

|                                                                                            |                                    |                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           | (19) 대한민국특허청(KR)<br>(12) 공개특허공보(A) | (11) 공개번호 10-2014-0000732<br>(43) 공개일자 2014년01월06일                                                  |
| (51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br>G01N 27/30 (2006.01) G01N 33/48 (2006.01)<br>G01N 33/02 (2006.01) |                                    | (71) 출원인<br>인천대학교 산학협력단<br>인천광역시 연수구 아카데미로 119, 11호 12 (송도동)                                        |
| (21) 출원번호                                                                                  | 10-2012-0067323                    | (72) 발명자<br>김규원<br>인천광역시 연수구 청능대로 124 (동춘동) 금호동아 아파트 117동 104호<br>유희선<br>인천광역시 남구 주안서로53번길 48 (주안동) |
| (22) 출원일자                                                                                  | 2012년06월22일                        | (74) 대리인<br>김순웅                                                                                     |
| 심사청구일자                                                                                     | 2012년06월22일                        |                                                                                                     |

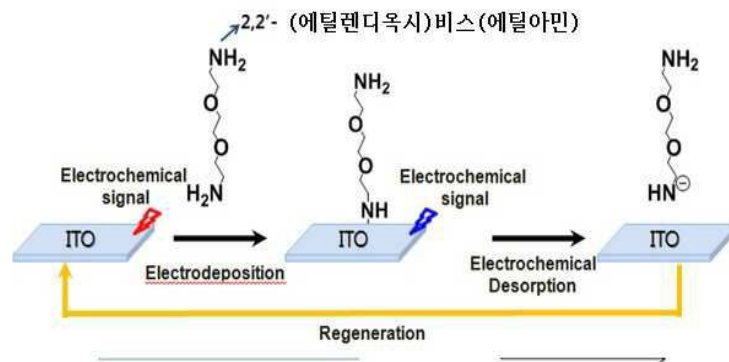
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법

### (57) 요약

본 발명은 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법은 전극에 대한 표면 개질 및 생기능성에 대해 잠재적인 용도를 가지며, 간편하다. 또한, 전극에 대한 여러번의 전기화학적 전착 및 탈착 후에도 전극의 성능이 비교적 저하되지 않는다는 점에서 효율성이 높으며, 경제적인 측면 및 환경적인 측면에서도 상당한 이점을 가진다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

1) 유기용매에 테트라부틸 암모늄 과염소산염(tetrabutyl ammonium perchlorate, TBAP) 및 아민 화합물을 가한 혼합 용액에 전극을 담근 후, +0.1 내지 +5.0V의 전류를 가하여, 전기화학적 산화를 통해 전극에 아민 화합물을 전착시키는 단계; 및

2) 상기 1)단계의 아민 화합물이 전착된 전극을 전해질 용액에 가한 후, +0.001 내지 +3.0V의 전류를 가하여, 전기화학적 산화를 통해 전극으로부터 아민 화합물을 탈착시키는 단계;

를 포함하는, 전극의 재활용 방법.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 1)단계의 유기용매는 아세토니트릴, 클로로포름, 메틸렌 클로라이드, 에틸 아세테이트, 메탄올, 헥산, 톨루엔, 벤젠, 사염화탄소, 펜탄, 아세톤, 디메틸 설펝사이드, 테트라하이드로퓨란 및 디메틸포름알데히드로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는, 전극의 재활용 방법.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 1)단계 및 2)단계의 아민 화합물은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)인 것을 특징으로 하는, 전극의 재활용 방법.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 1)단계에서 전류는 1 내지 30회 주기로 반복하여 전류를 가하는 것을 특징으로 하는, 전극의 재활용 방법.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 2)단계에서 전류는 +1.5 내지 +3.0V에서 1 내지 10초간 전류를 가한 뒤, +0.001 내지 +1.0V에서 1 내지 10초간 전류를 가하는 것을 한 주기로 하여, 50 내지 200회 주기로 반복하여 전류를 가하는 것을 특징으로 하는, 전극의 재활용 방법.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 1)단계 및 2)단계의 전극은 산화인듐주석(indium tin oxide, ITO)전극, 탄소나노튜브전극, 그래핀전극, 흑연전극, 다이아몬드전극, 백금전극, 불소가 도핑된 산화주석(fluorine doped tin oxide, FTO)전극 및 반도체산화물전극으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는, 전극의 재활용 방법.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 전극에 아민기를 갖는 유기층을 전기화학적 산화를 통하여 전착 및 탈착시켜 전극을 재활용하는 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 클락형(Clack-type) 포도당 센서의 출현 이후로, 전기화학적 바이오 센서는 그 선택성, 간단성, 민감도, 및 경제성 때문에 질병의 진단, 음식의 분석, 환경의 관찰 및 분석의 분야에서 우수한 분석 기술로 발전되어 왔다. 게다가 다른 바이오 센서에 비해서 그 성능의 저하가 없이도 소형화를 할 수 있다는 장점이 있다. 새로운 바이오 센서의 플랫폼과 새로운 전략을 이용하여 전기화학적 바이오 센서의 민감도와 선택성 등을 더욱 발달시키기

