(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년02월01일
(11) 등록번호 10-1944948
(24) 등록일자 2019년01월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 9/24 (2006.01) *B22F 1/00* (2006.01)
B22F 5/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22F 9/24 (2013.01)
B22F 1/0044 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0104894
(22) 출원일자 2017년08월18일
심사청구일자 2017년08월18일
(56) 선행기술조사문헌
JP2015160989 A
KR1020070119571 A
KR1020090097244 A
KR1020120048945 A

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김태성
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
하도경
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

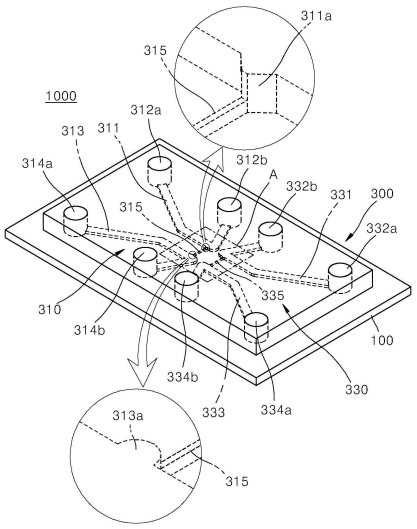
전체 청구항 수 : 총 23 항 심사관 : 정영훈

(54) 발명의 명칭 **나노와이어 제조장치 및 이를 이용한 나노와이어의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 나노와이어 제조장치 및 이를 이용한 제조방법에 관한 것으로서, 외부에서 공급되는 각각의 제1 금속용액과 환원용액 또는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액이 공급되도록 설정 거리 이격되어 형성된 제1 유로채널과, 제2 유로채널 및 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널이 연통하도록 양 측이 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널과 연결되는 제1 형성채널을 포함하는 금속산화물 나노와이어 형성부; 및 외부에서 공급된 제2 금속용액 또는 금속혼합물이 유동되는 유로를 형성하며, 설정 거리 이격된 복수 개의 제3 유로채널들과, 이웃하는 상기 복수 개의 제3 유로채널들이 연통하도록 양 측이 각각의 제3 유로채널과 연결되는 제2 형성채널을 포함하는 페로브스카이트 나노와이어 형성부를 포함하는 제조몰드를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B22F 5/12 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2017015564
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기초연구실지원사업
연구과제명 급속·정밀 냉각 기반 신경 신호전달 모델링 및 제어 기초연구실
기 여 율 1/2
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2017.06.01 ~ 2018.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711044394
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인연구지원
연구과제명 나노 패터닝을 위한 “크랙-포토리소그래피” 공정기술 개발
기 여 율 1/2
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

외부에서 공급되는 각각의 제1 금속용액과 환원용액 또는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액이 공급되도록 설정 거리 이격되어 형성된 제1 유로채널과, 제2 유로채널 및 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널이 연통하도록 양 측이 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널과 연결되는 제1 형성채널을 포함하는 금속산화물 나노와이어 형성부; 및

외부에서 공급된 제2 금속용액 또는 금속혼합물이 유동되는 유로를 형성하며, 설정 거리 이격된 복수 개의 제3 유로채널들과, 이웃하는 상기 복수 개의 제3 유로채널들이 연통하도록 양 측이 각각의 제3 유로채널과 연결되는 제2 형성채널을 포함하는 페로브스카이트 나노와이어 형성부를 포함하는 제조몰드를 포함하며,

상기 금속산화물 나노와이어 형성부는 상기 제1 형성채널에서 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액 사이에 발생되는 산화-환원 반응에 의하여 금속산화물 나노와이어가 형성되고,

상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부는 상기 제2 형성채널에서 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 열처리하면 재결정반응에 의하여 페로브스카이트 나노와이어가 형성되는 나노와이어 제조장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제조몰드는 베이스 기판 상에 구비되는 나노와이어 제조장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 제1 형성채널은 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널의 길이방향을 따라 설정 간격 이격되어 복수 개 형성되는 나노와이어 제조장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제2 형성채널은 상기 제3 유로채널들의 길이방향을 따라 설정 간격 이격되어 복수 개 형성되는 나노와이어 제조장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1 금속용액은 질산아연 용액을 포함하는 나노와이어 제조장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제2 금속용액은 할로겐화 납 용액을 포함하는 나노와이어 제조장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 금속혼합물은 할로겐화 납 용액과 할로겐화 유기 아민을 혼합하여 형성하는 나노와이어 제조장치.

청구항 8

청구항 6 또는 청구항 7에 있어서,

상기 할로겐화 납 용액은 아이오딘화납 용액을 포함하는 나노와이어 제조장치.

청구항 9

청구항 7에 있어서,

상기 할로겐화 유기 아민은 요오드화 메틸아민을 포함하는 나노와이어 제조장치.

청구항 10

a) 외부에서 공급되는 각각의 제1 금속용액과 환원용액 또는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액이 공급되도록 설정 거리 이격되어 형성된 제1 유로채널과, 제2 유로채널 및 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널이 연통하도록 양 측이 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널과 연결되는 제1 형성채널을 포함하는 금속산화물 나노와이어 형성부; 및

외부에서 공급된 제2 금속용액 또는 금속혼합물이 유동되는 유로를 형성하며, 설정 거리 이격된 복수 개의 제3 유로채널들과, 이웃하는 상기 복수 개의 제3 유로채널들이 연통하도록 양 측이 각각의 제3 유로채널과 연결되는 제2 형성채널을 포함하는 페로브스카이트 나노와이어 형성부를 포함하는 제조몰드를 제작하여 준비하는 단계;

b) 상기 금속산화물 나노와이어 형성부의 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널 각각에 상기 제1 금속용액 및 상기 환원용액을 각각 공급하거나 상기 제1 금속용액 및 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액을 공급하여 금속산화물 나노와이어를 형성하는 단계; 및

c) 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부에 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 공급하여 페로브스카이트 나노와이어를 형성하는 단계를 포함하며,

상기 b) 단계에서는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액 사이에 발생하는 산화-환원 반응에 의하여 상기 금속산화물 나노와이어가 형성되고,

상기 c) 단계에서는 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 열처리하면 재결정 반응에 의하여 상기 페로브스카이트 나노와이어가 형성되는 나노와이어 제조방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 b) 단계는,

상기 제1 금속용액과 상기 환원용액을 혼합하여 혼합용액을 만드는 단계;

상기 혼합용액을 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널 각각에 공급하는 단계; 및

상기 제1 형성채널에 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널에서 각각 분기된 상기 혼합용액이 유입되는 단계를 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 b) 단계는,

상기 제1 유로채널에 상기 제1 금속용액을 공급하는 단계;

상기 제2 유로채널에 상기 환원용액을 공급하는 단계; 및

상기 제1 형성채널에 상기 제1 유로채널에서 분기되어 유입된 상기 제1 금속용액과 상기 제2 유로채널에서 분기되어 유입된 상기 환원용액이 혼합되는 단계를 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 13

청구항 10에 있어서,

상기 c) 단계는,

상기 제3 유로채널에 상기 제2 금속용액을 공급하는 단계;

상기 제2 금속용액이 상기 제2 형성채널로 유입되면 설정 온도로 가열하는 1차 열처리 단계; 및

상기 1차 열처리 후, 설정 기체 용기 내에서 설정 온도로 2차 열처리하는 단계를 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 14

청구항 10에 있어서,

상기 c) 단계는,

상기 제3 유로채널에 상기 금속혼합물을 공급하는 단계; 및

상기 금속혼합물이 상기 제2 형성채널로 유입되면 설정 기체 용기 내에서 설정 온도로 열처리하는 단계를 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 15

청구항 13 또는 청구항 14에 있어서,

상기 2차 열처리하는 단계 또는 상기 열처리하는 단계에서는,

설정 물질 가스를 공급하는 나노와이어 제조방법.

청구항 16

청구항 10에 있어서,

상기 제1 금속용액은 질산아연 용액을 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 17

청구항 10에 있어서,

상기 제2 금속용액은 할로겐화 납 용액을 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 18

청구항 10에 있어서,

상기 금속혼합물은 할로겐화 납 용액과 할로겐화 유기 아민을 혼합하여 형성하는 나노와이어 제조방법.

청구항 19

청구항 17 또는 청구항 18에 있어서,

상기 할로겐화 납 용액은 아이오딘화납 용액을 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 20

청구항 18에 있어서,

상기 할로겐화 유기 아민은 요오드화 메틸아민을 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 21

청구항 10에 있어서,

상기 a) 단계는 베이스 기판 상에서 이루어지며,

상기 베이스 기판은 실리콘 웨이퍼를 포함하는 나노와이어 제조방법.

청구항 22

청구항 10에 있어서,

상기 a) 단계에서는,

상기 금속산화물 나노와이어 형성부 및 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부가 포토리소그래피(photo lithography) 공정을 통해 형성되는 나노와이어 제조방법.

청구항 23

청구항 22에 있어서,

상기 a) 단계에서는,

상기 포토리소그래피 공정이 진행되는 동안 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널 사이, 이웃하는 상기 제3 유로채널들 사이에 크랙이 발생, 전파 및 종료되어 상기 제1 형성채널 및 상기 제2 형성채널을 형성하는 나노와이어 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 나노와이어 제조장치 및 이를 이용한 나노와이어의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노 사이즈의 미세채널을 이용하는 하나의 제조장치에서 두 개의 서로 다른 나노와이어를 제조할 수 있는 나노 와이어 제조장치 및 이를 이용한 나노와이어 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 전자 부품 소자들은 그 크기가 매우 집적화 되어가고 있다. 특히, 반도체 기술의 발달로 인하여 더욱 집적화 되어가고 있다. 전자 부품 소자들의 집적화가 진행됨에 따라 소자들의 선폭은 미세하게 줄어들고 있는 추세이며, 동일한 면적 내에 집적도가 높은 회로를 구성하는 것이 필요하다. 즉, 집적도가 높은 회로를 구현하기 위해서는 나노 크기의 와이어가 필요하다.

