



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0022771  
(43) 공개일자 2017년03월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 27/30 (2006.01) G01N 27/333 (2006.01)  
G01N 27/62 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 27/30 (2013.01)  
G01N 27/333 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0118199  
(22) 출원일자 2015년08월21일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
엘지이노텍 주식회사  
서울특별시 중구 한강대로 416 (남대문로5가, 서울스퀘어)  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
권승화  
서울특별시 중구 한강대로 416 (남대문로5가, 서울스퀘어)  
김종백  
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제1공학관 A589 (신촌동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김기문

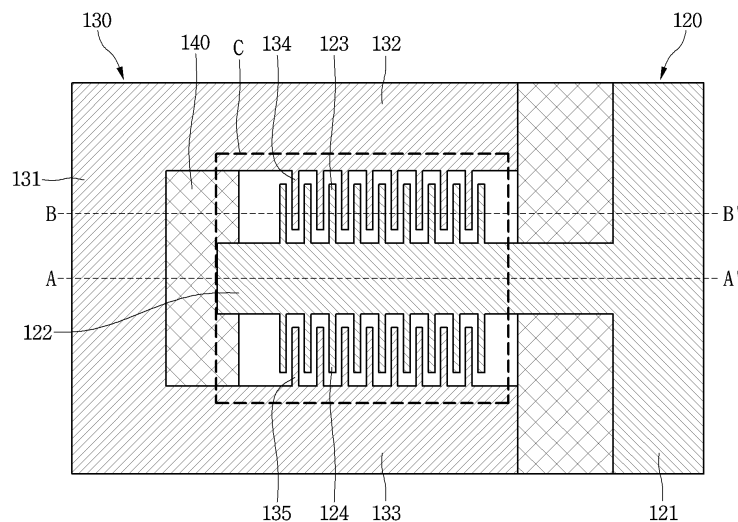
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 감지 전극 및 이를 포함하는 유해 물질 감지 센서

### (57) 요약

본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극은, 제 1 전원이 공급되며, 자외선에 의해 이온화된 유해 물질의 제 1 이온이 흡착되는 제 1 감지 전극; 및 상기 제 1 전원과 다른 극성의 제 2 전원이 공급되며, 상기 자외선에 의해 이온화된 상기 유해 물질의 제 2 이온이 흡착되는 제 2 감지 전극을 포함하며, 상기 제 1 감지 전극은, 제 1 몸체부와, 상기 제 1 몸체부의 표면으로부터 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 돌기부를 포함하고, 상기 제 2 감지 전극은, 제 2 몸체부와, 상기 제 2 몸체부의 표면으로부터 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 돌기부를 포함한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

**G01N 27/62** (2013.01)

**G01N 27/628** (2013.01)

**B81B 2201/0214** (2013.01)

(72) 발명자

**이경훈**

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 산학협  
동 연구관 520호(신촌동)

---

**정한일**

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 산학협  
동 연구관 520호(신촌동)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제 1 전원이 공급되며, 자외선에 의해 이온화된 유해 물질의 제 1 이온이 흡착되는 제 1 감지 전극; 및  
상기 제 1 전원과 다른 극성의 제 2 전원이 공급되며, 상기 자외선에 의해 이온화된 상기 유해 물질의 제 2 이온이 흡착되는 제 2 감지 전극을 포함하며,  
상기 제 1 감지 전극은,  
제 1 몸체부와,  
상기 제 1 몸체부의 표면으로부터 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 돌기부를 포함하고,  
상기 제 2 감지 전극은,  
제 2 몸체부와,  
상기 제 2 몸체부의 표면으로부터 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 돌기부를 포함하는  
감지 전극.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,  
상기 복수의 제 1 돌기부와 상기 복수의 제 2 돌기부는,  
서로 교대로 배치되어 있는  
감지 전극.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,  
상기 제 1 감지 전극의 제 1 몸체부는,  
상기 제 1 몸체부를 구성하는 제 1 몸체와,  
상기 제 1 몸체의 일측면으로부터 상기 제 1 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 1 연장부를 포함하고,  
상기 제 1 돌기부는,  
상기 제 1 연장부의 상면 및 하면 중 적어도 어느 일면으로부터 돌출되는  
감지 전극.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서,  
상기 제 1 돌기부는,  
상기 제 1 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 가지 돌기와,  
상기 제 1 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 가지 돌기를 포함하는  
감지 전극.

#### 청구항 5

제 4항에 있어서,  
 상기 제 2 감지 전극의 제 2 몸체부는,  
 상기 제 2 몸체부를 구성하는 제 2 몸체와,  
 상기 제 2 몸체의 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 2 연장부와,  
 상기 제 2 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 2 연장부와 일정 간격 이격된 제 3 연장부를 포함하고,  
 상기 제 2 돌기부는,  
 상기 제 2 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 3 가지 돌기와,  
 상기 제 3 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 4 가지 돌기를 포함하는 감지 전극.

#### 청구항 6

제 5항에 있어서,  
 상기 제 1 연장부는,  
 상기 제 2 연장부와 상기 제 3 연장부의 사이에 배치되는 감지 전극.

#### 청구항 7

제 5항에 있어서,  
 상기 복수의 제 1 가지 돌기는,  
 상기 복수의 제 3 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고,  
 상기 복수의 제 2 가지 돌기는,  
 상기 복수의 제 4 가지 돌기들 사이에 각각 배치되는 감지 전극.

#### 청구항 8

제 1항에 있어서,  
 상기 제 1 감지 전극의 제 1 몸체부는,  
 상기 제 1 몸체부를 구성하는 제 1 몸체와,  
 상기 제 1 몸체의 일측면으로부터 상기 제 1 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 1 연장부와,  
 상기 제 1 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 1 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 1 연장부와 일정 간격 이격된 제 2 연장부를 포함하고,  
 상기 제 1 돌기부는,  
 상기 제 1 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 가지 돌기와,  
 상기 제 1 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 가지 돌기와,  
 상기 제 2 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 돌출된 복수의 제 3 가지 돌기와,  
 상기 제 2 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 돌출된 복수의 제 4 가지 돌기를 포함하는 감지 전극.

## 청구항 9

제 8항에 있어서,  
 상기 제 2 감지 전극의 제 2 몸체부는,  
 상기 제 2 몸체부를 구성하는 제 2 몸체와,  
 상기 제 2 몸체의 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 3 연장부와,  
 상기 제 2 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 2 연장부와 일정 간격 이격된 제 4 연장부와,  
 상기 제 2 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 2 연장부와 일정 간격 이격된 제 5 연장부를 포함하고,  
 상기 제 2 돌기부는,  
 상기 제 3 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 5 가지 돌기와,  
 상기 제 4 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 6 가지 돌기와,  
 상기 제 4 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 7 가지 돌기와,  
 상기 제 5 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 8 가지 돌기를 포함하는 감지 전극.

## 청구항 10

제 9항에 있어서,  
 상기 제 1 연장부는,  
 상기 제 3 연장부와 상기 제 4 연장부 사이에 배치되고,  
 상기 제 2 연장부는,  
 상기 제 4 연장부와 상기 제 5 연장부 사이에 배치되는 감지 전극.

## 청구항 11

제 9항에 있어서,  
 상기 복수의 제 1 가지 돌기는,  
 상기 복수의 제 5 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고,  
 상기 복수의 제 2 가지 돌기는,  
 상기 복수의 제 6 가지 돌기들 사이에 각각 배치되며,  
 상기 복수의 제 3 가지 돌기는,  
 상기 복수의 제 7 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고,  
 상기 복수의 제 4 가지 돌기는,  
 상기 복수의 제 8 가지 돌기들 사이에 각각 배치되는 감지 전극.

## 청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 복수의 제 1 돌기부는,  
상면 및 하면의 폭이 동일한 복수의 제 1 가지 돌기를 포함하고,  
상기 복수의 제 2 돌기부는,  
상면 및 하면의 폭이 동일한 복수의 제 2 가지 돌기를 포함하는  
감지 전극.

#### 청구항 13

제 1항에 있어서,  
상기 제 1 몸체부의 표면 및 상기 제 1 돌기부의 표면에 증착된 제 1 표면 처리층; 및,  
상기 제 2 몸체부의 표면 및 상기 제 2 돌기부의 표면에 증착된 제 2 표면 처리층을 더 포함하는  
감지 전극.

#### 청구항 14

제 13항에 있어서,  
상기 제 1 표면 처리층 및 상기 제 2 표면 처리층은,  
탄소 나노 튜브를 포함하는  
감지 전극.

#### 청구항 15

제 1항에 있어서,  
상기 제 1 감지 전극 및 제 2 감지 전극의 하부에 배치되며, 상기 제 1 감지 전극과 제 2 감지 전극을 고정하는  
고정기판을 더 포함하는  
감지 전극.

#### 청구항 16

제 1 몸체;  
상기 제 1 몸체 위에 배치되며, 적어도 하나의 소자가 부착된 구동 기관;  
상기 구동 기관 위에 배치되어 상기 구동 기관의 상부 영역을 덮으며, 상면에 일정 깊이의 제 1 홈이 형성된 제 2 몸체;  
상기 제 2 몸체 위에 배치되어 상기 제 2 몸체의 상부 영역을 덮으며, 하면에 상기 제 1 홈에 대응하는 제 2 홈이 형성된 제 3 몸체;  
상기 제 2 몸체의 상기 제 1 홈 내에 삽입되는 자외선 램프; 및  
상기 제 2 몸체의 상기 제 1 홈 내에 삽입되는 센서부를 포함하는  
유해 물질 감지 센서.

#### 청구항 17

제 16항에 있어서,  
상기 제 1 홈은 상기 제 2 몸체의 측면으로 연장되고,  
상기 제 2 홈은 상기 제 3 몸체의 측면으로 연장되며,  
상기 센서부의 일 표면은,

상기 제 2 몸체 및 상기 제 3 몸체의 측면으로 연장된 상기 제 1 홈 및 제 2 홈에 의해 외부로 노출되는 유해 물질 감지 센서.

#### 청구항 18

제 17항에 있어서,  
상기 센서부는,  
제 1항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 포함된 제 1 감지 전극 및 제 2 감지 전극을 포함하는 유해 물질 감지 센서.

#### 청구항 19

제 18항에 있어서,  
상기 구동 기판에는,  
상기 제 1 감지 전극 및 제 2 감지 전극에 분극 전압을 각각 공급하는 전압 공급 소자가 실장되며,  
상기 전압 공급 소자는,  
각각의 유해 물질에 따라 기설정된 분극 전압 조건을 기준으로 상기 분극 전압을 공급하는 유해 물질 감지 센서.

#### 청구항 20

제 19항에 있어서,  
상기 구동 기판에는,  
상기 제 1 감지 전극 및 상기 제 2 감지 전극에 흡착되는 상기 유해 물질의 이온에 의한 전류 변화를 감지하고,  
상기 감지한 전류 변화에 따라 상기 유해 물질의 농도를 검출하는 제어 소자가 더 실장되는 유해 물질 감지 센서.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 휘발성 유기 화합물 센서에 관한 것으로, 특히 멤스(MEMS: Micro Electro Mechanical System) 공정을 통해 제작되며, 휘발성 유기 화합물 분자의 흡착 면적을 증가시킬 수 있는 감지전극 및 이를 포함한 유해 물질 감지 센서에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 급속한 산업화와 생활 수준의 향상에 따라 수반되는 환경오염 문제는 인간의 문화생활을 위협하고 있다. 대기오염이나 수질오염은 이미 지역에 따라 환경 기준치를 초과하는 심각한 문제를 야기하고 그로 인한 피해가 늘고 있는 상황이다. 심화되는 환경오염 문제는 국지적 차원에서 전 세계적 차원으로 확대되는 경향을 보이고 있다.

[0003] 그리고 최근 들어, 지구 온난화, 오존층의 파괴, 산성비, 산업 현장의 유해물질 누출, 생태계 파괴 및 해양 오염 등의 문제가 대두되면서 환경 오염 물질의 극미량 검출에 대한 연구 필요성이 제기되었다.

[0004] 특히, 인체에 해를 미칠 수 있는 유해 물질인 휘발성 유기 화합물은 우리 주변환경에서 다양한 형태로 존재하고 있을 뿐만 아니라, 거주자 혹은 작업자들의 건강에 위대한 요소로 작용되고 있다. 여기에서, 휘발성 유기 화합물은 일반적으로 상온 및 대기압에서 기체로 존재하는 유기 화합물을 일컫는다.

[0005] 상기과 같은 휘발성 유기 화합물의 발생 원인은 일반적으로 자연적 발생원과 인위적 발생원으로 구분할 수 있으며, 상기 자연적 발생원으로는 습지 등 혐기성 조건하에서 박테리아의 분해를 통해 생성된 메탄 물질을 예로 들 수 있다. 그리고, 인위적 발생원으로는 도장 시점의 유기용제와 주유소, 세탁소, 인쇄소, 건설 현장 등에서 생산 활동에 의해 배출되거나, 일반 가정에서 소비재 사용과 자동차, 기차, 선박, 비행기 등의 배기가스가 대표적

인 예이다.

