



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0127680
(43) 공개일자 2023년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/26 (2010.01) C09K 11/54 (2006.01)
C09K 11/62 (2006.01) H01L 21/02 (2006.01)
H01L 33/00 (2023.01) H01L 33/16 (2010.01)

(52) CPC특허분류

H01L 33/26 (2013.01)
C09K 11/54 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-0025246

(22) 출원일자 2022년02월25일

심사청구일자 2022년02월25일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)

(72) 발명자

김중수

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스 B21 가온관 903호

박재홍

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스 B21 가온관 903호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

오위환, 나성곤, 정기택

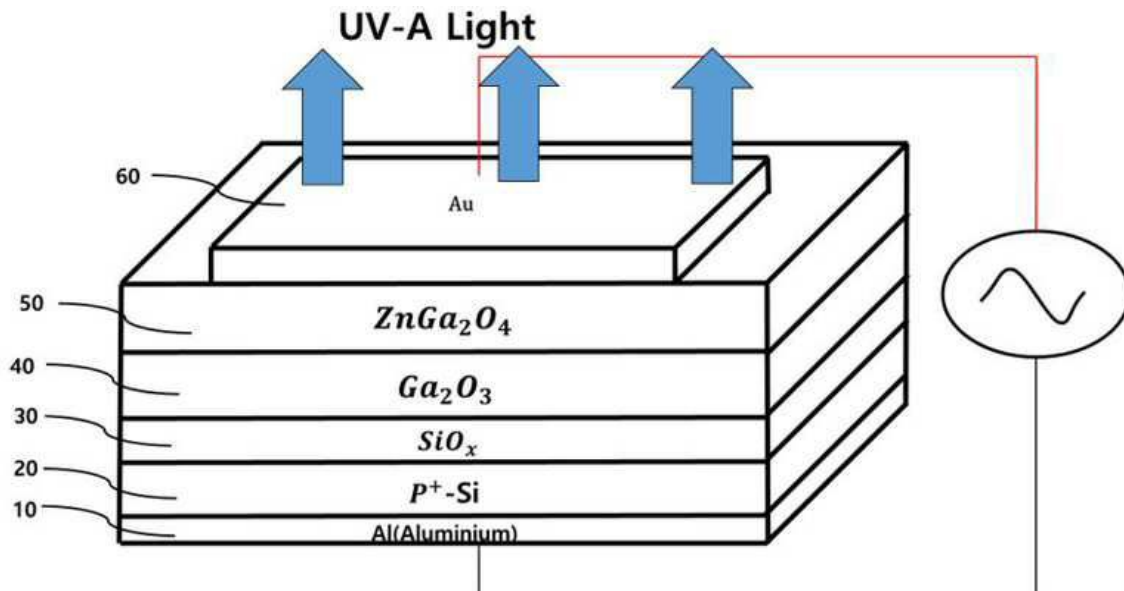
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 UV-A, UV-B 영역에서 발광하는 형광체층과 자외선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 자외선 발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 기판; 기판의 산화막 상에 징크갈륨옥사이드 기반으로 형성되어 면발광하는 발광층; 기판의 하부에 형성되는 하부 전극층; 및, 발광층 상부에 형성되는 상부 전극층;을 포함하는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 기반으로 하여 저전압 자외선 면발광을 하는 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C09K 11/62 (2013.01)

H01L 21/02554 (2013.01)

H01L 33/005 (2013.01)

H01L 33/16 (2013.01)

(72) 발명자

이주경

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스
B21 가온관 903호

모하메드 아판디

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스
B21 가온관 903호

강태욱

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스
B21 가온관 903호

류중호

부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스
B21 가온관 903호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345327160
과제번호	2018R1D1A1A02086123
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(교육부)(R&D)
연구과제명	대면적 UVC 발광 실리콘기반 무기전계발광소자
기 여 율	1/2
과제수행기관명	부경대학교
연구기간	2020.11.01 ~ 2021.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345334100
과제번호	2021R1I1A3052248
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	금속-산화물-반도체 구조 기반 산화물 전계발광 및 스위칭소자 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	부경대학교
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

기관의 산화막상에 징크갈륨옥사이드 기반으로 형성되어 면발광하는 발광층;

기관의 하부에 형성되는 하부 전극층; 및,

발광층 상부에 형성되는 상부 전극층;을 포함하는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 기반으로 하여 저전압 자외선 면발광을 하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 발광층과 산화막 사이에 형성되어 기관과 발광층 사이의 화학적 반응을 막아주는 역할을 하는 반응 억제층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 반도체 소재는 Si, GaAs, GaN, Ga_2O_3 의 어느 하나 이상을 선택적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 산화물 소재는 반응 억제층 및 발광층 및 전자주입층 및 전자가속층을 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 산화물 소재는 전자주입 및 전자가속층으로 SiO_x 및 반응 억제층으로 Ga_2O_3 및 발광층으로 $ZnGa_2O_4$ 를 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 반응 억제층 및 발광층 박막은 sol-gel 용액공정법으로 제조되고,

전자주입 및 전자가속층은 발광층 박막의 결정화 과정 중 자연적으로 형성되는 단일 열처리과정을 포함하여 형성되는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 7

제 6 항에 있어서, 발광층의 열처리 과정은 온도 600 ~ 1400 °C, 유지시간 30분 ~ 10시간, 환원 분위기 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 반응 억제층 및 발광층의 두께는 50 ~ 300 nm, 전자주입 및 전자가속층의 두께는 10 ~ 200 nm 인 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 상부전극 금속소재는 Au 또는 Au-Ni로 발광층 전면 코팅된 구조 또는 패턴 형태로 코팅된 구조이고,

하부전극 금속소재는 기관 후면에 코팅된 구조인 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 10

제 9 항에 있어서, 상부전극 금속소재는 sputtering 또는 e-beam evaporator를 포함하는 physical 또는 chemical 증착 방법으로 형성되고, 자외선 영역 투과 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 11

제 9 항에 있어서, 하부전극 금속소재는 열처리를 통해 반도체 기판 내에서 확산이 되는 물질을 포함하며, Screen printing 법을 포함하는 Physical 증착 방법으로 형성되는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 12

제 9 항에 있어서, 하부전극 금속소재의 열처리 과정은 Rapid Thermal Annealing을 통해 온도 100 ~ 600 °C, 유지시간 10초 ~ 5분 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자.

