



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0097800
(43) 공개일자 2017년08월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 27/06 (2006.01) C12Q 1/00 (2017.01)
C12Q 1/34 (2006.01) G01N 27/07 (2006.01)
G01N 33/493 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 27/06 (2013.01)
C12Q 1/001 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0005717

(22) 출원일자 2016년01월18일

심사청구일자 2016년01월18일

(71) 출원인

한림대학교 산학협력단

강원도 춘천시 한림대학길 1, 한림대학교(옥천동)

(72) 발명자

성건용

서울특별시 용산구 이촌로 347, 6동 503호

박찬흠

강원도 춘천시 방송길 70, 107동 3701호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

강성혜

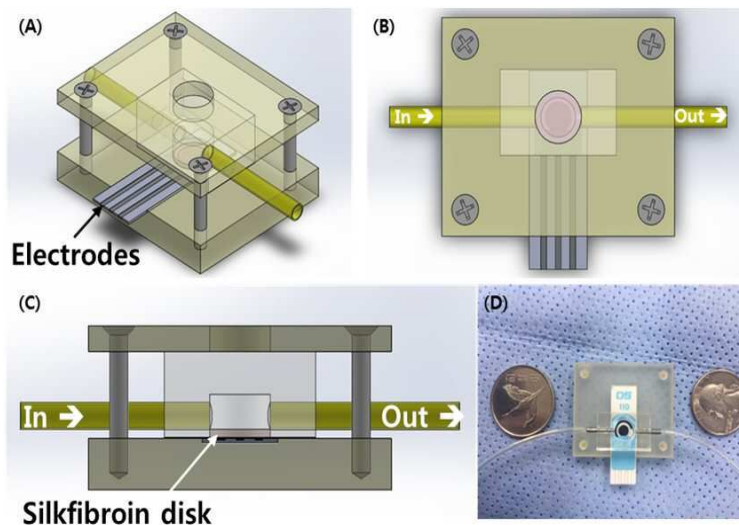
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 요소분해효소 고정화 불용성 다공성 지지체를 이용한 휴대형 요소 센서 모듈

(57) 요약

본 발명은 실크 피브로인 등과 같은 천연고분자나 합성 고분자를 소재로 제작된 다공성 구조체에 요소분해효소를 고정화한 요소분해효소 고정화 불용성 다공성 지지체를 유체 챔버 내에 장착하고 챔버 바닥면에 3전극 스트립의 전극면이 노출된 소형 요소 센서 모듈의 구조에 관한 것이다. 본 발명에 따른 요소 센서는 휴대형 복막투석액 재생 시스템의 재생액의 평가를 위해 필수적인 센서일 뿐만 아니라, 휴대성, 재현성, 대량 생산성, 간편성 등의 장점이 있어, 만성 신장질환 환자들의 질환 관리에 크게 기여할 것이다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

C12Q 1/34 (2013.01)
C12Y 305/01005 (2013.01)
G01N 27/07 (2013.01)
G01N 33/493 (2013.01)

문보미

서울특별시 도봉구 마들로 735-8, 101동 808호

(72) 발명자

이정은

경기도 구리시 안골로19번길 36

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	HI14C0559
부처명	보건복지부
연구관리전문기관	한국보건산업진흥원
연구사업명	의료기기기술개발
연구과제명	신개념 휴대형 인공신장 시스템 개발
기 여 율	1/2
주관기관	한림대학교 산학협력단
연구기간	2014.06.01 ~ 2019.04.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	NRF-2015R1A4A1041631
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	기초연구실 지원 사업
연구과제명	3D 프린팅 기반 휴먼온어칩 융합연구실
기 여 율	1/2
주관기관	한림대학교 산학협력단
연구기간	2015.09.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

유체 챔버;

상기 유체 챔버 내에 고정된 표준전극과 양전극과 음전극이 스크린 프린트된 전극 스트립;

상기 유체 챔버 내에 위치하는 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체;