- [0006] 최근, 세탁 및 청소에 사용되는 화학 약품이나 인공 접착제 및 도료의 사용량이 증가함에 따라 실내의 휘발성 유기 화합물의 농도가 증가하고 있다. 이로 인해 발생하는 대표적인 인체 부작용으로는 새집 증후군(Sick Building Syndrome)을 들 수 있는데, 새집 증후군은 생활 터전이나 사무실 등 건물 환경으로 인해 발생하는 여러 병적 증상을 의미하며, 대표적인 증상으로는 주로 아토피, 호흡 곤란, 현기증 스트레스 및 천식 등을 들 수 있다.
- [0007] 이에 따라, 실내의 휘발성 유기 화합물의 위험에 대한 사람들의 관심은 증대되고, 개인 환경의 실내 공기질을 평가할 수 있는 소형 및 저가의 휘발성 유기 화합물 센서의 필요성이 대두되었다.
- [0008] 한편, 시중에 상용화된 휘발성 유기 화합물 센서로는 이온화 방식을 사용하는 이온화 방식의 휘발성 유기 화합물 센서가 있다.
- [0009] 이온화 방식 휘발성 유기 화합물 센서는, 에너지를 얻는 휘발성 유기 화합물이 이온화되어 양이온과 전자로 나누어져 이들이 전극에 흡착할 때 발생하는 전류 변화로 휘발성 유기 화합물의 농도를 측정하는 방식의 센서를 일컫는다.
- [0010] 이때, 상기 휘발성 유기 화합물의 이온화 방식은, 자외선(UV) 광원을 이용하여 휘발성 유기 화합물을 이온화 시키는 광 이온화 방식과, 수소 불꽃을 이용하여 휘발성 유기 화합물을 이온화시키는 불꽃 이온화 방식으로 나뉜다.
- [0011] 여기에서, 상기 광 이온화 방식의 휘발성 유기 화합물 센서는 반도체성 물질을 이용한 저항 변화 방식 센서나 수정자를 이용한 공진 주파수 변화 방식 센서보다 휘발성 유기 화합물에 대한 선택성이 탁월하고, 온도나 습도 등 외란에 강한 장점이 있다.
- [0012] 도 1은 종래 기술에 따른 광 이온화 방식을 사용하는 유해물질 감지 센서의 전극 구조를 나타낸 도면이다.
- [0013] 도 1을 참조하면, 휘발성 유기 화합물 센서는 제 1 감지 전극(10)과 제 2 감지 전극(20)을 포함한다.
- [0014] 상기 제 1 감지 전극(10) 및 제 2 감지 전극(20) 중 어느 하나의 감지 전극에는 양의 전원이 공급되고, 다른 하나의 감지 전극에는 음의 전원이 공급된다.
- [0015] 상기 제 1 감지 전극(10)과 제 2 감지 전극(20)은 판 구조물에 금속 박막을 도금하여 제조되며, 이때 상기 감지 전극들의 구조에 따라 센서의 구동 전압 및 감지 성능이 달라지게 된다.
- [0016] 그러나, 광 이온화 방식의 센서의 경우, 수mm 간격의 전극에 분극 전압을 적용함에 따른 높은 인가 전압이 필요하며, 이 경우 소비 전력이 증가하는 문제점이 있다.
- [0017] 또한, 상기 감지 전극의 구조가 단순하고 전극의 수가 제한적이어서 자외선(UV) 광에 의해 휘발성 유기 화합물이 양이온과 전자로 분리된 후 전극에 흡착되는 경우에, 이온의 양이 적으며, 이에 따라 유해 물질의 농도 변화에 따라 발생하는 전류 변화가 적은 문제점이 있다.
- [0018] 따라서, 종래 기술에 따른 휘발성 유기 화합물 센서는 감지 감도의 분해능이 낮아 저농도의 휘발성 유기 화합물을 검출하기 위해서는 이를 개선할 필요가 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0019] 실시 예에서는 새로운 구조의 감지 전극 및 이를 포함하는 유해 물질 감지 센서를 제공하도록 한다.
- [0020] 또한, 실시 예에서는 반도체 방식과 같은 다른 방식에 비해 반응 속도가 향상된 광 이온화 방식이 적용된 유해 물질 감지 센서를 제공하도록 한다.
- [0021] 또한, 실시 예에서는 감지 전극의 표면적에 따른 흡착 이온의 양을 증가시켜 감지 감도를 향상시킬 수 있는 유해 물질 감지 센서를 제공한다.
- [0022] 또한, 실시 예에서는 복수의 감지 전극 사이의 거리를 최소화하여 상기 복수의 감지 전극에 공급되는 분극 전압을 감소시킬 수 있는 유해 물질 감지 센서를 제공하도록 한다.
- [0023] 제안되는 실시 예에서 이루고자 하는 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제들로 제한되지 않으며, 언급



되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 제안되는 실시 예가 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0024] 본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극은, 제 1 전원이 공급되며, 자외선에 의해 이온화된 유해 물질의 제 1 이온이 흡착되는 제 1 감지 전극; 및 상기 제 1 전원과 다른 극성의 제 2 전원이 공급되며, 상기 자외선에 의해 이온화된 상기 유해 물질의 제 2 이온이 흡착되는 제 2 감지 전극을 포함하며, 상기 제 1 감지 전극은, 제 1 몸체부와, 상기 제 1 몸체부의 표면으로부터 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 돌기부를 포함하고, 상기 제 2 감지 전극은, 제 2 몸체부와, 상기 제 2 몸체부의 표면으로부터 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 돌기부를 포함한다.
- [0025] 또한, 상기 복수의 제 1 돌기부와 상기 복수의 제 2 돌기부는, 서로 교대로 배치되어 있다.
- [0026] 또한, 상기 제 1 감지 전극의 제 1 몸체부는, 상기 제 1 몸체부를 구성하는 제 1 몸체와, 상기 제 1 몸체의 일측면으로부터 상기 제 1 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 1 연장부를 포함하고, 상기 제 1 돌기부는, 상기 제 1 연장부의 상면 및 하면 중 적어도 어느 일면으로부터 돌출된다.
- [0027] 또한, 상기 제 1 돌기부는, 상기 제 1 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 가지 돌기와, 상기 제 1 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 가지 돌기를 포함한다.
- [0028] 또한, 상기 제 2 감지 전극의 제 2 몸체부는, 상기 제 2 몸체부를 구성하는 제 2 몸체와, 상기 제 2 몸체의 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 2 연장부와, 상기 제 2 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 2 연장부와 일정 간격 이격된 제 3 연장부를 포함하고, 상기 제 2 돌기부는, 상기 제 2 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 3 가지 돌기와, 상기 제 3 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 4 가지 돌기를 포함한다.
- [0029] 또한, 상기 제 1 연장부는, 상기 제 2 연장부와 상기 제 3 연장부의 사이에 배치된다.
- [0030] 또한, 상기 복수의 제 1 가지 돌기는, 상기 복수의 제 3 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고, 상기 복수의 제 2 가지 돌기는, 상기 복수의 제 4 가지 돌기들 사이에 각각 배치된다.
- [0031] 또한, 상기 제 1 감지 전극의 제 1 몸체부는, 상기 제 1 몸체부를 구성하는 제 1 몸체와, 상기 제 1 몸체의 일측면으로부터 상기 제 1 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 1 연장부와, 상기 제 1 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 1 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 1 연장부와 일정 간격 이격된 제 2 연장부를 포함하고, 상기 제 1 돌기부는, 상기 제 1 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 1 가지 돌기와, 상기 제 1 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 2 가지 돌기와, 상기 제 2 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 돌출된 복수의 제 3 가지 돌기와, 상기 제 2 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 돌출된 복수의 제 4 가지 돌기를 포함한다.
- [0032] 또한, 상기 제 2 감지 전극의 제 2 몸체부는, 상기 제 2 몸체부를 구성하는 제 2 몸체와, 상기 제 2 몸체의 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장된 제 3 연장부와, 상기 제 2 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 2 연장부와 일정 간격 이격된 제 4 연장부와, 상기 제 2 몸체의 상기 일측면으로부터 상기 제 2 몸체의 길이 방향으로 연장되며, 상기 제 2 연장부와 일정 간격 이격된 제 5 연장부를 포함하고, 상기 제 2 돌기부는, 상기 제 3 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 5 가지 돌기와, 상기 제 4 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 6 가지 돌기와, 상기 제 4 연장부의 하면으로부터 하측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 7 가지 돌기와, 상기 제 5 연장부의 상면으로부터 상측 방향으로 일정 간격을 두고 돌출된 복수의 제 8 가지 돌기를 포함한다.
- [0033] 또한, 상기 제 1 연장부는, 상기 제 3 연장부와 상기 제 4 연장부 사이에 배치되고, 상기 제 2 연장부는, 상기 제 4 연장부와 상기 제 5 연장부 사이에 배치된다.
- [0034] 또한, 상기 복수의 제 1 가지 돌기는, 상기 복수의 제 5 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고, 상기 복수의 제 2 가지 돌기는, 상기 복수의 제 6 가지 돌기들 사이에 각각 배치되며, 상기 복수의 제 3 가지 돌기는, 상기 복수

의 제 7 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고, 상기 복수의 제 4 가지 돌기는, 상기 복수의 제 8 가지 돌기들 사이에 각각 배치된다.

[0035] 또한, 상기 복수의 제 1 돌기부는, 상면 및 하면의 폭이 동일한 복수의 제 1 가지 돌기를 포함하고, 상기 복수의 제 2 돌기부는, 상면 및 하면의 폭이 동일한 복수의 제 2 가지 돌기를 포함한다.

[0036] 또한, 상기 제 1 몸체부의 표면 및 상기 제 1 돌기부의 표면에 증착된 제 1 표면 처리층; 및, 상기 제 2 몸체부의 표면 및 상기 제 2 돌기부의 표면에 증착된 제 2 표면 처리층을 더 포함한다.

[0037] 또한, 상기 제 1 표면 처리층 및 상기 제 2 표면 처리층은, 탄소 나노 튜브를 포함한다.

[0038] 또한, 상기 제 1 감지 전극 및 제 2 감지 전극의 하부에 배치되며, 상기 제 1 감지 전극과 제 2 감지 전극을 고정하는 고정기판을 더 포함한다.

[0039] 한편, 실시 예에 따른 유해 물질 감지 센서는, 제 1 몸체; 상기 제 1 몸체 위에 배치되며, 적어도 하나의 소자가 부착된 구동 기관; 상기 구동 기관 위에 배치되어 상기 구동 기관의 상부 영역을 덮으며, 상면에 일정 깊이의 제 1 홈이 형성된 제 2 몸체; 상기 제 2 몸체 위에 배치되어 상기 제 2 몸체의 상부 영역을 덮으며, 하면에 상기 제 1 홈에 대응하는 제 2 홈이 형성된 제 3 몸체; 상기 제 2 몸체의 상기 제 1 홈 내에 삽입되는 자외선 램프; 및 상기 제 2 몸체의 상기 제 1 홈 내에 삽입되는 센서부를 포함한다.

[0040] 또한, 상기 제 1 홈은 상기 제 2 몸체의 측면으로 연장되고, 상기 제 2 홈은 상기 제 3 몸체의 측면으로 연장되며, 상기 센서부의 일 표면은, 상기 제 2 몸체 및 상기 제 3 몸체의 측면으로 연장된 상기 제 1 홈 및 제 2 홈에 의해 외부로 노출된다.

[0041] 또한, 상기 센서부는, 제 1 감지 전극 및 제 2 감지 전극을 포함한다.

[0042] 또한, 상기 구동 기관에는, 상기 제 1 감지 전극 및 제 2 감지 전극에 분극 전압을 각각 공급하는 전압 공급 소자가 실장되며, 상기 전압 공급 소자는, 각각의 유해 물질에 따라 기설정된 분극 전압 조건을 기준으로 상기 분극 전압을 공급한다.

[0043] 또한, 상기 구동 기관에는, 상기 제 1 감지 전극 및 상기 제 2 감지 전극에 흡착되는 상기 유해 물질의 이온에 의한 전류 변화를 감지하고, 상기 감지한 전류 변화에 따라 상기 유해 물질의 농도를 검출하는 제어 소자가 더 실장된다.

### 발명의 효과

[0044] 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 광 이온화 방식으로 유해 물질 감지를 위한 감지 전극을 설계하고, 마이크로 머시닝 기술을 이용하여 상기 설계된 감지 전극을 제작함으로써, 강한 전기장의 형성에 필요한 구동 전압을 낮추고, 센서의 성능을 향상시키는 동시에 소형화를 달성하여 생활 환경에서 사용할 수 있는 유해 물질 감지 센서를 구현할 수 있다.

[0045] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 유해 물질 감지 센서의 감지 전극이 마이크로 구조를 가짐으로써, 기존의 매크로 구조의 전극보다 더 넓은 면적에서 유해물질 분자와 전자를 교환할 수 있으며, 이에 따라 센서의 민감도 및 최저 감지 농도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.

[0046] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 복수의 감지 전극 사이의 간격을 좁힐 수 있음으로써, 양성을 띠는 유해물질 분자와 음성을 띠는 전자를 보다 낮은 전압에서 효과적으로 분리시킬 수 있다.

[0047] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 광 이온화 방식으로 유해물질을 감지하기 위한 센서를 구현함으로써, 기존의 반도체 방식이 적용된 센서에 비해 반응 속도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0048] 도 1은 종래 기술에 따른 광 이온화 방식을 사용하는 유해물질 감지 센서의 전극 구조를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 유해 물질 감지 센서의 동작 원리를 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 휘발성 유기 화합물의 종류를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 감지 전극의 구조를 나타낸 도면이다.

도 5는 도 4의 A-A' 단면을 도시한 단면도이다.

도 6은 도 4의 B-B' 단면을 도시한 단면도이다.

도 7은 도 4의 C부분을 확대하여 도시한 사시도이다.

도 8은 본 발명의 감지 전극의 다른 실시 예를 나타낸 것이다.

도 9는 도 8의 표면 처리층의 분석 사진을 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 표면 처리층에 의한 감지 성능 향상 결과를 보여주는 도면이다.

도 11 내지 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극의 제조 방법을 공정순으로 설명하는 도면이다.

도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극에 인가되는 분극 전압에 따른 전류 변화를 나타낸 도면이다.

도 17은 본 발명의 실시 예에 따른 전극과 일반 전극의 출력 전류 값의 비교를 나타낸 그래프이다.

도 18은 본 발명의 실시 예에 따른 표면 처리층이 형성된 전극의 출력 전류 값을 나타낸 그래프이다.

도 19는 본 발명의 실시 예에 따른 표면 처리층(630)의 유무에 따른 전류 변화 여부를 테스트한 그래프이다.

도 20은 본 발명의 실시 예에 따른 유해 물질의 농도 변화에 따른 전류 변화를 나타낸 그래프이다.

도 21은 본 발명의 실시 예에 따른 분극 전압 변화에 따른 전류 변화를 나타낸 그래프이다.

도 22는 본 발명의 실시 예에 따른 복수의 감지 전극 사이의 간격에 따른 전류 변화를 나타낸 그래프이다.

도 23은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 감지 전극의 구조를 나타낸 도면이다.

도 24는 본 발명의 실시 예에 따른 유해 물질 감지 센서의 외관을 나타낸 것이다.

도 25는 도 24의 유해 물질 감지 센서의 분해도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 '유해 물질 감지 센서'를 상세하게 설명한다. 설명하는 실시 예들은 본 발명의 기술 사상을 통상의 기술자가 용이하게 이해할 수 있도록 제공되는 것으로 이에 의해 본 발명이 한정되지 않는다.
- [0050] 또한, 첨부된 도면에 표현된 사항들은 본 발명의 실시 예들을 쉽게 설명하기 위해 도식화된 도면으로 실제로 구현되는 형태와 상이할 수 있다.
- [0051] 한편, 이하에서 표현되는 각 구성부는 본 발명을 구현하기 위한 예일 뿐이다. 따라서, 본 발명의 다른 구현에서는 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않는 범위에서 다른 구성부가 사용될 수 있다.
- [0052] 또한, 어떤 구성요소들을 '포함'한다는 표현은, '개방형'의 표현으로서 해당 구성요소들이 존재하는 것을 단순히 지칭할 뿐이며, 추가적인 구성요소들을 배제하는 것으로 이해되어서는 안 된다.
- [0053] 또한, '제1, 제2' 등과 같은 표현은, 복수의 구성들을 구분하기 위한 용도로만 사용된 표현으로써, 구성들 사이의 순서나 기타 특징들을 한정하지 않는다.
- [0054] 본 발명의 실시 예들을 설명함에 있어서 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고 후술되는 용어들은 본 발명의 실시 예에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 그러므로 그 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0055] 이하, 실시 예들은 첨부된 도면 및 실시 예들에 대한 설명을 통하여 명백하게 드러나게 될 것이다. 실시 예들의 설명에 있어서, 각 층(막), 영역, 패턴 또는 구조물들이 기판, 각 층(막), 영역, 패턴 또는 패턴들의 "위(on)"에 또는 "아래(under)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, "위(on)"와 "아래(under)"는 "직접(directly)" 또는 "다른 층을 개재하여(indirectly)" 형성되는 것을 모두 포함한다. 도면에서 각층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었다. 또한 각 구성요소의 크기는 실제크기를 전적으로 반영하는 것은 아니다. 이하, 첨부된 도면을 참조하여 실시 예들을 설명한다.

