



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0012072
(43) 공개일자 2015년02월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 27/30 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0087455

(22) 출원일자 2013년07월24일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

김정오

경기 화성시 병점중앙로 230-10, 104동 701호 (진안동, 다람마을엘지태안자이아파트)

박정호

서울 성동구 왕십리로 36, 101동 804호 (성수동1가, 건영아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인가산

전체 청구항 수 : 총 10 항

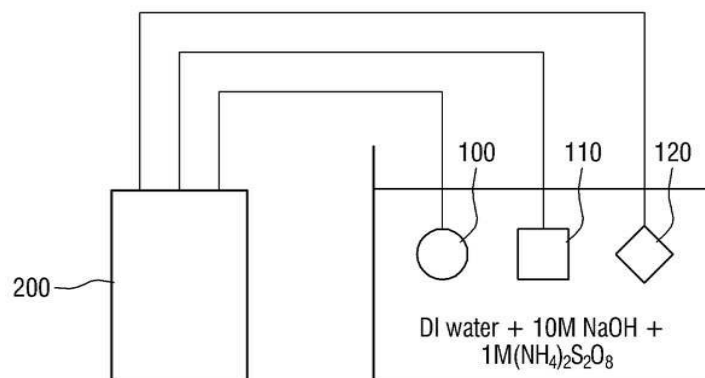
(54) 발명의 명칭 과산화수소 측정 센서 및 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법

(57) 요약

과산화수소 측정 센서 및 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법이 제공된다. 상기 과산화수소 측정 센서는, 기준 전극, 상대 전극 및 산화구리 나노플라워 전극을 포함하는 작업 전극을 포함하되, 산화구리 나노플라워 전극은, 산화구리 전극과 산화구리 전극의 일면에 형성된 폴리이미드 테이프(polyimide tape) 층을 포함한다.

대표도 - 도1

1



(72) 발명자

김지정

경기 용인시 수지구 동천로113번길 10, 1203동 901호 (동천동, 한빛마을래미안이스트팰리스2단지)

김효섭

경기 수원시 권선구 세권로316번길 49, 313동 405호 (권선동, 현대아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

기준 전극;

상대 전극; 및

산화구리 나노플라워 전극을 포함하는 작업 전극을 포함하되,

상기 산화구리 나노플라워 전극은, 산화구리 전극과 상기 산화구리 전극의 일면에 형성된 폴리이미드 테이프 (polyimide tape) 층을 포함하는 과산화수소 측정 센서.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 작업 전극을 통해 용액 내에 포함된 과산화수소 농도를 측정하는 측정부를 더 포함하고,

상기 측정부 내에는 상기 용액 내에 포함된 과산화수소의 농도별 전류값이 저장되고,

상기 과산화수소의 농도는 100 ~ 1000ppm인 과산화수소 측정 센서.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 측정된 전류값은, 상기 과산화수소 농도에 비례하는 과산화수소 측정 센서.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 용액은 효소를 미포함하는 과산화수소 측정 센서.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 기준 전극은 Ag/AgCl 전극을 포함하는 과산화 수소 측정 센서.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 작업 전극의 전위는, 상기 기준 전극의 전위를 기준으로 조절되고,

상기 작업 전극 및 상기 상대 전극 사이에서 전류가 흐르고,

상기 상대 전극은 백금 전극을 포함하는 과산화수소 측정 센서.

청구항 7

Ag/AgCl 전극을 포함하는 기준 전극;

백금 전극을 포함하는 상대 전극;

산화구리 나노플라워 전극을 포함하는 작업 전극; 및

상기 작업 전극을 통해 용액 내에 포함된 과산화수소 농도를 측정하는 측정부를 포함하되,

상기 측정부 내에는 상기 용액 내에 포함된 과산화수소의 농도별 전류값이 저장되고,

상기 과산화수소의 농도는 100 ~ 1000ppm이고,

상기 산화구리 나노플라워 전극은 산화구리 전극과 상기 산화구리 전극 상에 형성된 폴리이미드 테이프 층을 포함하는 과산화수소 측정 센서.

청구항 8

PFA(Perfluoroalkoxy) 용기에서 16시간 이상 구리 전극과 NaOH 용액 및 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액을 반응시키는 반응 공정을 수행하고,

상기 반응 공정을 수행한 후 냉각 공정을 수행하고,

상기 냉각 공정 후 세척 공정을 통해 산화구리 나노플라워 전극을 형성하는 것을 포함하는 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 반응 공정 수행 시, 상기 PFA 용기의 온도는 $41 \sim 42^\circ\text{C}$ 에서 유지되는 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 구리 전극의 일 면에 폴리이미드 테이프 층을 형성하는 것을 더 포함하는 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 과산화수소 측정 센서 및 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 과산화수소를 정량화하는 기술에는 과망간산을 이용한 적정법, 분광법, 전기화학적 방법 등이 있다. 이 중에서 전기화학적 방법은 높은 감도, 빠른 반응시간, 넓은 동적 범위 등의 이점을 가지고 있다.