상기 유체 챔버 내로 시료가 흘러들어가는 시료 유입관; 및

상기 유체 챔버로부터 외부로 시료가 흘러나가는 시료 유출관;을 포함하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 유체 챔버는 합성수지 재질임을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 유체 챔버는 PDMS (polydimethylsiloxane) 재질임을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 불용성 다공성 지지체는 푸코이단, 콜라겐, 알지네이트, 키토산, 히알루론산, 실크 피브로인, 폴리이미드 (polyimides), 폴리아믹스 산(polyamix acid), 폴리카프로락톤(polycaprolactone), 폴리에테르이미드 (polyetherimide), 나일론(nylon), 폴리아라미드(polyaramid), 폴리비닐알콜(polyvinyl alcohol), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리벤질글루타메이트(poly-benzyl-glutamate), 폴리페닐렌테레프탈아마이드 (polyphenyleneterephthalamide), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리아크릴로나이트릴(polyacrylonitrile), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide), 폴리스티렌(polystyrene), 셀룰로오스(cellulose), 폴리아크릴레이트 (polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmethacrylate), 폴리락산(polylactic acid; PLA), 폴리글리콜산(polyglycolic acid; PGA), 폴리락산과 폴리글리콜산의 공중합체(PLGA), 폴리{폴리(에틸렌옥사이드)테레프탈레이트-co-부틸렌테레프탈레이트}(PEOT/PBT), 폴리포스포에스터(polyphosphoester; PPE), 폴리포스파젠 (PPA), 폴리안하이드라이드(Polyanhydride; PA), 폴리오르쏘에스터{poly(ortho ester; POE)}, 폴리(프로필렌푸마레이트)-디아크릴레이트{poly(propylene fumarate)-diacrylate; PPF-DA} 및 폴리에틸렌글라이콜디아크릴레이트{poly(ethylene glycol) diacrylate; PEG-DA}로 이루어진 그룹 중에서 선택된 1종 이상의 생체 적합성 재료로 제조된 것임을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체는 교환 가능함을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 유체 챔버 내에 고정된 표준전극과 양전극과 음전극이 스크린 프린트된 전극 스트립은 유체 챔버 외부로 연장되어 산화전류값을 측정할 수 있음을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체는 막 형태인 것을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈.

청구항 8

푸코이단, 콜라겐, 알지네이트, 키토산, 히알루론산, 실크 피브로인, 폴리이미드(polyimides), 폴리아믹스 산(polyamix acid), 폴리카프로락톤(polycaprolactone), 폴리에테리미드(polyetherimide), 나일론(nylon), 폴리아라미드(polyaramid), 폴리비닐알콜(polyvinyl alcohol), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리벤질글루타메이트(poly-benzyl-glutamate), 폴리페닐렌테레프탈아마이드(polyphenyleneterephthalamide), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리아크릴로나이트릴(polyacrylonitrile), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide), 폴리스티렌(polystyrene), 셀룰로오스(cellulose), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmethacrylate), 폴리락산(polylactic acid; PLA), 폴리글리콜산(polyglycolic acid; PGA), 폴리락산과 폴리글리콜산의 공중합체(PLGA), 폴리{폴리(에틸렌옥사이드)테레프탈레이트-co-부틸렌테레프탈레이트}(PEOT/PBT), 폴리포스포에스터(polyphosphoester; PPE), 폴리포스파젠(PPA), 폴리안하이드라이드(Polyanhydride; PA), 폴리오르쏘에스터{poly(ortho ester; POE), 폴리(프로필렌푸마레이트)-디아크릴레이트{poly(propylene fumarate)-diacrylate; PPF-DA} 및 폴리에틸렌글라이콜디아크릴레이트{poly(ethylene glycol) diacrylate; PEG-DA}로 이루어진 그룹 중에서 선택된 1종 이상의 생체 적합성 재료로 제조된 막 형태의 불용성 다공성 지지체에 요소분해효소가 고정된 요소분해효소-고정 불용성 다공성 지지체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 요소분해효소 고정화 불용성 다공성 지지체를 이용한 휴대형 요소 센서 모듈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 신장은 기본적인 기능인 노폐물 배출 외에도 여러 가지 생체의 건강에 필수적인 생리학적 처리를 조절하는 기능을 한다. 인체에서 신장이 수행하는 기능은 질소 노폐물과 특정 유기화합물 배출, 체적 항상성 유지, 삼투압, 산도, 2가 양이온들, 인, 칼륨 조절, 혈압, 적혈구 생성 조절, 비타민 D 합성, 항체 발현, 면역 조절, 산화 환원 균형 조절 등이 있다. 하루에 100L 가 넘는 체액에 대해 수동적 여과와 능동적 재흡수 과정을 포함한 10여 가지의 기능들이 수백 그램의 작은 신장 조직에서 이루어지고 있다 [1].

