(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0127679
(43) 공개일자 2023년09월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/26 (2010.01) *C09K 11/77* (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 11/7728 (2021.01)
(21) 출원번호 10-2022-0025245
(22) 출원일자 2022년02월25일
심사청구일자 2022년02월25일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 용소로 45, 부경대학교내 (대연동)
(72) 발명자
김종수
부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스 B21 가온관 903호
박재홍
부산광역시 남구 용소로 45 부경대학교대연캠퍼스 B21 가온관 903호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

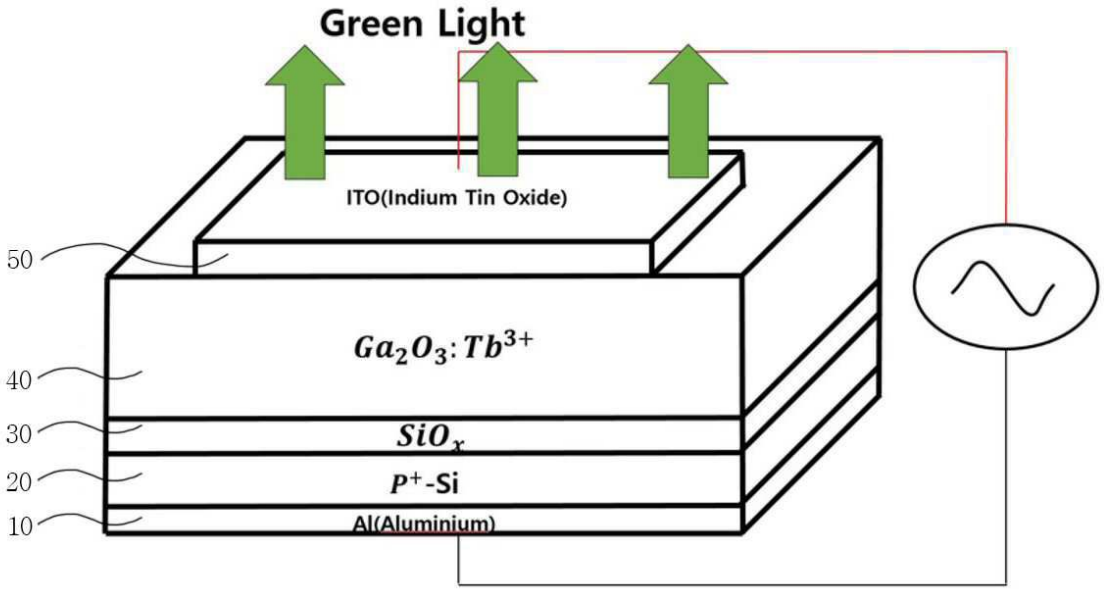
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 **저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 금속-산화물-반도체(MOS) 구조 기반 가시광선 발광소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 자외선 영역에서 발광하는 발광층과 가시광선을 투과할 수 있는 전극층이 적용되며 Si웨이퍼 상 가시광선 발광 Ga_2O_3 박막소재를 간단한 용액공정법 형성, 저전압 MOS구조 면발광 가시광선 소자 구현 및 그 제조방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C09K 11/7743 (2013.01)
H01L 21/02554 (2013.01)
H01L 33/005 (2013.01)
H01L 33/16 (2013.01)
(72) 발명자
백경도
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
류종호
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

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판;

상기 기판의 산화막상에 형성되어 전계발광을 이용하여 면발광하는 발광층;

발광층상에 형성되는 상부 전극층;

기판 하면에 형성되는 하부 전극층;을 포함하는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 기반으로 하여 저전압 가시광선 면발광을 하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 반도체 소재는 Si, GaAs, GaN, Ga_2O_3의 어느 하나 이상을 선택적으로 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 산화물소재는 발광층 및 전자주입층 및 전자가속층을 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서, 산화물소재는 전자주입 및 전자가속층으로 SiOx 및 발광층으로 Ga_2O_3를 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서, 발광층 박막은 sol-gel 용액공정법으로 제조되며,

전자주입 및 전자가속층은 발광층 박막의 결정화 과정 중 자연적으로 형성되는 단일 열처리과정으로 형성되는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 열처리과정은 Rapid Thermal Annealling을 사용하여 온도 600 ~ 1400 ℃, 유지시간 10초 ~ 5분, 공기 중 과정을 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 7

제 4 항에 있어서, 발광층의 두께는 50 ~ 300 nm, 전자주입 및 전자가속층의 두께는 10 ~ 200 nm 인 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 8

제 1 항에 있어서, 금속소재는 Au 및 ITO로 발광층 전면에 코팅된 구조 또는 패턴형태로 코팅된 구조인 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서, 하부전극층 형성시 기판 내에 확산시킬 수 있는 금속 물질을 Rapid Thermal Annealing으로 온도 100 ℃ ~ 600 ℃, 유지시간 10sec~5min의 조건으로 확산시키는 공정으로 형성하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 10

제 1 항에 있어서, 발광층은 산화막상에 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 으로 형성되어,

산화막 밴드에 트랩되어 있던 전자가 전하를 받아 전자의 가속으로 Tb^{3+} 전자가 충격 여기되며 상부 전극층을 뚫고 녹색 빛을 발광하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 11

제 1 항에 있어서, 발광층은 산화막상에 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 으로 형성되어,

산화막 밴드에 트랩되어 있던 전자가 전하를 받아 전자의 가속으로 Eu^{3+} 전자가 충격 여기되며 상부 전극층을 뚫고 적색 빛을 발광하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자.

청구항 12

발광층으로 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 제조를 위하여,

(a)Sol-gel 용액을 만드는 단계;

(b)기판을 세척하는 단계;

(c)만들어진 Sol-gel 을 이용하여 기판에 발광층을 형성하고 고온에서 어닐링하는 단계;

(d)Ar을 이용하여 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;

(e)전압을 상부과 후면전극에 연결하여 녹색(Green)영역을 확인하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서, 상기 (a)단계에서,

모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 터븀 아세테이트 하이드레이트($Tb(CH_3)_3 \cdot H2_2O$를 넣고 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서, 상기 (c)단계에서 기판 위에 (a) 단계에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 발광층을 형성하고,

표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서, 상기 (c)단계 이후 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하고,

(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 RF Magnertron Sputtering 기계를 이용하여 Ar 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 ITO(Indium Tin Oxide)를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 (d)단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-3} torr의 저진공상태를 만들고 Diffusion

pump를 이용하여 10^{-6} torr의 고진공상태를 만든다. 이후 Ar 가스를 주입하여 5.5 X 10^{-3}torr 에서 AC 전압을 인가해 Ar 플라즈마를 형성시키고, 형성된 플라즈마로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착되는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 17

제 12 항에 있어서, 상기 (e)단계에서 산화막상에 발광층이 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 발광하고,

Tb^{3+}는 충격 여기(Effective activator)를 위한 원자 크기를 가지고, $^5D_4 \rightarrow {}^7F_6$(파란색: 490nm), $^5D_4 \rightarrow {}^7F_5$(녹색: 545nm), $^5D_4 \rightarrow {}^7F_4$(노란색: 580nm), $^5D_4 \rightarrow {}^7F_6$(빨간색: 620nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 18

발광층으로 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 제조를 위하여,

(a)Sol-gel 용액을 만드는 단계;

(b)기판을 세척하는 단계;

(c)만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 발광층을 형성하고 고온에서 어닐링하는 단계;

(d)Ar을 이용하여 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;

(e)전압을 상부과 후면전극에 연결하여 적색(Red)영역을 확인하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서, 상기 (a)단계에서,

모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 유로피움 나이트레이트 펜타하이드레이트 ($Eu(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$)를 넣고 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 20

제 18 항에 있어서, (c)단계에서 기판 위에 (a) 단계에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 발광층을 형성하고,

