



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0024461  
(43) 공개일자 2017년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 33/50 (2010.01) H01L 33/00 (2010.01)  
H01L 33/26 (2010.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 33/504 (2013.01)  
H01L 33/0012 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-0119765  
(22) 출원일자 2015년08월25일  
심사청구일자 없음

(71) 출원인  
서울바이오시스 주식회사  
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블  
럭 36호 (원시동)  
(72) 발명자  
한창석  
경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16  
윤여진  
경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인에이아이피

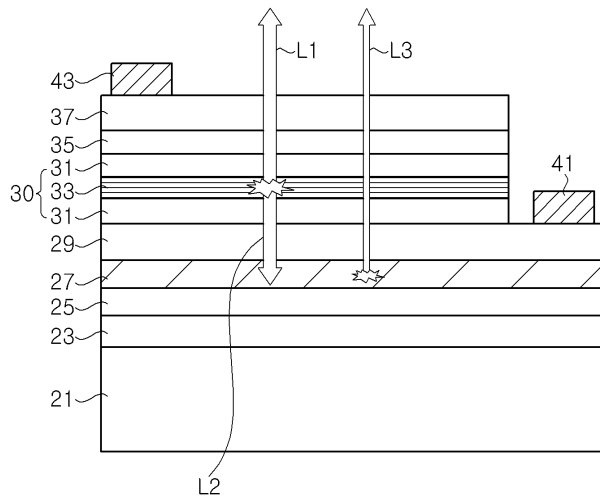
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 형광체 없이 백색광을 방출할 수 있는 발광 다이오드 및 그것을 제조하는 방법

(57) 요약

형광체 없이 백색광을 방출할 수 있는 발광 다이오드 및 그것을 제조하는 방법이 제공된다. 일 실시예에 따른 발광 다이오드는, n형 콘택층; p형 콘택층; n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되어 주 피크의 광을 방출하는 활성영역; 및 활성영역에 대하여 n형 콘택층 측에 위치하고, 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출하는 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 포함한다. 광 흡수-방출층을 이용함으로써 형광체 없이 백색광을 구현할 수 있는 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

*H01L 33/005* (2013.01)

*H01L 33/26* (2013.01)

*H01L 2924/12041* (2013.01)

(72) 발명자

**이준희**

경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16

**김화목**

경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16

**최효식**

경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16

**이섭근**

경기도 안산시 단원구 산단로 163번길 65-16

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

n형 콘택층;

p형 콘택층;

n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되어 주 피크의 광을 방출하는 활성영역; 및

상기 활성영역에 대향하여 상기 n형 콘택층 측에 위치하고, 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출하는 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 포함하는 발광 다이오드.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 황색 영역의 광이 상기 발광 다이오드로부터 생성되는 청색 영역의 광과 조합하여 백색광을 구현하는 발광 다이오드.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 주 피크의 광의 일부는 청색 영역의 광을 포함하고,

상기 청색 영역의 광과 상기 황색 영역의 광의 조합에 의해 상기 백색광이 구현되는 발광 다이오드.

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 황색 영역의 광은 상기 광 흡수-방출층의 깊은 레벨(deep level) 전자의 재결합에 의해 발생하는 발광 다이오드.

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 주 피크의 광은 360nm 내지 400nm 범위 내의 발광 피크를 갖되,

상기 주 피크의 광의 일부는 청색 영역의 광을 포함하는 발광 다이오드.

#### 청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 활성영역은 3.1 eV 내지 3.45 eV 범위 내의 에너지 밴드갭을 갖는 양자우물층을 포함하고,

상기 광 흡수-방출층은 2.95 eV 내지 3.65 eV 범위 내의 에너지 밴드갭을 갖는 발광 다이오드.

#### 청구항 7

청구항 5에 있어서,

상기 활성영역은  $Al_xInyGazN$ (단,  $0 \leq x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 1$ ) 양자우물층을 포함하고,

상기 광 흡수-방출층은  $AluInvGawN$ (단,  $0 \leq u < 1$ ,  $0 \leq v < 1$ ,  $0 \leq w \leq 1$ )으로 형성된 발광 다이오드.

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 n형 콘택층 및 상기 p형 콘택층은 각각 상기 양자우물층의 에너지 밴드갭보다 넓은 에너지 밴드갭을 가지는 발광 다이오드.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서,

상기 광 흡수-방출층은 상기 n형 콘택층보다 높은 Si 도핑 농도를 가지는 발광 다이오드.

**청구항 10**

청구항 1에 있어서,

성장 기판을 더 포함하되,

상기 광 흡수-방출층은 상기 성장 기판과 상기 n형 콘택층 사이에 개재된 발광 다이오드.

**청구항 11**

청구항 10에 있어서,

상기 성장 기판과 상기 광 흡수-방출층 사이에 개재된 버퍼층을 더 포함하는 발광 다이오드.

