



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0099902
(43) 공개일자 2019년08월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

A61B 5/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

A61B 5/04 (2019.01)

A61B 2562/16 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0019951

(22) 출원일자 2018년02월20일

심사청구일자 2018년02월20일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

하정숙

서울특별시 성북구 안암로 145, 신공학관 712호 (안암동5가, 고려대학교)

오승윤

서울특별시 성북구 안암로 145, 신공학관 701호 (안암동5가, 고려대학교)

(74) 대리인

김중선, 이형석

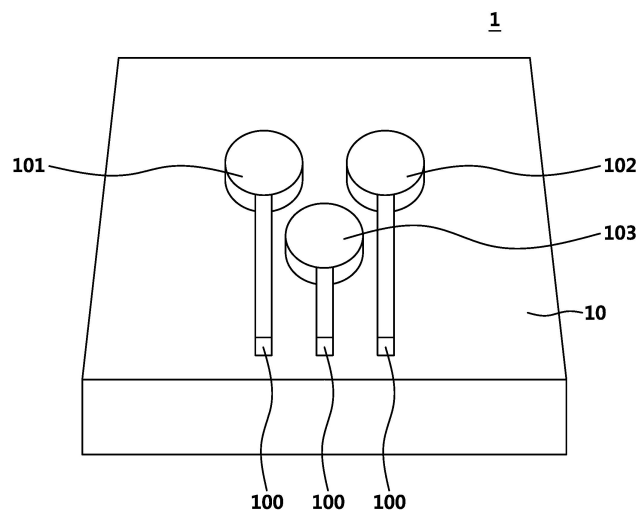
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 부착형 신축성 땀센서

(57) 요약

본 명세서는 유연기관; 상기 유연기관 상에 형성되고, 병렬적으로 연결된 제1 내지 제3 금나노전극; 상기 제1 내지 제2 금나노전극 상에 각각 형성된 제1 내지 제2 탄소층; 상기 제1 금나노전극 상에 형성된 탄소층 상에 형성된 당도측정전극; 상기 제2 탄소층 상에 형성된 산도측정전극; 및 상기 제3 금나노전극 상에 형성된 은전극;을 포함하는 유연센서를 개시한다. 상술한 발명을 땀 성분 분석에 사용함으로써 땀의 당도와 산도를 동시에 측정하는 효과를 제공할 수 있다. 또한, 본 발명의 유연센서는 신축을 반복하여도 당도와 산도의 측정이 가능하고, 신축된 상태에서도 당도와 산도의 측정이 가능하다는 특징점을 지니므로, 본 발명의 유연센서를 피부에 부착할 경우 항시적인 당도 및 산도의 측정이 담보된다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711054549

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(미래부)

연구과제명 Power dressing을 위한 슈퍼커패시터가 내장된 3차원 스트레처블 소자 공정 기술

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교

연구기간 2016.06.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

유연기관;

상기 유연기관 상에 형성되고, 병렬적으로 연결된 제1 내지 제3 금나노전극;

상기 제1 내지 제2 금나노전극 상에 각각 형성된 제1 내지 제2 탄소층;

상기 제1 탄소층 상에 형성된 당도측정전극;

상기 제2 탄소층 상에 형성된 산도측정전극; 및

상기 제3 금나노전극 상에 형성된 은전극;을 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 당도측정전극은 전이금속산화물과 탄소미립자를 포함하는 유연센서로서,

상기 전이금속산화물은 Cu, Ni, Pd, Pt, Au, Sn, Zn, W, Ti, Fe, Mo, Co, 및 Y로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 금속 내지 그 합금인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 산도측정전극은 전도성 고분자와 탄소미립자를 포함하는 유연센서로서,

상기 전도성 고분자는 폴리티오펜류 고분자 및 그 유도체, MEH-PPV류 고분자 및 그 유도체, 및 폴리아닐린류 고분자 및 그 유도체 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 전이금속산화물은 MWO_4 인 것을 특징으로 하는 유연센서로서,

상기 M은 Co, Ni, Mn, Zn, 및 Cu로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 전도성 고분자는 폴리아닐린(Polyaniline)인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 은전극에 포함된 은은 일부 또는 전부가 나노와이어 형태인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 7

유연기관의 일면에 제1 내지 제3 금나노전극을 병렬적으로 형성하는 제1단계;

상기 제1 내지 제2 금나노전극 상에 탄소층을 형성하는 제2단계

상기 제1 탄소층 상에 당도측정전극을 형성하는 제3단계;

상기 제2 탄소층 상에 산도측정전극을 형성하는 제4단계; 및

상기 제3 금나노전극 상에 은전극을 형성하는 제5단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서의 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 제1단계는,

제1 내지 제3 금나노전극의 모양대로 금나노입자를 여과하는 여과단계; 및

여과된 금나노입자 상에 유연기관을 형성하는 기관형성단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서의 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 제2단계는 제1막부착단계를 더 포함하고,

상기 제3단계는 제2막부착단계를 더 포함하고,

상기 제4단계는 제3막부착단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서의 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

상기 제5단계는,

상기 제3 금나노전극 상에 은나노와이어층을 형성하는 단계; 및

상기 은나노와이어층을 염소화시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 부착형 스트레처블 땀센서에 관한 것이다. 상세하게는 당도측정 및 산도측정이 동시에 가능한 땀센서이며, 외형이 변형된 상태에서도 당도 및 산도의 정확한 측정이 가능하다는 특징이 있다.

배경 기술

[0003] 건강에 대한 사람들의 관심이 증대되면서, 몸의 변화를 상시 측정하는 센서에 대한 관심 또한 높아지고 있다.

특히, 표적물질의 유무 및 농도를 측정함에 있어서 신체에 손상을 가하지 않는 비침습형(non-invasive) 센서에 대한 산업계 및 민간의 요구가 상당하다.

- [0004] 체액 성분의 농도 측정 방식은 대상 물질의 일부를 직접 채취하여 측정하는 침습적(invasive) 방식과 대상 물질을 채취하지 않고 측정하는 비침습적(non-invasive) 방식이 있으나 침습적 방식이 가지는 여러 문제점 때문에 비침습적으로 체액의 성분을 쉽게 진단할 수 있는 기술 개발이 계속 진행되고 있다.
- [0005] 비침습형 센서를 통하여 측정하고 하는 대표적인 체액 성분으로 당이 있다. 혈액 내의 글루코즈(Glucose)가 과다하게 녹아 있을 경우, 심장 내지 간 질환, 동맥경화증, 고혈압, 백내장, 망막출혈, 신경 손상, 청력 손상, 및 시력 감퇴가 나타날 수 있으며, 궁극적으로 사망에 이를 수 있다. 그러나, 혈액을 신체로부터 채취한 뒤에 그 당도를 검사하는 방식은 추가적인 감염의 염려가 있을 뿐만 아니라 비용적, 심리적 측면에서도 환자에게 큰 부담으로 여겨진다. 또한, 채취행위를 수반할 때에는 실시간 측정이 불가능하여 갑작스런 당도 변화에 대처하기가 쉽지 않다는 고질적인 한계점이 있다.
- [0006] 항상성이 유지되어야 하는 농도로 또한 산도를 생각할 수 있다. 체내의 산도가 일정하게 유지되지 않을 경우에는 세포의 파괴 내지 노화가 초래될 수 있으며, 체내 효소의 기능저하까지도 예상된다. 따라서, 비침습형 센서를 통한 정확한 산도의 실시간 측정 또한 헬스케어 시장의 중요한 일 목표이다.
- [0007] 다만, 종래의 비침습형 센서들은 센서부의 부피가 상당하여 신체에 직접적인 부착이 불가하여 실시간 측정이 사실상 이루어질 수 없거나, 신체에 부착을 하더라도 신축성이 부족하여 신체의 움직임에 의해 쉽게 떨어진다는 단점이 남아있다. 또한, 신축성을 확보하더라도 센서부 외에 별도의 구성을 추가하는 방식으로 신축성을 확보하는 등 제조공정이 복잡하고 단가가 높다는 단점이 남아있었다. 한편, 비슷한 맥락에서 센서의 신축에 의해 측정 성능 변화가 초래된다는 점 또한 중요한 한계점이었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1491853호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 명세서는 당도와 산도의 동시측정이 가능한 비침습적 유연센서의 제공을 일 목적으로 한다.
- [0011] 또한, 반복적인 신축에도 기능발현에 지장이 없는 유연센서를 제공하는 것을 다른 목적으로 한다.
- [0012] 더불어, 상기 유연센서를 제작함에 있어서 그 공정을 단순화함으로써 상기 유연센서의 생산 단가를 낮추는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 명세서는 유연기관; 상기 유연기관 상에 병렬적으로 형성된 제1 내지 제3 금나노전극; 상기 제1 내지 제2 금나노전극 상에 각각 형성된 제1 내지 제2 탄소층; 상기 제1 금나노전극 상에 형성된 탄소층 상에 형성된 당도측정전극; 상기 제2 탄소층 상에 형성된 산도측정전극; 및 상기 제3 금나노전극 상에 형성된 은전극;을 포함하는 유연센서를 개시한다.
- [0015] 상기 당도측정전극은 전이금속산화물과 탄소미립자를 포함하고, 상기 전이금속산화물은 Cu, Ni, Pd, Pt, Au, Sn, Zn, W, Ti, Fe, Mo, Co, Y로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 금속 내지 그 합금인 것이 바람직하다. 또한, 상기 산도측정전극은 전도성 고분자와 탄소미립자를 포함하고, 상기 전도성 고분자는 폴리티오펜류 고분자 및 그 유도체, MEH-PPV류 고분자 및 그 유도체, 및 폴리아닐린류 고분자 및 그 유도체 중 어느 하나 이

상을 포함하는 것이 바람직하다.

