분율을 갖도록 형성되어 상기 제1 도전성시트에 적층됨으로써, 상기 제1 도전성시트의 압력 측정 구간과는 상이한 구간의 압력을 측정하는 제2 도전성시트를 포함하는 복합 센서를 제공한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 의하면 다음과 같은 효과가 있다.

[0010] 첫째, 압전형 압력 센서에 열반응성 하이드로겔을 첨가하여 온도에 따라 변형되게 함으로써, 압전형 압력 센서의 압력 측정 기전을 그대로 활용하여 센서에 가해지는 압력과 함께 센서 주변의 온도를 용이하게 측정할 수 있다.

[0011] 둘째, 상술한 압력과 온도를 각각 측정할 수 있는 복합 센서인 도전성시트들을 적층하여 사용함으로써, 압력 측정 구간의 한계를 확장하여 기존 압전형 압력 센서에 비해 보다 넓은 구간의 압력을 용이하게 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 센서의 내부 구성을 나타내는 개념도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 적층되어 다층화된 복합 센서의 전체적인 구성을 나타내는 사시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 다층구조의 복합 센서에 측정된 압력이 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 센서의 측정된 저항값을 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 다층구조의 복합 센서의 제조과정을 나타내는 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 압력과 온도를 각각 또는 함께 측정할 수 있는 복합 센서(CS)가 도시되어 있고, 도 2에는 복합 센서(CS)의 온도에 따른 저항 변화율이 반복적으로 나타나 있다.

[0014] 도 1을 참조하면, 상기 복합 센서(CS)는 압력 및 온도에 의해 변형되어 나타나는 전기전도성 물질의 저항 변화를 통해 압력 및 온도를 측정하기 위한 것으로, 전기전도성물질(101), 열반응성 하이드로겔(pNiPAM)(102) 및 고분자매트릭스(103)를 포함한다.

[0015] 전기전도성물질(101)은 고분자매트릭스(103) 내 함침되어 복합 센서(CS)의 형태가 변화될 때 나타나는 저항 변화를 통해 압력이나 온도를 산출하게 하는 것으로, 금속 분말, 탄소 섬유, 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube, CNT), 그래핀(Graphene, Graphene nanoribbon, Graphene tubule, Graphene-based nanocomposites), 그래핀 산

화물(Graphene oxide, reduced graphene oxide), 또는 은 나노입자(Ag nanoparticle) 일 수 있다.

[0016] 본원 명세서에서는 탄소나노튜브(CNT)를 전기전도성물질(101)로 상정하여 설명하기로 한다. 탄소나노튜브는 고분자매트릭스(103) 내에 다수 포함되어 전기전도 특성을 이용할 수 있게 전기적 네트워크를 형성한다. 이러한 탄소나노튜브들은 압력 또는 온도에 의한 변형 등의 외부 변화가 발생하면 탄소나노튜브들 사이의 connection 개수가 감소 또는 증가됨으로써, 전기적 특성의 변화를 나타내게 된다.

[0017] 열반응성 하이드로겔(102)은 온도감응성 성격을 지니고 있으며, 친수성 그룹과 소수성 그룹을 동시에 지닌 하이드로젤 고분자로서 하한임계용해온도(lower critical solution temperature, LCST)이 존재하여 낮은 온도에서는 하이드로겔이 선형(Linear) 구조가 되어 신장된 상태가 되고, 온도가 하한임계용해온도(LCST) 이상에서는 코일(coiled) 구조가 되어 수축된 상태가 된다. 이러한 하이드로젤의 신장 또는 수축 특성은 사용되는 단량체의 농도 및 가교 밀도를 통해 조절할 수 있다.

[0018] 고분자매트릭스(103)는 상술한 전기전도성물질(101)을 포함하는 열반응성 하이드로겔(102)의 형태 유지를 위한 강성을 제공함은 물론, 전기전도성물질(101)과 열반응성 하이드로겔(102)을 수용하는 구조를 제공하기 위한 것으로, 폴리염화비닐(Polyvinyl chloride, PVC), 폴리우레탄(polyurethane, PU) 또는 폴리비닐 알코올(polyvinyl alcohol, PVA) 등이 사용될 수 있으나, 제조의 용이성은 물론 물성적 측면의 이점이 많은 폴리비닐 알코올(PVA)을 고분자매트릭스(103)로 사용하는 것이 바람직하다. 본원 명세서에서는 폴리비닐 알코올(PVA)을 고분자매트릭스(103) 또는 고분자매트릭스(103)로 제작되는 고분자 수용액으로 상정하여 설명한다.

