



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0080396
(43) 공개일자 2016년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 33/00 (2006.01) G01N 27/26 (2006.01)
G01N 33/569 (2006.01) G01N 5/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0192109
(22) 출원일자 2014년12월29일
심사청구일자 2014년12월29일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
손중렬
서울특별시 성동구 매봉길 15, 104동 1302호
이병양
서울특별시 강남구 압구정로 401, 53동 1202호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한양특허법인

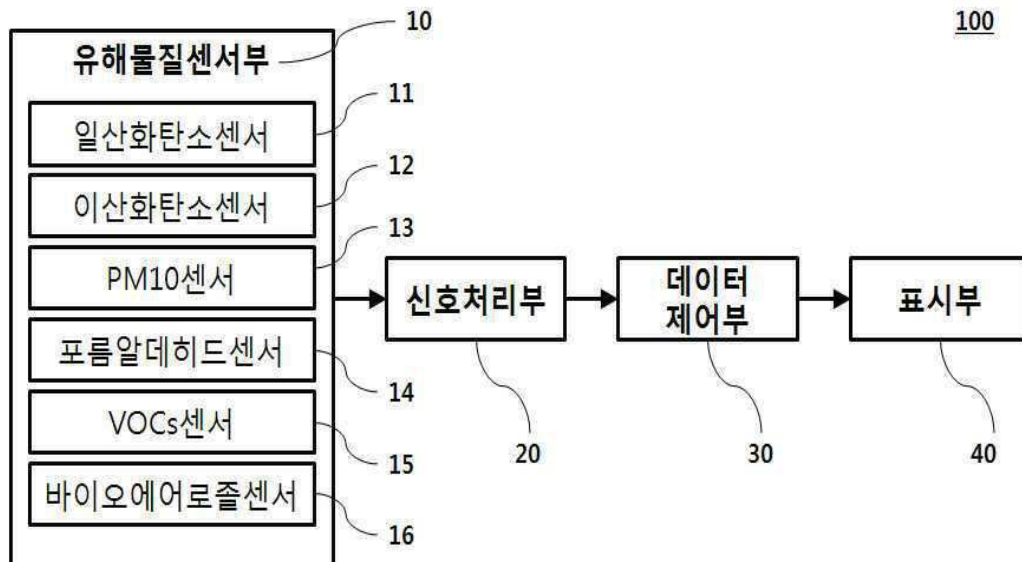
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 실내 공기 중에 바이오에어로졸을 포함한 유해물질을 감지하는 통합센서

(57) 요약

본 발명은 바이오에어로졸의 번식과 같은 생화학적 반응과 기계적 응력을 동시에 감지할 수 있는 센서인 바이오에어로졸센서를 포함하고 또한, 일산화탄소센서, 이산화탄소센서, PM10센서, 포름알데히드센서, VOCs센서 등을 더 포함하는 유해물질센서부가 구성된 통합센서를 제공함으로써, 휘발성 유기 화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs), 포름알데히드(HCHO)와 같은 기체상 유해물질의 오염뿐만 아니라 황사, 자동차 매연 등에 의한 미세먼지(PM10) 및 감염성 미생물을 포함한 바이오에어로졸 등 실외로부터 유입하여 실내 공기 내에 존재하는 유해물질에 대해 신속히 대응가능할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

오현주

서울특별시 중랑구 공릉로2길 60-8

남인식

경상남도 창원시 마산합포구 중앙북2길 17, 405호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M11400165030100000000000000

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 환경융합신기술개발사업

연구과제명 침투평가 기술을 활용한 대형건물 실내공기질 통합관리시스템 개발

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

일산화탄소센서, 이산화탄소센서, PM10센서, 포름알데히드센서, VOCs센서 중 어느 한 개 이상이 포함된 유해물질센서부;

