

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.<sup>8</sup> (11) 공개번호 10-2006-0007942  
H01L 33/00 (2006.01) (43) 공개일자 2006년01월26일

(21) 출원번호 10-2004-0057569  
(22) 출원일자 2004년07월23일

(71) 출원인 광주과학기술원  
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자 송준오  
광주광역시 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과  
김경국  
경기도 시흥시 대야동 330-13 극동아파트 101동 702호  
홍용기  
광주광역시 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과  
성태연  
광주광역시 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과

(74) 대리인 이재량

심사청구 : 있음

(54) 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법

요약

본 발명은 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서 탑에미트형 질화물계 발광소자는 기판 위에, n형 클래드층, 활성층, p형 클래드층, 계면개질층, 투명 전도성 박막층이 순차적으로 적층되어 있고, 계면 개질층은 인듐계 산화물, 주석계 산화물, 아연계 산화물 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 산화물을 포함하여 형성되어 있다. 이러한 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, p형 클래드층과의 오믹접촉 특성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 높은 빛 투과성을 제공하여 소자의 발광효율을 높일 수 있다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 탑에미트형 질화물계 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탑에미트형 질화물계 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 3은 구리가 도핑된 인듐산화물과 ITO가 순차적으로 적층된 p형 전극 구조체에 대한 전류-전압 특성을 측정 한 결과를 나타내 보인 그래프이고,

도 4는 구리가 도핑된 인듐산화물과 ITO가 순차적으로 적층된 p형 전극구조체가 적용된 발광소자에 대한 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

110: 기판 150: P형 클래드층

160: 계면 개질층 165: 삽입 금속층

170: 투명 전도성 박막층

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 상세하게는 오믹특성 및 발광효율이 개선된 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

현재 투명 전도성 박막은 광전자분야, 디스플레이 분야 및 에너지 산업 분야에서 다양하게 이용되고 있다.

발광소자 분야에서는 원활한 홀주입(hole injection) 및 고효율의 빛방출(light emission) 역할을 하는 투명 전도성 오믹전극 구조를 개발하기 위해서 전 세계적으로 활발하게 연구 중에 있다.

현재 가장 활발하게 연구되고 있는 투명 전도성 박막소재로서는 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide : TCO)과 투명 전도성 질화물(transparent conducting nitride : TCN)이 있다.

투명 전도성 산화물(TCO)은 인듐 산화물( $\text{In}_2\text{O}_3$ ), 주석 산화물( $\text{SnO}_2$ ), 아연 산화물( $\text{ZnO}$ ), 주석 인듐 산화물(ITO) 등이 있고, 투명 전도성 질화물(TCN)은 타이타늄 질화물( $\text{TiN}$ )이 있다.

그런데 이들 물질은 상대적으로 큰 면저항(sheet resistance)값, 높은 빛 반사율(reflectivity), 및 상대적으로 작은 일함수(work function)값을 지니고 있어서 단독으로 탑에미트형 질화물계 발광소자의 p형 투명 오믹전극으로 적용하기 어려운 문제점들을 안고 있다.

그 문제점을 기술해보면,

첫 번째, 위에 열거된 투명 전도성 박막들은 스퍼터링(sputtering), 이빔 증착기 또는 열 증착기(e-beam or heat evaporator) 등과 같은 PVD(Physical Vapor Deposition) 방법에 의해서 박막 형성시, 대체적으로  $100\Omega/\square$  값에 가까운 큰 면저항값을 지니고 있기 때문에, 발광소자의 수평방향(층간 경계면과 나란한 방향)으로의 전류 퍼짐(current spreading)을 어렵게 할 뿐만 아니라 수직방향으로의 원활한 홀주입(hole injection)도 어렵게 함으로써, 대면적 및 대용량의 고휘도 발광소자를 구현하는데 적용하기가 어렵다.

두 번째, 위에 열거된 투명 전도성 박막들은 질화물계 발광 다이오드에서 출사되는 빛에 대해서 높은 빛 반사 및 흡수를 하는 성질을 갖고 있어 발광효율을 떨어뜨린다.

세 번째, 주석 인듐 산화물(ITO) 및 타이타늄 질화물( $\text{TiN}$ ) 등을 비롯한 투명 전도성 박막들은 상대적으로 작은 일함수 값을 갖고 있기 때문에 p형 질화물과의 직접적인 접촉에 의한 오믹접촉을 형성하기가 어렵다.

