(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0003285
(43) 공개일자 2022년01월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/416 (2006.01) *G01N 1/10* (2006.01)
G01N 27/327 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 27/4166 (2013.01)
C09D 11/00 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0080907
(22) 출원일자 2020년07월01일
심사청구일자 2020년07월01일

(71) 출원인
경기대학교 산학협력단
경기도 수원시 영통구 광교산로 154-42 (이의동, 경기대학교)
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
서경대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 서경로 124 (정릉동, 서경대학교내)
(72) 발명자
진준형
서울시 마포구 동교로38길 8 (클라인하우제 홍대)
정봉근
서울시 마포구 백범로 35
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인비엘티

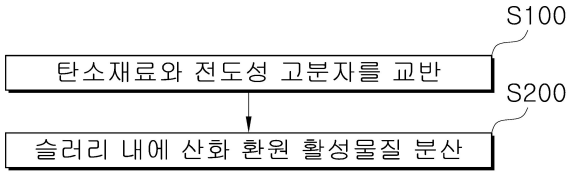
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 **pH센싱용 잉크 조성물, 이의 제조방법 및 이를 적용한 pH센서**

(57) 요 약

pH센싱용 잉크 조성물, 이의 제조방법 및 이를 적용한 pH센서가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물은, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry)와, 상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C09D 11/52 (2013.01)
G01N 1/10 (2013.01)
G01N 27/302 (2013.01)
G01N 27/3277 (2013.01)
G01N 2001/1025 (2013.01)
(72) 발명자
이희욱
서울특별시 마포구 백범로 35

송민정
서울시 영등포구 디지털로 49길 5

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345314472
과제번호 2018R1D1A1B07048927
부처명 교육부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(교육부)(R&D)
연구과제명 펜 리소그래피 기반의 미세패턴 전극 잉크를 이용한 신축성 아연-공기 이차전지 제반 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 서강대학교 산학협력단
연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2019M3A7B4066249
과제번호 2019M3A7B4066249
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노소재원천기술개발사업
연구과제명 곰팡이 검출을 위한 미세유체칩 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 서강대학교 산학협력단
연구기간 2020.01.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry); 및

상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함하는 pH센싱용 잉크 조성물.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 탄소재료는, 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센싱용 잉크 조성물.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 전도성 고분자는, 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센싱용 잉크 조성물.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 산화-환원 활성물질은, 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 펜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센싱용 잉크 조성물.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1:0.3인 pH센싱용 잉크 조성물.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 슬러리에서 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1인 pH센싱용 잉크 조성물.

청구항 7

용매하에서, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 교반하여 슬러리(slurry)를 제조하는 단계; 및

상기 슬러리에 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 투입하여, 상기 슬러리 내에 상기 산화-환원 활성물질을 분산시키는 단계를; 포함하는 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 8

제7 항에 있어서,

상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 교반은 초음파처리(ultrasonification)에 의해 수행되는 pH센싱용 잉크

조성물의 제조방법.

청구항 9

제8 항에 있어서,

상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 교반은 초음파처리에 의해 수행되는 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 10

제7 항에 있어서,

상기 탄소재료는, 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 11

제7 항에 있어서,

상기 전도성 고분자는, 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 12

제7 항에 있어서,

상기 산화-환원 활성물질은, 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 펜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 13

제7 항에 있어서,

상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1:0.3인 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 14

제7 항에 있어서,

상기 슬러리에서 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1인 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법.

청구항 15

pH센싱용 잉크로 형성된 pH감지전극; 및

상기 pH감지전극과 전기적으로 절연되고 이격되어 위치하는 기준전극을 포함하되,

상기 pH센싱용 잉크는,

점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry)와,

상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함하는 pH센서.

청구항 16

제15 항에 있어서,

상기 탄소재료는, 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑

연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센서.

청구항 17

제15 항에 있어서,

상기 전도성 고분자는, 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센서.

청구항 18

제15 항에 있어서,

상기 산화-환원 활성물질은, 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 펜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나인 pH센서.

청구항 19

제15 항에 있어서,

상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1: 0.3인 pH센서.

청구항 20

제15 항에 있어서,

상기 슬러리에서 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1인 pH센서.

청구항 21

제15 항에 있어서,

상기 pH감지전극과 전기적으로 연결되는 제1 연장부와, 상기 제1 연장부와 전기적으로 연결되는 제1 외부모듈 접속단자를 더 포함하는 pH센서.

청구항 22

제15 항에 있어서,

상기 기준전극과 전기적으로 연결되는 제2 연장부와, 상기 제2 연장부와 전기적으로 연결되는 제2 외부모듈 접속단자를 더 포함하는 pH센서.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 pH센싱용 잉크 조성물, 이의 제조방법 및 이를 적용한 pH센서에 관한 것이다. 보다 상세하게, 전도성 잉크에 수소 이온에 대한 센싱이 가능한 산화-환원 활성물질을 분산시켜, 잉크형태로 pH센싱용 잉크 조성물을 생성하고, 이를 바탕으로 비교적 손쉬운 패터닝 법으로 pH센서를 제조하는 것에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 분석물(analyte) 농도, 특히 수소 이온 농도 또는 pH의 측정은 다수의 연구, 산업 및 제조 프로세스에서 중요하다. 예를 들어, pH의 측정은 식품 및 음료, 바이오 연료, 바이오 의약품, 뿐만 아니라 물 및 폐기물의 처리에서 일상적으로 실시된다.

[0003] 다수의 통상의 pH 센서는 pH를 측정하기 위한 글래스 전극의 사용을 수반하는 전위차계 접근법을 사용한다. 전위차계 접근법은 다수의 결점을 갖는다. 전위차계 센서의 일 제한은 지속적인 보정(calibration)의 요구이다. 배터리와 같은 전위차계 pH 전극은 시간 및 사용에 따라 소모되는 경향이 있다. 전위차계 전극이 노화함에

따라, 그 글래스 멤브레인이 저항이 변화하는 경향이 있는데, 이 글래스 멤브레인은 이어서 전극 전위를 변경할 것이다. 이 이유로, 글래스 전극은 규칙적으로 보정을 요구한다. 정확한 pH 출력을 제공하기 위한 지속적인 재보정(recalibration)의 필요성은 특히 지속적인 인라인 pH 측정이 요구되는 산업적인 용례를 상당히 방해한다.