[0003] 또한 과산화수소 농도 측정에 있어서, 효소 기반 센서들이 전기화학적 방법과 결합되어 연구되고 있다. 그러나 효소 기반 센서의 경우 안정성 문제가 있는바, 효소를 사용하지 않으면서, 높은 안정성 및 넓은 표면적의 특성을 가지는 산화구리 나노플라워 전극 기반의 과산화수소 측정 센서에 대한 연구가 진행되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명이 해결하려는 과제는, 효소 없이, 산업 폐수에 포함된 고농도의 과산화수소를 측정할 수 있는 과산화수소 측정 센서를 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명이 해결하려는 다른 과제는, 효소 없이, 산업 폐수에 포함된 고농도의 과산화수소를 측정할 수 있는 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하려는 과제들은 이상에서 언급한 과제들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 과산화수소 측정 센서의 일 실시예는, 기준 전극, 상대 전극 및 산화구리 나노플라워 전극을 포함하는 작업 전극을 포함하되, 산화구리 나노플라워 전극은 산화구리 전극과 산화구리 전극의 일면에 형성된 폴리이미드 테이프(polyimide tape) 층을 포함한다.

- [0008] 상기 작업 전극을 통해 용액 내에 포함된 과산화수소 농도를 측정하는 측정부를 더 포함하고, 측정부 내에는 용액 내에 포함된 과산화수소의 농도별 전류값이 저장되고, 과산화수소의 농도는 100 ~ 1000ppm일 수 있다.
- [0009] 상기 측정된 전류값은, 과산화수소 농도에 비례할 수 있다.
- [0010] 상기 용액은 효소를 미포함할 수 있다.
- [0011] 상기 기준 전극은 Ag/AgCl 전극을 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 작업 전극의 전위는, 기준 전극의 전위를 기준으로 조절되고, 작업 전극 및 상대 전극 사이에서 전류가 흐르고, 상대 전극은 백금 전극을 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 과산화수소 측정 센서의 다른 실시예는, Ag/AgCl 전극을 포함하는 기준 전극, 백금 전극을 포함하는 상대 전극, 산화구리 나노플라워 전극을 포함하는 작업 전극 및 작업 전극을 통해 용액 내에 포함된 과산화수소 농도를 측정하는 측정부를 포함하되, 측정부 내에는 용액 내에 포함된 과산화수소의 농도별 전류값이 저장되고, 과산화수소의 농도는 100 ~ 1000ppm이고, 산화구리 나노플라워 전극은 산화구리 전극과 산화구리 전극 상에 형성된 폴리이미드 테이프 층을 포함한다.
- [0014] 상기 다른 과제를 해결하기 위한 본 발명의 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법의 일 실시예는, PFA(Perfluoroalkoxy) 용기에서 16시간 동안 구리 전극과 NaOH 용액 및 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액을 반응시키는 반응 공정을 수행하고, 반응 공정을 수행한 후 냉각 공정을 수행하고, 냉각 공정 후 세척 공정을 통해 산화구리 나노플라워 전극을 형성하는 것을 포함한다.
- [0015] 상기 반응 공정 수행 시, PFA 용기의 온도는 41 ~ 42℃에서 유지될 수 있다.
- [0016] 상기 구리 전극의 일 면에 폴리이미드 테이프 층을 형성하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 기타 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 도면들에 포함되어 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 개념도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 회로도이다.
- 도 3은 도 1의 측정부를 설명하는 블록도이다.
- 도 4 내지 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법을 설명하는 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 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. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성 요소를 지칭한다.
- [0020] 비록 제1, 제2 등이 다양한 소자, 구성요소 및/또는 섹션들을 서술하기 위해서 이용되나, 이들 소자, 구성요소 및/또는 섹션들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 소자, 구성요소 또는 섹션들을 다른 소자, 구성요소 또는 섹션들과 구별하기 위하여 이용하는 것이다. 따라서, 이하에서 언급되는 제1 소자, 제1 구성요소 또는 제1 섹션은 본 발명의 기술적 사상 내에서 제2 소자, 제2 구성요소 또는 제2 섹션일 수도 있음은 물론이다.
- [0021] 본 명세서에서 이용된 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, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 형성을 배제하지 않는다.
- [0022] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 이용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 이용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로

