



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0101030
(43) 공개일자 2008년11월21일

(51) Int. Cl.

G01N 27/12 (2006.01) G01N 27/00 (2006.01)

G01N 33/00 (2006.01) G01N 37/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0047191

(22) 출원일자 2007년05월15일

심사청구일자 2008년05월15일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

하정숙

서울 노원구 월계동 우남아파트 101동 2203호

박재현

울산 남구 달동 1330-1 삼산선경아파트 1동 1701호

(74) 대리인

현종철

전체 청구항 수 : 총 21 항

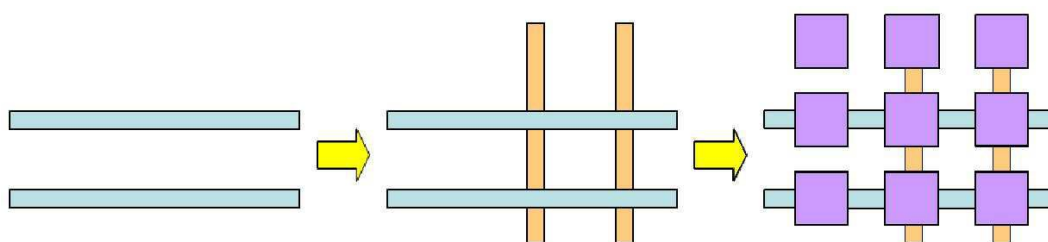
(54) 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된혼합기체 검출용 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한혼합기체의 검출방법

(57) 요약

본 발명은 미세접촉인쇄 기술을 이용한 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된 혼합기체 검출용 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는 복수 개의 마스터 주형 상에 각각 음각 패턴을 형성하는 단계; 상기 마스터 주형 상에 액상 고분자를 붓고 경화시켜서 상기 음각 패턴에 대응되는 양각 패턴을 구비한 복수 개의 고분자 도장을 제조하는 단계; 상기 복수 개의 고분자 도장의 표면에 서로 다른 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 기술을 이용하여 순차적으로 기판 상에 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 서로 다른 기체 검출 물질 패턴의 교차점에 접촉저항 감소물질 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법을 제공한다.

본 발명에 따르면, 종래의 리소그래피 공정 등에 비해서 고가의 장비를 필요로 하지 않고도 용이하게 다양한 기체 검출 물질을 하나의 센서 내에 구현할 수 있고, 정확한 교차접합 센서의 메카니즘 분석을 가능하게 하며, 저전력으로도 높은 감도로 혼합기체의 정확한 정성 및 정량적 분석을 가능하게 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된 혼합기체 검출용 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법을 제공할 수 있다.

대표도 - 도5a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 M10503000187-07M0300-18710

부처명 과학기술부

연구사업명 특정연구개발사업 > 나노연구개발사업 > 나노핵심기반연구개발

연구과제명 나노선소자 안정화 핵심기술

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2005년 07월 01일 ~ 2011년 05월 31일

특허청구의 범위

청구항 1

복수 개의 마스터 주형 상에 각각 음각 패턴을 형성하는 단계;

상기 마스터 주형 상에 액상 고분자를 붓고 경화시켜서 상기 음각 패턴에 대응되는 양각 패턴을 구비한 복수 개의 고분자 도장을 제조하는 단계;

상기 복수 개의 고분자 도장의 표면에 서로 다른 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 기술을 이용하여 순차적으로 기판 상에 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 서로 다른 기체 검출 물질 패턴의 교차점에 접촉저항 감소물질 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 음각 패턴은 평행 스트라이프 패턴인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 음각 패턴은 십자형 패턴인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고분자는 폴리디메틸실록산 (PDMS)인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 혼합기체는 NH_3 , CO , H_2 및 알데히드로 이루어진 군으로부터 선택된 둘 이상의 기체인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기체 검출 물질은 단일벽 탄소나노튜브, 바나듐 산화물 나노와이어, 아연 산화물 나노와이어 및 주석 산화물 나노와이어로 이루어진 군으로부터 선택된 둘 이상의 물질인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 기체 검출 물질은 공액 고분자 (conjugated polymer) 또는 계면활성제를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기판은 금속 산화물 기판 또는 유연성 고분자 기판인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기체 검출 물질 패턴은 격자무늬 패턴인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 격자무늬 패턴의 선폭은 100nm 내지 100 μ m이고, 두께는 1nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 미세접촉인쇄 기술은 랑뮈에-블라제 방법 (LB 방법) 또는 랑뮈에-셰퍼 (Langmuir-Shaeffer) 방법 (LS 방법)에 의해서 수행되는 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 접촉저항 감소물질은 금 나노입자, 은 나노입자, 백금 나노입자 및 팔라듐 나노입자로 이루어진 군으로부터 선택된 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 접촉저항 감소물질 패턴은 일정한 배열을 갖는 원 또는 다각형의 반복 패턴인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 원 또는 다각형 1개의 표면적은 10,000nm² 내지 10,000 μ m²이고, 두께는 2nm 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 기체 검출 물질 패턴 형성 단계 또는 상기 접촉저항 감소물질 패턴 형성 단계는 상기 패턴 형성 단계 이후에 가열 또는 자외선 조사에 의해서 상기 기체 검출 물질 또는 접촉저항 감소물질 중의 캡핑 물질을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중의 어느 한 항에 의해서 제조된 혼합기체 검출용 기체센서.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 기체센서는 2 이상의 서로 다른 검출 대상 기체가 흡착되기 위한 2 이상의 서로 다른 기체 검출 물질로 이루어진 2 이상의 기체 검출부;

상기 서로 다른 기체 검출 물질의 교차점에 형성된 접촉저항 감소부; 및

상기 기체센서에의 상기 검출 대상 기체의 흡착 전후 전기적 특성을 측정하기 위한 전극부를 구비하는 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 기체 검출부들의 표면적이 동일한 것을 특징으로 하는 혼합기체 검출용 기체센서.

청구항 19

제16항에 따른 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 기체 검출부의 상기 검출 대상 기체 흡착 후 전기저항값은 하기 식에 의해서 연산되는 것을 특징으로 하는 혼합기체의 검출 방법:

<수학식 1>

$$R = (R_0 + f(l) \times w)$$

상기 식에서,

R은 검출 대상 기체의 흡착 후 전기저항값이며,

R₀는 검출 대상 기체의 흡착 전 전기저항값이고,

f는 기체 검출 물질의 감도 인자 함수이며,

l은 검출 대상 기체의 부피이고,

w는 기체 검출부의 표면적이다.

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 기체 검출부가 저항값 a를 갖는 기체 검출 물질 및 저항값 b를 갖는 기체 검출 물질로 이루어지고, 상기 기체 검출 물질들은 2쌍의 서로 수직인 평행 스트라이프 패턴으로 배열되며, 상기 서로 수직인 평행 스트라이프 패턴의 양 말단에 전압을 인가하는 경우, 상기 전압 인가에 의해 측정되는 4가지 저항값이 하기 식에 의해서 표현되는 것을 특징으로 하는 혼합기체의 검출방법:

<수학식 2>

$$\begin{pmatrix} a+b & a+b+\frac{1}{\frac{1}{a}+\frac{1}{a+2b}} \\ a+b+\frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{2a+b}} & \frac{3}{2}(a+b) \end{pmatrix}$$

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<14> 본 발명은 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된 혼합기체 검출용 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 종래의 리쓰그라피 공정 등에 비해서 고가의 장비를 필요로 하지 않고도 용이하게 다양한 기체 검출 물질을 하나의 센서 내에 구현할 수 있고, 정확한 교차

접합 센서의 메카니즘 분석을 가능하게 하며, 저전력으로도 높은 감도로 혼합기체의 정확한 정성 및 정량적 분석을 가능하게 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된 혼합기체 검출용 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법에 관한 것이다.

