



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월27일

(11) 등록번호 10-2104879

(24) 등록일자 2020년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/22 (2006.01) D03D 1/00 (2006.01)
G01L 1/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01L 1/22 (2013.01)
D03D 1/0088 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0145947

(22) 출원일자 2018년11월23일

심사청구일자 2018년11월23일

(56) 선행기술조사문헌

KR101218487 B1*

KR1020180096913 A*

KR1020180101038 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

박영빈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

노형도

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

전용준

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 임해영

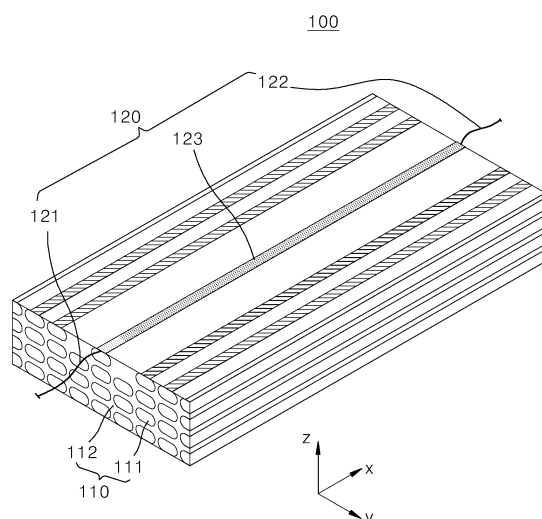
(54) 발명의 명칭 3차원 스트레인 센서 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 xy 평면상에 배치되고, 도전성 물질이 제1비도전성 물질에 함침되어 형성된 도전성 시트 및 상기 도전성 시트의 표면 상에 x축 방향으로 길게 연장되도록 배치되되, 제2비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우(tow), 상기 도전성 섬유 토우의 일단에 연결된 제1전극 및 상기 도전성 토우의 타단에 연결된 제2전극을 포함하는 전극 라인을 포함하고, 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여, x, y, z축 방향에 대해 스트레인을 측정하는 3차원 스트레인 센서를 제공한다.

따라서 도전성 시트에 삽입되는 도전성 섬유 토우 중 하나만을 이용하여 센싱을 하되, 그 센싱을 하는 도전성 섬유 토우가 코팅 처리 되어 있어서, 외력에 의해 변위가 발생할 때 인접하는 다른 도전성 물질들의 영향을 받지 않으므로 변위에 대한 민감도가 높아져서 센싱 정확도가 향상되는 장점이 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01L 1/205 (2013.01)

(72) 발명자

조범곤

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이인용

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

xy 평면 구조를 가지며 탄소 섬유들이 상기 x축 방향으로 연장되는 단위 탄소섬유 시트를 준비하는 단계;

탄소 섬유들로 형성되는 도전성 섬유 토우의 양 단에 제1전극 및 제2전극을 각각 연결하고, 상기 제1전극 및 상기 제2전극이 연결되어 있는 상기 도전성 섬유 토우를 탄성 폴리머로 형성되는 비도전성 물질로 둘러싸서 상기 도전성 섬유 토우가 상기 제1전극 및 상기 제2전극과만 전기적으로 연결되도록 하여, 일 방향으로 길게 연장되는 절연된 도전성 토우를 준비하는 단계;

상기 단위 탄소섬유 시트들 중 일 단위 탄소섬유 시트에서 탄소섬유들 중 일부를 제거하고, 상기 제거된 위치에 상기 절연된 도전성 토우를 삽입하되, 상기 절연된 도전성 토우가 상기 x축 방향으로 길게 연장되도록 배치하는 단계;

상기 단위 탄소섬유 시트들을 z축 방향으로 적층하는 단계; 및

상기 적층된 단위 탄소섬유 시트들과 상기 절연된 도전성 토우를 비도전성 물질로 함침시키는 단계를 포함하는 3차원 스트레인 센서 제조방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 3차원 스트레인 센서는,

상기 x축 방향으로 인장 변형이 인가되면, 상기 절연된 도전성 토우가 신장 되면서 발생하는 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여 상기 x축 방향 변위를 측정하는 3차원 스트레인 센서 제조방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 3차원 스트레인 센서는,

상기 y축 방향으로 인장 변형이 인가되면, 상기 절연된 도전성 토우가 상기 y축 방향으로 변형되면서 전기적 네트워크를 변화시켜 발생하는 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여 상기 y축 방향 변위를 측정하는 3차원 스트레인 센서 제조방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 3차원 스트레인 센서는,

상기 z축 방향으로 압축 변형이 인가되면, 상기 절연된 도전성 토우가 상기 z축 방향으로 압축되면서 전기적 네트워크를 변화시켜 발생하는 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여 상기 z축 방향 변위를 측정하는 3차원 스트레인 센서 제조방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 도전성 섬유 토우는, 복수의 탄소섬유 필라멘트들이 뭉쳐진 3k 탄소섬유 토우(carbon fiber tow)로 형성되는 3차원 스트레인 센서 제조방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

청구항 1에 있어서,

상기 제거된 탄소 섬유들은, 상기 적층된 탄소섬유 시트들 에서 가장 상층에 위치하는 탄소섬유 시트에 구비된 것인 3차원 스트레인 센서 제조방법.

