



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0068422
(43) 공개일자 2024년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 27/407 (2006.01)

(52) CPC특허분류
G01N 27/4071 (2013.01)
G01N 27/4075 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0149849

(22) 출원일자 2022년11월10일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전력공사

전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)

국립한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

이승윤

대전광역시 유성구 동서대로 125(덕명동)

정순원

대전광역시 유성구 배울1로 13, 201동 2402호(관평동, 대덕테크노밸리2단지아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

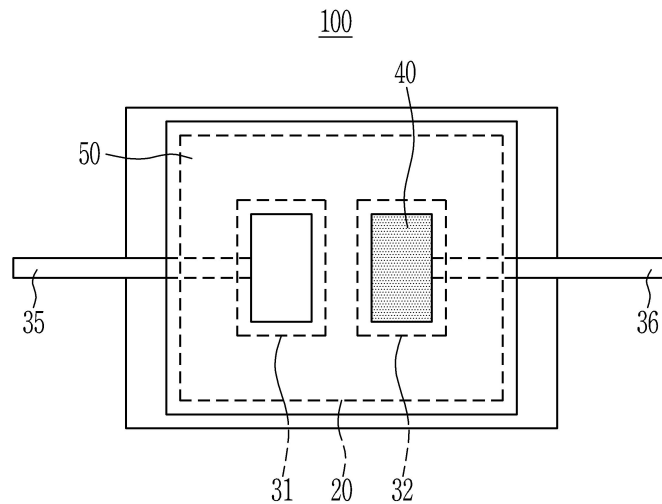
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 전기화학식 산소 센서 및 이의 제조 방법

(57) 요약

발열체를 필요로 하지 않는 전기화학식 산소 센서가 개시된다. 전기화학식 산소 센서는, 상온에서 이온 전도성을 가지는 고체 전해질막으로 이루어진 양성자 전도체막과, 양성자 전도체막 상에 위치하는 제1 전극 및 제2 전극과, 제2 전극 상에 위치하는 기체 분리막과, 제1 전극의 일부와 기체 분리막을 제외한 나머지 부분을 덮는 밀폐층과, 제1 전극과 제2 전극에 각각 접속되며 외부 회로와 전기적으로 연결되는 제1 배선 및 제2 배선을 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

장민혁

대전광역시 유성구 동서대로 125(덕명동)

강재은

대전광역시 유성구 동서대로 125(덕명동)

명세서

청구범위

청구항 1

상온에서 이온 전도성을 가지는 고체 전해질막으로 이루어진 양성자 전도체막;

상기 양성자 전도체막 상에 위치하는 제1 전극 및 제2 전극;

상기 제2 전극 상에 위치하는 기체 분리막;

상기 제1 전극의 일부와 상기 기체 분리막을 제외한 나머지 부분을 덮는 밀폐층; 및

상기 제1 전극과 상기 제2 전극에 각각 접속되며, 외부 회로와 전기적으로 연결되는 제1 배선 및 제2 배선을 포함하는 전기화학식 산소 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 양성자 전도체막 아래에 배치되어 상기 양성자 전도체막을 지지하는 기판을 더 포함하는 전기화학식 산소 센서.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 기판은 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene)을 포함하는 전기화학식 산소 센서.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 양성자 전도체막은 테트라플루오로에틸렌(tetrafluoroethylene) 골격에 설펜산 기를 가지는 퍼플루오르바닐 이써(perfluorovinyl ether)가 도입된 공중합체를 포함하는 전기화학식 산소 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 동일한 금속 조성을 가지는 동일한 금속막으로 구성되는 전기화학식 산소 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 수소와 산소 및 H_2O 중 적어도 하나에 대한 반응성이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성되는 전기화학식 산소 센서.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 백금(Pt)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성되는 전기화학식 산소 센서.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 금(Au)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성되는 전기화학식 산소 센서.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기체 분리막은 폴리이미드(polyimide)를 포함하며, 상기 기체 분리막에 대한 수소의 투과 속도는 산소의 투과 속도보다 높은 전기화학식 산소 센서.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 기체 분리막은 수소가스 환경에 노출되며, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극의 산소 농도 차이에 의해 기전력이 발생하는 전기화학식 산소 센서.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 수소가스 환경에 포함된 산소의 농도 측정을 위하여, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극이 개회로 조건일 때 기전력이 측정되고, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극이 폐회로 조건일 때 상기 외부 회로를 흐르는 전류가 측정되는 전기화학식 산소 센서.

