



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0128873
(43) 공개일자 2012년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 27/14 (2006.01) H01L 31/00 (2006.01)

B82B 3/00 (2006.01) H01L 21/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0046789

(22) 출원일자 2011년05월18일

심사청구일자 2011년05월18일

(71) 출원인

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50, 연세대학교 (신촌동)

(72) 발명자

김형준

서울특별시 영등포구 국제금융로 108-6, 진주아파트 B동 107호 (여의도동)

강혜민

전라남도 여수시 고소3길 53-4 (고소동)

(74) 대리인

권혁수, 송윤호, 오세준

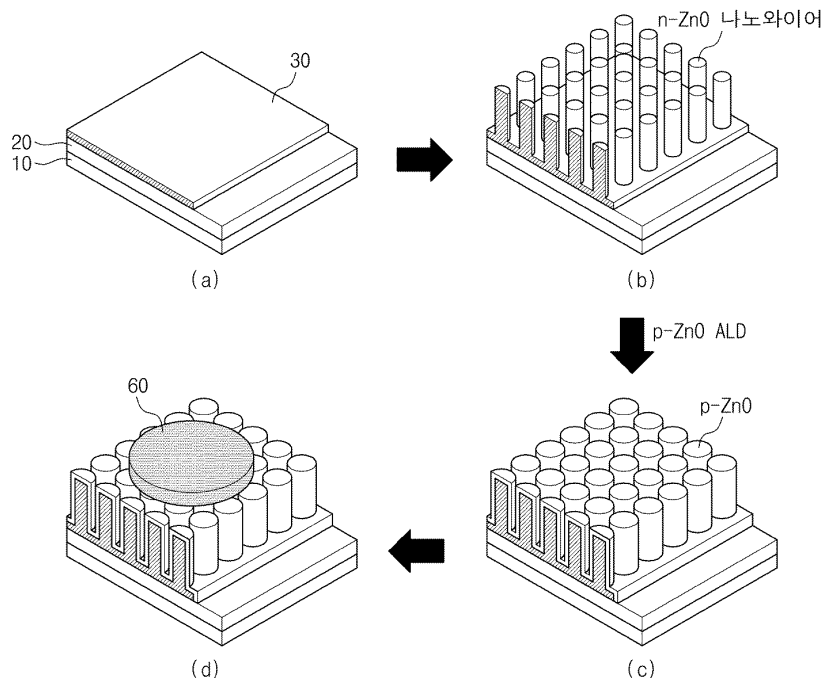
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 광 검출소자 및 그것의 제조방법

(57) 요약

본 발명의 일실시예는 열수법(hydrothermal)을 사용하여 기판 위에 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 형성하는 단계 및 상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 표면에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는 단계를 포함하는 광 검출소자 제조방법을 제공한다.

대표도



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2011-0026228
부처명	교육과학기술부
연구사업명	일반연구자지원(기본연구)
연구과제명	롤투롤 원자층 증착 공정을 이용한 유연 소자용 고성능 투명 산화막 연구 (2/3)
주관기관	연세대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2012.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2011K000621
부처명	교육과학기술부
연구사업명	신기술융합형 성장동력사업
연구과제명	ALD기반 그래핀 FET 및 solid-state device 응용 연구 (1/3,3-5 차년도 참여)
주관기관	연세대학교 산학협력단
연구기간	2011.07.01 ~ 2012.06.30이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2011-0019151
부처명	교육과학기술부
연구사업명	미래기반기술개발사업(나노분야)
연구과제명	원자층 증착법을 이용한 반도체 나노선 어레이의 특성 향상과 고효율 소자에의 응용 (2/3)
주관기관	연세대학교 산학협력단
연구기간	2011.06.01 ~ 2012.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	2011-0028594
부처명	교육과학기술부
연구사업명	중견연구자지원사업(핵심연구사업)
연구과제명	테라헤르츠 기반 초민감 다중 분자 검지 시스템 (1/3)
주관기관	연세대학교 산학협력단
연구기간	2011.09.01 ~ 2012.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

열수법(hydrothermal)을 사용하여 기관 위에 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 형성하는 단계; 그리고
상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는
단계;
를 포함하는 광 검출소자 제조방법.

청구항 2

제1 항에 있어서,
상기 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는 단계는, 상기 제1도전형의 산화아연 나
노 와이어 위에 아연 원으로 디에틸아연을 공급하는 단계; 그리고
질소원으로 암모니아수를 공급하는 단계;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 광 검출소자 제조방법.

