



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월24일

(11) 등록번호 10-1476487

(24) 등록일자 2014년12월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

*G01N 27/02* (2006.01)    *G01N 27/26* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7009860

(22) 출원일자(국제) 2008년09월30일

심사청구일자 2013년06월21일

(85) 번역문제출일자 2010년05월04일

(65) 공개번호 10-2010-0087315

(43) 공개일자 2010년08월04일

(86) 국제출원번호 PCT/US2008/078281

(87) 국제공개번호 WO 2009/046011

국제공개일자 2009년04월09일

(30) 우선권주장

60/977,715 2007년10월05일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP06281610 A

US06312793 B1

W02007075443 A1

US20060246273 A1

전체 청구항 수 : 총 3 항

(73) 특허권자

쓰리엠 이노베이티브 프로퍼티즈 컴파니

미국 55133-3427 미네소타주 세인트 폴 피.오.박  
스 33427 쓰리엠 센터

(72) 발명자

데이비드 모세스 엠

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

그리스카 스테판 에이치

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

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 김영

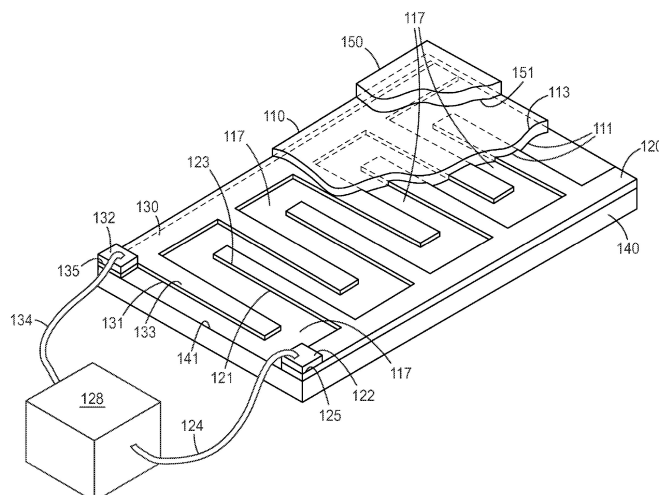
심사관 : 김기현

(54) 발명의 명칭 플라즈마-증착된 미공성 층을 포함하는 유기 화학적 센서와, 제조 및 사용 방법

(57) 요약

본 출원인은 제1 전극과 제2 전극; 및 제1 전극과 제2 전극에 적어도 근접하여 배치된 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체 물질을 포함하는, 유기 화학적 분석물을 감지하기 위한 감지 소자를 개시한다. 분석물-반응성 유전체 물질은 약 10 nm 미만의 평균 기공 크기 및 적어도 약 20%의 다공도를 포함하는 비정질 랜덤 공유 망상조직일 수 있다. 유기 화학적 분석물을 감지하기 위하여 감지 소자의 전기적 특성, 예를 들어 커패시턴스가 감시될 수 있다.

## 대표도 - 도3



(72) 발명자

**오브라이언 넬슨 비 주니어**

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

**라코우 닐 에이**

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

**웬드랜드 마이클 에스**

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

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

유기 화학적 분석물을 감지하기 위한 센서로서,

제1 전극과 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극에 적어도 근접하여 배치된 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체(dielectric) 물질 - 상기 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체 물질은 30% 내지 100%의 탄소를 포함하며 평균 기공 크기가 0.3 nm 내지 10 nm이고 다공도(porosity)가 20% 내지 90%인 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함함 - 을 포함하는 감지 소자; 및

제1 전극 및 제2 전극과 전기적으로 연통하고, 제1 전극 및 제2 전극에 전압을 인가할 수 있으며, 감지 소자의 전기적 특성에서의 변화를 검출할 수 있는 조작 회로(operating circuit)

를 포함하는 센서.

### 청구항 2

유기 화학적 분석물 감지 소자의 제조 방법으로서,

기판에 전도성 층을 제공하는 단계;

유기실란, 산소 및 탄화수소를 포함하는 가스 혼합물로부터 플라즈마를 형성하는 단계;

상부에 전도성 층을 갖는 기판을 플라즈마에 노출시켜, 30% 내지 100%의 탄소를 포함하고 규소, 수소 및 산소를 추가로 포함하는 비정질 랜덤 공유 망상조직 층이 전도성 층의 상부에 형성되게 하는 단계;

비정질 랜덤 공유 망상조직을 가열하여, 평균 기공 크기가 0.3 nm 내지 10 nm이고 다공도가 20% 내지 90%인 미공성, 소수성, 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함하는 분석물-반응성 유전체 층을 형성하는 단계; 및

분석물-반응성 유전체 층의 상부에 제2 전도성 층을 침착시키는 단계

를 포함하는 방법.

### 청구항 3

유기 화학적 분석물 감지 소자의 제조 방법으로서,

사이에 공간을 가지고서 상호맞물림형(interdigitated) 형태로 있는 제1 전도성 전극 및 제2 전도성 전극을 기판에 제공하는 단계;

유기실란, 산소 및 탄화수소를 포함하는 가스 혼합물로부터 플라즈마를 형성하는 단계;

상부에 전도성 전극들을 갖는 기판을 플라즈마에 노출시켜, 30% 내지 100%의 탄소를 포함하고 규소, 수소 및 산소를 추가로 포함하는 비정질 랜덤 공유 망상조직 층이 상호맞물림형 전극들 사이의 공간 내에 형성되게 하는 단계;

비정질 랜덤 공유 망상조직을 가열하여, 평균 기공 크기가 0.3 nm 내지 10 nm이고 다공도가 20% 내지 90%인 미공성, 소수성, 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함하는 분석물-반응성 유전체 층을 형성하는 단계

를 포함하는 방법.

### 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

**명세서**

**배경기술**

[0001]

화학적 분석물(analyte), 특히 유기 화학적 분석물을 검출하는 능력은 환경 감시 등을 비롯한 많은 응용에서 중요하다. 유기 분자의 그러한 검출 및/또는 감시는, 예를 들어 호흡기와 같은 개인 보호 장비에 요구되는 소위

유효 수명 만료 표시기(End of Service Life Indicator)에서 특별한 용도를 발견할 수 있다.

- [0002] 화학적 분석물의 검출을 위한 많은 방법들, 예를 들어 광학적, 중량측정식(gravimetric), 미세전기기계적 방법 등이 개발되어 왔다. 특히, 커패시턴스(capacitance), 임피던스, 저항 등과 같은 전기적 특성을 감시하는 센서가 개발되어 왔다. 흔히, 그러한 센서는 물질 상으로의 분석물의 흡착, 또는 물질 내로의 분석물의 흡수시 물질의 전기적 특성에서 일어나는 변화에 의존한다.
- [0003] 예를 들어, 미국 특허 출원 공개 제2006/0249402호 (스노우(Snow) 등)는 하단 전극, 하단 전극 상의 유전체(dielectric), 유전체 상의 나노전극들의 그리드(grid), 및 그리드와 전기적으로 접촉하는 상단 전극을 갖는 감지 디바이스(device)를 개시한다. 나노전극들은 탄소 나노튜브의 망상조직일 수 있다. 스노우 등은 그러한 배열이 화학적 분석물의 존재 하에서 커패시턴스 변화를 나타낼 수 있는 것으로 기술한다.
- [0004] 미국 특허 출원 공개 제2006/0237310호 (파텔(Patel) 등)는 전기적 특성(예를 들어, 커패시턴스, 저항 등)이 화학적 감지 물질로 코팅된 감지 전극 쌍과 연관된 회로에 의해 검출가능한 방식으로 변경되도록 화학적 감지 물질에서의 분석물의 흡착 또는 흡수에 의해 다양한 목표 분석물을 검출할 수 있는 것으로서 기술되는 디바이스를 개시한다.
- [0005] 미국 특허 제5,512,882호 (스테터(Stetter) 및 맥클레이(Maclay))는 선택된 화학적 물질의 증기에 대한 노출시 임피던스가 변하는 센서를 개시한다. 센서는 물리적 구조가 증기에 의하여 (예를 들어, 팽창 또는 분해를 통해) 변경되는 중합체를 포함한다. 센서는 중합체가 군데군데에 산재된 전기적 전도성 소자를 추가로 포함한다. 변화는 임피던스-측정 회로에 의해 측정될 수 있다.
- [0006] 미국 특허 제5,482,678호 (시틀러(Sittler))는 유기 액체, 가스 또는 증기의 존재 하에서 팽창하는 물질을 포함하는 센서를 개시한다. 이 물질은 지지체 표면에 적용되어, 팽창시 지지체가 편향되고 2개의 커패시터 판들 사이의 거리를 변화시킴으로써, 상기 판들 사이의 전기적 용량을 변화시키도록 한다.
- [0007] 미국 특허 제5,965,451호 (플로그(Plog) 및 마운즈(Maunz))는 전기용량성 소자 및 유전체로서의 가스-투과성 감응 층을 갖는, 탄화수소의 선택적 검출을 위한 가스 센서를 개시한다. 감응 층은 일차 기공(primary pore)으로 만들어진 규칙적인 결정성 구조를 갖는 귀금속-도핑된 제올라이트이며, 일차 기공의 직경은 검출되는 가스 분자의 가스-역학적 직경 정도이다.