청구항 13

- (a) Sol-gel 용액을 만드는 단계;
- (b) 기판을 세척하는 단계;
- (c) 만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 절연층 및 형광층을 형성하고 고온 및 환원 분위기에서 어닐링하는 단계;
- (d) N₂ 가스를 이용하여 전극 Au를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하는 단계;
- (e) 전압을 상부면과 하부전극에 연결하여 자외선영역을 확인하는 단계;를 포함하여, 발광층으로 ZnGa₂O₄-undoped 제조를 하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서, 상기 (a) 단계에서,

- (a-1) 모노에탄올아민(MEA, H₂NCH₂CH₂OH)과 에탄올(C₂H₅OH) 그리고 아세틸아세톤(C₅H₈O₂)을 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트(Ga(NO₃)₃ · H₂O)을 넣은 순수한 Ga₂O₃ Sol-gel 혼합용매를 만들고,
- (a-2) 2-메톡시에탄올에 질산갈륨(II) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트를 넣어 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, (c) 단계에서 기판에 (a-1)에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300°C/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 절연층을 형성하고,

그 후 기판을 UV Treatment 10분 진행한 후 (a-2)에서 만들어진 혼합 용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300°C/15분 동안 표면 열처리를 총 2회 진행하여 발광층을 형성하고,

표면 열처리가 끝나게 되면 환원 분위기에서 1200°C/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 16

제 13 항에 있어서, (d) 단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600°C/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성하고,

그 후 DC Sputtering 기계를 이용하여 N₂ 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 Au를 증착시켜 상부 전극층을 형성하

는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서, 상기 (e) 단계에서 MOS 구조의 자외선 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 기판의 산화막상에 ZnGa_2O_4 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하고, ZnGa_2O_4 격자에 존재하는 GaO_6 결합으로 생성된 트랩 준위에서의 여기 전자와 홀의 재조합으로 인한 UV-A 발광 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 18

(a) Sol-gel 용액을 만드는 단계;

(b) 기판을 세척하는 단계;

(c) 만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 절연층 및 발광층을 형성하고 고온 및 환원 분위기에서 어닐링하는 단계;

(d) N_2 가스를 이용하여 전극 Au를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;

(e) 전압을 상부면과 하부전극에 연결하여 자외선영역을 확인하는 단계;를 포함하여,

발광층으로 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4\text{-Gd}$ 제조를 하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 (a) 단계에서,

(a-1) 모노에탄올아민(MEA, $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)과 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 그리고 아세틸아세톤($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$)을 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(III) 하이드레이트($\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)을 넣은 순수한 Ga_2O_3 Sol-gel 혼합용매를 만들고,

(a-2) 2-메톡시에탄올에 질산갈륨(III) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트와 가돌륨 나이트레이트를 넣어 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서, (c) 단계에서 기판에 (a-1)에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 절연층을 형성하고,

그 후 기판을 UV Treatment 10분 진행한 후 (a-2)에서 만들어진 혼합 용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 2회 진행하여 발광층을 형성하고,

표면 열처리가 끝나게 되면 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서, 상기 (d) 단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성하고,

그 후 DC Sputtering 기계를 이용하여 N_2 가스 분위기에서 형광층 위쪽에 Au를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법.

청구항 22

제 18 항에 있어서, 상기 (e) 단계에서 MOS 구조의 자외선 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 기판의 산화막상에 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4\text{:Gd}$ 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하고, ZnGa_2O_4 격자에 존재하는 GaO_6 결합으로 생성된 트랩 준위에서의 여기 전자와 홀의 재조합으로 인한 UV-B 발광 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조

자외선 면발광 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자외선 영역에서 발광하는 면발광소자에 관한 것으로, 구체적으로 UV-A, UV-B 영역에서 발광하는 형광체층과 자외선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 자외선발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 다양한 희토류(RE)로 활성화된 ZnGa_2O_4 는 양자 효율은 물론 다양한 방출 색상으로 인해 광발광(PL) 및 전계발광(EL) 소자의 발광 물질로 연구되어 왔다.

[0003] 더하여 ZnGa_2O_4 모체는 넓은 밴드 갭(4.4~5.0eV), 화학적 안정성, 열적 안정성, 높은 전자 이동도 등을 가진 반도체 특성을 가지고 있다.

[0004] ZnS 및 SiO_2 필름 EL소자에 대한 주목할 만한 선행 연구가 존재한다. Eu^{3+} (적색:611nm), Ce^{3+} (청색:450nm), Er^{3+} (적외선) 등 이 있다.

[0005] ZnGa_2O_4 는 분말 기반 전계 발광에서 다양한 색 방출로 보고되었다.

[0006] Mn^{2+} 이온에 의해 활성화된 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}$ 은 녹색 EL, Cr^{3+} 이온에 의해 활성화된 $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Cr}$ 은 적색 EL, ZnGa_2O_4 에 서 자외선에서 청색 PL이 보고되었다.

[0007] 도핑 되지 않은 ZnGa_2O_4 는 밴드 간 전이 및 산소 공공에 기인하는 자체 활성화 또는 내재적 음극 발광 방출이 보고되었지만 EL에 대한 보고는 없다.

[0008] $\text{ZnGa}_2\text{O}_4:\text{Mn}$ 녹색 TFEL은 BaTiO_3 시트에서 최대 휘도 600cd/m^2 으로 보고되었다.

[0009] 따라서, 징크갈륨옥사이드(ZnGa_2O_4)를 이용한 전력소비가 적고, 열적-화학적 안정성을 가지며 다양한 방출 스펙트럼을 구현하는 새로운 기술의 저전압 자외선 면발광 소자의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2018-0127187호

(특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제10-2010-0026474호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 종래 기술의 면발광소자의 문제점을 해결하기 위한 것으로, UV-A, UV-B 영역에서 발광하는 형광체층과 자외선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 자외선발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0012] 본 발명은 징크갈륨옥사이드(ZnGa_2O_4)를 모체로 하여 도핑 없이 또는 희토류(RE)를 도핑시켜 Spin coating 및 고온 열처리 하여 자외선 발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

