

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2019-0134226
(43) 공개일자 2019년12월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/24 (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 5/14 (2013.01)
H01B 1/24 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0059605
(22) 출원일자 2018년05월25일
심사청구일자 2018년05월25일

(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 10 항

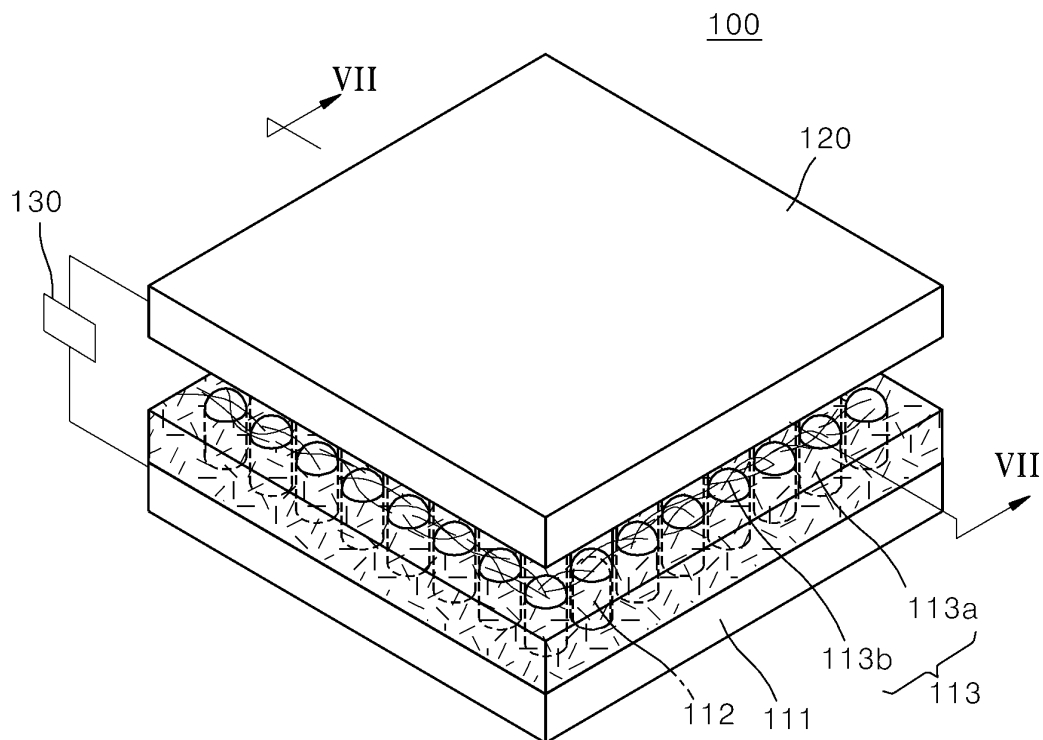
(54) 발명의 명칭 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서

(57) 요약

본 발명은 제1기판, 상기 제1기판 상에 성장한 제1나노 구조체, 및 제1탄소나노물질과 제1실레인을 포함하고, 상기 제1나노 구조체의 표면에 형성되는 제1실레인 결합층을 포함하는 제1전극, 상기 제1실레인 결합층과 상하 방향으로 이격되어 배치되는 제2전극 및 상기 제1전극과 상기 제2전극에 전기적으로 연결된 제어부를 포함하고, 상

(뒷면에 계속)

대표도 - 도6



기 제1실레인은 상기 제1나노 구조체 및 상기 제1탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합되며, 상기 제1전극 또는 상기 제2전극에 외력이 작용하여 상기 제1전극과 상기 제2전극의 접촉과 분리가 반복될 때 발생하는 전류나 전압의 변화를 상기 제어부에서 측정하여 센싱하는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서를 제공한다.

따라서 센서의 반복적인 신축 작업으로 인한 전극의 크랙 발생에도 불구하고, 실레인 결합층에 존재하는 탄소나노물질로 형성된 탄소나노라인이 나노 구조체 서로 서로를 이어줌으로써, 도전성이 유지되어 안정적인 센싱이 가능한 장점이 있다.

(52) CPC특허분류

H01B 13/0016 (2013.01)

H01B 13/0026 (2013.01)

H01B 13/0036 (2013.01)

(72) 발명자

차상협

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

김병주

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

제1기판, 상기 제1기판 상에 성장한 제1나노 구조체, 및 제1탄소나노물질과 제1실레인을 포함하고, 상기 제1나노 구조체의 표면에 형성되는 제1실레인 결합층을 포함하는 제1전극;

상기 제1실레인 결합층과 상하 방향으로 이격되어 배치되는 제2전극; 및

상기 제1전극과 상기 제2전극에 전기적으로 연결된 제어부;

를 포함하고,

상기 제1실레인은 상기 제1나노 구조체 및 상기 제1탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합되며,

상기 제1전극 또는 상기 제2전극에 외력이 작용하여 상기 제1전극과 상기 제2전극의 접촉과 분리가 반복될 때 발생하는 전류나 전압의 변화를 상기 제어부에서 측정하여 센싱하는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제2전극은,

제2기판;

상기 제1실레인 결합층을 대향하는 상기 제2기판 상에 성장한 제2나노 구조체; 및

제2탄소나노물질 및 제2실레인을 포함하고, 상기 제2기판 및 상기 제2나노 구조체 상에 형성되는 제2실레인 결합층을 포함하고,

상기 제2실레인은 상기 제2나노 구조체 및 상기 제2탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합된, 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 제2전극은,

상기 제2기판 상에 반구형을 가지도록 형성되며, 그 표면 상에 상기 제2나노 구조체가 형성되는 반구형 제2돌출부를 더 포함하는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제1전극은,

상기 제1기판 상에 반구형을 가지도록 형성되며, 그 표면 상에 상기 제1나노 구조체가 형성되는 반구형 제1돌출부를 더 포함하는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제2전극은,

제2기판;

상기 제1실레인 결합층을 대향하는 상기 제2기판 상에 성장한 제2나노 구조체; 및

제2탄소나노물질 및 제2실레인을 포함하고, 상기 제2기관 및 상기 제2나노 구조체 상에 형성되는 제2실레인 결합층을 포함하고,

상기 제2실레인은 상기 제2나노 구조체 및 상기 제2탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합된, 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제2전극은,

상기 제2기관 상에 반구형을 가지도록 형성되며, 그 표면 상에 상기 제2나노 구조체가 형성되는 제2돌출부를 더 포함하는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1기관은,

폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)으로 형성되는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 나노 구조체는 나노로드들(nano rods)로 형성되는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 나노로드들(nano rods)은 산화아연(ZnO)을 포함하여 형성되는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 탄소나노물질은 탄소나노튜브(carbon nanotube)를 포함하여 형성되는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 나노 구조체 전극을 포함하는 센서에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근에, 나노 구조체 복합 재료들은 상대적으로 높은 강도, 강성도(stiffness), 및 인성(toughness)을 가지므로, 다양한 분야에 적용되고 있다. 이러한 복합 재료들은 장점들을 제공하지만, 본질적으로 복잡한 구성을 가진다. 강한 섬유들과 적절한 매트릭스로 구성된 복합 재료들은 반드시 강한 재료가 되는 것은 아니다. 이러한 복합 재료의 전체적인 성능을 결정하는 주요한 요소로서 섬유와 매트릭스의 계면 강도 등이 있다. 강한 복합 재료를 위해서는 계면 강도를 증가시켜야 하며, 예를 들어 탄소섬유의 표면에 나노 와이어, 나노 로드 또는 나노 튜브 등과 같은 나노 구조체를 성장시키는 기술이 있다. 그러나 상기 나노 구조체가 형성된 복합재의 기계적 특성을 더욱 강화하려는 요구가 증가되고 있다.

