(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
H01L 33/00

(11) 공개번호 10-2005-0036379
(43) 공개일자 2005년04월20일

(21) 출원번호 10-2003-0072056
(22) 출원일자 2003년10월16일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416
광주과학기술원
광주 북구 오룡동 1번지
(72) 발명자 성태연
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과
송준오
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과
임동석
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과
(74) 대리인 이영필

심사청구 : 있음

# (54) 질화물계 발광소자 및 그 제조방법

요약

본 발명은 p형 전도성 투명산화물 박막전극층을 이용한 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로 질화물계 발광소자는 기판, n형 클래드층, 활성층, p형 클래드층, 오믹컨택트층이 순차적으로 적층되어 있고, 오믹컨택트층은 p형 전도성 투명 산화물 박막으로 형성된다. 이러한 p형 전도성 투명 박막전극층을 이용한 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, p형 클래드층과의 오믹접촉 특성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 투명전극이 갖는 높은 빛 투과성으로 인해 소자의 발광효율을 높일 수 있다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 2는 본 발명의 제2실시예에 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 3은 본 발명의 제3실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 4은 본 발명의 제4실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 5는 본 발명의 제5실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 6은 본 발명의 제6실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

110: 기판 150: P형 클래드층

220: 삽입층 230: 오믹컨택트층

240: 반사층 250: 캡핑층

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 상세하게는 p형 전도성 투명산화물 박막전극층을 이용한 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

질화갈륨을 대표로 하는 질화물계 반도체를 이용한 발광다이오드 또는 레이저 다이오드와 같은 발광소자를 구현하기 위해서는 반도체와 전극간의 오믹접촉 구조가 매우 중요하다.

이러한 질화갈륨계 발광소자는 탑에미트형 발광다이오드(top-emitting light emitting diodes; TLEDS)와 플립칩 발광다이오드(flip-chip light emitting diodes: FCLEDS)로 분류된다.

현재 일반적으로 널리 사용되고 있는 탑에미트형 발광다이오드는 p형 클래드층과 접촉하고 있는 오믹컨택트층을 통해 광이 출사되게 형성된다. 또한, 탑에미트형 발광다이오드는 p형 클래드층의 낮은 홀농도로 인해 양질의 오믹컨택트층이 필요하다. 이러한 오믹컨택트층은 p형 클래드층의 낮은 전기 전도성을 보상할 수 있도록 투명하고 저 저항값을 갖으며 원활한 전류주입(current injection)을 제공할 수 있어야 한다.

이러한 탑에미트형 발광다이오드는 일반적으로 p형 클래드층 위에 니켈(Ni)층과 금(Au)층을 순차적으로 적층한 구조가 이용되고 있다.

니켈/금층은 산소($O_2$)분위기에서 열처리하여 $10^{-3}$ ~ $10^{-4}$ Ω㎠ 정도의 우수한 비접촉저항을 갖는 반투명 오믹 접촉층(semi-transparent ohmic contact layer)을 형성하는 것으로 알려져 있다.

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

또한, 니켈/금층을 p형 클래드층 위에 형성한 후, 열처리하면 Mg-H 금속간 화합물을 제거하여 질화갈륨 표면에서 마그네슘 도판트(dopant) 농도를 증가시키는 재활성화(reactivation) 과정을 통해서 p형 클래드층의 표면에서 이러한 실효캐리어 농도가 $10^{18}$ 이상이 되게 하여 p형 클래드층과 산화니켈을 함유한 오믹컨택트층 사이에 터널링 전도를 일으켜 낮은 비접촉 저항값을 지닌 오믹전도 특성을 보이는 것으로 이해되고 있다.

그러나, 니켈/금으로 형성되는 반투명 박막전극을 이용한 탑에미트형 발광다이오드는 빛의 투과도를 저해하고 있는 금(Au)을 포함하고 있어 광효율이 낮아 차세대 대용량 및 고휘도 발광소자를 구현하는데는 한계점을 드러내고 있다.