표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 21

제 18 항에 있어서, 상기 (c)단계 이후 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하고,

(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 RF Magnertron Sputtering 기계를 이용하여 Ar 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 ITO(Indium Tin Oxide)를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 (d)단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-3} torr의 저진공상태를 만들고 Diffusion pump를 이용하여 10^{-6} torr의 고진공상태를 만든다. 이후 Ar 가스를 주입하여 5.5 X 10^{-3}torr 에서 AC 전압을 인가해 Ar 플라즈마를 형성시키고, 형성된 플라즈마로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착되는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

청구항 23

제 18 항에 있어서, 상기 (e)단계에서 산화막상에 발광층이 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 발광하고,

Eu^{3+}는 충격 여기(Effective activator)를 위한 원자 크기를 가지고, $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ (590nm), $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$(613nm), $^5D_0 \rightarrow {}^7F_3$(650nm), $^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$(700nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는 것을 특징으로 하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 가시광선영역에 속해있는 색을 발광하는 발광층과 발광하는 빛을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 다양한 희토류(RE)로 활성화된 Ga_2O_3는 양자 효율은 물론 다양한 방출 색상으로 인해 광발광(PL) 및 전계발광(EL) 소자의 발광 물질로 연구되어 왔다.

[0003] 더하여 Ga_2O_3 모체는 넓은 밴드 갭(4.7~4.9eV), 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] REs 기반 Ga_2O_3 중에서 Eu^{3+} 도핑 된 Ga_2O_3가 최대 휘도 1,000 cd/m^2 으로 가장 유망한 후보이다.

[0006] 또한, Mn^{2+}(녹색, 505nm), Ni^{2+}(적외선, 1200nm), Sn^{4+}(노란색, 580nm), Cr^{3+}(적색, 680nm) 와 같은 여러 전이 금속들이 있다.

[0007] 또한, 도핑 되지 않은 Ga_2O_3는 밴드 간 전이 및 산소 공공에 기인하는 자체 활성화 또는 내재적 음극 발광 방출이 보고되었지만 EL에 대한 보고는 없다.

[0008] 현재까지 EL 용도의 Tb^{3+} 도핑에 대한 보고는 없지만, REs 그룹 중 가장 큰 이온 크기로 인해 ZnS 기반 EL소자에서 효과적인 활성제로 알려져있다.

[0009] 이는 $^5D_4 \rightarrow {}^7F_6$(파란색: 490nm), $^5D_4 \rightarrow {}^7F_5$(녹색: 545nm), $^5D_4 \rightarrow {}^7F_4$(노란색: 580nm), $^5D_4 \rightarrow {}^7F_6$(빨간색: 620nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0010] 따라서, 갈륨옥사이드(Ga_2O_3)를 이용한 전력소비가 적고, 열적-화학적 안정성을 가지며 다양한 방출 스펙트럼을 구현하는 새로운 기술의 가시광선영역에서 발광하는 저전압 MOS구조 가시광선 면발광소자개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2018-0127187호

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

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 종래 기술의 면발광소자의 문제점을 해결하기 위한 것으로, 가시광선영역에 있는 색을 발광하는 발광층과 가시광선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 발광을 구현하는 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0013] 본 발명은 갈륨옥사이드에 희토류(RE)를 도핑하여 광검출기 및 디스플레이와 같은 광전자 응용분야에 접목하여 높은 양자 효율뿐만 아니라 희토류(RE)를 이용한 다양한 방출 스펙트럼을 구현할 수 있도록 한 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0014] 본 발명은 RE(희토류) 중 큰 원자 크기를 가져 MOS EL 소자에 최적의 조건을 갖는 희토류(RE) 중 Tb^{3+} 이온과 Eu^{3+} 이온을 대표적인 예로 사용하여 충격 여기(Effective activator)에 가장 효과적인 원자 크기(단면적)을 갖도록 한 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0015] 본 발명은 희토류 또는 전이금속이 도핑된 갈륨옥사이드의 전계발광을 이용하여 발광하는 소자를 구현하여 금속-산화물 반도체(MOS) EL 구조가 낮은 전류 밀도에서 작동하고, 장치의 전력소비가 적은 우수한 특성을 갖도록 한 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0016] 본 발명은 전계발광으로 가시광선영역을 면발광시키며 얇고 구동전압이 낮은 발광소자를 용이한 공정으로 구현하여 고내구성과 유연성을 가지는 대면적화에 유리한 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0017] 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

[0018] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자는 기판;상기 기판의 산화막상에 형성되어 전계발광을 이용하여 면발광하는 발광층;발광층상에 형성되는 상부 전극층;기판 하면에 형성되는 하부 전극층;을 포함하는 금속-산화물-반도체(MOS) 구조를 기반으로 하여 저전압 가시광선 면발광을 하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 여기서, 반도체 소재는 Si, GaAs, GaN, Ga_2O_3의 어느 하나 이상을 선택적으로 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 그리고 산화물소재는 발광층 및 전자주입층 및 전자가속층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0021] 그리고 산화물소재는 전자주입 및 전자가속층으로 SiOx 및 발광층으로 Ga_2O_3를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0022] 그리고 발광층 박막은 sol-gel 용액공정법으로 제조되며, 전자주입 및 전자가속층은 발광층 박막의 결정화 과정 중 자연적으로 형성되는 단일 열처리과정으로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0023] 그리고 열처리과정은 Rapid Thermal Annealling을 사용하여 온도 600 ~ 1400 ℃, 유지시간 10초 ~ 5분, 공기 중 과정을 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0024] 그리고 발광층의 두께는 50 ~ 300 nm, 전자주입 및 전자가속층의 두께는 10 ~ 200 nm 인 것을 특징으로 한다.

[0025] 그리고 금속소재는 Au 및 ITO로 발광층 전면에 코팅된 구조 또는 패턴형태로 코팅된 구조인 것을 특징으로 한다.

[0026] 그리고 하부전극층 형성시 기판 내에 확산시킬 수 있는 금속 물질을 Rapid Thermal Annealing으로 온도 100 ℃ ~ 600 ℃, 유지시간 10sec~5min의 조건으로 확산시키는 공정으로 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0027] 그리고 발광층은 산화막상에 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 으로 형성되어, 산화막 밴드에 트랩되어 있던 전자가 전하를 받아 전자의 가속으로 Tb^{3+} 전자가 충격 여기되며 상부 전극층을 뚫고 녹색 빛을 발광하는 것을 특징으로 한다.

[0028] 그리고 발광층은 산화막상에 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 으로 형성되어, 산화막 밴드에 트랩되어 있던 전자가 전하를 받아 전자의 가속으로 Eu^{3+} 전자가 충격 여기되며 상부 전극층을 뚫고 적색 빛을 발광하는 것을 특징으로 한다.

[0029] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법은 발광층으로 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 제조를 위하여, (a)Sol-gel 용액을 만드는 단계;(b)기판을 세척하는 단계;(c)만들어진 Sol-gel 을 이용하여 기판에 발광층을 형성하고 고온에서 어닐링하는 단계;(d)Ar을 이용하여 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;(e)전압을 상부과 후면전극에 연결하여 녹색(Green)영역을 확인하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0030] 여기서, 상기 (a)단계에서, 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 터븀 아세테이트 하이드레이트($Tb(CH_3)_3 \cdot H2_2O$를 넣고 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 한다.

[0031] 그리고 상기 (c)단계에서 기판 위에 (a) 단계에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 발광층을 형성하고, 표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하는 것을 특징으로 한다.