**청구항 12**

성장 기판 상에 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 성장시키고,

상기 광 흡수-방출층 상에 n형 콘택층, 활성영역 및 p형 콘택층을 성장시키는 것을 포함하되,

상기 활성영역은 주 피크의 광을 방출하고, 상기 광 흡수-방출층은 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출하는 발광 다이오드 제조 방법.

**청구항 13**

청구항 12에 있어서,

상기 발광 다이오드는 백색광을 방출하는 발광 다이오드 제조 방법.

**청구항 14**

청구항 13에 있어서,

상기 주 피크의 광의 일부는 청색 영역의 광을 포함하고,

상기 청색 영역의 광과 상기 황색 영역의 광의 조합에 의해 상기 백색광이 구현되는 발광 다이오드 제조 방법.

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,

상기 황색 영역의 광은 상기 광 흡수-방출층의 깊은 레벨(deep level) 전자의 재결합에 의해 발생하는 발광 다이오드 제조 방법.

**청구항 16**

청구항 15에 있어서,

상기 광 흡수-방출층은 상기 n형 콘택층의 성장 온도보다 낮은 온도에서 성장되는 발광 다이오드 제조 방법.

**청구항 17**

청구항 15에 있어서,

상기 광 흡수-방출층은 상기 n형 콘택층 내의 Si 도핑 농도보다 높은 Si 도핑 농도를 가지는 발광 다이오드 제

조 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 무기물 반도체 발광 다이오드 및 그것을 제조하는 방법에 관한 것으로, 특히 근자외선을 방출하는 활성영역을 이용하여 형광체 없이 백색광을 구현할 수 있는 발광 다이오드에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 일반적으로, 질화갈륨계 반도체는 풀컬러 디스플레이, 교통 신호등, 일반조명 및 광통신 기기의 광원으로 자외선, 청/녹색 발광 다이오드(light emitting diode) 또는 레이저 다이오드(laser diode)에 널리 이용되고 있다.

[0003] 디스플레이나 일반 조명용 등 다양한 용도에서 백색광이 요구되며, 발광 다이오드는 백색광의 광원으로 사용될 수 있다. 백색광을 구현하기 위한 방법으로는 청색 또는 자외선 발광 다이오드와 형광체를 조합하는 방법이 널리 사용되어 왔다. 예를 들어, 청색 발광 다이오드와 황색 형광체를 조합하여 백색광을 구현할 수 있다. 그러나 형광체는 발광 다이오드 칩을 제작한 후, 별도의 공정을 통해 발광 다이오드와 결합되므로, 공정이 복잡해지는 문제점이 있다.

[0004] 한편, 하나의 칩 내에 서로 다른 파장영역의 광을 방출하는 활성영역들을 배치하여 형광체 없이 백색광을 구현하는 발광 다이오드를 제공할 수 있다. 그러나 서로 다른 조성을 가지는 활성영역들을 단일의 성장 기관 상에서 양호한 결정품질을 갖도록 성장시키는 것은 쉽지 않다. 나아가, 이들 활성영역들은 서로 다른 전류 공급 라인을 통해 전류를 공급받게 되므로, 발광 다이오드 상에 전극들을 형성하는 공정이 대단히 복잡하다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 간단한 공정으로 형광체 없이 백색광을 구현할 수 있는 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는, 양호한 결정품질의 활성영역을 가지는 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따르면, n형 콘택층; p형 콘택층; n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되어 주 피크의 광을 방출하는 활성영역; 및 상기 활성영역에 대하여 상기 n형 콘택층 측에 위치하고, 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출하는 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 포함하는 발광 다이오드가 제공된다.

[0008] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 성장 기관 상에 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 성장시키고, 상기 광 흡수-방출층 상에 n형 콘택층, 활성영역 및 p형 콘택층을 성장시키는 발광 다이오드 제조방법이 제공된다. 여기서, 상기 활성영역은 주 피크의 광을 방출하고, 상기 광 흡수-방출층은 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출한다.

#### 발명의 효과

[0009] 본 발명의 실시예들에 따르면, 활성영역에서 방출된 광에 의해 광 흡수-방출층에서 황색 영역의 광이 방출될 수 있으며, 이를 이용하여 백색광을 구현할 수 있다. 특히, 활성영역에서 근자외선 영역의 주 피크를 가지는 광을 방출하도록 함으로써, 주 피크의 광의 일부와 상기 황색 영역의 광의 조합에 의해 백색광이 구현되도록 할 수 있다.

#### 도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 광 방출 원리를 설명하기 위한 단면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 광 방출 원리를 설명하기 위한 에너지 밴드 다이어그램이다.

도 4는 종래기술에 따른 발광 다이오드 및 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 보여주는 그래프들이다.

