



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년01월22일
 (11) 등록번호 10-1821093
 (24) 등록일자 2018년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 33/00 (2006.01) B01L 3/00 (2006.01)
 G01N 21/78 (2006.01) G01N 33/68 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01N 33/0098 (2013.01)
 B01L 3/502707 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0051872
 (22) 출원일자 2017년04월21일
 심사청구일자 2017년04월21일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101579045 B1*
 Lanmuir, 30(23), pp7030-7036(2014)*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(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 1 항

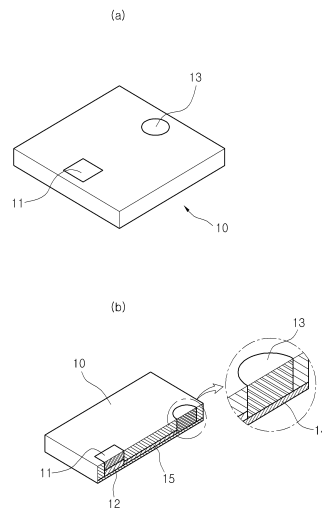
심사관 : 김도현

(54) 발명의 명칭 **환경장애 진단용 종이센서**

(57) 요약

본 발명은 다투드린에 의한 프롤린의 발색반응을 이용하여 프롤린을 검출하여 환경장애를 진단할 수 있도록 하는 환경장애 진단용 종이센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측정샘플의 프롤린과 다투드린이 유동하는 미세유체 채널을 밀폐형으로 구성하고 다투드린을 균일하게 코팅함으로써 프롤린을 정밀하고 정확한 검출할 수 있는 환경장애 진단용 종이센서에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

- G01N 21/78 (2013.01)
- G01N 33/6812 (2013.01)
- B01L 2200/0689 (2013.01)
- B01L 2200/10 (2013.01)
- B01L 2300/0861 (2013.01)
- B01L 2300/0887 (2013.01)
- B01L 2300/126 (2013.01)
- B01L 2300/16 (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 농림수산물기술기획평가원
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 농림수산물기술기획평가원
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

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

삭제

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

한장의 종이에 일정 간격으로 이격되게 배치되는 한편 다투드린이 코팅된 샘플로딩부(11), 다투드린이 코팅된 다투드린부(12), 센서부(13), 다투드린부(12)와 센서부(13)를 서로 연결시키는 S자형 미세유체채널(15) 및 종이를 4구획하도록 종이접기 선을 설계하는 패턴 디자인 단계(S10)와;

설계된 센서 패턴을 종이에 왁스 프린터로 프린팅한 후 핫 플레이트를 이용하여 왁스를 종이에 침투시켜 다투드린부(12)와 센서부(13) 및 미세유체채널(15)이 왁스에 의해 밀폐되도록 하는 왁스 프린팅 단계(S20)와;

상기 샘플로딩부(11)와 그 하부의 다투드린부(12)에 다투드린을 일정 농도로 코팅하는 다투드린 코팅 단계(S30)와;

왁스가 침투된 종이를 종이접기 선을 따라 접어 샘플로딩부(11)와 센서부(13)가 형성되고 상기 샘플로딩부(11)의 하부에 위치한 다투드린부(12)와 센서부(13)의 하부가 S자형 미세유체채널(15)에 의해 연결되도록 하는 오리가미 단계(S40)와;

종이접기에 의해 접혀진 각 층을 접착제로 접착하여 본체(10)를 형성하는 접착 단계(S50);를 포함하되,

상기 패턴 디자인 단계(S10)에서 설계되는 센서 패턴은, 샘플 로딩부(11)와 센서부(13)가 일정 간격을 두고 배치되도록 설계된 제1층 패턴(10a)과, 상기 다투드린부(12)와 센서부(13)가 제1층 패턴(10a)의 샘플로딩부(11)와 센서부(13)에 상기 종이접기 선(10-1)을 기준으로 대칭되게 위치하도록 설계된 제2층 패턴(10b)과, 다투드린부(12)와 센서부(13)가 제2층 패턴(10b)의 다투드린부(12)와 센서부(13)에 상기 종이접기 선(10-2)을 기준으로 대칭되게 위치하도록 설계되는 한편 이들이 서로 미세유체채널(15)에 의해 연결되도록 설계된 제3층 패턴(10c)과 아무런 패턴이 없이 방수층으로 형성된 제4층 패턴(10d)으로 이루어지고,

상기 제1층 패턴(10a)과 제2층 패턴(10b), 제3층 패턴(10c) 및 제4층 패턴(10d)이 각각 종이접기 선을 기준으로 하여 차례로 배치되도록 하고,

상기 다투드린 코팅 단계(S30)는 샘플로딩부(11)와 그 하부의 다투드린부(12)에 일정 농도의 다투드린 용액을 로드한 후 건조시켜 다투드린이 코팅되도록 하고,

