



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년01월22일  
 (11) 등록번호 10-1821094  
 (24) 등록일자 2018년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 G01N 33/00 (2006.01) G01N 27/06 (2006.01)  
 G01N 33/68 (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
 G01N 33/0098 (2013.01)  
 G01N 27/06 (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2017-0051877  
 (22) 출원일자 2017년04월21일  
 심사청구일자 2017년04월21일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 작물 가뭄스트레스 신속조기진단을 위한 종이 기  
 반 미세유체 센서 개발, 전남대학교,  
 정진태(2016.08)  
 CNU journal of Agricultural Science, Vol. 42,  
 No. 1, pp. 1-5(2015)

(73) 특허권자  
 전남대학교산학협력단  
 광주광역시 북구 용봉로 77 (용봉동)  
 (72) 발명자  
 이경환  
 광주광역시 북구 용봉택지로 25 대주파크 303동  
 405호  
 최영수  
 광주광역시 북구 동운로 192 블루시안 1차아파트  
 102동 202호  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 이충한

전체 청구항 수 : 총 14 항

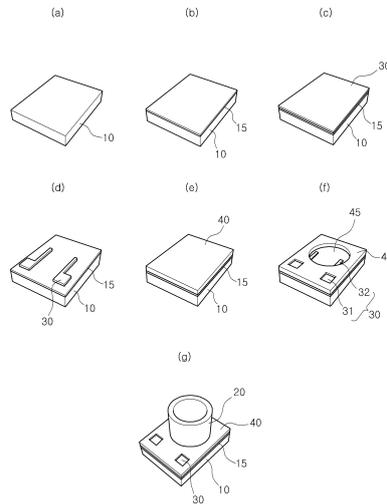
심사관 : 김도현

(54) 발명의 명칭 **가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법**

**(57) 요약**

본 발명은 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄 여부를 판단하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측정 샘플의 전기적 특성을 측정하는 전기화학적 방법을 통해서 현장에서 신속하게 프롤린을 고감도로 검출할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

**대표도** - 도2



(52) CPC특허분류  
**G01N 33/6812** (2013.01)

**임민규**

광주광역시 북구 양산택지로34번길 22 GS그린자이  
 205동 704호

(72) 발명자

**김철수**

광주광역시 북구 동림용산로 12, 405동 603호

**이미라**

광주광역시 북구 금호로40번길 11, 운암대주아파트  
 101-1101

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 315012-3

부처명 농림축산식품부

연구관리전문기관 농림수산식품기술기획평가원

연구사업명 첨단생산기술개발사업

연구과제명 ICT/BT 기반 양파·마늘 작물의 가뭄·저온 병해 현장 진단 및 작황 예측

기여율 1/2

주관기관 전남대학교

연구기간 2015.08.14 ~ 2018.08.13

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 714002-7

부처명 농림축산식품부

연구관리전문기관 농림수산식품기술기획평가원

연구사업명 농림축산식품연구센터지원사업

연구과제명 스마트 농작업을 위한 작물, 환경 등의 정보화 및 무인 농업단지 인프라 구축

기여율 1/2

주관기관 전남대학교

연구기간 2014.09.18 ~ 2021.09.17

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전기적 특성을 측정하는 소스미터에 연결되어 측정 샘플의 프롤린 농도에 따라 변화되는 측정 샘플의 전류와 저항값을 측정하고, 이를 통해 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄을 진단할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기 화학적 바이오 센서에 있어서,

표면에 실리콘 산화막(15)이 형성된 실리콘 기판(10)과;

측정 샘플이 투입되도록 상기 실리콘 기판(10)의 일측에 설치되는 원통형 관 형태의 실리콘 튜브(20)와;

일측 단부가 상기 실리콘 튜브(20)의 하부에 위치되도록 상기 실리콘 기판(10)에 일정 간격으로 이격되게 설치되는 한 쌍의 전극(30)과;

상기 실리콘 기판(10)의 상면에 코팅되어 형성되며, 상기 전극(30)의 센서부(32)와 외부 배선 연결부(31) 및 상기 실리콘 튜브(20)가 결합되는 튜브 설치부(45)를 제외한 나머지 부분에만 형성되어, 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 때 외부로부터 발생하는 노이즈를 감소시키는 감광층(40);을 포함하는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 전극(30)은 금(Au)으로 이루어진 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 실리콘 기판(10)과 전극(30) 사이에 크롬층(32)이 형성되는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 감광층(40)은 SU-8 2050 감광액이 경화되어 이루어진 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 실리콘 튜브(20)에 측정 샘플과 1% 농도의 설포살리실산 용액이 투입되도록 하는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서.