도 5는 종래기술에 따른 발광 다이오드 및 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드에서 방출되는 광을 보여주는 사진들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되는 실시예에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수 있다. 그리고 도면에 있어서, 구성요소의 폭, 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드는, n형 콘택층; p형 콘택층; n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되어 주 피크의 광을 방출하는 활성영역; 및 상기 활성영역에 대하여 상기 n형 콘택층 측에 위치하고, 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출하는 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 포함한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 활성영역에서 방출된 광과 함께 질화갈륨계 광 흡수-방출층에서 방출된 황색 영역의 광을 이용할 수 있다. 따라서, 형광체 없이도 황색 영역의 광을 방출할 수 있다. 나아가, 상기 광 흡수-방출층은 전기 에너지에 의해 구동되는 것이 아니라 활성영역에서 생성된 광을 흡수하여 새로운 파장의 광을 방출한다. 따라서, 본 실시예에 따른 발광 다이오드는, 종래 개별적으로 구동되는 복수의 활성영역을 가지는 발광 다이오드와 달리, 두 개의 전극에 의해 구동될 수 있으며, 그 제조 공정이 대단히 간단하다.
- [0014] 한편, 상기 발광 다이오드는 상기 황색 영역의 광과 상기 발광 다이오드에서 방출되는 청색 영역의 광의 조합에 의해 백색광을 방출할 수 있다. 상기 주 피크의 광의 일부가 청색 영역의 광을 포함할 수 있으며, 상기 청색 영역의 광과 상기 황색 영역의 광의 조합에 의해 상기 백색광이 구현될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 실시예들에 있어서, 상기 황색 영역의 광은 상기 광 흡수-방출층의 깊은 레벨(deep level) 전자의 재결합에 의해 발생된다. 질화갈륨계 반도체층의 깊은 레벨에 대해서는 어플라이드 피직스 레터 71(22)(Appl. Phys. Lett. 71(22), 1997. 12. 1)을 참고할 수 있다. 깊은 레벨 전자의 재결합은 GaN계 결정 내의 결함에 의해 생성되는데, 종래 기술은 이러한 결함을 제거하는 방향으로 진행되어 왔다. 그러나 본 발명의 실시예들은 오히려 깊은 레벨 전자의 재결합에 의해 발생하는 황색 영역의 광을 이용한다. 나아가, 활성영역에서 방출되는 주 피크의 광을 특정 영역의 광으로 설정함으로써 외부에서 육안으로 관찰될 수 있는 백색광을 구현할 수 있다.
- [0016] 몇몇 실시예들에 있어서, 상기 주 피크의 광은 360nm 내지 400nm 범위 내의 발광 피크를 가질 수 있으며, 상기 주 피크의 광의 일부는 청색 영역의 광을 포함한다.
- [0017] 몇몇 실시예들에 있어서, 상기 활성영역은 3.1 eV 내지 3.45 eV 범위 내의 에너지 밴드갭을 갖는 양자우물층을 포함하며, 상기 광 흡수-방출층은 2.95 eV 내지 3.65 eV 범위 내의 에너지 밴드갭을 가질 수 있다. 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부는 상기 광 흡수-방출층에 흡수되며, 흡수된 광에 의해 깊은 레벨 전자의 재결합이 유발될 수 있다.
- [0018] 한편, 상기 활성영역은  $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (단,  $0 \leq x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 1$ ) 양자우물층을 포함할 수 있으며, 상기 광 흡수-방출층은  $\text{Al}_u\text{In}_v\text{Ga}_w\text{N}$ (단,  $0 \leq u < 1$ ,  $0 \leq v < 1$ ,  $0 \leq w \leq 1$ )으로 형성될 수 있다. 활성영역 및 광 흡수-방출층의 에너지 밴드갭을 조절하기 위해 Al, In 및 Ga의 조성비가 조절된다.
- [0019] 한편, 상기 n형 콘택층 및 상기 p형 콘택층은 각각 상기 양자우물층의 에너지 밴드갭보다 넓은 에너지 밴드갭을 갖는다. 이에 따라, 활성영역에서 방출된 광이 n형 콘택층 또는 p형 콘택층에서 흡수되는 것을 방지할 수 있다.
- [0020] 몇몇 실시예들에 있어서, 상기 광 흡수-방출층은 상기 n형 콘택층보다 높은 Si 도핑 농도를 가질 수 있다. 상기 Si 도핑 농도는 예컨대  $1.5\text{E}19 / \text{cm}^3$  내지  $1\text{E}21 / \text{cm}^3$  범위 내일 수 있다.
- [0021] 몇몇 실시예들에 있어서, 상기 발광 다이오드는 성장 기판을 더 포함할 수 있다. 상기 광 흡수-방출층은 상기 성장 기판과 상기 n형 콘택층 사이에 개재된다. 상기 성장 기판은 질화갈륨계 반도체층을 성장시킬 수 있는 기

판이면 특별히 한정되지 않으며. 예를 들어 사파이어 기판 또는 패터닝된 사파이어 기판(Patterned Sapphire Substrate)일 수 있다. 나아가, 상기 성장 기판과 상기 광 흡수-방출층 사이에 버퍼층이 개재될 수도 있다.