[0032] 그리고 상기 (c)단계 이후 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하고, (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 RF Magnertron Sputtering 기계를 이용하여 Ar 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 ITO(Indium Tin Oxide)를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0033] 그리고 상기 (d)단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-3} torr의 저진공상태를 만들고 Diffusion pump를 이용하여 10^{-6} torr의 고진공상태를 만든다. 이후 Ar 가스를 주입하여 5.5 X 10^{-3}torr 에서 AC 전압을 인가해 Ar 플라즈마를 형성시키고, 형성된 플라즈마로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착되는 것을 특징으로 한다.

[0034] 그리고 상기 (e)단계에서 산화막상에 발광층이 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 발광하고, Tb^{3+}는 충격 여기(Effective activator)를 위한 원자 크기를 가지고, $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$(파란색: 490nm), $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$(녹색: 545nm), $^5D_4 \rightarrow ^7F_4$(노란색: 580nm), $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$(빨간색: 620nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는 것을 특징으로 한다.

[0035] 또 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법은 발광층으로 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 제조를 위하여, (a)Sol-gel 용액을 만드는 단계;(b)기판을 세척하는 단계;(c)만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 발광층을 형성하고 고온에서 어닐링하는 단계;(d)Ar을 이용하여 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;(e)전압을 상부과 후면전극에 연결하여 적색(Red)영역을 확인하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0036] 그리고 상기 (a)단계에서, 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 유로피움 나이트레이트 펜타하이드레이트 ($Eu(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$)를 넣고 혼합 용매로 만드는 것을 특징으로 한다.

[0037] 그리고 (c)단계에서 기판 위에 (a) 단계에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 발광층을 형성하고, 표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하는 것을 특징으로 한다.

[0038] 그리고 상기 (c)단계 이후 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행하고, (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 RF Magnertron Sputtering 기계를 이용하여 Ar 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 ITO(Indium Tin Oxide)를 증착시켜 상부 전극층을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0039] 그리고 상기 (d)단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-3} torr의 저진공상태를 만들고 Diffusion pump를 이용하여 10^{-6} torr의 고진공상태를 만든다. 이후 Ar 가스를 주입하여 5.5 X 10^{-3}torr 에서 AC 전압을 인가해 Ar 플라즈마를 형성시키고, 형성된 플라즈마로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착되는 것을 특징으로 한다.

[0040] 그리고 상기 (e)단계에서 산화막상에 발광층이 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 발광하고, Eu^{3+}는 충격 여기(Effective activator)를 위한 원자 크기를 가지고, $^5D_0 \rightarrow {}^7F_1$ (590nm), $^5D_0 \rightarrow {}^7F_2$(613nm), $^5D_0 \rightarrow {}^7F_3$(650nm), $^5D_0 \rightarrow {}^7F_4$(700nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0041] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0042] 첫째, 가시광선영역에서 발광하는 발광층과 가시광선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 가시광선발광을 구현할 수 있다.

[0043] 둘째, 갈륨옥사이드에 희토류(RE)를 도핑하여 광검출기 및 디스플레이와 같은 광전자 응용분야에 접목하여 높은 양자 효율뿐만 아니라 희토류(RE)를 이용한 다양한 방출 스펙트럼을 구현할 수 있도록 한다.

[0044] 셋째, 본 발명에서는 RE(희토류) 중 큰 원자 크기를 가져 MOS EL 소자에 최적의 조건을 갖는 희토류(RE) 중 Tb^{3+} 이온과 Eu^{3+} 이온을 대표적인 예로 사용하여 충격 여기(Effective activator)에 가장 효과적인 원자 크기(단면적)을 갖도록 한다.

[0045] 넷째, 대표적인 예로 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 와 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 의 전계발광을 이용하여 발광하는 소자를 구현하여 금속-산화물 반도체(MOS) EL 구조가 낮은 전류 밀도에서 작동하고, 장치의 전력소비가 적은 우수한 특성을 갖도록 한다.

[0046] 다섯째, 전계발광으로 가시광선영역을 발광시키며 얇고 구동전압이 낮은 발광소자를 용이한 공정으로 구현하여 고내구성과 유연성을 가지는 대면적화에 유리한 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0047] 도 1은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 녹색 면발광소자의 구조 단면도

도 2는 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 녹색 면발광소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트

도 3은 농도별 EL과 PL의 녹색(Green, 543nm) 발광정도를 나타내는 그래프

도 4a와 도 4b는 인가 전압에 따른 밝기 및 전류 특성, 주파수에 따른 밝기 그래프

도 5a내지 도 5c는 스펙트럼 분석, 전압-전류 특성 커브, 시간에 따른 EL Intensity 변화를 나타낸 그래프

도 6은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 적색 면발광소자의 구조 단면도

도 7는 본 발명에 따른 저전압 저전압 MOS 구조 적색 면발광소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트

도 8은 EL 발광 스펙트럼

도 9는 전압-전류 특성 커브

도 10은 다른 이온을 사용한 갈륨옥사이드 소자의 특성을 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0048] 이하, 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0049] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.

[0050] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자 및 이의 제조 방법은 가시광선영역에서 발광하는 발광층과 가시광선을 투과할 수 있는 전극층을 적용하여 효과적인 가시광선발광을 구현할 수 있도록 한 것이다.

[0051] 이를 위하여, 본 발명은 갈륨옥사이드에 희토류(RE)를 도핑하여 광검출기 및 디스플레이와 같은 광전자 응용분야에 접목하여 높은 양자 효율뿐만 아니라 희토류(RE)를 이용한 다양한 방출 스펙트럼을 구현할 수 있도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0052] 본 발명은 RE(희토류) 중 큰 원자 크기를 가져 MOS EL 소자에 최적의 조건을 갖는 희토류(RE) 중 Tb^{3+} 이온과 Eu^{3+} 이온을 대표적인 예로 사용하여 충격 여기(Effective activator)에 가장 효과적인 원자 크기(단면적)을 갖도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0053] 본 발명은 대표적인 예로 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 와 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 의 전계발광을 이용하여 발광하는 소자를 구현하여 금속-산화물 반도체(MOS) EL 구조가 낮은 전류 밀도에서 작동하고, 장치의 전력소비가 적은 우수한 특성을 갖도록 하는 구성을 포함할 수 있다.

[0054] 본 발명에서는 넓은 밴드갭을 가지는 소자를 이용하며, 차세대 반도체로 경제적, 안정성, 다양성 부분에서 뛰어난 금속-산화물-반도체 구조에 기반한 전계발광소자를 구현한다.

[0055] 갈륨옥사이드(Ga_2O_3)의 에너지 밴드갭은 4.7 ~ 4.9 eV이며, 소자의 구동 전압이 낮아 디바이스의 수명이 긴 특성을 가지고 있다. 갈륨옥사이드(Ga_2O_3)를 활성제로 하여 희토류(RE)를 도핑 시켜 Spin coating, PVD, CVD로 증착 및 Rapid Thermal Annealing을 통해 결정화하여 가시광선영역에서 발광하는 전계발광소자의 제작이 가능하도록 한다.

[0056] 본 발명은 금속-산화물-반도체(MOS) 구조 기반 저전압 가시광선 면발광 소자에 관한 것으로, 반도체 소재는 Si, GaAs, GaN, Ga_2O_3을 포함할 수 있다.

[0057] 산화물소재는 발광층 및 전자주입층 및 전자가속층을 포함할 수 있다.

[0058] 금속소재는 Au 및 ITO로 발광층 전면에 코팅된 구조 및 패턴형태로 코팅된 구조일 수 있고, 금속소재로 기판 하면에 코팅되어 하부전극층을 형성하는 구조를 포함할 수 있다.

[0059] 산화물소재는 전자주입 및 전자가속층으로 SiOx 및 발광층으로 Ga_2O_3를 포함할 수 있다.

[0060] 여기서, 발광층 박막은 sol-gel 용액공정법으로 제조되며 전자주입 및 전자가속층은 발광층 박막의 결정화 과정 중 자연적으로 형성되는 단일 열처리과정을 포함할 수 있다.