- [0056] 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 유해 물질 감지 센서의 동작 원리를 설명하기 위한 도면이다.
- [0057] 도 2를 참조하면, 유해 물질 감지 센서는 자외선 램프(110)와, 제 1 감지 전극(120)과 제 2 감지 전극(130)을 포함할 수 있다.
- [0058] 자외선 램프(110)는 자외선을 방출한다. 여기에서, 자외선 램프(110)는 불활성 가스인 크립톤 가스로 충전되어 일정 에너지의 자외선을 방출할 수 있다.
- [0059] 제 1 감지 전극(120)과 제 2 감지 전극(130)에는 서로 다른 극성의 전원이 공급된다.
- [0060] 예를 들어, 상기 제 1 감지 전극(120)에는 양의 전원이 공급될 수 있고, 상기 제 2 감지 전극(130)에는 음의 전원이 공급될 수 있다. 또한, 이와 반대로, 상기 제 1 감지 전극(120)에는 음의 전원이 공급될 수 있고, 상기 제 2 감지 전극(130)에는 양의 전원이 공급될 수 있다.
- [0061] 그리고, 상기 제 1 감지 전극(120) 및 제 2 감지 전극(130)에는 상기 자외선 램프(110)에서 발생한 자외선에 의해 발생하는 이온화 현상에 의해, 이온화된 입자와 전자가 흡착된다.
- [0062] 즉, 상기 유해 물질 분자가 상기 발생한 자외선에 의해 이온화되어 양 이온과 음 이온으로 나뉘지게 되며, 상기 제 1 감지 전극(120)에는 상기 나뉘어진 양 이온 및 음 이온 중 어느 하나의 이온이 흡착되고, 상기 제 2 감지 전극(130)에는 상기 제 1 감지 전극(120)에 흡착된 이온과는 다른 이온이 흡착된다.
- [0063] 예를 들어, 상기 제 1 감지 전극(120)에 양의 전원이 공급되고, 상기 제 2 감지 전극(130)에는 음의 전원이 공급되는 경우, 상기 양 이온은 상기 제 2 감지 전극(130)에 흡착되고, 상기 음 이온은 상기 제 1 감지 전극(120)에 흡착된다.
- [0064] 이와 반대로, 상기 제 1 감지 전극(120)에 음의 전원이 공급되고, 상기 제 2 감지 전극(130)에 양의 전원이 공급되는 경우, 상기 양 이온은 상기 제 1 감지 전극(120)에 흡착되고, 상기 음 이온은 상기 제 2 감지 전극(130)에 흡착된다.
- [0065] 상기와 같이, 본 발명에 따른 유해 물질 감지 센서는, 유해 물질 분자가 광 에너지에 의해 양 이온과 전자로 분해되는 현상을 이용하여 상기 유해물질의 농도를 측정하는 광 이온화 방식에 의해 구현된다.
- [0066] 그리고, 상기 유해 물질 감지 센서는 상기 유해 물질을 이온화시킬 수 있는 자외선 램프와, 상기 자외선 램프에 의해 이온화된 입자에 전기적 힘을 가하는 복수의 감지 전극으로 구성된다.
- [0067] 상기와 같은 유해 물질 감지 센서의 동작 원리는 다음과 같다.
- [0068] 상기 유해 물질 감지 센서 내부로 유입된 유해 물질 분자는 내부의 자외선 램프에 의해 이온화 과정을 거치게 되고, 이에 따라 양 이온과 음 이온으로 나뉘지게 된다. 이때, 상기 유해 물질의 이온화 에너지가 광 에너지 수준보다 낮을 경우에 상기와 같은 이온화 현상이 일어나게 된다.
- [0069] 그리고, 상기 이온화된 입자와 전자는 전압에 의해 각각 상대되는 극성의 전극으로 이동하게 되며, 상기와 같은 이온의 이동은 전류 변화를 야기시킨다.
- [0070] 그리고, 상기 유해 물질 감지 센서는 상기 변화하는 전류 변화를 측정하고, 상기 측정된 전류 변화 정도에 따라 상기 유해 물질의 농도를 측정한다.
- [0071] 이하에서는 본 발명에서 감지하는 유해 물질에 대해 설명하기로 한다.
- [0072] 도 3은 일반적인 휘발성 유기 화합물의 종류를 설명하기 위한 도면이다.
- [0073] 상기 유해 물질은 휘발성 유기 화합물을 포함할 수 있다.
- [0074] 그리고, 도 3에 도시된 바와 같이, 상기 휘발성 유기 화합물은 아세트알데히드, 아세틸렌, 아세틸렌 디클로라이드, 아세틸렌, 아크릴로니트릴, 벤젠, 1,3 - 부타디엔, 부탄, 1-부텐, 2-부텐, 사염화탄소, 클로로포름, 사이클로hex산, 1,2-디클로로에탄, 디에틸아민, 디에틸아민, 에틸렌, 포름알데히드, n-헥산, 이소프로필 알콜, 메탄올, 메틸에틸케톤, 메틸렌클로라이드, 메틸비이(MTBE), 프로필렌, 프로필렌옥사이드, 1,1,1,-트리클로로에탄, 트리클로로에탄, 휘발유, 납사, 원유, 아세트산(초산), 에틸벤젠, 니트로벤젠, 톨루엔, 테트라클로로에틸렌, 자일렌(o-,m-,p-포함), 스티렌을 포함한다.
- [0075] 그리고, 상기와 같은 유해 물질의 위해성을 살펴보면 아래의 표 1과 같다.

표 1

[0076]

번호	물질명	주요 위해성	비고
1	아세트알데히드	졸음, 의식불명, 통증, 설사, 현기증, 구토	특정대기유해물질
2	아세틸렌	현기증, 무기력증 및 액체상태로 접촉시 동상	오존 전구물질
3	아세틸렌 디클로라이드	현기증, 무기력증 및 액체상태로 접촉시 동상	-
4	아세틸렌	화상, 숨참, 통증, 수포, 복부경련	-
5	아크릴로니트릴	두통, 구토, 설사, 질식, 발암성	특정대기유해물질
6	벤젠	졸음, 의식불명, 통증, 설사, 현기증, 경련, 구토, 발암성 특히 백혈병 유발	특정대기유해물질 오존 전구물질
7	1,3 - 부타디엔	졸음, 구토, 의식불명, 액체상태로 접촉시 동상, 발암성(B2)	특정대기유해물질
8	부탄	졸음, 액체상태로 접촉시 동상	오존 전구물질
9	1-부텐, 2-부텐	현기증, 의식불명, 액체상태로 접촉시 동상	오존 전구물질
10	사염화탄소	현기증, 졸음, 두통, 구토, 복통, 설사 / 발암성(B2)	특정대기유해물질
11	클로로포름	졸음, 두통, 통증, 설사, 현기증, 복통, 구토, 의식불명 / 발암성(B2)	특정대기유해물질
12	사이클로헥산	현기증, 두통, 메스꺼움, 구토	오존 전구물질
13	1,2-디클로로에탄	졸음, 의식불명, 통증, 설사, 현기증, 구토, 시야가 흐려짐, 복부경련	특정대기유해물질
14	디에틸아민	호흡곤란, 수포, 고통화상, 설사, 구토, 시력 상실	-
15	디에틸아민	복부 통증, 설사, 호흡곤란, 고통, 화상, 시야가 흐려짐	-
16	에틸렌	졸음, 의식불명	오존 전구물질
17	포름알데히드	호흡곤란, 심각한 화상, 통증, 수포, 복부경련 발암성(B1)	특정대기유해물질
18	n-헥산	현기증, 졸음, 무기력증, 두통, 호흡곤란, 구토, 의식불명, 복통	-
19	이소프로필 알콜	현기증, 졸음, 두통, 구토, 시야가 흐려짐	-
20	메탄올	현기증, 구토, 복통, 호흡곤란, 의식불명	-
21	메틸에틸케톤	현기증, 졸음, 무기력증, 두통, 구토, 호흡곤란, 의식불명, 복부경련	-
22	메틸렌클로라이드	현기증, 졸음, 두통, 구토, 의식불명, 화상, 복통, 발암성	-
23	엠티비이(MTBE)	현기증, 졸음, 두통	-
24	프로필렌	졸음, 질식, 액체상태로 접촉시 동상	오존 전구물질
25	프로필렌옥사이드	졸음, 질식, 두통, 메스꺼움, 구토, 화상, 발암성(B2)	특정대기유해물질
26	1,1,1,-트리클로로에탄	졸음, 두통, 구토, 숨참, 의식불명, 설사	-
27	트리클로로에탄	현기증, 졸음, 두통, 의식불명, 통증, 복통	특정대기유해물질
28	휘발유	졸음, 두통, 구토, 의식불명	-
29	납사	졸음, 두통, 구토, 경련	-
30	원유	두통, 구토	-
31	아세트산(초산)	두통, 현기증, 호흡곤란, 수포, 화상, 시력상실, 복통, 설사	-
32	에틸벤젠	현기증, 두통, 졸음, 통증, 시야가 흐려짐	특정대기유해물질 오존 전구물질
33	니트로벤젠	두통, 청색증(푸른 입술 및 손톱), 현기증, 구토, 의식불명	-
34	톨루엔	현기증, 졸음, 두통, 구토, 의식불명, 복통	오존 전구물질
35	테트라클로로에틸렌	현기증, 졸음, 두통, 구토, 의식불명, 수포, 화상, 복통	특정대기유해물질
36	자일렌 (o-,m-,p-포함)	현기증, 졸음, 두통, 의식불명, 복통	오존 전구물질
37	스틸렌	현기증, 졸음, 두통, 구토, 복통	특정대기유해물질



- [0077] 상기와 같이, 휘발성 유기 화합물은 사람의 건강 및 재산이나, 동식물의 생육에 직접 또는 간접적으로 위해를 줄 우려가 있는 대기 오염물질이며, 이에 따라 이를 효율적으로 검출하여 상기와 같은 위해성을 사전에 차단할 수 있어야 한다.
- [0078] 도 4는 본 발명의 제 1 실시 예에 따른 감지 전극의 구조를 나타낸 도면이고, 도 5는 도 4의 A-A' 단면을 도시한 단면도이고, 도 6은 도 4의 B-B' 단면을 도시한 단면도이며, 도 7은 도 4의 C부분을 확대하여 도시한 사시도이다.
- [0079] 도 4를 참조하면, 감지 전극은 제 1 감지 전극(120)과 제 2 감지 전극(130)을 포함한다.
- [0080] 그리고, 상기와 같은 제 1 감지 전극(120)과 제 2 감지 전극(130)은 고정 기관(140) 위에 고정될 수 있다.
- [0081] 상기 고정 기관(140)은 플레이트 형상을 가질 수 있다. 상기 고정 기관(140)은 선택적으로 중공이 형성될 수 있으며, 상기 고정 기관(140)에 형성된 중공에 의해 광이 투과될 수 있다.
- [0082] 상기 고정 기관(140)은 실시 예에 따라 사각형의 프레임 형상을 가질 수 있다. 이러한 고정 기관(140)은 정사각형일 수 있으며, 이에 따라, 상기 제 1 감지 전극(120) 및 상기 제 2 감지 전극(130)이 배치될 수 있는 충분한 면적을 가질 수 있다.
- [0083] 상기와 같은 고정 기관(140)은 상기 제 1 감지 전극(120)과 제 2 감지 전극(130)을 지지한다.
- [0084] 상기 고정 기관(140)은 복수의 층상 구조를 가질 수 있으며, 추후 도면에 도시된 바와 같이, 지지 기관(400), 상기 지지 기관(400) 위에 절연층(200) 및 상기 절연층(200) 위에 전극층(상기 제 1 감지 전극과 제 2 감지 전극을 구성하는 층)으로 형성되어 있다.
- [0085] 상기 지지 기관(400)은 실리콘 기관, 유리 기관 및 폴리머 기관 중 어느 하나의 기관을 포함할 수 있다.
- [0086] 상기 지지 기관(400)은 300 $\mu$ m 내지 500 $\mu$ m의 두께를 가질 수 있으며, 바람직하게 400 $\mu$ m의 두께를 가질 수 있다.
- [0087] 상기 절연층(200)은 상기 지지 기관(400)이 실리콘 기관일 경우, 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막으로 형성될 수 있으며, 1.5 $\mu$ m 내외의 두께를 가질 수 있다.
- [0088] 상기 절연층(200) 위에는 상기 제 1 감지 전극(120) 및 제 2 감지 전극(130)을 구성하는 전극층이 형성되어 있다.
- [0089] 즉, 상기 고정 기관(110)은 전극층을 패터닝하여 사각형의 각 변을 따라 배치될 수 있으며, 상기와 같이 서로 분리되어 있는 복수의 감지 전극(제 1 감지 전극(120) 및 제 2 감지 전극(130))을 포함할 수 있다.
- [0090] 상기 제 1 감지 전극(120) 및 제 2 감지 전극(130)은 실리콘, 구리, 알루미늄, 몰리브덴, 텅스텐 등의 전도성 물질일 수 있으며, 바람직하게는, 상기 지지 기관(400)이 실리콘 기관인 경우, 실리콘으로 형성될 수 있다. 상기 제 1 감지 전극(120) 및 제 2 감지 전극(130)은 40 $\mu$ m 내지 60 $\mu$ m의 두께를 가질 수 있으며, 바람직하게는 50 $\mu$ m 내외의 두께를 가질 수 있다.
- [0091] 상기 제 1 감지 전극(120) 및 제 2 감지 전극(130)은 서로 접촉하지 않으면서 일정 간격 이격될 수 있다.
- [0092] 제 1 감지 전극(120)은 Y축 방향으로 연장되어 있는 몸체(121)와, 상기 몸체(121)의 일 측면으로부터 X축 방향으로 연장되는 제 1 연장부(122)와, 상기 제 1 연장부(122)로부터 돌출되는 제 1 전극 돌기(123) 및 제 2 전극 돌기(124)를 포함한다.
- [0093] 상기 제 1 연장부(122)로부터 돌출되는 제 1 전극 돌기(123) 및 제 2 전극 돌기(124)는 빗살(comb) 형상으로 형성될 수 있으며, 소정의 길이(d4)를 가지는 돌기의 폭(W3)은 1 내지 30 $\mu$ m로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 3 $\mu$ m 내지 4 $\mu$ m를 충족할 수 있다. 그러나, 상기 폭(W3)은 상기 범위 내에 한정되지 않는다.
- [0094] 상기 제 1 전극 돌기(123)는 상기 제 1 연장부(122)의 상면에서 Y축 방향으로 돌출된다.
- [0095] 상기 제 1 전극 돌기(123)는 상기 제 1 연장부(122)의 상면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0096] 또한, 상기 제 2 전극 돌기(124)는 상기 제 1 연장부(122)의 하면에서 Y축 방향을 돌출된다.
- [0097] 즉, 상기 제 1 전극 돌기(123)는 상기 제 1 연장부(122)의 상면에서 상측 방향으로 돌출되며 형성되고, 상기 제 2 전극 돌기(124)는 상기 제 1 연장부(122)의 하면에서 하측 방향으로 돌출되며 형성된다.

