



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월29일
 (11) 등록번호 10-2004491
 (24) 등록일자 2019년07월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01N 21/29 (2006.01)

(52) CPC특허분류
 G01N 21/29 (2013.01)
 G01N 21/783 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0124305

(22) 출원일자 2017년09월26일

심사청구일자 2017년09월26일

(65) 공개번호 10-2019-0035273

(43) 공개일자 2019년04월03일

(56) 선행기술조사문헌

JP2011080848 A

JP2011080848 A

(73) 특허권자

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

박정열

서울특별시 성동구 독서당로62길 43 (응봉동, 대림아파트) 10동 1003호

김태성

울산 남구 동산로 69번길 13, 107동 503호 (신정동, 문수로2차아이파크)

장형관

경기도 안양시 동안구 호계동 1085-2 201

(74) 대리인

지현조

전체 청구항 수 : 총 9 항

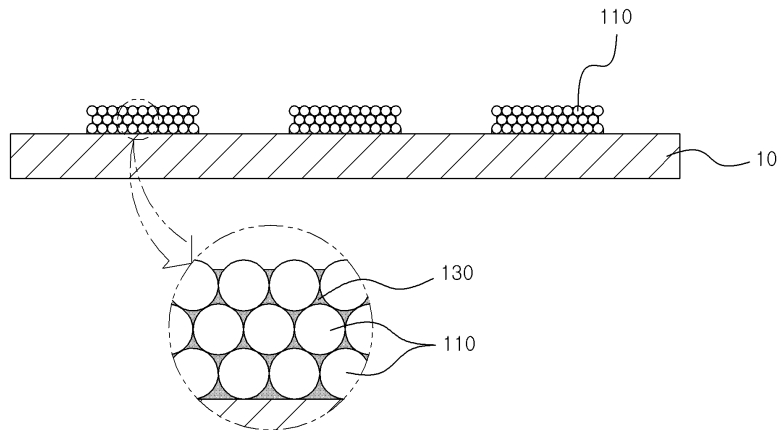
심사관 : 장일석

(54) 발명의 명칭 **고속 응답성을 갖는 젤-결정화된 입자를 이용한 복합센서 및 그 제조방법**

(57) 요약

목적 대상을 검출하기 위한 복합센서의 제조방법은, 콜로이드 결정 구조물을 형성하는 단계, 콜로이드 결정 구조물을 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 코팅하는 단계, 및 콜로이드 결정 구조물 위를 덮는 상부층을 벗겨 내는 단계를 포함하며, 상기 목적 대상의 흡수량에 따라서 색채 반응을 보이는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

G01N 2021/7723 (2013.01)

G01N 2021/7773 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10062194
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 산업기술혁신사업(RCMS)
 연구과제명 [RCMS] 망막변성질환 치료를 위한 신생혈관표적 나노복합체 및 on-de
 기여율 30/100
 주관기관 대구가톨릭대학교
 연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10052981
 부처명 산업통상자원부
 연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
 연구사업명 산업기술혁신사업(RCMS)
 연구과제명 [RCMS] 녹내장 치료 및 안압측정이 가능한 스마트 콘택트렌즈 소재 개발
 기여율 30/100
 주관기관 대구가톨릭대학교
 연구기간 2017.06.01 ~ 2018.05.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016R1D1A1B03936000
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 일반연구자지원사업
 연구과제명 Qdot-aptamer beacon과 광신호 증폭을 위한 3차원 광결정
 기여율 20/100
 주관기관 서강대학교
 연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017M3C1B7014222
 부처명 과학기술정보통신부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 자연모사혁신 기술개발사업
 연구과제명 자연모사공학 혁신 융합기술개발 선행연구
 기여율 20/100
 주관기관 한국과학기술연구원
 연구기간 2017.03.17 ~ 2017.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

목적 대상을 검출하기 위한 복합센서의 제조방법에 있어서,

콜로이드 결정 구조물을 형성하는 단계;

상기 콜로이드 결정 구조물을 상기 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 코팅하는 단계; 및

상기 콜로이드 결정 구조물 위를 덮는 상부층을 벗겨 내는 단계;를 포함하며,

상기 콜로이드 결정 구조물 사이에 매립된 대상 흡수층은 상기 목적 대상의 흡수량에 따라 부피 변화가 가능하며, 상기 대상 흡수층의 부피 변화에 따라 상기 콜로이드 결정 구조물에서 입자 간의 거리가 변하여 상기 복합센서는 색채 반응을 보이고,

상기 콜로이드 결정 구조물은 소수성 또는 친수성을 패턴을 이용하여 기관 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 복합센서의 제조방법.