마지막으로, 투명 전도성 산화물(TCO)은 질화물계 화합물 반도체와 직접적으로 오믹접촉을 하는 전극으로 적용할 경우 박막 형성 공정상에서 질화물 표면에서 갈륨(Ga)의 큰 산화능(oxidation)에 의해 절연성 물질인 산화갈륨( $\text{Ga}_2\text{O}_3$ ) 생성을 유발하여 양질의 오믹접촉 전극을 형성하기가 어렵다.

한편, 발광소자는 탑에미트형 발광다이오드(top-emitting light emitting diodes; TLEDs)와 플립칩형 발광다이오드(flip-chip light emitting diodes: FCLEDs)로 분류된다.

현재, 널리 사용되고 있는 탑에미트형 발광다이오드는 p형 클래드층과 접촉하고 있는 오믹컨택트층을 통해 광(light)이 출사되게 구성되어 있다. 하지만, 고휘도의 탑에미트형 발광다이오드를 구현하기 위해서는 낮은 홀농도를 지닌 p형 클래드층의 높은 면 저항값을 보상하기 위한 양질의 커런트 스프레딩 박막(current spreading layer)이 절대적으로 필요하다. 따라서, 낮은 면저항 값을 갖고 높은 빛 투과도를 지닌 커런트 스프레딩 박막층을 오믹컨택트층으로 형성하여 원활한 홀주입(hole injection), 전류퍼짐(current spreading), 그리고 우수한 빛 방출(light emission) 역할을 제공할 수 있는 것이 요구된다.

현재까지 알려진 탑에미트형 발광다이오드는 p형 클래드층 위에 니켈(Ni)층과 금(Au)층이 순차적으로 형성된 오믹컨택트층이 널리 이용되고 있다.

니켈-금으로된 오믹컨택트층은 산소(O<sub>2</sub>)분위기에서 열처리하여 10<sup>-3</sup> ~ 10<sup>-4</sup> Ωcm<sup>2</sup> 정도의 우수한 비접촉저항 및 반투명성을 갖는 것으로 알려져 있다.

이러한 종래의 오믹컨택트층은 500℃ 내지 600℃ 정도의 온도 및 산소분위기에서 열처리할 때 p형 클래드층을 이루고 있는 질화갈륨과 오믹컨택트층으로 적용된 니켈층의 계면에서 p형 반도체 산화물인 니켈산화물(NiO)이 섬(island) 모양으로 형성되어 있는 금(Au)층 사이 및 상층부에 형성되어 쇼트키 장벽의 높이(Schottky barrier height: SBH)를 감소시키게 되어 p형 클래드층 표면 부근에 다수캐리어인 홀(hole)을 용이하게 공급한다.

또한, 니켈-금 층 구조를 p형 클래드층 위에 형성한 후, 열처리하면 Mg-H 금속간 화합물을 제거하여 질화갈륨 표면에서 마그네슘 도판트(dopant) 농도를 증가시키는 재활성화(reactivation) 과정을 통해서 p형 클래드층의 표면에서의 실효 캐리어 농도가 10<sup>18</sup> 이상이 되게 하여 p형 클래드층과 산화니켈을 함유한 오믹컨택트층 사이에 터널링 전도를 일으켜 낮은 비접촉 저항값을 지닌 오믹전도 특성을 보이는 것으로 이해되고 있다.

그러나, 니켈-금 구조로 형성되는 반투명성 오믹컨택트층을 이용한 탑에미트형 발광다이오드는 빛의 투과도를 저해하고 있는 금(Au)을 포함하고 있어 발광효율이 낮아 차세대 대용량 및 고휘도 발광소자를 구현하는데는 한계점을 갖고 있다.

또한, 빛의 발광 효율을 증가시키고자 p형 반사막 오믹전극을 적용하여 투명 기관인 사파이어를 통해서 빛을 방사하는 플립칩 발광다이오드 구조가 개발 및 연구되고 있지만 전기, 기계 및 열적으로 안정한 p형 반사막 오믹전극의 부재로 인하여 양질의 플립칩형 발광다이오드를 구현하지 못하고 있다.