- <15> 기체 검출 기술은 환경 감시와 화학 공정 제어, 우주 사업, 농업, 임업, 의학 기기 등에 매우 중요하기 때문에, 전 세계적으로 많은 연구가 수행되고 있으며, 그 중 NO₂ 기체의 검출은 연소 또는 자동차 배기가스로 인한 환경 공해 모니터링에 중요하고, 암모니아 기체의 검출은 산업이나 의학, 생태계 등의 모니터링에 필수적이다.
- <16> 종래에 반도체성 금속 산화물이나, 유기 물질들, 그리고 폴리머와의 혼합물 등과 같은 전기적 센서 물질들 중에서, 반도체성 금속 산화물이 NO₂나 암모니아 검출에 매우 폭넓게 이용되고 있으며, 반도체성 금속 산화물은 200~600℃의 고온에서 센서 물질과 검출 대상 기체 사이의 화학 반응성을 높여야 센서로서의 역할을 할 수 있다 (Kong et al., *Science* **2000**, 28, 622). 기체센서에 관한 최근 연구동향을 살펴 보면, GE의 Global Research Center에서는 반도체에 기반을 둔 플레임 센서 (flame sensor)를 상용화한 바 있고, NASA 연구소에서는 우주선에 들어가는 반도체 가스 센서를 제작한 바 있으며, 또한 독일의 Maximilian Fleischer사에서는 반도체 산화물 어레이를 성장시키고 가스 혼합물 중 개개의 가스를 검출해내는 가스센서 어레이에 관한 연구를 진행하고 있다. 그 외에도 전도성 고분자 형태의 반도체 물질과 유기 프탈로시아닌과 같은 반도체 물질이 NO₂와 암모니아 검출에 이용되기도 하지만 약 10¹⁰ Ω에 달하는 높은 저항 때문에 센서 물질로 사용되기에는 어려움이 있다.
- <17> 한편, 2000년에 발표된 한 연구 결과는 단일벽 탄소나노튜브 (SWCNT)를 이용하여 상온에서 NO₂와 암모니아를 검출할 수 있음을 보여주었으며, 특히 상기 연구 결과에서는 저항이 수백 배가 변하며, 단지 수십 초 동안의 가스 노출만으로도 수 ppm의 가스를 측정할 수 있었다 (Kong et al., *Science* **2000**, 28, 622). 또한, 이러한 보고는 SWCNT의 1차원적 나노구조에서 기인한다고 믿어졌고, 이를 바탕으로 V₂O₅, SnO₂, ZnO와 같은 반도체성 금속 산화물 연구에 많은 이목이 집중되었다.
- <18> 그러나, 아직까지도 나노선 (nanowire)에 대한 연구가 많지 않으며, 기체센서로서의 실험을 수행한다 하더라도 단일 나노선 자체에 대한 연구이거나 필름 연구에 그치고 있는 실정이며, 미국의 Jet Propulsion Laboratory에서는 패터닝 금속 전극 위에 전기증착법을 이용하여 나노선을 성장하는 방식으로 센서 어레이를 제작하는 연구를 수행하고 있기도 하다. 단일 나노선은 기체센서로서의 이상적인 특성을 보여주지만 대량 생산이 불가능하다는 문제점이 있으며, 필름에 대한 연구는 생산성 문제는 어느 정도 극복하였으나, 나노선 자체의 성질을 살리지 못한다는 단점이 있다. 더 나아가, 아직까지도 단일 가스별 센싱 특성을 바탕으로 한 단순 센싱 메커니즘에 관한 연구는 발표된 바 있으나, 혼합 가스에 대한 연구는 전무한 실정이다. 또한, 센서의 패터닝 연구 또한 나노선을 이용한 연구가 아닌 일반적인 메탈 산화물에 그치고 있으며, 그 방식 또한 기존의 리소그래피 방법을 채용하기 때문에 다품종 소량 생산에는 불리하다는 단점이 있다. 따라서, 경제적인 센서 생산을 통한 센서 사용 확대에 한계가 있으며, 기체 감응 능력 또한 한계가 있다.
- <19> 한편, 기존의 리소그래피 방법으로 센서를 제작할 경우, 고가의 장비가 필요할 뿐만 아니라, 고감도 센서 제작을 위해 필요한 나노 물질을 이용하더라도 나노 물질의 특성을 잘 살리기 힘들며, 다품종 소량 생산이 어렵고 생산과정이 매우 복잡하다는 문제점이 있었다. 또한, 스핀코팅 (spin-coating)이나 딥코팅 (dip-coating) 등의 방법 등을 이용하는 경우에도, 필름 형태로 센서물질이 기판에 적층되기 때문에 소자의 집적화가 어렵고, 균일한 필름을 제작하기 힘들다는 문제점이 있었다.
- <20> 이와 같이, 단일 나노선을 이용하여 센서를 제작할 경우 센서로서의 성능, 효율, 감도 등은 매우 우수하지만, 공정화가 어려울 뿐만 아니라 단일 소자의 제작에도 고가의 장비와 노력이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <21> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 과제는 리소그래피 방법과 같은 일반적 실리콘 공정에 비해서 고가의 장비를 필요로 하지 않으며, 손쉬운 방법으로 다양한 기체 검출 물질을 교차접합 형태의 기체센서로 제작할 수 있고, 저렴한 가격으로 다품종 센서를 제작할 수 있는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법을 제공하는 것이다.
- <22> 또한, 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 과제는 검출 대상 기체가 흡착될 수 있는 영역이 일정하고 동종 기체 검출 물질 및 이종 검출 물질의 교차접합 형태가 한 센서 내에 존재하기 때문에 교차접합 센서의 메카니즘 분석이 용이하며, 모듈화가 용이하고, 저전력의 초고감도 기체센서 구현이 가능한 혼합기체 검출용 기체센서를 제공

하는 것이다.

<23> 마지막으로, 본 발명이 이루고자 하는 세 번째 기술적 과제는 혼합기체에 대한 정확한 정성 및 정량적 분석이 가능한 혼합기체의 검출방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