상기 유해물질센서부에 바이오에어로졸을 감지하는 센서인 바이오에어로졸센서가 있어, 상기 바이오에어로졸센서의 기계적 응력과 생화학적 신호를 동시에 검출할 수 있는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 바이오에어로졸센서를 둘러싸도록 배양 기질(Culture matrix)을 상기 바이오에어로졸센서에 더 포함하는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 바이오에어로졸센서는 실리콘 기판 상에 이격되어 배치된 제 1 전극과 제 2 전극을 따라 감지되는 상기 바이오에어로졸에 의한 전기장의 변화량을 감지하는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 상기 제 2 전극은 상기 실리콘 기판에 접촉되는 베이스전극, 상기 베이스전극의 일단으로부터 상기 실리콘 기판에 대해 수직되는 수직전극, 상기 수직전극의 일단으로부터 수직되는 동시에, 상기 실리콘 기판에 평행되는 수평전극으로 서로 연결된 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 상기 제 1 전극과 상기 수평전극은 수직정렬구조 형태를 이룬 탄소나노튜브에 의해 연결되는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 탄소나노튜브는 표면에 바이오에어로졸 검출을 위한 리셉터(Receptor)가 고정된 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 상기 리셉터는 항체, 펩타이드 및 분자각인 고분자로 이루어진 군 중 어느 한 개 이상을 선택되는 어느 하나 이상의 바이오에어로졸 특이적인 물질인 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 상기 바이오에어로졸센서를 일정 공간에 다수개로 병렬 배치하는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 9

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극은 교류가 인가된 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 10

제 3 항에 있어서, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극은 금(Au)이 포함된 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 11

제 2 항 또는 제 4 항에 있어서, 상기 배양기질(Culture matrix) 위에 바이오에어로졸이 부착되면, 상기 제 2 전극에서 수평전극의 기울기 변화에 따라 상기 바이오에어로졸의 무게 혹은 응력을 감지하는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 12

제 2 항에 있어서, 상기 바이오에어로졸센서는 상기 배양 기질(Culture matrix) 위에 바이오에어로졸이 부착되면, 상기 바이오에어로졸의 대사 활동에 따른 기계적 응력 및 대사 물질로 인한 생화학적 신호가 동시에 검출되는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 일산화탄소센서, 상기 이산화탄소센서, 상기 PM10센서, 상기 포름알데히드센서, 상기 VOCs센서, 상기 바이오에어로졸센서 중 어느 한 개 이상을 선택적으로 측정할 수 있는 것을 특징으로 하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질의 실내침투를 감지하는 통합센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유해물질의 실내 감지하는 통합센서 및 이를 이용한 제어 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 실내와 실외에서 발생되어 대형건물의 실내공기질에 영향을 주는 유해인자에 대한 유해인자별 센서를 활용 및 보완하여 정밀도 향상, 저비용 고품질 생산이 가능한 바이오에어로졸의 감지가 가능한 바이오에어로졸센서를 포함된 센서를 이용하여 실외로부터 유입되는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질에 신속히 대응 가능한 유해인자별 통합센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 현대인들은 하루에 실내 공간에서의 활동하는 시간이 80% 이상으로, 이렇게 실내에서 대부분의 시간을 보내는 현대인에게 있어 쾌적한 실내 환경의 중요성에 대한 인식이 부각되고 있다.

[0003] 일반적으로, 에너지 보존을 위해 폐쇄형 건물이 증가하고 이러한 밀폐된 실내의 공기는 자연환기량이 감소하고 실내환경 오염물질이 외부로 배출이 원활이 이루어지지 않기 때문에 실내에 재실하는 사람(재실자)의 호흡에 의

해 시간이 경과함에 따라 이산화탄소(CO₂)의 함량이 증가하고, 그리고 건축자재 또는 생활용품에서 유발되는 휘발성 유기 화합물(Volatile organic compounds, VOCs), 포름알데히드(HCHO) 등 및 미세먼지, 황사, 자동차 매연 등에 의한 실외에서 유입되는 오염물질 의하여 실내공기의 오염이 심각한 수준이다.

[0004] 또한, 실내 환경은 진균 및 세균이 생존하기 적합한 온도 및 습도를 유지하고 햇빛의 자외선에 대한 노출이 적기 때문에 공기 중 미생물이 장시간 생존이 가능하며, 진균(곰팡이, Fungi)류는 포자라는 부유하기 쉬운 형태로 증식을 하기 때문에 그 오염범위가 상당히 넓게 나타난다.

[0005] 이와 같은 열악한 실내 공기질에 의해 발생하는 환경성 질환인 기관지 천식, 아토피 피부염, 알레르기 비염과 같은 알레르기 질환 특히 일반 성인에 비해 상대적으로 면역력이 낮은 어린이 및 청소년들에게 증가하는 추세로 실내 공기질의 중요성이 크게 부각됨에 따라 실내 공기질을 관리할 수 있는 제도적 기틀 확립과 건강하고 안전한 실내환경의 구현을 통하여 생활환경의 질을 향상시키고자 하는 연구가 진행되고 있다.