[0003] 말기신부전 환자들은 통원하여 주 3회 4시간의 혈액투석을 받거나 집에서 하루 4회 매번 2L의 복막투석액을 교체해 주어야 하므로 비용과 편의성에서 큰 한계가 있다. 따라서, 좀 더 저렴한 비용으로 휴대 가능한 간편한 투석 기술이 절실히 요구되고 있다. 이러한 휴대형 인공투석 시스템의 개발시 요소 농도를 정확하고 간편하게 감지하는 휴대용 요소 센서 기술은 핵심 요소기술 중의 하나이다.

[0004] 최근에 보고된 요소 센서는 표면적이 넓은 니켈산화물 박막이나 니켈산화물 나노입자로 이루어진 구조체 표면에 요소분해효소를 고정하여 요소가 암모니아와 이산화탄소로 분해될 때 일어나는 산화반응을 니켈산화물 전극을 통하여 전기화학적으로 측정하여 측정된 산화전류값으로 요소 농도를 감지하였다 [2~4].

[0005] 요소 센서의 발전은 다음과 같다.

[0006] 1995년 우크라이나 Institute of Molecular Biology & Genetics의 Boubriak 등은 ISFET위에 부착된 소 혈청 알

부민 삼투막에 요소분해효소를 고정하여 혈청에 있는 요소를 검출하는 바이오센서를 제작 발표하였다.

- [0007] 2002년 인도 국립물리연구소의 Gambhir 등은 ITO에 전기화학적으로 코팅된 전도성 폴리피롤-폴리비닐술포네이트 (polypyrrole-polyvinylsulfonate) 표면에 요소분해효소가 공유결합된 PPY 마이크로입자를 부착하여 요소 전기 화학 바이오센서를 제작, 발표하였다 (검침 범위 $5 \times 10^{-3} \text{ mol/l} \sim 6 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$).
- [0008] 2011년 불가리아 Zlatarov 대학의 Gabrovska 등은 고분자 삼투막을 화학적으로 개질하여 요소분해효소를 화학적으로 고정하고 또한 요소분해효소로 분해된 암모니아를 질소로 전환하는 로듐 (rhodium) 나노입자를 삼투막에 고정하여 0.5 mM 수준의 검침한계 및 $3.1927 \mu \text{ AmM}^{-1} \text{ cm}^2$ 의 감도를 가지는 요소 바이오센서를 제작, 발표하였다.
- [0009] 2013년 인도 Delhi 대학의 Tak 등은 ZnO/ITO 및 ZnO-MWCNTs 나노복합체/ITO에 요소분해효소를 코팅한 요소 전기화학 바이오센서를 제작, 발표하였다 ($43.02 \mu \text{ AmM}^{-1} \text{ cm}^{-2}$).
- [0010] 2013년 리투아니아 Vilnius 대학의 Laurinavicious 등은 카본블랙 페이스트 전극과 요소분해효소가 화학적으로 고정된 반삼투막을 이용하여 요소 전기화학 센서를 발표하였다 (5 mM 농도까지 선형성).