- [0013] 본 발명은 환원분위기에서 1200℃/4h 열처리 함으로 GaO₆의 결합에 기인하는 UV-A 및 UV-B 영역의 면발광소자의 제작이 가능하도록 한 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0014] 본 발명은 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 이용한 면발광소자로 징크갈륨옥사이드(ZnGa₂O₄)를 사용하여 Breakdown field 이 8MV/cm 를 갖는 특성을 가져 낮은 구동 전압으로 디바이스를 구동 시킬 수 있도록 한 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0015] 본 발명은 전력소비가 적고, 높은 양자 효율을 가지고 있으며, 다양한 방출 스펙트럼을 구현하는 기술을 이용하여 자외선영역에서 발광하는 면발광소자의 제작이 가능하도록 한 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자는 기판;기판의 산화막 상에 징크갈륨옥사이드 기판으로 형성되어 면발광하는 발광층;기판의 하부에 형성되는 하부 전극층; 및, 발광층 상부에 형성되는 상부 전극층;을 포함하는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 기반으로 하여 저전압 자외선 면발광을 하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 여기서, 발광층과 산화막 사이에 형성되어 기판과 발광층 사이의 화학적 반응을 막아주는 역할을 하는 반응 억제층을 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 그리고 반도체 소재는 Si, GaAs, GaN, Ga₂O₃의 어느 하나 이상을 선택적으로 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 그리고 산화물 소재는 반응 억제층 및 발광층 및 전자주입층 및 전자가속층을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 그리고 산화물 소재는 전자주입 및 전자가속층으로 SiO_x 및 반응 억제층으로 Ga₂O₃ 및 발광층으로 ZnGa₂O₄를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 그리고 반응 억제층 및 발광층 박막은 sol-gel 용액공정법으로 제조되고, 전자주입 및 전자가속층은 발광층 박막의 결정화 과정 중 자연적으로 형성되는 단일 열처리과정을 포함하여 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0023] 그리고 발광층의 열처리 과정은 온도 600 ~ 1400 °C, 유지시간 30분 ~ 10시간, 환원 분위기 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0024] 그리고 반응 억제층 및 발광층의 두께는 50 ~ 300 nm, 전자주입 및 전자가속층의 두께는 10 ~ 200 nm 인 것을 특징으로 한다.
- [0025] 그리고 상부전극 금속소재는 Au 또는 Au-Ni로 발광층 전면에 코팅된 구조 또는 패턴 형태로 코팅된 구조이고, 하부전극 금속소재는 기판 후면에 코팅된 구조인 것을 특징으로 한다.
- [0026] 그리고 상부전극 금속소재는 sputtering 또는 e-beam evaporator를 포함하는 physical 또는 chemical 증착 방법으로 형성되고, 자외선 영역 투과 특성을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 그리고 하부전극 금속소재는 열처리를 통해 반도체 기판 내에서 확산이 되는 물질을 포함하며, Screen printing 법을 포함하는 Physical 증착 방법으로 형성되는 것을 특징으로 한다.
- [0028] 그리고 하부전극 금속소재의 열처리 과정은 Rapid Thermal Annealing을 통해 온도 100 ~ 600 °C, 유지시간 10 초 ~ 5분 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0029] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법은 (a) Sol-gel 용액을 만드는 단계;(b) 기판을 세척하는 단계; (c) 만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 절연층 및 형광층을 형성하고 고온 및 환원 분위기에서 어닐링하는 단계;(d) N₂ 가스를 이용하여 전극 Au를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하는 단계;(e) 전압을 상부면과 하부전극에 연결하여 자외선영역을 확인하는 단계;를 포함하여, 발광층으로 ZnGa₂O₄-undoped 제조를 하는 것을 특징으로 한다.
- [0030] 여기서, 상기 (a) 단계에서, (a-1) 모노에탄올아민(MEA, H₂NCH₂CH₂OH)과 에탄올(C₂H₅OH) 그리고 아세틸아세톤

($C_5H_8O_2$)을 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$)을 넣은 순수한 Ga_2O_3 Sol-gel 혼합용매를 만들고, (a-2) 2-메톡시에탄올에 질산갈륨(II) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트를 넣어 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 한다.

[0031] 그리고 상기 (c) 단계에서 기판에 (a-1)에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 절연층을 형성하고, 그 후 기판을 UV Treatment 10분 진행한 후 (a-2)에서 만들어진 혼합 용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 2회 진행하여 발광층을 형성하고, 표면 열처리가 끝나게 되면 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 그리고 (d) 단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성하고, 그 후 DC Sputtering 기계를 이용하여 N_2 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 Au를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 그리고 상기 (e) 단계에서 MOS 구조의 자외선 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 기판의 산화막상에 $ZnGa_2O_4$ 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하고, $ZnGa_2O_4$ 격자에 존재하는 GaO_6 결합으로 생성된 트랩 준위에서의 여기 전자와 홀의 재조합으로 인한 UV-A 발광 특성을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0034] 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자의 제조 방법은 (a)Sol-gel 용액을 만드는 단계;(b)기판을 세척하는 단계;(c)만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 절연층 및 발광층을 형성하고 고온 및 환원 분위기에서 어닐링하는 단계;(d) N_2 가스를 이용하여 전극 Au를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;(e) 전압을 상부면과 하부전극에 연결하여 자외선영역을 확인하는 단계;를 포함하여, 발광층으로 $ZnGa_2O_4$ -Gd 제조를 하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 상기 (a)단계에서, (a-1) 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_2H_5OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$)을 넣은 순수한 Ga_2O_3 Sol-gel 혼합용매를 만들고, (a-2) 2-메톡시에탄올에 질산갈륨(II) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트와 가돌륨 나이트레이트를 넣어 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 한다.

[0036] 그리고 (c) 단계에서 기판에 (a-1)에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 절연층을 형성하고, 그 후 기판을 UV Treatment 10분 진행한 후 (a-2)에서 만들어진 혼합 용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 2회 진행하여 발광층을 형성하고, 표면 열처리가 끝나게 되면 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하는 것을 특징으로 한다.

[0037] 그리고 상기 (d) 단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성하고, 그 후 DC Sputtering 기계를 이용하여 N_2 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 Au를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0038] 그리고 상기 (e) 단계에서 MOS 구조의 자외선 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 기판의 산화막상에 $ZnGa_2O_4$:Gd 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하고, $ZnGa_2O_4$ 격자에 존재하는 GaO_6 결합으로 생성된 트랩 준위에서의 여기 전자와 홀의 재조합으로 인한 UV-B 발광 특성을 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0039] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0040] 첫째, UV-A, UV-B 영역에서 발광하는 형광체층과 자외선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 자외선 발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자를 제공한다.

[0041] 둘째, 징크갈륨옥사이드($ZnGa_2O_4$)를 모체로 하여 도핑 없이 또는 희토류(RE)를 도핑시켜 Spin coating 및 고온

열처리 하여 자외선 발광을 효과적으로 구현할 수 있다.

- [0042] 셋째, 환원분위기에서 1200℃/4h 열처리 함으로 GaO₆의 결합에 기인하는 UV-A 및 UV-B 영역의 면발광소자의 제작이 가능하도록 한다.
- [0043] 넷째, 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 이용한 면발광소자로 징크갈륨옥사이드(ZnGa₂O₄)를 사용하여 Breakdown field 이 8MV/cm 를 갖는 특성을 가져 낮은 구동 전압으로 디바이스를 구동 시킬 수 있도록 한다.
- [0044] 다섯째, 전력소비가 적고, 높은 양자 효율을 가지고 있으며, 다양한 방출 스펙트럼을 구현하는 기술을 이용하여 자외선영역에서 발광하는 면발광소자의 제작이 가능하도록 한다.
- [0045] 여섯째, UV-A 영역의 발광은 직접 살균 및 광촉매 조사광으로 사용가능하며, UV-B 영역의 발광은 직접 살균에 사용 가능하도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0046] 도 1은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 단면도
- 도 2는 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트
- 도 3은 도핑 되지 않은 징크갈륨옥사이드의 EL의 발광 스펙트럼
- 도 4는 인가 전압에 따른 EL의 자외선(UV-A, 379nm) 밝기를 나타내는 그래프
- 도 5는 전압-전류 특성 커브 및 전압-밝기 특성 커브
- 도 6은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 단면도
- 도 7는 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트
- 도 8은 Gd 도핑된 징크갈륨옥사이드의 EL의 발광 스펙트럼
- 도 9는 전압-전류 특성 커브 및 전압-밝기 특성 커브
- 도 10a 도 10b는 Cerium 이온을 사용한 징크갈륨옥사이드 소자의 특성을 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0047] 이하, 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0048] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0049] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 기반으로 하고, 기판; 기판과 발광층 사이의 화학적 반응을 막아주는 역할을 하는 반응 억제층;기판의 산화막상에 징크갈륨옥사이드 기반으로 형성되어 발광하는 발광층;기판의 하부에 형성되는 하부 전극층; 및, 발광층 상부에 형성되는 상부 전극층;을 포함한다.
- [0050] 여기서, 반도체 소재는 Si, GaAs, GaN, Ga₂O₃ 을 포함하는 소재들중에서 선택될 수 있고, 이로 제한되지 않는다.
- [0051] 그리고 산화물 소재는 반응 억제층 및 발광층 및 전자주입층 및 전자가속층을 포함할 수 있다.
- [0052] 그리고 상부전극 금속소재는 Au 및 Au-Ni로 발광층 전면 코팅된 구조 또는 패턴 형태로 코팅된 구조 또는 하부전극 금속소재는 기판 후면에 코팅된 구조일 수 있다.
- [0053] 그리고 산화물소재는 전자주입 및 전자가속층으로 SiO_x 및 반응 억제층으로 Ga₂O₃ 및 발광층으로 ZnGa₂O₄를 포함할 수 있다.
- [0054] 그리고 반응 억제층 및 발광층 박막은 sol-gel 용액공정법으로 제조되며, 전자주입 및 전자가속층 형성은 발광층 박막의 결정화 과정 중 자연적으로 형성되는 단일 열처리과정을 포함할 수 있다.

