



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0062964
(43) 공개일자 2008년07월03일

(51) Int. Cl.

G01N 27/12 (2006.01) B81C 1/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2006-0139173

(22) 출원일자 2006년12월30일

심사청구일자 2007년12월27일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

주병권

서울 종로구 평창동 234-24번지

이진우

서울 광진구 중곡4동 90-23

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

현중철

전체 청구항 수 : 총 16 항

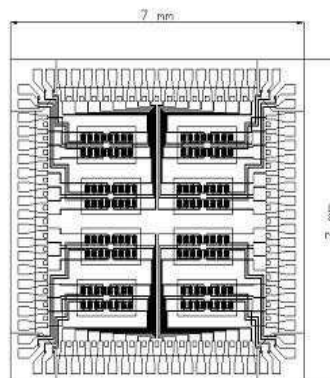
(54) 나노소재를 이용한 기체 센서 및 그 제조방법

(57) 요약

나노소재를 이용한 기체 센서 및 그 제조방법이 제공된다.

본 발명에 따른 나노소재를 이용한 기체 센서는 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막이 차례로 증착되어 있는 반도체 기판과; 상기 실리콘 질화막 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극과; 상기 히터전극 상에 형성되며, 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 절연층과; 상기 절연층 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극과; 상기 센서전극 상에 형성되며, 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극과 전기적으로 접촉하도록 분산되어 있는 감지부; 및 상기 감지부 및 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 상부 보호층을 포함하는 것을 특징으로 하며, 본 발명에 따른 기체 센서는 하나의 센서로서 다양한 오염 기체를 고감도로 감지할 수 있고, 성능의 재현성이 우수하다.

대표도 - 도9



(72) 발명자

이종훈

경기 과천시 별양동 6번지 주공5단지 501동 102호

이경수

서울 강서구 등촌3동 미주진로아파트 106동 501호

특허청구의 범위

청구항 1

실리콘 산화막 및 실리콘 질화막이 차례로 증착되어 있는 반도체 기판과; 상기 실리콘 질화막 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극과; 상기 히터전극 상에 형성되며, 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 절연층과; 상기 절연층 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극과; 상기 센서전극 상에 형성되며, 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극과 전기적으로 접촉하도록 분산되어 있는 감지부; 및 상기 감지부 및 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 상부 보호층을 포함하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 반도체 기판의 후면에는 상기 센서 어레이에 대응하는 영역에 식각에 의해 동공이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 센서전극은 4개의 미세 센서가 병렬로 1개의 센서 어레이를 형성하며, 4개의 센서 어레이에 해당하는 총 16개의 미세 센서가 1종의 기체 감지를 위하여 배당되고, 1mm^2 이하의 유효면적 내에 총 128개의 미세 센서가 8개의 구획으로 나누어져 배치됨으로써 1종의 기체당 16개씩, 8종의 기체를 동시에 감지할 수 있는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 히터전극은 상하로 4개씩 병렬로 배열된 8개의 마이크로 히터가 1개의 히터 어레이를 형성하며, 총 8개의 히터 어레이가 8개의 구획에 배치되고 상기 1개의 히터 어레이가 상기 미세 센서 16개의 하부를 모두 통과하도록 되어 있는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 히터전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 4개의 모서리부에 구비되어 있고 상기 센서전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 상하, 좌우 가장자리에 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 다수개의 개구부가 일렬로 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 7

제 1항에 있어서, 상기 반도체 기판은 실리콘 기판인 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 8

제 1항에 있어서, 상기 나노튜브는 탄소나노튜브인 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 9

제 1항에 있어서, 상기 나노선은 ZnO 또는 SnO_2 나노선인 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서.

청구항 10

- (a) 반도체 기판 상에 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 차례로 증착하는 단계;
- (b) 상기 실리콘 질화막 상에 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극을 증착하는 단계;
- (c) 상기 히터전극 상에 실리콘 산화막으로 된 절연층을 증착하고, 전극 단자부를 식각에 의하여 개방하는

단계;

(d) 상기 절연층 상에 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극을 형성하는 단계;

(e) 상기 센서전극 상에 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극과 전기적으로 접촉하도록 분산시켜 감지부를 형성하는 단계; 및

(f) 상기 감지부 및 전극 단자부 이외의 부분에 실리콘 산화막으로 된 상부 보호층을 적층하는 단계를 포함하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 (f) 단계 이후에 상기 반도체 기판의 후면의 상기 센서 어레이에 대응하는 영역에 식각에 의해 동공을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법.

청구항 12

제 10항에 있어서, 상기 (d) 단계의 센서전극은 4개의 미세 센서가 병렬로 1개의 센서 어레이를 형성하며, 4개의 센서 어레이에 해당하는 총 16개의 미세 센서가 1종의 기체 검지를 위하여 배당되고, 1mm^2 이하의 유효면적 내에 총 128개의 미세 센서가 8개의 구획으로 나누어져 배치됨으로써 1종의 기체당 16개씩, 8종의 기체를 동시에 검지할 수 있도록 증착하는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법.

청구항 13

제 10항에 있어서, 상기 (d) 단계의 히터전극은 상하로 4개씩 병렬로 배열된 8개의 마이크로 히터가 1개의 히터 어레이를 형성하며, 총 8개의 히터 어레이가 8개의 구획에 배치되고 상기 1개의 히터 어레이가 상기 미세 센서 16개의 하부를 모두 통과하도록 증착되는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법.

청구항 14

제 10항에 있어서, 상기 히터전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 4개의 모서리부에 구비되어 있고 상기 센서전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 상하, 좌우 가장자리에 증착시키는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법.

청구항 15

제 10항에 있어서, 상기 (f)단계 이후에 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 식각을 통해 다수개의 개구부를 일렬로 구비시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법.

청구항 16

제 10항에 있어서, 상기 (e)단계의 나노튜브는 탄소나노튜브이고, 나노선은 ZnO 또는 SnO_2 나노선이며, 상기 나노튜브는 분산용액으로서 DMF를 사용하여 분산시키고, 상기 나노선은 이소프로필알콜을 사용하여 분산시키는 것을 특징으로 하는 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<24> 본 발명은 나노소재를 이용한 기체 센서에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 나노튜브 또는 나노와이어를 이용하여 제조된 병렬형 센서 어레이를 포함하는 나노소재를 이용한 기체 센서 및 그 제조방법에 관한 것이다.