이용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

- [0023] 이하, 도 1 내지 도 3을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서에 대해 설명한다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 개념도이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 회로도이다. 도 3은 도 1의 측정부를 설명하는 블록도이다.
- [0025] 도 1 및 도 2를 참조하면, 과산화수소 측정 센서(1)는 기준 전극(100), 작업 전극(110), 상대 전극(120), 측정부(200)를 포함한다. 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서(1)는 기준 전극(100), 작업 전극(110), 상대 전극(120)을 포함하는 3 전극 시스템으로 구현될 수 있다.
- [0026] 기준 전극(100)은 예를 들어, Ag/AgCl 전극을 포함할 수 있다. Ag/AgCl 전극은 Ag 상에 AgCl을 증착시키는 것에 의해 형성될 수 있다.
- [0027] 작업 전극(110)은 목적하는 반응을 일으키기 위해 사용되는 전극으로, 측정하고자 하는 전극이기도 하다. 또한 본 발명의 일 실시예에 따른 작업 전극(110)은, 예를 들어, 산화구리 나노플라워 전극을 포함할 수 있다.
- [0028] 산화구리 나노플라워를 전극으로 사용하는 작업 전극(110)은, 구체적으로, 높은 화학적 안정성 및 넓은 표면적을 가지고 있으며, 전기 촉매 작용을 나타낼 수 있다. 따라서, 산화구리 나노플라워 전극을 작업 전극(110)으로 이용함으로써, 효소를 사용하지 않는 고농도 범위의 과산화수소 측정 센서(1)를 구현할 수 있다.
- [0029] 작업 전극(110)은 산화구리 전극 및 산화구리 전극의 일면에 형성된 폴리이미드 테이프(polyimide tape) 층을 포함할 수 있다. 구체적으로, 작업 전극(110)을 구리 전극으로부터 성장시킬 때, 작업 전극(110)의 앞면과 뒷면이 다르게 형성되는 것을 방지하기 위해 구리 전극의 일 면에 폴리이미드 테이프 층을 형성할 수 있다.
- [0030] 폴리이미드 테이프 층은 폴리이미드 테이프를 구리 전극의 일 면에 부착함으로써 형성될 수 있다. 폴리이미드 테이프 층을 형성함으로써, 작업 전극(110)이 불균형하게 형성되는 것을 방지할 수 있다.
- [0031] 상대 전극(120)은 예를 들어, 백금 전극을 포함할 수 있다. 또한 상대 전극(120)은 3 전극 시스템에서, 전기화학적 회로를 구성해주는 역할을 수행할 수 있다.
- [0032] 도 3을 참조하면, 측정부(200)는 포텐시오스탯 장치(205) 및 저장 장치(207)를 포함할 수 있다.
- [0033] 구체적으로, 포텐시오스탯 장치(205)는 작업 전극(110)을 이용하여, 전기화학적 측정을 할 수 있다. 전기화학적 측정법은, 주어진 계에 전기적 자극을 가했을 때, 주어진 자극에 대한 계의 화학적 응답을 분석하는 것이라 할 수 있다. 즉, 전기적 자극에 대하여 물질이 수반하는 전자의 이동(산화 또는 환원)을 측정하는 것이라 할 수 있다. 이러한 산화 및 환원 반응을 레독스(redox) 반응이라 하며, 이들에 대한 연구는 활성종의 농도, 평형상수, 반응 매커니즘뿐만 아니라, 전극 표면에서 일어나는 전자이동반응, 흡착 등 일련의 현상에 대한 많은 정보를 가져다 줄 수 있다. 각 실험에서 주어진 계의 응답 형태는 어떠한 변수가 자극신호로 사용되었는가에 의존하기 때문에, 얻어지는 응답 형태를 다양한 변수를 사용하여 여러 가지 형태로 나타냄으로써 많은 정보를 얻을 수 있다. 전기화학적 측정법을 조절변수 및 관측하는 신호에 따라 분류해보면, 예를 들어, 선형주사전위법, 순환전압전류법, 시간대전류법, 시간대전압법, 시간대전위차법, 폴라로그래피 및 임피던스법을 포함할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는, 순환전압전류법을 예로 들어 설명할 것이나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0034] 저장 장치(207)에는 과산화수소의 농도별 전류값이 저장될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소의 농도 범위는 100 ~ 1000ppm을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 저장 장치(207)에 저장된 과산화수소의 농도별 전류값은 예를 들어, 과산화수소의 농도별 환원 전류값을 포함할 수 있다.
- [0035] 다시 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서(1)의 작업 전극(110)의 전위는, 기준 전극(100)을 기준으로 조절될 수 있다. 즉, 전위조절기(VA)에 의해 기준 전극(100)과 작업 전극(110) 사이의 전위가 조절될 수 있다. 이 때, 작업 전극(110)과 기준 전극(100) 사이의 전위차는, 전극 반응에 의해 흐르는 전류값에 관계없이 정확하게 측정될 수 있다.
- [0036] 또한, 2전극 시스템과 달리, 전류(i)가 기준 전극(100)이 아닌 상대 전극(120)으로 유입됨으로써, 기준 전극(100)의 분극 또는 용액의 저항으로 인한 전압강하를 방지할 수 있다.
- [0037] 포텐시오스탯 장치(205)는 작업 전극(110)을 통해 용액 내의 전류값을 측정할 수 있다. 여기에서, 전기 촉매 작용을 하는 산화구리 나노플라워 전극을 작업 전극(110)으로 사용하기 때문에, 용액은 효소를 포함하지 않을 수

있다. 또한 전류값은 예를 들어, 환원전류값을 포함할 수 있다.

[0038] 포텐시오스탯 장치(205)을 통해 측정된 전류값은 저장 장치(207)에 저장되어 있는 과산화수소의 농도별 전류값과 비교되고, 비교 과정을 통해 해당되는 과산화수소의 농도가 도출될 수 있다.