[0003] 또한, 최근의 모바일 기기들은 화면 대형화의 추세를 보이고 있고, 이에 따라 홈 버튼과 같은 물리적 버튼을 최소화하거나 또는 제거하는 방식으로 발전되고 있다. 이러한 물리적 버튼의 제거 경향에 따라 디스플레이에 일체화된 버튼의 개발이 가속되고 있다. 또한, 지문을 이용한 버튼이 등장하고 있는 경향에 따라 디스플레이와 일체화된 지문 센서 및 압력 센서의 개발이 요구되고 있다. 따라서 감도가 향상된 센서가 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-1714961호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 제1기관, 상기 제1기관 상에 성장한 제1나노 구조체, 및 제1탄소나노물질과 제1실레인을 포함하고, 상기 제1나노 구조체의 표면에 형성되는 제1실레인 결합층을 포함하는 제1전극, 상기 제1실레인 결합층과 상하 방향으로 이격되어 배치되는 제2전극 및 상기 제1전극과 상기 제2전극에 전기적으로 연결된 제어부를 포함하고, 상기 제1실레인은 상기 제1나노 구조체 및 상기 제1탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합되며, 상기 제1전극 또는 상기 제2전극에 외력이 작용하여 상기 제1전극과 상기 제2전극의 접촉과 분리가 반복될 때 발생하는 전류나 전압의 변화를 상기 제어부에서 측정하여 센싱하는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서를 제공한다.

[0007] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 나노 구조체 전극의 제조 방법은, 탄소나노물질을 포함하는 탄소나노물질 용액을 제공하는 단계; 상기 탄소나노물질 용액에 실레인 물질을 혼합하여 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계; 상기 탄소나노물질-실레인 용액에 나노 구조체가 표면에 성장한 기판을 침지하여, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 1차 결합시키는 단계; 및 상기 나노 구조체를 열처리하여, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 2차 결합시켜 나노 구조체 전극을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0008] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계에서, 상기 탄소나노물질과 상기 실레인 물질은 수소 결합에 의하여 결합될 수 있다.

[0009] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계에서, 상기 실레인 물질은 상기 탄소나노물질 용액에 포함된 물에 의하여 가수 분해되고, 이에 따라 상기 실레인 물질에 결합된 수산화기를 형성하고, 상기 실레인 물질에 결합된 상기 수산화기는 상기 탄소나노물질에 결합된 수산화기와 수소 결합을 형성할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소나노물질 용액과 상기 실레인 물질의 무게 비율은, 예를 들어 95 : 5 내지 99.5 : 0.5 범위일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 1차 결합시키는 단계는, 20℃ 내지 30℃ 범위의 온도에서, 1분 내지 60분 범위의 시간 동안 수행될 수 있다.

[0012] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 1차 결합시키는 단계에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체는 수소 결합에 의하여 결합될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 나노 구조체 전극을 형성하는 단계는, 80℃ 내지 100℃ 범위의 온도에서, 1분 내지 120분 범위의 시간 동안 수행될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 나노 구조체 전극을 형성하는 단계는, 상기 나노 구조체를 포함한 상기 기판을 상기 탄소나노물질-실레인 용액으로부터 배출한 후에 수행될 수 있다.

[0015] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 나노 구조체 전극을 형성하는 단계에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체는 축합 결합에 의하여 결합되고, 상기 실레인 물질과 상기 탄소나노물질은 축합 결합에 의하여 결합될 수 있다.

[0016] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 나노 구조체 전극을 형성하는 단계에서, 상기 실레인 물질 사이의 가교 결합이 이루어질 수 있다.

- [0017] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소나노물질 용액은 탄소나노튜브, 그래핀, 및 그래핀 산화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 탄소나노물질 용액은 아이소프로판올, 메탄올 및 에탄올 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 실레인 물질은 실레인 커플링제를 포함할 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 실레인 물질은 아크릴레이트 기능기 실레인, 메타크릴레이트 기능기 실레인, 알데히드 기능기 실레인, 아미노 기능기 실레인, 무수 기능기 실레인, 아지드 기능기 실레인, 카르복실레이트 기능기 실레인, 포스포네이트 기능기 실레인, 설포네이트 기능기 실레인, 에폭시 기능기 실레인, 에스테르 기능기 실레인, 할로젠 기능기 실레인, 히드록실 기능기 실레인, 이소시아네이트 기능기 실레인, 포스핀 기능기 실레인, 포스페이트 기능기 실레인, 설파 기능기 실레인, 비닐 기능기 실레인, 올레핀 기능기 실레인, 다기능 중합 실레인, 자외선 활성 실레인, 형광 실레인, 키랄 실레인, 트리하이드로 실레인, 디포달 실레인, 및 유기 실레인 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 실레인 물질은 1,2-비스(트리에소실릴)에탄, 트리메톡시실릴프로필 모디파이드(폴리에틸렌이민), 디메톡시실릴메틸프로필 모디파이드(폴리에틸렌이민), 비스(트리메톡시실릴프로필)우레아, (3-글리시독시프로필)트리메톡시 실레인, 3-(2,3-에폭시프로폭시)프로필트리메톡시 실레인, 및 (3-트리메톡시실릴프로필)디에틸렌-트리아민 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 나노 구조체는 아연 산화물 나노 구조체, 칼슘 산화물 나노 구조체, 구리 산화물 나노 구조체, 티타늄 산화물 나노 구조체, 및 주석 산화물 나노 구조체 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 기판은 폴리디메틸실록산, 폴리에틸렌테레프탈레이트, 폴리에스터, 폴리염화비닐, 폴리에틸렌, 폴리카보네이트, 폴리프로필렌, 폴리스티렌, 펄라민, 폴리페닐설폰, 폴리에테르설폰, 폴리설폰, 폴리이미드6, 폴리이미드66, ABS 공중합체, 아크릴, 불소수지, 폴리에테레텔 케톤, 폴리페닐렌 설파이드, 열가소성 폴리우레탄, 폴리부틸렌테레프탈레이트, 폴리옥시메틸렌, 폴리페닐렌 옥사이드, 폴리에테르에테르케톤, 폴리에테르케톤케톤, 폴리에테르이미드, 및 폴리이미드이미드 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 나노 구조체 전극은, 기판; 상기 기판 상에 성장한 나노 구조체; 및 상기 나노 구조체의 표면에 형성되고, 탄소나노물질과 실레인을 포함하는 실레인 결합층;을 포함하고, 상기 실레인은 상기 나노 구조체 및 상기 탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합된다.
- [0025] 본 발명의 일부 실시예들에 있어서, 상기 기판은 반구형 돌출부를 포함하고, 상기 나노 구조체는 상기 반구형 돌출부에서 성장할 수 있다.
- [0026] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 나노 구조체 전극을 포함하는 센서는, 나노 구조체 전극; 상기 나노 구조체 전극과 대향하여 위치하는 대향 전극; 및 상기 나노 구조체 전극과 상기 대향 전극에 전기적으로 연결된 감지부;를 포함하고, 상기 나노 구조체 전극은: 기판; 상기 기판 상에 성장한 나노 구조체; 및 상기 나노 구조체의 표면에 형성되고, 탄소나노물질과 실레인을 포함하는 실레인 결합층;을 포함하고, 상기 실레인은 상기 나노 구조체 및 상기 탄소나노물질과 각각 축합 결합에 의하여 결합된다.
- 발명의 효과**
- [0027] 본 발명에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서는 다음과 같은 효과가 있다.
- [0028] 첫째, 센서의 반복적인 신축 작업으로 인한 전극의 크랙 발생에도 불구하고, 실레인 결합층에 존재하는 탄소나노물질로 형성된 탄소나노라인이 나노 구조체 서로 서로를 이어줌으로써, 도전성이 유지되어 안정적인 센싱이 가능한 장점이 있다.
- [0029] 둘째, 기판에 형성되어 있는 나노 구조체들이 센싱 시 접촉 면적을 넓혀 주기 때문에 이러한 나노 구조체가 형성되어 있지 않은 경우보다 센싱 효율이 높다.
- [0030] 셋째, 실레인을 사용함에 따라 나노구조체의 표면에 실레인이 코팅되어 탄소나노물질의 분산성을 증가시킬 수 있고, 나노 구조체와 탄소나노물질의 결합력을 강화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 구조체 전극의 제조 방법을 도시하는 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1의 나노 구조체 전극의 제조 방법에서, 상기 탄소나노물질과 상기 실레인 물질 사이의 결합을 설명하는 도시하는 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1의 나노 구조체 전극의 제조 방법에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체의 1차 결합을 설명하는 모식도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 1의 나노 구조체 전극의 제조 방법에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체의 2차 결합을 설명하는 모식도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 구조체 전극의 제조 방법에 따라 형성한 나노 구조체 전극을 나타내는 주사전자현미경 사진이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서가 도시된 사시도이다.
- 도 7은 도 6에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서의 VII-VII을 취한 단면도이다.
- 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서의 단면도이다.
- 도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서의 단면도이다.
- 도 10은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서의 단면도이다.
- 도 11은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서의 단면도이다.
- 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 실레인 결합층을 가지는 나노 구조체 전극을 포함하는 센서의 단면도이다.
- 도 13은 도 7에 따른 센서의 작동 모습을 나타낸 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [0033] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 구조체 전극의 제조 방법(S100)을 도시하는 흐름도이다.
- [0034] 도 1을 참조하면, 나노 구조체 전극의 제조 방법(S100)은, 탄소나노물질을 포함하는 탄소나노물질 용액을 제공하는 단계(S110); 상기 탄소나노물질 용액에 실레인 물질을 혼합하여 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계(S120); 상기 탄소나노물질-실레인 용액에 나노 구조체가 표면에 성장한 기판을 침지하여, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 1차 결합시키는 단계(S130); 및 상기 나노 구조체를 열처리하여, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 2차 결합시켜 나노 구조체 전극을 형성하는 단계(S140);를 포함한다.
- [0035] 상기 탄소나노물질 용액을 제공하는 단계(S110)에서, 상기 탄소나노물질 용액은 상기 탄소나노물질이 용매 내에 분산된 용액일 수 있다. 상기 탄소나노물질은 탄소나노튜브(carbon nanotube), 그래핀(graphene), 및 그래핀 산화물(graphene oxide) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 탄소나노튜브는 단일벽 탄소나노튜브(single wall carbon nanotube, SWCNT)를 포함할 수 있다. 상기 탄소나노물질 용액을 구성하는 상기 용매는 알코올계 물질을 포함할 수 있다. 상기 용매는, 예를 들어 아이소프로판올(isopropanol), 메탄올(methanol) 및 에탄올(ethanol) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 알코올 물질과 물을 포함할 수 있다. 그러나, 이는 예시적이며 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 용매에서, 상기 알코올 물질과 상기 물의 부피 비율은 9 : 1 내지 1 : 9 범위일 수 있다.
- [0036] 상기 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계(S120)는, 상기 탄소나노물질 용액에 실레인 물질을 투입하고 유지시켜 이루어질 수 있다. 상기 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계(S120)에서는 초음파 교반