<25> 현재 나노 센서로 적용되는 나노 소재는 크게 탄소나노튜브(Carbon nanotube)와 나노선(Nanowire)로 분류할 수 있다. 탄소나노튜브는 현재 NH_3 , CO , CO_2 , NO , O_2 , He , NO_2 , 포도당, CH_4 , H_2O_2 , H_2 , N_2 , Ar , DNA, 에탄올, 메탄올, 휘발성유기화합물(VOC) 등을 검지할 수 있는 것으로 알려져 있고, 나노선은 H_2 , 에탄올, CO , H_2S , H_2 , O_3 ,

LPG, N₂, NH₃, NO₂, DNA, VOC 등을 검지할 수 있는 것으로 연구 보고되고 있다. 결국 센서 플랫폼이 효과적으로 개발될 경우 현재 환경 오염의 주요 원인으로 인정되는 대기중의 유해 기체의 대부분을 나노선, 나노튜브를 이용하여 검지할 수 있게 된다. 또한 나노선, 나노튜브는 단일 면적당 표면적의 크기가 기존의 금속산화물 계열의 기체 센서에 비하여 현저하게 크고, 감도 또한 매우 높은 것으로 보고되고 있기 때문에, 나노선, 나노튜브를 이용한 센서 어레이 소자의 상용화를 위하여 많은 연구 개발이 추진되고 있다. 이와 같은 나노 규모의 검지 소재를 이용한 센서의 개발은 소재로부터 신호를 이끌어 낼 수 있는 마이크로 플랫폼의 설계가 전제되어야 한다. 현재까지 마이크로 플랫폼의 설계는 크게 Top-down 방식과 Bottom-up 방식이 도입되었다. Top-down 방식은 나노 소재의 각각의 개별 통제를 지양하고 다수의 나노 소재를 일반 금속산화물 계열 센서와 같은 방법으로 플랫폼에 적용하는 것으로서 도 1과 같이 전극 패턴을 미리 만들고, 그 위에 용매에 분산된 나노 소재를 수 방울 떨어뜨리거나, 프린트 방식으로 일정 영역에 코팅을 하거나, 혹은 미리 배열한 나노 소재의 위치를 현미경으로 찾아서 위치표시(Indexing) 한 후, 그 위치에 전극을 연결한다. 이 경우 센서의 감도 및 작동 여부에 있어 재현성이 다소 문제가 되기는 하지만, 제조가 용이하다는 장점이 있어서 가장 많이 채택이 되고 있다.

<26> 한편, 도 2의 Bottom-up 방식의 경우는 나노소재의 위치를 직접 통제할 수 있는 나노기술을 개발하여 나노 소재를 직접 전극에서 성장시키거나, 나노 소재가 성장될 위치를 전극 연결 전에 인덱싱(Indexing) 하거나, 혹은 다양한 고분자 소재를 이용하여 나노 소재가 놓일 위치를 미리 정의 한 후 나노 소재를 증착하고 전극에 연결하는 방법으로서 감도가 매우 높은 센서를 만들 수 있다는 장점이 있지만, 소자 제작에 있어 재현성이 많이 떨어지고, 소자 제작 단가가 매우 높아 현재까지도 연구 수준을 크게 넘지 못하고 있다.

<27> 그러나, 어느 경우든 간에, 하나의 센서로서 다양한 오염 기체를 감지하기 어렵고, 센서 제작의 재현성이 떨어지며, 대량생산에 적합하지 않다는 문제점이 있었다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<28> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는 하나의 센서로서 다양한 오염 기체를 고감도로 감지할 수 있고, 성능의 재현성이 우수한 나노소재를 이용한 기체 센서를 제공하는 것이다.

<29> 본 발명이 이루고자 하는 두 번째 기술적 과제는 대량 생산이 가능한 나노소재를 이용한 기체 센서의 제조방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

<30> 본 발명은 상기 첫 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,

<31> 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막이 차례로 증착되어 있는 반도체 기판과; 상기 실리콘 질화막 상에 형성된 복수개의 IDE(Interdigitated electrode; 이하 IDE라 함) 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극과; 상기 히터전극 상에 형성되며, 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 절연층과; 상기 절연층 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극과; 상기 센서전극 상에 형성되며, 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극과 전기적으로 접촉하도록 분산되어 있는 감지부; 및 상기 감지부 및 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 상부 보호층을 포함하는 기체 센서를 제공한다.

<32> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 반도체 기판의 후면에는 상기 센서 어레이에 대응하는 영역에 식각에 의해 동공이 형성되어 있을 수 있다.

<33> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 센서전극은 4개의 미세 센서가 병렬로 1개의 센서 어레이를 형성하며, 4개의 센서 어레이에 해당하는 총 16개의 미세 센서가 1종의 기체 검지를 위하여 배당되고, 1mm² 이하의 유효면적 내에 총 128개의 미세 센서가 8개의 구획으로 나누어져 배치됨으로써 1종의 기체당 16개씩, 8종의 기체를 동시에 검지할 수 있는 것일 수 있다.

<34> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 히터전극은 상하로 4개씩 병렬로 배열된 8개의 마이크로 히터가 1개의 히터 어레이를 형성하며, 총 8개의 히터 어레이가 8개의 구획에 배치되고 상기 1개의 히터 어레이가 상기 미세 센서 16개의 하부를 모두 통과하도록 되어 있는 것일 수 있다.

<35> 또한, 상기 히터전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 4개의 모서리부에 구비되어 있고 상기 센서전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 상하, 좌우 가장자리에 구비되어 있는 것일 수 있다.

<36> 또한, 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 다수개의 개구부가 일렬로 배치되어 있는 것일 수 있다.

