

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 (43) 공개일자	10-2012-0045807 2012년05월09일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>G01N 21/81</i> (2006.01) <i>G01N 31/22</i> (2006.01) <i>G01N 33/53</i> (2006.01) <i>G01N 33/18</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2010-0107617 (22) 출원일자 2010년11월01일 심사청구일자 2010년11월01일		(71) 출원인 서강대학교산학협력단 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교) (72) 발명자 박정열 서울특별시 성동구 독서당로62길 43, 대림 1차 아파트 11동 1502호 (응봉동) 이승엽 서울특별시 용산구 이촌로87길 21, 이촌APT 105동 102호 (이촌동) (뒷면에 계속) (74) 대리인 지현조	

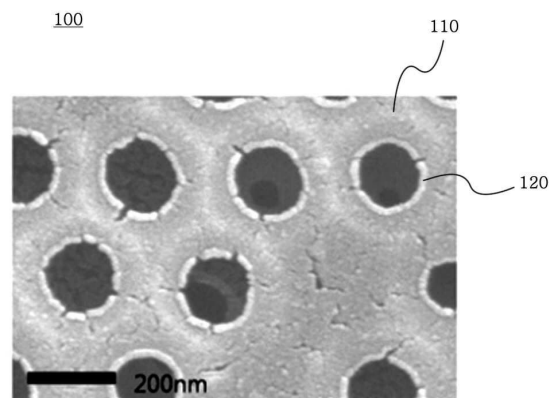
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 다공성 검출센서 및 그 제조방법

(57) 요약

다공성 습도센서는 흡습성 합성수지를 이용하여 형성되며, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공이 분포되어 있는 센서층을 포함하며, 센서층의 격벽을 통과하여 기공 내부로 흡수되는 수분의 양의 변화에 따라서 가시되는 색깔이 변화한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

문준혁

서울특별시 구로구 경인로 382, 114동 402호 (개봉동, 한마을아파트)

최은표

서울특별시 용산구 한강대로48길 17-5, 동승빌라 302호 (한강로2가)

최유리

경기도 부천시 원미구 중동로 108, 108동 1102호 (중동, 팰리스카운티)

특허청구의 범위

청구항 1

타겟의 존재 여부를 검출하기 위한 다공성 검출센서에 있어서,
내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공이 분포되어 있는 센서층을 포함하며,
상기 센서층의 상기 기공 내부에 잔류하는 상기 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적한 상기 타겟의 존재 여부를 검출하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 외부로 관찰되는 빛의 특성은 가시영역, 자외선영역, 및 적외선영역에서 관찰되는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 3

제2항에 있어서,
상기 외부로 관찰되는 빛의 특성은 특정 주파수 범위의 빛 영역에서 관찰되는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 타겟은 상기 센서층을 통과할 수 있는 액체이며,
상기 기공 내부의 상기 액체의 양에 따라 가시되는 색깔의 변화를 이용하여 목적한 상기 타겟의 존재 여부를 검출하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 5

제4항에 있어서,
상기 액체는 물이며,
상기 센서층의 격벽을 통과하여 상기 기공 내부로 흡수되는 수분의 양에 따라 가시되는 색깔의 변화를 이용하여 습도 변화를 검출하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 6

제4항에 있어서,
상기 기공의 직경은 일정하게 유지되는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 7

제1항에 있어서,
상기 기공은,
상기 기공의 직경에 대응하는 직경을 갖는 복수개의 실리카 구(silica sphere) 및 액상의 합성수지를 콜로이드(colloid) 상태로 혼합한 후에, 상기 합성수지를 경화하고, 상기 실리카 구를 제거하여 형성되는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 합성수지는 폴리에틸렌 글리콜(polyethylene glycol) 및 비닐론(vynlon) 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기공 내면에는 상기 타겟과 결합 가능한 검출부가 제공되는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 합성수지로 상기 폴리에틸렌 글리콜을 사용하며,

상기 검출부는,

상기 센서층의 표면에 형성된 수산기(hydroxyl group)에 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyltriethoxysilane), 글루타르알데이드(glutaraldehyde), 단백질 A(protein A), 및 면역글로불린(immunoglobulin)을 순차적으로 반응시켜 형성하며,

상기 면역글로불린에 대응하는 상기 타겟의 결합을 가능하게 하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 합성수지로 상기 폴리에틸렌 글리콜을 사용하며,

상기 검출부는,

상기 센서층의 표면에 형성된 수산기(hydroxyl group)에 3-아미노프로필트리에톡시실란, 글루타르알데이드, 단백질 A, 및 안티-전립선 특이항원(Anti-prostate specific antigen)을 순차적으로 반응시켜 형성하며,

상기 안티-전립선 특이항원에 대응하는 상기 타겟의 결합을 가능하게 하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서.

청구항 12

미세한 직경의 기공 구조를 갖는 센서층을 제공하는 단계;

상기 기공의 내면에 커플 구조를 형성하는 단계;

조직 고정제를 이용하여 상기 커플 구조에 결합되는 조직 고정구조를 형성하는 단계; 및

상기 조직 고정구조를 이용하여 특정 타겟에 대응하는 항체 단백질을 상기 기공 내면에 고정하는 단계;

를 구비하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 센서층은 상기 기공의 직경에 대응하는 직경을 갖는 복수개의 실리카 구 및 액상의 합성수지를 콜로이드 상태로 혼합한 후에, 상기 합성수지를 경화하고, 상기 실리카 구를 제거하여 형성하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 합성수지는 폴리에틸렌 글리콜을 포함하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 15

제12항에 있어서,

상기 커플 구조를 형성하는 단계는, 상기 센서층의 표면에 형성된 수산기에 3-아미노프로필트리에톡시실란을 결합시켜 형성하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 조직 고정제로서 글루타르알데이드를 사용하여, 상기 커플 구조에 결합되는 조직 고정구조를 형성하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 17

제12항에 있어서,

상기 조직 고정구조를 이용하여 단백질 A를 결합하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 18

제12항에 있어서,

상기 항체 단백질로서 면역글로불린을 결합하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 19

제12항에 있어서,

상기 항체 단백질로서 안티-전립선 특이항원을 결합하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 20

미세한 직경을 갖는 복수개의 실리카 구 및 액상의 합성수지를 콜로이드 상태로 기판 상에 제공하는 단계;