[0061] 열처리과정은 Rapid Thermal Annealling을 사용하여 온도 600 ~ 1400 ℃, 유지시간 10초 ~ 5분, 공기 중 과정을 포함할 수 있다.

[0062] 그리고 발광층의 두께는 50 ~ 300 nm, 전자주입 및 전자가속층의 두께는 10 ~ 200 nm 일 수 있다.

[0063] 그리고 금속소재는 sputtering 및 e-beam evaporator를 포함하는 physical 및 chemical 증착 방법을 포함하며 발광층 상단에 전면증착 및 패턴화된 구조로 증착된 것이다.

[0064] 그리고 하부전극층 형성시 기판 내에 확산시킬 수 있는 금속 물질을 Rapid Thermal Annealing으로 온도 100 ℃ ~ 600 ℃, 유지시간 10sec~5min 중 최적의 조건으로 확산시키는 공정을 포함할 수 있다.

[0065] (제 1 실시 예)

[0066] $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 제조를 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법은 (a)Sol-gel 용액을 만드는 단계; (b)기판을 세척하는 단계; (c)만들어진 Sol-gel 을 이용하여 기판에 발광층을 형성하고 고온에서 어닐링하는 단계; 및 (d)Ar을 이용하여 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여

후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;(e)전압을 상부과 후면전극에 연결하여 녹색(Green)영역을 확인하는 단계;를 포함한다.

[0067] 여기서, 상기 기판은 실리콘 (Si)를 이용한다.

[0068] 상기 (a)단계에서, 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 터븀 아세테이트 하이드레이트($Tb(CH_3)_3 \cdot H2_20$를 넣고 혼합 용매로 만들어 준다.

[0069] 이때 자가교반기를 이용하여 50℃/1000rpm 으로 2시간 혼합한다.

[0070] 상기 (b)단계에서, 초음파 세척기를 이용하여 실리콘(Si)을 아세톤(Acetone), 증류수(D.I water), IPA(Isopropyl alcohol)로 세척하고, UV-Treatment를 10분 진행한다.

[0071] 상기 (c)단계에서 기판 위에 (a) 단계에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 발광층을 형성하는 것을 특징으로 한다.

[0072] 이때 표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행한다.

[0073] 상기 (c)단계 이후 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행한다.

[0074] 상기 (d)단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성한다.

[0075] 그 후 RF Magnertron Sputtering 기계를 이용하여 Ar 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 ITO(Indium Tin Oxide)를 증착시켜 상부 전극층을 형성한다.

[0076] 아울러, 상기 (d)단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-3} torr의 저진공상태를 만들고 Diffusion pump를 이용하여 10^{-6} torr의 고진공상태를 만든다. 이후 Ar 가스를 주입하여 5.5 X 10^{-3}torr 에서 AC 전압을 인가해 Ar 플라즈마를 형성시킨다.

[0077] 형성된 플라즈마로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착되며, 이때 저항은 약 100옴 정도이다.

[0078] 상기 (e)단계에서 저전압 MOS구조 녹색 면발광소자는 기판의 산화막상에 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 발광하는데, 여기서 Tb^{3+}는 충격 여기(Effective activator)를 위한 원자 크기를 가지고, $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$(파란색: 490nm), $^5D_4 \rightarrow ^7F_5$(녹색: 545nm), $^5D_4 \rightarrow ^7F_4$(노란색: 580nm), $^5D_4 \rightarrow ^7F_6$(빨간색: 620nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는다.

[0079] (제 2 실시 예)

[0080] $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 제조를 위한 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 가시광선 면발광소자의 제조 방법은 (a)Sol-gel 용액을 만드는 단계; (b)기판을 세척하는 단계; (c)만들어진 Sol-gel을 이용하여 기판에 발광층을 형성하고 고온에서 어닐링하는 단계; 및 (d)Ar을 이용하여 투명전극 ITO(Indium Tin Oxide)를 형성하고 Al(Aluminium)을 이용하여 후면전극을 형성하여 EL소자를 만드는 단계;(e)전압을 상부과 후면전극에 연결하여 적색(Red)영역을 확인하는 단계;를 포함한다,

[0081] 여기서, 상기 기판은 실리콘 (Si)를 이용한다.

[0082] 상기 (a)단계에서, 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 용해시키고, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 유로피움 나이트레이트 펜타하이드레이트($Eu(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$)를 넣고 혼합 용매로 만들어 준다.

[0083] 이때 자가교반기를 이용하여 50℃/1000rpm 으로 2시간 혼합한다.

[0084] 상기 (b)단계에서, 초음파 세척기를 이용하여 실리콘(Si)을 아세톤(Acetone), 증류수(D.I water),

IPA(Isopropyl alcohol)로 세척하고, UV-Treatment를 10분 진행한다.

[0085] 상기 (c)단계에서 기판 위에 (a) 단계에서 만들어 준 혼합용매를 스핀코팅 공법을 이용해 4500rpm/15s 동안 진행한 뒤 Hot plate 위에 300℃/15분 동안 표면 열처리를 총 3회 진행하여 발광층을 형성한다.

[0086] 이때 표면 열처리가 끝나게 되면 발광층을 형성하기 위해 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행한다.

[0087] 상기 (c)단계 이후 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행한다.

[0088] 상기 (d)단계에서 Al 페이스트(Paste)를 웨이퍼 하부에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 600℃/1분 동안 열처리를 진행하여 하부 전극층을 형성한다.

[0089] 그 후 RF Magnertron Sputtering 기계를 이용하여 Ar 가스 분위기에서 발광층 위쪽에 ITO(Indium Tin Oxide)를 증착시켜 상부 전극층을 형성한다.

[0090] 아울러, 상기 (d)단계에서 1차 펌프인 로타리 펌프로 약 10^{-3} torr의 저진공상태를 만들고 Diffusion pump를 이용하여 10^{-6} torr의 고진공상태를 만든다. 이후 Ar 가스를 주입하여 5.5 X 10^{-3}torr 에서 AC 전압을 인가해 Ar 플라즈마를 형성시킨다.

[0091] 형성된 플라즈마로 ITO(Indium Tin Oxide)가 증착되며, 이때 저항은 약 100옴 정도이다.

[0092] 상기 (e)단계에서 저전압 MOS구조 적색 면발광소자는 기판의 산화막상에 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 발광하는데, 여기서 Eu^{3+}는 충격 여기(Effective activator)를 위한 원자 크기를 가지고, $^5D_0 \rightarrow ^7F_1$(590nm), $^5D_0 \rightarrow ^7F_2$(613nm), $^5D_0 \rightarrow ^7F_3$(650nm), $^5D_0 \rightarrow ^7F_4$(700nm)의 f-f-transition으로 인한 특성을 갖는다.

[0093] 도 1은 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 녹색 면발광소자의 구조 단면도이다.

[0094] 본 발명에 따른 저전압 MOS 구조 녹색 면발광소자는 도 1에서와 같이, 기판(20)의 산화막(30)상에 $Ga_2O_3:Tb^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 면발광하는 발광층(40)과, 발광층(40)상에 형성되는 상부 전극층(50)과, 기판(20) 하면에 형성되는 하부 전극층(10)을 포함한다.

[0095] 이와 같은 본 발명에 따른 저전압 MOS구조 녹색 면발광소자는 상부 전극층(50)과 하부 전극층(10)에 교류(AC) 전계 인가 하에 동작하며, 구동 시작전압은 발광층(40) 및 유전체층인 산화막(30)의 두께에 반비례한다.

[0096] 그리고 상세 발광휘도는 전압 및 주파수에 비례하는 경향이 있다.