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 3차원 스트레인 센서 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 2개의 전극을 이용하여 x, y, z축 방향 스트레인을 모두 측정할 수 있는 3차원 스트레인 센서 및 이의 제조방법에 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 치수

의 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, 비전도성 고분자와 전도성 물질을 포함하는 복합체로 이루어진 스트레인 센서를 제조하는 기술에 대한 관심이 증대되고 있다.

[0004] 그러나, 3축 방향에 대한 스트레인을 측정하기 위해서는 센서 전체에 탄소섬유 소재가 포함되어야 할 뿐만 아니라 많은 수의 전극을 설치해야 하는 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제10-1466057호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 2개의 전극을 이용하여 x, y, z축 방향 스트레인을 모두 측정할 수 있는 3차원 스트레인 센서 및 이의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 xy 평면상에 배치되고, 도전성 물질이 제1비도전성 물질에 함침되어 형성된 도전성 시트 및 상기 도전성 시트의 표면 상에 x축 방향으로 길게 연장되도록 배치되되, 제2비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우(tow), 상기 도전성 섬유 토우의 일단에 연결된 제1전극 및 상기 도전성 섬유 토우의 타단에 연결된 제2전극을 포함하는 전극 라인을 포함하고, 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여, x, y, z축 방향에 대해 스트레인을 측정하는 3차원 스트레인 센서를 제공한다.

[0008] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 도전성 토우의 양단에 제1전극 및 제2전극을 각각 연결하고, 상기 제1전극 및 제2전극이 연결되어 있는 상기 도전성 토우를 제1비도전성 물질로 둘러싸서 상기 도전성 토우가 상기 제1전극 및 상기 제2전극과만 전기적으로 연결되도록 하는 절연된 도전성 토우 준비 단계 및 제2비도전성 물질을 도전성 섬유에 함침하여 형성되는 도전성 섬유 시트에 포함되어 있는 상기 도전성 섬유 중 일부를 제거하고, 상기 절연된 도전성 토우 준비 단계에서 형성된 상기 절연된 도전성 토우를 상기 제거된 도전성 섬유 위치에 배치하는 도전성 토우 삽입 단계를 포함하는 3차원 스트레인 센서 제조방법을 제공한다.

[0009] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 xy 평면상에 배치되고, 도전성 물질이 제1비도전성 물질에 함침되되, 신축성을 갖는 도전성 시트 및 상기 도전성 시트의 표면 상에 x축 방향으로 길게 연장되도록 배치되되, 제2비도전성 물질과 보강용 나노물질로 형성되는 복합물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우(tow), 상기 도전성 섬유 토우의 일단에 연결된 제1전극 및 상기 도전성 섬유 토우의 타단에 연결된 제2전극을 포함하는 전극 라인을 포함하고, 상기 복합물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우의 저항 값은 상기 도전성 시트의 저항 값보다 적게 형성되고, 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여, x, y, z축 방향에 대해 스트레인을 측정하는 3차원 스트레인 센서를 제공한다.

[0010] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 본 발명은 xy 평면상에 배치되고, 신축성을 갖는 비도전성 시트 및 상기 비도전성 시트의 표면 상에 x축 방향으로 길게 연장되도록 배치되고 신축성이 있는 도체, 상기 신축성이 있는 도체의 일단에 연결된 제1전극 및 상기 신축성이 있는 도체의 타단에 연결된 제2전극을 포함하는 전극 라인을 포함하고, 상기 제1전극과 상기 제2전극 사이의 저항 변화를 측정하여, x, y, z축 방향에 대해 스트레인을 측정하는 3차원 스트레인 센서를 제공한다.

발명의 효과

[0011] 본 발명에 따른 3차원 스트레인 센서는 다음과 같은 효과가 있다.