(sonication)을, 예를 들어 30 분 내지 60 분의 범위로 19000Hz 내지 21000Hz 범의의 진동수로 수행할 수 있다. 이러한 교반에 의하여 상기 실레인 물질은 상기 탄소나노물질 용액 내에 보다 균일하게 분산될 수 있다. 상기 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계(S120)는, 예를 들어 20℃ 내지 30℃의 온도에서 수행될 수 있고, 예를 들어 상온(25℃)의 온도에서 수행될 수 있다. 본 단계(S120)에서, 상기 탄소나노물질과 상기 실레인 물질은 수소 결합에 의하여 결합될 수 있다.

[0037] 상기 탄소나노물질 용액과 상기 실레인 물질의 무게 비율은, 예를 들어 95 : 5 내지 99.5 : 0.5 범위일 수 있고, 예를 들어 99 : 1 일 수 있다. 예를 들어, 상기 탄소나노물질-실레인 용액이 10g 이고, 상기 탄소나노물질 용액이 9.9g, 상기 실레인 물질이 0.1 g일 수 있다. 상기 탄소나노물질-실레인 용액에서는 탄소나노물질의 응집현상이 발생하지 않는다.

[0038] 상기 실레인 물질은 실레인 커플링제(silane coupling agent)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 실레인 물질에 포함된 작용기와 수지와 결합이 가능한 경우에 상기 실레인 물질을 적용할 수 있다. 그러나 본 발명의 기술적 사상은 수지와 결합을 고려하지 않으므로 나노 구조체에 영향을 주지 않도록 중성을 가지는 모든 실레인 물질을 적용할 수 있다. 상기 실레인 물질은, 예를 들어 아크릴레이트 기능기 실레인(acrylate functional silane), 메타크릴레이트 기능기 실레인(methacrylate functional silane), 알데히드 기능기 실레인(aldehyde functional silane), 아미노 기능기 실레인(amino functional silane), 무수 기능기 실레인(anhydride functional silane), 아지드 기능기 실레인(azide functional silane), 카르복실레이트 기능기 실레인(carboxylate functional silane), 포스포네이트 기능기 실레인(phosphonate functional silane), 설포네이트 기능기 실레인(sulfonate functional silane), 에폭시 기능기 실레인(epoxy functional silane), 에스테르 기능기 실레인(ester functional silane), 할로젠 기능기 실레인(halogen functional silane), 히드록실 기능기 실레인(hydroxyl functional silane), 이소시아네이트 기능기 실레인(isocyanate functional silane), 포스핀 기능기 실레인(phosphine functional silane), 포스페이트 기능기 실레인(phosphate functional silane), 설파 기능기 실레인(sulfur functional silane), 비닐 기능기 실레인(vinyl functional silane), 올레핀 기능기 실레인(olefin functional silane), 다기능 중합 실레인(multi-functional and polymeric silane), 자외선 활성 실레인(ultraviolet active silane), 형광 실레인(fluorescent silane), 키랄 실레인(chiral silane), 트리하이드로 실레인(trihydrosilane), 디포달 실레인(dipodal silane), 및 유기 실레인(organosilane) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0039] 상기 실레인 물질은, 예를 들어 1,2-비스(트리에소시실릴)에탄(1,2-bis(triethoxysilyl)ethane), 트리메톡시실릴 프로필 모디파이드(폴리에틸렌이민) (trimethoxysilylpropyl modified (polyethylenimine)), 디메톡시실릴메틸 프로필 모디파이드(폴리에틸렌이민)(dimethoxysilylmethylpropyl modified (polyethylenimine)), 비스(트리메톡시실릴프로필) 우레아(bis(trimethoxysilylpropyl) urea), (3-글리시독시프로필)트리메톡시 실레인((3-glycidoxypropyl) trimethoxy silane), 3-(2,3-에폭시프로폭시) 프로필트리메톡시 실레인(3-(2,3-epoxypropoxy)propyltrimethoxysilane), 및(3-트리메톡시실릴프로필) 디에틸렌-트리아민((3-trimethoxysilylpropyl) diethylene-triamine) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 그러나 이는 예시적이며 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

[0040] 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 1차 결합시키는 단계(S130)는, 상기 탄소나노물질-실레인 용액에 상기 기판을 투입하고 유지시켜 이루어질 수 있다. 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체를 1차 결합시키는 단계(S130)는, 예를 들어 20℃ 내지 30℃ 범위의 온도에서, 예를 들어 1분 내지 60분 범위의 시간 동안 수행될 수 있다. 상기 침지하는 단계는, 예를 들어, 상온(25℃)에서 30분 동안 수행될 수 있다. 본 단계(S130)에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체는 수소 결합에 의하여 결합될 수 있다.