위한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 바이오센서는 바이오 물질들간의 특이적이고 안정한 결합력을 신호검출의 원리로 사용한다. 그러나, 이와 같은 특이적이고 안정한 결합에 기인하여 현재까지 개발된 바이오센서들은 일회용이라는 사용 한계를 갖는다. 즉, 한번의 특이적 결합 반응이 유도되고 나면 그 바이오센서의 전극 표면은 비가역적으로 측정 대상물에 의하여 변형된다. 종래에는 비등, 계면활성제, 산 또는 염기를 처리하여 바이오센서의 전극을 재생하였으나, 이 경우는 바이오물질 감지막 전체를 없앤다. 따라서, 바이오물질 감지막을 새로 형성하기 위해서는 시간 및 비용이 많이 들기 때문에 엄밀한 의미의 바이오센서 전극의 재생이라 할 수 없다.

[0004] 그리하여 기존의 바이오센서 전극의 재활용 방법의 한계를 극복하기 위해 전기화학적으로 유기층을 전극으로부터 탈착시켜 전극을 재활용 하는 방법이 사용되어 왔다. 그러나 전극의 센서로서의 기능을 훼손하지 아니하며, 다수의 전착 및 탈착시에 전극의 성능이 떨어지지 않도록 하는 유기층의 연구의 필요성이 절실히 요구되고 있다.

[0005] 본 발명자들은 효과적으로 전극을 재활용하는 방법에 대해 연구하던 중, 아민기를 이용하여 유기층을 전극에 전기화학적 산화를 통해 전착 및 탈착시켜 전극을 재활용 하는 방법이, 기존의 전극 재활용 방법에 비해 경제적이며 재활용시 전극의 성능이 비교적 저하되지 아니하며, 센싱에 있어서 센서의 민감도 또는 선택성 등을 저하시키지 않는다는 사실을 밝혀내고, 본 발명을 완성하였다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법을 제공한다.

### 발명의 효과

[0008] 본 발명에 따른 아민기를 이용한 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착을 통한 전극의 재활용 방법은 전극에 대한 표면 개질 및 생기능성에 대해 잠재적인 용도를 가지며, 간편하다. 또한, 전극에 대한 여러번의 전기화학적 전착 및 탈착 후에도 전극의 성능이 비교적 저하되지 않는다는 점에서 효율성이 높으며, 경제적인 측면 및 환경적인 측면에서도 상당한 이점을 가진다.

### 도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착 및 탈착의 과정을 나타내는 도이다.  
 도 2는 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착을 순환전압전류법(CV)으로 확인한 도이다.  
 도 3은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착 및 탈착을 블로킹 테스트로 확인한 도이다.  
 도 4는 다수의 전착 및 탈착 주기에 따른 양극 피크 전류의 측정 결과를 나타낸 도이다.  
 도 5는 그래핀 산화물(Graphene Oxide, GO)의 전기화학적 환원에 대하여 순환전압전류법(CV)으로 확인한 도이다.  
 도 6은 전극 표면에서의 아스코르빈산 및 요산의 전기 화학 반응을 순환전압전류법(CV)으로 확인한 도이다.  
 도 7은 전극 표면에서의 아스코르빈산 및 요산의 전기 화학 반응을 전압전류법(DPV)으로 확인한 도이다.  
 도 8은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착 및 탈착을 x-선 광전자 분광법(XPS)으로 확인한 도이다.  
 도 9는 과량의 아스코르빈산의 존재하에서 요산의 농도에 따른 피크 전류를 전압전류법(DPV)으로 확인한