- [0012] 첫째, 도전성 시트에 삽입되는 도전성 섬유 토우 중 하나만을 이용하여 센싱을 하되, 그 센싱을 하는 도전성 섬유 토우가 코팅 처리 되어 있어서, 외력에 의해 변위가 발생할 때 인접하는 다른 도전성 물질들의 영향을 받지 않으므로 변위에 대한 민감도가 높아져서 센싱 정확도가 향상되는 장점이 있다.
- [0013] 둘째, 도전성 시트에 삽입되는 도전성 섬유 토우를 코팅하는 물질을 변경하거나, 도전성 섬유 토우와 인접하는 부분을 채우는 비도전성 물질을 조절함으로써 센서의 민감도를 제어할 수 있는 장점이 있다.
- [0014] 셋째, 도전성 섬유 토우를 포함하는 전극 라인을 하나의 도전성 시트에 삽입하므로 복수개의 도전성 시트 사이에 도전성 섬유 토우를 삽입하는 경우보다 구조가 간단하고 제작이 용이하며, 두께가 얇은 장점이 있다.
- [0015] 넷째, 2개의 전극만을 이용하여 x, y, z축 방향에 대한 변위를 모두 측정할 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 스트레인 센서의 사시도이다.
- 도 2는 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서의 분해 사시도이다.
- 도 3은 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서와 코팅된 섬유 토우가 포함되지 않은 도전성 시트의 인장 및 압축 변형에 따른 저항 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 4는 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서와 코팅된 섬유 토우가 포함되지 않은 도전성 시트의 인장 및 압축 변형에 따른 게이지율(gage factor)을 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 3차원 스트레인 센서의 제조방법을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0018] 도 1 내지 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 3차원 스트레인 센서(100)는 도전성 시트(110) 및 전극 라인(120)을 포함한다. 상기 도전성 시트(110)는 도전성 물질(111) 및 제1비도전성 물질(112)을 포함한다.
- [0019] 상기 도전성 시트(110)는 xy평면 상에 위치하고, 상기 도전성 물질(111)이 상기 제1비도전성 물질(112)에 함침되어 형성된다. 상기 도전성 시트(110)는 평평한 시트나 필름 형상으로 형성된다. 본 실시예에서 상기 도전성 시트(110)는 상기 도전성 물질(111)이 상기 제1비도전성 물질(112)에 함침되어 형성되는 단위 시트 4개가 적층되어 형성된다. 물론 상기 도전성 시트(110)의 소재 및 구조는 변경이 가능하다.
- [0020] 본 실시예에서 상기 도전성 시트(110)는 xy평면 상에 위치하는 것을 예로 들었으나, 이에 한정되지 않고 yz평면이나 zx평면 상에 위치하는 것도 가능하다. 이 때 상기 전극 라인(120)이 상기 도전성 시트(110) 상에서 일방향으로 길게 배치되면 된다.
- [0021] 상기 도전성 시트(110)의 두께는 3mm 내지 12mm로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 도전성 시트(110)의 두께를 상기 3차원 스트레인 센서(100)가 사용되는 활용도에 따라 다양하게 변경이 가능하다. 이 때 상기 3차원 스트레인 센서(100)는 하나의 상기 도전성 시트(110)만을 포함하므로 복수 개의 도전성 시트들을 포함하는 경우보다 부피가 작기 때문에 얇은 두께를 요하는 제품에도 적용되기 적합한 장점이 있다.
- [0022] 본 실시예에서는 상기 도전성 물질(111)이 상기 비도전성 물질(112)에 함침되어 있는 도전성 시트(110)를 예로 들었으나 상기 도전성 물질(111)을 포함하지 않고 상기 비도전성 물질(112)만을 이용하여 시트를 형성할 수도 있다. 물론 이 때는 이하 설명할 도전성 섬유 토우(123)를 제2비도전성 물질(123a)로 코팅할 필요가 없다. 상기 도전성 섬유 토우(123)가 상기 비도전성 물질(112)과 전기적인 네트워크를 형성하지 않기 때문이다. 그러므로 이러한 경우에는 상기 3차원 스트레인 센서(100)의 구조를 단순화할 수 있는 장점이 있다.
- [0023] 상기 도전성 물질(111)은 탄소 섬유로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 도전성 물질(111)을 변경 가능하다. 상기 도전성 물질은 상기 도전성 시트(110)의 강성을 증가시키는 역할을 한다.
- [0024] 상기 제1비도전성 물질(112)은 탄성 폴리머를 사용하며, 본 실시예에서는 에서는 나일론을 사용한다. 물론 상기 제1비도전성 물질(112)은 탄성을 갖는 다른 폴리머 소재로 변경이 가능하다.
- [0025] 상기 전극 라인(120)은 제1전극(121), 제2전극(122), 도전성 섬유 토우(tow)(123), 제2비도전성 물질(123a)을 포함한다. 상기 제1전극(121)은 상기 도전성 섬유 토우(123)의 일단에 연결되고, 상기 제2전극(122)은 상기 도

전성 섬유 토크(123)의 타단에 연결된다.