- [0055] 그리고 발광층의 열처리과정은 온도 600 ~ 1400 ℃, 유지시간 30분 ~ 10시간, 환원 분위기 과정을 포함할 수 있고, 이로 제한되지 않는다.
- [0056] 그리고 반응 억제층 및 발광층의 두께는 50 ~ 300 nm, 전자주입 및 전자가속층의 두께는 10 ~ 200 nm 일 수 있고, 이로 제한되지 않는다.
- [0057] 그리고 상부전극 금속소재는 Au 및 Au-Ni는 sputtering 또는 e-beam evaporator를 포함하는 physical 또는 chemical 증착 방법을 포함하며 자외선 영역의 높은 투과율을 특성을 갖는다.
- [0058] 그리고 하부전극 금속소재는 열처리를 통해 반도체 기관 내에서 확산이 되는 물질을 포함하며, Screen printing 법을 포함하는 Physical 증착 방법으로 형성될 수 있다.
- [0059] 그리고 하부전극 금속소재의 열처리 과정은 Rapid Thermal Annealing을 통해 온도 100 ~ 600 ℃, 유지시간 10 초 ~ 5분 과정을 포함할 수 있다.
- [0060] (제 1 실시 예)
- [0061] ZnGa_2O_4 -undoped 제조를 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자를 제조하는 방법은 (a) Sol-gel 용액을 만드는 단계 (b) 기관을 세척하는 단계; (c) 만들어진 Sol-gel 을 이용하여 기관에 절연층 및 형광층을 형성하고 고온 및 환원 분위기에서 어닐링하는 단계; 및 (d) N_2 가스를 이용하여 전극 Au를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하는 단계;(e) 전압을 상부면과 하부전극에 연결하여 자외선영역을 확인하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [0062] (a) 단계에서, (a-1) 모노에탄올아민(MEA, $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)과 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 그리고 아세틸아세톤($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$)을 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(III) 하이드레이트($\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)을 넣은 순수한 Ga_2O_3 Sol-gel 혼합용매를 만들어준다. (a-2) 2-메톡시에탄올에 질산갈륨(III) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트를 넣어 혼합 용매로 만들어준다
- [0063] 이때 자가교반기를 이용하여 50℃/1000rpm 으로 4시간 혼합한다.
- [0064] 상기 (b) 단계에서, 초음파 세척기를 이용하여 실리콘(Si)을 아세톤(Acetone), 증류수(D.I water), IPA(Isopropyl alcohol)로 세척한 후 UV-Treatment 10분 진행한다.
- [0065] 상기 (c) 단계에서 기관에 (a-1)에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 절연층을 형성한다.
- [0066] 그 후 기관을 UV Treatment 10분 진행한 후 (a-2)에서 만들어진 혼합 용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 2회 진행하여 발광층을 형성한다.
- [0067] 이때 표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행한다.
- [0068] 상기 (d) 단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성한다.
- [0069] 그 후 DC Sputtering 기계를 이용하여 N_2 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 Au를 증착시켜 상부 전극층을 형성한다.
- [0070] 아울러, 상기 (d) 단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-1} torr의 저진공상태를 만들고 DC 전압을 인가해 N_2 플라즈마를 형성시킨다.
- [0071] 형성된 플라즈마로 Au 가 증착되며, 이때 저항은 약 20옴 정도이다.
- [0072] 상기 (e) 단계에서 MOS 구조의 자외선 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 기관의 산화막상에 ZnGa_2O_4 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하는데, ZnGa_2O_4 격자에 존재하는 GaO_6 결합으로 생성된 트랩 준위에서의 여기 전자와 홀의 재조합으로 인한 UV-A 발광특성을 갖는다.
- [0073] 실리콘 (Si) 기관은, B(Boron)으로 도핑된 P-type Si Wafer와 As(Arsenide) 로 도핑된 N-type Si Wafer 모두

