



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년03월10일
(11) 등록번호 10-1372725
(24) 등록일자 2014년03월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/17 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)
G01N 33/543 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-7004955
(22) 출원일자(국제) 2007년08월21일
심사청구일자 2012년06월01일
(85) 번역문제출일자 2009년03월10일
(65) 공개번호 10-2009-0051212
(43) 공개일자 2009년05월21일
(86) 국제출원번호 PCT/US2007/076352
(87) 국제공개번호 WO 2008/127350
국제공개일자 2008년10월23일
(30) 우선권주장
11/530,619 2006년09월11일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US5611998 A
W02005111588 A1
W01998048275 A1
US20060197953 A1

(73) 특허권자
쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박
스 33427 쓰리엠 센터
(72) 발명자
라코우, 닐, 에이.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427쓰리엠 센터
파울루치, 도라, 엠.
미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오
피스 박스 33427쓰리엠 센터
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김영, 양영준

전체 청구항 수 : 총 3 항

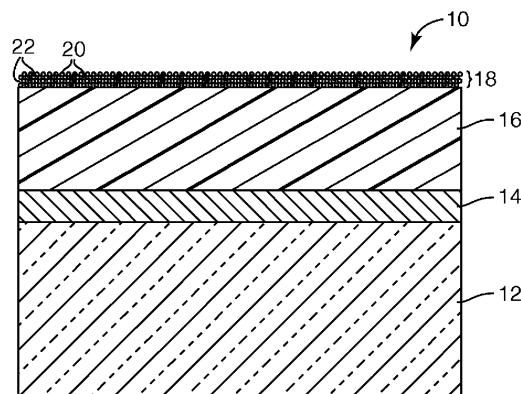
심사관 : 차영란

(54) 발명의 명칭 침투성 나노입자 반사기

(57) 요약

광학-응답성 다층 반사성 물품이 금속 나노입자의 희석 용액 또는 현탁액을 광학-응답성 검출층에 도포함으로써 형성된다. 용액 또는 현탁액이 건조되도록 하여, 액체 또는 증기 분석물이 광-반사층을 통과하는 것을 허용하여 분석물의 존재시 검출층의 광학-응답성 변화를 야기할 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사층을 형성한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

데이비드, 모세스, 엠.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427쓰리엠 센터

웬들랜드, 마이클, 에스.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427쓰리엠 센터

트렌드, 존, 이.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427쓰리엠 센터

포이리어, 리차드, 제이.

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 포스트 오피스 박스 33427쓰리엠 센터

특허청구의 범위

청구항 1

금속 나노입자의 회석 용액 또는 현탁액을 광학-응답성 검출층에 적용하는 단계, 및

상기 광학-응답성 검출층에 적용된 용액 또는 현탁액을 건조시켜 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사층은, 적층 배열로 서로 접촉하는 상기 금속 나노입자를 갖고, 액체 또는 증기 분석물이 상기 광-반사층을 통과하는 것을 허용하여 분석물의 존재 시 검출층에 광학-응답성 변화를 야기하는, 광학-응답성 다층 반사성 물품을 형성하는 방법.

청구항 2

반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사 금속 나노입자 층, 및

상기 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사 금속 나노입자 층과 유체 연통되는 광학-응답성 검출층을 포함하는 광학-응답성 다층 반사성 물품이며,

상기 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사성 금속 나노입자 층은, 적층 배열로 서로 접촉하는 상기 금속 나노입자를 갖고, 액체 또는 증기 분석물이 상기 광-반사층을 통과하는 것을 허용하여 분석물의 존재 시 검출층에 광학-응답성 변화를 야기하는, 광학-응답성 다층 반사성 물품.

청구항 3

제2항에 있어서, 나노입자가 은 또는 은을 함유하는 합금을 포함하는 물품.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광학-응답성 검출층을 포함하는 반사성 물품에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 다양한 화학, 광학 또는 전자 검출기가 기체, 액체 및 기타 분석물(analyte)의 존재를 감지하기 위해 제안되었다. 예를 들어, 분석물의 존재시 투과 또는 반사되는 광을 변조시키거나 달리 변경시키는 재료로 제조된 검출층을 채용하는 광학 검출기가 제공되었다. 광을 검출층 내로 또는 외부로 안내하도록 검출층에 인접하여 반사

층이 배치되었다. 분석물이 존재하는 경우, 검출층은 광학 특성에 있어서 응답성 변화를 겪는다. 반사층은 또한 분석물이 존재한다는 표시를 (예를 들어, 광학 간섭을 통해) 제공할 수 있다. 예를 들어, 반사층과 반반사층(semireflective layer) - 이들 중 적어도 하나가 관심대상의 증기에 대해 침투성임 - 사이에 위치되고 증기의 존재시 광학 두께가 변화하는 다공성 검출층을 갖는 박막 다층 표시기(thin-film multilayer indicator)를 사용함으로써 관심대상의 증기의 존재시 비색 변화(colorimetric change)가 제공될 수 있다. 하나의 그러한 표시기는 반사층과 증기-침투성 반반사층 사이에 위치되는 다공성 검출층을 채용하며, 미국 특허 공개 제 2004/0062682 A1호(라코우(Rakow) 등; '682) 및 미국 특허 공개 제 2004/0184948 A1호(라코우 등; '948)에 기재되어 있다.

[0003] 발명의 개요

[0004] 다른 이러한 표시기는 흡착 매체 근처의 증기-침투성 반사층과 반반사층 사이에 위치된 다공성 검출층을 채용하며 명칭이 박막 표시기를 갖는 유기 증기 흡착 보호 장치인 공개류 중인 미국 특허출원 제11/530,614호에 설명된다. 이러한 표시기 둘 모두는 다공성 광학-응답성 검출층에 인접한 광-반사성 증기-침투성 표면을 채용한다. 이러한 표시기에서의 광-반사성 표면은 전통적인 금속화 기술(예를 들어, 스퍼터링, 증발 침착, 전기도금 또는 다른 전기화학적 침착)을 사용한 예를 들어 덴스 거울(dense mirror)의 초기 침착 후 이어지는 천공 단계(예를 들어, 에칭 또는 레이저 제거)를 통해 검출층 기공으로의 증기 침투를 위한 경로를 제공함으로써 제조될 수 있다. 그러나, 이러한 접근법은 몇몇 까다로운 단계 및 전문적인 장비를 필요로 한다. 더욱이, 증착 또는 천공 절차는 검출층의 광-응답성에 악영향을 줄 수 있거나 또는 표시기 구조체 내의 다른 층들에 악영향을 줄 수 있다.

[0005] 본 발명은, 일 태양에서, 광학-응답성 다층 반사성 물품을 형성하는 방법을 제공한다. 본 방법은 실시하기가 비교적 단순하며, 금속 나노입자의 회석 용액 또는 현탁액을 광학-응답성 검출층에 도포하고 용액 또는 현탁액이 건조되도록 하여, 액체 또는 증기 분석물이 광-반사층을 통과하는 것을 허용하여 분석물의 존재시 검출층에 광학-응답성 변화를 야기할 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사층을 형성함으로써 달성할 수 있다. 광-반사층은 전통적인 침착 기술을 사용하여 제조되는 전형적인 금속 거울보다 반사율이 다소 더 낮을 수 있다. 그러나, 개시된 방법은 전문적인 침착 장비가 필요없이 액체- 또는 증기-침투성 광-반사층의 침착을 가능하게 한다. 개시된 방법은 다공성 검출층 위에 증기-침투성 광-반사층을 형성하는 데 특히 유용하다.

[0006] 본 발명은, 다른 태양에서, 액체 또는 증기 분석물이 광-반사층을 통과하는 것을 허용하여 분석물의 존재시 검출층에 광학-응답성 변화를 야기할 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사성 금속 나노입자 층과 유체 연통되는 광학-응답성 검출층을 포함하는 광학-응답성 다층 반사성 물품을 제공한다.

[0007] 본 발명의 이들 및 기타 태양은 하기의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도 상기의 개요는 청구된 기술적 요지를 한정하는 것으로 해석되어서는 안되며, 그 기술적 요지는 절차를 수행하는 동안 보정될 수도 있는 첨부된 청구의 범위에 의해서만 규정된다.

발명의 상세한 설명

[0015] 하기에 기술되는 용어는 다음과 같이 정의된다:

[0016] "관심대상의 액체 또는 증기"는 예를 들어, 주변 공기에서 또는 공정 분위기에서 검출이 요구되는 유기 또는 무기 액체 또는 증기를 의미한다.

[0017] "분석물"은 예를 들어, 화학 또는 생화학적 분석에서 검출되는 관심대상의 특정 액체 또는 증기를 의미한다.

[0018] "광학-응답성"은, 물품 또는 검출층과 관련하여 사용되는 경우에, 분석물이 존재할 때 검출가능한 광학 특성의 응답성 변화, 예를 들어 광학 두께(즉, 물리적인 두께 또는 굴절률), 반사율, 위상 변이(phase shift), 편광, 복굴절 또는 광 투과율의 변화를 물품 또는 검출층이 나타냄을 의미한다.

[0019] "반사성"은, 층과 관련하여 사용되는 경우에, 층이 가시광을 반사함을 의미한다.

[0020] "반반사층"은, 제2 반사층에 관하여, 제2 반사층보다 더 낮은 반사율 및 더 큰 광 투과율을 가지며, 예를 들어 간섭색을 제공하도록 제2 반사층에 대해 이격된 관계로 사용될 수 있는 제1 반사층을 의미한다.

[0021] "증기-침투성"은 일 측면이 검출층과 유체 연통하는 반사층에 대해 사용될 때, 반사층의 타 측면이 15분 동안 20 l/min으로 유동하는 1000 ppm의 스티렌 단량체 증기를 함유하는 공기 흐름에 노출되는 경우, 충분한 스티렌 단량체가 반사층을 통과하여 광학-응답성 변화가 검출층 내에서 발생하는 것을 의미한다.

[0022] "액체-침투성"은 일 측면이 검출층과 유체 연통하는 반사층에 대해 사용될 때, 반사층의 타 측면이 물 중에 10

부피%의 아세톤을 포함하는 용액에 10분 동안 노출되는 경우, 충분한 아세톤이 반사층을 통과하여 광학-응답성 변화가 검출층 내에서 발생하는 것을 의미한다.

