



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0067056
(43) 공개일자 2012년06월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/42 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2010-0128464

(22) 출원일자 2010년12월15일

심사청구일자 2010년12월15일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

김태근

경기도 성남시 분당구 서현로 177, 금강아파트
103-1301 (이매동)

채동주

서울특별시 강남구 대치1동 선경아파트 5동 140
6호

(74) 대리인

특허법인주원

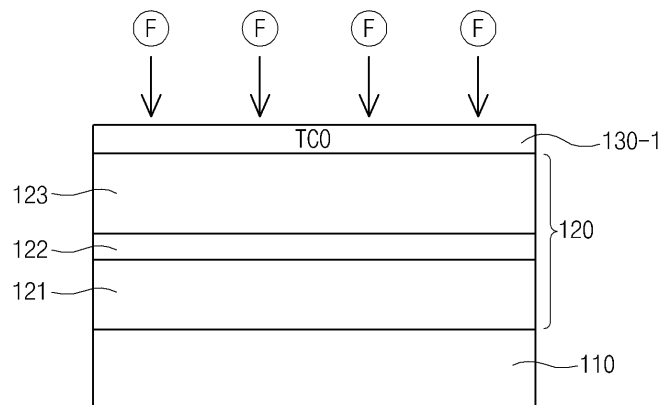
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 불소 계열 물질이 도핑된 투명 전극층을 구비하는 반도체 발광 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 불소 계열 물질이 도핑된 투명 전극층을 구비하는 반도체 발광 소자 및 그 제조 방법을 공개한다. 본 발명은 투명 전극층을 형성하는 TCO 물질을 플라즈마 상태에서 불소 계열 물질과 반응시켜 불소 계열 물질로 도핑함으로써, 투명 전극층의 일함수를 증가시켜, 투명 전극층과 접촉하는 질화물층과의 쇼키 장벽 높이를 감소시키고, 이에 따라서 투명 전극층과 질화물층간의 접촉저항을 감소시킴으로써, 질화물층으로의 전류 주입 효율을 향상시킬 수 있다. 특히, UV 반도체 발광소자의 경우에, 자외선 영역의 빛을 발생시키기 위해서 활성층을 포함하는 질화물층에 Al등을 도핑하는 경우에 투명 전극층과 질화물층간의 쇼키 장벽 높이가 더욱 커지고 이에 따라서 접촉 저항이 커짐으로 인해서 광효율이 저하되는 문제점이 발생하였는데, 본 발명은 투명 전극층을 불소 계열의 물질로 도핑하여 투명 전극층의 일함수를 증가시켜, 투명 전극층과 접촉하는 질화물층과의 쇼키 장벽 높이를 감소시키고, 이에 따라서 투명 전극층과 질화물층간의 접촉저항을 감소시킴으로써, 투명 전극층의 전기적 특성 및 광학적 특성을 향상시킴으로써, UV 반도체 발광 소자에 있어서의 전류 주입 효율 및 자외선 영역의 빛의 투과율을 향상시킬 수 있다.

대 표 도 - 도1c



특허청구의 범위

청구항 1

- (a) 기관위에 빛을 발생시키는 질화물 구조물을 형성하는 단계;
- (b) 상기 질화물 구조물 위에 투명 전극층을 형성하는 단계; 및
- (c) 불소 계열의 물질을 이용하여 상기 투명 전극층을 도핑하여, 상기 질화물 구조물과 상기 투명 전극층간의 쇼키 장벽 높이(Schottky Barrier Height)를 감소시킴으로써, 상기 질화물층과 상기 투명 전극층간의 접촉 저항을 감소시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 (a) 단계는

기관위에, n타입 질화물층, 활성층, 및 p타입 질화물층을 순차적으로 형성하여 상기 질화물 구조물을 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 n타입 질화물층, 상기 활성층, 및 상기 p타입 질화물층은 상기 활성층에서 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al으로 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

ITO, ZnO, NiO, Ga₂O₃, ClO(Cu doped In₂O₃), MIO(Mg doped In₂O₃) 중 어느 하나의 물질을 이용하여 상기 투명 전극층을 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계에서,

상기 불소 계열의 물질은 플라즈마 처리 공정에 의해서 상기 투명 전극층에 도핑되는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서, 상기 (c) 단계는,

상기 불소 계열의 물질을 이용하여 RIE(Reactive Ion Etching)를 수행하여 상기 투명 전극층에 불소 계열의 물질을 도핑하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 7

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 불소 계열의 물질은 SF₆ 또는 CF₄ 인 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 (c) 단계는 이온 주입 공정을 수행하여 불소 이온을 상기 투명 전극층으로 주입하여 상기 투명 전극층을 불소 이온으로 도핑하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 (a) 단계는 상기 기판과 상기 질화물 구조물 사이에 버퍼층을 더 형성하고,

상기 반도체 발광 소자 제조 방법은

(d) 상기 투명 전극층 위에 반사층을 형성하는 단계; 및

(e) 상기 기판을 통해서 레이저를 조사하여 상기 버퍼층에서 상기 기판과 상기 질화물 구조물을 서로 분리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자 제조 방법.