- <24> 본 발명은 상기 첫 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,
- <25> 복수 개의 마스터 주형 상에 각각 음각 패턴을 형성하는 단계;
- <26> 상기 마스터 주형 상에 액상 고분자를 붓고 경화시켜서 상기 음각 패턴에 대응되는 양각 패턴을 구비한 복수 개의 고분자 도장을 제조하는 단계;
- <27> 상기 복수 개의 고분자 도장의 표면에 서로 다른 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 기술을 이용하여 순차적으로 기판 상에 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 단계; 및
- <28> 상기 서로 다른 기체 검출 물질 패턴의 교차점에 접촉저항 감소물질 패턴을 형성하는 단계를 포함하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법을 제공한다.
- <29> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 음각 패턴은 평행 스트라이프 패턴일 수 있다.
- <30> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 음각 패턴은 십자형 패턴일 수 있다.
- <31> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 고분자는 폴리디메틸실록산 (PDMS)일 수 있다.
- <32> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 혼합기체는 NH_3 , CO , H_2 및 알데히드로 이루어진 군으로부터 선택된 둘 이상의 혼합기체일 수 있다.
- <33> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 기체 검출 물질은 단일벽 탄소나노튜브, 바나듐 산화물 나노와이어, 아연 산화물 나노와이어 및 주석 산화물 나노와이어로 이루어진 군으로부터 선택된 둘 이상의 물질일 수 있다.
- <34> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 기체 검출 물질은 공액 고분자 (conjugated polymer) 또는 계면활성제를 더 포함할 수도 있다.
- <35> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 기판은 금속 산화물 기판 또는 유연성 고분자 기판일 수 있다.
- <36> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 기체 검출 물질 패턴은 격자무늬 패턴일 수 있다.
- <37> 또한, 상기 격자무늬 패턴의 선폭은 100nm 내지 100 μm 이고, 두께는 1nm 내지 100nm일 수 있다.
- <38> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 미세접촉인쇄 기술은 랑뮈에-블라제 방법 (LB 방법) 또는 랑뮈에-셰퍼 (Langmuir-Shaeffer) 방법 (LS 방법)에 의해서 수행될 수 있다.
- <39> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 접촉저항 감소물질은 금 나노입자, 은 나노입자, 백금 나노입자 및 팔라듐 나노입자로 이루어진 군으로부터 선택된 것일 수 있다.
- <40> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 접촉저항 감소물질 패턴은 일정한 배열을 갖는 원 또는 다각형의 반복 패턴일 수 있다.
- <41> 또한, 상기 원 또는 다각형 1개의 표면적은 10,000nm² 내지 10,000 μm^2 이고, 두께는 2nm 내지 100nm일 수 있다.
- <42> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 기체 검출 물질 패턴 형성 단계 또는 상기 접촉저항 감소물질 패턴 형성 단계는 상기 패턴 형성 단계 이후에 가열 또는 자외선 조사에 의해서 상기 기체 검출 물질 또는 접촉저항 감소물질 중의 캡핑 물질을 제거하는 단계를 더 포함할 수도 있다.
- <43> 한편, 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,
- <44> 상기 방법에 의해서 제조된 혼합기체 검출용 기체센서를 제공한다.
- <45> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기체센서는 2 이상의 서로 다른 검출 대상 기체가 흡착되기 위한 2 이상의 서로 다른 기체 검출 물질로 이루어진 2 이상의 기체 검출부; 상기 서로 다른 기체 검출 물질의 교차점에 형성된 접촉저항 감소부; 및 상기 기체센서에의 상기 검출 대상 기체의 흡착 전후 전기적 특성을 측정하기 위한 전

극부를 구비할 수 있다.

<46> 또한, 상기 기체 검출부들의 표면적이 동일한 것일 수 있다.

<47> 마지막으로, 본 발명은 상기 세 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,

<48> 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법을 제공한다.

<49> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 기체 검출부의 상기 검출 대상 기체 흡착 후 전기저항값은 하기 식에 의해서 연산될 수 있다:

수학식 1

<50> $R = (R_0 + f(l) \times w)$

<51> 상기 식에서,

<52> R은 검출 대상 기체의 흡착 후 전기저항값이며,

<53> R₀는 검출 대상 기체의 흡착 전 전기저항값이고,

<54> f는 기체 검출 물질의 감도 인자 함수이며,

<55> l은 검출 대상 기체의 부피이고,

<56> w는 기체 검출부의 표면적이다.

<57> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 기체 검출부가 저항값 a를 갖는 기체 검출 물질 및 저항값 b를 갖는 기체 검출 물질로 이루어지고, 상기 기체 검출 물질들은 2쌍의 서로 수직인 평행 스트라이프 패턴으로 배열되며, 상기 서로 수직인 평행 스트라이프 패턴의 양 말단에 전압을 인가하는 경우, 상기 전압 인가에 의해 측정되는 4가지 저항값은 하기 식에 의해서 표현될 수 있다:

수학식 2

$$\begin{pmatrix} a+b & a+b+\frac{1}{\frac{1}{a}+\frac{1}{a+2b}} \\ a+b+\frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{2a+b}} & \frac{3}{2}(a+b) \end{pmatrix}$$

<58>

<59> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.

<60> 본 발명에 따른 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법은, 복수 개의 마스터 주형 상에 각각 음각 패턴을 형성하는 단계; 상기 마스터 주형 상에 액상 고분자를 붓고 경화시켜서 상기 음각 패턴에 대응되는 양각 패턴을 구비한 복수 개의 고분자 도장을 제조하는 단계; 상기 복수 개의 고분자 도장의 표면에 서로 다른 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 기술을 이용하여 순차적으로 기판 상에 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 서로 다른 기체 검출 물질 패턴의 교차점에 접촉저항 감소물질 패턴을 형성하는 단계를 포함한다.

<61> 본 발명에서는 먼저 소정의 음각 패턴을 갖는 마스터 주형을 복수 개 제작한다. 도 1a 내지 1c에는 마스터 주형의 평면 형태에 대한 예들을 도시하였다. 도 1a 내지 1b는 최종 기체센서 중에서 기체 검출부를 형성하는 패턴을 제조하는데 사용될 수 있는 마스터 주형에 대한 예들이고, 도 1c는 최종 기체센서 중에서 접촉저항 감소부를 형성하는 패턴을 제조하는데 사용될 수 있는 마스터 주형에 대한 예이다. 도 1a 내지 1c에서 흰색으로 표시된 부분이 음각 패턴이다.

<62> 본 발명에 따른 기체센서는 다양한 종류의 검출 대상 기체들이 혼합되어 존재하는 혼합기체에 있어서, 각 검출 대상 기체들을 정성 및 정량적으로 분석하기 위한 것이며, 따라서 상기 마스터 주형은 검출하고자 하는 기체의 개수에 대응되게 복수 개 제작된다. 마스터 주형의 제작은 종래 통상적인 방법, 즉 광 리소그래피 방법 또는 전자빔(e-beam) 리소그래피 방법 등에 의해서 실리콘 등의 마스터 기판 위에 금속 마스크 등을 놓고 패턴을 형성함으로써 수행될 수 있다.