- [0023] "다공성"은 재료에 대해 사용될 때, 재료가 그의 부피 전체에 걸쳐 (예를 들어, 개방부, 간극 공간 또는 다른 채널일 수 있는) 기공들의 연결된 네트워크를 포함하는 것을 의미한다.
- [0024] "크기"는 기공에 대해 사용될 때, 원형 단면을 갖는 기공의 경우에는 기공 직경을, 또는 비원형 단면을 갖는 기공을 가로질러 구성될 수 있는 단면 상의 최장 현(chord)의 길이를 의미한다.
- [0025] "미공성"은 재료에 대해 사용될 때, 재료가 약 0.3 내지 100 나노미터의 평균 기공 크기를 갖는 다공성인 것을 의미한다.
- [0026] "연속"은 재료의 층에 대해 사용될 때, 층이 비다공성이며 증기-침투성이 아니라는 것을 의미한다.
- [0027] "반연속"은 재료의 층에 대해 사용될 때, 층이 다공성이며 액체- 또는 증기-침투성이라는 것을 의미한다. 반연속층은 증기-침투성이지만 액체-침투성은 아닐 수 있다.
- [0028] "불연속"은 재료의 층에 대해 사용될 때, 층이 주어진 평면 내에서 사이에 빈 공간이 있는 재료의 적어도 2개의 분리되고 구분된 섬들, 또는 주어진 평면 내에서 사이에 재료가 있는 적어도 2개의 분리되고 구분된 빈 공간(호수)들을 갖고, 층은 증기-침투성인 것을 의미한다.
- [0029] "나노입자"는 평균 입자 직경이 약 1 내지 약 100 nm인 입자를 의미한다.
- [0030] 개시된 광학-응답성 다층 물품은 다양한 관심대상의 액체 또는 증기를 검출하는 데 사용될 수 있다. 대표적인 관심대상의 액체에는 물, 체액, 오일, 용매 및 다른 유기 액체가 포함된다. 대표적인 관심대상의 증기는 수증기, 기체, 및 휘발성 유기 화합물을 포함한다. 대표적인 유기 액체 및 휘발성 유기 화학적 화합물에는 알칸, 사이클로알칸, 방향족 화합물, 알코올, 에테르, 에스테르, 케톤, 할로카본, 아민, 유기산, 시안산염, 질산염, 및 시안화물, 예를 들어 n-옥탄, 사이클로헥산, 메틸 에틸 케톤, 아세톤, 에틸 아세테이트, 이황화탄소, 사염화탄소, 벤젠, 스티렌, 톨루엔, 크실렌, 메틸 클로로포름, 테트라하이드로푸란, 메탄올, 에탄올, 아이소프로필 알코올, n-부틸 알코올, t-부틸 알코올, 2-에톡시에탄올, 아세트산, 2-아미노피리딘, 에틸렌 글리콜 모노메틸 에테르, 톨루엔-2,4-다이아아미노시아네이트, 니트로메탄, 및 아세토니트릴을 포함한 치환 또는 미치환 탄소 화합물이 포함된다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 광학-응답성 다층 물품(10)은 다양한 분석물의 존재를 검출할 수 있는 박막 다층 표시기를 제공한다. 물품(10)은 기관(12), 연속 반사층(14), 광학-응답성 검출층(16) 및 반연속 반반사층(18)을 포함한다. 층(14)은 스퍼터링, 증발 침착, 전기도금 또는 다른 전기화학 침착, 라미네이션 또는 금속성 페인트의 적합하게 두꺼운 층의 도포를 포함하는, 다양한 침착 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 층(18)은 포탄 또는 대리석의 스택과 유사한 형태로 배열되는 금속 나노입자(20)를 포함하며, 이를 통해 액체 또는 증기가 침투하여 검출층(16)에 도달할 수 있고, 하기에 더욱 상세하게 설명되는 바와 같이 형성된다. 층(18) 근처(예를 들어, 위)에 있는 관심대상의 액체 또는 증기 형태의 분석물은 기공(22)을 통과하여 검출층(16)으로 들어갈 수 있다. 검출층(16)은 분석물에 노출시 층의 광학 두께가 변화(예를 들어, 증가)하도록 다양한 방식으로 형성될 수 있고 적합한 재료로 제조되거나 또는 적합한 구조로 제조될 수 있다. 생성된 광학 두께 변화는 물품(10)에서 시각적으로 지각할 수 있는 외양을 가져온다. 변화는 반반사층(18)을 통해 물품(10)을 봄으로써 관찰될 수 있다. 반반사층(18) 및 검출층(16)을 통과하는 광선(24)에 의해 표시되는 주변 광은 반사층(14)에 의해서 검출층(16) 및 반반사층(18)을 다시 통과하여 반사된다. 적절한 초기 또는 변화된 두께가 검출층(16)에 대해 선택되었고 층들(14, 18)이 충분히 편평하다면, 장치(10) 내에 간섭색이 발생하거나 사라질 것이고 반반사층(18)을 통해 보았을 때 장치(10)의 외양의 시각적으로 구분 가능한 변화가 명백할 것이다. 따라서, 동력식 광원, 광 검출기 또는 분광 분석기와 같은 외부 장비는 장치(10)의 상태를 평가하기 위해 요구되지 않을 것이지만, 그러한 외부 장비는 필요하다면 사용될 수 있다.
- [0032] 도 2는 도 1의 물품(10)과 유사하나, 층(28)의 금속 나노입자(20)가 나노입자(20)의 섬들 사이에 갭(30)을 갖는 줄 또는 점으로, 또는 나노입자(20)의 천공층에 빈 공간 또는 호수(30)를 갖는 층으로 도포된 광학-응답성 다층 물품(26)의 개략 단면도를 도시한다. 줄, 점 또는 천공층(20)은 액체 또는 증기에 대하여 개별적으로 반연속 및 침투성이다. 전체적으로, 층(28)은 불연속이며, 주어진 층 두께 및 나노입자 직경에 있어서 갭, 공간 또는 호수(30)의 존재로 인하여 도 1의 층(18)보다 더 큰 액체 또는 증기-침투성을 가질 수 있다.
- [0033] 도 3은 광학-응답성 다층 물품(40)의 개략 단면도를 도시한다. 물품(40)은 투명 기관(42) 및 표시기(44)를 포

함한다. 표시기(44)는 연속 반반사층(46), 다공성 검출층(48) 및 반연속 액체- 또는 증기-침투성 반사층(50)을 포함한다. 층(50)은 액체 또는 증기가 층(50)을 통해 침투하여 검출층(48)에 도달할 수 있도록 충분한 다공성을 유지하는 한편, 층(50)이 반반사층(46)보다 더 큰 반사율을 갖도록 충분한 두께를 갖는 형태로 배열된 금속 나노입자(20)를 포함한다. 광선(49a)에 의해 표시되는 주변 광의 일부는 기관(42)을 통과하고, 반반사층(46)으로부터 광선(49b)으로서 반사되고, 기관(42)을 통해 다시 이동하고, 그 다음 기관(42) 외부로 나간다. 주변 광선(49a)의 다른 부분은 기관(42), 반반사층(46) 및 검출층(48)을 통과하고, 반사층(50)으로부터 광선(49c)으로서 반사된다. 광선(49c)은 검출층(48), 반반사층(46) 및 기관(42)을 통해 다시 이동하고, 그 다음 기관(42) 외부로 나간다. 적절한 초기 또는 변화된 두께가 검출층(48)에 대해 선택되었고 층(46, 50)들이 충분히 편평하면, 간섭색이 표시기(44) 및 광선(49b, 49c)과 같은 광선 내에서 생성되거나 소멸되고, 표시기(44)의 외양의 시각적으로 구분 가능한 변화가 반반사층(46)을 통해 관찰할 때 명백할 것이다.

[0034] 개시된 장치는 흡착 매체의 층 또는 본체, 또는 흡착 매체의 층 및 흡착 매체의 본체 둘 모두의 근처에 위치될 수 있다. 도 4 내지 도 6은 흡착 매체의 다양한 층 근처의 다양한 박막 다층 표시기의 개략 측면도를 도시한다. 도 4에서, 유기 증기 함유 공기 흐름(72)은 유리 기관(53) 위의 표시기(60)를 가로질러 유동한다. 증기-침투성 금속 나노입자 반사층(66)에 대항하여 위치된 직조된 카본지(72)의 작은 조각이 공기 흐름(72) 내의 유기 증기가 검출층(55)에 도달하는 경로를 제공한다. 광원(77)으로부터의 광선(76)과 같은 입사광선은 반반사층(54)에 의해 제1 반사광선(78a)으로서 반사되고 금속 나노입자 반사층(66)에 의해 제2 반사광선(78b)으로서 반사된다. 도 5는 도 4와 유사하나, 유기 증기 함유 공기 흐름(72)이 증기-침투성 금속 나노입자 반사층(66)에 대항하여 위치된 유리층(84)의 조각을 통하여 검출층(55)에 도달한다. 도 6은 도 4 및 도 5와 유사하나, 유기 증기 함유 공기 흐름(72)이 증기-침투성 금속 나노입자 반사층(66)에 대항하여 위치된 가요성의 미공성 탄소 장입 부직포 웹(94)의 조각을 통해 검출층(55)에 도달한다.

[0035] 다양한 금속 나노입자가 개시된 광학-응답성 다층 반사성 물품에 채용될 수 있다. 대표적인 금속에는 은, 니켈, 금, 백금 및 팔라듐과 상기한 것들 중 임의의 것을 함유하는 합금이 포함된다. 나노입자 형태일 때 산화하기 쉬운 금속(예를 들어, 알루미늄)을 사용할 수 있으나 바람직하게는 공기 민감성이 더 적은 금속을 위하여 피하게 된다. 금속 나노입자는 전체에 걸쳐 모놀리식(monolithic)일 수 있거나 또는 층 구조(예를 들어, Ag/Pd 구조와 같은 코어-셸 구조)를 가질 수 있다. 나노입자는, 예를 들어 평균 입자 직경이 약 1 내지 약 100, 약 3 내지 약 50, 또는 약 5 내지 약 30 nm일 수 있다. 금속 나노입자 층의 전체 두께는, 예를 들어 약 200 nm 미만 또는 약 100 nm 미만일 수 있고, 최소 층 두께는, 예를 들어 적어도 약 5 nm, 적어도 약 10 nm 또는 적어도 약 20 nm일 수 있다. 큰 직경의 미세입자가 도포되어 단일층을 형성할 수 있기는 하지만, 나노입자층은 전형적으로 수 개의 나노입자 두께, 예를 들어 적어도 2개 이상, 3개 이상, 4개 이상 또는 5개 이상의 나노입자일 것이고, 최대 5개, 최대 10개, 최대 20개 또는 최대 50개 나노입자 층 두께를 가질 것이다. 금속 나노입자 반사층은, 예를 들어 반사율이 500 nm에서 적어도 약 20%, 적어도 약 40%, 적어도 약 50% 또는 적어도 약 60%일 것이다.

