(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0131539
(43) 공개일자 2020년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
D06M 11/48 (2006.01) *D04B 1/16* (2006.01)
D04B 1/24 (2006.01) *G01L 1/22* (2006.01)
H01G 11/48 (2013.01) *H01G 11/56* (2013.01)
(52) CPC특허분류
D06M 11/48 (2013.01)
D04B 1/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0056301
(22) 출원일자 2019년05월14일
심사청구일자 2019년05월14일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
하정숙
서울특별시 강남구 언주로30길 21, A동 3102호(도곡동, 아카데미스위트)
박흔
서울특별시 성북구 안암로 145, 신공학관 701호 (고려대학교안암캠퍼스, 표면나노공정연구실)
(74) 대리인
백두진, 김정연, 유광철, 강일신

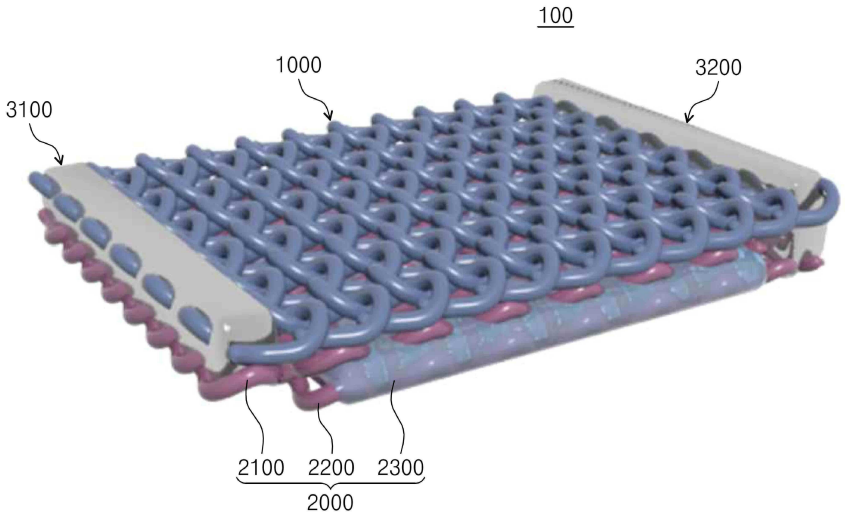
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치**

(57) 요 약

본 발명은 섬유 소자에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시 예에 따른 섬유 소자는, 위편식 편물(Knit) 구조를 가지는 섬유 기판과; 전도성 재질로 제공되고, 상기 섬유 기판의 표면에 도포되는 전도층을 포함하되, 상기 섬유 기판의 코스(Course) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 커패시터(Capacitor)로 활용되고, 상기 섬유 기판의 웨일(Wale) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 스트레인 센서(Strain sensor)로 활용될 수 있다.

대 표 도 - 도5



(52) CPC특허분류
D04B 1/24 (2013.01)
G01L 1/22 (2013.01)
H01G 11/48 (2013.01)
H01G 11/56 (2013.01)
D10B 2401/061 (2013.01)
D10B 2401/16 (2013.01)
D10B 2401/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711083470
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	Power dressing을 위한 수퍼커패시터가 내장된 3차원 스트레처블 소자 공정 기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2019.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

위편식 편물(Knit) 구조를 가지는 섬유 기판과;

전도성 재질로 제공되고, 상기 섬유 기판의 표면에 도포되는 전도층을 포함하되,

상기 섬유 기판의 코스(Course) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 커패시터(Capacitor)로 활용되고,

상기 섬유 기판의 웨일(Wale) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 스트레인 센서(Strain sensor)로 활용되는 섬유 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전도층은 MWCNT(Multi-Walled Carbon Nano Tube)/MoO_3(삼산화몰리브덴) 나노 복합체를 포함하는 섬유 소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 섬유 기판은 나일론(Nylon) 및 스판덱스(spandex)를 포함하는 합성 섬유로 제공되는 섬유 소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전도층은 상기 전도성 재질을 액체 용매에 용해시켜 상기 섬유 기판의 표면에 스프레이 코팅 방식으로 도포함으로써 형성되는 섬유 소자.

청구항 5

측정 대상물의 변형률을 측정하는 스트레인 측정부와;

상기 스트레인 측정부에 전력을 인가하고, 상기 스트레인 측정부와 적층되는 커패시터부를 포함하되,

상기 스트레인 측정부는,

위편식 편물(Knit) 구조를 가지는 제 1 섬유 기판과;

전도성 재질로 제공되고, 상기 제 1 섬유 기판의 표면에 도포되는 제 1 전도층을 포함하고,

상기 커패시터부는 서로 이격되는 2개의 전극을 포함하며,

상기 전극은,

위편식 편물(Knit) 구조를 가지고, 상기 제 1 섬유 기판과 서로 일면이 마주보도록 제공되는 제 2 섬유 기판과;

전도성 재질로 제공되고, 상기 제 2 섬유 기판의 표면에 도포되는 제 2 전도층을 포함하고,

상기 스트레인 측정부는 상기 측정 대상물의 변형에 의해 상기 제 1 섬유 기판의 웨일(Wale) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공되고,

상기 전극은 상기 적층 방향을 따라 바라볼 때, 상기 제 2 섬유 기판의 코스(Course) 방향이 상기 제 1 섬유 기판의 웨일 방향과 직교되도록 제공되는 스트레인 측정 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 커패시터부는 상기 전극의 사이에 제공되는 겔(Gel) 타입의 전해질을 더 포함하는 스트레인 측정 장치.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 커패시터부는, 상기 전극의 사이에 제공되어 상기 전극 간의 간격을 유지시키는 분리막을 더 포함하는 스트레인 측정 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 분리막은, 상기 전극의 사이에 제공되고 겔(Gel) 타입의 전해질에 적셔진 직물 또는 편물 구조를 가지는 제 3 섬유 기판을 포함하는 스트레인 측정 장치.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 전극은, 상기 제 2 전극이 도포되기 전에 상기 제 2 섬유 기판의 표면에 도포되고 전도성 고분자 재질로 제공되는 전도성 향상층을 더 포함하는 스트레인 측정 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 전도성 고분자 재질은 PEDOT:PSS/P123((Poly(ethylene glycol)-block-poly(propylene glycol)-block-poly(ethlyene glycol))복합체, PEDOT:PSS, 폴리피롤(Polypyrrole) 또는 폴리아닐린(Polyaniline)으로 제공되는 스트레인 측정 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 전도성 향상층은 상기 전도성 고분자 재질을 딥코팅(Dip-coating) 방식으로 도포함으로써 형성되는 스트레인 측정 장치.

청구항 12

제 5 항에 있어서,

상기 스트레인 측정부 및 상기 전극 중 하나를 전기적으로 연결하는 제 1 연결 부재와;

상기 스트레인 측정부 및 상기 전극 중 다른 하나를 전기적으로 연결하는 제 2 연결 부재를 더 포함하되,

상기 제 1 연결 부재는 상기 스트레인 측정부의 일방향의 끝단 및 상기 전극 중 하나의 상기 일방향의 끝단에 연결되도록 도포되는 액체 금속으로 제공되고,

상기 제 2 연결 부재는 상기 스트레인 측정부의 타방향의 끝단 및 상기 전극 중 다른 하나의 상기 타방향의 끝단에 연결되도록 도포되는 액체 금속으로 제공되며,

상기 일방향 및 상기 타방향은 상기 제 1 섬유 기판의 상기 웨일 방향과 평행하고 서로 반대 방향을 바라보는 방향인 스트레인 측정 장치.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 제 1 연결 부재로 제공되는 상기 액체 금속 및 상기 제 2 연결 부재로 제공되는 상기 액체 금속은 GaInSn,

EGain 또는 Ga로 제공되는 스트레인 측정 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 위편식 편물(Knit) 구조를 가지는 섬유 기판을 포함하는 섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 유연/신축성이 있는 웨어러블 전자소자 개발에 대한 관심이 높아짐에 따라, 옷과 같은 섬유에 전자 소자의 기능이 결합된 전자섬유에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 섬유는 유연하고 편안하기 때문에 사람이 하루 종일 입고 다녀도 피로감을 덜 느껴 웨어러블 전자소자의 이상적인 플랫폼으로 주목받고 있다. 초기 웨어러블 전자소자는 기존 옷감 위에 딱딱한 고체 전자 소자를 단순히 붙이거나 이러한 고체 전자 소자를 전도성 섬유를 이용하여 기존 옷감에 연결하는 형태였기 때문에 착용시 사용자의 움직임을 제한하는 등의 불편함을 유발하였다. 이를 개선하기 위해서는 전자소자 자체가 섬유의 특성을 유지할 수 있는 실 형태의, 옷감에 삽입될 수 있는 전자소자의 개발이 필요하다. 기존에 보고된 직물 형태의 소자의 경우, 센서나 이에 전력을 인가하는 슈퍼 커패시터 및 나노 발전기와 같은 단일 소자에 대한 연구가 보고되었다. 따라서, 기존 직물 형태의 소자의 경우, 실제 직물에 적용하여 활용하기 위해서는 각 단일 소자 외에 필요한 상이한 기능을 가지는 별도의 구성 또는 각 단일 소자 간을 연결시키기 위한 별도의 구성이 요구된다. 또한, 필요한 각각의 단일 소자를 제조하기 위해서는 별도의 다른 제조 공정이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 신축 가능한 스트레인 센서 및 커패시터로 활용될 수 있는 섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0004] 또한, 본 발명은 제조 공정을 단순화시킬 수 있는 섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0005] 또한, 본 발명은 신축 가능한 스트레인 센서 및 커패시터를 일체화시킬 수 있는 섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치를 제공하기 위한 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 여기에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은 섬유 소자를 제공한다. 일 실시 예에 따르면, 섬유 소자는, 위편식 편물(Knit) 구조를 가지는 섬유 기판과; 전도성 재질로 제공되고, 상기 섬유 기판의 표면에 도포되는 전도층을 포함하되, 상기 섬유 기판의 코스(Course) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 커패시터(Capacitor)로 활용되고, 상기 섬유 기판의 웨일(Wale) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 스트레인 센서(Strain sensor)로 활용될 수 있다.

[0008] 상기 전도층은 MWCNT(Multi-Walled Carbon Nano Tube)/MoO_3(삼산화몰리브덴) 나노 복합체를 포함할 수 있다.