[0016] 더욱 구체적으로는, 상기 전이금속산화물은 MWO_4 이고, 상기 M은 Co, Ni, Mn, Zn, 및 Cu로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상인 것이 바람직하다. 또한, 상기 전도성 고분자는 폴리아닐린(Polyaniline)인 것이 더욱 바람직하다. 마찬가지로, 상기 은전극에 포함된 은은 일부 또는 전부가 나노와이어 형태인 것이 더욱 바람직하다.

[0018] 또한, 본 명세서는 유연기관의 일면에 제1 내지 제3 금나노전극을 병렬적으로 형성하는 제1단계; 상기 제1 내지 제2 금나노전극 상에 탄소층을 형성하는 제2단계; 상기 제1 금나노전극 상에 형성된 상기 탄소층 상에 당도측정전극을 형성하는 제3단계; 상기 제2 탄소층 상에 산도측정전극을 형성하는 제4단계; 및 상기 제3 금나노전극 상에 은전극을 형성하는 제5단계;를 포함하는 유연센서의 제조방법을 개시한다.

[0020] 상기 제1단계는, 제1 내지 제3 금나노전극의 모양대로 금나노입자를 여과하는 여과단계; 및 여과된 금나노입자 상에 유연기관을 형성하는 기관형성단계;를 포함할 수 있다. 또한, 상기 제2단계는 제1막부착단계를 더 포함하고, 상기 제3단계는 제2막부착단계를 더 포함하고, 상기 제4단계는 제3막부착단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 덧붙여, 상기 제5단계는, 상기 제3 금나노전극 상에 은나노와이어층을 형성하는 은적층단계; 및 상기 은나노와이어층을 염소화시키는 염소화단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 상술한 수단을 적용함으로써, 본 발명의 유연센서는 땀의 당도와 산도를 동시에 측정하는 효과를 제공할 수 있다.

[0025] 또한, 본 발명의 유연센서는 신축을 반복하여도 당도와 산도의 측정이 가능하고, 신축된 상태에서도 당도와 산도의 측정이 가능하다는 특징점을 지닌다.

[0026] 상기 특징점으로 인하여 본 발명의 유연센서를 피부에 부착할 경우 항시적인 당도 및 산도의 측정이 담보된다.

[0027] 덧붙여, 본 발명의 유연센서의 제조방법은 그 제조공정이 간단하고, 고가의 제조장비를 요구하지 않으며, 낮은 단가로 대량생산이 가능하다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예인 유연센서를 묘사한 모식도이다.

도 2는 본 발명의 제1 내지 제3 금나노전극(100)을 형성하는 단계를 간략히 설명한 개념도이다.

도 3은 여과횟수에 따른 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 특성변화를 나타낸 그래프이다.

도 4은 본 발명의 탄소층을 형성하는 단계를 간략히 설명한 개념도이다.

도 5는 본 발명의 당도측정전극(101), 산도측정전극(102) 및 은전극(103)을 형성하는 단계를 간략히 설명한 개념도이다.

도 6은 본 발명의 유연센서의 신축성을 보여주는 사진이다.

도 7은 본 발명의 유연센서의 신장(伸張)정도를 달리하여 측정한 결과를 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 유연센서를 신장시켰을 때의 각 전극의 저항변화 및 신축을 반복하였을 때 저항변화를 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 유연센서를 피부에 부착하여 신장시키거나 축소시켰을 때의 당도 및 산도 측정 결과를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 출원에서 사용하는 용어는 단지 특정한 예시를 설명하기 위하여 사용되는 것이다. 때문에 가령 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수여야만 하는 것이 아닌 한, 복수의 표현을 포함한다. 덧붙여, 본 출원에서 사용되는 “포함하다” 또는 “구비하다” 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 명확히 지칭하기 위하여 사용되는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것의 존재를 예비적으로 배제하고자 사용되는 것이 아님에 유의해야 한다.
- [0031] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진 것으로 보아야 한다. 따라서, 본 명세서에서 명확하게 정의하지 않는 한, 특정 용어가 과도하게 이상적이거나 형식적인 의미로 해석되어서는 안 된다.
- [0033] 본 발명의 유연센서
- [0034] 본 명세서는 유연기관(10); 상기 유연기관(10) 상에 병렬적으로 형성된 제1 내지 제3 금나노전극(100); 상기 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 각각 형성된 제1 내지 제2 탄소층; 상기 제1 금나노전극(100) 상에 형성된 탄소층 상에 형성된 당도측정전극(101); 상기 제2 탄소층 상에 형성된 산도측정전극(102); 및 상기 제3 금나노전극(100) 상에 형성된 은전극(103);을 포함하는 유연센서를 개시한다. 이하에서는 상기 유연센서의 각 구성요소에 대하여 자세히 서술하기로 한다.
- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예인 유연센서를 묘사한 모식도이다. 본 발명의 유연센서는 유연기관(10), 제1 내지 제3 금나노전극(100), 탄소층, 당도측정전극(101), 산도측정전극(102), 은전극(103)을 포함한다. 또한, 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)은 병렬적으로 형성되는 것이 바람직하다. 이는, 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)이 각각 물리적으로는 이격되어 있으며, 동시에 전기적으로는 연결되어 있는 것을 의미한다.
- [0037] 더하여, 상기 유연센서는 상기 당도측정전극(101), 산도측정전극(102), 은전극(103)의 일면이 일부 또는 전부 외부로 노출될 필요가 있다. 다만, 상기 당도측정전극(101) 및 산도측정전극(102)이 반드시 나란히 위치해야 하는 것은 아니며, 상기 당도측정전극(101), 산도측정전극(102), 은전극(103)의 위치가 서로 바뀔 수도 있음에 유의해야 한다. 또한, 도 1은 상기 당도측정전극(101), 산도측정전극(102), 은전극(103)의 노출면이 원형임을 상정하고 있으나, 반드시 원형일 필요는 없으며 그 외형에 제한되지 않는다.
- [0039] <본 발명의 제1 내지 제3 금나노전극(100)>
- [0040] 본 발명의 제1 내지 제3 금나노전극(100)은 유연기관(10) 상에 병렬적으로 형성되는 것이 바람직함은 전술하였다. 또한, 유연기관(10) 상에 형성된 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 두께는 일정한 것이 선호되나, 반드시 그 두께가 일정해야만 하는 것은 아니다. 다만, 특정 금나노전극(100)의 두께만이 상이할 경우, 측정성능이 제한될 우려가 있다.
- [0041] 또한, 도 1을 참조하면, 제1 내지 제3 금나노전극(100)이 일단이 유연센서의 일측 방향으로 노출되어 있는 것을 확인할 수 있다. 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 일단이 반드시 센서의 동일한 일측 방향으로 노출되어야 하는 것은 아니다. 또한, 도 1에서는 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 노출된 부분의 길이가 특정하고 있으나, 그 길이가 제한되는 것은 아니며, 반드시 특정 금나노전극(100)의 노출된 부분의 길이가 다른 금나노전극(100)의 노출된 부분에 비하여 더 짧아야 하는 것도 아니다.
- [0043] 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)은 실제 전류가 흐를 수 있기 때문에 전극으로서 기능한다. 따라서 본 명세서에서는 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)을 '전극'으로서 칭하고 있으나, 상기 구성들을 단순히 금나노'층' 내지 금나노'체' 등으로 칭하는 것도 가능하다.
- [0044] 또한, 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)은 단순히 금박의 형태가 아니라 금 나노입자를 포함하고 있음을 특징으로 한다. 상기 금 나노입자의 형태에 특별히 제한이 있는 것은 아니며, 나노플라워, 나노와이어, 나노로드,

나노입자 등의 형태를 모두 포함할 수 있다.