[0004] 재보정은 pH 측정이 생물학적 재료를 포함하는 매체에서 수행되는 바이오테크 환경에서 특히 방해가 된다. 통상의 pH 센서의 다른 중요한 결점은 글래스 전극이 내부 용액을 갖고, 이 용액은 몇몇 경우에 측정되고 있는 용액 내로 누출될 수 있다는 것이다. 글래스 전극은 또한 예를 들어 단백질과 같은 측정 용액 내의 종(species)에 의해 오염되어 글래스 전극을 오염시킬 수 있다.

선행기술문헌

[0005] 대한민국 공개특허공보 공개번호 제10-2016-0141108호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 pH센싱용 잉크 조성물, 이의 제조방법 및 이를 적용한 pH센서에 관한 것으로, pH센싱용 잉크 조성물로 pH센서의 전극을 용이하게 패터닝하여, 기재나 소재에 영향받지 않고 비교적 용이하게 pH센서를 형성할 수 있는 pH센싱용 잉크 조성물, 이의 제조방법 및 이를 적용한 pH센서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물은, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry)와, 상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함할 수 있다.

[0008] 상기 탄소재료는, 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0009] 상기 전도성 고분자는, 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0010] 상기 산화-환원 활성물질은, 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 퀜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0011] 상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1:0.3이다.

[0012] 상기 슬러리에서 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1이다.

[0013] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법은, 용매하에서, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 교반하여 슬러리(slurry)를 제조하는 단계와, 상기 슬러리에 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 투입하여, 상기 슬러리 내에 상기 산화-환원 활성물질을 분산시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 교반은 초음파처리(ultrasonification)에 의해 수행될 수 있다.

[0015] 상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 교반은 초음파처리에 의해 수행될 수 있다.

[0016] 상기 탄소재료는, 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0017] 상기 전도성 고분자는, 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페

닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0018] 상기 산화-환원 활성물질은, 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 펜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0019] 상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1:0.3이다.

[0020] 상기 슬러리에서 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1이다.

[0021] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 pH센서는, pH센싱용 잉크로 형성된 pH감지전극과, 상기 pH감지전극과 전기적으로 절연되고 이격되어 위치하는 기준전극을 포함하되, 상기 pH센싱용 잉크는, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry)와, 상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함할 수 있다.

[0022] 상기 탄소재료는, 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0023] 상기 전도성 고분자는, 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0024] 상기 산화-환원 활성물질은, 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 펜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나이다.

[0025] 상기 슬러리와 상기 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1:0.3이다.

[0026] 상기 슬러리에서 상기 탄소재료와 상기 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1이다.

[0027] 상기 pH감지전극과 전기적으로 연결되는 제1 연장부와, 상기 제1 연장부와 전기적으로 연결되는 제1 외부모듈 접속단자를 더 포함할 수 있다.

[0028] 상기 기준전극과 전기적으로 연결되는 제2 연장부와, 상기 제2 연장부와 전기적으로 연결되는 제2 외부모듈 접속단자를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0029] 본 발명에 의하면, pH센싱용 잉크 조성물로 pH센서의 전극을 용이하게 패터닝하여, 기재나 소재에 영향받지 않고 비교적 용이하게 pH센서를 형성할 수 있는 pH센싱용 잉크 조성물, 이의 제조방법 및 이를 적용한 pH센서를 제공된다.

[0030] 본 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며 이외의 발명의 효과도 청구범위의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법을 나타낸 순서도이다.

도 2는 본 발명의 pH센서의 평면도를 나타낸 것이다.

도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 pH센서의 실험결과를 나타낸 것이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 의해 형성된 pH감지전극의 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)사진이다.

도 6은 형성된 pH감지전극 표면의 SEM사진이다.

도 7은 표면을 확대한 SEM사진이다.

도 8은 전극 표면의 SEM사진이다.

도 9는 전극의 단면 SEM사진

도 10은 기재필름 상에 펜드로잉으로 회당 전극을 형성할 때 생성되는 전극의 두께를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 아래 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시를 위한 구체적인 내용을 상세히 설명한다. 도면에 관계없이 동일한 부재번호는 동일한 구성요소를 지칭하며, "및/또는"은 언급된 아이템들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다.

[0033] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소 외에 하나 이상의 다른 구성요소의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0034] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0035] 이하, 본 발명의 실시예들에 따른 pH센싱용 잉크 조성물, pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법 및 pH센서를 설명한다.

[0036] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물의 제조방법을 나타낸 순서도이고, 도 2는 본 발명의 pH센서의 평면도를 나타낸 것이고, 도 3 및 도 4는 본 발명의 pH센서의 실험결과를 나타낸 것이다.

[0037] 먼저, 도 1을 참고하여, 본 발명의 실시예에 의한 pH센싱용 잉크 조성물 및 이의 제조방법을 설명한다.

[0038] 본 발명의 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물은, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry)와 상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함할 수 있다.

[0039] 슬러리(slurry)는 용매하에서, 탄소재료와 전도성 고분자를 혼합하고 교반하여 제조될 수 있다(S100)

[0040] 탄소재료는 슬러리 및 추후 제조될 pH센싱용 잉크 조성물에 점도를 제공할 수 있다. 이에 의해, 본 실시예의 pH센싱용 잉크 조성물에 의해 형성될 pH감지전극은 기계적 강도를 확보할 수 있고, pH감지전극 형성시 잉크가 흘러내리는 번짐 현상을 방지할 수 있다.

[0041] 탄소재료는 활성탄소(activated carbon), 카본 블랙(carbon black), 탄소 에어로젤(carbon arogel), 흑연(graphite), 탄소섬유(carbon fiber), 탄소나노튜브(carbon nanotube) 및 그래핀(graphene)으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나일 수 있다. 탄소재료는 조성물에 점도를 제공하는 것 외에, 조성물에 전도성도 추가적으로 제공할 수 있다.

