



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월13일
(11) 등록번호 10-1898658
(24) 등록일자 2018년09월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/38 (2010.01) H01L 33/00 (2010.01)
H01L 33/50 (2010.01) H01L 33/62 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/387 (2013.01)
H01L 33/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0085457
(22) 출원일자 2017년07월05일
심사청구일자 2017년07월05일
(56) 선행기술조사문헌
KR101755655 B1*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
홍영준
경기 용인시 기흥구 연남로29번길 40, 101동 501호 (연남동, 효성빌라)
모란
경기도 구리시 장자호수길 77, 501동 1404호(수택동, 장자마을금호베스트빌아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
유미특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

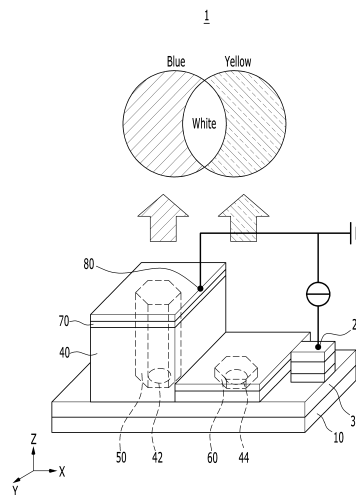
심사관 : 배성주

(54) 발명의 명칭 백색 발광 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

기관 상부의 금속산화물 구조체의 열처리 분위기 및 종횡비를 조절하여 재현 범위가 넓은 백색 발광 소자를 제공하고자 한다. 본 발명의 백색 발광 소자는 i) P형 도펀트를 포함하는 기관, ii) 기관 위에 위치하는 제1 전극, iii) 기관 위에 위치하는 시드층, iv) 시드층 위에 위치하고 제1 관통홀과 제2 관통홀을 포함하는 마스크층, v) 제1 관통홀에 위치하고, 420nm 내지 490nm의 파장 범위의 청색(Blue)빛을 포함하는 제1 마이크로라드(microrod) 구조체, vi) 제2 관통홀에 위치하는 제1 마이크로디스크(microdisk) 구조체, vii) 제1 마이크로라드 구조체 및 제1 마이크로디스크 구조체를 둘러싸며 위치하는 절연체, viii) 제1 마이크로라드 구조체의 단부와 연결되고, 제1 전극과 전기적으로 연결되는 제2 전극을 포함하고 제1 마이크로라드 구조체의 단부는 N형 도펀트를 포함하고, 제1 전극과 제2 전극은 PN 접합된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 33/50 (2013.01)

H01L 33/62 (2013.01)

H01L 2933/0016 (2013.01)

(72) 발명자

최지은

서울특별시 강남구 개포로25길 9-3, 101호(개포동)

정준석

서울특별시 노원구 중계로 230, 503동 906호(중계동, 중계5단지주공아파트)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020150030288 A

KR1020160047192 A

KR1020160150343 A

JP2003158296 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 N00001819

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술진흥원

연구사업명 국제공동기술개발사업

연구과제명 [산기원-RCMS]대면적 그래핀 기판을 이용한 저비용, 고품질의 III-V 나노신 발광소자 개발

기 여 율 1/2

주관기관 세종대학교

연구기간 2016.04.01 ~ 2019.09.30

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2016R1D1A1B03931518

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기본연구지원사업

연구과제명 [교육부]반도체 나노선 기반의 플렉서블 마이크로 정보표시소자 제조

기 여 율 1/2

주관기관 세종대학교

연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

P형 도펀트를 포함하는 기판,
 상기 기판 위에 위치하는 제1 전극,
 상기 기판 위에 위치하는 시드층,
 상기 시드층 위에 위치하고 제1 관통홀과 제2 관통홀을 포함하는 마스크층,
 상기 제1 관통홀에 위치하고, 420nm 내지 490nm의 파장 범위의 청색(Blue)빛을 포함하는 제1 마이크로라드(microrod) 구조체,
 상기 제2 관통홀에 위치하는 제1 마이크로디스크(microdisk) 구조체,
 상기 제1 마이크로라드 구조체 및 상기 제1 마이크로디스크 구조체를 둘러싸며 위치하는 절연체, 그리고
 상기 제1 마이크로라드 구조체의 단부와 연결되고, 상기 제1 전극과 전기적으로 연결되는 제2 전극을 포함하고
 상기 제1 마이크로라드 구조체의 단부는 N형 도펀트를 포함하고, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 PN 접합되고,
 상기 제1 마이크로디스크는 520nm 내지 590nm의 파장 범위의 황색(Yellow)빛을 포함하고,
 상기 제1 마이크로라드 구조체의 종횡비는 1 내지 20이고,
 상기 제1 마이크로디스크 구조체의 종횡비는 0.01 내지 0.99이고,
 상기 제1 마이크로라드 구조체는 성장 프리커서에 시트레이트 이온을 포함하지 않고 상기 시드층 위에 일체형으로 성장하여 청색 빛이 나타나고,
 상기 제1 마이크로디스크 구조체는 성장 프리커서에 시트레이트 이온을 포함하여 상기 시드층 위에 분리형으로 성장하여 황색 빛이 나타나는 백색 발광 소자.

청구항 2

제1항에서,
 상기 제1 마이크로라드 구조체의 직경은 1 μ m 내지 15 μ m인 백색 발광 소자.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에서,
 상기 제1 마이크로디스크 구조체의 직경은 1 μ m 내지 20 μ m인 백색 발광 소자.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에서,

상기 제1 마이크로라드 및 상기 제1 마이크로디스크는 산화아연(ZnO)을 포함하는 백색 발광 소자.

청구항 7

삭제

청구항 8

P형 도펀트를 포함하는 기판,

상기 기판 위에 위치하는 제1 전극,

상기 기판 위에 위치하는 시드층,

상기 시드층 위에 위치하고 제1 관통홀과 제2 관통홀 그리고 제3 관통홀을 포함하는 마스크층,

상기 제1 관통홀에 위치하고 420nm 내지 490nm의 파장 범위의 청색(Blue)빛을 포함하는 제1 마이크로라드(microrod) 구조체,

상기 제2 관통홀에 위치하는 제2 마이크로라드(microrod) 구조체,

상기 제3 관통홀에 위치하는 제3 마이크로라드(microrod) 구조체,

상기 제1 마이크로라드 구조체와 상기 제2 마이크로라드 구조체 그리고 상기 제3 마이크로라드 구조체를 둘러싸며 위치하는 절연체, 그리고

상기 제1 마이크로라드 구조체의 단부와 연결되고, 상기 제1 전극과 전기적으로 연결되는 제2 전극을 포함하고

상기 제1 마이크로라드 구조체의 단부는 N형 도펀트를 포함하고, 상기 제1 전극과 상기 제2 전극은 PN 접합되고,

상기 제2 마이크로라드 구조체는 490nm 내지 570nm의 파장 범위의 녹색(Green)빛을 포함하고,

상기 제3 마이크로라드 구조체는 620nm 내지 780nm의 파장 범위의 적색(Red)빛을 포함하고,

상기 제1 마이크로라드 구조체의 청색광과 상기 제3 마이크로라드 구조체의 적색광의 혼합인 마젠타와 상기 제2 마이크로라드 구조체의 녹색광과 상기 제1 마이크로라드 구조체의 청색광의 혼합인 시안 그리고 상기 제3 마이크로라드의 적색광과 상기 제2 마이크로라드의 녹색광의 혼합인 황색의 혼합을 통해 백색 발광을 유도하는 백색 발광 소자.

청구항 9

제8항에서,

상기 제2 마이크로라드 구조체는 아르곤 분위기에서 열처리된 백색 발광 소자.

청구항 10

삭제

청구항 11

제8항에서,

상기 제3 마이크로라드 구조체는 질소 분위기에서 열처리된 백색 발광 소자.

청구항 12

삭제

청구항 13

제8항에서,

상기 제1 마이크로라드 구조체와 상기 제2 마이크로라드 구조체 그리고 상기 제3 마이크로라드 구조체는 산화아연(ZnO)를 포함하는 백색 발광 소자.

청구항 14

기판을 제공하는 단계,

상기 기판 위에 시드층을 제공하는 단계,

상기 시드층 위에 제1 관통홀을 포함하는 제1 마스크층을 제공하는 단계,

상기 제1 관통홀에 제1 마이크로디스크(microdisk) 구조체를 제공하는 단계,

상기 제1 마이크로디스크 구조체 위에 제2 관통홀을 포함하는 제2 마스크층을 제공하는 단계,

상기 제2 관통홀에 제1 마이크로라드(microrod) 구조체를 제공하는 단계,

상기 제2 마스크층 위에 절연체를 제공하는 단계,

상기 기판 위에 제1 전극을 제공하는 단계,

상기 제1 마이크로라드 구조체의 단부에 제2 전극을 제공하는 단계, 그리고

상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 PN 접합시키는 단계

를 포함하고,

상기 제1 마이크로라드 구조체의 종횡비는 1 내지 20이고,

상기 제1 마이크로디스크 구조체의 종횡비는 0.01 내지 0.99이고,

상기 제1 마이크로라드 구조체는 성장 프리커서에 시트레이트 이온을 포함하지 않고 상기 시드층 위에 일체형으로 성장하여 청색 빛이 나타나고,

상기 제1 마이크로디스크 구조체는 성장 프리커서에 시트레이트 이온을 포함하여 상기 시드층 위에 분리형으로 성장하여 황색 빛이 나타나는 백색 발광 소자의 제조 방법.

청구항 15

기판을 제공하는 단계,

상기 기판 위에 시드층을 제공하는 단계,

상기 시드층 위에 제3 관통홀을 포함하는 제3 마스크층을 제공하는 단계,

상기 제3 관통홀에 제3 마이크로라드(microrod) 구조체를 제공하고, 질소 분위기에서 열처리를 진행하는 단계,

상기 제3 마이크로라드 구조체 위에 제2 관통홀을 포함하는 제2 마스크층을 제공하는 단계,

상기 제2 관통홀에 제2 마이크로라드 구조체를 제공하고, 아르곤 분위기에서 열처리를 진행하는 단계,

상기 제2 마이크로라드 구조체 위에 제1 관통홀을 포함하는 제1 마스크층을 제공하는 단계,

상기 제1 관통홀에 제1 마이크로라드 구조체를 제공하는 단계,

상기 제1 마스크층 위에 절연체를 제공하는 단계,

상기 기판 위에 제1 전극을 제공하는 단계,

상기 제1 마이크로라드 구조체의 단부에 제2 전극을 제공하는 단계,

상기 제1 전극과 상기 제2 전극을 PN 접합시키는 단계

를 포함하고,

상기 제2 마이크로라드 구조체는 구조체는 490nm 내지 570nm의 파장 범위의 녹색(Green)빛을 포함하고,

상기 제3 마이크로라드 구조체는 620nm 내지 780nm의 파장 범위의 적색(Red)빛을 포함하고,

상기 제1 마이크로라드 구조체의 청색광과 상기 제3 마이크로라드 구조체의 적색광의 혼합인 마젠타와 상기 제2 마이크로라드 구조체의 녹색광과 상기 제1 마이크로라드 구조체의 청색광의 혼합인 시안 그리고 상기 제3 마이크로라드의 적색광과 상기 제2 마이크로라드의 녹색광의 혼합인 황색의 혼합을 통해 백색 발광을 유도하는 백색 발광 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 백색 발광 소자 및 그 제조 방법이 제공된다.

