(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0174719
(43) 공개일자 2024년12월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 13/008 (2006.01) *H01B 1/04* (2006.01)
H01B 1/24 (2006.01) *H01B 13/00* (2006.01)
H01B 5/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 13/008 (2013.01)
H01B 1/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0074311
(22) 출원일자 2023년06월09일
심사청구일자 2023년06월09일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
최경진
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
강정은
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
바우르잔 살림자노프
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

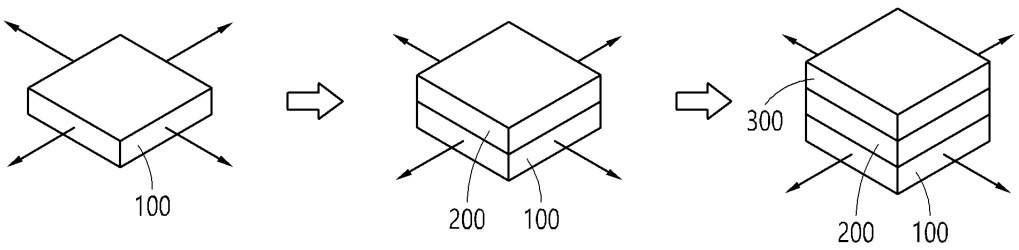
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법 및 유기-무기 하이브리드 신축성 전극**

(57) 요 약

본 개시는 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법 및 유기-무기 하이브리드 신축성 전극에 관한 것이다. 본 개시는 신축성 기판을 준비하는 단계; 신축성 기판을 프리스트레인하는 단계; 프리스트레인된 신축성 기판의 적어도 일부분에 UV 처리하는 단계; UV 처리 이후에 프리스트레인된 신축성 기판 상에 유기 전도성층을 코팅하는 단계; 상기 유기 전도성층 상에 금속층을 형성하는 단계; 및 프리스트레인된 신축성 기판에서 스트레인을 완화하는 단계;를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
H01B 1/24 (2013.01)
H01B 13/0009 (2013.01)
H01B 5/14 (2020.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711185911
과제번호	2021M3H4A1A02051234
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발
연구과제명	고효율 고신축성 III-V 나노구조 태양전지 공정 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

신축성 기판을 준비하는 단계;

신축성 기판을 프리스트레인하는 단계;

프리스트레인된 신축성 기판의 적어도 일부분에 UV 처리하는 단계;

UV 처리 이후에 프리스트레인된 신축성 기판 상에 유기 전도성층을 코팅하는 단계;

상기 유기 전도성층 상에 금속층을 형성하는 단계; 및

프리스트레인된 신축성 기판에서 스트레인을 완화하는 단계;

유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 신축성 기판은 PDMS(polydimethylsiloxane), 폴리우레탄, 블록코폴리 에테르에스테르, 블록코폴리에스테르아미드, 스티렌 블록 폴리머, 폴리올레핀 탄성체 또는 폴리이미드(polyimide, PI) 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하고,

상기 신축성 기판은 200 ㎛(마이크로미터) 내지 700 ㎛(마이크로미터) 두께를 갖는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 프리스트레인하는 단계는 횡방향, 종방향 또는 이둘 모두의 방향으로 하중을 가하여 신축성 기판을 프리스트레인하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 프리스트레인하는 단계는 횡방향 및 종방향으로 동시 또는 순차적으로 스트레인하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 프리스트레인하는 단계는 10 %((길이 변화량/초기 길이)*100) 이상의 신장률로 스트레인하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 유기 전도성층은 전도성 폴리머, 탄소계 물질 또는 이 둘 모두를 포함하는 유기 전도성 물질을 포함하고,

상기 전도성 폴리머는 PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrene sulfonate), PANI(polyaniline), PPy(polypyrrole), PT(polythiophene), PA(polyacetylene), PPV(poly para-phenylene vinylene), PPP(polyparaphenylene), PANI (polyaniline), (SN)x(poly sulfur nitride), PEDOT(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)), PBTTT(poly(2,5-bis(3-alkylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene)), P3HT(poly-3-hexyl thiophene), PDPP3T((poly(diketopyrrolopyrrole-terthiophene)) 또는 ProDOT(3,4-propylenedioxythiophene) 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하고,

상기 탄소계 물질은 흑연, 그래핀, 탄소나노튜브 및 탄소 섬유 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 코팅하는 단계는 유기 전도성 물질, 첨가제 및 계면활성제를 포함하는 코팅액을 이용하고,

상기 첨가제는 폴리에틸렌 글리콜을 포함하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 계면활성제는 비이온성 계면활성제를 포함하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 코팅액 중 유기 전도성 물질 : 첨가제 : 계면활성제의 질량비는 98 내지 90 : 1 내지 9 : 1인 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 프리스트레인된 신축성 기판의 스트레인을 완화하는 단계는 신축성 기판을 제거하고 주름진 영역을 갖는 전극을 획득하고,

상기 주름의 직경은 1 ㎛(마이크로미터) 내지 10 ㎛(마이크로미터)인 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 UV를 처리하는 단계는

UV 또는 UV-오존을 10 분 내지 1 시간 동안 처리하는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

청구항 12

신축성 기판;

상기 신축성 기판 상에 유기 전도성층; 및

상기 유기 전도성층 상에 금속층;

을 포함하고,

일면 또는 양면에 주름진 영역을 갖는 신축성 필름인 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 유기 전도성층, 상기 금속층 또는 이둘 모두는 주름진 영역을 갖는 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 금속층은 단일막(single film)이거나 패터닝된 막인 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 패터닝된 막은 선, 원, 타원형 및 다각형 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합된 패턴을 포함하는 것인, 하이브리드 신축 전극.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 주름의 직경은 1 ㎛(마이크로미터) 내지 10 ㎛(마이크로미터)인 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 유기 전도성층 및 상기 금속층의 두께는 각각 50 ㎚(나노미터) 내지 200 ㎚(나노미터)인 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 유기-무기 하이브리드 신축성 전극은,

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항의 방법으로 제조된 것인, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시의 실시 예들에 따른, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법 및 유기-무기 하이브리드 신축성 전극에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 신축성 소자 (stretchable device)는 기판을 늘리거나 심각한 굽힘에도 소자의 특성을 잃지 않고 작동하며, 외력을 제거하더라도 소자의 특성을 유지할 수 있는 차세대 전자소자이다. 신축성 소자는 신축성 디스플레이, 신축성 태양전지, 신축성 전지/에너지 하베스트, 신축성 전자소자 및 전자 피부 등의 기술로 발전하고 있다. 이러한 신축성 소자 구현을 위한 신축성 전극의 개발이 필요하다. 신축성 소자를 구현하기 위해선 우선적으로 탄력적으로 늘어나는 기판 기술이 필요하며 늘어나는 기판에 탄력적으로 늘어날 수 있는 전극과 소자의 구현이 요구된다. 탄력적으로 늘어나는 기판과 동시에 늘어날 수 있는 전극은 금속 전극 또는 유기 전극이 제시될 수 있다. 예를 들어, 탄성 기판 상에 Cr/Au 금속 전극은 유기전극에 비하여 전도성은 향상될 수 있으나, 약 10 %의 매우 낮은 변형율에서 크랙 발생 가능성이 높다. 탄성 기판 상에 신축성 PEDOT:PSS 전극은 인장율 약 40 %에서 전기적 특성이 안정적으로 유지될 수 있으나, 금속 기반의 전극에 비해서는 여전히 전도성이 낮다.