청구항 10

기판;

상기 기판위에 형성되어 빛을 발생시키는 질화물 구조물; 및

상기 질화물 구조물 위에 형성된 투명 전극층;을 포함하고,

상기 투명 전극층은, 상기 질화물 구조물과 상기 투명 전극층간의 쇼키 장벽 높이(Schottky Barrier Height)를 감소시킴으로써, 상기 질화물층과 상기 투명 전극층간의 접촉 저항을 감소시킬 수 있도록, 불소 계열의 물질을 이용하여 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 질화물 구조물은 상기 기판위에 순차적으로 형성된 n-타입 질화물층, 활성층, 및 p-타입 질화물층을 포함하는 것을 특징으로하는 반도체 발광 소자.

청구항 12

기판;

상기 기판위에 형성된 반사층;

상기 반사층 위에 형성된 투명 전극층; 및

상기 투명 전극층 위에 형성되어 빛을 발생시키는 질화물 구조물을 포함하고,

상기 투명 전극층은, 상기 질화물 구조물과 상기 투명 전극층간의 쇼키 장벽 높이(Schottky Barrier Height)를 감소시킴으로써, 상기 질화물층과 상기 투명 전극층간의 접촉 저항을 감소시킬 수 있도록, 불소 계열의 물질을 이용하여 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 질화물 구조물은 상기 투명 전극층 위에 순차적으로 형성된 p-타입 질화물층, 활성층, 및 n-타입 질화물층을 포함하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 14

제 11 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 n-타입 질화물층, 상기 활성층, 및 상기 p-타입 질화물층은 상기 활성층에서 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al로 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 15

제 10 항에 있어서,

상기 투명 전극층은, ITO, ZnO, NiO, Ga₂O₃, ClO(Cu doped In₂O₃), MIO(Mg doped In₂O₃) 중 어느 하나의 물질을

이용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 16

제 10 항에 있어서,

상기 투명 전극층은 플라즈마 처리 공정에 의해서 상기 불소 계열의 물질이 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 17

제 10 항에 있어서,

상기 투명 전극층은 상기 불소 계열의 물질을 이용하여 RIE(Reactive Ion Etching)를 수행하여 상기 불소 계열의 물질이 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

청구항 18

제 10 항에 있어서,

상기 투명 전극층은 이온 주입 공정을 수행하여 불소 이온을 상기 투명 전극층에 주입하여 불소 이온으로 도핑된 것을 특징으로 하는 반도체 발광 소자.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 자외선 영역의 빛을 생성하는 것이 가능한 반도체 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근, 질화갈륨계(GaN) 발광다이오드 (light-emitting diodes, LEDs)가 발광소자로 주목받고 있다. 고효율 LEDs를 구현을 위해서는 GaN층의 일부 영역에 전류가 집중되지 않고 GaN층 전체로 균일한 전류가 주입되는 것이 필수적이다.

[0003] 종래에, 전류가 GaN층의 일부 영역에 집중되는 것을 방지하기 위해서 TCO (Transparent Conductive Oxide) (ITO, CIO, MIO, ZnO, NiO, Ga₂O₃ 등) 물질을 p-타입 GaN층과 전극 사이에 증착시켜 투과율 및 반사율의 감소 없이 원활한 전류를 주입하는 방법이 제안되었다.

[0004] 이를 위해서는 TCO의 투과율 손실없이, TCO와 p-타입 GaN층 사이의 쇼키장벽 (Schottky Barrier Height, SBH)을 감소시키는 것이 중요하다. 쇼키 장벽은 TCO와 p-타입 GaN층의 일함수 차이로 인해 발생하는데, 이것이 감소하면 계면 사이의 저항이 감소되어 전류주입 효율을 증가시킬 수 있다. 하지만, TCO는 낮은 일함수를 갖고 있으므로, 큰 일함수를 갖는 p-타입 GaN층과 접촉할 경우 이들 사이의 일함수 차이를 충분히 줄이기 어렵다.

[0005] 특히 잠재적으로 큰 시장을 갖고 있는 Ultraviolet (UV) LED 구현에 있어서 더욱 문제가 된다. UV 같은 단파장을 구현하기 위해서는 광을 만드는 활성층의 밴드갭을 증가시켜야 한다. 이를 위해 GaN에 Al이 도핑되어야 하고 p-타입 GaN에도 Al이 도핑되어 p-타입 AlGaN이 형성된다. 이때 형성된 p-타입 AlGaN은 Al으로 인해 기존의 p-타입 GaN층보다 큰 일함수를 갖게 된다. 따라서, TCO와 p-타입 AlGaN 사이의 일함수 차이가 증가되고, 쇼키장벽이 더 커지게 되며 전류 주입이 어렵게되어, UV 광의 출력이 낮아지는 문제를 갖게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 투명 전극층과 질화물층 간의 접촉 저항을 감소시켜 질화물층으로의 전류