- [0022] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드 제조 방법은, 성장 기판 상에 질화갈륨계 광 흡수-방출층을 성장시키고, 상기 광 흡수-방출층 상에 n형 콘택층, 활성영역 및 p형 콘택층을 성장시키는 것을 포함한다. 여기서, 상기 활성영역은 주 피크의 광을 방출하고, 상기 광 흡수-방출층은 상기 활성영역에서 방출된 광의 일부를 흡수하여 황색 영역의 광을 방출한다.
- [0023] 상기 광 흡수-방출층을 질화갈륨계 화합물로 형성하기 때문에, 종래의 종래의 질화갈륨계 반도체층 성장 기술을 이용하여 쉽게 형성될 수 있다. 나아가, n형 콘택층, 활성영역 및 p형 콘택층 또한 질화갈륨계 반도체층으로 성장시킬 수 있어 광 흡수-방출층과 이들 층을 연속적으로 진공을 깨지 않고 성장시킬 수 있다.
- [0024] 상기 발광 다이오드는, 상기 황색 영역의 광이 상기 발광 다이오드로부터 생성되는 청색 영역의 광과 조합하여 백색광을 방출할 수 있다. 특히, 상기 주 피크의 광의 일부는 청색 영역의 광을 포함할 수 있으며, 상기 청색 영역의 광과 상기 황색 영역의 광의 조합에 의해 상기 백색광이 구현될 수 있다.
- [0025] 상기 황색 영역의 광은 상기 광 흡수-방출층의 깊은 레벨(deep level) 전자의 재결합에 의해 발생될 수 있다.
- [0026] 몇몇 실시예들에 있어서, 상기 광 흡수-방출층은 상기 n형 콘택층의 성장 온도보다 낮은 온도에서 성장될 수 있다. 예컨대, 상기 n형 콘택층은 1000℃ 이상의 온도에서 성장되는 반면에, 상기 광 흡수-방출층은 700℃ 내지 900℃ 범위 내의 온도에서 성장될 수 있다. 상기 깊은 레벨은 상기 광 흡수-방출층을 상대적으로 낮은 온도에서 성장시킴으로써 그 내부에 생성된 결함에 의해 생성될 수 있다.
- [0027] 또 다른 실시예들에 있어서, 상기 광 흡수-방출층은 상기 n형 콘택층 내의 Si 도핑 농도보다 높은 Si 도핑 농도를 가질 수 있다. 상기 깊은 레벨은 Si의 과도핑에 의해 유발된 결함에 의해 생성될 수 있다.
- [0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다.
- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.
- [0031] 도 1을 참조하면, 발광 다이오드는 광 흡수-방출층(27), n형 콘택층(29), 활성영역(30) 및 p형 콘택층(37)을 포함한다. 나아가, 발광 다이오드는 성장 기판(21), 버퍼층(23), n형 질화갈륨계 반도체층(25), 전자 블록층(35), n-전극(41) 및 p-전극(43)을 포함할 수 있다. 또한, 발광 다이오드는 도면에 도시하지는 않았지만 다양한 층들이 필요에 따라 위 층들 사이에 추가될 수 있다.
- [0032] 성장 기판(21)은 질화갈륨계 반도체층을 성장시키기 위한 기판으로, 특별히 제한되는 것은 아니며, 예컨대, 평판 사파이어 기판 또는 패터닝된 사파이어 기판(PSS), SiC, 스피넬 등일 수 있다. 여기서, 발광 다이오드가 성장 기판(21)을 포함하는 것으로 도시되어 있으나, 성장 기판(21)은 발광 다이오드로부터 제거될 수도 있다.
- [0033] 버퍼층(23)은 기판(21)과 n형 콘택층(29) 사이에서 전위와 같은 결함발생을 완화하기 위한 층으로, 예컨대, 언도프트 (Al, In, Ga)N으로 약 1.5 $\mu$ m의 두께로 성장 기판(21) 상에서 성장될 수 있다. 또한, 도시하지는 않았지만, 버퍼층(23)은 성장 기판(21) 상에 400~600℃의 저온에서 (Al, Ga)N로 약 25nm의 두께로 형성된 핵층을 포함할 수 있다. 상기 버퍼층(23)은 MOCVD 기술을 이용하여 성장될 수 있으며, 이하 설명되는 질화갈륨계 반도체층들 또한, 특별한 언급이 없는 한, 버퍼층(23)과 마찬가지로 MOCVD 기술을 이용하여 성장될 수 있다.
- [0034] n형 질화갈륨계 반도체층(25)은 버퍼층(23) 상에 성장되며, 불순물로서 Si이 도핑된다. Si 도핑 농도는 n형 콘택층(29)과 유사하거나 그보다 낮다. n형 질화갈륨계 반도체층(25)은 (Al, In, Ga)N로 1000℃ 이상의 온도에서 성장될 수 있다.
- [0035] 광 흡수-방출층(27)은 질화갈륨계 반도체층으로 형성된다. 예컨대, 광 흡수-방출층은 AluIn<sub>v</sub>GawN(단, 0 ≤ u < 1, 0 ≤ v < 1, 0 ≤ w ≤ 1)으로 형성될 수 있다. 광 흡수-방출층(27)은 다수의 깊은 레벨 트랩들을 가진다. 질화갈륨계 반도체층에 깊은 레벨 트랩들은 황색 영역의 광의 에너지에 상당하며, 예를 들어, GaN층에서 깊은 레벨의 에너지 준위는 약 2.2 eV이다. 광 흡수-방출층(27)의 두께는 특별히 제한되는 것은 아니며, 예컨대 5nm~1 $\mu$ m 범위 내일 수 있다.
- [0036] 일 실시예에서, 광 흡수-방출층(27)은 성장 기판(21) 상에서 700℃ 내지 900℃의 상대적으로 낮은 온도에서 성장된다. 특히, 광 흡수-방출층(27)은 상대적으로 고온에서 성장된 층, 예컨대 n형 질화갈륨계 반도체층(25) 상