[0003] 전술한 배경기술은 발명자가 본원의 개시 내용을 도출하는 과정에서 보유하거나 습득한 것으로서, 반드시 본 출원 전에 일반 공중에 공개된 공지기술이라고 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 일 실시 예에 따라, 본 개시는 상기 언급된 문제점을 해결하기 위해서 신축성 및 전기적 특성(예: 전도성)이 높고 안정적인 성능을 유지할 수 있는, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법 및 및 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 제공하는 것이다.

[0005] 일 실시 예에 따라, 본 개시는 유연(flexible) 또는 신축성 소자에 안정적으로 적용하기 위한 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 제공하고, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극를 포함하는 유연 또는 신축성 소자를 제공할 수 있다.

[0006] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 해당 분야 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시 예에 따른, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법은 신축성 기판을 준비하는 단계; 신축성 기판을 프리스트레인하는 단계; 프리스트레인된 신축성 기판의 적어도 일부분에 UV 처리하는 단계; UV 처리 이후에 프리스트레인된 신축성 기판 상에 유기 전도성층을 코팅하는 단계; 상기 유기 전도성층 상에 금속층을 형성하는 단계; 및 프리스트레인된 신축성 기판에서 스트레인을 완화하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0008] 일 실시 예에 따라, 상기 신축성 기판은 PDMS(polydimethylsiloxane), 폴리우레탄, 블록코폴리 에테르에스테르, 블록코폴리에스테르아미드, 스티렌 블록 폴리머, 폴리올레핀 탄성체 또는 폴리이미드(polyimide, PI) 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하고, 상기 신축성 기판은 200 ㎛ 내지 700 ㎛ 두께를 갖는 것일 수 있다.

[0009] 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인하는 단계는 횡방향, 종방향 또는 이둘 모두의 방향으로 하중을 가하여 신축성 기판을 프리스트레인하는 것일 수 있다.

[0010] 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인하는 단계는 횡방향 및 종방향으로 동시 또는 순차적으로 스트레인하는 것일 수 있다.

[0011] 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인하는 단계는 10 %((길이 변화량/초기 길이)*100) 이상의 신장률로 스트레인하는 것일 수 있다.

[0012] 일 실시 예에 따라, 상기 유기 전도성층은 전도성 폴리머, 탄소계 물질 또는 이 둘 모두를 포함하는 유기 전도성 물질을 포함하고, 상기 전도성 폴리머는 PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrene

sulfonate), PANI(polyaniline), PPy(polypyrrole), PT(polythiophene), PA(polyacetylene), PPV(poly para-phenylene vinylene), PPP(polyparaphenylene), PANI (polyaniline), (SN)x(poly sulfur nitride), PEDOT(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)), PBTTT(poly(2,5-bis(3-alkylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene)), P3HT(poly-3-hexyl thiophene), PDPP3T((poly(diketopyrrolopyrrole-terthiophene)) 또는 ProDOT(3,4-propylenedioxythiophene) 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하고, 상기 탄소계 물질은 흑연, 그래핀, 탄소나노튜브 및 탄소 섬유 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하는 것일 수 있다.

[0013] 일 실시 예에 따라, 상기 코팅하는 단계는 유기 전도성 물질, 첨가제 및 계면활성제를 포함하는 코팅액을 이용하고, 상기 첨가제는 폴리에틸렌 글리콜을 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 일 실시 예에 따라, 상기 계면활성제는 비이온성 계면활성제를 포함하는 것일 수 있다.

[0015] 일 실시 예에 따라, 상기 코팅액 중 유기 전도성 물질(예: 전도성 고분자) : 첨가제 : 계면활성제의 질량비는 98 내지 90 : 1 내지 9 : 1인 것일 수 있다.

[0016] 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인된 신축성 기판의 스트레인을 완화하는 단계는 신축성 기판을 제거하고 주름진 영역을 갖는 전극을 획득하고, 상기 주름의 직경은 1 ㎛ 내지 10 ㎛인 것일 수 있다.

[0017] 일 실시 예에 따라, 상기 UV를 처리하는 단계는 UV 또는 UV-오존을 10 분 내지 1 시간 동안 처리하는 것일 수 있다.

[0018] 일 실시 예에 따른, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극은, 신축성 기판; 상기 신축성 기판 상에 유기 전도성층; 및 상기 유기 전도성층 상에 금속층;을 포함하고, 일면 또는 양면에 주름진 영역을 갖는 신축성 필름인 것일 수 있다.

[0019] 일 실시 예에 따라, 상기 유기 전도성층, 상기 금속층 또는 이둘 모두는 주름진 영역을 갖는 것일 수 있다.

[0020] 일 실시 예에 따라, 상기 금속층은 단일막(single film)이거나 패터닝된 막인 것일 수 있다.

[0021] 일 실시 예에 따라, 상기 패터닝된 막은 선, 원, 타원형 및 다각형 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합된 패턴을 포함하는 것일 수 있다.

[0022] 일 실시 예에 따라, 상기 주름의 직경은 1 ㎛ 내지 10 ㎛인 것일 수 있다.

[0023] 일 실시 예에 따라, 상기 유기 전도성층 및 상기 금속층의 두께는 각각 50 nm 내지 200 nm인 것일 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 유기-무기 하이브리드 신축성 전극은 본 개시의 실시 예들에 따른 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법으로 제조된 것일 수 있다.

발명의 효과

[0024] 일 실시 예에 따라, 본 개시는 프리스트레인(예: 양방향 프리스트레인)이 이루어진 신축성 기판(예: PDMS 기판) 상에 유기 전도성 박막/금속 박막(예: PEDOT : PSS/Ag)을 도입하는 방식으로 유기-무기 하이브리드 전극을 형성하는 전극의 제조방법을 제공할 수 있다.

[0025] 일 실시 예에 따라, 본 개시는 기존의 금속 기반 신축성 전극보다 기계적 인장에 따른 향상된 안정성과 고신축성을 갖는 유기-무기 하이브리드 전극을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1a는 일 실시 예에 따라, 본 개시의 제조방법의 공정을 예시적으로 나타낸 것이다.

도 1b는 일 실시 예에 따른, 본 개시의 제조방법에서 스트레인의 방향을 예시적으로 나타낸 것이다.

도 2a는 일 실시 예에 따른, 본 개시의 제조방법에서 스트레인의 완화 이후 전극의 구조를 나타낸 것이다.

도 2b는 일 실시 예에 따른, 본 개시의 전극에서 신장 및 전자 패스 경로를 예시적으로 나타낸 것이다.

도 3a는 실시예에서 제조된 PEDOT:PSS/Ag 하이브리드 신축성 전극의 상단의 광학 이미지를 나타낸 것이다.

도 3b는 실시예에서 제조된 PEDOT:PSS/Ag 하이브리드 신축성 전극의 인장율에 따른 전도성 변화를 평가한 신축성 테스트 결과를 나타낸 것이다.

도 3c는 실시예에서 제조된 PEDOT:PSS/Ag 하이브리드 신축성 전극의 기계적 안정성 테스트 결과를 나타낸 것이

다.

도 4a는 실시예에서 제조된 PDMS 기판의 RPM에 따른 PDMS 기판의 두께를 나타낸 것이다.

도 4b는 실시예에서 제조된 PDMS 기판의 두께에 따른 주름 형태를 나타낸 것이다.

도 4c는 실시예에서 제조된 PDMS 기판의 프리스트레인 값에 따른 주름 형태를 나타낸 것이다.