[0003] 나노와이어는 대체로 10nm 미만의 지름을 가지는 것에서부터 수백 nm 지름을 갖는 것까지 다양한 크기를 갖는다. 이러한 나노와이어는 특정 방향에 따른 전자 이동 특성이나 편광 현상을 나타내는 광학 특성을 이용할 수 있는 장점이 있다.

[0004] 그러나 현재 나노 입자(nano partible)에 대한 제조방법과 물성에 대한 연구는 상당히 활성화되어 있는 것에 비해, 나노와이어의 제조방법에 대한 연구는 미비한 실정이다. 기존의 대표적인 나노와이어의 제조방법으로는 촉매를 이용하여 나노와이어 금속을 성장시키는 방법, 템플릿(template)을 이용하여 나노와이어를 형성하는 방법이 있다. 먼저, 템플릿(template)을 이용하여 나노와이어 물질을 형성하는 방법은, 수십 나노의 직경과 수 마이크로 깊이를 가지는 구멍들로 이루어진 알루미나 맴브레인을 아노다이징에 의해 제조한 후, 상기 형성된 구멍들에 나노 와이어 물질을 채우는 방법과, 나노 와이어 물질을 기체 상태로 만들어 상기 구멍에 증착시키는 방법이 있다.

[0005] 그러나 종래의 나노와이어를 제조하는 방법으로는 최대 형성 길이에 한계가 있는 문제점, 고온 열처리 과정이 필수적임에 따라 대량생산에 적합하지 않은 문제점을 갖고 있다. 또한, 금속 촉매의 직역 및 그 분포에 제한되어 나노와이어가 성장되는 바, 정확한 폭(두께) 및 그 분포를 조절하기 어려운 문제점 및 나노와이어 내에 금속 촉매에 의한 불순물 오염(contamination)이 생기는 문제점도 내포하고 있다.

[0006] 그리고 금속 촉매를 이용하는 성장법은 장비가 고가임에 따라 공정비용도 높으며, 성장 시간도 느리기 때문에 양산성도 떨어지는 문제가 있어 나노와이어의 대량생산에 부적합한 한계점이 존재한다.

[0007] 즉, 기존에 알려진 대부분의 나노와이어 제조방법들은 물성이 우수한 나노와이어를 저렴한 비용으로 대량생산하는데 적합하지 않으므로, 새로운 나노와이어 제조방법의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국공개특허 제10-2010-0025366호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 나노 사이즈의 미세채널을 이용하는 하나의 제조장치에서 두 개의 서로 다른 나노와이어를 제조할 수 있는 나노 와이어 제조장치 및 이를 이용한 나노와이어 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명은, 외부에서 공급되는 각각의 제1 금속용액과 환원용액 또는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액이 공급되도록 설정 거리 이격되어 형성된 제1 유로채널과, 제2 유로채널 및 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널이 연통하도록 양 측이 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널과 연결되는 제1 형성채널을 포함하는 금속산화물 나노와이어 형성부; 및 외부에서 공급된 제2 금속용액 또는 금속혼합물이 유동되는 유로를 형성하며, 설정 거리 이격된 복수 개의 제3 유로채널들과, 이웃하는 상기 복수 개의 제3 유로채널들이 연통하도록 양 측이 각각의 제3 유로채널과 연결되는 제2 형성채널을 포함하는 페로브스카이트 나노와이어 형성부를 포함하는 제조몰드를 포함하며, 상기 금속산화물 나노와이어 형성부는 상기 제1 형성채널에서 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액 사이에 발생되는 산화-환원 반응에 의하여 금속산화물 나노와이어가 형성되고, 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부는 상기 제2 형성채널에서 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 열처리하면 재결정반응에 의하여 페로브스카이트 나노와이어가 형성되는 나노와이어 제조장치를 제공한다.

[0011] 본 발명의 다른 측면에 따르면 본 발명은, a) 외부에서 공급되는 각각의 제1 금속용액과 환원용액 또는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액이 공급되도록 설정 거리 이격되어 형성된 제1 유로채널과, 제2 유로채널 및 상기 제1 유로채널과 상기 제2 유로채널이 연통하도록 양 측이 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널과 연결되는 제1 형성채널을 포함하는 금속산화물 나노와이어 형성부; 및 외부에서 공급된 제2 금속용액 또는 금속혼합물이 유동되는 유로를 형성하며, 설정 거리 이격된 복수 개의 제3 유로채널들과, 이웃하는 상기 복수 개의 제3 유로채널들이 연통하도록 양 측이 각각의 제3 유로채널과 연결되는 제2 형성채널을 포함하는 페로브스카이트 나노와이어 형성부를 포함하는 제조몰드를 제작하여 준비하는 단계; b) 상기 금속산화물 나노와이어 형성부의 상기 제1 유로채널 및 상기 제2 유로채널 각각에 상기 제1 금속용액 및 상기 환원용액을 각각 공급하거나 상기 제1 금속용액 및 상기 환원용액이 혼합된 혼합용액을 공급하여 금속산화물 나노와이어를 형성하는 단계; 및 c) 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부에 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 공급하여 페로브스카이트 나노와이어를 형성하는 단계를 포함하며, 상기 b) 단계에서는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액 사이에 발생하는 산화-환원 반응에 의하여 상기 금속산화물 나노와이어가 형성되고, 상기 c) 단계에서는 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 열처리하면 재결정 반응에 의하여 상기 페로브스카이트 나노와이어가 형성되는 나노와이어 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따른 나노와이어 제조장치 및 이를 이용한 나노와이어의 제조방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0013] 첫째, 하나의 제조장치만으로도 공급되는 금속용액의 종류에 따라 환원반응 또는 재결정반응을 이용하여 각각 다른 종류의 나노와이어를 제조할 수 있다.

[0014] 둘째, 나노와이어의 종류별로 제조장치를 만들 필요가 없으므로 비용을 제조비용을 크게 절감할 수 있다.

[0015] 셋째, 산화아연 나노와이어와 페로브스카이트 나노와이어를 이용함으로써 자외선과 가시광선에 민감하게 반응하므로 민감도가 높은 광센서를 제작할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 제조장치가 도시된 사시도이다.

도 2는 도 1에 표시된 "A" 부분이 확대 도시된 부분 확대도이다.

도 3은 도 2에 표시된 "B" 부분이 확대 도시된 부분 확대도이다.

도 4는 도 1에 도시된 나노와이어 제조장치를 제조하는 과정이 도시된 것이다.

도 5는 페로브스카이트 나노와이어를 제조하는 과정의 일 실시예가 도시된 것이다.

도 6 및 도 7은 도 5에 도시된 제조과정을 통해 제조된 페로브스카이트 나노와이어의 일부가 확대된 사진이다.

도 8은 도 5의 제조과정을 통해 제조된 페로브스카이트 나노와이어의 빛에 대한 반응을 실험한 결과가 도시된 그래프이다.

도 9는 페로브스카이트 나노와이어를 제조하는 과정의 다른 실시예가 도시된 것이다.

도 10은 도 9의 제조과정을 통해 제조된 페로브스카이트 나노와이어의 일부가 확대된 사진이다.

도 11은 도 9의 제조과정을 통해 제조된 페로브스카이트 나노와이어의 빛에 대한 반응을 실험한 결과가 도시된 그래프이다.

도 12는 산화아연 나노와이어가 제조되는 과정 중 일부가 확대 도시된 것이다.

도 13은 도 1의 제조장치를 이용하여 제조된 나노와이어들로 제조된 광센서가 도시된 사시도이다.

도 14 내지 도 17은 도 13에 따른 광센서를 이용하여 실험한 결과에 대한 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 도 1 내지 도 12에는 본 발명에 따른 나노와이어 제조장치 및 이를 이용하여 나노와이어를 제조하는 방법이 도시되어 있다. 도 13에는 나노와이어를 이용하여 제조된 광센서가 도시되어 있다.

[0018] 먼저, 도 1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 나노와이어 제조장치를 살펴보면, 상기 나노와이어 제조장치(1000)는 베이스 기판(100) 및 제조몰드(300)를 포함한다. 상기 제조몰드(300)는 폴리메틸실록산(Polydimethylsiloxane(PDMS))으로 제조된다. 상기 베이스 기판(100)은 상기 제조몰드(300)를 지지하며, 상기 베이스 기판(100)은 예시적으로 실리콘 웨이퍼가 적용된다.

[0019] 상기 제조몰드(300)는 서로 다른 종류의 나노와이어가 제조되는 부분으로, 금속산화물 나노와이어 형성부(310)와 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)가 포함된다.

[0020] 먼저, 상기 금속산화물 나노와이어 형성부(310)는 제1 금속용액과 환원용액이 혼합된 혼합용액이 공급되며, 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액의 산화-환원 반응에 의해 금속산화물 나노와이어를 형성한다. 한편, 본 실시예에서는 전술한 바와 같이 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액을 먼저 혼합하여 상기 혼합용액을 공급하는 것을 예로 들어 설명하지만 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합되지 않고 각각 공급될 수 있다.