에서 그 성장 온도보다 낮은 온도에서 성장될 수 있다. 질화갈륨계 반도체층을 상대적으로 낮은 온도에서 성장 시킴으로써 성장되는 층 내에 결함을 유발할 수 있으며, 이에 따라, 깊은 레벨 트랩들을 증가시킬 수 있다.

- [0037] 또 다른 실시예에서, 광 흡수-방출층(27)은 과도핑된 Si 도핑 농도를 가질 수 있다. 이 경우, 광 흡수-방출층(27)은 위에서 설명한 바와 같이 상대적으로 낮은 온도에서 성장될 수도 있으나, n형 질화갈륨계 반도체층(25)과 유사하거나 높은 온도에서 성장될 수도 있다. 광 흡수-방출층(27) 내의 Si 도핑 농도는 통상적으로 n형 콘택층(29)에 도핑되는 농도에 비해 상당히 높으며, 예컨대  $1.5E19 / \text{cm}^3$  내지  $1E21 / \text{cm}^3$  범위 내일 수 있다.
- [0038] 광 흡수-방출층(27)은 질화갈륨계 반도체층에 의한 에너지 밴드갭을 가지며, 또한 깊은 레벨을 가진다. 광 흡수-방출층(27)은 질화갈륨계 반도체층의 에너지 밴드갭보다 더 높은 에너지의 광을 흡수하여 깊은 레벨의 전자의 재결합에 의해 광을 외부에 방출한다.
- [0039] n형 콘택층(29)은 n형 불순물, 예컨대 Si이 도핑된 질화갈륨계 반도체층으로 형성되며, 예컨대 약 1 내지  $3\mu\text{m}$ 의 두께로 형성될 수 있다. n형 콘택층(29)은 활성영역(30)의 양자우물층(33)의 에너지 밴드갭보다 더 넓은 밴드갭을 가지며, 예컨대 GaN, AlGaIn층 또는 AlInGaIn층을 포함할 수 있다. n형 콘택층(29)은 단일층 또는 다중층으로 형성될 수 있으며, 초격자 구조를 포함할 수 있다.
- [0040] n형 콘택층(29)은 광 흡수-방출층(27) 상에 약  $1000^\circ\text{C}$  이상의 온도에서 성장된다. 한편, 광 흡수-방출층(27)이 상대적으로 높은 농도의 결함을 포함하므로, n형 콘택층(29)을 성장하기 전에 광 흡수-방출층(27) 상에  $1000^\circ\text{C}$  이상의 상대적으로 고온에서 광 흡수-방출층(27)과 동일 또는 유사한 조성의 질화갈륨계 결정성 회복층(도시하지 않음)이 성장될 수도 있다.
- [0041] 활성영역(30)은 장벽층(31)과 양자우물층(33)을 포함한다. 도면에서는 단일의 양자우물층(33)이 도시된 단일 양자우물 구조를 도시하나, 활성영역(30)은 서로 교대로 적층된 장벽층들(31)과 우물층들(33)을 포함하는 다중양자우물 구조를 가질 수도 있다. 양자우물층(33)은  $360\text{nm}$  내지  $400\text{nm}$  범위의 근자외선 내지 단파장 가시광선 영역에 주 피크를 가지는 광을 방출할 수 있다. 양자우물층(33)은  $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ (단,  $0 \leq x < 1$ ,  $0 < y < 1$ ,  $0 < z < 1$ )으로 형성될 수 있으며, 예컨대, GaN, InGaIn 또는 AlInGaIn으로 형성될 수 있다. 또한, 양자우물층(33)은  $20\text{-}70\text{\AA}$ 의 두께로 형성될 수 있다. 양자우물층(33)은  $3.1\text{ eV}$  내지  $3.45\text{ eV}$  범위 내의 에너지 밴드갭을 갖도록 Al, In, Ga의 조성 및 두께가 조절될 수 있다.
