



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0003916
(43) 공개일자 2018년01월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/00 (2010.01) H01L 33/10 (2010.01)
H01L 33/14 (2010.01) H01L 33/20 (2010.01)
H01L 33/38 (2010.01)

(52) CPC특허분류

H01L 33/00 (2013.01)
H01L 33/0008 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0083698

(22) 출원일자 2016년07월01일

심사청구일자 2016년07월01일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

성태연

서울특별시 서초구 신반포로33길 64, 1-506호

김기석

경기도 화성시 동탄순환대로28길 17, 310동 1103호

송성주

서울특별시 중랑구 신내로7길 16, 202동 703호

(74) 대리인

특허법인 누리

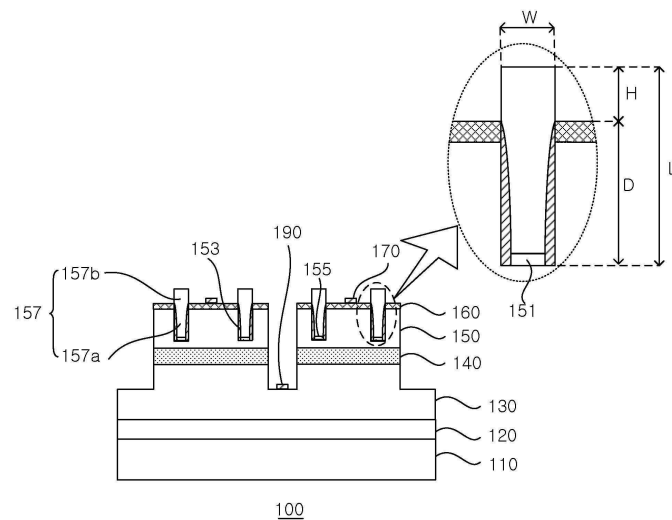
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 수평형 발광다이오드 소자 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 수평형 발광다이오드 소자 및 그 제조 방법을 제공한다. 이 수평형 발광다이오드 소자는 기판; 상기 기판 상에 배치된 n형 GaN층; 상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층; 상기 활성층 상에 배치되고, 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층; 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층; 상기 전류 퍼짐층 상에 배치된 p 전극; 상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층; 상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들; 및 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극;을 포함한다.

대표도 - 도1b



(52) CPC특허분류

H01L 33/005 (2013.01)

H01L 33/10 (2013.01)

H01L 33/14 (2013.01)

H01L 33/20 (2013.01)

H01L 33/38 (2013.01)

H01L 2924/12041 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상에 배치된 n형 GaN층;

상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층;

상기 활성층 상에 배치되고, 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층;

상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층;

상기 전류 퍼짐층 상에 배치된 p 전극;

상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층;

상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들; 및

상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극;을 포함하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 홀들의 내측벽에 배치된 반사벽을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 복수의 홀들은 상기 전류 퍼짐층을 관통하여 배치되고,

상기 금속산화물 구조체들은 상기 전류 퍼짐층 상에서 돌출되는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 전류 퍼짐층은 상기 금속산화물 구조체들의 상부면을 덮도록 배치되고,

상기 금속산화물 구조체의 상부면은 상기 p형 GaN층의 상부면과 동일한 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 반사벽은 금속 또는 금속 합금이고,

상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 전류 퍼짐층의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작은 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 반사벽은 유전체이고,

상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 반사벽의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작은 것을

특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 금속산화물 구조체들은 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO_2), 산화티탄(TiO_2), 산화크롬(Cr_2O_3), 산화인듐아연(IZO), 산화인듐주석아연(IZTO), 산화인듐(In_2O_3), 및 산화주석(SnO_2) 중에서 선택되는 금속산화물인 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 홀들 깊이(D)와 지름(W)은 $D > W/4$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 홀들 지름(W)은 $W/\lambda > 2.405$ 의 조건을 만족하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

(상기 λ 는 상기 활성층에서 방출하는 빛의 파장을 의미함.)

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 홀들의 깊이는 200 nm 내지 1 μm 인 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 홀들의 지름(W)은 300 nm 내지 4 μm 인 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 금속산화물 구조체들의 형상은 육각뿔(Hexagonal cone), 육각기둥(Hexagonal Pillar), 반구(hemisphere), 원뿔(Cone), 절두 원뿔(Truncated Cone), 혹은 원기둥(Cylinder)인 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 13

제 3 항에 있어서,

상기 반사벽은 상기 전류 퍼짐층과 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자.

청구항 14

기판 상에 n형 GaN층, 활성층, p형 GaN층, 및 전류 퍼짐층을 순서대로 적층하는 단계;

상기 전류 퍼짐층과 상기 p형 GaN층을 패터닝하여 복수의 홀들을 형성하는 단계;

패터닝 공정을 이용하여 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 상기 n형 GaN층을 노출시키는 단계;

상기 복수의 홀들의 하부면에 씨앗층을 형성하는 단계;

상기 씨앗층 상에 금속산화물 구조체들을 결정 상태로 성장시키는 단계; 및

상기 노출된 n형 GaN층 상에 n 전극을 형성하고, 상기 전류 퍼짐층 상에 p 전극을 형성하는 단계;를 포함하는

것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 홀들의 내측벽에 반사벽을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 반사벽은 금속 또는 금속 합금이고,

상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 전류 퍼짐층의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작은 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 17

제 15 항에 있어서,

상기 반사벽은 유전체이고,

상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 반사벽의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작은 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 금속산화물 구조체들은 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO_2), 산화티탄(TiO_2), 산화크롬(Cr_2O_3), 산화인듐아연(IZO), 산화인듐주석아연(IZTO), 산화인듐(In_2O_3), 및 산화주석(SnO_2) 중에서 선택되는 금속산화물인 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 금속산화물 구조체들은 수열합성법에 의하여 성장되는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 20

기관 상에 n형 GaN층, 활성층 및 p형 GaN층을 순서대로 적층하는 단계;

상기 p형 GaN층을 패터닝하여 복수의 홀들을 형성하는 단계;

상기 복수의 홀들의 하부면에 씨앗층을 형성하는 단계;

상기 씨앗층 상에 금속산화물 구조체들을 결정 상태로 성장시키는 단계;

상기 금속산화물 구조체들이 형성된 기관 상에 전류 퍼짐층을 형성하는 단계;

상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 국부적으로 상기 n형 GaN층을 노출시키는 단계; 및

상기 노출된 n형 GaN층 상에 n 전극을 형성하고, 상기 p형 GaN층 상에 p 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 홀들의 내측벽에 반사벽을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 수평형 발광소자 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, p형 GaN층에 홀들을 형성하고, 상기 홀들의 측벽에 금속 혹은 금속 합금 혹은 유전체 물질인 반사벽을 형성하고, 상기 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들을 성장시킨 수평형 발광다이오드 소자에 관한 것이다.
- [0002] 이에 따라, 활성층에서 발생된 빛은 금속산화물 구조체들을 경유하여 방출되므로, 광 추출효율이 우수한 수평형 발광다이오드 소자가 구현될 수 있다.
- [0003] 또한, 금속산화물 구조체들과 측벽에 의해 p형 GaN층의 전류 흐름이 개선되므로, 발광면적이 넓은 수평형 발광다이오드 소자가 구현될 수 있다.

배경 기술

- [0004] 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 필라멘트에 기초한 발광다이오드 소자에 비해 긴 수명, 낮은 전력, 우수한 초기 구동 특성, 높은 진동 저항, 및 반복적인 전원 단속에 대한 높은 공차 등의 여러 장점을 갖기 때문에, 발광다이오드는 그 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 최근에는, 청색 계열의 단파장 영역에서 발광이 가능한 III족 질화물 반도체가 각광을 받고 있다.
- [0005] 질화물 발광 다이오드의 경우, 활성층에서 빛이 발생하여 질화물 반도체를 통과하여 외부로 방출된다. 하지만, 반도체층과 공기의 경계에서의 임계각이 작으므로, 상당한 양의 빛이 질화물 반도체층의 외부로 방출되지 못하는 문제점이 존재한다.
- [0006] 또한, 수평형 발광 다이오드의 경우, p 전극의 높은 저항 때문에 전류 퍼짐이 방해되어 전류 흐름의 불균형을 초래한다. 이로 인해 발생하는 전류 과밀 현상(Current Crowding Effect)은 활성층의 불균일한 발광을 야기하여 소자의 대형화 및 고출력화하기 어려운 문제점이 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 일 기술적 과제는, 활성층에서 발생된 빛이 외부로 방출되지 못하는 문제를 최소화하기 위함이다.
- [0008] 본 발명의 일 기술적 과제는, 발광다이오드 소자의 불균일하게 발광하는 영역을 최소화하기 위함이다.
- [0009] 본 발명의 일 기술적 과제는, 발광다이오드 소자의 지향각을 용이하게 조절하기 위함이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 수평형 발광다이오드 소자는 기판; 상기 기판 상에 배치된 n형 GaN층; 상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층; 상기 활성층 상에 배치되고, 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층; 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층; 상기 전류 퍼짐층 상에 배치된 p 전극; 상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층; 상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들; 및 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극;을 포함한다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들의 내측벽에 배치된 반사벽을 더 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 복수의 홀들은 상기 전류 퍼짐층을 관통하여 배치되고, 상기 금속산화물 구조체들은 상기 전류 퍼짐층 상에서 돌출될 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 전류 퍼짐층은 상기 금속산화물 구조체들의 상부면을 덮도록 배치되고, 상기 금속산화물 구조체의 상부면은 상기 p형 GaN층의 상부면과 동일할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사벽은 금속 또는 금속 합금이고, 상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은

상기 전류 퍼짐층의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작을 수 있다.