- <63> 상기 마스터 주형 상에 형성되는 음각 패턴의 형태는 결과물인 기체센서 상에 형성되는 기체 검출부의 패턴에 따라서 달라질 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니지만, 평행 스트라이프 패턴 또는 십자형 패턴 등일 수 있다. 단순화된 예로서, 도 1a에는 1쌍의 평행 스트라이프 패턴을 갖는 마스터 주형을, 도 1b에는 1개의 십자형 패턴을 갖는 마스터 주형을 도시하였다.
- <64> 다음으로는, 제조된 마스터 주형 상에 액상 고분자를 붓고 경화시켜서 마스터 주형에 형성된 음각 패턴에 대응되게끔 고분자 도장 표면에 양각 패턴을 제조하는 단계가 수행된다. 도 2a 내지 2c에는 각각 상기 도 1a 내지 도 1c와 같은 음각 패턴을 갖는 마스터 주형들에 의해서 제조된 고분자 도장의 예들을 도시하였다. 도 2a 내지 2c를 참조하면, 마스터 주형 상에 형성된 음각 패턴들에 의해서 제조된 고분자 도장들은 상기 음각 패턴들에 대응되는 양각 패턴들을 구비하게 된다. 도 2a 내지 2c에서 푸른색 또는 보라색으로 표시된 부분이 양각 패턴이며, 도 2a 또는 2b의 경우는 최종 기체센서 중에서 기체 검출부를 형성하는 패턴을 제조하는데 사용될 수 있는 양각 패턴이고 (도면에서 푸른색으로 표시), 도 2c의 경우는 최종 기체센서 중에서 접촉저항 감소부를 형성하는 패턴을 제조하는데 사용될 수 있는 양각 패턴이다 (도면에서 보라색으로 표시).
- <65> 고분자 도장의 제조에 이용가능한 고분자 물질로는, 이에 제한되는 것은 아니지만, 폴리디메틸실록산 (polydimethylsiloxane, PDMS)과 같은 고분자 물질을 예로 들 수 있다.
- <66> 이어서, 상기와 같이 제조된 복수 개의 고분자 도장들의 표면에 서로 다른 기체 검출 물질을 묻힌 후, 미세접촉 인쇄 기술을 이용하여 순차적으로 기판 상에 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 단계가 수행된다.
- <67> 기판 상에는 기체 검출 물질이 상기 기판 상에 흡착되기 용이하도록 자가-조립 단층 (self-assembled monolayer)을 적층시킬 수도 있으며, 그 위에 상기 제조된 고분자 도장을 이용하여 기체 검출 물질을 흡착하게 된다.
- <68> 미세접촉인쇄 (microcontact printing)란, 최근에 마이크로 또는 나노구조물의 제조를 위해 개발된 소프트 리소그래피 (soft lithography) 기술의 일종으로서, 저렴한 비용으로도 100nm 이하의 해상도 (resolution) 구현이 가능하고, 환경친화적이면서, 평평하지 않은 표면의 패턴닝에도 용이하게 적용이 가능한 기술이다. 특히, MEMS와 응용광학분야의 센서나 마이크로분석시스템의 소자로 사용될 수 있는 비교적 단순하고 단층의 구조물을 제작하는 데 유용성이 많다. 미세접촉인쇄 기술에서는 마스터 주형 및 상기 마스터 주형에 의해서 제조된 엘라스토머 도장을 사용하여 패턴을 만들거나 전이하게 된다.
- <69> 본 발명에서는 이러한 미세접촉인쇄 기술을 사용하여 기판 상에 기체 검출 물질의 패턴을 형성하게 되는데, 상기 기체 검출 물질은, 검출 대상이 되는 혼합기체의 종류에 따라서 다양한 종류의 물질들이 채용될 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니지만, 검출 대상이 되는 혼합기체는 NH_3 , CO , H_2 및 알데히드로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 기체일 수 있으며, 이에 따른 기체 검출 물질은 단일벽 탄소나노튜브, 바나듐 산화물 나노와이어, 아연 산화물 나노와이어 및 주석 산화물 나노와이어로 이루어진 군으로부터 선택된 둘 이상의 물질일 수 있다. 상기 기체 검출 물질로 사용되는 나노와이어는 순수한 나노와이어일 수도 있으나, 성능 향상 또는 기판과의 흡착성 증진을 위해서 공액 고분자 (conjugated polymer) 또는 계면활성제를 더 포함할 수도 있다. 검출 대상이 되는 기체의 종류에 따라서 제조되는 마스터 주형의 개수, 이에 따른 고분자 도장의 개수 및 패턴되는 기체 검출 물질의 개수가 결정된다.
- <70> 또한, 상기 기판으로는 통상의 SiO_2 기판 등과 같은 금속 산화물 기판 또는 폴리카보네이트와 같은 유연성 고분자 기판 등이 사용될 수 있다.
- <71> 특히, 본 발명에서 기체 검출 물질을 고분자 도장으로 전이시키는 방법은 일반적인 스핀코팅 방법 또는 드롭-캐스팅 & 블로잉 (drop-casting & blowing) 방법을 사용할 수도 있으나, 랑뮈에-블라제 방법 (LB 방법) 또는 랑뮈에-셰퍼 (Langmuir-Shaefter) 방법 (LS 방법)에 의해서 수행되는 것이 더욱 바람직한데, 이는 기체센서는 검출 대상 기체가 기체 검출 물질의 표면에서 표면 반응을 발생시키므로, 기체 검출 물질이 여러 층의 필름 형태로 적층되는 경우에는 최외곽 표면층의 필름은 검출 대상 기체와 반응하여 전기적 특성이 변화하지만, 내부층의 필름은 전기적 특성이 그대로 유지되기 때문에 측정시 정량적 분석이 어렵다는 문제점이 있기 때문이다. 따라서, 랑뮈에-블라제 방법 또는 랑뮈에-셰퍼 방법을 이용하여 단일층의 필름을 적층시킴으로써 이러한 문제점을 예방하는 것이 바람직하다.
- <72> 랑뮈에-블라제 트러프 (Langmuir-Blodgett trough; LB trough)를 이용한 랑뮈에-블라제 방법 또는 랑뮈에-셰퍼 방법은 액체-기체 계면으로부터 기판 등의 고체 표면에 단층막 또는 다층막을 이전하는 방법으로서 (K. A.

Blodgett, *JACS*. **1935**, *57*, 1007), 도 3에는 랑뮈에-블라제 트러프에 대한 개요도가 도시되어 있으며, 트러프 내에 물 등과 같은 분산매를 넣고, 상기 분산매와 공기 사이의 계면에 위치하는 양친매성 분자막을 기관 등의 고체 표면으로 이전하는 방법이다. LB 트러프 이용 방법은, 비휘발성 또는 비수용성 물질이 수면 상에 존재할 때 이 물질의 분자들과 수면과의 부착력 (adhesion)이 분자들 간의 응집력 (cohesion)보다 크면 분자들이 수면 위에서 확산 이론에 따라 분산되고, 분산된 분자들은 단분자 박막을 형성하므로 이를 기관 등의 고체 표면에 나노 두께의 박막으로 이전할 수 있는 원리를 이용한 방법이다. 이때, 수면 상에 분자가 분산되기 위해서는 분자 자체가 양친매성 (amphiphilicity)을 지녀서, 상기 양친매성 분자가 수면과 접촉하였을 경우, 친수성 부분은 물에 잠기고 소수성 부분은 수면과 반대 방향으로 배향됨으로써, 상기 양친매성 분자가 공기와 물의 계면 상태에만 위치하여야 한다.

<73> 상기 LB 트러프 이용 방법에는 나노박막을 형성하고자 하는 기관의 침지 방향이 상기 액체-기체 계면과 수직인 가 수평인가에 따라서 랑뮈에-블라제 방법 (LB 방법) 또는 랑뮈에-셰퍼 (Langmuir-Shaeffer) 방법 (LS 방법)으로 분류되며, 도 4a 및 4b에는 각각 LB 방법 및 LS 방법에 대한 개략적인 공정 개요도를 도시하였다.

<74> 예를 들어, 도 2a 또는 2b에 따른 고분자 도장을 사용하여 미세접촉인쇄 기술에 의해서 기체 검출 물질의 패턴을 형성하는 경우에, 격자무늬 패턴이 형성될 수 있는데, 도 5a 또는 5b에는 각각 도 2a 또는 2b에 따른 고분자 도장을 사용하여 격자무늬의 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 과정을 개략적으로 도시하였다.

<75> 도 5a를 참조하면, 도 2a에서 제조된 한 쌍의 평행 스트라이프 패턴을 갖는 고분자 도장에 1종의 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 방법에 의해서 기관으로 패턴을 전이시키고, 이어서 동일한 스트라이프 패턴을 갖는 다른 고분자 도장에 다른 1종의 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 방법에 의해서 기관으로 패턴을 전이시킨다. 이때, 첫 번째 고분자 도장과 두 번째 고분자 도장을 서로 수직인 방향으로 기관에 찍어주는 경우에 도 5a에 도시된 바와 같은 최종 격자무늬의 기체 검출 물질 패턴을 제조할 수 있게 된다.

<76> 한편, 도 5b를 참조하면, 도 2b에서 제조된 십자형 패턴을 갖는 고분자 도장에 1종의 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 방법에 의해서 기관으로 패턴을 전이시키고, 이어서 동일한 십자형 패턴을 갖는 다른 고분자 도장에 다른 1종의 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 방법에 의해서 기관으로 패턴을 전이시키며, 더 나아가, 동일한 십자형 패턴을 갖는 또 다른 고분자 도장에 또 다른 1종의 기체 검출 물질을 묻힌 후 미세접촉인쇄 방법에 의해서 기관으로 전이시킨다. 이때, 첫 번째, 두 번째 및 세 번째 고분자 도장이 서로 소정의 간격을 두고 기관 상에서 평행이동에 의하여 기체 검출 물질을 전이시키게 되면, 도 5b에 도시된 바와 같은 최종 격자무늬의 기체 검출 물질 패턴을 제조할 수 있게 된다.