- [0042] 특히, 활성영역(30)에서 방출되는 광의 일부는 광 흡수-방출층(27)의 에너지 밴드갭보다 큰 에너지를 가진다. 예컨대, 양자우물층(33)이 상기 에너지 밴드갭을 가질 경우, 광 흡수-방출층은  $2.95\text{ eV}$  내지  $3.65\text{ eV}$  범위 내의 에너지 밴드갭을 가질 수 있다. 이에 따라, 활성영역(30)에서 방출된 광의 일부가 광 흡수-방출층(27)에 흡수되어 자유전자를 생성할 수 있다. 이 자유전자들 중 일부는 깊은 레벨 트랩에 트랩된 후 홀과 재결합하여 황색 영역의 광을 생성할 것이다.
- [0043] 상기 장벽층들(31)은 우물층(33)에 비해 밴드갭이 넓은 질화갈륨계 반도체층, 예컨대, GaN, InGaIn, AlGaIn 또는 AlInGaIn로 형성될 수 있다. 특히, 장벽층들(31)은 AlInGaIn로 형성될 수 있는데, In을 포함함으로써 우물층(33)과 장벽층(31) 사이의 격자 불일치를 완화할 수 있다.
- [0044] p형 콘택층(37)은 활성영역(30) 상에 위치한다. 한편, 활성영역(30)과 p형 콘택층(37) 사이에 전자 블록층(35)이 위치할 수 있다. 전자 블록층(35)은 AlGaIn 또는 AlInGaIn으로 형성될 수 있다. AlInGaIn으로 형성될 경우, 활성영역(30)과의 격자 불일치를 더욱 완화할 수 있다. 이때, 전자 블록층(35)은 장벽층(31)보다 높은 Al 함유량을 가진다. 전자 블록층(35)은 p형 불순물, 예컨대 Mg으로 도핑될 수 있으나 불순물을 의도적으로 도핑하지 않을 수도 있다. 전자 블록층(35)은 약  $15\text{nm}$ 의 두께로 형성될 수 있다.
- [0045] p형 콘택층(37)은 Mg이 도핑된 GaIn층, AlGaIn층 또는 AlInGaIn층으로 형성될 수 있으며, 두께는  $100\text{nm}$ 일 수 있다. p형 콘택층(37)은 단일층으로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 다중층으로 형성될 수도 있다. 나아가, 상기 p형 콘택층(37)은 질화갈륨계 반도체층에 한정되는 것은 아니며 다른 종류의 화합물 반도체로 형성될 수도 있다.
- [0046] 한편, n-전극(41) 및 p-전극(43)은 각각 n형 콘택층(29) 및 p형 콘택층(37)에 전기적으로 접촉한다. 이들 전극들(41, 43)은 외부로부터 활성영역(30)에 전류를 공급하기 위해 형성된다. 여기에, 광 흡수-방출층(27)은 이들 전극들(41, 43)로부터 공급되는 전류의 경로 외부에 배치된다는 것에 유의할 필요가 있다. 즉, 광 흡수-방출층(27)은 활성영역(30)에 대하여 n형 콘택층(29) 측에 위치한다. 종래의 복수의 활성영역들을 가지는 발광 다이오드는 각각의 활성영역에 전류를 공급할 필요가 있다. 그러나 본 발명의 실시예들에 따른 발광 다이오드는 광