- [0098] 상기 제 2 전극 돌기(124)는 상기 제 1 연장부(122)의 하면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0099] 여기에서, 상기 제 1 전극 돌기(123)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 1 연장부(122)의 길이 및 상기 제 1 전극 돌기(123)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0100] 또한, 상기 제 2 전극 돌기(124)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 1 연장부(122)의 길이 및 상기 제 2 전극 돌기(124)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이들의 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0101] 제 1 감지 전극(130)은 Y축 방향으로 연장되어 있는 몸체(131)와, 상기 몸체(131)의 상부의 일 측면으로부터 X축 방향으로 연장되는 제 2 연장부(132)와, 상기 몸체(131)의 하부의 일 측면으로부터 X축 방향으로 연장되는 제 3 연장부(133)와, 상기 제 2 연장부(132)로부터 돌출되는 제 3 전극 돌기(134)와, 상기 제 3 연장부(133)로부터 돌출되는 제 4 전극 돌기(135)를 포함한다.
- [0102] 상기 제 2 연장부(132)로부터 돌출되는 제 3 전극 돌기(134)와, 상기 제 3 연장부(133)로부터 돌출되는 제 4 전극 돌기(135)는 빗살(comb) 형상으로 형성될 수 있으며, 소정의 길이(d4)를 가지는 돌기의 폭(W3)은 1 내지 30  $\mu\text{m}$ 로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 3 $\mu\text{m}$  내지 4 $\mu\text{m}$ 를 충족할 수 있다. 그러나, 상기 폭(W3)은 상기 범위 내에 한정되지 않는다.
- [0103] 상기 제 3 전극 돌기(134)는 상기 제 2 연장부(132)의 하면에서 Y축 방향으로 돌출된다.
- [0104] 상기 제 3 전극 돌기(134)는 상기 제 2 연장부(132)의 하면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0105] 또한, 상기 제 4 전극 돌기(135)는 상기 제 3 연장부(133)의 상면에서 Y축 방향을 돌출된다.
- [0106] 즉, 상기 제 3 전극 돌기(134)는 상기 제 2 연장부(132)의 하면에서 하측 방향으로 돌출되며 형성되고, 상기 제 4 전극 돌기(135)는 상기 제 3 연장부(133)의 상면에서 상측 방향으로 돌출되며 형성된다.
- [0107] 상기 제 4 전극 돌기(135)는 상기 제 2 연장부(133)의 상면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0108] 여기에서, 상기 제 3 전극 돌기(134)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 2 연장부(132)의 길이 및 상기 제 3 전극 돌기(134)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0109] 또한, 상기 제 4 전극 돌기(135)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 3 연장부(133)의 길이 및 상기 제 4 전극 돌기(135)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이들의 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0110] 한편, 상기 제 1 전극 돌기(123)와 제 2 전극 돌기(124)는 상기 제 1 연장부(122)를 중심으로 서로 대칭될 수 있다.
- [0111] 다시 말해서, 상기 제 1 전극 돌기(123)를 구성하는 복수의 돌기와, 상기 제 2 전극 돌기(124)를 구성하는 복수의 돌기는 상기 제 1 연장부(122)를 중심으로 서로 대칭적으로 배치된다.
- [0112] 따라서, 상기 제 1 감지 전극(120)은 X축 방향의 무게 중심을 유지할 수 있다.
- [0113] 또한, 상기 제 3 전극 돌기(134)와 상기 제 4 전극 돌기(135)도 상기 제 1 연장부(122)를 중심으로 서로 대칭될 수 있다.
- [0114] 다시 말해서, 상기 제 3 전극 돌기(134)를 구성하는 복수의 돌기와, 상기 제 4 전극 돌기(135)를 구성하는 복수의 돌기는 상기 제 1 연장부(122)를 중심으로 상기 제 2 연장부(132) 및 제 3 연장부(134)에 각각 서로 대칭적으로 배치된다.
- [0115] 상기 제 1 감지 전극(120)에 포함된 돌기와, 제 2 감지 전극(130)에 포함된 돌기는 서로 교차하도록 배치된다.
- [0116] 즉, 상기 제 1 감지 전극(120)에 포함된 제 1 전극 돌기(123)와, 상기 제 2 감지 전극(130)에 포함된 제 3 전극 돌기(134)는 서로 교차하도록 배치된다. 보다 구체적으로 설명하면, 상기 제 1 전극 돌기(123)는 복수의 제 1 돌기들을 포함하고, 상기 제 3 전극 돌기(134)는 복수의 제 3 돌기들을 포함한다.
- [0117] 그리고, 상기 제 3 돌기들 각각은, 상기 복수의 제 1 돌기들 사이에 각각 배치된다.
- [0118] 이때, 상기 제 3 돌기들 각각의 측면과, 상기 제 1 돌기들 각각의 측면은 일정 간격 이격되어 배치된다.
- [0119] 그리고, 상기 제 3 돌기들의 표면은 상기 제 1 연장부(122)의 상면으로부터 일정 간격 이격되어 배치된다.
- [0120] 또한, 상기 제 1 돌기들의 표면은 상기 제 2 연장부(132)의 하면으로부터 일정 간격 이격되어 배치된다.

- [0121] 또한, 상기 제 1 감지 전극(120)에 포함된 제 2 전극 돌기(124)와, 상기 제 2 감지 전극(130)에 포함된 제 4 전극 돌기(135)는 서로 교차하도록 배치된다. 보다 구체적으로 설명하면, 상기 제 2 전극 돌기(124)는 복수의 제 2 돌기들을 포함하고, 상기 제 4 전극 돌기(135)는 복수의 제 4 돌기들을 포함한다.
- [0122] 그리고, 상기 제 4 돌기들 각각은, 상기 복수의 제 2 돌기들 사이에 각각 배치된다.
- [0123] 이때, 상기 제 4 돌기들 각각의 측면과, 상기 제 2 돌기들 각각의 측면은 일정 간격 이격되어 배치된다.
- [0124] 그리고, 상기 제 4 돌기들의 표면은 상기 제 1 연장부(122)의 하면으로부터 일정 간격 이격되어 배치된다.
- [0125] 또한, 상기 제 2 돌기들의 표면은 상기 제 3 연장부(133)의 상면으로부터 일정 간격 이격되어 배치된다.
- [0126] 상기와 같이, 제 1 감지 전극(120)은 빗살 형상을 가질 수 있으며, 이에 따라 제 1 전극 돌기(123)와 제 2 전극 돌기(124)를 포함한다. 그리고, 상기 제 1 전극 돌기(123)는 서로 나란히 연장되는 제 1 가지 돌기들을 포함할 수 있다. 그리고, 상기 제 2 전극 돌기(124)도 서로 나란히 연장되는 제 2 가지 돌기들을 포함할 수 있다.
- [0127] 또한, 상기 제 2 감지 전극(130)은 빗살 형상을 가질 수 있으며, 이에 따라 제 3 전극 돌기(134)와 제 4 전극 돌기(135)를 포함한다. 그리고, 상기 제 3 전극 돌기(134)는 서로 나란히 연장되는 제 3 가지 돌기들을 포함할 수 있다. 그리고, 상기 제 4 전극 돌기(135)도 서로 나란히 연장되는 제 4 가지 돌기들을 포함할 수 있다.
- [0128] 그리고, 상기 제 1 가지 돌기들 각각은, 상기 제 3 가지 돌기들 사이에 각각 배치되고, 상기 제 2 가지 돌기들 각각은, 상기 제 4 가지 돌기들 사이에 각각 배치된다.
- [0129] 상기와 같은 구조를 가지는 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 광 이온화 방식으로 유해 물질 감지를 위한 감지 전극을 설계하고, 마이크로머시닝 기술을 이용하여 상기 설계된 감지 전극을 제작함으로써, 강한 전기장의 형성에 필요한 구동 전압을 낮추고, 센서의 성능을 향상시키는 동시에 소형화를 달성하여 생활 환경에서 사용할 수 있는 유해 물질 감지 센서를 구현할 수 있다.
- [0130] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 유해 물질 감지 센서의 감지 전극이 마이크로 구조를 가짐으로써, 기존의 매크로 구조의 전극보다 더 넓은 면적에서 유해물질 분자와 전자를 교환할 수 있으며, 이에 따라 센서의 민감도 및 최저 감지 농도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.
- [0131] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 복수의 감지 전극 사이의 간격을 좁힐 수 있음으로써, 양성을 띠는 유해물질 분자와 음성을 띠는 전자를 보다 낮은 전압에서 효과적으로 분리시킬 수 있다.
- [0132] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 광 이온화 방식으로 유해물질을 감지하기 위한 센서를 구현함으로써, 기존의 반도체 방식이 적용된 센서에 비해 반응 속도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.
- [0133] 도 8은 본 발명의 감지 전극의 다른 실시 예를 나타낸 것이고, 도 9는 도 8의 표면 처리층의 분석 사진을 나타낸 도면이다.
- [0134] 도 8 및 도 9에 도시된, 감지 전극은 상기 제 1 감지 전극(120)일 수 있고, 이와 다르게 상기 제 2 감지 전극(130)일 수 있다.
- [0135] 다시 말해서, 상기 제 1 감지 전극(120)을 구성하는 제 1 전극 돌기(123)와 제 2 전극 돌기(124), 그리고 상기 제 2 감지 전극(130)을 구성하는 제 3 전극 돌기(134)와 제 4 전극 돌기(135)는 상기 도 8에 도시된 전극 돌기와 같이 구성될 수 있다.
- [0136] 도 8 및 도 9를 참조하면, 감지 전극(600)은 몸체(610) 및 상기 몸체(610)로부터 Y축 방향으로 돌출되는 복수의 돌기(620)와, 상기 복수의 돌기(620)의 표면을 덮는 표면 처리층(630)을 포함한다.
- [0137] 상기와 같이, 상기 감지 전극(600)을 구성하는 복수의 돌기(620)에는 표면 처리층(630)이 형성될 수 있다.
- [0138] 상기 표면 처리층(630)은 표면적 대비 부피비가 큰 물질을 상기 복수의 돌기(620)의 표면에 증착하여 형성할 수 있다.
- [0139] 바람직하게, 상기 표면 처리층(630)은 탄소나노튜브(CNT:Carbon Nanotube)로 형성된다.
- [0140] 상기 탄소나노튜브는 6각형 고리로 연결된 탄소들이 긴 대롱모양을 이루는 지름 1나노미터 크기의 미세한 분자이다. 이는, 탄소원자가 3개씩 결합하여 벌집 모양의 구조를 갖게 된 탄소평면이 말려서 튜브 모양을 형성한다.
- [0141] 상기와 같은 0.5~10nm의 원통형 탄소 결정체인 탄소나노튜브는 높은 인장력과 전기 전도성 등의 특성을 가지고



있어 차세대 첨단 소재로 주목받고 있다. 강도는 철강보다 100배 뛰어나고, 전기 전도도는 구리와 비슷하며, 열 전도율은 다이아몬드와 같다. 또한, 탄소나노튜브는, 속이 비어 있어 가벼우면서도 유연성이 뛰어난 미래형 신소재다.

- [0142] 탄소나노튜브는 그 튜브의 지름이 얼마나 되느냐에 따라 도체가 되기도 하고 반도체가 되는 성질이 있음이 밝혀지면서 차세대 반도체 물질로 각광 받고 있다. 이러한 우수한 성질을 활용, 반도체와 평판 디스플레이·연료전지·초강력섬유·생체센서 등 다양한 분야에 두루 활용되는 만능소재로 불린다. 예를 들어 탄소나노튜브로 반도체 칩을 만들면 현재 기가(10억)바이트의 한계를 뛰어넘는 테라(1조)바이트급의 집적도가 가능해진다.
- [0143] 상기와 같은 탄소나노튜브로 형성된 상기 복수의 돌기(620)의 표면 처리층(630)은 이온화된 유해물질이 흡착되는 상기 복수의 돌기(620)의 표면적을 최대화시킨다.
- [0144] 이에 따라, 상기 감지 전극(610)에 동일한 전압이 공급되고 있는 상태에서, 상기 표면 처리층(630)이 형성되어 있지 않은 감지 전극보다 상기 표면 처리층(630)이 형성되어 있는 감지 전극에 더 많은 양의 유해물질 분자가 흡착된다.
- [0145] 또한, 상기와 같은 탄소나노튜브로 형성된 상기 복수의 돌기(620)의 표면 처리층(630)은 표면에서 전기장의 세기가 커짐에 따라 상기 이온화된 유해물질에 대한 인력(Attractive force)을 증가시킬 수 있으며, 이에 따라 적은 유해물질의 양에 대해서는 큰 전류 변화가 나타나도록 한다.
- [0146] 이에 따라, 상기와 같은 표면 처리층(630)이 형성되어 있지 않은 감지 전극보다 낮은 전압이 상기 표면 처리층(630)이 형성되어 있는 감지 전극에 공급되어도, 동일한 유해물질 분자량이 흡착될 수 있으며, 이에 따른 전력 손실을 최소화할 수 있다.
- [0147] 도 10은 본 발명의 실시 예에 따른 표면 처리층에 의한 감지 성능 향상 결과를 보여주는 도면이다.
- [0148] 본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극에 상기와 같은 표면 처리층(630)을 증착하고, 그에 따라 상기와 같은 표면 처리층(630)이 증착된 감지 전극을 이용하여 유해 물질이 농도를 측정하였다. 여기에서, 상기 측정된 유해 물질로는 1000ppm 조건의 톨루엔이 사용되었다.
- [0149] 도 10에 도시된 바와 같이, 상기와 같이 유해 물질을 발생시키고, 그에 따라 상기 표면 처리층(630)이 형성되지 않은 전극을 이용하여 상기 유해물질을 측정한 결과, 18.39%의 반응 특성(Normalization of response)를 보였다. 여기에서, 상기 측정 반응은 상기 유해 물질의 이온화에 의해 측정된 전류 값(I)을 초기 전류(Io)로 나눈 값이다.
- [0150] 그리고, 상기와 같은 조건의 유해 물질을 발생시키고, 그에 따라 상기 표면 처리층(630)이 형성된 전극을 이용하여 상기 유해 물질을 측정한 결과, 28.29%의 q반응 특성을 보였다.
- [0151] 즉, 동일한 조건에서 상기 표면 처리층(630)이 증착된 전극을 사용할 경우, 상기 표면 처리층(630)이 형성되지 않은 동일한 구조의 전극을 사용할 때보다 약 50% 이상의 반응 특성이 증가하는 것을 확인하였다.
- [0152] 도 11 내지 도 15는 본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극의 제조 방법을 공정순으로 설명하는 도면이다.
- [0153] 상기 감지 전극의 제조 공정은, 스퍼터 공정을 통해 알루미늄 박막을 웨이퍼의 윗면과 아랫면에 증착하는 것으로 시작할 수 있다. 그리고, 상기 증착한 알루미늄 박막은 리소그래피 공정과 식각 공정을 통해 패터닝될 수 있으며, 그 후 윗면은 맞물린(IDT) 형태로 패터닝된 알루미늄 박막을 마스크로 하여 웨이퍼의 소자층을 식각한다. 실리콘의 식각은 DRIE(Deep Reactive Ion Etching) 공정으로 이루어진다. 웨이퍼의 아래 실리콘 층도 상기 DRIE 공정으로 식각하여 기체와 빛이 자유롭게 통과할 수 있도록 한다. 마스크로 사용되고 남은 알루미늄 박막과 매몰 산화층(buried oxide layer)은 습식 식각으로 제거하여 IDT 전극을 공중에 부유한 형태로 만들 수 있다.
- [0154] 이에 대해서, 보다 구체적으로 설명하기로 한다.
- [0155] 먼저, 도 11과 같이, 베이스 기판에 금속층(500)을 이용하여 패턴을 형성한다.
- [0156] 상기 베이스 기판은 지지 기판(400) 위에 절연층(200) 및 전극층(150)이 형성되어 있는 구조를 가진다.
- [0157] 상기 지지 기판(400)은 300 $\mu$ m 내지 500 $\mu$ m의 두께를 가지며, 바람직하게는 400 $\mu$ m의 두께를 가질 수 있다.
- [0158] 상기 절연층(200)은 상기 지지 기판(400)이 실리콘 기판일 경우, 실리콘 산화막 또는 실리콘질화막으로 형성될

