

자동 교체형 초소형 용존 산소량 측정 센서 어레이의 제작

이현진*, 박재형*, 이승기*
단국대*

Fabrication of Auto-replacable Micro Dissolved Oxygen Sensor Array

Hyun-jin Lee*, Jae-Hyoung Park* and Seung-Ki Lee*
Dankook University*

Abstract - 용존 산소 센서는 하천과 연안으로 유입되는 오염원을 측정하는 곳에 사용되고 있다. 상용화되고 있는 용존 산소 센서는 멤브레인의 부유물 점착 및 전해질 변질로 인해 수명이 단축되는 문제점이 있다. 본 연구팀에서는 수명 문제를 해결하기 위해 실시간 연속 측정이 가능한 자동 교체형 초소형 용존 산소 센서를 개발하고자 한다.

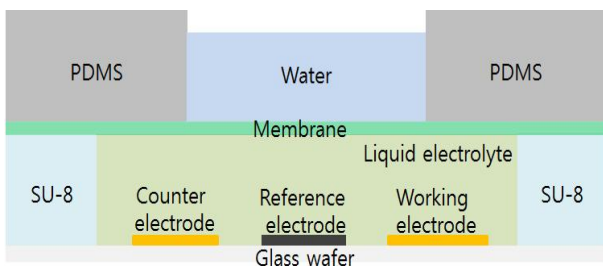
1. 서 론

용존 산소 센서는 물속에 산소가 용해된 액체 전해질에서 전극 사이에 전압을 걸어줌으로써 물속에 있는 산소 양을 측정한다. 액체 전해질에서의 전기 화학적 반응은 용해된 산소의 양에 의존한다. 용존 산소 센서의 구조는 전극, 전해질, 멤브레인으로 이루어져 있다. 물속에 있는 산소는 멤브레인을 통해 전해질 속으로 용해된다. 그러나 지금까지 개발된 용존 산소 센서는 전극, 전해질, 멤브레인의 빠른 열화와 멤브레인 위에 이물질 점착에 의해 정밀한 측정 및 실시간 연속측정이 불가능하다. 이 문제를 해결하기 위해서는 멤브레인의 주기적인 교체가 필요하다. 그래서 본 연구에서는 외부로부터 인가되는 신호를 통해 특정 소자를 활성화 시킬 수 있는 구조를 제안하였다. 평상시에는 별도의 막이 계측기의 멤브레인을 보호한다. 활성화시키는 전기 신호를 받게 되면 둘러싸던 계측기 주위의 막이 없어지면서 계측기의 멤브레인이 외부에 노출되고 계측기가 활성화 된다. 일정 시간 후 구동하는 단위 용존산소량계 자체가 순차적으로 교체되므로 부유물로 인한 센서 수명 단축에 대한 문제를 근본적으로 해결할 수 있다.