흡수-방출층(27)에 전류를 공급할 필요가 없으며, 따라서, 전극 구조가 대단히 간단하다.

- [0047] 도 2 및 도 3은 각각 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 광 방출 원리를 설명하기 위한 단면도 및 에너지 밴드 다이어그램이다.
- [0048] 우선, 도 2를 참조하면, n-전극(41) 및 p-전극(43)을 통해 전류가 공급되면, 활성영역(30) 내의 양자우물층(33)에서 주 피크의 광이 생성된다. 광의 일부(L1)는 발광 다이오드의 외부로 직접 방출되나, 다른 일부(L2)는 광 흡수-방출층(27)을 향해 진행한다. 광 흡수-방출층(27)을 향하는 광(L2)의 일부는 광 흡수-방출층(27)에 흡수되며, 도시하지는 않았지만, 나머지는 외부로 방출될 것이다. 한편, 광 흡수-방출층(27)은 광(L2)의 일부를 흡수한 후, 황색 영역의 광(L3)을 생성한다. 이 광(L3)이 외부로 방출된다.
- [0049] 이에 따라, 발광 다이오드 외부에서는 활성영역(30)에서 생성되어 외부로 방출되는 광(L1)과 광 흡수-방출층(27)에서 생성된 광(L3)이 조합된 광이 관찰된다. 여기서, 광(L1)은 스펙트럼 분포에 의해 청색 영역의 광을 포함할 수 있으며, 이 청색 영역의 광과 황색 영역의 광(L3)의 조합에 의해 백색광이 구현된다.
- [0050] 본 발명의 실시예들에 따른 황색 영역의 광이 생성되는 과정은 도 3의 에너지 밴드 다이어그램을 참조하여 설명한다. 여기서, 도 3의 에너지 밴드 다이어그램은 광 흡수-방출층(27)의 에너지 밴드갭(Eg)을 도시한다.
- [0051] 도 3을 참조하면, 활성영역(30)에서 생성된 광의 일부(L2)가 광 흡수-방출층(27)에 흡수된다. L2는 가전자대 아래에 있는 전자를 여기시켜 자유전자를 생성한다. 이 자유전자의 일부는 홀과 재결합하여 광 흡수-방출층(27)의 에너지 밴드갭(Eg)에 상당하는 광을 외부에 방출할 것이다. 그러나, 광 흡수-방출층(27)이 상당한 양의 깊은 레벨 트랩들을 가지고 있는 경우, 상당한 수의 자유전자는 점선으로 표시한 깊은 레벨에 트랩된 후, 홀과 재결합하여 황색 영역의 광(L3)을 방출하게 된다. 질화갈륨계 반도체층 내에서의 깊은 레벨 전자의 재결합에 의해 방출되는 황색 영역의 광에 대해서는 어플라이드 피직스 레터 71(22)(Appl. Phys. Lett. 71(22), 1997. 12. 1)을 참고할 수 있다.
- [0052] 도 4는 종래기술에 따른 발광 다이오드 및 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 발광 스펙트럼을 보여주는 그래프들로, 도 4(a) 종래기술에 따른 발광 다이오드의 스펙트럼을, 도 4(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 스펙트럼을 나타낸다.
- [0053] 여기서 종래기술에 따른 발광 다이오드는 광 흡수-방출층(27) 없이 약 375nm의 주 피크의 광을 방출하도록 제작된 것이며, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드는 광 흡수-방출층(27)을 적용한 것이다. 종래기술에 따른 발광 다이오드와 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드는 광 흡수-방출층(27) 유무 이외에는 동일한 조건으로 제작되었다. 한편, 양자우물층은 InGaN으로 광 흡수-방출층(27)은 GaN층으로 제작하였다.
- [0054] 도 4(a) 및 4(b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드(b)는 황색 영역(Y)에서 광이 검출되지만, 종래 기술에 따른 발광 다이오드(a)는 황색 영역에서 스펙트럼이 거의 검출되지 않는다. 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드(b)는 400~450nm 영역의 청색 영역의 광(B)과 황색 영역의 광(Y)의 조합에 의해 백색광이 구현될 수 있으나, 종래기술의 발광 다이오드(a)는 단지 청색 영역의 광(B)만 관찰될 것임을 알 수 있다. 이는 도 5의 사진을 통해서 실제로 확인할 수 있다.
- [0055] 또한, 도 4(a) 및 도 4(b)를 참조하면, 450nm 근처의 영역(B)에서의 광의 강도를 살펴보면, 종래기술에 따른 발광 다이오드의 강도가 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 강도보다 더 높은 것을 확인할 수 있다. 즉, 광 흡수-방출층(27)을 적용함으로써 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드의 활성영역(30)의 결정품질이 종래기술의 발광 다이오드에 비해 더 개선된 것이다.
- [0056] 도 5는 종래기술에 따른 발광 다이오드 및 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드에서 방출되는 광을 보여주는 사진들로, 도 5(a)는 종래기술에 따른 도 4(a)의 발광 다이오드의 사진이고, 도 5(b)는 본 발명의 일 실시예에 따른 도 4(b)의 발광 다이오드의 사진이다.
- [0057] 도 5(a) 및 5(b)를 참조하면, 종래기술에 따른 발광 다이오드는 황색 영역의 광(Y)이 방출되지 않으므로, 청색 영역의 광을 방출한다. 이에 반해, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드는 청색 영역의 광(B)과 함께 황색 영역의 광(Y)이 방출되므로, 이들의 조합에 의해 백색광을 방출한다.
- [0058] 본 발명의 실시예들에 따르면, 근자외선 또는 단파장 가시 영역의 광을 방출하는 발광 다이오드에 광 흡수-방출층(27)을 도입함으로써 외부에서 백색광이 관찰되는 발광 다이오드를 제공할 수 있다. 백색광이 관찰되는 것은 CIE 색좌표를 통해서도 확인했으며, CCT(color correlated temperature) 측정을 통해서도 3000K 이상의 백색광

이 방출되는 것을 확인하였다.

[0059] 이러한 발광 다이오드는, 백색광을 이용하는 다양한 용도에 사용될 수 있을 것이다. 나아가, 근자외선 또는 단파장 가시 영역의 광은 파장이 짧기 때문에 육안으로 외부에서 관찰하기 어려운데, 광 흡수-방출층(27)을 이용하여 황색 영역의 광(Y)을 외부로 방출함으로써 근자외선 또는 단파장 가시 영역 발광 다이오드가 제대로 동작하는 것을 표시할 수도 있다.

[0060] 나아가, 광 흡수-방출층(27)을 적용함으로써 활성영역의 결정품질을 개선할 수 있으며, 따라서 백색광의 유무로 발광 다이오드의 불량 여부를 판단할 수도 있다.