[0045] 다만, 상기 금 나노입자들이 적층된 구조를 가지는 것이 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 신축성을 확보함에 있어서 바람직하다. 적층된 구조란 상기 다양한 형태의 나노물질들이 규칙적으로 또는 불규칙적으로 누적되어 층이 형성되는 것을 의미한다. 나노 물질들이 적층된 구조를 가지는 방법에 관해서는 후술하기로 한다.

[0047] <본 발명의 작동전극>

[0048] 본 발명의 작동전극은 상기 제1 내지 제2 탄소층 상에 형성되는 것을 특징으로 한다. 상기 탄소층은 탄소나노튜브, 그래핀, 그래파이트 등과 같은 탄소미립자가 누적된 층을 의미한다. 상기 탄소층은 1차원 내지 2차원 미세 구조를 가지는 탄소미립자를 포함함으로써 신축가능하고, 신축에 의해 외형이 변형된 상태에서도 전기전도성이 일정하게 유지되는 특성이 있다. 또한, 탄소층을 상기 제1 내지 제2 금나노전극(100)에 우선하여 적층함으로써 이후 당도측정전극(101) 및 산도측정전극(102)을 적층하는 공정이 간단해진다. 상세한 공정에 대해서는 후술하기로 한다.

[0050] 상기 당도측정전극(101)은 땀에 포함된 글루코스의 농도를 측정하는 전극이다. 상기 당도측정전극(101)은 생체 유래 효소인 글루코스 분해효소를 포함하지 않는다는 점에 주의할 필요가 있다. 본 발명의 당도측정전극(101)은 오로지 전이금속산화물과 탄소미립자만을 포함한다. 상기 탄소미립자는 탄소나노튜브, 그래핀, 그래파이트 등을 포함한다.

[0051] 상기 탄소미립자에 상기 전이금속산화물의 나노입자가 결합된 상태로 존재하게 된다. 더욱 구체적으로, 상기 탄소미립자가 탄소나노튜브인 경우에는, 상기 탄소나노튜브의 외면에 상기 전이금속산화물의 나노입자가 불규칙하게 결합된 형태를 가진다.

[0053] 상기 전이금속산화물의 나노입자 표면에서 글루코스가 직접 산화되며, 이 과정에서 생성된 전자가 상기 탄소미립자를 통하여 금나노전극(100)으로 전달된다. 따라서 상기 전이금속산화물은 측정대상인 글루코스를 산화시킬 수 있을 정도이면 충분하며, 전이금속의 종류는 특별히 제한되는 것은 아니다. 상기 전이금속산화물의 예시로서 Cu, Ni, Pd, Pt, Au, Sn, Zn, W, Ti, Fe, Mo, Co, Y로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 금속 내지 그 합금을 고려할 수 있다.

[0055] 특히, Co, Ni, Mn, Zn, 및 Cu로 이루어진 군(M)에서 선택된 하나 이상의 금속과 W의 합금인 MWO_4 는 글루코스와 높은 반응성을 보이는 동시에, 산화-환원반응을 반복하여도 그 격자구조가 훼손되지 않는 높은 화학적 안정성을 가진다. 그리고 W가 다양한 원자가 상태로 존재할 수 있어 높은 전기적 전도성을 보여준다. 따라서, 상기 전이금속산화물로서 $CoWO_4$, $NiWO_4$, $ZnWO_4$, $CuWO_4$ 등의 전이금속 텅스테이트(tungstate) 산화물이 포함되는 것이 바람직하다.

[0056] 또한, Co 산화물을 작동전극에 포함할 경우에는 추가로 높은 전기전도성과 높은 전류용량을 확보할 수 있다는 장점이 있다. 덧붙여, Co 산화물은 안정적인 Redox 사이클을 보인다는 점을 고려하였을 때, Co 산화물이 포함된 전극 반복측정의 정확성 측면에서 추가적인 장점이 있다. 더욱 상세하게, W와 Co 합금의 산화물인 $CoWO_4$ 는 글루코스의 산화반응을 촉진하는 촉매로서 높은 선택성과 민감성, 재현성을 가진다.

[0058] 상기 산도측정전극(102)은 땀에 포함된 양성자의 농도를 측정하는 전극이다. 상기 산도측정전극(102)은 전도성 고분자와 탄소미립자를 포함한다. 상기 전도성 고분자는 땀에 포함된 양성자와 직접 산-염기 반응을 진행한다는 점에서 약한 염기성을 띠는 것이 바람직하다. 상기 탄소미립자는 탄소나노튜브, 그래핀, 그래파이트 등을 포함한다.

[0059] 상기 산도측정전극(102)에 포함된 전도성 고분자는 땀에 포함된 양성자와 산-염기반응을 진행하며, 그 결과 부분적으로 (+) 전하를 띠게 된다. 이는 상기 전도성 고분자가 p형 고분자임 의미한다. P형 고분자는 전자가 아닌

정공(Hole)을 전달하는 고분자를 의미한다.

[0060] 따라서, 본 발명의 산도측정전극(102)에 포함될 전도성 고분자는 p형 고분자이면 충분하다. 그 예시로서, 폴리티오펜류 고분자 및 그 유도체, MEH-PPV류 고분자 및 그 유도체, 폴리아닐린류 고분자 및 그 유도체 등을 고려할 수 있다. 특히, 폴리아닐린류 고분자는 나노섬유 형태로 준비가 가능하다는 특징점이 있다. 나노 섬유형태의 폴리아닐린을 산도측정전극(102)에 포함함으로써 상기 산도측정전극(102)의 신축성을 증대시키는 한편, 신축된 상태에서도 일정한 전기전도성을 확보할 수 있다.

[0062] <본 발명의 기준전극>

[0063] 기준전극은 직접 반응에 참여하지는 않으나 작동전극의 발생전위를 측정하기 위하여 전위의 기준 값을 제공하는 전극을 의미한다. 본 발명의 기준전극은 은을 포함한다. 상기 은은 나노입자가 적층된 형태인 것이 바람직하다. 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)이 나노입자의 적층을 통하여 신축성을 확보하였던 것과 같이 상기 은전극(103) 또한 나노입자를 적층함으로써 신축성을 확보할 수 있다.

[0064] 특히, 상기 적층된 은 나노입자는 나노와이어 형태인 것이 가장 바람직하다. 나노와이어 형태의 은을 포함함으로써 기준전극 자체도 신축성을 확보할 수 있으며, 동시에 본 발명의 유연센서 전체가 신축된 상태에서도 기준전위 값을 일정하게 유지할 수 있게 된다. 나노와이어의 경우 신축을 반복하여도 그 연결성이 훼손되지 않는다는 특징점이 있다.

[0066] 또한, 본 발명의 기준전극으로서 특별히 은전극(103)을 언급하고 있으나, 본 발명의 기준전극이 반드시 '은'으로만 구성되어야 하는 것은 아니다. 통상의 기술자는 그 사용 목적에 비추어 다양한 종류의 기준전극을 응용하여 사용할 수 있을 것이다. 또한 비슷한 맥락에서 보조기준전극을 추가하는 방안 또한 고려할 수 있다.

[0068] 더하여, 본 발명의 유연센서는 땀에 포함된 글루코스가 산화함으로써 생성되는 전자의 흐름과 땀에 포함된 양성자와 반응함으로써 발생하는 전압차이를 동시에 측정하는 것이 가능하다. 즉, 본 발명의 당도측정센서는 일종의 루이스 산(Lewis Acid)이므로 땀에 포함된 양성자와 산-염기 반응을 진행하지 않으며, 반대로 본 발명의 산도측정센서는 일종의 약한 염기이므로 땀에 포함된 글루코스를 산화시키지 못한다. 따라서, 땀의 당도와 산도를 동시에 측정하더라도 측정된 값의 교란이 발생하지 않는다는 것이 본 발명의 유연센서의 일 장점이다.

[0069] 더불어, 본 발명의 유연센서에 있어서 작동전극, 기준전극, 및 제1 내지 제3 금나노전극(100)까지 모두 신축성을 확보하고 있다는 사실이 본 발명의 사상을 이해함에 있어서 중요한 특징임을 환기하고자 한다. 상기 모든 전극이 간단한 구성을 통하여 신축성을 확보함으로써 인하여, 비로소 본 발명의 유연센서가 물리적 변형이 가해진 경우에도 정상적으로 기능할 수 있게 된다. 상기 전극 중 어느 한 전극이라도 그 신축성을 확보하지 못한다면 물리적 변형에 의하여 정상적인 기능발휘가 제한될 수도 있음에 유의해야 한다.

[0071] 본 발명의 유연센서의 제조방법

[0072] 본 발명의 유연센서를 제조하는 방법은 유연기관(10)의 일면에 제1 내지 제3 금나노전극(100)을 병렬적으로 형성하는 제1단계; 상기 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 탄소층을 형성하는 제2단계; 상기 제1 금나노전극(100) 상에 형성된 상기 탄소층 상에 당도측정전극(101)을 형성하는 제3단계; 상기 제2 탄소층 상에 산도측정전극(102)을 형성하는 제4단계; 및 상기 제3 금나노전극(100) 상에 은전극(103)을 형성하는 제5단계;를 포함한다.