[0042] 전도성 고분자는 pH센싱용 잉크 조성물에 전도성을 제공한다. 이에 의해, 본 잉크 조성물은 전도성을 가질 수 있고, pH감지전극으로 작동할 수 있다.

[0043] 전도성 고분자는 폴리티오펜(polythiophene), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리(파라-페닐렌 비닐렌)(Poly(p-phenylene vinylene)), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(Poly(3,4-ethylenedioxythiophene), PEDOT), 폴리아세틸렌(polyacetylene), 폴리플러렌(polyfluorene) 및 폴리(파라-페닐렌 설파이드)(Poly(p-phenylene sulfide))으로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나일 수 있다.

[0044] 전도성 고분자와 탄소재료는 서로 혼합됨으로써, 점도 향상이 이루어질 수 있다. 예를 들어, 전도성 고분자가 PEDOT이고, 탄소재료가 그래핀인 경우를 설명하면 다음과 같다. 그래핀은 pH센싱용 잉크 조성물에 전도도 및 점도를 증가시킬 수 있다. 전도성 고분자인 PEDOT의 사슬(chain)구조는 안정한 벤조이드(benzoid) 구조를 가지고 있는데, PEDOT는 그래핀의 에너지를 흡수하여 벤조이드 구조에서 퀴노이드(quinoid)로 변화할 수 있다. PEDOT 사슬 구조가 변경됨에 따라 파이 파이 스태킹(stacking) 및 수소결합에 의해 전자이동이 유리해져 pH센싱용 잉

크 조성물의 전도도가 증가하는 효과가 발생할 수 있다.

[0045] 또한, 그래핀은 겔화(gelation)가 발생할 수 있다. 즉, 산화 그래핀은 PEDOT와 혼합되어 잉크 조성물을 형성할 때, 점도가 증가할 수 있다. 이때, 점도는 예를들어, 0.05Pas에서 1.20Pas로 증가할 수 있다. 점도가 증가함에 따라 pH센싱용 잉크 조성물로 pH감지센서를 형성할 때, 잉크 조성물이 흘러내리거나 번지는 현상을 방지할 수 있다.

[0046] 한편, 슬러리는 용매하에서, 탄소재료와 전도성 고분자를 교반하여 형성되는데, 용매는 다음과 같다.

[0047] 용매는 수계 용매, 탄화수소계(hydrocarbon-based solvent) 용매 및 에테르(ether)계 용매일 수 있다. 구체적으로, 상기 용매는 물(H2O), 메탄올, 에탄올, 아이소부탄, 시클로펜탄, 시클로펜텐, 펜텐, 펜탄, 벤젠, 시클로헥산, 시클로헥산, 헥산, 헥센, 디메틸부탄, 톨루엔, 메틸시클로헥산, 헵텐, 헵탄, 메틸헥산, 스티렌, 크실렌, 에틸벤젠, 옥텐, 옥탄, 쿠멘(cumene), 나프탈렌, 듀렌(durene), 아닐린, 인딘(indene), 데칸, 도데칸, 퓨란, 디클로로에탄, 브로모에탄, 디클로로메탄, 디에틸아민, 피리딘, 아세탈, 디에틸 카보네이트, 브로모벤젠, 디에틸 에테르, 디프로틸 에테르, 테트라하이드로퓨란, 테트라하이드로피란, 디메틸설폭사이드, 디메틸설파이드, 클로로포롬, 에틸렌이민, 메틸아민, 아세토니트릴, 디메틸포름알데하이드, 프로필렌 카보네이트 중 어느 하나 또는 이들의 혼합일 수 있다.

[0048] 한편, 탄소재료와 전도성 고분자는 초음파처리(ultrasonification)에 의해 교반이 진행될 수 있다. 초음파처리하는 단계는 용매하에서 전도성 고분자와 그래핀 분말을 교반하여 분산시키는 단계로, 40 내지 50kHz, 100W에서 1시간 내지 2시간 동안 처리할 수 있다. 이때, 40kHz 미만 및 초음파처리 시간이 1시간 미만일 경우, 효과가 약해져 합성 재현성이 떨어지고 파이-파이 스태킹 및 수소결합이 형성되지 않아 전도도가 감소되는 문제점이 발생할 수 있다. 그리고, 50kHz 초과 및 초음파처리 시간이 2시간 초과일 경우, 캐비테이션 강도가 강하여 입자의 손상을 가져오는 문제가 있을 수 있다.

[0049] 한편, 슬러리에서, 탄소재료와 전도성 고분자의 혼합비는 1:0.3 내지 1:1일 수 있다. 혼합비가 1:0.3 미만이면, 탄소재료 대비 전도성 고분자의 함량이 적어져, pH센싱용 잉크 조성물의 전기 전도도가 저하되어, 전극으로 기능하기 어려울 수 있다. 반면에, 혼합비가 1:1을 초과하면, 탄소재료 대비 전도성 고분자의 함량이 필요이상으로 많아져, pH센싱용 잉크 조성물의 점도가 저하되어, pH센싱용 잉크 조성물의 기계적 강도가 약해져. 상기 잉크로 전극을 형성하면, 잉크가 흐르거나 번지는 현상을 방지하기 어려울 수 있다. 또한, 예를 들어, 탄소재료가 그래핀으로 선택되는 경우, 그래핀이 후술할 산화-환원 활성물질을 붙잡아두는 역할을 할 수 있다. 산화-환원 활성물질의 화학구조가 그래핀과 유사하기 때문에, 서로 π-π 결합을 할 수 있기 때문이다.

[0050] 한편, 필요에 따라, 슬러리 내에 기능성 첨가제를 추가로 첨가할 수 있다.