청구항 3

제2 항에 있어서,
상기 질소원으로 암모니아수를 공급하는 단계는 10% 내지 15% 농도의 암모니아수를 사용하는 것을 특징으로 하
는 광 검출소자 제조방법.

청구항 4

제2 항에 있어서,
상기 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는 단계는 상기 기관을 100℃ 내지 150℃로
유지시키는 것을 특징으로 하는 광 검출소자 제조방법.

청구항 5

제1 항에 있어서,
상기 열수법을 사용하여 기관 위에 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 형성하는 단계는 반응물로 $Zn(NO_3)_2$ 및
HMTA(hexamethylene tetraamine)를 사용하여 90℃ 내지 95℃에서 수행되는 것을 특징으로 하는 광 검출소자 제
조방법.

청구항 6

제5 항에 있어서,
상기 HMTA(hexamethylene tetraamine)는 0.05 mol 내지 0.1 mol 을 사용하는 것을 특징으로 하는 광 검출소자
제조방법.

청구항 7

제1 항에 있어서,
상기 제2도전형의 산화아연 박막 위에 전극을 형성하는 단계를 더 포함하고,
상기 전극을 형성하는 물질은 p형 산화아연 보다 일함수 값이 더 큰 금속인 것을 특징으로 하는 광 검출소자 제
조방법.

청구항 8

제1 항 내지 제7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1도전형의 산화아연은 n형 산화아연이고, 상기 제2도전형의 산화아연은 p형 산화아연인 것을 특징으로 하는 광 검출소자 제조방법.

청구항 9

기관 위에 원자층 증착법을 사용하여 형성되는 제1도전형의 산화아연 박막;

상기 제1도전형의 산화아연 박막 위에 열수법을 사용하여 형성되는 제1도전형의 산화아연 나노 와이어; 그리고

상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 형성되는 제2도전형의 산화아연 박막; 을 포함하는 광 검출소자.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 제1도전형의 산화아연은 n형 산화아연이고, 상기 제2도전형의 산화아연은 p형 산화아연인 것을 특징으로 하는 광 검출소자.

청구항 11

열수법(hydrothermal)을 사용하여 기관 위에 제1도전형의 산화물 반도체 나노 와이어를 형성하는 단계; 그리고

상기 제1도전형의 산화물 반도체 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화물 반도체 박막을 형성하는 단계;

를 포함하는 광 검출소자 제조방법.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 산화물 반도체는 산화주석 또는 산화아연인 것을 특징으로 하는 광 검출소자 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명의 실시예는 반도체 분야에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 광검출소자 및 그것의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 아연 산화물(Zinc Oxide, ZnO)은 광학적, 전기적, 압전 특성이 우수하며, 연구가 많이 수행되고 있는 재료이다. 특히, ZnO는 밴드갭(band gap)이 3.37 eV로 넓고, 밴드갭이 4 eV까지 변화될 수 있어 자외선 영역의 레이저를 발진할 수 있는 차세대 광소자용 재료로 주목받고 있다.

[0003] 일반적으로 사용되는 CIS(CMOS Image Sensor)에는 광검출소자, 예를 들어 광다이오드가 각 픽셀마다 구비된다. 이는 센서의 감도와 화질을 개선하기 위함이다. 따라서, 렌즈에 입사되는 빛을 전자로 바꿔주는 광다이오드의 역할이 매우 중요하다. 이에 따라, 수광부의 수광률을 향상시켜 빛에 반응하는 민감도를 증가시키기 위해 광다이오드의 구조를 변화시키거나 소자의 재료를 변화시키는 시도가 계속되고 있다.