청구항 12

양성자 전도체막 소재를 준비하고 전처리하는 단계;

상기 양성자 전도체막 소재를 절단하여 양성자 전도체막을 만들고, 양성자 전도체막 상에 제1 전극과 제2 전극을 배치하는 단계;

기관 상에 상기 양성자 전도체막을 배치하고, 상기 제1 전극에 제1 배선을 접합하고, 상기 제2 전극에 제2 배선을 접합하는 단계;

상기 제1 전극의 일부와 상기 제2 전극의 일부를 제외한 기관 상 구조물 위에 밀폐층을 배치하는 단계; 및

상기 제2 전극 상에 기체 분리막을 배치하는 단계를 포함하는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 13

양성자 전도체막 소재를 준비하고 전처리하는 단계;

상기 양성자 전도체막 소재를 절단하여 양성자 전도체막을 만들고, 양성자 전도체막 상에 제1 전극과 제2 전극을 배치하는 단계;

기관 상에 상기 양성자 전도체막을 배치하고, 상기 제1 전극에 제1 배선을 접합하고, 상기 제2 전극에 제2 배선을 접합하는 단계;

상기 제2 전극 상에 기체 분리막을 배치하는 단계; 및

상기 제1 전극의 일부와 상기 기체 분리막을 제외한 기관 상 구조물 위에 밀폐층을 배치하는 단계를 포함하는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 14

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 양성자 전도체막 소재는 테트라플루오로에틸렌(tetrafluoroethylene) 골격에 설폰산 기를 가지는 퍼플루오르바이닐 이서(perfluorovinyl ether)가 도입된 공중합체를 포함하며, 상기 전처리는 산(acid) 처리 과정을 포함하는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 전처리는 상기 양성자 전도체막 소재를 90℃보다 높은 온도의 증류수, 과산화수소수, 증류수, 황산, 및 증류수의 순서로 차례로 담그는 과정을 포함하고, 상기 전처리 이후 건조 과정이 진행되는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 16

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 같은 크기와 같은 형상을 가지며, 핫 프레스(hot press)에 의해 상기 양성자 전도체막 상에 부착되는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 백금(Pt)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성되는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 금(Au)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성되는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 19

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 기체 분리막은 폴리이미드(polyimide)를 포함하는 기체 분리막 소재를 상기 제2 전극 상에 도포 후 응고하는 과정에 의해 만들어지는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

청구항 20

제12항 또는 제13항에 있어서,

상기 밀폐층은 에폭시(epoxy)를 포함하는 밀폐층 소재를 상기 기판 상 구조물 위에 도포 후 응고하는 과정에 의해 만들어지는 전기화학식 산소 센서의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기화학식 산소 센서에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고농도의 수소 환경에서 미량의 산소를 검출할 수 있는 전기화학식 산소 센서 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 미량의 산소를 검출하고 산소의 농도를 측정하기 위한 다양한 방식의 산소 센서가 공지되어 있다. 이 중 지르코니아, 이트리아 안정화 지르코니아, 페로브스카이트 산화물, 및 플로라이트 산화물과 같은 고체 전해질을 이용하여 연소 과정 또는 대기 분위기에서의 산소를 감지하는 산소 센서가 공지되어 있다.

[0003] 고체 전해질을 사용하는 종래의 산소 센서는 고체 전해질 내부에 존재하는 특정 공간에 공기를 포집하고, 이를 기준전극으로 삼아 외부 공기 속 산소의 농도를 감지하는 방식을 사용한다. 그런데 고체 전해질은 고온 환경에서만 이온 전도성을 띄어 센서 작동이 가능하므로, 종래의 산소 센서는 고온 환경을 유지하기 위한 발열체(히터)를 필수적으로 구비하고 있다.

[0004] 이와 같이 종래의 산소 센서는 고온 환경에서만 작동하므로, 고농도 수소 가스 환경에 존재하는 극소량의 산소를 감지하는 용도로 사용하기에는 폭발 위험에 따른 안전성 측면에서 적합하지 않다. 또한, 종래의 산소 센서는

발열체를 작동시켜 고온을 유지해야 하므로 이 과정에서 많은 에너지가 소비된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-0891561호 ‘수소 및 산소분압 측정을 위한 가스센서 및 제조방법’

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 발열체가 필요하지 않으며, 고농도 수소 가스 환경에 존재하는 극소량의 산소를 정밀하게 측정할 수 있고, 폭발 위험 없이 안전한 측정이 가능한 전기화학식 산소 센서 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학식 산소 센서는, 상온에서 이온 전도성을 가지는 고체 전해질막으로 이루어진 양성자 전도체막과, 양성자 전도체막 상에 위치하는 제1 전극 및 제2 전극과, 제2 전극 상에 위치하는 기체 분리막과, 제1 전극의 일부와 기체 분리막을 제외한 나머지 부분을 덮는 밀폐층과, 제1 전극과 제2 전극에 각각 접속되며 외부 회로와 전기적으로 연결되는 제1 배선 및 제2 배선을 포함한다.

[0008] 전기화학식 산소 센서는, 양성자 전도체막 아래에 배치되어 양성자 전도체막을 지지하는 기판을 더 포함할 수 있다. 기판은 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene)을 포함할 수 있다.

[0009] 양성자 전도체막은 테트라플루오로에틸렌(tetrafluoroethylene) 골격에 설펜산 기를 가지는 퍼플루오르바이닐 이서(perfluorovinyl ether)가 도입된 공중합체를 포함할 수 있다.