[0073] 다만, 상기 제3단계 내지 제5단계의 순서를 바꾸는 것 또한 가능하다. 가령 상기 제2단계가 완료된 후에 상기 제5단계를 실시하고, 그 후에 상기 제3단계와 제4단계를 순차적으로 진행하는 방안을 고려할 수 있다. 따라서, 더욱 추상적으로는 본 발명의 제조방법은 제1 내지 제3 금나노전극(100)을 병렬적으로 형성하는 단계, 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 탄소층을 형성하는 단계, 및 작동전극과 기준전극을 형성하는 단계를 포함한다고 할 수 있다.

[0075] < 본 발명의 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 제조방법>

- [0076] 구체적으로, 상기 제1단계는 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 모양대로 금나노입자를 여과하는 여과단계(S11); 및 여과된 금나노입자 상에 유연기관(10)을 코팅하는 코팅단계;로 세분화될 수 있다. 상기 여과단계(S11)는 일 회 이상 반복될 수 있다.
- [0077] 상기 여과단계(S11)에 있어서, 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 모양대로 천공된 막의 모양상에 제한이 있는 것은 아니다. 통상의 기술자는 본 발명의 유연센서의 모양을 고려하여 상기 천공된 막의 모양을 자유로이 결정할 수 있다. 다만, 당도와 산도를 동일한 비중으로 측정하고자 할 때에는, 당도측정전극(101)이 적층될 제1 금나노전극(100)과 산도측정전극(102)이 적층될 제2 금나노전극(100)을 동일한 형태로 형성하는 것이 바람직할 것이다.
- [0078] 또한, 상기 천공된 막에서 '천공'은 막의 일부분이 완전히 부재하는 것을 의미한다. 특히, 이 경우에는 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 모양에 상응하는 부분만이 부재한 것을 의미한다. 따라서, 상기 천공된 부분에 금나노입자를 채우고 여과하는 것이 가능하다.
- [0080] 도 2는 본 발명의 제1 내지 제3 금나노전극(100)을 형성하는 단계를 간략히 설명한 개념도이다. 본 발명에 있어서, 제1 내지 제3 금나노전극(100)은 간단한 여과를 통해 형성되는 것을 특징으로 한다. 금 나노입자의 반복적인 여과를 통하여, 금 나노입자의 적층구조를 구현한다. 따라서, 고가의 공정장비를 요구하지 않으면서도, 신속성 있는 금나노전극(100)의 형성이 가능하다.
- [0081] 도 2를 참조하여 구체적인 여과방식을 설명하자면, 필터 위에 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 모양대로 천공된 막을 부착한다. 본 단계를 부착단계(S11)로 칭한다. 실제로는 이 때 막 상에 천공된 모양에 의해 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 외양이 결정된다는 점은 전술하였다.
- [0082] 상기 천공된 부분을 통하여 금 나노입자를 여과하는 것이 가능하다. 여과 후에는 적층된 금 나노입자를 건조하는 단계를 거칠 수 있다. 또한, 일 회 이상의 여과단계(S11)를 포함할 수 있다. 본 단계를 여과단계(S11)로 칭한다.
- [0084] 상기 여과단계(S11)를 통하여 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 외양이 완성된다. 제1 내지 제3 금나노전극(100)이 충분히 적층된 경우, 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 상에 유연기관(10)을 형성한다. 유연기관(10) 상에 금 나노전극을 형성하는 것이 아니고, 역으로 금 나노전극 상에 유연기관(10)을 형성하는 것이므로 유연기관(10)을 선택함에 있어서 특별한 제한이 부가되지 않는다. 본 단계를 기관형성단계(S13)로 칭한다.
- [0085] 상기 유연기관(10)을 코팅하는 방법은 특별히 한정되지 않으며, 스핀코팅(Spin coating), 분무코팅(spray coating), 롤코팅(roll coating), 딥코팅(dip coating), 및 잉크젯 코팅(ink-jet coating) 등을 고려할 수 있다.
- [0086] 상기 유연기관(10)의 예시로서, PDMS(Poly dimethyl siloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리카보네이트(Poly carbonate), PMMA(Poly methyl methacrylate), 사이클릭올레핀 코폴리머(COC;Cyclo olefin copolymer), 파릴렌(Parylene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT), 폴리실란(polysilane), 폴리실록산(polysiloxane), 폴리실라잔(polysilazane), 폴리카르보실란(polycarbosilane), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메타크릴레이트 (polymethacrylate), 폴리메틸아크릴레이트(polymethylacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸아크릴레이트(polyethylacrylate), 폴리에틸메타크릴레이트(polyethylmetacrylate), 사이클릭올레핀 폴리머 (COP), 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리스타이렌(PS), 폴리아세탈(POM), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에스테르설폰(PES), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리비닐리덴플로라이드 (PVDF), 퍼플루오로알킬 고분자(PFA) 중 어느 하나로 구성되거나 이들의 조합을 고려할 수 있다.
- [0087] 상기 유연기관(10)이 충분히 경화되어 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)이 상기 유연기관(10)의 일면에 충분히 부착되면 상기 코팅단계가 마무리 된다. 코팅단계를 거쳐 형성된 유연기관(10) 및 유연기관(10) 상에 형성된 제1 내지 제3 금나노전극(100)로부터 필터를 제거한다.
- [0089] 도 3은 여과횟수에 따른 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 특성변화를 나타낸 그래프이다. 도 3의 (a)는 여과횟

수 증가에 따른 표면 저항(Sheet resistance)의 변화를 나타낸다. 도 3의 (b)는 여과횟수 증가에 따른 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 두께 변화를 나타낸다.

[0090] 도 3의 (a)를 참조하면, 여과횟수가 증가할수록 표면 저항은 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이는 도 3의 (b)에 나타난 바와 같이 여과횟수가 증가할수록 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 두께가 증가하기 때문이다. 두께 증가는 상기 금나노전극(100)의 단면적 증가로 이어지며, 단면적이 증가할수록 표면 저항은 반비례로 감소하게 된다. 특히, 여과를 4회 반복한 경우에는 표면 저항 값이 $3\Omega/\text{sq}$ 이하로 줄어들었다. 이는 본 발명의 여과방식을 통하여 높은 전도성의 확보가 가능함을 의미하며, 높은 전도성을 확보할 수 있다는 점은 센서의 측면에서 높은 민감성을 확보할 수 있다는 것을 의미한다.

[0091] 또한, 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)의 두께가 증가할수록 그 신축성도 증가하는 것을 확인할 수 있다. 신축에 의하여 상기 제1 내지 제3 금나노전극(100)에 적층된 금 나노입자 간의 접촉이 완전히 상실되지 않는 한 전기전도성은 일정하게 유지될 것이 자명하기 때문이다.

[0092]

[0093] < 본 발명의 작동전극의 제조방법>

[0094] 도 4은 본 발명의 탄소층을 형성하는 단계를 간략히 설명한 개념도이다. 상기 제1단계에서와 마찬가지로 원하는 모양대로 천공된 마스크를 부착한다. 이 단계를 제1막부착단계(S21)로 칭한다. 특히, 상기 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 작동전극이 형성될 것이므로, 각각의 작동전극의 모양대로 천공된 막을 사용한다. 상기 막을 상기 막의 천공된 부분이 상기 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 작동전극이 적층될 부분에 올 수 있도록 주의하여 부착한다. 막을 정확히 부착하지 않을 시에는, 원하지 않는 부분에 탄소층이 형성되거나 원하는 부분에 탄소층이 형성되지 않을 수 있다.

[0096] 제1막부착단계(S21)의 완료 이후 탄소층코팅단계(S22)가 진행된다. 탄소층을 형성하는 구체적인 방법으로는, 양전하를 띠는 탄소미립자가 포함된 용액을 사용하여 상기 막이 부착된 금나노전극(100)을 코팅한다. 그 후, 반대로 음전하를 띠는 탄소미립자가 포함된 용액을 사용하여 다시 한번 금나노전극(100)을 코팅한다. 이를 반복하여 상기 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 탄소미립자를 적층한다. 양전하를 띠는 탄소미립자와 음전하를 띠는 탄소미립자를 반복하여 적층하므로, 상기 코팅은 정전기적 인력에 의하여 이루어진다. 정전기적 인력을 활용함으로써, 적층두께를 일정하게 유지할 수 있다는 장점이 있다.