- [0026] 상기 도전성 섬유 토크(123)는 각각 x축 방향으로 길게 배치되어 형성된다. 이 때 상기 도전성 섬유 토크(123)는 상기 도전성 시트(110)의 상면에 배치된다. 물론 상기 도전성 섬유 토크(123)는 상기 도전성 시트(110)의 내부에 배치될 수도 있다. 하지만 상기 도전성 섬유 토크(123)가 상기 도전성 시트(110)의 상면에 배치되는 것이 센싱 효율이 높은 장점이 있다.
- [0027] 상기 도전성 섬유 토크(123)는 8마이크로미터의 지름을 가진 복수의 섬유 필라멘트들이 3000가닥 뭉친 번들이며, 3k 탄소섬유 토크라고도 한다. 본 실시예에서는, 하나의 상기 도전성 섬유 토크(123)가 사용된 것으로 예를 들어 설명하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 복수의 도전성 섬유 토크들을 사용하는 것도 물론 가능하다. 또한 상기 3k 탄소섬유 토크 이외에도 5k, 10k, 12k 탄소섬유 토크 등 복수의 필라멘트들이 합쳐진 토크라면 어느 것이나 사용 가능하다. 물론 상기 도전성 섬유 토크(123)는 상기 도전성 물질(111)과 동일한 소재로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0028] 상기 도전성 섬유 토크(123)의 길이는 상기 도전성 시트(110)의 x축 방향 길이와 동일하게 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고, 상기 도전성 섬유 토크(123)가 상기 도전성 시트의 x축 방향 길이보다 더 길게 형성될 수도 있다. 상기 도전성 섬유 토크(123)의 y축 방향 폭은 상기 도전성 시트(110)의 y축 방향 폭보다 짧게 형성된다.
- [0029] 상기 제2비도전성 물질(123a)은 상기 도전성 섬유 토크(123)의 외주면을 둘러싸도록 코팅한다. 이때 상기 제2비도전성 물질(123a)을 상기 도전성 섬유 토크(123)의 외주면에 형성하는 방법은 열압착을 이용한다. 물론 상기 제2비도전성 물질(123a)이 상기 도전성 섬유 토크(123)를 둘러싸도록 하는 방법은 변경이 가능하다.
- [0030] 상기 제2비도전성 물질(123a)은 상기 도전성 섬유 토크(123)를 통과하는 전류가 상기 도전성 섬유 토크(123) 외부로 흐르는 것을 방지한다. 즉 상기 제2비도전성 물질(123a)로 상기 도전성 섬유 토크(123)를 다른 물질과 전기적으로 절연함으로써, 상기 도전성 섬유 토크(123)를 통해서만 전류가 흐를 수 있도록 한다. 따라서 상기 제2비도전성 물질(123a)에 코팅된 상기 도전성 섬유 토크(123)를 포함하는 상기 3차원 스트레인 센서(100)는 센싱 효율이 높다.
- [0031] 상기 제2비도전성 물질(123a)은 나일론으로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 도전성 섬유 토크(123)를 절연할 수 있는 물질이라면 얼마든지 변경이 가능하다.
- [0032] 또한 상기 제2비도전성 물질(123a)에는 상기 도전성 섬유 토크(123)의 강성을 증가시키기 위한 보강용 나노물질이 더 포함될 수도 있다. 상기 보강용 나노물질은 탄소나노튜브로 형성될 수 있다. 상기 탄소나노튜브는 도전성을 가지므로 상기 제2비도전성 물질(123a)과 결합될 때 상기 도전성 섬유 토크(123)를 코팅하는 물질은 도전성을 갖는다. 이 때는 상기 도전성 섬유 토크(123)와 인접하는 다른 섬유 토크들간에 전기적 네트워크가 형성될 수도 있는 문제가 있다. 다만, 상기 제2비도전성 물질(123a)과 상기 보강용 나노물질이 결합된 물질로 상기 도전성 섬유 토크(123)를 코팅한 후의 저항 값이 상기 도전성 시트(110)의 저항 값보다 작으면 전류가 상기 코팅된 도전성 섬유 토크(123)를 통해서 대부분이 흐를 것이기 때문에 센싱 민감도가 크게 저하되지 않는다. 상기 이와 관련해서는 도 4에서 자세히 설명한다.
- [0033] 본 실시예에서는, 상기 x축과 상기 y축은 서로 직교한 것으로 예를 들어 설명 하였으나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 x축과 상기 y축은 서로 소정 각도로 교차할 수도 있다. 또한 본 실시예에서는 도전성 시트(110)에 제2비도전성 물질(123a)로 코팅된 도전성 섬유 토크(123)를 배치하였으나, 비도전성 시트 상에 도체를 배치하여 센싱하는 것도 가능하다. 이 때는 외력에 의해 상기 비도전성 시트가 압축이나 인장되더라도 상기 도체와 상기 비도전성 시트 사이에 전기적인 네트워크 발생이 없으므로 상기 도체를 코팅하여 절연할 필요가 없다.
- [0034] 상기 3차원 스트레인 센서(100)의 측정방법은 다음과 같다. 상기 x축 방향으로 인장 변형이 인가되면, 상기 전극 라인(120)의 도전성 섬유 토크(123)가 길이 방향으로 신장되면서 상기 제1전극(121)과 상기 제2전극(122) 사이의 저항 변화가 발생한다. 이 때 상기 제1전극(121)과 상기 제2전극(122) 사이의 저항 변화를 측정하여 상기 x축 방향의 변위를 측정할 수 있다.
- [0035] 상기 y축 방향으로 인장 변형이 인가되면, 상기 도전성 섬유 토크(123)가 상기 y축 방향으로 변형되면서 전기적 네트워크를 변화시킨다. 따라서 상기 제1전극(121)과 상기 제2전극(122) 사이의 저항 변화가 발생하므로 이를 측정하여 상기 y축 방향 변위를 측정할 수 있다.
- [0036] 상기 z축 방향으로 압축 변형이 인가되면, 상기 도전성 섬유 토크(123)가 압축 변형 되면서 전기적 네트워크가

변하게 된다. 따라서 상기 제1전극(121)과 상기 제2전극(122) 사이의 저항 변화가 발생하며, 이를 측정하여 z축 방향의 변위를 측정할 수 있다.