수 있으며, 1.5 $\mu$ m 내외의 두께를 가질 수 있다.

- [0159] 상기 전극층(150)은 실리콘, 구리, 알루미늄, 몰리브덴, 텅스텐 등의 전도성 물질일 수 있으며, 바람직하게는 지지 기판(400)이 실리콘 기판인 경우, 실리콘으로 형성될 수 있다. 상기 전극층(150)은 10 $\mu$ m 내지 100 $\mu$ m의 두께를 가지며, 바람직하게는 50 $\mu$ m 내외의 두께를 가질 수 있다.
- [0160] 즉, 내부에 실리콘 절연층(200)을 포함하는 실리콘 기판일 수 있으며, 상기 지지 기판(400)의 하부에 알루미늄 금속층(410)이 형성될 수 있다.
- [0161] 상기 알루미늄 금속층(410)은 1.5 $\mu$ m 내외의 두께를 가지는 금속층일 수 있다.
- [0162] 상기 전극층(150) 위에 금속층(500)을 형성하고, 이를 패터닝하여 복수의 패턴을 형성한다.
- [0163] 상기 패턴은 전극층(150) 위에 전기전도성을 향상시키기 위한 금속패턴이다.
- [0164] 다음으로, 도 12와 같이 같이 금속 패턴 및 전극층(150) 위에 마스크(510)를 형성하여 상부의 전극층(150)을 디자인에 따라 식각하여 각각의 감지 전극 및 상기 감지 전극에 포함되는 전극 돌기 등을 형성한다.
- [0165] 상세하게는 상기 금속패턴 및 전극층(150) 위에 포토 마스크(510)를 형성한 뒤, 상기 포토 마스크(510)에 의해 노출된 전극층(150)을 제거함으로써 도 13과 같은 복수의 패턴을 형성할 수 있다.
- [0166] 이때, 식각 공정으로 반응성 이온 식각(RIE)을 진행할 수 있다.
- [0167] 마스크 패턴(510)을 제거한 뒤, 도 14와 같이 하부의 알루미늄 금속층(410) 위에 포토 마스크(420)를 형성한 뒤, 패터닝하여 도 15와 같이 지지 기판(400)을 제거한다.
- [0168] 상세하게는, 지지 기판(400) 위의 알루미늄 금속층(410) 위에 포토 마스크(420)를 형성한 뒤, 알루미늄 금속층(410)을 패터닝하여 고정기판(110) 하부에만 알루미늄 금속층(410)을 남긴다. 뒤에 다시 포토 마스크(420)를 고정기판(110)의 하부에만 형성하고 노출된 지지기판(400)을 제거하고, 노출된 절연층(200)까지 식각하여 제거한다.
- [0169] 이때, 하부의 공정 전에 상부 패턴을 보호하기 위하여 상부에 보호층(도시하지 않음)을 형성할 수 있다.
- [0170] 다음으로, 도 4와 같이 디자인에 따라 내부의 실리콘 절연층(200)을 식각하여 감지 전극을 부유시킨다.
- [0171] 이때, 내부의 실리콘 절연층(200)의 식각은 가스 플라즈마 에칭을 수행할 수 있으며, 불산(HF) 가스를 사용할 수 있다.
- [0172] 한편, 상기 전극이 형성되면, 상기 형성된 전극의 표면에 표면 처리층(630)을 형성하여, 상기 전극의 표면적을 향상시킬 수 있도록 한다.
- [0173] 도 16은 본 발명의 실시 예에 따른 감지 전극에 인가되는 분극 전압에 따른 전류 변화를 나타낸 도면이다.
- [0174] 도 16에서는 분극 전압에 따른 유해 물질 반응을 비교한 것이며, 분극 전압은 0.1V~0.6V에 대한 톨루엔 500ppb의 반응 비교를 보여준다.
- [0175] 도 16에 도시된 바와 같이, 분극 전압이 증가하면, 그에 따른 전류 변화 값도 증가하였으며, 0.2V에서 감도가 최대로 나타났다.
- [0176] 이를 표로 나타내면, 표 2와 같다.

**표 2**

[0177]

출력 전류	인가전압(V)					
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
Air 주입시(I <sub>o</sub> )	1004.7	1754.1	2547.2	3283.7	3984.0	4693.5
톨루엔 주입시(I)	1137.8	2025.7	2898.5	3723.9	4460.1	5179.7
변화(I-I <sub>o</sub> )	133.1	271.6	351.3	440.2	476.1	486.2
감도 (I-I <sub>o</sub> /I <sub>o</sub> *100, %)	13.2	15.5	13.8	13.4	11.9	10.4

- [0178] 도 17은 본 발명의 실시 예에 따른 전극과 일반 전극의 출력 전류 값의 비교를 나타낸 그래프이고, 도 18은 본

발명의 실시 예에 따른 표면 처리층이 형성된 전극의 출력 전류 값을 나타낸 그래프이다.

- [0179] 도 17에서, reference electrode는 본 발명에서와 같은 표면 처리층(630)이 증착되지 않은 일반 전극이며, electrode with CNT는 본 발명에서와 같은 표면 처리층(630)이 증착된 전극이다.
- [0180] 도 17의 실험 조건은 500ppb 농도의 톨루엔을 주입하고, 전극의 인가 전압은 0.2V이다.
- [0181] 도 17 및 도 18에서와 같이, 본 발명에서와 같은 탄소나노튜브의 표면 처리층(630)이 증착된 경우에 출력 전류 값이 톨루엔 주입 후에 1400fA 정도 상승하는 것으로 확인하였다.
- [0182] 도 19는 본 발명의 실시 예에 따른 표면 처리층(630)의 유무에 따른 전류 변화 여부를 테스트한 그래프이다.
- [0183] 도 19에서의 실험 조건은, 500ppb의 톨루엔을 주입하였고, 인가 전압은 0.2V였으며, 일반적인 MEMS 전극(표면 처리층(630)에 증착되지 않은 전극)과, 표면 처리층(630)이 증착된 전극에 대한 전류 변화 여부를 확인하였다.
- [0184] 도 19에 도시된 바와 같이, 상기 표면 처리층(630)이 증착됨에 따라 전류 변화가 270fA에서 500fA로 변화하였으며, 약 185%의 감도 향상이 이루어지는 것을 확인하였다.
- [0185] 또한, 본 발명에서는 전극 간의 간격을 1.5mm에서 30 $\mu$ m로 감소시킴에 따라 분극 전압을 30V에서 0.2V까지 낮출 수 있었다.
- [0186] 도 20은 본 발명의 실시 예에 따른 유해 물질의 농도 변화에 따른 전류 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0187] 도 20을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 전극을 이용하여 톨루엔의 농도 변화에 따른 신호 변화를 확인하였다.
- [0188] 도 20에 도시된 바와 같이, 톨루엔의 농도를 0.5ppm에서 1ppm까지 100ppb씩 증가시키며 전류 변화를 확인한 결과, 농도 변화에 따라 선형적으로 전류가 증가하는 것을 확인할 수 있었다.
- [0189] 도 21은 본 발명의 실시 예에 따른 분극 전압 변화에 따른 전류 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0190] 도 21을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 제 1 감지 전극(120)과 제 2 감지 전극(130)에 DC 전력 공급기를 연결하고, 상기 연결된 DC 전력 공급기를 이용하여 분극 전압을 조절하며, 이때 변화하는 전류를 전류계를 통해 측정하였다.
- [0191] 도면에서와 같이, 분극 전압을 0.2V에서 0.6V까지 0.1V씩 증가시키며 전류 변화를 확인하였다. 확인 결과, 분극 전압을 증가함에 따라 전류 변화가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 신호대 잡음 비에는 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다.
- [0192] 도 22는 본 발명의 실시 예에 따른 복수의 감지 전극 사이의 간격에 따른 전류 변화를 나타낸 그래프이다.
- [0193] 도 22를 참조하면, 복수의 감지 전극 사이의 간격이 10 $\mu$ m, 20 $\mu$ m 및 30 $\mu$ m를 갖는 센서를 각각 제작하고, 그에 따라 여기에 500ppb의 농도를 갖는 톨루엔을 주입하여 전류 변화를 확인하였다.
- [0194] 이때, 상기 복수의 감지 전극 사이의 간격이 감소함에 따라 전류 변화가 증가하는 것을 확인할 수 있었으며, 신호 대 잡음 비에는 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라, 복수의 감지 전극의 간격을 제어하여 상기 복수의 전극의 표면에서 유해물질 이온에 인력으로 작용하는 전체 자기장의 크기가 강화되었음을 확인할 수 있다. 따라서, 상기와 같이 본 발명의 실시 예에 따라 복수의 감지 전극 사이의 간격을 감소하여 센서의 감도를 향상시킬 수 있음을 확인하였다.
- [0195] 도 23은 본 발명의 제 2 실시 예에 따른 감지 전극의 구조를 나타낸 도면이다.
- [0196] 도 23을 참조하면, 감지 전극은 제 1 감지 전극(720)과 제 2 감지 전극(730)을 포함한다.
- [0197] 그리고, 상기와 같은 제 1 감지 전극(720)과 제 2 감지 전극(730)은 고정 기판(740) 위에 고정될 수 있다.
- [0198] 상기 고정 기판(740)은 플레이트 형상을 가질 수 있다. 상기 고정 기판(740)은 선택적으로 중공이 형성될 수 있으며, 상기 고정 기판(740)에 형성된 중공에 의해 광이 투과될 수 있다.
- [0199] 상기 고정 기판(740)은 실시 예에 따라 사각형의 프레임 형상을 가질 수 있다. 이러한 고정 기판(740)은 정사각형일 수 있다.
- [0200] 상기와 같은 고정 기판(740)은 상기 제 1 감지 전극(720)과 제 2 감지 전극(730)을 지지한다.

- [0201] 상기 고정 기관(740)은 복수의 층상 구조를 가질 수 있으며, 상기 제 1 실시 예에서 설명한 바와 같이, 지지 기관(400), 상기 지지 기관(400) 위에 절연층(200) 및 상기 절연층(200) 위에 전극층(상기 제 1 감지 전극과 제 2 감지 전극을 구성하는 층)으로 형성되어 있다.
- [0202] 상기 제 1 감지 전극(720) 및 제 2 감지 전극(730)은 실리콘, 구리, 알루미늄, 몰리브덴, 텅스텐 등의 전도성 물질일 수 있으며, 바람직하게는, 상기 지지 기관(400)이 실리콘 기관인 경우, 실리콘으로 형성될 수 있다. 상기 제 1 감지 전극(720) 및 제 2 감지 전극(730)은 40 $\mu$ m 내지 60 $\mu$ m의 두께를 가질 수 있으며, 바람직하게는 50 $\mu$ m 내외의 두께를 가질 수 있다.
- [0203] 상기 제 1 감지 전극(720) 및 제 2 감지 전극(730)은 서로 접촉하지 않으면서 일정 간격 이격될 수 있다.
- [0204] 제 1 감지 전극(720)은 Y축 방향으로 연장되어 있는 몸체(721)와, 상기 몸체(721)의 일 측면으로부터 X축 방향으로 연장되는 제 1 연장부(722)와, 상기 몸체(721)의 상기 일 측면으로부터 X 축 방향으로 연장되며 상기 제 1 연장부(722)와 이격된 제 2 연장부(723)와, 상기 제 1 연장부(722)로부터 돌출되는 제 1 전극 돌기(724) 및 제 2 전극 돌기(725)와, 상기 제 2 연장부(723)로부터 돌출되는 제 3 전극 돌기(726) 및 제 4 전극 돌기(727)를 포함한다.
- [0205] 상기 제 1 연장부(722)로부터 돌출되는 제 1 전극 돌기(724) 및 제 2 전극 돌기(725), 그리고, 상기 제 2 연장부(723)로부터 돌출되는 제 3 전극 돌기(726) 및 제 4 전극 돌기(727)는 빗살(comb) 형상으로 형성될 수 있으며, 소정의 길이(d4)를 가지는 돌기의 폭(W3)은 1 내지 30 $\mu$ m로 구성될 수 있으며, 바람직하게는 3 $\mu$ m 내지 4 $\mu$ m를 충족할 수 있다. 그러나, 상기 폭(W3)은 상기 범위 내에 한정되지 않는다.
- [0206] 상기 제 1 전극 돌기(724)는 상기 제 1 연장부(722)의 상면에서 Y축 방향으로 돌출된다.
- [0207] 상기 제 1 전극 돌기(724)는 상기 제 1 연장부(722)의 상면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0208] 또한, 상기 제 2 전극 돌기(724)는 상기 제 1 연장부(722)의 하면에서 Y축 방향을 돌출된다.
- [0209] 즉, 상기 제 1 전극 돌기(724)는 상기 제 1 연장부(722)의 상면에서 상측 방향으로 돌출되며 형성되고, 상기 제 2 전극 돌기(724)는 상기 제 1 연장부(722)의 하면에서 하측 방향으로 돌출되며 형성된다.
- [0210] 그리고, 상기 제 2 전극 돌기(725)는 상기 제 1 연장부(722)의 하면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0211] 여기에서, 상기 제 1 전극 돌기(724)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 1 연장부(722)의 길이 및 상기 제 1 전극 돌기(724)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0212] 또한, 상기 제 2 전극 돌기(725)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 1 연장부(722)의 길이 및 상기 제 2 전극 돌기(725)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이들의 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0213] 상기 제 3 전극 돌기(726)는 상기 제 2 연장부(723)의 상면에서 Y축 방향으로 돌출된다.
- [0214] 상기 제 3 전극 돌기(726)는 상기 제 2 연장부(723)의 상면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0215] 또한, 상기 제 4 전극 돌기(727)는 상기 제 2 연장부(723)의 하면에서 Y축 방향을 돌출된다.
- [0216] 즉, 상기 제 3 전극 돌기(726)는 상기 제 2 연장부(723)의 상면에서 상측 방향으로 돌출되며 형성되고, 상기 제 4 전극 돌기(727)는 상기 제 2 연장부(723)의 하면에서 하측 방향으로 돌출되며 형성된다.
- [0217] 그리고, 상기 제 4 전극 돌기(727)는 상기 제 2 연장부(723)의 하면에서 일정 간격 이격되며 복수 개로 배치될 수 있다.
- [0218] 여기에서, 상기 제 3 전극 돌기(726)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 2 연장부(723)의 길이 및 상기 제 3 전극 돌기(726)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0219] 또한, 상기 제 4 전극 돌기(727)에 포함된 돌기의 수효는 상기 제 2 연장부(723)의 길이 및 상기 제 4 전극 돌기(727)를 구성하는 돌기의 폭(W3) 및 이들의 이격 거리에 따라 결정된다.
- [0220] 제 2 감지 전극(730)은 Y축 방향으로 연장되어 있는 몸체(731)와, 상기 몸체(731)의 상부의 일 측면으로부터 X 축 방향으로 연장되는 제 1 연장부(732)와, 상기 몸체(731)의 중앙부의 일 측면으로부터 X 축 방향으로 연장되는 제 2 연장부(733)와, 상기 몸체(731)의 하부의 상기 일 측면으로부터 X 축 방향으로 연장되는 제 3 연장부(734)와, 상기 제 1 연장부(732)에서 돌출되는 제 1 전극 돌기(735)와, 상기 제 2 연장부(733)에서 돌출되는 제