상기 합성수지를 상기 기판 상에서 경화시키는 단계; 및

상기 실리카 구를 선택적으로 제거하여, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공이 분포되어 있는 센서층을 형성시키는 단계;

를 구비하며, 상기 센서층의 상기 기공 내부에 잔류하는 상기 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적한 상기 타겟의 존재 여부를 검출하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 21

제20항에 있어서,

상기 합성수지는 폴리에틸렌 글리콜 및 비닐론 중 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 22

제20항에 있어서,

상기 실리카 구를 상기 기판 상에 코팅하고, 상기 실리카 구 사이에 상기 합성수지가 스며들도록 상기 실리카 구 및 상기 기판을 액상의 상기 합성수지에 침지하여, 상기 실리카 구 및 상기 합성수지를 콜로이드 상태로 혼합하는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 센서층을 형성시키는 단계에서,

상기 실리카 구를 수용한 상기 경화된 합성수지를 플루오르화 암모늄 및 불화수소의 혼합물의 침지하고, 상기 경화된 합성수지의 격벽을 통하여 침투한 상기 혼합물을 이용하여 상기 실리카 구를 화학적으로 제거하는 것을

특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

청구항 24

제20항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 웨이퍼를 포함하며, 상기 실리콘 구를 제거하는 단계에서 함께 제거되는 것을 특징으로 하는 다공성 검출센서의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 타겟의 존재 여부를 검출하기 위한 검출센서 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 보다 자세하게는 타겟의 물리적인 또는 화학적인 변형이나 손상 없이 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있는 검출센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 의료기관이나 실험실 등에서 목적인 타겟으로서 단백질이나 병원성 세균 등과 같은 바이오 물질을 고감도로 검출할 수 있는 방법들이 많이 요구되고 있다. 예를 들어 항원의 검출을 위하여 항원 및 항체 반응과 같은 생화학적인 반응을 이용하고 있다. 그러나, 종래의 항원 및 항체 반응에서는 항원의 관찰이 용이하도록 항원에 형광 표지를 사용하고 있으며, 이는 형광 표지를 붙이는 추가적인 작업이나, 비용이 증가하는 문제가 있다.

[0003] 또한, 목적인 타겟이 물에 해당하는 습도센서를 살펴보면, 습도 센서는 가전 제품을 비롯하여 산업용 제조 설비의 습도 측정이나 제어, 농수산물의 유통과 저장, 의생물학에서 시료의 저장을 위해서 널리 사용되고 있으며, 최근에는 대형 건물내의 최적의 환경 유지를 위한 습도 조절 장치에도 사용되는 등 그 수요가 꾸준히 증가되고 있다.

[0004] 습도센서는 습도변화에 따른 저항이나 캐패시턴스(capacitance) 또는 공진주파수 등을 검출하여 습도를 검지할 수 있는데, 상술한 습도센서의 경우에는 표면 저항이나 캐패시턴스의 변화를 측정하기 위한 별도의 전기적 장비를 구비하여, 제조 비용의 증가 및 유지관리에 어려움이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적인 타겟의 존재 여부를 검출하는 다공성 검출센서 및 그 제조방법을 제공한다.

[0006] 본 발명은 습도 변화에 따라서 외부에서 관찰되는 빛의 특성이 변화하여, 습도를 측정할 수 있는 다공성 검출센서 및 그 제조방법을 제공한다.

[0007] 본 발명은 색깔의 변화로 습도의 측정이 가능하여, 종래와 같이 별도의 전기적 장비를 구비할 필요가 없는 다공성 검출센서 및 그 제조방법을 제공한다.

[0008] 본 발명은 빛의 특성의 변화로 바이오 물질을 검출할 수 있는 다공성 검출센서 및 그 제조방법을 제공한다.

[0009] 본 발명은 바이오 물질의 검출을 위하여 별도의 형광 표지를 붙이는 작업을 생략하고, 이에 따른 비용을 절감할 수 있는 다공성 검출센서 및 그 제조방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 예시적인 일 실시예에 따르면, 타겟의 존재 여부를 검출하기 위한 다공성 검출센서는, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공(pore)이 분포되어 있는 센서층을 포함하며, 센서층의 기공 내부에 잔류하는 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적인 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.

[0011] 외부로 관찰되는 빛의 특성은 가시영역, 자외선영역, 및 적외선영역에서 관찰될 수 있으며, 외부로 관찰되는 빛의 특성은 특정 주파수 범위의 빛 영역에서 관찰될 수 있다. 예를 들어, 조사된 빛은 파장의 구분이 없는 일반적인 빛이 조사될 수 있으나, 반사되어 나오는 빛은 특정한 파장대의 빛만이 출사되어 빛의 특성이 변화될 수

있고, 이렇게 출사된 빛과 주사된 빛의 차이로 인한 변화를 관찰함으로써, 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.