가능하며, 갈륨아세나이드(GaAs) 기판 또한 가능하다

- [0074] Sol-gel 용액 제조 시 마그네틱 바를 용액에 넣은 후 자기 교반기를 이용하여 50℃/1000rpm 으로 총 4시간 혼합해준다.
- [0075] 어닐링 공정시 10℃/1min 로 온도를 올려 열처리를 진행한다.
- [0076] 예를 들어, 1200℃의 경우 120분 후 1200℃에 도달하고 4시간 동안 열처리가 진행된다.
- [0077] 후면 전극 형성 시 Al paste을 이용하여 실리콘(Si)와 동일한 모양으로 코팅 후 RTA 공정을 실시한다.
- [0078] 상부 전극으로 DC Sputtering 기계를 이용하여 10^{-1} torr의 진공을 잡은 후 DC 전압을 인가하고 HV control을 이용하여 1.5kV의 전압을 인가하여 Au(Gold)를 증착 시켜 전극을 형성이 가능하다. 이때 상부 전극은 20nm 이하이다.
- [0079] 도 1은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 단면도이다.
- [0080] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 도 1 에서와 같이, 기판(20)의 산화막(30)상에 $ZnGa_2O_4$ 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하는 발광층(50)과, 발광층(50)상에 형성되는 상부 전극층(60)과, 기판(20) 하면에 형성되는 하부 전극층(10)을 포함한다.
- [0081] 그리고 발광층(50)과 산화막(30) 사이에 반응 억제층(40)으로 Ga_2O_3 층을 형성하여 Zn_2SiO_4 가 형성되는 것을 막는다.
- [0082] 이와 같은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 형광체는 상부 전극층(60)과 하부 전극층(10)에 교류(AC) 전계 인가 하에 동작하며, 구동 시작전압은 발광층(50) 및 유전체층인 산화막(30)의 두께에 반비례한다.
- [0083] 그리고 상세 발광휘도는 전압 및 주파수에 비례하는 경향이 있다.
- [0084] 상부 전극층(60)은 Au 로 형성되고, 상부 전극층(60)은 자외선 투과도가 높은 전극으로 전기전도도가 높고 광학적으로 투명성이 높아 얇은 막으로 합성이 용이하여 SiO_x 밴드에 트랩되어 있던 전자가 충분한 전하를 받아 전자의 가속으로 전자가 충격 여기되며 상부 전극층(60)을 뚫고 UV-A 빛을 발광 하게 된다.
- [0085] 그리고 발광층(40)을 구성하는 $ZnGa_2O_4$ 는 다음과 같은 특성을 갖는다.
- [0086] 도 2는 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트이다.
- [0087] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-A 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 제조 방법은 두가지 Sol 용액을 준비해야 한다.
- [0088] (1)모노에탄올아민과 아세틸아세톤을 50℃/1000rpm으로 1시간동안 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트를 넣고 50℃/1000rpm에 4시간동안 자기 교반기를 이용해 혼합용매로 만들어 순수한 Ga_2O_3 Sol-gel을 만들어준다.(S201)
- [0089] (2)2-메톡시에탄올에 질산갈륨(II) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트를 넣고 50℃/1000rpm에 4시간 동안 자기 교반기를 이용하여 혼합용매로 만들어준다.(S202)
- [0090] Si Wafer위 제조된 (1)Sol-gel 용액을 도포 후 스핀코팅 (4500rpm, 15초) 진행하고 300℃/15분동안 표면 열처리를 진행하고 동일 방법으로 2회 더 진행하여 총 3겹의 Ga_2O_3 층을 도포한다.(S203)
- [0091] 이후 (2)Sol-gel 용액을 도포 후 스핀코팅공법을 이용하여 4500rpm/15초 진행하고 300℃/15분 동안 표면 열처리를 진행하고 동일한 방법으로 1회 더 진행하여 총 2겹의 발광층을 도포한다.(S204)
- [0092] 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 Crystallized를 진행시킨다.(S205)
- [0093] 그리고 Al 페이스트(paste)를 Si 웨이퍼 하면에 코팅 후 RTA를 이용하여 600℃에서 1분 동안 진행하여 하부 전극층을 형성한다.(S206)
- [0094] 이어 DC sputtering을 이용하여 발광층 위 Au 증착을 하여 상부 전극층을 형성한다.(S207)

[0095] 표 1은 Ga_2O_3 Sol 용액 Recipe이다.

표 1

starting materials	F.W.	mol	weight factor	
Gallium(III) nitrate hydrate($\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)	255.74	0.02	1	5.1148
Ethanol				40
acetyl acetone($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$)	100.13	0.03	1	3.0039
Monoethanolamine(MEA;($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$))	61.08	0.01	1	0.6108

[0096]

[0097] 본 발명의 실시 예에서 순수한 Ga_2O_3 층이 형성되면, 절연 기능을 할 수 있으며, 실리콘 (Si)와 ZnGa_2O_4 가 만나 Zn_2SiO_4 가 만들어지지 않게 하는 억제층 역할을 해준다.

[0098] 표 2는 ZnGa_2O_4 Sol 용액 Recipe이다.

표 2

starting materials	F.W.	mol	weight factor	
Zinc acetate dihydrate($\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2\text{Zn} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	219.5	0.01	1	2.1950
Gallium(III) nitrate hydrate($\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$)	255.74	0.02	1	5.1148
2-methoxyethanol	61.08	0.01	1	0.6108

[0099]

[0100] 도 3 도핑 되지 않은 징크갈륨옥사이드의 EL의 발광 스펙트럼을 나타내는 그래프이다.

[0101] 도 4 인가 전압에 따른 EL의 자외선(UV-A, 379nm) 밝기를 나타내는 그래프이다. 전압이 증가할수록 밝기도 증가하는 것을 보여준다.

[0102] 도 5는 전압-전류 특성 커브 및 전압-밝기 특성 커브를 나타내는 그래프이다.

[0103] (제 2 실시 예)

[0104] ZnGa_2O_4 -Gd 제조를 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자는 (a)Sol-gel 용액을 만드는 단계; (b)기판을 세척하는 단계; (c)만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 절연층 및 발광층을 형성하고 고온 및 환원 분위기에서 어닐링하는 단계; 및 (d) N_2 가스를 이용하여 전극 Au를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계; (e) 전압을 상부면과 하부전극에 연결하여 자외선영역을 확인하는 단계;를 포함한다.

[0105] 상기 (a)단계에서, (a-1) 모노에탄올아민(MEA, $\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$)과 에탄올($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) 그리고 아세틸아세톤($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$)을 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(III) 하이드레이트($\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)을 넣은 순수한 Ga_2O_3 Sol-gel 혼합용매를 만들어준다.

[0106] (a-2) 2-메톡시에탄올에 질산갈륨(III) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트와 가돌륨 나이트레이트를 넣어 혼합 용매로 만들어준다

[0107] 이때 자가교반기를 이용하여 50℃/1000rpm 으로 4시간 혼합한다.

[0108] 상기 (b) 단계에서, 초음파 세척기를 이용하여 실리콘(Si)을 아세톤(Acetone), 증류수(D.I water), IPA(Isopropyl alcohol)로 세척한 후 UV-Treatment 10분 진행한다.

[0109] 상기 (c) 단계에서 기판에 (a-1)에서 만들어진 혼합용매를 스프인코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 절연층을 형성한다.

[0110] 그 후 기판을 UV Treatment 10분 진행한 후 (a-2)에서 만들어진 혼합 용매를 스프인코팅 공법을 이용해

4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 2회 진행하여 발광층을 형성한다.