주입 효율을 향상시키고, 활성층에서 발생된 자외선 영역의 빛을 투과율 및 반사율의 손실없이 투과시킬 수 있는 투명 전극층을 구비하는 반도체 발광 소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명은 상술한 과제를 해결하기 위해서, TCO(Transparent Conductive Oxide)층과 같은 투명 전극층(이하, TCO층을 대표적으로 예시하여 설명함)에 Fluoride 계열의 물질 가스(SF_6 , CF_4 등)로 plasma 처리를 수행하여, 투명 전극층과 Fluoride 계열의 물질을 서로 반응시킴으로써, Fluorine doped TCO (F-TCO)를 형성하였다. 즉, 반응성이 높은 할로젠족 물질인 Fluorine을 기존에 일반적으로 이용되던 투명 전극층 물질과 반응시켜 기존 TCO의 전기적 특성과 광학적 특성을 향상시켰다.
- [0008] TCO 물질로 구성되는 투명 전극층에 Fluoride 계열의 물질을 플라즈마 상태에서 반응시키면, 종래 TCO 물질의 Oxygen이 형성하고 있던 bond가 Fluorine에 의해 해리되고 Oxygen vacancy가 생성되며, 이 자리를 Fluorine이 치환되어 들어간다. 이렇게 형성된 화합물은 Fluorine이 갖는 큰 전기음성도로 인해 dipole이 증가된다. 이를 통해 주변의 전자들이 분자 중심으로 당겨지게 되고, 페르미 준위가 당겨지게 된다. 진공 준위와 페르미 준위 사이의 거리가 증가함으로써 일함수가 커지는 효과를 얻게되고 이에 따라서 쇼키 장벽 높이가 낮아져 접촉 저항이 감소되는 특징이 나타난다.
- [0009] 또한, TCO 물질의 Oxygen이 Fluorine으로 치환됨으로써 결정구조가 변화하여 전이금속에 해당하는 TCO의 중심 원자(In^{2+} , Zn^{2+} , Ni^{2+} , Ga^{3+})들이 갖는 d오비탈의 split이 증가함으로써 밴드갭이 증가하게 된다. 이는 광학적 특성인 투과율의 증가를 유발하게 되고, 수평형 구조의 LED의 경우에, 활성층에서 발생한 빛이 상방으로 진행할 때, 반사나 흡수없이 투과될 수 있게 한다. 밴드갭의 증가는 특히 단파장대 빛의 투과를 가능하게 하여 UV LEDs 에 특히 유리하다.
- [0010] 박막형태인 TCO의 저항성분은 접촉저항의 영향을 받게 되는데 앞서 언급한 일함수의 증가가 종래의 p-타입 질화물층(GaN층) 및 자외선 영역의 빛을 발생시키기 위해서 Al이 도핑된 p-타입 질화물층(AlGaN층)과의 접촉저항을 감소시켜 반도체로의 전류주입을 용이하게 하여 전기적 특성을 향상시키게 된다.
- [0011] 수직형 구조일 경우, 반사층의 낮은 일함수를 Fluoride 계열의 물질이 도핑된 TCO 물질(F-TCO)이 증가시킴으로써 p-타입 질화물층(GaN층)과 접촉시 발생하는 저항을 줄여서 반도체로 효과적인 전류주입을 유도할 수 있다. 또한, 활성층에서 하방으로 향하는 빛이 투과율이 향상된 투명 전극층(F-TCO)를 보다 용이하게 통과하여 반사층까지 도달하고 반사율도 증가하게 된다. 더불어 Fluoride 기반의 플라즈마가 갖는 식각성을 통해서 TCO 표면의 거칠기를 감소시킴으로써 주후 반사막 증착시 평탄한 계면으로써 반사율을 증가시킬 수 있다.
- [0012] 상술한 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 반도체 발광 소자 제조 방법은, (a) 기판위에 빛을 발생시키는 질화물 구조물을 형성하는 단계; (b) 상기 질화물 구조물 위에 투명 전극층을 형성하는 단계; 및 (c) 불소 계열의 물질을 이용하여 상기 투명 전극층을 도핑하여, 상기 질화물 구조물과 상기 투명 전극층간의 쇼키 장벽 높이(Schottky Barrier Height)를 감소시킴으로써, 상기 질화물층과 상기 투명 전극층간의 접촉 저항을 감소시키는 단계를 포함한다.
- [0013] 또한, 상기 (a) 단계는, 기판위에, n타입 질화물층, 활성층, 및 p타입 질화물층을 순차적으로 형성하여 상기 질화물 구조물을 형성할 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 n타입 질화물층, 상기 활성층, 및 상기 p타입 질화물층은 상기 활성층에서 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al으로 도핑될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 (b) 단계는 ITO , ZnO , NiO , Ga_2O_3 , $\text{CIO}(\text{Cu doped In}_2\text{O}_3)$, $\text{MIO}(\text{Mg doped In}_2\text{O}_3)$ 중 어느 하나의 물질을 이용하여 상기 투명 전극층을 형성할 수 있다.
- [0016] 또한, 상기 (c) 단계에서, 상기 불소 계열의 물질은 플라즈마 처리 공정에 의해서 상기 투명 전극층에 도핑될 수 있다.
- [0017] 또한, 상기 (c) 단계는, 상기 불소 계열의 물질을 이용하여 RIE(Reactive Ion Etching)를 수행하여 상기 투명 전극층에 불소 계열의 물질을 도핑할 수 있다.
- [0018] 또한, 상기 불소 계열의 물질은 SF_6 또는 CF_4 가 이용될 수 있다.