선행기술문헌

비특허문헌

- [0012] (비특허문헌 0001) William H. Fissell and Shuvo Roy, The Implantable Artificial Kidney, Innovation in the Treatment of Uremia: Proceedings from the Cleveland Clinic Workshop, 665, (2009).
- (비특허문헌 0002) M. Tyagi, M. Tomar and V. Gupta, NiO nanoparticle-based urea biosensor, Biosens. Bioelectron., 41, 110 (2013).
- (비특허문헌 0003) M. Tyagi, M. Tomar and V. Gupta, Glad assisted synthesis of NiO nanorods for realization of enzymatic reagentless urea biosensor, Biosens. Bioelectron., 52, 196 (2014).
- (비특허문헌 0004) Hien Duy Mai, Gun Yong Sung and Hyojong Yoo, Fabrication of nickel oxide nanostructures with high surface area and application for urease-based biosensor for urea detection, RSC Advances, 5, 78807 (2015).

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명은 간단한 방법으로 요소분해효소를 불용성 다공성 지지체에 고정화하고, 요소분해효소가 고정화된 불용성 다공성 지지체를 전극이 있는 소형 유체 챔버 내에 넣어 요소의 농도를 간편하게 감지할 수 있는 경제적인 휴대형 요소 센서 모듈을 제공하는 것을 목표로 한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명자들은 니켈산화물 전극물질의 단점을 보완하기 위하여 니켈산화물 전극 대신 요소분해효소가 표면 고정화된 다공성 실크 피브로인 디스크를 미세유체챔버 내에 장착하고 스크린 프린트된 3전극 스트립을 사용하여 휴대가능한 요소 센서 모듈을 제작하고 감지 특성을 측정하였다.
- [0015] 본 발명자들은 복막투석에 기반한 웨어러블 인공신장 시스템에 적용하기 위하여 다공성 실크 피브로인 디스크에 요소분해효소를 고정한 휴대형 요소 센서를 제작하였다. 실크 피브로인 디스크의 다공성 구조는 염 침출법으로 제조하였다. 디스크는 요소를 탐지하는데 사용되는 요소분해효소 (Ur)를 고정하기 위한 효과적인 매트릭스로 작용하였다. 단일 스트립 위의 스크린 인쇄된 세 개의 전극과 요소분해효소가 고정된 다공성 실크 피브로인 디스크를 잡고 있는 PDMS (polydimethylsiloxane) 유체 챔버는 순환 전압전류법 (cyclic voltammetry; C-V)을 이용하여 요소를 감지하기 위해 채용하였다. 제조된 요소 센서는 높은 민감도를 보여주었으며, 요소 농도별 전류에 대하여 선형 의존도를 나타내었다.