- [0037] 도 3을 참조하면, 도 3은 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)와 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)에서 도전성 섬유 토우를 비도전성 물질로 둘러싸지 않고 그대로 이용한 경우에 인장과 압축에 따른 저항 변화를 나타내는 실험 자료이다. 노멀(normal)은 도전성 섬유 토우를 비도전성 물질로 둘러싸지 않은 일반적인 시편을 이용한 경우이고, TSS는 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)와 같이 도전성 섬유 토우 중 하나를 비도전성 물질로 둘러싸서 절연한 경우를 의미한다.
- [0038] 먼저 인장력이 작용한 경우를 보면 노멀의 경우, 스트레인이 증가하면 저항이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 인장력이 작용하여 도전성 시트의 두께가 얇아지는 경우 도전성 시트에 존재하는 탄소섬유들 간의 간격이 더 좁아지면서 탄소섬유들 간의 전기적 네트워크가 형성되기 때문이다.
- [0039] 이에 반하여 TSS의 경우에는 스트레인과 저항의 변화 형태가 유사하다. 즉 스트레인에 따라 저항의 크기가 정해진다. 이는 인장력이 증가하면 비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우의 길이는 증가하고 단면적은 감소하여 저항이 증가하고, 다시 인장력이 감소하면 비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우의 길이는 감소하고 단면적은 증가하여 저항이 감소하는 것이다. 물론 이러한 원리는 일반적인 물리적 현상이지만, 이러한 원리가 성립하는 이유는 비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우만이 스트레인에 따라 저항 변화를 일으키기 때문이다. 즉, 비도전성 물질에 의해 둘러싸인 도전성 섬유 토우가 도전성 시트 내에 존재하는 다른 도전성 섬유 토우들과의 전기적 네트워크를 형성하지 않고, 독립적으로 스트레인에 반응하기 때문에 이러한 일반적인 물리적 현상에 부합하는 결과가 나타난다. 따라서 TSS를 이용한 센서의 경우 인장력에 대해 일반적인 시편을 이용한 노멀의 경우보다 스트레인에 대한 반응이 민감하고 정확한 것을 알 수 있다. 또한 토우 스케일의 도전성 섬유 가닥을 이용하여 센싱하므로 복수 개의 도전성 섬유들이 결합한 도전성 시트를 이용하여 센싱할 때보다 작은 외력에 대해서는 측정이 가능한 장점이 있다.
- [0040] 다음으로 압축력이 작용한 경우를 보면 노멀의 경우, 스트레인이 증가하면 저항이 줄어드는 것을 볼 수 있다. 이는 인장력이 작용한 경우와 마찬가지로 압축력이 작용하여 도전성 시트에 존재하는 탄소섬유들 간의 간격이 더 좁아지면서 탄소섬유들 간의 전기적 네트워크가 형성되기 때문이다.
- [0041] TSS의 경우 압축력이 작용하면, 인장력이 작용한 경우와 달리 비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우의 길이는 줄어들고 단면적은 증가하므로 저항은 감소하고, 다시 압축력이 감소하면 비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우의 길이는 증가하고 단면적은 감소하여 저항이 증가한다. TSS의 경우에는 인장력의 경우와 마찬가지로 비도전성 물질로 둘러싸인 도전성 섬유 토우가 독립적으로 스트레인에 반응하기 때문에 이러한 결과가 도출된다. 즉 압축력이 작용하는 경우에도 TSS를 이용하는 경우에는 일반적인 물리적 현상을 따른다.
- [0042] 상기 결과에 따르면 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100), 즉 TSS를 이용할 경우 외력에 의한 스트레인이 저항의 변화가 일반적인 물리적 현상을 따른다. 즉 TSS를 이용할 경우 길이는 저항 값에 비례하고 단면적은 저항 값에 반비례한다는 물리 법칙에 충실하여 스트레인 측정에 효율적이다. 또한 상기 결과에 따르면 노멀의 경우에는 인장과 압축 모두 스트레인과 저항 값이 반비례하는 그래프를 나타내는 것을 볼 수 있는데, TSS의 경우 인장과 압축 시 그래프의 형태가 다르므로, TSS를 이용하면 구체적인 값을 측정하지 않더라도 작용한 외력이 인장력인지 압축력인지 판별이 가능한 장점도 있다.
- [0043] 도 4를 참조하면, 도 4는 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)와 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)에서 도전성 섬유 토우를 비도전성 물질로 둘러싸지 않고 그대로 이용한 경우에 인장과 압축에 따른 게이지율(gage factor)을 나타내는 실험 자료이다. 도 4의 노멀(normal) 및 TSS는 도 3에서와 동일한 의미이다. 인장의 경우 노멀은 게이지율이 24.55인데 반해 TSS는 30.55로 TSS가 노멀의 경우에 비해 약 1.24배 더 높다. 또한 압축의 경우에도 노멀은 게이지율이 5.99인데 반해 TSS는 8.19로 TSS가 노멀의 경우에 비해 약 1.37배 더 높다. 따라서 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)를 이용할 경우 도전성 섬유 토우를 비도전성 물질로 둘러싸지 않고 그대로 이용한 경우에 비해 센싱 민감도가 높은 것을 알 수 있다.
- [0044] 도 4에서는 비도전성 물질인 나일론으로 코팅된 도전성 탄소 섬유 토우를 포함하는 도전성 시트를 나일론 및 코팅되지 않은 탄소 섬유가 결합된 도전성 시트의 경우와 비교 하였다. 하지만, 상기 도전성 탄소 섬유 토우의 코팅 물질을 나일론 단일물질에서 나일론과 도전성 나노물질인 탄소나노튜브를 결합한 복합물질로 변경하는 것도 가능하다. 이 때의 게이지율은 상기 노멀의 경우보다는 높고 TSS의 경우보다는 낮다. 즉 센싱 민감도가 상기 도전성 탄소 섬유 토우를 나일론만으로 코팅한 경우가 나일론과 탄소나노튜브가 결합된 복합물질로 코팅한 경우보