- [0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사벽은 유전체이고, 상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 반사벽의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작을 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화물 구조체들은 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO_2), 산화티탄(TiO_2), 산화크롬(Cr_2O), 산화인듐아연(IZO), 산화인듐주석아연(IZTO), 산화인듐(In_2O_3), 및 산화주석(SnO_2) 중에서 선택되는 금속산화물일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들 깊이(D)와 지름(W)은 $D > W/4$ 의 조건을 만족할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들 지름(W)은 $W/\lambda > 2.405$ 의 조건을 만족할 수 있다. (상기 λ 는 상기 활성층에서 방출하는 빛의 파장을 의미함.)
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들의 깊이는 200 nm 내지 1 μm 일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들의 지름(W)은 300 nm 내지 4 μm 일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화물 구조체들의 형상은 육각뿔(Hexagonal cone), 육각기둥(Hexagonal Pillar), 반구(hemisphere), 원뿔(Cone), 절두 원뿔(Truncated Cone), 혹은 원기둥(Cylinder)일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사벽은 상기 전류 퍼짐층과 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법은 기판 상에 n형 GaN층, 활성층, p형 GaN층, 및 전류 퍼짐층을 순서대로 적층하는 단계; 상기 전류 퍼짐층과 상기 p형 GaN층을 패터닝하여 복수의 홀들을 형성하는 단계; 패터닝 공정을 이용하여 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 상기 n형 GaN층을 노출시키는 단계; 상기 복수의 홀들의 하부면에 씨앗층을 형성하는 단계; 상기 씨앗층 상에 금속산화물 구조체들을 결정 상태로 성장시키는 단계; 및 상기 노출된 n형 GaN층 상에 n 전극을 형성하고, 상기 전류 퍼짐층 상에 p 전극을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들의 내측벽에 반사벽을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사벽은 금속 또는 금속 합금일 수 있다. 상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 전류 퍼짐층의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작을 수 있다.
- [0026] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 반사벽은 유전체이고, 상기 금속산화물 구조체들의 굴절률은 상기 반사벽의 굴절률보다 크고, 상기 p형 GaN층의 굴절률보다 작을 수 있다.
- [0027] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화물 구조체들은 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO_2), 산화티탄(TiO_2), 산화크롬(Cr_2O), 산화인듐아연(IZO), 산화인듐주석아연(IZTO), 산화인듐(In_2O_3), 및 산화주석(SnO_2) 중에서 선택되는 금속산화물일 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 금속산화물 구조체들은 수열합성법에 의하여 성장될 수 있다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 따른 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법은 기판 상에 n형 GaN층, 활성층 및 p형 GaN층을 순서대로 적층하는 단계; 상기 p형 GaN층을 패터닝하여 복수의 홀들을 형성하는 단계; 상기 복수의 홀들의 하부면에 씨앗층을 형성하는 단계; 상기 씨앗층 상에 금속산화물 구조체들을 결정 상태로 성장시키는 단계; 상기 금속산화물 구조체들이 형성된 기판 상에 전류 퍼짐층을 형성하는 단계; 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 국부적으로 상기 n형 GaN층을 노출시키는 단계; 및 상기 노출된 n형 GaN층 상에 n 전극을 형성하고, 상기 p형 GaN층 상에 p 전극을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 홀들의 내측벽에 반사벽을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 금속산화물 구조체들이 광도파로 역할을 함으로써, 활성층에서 발생된 빛이 상기 금속산화물 구조체들을 통해 외부로 방출될 수 있다. 따라서 발광다이오드 소자의 광 추출효율을 개선할 수 있다.

[0032] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 질화물 반도체 내부에 금속산화물 구조체들이 매몰된 경우, 상기 금속산화물 구조체들의 주위를 감싸는 금속 혹은 금속 합금인 반사벽이 제공됨으로써, 상기 금속산화물 금속체의 내부로 입사한 빛은 상기 반사벽에 의해 금속 반사되어 용이하게 외부로 추출될 수 있다. 따라서 발광다이오드 소자의 광 추출효율이 향상될 수 있다.

[0033] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 반사벽은 전기전도도가 높은 금속 혹은 금속 합금이므로, p 전극으로부터 유입된 정공이 상기 반사벽을 통해 p형 GaN층으로 균일하게 이동될 수 있다. 그러므로 활성층의 넓은 영역에서 전자와 정공이 결합될 수 있다. 그러므로, 발광다이오드 소자의 광 추출효율을 개선할 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 금속 산화물 구조체의 노출된 부위의 형상, 모양, 길이를 조절하면 지향각이 조절될 수 있다. 상기 금속 산화물 구조체의 성장 조건을 조절하면, 상기 금속 산화물 구조체의 일단부는 육각 뿔, 원뿔, 절두 원뿔, 육각 기둥, 또는 원기둥 형상 등의 형상을 가질 수 있다. 이에 따라, 지향각이 조절될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자의 평면도이다.

도 1b는 도 1a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 1c는 도 1b에서 금속산화물 구조체 및 반사벽에 의한 빛의 진행경로를 설명하는 도면이다.

도 2a 내지 도 2i는 본 발명의 다른 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법을 설명하는 도면들이다.

도 3은 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따르는 금속산화물 구조체 및 반사벽에 의한 빛의 진행경로를 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따르는 금속산화물 구조체 및 반사벽에 의한 빛의 진행경로를 설명하는 도면이다.

도 5a는 본 발명의 다른 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자의 평면도이다.

도 5b는 도 5a의 B-B' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 5c는 도 5b의 금속산화물 구조체 및 반사벽에 의한 빛의 진행경로를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 밀한 매질에서 소한 매질로 진행하는 빛이 두 매질의 경계면에서 전부 반사되는 현상을 전반사(Total Reflection) 현상이라 한다. 전반사 현상은 III족 질화물계 물질을 사용하는 발광 다이오드에서도 존재한다. 통상적으로 n형 반도체층, p형 반도체층, 및 활성층 등에서 사용되는 III족 질화물계 물질로는 질화갈륨(GaN)이 있으며, 질화갈륨(GaN)의 굴절률은 약 2.4 이다. 활성층에서 발생된 빛이 n형 반도체층 혹은 p형 반도체층으로 진행할 경우, 빛은 두 매질간 굴절률 차이가 거의 없으므로 용이하게 진행될 수 있다. 하지만, 질화갈륨(GaN)과 공기의 굴절률의 차이가 상당히 크므로, n형 반도체층 혹은 p형 반도체층과 공기의 경계면에서 임계각이 작다. 이에 따라, 상당한 양의 빛이 외부로 방출되지 못한다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 활성층에서 발생된 빛은 금속산화물 구조체들을 경유하여 외부로 진행할 수 있으므로, 광 추출효율을 개선할 수 있다.

[0037] 통상적인 수평형(또는 측향식) 발광다이오드 소자는 p 전극 주위에서 전류 크라우딩(current crowding) 현상이 일어나므로, 수평형 발광다이오드 소자의 발광 분포는 상기 p 전극 주위로 집중된다. 본 발명의 일 실시예에 따르면, 반사벽은 전기전도도가 높은 금속 또는 금속 합금일 수 있다. 또한, 상기 반사벽은 p형 GaN층의 복수의 홀들의 내측벽에 배치될 수 있으며, 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층과 접촉되어 전기적으로 연결될 수 있다. 이로 인해 상기 반사벽은 전기장의 분포를 변경하고, 상기 p 전극으로부터 유입된 정공이 상기 반사벽을 통해 상기 p형 GaN층으로 균일하게 이동될 수 있다. 따라서, 상기 반사벽은 p 전극 주위의 전류 크라우딩(current crowding) 현상을 해소하여 소자 내 비발광 영역을 최소화할 수 있다.

[0038] 종래의 수평형 발광다이오드 소자의 지향각을 넓히기 위한 방법으로 봉지재 내에 입자를 삽입하여 빛을 산란 방법 또는 렌즈와 패키지의 형상을 변경하는 방법이 사용되었다. 본 발명의 일 실시예에 따르면 금속산화물 구조체들의 단부의 형상에 따라 수평형 발광다이오드 소자의 빛의 지향각을 상이하게 조절할 수 있다.