- <37> 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 반도체 기판은 실리콘 기판일 수 있다.
- <38> 또한, 상기 나노튜브는 탄소나노튜브인 것일 수 있다.
- <39> 또한, 상기 나노선은 ZnO 또는 SnO^2 나노선인 것일 수 있다.
- <40> 본 발명은 상기 두 번째 기술적 과제를 달성하기 위하여,
- <41> (a) 반도체 기판 상에 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 차례로 증착하는 단계;
- <42> (b) 상기 실리콘 질화막 상에 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극을 증착하는 단계;
- <43> (c) 상기 히터전극 상에 실리콘 산화막으로 된 절연층을 증착하고, 전극 단자부를 식각에 의하여 개방하는 단계;
- <44> (d) 상기 절연층 상에 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극을 형성하는 단계;
- <45> (e) 상기 센서전극 상에 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극과 전기적으로 접촉하도록 분산시켜 감지부를 형성하는 단계; 및
- <46> (f) 상기 감지부 및 전극 단자부 이외의 부분에 실리콘 산화막으로 된 상부 보호층을 적층하는 단계를 포함하는 기체 센서의 제조방법을 제공한다.
- <47> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 (f) 단계 이후에 상기 반도체 기판의 후면의 상기 센서 어레이에 대응하는 영역에 식각에 의해 동공을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <48> 또한, 상기 (d) 단계의 센서전극은 4개의 미세 센서가 병렬로 1개의 센서 어레이를 형성하며, 4개의 센서 어레이에 해당하는 총 16개의 미세 센서가 1종의 기체 검지를 위하여 배당되고, $1mm^2$ 이하의 유효면적 내에 총 128개의 미세 센서가 8개의 구획으로 나누어져 배치됨으로써 1종의 기체당 16개씩, 8종의 기체를 동시에 검지할 수 있도록 증착하는 것일 수 있다.
- <49> 또한, 상기 (d) 단계의 히터전극은 상하로 4개씩 병렬로 배열된 8개의 마이크로 히터가 1개의 히터 어레이를 형성하며, 상기 1개의 히터 어레이가 상기 미세 센서 16개의 하부를 모두 통과하도록 증착되는 것이 바람직하다.
- <50> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 히터전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 4개의 모서리부에 구비되어 있고 상기 센서전극의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 상하, 좌우 가장자리에 증착시키는 것일 수 있다.
- <51> 또한, 본 발명에 따른 기체 센서의 제조방법은 상기 (f) 단계 이후에 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 식각을 통해 다수개의 개구부를 일렬로 구비시키는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <52> 또한, 상기 (e) 단계의 나노튜브는 탄소나노튜브이고, 나노선은 ZnO 또는 SnO^2 나노선이며, 상기 나노튜브는 분산용액으로서 DMF를 사용하여 분산시키고, 상기 나노선은 이소프로필알콜을 사용하여 분산시키는 것이 바람직하다.
- <53> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다.
- <54> 도 3에는 본 발명에 따른 기체 센서의 단면도를 도시하였다. 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 기체 센서는 실리콘 산화막(110) 및 실리콘 질화막(120)이 차례로 증착되어 있는 반도체 기판(100)과; 상기 실리콘 질화막(120) 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극(130)과; 상기 히터전극(130) 상에 형성되며, 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 절연층(140)과; 상기 절연층(140) 상에 형성된 복수개의 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극(150)과; 상기 센서 전극(150) 상에 형성되며, 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극(150)과 전기적으로 접촉하도록 분산되어 있는 감지부(160); 및 상기 감지부(160) 및 전극 단자부 이외의 부분에 적층되어 있는 상부 보호층(170)을 포함하며, 상용화를 목적으로 Top-down 방식으로 제조된 것을 특징으로 한다. 본 발명에서는 센서의 재현성을 높이기 위하여 다수의 미세 센서를 병렬로 연결하였고, 특히, 본 발명의 일 실시예에 의하면 다수의 전극이 서로 엇갈리게 배열된 IDE(interdigitated electrode) 형태의 미세 전극 패턴 4개를 병렬로 어레이하여 1개의 센서 어레이를 형성하며, 4개의 센서 어레이(16개의 미세 센서로 구성)가 기체 1종을 검지하고, $1mm^2$ 이하의 유효면적 내에 총 128개의 미세 센서가 8개의 구획으로 나누어져 배치됨으로써 1종의 기체당 16개의 미세 센서가 할당되어, 8종의 기체를 동시에 검지할 수 있다. 상기 기체 센서에서는, 하나의 미세 센서 (1개의 IDE 패턴)의 전극 사이의 영역을 나노선, 나노튜브가 차

지하는 영역으로 설정할 경우 하나의 미세 센서당 $6500 \mu\text{m}^2$ 크기의 검지 영역이 지정되고, 총 128개의 미세 센서가 전체적으로 0.832 mm^2 의 검지 영역(유효면적)을 차지하게 되어, 1 mm^2 이하의 면적에 128개의 미세 센서가 구비되어 있을 수 있다. 또한, 센서 구역별로 동일하거나 혹은 서로 다른 나노 소재를 증착함으로써, 다수의 오염 기체를 하나의 마이크로 플랫폼으로 측정할 수 있다.

<55> 본 발명에 따른 기체 센서의 반도체 기관의 하부에는 상기 센서 어레이에 대응하는 영역에 식각에 의해 동공(180)이 형성되어 있을 수 있는데, 상기 히터전극(130)에 의한 발열이 과도하게 되면, 센서의 감도가 떨어지며 접촉저항이 증가하는 문제가 있기 때문에 과도한 발열을 방지하기 위함이다. 상기 식각방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한, 특별히 제한되지 아니하며 예를 들어, 실리콘 기관을 사용하는 경우에는 마스크를 이용한 XeF_2 건식식각법을 사용할 수 있다.

<56> 본 발명에서 상기 히터전극(130)은 반드시 이에 제한되는 것은 아니지만, 상하로 4개씩 병렬로 배열된 8개의 마이크로 히터가 1개의 히터 어레이를 형성하며, 1개의 히터 어레이가 상기 미세 센서 16개의 하부를 모두 통과하도록 되어 있는 것이 바람직하다. 도 4a에는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 마이크로 히터 주위 배선 부분의 구체적인 수치를 도시하였다. 8개의 히터 어레이는 중앙의 A점을 기준으로 상하, 좌우 대칭으로 동일한 치수로 증착시킬 수 있으며, 상기 수치의 단위는 마이크로 미터이다. 한편, 도 4b에는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에 사용되는 1개의 히터 어레이의 각 마이크로 히터 부분의 구체적인 수치를 나타내는 도면이다. 각 수치는 마이크로 미터 단위이다. 상기 히터전극(130)의 재질은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한 특별히 제한되는 것은 아니며, 예를 들어, 백금 또는 티타늄을 증착하여 제조할 수 있다. 상기 히터전극(130)의 역할은 본 발명에 따른 기체 센서의 제조시, 나노재료의 분산용매를 제거하는데 있어서, 별도로 가열로를 이용할 필요 없이 상기 히터전극(130)의 발열에 의해 제거할 수 있도록 하기 위함이며, 기체 센서의 회복속도를 향상시키기 위함이다. 특히, 탄소나노튜브를 이용하는 경우에는 회복속도가 24시간 이상 소요되기 때문에 상기 히터전극(130)을 이용하여 발열시킴으로써 상기 회복속도를 향상시킬 수 있다.

<57> 도 5에는 본 발명에 따른 기체 센서에서 절연층(140)의 개방된 부위의 구체적인 수치를 도시하였다. 상기 절연층의 재질은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한 특별히 제한되지 않으며 예를 들어 실리콘 산화막을 사용할 수 있다. 상기 개방부(190)는 후에 히터전극(130)의 전극 단자부가 증착되는 부분이다. 본 발명에 따른 기체 센서에서, 상기 센서전극 및 상기 히터전극의 전극 단자부는 상기 센서전극의 증착시에 동시에 증착하는 것이 바람직하며, 상기 히터전극(130)의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 4개의 모서리부에 구비되어 있고 상기 센서전극(150)의 전극 단자부는 상기 기체 센서의 상하, 좌우 가장자리에 구비되어 있는 것일 수 있다.

<58> 도 6a에는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 센서전극의 전극 단자부를 도시하였으며, 모서리에는 히터전극의 전극 단자부도 함께 도시되어 있다. 상기 센서전극의 전극 단자부는 기관의 가장자리에 중앙의 A점을 기준으로 상하, 좌우 대칭이 되도록 동일한 치수로 증착된다. 상기 치수는 마이크로 단위이며, 상기 전극 단자부의 최대 폭은 $200 \mu\text{m}$ 이고, 길이는 $700 \mu\text{m}$ 으로 설계되어 있다. 또한, 전극 단자부 간의 간격은 $100 \mu\text{m}$ 으로 조절하였다. 상기 센서전극(150)의 재질은 전기 전도도 및 내부식성이 우수한 재료인 한 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, Cr, Au 또는 Pt 등을 사용할 수 있다.