[0098] 다만, 상기와 같은 코팅은 도4와 같이 반드시 딥 코팅에 의하여 이루어져야 하는 것은 아니다. 딥 코팅 외에도 스핀코팅(Spin coating), 분무코팅(spray coating), 롤코팅(roll coating), 및 잉크젯 코팅(ink-jet coating) 등을 고려할 수 있다. 또한, 상기 탄소미립자의 형태로서 나노플라워, 나노로드, 나노입자 등의 형태를 모두 포함할 수 있다. 다만, 특히 나노튜브 형태의 탄소미립자가 신축성과 전도성을 모두 확보할 수 있다는 측면에서 바람직하다. 탄소층이 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 적층된 형태를 이하 LbL-탄소미립자(Layer-by-Layer) 필름이라 칭한다.

[0100] 상기 LbL-탄소미립자 필름의 탄소층은 마지막으로 적층된 탄소미립자가 하전된 전하와 동일한 전하를 띠는 점에 주의할 필요가 있다. 상기 탄소층과 반대로 하전된 탄소미립자를 활용하여 각각의 작동전극을 매우 간단하게 상기 탄소층 상에 형성할 수 있다.

[0102] 이하 단계에서도 마찬가지로 각 측정전극의 모양대로 천공된 막을 활용한다. 상기 제2단계와 상기 제3단계의 사이에 상기 당도측정전극(101)의 모양대로 천공된 막을 부착하는 단계를 제2막부착단계(S31)라 하며, 상기 제3단계와 상기 제4단계의 사이에 상기 산도측정전극(102)의 모양대로 천공된 막을 부착하는 단계를 제3막부착단계(S41)라 한다. 상기 제2막부착단계(S31)와 제3막부착단계(S41)를 더 포함함으로써 상기 작동전극을 형성하는 공정이 매우 간단해지며, 작동전극의 두께 또한 균일하게 형성할 수 있다.

- [0104] 도 5는 본 발명의 당도측정전극(101), 산도측정전극(102) 및 은전극(103)을 형성하는 단계를 간략히 설명한 개념도이다. 제2막부착단계(S31)에서, 제1 금나노전극(100) 상에 형성된 탄소층 만이 노출되도록 천공된 막을 부착한다. 그 후, 상기 탄소층 상에 전이금속산화물과 탄소미립자를 코팅한다. 본 발명의 제3단계를 상술하면 다음과 같다.
- [0105] 구체적으로, 상기 탄소미립자에 상기 전이금속산화물의 나노입자가 결합된 상태로 존재하게 된다. 또한, 상기 탄소미립자는 상기 탄소층과 반대로 하전된 것이 바람직하다. 더욱 구체적으로는, 상기 탄소미립자가 탄소나노튜브인 경우에, 상기 탄소나노튜브의 외면에 상기 전이금속산화물의 나노입자가 불규칙하게 결합된 형태를 가진다. 상기 탄소나노튜브와 반대로 하전된 탄소층 사이에 정전기적 인력이 발생하여 상기 탄소층이 추가로 코팅되는 과정에서 상기 전이금속산화물 또한 상기 탄소층 상에 코팅된다.
- [0107] 본 발명의 제4단계는 상기 제3단계와 동일한 방식으로 진행된다. 전도성 고분자와 탄소미립자는 반데르발스 인력 내지 π -stacking을 통하여 결합된 상태로 존재한다. 또한 상기 탄소미립자는 상기 제2 탄소층과 반대로 하전된 것을 특징으로 한다. 따라서, 상기 탄소미립자가 상기 탄소층과의 정전기적 인력에 의해 상기 탄소층 상에 코팅되는 과정에서 상기 전도성 고분자 또한 상기 탄소층 상에 코팅된다. 상술한 바와 같이, 상기 제3단계와 상기 제4단계의 사이에 제3막부착단계(S41)를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0109] 상기 제3단계 및 제4단계에서의 코팅 방법은 특별히 한정되지 않으며, 스핀코팅(Spin coating), 분무코팅(spray coating), 롤코팅(roll coating), 딥코팅(dip coating), 및 잉크젯 코팅(ink-jet coating) 등을 고려할 수 있다.
- [0112] <본 발명의 기준전극의 제조방법>
- [0113] 본 발명의 제5단계는, 상기 제3 금나노전극(100) 상에 은나노와이어층을 형성하는 은적층단계(S51); 및 상기 은나노와이어층을 염소화시키는 염소화단계(S52);로 세분화될 수 있다. 도 5를 참조하면, 상기 은나노와이어층을 형성하는 단계는 상기 제3 금나노전극(100) 상에 은나노와이어층을 코팅하는 방식으로 이루어진다. 이 때, 단계에서의 코팅 방법은 특별히 한정되지 않으며, 스핀코팅(Spin coating), 분무코팅(spray coating), 롤코팅(roll coating), 딥코팅(dip coating), 및 잉크젯 코팅(ink-jet coating) 등을 고려할 수 있다.
- [0114] 상기 은나노와이어층을 상기 제3 금나노전극(100) 상에 형성한 후에 은나노와이어를 염소화(Chlorination)한다. 염소화의 방식은 특별히 제한되지 않으며, 염화철, 염화망간, 염화바나듐, 염화구리, 염화아연 등 다양한 염화물을 사용하여 염소(Cl)를 공급할 수 있다.
- [0115] 일반적인 기준전극이 은 표면을 우선 염소화하여 염화은을 형성한 후에 만들어지는 것과 달리, 본 발명의 은전극(103)은 은나노와이어층을 우선하여 형성한 후에 상기 은나노와이어층을 염소화 한다는 점이 기존의 방법과 상이하다. 은전극(103)에 은나노와이어를 직접적으로 포함함으로써 은전극(103) 자체의 신축성이 증가할 수 있다는 점에 대해서는 전술하였다.
- [0117] 당도측정전극(101), 산도측정전극(102), 및 은전극(103)이 모두 형성된 후에 PVB(Polyvinyl butyral)과 같은 절연성 고분자로 본 발명의 유연센서를 코팅한다. 이 때에, 상기 세 전극의 일면이 일부 또는 모두 노출되도록 코팅하는 것이 중요하다. 절연층의 코팅이 완료되면, 마찬가지로 상기 절연층 상에 피부와 접촉할 수 있는 물질(가령, 접착성 실리콘)을 코팅한다.
- [0119] <본 발명의 유연센서의 신축성>
- [0120] 도 6은 본 발명의 유연센서의 신축성을 보여주는 사진이다. 본 발명의 유연센서는 그 구성요소가 모두 신축 가능한 것을 특징으로 한다. 특히, 본 발명의 일 실시예인 유연센서는 상기 탄소층에 탄소나노튜브를 포함한다. 동시에 당도측정전극(101) 및 산도측정전극(102) 형성 시에 포함되는 탄소미립자로서 또한 탄소나노튜브를 포함

한다. 따라서 유연센서에 포함된 모든 전극이 뛰어난 신축성을 확보한다. 가령, 도 6을 참조하면, 본 발명의 일 실시예인 유연센서가 30% 이상 신장이 가능한 것을 확인할 수 있다.

[0122] 이하, 실시예들을 참조하여 본 명세서가 청구하는 바에 대하여 더욱 자세히 설명한다. 다만, 본 명세서에서 제시하고 있는 실시예 등은 통상의 기술자에게 의하여 다양한 방식으로 변형되어 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 본 명세서의 기재사항은 본 발명을 특정 개시 형태에 한정되는 것이 아니다. 본 발명은 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 균등물 내지 대체물을 포함하고 있는 것으로 보아야 한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명을 통상의 기술자로 하여금 더욱 정확하게 이해할 수 있도록 돕기 위하여 제시되는 것으로서 실제보다 과장되거나 축소되어 도시될 수 있다.

[0124] {실시예 및 시험예}

[0125] <실시예 및 비교예>

[0126] 실시예 1. 당도측정전극(101)에만 탄소나노튜브를 추가로 포함한 유연센서.

[0127] 상술한 본 발명의 유연센서 제조방법에 따라 제조하되, 별도의 당도측정전극(101)에만 탄소나노튜브를 추가로 첨가하였다. 산도측정전극(102)에는 탄소나노튜브가 아닌 카본블랙을 첨가하였으며, 별도의 탄소층을 제2 금나노전극(100) 상에 형성하지 않았다. 은전극(103)에는 은나노와이어를 포함하였다. 또한, 전이금속산화물로서 CoWO_4 를 사용하였으며, 전도성 고분자는 폴리아닐린을 사용하였다.

[0129] 실시예 2. 산도측정전극(102)에만 탄소나노튜브를 추가로 포함한 유연센서.

[0130] 상술한 본 발명의 유연센서 제조방법에 따라 제조하되, 산도측정전극(102)에만 탄소나노튜브를 추가로 첨가하였다. 당도측정전극(101)에는 탄소나노튜브가 아닌 카본블랙을 첨가하였으며, 별도의 탄소층을 제1 금나노전극(100) 상에 형성하지 않았다. 은전극(103)에는 은나노와이어를 포함하였다. 또한, 전이금속산화물로서 CoWO_4 를 사용하였으며, 전도성 고분자는 폴리아닐린을 사용하였다.