배경 기술

[0002] 발광 다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 PN 접합에 전류를 흘려줌으로써 빛을 발생시키는 반도체소자이다. 발광 다이오드는 수명이 길고 소비전력이 낮아 유지보수 비용을 줄일 수 있다는 점에서 차세대 발광 소자 중 하나로 각광받아왔다.

[0003] 발광 다이오드는 백색광을 구현하여 조명뿐만 아니라 박형 광원, 액정표시장치의 백라이트 또는 컬러필터를 채용한 풀 컬러 표시 장치에 쓰이는 등 여러 용도로 이용될 수 있다.

[0004] 백색광을 구현하는 발광 소자의 구조로 각각의 적색, 녹색, 청색의 발광 다이오드를 집적하여 백색광을 방출하는 RGB(Red, Green, Blue) 발광 소자 및 청색 발광 다이오드에 황색 형광체를 조합하여 백색광을 방출하는 YB(Yellow, Blue) 발광 소자가 있다.

[0005] 먼저, RGB 발광 소자로는, 일본등록특허 5,309,386(2007.08.20)가 개시되어 있다.

[0006] 하지만, 상기 선행문헌은 양자우물층의 비율을 통해 색 범위를 조정한 반도체 발광 소자의 어레이에 관한 것으로, 구동회로가 복잡할 수 있으며 제조비용이 커질 수 있다. 또한 상기 선행문헌은 인듐원자와 갈륨원자의 비율을 조절하여 발광 파장을 여러 파장대로 조절하지만, 이러한 방식은 정확도가 떨어져서 색 재현성이 낮아질 수 있으며, 공정 원가가 커질 수 있다.

[0007] YB 발광 소자로는, 미국등록특허 8,614,452(2011.04.26) 및 미국공개특허 2016-0300983(2014.12.18)가 개시되어 있다.

[0008] 하지만, 상기 선행문헌들은 청색광의 로드를 포함하는 광전 반도체 소자로 황색의 발광물질의 변환 요소를 포함하여 웰층에서 백색으로 발광하는 것으로, 가시광선 영역 중 일부 스펙트럼만 구현이 가능하여 색상 만족도가 낮아질 수 있다. 또한 상기 선행문헌들은 중형비를 달리한 로드의 PN 접합으로 백색광을 방출할 수 없어 각각의 구조체의 전압을 조절하지 못하므로 백색광의 재현 범위가 좁아 질 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 기관 상부의 금속산화물 구조체의 열처리 분위기 및 중형비를 조절하여 재현 범위가 넓은 백색 발광 소자를 제공하고자 한다. 또한, 전술한 백색 발광 소자의 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자는 i) P형 도펀트를 포함하는 기관, ii) 기관 위에 위치하는 제1 전극, iii) 기관 위에 위치하는 시드층, iv) 시드층 위에 위치하고 제1 관통홀과 제2 관통홀을 포함하는 마스크층, v) 제1 관통홀에 위치하고, 420nm 내지 490nm의 파장 범위의 청색(Blue)빛을 포함하는 제1 마이크로라드(microrod) 구조체, vi) 제2 관통홀에 위치하는 제1 마이크로디스크(microdisk) 구조체, vii) 제1 마이크로라드 구조체 및 제1 마이크로디스크 구조체를 둘러싸며 위치하는 절연체, viii) 제1 마이크로라드 구조체의 단부와 연결되고, 제1 전극과 전기적으로 연결되는 제2 전극을 포함하고 제1 마이크로라드 구조체의 단부는 N형 도펀트를 포함하고, 제1 전극과 제2 전극은 PN 접합된다.

[0011] 제1 마이크로라드 구조체의 직경은 1 μ m 내지 15 μ m일 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체의 중형비는 1 내지 20일 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체의 직경은 1 μ m 내지 20 μ m일 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체의 중

형비는 0.01 내지 0.99일 수 있다. 제1 마이크로라드 및 제1 마이크로디스크는 산화아연(ZnO)을 포함할 수 있다. 제1 마이크로디스크는 520nm 내지 590nm의 파장 범위의 황색(Yellow)빛을 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자는 i) P형 도펀트를 포함하는 기관, ii) 기관 위에 위치하는 제1 전극, iii) 기관 위에 위치하는 시드층, iv) 시드층 위에 위치하고 제1 관통홀과 제2 관통홀을 포함하는 마스크층, v) 제1 관통홀에 위치하고, 420nm 내지 490nm의 파장 범위의 청색(Blue)빛을 포함하는 제1 마이크로라드(microrod) 구조체, vi) 제2 관통홀에 위치하는 제2 마이크로라드(microrod) 구조체, vii) 제3 관통홀에 위치하는 제3 마이크로라드(microrod) 구조체, viii) 제1 마이크로라드 구조체와 제2 마이크로라드 구조체 그리고 제3 마이크로라드 구조체를 둘러싸며 위치하는 절연체, ix) 제1 마이크로라드 구조체의 단부와 연결되고, 제1 전극과 전기적으로 연결되는 제2 전극을 포함하고 제1 마이크로라드 구조체의 단부는 N형 도펀트를 포함하고, 제1 전극과 제2 전극은 PN 접합된다.

[0013] 제2 마이크로라드 구조체는 아르곤 분위기에서 열처리될 수 있다. 제2 마이크로라드 구조체는 490nm 내지 570nm의 파장 범위의 녹색(Green)빛을 포함할 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체는 질소 분위기에서 열처리될 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체는 620nm 내지 780nm의 파장 범위의 적색(Red)빛을 포함할 수 있다. 제1 마이크로라드와 제2 마이크로라드 그리고 제3 마이크로라드는 산화아연(ZnO)를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 제조 방법은 기관 위에 시드층을 제공하는 단계, 시드층 위에 제1 관통홀을 포함하는 제1 마스크층을 제공하는 단계, 제1 관통홀에 제1 마이크로디스크(microdisk) 구조체를 제공하는 단계, 제1 마이크로디스크 구조체 위에 제2 관통홀을 포함하는 제2 마스크층을 제공하는 단계, 제2 관통홀에 제1 마이크로라드(microrod) 구조체를 제공하는 단계, 제2 마스크층 위에 절연체를 제공하는 단계, 기관 위에 제1 전극을 제공하는 단계, 제1 마이크로라드 구조체의 단부에 제2 전극을 제공하는 단계, 그리고 제1 전극과 제2 전극을 PN 접합시키는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 제조 방법은 기관 위에 시드층을 제공하는 단계, 시드층 위에 제3 관통홀을 포함하는 제3 마스크층을 제공하는 단계, 상기 제3 관통홀에 제3 마이크로라드(microrod) 구조체를 제공하고, 질소 분위기에서 열처리를 진행하는 단계, 상기 제3 마이크로라드 구조체 위에 제2 관통홀을 포함하는 제2 마스크층을 제공하는 단계, 제2 관통홀에 제2 마이크로라드 구조체를 제공하고, 아르곤 분위기에서 열처리를 진행하는 단계, 제2 마이크로라드 구조체 위에 제1 관통홀을 포함하는 제1 마스크층을 제공하는 단계, 제1 관통홀에 제1 마이크로라드 구조체를 제공하는 단계, 제1 마스크층 위에 절연체를 제공하는 단계, 기관 위에 제1 전극을 제공하는 단계, 제1 마이크로라드 구조체의 단부에 제2 전극을 제공하는 단계, 제1 전극과 제2 전극을 PN 접합시키는 단계를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 금속산화물 구조체의 종횡비를 조절하여 서로 다른 파장대의 광을 유도할 수 있으므로 백색광의 재현 범위를 넓힐 수 있으며 금속산화물 구조체의 열처리 분위기를 조절하여 빛을 유도할 수 있으므로 연색성이 높고 색 재현성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 사시도이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 사시도이다.
 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 단면도이다.
 도 4 및 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 제조 과정이다.
 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 사시도이다.
 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 사시도이다.
 도 8은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 밴드 다이어그램이다.
 도 9 및 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자의 제조 과정이다.
 도 11은 본 발명의 실험예 1 및 실험예 2에 따라 제조한 백색 발광 소자의 주사전자현미경 사진들이다.
 도 12는 실험예 1 및 실험예 2에 따라 제조한 백색 발광 소자의 전압 변화에 따른 전류 값의 그래프이다.

도 13은 실험예 1 및 실험예 2에 따라 제조한 백색 발광 소자의 역전압 변화에 전계발광 파장의 그래프이다.

도 14는 실험예 1 및 실험예 2에 따라 제조한 백색 발광 소자의 광발광 및 전계발광 파장의 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 여기서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0019] 다르게 정의하지는 않았지만, 여기에 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 보통 사용되는 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0020] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0021] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(1)의 사시도를 나타낸다. 도 1의 백색 발광 소자(1)의 구조는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다. 따라서 백색 발광 소자(1)의 구조를 다른 형태로도 변형할 수 있다.
- [0023] 도 1에 도시한 바와 같이, 백색 발광 소자(1)는 기판(10), 제1 전극(20), 시드층(30), 마스크층(40), 제1 마이크로라드(microrod) 구조체(50), 제1 마이크로디스크(microdisk) 구조체(60), 절연체(70) 그리고 제2 전극(80)을 포함한다.
- [0024] 기판(10)은 단층 또는 다층으로 형성 될 수 있다. 기판(10)은 GaN, InGaN, AlGaN, InAlGaN, InAlN 등을 포함할 수 있다. 기판(10)은 P형 도펀트를 포함할 수 있다.
- [0025] 제1 전극(20)은 기판(10) 위에 위치할 수 있다. 제1 전극(20)은 인듐, 금, 니켈, 백금, 알루미늄, 팔라듐 등을 포함할 수 있다. 제1 전극(20)은 인듐, 금, 니켈이 순서대로 증착된 구조를 포함할 수 있다.
- [0026] 시드층(30)은 기판(10) 위에 위치할 수 있다. 시드층(30)의 상부에는 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)가 위치할 수 있다.
- [0027] 마스크층(40)은 시드층(30) 위에 위치할 수 있다. 마스크층(40)은 제1 관통홀(42)과 제2 관통홀(44)을 포함할 수 있다. 마스크층(40)은 폴리메타크릴산메틸(polymethyl methacrylate, PMMA), 스핀 온 글래스(spin on glass, SOG), 스핀 온 인슐레이터(Spin on insulator, SOI,), 폴리이미드(polyimide), 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS) 등을 포함할 수 있다.
- [0028] 제1 마이크로라드 구조체(50)는 제1 관통홀(42)에 위치할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50)의 하부는 시드층(30)과 연결될 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50)는 ZnO, ZnMgO, ZnCdO, GZO(Ga-doped ZnO), IZO(In-doped ZnO), 그리고 AZO(Al-doped ZnO) 등의 금속산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, ZnO를 사용하여 마이크로라드를 제조하는 경우, 인듐, 주석, 갈륨 등의 반도체 원료 가스를 사용하는 것보다 제조 원가가 절감될 수 있고, 기체 상태가 아닌 용액 상태의 원료를 이용할 수 있으므로, 제조 공정을 단순화시킬 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50)의 파장 범위는 420nm 내지 490nm일 수 있다. 이 경우 제1 마이크로라드 구조체(50)는 청색(Blue)빛을 포함할 수 있다.
- [0029] 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 제2 관통홀(44)에 위치할 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 하부는 시드층(30)과 연결될 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 ZnO, ZnMgO, ZnCdO, GZO(Ga-doped ZnO), IZO(In-doped ZnO), 그리고 AZO(Al-doped ZnO) 등의 금속산화물을 포함할 수 있다. 예를 들어, ZnO를 사용하

여 마이크로라드를 제조하는 경우, 인듐, 주석, 갈륨 등의 반도체 원료 가스를 사용하는 것보다 제조 원가가 절감될 수 있고, 기체 상태가 아닌 용액 상태의 원료를 이용할 수 있으므로, 제조 공정을 단순화시킬 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 파장 범위는 520nm 내지 590nm일 수 있다. 이 경우 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 황색(Yellow)빛을 포함할 수 있다.