- [0019] 또한, 상기 (c) 단계는 이온 주입 공정을 수행하여 불소 이온을 상기 투명 전극층으로 주입하여 상기 투명 전극층을 불소 이온으로 도핑될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 (a) 단계는 상기 기판과 상기 질화물 구조물 사이에 버퍼층을 더 형성하고, 상기 반도체 발광 소자 제조 방법은 (d) 상기 투명 전극층 위에 반사층을 형성하는 단계; 및 (e) 상기 기판을 통해서 레이저를 조사하여 상기 버퍼층에서 상기 기판과 상기 질화물 구조물을 서로 분리하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0021] 한편, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 반도체 발광 소자는, 기판; 상기 기판위에 형성되어 빛을 발생시키는 질화물 구조물; 및 상기 질화물 구조물 위에 형성된 투명 전극층;을 포함하고, 상기 투명 전극층은, 상기 질화물 구조물과 상기 투명 전극층간의 쇼키 장벽 높이(Schottky Barrier Height)를 감소시킴으로써, 상기 질화물층과 상기 투명 전극층간의 접촉 저항을 감소시킬 수 있도록, 불소 계열의 물질을 이용하여 도핑된다.
- [0022] 또한, 상기 질화물 구조물은 상기 기판위에 순차적으로 형성된 n-타입 질화물층, 활성층, 및 p-타입 질화물층을 포함할 수 있다.
- [0023] 한편 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 반도체 발광 소자는, 기판; 상기 기판위에 형성된 반사층; 상기 반사층 위에 형성된 투명 전극층; 및 상기 투명 전극층 위에 형성되어 빛을 발생시키는 질화물 구조물을 포함하고, 상기 투명 전극층은, 상기 질화물 구조물과 상기 투명 전극층간의 쇼키 장벽 높이(Schottky Barrier Height)를 감소시킴으로써, 상기 질화물층과 상기 투명 전극층간의 접촉 저항을 감소시킬 수 있도록, 불소 계열의 물질을 이용하여 도핑된다.
- [0024] 또한, 상기 질화물 구조물은 상기 투명 전극층 위에 순차적으로 형성된 p-타입 질화물층, 활성층, 및 n-타입 질화물층을 포함할 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 n-타입 질화물층, 상기 활성층, 및 상기 p-타입 질화물층은 상기 활성층에서 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al로 도핑된다.
- [0026] 또한, 상기 투명 전극층은, ITO, ZnO, NiO, Ga₂O₃, ClO(Cu doped In₂O₃), MIO(Mg doped In₂O₃) 중 어느 하나의 물질을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0027] 또한, 상기 투명 전극층은 플라즈마 처리 공정에 의해서 상기 불소 계열의 물질이 도핑될 수 있다.
- [0028] 또한, 상기 투명 전극층은 상기 불소 계열의 물질을 이용하여 RIE(Reactive Ion Etching)를 수행하여 상기 불소 계열의 물질이 도핑될 수 있다.
- [0029] 또한, 상기 투명 전극층은 이온 주입 공정을 수행하여 불소 이온을 상기 투명 전극층에 주입하여 불소 이온으로 도핑될 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 상술한 바와 같이, 본 발명은 투명 전극층을 형성하는 TCO 물질을 플라즈마 상태에서 불소 계열 물질(SF₆, CF₄ 등의 Fluoride 계열의 물질)과 반응시켜 불소 계열 물질로 도핑함으로써, 투명 전극층의 일함수를 증가시켜, 투명 전극층과 접촉하는 질화물층과의 쇼키 장벽 높이를 감소시키고, 이에 따라서 투명 전극층과 질화물층간의 접촉저항을 감소시킴으로써, 질화물층으로의 전류 주입 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0031] 특히, UV 반도체 발광소자의 경우에, 자외선 영역의 빛을 발생시키기 위해서 활성층을 포함하는 질화물층에 Al등을 도핑하는 경우에 투명 전극층과 질화물층간의 쇼키 장벽 높이가 더욱 커지고 이에 따라서 접촉 저항이 커짐으로 인해서 광효율이 저하되는 문제점이 발생하였는데, 본 발명은 투명 전극층을 불소 계열의 물질로 도핑하여 투명 전극층의 일함수를 증가시켜, 투명 전극층과 접촉하는 질화물층과의 쇼키 장벽 높이를 감소시키고, 이에 따라서 투명 전극층과 질화물층간의 접촉저항을 감소시킴으로써, 투명 전극층의 전기적 특성 및 광학적 특성을 향상시킴으로써, UV 발광 소자에 있어서의 전류 주입 효율 및 자외선 영역의 빛의 투과율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1a 내지 도 1d 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 수평형 반도체 발광 소자를 제조하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 2a 및 도 2b는 도 1c 에 도시된 공정을 통해서 불소 계열 물질이 도핑되는 개념을 도시하는 도면이다.

도 3a 내지 도 3e 는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수직형 반도체 발광 소자의 제조 과정을 설명하는 도면이다.

도 4는 도 3b에 도시된 불소 계열 물질의 도핑 과정에서 발생하는 표면 거칠기 감소 효과를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

[0034] 도 1a 내지 도 1d 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 수평형 반도체 발광 소자를 제조하는 방법을 설명하는 도면이다. 도 1a 내지 도 1d를 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 질화물 발광 소자 제조 방법을 설명한다.

[0035] 먼저, 도 1a 에 도시된 바와 같이, 종래의 반도체 발광소자 제조 방법과 동일한 방식으로, 기판(110)위에 빛을 발생시키는 질화물 구조물(120)을 형성한다.

[0036] 이 때, 질화물 구조물(120)은 기판(110)위에 n-타입 질화물층(121)(n-GaN), 활성층(122)인 Multi Quantum Well, p-타입 질화물층(123)(p-GaN)이 순차적으로 형성된 구조를 갖으며, 기판(110)과 n-타입 질화물층(121) 사이에 도핑되지 않은 GaN층으로 구현되는 버퍼층(미도시 됨)이 추가로 형성될 수 있다.

