


|  |  |  |
|--|--|--|
|   | (19) 대한민국특허청(KR)<br>(12) 공개특허공보(A)   | (11) 공개번호 10-2011-0039803<br>(43) 공개일자 2011년04월20일 |
| (51) Int. Cl.<br><i>G01N 27/30</i> (2006.01) <i>H01L 21/28</i> (2006.01)<br>(21) 출원번호 10-2009-0096809<br>(22) 출원일자 2009년10월12일<br>심사청구일자 2009년10월12일 | (71) 출원인<br>연세대학교 산학협력단<br>서울 서대문구 신촌동 134 연세대학교<br>(72) 발명자<br>전성찬<br>서울특별시 서대문구 신촌동 134 공학관 A587<br>황석주<br>서울특별시 은평구 증산동 164-19호<br>(74) 대리인<br>특허법인화우 |  |

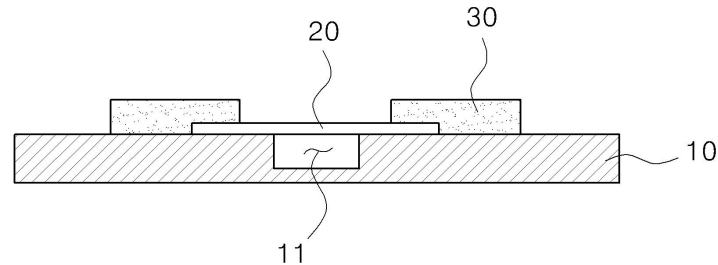
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 i) 홈이 형성된 기판; ii) 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀; 및 iii) 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극;을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 및 i) 홈이 형성된 기판; ii) 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀; 및 iii) 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극;을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 한 쌍을 서로 마주보도록 결합한 그래핀 가스센서 복합체와 이들의 제조방법에 대한 것이다.

대표도 - 도5



(72) 발명자

**김환균**

서울특별시 강남구 일원동 711 수서아파트 118동  
1105호

**조준형**

서울특별시 송파구 잠실4동 파크리오 215-303

**정영모**

서울특별시 서대문구 신촌동 연세대학교 공학관  
A527

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

i) 홈이 형성된 기판(10); ii) 상기 기판(10)에 형성된 홈(11)의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그라핀(20); 및 iii) 상기 홈(11) 양단의 좌우 기판(10)과 상기 그라핀(20) 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극(30);을 포함하는 그라핀 가스센서 유닛.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 기판(10)이 산화규소막이 형성된 실리콘(silicon) 또는 PDMS(polydimethylsiloxane)로 이루어진 것을 특징으로 하는 그라핀 가스센서 유닛.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 금속 전극(30)이 금(Au)으로 이루어진 것을 특징으로 하는 그라핀 가스센서 유닛.

### 청구항 4

제1항에 있어서, 상기 그라핀(20)의 채널 형성 부분이 반원 형태로 휘어진 것을 특징으로 하는 그라핀 가스센서 유닛.

### 청구항 5

상기 제1항에 있어서, 상기 기판(10) 상에 보호층(40)이 형성되는 것을 특징으로 하는 그라핀 가스센서 유닛.

### 청구항 6

홈이 형성된 기판, 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그라핀, 및 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그라핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극으로 구성된 그라핀 가스센서 유닛을 제조하는 방법에 있어서,

i) 그라핀이 일면에 형성된 기판상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 전극 부분을 형성하는 제1단계;

ii) 상기 전극 부분이 형성된 기판상에 금속 층을 증착하고, 상기 금속 층이 증착된 기판의 PR 층을 리프트 오프 처리하여 금속 전극을 형성하는 제2단계;

iii) 상기 금속 전극이 형성된 기판상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 홈 부분을 형성하는 제3단계;

iv) 상기 홈 부분이 형성된 기판을 에칭하여 기판에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기판의 PR 층을 제거하는 제4단계;

를 포함하는 그라핀 가스센서 유닛의 제조 방법.

#### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제4단계 후에 PR 층이 제거된 기판을 열처리를 통하여 어닐링(annealing)하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 유닛의 제조 방법.

#### 청구항 8

제6항에 있어서, 상기 제4단계 후에 PR 층이 제거된 기판의 그래핀 채널 형성 부분을 블로어(blower)를 통하여 반원 형태로 휘어지도록 성형하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 유닛의 제조 방법.

#### 청구항 9

제6항에 있어서, 상기 제4단계 후에 PR 층이 제거된 기판에 보호층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 유닛의 제조 방법.

#### 청구항 10

i) 홈이 형성된 기판(10); ii) 상기 기판(10)에 형성된 홈(11)의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀(20); 및 iii) 상기 홈(11) 양단의 좌우 기판(10)과 상기 그래핀(20) 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극(30);을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛(100) 한 쌍을 서로 마주보도록 결합한 그래핀 가스센서 복합체.

#### 청구항 11

제10항에 있어서, 상기 기판(10)이 산화규소막이 형성된 실리콘(silicon) 또는 PDMS(polydimethylsiloxane)로 이루어진 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 복합체.

#### 청구항 12

제10항에 있어서, 상기 금속 전극(30)이 금(Au)으로 이루어진 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 복합체.

#### 청구항 13

제10항에 있어서, 상기 한 쌍의 그래핀 가스센서 유닛(100)의 그래핀(20) 채널 형성 부분이 반원 형태로 휘어진 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 복합체.