[0010] 제1 전극과 제2 전극은 동일한 금속 조성을 가지는 동일한 금속막으로 구성될 수 있다. 다른 한편으로, 제1 전극과 제2 전극은 수소와 산소 및 H_2O 중 적어도 하나에 대한 반응성이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다. 제1 전극과 제2 전극은 백금(Pt)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다. 다른 한편으로, 제1 전극과 제2 전극은 금(Au)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다.

[0011] 기체 분리막은 폴리이미드(polyimide)를 포함할 수 있으며, 기체 분리막에 대한 수소의 투과 속도는 산소의 투과 속도보다 높을 수 있다.

[0012] 제1 전극과 기체 분리막은 수소가스 환경에 노출될 수 있으며, 제1 전극과 제2 전극의 산소 농도 차이에 의해 기전력이 발생할 수 있다. 수소가스 환경에 포함된 산소의 농도 측정을 위하여, 제1 전극과 제2 전극이 개회로 조건일 때 기전력이 측정될 수 있고, 제1 전극과 제2 전극이 폐회로 조건일 때 외부 회로를 흐르는 전류가 측정될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학식 산소 센서의 제조 방법은, 양성자 전도체막 소재를 준비하고 전처리하는 단계와, 양성자 전도체막 소재를 절단하여 양성자 전도체막을 만들고, 양성자 전도체막 상에 제1 전극과 제2 전극을 배치하는 단계와, 기판 상에 양성자 전도체막을 배치하고, 제1 전극에 제1 배선을 접합하고, 제2 전극에 제2 배선을 접합하는 단계와, 제1 전극의 일부와 제2 전극의 일부를 제외한 기판 상 구조물 위에 밀폐층을 배치하는 단계와, 제2 전극 상에 기체 분리막을 배치하는 단계를 포함한다.

[0014] 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 전기화학식 산소 센서의 제조 방법은, 양성자 전도체막 소재를 준비하고 전처리하는 단계와, 양성자 전도체막 소재를 절단하여 양성자 전도체막을 만들고, 양성자 전도체막 상에 제1 전극과 제2 전극을 배치하는 단계와, 기판 상에 양성자 전도체막을 배치하고, 제1 전극에 제1 배선을 접합하고, 제2 전극에 제2 배선을 접합하는 단계와, 제2 전극 상에 기체 분리막을 배치하는 단계와, 제1 전극의 일부와 기체 분리막을 제외한 기판 상 구조물 위에 밀폐층을 배치하는 단계를 포함한다.

[0015] 양성자 전도체막 소재는 테트라플루오로에틸렌(tetrafluoroethylene) 골격에 설펜산 기를 가지는 퍼플루오르바이닐 이서(perfluorovinyl ether)가 도입된 공중합체를 포함할 수 있으며, 전처리는 산(acid) 처리 과정을 포함할 수 있다.

- [0016] 전처리하는 양성자 전도체막 소재를 90℃보다 높은 온도의 증류수, 과산화수소수, 증류수, 황산, 및 증류수의 순서로 차례로 담그는 과정을 포함할 수 있고, 전처리 이후 건조 과정이 진행될 수 있다.
- [0017] 제1 전극과 제2 전극은 같은 크기와 같은 형상을 가질 수 있으며, 핫 프레스(hot press)에 의해 양성자 전도체막 상에 부착될 수 있다. 제1 전극과 제2 전극은 백금(Pt)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다. 다른 한편으로, 제1 전극과 제2 전극은 금(Au)의 함량이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다.
- [0018] 기체 분리막은 폴리이미드(polyimide)를 포함하는 기체 분리막 소재를 제2 전극 상에 도포 후 응고하는 과정에 의해 만들어질 수 있다. 밀폐층은 에폭시(epoxy)를 포함하는 밀폐층 소재를 기판 상 구조물 위에 도포 후 응고하는 과정에 의해 만들어질 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 일 실시예에 따른 산소 센서는 발열체(히터)를 필요로 하지 않으므로 센서의 온도 유지를 위한 에너지 소비량을 획기적으로 낮출 수 있으며, 고농도 수소 분위기에서 폭발의 위험 없이 안전하게 산소 농도를 측정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학식 산소 센서의 평면도이다.
- 도 2는 도 1에 도시한 전기화학식 산소 센서의 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 산소 센서의 응답 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 산소 센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 5는 도 4의 제1 단계를 나타낸 개략도이다.
- 도 6은 도 4의 제2 단계를 나타낸 개략도이다.
- 도 7은 도 4에 도시한 제3 단계를 나타낸 개략도이다.
- 도 8은 도 4에 도시한 제4 단계와 제5 단계를 나타낸 개략도이다.
- 도 9는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 산소 센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.
- 도 10은 도 9에 도시한 제9 단계와 제10 단계를 나타낸 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0021] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0022] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0023] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기화학식 산소 센서의 평면도이고, 도 2는 도 1에 도시한 전기화학식 산소 센서의 단면도이다.
- [0025] 도 1과 도 2를 참고하면, 일 실시예에 따른 전기화학식 산소 센서(100)(이하, 편의상 '산소 센서'라 한다)는 기판(10)과, 기판(10) 상에 위치하는 양성자 전도체막(20)과, 양성자 전도체막(20) 상에 서로간 거리를 두고 위치하는 제1 전극(31) 및 제2 전극(32)과, 제2 전극(32) 상에 위치하는 기체 분리막(40)과, 제1 전극(31)의 일부와 기체 분리막(40)을 제외한 나머지 부분을 덮는 밀폐층(50)과, 제1 전극(31)에 접속된 제1 배선(35)과, 제2