도 5는 실시예에서 제조된 PDMS 기판의 Ultraviolet-Ozone 처리 시간에 따른 주름 형태를 나타낸 것이다.

도 6a는 실시예에서 제조된 PEDOT:PSS의 코팅액의 PEG 함량의 변화에 따른 PEDOT:PSS의 인장율 변화를 나타낸 것이다.

도 6b는 실시예에서 제조된 PEDOT:PSS의 코팅액의 PEG 함량의 변화에 따른 PEDOT:PSS의 전도성 변화를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어들은 본 발명의 바람직한 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0028] 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0029] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0030] 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및 B 중 적어도 하나", "A 또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C", "A, B 및 C 중 적어도 하나", 및 "A, B, 또는 C 중 적어도 하나"와 같은 문구들 각각은 그 문구들 중 해당하는 문구에 함께 나열된 항목들 중 어느 하나, 또는 그들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제1", "제2", 또는 "첫째" 또는 "둘째"와 같은 용어들은 단순히 해당 구성요소를 다른 해당 구성요소와 구분하기 위해 사용될 수 있으며, 해당 구성요소들을 다른 측면(예: 중요성 또는 순서)에서 한정하지 않는다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

[0031] 이하, 본 개시의 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법 및 유기-무기 하이브리드 신축성 전극에 대하여 실시예 및 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본 발명이 이러한 실시예 및 도면에 제한되는 것은 아니다.

[0032] 일 실시 예에 따른, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법은 프리스트레인된 기판(예: 신축성 기판 또는 탄성 기판)의 활용 및 공정 제어를 통해 고신축성 및 고전도성의 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 제공할 수 있다.

[0033] 일 실시 예에 따라, 도 1a를 참조하면, 도 1a는 본 개시의 실시 예들에 따른 유기-무기 하이브리드 신축성 전극의 제조방법의 공정을 예시적으로 나타낸 것이다. 일 실시 예에 따라, 본 개시는 프리스트레인(예: 양방향 프리스트레인)된 신축성 기판 상에 유기/무기 전극층을 도입하는 유기-무기 하이브리드 전극의 제조방법에 관련될 수 있다.

[0034] 일 실시 예에 따라, 상기 전극의 제조방법은 신축성 기판(100)을 준비하는 단계; 신축성 기판(100)을 프리스트레인하는 단계; 프리스트레인된 신축성 기판(100)에 UV 처리하는 단계; 프리스트레인된 신축성 기판(100) 상에 유기 전도성층(200)을 코팅하는 단계; 유기 전도성층(200) 상에 금속층(300)을 형성하는 단계 및 프리스트레인된 신축성 기판(100)에서 스트레인을 완화하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0035] 일 실시 예에 따라, 상기 신축성 기판(100)을 준비하는 단계는 유연, 탄성 및/또는 신축성을 갖는 시트 또는 필름을 준비하는 것으로, 상기 신축성 기판은 언급된 특성을 제공할 수 있는 물질이라면 제한 없이 적용될 수 있

다. 일 실시 예에 따라, 상기 신축성 기판(100)은 천연 고무, 합성 고무, 실리콘 기반 탄성중합체, 열가소성 탄성 폴리머(예: thermoplastic Elastomer) 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 천연 고무, 합성 고무, PDMS(polydimethylsiloxane), 폴리우레탄, 블록 코폴리에스테르(예: 블록코폴리 에테르에스테르), 블록코폴리아미드(예: 블록코폴리에스테르아미드), 스티렌 블록 폴리머(예: SEBS: Styrene-Ethylene-Butylene-Styrene), 폴리올레핀 코폴리머를 포함하는 폴리올레핀 탄성체, 또는 폴리이미드(polyimide, PI) 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 바람직하게는 PDMS(polydimethylsiloxane)를 포함할 수 있다.

[0036] 일 실시 예에 따라, 상기 신축성 기판(100)을 준비하는 단계는 100 ㎛(마이크로미터) 내지 1000 ㎛(마이크로미터); 150 ㎛ 내지 900 ㎛; 200 ㎛ 내지 800 ㎛; 200 ㎛ 내지 700 ㎛; 200 ㎛ 내지 650 ㎛; 또는 200 ㎛ 내지 600 ㎛;두께를 갖는 신축성 기판을 준비할 수 있다. 바람직하게는 기판(100)의 두께는 200 ㎛ 내지 640 ㎛일 수 있다. 언급된 두께 범위 내에서 프리스트레인 및 스트레인 방출(또는, 완화) 과정에서 주름이 잘 정렬된 신축성 기판을 제공할 수 있다. 어떤 예에서 신축성 기판(100)은 상업적으로 판매되는 제품을 이용할 수 있다. 어떤 예에서 신축성 기판(100)은 코팅(예: 스핀 코팅, 분사 코팅, 롤루롤 코팅 등), 증착(예: 원자층 증착, 스퍼터링, CVD, PVD 등)을 이용하여 원하는 기판으로 제조될 수 있다. 예를 들어, 스핀 코팅에서 RPM을 제어하여 원하는 두께 또는 물성을 갖는 신축성 기판을 제조할 수 있다. 예를 들어, 스핀 코팅 공정시 100 RPM 내지 400 RPM; 150 RPM 내지 400 RPM; 또는 150 RPM 내지 350 RPM에서 100 ㎛(마이크로미터) 내지 1000 ㎛(마이크로미터); 150 ㎛ 내지 900 ㎛; 200 ㎛ 내지 800 ㎛; 200 ㎛ 내지 700 ㎛; 200 ㎛ 내지 650 ㎛; 200 ㎛ 내지 600 ㎛; 또는 250 ㎛ 내지 500 ㎛;두께의 신축성 기판(100)을 획득하고, 본 개시의 제조방법의 공정 과정에서 주름이 잘 정렬되고 고신축성 및 고전도성의 전극의 획득을 위한 신축성 기판을 제공할 수 있다. 어떤 예에서 150 RPM 내지 350 RPM에서 스핀 코팅하여 200 ㎛ 내지 650 ㎛의 신축성 기판(100)을 획득할 수 있다.

[0037] 일 실시 예에 따라, 상기 신축성 기판(100)을 프리스트레인하는 단계는 준비된 신축성 기판(100)을 스트레칭(또는, 신장)하여 프리스트레인된 신축성 기판을 형성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 프리스트레인하는 단계는 도 1b를 참조하면, 횡방향(a), 종방향(b) 또는 이둘의 방향으로 하중을 가하여 신축성 기판을 프리스트레인할 수 있다. 예를 들어, 양방향(예: 횡방향 및 종방향)으로 프리스트레인할 수 있다.

[0038] 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인하는 단계는 신축성 기판(100)에 프리스트레인을 도입한 이후 유기-무기 하이브리드 전극을 형성시키고, 이는 기존의 금속 기반 신축성 전극 또는 유기 기반 신축성 전극 보다 기계적 인장에 대한 안정성이 높은 신축성 전극을 제공할 수 있다. 즉, 신축성 기판에 프리스트레인(예: 양방향 프리스트레인)을 도입함으로써, 신축성 전극의 인장율을 향상 시키고 포아송 효과를 완화시킬 수 있다.