[0006] 바이오에어로졸(Bioaerosol)은 생물학적 기원을 갖는 공기 중 부유 입자상 물질을 의미하며, 바이러스, 세균, 진균 등의 미생물들과 꽃가루, 이끼, 무척추동물, 미세곤충 등을 포함한다. 특히, 미생물의 경우 실내 환경조건에 따라 더욱 증가되어 전염병을 매개시키는 역할을 하거나 직접적으로 피부질환, 알레르기성 질환, 기관지 천식, 아토피 등을 유발시킨다. 실내에 재실자 또는 애완용 동물에게서도 바이오에어로졸이 발생하며, 이와 같은 실내 부유 미생물은 재실자의 건강에 나쁜 영향을 미친다.

[0007] 또한, 지하역사, 지하도상가, 여객자동차터미널, 공항 대합실, 도서관, 박물관, 미술관, 찜질방 등 대형의 다중이용시설에서 특히, 의료기관 등에서는 최근 조류 인플루엔자, 신종 인플루엔자 등에 의한 원내 감염(Nosocomial infection), 접촉감염(Contact infection)의 우려로 인해 바이오에어로졸을 포함한 인체 유해물질에 대한 빠른 감지와 모니터링 기술에 대한 관심이 더욱 고조되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제 10-0874026 호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 실내 환경에서 실내 공기 내에 포함된 인체 내 유해물질에 대한 고감도로 검출할 수 있는 다양한 방식의 센서가 이용되며, 유해인자별 측정시간의 단축뿐만 아니라 민감도가 높은 센서의 개발이 요구되고 있다.

[0010] 따라서, 본 발명은 수직정렬 구조의 탄소나노튜브와 배양 기질이 포함된 바이오에어로졸센서를 이용하여 바이오에어로졸의 생화학적 특성과 기계적 응력변화에 따른 신호를 동시에 감지하는 동시에, 또한 일산화탄소센서, 이산화탄소센서, PM10센서, 포름알데히드센서, VOCs센서를 이용하여 실내 공기질에 영향을 미치는 유해인자를 검출하는 통합센서의 제공에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 이와 같은 목적을 달성하기 위해서 본 발명의 실내 공기 중에 바이오에어로졸을 포함한 유해물질을 감지하는 통합센서는 일산화탄소센서, 이산화탄소센서, PM10센서, 포름알데히드센서, VOCs센서 중 어느 한 개 이상이 포함된 유해물질 센서부와, 상기 유해물질센서부에 바이오에어로졸을 감지하는 센서인 바이오에어로졸센서가 있어, 상기 바이오에어로졸센서의 기계적 응력과 생화학적 특성을 동시에 검출할 수 있는 것을 특징으로 한다.

[0012] 상기 바이오에어로졸센서는 실리콘 기판상에 이격되어 배치된 제 1 전극과 제 2 전극 사이에서 감지되는 상기 바이오에어로졸에 의한 전기장의 변화량을 감지한다.

[0013] 그리고 상기 제 2 전극은 상기 실리콘 기판에 접촉되는 베이스전극, 상기 베이스전극의 일단으로부터 상기 실리

콘 기판에 대해 수직되는 수직전극, 상기 수직전극의 일단으로부터 수직되는 동시에, 상기 실리콘 기판에 평행되는 수평전극으로 서로 연결되며, 상기 제 1 전극과 상기 수평전극은 수직정렬구조 형태를 이룬 탄소나노튜브에 의해 연결된 구조이다.