[0009] 상기 섬유 기판은 나일론(Nylon) 및 스판덱스(spandex)를 포함하는 합성 섬유로 제공될 수 있다.

[0010] 상기 전도층은 상기 전도성 재질을 액체 용매에 용해시켜 상기 섬유 기판의 표면에 스프레이 코팅 방식으로 도포함으로써 형성될 수 있다.

[0011] 또한, 본 발명은 스트레인 측정 장치를 제공한다. 일 실시 예에 따르면, 스트레인 측정 장치는, 측정 대상물의 변형률을 측정하는 스트레인 측정부와; 상기 스트레인 측정부에 전력을 인가하고, 상기 스트레인 측정부와 적층되는 커패시터부를 포함하되, 상기 스트레인 측정부는, 위편식 편물(Knit) 구조를 가지는 제 1 섬유 기판과; 전도성 재질로 제공되고, 상기 제 1 섬유 기판의 표면에 도포되는 제 1 전도층을 포함하고, 상기 커패시터부는 서

로 이격되는 2개의 전극을 포함하며, 상기 전극은, 위편식 편물(Knit) 구조를 가지고, 상기 제 1 섬유 기판과 서로 일면이 마주보도록 제공되는 제 2 섬유 기판과; 전도성 재질로 제공되고, 상기 제 2 섬유 기판의 표면에 도포되는 제 2 전도층을 포함하고, 상기 스트레인 측정부는 상기 측정 대상물의 변형에 의해 상기 제 1 섬유 기판의 웨일(Wale) 방향을 따라 인장 및 수축되도록 제공되고, 상기 전극은 상기 적층 방향을 따라 바라볼 때, 상기 제 2 섬유 기판의 코스(Course) 방향이 상기 제 1 섬유 기판의 웨일 방향과 직교되도록 제공된다.

[0012] 상기 커패시터부는 상기 전극의 사이에 제공되는 겔(Gel) 타입의 전해질을 더 포함할 수 있다.

[0013] 상기 커패시터부는, 상기 전극의 사이에 제공되어 상기 전극 간의 간격을 유지시키는 분리막을 더 포함할 수 있다.

[0014] 상기 분리막은, 상기 전극의 사이에 제공되고 겔(Gel) 타입의 전해질에 적셔진 직물 또는 편물 구조를 가지는 제 3 섬유 기판을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 전극은, 상기 제 2 전극이 도포되기 전에 상기 제 2 섬유 기판의 표면에 도포되고 전도성 고분자 재질로 제공되는 전도성 향상층을 더 포함할 수 있다.

[0016] 상기 전도성 고분자 재질은 PEDOT:PSS/P123((Poly(ethylene glycol)-block-poly(propylene glycol)-block-poly(ethlyene glycol))복합체, PEDOT:PSS, 폴리피롤(Polypyrrole) 또는 폴리아닐린(Polyaniline)으로 제공될 수 있다.

[0017] 상기 전도성 향상층은 상기 전도성 고분자 재질을 딥코팅(Dip-coating) 방식으로 도포함으로써 형성될 수 있다.

[0018] 상기 스트레인 측정부 및 상기 전극 중 하나를 전기적으로 연결하는 제 1 연결 부재와; 상기 스트레인 측정부 및 상기 전극 중 다른 하나를 전기적으로 연결하는 제 2 연결 부재를 더 포함하되, 상기 제 1 연결 부재는 상기 스트레인 측정부의 일방향의 끝단 및 상기 전극 중 하나의 상기 일방향의 끝단에 연결되도록 도포되는 액체 금속으로 제공되고, 상기 제 2 연결 부재는 상기 스트레인 측정부의 타방향의 끝단 및 상기 전극 중 다른 하나의 상기 타방향의 끝단에 연결되도록 도포되는 액체 금속으로 제공되며, 상기 일방향 및 상기 타방향은 상기 제 1 섬유 기판의 상기 웨일 방향과 평행하고 서로 반대 방향을 바라보는 방향일 수 있다.

[0019] 상기 제 1 연결 부재로 제공되는 상기 액체 금속 및 상기 제 2 연결 부재로 제공되는 상기 액체 금속은 GaInSn, EGain 또는 Ga로 제공될 수 있다.

발명의 효과

[0020] 본 발명의 실시 예에 따른 섬유 소자는 신축 가능한 스트레인 센서 및 커패시터로 활용될 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치는 제조 공정을 단순화시킬 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 실시 에에 따른 섬유 소자 및 이를 포함하는 스트레인 측정 장치는 신축 가능한 스트레인 센서 및 커패시터를 일체화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 섬유 소자의 평면도이다.

도 2는 도 1의 섬유 소자의 단일 가닥의 단면도이다.

도 3은 도 1의 섬유 소자의 인장 방향에 따른 접촉점 수의 변동을 나타낸 도면이다.

도 4는 도 1의 섬유 소자의 인장 방향에 따른 저항 변화를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스트레인 측정 장치를 나타낸 사시도이다.

도 6은 다른 실시 예에 따른 전극의 단일 가닥의 단면도이다.

도 7은 도 5의 커패시터부 및 다른 실시 예에 따른 커패시터부를 비교한 도면이다.

도 8은 MWCNT의 함량을 고정하였을 때, 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율에 따른 도 5의 커패시터부의 성능을 비교한 그래프들이다.

도 9는 제 2 전도층의 도포 양을 고정하였을 때, 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율에 따른 도 5의 커패시터부의

성능을 비교한 그래프들이다.

도 10은 도 5의 커패시터부의 전기화학적 특성을 나타낸 그래프들이다.

도 11은 제 2 전도층으로 MWCNT만 사용한 경우 및 MWCNT/MoO_3 나노복합체를 사용한 경우 간의 도 5의 커패시터부의 성능 비교를 나타낸 그래프들이다.

도 12는 PEDOT:PSS/P123 재질의 전도성 향상층의 유무에 따른 도 5의 전극의 저항 변화를 비교한 그래프이다.

도 13은 제 1 전도층의 MoO_3 NW의 부피 분율에 따른 도 5의 스트레인 측정부의 민감도를 나타낸 그래프이다.

도 14는 제 1 전도층의 MoO_3 NW의 부피 분율을 0.25로 고정하고, 제 1 전도층의 전체 코팅 용량에 따른 도 5의 스트레인 측정부의 민감도를 나타낸 그래프이다.

도 15는 도 5의 스트레인 측정부의 전기적 특성을 나타낸 그래프들이다.

도 16은 도 5의 커패시터부의 접힘, 뒤틀림 및 늘림에서의 전기적 특성을 나타낸 그래프들이다.

도 17은 도 5의 스트레인 측정 장치를 실제 옷감에 적용하여 측정한 결과를 나타낸 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면들을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다. 본 발명의 실시 예는 여러 가지 형태로 변형할 수 있으며, 본 발명의 범위가 아래의 실시 예들로 한정되는 것으로 해석되어서는 안 된다. 본 실시 예는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다. 따라서 도면에서의 요소의 형상은 보다 명확한 설명을 강조하기 위해 과장되었다.

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 섬유 소자(1)의 평면도이다. 도 2는 도 1의 섬유 소자(1)의 단일 가닥(1a)의 단면도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 섬유 소자(1)는 섬유 기판(10) 및 전도층(20)을 포함한다.

[0026] 섬유 기판(10)은 인장 및 수축이 가능하고, 유연한 위편식 편물(Knit) 구조를 가진다. 섬유 기판(10)은 나일론(Nylon) 및 스판덱스(spandex)를 포함하는 합성 섬유로 제공될 수 있다. 예를 들면, 섬유 기판(10)은 Nylon 82%/18% spandex fabric 재질로 제공될 수 있다. 이와 달리, 섬유 기판(10)은 유연한 섬유로 형성 가능하고, 전도층(20)이 코팅될 수 있는 다양한 재질로 제공될 수 있다. 섬유 기판(10)을 형성하는 단일 가닥은 복수개의 섬유의 다발로 제공될 수 있다.

[0027] 전도층(20)은 전도성 재질로 제공된다. 전도층(20)은 섬유 기판(10)의 표면에 도포된다. 일 실시 예에 따르면, 전도층(20)은 전도성을 가지는 MWCNT(Multi-Walled Carbon Nano Tube)/MoO_3(삼산화몰리브덴) 나노 복합체로 제공된다. 이와 달리, 전도층(20)은 섬유 기판(10)의 표면에 코팅 가능한 전도성의 다양한 재질로 제공될 수 있다. 전도층(20)은 전도성 재질을 액체 용매에 용해시켜 섬유 기판(10)의 표면에 스프레이 코팅 방식으로 도포함으로써 형성될 수 있다. 예를 들면, 전도층(20)은 MWCNT(Multi-Walled Carbon Nano Tube) 및 몰리브덴 나노와이어(MoO_3 NW)를 에탄올에 분산시켜 합성한 나노 복합체 용액을 섬유 기판(10)의 표면에 스프레이 코팅 방식으로 도포함으로써 형성될 수 있다. 에탄올에 분산되는 MWCNT 및 몰리브덴 나노와이어 간의 부피 분율은 필요에 따라 상이하게 제공될 수 있다.

[0028] 도 3은 도 1의 섬유 소자(1)의 인장 방향에 따른 접촉점 수의 변동을 나타낸 도면이다. 도 4는 도 1의 섬유 소자(1)의 인장 방향에 따른 저항 변화를 나타낸 도면이다. 도 3 및 도 4를 참조하면, 섬유 기판(10)이 위편식 편물(Knit) 구조를 가짐으로써, 섬유 소자(1)를 코스 방향(11)으로 인장시키는 경우 인장시키기 전에 비해 각 단일 가닥 간에 접촉되는 접촉점(Contact point)의 수가 거의 유지되어 저항변화가 적다. 섬유 소자(1)를 웨일 방향(12)으로 인장시키는 경우 인장시키기 전에 비해 각 단일 가닥 간에 접촉점(Contact point)의 수가 인장시키기 전에 비해 현저히 줄어든다.

[0029] 에너지 저장장치 중 하나인 슈퍼 커패시터는 인장 및 수축에 따라 저항 변화가 생기면 용량의 변화가 생겨 활용에 크게 제한된다. 또한, 스트레인 센서는 보다 정밀한 측정을 위해 인장 및 수축에 따라 가급적 큰 저항의 변화량이 요구된다.