- [0039] 실시예의 설명에 있어서, 각 층(막), 영역, 홀 또는 구조물들이 기판, 각 층(막), 영역, 패드 또는 홀들의 상/위(on)에 또는 "하/아래(under)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, 상/위(on)와 "하/아래(under)"는 "직접(directly)" 또는 "다른 층을 개재하여 (indirectly)" 형성되는 것을 모두 포함한다. 또한 각층의 상/위 또는 하/아래에 대한 기준은 도면을 기준으로 설명한다.
- [0040] 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.
- [0041] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 실시예에 기초하여 설명하도록 하며, 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다.
- [0042] 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조, 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다.
- [0043] 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신, 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 적절하게 설명된다면 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다.
- [0044] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자의 평면도이다.
- [0045] 도 1b는 도 1a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.
- [0046] 도 1c는 도 1b에서 금속산화물 구조체 및 반사벽에 의한 빛의 진행경로를 설명하는 도면이다.
- [0047] 본 발명의 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자(100)는 기판(110); 상기 기판 상에 배치된 n형 GaN층(130); 상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층(140); 상기 활성층 상에 배치되고, 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층(150); 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층(160); 상기 전류 퍼짐층 상에 배치된 p 전극(170); 상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층(155); 상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들(157); 및 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극(190);을 포함한다.
- [0048] 상기 기판(110)은 상기 n형 GaN층(130), 상기 활성층(140), 상기 p형 GaN층(150) 등의 화합물 반도체가 에피택시 성장되기 위한 것이다. 상기 기판(110)은 상기 화합물 반도체층들과 유사한 결정구조 및 방향성을 갖는다. 상기 기판(110)은 사파이어 기판, 탄화규소(SiC), 질화 알루미늄(AlN), 실리콘 등의 투광성 기판 등으로 변경될 수 있다.
- [0049] 상기 버퍼층(120)은 상기 기판(110) 상에 배치될 수 있다. 상기 버퍼층(120)은 도핑되지 않은 질화갈륨(Undoped-GaN)일 수 있다. 상기 버퍼층(120)은 상기 기판(110)과 상기 n형 GaN층(130)의 격자 상수 차이를 줄인다. 상기 버퍼층(120)은 상기 기판(110)과 상기 n형 GaN층(130) 사이의 스트레스를 완화하는 기능을 수행한다.
- [0050] 상기 n형 GaN층(130)은 상기 버퍼층(120)상에 증착된다. n형 불순물은 실리콘(Si)일 수 있다.
- [0051] 상기 활성층(140)은 상기 n형 GaN층(130) 상에 증착된다. 상기 활성층(140)은 상기 n형 GaN층(120)에서 주입되는 전자와 상기 p형 GaN층(150)에서 주입되는 정공이 결합한다. 상기 활성층(140)은 상기 활성층(140)의 형성 물질에 따르는 밴드 갭(Band Gap) 차이에 대응하는 파장의 빛을 방출한다. 상기 활성층(140)은 이중 이종구조(double heterostructure), 단일 양자 우물(single quantum well), 또는 다중 양자 우물(multiple quantum wells)일 수 있다. 상기 수평형 발광다이오드 소자(100)가 청색 또는 녹색 LED의 경우, 상기 다중 양자 우물은 InGaN/GaN 구조일 수 있다. 자외선의 경우, 상기 다중 양자 우물은 AlGaIn/InGaIn 구조일 수 있다.
- [0052] 상기 활성층(140) 상에 전자 차단층(미도시)이 추가적으로 배치될 수 있다. 상기 전자 차단층(Electron Blocking Layer, EBL)은 상기 n형 GaN층(130)으로부터 주입되어 상기 활성층(140)을 통과하는 전자를 차단한다. 그리고 상기 전자 차단층은 상기 p형 GaN층(150)에서 주입되는 정공을 통과시켜 상기 활성층(140)으로 제공한다. 상기 전자 차단층은 전자와 정공의 재결합을 향상시킬 수 있다. 상기 전자 차단층은 p형 도전형 불순물이 도핑된 AlGaIn 소재이다.
- [0053] 상기 p형 GaN층(150)은 상기 활성층(140) 혹은 상기 전자 차단층(미도시) 상에 배치될 수 있다. p형 불순물은

Mg일 수 있다.

- [0054] 상기 복수의 홀들(151)은 상기 p형 GaN층(150) 내에 형성된다. 상기 홀들의 하부면은 상기 활성층을 접촉하지 않을 수 있다. 상기 홀들은 상기 전류 퍼짐층을 관통할 수 있다. 상기 홀들(151)은 반응성 이온 식각(Reactive Ion Etching; RIE) 공정에 의해 형성될 수 있다. 상기 홀들(151)의 깊이(D, Depth)와 지름(W, Width)은 식각 공정에 의해 결정될 수 있다. 상기 홀들(151)의 깊이(D)와 지름(W)은 후술할 수학적 식 1 및 수학적 식 2를 만족할 수 있다.
- [0055] <수학적 식 1>
- [0056] $D > W/4$
- [0057] <수학적 식 2>
- [0058] $W/\lambda > 2.405$
- [0059] (상기 λ 는 상기 활성층(140)에서 방출하는 빛의 파장을 의미한다.)
- [0060] 상기 수학적 식 1은 상기 금속산화물 구조체들(157)이 상기 p형 GaN층(150)에 대해 수직방향으로 안정적으로 성장되는 조건식이다. 상기 수학적 식 2는 빛이 상기 금속산화물 구조체들(157)을 통해 안정적으로 가이드되기 위한 조건식이다. 상기 수학적 식 1 및 수학적 식 2 조건을 만족하는 상기 홀들(151)의 깊이는 200 nm 내지 1 μm 이며, 상기 홀들(151)의 지름(W)은 300 nm 내지 4 μm 이다.
- [0061] 상기 홀들(151)은 상기 수평형 발광다이오드 소자(100)의 전류 밀도 공간 분포 또는 발광 세기 공간 분포를 고려하여 형성된다. 상기 홀들(151)은 상기 p 전극(170)의 평면으로부터 일정한 간격을 가지고 배치될 수 있다. 상기 홀들은 광추출을 위하여 충분한 밀도를 가지고 주기적으로 배열될 수 있다. 상기 홀들(151)은 원통(Cylinder) 또는 절두 원뿔(Truncated Cone) 등의 형상 일 수 있다.
- [0062] 상기 반사벽(153)은 상기 홀들(151)의 내측벽에 배치된다. 상기 반사벽(153)은 상기 전류 퍼짐층(160)과 접촉할 수 있다. 상기 반사벽(153)은 전기전도도가 높은 금속 또는 금속 합금일 수 있다. 상기 반사벽(153)의 재질은 알루미늄(Al), 구리(Cu), 은(Ag), 티타늄(Ti) 중 어느 하나 이상 선택된 금속을 포함할 수 있다. 상기 반사벽(153)은 상기 p형 GaN층과 오믹 접합을 제공할 수 있다. 따라서 상기 반사벽(153)은 전기장의 형태를 변경하여 공간적으로 균일한 전류를 제공하고, 상기 홀들(151)의 하부에 전류 밀도를 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 반사벽(153) 및 상기 금속산화물 구조체들(157)은 전류 퍼짐 효과를 제공할 수 있다. 상기 홀들(151)의 하부에서 발생된 빛은 상기 반사벽(153)의 내측벽 혹은 외측에서의 금속 반사하여 외부로 추출될 수 있다. 이에 따라 광 추출효율이 증가한다.
- [0063] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 반사벽은 유전체이고, 상기 반사벽(153)의 굴절률은 상기 금속산화물 구조체들(157)의 굴절률보다 작을 수 있다. 이에 따라, 상기 금속 산화물 구조체들에 입사한 광은 전반사에 의하여 진행할 수 있다.
- [0064] 상기 씨앗층(155)은 상기 홀들(151)의 하부면에 배치된다. 상기 씨앗층(155)은 스퍼터링(Sputtering) 공정에 의해 증착될 수 있다. 상기 씨앗층(155)은 상기 금속산화물 구조체들(157)의 결정 성장의 씨앗으로 동작한다. 상기 씨앗층(155)의 두께는 30 nm 내지 200 nm 일 수 있다. 상기 씨앗층(155)은 상기 금속산화물 구조체들(157)과 동일하거나 유사한 재질이고 빛이 투과할 수 있는 투명한 물질일 수 있다.
- [0065] 상기 금속산화물 구조체들(157)은 상기 씨앗층(155)을 기초로 하여 상기 홀들(151)을 각각 채우도록 결정 상태로 성장할 수 있다. 상기 금속산화물 구조체들(157)의 소재는 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO_2), 산화티탄(TiO_2), 산화크롬(Cr_2O_3), 산화인듐아연(IZO), 산화인듐주석아연(IZTO), 산화인듐(In_2O_3), 및 산화주석(SnO_2) 중 어느 하나 일 수 있다. 상기 금속산화물 구조체들(157)의 소재의 굴절률(N_{NR})은 $N_I < N_{NR} < N_P$ 의 조건을 만족할 수 있다. (상기 N_I 는 상기 전류 퍼짐층(160)의 굴절률이고, 상기 N_P 은 상기 p형 GaN층(150)의 굴절률을 의미한다.)
- [0066] 상기 금속산화물 구조체들(157)은 매립부(157a)와 돌출부(157b)를 포함할 수 있다. 상기 금속산화물 구조체들(157)은 전체 길이(L)와 상기 돌출부의 높이(H)를 가질 수 있다. 상기 매립부(157a)는 상기 금속산화물 구조체들(157) 중 상기 p형 GaN층(150) 및 상기 전류 퍼짐층(160)에 형성된 상기 홀들(151)에 채워지는 부분이다. 상기 매립부(157a)의 측면은 상기 반사벽(153)과 접촉하며, 상기 매립부(157a)의 하부면은 상기 씨앗층(155)과 접

측한다. 상기 돌출부(157b)는 상기 매립부(157a)를 제외한 상기 금속산화물 구조체들(157)의 나머지 부분이다. 상기 돌출부(157b)의 높이(H)는, 단면을 기준으로 상기 전류 퍼짐층(160)에 대해 돌출된 거리이다.