<77> 도 5a와 5b를 상호비교해 보면, 도 5a의 과정에 의해서 제조된 기체센서는 2가지 기체가 혼합된 혼합기체 시료에 대한 검출이 가능하며, 도 5b의 과정에 의해서 제조된 기체센서는 3가지 기체가 혼합된 혼합기체 시료에 대한 검출이 가능하다는 차이점이 있다. 동일한 방식에 의해서 4가지, 5가지 등 더 많은 종류의 기체가 혼합된 혼합기체 시료에 대한 검출을 위한 기체센서의 제작도 가능함은 물론이다.

<78> 한편, 이에 제한되는 것은 아니지만, 상기 격자무늬 패턴의 선폭은 100nm 내지 100 μ m이고, 두께는 1nm 내지 100nm일 수 있다.

<79> 마지막으로, 상기 과정에 의해서 제조된 서로 다른 기체 검출 물질 패턴의 교차점에 접촉저항 감소물질 패턴을 형성함으로써 본 발명에 따른 혼합기체 검출용 기체센서를 제조할 수 있게 된다.

<80> 본 발명에 있어서, 접촉저항 감소물질 패턴은 기체 검출 물질 패턴의 교차점에서의 접촉 저항을 줄여주는 역할을 할 뿐만 아니라, 기체 검출 물질 패턴의 형성과정에서 고분자 도장이 정확히 수직 또는 평행한 방향으로 찍히지 않고 약간 비틀려 찍히는 경우에 검출 대상이 되는 기체가 흡착되는 기체 검출부의 표면적을 일정하게 유지해주는 부가적인 역할도 수행한다. 또한, 패턴의 최외곽부, 즉 서로 다른 기체 검출 물질이 교차하지 않는 지점에 형성된 접촉저항 감소물질의 패턴은 최종 결과물인 기체센서에 있어서, 저항 측정용 전압인가를 위한 외부 전원이 접속되는 전극부의 기능을 한다.

<81> 상기 접촉저항 감소물질로는, 이에 제한되는 것은 아니지만, 상기 접촉저항 감소물질은 금 나노입자, 은 나노입자, 백금 나노입자 및 팔라듐 나노입자로 이루어진 군으로부터 선택된 것일 수 있으며, 그 형태 역시 도 5a 내지 5b에 도시된 바와 같이 사각형의 반복 패턴일 수도 있지만, 이에 제한되는 것은 아니며, 일정한 배열을 갖는 원 또는 다각형의 반복 패턴이면 무방하다. 또한, 상기 접촉저항 감소물질 패턴 중 원 또는 다각형 1개의 표면적은 10,000nm² 내지 10,000 μ m²이고, 두께는 2nm 내지 100nm일 수 있다.

- <82> 한편, 나노와이어 또는 나노입자를 기판 상에 전이시킨 이후에는, 상기 나노와이어 또는 나노입자에 포함된 캡핑 물질 (capping material)을 제거하기 위해서 진공 오븐 등에 넣고 적당한 온도로 가열하는 단계를 더 수행하는 것이 바람직하며, 예를 들어, 금 나노입자의 경우 이는 대략 170℃의 온도에서 2시간 정도 유지함으로써 수행될 수 있다. 캡핑 물질의 제거는 자외선 조사 등에 의해서 수행될 수도 있으며, 캡핑 물질이 제거되면 금속 나노와이어 또는 금속 나노입자들 중의 캡핑 물질이 제거되면서 일반적인 금속으로 변환되고, 이때 저항이 충분히 감소되어 전극 내지 이중 나노선 접합 부위의 접촉저항을 줄여주는 부위로 작용할 수도 있게 된다.
- <83> 최종적으로, 기판 상의 최외곽부 패턴에 전극부로 사용될 도선을 형성함으로써 본 발명에 따른 혼합기체 검출용 기체센서를 제조할 수 있게 된다.
- <84> 한편, 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여, 상기 방법에 의해서 제조된 혼합기체 검출용 기체센서를 제공한다.
- <85> 도 6a 및 6b에는 도 5a 및 5b에 도시된 과정에 의해서 제조된 혼합기체 검출용 기체센서를 각각 도시하였다. 도 6a 및 6b를 참조하면, 본 발명에 따른 혼합기체 검출용 기체센서는 2 이상의 서로 다른 검출 대상 기체가 흡착되기 위한 2 이상의 서로 다른 기체 검출 물질로 이루어진 2 이상의 기체 검출부 (600 및 601), 상기 서로 다른 기체 검출 물질의 교차점에 형성된 접촉저항 감소부 (610 및 611), 및 상기 기체센서에의 상기 검출 대상 기체의 흡착 전후 전기적 특성을 측정하기 위한 전극부 (620 및 621)를 구비할 수 있다. 또한, 상기 기체 검출부들 (600 및 601)의 표면적은 서로 동일한 것일 수 있다.
- <86> 또한, 본 발명은 상기 세 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여, 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법을 제공한다.
- <87> 본 발명에 따른 혼합기체의 검출방법은 2 이상의 서로 다른 기체 검출 물질들을 채용하기 때문에, 각각의 기체 검출 물질들에 검출 대상 기체가 흡착되면 전기적 변화가 발생되고, 이러한 전기적 변화는 기체센서의 전극부를 통하여 외부 전원에 감지된다. 따라서, 특정 기체 시료 중에 검출 대상이 되는 기체가 존재하는지 여부를 정성적으로 알아낼 수 있게 된다.
- <88> 한편, 본 발명에 따른 혼합기체의 검출방법은 상기 전기적 변화의 측정에 의해서 검출 대상 기체의 정량적 분석도 가능하며, 이하에서는 예를 들어 도 6a에 도시된 바와 같이, 2개의 서로 다른 기체 검출 물질로 구성되는 기체센서에서의 정량적 분석을 설명하기로 한다.
- <89> 전압인가에 의한 I-V 특성이 선형인 부분에서 $V = IR$ 로 가정하고, R은 서로 다른 기체 검출 물질 A 및 B (이하, 도 6a에서 푸른색으로 표시된 기체 검출 물질을 A로, 주황색으로 표시된 기체 검출 물질을 B라 한다)에 의한 저항의 합으로 변화되는 값이라고 가정하게 되면, 이때의 저항 $R = R_A + R_B$ 로 나타낼 수 있다.
- <90> 또한, 각각의 기체 검출부 표면적을 일정하게 제작하고, 기체 검출 물질 A는 기체 x를, 기체 검출 물질 B는 기체 y를 검출할 수 있다고 하면, 부피가 1인 기체 x 및 부피가 m인 기체 y를 혼합 주입하였을 때, 기체 검출 물질 A 및 B의 각각의 기체 흡착 후 저항값 R_A 및 R_B 는 하기 수학적 식 3으로 표현가능하다:

수학적 식 3

<91>
$$R_A = (R_{A0} + f_A(1) \times w)$$

<92>
$$R_B = (R_{B0} + f_B(m) \times w)$$

<93> 상기 식에서,

<94> R_{A0} 및 R_{B0} 는 각각 기체 x 및 기체 y가 흡착되기 전 A 및 B 각각의 전기저항값이고,

<95> w는 기체 검출부의 표면적이고,

<96> 1 및 m은 각각 기체 x 및 y의 부피이고,

<97> f_A 및 f_B 는 기체 검출 물질 A 및 B의 감도 인자 함수이다.