도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 본 발명은
- [0011] 1) 유기용매에 테트라부틸 암모늄 과염소산염(tetrabutyl ammonium perchlorate, TBAP) 및 아민 화합물을 가한 혼합 용액에 전극을 담근 후, +0.1 내지 +5.0V의 전류를 가하여, 전기화학적 산화를 통해 전극에 아민 화합물을 전착시키는 단계; 및
- [0012] 2) 상기 1)단계의 아민 화합물이 전착된 전극을 전해질 용액에 가한 후, +0.001 내지 +3.0V의 전류를 가하여, 전기화학적 산화를 통해 전극으로부터 아민 화합물을 탈착시키는 단계;
- [0013] 를 포함하는 전극의 재활용 방법을 제공한다.
- [0014] 하기에, 본 발명에 따른 전극의 재활용 방법의 제조방법에 대해 단계별로 상세히 설명한다.
- [0015] 상기 1)단계는 아민 화합물을 전극에 전착시키는 단계로서, 전극을 아세톤, 에탄올 및 물을 이용해 세척한 후, 비활성 기체 하에서 건조시킨다. 이후, 상기 전극을 강산과 과산화수소의 혼합 용매에서 1초 내지 60초간, 바람직하게는 30초간 담근 후, 다량의 물로 세척하고 비활성 기체 하에서 건조시킨다. 이 때, 강산과 과산화수소는 1 내지 5 : 1의 중량 비율, 바람직하게는 3 : 1의 중량 비율로 혼합한다. 상기 강산으로는 황산, 염산, 질산 등을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 이 후, 유기용매에 0.05 내지 1M, 바람직하게는 0.1M의 테트라부틸 암모늄 과염소산염(tetrabutyl ammonium perchlorate, TBAP) 및 10 내지 100mM, 바람직하게는 50mM의 아민 화합물을 가한 혼합 용액에 상기 건조시킨 전극을 담근 후, 삼극셀을 이용하여 +0.1V부터 +5.0V까지, 바람직하게는 +0.5V부터 +2.7V까지, 1 내지 30회, 바람직하게는 3회 주기로 반복하여 전류를 가하여 전기화학적 산화를 통해 전극에 아민 화합물을 전착시킨다. 전착 후, 상기 전극을 물 및 아세토니트릴을 이용하여 세척한 뒤, 비활성 기체 하에서 건조시킨다.
- [0016] 상기 2)단계는, 전극으로부터 아민 화합물을 탈착시키는 단계로서, 상기 아민 화합물이 전착된 전극을 아세톤, 에탄올 및 물을 이용해 세척한 후, 질소 기체 하에서 건조시킨다. 이후, 상기 전극을 강산과 과산화수소의 혼합 용매에 1초 내지 60초간, 바람직하게는 30초간 담근 후, 다량의 물로 세척하고 비활성 기체 하에서 건조시킨다. 상기 건조시킨 전극을 전해질 용액에 가한 후, 삼극셀을 이용하여 +1.5 내지 +3.0V에서 1 내지 10초간, 바람직하게는 2.2V에서 1초간 전류를 가한 뒤, +0.001 내지 +1.0V에서 1 내지 10초간, 바람직하게는 +0.001 내지 +0.5V에서 2초간 전류를 가하는 것을 한 주기로 하여, 50 내지 200회, 바람직하게는 120회 주기로 반복하여 전류를 가하여 전기화학적 산화를 통해 전극으로부터 아민 화합물을 탈착시킨다. 상기 강산과 과산화수소의 혼합 용매는 상기 1)단계에서 언급한 것과 동일하다.
- [0017] 상기 전극은 산화인듐주석(indium tin oxide, ITO)전극, 탄소나노튜브전극, 그래핀전극, 흑연전극, 다이아몬드 전극, 백금전극, 불소가 도핑된 산화주석(fluorine doped tin oxide, FTO)전극 및 반도체산화물전극으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나를 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 상기 아민 화합물은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)을 포함하는 1차, 2차 또는 3차 아민 화합물이 바람직하나, 이에 한정되지 않는다. 상기 유기용매는 아세토니트릴, 클로로포름, 메틸렌 클로라이드, 에틸 아세테이트, 메탄올, 헥산, 톨루엔, 벤젠, 사염화탄소, 펜탄, 아세톤, 디메틸 설펍사이드, 테트라하이드로퓨란 및 디메틸포름알데히드로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상을 포함하나, 이에 한정되지 않는다. 상기 전해질 용액은 물 등의 용매에 녹아서 이온으로 해리되어 전류를 흐르게 하는 물질을 의미하며, 그 종류는 한정되지 않는다.
- [0018] 상기 방법에 의한 전극 표면에서의 유기층의 전기화학적 전착 및 탈착은 전극의 성능을 저하시키지 않아 효율성이 높으며, 경제적인 측면과 환경적인 측면에서도 상당한 이점을 가진다.
- [0019] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예 및 실험예를 제시한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위하여 제공되는 것일 뿐, 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