- [0014] 또한, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극은 금(Au)이 포함된 전극으로 교류가 인가되며, 상기 바이오에어로졸 센서에서 상기 탄소나노튜브를 제외하고 바이오에어로졸 센서를 둘러싸는 배양 기질(culture matrix)을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 배양 기질 위에 바이오에어로졸이 부착되면, 상기 바이오에어로졸의 대사 활동에 따른 기계적 응력 및 대사물질로 인한 생화학적 신호를 동시에 검출할 수 있다. 또한, 상기 제 2 전극에서 상기 수평전극의 기울기 변화에 따라 바이오에어로졸의 무게 혹은 응력을 감지할 수 있다.
- [0016] 한편, 상기 탄소나노튜브는 표면에 바이오에어로졸 검출을 위한 리셉터(Receptor)가 고정되며, 상기 리셉터는 항체, 펩타이드 및 분자각인 고분자로 이루어진 군 중 어느 한 개 이상을 선택되는 어느 하나 이상의 바이오에어로졸 특이적인 물질이다.
- [0017] 이와 같은 바이오에어로졸 센서를 일정 공간에 다수개로 병렬 배치될 수도 있다.
- [0018] 본 발명의 통합센서는 상기 일산화탄소센서, 상기 이산화탄소센서, 상기 PM10센서, 상기 포름알데히드센서, 상기 VOCs센서, 상기 바이오에어로졸 센서 중 어느 한 개 이상을 선택적으로 측정할 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 이러한 본 발명의 통합센서는 미래의 실내환경 관리기술로써 휘발성 유기 화합물(Volatile Organic Compounds, VOCs), 포름알데히드(HCHO)와 같은 기체상 유해물질의 오염뿐만 아니라 황사, 자동차 매연 등에 의한 미세먼지(PM10) 및 감염성 미생물을 포함한 바이오에어로졸 등을 신속하고 정확하게 감지할 수 있다.
- [0020] 특히, 바이오에어로졸 센서는 수직정렬 구조의 탄소나노튜브를 구성하여 생화학적 특성과 기계적 응력을 동시에 검출할 수 있는 센서이며, 또한 미생물의 배양이 가능한 배양 기질(culture matrix)을 결합시킨 하이브리드 구조의 전극으로 바이오에어로졸 중에서 감염성 미생물의 생화학적 반응을 통한 활동을 감지할 수 있는 센서로 별도의 미생물 배양을 통한 측정 검사가 필요 없으므로, 즉각적으로 미생물의 활동성의 변화를 통한 신호를 민감하고 빠른 신호 감지가 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 실내 공기 중에서 바이오에어로졸을 포함한 유해물질을 감지하는 통합센서의 구성도이다.
- 도 2는 바이오에어로졸 센서의 구조에 대한 모식도이다.
- 도 3과 도 4는 바이오에어로졸 센서에서 미생물의 번식되는 모습이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예의 따른 바이오에어로졸 센서의 주사전자현미경(SEM) 이미지이다.
- 도 6과 도 7은 진균(A.niger)에 대한 바이오에어로졸 센서의 전류 변화를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세하게 설명하며, 다음의 실시예는 단지 본 발명을 설명하기 위하여 예시된 것에 불과하고, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.
- [0023] 도 1은 본 발명에 따른 통합센서 실내공기 중에서 바이오에어로졸을 포함한 각종 유해물질을 감지 통합센서의 구성을 나타내었다.
- [0024] 도시된 바와 같이, 통합센서는 실내공기 중에서 바이오에어로졸을 포함한 각종 유해물질을 감지하는 유해물질 센서부(10)와 상기 유해물질 센서부(10)에서 각각의 센서들이 감지한 전기장 변화량 값을 받아 디지털 데이터로 변환하는 신호처리부(20)와 상기 신호처리부에서 측정 데이터를 미리 저장되어있는 표시 알고리즘과 분석 알고리즘에 의해 분석하는 데이터 제어부(30)와 상기 데이터 제어부(30)로부터 분석된 실내 공기의 상태를 객관적으로

볼 수 있게 디스플레이에 하는 표시부(40)로 구성된다.