<59> 한편, 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 4개의 센서 어레이가 배치된 1개의 구획을 확대한 도면이며, 수치는 마이크로 미터이다. 각각의 센서 어레이는 $110 \times 140 \mu\text{m}$ 의 크기로 설계되어 있으며, 각 미세 센서 간의 간격은 $50 \mu\text{m}$ 이고, 상하 센서 어레이 간의 간격은 $170 \mu\text{m}$ 으로 설계되어 있다. 패턴의 최소 선폭은 $10 \mu\text{m}$ 이고, 피치 역시 $10 \mu\text{m}$ 으로 설정할 수 있다.

<60> 도 7에는 상부 보호층의 개방된 부위의 구체적인 수치를 도시하였는데, 상기 상부 보호층은 센서전극의 증착 후, 회로를 보호하고, 나노 소재의 증착 영역을 제한하기 위하여 구비된다. 상기 상부 보호층의 재질은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한 특별히 제한되는 것은 아니며, 예를 들어, 실리콘 산화막일 수 있다. 상기 상부 보호층의 두께 역시 특별히 제한되지 않는다. 상기 상부 보호층은 도 7에 도시된 바와 같이 센서전극 및 히터전극의 전극 단자부가 증착되는 영역(기체 센서의 가장자리 말단부에서 약 $600 \mu\text{m}$ 정도)과 센서 어레이가 증착되어 있는 영역을 식각공정을 통하여 식각함으로써 개방시킨다. 도 7을 참조하면, 센서 어레이가 증착되어 있는 영역이 8개이며, 상기 센서 어레이가 증착되어 있는 영역의 개방부는 가로 $1300 \mu\text{m}$, 세로 $800 \mu\text{m}$ 으로 설계되어 있다. 한편, 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 식각에 의해 다수개의 개구부를 일렬로 배치시키는 것이 바람직한데, 이는 나노 소재를 분산시킬 때에 나노 소재 분산용액이 주위로 번지는 것을 방지하기 위함이다. 상기 개구부의 크기는 특별히 제한되는 것은 아니며, 가로, 세로 $100 \mu\text{m}$ 정도면 적당하다.

- <61> 본 발명에 사용되는 반도체 기판은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, p-타입 실리콘 기판일 수 있다. 또한 상기 반도체 판의 크기 역시 특별히 제한되지 않으며 예를 들어, 7 x 7 mm일 수 있다.
- <62> 본 발명에 따른 기체 센서의 감지부에 분산되는 나노소재 역시 나노튜브 또는 나노선인 한 특별히 제한되지 않는데, 나노튜브로는 탄소나노튜브를 사용할 수 있고, 나노선으로는 ZnO 또는 SnO_2 나노선을 사용할 수 있다.
- <63> 도 8에는 본 발명에 따른 기체 센서의 하부 실리콘 기판의 후면에 형성된 동공의 치수를 구체적으로 도시하였다. 이미 언급한 바와 같이, 상기 동공은 열을 방출시킴으로써 센서전극의 과열을 방지하기 위함이다. 상기 동공의 크기는 특별히 제한되지 않으며, 상기 도 8을 참조하면, 가로 1600 μm , 세로 900 μm 이고, 좌우 동공 간의 간격은 800 μm 이고 상하 동공 간의 간격은 200 μm 으로 설계하였다.
- <64> 도 9에는 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 기체 센서의 회로 구조를 개략적으로 도시하였다.
- <65> 본 발명에 따른 기체 센서의 제조방법은 (a) 반도체 기판 상에 실리콘 산화막 및 실리콘 질화막을 차례로 증착하는 단계; (b) 상기 실리콘 질화막 상에 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극을 증착하는 단계; (c) 상기 히터전극 상에 실리콘 산화막으로 된 절연층을 증착하고, 전극 단자부를 식각에 의하여 개방하는 단계; (d) 상기 절연층 상에 IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극을 형성하는 단계; (e) 상기 센서전극 상에 나노튜브 또는 나노선이 상기 센서전극과 전기적으로 접촉하도록 분산시켜 감지부를 형성하는 단계; 및 (f) 상기 감지부 및 전극 단자부 이외의 부분에 실리콘 산화막으로 된 상부 보호층을 적층하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <66> 상기 반도체기판은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한, 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어 p-타입 실리콘 기판일 수 있다. 또한 상기 반도체 기판의 크기 역시 특별히 제한되지 않으며 예를 들어, 7 x 7 mm일 수 있다. 상기 실리콘 기판 상에 실리콘 산화막을 약 300nm 두께로 열산화법에 의해 증착시키고 그 위에 실리콘 질화막을 약 200nm 두께로 증착할 수 있는데, 상기 막의 두께 및 증착 방법은 특별히 제한되지 아니함은 물론이다.
- <67> 상기 실리콘 질화막 상에 복수개의 IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극을 증착하는데, 상기 히터전극의 소재 역시 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한, 특별히 제한되지 아니하며, 예를 들어 백금 또는 티타늄일 수 있다. 다음으로 상기 히터전극의 상부에 실리콘 산화막으로 된 절연층을 형성시키는데, 상기 절연층의 두께 역시 특별히 제한되지 않으며 통상 200nm 정도로 증착할 수 있다. 상기 절연층을 증착한 후에, 기판의 4개의 모서리 부위의 절연층을 식각기술에 의해 식각함으로써 히터전극 전극 단자부가 증착될 부분을 확보한다. 상기 식각방법은 당업계에서 통상적으로 사용하는 방법인한 특별히 제한되지 아니한다.
- <68> 본 발명에 따른 기체 센서의 제조방법에서는 상기 (f) 단계 이후에 상기 반도체 기판의 후면의 상기 센서 어레이에 대응하는 영역에 식각에 의해 동공을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있는데, 이는 이미 언급한 바와 같이, 열을 방출시킴으로써 과열에 의한 센서의 감도 저하 및 접촉 저항의 증가를 방지하기 위함이다. 상기 식각방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한, 특별히 제한되지 아니하며 예를 들어, 실리콘 기판을 사용하는 경우에는 마스크를 이용한 XeF_2 건식식각법을 사용할 수 있다.
- <69> 또한, 본 발명에 따른 기체 센서의 제조방법은 상기 (f)단계 이후에 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 식각을 통해 다수개의 개구부를 일렬로 구비시키는 단계를 더 포함할 수 있는데, 상기 식각방법은 당업계에서 통상적으로 사용되는 방법인 한 특별히 제한되지 않는다. 이미 언급한 바와 같이, 상기 개구부는 나노 소재를 분산시킬 때에 나노 소재 분산용액이 주위로 번지는 것을 방지하기 위함이다. 상기 개구부의 크기는 특별히 제한되는 것은 아니며, 가로, 세로 100 μm 정도면 적당하다.
- <70> 상기 상부 보호층을 형성한 다음에는 나노재료를 용매에 분산시킨 다음 상기 분산액을 상기 센서전극에 분사하여 감지부를 형성할 수 있다. 상기 분산은 새도우 마스크 및 스프레이를 이용하여 수행할 수 있다. 상기 나노재료의 분산시 사용되는 용매는 당업계에서 통상적으로 사용되는 것인 한, 특별히 제한되지 아니하며, 탄소나노튜브를 분산시키는 경우에는 DMF 또는 에탄올을 사용할 수 있고, ZnO 또는 SnO_2 나노선을 분산시키는 경우에는 이소프로필알콜을 사용할 수 있다. 상기 분산액 제조시에는 균일한 분산을 위하여 용매와 나노재료를 혼합한 후 초음파 분산공정을 거치는 것이 바람직하다.
- <71> 마지막으로, 상기 감지부에 나노재료를 분산시킨 후에, 히터전극을 통해 발열시킴으로써 상기 분산용매를 제거할 수 있다.

