



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0134773
(43) 공개일자 2015년12월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/22 (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0061994
(22) 출원일자 2014년05월23일
심사청구일자 2014년05월23일

(71) 출원인
국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박장웅
울산광역시 울주군 범서읍 구영로 75-23, 105동
701호 (범서읍, 동문굿모닝힐아파트)
김미정
경기도 성남시 분당구 양현로 192, 1020동 1201호
(이매동, 이매촌삼성아파트)
박지훈
경상남도 양산시 물금읍 신주로 16, 102동 1903호
(물금읍, 반도보라빌아파트)
(74) 대리인
전용준

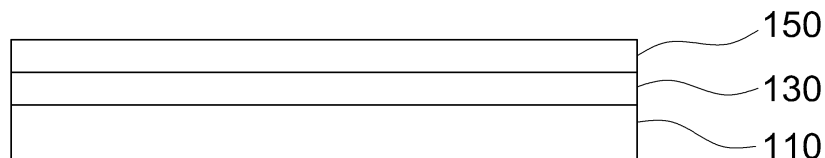
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 신축성 전극 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 신축성 전극 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 기관; 상기 기관 상에 위치하며, 금속 나노와이어들이 서로 겹쳐져 네트워크 구조를 가지는 금속 나노와이어층을; 및 상기 금속 나노와이어층 상에 위치하며, 상기 금속 나노와이어들 사이의 빈 공간을 채우는 금속 전극층을 포함한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상에 위치하며, 금속 나노와이어들이 서로 겹쳐져 네트워크 구조를 가지는 금속 나노와이어층을; 및
상기 금속 나노와이어층 상에 위치하며, 상기 금속 나노와이어들 사이의 빈 공간을 채우는 금속 전극층을 포함
하는 신축성 전극.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 기관은 탄성을 갖는 고분자화합물로 형성되는 신축성 전극.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 기관은 PDMS(Polydimethylsiloxane)으로 형성되는 신축성 전극.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 나노물질은 은 나노와이어(AgNW)인 신축성 전극.

청구항 5

청구항 6에 있어서,

상기 금속 전극층은 상기 금속 나노와이어층의 산화를 방지하도록 상기 금속 나노와이어층을 전체적으로
덮으며, 비활성 금속으로 형성되는 신축성 전극.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 금속 전극층은 금(Au)으로 형성되는 신축성 전극.

청구항 7

기관을 준비하는 단계;

상기 기관 상에 금속 나노와이어들이 서로 겹쳐져 네트워크 구조를 가지는 금속 나노와이어층을 형성하는 단계;
및

상기 금속 나노와이어층 상에 상기 금속 나노와이어들 사이의 빈공간을 채우도록 상기 금속 전극층을 형성하는
단계를 포함하는 신축성 전극의 제조방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 금속 나노와이어층을 형성하는 단계에서는,

상기 금속 나노와이어들이 혼합된 용액을 이용하여 스핀 코팅(spin coating) 방식으로 상기 금속 나노와이어층
을 형성하는 신축성 전극의 제조방법.

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 금속 전극층을 형성하는 단계에서는,

금을 상기 금속 나노와이어층 상에 증착하여 형성하는 신축성 전극의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신축성 전극 및 이의 제조방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 금속과 금속 나노물질을 이용하여 신축성 및 낮은 저항 변화율을 가지는 신축성 전극 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전자소자의 응용 분야가 넓어지면서 종래의 하드 기판 위에 존재하는 전자소자의 한계를 극복할 수 있는 유연한 형태의 전자소자에 대한 요구가 커지고 있다. 유연한 디스플레이, 스마트 의복, 유전체 엘라스토머 액츄에이터(DEA), 생체적합성 전극, 생체내 전기적 신호 감지 등과 같은 분야에 사용되는 전자소자들은 유연하고 신축성 있는 형태가 요구된다.

[0003] 이와 같은 유연성, 신축성을 갖는 전자소자 분야에서 기본적인면서 중요한 기술 중 하나가 전도성을 유지하면서 신축 가능한 전극을 형성하는 것이다.

[0004] 금속과 같은 물질은 전도성이 우수하나 비신축적인 성질로 인해 유연성을 요구하는 제품에 활용하기가 어려운 문제점이 있다. 탄소나노튜브나 그래핀(graphene)과 같은 물질도 단독으로 사용할 경우에는 역시 신축성있는 전극을 만들기 어렵다.