#### 청구항 6

전기적 특성을 측정하는 소스미터에 연결되어 측정 샘플의 프롤린 농도에 따라 변화되는 측정 샘플의 전류와 저

항값을 측정하고, 이를 통해 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄을 진단할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기 화학적 바이오 센서를 제조하는 방법에 있어서,

실리콘 기관(10)을 준비하는 단계와;

상기 실리콘 기관(10)을 세척한 후 표면에 실리콘 산화막(15)을 형성하는 단계와;

상기 실리콘 산화막(15)의 상층에 금으로 이루어진 전극층(30')을 형성하는 단계와;

상기 전극층(30')을 전극(30)의 형태로 패터닝하는 단계와;

상기 전극층(30')의 상층에 감광액을 코팅하여 감광층(40)을 형성하는 단계와;

상기 전극(30) 중 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 센서부(32)와 외부 배선이 연결되는 외부 배선 연결부(31)가 외부로 드러나고 상기 센서부(32)의 주위에 튜브 설치부(45)가 형성되도록 상기 감광층(40)을 패터닝하는 단계와;

상기 튜브 설치부(45)에 실리콘 튜브(20)를 설치하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기 화학적 바이오 센서의 제조방법.

#### 청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 실리콘 산화막(15)은 300nm 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

#### 청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 실리콘 산화막(15)은 산화로를 이용한 습식산화 방식에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

#### 청구항 9

청구항 6에 있어서,

상기 전극층(30')은 스퍼터링 방식에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

#### 청구항 10

청구항 6에 있어서,

상기 전극층(30')은 5nm 두께의 크롬층과 100nm 두께의 금층의 이중구조로 이루어지는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

#### 청구항 11

청구항 6에 있어서,

상기 전극층(30')은 포토리소그래피 공정 또는 식각 공정을 통해 패터닝되는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

**청구항 12**

청구항 6에 있어서,

상기 감광층(40)을 형성하는 감광액은 SU-8 2050 감광액인 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

**청구항 13**

청구항 6에 있어서,

상기 감광층(40)은 포토리소그래피 공정을 통해 패터닝되는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

**청구항 14**

청구항 6에 있어서,

상기 실리콘 튜브(20)를 설치한 후 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)의 접촉 영역에 감광액을 추가 코팅한 후 핫 플레이트로 감광액을 경화시켜 상기 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)이 일체화되도록 하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄 여부를 판단하는 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측정 샘플의 전기적 특성을 측정하는 전기화학적인 방법을 통해서 현장에서 신속하게 프롤린을 고감도로 검출할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 일반적으로, 식물이나 작물(이하 '작물'이라 한다)은 이동이 불가능하기 때문에, 성장하는 내내 다양한 환경 요인 들로부터 영향을 받게 된다.

[0003] 특히, 다양한 환경 요인 중 가뭄, 고염(high salinity), 중금속, 냉해, 고온 및 오존 등과 같은 환경장애, 즉 작물이 환경 스트레스에 직면하게 되고, 이러한 환경장애는 작물의 성장과 발달의 제한 요인이 된다.

[0004] 이와 같이 작물이 환경장애에 영향을 받게 되면, 작물 세포 내 세포질에 아미노산의 일종인 프롤린을 축적하는 것으로 알려져 있고, 이러한 프롤린은 환경장애 즉 환경 스트레스에 대해 작물이 성장하는데 있어서 매우 중요한 물질이며, 단백질의 합성뿐만 아니라 광합성 효율, 개화시기 및 배유 발달에 아주 중요한 신호 분자로 알려져 있고 있다.

[0005] 따라서, 환경장애에 따라 세포질에 축적되는 프롤린의 농도 변화를 이용하여 환경장애가 작물의 성장에 얼마나 큰 영향을 미치는지 측정하여 알 수 있었다.

[0006] 하지만, 이러한 측정은 채취한 작물을 실험실로 가져가야만 이루어질 수 있으며 분석 시간이 많이 소요되어, 작물의 성장 측정 및 분석이 늦어질 뿐 아니라 환경장애에 대한 작물의 성장 상태를 현장에서 실시간으로 모니터링할 수 없는 단점이 있었다.

[0007] 이상 설명한 바와 같은 환경장애가 작물의 성장에 미치는 영향에 대한 기술은 특허문헌 1에 자세히 기재되어 있으므로 이에 대한 자세한 설명은 생략한다.

[0008] 한편, 본 발명자는 상기와 같은 문제를 해결하고자 많은 투자와 연구를 계속한 끝에 채취한 식물을 실험실로 옮

기지 않고 현장에서 바로 분석할 수 있는 기술을 개발하여, "환경장애 현장 진단키트"라는 명칭으로 특허출원하였으며, 이는 특허등록 제10-1579045호(이하 '선행문헌 1'이라 칭함)로 등록된 바 있다.