### [0020] 실시예 1. 아민기를 이용한 유기층의 ITO전극에 대한 전착 및 탈착

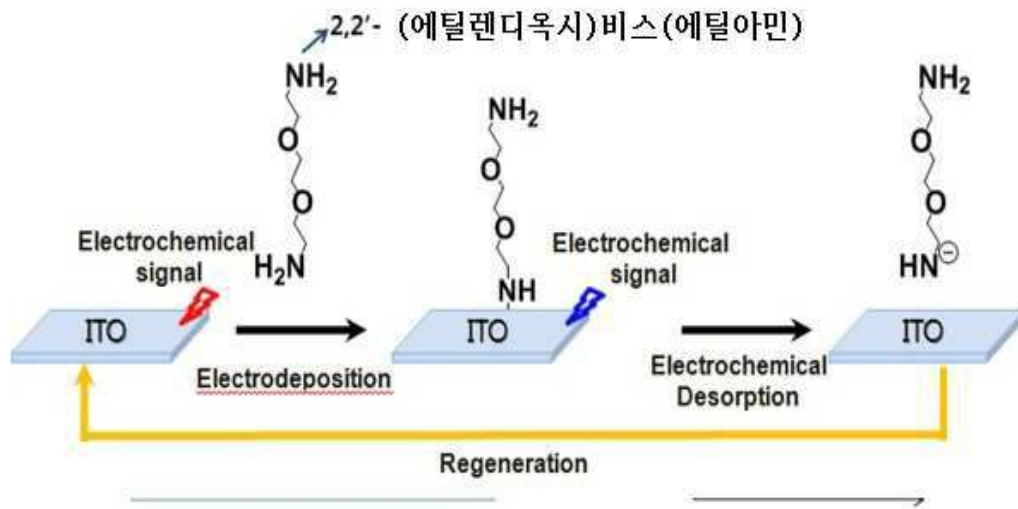
- [0021] 1-1. 아민기를 이용한 유기층의 ITO전극에 대한 전착
- [0022] 산화인듐주석(indium tin oxide, ITO)전극을 아세톤, 에탄올 및 물을 이용해 세척한 후, 질소 기체 하에서 건조시켰다. 이후, 상기 전극을 piranha 용액( $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 = 3 : 1$ )에 30초간 담근 후, 다량의 물로 세척하고 질소 기체 하에서 건조시켰다. 아세토니트릴에 0.1M의 테트라부틸 암모늄 과염소산염(tetrabutyl ammonium perchlorate, TBAP)과 50mM의 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)을 가한 혼합 용액에 상기 전극을 담근 후, 삼극식셀을 이용하여 +0.5V부터 +2.7V까지 3회의 주기로 반복하여 전류를 가하여 전기화학적 산화를 통해 전극에 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)을 전착시켰다. 전착 후, 상기 전극을 물 및 아세토니트릴을 이용하여 세척한 뒤, 질소 기체 하에서 건조시켰다.
- [0023] 1-2. 아민기를 이용한 유기층의 ITO전극에 대한 탈착
- [0024] 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 전착된 ITO전극을 아세톤, 에탄올 및 물을 이용해 세척한 후, 질소 기체 하에서 건조시켰다. 이후, 상기 전극을 piranha 용액( $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{H}_2\text{O}_2 = 3 : 1$ )에 30초간 담근 후, 다량의 물로 세척하고 질소 기체 하에서 건조시켰다. 상기 건조된 전극을 0.1M의 KCl 수용액에 담그고, 삼극식셀을 이용하여 +2.2V에서 1초간 전류를 가한 뒤, +0.001V에서 2초간 전류를 가하는 것을 한 주기로 반복하여 120회 반복하여 전류를 가하여, 전기화학적 산화를 통해 전극으로부터 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)을 탈착시켰다.
- [0025] 실험예 1. 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착을 확인하기 위한 순환전압전류법(Cyclic Voltammetry, CV)
- [0026] ITO전극 표면에 대해 전기화학적 산화를 통한 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 전착 결과를 알아보기 위하여, 순환전압전류법(CV)을 시행하였다. 결과를 도 2에 나타내었다.
- [0027] 도 2에 나타난 바와 같이, ITO전극 표면에 (A) 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 전착되지 않은 경우에는 2.3V 부근에서 피크가 관찰되지 않는 반면, (B) 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 전착된 경우에는 2.3 V 부근에서 피크가 관찰되는 것을 확인하였다. 이를 통해 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 2.3V에서 ITO전극에 전착된다는 것을 확인할 수 있다.
- [0028] 실험예 2. 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착 및 탈착을 확인하기 위한 블로킹 테스트
- [0029] ITO전극 표면에 대한 5mM의 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 전착 및 탈착 전후의 전극 표면 상태를 확인하기 위한 순환전압전류법을 시행하였다. 결과를 도 3에 나타내었다.
- [0030] 도 3에 나타난 바와 같이, 파란 선은 순수 ITO전극에 대해, 붉은 색 선은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극에 대한 전착 후에, 그리고 녹색 선은 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극에 대한 탈착 후에 블로킹 테스트(Blocking test)를 시행한 것이다. 이를 통해 전기화학적 산화를 통해 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 ITO전극 표면 전착되었으며, 아민으로 개질된 ITO전극 표면에 전기화학적 산화를 통해 전기화학적 탈착을 한 경우 본래의 순수 ITO전극의 표면에 가까운 상태로 만들수 있다는 점을 확인할 수 있다.
- [0031] 실험예 3. 다수의 전착 및 탈착 주기에 따른 양극 피크 전류의 측정
- [0032] ITO전극 표면에 대한 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 다수의 전착 및 탈착 주기에 따른 양극 피크 전류를 측정하였다. 결과를 도 4에 나타내었다.
- [0033] 도 4에 나타난 바와 같이, 여러번의 전착 및 탈착을 시행하였음에도 불구하고, 양극 피크 전류의 변화가 크게 나타나지 않았다. 이를 통해 ITO전극의 재활용성이 가능하며, 효율성이 높다는 것을 알 수 있다.
- [0034] 실험예 4. 그래핀 산화물(Graphene Oxide, GO)의 전기화학적 환원에 대한 순환전압전류법