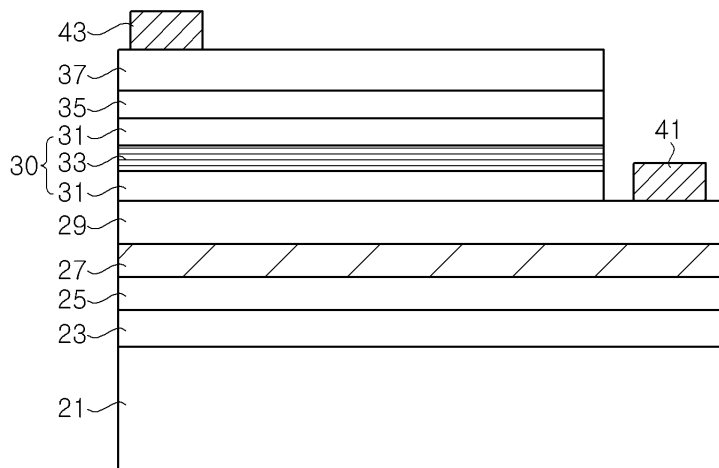
[0061] 이상에서 본 발명의 다양한 실시예들에 대해 설명하였지만, 본 발명은 이들 실시예들에 한정되는 것은 아니며, 다양하게 변형될 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 앞서 설명한 실시예들에 한정되는 것은 아니다.

**부호의 설명**

- [0062] 21 성장 기판
- 23 버퍼층
- 25 n형 질화갈륨계 반도체층
- 27 광 흡수-방출층(27)
- 29 n형 콘택층
- 30 활성영역
- 31 장벽층
- 33 양자우물층
- 35 전자 블록층
- 37 p형 콘택층
- 41 n-전극
- 43 p-전극
- e 전자
- h 홀

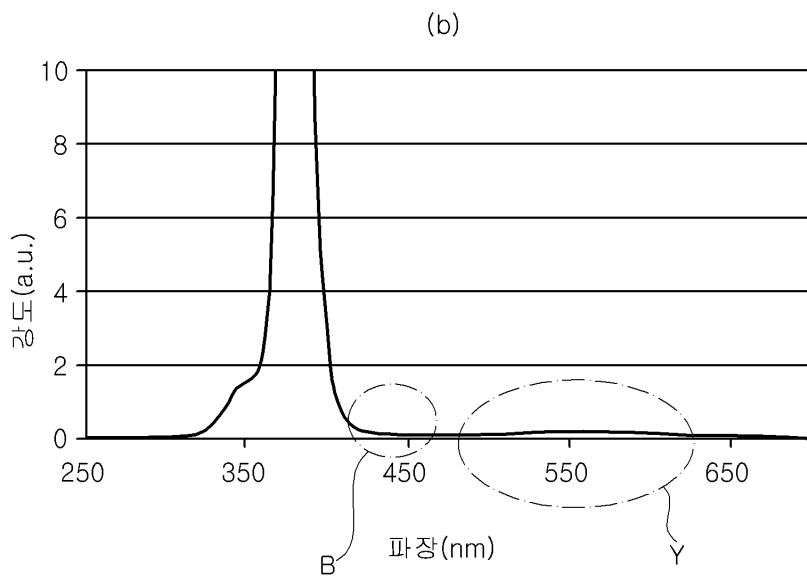
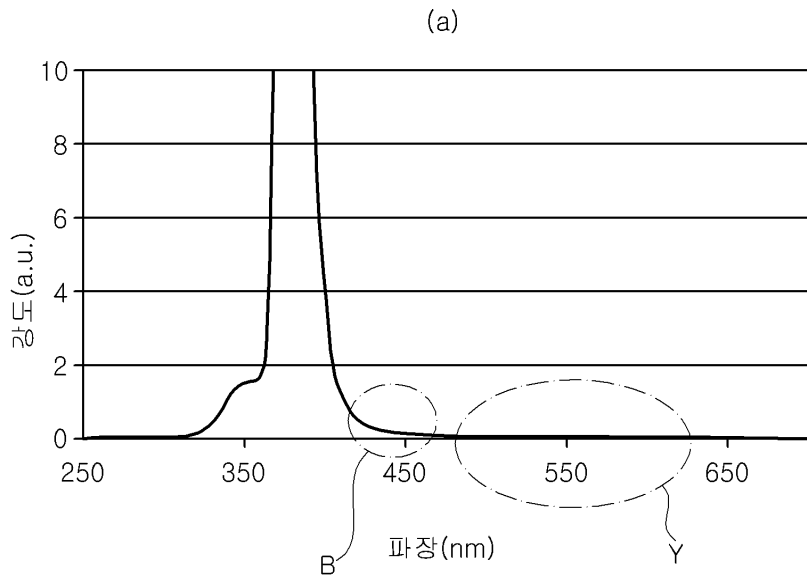
**도면**

**도면1**





도면4



도면5

(a)



(b)