- [0009] 선행문헌 1은 환경장애에 따른 작물의 성장상태를 현장에서 실시간으로 측정하기 위한 진단키트로서, 진단키트는, 현장에서 채취한 작물의 샘플을 흡수하는 종이센서; 종이센서가 투입되어 구비되는 본체; 본체 내에 구비되어 종이센서를 히팅하는 히터; 및 본체에 구비되어 히팅되는 종이센서의 발색반응을 촬영할 수 있는 카메라를 갖는 스마트폰;을 포함한다.
- [0010] 이를 통해, 상기 선행문헌 1은 채취한 작물을 별도의 분석과정 없이 현장에서 실시간으로 측정하여 모니터링 할 수 있게 됨으로써 환경장애에 따른 작물의 성장 상태를 현장에서 신속하게 모니터링 할 수 있고, 그에 따른 후속 조치를 신속하게 취할 수 있어 작물 관리 비용을 최소화할 수 있으며, 생산량 개선의 효과가 있다.
- [0011] 또한, 본 발명자는 선행문헌 1에서, 본체에 종이센서를 투입할 때, 종이센서가 구겨지거나 또는 고정되지 않아 정해진 위치를 이탈함으로써, 카메라를 통해 찍을 수 없는 문제점과 정해진 위치에서 이탈되면 전체적으로 열이 전달되지 않으므로 열효율이 낮아지고 이로 인해 진단이 원활하게 진행되지 않는 문제점을 해결하기 위하여, 가뭄이나 저온 또는 수분 스트레스 현상 등의 환경장애에 따른 작물의 성장 및 생육 상태를 현장에서 신속하게 측정할 수 있도록 한 탈부착형 센서모듈을 구비한 "환경장애 예방용 진단키트"를 개발하여 특허출원하였으며, 이는 특허등록 제10-1699667호(이하 '선행문헌 2'라 칭함)로 등록된 바 있다.
- [0012] 선행문헌 2는 환경장애에 따른 작물의 성장상태를 현장에서 실시간으로 측정하기 위한 진단키트로서, 진단키트는, 현장에서 채취한 작물의 샘플을 흡수하는 종이센서; 히터와 온도센서가 집적화된 센서모듈을 포함하는 한편, 상기 종이센서를 구속하는 센서모듈조립체; 상기 센서모듈조립체가 삽입되어 결합되는 본체; 상기 본체에 구비되는 한편, 히팅되는 종이센서의 발색반응을 촬영할 수 있는 카메라를 갖는 스마트폰;을 포함하되, 상기 종이센서는 상기 센서모듈조립체가 상기 본체에 결합되어 통전될 때 발색반응을 일으키도록 구성된다.
- [0013] 이를 통해 선행문헌 2는 본체에 별도의 거치대를 형성할 필요가 없고, 스마트폰의 종류나 크기에 상관없이 호환될 수 있는 효과를 유지하면서 구조의 간단화 및 상기 본체에 착탈이 용이하며, 종이센서가 상기 본체내부로 구비될 때, 위치가 탈선되거나 또는 구겨짐이 발생되지 않아 상기 스마트폰을 통해 용이하게 측정할 수 있는 효과가 있다.
- [0014] 또한, 센서모듈 상부에 종이센서가 구비되는 한편, 본체 내부에 센서모듈조립체가 삽입될 때만 통전됨으로써, 히터의 열에너지 낭비를 방지할 수 있는 효과가 있다.
- [0015] 상기한 선행문헌 1과 선행문헌 2에서는 닌히드린 반응을 이용하여 프롤린을 검출하는 종이센서를 개시하고 있으며, 이 종이센서는 오픈채널을 통해 샘플이 흐르도록 하고 비색법으로 프롤린을 검출하고 있다.
- [0016] 여기서, 닌히드린 반응은 단백질의 아미노산이 닌히드린과 반응하여 청자색 내지 적자색으로 발색하는 것을 나타내지만, 작물에 포함된 프롤린의 경우에는 닌히드린과 반응하여 발색하게 된다. 따라서, 센서부에 나타낸 색상을 비교함으로써 프롤린의 양을 정량적으로 검출할 수 있게 된다.
- [0017] 상기한 선행문헌 1과 선행문헌 2의 종이센서를 이용하여 프롤린을 검출하는 방법은 저가이면서 현장진단이 가능하다는 장점은 있지만 측정의 감도가 떨어지는 단점이 있다.
- [0018] 또, 프롤린 농도의 측정시 종이센서를 이용하지 않고 닌히드린 반응 기반의 비색법을 사용하여 색상의 변화를 스펙트로미터를 사용한 흡광도 변화를 측정하는 방법도 사용되고 있다. 하지만, 스펙트로미터를 사용하여 프롤린 농도 측정하는 경우 감도는 우수하지만 장비가 고가이고 휴대가 불가능하여 현장에서 사용하기가 어렵다는 단점이 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0019] (특허문헌 0001) KR 10-1361549 B1
- (특허문헌 0002) KR 10-1579045 B1
- (특허문헌 0003) KR 10-1699667 B1

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0020] 따라서, 본 발명은 전술한 바와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 프롤린 농도에 따라 저항값이 달라지는 측정 샘플의 전기적 특성을 측정하는 전기화학적 방법을 통해서 현장에서 신속하게 프롤린을 고감도로 검출할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0021] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서는, 전기적 특성을 측정하는 소스미터(50)에 연결되어 측정 샘플의 프롤린 농도에 따라 변화되는 측정 샘플의 전류와 저항값을 측정하고, 이를 통해 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄을 진단할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기 화학적 바이오 센서에 있어서,