[0005] 신축 가능한 전극을 만들기 위한 방법으로는 탄소나노튜브와 투명한 플루오르화 고분자, 이온성 액체를 섞어서 페이스트 형태로 제조한 예나, 금속 입자와 폴리아크릴산 혼합물을 페이스트 형태로 만들어서 잉크젯 방법으로 패턴을 만든 예, 주름진 PDMS 기판 위에 금속층을 형성하여 주름이 퍼지는 만큼 신축성을 갖게 하는 예 등이 보고되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 대한민국등록특허 제10-1225143호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 금속과 금속 나노물질을 이용하여 신축성 및 낮은 저항 변화율을 신축성 전극 및 이의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명은, 기판; 상기 기판 상에 위치하며, 금속 나노와이어들이 서로 겹쳐져 네트워크 구조를 가지는 금속 나노와이어층을; 및 상기 금속 나노와이어층 상에 위치하며, 상기 금속 나노와이어들 사이의 빈 공간을 채우는 금속 전극층을 포함하는 신축성 전극을 제공한다.

[0009] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은, 기판을 준비하는 단계; 상기 기판 상에 금속 나노와이어들이 서로 겹쳐져 네트워크 구조를 가지는 금속 나노와이어층을 형성하는 단계; 및 상기 금속 나노와이어층 상에 상기 금속 나노와이어들 사이의 빈공간을 채우도록 상기 금속 전극층을 형성하는 단계를 포함하는 신축성 전극의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

- [0010] 본 발명에 따른 신축성 전극 및 이의 제조방법은 다음과 같은 효과가 있다.
- [0011] 첫째, 기판 상에 금속 나노물질층과, 금속 전극층을 순차적으로 형성하고, 금속 나노물질층과 금속 전극층이 전기적으로 연결되기 때문에 전기 전도도가 향상되는 효과를 가질 수 있다. 특히, 금속 나노물질층에서 단선이 되는 부분을 금속 전극층이 연결해주면서 전기 전도도가 향상되는 효과를 가진다.
- [0012] 둘째, 금속 전극층은 비활성 금속을 이용하여 형성하면 금속 나노물질층을 보호하는 산화 방지막의 역할도 하여 시간이 경과하면서 금속 나노물질층이 산화되는 것을 방지하는 효과를 가진다.
- [0013] 셋째, 기판 상에 스핀 코팅으로 금속 나노물질층을 형성하고, 금속 나노물질층 상에 금속 물질을 적층하여 형성하므로 제조과정이 단순하고 구조가 단순한 신축성 전극을 제조할 수 있는 효과를 가진다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극의 구조가 도시된 단면도이다.
- 도 2는 도 1에 따른 신축성 전극의 제조방법이 도시된 순서도이다.
- 도 3은 도 2에 따른 신축성 전극의 제조과정이 도시된 것이다.
- 도 4는 신축성 전극을 제조하는 소재 및 제조 순서에 따른 저항실험 결과가 도시된 그래프이다.
- 도 5는 도 2에 따라 제조된 신축성 전극의 저항실험 결과가 도시된 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극을 30% 인장하였을 때의 변화를 관찰한 확대도이다.
- 도 7은 도 6에 따른 신축성 전극의 저항변화율을 측정한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 도 1에는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극이 도시되어 있다.
- [0016] 도 1을 참조하여 보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극(100)은, 기판(110), 금속 나노와이어층(130) 및 금속층(150)을 포함한다. 상기 기판(110)은 외력을 가하면 변형되었다가 상기 외력이 제거되면 초기의 상태로 복원되는 성질을 갖는 고분자화합물로 형성된다. 상기 고분자화합물의 종류는 매우 다양하나, 본 실시예에서는 상기 기판(110)이 PDMS(Polydimethylsiloxane)으로 형성되는 것을 예로 들어 설명한다. 그러나 상기 기판(110)이 상기 PDMS로 형성되는 것에 한정되는 것은 아니다.
- [0017] 상기 금속 나노와이어층(130)은 상기 기판(110) 상에 위치한다. 상기 금속 나노와이어층(130)은 금속 나노와이어들이 서로 겹쳐져서 네트워크 구조를 갖는다. 본 실시예에서는 상기 금속 나노와이어층(130)의 상기 금속 나노와이어가 은 나노와이어(AgNW)인 것을 예로 들어 설명한다. 그리고 상기 은 나노와이어는 단섬유 형태의 형태로 형성된다. 보다 구체적으로 설명하면, 상기 금속 나노와이어층(130)은 단섬유 형태의 상기 은 나노와이어가 서로 겹쳐져 네트워크 구조를 이루면서 상기 금속 나노와이어층(130)을 형성한다. 상기 금속 나노와이어층(130)은 상기 은 나노와이어를 포함하는 용액을 스핀 코팅하여 형성된다.
- [0018] 한편, 상기 금속 나노와이어층(130)은 금속 나노와이어들에 의해 형성되는 것에 한정되지 않고, 나노입자(nanoparticle), 나노 로드(nanorod), 나노 월(nanowall), 나노튜브(nanotube), 나노벨트(nanobelt) 및 나노 링(nanoring) 중 하나 이상으로 형성될 수도 있다.
- [0019] 상기 금속 전극층(150)은 상기 금속 나노와이어층(130) 상에 위치한다. 상기 금속 전극층(150)은 상기 금속 나노와이어층(130)의 상기 금속 나노와이어들 사이의 빈 공간을 채우며, 상기 금속 나노와이어층(130)과 전기적으로 연결된다. 전술한 바와 같이, 상기 금속 나노와이어층(130)은 단섬유 형태의 상기 은 나노와이어가 서로 겹쳐져 네트워크 구조로 형성되기 때문에 상기 금속 나노와이어층(130)을 형성하는 상기 은 나노와이어들 중 겹쳐지지 않은 부분(빈 공간)에서는 전기의 연결이 단절될 수 있다.
- [0020] 상기 금속 전극층(150)이 상기 금속 나노와이어층(130) 상에 위치하면, 상기 금속 전극층(150)이 단섬유 형태의 은 나노와이어들에 의해 네트워크 구조로 이루어진 상기 금속 나노와이어층(130)의 빈공간을 채워 전기적으로 연결되는 것이다. 상기 금속 전극층(150)은 평면의 플레이트 형태로 형성되며, 본 실시예에서는 상기 금속 전극층(150)이 금(Au)으로 형성되는 것을 예로 들어 설명한다. 상기 금은 비활성 금속에 해당하므로 상기 금속 나노