[0021] 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)는 제2 금속용액 또는 금속혼합물이 공급되며, 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물의 재결정 반응에 의하여 페로브스카이트 나노와이어가 형성된다.

[0022] 상기 금속산화물 나노와이어 형성부(310)는 제1 유로채널(311), 제2 유로채널(313) 및 제1 형성채널(315)을 포함한다.

[0023] 상기 제1 유로채널(311)은 상기 제1 금속용액이 유동되거나 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 상기 혼합용액이 유동되는 유로를 형성한다. 상기 제1 유로채널(311)의 일측에는 외부에서 상기 제1 금속용액을 공급하거나 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 상기 혼합용액을 공급하는 제1 주입공간(312a)이 구비되고, 상기 제1 유로채널(311)의 타측에는 상기 제1 유로채널(311)을 유동한 상기 제1 금속용액 또는 상기 혼합용액이 저장되어 외부로 배출되는 제1 배출공간(312b)이 구비된다. 즉, 상기 제1 주입공간(312a)을 통해 공급된 상기 제1 금속용액 또는 상기 혼합용액이 상기 제1 유로채널(311)을 유동하여 상기 제1 배출공간(312b)에 저장되면 외부로 배출되고, 이러한 루트로 순환되면서 지속적으로 공급된다.

[0024] 본 실시예에서는 상기 제1 금속용액이 질산아연 용액이고, 상기 환원용액은 헥사메틸렌테트라민 용액인 것을 예로 들어 설명한다.

[0025] 상기 제2 유로채널(313)은 상기 환원용액이 유동되거나 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 혼합된 상기 혼합용액이 유동되는 유로를 형성한다. 상기 제2 유로채널(313)의 일측에는 외부에서 상기 환원용액 또는 상기 혼합용액을 공급하는 제2 주입공간(314a)이 구비되고, 상기 제2 유로채널(313)의 타측에는 상기 제2 유로채널(313)을 유동한 상기 환원용액 또는 상기 혼합용액이 저장되어 외부로 배출되는 제2 배출공간(314b)이 구비된다. 즉, 상기 제2 주입공간(314a)을 통해 공급된 상기 환원용액 또는 상기 혼합용액이 상기 제2 유로채널(313)을 유동하여 상기 제2 배출공간(314b)에 저장되면 외부로 배출되고, 이러한 루트로 순환되면서 지속적으로 공급된다.

[0026] 상기 제1 유로채널(311)과 상기 제2 유로채널(313)의 폭과 깊이는 수 마이크로미터 내지 수십, 수백 마이크로미터 범위 내에서 형성된다.

[0027] 상기 제1 형성채널(315)은 상기 제1 유로채널(311)과 상기 제2 유로채널(313)을 연결한다. 상기 제1 유로채널(311)은 상기 제2 유로채널(313)을 향하는 측면에 제1 노치(311a)가 형성되고, 상기 제2 유로채널(313)은 상기 제1 유채널(311)을 향하는 측면에 제1 돌기(313a)가 형성된다. 상기 제1 형성채널(315)은 상기 제1 노치(311a)로부터 시작되어 상기 제1 돌기(313a)에 의해 종료된다. 이에 대해서는 후술되는 상기 제조장치(1000)의 제조과정을 설명할 때 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0028] 상기 제1 형성채널(315)의 폭과 높이는 크기는 수 나노마이크로미터 내지 수십, 수백 나노마이크로미터 범위 내에서 형성된다.

[0029] 상기 제1 형성채널(315)로는 상기 제1 유로채널(311)에서 분기된 상기 제1 금속용액 또는 상기 혼합용액과 상기 제2 유로채널(313)에서 분기된 상기 환원용액또는 상기 혼합용액이 유입된다. 상기 제1 유로채널(311)에 상기 금속용액이 공급되고 상기 제2 유로채널(313)에 상기 환원용액이 공급되면 상기 제1 형성채널(315)로 유입된 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 산화-환원 반응을 하여 상기 제1 형성채널(315)에서 금속산화물 나노와이어가 형성된다. 또는 상기 제1 유로채널(311) 및 상기 제2 유로채널(313)에 공급된 상기 혼합용액이 상기 제1 형성채널(315)에서 산화-환원 반응을 하여 상기 제1 형성채널(315)에서 상기 금속산화물 나노와이어가 형성된다.

[0030] 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)는 제3 유로채널(331, 333)들 및 제2 형성채널(335)을 포함한다.

[0031] 상기 제3 유로채널(331, 333)들은 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물이 공급되는 유로를 형성한다. 상기 제3 유로채널(331, 333)들은 각각의 일측에 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물이 공급되는 제3 주입공간(332a) 및 제4 주입공간(334a)이 구비되고, 각각의 타측에 상기 제3 유로채널(331, 333)을 유동한 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물이 저장되었다가 배출될 수 있는 제3 배출공간(332b) 및 제4 배출공간(334b)이 구비된다.

[0032] 즉, 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물은 상기 제3 주입공간(332a, 334a)을 통해 공급되고, 상기 제3 유로채널(331, 333)들을 유동한 후 상기 제3 배출공간(332b, 334b)에 저장되었다가 배출되는데, 이러한 루트로 순환되면서 지속적으로 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)로 공급된다.

[0033] 상기 제3 유로채널(331, 333)들의 폭과 깊이는 수 마이크로미터 내지 수십, 수백 마이크로미터 범위 내에서 형성된다.

[0034] 상기 제2 형성채널(335)은 서로 이웃하는 상기 제3 유로채널(331, 333)들을 연결하며 형성된다. 어느 하나의 상기 제3 유로채널(331)은 다른 하나의 상기 제3 유로채널(333)을 향하는 측면에 제2 노치(331a)가 형성되고, 다른 하나의 상기 유로채널(333)은 어느 하나의 상기 제3 유로채널(331)을 향하는 측면에 제2 돌기(333a)가 형성된다. 상기 제2 형성채널(335)은 상기 제2 노치(331a)로부터 시작되어 상기 제2 돌기(333a)에 의해 종료된다. 이는 후술에서 상기 제조장치(1000)를 제작하는 과정을 설명할 때 보다 구체적으로 설명하기로 한다.

[0035] 상기 제2 형성채널(335)의 폭과 깊이는 수 나노미터 내지 수십, 수백 나노미터 범위 내에서 형성된다.

[0036] 한편, 전술한 바와 같은 상기 제조장치(1000)를 이용하여 상기 나노와이어를 제조하는 과정을 도 4를 참조하여 설명하면 다음과 같다.

[0037] 우선 상기 제조장치(1000)를 제작하여 준비하고, 상기 페로브스카이트 나노와이어를 형성한 후 상기 금속산화물 나노와이어를 형성한다.

[0038] 상기 제조장치(1000)의 제작과정을 살펴보면, 먼저, 중앙에 상기 금속산화물 나노와이어 형성부(310) 및 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(300)와 대응되는 패턴(10)이 형성된 포토마스크(1)를 준비한다.

[0039] 특히, 상기 패턴(10)에는 상기 제1 노치(311a) 및 상기 제2 노치(331a)에 대응하는 노치패턴(11)과, 제1 돌기(313a) 및 상기 제2 돌기(333a)와 대응되는 돌기패턴(13)도 형성되어 있다.

[0040] 상기 포토마스크(1)가 준비되면, 상기 포토마스크(1)를 기반으로 포토리소그래피(photo lothography) 공정을 진행한다. 상기 포토리소그래피 공정을 통해 상기 포토마스크(1)의 하부에 위치한 제1 몰드블록(M1)에 상기 패턴(10)과 대응되는 관통부(30)가 형성된다.

[0041] 특히, 상기 관통부(30)에 상기 노치패턴(11)과 대응되는 노치홀(31) 및 상기 돌기패턴(13)과 대응되는 돌기홀(33)이 형성된다. 상기 포토리소그래피 공정을 통해 상기 관통부(30), 상기 노치홀(31) 및 상기 돌기홀(33)이 형성되는 동안 상기 노치홀(311)에서 시작되어 상기 돌기홀(33)에서 종료되는 크랙(35)도 형성된다.

[0042] 상기 포토마스크(10)를 이용하여 상기 제1 몰드블록(M1)에 포토리소그래피 공정하기 전에는 기재(S) 상에 상기 제1 몰드블록(M1)으로 형성되는 감광물질(미도시)을 도포하고, 상기 감광물질(미도시) 상에 상기 포토마스크(10)를 배치한 상태로 빛을 조사하여 상기 감광물질(미도시)을 경화시킨다.

[0043] 이때, 상기 감광물질은 빛이 조사되는 부분은 경화되고, 빛이 조사되지 않는 부분은 경화되지 않는 네거티브(netative) 감광물질이며, 예시적으로 SU-8 폴리머이다.

[0044] 즉, 상기 포토마스크(10)의 상기 패턴(11)이 형성된 부부에는 빛이 투과하지 않고, 상기 패턴(11)이 형성되지 않은 부분에만 빛이 투과하여 경화된다. 상기 감광물질(미도시)에 빛을 조사한 후에는, 경화되지 않은 부분의 상기 감광물질을 제거하기 위한 현상공정이 이루어진다. 현상액에 상기 감광물질(미도시)을 담그면, 경화되지 않은 상기 감광물질(미도시)은 상기 현상액에 의해 제거된다.