<98> 상기 식에서, 기체 검출 물질 A 및 B가 만나는 곳의 접촉저항이 없다고 가정하고 (접촉저항 감소부에 의해서), 저항을 매트릭스로 나타내면 하기 수학적 식 4와 같다:

수학식 4

$$\begin{pmatrix} R_{A0} + f_A(l)w + R_{B0} + f_B(m)w & 2(R_{A0} + f_A(l)w) + R_{B0} + f_B(m)w \\ R_{A0} + f_A(l)w + 2(R_{B0} + f_B(m)w) & 2(R_{A0} + f_A(l)w + R_{B0} + f_B(m)w) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{pmatrix}$$

상기 식에서, 매트릭스의 가로 행의 차는 $R_{A0} + f_A(l) \times w$ 이 되고, 세로 열의 차는 $R_{B0} + f_B(m) \times w$ 이 된다. 여기서, R_{A0} 및 R_{B0} 는 측정값으로 알 수 있는 값이며, w 는 디자인된 값이다. 또한, f_A 와 f_B 는 실험적으로 도출되는 함수이며, 결과적으로 얻어진 값들로부터 변수 l 과 m 을 구할 수 있다.

물론, 실제 측정시에는 각각의 접촉 (contact)에 저항이 존재하며, 이상적인 소자를 제작하였을 때, 접촉저항 R_c 를 넣어주고 매트릭스로 만들면 하기 수학식 5와 같다:

수학식 5

$$\begin{pmatrix} R_{11} + R_c & R_{12} + R_c \\ R_{21} + R_c & R_{22} + R_c \end{pmatrix}$$

그러나, 기체 검출부 사이의 간격은 여전히 같기 때문에 기체 x , y 의 흡착량 l , m 을 구할 수 있다.

이상에서는 2가지 종류의 기체 검출 물질을 채용한 경우를 예로 들어 설명하였으나, 3가지 종류의 기체 검출 물질을 채용한 경우에도 위와 동일하고 동일한 방식으로 3×3 매트릭스를 사용하여 3가지 종류 기체의 흡착량을 알 수 있으며, 더 나아가 4가지 이상의 기체 검출 물질을 채용하는 경우에도 그에 상응하는 종류의 기체를 정량적으로 분석할 수 있다.

한편, 실제 전압인가에 의한 저항 측정시, 전류의 흐름은 1가지 경로로만 이루어지지 않으며, 또 다른 부가 경로로도 전류 흐름이 발생되고, 따라서 이러한 부가 경로로 얻어지는 저항의 감소를 고려해 주어야 한다. 도 7에는 도 6a에 도시된 바와 같은 기체센서에 있어서, 주경로 및 부가 경로를 통한 전류 흐름을 개략적으로 도시하였으며, 도면에서 a_{11} , a_{12} , a_{21} 및 a_{22} 는 흡착물질 A에 의해서 형성된 4곳의 기체 검출부에서의 저항값들을, b_{11} , b_{12} , b_{21} 및 b_{22} 는 흡착물질 B에 의해서 형성된 4곳의 기체 검출부에서의 저항값들을, c 는 4곳의 접촉저항 감소부에서의 저항값들을 나타낸다. 도 7에서 A1으로부터 B1으로 전류가 흐르는 경우 전체 저항값 R_{11} 을 계산하기 위해서는, 주경로를 통한 전류의 흐름 및 부가 경로를 통한 전류의 흐름을 모두 고려해 주어야 하며, 따라서 이 경우 전류의 흐름을 회로도로 간략히 도시하면 도 8과 같다. 이때, 전체 저항값 R_{11} 은 하기 수학식 6으로 표시되며, 실제 부가 경로를 흐르는 전류에 의한 저항의 이득은 없다.

수학식 6

$$R_{11} = a_{11} + c + \frac{1}{\frac{1}{b_{12} + c + a_{22} + c + b_{22} + c + a_{12} + c} + \frac{1}{0}} + b_{11} = a_{11} + c + b_{11}$$

그러나, A1으로부터 B2로 전류가 흐르는 경우 전체 저항값 R_{12} , A2로부터 B1으로 전류가 흐르는 경우 전체 저항값 R_{21} , A2로부터 B2로 전류가 흐르는 경우 전체 저항값 R_{22} 의 경우에는 부가 경로를 흐르는 전류에 의한 저항의 이득이 있으며, 이를 고려해 주어야 하고, 예를 들어 R_{12} 의 경우 전류의 흐름을 회로도로 간략히 도시하면 도 9와 같고, 이때 R_{12} 는 하기 수학식 7로 표시된다.

수학식 7

$$R_{12} = a_{11} + \frac{1}{\frac{1}{a_{12} + c} + \frac{1}{c + b_{12} + c + a_{22} + c + b_{22}}} + b_{21}$$

<108>

<109> 위의 식에서, $a = a_{11} = a_{12} = a_{21} = a_{22}$ 이며, $b = b_{11} = b_{12} = b_{21} = b_{22}$ 이므로 위의 식을 간단히 해 보면 하기 수학식 8과 같고,

수학식 8

$$R_{12} = a + \frac{1}{\frac{1}{a+c} + \frac{1}{c+b+c+a+c+b}} + b = a + b + \frac{1}{\frac{1}{a+c} + \frac{1}{a+2b+3c}}$$

<110>

<111> 접촉저항 감소부에 의해서 각 교차점에서 접촉 저항이 무시할 만큼 작다고 하면, 수학식 8은 하기 수학식 9로 나타낼 수 있다.

수학식 9

$$R_{12} = a + b + \frac{1}{\frac{1}{a} + \frac{1}{a+2b}}$$

<112>

<113> 마찬가지로 요령으로, R_{21} 및 R_{22} 를 나타내면 하기 수학식 10 및 수학식 11과 같다.

수학식 10

$$R_{21} = a + b + \frac{1}{\frac{1}{b} + \frac{1}{2a+b}}$$

<114>

수학식 11

$$R_{22} = a + b + \frac{1}{\frac{1}{a+b} + \frac{1}{a+b}} = a + b + \frac{a+b}{2} = 3\frac{(a+b)}{2}$$

<115>

<116> 이를 행렬로 표시하면, 하기 수학식 2에서와 같은 4가지 저항값을 얻게 된다. 그러므로, 기체 검출부가 저항값 a 를 갖는 기체 검출 물질 및 저항값 b 를 갖는 기체 검출 물질로 이루어지고, 상기 기체 검출 물질들은 2쌍의 서로 수직인 평행 스트라이프 패턴으로 배열되며, 상기 서로 수직인 평행 스트라이프 패턴의 양 말단에 전압을 인가하는 경우, 상기 전압 인가에 의해 측정되는 4가지 저항값은 하기 수학식 2로 표시된다고 할 수 있다:

<117>

<수학식 2>

$$\begin{pmatrix} a+b & a+b+\frac{1}{\frac{1}{a}+\frac{1}{a+2b}} \\ a+b+\frac{1}{\frac{1}{b}+\frac{1}{2a+b}} & \frac{3}{2}(a+b) \end{pmatrix}$$

<118>

<119> 마찬가지로, 3가지 기체 검출 물질을 사용할 경우 전압 인가에 의해 측정되는 9가지 저항값은 비슷한 계산 요령에 의해서 3×3 형태의 행렬로 표시될 수 있다.