[0039] 일 실시 예에 따라, 프리스트레인하는 단계는 10 % 이상; 30 % 이상; 50 % 이상; 80 % 이상; 90 % 이상; 100 % 이상; 110 % 이상; 50 % 내지 110 %; 60 % 내지 100 %; 70 % 내지 100 %; 70 % 내지 90 %; 또는 70 % 내지 80 %의 스트레인 값(예: 길이 변화량/초기 길이*100)(예: 신장률)로 스트레인할 수 있다. 바람직하게는 70 % 내지 80 %의 스트레인 값일 수 있다. 이는 스트레인되는 각 방향의 평균 값, 최소 값 또는 최대 값에 해당될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인하는 단계는 상온 또는 상온 이상의 온도(예: 20 도(℃) 이상, 30 도 이상; 40 도 이상; 50 도 이상; 또는 60 도 이하)에서 스트레인할 수 있다.

[0040] 일 실시 예에 따라, 상기 UV 처리하는 단계는 프리스트레인된 신축성 기판(100)의 적어도 일부분에 UV 처리하는 것으로, UV 또는 UV-오존으로 신축성 기판의 표면을 처리할 수 있다. 이러한 UV 처리에 의한 프리스트레인된 신축성 기판의 표면에 산화막을 형성하고 이는 스트레인을 가하고 스트레인을 방출 또는 이완하는 공정을 통해 신축성 기판 및 유기/무기 전극층에 잘 정렬된 주름 구조를 제공할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 UV 처리하는 단계는 UV 또는 UV-오존(UVO)을 10 분 내지 1 시간; 20 분 내지 50 분; 30 분 내지 50 분; 또는 30 분 내지 40 분 동안 처리할 수 있다. 바람직하게는 30 분 내지 50 분 동안 UV 처리할 수 있다. 언급된 시간 범위를 적용할 경우에, 신축성 및 전도성을 향상시키고 전극의 변형(예: 굽힘, 스트레칭, 트위스트 등)에서 전극의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0041] 일 실시 예에 따라, 상기 프리스트레인된 신축성 기판(100) 상에 유기 전도성층(200)을 코팅하는 단계는 프리스트레인하는 단계 또는 UV 처리하는 단계를 거친 프리스트레인된 신축성 기판 상에 유기 전도성층을 형성하는 것일 수 있다. 도 2b를 참조하면, 유기 전도성층(200)은 신축성 전극에서 전도성을 향상시키고, 전극의 변형(예: 굽힘, 스트레칭) 또는 이에 따른 금속층에 크랙이 발생할 경우에 전류의 서프패스 역할을 하여 안정성이 향상된 신축성 전극을 제공할 수 있다.

[0042] 일 실시 예에 따라, 상기 코팅하는 단계는 유기 전도성 물질, 첨가제 및 계면활성제를 포함하는 코팅액을 이용

하여 형성될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 코팅액 중 유기 전도성 물질 : 첨가제 : 계면활성제의 질량비는 98 내지 90 : 1 내지 9 : 1; 97 내지 91 : 2 내지 8 : 1; 또는 97 내지 93 : 2 내지 6 : 1일 수 있다. 언급된 질량비 범위 내에 포함되면 신축성 전극의 신축성 및 전도성을 조절할 있다. 즉, 신축성 전극의 신축성을 개선시키고, 신축성 전극의 변형(예: 굽힘, 스트레칭)에서 전극의 성능 안정성을 확보할 수 있다.

[0043] 일 실시 예에 따라, 상기 코팅하는 단계는 코팅(예: 스핀 코팅, 분사 코팅, 롤투롤 코팅 등) 공정을 이용할 수 있으며, 예를 들어, 스핀 코팅에서 RPM을 제어하여 원하는 두께 또는 물성을 갖는 유기 전도성 물질을 제조할 수 있다. 예를 들어, 스핀 코팅 공정시 100 RPM 내지 400 RPM; 150 RPM 내지 400 RPM; 또는 150 RPM 내지 350 RPM을 적용할 수 있다.

[0044] 일 실시 예에 따라, 상기 유기 전도성 물질은 전도성 폴리머, 탄소계 물질 또는 이 둘 모두를 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 유기 전도성 물질은 상기 코팅액 중 90 중량% 내지 98 중량%; 92 중량% 내지 97 중량%; 93 중량% 내지 97 중량%; 또는 94 중량% 내지 97 중량%일 수 있다. 바람직하게는 93 중량% 내지 97 중량%일 수 있다. 언급된 범위 내에 포함되면 전도성이 향상된 신축성 전극을 제공할 수 있다.

[0045] 일 실시 예에 따라, 상기 탄소계 물질은 흑연, 그래핀(Graphene), 탄소나노튜브(Carbon nano tube) 및 탄소 섬유 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 탄소계 물질은 1 nm(나노미터) 내지 500 ㎛(마이크로미터); 20 nm 내지 500 ㎛(마이크로미터); 60 nm 내지 400 ㎛(마이크로미터); 100 nm 내지 300 ㎛(마이크로미터); 150 nm 내지 200 ㎛(마이크로미터); 200 nm 내지 150 ㎛(마이크로미터); 500 nm 내지 100 ㎛(마이크로미터); 700 nm 내지 80 ㎛(마이크로미터); 또는 800 nm 내지 40 ㎛(마이크로미터)크기를 가질 수 있으며, 상기 크기는 입경, 직경, 두께, 길이 등을 의미할 수 있다.

[0046] 일 실시 예에 따라, 상기 전도성 고분자는 PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrene sulfonate), PANI(polyaniline), PPy(polypyrrole), PT(polythiophene), PA(polyacetylene), PPV(poly para-phenylene vinylene), PPP(polyparaphenylene), PANI (polyaniline), (SN)x(poly sulfur nitride), PEDOT(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)), PBTTT(poly(2,5-bis(3-alkylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene)), P3HT(poly-3-hexyl thiophene), PDPP3T((poly(diketopyrrolopyrrole-terthiophene)) 및 ProDOT(3,4-propylenedioxythiophene) 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 바람직하게는 PEDOT/PSS(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(4-styrene sulfonate)일 수 있다.

[0047] 일 실시 예에 따라, 상기 계면활성제는 상기 코팅액 중 0.1 중량% 내지 2 중량%; 0.5 중량% 내지 1.5 중량%; 0.7 중량% 내지 1 중량%; 또는 0.8 중량% 내지 1 중량%일 수 있다. 언급된 범위 내에 포함되면 기판 상에 균일하게 코팅된 막을 획득할 수 있다. 상기 계면활성제는 상기 비이온성 계면활성제, 이온성(양이온성 및 음이온성), 불소계 계면활성제 중 적어도 하나 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 바람직하게는 비이온성 계면활성제를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 계면활성제는 폴리옥시에틸렌옥틸페닐에테르계 계면활성제(상품명: 예: Triton® X-100, Tergitol® L 및 Tergitol® NP와 같은 TRITON® X계열) 등일 수 있다.

[0048] 일 실시 예에 따라, 상기 첨가제는 상기 코팅액 중 1 중량% 내지 10 중량%; 2 중량% 내지 8 중량%; 2 중량% 내지 6 중량%; 또는 2 중량% 내지 4 중량%일 수 있다. 언급된 범위 내에 포함되면 전극의 전도성 및 신축성을 제어하고 향상시킬 수 있다. 즉, 유기 전도성층의 인장율을 제어하고, 막의 변형(예: 굽힘, 스트레칭)에서 전기적 성능을 유지할 수 있다. 어떤 예에서 상기 첨가제는 폴리(에틸렌 글리콜), 폴리에틸렌 글리콜, 폴리부틸렌 글리콜, 폴리프로필렌 글리콜 또는 폴리프로필렌 글리콜 글리세릴, 폴리에틸렌글리콜-폴리프로필렌글리콜의 공중합체(예: Poly(ethylene glycol)-block-poly(propylene glycol)-block-poly(ethylene glycol)). 어떤 예에서 상기 첨가제는 평균 분자량 (average Mn)이 400 이상; 1,000 이상; 3,000 이상; 4,000 이상; 또는 5,000 내지 10,000일 수 있다. 분자량이 상이한 2종 이상의 첨가제가 포함될 수 있다.