[0004] 평면 구조의 광 검출소자는 예를 들어, 양극 실리콘 표면에 음극 산화아연을 증착시켜 p-n접합을 형성한다. 음극 산화아연을 증착시키는 방법으로는 화학기상증착법(CVD), 스퍼터링(sputtering) 등이 사용된다. 화학기상증착법(CVD)은 집적회로(IC)의 제조공정에서 기관 위에 실리콘 등의 박막을 형성하는 공업적 수법이다. 스퍼터링은 세라믹이나 반도체 소재 등에 전자 회로를 형성하기 위해 고진공 상태에서 고체를 증발시켜 박막을 형성하는 방법이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 그러나, 실리콘 표면에 산화아연을 증착시킨 광 검출소자는 수광효율이 나쁘다는 문제점이 있다. 또한, 화학기상증착법과 스퍼터링을 이용한 산화아연 박막을 증착시키는 방법은 비교적 높은 온도에서 수행되므로 기판의 변형이 일어날 수 있으며, 나노 와이어와 같은 구조 위에 산화아연을 증착하는 경우 원하는 박막의 균일도를 얻을 수 없는 문제점이 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법은 열수법(hydrothermal)을 사용하여 기판 위에 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 형성하는 단계 및 상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 이용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0007] 상기 원자층 증착법을 이용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는 단계는, 상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 아연 원으로 디에틸아연을 공급하는 단계 및 질소원으로 암모니아수를 공급하는 단계를 포함한다.
- [0008] 상기 질소원으로 암모니아수를 공급하는 단계는 10% 내지 15% 농도의 암모니아수를 사용한다.
- [0009] 상기 원자층 증착법을 이용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 형성하는 단계는 상기 기판이 100℃ 내지 150℃로 유지된다.
- [0010] 상기 열수법을 사용하여 기판 위에 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 형성하는 단계는 반응물로 $Zn(NO_3)_2$ 및 HMTA(hexamethylene tetraamine)를 사용하여 90℃ 내지 95℃에서 수행된다.
- [0011] 상기 HMTA(hexamethylene tetraamine)는 0.05 mol 내지 0.1 mol 을 사용한다.
- [0012] 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법은 상기 제2도전형의 산화아연 박막 위에 전극을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 전극을 형성하는 물질은 p형 산화아연 보다 일함수 값이 더 큰 금속이다.
- [0013] 상기 제1도전형의 산화아연은 n형 산화아연이고, 상기 제2도전형의 산화아연은 p형 산화아연이다.
- [0014] 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자는 기판 위에 원자층 증착법을 사용하여 형성되는 제1도전형의 산화아연 박막, 상기 제1도전형의 산화아연 박막 위에 열수법을 사용하여 형성되는 제1도전형의 산화아연 나노 와이어, 상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 형성되는 제2도전형의 산화아연 박막을 포함한다.
- [0015] 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법은 열수법을 사용하여 기판 위에 제1도전형의 산화물 반도체 나노 와이어를 형성하는 단계, 상기 제1도전형의 산화물 반도체 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화물 반도체 박막을 형성하는 단계를 포함한다. 상기 산화물 반도체는 산화주석이다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법에 의하면 광 검출소자의 광흡수율을 증가시키는 효과가 있다.
- [0017] 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법에 의하면 다층벽(core-shell) 구조의 나노 와이어 위에 증착되는 산화아연 박막의 균일도를 향상시키는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법의 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 형성하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법의 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 방법을 나타낸 흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법의 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계에서 산화아연의 특성변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 