#### 청구항 14

홈이 형성된 기판, 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀, 및 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한쌍의 금속 전극을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 한 쌍을 서로 마주보도록 결합한 그래핀 가스센서 복합체의 제조방법에 있어서,

i) 그래핀이 일면에 형성된 기판상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 전극 부분을 형성하는 제1단계;

ii) 상기 전극 부분이 형성된 기판상에 금속 층을 증착하고, 상기 금속 층이 증착된 기판의 PR 층을 리프트 오프 처리하여 금속 전극을 형성하는 제2단계;

iii) 상기 금속 전극이 형성된 기판상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 홈 부분을 형성하는 제3단계;

iv) 상기 홈 부분이 형성된 기판을 에칭하여 기판에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기판의 PR 층을 제거하는 제4단계;

v) 상기 PR 층이 제거된 기판 한 쌍을 서로 마주보게 결합하는 제5단계;

를 포함하는 그래핀 가스센서 복합체의 제조 방법.

## 청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제5단계 후에 서로 마주보게 결합한 기판 한 쌍을 열처리를 통하여 어닐링(annealing)하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 복합체의 제조 방법.

## 청구항 16

제14항에 있어서, 상기 제4단계 후에 PR 층이 제거된 기판의 그래핀 채널 형성 부분을 블로어(blower)를 통하여 반원 형태로 휘어지도록 성형하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 그래핀 가스센서 복합체의 제조 방법.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법에 관한 것이다. 더욱 상세하게는, 본 발명은 i) 홈이 형성된 기판; ii) 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀; 및 iii) 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극;을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 및 i) 홈이 형성된 기판; ii) 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀; 및 iii) 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극;을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 한 쌍을 서로 마주보도록 결합한 그래핀 가스센서 복합체와 이들의 제조방법에 대한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 공기 중의 유해 물질을 실시간으로 검출하는 기술은 생활 환경, 노동 환경을 쾌적하게 유지하기 위해 매우 중요하다. 인간의 감각 기관으로는 위험 가스의 농도를 정량하거나 종류를 거의 판별할 수 없기 때문에 이에 대응하기 위해 물질의 물리적, 화학적 성질을 이용한 가스센서가 개발되어 가스의 누설감지, 농도의 측정 기록, 경보 등에 사용되고 있다.

[0003] 또한, 최근 새집 증후군, 환경 보존 등 주거 환경이 사회 문제로 부각되면서 가스센서에 요구되는 성능과 기능도 고도화되고 있다. 이러한 사회적 욕구를 충족시키기 위해서는 기존의 가스센서 재료를 대체할 수 있는 감도, 응답 속도, 안정성 등이 우수한 특성을 가진 재료를 개발하는 것이 필수적이다.

[0004] 가스센서는 원리상으로는 크게 접촉 연소식과 반도체 식으로 나눌 수 있는데, 접촉 연소식 가스센서는 가연성 가스가 가스센서 내의 백금 상 촉매와 작용하여 연소하게 되고, 이는 온도 상승을 유발하여 백금선의 전기 저항을 증가시키게 되므로, 전기저항의 변화를 측정하여 가스를 검출하는 원리이다.

[0005] 접촉 연소식 가스센서는 수증기, 온도, 습도 등의 영향을 적게 받는 장점이 있지만, 저온에서 가스의 완전 산화가 어렵고, 반응 속도가 늦으며, 산소가 충분히 존재하여야 한다는 단점이 있다. 또한 전류소모가 많을 뿐만 아니라 전압변동에 민감하며, 장시간 사용시 감도가 저하된다.

- [0006] 또한, 반도체 식 가스센서는 반도체에 가스가 접촉하면 그 전기 저항이 감소하는 성질을 이용한 것으로서, 감지할 수 있는 가스의 종류가 많고 센서 제작이 용이하며, 검출회로의 구성이 간단하다는 장점이 있으나, 측정시 고온의 조건을 수반하여야 하기 때문에 장치가 비대해지며, 초기 지연 현상이 일어나고 주위 온도와 습도 등에 큰 영향을 받는다는 단점이 있다.
- [0007] 한편, 상기와 같은 기존 센서들의 단점을 극복하고 좀 더 고감도의 센서 제작을 위해 탄소나노튜브를 이용한 센서들이 많이 개발되었다. 탄소나노튜브(CNT, carbon nanotube)는 도 1에 도시된 바와 같이 부피에 비해 큰 비표면적을 가진 단일 성분 원소인 탄소 시트가 감겨서 튜브형태의 표면을 가진 물질이며, 도 3, 4의 탄소나노튜브를 이용한 가스센서의 구성을 나타내는 전면도 및 단면도에서 볼 수 있듯이, 가스가 흡착되면 전기적인 특성이 크게 달라지는 성질을 이용하여 가스를 검출하게 된다.
- [0008] 탄소나노튜브의 전기저항은 특수 가스에 노출되면 예민하게 변하기 때문에 이러한 성질을 이용하여 고감도 센서의 제작이 가능하며, 상온과 대기 중에서도 가스 검출이 가능하고, 높은 가스 선택성과 집적도를 나타내나, 아직 저비용, 재현성, 신뢰성 및 대량생산성을 가진 제조기술이 확립되지 못하여 실용화에 적합하지 못하다.
- [0009] 또한, 1차원이라는 형상의 한계로 인하여 가스가 접촉할 수 있는 면적이 극히 제한되어 있어서 감도의 저하 역시 극복하기 힘들었다. 이에, 네트워크 등을 이용한 센서가 개발되었지만, 이것 역시 탄소나노튜브를 불규칙하게 분산하는 방법이기 때문에 그 균일성 면에서 좋은 평가를 받기는 어려웠다.
- [0010] 반면, 그래핀(graphene)은 도 2에 도시된 바와 같이 2차원 형상을 가지는 탄소 단일 원소 재료로서 탄소나노튜브 센서가 가지는 장점을 모두 가지면서도, 본래의 형상 자체가 2차원이므로 다양한 형상구현이 용이하고 센서 구조 설계에 따라 접촉면적을 증가시킬 수 있다.
- [0011] 또한, 균일한 단위자 구조의 균일한 면을 가지고 있으며 열 잡음이 적어 탄소나노튜브 네트워크보다 높은 감도를 가질 수 있으며, 소자 제작에 어려움이 따르는 탄소나노튜브에 비해서 대면적의 형상이 가능하고, 상대적으로 간단한 공정으로 센서를 제작할 수 있다.
- [0012] 이에, 본 발명자는 탄소나노튜브 가스센서의 원리를 그래핀을 이용한 가스센서에 적용하여, 그래핀의 특징을 극대화시켜 높은 감도와 효율성을 가지며, 대면적 형상이 가능하고 저비용, 높은 재현성, 신뢰성 및 대량생산성을 가지는 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법을 개발하였다.