[0045] 경화되지 않은 상기 감광물질(미도시)이 상기 현상액에 의해 제거되면서 상기 관통부(30)가 형성되는 것이다. 상기 현상공정이 끝난 후에는 코팅 공정과 노광공정이 진행되는데, 상기 코팅 공정과 상기 노광 공정이 진행되는 동안 상기 제1 형성채널(315) 및 상기 제2 형성채널(335)에 대응되는 크랙(35)이 형성된다.

[0046] 상기 크랙(35)의 발생은 상기 노치홀(31)로부터 시작되고, 상기 크랙(35)의 종료는 상기 돌기홀(33)에 의해 종료된다. 한편, 상기 크랙(35)의 발생, 전파 및 종료는 다양한 방법에 의해 이루어지는데 이는 본 발명의 출원인이 기 출원한 등록특허 제10-13890700호(미세채널 제조방법)를 통해 공지된 기술을 이용할 수 있다.

[0047] 전술한 바와 같이 상기 관통부(30) 및 상기 크랙(35)이 형성된 상기 제1 몰드블록(M1)이 제조되면, 상기 제1 몰드블록(M1)을 이용하여 음각형태의 프리 몰드(M2)를 제조한다.

[0048] 상기 프리 몰드(M2)를 제조하기 위해서는 상기 제1 몰드블록(M1)에 에폭시(epoxy)를 도포한다. 상기 에폭시를 상기 제1 몰드블록(M1)에 도포하면, 상기 제1 몰드블록(M1)에 형성된 상기 관통부(30) 및 상기 크랙(35)도 상기 에폭시로 채워진다.

[0049] 상기 에폭시는 빛에 의해 경화되는 수지이므로, 상기 에폭시가 도포된 상기 제1 몰드블록(M1)에 빛을 조사하여 상기 에폭시를 경화시킨다. 상기 에폭시를 도포할 때에는 상기 제1 몰드블록(M1)의 상면 및 측면들에도 설정 두께만큼 고루 도포한다.

[0050] 따라서 상기 에폭시가 경화된 후, 상기 제1 몰드블록(M1)을 제거하면 상기 제1 몰드블록(M1)의 형상을 갖는 거푸집 형태의 상기 프리 몰드(M2)가 형성된다. 그리고 상기 프리 몰드(M2)의 내부 공간에는 상기 관통부(30)와 대응되는 채널돌기(50) 및 상기 크랙(35)과 대응되는 균열돌기(55)가 형성된다.

[0051] 이와 같이 상기 프리 몰드(M2)가 형성된 후에는, 상기 프리 몰드(M2)에 수지를 공급하고 상기 수지를 경화하여 상기 제조몰드(300)를 형성한다. 이때, 상기 체널돌기(50)에 의하여 상기 금속산화물 나노와이어 형성부(310) 및 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)가 형성된다. 특히, 상기 균열돌기(55)에 의하여 상기 제1 형성채널(315)과 상기 제2 형성채널(335)이 형성된다.

[0052] 상기 제조장치(1000)를 제작하여 준비가 되면, 상기 금속산화물 나노와이어와 상기 페로브스카이트 나노와이어를 형성하는데 보다 구체적으로는 상기 금속산화물 나노와이어를 먼저 형성한 후 상기 페로브스카이트 나노와이어를 형성한다. 본 실시예에서 상기 금속산화물 나노와이어는 산화아연 나노와이어이고, 상기 페로브스카이트 나노와이어는 페로브스카이트 나노와이어이다.

[0053] 상기 산화아연 나노와이어는 습도가 높은 환경에서 형성되어야 하지만 상기 페로브스카이트 나노와이어는 습도가 낮은 환경에서 형성되어야 한다. 만약 상기 페로브스카이트 나노와이어를 먼저 형성한 후 상기 산화아연 나노와이어를 형성하면 상기 산화아연 나노와이어를 형성하는 과정에서 먼저 제작된 상기 페로브스카이트 나노와

이어가 손상될 수 있으므로 상기 산화아연 나노와이어를 먼저 형성한 후 상기 페로브스카이트 나노와이어를 형성해야 한다.

[0054] 상기 금속산화물 나노와이어의 제조는 먼저 질산아연 용액과 헥사메틸렌테트라민 용액을 1:1의 비율로 섞은 혼합용액을 상기 제1 유로채널(311) 및 상기 제2 유로채널(313)에 공급한다. 상기 제1 유로채널(311)과 상기 제2 유로채널(313)로 유동하는 상기 혼합용액은 상기 제1 형성채널(315)로 유입된다. 상기 혼합용액이 상기 제1 형성채널(315)을 채우면 상기 금속산화물 나노와이어 형성부(310)를 핫 플레이트(미도시) 위에서 설정시간동안 열처리한다. 이때 상기 핫 플레이트(미도시) 위에서 열처리하는 상기 설정시간은 약 2시간이다. 이러한 열처리 과정에서 상기 질산아연 용액과 상기 헥사메틸렌테트라민은 산화-환원 반응을 하고 이로 인해 상기 제1 형성채널(315)에서 상기 산화아연 나노와이어가 형성된다.

[0055] 특히, 상기 산화아연 나노와이어가 형성되는 동안에는 상기 제1 유로채널(311)과 상기 제2 유로채널(313)을 차폐하여 상기 혼합용액의 솔벤트가 천천히 휘발되도록 고습도의 환경을 유지시키고, 오염을 방지한다.

[0056] 한편, 본 실시예에서는 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액을 먼저 혼합한 혼합용액을 형성한 후, 상기 혼합용액을 상기 제1 유로채널(311)과 상기 제2 유로채널(313)에 각각 공급한 것을 예로 들어 설명하였다. 그러나 이에 한정되는 것은 아니므로, 상기 제1 유로채널(311)과 상기 제2 유로채널(313) 중 어느 하나의 채널에 상기 제1 금속용액을 공급하고, 다른 하나의 채널에 상기 환원용액을 공급하고, 상기 제1 금속용액과 상기 환원용액이 상기 제1 형성채널(315)에서 혼합되어도 무방하다.

[0057] 상기 금속산화물 나노와이어가 제조된 후에는 상기 페로브스카이트 나노와이어가 제조된다, 상기 페로브스카이트 나노와이어의 제조는 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)에 상기 제2 금속용액 또는 상기 금속혼합물을 공급하고 열처리하여 발생하는 재결정 반응에 의해 이루어진다. 이를 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

[0058] 상기 페로브스카이트 나노와이어 제조과정의 구체적인 설명에 앞서, 상기 제2 금속용액은 할로겐화 납 용액일 수 있다. 또는 상기 금속혼합물은 상기 할로겐화 납 용액과 할로겐화 유기 아민을 혼합하여 형성한다. 여기서 상기 할로겐화 납 용액은 아이오딘화납 용액일 수 있으며, 상기 헬로겐화 유기 아민은 요오드화 메틸아민일 수 있다.

[0059] 도 5에는 상기 제2 금속용액을 공급하여 나노와이어를 제조하는 과정이 도시된 것이다. 즉, 상기 제2 금속용액을 공급하고, 상기 제2 금속용액이 상기 제2 형성채널(335)로 유입되면 설정 온도로 가열하여 1차 열처리를 하며, 상기 1차 열처리 후 설정 물질 가스를 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)로 공급하면서 설정 온도로 2차 열처리한다.

[0060] 도 5를 참조하여 보면, 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)로 상기 제2 금속용액이 공급되면 상기 제2 금속용액이 상기 제3 유로채널(331, 333)들을 유동하고 이 중 일부가 분기되어 상기 제2 형성채널(335)로 유입된다. 이때 상기 제2 금속용액을 1차 열처리하면 상기 제2 형성채널(335)에는 상기 제2 금속용액이 결정화되면서 템플릿이 형성된다. 즉, 아이오딘화납 나노와이어가 형성되는 것이다. 상기 1차 열처리는 예시적으로 50℃에서 30분 동안 가열하고, 다시 100℃에서 10분 동안 가열하는 과정으로 이루어진다.

[0061] 상기 1차 열처리로 인해 상기 템플릿이 형성되면, 상기 제조몰드(300)를 제거하고 상기 템플릿을 설정 물질 가스를 공급하면서 2차 열처리한다. 여기서 설정 물질 가스는 질소가스이며, 2차 열처리 과정에서는 메틸아민 파우더와 함께 상기 질소가스를 공급하며 2차 열처리를 한다. 상기 2차 열처리 과정에서 상기 메틸아민의 입자가 상기 아이오딘화납이 반응하여 상기 템플릿에서 결정화되면서 상기 제2 형성채널(335)에 페로브스카이트 나노와이어가 형성되며, 본 실시예에서는 상기 페로브스카이트 나노와이어가 페로브스카이트 나노와이어로 형성된다.

[0062] 도 6은 상기 요오드화납 용액을 1차 열처리하여 상기 제2 형성채널(335)에 형성된 상기 템플릿의 일부를 확대한 사진이며, 도 7은 상기 2차 열처리까지 이루어진 후 상기 요오드화납 나노와이어에 상기 메틸아민 입자가 재결정화되어 형성된 상기 페로브스카이트 나노와이어의 일부를 확대한 사진이다.

[0063] 도 6 및 도 7을 참조하는 바와 같이, 도 5에 도시된 제조과정을 통해 제조된 상기 페로브스카이트 나노와이어는 알맹이가 풍부한 구조를 갖게 된다. 도 8은 상기 요오드화납 나노와이어와 상기 페로브스카이트 나노와이어의 XRD(X-ray diffraction) 패턴이 도시된 것이다.