[0049] 일 실시 예에 따라, 유기 전도성층(200) 상에 금속층(300)을 형성하는 단계는 도 1a에서 나타낸 바와 같이, 프리스트레인 상태인 신축성 기판에서 유기 전도성층 상에 금속층을 형성할 수 있다. 이는 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 형성하고, 신축성 및 전도성이 향상된 신축성 전극을 제공할 수 있다. 또한, 유기 전도성층에 의해 전극의 변형(예: 굽힘, 스트레칭 등)에서 전극이 받는 포아송 효과가 완화되어 금속 박막에 발생하는 크랙을 감소시키거나 크랙이 발생될 경우에 전극의 전도성이 전하되는 것을 방지할 수 있다. 이는 신축성 기판에서 스트레인의 완화 또는 방출될 때 신축성 기판의 주름이 반영된 주름 영역을 갖는 금속층을 형성할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 금속층의 두께는 100 nm(나노미터) 내지 300 nm; 100 nm 내지 250 nm; 100 nm 내지 200 nm; 또는 100 nm 내지 150 nm일 수 있다. 언급된 범위 내에 포함되면 전도성이 우수하고 고신축성을 갖는 전극을 제공할 수 있다. 또한, 전극의 변형(예: 굽힘, 스트레칭 등)에 의한 크랙 등의 발생을 방지하고, 전극의 구

조 및 성능의 안정성을 향상시킬 수 있다.

[0050] 일 실시 예에 따라, 금속층(300)은 무기물을 포함하는 전극층에 해당되며, 상기 금속층은 Au, Al, Ag, Be, Bi, Co, Cu, Cr, Hf, In, Mn, Mo, Mg, Ni, Nb, Pb, Pd, Pt, Rh, Re, Ru, Sb, Sn, Ga, Gd, Ta, Te, Ti, V, W, Zr 또는 Zn 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함하는 금속, 합금, 금속간 화합물 및 산화물 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 어떤 예에서 상기 금속층은 Au, Al, Ag, Mg 및 Cu에서 선택된 금속을 포함할 수 있다.

[0051] 일 실시 예에 따라, 금속층(300)은 본 개시의 기술 분야에서 알려진 코팅, 전착, 증착, 도금 등의 공정을 이용할 수 있으며, 본 문서에는 구체적인 공정에 대해서는 언급하지 않는다. 어떤 예에서 금속층(300)은 스핀 코팅, 분사 코팅, 롤투롤, 바 코팅 등의 코팅 공정으로 형성될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 어떤 예에서 상기 금속층은 스퍼터링, 물리화학적 증착(예: CVD, PVD 등), 원자층 증착, E-beam 증착 등의 증착 공정으로 형성될 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

[0052] 일 실시 예에 따라, 금속층(300)은 형성하는 단계는 단일막(single film 또는 하나의 막)이거나 패터닝된 금속 박막을 형성할 수 있으며, 이는 마스크, 포토 리소그래피, 포토레지스트 등을 활용하여 금속 박막을 패터닝할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 금속층은 단일층 또는 복수층일 수 있다.

[0053] 일 실시 예에 따라, 도 2a를 참조하면, 상기 프리스트레인된 신축성 기판(100)의 스트레인을 완화하는 단계는 프리스트레인된 신축성 기판(100); 및 기판(200) 상에 형성된 유기-무기 하이브리드 전극층에서 스트레인을 완화하거나 방출하여 각층에 주름 구조를 형성할 수 있다. 상기 스트레인을 완화하는 단계는 주름진 영역을 갖고 전도성 및 신축성이 향상된 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 획득할 수 있다.

[0054] 일 실시 예에 따른, 유기-무기 하이브리드 신축성 전극은 신축성 기판(100); 유기 전도성층(200); 및 유기 전도성층(200) 상에 금속층(300);을 포함할 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 신축성 전극은 본 개시의 실시 예들에 따른 방법으로 제조된 것일 수 있다. 일 실시 예에 따라, 상기 전극은 일면 또는 양면에 주름진 영역을 갖는 신축성 시트 또는 필름일 수 있다. 어떤 예에서 신축성 기판(100), 유기 전도성층(200), 금속층(300)는 주름진 영역을 갖는 것일 수 있다. 어떤 예에서 유기 전도성층(200) 및 금속층(300)의 일면 또는 양면에 주름진 영역을 포함할 수 있다. 상기 주름진 영역은 본 개시의 전극의 제조 방법에 적용된 프리스트레인된 신축성 기판(100)이 스트레인이 완화 또는 방출될 때 생성된 주름 구조가 반영된 것일 수 있다. 어떤 예에서 신축성 기판(100)의 주름진 구조와 동일하게 유사하게 반영된 것일 수 있다.

[0055] 일 실시 예에 따라, 상기 유기-무기 하이브리드 신축성 전극은 신축성 기판(100)에 프리스트레인(예: 양방향 프리스트레인)을 도입하여 주름이 있는 전극을 형성하여 신축성을 증가시키고, 인장 시 전극이 받는 포아송 효과도 완화되어 금속 박막에 발생하는 크랙도 감소시킬 수 있다.

[0056] 일 실시 예예에 따라, 금속층(300)은 단일막(single film 또는 하나의 막)이거나 패터닝된 막(예: 금속층(300'))인 것일 수 있다. 일 실시 예에 따라, 금속층(300)은 단일층 또는 복수층일 수 있다.

[0057] 일 실시 예에 따라, 상기 패터닝된 막(예: 금속층(300'))은 선, 원형, 도트, 타원형 및 다각형 중 적어도 하나 이상 또는 이들의 조합된 패턴을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 선은 직선, 사선, 곡선, 원형(circle)의 선, 유선, 격자 등일 수 있다. 예를 들어, 상기 다각형은 삼각, 사각, 오각, 육각 등일 수 있다. 상기 패터닝된 막은 복수개의 패턴 단위가 접촉하거나 이격되거나 다양한 형태로 배열될 수 있다.

[0058] 일 실시 예에 따라, 상기 주름진 영역에서 주름의 직경(또는, 두께)는 나노 또는 마이크로 크기일 수 있으며, 예를 들어, 1 ㎛(마이크로미터) 내지 10 ㎛(마이크로미터); 2 ㎛ 내지 10 ㎛; 5 ㎛ 내지 10 ㎛; 또는 5 ㎛ 내지 8 ㎛일 수 있다. 미세하고 잘 정렬된 주름이 형성됨으로써, 유기 전도성층 및 금속층의 신축성이 향상되고, 스트레칭, 굽힘 등에 의한 전극의 전도성을 안정적으로 유지시킬 수 있다.

[0059] 일 실시 예에 따라, 유기 전도성층(200) 및 금속층(300)의 두께는 각각 50 nm 내지 200 nm; 70 nm 내지 200 nm; 또는 80 nm 내지 150 nm인 것일 수 있다. 예를 들어, 유기 전도성층(200)의 두께는 80 nm 내지 100 nm이고, 금속층(300)의 두께는 100 nm 내지 150 nm일 수 있다.