## 발명의 내용

- [0008] 본 출원인은 환경에서의, 예를 들어 주위 대기에서의 유기 화학적 분석물을 검출하거나 감시하기에 적합한 감지 소자를 개시한다. 그러한 감지 소자는 제1 전극과 제2 전극에 근접하여 있는 분석물-반응성 유전체 물질을 포함한다. 이와 관련하여, 분석물-반응성 유전체 물질은 유기 화학적 분석물을 흡수 흡착(sorbing)할 수 있고, 물질 내로의 유기 분석물의 흡수 흡착시 전기적 특성에서의 측정가능한 변화를 나타낼 수 있는 물질을 의미한다. 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은, 감지 소자가 커패시터를 포함하고 감지 소자의 커패시턴스의 변화가 관찰될 수 있도록, 분석물의 흡수 흡착시 유전상수(dielectric constant)의 변화를 나타낸다.
- [0009] 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 적어도 약 30%의 탄소 원자를 포함하며 평균 기공 크기가 약 10 nm 미만이고 다공도(porosity)가 적어도 약 20%인 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함하는 미공성, 소수성 물질이다. 그러한 물질은 낮은 수준의 유기 분석물에 대한 높은 감도(sensitivity), 유기 분석물에 대한 신속한 응답, 및 물에 대한 낮은 감도의 면에서 이점을 제공할 수 있다. 이론 또는 메커니즘에 의해 제한됨이 없이, 분석물-반응성 유전체 물질로서 그러한 물질의 사용시 밝혀진 성능은 하기의 몇몇 특성들, 즉 소수성, 최적량의 다공도, 최적의 기공 크기 범위를 포함하는 미공성 기공 부피, 및 분석물-반응성 유전체 층을 형성하도록 플라즈마 증착에 의해 증착되는 비정질 랜덤 공유 망상조직의 능력 중 임의의 것 또는 모두에서 기인할 수 있다.
- [0010] 일 태양에서, 제1 전극과 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극에 적어도 근접하여 배치된 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체 물질 - 상기 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체 물질은 적어도 약 30%의 탄소를 포함하며 평균 기공 크기가 약 10 nm 미만이고 다공도가 적어도 약 20%인 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함함 - 을 포함하는 감지 소자; 및 제1 전극 및 제2 전극과 전기적으로 연통하고, 제1 전극 및 제2 전극에 전압을 인가할 수 있으며, 감지 소자의 전기적 특성에서의 변화를 검출할 수 있는 조작 회로(operating circuit)를 포함하는 유기 화학적 분석물을 감지하기 위한 센서가 본 명세서에 개시된다. 일 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직은 적어도 약 30%의 탄소를 포함하고, 규소, 산소, 및 수소를 추가로 포함한다. 대안적인 실시 형태에서, 비정

질 랜덤 공유 망상조직은 본질적으로 100%의 탄소를 포함한다.

[0011]

다른 태양에서, 제1 전극과 제2 전극, 및 제1 전극과 제2 전극에 적어도 근접하여 배치된 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체 물질 - 상기 미공성, 소수성, 분석물-반응성 유전체 물질은 적어도 약 30%의 탄소를 포함하며 평균 기공 크기가 약 10 nm 미만이고 다공도가 적어도 약 20%인 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함함 - 을 포함하는 감지 소자, 및 제1 전극 및 제2 전극과 전기적으로 연통하고, 제1 전극 및 제2 전극에 전압을 인가할 수 있으며, 감지 소자의 전기적 특성에서의 변화를 검출할 수 있는 조작 회로를 포함하는 센서를 제공하는 단계; 감지 소자를 하나 이상의 유기 화학적 분석물을 잠재적으로 포함하는 환경에 노출시키는 단계; 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가하는 단계; 및 감지 소자의 전기적 특성을 감시하는 단계를 포함하는 유기 화학적 분석물을 감지하는 방법이 본 명세서에 개시된다. 일 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직은 적어도 약 30%의 탄소를 포함하고, 규소, 산소, 및 수소를 추가로 포함한다. 대안적인 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직은 본질적으로 100%의 탄소를 포함한다.

[0012]

다른 태양에서, 기관에 전도성 층을 제공하는 단계; 유기실란, 산소 및 탄화수소를 포함하는 가스 혼합물로부터 플라즈마를 형성하는 단계; 상부에 전도성 층을 갖는 기관을 플라즈마에 노출시켜, 적어도 약 30%의 탄소를 포함하고 규소, 수소 및 산소를 추가로 포함하는 비정질 랜덤 공유 망상조직 층이 전도성 층의 상부에 형성되게 하는 단계; 비정질 랜덤 공유 망상조직을 가열하여, 평균 기공 크기가 약 10 nm 미만이고 다공도가 적어도 약 20%인 미공성, 소수성, 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함하는 분석물-반응성 유전체 층을 형성하는 단계; 및 분석물-반응성 유전체 층의 상부에 제2 전도성 층을 침착시키는 단계를 포함하는 유기 화학적 분석물 감지 소자의 제조 방법이 본 명세서에 개시된다.

[0013]

또 다른 태양에서, 사이에 공간을 가지고서 상호맞물림형(interdigitated) 형태로 있는 제1 전도성 전극 및 제2 전도성 전극을 기관에 제공하는 단계; 유기실란, 산소 및 탄화수소를 포함하는 가스 혼합물로부터 플라즈마를 형성하는 단계; 상부에 전도성 전극들을 갖는 기관을 플라즈마에 노출시켜, 적어도 약 30%의 탄소를 포함하고 규소, 수소 및 산소를 추가로 포함하는 비정질 랜덤 공유 망상조직 층이 상호맞물림형 전극들 사이의 공간 내에 적어도 형성되게 하는 단계; 비정질 랜덤 공유 망상조직을 가열하여, 평균 기공 크기가 약 10 nm 미만이고 다공도가 적어도 약 20%인 미공성, 소수성, 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함하는 분석물-반응성 유전체 층을 형성하는 단계를 포함하는 유기 화학적 분석물 감지 소자의 제조 방법이 본 명세서에 개시된다.

[0014]

본 발명의 이러한 태양 및 다른 태양들은 하기의 상세한 설명으로부터 명백해질 것이다. 그러나, 어떠한 경우에도, 상기 개요는 출원 절차 중에 보정될 수 있는 첨부된 청구의 범위에 의해서만 제한되는 본 발명의 보호 대상에 대한 제한으로서 해석되어서는 안 된다.

## 도면의 간단한 설명

[0015]

<도 1>

도 1은 평행판 형태의 예시적인 감지 소자의 측면도.

<도 2>

도 2는 상호맞물림형 형태의 예시적인 감지 소자의 평면도.

<도 2a>

도 2a는 도 2에서 "2a"로 표시된 선을 따라 취해진, 도 2의 예시적인 감지 소자의 단면도.

<도 3>

도 3은 상호맞물림형 형태의 예시적인 감지 소자의 사시도.

<도 4>

도 4는 다양한 수준의 유기 분석물에 대한 노출 시간의 함수로서의, 평행판 형태의 예시적인 감지 소자의 측정된 커패시턴스의 플롯(plot).

다양한 도면들에서의 유사한 도면 부호는 유사한 요소를 나타낸다. 달리 지시되지 않는 한, 본 문서 내의 모든 도면은 축척대로 그려진 것이 아니며 본 발명의 상이한 실시 형태들을 예시하는 목적을 위해 선택된다. 특히, 다양한 구성요소들의 치수는 단지 설명적인 관점에서 묘사되며, 다양한 구성요소들의 치수들 사이의 관계가 도

면으로부터 추론되어서는 안된다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] "상단", "하단", "상부", "하부", "전방"과 "후방", 및 "제1"과 "제2"와 같은 용어들이 본 발명에 사용될 수 있지만, 이들 용어들은 그들의 상대적인 의미로만 사용됨을 이해하여야 한다.
- [0017] 감지 소자
- [0018] 도 1 및 도 2를 참고하면, 제1 전극(20/120) 및 제2 전극(30/130)에 근접하여 분석물-반응성 유전체 층(10/110)을 적어도 포함하는 감지 소자(1/101)가 본 명세서에 기재된다. 이들 구성요소와, 이들의 특징부 및 특성뿐만 아니라, 기타 선택적인 구성요소들과, 이들의 특징부 및 특성이 차례로 논의될 것이다. 이들 논의는 평행판 커패시터의 일반적인 형태에 기반한 예시적인 감지 소자를 도시하는 도 1과, 상호맞물림형 커패시터의 일반적인 형태에 기반한 예시적인 감지 소자를 도시하는 도 2, 도 2a, 및 도 3 모두를 참고할 것이다. 명확성을 위해, 다양한 구성요소들에는 상이한 일반적인 형태들을 도시하는 도면들 내에서 상이한 도면부호(대체로, 100만큼 증분됨)들이 주어졌다. 그러나, 달리 언급되지 않는 한, 다양한 구성요소들의 구조, 조성 및 특성이 임의의 전기용량성 설계의 감지 소자에 적용가능할 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0019] 감지 소자(1/101)는 분석물-반응성 유전체 층(10/110)이 층 내에 존재하는 분석물-반응성 유전체 물질이 전극들에 의해 성립된 전기장과 상호작용할 수 있을 정도로 충분히 제1 전극(20/120) 및 제2 전극(30/130)에 매우 근접하도록 구성된다. 감지 소자(1/101)의 작동시, 분석물-반응성 유전체 층(10/110)은 하나 이상의 분석물의 흡수 흡착시 전기적 특성에서의 변화를 나타낸다. 일 실시 형태에서, 전기적 특성은 후술되는 바와 같은 커패시턴스 또는 커패시턴스-관련 특성이다. 커패시턴스-관련 특성의 그러한 변화는 제1 전극(20/120) 및 제2 전극(30/130) 사이에 (예를 들어, 전극들에 전압 차이를 부여함으로써) 전하 차이를 부여하고, 분석물의 존재에 응답하여 감지 소자의 특성을 감시함으로써 측정될 수 있다. 그러한 감시는 본 명세서에서 이후에 기술되는 바와 같은 조작 회로(28/128)의 사용에 의해 행하여 질 수 있다.
- [0020] 용어 "커패시턴스" 및 "커패시턴스-관련 특성"은 일반적으로 (정전기적이든 시간 변화적이든) 전기 전하의 부여 및 전하의 부여 동안 및/또는 그 후의 전기적 특성의 감시와 연관된 임의의 전기적 특성 및 그의 측정을 포함한다. 그러한 특성에는 커패시턴스뿐만 아니라, 임피던스, 어드미턴스(admittance), 저항, 컨덕턴스(conductance) 등이 포함되고, 당업계에 공지된 다양한 방법에 따라 측정될 수 있다.
- [0021] 분석물-반응성 유전체 층
- [0022] 분석물-반응성 유전체 층(10/110) (용어 "층"은 총칭적으로 사용되고 임의의 물리적 형태를 포함함)은 분석물-반응성 유전체 물질을 적어도 부분적으로 포함한다. 이와 관련하여, 용어 "분석물-반응성 유전체 물질"은 유기 화학적 분석물을 흡수 흡착할 수 있고, 물질 내로의 유기 분석물의 흡수 흡착시 물질의 일부 전기적 특성의 측정가능한 변화를 나타낼 수 있는 물질을 의미한다.
- [0023] 플라즈마 증착
- [0024] 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 원자들의 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함한다. 그러한 비정질 랜덤 공유 망상조직은 플라즈마 증착에 의해 형성될 수 있다. 이와 관련하여, "플라즈마"는 반응성 화학종(예를 들어, 전자, 이온, 중성 분자, 자유 라디칼, 다른 여기 상태의 원자 및 분자 등)을 포함하는, 물질의 적어도 부분적으로 이온화된 가스 또는 유체 상태를 의미한다.
- [0025] 다양한 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직은 적어도 약 20%, 적어도 약 30%, 또는 적어도 약 40%의 탄소 원자를 포함한다(이들 백분율은 수평균을 나타내는데, 예를 들어 30%의 탄소 원자를 포함하는 망상조직은 평균하여, 매 100개의 총 원자에 대해 30개의 탄소 원자를 가질 것이다).
- [0026] 특정 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직은 (예를 들어 플라즈마 반응기 내에서의 미량의 다른 가스의 존재로 인해 존재할 수 있는 그러한 미량의 다른 원자들을 제외하고) 본질적으로 100%의 탄소로 이루어진다. 그러한 구조는 예를 들어 탄소-수소 비정질 랜덤 공유 망상조직을 형성하고, 이어서 후술되는 바와 같이 열처리를 수행함으로써 만들어질 수 있다.
- [0027] 다른 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직의 비-탄소 부분은 규소, 산소, 수소 및/또는 질소를 단독으로 또는 조합으로 포함하는 군으로부터 선택된 원자를 포함할 수 있다. 추가의 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직의 비-탄소 부분은 또한 할로젠(불소, 염소 등)을 포함하는 군으로부터 선택된 원자를 포함할 수 있다.