[0036] 적합한 금속 나노 입자의 용액 또는 현탁액은, (카보트 프린터블 일렉트로닉스 앤드 디스플레이(Cabot Printable Electronics and Displays)로부터의) 잉크젯 실버 컨덕터(Inkjet Silver Conductor) 잉크 AG-IJ-G-100-S1; (어드밴스트 나노 프로덕츠(Advanced Nano Products)로부터의) 실버제트(SILVERJET™) DGH 50 및 DGP 50 잉크; 니폰 페인트(아메리카)(Nippon Paint (America))로부터의 SVW001, SVW102, SVE001, SVE102, NP1001, NP1020, NP1021, NP1050 및 NP1051 잉크; 노바센트릭스 코포레이션(Novacentrix Corp.)으로부터의 메탈론(METALON™) FS-066 및 JS-011 잉크 및 하리마 케미컬스, 인크.(Harima Chemicals, Inc.)로부터의 NP 시리즈 나노입자 페이스트를 포함하는 몇몇 공급자로부터 입수가능하다. 금속 나노입자는 물 및 유기 용매를 포함하는 다양한 캐리어에 담지될 수 있다. 금속 나노입자는 또한 중합가능한 단량체 결합체에 담지될 수 있으나, 바람직하게는 침투성 나노입자 층을 제공하도록 이러한 결합체는 도포된 코팅으로부터 (예를 들어, 용매 추출 또는 소결을 이용하여) 제거된다.

[0037] 상술한 상업적인 금속 나노입자 제품 중 몇몇은 회로 트레이스 또는 접속부를 제조하기 위한 도전성 페인트 또는 납땜 페이스트로서 사용되었다. 전형적으로 이 제품은 입수한 형태 그대로 비다공성 기관에 도포되고, 예를 들어 0.3 μm 이상의 충분한 두께의 도전성 층을 형성한다. 층은 때로는 소결된다. 침투성 값은 전형적으로 공급자에 의해서 제공되지 않지만, 이러한 도전성 페인트 및 납땜 페이스트 도포로 형성된 트레이스 또는 층은 전형적으로 트레이스 또는 층 내에서 개별적으로 연속적일 것이며 액체 및 증기가 침투할 수 없을 것이다.

[0038] 금속 나노입자의 회석 코팅 용액 또는 현탁액을 광학-응답성 검출층에 도포하고 용액 또는 현탁액이 건조되도록 하여 반연속 액체- 또는 증기-침투성 광-반사층을 형성함으로써 개시된 물품이 형성될 수 있다. 회석 레벨은,

예를 들어, 적합한 액체- 또는 증기-침투성 금속 나노입자 층을 제공할 코팅 용액 또는 현탁액을 제공하는 것과 같이, 예를 들어 고형분 레벨이 30 중량% 미만, 20 중량% 미만, 10 중량% 미만, 5 중량% 미만 또는 4 중량% 미만일 수 있다. 입수한 그대로의 상업적인 금속 나노입자 제품을 추가 용매로 희석하고 희석 용액 또는 현탁액을 도포 및 건조함으로써, 감지 가능하게 얇은 액체- 또는 증기-침투성 층을 얻을 수 있다. 스와빙(swabbing), 딥 코팅, 롤 코팅, 스핀-코팅, 분무 코팅, 다이 코팅, 잉크젯 코팅, 스크린 인쇄(예를 들어, 회전 스크린 인쇄), 그라비아 인쇄, 플렉소 인쇄 및 당업자에게 친숙할 수 있는 다른 기술들을 포함하는 다양한 코팅 기술이 채용되어 금속 나노입자 용액 또는 현탁액을 도포할 수 있다. 스핀-코팅은 다른 방법을 사용하여 얻어지는 것들보다 더 얇고 더 침투성인 코팅을 제공할 수 있다. 따라서, 낮은 고형분 레벨로 입수가능한 일부 은 나노입자 현탁액(예를 들어, 니폰 페인트로부터의 5 중량% SVW001 은 또는 어드밴스트 나노 프로덕츠로부터의 10 중량% 실버제트 DGH-50 또는 DGP-50)은 적절하게 높은 속도 및 온도로 적합한 기판 상에 스핀-코팅하는 경우 추가적인 희석없이 입수된 그대로의 형태로 사용할 수 있다. 소결이 적절한 침투성의 손실을 야기하지 않는 한 금속 나노입자층은 (예를 들어, 약 125 내지 약 250℃에서 약 10 분 내지 약 1 시간 동안 가열하여) 그가 도포된 후에 소결될 수 있다. 생성된 반사층은 쉽게 확인 가능한 나노입자를 더 이상 포함하지 않을 수 있으나 제조된 방법을 확인하도록 나노입자 반사층이라고 말할 수 있음이 이해될 것이다.

[0039] 액체- 또는 증기-침투성이 금속 나노입자층의 균열, 결정입계(grain boundary) 또는 다른 불연속에 의해 제공될 수 있기는 하지만, 원하는 침투성은 바람직하게는 다공성 또는 미공성 층을 형성함으로써 제공된다. 평균 기공 크기는, 예를 들어 약 0.01 내지 약 1 μm , 약 0.1 내지 약 0.5 μm 또는 약 0.3 내지 약 100 nm일 수 있다. 일반적으로, 액체-침투성을 부여하는 데는 더 큰 기공이 요구되고, 증기-침투성을 제공하는 데는 더 작은 기공이 필요하다. 나노입자 층은 아울러 또는 그 대신에 분석물에 노출시 패턴을 생성하도록 (예를 들어, 불침투성 금속을 도포하여) 패턴화될 수 있다. 나노입자 층의 선택된 표면은 아울러 또는 그 대신에 분석물이 특정 영역에 단지 침투하도록 덮이거나 또는 밀봉될 수 있어, 노출시 다시 패턴을 제공할 수 있다.

[0040] 다양한 광학-응답성 검출층이 개시된 물품에 사용될 수 있다. 금속 나노입자 층이 형성되는 검출층의 표면은 편평할 수 있거나 또는 규칙 또는 불규칙적인 돌출부 또는 함몰부, 예를 들어 당업자가 이해할 수 있는 렌즈 및 다른 구조와 같은 광 관리 특징부를 포함할 수 있다. 도 1 내지 도 6에 도시된 실시 형태는 물품 외양의 시각적으로 구분 가능한 변화(예를 들어, 녹색에서 적색으로와 같은 색의 변화, 흑색 또는 백색에서 유색으로 또는 유색에서 흑색 또는 백색으로와 같은 색의 나타남 또는 사라짐, 또는 백색에서 흑색으로 또는 흑색에서 백색으로의 변화)를 제공하여 원하는 분석물의 존재를 표시한다. 이는 외부 전자장치, 기구 또는 다른 구성요소를 필요로 하지 않고 유의미한 광학 응답을 제공할 수 있는 바람직한 실시 형태를 나타낸다. 이러한 시각적으로 구분 가능한 외양 변화를 제공하는 것들뿐 아니라 외부 전자장치, 기구 또는 다른 구성요소가 필요할 수 있는 다른 것들을 포함하는 다양한 검출층이 채용되어 원하는 광학 응답이 발생한 것을 표시할 수 있다. 적합한 광학 응답은 광학 두께, 반사율, 위상 변이, 편광, 복굴절, 광 투과율 및 당업자에게 알려진 다른 광학 파라미터의 변화를 포함한다. 대표적인 검출층이, 예를 들어 미국 특허 제4,778,987호(사아스키(Saaski) 등 '987), 제4,945,230호(사아스키 등 '230), 제5,611,998호(아우세네그(Aussenegg) 등), 제5,783,836호(리우(Liu) 등), 제6,007,904호(슈보처(Schwotzer) 등), 제6,130,748호(크뤼거(Krüger) 등) 및 제6,590,665 B2호(파인샤우트(Painchaud) 등); PCT 국제 출원 공개 WO 2004/057314 A2호(피소 테크놀로지스 인크.(Fiso Technologies Inc.)); 및 미국 특허 출원 공개 제2004/0062682 A1호(라코우(Rakow) 등 '682) 및 제2004/0184948 A1호(라코우 등 '948), 및 상술된 미국 특허 출원 제11/530,614호에 개시되어 있다.

[0041] 검출층은 균질 또는 비균질일 수 있고, 예를 들어 무기 성분들의 혼합물, 유기 성분들의 혼합물, 또는 무기 및 유기 성분들의 혼합물로 제조될 수 있다. 성분들의 혼합물로 제조된 검출층은 분석물 그룹의 개선된 검출을 제공할 수 있다. 검출층은 다공성 또는 비-다공성일 수 있다. 검출층은, 특히 흡착 매체의 층 또는 본체의 근처에 사용될 때, 바람직하게는 다공성이다. 다공성은 미국 특허 제6,573,305 B1호(썬호스트(Thunhorst) 등)에 설명되어 있는 것과 같은, 높은 내부 상 에멀전으로 제조된 발포체와 같은 다공성 재료를 사용함으로써 얻어질 수 있다. 다공성은 또한 미공성 재료를 생성하기 위한 이산화탄소 발포(문헌["Macromolecules", 2001, vol. 34, pp. 8792-8801] 참조)를 통해, 또는 중합체 블렌드의 나노상 분리(문헌["Science", 1999, vol. 283, p. 520] 참조)에 의해, 얻어질 수도 있다. 분석물의 존재의 비색 표시를 제공하는 검출층에 대하여, 기공 직경은 바람직하게는 원하는 표시기 색의 피크 파장보다 더 작다. 흡착 매체의 층 또는 본체 근처에서 사용될 검출층에 대하여, 기공은 흡착 매체의 흡착 특성과 같은 액체 또는 증기의 흡착 특성을 제공하도록 선택된 소정 범위의 기공 크기 또는 표면적을 갖는다. 예를 들어, 평균 기공 크기가 약 0.5 내지 약 20 nm, 0.5 내지 약 10 nm, 또는 0.5 내지 약 5 nm인 나노 크기의 기공이 일부 응용예에서 바람직하다.