광흡수율을 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 광반응도를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 광 방출도를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 구조를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 실시예들은 여러 가지 다른 형태들로 구체화되어질 수 있고, 여기에서 설명되는 양태들로 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 오히려, 상기 양태들은 실시예들을 더욱 철저하고 완전하게 되도록 해주며, 당업자에게 실시예들의 영역을 충분히 전달할 수 있도록 해준다.
- [0020] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 그리고 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분 위에 "전체적으로" 형성되어 있다고 할 때에는 다른 부분의 전체 면에 형성되어 있는 것뿐만 아니라 가장자리 일부에는 형성되지 않는 것도 포함한다.
- [0021] 또한, 제1, 제2 .. 등을 지칭하는 용어들이 여러 구성 요소들을 기술하기 위하여 여기에서 사용되어 질 수 있다면, 상기 구성 요소들은 이러한 용어들로 한정되지 않는 것으로 이해되어 질 것이다. 단지 이러한 용어들은 어떤 구성 요소로부터 다른 구성 요소를 구별하기 위해서 사용되어질 뿐이다.
- [0022] 산화물 반도체 소자는 광다이오드와 같은 광 검출소자로 이용될 수 있다. 본 발명의 일실시예는 원자층 증착법을 사용하여 다중벽(core-shell) 구조의 광 검출소자를 제조하는 방법에 관한 것이다. 산화물 반도체 소자는 예를 들면, 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO₂)을 사용하여 제조될 수 있다.
- [0023] 산화아연(ZnO) 박막은 n형 반도체를 형성하며, 에너지 밴드갭이 3.37 eV 인 물질이다. 또한, 5족 원소물질(N, P 등)을 도핑하면 p형 반도체로 변환시킬 수 있다. 산화아연의 에너지 밴드갭 보다 높은 자외선 빛을 조사하면, 산화아연 박막 내에서 전자-정공 쌍이 만들어진다. n형 산화아연과 p형 산화아연을 접합시키면 p-n 다이오드를 형성할 수 있으며, 이는 자외선을 검출하는데 유용할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서는 제1도전형의 산화아연은 n형 산화아연, 제2도전형의 산화아연은 p형 산화아연을 사용하였다.
- [0024] 이하에서는 산화물 반도체 소자의 일 예로써, 산화아연을 사용하여 광 검출소자를 제조하는 방법에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법을 개략적으로 나타낸 흐름도이다.
- [0026] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법은 기판(10) 위에 제1도전형의 산화아연 박막(30)을 증착하는 단계(a), 열수법을 사용하여 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 성장시키는 단계(b), 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계(c), 제2도전형의 산화아연 박막 위에 전극(60)을 형성하는 단계(d)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0027] 먼저, 기판 위에 제1도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계(a)에 대하여 설명한다. 기판(10)은 그 응용 목적에 따라 유리 기판, 고분자 수지 기판, 실리콘 기판, 스테인레스강 기판 등의 기판을 사용할 수 있다. 스퍼터링(sputtering) 방법을 사용하여 기판 위에 투명전극(ITO, 20)을 형성할 수 있다. 원자층 증착법을 사용하여 투명전극층(20) 위에 제1도전형의 산화아연 박막(30)을 증착할 수 있다. 원자층 증착법을 사용하여 제1도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계(a)는 아연 원으로 디에틸아연을 사용하고, 산소 원으로 물(H₂O)을 사용할 수 있다. 상기 제1도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계(a)는 상기 기판(10)을 100℃ 내지 150℃로 유지할 수 있다.
- [0028] 다음으로, 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 성장시키는 단계(b)에 대하여 설명한다.
- [0029] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법의 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 성장시키는 단계를 나타낸 흐름도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 제1도전형의 나노 와이어를 성장시키는 단계는 질산아연 6수화물(Zn(NO₃)₂ · 6H₂O)과 헥사메틸렌 테트라아민(hexamethylene tetraamine, HMTA)을 물과 혼합하는 단계