다 더 높다는 것을 의미한다. 이는 상기 코팅된 도전성 탄소 섬유 토우에서 코팅물질에 포함되어 있는 탄소나노튜브가 인접하는 다른 탄소 섬유들과 전기적 네트워크를 형성하기 때문이다. 하지만 이 때도 상기 복합물질로 코팅된 도전성 탄소 섬유 토우를 포함하는 센서는 상기 노멀의 경우보다 훨씬 높은 센싱 민감도를 나타낸다.

[0045] 상기 도전성 탄소 섬유 토우를 상기 복합물질로 코팅한 경우에는 상기 나일론만으로 상기 도전성 탄소 섬유 토우를 코팅한 경우에 비하여 기계적 특성이 향상되는 장점이 있다. 이는 상기 복합물질에 포함되어 있는 탄소나노튜브가 강성을 보강하는 역할을 하기 때문이다.

[0046] 따라서 본 발명은 도 1에 따른 3차원 스트레인 센서(100)를 예로 들어 설명했으나, 상기 도전성 탄소 섬유 토우의 코팅물질을 변경하거나, 상기 도전성 탄소 섬유 토우를 코팅하지 않더라도 전극과 연결되는 상기 도전성 탄소 섬유 토우의 좌우를 비도전성 물질로 두텁게 채움으로써 동일한 탄소섬유 시트 내에 인접하는 다른 탄소 섬유와의 전기적 네트워크 형성을 차단함으로써 제작되는 센서의 민감도를 제어할 수 있는 장점이 있다.

[0047] 상기와 같이 구성된 3차원 스트레인 센서(100)의 제조방법을 설명하면, 다음과 같다.

[0048] 도 5를 참조하면, 상기 3차원 스트레인 센서의 제조방법(200)은 절연된 도전성 토우 준비 단계(S210), 도전성 토우 삽입 단계(S220)를 포함한다. 상기 절연된 도전성 토우 준비 단계(S210)는 먼저 도전성 토우를 준비한다. 상기 도전성 토우는 탄소 섬유 토우이다. 물론 상기 도전성 토우의 종류는 변경이 가능하다.

[0049] 다음으로 상기 도전성 토우의 일단에 제1전극을 연결하고 상기 도전성 토우의 타단에 제2전극을 연결한다. 그리고 상기 제1전극 및 상기 제2전극이 연결되어 있는 상기 도전성 토우를 나일론으로 열압착한다. 물론 상기 도전성 토우에 상기 제1전극 및 상기 제2전극을 연결하는 과정과 상기 도전성 토우를 상기 나일론으로 열압착하는 과정은 서로 바뀔 수 있다. 하지만 도전성 토우를 비도전성 물질인 상기 나일론으로 열압착하여 결합한 후에 전극을 연결하는 것은 용이하지 않으므로 상기 제1전극 및 상기 제2전극을 먼저 연결하고 상기 도전성 토우를 상기 나일론으로 열압착 하는 것이 더 편리하다. 이렇게 함으로써 상기 절연된 도전성 토우를 준비한다.