[0097] 상부 전극층(50)은 투명박막인 ITO(Indium Tin Oxide)으로 형성되고, 상부 전극층(50)은 투명 전극으로 전기전도도가 높고 광학적으로 투명성이 높아 얇은 막으로 합성이 용이하여 SiOx 밴드에 트랩되어 있던 전자가 충분한 전하를 받아 전자의 가속으로 Tb^{3+} 전자가 충격 여기되며 상부 전극층(50)을 뚫고 녹색 빛을 발광 하게 된다.

[0098] 산화막(SiOx)은 저항률이 1E20 ohm-cm 최대 9eV 에너지 밴드갭을 갖고, 소자의 내부에 캐리어들의 이동을 막고 전기를 절연시켜주는 절연체의 역할을 한다.

[0099] 따라서, 산화막은 유전특성을 가지기에 형광체 층으로 충분한 가속 전하 공급이 용이하고 저항률이 높아 Breakdown 방지가 좋아 소자의 안정성 및 수명이 증대 및 주입 전하 컨트롤, 전기적 효율이 증가한다.

[0100] 그리고 하부 전극층(10)은 알루미늄(Al)을 형성되고, 이로 제한되지 않는다.

[0101] 도 2는 본 발명에 따른 저전압 MOS구조 녹색 면발광소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트이다.

[0102] 구체적으로, 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 50℃/1000rpm에 1시간 동안 용해시킨다.(S201)

[0103] 이어, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_20$와 터븀 아세테이트 하이드레이트($Tb(CH_3)_3 \cdot H2_20$를 넣고 50℃/1000rpm 2시간 동안 자기 교반기를 통해 혼합 용매로 만들어 형광체 용액을 제조한다.(S202)

[0104] 그리고 Si 웨이퍼 표면에 형광체 용액을 도포 후 스핀코팅 공법을 이용하여 4500rpm/15s 동안 진행하고 300℃

/15분 동안 표면 열처리 진행하여 발광층을 형성한다.(S203)

[0105] 여기서, 형광체 용액의 도포는 반복하여 진행하여 발광층이 여러겹이 되도록 하는 것이 바람직하다.

[0106] 이어, RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하여 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행한다.(S204)

[0107] 그리고 Al 페이스트(paste)를 Si 웨이퍼 하면에 코팅 후 RTA를 이용하여 600 ℃에서 1분 동안 진행하여 하부 전극층을 형성한다.(S206)

[0108] 이어, RF 마그네트론 스퍼터링(RF magnetron sputtering)을 이용하여 발광층 위 ITO(Indium Tin oxide) 증착을 하여 상부 전극층을 형성한다.(S207)

표 1

[0109]

starting materials	F.W.	mol	weight factor	
Gallium(III) nitrate hydrate($Ga(NO_3)_3 \cdot xH_2O$)	255.74	0.0199	1	5.0892
Ethanol				40
acetyl acetone($C_5H_8O_2$)	100.13	0.03	1	3.0039
Monoethanolamine(MEA;$(H^2NCH^2CH^2OH)$	61.08	0.01	1	0.6108
Terbium(III) acetate hydrate ($Tb(CH_3CO_2)_3 \cdot xH_2O$)	336.06	0.0001	1	0.033606

[0110] 본 발명의 제 1 실시 예에 의해 Terbium (0.5%)의 농도로 하는 경우에는 EL 측정시 가장 높은 밝기를 얻을 수 있었다.

[0111] 도 3은 농도별 EL과 PL의 녹색(Green, 543nm) 발광정도를 나타내는 그래프로, 도핑농도에 따른 녹색 발광 정도를 (0.05, 0.1, 0.5, 1(%)) 도핑 농도로 구분하여 나타낸 것이다.

[0112] 그리고 도 4a와 도 4b는 인가 전압에 따른 밝기 및 전류 특성, 주파수에 따른 밝기 그래프이고, 도 5a내지 도 5c는 스펙트럼 분석, 전압-전류 특성 커브, 시간에 따른 EL Intensity 변화를 나타낸 그래프이다.

[0113] 도 6은 본 발명에 따른 저전압 MOS구조 적색 면발광소자의 구조 단면도이다.

[0114] 본 발명에 따른 저전압 MOS구조 적색 면발광소자는 도 6에서와 같이, 기판(21)의 산화막(31)상에 $Ga_2O_3:Eu^{3+}$ 으로 형성되어 전계발광을 이용하여 면발광하는 발광층(41)과, 발광층(41)상에 형성되는 상부 전극층(51)과, 기판(21) 하면에 형성되는 하부 전극층(11)을 포함한다.

[0115] 이와 같은 본 발명에 따른 저전압 MOS구조 적색 면발광소자는 상부 전극층(51)과 하부 전극층(11)에 교류(AC) 전계 인가 하에 동작하며, 구동 시작전압은 발광층 및 유전체층인 산화막(31)의 두께에 반비례한다.

[0116] 그리고 상세 발광휘도는 전압 및 주파수에 비례하는 경향이 있다.

[0117] 상부 전극층(51)은 투명박막인 ITO(Indium Tin Oxide)으로 형성되고, 상부 전극층(51)은 투명 전극으로 전기전도도가 높고 광학적으로 투명성이 높아 얇은 막으로 합성이 용이하여 SiOx 밴드에 트랩되어 있던 전자가 충분한 전하를 받아 전자의 가속으로 Eu^{3+} 전자가 충격 여기되며 상부 전극층(51)을 뚫고 적색 빛을 발광 하게 된다.

[0118] 산화막(SiOx)(31)은 저항률이 1E20 ohm-cm 최대 9eV 에너지 밴드갭을 갖고, 소자의 내부에 캐리어들의 이동을 막고 전기를 절연시켜주는 절연체의 역할을 한다.

[0119] 따라서, 산화막(31)은 유전특성을 가지기에 형광체 층으로 충분한 가속 전하 공급이 용이하고 저항률이 높아 Breakdown 방지가 좋아 소자의 안정성 및 수명이 증대 및 주입 전하 컨트롤, 전기적 효율이 증가한다.

[0120] 그리고 하부 전극층(11)은 알루미늄(Al)을 형성되고, 이로 제한되지 않는다.

[0121] 도 7는 본 발명에 따른 저전압 MOS구조 적색 면발광소자의 제조 방법을 나타낸 공정 플로우 차트이다.

[0122] 구체적으로, 모노에탄올아민(MEA, $H_2NCH_2CH_2OH$)과 에탄올(C_3CH_2OH) 그리고 아세틸아세톤($C_5H_8O_2$)을 50℃/1000rpm에 1시간 동안 용해시킨다.(S701)

[0123] 이어, 용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트($Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$와 유로피움 나이트레이트 펜타하이드레이트($Eu(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$)를 넣고 50℃/1000rpm 2시간 동안 자기 교반기를 통해 혼합 용매로 만들어 형광체 용액을 제조한다.(S702)

[0124] 그리고 Si 웨이퍼 표면에 형광체 용액을 도포 후 스핀코팅 공법을 이용하여 4500rpm/15s 동안 진행하고 300℃/15분 동안 표면 열처리 진행하여 발광층을 형성한다.(S703)

[0125] 여기서, 형광체 용액의 도포는 반복하여 진행하여 발광층이 여러겹이 되도록 하는 것이 바람직하다.

[0126] 이어, RTA(Rapid Thermal Annealing) 공정으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하여 산화막과 발광층의 결정화(Crystalized)를 진행한다.(S704)

[0127] 그리고 Al 페이스트(paste)를 Si 웨이퍼 하면에 코팅 후 RTA를 이용하여 600 ℃에서 1분 동안 진행하여 하부 전극층을 형성한다.(S705)

[0128] 이어, RF 마그네트론 스퍼터링(RF magnetron sputtering)을 이용하여 발광층 위 ITO(Indium Tin oxide) 증착을 하여 상부 전극층을 형성한다.(S706)

표 2

[0129]

starting materials	F.W.	mol	weight factor	
Gallium(III) nitrate hydrate($Ga(NO_3)_3 \cdot xH_2O$)	255.74	0.0199	1	5.0892
Ethanol				40
acetyl acetone($C_5H_8O_2$)	100.13	0.03	1	3.0039
Monoethanolamine(MEA;$H_2NCH_2CH_2OH$)	61.08	0.01	1	0.6108
Europium(III) nitrate pentahydrate ($Eu(NO_3)_3 \cdot 5H_2O$)	428.06	0.0001	1	0.042806

[0130] 본 발명의 제 2 실시 예에 의해, Europium(0.5%)의 농도로 하는 경우에는 EL 측정시 가장 높은 밝기를 얻을 수 있었다.