이러한 탑에미트형 및 플립칩 발광다이오드의 소자의 한계를 극복하고자, 기존에 p형 오믹컨택트층으로 사용되고 있는 종래의 반투명 니켈(산화물)-금 층 구조보다 우수한 빛 투과도를 갖도록 금(Au)을 완전히 배제한 투명 전도성 산화물, 예를 들면 ITO를 이용하고자 하는 연구내용이 여러 문헌 [IEEE PTL, Y. C. Lin, etc. Vol. 14, 1668, IEEE PTL, Shyi-Ming Pan, etc. Vol. 15, 646]을 통해 보고되고 있다. 최근 ITO 오믹컨택트층을 이용하여 기존의 니켈-금 구조와 비교시, 보다 향상된 출력(output power)을 나타내는 탑에미트형 발광다이오드를 구현하였다는 내용이 문헌 [Semicond. Sci. Technol., C S Chang, etc. 18(2003), L21]을 통해 보고되고 있다. 그러나, 이러한 구조의 오믹컨택트층은 발광소자의 발광효율을 증대시킬 수 있는 반면, 상대적으로 높은 동작전압을 나타내는 문제점을 여전히 갖고 있어 대면적 및 대용량의 고휘도 발광소자로의 응용에는 많은 한계점을 지니고 있다. 또 다른 한편으로는 미국 특허 제6,287,947호에는 산화된 얇은 니켈-금 또는 니켈-은 구조를 인듐 주석 산화물(ITO)과의 접목을 통해 빛 투과도와 전기적 특성을 개선시킨 발광 다이오드의 제작 방법이 개시되어 있다. 하지만, 제안된 방법은 오믹접촉 전극 형성 공정이 복잡하고, 니켈 금속을 비롯한 천이 금속 또는 원소 주기율표상에 그룹 2족 원소의 산화물들로 형성되는 오믹전극이 높은 면저항을 갖고 있어 고효율의 발광소자를 구현하기 어려운 문제점을 안고 있다.

또한, 니켈을 비롯한 산화된 천이 금속들은 빛 투과도도 떨어지는 단점이 있다.

상기한 바와 같이, 전기 및 광학적 특성이 우수한 양질의 p형 오믹전극을 개발하는데 많은 어려운 점이 있는데, 그 근본적인 원인은 다음과 요약할 수 있다.

첫째, p형 질화갈륨의 낮은 홀농도와 이로 인해  $10^4 \Omega/\square$  이상의 높은 면저항(sheet resistance) 값을 갖는 점과,

둘째, p형 질화갈륨의 일함수 값에 비해서 상대적으로 큰 일함수 값을 지닌 고투명 전극 물질의 부재로 인한 p형 질화갈륨과 전극 사이의 계면에 높은 쇼트키 장벽 높이(schottky barrier height) 및 폭(width)이 형성되어 수직 방향으로의 원활한 홀 주입이 어려운 점과,

셋째, 대부분의 물질들이 전기적 특성과 광학적인 특성간이 상호 반비례 하고, 그에 따라 높은 빛투과도를 갖는 투명 전극들은 대체적으로 큰 면저항(sheet resistance) 값을 지니고 있어 수평 방향으로의 전류 퍼짐(current spreading)이 급격하게 저하되는 점과,

넷째, 투명 전도성 박막층을 p형 질화갈륨 상부에 직접적으로 증착하는 공정에서 질화갈륨 표면에 절연성인 산화갈륨( $Ga_2O_3$ ) 생성으로 인하여 발광소자의 전기적 특성이 저하되는 점이 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점들을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 높은 빛 투과도, 낮은 면저항 값을 갖는 양질의 오믹 접촉 전극구조를 갖는 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 탑에미트형 질화물계 발광소자는 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 탑에미트형 질화물계 발광소자에 있어서, 상기 p형 클래드층 위에 인듐계 산화물, 주석계 산화물, 아연계 산화물 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 산화물을 포함하여 형성된 계면 개질층과; 상기 계면 개질층 위에 투명 전도성 소재로 형성된 투명 전도성 박막층;을 구비한다.

상기 인듐계 산화물은 인듐산화물( $In_2O_3$ )을 주성분으로하고 첨가원소로서 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함하여 형성된 것이 바람직하다.

또한, 상기 주석계 산화물은 주석산화물( $SnO_2$ )을 주성분으로 하고 첨가원소로서 아연(Zn), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함하여 형성된다.

상기 아연계 산화물은 아연산화물( $ZnO$ )을 주성분으로하고 첨가원소로서 인듐(In), 주석(Sn), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함하여 형성된다.

또한, 상기 계면 개질층의 상기 주성분에 대한 상기 첨가원소의 첨가비는 0.001 내지 50웨이트 퍼센트로 적용된다.

상기 계면 개질층은 0.1 나노미터 내지 10 나노미터의 두께로 형성된 것이 바람직하다.