상기 접착 단계(S50)는, 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 표층만 본체(10)의 외부로 노출되고 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 나머지 부분과 다투드린부(12) 및 미세유체채널(15)은 본체(10)의 내부에 위치하여 외부와 차단되도록 접착하고,

상기 왁스 프린팅 단계(S20)는 왁스가 프린팅된 종이를 핫 플레이트에 올려놓고 120℃의 온도조건으로 2~3분 동안 가열하여 왁스가 종이의 하부까지 완전히 침투되도록 하는 것을 특징으로 하는 환경장애 진단용 종이센서의 제조방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 환경장애 진단용 종이센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는 측정샘플의 프롤린과 닌히드린이 유동하는 미세유체채널을 밀폐형으로 구성하고 닌히드린을 균일하게 코팅함으로써 프롤린을 정밀하고 정확한 검출할 수 있는 환경장애 진단용 종이센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 식물이나 작물(이하 '작물'이라 한다)은 이동이 불가하기 때문에, 성장하는 내내 다양한 환경 요인들로부터 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 선행문헌 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 옮기지 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 생장 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 생장상태를 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 다투는 반응을 이용하여 프롤린을 검출하는 종이센서를 개시하고 있으며, 이 종이센서는 오픈채널을 통해 샘플이 흐르도록 하고 비색법으로 프롤린을 검출하고 있다.
- [0016] 여기서, 다투는 반응은 단백질의 아미노산이 다투는 반응하여 청자색 내지 적자색으로 발색하는 것을 나타내지만, 작물에 포함된 프롤린의 경우에는 다투는 반응하여 발색하게 된다. 따라서, 센서부에 나타낸 색상을 비교함으로써 프롤린의 양을 정량적으로 검출할 수 있게 된다.
- [0017] 하지만, 종래의 종이센서는 오픈채널을 통해 샘플이 유동하게 되어 샘플 분석 중 외부환경으로부터 오염물질이 혼입되고, 현장에서의 프롤린 검출을 위하여 다투는 용액과 시약인 설포실리실산(sulfosalicylic acid) 용액을 구비하여야 하며, 오픈채널을 통한 샘플 유동 중에 측정샘플이 증발하여 정밀한 측정이 어렵다는 문제점이 있다.
- [0018] 또한, 종래의 종이 센서는 단층 구조로 이루어져 시약 수를 줄이기 위해 다투는 샘플로드부에 미리 로딩하여 코팅할 경우, 다투는 미세유체채널을 통해 유동하여 샘플로드부 및 채널의 위치에 따라 다투는 농도 차이가 발생하게 된다. 이에 따라, 측정샘플을 로드하여 프롤린을 검출할 경우, 도 10에 도시된 바와 같이, 센서부에서의 색이 균일하지 않고 띠 형태로 색상이 나타나는 불균일 반응이 일어나 프롤린을 정량적으로 검출하기 어려운 문제점도 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0019] (특허문헌 0001) KR 10-1361149 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, 환경장애에 따른 작물의 생장 상태를 현장에서 실시간으로 측정하는데 사용되는 종이센서를 밀폐 구조로 형성함으로써 외부환경으로부터의 오염물 혼입과 측정샘플의 증발을 방지하여 프롤린을 정확하게 검출할 수 있도록 한 환경장애 진단용 종이센서 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0021] 또, 독립적으로 구성된 다투드린부에 다투드린이 균일하게 코팅되어 로드됨으로써 현장 검출이 용이하게 하고 센서 감도가 향상되며 프롤린의 농도에 따라 일정한 색상이 검출되도록 한 환경장애 진단용 종이센서 및 그 제조방법을 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 환경장애 진단용 종이센서는, 샘플로딩부에 로드된 측정샘플에 대한 다투드린 반응을 통해 프롤린을 검출하는 환경장애 진단용 종이센서에 있어서, 작물에서 얻어진 측정샘플이 로드되도록 종이로 형성된 본체(10)의 일측에 형성되며 다투드린이 코팅된 샘플로딩부(11)와; 상기 샘플로딩부(11)의 하부에 층을 달리하여 위치하며 다투드린이 코팅된 다투드린부(12)와; 다투드린 반응에 의한 프롤린의 발색 반응을 이용하여 측정샘플의 프롤린을 검출하도록 상기 샘플로딩부(11)로부터 일정 정도 이격된 위치하는 한편 다투드린부 층까지 형성되는 센서부(13)와; 상기 측정샘플의 프롤린과 샘플로딩부 및 다투드린부의 다투드린이 섞이면서 상기 센서부(13)로 유동하도록 센서부(13)와 다투드린부(12)를 연결하는 한편 샘플로딩부(11)와 층을 달리하여 위치하는 미세유체채널(15);을 포함하고, 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 표층만 외부로 노출되고 나머지는 본체(10)의 내부에 위치하여 외부와 차단되도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 또한, 상기 미세유체채널(15)은 측정샘플의 프롤린과 다투드린이 충분히 섞일 수 있도록 S자형 유로를 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 또한, 상기 미세유체채널(15)의 하부로 프롤린과 다투드린이 흐르지 않도록 본체(10)의 하부에 방수층(14)이 구비된 것을 특징으로 한다.