표면에 실리콘 산화막(15)이 형성된 실리콘 기판(10)과; 측정 샘플이 투입되도록 상기 실리콘 기판(10)의 일측에 설치되는 원통형 관 형태의 실리콘 튜브(20)와; 일측 단부가 상기 실리콘 튜브(20)의 하부에 위치되도록 상기 실리콘 기판(10)에 일정 간격으로 이격되게 설치되는 한 쌍의 전극(30)과; 상기 실리콘 기판(10)의 상면에 코팅되어 형성되되 상기 전극(30)의 센서부(32)와 외부 배선 연결부(31) 및 상기 실리콘 튜브(20)가 결합되는 튜브 설치부(45)를 제외한 나머지 부분에 형성되어 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 때 외부로부터 발생하는 노이즈를 감소시키는 감광층(40);을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 또한, 상기 전극(30)은 금(Au)으로 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 실리콘 기판(10)과 전극(30) 사이에 크롬층(32)이 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 상기 감광층(40)은 SU-8 2050 감광액이 경화되어 이루어진 것을 특징으로 한다.

[0025] 또한, 상기 실리콘 튜브(20)에 측정 샘플과 1% 농도의 설포살리실산 용액이 투입되도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 그리고, 본 발명에 따른 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법은, 전기적 특성을 측정하는 소스미터에 연결되어 측정 샘플의 프롤린 농도에 따라 변화되는 측정 샘플의 전류와 저항값을 측정하고, 이를 통해 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄을 진단할 수 있도록 한 가뭄 진단용 전기 화학적 바이오 센서를 제조하는 방법에 있어서,

실리콘 기판(10)을 준비하는 단계와; 상기 실리콘 기판(10)을 세척한 후 표면에 실리콘 산화막(15)을 형성하는 단계와; 상기 실리콘 산화막(15)의 상측에 금으로 이루어진 전극층(30')을 형성하는 단계와; 상기 전극층(30')을 전극(30)의 형태로 패터닝하는 단계와; 상기 전극층(30')의 상측에 감광액을 코팅하여 감광층(40)을 형성하는 단계와; 상기 전극(30) 중 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 센서부(32)와 외부 배선이 연결되는 외부 배선 연결부(31)가 외부로 드러나고 상기 센서부(32)의 주위에 튜브 설치부(45)가 형성되도록 상기 감광층(40)을 패터닝하는 단계와; 상기 튜브 설치부(45)에 실리콘 튜브(20)를 설치하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한, 상기 실리콘 산화막(15)은 300nm 두께로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0028] 또한, 상기 실리콘 산화막(15)은 산화로를 이용한 습식산화 방식에 의해 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0029] 또한, 상기 전극층(30')은 스퍼터링 방식에 의해 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0030] 또한, 상기 전극층(30')은 5nm 두께의 크롬층과 100nm 두께의 금층의 이중구조로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

[0031] 또한, 상기 전극층(30')은 포토리소그래피 공정 또는 식각 공정을 통해 패터닝되는 것을 특징으로 한다.

[0032] 또한, 상기 감광층(40)을 형성하는 감광액은 SU-8 2050 감광액인 것을 특징으로 한다.

[0033] 또한, 상기 감광층(40)은 포토리소그래피 공정을 통해 패터닝되는 것을 특징으로 한다.

[0034] 또한, 상기 실리콘 튜브(20)를 설치한 후 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)의 접촉 영역에 감광액을 추가 코팅한 후 핫 플레이트로 감광액을 경화시켜 상기 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)이 일체화되도록 하는 단계;를 더 포함

하는 것을 특징으로 한다.

**발명의 효과**

- [0035] 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서 및 그 제조방법에서는 측정 샘플의 프롤린 농도에 따라 달라지는 저항을 측정하여 프롤린 농도를 검출하게 되므로 신속하고 정확하게 프롤린 농도를 검출할 수 있게 되는 효과가 있다.
- [0036] 또한, 전극이 금으로 이루어져 외부 환경에 따른 영향이 최소화되고 실리콘 산화막과 전극 사이에 크롬층이 배치되어 전극이 실리콘 기판에 견고하게 접합되고 전극의 상면이 감광층에 의해 덮임에 따라 외부 노이즈가 감소되어 측정 감도가 향상된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0037] 도 1은 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서가 도시된 구성도
- 도 2는 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서의 제조방법이 도시된 공정도
- 도 3은 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서를 이용하여 프롤린 농도를 검출하는 모습이 도시된 참고도
- 도 4는 프롤린 농도에 따른 전류-전압 곡선(IV Curve)이 도시된 그래프
- 도 5는 프롤린 농도에 따른 저항값의 변화가 도시된 그래프