- [0042] 대표적인 무기 검출층 재료에는 다공성 실리카, 금속 산화물, 금속 질화물, 금속 산질화물 및 광학 간섭에 의한 비색 변화와 같은 적합한 광학 응답을 생성하기에 적절한 두께의 투명한 (그리고, 원한다면 다공성인) 층으로 형성될 수 있는 다른 무기 재료가 포함된다. 예를 들어, 무기 검출층 재료는 산화규소, 질화규소, 산질화규소, 산화알루미늄, 산화티타늄, 질화티타늄, 산질화티타늄, 산화주석, 산화지르코늄, 제올라이트 또는 이들의 조합일 수 있다. 다공성 실리카가 그 강인성으로 인하여 특히 바람직한 무기 검출층 재료이다.
- [0043] 다공성 실리카는, 예를 들어 졸-겔 처리 루트를 사용하여 제조될 수 있고 유기 템플릿과 함께 또는 유기 템플릿 없이 제조될 수 있다. 예시적인 유기 템플릿은 계면 활성제, 예컨대 알킬트라이메틸암모늄염, 폴리(에틸렌 옥사이드-코-프로필렌 옥사이드) 블록 공중합체 및 당업자에게 명백할 다른 계면 활성제 또는 중합체와 같은 음이온성 또는 비이온성 계면활성제를 포함한다. 졸-겔 혼합물은 규산염으로 변환될 수 있고, 유기 템플릿은 제거되어 실리카 내에 미세기공의 네트워크를 남길 수 있다. 대표적인 다공성 실리카 재료는 문헌[Ogawa et al., Chem. Commun. pp. 1149-1150 (1996)], 크레스게(Kresge) 등의 문헌[Nature, Vol. 359, pp. 710-712 (1992)], 지아(Jia) 등의 문헌[Chemistry Letters, Vol. 33(2), pp. 202-203 (2004)] 및 미국 특허 제5,858,457호(브링커(Brinker) 등)에 설명된다. 다양한 유기 분자가 또한 유기 템플릿으로서 채용될 수 있다. 예를 들어, 포도당 및 만노스와 같은 당이 다공성 규산염을 생성하기 위한 유기 템플릿으로서 사용될 수 있다 (문헌[Wei et al., Adv. Mater.1998, Vol. 10, p. 313 (1998)] 참조). 유기 치환 실록산 또는 유기 비스-실록산이 졸-겔 조성물 내에 포함되어, 미세기공을 더 소수성으로 만들고 수증기의 흡착을 제한할 수 있다. 플라즈마 화학 기상 증착이 또한 다공성 무기 검출층을 생성하기 위해 채용될 수 있다. 이러한 방법은 대체로 기체 전구체로부터 플라즈마를 형성함으로써 분석물 검출층을 형성하는 단계와, 비정질 무작위 공유 네트워크 층을 형성하기 위해 기판 상에 플라즈마를 침착시키는 단계와, 그 다음 미공성 비정질 무작위 공유 네트워크 층을 형성하기 위해 비정질 공유 네트워크 층을 가열하는 단계를 포함한다. 그러한 재료의 예는 미국 특허 제6,312,793호(그릴(Grill) 등) 및 2005년 12월 21일자로 출원된 발명의 명칭이 '플라즈마 침착된 미공성 분석물 검출층'인 미국 특허 출원 제11/275,277호에 설명되어 있다.
- [0044] 대표적인 유기 검출층 재료는 소수성 아크릴레이트 및 메타크릴레이트, 2작용성 단량체, 비닐 단량체, 탄화수소 단량체(올레핀), 실란 단량체, 플루오르화 단량체, 하이드록실화 단량체, 아크릴아미드, 무수물, 알데히드-작용기 단량체, 아민- 또는 아민염-작용기 단량체, 산-작용기 단량체, 에폭사이드-작용기 단량체 및 이들의 혼합물 또는 조합을 포함한 단량체의 부류로부터 제조되거나 제조 가능한 중합체, (블록 공중합체를 포함한) 공중합체, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 전술한 미국 특허 출원 공개 제2004/0184948 A1호는 그러한 단량체들의 포괄적인 목록을 포함하고, 추가의 세부 사항에 대해서는 이를 참조한다. 고유 미공성을 갖는 중합체("PIM")는 특히 바람직한 검출층을 제공한다. PIM은 전형적으로 미공성 고체를 형성하는 비네트워크 중합체이다. 전형적으로 높은 강성 및 뒤튼린 분자 구조로 인해, PIM은 공간을 효율적으로 충전할 수 없어서, 개시된 미공성 구조를 제공한다. 적합한 PIM은 문헌["Polymers of intrinsic microporosity (PIMs): robust, solution-processable, organic microporous materials," Budd et al., Chem. Commun., 2004, pp. 230-231]에 개시되어 있는 중합체를 포함하지만 이에 한정되지 않는다. 추가의 PIM은 문헌[Budd et al., J. Mater. Chem., 2005, 15, pp. 1977-1986], 문헌[McKeown et al., Chem. Eur. J. 2005, 11, No. 9, 2610-2620] 및 PCT 공개 WO 2005/012397 A2호(맥켄(McKeown) 등)에 개시되어 있다.
- [0045] 유기 검출층 내의 하나 이상의 중합체들은 적어도 부분적으로 가교결합될 수 있다. 가교결합은 기계적 안정성 및 일정한 분석물에 대한 감도를 증가시킬 수 있기 때문에 몇몇 실시 형태에서 바람직할 수 있다. 가교결합은 하나 이상의 다작용성 단량체를 검출층 내로 혼입함으로써, 검출층을 예컨대 전자 빔 또는 감마 선 처리를 받게 함으로써, 검출층 내에 배위 화합물 또는 이온성 화합물을 첨가하거나 형성함으로써, 또는 검출층 내에 수소 결합을 형성함으로써, 달성될 수 있다. 하나의 예시적인 실시 형태에서, 가교결합은 이후에 가교결합된 시스템으로부터 추출되어 다공성 검출층을 생성할 수 있는 포로젠(porogen)의 존재 시에 수행된다. 적합한 포로젠은 노르말 알칸(예컨대, 데칸) 또는 방향족(예컨대, 벤젠 또는 톨루엔)과 같은 불활성 유기 분자를 포함하지만 이로 한정되지 않는다. 다른 가교결합된 중합체는 전술한 고도로 가교결합된 스티렌계 중합체를 포함한다.
- [0046] 원한다면, 검출층 재료는 그의 표면 특성 또는 흡착 특성을 개질시키도록 처리될 수 있다. 다양한 그러한 처리가, 예컨대 무기 검출층의 미세기공을 적합한 유기실란 화합물에 노출시킴으로써 채용될 수 있다. 검출층은 아울러 또는 그 대신에 인접층(예를 들어, 반사층 또는 반사층)과 검출층 사이의 접착을 증진시키기 위해 적합한 접착 증진 재료(예컨대, 티타늄 또는 다른 적합한 금속으로 제조된 결속층)로 처리될 수 있다.
- [0047] 많은 응용에서, 검출층은 바람직하게는 소수성이다. 이는 수증기(또는 액체 물)가 검출층의 광학 응답의 변화

를 일으켜서 분석물의 검출을, 예를 들어 유기 용매 증기의 검출을 방해할 가능성을 감소시킬 것이다.

[0048] 검출층은 단일 층으로부터 또는 둘 이상의 하위층으로 제조될 수 있다. 하위층들은 다양한 구성을 가질 수 있다. 예를 들어, 이들은 나란히 배열되거나 적층될 수 있다. 하위층들은 또한 상이한 분석물을 흡수하도록 선택된 상이한 재료들로 제조될 수 있다. 한 세트의 하위층들 중 하나 또는 하나의 층은 불연속적이거나 패턴화될 수 있다. 패턴은 분석물에 대한 노출 시에 착색된 이미지, 단어, 또는 메시지를 생성하거나 제거하여, 사용자에게 쉽게 확인 가능한 경고를 제공할 수 있다. 층 또는 하위층 패턴은 또한 특정 분석물에 대해 반응하는 하나 이상의 부분 및 동일한 분석물에 대해 반응하지 않는 하나 이상의 부분을 제공함으로써 형성될 수 있다. 반응성 재료의 패턴은 또한, 예컨대 분석물이 흡수될 때까지 광학 두께의 차이가 전혀 보이지 않도록 패턴화된 층을 충분히 얇게 제조함으로써, 더 큰 비반응성 하위층 상에 침착될 수 있다. 검출층의 두께는 또한, 예컨대 미국 특허 제6,010,751호(쇼(Shaw) 등)에 설명된 바와 같이, 패턴화될 수 있다. 이는 패턴이 (예를 들어, 더 얇은 부분이 더 두꺼운 부분과 동일한 두께로 팽창하는 경우) 소멸하거나 (예를 들어, 일부가 인접 부분보다 더 작은 두께로 수축하는 경우) 나타나는 것을 허용할 수 있다.

[0049] 개시된 장치는 분석물과 관련하여 다양한 관계로 구성될 수 있다. 예를 들어, 이러한 장치를 적합한 흡착 재료의 근처에 구성하여 재료를 통과하는 액체 또는 증기 유동 경로의 전체 길이를 덮도록 함으로써, 외양 변화(예를 들어, 색 변화) "파면"이 흡착 재료를 통해 장치를 지나는 액체 또는 증기의 유동과 함께 전진할 수 있다. 전진하는 외양 변화 파면은 예를 들어 (바 게이지 또는 연료 게이지와 같이) 연속적으로 흡착 재료의 잔여 사용 수명을 표시할 수 있다. 장치는 또한 단지 원하는 잔여 사용 수명 백분율로만 경고하도록 구성될 수 있다. 장치는 필요하다면 장치의 외양 변화의 시각적인 구분을 보조하기 위해 패턴 또는 기준 색을 포함할 수 있다. 언급한 바와 같이, 장치의 외양 변화는 주변 조명 하에서 시각적으로 모니터링될 수 있다. 장치는 발광 다이오드(LED)와 같은 외부 광원을 사용하여 조명될 수 있고 광전자광학적 신호를 제공하도록 광 검출기를 사용하여 평가될 수 있다. 주변 광에 의해 관찰되든지 또는 외부 광원 및 광 검출기를 사용함으로써 관찰되든지 간에, 분석물 검출의 폭은 필요하다면 다양한 방식으로 증가될 수 있다. 예를 들어, 액체 또는 증기 유동 경로를 횡단하는 표시기들의 소형 어레이가 채용될 수 있다. 각각의 표시기는 상이한 검출층 재료(예를 들어, 실리카 검출층, 플라즈마 활성화 화학 기상 증착("PCVD")에 의해 도포된 검출층, 및 PIM으로 제조된 검출층)를 포함할 수 있다. 또한, 일련의 표시기들은 일정 범위의 흡착 특성을 제공하기 위해 일련의 상이한 화학적 처리를 사용하여 처리된 동일한 검출층 재료(예컨대, 실리카)를 포함할 수 있다.