청구항 2

목적 대상을 검출하기 위한 복합센서의 제조방법에 있어서,

콜로이드 결정 구조물을 형성하는 단계;

상기 콜로이드 결정 구조물을 상기 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 코팅하는 단계; 및

상기 콜로이드 결정 구조물 위를 덮는 상부층을 벗겨 내는 단계;를 포함하며,

상기 콜로이드 결정 구조물 사이에 매립된 대상 흡수층은 상기 목적 대상의 흡수량에 따라 부피 변화가 가능하며, 상기 대상 흡수층의 부피 변화에 따라 상기 콜로이드 결정 구조물에서 입자 간의 거리가 변하여 상기 복합센서는 색채 반응을 보이고,

상기 유연 성분의 파단 강도를 상기 콜로이드 결정 구조물을 구성하는 입자 간의 반데르발스 힘보다 작게 설계하여, 상기 콜로이드 결정 구조물의 상면에서 상기 유연 성분의 파열이 전파되도록 하는 것을 특징으로 하는 복합센서의 제조방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 콜로이드 결정 구조물은 콜로이드 용액을 프린팅하여 형성되는 것을 특징으로 하는 복합센서의 제조방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 유연 성분은 폴리디메틸실록산을 이용하는 것을 특징으로 하는 복합센서의 제조방법.

청구항 6

목적 대상을 검출하기 위한 복합센서에 있어서,

콜로이드 결정 구조물; 및

상기 콜로이드 결정 구조물의 공극에 유지되며 상기 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 이루어진 대상

흡수층;을 포함하며,

상기 대상 흡수층은 상기 콜로이드 결정 구조물의 상면 하부에만 존재하여 상기 콜로이드 결정 구조물의 상면이 외부로 노출되고, 상기 복합센서는 상기 목적 대상의 흡수량에 따라서 색채 반응을 보이고,

상기 유연 성분의 파단 강도가 상기 콜로이드 결정 구조물을 구성하는 입자 간의 반데르발스 힘보다 작은 것을 특징으로 하는 복합센서.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 콜로이드 결정 구조물의 상면은

상기 유연 성분으로 상기 콜로이드 결정 구조물을 코팅하고, 상기 콜로이드 결정 구조물 위를 덮는 상부층을 벗겨 내는 과정을 통해서 외부로 직접 노출되는 것을 특징으로 하는 복합센서.

청구항 8

삭제

청구항 9

목적 대상을 검출하기 위한 복합센서에 있어서,

콜로이드 결정 구조물; 및

상기 콜로이드 결정 구조물의 공극에 유지되며 상기 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 이루어진 대상 흡수층;을 포함하며,

상기 대상 흡수층은 상기 콜로이드 결정 구조물의 상면 하부에만 존재하여 상기 콜로이드 결정 구조물의 상면이 외부로 노출되고, 상기 복합센서는 상기 목적 대상의 흡수량에 따라서 색채 반응을 보이고,

상기 콜로이드 결정 구조물은 소수성 또는 친수성을 패턴을 이용하여 기관 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 복합센서.

청구항 10

제6항 또는 제9항에 있어서,

상기 콜로이드 결정 구조물은 콜로이드 용액을 프린팅하여 형성되는 것을 특징으로 하는 복합센서.

청구항 11

제6항 또는 제9항에 있어서,

상기 유연 성분은 폴리디메틸실록산을 이용하는 것을 특징으로 하는 복합센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 목적 대상의 검출을 색채로 가시화할 수 있는 센서에 관한 것으로서, 보다 자세하게는, 목적 대상에 노출되었을 때 부피 변화하는 젤의 특성을 이용하여 목적 대상의 신속한 검출을 기대할 수 있는 복합센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 휘발성 유기 화합물(VOC)은 증기압이 높아 대기 중으로 쉽게 증발되는 액체 또는 기체상의 유기 화합물의 의미이며, 이는 도료나 용제 등에 포함되어 있다. VOC 화합물이 대기 중에서 질소산화물과 공존하면 햇빛의 작용으로 광화학반응을 일으켜 오존 및 팬 등 광화학 산화성 물질을 생성시키게 되고, 이때 광화학 스모그를 유발하는 물질을 생성할 수가 있다.