[0039] 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서(1)는, 표면적이 넓고 화학적 안정성이 뛰어난 나노플라워 형태의 산화구리 전극을 작업 전극(110)으로 사용함으로써, 산업 폐수에 포함된 고농도의 과산화수소(100 ~ 1000ppm)를 효소 없이 측정할 수 있다. 또한 과산화수소 측정 센서(1)에 의해 측정된 전류값은, 과산화수소 농도가 증가함에 따라 (100 ~ 1000ppm의 농도 범위), 선형적으로 비례하여 증가할 수 있고, 이에 대한 실험에는 후술하기로 한다.

[0040] 도 4 내지 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법을 설명하는 도면들이다.

[0041] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법의 순서도이다. 도 5는 도 4의 S300을 설명하는 도면이다. 도 6 및 도 7은 도 5의 PFA(Perfluoroalkoxy) 용기의 위치에 따른 변화를 설명하는 도면들이다. 도 8 내지 도 10은 도 4의 S300에서의 반응시간에 따른 산화구리 나노플라워를 도시킨 도면이다. 도 11은 도 9의 산화구리 나노플라워 전극을 이용하여, 과산화수소의 농도별 전류값을 측정한 그래프이다.

[0042] 도 4 및 도 5를 참조하면, 먼저 구리 전극(230)을 NaOH 용액 및 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액과 반응시킨다(S300). 예를 들어, 열수 조건(hydrothermal condition) 하에 별도의 압력 인가 장치를 사용하지 않은 상태에서 NaOH 용액 및 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액과 반응시킬 수 있다. 구체적으로, 10M 농도의 NaOH 용액과 1M 농도의 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액, 그리고 정제수(DI water)가 S300의 반응을 위해 사용될 수 있다. (이하부터, 10M 농도의 NaOH 용액과 1M 농도의 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액, 그리고 정제수(DI water)의 혼합 용액을 반응 용액이라 하겠다.)

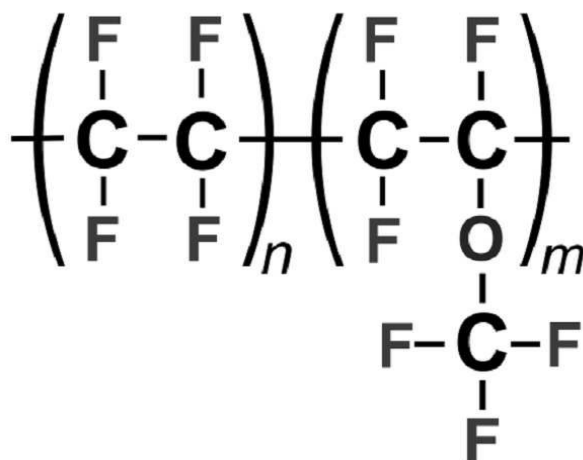
[0043] 구리 전극(230)은 예를 들어, 순도가 매우 높은 구리 호일 조각을 포함할 수 있다. 또한 구리 전극(230)을 반응 용액과 반응시, 구리 전극(230)의 일 면에만 폴리이미드 테이프 층을 형성함으로써, 구리 전극의 타 면만이 반응 용액과 반응하도록 할 수 있다. 즉, 이를 통해, 산화구리 나노플라워 전극의 형성시, 앞면과 뒷면이 다르게 형성되는 것을 방지할 수 있다.

[0044] 위의 반응 용액이 준비되면, 구리 전극(230)을 정제수 및 NaOH 혼합 용액에 넣고, 여기에 산화제인 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ 용액을 추가할 수 있다.

[0045] 반응 용기(220)는 예를 들어, PFA(Perfluoroalkoxy) 용기를 포함할 수 있다.

[0046] PFA(Perfluoroalkoxy) 용기(220)는 컵(220a) 및 캡(220b)을 포함할 수 있고, PFA 재질의 용기는 -200℃ ~ 260℃에서 내열이 가능하다. PFA 물질의 분자 구조를 살펴보면 다음과 같다.

[0047] <PFA 분자 구조>



[0048]

[0049] <PFA 분자 구조>를 통해, PFA는 PTFE(polytetrafluoroethylene)와 유사한 특성을 가지는 플루오로폴리머

(fluoropolymer)의 한 종류라는 것을 알 수 있다.