- [0035] 아민기로 개질된 ITO전극 표면에 대해 흡착된 그래핀 산화물의 전기화학적 환원에 대하여 순환전압전류법을 시행하였다. 결과를 도 5에 나타내었다.
- [0036] 도 5에 나타난 바와 같이, 아민기로 개질된 ITO전극 표면에 대해 흡착된 그래핀 산화물이 전기화학적으로 어떠한 방해요소 없이 환원이 되었다는 것을 알 수 있다.
- [0037] **실험예 5. 전극 표면에서의 아스코르빈산 및 요산의 전기 화학 반응을 측정하기 위한 순환전압전류법**
- [0038] 300 $\mu$ M의 아스코르빈산 및 50 $\mu$ M의 요산을 각각의 서로 다른 전극에서 검출을 하였으며, 결과를 도 6에 나타내었다.
- [0039] 도 6에 나타난 바와 같이, 순수 ITO, ITO + 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민), ITO + 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민) + GO(그래핀 산화물), 및 ITO + 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민) + ERGO(전기화학적으로 환원된 그래핀 산화물)의 전극에 대하여 주사 속도 5mV/s로 각각 아스코르빈산 및 요산을 검출하였는데, ERGO를 포함하는 전극을 제외하고, 어떠한 반응을 나타내지 않았으며, 이는 전기화학적으로 환원된 그래핀 산화물이 전기촉매 반응을 하여, 바이오 센서로서의 감응도가 높다는 것을 알 수 있으며, 또한 아민기로 개질된 ITO전극이 ERGO의 감응도를 저해시키지 않았다는 것을 알 수 있다.
- [0040] **실험예 6. 전극 표면에서의 아스코르빈산 및 요산의 전기 화학 반응을 측정하기 위한 전압전류법(Differential Pulse Voltammetry, DPV)**
- [0041] 300 $\mu$ M의 아스코르빈산 및 50 $\mu$ M의 요산을 각각의 서로 다른 전극에서 검출을 하였으며, 결과를 도 7에 나타내었다.
- [0042] 도 7에 나타난 바와 같이, 순수 ITO, ITO + 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민), ITO + 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민) + GO(그래핀 산화물), 및 ITO + 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민) + ERGO(전기화학적으로 환원된 그래핀 산화물)의 전극에 대하여 각각 아스코르빈산 및 요산을 검출하였는데, ERGO를 포함하는 전극을 제외하고, 어떠한 반응을 나타내지 않았으며, 이는 전기화학적으로 환원된 그래핀 산화물이 전기촉매 반응을 하여, 바이오 센서로서의 감응도가 높다는 것을 알 수 있으며, 또한 아민기로 개질된 ITO전극이 ERGO의 감응도를 저해시키지 않았다는 것을 알 수 있다.
- [0043] **실험예 7. 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 ITO전극 표면에 대한 전착 및 탈착을 확인하기 위한 x-선 광전자 분광법(x-ray photoelectron spectroscopy, XPS)**
- [0044] ITO전극 표면에 대한 전기화학적 산화를 통하여 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)의 전착 결과를 알아보기 위하여, x-선 광전자 분광법(XPS)을 시행하였다. 결과를 도 8에 나타내었다.
- [0045] 도 8에 나타난 바와 같이, (A) 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 ITO전극 표면에 전착된 후, 피크는 399eV에서 나타났으며, 이는 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 ITO전극 표면에 전기화학적 산화를 통해 전착되었음을 확인할 수 있고, (B) 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 ITO전극 표면에 전착된 후 피크는 관찰되지 않아 2,2'-(에틸렌디옥시)비스(에틸아민)이 ITO전극 표면에서 전기화학적 산화를 통해 탈착되었음을 알 수 있다.
- [0046] **실험예 8. 과량의 아스코르빈산의 존재하에서 요산의 농도에 따른 피크 전류의 측정을 위한 전압전류법**
- [0047] 과량의 아스코르빈산의 존재 하에서 요산의 농도에 따른 피크 전류의 측정하기 위해, 40 $\mu$ M, 80 $\mu$ M 및 120 $\mu$ M의 요산 농도에서 전압전류법을 시행하였다. 결과를 도 9에 나타내었다.
- [0048] 도 9에 나타난 바와 같이, (A)는 처음 사용한 ITO전극에 대해 측정하였고, (B)는 본 발명에 따른 재활용방법에 의해 재활용한 ITO전극에 대해 측정하였는데, 각 농도에 대한 피크 전류 값을 도시한 두 그래프에서,  $R^2$  값이 1에 매우 근사하다는 것을 알 수 있다. 이를 통해 재활용된 ITO전극이 요산의 농도에 따라 좋은 선형감응을 한다는 것을 알 수 있으며, 즉 상기 재활용된 전극이 충분히 요산에 대한 센서로 활용될 수 있다는 것을 나타낸다. 또한, 두 그래프의 기울기를 비교하면, 기울기가 서로 비슷하다는 점에서 재활용한 전극으로 만들어진 센서가