[0030] 따라서, 섬유 소자(1)는 섬유 기판(10)의 코스(Course) 방향(11)을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 슈퍼

커패시터(Super capacitor)로 활용되고, 섬유 기판(10)의 웨일(Wale) 방향(12)을 따라 인장 및 수축되도록 제공됨으로써 스트레인 센서(Strain sensor)로 활용될 수 있다.

[0032] 이하, 상술한 섬유 소자(1)의 실시 예가 스트레인 센서 및 슈퍼 커패시터로 활용된 본 발명의 스트레인 측정 장치(100)에 대해 설명한다. 본 발명의 실시 예에 따른 스트레인 측정 장치(100)는 측정 대상자의 의류에 꿰매어 지거나 접착되어 측정 대상자의 다양한 생체 신호를 감지할 수 있다.

[0033] 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 스트레인 측정 장치(100)를 나타낸 사시도이다. 도 5를 참조하면, 스트레인 측정 장치(100)는 스트레인 측정부(1000), 커패시터부(2000), 제 1 연결 부재(3100) 및 제 2 연결 부재(3200)를 포함한다.

[0034] 스트레인 측정부(1000)는 측정 대상물의 변형률을 측정한다. 예를 들면, 스트레인 측정부(1000)는 스트레인 측정 장치(100)가 측정 대상자의 내측 손목에 접촉되어 위치되는 경우, 내측 손목에 인접한 혈관의 움직임에 따라 인장 및 수축함으로써 측정 대상자의 맥박을 측정할 수 있다. 또한, 스트레인 측정부(1000)는 스트레인 측정 장치(100)가 측정 대상자의 특정 관절의 외측에 접촉되어 위치되는 경우, 특정 관절의 동일한 원리를 통해 회전 반경 및 반응 속도 등을 측정할 수 있다. 이와 달리, 스트레인 측정부(1000)는 측정 대상자의 다양한 신체에 대응되는 의류 등에 꿰매어 지거나 접착되어 제공됨으로써 측정 대상자의 신체의 다양한 부위의 움직임을 감지할 수 있다.

[0035] 일 실시 예에 따르면, 스트레인 측정부(1000)는 제 1 섬유 기판 및 제 1 전도층을 포함한다. 스트레인 측정부(1000)의 제 1 섬유 기판 및 제 1 전도층은 각각 도 1의 섬유 소자(1)의 섬유 기판(10) 및 전도층(20)과 재질 및 구조가 동일하게 제공될 수 있다. 스트레인 측정부(1000)는 측정 대상물의 변형에 의해 제 1 섬유 기판의 웨일 방향(12)을 따라 인장 및 수축이 되도록 제공된다.

[0036] 커패시터부(2000)는 스트레인 측정부(1000)에 전력을 인가한다. 커패시터부(2000)는 외부의 전원과 연결되어 충전이 가능하고, 외부의 전원과 분리된 상태에서 스트레인 측정부(1000)에 전력을 인가하는 슈퍼 커패시터의 기능을 가질 수 있다. 커패시터부(2000)는 스트레인 측정부(1000)와 적층되도록 제공된다. 일 실시 예에 따르면, 커패시터부(2000)는 전극(2100, 2200) 및 겔(Gel) 타입 전해질(2300)을 포함할 수 있다.

[0037] 전극(2100, 2200)은 2개가 서로 이격되도록 제공된다. 일 실시 예에 따르면, 각각의 전극(2100, 2200)은 제 2 섬유 기판 및 제 2 전도층을 포함한다.

[0038] 제 2 섬유 기판(2001)은 제 1 섬유 기판과 서로 일면이 마주보도록 제공된다. 각 전극(2100, 2200)은 서로 동일한 재질 및 구조로 제공될 수 있다. 예를 들면, 전극(2100, 2200)의 제 2 섬유 기판 및 제 2 전도층은 도 1의 섬유 기판(10) 및 전도층(20)과 동일 재질 및 구조로 제공될 수 있다. 각 전극(2100, 2200)은 스트레인 측정부(1000) 및 전극(2100, 2200)의 적층 방향을 따라 바라볼 때, 제 2 섬유 기판의 코스 방향이 제 1 섬유 기판의 웨일 방향과 직교되도록 제공된다.

[0039] 도 6은 다른 실시 예에 따른 전극(2100a, 2100b)의 단일 가닥의 단면도이다. 도 6을 참조하면, 도 1의 경우와 달리, 전극(2100a, 2100b)은 전도성 향상층(2003)을 더 포함할 수 있다. 전도성 향상층(2003)은 제 2 전도층(2002)이 도포되기 전에 제 2 섬유 기판(2001)의 표면에 도포된다. 전도성 향상층(2003)은 전도성 고분자 재질로 제공된다. 일 실시 예에 따르면, 전도성 향상층(2003)은 전도성 고분자 재질을 딥코팅(Dip-coating) 방식으로 도포함으로써 형성될 수 있다. 예를 들면, 전도성 향상층(2003)은 PEDOT:PSS/P123((Poly(ethylene glycol)-block-poly(propylene glycol)-block-poly(ethlyene glycol))복합체, PEDOT:PSS, 폴리피롤(Polypyrrole) 또는 폴리아닐린(Polyaniline)등 다양한 전도성 고분자 재질로 제공될 수 있다. 다만, PEDOT:PSS/P123((Poly(ethylene glycol)-block-poly(propylene glycol)-block-poly(ethlyene glycol))복합체는 다른 전도성 고분자 재질에 비해 높은 전도성 및 유연성을 가지므로, 전도성 향상층(2003)이 PEDOT:PSS/P123 복합체로 제공되는 경우 보다 높은 전도성을 가지고, 인장 등의 변형시 균열이나 깨짐을 보다 효과적으로 방지할 수 있다. 전도성 향상층(2003)이 제공됨으로써 전극(2100a, 2100b)의 전도성을 향상시킬 수 있다.

[0040] 다시 도 4 및 도 5를 참조하면, 겔 타입의 전해질(2300)은 전극(2100, 2200)의 사이에 제공된다. 겔 타입의 전해질(2300)이 전극(2100, 2200)의 사이에 제공됨으로써, 전극(2100, 2200)의 간격을 유지시켜 쇼트 방지할 수 있다. 예를 들면, 겔 타입의 전해질(2300)은 acetonitrile(ACN), propylene carbonate(PC), lithium perchlorate($LiClO_4$) 및 poly(methl methacrylate)(PMMA)를 합성하여 제조될 수 있다. CAN, PC, $LiClO_4$ 및 PMMA

간의 합성 비율은 필요에 따라 상이하게 제공될 수 있다.

[0041] 도 7은 도 5의 커패시터부(2000) 및 다른 실시 예에 따른 커패시터부(2000a)를 비교한 도면이다. 도 7을 참조하면, 도 5의 커패시터부(2000)와 달리, 도 7의 커패시터부(2000a)는 전극(2100, 2200)의 사이에 분리막(2400)이 제공될 수 있다. 분리막(2400)은 전극의 간격을 유지시킨다. 일 실시 예에 따르면, 분리막(2400)은 제 3 섬유 기판(2410)을 포함한다. 제 3 섬유 기판(2410)은 겔 타입의 전해질에 적셔진 직물 또는 편물 구조를 가질 수 있다. 예를 들면, 제 3 섬유 기판(2410)은 제 1 섬유 기판 또는 제 2 섬유 기판과 동일한 재질 및 구조로 제공될 수 있다. 제 3 섬유 기판(2410)을 적시는 겔 타입의 전해질은 도 5의 겔 타입의 전해질(2300)과 동일한 재질로 제공될 수 있다. 제 3 섬유 기판(2410)의 웨일 및 코스의 방향은 제 2 섬유 기판의 웨일 및 코스 방향과 동일하게 제공될 수 있다. 분리막(2400)이 제공됨으로써 도 5의 겔 타입의 전해질(2300)만 제공되는 커패시터부(2000)에 비해 전극(2100, 2200) 간의 간격을 보다 쉽게 유지시킬 수 있다. 다만, 도 7의 그래프들을 통해, 겔 타입의 전해질(2300)만이 제공되는 경우는 분리막(2400)이 제공되는 경우에 비해 전합 강하 및 전체 저항이 감소됨을 확인할 수 있다. 따라서, 겔 타입의 전해질(2300)만이 제공되는 경우 분리막(2400)이 제공되는 경우에 비해 커패시터부(2000a)의 슈퍼 커패시터로서의 특성이 향상됨을 확인할 수 있다. 일 실시 예에 따르면, 그 외 커패시터부(2000a)의 구성, 구조 및 기능은 대체로 도 5의 커패시터부(2000)와 동일할 수 있다.

[0042] 다시 도 4 및 도 5를 참조하면, 제 1 연결 부재(3100)는 스트레인 측정부(1000) 및 전극 중 하나(2100)를 전기적으로 연결한다. 일 실시 예에 따르면, 제 1 연결 부재(3100)는 스트레인 측정부(1000)의 일방향의 끝단 및 전극 중 하나(2100)의 일방향의 끝단에 연결되도록 도포되는 액체 금속으로 제공될 수 있다.

[0043] 제 2 연결 부재(3200)는 스트레인 측정부(1000) 및 전극 중 다른 하나(2200)를 전기적으로 연결한다. 일 실시 예에 따르면, 제 2 연결 부재(3200)는 스트레인 측정부(1000)의 타방향의 끝단 및 전극 중 다른 하나(2200)의 타방향의 끝단에 연결되도록 도포되는 액체 금속으로 제공될 수 있다.

[0044] 일 실시 예에 따르면, 일방향 및 타방향은 제 1 섬유 기판의 웨일 방향과 평행하고 서로 반대 방향을 바라보는 방향이다.