더욱 바람직하게는 상기 계면 개질층과 상기 투명전도성 박막층 사이에 형성된 삽입 금속층을 더 구비하고, 상기 삽입 금속층은 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 니켈(Ni), 마그네슘(Mg), 갈륨(Ga), 구리(Cu), 베릴륨(Be), 이리듐(Ir), 루세늄(Ru), 몰리브덴(Mo) 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분으로 1 나노미터 내지 100나노미터의 두께로 형성된다.

또한, 상기 투명 전도성 박막층은 투명 전도성 산화물(TCO)과 투명 전도성 질화물(TCN) 중 어느 하나로 형성되고, 상기 투명 전도성 산화물은 인듐(In), 주석(Sn), 아연(Zn), 갈륨(Ga), 카드뮴(Cd), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 란탄(La) 원소계열의 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)가 결합되어 형성된 것을 포함하고, 상기 투명 전도성 질화물은 타이타늄(Ti)과 질소(N)를 함유하여 형성된 것을 포함한다.

상기 투명 전도성 박막층은 10 나노미터 내지 1000 나노미터의 두께로 형성된 것이 바람직하다.

또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 탑에미트형 질화물계 발광소자의 제조방법은 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 탑에미트형 질화물계 발광소자의 제조방법에 있어서, 가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 인듐계 산화물, 주석계 산화물, 아연계 산화물 중에서 선택된 적어도 하나의 산화물을 포함하여 계면 개질층을 형성하는 단계와; 나. 상기 계면 개질층 위에 투명 전도성 소재로 투명 전도성 박막층을 형성하는 단계; 및 다. 상기 가 단계 내지 나 단계를 거쳐 형성된 구조체를 열처리 하는 단계; 를 포함한다.

바람직하게는 상기 투명 전도성 박막층 형성 이전에 상기 계면 개질층 위에 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 니켈(Ni), 마그네슘(Mg), 갈륨(Ga), 구리(Cu), 베릴륨(Be), 이리듐(Ir), 루세늄(Ru), 몰리브덴(Mo) 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분으로 삽입금속층을 형성하는 단계;를 더 포함한다.

상기 열처리단계는 상온 내지 800도 범위 내에서 10초 내지 3시간 동안 수행하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 열처리 단계는 상기 구조체가 내장된 반응기내에 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기, 진공 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 수행한다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법을 보다 상세하게 설명한다.

도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 탑에미트형 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, 탑에미트형 발광소자는 기판(110), 버퍼층(120), n형 클래드층(130), 활성층(140), p형 클래드층(150), 계면 개질층(160), 투명 전도성 박막층(170)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다. 참조부호 180은 p형 전극패드이고, 190은 n형 전극패드이다.

여기서 기판(110)으로부터 p형클래드층(150)까지가 발광구조체에 해당한다.

또한, p형 클래드층(150) 위에 적층된 계면 개질층(160) 및 투명 전도성 박막층(170)이 멀티 오믹컨택트층 즉, p형 전극구조체에 해당한다.

기판(110)은 사파이어( $Al_2O_3$ ), 실리콘카바이드(SiC), 실리콘(Si), 갈륨비소(GaAs) 중 어느 하나로 형성된 것이 바람직하다.

버퍼층(120)은 생략될 수 있다.

버퍼층(120)으로부터 p형 클래드층(150)까지의 각 층은 III족 질화물계 화합물의 일반식인  $Al_xIn_yGa_zN$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq z \leq 1$ ,  $0 \leq x + y + z \leq 1$ )로 표현되는 화합물 중 선택된 어느 화합물을 기본으로 하여 형성되고, n형 클래드층(130) 및 p형 클래드층(150)은 해당 도펀트가 첨가된다.

또한, 활성층(140)은 단층 또는 MQW층 등 공지된 다양한 방식으로 구성될 수 있다.

일 예로서 질화갈륨(GaN)계 화합물을 적용하는 경우, 버퍼층(120)은 GaN으로 형성되고, n형 클래드층(130)은 GaN에 n형 도펀트로서 Si, Ge, Se, Te등이 첨가되어 형성되고, 활성층(140)은 InGaN/GaN MQW 또는 AlGaN/GaN MQW로 형성되며, p형 클래드층(150)은 GaN에 p형 도펀트로서 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.

n형 클래드층(130)과 n형 전극패드(190) 사이에는 n형 오믹컨택트층(미도시)이 개재될 수 있고, n형 오믹컨택트층은 타이타늄(Ti)과 알루미늄(Al)이 순차적으로 적층된 층구조 등 공지된 다양한 구조가 적용될 수 있다.

p형 전극패드(180)는 니켈(Ni)/금(Au) 또는 은(Ag)/금(Au)이 순차적으로 적층된 층구조가 적용될 수 있다.