- [0003] 따라서, VOC 화합물은 일종의 대기오염물질이며 발암성을 가진 독성 화학물질로서 광화학 산화물의 전구물질이기도 하다. 또한 지구온난화와 오존층 성층권 파괴의 원인물질이며 악취를 일으키기도 한다.
- [0004] VOC 화합물을 검출하는 가장 일반적인 방법으로 질량 분석법(mass spectrometry)와 가스 크로마토그래피(gas chromatography)가 있다. 그러나 이 종래 분석 방법들은 정확한 방법일 수는 있지만, 측정 시간이 상당히 길고, 대용량의 물질을 필요로 하고(bulky size), 고비용(high cost)이어서 실시간 분석이 어렵다는 단점이 있다.
- [0005] 또한, 한국공개특허 제10-2016-0001369호는 "가스 또는 휘발성 유기 화합물(VOC)을 검출하기 위한 복수의 가스 센서들로 각각 구성된 복수의 센서 어레이"에 관한 것으로서, 상기 센서 어레이는 벌크 음향파 공진기(bulk acoustic wave resonator: BAW), 표면 음향파 공진기(surface acoustic wave resonator: SAW), 박막형 벌크 음향파 공진기(film bulk acoustic resonator: FBAR), 및 고상 적층 공진기(solidly mounted resonator: SMR) 중 선택된 하나에 기반하며, 가스감지층을 포함하며, 상기 가스감지층의 리셉터(감응물질)가 탄소나노튜브인 복수 개의 센서들과 리셉터가 중합체인 복수 개의 센서들이 하나의 단일한 칩 상에 배열된 것을 특징으로 하는 가스 또는 휘발성 유기 화합물(VOC) 검출용 복합 센서 어레이를 개시하고 있다.
- [0006] 또한, 한국등록특허 제10-1422625호는 "포피린으로 기능화 처리한 그래핀 기반의 VOC 센서 및 그 제작방법"에 관한 것으로서, 기판에 그래핀을 전사하는 그래핀전사단계, 그래핀이 전사된 기판에 전극을 형성하는 전극형성 단계 및 그래핀에 포피린을 코팅하는 기능화처리단계를 포함하는 포피린으로 기능화 처리한 그래핀 기반의 VOC 센서 제작 방법을 제공하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명은 간단하면서도 신속하고 저렴한 센서를 제공하기 위한 것으로서, 건강 요소를 체크하거나 환경 변화를 감지하기 위한 용도로 사용될 수 있다.
- [0008] 본 발명은 발암물질 중 하나인 휘발성 유기 화합물(VOC)를 검출함에 있어서, 색채 변화를 이용하고, 고속으로 응답하며 실시간 모니터링이 가능한 복합 센서 및 그 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0009] 상술한 본 발명의 목적들을 달성하기 위한 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따르면, 목적 대상을 검출하기 위한 복합센서의 제조방법은, 콜로이드 결정 구조물을 형성하는 단계, 콜로이드 결정 구조물을 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 코팅하는 단계, 및 콜로이드 결정 구조물 위를 덮는 상부층을 벗겨 내는 단계를 포함하며, 상기 목적 대상의 흡수량에 따라서 색채 반응을 보이는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 콜로이드 결정 구조물 사이에 매립된 대상 흡수층은 목적 대상의 흡수량에 따라 부피 변화가 가능하며, 부피 변화에 따라 콜로이드 결정 구조물에서 입자 간의 거리가 변하여 그로부터 반사되는 빛의 특성 또는 색깔에 변화를 줄 수가 있다.
- [0011] 유연 성분의 파단 강도를 콜로이드 결정 구조물을 구성하는 입자 간의 반데르발스 힘보다 작게 설계하여, 상부층을 벗겨 낼 때, 콜로이드 결정 구조물의 상면에서 유연 성분의 파열이 전파되도록 할 수 있다.
- [0012] 콜로이드 결정 구조물은 소수성 또는 친수성을 패턴을 이용하여 기판 상에 형성될 수 있으며, 콜로이드 용액을 프린팅하여 형성될 수도 있다. 이러한 방법에 의해서 원하는 콜로이드 결정 구조물을 원하는 형상, 무늬, 문자, 숫자, 기호 등으로 표현할 수 있다.
- [0013] 유연 성분은 폴리디메틸실록산(PDMS)와 같은 하이드로유연 성분을 이용할 수 있으며, 콜로이드 결정 구조물의 입자 역시 폴리스타이렌(polystyrene)과 같은 높은 유전상수를 갖는 입자가 이용될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따르면, 목적 대상을 검출하기 위한 복합센서는, 콜로이드 결정 구조물 및 콜로이드 결정 구조물의 공극에 유지되며 목적 대상을 흡수할 수 있는 유연 성분으로 이루어진 대상 흡수층을 포함한다. 상기 대상 흡수층은 콜로이드 결정 구조물의 상면 하부에만 존재하여 상기 콜로이드 결정 구조물의 상면이 외부로 직접 노출되고, 복합센서는 목적 대상의 흡수량에 따라서 색채 반응을 보이는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 콜로이드 결정 구조물의 상면은 다음과 같은 과정에 의해서 형성될 수 있다. 즉, 유연 성분으로 콜로이드 결정 구조물을 코팅하고, 콜로이드 결정 구조물 위를 덮는 상부층을 벗겨 내는 과정을 통해서 외부로 직접 노출되도록

록 형성될 수 있다. 이를 위해서 유연 성분의 파단 강도가 콜로이드 결정 구조물을 구성하는 입자 간의 반데르 발스 힘보다 작도록 설계될 수 있다.