- [0017] 본 발명은
- [0018] 유체 챔버;
- [0019] 상기 유체 챔버 바닥에 고정된 표준전극과 양전극과 음전극이 스크린 프린트된 전극 스트립;
- [0020] 상기 유체 챔버 내에 위치하는 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체;
- [0021] 상기 유체 챔버 내로 시료가 흘러들어가는 시료 유입관; 및
- [0022] 상기 유체 챔버로부터 외부로 시료가 흘러나가는 시료 유출관;을 포함하는 휴대형 요소 센서 모듈에 관한 것이다.
- [0023] 또한, 본 발명은 상기 유체 챔버가 합성수지 재질임을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈에 관한 것이다.
- [0024] 또한, 본 발명은 상기 유체 챔버가 PDMS (polydimethylsiloxane) 재질임을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈에 관한 것이다.
- [0025] 또한, 본 발명은 상기 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체가 필요에 따라 교환 가능함을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈에 관한 것이다. 즉, 상기 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체는 요소를 감지하는 시험을 수행할 때 유체 챔버에 넣었다가, 요소 감지 기능이 저하되기 전 교체 가능하다. 상기 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체는 가능하면 상기 유체 챔버의 단면과 동일한 단면을 갖도록 형상화함으로써 유체 챔버 내에서 안정적으로 위치하도록 하고, 요소분해효소를 최대한 많이 포함하도록 한다. 예컨대 유체 챔버가 원통형인 경우, 요소분해효소가 고정된 불용성 다공성 지지체는 디스크 형태로 제조하는 것이 바람직하다.
- [0026] 또한, 본 발명은 상기 유체 챔버 바닥에 고정된 표준전극과 양전극과 음전극이 스크린 프린트된 전극 스트립이 유체 챔버 외부로 연장되어 산화전류값을 측정할 수 있음을 특징으로 하는 휴대형 요소 센서 모듈에 관한 것이다.
- [0027] 상기 효소를 고정화하는 불용성 다공성 지지체는 푸코이단, 콜라겐, 알지네이트, 키토산, 히알루론산, 실크 피브로인, 폴리이미드(polyimides), 폴리아믹스 산(polyamix acid), 폴리카프로락톤(polycarprolactone), 폴리에테르이미드(polyether imide), 나일론(nylon), 폴리아라미드(polyaramid), 폴리비닐알콜(polyvinyl alcohol), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리벤질글루타메이트(poly-benzyl-glutamate), 폴리페닐렌테레프탈아마이드(polyphenyleneterephthalamide), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리아크릴로나이트릴(polyacrylonitrile), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide), 폴리스티렌(polystyrene), 셀룰로오스(cellulose), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmethacrylate), 폴리락산(polylactic acid; PLA), 폴리글리콜산(polyglycolic acid; PGA), 폴리락산과 폴리글리콜산의 공중합체(PLGA), 폴리{폴리(에틸렌옥사이드)테레프탈레이트-co-부틸렌테레프탈레이트}(PEOT/PBT), 폴리포스포에스터(polyphosphoester; PPE), 폴리포스파젠(PPA), 폴리안하이드라이드(Polyanhydride; PA), 폴리ortho에스터{poly(ortho ester; POE)}, 폴리(프로필렌푸마레이트)-디아크릴레이트{poly(propylene fumarate)-diacrylate; PPF-DA} 및 폴리에틸렌글라이콜디아크릴레이트{poly(ethylene glycol) diacrylate; PEG-DA}로 이루어진 그룹 중에서 선택된 1종 이상의 생체 적합성 재료를 이용할 수 있다.
- [0028] 또한, 본 발명은 푸코이단, 콜라겐, 알지네이트, 키토산, 히알루론산, 실크 피브로인, 폴리이미드(polyimides), 폴리아믹스 산(polyamix acid), 폴리카프로락톤(polycarprolactone), 폴리에테르이미드(polyether imide), 나일론(nylon), 폴리아라미드(polyaramid), 폴리비닐알콜(polyvinyl alcohol), 폴리비닐피롤리돈(polyvinylpyrrolidone), 폴리벤질글루타메이트(poly-benzyl-glutamate), 폴리페닐렌테레프탈아마이드(polyphenyleneterephthalamide), 폴리아닐린(polyaniline), 폴리아크릴로나이트릴(polyacrylonitrile), 폴리에틸렌옥사이드(polyethylene oxide), 폴리스티렌(polystyrene), 셀룰로오스(cellulose), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(polymethylmethacrylate), 폴리락산(polylactic acid; PLA), 폴리글리콜산(polyglycolic acid; PGA), 폴리락산과 폴리글리콜산의 공중합체(PLGA), 폴리{폴리(에틸렌옥사이드)테레프탈레이트-co-부틸렌테레프탈레이트}(PEOT/PBT), 폴리포스포에스터(polyphosphoester; PPE), 폴리포스파젠(PPA), 폴리안하이드라이드(Polyanhydride; PA), 폴리ortho에스터{poly(ortho ester; POE)}, 폴리(프로필렌푸마레이트)-디아크릴레이트{poly(propylene fumarate)-diacrylate; PPF-DA} 및 폴리에틸렌글라이콜디아크릴레이트{poly(ethylene glycol) diacrylate; PEG-DA}로 이루어진 그룹 중에서 선택된 1종 이상의 생체 적합성 재료

로 제조된 막 형태의 불용성 다공성 지지체에 요소분해효소가 고정된 요소분해효소-고정 불용성 다공성 지지체에 관한 것이다.