## 발명의 내용

### 해결 하고자하는 과제

- [0013] 본 발명의 목적은 그래핀의 특징을 극대화시켜 가스와의 접촉면적을 최대화시키며, 높은 감도와 효율성을 가지는 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0014] 또한, 본 발명의 목적은 대면적 형상이 가능하며, 실용화에 적합하고 저비용, 높은 재현성, 신뢰성 및 대량생산성을 가지는 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법을 제공하는 것이다.

### 과제 해결수단

- [0015] 상술한 바와 같은 목적 달성을 위하여, 본 발명은 i) 홈이 형성된 기판; ii) 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀; 및 iii) 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극;을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛을 제공한다.
- [0016] 여기서, 상기 기판은 산화규소막이 형성된 실리콘(silicon) 또는 PDMS(poly dimethylsiloxane)로 이루어질 수 있으며, 상기 금속 전극은 금(Au)으로 이루어질 수 있다. 또한, 반응 표면적을 최대화하기 위하여 상기 그래핀의 채널 형성 부분은 반원 형태로 휘어진 형태일 수 있으며, 상기 기판상에는 보호층이 형성될 수 있다.
- [0017] 한편, 상술한 바와 같은 목적 달성을 위하여, 본 발명은 홈이 형성된 기판, 상기 기판에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀, 및 상기 홈 양단의 좌우 기판과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극으로 구성된 그래핀 가스센서 유닛을 제조하는 방법에 있어서, i) 그래핀이 일면에 형성된

기관상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 전극 부분을 형성하는 제1단계; ii) 상기 전극 부분이 형성된 기관상에 금속 층을 증착하고, 상기 금속 층이 증착된 기관의 PR 층을 리프트 오프 처리하여 금속 전극을 형성하는 제2단계; iii) 상기 금속 전극이 형성된 기관상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 홈 부분을 형성하는 제3단계; iv) 상기 홈 부분이 형성된 기관을 에칭하여 기관에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기관의 PR 층을 제거하는 제4단계를 포함하는 그래핀 가스센서 유닛의 제조 방법을 제공한다.

[0018] 여기서, 상기 제4단계 후에 PR 층이 제거된 기관을 열처리를 통하여 어닐링(annealing)하는 단계, PR 층이 제거된 기관의 그래핀 채널 형성 부분을 블로어(blower)를 통하여 반원 형태로 휘어지도록 성형하는 단계, 또는 PR 층이 제거된 기관에 보호층을 형성하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

[0019] 한편, 상술한 바와 같은 목적 달성을 위하여, 본 발명은 i) 홈이 형성된 기관; ii) 상기 기관에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀; 및 iii) 상기 홈 양단의 좌우 기관과 상기 그래핀 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극;을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 한 쌍을 서로 마주보도록 결합한 그래핀 가스센서 복합체를 제공한다.

[0020] 여기서, 상기 기관은 산화규소막이 형성된 실리콘(silicon) 또는 PDMS(poly dimethylsiloxane)로 이루어질 수 있으며, 상기 금속 전극은 금(Au)으로 이루어질 수 있다. 또한, 반응 표면적을 최대화하기 위하여 상기 한 쌍의 그래핀 가스센서 유닛의 그래핀 채널 형성 부분은 반원 형태로 휘어진 형태일 수 있다.

[0021] 한편, 상술한 바와 같은 목적 달성을 위하여, 본 발명은 홈이 형성된 기관, 상기 기관에 형성된 홈의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그래핀, 및 상기 홈 양단의 좌우 기관과 상기 그래핀 상에 형성되는 한쌍의 금속 전극을 포함하는 그래핀 가스센서 유닛 한 쌍을 서로 마주보도록 결합한 그래핀 가스센서 복합체의 제조방법에 있어서, i) 그래핀이 일면에 형성된 기관상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 전극 부분을 형성하는 제1단계; ii) 상기 전극 부분이 형성된 기관상에 금속 층을 증착하고, 상기 금속 층이 증착된 기관의 PR 층을 리프트 오프 처리하여 금속 전극을 형성하는 제2단계; iii) 상기 금속 전극이 형성된 기관상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 홈 부분을 형성하는 제3단계; iv) 상기 홈 부분이 형성된 기관을 에칭하여 기관에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기관의 PR 층을 제거하는 제4단계; v) 상기 PR 층이 제거된 기관 한 쌍을 서로 마주보게 결합하는 제5단계;를 포함하는 그래핀 가스센서 복합체의 제조 방법을 제공한다.

[0022] 여기서, 상기 제5단계 후에 서로 마주보게 결합한 기관 한 쌍을 열처리를 통하여 어닐링(annealing)하는 단계를 추가로 포함할 수 있으며, 상기 제4단계 후에 PR 층이 제거된 기관의 그래핀 채널 형성 부분을 블로어(blower)를 통하여 반원 형태로 휘어지도록 성형하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.