[0064] 도 8에서 x축의 값은 빛을 비추는 각도이다. 도 8을 참조하여서는 나노와이어를 형성하는 물질마다 특정 각도에서 나타나는 신호가 다르다는 것을 확인할 수 있다. 그리고 빛을 비추는 각도에 따라 나노와이어를 통과하는 빛

의 강도를 통해서 템플리(요오드화납 나노와이어)에서 페로브스카이트 나노와이어로 변환 형성된 것을 확인할 수 있다.

[0065] 한편, 도 9에는 상기 금속혼합물을 공급하여 상기 페로브스카이트 나노와이어를 제조하는 과정이 도시된 것이다. 즉, 상기 금속혼합물을 공급하고, 상기 금속혼합물이 상기 제2 형성채널(335)로 유입되면 설정 물질가스를 공급하여 설정 온도로 열처리 한다.

[0066] 여기서 상기 금속혼합물은 상기 할로겐화 납 용액과 할로겐화 유기 아민을 혼합하여 형성한다. 이때의 농도비는 1:1 이다.

[0067] 도 9를 참조하여 보면, 상기 금속혼합물을 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)로 공급하고, 상기 금속혼합물이 상기 제2 형성채널(335)로 유입되면 열처리 한다. 상기 열처리 시에는 상기 페로브스카이트 나노와이어 형성부(330)에 상기 설정 물질 가스를 공급하여 가열한다. 본 실시예에서 공급되는 상기 설정 물질 가스도 질소 가스이다.

[0068] 본 실시예에서 상기 열처리는 예시적으로 75℃의 온도로 2시간 동안 상기 제조장치(100)를 가열하고, 상기 제조장치(100)에서 상기 제조몰드(300)를 제거 후 다시 상기 설정 물질 가스를 공급하면서 가열하는 과정으로 이루어진다. 이때에는 100℃의 온도로 1시간 동안 가열한다. 이러한 과정을 거치는 동안 상기 금속혼합물의 수분이 증발하면서 결정화되어 상기 페로브스카이트 나노와이어가 형성된다.

[0069] 본 실시예와 같은 방법으로 제조된 상기 페로브스카이트 나노와이어는 도 10을 참조하는 바와 같이 표면이 매끄럽게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 도 5의 제조과정에 비해 입자가 작아 표면이 매끄러운 페로브스카이트 나노와이어가 제작되는 것이다. 따라서 제조하고자 하는 상기 페로브스카이트 나노와이어의 결정도에 따라 도 5에 도시된 실시예의 제조과정 또는 도 9에 도시된 실시예의 제조과정을 선택할 수 있다.

[0070] 도 11에 도시된 그래프도 XRD(X-ray diffraction) 패턴이 도시된 그래프이다. 도 11의 그래프는 전술한 바와 같은 과정을 통해 형성된 상기 페로브스카이트 나노와이어를 처음 만들었을 때와 만든 후 100일 지났을 때를 측정한 것이다. 도 11을 통해서는 초기의 상기 페로브스카이트 나노와이어와 100일 지난 후의 상기 페로브스카이트 나노와이어에 각각 동일한 각도로 빛을 조사하였을 때, 유사한 패턴의 그래프를 추출함으로써 시간이 지나도 페로브스카이트 나노와이어의 상태가 변화되지 않았음을 확인할 수 있다.

[0071] 한편, 전술한 바와 같은 제조장치(1000) 및 제조방법에 의해서 제작된 상기 금속산화물 나노와이어와 상기 페로브스카이트 나노와이어를 이용하여 광센서를 제작할 수 있다. 도 13에는 상기 금속산화물 나노와이어와 상기 페로브스카이트 나노와이어를 이용하여 제작된 광센서(2000)가 도시되어 있다.

[0072] 상기 광센서(2000)는 제1 검출부(2100) 및 제2 검출부(2300)를 포함하며, 상기 제1 검출부(2100)는 상기 금속산화물 나노와이어(2110)와, 상기 금속산화물 나노와이어(2110)의 양 측에 전기적으로 연결된 제1 전극들(2130, 2150)을 포함한다.

[0073] 상기 제2 검출부(2300)는 상기 페로브스카이트 나노와이어(2310)와, 상기 페로브스카이트 나노와이어(2310)의 양측에 전기적으로 연결된 제2 전극들(2330, 2350)을 포함한다.

[0074] 한편, 상기 제1 전극들(2130, 2150) 및 상기 제2 전극들(2330, 2350)은 예시적으로 금으로 형성될 수 있다.

[0075] 도면에는 생략되었으나, 상기 제1 검출부(2100) 및 상기 제2 검출부(2300)는 기판(미도시) 상에 구비된다. 상기 광센서(2000)에 빛을 조사하고 상기 제1 검출부(2100)의 상기 제1 전극(2130, 2150)들과, 상기 제2 검출부(2300)의 상기 제2 전극(2330, 2350)들에 전류-전압 측정기(미도시)를 연결하여 상기 제1 검출부(2100)와 상기 제2 검출부(2300)에서의 전류-전압 변화를 측정한다.

[0076] 이때 측정되는 측정값에 따라 상기 광센서(2000)로 조사되는 빛을 검출해 낼 수 있다.

[0077] 특히, 본 실시예에서 상기 금속산화물 나노와이어(2100)는 산화아연 나노와이어이며, 상기 페로브스카이트 나노와이어(2300)는 페로브스카이트 나노와이어인데, 도 14 내지 도 17에는 본 실시예에 따른 상기 광센서(2000)를 이용한 실험 결과의 그래프가 도시되어 있다.

[0078] 도 14는 자외선 영역대에서 상기 산화아연 나노와이어의 전류-전압의 관계, 도 15는 자외선 영역대에서 상기 산화아연 나노와이어의 전류-시간의 관계가 도시된 것이다.

[0079] 먼저 도 14를 참조하면, 상기 산화아연 나노와이어는 기본적으로 전압이 0인 때를 기준으로 전압이 양(+)전압으

로 전압이 증가하거나 음(-)전압으로 전압이 감소할 때 전류가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 이러한 변화는 빛의 세기가 증가할수록 커지는 것을 확인할 수 있다. 즉, 빛의 세기가 증가할수록 상기 산화아연 나노와이어의 센싱 능력이 커지는 것을 확인할 수 있다.

[0080] 한편, 도 15는 일정 전압을 가해준 상태에서 자외선 영역대의 빛을 조사하거나 조사하지 않음으로써 나타나는 전류와 시간의 관계에 대한 그래프이다. 도 15를 참조하면 약 5초(s) 정도의 시간 텀(term)을 두고 신호가 나타나는 것을 확인할 수 있는데 이를 통해 상기 산화아연 나노와이어가 자외선 영역대에서 비교적 빠르게 반응하는 것을 알 수 있다.

[0081] 도 16은 가시광선 영역대에서 상기 페로브스카이트 나노와이어의 전류-전압의 관계, 도 17은 가시광선 영역대에서 상기 페로브스카이트 나노와이어의 전류-시간의 관계가 도시된 것이다.

[0082] 먼저 도 16을 참조하면, 상기 페로브스카이트 나노와이어는 기본적으로 전압이 0인 때를 기준으로 전압이 양(+)전압으로 전압이 증가하거나 음(-)전압으로 전압이 감소할 때 전류가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 그리고 이러한 변화는 빛의 세기가 증가할수록 커지는 것을 확인할 수 있다. 즉, 빛의 세기가 증가할수록 상기 산화아연 나노와이어의 센싱 능력이 커지는 것을 확인할 수 있다.

[0083] 한편, 도 17은 일정 전압을 가해준 상태에서 가시광선 영역대의 빛을 조사하거나 조사하지 않음으로써 나타나는 전류와 시간의 관계에 대한 그래프이다. 도 17을 참조하면 약 4 밀리초(ms) 정도의 시간 텀(term)을 두고 신호가 나타나는 것을 확인할 수 있는데 이를 통해 상기 페로브스카이트 나노와이어가 가시광선 영역대에서 비교적 빠르게 반응하는 것을 알 수 있다.

[0084] 이렇듯, 상기 금속산화물 나노와이어(2100)인 상기 산화아연 나노와이어는 자외선에 대한 반응의 민감도가 높고, 상기 페로브스카이트 나노와이어(2300)인 상기 페로브스카이트 나노와이어는 가시광선에 대한 반응의 민감도가 높다. 따라서 이들을 이용하여 민감도가 높으면서, 자외선과 가시광선을 각각 검출할 수 있는 상기 광센서(2000)를 제조할 수 있는 것이다.