[0016] 콜로이드 결정 구조물은 소수성 또는 친수성을 패턴을 이용하여 기판 상에 형성될 수 있으며, 다르게는 콜로이드 용액을 프린팅하여 형성될 수도 있다. 또한, 유연 성분은 폴리디메틸실록산을 이용하여 형성될 수가 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명의 복합센서에서는 계면 콜로이드 결정과 벌크 PDMS 사이의 파열 전파(tear propagation)가 발생하는 것을 이용하여 제조되며, 이러한 파열 전파는 결정화된 콜로이드를 파괴하지 않고 콜로이드 결정의 바깥층에서 발생할 수 있다. 그 이유는 파단 강도가 콜로이드 결정의 외부 층에서만 도달하기 때문이며, 이는 유한요소법(FEM) 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증될 수 있다.

[0018] 또한, 콜로이드 결정 구조물의 상면이 바로 노출되기 때문에, 센서가 에탄올과 같은 목적 대상에 노출되었을 때, 밴드 갭 시프트 속도가 콜로이드 결정 구조물이 바로 노출되지 않은 경우에 비해서 현저하게 높다. 실제로 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서의 경우 다른 센서에 비해 우수한 성능(약 3000 배 빠른 응답 시간)을 나타내며 환경에 대한 쉽고 직관적이면서 실시간 및 현장 모니터링을 위한 큰 잠재력을 가질 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 젤 및 결정화된 입자의 복합센서의 제조방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 젤 및 결정화된 입자의 복합센서를 설명하기 위한 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 젤 및 결정화된 입자의 복합센서를 제조함에 있어 박리 후 콜로이드 결정 구조물의 상면 상태를 설명하기 위한 도면이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서의 반응 시간을 조사한 결과를 설명하기 위한 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서의 응용례를 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서에서 목적 대상에 따른 밴드 갭 시프트량을 비교하기 위한 도면이다.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서를 제조함에 있어서 기판에 콜로이드 결정 구조물을 형성하는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 참고로, 본 설명에서 동일한 번호는 실질적으로 동일한 요소를 지칭하며, 상기 규칙 하에서 다른 도면에 기재된 내용은 인용하여 설명할 수 있고, 당업자에게 자명하다고 판단되거나 반복되는 내용은 생략될 수 있다.

[0021] 도 1 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 젤 및 결정화된 입자의 복합센서의 제조방법을 설명하기 위한 도면이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 젤 및 결정화된 입자의 복합센서를 설명하기 위한 도면이다.

[0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 기판(10) 상에 특정 모양, 기호, 문자 등을 표현할 수 있는 콜로이드 결정 구조물(110)을 형성하기 위한 친수성 또는 소수성 패턴(20)을 형성할 수 있다. 콜로이드 결정 구조물(110)은 특성에 따라 친수성 또는 소수성 패턴(20)을 형성할 수 있으며, 원하는 패턴에 따라 파지티브 패턴 또는 네가티브 패턴을 형성할 수가 있다.

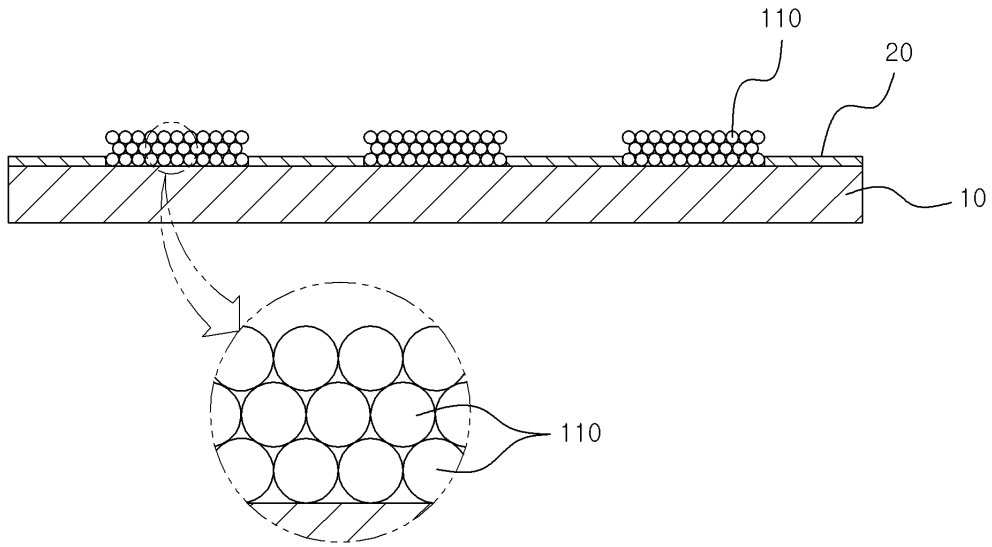
[0023] 도 3을 참조하면, 입체 형상의 콜로이드 결정 구조물(110)은 콜로이드 분산액을 기판(10)의 선택한 패턴(20)에 따라 형성되도록 할 수 있다. 도식된 바와 같이, 입자로 이루어진 콜로이드 결정 구조물(110)에는 입자 간에 공극이 형성될 수 있다.