- [0025] 상기 유해물질센서부(10)는 일산화탄소(CO)량을 감지하는 일산화탄소센서(11), 이산화탄소(CO₂)량을 감지하는 이산화탄소센서(12), 크기가 10 μ m 이하의 미세먼지(PM10)를 감지하는 PM10센서(13), 포름알데히드(HCHO)량을 감지하는 포름알데히드센서(14), 휘발성 유기 화합물(Volatile organic compounds, VOCs)량을 감지하는 VOCs센서(15) 중 어느 한 개 이상이 포함되어 내장되어 있으며, 특히 바이오에어로졸의 번식에 의한 기계적 및 생화학적 신호를 검출하는 바이오에어로졸센서(16)가 내장되어 실내 공기 중에 존재하는 바이오에어로졸을 포함한 유해물질을 센싱한다.
- [0026] 상기 통합센서는 상기 일산화탄소센서, 상기 이산화탄소센서, 상기 PM10센서, 상기 포름알데히드센서, 상기 VOCs센서 및 상기 바이오에어로졸 센서 중 어느 한 개 이상을 선택적으로 측정할 수 있으며, 이러한 센서들은 교류전기장에 의한 전기 사이에 전기장의 변화량(전류 변화)을 측정하는 방식으로 실시간으로 신호측정이 가능한 고감도의 전기적 방식을 이용한 전기적 센서이며, 이와 같은 전기적 방식의 센서는 다른 방식의 센서에 비해 상대적으로 장치의 제작이 간단히 저렴한 비용으로 이루어질 수 있으며, 원격신호 전달 및 휴대용 검출기에 적용이 가능하다.
- [0027] 상기 이산화탄소센서는 다른 기체분자의 영향을 받지 않는 3.91 μ m 파장의 기준치와 이산화탄소의 영향을 받는 4.26 μ m 파장의 빛을 검출하여 두 개의 오차를 측정하는 방식의 듀얼센서(Dual sensor)를 사용할 수 있다.
- [0028] 상기 PM10센서는 입자에 빛을 비추면 입자의 크기에 따라 그 산란광의 패턴이 달라지기 때문에 그 산란광량을 검출하여 먼지의 양을 측정하는 방식의 센서를 사용할 수 있다.
- [0029] 또한, 나노캡 와이어 구조로 구성된 나노구조의 유해물질 입자의 크기를 감지하는 센서가 더 포함되어, 나노입자의 크기를 가지는 미세 먼지의 입자나 미생물의 크기별 감지가 가능하다.
- [0030] 도 2에서 도시된 바와 같이 바이오에어로졸센서(200)는 실리콘 기판(210) 위에 제 1 전극(220)과 제 2 전극(230)이 형성되어 있고, 상기 제 1 전극(220)과 제 2 전극(230) 사이에는 탄소나노튜브(Carbon Nanotube, CNT)(240)가 수직정렬로 형성된 구조로 연결되어 있고, 또한 상기 바이오에어로졸센서는 상기 탄소나노튜브만 제외하고 배양기질(culture matrix)이 둘러싼 형태로 나타난다.
- [0031] 상기 바이오에어로졸센서는 실리콘 기판 위에 실리콘 옥사이드(SiO₂) 절연막을 형성하고, 그 위에 포토리소그래피(photolithography) 공법을 이용하여 제 1 전극(220)과 제 2 전극(230)은 이격되어 배치된 형태로 구성되며, 상기 제 2 전극(230)은 상기 실리콘 기판(210)에 접촉되는 베이스 전극(231), 상기 베이스 전극 일단으로부터 상기 실리콘 기판에 대해 수직되는 수직전극(232), 상기 수직전극의 일단으로부터 수직되는 동시에 상기 실리콘 기판에 평행되는 수평전극(233)으로 서로 연결된 구성으로 앞서 기술된 탄소나노튜브(240)가 일정간격으로 떨어져 있는 상기 제1 전극(220)과 상기 수평전극(233)이 사이에 연결된 구조로 형성된다.
- [0032] 상기 포토리소그래피 공법을 이용한 바이오에어로졸센서의 제조 방법은 먼저, 실리콘 기판상에 실리콘 산화막(SiO₂)을 형성한 실리콘 산화막 기판 위에 포토리소그래피를 이용하여 포토레지스트(Photoresist) 패턴을 형성하고, 이후 옥타데실트리클로로실란(Octadecyltrichlorosilane)과 헥산(Hexane)이 1:500의 부피비의 비율로 혼합된 용액에 5분 정도 담가 소수성 분자막이 형성되도록 하였고 이후, 탄소나노튜브 용액에 담가 탄소나노튜브가 특정 채널에 선택적으로 자기 조립시켰다.
- [0033] 도 5는 주사전자현미경(Scanning electron microscope, SEM)으로 촬영된 이미지로 상기 제조 방법을 통해 제조된 바이오에어로졸센서를 나타낸 것으로, 포토리소그래피 공정을 통해 증착되는 전극의 크기를 조절함으로써 수직정렬 구조를 이룬 탄소나노튜브의 길이와 높이를 자유롭게 조절가능하다.
- [0034] 한편, 탄소나노튜브는 육각형의 벌집형태로 결합되어 튜브형태를 이룬 물질로 표면적 비율이 매우 커서 표면에 서의 미세한 화학적, 물리적 반응을 민감하게 반영할 수 있는 것으로 알려져 있다. 이에 탄소나노튜브를 사용하여 가스 및 유기저분자 생체분자 등을 고감도로 검출할 수 있는 다양한 방식의 센서로 이용될 수 있다.
- [0035] 따라서, 탄소나노튜브에서 바이오에어로졸을 알아보기 위해 감염성 미생물을 포함한 검출하고자 하는 타겟 바이오에어로졸에 특이적인 결합하는 리셉터(Receptor)가 탄소나노튜브 표면에 고정하여 개질 되어 있으며, 상기 리셉터는 바이오에어로졸의 표면 흡착에 관여하는 당, 펩타이드 또는 단백질 등이 미생물의 표면 부위와 특이적으로 결합할 수 있는 항체, 다당류, 펩타이드, 분자각인 고분자, 미생물 DNA 및 미생물 RNA로 이루어진 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상의 미생물 특이적인 물질일 수 있다.