[0019] 위와 같은 구성을 포함하는 본 발명의 복합 센서(CS)는 고분자매트릭스(103) 내 함침되어 있는 전기전도성물질(101)을 이용하여 고분자매트릭스(103)에 가해지는 압력을 측정함은 물론, 역시 고분자매트릭스(103) 내 함침되어 있는 열반응성 하이드로겔(102)을 이용하여 온도를 측정할 수 있다.

[0020] 구체적으로, 고분자매트릭스(103)에 가해지는 압력에 의해 고분자매트릭스(103)가 변형되면, 고분자매트릭스(103) 내 함침된 전기전도성물질(101)에 의해 형성된 전기적 네트워크의 저항이 변화되며, 이러한 저항의 변화를 이용하여 가해지는 압력을 측정할 수 있다.

[0021] 또한, 도 2를 참조하면, 복합 센서(CS)의 저항의 감소는 quantum tunneling에 의한 전자의 이동도 있으나, 이와 별개로, 고분자매트릭스(103)의 온도가 증감함에 따라 열반응성 하이드로겔(102)의 체적이 변화되어 체적 변화에 따른 변형을 통해 상기 전기적 네트워크의 저항이 변화되며, 역시 이러한 저항의 변화를 통해 복합 센서(CS) 주변부의 온도를 측정할 수 있다.

[0022] 즉, 기존 압전형 압력 센서에 열반응성 하이드로겔(102)을 부가함으로써, 압력 측정을 위해 마련된 메커니즘을 그대로 이용하여 온도까지 용이하게 측정할 수 있다. 다만, 상술한 저항 변화가 센서에 가해지는 압력에 의한 발열이나, 압력과는 무관하게 상승하는 센서 주변부의 온도 변화와 같이, 복합적인 요인에 의해 변화되면, 하나의 측정 메커니즘을 이용하는 본 발명의 복합 센서는 압력과 온도의 변화량을 정확히 나누어 측정할 수 없는 한계를 가지고 있다. 그러나, 이 역시 압력에 따른 저항 변화량과 온도에 따른 저항 변화량을 각각 데이터화하여 복합적인 요인에 의해 측정되는 저항 변화량과 비교함으로써, 압력과 온도를 각각 산출할 수 있음은 물론이다.

[0024] 아래에서는 도 3 및 도 4를 참조하여 복합 센서(CS)가 다층구조를 이루어 보다 넓은 구간의 압력을 측정할 수 있는 원리에 대해 설명한다.

[0025] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 복합 센서(CS)는 서로 상이한 압력 측정 구간을 갖는 도전성시트(100)들을 서로 적층하여 압력의 측정 구간을 확장함으로써, 보다 넓은 구간의 압력을 용이하게 측정할 수 있다. 여기서, 적층이라 함은 두 개의 도전성시트(100)가 서로 접촉하여 적재되는 것은 물론, 다른 구성을 사이에 두고 적재되는 것을 포함한다.

[0026] 이를 위해, 상기 복수의 도전성시트(100)들은 전기전도성물질(101)의 포함 비율인 질량 분율(mass fraction)이 서로 다르게 형성되도록 준비되며, 전기전도성물질(101)의 질량 분율이 높은 도전성시트(100)부터 차례로 적층함으로써 다층구조를 갖는 복합 센서(CS)의 안정된 지지구조를 형성한다. 구체적으로, 고분자매트릭스(103) 내 적층되는 전기전도성물질(101)인 CNT의 양이 많아질수록 도전성시트(100)의 강성은 증가한다. 따라서, 가장 상층의 제1 도전성시트(110)는 전기전도성물질(101)의 질량분율이 1.5wt%로 낮게, 제2 도전성시트(120)은 2.25wt%, 제3 도전성시트(130)은 3wt%로 높게 형성하여 순차적으로 적층함으로써, 각 도전성시트(100)은 서로 다른 강성을 지니게 한다.