[0024] 여기서, 콜로이드 결정 구조물(110)은 옥타데실트리클로로실란(OTS)를 이용한 기상 자기 조립 단분자막(SAM)법에 의해 형성될 수 있다. 입자에 의한 주기적인 나노 구조는 나노 입자의 자기 조립에 의해 얻어질 수 있으며, 입자 간의 반데르발스 힘에 의해서 구조체 형상을 유지할 수 있다. 일 예로, 콜로이드 결정 구조물의 결정화는

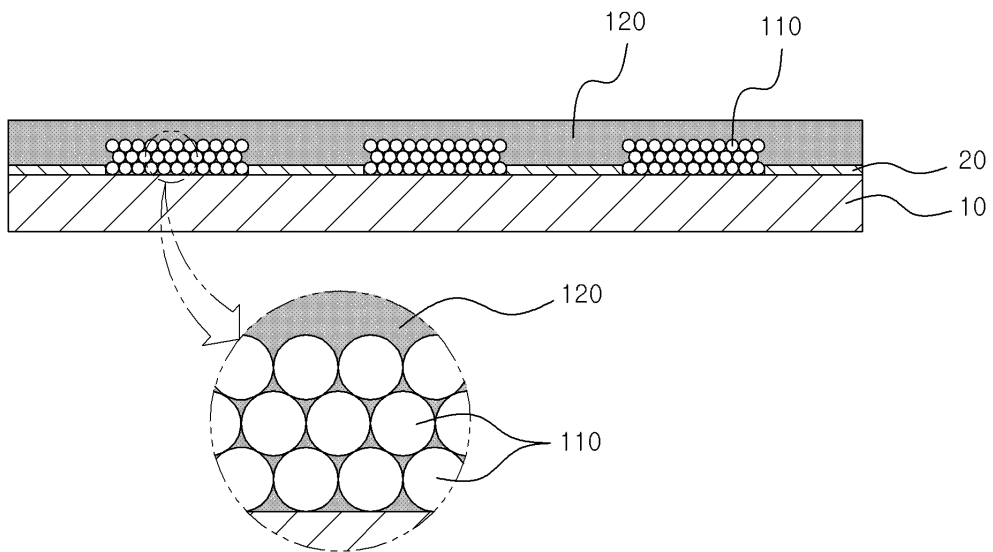
(Doctor Blade Method)에 의해 성장될 수 있다.