[0041] 상기 나노 구조체는, 예를 들어 상기 실레인 물질의 수산화기(-OH)와 결합하는 작용기를 가지는 모든 금속 산화물 나노 구조체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 나노 구조체는 아연 산화물(ZnO) 나노 구조체, 칼슘 산화물(CaO) 나노 구조체, 구리 산화물(CuO) 나노 구조체, 티타늄 산화물(TiO2)나노 구조체, 및 주석 산화물(SnO2)나노 구조체 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 그러나 이는 예시적이며 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

[0042] 상기 기판은 다양한 고분자 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 폴리디메틸실록산(Polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리에스터(polyester), 폴리염화비닐(polyvinyl chloride, PVC), 폴리에틸렌(polyethylene, PE), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리스티렌(polystyrene, PS), 멜라민(melamine), 폴리페닐설폰(polyphenylsulfone,

PPSU), 폴리에테르설향(polyethersulfone, PES), 폴리설향(polysulfone, PSU), 폴리아미드6(polyamide6, PA6), 폴리아미드66(polyamide66, PA66), ABS 공중합체(acrylonitrile butadiene styrene copolymer), 아크릴(acrylic), 불소수지(fluoroplastics), 폴리에테르에테르 케톤(polyetherether ketone, PEEK), 폴리페닐렌 설향(polyphenylene sulfide, PPS), 열가소성 폴리우레탄(thermoplastic poly urethane, TPU), 폴리부틸렌테레프탈레이트(polybutylene terephthalate, PBT), 폴리옥시메틸렌(polyoxy methylene, POM), 폴리페닐렌 옥시드(polyphenylene oxide, PPO), 폴리에테르에테르케톤(polyether ether ketone, PEEK), 폴리에테르케톤케톤(polyether ketone ketone, PEKK), 폴리에테르이미드(polyetherimide, PEI), 및 폴리아미드이미드(Polyamide imide, PAI) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0043] 상기실레인 물질과 상기 나노 구조체를 2차 결합시켜 나노 구조체 전극을 형성하는 단계(S140)는 상기 나노 구조체를 포함한 상기 기판을 상기 탄소나노물질-실레인 용액으로부터 배출한 후에 수행할 수 있다. 필요한 경우 상기 용매를 제거하도록, 상기 나노 구조체를 진공상태에서 예를 들어 30℃ 내지 50℃의 온도에서, 예를 들어 1 시간 내지 5 시간의 범위에서 건조시킬 수 있다. 상기실레인 물질과 상기 나노 구조체를 2차 결합시켜 나노 구조체 전극을 형성하는 단계(S140)는, 예를 들어 80℃ 내지 100℃ 범위의 온도에서, 예를 들어 1분 내지 120분 범위의 시간 동안 수행될 수 있다. 상기실레인 물질과 상기 나노 구조체를 2차 결합시키는 단계(S140)는 예를 들어 90℃의 온도에서 60분 동안 수행될 수 있다.

[0044] 본 단계(S140)에서는 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체 사이의 축합(condensation) 결합이 이루어질 수 있다. 또한, 상기 실레인 물질과 상기 탄소나노물질 사이의 축합 결합이 이루어 질 수 있고, 또한, 상기 실레인 물질 사이의 가교(cross-linking) 결합이 이루어질 수 있다. 따라서 상기 기판, 상기 나노 구조체, 및 상기 탄소나노물질이 실레인 물질에 의한 화학 결합을 통하여 상호 결합될 수 있다. 이러한 상호 결합에 의하여 안정적인 상태를 제공할 수 있다.

[0045] 이어서, 상기 나노 구조체 전극은 세정하고 건조시킬 수 있다. 상기 세정은 알코올계 용액을 이용하여 수행할 수 있다. 이에 따라 상기 탄소 나노 복합체에 잔류하는 실레인 물질 및 원하지 않는 불순물이 제거될 수 있다. 상기 건조는 1 시간 내지 24 시간의 범위로, 예를 들어 20℃ 내지 30℃의 온도에서 수행될 수 있고, 예를 들어 상온(25℃)에서 수행될 수 있다.

[0046] 이하에서는, 본 발명의 일실시예에 따른 나노 구조체 전극의 제조 방법에서의 결합 반응을 도 2 내지 도 4를 참조하여 상세하게 설명하기로 한다.

[0047] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 도1의 나노 구조체 전극의 제조 방법에서, 상기 탄소나노물질과 상기 실레인 물질 사이의 결합을 설명하는 도식도이다.

[0048] 도 2를 참조하면, 상기 탄소나노물질-실레인 용액을 형성하는 단계(S120)에서, 상기 실레인 물질과 상기 탄소나노물질은 수소 결합에 의하여 결합될 수 있다. 구체적으로, 상기 실레인 물질은 상기 탄소나노물질 용액에 포함된 물에 의하여 가수분해(hydrolysis)되고, 이에 따라 상기 실레인 물질에 결합된 상기 수산화기를 형성할 수 있다. 상기 실레인 물질에 결합된 상기 수산화기는 상기 탄소나노물질에 결합된 수산화기와 수소 결합을 형성할 수 있다.

[0049] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 도 1의 나노 구조체 전극의 제조 방법에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체의 1차 결합을 설명하는 도식도이다.

[0050] 도 3을 참조하면, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체는 수소 결합에 의하여 결합될 수 있다. 상기 나노 구조체는 예시적으로 ZnO일 수 있다. 구체적으로, 상기 실레인 물질은 상기 탄소나노물질 용액에 포함된 물에 의하여 가수분해(hydrolysis)되고, 이에 따라 상기 실레인 물질에 결합된 상기 수산화기를 형성할 수 있다. 상기 실레인 물질에 결합된 수산화기는 상기 나노구조체에 결합된 수산화기와 수소 결합을 형성할 수 있다. 결과적으로, 이러한 수소 결합들에 의하여, 하나의 상기 실레인 물질은 상기 탄소나노물질과 상기 나노 구조체에 결합될 수 있다.

[0051] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 도 1의 나노 구조체 전극의 제조 방법에서, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체의 2차 결합을 설명하는 도식도이다.

[0052] 도 4를 참조하면, 상기 열처리에 의하여 상기 수소 결합에서 물 분자(H₂O)가 제거되어, 상기 실레인 물질과 상기 나노 구조체는 축합 결합에 의하여 결합될 수 있다. 또한, 동일한 방식으로 상기 실레인 물질과 상기 탄소나노물질은 축합 결합에 의하여 결합될 수 있다. 더 나아가, 상기 실레인 물질 사이의 가교 결합이 이루어질 수 있다. 상기 축합 결합들과 상기 가교 결합들은 동시에 이루어 질 수 있다. 따라서 상기 기판, 상기 나노

구조체, 및 상기 탄소나노물질이 실레인 물질에 의한 화학 결합을 통하여 상호 결합될 수 있다.