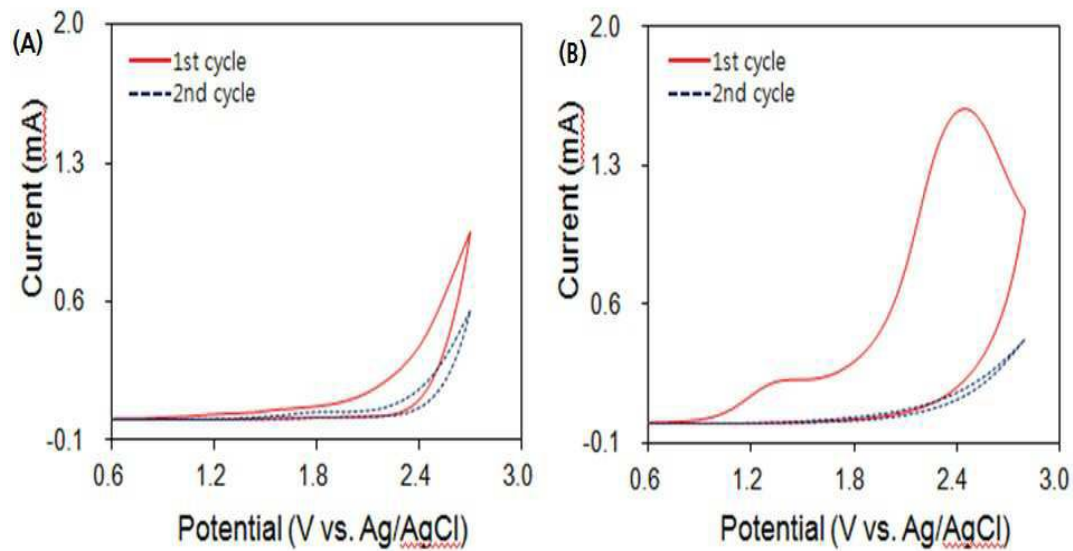
처음 사용하는 전극으로 만들어진 센서와 비슷한 민감도를 가진다는 것을 알 수 있다.