[0025] 그리고, 본 발명에 따른 환경장애 진단용 종이센서의 제조방법은, 한장의 종이에 일정 간격으로 이격되게 배치되는 한편 다투드린이 코팅된 샘플로딩부(11), 다투드린이 코팅된 다투드린부(12), 센서부(13), 다투드린부(12)와 센서부(13)를 서로 연결시키는 S자형 미세유체채널(15) 및 종이를 4구획하도록 종이접기 선을 설계하는 패턴 디자인 단계(S10)와; 설계된 센서 패턴을 종이에 왁스 프린터로 프린팅한 후 핫 플레이트를 이용하여 왁스를 종이에 침투시켜 샘플로딩부(11)와 센서부(13) 및 미세유체채널(15)이 왁스에 의해 밀폐되도록 하는 왁스 프린팅 단계(S20)와; 상기 샘플로딩부(11)와 그 하부의 다투드린부(12)에 일정 농도의 다투드린 용액을 로드한 후 건조시켜 다투드린이 일정 농도로 코팅되도록 하는 다투드린 코팅 단계(S30)와; 왁스가 침투된 종이를 종이접기 선을 따라 접어 샘플로딩부(11)와 센서부(13)가 형성되고 상기 샘플로딩부(11)의 하부에 위치한 다투드린부(12)와 센서부(13)의 하부가 미세유체채널(15)에 의해 연결되도록 하는 오리가미 단계(S40)와; 종이접기에 의해 접혀진 각 층을 접촉재로 접촉하여 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 표층만 외부로 노출되고 나머지는 본체(10)의 내부에 위치하여 밀폐되도록 하는 접착 단계(S50);를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0026] 또한, 상기 패턴 디자인 단계(S10)에서 설계되는 센서 패턴은, 샘플 로딩부(11)와 센서부(13)가 일정 간격을 두고 배치되도록 설계된 제1층 패턴(10a)과, 상기 샘플 로딩부(11)와 센서부(13)가 제1층 패턴(10a)과 반대로 위치하도록 설계된 제2층 패턴(10b)과, 샘플로딩부(11)와 센서부(13)가 미세유체채널(15)에 의해 연결되도록 설계된 제3층 패턴(10c)과, 아무런 패턴이 없는 제4층 패턴(10d)으로 이루어지고, 상기 제1층 패턴(10a)과 제2층 패턴(10b), 제3층 패턴(10c) 및 제4층 패턴(10d)이 각각 종이접기 선을 기준으로 하여 차례로 배치되는 것을 특징으로 한다.

[0027] 또한, 상기 왁스 프린팅 단계(S20)는 왁스가 프린팅된 종이를 핫 플레이트에 올려놓고 120℃의 온도조건으로 2-3분 동안 가열하여 왁스가 종이에 완전히 침투되도록 하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0028] 상기와 같은 특징을 갖는 본 발명에 따른 환경장애 진단용 종이센서 및 그 제조방법은 샘플로딩부와 센서부의 표층만 노출되고 샘플로딩부와 센서부의 하부 및 이들을 연결하는 미세유체채널은 본체 내부에 밀폐되어 있도록 하므로, 외부환경으로부터의 이물질 혼입이나 측정샘플의 증발 등이 방지되어 측정 결과에 대한 신뢰도가 향상되는 효과가 있다.

[0029] 또한, 상기 미세유체채널이 S자 형상으로 형성되어 길이가 길어짐에 따라 측정샘플의 프롤린과 다투드린이 충분히 혼합되어 균일한 발색반응이 이루어지게 되는 효과가 있다.

[0030] 또한, 상기 미세유체채널의 하부에 방수층이 형성되어 미세유체채널을 따라 흐르는 프롤린이나 다투드린이 아래 방향으로 누설되지 않게 되고 검출 결과에 대한 신뢰도가 향상되는 효과가 있다.

[0031] 또한, 상기 샘플로딩부 및 그 하부의 다투드린부에 다투드린이 미리 코팅되어 있어 별도의 다투드린 용액을 준비할 필요없이 시약인 설포실리실산만 준비하여 현장에서 프롤린을 검출할 수 있게 되는 효과가 있다.