[0037] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 활성층(122)의 밴드갭을 증가시켜 자외선 영역의 빛을 발생시키기 위해서, 활성층(122) 및 n-타입 질화물층(121)(n-GaN)과 p-타입 질화물층(123)(p-GaN)을 Al으로 도핑하였다. 따라서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 기판(110)위에 n-타입 질화물층(121)(n-AlGaN), 활성층(122), p-타입 질화물층(123)(p-AlGaN)이 순차적으로 형성되어 있다.

[0038] 그 후, 도 1b에 도시된 바와 같이, 질화물 구조물(120) 위에 투명 전극층(130-1)을 형성한다. 본 발명의 바람직한 실시예에서는, TCO 물질(ITO, ClO, MIO, ZnO, NiO Ga₂O₃, ClO(Cu doped In₂O₃), MIO(Mg doped In₂O₃) 등)로 투명 전극층(130-1)을 형성하였으며, TCO 물질을 박막형태로 증착하며 이후 후처리 공정으로 열처리를 수행하여 결정을 확보하였다.

[0039] 후술하는 공정에서 불소 계열 물질이 투명 전극층(130-1) 내부로 깊숙이 침투할 수 있도록 하기 위해서, Electron beam evaporator를 사용하여 TCO가 소(疎)한 형태로 박막을 증착하여 투명 전극층(130-1)을 형성하였다. E-beam evaporator의 deposition rate는 1.0nm/sec ~ 2.0 nm/sec 사이를 유지하여, 70 nm ~ 200 nm의 두께를 갖도록 투명 전극층(130-1)을 형성하였다. 열처리 조건으로는 400℃ ~ 700℃ (최적 650℃)에서 O₂ 분위기로 약 5 분간 열처리를 수행하였다.

[0040] 투명 전극층(130-1)이 형성된 후, 도 1c에 도시된 바와 같이, 불소 계열의 가스를 플라즈마 상태에서 투명 전극층(130-1)을 구성하는 TCO 물질과 반응시켜, 투명 전극층(130-1)을 불소 계열 물질로 도핑시킨다.

[0041] 본 발명의 바람직한 실시예에서는, RIE(Reactive Ion Etching) 또는 이온임플란트 방법을 이용해 불소(Fluorine) 이온 또는 불소 계열 물질(SF₆, CF₄ 등의 Fluoride 계열의 물질)을 투명 전극층(130-1)을 형성하는 TCO 물질과 반응시켜, 불소(Fluorine)가 갖는 반응성, 물리적 성질을 이용하여 투명 전극층(130-1)을 구성하는 TCO 물질의 전기적, 광학적 특성을 향상시킨 F-TCO(이하에서는, 불소 이온 또는 불소 계열 물질이 도핑된 TCO를 "F-TCO"로 칭함) 물질로 구성된 투명 전극층(130-2)을 얻을 수 있다.

[0042] 특히, RIE를 이용하는 경우에, 반응 조건으로는 SF₆ 가스 분위기에서 120W 파워로 10분 처리를 한다. 이를 후술하는 수직형 반도체 발광소자의 반사막에 응용할 경우, 앞선 공정에 추가로 반사막 물질을 증착시켜 F-TCO/Au, F-TCO/Ag, F-TCO/Al과 같은 구조를 구현할 수 있다. Au, Ag, Al의 증착 조건은 E-beam evaporator를 이용하고 deposition rate를 1.0 nm/sec ~ 2.0 nm/sec 사이를 유지하며 두께는 200 nm 이상으로 증착한다.

[0043] 그 후, 도 1d에 도시된 바와 같이, 투명 전극층(130-2) 위에 p형 전극(180)을 형성하고, 질화물 구조물(120)의 일부 영역을 n-타입 질화물층(121)이 드러나도록 식각하여 n-타입 질화물층(121) 위에 n형 전극(170)을 형

성함으로써, 수평형 반도체 발광 소자를 완성한다.