[0133] 비교예 1. 당도측정전극(101) 및 산도측정전극(102)에 탄소나노튜브를 포함하지 않고, 은전극(103)에 은나노와이어를 포함한 유연센서.

[0134] 상술한 본 발명의 유연센서 제조방법에 따라 제조하되, 탄소층을 제1 내지 제2 금나노전극(100) 상에 형성하지 않았다. 또한 당도측정전극(101)과 산도측정전극(102)에 모두 카본블랙만을 첨가하였다. 또한, 전이금속산화물로서 CoWO_4 를 사용하였으며, 전도성 고분자는 폴리아닐린을 사용하였다.

[0137] 비교예 2. 당도측정전극(101) 및 산도측정전극(102)에 탄소나노튜브를 포함하되, 은전극(103)에 은나노와이어를 포함하지 않은 유연센서.

[0138] 상술한 본 발명의 유연센서 제조방법에 따라 제조하되, 은나노와이어가 첨가되지 않은 통상의 은/염화은 전극을 제3 금나노전극(100) 상에 형성시켰다. 또한, 전이금속산화물로서 CoWO_4 를 사용하였으며, 전도성 고분자는 폴리아닐린을 사용하였다.

[0140] <평가>

[0141] 상기 실시예 1은 유연센서가 30% 이상 신장된 경우에도 정상적으로 당도측정이 가능하였으나, 유연센서가 5% 이상 신장된 경우에는 산도측정이 정상적으로 이루어지지 않았다. 반대로 상기 실시예 2는 유연센서가 30% 이상

신장된 경우에도 정상적으로 산도측정이 가능하였으나, 유연센서가 5% 이상 신장된 경우에는 당도측정이 정상적으로 이루어지지 않았다.

[0142] 이와 달리, 비교예 1의 경우에는 유연센서가 5%만 신장되어도 당도 및 산도측정이 모두 이루어지지 않았다. 비교예 2의 경우에는 유연센서가 5%만 신장되어도 마찬가지로 당도 및 산도측정이 모두 이루어지지 않았다. 비교예 1의 경우, 실제 당도측정전극(101) 및 산도측정전극(102)으로부터 전류가 발생하지 않은 것으로 사료되며, 비교예 2의 경우에는 기준전극의 기능발현 실패로 인하여 전류는 발생하되 그 값이 측정되지 않은 것으로 사료된다.

[0144] 도 7은 본 발명의 유연센서의 신장(伸張)정도를 달리하여 측정한 결과를 도시한 그래프이다. 구체적으로, 도 7의 (a) 및 (c)는 실시예 1의 유연센서가 탐의 당도를 측정한 결과이며, 도 7의 (b) 및 (d)는 실시예 2의 유연센서가 탐의 산도를 측정한 결과이다. 도 7의 (a) 및 (b)에서는 신축 정도를 달리하였을 때의 측정결과를 색을 달리하여 표현하였다.

[0146] 도 7의 (a)를 참조하면, 글루코스의 농도가 증가할수록 전류밀도가 선형적으로 변하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 신축정도를 달리하였을 때의 전류밀도 값이 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 도 7의 (a)의 좌상단에 삽입된 그래프는 실시예 1을 신장하였을 때, 감도 변화를 비교한 것이다. 0% 신장하였을 때의 감도를 S_0 라하고 각각 신장하였을 때의 감도를 S 라고 할 때, S/S_0 값이 Y축에 해당한다. 신장비율을 30%까지 증가시켜도 S/S_0 값이 1에 가까운 것을 확인할 수 있다.

[0147] 또한, 도 7의 (c)를 참조하면, 실시예 1의 유연센서를 1000회 이상 반복하여 신축하여도 최초의 감도 값인 S_0 와 신축 후 감도 값인 S 의 비가 소폭의 등락은 있으나 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이는 실시예 1의 당도측정전극(101)이 반복되는 신축에도 그 연결구조가 훼손되지 않고 지속적으로 정상적인 측정이 가능함을 의미한다.

[0149] 도 7의 (b)를 참조하면, 산도가 증가할수록 OCP(Open Circuit Potential) 값이 선형적으로 변하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 신축정도를 달리하였을 때의 OCP 값이 거의 유사한 것을 확인할 수 있다. 도 7의 (b)의 우상단에 삽입된 그래프는 실시예 2을 신장하였을 때, 감도 변화를 비교한 것이다. 0% 신장하였을 때의 감도를 S_0 라하고 각각 신장하였을 때의 감도를 S 라고 할 때, S/S_0 값이 Y축에 해당한다. 신장비율을 30%까지 증가시켜도 S/S_0 값이 1에 가까운 것을 확인할 수 있다.

[0150] 또한, 도 7의 (d)를 참조하면, 실시예 2의 유연센서를 1000회 이상 반복하여 신축하여도 최초의 감도 값인 S_0 와 신축 후 감도 값인 S 의 비가 소폭의 등락은 있으나 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 이는 실시예 2의 당도측정전극(101)이 반복되는 신축에도 그 연결구조가 훼손되지 않고 지속적으로 정상적인 측정이 가능함을 의미한다.

[0152] <시험예>

[0153] 1. 신축성 시험

[0154] 도 8은 본 발명의 유연센서를 신장시켰을 때의 각 전극의 저항변화 및 신축을 반복하였을 때 저항변화를 도시한 그래프이다. 상기 유연센서는 본 발명의 제조방법에 따라 만들어졌다. 전이금속산화물은 CoWO_4 이고 전도성 고분자는 폴리아닐린이며, 각 작동전극에 추가로 탄소나노튜브가 포함되었다.

[0155] 도 8의 (a)는 0%에서부터 50%까지 상기 유연센서를 길이방향으로 신장하였을 때의 저항변화를 측정한 것이다. 0% 신장하였을 때의 저항이 R_0 이며, 각각 신장하였을 때의 저항 값을 R 이라고 한다. 도 8의 (a)를 참조하면, 50%까지 길이방향으로 상기 유연센서를 신장시키더라도 R/R_0 값이 모든 전극에서 1로 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 특히, 당도측정전극(101)과 은전극(103)은 저항 값의 변화가 사실상 없는 것으로 나타났다.

- [0156] 도 8의 (b)는 상기 유연센서를 길이방향으로 신축하는 것을 반복하였을 때의 저항변화를 측정하는 것이다. 0회 신축하였을 때의 저항이 R_0 이며, 각 회 신축하였을 때의 저항 값을 R 이라 한다. 도 8의 (b)를 참조하면, 1000회 신축을 반복할 때까지 R/R_0 값이 모든 전극에서 1로 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다. 특히, 당도측정전극(101)과 은전극(103)은 저항 값의 변화가 사실상 없는 것으로 나타났다.
- [0157] 도 8의 (a) 및 (b)를 종합하면, 본 발명의 유연센서에 포함된 각 전극은 신장된 상태에서도 기능 발현에 차이가 발생하지 않으며, 또한 신축을 반복하여도 기능 발현에 차이가 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 본 발명의 유연센서가 피부에 부착된 상태에서 격렬한 운동을 반복할지라도, 본 발명의 유연센서가 성공적으로 땀의 당도 및 산도의 실시간 변화를 측정할 수 있음을 의미한다. 상기와 같은 한계 상황(반복적이고 격렬한 운동)에서도 당도 및 산도의 실시간 측정이 가능하다는 점은 일상생활에서의 실시간 측정이 가능함을 담보한다.
- [0158]
- [0159] 2. 신축 상태에서의 측정 시험
- [0160] 도 9는 본 발명의 유연센서를 피부에 부착하여 신장시키거나 축소시켰을 때의 당도 및 산도 측정 결과를 도시한 것이다. 도 9의 적색점은 땀의 산도 측정 결과를, 청색점은 땀의 당도 측정 결과를 도시한 것이다. 도 9의 신장 상태는 길이방향으로 상기 유연센서를 30% 늘렸을 때의 측정결과이며, 축소상태는 길이방향으로 상기 유연센서를 30% 줄였을 때의 측정결과이다.
- [0161] 당도 측정의 경우, 유연센서를 신장하였을 때와 축소하였을 때의 측정결과를 신축하지 않았을 때의 측정결과와 비교하였을 때 그 차이 값이 0.003mM 이하였다. 측정하고자 하는 땀의 당도가 실제로는 0.125mM이었으므로 오차율은 2.5%미만이었다.
- [0162] 또한, 산도 측정의 경우, 유연센서를 신장하였을 때와 축소하였을 때의 측정결과를 신축하지 않았을 때의 측정결과와 비교하였을 때 그 차이 값이 0.08 이하였다. 측정하고자 하는 산도가 실제로는 4.02이었으므로 오차율은 1.5%미만이었다.
- [0163] 따라서, 도 9를 참조하면, 본 발명의 유연센서는 설령 신장되거나 축소되더라도 측정을 수행함에 있어서 제한이 없으며, 신장 내지 축소된 상태에서의 측정 결과도 높은 정확성을 갖는 것을 확인할 수 있다.