- [0028] 일 실시 형태에서, 비정질 랜덤 공유 망상조직은 규소 원자, 탄소 원자, 수소 원자, 및 산소 원자를 포함하며, 이하에서 상세히 기술되는 방법을 사용하여, 규소, 탄소, 산소 및 수소 원자들 또는 분자들의 혼합물을 포함하는 플라즈마로부터 증착을 통해 만들어진다. 특정 실시 형태에서, 플라즈마에는 유기실란, 산소 및 탄화수소의 혼합물이 공급된다.
- [0029] 그러한 비정질 랜덤 공유 망상조직은 전형적으로 연속적인 매트릭스를 포함한다. 그러한 매트릭스는 물질의 고형 부분이 (이하에서 상세히 기술되는 다공도의 존재와 상관없이) 공유 결합에 의해 연속적으로 상호연결되는 집합체(예를 들어 코팅, 층 등)로서 본 명세서에서 정의된다. 즉, 연속적인 매트릭스는 입자들의 응집체(예를 들어, 제올라이트, 활성탄소, 탄소 나노튜브 등)를 포함하는 집합체와는 구별가능하다. 예를 들어, 플라즈막 증착된 층 또는 코팅(예를 들어, 비정질 랜덤 공유 망상조직)은 코팅 자체가 패턴화된 방식으로 적용되고/되거나 미공성 기공을 포함할지라도 연속적인 매트릭스를 포함할 것이다.
- [0030] 다양한 실시 형태에서, 플라즈막 증착에 사용될 수 있는 유기 실란에는 테트라메틸실란, 메틸실란, 다이메틸실란, 트라이메틸실란, 에틸실란, 테트라메틸오르토실리케이트(TEOS), 테트라메틸사이클로테트라실록산(TMCTS), 다이실라노메탄, 비스(메틸실라노)메탄, 1,2-다이실라노에탄, 1,2-비스(메틸실라노)에탄, 2,2-다이실라노프로판, 다이에틸실란, 다이메틸메틸실란, 프로필실란, 비닐메틸실란, 다비닐다이메틸실란, 1,1,2,2-테트라메틸다이실란, 헥사메틸다이실란, 1,1,2,2,3,3-헥사메틸트라이실란, 1,1,2,3,3-펜타메틸트라이실란, 다이메틸다이실라노에탄, 다이메틸다이실라노프로판, 테트라메틸다이실라노에탄, 테트라메틸다이실라노프로판 등, 또는 상기의 것 중 둘 이상의 조합이 포함되지만 이로 한정되지 않는다.
- [0031] 다양한 실시 형태에서, 플라즈마 증착에 사용될 수 있는 탄화수소에는 직쇄 또는 분지쇄 알칸, 알켄, 알킨, 및 환형 탄화수소 - 2 내지 10개의 탄소 원자를 가짐 - 이 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 적합한 탄화수소에는 (C1-C10) 알칸 또는 (C1-C10) 알킨, 예를 들어 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 벤젠, 사이클로헥산, 톨루엔, 에틸렌, 프로필렌, 아세틸렌, 및 부타디엔이 포함된다.
- [0032] 일 실시 형태에서, 분자 산소( $O_2$ )가 플라즈마 생성 및 증착 공정에 사용된다. 이는, 산소를 더 큰 분자(예를 들어, Si-O 기, C-O 기 등을 포함하는 분자)의 일부로서만 제공하는 것 - 이 경우 산소 원자는 Si, C 등에 우선적으로 가깝게 비정질 랜덤 공유 망상조직 내에 존재할 수 있음 - 과 비교하여, 산소 원자가 비정질 랜덤 공유 망상조직 전체에 걸쳐 더 랜덤하게 분포되는 방식으로 존재하게 할 수 있다.
- [0033] 본 명세서에 기술된 비정질 공유 망상조직의 박막을 형성하기 위해 임의의 적합한 플라즈마 반응기가 사용될 수 있다. 하나의 적합한 플라즈마 반응기 장치는 고주파(RF) 공급원에 의해 급전되는 적어도 하나의 전극 및 적어도 하나의 접지 전극을 갖는 용량결합형 시스템을 구비하는 반응 챔버를 제공한다. 하나의 적합한 반응 챔버는 소기가능하며, 플라즈마 처리를 발생시키는 조건을 유지할 수 있다. 즉, 챔버는, 무엇보다도, 압력, 다양한 불활성 및 반응성 가스의 유동, 급전 전극에 공급되는 전압, 이온 시스(sheath)를 가로지른 전기장의 강도, 반응성 화학종을 포함하는 플라즈마의 형성, 이온 충격의 세기, 및 반응성 화학종으로부터의 비정질 공유 망상조직의 증착 속도의 제어를 허용하는 환경을 제공한다. 하나의 장치에서, 알루미늄이 챔버 재료인데, 그 이유는 알루미늄이 낮은 스퍼터율(sputter yield)을 갖기 때문이며, 이는 매우 적은 오염이 챔버 표면으로부터 일어남을 의미한다. 그러나, 다른 적합한 재료, 예를 들어 흑연, 구리, 유리 또는 스테인레스강이 사용될 수 있다.
- [0034] 기판의 상부에 비정질 랜덤 공유 망상조직을 형성하는 데 플라즈마 증착 공정을 사용하기 위하여, 기판은 전형적으로 소기가능한 반응 챔버 내에 두어지거나 이를 통과한다. 일부 실시 형태에서, 공정 동안에 다수의 기판들의 상부에 다수의 비정질 공유 망상조직 필름들이 동시에 형성될 수 있다.
- [0035] 챔버 내의 가스로부터 생성되는 플라즈마는 적어도 하나의 전극에 (예를 들어, 0.001 내지 100 MHz의 범위 내의 주파수로 작동하는 RF 발생기로부터의) 전력을 공급함으로써 발생되고 유지된다. 전극 시스템은 대칭이거나 비대칭일 수 있다. 일부 플라즈마 장치에서 접지 전극과 급전 전극 사이의 전극 표면적비는 2:1 내지 4:1, 또는 3:1 내지 4:1이다. 급전 전극은 예를 들어 물로 냉각될 수 있다. 개별적인 평면형 물품의 경우, 플라즈마 증착은 예를 들어 물품을 비대칭 전극 형태의 더 작은 전극과 직접 접촉하게 배치함으로써 달성될 수 있다. 이는 급전 전극과 물품 사이의 용량성 결합으로 인해 물품이 전극으로서 작용하게 한다.
- [0036] RF 전원은 0.01 내지 50 MHz, 또는 13.56 MHz 또는 이의 임의의 정수(예를 들어 1, 2, 또는 3)배의 범위 내의 전형적인 주파수로 전력을 제공한다. RF 전원은 13.56 MHz 발진기와 같은 RF 발생기일 수 있다. 효율적인 전력 커플링(즉, 반사된 전력이 입사 전력의 작은 부분임)을 얻기 위하여, 전원은 RF 전력을 동축 전달 라인을 통해 효과적으로 전달하도록 전원의 임피던스를 전달 라인의 임피던스(이는 보통 50 옴 리액턴스를 가짐)와 정합시키



도록 작용하는 네트워크를 통해 전극에 연결될 수 있다. 2개의 가변 커패시터들 및 하나의 인덕터를 포함하는 일 유형의 정합 네트워크는 미국 플로리다주 세인트 피터즈버그 소재의 플라즈마썸(Plasmatherm)으로부터 명칭 "AMN 3000"으로 입수가 가능하다. 전력 커플링의 전통적인 방법은 급전 전극과 전원 사이의 임피던스 정합 네트워크에서의 차단 커패시터(blocking capacitor)의 사용을 수반한다. 이러한 차단 커패시터는 DC 바이어스 전압이 전기 회로의 나머지 부분으로 분기되는 것을 방지한다. 대신에, DC 바이어스 전압은 접지 전극으로 분기된다. RF 전원으로부터의 허용가능한 주파수 범위가 더 작은 전극 상에서 큰 네가티브 DC 자체 바이어스를 형성하기에 충분히 높을 수 있지만, 생성된 플라즈마에서 정재파(standing wave) - 이는 플라즈마 처리에 대해 비효율적임 - 를 생성할 정도로 높지는 않아야 한다.