[0032] 또한, 상기 샘플로딩부 하부의 다투드린부에 다투드린을 독립적으로 균일하게 로딩할 수 있게 되어 센서부에서의 검출 감도가 향상되고 프롤린의 발색 반응에 따른 색상이 일정하게 나타나는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 도 1은 본 발명의 환경장에 진단용 종이센서가 도시된 사시도 및 단면도
- 도 2는 본 발명의 환경장에 진단용 종이센서의 제조 방법을 나타낸 순서도
- 도 3은 본 발명에 따른 패턴 디자인을 나타낸 평면도
- 도 4는 본 발명에 따른 왁스 프린팅 단계를 나타낸 공정도
- 도 5는 종이에 왁스가 침투되는 모습을 나타낸 참고도
- 도 6은 프롤린 농도에 따른 그린칼라 강도의 변화를 나타낸 그래프
- 도 7은 측정샘플의 프롤린 농도에 따른 센서부의 색상 변화를 나타낸 참고도
- 도 8은 본 발명에 따른 오리가미 단계를 나타낸 사시도
- 도 9는 종래의 오픈형 미세유체채널을 이용한 센서부의 발색반응을 나타낸 참고도

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 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.

[0035] 이하, 첨부된 도면에 도시된 바람직한 실시 예들을 참조하여 본 발명의 기술적 구성을 상세하게 설명한다.

[0036] 본 발명에 따른 환경장에 진단용 종이센서는, 샘플로딩부(11)에 로드된 측정샘플에 대한 다투드린 반응을 통해 프롤린을 검출하는 것으로, 도 1에 도시된 바와 같이, 작물에서 얻어진 측정샘플이 로드되도록 종이로 형성된 본체(10)의 일측에 형성되며 다투드린이 코팅된 샘플로딩부(11)와; 상기 샘플로딩부(11)의 하부에 층을 달리하여 위치하며 다투드린이 코팅된 다투드린부(12)와; 다투드린 반응에 의한 프롤린의 발색 반응을 이용하여 측정샘플의 프롤린을 검출하도록 상기 샘플로딩부(11)로부터 일정 정도 이격된 위치하는 한편 다투드린부 층까지 형성되는 센서부(13)와; 상기 측정샘플의 프롤린과 샘플로딩부 및 다투드린부의 다투드린이 섞이면서 상기 센서부(13)로 유동하도록 센서부(13)와 다투드린부(12)를 연결하는 한편 샘플로딩부(11)와 층을 달리하여 위치하는 미세유체채널(15);을 포함하여 이루어진다.

[0037] 여기서, 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 표층만 본체(10)의 외부로 노출되고 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 나머지 부분과 다투드린부(12) 및 미세유체채널(15)은 본체(10)의 내부에 위치하여 밀폐됨으로써 외부와 차단되도록 한다.

[0038] 이에 따라, 상기 샘플로딩부(11)에 로드된 측정샘플이나 상기 미세유체채널(15)을 따라 흐르는 측정샘플에 외부 환경에 의한 이물질의 혼입이 방지되고, 측정샘플이 증발하지 않게 되어 측정 감도와 측정 결과에 대한 신뢰도가 향상된다.

[0039] 또한, 상기 미세유체채널(15)은 측정샘플의 프롤린과 다투드린이 충분히 섞일 수 있도록 S자형 유로를 형성하는 것이 바람직하다. 측정샘플의 프롤린과 다투드린부의 다투드린은 밀폐된 상태의 상기 미세유체채널(15)을 따라 흐르면서 혼합되어 센서부(13)로 이동하게 되므로, 상기 미세유체채널(15)은 이들이 충분히 혼합될 수 있을 정도의 길이를 가지면서도 이들이 원활하게 유동하도록 각진 부분이 없어야 한다. 이러한 점을 감안하여 상기 미세유체채널(15)이 S자형 유로를 가지도록 한 것이다.

[0040] 또한, 상기 미세유체채널(15)의 하부로 프롤린과 다투드린이 흐르지 않도록 본체(10)의 하부에 방수층(14)이 구비되는 것이 바람직하다.

[0041] 이와 같이, 상기 미세유체채널(15)의 하부에 방수층이 구비되면, 프롤린과 다투드린이 본체(10)의 하부로 누설

되지 않게 되고, 그로 인해 센서부(13)의 측정 감도가 좋아지고 측정 결과에 대한 신뢰도가 향상된다.