- [0025] 도 4를 참조하면, 콜로이드 결정 구조물(110)이 형성된 기판(10) 위로 유연 성분으로 코팅막(120)이 형성될 수 있다. 코팅막(120)을 형성하는 유연 성분으로 PDMS 등이 사용될 수 있으며, 콜로이드 결정 구조물(110)의 공극까지 채워질 수 있다.
- [0026] 도 5를 참조하면, 코팅막(120)을 경화시킨 다음, 콜로이드 결정 구조물(110)의 위를 덮는 상부층을 벗겨 낼 수 있다. 콜로이드 결정 구조물(110)을 형성하는 입자 간의 반데르발스 힘이 코팅막(120)을 구성하는 유연 성분의 파단 강도보다 높게 형성되어 있기 때문에, 상부층을 벗겨 내는 과정에서 계면 콜로이드 결정과 벌크 PDMS 사이에서 파열 전파가 발생할 수 있다.
- [0027] 계면 콜로이드 결정과 벌크 PDMS 사이에서 파열 전파가 발생하기 때문에, 결정화 된 콜로이드 결정 구조물(110)이 파괴되지 않고 콜로이드 결정의 바깥층에서 PDMS의 파단이 발생할 수 있다. 그 이유는 파단 강도가 콜로이드 결정의 외부 층에서만 도달하기 때문으로 해석될 수 있다.
- [0028] 도 6을 참조하면, 본 실시예에 따른 복합센서(100)는 패턴으로 특정 모양을 이루는 콜로이드 결정 구조물(110) 및 결정의 공극에 유지되는 대상 흡수층(130)을 포함할 수 있다. 대상 흡수층(130)을 이루는 유연 성분을 휘발성 유기 화합물(VOCs)를 흡수할 수 있는 재질(ex. PDMS)로 형성하는 경우, 복합센서(100)가 휘발성 유기 화합물에 노출되었을 때, 대상 흡수층(130)에서 바로 흡수가 발생하며, 콜로이드 결정 구조물(110)의 밴드 갭 시프트가 발생하여 간극이 미세하게 조정될 수 있다.
- [0029] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 젤 및 결정화된 입자의 복합센서를 제조함에 있어 박리 후 콜로이드 결정 구조물의 상면 상태를 설명하기 위한 도면이다.
- [0030] 도 7을 보면, 입방 형 및 돔형 패턴의 경우 모두 콜로이드 결정 구조물의 상면에 잔유물 없이 완전히 박리됨을 확인할 수 있다. 또한, 이러한 작용은 유한요소법(FEM) 시뮬레이션 및 실험을 통해 검증될 수가 있다.
- [0031] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서의 반응 시간을 조사한 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- [0032] 도 8을 참조하면, 목적 대상으로서 에탄올을 사용하고, 에탄올 용매에 복합센서를 노출시킨 후 그 밴드 갭 시프트 시간을 측정하였다.
- [0033] 실험을 위한 대조군으로서, 상부 PDMS 층의 두께를 38 μ m, 60 μ m 및 98 μ m인 경우와 비교하였으며, 본 실시예에 따른 복합센서는 상부층을 박리시켜 외부로 직접 노출된 경우에서 실험하였다. 참고로, 상부 PDMS 층의 두께는 스펀 코팅 속도를 다양하게 변경함으로써 구현이 가능하다.
- [0034] 실험 결과에 따르면, 상부층이 박리된 복합센서에서 가장 빠르게 색깔의 변화가 나타났으며, 그 다음으로 38 μ m, 60 μ m 및 98 μ m인 경우 순서로 변화가 감지되었다. 즉, 상부 PDMS 층의 두께가 감소함에 따라 응답 시간 또한 감소하는 것을 알 수 있다.
- [0035] 구체적으로, 본 실시예에 따른 복합센서와 같이, 상부 PDMS 층이 나노 스케일 파열 전파를 통해 박리 된 경우, 단지 2 초 내에 약 40 nm 밴드 갭 시프트가 발생했다. 하지만, 상부 PDMS 층의 두께가 약 98 μ m의 경우에는 약 10 분 후 6 nm 밴드 갭 시프트가 발생했다. 즉, 본 실시예에 따른 복합센서의 경우, 다른 결과보다 최대 3 천배 이상 빠르다는 것을 확인할 수 있었다.
- [0036] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서의 응용례를 설명하기 위한 도면이고, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 복합센서에서 목적 대상에 따른 밴드 갭 시프트량을 비교하기 위한 도면이다.
- [0037] 소위 위험한 상황을 쉽게 알아보기 위해, 도 9와 같이, 광결정을 "DANGER" 모양으로 패터닝할 수 있다. 본 실시예에 따른 고속 응답형 복합센서(100)는 VOC 화합물에 민감하게 반응할 수 있으며, 증기 상태의 VOC 화합물에 노출되는 순간 바로 변색되면서 VOC 화합물의 존재를 검출할 수가 있다.
- [0038] 도 10을 참조하면, 밴드 갭 시프트 시간을 측정하기 위해 센서를 다양한 VOCs 용매가 있는 가스 챔버에 넣었다. 각 VOCs 용매의 증발 속도를 고려할 때 크실렌, 톨루엔, 벤젠, 아세톤 순으로 밴드 갭 시프트량이 증가하는 것을 관찰되었다. 이러한 결과는 상술한 내용과도 일치하며, 이는 용매에서의 대상 흡수층, 즉 PDMS의 팽창 정도가 PDMS에서의 용매 용해도, 특히 용제 및 PDMS의 Hildebrand 용해도 매개 변수에 의해 주로 결정될 수 있다는 점을 뒷받침할 수 있다.
- [0039] 상술한 바와 같이, 고속 응답형 복합센서가 콜로이드 결정 상에서 나노 스케일의 파열 과정을 통해 목적 대상과