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0038] 본 발명에서 사용되는 용어는 가능한 현재 널리 사용되는 일반적인 용어를 선택하였으나, 특정한 경우에는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있는데 이 경우에는 단순한 용어의 명칭이 아닌 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용에 기재되거나 사용된 의미를 고려하여 그 의미가 파악되어야 할 것이다.
- [0039] 이하, 첨부된 도면에 도시된 바람직한 실시 예들을 참조하여 본 발명의 기술적 구성을 상세하게 설명한다.
- [0040] 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서는, 전기적 특성을 측정하는 소스미터(50)에 연결되어 측정 샘플의 프롤린 농도에 따라 변화되는 측정 샘플의 전류와 저항값을 측정하고, 이를 통해 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하여 가뭄을 진단할 수 있도록 하는 것으로, 그 구성은 도 1에 도시된 바와 같이, 표면에 실리콘 산화막(15)이 형성된 실리콘 기판(10)과; 측정 샘플이 투입되도록 상기 실리콘 기판(10)의 일측에 설치되는 원통형 관 형태의 실리콘 튜브(20)와; 일측 단부가 상기 실리콘 튜브(20)의 하부에 위치되도록 상기 실리콘 기판(10)에 일정 간격으로 이격되게 설치되는 한 쌍의 전극(30)과; 상기 실리콘 기판(10)의 상면에 코팅되어 형성되며, 상기 전극(30)의 센서부(32)와 외부 배선 연결부(31) 및 상기 실리콘 튜브(20)가 결합되는 튜브 설치부(45)를 제외한 나머지 부분에만 형성되어 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 때 외부로부터 발생하는 노이즈를 감소시키는 감광층(40);을 포함하여 이루어진다.
- [0041] 여기서, 상기 전극(30)은 금(Au)으로 이루어지는 것이 바람직하다. 이와 같이 상기 전극(30)의 재료로 금을 사용하는 이유는 금의 전기적 특성이 우수하고 외부로 노출되더라도 산화가 발생하지 않아 전극(30)에서의 접촉 저항이 거의 발생하지 않기 때문이다.
- [0042] 그리고, 상기 실리콘 기판(10)과 전극(30) 사이에 크롬층(32)이 형성되는 것이 바람직하다. 이와 같이, 실리콘 기판과 전극 사이에 크롬층을 형성하는 이유는 실리콘 기판의 규소와 전극의 금 사이의 접착성이 좋지 않아, 규소 및 금과의 접착성이 모두 우수한 크롬층을 먼저 형성함으로써 실리콘 기판(10)의 규소와 전극(30)의 금 사이의 접착성을 향상시키기 위한 것이다.
- [0043] 또, 상기 감광층(40)은 SU-8 2050 감광액이 경화되어 이루어지는 것이 바람직하다. SU-8 2050은 용액 형태로 이루어진 음성 감광액으로 열에 의하여 경화되어 플라스틱 형태로 변화되는 생체 적합물질에 해당된다. 그리고, 감광액이 코팅되어 형성된 상기 감광층(40) 중에서 자외선(UV)에 노출된 영역은 현상액에 반응하지 않아 코팅된 표면에 남게 되므로, 미리 설정한 패턴을 형성할 수 있게 된다. 이때, 센서의 표면에 남아 있는 SU-8 2050은 통상적인 전선의 피복 역할을 수행하는 것으로, 외부로부터 들어오는 노이즈로부터 측정되는 신호를 보호하게 된다.
- [0044] 상기와 같이 구성된 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서는 소스미터에 연결하여 전류 및 전압 변화

를 측정함으로써 측정 샘플의 프롤린 농도를 검출하게 된다.