발명의 효과

[0029] 본 발명에 의해 제조된 요소 센서 모듈은 높은 민감도를 보여주었으며, 요소 농도별 전류에 대하여 선형 의존도를 나타내었다. 따라서, 본 발명의 요소 센서 모듈은 휴대형 복막투석액 재생 시스템의 재생액의 평가를 위해 필수적인 센서일 뿐만 아니라, 휴대성, 재현성, 대량 생산성, 간편성 등의 장점이 있어, 만성 신장질환 환자들의 질환 관리에 크게 기여할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1의 (A)는 실크 피브로인 지지체 제작과정을 나타내는 모식도이다. (B)는 효소 고정화 공정에 대한 모식도이다.

도 2는 본 발명의 요소 센서 모듈의 모식도와 사진이다. (A) 전체 모습, (B) 위에서 내려다본 모습, (C) 옆에서 본 모습, (D) 실제 제작된 모듈 사진.

도 3a는 요소 농도에 따른 전류와 전압의 변화를 나타낸 그래프이다.

도 3b는 측정 시간별 요소 농도에 따른 1V일 때의 산화전류값의 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 아래에서는 구체적인 실시예를 들어 본 발명의 구성을 좀 더 자세히 설명한다. 그러나, 본 발명의 구성이 실시예의 기재범위에만 한정되는 것이 아님은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 특히, 본 발명의 실시예는 불용성 다공성 지지체의 재질로서 실크 피브로인을 채택하였으나, 불용성 다공성 지지체는 실크 피브로인에만 한정되는 것이 아니며, 실시예의 유체 챔버의 형상은 원통형이나, 실제로는 원통형뿐만 아니라 다각기둥 형상으로 제작이 가능하다.

[0033] 1. 요소분해효소 고정화 다공성 실크 피브로인 디스크 제작

[0034] 다공성 3차원 지지체를 제조하기 위하여 소금을 페트리 디쉬에 깔고 그 위에 실크 피브로인 수용액을 부어주었다. 그 후 소금을 페트리 디쉬에 가득 채웠다. 이 혼합물은 60℃ 건조기에서 3시간 이상 건조하여 굳혔다. 건조된 혼합물의 소금은 증류수에 침지하여 제거하였다. 36 내지 72시간 동안 수시로 증류수를 교환해주며 염을 제거하였다. 염이 제거된 판 모양의 지지체는 8 mm 지름의 펀치로 펀칭한 후 실온건조 또는 동결건조하여 실크 피브로인 다공성 3차원 지지체를 제작하였다.

[0035] 상기 제작된 실크 피브로인 지지체를 10% 글루타알데하이드 용액에 침지하여 30℃에서 한 시간 동안 교반하며 활성화하였다. 그 후, 0.1M 인산 완충액으로 반응하지 않은 글루타알데하이드를 씻어주었다. 글루타알데하이드로 인해 활성화된 지지체는 요소분해효소 용액에 옮기고 상온에서 2시간 동안 교반하며 고정화하였다. 지지체에 고정화되지 않은 효소를 제거하기 위하여 0.1M 인산 완충액으로 여러 번 씻은 후 4℃에서 건조 및 보관하였다.