[0027] 이러한 강성의 차이는 결국 가해지는 압력의 측정 구간을 달리 설정되게 할 수 있으며, 다른 크기의 압력에 따라 제1 내지 제3 도전성시트(100)들은 각각 변형되어 그 변형에 따른 저항 변화가 나타나게 된다. 이를 통해, 기존 압전형 압력 센서에 비해 보다 작은 압력 또는 큰 압력을 측정할 수 있다.

[0028] 아울러, 강성이 높은 도전성시트(100)을 아래에 적층함으로써, 상층의 도전성시트(100)의 무게에 따른 하층의 도전성시트(100)의 변형을 경감하여 보다 압력 측정의 민감도가 손실되는 것을 경감할 수 있음은 물론이다.

[0029] 도 4에는 가장 상층에 위치한 제1 도전성시트(110)는 70Mpa, 중간층의 제2 도전성시트(120)는 140Mpa, 가장 하층에 위치한 제3 도전성시트(130)는 200Mpa 하중에서의 저항 변화가 나타나 있다.

[0030] 이때, 각 도전성시트(100)들은 제조의 용이함과 측정의 균일함을 위해, 동일한 재질의 전기전도성물질(101)과 고분자매트릭스(103)가 사용될 수 있으나, 본 발명의 기술적 사상이 이에 한정되는 것은 아니며, 서로 다른 재질의 전기전도성물질(101)과 고분자매트릭스(103)가 각각 사용될 수 있음은 물론이다. 역시, 고분자매트릭스(103)의 형상 및 구조 역시 각 도전성시트(100) 별로 서로 상이할 수 있다.

[0031] 아울러, 각 도전성시트(100)에는 열반응성 하이드로겔(102)이 각각 함침되어 온도를 측정할 수 있으나, 강성의 차이에 따라 변형율이 서로 상이할 경우, 각 도전성시트(100)에 함침된 열반응성 하이드로겔(102)의 질량 분율은 강성에 비례하게 형성되는 것이 바람직하다 할 수 있다. 또한, 열반응성 하이드로겔(102)은 필요에 따라 선택적으로 다층구조의 도전성시트(100)에 포함되거나 포함되지 않을 수 있음은 물론이다.

[0032] 한편, 적층 구조를 이루고 있는 각 도전성시트(100) 사이에는 지지부재(140)가 설치되어 적층된 각 도전성시트(100)들을 서로 이격되어 적층되게 할 수 있다. 제1 도전성시트(110)과 제2 도전성시트(120) 사이에 설치된 제1 지지부재(141)과 제2 도전성시트(120)과 제3 도전성시트(130) 사이에 설치된 제2 지지부재(142)는 각 도전성시트(100)들을 서로 이격되게 적층시켜, 특정한 하중에 의해 변형되는 상층부의 도전성시트(100)가 아래 하층부의 도전성시트(100)의 변형을 간섭하지 않게 할 수 있음은 물론, 상층부의 도전성시트(100)에 가해지는 분포된 하중을 집중화된 하중으로 아래 하층부의 도전성시트(100)에 전달함으로써, 압력 측정의 민감도를 향상시킬 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 지지부재(140)의 높이는 25㎛로 설정하여 설명한다.

[0033] 이때, 각 지지부재(140)는 연결된 각각의 도전성시트(100)들을 전기적으로 연결되게 하며, 도전성시트(100)과 같은 구성으로 이루어지는 것이 바람직할 것이다. 예를 들어, 제1 지지부재(141)은 강성이 낮은 제1 도전성시트(110)와, 제2 지지부재(142)는 제2 도전성시트(120)과 같은 재질과 구조로 이루어지거나, 제1 지지부재(141)은 강성이 높은 제2 도전성시트(120)와, 제2 지지부재(142)는 제3 도전성시트(130)과 동일한 재질과 구조로 이루어지게 하는 것이 바람직하다.

[0034] 아울러, 제1 지지부재(141)과 제2 지지부재(142)는 동일한 배열로 배치되어 제1 도전성시트(110)을 통해 제2 도전성시트(120)로 전달되는 하중을 제3 도전성시트(130)에 곧바로 전달하게 하는 것이 바람직하다. 그러나, 본 발명의 기술적 사상인 이에 한정되는 것은 아니며, 엇갈린 배열로 배치되어 각 도전성시트(100)의 변형이 고르게 형성되게 할 수 있음은 물론이다.