와이어층(130)을 전체적으로 덮으며, 산화 방지막 역할도 할 수 있다. 따라서 상기 금속 전극층(150)은 비활성 금속으로 형성될 수도 있다. 상기 금속 나노와이어층(130) 상에 상기 금속 전극층(150)을 형성한 후에는, 필요에 따라 상기 금속 전극층(150)에 패턴을 더 형성할 수도 있다.

[0021] 도 2 및 도 3에는 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극의 제조방법에 대해 도시되어 있다. 도 2 및 도 3을 참조하여 보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 신축성 전극(100)의 제조방법은, 기판(110)을 준비하는 단계(S105), 금속 나노와이어층(130)을 형성하는 단계(S110) 및 금속 전극층(150)을 형성하는 단계(S115)를 포함한다. 상기 기판(110)을 준비하는 단계는, 외력이 가해지면 변형되었다가 상기 외력이 제거되면 초기의 상태로 복원이 되는 성질인 탄성을 갖는 고분자 화합물로 형성된 기판을 준비한다. 특히 본 실시예에서는 PDMS로 형성된 기판을 준비하는 것을 예로 든다.

[0022] 상기 금속 나노와이어층(130)을 형성하는 단계는, 전 단계에서 준비된 상기 기판(110) 상에 이루어진다. 상기 금속 나노와이어층(130)은 금속 나노와이어, 특히 본 실시예에서는 은 나노와이어를 이용하여 상기 금속 나노와이어층(130)으로 형성한다.

[0023] 상기 금속 나노와이어층(130)은 스핀 코팅 방식을 이용하여 형성한다. 보다 구체적으로, 상기 은 나노와이어가 혼합된 용액을 상기 기판(110) 상에 스핀 코팅하여 상기 금속 나노와이어층(130)을 형성하는 것이다. 상기 스핀 코팅은 예시적으로 약 100rpm 내지 약 3000rpm 범위의 속도로 스핀 코팅을 한다. 그리고 상기 스핀 코팅은 예시적으로 약 1초 내지 약 10분 동안 수행된다. 상기 스핀 코팅에 의해 형성되는 상기 금속 나노와이어층(130)은 상기 은 나노와이어가 서로 겹쳐지면서 네트워크 구조를 갖게 된다.