[0037] 2. 휴대형 요소 센서 제작 및 요소 농도 측정

[0038] 시료 용액 내의 요소 농도를 측정하기 위하여, PDMS로 제작된 원통형 미세 유체 챔버 (직경 8 mm, 높이 3.5 mm) 바닥에 표준전극과 양전극과 음전극이 스크린 프린트된 전극 스트립을 고정시키고, 챔버 내부에 준비된 실크 피브로인 디스크를 넣고 유체 이송튜브를 연결한 후, 3D 프린터로 제작한 테스트지그로 모듈을 고정나사로 조립하여 도 2와 같은 휴대형 요소 센서 모듈을 제작하였다.

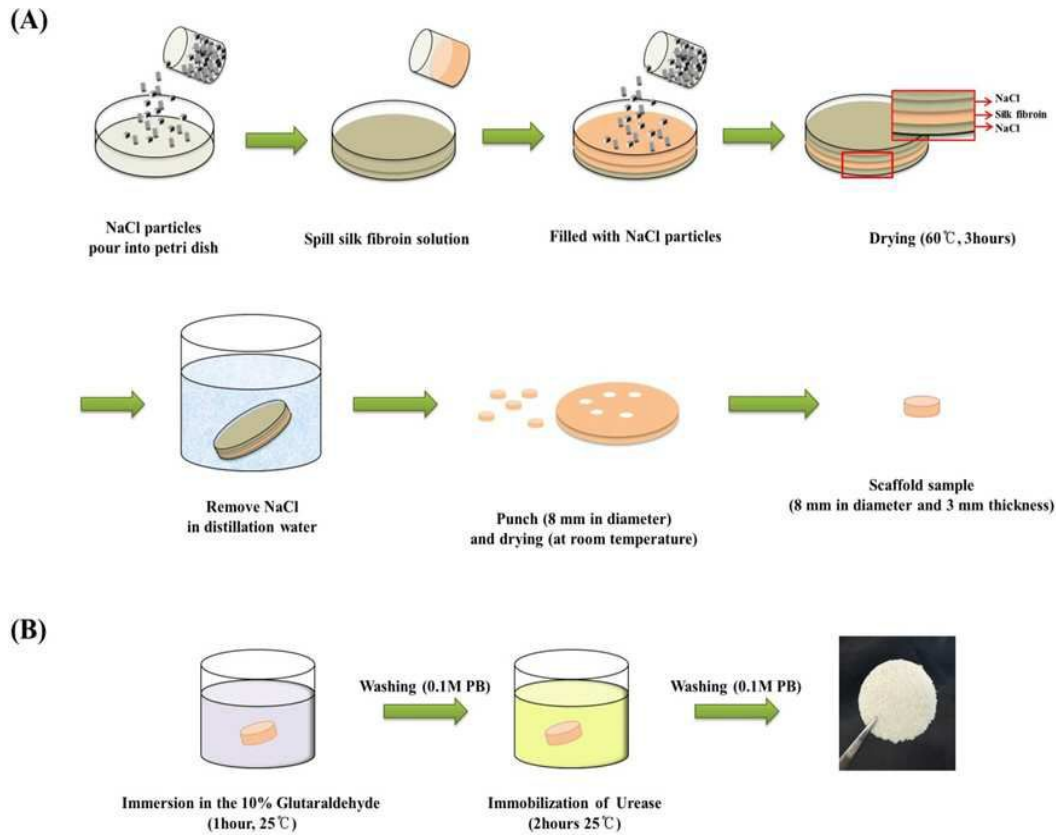
[0039] 제작한 센서 모듈의 전극을 Potentiostats에 연결하고 유체이송튜브를 통하여 각 농도별 요소 시료를 주입하고 10분 간격으로 세 번씩 -0.2 V ~ 1.2 V 구간에서 0.05V/sec의 스캔 속도로 3회씩 측정하여 순환전압전류 (Cyclic voltammogram; C-V)를 구하였다. 도 3a는 농도별 측정된 C-V이고, 도 3b는 1V일 때의 요소 농도에 따른 산화전류값을 측정 시간별로 나타낸 그래프이다.