[0045] 일 실시 예에 따르면, 제 1 연결 부재(3100)로 제공되는 액체 금속 및 제 2 연결 부재(3200)로 제공되는 액체 금속은 갈륨 기반의 액체 금속으로 제공될 수 있다. 예를 들면, 제 1 연결 부재(3100)로 제공되는 액체 금속 및 제 2 연결 부재(3200)로 제공되는 액체 금속은 GaInSn, EGain 또는 Ga 등으로 제공될 수 있다. 다만, GaInSn은 다른 갈륨 기반의 액체 금속에 비해 낮은 어는점(-13℃)을 가지므로, 제 1 연결 부재(3100) 및 제 2 연결 부재(3200)가 GaInSn으로 제공되는 경우 혹한에도 사용 가능한 효과를 가진다. 제 1 연결 부재(3100) 및 제 2 연결 부재(3200)는 스트레인 측정부(1000) 및 커패시터부(2000)를 서로 적층시킨 상태에서 상술한 각 대응 위치에 액체 금속을 스프레이 코팅시킴으로써 형성될 수 있다.

[0046] 도 8은 MWCNT의 함량을 고정하였을 때, 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율에 따른 도 5의 커패시터부(2000)의 성능을 비교한 그래프들이다. 이 경우, 커패시터부(2000)의 성능은 3전극 측정 방법을 통해 측정하였고, 갤 타입의 전해질(2300)은 0.5M Na_2SO_4 전해질로 제공하였다. 도 8을 참조하면, 전체 부피에서 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율이 0.25일 때 가장 높은 성능이 발현되는 것을 확인하였다.

[0047] 도 9는 제 2 전도층(2002)의 도포 양을 고정하였을 때, 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율에 따른 도 5의 커패시터부(2000)의 성능을 비교한 그래프들이다. 이 경우, 커패시터부(2000)의 성능은 3전극 측정 방법을 통해 측정하였고, 갤 타입의 전해질(2300)은 0.5M Na_2SO_4 전해질로 제공하였다. 도 9를 참조하면, 도 8의 경우와 마찬가지로 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율이 0.25일 때 가장 높은 성능이 발현되었다.

[0048] 도 10은 도 5의 커패시터부(2000)의 전기화학적 특성을 나타낸 그래프들이다. 이 경우, 도 8 및 도 9를 통해 커패시터부(2000)는 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율이 0.25일 때 가장 높은 성능을 발현할 수 있음을 확인했으므로, 몰리브덴 나노와이어의 부피 분율이 0.25인 커패시터부(2000)를 제작하여 특성을 확인하였다. 도 10을 참조하면, 커패시터부(2000)는 0.14 A/g 전류밀도에서 최대 48.3 F/g의 용량을 확인하였고, 10,000번의 충방전 사이클에서도 약 76%의 용량 변화를 보였다. 또한, 커패시터부(2000)는 1.4 V까지 충전이 가능하였으며, 실제 저항이 83.6옴으로 측정된 바 일반적인 적층형 슈퍼 커패시터의 실제 저항과 같이 100옴 이하로 측정되었음을 확인할 수 있다.

[0049] 도 11은 제 2 전도층(2002)으로 MWCNT만 사용한 경우 및 MWCNT/MoO_3 나노복합체를 사용한 경우 간의 도 5의 커패시터부(2000)의 성능 비교를 나타낸 그래프들이다. 도 11을 참조하면, 커패시터부(2000)는 제 2 전도층(200

2)으로 MWCNT만 사용한 경우에 비해 MWCNT/MoO_3 나노복합체를 사용한 경우에 슈퍼 커패시터로서 훨씬 높은 용량을 발현하는 것을 확인할 수 있다.

[0050] 도 12는 PEDOT:PSS/P123 재질의 전도성 향상층(2003)의 유무에 따른 도 5의 전극(2100, 2200)의 저항 변화를 비교한 그래프이다. 도 12를 참조하면, PEDOT:PSS/P123 재질의 전도성 향상층(2003)이 제공되지 않은 경우에 비해 PEDOT:PSS/P123 재질의 전도성 향상층(2003)이 제공된 경우에 전극(2100, 2200)의 저항 변화가 작음을 확인할 수 있다.

[0051] 도 13은 제 1 전도층의 MoO_3 NW의 부피 분율에 따른 도 5의 스트레인 측정부(1000)의 민감도를 나타낸 그래프이다. 이 경우, 제 1 전도층의 총 코팅 용량을 5 mL로 고정하고, MoO_3 NW의 부피 분율을 달리하여 제작한 스트레인 측정부(1000)의 민감도를 확인하였다. 도 13을 참조하면, MoO_3 NW의 부피 분율이 0.75일 때는 5%의 작은 인장에서도 스트레인 측정부(1000)의 전기적 연결이 끊어졌고, 0.5일 때는 35%까지 민감도 측정이 가능하였다. 그리고 0.25와 0일때는 60%까지 저항변화를 확인할 수 있었다. 따라서 0.25일 때가 가장 넓은 인장 범위에서 높은 저항변화를 가졌기 때문에, 스트레인 측정부(1000)는 스트레인 센서로서 제 1 전도층의 MoO_3 NW의 부피 분율이 0.25일때가 가장 적합한 것을 확인할 수 있다.

[0052] 도 14는 제 1 전도층의 MoO_3 NW의 부피 분율을 0.25로 고정하고, 제 1 전도층의 전체 코팅 용량에 따른 도 5의 스트레인 측정부(1000)의 민감도를 나타낸 그래프이다. 이 경우, 스트레인 측정부(1000)는 3mL에서 가장 높은 민감도를 보였다.

[0053] 도 15는 도 5의 스트레인 측정부(1000)의 전기적 특성을 나타낸 그래프들이다. 이 경우, 도 13 및 도 14의 결과에 따라 제 1 전도층의 전체 코팅 용량은 3mL로 하고, MoO_3 NW의 부피 분율을 0.25로 최적화하여 스트레인 측정부(1000)를 제작하여 전기적 특성을 확인하였다. 도 15를 참조하면, 스트레인 측정부(1000)는 46.3의 높은 민감도를 가졌고, 10,000번의 늘임과 줄임에서도 센서의 전기적 안정성을 가짐을 확인할 수 있다. 또한, 스트레인 측정부(1000)는 50 ms의 빠른 응답속도를 보임을 확인할 수 있다.

[0054] 도 16은 도 5의 커패시터부(2000)의 접힘, 뒤틀림 및 늘림에서의 전기적 특성을 나타낸 그래프들이다. 도 16을 참조하면, 커패시터부(2000)는 접힘, 뒤틀림 및 늘림에서 안정적인 전기적 특성을 가짐을 확인할 수 있다. 특히 커패시터부(2000)는 늘림의 경우 늘린 후 측정한 정적인 경우뿐 아니라 늘리면서 측정한 동적인 경우에도 안정적인 전기적 특성을 가짐을 확인할 수 있다.

[0055] 도 17은 도 5의 스트레인 측정 장치(100)를 실제 옷감에 적용하여 측정한 결과를 나타낸 그래프들이다. 도 17을 참조하면, 스트레인 측정 장치(100)를 실제 옷감에 적용하여 각각 손가락, 손목 및 팔꿈치의 관절 움직임과, 맥박을 측정한 경우, 모두 안정적으로 측정됨을 확인할 수 있다.

[0056] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시 예에 따른 섬유 소자(1)는 코스 및 웨일 방향의 설정에 따라 신축 가능한 스트레인 센서 및 커패시터로 활용될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시 예에 따른 스트레인 측정 장치(100)는 섬유 소자(1)의 코스 및 웨일 방향의 설정을 달리하여 제공되는 스트레인 센서 및 커패시터를 서로 적층시켜 연결함으로써 제조 공정을 단순화시킬 수 있고, 신축 가능한 스트레인 센서 및 커패시터를 일체화시킬 수 있다.

[0057] 이상의 상세한 설명은 본 발명을 예시하는 것이다. 또한 전술한 내용은 본 발명의 바람직한 실시 형태를 나타내어 설명하는 것이며, 본 발명은 다양한 다른 조합, 변경 및 환경에서 사용할 수 있다. 즉 본 명세서에 개시된 발명의 개념의 범위, 저술한 개시 내용과 균등한 범위 및/또는 당업계의 기술 또는 지식의 범위내에서 변경 또는 수정이 가능하다. 저술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 구현하기 위한 최선의 상태를 설명하는 것이며, 본 발명의 구체적인 적용 분야 및 용도에서 요구되는 다양한 변경도 가능하다. 따라서 이상의 발명의 상세한 설명은 개시된 실시 상태로 본 발명을 제한하려는 의도가 아니다. 또한 첨부된 청구범위는 다른 실시 상태도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