<72> 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하지만 본 발명이 이에 의해 제한되는 것은 아니다.

<73> 실시예 1

<74> 가로 x 세로의 크기가 7 mm x 7 mm이고 두께가 0.5 mm인 상용 p-타입 실리콘 기판의 상부에 열산화법에 의하여 두께 300nm의 실리콘 산화막을 증착한 후에 그 상부에 실리콘 질화막을 200 nm의 두께로 증착하였다. 이어서, 상기 실리콘 질화막 위에 도 4에 도시된 바와 같이, IDE 패턴 형태의 히터 어레이로 이루어진 히터전극을 증착하였다. 상기 히터전극의 재질은 백금(Pt)을 200 nm 두께로 먼저 증착하고, 그 위에 티타늄(Ti)을 30 nm로 증착하였다. 상기 패턴의 최소 선폭은 20 μ m였다. 이때 상기 패턴에는 외부의 전극이 연결되는 전극 단자부는 증착하지 않았다. 다음으로, 절연층으로써 실리콘 산화막을 200 nm 두께로 증착하였고, 도 5와 같이 절연층의 4개의 모서리 부분을 식각기술로 개방하여, 후에 히터 패턴용 전극 패드 부분이 증착될 수 있는 공간을 마련하였다. 상기 개방부는 가로, 세로 1100 μ m이고 중앙을 향하여 모따기가 되도록 설계하였다. 다음으로, IDE 패턴 형태의 센서 어레이로 이루어진 센서전극을 증착하였다. 상기 센서전극의 재질로는 백금을 사용하였으며, 두께는 300nm였다. 상기 패턴의 선폭 및 피치는 10 μ m이었고, 미세 센서의 가로는 110 μ m이고, 세로는 140 μ m이었으며 미세 센서간의 간격은 50 μ m이었다. 상기 센서전극을 증착하는 단계에서는 도 6에 도시된 바와 같이 센서전극 및 히터전극의 단자부도 함께 증착하였다. 그 다음, 200nm 두께의 실리콘 산화막을 상기 센서전극의 상부에 증착하여 상부 보호층을 형성하고, 도 7과 같이 센서전극 및 히터전극의 전극 단자부가 증착되어 있는 부분(기체 센서의 가장자리 말단부에서 약 600 μ m 정도)과, 센서 어레이가 구비된 8개의 구획부를 식각공정을 통하여 개방하였다. 상기 센서 어레이가 증착되어 있는 영역의 개방부는 가로 1300 μ m, 세로 800 μ m으로 식각하였고, 상기 상부 보호층의 상하, 좌우 가장자리에는 도 7에 도시되어 있는 바와 같이 식각에 의해 가로, 세로 100 μ m의 개구부를 다수개 구비시켰다. 다음으로, 평균 길이가 5~6 μ m인 단일 벽 탄소나노튜브(일진 나노텍사 제조: ASP-100F(평균직경: 1~1.2nm, 길이: 5~20 μ m, 순도: ~90%)) 40mg을 DMF 100ml에 혼입시킨 후, 소니케이터((주)대한 과학사 제조)를 이용하여 50W, 45kHz 강도의 초음파로 30분 동안 분산처리하였다. 이후, 상기 분산액을 정밀 스프레이((주)엠포엠사 제조)에 투입한 후, 직접 제작한 새도우 마스크(스테인리스강)를 이용하여 상기 전극들 사이에 상기 분산액을 분사한 다음, 하부의 히터센서에 전압을 인가하여 상기 용매를 제거하였다. 마지막으로, 도 8에 도시된 바와 같이, 상기 실리콘 기판의 후면을 연속식각 공정을 통해 하부로부터 실리콘 산화막에 이를 때까지 식각하여 가로 1600 μ m, 세로 900 μ m의 동공을 형성하여 기체센서를 제조하였으며, 상기 기체센서의 사진을 도 11에 도시하였다.

<75> 시험예 1

<76> 상기 실시예 1에 의해 제조된 이상의 공정에서 제작된 기체 센서를 이용하여 NO₂, NH₃ 기체에 대한 검지 테스트를 수행하였고, 그 결과를 도 12a 및 도 12b에 나타내었다. 도 12a는 10 ppm 용량의 NO₂ 기체가 기체 센서의 표면에 전달 되도록 하고, 1V의 전압을 인가한 후, 소자의 전기저항을 지속적으로 측정한 결과로서 3차례의 반복 실험을 수행한 것이다. 그림에서와 같이 기체가 주입되자마자 매우 빠르게 저항이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 또한 그래프의 상태로부터 소자의 노이즈(Noise)도 매우 작은 것을 알 수 있다. 한편, 도 12b는 35 ppm 농도의 NH₃ 기체가 기체 센서의 표면에 전달 되도록 하고, 1V의 외부 전압을 인가하여 측정한 시간-전기저항 그래프 결과이다. 그림에서와 같이 NO₂ 와는 달리 약간의 노이즈가 있기는 하나 명확한 검지 특성과 응답 특성을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이상을 통하여 본 발명에 따른 기체 센서가 매우 우수한 성능을 보이는 것을 쉽게 알 수 있다.

발명의 효과

<77> 상기에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 따른 기체 센서는 하나의 센서로서 다양한 오염 기체를 고감도로 감지할 수 있고, 성능의 재현성이 우수하며, 본 발명에 따른 기체 센서의 제조방법에 의하면 나노 소재를 이용한 기체 센서를 대량으로 생산할 수 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 종래의 Top-down 방식의 다양한 기체 센서 마이크로 플랫폼을 보여주는 그림이다.

<2> 도 2는 종래의 Bottom-up 방식의 다양한 기체 센서 마이크로 플랫폼을 보여주는 그림이다.

- <3> 도 3은 본 발명에 따른 기체 센서의 단면도이다.

<4> 도 4a는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 마이크로 히터 주위 배선 부분의 구체적인 수치를 나타내는 도면이다.

<5> 도 4b는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 히터 어레이의 각 마이크로 히터 부분의 구체적인 수치를 나타내는 도면이다.

<6> 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 절연층의 개방된 부위의 구체적인 치수를 나타내는 도면이다.

<7> 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 센서전극의 전극 단자부의 구체적인 수치를 나타내는 도면이다.

<8> 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 기체 센서에서 센서전극의 센서 어레이의 구체적인 수치를 나타내는 도면이다.