- [0111] 이때 표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행한다.
- [0112] 상기 (d) 단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성한다.
- [0113] 그 후 DC Sputtering 기계를 이용하여 N₂ 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 Au를 증착시켜 상부 전극층을 형성한다.
- [0114] 아울러, 상기 (d) 단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10⁻¹ torr의 저진공상태를 만들고 DC 전압을 인가해 N₂ 플라즈마를 형성시킨다.
- [0115] 형성된 플라즈마로 Au 가 증착되며, 이때 저항은 약 20옴 정도이다.
- [0116] 상기 (e) 단계에서 MOS 구조의 자외선 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 기판의 산화막상에 ZnGa₂O₄:Gd 으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하는데, ZnGa₂O₄ 격자에 존재하는 GaO₆ 결함으로 생성된 트랩 준위에서의 여기 전자와 홀의 재조합으로 인한 UV-B 발광특성을 갖는다.
- [0117] 실리콘(Si) 기판은, B(Boron) 으로 도핑된 P-type Si Wafer와 As(Arsenide) 로 도핑된 N-type Si Wafer 모두 가능하며, 갈륨아세나이드(GaAs) 기판 또한 가능하다
- [0118] Sol-gel 용액 제조 시 마그네틱 바를 용액에 넣은 후 자기 교반기를 이용하여 50℃/1000rpm 으로 총 4시간 혼합해준다.
- [0119] 어닐링 공정시 10℃/1min 로 온도를 올려 열처리를 진행한다.
- [0120] 예를 들어, 1200℃의 경우 120분 후 1200℃에 도달하고 4시간 동안 열처리가 진행된다.
- [0121] 후면 전극 형성 시 Al paste을 이용하여 실리콘 (Si)와 동일한 모양으로 코팅 후 RTA 공정을 실시한다.
- [0122] 상부 전극으로 DC Sputtering 기계를 이용하여 10⁻¹ torr의 진공을 잡은 후 DC 전압을 인가하고 HV control을 이용하여 1.5kV의 전압을 인가하여 Au(Gold) 를 증착시켜 전극을 형성이 가능하다. 이때 상부 전극은 20옴 이하이다.
- [0123] 도 6은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 단면도이다.
- [0124] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 도 6 에서와 같이, 기판(21)의 산화막(31)상에 ZnGa₂O₄:Gd으로 형성되어 무기전계발광을 이용하여 발광하는 발광층(51)과, 발광층(51)상에 형성되는 상부 전극층(61)과, 기판(21) 하면에 형성되는 하부 전극층(11)을 포함한다.
- [0125] 그리고 발광층(51)과 산화막(31) 사이에 반응 억제층(41)으로 Ga₂O₃층을 형성하여 Zn₂SiO₄:Gd 가 형성되는 것을 막는다.
- [0126] 이와 같은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자는 상부 전극층(61)과 하부 전극층(11)에 교류(AC) 전계 인가 하에 동작하며, 구동 시작전압은 발광층(51) 및 절연층인 산화막(31)의 두께에 반비례한다.
- [0127] 그리고 상세 발광휘도는 전압 및 주파수에 비례하는 경향이 있다.
- [0128] 상부 전극층(61)은 Au로 형성되고, 상부 전극층(61)은 자외선 투과도가 높은 전극으로 전기전도도가 높고 광학적으로 투명성이 높아 얇은 막으로 합성이 용이하여 SiO_x 밴드에 트랩되어 있던 전자가 충분한 전하를 받아 전자의 가속으로 전자가 충격 여기되며 상부 전극층(61)을 뚫고 UV-B 빛을 발광 하게 된다.
- [0129] 그리고 발광층(41)을 구성하는 ZnGa₂O₄:Gd 는 다음과 같은 특성을 갖는다.
- [0130] 도 7는 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우

차트이다.

- [0131] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 UV-B 발광 징크갈륨옥사이드 소자의 제조 방법은 두가지 Sol 용액을 준비해야 한다.
- [0132] (1)모노에탄올아민과 아세틸아세톤을 50℃/1000rpm으로 1시간동안 용해시키고 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트를 넣고 50℃/1000rpm에 4시간동안 자기 교반기를 이용해 혼합용매로 만들어 순수한 Ga₂O₃ Sol-gel을 만들어준다.(S701)
- [0133] (2)2-메톡시에탄올에 질산갈륨(II) 하이드레이트와 징크 아세테이트 테트라하이드레이트와 가돌륨 나이트레이트 넣고 50℃/1000rpm에 4시간 동안 자기 교반기를 이용하여 혼합용매로 만들어준다.(S702)
- [0134] Si Wafer위 제조된 (1)Sol-gel 용액을 도포 후 스핀코팅(4500rpm, 15초) 진행하고 300℃/15분동안 표면 열처리를 진행하고 동일 방법으로 2회 더 진행하여 총 3겹의 Ga₂O₃ 층을 도포한다.(S703)
- [0135] 이후 (2)Sol-gel 용액을 도포 후 스핀코팅공법을 이용하여 4500rpm/15초 진행하고 300℃/15분 동안 표면 열처리를 진행하고 동일한 방법으로 1회 더 진행하여 총 2겹의 발광층을 도포한다.(S704)
- [0136] 환원 분위기에서 1200℃/4h 동안 열처리를 진행하여 발광층의 Crystallized를 진행시킨다.(S705)
- [0137] 그리고 Al 페이스트(paste)를 Si 웨이퍼 하면에 코팅 후 RTA를 이용하여 600℃에서 1분 동안 진행하여 하부 전극층을 형성한다.(S706)
- [0138] 이어 DC sputtering을 이용하여 발광층 위 Au 증착을 하여 상부 전극층을 형성한다.(S707)
- [0139] 표 3은 Ga₂O₃ Sol 용액 Recipe이다.

표 3

starting materials	F.W.	mol	weight factor	
Gallium(III) nitrate hydrate(Ga(NO ₃) ₃ · xH ₂ O)	255.74	0.02	1	5.1148
Ethanol				40
acetyl acetone(C ₅ H ₈ O ₂)	100.13	0.03	1	3.0039
Monoethanolamine(MEA;(H ₂ NCH ₂ CH ₂ OH)	61.08	0.01	1	0.6108

- [0140]
- [0141] 본 발명의 실시 예에서 순수한 Ga₂O₃ 층이 형성되면, 절연 기능을 할 수 있으며, 실리콘 (Si)와 ZnGa₂O₄:Gd가 만나 Zn₂SiO₄:Gd 가 만들어지지 않게 하는 억제층 역할을 해준다.
- [0142] 표 4는 ZnGa₂O₄:Gd Sol 용액 Recipe이다.

표 4

starting materials	F.W.	mol	weight factor	
Zinc acetate dihydrate(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ Zn·2H ₂ O)	219.5	0.01	1	2.1950
Gadolinium Nitrate	451.36	0.0001	1	0.0451
Gallium(III) nitrate hydrate(Ga(NO ₃) ₃ · xH ₂ O)	255.74	0.02	1	5.1148
2-methoxyethanol	61.08	0.01	1	0.6108

- [0143]
- [0144] 가돌륨 나이트레이트의 농도는 갈륨 나이트레이트 하이드레이트의 몰수 대비 0.001%~10% 에서 최적인 0.5%로 진행한다.
- [0145] 도 8 Gd 도핑 된 징크갈륨옥사이드의 EL의 발광 스펙트럼 UV-B(317nm)를 나타내는 그래프이다.
- [0146] 도 9는 전압-전류 특성 커브 및 전압 -밝기 특성 커브를 나타내는 그래프이다

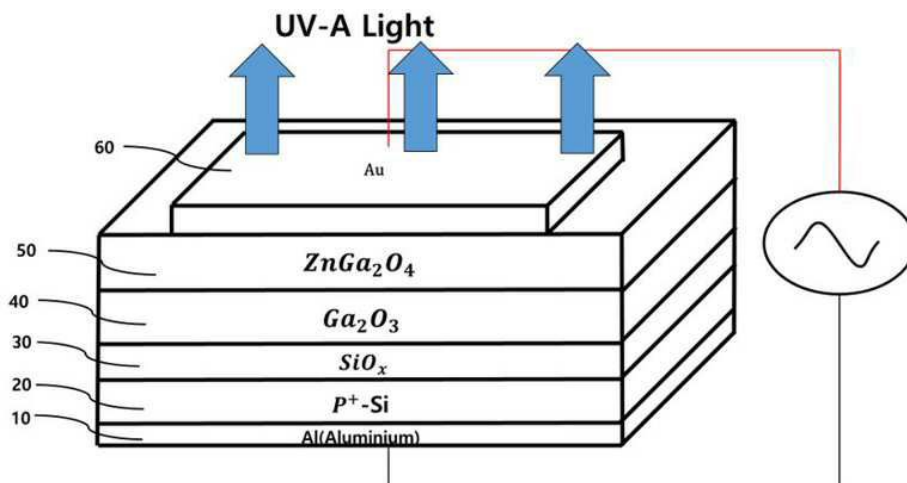
- [0147] 도 10a 도10b 는 Cerium 이온을 사용한 징크갈륨옥사이드 소자의 특성을 나타낸 그래프이다.
- [0148] 징크갈륨옥사이드에 희토류(RE) 도핑하여 광검출기 및 광촉매, UV살균 같은 광전자 응용분야에 접목하며, 이는 높은 양자 효율뿐만 아니라 희토류(RE)를 이용한 다양한 방출 스펙트럼을 구사한다.
- [0149] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 자외선 면발광 소자 및 이의 제조 방법은 UV-A, UV-B 영역에서 발광하는 형광체층과 자외선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 자외선발광을 구현하는 것이다.
- [0150] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0151] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구 범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