[0085] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0086] 1000: 나노와이어 제조장치 100: 베이스 기판

300: 제조몰드 310: 금속산화물 나노와이어 형성부

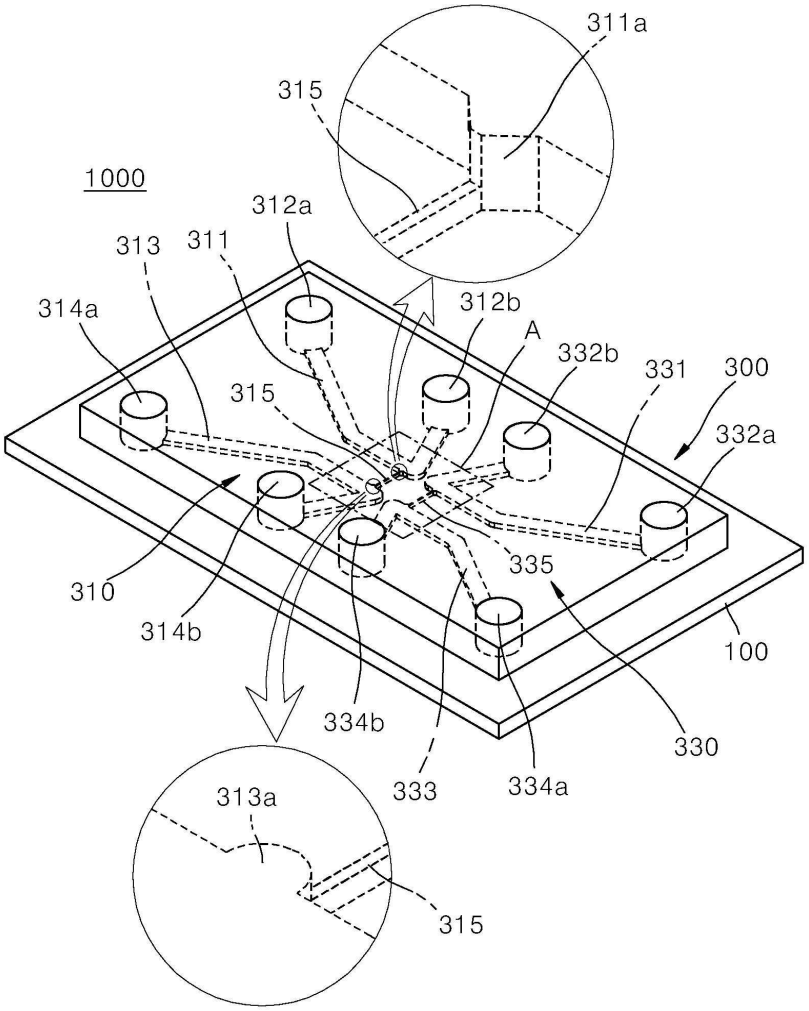
311: 제1 유로채널 313: 제2 유로채널

315: 제1 형성채널 330: 페로브스카이트 나노와이어 형성부

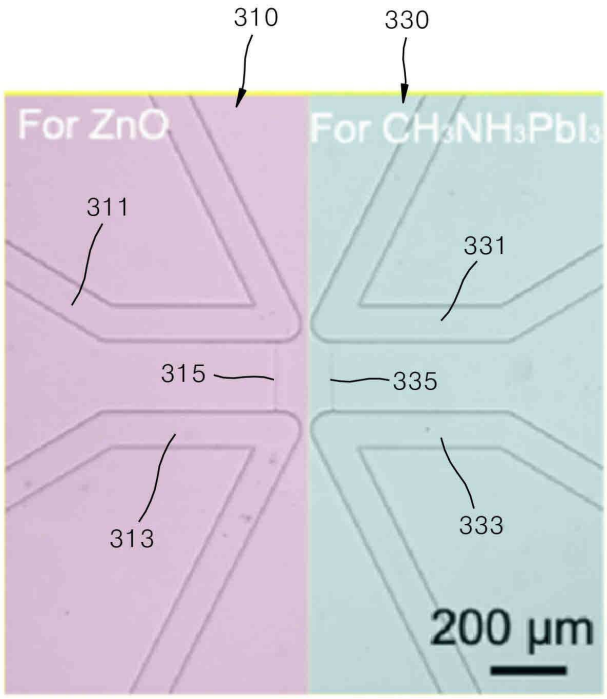
331, 333: 제3 유로채널 335: 제2 형성채널

도면

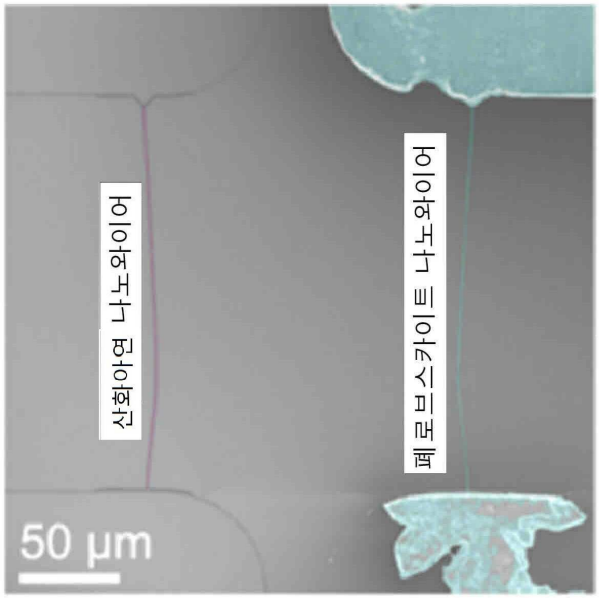
도면1


311a
315
1000
312a
313
311
312b
314a
A
332b
331
300
315
332a
310
335
314b
100
334b
330
333
334a
313a
315