[0030] 도 1에 도시한 바와 같이, 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 교대로 시드층(30)의 상부에 위치할 수 있다. 또한 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 랜덤으로 시드층(30)의 상부에 위치할 수도 있다.

[0031] 절연체(70)는 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)를 둘러싸며 위치할 수 있다. 절연체(70)는 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)를 절연시키는 물질로, 폴리메타크릴산메틸(polymethyl methacrylate, PMMA), 스핀 온 글래스(spin on glass, SOG), 스핀 온 인슐레이터(Spin on insulator, SOI), 폴리이미드(polyimide), 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS) 등을 포함할 수 있다.

[0032] 제2 전극(80)은 제1 마이크로라드 구조체(50)의 단부와 연결될 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)의 단부는 N형 도펀트를 포함할 수 있다. 제2 전극(80)은 제1 마이크로라드 구조체(50) 및 제1 마이크로디스크 구조체(60)와 함께 연결되는 일체형일 수 있다. 제2 전극(80)은 티타늄, 금, 백금 그리고 알루미늄 등을 포함할 수 있다. 제2 전극(80)은 제1 전극(20)과 연결되어 PN 접합할 수 있다.

[0033] 제1 전극(20)과 제2 전극(80)이 PN 접합을 할 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 청색 빛을 발광하고, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 황색 빛을 발광할 수 있다. 이 경우, 백색 발광 소자(1)는 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색 빛과 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 황색 빛이 혼합되어 백색 빛을 발광할 수 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(2)의 개략적인 사시도를 나타낸다. 도 2에서는 제1 전극(20, 22)과 제2 전극(80, 82)를 제외하고는 도 1의 백색 발광 소자(1)와 유사하므로, 동일한 부분에는 동일한 도면 부호를 사용하며, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0035] 제1 전극(20, 22)은 상호 이격되고 P형 도펀트를 포함하는 기관(10) 위에 위치할 수 있다. 제2 전극(80)은 제1 마이크로디스크 구조체(60)와 연결되고, 제2 전극(82)은 제1 마이크로라드 구조체(50)의 단부와 연결될 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 단부에는 각각 N형 도펀트를 포함할 수 있다. 제2 전극(80, 82)은 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)가 각각 연결되는 분리형일 수 있다. 제2 전극(80, 82)은 제1 전극(20, 22)과 각각 연결되어 PN 접합할 수 있다.

[0036] 제1 전극(22)과 제2 전극(82)이 PN 접합을 할 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 청색 빛을 발광할 수 있다. 제1 전극(20)과 제2 전극(80)이 PN 접합을 할 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 황색 빛을 발광할 수 있다. 백색 발광 소자(2)는 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색 빛과 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 황색 빛이 혼합되어 백색 빛을 발광할 수 있다.

[0037] 도 2의 (a)에 도시한 바와 같이, 제1 전극(22)과 제2 전극(82)에 인가된 역전압(V1)이 제1 전극(20)과 제2 전극(80)에 인가된 역전압(V2)보다 크게 설정될 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색 빛의 발광이 커지므로 백색 발광 소자(2)의 백색광을 청색 계열의 백색으로 구현할 수 있다.

[0038] 도 2의 (b)에 도시한 바와 같이, 제1 전극(22)과 제2 전극(82)에 인가된 역전압(V1)이 제1 전극(20)과 제2 전극(80)에 인가된 역전압(V2)보다 작게 설정될 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 황색 빛의 발광이 커지므로 백색 발광 소자(2)의 백색광을 황색 계열의 백색으로 구현할 수 있다.

[0039] 종래의 YB(Yellow, Blue) 발광 소자는 가시광선 영역 중 일부 스펙트럼만 구현하므로 백색광의 재현 범위가 좁아 디스플레이 등에는 사용되기 어려울 수 있었다.

[0040] 반면에, 백색 발광 소자(2)는 제1 전극(20, 22)과 제2 전극(80, 82)에 인가된 역전압(V1, V2)을 조절할 수 있으므로 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색광과 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 황색광의 혼합 백색이 다양할 수 있다. 백색 발광 소자(2)의 혼합 백색은 예를 들면, 청색 계열의 백색, 황색 계열의 백색, 따뜻한 백색 그리고 차가운 백색 등일 수 있다. 따라서 백색광의 재현 범위가 넓을 수 있고 색상 만족도가 높아질 수 있으므로 정보표시소자 디스플레이 등의 고화질 소자에 사용될 수 있다.

[0041] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(1)의 개략적인 단면도를 나타낸다. 도 3의 (a)에 도시한 바와 같이, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 시드층(30) 위에 위치할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50)는 성장

프리커서에 시트레이트 이온(citrate ion)이 첨가되지 않으므로 시드층(30) 위에 일체형으로 성장할 수 있다. 따라서 제1 마이크로라드 구조체(50)에 역전압이 인가될 경우, 터널링 확률이 작으므로 기관(10)의 내부에서 재결합이 주로 발생하여 청색 빛이 우세하게 나타날 수 있다.

[0042] 제1 마이크로라드 구조체(50)의 직경(d1)은 $1\mu\text{m}$ 내지 $15\mu\text{m}$ 일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 황색 빛이 혼합된 청색 빛을 발광할 수 있다. 바람직하게는 제1 마이크로라드 구조체(50)의 직경(d1)은 $1\mu\text{m}$ 내지 $8\mu\text{m}$ 일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 황색 빛의 비율이 작은 청색 빛을 발광할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 제1 마이크로라드 구조체(50)의 직경(d1)은 $2\mu\text{m}$ 내지 $7\mu\text{m}$ 일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 황색 빛이 섞이지 않은 청색 빛을 발광할 수 있으므로, 청색 빛의 연색성을 높이는 효과가 좋다.

[0043] 제1 마이크로라드 구조체(50)의 종횡비(높이/직경)는 1 내지 20일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 황색 빛이 혼합된 청색 빛을 발광할 수 있다. 바람직하게는, 제1 마이크로라드 구조체(50)의 종횡비(높이/직경)는 2 내지 10일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 황색 빛의 비율이 작은 청색 빛을 발광할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 제1 마이크로라드 구조체(50)의 종횡비(높이/직경)는 3 내지 8일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 황색 빛이 섞이지 않은 청색 빛을 발광할 수 있으므로, 청색 빛의 색 재현성을 높이는 효과가 좋다.

[0044] 도 3의 (b)에 도시한 바와 같이, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 시드층(30) 위에 위치할 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 성장 프리커서에 시트레이트 이온이 첨가되어 시드층(30) 위에 나노 구조체(n)가 분리형으로 성장하다가 측면 성장할 수 있다. 따라서 제1 마이크로디스크 구조체(60)에 역전압이 인가될 경우, 터널링 확률이 크므로 제1 마이크로디스크 구조체(60)가 포함하는 금속산화물의 내부에서 재결합이 주로 발생하여 황색 빛이 우세하게 나타날 수 있다.

[0045] 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 직경(d1)은 $1\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 청색 빛이 혼합된 황색 빛을 발광할 수 있다. 바람직하게는, 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 직경(d1)은 $3\mu\text{m}$ 내지 $15\mu\text{m}$ 일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 청색 빛의 비율이 작은 황색 빛을 발광할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 직경(d1)은 $5\mu\text{m}$ 내지 $13\mu\text{m}$ 일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 청색 빛이 섞이지 않은 황색 빛을 발광할 수 있으므로, 황색 빛의 연색성을 높이는 효과가 좋다.

[0046] 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 종횡비(높이/직경)는 0.01 내지 0.99일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 청색 빛이 혼합된 황색 빛을 발광할 수 있다. 바람직하게는, 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 종횡비(높이/직경)는 0.01 내지 0.5일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 청색 빛의 비율이 작은 황색 빛을 발광할 수 있다. 더욱 바람직하게는, 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 종횡비(높이/직경)는 0.01 내지 1일 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 청색 빛이 섞이지 않은 황색 빛을 발광할 수 있으므로, 황색 빛의 색 재현성을 높이는 효과가 좋다.

[0047] 따라서, 백색 발광 소자(1)는 제1 마이크로라드 구조체(50)와 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 종횡비를 조절하여 백색광의 색을 다양하게 유도할 수 있으므로 백색광의 재현 범위가 넓은 청색, 황색 및 혼색 백색광을 얻을 수 있다.

[0048] 도 4 및 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(2)의 제조 과정을 나타낸다. 도 4의 (a)에 도시한 바와 같이, 기관(10) 위에 금속산화물을 포함하는 시드층(30)을 제공할 수 있다. (b)에 도시한 바와 같이, 시드층(30)의 위에 제1 관통홀(42)을 포함하는 제1 마스크층(40)을 제공할 수 있다. 제1 관통홀(42)은 전자빔리스 그래피, 포토리스그래피, 나노임프린트 방법 등을 이용하여 형성될 수 있다. 제1 관통홀(42)의 직경은 $0.3\mu\text{m}$ 내지 $15\mu\text{m}$ 일 수 있다. 바람직하게는 $1\mu\text{m}$ 내지 $10\mu\text{m}$ 일 수 있다. 더욱 바람직하게는 $2\mu\text{m}$ 내지 $8\mu\text{m}$ 일 수 있다.

[0049] 도 4의 (c)에 도시한 바와 같이, 제1 관통홀(42)에는 제1 마이크로디스크 구조체(60)를 제공할 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 하부는 시드층(30)과 연결될 수 있다. 제1 마이크로디스크 구조체(60)는 성장 프리커서에 시트레이트 이온이 첨가될 수 있다. 시트레이트 이온은 소듐시트레이트(sodium citrate), 소듐시트레이트다이하이드레이트(sodium citrate dihydrate), 트라이소듐시트레이트다이하이드레이트(trisodium citrate dihydrate) 등을 포함할 수 있다. (d)에 도시한 바와 같이, 제1 마이크로디스크 구조체(60) 위에 제2 관통홀(44)을 포함하는 제2 마스크층(48)을 제공할 수 있다. 제2 관통홀(44)의 직경은 $0.3\mu\text{m}$ 내지 $15\mu\text{m}$ 일 수 있다.