도면

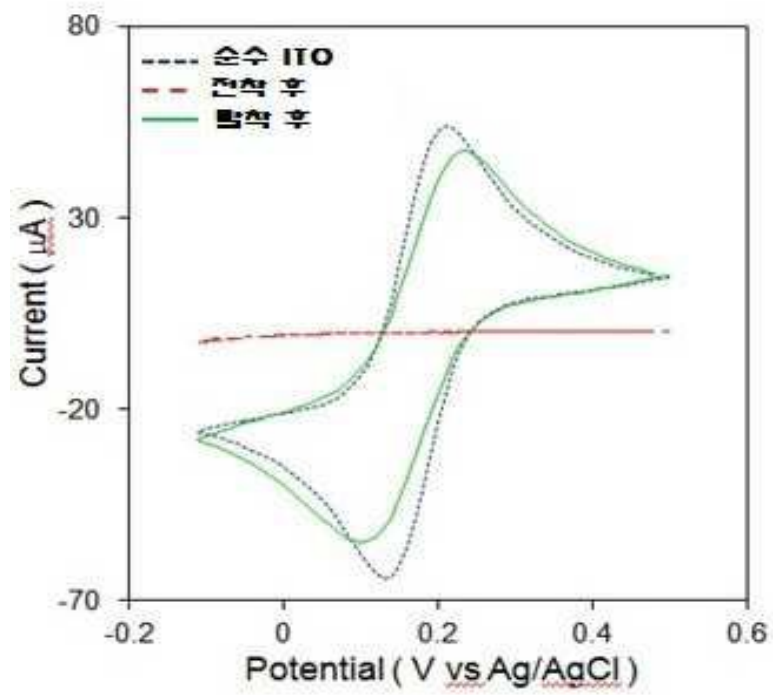
도면1



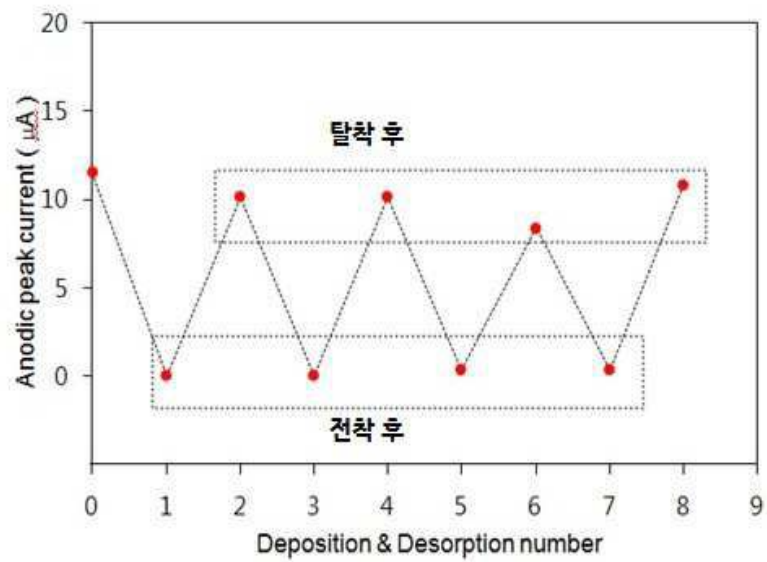
도면2



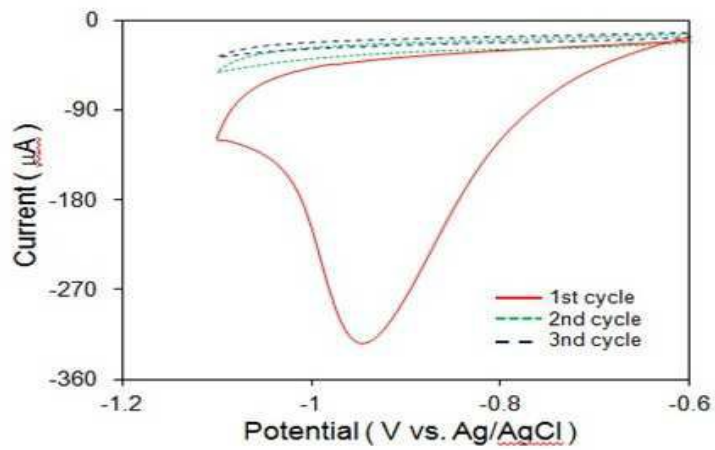
도면3