[0058] 1: 섬유 소자 10: 섬유 기판

20: 전도층 100: 스트레인 측정 장치

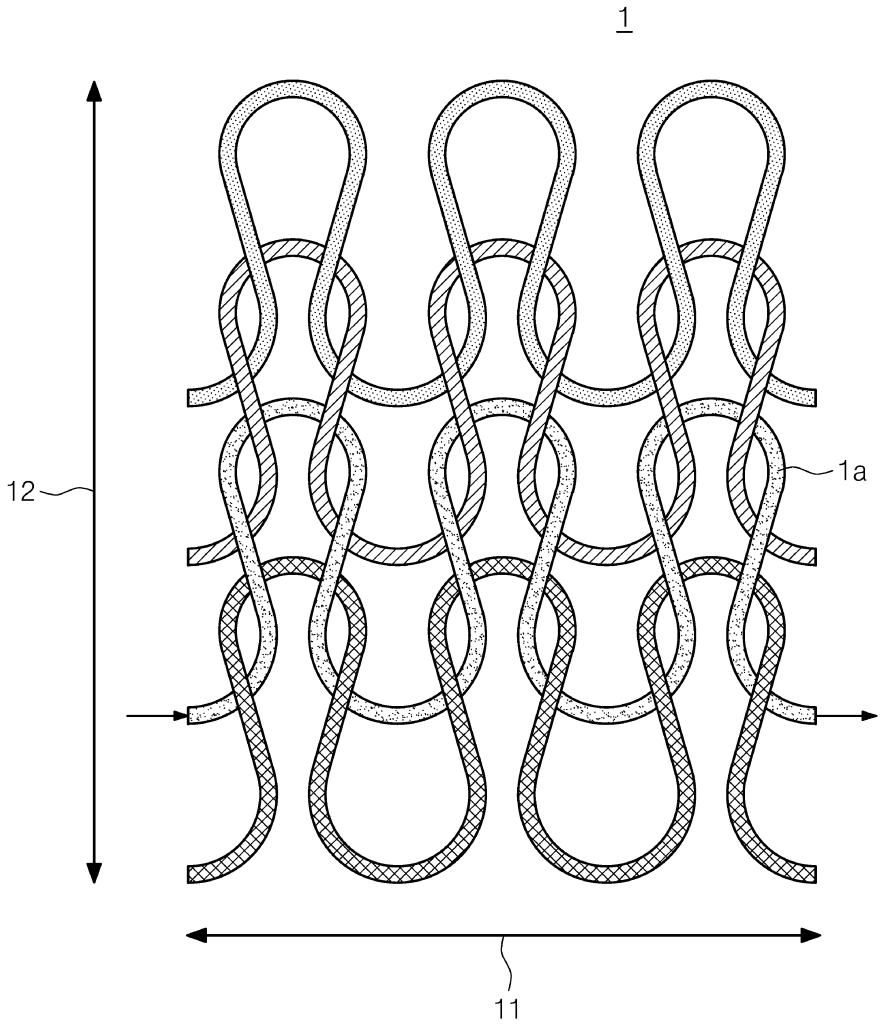
1000: 스트레인 측정부 2000: 커패시터부

2100, 2200: 전극　　2300: 갤 타입 전해질

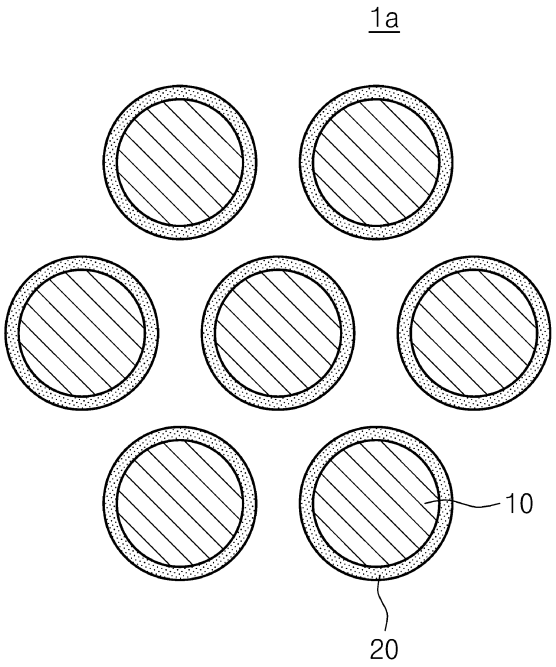
3100: 제 1 연결 부재　　3200: 제 2 연결 부재

도면

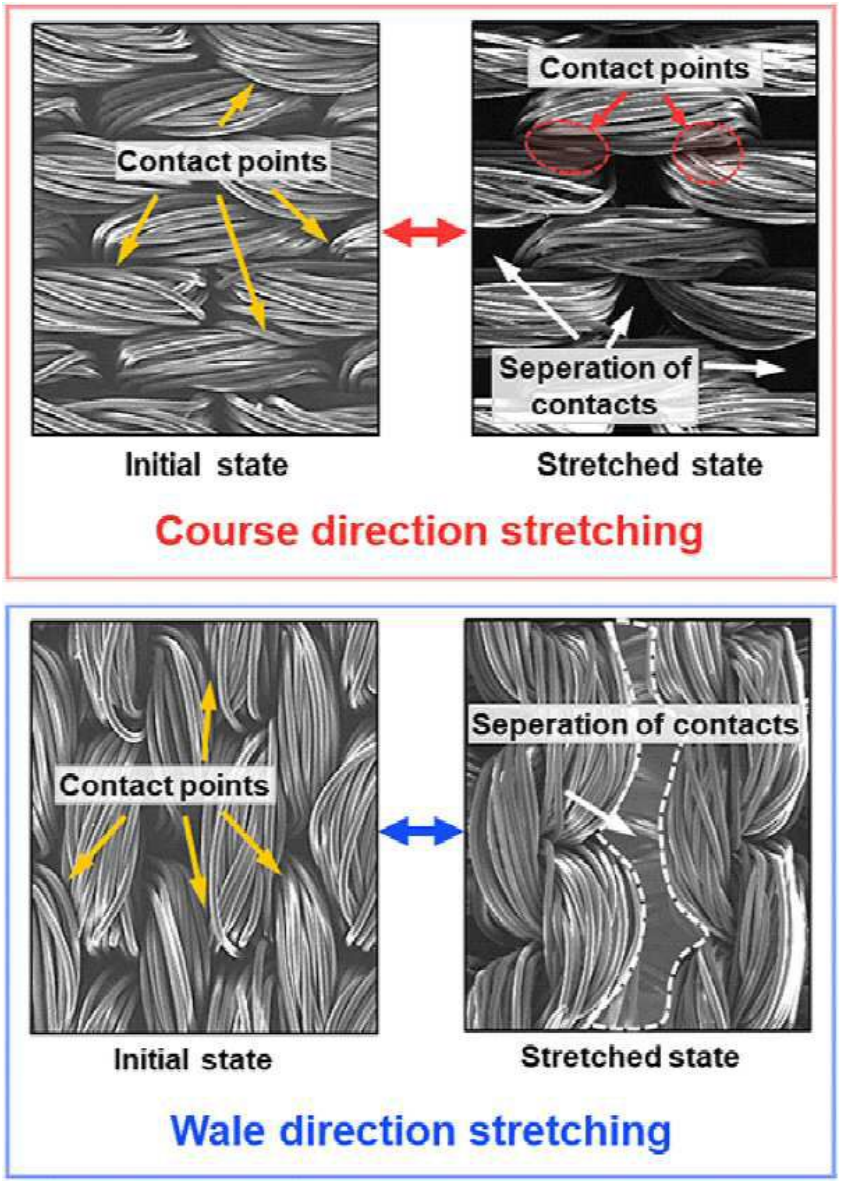
도면1



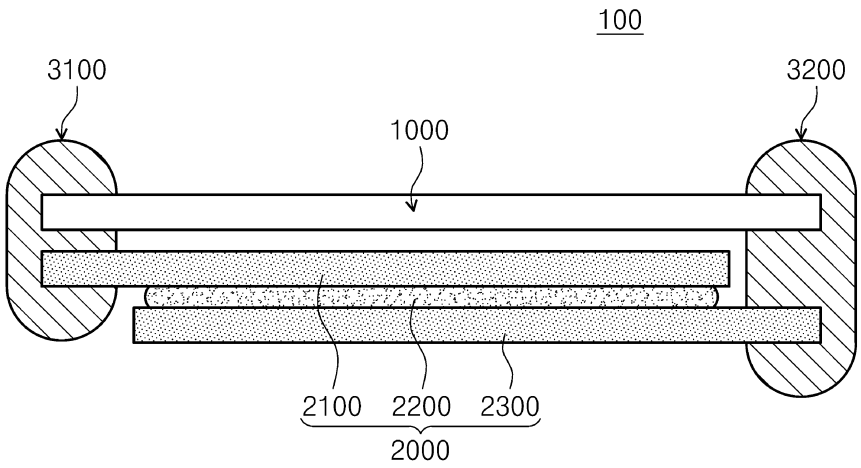
도면2



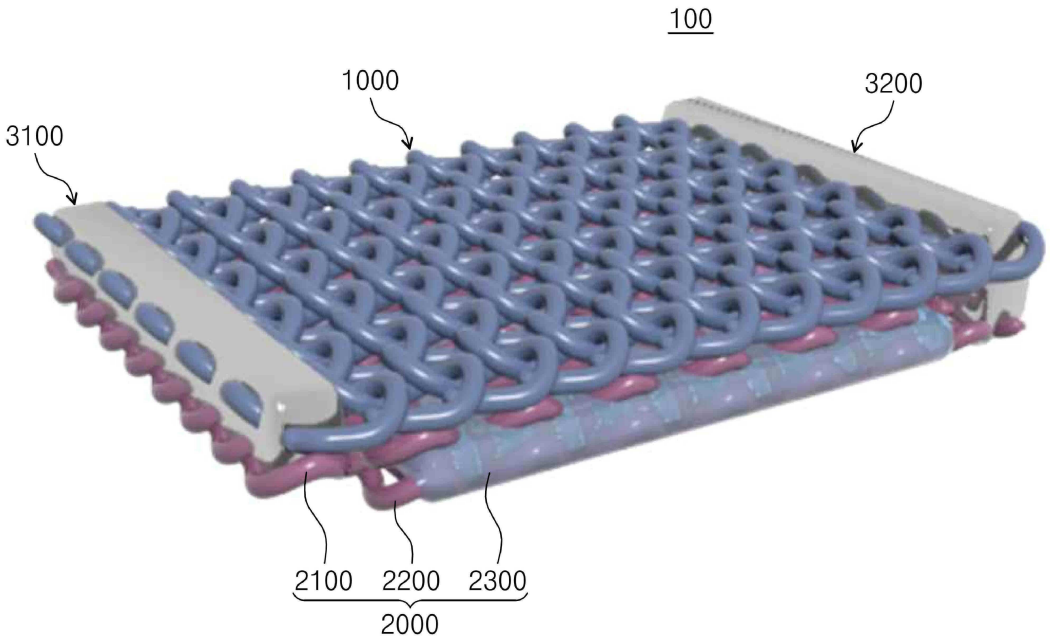
도면3


Contact points
Contact points
Seperation of contacts
Initial state
Stretched state
Course direction stretching
Contact points
Seperation of contacts
Initial state
Stretched state
Wale direction stretching