[0131] 도 8은 EL의 발광스펙트럼을 나타내는 그래프로, 발광피크는 590nm, 613nm, 650nm, 700nm를 나타낸다.

[0132] 도 9는 전류-전압특성 커브를 나타낸 그래프이다.

[0133] 도 10은 다른 이온을 사용한 갈륨옥사이드 소자의 특성을 나타낸 그래프이다.

[0134] 갈륨옥사이드에 희토류(RE) 도핑하여 광검출기 및 디스플레이와 같은 광전자 응용분야에 접목하며, 이는 높은 양자 효율뿐만 아니라 희토류(RE)를 이용한 다양한 방출 스펙트럼을 구사한다.

[0135] 희토류(RE) 중 본 발명에서 대표적인 예로 사용한 Tb^{3+} 이온과 Eu^{3+} 이온은 RE 그룹 중 큰 원자 크기를 가지고 있어 EL 목적의 효율성이 뛰어나다.

[0136] 또한, 금속-산화물-반도체(MOS) EL 구조는 낮은 전류 밀도에서 작동하고, 장치의 전력소비가 적다. 또한 실리콘 소자 및 발광소자(LED), 발광 트랜지스터, 광검출기와 같은 광자학에 효과가 있을 것이다.

[0137] 위의 실시예에서는 Tb이온과 Eu이온을 대표적인 예로 들어 설명했지만 다른 희토류이온과 전이금속으로도 위와 같은 공정을 통해 발광을 확인할 수 있다.

[0138] 하지만 예외적으로 Mn이온은 제외한다.

[0139] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.