- [0044] 도 2a 및 도 2b는 도 1c 에 도시된 공정을 통해서 불소 계열 물질이 도핑되는 개념을 도시하는 도면이다.
- [0045] 먼저, 도 2a를 참조하면, 투명 전극층(130-1)을 구성하는 TCO 물질의 Oxygen이 갖고 있던 bond를 Fluorine의 큰 반응성을 통해 해리시키고, Oxygen vacancy 자리에 Fluorine이 치환됨으로써 Fluoride 계열 물질이 도핑된다.
- [0046] 도 2b에 도시된 예에서, TCO 물질이 ITO 물질인 경우에, ITO의 대부분(90% 이상)을 차지하는 Indium-Oxygen 결합이 Fluorine과 반응하여 Indium-Fluorine 결합으로 치환됨으로써 형성된 F-ITO 박막의 경우에는, 투명 전극층(130-2)의 일함수가 증가하여 쇼키 장벽이 낮아짐으로써, 투명 전극층(130-2) 상부 및 하부의 접촉면에 존재하는 저항 성분이 감소함을 알 수 있다.
- [0047] 투명 전극층(130-2)이 박막으로 형성되므로, Indium과 Fluorine과의 결합은 투명 전극층(130-2)의 상부뿐만 아니라 및 하부인 p-타입 질화물층(p-AlGaIn층)(123)과의 경계면에서도 형성된다. F-ITO의 하부에 존재하는 Indium Fluoride가 p-타입 질화물층(p-AlGaIn층)(123)과 접촉할 때 형성되는 쇼키 장벽 높이는, 종래의 Indium Oxide가 p-타입 질화물층(p-AlGaIn층)(123)과 접촉할 때 형성되는 쇼키 장벽 높이에 비하여 대폭 감소되어 접촉 저항이 대폭 감소됨에 따라서 전류 주입 효율이 종래 기술에 비하여 현저하게 향상된다.
- [0048] 또한, 이러한 메카니즘이 도 3a 내지 도 3e를 참조하여 후술되는 수직형 반도체 발광 소자에서 반사층에 적용될 경우, F-ITO의 상부에는 반사막으로 사용될 Al이 증착되고, 이때 Aluminium Fluoride를 형성함으로써 종래의 Indium Oxide가 Al과 접촉했을 때 절연막 성질을 갖는 Aluminium Oxide의 생성 확률을 줄여줄 수 있다. 절연성질이 줄어들므로써 F-ITO와 Al사이에서의 전류 주입효율도 향상시킬 수 있다. 결국, 박막 형태의 F-ITO를 투명 전극층(130-2)으로서 형성함으로써, 투명 전극층(130-2)의 상부와 하부에서의 전류 주입 효율을 현저하게 향상시킬 수 있다.
- [0049] 도 3a 내지 도 3e 는 본 발명의 다른 실시예에 따른 수직형 반도체 발광 소자의 제조 과정을 설명하는 도면이다. 도 3a 내지 도 3e를 참조하여 본 발명의 다른 실시예에 따른 수직형 반도체 발광 소자의 제조 과정을 설명한다.
- [0050] 먼저, 도 3a를 참조하면, 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 동일한 방식으로, 사파이어 기판(310)위에, 도핑되지 않은 질화물층으로 버퍼층(312)이 형성되고, 버퍼층(312) 위에, n-타입 질화물층(321)(n-AlGaIn), 활성층(322) 및 p-타입 질화물층(323)(p-AlGaIn)이 순차적으로 형성된 질화물 구조물(320)이 형성되며, 질화물 구조물(320) 위에 투명 전극층(330-1)이 형성된다.
- [0051] 그 후, 도 3b에 도시된 바와 같이, 도 1c의 공정과 동일한 방식으로, 불소 계열 물질로 RIE를 수행하거나 불소 이온을 이온 주입하여 투명 전극층(330-1)을 구성하는 TCO 물질을 불소 계열 물질로 도핑함으로써, 투명 전극층(330-2)을 F-TCO으로 형성한다.
- [0052] 투명 전극층(330-2)이 도핑되면, 도 3c에 도시된 바와 같이 불소 계열 물질로 도핑된 투명 전극층(330-2) 위에 반사층(340)을 형성한다. 반사층(340)은 Al, Au, 및 Ag 등과 같이, 일반적으로 LED 공정에서 반사막 형성에 이용되는 재질이 이용될 수 있고, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 Al을 증착하여 반사층(340)을 형성하였다.
- [0053] 그 후, 도 3d 에 도시된 바와 같이, 반사층(340) 위에 서브마운트 기판(360)과의 접착을 위한 접착층(350)을 형성하고, 사파이어 기판(310)이 위로 오도록 반사층(340) 위에 형성된 접착층(350)과 서브 마운트 기판(360)을 서로 접합하고, 사파이어 기판(310)을 분리하기 위해서 245~305nm 의 UV 레이저를 사파이어 기판(310)을 통해서 조사한다.
- [0054] 조사된 레이저는 사파이어 기판(310)을 투과하여 사파이어 기판(310)과 버퍼층(312)의 경계면에서 흡수되어, GaN 물질이 Ga 과 N₂로 분리된다. 이때 형성된 N₂ 는 외부로 방출되고, 계면에는 Ga 만이 남게되는데, 용점이 30℃ 정도인 Ga 은 가해진 열에 의해서 용융되고, 따라서 사파이어 기판(310)은 질화물층으로부터 분리되어 서브마운트 기판(360)상에는 발광 소자의 질화물 구조물(320)만 남게 된다(도 3d 참조).
- [0055] 사파이어 기판(310)이 분리된 후의 n-타입 질화물층(321)이 드러나도록 잔여 버퍼층을 식각 공정을 통해서 제거하고, 식각 과정중에 발생한 크리스탈 손상을 회복하기 위해서 열처리를 수행한 후, 상술한 공정을 통해서 표면으로 드러난 n-타입 질화물층(n-AlGaIn)(321)의 표면위에 N형 전극(370)을 형성하여 수직형 반도체 발광 소자를 완성한다(도 3e 참조).

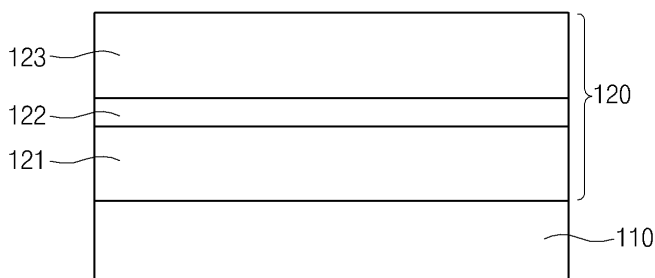
- [0056] 도 4는 도 3b에 도식된 불소 계열 물질의 도핑 과정에서 발생하는 표면 거칠기 감소 효과를 도시하는 도면이다.
- [0057] 도 3a에 도시된 공정에서, E-beam evaporator 등을 이용하여 투명 전극층(330-1)을 형성하게 되면, 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, 투명 전극층(330-1) 표면에 돌출부가 불규칙하게 형성된다. 이러한 투명 전극층(330-1)의 거친 표면은 도 3c에 도시된 바와 같이 그 위에 반사층(340)이 형성되는 경우에 반사효율을 저해하는 요인이 되므로, 반사층(340)과 투명 전극층(330-1)의 경계면은 매끈하도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0058] 본 발명의 경우에, 불소 계열 물질의 도핑을 위해서 수행되는 플라즈마 처리 과정 및 RIE 과정에서 불소 계열 물질들이 투명 전극층(330-1) 표면의 돌출부와 충돌하여 돌출부를 식각함으로써 투명 전극층(330-1) 표면이 평탄화되고, 따라서, 표면 거칠기의 RMS 값이 줄어들므로써, 도 4에 도시된 바와 같이, 투명 전극층(330-2)과 반사층(340)의 접합시에 반사 효율이 더욱 향상된다.
- [0059] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