[0024] 본 실시예에서는 상기 금속 나노와이어층(130)이 금속 나노와이어 특히, 은 나노와이어로 형성된 것을 예로 들어 설명하였으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 금속 나노와이어층(130)은 나노입자(nanoparticle), 나노로드(nanorod), 나노월(nanowall), 나노튜브(nanotube), 나노벨트(nanobelt) 및 나노링(nanoring) 중 하나 이상을 이용하여 상기 금속 나노와이어층(130)을 형성할 수도 있다.

[0025] 상기 금속 전극층(150)을 형성하는 단계는 전 단계에서 형성된 상기 금속 나노와이어층(130) 상에서 이루어진다. 상기 금속 나노와이어층(130) 상에 금속 물질을 증착하여 상기 금속 전극층(150)을 형성한다. 상기 금속 전극층(150)으로 형성되는 금속 물질은 본 실시예에서는 금(Au)이 이용된다. 그러나 이는 본 실시예에 한정되는 것이므로, 금 이외에도 다양한 금속 물질을 이용하여 상기 금속 전극층(150)을 형성할 수도 있다. 특히, 비활성 금속 물질을 이용하면 상기 금속 전극층(150)이 상기 금속 나노와이어층(130) 전체를 덮으며, 상기 금속 나노와이어층(130)의 산화를 방지하는 산화 방지막의 역할도 할 수 있다.

[0026] 상기 금속 전극층(150)이 상기 금속 나노와이어층(130) 상에 형성되면 상기 금속 전극층(150)은 상기 금속 나노와이어층(130)의 빈공간을 채우면서 상기 금속 나노와이어층(130)과 전기적으로 연결된다. 전 단계에서는 형성되는 상기 금속 나노와이어층(130)은 단섬유 형태의 상기 은 나노와이어가 서로 겹쳐지면서 네트워크 구조로 이루어져 있기 때문에 상기 은 나노와이어들 사이에 연결되지 않는 부분(빈공간)이 있을 수 있다. 이때, 상기 금속 나노와이어층(130) 상에 형성된 상기 금속 전극층(150)이 상기 금속 나노와이어층(130)과 전기적으로 연결되기 때문에 상기 은 나노와이어들 사이의 연결되지 않는 부분이 상기 금속 전극층(150)을 통해 연결이 된다.

[0027] 이렇게 상기 금속 전극층(150)이 상기 금속 나노와이어층(130)에서 상기 은 나노와이어들 사이의 빈 공간을 채우면서 연결하여 상기 신축성 전극(100)의 전기 전도도를 향상시킨다. 한편, 전술한 바와 같이 증착에 의해 상기 금속 전극층(150)이 형성된 이후에는, 필요에 따라 상기 금속 전극층(150)에 패턴을 형성하는 단계가 더 이루어질 수 있다.

[0028] 이와 같이 제조되는 상기 신축성 전극(100)은, 탄성을 갖는 상기 기판(110) 상에 상기 금속 나노와이어층(130)과 상기 금속 전극층(150)을 형성하며, 상기 금속 전극층(150)이 상기 금속 나노와이어층(130)의 빈공간을 채워 상기 금속 나노와이어층(130)과 상기 금속 전극층(150)이 전기가 연결되므로 신축성 및 유연성을 갖는 전극으로 형성될 수 있다. 특히, 네트워크 구조의 상기 금속 나노와이어층(130)에서 전기의 연결이 끊기는 부분(빈공간)에서는 상기 금속 전극층(150)을 통해 전기의 연결이 지속되므로 상기 신축성 전극(100)의 전기 전도도가 향상되는 효과를 가질 수 있다.

[0029] 도 4 및 도 5는 신축성 전극을 만드는 소재에 따라 변형에 따른 저항률을 측정한 그래프이다. 도 4 및 도 5를

참조하면 보면, 먼저 금만을 이용하여 신축성 전극을 제조하였을 때, 변형에 따른 저항률의 변화 가장큰 것을 알 수 있다. 상기 도 4에서 은나노와이어+금 및 금+은나노와이어는 신축성 전극을 만드는데 있어서 소재의 제조 순서에 따른 차이를 나타내는 것이다. 즉, 은나노와이어+금은 은나노와이어를 이용하여 먼저 층을 형성한 후 금을 이용하여 층을 형성한 것이고, 금+은나노와이어는 금을 이용하여 먼저 층을 형성한 후 은나노와이어를 이용하여 층을 형성한 것이다. 도 4의 그래프를 살펴보면, 은나노와이어를 이용하여 먼저 층을 형성하고 금을 이용하여 층을 형성하여 제조한 신축성 전극이 변형에 따른 저항률이 가장 낮은 것을 알 수 있다.