각 층의 형성방법은 전자빔 증착기(e-beam evaporator), PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator), 스퍼터링(sputtering) 등 공지된 증착 방식에 의해 형성하면 된다.

계면 개질층(160)은 700°C 이하의 온도에서 산소, 질소 또는 아르곤 등의 여러 가스분위기에서 열처리시 쉽게 투명 전도성 나노상(nano phase) 입자로 분해하거나 투명 전도성 박막층을 형성하는 동시에 p형 클래드층(150) 상부에 얇게 형성된 자연 산화층인 산화 갈륨( $Ga_2O_3$ )을 환원시키거나 전도성 산화물로 변화시킬 수 있는 물질을 적용한다.

또한, 계면 개질층(160)은 p형 클래드층(150)과의 사이에 형성되는 쇼트키 장벽의 높이 및 폭을 감소시킬 수 있도록 p형 클래드층(150) 상부에 형성되는 투명 전도성 나노상 입자 또는 박막층의 전자 농도가  $10^{15}$  내지  $10^{17}/cm^3$ 의 값을 제공할 수 있는 물질을 적용한다.

이러한 조건을 만족하는 계면 개질층(160)의 소재로는 투명 전도성 산화물인 인듐계 산화물, 주석계 산화물, 아연계 산화물 중 적어도 하나 이상의 산화물을 포함하여 형성된다,

계면 개질층(160)은 인듐산화물, 주석 산화물, 아연 산화물 중 선택된 어느 하나의 산화물 단독 또는 첨가원소가 첨가되어 형성될 수 있다.

인듐계 산화물은 인듐 산화물( $In_2O_3$ )을 주성분으로 하여 형성된다.

바람직하게는 인듐계 산화물은 주성분인 인듐 산화물( $In_2O_3$ )에 인듐산화물의 농도 및 일함수 값을 조절하는 동시에 쇼트키 장벽의 높이 및 폭을 감소시킬 수 있는 첨가원소가 첨가된다.

인듐계 산화물의 인듐 산화물에 첨가되는 첨가원소로서는 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함한 것이 적용된다.

계면 개질층(160)의 또 다른 적용 물질인 주석계 산화물은 주석 산화물( $SnO_2$ )을 주성분으로 하여 형성된다.

바람직하게는 주석계 산화물은 주석산화물의 농도 및 일함수 값을 조절하는 동시에 쇼트키 장벽의 높이 및 폭을 감소시킬 수 있는 첨가원소가 더 첨가되는 것이 바람직하다.

주석계 산화물의 주석 산화물에 첨가되는 첨가원소로서는 아연(Zn), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함한 것이 적용된다.

또 다른 계면 개질층(160)의 소재인 아연계 산화물은 아연 산화물( $ZnO$ )을 주성분으로 하여 형성된다.

바람직하게는 아연계 산화물은 아연산화물의 농도 및 일함수 값을 조절하는 동시에 쇼트키 장벽의 높이 및 폭을 감소시킬 수 있는 첨가원소가 더 첨가되는 것이 바람직하다.

아연계 산화물의 아연 산화물에 첨가되는 첨가원소로서는 인듐(In), 주석(Sn), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함한 것이 적용된다.

인듐 산화물, 주석 산화물, 아연 산화물에 대해 각각 첨가되는 위에 열거된 첨가원소의 양은 0.1 내지 50 웨이트 퍼센트(weight %)로 적용하는 것이 바람직하다. 여기서 웨이트 퍼센트는 첨가되는 물질 상호간의 중량비율을 말한다.

계면 개질층(160)은 열처리시 쉽게 투명 전도성 나노상 산화물로 분해되거나 캐리어(carrier)가 양자적으로 터널링 할 수 있는 박막층을 형성할 수 있는 0.1 나노미터 10 나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

투명 전도성 박막층(170)은 계면 개질층(160) 위에 형성되어 있다.

투명 전도성 박막층(170)은 투명 전도성 산화물(TCO) 또는 투명 전도성 질화물(TCN)들 중 어느 하나가 적용된다.