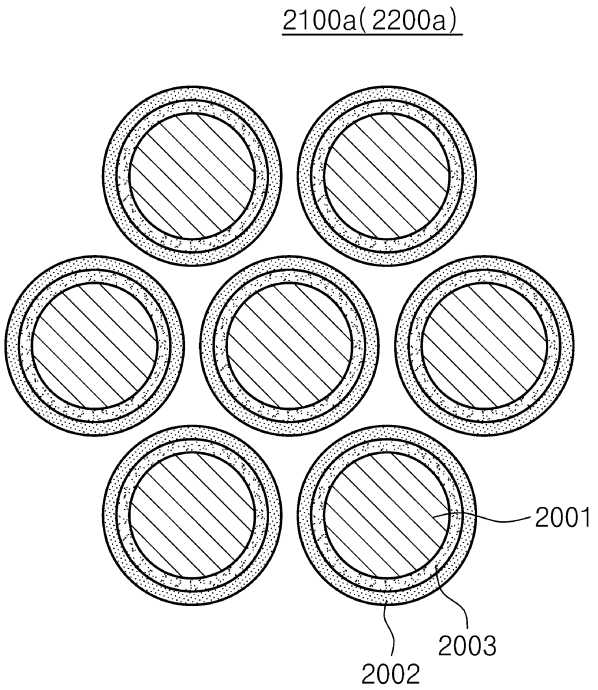
도면4


100
3100
3200
1000
2100
2200
2300
2000

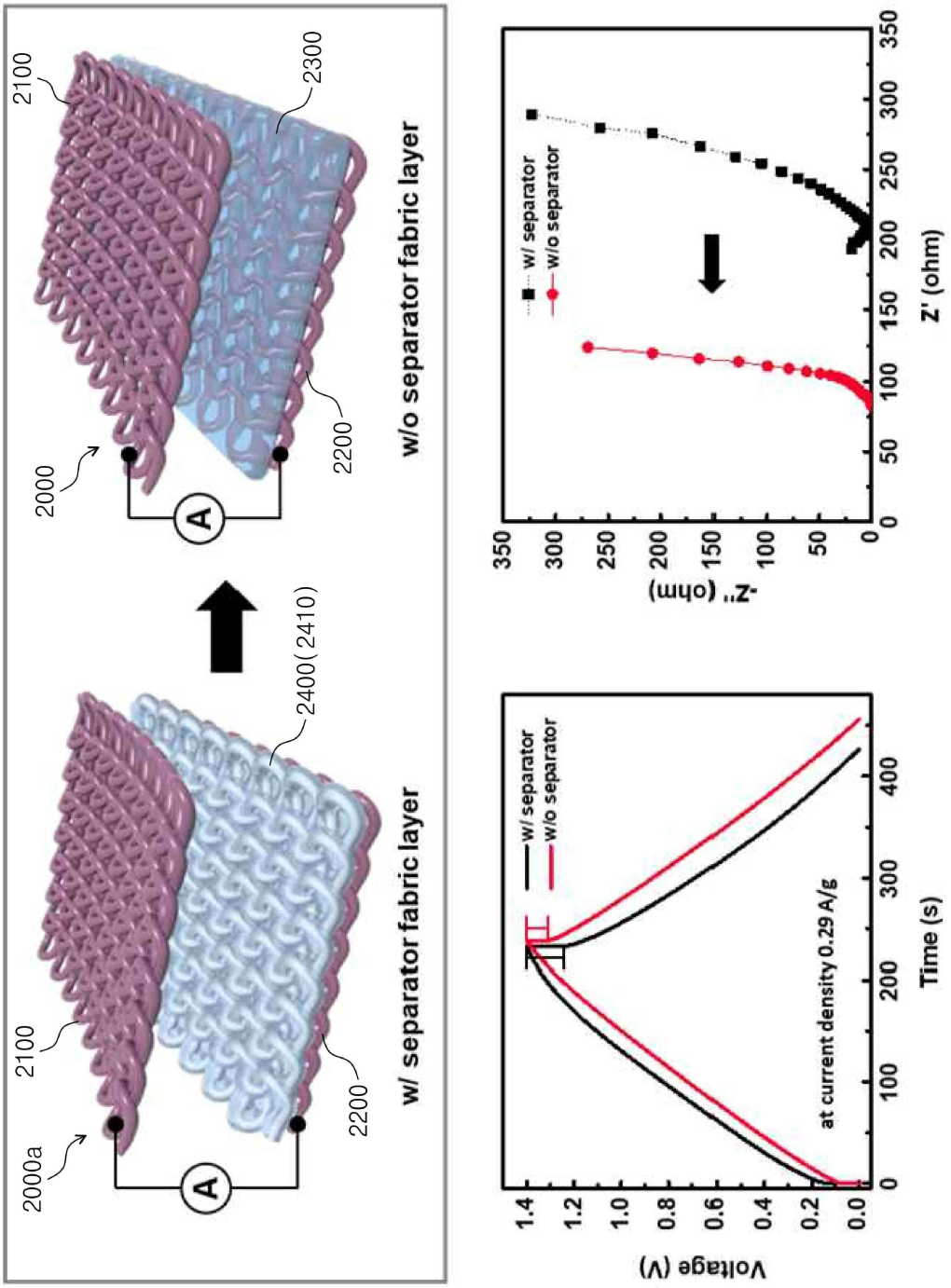
도면5


100
1000
3200
3100
2100
2200
2300
2000

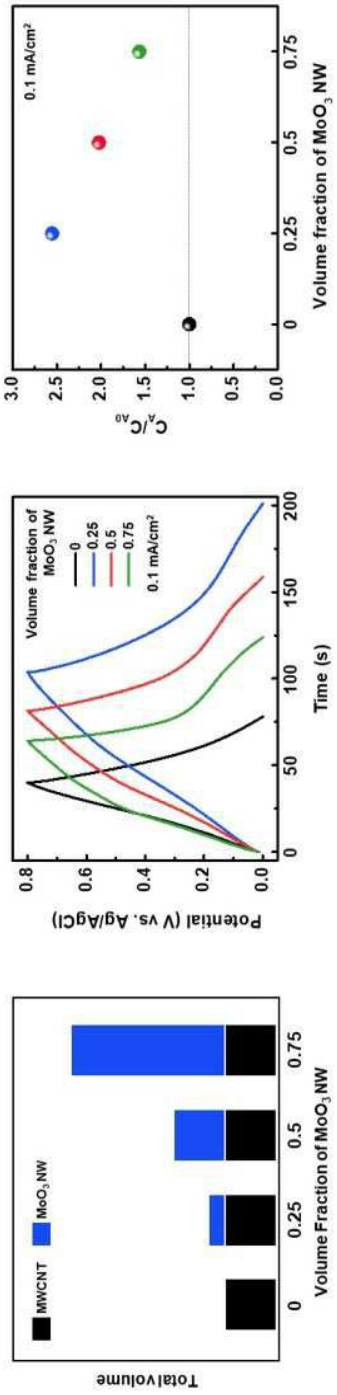
도면6


2100a(2200a)
2001
2003
2002

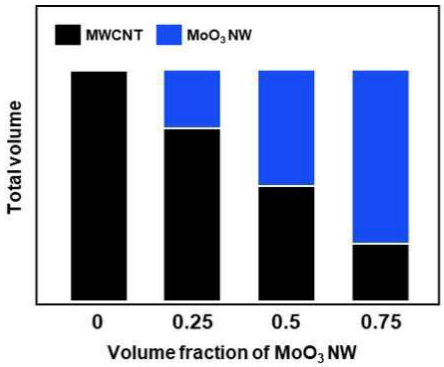
도면7

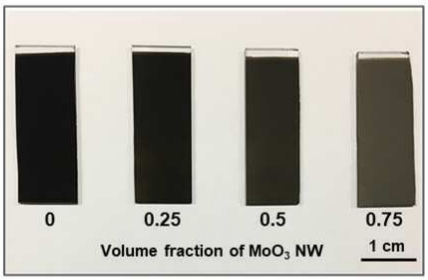

w/o separator fabric layer
2100
2300
2000
2200
A
w/ separator fabric layer
2400(2410)
2100
2000a
2200
A
w/ separator
w/o separator
-Z'' (ohm)
Z' (ohm)
w/ separator
w/o separator
at current density 0.29 A/g
Voltage (V)
Time (s)

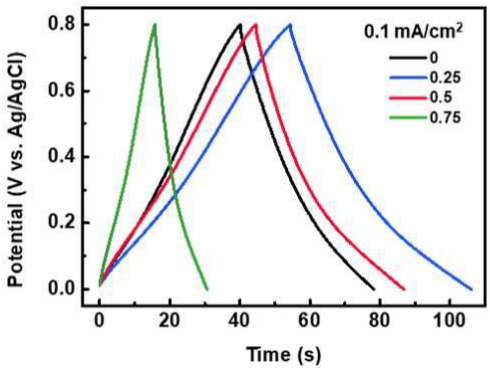
도면8

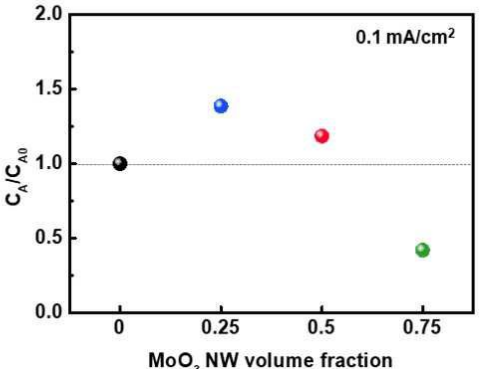

Total volume
MWCNT
MoO_3 NW
0
0.25
0.5
0.75
Volume Fraction of MoO_3 NW
Potential (V vs. Ag/AgCl)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
0
50
100
150
200
Time (s)
Volume fraction of MoO_3 NW
0
0.25
0.5
0.75
0.1 mA/cm²
C_A/C_{A0}
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
0.1 mA/cm²
Volume fraction of MoO_3 NW