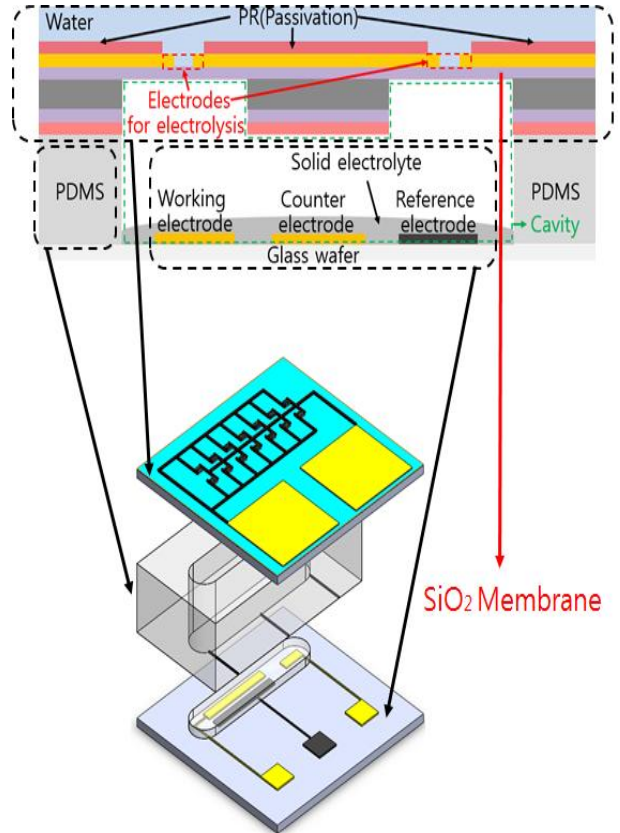
2. 본 론

2.1 구조

그림 1은 MEMS 기술로 제작된 기존의 용존 산소 센서의 구조이다. 기존의 용존 산소 센서는 전극, 액체 전해질 그리고 전해질과 물을 분리하는 멤브레인으로 이루어져 있다. 본 논문에서는 멤브레인의 주기적인 교체가 필요하지 않은 자동 교체 가능한 clark type 용존 산소 센서 어레이를 제안한다. 본 논문에서 제시하는 용존 산소 센서의 구조는 그림 2과 같이 반도체 공정을 통하여 제작된 신호를 통해 활성화 되는 멤브레인, 전기적 신호가 들어왔을 때 물속에서 전기 화학 반응이 일어나 산화막을 깨뜨리는 역할의 전극, 용액 속에 녹아있는 산소가 선택적으로 투과되는 멤브레인 및 고체 전해질 역할의 네피온, 측정 용액을 담은 PDMS 격벽 그리고 반도체 공정을 통해 제작된 3전극으로 이루어져 있다. 전압은 물속에 얇은 멤브레인 위에 전극들 사이에서 인가되고 전기 분해가 일어나도록 한다. 전기 분해에 의해 생성된 방울은 얇은 멤브레인을 깨뜨리고 물이 측정할 공간 속으로 흘러 들어간다. 물속에 있는 산소는 고체 전해질 속에 용해되고 용존 산소의 양은 3전극인 작업전극, 상대전극, 기준전극의 전기 화학 반응에 의해 측정된다.