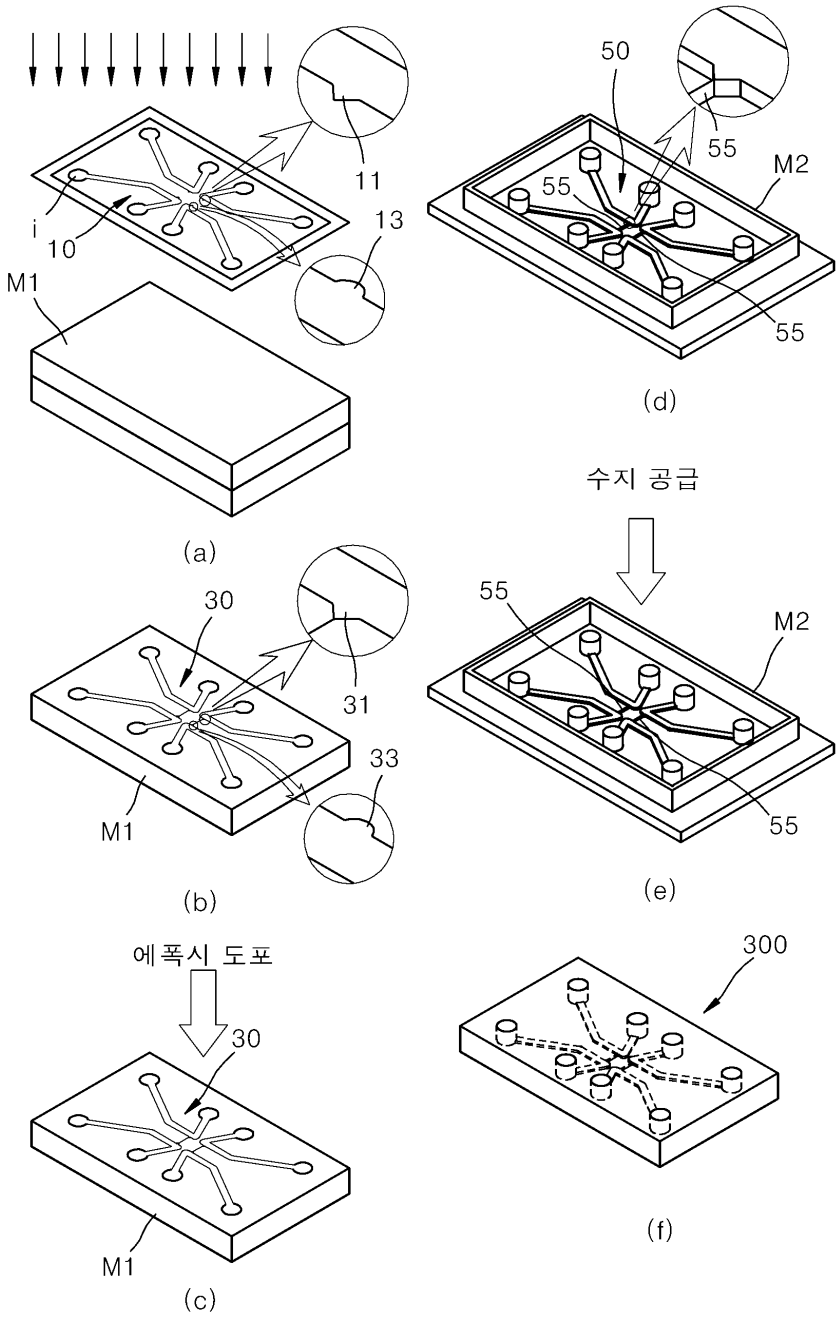
도면2


310
330
For ZnO
For CH3NH3PbI3
311
331
315
335
313
333
200 μm

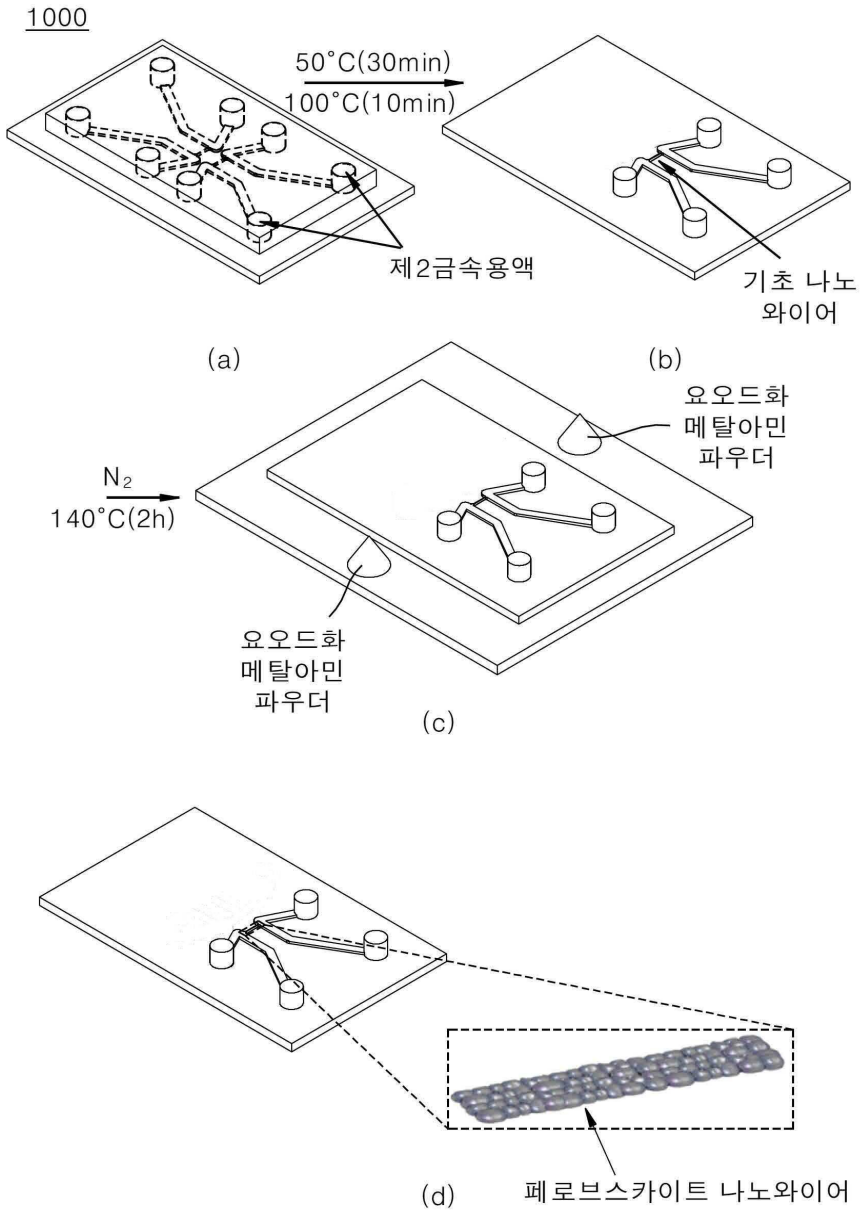
도면3


산화아연 나노와이어
페로브스카이트 나노와이어
50 μm

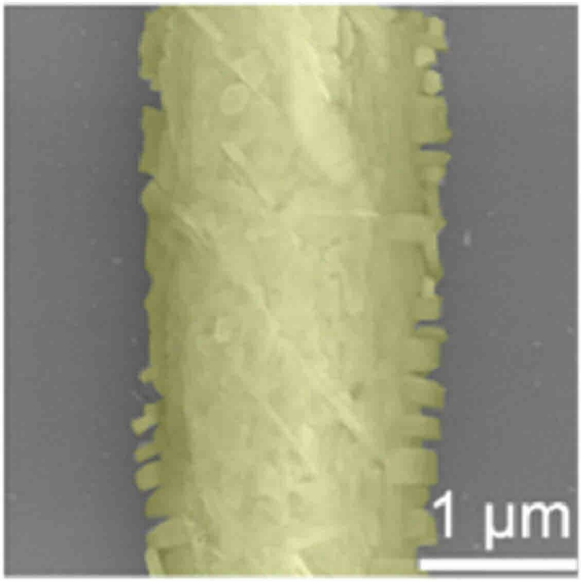
도면4


i
10
11
13
M1
(a)
30
31
33
M1
(b)
에폭시 도포
30
M1
(c)
50
55
55
M2
55
(d)
수지 공급
55
M2
55
(e)
300
(f)

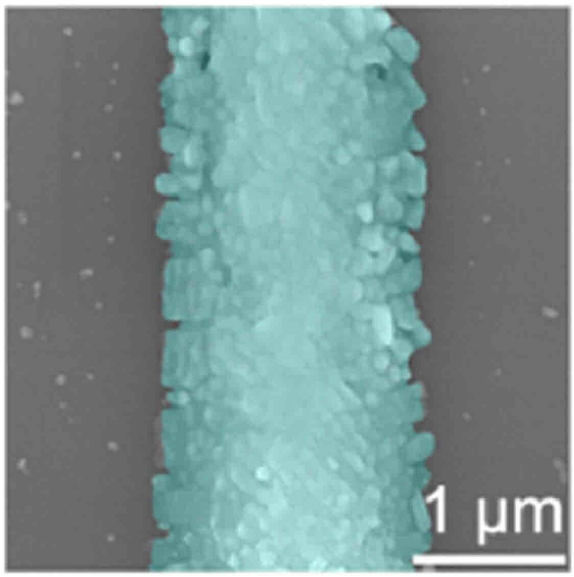
도면5


1000
50°C(30min)
100°C(10min)
제2금속용액
기초 나노
와이어
(a)
(b)
요오드화
메탈아민
파우더
N2
140°C(2h)
요오드화
메탈아민
파우더
(c)
(d)
페로브스카이트 나노와이어