[0037] 열처리/미공성 구조

[0038] 일 실시예에서, 플라즈마 증착된 비정질 랜덤 공유 망상조직은 미공성 구조를 형성하도록 망상조직으로부터 수소 및/또는 탄화수소를 몰아내기 위하여 열처리를 받게 된다. 이와 관련하여, "미공성의"는 물질이 약 100 nm 미만인 평균 기공 크기(예를 들어, 등온 흡수 흡착(sorption isotherm) 과정에 의해 특징지워짐)을 갖는 상당한 양의 내부 상호연결된 기공 부피를 가짐을 의미한다. 따라서, 존재하는 경우, 유기 분석물의 분자가 물질의 내부 기공 부피로 침투하여 기공 내에 체재할 수 있다. 내부 기공 내에서의 그러한 분석물의 존재는 유전상수(또는 임의의 다른 적합한 전기적 특성)의 변화가 관찰될 수 있도록 물질의 유전 특성을 변경시킬 수 있다.

[0039] 이론 또는 메커니즘에 의해 제한됨이 없이, 본 출원인은, 유전체 물질의 전기적 특성의 측정가능한 변화가 기공 내의 분석물 분자의 존재에 의해 야기될 수 있다는 점에서, 미공성 유전체 물질에 좌우되는 개시된 감지 소자 (1/101)가 유기 분석물의 감지와 관련하여 유리한 특성을 가질 수 있음을 고려한다. 따라서, 팽창 및/또는 확장 같은 유전체 물질의 특성의 변화를 야기하기에 충분한 정도로 분석물 분자가 유전체 물질 자체 중에 용해되는 것이 요구됨이 없이 분석물을 검출하는 것이 가능할 수 있을 것이다(하지만, 그러한 현상이 또한 일어날 수 있고 또한 측정가능한 전기적 응답에 기여할 수 있다). 분석물-반응성 유전체 물질의 그러한 미공성 특성은 소량의 유기 분석물에 대한 유전체 물질의 증가된 감도에 기여할 수 있다.

[0040] 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 적어도 약 20%, 적어도 약 30%, 또는 적어도 약 40%의 다공도 (예를 들어, 미국 플로리다주 보인톤 비치 소재의 퀀타크롬 인스트루먼트(Quantachrome Instruments)로부터 상표명 오토소브(Autosorb)로 입수가능한 기기를 사용하는 것과 같은 흡수 흡착 기술에 의해 특징지워짐)를 갖는다. 그러한 다공도는 낮은 수준의 유기 화학적 분석물에 대한 양호한 응답을 제공할 수 있다. 그러나, 분석물-반응성 유전체 물질은 제1 전극(20/120)과 제2 전극(30/130) 사이에서의 전기적 단락 또는 아크 발생을 피하는 것을 어렵게 하는 그러한 큰 기공 부피를 갖지 않아야 한다. 따라서, 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 최대 약 90%, 최대 약 70% 또는 최대 약 50%의 다공도를 포함한다.

[0041] 다시 이론 또는 메커니즘에 의해 제한됨이 없이, 내부 기공의 크기 및 분포는 기공들 중 적어도 일부에서 유기 분석물 분자들 중 적어도 일부가 이들이 달리 있게 될 상태보다(예를 들어, 이들이 분석물이 감시되는 환경에서 있게 될 상태보다) 더욱 고도로 응축된 상태(예를 들어, 유사-액체(quasi-liquid) 상태)를 형성할 수 있도록 하는 것일 수 있다. 이는 분석물 분자들이 감시되는 환경에서 존재하는 것보다 더 많은 개수 및/또는 더 높은 농도로 내부 기공 내에 수집되게 할 있으며; 이에 더하여 또는 대신에, 이러한 상태의 분석물 분자는 비-응축된 증기 또는 가스 상태에서보다 더 높은 유전상수(비유전율(relative permittivity))을 나타낼 수 있다. 따라서, 적절히 선택된 기공 크기 및 분포를 갖는 미공성의 분석물-반응성 유전체 물질을 기재로 하는 감지 소자는 소량의 유기 분석물에 대해 우수한 감도를 나타낼 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 약 50 nm 미만, 약 20 nm 미만, 약 10 nm 미만, 또는 약 5 nm 미만의 평균 기공 크기를 포함한다. 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 약 0.3 nm 초과, 약 0.5 nm 초과, 또는 약 1.0 nm 초과와 평균 기공 크기를 포함한다.

[0042] 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 직경이 1  $\mu\text{m}$  초과인 기공이 실질적으로 없다.

[0043] 비정질 랜덤 공유 망상조직을 포함하는 분석물-반응성 유전체 물질은 위에서 논의된 미공성 구조를 형성하도록 열처리될 수 있다. 이 물질의 다른 특성들을 개질시키도록 특정 가열 조건이 선택될 수 있다. 예를 들어, 불활성(또는 환원성) 분위기에서 그리고/또는 대기압 미만의 압력에서 비정질 랜덤 공유 망상조직을 가열함으로써 보다 소수성인 구조가 형성될 수 있다. 그러한 소수성 물질은 전형적으로 이 물질이 상당히 팽창하거나 다르게는 물리적 특성의 상당한 변화를 나타내는 정도로 액체 물을 흡수 흡착하지 않을 것이며, 물의 존재에 상대적으로 민감하지 않은 유기 분석물 감지 소자를 제공하는 데 유용할 수 있다. 적합한 소수성, 미공성, 분석물-반응성 유전체 물질을 제조하는 데 사용될 수 있는 전형적인 가열 방법은 예를 들어 1시간 동안 섭씨 450도에서 진

공 오븐 내의 진공 하에 이 물질을 가열하는 것을 포함한다.

[0044] (예를 들어, 탄화수소를 포함하는 플라즈마로부터 만들어지는) 탄소 및 수소만을 포함하는 비정질 랜덤 공유 망상조직의 증착이라는 특정 경우에, 본질적으로 100%의 탄소를 포함하는 미공성 물질을 형성하도록 실질적으로 수소 전부를 제거하기 위해 적합한 열처리가 사용될 수 있다.

[0045] 플라즈마 증착된 미공성 분석물-반응성 유전체 물질을 포함하는 분석물-반응성 유전체 층(10/110)은 임의의 요구되는 총 두께를 가질 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 층(10/110)은 총 두께가 약 2000 nm 미만, 또는 약 1000 nm 미만이다. 다른 실시 형태에서, 층(10/110)은 총 두께가 약 50 nm 초과, 약 100 nm 초과, 또는 약 200 nm 초과이다. 일 실시 형태에서, 층(10/110)은 층의 길이 및 폭에 걸쳐 실질적으로 동일한 두께를 갖는다.

[0046] 일 실시 형태에서, 플라즈마 증착된 층은 (이하에서 상세히 논의되는 바와 같은) 전기용량성 감지 소자의 하나의 전극으로서 역할하기에 적합한 전도성 물질의 층의 상부에 증착된다. 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질이 아닌 물질의 부가적인 층 또는 층들이 분석물-반응성 유전체 층에 근접하여 제공될 수 있다. 그러한 층 또는 층들은 임의의 다양한 이유들 때문에, 예를 들어 보호 층으로서, 점착을 향상시키기 위한 타이(tie) 층 등으로서 제공될 수 있다. 부가적인 실시 형태에서, 플라즈마 증착된 물질은 패터닝될 수 있다. 이 물질을 패터닝된 형태로 형성하는 적합한 방법에는 이 물질의 두께 또는 밀도를 변화시키도록 이 물질의 증착 조건을 공간적으로 제어하는 것이 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 예를 들어, 증착된 물질의 두께가 상부 표면 상의 제1 위치로부터 제2 위치까지 변화도록 증착원과 기판 사이에 마스크가 배치될 수 있다.

[0047] 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질의 다수의 개별 층들이 사용될 수 있다. 예를 들어, 플라즈마 증착된 분석물-반응성 유전체 물질의 다수의 층이 사용될 수 있다. 대안적으로, 몇몇 다른 분석물-반응성 유전체 물질의 하나 이상의 층들이 플라즈마 증착된 분석물-반응성 유전체 물질의 층에 더하여 사용될 수 있다. 분석물-반응성 유전체 물질의 다양한 층들은 서로 직접 접촉할 수 있거나, 이들은 일부 다른 목적을 위해 존재하는 층 또는 층들(예를 들어, 본 명세서에 기술된 바와 같은, 패시베이션(passivation) 층, 타이 층)에 의해 분리될 수 있다.

[0048] 전극

[0049] 도 1 및 도 2를 참조하면, 제1 전극(20/120) 및 제2 전극(30/130)은 임의의 적합한 전도성 물질을 포함할 수 있다. 충분한 전체적인 전도성이 제공되는 한(예를 들어, 전극 물질이 약  $10^{-2}$  옴-미터 미만의 일정한 저항률을 포함함), 상이한 물질들(전도성 및/또는 비전도성)의 조합이 상이한 층으로서 또는 혼합물로서 사용될 수 있다. 제1 전극 및/또는 제2 전극을 제조하기 위해 사용될 수 있는 물질의 예에는 유기 물질, 무기 물질, 금속, 합금, 및 이들 물질 중 임의의 것 또는 모두를 포함하는 다양한 혼합물 및 복합체가 포함되지만 이로 한정되지 않는다. 소정 실시 형태에서, 코팅된(예를 들어, 증기 코팅된, 스퍼터 코팅된, 등등) 금속 또는 금속 산화물, 또는 이들의 조합이 사용될 수 있다. 적합한 전도성 물질에는 예를 들어 알루미늄, 주석, 인듐-주석 산화물, 금, 은, 백금, 팔라듐, 구리, 니켈, 티타늄, 크롬 등이 포함된다. 일 실시 형태에서, 2개 전극 모두는 동일한 물질을 포함하고; 대안적 실시 형태에서, 제1 전극 및 제2 전극은 상이한 물질을 포함한다.