전극(32)에 접속된 제2 배선(36)을 포함한다.

- [0026] 기관(10)은 산소 센서(100)의 지지체로서, 일정 두께의 판재로 이루어진다. 기관(10)은 예를 들어 폴리테트라플루오로에틸렌(polytetrafluoroethylene)을 포함하는 고분자 재료를 포함할 수 있으나 이러한 예시로 한정되지 않는다. 폴리테트라플루오로에틸렌 소재의 기관(10)은 열적 안정성과 내화학성이 우수하며, 기계적 강도가 높은 특징을 가진다.
- [0027] 양성자 전도체막(20)은 상온에서 이온 전도성을 가지는 고체 전해질막이며, 예를 들어 듀폰 사의 상표명 나피온(Nafion)을 포함할 수 있다. 나피온은 테트라플루오로에틸렌(tetrafluoroethylene) 골격에 설펜산 기를 가지는 퍼플루오르바이닐 이서(perfluorovinyl ether)가 도입된 공중합체이며, 이온 전도성을 가지는 대표적인 이오노머(ionomer)에 해당한다.
- [0028] 양성자 전도체막(20)은 기공 구조이고, 이온 교환막으로서 양이온의 이동은 자유로우나 음이온의 이동은 억제한다. 양성자 전도체막(20)에서 양성자의 전도는 하나의 설펜산에서 다른 설펜산으로 양성자가 이동함으로써 일어난다. 양성자 전도체막(20)은 열적, 기계적, 화학적 안정성이 우수하다.
- [0029] 양성자 전도체막(20)은 기관(10)보다 작은 크기를 가질 수 있으며, 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 서로 같은 형상과 같은 크기를 가질 수 있다. 도 1에서는 제1 전극(31)과 제2 전극(32)이 직사각 형상인 경우를 예로 들어 도시하였으나, 이들의 형상은 도시한 예시로 한정되지 않는다. 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 백금(Pt)과 탄소(C)를 포함하는 금속막으로 구성될 수 있다.
- [0030] 기체 분리막(40)은 폴리이미드(polyimide)를 포함할 수 있다. 일반적으로 기체의 분자 크기인 동적 크기(kinetic diameter)에 따라 기체 분리막(40)에 대한 기체의 투과 특성이 다르게 나타난다. 수소(H₂)의 동적 크기는 2.89Å이고, 산소(O₂)의 동적 크기는 3.46Å이며, 폴리이미드를 포함하는 기체 분리막(40)에서 수소의 투과 속도는 산소의 투과 속도보다 높다. 산소 센서(100)는 이러한 투과 속도 차이를 이용하여 산소의 농도를 검출할 수 있다.
- [0031] 제1 배선(35)은 제1 전극(32)에 접속되고, 제2 배선(36)은 제2 전극(32)에 접속된다. 제1 배선(35)과 제2 배선(36)은 도시하지 않은 외부 회로와 전기적으로 연결된다.
- [0032] 밀폐층(50)은 고분자 수지를 포함하며, 예를 들어 에폭시(epoxy)를 포함할 수 있다. 밀폐층(50)은 제1 전극(31)의 표면 일부와 기체 분리막(40)을 제외한 나머지 표면을 일정 두께로 덮는다. 따라서 산소 센서(100)는 제1 전극(31)의 표면 일부와 기체 분리막(40)이 외부 환경에 노출되고 나머지는 밀폐층(50)에 의해 외부 환경과 분리된 구성으로 이루어진다.
- [0033] 전술한 구성의 산소 센서(100)는 고농도 수소 가스 환경에 노출되며, 고농도 수소 가스에 포함된 미량의 산소를 검출하고, 산소의 농도를 측정하는데 사용된다.
- [0034] 구체적으로, 제1 전극(31)은 고농도 수소 가스 환경에 직접 노출되고, 제2 전극(32)은 기체 분리막(40)으로 덮여 있으며, 기체 분리막(40)에 대한 수소의 투과 속도는 산소의 투과 속도보다 높다. 따라서 제1 전극(31)에서의 산소 농도는 제2 전극(32)에서의 산소 농도보다 높다.
- [0035] 산소 농도가 상대적으로 높은 제1 전극(31)에서는 다음과 같은 반응이 일어난다.
- [0036]
$$(1/2)O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$$
- [0037] 위의 반응에 의해 제1 전극(31)에서 생성된 H₂O는 양성자 전도체막(20)을 통해 제2 전극(32)으로 이동하며, 산소 농도가 상대적으로 낮은 제2 전극(32)에서는 다음과 같은 역반응이 일어난다.
- [0038]
$$H_2O \rightarrow (1/2)O_2 + 2H^+ + 2e^-$$
- [0039] 제2 전극(32)에서 발생한 수소 이온은 양성자 전도체막(20) 내부를 용이하게 이동하며, 농도 전지(concentration cell) 원리에 의해 기전력이 발생한다. 그리고 폐회로 조건에서는 외부 회로를 통해 전자가 이동하여 전류가 생성된다. 따라서 산소 센서(100)는 개회로 조건에서 기전력을 측정함으로써 산소의 농도를 구할 수 있고, 폐회로 조건에서 전류를 측정함으로써 산소의 농도를 구할 수 있다.
- [0040] 전술한 구성의 산소 센서(100)에서, 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 동일한 금속 조성을 가지는 동일한 금속막