- [0036] 예를 들어, 검출하고자 하는 진균이 *Aspergillus Niger* (A.niger)인 경우, 상기 A. niger의 세포벽에 갈락토만난(Galactomannan)이라는 다당류(Polysaccharide) 성분을 갖으므로, 이와 특이적으로 결합할 수 있는 항체(Primary Antibody)를 탄소나노튜브 표면에 고정하여 A.niger를 검출한다.
- [0037] 구체적으로, A.niger에 특이적으로 부착되는 항체를 고정하기 위해서는 탄소나노튜브 표면에 탄소나노튜브의 카르복실기와 상기 항체의 아민기 사이의 화학결합으로 아마이드 결합(amide bond)을 통해 고정화되도록 하는 것이 바람직하며, 탄소나노튜브의 카르복실기는 EDC(1-ethyl-3-(3'-dimethylaminopropyl)carbodiimide)를 가하여 일차 치환된 후, 상기 일차 치환된 카르복실기의 탄소 원자에 NHS(N-Hydroxysuccinimide)을 가하여 이차 치환된 카르복실기와 항체의 N-terminal의 아민기의 아마이드 결합을 형성하게 된다.
- [0038] 또한, 도 2 내지 4에 도시된 바와 같이, 바이오에어로졸센서는 제 1 전극과 제 2 전극의 표면에 배양 기질(Culture matrix)(250)이 포함되어 있다. 일단 만들어진 탄소나노튜브 구조에 아직 응고되지 않은 상태에서의 배양 기질 용액을 주입하여 응고시키는 공정에서 수직정렬 구조와 같은 3차원 구조는 공기-액체 계면에 존재하는 표면장력에 의해 구조변형이 올 수도 있다.
- [0039] 상기 배양 기질(250)은 한천(Agar)를 포함하고, 실내 공기 중 부유하는 바이오에어로졸에서 미생물은 배양 기질 표면에 부착되면 상기 배양 기질에 포함되어 있는 영양물질을 공급받으면서 시간이 지남에 따라 상기 배양 기질 표면상에서 미생물이 그 대사활동에 의해 성장하고 번식한다. 이에 따라 바이오에어로졸센서는 상기 배양 기질 상에서 기계적 응력 및 생화학적 신호를 동시에 검출 할 수 있다.
- [0040] 배양 기질(250) 위에서 대사활동에 의해 시간이 지남에 따라 점점 넓은 영역으로 성장하고 번식하면 상기 대사 활동을 통해 발생하는 생화학적 물질들은 생화학적 신호로써 작용하고 배양 기질 상에 확산된다. 이와 같이 모든 배양 기질(250) 표면에서 일어나는 미생물의 활동성을 생화학적 신호로 배양 기질 아래쪽에 위치하는 전극을 통해 측정할 수 있다.
- [0041] 또 다른 하나의 바이오에어로졸센서의 측정 방법은, 바이오에어로졸이 배양 기질 상에서 시간에 따라 배양 기질에 포함된 영양물질의 소모로 인하여 기계적 특성 변화의 발생을 기계적 응력으로써 작용을 측정하는 것이다.
- [0042] 예를 들어 탐침(Probe)형 원자현미경(Atomic Force Microscope, AFM)을 이용하여 나노 수준의 다기능성 측정 기술인 나노압입(Nanoindentation) 방법으로 배양 기질 상에서 측정할 수 있으며, 이때 상기 원자현미경의 팁(tip)을 이용하여 상기 배양 기질에 힘을 가한 상태에서 상기 배양 기질 속으로 얼마만큼 상기 팁이 들어가는지를 기계적 응력으로 측정한다.
- [0043] 또한, 제 2 전극(230)의 수평전극(233) 상에 위치한 배양 기질에 바이오에어로졸이 부착되면, 상기 수평전극(233)의 기울기에 따라 변화하는 상기 바이오에어로졸의 무게 혹은 응력을 상기 수평전극의 응력을 감지하는 방법을 통해 기계적 응력을 측정할 수 있다.
- [0044] 따라서, 본 발명의 바이오에어로졸센서 단순히 바이오에어로졸의 존재만을 검출하는 것이 아니라 배양 기질을 이용하여 미생물의 활동성을 기계적 및 생화학적 신호 동시 검출이 가능하다. 또한 일정 공간에 다수개로 바이오에어로졸센서를 병렬배치되어 실내 공기 중 바이오에어로졸의 모니터링을 수행할 수 있다.
- [0045] 실험예로 본 발명에 따른 바이오에어로졸센서에서 A.niger의 균주를 이용한 진균의 실시간 검출 실험을 하였다. 초기 A.niger 균주 2 uL가 첨가하여 분산된 100 uL의 인산완충용액(PBS)을 넣어 출력되는 전류를 측정하였으며, 이때 전압은 0.1 V로 인가하여 측정되었다.
- [0046] 도 6에 도시된 바와 같이, 탄소나노튜브의 A.niger 균주에 대한 시간(t)에 따른 전류(I)의 변화 특성의 그래프로 나타난 결과, 균주의 농도가 증가함에 따라 탄소나노튜브의 전도도가 증가하여, 탄소나노튜브 채널을 통해 흐르는 전류가 증가가 됨을 알 수 있었다. 또한, A.niger 균주가 성장함에 따라 급속히 전류가 증가하여 변화됨을 도 7에서 나타난 바와 같이 알 수 있었다.