발명의 효과

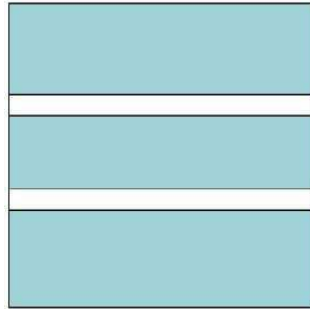
<120> 본 발명에 따르면, 종래의 리쏘그래피 공정 등에 비해서 고가의 장비를 필요로 하지 않고도 용이하게 다양한 기체 검출 물질을 하나의 센서 내에 구현할 수 있고, 정확한 교차접합 센서의 메카니즘 분석을 가능하게 하며, 저 전력으로도 높은 감도로 혼합기체의 정확한 정성 및 정량적 분석을 가능하게 하는 혼합기체 검출용 기체센서의 제조방법, 이로부터 제조된 혼합기체 검출용 기체센서 및 상기 기체센서를 이용한 혼합기체의 검출방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

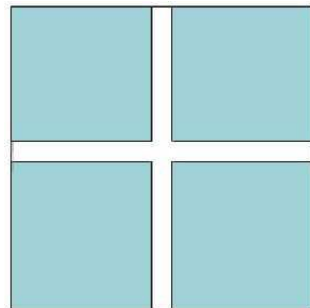
- <1> 도 1a 내지 1c는 본 발명에 따른 마스터 주형의 평면 형태에 대한 예들을 도시한 도면이다.
- <2> 도 2a 내지 2c는 각각 도 1a 내지 도 1c에 따른 마스터 주형들에 의해서 제조된 고분자 도장의 예들을 도시한 도면이다.
- <3> 도 3은 랑뮈에-블라제 트러프를 개략적으로 도시한 도면이다.
- <4> 도 4a 및 4b는 각각 LB 방법 및 LS 방법에 대한 개략적인 공정 개요도를 도시한 도면이다.
- <5> 도 5a 및 5b는 각각 도 2a 및 2b에 따른 고분자 도장을 사용하여 격자무늬의 기체 검출 물질 패턴을 형성하는 과정을 개략적으로 도시한 도면이다.
- <6> 도 6a 및 6b는 도 5a 및 5b에 도시된 과정에 의해서 제조된 혼합기체 검출용 기체센서를 각각 도시한 도면이다.
- <7> 도 7은 도 6a에 도시된 바와 같은 기체센서에 있어서, 주경로 및 부가 경로를 통한 전류 흐름을 개략적으로 도시한 도면이다.
- <8> 도 8은 도 7의 A1으로부터 B1으로 전류가 흐르는 경우에 주경로를 통한 전류의 흐름 및 부가 경로를 통한 전류의 흐름을 회로도도 간략히 도시한 도면이다.
- <9> 도 9는 도 7의 A1으로부터 B2로 전류가 흐르는 경우에 주경로를 통한 전류의 흐름 및 부가 경로를 통한 전류의 흐름을 회로도도 간략히 도시한 도면이다.
- <10> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>
- <11> 600, 601: 기체 검출부
- <12> 610, 611: 접촉저항 감소부
- <13> 620, 621: 전극부