- [0050] 또한 캡(220a)과 캡(220b)은 상호 간에 나사 형태로 돌려 닫을 수 있는 형태이기 때문에, 전극 제작 시 일정한 반응 압력이 유지될 수 있도록 한다. 즉, 반응이 진행되는 동안 반응 용기(220) 내의 압력이 일정하게 유지되고, 반응 용액이 외부로 빠져나가는 현상을 방지할 수 있다.
- [0051] 구리 전극(230)을 반응 용액과 반응시킨 상태에서, 16시간 동안 핫 플레이트(210)로 가열해준다. 핫 플레이트(210)를 100℃로 유지하는 경우, 반응 용기(220)의 내부 온도는 41 ~ 42℃를 유지할 수 있다.
- [0052] 다만, 도 6 및 도 7을 보면, 핫 플레이트(210) 상에서의 PFA 용기(220)의 위치에 따라 PFA 용기(220)에 가해지는 온도가 달라지는바(핫 플레이트(210)에 동일하게 100℃의 온도를 가했을 때, 1번 위치는 74℃, 3번 위치는 99℃, 5번 위치는 76℃를 나타냄), 이에 따른 과산화수소 농도별 전류값의 변화를 살펴보면 다음과 같다.
- [0053] 도 7을 참조하면, 먼저, 그래프의 가로축은 과산화수소 농도(ppm)를 나타내고, 세로축은 측정된 전류값(μA)을 나타낸다는 것을 알 수 있다.
- [0054] 구체적으로, 그래프를 살펴보면, 핫 플레이트(210)의 1번, 4번, 5번 위치에서 가열시킨 구리 전극(도 5의 230)에서 측정된 과산화수소 농도에 따른 전류값들은 서로 비슷한 양상을 띠는 것을 알 수 있다. 다만, 핫 플레이트(210)의 3번 위치에서 가열시킨 구리 전극(도 5의 230)의 경우, 과산화수소 농도와 전류값이 거의 선형적으로 비례하고, 1, 4, 5번 위치에서 가열시켰을 때와 다른 양상을 띠는 것을 알 수 있다. 이를 통해, 핫 플레이트(210) 상에서의 구리 전극(도 5의 230)의 위치에 따라, 과산화수소 농도별 전류값이 영향을 받는다는 것을 알 수 있다.
- [0055] 다시 도 4를 참조하면, 구리 전극(230)을 S300에 따라 반응시킨 후, 냉각 공정을 수행한다(S310).
- [0056] 구체적으로, 구리 전극(230)은, 16시간 동안 41 ~ 42℃의 온도에서 가열되는바, 이를 다시 냉각시키는 공정을 통해, 산화구리 나노플라워 전극을 결정화시킬 수 있다. 즉, 냉각 공정을 통해 검은색 필름 형태의 산화구리 나노플라워 전극을 획득할 수 있다.
- [0057] 냉각 공정 후, 세척 공정을 수행한다(S320). 구체적으로, 세척 공정을 수행함으로써, 냉각 공정에서 생성된 불순물이 제거될 수 있다.
- [0058] 세척 공정이 완료되면, 검은색 필름 형태의 산화구리 나노플라워 전극이 형성된다(S330).
- [0059] 구체적으로, 산화구리 나노플라워 전극은, 넓은 표면적을 가지고 있고, 화학적으로 안정성이 높기 때문에, 산화구리 나노플라워 전극에서 측정된 전류값은 과산화수소의 농도 범위(100~1000ppm)에 대해 선형적으로 비례할 수 있고, 이에 대한 실험예는 후술하기로 한다.
- [0060] 도 8 내지 도 11을 참조하면, 도 4의 S300에서의 반응시간에 따른 산화구리 나노플라워 전극의 변화를 관찰할 수 있다.
- [0061] 도 8에서, 반응시간이 12시간인 경우, 산화구리 나노플라워 전극의 형태가 균일하지 않고, 밀도가 떨어진다는 것을 알 수 있다.
- [0062] 이에 반해, 도 9에서, 반응시간이 16시간인 경우, 반응시간이 12시간일 때보다 산화구리 나노플라워 전극의 균일성(uniformity) 및 밀도(density)가 현저하게 개선되었음을 알 수 있다.
- [0063] 또한 도 10에서, 반응시간이 20시간 이상으로 증가했을 때(20시간, 28시간, 48시간) 역시, 반응시간이 12시간일 때보다 산화구리 나노플라워 전극의 균일성 및 밀도가 개선되었음을 알 수 있다. 즉, 본 발명의 실시예에 따른 산화구리 나노플라워 전극은, 반응시간이 16시간 이상으로 증가될 때부터 균일성 및 밀도가 이전에 비해 현저하게 개선되는바, 임계적의의를 가진다는 것을 알 수 있다.
- [0064] 도 11은 도 9의 산화구리 나노플라워 전극을 이용하여, 과산화수소의 농도별 전류값을 측정한 그래프이다.
- [0065] 도 11을 참조하면, 구체적으로, 각각의 농도에서 환원 전류값이 안정화되는데 소요되는 시간이 최대 300초이기에, 각각의 농도에서 300초가 소요되었을 때의 환원 전류값을 그래프로 도출하였고, 전위는 -0.3V로 고정시킨 상태에서 실험을 진행하였다. 또한 도 11의 그래프의 가로축은 과산화수소 농도(ppm)를 나타내고, 세로축은 전류값(μA)을 나타낸다.
- [0066] 도 11의 그래프를 살펴보면, 100ppm, 200ppm, 400ppm, 600ppm, 800ppm, 1000ppm에서 측정된 전류값은 과산화수소 농도가 증가함에 따라, 선형적으로 비례하여 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 물론 완전히 비례하여 증가하

는 것은 아니지만, 거의 일직선에 가깝게 비례하여 증가한다는 것을 알 수 있다. 100ppm 미만 또는 1000ppm 초과
 과의 농도 범위에서는 이러한 선형성이 관찰되지 않는바, 이를 통해, 100 ~ 1000ppm의 농도 범위에서 임계적 의
 의를 가진다는 것을 확인할 수 있다. 또한 각각의 농도에서 측정된 전류값은, 각각의 농도에서 300초가 경과되
 었을 때 측정된 전류값으로, 15 ~ 70 μ A의 환원전류값을 나타낸다는 것을 알 수 있다.