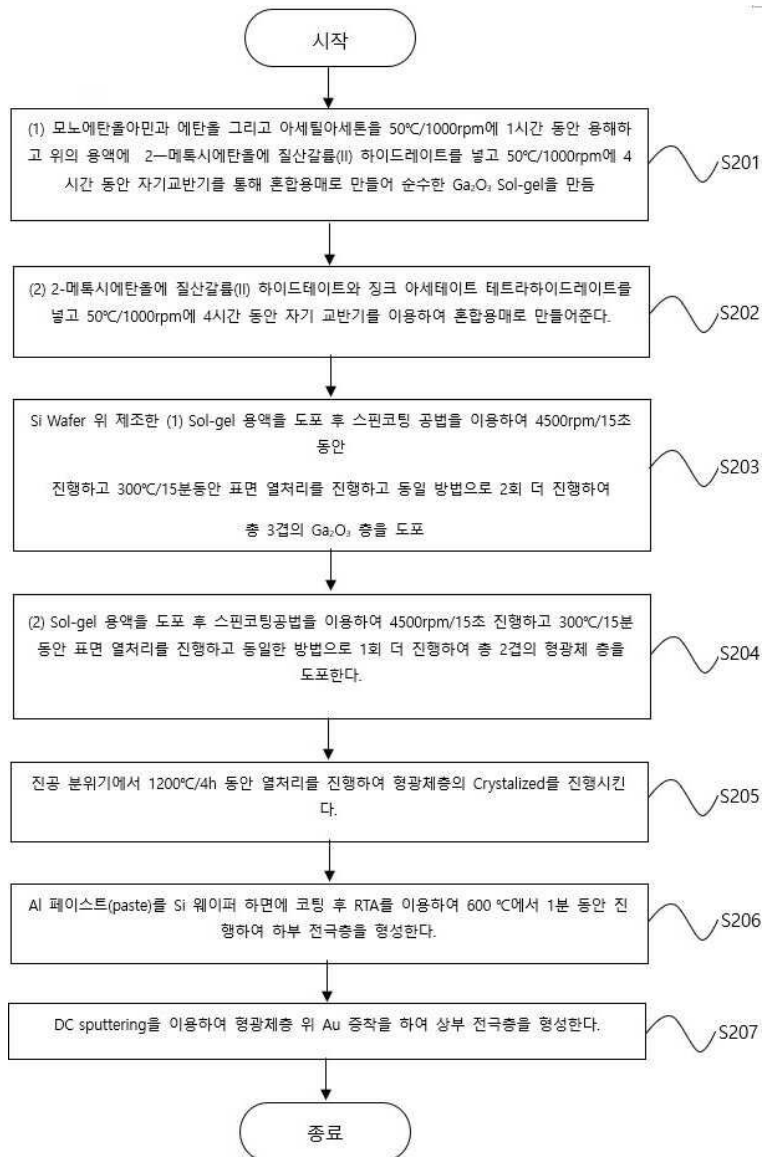
- [0152]
- | | |
|------------|------------|
| 10. 하부 전극층 | 20. 기판 |
| 30. 산화막층 | 40. 반응 억제층 |
| 50. 발광층 | 60. 상부 전극층 |