- [0067] 상기 돌출부(157b)의 측면과 상부면은 공기에 노출되고, 상기 돌출부(157b)의 하부면은 상기 매립부(157a)의 상부면과 접한다. 상기 돌출부(157b)의 형상은 육각뿔(Hexagonal cone), 육각기둥(Hexagonal Pillar), 반구(hemisphere), 원뿔(Cone), 절두 원뿔(Truncated Cone), 혹은 원기둥(Cylinder) 중 어느 하나일 수 있다. 상기 돌출부의 형상은 지향각을 조절할 수 있다.
- [0068] 상기 전류 퍼짐층(160)은 상기 p형 GaN층(150) 상에 배치된다. 상기 전류 퍼짐층(160)은 투명 전도성 금속 산화물일 수 있다. 상기 전류 퍼짐층(150)은 전류를 균일하게 상기 p형 GaN층(150)에 제공하여 상기 활성층(140)의 전 영역에서 발광을 제공할 수 있다. 상기 전류 퍼짐층(160)은 산화인듐주석(Indium Tin Oxide; ITO) 혹은 산화주석(SnO₂)일 수 있다. 상기 전류 퍼짐층(160)은 투명한 특성, 충분히 낮은 면저항(sheet resistance) 특성, 및 상기 p형 GaN층(150)과 오믹 접합을 형성할 수 있는 특성을 가질 수 있다. 일반적으로, 상기 전류 퍼짐층(160)은 수십 nm 수준으로 충분히 얇도록 형성되어 충분한 투과성을 가질 수 있다. 하지만, 상기 전류 퍼짐층(160)이 충분한 두께를 가지지 못할 경우, 상기 전류 퍼짐층(160)이 효과적으로 전류를 퍼트리지 못할 수 있다. 상기 전류 퍼짐층(160)의 두께를 증가시키는 경우 전류 퍼짐 특성은 향상될 수 있다. 하지만, 상기 전류 퍼짐층(160)이 두꺼운 경우, 상기 활성층(140)에서 발생된 많은 양의 빛이 상기 전류 퍼짐층(160)에서 흡수될 수 있으므로, 상기 전류 퍼짐층(160)의 광 투과도가 낮아질 수 있다.
- [0069] 상술한 문제점은, 상기 반사벽(153)과 상기 금속산화물 구조체들(157)에 의해 개선될 수 있다. 상기 금속산화물 구조체들(157)이 상기 p형 GaN층(150)에 형성된 상기 홀들(151)에 배치되고, 상기 돌출부(157b)가 외부로 노출된다. 상기 활성층(140)에서 방출된 빛은 상기 금속산화물 구조체들(157)을 경유하여 직접 외부로 진행될 수 있다. 그 결과, 상기 전류 퍼짐층(160)은 전류 퍼짐 효과를 고려하여 종래의 수평형 발광다이오드 소자에 보다 더 두꺼운 두께를 가지는 것도 가능하다. 상기 전류 퍼짐층(160)과 접하는 상기 반사벽(153)에 의해 상기 p형 GaN층(150)에서의 전류 크라우딩(Current Crowding) 현상을 최소화할 수 있다. 따라서 상기 수평형 발광다이오드 소자(100)의 발광영역이 극대화될 수 있다.
- [0070] 상기 p형 GaN층(150)의 굴절률(n_p)은 약 2.4이고, 상기 금속산화물 구조체들(157)의 소재가 산화아연(ZnO)인 경우, 상기 금속산화물 구조체(157)의 굴절률(n_{NR})은 약 2.2이며, 상기 전류 퍼짐층(160)의 소재가 산화주석(ITO)인 경우, 상기 전류 퍼짐층(160)의 굴절률(n_I)은 약 1.9이다. 상기 p형 GaN층(150)과 상기 전류 퍼짐층(160)의 경계에서의 임계각(θ_{c1})은 약 59도이다. 상기 활성층(140)에서 발생된 빛이 상기 p형 GaN(150)과 상기 전류 퍼짐층(160)의 경계로 입사하는 경우, 임계각(θ_{c1}) 미만으로 입사하는 빛은 상기 전류 퍼짐층(160)으로 굴절(1-1' 경로)되며, 임계각(θ_{c1})을 초과하여 입사하는 빛은 다시 상기 p형 GaN층(150)으로 전반사(2-2' 경로)된다.
- [0071] 상기 p형 GaN층(150)과 상기 매립부(157a)의 경계에서의 임계각(θ_{c2})은 약 66도이다. 상기 활성층(140)에서 발생된 빛이 상기 p형 GaN(150)과 상기 매립부(157a)의 경계로 입사하는 경우, 임계각(θ_{c2}) 미만으로 입사하는 빛은 상기 매립부(157a)로 굴절된다. 굴절된 빛은 상기 반사벽(153)에 의해 금속 반사되어 상기 돌출부(157b)를 통해 외부로 진행(3-3' 경로)하게 된다. 즉, 상기 p형 GaN층(150)과 상기 매립부(157a)의 경계에서의 임계각(θ_{c2})은 상기 p형 GaN층(150)과 상기 전류 퍼짐층(160)의 경계에서의 임계각(θ_{c1})보다 크다. 그러므로 상기 활성층(140)에서 발생된 빛이 상기 p형 GaN층(150)으로 진행가능한 입사각의 범위보다 상기 금속산화물 구조체(157)로 진행가능한 입사각의 범위가 더 넓다. 따라서 상기 활성층(140)에서 발생된 빛이 상기 임계각의 차이만큼 외부로 방출될 수 있다.
- [0072] 상기 돌출부(157b)의 높이(H)는 사분의 일 파장보다 클 수 있다. 이에 따라, 상기 돌출부(157b)는 광도파로와 같이 동작할 수 있다.
- [0073] 수평형 발광다이오드 소자(100)는 상기 전류 퍼짐층(160), 상기 p형 GaN층(150), 상기 활성층(140), 및 상기 n형 GaN층(130)의 일부가 제거된 메사 구조이다. 상기 메사 구조는 상기 전류 퍼짐층(160), 상기 p형 GaN층(150), 및 상기 활성층(140)의 둘레를 제거한 가장자리 영역과 n 전극 패드가 배치될 n 전극 패드 영역을 포함할 수 있다.
- [0074] 상기 p 전극(170)은 상기 전류 퍼짐층(160) 상에 배치될 수 있다. 통상적으로 상기 전류 퍼짐층(160) 상에 상기 p 전극(170)이 배치된 경우, 상기 p 전극(170)은 금속으로 형성되고 전극으로 기능하면서 동시에 와이어 연결을

위한 전극 패드로 동작할 수 있다. 상기 p 전극(170)은 외부와 전기적으로 와이어로 연결되는 p 전극 패드(170a)와 상기 p 전극 패드(170a)에서 분기되는 p 전극 핑거(170b)를 포함할 수 있다. 상기 p 전극 핑거(170b)는 상기 p 전극 패드(170a)에서 두 갈래로 분기되어 제 2 방향으로 연장된 후 제 1 방향으로 연장될 수 있다. LED 소자의 배치 평면에서, 상기 제 1 방향은 n 전극 패드와 p 전극 패드를 연결하는 수평방향을 의미하고, 상기 제 2 방향은 상기 제 1 방향에 수직방향을 의미한다. 상기 p 전극(170)은 Ni/Au 구조, Ti/Al 구조, Ti/Al/Ni/Au, Cr/Al, Cr/Al/Ni/Au 등 Ti나 Cr 기반의 다층구조 일 수 있다.

[0075] 상기 n 전극(190)은 메사 구조에 의해 노출된 상기 n형 GaN층(130) 영역 상에 배치될 수 있다. 상기 n 전극(190)은 n 전극 패드(190a)와 상기 n 전극 핑거(190b)를 포함할 수 있다. 상기 n 전극 패드(190a)는 상기 p 전극 패드(170a)와 대향되는 위치에 배치될 수 있다. 상기 n 전극 패드(190a)는 상기 n 전극 패드 영역 상에 배치될 수 있다. 상기 n 전극 핑거(190b)는 상기 n 전극 패드(190a)에서 제 1 방향으로 연장될 수 있다. 상기 n 전극 핑거(190b)는 상기 가장자리 영역에 배치될 수 있다. 상기 n 전극(190)은 Cr/Au 구조, Cr/Al/Pt/Au 구조, Ti/Au 구조, Ti/Al 구조 또는 Ti/Al/Ni/Au일 수 있다.

[0076] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 반사벽은 제거될 수 있다.

[0077] 도 2a 내지 도 2i는 본 발명의 다른 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자의 제조방법을 설명하는 도면들이다.

[0078] 본 발명의 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자(100)의 제조방법은, 기판 상에 n형 GaN층, 활성층, p형 GaN층, 및 전류 퍼짐층을 순서대로 적층하는 단계; 상기 전류 퍼짐층과 상기 p형 GaN층을 패터닝하여 복수의 홀들을 형성하는 단계; 패터닝 공정을 이용하여 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 상기 n형 GaN층을 노출시키는 단계; 상기 복수의 홀들의 하부면에 씨앗층을 형성하는 단계; 상기 씨앗층 상에 금속산화물 구조체들을 결정 상태로 성장시키는 단계; 및 상기 노출된 n형 GaN층 상에 n 전극을 형성하고, 상기 전류 퍼짐층 상에 p 전극을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0079] 도 2a를 참조하면, 상기 n형 GaN층(130), 상기 활성층(140) 및 상기 p형 GaN층(150)이 상기 기판(110) 상에 순차적으로 성장된다. 상기 n형 GaN층(150)이 상기 기판(110) 상에 성장되기 전에, 상기 버퍼층(170)이 상기 기판(110) 상에 성장될 수 있다. 상기 버퍼층(120)은 상기 기판(110)과 상기 n형 GaN층(130)의 격자 상수 차이를 줄인다. 상기 버퍼층(120)은 상기 기판(110)과 상기 n형 GaN층(130) 사이의 스트레스를 완화하는 기능을 수행한다. 상기 버퍼층(120), 상기 n형 GaN층(130), 상기 활성층(140), 및 상기 p형 GaN층(150)은 유기 금속 화학 기상 증착(Metal-Organic Chemical Vapour Deposition; MOCVD), 분자선 에피택시(Molecular Beam Epitaxy; MBE), 또는 수소화물 기상 에피택시(Hydride Vapor Phase Epitaxy; HVPE)와 같은 증착 공정에 의해 성장될 수 있다.