- [0012] 외부에서 관찰되는 빛이 가시영역일 경우에는 사용자가 직접 색의 변화와 같은 빛의 특성을 토대로 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있으며, 외부에서 관찰되는 빛이 사용자의 눈으로 직접 확인하기 어려운 자외선 영역이나 적외선영역일 경우에는 자외선이나 적외선영역의 빛의 특성을 사용자가 눈으로 확인할 수 있는 장치를 사용하여 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.
- [0013] 본 명세서에서 타겟이라 함은, 단백질, 병원성 세균 등과 같은 바이오 물질, 및 물이나 그 외에 다른 에탄올, 메탄올 등과 같은 액체 등을 두루 포함할 수 있으며, 기본적으로 사용자가 검출하기 위한 대상을 지칭하는 의미로 사용될 수 있다.
- [0014] 예를 들어, 타겟이 센서층을 통과할 수 있는 액체인 경우, 기공 내부의 액체의 양에 따라 가시되는 색깔이 변화를 이용하여 액체의 존재여부를 검출할 수 있고, 특히, 타겟이 물인 경우, 다공성 검출센서는 센서층의 격벽을 통과하여 기공 내부로 흡수되는 수분의 양에 따라 가시되는 색깔의 변화를 이용하여 습도의 변화를 검출하는 습도센서로 사용될 수 있다.
- [0015] 이때, 기공의 직경은 기공 내부로 흡수되는 액체의 양의 변화와는 무관하게 거의 일정하게 유지되나, 기공 내의 액체의 양이 변화하면 센서층에서 반사되는 빛의 파장대가 변화하고, 이에 가시되는 색깔이 변화한다. 따라서, 색깔의 변화로 실시간으로 액체의 측정이 가능하며, 액체가 물에 해당하는 경우에는 종래와 같이 실리콘층의 표면 저항이나 유전 상수의 변화를 측정하기 위한 별도의 전기적 장비를 구비할 필요가 없다.
- [0016] 한편, 센서층은 합성수지를 이용하여 제조할 수 있으며, 센서층에 마련된 기공은, 기공의 직경에 대응하는 직경을 갖는 복수개의 실리카 구(silica sphere) 및 액상의 합성수지를 콜로이드(colloid) 상태로 혼합한 후에, 합성수지를 경화하고, 실리카 구를 제거하여 형성될 수 있다.
- [0017] 합성수지로는 수분이 드나들 수 있는 흡습성의 재질을 포함할 수 있으며, 폴리에틸렌 글리콜(polyethylene glycol) 및 비닐론(vinylon) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0018] 이하, 다공성 검출센서가 단백질, 병원성 세균 등과 같은 바이오 물질에 해당하는 타겟을 검출하기 위한 용도로 사용될 수 있는 경우에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0019] 바이오 물질에 해당하는 타겟을 검출하기 위해서 기공 내면에는 타겟과 결합 가능한 검출부가 제공될 수 있으며, 이때, 센서층을 제조하기 위한 합성수지로서 폴리에틸렌 글리콜을 사용할 수 있다. 폴리에틸렌 글리콜($\text{H}[\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}]_n\text{OH}$)은 세포 융합에 쓰이는 대표적인 시약으로서, 이는 에틸렌옥사이드($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$)와 물의 반응에 의해 생성된 에틸렌글리콜($\text{HO}[\text{CH}_2]_2\text{OH}$)이 수 없이 결합하여 생성된다.
- [0020] 검출부는 상술한 폴리에틸렌 글리콜로 제조된 센서층의 표면에 형성된 수산기(hydroxyl group)에 3-아미노프로필트리에톡시실란(3-aminopropyltriethoxysilane), 글루타르알데이드(glutaraldehyde), 단백질 A(protein A), 및 면역글로불린(immunoglobulin)을 순차적으로 반응시켜 형성하며, 이렇게 형성된 검출부에서는 면역글로불린에 대응하는 타겟이 결합될 수 있다.
- [0021] 여기서, 3-아미노프로필트리에톡시실란은 센서층 및 글루타르알데이드를 결합시켜 커플 구조를 형성하기 위한 커플링제로 사용되며, 글루타르알데이드는 커플 구조에 결합되는 조직 고정구조를 형성하기 위한 조직 고정제로 사용되며, 조직 고정구조에 결합되는 단백질 A는 면역글로불린에 결합하는 단백질이다.
- [0022] 즉, 검출부의 말단에 배치된 항체 단백질에 해당하는 면역글로불린을 통해서 다공성 검출센서는 면역글로불린에 결합되는 다양한 바이오 물질을 검출할 수 있다.
- [0023] 참고로, 면역글로불린은 혈청 등의 체액 중에 함유되는 항체활성을 갖는 글로불린 단백질이며, IgM, IgD, IgG, IgA, IgE의 5개 군(class)이 알려져 있으며, 면역글로불린의 항원을 결합하는 부위는 다양성이 대단히 풍부하여 많은 항체에 대응하는 것으로 알려져 있다.
- [0024] 또한, 단백질 A에 항체 단백질로서 안티-전립선 특이항원(Anti-prostate specific antigen)을 결합시킬 수도 있으며, 이러한 경우, 검출부 말단에 배치된 안티-전립선 특이항원을 이용하여 다공성 검출센서는 안티-전립선 특이항원에 결합되는 전립선 특이항원을 검출할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 예시적인 다른 실시예에 따르면, 다공성 검출센서의 제조방법은, 미세한 직경을 갖는 복수개의 실리카 구 및 액상의 합성수지를 콜로이드 상태로 기관 상에 제공하는 단계, 합성수지를 기관 상에서 경화시키는 단

계, 및 실리카 구를 선택적으로 제거하여, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공이 분포되어 있는 센서층을 형성시키는 단계를 구비하며, 센서층의 기공 내부에 잔류하는 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적한 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.

[0026] 실리카 구 및 합성수지를 기판 상에 제공하는 단계는, 실리카 구를 기판 상에 코팅하고, 실리카 구 사이에 합성수지가 스며들도록 실리카 구 및 기판을 액상의 합성수지에 침지하여, 실리카 구 및 합성수지를 콜로이드 상태로 혼합하여 제공할 수 있다.

[0027] 센서층을 형성시키는 단계에서는 실리카 구를 수용한 경화된 합성수지를 플루오르화 암모늄 및 불화수소의 혼합물의 침지하고, 경화된 합성수지의 격벽을 통하여 침투한 혼합물을 이용하여 실리카 구를 화학적으로 제거하여 형성할 수 있다. 참고로, 기판으로 실리콘 웨이퍼를 사용하고, 실리카 구를 제거하는 단계에서 이를 함께 제거할 수도 있다.

[0028] 실리카 구는 나노실리카 오팔(nano silica opal)을 이용할 수 있으며, 오팔의 주 구성성분은 실리카(SiO_2)로 플루오르화 암모늄(Ammonium fluoride: NH_4F) 및 불화수소(HF)의 혼합물에 의해서 제거될 수 있다.

[0029] 이렇게 형성한 다공성 검출센서는 앞서 설명한 바와 같은, 습도센서로서 사용할 수 있으며, 아래에서 상세하게 설명하는 제조방법에 따라서 제조되는 검출부를 포함하는 다공성 검출센서는 다양한 바이오 물질을 검출하는 검출센서로 사용할 수도 있다.

[0030] 본 발명의 예시적인 또 다른 실시예에 따르면, 다양한 바이오 물질을 검출하는 검출센서로 사용할 수 있는 다공성 검출센서의 제조방법이 개시되며, 이러한 다공성 검출센서의 제조방법은 미세한 직경의 기공 구조를 갖는 센서층을 제공하는 단계, 기공의 내면에 커플 구조를 형성하는 단계, 조직 고정제를 이용하여 커플 구조에 결합되는 조직 고정구조를 형성하는 단계, 및 조직 고정구조를 이용하여 특정 타겟에 대응하는 항체 단백질을 기공 내면에 고정하는 단계를 구비할 수 있다.