- [0053] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 나노 구조체 전극의 제조 방법에 따라 형성한 나노 구조체 전극을 나타내는 주사전자현미경 사진이다.
- [0054] 도 5를 참조하면, 기판 상에 성장하고 실레인 물질에 의하여 탄소나노물질이 표면에 결합된 나노 구조체가 나타나 있다. 여기에서, 상기 기판은 폴리디메틸실록산(PDMS)이고, 상기 실레인 물질은 1,2-비스(트리에소시실릴)에탄이고, 상기 탄소나노물질은 탄소나노튜브이고, 나노 구조체는 ZnO이었다. 상기 실레인 물질에 의한 화학 결합을 통하여, 상기 기판, 상기 나노 구조체, 및 상기 탄소나노물질이 상호 결합됨을 알 수 있다. 상기 나노 구조체는 상당히 균일한 수준으로 분포됨을 알 수 있다.
- [0055] 도 6 및 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 나노 구조체 전극을 포함하는 센서(100)는 제1전극(110), 제2전극(120) 및 제어부(130)를 포함한다. 상기 제1전극(110)은 제1기판(111), 제1나노 구조체(112), 제1실레인 결합층(113)을 포함한다.
- [0056] 상기 제1기판(111)은 신축성이 있는 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)으로 형성된다. 상기 제1기판(111)은 신축성이 있어서 외력이 작용하면 쉽게 휘는 성질이 있어서 상기 제2전극(120)과의 센싱에 유리하다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1기판(111)을 다른 소재로 변경이 가능하다. 상기 제1기판(111)은 상기 제1나노 구조체(112)를 성장시키기 위한 베이스 역할을 한다.
- [0057] 상기 제1나노 구조체(112)는 나노로드들(nano rods)로 형성된다. 상기 나노로드들은 산화아연(ZnO)으로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 나노 구조체로 변경이 가능하다. 상기 제1나노 구조체(112)는 상기 제1기판(111) 상에 형성된다. 상기 제1나노 구조체(112)는 수십 나노미터 지름의 나노 기둥이 뿔뿔하게 솟아있는 형태가 된다. 상기 제1나노 구조체(112)는 지름이 수십 나노미터에 불과해서, 상기 제1기판(111)의 표면에 성장시킬 경우 상기 제1기판(111)의 표면적을 증가시키는 효과가 있다. 이는 결국 상기 제1전극(110)의 표면적 증가를 의미한다. 따라서 상기 제1전극(110)과 상기 제2전극(120)이 접촉할 때, 상기 제1기판(111)에 상기 제1나노 구조체(112)가 없는 경우보다 상기 제1전극(110)과 상기 제2전극(120)의 접촉 면적이 증가해서 센싱 효율이 높아진다.
- [0058] 상기 제1실레인 결합층(113)의 제조 방법이나 구조는 상기 도 1 내지 도 5에서 설명한 내용과 유사하므로 설명을 생략한다. 상기 제1실레인 결합층(113)은 제1실레인층(113a) 및 제1탄소나노라인들(113b)을 포함한다.
- [0059] 상기 제1실레인층(113a)은 상기 제1기판(111) 및 상기 제1나노 구조체(112) 상에 형성된다. 다만, 상기 제1실레인층(113a)이 상기 제1나노 구조체(112) 상에 형성될 때는, 도 6 및 도 7을 참조하는 바와 같이 상기 제1나노 구조체(112) 사이의 이격 공간에 채워진다. 본 실시예에서는 상기 제1실레인층(113a)이 상기 나노 구조체(112)의 말단의 아래까지만 채워져 있다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1실레인층(113a)이 상기 제1나노 구조체(112)의 말단 부분 끝까지 채워질 수도 있다.
- [0060] 상기 제1탄소나노라인들(113b)은 도전성이 있는 탄소나노튜브(CNT)로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 도전성을 가지면서 상기 제1나노 구조체(112) 서로 서로를 전기적으로 연결해 줄 수 있는 다른 탄소 물질로 변경이 가능하다.
- [0061] 상기 제1탄소나노라인들(113b)은 상기 제1나노 구조체(112) 서로 서로를 복수 개의 실로 연결한 것과 같은 구조로 상기 제1나노 구조체(112) 상에 형성된다. 상기 제1탄소나노라인들(113b)이 복잡하게 얽혀서 상기 제1나노 구조체(112) 서로 서로를 연결해 줌으로써, 반복적인 외력에 의해서 상기 제1전극(110)에 크랙이 발생하더라도 상기 제1탄소나노라인들(113b)이 상기 제1전극(110)의 도전성을 안정적으로 유지할 수 있도록 하는 역할을 한다.
- [0062] 상기 제1나노 구조체(112)에 탄소물질만을 코팅하는 경우 상기 제1나노 구조체(112) 표면의 나노 구조가 모두 덮인다. 그러나 상기 제1실레인 결합층(113)을 상기 제1나노 구조체(112) 상에 형성시킬 경우 상기 나노 구조 표면은 유지 되면서도 상기 제1탄소나노라인들(113b)에 의해 도전성은 안정적으로 유지되는 장점이 있다.
- [0063] 상기 제2전극(120)은 상기 제1전극(110)의 상기 제1나노 구조체(112)와 대향하여 이격 배치된다. 상기 제2전극(120)은 외력이 가해지면 상기 제1전극(110)과 전기적으로 접촉하여 연결된다. 상기 제2전극(120)은 신축성이 있는 소재로 형성된다.
- [0064] 상기 제어부(130)는 상기 제1전극(110)과 상기 제2전극(120)의 일 단과 각각 연결된다. 상기 제어부(130)는 상기 제1전극(110)과 상기 제2전극(120)의 접촉과 분리가 반복될 발생하는 전류의 변화나 전압 변화를 측정함으로써

써 센싱을 한다.

- [0065] 도 8을 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 나노 구조체 전극을 포함하는 센서(200)는 제1전극(210), 제2전극(220) 및 제어부(230)를 포함한다. 상기 제1전극(210)은 제1기관(211), 제1나노 구조체(212) 및 제1실레인 결합층(213)을 포함한다. 상기 제1전극(210) 및 상기 제어부(230)는 도 7의 센서(100)와 유사하므로 설명을 생략한다.
- [0066] 상기 센서(200)는 도 7에 도시된 센서(100)와 비교할 때, 상기 제2전극(220)의 구성이 상이하다. 상기 제2전극(220)은 제2기관(221), 제2나노 구조체(222) 및 제2실레인 결합층(223)을 포함한다. 상기 센서(200)는 상기 제2전극(220)의 상기 제2기관(221) 상에 제2나노 구조체(222)가 형성되어 있어서 센싱 시 상기 제1나노 구조체(211)와 상기 제2나노 구조체(222)의 접촉으로 센싱 효율이 도 7의 센서(100)보다 높다. 상기 제2전극(220)의 구성은 도 6의 상기 제1전극(110)과 유사하므로 설명을 생략한다.
- [0067] 도 9를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노 구조체 전극을 포함하는 센서(300)는 제1전극(310), 제2전극(320) 및 제어부를 포함한다. 상기 제1전극(310)은 제1기관(311), 제1나노 구조체(312) 및 제1실레인 결합층(313)을 포함한다. 상기 제1전극(310) 및 상기 제어부(330)는 도 8의 센서(200)와 유사하므로 설명을 생략한다.
- [0068] 상기 센서(300)는 도 8에 도시된 센서(200)와 비교할 때, 상기 제2전극(320)의 구성이 상이하다. 상기 제2전극(320)은 제2기관(321), 반구형 제2돌출부(324), 제2나노 구조체(322) 및 제2실레인 결합층(323)을 포함한다. 상기 센서(300)는 상기 제2전극(320)의 상기 제2기관(321) 상에 반구형 제2돌출부(324)가 형성되고, 상기 반구형 제2돌출부(324) 상에 상기 제2나노 구조체(322)를 형성한다. 상기 반구형 제2돌출부(324)가 상기 제2기관(321)에 형성됨으로써 상기 제2기관(321)의 표면적이 넓어진다. 따라서 상기 제2나노 구조체(322)를 평평한 기관에 형성할 때보다 상기 반구형 제2돌출부(324)가 형성된 기관에 형성할 때 더 많은 제2나노 구조체(322)를 형성할 수 있다. 그러므로 상기 제2전극(320)은 상기 제1전극(310)과 접촉 시 도 8의 센서(200)보다 표면적이 넓어져서 센싱 효율이 높다.
- [0069] 상기 반구형 제2돌출부(324)는 신축성이 있는 폴리디메틸실록산으로 형성된다. 상기 반구형 제2돌출부(324)는 상기 제2기관(321)과 일체형으로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제2기관(321)과 상기 반구형 제2돌출부(324)가 각각 형성될 수도 있다.
- [0070] 상기 제2실레인 결합층(323)은 제2실레인층(323a) 및 제2탄소나노라인들(323b)을 포함한다. 상기 제2실레인층(323a)은 상기 제2기관(321), 상기 반구형 제2돌출부(324) 및 상기 제2나노 구조체(322) 상에 형성된다. 다만 상기 제2실레인층(323a)이 상기 제2나노 구조체(322) 상에 형성될 때는, 상기 제2나노 구조체(322) 사이의 이격 공간에 채워진다. 본 실시예에서는 상기 제2실레인층(323a)이 상기 제2나노 구조체(322)의 말단의 아래까지만 채워져 있다. 따라서 상기 제2나노 구조체(322)의 말단에는 나노 구조가 유지된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제2실레인층(323a)이 상기 제2나노 구조체(322)의 말단 부분 끝까지 채워질 수도 있다. 또한 상기 제2탄소나노라인들(323b)이 도 7의 센서(100)에서 설명한 것처럼 상기 나노 구조체(322) 서로 서로를 연결해 줌으로써 상기 제2전극(320)에 크랙이 발생하더라도 안정적인 도전성 유지가 가능하다.
- [0071] 상기 제2기관(321) 및 상기 제2나노 구조체(322)는 도 8의 제2전극(220)과 유사하므로 설명을 생략한다.
- [0072] 도 10을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노 구조체를 포함하는 센서(400)는 제1전극(410), 제2전극(420) 및 제어부(430)를 포함한다. 상기 제2전극(420) 및 제어부(430)는 도 7의 센서(100)와 유사하므로 설명을 생략한다. 상기 제1전극(410)은 제1기관(411), 제1나노 구조체(412), 제1실레인 결합층(413) 및 반구형 제1돌출부(414)를 포함한다.
- [0073] 상기 센서(400)는 도 7에 도시된 센서(100)와 비교할 때, 상기 제1전극(410)의 구성이 상이하다. 상기 제1전극(410)은 제1기관(411), 반구형 제2돌출부(414), 제1나노 구조체(412) 및 제1실레인 결합층(413)을 포함한다. 상기 센서(400)는 상기 제1전극(420)의 상기 제2기관(421) 상에 반구형 제1돌출부(414)가 형성되고, 상기 반구형 제1돌출부(414) 상에 상기 제1나노 구조체(412)를 형성한다. 상기 반구형 제1돌출부(414)가 상기 제1기관(411)에 형성됨으로써 상기 제1기관(411)의 표면적이 넓어진다. 따라서 상기 제1나노 구조체(412)를 평평한 기관에 형성할 때보다 상기 반구형 제1돌출부(414)가 형성된 기관에 형성할 때 더 많은 제1나노 구조체(412)를 형성할 수 있다. 그러므로 상기 제1전극(410)은 상기 제2전극(420)과 접촉 시 도 7의 센서(100)보다 표면적이 넓어져서 센싱 효율이 높다.
- [0074] 상기 반구형 제1돌출부(414)는 신축성이 있는 폴리디메틸실록산으로 형성된다. 상기 반구형 제1돌출부(414)는