으로 구성되거나, 수소와 산소 및 H_2O 중 적어도 하나에 대한 반응성이 서로 다른 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다. 후자의 경우, 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 수소와 산소 및 H_2O 중 적어도 하나에 대한 반응성이 타 금속 대비 크거나 낮은 특성을 가지는 특정 금속을 서로 다른 함량으로 포함할 수 있다.

[0041] 예를 들어, 특정 금속은 백금(Pt) 또는 금(Au)일 수 있다. 백금의 경우 산소에 대한 반응성이 타 금속 대비 크고, 금의 경우 산소에 대한 반응성이 타 금속 대비 작다. 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 백금을 서로 다른 함량으로 포함하는 두 가지 금속막으로 구성되거나, 금을 서로 다른 함량으로 포함하는 두 가지 금속막으로 구성될 수 있다.

[0042] 제1 전극(31)과 제2 전극(32)이 동일한 금속 조성을 가지는 경우 대비, 제1 전극(31)과 제2 전극(32)이 백금 또는 금을 서로 다른 함량으로 포함하는 경우, 제1 전극(31)과 제2 전극(32) 사이의 이온화 경향 차이가 더 커지고, 그 결과로 기전력이 높아지며, 이는 산소 센서(100)의 감도 향상으로 이어진다.

[0043] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 산소 센서의 응답 특성을 나타낸 그래프이다.

[0044] 도 3을 참고하면, 산소 센서는 산소를 포함하는 측정 대상 가스와 산소를 포함하지 않는 퍼지 가스에 교대로 노출된다. 응답 특성 실험에서, 측정 대상 가스는 수소와 산소의 비율이 95:5인 가스이고, 퍼지 가스는 수소와 산소의 비율이 100:0인 가스이다.

[0045] 산소 센서가 측정 대상 가스에 노출되면 산소 센서에 기전력이 발생하여 전압이 상승하고, 이후 산소 센서가 퍼지 가스에 노출되면 기전력이 사라져 전압이 내려간다. 전압의 상승 구간은 산소 센서가 측정 대상 가스에 노출되는 시간에 대응하며, 전압의 하강 구간은 산소 센서가 측정 대상 가스에 노출되는 시간에 대응한다.

[0046] 측정 대상 가스의 조성에 변화가 없으므로 이상적으로는 최대 전압값이 모두 동일해야 하지만, 시간에 따라 최대 전압값에 약간의 변화가 발생할 수 있다. 산소 센서는 예를 들어 최대 전압값의 평균값을 이용하는 등의 방법으로 수치 보정을 행하여 측정 대상 가스의 산소 농도를 구할 수 있다.

[0047] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 산소 센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.

[0048] 도 4를 참고하면, 일 실시예에 따른 산소 센서의 제조 방법은, 양성자 전도체막 소재를 전처리하는 제1 단계(S10)와, 양성자 전도체막 소재를 절단하여 양성자 전도체막을 만들고, 양성자 전도체막 상에 제1 전극과 제2 전극을 배치하는 제2 단계(S20)와, 기판 상에 양성자 전도체막을 배치하고, 제1 배선을 제1 전극에 접합하며, 제2 배선을 제2 전극에 접합하는 제3 단계(S30)와, 제1 전극의 일부와 제2 전극의 일부를 제외한 기판 상 구조물 위에 밀폐층을 배치하는 제4 단계(S40)와, 제2 전극 상에 기체 분리막을 배치하는 제5 단계(S50)를 포함한다.

[0049] 도 5는 도 4의 제1 단계를 나타낸 개략도이다.

[0050] 도 4와 도 5를 참고하면, 제1 단계(S10)에서 양성자 전도체막 소재(21)가 준비된다. 양성자 전도체막 소재(21)는 고체 전해질막이며, 예를 들어 듀폰 사의 상표명 나피온(Nafion)을 포함할 수 있다. 전처리는 산(acid) 처리 과정으로 이루어지며, 양성자 전도체막 소재(21)는 산 처리에 의해 이온 전도 특성이 향상될 수 있다.