[0030] 즉, 신축성 전극에 변형이 일어났을 때, 금+은나노와이어는 은나노와이어가 금 위에 형성되어 있기 때문에 금이 끊어지게 되면 금 위에 형성된 은나노와이어도 함께 끊어지게 되어 저항 변화율이 크다. 그러나 은나노와이어+금의 경우에는 신축성 고분자 위에 바로 은나노와이어가 형성되어 있기 때문에 변형이 일어났을 때에도 은나노와이어가 끊어지지 않고 연결되어 있어 저항변화율이 낮다.

[0031] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극을 30% 인장하였을 때의 변화를 관찰한 확대도이다,

[0032] 도 6의 (a)는 전도성 물질, 금, 은나노와이어의 순으로 적층하여 형성한 신축성 전극의 사진으로 30%까지 인장되었을 때의 확대 사진이다. 도 6의 (b)는 전도성 물질, 은나노와이어, 금의 순으로 적층하여 형성한 신축성 전극의 사진으로 마찬가지로 30%까지 인장되었을 때의 확대 사진이다. 도 7은 도 6에 따른 신축성 전극의 스트레칭 횟수에 따른 저항률의 변화를 나타낸 그래프이다.

[0033] 도 7을 참조하여 보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 신축성 전극은 30%까지 인장된 상태에서도 저항의 변화가 크지 않은 것을 알 수 있다. 특히, 10000번까지 인장시켰을 때에도 변화된 저항값은 2ohm/sq에 불과하여 저항값 크게 증가하지 않는다. 그리고 이러한 저항값의 변화는 금(Au)을 증착하여 코팅한 횟수가 증가할수록 저항값이 더 작아지는 것을 알 수 있다.