바람직하게는 $1\mu\text{m}$ 내지 $10\mu\text{m}$ 일 수 있다. 더욱 바람직하게는 $2\mu\text{m}$ 내지 $8\mu\text{m}$ 일 수 있다. 제2 관통홀(44)과 제1 관통홀(42)의 사이 간격은 $2\mu\text{m}$ 내지 $20\mu\text{m}$ 일 수 있다. 바람직하게는 $6\mu\text{m}$ 내지 $16\mu\text{m}$ 일 수 있다. 더욱 바람직하게는 $10\mu\text{m}$ 내지 $12\mu\text{m}$ 일 수 있다.

- [0050] 도 5의 (e)에 도시한 바와 같이, 제2 관통홀(44)에는 제1 마이크로라드 구조체(50)를 제공할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50)의 하부는 시드층(30)과 연결될 수 있다. (f)에 도시한 바와 같이, 제2 마스크층(48) 위에 절연체(70)를 제공할 수 있다. 절연체(70)는 제1 마이크로라드 구조체(50) 및 제1 마이크로디스크 구조체(60)를 둘러싸며 코팅될 수 있다. 절연체(70)는 산소 플라즈마, CMP(Chemical mechanical polishing), 유기용매처리 등을 통하여 제1 마이크로라드 구조체 단부(51) 및 제1 마이크로디스크 구조체 단부(61)를 노출시키며 형성될 수 있다.
- [0051] 도 5의 (g)에 도시한 바와 같이, 기판(10)의 위에 제1 전극(20, 22)을 제공할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50) 및 제1 마이크로디스크 구조체(60)의 단부에는 각각 제2 전극(82, 80)이 제공될 수 있다. 제1 전극(20, 22)과 제2 전극(80, 82)은 각각 연결되어 PN 접합하고 역전압(V1, V2)이 설정될 수 있다.
- [0052] 도 6는 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(3)의 개략적인 사시도를 나타낸다. 도 6에서는 제2 마이크로라드 구조체(52) 및 제3 마이크로라드 구조체(54)를 제외하고는 도 1의 백색 발광 소자(1)와 유사하므로, 동일한 부분에는 동일한 도면 부호를 사용하며, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0053] 기판(10)은 P형 도펀트를 포함할 수 있으며, 제1 전극(20)은 기판(10) 위에 위치할 수 있다. 시드층(30)은 기판(10) 위에 위치할 수 있다. 시드층(30)의 상부에는 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52), 제3 마이크로라드 구조체(54)가 위치할 수 있다.
- [0054] 마스크층(40)은 시드층(30) 위에 위치할 수 있다. 마스크층(40)은 제1 관통홀(42), 제2 관통홀(44) 그리고 제3 관통홀(46)을 포함할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50)는 제1 관통홀(42)에 위치할 수 있다. 제2 마이크로라드 구조체(52)는 제2 관통홀(44)에 위치할 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체(54)는 제3 관통홀(46)에 위치할 수 있다.
- [0055] 제1 마이크로라드 구조체(50)의 파장 범위는 420nm 내지 490nm 일 수 있다. 이 경우 제1 마이크로라드 구조체(50)는 청색(Blue)빛을 포함할 수 있다.
- [0056] 제2 마이크로라드 구조체(52)의 파장 범위는 490nm 내지 570nm 일 수 있다. 제2 마이크로라드 구조체(52)는 아르곤, 갈륨, 아르신, 수소분위기에서 열처리를 진행할 수 있다. 바람직하게는, 제2 마이크로라드 구조체(52)는 아르곤분위기에서 열처리를 진행할 수 있다. 이 경우 제2 마이크로라드 구조체(52)는 녹색(Green)빛을 포함할 수 있다. 제2 마이크로라드 구조체(52)가 아르곤분위기에서 열처리 될 경우, 녹색 빛의 색 재현성의 효과를 높일 수 있다.
- [0057] 제3 마이크로라드 구조체(54)의 파장 범위는 620nm 내지 780nm 일 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체(54)는 질소, 갈륨, 아르신, 수소분위기에서 열처리를 진행할 수 있다. 바람직하게는, 제3 마이크로라드 구조체(54)는 질소분위기에서 열처리를 진행할 수 있다. 이 경우 제3 마이크로라드 구조체(54)는 적색(Red)빛을 포함할 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체(54)가 질소분위기에서 열처리 될 경우, 적색 빛의 연색성의 효과를 높일 수 있다.
- [0058] 아르곤분위기 및 질소분위기의 열처리 온도는 200°C 내지 1000°C 일 수 있다. 바람직하게는 열처리 온도는 400°C 내지 800°C 일 수 있다. 더욱 바람직하게는 열처리 온도는 500°C 내지 700°C 일 수 있다. 백색 발광 소자(3)는 제2 마이크로라드 구조체(52) 및 제3 마이크로라드 구조체(54)의 열처리 분위기를 조절하여 서로 다른 파장대의 빛을 유도할 수 있으므로 백색 발광 소자(3)의 연색성을 높일 수 있다. 열처리 분위기를 조절하는 방식은 정확도가 높고, 색 재현성이 높으며, 공정 원가도 절감될 수 있다.
- [0059] 절연체(70)는 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52) 그리고 제3 마이크로라드 구조체(54)를 둘러싸며 위치할 수 있다. 제2 전극(80)은 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52) 그리고 제3 마이크로라드 구조체(54)의 상부에 위치할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52) 그리고 제3 마이크로라드 구조체(54)는 상부에 N형 도펀트를 포함할 수 있다. 제2 전극(80)은 제1 전극(20)과 연결되어 PN 접합할 수 있다.
- [0060] 제1 전극(20)과 제2 전극(80)이 PN 접합을 할 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 청색 빛을 발광하고, 제2 마이크로라드 구조체(52)는 녹색 빛을 발광하고, 제3 마이크로라드 구조체(54)는 적색 빛을 발광할 수 있다.

이 경우, 백색 발광 소자(3)는 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색 빛과 제2 마이크로라드 구조체(52)의 녹색 빛과 제3 마이크로라드 구조체(54)의 적색 빛이 혼색되어 백색 빛을 발광할 수 있다.

- [0061] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(4)의 개략적인 사시도를 나타낸다. 도 7에서는 제1 전극(20, 22, 24)과 제2 전극(80, 82, 84)를 제외하고는 도 6의 백색 발광 소자(3)와 유사하므로, 동일한 부분에는 동일한 도면 부호를 사용하며, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0062] 제1 전극(20, 22, 24)은 상호 이격되고 P형 도펀트를 포함하는 기관(10) 위에 위치할 수 있다. 제2 전극(80)은 제1 마이크로라드 구조체(50)와 연결되고, 제2 전극(82)은 제2 마이크로라드 구조체(52)와 연결되고, 제2 전극(84)은 제3 마이크로라드 구조체(54)의 단부와 연결될 수 있다. 이 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52) 그리고 제3 마이크로라드 구조체(54)의 단부에는 각각 N형 도펀트를 포함할 수 있다. 제2 전극(80, 82, 84)은 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52) 그리고 제3 마이크로라드 구조체(54)가 각각 연결되는 분리형일 수 있다. 제2 전극(80, 82, 84)은 제1 전극(20, 22, 24)과 각각 연결되어 PN 접합할 수 있다.
- [0063] 제1 전극(20)과 제2 전극(80)이 PN 접합을 할 경우, 제1 마이크로라드 구조체(50)는 청색 빛을 발광할 수 있다. 제1 전극(22)과 제2 전극(82)이 PN 접합을 할 경우, 제2 마이크로라드 구조체(52)는 녹색 빛을 발광할 수 있다. 제1 전극(24)과 제2 전극(84)이 PN 접합을 할 경우, 제3 마이크로라드 구조체(54)는 적색 빛을 발광할 수 있다. 백색 발광 소자(4)는 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색 빛과 제2 마이크로라드 구조체(52)의 녹색 빛과 제3 마이크로라드 구조체(54)의 적색 빛이 혼색되어 백색 빛을 발광할 수 있다.
- [0064] 백색 발광 소자(4)는 제1 전극(20, 22, 24)과 제2 전극(80, 82, 84)에 인가된 역전압(V1, V2, V3)을 조절할 수 있다. 따라서 제1 마이크로라드 구조체(50)의 청색광과, 제2 마이크로라드 구조체(52)의 녹색광과, 제3 마이크로라드 구조체(54)의 적색광의 혼합 백색이 다양할 수 있다. 백색 발광 소자(4)는 청색광과 적색광의 혼합인 마젠타(Magenta)와, 청색광과 녹색광의 혼합인 시안(Cyan) 그리고 적색광과 녹색광의 혼합인 황색(Yellow)의 혼합을 통해 백색 발광을 유도할 수 있으므로 색 재현성을 높일 수 있다. 또한 백색 발광 소자(4)는 간단한 구조로 RGB 혼색 백색광을 얻을 수 있다.
- [0065] 도 8은 백색 발광 소자(4)의 밴드 다이어그램을 나타낸다. 제3 마이크로라드 구조체(54)는 질소분위기에서 열처리 될 수 있으며, 제2 마이크로라드 구조체(52)는 아르곤분위기에서 열처리 될 수 있다.
- [0066] 도 8에 도시한 바와 같이, 제3 마이크로라드 구조체(54)는 산소 공공의 발생이 커질 수 있다. 따라서 순전압을 인가하게 될 경우 산소 공공으로부터 밸런스밴드까지의 트랜지션으로 인해 적색 빛이 우세하게 나타날 수 있다.
- [0067] 제2 마이크로라드 구조체(52)는 침입형 아연의 양과 산소 공공의 발생이 커질 수 있다. 따라서 순전압을 인가하게 될 경우, 침입형 아연으로부터 산소 공공까지의 트랜지션으로 인해 녹색 빛이 우세하게 나타날 수 있다.
- [0068] 열처리를 하지 않은 제1 마이크로라드 구조체(50)는 치환형 산소의 발생이 커질 수 있다. 따라서 순전압을 인가하게 될 경우, 치환형 산소로부터 밸런스밴드까지의 트랜지션으로 인해 청색 빛이 우세하게 나타날 수 있다.
- [0069] 도 9 및 도 10은 본 발명의 실시예에 따른 백색 발광 소자(4)의 제조 과정을 나타낸다. 도 9 및 도 10에서는 제1 전극(20, 22, 24)과 제2 전극(80, 82, 84), 마스크층(40, 48, 49)를 제외하고는 도 4 및 도 5의 백색 발광 소자(2)의 제조 과정과 유사하므로, 동일한 부분에는 동일한 도면 부호를 사용하며, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0070] 도 9의 (a)에 도시한 바와 같이, 기관(10) 위에 금속산화물을 포함하는 시드층(30)을 제공하고, 시드층(30)의 위에 제3 관통홀(46)을 포함하는 제3 마스크층(49)을 제공할 수 있다. 제3 관통홀(46)에는 제3 마이크로라드 구조체(54)를 제공할 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체(54)의 하부는 시드층(30)과 연결될 수 있다. 제3 마이크로라드 구조체(54)는 질소분위기에서 열처리될 수 있다.
- [0071] (d)에 도시한 바와 같이, 제3 마이크로라드 구조체(54) 위에 제2 관통홀(44)을 포함하는 제2 마스크층(48)을 제공할 수 있다. (e)에 도시한 바와 같이, 제2 관통홀(44)에는 제2 마이크로라드 구조체(52)를 제공할 수 있다. 제2 마이크로라드 구조체(52)는 아르곤분위기에서 열처리될 수 있다. (f)에 도시한 바와 같이, 제2 마이크로라드 구조체(52) 위에 제1 관통홀(42)을 포함하는 제1 마스크층(40)을 제공할 수 있다.
- [0072] 도 10의 (g)에 도시한 바와 같이, 제1 관통홀(42)에는 제1 마이크로라드 구조체(50)를 제공할 수 있다. (h)에 도시한 바와 같이, 제1 마스크층(40) 위에 절연체(70)를 제공할 수 있다. 절연체(70)는 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52), 제3 마이크로라드 구조체(54)를 둘러싸며 코팅 될 수 있다. 절연체(7

0)는 제1 마이크로라드 구조체 단부(51), 제2 마이크로라드 구조체 단부(53), 제3 마이크로라드 구조체 단부(55)를 노출시키며 형성될 수 있다.