[0080] 상기 p형 GaN층(150)이 증착된 이후, 상기 p형 GaN층(150) 상에 상기 전류 퍼짐층(160)을 증착한다. 상기 전류 퍼짐층(160)은 스퍼터링(Sputtering) 공정에 의해 상기 p형 GaN층(150) 상에 증착된다.

[0081] 도 2b를 참조하면, 포토레지스트(PR, Photo-Resist) 패턴이 상기 전류 퍼짐층(160) 상에 형성된다. 상기 포토레지스트 패턴을 식각 마스크로 사용하여, 상기 p형 GaN층(150) 및 상기 전류 퍼짐층(160)을 패터닝한다. 그 결과, 상기 복수의 홀들(151)이 상기 p형 GaN층(150) 및 상기 전류 퍼짐층(160)에 형성된다. 그리고 상기 포토레지스트 패턴이 제거된다.

[0082] 도 2c를 참조하면, 화학 기상 증착(Chemical Vapour Deposition; CVD) 공정에 의해 금속 혹은 금속 합금인 예비 반사층(152)이 상기 기판(110) 상에 증착된다.

[0083] 본 발명의 변형된 실시예에 따르면, 상기 예비 반사층은 유전체로 대체될 수 있다. 상기 예비 반사층의 굴절률은 상기 금속 산화물 구조체의 굴절률보다 작을 수 있다. 상기 예비 반사층은 실리콘 산화막일 수 있다.

[0084] 도 2d를 참조하면, 이방성 식각(anisotropic etching) 공정에 의해 상기 예비 반사층(152)이 식각되어, 상기 홀들(151)의 측벽에 위치된 상기 예비 반사층(152)을 제외한 나머지가 제거된다. 제거되지 않은 예비 반사층(152)이 상기 반사벽(153)을 제공한다.

[0085] 도 2e를 참조하면, 상기 전류 퍼짐층(160), 상기 p형 GaN층(150), 상기 활성층(140), 및 상기 n형 GaN층(130)의 일부가 국부적으로 제거되는 단계이다. 그 결과, 수평형 발광다이오드 소자(100)가 메사 구조를 가질 수 있다.

[0086] 도 2f를 참조하면, 상기 홀들(151)의 위치에 대응하는 개구부들이 형성된 포토레지스트 패턴(PR)이 상기 전류

퍼짐층(160) 상에 형성된다.

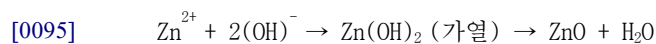
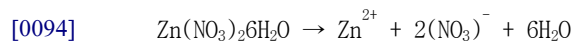
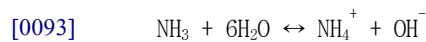
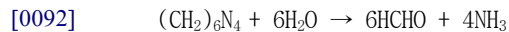
[0087] 도 2g를 참조하면, 상기 씨앗층(155)이 상기 기판(110) 상에 증착된다. 이에 따라, 상기 홀들의 하부면에 씨앗층(155)이 형성된다.

[0088] 도 2h를 참조하면, 상기 포토레지스트 패턴이 제거된다.

[0089] 도 2i를 참조하면, 상기 금속산화물 구조체들(157)이 상기 씨앗층(155) 상에 결정 상태로 성장된다. 상기 금속산화물 구조체들(157)은 상기 씨앗층(155)의 결정 구조와 유사하게 성장된다.

[0090] 상기 금속산화물 구조체들(157)은 유기금속화학기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition; MOCVD), 수열합성법(Hydrothermal Deposition), 전기 화학 증착법(Electrochemical Deposition) 등의 공정에 의해 성장된다. 상기 금속산화물 구조체들(157)이 수열합성법(Hydrothermal Deposition)에 의해 성장되는 과정에 대해서 하기 화학 반응식을 참조하여 간략하게 설명하도록 한다.

[0091] <화학 반응식>



[0096] (1) 탈이온수와 징크 나이트레이트 헥사하이드레이트(Zinc Nitrate Hexahydrate, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) 및 헥사 메틸렌 테트라민(HMT, hexamethylenetetramine, $(\text{CH}_2)_6\text{N}_4$)을 소정의 물 비율로 교반한 수용액을 준비한다.

[0097] 상기 징크 나이트레이트 헥사하이드레이트(Zinc Nitrate Hexahydrate)와 헥사메틸렌테트라아민(hexamethylenetetramine)의 물 비율은 2:1 ~ 1:2 일 수 있다. 헥사메틸렌테트라아민(hexamethylenetetramine)은 상기 금속산화물 구조체들(157)의 빠른 성장을 돕는 촉매 역할을 하는 것으로서, OH^- 이온 등을 지속적으로 공급할 수 있다. 헥사메틸렌테트라아민(hexamethylenetetramine) 이외에, 요소(urea) 또는 암모니아 등을 사용할 수 있다. 또한, 상기 수용액 중, 상기 징크 나이트레이트 헥사하이드레이트와 헥사메틸렌테트라아민 수용액의 물 농도는 0.0001M 내지 1M일 수 있다. 물 농도가 0.0001M 미만일 경우, 징크 나이트레이트 헥사하이드레이트의 함량 조절이 어렵고, 상기 금속산화물 구조체들(157)의 형성이 잘 되지 않으며, 1M을 초과할 경우 상기 금속산화물 구조체들(157)의 형상 및 크기를 조절하기 어렵다.

[0098] (2) 상기 씨앗층(155)을 상기 수용액에 침지시킨 후, 3시간 내지 12 시간 동안, 섭씨 80도 내지 100도의 범위 내에서 온도가 유지되도록 가열하여 산화아연(ZnO)을 성장시킨다. 상기 씨앗층(155)이 증착된 상기 홀들(151)에 Zn^{2+} 과 O^- 이온을 포함하는 수용액을 제공하면, Zn^{2+} 과 O^- 이온이 상기 씨앗층(155)에 흡착되어, 핵 생성(Nucleation) 및 성장(Growth)이 수행된다.

[0099] 수열합성법 공정 중 온도, 시간, 수용액의 양, 물 비율, pH 등의 조건 변화를 통해 상기 금속산화물 구조체들(157)들의 형상, 직경 및 길이를 제어할 수 있다. 그러므로, 목적에 따라 다양한 직경, 형상 및 높이 등을 가지는 상기 금속산화물 구조체들(157)을 형성하는 것이 가능하다.

[0100] 다시, 도 1b를 참조하면, 상기 금속산화물 구조체들(157)이 성장된 후, 리프트 오프(lift-off) 공정에 의해 상기 n 전극(190)은 상기 n형 GaN층(130)이 노출된 영역 상에 형성된다. 이어서, 리프트 오프(lift-off) 공정에 의해 상기 p 전극(170)은 상기 전류 퍼짐층(160) 상에 형성된다. 상기 p 전극(170)은 Ni/Au 구조, Ti/Al 구조, Ti/Al/Ni/Au, Cr/Al, Cr/Al/Ni/Au 등 Ti나 Cr 기반의 다층구조 일 수 있다. 상기 n 전극(190)은 Cr/Al/Ti/Au의 적층 구조일 수 있다.

[0101] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자(200)를 설명하는 도면이다.

[0102] 도 3을 참조하면, 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자(200)는 기판(110); 상기 기판 상에 배치된 n형 GaN층(130); 상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층(140); 상기 활성층 상에 배치되고, 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층(150); 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층(160); 상기 전류 퍼짐층 상에 배치된

p 전극(170); 상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층(151); 상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들(257); 및 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극(190);을 포함한다.

[0103] 상기 금속산화물 구조체들(257)은 매립부(257a)와 돌출부(257b)를 포함할 수 있다. 상기 돌출부(257b)의 형상이 육각뿔(Hexagonal Cone)일 수 있다. 상기 활성층(140)에서 발생한 빛이 상기 p형 GaN층(150)과 상기 씨앗층(155)의 경계면으로 임계각(θ_c) 미만인 입사각으로 입사하면, 빛은 상기 씨앗층(155)으로 굴절되어 상기 매립부(257a)로 진행한다. 상기 매립부(257a)로 입사된 빛은 상기 반사벽(153)에 의해 금속 반사 또는 유전체에 의하여 전반사 되어 상기 돌출부(257b)로 진행하여 외부로 진행(3-3' 경로)된다. 상기 돌출부(257b)의 형상은 입사각을 제어하여 상기 수평형 발광다이오드 소자(200) 소자의 지향각을 조절하고 광 추출효율을 향상시킬 수 있다.