[0051] 기능성 첨가제는 전극의 기계적, 열적, 화학적 안정성을 증가시킬 수 있다. 상기 기능성 첨가제는 안정제, 충전제, 난연제, 착색제, 활제, 블로킹 방지제(antiblocking agent)등 일 수 있다. 안정제는 내구력 향상, 고분자의 산화 또는 열화 방지 등의 기능이 있으며, 하이드록시벤조페논계, Ni 페놀레이트, 힌더드 페놀(hindered phenol), 유기아인산에스테르 등이 있다. 충진제는 강성 향상 기능이 있으며, 탈크(Talc), 세라이트(Cerite), 유리섬유, 압전제, 카본블랙, 탄소나노튜브(CNT) 등이 있다. 난연제는 난연화의 기능이 있으며 할로겐화 유기화합물, Mg/Al 수산화물, 폴리인산암모늄 등이 있다. 활제는 성형가공성 향상의 기능이 있으며, 알칸산아미드, 알켄산아미드, 지방산에스테르 등이 있다. 블로킹 방지제는 필름고착방지 기능이 있으며, 미립 실리카 등이 있다.

[0052] 다음으로, 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질이 잉크 조성물에 포함된다. 즉, 슬러리에 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 투입하여, 상기 슬러리 내에 상기 산화-환원 활성물질을 분산시켜(S200), pH센싱용 잉크 조성물을 제조한다.

[0053] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물을 이루는 슬러리에는 산화-환원 활성물질이 분산되어 있다. 슬러리 내에 분산된 적어도 하나의 산화 환원 활성 기능 그룹은 용액 내의 물질의 존재 및/또는 레벨에 민감하다.

[0054] 산화-환원 활성물질은 표면에 화학적으로 또는 물리적으로 결합될 수 있다. 산화-환원 활성물질은 전도성 고분자 및/또는 탄소재료에 공유 결합 식으로 부착될 수 있거나 흡착될 수 있다. 이러한 결합에 의해, 후에 형성될 pH감지전극의 수명 또는 안정성을 향상시키는데 유리할 수 있다.

[0055] 이러한 산화-환원 활성물질은 안트라센, 퀴논, 하이드로퀴논, 안트로퀴논, 펜안트로퀴논, 페닐렌 디아민, 카테콜 및 페노티아지늄 염료로 이루어진 군에서 선택된 적어도 어느 하나일 수 있다.

[0056] 한편, 슬러리와 산화-환원 활성물질은 초음파처리(ultrasonification)에 의해 교반이 진행될 수 있다. 초음파처리 하는 단계는 슬러리와 산화-환원 활성물질을 교반하여 분산시키는 단계로, 40 내지 50kHz, 100W에서 1시간 내지 2시간 동안 처리할 수 있다. 이때, 40kHz 미만 및 초음파처리 시간이 1시간 미만일 경우, 효과가 약해져 혼합 재현성이 떨어지고 파이-파이 스태킹 및 수소결합이 형성되지 않아 전도도가 감소되는 문제점이 발생할 수 있다. 그리고, 50kHz 초과 및 초음파처리 시간이 2시간 초과일 경우, 캐비테이션 강도가 강하여 입자의 손상을 가져오는 문제가 있을 수 있다.

[0057] 한편, pH센싱용 잉크 조성물에서, 슬러리와 산화-환원 활성물질의 혼합비는 1:0.07 내지 1:0.3일 수 있다. 혼합비가 1:0.07 미만이면, 슬러리 대비 산화-환원 활성물질의 함량이 적어져, 잉크 조성물의 pH센싱 능력이 저하되어, pH감지전극으로 기능하기 어려울 수 있다. 반면에, 혼합비가 1:0.3을 초과하면, 슬러리 대비 산화-환원 활성물질의 함량이 필요 이상으로 많아져, pH센싱용 잉크 조성물의 점도나 전기 전도도가 저하되어, pH센싱용 잉크 조성물의 기계적 강도가 약해지고, 전도성도 저하되어 전극으로 기능하기 어려울 수 있다.

[0058] 계속해서, 본 발명의 다른 실시예에 따른 pH센서를 설명하면 다음과 같다.

[0059] 도 2를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 pH센서(10)는 pH센싱용 잉크로 형성된 pH감지전극(11)과 상기 pH감지전극(11)과 전기적으로 절연되고 이격되어 위치하는 기준전극(12)을 포함할 수 있다. 여기서, pH센싱용 잉크는, 점도를 조절하는 탄소재료와, 전도성을 갖는 전도성 고분자를 포함하는 슬러리(slurry)와, 상기 슬러리 내에 분산되고, 수소 이온을 센싱(sensing)하는 산화-환원 활성물질을 포함할 수 있다. 한편, 상기 pH센싱용 잉크는 전술한 본 발명의 일 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물과 실질적으로 동일하므로, 반복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0060] 이때, pH감지전극(11)은 예시적으로 원형의 영역을 갖도록 패턴화될 수 있고, 제1 외부모듈 접속단자(31)와 전기적으로 연결된 도전성의 제1 연장부(21)를 통하여 전기적으로 연결되어 있다. 제1 외부모듈 접속단자(31) 및 제1 연장부(21)는 도전성을 갖기 때문에 pH감지전극(11)으로부터 전위 값을 지시하는 전기적 신호를 전달할 수 있다. pH감지전극(11)은 기재 필름(1) 상에 부착될 수 있다.

[0061] 한편, 도시된 바와 같이, 기준전극(12)은 패턴화되어 있는데, 구체적으로 도시된 바와 같이 부분적인 원호 패턴으로 형성될 수 있다. 또한, 전술한 바와 유사하게 제2 연장부(22)를 통하여 제2 외부모듈 접속단자(32)와 전기적으로 연결되어 있다. 상기 기준전극(12)은 기재 필름(1) 상에 상기 pH감지전극(11)과 이격되어 부착될 수 있다.

[0062] pH감지전극(11)은 pH센싱용 잉크를 이용하여 형성될 수 있다. pH감지전극(11)은 패턴형성 방법으로 형성될 수 있다. pH감지전극(11)은 미세 패턴을 형성하는 기술로 형성될 수 있는데, 예를 들어, 광을 이용한 패턴화(포토리소그래피 등), 물리적 접촉 패터닝(소프트 리소그래피, 표면 임프린팅, 엠보싱 등), 자기-조립(self-assembly; 분자 임프린딩된 고분자 등) 및 직접 인쇄(direct write; 딥-펜 나노리소그래피, 잉크젯 프린팅 등) 등으로 형성될 수 있다.