## 효 과

[0023] 본 발명의 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법은 기존의 접촉 연소식, 반도체식 또는 탄소나노튜브를 이용한 가스센서보다 넓은 반응 표면적을 가지고 저항값이 작아 전류의 소모가 적고, 전압변동에 민감하지 않아 높은 감도와 효율성을 나타내며, 장시간 사용하여도 감도가 저하되는 일이 없이 꾸준한 성능을 발휘할 수 있다. 또한, 대면적 형상이 가능하며, 실용화에 적합하고 저비용, 높은 재현성, 신뢰성 및 대량생산성을 가지는 가스센서를 제공할 수 있다.

## 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명에 따른 그래핀 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법을 다음의 도면을 참조하여 이하 상세하게 설명하기로 한다.

[0025] 도 1, 2는 각각 탄소나노튜브와 그래핀의 분자 모형도이며, 도 3, 4는 탄소나노튜브를 이용한 가스센서의 구성을 나타내는 전면도 및 단면도이다. 또한, 도 5, 6은 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 구성을 나타내는 전면도 및 단면도이고, 도 7은 보호층이 형성된 그래핀 가스센서 유닛의 구성을 나타내는 전면도이다.

[0026] 도 8, 9는 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 제조방법을 보여주는 공정도이며, 도 10은 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 제조방법의 열처리를 통한 어닐링 단계를 보여주는 개념도이고, 도 11은 본 발명의 그래



핀 가스센서 유닛의 제조방법의 블로어를 통하여 그라핀 채널 형성 부분을 반원 형태로 휘어지도록 하는 단계를 보여주는 개념도이며, 도 12, 13은 본 발명의 그라핀 가스센서 유닛 한쌍을 이용한 복합체의 제조과정을 보여주는 개념도이다.

- [0027] 본 발명의 그라핀 가스센서 유닛(100)은 도 5, 6의 전면도 및 단면도에서 살펴볼 수 있듯이, i) 홈이 형성된 기관(10); ii) 상기 기관(10)에 형성된 홈(11)의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그라핀(20); 및 iii) 상기 홈(11) 양단의 좌우 기관(10)과 상기 그라핀(20) 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극(30);을 포함한다.
- [0028] 탄소나노튜브를 이용한 가스센서는 탄소나노튜브(도 1)의 1차원이라는 형상의 한계로 인하여 가스가 접촉할 수 있는 면적이 극히 제한되어 있었던 데에 반해, 그라핀을 이용한 가스센서는 그라핀(도 2)이라는 2차원 형상을 가지는 탄소 단일 원소 재료를 사용함으로써 다양한 형상구현이 용이하고 가스센서의 구조 설계에 따라 접촉면적을 증가시킬 수 있다.
- [0029] 즉, 도 5, 6과 같이 상기 그라핀(20)을 상기 기관(10)에 형성된 홈(11)의 일부에 걸쳐지도록 위치시켜 채널을 형성하게 하고, 상기 채널에 가스가 통과하게 함으로써, 가스가 그라핀과 접촉할 수 있는 면적을 최대화시키고 가스센서의 감도와 효율을 증가시켜 탄소나노튜브를 이용한 가스센서보다 높은 감도를 구현할 수 있을 뿐 아니라 대면적 형상이 가능하도록 할 수 있다.
- [0030] 이때, 상기 기관(10)은 상업적으로 이용가능한 모든 재료가 가능하며, 바람직하게는 산화규소( $\text{SiO}_2$ ) 막이 형성된 실리콘(silicon) 또는 PDMS(polydimethyl siloxane) 물질로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 금속 전극(30)은 그라핀(20)에 전류를 흐르게 하는 역할을 하는 전도성을 가지는 모든 금속 재료가 가능하며, 바람직하게는 금(Au) 재질이 사용될 수 있다.
- [0031] 한편, 본 발명의 가스센서 유닛(100)은 기관(10) 및 금속 전극(30)을 보호하고 잡음을 방지하기 위하여, 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 기관(10) 상에 보호층(40)을 형성할 수 있다. 또한, 반응 표면적을 최대화하기 위하여 도 11에 도시된 바와 같이, 블로어(blower)를 이용하여 상기 그라핀(20)의 채널 형성 부분을 반원 형태로 휘어지도록 형성할 수 있다.
- [0032] 한편, 상기에서 설명한 본 발명의 가스센서 유닛(100)은 사용되는 재료에 따라 다양한 방법으로 제조 가능하나, 도 8, 9에 나타난 것과 같이 리소그래피(lithography)를 이용한 반도체 공정 기술을 사용하여 제조할 수도 있다.
- [0033] 이러한 본 발명의 가스센서 유닛(100) 제조 방법은, i) 그라핀이 일면에 형성된 기관상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 전극 부분을 형성하는 제1단계; ii) 상기 전극 부분이 형성된 기관상에 금속 층을 증착하고, 상기 금속 층이 증착된 기관의 PR 층을 리프트 오프 처리하여 금속 전극을 형성하는 제2단계; iii) 상기 금속 전극이 형성된 기관상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 홈 부분을 형성하는 제3단계; iv) 상기 홈 부분이 형성된 기관을 에칭하여 기관에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기관의 PR 층을 제거하는 제4단계;를 포함한다.
- [0034] 도 8은 산화규소막이 형성된 실리콘 재질로 이루어진 기관(10) 상에 그라핀(20)과 전극(30)을 형성하기까지의 과정을 보여주는 공정도로서, 먼저 산화규소막이 형성된 실리콘 기관상에 미리 생성시킨 그라핀을 옮긴 후, PR(photoresist) 층을 코팅한다. 이렇게 PR 층이 코팅된 기관상에 전극 부분을 마스크(masking) 처리한 후, 마스크된 기관에 자외선 등을 조사하는 일련의 포토리소그래피(photolithography) 과정을 통하여 PR 층에 전극 부분이 형성되도록 한다.
- [0035] 도 8에 도시된 공정 실시예에서는 네거티브(negative) PR과 전극 형상의 마스크를 통해 전극 부분의 PR 층이 제거되도록 하였다. 상기 전극 부분이 형성된 기관상에 금속 층을 증착한 후, 상기 금속 층이 증착된 기관에서 PR 층을 리프트 오프(lift off) 처리하여 금속 전극을 형성하는 금속층 이외의 부분을 PR 층과 함께 제거함으로써, 기관(10) 위에 금속 전극(30)을 형성시킨다.
- [0036] 도 9는 상기 전극(30)이 형성된 기관(10)에 홈(11)을 형성하여 가스센서 유닛을 완성하는 과정을 보여주는 공정도로서, 상기 금속 전극(30)이 형성된 기관상에 다시 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층이 코팅된 기관상에 홈 부분을 마스크(masking) 처리한 후, 마스크된 기관에 자외선 등을 조사하는 일련의 포토리소그래피(photolithography) 과정을 통하여 PR 층에 홈 부분이 형성되도록 한다.