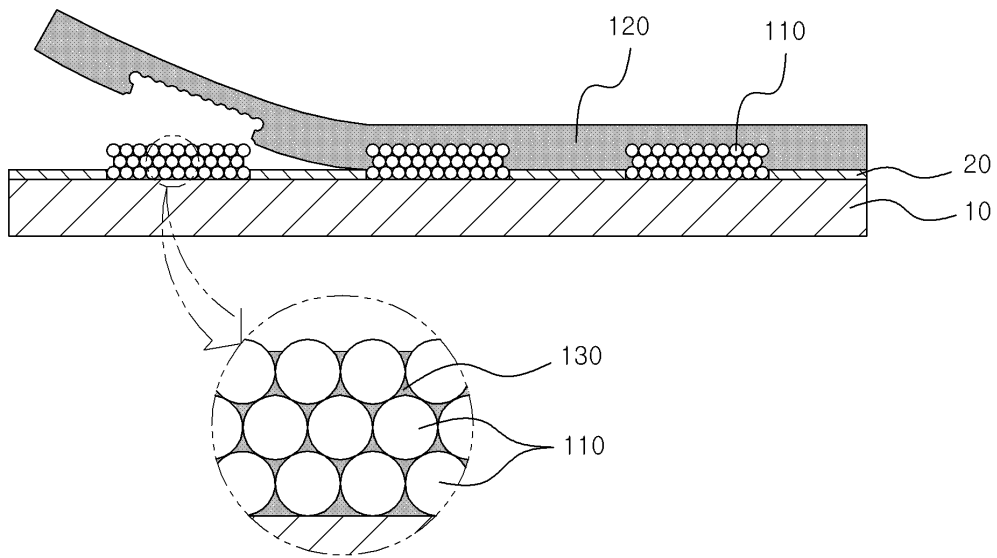
도면3



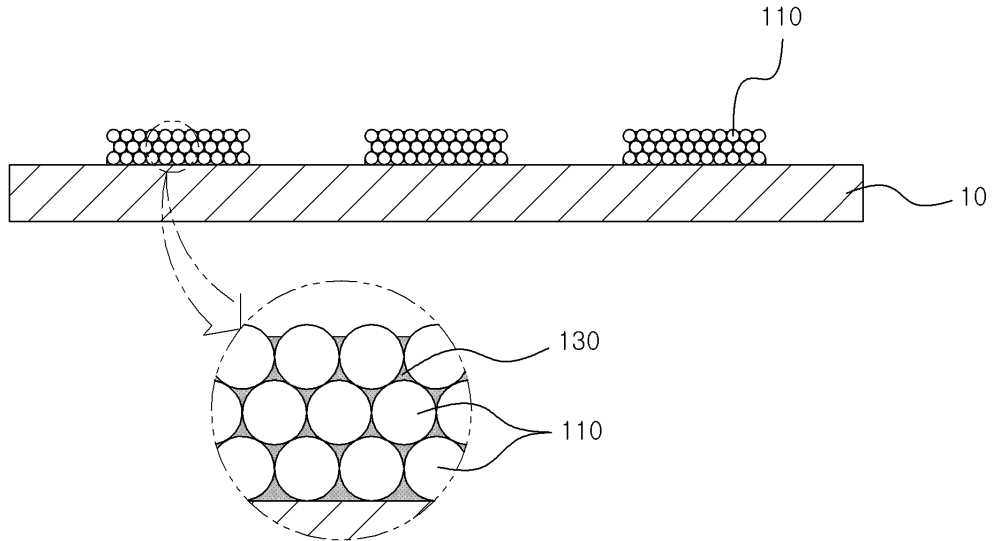
도면4



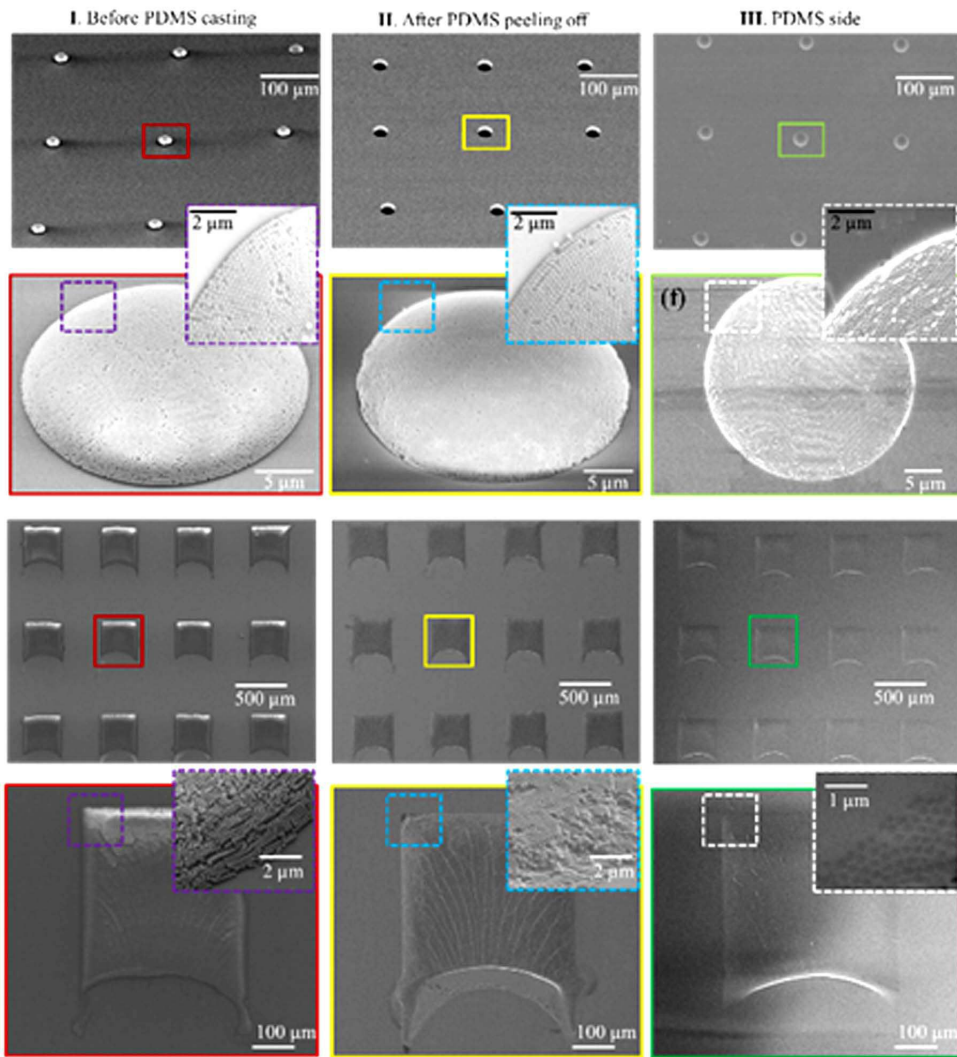