2 전극 돌기(736) 및 제 3 전극 돌기(737)와, 상기 제 3 연장부(734)에서 돌출되는 제 4 전극 돌기(738)를 포함한다.

[0221] 또한, 제 1 감지 전극(720)의 제 1 전극 돌기(724)들 각각은, 제 2 감지 전극(730)의 제 1 전극 돌기(735)들 사이에 각각 배치된다.

[0222] 그리고, 제 1 감지 전극(720)의 제 2 전극 돌기(725)들 각각은, 제 2 감지 전극(730)의 제2 전극 돌기(736)들 사이에 각각 배치된다.

[0223] 그리고, 제 1 감지 전극(720)의 제 3 전극 돌기(726)들 각각은, 상기 제 2 감지 전극(730)의 제 3 전극 돌기(737)들 사이에 각각 배치된다.

[0224] 그리고, 제 1 감지 전극(720)의 제 4 전극 돌기(727)들 각각은, 상기 제 2 감지 전극(730)의 제 4 전극 돌기(738)들 사이에 각각 배치된다.

[0225] 상기 전극 돌기들 각각에 대한 설명은 상기 제 1 실시 예에서 이미 설명하였으므로, 이에 대한 설명은 생략하기로 한다.

[0226] 상기와 같이, 제 2 실시 예에서는, 상기 제 1 실시 예에서보다 전극 돌기(하나의 돌기 내에 포함된 가지 돌기가 아닌 연장부에서 돌출되는 가지 돌기를 포함하는 전체 돌기)의 수를 증가시켰으며, 이에 따라 센서의 성능을 보다 더 향상시킬 수 있다.

[0227] 도 24는 본 발명의 실시 예에 따른 유해 물질 감지 센서의 외관을 나타낸 것이고, 도 25는 도 24의 유해 물질 감지 센서의 분해도이다.

[0228] 도 24 및 도 25를 참조하면, 유해 물질 감지 센서는 감지 전극을 포함하는 센서부(840)가 수용되는 몸체(810)를 포함하며, 상기 몸체(810)의 적어도 일 영역에는 유해 물질을 내부로 유입시키기 위한 홀(815)이 형성된다.

[0229] 그리고, 상기 몸체(810)는 제 1 몸체(811), 제 2 몸체(812) 및 제 3 몸체(813)를 포함한다.

[0230] 상기 제 2 몸체(812)는 자외선 램프(820)와 센서부(840)를 수용할 수 있는 수용 홈이 형성되어 있다.

[0231] 이때, 상기 센서부(840)는 센서 지지부(830)에 의해 지지되어, 상기 제 2 몸체(812)의 수용 홈 내에 삽입된다.

[0232] 상기 제 2 몸체(812) 위에는 상기 제 2 몸체(812) 내에 수용된 자외선 램프(820), 센서부(840) 및 센서 지지부(830)의 상부 영역을 덮는 제 1 몸체(811)가 배치된다.

[0233] 그리고, 상기 제 2 몸체(812) 아래에는 상기 제 2 몸체(812)의 하부 영역을 덮는 제 3 몸체(813)가 배치된다.

[0234] 상기 제 3 몸체(813)는 구동 기관(850)을 지지한다.

[0235] 즉, 상기 제 3 몸체(813) 위에는 구동 기관(850)이 배치된다.

[0236] 상기 구동 기관(850)에는 상기 센서부(840)를 구성하는 감지 전극에 분극 전압을 공급하는 분극 전압 공급 소자(도시하지 않음)와, 상기 감지 전극과 연결되어 전류 변화를 감지하여 이에 따른 유해 물질 농도를 측정하는 제어 소자(도시하지 않음)가 장착된다.

[0237] 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 광 이온화 방식으로 유해 물질 감지를 위한 감지 전극을 설계하고, 마이크로 머시닝 기술을 이용하여 상기 설계된 감지 전극을 제작함으로써, 강한 전기장의 형성에 필요한 구동 전압을 낮추고, 센서의 성능을 향상시키는 동시에 소형화를 달성하여 생활 환경에서 사용할 수 있는 유해 물질 감지 센서를 구현할 수 있다.

[0238] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 유해 물질 감지 센서의 감지 전극이 마이크로 구조를 가짐으로써, 기존의 매크로 구조의 전극보다 더 넓은 면적에서 유해물질 분자와 전자를 교환할 수 있으며, 이에 따라 센서의 민감도 및 최저 감지 농도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.

[0239] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 복수의 감지 전극 사이의 간격을 좁힐 수 있음으로써, 양성을 띠는 유해물질 분자와 음성을 띠는 전자를 보다 낮은 전압에서 효과적으로 분리시킬 수 있다.

[0240] 또한, 본 발명에 따른 실시 예에 의하면, 광 이온화 방식으로 유해물질을 감지하기 위한 센서를 구현함으로써, 기존의 반도체 방식이 적용된 센서에 비해 반응 속도를 획기적으로 향상시킬 수 있다.

[0241] 이상에서 실시예들에 설명된 특징, 구조, 효과 등은 적어도 하나의 실시예에 포함되며, 반드시 하나의 실시예에



만 한정되는 것은 아니다. 나아가, 각 실시예에서 예시된 특징, 구조, 효과 등은 실시예들이 속하는 분야의 통상의 지식을 가지는 자에 의해 다른 실시예들에 대해서도 조합 또는 변형되어 실시 가능하다. 따라서 이러한 조합과 변형에 관계된 내용들은 실시예의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

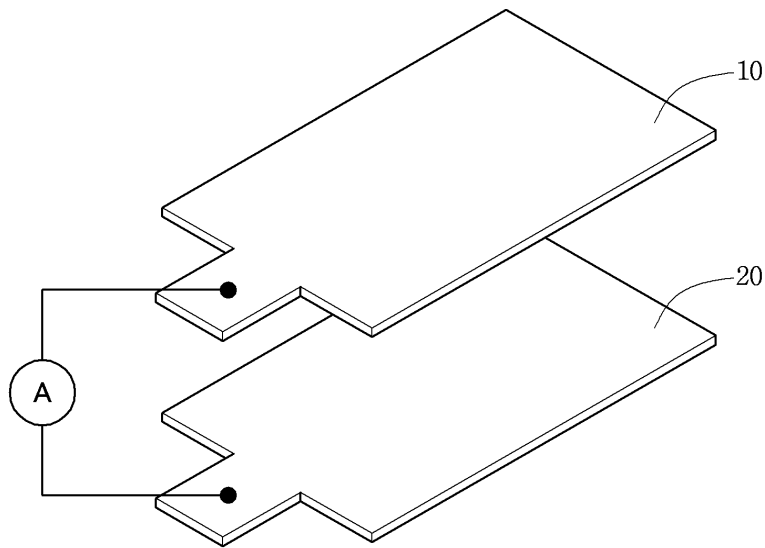
[0242] 이상에서 실시예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 실시예를 한정하는 것이 아니며, 실시예가 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 실시예의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 실시예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 설정하는 실시예의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

### 부호의 설명

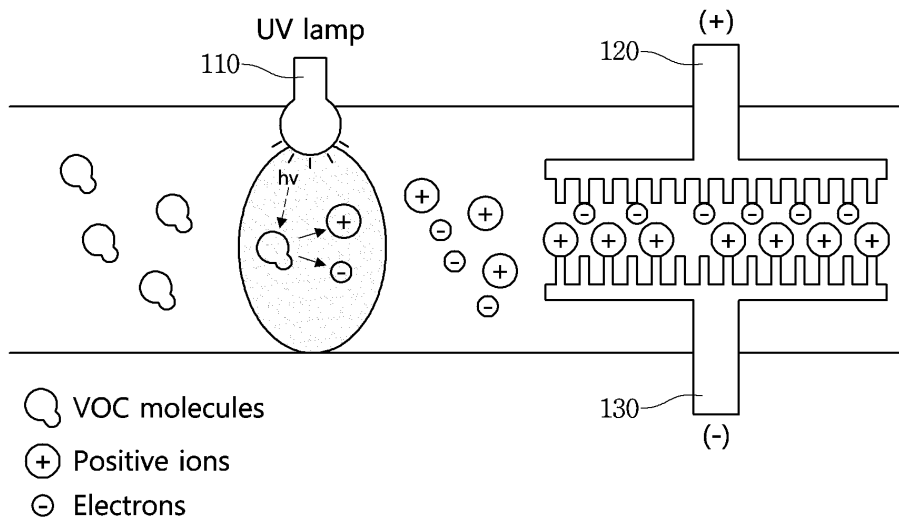
[0243] 110: 자외선 램프  
120: 1 감지 전극  
130: 제 2 감지 전극  
140: 고정 기판

### 도면

#### 도면1



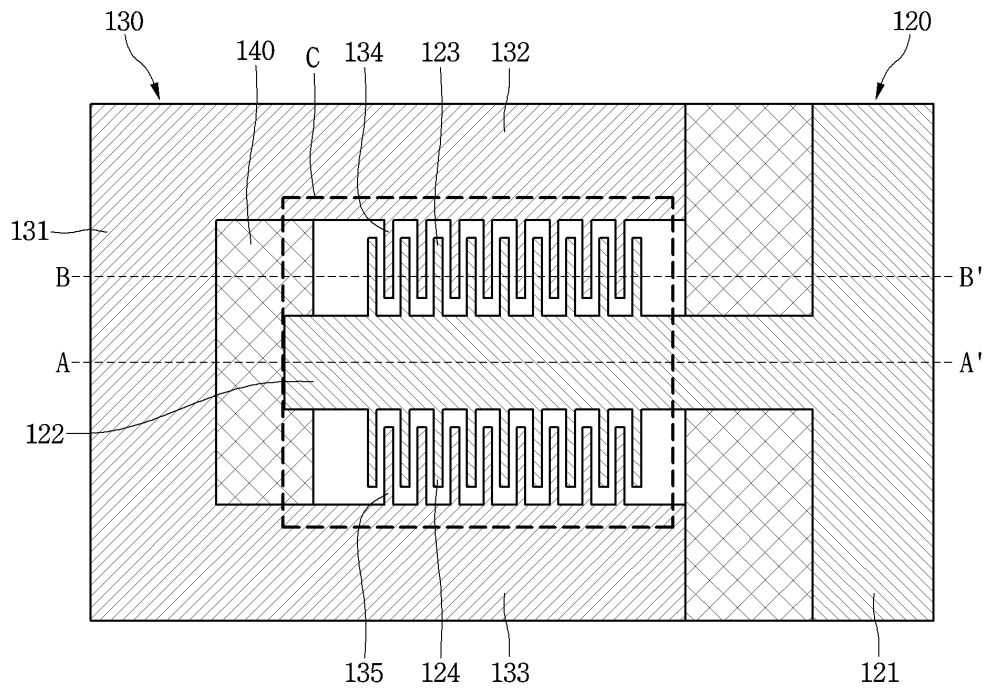
도면2



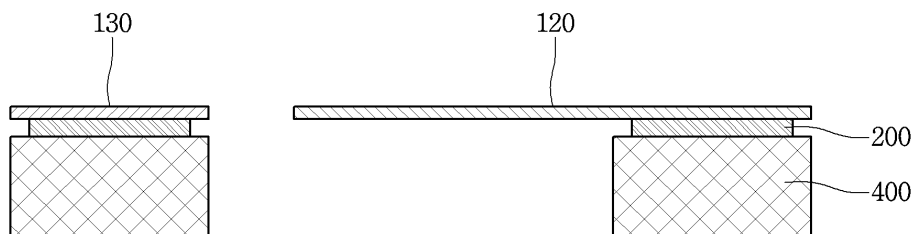
도면3

연번	제품 및 물질명	분자식
1	아세트알데히드	Acetaldehyde
2	아세틸렌	Acetylene
3	아세틸렌 디클로라이드	Acetylene Dichloride
4	아크롤레인	Acrolein
5	아크릴로니트릴	Acrylonitrile
6	벤젠	Benzene
7	1,3-부타디엔	1,3-Butadiene
8	부탄	Butane
9	1-부텐, 2-부텐	1-Butene, 2-Butene
10	사염화탄소	Carbon Tetrachloride
11	클로로포름	Chloroform
12	사이클로헥산	Cyclohexane
13	1, 2-디클로로에탄	1, 2-Dichloroethane
14	디에틸아민	Diethylamine
15	디메틸아민	Dimethylamine
16	에틸렌	Ethylene
17	포름알데히드	Formaldehyde
18	n-헥산	n-Hexane
19	이소프로필 알콜	Isopropyl Alcohol
20	메탄올	Methanol
21	메틸에틸케톤	Methyl Ethyl Ketone
22	메틸렌클로라이드	Methylene Chloride
23	엠티비이(MT BE)	Mechyl Tertiary Butyl Ether
24	프로필렌	Propylene
25	프로필렌옥사이드	Propylene Oxide
26	1, 1, 1-트리클로로에탄	1, 1, 1-Trichloroethane
27	트리클로로에틸렌	Trichloroethylene
28	휘발유	Gasoline
29	납사	Naphtha
30	원유	Crude Oil
31	아세트산(초산)	Acetic Acid
32	에틸벤젠	Ethylbenzene
33	니트로벤젠	Nitrobenzene
34	톨루엔	Toluene
35	테트라클로로에틸렌	Tetrachloroethylene
36	자일렌(o-,m-,p-포함)	Xylene
37	스틸렌	Styrene