- [0037] 그 후, 상기 홈 부분이 형성된 기판을 에칭(etching)하여 기판에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기판에 남아있는 PR 층을 제거하여 최종적으로 가스센서 유닛을 얻을 수 있다.
- [0038] 이때, 상기 완성된 가스센서 유닛을 도 10에 도시된 바와 같이, 추가적인 열처리를 함으로써 어닐링(annealing)하는 단계를 추가할 수 있으며, 바람직하게는, 도 11에 도시된 바와 같이, 가스의 반응 표면적을 최대화하기 위하여 PR 층이 제거된 기판의 그라핀 채널 형성 부분을 블로어(blower)를 통하여 반원 형태로 휘어지도록 성형하는 단계를 추가할 수 있다. 또한, 상기 PR 층이 제거된 가스센서 유닛에 기판(10)과 금속 전극(30)을 보호하고 잡음을 줄이기 위하여 보호층(40)을 형성하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0039] 한편, 본 발명의 그라핀 가스센서 복합체(200)는 도 12, 13에서 살펴볼 수 있듯이, i) 홈이 형성된 기판(10); ii) 상기 기판(10)에 형성된 홈(11)의 일부에 걸쳐지면서 채널을 형성하게 되는 그라핀(20); 및 iii) 상기 홈(11) 양단의 좌우 기판(10)과 상기 그라핀(20) 상에 형성되는 한 쌍의 금속 전극(30);을 포함하는 그라핀 가스센서 유닛(100) 한 쌍을 서로 마주보도록 결합하여 제공할 수 있다.
- [0040] 즉, 본 발명의 그라핀 가스센서 복합체(200)는 상기에서 설명한 그라핀 가스센서 유닛(100) 한 쌍을 도 12, 13과 같이 서로 마주보도록 결합시킴으로써, 기판으로 형성된 하나의 큰 채널을 형성하게 되고 상기 채널 안으로 흘러들어가는 가스와의 접촉면적을 최대화할 수 있게 된다.
- [0041] 여기서, 상기 기판은 앞서 살펴본 바와 같이 산화규소막이 형성된 실리콘(silicon) 또는 PDMS(polydimethylsiloxane) 등 다양한 재질이 사용될 수 있으며, 상기 금속 전극 또한 금(Au) 등의 다양한 전도성 금속 재질이 사용될 수 있다. 또한, 반응 표면적을 최대화하기 위하여 상기 한 쌍의 그라핀 가스센서 유닛의 그라핀 채널 형성 부분은 반원 형태로 휘어진 형태일 수 있다.
- [0042] 한편, 상기 그라핀 가스센서 복합체(200)의 제조방법은 i) 그라핀이 일면에 형성된 기판상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 전극 부분을 형성하는 제1단계; ii) 상기 전극 부분이 형성된 기판상에 금속 층을 증착하고, 상기 금속 층이 증착된 기판의 PR 층을 리프트 오프 처리하여 금속 전극을 형성하는 제2단계; iii) 상기 금속 전극이 형성된 기판상에 PR 층을 코팅하고, 상기 PR 층에 포토 리소그래피 기술을 이용하여 홈 부분을 형성하는 제3단계; iv) 상기 홈 부분이 형성된 기판을 에칭하여 기판에 홈을 형성하고, 상기 홈이 형성된 기판의 PR 층을 제거하는 제4단계; v) 상기 PR 층이 제거된 기판 한 쌍을 서로 마주보게 결합하는 제5단계;를 포함한다.
- [0043] 즉, 앞서 살펴본 그라핀 가스센서 유닛(100)의 제조방법과 동일한 과정으로 그라핀 가스센서 유닛(100) 한 쌍을 제조한 뒤, 이렇게 제조된 가스센서 유닛(100) 한 쌍을 도 12, 13과 같이 마주보게 결합하여 최종적으로 그라핀 가스센서 복합체(200)를 제조할 수 있다.
- [0044] 이때, 가스센서 유닛(100) 한 쌍을 결합하기 전에 PR 층이 제거된 기판의 그라핀 채널 형성 부분을 블로어(blower)를 통하여 반원 형태로 휘어지도록 성형하는 단계를 추가로 포함하여 가스의 반응 표면적을 최대화할 수 있으며, 최종적으로 제조된 그라핀 가스센서 복합체는 열처리를 통하여 어닐링(annealing)하는 단계를 추가로 거칠 수 있다.
- [0045] 상기와 같이 본 발명의 가스센서 유닛 및 복합체와 이들의 제조방법을 이용하여 기존의 접촉연소식, 반도체식 또는 탄소나노튜브를 이용한 가스센서보다 넓은 반응 표면적을 가지고 저항값이 작아 전류의 소모가 적고, 전압 변동에 민감하지 않아 높은 감도와 효율성을 나타내며, 장시간 사용하더라도 감도가 저하되는 일이 없이 꾸준한 성능을 발휘할 수 있다. 또한, 대면적 형상이 가능하며, 실용화에 적합하고 저비용, 높은 재현성, 신뢰성 및 대량생산성을 가지는 가스센서를 제공할 수 있다.
- [0046] 본 발명은 상술한 특징의 실시예 및 설명에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능하며, 그와 같은 변형은 본 발명의 보호 범위 내에 있게 된다.