(S201), 90℃ 내지 95℃ 온도로 가열하는 단계(S202)를 포함하여 이루어질 수 있다.

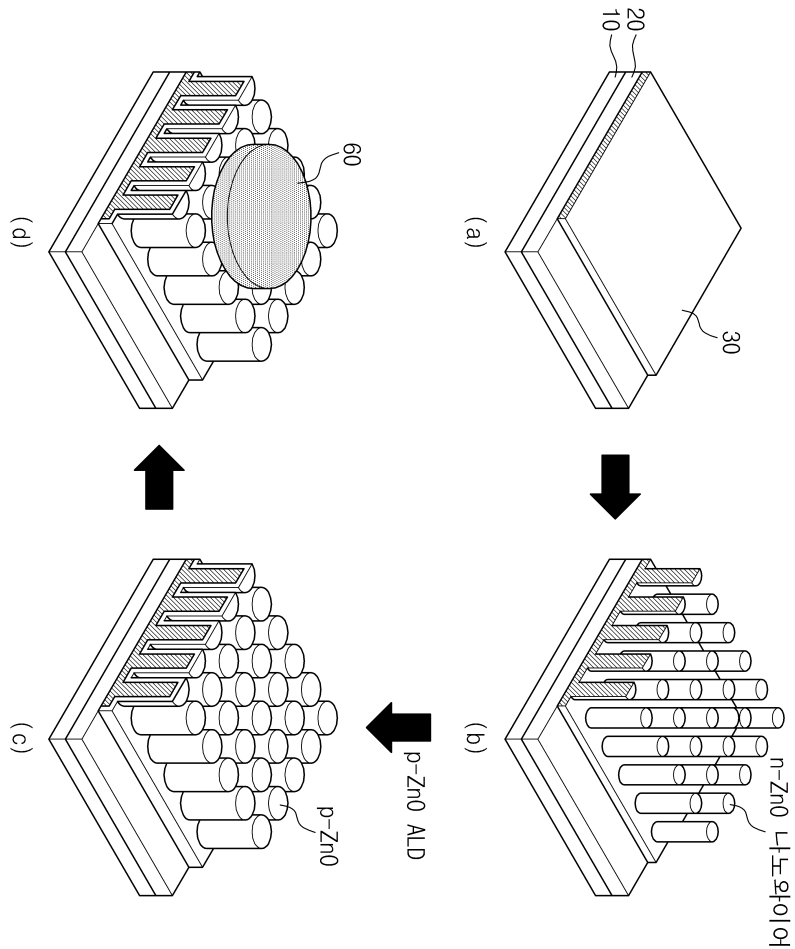
- [0030] 나노 와이어를 성장시키는 방법으로 기상법과 용액법을 사용할 수 있다. 기상법은 주로 진공 장비를 필요로 하고, 대면적의 기판에 재형성 있고 균일한 산화아연 나노 와이어를 형성하기에 어려울 수 있다. 반면, 용액법은 아연염을 포함하는 액상에서 산화아연 나노 와이어를 성장시키기 때문에 저렴한 방법으로 대면적의 기판에 산화아연 나노 와이어를 성장시킬 수 있다. 본 발명의 일실시예에서는 용액법의 하나인 열수법(hydrothermal)을 사용하여 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 성장시키는 방법을 사용하였다.
- [0031] 반응기에 질산아연 6수화물($\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)과 헥사메틸렌 테트라아민(hexamethylene tetraamine, HMTA)을 약 0.05 내지 0.1 mol 물과 함께 넣어주고, 오븐에 넣어 약 2시간 정도 95℃ 온도로 가열한다. 상기 가열된 용액에 제1도전형의 산화아연 박막을 증착한 기판을 넣어주면 제1도전형의 산화아연 나노 와이어를 성장시킬 수 있다. 상기 제1도전형의 산화아연 나노 와이어는 상기 기판에 수직 방향일 수 있다. 여기서 상기 혼합 용액을 가열하는 온도는 90℃ 내지 95℃ 일 수 있다. 또한, 상기 가열시간은 1시간 내지 24시간 일 수 있다. 상기 가열시간이 1시간 미만이면 수열합성 반응이 일어나기 어렵고, 24시간을 초과하면 소스가 고갈되어 더 이상의 반응이 일어나지 않을 수 있다.
- [0032] 다음으로, 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계(c)에 대하여 상세히 설명한다.
- [0033] 원자층 증착법은 반도체 제조 공정 중 화학적으로 달라붙는 단위원자의 현상을 이용한 나노 박막 증착 기술로써, 기판 표면에서 분자의 흡착과 치환을 번갈아 진행하여 금속 박막을 최대한 얇게 쌓을 수 있는 박막 형성 기법이다.
- [0034] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법의 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계를 나타낸 흐름도이다.