[0050] 다양한 실시 형태에서, 전극들 중 어느 하나 또는 둘 모두는 유기 분석물에 대해 투과성일 수 있다. 그러한 전극 투과성은 도 1에 도시된 바와 같이 평행판 커패시터의 일반적인 방식으로 구성되는 감지 소자의 경우에 특히 유용할 수 있다. 그러한 경우에, 제2 전극(30)이 투과성이라면, 유기 분석물은 더 느린 공정일 수 있는 에지(edge, 15)를 경유한 분석물-반응성 유전체 층(10)으로의 진입보다는 주 표면(major surface, 13)을 통해 분석물-반응성 유전체 층(10)으로 진입할 수 있다. 마찬가지로, 제1 전극(20)이 투과성이라면, 유기 분석물은 주 표면(11)을 통해 분석물-반응성 유전체 층(10)으로 진입할 수 있다(그러나, 배킹(40)이 분석물에 대해 투과성이 아니라면, 투과성 형태의 제1 전극(20)을 제공하는 것이 유용하지 않을 수 있다).

[0051] 다양한 실시 형태에서, 전극은 불연속적이라는 것에 의해 분석물-투과성일 수 있다. 이와 관련하여, 용어 "불연속적"은 전극이 서로 전기적으로 접촉하지 않는 유닛(스팟(spot), 섬(island) 등)들을 포함한다는 것을 의미하지는 않는다. 오히려, "불연속적"은 전극의 전체적인 경계 내에서, 일부 영역이 전도성 물질을 포함하지 않는다는 것을 의미한다. 그러한 불연속적 전극은 미시적으로 불연속적일 수 있다. 예를 들어, 전극은 전도성 물질의 입자(예를 들어, 나노입자)를 포함하는 졸의 침착에 의해(예를 들어, 코팅, 잉크-젯 인쇄 등에 의해) 형성될 수 있다. (전형적인 졸은 은, 금, 백금, 팔라듐 또는 다른 금속 물질로 이루어질 수 있다.) 그러한 경우에, 전극은 전극이 전도성인 것을 보장하기에 충분히 접촉하지만, 전극이 유기 분석물에 대해 투과성이 되게 하도록 입자들 사이에서 충분한 공간을 갖는 전도성 입자들을 포함할 수 있다. 일부 실시 형태에서, (예를 들어,

약 10분 내지 약 2시간의 기간 동안 약 100 C 내지 약 250 C의 온도에서) 전도성 물질을 가열(예를 들어, 소결)하는 것은 입자들 사이의 접촉을 향상시켜 증기 투과성을 여전히 유지하면서 전도성을 개선할 수 있다. 다른 실시 형태에서, 전극은 거시적으로 불연속적인 구조를 포함할 수 있다. 예를 들어, 전도성 물질이 증기 코팅된 금속(전형적으로 불투과성임)을 포함한다면, 전도성 금속은 연속적인 층으로서보다는 패턴으로(예를 들어, 그리드 패턴으로, 또는 실시예 1에 개시된 바와 같은 "빗 모양(comb)" 패턴으로) 침착될 수 있다.

[0052] 도 1 및 도 2를 참조하면, 제1 전극(20/120)의 전기적 접근가능 영역(25/125), 및 제2 전극(30/130)의 전기적 접근가능 영역(35/135)이 제공되어, 이들 영역을 통해 감지 소자에 조작 회로(28/128)를 연결시킬 수 있도록 한다. 그러한 전기적 접근가능 영역은 임의의 편리한 위치에 제공될 수 있다. 예를 들어, 그러한 전기적 접근가능 영역은 도 1 및 도 2의 예시적인 도면에서 전극의 예지 상에 보여지고, 도 3의 예시적인 도면에서 전극의 주 표면(123, 133) 상에 보여진다. 일 실시 형태에서, 연결 디바이스(예를 들어, 접촉 패드 또는 탭(tab))(22/122)는 감지 소자(1/101)와 조작 회로(28/128) 사이에 전기적 연결이 (예를 들어, 전선(24/124)의 부착을 통해) 이루어질 수 있도록 제1 전극(20)의 접근가능 영역과 접촉하여 위치된다(예를 들어, 접근가능 영역에 부착된다). 유사한 연결 디바이스(32/132)가 마찬가지로 제2 전극(30)의 접근가능 영역과 접촉하여 위치될 수 있다.

[0053] 예시적인 감지 소자 및 제조 방법

[0054] 평행판 형태

[0055] 일 실시 형태에서, 도 1의 단면도에서 예시적인 방식으로 도시된 바와 같이 평행판 커패시터의 일반적인 방식으로 구성되는 감지 소자(1)가 제조될 수 있다. 그러한 형태에서, 감지 소자는 2개의 대체로 평면형인 평행한 대향 전극들을 포함하는데, 이때 분석물-반응성 유전체 층이 전극들 사이에 존재하여 2개 전극들 사이에서의 직접적인 전기적 접촉을 방지한다.

[0056] 그러한 감지 소자를 제조하는 예시적인 공정에서, 전극들 중 적어도 하나에 근접하여 있고 완성된 감지 소자에 물리적 강도 및 완전성을 제공하도록 역할할 수 있는 배킹(40)이 제공된다(배킹은 물질의 연속적인 슬래브(slab), 층 또는 필름일 수 있음). 유리, 세라믹, 플라스틱 등을 비롯한 임의의 적합한 물질이 사용될 수 있다. 대규모 생산에서, 중합체성 필름(예를 들어, 폴리에스테르, 폴리이미드 등)이 사용될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 배킹은 분석물-투과성 물질(예를 들어, 실리콘 고무, 다공성 멤브레인 등)이다.

[0057] 일 실시 형태에서, 제1 전극(20)으로 역할하는 전도성 층이 배킹(40) 상에 제공된다. 전도성 층은 전도성 및 비전도성 물질의 블렌드 또는 혼합물을 비롯한 전술된 재료들 중 임의의 것을 포함할 수 있고, 스핀(spin) 코팅, 딥(dip) 코팅, 용액 다이(die) 코팅, 스크린 인쇄, 전사 코팅, 스퍼터-코팅, 물리 증착, 화학 증착, 또는 그러한 방법들 중 둘 이상의 방법의 조합을 포함하지만 이로 한정되지 않는 임의의 적합한 방법에 의해 침착될 수 있다. 대안적 실시 형태에서, 전도성 층은 배킹(40)의 상부에 사전 제조된 필름(예를 들어, 금속 포일(foil), 전도성 테이프 등)을 배치함으로써 제공될 수 있다. 이러한 제1 전극(20)은 앞서 기술된 바와 같이 연속적인 층으로서 또는 불연속적인 층으로서 제공될 수 있다.

[0058] 일 실시 형태에서, 전도성 층은 전극(20)의 제1 표면(21)이 배킹(40)의 제1 표면(41)의 적어도 일부분에 근접하고/하거나 이에 접촉하도록 제공된다. 대안적인 실시 형태에서, 선택적인 층이 전극(20)의 제1 표면(21)의 적어도 일부분과 배킹(40)의 제1 표면(41) 사이에 존재한다. 그러한 선택적인 층은 이 층이 감지 소자(1)의 기능을 방해하지 않는 한, 임의의 목적(예를 들어, 제1 전극(20)과 배킹(40) 사이의 결합을 향상시키는 것)을 위해 사용될 수 있다.

[0059] 감지 소자(1)의 제조시, 분석물-반응성 유전체 층(10)이 또한 제공된다. 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층(10)은 층(10)의 제1 주 표면(11)이 (조작 회로에 대한 연결을 위해 접근가능한 제1 전극(20)의 적어도 일부분을 남기면서) 제1 전극(20)의 제2 표면(23)의 적어도 일부분과 직접 접촉하도록 제공된다.

[0060] 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 위에서 상세히 기술된 것과 같은 플라즈마 증착 공정에 의해 제1 전극에 근접하여 배치된다. 이러한 경우에, (분석물-반응성 유전체 물질이 상부에 증착된) 제1 전극 및 기판은 플라즈마가 적용되는 조건을 견디는 것이어야 한다.

[0061] 다른 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층은 캐리어 기판 상으로의 분석물-반응성 유전체 물질의 플라즈마 증착에 의해 제공될 수 있는데, 캐리어 기판은 이어서 제1 전극의 상부에 배치된다. 대안적인 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 물질은 임시적인 캐리어 상에 플라즈마 증착될 수 있고, 이후에 분석물-반응성 유전체 물

질이 이 캐리어로부터 제거되어 분말로 형성될 수 있으며, 분말은 이어서 제1 전극 상으로 침착될 수 있다.

[0062] 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층(10)에 근접하여 제2 전도성 층을 배치함으로써 제2 전극(30)이 형성될 수 있다. 제2 전극(30)은 전술된 바와 같은 전도성 물질을 포함할 수 있고, 전술된 방법에 따라 침착될 수 있다. 소정 실시 형태에서(특히, 배킹(40)이 분석물에 대해 불투과성인 경우에), 제2 전극(30)은 유기 분석물에 대해 투과성이 되도록 (다시 앞서 기술된 바와 같은) 불연속적인 구조를 포함할 수 있다.

[0063] 도 1을 참조하면, 선택적인 보호 커버 또는 장벽 층(50)이 전극들 중 적어도 하나에 근접하여 제공될 수 있다. 일 실시 형태에서, 커버 층(50)은 (전기적 접촉을 위해 접근가능한 제2 전극(30)의 영역을 남기면서) 제2 전극(30)의 상부에 배치된다. 임의의 그러한 커버 층(50)은 감지 소자(1)의 기능을 상당히 방해하여서는 안된다. 예를 들어, 감지 소자가 관심대상의 분석물이 분석물-반응성 유전체 층(10)에 도달하기 위해 커버 층(50)을 통과해야만 하도록 구성된다면, 커버 층은 분석물에 대해 충분히 투과성이어야 한다.

[0064] 커버 층(50)은 코팅(예를 들어, 스핀 코팅, 딥 코팅, 용매 코팅, 증기 코팅, 전사 코팅, 스크린 인쇄, 플렉소그래픽(flexographic) 인쇄 등)을 비롯한, 당업계에 공지된 임의의 방법에 의해 침착될 수 있다. 대안적인 실시 형태에서, 커버 층(50)은 제2 전극(30) 상에 배치된 사전 제조된 층(예를 들어, 필름 또는 테이프)을 포함할 수 있다. 일 실시 형태에서, 커버 층(50)은 커버 층(50)의 제1 표면(51)이 제2 전극(30)의 제2 표면(33)의 적어도 일부분과 직접적으로 접촉하도록 제공된다. 커버 층의 제2 표면은 감지 소자의 최외측 표면일 수 있거나, 필요하다면 그 자체가 부가적인 코팅 또는 층을 수용할 수 있다.