[0031] 센서층은 앞서 설명한 바와 같이 기공의 직경에 대응하는 직경을 갖는 복수개의 실리카 구 및 액상의 합성수지를 콜로이드 상태로 혼합한 후에, 합성수지를 경화하고, 상기 실리카 구를 제거하여 형성할 수 있다.

[0032] 합성수지는 폴리에틸렌 글리콜을 이용할 수 있고, 커플 구조는 센서층의 표면에 형성된 수산기에 3-아미노프로필트리에톡시실란을 결합시켜 형성할 수 있으며, 조직 고정제로서 글루타르알데이드를 사용하여, 커플 구조에 결합되는 조직 고정구조를 형성할 수 있다. 그리고, 조직 고정구조를 이용하여 단백질 A(protein A)를 결합할 수 있다.

[0033] 여기서, 단백질 A에 항체 단백질로서 면역글로불린을 결합시킬 수 있으며, 경우에 따라서, 단백질 A에 항체 단백질로서 안티-전립선 특이항원을 결합시킬 수도 있다.

발명의 효과

[0034] 본 발명의 다공성 검출센서는 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적한 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.

[0035] 예를 들어, 다공성 검출센서는 기공 내에 잔류하는 수분의 양에 따라서 가시되는 색이 변화하여 습도 센서로서 사용할 수 있고, 종래와 같이 실리콘층의 표면 저항이나 유전 상수의 변화를 측정하기 위한 별도의 전기적 장비를 구비할 필요가 없다.

[0036] 본 발명의 다공성 검출센서는 기공 내에 항체 단백질을 포함하는 검출부를 제공하여, 항체 단백질에 대응하는 단백질, 병원성 세균 등과 같은 바이오 물질에 해당하는 타겟을 검출하기 위한 항원검출센서로서 사용할 수 있다.

[0037] 특히, 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 타겟의 존재 여부를 검출하여, 형광 표지를 붙이는 작업이 필요 없고, 이에 따른 비용의 절감을 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 습도센서의 부분 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 습도센서가 서로 다른 습도 상의 대기에 놓일 경우 빛의 파장에 따른 반사율을 도시한 도면이다.

도 3 내지 도 7도는 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 습도센서를 제조하는 순서에 따른 도면들이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 다공성 항원검출센서의 모식도이다.

도 9 내지 도 12는 도 8에 도시된 다공성 항원검출센서를 제조하는 순서에 따른 도면들이다.

도 13은 9 내지 도 12의 제조방법에 따라서 제조된 다공성 항원검출센서의 샘플 표면 사진이다.

도 14는 도 13의 다공성 항원검출센서의 샘플에 항원이 결합된 표면 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 본 발명을 설명함에 있어서, 공지된 기능 혹은 구성에 대해 구체적인 설명은 본 발명의 요지를 명료하게 하기 위하여 생략될 수 있다.
- [0040] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 습도센서의 부분 단면도이며, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 습도센서가 서로 다른 습도 상의 대기에 놓일 경우 빛의 파장에 따른 반사율을 도시한 도면이다.
- [0041] 도 1 및 도 2를 참조하면, 다공성 습도센서(100)는 센서층(110)을 포함한다.
- [0042] 센서층(110)은 흡습성을 갖는 합성수지를 이용하여 형성되며, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공(120)이 분포되어 있다.
- [0043] 공기 중의 수분은 센서층(110)의 기공과 기공을 구분하는 격벽을 통과하여 기공 내부로 흡수될 수 있으며, 센서층(110)의 기공(120) 내에 흡수된 수분의 양의 변화에 따라서 센서층(110)의 가시 색이 변화한다.
- [0044] 이때, 수분이 기공(120) 내부에 꽉 차는 경우 혹은 그 반대로 수분이 거의 없는 경우에는 센서층(110) 자체의 약간의 팽창 수축이 발생할 수도 있으나, 기공(120) 내에 흡수된 수분의 양과는 무관하게 기공(120)의 직경은 거의 일정하게 유지된다.
- [0045] 한편, 수분은 센서층(110)의 격벽을 통과하여 기공(120) 내부로 흡수되며, 기공(120)을 형성하는 센서층(110)의 내벽에 응집되어 기공(120) 내의 공간 크기가 줄어들게 되고, 반대로 기공(120) 내부의 수분이 격벽을 통해서 외부로 빠져나가면 기공(120) 내의 공간 크기가 커질 수 있다.
- [0046] 따라서, 센서층(110)을 형성하는 합성수지는 상술한 바와 같이, 수분이 드나들 수 있는 흡습성의 재질을 이용하여 형성하며, 폴리에틸렌 글리콜 및 비닐론 중 적어도 어느 하나를 이용할 수 있다.
- [0047] 이하, 상술한 다공성 습도센서를 제조하는 방법에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0048] 도 3 내지 도 7도는 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 습도센서를 제조하는 순서에 따른 도면들이다.
- [0049] 도 3 내지 도 7을 참조하면, 다공성 습도센서의 제조방법은, 미세한 직경을 갖는 복수개의 실리카 구(130) 및 흡습성을 가지는 액상의 합성수지(150)를 콜로이드 상태로 기관(140) 상에 제공하는 단계, 합성수지를 기관(140) 상에서 경화시키는 단계, 및 실리카 구(130)를 선택적으로 제거하여, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공(120)이 분포되어 있는 센서층(110)을 형성시키는 단계를 구비하며, 센서층은 센서층(110)의 격벽을 통과하여 기공 내부로 흡수되는 수분의 양의 변화에 따라서 가시되는 색깔이 변화하는 것을 특징으로 한다.
- [0050] 실리카 구(130) 및 합성수지를 콜로이드 상태로 제공하기 위해서는, 도 3에 도시된 바와 같이, 먼저 실리카 구(130)를 기관(140) 상에 코팅한 후에, 도 4에 도시된 바와 같이, 실리카 구(130)가 코팅된 반응 기관(140)을 폴리에틸렌 글리콜과 같은 액상의 합성수지(150)에 담가 액상의 합성수지(150)가 실리카 구(130) 사이에 흘러 들어가도록 한다.
- [0051] 그 후에, 도 5에 도시된 바와 같이, 폴리에틸렌 글리콜을 약 45초 내지 48초 정도 자외선에 노출시켜 경화시킬 수 있으며, 액상의 합성수지(150)를 경화 시 얇은 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate: PET) 필름(170)을 이용하여, 자외선이 조사되는 기관(140) 상에 놓인 액상의 합성수지(150) 및 실리카 구(130)의 상면을 커버한 상태에서 경화시킨다.
- [0052] 그 후에, 도 6에 도시된 바와 같이, 센서층(110)을 형성시키는 단계에서, 실리카 구(130)를 수용한 경화된 합성수지(160)를 플루오르화 암모늄 및 불화수소의 혼합물(180)의 침지하고, 경화된 합성수지(160)의 격벽을 통하여 침투한 혼합물(180)을 이용하여 실리카 구(130)를 화학적으로 제거한다.