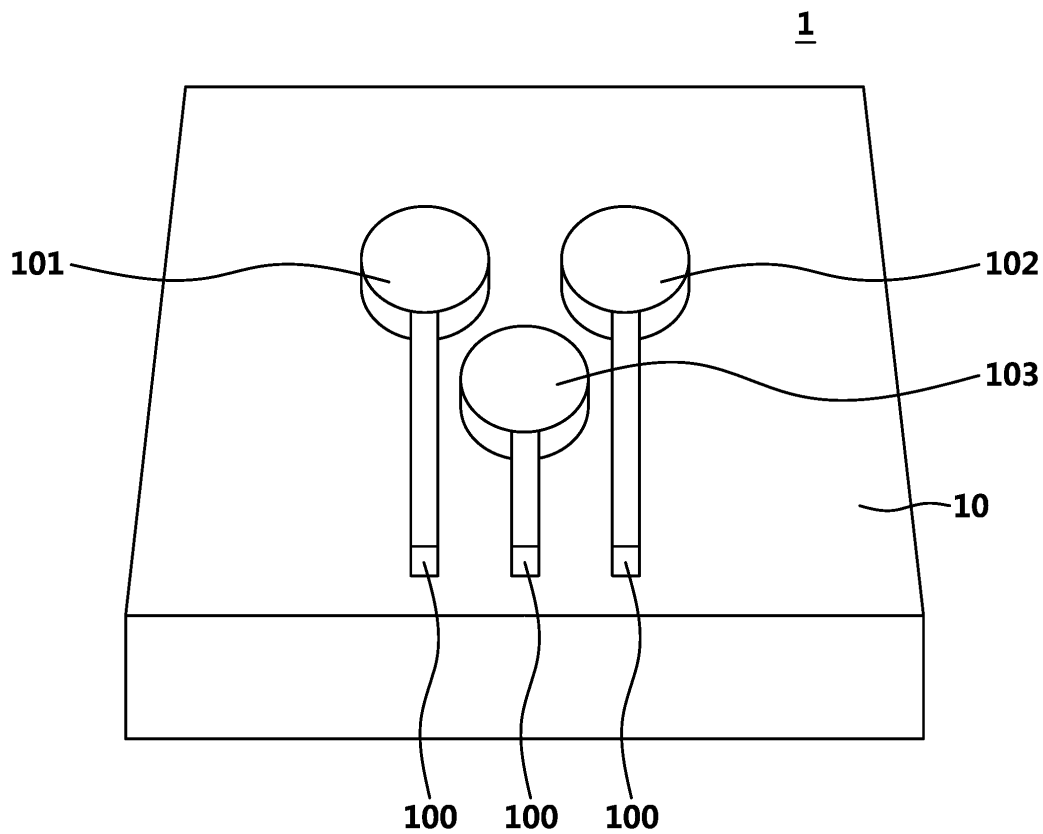
부호의 설명

- [0165]
- 1 : 유연센서
 - 10 : 유연기관
 - 100 : 금나노전극
 - 101 : 당도측정전극
 - 102 : 산도측정전극
 - 103 : 은전극
 - S10 : 제1단계
 - S11 : 부착단계
 - S12 : 여과단계
 - S13 : 기관형성단계
 - S20 : 제2단계
 - S21 : 제1막부착단계
 - S22 : 탄소층코팅단계
 - S30 : 제3단계

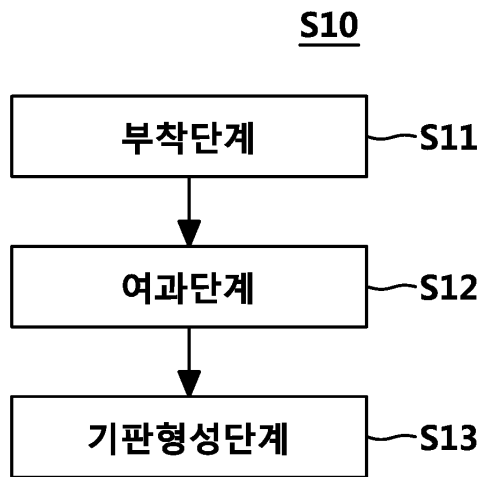
- S31 : 제2막부착단계
- S32 : 당도측정전극코팅단계
- S40 : 제4단계
- S41 : 제3막부착단계
- S42 : 산도측정전극코팅단계
- S50 : 제5단계
- S51 : 은적층단계
- S52 : 염소화단계

도면

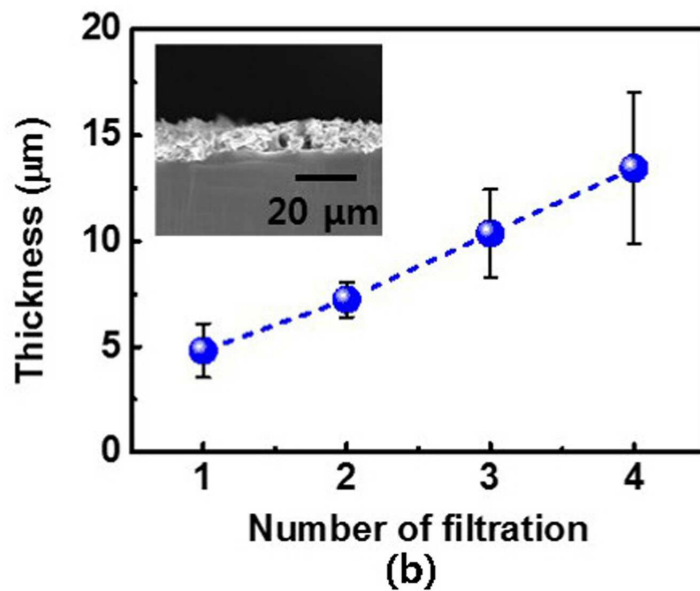
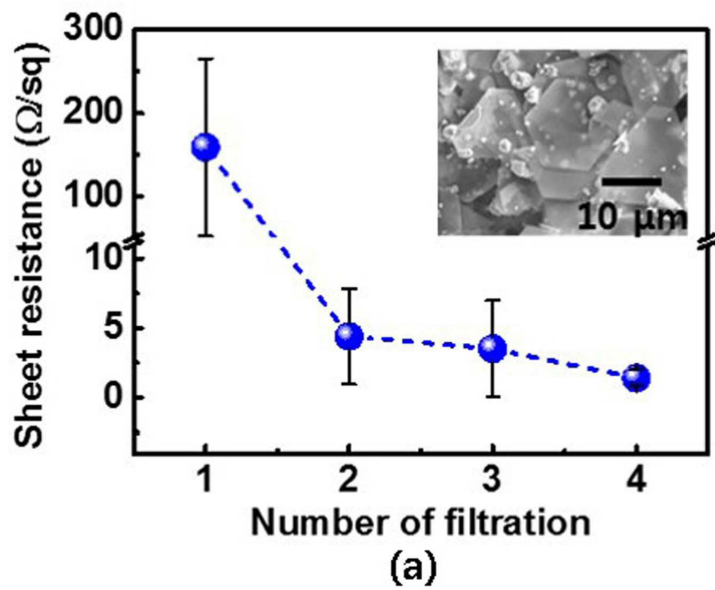
도면1