[0063] 한편, 본 발명의 실시예에 의한 잉크 조성물을 이용하는 경우, pH감지전극(11)은 펜드로인 방식으로 비교적 간편히 형성될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물을 이용하여 스프레이 노즐(spray nozzle)로 기재 필름(1) 상에 pH감지전극(11) 패턴을 형성할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 pH센싱용 잉크 조성물을 이용하여 주사기 바늘(syringe needle)로 펜처럼 소량을 연속적으로 토출하여 기재 필름(1) 상에 pH감지전극(11) 패턴을 형성할 수도 있다. 이외에, 스크린 프린팅, 디스펜싱 등이 사용될 수도 있다.

[0064] 한편, 제1 연장부(21)와 제1 외부모듈 접속단자(31)도 상술한 pH감지전극(11) 패턴의 형성과 실질적으로 동일한 방법으로 형성될 수 있다.

[0065] pH감지전극을 패터닝한 후(예를 들어, 펜드로잉 등의 방법으로 형성), 형성된 pH감지전극을 물리화학적으로 유연화하여야 한다. 유연화에 의해, 잉크 조성물에 포함된 물질의 입자들 간에 가교화가 이루어질 수 있다 즉, 형성된 PH감지전극을 $FeCl_3$ 등을 이용하여 화학적 산화시키거나 자외선 조사등 열처리에 의해 물리적 산화를 시켜야 한다. 이에 의해 pH감지전극이 유연화될 수 있다. 한편 본 발명의 잉크 조성물로 제1 연장부와 제1 외부모듈 접속단자를 형성하는 경우에도, 상술한 유연화 과정을 진행할 수 있다.

[0066] 기준전극(12)은 대표적으로 Ag/AgCl 전극을 사용할 수 있고, 이외에도 Hg/HgO, Hg/Hg_2SO_4, 칼로멜 전극을 사용할 수 있다. 통상적인 Ag/AgCl 전극의 경우, 기재 필름(1) 상에 패턴화된 은(Ag)층을 형성하고, 그 위에 염소

를 전기 도금함으로써 형성될 수 있다. 또한, 선택적으로 KCl 완충용액 내에 보관함으로써 Ag/AgCl의 수소전극 대비 기전력을 유지할 수 있다. 한편, 제2 연장부(22)와 제2 외부모듈 접속단자(32)도 기준전극(12)과 실질적으로 동일한 방법으로 형성될 수 있다. 또한, Ag/AgCl로 기준전극(12)을 형성할 시, 잉크형태의 Ag/AgCl을 이용하여, 펜으로 기준전극(12)을 드로잉하여 형성할 수 있다.

[0067] 한편, pH감지전극(11)과 기준전극(12) 간의 전위차를 측정하는 전위차계가 pH감지전극(11) 및 기준전극(12) 각각에 연결되어 있는 제1 외부모듈 접속단자(31) 및 제2 외부모듈 접속단자(32)와 전기적으로 연결될 수 있다. 또한, 전위차계는 변환기와 연결되어 전위차계에 의하여 측정된 값이 이에 상응하는 pH 값으로 변환된다. 선택적으로, pH 측정 시스템은 변환된 pH 값을 외부로 표시하는 표시부를 더 포함할 수 있는 바, 이에 따라 측정과 동시에 pH 센서에 의하여 측정된 pH 값을 확인할 수 있다.

[0068] 한편, pH센서(10)는 pH감지전극(11) 및 기준전극(12) 외에 상대전극(counter electrode, 미도시)을 추가로 포함할 수 있다. 즉, pH센서(10)는 3전극 시스템을 사용할 수도 있다. 3전극 시스템을 사용할 경우, 상대전극으로서, 예를 들면 백금 전극(백금 필라 멘트 전극, 백금 링 전극 등), 금 전극, 은 전극(또는 은 네트 전극) 등과 같은 전도성 금속 재질 또는 이의 조합(백금/금 전극)으로 이루어진 전극; 전도성 입자가 코팅된 유리, 석영, 플라스틱 필름, 마이카 및 알루미늄판; 티타늄 전극; 은/수은 필름 전극 등을 사용할 수 있다.

[0069] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위해 바람직한 실시예를 제시하지만, 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0070] **실시예 1-pH감지전극 잉크 조성물 제작(그래핀과 PEDOT의 혼합비=1:1)**

[0071] 그래핀 1g과 EDOT 1g을 둥근 플라스크에 도입하고, 탈이온수 20g을 상기 플라스크에 도입한 후, 초음파처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다. 이에 의해 그래핀-PEDOT를 포함하는 슬러리가 형성되었다. 슬러리 1g과 퀴논 0.2g을 다른 플라스크에 투입하고, 초음파처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여 이들을 교반하였다.

[0072] 교반된 조성물을 24시간 동안 상온에 방치하여, 잔류하는 수분이 증발되도록 하였다.

[0073] **실시예 2-pH센싱용 잉크 조성물 제작(그래핀과 PEDOT의 혼합비=1:0.5)**

[0074] 그래핀 1g과 EDOT 0.5g을 둥근 플라스크에 도입하고, 탈이온수 20g을 상기 플라스크에 도입한 후, 초음파처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다. 이에 의해 그래핀-PEDOT를 포함하는 슬러리가 형성되었다. 슬러리 1g과 퀴논 0.2g을 다른 플라스크에 투입하고, 초음파처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파 처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다.

[0075] 교반된 조성물을 24시간 동안 상온에 방치하여, 잔류하는 수분이 증발되도록 하였다.

[0076] **비교예 1-pH센싱용 잉크 조성물 제작(그래핀과 PEDOT의 혼합비=1:0.1)**

[0077] 그래핀 1g과 EDOT 0.1g을 둥근 플라스크에 도입하고, 탈이온수 20g을 상기 플라스크에 도입한 후, 초음파 처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다. 이에 의해 그래핀-PEDOT를 포함하는 슬러리가 형성되었다. 슬러리 1g과 퀴논 0.2g을 다른 플라스크에 투입하고, 초음파 처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파 처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다.

[0078] 교반된 조성물을 24시간 동안 상온에 방치하여, 잔류하는 수분이 증발되도록 하였다.