- [0053] 여기서, 실리카 구(130)는 나노실리카 오팔을 이용할 수 있으며, 오팔의 주 구성성분은 실리카로 플루오르화 암모늄 및 불화수소의 혼합물에 의해서 제거될 수 있다.
- [0054] 구체적으로, 상기 혼합물을 이용하여 나노실리카 오팔을 식각할 때, 불산 또는 불산이온이 규산과 반응해서 규불산을 만들게 되며, 이를 화학식으로 표현하면, $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \Rightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$ 이며, 여기서 생성된 규불산은 온도가 높으면 $\text{H}_2\text{SiF}_6 \Rightarrow 2\text{HF} + \text{SiF}_4(\text{g})$ 반응이 되면서, 플루오르화 규소가 가스상태로 날라가고 다시 불산이 되어 실리카 구(130)를 부식시키게 된다. 따라서, 온도를 80℃ 이상에서 실리카 구(130)를 불산에 노출시키면 실리카 구를 효과적으로 제거할 수 있으며, 실리카 구(130)가 제거되고 나서 남은 불산은 염기를 이용하여 중화시켜 씻어 낼 수 있다.
- [0055] 즉, 콜로이드 상태의 실리카 구(130) 및 액상의 합성수지(150) 중 액상의 합성수지(150)를 먼저 경화시킨 후에, 실리카 구(130)를 플루오르화 암모늄 및 불화수소를 포함하는 버퍼 산화물 식각용 화학 용액(buffer oxide etchant: BOE) 혹은 표준 산화물 식각용 화학 용액(standard oxide etchant: SOE)등의 혼합물(180)을 이용하여 제거하면, 경화된 합성수지(160) 내부에는 무수한 기공(120)이 형성된다. 따라서, 도 3 내지 도 6을 참조하여 설명한 공정과정을 거치면 도 7에 도시된 바와 같은 다공성 습도센서(100)를 제공할 수 있으며, 그 표면은 도 1에 도시된 바와 같은 SEM 이미지를 주사전자현미경(scanning electron microscope)을 이용하여 획득할 수 있다.
- [0056] 참고로, 기관(140)은 실리콘 웨이퍼로 제공하며, 실리카 구(130)를 제거하는 단계에서 함께 제거될 수 있다.
- [0057] 상술한 바와 같은 공정을 통해서 제조한 다공성 습도센서는 광스펙트럼 분석기로 분석한 결과 도 2에 도시된 바와 같은 스펙트럼 분석을 보여준다. 이때, 본 실시예에 따른 기공(120)의 크기는 대략 200nm 이하의 크기로 제공되어 있으며, 이러한 직경을 갖는 기공(120)에 의해서 도 2와 같은 스펙트럼 분석을 보여주나, 경우에 따라서, 기공의 크기는 수 내지 수백 나노미터의 크기로 제공되어 도 2에 도시된 것과는 상이한 스펙트럼 분석을 보여줄 수 있다. 이는 기공의 크기를 적절히 조절하여 빛에서 주로 반사되는 파장의 선별이 가능한 것을 의미할 수 있다. 제작된 다공성 습도센서(100)의 경우 주로 400~450nm의 영역 내에서 높은 반사율을 가지며 이는 가시광선 영역 내에서 보라색을 띄는 파장 대이다. 항습조 안의 습도가 증가함에 따라 이 영역대의 반사율은 점점 감소하게 되고 습도레벨이 97%에 도달 했을 때에는 보라색 영역대의 반사율이 다른 영역대의 반사율과 비슷해지고 반사되는 빛의 보라색이 크게 줄어들게 된다.
- [0058] 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 다공성 항원검출센서의 모식도이며, 도 9 내지 도 12는 도 8에 도시된 다공성 항원검출센서를 제조하는 순서에 따른 도면들이다.
- [0059] 도 8을 참조하면, 본 실시예에 따른 다공성 항원검출센서(200)는 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의 기공이 분포되어 있는 센서층(210)을 포함한다.
- [0060] 센서층(210)의 형성과정은 앞선 실시예와 동일하나, 본 실시예에서는 합성수지로서 폴리에틸렌 글리콜을 사용한다.
- [0061] 본 실시예에 따른 다공성 항원검출센서(200)는 앞선 실시예와 같이 수분을 타겟으로 하는 습도센서와는 다르게 단백질, 병원성 세균 등과 같은 바이오 물질에 해당하는 타겟을 검출하기 위한 용도로 사용되며, 이에 센서층(210)의 기공 내에 검출부(220)가 결합되어 있다.
- [0062] 이때, 합성수지로서 사용되는 폴리에틸렌 글리콜($\text{H}[\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}]_n\text{OH}$)은 세포 융합에 쓰이는 대표적인 시약이며, 이는 에틸렌옥사이드($\text{CH}_2\text{CH}_2\text{O}$)와 물의 반응에 의해 생성된 에틸렌글리콜($\text{HO}[\text{CH}_2]_2\text{OH}$)이 수 없이 결합하여 생성될 수 있다.
- [0063] 기공 내부의 폴리에틸렌 글리콜에 결합되어 있는 검출부(220)는 그 말단에 항체 단백질(222)이 결합되어 있으며, 검출부(220)의 말단에 배치된 항체 단백질(222)에 대응하는 특정한 타겟이 결합될 수 있다.
- [0064] 따라서, 특정한 타겟이 검출부(220)에 결합되는 경우 센서층(210)의 기공 내부에 잔류하는 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성에 따라 목적한 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있는 것이다.
- [0065] 항체 단백질(222)로서 본 실시예에서는 면역글로불린(immunoglobulin)을 사용하고 있으며, 이러한 검출부(220)에서는 면역글로불린에 대응하는 타겟의 결합이 가능하다.
- [0066] 이하, 도 8에 도시된 다공성 항원검출센서(200)의 제조방법에 대해서 상세하게 설명한다.
- [0067] 먼저, 도 9에 도시된 바와 같이, 폴리에틸렌 글리콜을 이용하여 형성되며, 내부에 미세한 직경을 갖는 복수개의

기공이 분포되어 있는 센서층(210)을 마련한다. 이는 앞선 실시예를 참조할 수 있고, 본 실시예에서는 상세한 설명은 생략할 수 있다.