- [0045] 식물에 존재하는 프롤린은 가뭄을 진단할 수 있는 바이오 마커로 사용되고 있으며, 식물에 존재할 때 양전하를 띠고 있으므로 전기적인 에너지를 운반할 수 있는 하나의 운반자 역할을 하게 된다. 따라서, 측정 샘플 내의 프롤린 농도가 높으면 양전하수가 많아져 측정 샘플의 전기적인 저항이 낮아지고, 프롤린 농도가 낮으면 양전하수가 작아지므로 측정 샘플의 전기적인 저항이 증가한다. 따라서, 이러한 전기적 특성을 이용하면 측정 샘플 내의 프롤린 농도를 신속하고 빠르게 고감도로 검출할 수 있게 된다.
- [0046] 실리콘 튜브(20)에 측정 샘플과 일정 농도의 설포살리실산을 혼합하여 투입하고, 각 전극(30)의 센서부(32)를 소스미터(50)에 연결한 후, 상기 소스미터(50)에 전압을 인가하고 전류를 측정하여 두 전극 사이의 저항을 측정함으로써, 프롤린의 농도를 검출하게 된다. 이때, 상기 설포살리실산은 대략 1% 농도의 것을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0047] 한편, 상기한 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서를 제조하는 방법은, 도 2에 도시된 바와 같이, 실리콘 기관(10)을 준비하는 단계와; 상기 기관(10)을 세척한 후 표면에 실리콘 산화막(15)을 형성하는 단계와; 상기 실리콘 산화막(15)의 상측에 금으로 이루어진 전극층(30')을 형성하는 단계와; 상기 전극층(30')을 전극(30)의 형태로 패터닝하는 단계와; 상기 전극층(30')의 상측에 감광액을 코팅하여 감광층(40)을 형성하는 단계와; 상기 전극(30) 중 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 센서부(32)와 외부 배선이 연결되는 외부 배선 연결부(31)가 외부로 드러나고 상기 센서부(32)의 주위에 튜브 설치부(45)가 형성되도록 상기 감광층(40)을 패터닝하는 단계와; 상기 튜브 설치부(45)에 실리콘 튜브(20)를 설치하는 단계와; 상기 실리콘 튜브(20)를 설치한 후 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)의 접촉 영역에 감광액을 추가 코팅한 후 핫 플레이트로 감광액을 경화시켜 상기 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)이 일체화되도록 하는 단계;를 포함하여 이루어진다.
- [0048] 상기 실리콘 산화막(15)은 산화로를 이용한 습식산화 방식으로 대략 300nm 두께로 형성한다. 여기서 산화방식을 사용한 이유는 실리콘 위에 산화막을 성장시킬 때 사용되는 화학적인 증착(Chemical Vapor Deposition) 방식이나, 물리적인 증착(Physical Vapor Deposition) 방식에 비해 산화방식으로 형성된 산화막의 질이 우수하기 때문이다. 그리고, 산화방식 중에서 습식산화방법을 적용한 이유는 건식산화 방식의 경우에는 산화막의 성장 속도가 매우 느리므로 빠른 산화막 성장 속도를 이용하여 공정을 효율화하기 위한 것이다.
- [0049] 또한, 상기 전극층(30')을 형성할 때에는 스퍼터 장치를 이용하여 스퍼터링 방식으로 형성하며, 크롬(Cr)층과 금(Au)층의 이중구조로 형성한다. 즉, 상기 실리콘 산화막(15)의 상측에 크롬(Cr)층을 5nm 두께로 형성하고, 그 위에 금(Au)층을 100nm 두께로 형성하는 것이다.
- [0050] 여기서, 상기 전극층(30')을 크롬(Cr)층과 금(Au)층의 이중구조로 형성하는 이유는, 금의 전기적 특성이 우수하고 외부로 노출되더라도 산화가 발생하지 않아 전극(30)에서의 접촉저항이 거의 발생하지 않는 점을 고려하여 전극(30)을 금으로 형성하고, 규소와 금에 모두 잘 접합되는 크롬을 이용하여 상기 전극층(30')과 실리콘 산화막(15) 사이의 접합성을 향상시키기 위한 것이다.
- [0051]
- [0052] 이어, 상기 전극층(30')을 가공하여 전극(30)을 형성하는데, 포토리소그래피 공정이나 식각 공정을 통해 패터닝함으로써 전극(30)을 형성한다. 상기 전극(30)은 소스미터(50)의 전선(55)이 연결되는 외부 배선 연결부(31)는 넓고 실리콘 튜브(20)의 하부측에 위치하는 센서부(32)는 좁게 형성한다. 이에 따라, 프롤린 농도의 측정을 위하여 상기 소스미터(50)의 전선(55)을 외부 배선 연결부(31)에 연결하기가 쉬워진다.
- [0053] 그리고, 상기 감광층(40)을 형성하는 감광액으로는 SU-8 2050 감광액을 사용한다. 상기 SU-8 2050 감광액은 음성 감광액으로 용액 형태로 되어 있으며, 열에 의하여 경화되어 플라스틱 형태로 된다. 이에 따라, 상기 감광층(40)을 포토리소그래피 공정을 통해 패터닝하여 상기 전극(30) 중에서 외부 배선 연결부(31)와 센서부(32)가 외부로 노출되도록 함과 아울러 상기 실리콘 튜브(20)가 결합될 수 있는 튜브 설치부(45)가 형성되도록 한다. 포토리소그래피 공정에서는 상기 감광층(40)의 영역 중에서 자외선(UV)에 노출된 영역은 현상액에 반응하게 되므로, 새도 마스크를 이용하여 자외선 조사 영역을 제한함으로써, 상기 감광층(40)의 코팅된 표면을 남겨 패터닝을 형성하게 된다.
- [0054] 다시 말해서, 상기한 본 발명의 가뭄 진단용 전기화학적 바이오 센서는 다음의 공정을 통해 제조된다.
- [0055] 원형의 실리콘 웨이퍼를 사각 형상으로 절단하여 형성한 실리콘 기관(10)을 준비하여(도 2의 (a) 참조), 상기 실리콘 기관(10)을 세척한 후 표면에 습식산화 방식으로 실리콘 산화막(15)을 형성한다(도 2의 (b) 참조). 이어

상기 실리콘 산화막(15)의 상측에 크롬을 먼저 스퍼터링하여 크롬층을 형성하고 그 위에 다시 금을 스퍼터링하여 금층을 형성함으로써 크롬층과 금층의 이중 구조로 이루어진 전극층(30')을 형성하고(도 2의 (c) 참조), 상기 전극층(30')을 전극(30)의 형태로 식각하여 패터닝한다(도 2의 (d) 참조).