[0034] 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

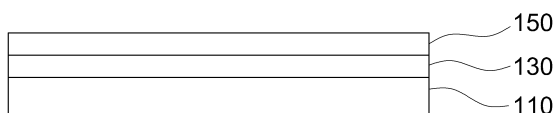
[0035] 100: 신축성 전극

110: 기관 130: 금속 나노물질층

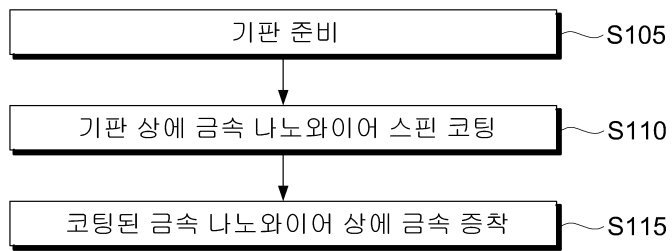
150: 금속 전극층

도면

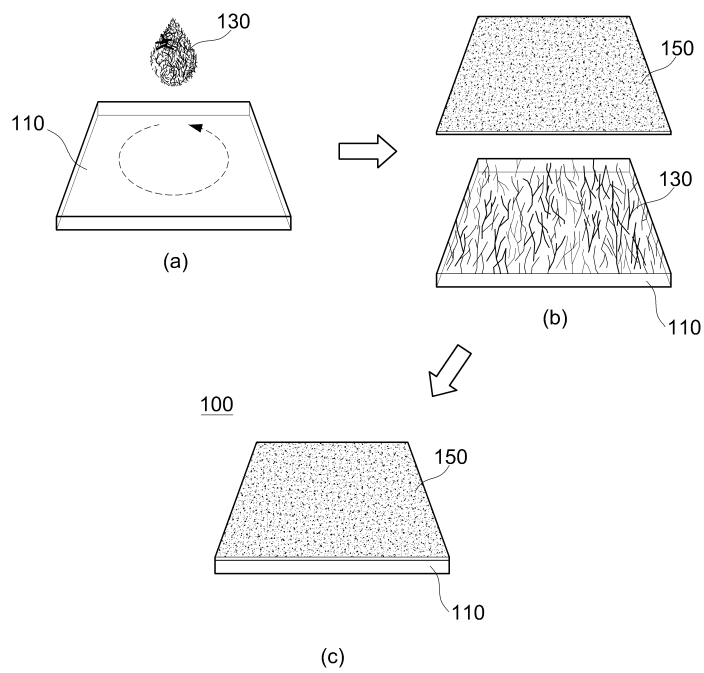
도면1



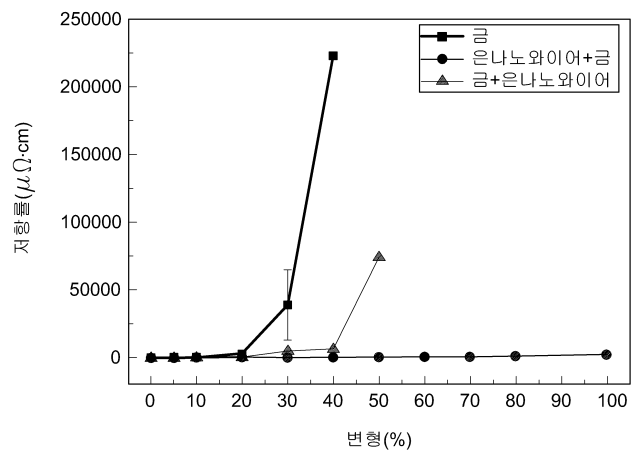
도면2



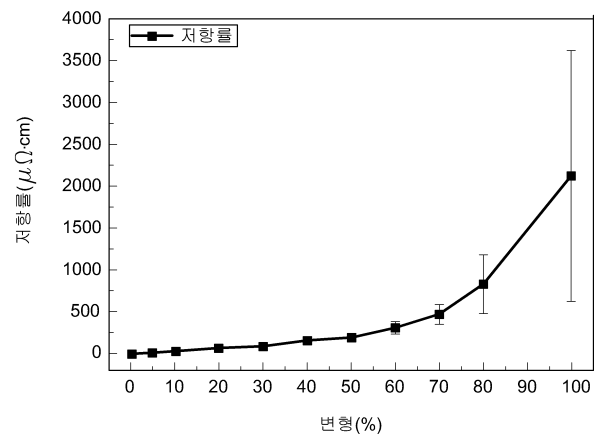
도면3



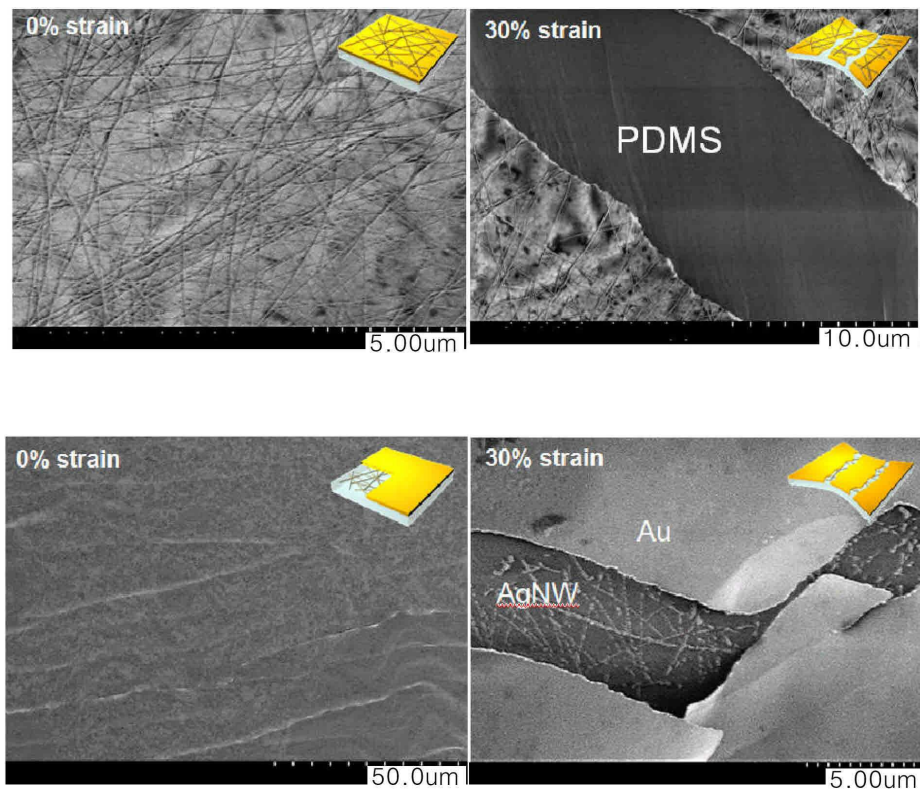
도면4



도면5



도면6



도면7