투명 전도성 산화물(TCO)은 인듐(In), 주석(Sn), 아연(Zn), 갈륨(Ga), 카드뮴(Cd), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 란탄(La) 원소계열의 금속 중에서 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)로 형성된 것이 적용되는 것이 바람직하다.

투명 전도성 산화물용 소재로는 일함수(work function) 값과 면 저항값(sheet resistance)을 고려하여 선택하면 된다.

투명 전도성 질화물(TN)은 낮은 면저항(sheet resistance) 값과 높은 빛 투과도를 갖는 타이타늄(Ti)과 질소(N)로 형성된 것이 적용되는 것이 바람직하다.

또한, 투명 전도성 박막층(170)으로 적용되는 투명 전도성 산화물(TCO) 및 투명 전도성 질화물(TCN)은 상기 주성분에 대해 전기적 특성을 향상시키기 위해서 원소 주기율표상의 금속 성분 중 적어도 하나 이상의 원소를 도판트로 첨가할 수 있다.

여기서 투명 전도성 산화물(TCO) 및 투명 전도성 질화물(TCN)에 적절한 전기적 특성을 갖게 하기 위해서 첨가되는 도판트의 첨가비율은 0.001 내지 20 웨이트 퍼센트(weight %) 범위 내에서 적용되는 것이 바람직하다.

또한, 투명 전도성 박막층(170)의 두께는 적절한 빛 투과도 및 전기 전도성을 갖도록 10 나노미터 내지 1000 나노미터의 두께로 형성되는 것이 바람직하다.

이러한 멀티 오믹컨택트층인 계면 개질층(160) 및 투명 전도성 박막층(170)은 기판(110) 위에 n형 클래드층(130), 활성층(140) 및 p형 클래드층(150)이 순차적으로 적층된 발광구조체의 p형 클래드층(150) 위에 앞서 설명된 소재로 순차적으로 형성하면 된다.

계면 개질층(160) 및 투명 전도성 박막층(170)은 전자빔 증착기, 열 증착기(thermal evaporator), 스퍼터링 증착기(sputtering deposition), 레이저 증착기(pulsed laser deposition) 중 어느 하나로 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 계면 개질층(160) 및 투명 전도성 박막층(170)을 형성하기 위해 적용되는 증착온도는 20℃ 내지 1500℃ 범위내에서, 증착기 내의 압력은 대기압 내지  $10^{-12}$  토르 정도에서 수행한다.

또한, 계면 개질층(160) 및 투명 전도성 박막층(170)을 증착하여 형성된 구조체에 대해 열처리(annealing)과정을 거치는 것이 바람직하다.

열처리(annealing)는 반응기내의 온도를 100℃ 내지 800℃에서 진공 또는 여러 가스 분위기에서 10초 내지 3시간 정도 수행한다.

열처리시 반응기 내에 투입되는 가스는 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나 이상의 기체가 적용될 수 있다.

도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 탑에미트형 발광소자를 나타내 보인 단면도이다. 앞서 도시된 도면에서와 동일 기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

도면을 참조하면, 탑에미트형 발광소자는 기판(110), 버퍼층(120), n형 클래드층(130), 활성층(140), p형 클래드층(150), 계면 개질층(160), 삽입 금속층(165) 및 투명 전도성 박막층(170)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다.

여기서 p형 전극 구조체는 계면 개질층(160), 삽입 금속층(165) 및 투명 전도성 박막층(170)을 포함한다.

삽입 금속층(165)은 계면 개질층(160)과 투명 전도성 박막층(170) 사이에 형성되어 있다.

삽입 금속층(165)은 열처리시 쉽게 투명한 전도성 산화물로 변태하는 동시에 계면 개질층(160) 또는 후공정에서 그 상부에 형성될 투명 전도성 박막층(170)의 전기 또는 광학적 특성을 조정할 수 있는 금속으로 적용되는 것이 바람직하다.

바람직하게는 삽입 금속층(165)은 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 니켈(Ni), 마그네슘(Mg), 갈륨(Ga), 구리(Cu), 베릴륨(Be), 이리듐(Ir), 루세늄(Ru), 몰리브덴(Mo) 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분으로 형성된다.

삽입 금속층(165)은 위에 열거된 소재를 이용하여 복층으로 형성될 수 있음은 물론이다.

바람직하게는 삽입 금속층(165)은 1 나노미터 내지 100나노미터의 두께로 형성된다.