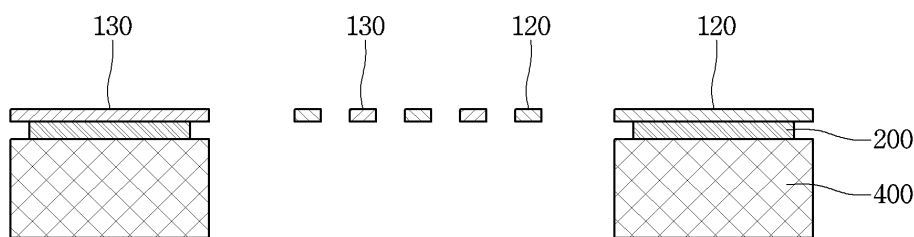
도면4



도면5

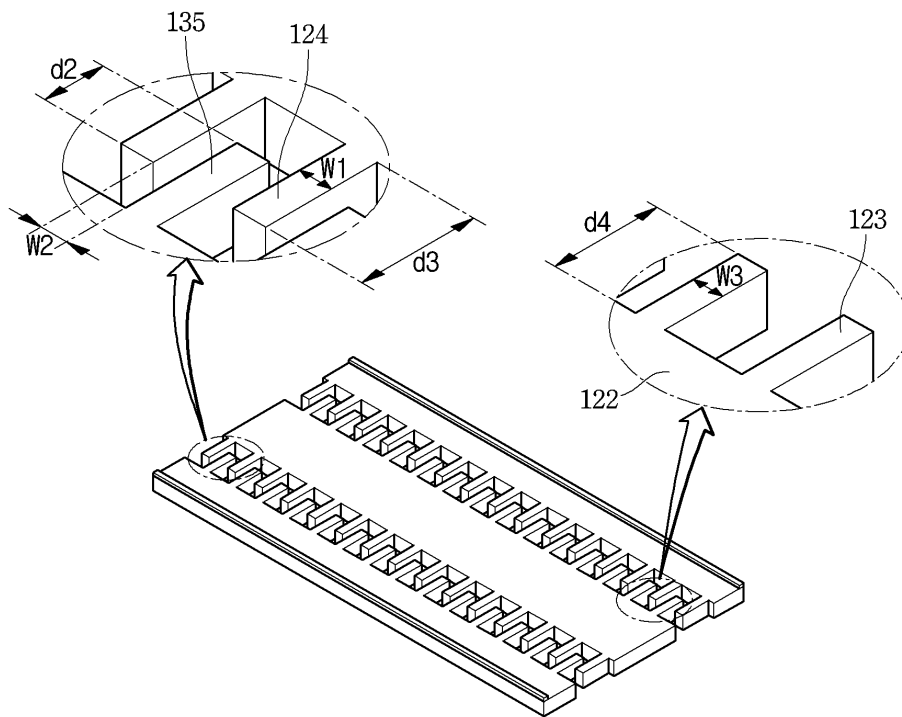


도면6

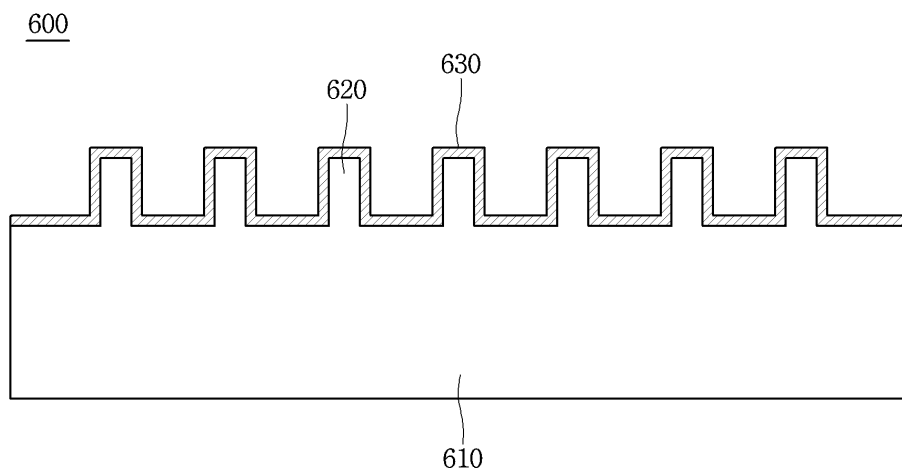




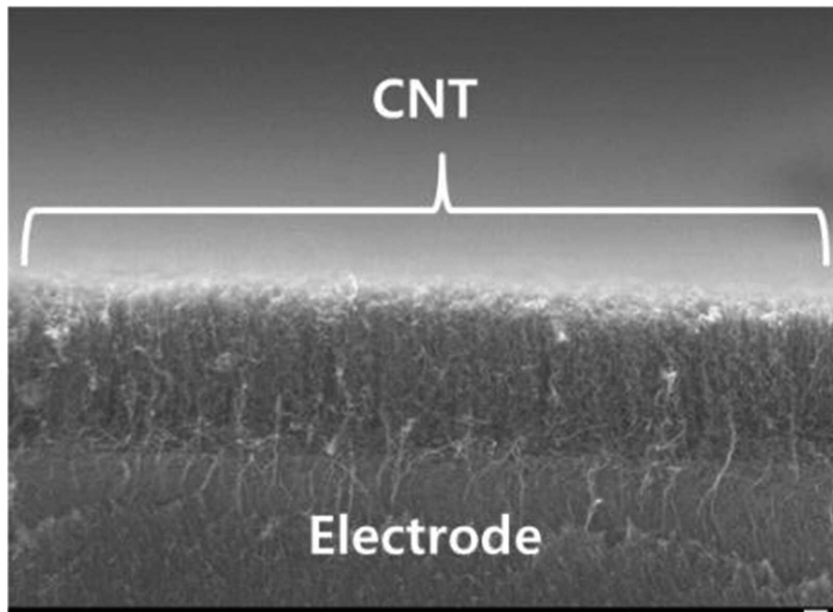
도면7



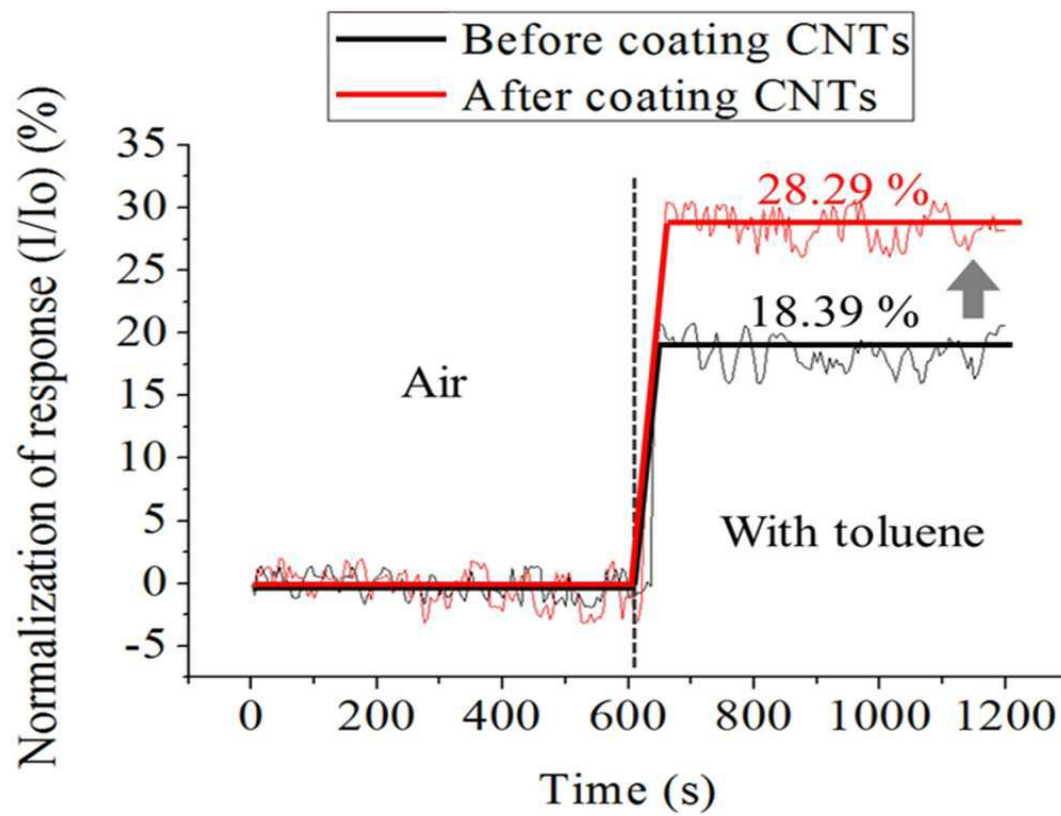
도면8



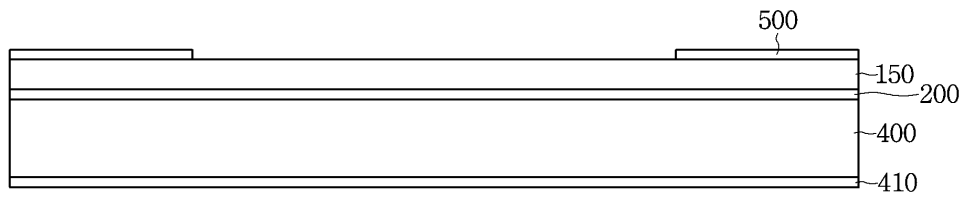
도면9



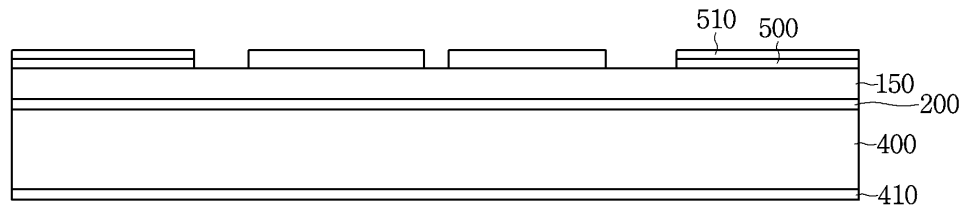
도면10



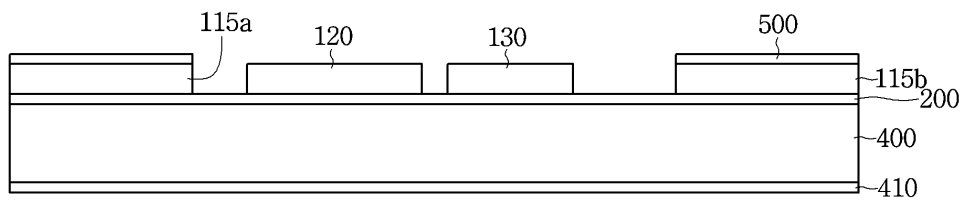
도면11



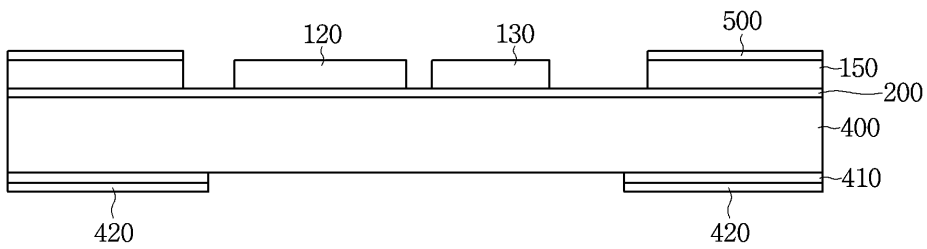
도면12



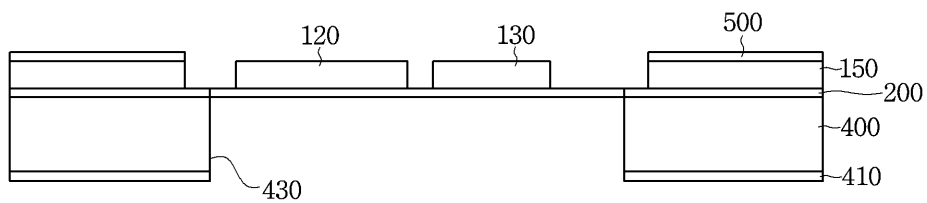