[0079] **비교예 2-pH센싱용 잉크 조성물 제작(그래핀과 PEDOT의 혼합비=0.5:1)**

[0080] 그래핀 0.5g과 EDOT 1g을 둥근 플라스크에 도입하고, 탈이온수 20g을 상기 플라스크에 도입한 후 초음파 처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파 처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다. 이에 의해 그래핀-PEDOT를 포함하는 슬러리가 형성되었다. 슬러리 1g과 퀴논 0.2g을 다른 플라스크에 투입하고, 초음파 처리를 통해 이들을 교반하였다. 여기서 초음파 처리는 45kHz의 주파수, 100W에서 1시간 30분 동안 진행하여, 이들을 교반하였다.

[0081] 교반된 조성물을 24시간 동안 상온에 방치하여, 잔류하는 수분이 증발되도록 하였다.

[0082] **실시예 3-실시예 1 및 2의 잉크 조성물로 pH센서 제작**

[0083] 상술한 실시예 1 및 2에서 제조된 pH센싱용 잉크 조성물과 패턴 형성용 디스펜싱 펜을 이용하여 pH감지전극을 형성하였다. 기재필름은 절연인 가요성(flexible) 절연 플라스틱을 이용하였다. 기재필름은 가로, 세로 각각 2cm였다.

[0084] 기재필름 상에, 디스펜싱 펜에 상기 잉크 조성물을 충진한 후, 지름 3mm 정도의 원형 pH감지전극을 형성하였다.

[0085] 계속해서, pH감지전극과 연결되도록 6mm 길이로 제1 연장부를 형성하고, 제1 연장부의 말단에 제1 외부모듈 접속단자를 형성하였다.

[0086] 형성된 pH감지전극, 제1 연장부 및 제1 외부모듈 접속단자 각각을 유연화하는 공정을 수행하였다. 유연화 공정은 파장 315 nm인 UV-A 조사기(고려자외선사, 한국)를 사용하여 40 °C에서 1시간 동안 수행되었다.

[0087] 기준전극은 Ag/AgCl을 이용하여, pH감지전극과 유사한 크기로 형성하였다. 그 후 제2 연장부 및 제2 외부모듈 접속단자를 각각 제1 연장부 및 제1 외부모듈 접속단자에 대응하는 크기로 형성하였다. 이때 pH감지전극과 기준전극, 제1 연장부와 제2 연장부, 제1 외부모듈 접속단자와 제2 외부모듈 접속단자 각각은 건기적으로 절연되도록 이격되어 형성되었다.

[0088] 최종적으로 기재필름상에 실시예 1의 잉크 조성물로 형성된 pH감지전극을 포함하는 pH센서와, 실시예 2의 잉크 조성물로 형성된 pH감지전극을 포함하는 pH센서가 제조되었다.

[0089] 도 5 내지 도 10을 참고하여, 형성된 pH감지전극을 살펴보면 다음과 같다. 도 5를 참고하면, 기재필름 상에 그래핀-PEDOT으로 형성되어 패턴화된 pH감지전극의 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)사진이다. 도 5를 보면, pH감지전극이 성공적으로 제작되었음을 알 수 있다.

[0090] 도 6은 형성된 pH감지전극 표면의 SEM사진으로, 다공성의 전극이 형성되었음을 알 수 있었다. 도 7은 표면을 확대한 SEM사진이다. 도 8은 전극 표면의 SEM사진으로, 전극 표면을 따라 PEDOT 고분자 성분이 둥근 형태로 형성되었음을 확인할 수 있었다. 도 9는 전극의 단면 SEM사진으로, 도 9의 작은 사진을 보면 동그란 모양은 PEDOT으로, 전극 표면 및 전극 내부에 PEDOT이 고르게 분산되어 있음을 알 수 있었다.

[0091] 도 10은 기재필름 상에 펜드로잉으로 회당 전극을 형성할 때 생성되는 전극의 두께를 나타낸 것이다. 회당 대략적으로 10㎛ 정도로 전극의 두께가 증가함을 알 수 있었다.

[0092] **비교예 4- 비교예 1 내지 2의 잉크 조성물**

[0093] 비교예 1 내지 3의 잉크조성물을 사용한 것 외에, 상술한 실시예 3과 실질적으로 동일한 방법으로 pH센서를 제조하였다.

[0094] **실험예**

[0095] **1) pH센서의 물성 실험**

표 1

[0096]

	pH 감지전극 조성물	표면저항(ohm)	테이프 탈부착후 전극의 잔존율(%)
pH 센서	실시예 1	1.3×10^{4}	91
	실시예 2	3.1×10^{4}	85
	비교예 1	1.6×10^{5}	84
	비교예 2	2.6×10^{4}	63

[0097] 각 센서에 형성된 pH감지전극의 표면저항을 측정해 본 결과, 전도성 고분자인 PEDOT의 함량이 증가할수록 표면저항이 낮아져 전기전도도가 증가함을 알 수 있었다. 한편, 형성된 pH감지전극의 기계적 강도를 확인하기 위하여, pH감지전극에 스카치테이프를 부착했다 탈착한 후, 기재필름 상에 잔존하는 pH감지전극의 크기를 테이프 부착 전의 전극과 크기와 비교하였다. 결과적으로 그래핀(탄소재료)과 PEDOT(전도성 고분자)의 혼합비가 1 미만이면, 전극의 기계적 강도가 약해짐을 알 수 있었다.

[0098] **2) pH센서의 pH측정성 테스트**

[0099] 실시예 1의 잉크 조성물로 제작된 pH 센서의 pH 측정성을 테스트하였다.

[0100] 도3을 참고하면, 측정 용액의 pH 증가에 따라 산화 피크 전압이 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 도 4를 참고하면 pH 7.2를 기준으로 pH의 측정도가 차별화됨을 알 수 있었다. 본 발명에 의할 경우, 산성보다는 연기성-중성 용액에서 pH 감도가 우수함을 알 수 있었다. 결과적으로 본 발명의 실시예들에 의한 pH 센서는 펜드로잉으로 간편히 제작될 수 있고 pH를 충분히 센싱할 수 있는 기능이 있음을 알 수 있었다.