### 도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1, 2는 각각 탄소나노튜브와 그라핀의 분자 모형도이다.

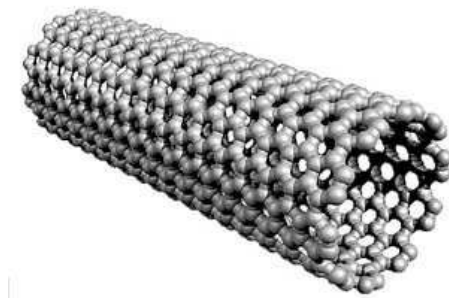
- [0048] 도 3, 4는 탄소나노튜브를 이용한 가스센서의 구성을 나타내는 전면도 및 단면도이다.
- [0049] 도 5, 6은 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 구성을 나타내는 전면도 및 단면도이다.
- [0050] 도 7은 보호층이 형성된 그래핀 가스센서 유닛의 구성을 나타내는 전면도이다.
- [0051] 도 8, 9는 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 제조방법을 보여주는 공정도이다.
- [0052] 도 10는 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 제조방법의 열처리를 통한 어닐링 단계를 보여주는 개념도이다.
- [0053] 도 11은 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛의 제조방법의 블로어를 통하여 그래핀 채널 형성 부분을 반원 형태로 휘어지도록 하는 단계를 보여주는 개념도이다.
- [0054] 도 12, 13은 본 발명의 그래핀 가스센서 유닛 한쌍을 이용한 복합체의 제조과정을 보여주는 개념도이다.

[0055] \* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 \*

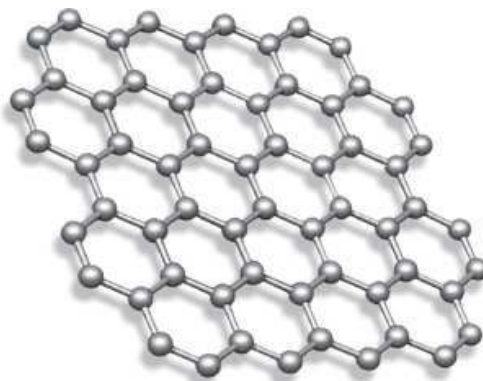
- |        |                |               |
|--------|----------------|---------------|
| [0056] | 10 : 기판        | 11 : 홈        |
| [0057] | 20 : 그래핀       | 30 : 금속 전극    |
| [0058] | 40 : 보호층       | 100 : 가스센서 유닛 |
| [0059] | 200 : 가스센서 복합체 |               |