[0104] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따르는 금속산화물 구조체들(357)이 도시된 도면이다.

[0105] 도 4에 따르면, 본 발명의 또 다른 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자(300)는 기관(110); 상기 기관 상에 배치된 n형 GaN층(130); 상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층(140); 상기 활성층 상에 배치되고, 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층(150); 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층(160); 상기 전류 퍼짐층 상에 배치된 p 전극(170); 상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층(151); 상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들(357); 및 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극(190);을 포함한다.

[0106] 상기 돌출부(357b)의 형상이 반구(Hemisphere)이다. 상기 활성층(140)에서 발생한 빛이 상기 p형 GaN층(150)과 상기 씨앗층(155)의 경계면으로 임계각(θ_c) 미만인 입사각으로 입사하면, 빛은 상기 씨앗층(155)로 굴절되어 상기 매립부(357a)로 진행한다. 상기 매립부(357a)로 입사된 빛은 상기 반사벽(153)에 의해 금속 반사 또는 유전체에 의하여 전반사되어 상기 돌출부(357b)로 진행하여 외부로 진행(3-3' 경로)된다. 상기 돌출부(357b)의 형상은 입사각을 제어하여 상기 수평형 발광다이오드 소자(300) 소자의 지향각을 조절하고 광 추출효율을 향상시킬 수 있다.

[0107] 도 5a는 본 발명의 다른 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자의 평면도이다.

[0108] 도 5b는 도 5a의 B-B'선을 따라 자른 단면도이다.

[0109] 도 5c는 도 5b의 반사벽에 의한 빛의 진행경로를 설명하는 도면이다.

[0110] 도 5a 내지 도 5c를 참조하면, 수평형 발광다이오드 소자(400)는 기관(110); 상기 기관 상에 배치된 n형 GaN층(130); 상기 n형 GaN층 상에 배치된 활성층(140); 상기 활성층 상에 배치되고, 및 복수의 홀들이 형성된 p형 GaN층(150); 상기 p형 GaN층 상에 배치된 전류 퍼짐층(460); 상기 전류 퍼짐층 상에 배치된 p 전극(170); 상기 홀들의 하부면에 배치된 씨앗층(155); 상기 씨앗층 상에서 결정 상태로 성장되고 상기 복수의 홀들을 채우는 금속산화물 구조체들(457); 및 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 노출된 n형 GaN층 상에 배치되는 n 전극(190);을 포함한다.

[0111] 상기 반사벽(453)은 상기 p형 GaN 층(150)에만 형성된 홀의 측벽에만 배치될 수 있다. 상기 전류 퍼짐층(460)은 상기 금속산화물 구조체들(457)의 상부면을 덮도록 배치된다. 상기 반사벽(453)은 금속 또는 유전체일 수 있다. 상기 반사벽이 유전체인 경우, 상기 반사벽의 굴절률은 상기 금속산화물 구조체들(457)의 굴절률보다 작을 수 있다.

[0112] 상기 금속산화물 구조체들(457)은 상기 전류 퍼짐층(460)을 관통하지 않고, 상기 전류 퍼짐층(460) 하에 위치한다. 상기 금속산화물 구조체들(457)은 홀들에 매립된다. 상기 금속산화물 구조체들(457)의 측면은 상기 반사벽(453)과 접촉하고 상기 상기 금속산화물 구조체들(457)의 하부면은 상기 씨앗층(155)과 접촉하며, 상기 상기 금속산화물 구조체들(457)의 상부면은 전류 퍼짐층(460)과 접촉하고 상기 p형 GaN층의 상부면과 동일한 평면에 배치될 수 있다.

[0113] 상기 금속산화물 구조체들(457)의 소재의 굴절률(N_{NR})은 $N_I < N_{NR} < N_P$ 의 조건을 만족할 수 있다. (상기 N_I 는 상기 전류 퍼짐층(460)의 굴절률이고, 상기 N_P 는 상기 p형 GaN층(150)의 굴절률을 의미한다.) 예를 들면, 상기 p형 GaN층(150)의 굴절률(N_P)은 약 2.4이고, 상기 금속산화물 구조체들(457)의 소재가 산화아연(ZnO)인 경우, 상기 금속산화물 구조체(457)의 굴절률(N_{NR})은 약 2.2이며, 상기 전류 퍼짐층(460)의 소재가 산화주석(ITO)인 경우,

상기 전류 퍼짐층(460)의 굴절률(n_1)은 약 1.9이다. 상기 전류 퍼짐층(460), 상기 금속산화물 구조체(457), 및 상기 p형 GaN층(150)은 단계적인 굴절률 차이를 가질 수 있다. 상기 금속산화물 구조체들(457)은 상기 p형 GaN층(150)과 상기 전류 퍼짐층(460)간의 파동 임피던스 매칭(gradual wave impedance matching)을 수행할 수 있다. 그러므로 상기 금속산화물 구조체들(457)은 상기 수평형 발광다이오드 소자(400) 소자의 광 추출효율을 향상시킬 수 있다.

- [0114] 본 발명의 일 실시예에 따르는 수평형 발광다이오드 소자(400)의 제조방법은, 기판(110) 상에 n형 GaN층(130), 활성층(140) 및 p형 GaN층(150)을 순서대로 적층하는 단계; 상기 p형 GaN층(150)을 패터닝하여 복수의 홀(151)들을 형성하는 단계; 상기 복수의 홀(151)들의 하부면에 씨앗층(155)을 형성하는 단계; 상기 씨앗층(155) 상에 금속산화물 구조체들(457)을 결정 상태로 성장시키는 단계; 상기 금속산화물 구조체들(457)이 형성된 기판 상에 전류 퍼짐층을 형성하는 단계; 상기 전류 퍼짐층, 상기 p형 GaN층, 상기 활성층, 및 상기 n형 GaN층의 일부를 제거하여 국부적으로 상기 n형 GaN층을 노출시키는 단계; 및 상기 노출된 n형 GaN층(130) 상에 n 전극(190)을 형성하고, 상기 p형 GaN층(150) 상에 p 전극(170)을 형성하는 단계;를 포함한다.
- [0115] 상기 n형 GaN층(150)이 상기 기판(110) 상에 성장되기 전에, 상기 버퍼층(170)이 상기 기판(110) 상에 성장될 수 있다.
- [0116] 이어서, 상기 n형 GaN층(130), 상기 활성층(140) 및 상기 p형 GaN층(150)이 상기 기판(110) 상에 순차적으로 성장된다.
- [0117] 이어서, 포토레지스트(Photo-Resist; PR) 패턴이 상기 p형 GaN층(150) 상에 형성된다. 상기 포토레지스트 패턴을 식각 마스크로 사용하여, 상기 p형 GaN층(150)을 패터닝한다. 그 결과, 상기 복수의 홀들(151)이 상기 p형 GaN층(150)에 형성된다. 그리고 상기 포토레지스트 패턴이 제거된다.
- [0118] 이어서, 화학 기상 증착(Chemical Vapour Deposition; CVD) 공정에 의해 금속 혹은 금속 합금인 예비 반사층이 상기 기판(110) 상에 증착된다. 이방성 식각(anisotropic etching) 공정에 의해 상기 예비 반사층이 식각된다. 상기 홀들(151)의 측벽에 위치한 상기 예비 반사층을 제외한 나머지가 제거된다. 제거되지 않은 상기 예비 반사층이 상기 반사벽(453)이다.
- [0119] 이어서, 상기 홀들(151)의 위치에 대응하는 개구부들을 가지는 포토레지스트 패턴(PR)이 상기 p형 GaN층(150) 상에 형성된다. 상기 씨앗층(155)을 상기 홀들의 하부면에 증착한 후, 상기 포토레지스트 패턴이 제거된다.
- [0120] 이어서, 상기 금속산화물 구조체들(457)이 상기 씨앗층(155) 상에 결정 상태로 성장된다. 상기 금속산화물 구조체들(457)은 상기 씨앗층(155)의 결정 구조와 유사하게 성장된다.
- [0121] 이어서, 상기 금속산화물 구조체(457)가 성장된 이후에 상기 p형 GaN층(150) 상에 전류 퍼짐층(460)을 증착한다. 상기 전류 퍼짐층(460)은 스퍼터링(Sputtering) 공정에 의해 상기 p형 GaN층(150) 상에 증착된다.
- [0122] 이어서, 상기 전류 퍼짐층(460), 상기 p형 GaN층(150), 상기 활성층(140), 및 상기 n형 GaN층(130)의 일부가 국부적으로 제거된다. 그 결과, 수평형 발광다이오드 소자(100)가 메사 구조를 가질 수 있다.
- [0123] 이어서, 상기 노출된 n형 GaN층(130) 상에 n 전극(190)이 형성된다. 이어서, 상기 p형 GaN층(150) 상에 p 전극(170)이 형성된다.
- [0124] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시 예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0125] 따라서 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