- [0042] 한편, 본 발명의 환경장애 진단용 종이센서의 제조방법은 도 2 내지 9에 도시된 바와 같이, 한장의 종이에 일정 간격으로 이격되게 배치되는 한편 다투드린이 코팅된 샘플로딩부(11), 다투드린이 코팅된 다투드린부(12), 센서부(13), 다투드린부(12)와 센서부(13)를 서로 연결시키는 미세유체채널(15) 및 종이를 4구획하도록 3개의 종이 접기 선을 설계하는 패턴 디자인 단계(S10)와; 설계된 센서 패턴을 종이에 왁스 프린터로 프린팅한 후 핫 플레이트를 이용하여 왁스를 종이에 침투시켜 다투드린부(12)와 센서부(13) 및 미세유체채널(15)이 왁스에 의해 밀폐되도록 하는 왁스 프린팅 단계(S20)와; 상기 샘플로딩부(11)와 그 하부의 다투드린부(12)에 다투드린을 일정 농도로 코팅하는 다투드린 코팅 단계(S30)와; 왁스가 침투된 종이를 종이접기 선을 따라 접어 샘플로딩부(11)와 센서부(13)가 형성되고 상기 샘플로딩부(11)의 하부에 위치한 다투드린부(12)와 센서부(13)의 하부가 미세유체채널(15)에 의해 연결되도록 하는 오리가미 단계(S40)와; 종이접기에 의해 접혀진 각 층을 접착제로 접착하여 본체(10)를 형성하는 접착 단계(S50);를 포함하여 이루어진다.
- [0043] 상기 패턴 디자인 단계(S10)에서 설계되는 센서 패턴은, 도 3과 같이, 샘플 로딩부(11)와 센서부(13)가 일정 간격을 두고 배치되도록 설계된 제1층 패턴(10a)과, 상기 다투드린부(12)와 센서부(13)가 제1층 패턴(10a)의 샘플로딩부(11)와 센서부(13)에 상기 종이접기 선(10-1)을 기준으로 대칭되게 위치하도록 설계된 제2층 패턴(10b)과, 다투드린부(12)와 센서부(13)가 제2층 패턴(10b)의 다투드린부(12)와 센서부(13)에 상기 종이접기 선(10-2)을 기준으로 대칭되게 위치하도록 설계되는 한편 이들이 서로 미세유체채널(15)에 의해 연결되도록 설계된 제3층 패턴(10c)과 아무런 패턴이 없는 제4층 패턴(10d)으로 이루어진다.
- [0044] 이때, 상기 제1층 패턴(10a)과 제2층 패턴(10b), 제3층 패턴(10c) 및 제4층 패턴(10d)이 각각 종이접기 선을 기준으로 하여 차례로 배치됨으로써, 한 번의 프린팅 공정만으로 왁스 프린팅이 완료되도록 한다. 그리고 상기 제4층 패턴(10d)에 아무런 패턴이 없으므로 상기 왁스 프린팅 공정(S20)에서 제4층은 종이의 전면에서 왁스가 프린트되어 방수층(14)을 형성하게 된다.
- [0045] 또한, 상기 왁스 프린팅 단계(S20)는 왁스가 프린팅된 종이를 핫 플레이트에 올려놓고 120℃의 온도조건으로 2~3분 동안 가열하여 왁스가 종이에 완전히 침투되도록 하게 된다. 예를 들면, 왁스가 프린팅된 종이를 핫 플레이트에 올려놓고 120℃의 온도조건으로 160초 정도 가열하게 되면 프린팅된 왁스가 녹아서 종이의 옆면으로 스며들면서 종이의 아랫면까지 완전히 침투하게 된다.
- [0046] 종이에 프린팅된 왁스는 120℃의 온도조건에서 녹아서 종이에 스며드는데, 시간의 흐름에 따라 더 깊은 곳까지 스며들게 된다. 구체적으로 두께가 800 μ m인 종이에 왁스를 프린팅한 경우에는, 도 5와 6에 도시된 바와 같이 120℃의 온도조건으로 40초 동안 가열하더라도 왁스가 종이에 완전히 침투되지 못하고, 대략 160초 정도를 가열할 경우에 종이의 옆면으로 스며들면서 종이의 아랫면까지 완전히 침투된다.
- [0047] 상기 왁스 프린팅 단계(S20)에서 왁스가 프린팅되지 않는 부분은 종이만 남게 되고, 이 부분들이 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13) 및 미세유체채널(15)을 형성하게 된다. 그리고, 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13) 및 미세유체채널(15)의 주변이 왁스가 침투된 종이로 이루어져 있으므로, 상기 접착단계(S50)에 의해 형성된 본체(10)에서는 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 표층만 외부로 노출되고 상기 샘플로딩부(11)와 센서부(13)의 나머지 부분과 다투드린부(12) 및 미세유체채널(15)은 본체(10)의 내부에 위치하여 외부와 차단된 상태가 된다.
- [0048] 상기 다투드린 코팅 단계(S30)에서는 상기 샘플로딩부(11)와 그 하부의 다투드린부(12)에 일정 농도의 다투드린 용액을 로드한 후 건조시킴으로써 다투드린이 일정한 농도로 코팅되도록 한다.
- [0049] 이와 같이, 상기 다투드린부(12)에 일정 농도의 다투드린이 코팅되면, 시약으로 설포실리실산 용액만 구비하고 있어도 간단하게 현장에서 프롤린을 검출할 수 있게 된다. 이에 따라, 기존에 현장에서 프롤린을 검출하기 위하여 프롤린을 추출하기 위한 시약인 설포실리실산 용액과 다투드린 용액 두 개를 구비해야 하는 불편을 해소할 수 있게 된다.
- [0050] 그리고, 상기 샘플로딩부(11)의 하부에 위치한 다투드린부(12)에 다투드린이 일정한 농도로 균일하게 코팅됨에 따라 센서부(13)에서의 감도가 향상되고 프롤린 농도에 따라 일정한 색상이 감지되어 검출 결과에 대한 신뢰성이 향상된다.
- [0051] 반면, 기존에는 샘플로딩부와 미세유체채널 및 센서부로 구성된 종이센서가 단층구조로 형성되어 있어, 위치에 따라 다투드린 농도의 차이가 발생하고 그로 인해 프롤린을 정량적으로 검출하기가 어려운 문제가 있었다. 즉, 종래의 단층구조에서는 샘플로딩부에 코팅된 다투드린이 미세유체채널을 통해 흘러감으로써 샘플로딩부 및 미세유체채널의 위치에 따라 다투드린 농도의 차이가 발생하게 되고, 그로 인해 센서부에서 프롤린을 검출할 때 센