<9> 도 7은 상부 보호층의 개방된 부위의 구체적인 수치를 나타내는 도면이다.

<10> 도 8은 본 발명에 따른 기체 센서의 하부 실리콘 기판의 후면에 형성된 동공의 치수를 구체적으로 나타내는 도면이다.

<11> 도 9는 본 발명에 따라 제조된 기체 센서의 회로 구조의 개략도이다.

<12> 도 10a는 종래의 화학기상증착법으로 탄소나노튜브를 성장시킨 후, 분산시키기 전의 SEM 사진이다.

<13> 도 10b는 종래의 화학기상증착법으로 탄소나노튜브를 성장시킨 후, DMF (Dimethylformamide)를 이용하여 분산시킨 후의 SEM 사진이다.

<14> 도 10c는 성장시킨 ZnO 나노선(Nanowire)을 나타낸 SEM 사진이다.

<15> 도 11은 본 발명의 실시예 1에 의하여 제조된 기체 센서의 사진이다.

<16> 도 12a는 본 발명에 따른 기체 센서에 10 ppm의 NO₂ 기체를 적용하여 시간에 따른 저항과 그 변화를 측정한 결과를 나타내는 그래프이다.

<17> 도 12b는 본 발명에 따른 기체 센서에 35 ppm의 NH₃ 기체를 적용하여 시간에 따른 저항과 그 변화를 측정한 결과를 나타내는 그래프이다.

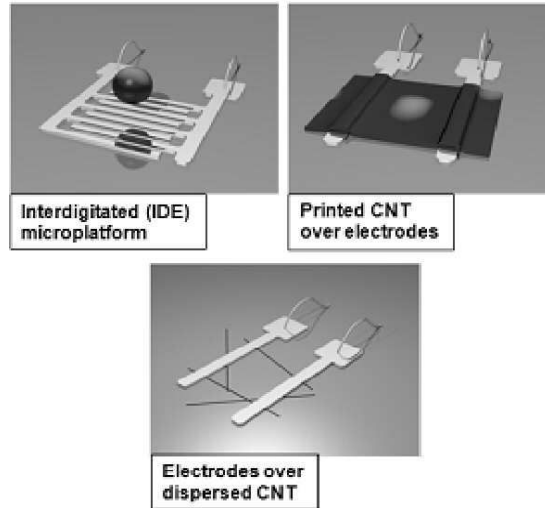
<18> <도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

<19> 100...반도체 기판	110...실리콘 산화막
<20> 120...실리콘 질화막	130...히터전극
<21> 140...절연층	150...센서전극
<22> 160...감지부	170...상부 보호층
<23> 180...동공	190...개방부