[0073] 도 10의 (i)에 도시한 바와 같이, 기관(10)의 위에 제1 전극(20, 22, 24)를 제공할 수 있다. 제1 마이크로라드 구조체(50), 제2 마이크로라드 구조체(52), 제3 마이크로라드 구조체(54)의 단부에는 각각 제2 전극(80, 82, 84)이 제공될 수 있다. 제1 전극(20, 22, 24)과 제2 전극(80, 82, 84)은 각각 연결되어 PN 접합하고 역전압(V1, V2, V3)이 설정될 수 있다.

[0074] 이하에서는 실험예를 사용하여 본 발명을 좀더 상세하게 설명한다. 이러한 실험예는 단지 본 발명을 예시하기 위한 것이며, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다.

[0075] **백색 발광 소자 구조체 관찰 실험**

[0076] **제조예 1**

[0077] 화학기상증착법(Metal-organic chemical vapor deposition, MOCVD)으로 p-GaN/c-Al2O3 기관상에 징크 아세테이트 다이하이드레이트(zinc acetate dihydrate) 용액(5 mM in ethanol, Sigma Aldrich)을 2000rpm으로 스핀코팅한 후 200℃에서 열처리한다.

[0078] 다음으로 PMMA 용액(4wt% in Chlorobenzene, 996K)을 2000rpm으로 스핀코팅한 후 각각 150℃와 500℃에서 순차적으로 열처리한다. 그 후, 전자빔리소그래피(E-beam lithography)를 이용하여 구멍의 직경이 2μm 인 패턴이 형성된 마스크층을 제조한다.

[0079] 다음으로 동일한 농도의 헥사메틸렌-테트라아민(Hexamethylenetetramine) 및 징크 나이트레이트 헥사하이드레이트(Zinc nitrate hexahydrate)를 포함하는 용액(20mM in D. I water, Sigma Aldrich)으로 오토클레이브 반응용기에서 95℃로 4시간 동안 수열합성하여 산화아연 마이크로라드가 형성된 필름을 제조한다.

[0080] 산화아연 마이크로라드가 형성된 필름 상에 PMMA 용액을 2000 rpm으로 스핀코팅한 후 200℃에서 열처리하여 산화아연 마이크로라드 사이를 절연시킨다. 산화아연 마이크로라드의 끝단이 노출되도록 산소 플라즈마 처리하고 p-GaN/c-Al2O3 기관의 한쪽 표면에 니켈/금/인듐 순으로 증착하여 제1 전극을 형성한다. 다음으로, 모든 산화아연 마이크로라드의 끝단을 덮도록 티타늄/금 순으로 증착하여 다층의 일체형 제2 전극을 형성하여 산화아연 마이크로라드를 포함하고 도 2와 동일한 구조를 가지는 발광 소자를 제조한다.

[0081] **제조예 2**

[0082] 화학기상증착법(Metal-organic chemical vapor deposition, MOCVD)으로 p-GaN/c-Al2O3 기관상에 징크 아세테이트 다이하이드레이트(zinc acetate dihydrate) 용액(5 mM in ethanol, Sigma Aldrich)을 2000rpm으로 스핀코팅한 후 200℃에서 열처리한다.

[0083] 다음으로 PMMA 용액(4wt% in Chlorobenzene, 996K)을 2000rpm으로 스핀코팅한 후 각각 150℃와 500℃에서 순차적으로 열처리한다. 그 후, 전자빔리소그래피(E-beam lithography)를 이용하여 구멍의 직경이 2μm 인 패턴이 형성된 마스크층을 제조한다.

[0084] 다음으로 동일한 농도의 헥사메틸렌-테트라아민(Hexamethylenetetramine) 및 징크 나이트레이트 헥사하이드레이트(Zinc nitrate hexahydrate)에 추가적으로 트라이소듐 시트레이트 다이하이드레이트(Trisodium citrate dihydrate)를 포함하는 용액(20 mM in D. I water, Sigma Aldrich)으로 오토클레이브 반응용기에서 95℃로 4시간 동안 수열합성하여 산화아연 마이크로디스크가 형성된 필름을 제조한다.

[0085] 산화아연 마이크로디스크가 형성된 필름의 p-GaN/c-Al2O3 기관 한쪽 표면에 니켈/금/인듐 순으로 증착하여 제1 전극을 형성한다. 다음으로, 모든 산화아연 마이크로디스크의 끝단을 덮도록 티타늄/금 순으로 증착하여 다층의 일체형 제2 전극을 형성하여 산화아연 마이크로디스크를 포함하고 도 2와 동일한 구조를 가지는 발광 소자를 제조한다.

[0086] **실험예 1**

[0087] 도 11은 본 발명의 제조예 1 및 2에 따라 제조한 백색 발광 소자의 표면의 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM) 사진을 나타낸다. 도 11의 (a)는 본 발명의 마이크로라드가 형성된 주사전자현미경 사진을 나타내고, (b)는 본 발명의 마이크로디스크가 형성된 주사전자현미경 사진을 나타낸다.

[0088] 도 11의 (a)에 도시한 바와 같이, 산화아연 마이크로라드가 형성된 필름은 마스크층 각 구멍에서 성장된 산화

아연 마이크로라드가 2.5 μm 의 직경과 5.8 μm 의 높이로 성장되어 2.3의 종횡비(높이/직경)를 갖는 것을 알 수 있다.

[0089] 도 11의 (b)에 도시한 바와 같이, 산화아연 마이크로라드들이 형성된 필름은 각 구멍에서 성장된 산화아연 마이크로디스크가 6.1 μm 의 직경과 0.3 μm 의 높이로 성장되어 0.05 μm 의 종횡비(높이/직경)를 갖는 것을 알 수 있다.

[0090] 따라서 산화아연 마이크로디스크 성장 용액에 첨가된 시트레이트 이온(citrate ion)이 산화아연의 측면성장을 유도하는 것을 알 수 있다. 즉, 산화아연의 시트레이트 이온(citrate ion)의 유무를 조절하여 종횡비가 큰 산화아연 마이크로라드 또는 종횡비가 작은 산화아연 마이크로디스크를 성장시킬 수 있는 것을 확인할 수 있다. 또한 산화아연 마이크로라드들은 균일한 직경과 길이의 육각기둥구조를 갖는다는 것을 알 수 있다.

[0091] 실험예 2

[0092] 도 12의 (a)는 실험예 1과 동일한 방법으로 제조한 백색 발광 소자의 소자의 전압 변화에 따른 전류 값의 그래프를 나타내고, 도 12의 (b) 및 (c)는 백색 발광 소자의 마이크로 구조체의 발광 사진이다.

[0093] 실험예 2의 실험 결과

[0094] 도 12의 (a)의 청색 실선은 마이크로라드의 전압 변화에 따른 전류 값을 나타내고, 붉은 실선은 마이크로디스크의 전압 변화에 따른 전류 값을 나타낸다. 도 12의 (b)는 마이크로라드를 포함하는 발광 소자의 -15 V에서 작동된 발광 사진이고, (c)는 마이크로디스크를 포함하는 발광 소자의 -15 V에서 작동된 발광 사진이다.

[0095] 도 12의 (a)에 도시한 바와 같이, 마이크로라드 및 마이크로디스크 모두 순전압보다 역전압에서 더 높은 전류값을 갖는 것을 알 수 있다. 또한 마이크로라드 및 마이크로디스크 모두 -7 V부터 발광하고 순방향 전압에서는 전혀 발광하지 않음을 확인할 수 있다.

[0096] 도 12의 (b) 및 (c)에 도시한 바와 같이, 산화아연 마이크로라드를 포함하는 발광소자는 청색을 포함하는 색으로 발광하고, 산화아연 마이크로디스크를 포함하는 발광소자는 황색을 포함하는 색으로 발광함을 확인할 수 있다.

[0097] 실험예 3

[0098] 도 13의 (a)는 제조예 1에 따라 제조된 산화아연 마이크로라드를 포함하는 발광 소자의 역전압 변화에 전계발광 파장의 그래프를 나타낸다. 도 13의 (b)는 제조예 2에 따라 제조된 산화아연 마이크로디스크를 포함하는 발광 소자의 역전압 변화에 전계발광 파장의 그래프를 나타낸다.

[0099] 실험예 3의 실험 결과

[0100] 도 13의 (a)에 개시된 바와 같이, 산화아연 마이크로라드를 포함하는 발광 소자는 450nm 파장에서의 강한 전계 발광 피크가 나타나고, 535nm 파장에서의 약한 전계 발광 피크가 나타남을 알 수 있다. 따라서 450nm 파장을 갖는 피크는 청색에 해당되고 535nm 파장을 갖는 피크는 황색에 해당되므로, 산화아연 마이크로라드를 포함하는 발광 소자는 청색 빛을 발광함을 확인할 수 있다.

[0101] 도 13의 (b)에 개시된 바와 같이, 산화아연 마이크로디스크를 포함하는 발광 소자는 555nm 파장에서 강한 전계 발광 피크가 나타나고, 455nm 파장에서의 약한 전계발광 피크가 나타남을 알 수 있다. 따라서 555nm 파장을 갖는 피크는 황색에 해당되고 455nm 파장을 갖는 피크는 청색에 해당되므로, 산화아연 마이크로디스크를 포함하는 발광 소자는 황색 빛을 발광함을 확인할 수 있다.

[0102] 실험예 4

[0103] 도 14의 (a)는 실험예 1과 동일한 방법으로 제조한 백색 발광 소자의 광발광 분광 분석 값의 그래프를 나타내고, 도 14의 (b)는 실험예 1과 동일한 방법으로 제조한 백색 발광 소자의 파장에 따른 전계발광 측정 값의 그래프를 나타낸다.

[0104] 실험예 4의 실험 결과

[0105] 도 14의 (a)에 개시된 바와 같이, 백색 발광 소자는 375nm의 뾰족한 광발광 피크와 560nm에서의 약한 광발광 피크를 나타냈으며, p-GaN 기판에서는 청색 영역의 425nm에서 광발광 피크를 확인할 수 있다.

[0106] 도 14의 (b)에 개시된 바와 같이, 마이크로라드 발광 소자는 450nm에서 강한 전계발광 피크가 나타나고, 535nm

에서 약한 전계발광 피크를 나타냈으며, 마이크로디스크 발광 소자는 555nm에서 강한 전계발광 피크가 나타나고 435 nm에서 약한 전계발광 피크를 확인할 수 있다.