[0040] 요소분해효소가 고정화된 다공성 실크 피브로인 디스크가 탑재된 미세 유체 챔버와 스크린 프린트된 3전극 스트

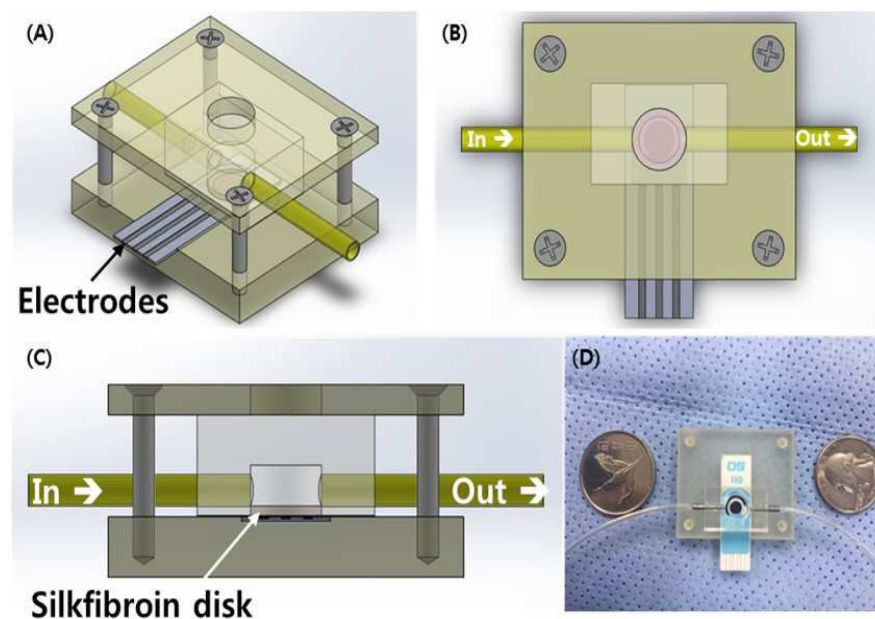
립을 이용한 휴대형 요소 센서 모듈을 제작하여 전기화학적으로 측정한 결과, 0.3 ~ 1.2 mM 요소 농도 영역에서 선형적인 농도-산화전류 값을 보였으며, 민감도는 $23 (\mu\text{A mM}^{-1} \text{cm}^{-2})$ 이었다.

도면

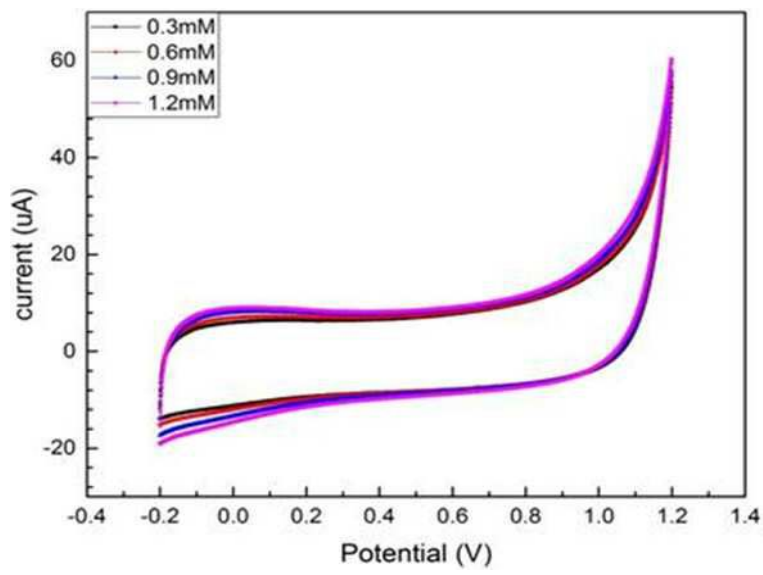
도면1



도면2



도면3a



도면3b