[0056] 그리고, 상기 전극층(30')의 상측에 감광액을 코팅하여 감광층(40)을 형성하고(도 2의 (e) 참조), 상기 감광층(40)을 패터닝하여 상기 전극(30) 중 측정 샘플의 전기적 특성을 측정할 센서부(32)와 외부 배선이 연결되는 외부 배선 연결부(31)가 외부로 드러나고 상기 외부 배선 연결부(31)의 주위에 튜브 설치부(45)가 형성되도록 한다(도 2의 (f) 참조).

[0057] 마지막으로, 상기 튜브 설치부(45)에 실리콘 튜브(20)를 설치하고(도 2의 (g) 참조), 상기 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)의 접촉 영역에 감광액을 추가 코팅한 후 핫 플레이트로 감광액을 경화시킴으로써, 상기 실리콘 튜브(20)와 감광층(40)이 일체화된 전기화학적 바이오 센서를 완성한다.

[0058] 이상의 과정을 통해 완성된 본 발명의 가뭇진단용 전기화학적 바이오 센서의 검증을 위하여 소스미터를 연결하고 측정 샘플의 프롤린 농도를 변화시켜 가면서 전압에 따른 전류의 변화와 저항값을 측정하였다.

[0059] 이를 위하여 다양한 농도의 설포살리실산 용액을 제조함과 아울러, 설포살리실산 용액과 닌히드린 용액이 결합된 혼합용액을 제조한 후, 제조된 각각의 용액에 다른 농도의 프롤린을 혼합하여 프롤린 농도에 따른 샘플의 전류 변화를 확인하였다. 즉, 설포살리실산 용액과 닌히드린 용액이 결합된 혼합용액에 프롤린을 혼합한 후 비색법으로 프롤린의 농도를 검출하고, 해당 농도의 프롤린을 전기화학적 바이오 센서의 실리콘 튜브에 설포살리실산 용액과 혼합하여 투입한 후 소스미터를 이용하여 전류-전압 곡선(I-V 커브)을 도출하였다.

[0060] 실험결과 전기화학적 바이오 센서를 이용하여 프롤린을 용해시킬 수 있는 다양한 용액 중 1% 농도의 설포살리실산 용액을 사용하여 측정한 실험결과로부터 프롤린을 고감도로 검출할 수 있음이 확인되었다. 따라서, 프롤린을 고감도로 검출하기 위해서는 1% 농도의 설포살리실산 용액을 사용하는 것이 바람직하다.

[0061] 참고로, 도 4는 1% 농도의 설포살리실산 용액에 녹아있는 프롤린의 농도에 따른 전류-전압 곡선이고, 도 5는 1% 농도의 설포살리실산 용액에 녹아있는 프롤린 농도에 따른 저항 변화를 나타내고 있다.

[0062] 도 4와 도 5를 참조하면, 프롤린의 농도에 관계없이 전압에 따른 전류의 변화가 선형으로 나타나 있어 프롤린이 저항으로 작용하고, 프롤린의 농도가 높아질수록 기울기가 커지는 것으로부터 프롤린의 농도와 저항이 반비례함을 확인된다. 따라서, 소스미터(50)와 전기화학적 바이오 센서를 이용하여 측정 샘플의 저항을 측정하면 프롤린 농도를 검출할 수 있게 된다.

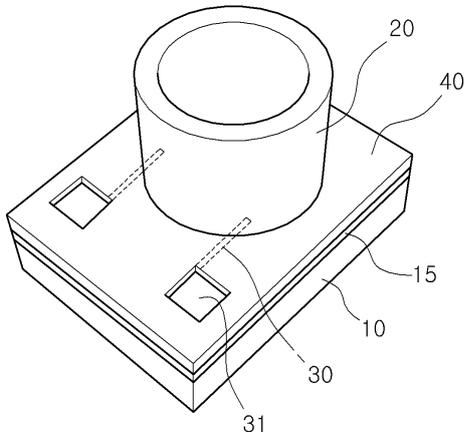
[0063] 이상의 설명은 본 발명을 예시적으로 설명한 것이고, 명세서에 기재된 실시예는 본 발명의 기술사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 사람이라면 본 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 그러므로 본 발명의 보호범위는 청구범위에 기재된 사항에 의해 해석되고, 그와 균등한 범위 내에 있는 기술적 사항도 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