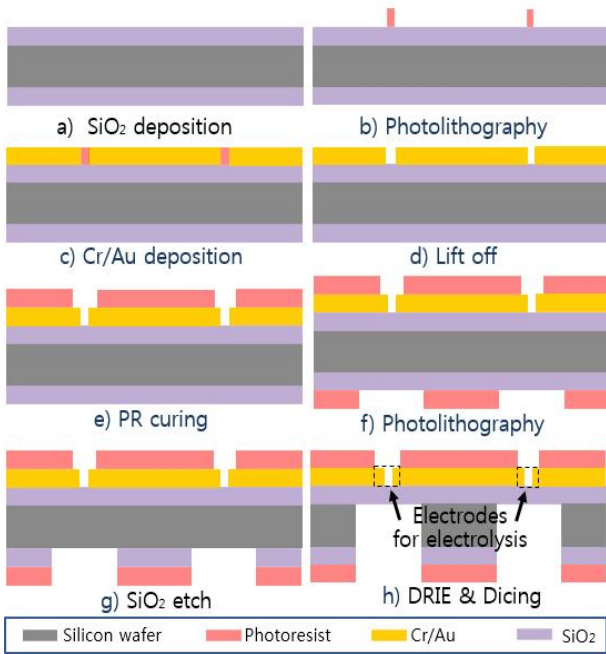
〈그림 1〉 기존의 용존 산소 센서의 구조



〈그림 2〉 제안된 용존 산소 센서의 구조

2.2 공정 순서

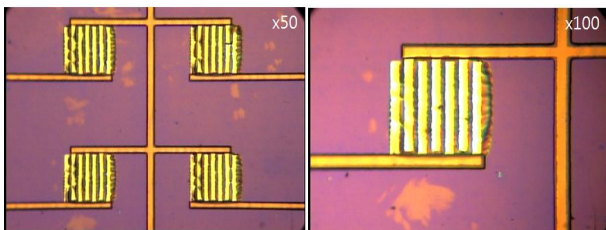
그림 3은 활성화 구조의 제작 공정 과정이다. 웨이퍼의 양면에 정밀한 패터닝을 위해서 double polishing 처리된 실리콘 웨이퍼를 사용하였다. (110)결정 방향의 단결정 실리콘 웨이퍼 양면에 산화막을 증착한다. 윗부분의 산화막은 외부에서 들어오는 전기 신호에 의해 활성화 조절이 가능한 부분이고 아랫부분의 산화막은 DRIE 공정을 할 때 실리콘 에칭 마스크로 사용되는 부분이다. 웨이퍼 뒷면에서 산화막 위로 사진 식각 공정, 증착 공정 그리고 lift off 과정을 통해 전기 분해가 일어나는 전극인 Cr/Au를 패터닝한다. Cr/Au는 전기 분해 반응이 쉽게 일어나는 서로 발달된 모양으로 패터닝한다. 여기서 전기 분해 시 패드와 전극 부분이 이어진 얇은 전극선 부분이 떨어지게 되면 측정 용액이 들어오는 구멍 부분에서 전기 분해가 이루어지지 않는다. 이를 방지하기 위해 전극선을 보호할 수 있는 PR을 패시베이션한다. PR 패시베이션은 PR에 균열이 가지 않도록 점차 온도를 높이는 방법으로 Curing을 진행한다. 웨이퍼 뒷면에 DRIE를 하기 위한 마스크를 만들기 위해 backside align을 진행한다. 그리고 산화막을 식각하여 DRIE를 위한 마스크를 만든다. DRIE를 통하여 구멍 윗부분에 산화막이 남아있는 구조를 만든다. 그리고 Dicing을 통하여 단위 활성화 구조를 만든다. 마지막으로 3전극으로 패터닝된 글래스 웨이퍼, PDMS, 캐스팅된 네피온 그리고 단위 활성화 구조를 본딩하여 본 논문에서 제시하는 신호를 통해 활성화 되는 단위 초소형 용존 산소 센서를 완성한다.



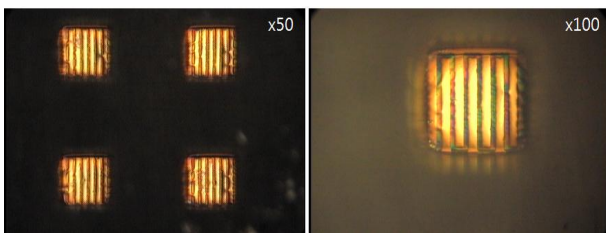
〈그림 3〉 용존 산소 센서 공정 과정

2.3 실험 결과

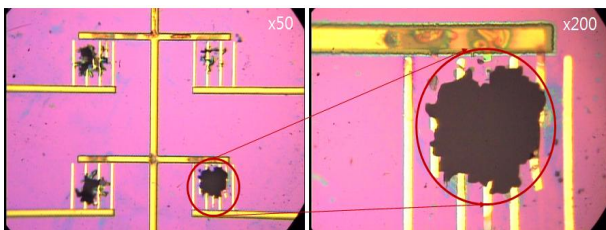
멤브레인 위에 제작된 전극들은 전기 분해 반응이 쉽게 일어나는 서로 발달된 모양의 전극으로 패터닝된다. 그림 4, 5는 전기 분해 전, 그림 6은 전기 분해 후 활성화 전극을 현미경 이미지로 확인한 결과이다. DRIE 후에도 전기 분해 전극 및 산화막이 떨어지지 않고 유지되었음을 확인할 수 있다. 제작된 DO 센서의 특징을 알아보기 위해 potentiostat 장비를 사용하여 CV curve와 chronoamperometry를 측정하였다. 그림 7, 8은 얇은 막 위에 있는 전극 사이에 전압 인가 전과 후의 CV 측정 결과이다. 막이 풀리기 전보다 풀린 후의 전압값이 더 높게 측정 됨을 확인하였다. 그림 9에서 -0.9V의 고정된 전압을 인가하였을 때 전류값이 CV 측정 결과의 경향과 같게 나오는 것을 확인하였다.