서부에 나타나는 색이 균일하지 않고 띠 형태로 색상이 나타나게 되어 프롤린을 정량적으로 검출하기가 어려웠던 것이다.

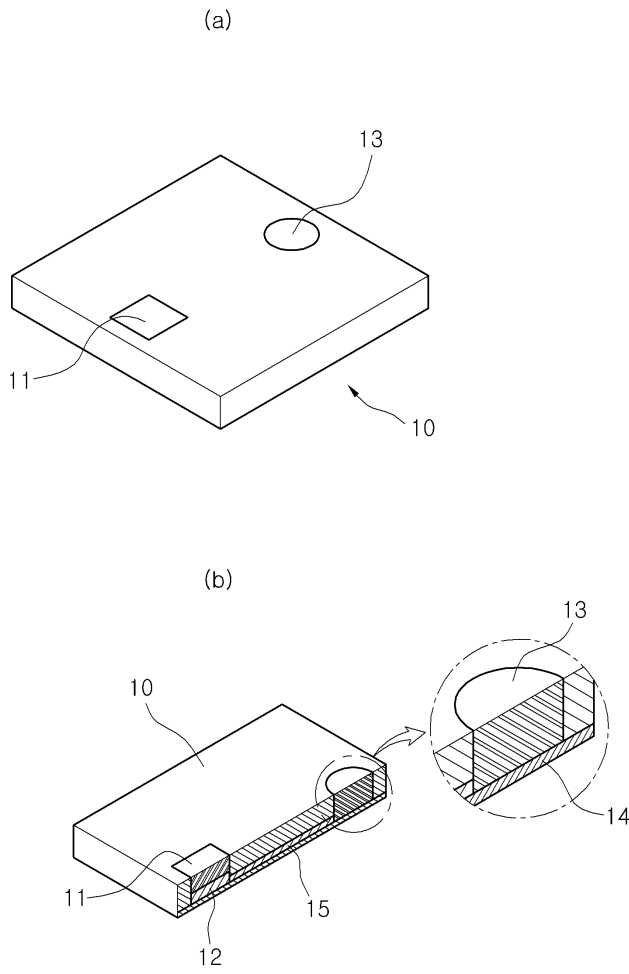
- [0052] 이상의 과정을 통해 다투드린 코팅이 완료되면, 왁스가 코팅된 종이를 접어주는 오리가미(Origami) 단계를 수행한다. 상기 오리가미 단계(S40)에서는 본체(10)를 구성하는 각층을 특별한 정렬없이 종이접기 선을 기준으로 간단하게 접어주며, 오리가미 단계(S40)가 완료되면 각 층의 사이사이를 접착제로 접착하여 일체형의 본체(10)를 완성한다. 오리가미(折り紙)란 한 장의 종이를 접어 다양한 형태의 모양을 만드는 '종이접기'를 의미하는 것으로, 상기 오리가미 단계(S40)는 왁스가 코팅된 종이를 접어 본체(10)의 형태를 만드는 단계이다.
- [0053] 상기와 같이 구성된 본 발명의 환경장애 진단용 종이센서를 이용하여 측정 샘플의 프롤린을 검출하는 과정에 대하여 설명하면 다음과 같다.
- [0054] 환경장애를 진단하기 위하여 표본이 되는 작물로부터 측정샘플을 채취한 후, 이 측정샘플을 샘플로딩부(11)에 로딩한다. 로딩된 측정샘플의 프롤린은 샘플로딩부(11) 하부의 다투드린부(12)에 코팅된 다투드린과 반응하여 결합되고, 결합된 프롤린과 다투드린은 용액의 형태로 S자형 미세유체채널(15)을 따라 흐르게 된다. 측정샘플의 프롤린과 다투드린은 상기 미세유체채널(15)을 흐르는 동안 완벽하게 섞이게 된다.
- [0055] 측정샘플을 샘플로딩부(11)에 로딩한 후 대략 2분 정도가 경과하면, 다투드린이 결합된 프롤린이 센서부(13)에 도착한다. 상기 센서부(13)에 다투드린이 결합된 프롤린이 도착하면, 핫 플레이트를 사용하여 약 100~110℃의 온도조건으로 대략 3분 정도 가열한다. 그 결과, 프롤린-다툼드린 반응에 의해 센서부(13)에서 발색이 이루어져 센서부(13)의 색이 변화된다.
- [0056] 이때, 상기 센서부(10)의 색상은 측정샘플의 프롤린 농도에 따라 달라지게 되는데, 도 6에 도시된 바와 같이, 프롤린 농도가 증가할수록 상기 센서부(10)의 색상에서 붉은 색의 발색 정도가 진하게 나타난다. 도 6에서는 150℃에서 10분 동안 종이센서를 가열하였을 때, 프롤린 농도가 각각 50, 100, 150, 200 마이크로몰인 경우에 있어서 상기 센서부(13)의 색상을 나타내고 있다. 여기서, 프롤린 농도가 증가할수록 붉은 색의 발색정도가 진하게 나타나는 이유는, 도 7에 도시된 바와 같이, 측정샘플의 프롤린 농도가 증가하면 녹색의 색상강도는 감소함에 따른 것으로 판단된다.
- [0057] 이와 같이, 측정샘플의 프롤린 농도에 따라 상기 센서부(13)의 색상이 달라지게 되므로, 상기 센서부(13)의 변색 정도를 측정하여 기준이 되는 색상과 비교하는 비색법을 이용하면 측정샘플의 프롤린 농도를 검출할 수 있게 된다.
- [0058] 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