[0050] 상기 도전성 토우 삽입 단계(S220)는 도전성 시트에 상기 도전성 토우를 삽입하여 상기 도전성 시트와 상기 도전성 토우를 일체로 형성하는 과정이다. 상기 도전성 시트는 탄소 섬유로 형성된다. 먼저 4장의 탄소 섬유 시트를 준비한다. 이 때 상기 4장의 탄소 섬유 시트 각각을 단위 시트라고 한다. 상기 4장의 탄소 섬유 시트 중 하나를 선택하여 중심에 있는 탄소 섬유를 제거한다. 이 때 제거되는 탄소섬유와 인접한 탄소섬유는 각각 하나씩 제거한다. 물론 제거하는 탄소섬유의 수는 변경이 가능하다.

[0051] 그리고 4장의 탄소섬유를 적층하되, 탄소섬유가 제거된 상기 탄소 섬유 시트를 가장 위에 적층한다. 그리고 가장 상층에 적층된 탄소 섬유 시트의 탄소 섬유 제거 위치 중 중심 위치에 상기 절연된 도전성 토우를 삽입한다. 그리고 상기 적층된 단위 시트들 사이사이에 나일론을 끼우고 열압착하여 하나의 3차원 스트레인 센서를 제작한다. 물론 적층된 상기 단위 시트들을 결합하기 위해 사용되는 폴리머 및 결합방법은 변경이 가능하다. 또한 본 실시예에서는 상기 도전성 시트가 상기 4장의 단위 시트를 적층한 형태로 형성되었으나, 상기 도전성 시트는 상기 단위 시트 하나로만 구성될 수도 있다.

[0052] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

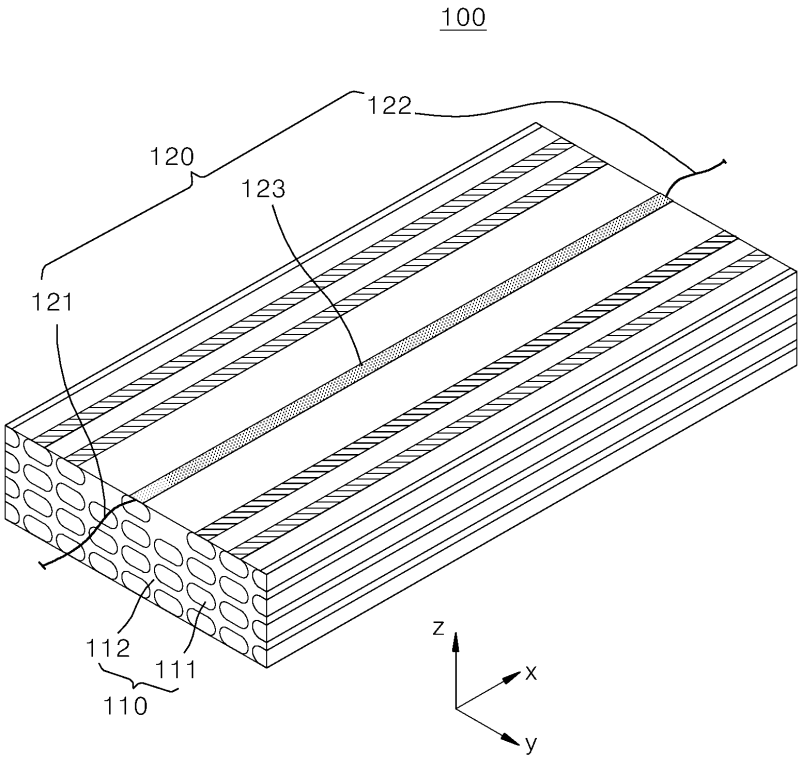
부호의 설명

- [0053]
- 100: 3차원 스트레인 센서
 - 110: 도전성 시트
 - 111: 도전성 물질
 - 112: 제1비도전성 물질
 - 120: 전극 라인
 - 121: 제1전극
 - 122: 제2전극
 - 123: 도전성 섬유 토우