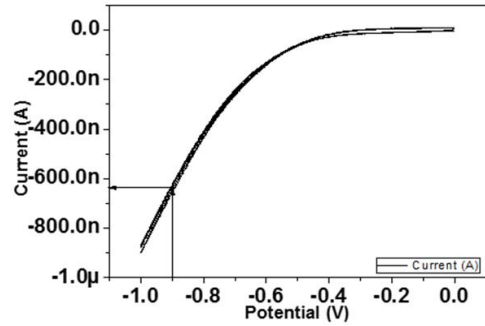
〈그림 4〉 반도체 공정 제작 결과(윗면)



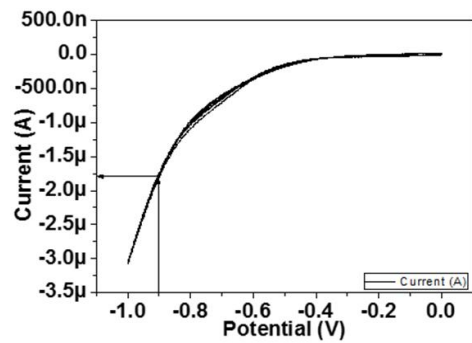
〈그림 5〉 반도체 공정 제작 결과(뒤편)



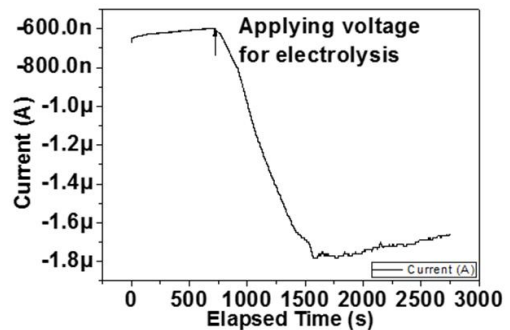
〈그림 6〉 얇은 막 위에 있는 전극 사이에 전압 인가 후 깨진 멤브레인



〈그림 7〉 얇은 막 위에 있는 전극 사이에 전압 인가 전 CV 측정 결과



〈그림 8〉 얇은 막 위에 있는 전극 사이에 전압 인가 후 CV 측정 결과



〈그림 9〉 -0.9V의 고정된 전압을 인가하는 동안의 전류 변화

3. 결 론

본 논문에서는 센서 활성화를 통해 용존 산소를 측정할 수 있는 구조를 제작하고 전기 신호를 인가하여 전기 분해가 일어나고 산화막이 풀리는 실험을 진행 하였다. 제안된 용존 산소 센서는 반도체 공정을 이용하여 어레이 타입으로 제작될 수 있다. 어레이 안의 각각의 센서는 동작할 수 있고 멤브레인의 자동 교체가 가능해진다. 이 결과들은 실험적 결과들에 의해 증명됨으로써 다양한 센서 응용을 위해 확장될 것으로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- [1] K. Mitsubayashi, T.Yamada, T.Kawase, S.Iwagaki, I.Karube, "Wearable and flexible oxygen sensor for transcutaneous oxygen monitoring", Sensors and Actuators B, 95, 373, 2003
- [2] W.Ching-Chou, T. Yasukawa, H. Shiku, T. Matsue, "Fabrication of miniature Clark oxygen sensor integrated with microstructure", Sensors and Actuators B, 110, 342, 2005
- [3] Glen W. McLaughlin, Katie Braden, B. Franc, Gregory T.A. Kovacs, "Microfabricated solid-state dissolved oxygen sensor", Sensors and Actuators B, 83, 138, 2002