- [0035] 도 3에 도시된 바와 같이 원자층 증착법을 사용하여 산화아연 박막을 증착하는 단계는 반응기에 아연 원으로 디에틸아연을 공급하는 단계(S301), 불활성 기체를 사용하여 퍼징하는 제1퍼징단계(S302), 질소원으로 암모니아수를 공급하는 단계(S303), 불활성 기체를 사용하여 퍼징하는 제2퍼징단계(S304)를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0036] 먼저, 반응기에 아연 원으로 디에틸아연(DEZ)을 공급하는 단계(S301)에 대하여 설명한다. 아연원은 디에틸아연 외에도 알킬산알킬아연화합물, 이소프로필산메틸아연, 이소프로필산에틸아연, 이차부틸산메틸아연, 삼차부틸산메틸아연을 사용할 수 있다. 아연 원은 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 흡착되고 원자층 두께의 층을 이루어 형성될 수 있다. 본 발명의 일실시예에 따르면 제1도전형의 산화아연 나노 와이어의 미세한 홈 부분까지 균일도를 유지하면서 아연 원을 흡착시킬 수 있다. 아연 원을 흡착시키는 단계는 약 1초 정도 수행될 수 있다. 1초 정도의 시간간격은 결합하지 않는 아연화합물의 부산물을 줄이고 끊임없이 아연 원의 층을 흡착시킬 수 있는 시간일 수 있다.
- [0037] 다음으로, 불활성기체를 사용한 제1퍼징단계(S302)를 거치게 된다. 상기 제1퍼징단계는 반응기 내부에 불활성기체를 투입하여 소정의 압력으로 아연 원이 흡착된 층 위를 세척하는 공정이다. 불활성기체는 헬륨(He), 네온(Ne), 아르곤(Ar) 등을 사용할 수 있다. 본 발명의 일실시예에서는 아르곤(Ar) 가스를 사용하였다. 아르곤(Ar) 가스를 반응기에 투입하여 제1퍼징단계를 수행하면 미반응 아연 화합물 및 반응 부산물을 제거할 수 있다. 제1퍼징단계는 약 5초 정도 수행될 수 있다.
- [0038] 다음으로, 질소원으로 암모니아수를 공급하는 단계(S303)가 수행된다. 암모니아수는 물(H_2O)과 암모니아(NH_3) 기체를 혼합하여 제조될 수 있다. 암모니아수의 농도는 10% 내지 15% 가 되도록 물에 희석하여 사용할 수 있다. 제조된 암모니아수를 제1도전형의 산화아연 나노 와이어가 형성된 기판에 공급하였다. 산소와 결합하여 n형 반도체 특성을 나타내는 산화아연은 암모니아수의 농도가 진해질수록 p형의 산화아연으로 형성될 수 있다. 본 실시예에서는 암모니아수의 농도가 약 7.5%가 될 때, p형 산화아연이 형성되는 것을 확인할 수 있었다. 암모니아수를 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착함으로써 고온의 질소 도핑을 통해 제2도전형의 산화아연 박막 증착할 필요가 없게 되어 소자의 특성을 향상시킬 수 있다. 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계는 약 1초 정도 수행될 수 있다.
- [0039] 다음으로, 불활성기체를 사용한 제2퍼징단계(S340)가 수행된다. 제2퍼징단계는 미반응 질소원 및 반응 부산물을 제거하기 위해 수행될 수 있다. 제1퍼징단계에서 언급한 불활성기체들이 사용될 수 있으며, 본 발명의 일실시예에서는 아르곤(Ar) 가스를 사용하였다. 제2퍼징단계는 약 5초 정도 지속될 수 있다.