도면5



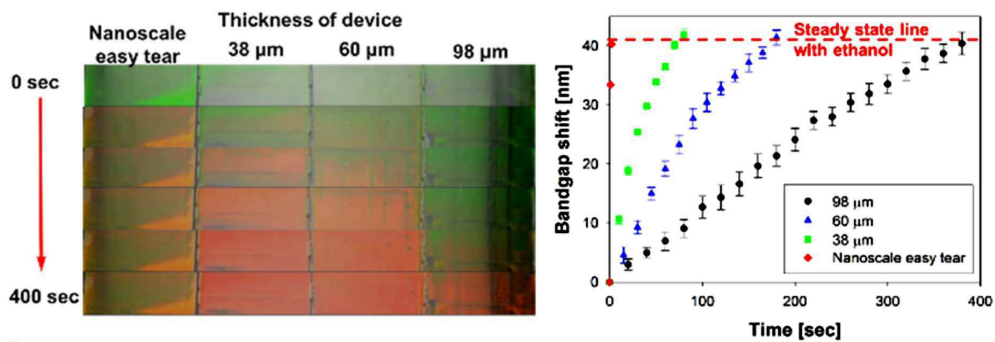
도면6



도면7



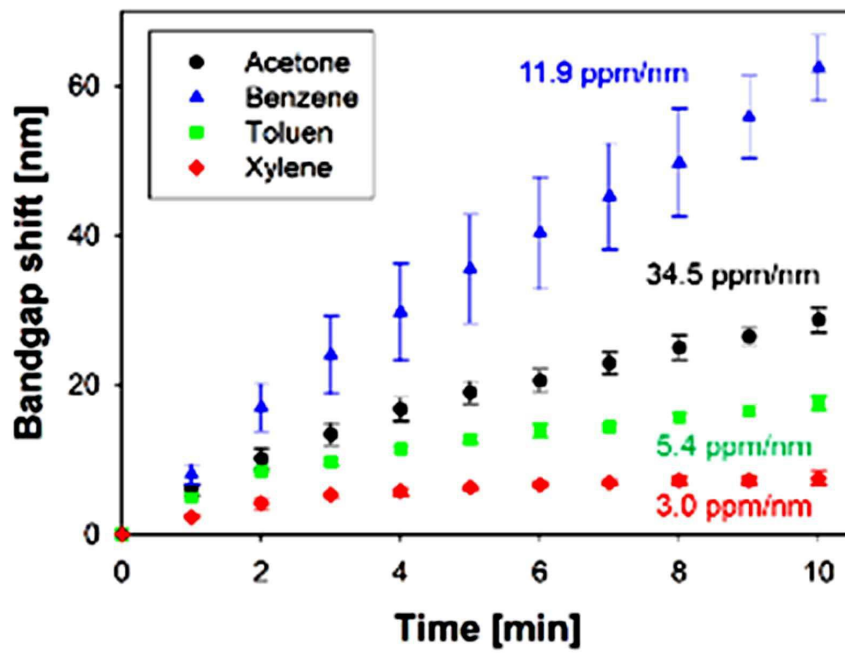
도면8



도면9



도면10



도면11