- [0068] 폴리에틸렌 글리콜을 이용하여 제조된 센서층(210)은 폴리에틸렌 글리콜의 말단에 해당하는 수산기가 기공 내면을 따라서 무수하게 노출된다. 상술한 센서층(210)과 3-아미노프로필트리에톡시실란이 대략 10% 정도의 농도를 갖도록 에탄올(ethanol)과 혼합된 용액을 상온에서 1시간 정도 반응시켜, 수산기와 3-아미노프로필트리에톡시실란을 상호 결합시킨다. 그 후에, 300rpm의 회전수로 5분 정도 에탄올을 이용하여 세척하는 작업을 거친다.
- [0069] 상술한 바와 같이, 기공 내면에 수산기와 커플링제로서 사용되는 3-아미노프로필트리에톡시실란을 상호 반응시켜 커플 구조(224)를 형성할 수 있다.
- [0070] 그 후에, 도 10에 도시된 바와 같이, 조직 고정제를 이용하여 커플 구조(224)에 결합되는 조직 고정구조(226)를 형성할 수 있다. 구체적으로, 커플 구조(224)의 말단에 형성된 아민기(NH_2)에 조직 고정제인 글루타르알데이드를 반응시켜 조직 고정구조(226)를 형성한다.
- [0071] 글루타르알데이드는 대략 2% 정도의 농도를 갖도록 인산완충식염수(Phosphate buffered saline; PBS)와 혼합하여 제공되며, 상온에서 2시간 정도 반응 시간을 갖는다. 그 후에, 300rpm의 회전수로 5분 정도 정제수(deionized water)를 이용하여 세척하는 작업을 거친다.
- [0072] 그 후에, 도 11에 도시된 바와 같이, 조직 고정구조(226)의 말단과 단백질 A를 결합시킨다.
- [0073] 단백질 A는 인산완충식염수 ml당 $550\mu\text{g}$ 이 포함되도록 제공하며, 이를 상온에서 적어도 3시간 이상 반응시키고, 300rpm의 회전수로 5분 정도 정제수를 이용하여 세척하는 작업을 거친다.
- [0074] 그 후, 의도하지 않은 기타의 다른 단백질이나 불순물이 단백질 A와 결합하는 것을 방지할 수 있도록 인산완충식염수에 1%의 소 면역혈청 알부민(bovine serum albumin; BSA)을 상온에서 1시간 동안 반응시킨다. 그 후에, 300rpm의 회전수로 5분 정도 정제수를 이용하여 세척하는 작업을 거치면서 소 면역혈청 알부민은 분리되어 단백질 A에 다른 단백질이 결합될 수 있다.
- [0075] 그 후에, 도 12에 도시된 바와 같이, 단백질 A에 면역글로불린을 결합시킨다. 면역글로불린은 혈청 등의 체액 중에 함유되는 단백질로서, 항원이 결합되는 부위는 다양성이 대단히 풍부하여 많은 항체에 대응할 수 있으며, 이에 항체 단백질로서 매우 유용하게 사용될 수 있다.
- [0076] 마찬가지로, 면역글로불린은 인산완충식염수 ml당 $100\mu\text{g}$ 이 포함되도록 제공하며, 이를 상온에서 적어도 1시간 이상 반응시키고, 300rpm의 회전수로 5분 정도 정제수를 이용하여 세척하는 작업을 거친다.
- [0077] 상술한 과정을 거쳐, 최종적으로 도 8에 도시된 바와 같은 다공성 항원검출센서(200)를 제공할 수 있다.
- [0078] 본 실시예의 다공성 항원검출센서(200)는 항체 단백질로서 면역글로불린이 제공되고, 면역글로불린에 대응하는 항원이 결합될 수 있다.
- [0079] 면역글로불린과 항원이 결합하여, 센서층(210)의 기공 내부에 잔류하는 항원 즉, 타겟의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성이 달라지고, 이를 이용하여 목적한 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.
- [0080] 여기서, 단백질 A에 항체 단백질로서 면역글로불린 이외에 다른 항체 단백질을 결합시키는 방법을 통해서, 다른 종류의 항원을 검출하는 또 다른 다공성 항원검출센서를 제조할 수도 있다. 예를 들면, 단백질 A에 항체 단백질로서 안티-전립선 특이항원을 결합시킬 수 있으며, 이렇게 제조된 다공성 항원검출센서는 전립선 특이항원을 검출하는 용도로 사용될 수 있다. 구체적으로 설명하자면, 앞서 설명한 센서층의 수산기에 3-아미노프로필트리에톡시실란, 글루타르알데이드, 및 단백질 A를 순차적으로 결합시키는 과정까지는 동일하며, 이후 단백질 A에 안티-전립선 특이항원을 인산완충식염수 ml당 $100\mu\text{g}$ 이 포함되도록 제공하며, 이를 상온에서 적어도 1시간 이상 반응시키고, 300rpm의 회전수로 5분 정도 정제수를 이용하여 세척하는 작업을 거쳐서 전립선 특이항원을 검출하기 위한 항체 단백질을 갖는 다공성 항원검출센서를 제조할 수 있다.
- [0081] 도 13은 9 내지 도 12의 제조방법에 따라서 제조된 다공성 항원검출센서의 샘플 표면 사진이며, 도 14는 도 13의 다공성 항원검출센서의 샘플에 항원이 결합된 표면 사진이다.
- [0082] 도 13에 도시된 다공성 항원검출센서는 항체 단백질로서 면역글로불린이 사용되었으며, 도 14에 도시된 바와 같이, 면역글로불린에 대응하는 항원이 결합된 다공성 항원검출센서의 샘플은 항원이 결합되기 전보다 더 강한 초록빛을 띄는 것을 확인할 수 있다.

[0083] 즉, 다공성 항원검출센서의 검출부에 결합된 항원의 양에 대응하여 외부로 관찰되는 빛의 특성이 변화하며, 이러한 빛의 특성 변화를 통해서 목적한 타겟의 존재 여부를 검출할 수 있다.