도면

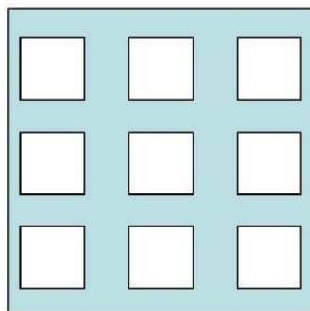
도면1a



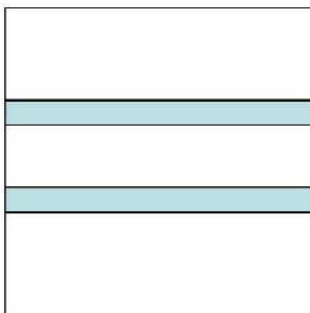
도면1b



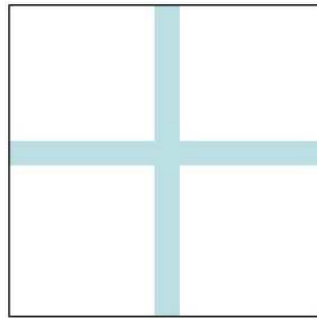
도면1c



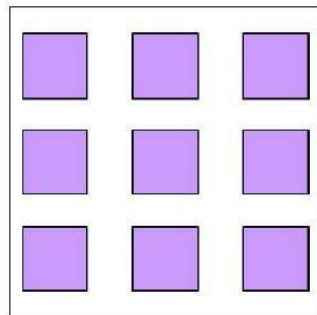
도면2a



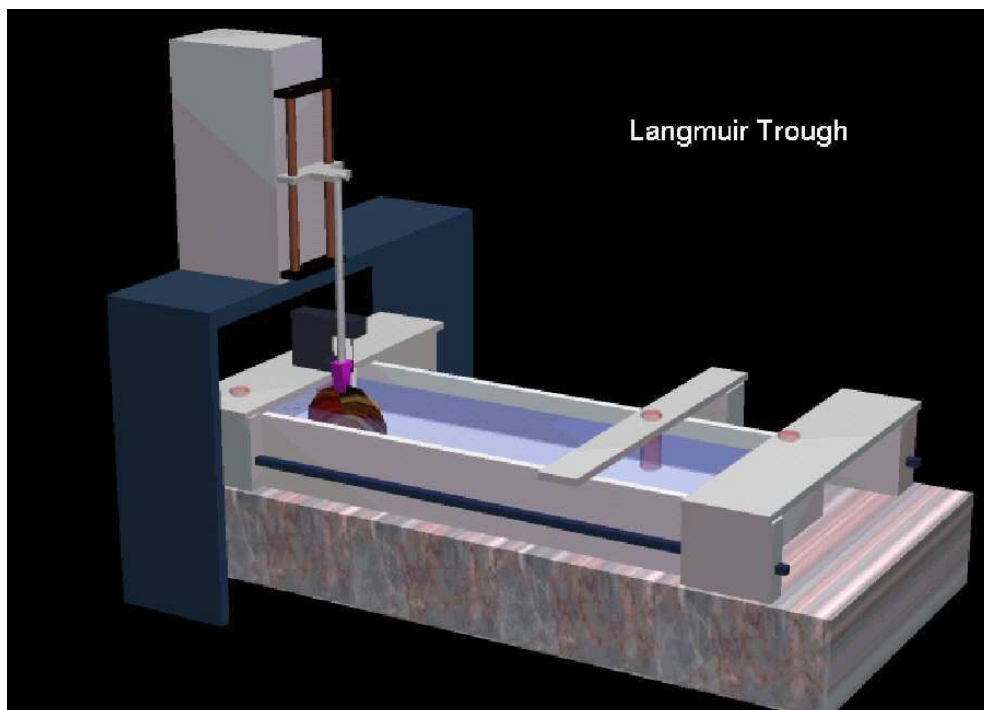
도면2b



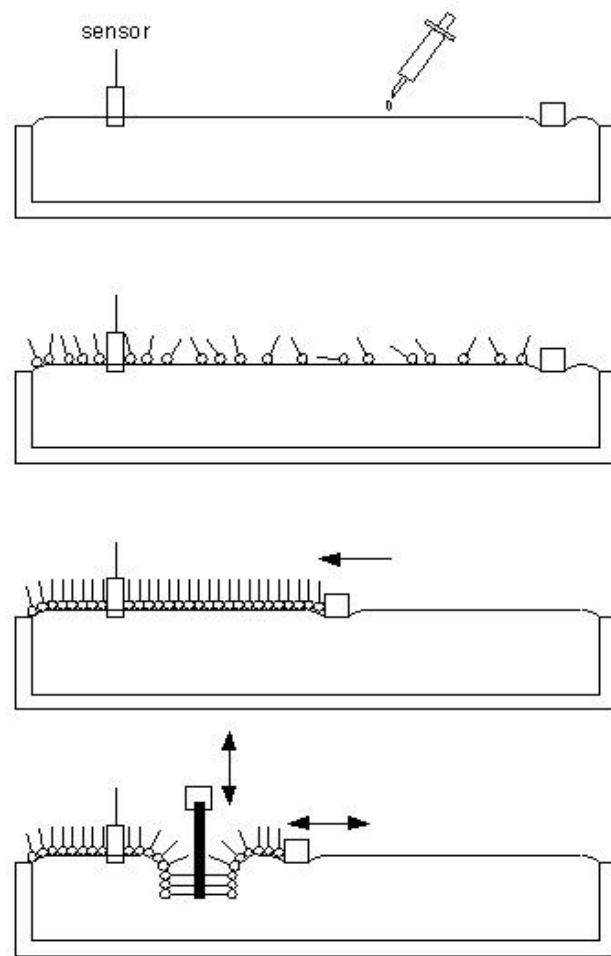
도면2c



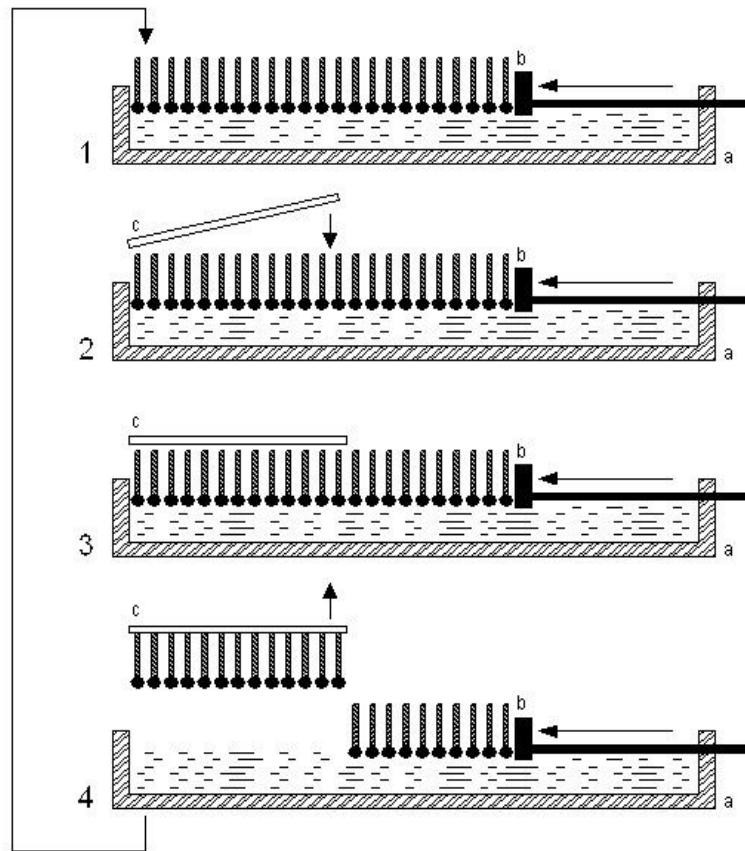
도면3



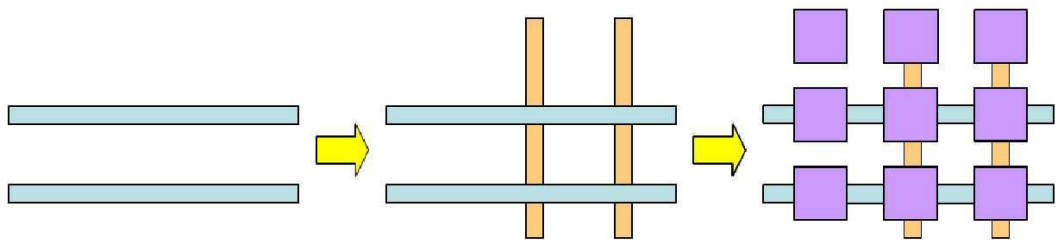
도면4a



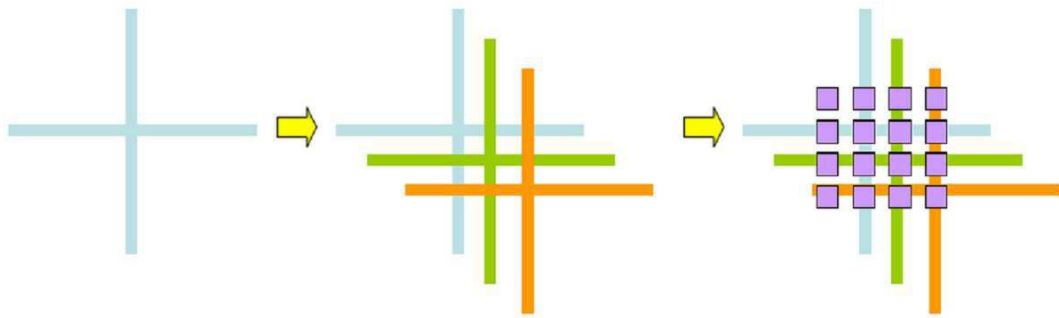
도면4b



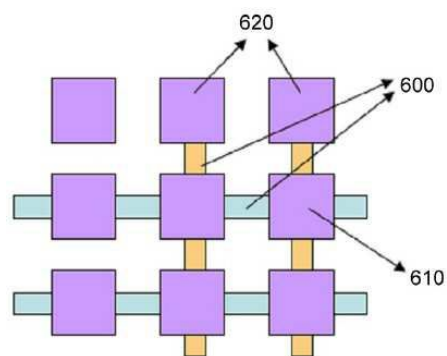
도면5a



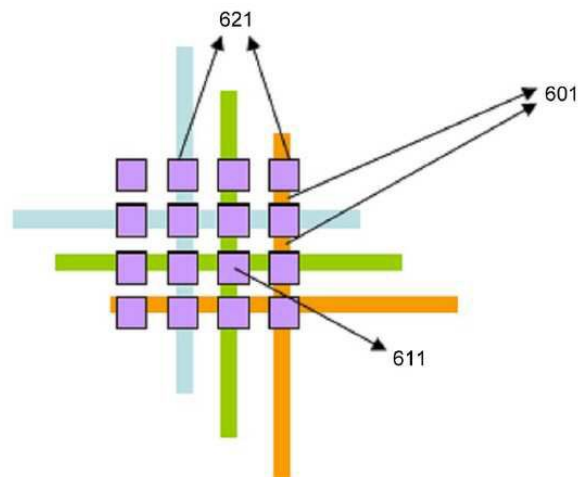
도면5b



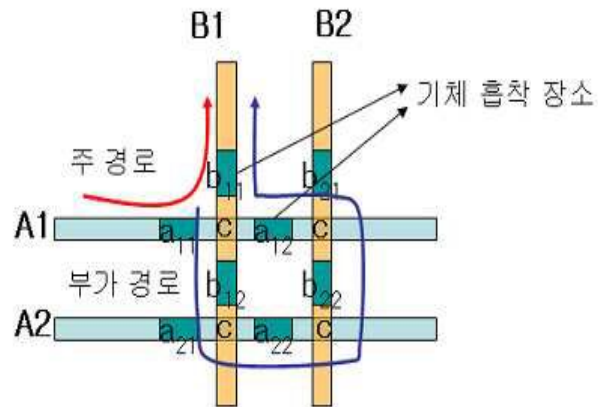
도면6a



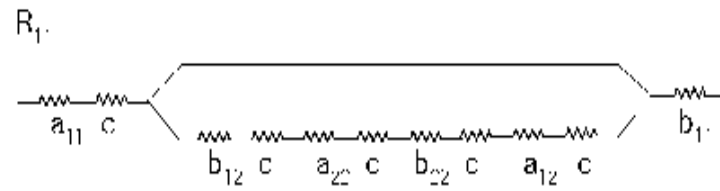
도면6b



도면7



도면8



도면9