[0060] 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고, 하기의 특허 청구의 범위, 발명의 상세한 설명 및 첨부된 도면에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있다.

[0061] 실시예

[0062] 도 1a를 참조하여 본 개시의 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 제작하였다.

[0063] PDMS 기판을 제작 후 양방향(예: 횡방향 및 종방향)으로 70 % 내지 80 % 프리스트레인(상온)하였다. PEDOT:PSS(CLEVIOS P PH100)에 Triton-100(계면활성제)와 PEG를 교반하여 코팅액을 제조하였다. 프리스트레인한 PDMS 기판 위에 30분, 40분 또는, 50분 utlaviolet-ozone 처리한 이후 PEDOT:PSS 코팅액을 150 rpm 내지 350 rpm으로 스핀코팅하였다. 코팅된 PEDOT:PSS(두께: 80 nm 내지 100 nm) 위 Ag 증착(두께: 100 nm 내지 150 nm)하여 유-무기 전극층을 형성한 이후 기판의 하중을 완화하였다.

[0064] PDMS 기판는 150 rpm 내지 350 rpm으로 스핀 코팅(PDMS: SYLGARD184 silicone elastomer DOW CORNING 사용)하여 제조된 200 ㎛ 내지 640 ㎛의 두께를 갖는다. 코팅액은 PEDOT:PSS: PEG : Triton-100의 질량비는 97 : 2 : 1, 95 : 4 : 1 및 93 : 6 : 1이다.

[0065] 실시예 1에서 제조된 PEDOT:PSS/Ag 하이브리드 신축성 전극의 특성을 평가하였다.

[0066] 도 3a는 양방향 프리스트레인된 PEDOT:PSS/Ag 하이브리드 신축성 전극의 상단의 광학 이미지를 나타낸 것이다. 신축성 전극은 5 ㎛ 내지 10 ㎛ 직경(또는, 두께)의 미세 주름이 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0067] 도 3b는 인장율에 따른 전도성 변화를 평가한 신축성 테스트를 나타낸 것이다.

[0068] 인장율 100 %까지 전기적 특성의 변화가 거의 없고 인장율 110 %부터 저항이 급격하게 증가하나 전류는 계속 흐르는 것을 확인할 수 있다.

[0069] 도 3c는 인장의 반복에 따른 전도성 변화를 평가한 기계적 안정성 테스트를 나타낸 것이다. 인장율 80 %로 200번 반복 신축테스트 결과 전극의 성능이 거의 일정한 것을 확인할 수 있다.

[0070] 도 4a는 PDMS 기판의 제작시 스핀코팅 rpm으로 조절할 수 있으며, rpm에 따른 PDMS 기판의 두께를 나타낸 것이다.

[0071] 도 4b는 PDMS 기판의 두께에 따른 기판 상의 주름 형태를 평가한 것으로, PDMS의 두께는 스핀코팅 rpm을 이용하여 조절하였다. 즉, 200 rpm, 250 rpm 및 300 rpm으로 스핀 코팅하였다. 250 rpm(350 um)에서 제작한 PDMS로 제작 하였을 때 잘 정렬된 주름의 형태를 획득할 수 있다.

[0072] 도 4c는 프리스트레인 값에 따른 PDMS 기판 상의 주름 형태를 평가한 것으로, 도 4c에서 PDMS 기판 두께 : 350 um, UVO 처리 시간 : 40분, 프리스트레인 값 : 80 %이다. 스트레인 값이 달라지면 기판위에 발생하는 인장응력(tensile stress)이 달라지고, 기판을 방출 할 때 발생하는 압축응력(compressive stress) 또한 달라져서 PDMS 기판 상 형성되는 주름의 형태도 달라지는 것을 확인할 수 있다. 80 %로 프리스트레인 했을때 가장 잘 정렬된 주름의 형태를 얻을 수 있다. 기판을 제작하기 위한 최적의 조건이다.

[0073] 도 5는 Ultraviolet-Ozone 처리 시간에 따른 PDMS 기판 상 주름형태를 평가하였다. UVO처리 시간에 따라 PDMS 기판 표면에 형성되는 산화막의 두께가 달라지고 양방향으로 프리스트레인한 기판을 방출 시켰을 때 형성되는 주름의 형태가 제어되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 주름의 형태를 최적화 하기 위해서 30분, 40분, 50분의 조건에서 UVO 처리를 했을 때, UVO 처리를 40분으로 진행한 PDMS기판의 주름이 가장 잘 정렬된 것을 확인할 수 있다.

[0074] 도 6a는 코팅액의 PEG 함량의 변화에 따른 PEDOT:PSS의 인장율을 평가한 것이다. 도 6b는 코팅액의 PEG 함량의 변화에 따른 PEDOT:PSS의 인장율에 따른 전도성 변화를 평가한 신축성 테스트를 나탄내 것이다. 도 6a에서 첨가제의 비율에 따라 PEDOT:PSS의 인장율이 변화되고, 2 wt% 내지 6 wt%의 PEG를 첨가제로 활용하여 유기 전극을 제작하였다. 도 6b에서 4 wt% 내지 6 wt%의 PEG로 처리된 전극은 50 %까지 인장을 해도 전기적 성능이 유지되는 것을 확인할 수 있다.

[0075] 본 개시는 PEDOT:PSS(유기물) 전극과 금속(무기물) 전극을 활용한 높은 신축성을 가지는 유기-무기 하이브리드 신축성 전극을 제공할 수 있다. 즉, 프리스트레인(예: 양방향 프리스트레인)된 신축성 기판(예: PDMS 기판) 위에 전도성이 높은 금속(무기물)(예: Ag) 전극과 금속보다 신축성이 뛰어난 유기물(예: PEDOT:PSS) 전극을 형성시키고 PDMS 기판을 방출시켜 주름진 영역을 갖는 유기/무기 하브리드 신축성 전극을 제공할 수 있다. 상기 주름진 영역은 프리스트레인된 PDMS 기판의 주름 구조(또는, 주름 패턴)이 반영된 것이고, 인장 시 금속 전극에 크랙이 발생해도 유기 전극이 전류의 서브패스 역할을 하여 안정성 및 인장율이 향상된 신축성 전극을 제공할

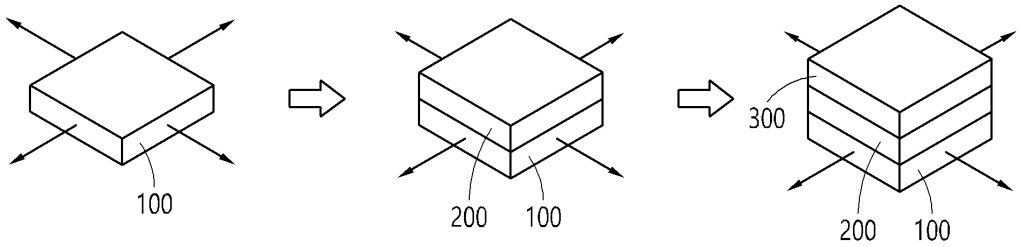
수 있다.

[0076] 본 개시의 하이브리드 신축성 전극은 기존의 유기물 기반의 전극보다 전도성이 더 높은 전극을 제공하고, 기존의 금속박막 기반 전극보다 신축성이 더 향상된 전극을 제공할 수 있다. 또한, 본 개시의 하이브리드 신축성 전극은 기존에 제시된 금속 박막 기반 신축성 전극에 비하여 인장 시 금속 박막에 크랙이 발생하여도 금속 박막 대비 신축성이 높은 유기 전극이 전류의 서브패스 역할을 함으로써, 기계적 인장에 대한 안정성이 향상될 수 있다.