[0065] 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층은 비정질 랜덤 공유 망상조직의 다공도를 증가시키고/시키거나 소수성을 증가시키도록 상기 공정 중 임의의 적합한 시점에서 열처리(예를 들어, 1시간 동안 450℃의 온도에 노출)된다. 예를 들어, 기관/제1 전극/분석물-반응성 유전체 층 조합이 열처리될 수 있으며, 이후에 제2 전극(및 임의의 선택적인 커버 층)이 형성된다. 또는, 전체적인 기관/제1 전극/분석물-반응성 유전체 층/제2 전극 조합이 형성되고 나서 열처리될 수 있다. 열처리 동안에 존재하는 임의의 구성요소(예를 들어, 기관, 전극, 선택적인 타이 층, 선택적인 커버 층, 전기 연결 디바이스 등)는 열처리를 견딜 수 있도록 그리고 감지 소자에서 그들의 요구되는 기능을 여전히 수행할 수 있도록 선택되어야 한다.

[0066] 일 실시 형태에서, 제1 전극(20)의 제2 표면(23) 및 분석물-반응성 유전체 층(10)의 제1 주 표면(11)은 이들 사이에 개재 층(들)이 없이 직접 접촉된다. 마찬가지로, 일 실시 형태에서, 제2 전극(30)의 제1 표면(31) 및 분석물-반응성 유전체 층(10)의 제2 주 표면(13)은 이들 사이에 개재 층(들)이 없이 직접 접촉된다. 그러한 실시 형태가 도 1에 도시되어 있다. 그러나, 다른 선택적인 층들이 제1 전극(20)과 분석물-반응성 유전체 층(10) 사이에 그리고/또는 제2 전극(30)과 분석물-반응성 유전체 층(10) 사이에 존재할 수 있음이 또한 고려된다. 그러한 경우에, 전극들 중 어느 하나 또는 둘 모두는 분석물-반응성 유전체 물질의 표면의 일부 또는 전체와 직접 접촉하지 않을 수 있다. 예를 들어, 타이 층 또는 층들이 전극과 분석물-반응성 유전체 층 사이의 결합을 향상시키기 위해 사용될 수 있다. 또는, 전극들 사이에서의 아크 발생의 가능성을 최소화하기 위해, 패시베이션 층 또는 층들(예를 들어, 이산화규소의 층)이 분석물-반응성 유전체 층의 표면과 전극 표면 사이에 배치될 수 있다. 일부 실시 형태에서, 다수의 그러한 선택적인 층들이 사용될 수 있고; 대안적으로 단일 층이 다수의 기능을 제공할 수 있다. 전술된 타이 층, 패시베이션 층, 보호 층, 커버 층 등과 같은 임의의 그러한 선택적인 층 또는 층들이 감지 소자의 요구되는 기능을 상당히 방해하지 않는 한, 이들은 어떠한 목적을 위해서도 사용될 수 있다. 예를 들어, 선택적인 층은, 분석물이 분석물-반응성 유전체 층(10)에 도달하기 위해 선택적인 층을 통과해야만 하도록 감지 소자가 구성된다면, 관심대상의 분석물에 대해 충분히 투과성이어야 한다.

[0067] 일반적으로, 다양한 층들의 에지는 (도 1의 예시적인 실시 형태에서 도시된 바와 같이) 서로 동일 평면에서 정렬될 수 있다. 대안적으로, 다양한 층들이 다른 층들과 중첩될 수 있고/있거나 소정 층들의 에지가 다른 층들에 대해 뒤로 들어가 있을 수 있다.

[0068] 제1 전극(20)의 상부에서의 분석물-반응성 유전체 물질의 침착시, 전기적 접근가능 영역(25)은 전극과 조작 회로 사이에서 전기적 접촉이 가능하도록 제1 전극(20) 상에 제공되어야 한다. 유사하게, 커버 층이 제2 전극(30)의 상부에 배치된다면, 전기적 접근가능 영역(35)이 유사하게 제공되어야 한다. 그러한 전기적 접근가능 영역은 임의의 편리한 위치에 제공될 수 있다. 일 실시 형태에서, 연결 디바이스(예를 들어, 접촉 패드, 탭 등)(22)는 제1 전극(20)의 접근가능 영역(25)과 전기적으로 접촉하여 배치될 수 있다. 유사하게, 연결 디바이스(32)는 마찬가지로 제2 전극(30)의 접근가능 영역(35)과 접촉하여 배치될 수 있다.

[0069] 상호맞물림형 형태



- [0070] 다른 실시 형태에서, 상호맞물림형 커패시터의 일반적인 방식으로 구성되는 감지 소자가 제조될 수 있다. 상호맞물림형 감지 소자의 예시적인 실시 형태들이 도 2의 평면도에, (도 2에서 "2a"로 표시된 선을 따라 취해진) 도 2a의 단면도에, 그리고 도 3의 사시도에 도시되어 있다. 이와 관련하여, 용어 "상호맞물림형"은 상호맞물림형 형태로 존재하는 적어도 2개의 전극들을 포함하는 임의의 배열을 포함한다. 그러한 형태에는 (도 2, 도 2a 및 도 3에 도시된 바와 같은) 상호맞물림형 빗 모양의 패턴뿐만 아니라 당업계에 잘 알려진 상호맞물림형 나선 또는 사행(serpentine) 패턴이 포함된다. 그러한 설계 모두는, (적어도) 2개의 전극들이 전극들 사이에 전기장이 성립될 때, 분석물-반응성 유전체 층 내에 포함된 분석물-반응성 유전체 물질이 전기장과 상호작용할 수 있도록 분석물-반응성 유전체 층이 전극들에 근접하여 존재하는 상태로 대체로 동일 평면상의 상호맞물림형 배열로 제공된다는 공통의 특징을 갖는다. 분석물-반응성 유전체 층/물질은 전극들 사이에 (즉, 2개의 전극의 평면 내에 그리고 제1 전극과 제2 전극에 가까운 임의의 2개의 가장 가까운 지점들 사이에서 선형 경로에 개재되어) 제공될 수 있다. 대안적으로, 전극들과 동일 평면상에 있지 않더라도, 분석물-반응성 유전체 물질이 2개 전극들의 인접한 섹션들 사이에 성립된 가장자리 전기장에 적어도 노출되도록, 분석물-반응성 유전체 층/물질이 제공될 수 있다. 또 다른 대안적인 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층은 2개의 위치에 제공될 수 있다.
- [0071] 상호맞물림형 전극들은 물질의 패턴화된 침착을 위해 잘 알려져 있는 방법들 중 임의의 방법(예를 들어, 마스크된(masked) 증착, 스크린-인쇄, 잉크-젯 인쇄)에 의해 2개의 상호맞물림형 패턴으로 전도성 물질을 침착함으로써 제공될 수 있다. 전극 패턴의 특정 기하학적/치수적 특성(간격, 높이, 길이 등)이 요구되는 대로 설계될 수 있다.
- [0072] 일 실시 형태에서, 상호맞물림형 전극들은 전술된 물질로 구성될 수 있는 배킹(140) 상에 제공된다. 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)은 전형적으로 동일한 배킹(140) 상에 제공된다. (도 2, 도 2a 및 도 3에 도시된) 일 실시 형태에서, 제1 전극(120)의 제1 표면(121), 및 제2 전극(130)의 제1 표면(131) 둘 모두는 배킹(140)의 제1 표면(141)의 적어도 일부 부분과 직접 접촉된다. 대안적 실시 형태(도면으로 도시되지 않음)에서, 선택적인 층 또는 층들은, 전술된 선택적인 층과 유사하게, 전극(120) 및/또는 전극(130)과 배킹(140) 사이에 존재할 수 있고, 동일한 문제점 및 제한 사항을 받기 쉬울 수 있다.
- [0073] 도 2, 도 2a, 및 도 3의 예시적인 실시 형태에서 도시된 바와 같이, 제1 전극(120) 및 제2 전극(130)의 패턴화된 침착은 배킹(140)의 표면(141)(또는, 그 상부의 임의의 선택적인 층의 표면)의 소정 영역을 노출된 상태로 남길 수 있다. 그리고 나서, 분석물-반응성 유전체 물질 층이, 평행판 유형의 감지 소자와 관련하여 전술된 것과 유사한 방법을 통해, 배킹(140) 상으로 플라즈마 증착될 수 있다. (다시, 기판 및/또는 전극은 이들이 플라즈마 증착 공정을 견디도록 선택되고 설계되어야 한다.) 따라서, 침착된 분석물-반응성 유전체 물질은 2개의 전극들 사이의 공간(예를 들어, 도 2, 도 2a, 및 도 3에 도시된 공간(117))을 채울 것이다. 따라서, 이 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층(110)의 제1 표면(111)은 배킹(140)의 표면(141)의 적어도 일부분과 직접 접촉할 것이다. 침착 공정은 또한 (침착이 예를 들어 전극들 중 하나 또는 둘 모두가 마스크된 상태로 선택적으로 수행되지 않는다면) 분석물-반응성 유전체 층(110)이 도 2a 및 도 3에 도시된 바와 같이 제1 전극의 제2 표면(123) 및 제2 전극의 제2 표면(133)을 덮게 하고 이들과 접촉되게 할 수 있다. 따라서, 다양한 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층(110)의 제1 표면(111)은 제1 전극(120)의 제2 표면(123) 및/또는 제2 전극(130)의 제2 표면(133)과 직접 접촉한다.
- [0074] 대안적인 실시 형태에서, 선택적인 층(도 2, 도 2a 또는 도 3에 도시되지 않음)이 제1 전극(120)의 제2 표면(123)의 상부에 그리고/또는 제2 전극(130)의 제2 표면(133)의 상부에 제공될 수 있다. 이 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층(110)의 제1 표면(111)과 제1 전극(120)의 제2 표면(123), 및/또는 제2 전극(130)의 제2 표면(133) 사이의 직접 접촉이 일어나지 않을 수 있다. 그러한 선택적인 층은 앞서 기술된 것들과 유사한 목적(보호 목적 등)을 제공할 수 있다. 그러나, 상호맞물림형 유형의 감지 소자에서, 1개 또는 2개의 전극의 상부의 선택적인 층은 분석물에 대해 반드시 투과성일 필요는 없을 수 있는데, 그 이유는 분석물이 분석물-반응성 유전체 층(110)의 영역(117)에 도달하기 위해 선택적인 층에 침투할 필요가 없을 수 있기 때문이다.
- [0075] 일 실시 형태에서, 선택적인 커버 층(150)(보호 층, 절연 층, 장식 층 등으로 역할할 수 있음)은 분석물-반응성 유전체 층(110)의 제2 표면(113)의 상부에 침착될 수 있다. 임의의 그러한 커버 층은 감지 소자의 기능을 상당히 방해해서는 안된다(예를 들어, 이는 관심대상의 분석물에 대해 충분히 투과성이어야 한다). 이러한 커버 층은 임의의 공지된 코팅 공정(예를 들어, 스프인 코팅, 딥 코팅, 용매 코팅, 증기 코팅, 전사 코팅, 스크린 인쇄, 플렉소그래픽 인쇄 등)에 의해 침착된 코팅을 포함할 수 있다. 대안적인 실시 형태에서, 커버 층(150)은 층(110)의 제2 표면(113)의 상부에 배치되는 사전 제조된 층(예를 들어, 필름 또는 테이프)을 포함할 수 있다.