[0050] 개시된 장치는 원한다면 의도된 사용 조건 하에 존재할 것으로 예상되는 분석물을 흡수할 수 있는 흡착 매체의 근처에서 사용될 수 있다. 흡착 매체는 바람직하게는 이를 통한 관심대상의 액체 또는 증기의 신속한 유동을 허용하기에 충분히 다공성이고, 미세 분할된 고체(예를 들어, 분말, 비드, 플레이크, 결정립 또는 집괴) 또는 다공성 고체(예컨대, 개방 셀 발포체)의 형태일 수 있다. 바람직한 흡착 매체 재료는 활성탄; 흡착에 의해 관심대상의 액체 또는 증기를 제거할 수 있는 알루미늄 및 다른 금속 산화물; 아세트산과 같은 산성 용액 또는 수성 수산화나트륨과 같은 알칼리성 용액으로 처리된 점토 및 다른 광물; 분자체 및 다른 제올라이트; 실리카와 같은 다른 무기 흡착제; 및 (예를 들어, 문헌[V. A. Davankov and P. Tsyurupa, Pure and Appl. Chem., vol. 61, pp. 1881-89 (1989)] 및 문헌[L. D. Belyakova, T. I. Schevchenko, V. A. Davankov and M.P. Tsyurupa, Adv. in Colloid and Interface Sci. vol. 25, pp. 249-66, (1986)]에 설명된 바와 같은) "스타이로소브스(Styrosorbs)"로 알려진 고도로 가교결합된 스티렌계 중합체와 같은 초가교결합 시스템을 포함하는 유기 흡착제를 포함한다. 활성탄 및 알루미늄이 특히 바람직한 흡착 매체이다. 흡착 매체들의 혼합물이, 예컨대 관심대상의 액체 또는 증기의 혼합물을 흡수하도록 채용될 수 있다. 미세 분할된 형태에서라면, 흡착 입자 크기는 크게 변할 수 있고 보통은 의도된 사용 조건에 부분적으로 기초하여 선택될 것이다. 일반적인 지침으로서, 미세 분할된 흡착 매체 입자는 약 4 내지 약 3000 마이크로미터의 평균 직경, 예컨대 약 30 내지 약 1500 마이크로미터의 평균 직경으로 크기가 변할 수 있다. 상이한 크기 범위를 갖는 흡착 매체 입자들의 혼합물이 (예컨대, 흡착 매체 입자들의 이원 혼합물(bimodal mixture), 또는 상류층 내에 더 큰 흡착 입자를 그리고 하류층 내에 더 작은 흡착 입자를 채용하는 다층 배열에) 또한 채용될 수도 있다. 미국 특허 제3,971,373호(브라운(Braun) 등), 제4,208,194호(넬슨(Nelson)) 및 제4,948,639호(브루커(Brooker) 등) 및 미국 특허 출원 공개 제2006/0096911 A1호(브레이(Brey) 등)에 설명된 바와 같은, 적합한 결합제(예컨대, 결합 탄소)와 조합되거나 적합한 지지체 상에 또는 그 내에 포획된 흡착 매체가 또한 채용될 수 있다.

[0051] 개시된 장치는 강성 또는 가요성일 수 있다. 가요성 장치는 바람직하게는 파단되지 않으면서 충분히 굽혀질 수 있어서 하나 이상의 롤 처리 단계를 사용하여 제조될 수 있으며, 필요하다면 사용 시에, 예컨대 카트리지 또는 다른 인클로저 내부의 둘레에 굴곡될 수 있다. 장치는 필름 또는 다량 접착제, 기계식 삽입체, 열 결합, 초음

과 용접 및 이들의 조합을 포함한, 다양한 기술을 사용하여 지지체 또는 다른 구성요소에 부착될 수 있다.

[0052] 지지체는 선택적이지만, 존재할 때, 개시된 장치에 대해 적합하게 투명한 지지체를 제공할 수 있는 다양한 재료로 제조될 수 있다. 기관은 강성(예컨대, 유리) 또는 가요성(예컨대, 하나 이상의 물 처리 단계에서 취급될 수 있는 플라스틱 필름)일 수 있다. 적합하게 투명한 플라스틱과 같은 가요성 재료로 제조하는 경우, 기관은 바람직하게는 관심대상의 액체(들) 또는 증기(들)가 기관을 통해 개시된 장치 내로 또는 그로부터 투과되지 않기에 충분히 낮은 액체- 또는 증기-침투성을 가질 수 있다. 다공성 기관은, 예를 들어, 개시된 장치와 흡착 매체의 층 또는 본체 사이에 위치될 수 있다.

[0053] 일부 개시된 장치는 반반사층과 반사층 둘 모두를 포함한다. 반반사층과 반사층 중 하나 또는 둘 모두는 금속 나노입자의 용액 또는 현탁액을 사용하여 제조될 수 있다. 반반사층 또는 반사층은 각각 확산 또는 바람직하게는 경면 광 반사를 제공하며 필요하다면 시각적으로 쉽게 인식 가능한 표시기 외양 변화를 제공하기에 적절하게 이격될 때 협동할 수 있는 다양한 다른 재료들로 제조될 수 있다. 적합한 반반사층 및 반사층 재료는 알루미늄, 크롬, 금, 니켈, 규소, 은, 팔라듐, 백금, 티타늄 및 그러한 금속들을 함유하는 합금과 같은 금속; 산화크롬, 산화티타늄 및 산화알루미늄과 같은 금속 산화물; 및 미국 특허 제5,699,188호(길버트(Gilbert) 등), 제5,882,774호(존자(Jonza) 등) 및 제6,049,419호(휘틀리(Wheatley) 등), 및 PCT 출원 공개 WO 97/01778호(오우더커크(Ouderkerk) 등)에 설명되어 있는 (복굴절성 다층 광학 필름을 포함한) 다층 광학 필름을 포함한다. 반반사층 및 반사층은 동일하거나 상이할 수 있다. 필요하다면, 불연속성이 형상, 문자, 부호 또는 메시지의 패턴으로 반반사층 또는 반사층 중 하나 또는 둘 모두에 형성될 수 있다. 이는 관심대상의 증기(들)에 대한 노출 시에 구분 가능한 패턴이 나타나거나 사라지게 할 수 있다. 관찰자는 전체 장치의 비색 변화를 구분하는 것보다 그러한 패턴의 대조 색을 구분하는 것을 더 쉽게 알 수 있다. 사용시, 반반사층은 반사층보다 덜 반사성이고, 일부 입사광을 투과시킨다. 반반사층은, 예를 들어, 물리적 두께가 약 2 내지 약 50 nm이고, 광 투과율이 500 nm에서 약 20 내지 약 80%이고, 반사율이 500 nm에서 약 80 내지 약 20%이다. 반사층은, 예를 들어, 물리적 두께가 약 1 내지 약 500 nm이고, 광 투과율이 500 nm에서 약 0 내지 약 80%이고, 반사율이 500 nm에서 약 100 내지 약 20%이다. 쌍을 이룬 반반사층과 반사층의 면들은 바람직하게는 약 ± 10 nm 이내로 편평하다.

[0054] 개시된 장치는 필요하다면 추가의 층 또는 요소를 포함할 수 있다. 예를 들어, (예컨대, 전술한 미국 특허 제4,208,194호에 설명된 바와 같은 섬유화된 PTFE의 매트릭스 내에 활성탄 입자가 매립된 웹브인) 흡착제 장입 복합체의 다공성 층이 반반사층 또는 반사층과 흡착 매체의 층 또는 본체 사이에 위치되어, 장치 내로 침투하는 증기를 균질화하거나 또는 그와 달리 흡착 매체 내의 상태에 대한 광학적 응답을 완화시킬 수 있다.

[0055] 개시된 장치는 화학 또는 생물학적 센서, 유기 증기 호흡기, 동력식 공기 정화 호흡기(PAPR), 방호복, 수집형 보호 필터 및 당업자에게 친숙할 다른 적용예를 포함하는 다양한 적용예에 대해 사용될 수 있다.

[0056] 본 발명은 하기의 예시적 실시예에서 추가로 설명되는 데, 여기서 모든 부 및 백분율은 달리 표시되지 않으면 중량에 의한 것이다. 하기 표 1에 도시된 약어는 몇몇 실시예에서 사용된다.

표 1

약어	설명
BC	비스-카테콜; 5,5',6,6'-테트라하이드록시-3,3,3',3'-테트라메틸-1,1'-스피로비스인단
FA	플루오르화 아렌; 테트라플루오로테레프탈로니트릴
DMF	N,N-다이메틸포름아미드
THF	테트라하이드로퓨란

[0057]

[0058] 실시예 1

[0059] 검출층으로서 고유 미공성 중합체(PIM), Au/Pd 반반사층, 및 은 나노입자 증기-침투성 반사층을 사용하여 박막 표시기를 제조하였다. PIM 중합체는 대체로 문헌[Budd et al. in Advanced Materials, 2004, Vol. 16, No. 5, pp. 456-459]에 보고되어 있는 절차에 따라 단량체 BC 및 FA로 제조하였다. 9.0 그램의 BC를 5.28 g의 FA, 18.0 g의 탄산칼륨, 및 120 밀리리터의 DMF와 조합하고, 혼합물을 70℃에서 24시간 동안 반응시켰다. 생성된 중합체를 THF 내에 용해시키고, 메탄올로부터 3회 침전시키고, 그 다음 실온 진공 하에서 건조시켰다. 분자량(Mw)이 61,800인 황색 고체 생성물을 얻었다.