도면9

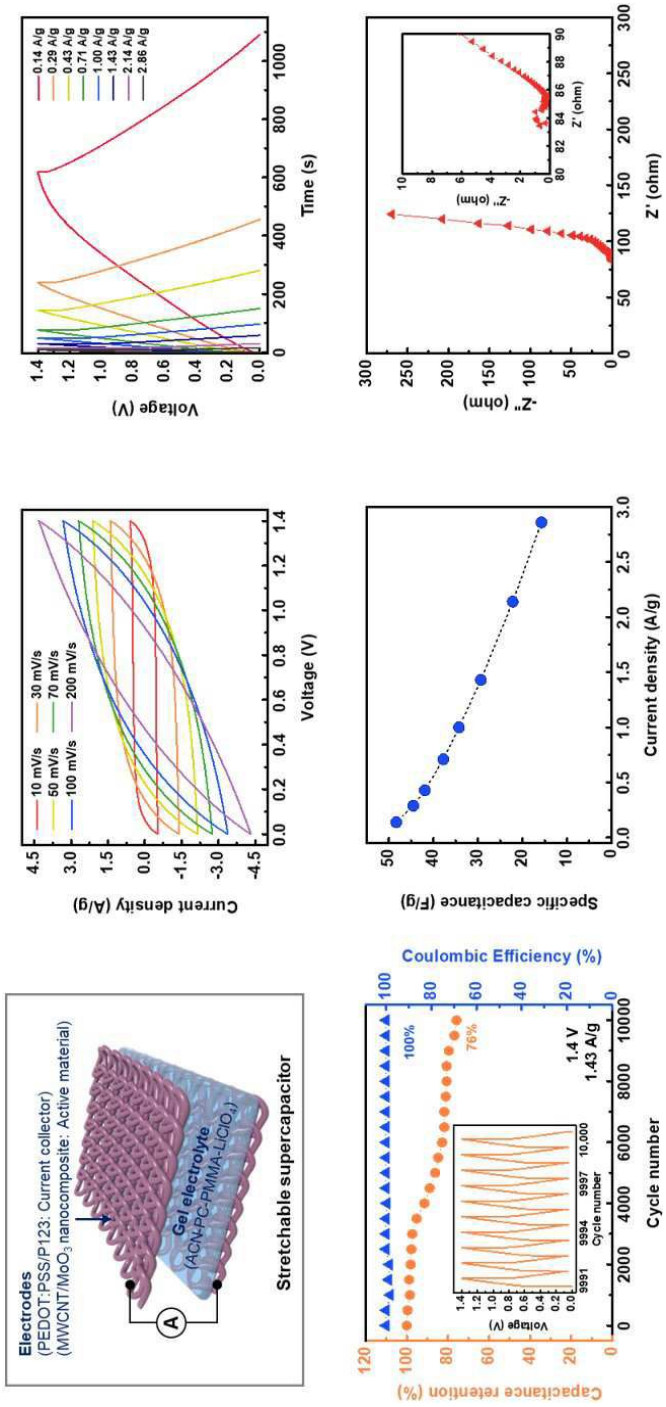

MWCNT
MoO3 NW
Total volume
0
0.25
0.5
0.75
Volume fraction of MoO3 NW


0
0.25
0.5
0.75
Volume fraction of MoO3 NW
1 cm

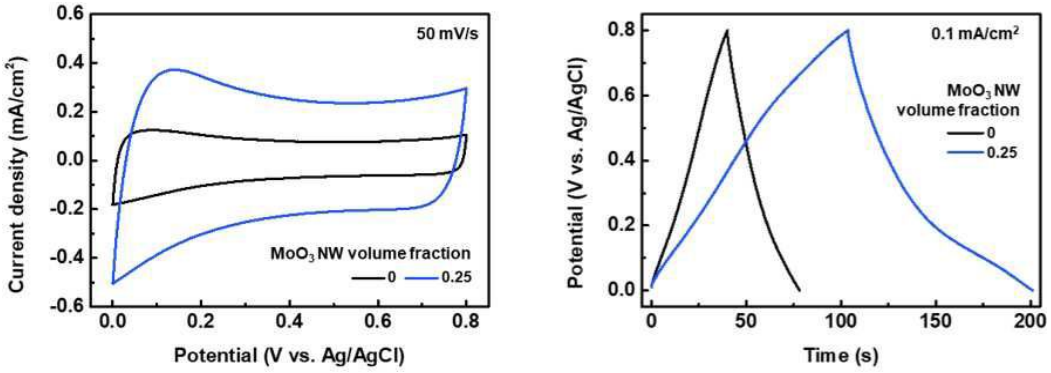

0.1 mA/cm2
0
0.25
0.5
0.75
Potential (V vs. Ag/AgCl)
Time (s)


0.1 mA/cm2
CA/CA0
MoO3 NW volume fraction

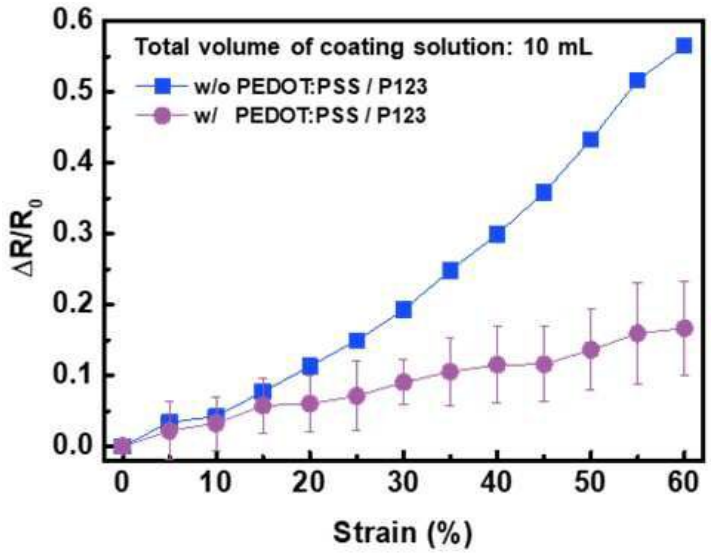
도면10


Voltage (V)
Time (s)
0.14 A/g
0.29 A/g
0.43 A/g
0.71 A/g
1.00 A/g
1.43 A/g
2.14 A/g
2.86 A/g
-Z'' (ohm)
Z' (ohm)
Current density (A/g)
Voltage (V)
10 mV/s
30 mV/s
50 mV/s
70 mV/s
100 mV/s
200 mV/s
Specific capacitance (F/g)
Current density (A/g)
Electrodes
(PEDOT:PSS/P123: Current collector)
(MWCNT/MoO3 nanocomposite: Active material)
Gel electrolyte
(ACN-PC-PMMA-LiClO4)
Stretchable supercapacitor
Coulombic Efficiency (%)
Capacitance retention (%)
Cycle number
100%
76%
1.4 V
1.43 A/g
Voltage (V)
Cycle number