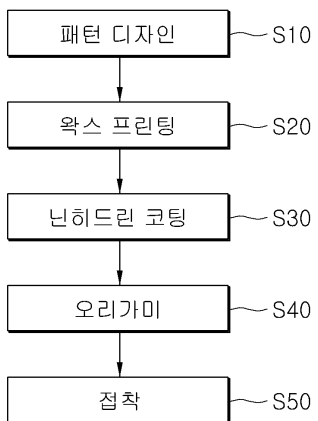
- [0059] 10... 본체
- 11... 샘플로딩부
- 12... 다투드린부
- 13... 센서부
- 14... 방수층
- 15... 미세유체채널

도면

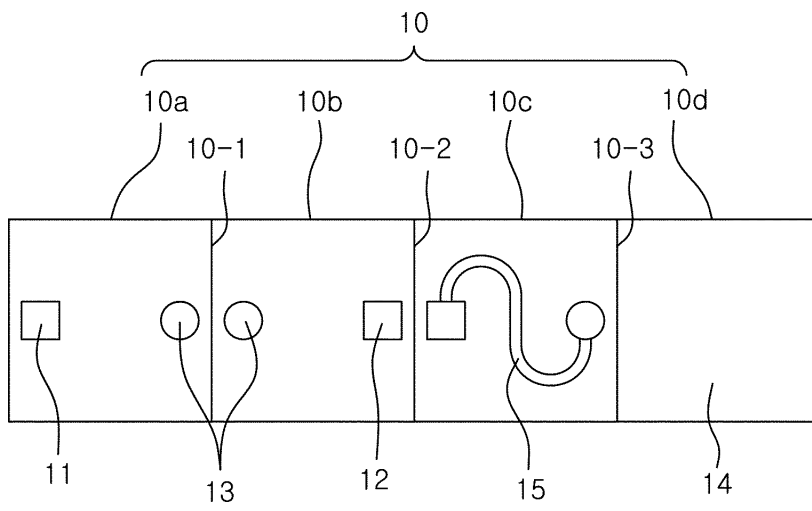
도면1



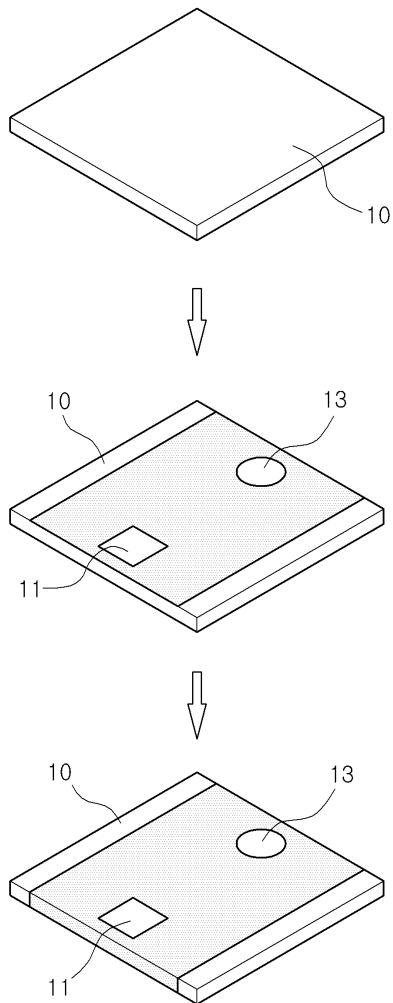