상기 제1기관(411)과 일체형으로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제1기관(411)과 상기 반구형 제1돌출부(414)가 각각 형성될 수도 있다. 상기 제1기관(411), 상기 제1나노 구조체(412) 및 상기 제1실레인 결합층(413)은 도 7의 제1전극(110)과 유사하므로 설명을 생략한다.

[0075] 도 11을 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노 구조체를 포함하는 센서(500)는 제1전극(510), 제2전극(520) 및 제어부(530)를 포함한다. 상기 제1전극(510) 및 상기 제어부(530)는 도 10의 센서(400)와 유사하므로 설명을 생략한다. 상기 제1전극(510)은 제1기관(511), 제1나노 구조체(512), 제1실레인 결합층(513) 및 반구형 제1돌출부(514)를 포함한다.

[0076] 상기 센서(500)는 도 10에 도시된 센서(400)와 비교할 때, 상기 제2전극(520)의 구성이 상이하다. 상기 제2전극(520)은 제2기관(521), 제2나노 구조체(522) 및 제2실레인 결합층(523)을 포함한다. 상기 센서(500)는 상기 제2전극(520)의 상기 제2기관(521) 상에 제2나노 구조체(522)가 형성되어 있어서 센싱 시 상기 제1나노 구조체(511)와 상기 제2나노 구조체(522)의 접촉으로 센싱 효율이 도 10의 센서(400)보다 높다.

[0077] 도 12를 참조하면, 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 나노 구조체를 포함하는 센서(600)는 제1전극(610), 제2전극(620) 및 제어부(630)를 포함한다. 상기 제1전극(610) 및 상기 제어부(630)는 도 11의 센서(500)와 유사하므로 설명을 생략한다.

[0078] 상기 센서(600)는 도 11에 도시된 센서(500)와 비교할 때, 상기 제2전극(620)의 구성이 상이하다. 상기 제2전극(620)은 제2기관(621), 반구형 제2돌출부(624), 제2나노 구조체(622) 및 제2실레인 결합층(623)을 포함한다. 상기 센서(600)는 상기 제2전극(620)의 상기 제2기관(621) 상에 반구형 제2돌출부(624)가 형성되고, 상기 반구형 제2돌출부(624) 상에 상기 제2나노 구조체(622)를 형성한다. 상기 반구형 제2돌출부(624)가 상기 제2기관(621)에 형성됨으로써 상기 제2기관(621)의 표면적이 넓어진다. 따라서 상기 제2나노 구조체(622)를 평평한 기관에 형성할 때보다 상기 반구형 제2돌출부(624)가 형성된 기관에 형성할 때 더 많은 제2나노 구조체(622)를 형성할 수 있다. 그러므로 상기 제2전극(620)은 상기 제1전극(610)과 접촉 시 도 11의 센서(500)보다 표면적이 넓어져서 센싱 효율이 높다.

[0079] 상기 반구형 제2돌출부(624)는 신축성이 있는 폴리디메틸실록산으로 형성된다. 상기 반구형 제2돌출부(624)는 상기 제2기관(621)과 일체형으로 형성된다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 상기 제2기관(621)과 상기 반구형 제2돌출부(624)가 각각 형성될 수도 있다. 상기 제2기관(621), 상기 제2나노 구조체(622) 및 상기 제2실레인 결합층(623)은 도 11의 제2전극(620)과 유사하므로 설명을 생략한다.

[0080] 도 13을 참조하면, 도 13은 도 7에 도시된 센서(100)의 작동모습을 모식적으로 나타낸 도면이다. 상기 제2전극(120)에 외력이 가해져서 상기 제2전극(120)이 상기 제1전극(110) 방향으로 휘게 되어 상기 제1전극과 상기 제1나노 구조체(112)에 형성되어 있는 상기 제1실레인 결합층(113)의 접촉과 분리가 반복되면 전류나 전압의 변화가 발생한다. 상기 전류나 전압의 변화를 상기 제어부(130)에서 감지하여 센싱을 한다.

[0081] 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.

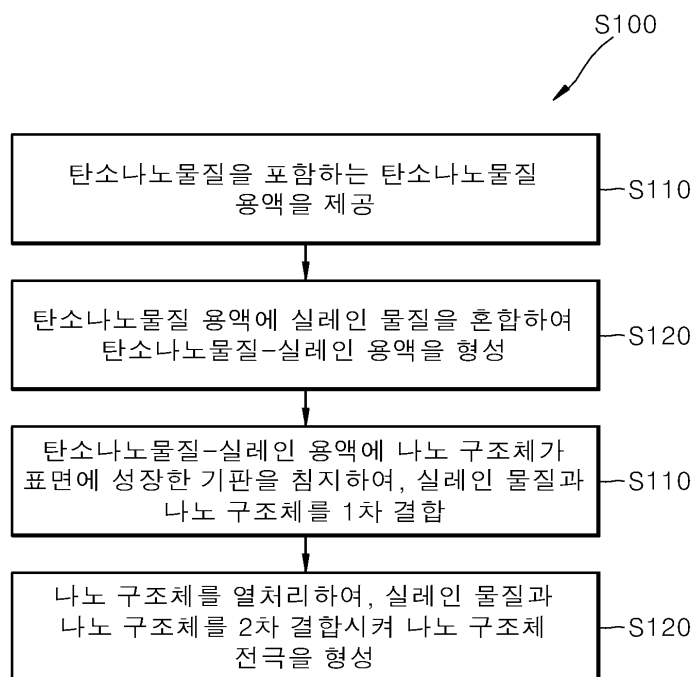
부호의 설명

[0082] 100, 200, 300, 400, 500, 600: 나노 구조체 전극을 포함하는 센서
110, 210, 310, 410, 510, 610: 제1전극
111, 211, 311, 411, 511, 611: 제1기관
112, 212, 312, 412, 512, 612: 제1나노 구조체
113, 213, 313, 413, 513, 613: 제1실레인 결합층
113a, 213a, 313a, 413a, 513a, 613a: 제1실레인층
113b, 213b, 313b, 413b, 513b, 613b: 제1탄소나노라인들
223a, 323a, 523a, 623a: 제2실레인층
223b, 323b, 523b, 623b: 제2탄소나노라인들