- [0040] 상기 언급한, 반응기에 아연 원으로 디에틸아연을 공급하는 단계, 불활성기체를 사용한 제1퍼징단계, 질소 원으로 암모니아수를 공급하는 단계, 불활성기체를 사용한 제2퍼징단계를 통해 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 제2도전형의 산화아연 박막을 증착할 수 있다. 상기의 각 단계를 수행하는 동안, 반응기 내부는 100℃ 내지 150℃로 유지될 수 있다. 상기의 각 단계는 1사이클로 수행될 수 있으며, 상기 1사이클을 반복함으로써 원하는 두께의 산화아연 박막을 증착할 수 있다.
- [0041] 다음으로, 제2도전형의 산화아연 박막 위에 전극을 형성하는 단계(d)에 대하여 설명한다. 전극(60)을 형성하는 물질은 p형 산화아연 보다 일함수 값이 더 큰 금속을 사용할 수 있다. 바람직하게는 니켈(Ni)을 사용할 수 있다. 전극을 형성하는 방법은 스퍼터링 방법을 사용할 수 있다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 제조방법의 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계에서 산화아연의 특성변화를 나타낸 그래프이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 원자층 증착법을 사용하여 제2도전형의 산화아연 박막을 증착하는 단계에서, 질소 원으로 암모니아수를 공급한 후 산화아연의 특성 변화를 확인한 결과 암모니아수의 농도가 약 7.5% 일 때 산화아연의 도전형이 p형을 나타내었다.
- [0043] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 광 흡수율을 나타낸 그래프이다. 광 흡수율은 파장에 따라 소자가 광을 흡수하는 정도를 나타내는 데이터이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 300nm 내지 400nm 파장의 가시광선 영역에서 산화아연 박막이 pn구조를 형성하는 평면구조의 광 검출소자가 광 흡수율이 가장 낮게 나타났다. n형 산화아연 나노 와이어 위에 질소 도핑을 통해 pn구조를 형성한 경우의 광 검출소자는 상기 산화아연 박막이 pn구조를 형성하는 평면구조의 광 검출소자 보다 광 흡수율이 높게 나타났다. 하지만, 본 발명의 일실시예에 따른 다중벽(core-shell) 구조의 광 검출소자의 경우가 상대적으로 가장 높은 광 흡수율을 가지는 것으로 확인되었다. 이는 본 발명의 일실시예에 따른 암모니아수를 사용한 원자층 증착법을 통해 제2도전형의 산화아연 박막을 증착함으로써 고온의 질소 도핑 과정이 필요없게 되어 소자의 특성이 향상된 것으로 볼 수 있다.
- [0044] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 광 반응도를 나타낸 그래프이다. 광 반응도는 파장에 따라 빛을 소자에 비추주고 발생하는 전류를 측정된 데이터이다. 이는 소자의 광에 대한 민감도를 측정하는 지표가 될 수 있다. 도 6에 도시된 바와 같이, 산화아연 박막이 pn구조를 형성하는 평면구조의 광 검출소자의 경우 320nm 내지 400nm 파장의 가시광선 영역에서 광 반응도가 최대 1.0 A/W 로 확인되었다. 반면, 본 발명의 일실시예에 따른 다중벽(core-shell) 구조의 광 검출소자의 경우 360nm의 파장에서 최대 약 3.0 A/W 의 광 반응도를 갖는 것으로 확인되었다. 이는 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자가 광에 대한 민감도가 우수하다는 것을 나타낸다.
- [0045] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 광 방출도를 나타낸 그래프이다. 광 방출도(photoluminescence)는 물질이 빛이나 전기, 방사선 등의 에너지를 흡수하여 여기 상태가 되고, 그것이 바닥상태로 돌아갈 때 흡수한 에너지를 빛으로 방출하는 정도를 측정된 데이터이다. 광 방출도는 물질의 밴드갭에서의 결함자리(defect site)를 확인하는 지표가 될 수 있다. 본 실시예에서는 약 325nm 파장의 광을 소자에 쏘아주고, 그에 따라 발생한 전자-정공 쌍(electron-hole pair)들이 재결합(recombination)하는 과정에서 방출하는 빛을 측정하였다. 산화아연 박막이 pn구조를 형성하는 평면구조의 광 검출소자의 경우 약 350nm 내지 550nm의 파장에서 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자 보다 높은 광 방출도를 나타내었다. n형 산화아연 나노 와이어 위에 질소 도핑을 통해 pn구조를 형성한 경우의 광 검출소자는 상기 산화아연 박막이 pn구조를 형성하는 평면구조의 광 검출소자 보다 광 방출도가 높게 나타났다. 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 경우가 350nm 내지 600nm의 파장에 걸쳐 광 방출도가 가장 낮은 것으로 확인되었다. 이것은 본 발명의 일실시예에 따른 다중벽(core-shell) 구조의 광 검출소자의 경우, 발생한 전자-정공 쌍이 검출소자의 빌트-인 포텐셜(built-in potential)에 의해 각각 n형 산화아연, p형 산화아연 쪽으로 이동하여 재결합이 일어나지 않았다는 것을 의미한다.
- [0046] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자의 단면을 나타낸 것이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 광 검출소자는 제1도전형의 산화아연 나노 와이어 위에 제2도전형의 산화아연 박막이 증착된 구조를 형성할 수 있다. 광 검출소자에 입사하는 빛은 반사되는 빛과 진행하는 빛으로 나누어지고, 반사되는 빛은 나노 와이어 사이에 다시 입사되어 광 검출소자의 광 흡수율을 향상시킬 수 있다. 상기와 같은 구조를 통해 광 검출소자의 광 흡수율을 높이고 반사율을 낮출 수 있어 소자의 특성을 향상시킬 수 있다.
- [0047] 본 발명의 권리범위는 상술한 실시예에 한정되는 것이 아니라 첨부된 특허청구범위 내에서 다양한 형태의 실시예로 구현될 수 있다. 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 변형 가능한 다양한 범위까지 본 발명의 청구범위 기재의 범위 내