이러한 발광소자는 기판(110) 위에 n형 클래드층(130), 활성층(140) 및 p형 클래드층(150)이 순차적으로 적층된 발광구조체의 p형 클래드층(150) 위에 앞서 설명된 소재로 계면 개질층(160), 삽입 금속층(165) 및 투명 전도성 박막층(170)을 순차적으로 앞서 설명된 증착방법에 의해 증착하여 p형 전극구조체를 형성한 후 열처리를 수행하면 된다.

도 3은 p형클래드층(150) 위에 인듐산화물( $In_xO_{1-x}$ )에 구리(Cu)를 10 웨이트 퍼센트로 첨가하여 3 나노미터로 형성한 계면 개질층(160)과 ITO로 200나노미터 적층한 투명 전도성 박막층(170)을 형성한 후 600°C에서 열처리 하여 제작된 p형 전극 구조체의 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 도면이다.

도면에서 각 그래프는 제작된 p형 전극구조체에 대해 각각 다른 옴전극간 거리(4, 8, 12 마이크로미터)에서 측정한 것이다. 이러한 결과는 전류-전압간의 관계가 오옴의 법칙을 따르고 있음을 보여주고 있다. 즉, 도 3을 통해 알 수 있는 바와 같이 열처리된 p형 전극구조체는 쇼트키 접촉이 아닌 옴 접촉을 의미하는 직선형의 전류-전압 특성을 갖는다.

도 4는 발광구조체의 p형클래드층(150) 위에 인듐산화물( $In_xO_{1-x}$ )에 구리(Cu)를 10 웨이트 퍼센트로 첨가하여 3 나노미터로 형성한 계면 개질층(160)과 ITO로 200나노미터 적층한 투명 전도성 박막층(170)을 형성한 후 600°C에서 열처리한 p형 전극구조체가 적용된 발광소자에 대해 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이다.

도 4를 통해 알 수 있는 바와 같이 20mA 주입전류에서 3.4V 이내의 낮은 작동전압을 제공한다.

### 발명의 효과

지금까지 설명된 바와 같이, 본 발명에 따른 탑에미트형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, p형 클래드층과의 옴접촉 특성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 높은 빛 투과성을 제공하여 소자의 발광효율을 높일 수 있다.

### (57) 청구의 범위

#### 청구항 1.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 탑에미트형 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 p형 클래드층 위에 인듐계 산화물, 주석계 산화물, 아연계 산화물 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 산화물을 포함하여 형성된 계면 개질층과;

상기 계면 개질층 위에 투명 전도성 소재로 형성된 투명 전도성 박막층;을 구비하는 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

#### 청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 인듐계 산화물은 인듐산화물( $\text{In}_2\text{O}_3$ )을 주성분으로하고 첨가원소로서 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함하여 형성된 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 주석계 산화물은 주석산화물( $\text{SnO}_2$ )을 주성분으로하고 첨가원소로서 아연(Zn), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함하여 형성된 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 아연계 산화물은 아연산화물( $\text{ZnO}$ )을 주성분으로하고 첨가원소로서 인듐(In), 주석(Sn), 갈륨(Ga), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 란탄(La) 원소 계열 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분을 포함하여 형성된 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 5.

제2항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 계면 개질층의 상기 주성분에 대한 상기 첨가원소의 첨가비는 0.001 내지 50웨이트 퍼센트인 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 계면 개질층은 0.1 나노미터 내지 10 나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 계면 개질층과 상기 투명전도성 박막층 사이에 형성된 삽입 금속층을 더 구비하고,

상기 삽입 금속층은 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 니켈(Ni), 마그네슘(Mg), 갈륨(Ga), 구리(Cu), 베릴륨(Be), 이리듐(Ir), 루세늄(Ru), 몰리브덴(Mo) 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분으로 1 나노미터 내지 100나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 투명 전도성 박막층은 투명 전도성 산화물(TCO)과 투명 전도성 질화물(TCN) 중 어느 하나로 형성되고,

상기 투명 전도성 산화물은 인듐(In), 주석(Sn), 아연(Zn), 갈륨(Ga), 카드뮴(Cd), 마그네슘(Mg), 베릴륨(Be), 은(Ag), 몰리브덴(Mo), 바나듐(V), 구리(Cu), 이리듐(Ir), 로듐(Rh), 루세늄(Ru), 텅스텐(W), 코발트(Co), 니켈(Ni), 망간(Mn), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 란탄(La) 원소 계열의 금속들 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)가 결합되어 형성된 것을 포함하고,

상기 투명 전도성 질화물은 타이타늄(Ti)과 질소(N)를 함유하여 형성된 것을 포함하는 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 9.