- [0076] 일 실시 형태에서, 분석물-반응성 유전체 층은 비정질 랜덤 공유 망상조직의 다공도를 증가시키고/시키거나 소수성을 증가시키도록 열처리된다. 열처리 동안에 존재하는 임의의 구성요소(예를 들어, 기관, 전극, 선택적인 타이 층, 선택적인 커버 층, 전기 연결 디바이스 등)는 열처리를 견딜 수 있도록 그리고 감지 소자에서 그들의 요구되는 기능을 여전히 수행할 수 있도록 선택되어야 한다.
- [0077] 분석물-반응성 유전체 물질(및 임의의 선택적인 커버 층)의 침착시, 각각의 전극과 조작 회로 사이에 전기적 접촉을 허용하도록, 제1 전극(120) 상에 전기적 접근가능 영역(125)이 그리고 제2 전극(130) 상에 접근가능 영역(135)이 제공되어야 한다. 그러한 전기적 접근가능 영역은 임의의 편리한 위치에 제공될 수 있다. 예를 들어, 그러한 전기적 접근가능 영역(125, 135)들은 도 2의 예시적인 도시에서 전극의 에지 상에서 보여지고, 도 3의 예시적인 도시에서 전극의 표면(123, 133)들 상에서 보여진다.
- [0078] 일 실시 형태에서, 연결 디바이스(예를 들어, 접촉 패드, 탭 등)(122)는 제1 전극(120)의 접근가능 영역(125)과 전기적으로 접촉하여 배치될 수 있다. 유사하게, 연결 디바이스(132)는 마찬가지로 제2 전극(130)의 접근가능 영역(135)과 접촉하여 배치될 수 있다.
- [0079] 조작 회로
- [0080] 분석물-반응성 유전체 층에 의한 충분한 분석물의 흡수 흡착시, 감지 소자와 관련된 전기적 특성(커패시턴스, 임피던스, 어드미턴스, 전류 또는 저항을 포함하지만 이로 한정되지 않음)의 측정가능한 변화가 일어날 수 있다. 그러한 검출가능한 변화는 제1 전극 및 제2 전극과 전기적으로 연통하는 조작 회로(28/128)에 의해 검출될 수 있다. 이와 관련하여, "조작 회로"는 일반적으로 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가(따라서, 전극들에 전하 차이를 부여)하고/하거나 감지 소자의 전기적 특성을 감시하기 위해 사용될 수 있는 전기 장치를 말하는데, 여기서 전기적 특성은 유기 분석물의 존재에 응답하여 변할 수 있다. 다양한 실시 형태에서, 조작 회로는 인덕턴스, 커패시턴스, 전압, 저항, 컨덕턴스, 전류, 임피던스, 위상각, 손실률(loss factor), 또는 소산(dissipation) 중 임의의 것 또는 이의 조합을 감시할 수 있다.
- [0081] 그러한 조작 회로는 전극들에의 전압의 인가 및 전기적 특성의 감시 둘 모두를 행하는 단일 장치를 포함할 수 있다. 대안적 실시 형태에서, 그러한 조작 회로는 2개의 별개의 장치들, 즉 전압을 제공하기 위한 장치 및 신호를 감시하기 위한 장치를 포함할 수 있다. 조작 회로는 전선(24/124) 및 전선(34/134)에 의해 제1 전극(20/120) 및 제2 전극(30/130)에 연결될 수 있다. 대안적인 실시 형태에서, 조작 회로는 연결 디바이스(22/122) 및 연결 디바이스(32/132)를 통해서, 또는 조작 회로의 일부 부분을 각각의 전극의 전기적 접근가능 영역에 직접 접촉시킴으로써, 제1 전극 및/또는 제2 전극과 직접 접촉하여 제공될 수 있다. 예를 들어, 회로 기관 또는 가요성 회로(이들 중 어느 것도 또한 배킹(40/140)으로서 역할 할 수 있음)에 존재하는 조작 회로가 제공될 수 있다. 이어서, 제1 전극은 조작 회로의 일부분과 직접 접촉하도록 회로 기관/배킹(40) 상으로 직접 침착될 수 있다.
- [0082] 조작 회로(28/128)는, 예를 들어 전원(배터리 또는 배선형(hardwired) 전원을 포함할 수 있으며; 대안적으로, 전력은 예를 들어 조작 회로 내에 내장된 RFID 회로의 충전을 통해 간접적으로 제공될 수 있음)를 포함할 수 있다. 조작 회로(28/128)는 또한 전극들의 충전을 제어하고/하거나 충전된 감지 전극 쌍의 하나 이상의 전기적 특성의 변화를 감시하도록 구성된 하나 이상의 마이크로프로세서를 포함할 수 있다. 또한, 아날로그-디지털 변환기(analog-to-digital converters), 감지 소자로부터 유래하는 데이터를 저장하는 메모리 디바이스, 감지 소자를 작동시키기 위한 소프트웨어, 데이터 이력 기록(data logging) 및/또는 일방 또는 양방 원격측정(telemetry) 능력을 제공하는 구성요소 등이 존재할 수 있다.
- [0083] 분석물
- [0084] 본 명세서에 개시된 것과 같은 감지 소자는 유기 분석물 또는 분석물들의 존재를 (정성적이든 정량적이든) 검출하고/하거나 감시하는 데 사용될 수 있다. 그러한 분석물은 탄화수소, 플루오르카본, 알칸, 사이클로알칸, 방향족 화합물, 알코올, 에테르, 에스테르, 케톤, 할로카본, 아민, 유기산, 시안산염, 질산염, 및 니트릴, 예를 들어 n-옥탄, 사이클로헥산, 메틸 에틸 케톤, 아세톤, 에틸 아세테이트, 이황화탄소, 사염화탄소, 벤젠, 스티렌, 톨루엔, 자일렌, 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-다이아미노시아네이트, 니트로메탄, 및 아세토니트릴 등을 포함할 수 있지만, 이로 한정되지 않는다. 분석물은 상대적으로 비극성인 유기 분자 또는 상대적으로 극성인 유기 분자일 수 있다. 분석물은 소위 증기; 즉 분석물이 경험하게 되는 온도 및 압력의 주위 조건 하에서 고체 또는 액체를 형성할 수 있는 분자(예를 들어,

톨루엔, 아세톤, 헵탄 등)일 수 있다. 분석물은 소위 가스; 즉 통상 상태에서는 주위 조건 하에서 액체 또는 고체를 형성할 수 없는 분자일 수 있다(하지만, 그러한 분자는 위에서 논의된 바와 같이 분석물-반응성 유전체 물질의 내부 기공 내에서 더욱 고도로 응축된 상태를 여전히 포함할 수 있다). 그러한 가스는 메탄, 에탄 등을 포함할 수 있다. 유기 분석물 분자들의 혼합물은 일부 환경에서 검출될 수 있다.

[0085] 본 발명은 하기의 실시예에 의해 추가로 예시된다.

[0086] 실시예

[0087] 플라즈마 반응기

[0088] 비정질 랜덤 공유 망상조직 층을 평면형 고주파(RF) 플라즈마 시스템을 사용하여 증착하였다. 시스템은 건식 펌핑 스테이션(EH1200 루츠 펌프(roots pump) EH1200, 에드워즈(Edwards); 및 iQDP80 건식 기계 펌프, 에드워즈)에 의해 지원되는 터보분자 펌프(turbomolecular pump) (모델 TPH2000, 발저스(Balzers))에 의해 펌핑되었다. 가스 유량을 디지털 유동 제어기(엠펜케이에스 코포레이션(MKS Corporation))에 의해 제어하였다. RF 전력을 모델 AMN3000 임피던스 정합 네트워크(미국 플로리다주 세인트 피터즈버그 소재의 플라즈마썸으로부터 입수 가능함)를 통해 동작하는 모델 RF50S 전원(미국 뉴저지주 부어히 소재의 알에프 파워 프로덕츠(RF Power Products)로부터 입수가능함)를 사용하여 전달하였다.

[0089] 샘플 1의 제조

[0090] 세척된 유리 조각( $2.5\text{ cm} \times 2.5\text{ cm}$ )을  $1.3\text{ mPa}$  ( $1 \times 10^{-5}\text{ torr}$ )의 기저 압력(base pressure)에서 작동되는 씨에치에이 인더스트리즈 마크-50 (CHA Industries Mark-50) 증발기 및 번호 A-2049 알루미늄 펠렛(99.995 % 순도,  $6 \times 6\text{ mm}$ , 세락 인크.(Cerac Inc.))을 이용하여 알루미늄의 연속적 (비패턴화된) 코팅으로 코팅하였다. 알루미늄 코팅을 대략 15 옹스트롬/초의 속도로 침착하였다. 최종 두께는 대략  $100\text{ nm}$ 이었다. 다이아몬드-팁 펜(diamond-tipped pen)을 이용하여 알루미늄 도금된 유리에 일 에지로부터 대략  $5\text{ mm}$ 만큼 스코어링(scoring)하여, 서로 전기적으로 접촉하지 않는 2개의 알루미늄-코팅된 영역들을 제공하도록 하였다. 따라서, 더 큰 영역은 제1 전극을 형성하였고, 이에 따라 더 작은 (에지) 영역은 후술되는 바와 같은 (후속적으로 적용되는) 제2 전극에 전기적으로 접촉될 있는 영역을 형성하였다. 취급의 용이성을 위하여, 알루미늄 도금된 유리의 스코어링된 부분을  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ 의 유리 조각에 테이핑하였다. 마스크 재료로 더 작은 알루미늄-코팅된 영역의 에지 부분의 상부에 위치시켰다. 마스크 재료를 또한 더 큰 알루미늄-코팅된 영역의 에지 부분의 상부에 위치시켰다.