[0107] 도 14의 (a)와 (b)를 비교한 결과, 백색 발광 소자의 450 nm 파장에서의 전계발광 피크와 실시예 2에 나타났던 455 nm 파장에서의 전계발광 피크는 p-GaN 기판에 의한 발광임을 알 수 있다. 또한 백색 발광 소자의 나타났던 535 nm 파장에서의 전계발광 피크와 실시예 2에서 나타났던 555 nm 파장에서의 전계발광 피크는 n-ZnO(Zinc oxide, 산화아연)에 의한 것임을 확인할 수 있다.

[0108] 따라서 p-GaN 기판 위에 성장되는 산화아연 구조체의 종횡비를 조절하여 각각 다른 파장을 갖는 청색과 황색을 발광하는 발광 소자를 제조할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 하나의 기판 위에 산화아연 마이크로라드와 산화아연 마이크로디스크를 형성한 필름을 이용하여 발광 소자를 제조하여 산화아연 마이크로라드와 산화아연 마이크로디스크에 인가된 역전압 비율을 조절함에 따라 백색의 따뜻하고 차가운 정도의 조절이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

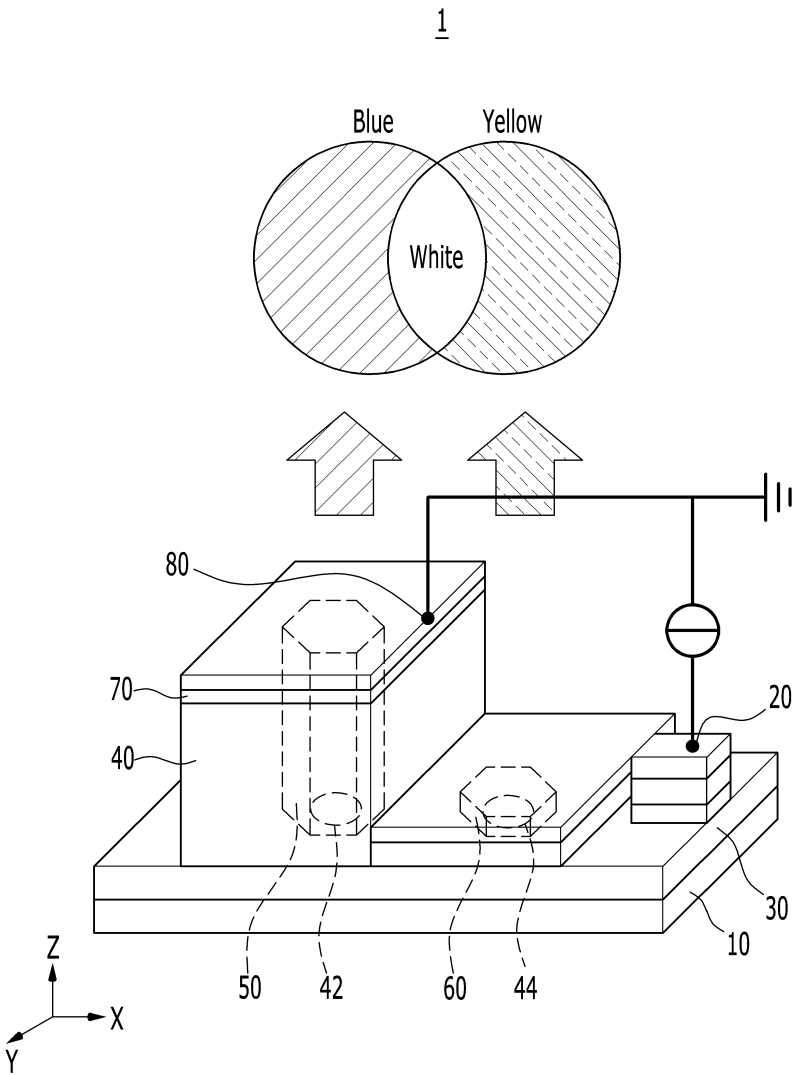
[0109] 본 발명을 앞서 기재한 바에 따라 설명하였지만, 다음에 기재하는 특허청구범위의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한, 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것을 본 발명이 속하는 기술 분야에서 종사하는 자들은 쉽게 이해할 것이다.

부호의 설명

- [0110]
- 10. 기판
 - 20, 22, 24. 제1 전극
 - 30. 시드층
 - 40, 48, 49. 마스크층
 - 42, 44, 46. 제1 관통홀
 - 50. 제1 마이크로라드 구조체
 - 52. 제2 마이크로라드 구조체
 - 54. 제3 마이크로라드 구조체
 - 60. 제1 마이크로디스크 구조체
 - 70. 절연체
 - 80, 82, 84. 제2 전극