도면

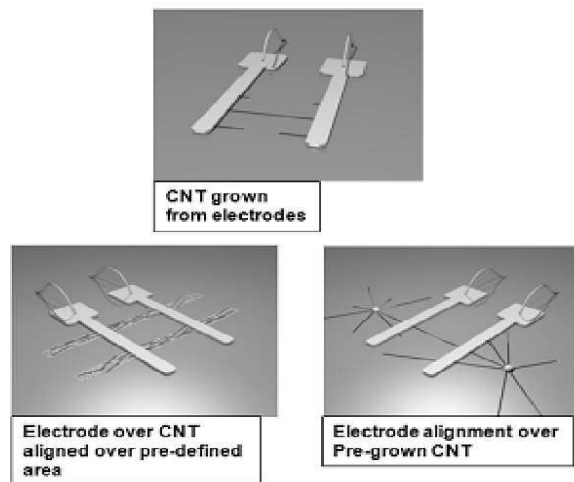
도면1

Top-down

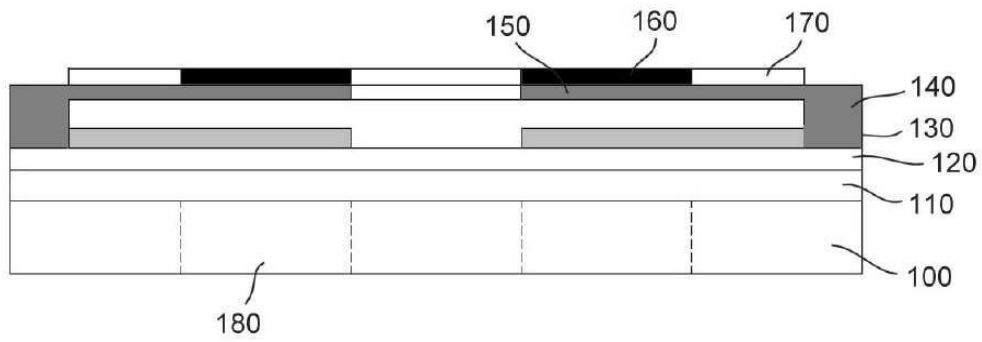


도면2

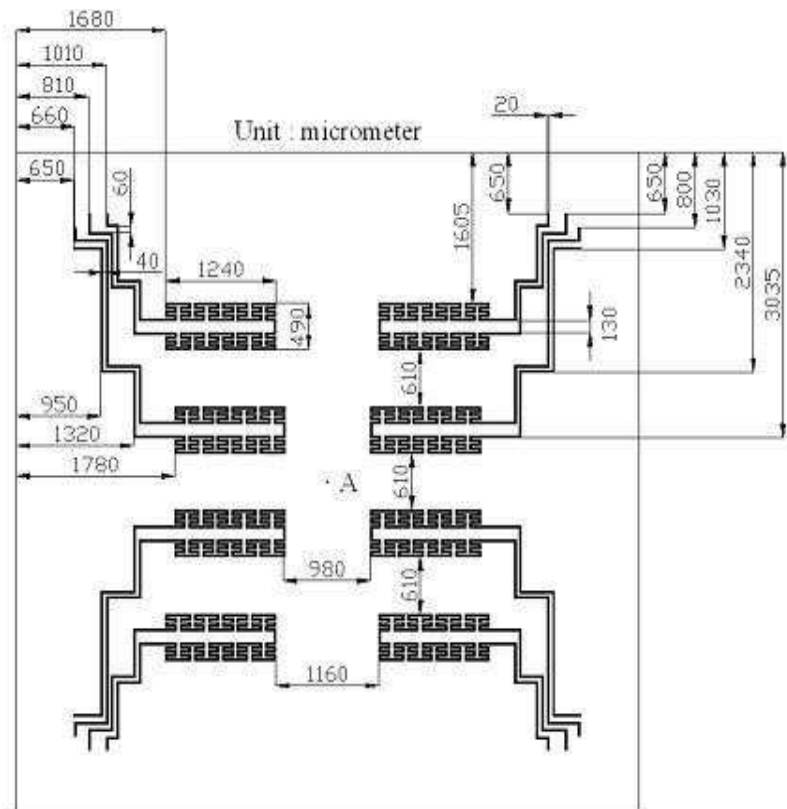
Bottom-up



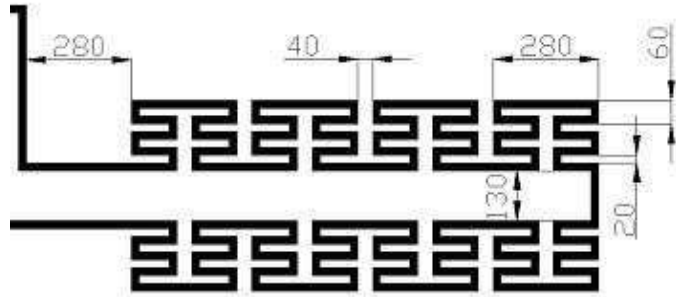
도면3



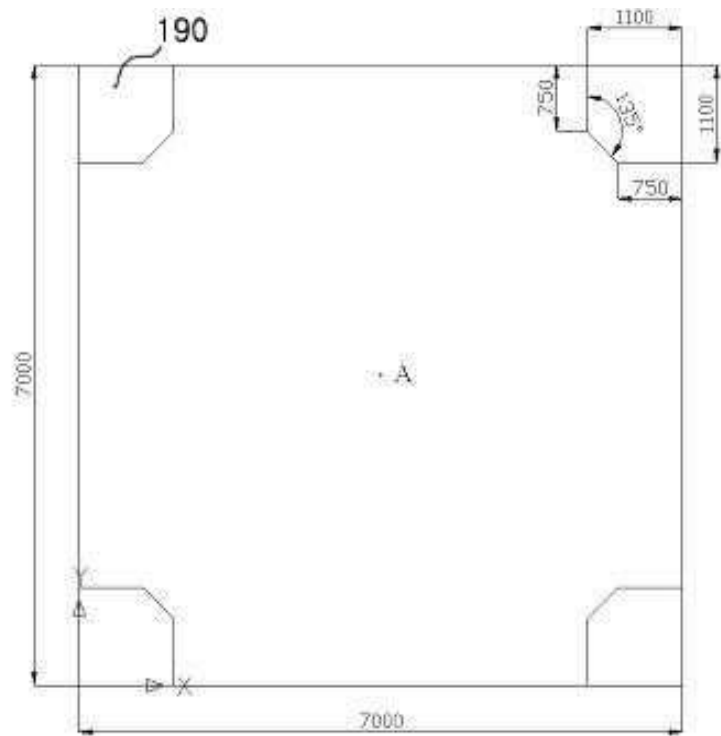
도면4a



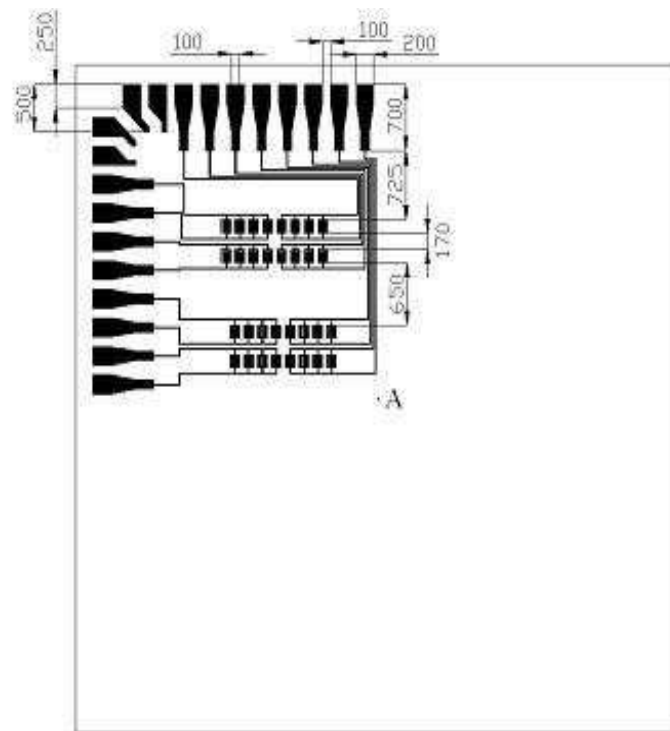
도면4b



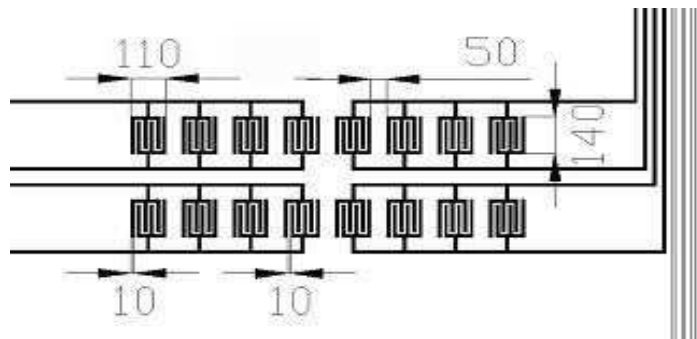
도면5



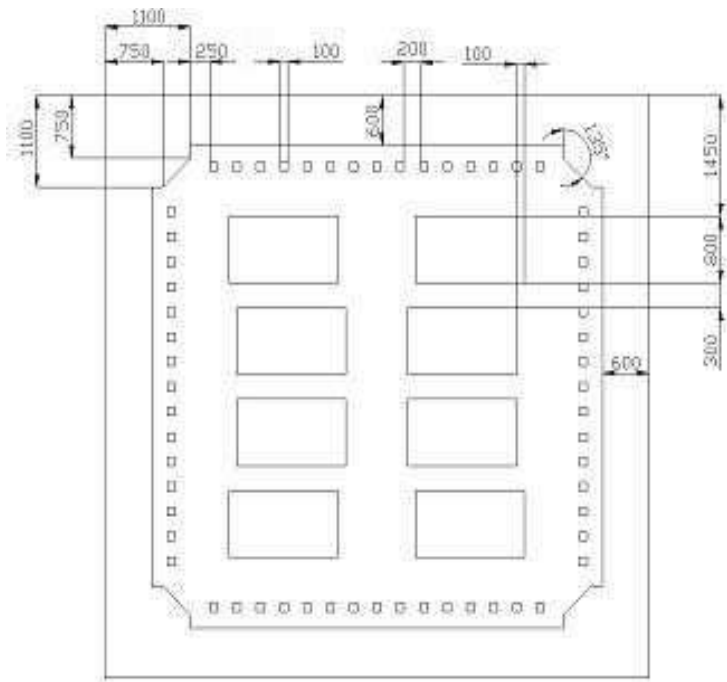