[0067] 본 발명의 경우, 도 11의 실험이 위의 한정된 조건(시간 = 300초, 전위 = -0.3V) 하에서 진행되었지만, 이에 한
 정되는 것은 아니다. 즉, 시간 혹은 전위가 위의 조건과 다른 조건 하에서 진행될 수 있다.

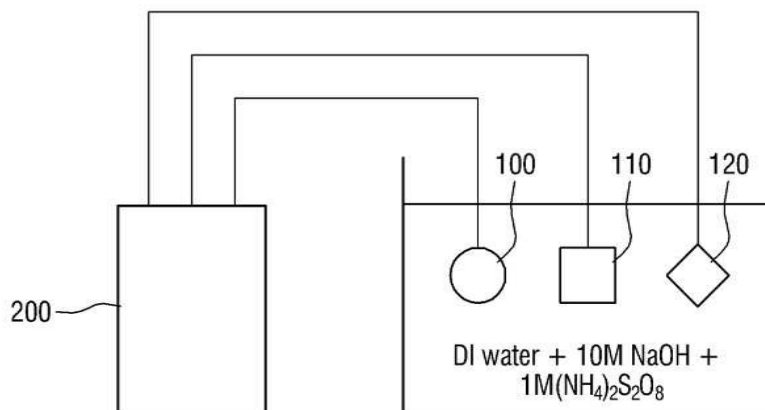
[0068] 본 발명의 일 실시예에 따른 과산화수소 측정 센서의 작업 전극 제조 방법(2)을 통해, 16시간 이상의 반응시간
 및 100 ~ 1000ppm의 과산화수소 농도 범위에서 임계적 의의를 가지는 산화구리 나노플라워 전극을 제조할 수 있
 다.

[0069] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을
 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있
 다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적
 이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