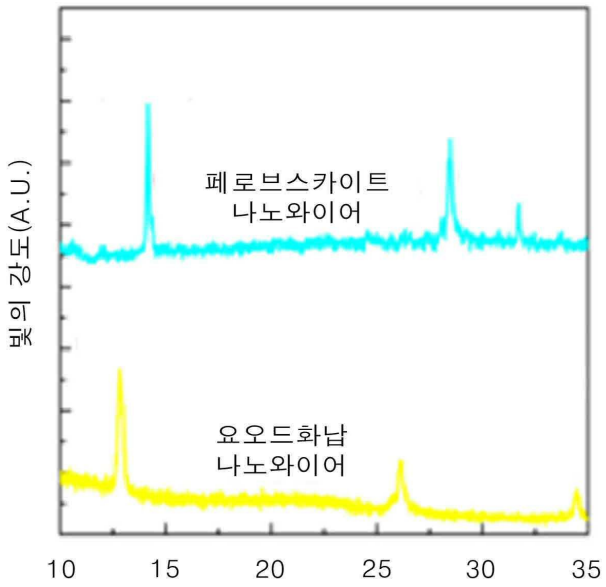
도면6



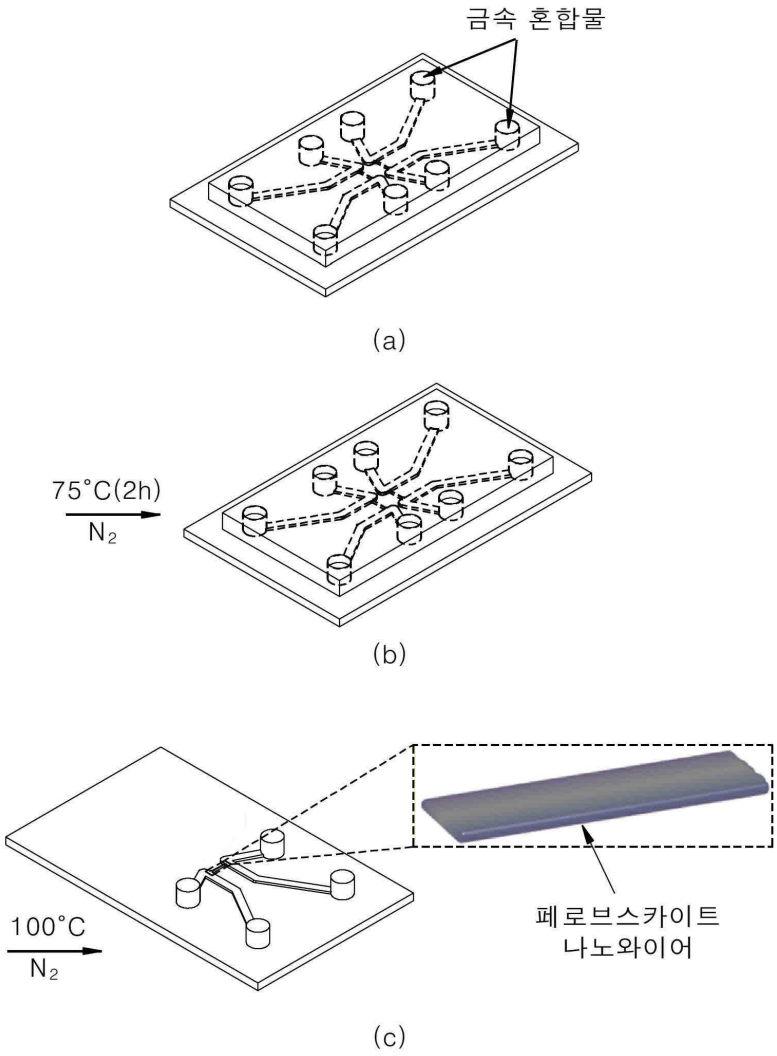
도면7



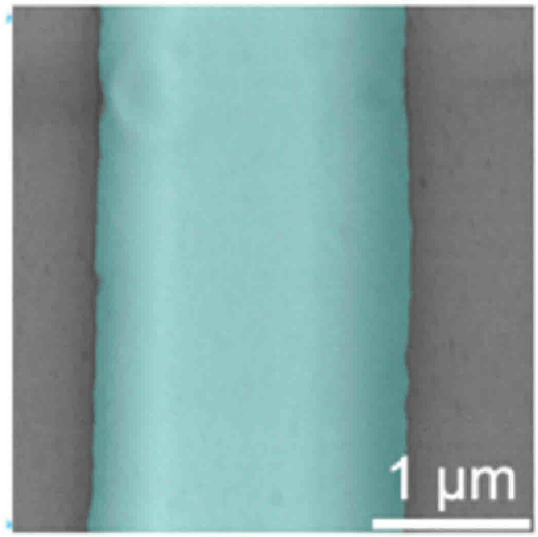
도면8


빛의 강도(A.U.)
페로브스카이트
나노와이어
요오드화납
나노와이어
10
15
20
25
30
35

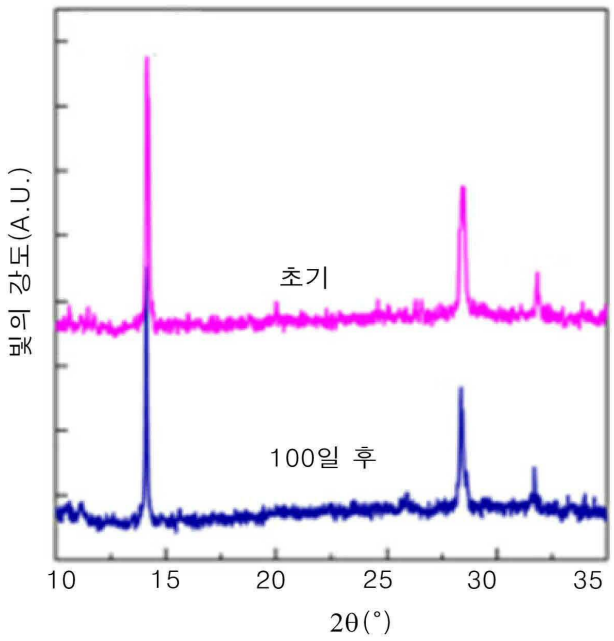
도면9


금속 혼합물
(a)
75°C(2h)
N2
(b)
100°C
N2
페로브스카이트
나노와이어
(c)

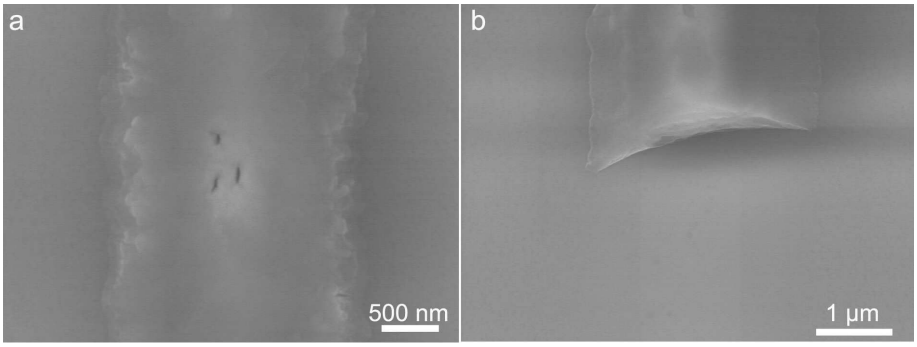
도면10



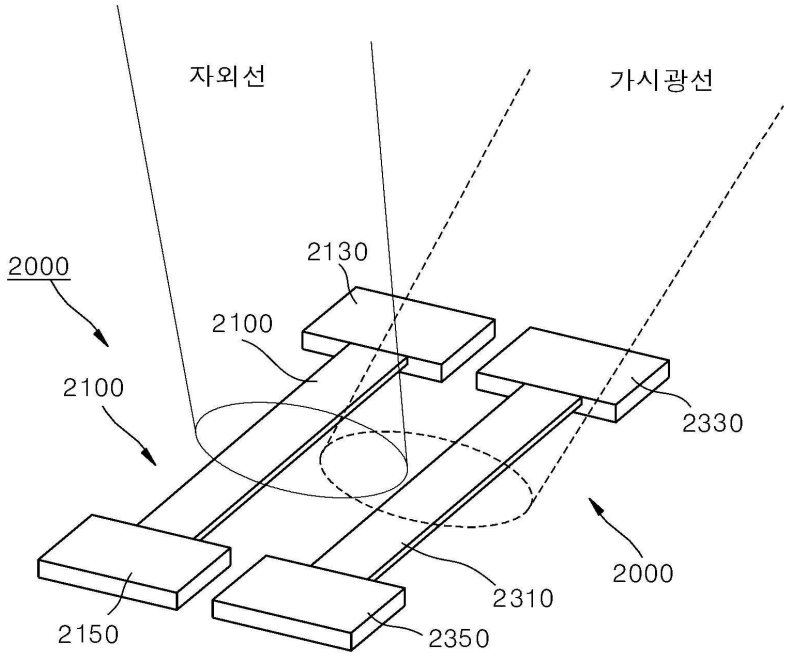
도면11



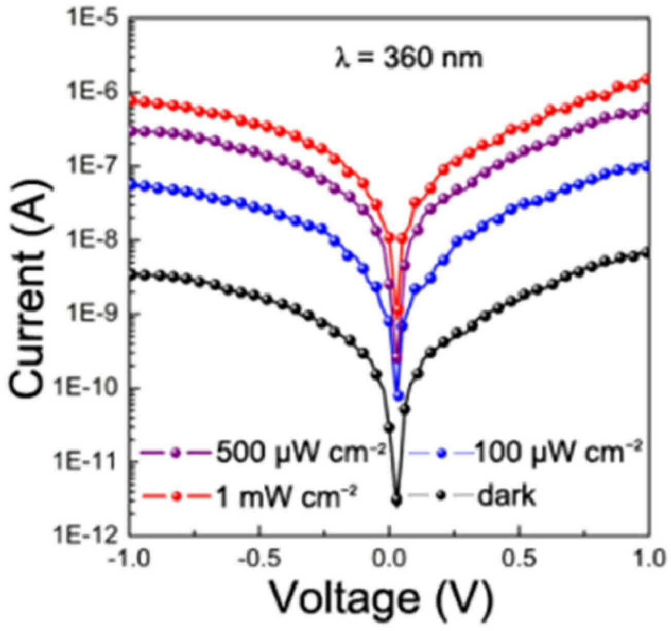
도면12



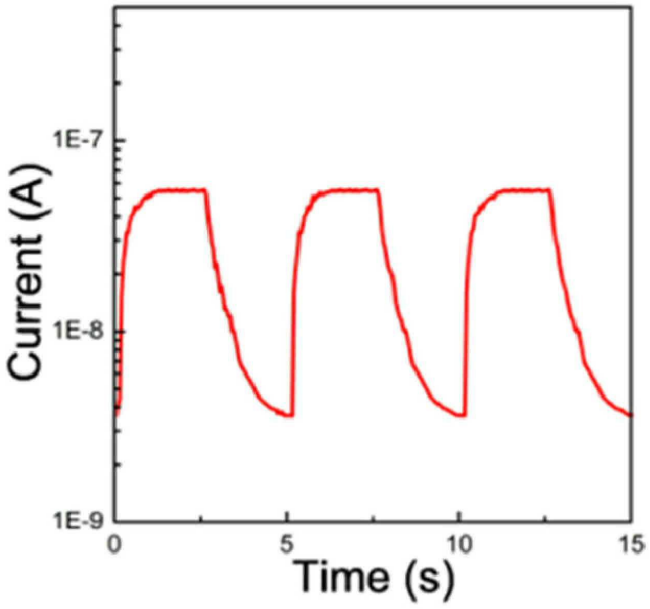
도면13


자외선
가시광선
2000
2130
2100
2100
2330
2000
2310
2150
2350

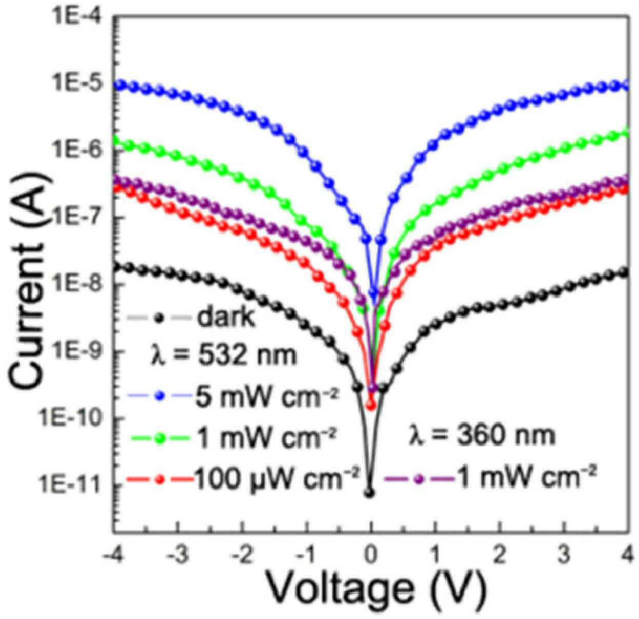
도면14


λ = 360 nm
Current (A)
Voltage (V)
1E-5
1E-6
1E-7
1E-8
1E-9
1E-10
1E-11
1E-12
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
500 μW cm⁻²
100 μW cm⁻²
1 mW cm⁻²
dark

도면15


Current (A)
1E-7
1E-8
1E-9
0
5
10
15
Time (s)

도면16


Current (A)
1E-4
1E-5
1E-6
1E-7
1E-8
1E-9
1E-10
1E-11
dark
λ = 532 nm
5 mW cm⁻²
1 mW cm⁻²
100 μW cm⁻²
λ = 360 nm
1 mW cm⁻²
-4
-3
-2
-1
0
1
2
3
4
Voltage (V)

도면17