## 도면

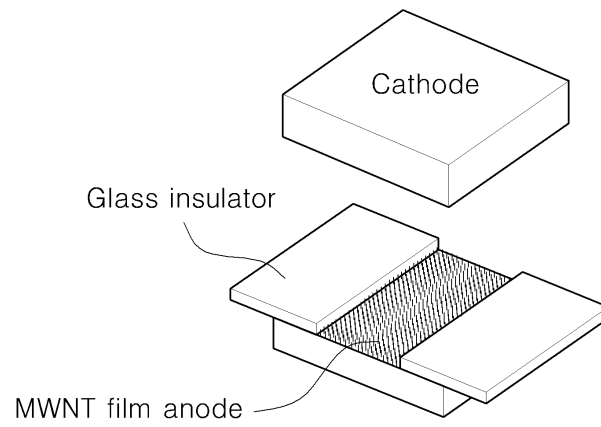
### 도면1



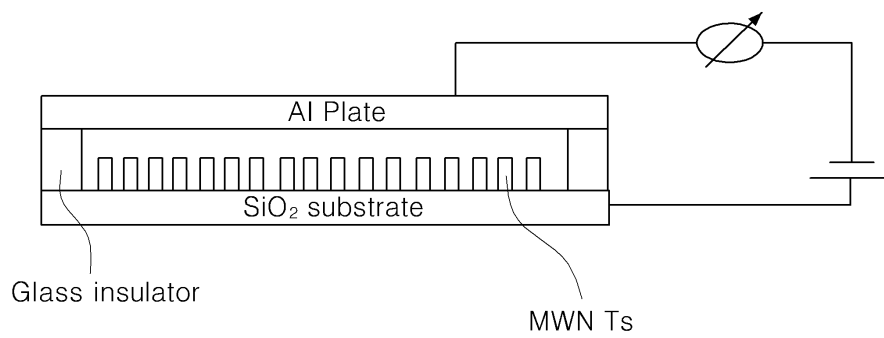
### 도면2



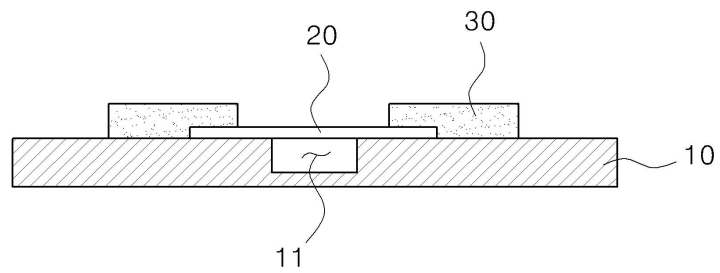
도면3



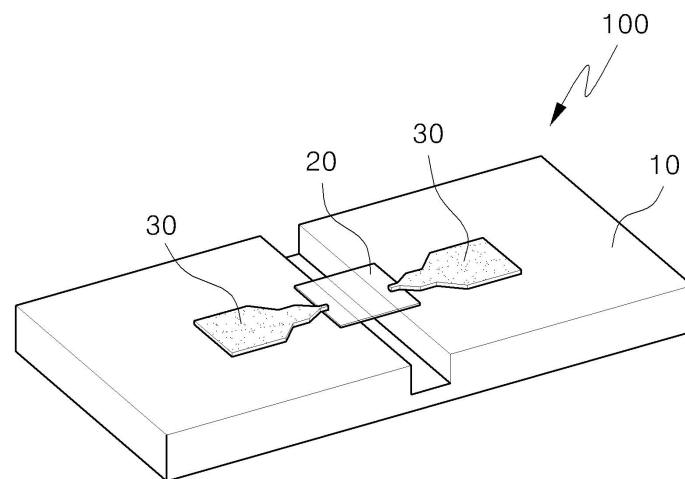
도면4



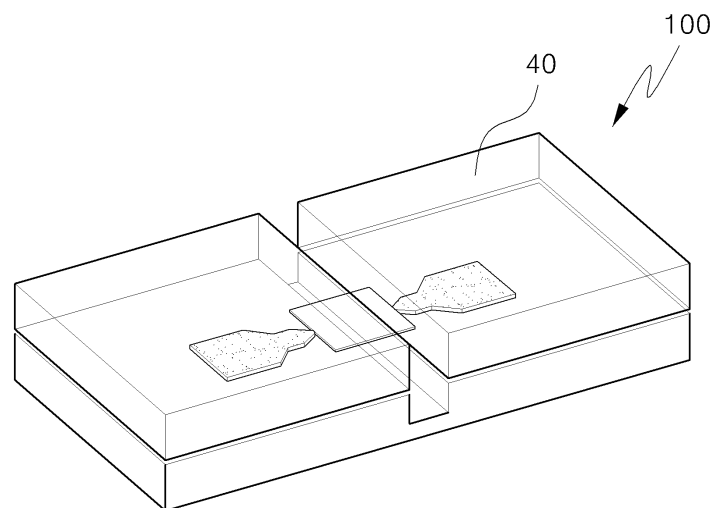
도면5