[0140] 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

[0141] 10. 하부 전극층

20. 기판

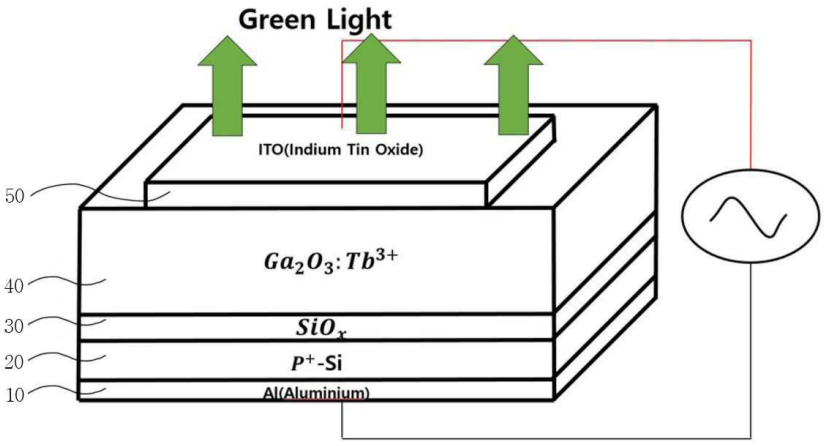
30. 산화막층

40. 발광층

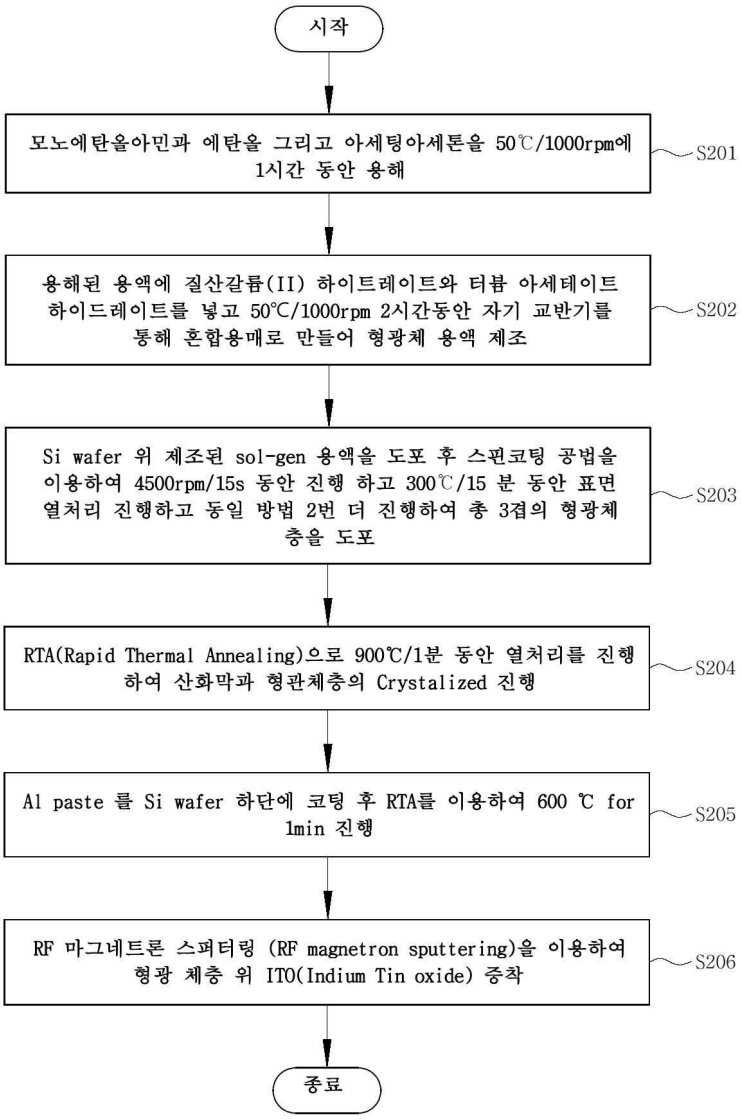
50. 상부 전극층

도면

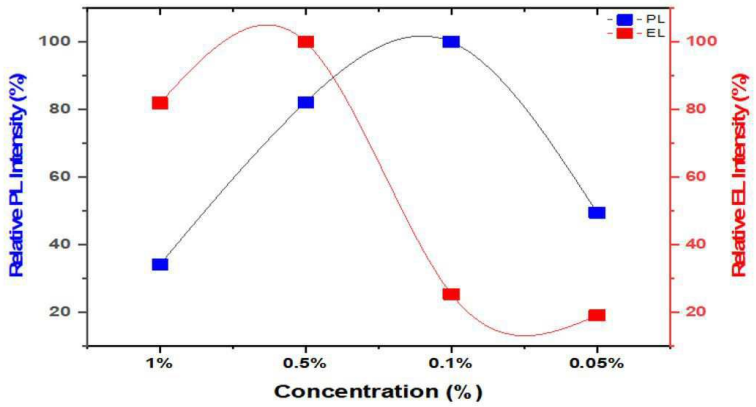
도면1



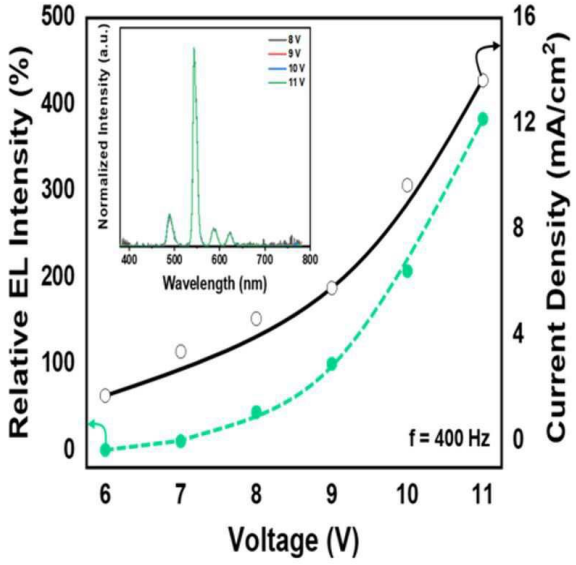
도면2


시작
모노에탄올아민과 에탄올 그리고 아세틸아세톤을 50℃/1000rpm에 1시간 동안 용해
S201
용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이트레이트와 터븀 아세테이트 하이드레이트를 넣고 50℃/1000rpm 2시간동안 자기 교반기를 통해 혼합용매로 만들어 형광체 용액 제조
S202
Si wafer 위 제조된 sol-gen 용액을 도포 후 스핀코팅 공법을 이용하여 4500rpm/15s 동안 진행 하고 300℃/15 분 동안 표면 열처리 진행하고 동일 방법 2번 더 진행하여 총 3겹의 형광체 층을 도포
S203
RTA(Rapid Thermal Annealing)으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하여 산화막과 형관체층의 Crystalized 진행
S204
Al paste 를 Si wafer 하단에 코팅 후 RTA를 이용하여 600 ℃ for 1min 진행
S205
RF 마그네트론 스퍼터링 (RF magnetron sputtering)을 이용하여 형광 체층 위 ITO(Indium Tin oxide) 증착
S206
종료

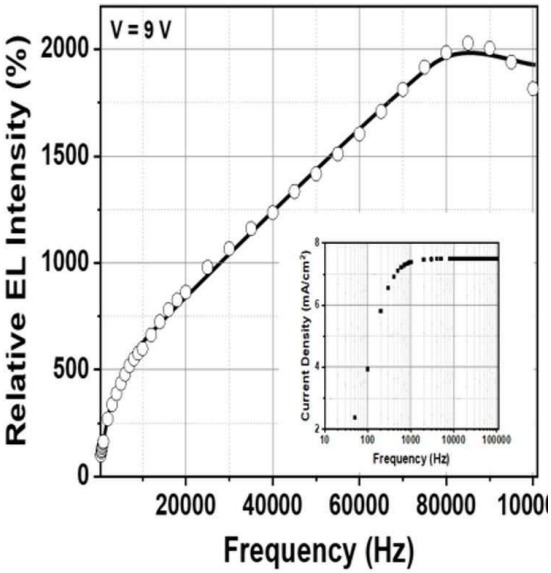
도면3


PL
EL
Relative PL Intensity (%)
Relative EL Intensity (%)
100
80
60
40
20
1%
0.5%
0.1%
0.05%
Concentration (%)

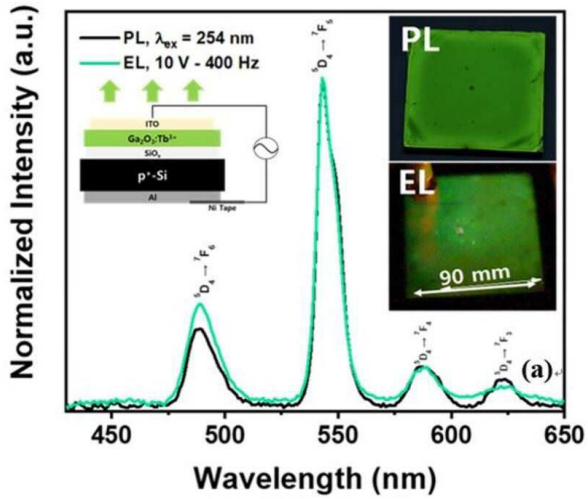
도면4a


Relative EL Intensity (%)
Current Density (mA/cm²)
Voltage (V)
f = 400 Hz
Normalized Intensity (a.u.)
Wavelength (nm)
8 V
9 V
10 V
11 V

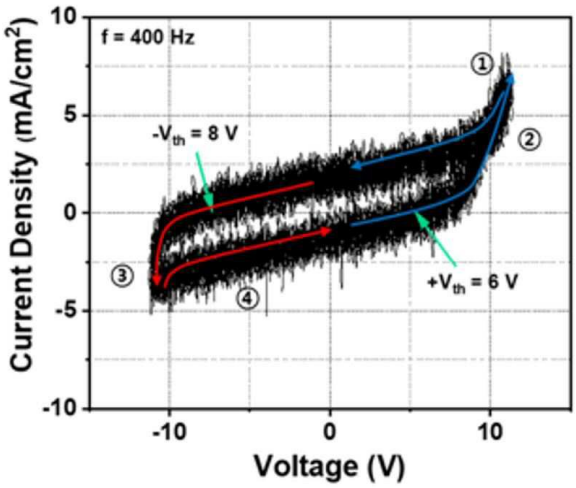
도면4b


V = 9 V
Relative EL Intensity (%)
Frequency (Hz)
Current Density (mA/cm²)