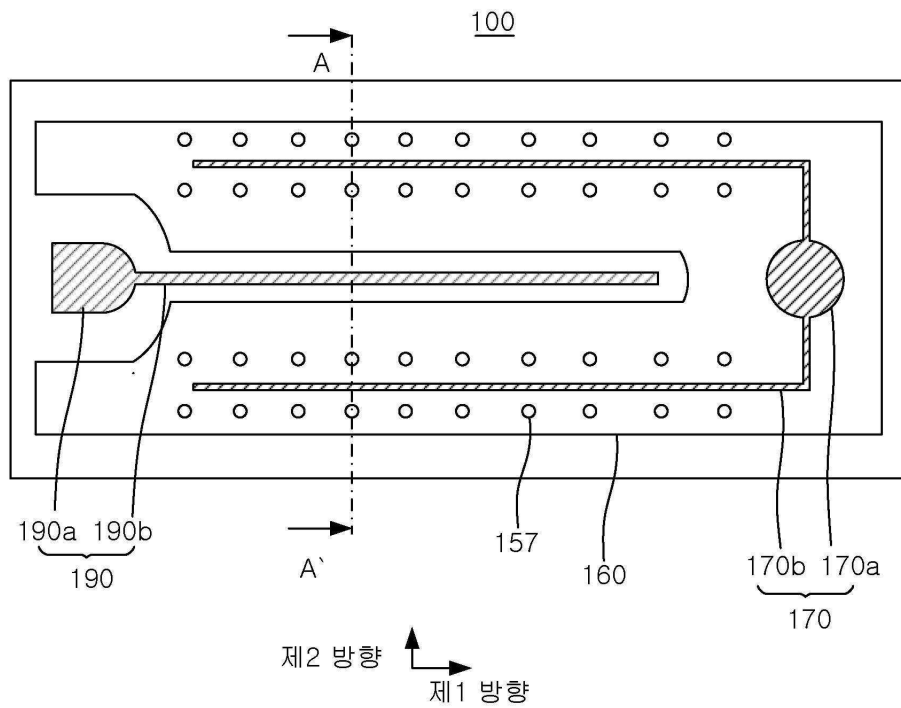
부호의 설명

- [0126] 100 : 수평형 발광다이오드 소자
110 : 기판
120 : 버퍼층

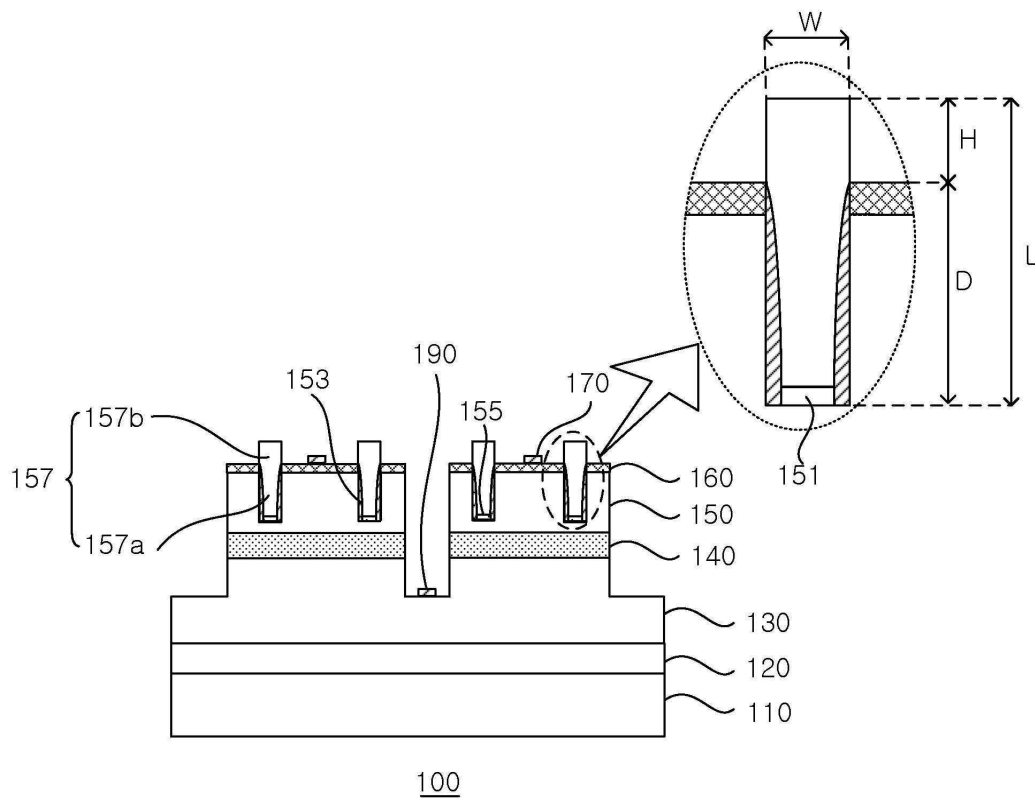
- 130 : n형 GaN층
- 140 : 활성층
- 150 : p형 GaN층
- 151 : 복수의 홀들
- 152 : 예비 반사층
- 153 : 반사벽
- 155 : 씨앗층
- 157 : 금속산화물 구조체들
- 160 : 전류 퍼짐층
- 170 : p 전극
- 190 : n 전극
- PR : 포토레지스트