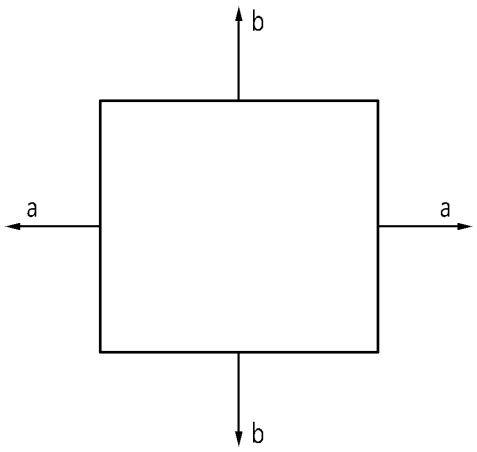
[0077] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

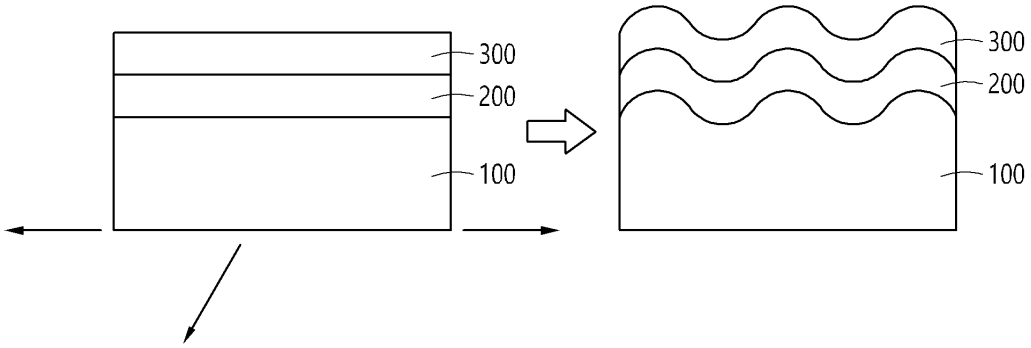
도면1a



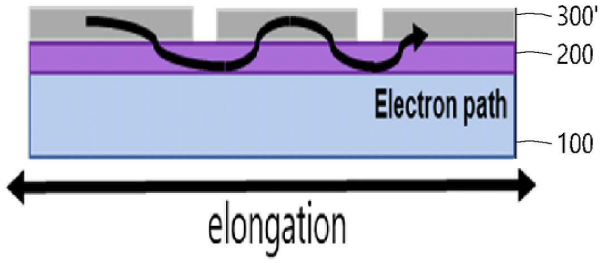
도면1b



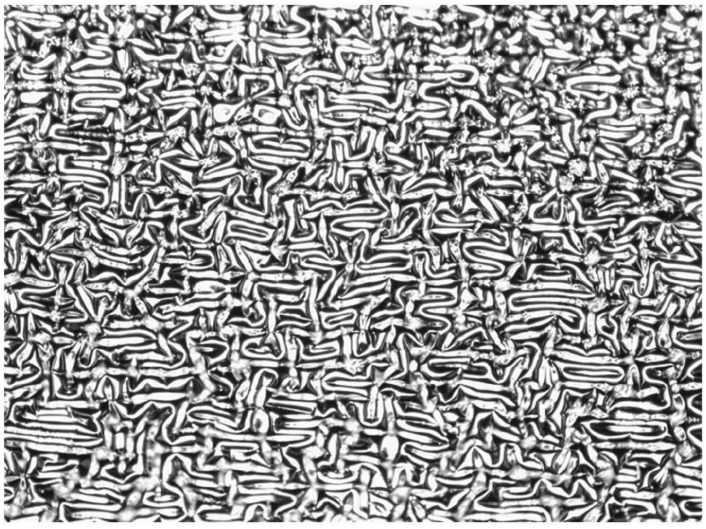
도면2a



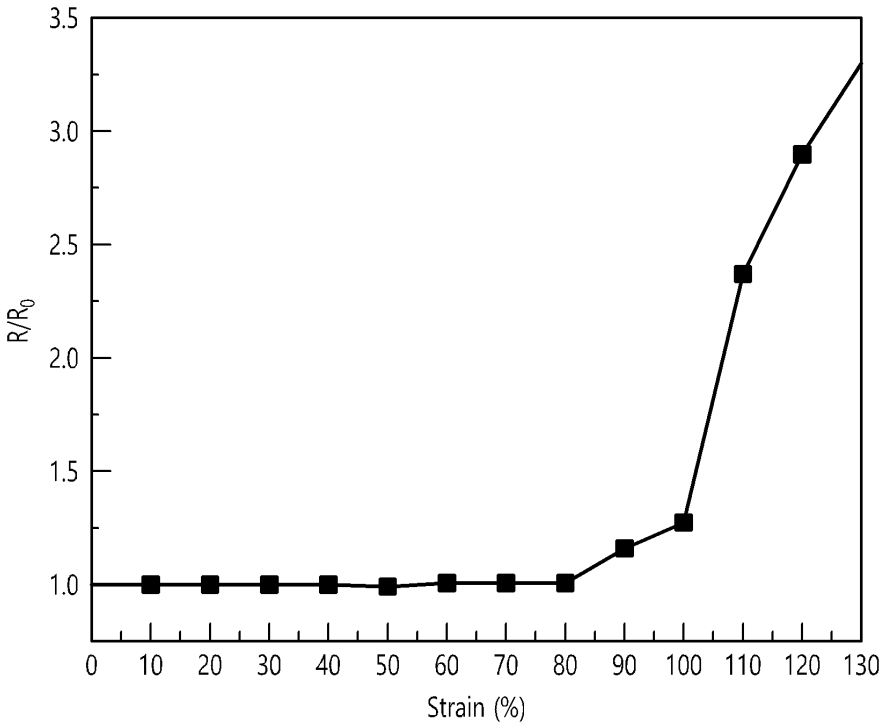
도면2b



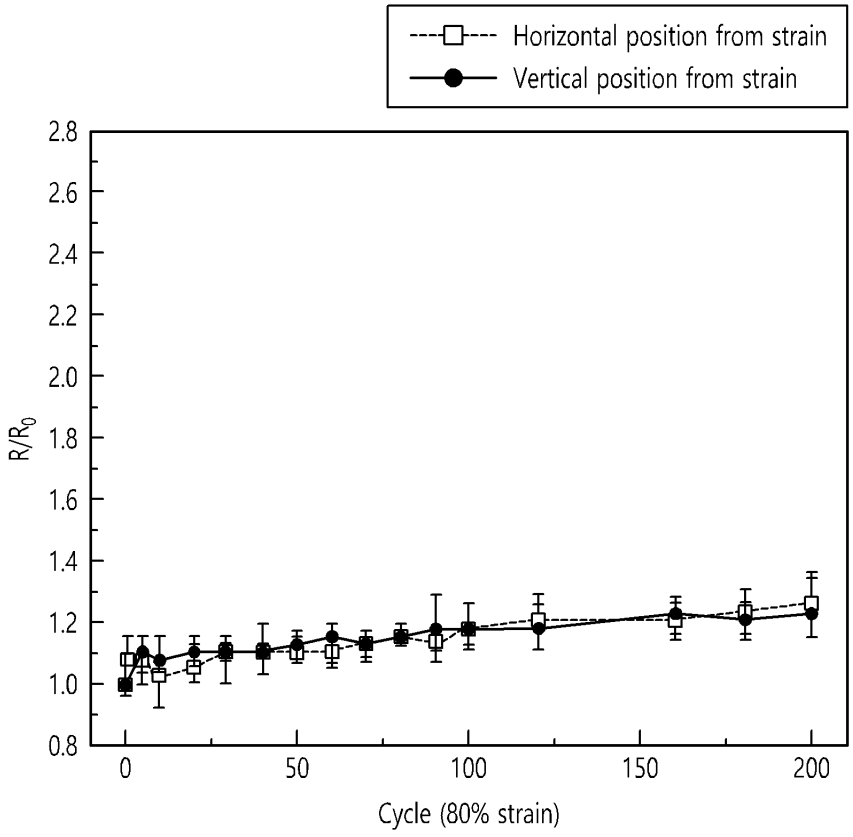
도면3a



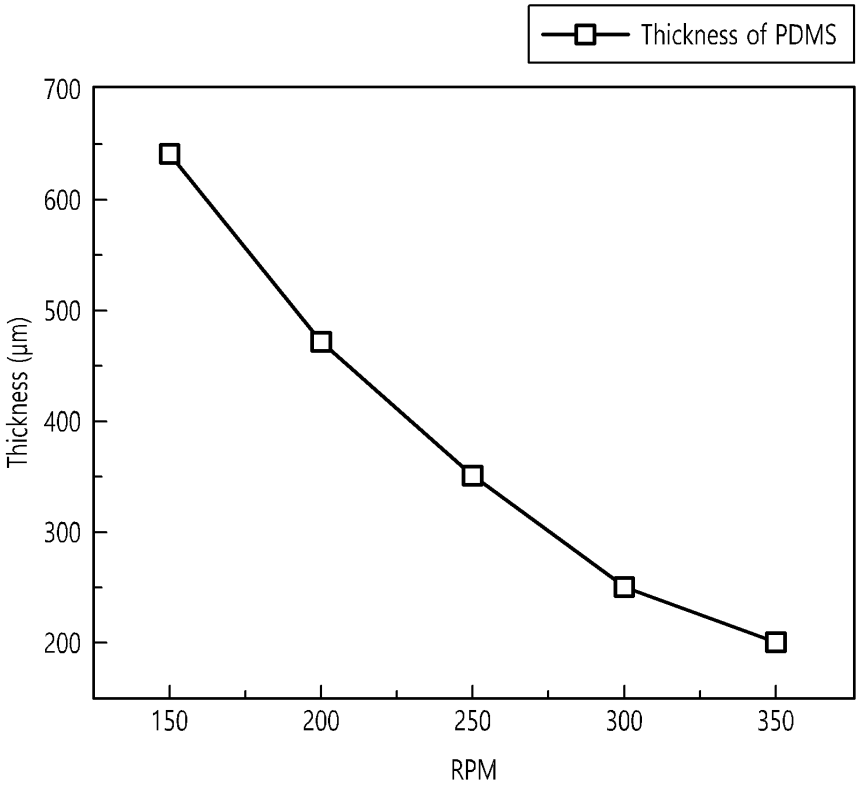
도면3b


3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