제1항에 있어서, 상기 투명 전도성 박막층은 10 나노미터 내지 1000 나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자.

### 청구항 10.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 탑에미트형 질화물계 발광소자의 제조방법에 있어서,

가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 인듐계 산화물, 주석계 산화물, 아연계 산화물 중에서 선택된 적어도 하나의 산화물을 포함하여 계면 개질층을 형성하는 단계와;

나. 상기 계면 개질층 위에 투명 전도성 소재로 투명 전도성 박막층을 형성하는 단계; 및

다. 상기 가 단계 내지 나 단계를 거쳐 형성된 구조체를 열처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자의 제조방법.

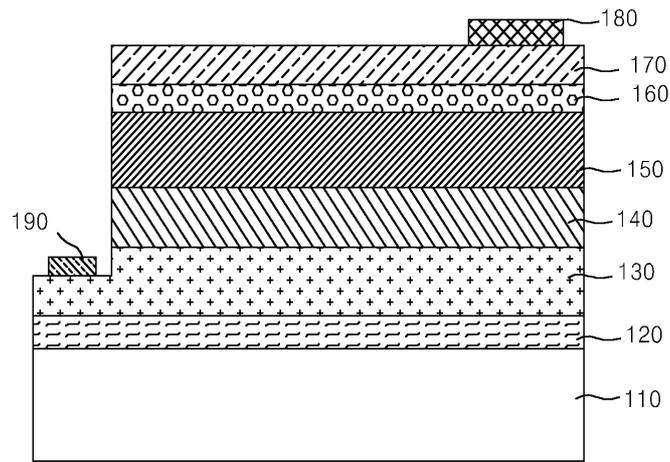
### 청구항 11.

제10항에 있어서,

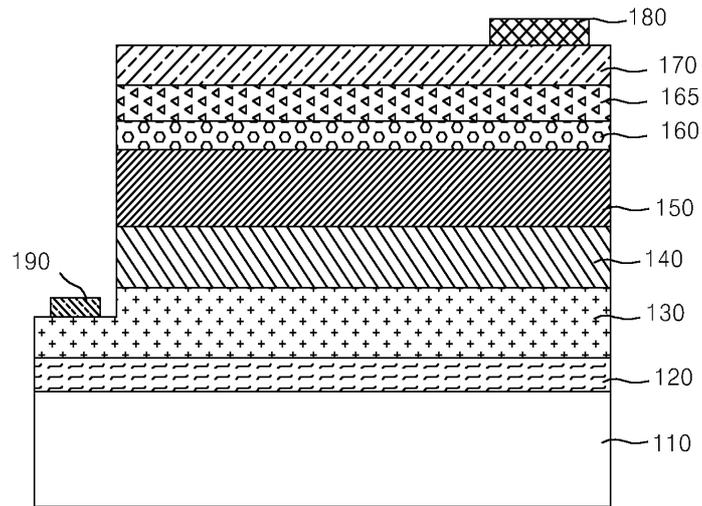
상기 투명 전도성 박막층 형성 이전에 상기 계면 개질층 위에 아연(Zn), 인듐(In), 주석(Sn), 니켈(Ni), 마그네슘(Mg), 갈륨(Ga), 구리(Cu), 베릴륨(Be), 이리듐(Ir), 루세늄(Ru), 몰리브덴(Mo) 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 성분으로 삼입금속층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 탑에미트형 질화물계 발광소자의 제조방법.

도면

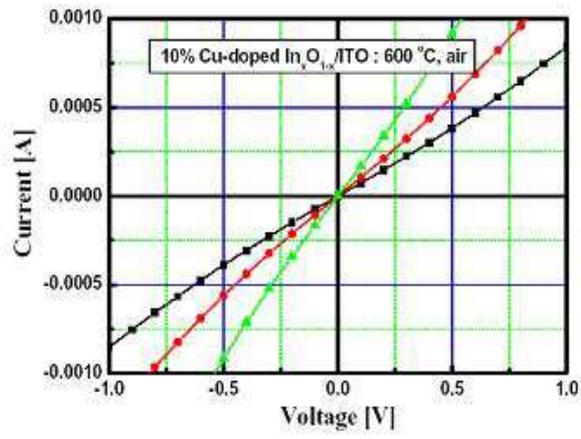
도면1



도면2



도면3



도면4