도면

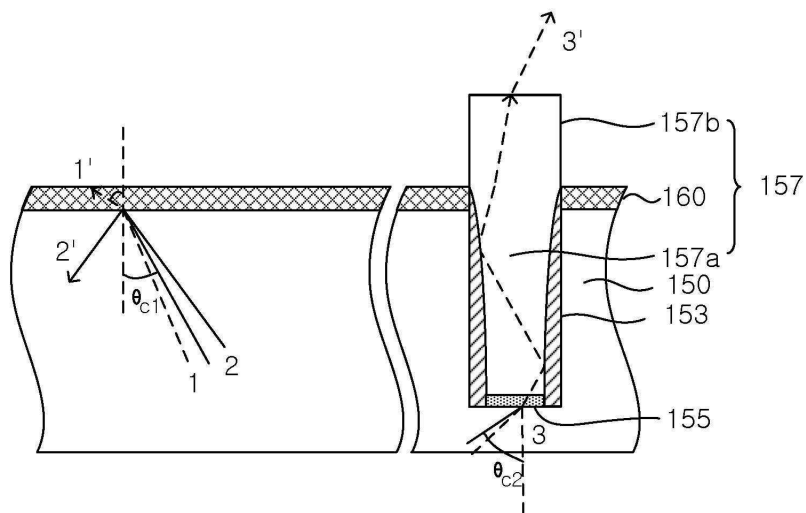
도면1a



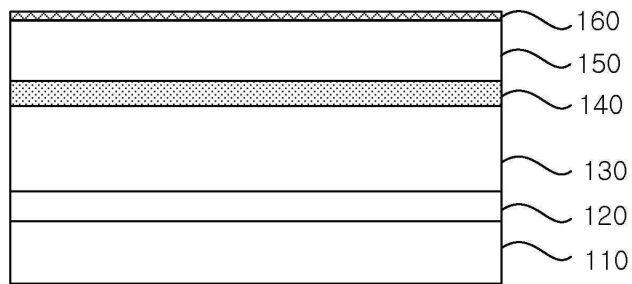
도면1b



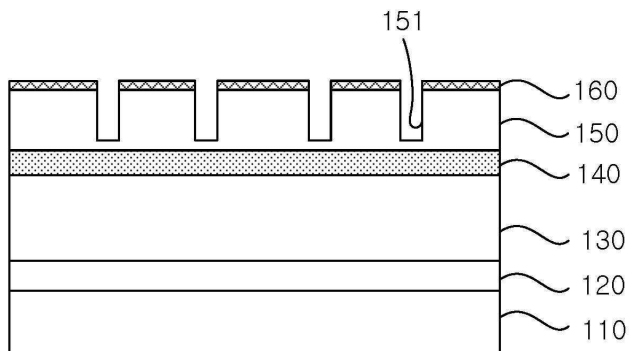
도면1c



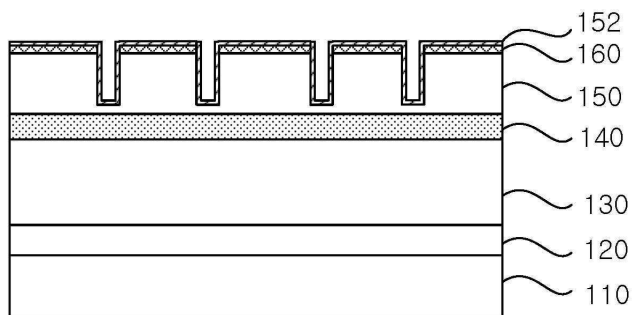
도면2a



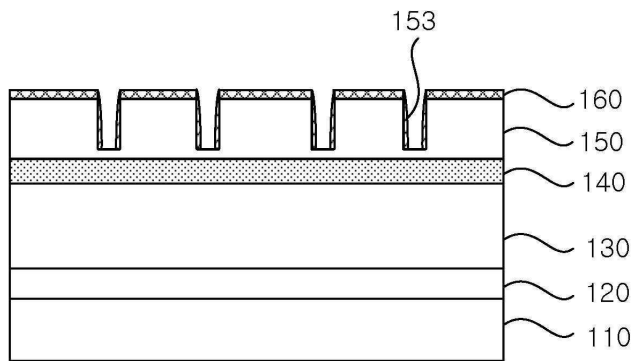
도면2b



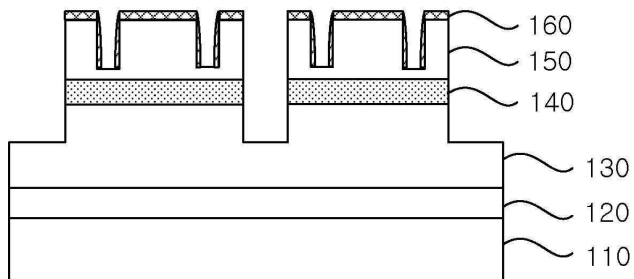
도면2c



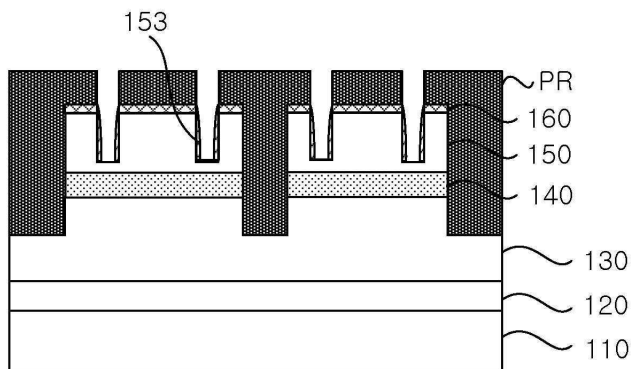
도면2d



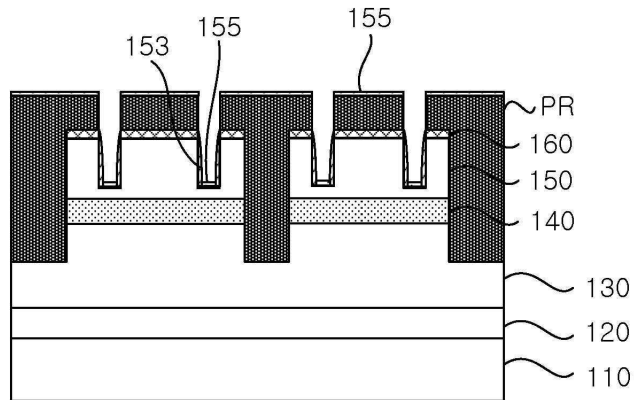
도면2e



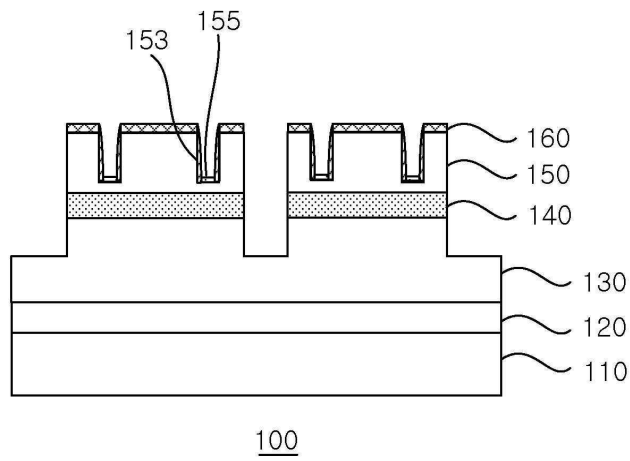
도면2f



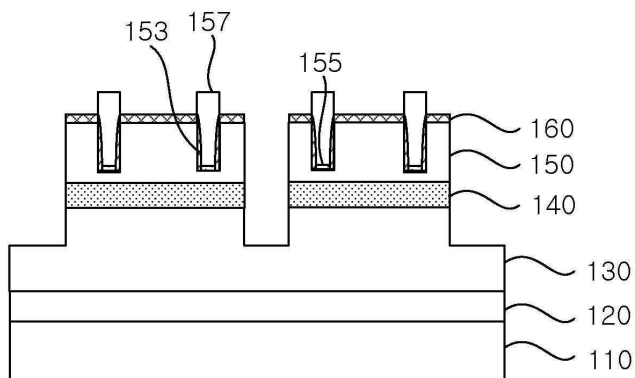
도면2g



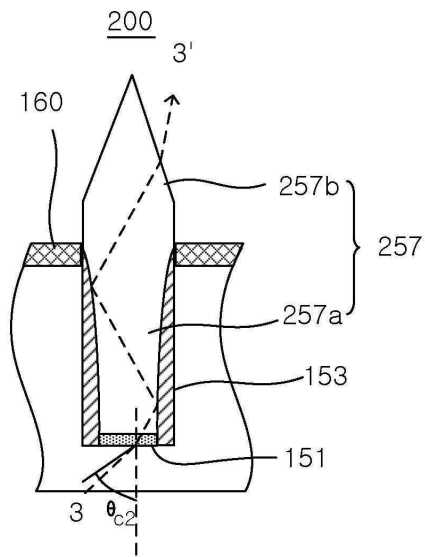
도면2h



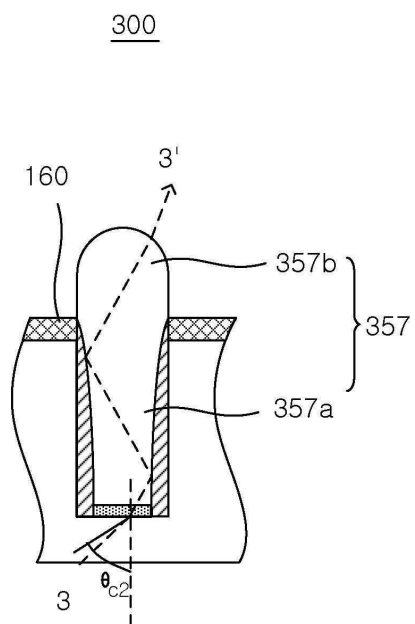
도면2i



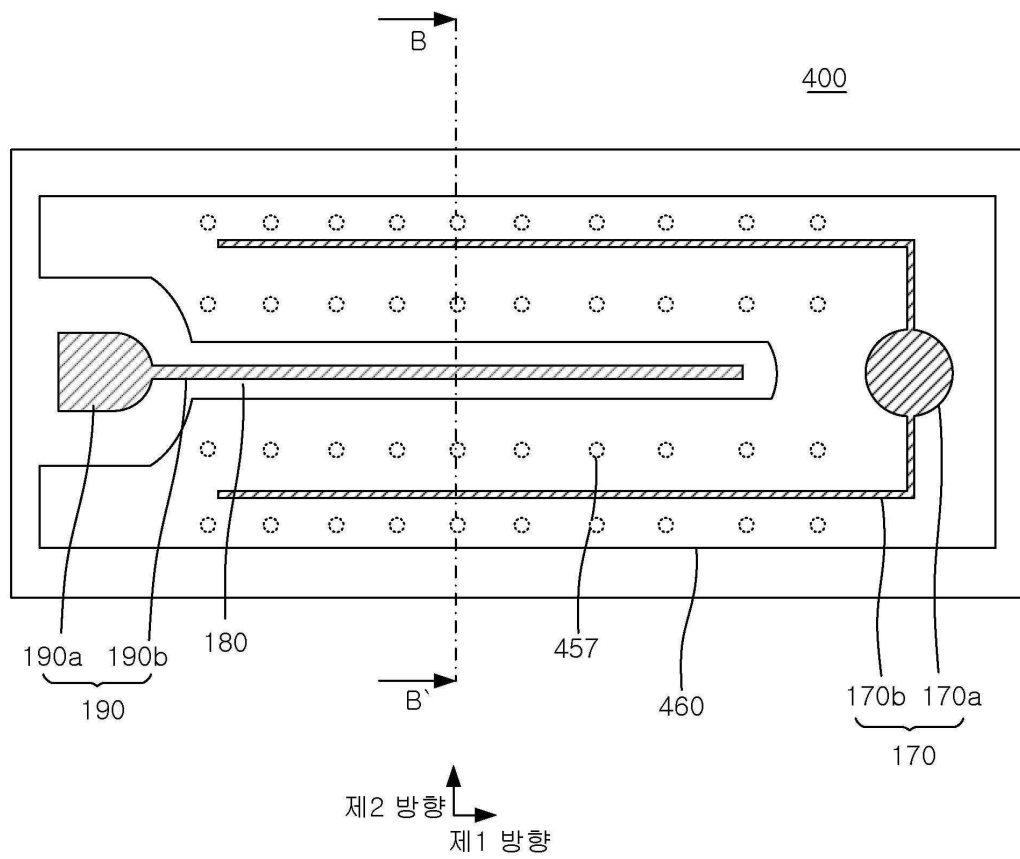
도면3



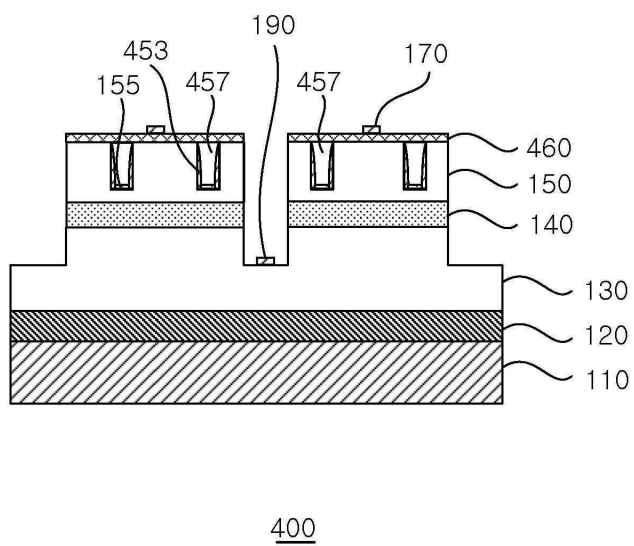
도면4



도면5a



도면5b



도면5c