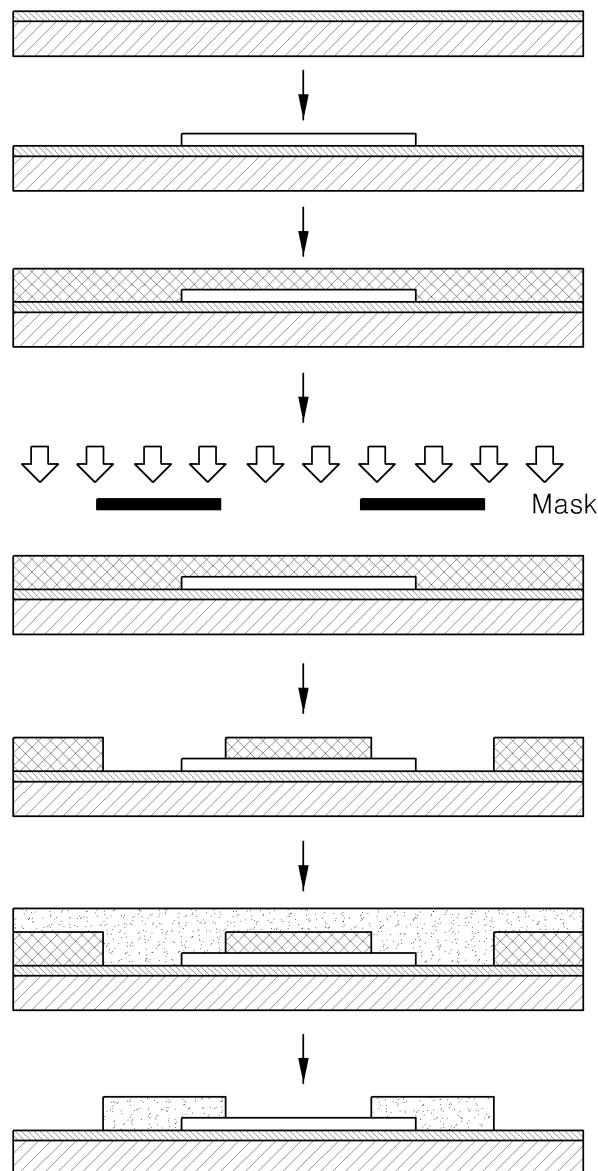
도면6



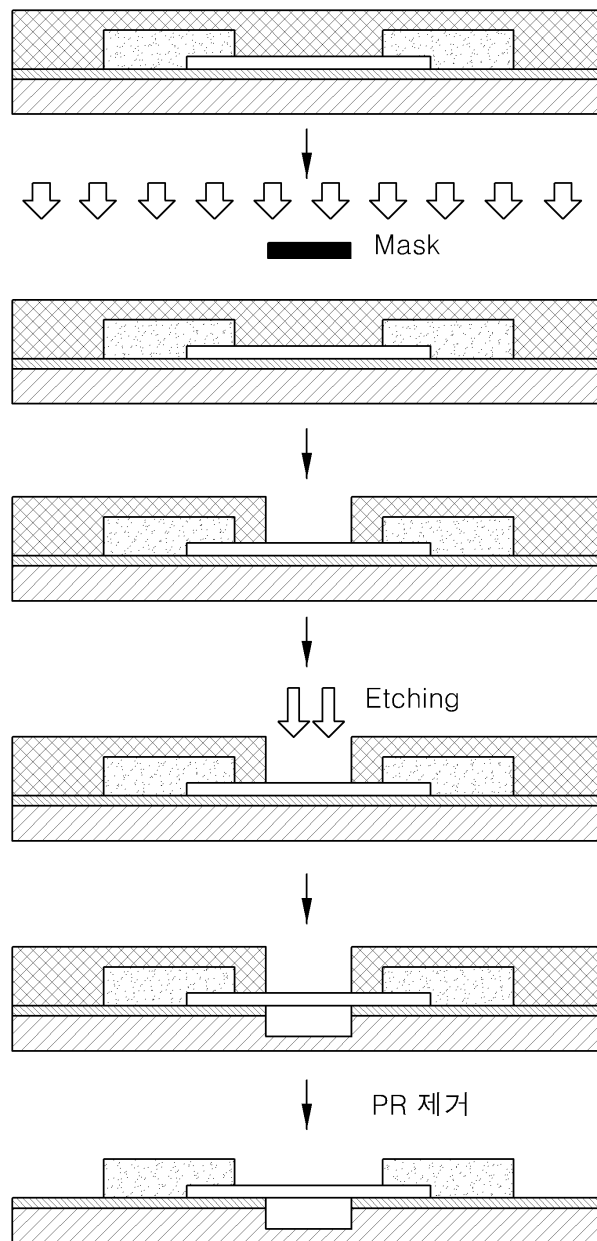
도면7



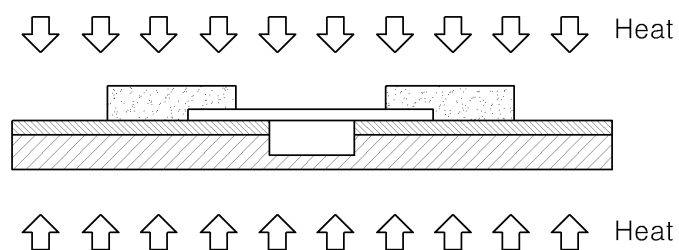
도면8



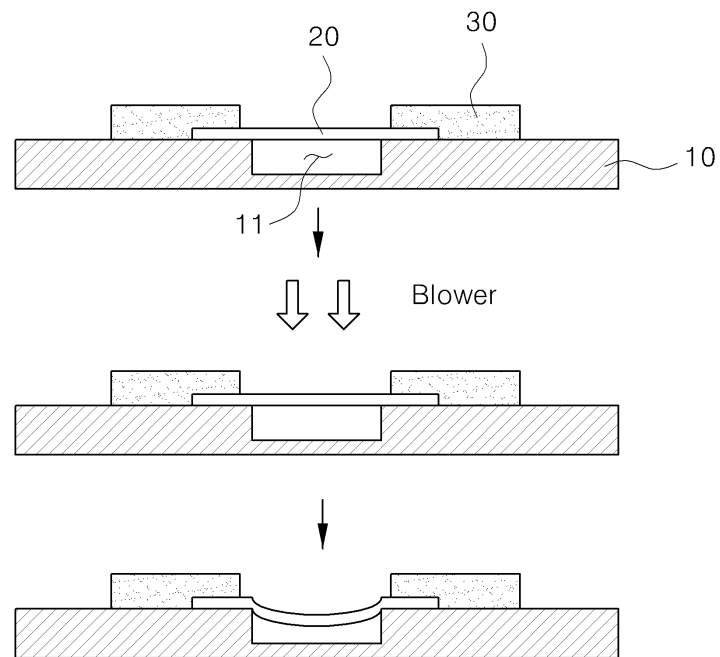
도면9



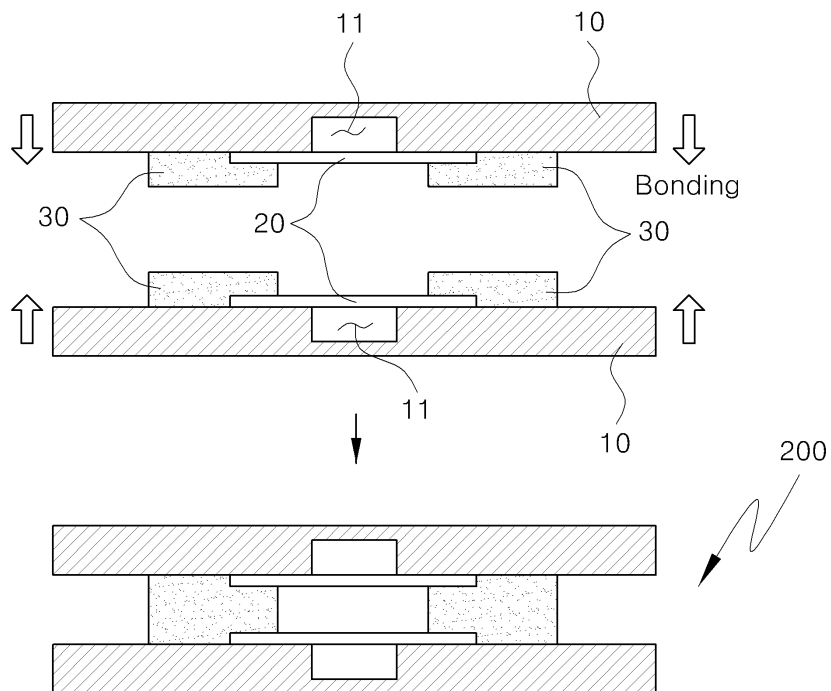
도면10



도면11



도면12





도면13