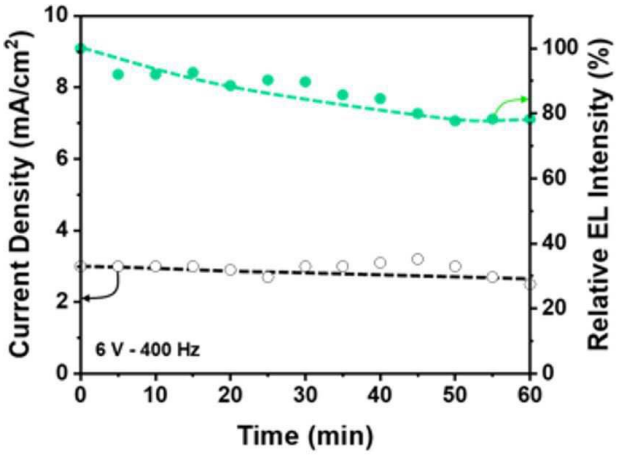
도면5a



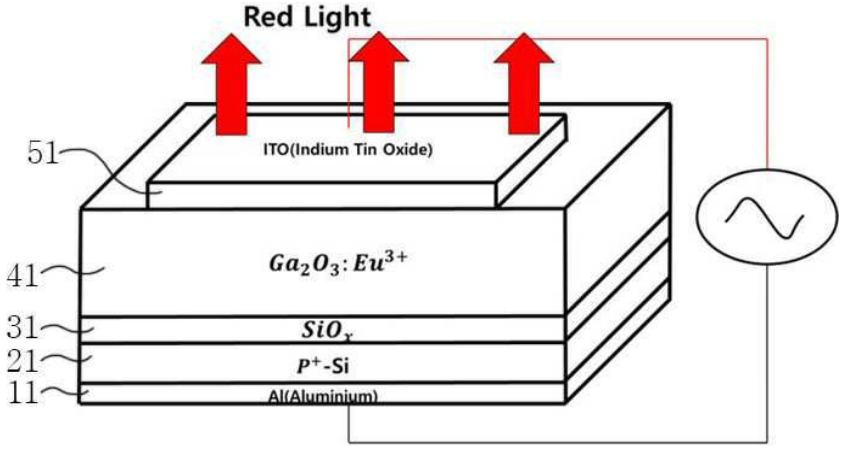
도면5b



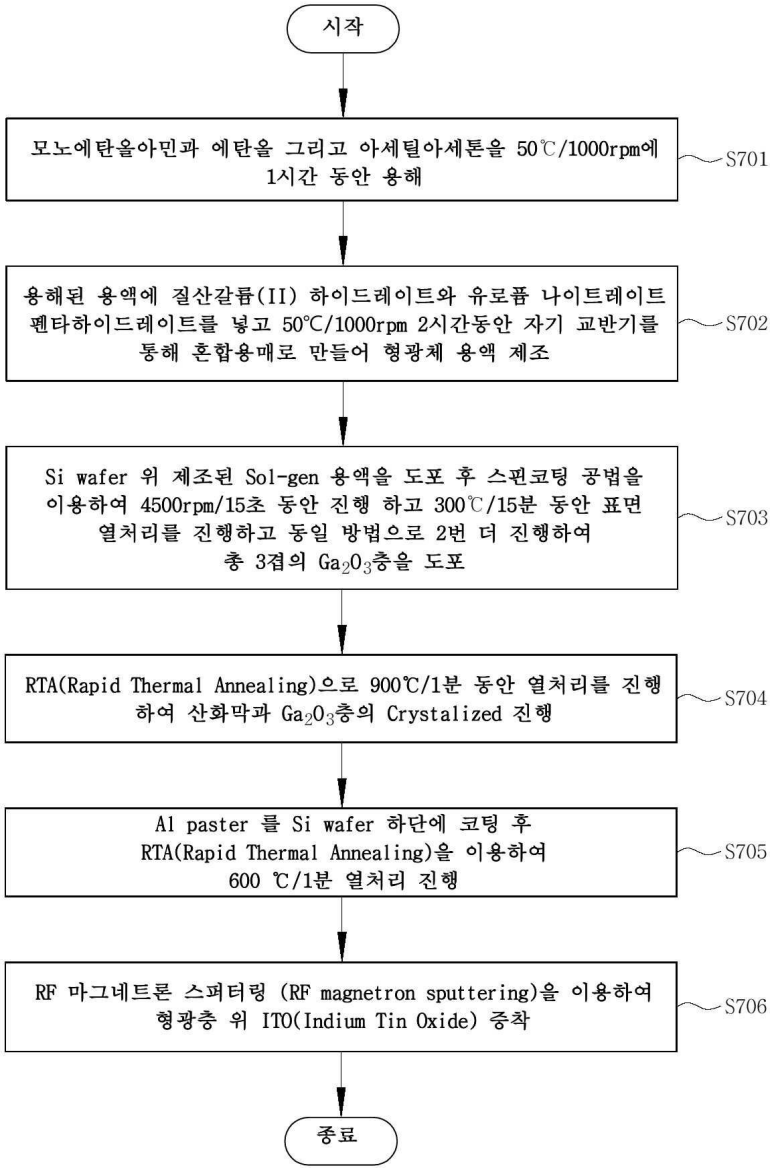
도면5c



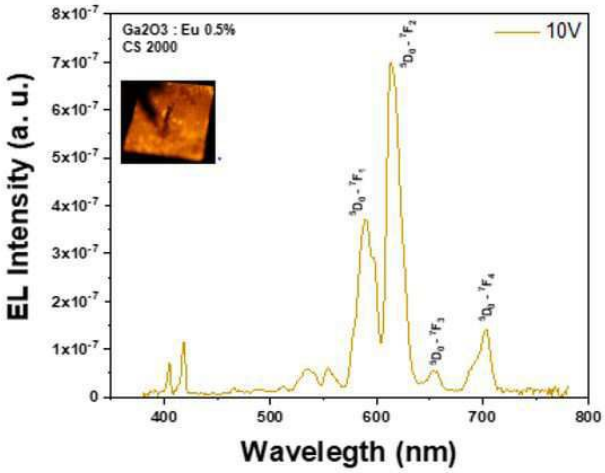
도면6


Red Light
51
ITO(Indium Tin Oxide)
41
$Ga_2O_3:Eu^{3+}$
31
SiO_x
21
P^+-Si
11
Al(Aluminium)

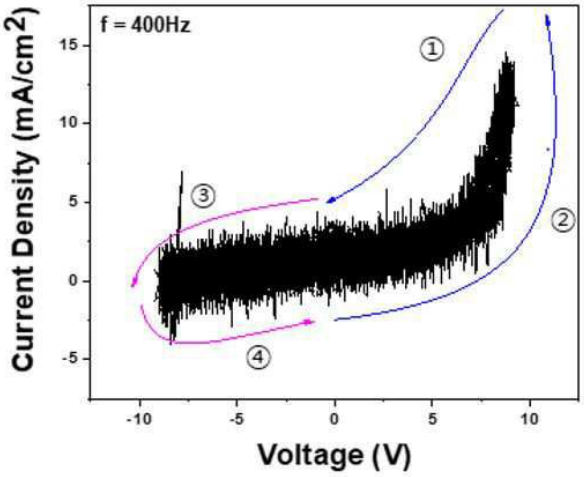
도면7


시작
모노에탄올아민과 에탄올 그리고 아세틸아세톤을 50℃/1000rpm에 1시간 동안 용해
S701
용해된 용액에 질산갈륨(II) 하이드레이트와 유로퓸 나이트레이트 펜타하이드레이트를 넣고 50℃/1000rpm 2시간동안 자기 교반기를 통해 혼합용매로 만들어 형광체 용액 제조
S702
Si wafer 위 제조된 Sol-gen 용액을 도포 후 스핀코팅 공법을 이용하여 4500rpm/15초 동안 진행 하고 300℃/15분 동안 표면 열처리를 진행하고 동일 방법으로 2번 더 진행하여 총 3겹의 Ga_2O_3층을 도포
S703
RTA(Rapid Thermal Annealing)으로 900℃/1분 동안 열처리를 진행하여 산화막과 Ga_2O_3층의 Crystalized 진행
S704
Al paster 를 Si wafer 하단에 코팅 후 RTA(Rapid Thermal Annealing)을 이용하여 600 ℃/1분 열처리 진행
S705
RF 마그네트론 스퍼터링 (RF magnetron sputtering)을 이용하여 형광층 위 ITO(Indium Tin Oxide) 증착
S706
종료

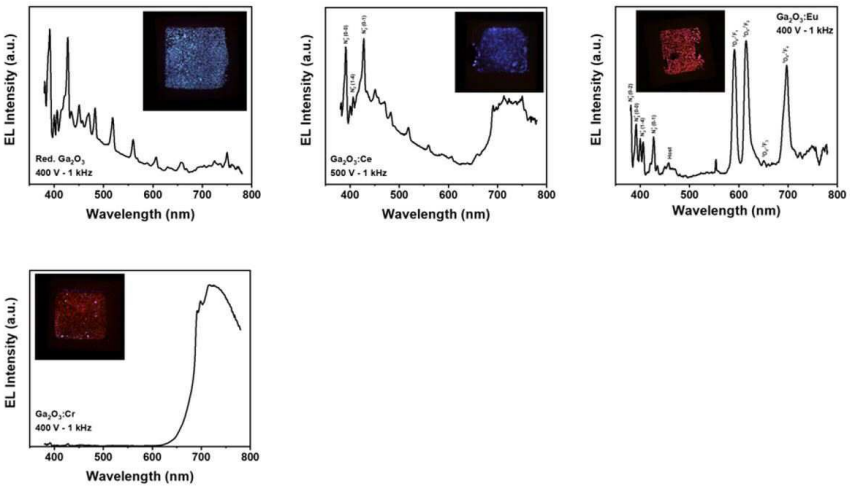
도면8


Ga2O3 : Eu 0.5%
CS 2000
10V
EL Intensity (a. u.)
Wavelegth (nm)

도면9


f = 400Hz
Current Density (mA/cm2)
Voltage (V)

도면10


EL Intensity (a.u.)
Wavelength (nm)
Red. Ga2O3
400 V - 1 kHz
Ga2O3:Ce
500 V - 1 kHz
Ga2O3:Eu
400 V - 1 kHz
Ga2O3:Cr
400 V - 1 kHz