[0060] 60:40 Au/Pd 질량비로 Au/Pd 타겟을 구비한 덴톤 배큘(Denton Vacuum)으로부터의 덴톤 배큘 데스크(DENTON™ Vacuum Desk) II 스퍼터 코팅기를 사용하여, 유리 슬라이드를 5 nm 두께의 Au/Pd 층으로 스퍼터 코팅하였다. 스퍼터 코팅 전력 및 코팅 지속 시간은 13.3 Pa(100 밀리토르)의 진공 하에서, 각각 35 밀리암페어 및 20초였다. 그 다음, PIM 중합체를 750 rpm으로 Au/Pd 층 상에 코팅된 클로로벤젠 내의 전술한 PIM 중합체의 4% 용액을 사용하여 Au/Pd 층 상에 스핀 코팅하였다. 다음으로, PIM 중합체 층에 은 나노입자 현탁액을 도포함으로써 2개의 상이한 표시기를 제조하였다. 표시기 A를 해리마 코포레이션(Harima Corporation)으로부터의 NPS-J 은 나노입자 현탁액(테트라데칸 중의 60%)을 사용하여 제조하였다. 입자들의 투과 전자 현미경(TEM) 분석이 대략 2 내지 10 nm 직경의 크기 분포를 나타내었다. 0.08 g 양의 얻어진 그대로의 나노입자 현탁액을 2 밀리리터의 헵탄과 혼합하여 약 3.3% 은을 함유하는 희석된 현탁액을 제공하였다. 희석된 현탁액을 500 rpm으로 PIM 필름 상에 스핀 코팅하여 100 nm 두께의 알루미늄 기준층에 대해 500 nm에서 약 62%의 반사율을 갖는 증기-침투성 반사층을 제공하였다. 표시기 B를 니폰 페인트(아메리카) 코포레이션(Nippon Paint (America) Corporation)으로부터의 SVE 102 은 나노입자 현탁액(에탄올 중의 30%, 30 nm 평균 입자 직경)을 사용하여 제조하였다. 0.7 g 양의 이러한 얻어진 그대로의 현탁액을 2 밀리리터의 에탄올과 혼합하여 약 9.1% 은을 함유하는 희석된 현탁액을 제공하였다. 희석된 현탁액을 1000 rpm으로 PIM 필름 상에 스핀 코팅하여 100 nm 두께의 알루미늄 기준층에 대해 500 nm에서 약 70%의 반사율을 갖는 증기-침투성 나노입자 반사층을 제공하였다.

[0061] 유기 증기의 흡착에 대해 미공성 탄소와 경쟁하는 생성된 박막 표시기의 능력을 평가하기 위해, 증기-침투성 나노입자 반사층이 웨브 및 이의 미공성 탄소와 접촉하게 하면서, 표시기를 탄소 장입 블로운 마이크로섬유(BMF) 부직 웨브의 작은 조각 상에 위치시켰다. 탄소 장입 BMF 웨브는 미국 특허 출원 공개 제2006/0096911 A1호(브레이 등)에 설명된 바와 같이 제조된, (헌츠만 인터내셔널 엘엘씨(Huntsman International LLC)로부터의) 이로그란(IROGRAN™) PS 440-200 열가소성 폴리우레탄으로 제조된 탄성 섬유질 웨브 전체에 분산된, (퍼시픽 액티베이트드 카본 컴퍼니(Pacific Activated Carbon Co.)로부터의) 코코넛 껍질로부터 유도된 40 × 140 메시 활성탄 미립자를 함유하였다. 섬유질 웨브는 유효 섬유 직경이 17 마이크로미터이고 탄소 장입 수준이 약 0.22 g/m² 탄소 밀도에 대응하는 500 g/m²이었다. 32 ℓ/min으로 유동하는 1000 ppm의 사이클로헥산과 평형을 이룰 때, 이러한 부직포 웨브 층 내의 탄소는 탄소 1g당 약 0.21 g의 사이클로헥산을 흡착한다. 톨루엔 증기가 탄소 장입층을 통해 표시기를 지나 통과하면서 표시기를 분광계 및 광섬유 반사 프로브를 사용하여 조명하고 유리 기판을 통해 관찰하였다. 도 7에서, 곡선 A 및 곡선 B는 각각 표시기 A에서 초기 신호 및 50 ppm 톨루엔에서의 신호를 나타낸다. 유사하게, 도 8에서, 곡선 A 및 곡선 B는 각각 표시기 B에서 초기 신호 및 50 ppm 톨루엔에서의 신호를 나타낸다. 표시기 A는 50 ppm 톨루엔이 침입하였을 때 (약 564 nm로부터 약 584 nm로) 약 20 nm의 피크 신호 파장 변이를 나타내었다. 표시기 B는 50 ppm 톨루엔이 침입하였을 때 (약 544 nm로부터 약 561 nm로) 약 17 nm의 피크 신호 파장 변이를 나타내었다. 표시기 A 및 B는 둘 모두 미공성 탄소와 열역학적 경쟁 상태에 있을 때 그의 흡착 기능을 유지하였다.

[0062] 실시예 2

[0063] 실시예 1의 방법을 사용하여, 1 mm 두께의 유리 슬라이드를 5 nm 두께의 Au/Pd 층으로 스퍼터 코팅하고, 이어서 Au/Pd 층 상에 PIM 중합체의 층을 (1500 rpm으로) 스핀 코팅하였다. 실시예 1(표시기 B)의 방법을 사용하여, 희석된 SVE 102 은 나노입자 현탁액을 PIM 필름 상에 스핀 코팅하여, 증기-침투성 나노입자 반사층을 제공하였다. 생성된 박막 표시기는 유리 슬라이드를 통해 시각적으로 관찰될 때 녹색색 외양을 가졌다. 다이맥스 코포레이션(Dymax Corporation)으로부터의 다이맥스(DYMAX™) No. OP-4-20641A UV-경화 광학 접착제를 사용하여 증기-침투성 나노입자 반사층이 카트리지 내부를 향하게 하면서 투명한 폴리카르보네이트 수지로 제조된 여과 카트리지의 내부 측벽에 표시기를 접착하였다. 카트리지를 45.7 g의 활성탄 흡착제로 충전하였다. 여러 작은 구멍을 표시기 바로 위의 상류에서 카트리지 커버에 뚫어서 표시기/흡착제 베드 계면에서 적절한 증기 유동을 보장하였다. 카트리지에는 64 ℓ/min으로 유동하는 건조 공기(<3% RH) 내의 50 ppm 톨루엔이 침입하였다. 1 mm 미만의 조명 스폿 직경을 갖는 광섬유 반사 프로브 및 오션 옵틱스(Ocean Optics) 분광기를 사용하여, 베드 깊이의 50-60%에서 폴리카르보네이트 카트리지 본체를 통해 표시기를 모니터링하였다. 톨루엔 침입 시작 후 6 내지 16시간에, 표시기는 총 14 nm에 달하는 색상의 점진적인 적색 변이를 보였다. 카트리지 내에서의 표시기의 위치를 고려하면, 표시기 응답의 시점 및 크기는 카트리지 출구에 위치한 RAE 시스템즈 인크.(Systems Inc.)로부터의 멀티라(MULTIRAE™) IR 광이온화 검출기를 사용하여 얻어진 개별적으로 수집된 농도 데이터와 일치하였다. 표시기 데이터 및 IR 광이온화 검출기 데이터가 도 9에 도시되어 있다.

[0064] 제2 카트리지를 동일한 방식으로 조립하였고 64 ℓ/min으로 유동하는 건조 공기(<3% RH) 내의 500 ppm 스티렌이 침입하였다. 디지털 블루 코포레이션(Digital Blue Corporation)으로부터의 QX5™ 컴퓨터 현미경을 표시기가

관찰될 때 초기에 녹색으로 나타나도록 각도를 조절하였고, 스티렌 증기가 침입될 때 표시기의 외양을 기록하는데 사용하였다. 침입이 진행함에 따라, 표시기의 초기 녹색 색상은 카트리지 입구로부터 이의 출구를 향해 이동되는 색 변화 파면을 따라 오렌지색으로 변했다. 초기 녹색 색상의 RGB 히스토그램은 $r=145$, $g=191$, 및 $b=121$ 의 평균 값을 회복하였다. 표시기가 녹색으로부터 오렌지색으로 변화됨으로써 스티렌 증기에 응답한 후, 히스토그램 값은 $r=208$, $g=179$, 및 $b=127$ 이었다. 도 10은 실험 도중 표시기 색상의 흑백 렌더링을 도시하고, 증기 파면 진행 및 외양을 도시한다. 녹색 및 오렌지색의 가시 부분은 문자 G 및 O로 표시되어 있고, 파면은 문자 W로 표시되어 있고, 스티렌 유동 방향은 문자 S로 표시되어 있다.

[0065] 실시예 3

[0066] 실시예 1의 방법을 사용하여, PIM 중합체를 단량체 BC 및 FA로 제조하였다. 0.001 Pa (1×10^{-5} 토르)의 기본 압력에서 작동되는 CHA 인더스트리즈 마크-50 증발기 및 No. T-2003 티타늄 펠렛(세탁 잉크.로부터의, 99.995% 순도, $6 \times 6 \text{ mm}$)을 사용하여, 세척된 유리 슬라이드를 10 nm 두께의 반반사 Ti 층으로 금속화하였다. 클로로벤젠 중의 4 % PIM 중합체 용액을 Ti 층 상에 1000 rpm 으로 스핀 코팅하였다. 실시예 1(표시기 B)의 방법을 사용하여, 희석된 SVE 102 은 나노입자 현탁액을 PIM 필름 상에 스핀 코팅하여, 증기-침투성 반사층을 제공하였다. 은 나노입자 침착에 이어서, 필름 샘플을 150°C 에서 1시간 동안 공기 중에서 가열하였다. 생성된 박막 표시기는 유리 슬라이드를 통해 시각적으로 관찰할 때 녹색 외양을 가졌다. 다이맥스 No. OP-4-20641A UV-경화 광학 접착제를 사용하여 추가의 유리 슬라이드 층에 표시기를 접착하였다. 생성된 유리 슬라이드 스택을 투명한 폴리카르보네이트 플라스틱으로 제조된 여과 카트리지의 내부 측벽에 접착하였다. 다음으로, 미국 특허 제 4,153,661호(리(Ree) 등)에 설명되어 있는 것과 미국 특허 제 4,208,194호의 실시예 1과 같은 방법을 사용하여, 수성 폴리테트라플루오로에틸렌("PTFE") 입자 분산액을 미세하게 분쇄된 활성탄 입자와 조합하여 반죽(dough)을 형성하였다. 반죽을 밀링하여 건조시켰지만, 캘린더링은 하지 않아서, 섬유화된 PTFE의 매트릭스 내에 활성탄 입자가 매립된 복합 웹를 제공하였다. 탄소 복합 웹의 층을 유리 슬라이드 스택의 상부 모서리에 부착하고 접어 내려서 다공성 나노입자 반사층을 덮었다. 그 다음 잔여 여과 카트리지 체적을 45.8 g 의 활성탄 흡착제로 충전하였다. 여러 작은 구멍을 표시기 바로 위의 상류에서 카트리지 커버에 뚫어서 표시기/흡착제 베드 계면에서 적절한 증기 유동을 보장하였다. 카트리지에는 32 l/min 유량의 건조 공기(<3% RH) 내의 200 ppm 스티렌이 침입하였다. 주변 조명을 사용하여, (트렌드넷 컴퍼니(TRENDnet Company)로부터의) 트렌드넷(TRENDnet™) 모델 TV-IP201W 무선 카메라를 표시기가 관찰될 때 초기에 녹색으로 보이도록 각도를 조절하고, 스티렌 증기가 침입할 때 표시기의 외양을 기록하도록 사용하였다. 실험이 진행함에 따라, 색 변화가 먼저 여과 카트리지 입구 부근에서 나타나서 카트리지 출구를 향해 이동하면서, 표시기 색은 초기 녹색으로부터 심적색으로 변화하였다. 증기 유동이 정지되었을 때, 파면은 다소 흐려지지만, 카트리지 출구에 더 가까이 또는 그로부터 더 멀리 이동하지는 않았다. 초기 녹색의 RGB 히스토그램은 $r=30$, $g=99$, 및 $b=51$ 의 평균 값을 회복하였다. 표시기가 녹색을 적색으로 변화시킴으로써 스티렌 증기에 대해 응답한 후, 히스토그램 값은 $r=97$, $g=56$, 및 $b=66$ 이었다. 도 11은 실험 도중 표시기 색상의 흑백 렌더링을 도시하고, 증기 파면 진행 및 외양을 도시한다. 탄소 흡착제는 문자 C로 표시되어 있고, 녹색 및 적색의 시각적 표시기 부분은 문자 G 및 R로 표시되어 있고, 파면은 문자 W로 표시되어 있고, 스티렌 유동 방향은 문자 S로 표시되어 있다. 파면은 표시기와 흡착 매체 사이에 탄소 복합 웹를 포함하지 않는 여과 카트리지를 포함한, 도 10의 파면보다 현저히 더 균일하였다.