[0101] 이상 본 발명의 실시예들을 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

부호의 설명

[0102] 10: pH 센서 11: pH감지전극

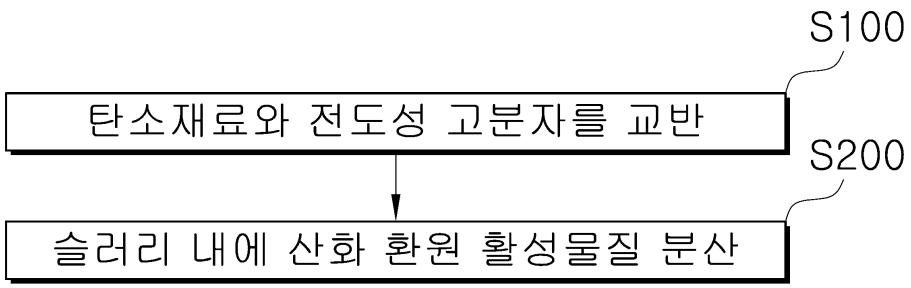
21: 제1 연장부 31: 제1 외부모듈 접속단자

12: 기준전극 22: 제2 연장부

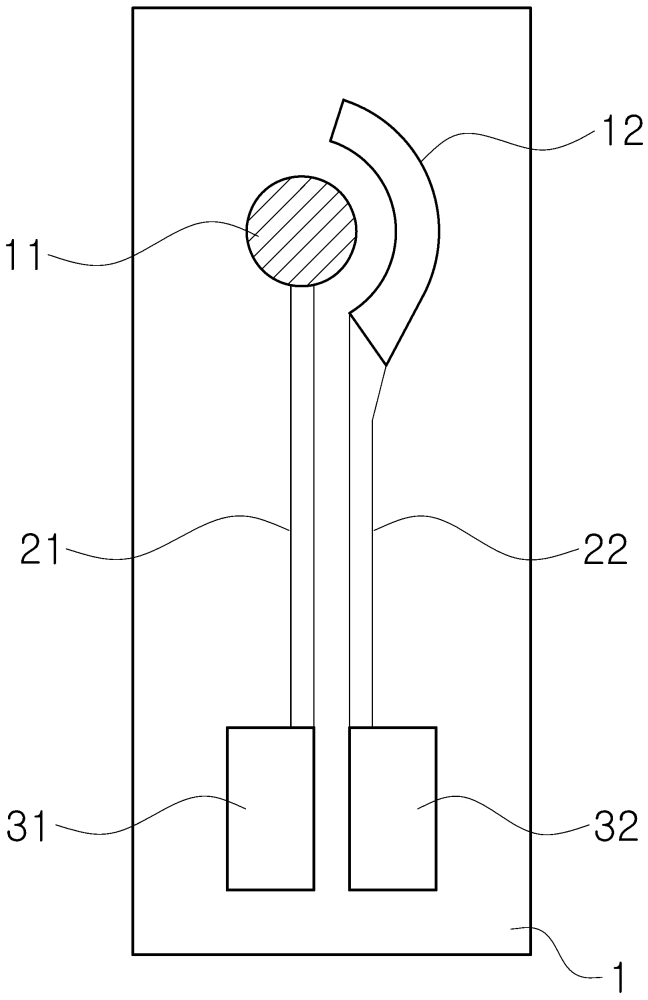
32: 제2 외부모듈 접속단자

도면

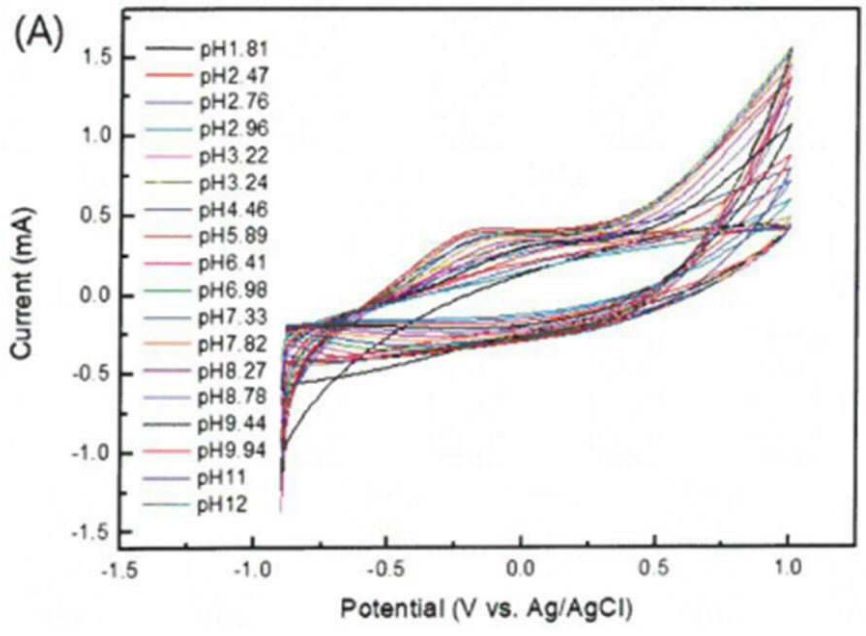
도면1



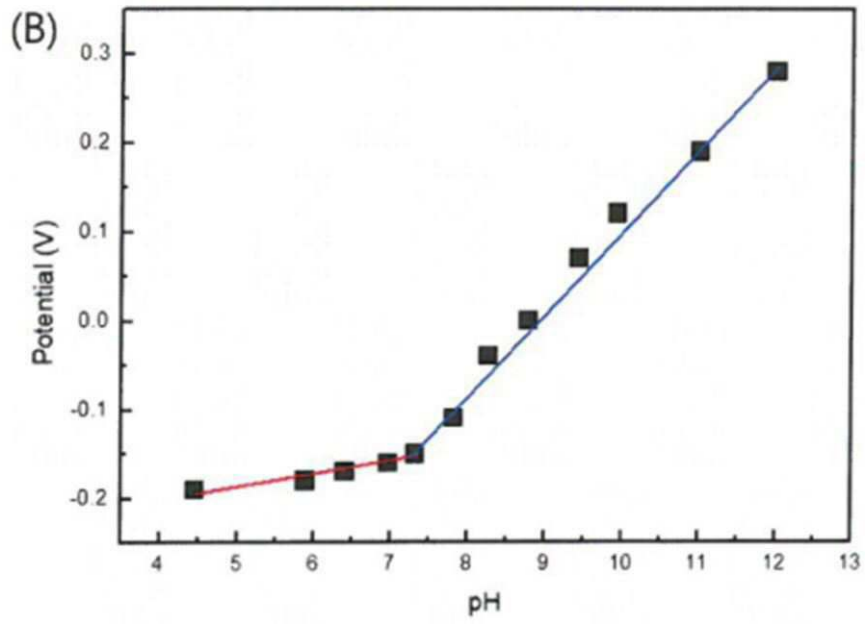
도면2


12
11
21
22
31
32
1

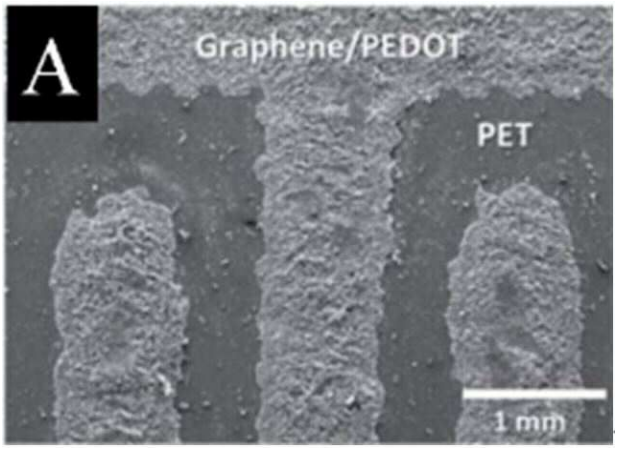
도면3


(A)
pH1.81
pH2.47
pH2.76
pH2.96
pH3.22
pH3.24
pH4.46
pH5.89
pH6.41
pH6.98
pH7.33
pH7.82
pH8.27