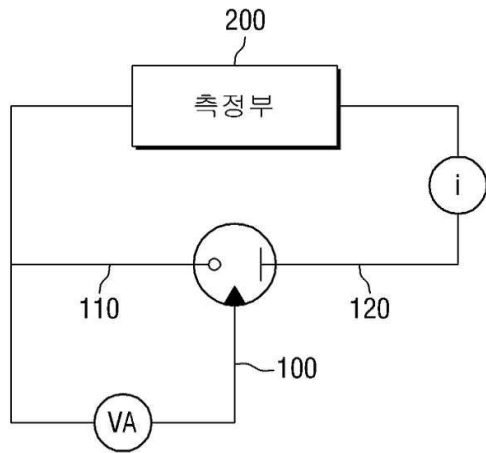
도면

도면1

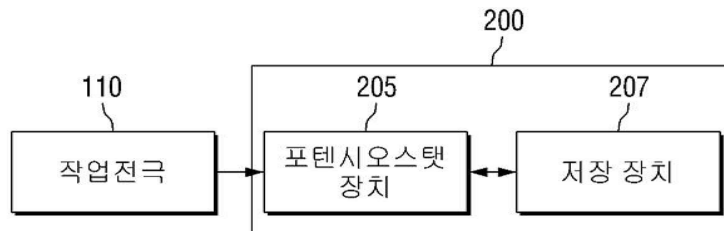
1



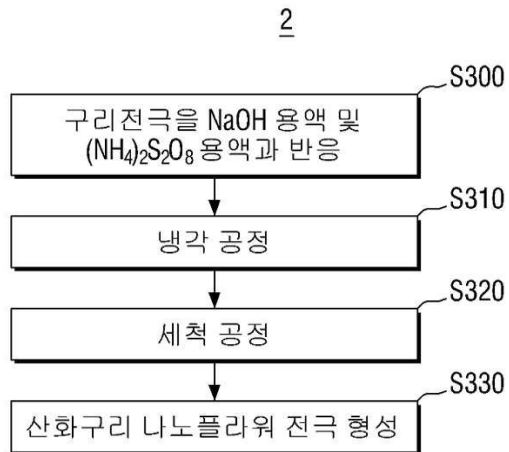
도면2



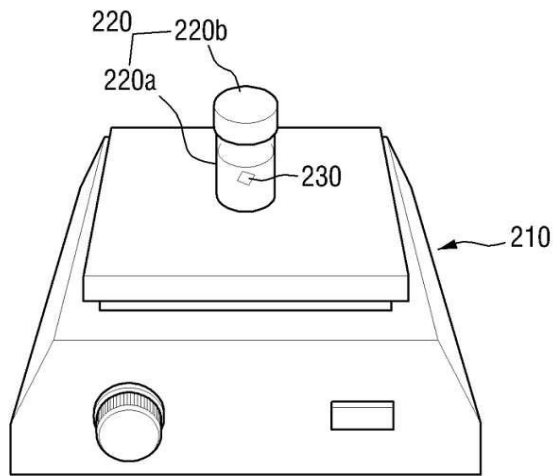
도면3



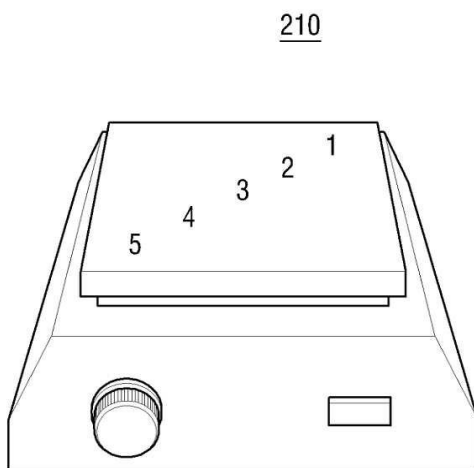