[0067] 실시예 4

[0068] 실시예 3의 방법을 사용하여, 10 nm 두께의 티타늄 반반사층을 세척된 유리 슬라이드 상에 증발 코팅하였다. 다음으로, Ti-코팅 유리 슬라이드를 평면 전극 상에 장착하였다. 이번에는 전극을 건식 기계 펌프 및 루츠(Roots) 송풍기와 직렬인 터보 분자 펌프를 구비한 알루미늄 진공 챔버에 장착하였다. 챔버를 폐쇄하고, 0.07 Pa (0.0005 토르)의 기본 압력으로 펌핑하였다. 테트라메틸실란, 산소 및 부타디엔 기체의 혼합물을 분당 100 표준 입방 센티미터/분(sccm), 100 sccm 및 160 sccm 의 각각의 유량으로 챔버 내로 도입하였다. (플라즈마썸 잉크.(PlasmaTherm Inc.)로부터의) 모델 AMN3000 임피던스 매칭 네트워크를 통해 작동하는(RF 파워 프로덕츠(RF Power Products)로부터의) 모델 RF50S 무선 주파수 전원 장치를 사용하여 평면 전극에 전력을 공급함으로써 플라즈마를 형성하였다. 플라즈마가 작동 중인 동안, 송출되는 전력을 75 와트 로 유지하였고, 챔버 압력을 4.93 Pa (37 밀리토르)로 유지하였다. 침착을 14 분 동안 수행하여, 0.768 마이크로미터의 두께를 갖는 플라즈마 침착 유기 박막을 생성하였다. 플라즈마 침착 박막을 진공 노 내에서 450°C 의 온도로 1시간 동안 어닐링하여, 티타늄 반반사층 위에 미공성 박막 검출층을 제공하였다. 0.0475 g 양의 메탄올 내의 실버 나노잉크(SILVER NANOINK™)은 나노입자 슬러리(한국의 어드밴스트 나노 프로덕츠 코., 엘티디(Advanced Nano Products Co., Ltd)로부터의 Lot S Ag 031027W)를 추가의 2 밀리리터 메탄올로 희석하여 희석된 현탁액을 제공하고 박막 검출

층 상에 1500 rpm으로 스핀 코팅되었다. 생성된 스핀 코팅된 은 나노입자 층을 건조시켜서, 박막 검출층 상부에 증기-침투성 박막 은 나노입자 반사층을 생성하였다.

[0069] 유기 증기의 흡착에 대해 미공성 탄소와 경쟁하는 생성된 표시기의 능력을 평가하기 위해, 침투성 나노입자 반사층이 탄소 복합 웹과 접촉하게 하면서, 표시기를 실시예 3에서 채용된 탄소 복합 웹의 작은 조각 위에 위치시켰다. 분광기 및 광섬유 반사 프로브를 사용하여 유리 기판을 통해 표시기 외양을 관찰하여, 센서의 색상을 평가하였다. 센서를 탄소 복합 웹을 통과하는 톨루엔, 메틸 에틸 케톤 및 에틸벤젠 증기 흐름에 노출시켰다. 톨루엔 및 메틸 에틸 케톤 흐름은 5% 미만의 상대 습도로 유지하였고, 에틸벤젠 흐름은 82%의 상대 습도로 유지하였다. 결과가 도 12에 도시되어 있으며, 여기서 곡선 A, C 및 D는 관찰된 파장 변이에 대한 메틸 에틸 케톤, 톨루엔 및 에틸벤젠 증기 농도를 각각 도시하고, 곡선 B는 탄소 복합 웹이 채용되지 않은 경우 관찰된 파장 변이에 대한 톨루엔 증기 농도를 도시한다. 도 12의 결과는 개시된 표시기가 모든 증기에 대해 상당한 파장 변이를 나타내었음을 보여준다. 곡선 B 및 C는 개시된 표시기가 200 ppm 증기 농도에서 약 6 내지 16 nm의 파장 변이 및 2000 ppm 증기 농도에서 약 12 내지 21 nm의 파장 변이를 보였다는 것을 도시한다. 곡선 B 및 C는 또한 개시된 표시기 내의 다공성 검출층이 심지어 미공성 탄소와 열역학적 경쟁 상태에 있을 때에도 그의 흡착 능력을 유지하였다는 것을 도시한다.

[0070] 실시예 5

[0071] 실시예 1의 방법을 사용하여, PIM 중합체를 단량체 BC 및 FA로 제조하였다. $0.001 \text{ Pa}(1 \times 10^{-5} \text{ 토르})$ 의 기본 압력에서 작동되는 CHA 인더스트리즈 마크-50 증발기 및 No. T-2003 티타늄 펠렛을 사용하여, 세척된 유리 슬라이드를 10 nm 두께의 Ti 반반사층으로 금속화하였다. 클로로벤젠 중의 4 % PIM 중합체 용액을 Ti 층 상에 2000 rpm으로 스핀 코팅하였다. 실시예 1(표시기 B)의 방법을 사용하여, 희석된 SVE 102 은 나노입자 현탁액을 PIM 필름 상에 스핀 코팅하고 실온 진공 하에서 12시간 동안 건조시켜서 티타늄 반반사층과 증기-침투성 금속 나노입자 반사층 사이에 위치한 PIM 검출층을 구비한 다층 박막 표시기를 제공하였다. 표시기는 유리 슬라이드 및 반반사층을 통해 시각적으로 관찰할 때 녹색 외양을 가졌다.

[0072] 유기 증기의 흡착에 대해 미세다공성 탄소와 경쟁하는 표시기의 능력을 평가하기 위하여, 미국 특허 출원 공개 제2006/0096911 A1호(브레이 등)에 설명된 바와 같이 제조된, (헨츠만 인터내셔널 엘엘씨로부터의) 이로그란 PS 440-200 열가소성 폴리우레탄으로 제조된 탄성 섬유질 웹 전체에 분산된, (퍼시픽 액티베이트드 카본 컴퍼니로부터의) 코코넛 껍질로부터 유도된 약 500 g/m^2 (약 0.22 g/cc 의 유효 탄소 밀도에 대응)의 40×140 메시 활성탄 미립자를 함유하는 탄소 장입 부직 웹의 작은 조각 상에 표시기를 위치시켰다. 32 l/min 으로 유동하는 1000 ppm의 사이클로헥산과 평형을 이룰 때, 층 내의 탄소는 탄소 1g당 0.21 g의 사이클로헥산을 흡착한다. 표시기 외양을 분광기 및 광섬유 반사 프로브를 사용하여 유리 기판을 통해 관찰하였고, 건조 공기(<3% RH) 내에서 그리고 85% 상대 습도에서 측정하였다. 표시기는 건조 공기 내에서의 결과에 비해 85% 상대 습도에서 단지 3 nm 분광 변이만을 보였으며, 그에 따라서 표시기가 높은 습도 조건에 대해 대체로 불감성인 것으로 입증되었다. 다음으로, 85% 상대 습도 분위기를 유지하면서, 탄소 장입 부직포 웹을 20 ppm의 스티렌 증기에 노출시켰다. 표시기는 23 nm 분광 변이를 보여서, 습한 분석물 흐름에 노출되는 미공성 탄소와 열역학적 경쟁 상태에 있을 때 표시기가 그의 흡착 기능을 유지했다는 것이 입증되었다.

[0073] 실시예 6

[0074] 실시예 5의 방법을 사용하여, 10 nm 두께의 티타늄 반반사층을 2개의 세척된 유리 슬라이드 상에 증발 코팅하였다. 중량 평균 분자량(M_w)이 62,900인 PIM 중합체를 실시예 1의 방법 및 단량체 BC 및 FA를 사용하여 제조하였다. 60/40 클로로벤젠/테트라하이드로피란 혼합물 중의 3.2 % PIM 중합체 용액을 코팅된 유리 슬라이드의 Ti 층 상에 1000 rpm으로 스핀 코팅하였다. 1.0 g 양의 실버젯(SILVERJET™) DGP 40LT-25C 은 나노입자(메탄올 중의 43.25 %, 한국의 어드밴스트 나노 프로덕츠 코., 엘티디.)를 2 밀리리터 메탄올에 첨가하여, 16.8% 고형분을 함유하는 희석된 현탁액을 제공하였다. 희석된 현탁액을 각각의 코팅된 슬라이드 상의 PIM 층 상에 600 rpm으로 스핀 코팅하였다. 그 다음, 하나의 슬라이드를 공기 건조시키고 표시기 A라고 하였다. 다른 슬라이드를 150°C 에서 1시간 동안 공기 중에서 가열하여, 은 입자를 부분적으로 소결시켜서, 표시기 B라고 하였다. 표시기 B는 100 nm 두께의 알루미늄 기준층에 대해 500 nm에서 약 39%의 반사율을 가졌다.