[0051] 전처리는 양성자 전도체막 소재(21)를 증류수, 과산화수소수, 증류수, 황산, 및 증류수의 순서로 대략 1시간씩 차례로 담그는 과정을 포함할 수 있다. 이때 증류수와 과산화수소수 및 황산의 온도는 90°C 이상일 수 있으며, 대략 100°C 일 수 있다. 이 과정에서 나피온의 술폰산 자리에 결합된 다른 양이온이 수소 이온으로 치환되므로 수소 이온의 전도가 용이해진다. 전처리 이후, 양성자 전도체막 소재(21)는 에어 건(air gun) 등에 의해 건조되어 표면 물기가 제거된다.

[0052] 도 6은 도 4의 제2 단계를 나타낸 개략도이다.

[0053] 도 4와 도 6을 참고하면, 제2 단계(S20)에서 양성자 전도체막 소재(21)는 산소 센서에 적합한 크기로 절단되어 양성자 전도체막(20)이 되며, 제1 전극(31)과 제2 전극(32)이 양성자 전도체막(20) 상에 배치된다.

[0054] 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 백금과 탄소를 포함하는 금속막일 수 있고, 열과 압력이 동시에 가해지는 핫 프레스(hot press)에 의해 양성자 전도체막(20) 상에 부착될 수 있다. 이때 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 같은 금속 함량을 포함하는 금속막으로 구성되거나, 백금 또는 금을 서로 다른 함량으로 포함하는 금속막으로 구성될 수 있다. 후자의 경우, 제1 전극(31)과 제2 전극(32)은 산소 센서의 작동 과정에서 이온화 경향 차이가 커져 기전력을 높일 수 있다.

[0055] 도 7은 도 4에 도시한 제3 단계를 나타낸 개략도이다.

- [0056] 도 7을 참고하면, 제3 단계(S30)에서 기관(10)이 준비되고, 양성자 전도체막(20)이 기관(10) 상에 부착된다. 기관(10)은 열적 안정성과 내화확성이 우수하고 기계적 강도가 높은 고분자 소재로 이루어지며, 예를 들어 폴리테트라플루오로에틸렌을 포함하는 고분자 재료를 포함할 수 있다.
- [0057] 이어서 제1 배선(35)의 일부가 제1 전극(31)과 중첩되도록 제1 배선(35)이 제1 전극(31)에 접합되고, 제2 배선(36)의 일부가 제2 전극(32)과 중첩되도록 제2 배선(36)이 제2 전극(32)에 접합된다. 제1 배선(35)과 제2 배선(36)은 공지의 금속 테이프를 구성될 수 있다.
- [0058] 도 8은 도 4에 도시한 제4 단계와 제5 단계를 나타낸 개략도이다.
- [0059] 도 8을 참고하면, 제4 단계(S40)에서 제1 전극(31)의 일부와 제2 전극(32)의 일부를 제외한 기관 상 구조물 위에 밀폐층 소재가 도포된 후 응고되어 밀폐층(50)이 만들어진다. 기관 상 구조물은 기관(10) 상에 먼저 배치된 양성자 전도체막(20), 제1 전극(31), 제2 전극(32), 제1 배선(35), 및 제2 배선(36)을 포함하는 구조를 의미한다.
- [0060] 밀폐층 소재는 에폭시를 포함할 수 있으며, 밀폐층 소재가 기관 상 구조물 위에 도포될 때 기관 상 구조물의 틈새와 단차 부위에 기포가 생기지 않도록 치밀하게 도포된다. 밀폐층(50)은 제1 전극(31)의 일부와 제2 전극(32)의 일부를 제외한 기관 상 구조물 위를 완전히 가린다.
- [0061] 제5 단계(S50)에서, 밀폐층(50)으로 덮이지 않고 노출된 제2 전극(32)의 일부에 기체 분리막 소재가 도포된 후 응고되어 기체 분리막(40)이 만들어진다. 기체 분리막 소재는 폴리이미드를 포함할 수 있으며, 기체 분리막(40)에서 수소의 투과 속도는 산소의 투과 속도보다 높다.
- [0062] 도 9는 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 산소 센서의 제조 방법을 나타낸 순서도이다.
- [0063] 도 9를 참고하면, 다른 일 실시예에 따른 산소 센서의 제조 방법은, 양성자 전도체막 소재를 전처리하는 제6 단계(S60)와, 양성자 전도체막 소재를 절단하여 양성자 전도체막을 만들고, 양성자 전도체막 상에 제1 전극과 제2 전극을 배치하는 제7 단계(S70)와, 기관 상에 양성자 전도체막을 배치하고, 제1 배선을 제1 전극에 접합하며, 제2 배선을 제2 전극에 접합하는 제8 단계(S80)와, 제2 전극 상에 기체 분리막을 배치하는 제9 단계(S90)와, 제1 전극의 일부와 기체 분리막을 제외한 기관 상 구조물 위에 밀폐층을 배치하는 제10 단계(S100)를 포함한다.
- [0064] 제6 단계(S60)와 제7 단계(S70) 및 제8 단계(S80)는 각각 전술한 제1 단계(S10)와 제2 단계(S20) 및 제3 단계(S30)와 동일하며, 중복되는 설명은 생략한다.
- [0065] 도 10은 도 9에 도시한 제9 단계와 제10 단계를 나타낸 개략도이다.
- [0066] 도 9와 도 10을 참고하면, 제9 단계(S90)에서, 제2 전극(32)의 일부에 기체 분리막 소재가 도포된 후 응고되어 기체 분리막(40)이 만들어진다. 기체 분리막 소재는 폴리이미드를 포함할 수 있다.
- [0067] 제10 단계(S100)에서, 제1 전극(31)의 일부와 기체 분리막(40)을 제외한 기관 상 구조물 위에 밀폐층 소재가 도포된 후 응고되어 밀폐층(50)이 만들어진다. 기관 상 구조물은 기관(10) 상에 먼저 배치된 양성자 전도체막(20), 제1 전극(31), 제2 전극(32), 제1 배선(35), 및 제2 배선(35)을 포함하는 구조를 의미한다.
- [0068] 밀폐층 소재는 에폭시를 포함할 수 있으며, 밀폐층 소재가 기관 상 구조물 위에 도포될 때 기관 상 구조물의 틈새와 단차 부위에 기포가 생기지 않도록 치밀하게 도포된다. 밀폐층(50)은 제1 전극(31)의 일부와 기체 분리막(40)을 제외한 기관 상 구조물 위를 완전히 가린다.
- [0069] 일 실시예에 따른 산소 센서(100)는 수전해 방식으로 수소를 생산하는 과정에서 수소 내 잔류 산소 농도를 측정하는데 이용될 수 있고, 수소 차량의 수소 공급 라인에 적용되어 수소 연료의 순도를 모니터링하는데 이용될 수 있다.
- [0070] 일 실시예에 따른 산소 센서(100)는 발열체(히터)를 필요로 하지 않으므로 센서의 온도 유지를 위한 에너지 소비량을 획기적으로 낮출 수 있으며, 고농도 수소 분위기에서 폭발의 위험 없이 안전하게 산소 농도를 측정할 수 있다.
- [0071] 본 발명을 앞서 기재한 바에 따라 설명하였지만, 다음에 기재하는 특허청구범위의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한, 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것을 본 발명이 속하는 기술 분야에서 종사하는 자들은 쉽게 이해할 것이다.