도면13



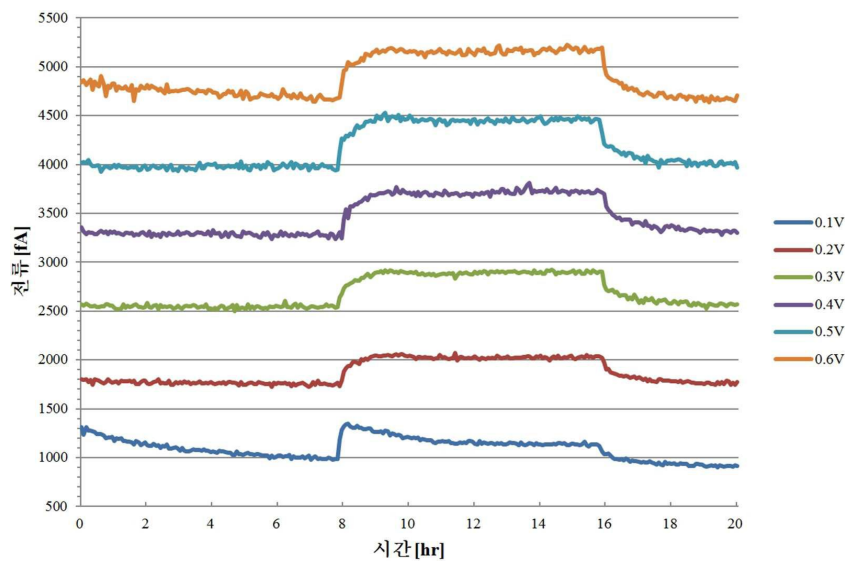
도면14



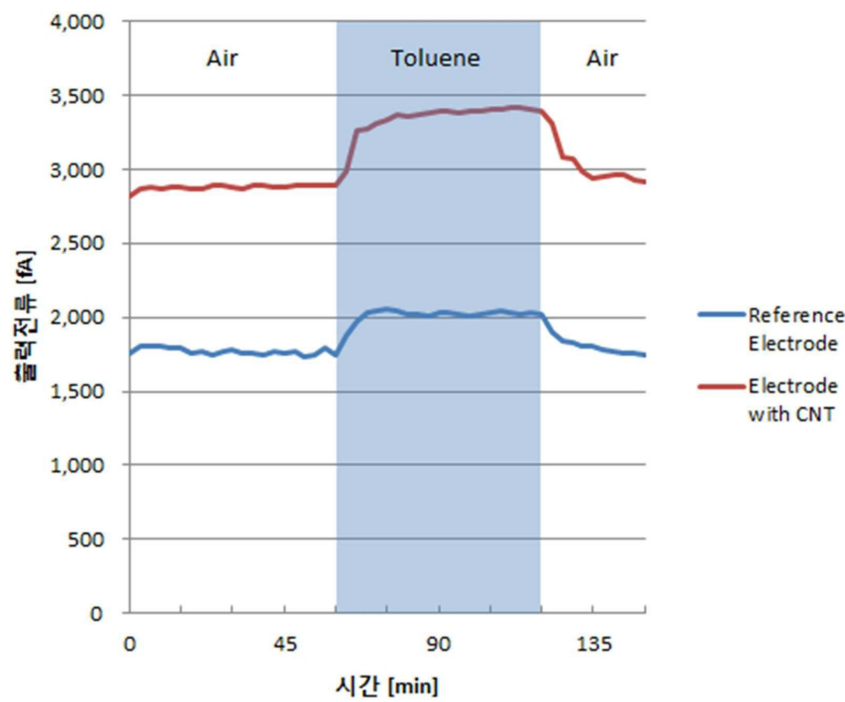
도면15



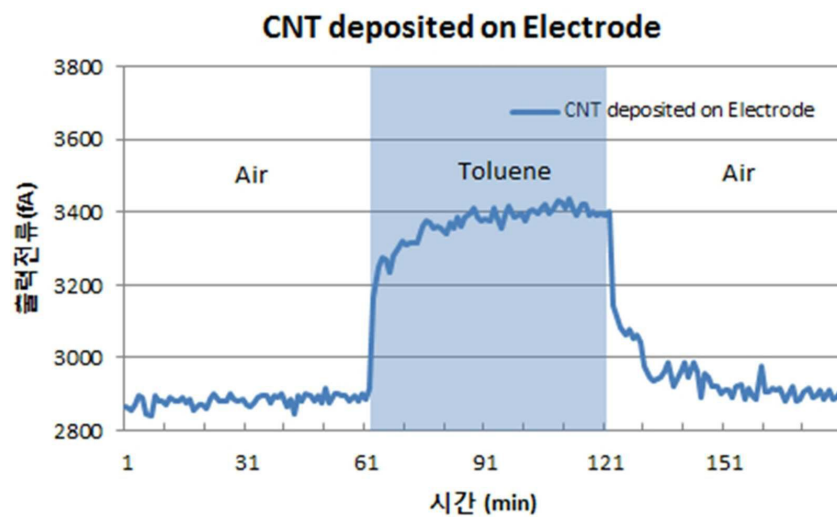
도면16



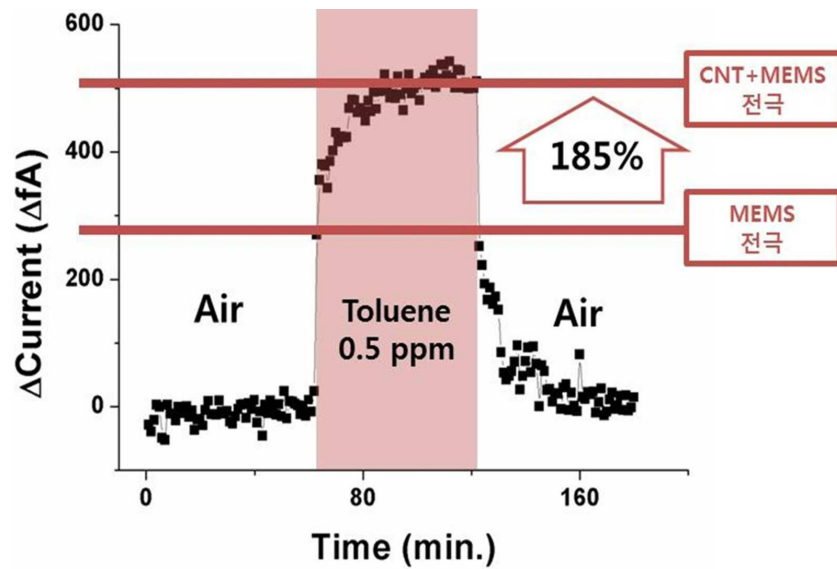
도면17



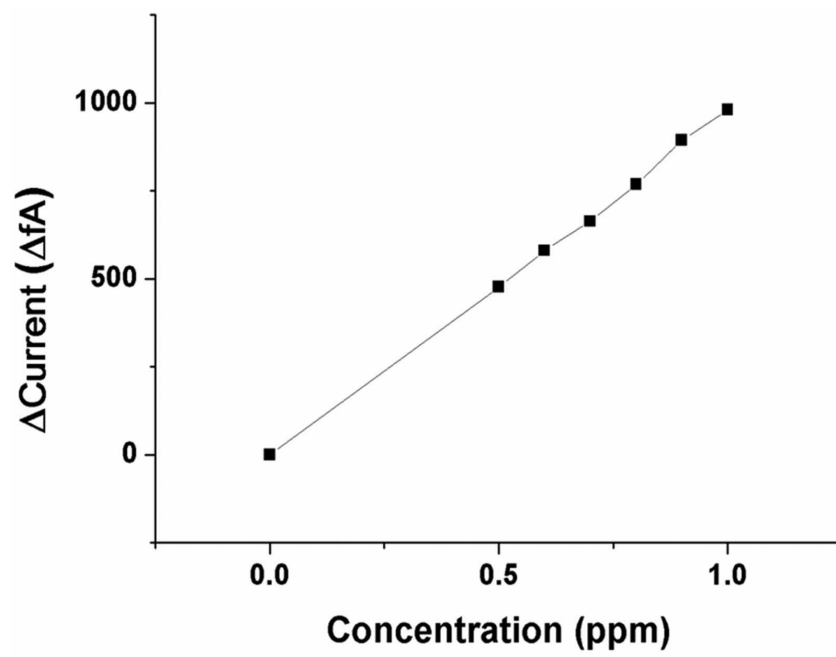
도면18



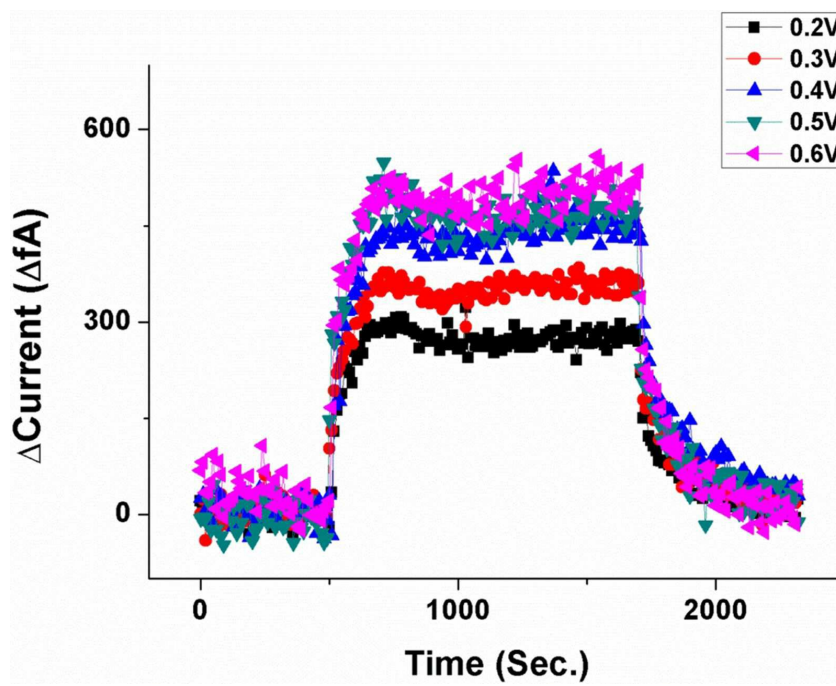
도면19



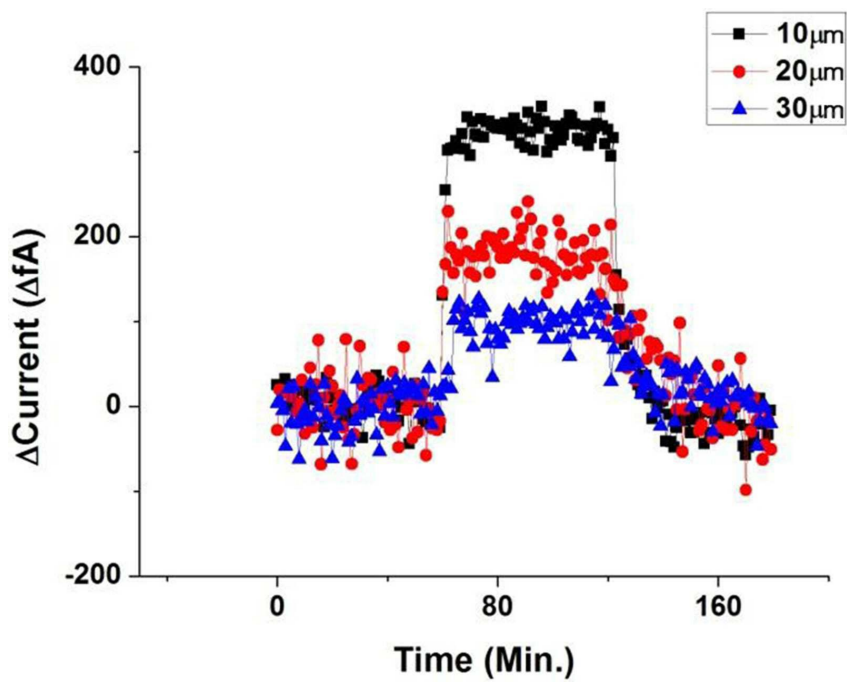
도면20



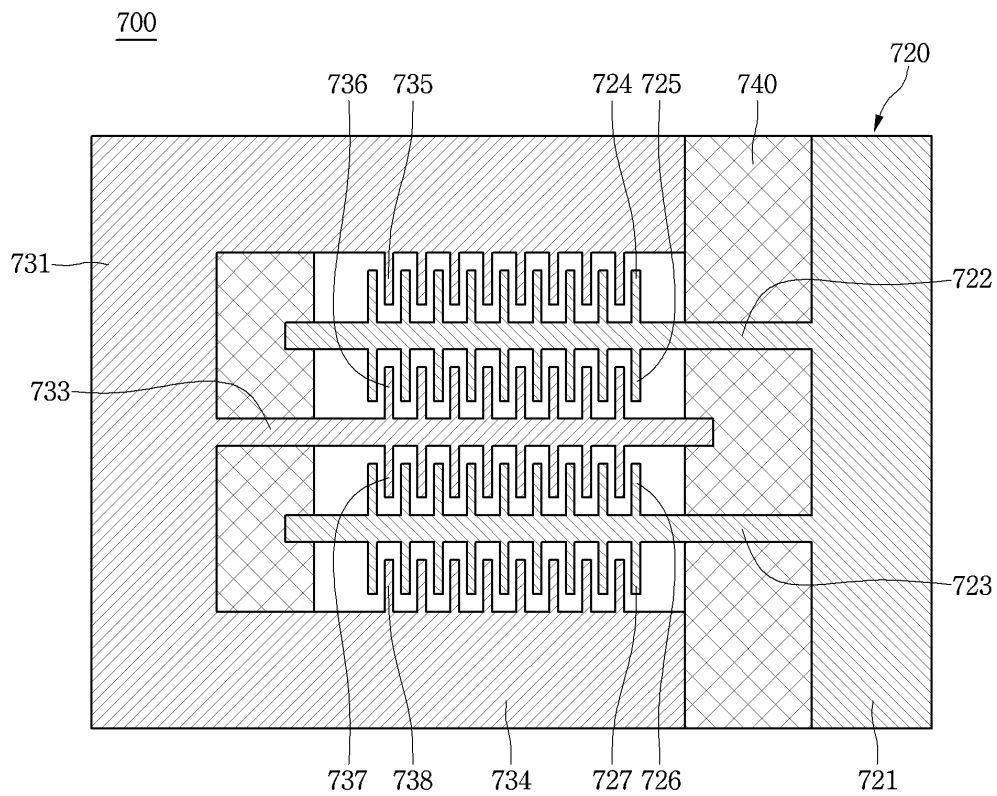
도면21



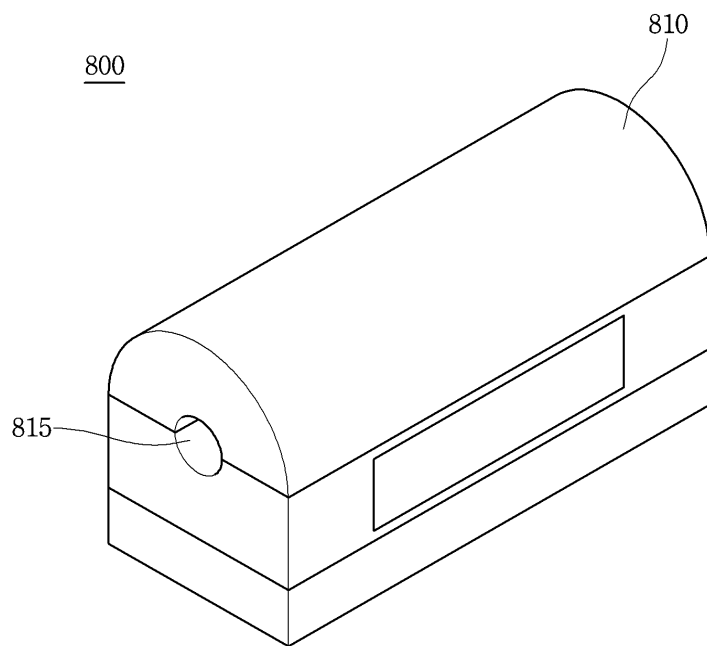
도면22



도면23



도면24





도면25