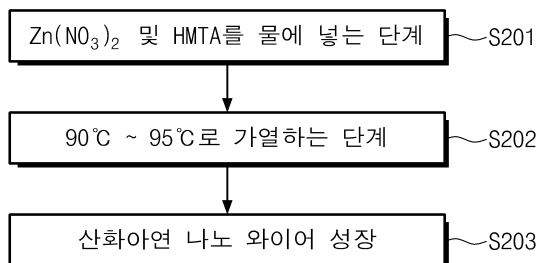
에 있는 것으로 본다.

도면

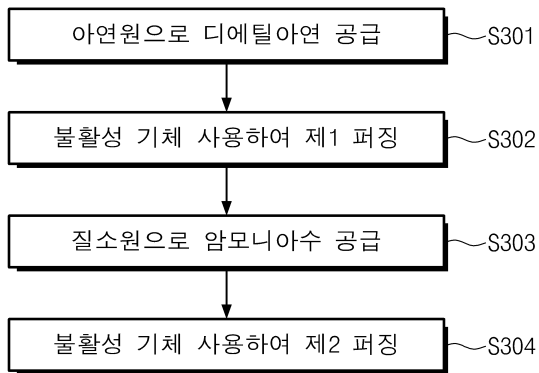
도면1



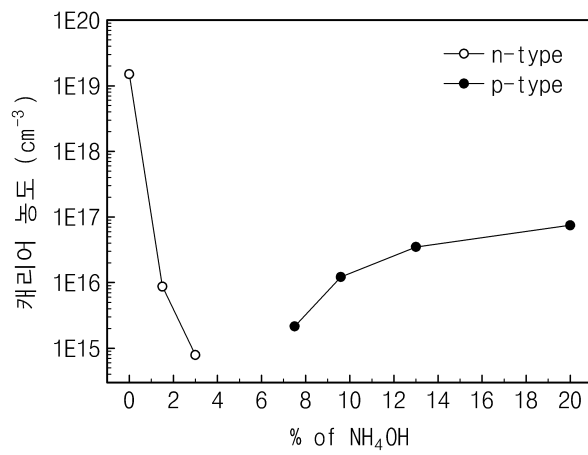
도면2



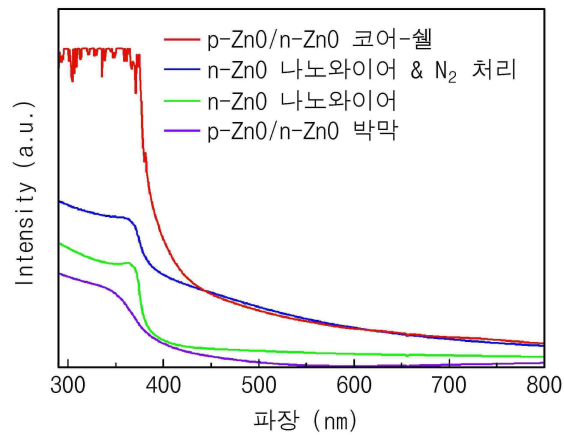
도면3



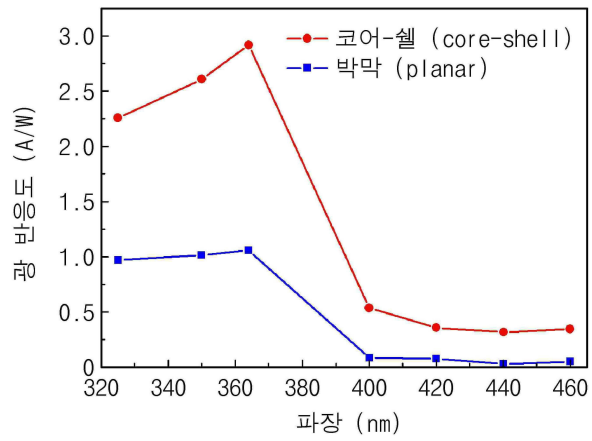
도면4



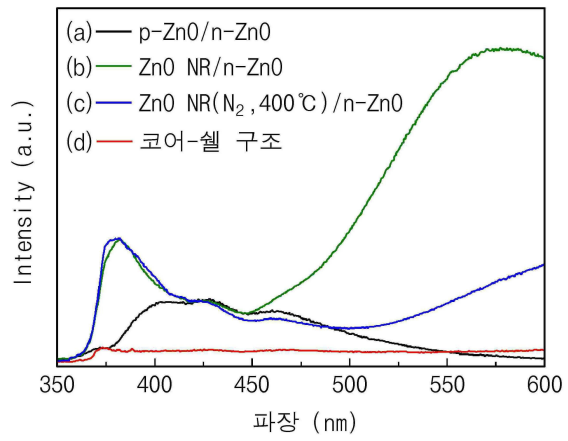
도면5



도면6



도면7



도면8