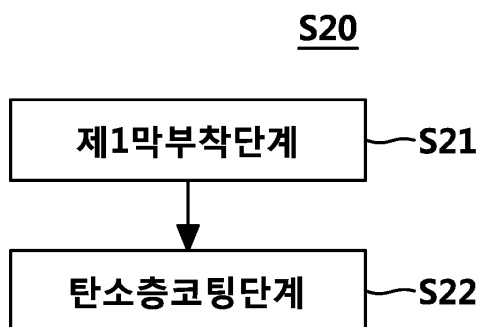
도면2



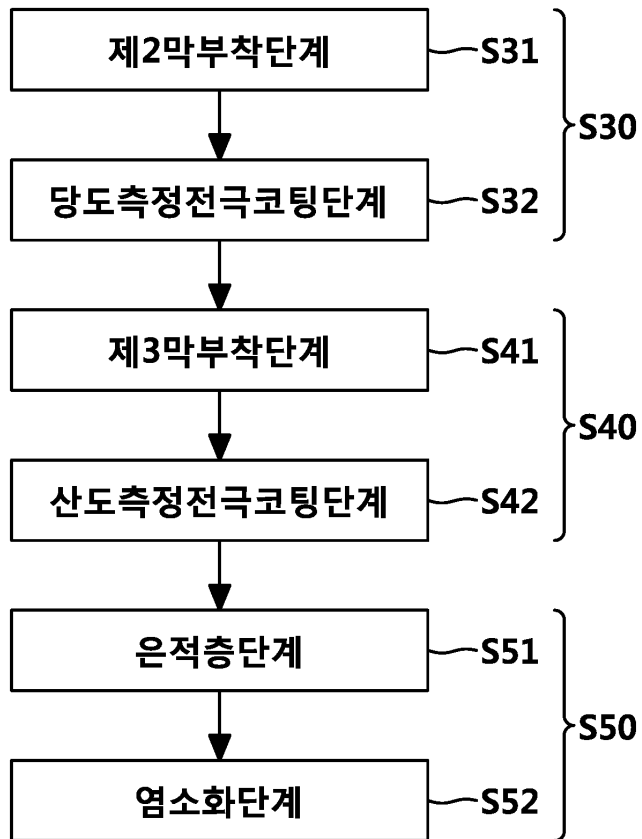
도면3



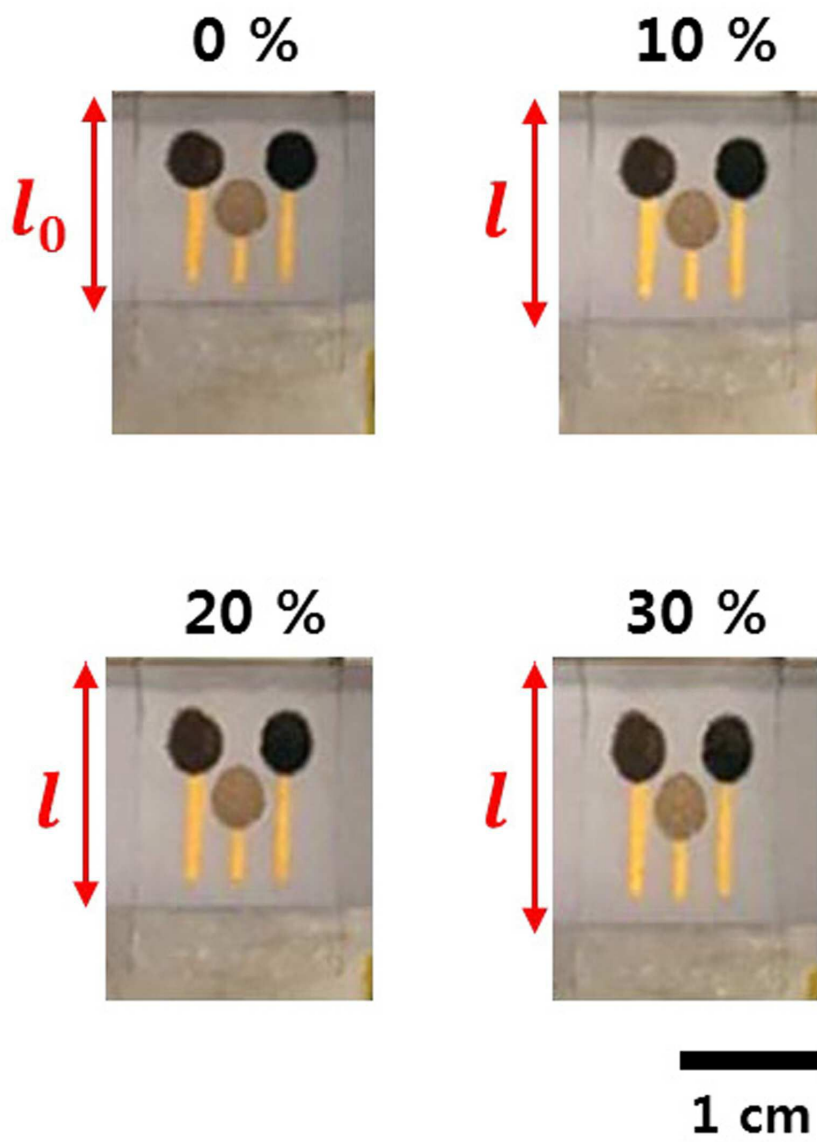
도면4



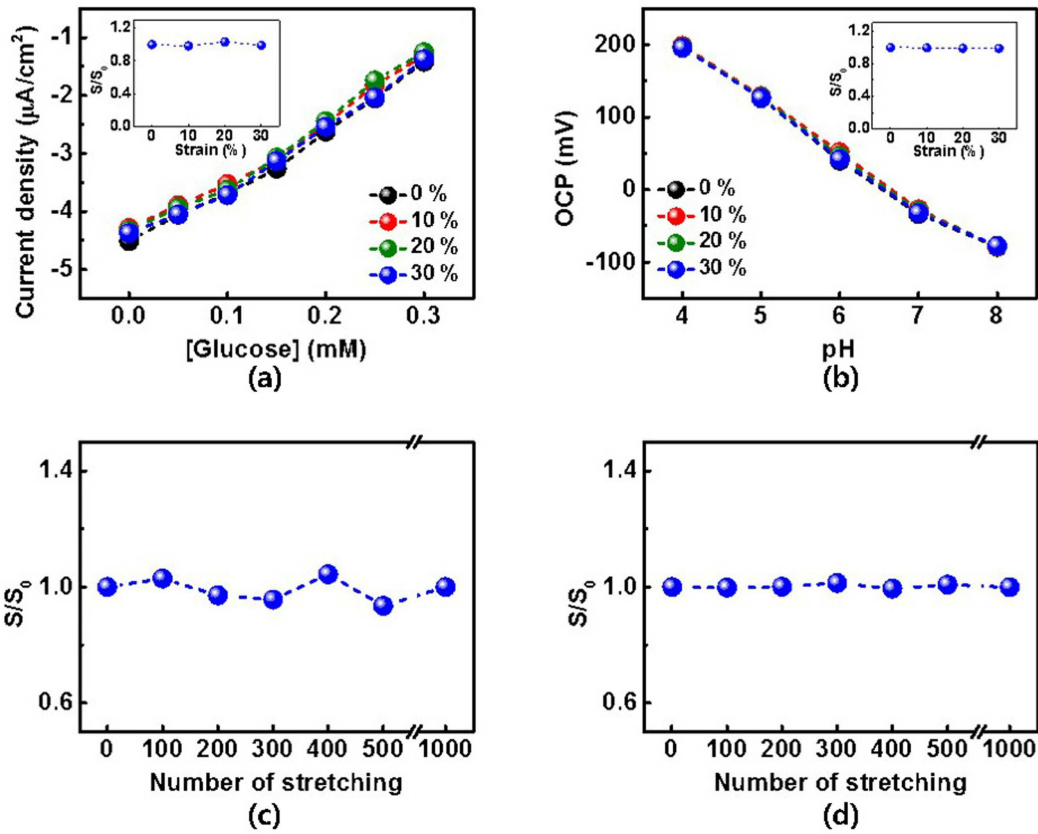
도면5



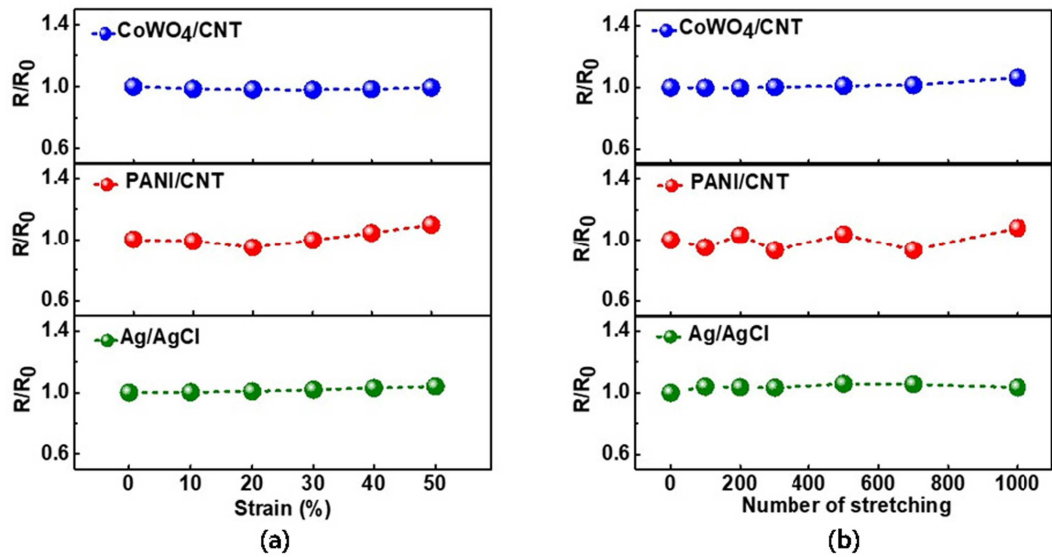
도면6



도면7



도면8



도면9