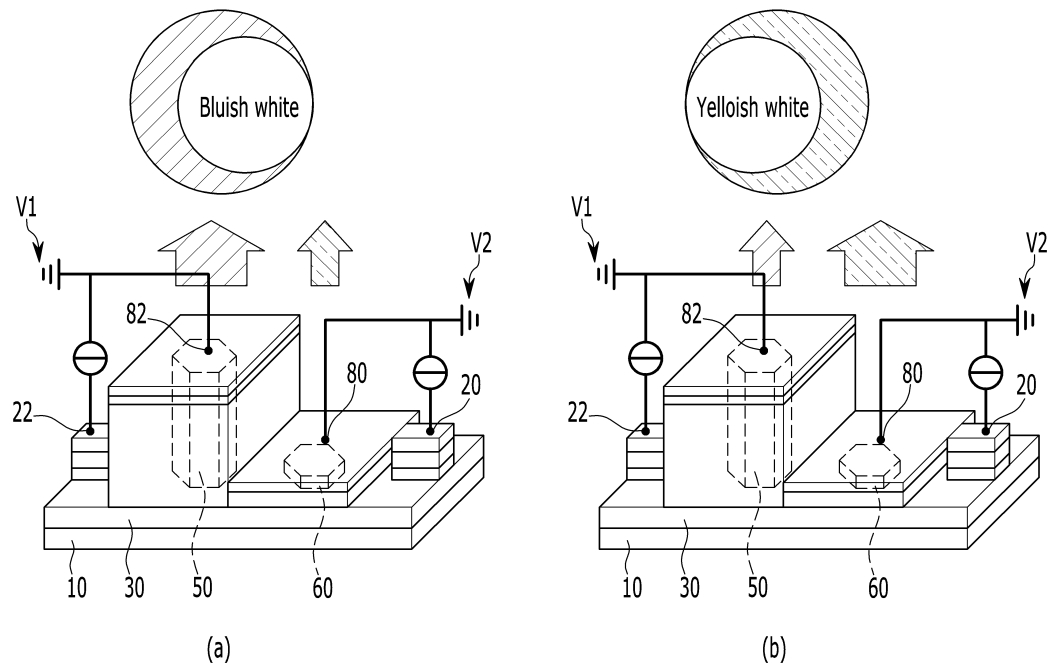
도면

도면1



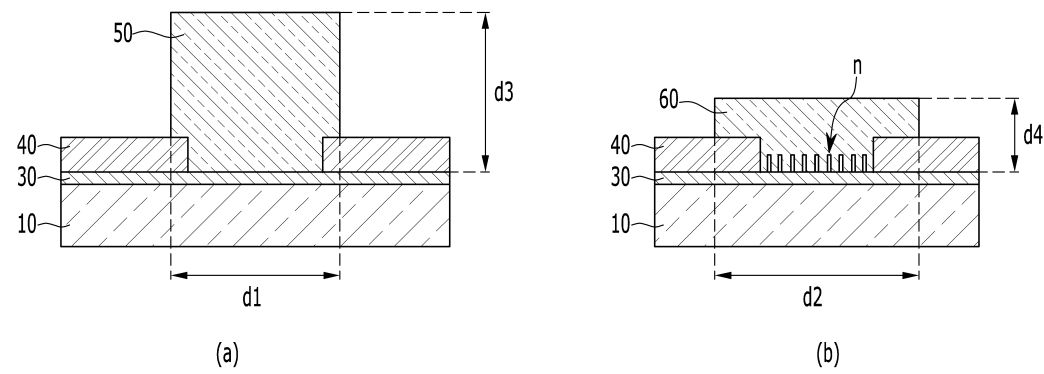
도면2

2

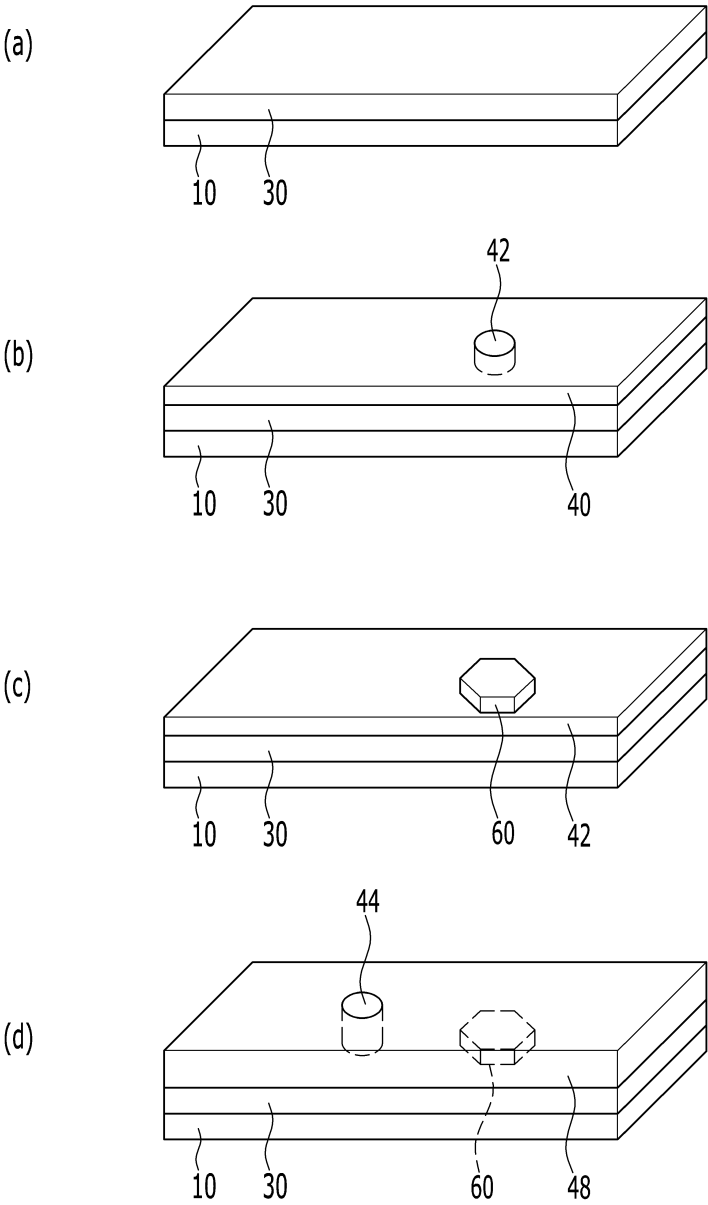


도면3

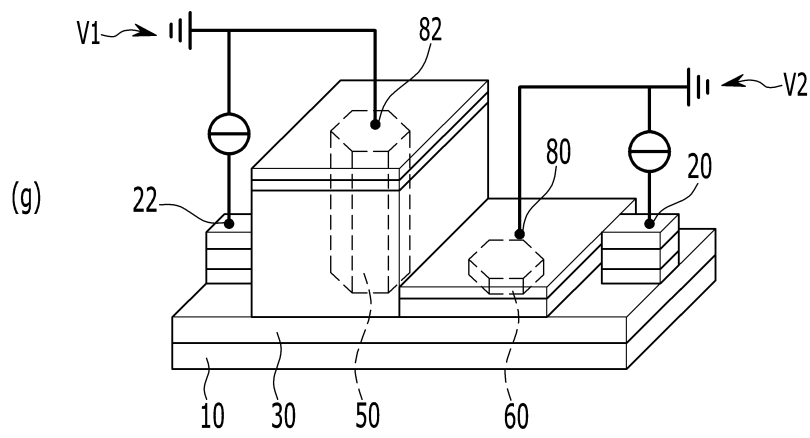
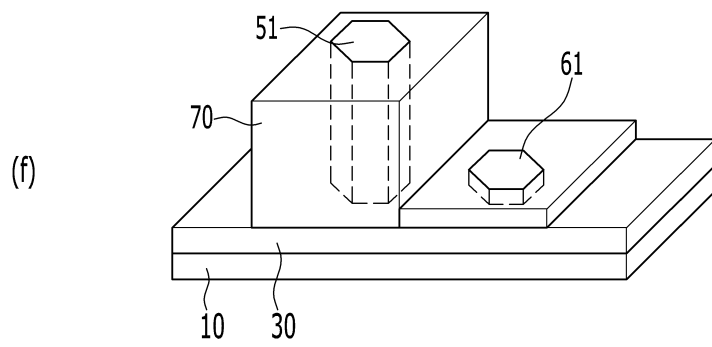
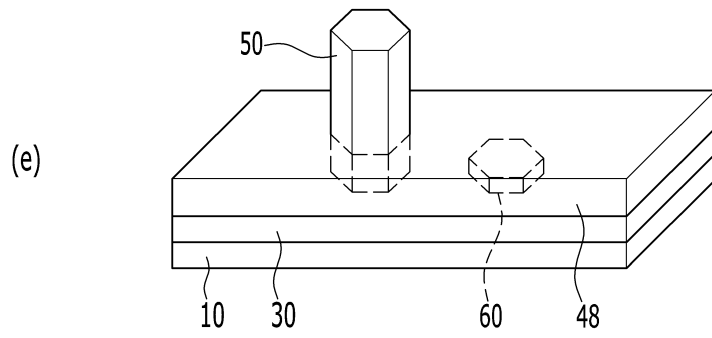
1