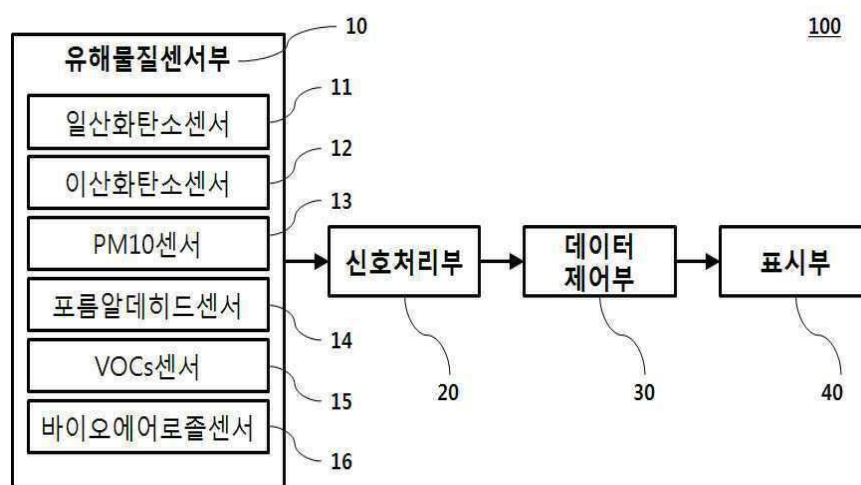
부호의 설명

- [0047]
- | | |
|---------------|--------------|
| 10 : 유해물질센서부 | 11 : 일산화탄소센서 |
| 12 : 이산화탄소센서 | 13 : PM10센서 |
| 14 : 포름알데히드센서 | 15 : VOCs센서 |

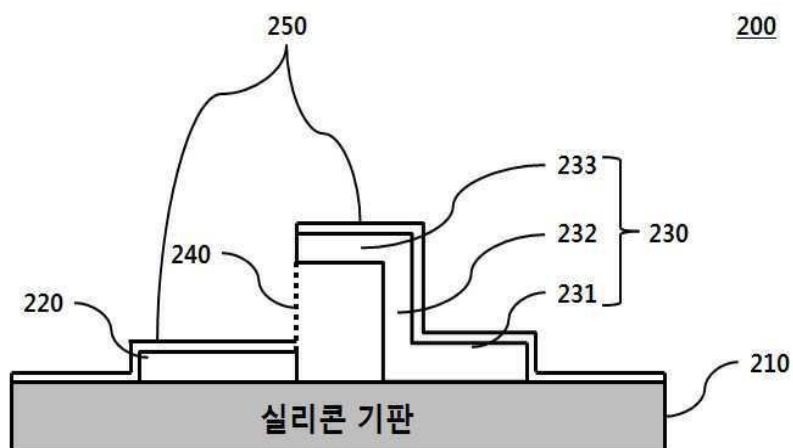
- | | |
|-----------------|-----------------------------|
| 16 : 바이오에어로졸 센서 | 20 : 신호처리부 |
| 30 : 데이터제어부 | 40 : 표시부 |
| 100 : 통합센서 | 200 : 바이오에어로졸 센서 |
| 210 : 실리콘 기판 | 220 : 제 1 전극 |
| 230 : 제 2 전극 | 231 : 베이스전극 |
| 232 : 수직전극 | 233 : 수평전극 |
| 240 : 탄소나노튜브 | 250 : 배양 기질(culture matrix) |