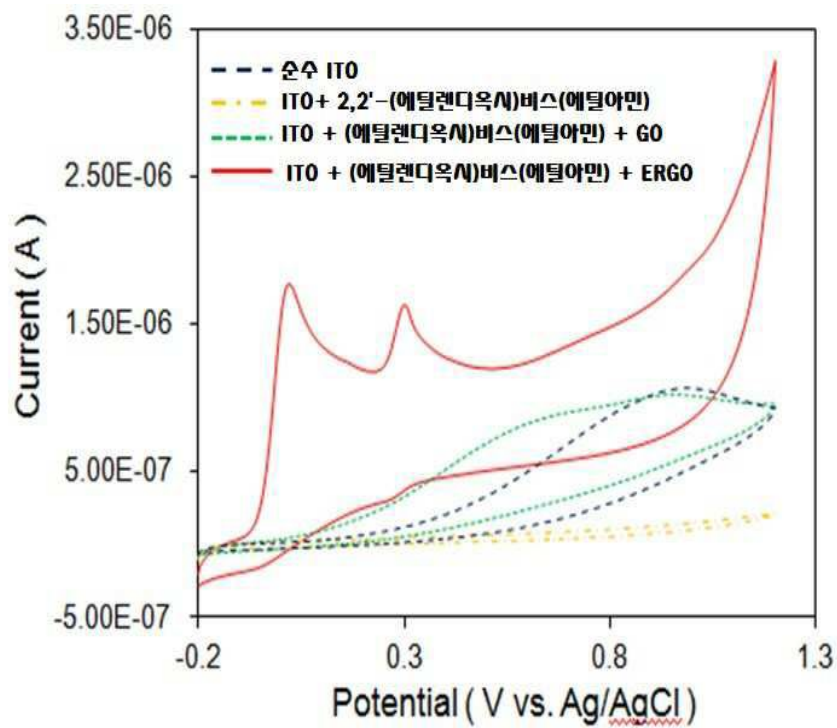
도면4



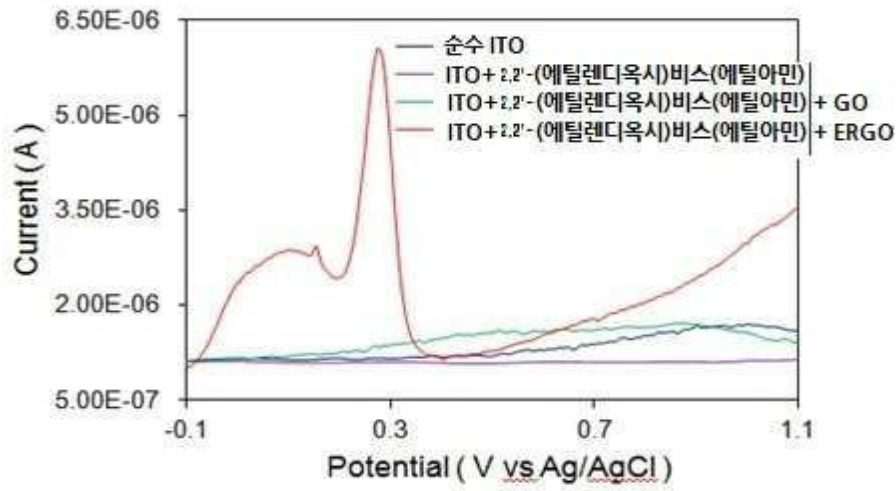
도면5



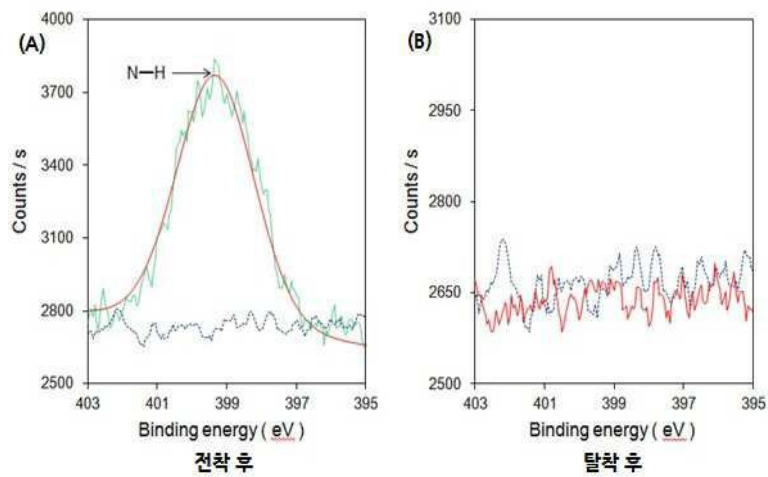
도면6



도면7



도면8



도면9