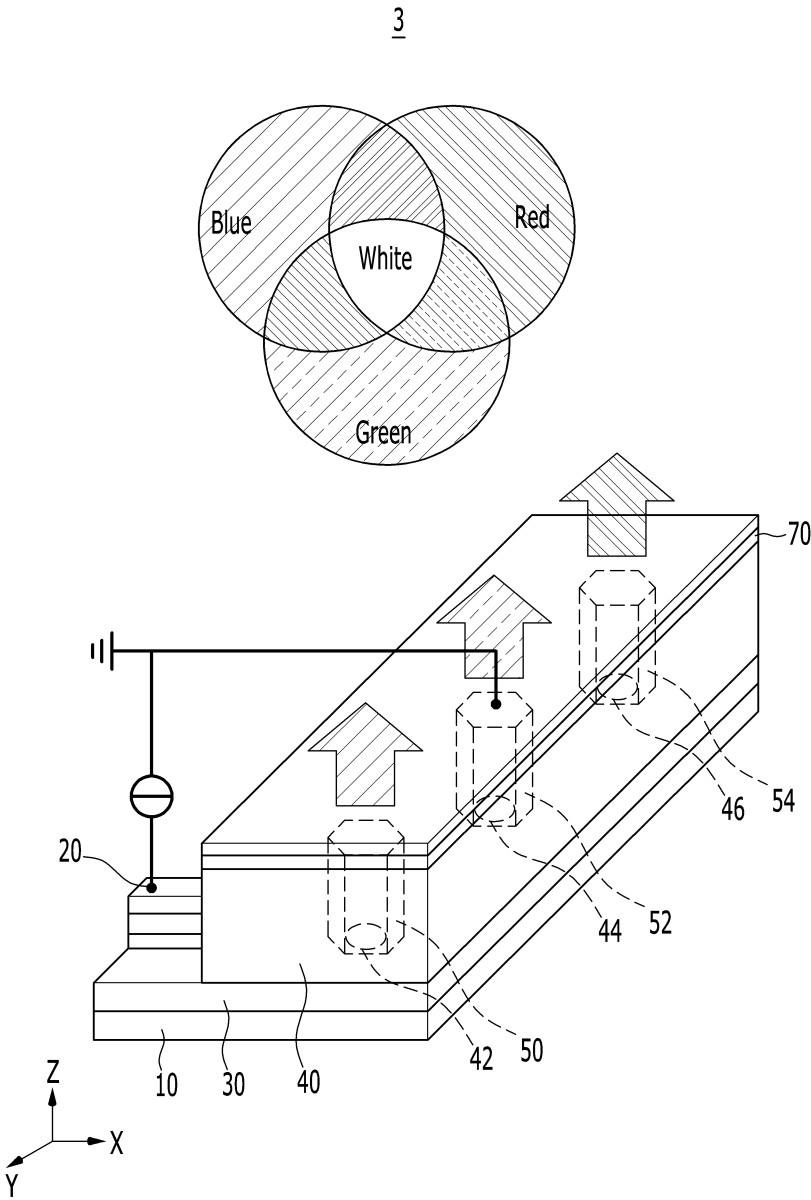
도면4



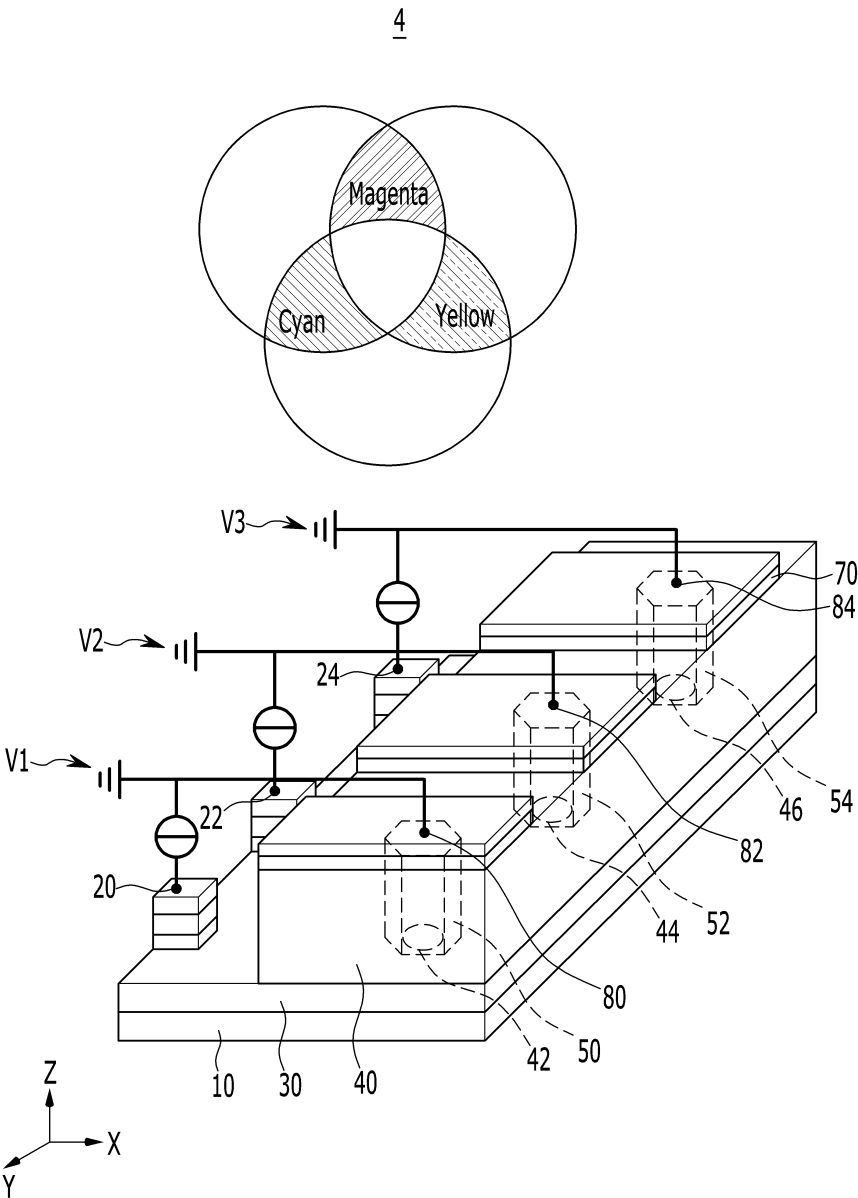
도면5



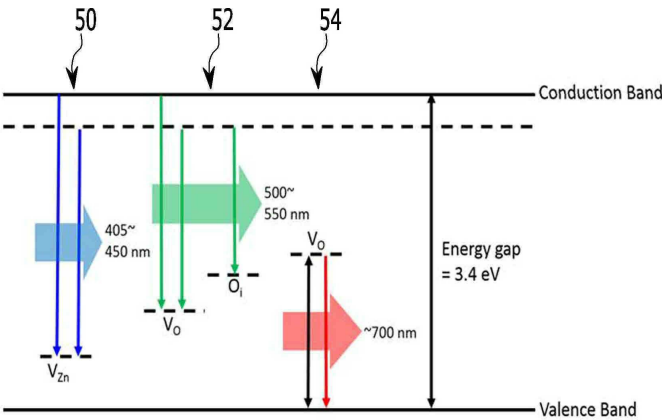
도면6



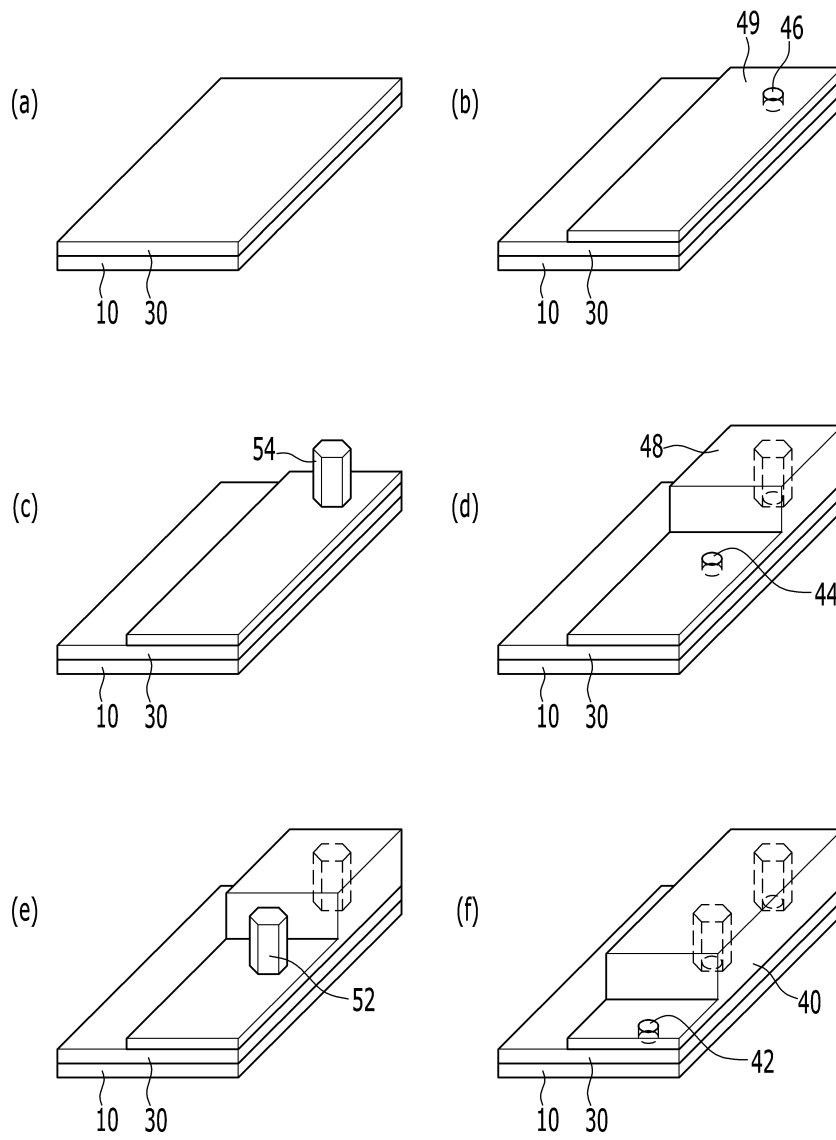
도면7



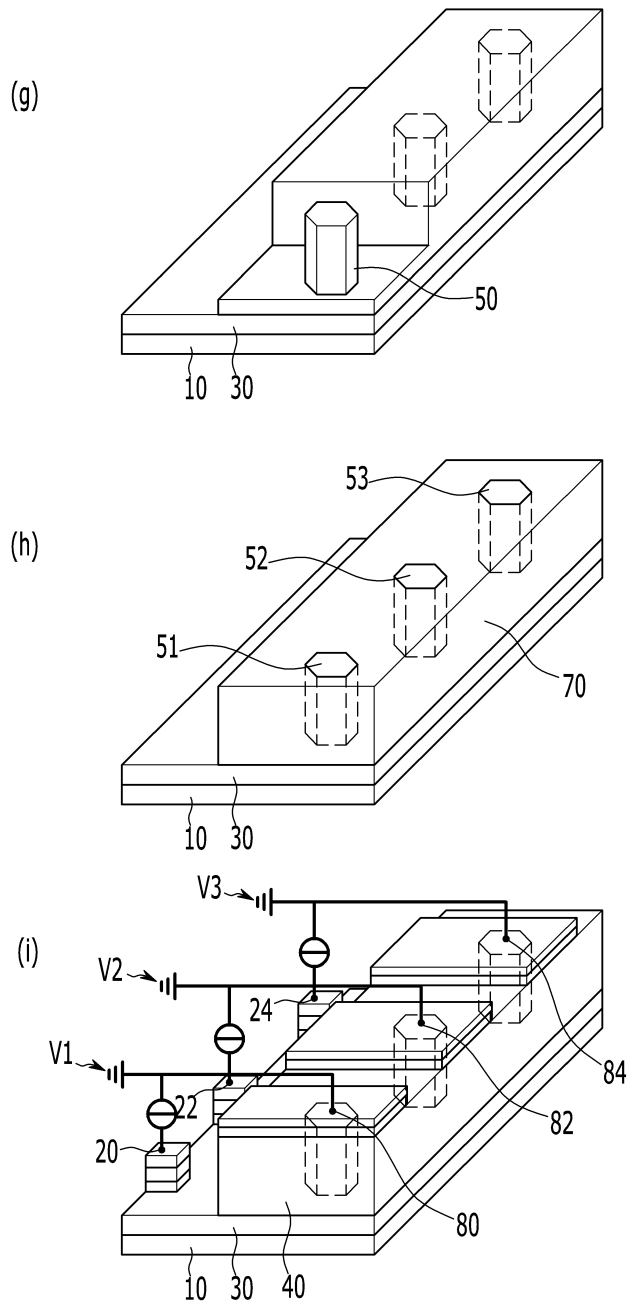
도면8



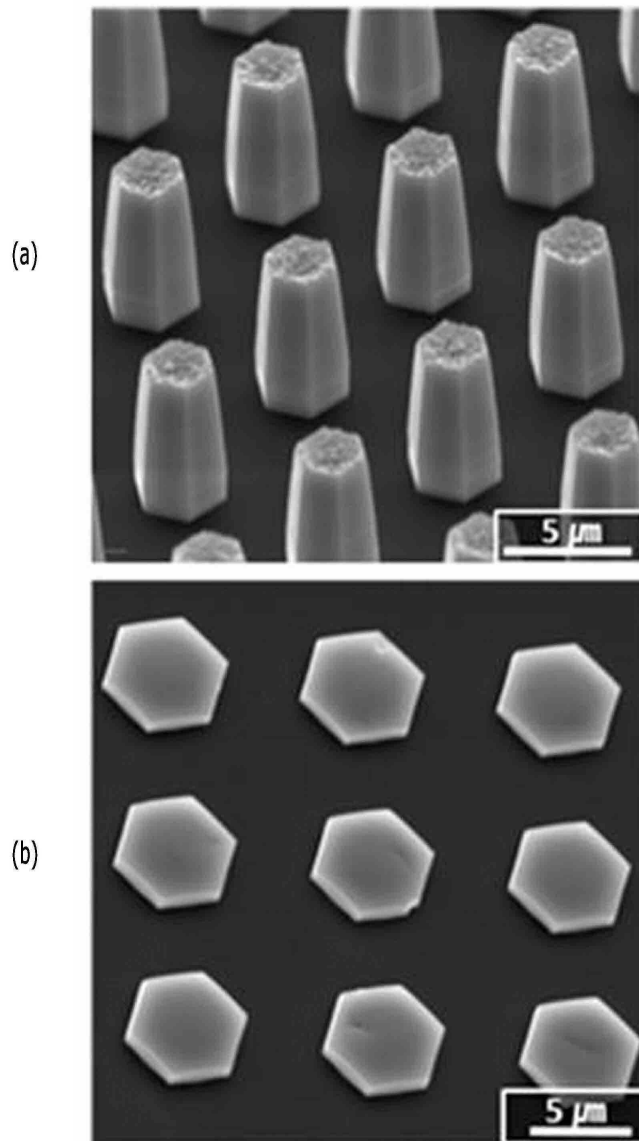
도면9



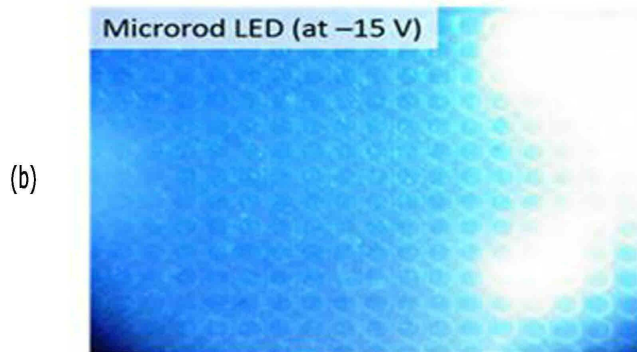
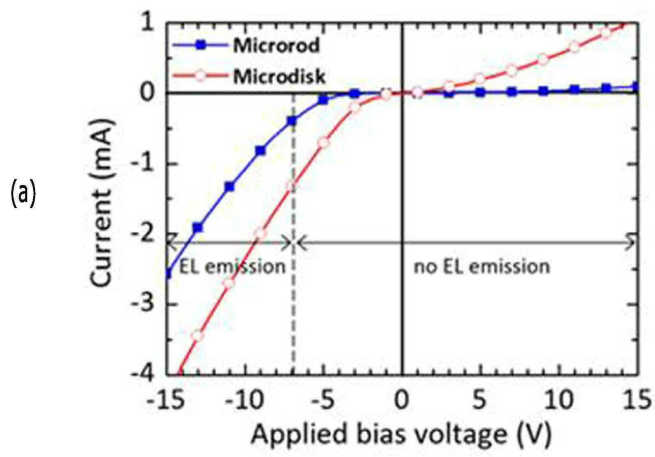
도면10



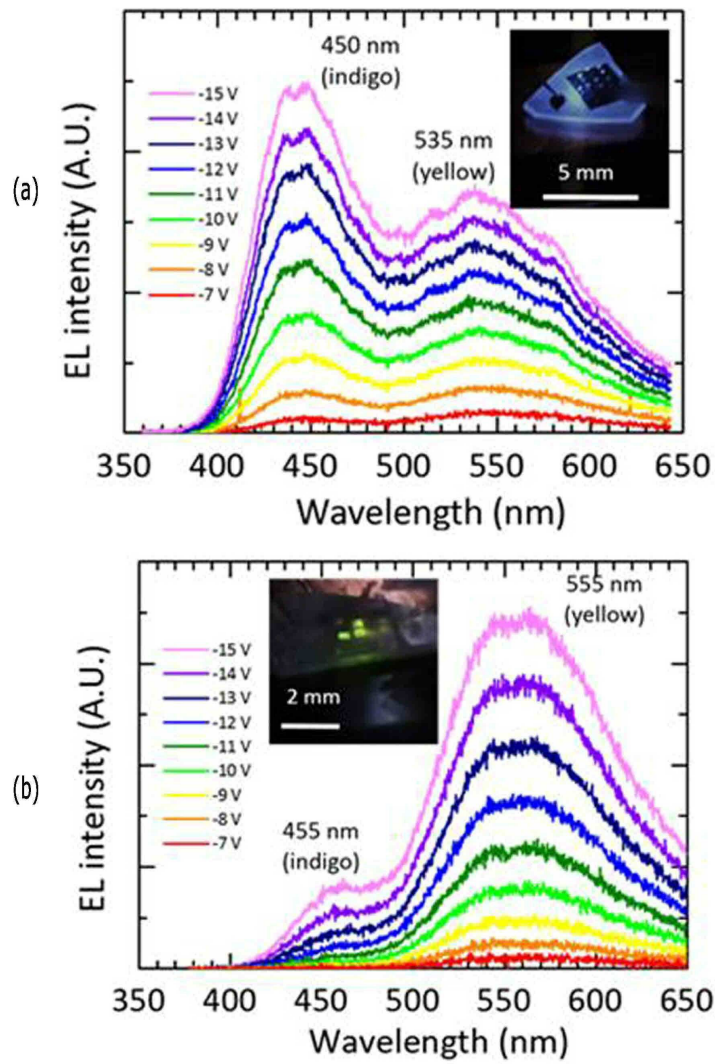
도면11



도면12



도면13



도면14