[0091] 유리 조각을 전술된 플라즈마 반응기 시스템 내에서 (폴리이미드 테이프를 테이핑함으로써) 평면형 전극 상에 장착하였다. 챔버를 폐쇄하고, 대략  $0.07\text{ Pa}$ 의 압력까지 펌핑하였다. 테트라메틸실란, 1,3-부타디엔 및 산소를 포함하는 가스 혼합물을 이하에서 열거된 유량으로 진공 챔버 내로 공급하였다. 플라즈마를 후술되는 조건 하에서 유지하였다:

테트라메틸실란의 유량:	100 sccm (표준상태에서의 세제곱센티미터/분)
1,3-부타디엔의 유량:	160 sccm
산소의 유량:	100 sccm
공정 압력:	$4.9\text{ Pa}$ ( $37\text{ mTorr}$ )
Rf 전력:	75 와트
증착 시간:	14분

[0092]

[0093] 이러한 공정은 비정질 랜덤 공유 망상조직 물질을 포함하는 대략  $0.77\text{ }\mu\text{m}$  두께의 층을 생성하였다. 그리고 나서, 마스크 재료를 샘플로부터 제거하였다. 그리고 나서, 샘플을 1시간 동안 대략  $450^\circ\text{C}$ 에서 소기된 진공 오븐 내에서 열처리하였다.

[0094] 패턴화된 제2 전극을 플라즈마 증착된 물질의 상부에 잉크젯 인쇄하여 본 샘플의 제작을 완료하였다. 제2 전극을 잉크젯 인쇄하기 위해, 비트맵 이미지(702 dpi)를 어도비 포토샵(Adobe Photoshop)으로 생성한 후 XY 침착 시스템에 다운로드하였다. 은을 침착하기 위해 사용된 인쇄 헤드는  $10\text{ pL}$  방울 부피 및 128 제트/오리피스를



갖는 다이매틱스(Dimatix) SX3-128 인쇄 헤드였고, 인쇄 헤드 조립체는 길이가 대략 6.5 cm이고 제트간 간격(jet to jet spacing)이 508 마이크로미터였다. 이러한 전극을 제작하기 위해 사용된 은 나노입자 졸은 명칭 AG-IJ-G-100-S1로 캐보트(Cabot)로부터 수득하였다. 다공성 알루미늄 진공 압반(vacuum platen)을 사용하여 샘플을 잉크젯 인쇄 공정 중에 안전하게 유지하였다. 인쇄 완료시, 샘플을 다공성 알루미늄 진공 압반으로부터 제거하고 써모라인 핫 플레이트(Thermolyne hot plate)에 125℃로 10분간 놓아두었다.

[0095] 잉크젯 인쇄된 은 전극은 한쪽 에지로부터 연장된 라인을 갖는 중실 직사각형으로 이루어진 빗 모양 패턴을 포함하였다. 인쇄된 전극의 직사각형 부분은, 제2 인쇄된 전극의 나머지 부분이 플라즈마 증착된 물질의 상부에 위치하면서 직사각형의 일부분이 더 작은 알루미늄-코팅된 영역의 일부분의 상부에 위치하도록 (전선을 더 작은 알루미늄-코팅된 영역에 부착시킴으로써 상부 전극과의 전기적 접촉이 달성될 수 있도록) 배치되었다. 전극 위에 라인들을 대략 8.3 mm 길이 및 대략 250 마이크로미터 폭이 되도록 설계하였다. 라인들 사이의 간격은 대략 250 마이크로미터가 되도록 설계하였다. (이러한 모든 치수는 비트맵 이미지의 공칭 치수이지 실제 '인쇄된' 치수가 아님을 주목해야 한다).

[0096] 이러한 절차는 연속적인 알루미늄을 포함하는 제1 전극을 구비한 유리 배킹 층을 제공하였다. 플라즈마 증착된 물질을 포함하는 분석물-반응성 유전체 층은 알루미늄 전극의 상부에 위치하였고, 빗 모양 패턴으로 은 층을 포함하는 제2 전극은 플라즈마 증착된 층의 상부에 존재하였다.

[0097] 샘플 1의 시험

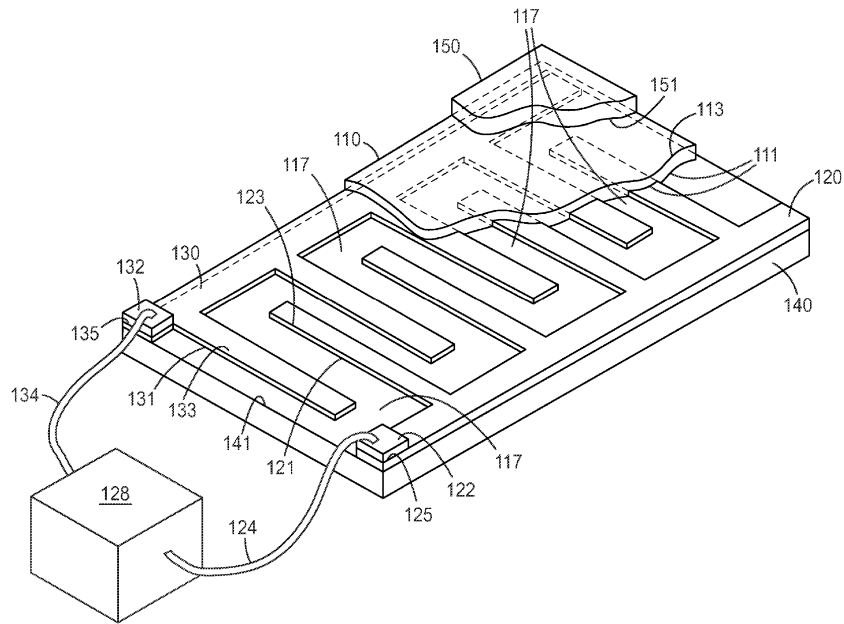
[0098] 측정용 샘플에 알려진 농도의 아세톤을 전달하기 위해 간단한 관류형 주문 제작 전달 시스템(flow-through custom built delivery system)을 사용하였다. 테플론 배관이 전달 시스템 전체에 사용되었다. 액체 형태로 아세톤을 포함하고 아세톤으로 포화된 질소 흐름을 제공하도록 일정 온도로 유지하는 용기를 통해 질소를 살포하였다. 액체 아세톤을 피셔 사이언티픽(Fisher Scientific)으로부터의 냉각기를 이용하여 일정 온도로 유지하였고, 아세톤의 포화된 기체 흐름을 생성하기 위해 냉각기가 유지하는 온도를 문헌[Handbook of Vapor Pressure(Yaws, C.I. Gulf Publishing: Houston, 1994)]을 이용하여 계산하였다. 포화된 기체 아세톤 흐름을 일련의 질량 유량 제어기(mass flow controller)를 사용하여 추가 질소로 희석하였다. 기체 흐름 내의 아세톤의 농도를 적외선 분광계(미국 매사추세츠주 월썸 소재의 써모일렉트론(ThermoElectron)으로부터 명칭 미란 사파이어(Miran Sapphire)로 입수가가능함)를 사용하여 측정하였다. 기체 아세톤 흐름을 샘플 1을 포함하는 샘플 챔버(제어된 온도로 유지됨) 내로 도입하였다. 샘플의 제1 및 제2 전극을 악어 클립(alligator clip)을 이용하여 LCR 미터(미국 캘리포니아주 치노 소재의 인스텍 아메리카, 코포레이션(Instek America, Corp.)으로부터 명칭 인스텍 모델 821 LCR 미터로 입수가가능함)를 포함하는 조작 회로에 연결하였다. 샘플의 커패시턴스(피코패럿 단위)의 변화를 증기 시험(vapor test)의 전체 과정 동안에 특정 시간 간격에서 1 킬로헤르츠의 주파수로 감시하였다(도 4에 도시한 바와 같음).

[0099] 주위 조건(실내 공기)에서 샘플의 초기 커패시턴스를 측정하기 위해 샘플을 먼저 밀폐되지 않은 시험 챔버 내에 놓아두었다. 이어서, 샘플을 시간 = 0에서 시작하여 건조 질소(대략 8% 상대 습도 및 20℃)에 노출시켰다. 이어서, 시험 챔버를 밀폐하고 대략 200 ppm의 아세톤을 포함하는 기체 질소 흐름을 제1 기간 동안 시험 챔버 내로 도입하였다. 이후에, 샘플을 소정 기간 동안 대략 370 ppm으로 아세톤을 포함하는 기체 건조 질소 흐름에 노출시켰다. 이어서, 시험 챔버를 건조 질소 환경으로 복귀시켰다. 이후에, 샘플을 대략 90 ppm의 아세톤, 대략 90 ppm의 아세톤 (재차), 이어서 대략 50 ppm의 아세톤에 연속적으로 노출시켰는데, 이때 샘플을 이들 노출들 사이에서 아세톤이 없는 기체 건조 질소 흐름에 노출시켰다. 대략 50 ppm의 아세톤에 대한 노출 후에, 샘플을 대략 730 ppm의 아세톤에 노출시켰고, 이후에 샘플을 아세톤이 없는 건조 질소 흐름에 다시 노출시켰다.

[0100] 본 발명의 다수의 실시 형태가 설명되었다. 그럼에도 불구하고, 본 발명으로부터 벗어남이 없이 다양한 변형이 이루어질 수 있다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 다른 실시 형태가 이어지는 특허청구범위의 범주 내에 있다.



도면3



도면4