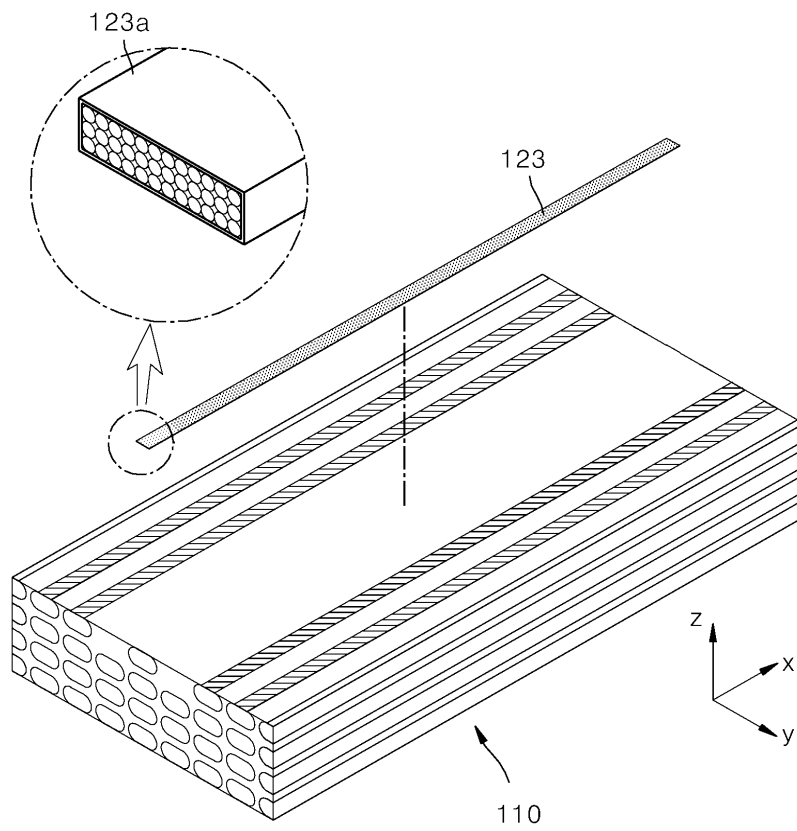
123a: 제2비도전성 물질
200: 3차원 스트레인 센서의 제조방법

도면

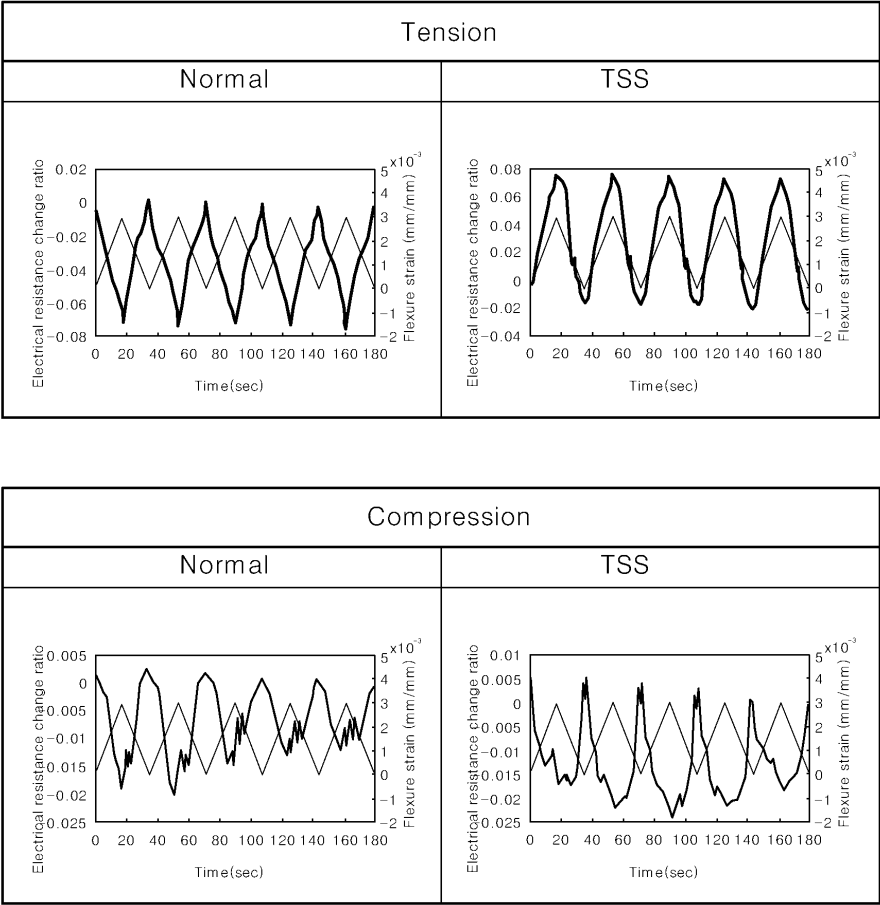
도면1



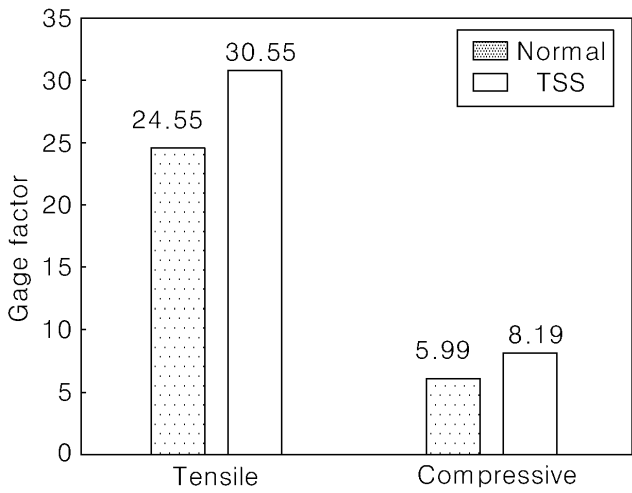
도면2



도면3



도면4



도면5