**부호의 설명**

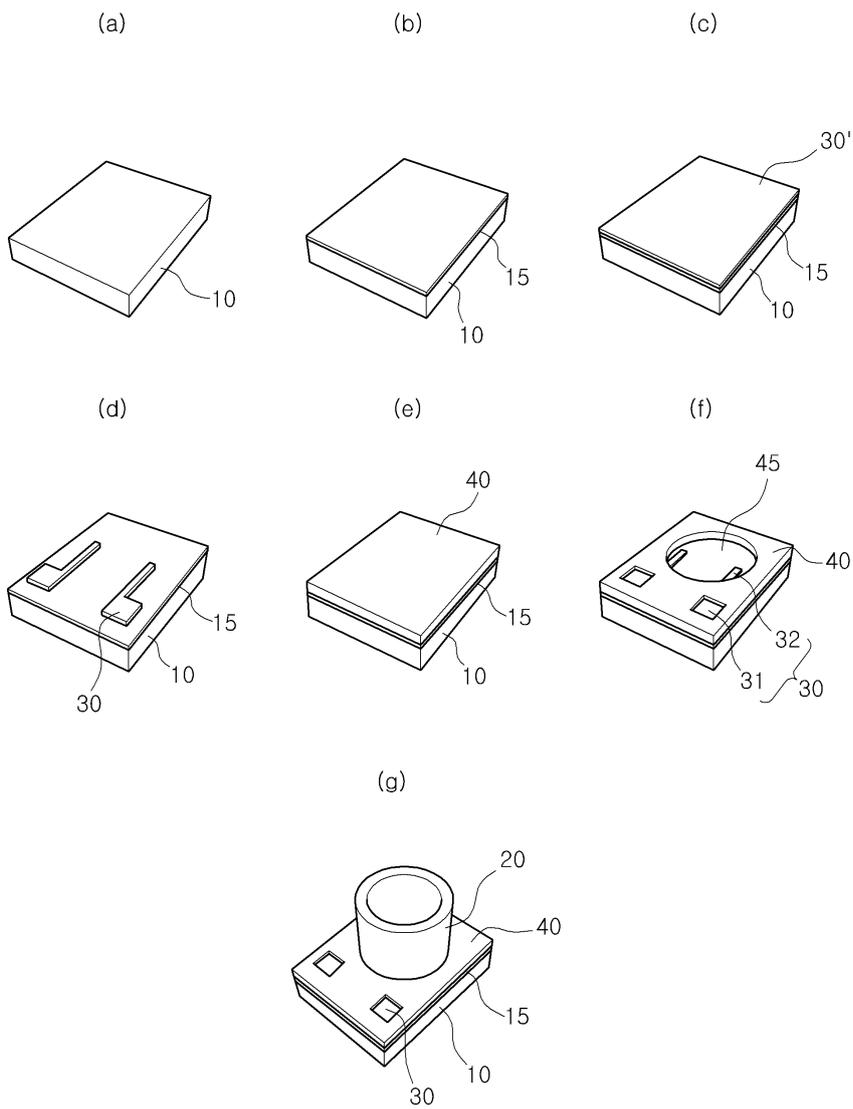
- [0064] 10...기판
  - 15...실리콘 산화막
- 20...실리콘 튜브
- 30...전극
  - 31...외부 배선 연결부
  - 32...센서부
  - 30'...전극층
- 40...감광층
- 50...소스미터
- 55...전선

도면

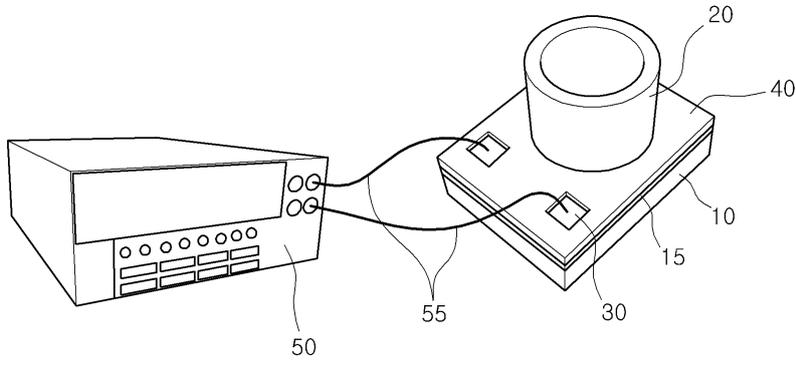
도면1



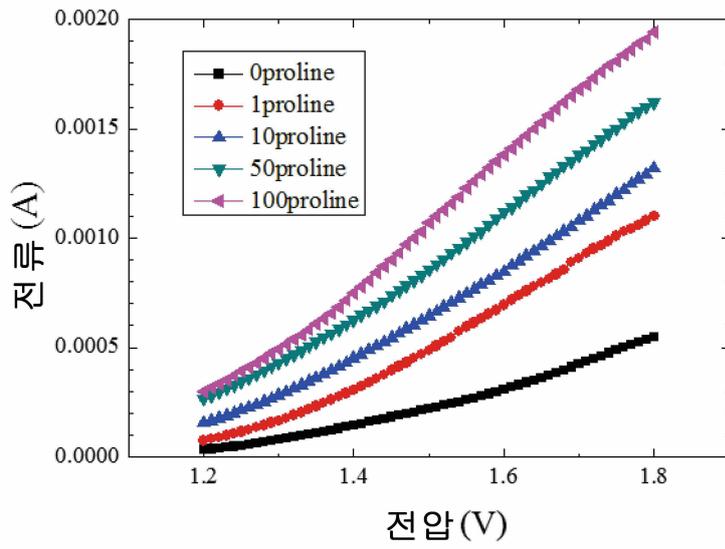
도면2



도면3



도면4



도면5