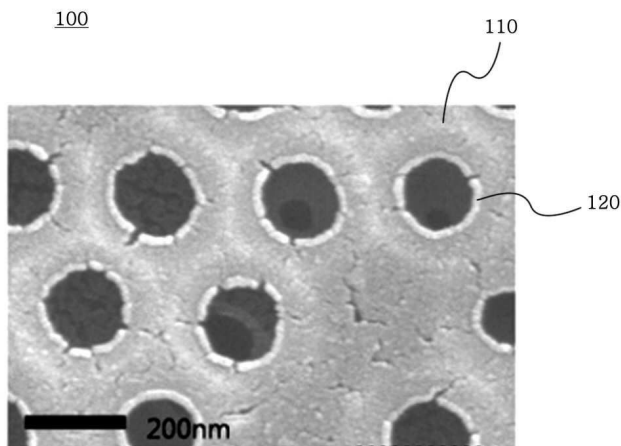
[0084] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술분야의 숙련된 당업자라면 하기의 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

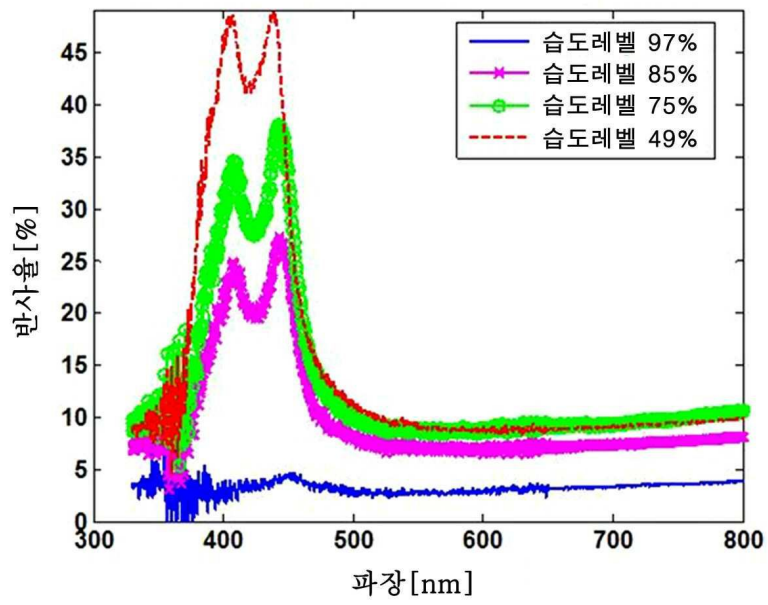
[0085]	100 : 다공성 습도센서	110 : 센서층
	120 : 기공	130 : 실리카 구
	140 : 기판	150 : 액상의 합성수지
	160 : 경화된 합성수지	170 : PET 필름
	180 : 혼합물	200 : 다공성 항원검출센서
	220 : 검출부	222 : 항체 단백질