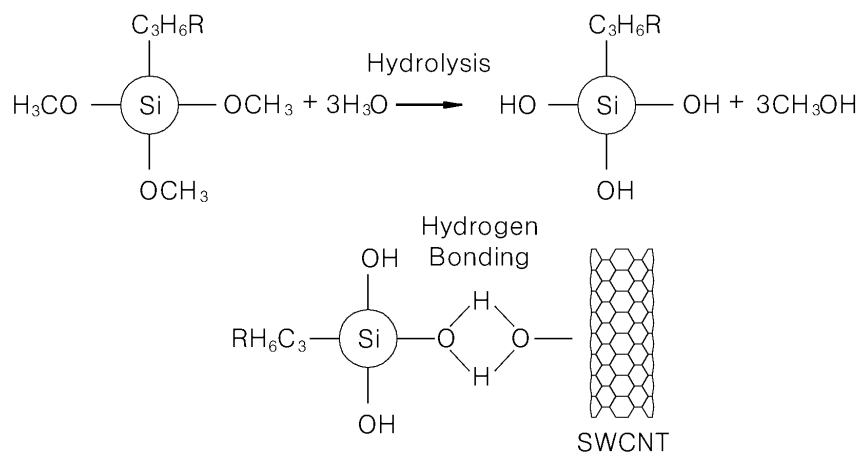
314, 414, 514, 614: 반구형 제1돌출부
120, 220, 320, 420, 520, 620: 제2전극
121, 221, 321, 421, 521, 621: 제2기판
222, 322, 522, 622: 제2나노 구조체
223, 323, 523, 623: 제2실레인 결합층
324, 624: 반구형 제2돌출부
130, 230, 330, 430, 530, 630: 제어부