도면2



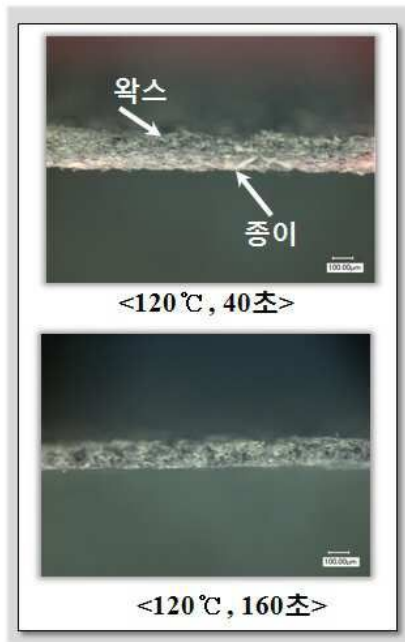
도면3



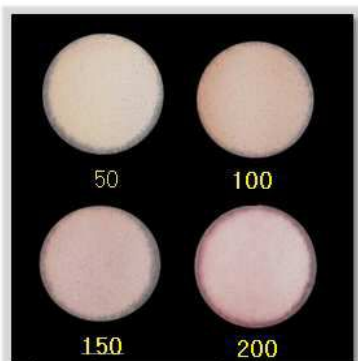
도면4



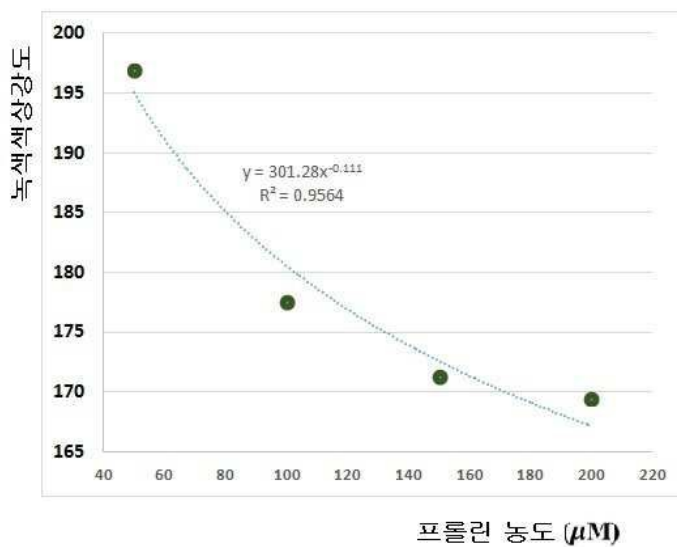
도면5



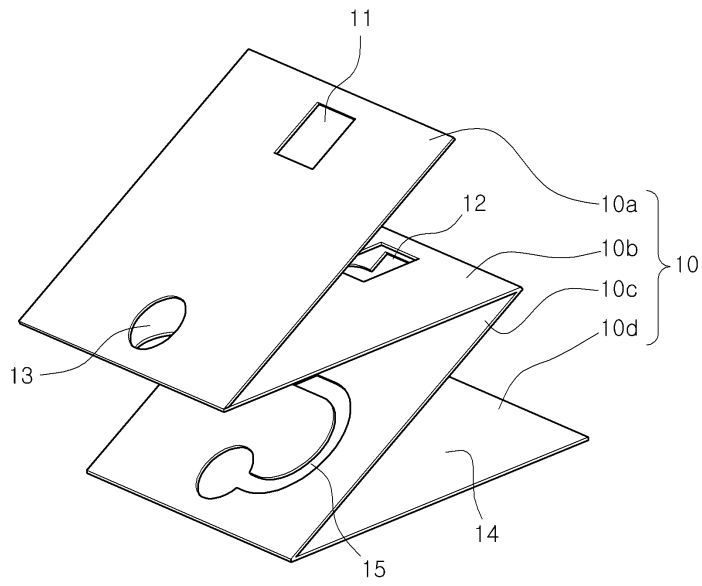
도면6



도면7



도면8



도면9