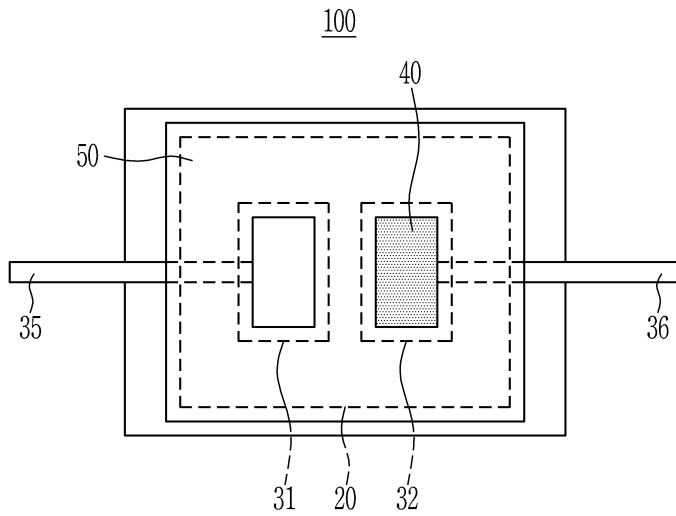
부호의 설명

[0072]

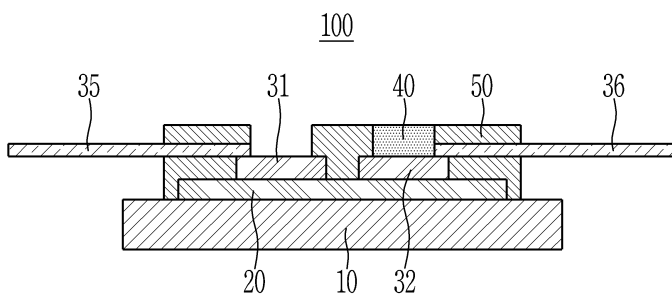
100: 전기화학식 산소 센서 10: 기판
20: 양성자 전도체막 31: 제1 전극
32: 제2 전극 35: 제1 배선
36: 제2 배선 40: 기체 분리막
50: 밀폐층