도면

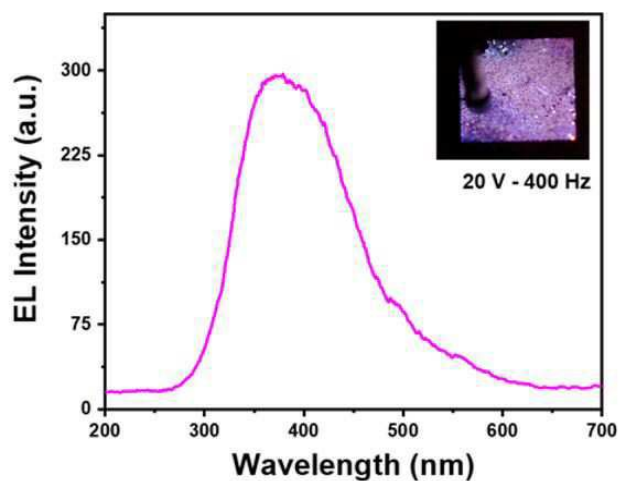
도면1



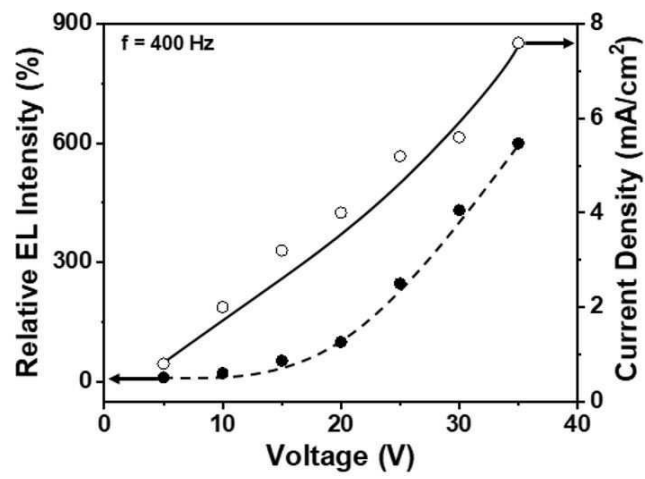
도면2



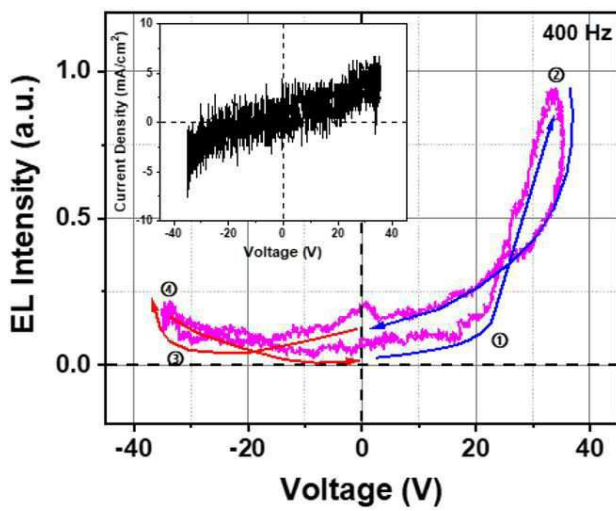
도면3



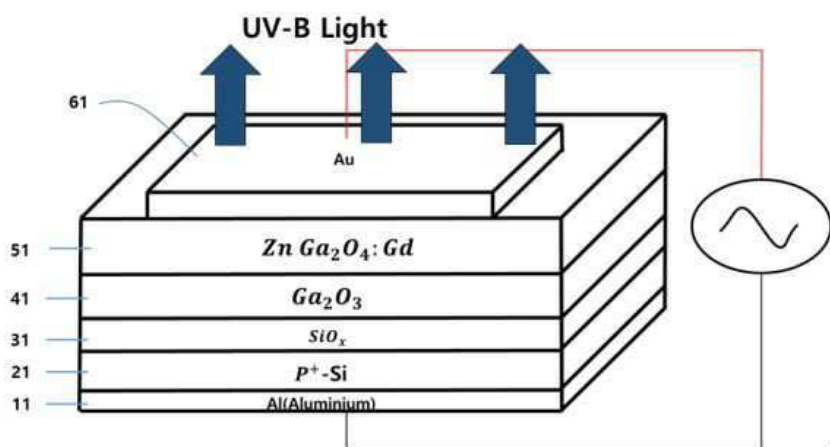
도면4



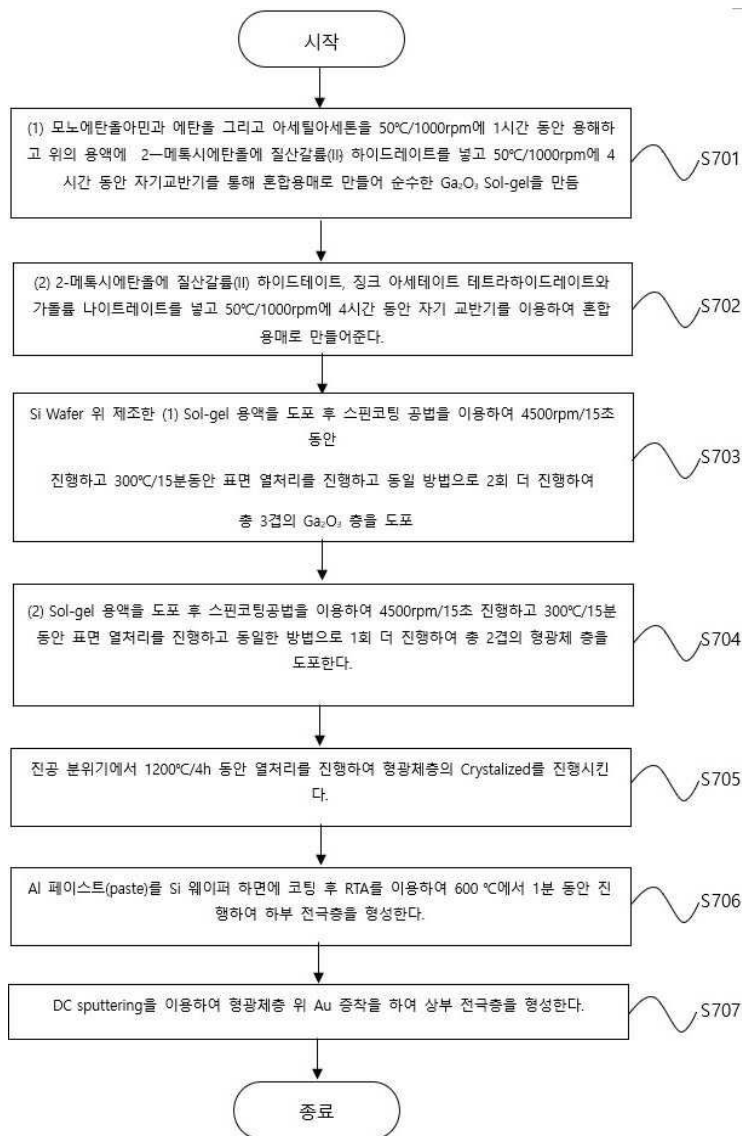
도면5



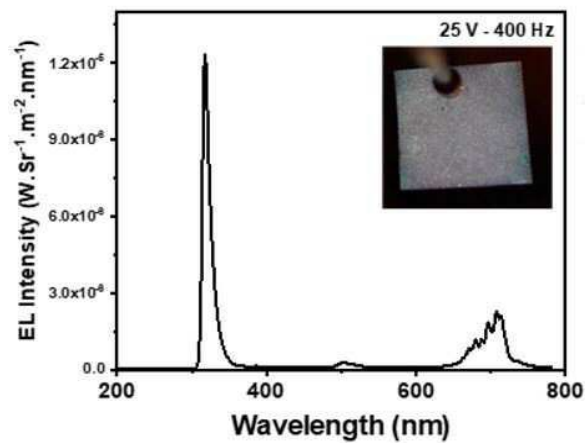
도면6



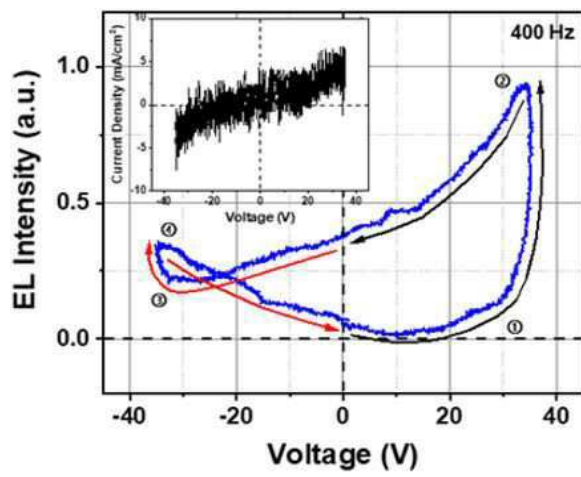
도면7



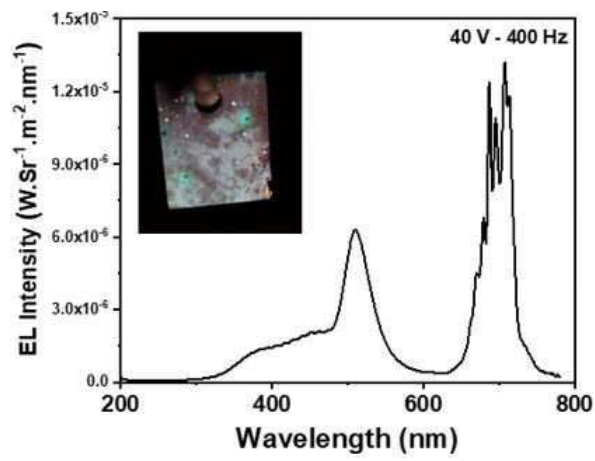
도면8



도면9



도면10a



도면10b