R/R0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
Strain (%)

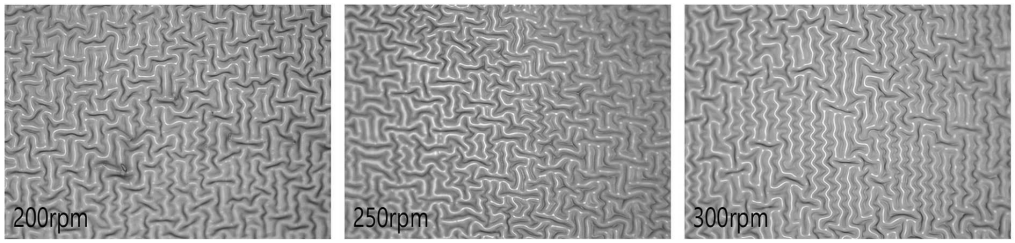
도면3c


Horizontal position from strain
Vertical position from strain
2.8
2.6
2.4
2.2
2.0
1.8
1.6
1.4
1.2
1.0
0.8
R/R0
0
50
100
150
200
Cycle (80% strain)

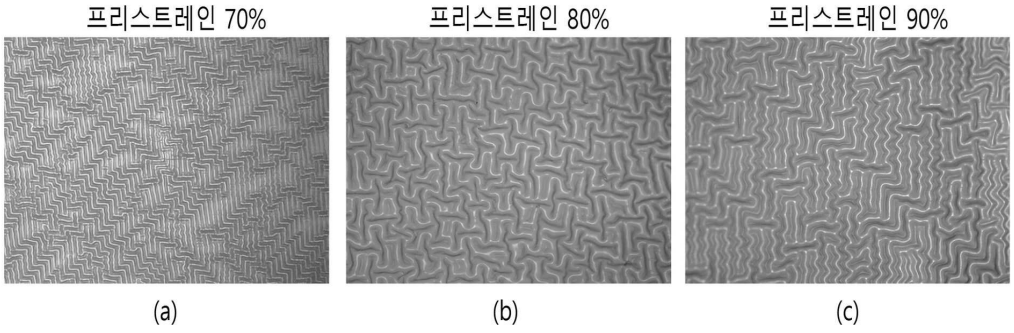
도면4a



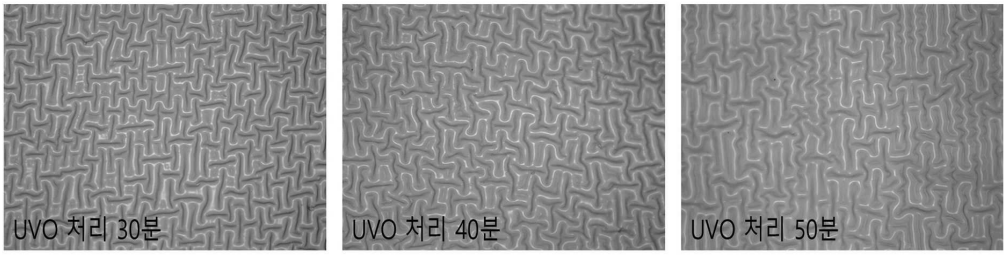
도면4b



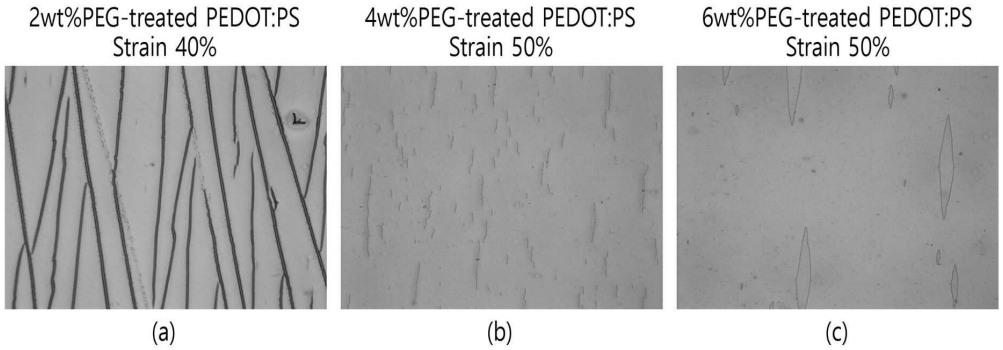
도면4c



도면5



도면6a



도면6b