도면6a



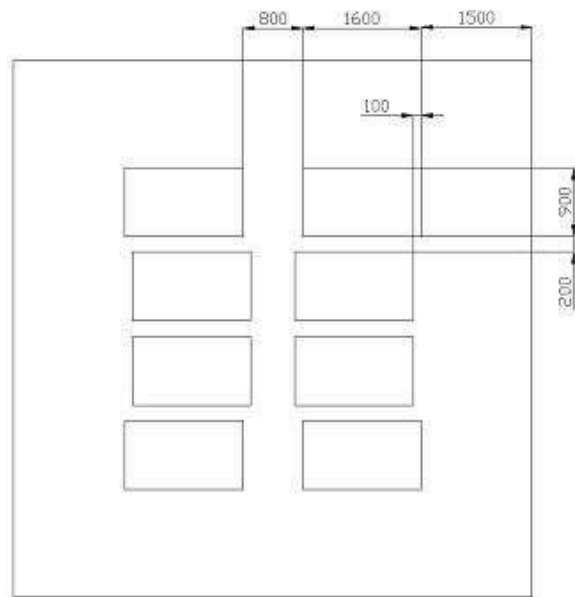
도면6b



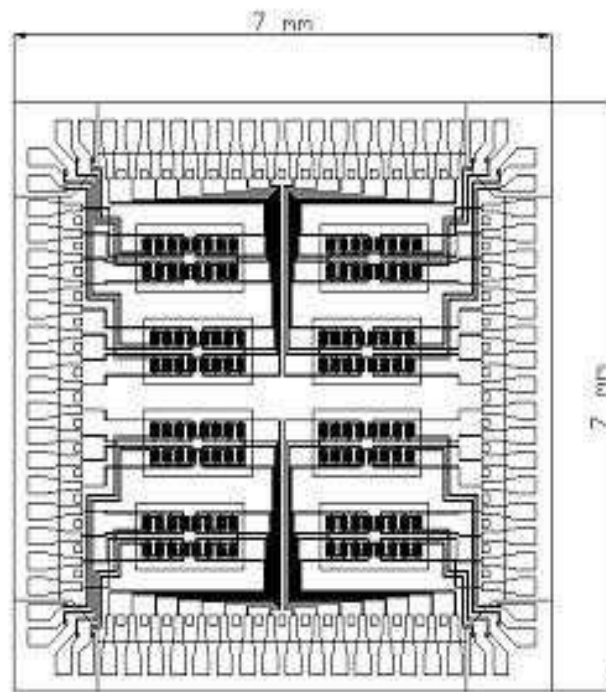
도면7



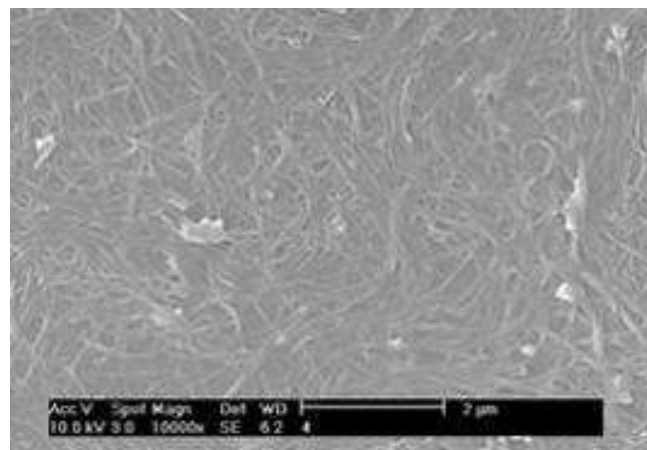
도면8



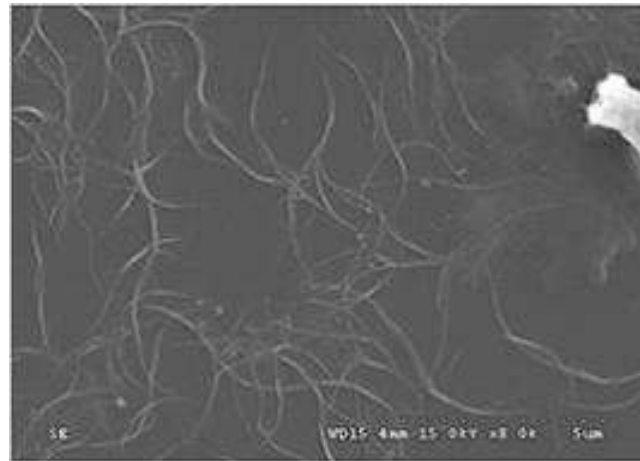
도면9



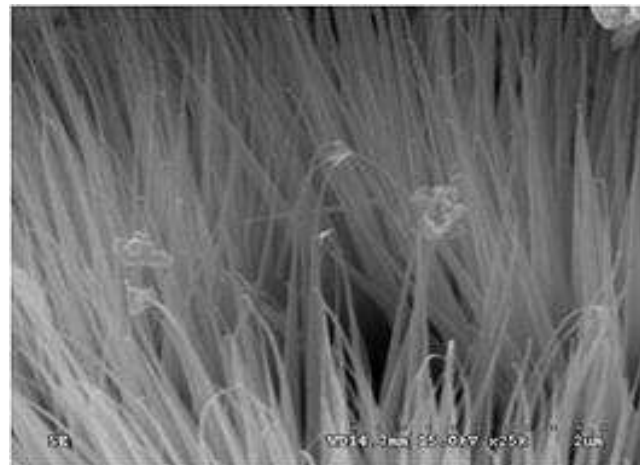
도면10a



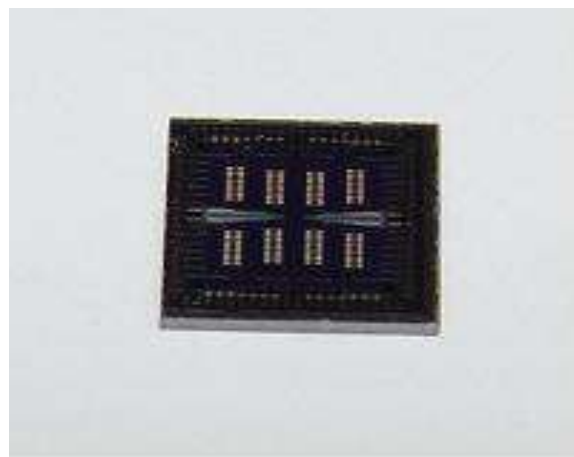
도면10b



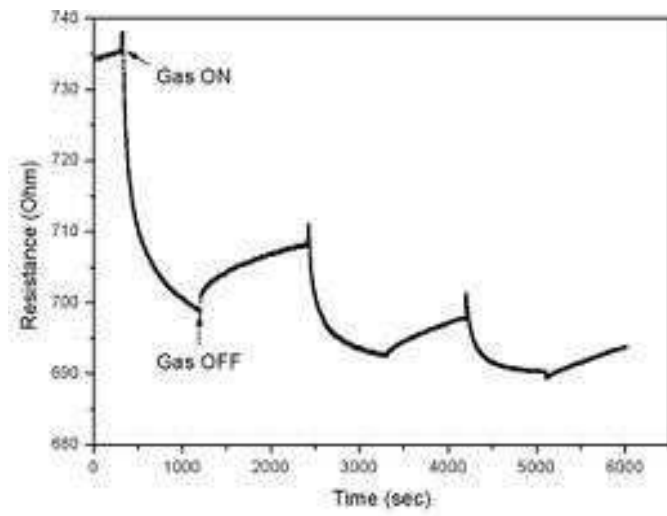
도면10c



도면11



도면12a



도면12b