도면

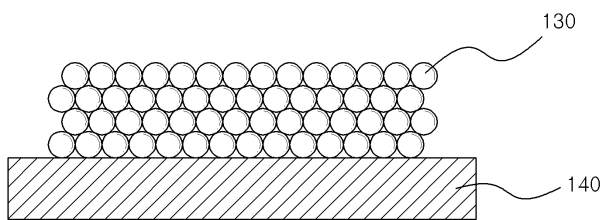
도면1



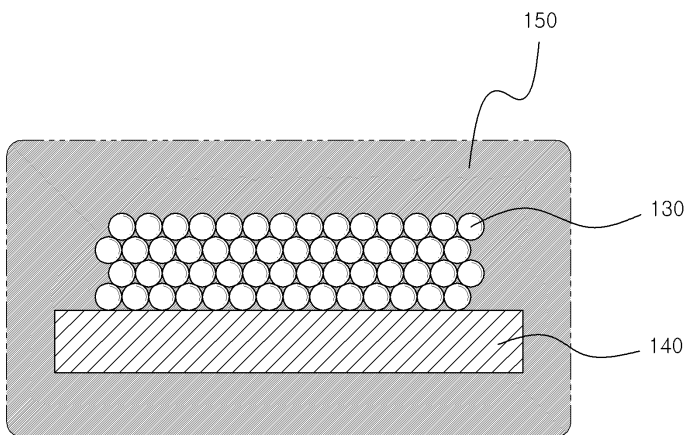
도면2



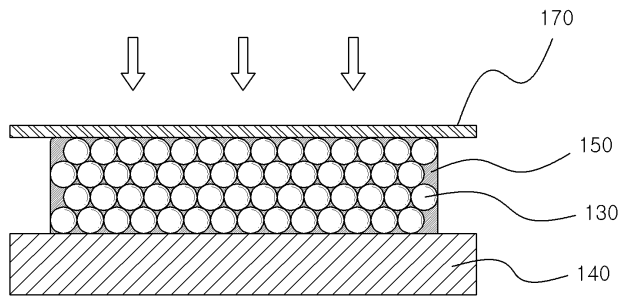
도면3



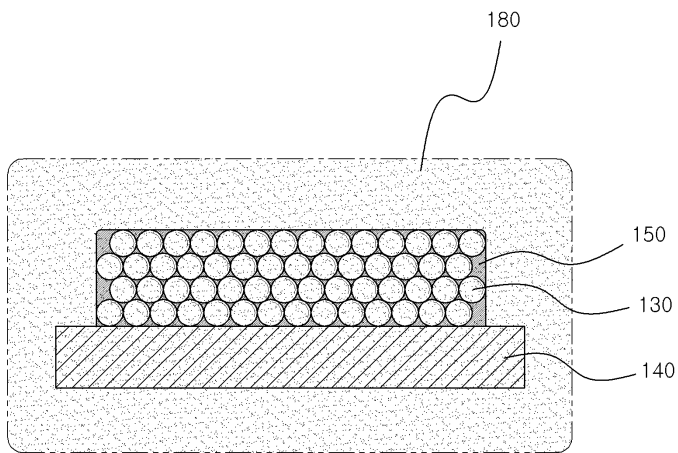
도면4



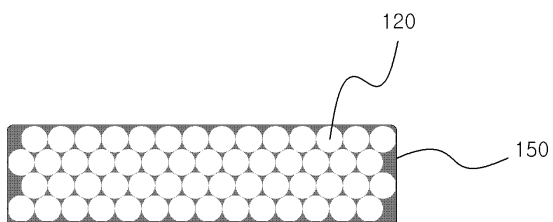
도면5



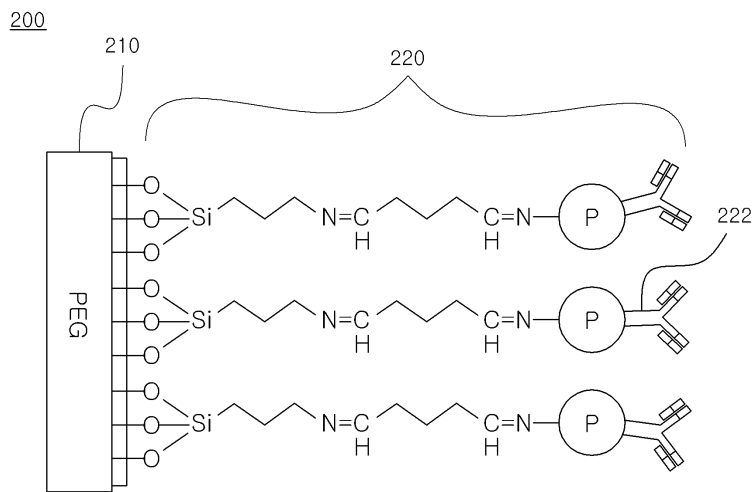
도면6



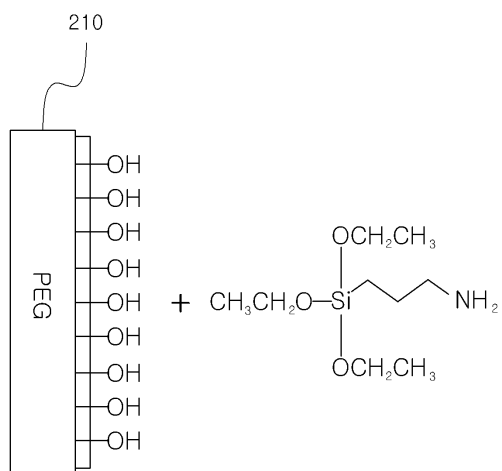
도면7



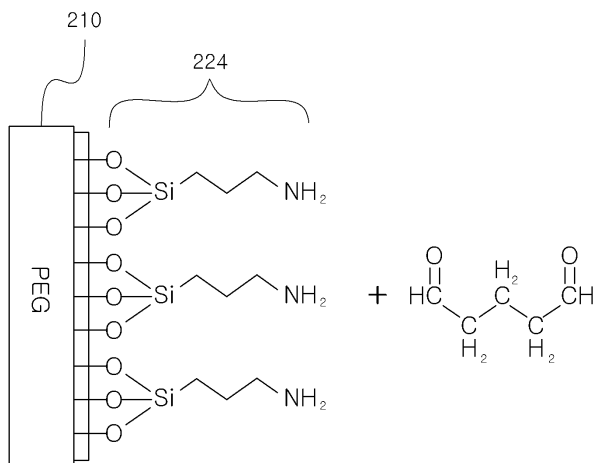
도면8



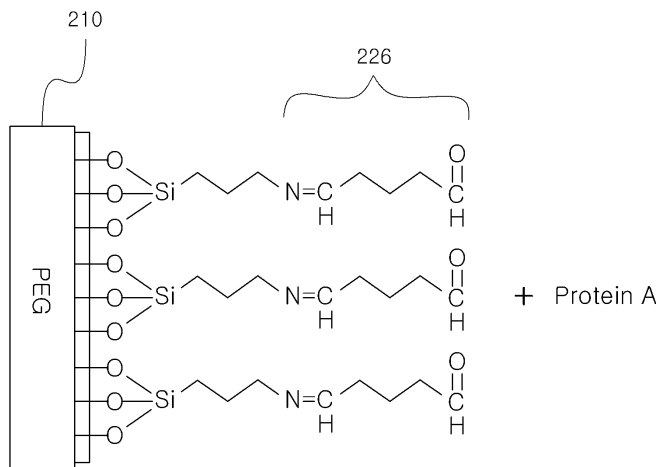
도면9



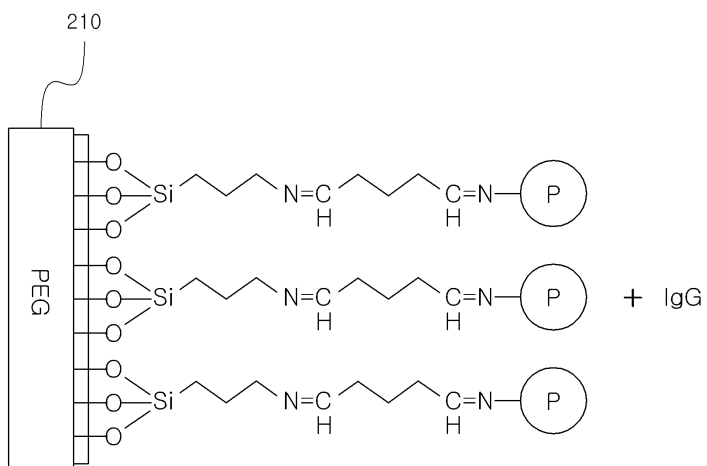
도면10



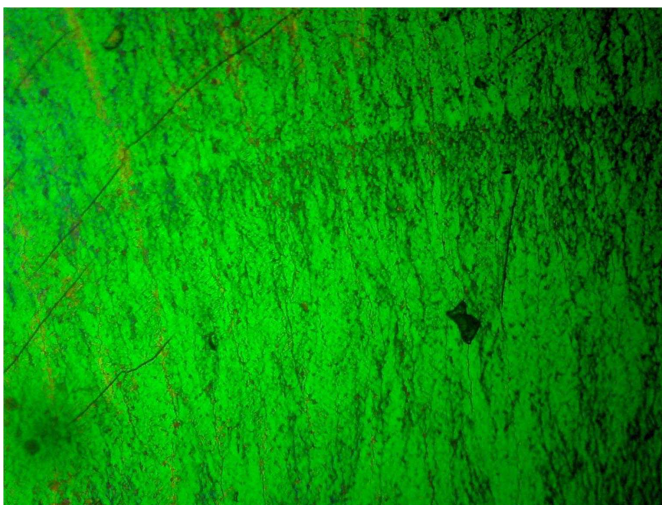
도면11



도면12



도면13



도면14