도면

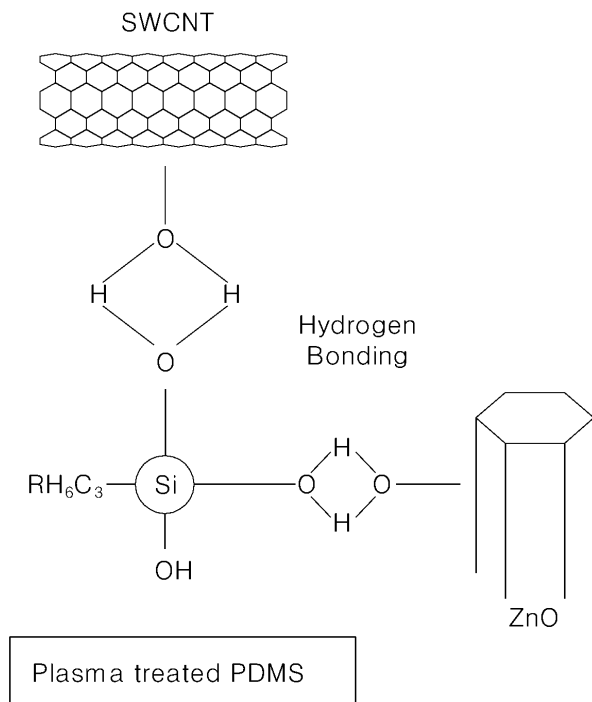
도면1



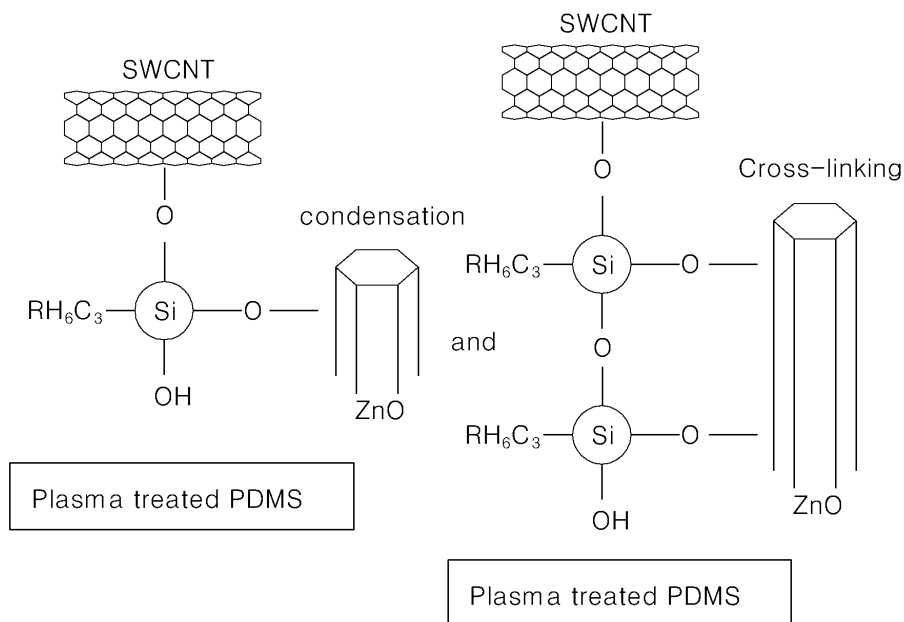
도면2



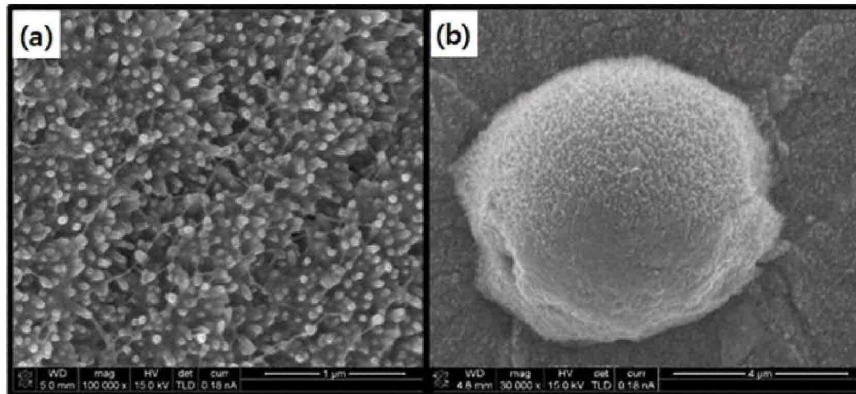
도면3



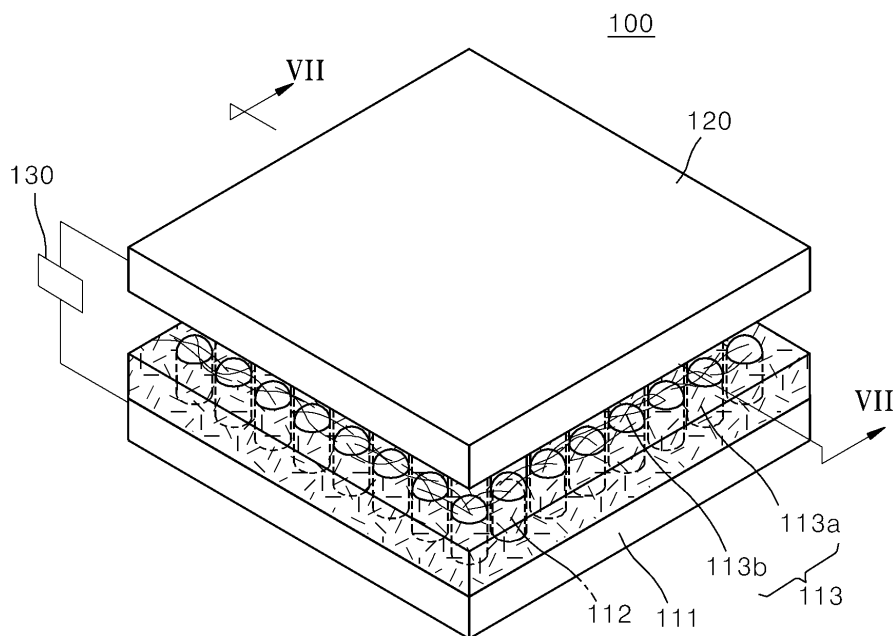
도면4



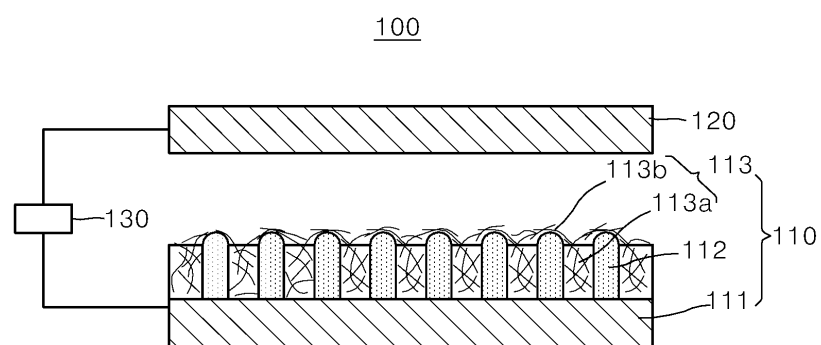
도면5



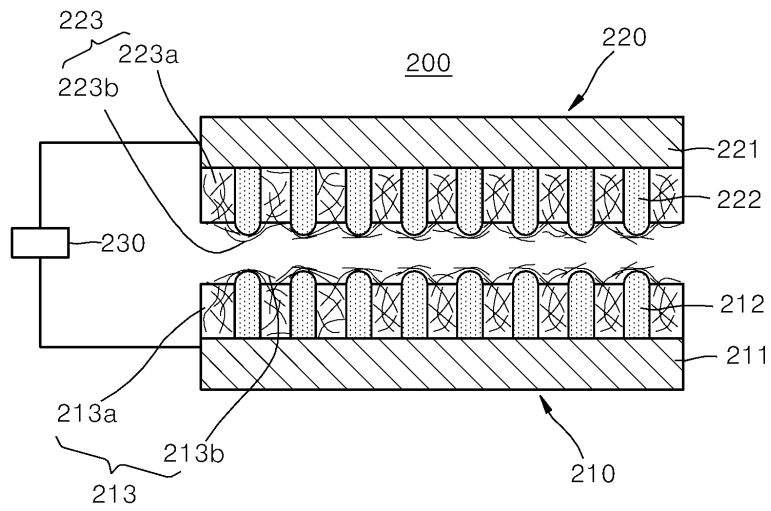
도면6



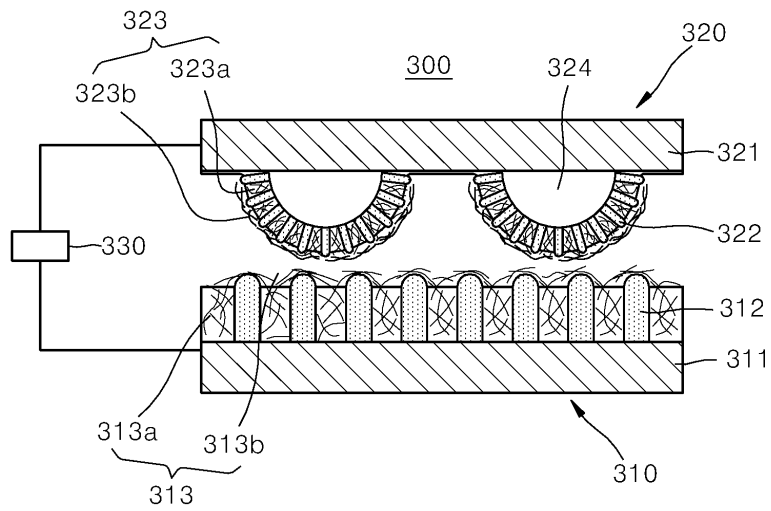
도면7



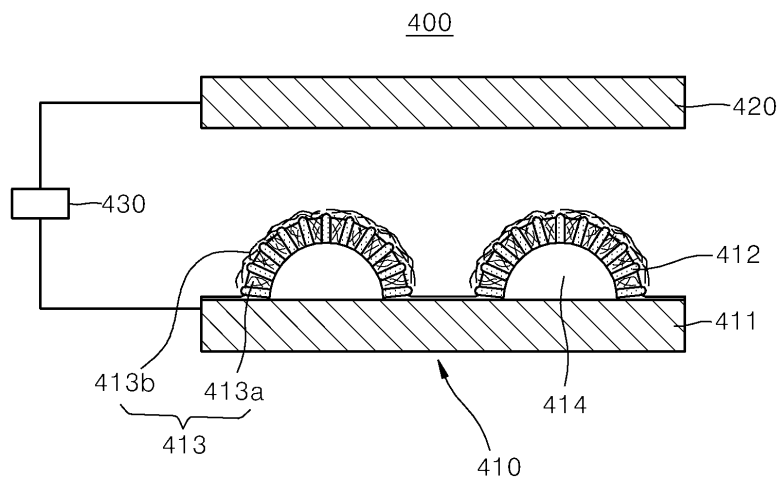
도면8



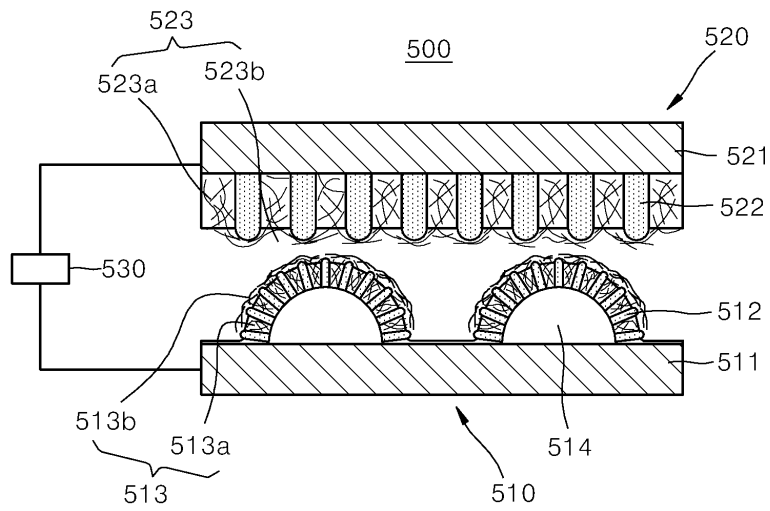
도면9



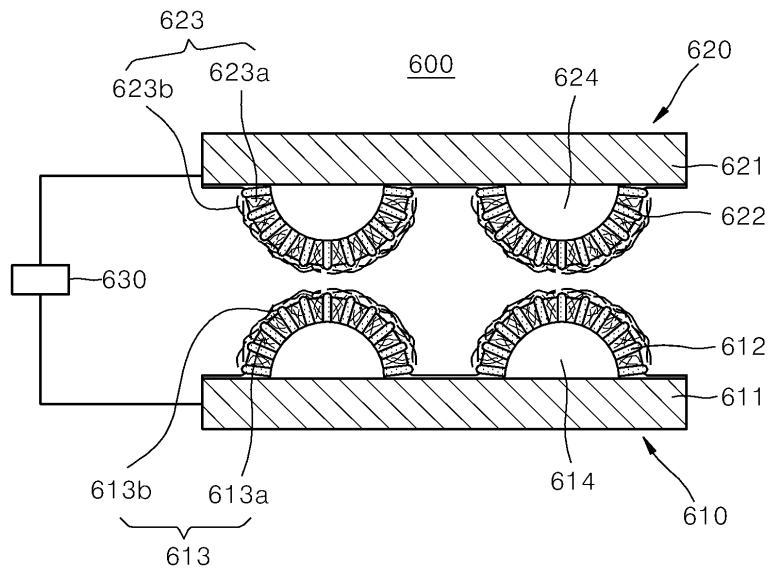
도면10



도면11



도면12



도면13