[0075] 유기 증기의 흡착에 대해 미공성 탄소와 경쟁하는 표시기 둘 모두의 능력을 평가하기 위해, 침투성 나노입자 반사기가 탄소 장입 웹과 접촉한 상태로, 각 슬라이드의 코팅된 면을 실시예 2에 사용된 탄소 장입 웹(94)의 작은 조각에 대향하여 위치시켰다. 분광기 및 광섬유 반사 프로브를 사용하여 유리 기판 및 반반사층을 통해 표시기를 관찰하였다. 표시기를 탄소 장입 웹을 통과하는 50 ppm 톨루엔 증기 흐름에 노출시켰다. 표시기 A

에 대한 분광 피크는 532 nm로부터 558 nm로 변이하고, 표시기 B에 대한 분광 최소치는 609 nm로부터 629 nm로 변이하여, 각각의 경우에, 표시기가 미공성 탄소와 열역학적 경쟁 상태에 있을 때 흡착 기능을 유지했다는 것이 입증되었다.

[0076] 배경기술 부분에 인용된 것을 비롯하여 상기 인용된 모든 특허 및 특허 출원은 전체적으로 본 명세서에서 참고로 포함된다. 상충하는 경우, 본 명세서가 우선한다.

[0077] 본 발명의 많은 실시 형태가 설명되었다. 그럼에도 불구하고, 본 발명으로부터 벗어남이 없이 다양한 변형이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 다른 실시 형태도 하기 청구의 범위의 범주 이내이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명에 따른, 반연속 증기-침투성 반반사성 금속 나노입자 층을 갖는 박막 다층 표시기의 개략 단면도.

[0009] 도 2는 본 발명에 따른, 비연속 증기-침투성 반반사성 금속 나노입자 층을 갖는 박막 다층 표시기의 개략 단면도.

[0010] 도 3은 본 발명에 따른, 증기-침투성 반사성 금속 나노입자 층을 갖는 박막 다층 표시기의 개략 단면도.

[0011] 도 4 내지 도 6은 다양한 흡착 매체의 근처에 장착된 박막 다층 표시기의 개략 측단면도.

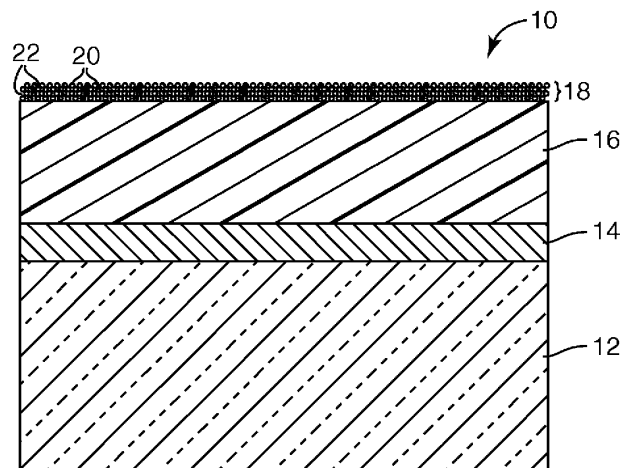
[0012] 도 7 내지 도 9는 톨루엔 시도(challenge)에 대한 다양한 박막 다층 표시기들의 응답을 도시하는 플롯(plot).

[0013] 도 10 내지 도 11은 박막 다층 표시기를 가로질러 이동하는 유색 파면(colored wavefront)의 흑백 표현(rendering).

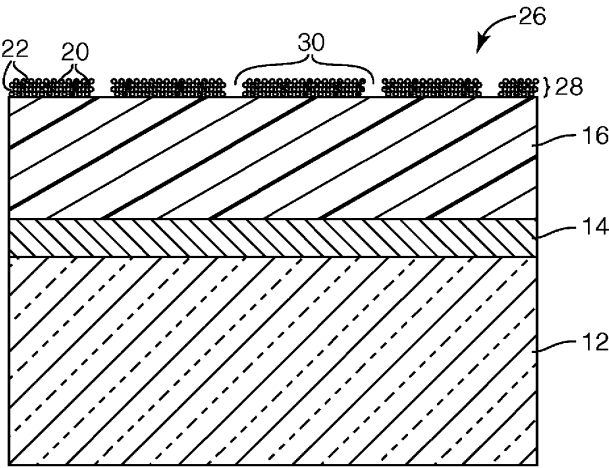
[0014] 도 12는 몇몇 증기에 의한 시도에 대한 박막 다층 표시기의 응답을 도시하는 플롯.

도면

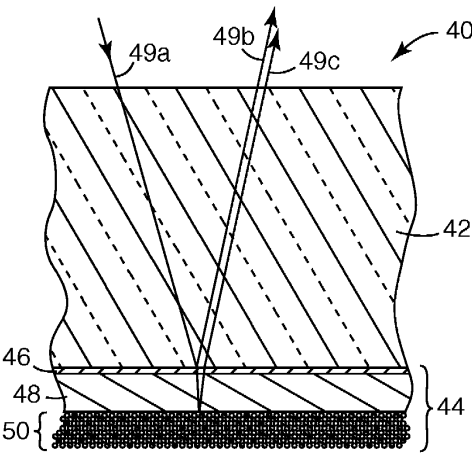
도면1



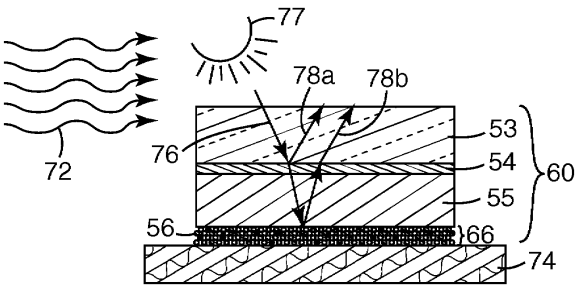
도면2



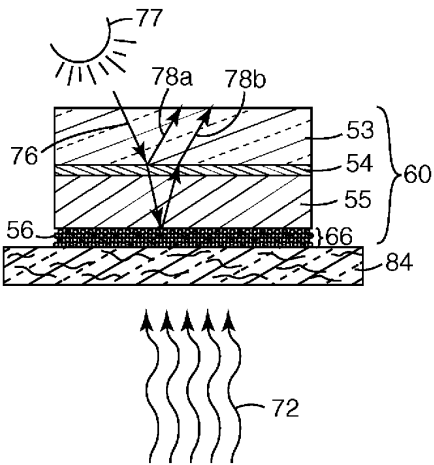
도면3



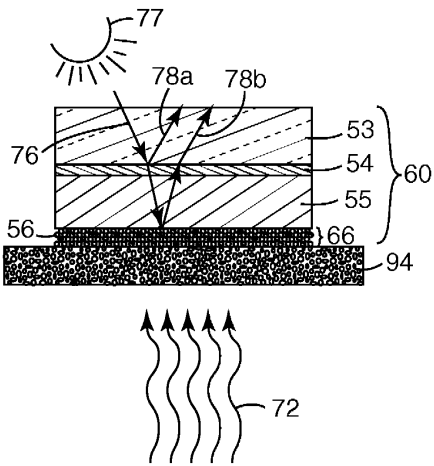
도면4



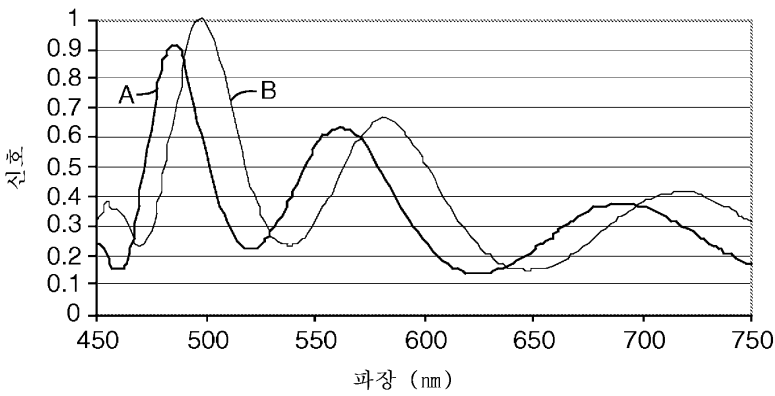
도면5



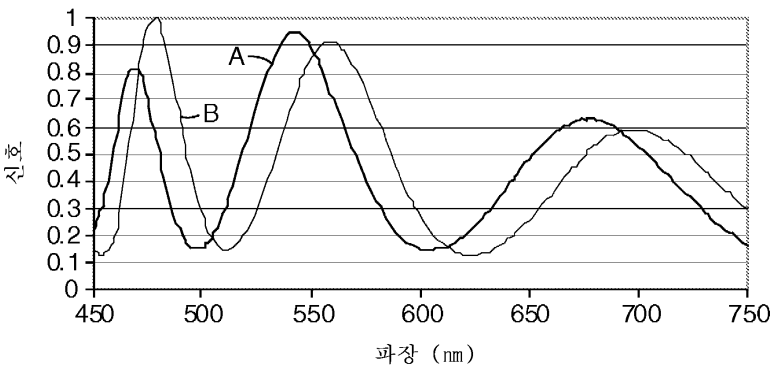
도면6



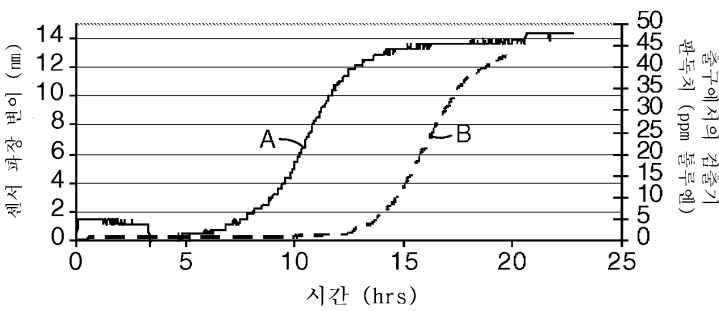
도면7



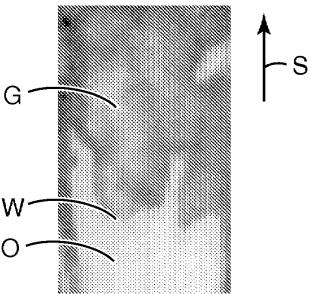
도면8



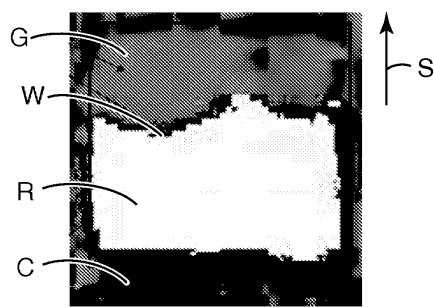
도면9



도면10



도면11



도면12