pH8.78
pH9.44
pH9.94
pH11
pH12
Current (mA)
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-1.5
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
Potential (V vs. Ag/AgCl)

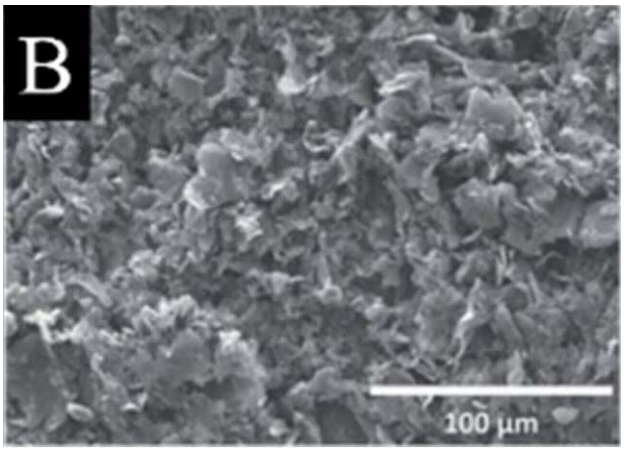
도면4


(B)
Potential (V)
0.3
0.2
0.1
0.0
-0.1
-0.2
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
pH

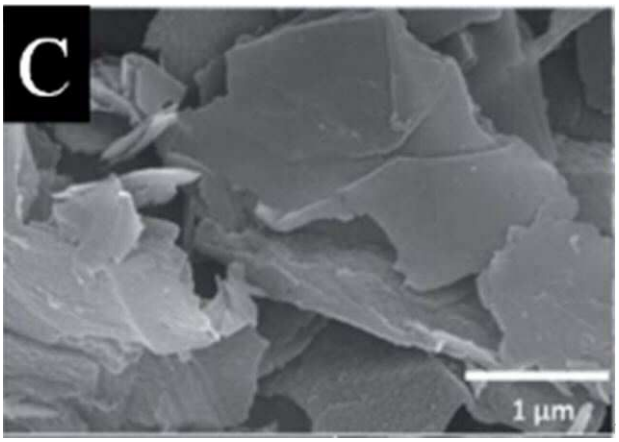
도면5


A
Graphene/PEDOT
PET
1 mm

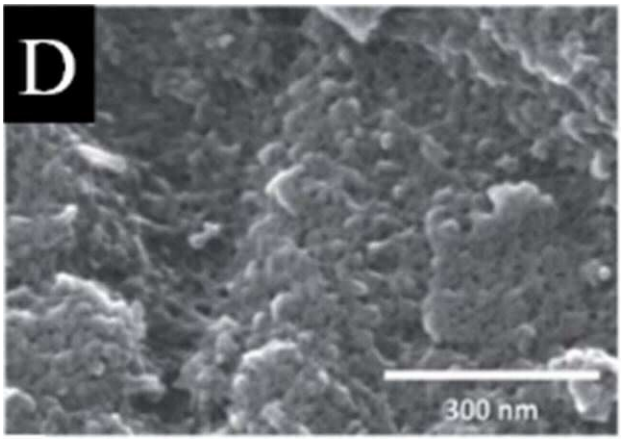
도면6


B
100 μm

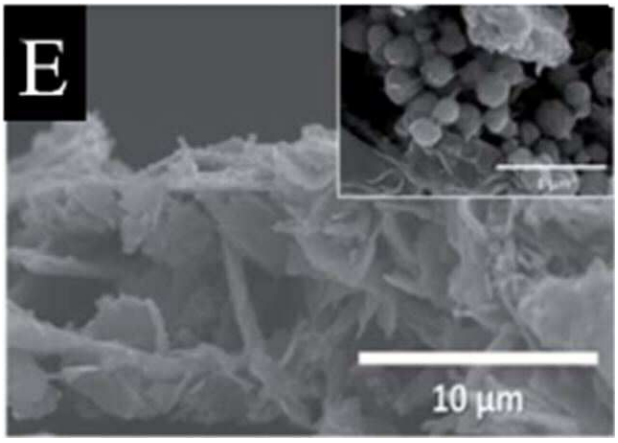
도면7



도면8



도면9



도면10