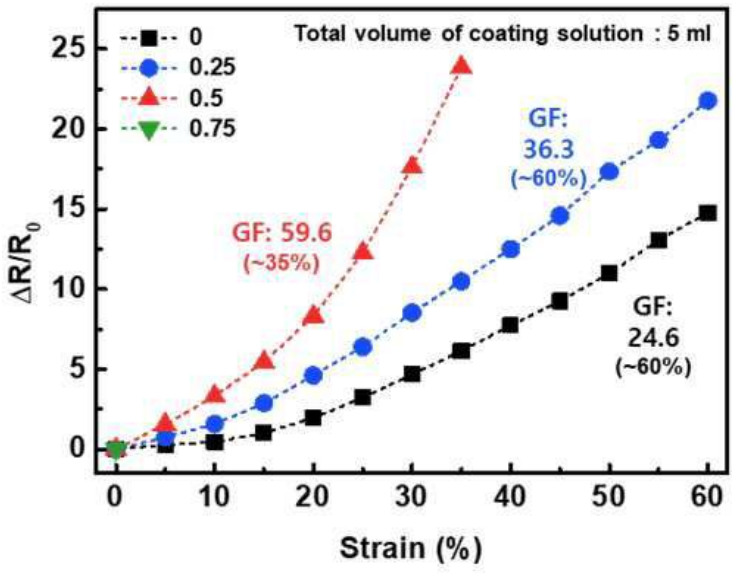
도면11



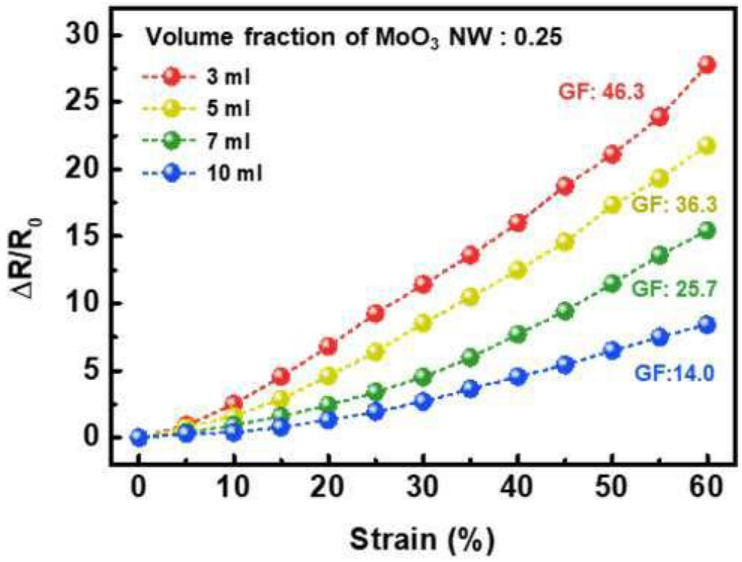
도면12



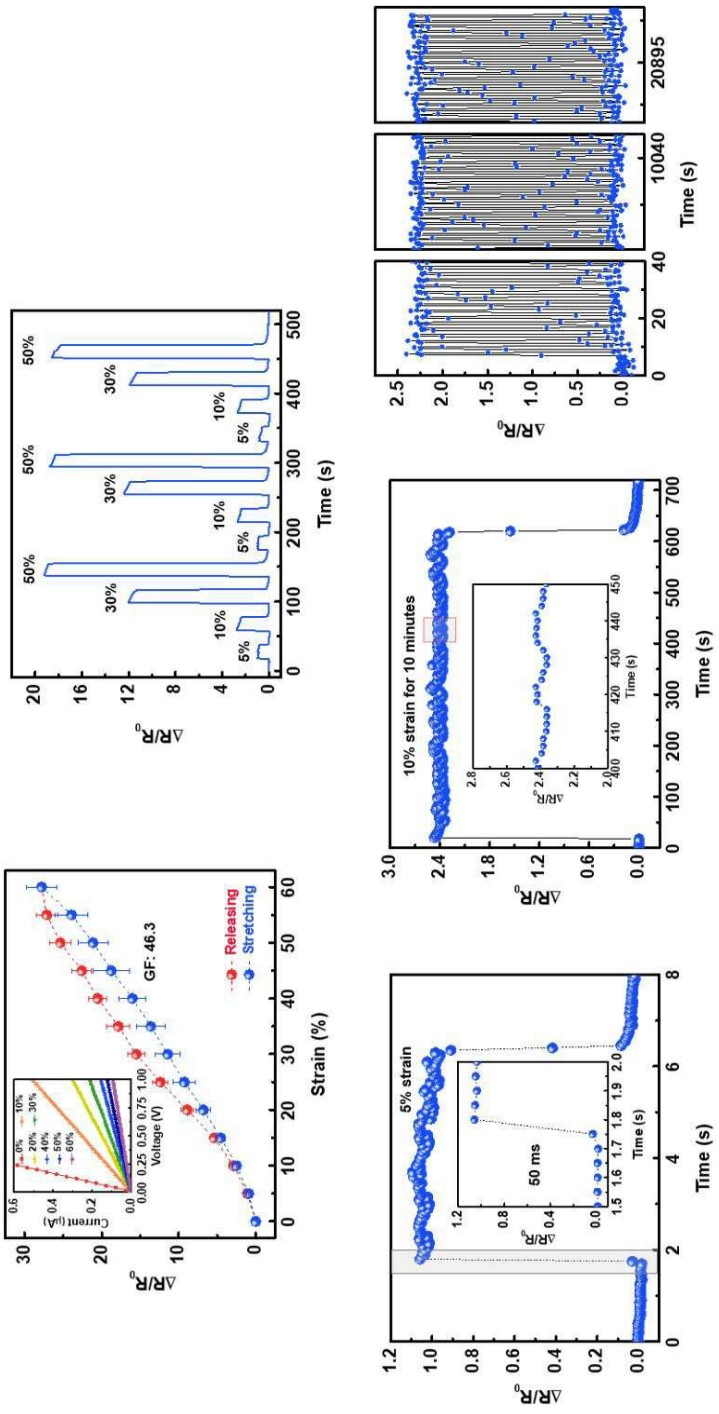
도면13



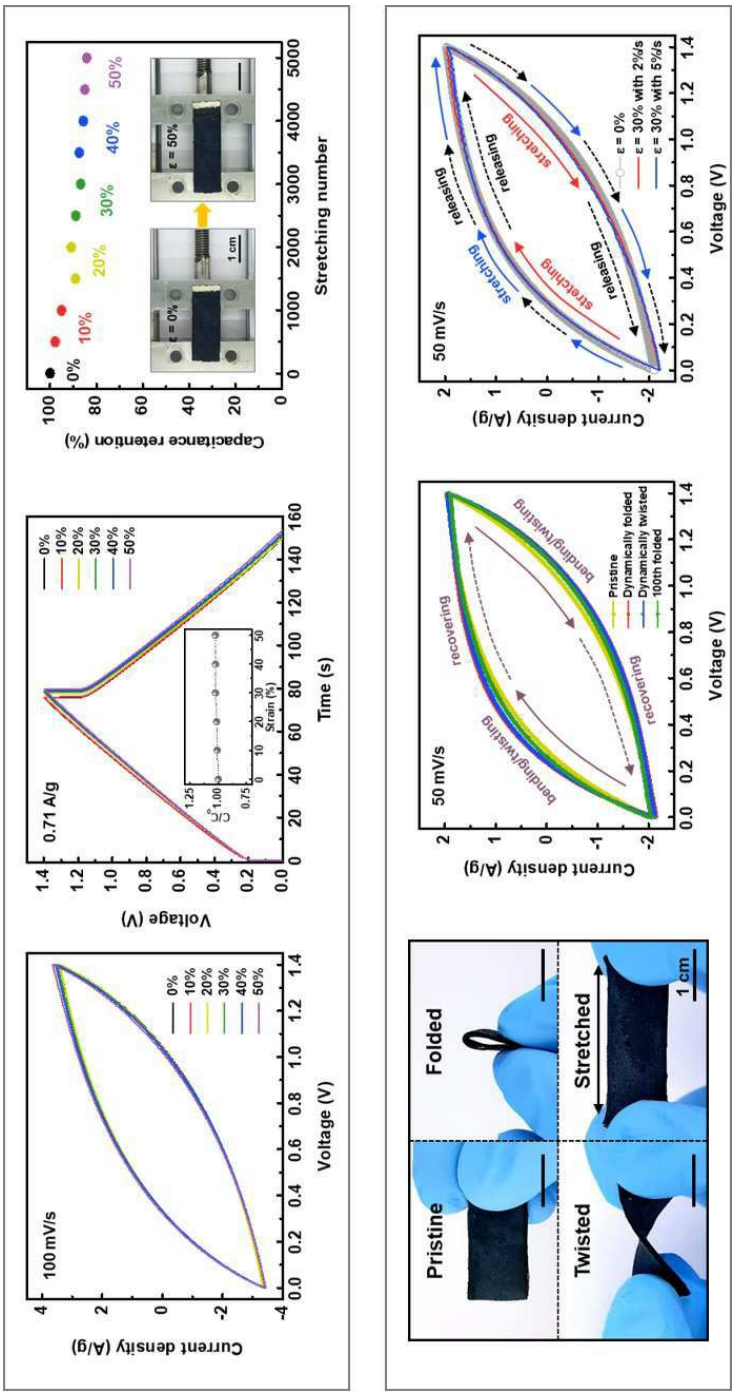
도면14


Volume fraction of MoO_3 NW : 0.25
3 ml
5 ml
7 ml
10 ml
GF: 46.3
GF: 36.3
GF: 25.7
GF:14.0
$\Delta R/R_0$
Strain (%)
0
5
10
15
20
25
30
0
10
20
30
40
50
60

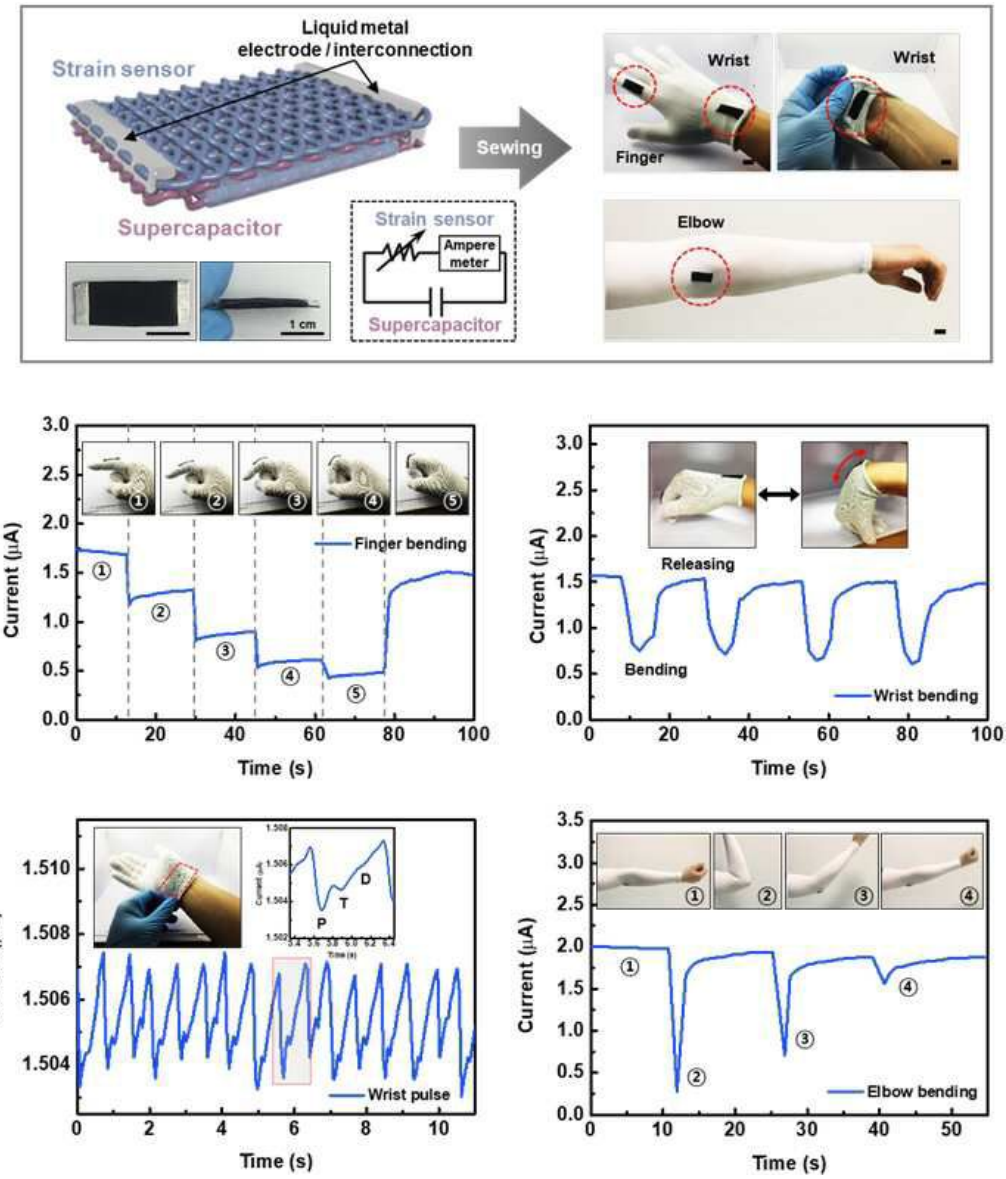
도면15


ΔR/R0
Time (s)
5%
10%
30%
50%
Strain (%)
Releasing
Stretching
GF: 46.3
Current (μA)
Voltage (V)
5% strain
50 ms
10% strain for 10 minutes

도면16


Capacitance retention (%)
Stretching number
0%
10%
20%
30%
40%
50%
ε = 0%
ε = 50%
1 cm
Voltage (V)
Time (s)
0.71 A/g
C/C0
Strain (%)
Current density (A/g)
Voltage (V)
100 mV/s
Current density (A/g)
Voltage (V)
50 mV/s
releasing
stretching
releasing
stretching
ε = 0%
ε = 30% with 2%/s
ε = 30% with 5%/s
Current density (A/g)
Voltage (V)
50 mV/s
bending/twisting
recovering
bending/twisting
recovering
Pristine
Dynamically folded
Dynamically twisted
100th folded
Pristine
Folded
Stretched
Twisted
1 cm

도면17


Liquid metal
electrode / interconnection
Strain sensor
Supercapacitor
Sewing
Wrist
Wrist
Finger
Elbow
Strain sensor
Ampere meter
Supercapacitor
1 cm
Current (μA)
Time (s)
Finger bending
Releasing
Bending
Wrist bending
Wrist pulse
P
T
D
Elbow bending