도면

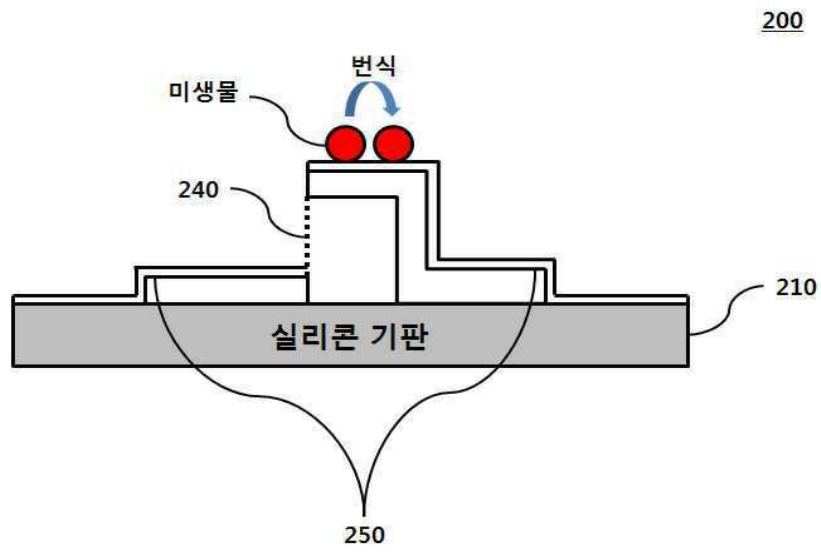
도면1



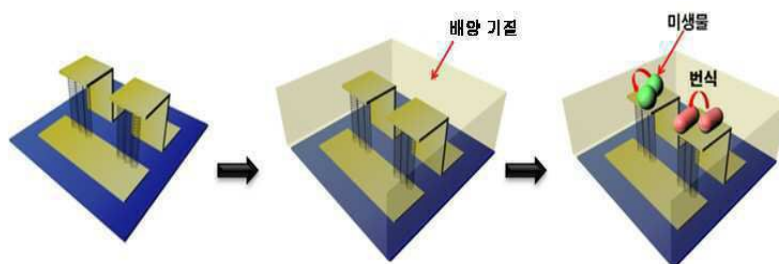
도면2



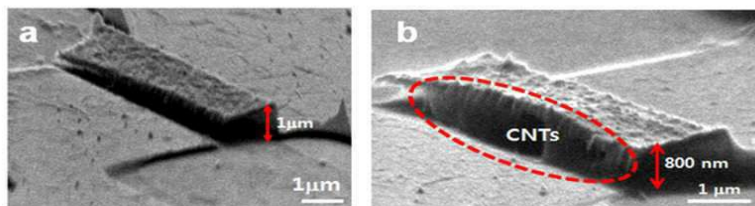
도면3



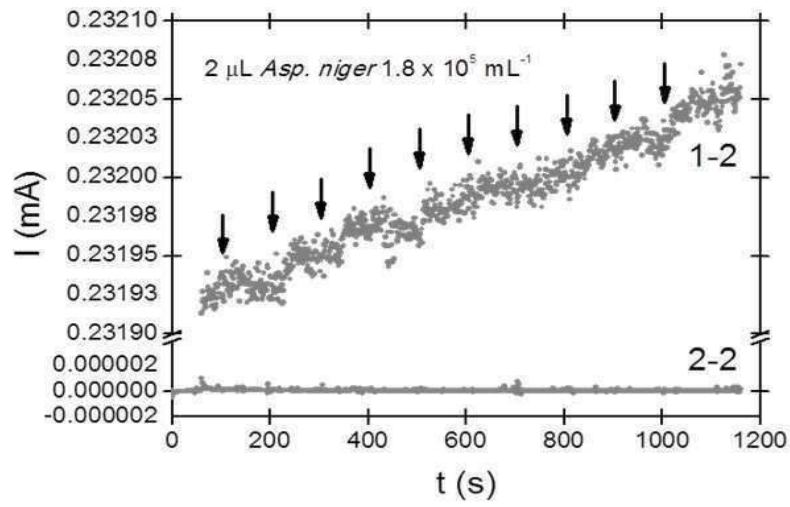
도면4



도면5



도면6



도면7