도면

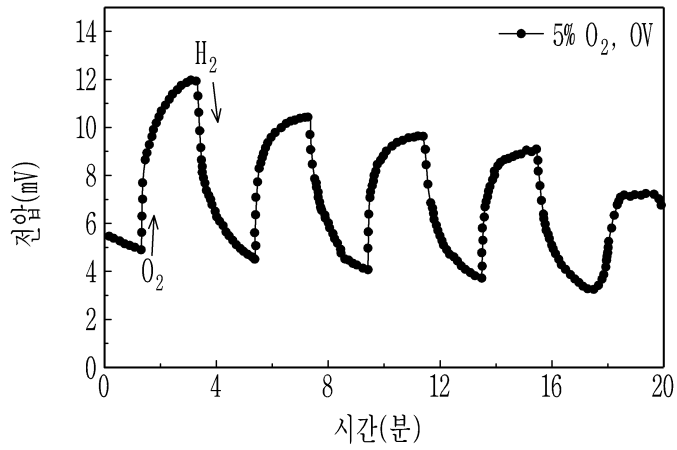
도면1



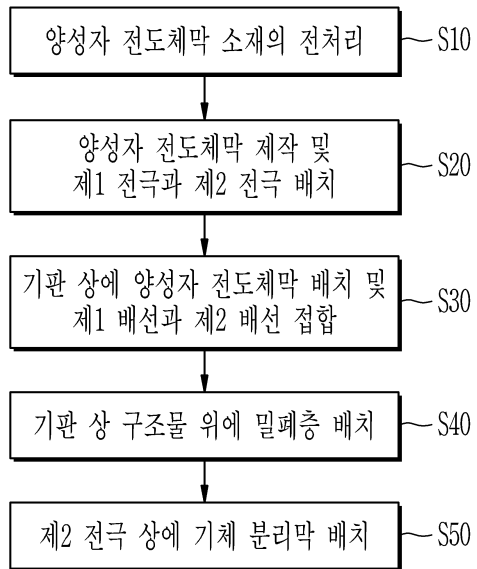
도면2



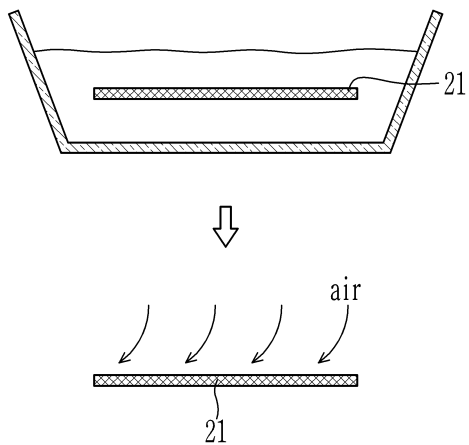
도면3



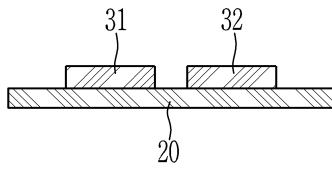
도면4



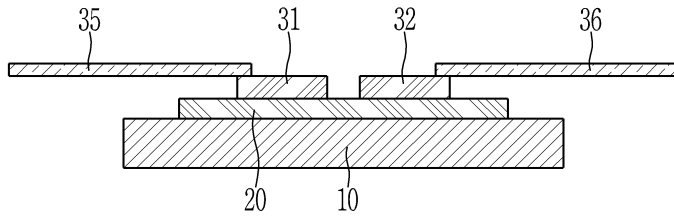
도면5



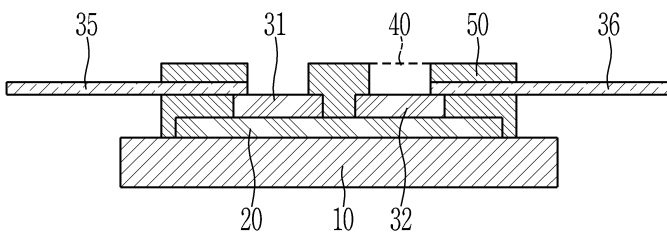
도면6



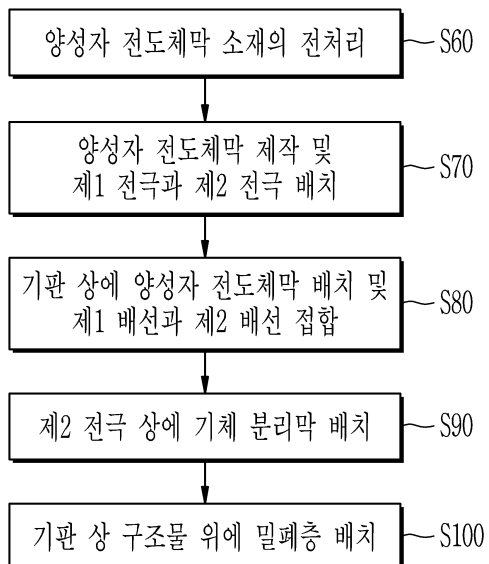
도면7



도면8



도면9



도면 10