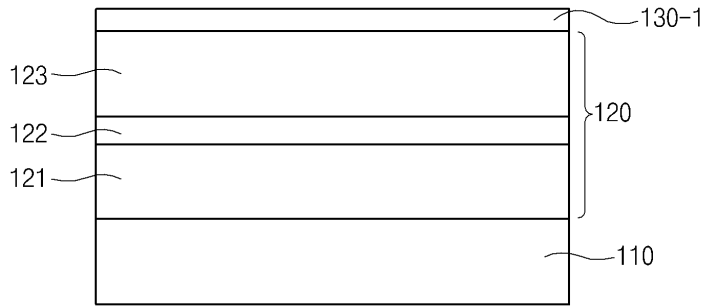
- [0060] 110,310 기판
120,320 질화물 구조물
121,321 n-타입 질화물층(n-(Al)GaN)
122,322 활성층
123,323 p-타입 질화물층(p-(Al)GaN)
130-1,330-1 투명 전극층(TCO)
130-2,330-2 불소 계열 물질이 도핑된 투명 전극층(F-TCO)
170,370 n형 전극
180 p형 전극
340 반사층
350 집착층
360 서브마운트 기판

도면

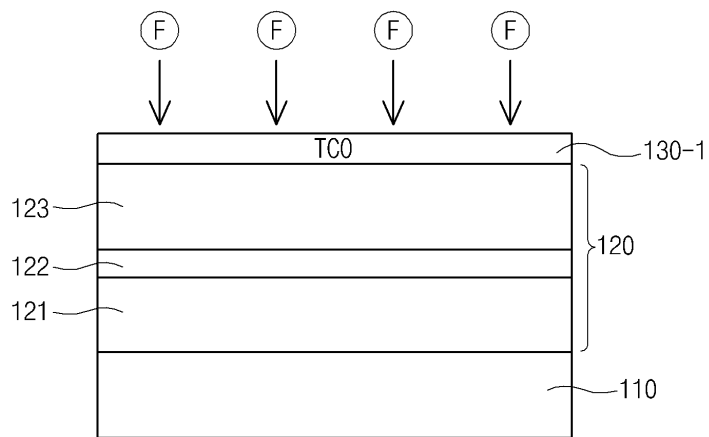
도면1a



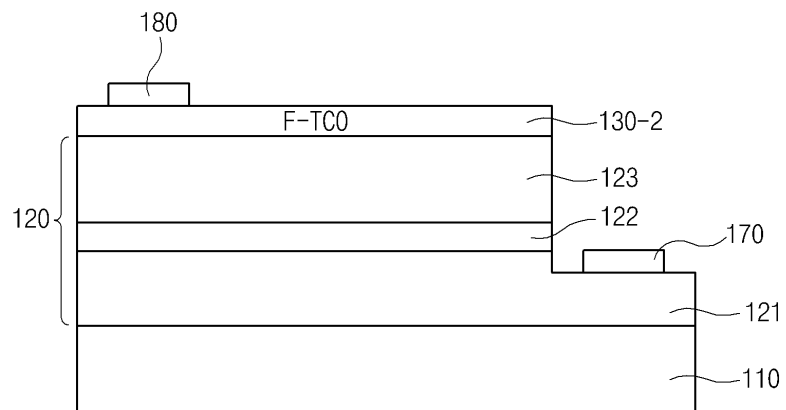
도면1b