[0036] 이하에서는 도 5를 참조하여 복합 센서(CS)의 제조 과정에 대해 상세히 설명한다.

[0037] 도 5를 참조하면, 우선 전기적 네트워크를 형성하기 위해 SWCNTs(Single-walled CNTs)를 분산시켜 전기전도성물질(101)을 준비한다.(S1100) CNTs는 합성 과정에서는 각각의 CNT 간에 응집현상이 발생한다. 물리적 응집은 ㎛ 수준에서 CNT를 입자들이 서로 얽히거나 감겨있는 다발 형태(bundle)이고, 화학적 응집은 nm수준에서 분자간 힘인 Van der Waals force의 표면 인력에 의해 응집되어 있으므로 분산시킬 필요가 있다.

[0038] 다음으로, 파우더 형태의 폴리머(Polymer)인 열반응성 하이드로겔(102)과 함께 고분자매트릭스(103) 제조를 위한 PVA 역시 각각 분산시켜 준비한다.(S1200) 이후, 플라즈마 처리를 통해 열반응성 하이드로겔(102) 및 PVA의 작용기를 증가시켜 상기 SWCNTs와의 강한 분자 결합력이 생성되게 한다.(S1210)

[0039] 다음으로, 전기전도성물질(101)과 열반응성 하이드로겔(102) 그리고, PVA가 포함된 수용액을 magnetic stirring bar를 넣어 48시간 정도 섞는 stirring mixing 과정을 거친다.(S1300) 이때, stirring mixing 과정을 통해 혼합된 수용액은 첨가되는 전기전도성물질(101)의 질량분율이 서로 다른 복수의 수용액들이다.

[0040] 다음으로, Spin coating method와 Photolithography 방법으로 silicon mold를 준비하며(S1400), silicon mold에 상기 서로 다른 복수의 수용액들을 주입하여 30℃에서 24시간 정도 경화를 시켜 도전성시트(100)을

제조한다.(S1500) 이때, 도전성시트(100)들은 상술한 적층되는 도전성시트(100)들을 서로 이격되게 하는 지지부재(140)가 형성되는 시트일 수 있다.

[0041] 이후, 상기 silicon mold에서 경화된 도전성시트(100)들을 전기전도성물질(101)의 질량분율이 높은 순서대로 상호 적층시킨다.(S1600) 이때, 이러한 적층과정은 cold welding 과정을 통해 결합되게 하는 것이 바람직하다.