도면4



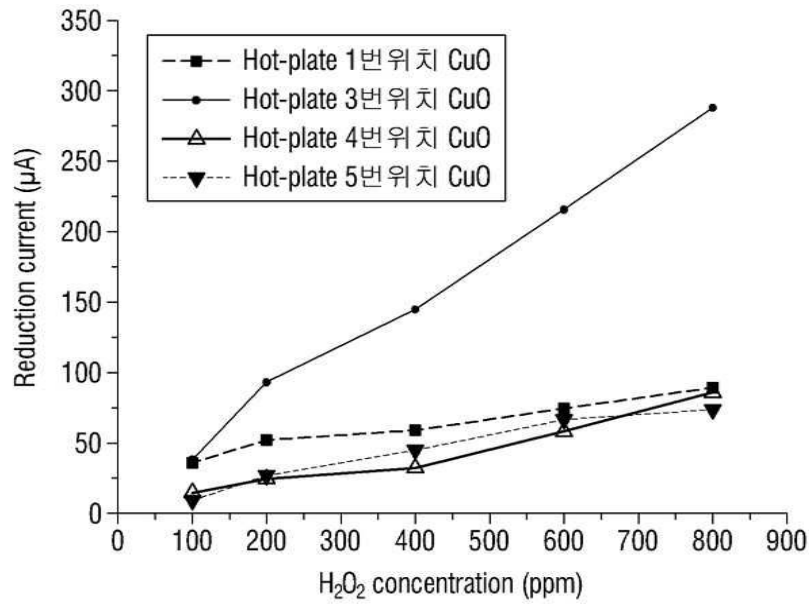
도면5



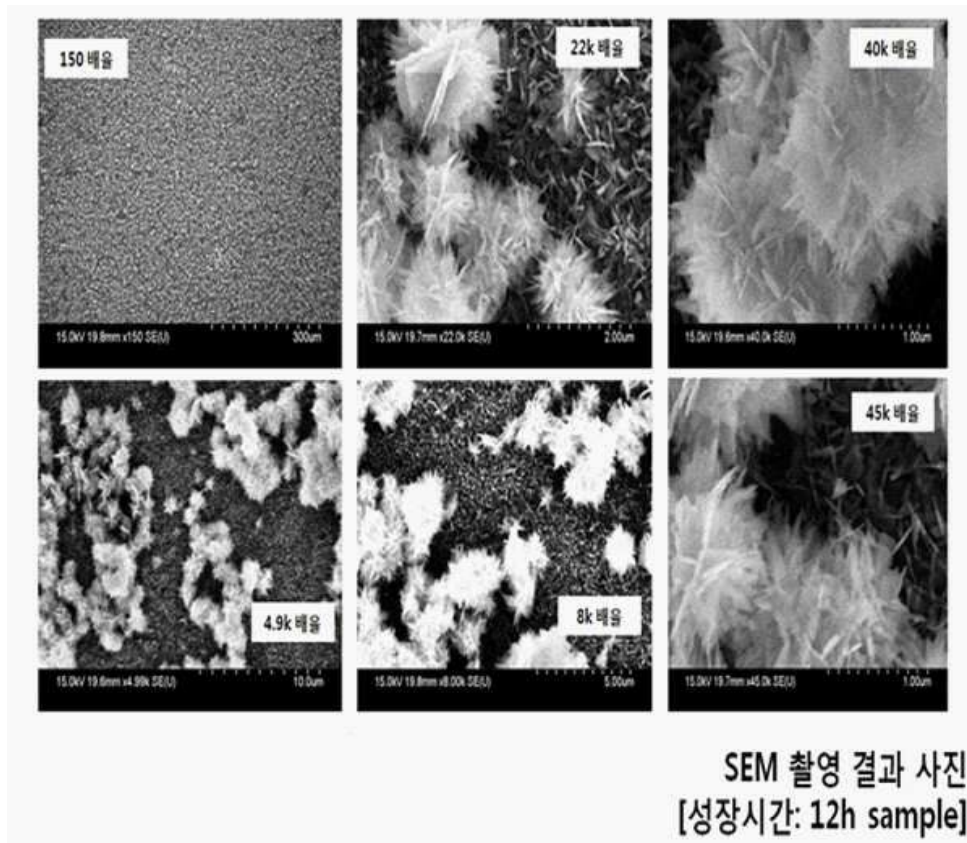
도면6



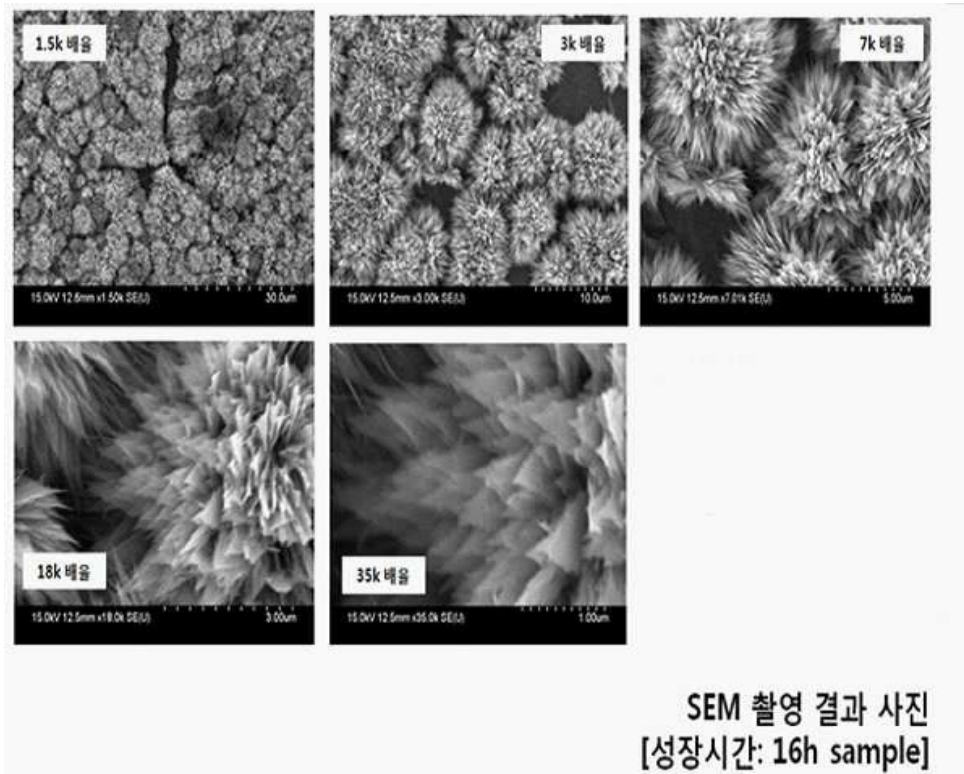
도면7



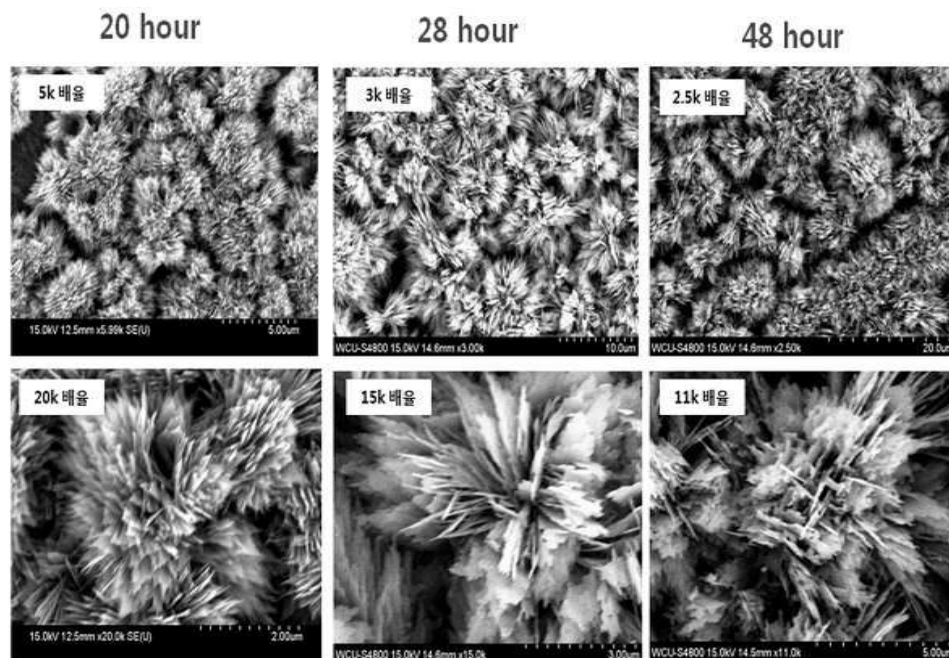
도면8



도면9



도면10



도면11