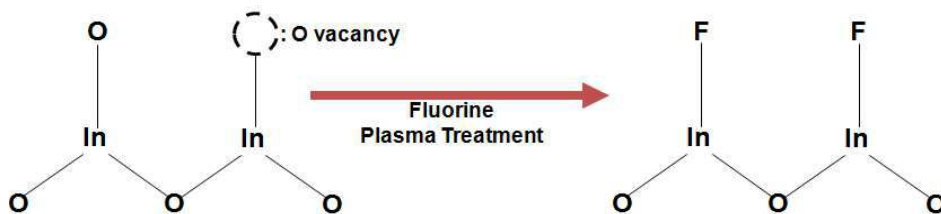
도면1c



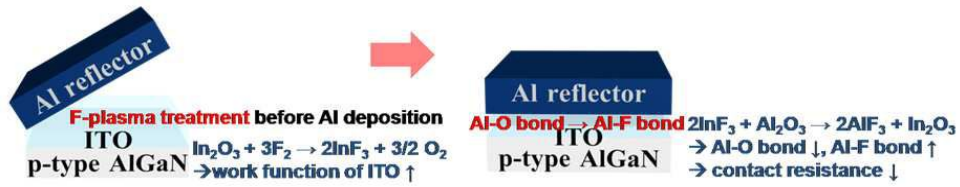
도면1d



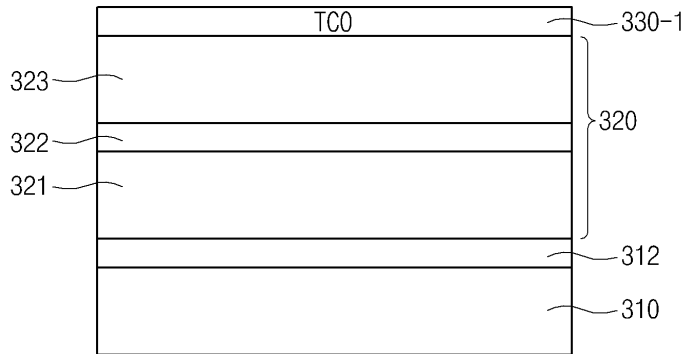
도면2a



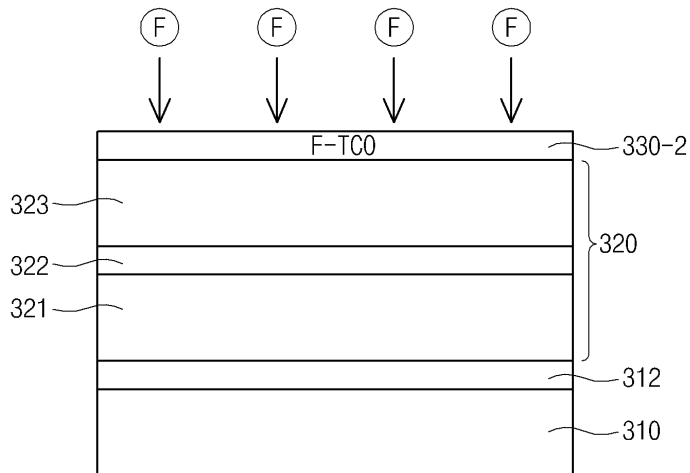
도면2b



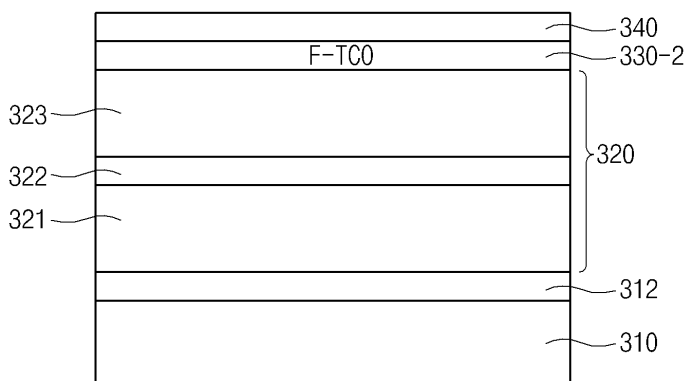
도면3a



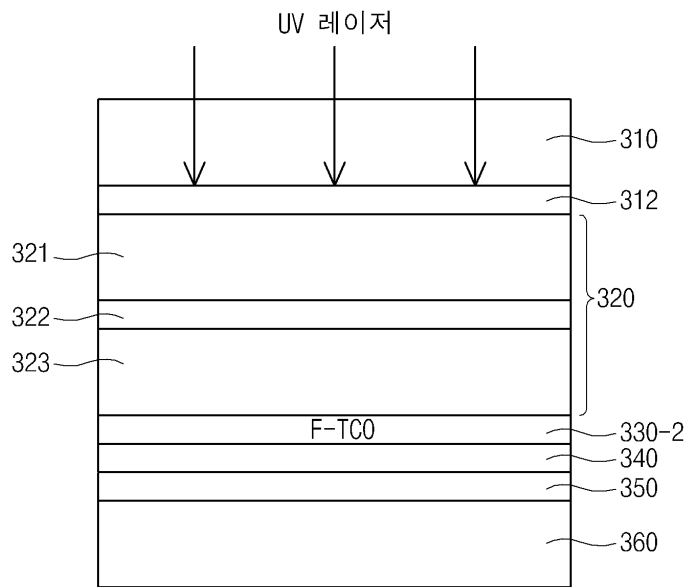
도면3b



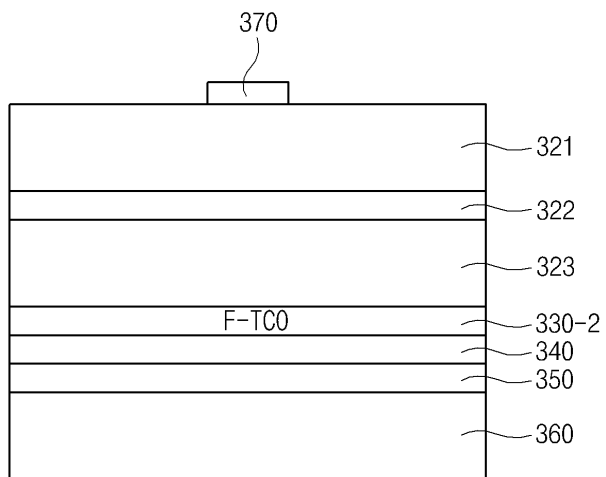
도면3c



도면3d



도면3e



도면4