[0043] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0044] CS : 복합 센서

100 : 도전성 시트　　101 : 전기전도성물질

102 : 열반응성 하이드로겔　　103 : 고분자매트릭스

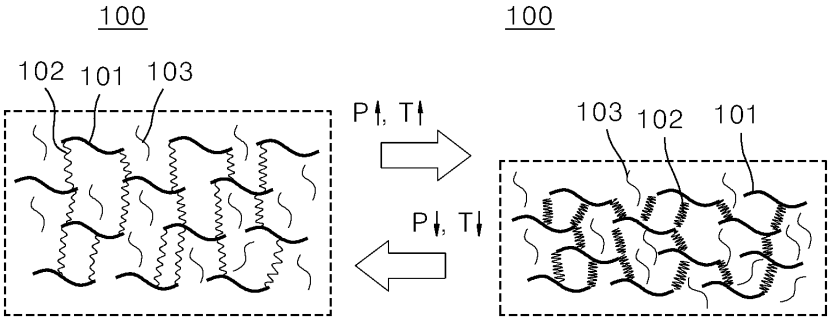
110 : 제1 도전성시트　　120 : 제2 도전성시트

130 : 제3 도전성시트　　140 : 지지부재

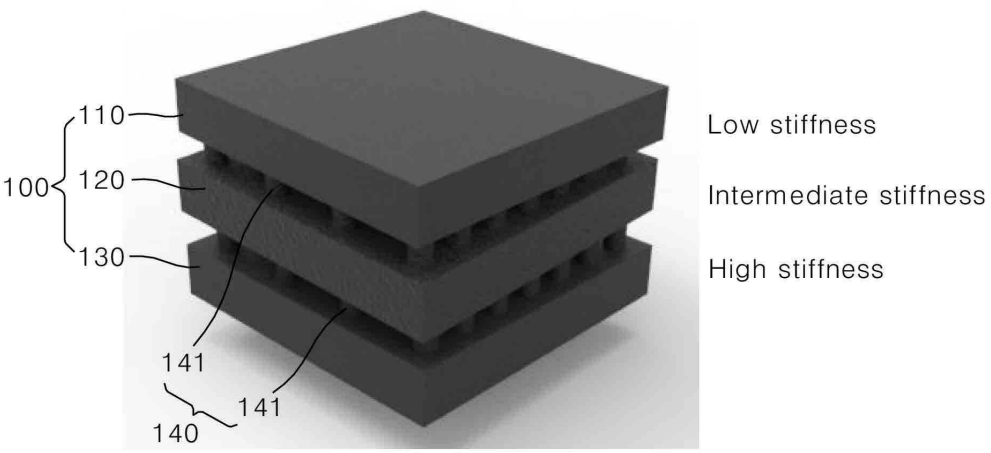
141 : 제1 지지부재　　142 : 제2 지지부재

도면

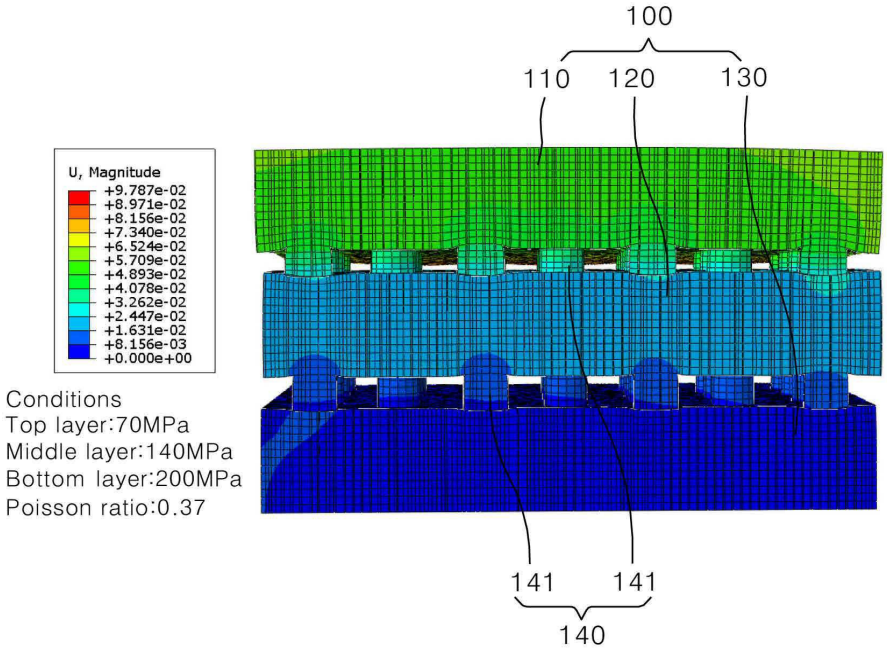
도면1



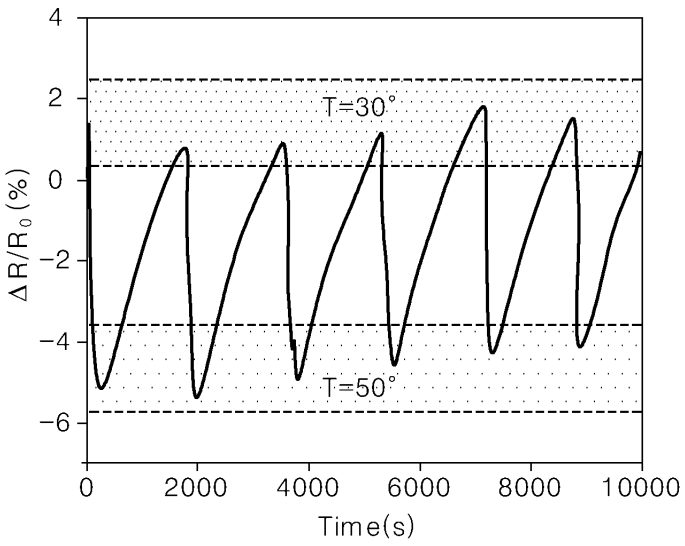
도면2



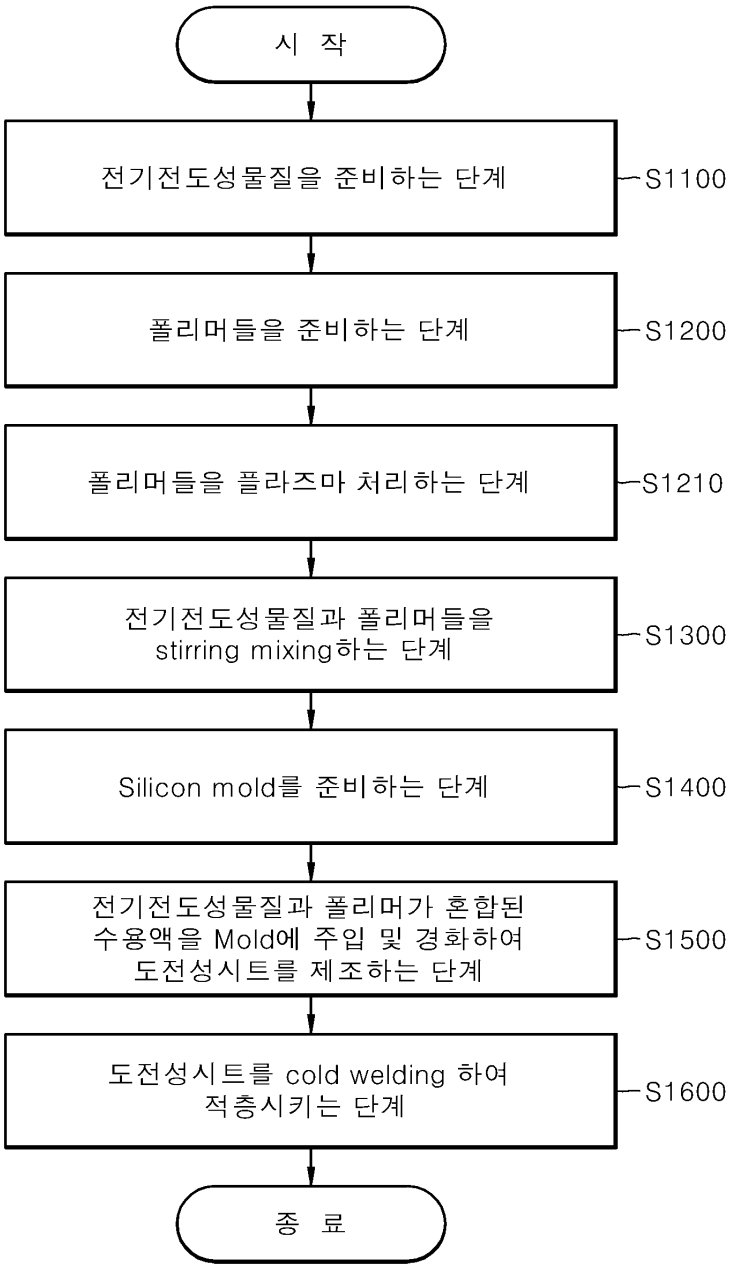
도면3


100
110
120
130
U, Magnitude
+9.787e-02
+8.971e-02
+8.156e-02
+7.340e-02
+6.524e-02
+5.709e-02
+4.893e-02
+4.078e-02
+3.262e-02
+2.447e-02
+1.631e-02
+8.156e-03
+0.000e+00
Conditions
Top layer:70MPa
Middle layer:140MPa
Bottom layer:200MPa
Poisson ratio:0.37
141
141
140

도면4


4
2
0
−2
−4
−6
ΔR/R0 (%)
T=30°
T=50°
0
2000
4000
6000
8000
10000
Time(s)

도면5


시 작
전기전도성물질을 준비하는 단계
S1100
폴리머들을 준비하는 단계
S1200
폴리머들을 플라즈마 처리하는 단계
S1210
전기전도성물질과 폴리머들을
stirring mixing하는 단계
S1300
Silicon mold를 준비하는 단계
S1400
전기전도성물질과 폴리머가 혼합된
수용액을 Mold에 주입 및 경화하여
도전성시트를 제조하는 단계
S1500
도전성시트를 cold welding 하여
적층시키는 단계
S1600
종 료