또한, 발광다이오드 작동시 발생되는 열의 방출과 빛의 발광 효율을 증가시키고자 반사층을 적용하여 기판인 사파이어를 통해서 빛을 방사하는 플립칩 발광다이오드 구조에서도 반사층의 산화 및 나쁜 접착성에 의해 높은 저항을 갖는 등의 많은 문제점들이 야기되고 있는 실정이다.

따라서, 이러한 탑에미트형 및 플립칩 발광다이오드의 소자 한계를 다소나마 극복하고자, 기존에 p형 오믹컨택트층으로 사용되고 있는 반투명의 니켈/금 구조보다 우수한 빛 투과성을 갖는 투명전도성 산화물, 예를 들면 ITO를 이용하고자 하는 연구내용이 문헌[T. Margalith et al., Appl. Phys. Lett. Vol.74. p3930 (1999)]을 통해 보고되고 있다. 최근, Y. C. Lin 등은 ITO 오믹컨택층을 이용하여 기존의 니켈/금 구조와 비교시 보다 향상된 출력(output power)을 나타내는 탑에미트형 발광다이오드를 구현하였다고 문헌[Solid-State Electronics vol.47. p849 (2003)]을 통해 보고하고 있다. 그러나, 이러한 구조의 오믹컨택트층은 발광소자의 출력을 증대시킬 수 있는 반면, 상대적으로 높은 동작전압을 나타내는 문제점을 갖고 있는데, 그 근본적인 원인은 p형 질화갈륨과 ITO간의 높은 접촉저항, 즉 많은 열을 발생하는 오믹접촉에 있다. 또한, 일본공개특허 제 2002-164570호에는 고품위 p형 아연 산화물 개발 초기인 2000년도에 p형 질화갈륨을 투명 전극층으로 이용하여 높은 광출력의 값을 얻었다는 내용이 개시되어 있다. 그러나, 일본 공개특허에 개시된 내용은 p형 아연 산화물을 실현화하기 위해서 갈륨(Ga)과 질소(N)를 코도핑(co-doping)한 방법을 이용하였기에 실제로 p형 질화갈륨계 발광소자의 투명 전극층으로 사용하기에는 많은 문제점이 있다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 낮은 비 접촉저항과 높은 빛 투과성을 제공할 수 있는 p형 전도성 투명산화물 박막전극 구조를 갖는 질화물계 발광소자 및 그 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

### 발명의 구성 및 작용

상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 질화물계 발광소자는 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서, 상기 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 p형 도판트가 첨가된 p형 인듐산화물로 형성된 오믹컨택트층;을 구비하고, 상기 p형도판트는 Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg를 포함하는 제2도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함한다.

또한, 상기 인듐산화물에 대한 상기 p형도판트의 첨가비율은 0.001 내지 40 웨이트 퍼센트인 것이 바람직하다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서, 상기 p형 클래드층 위에 산화물에 p형 도판트가 첨가되어 형성된 오믹컨택트층을 구비하고, 상기 산화물은 Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra를 포함하는 2A족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1이원계 산화물과, Zn, Cd, 및 Hg를 포함하는 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2이원계 산화물과, 상기 2A족 원소중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1삼원계 산화물과, S, Se, Te, Po를 포함하는 6B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2삼원계 산화물 중 어느 하나의 산화물이고, 상기 p형도판트는 Li, Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, V, Nb, Ta, Sb, Bi를 포함하는 제1도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함한다.

상기 산화물은 BeO, CaO, SrO, BaO, MgO, CdO, ZnO, $Mg_{1-x}Zn_xO$, $Be_{1-x}Zn_xO$, $Zn_{1-x}Ba_xO$, $Zn_{1-x}Ca_xO$, $Zn_{1-x}Cd_xO$, $Zn_{1-x}Se_xO$, $Zn_{1-x}S_xO$, $Zn_{1-x}Te_xO$ 중 선택된 어느 하나가 적용될 수 있다.

또한, 상기 오믹컨택트층은 마그네슘 아연산화물과 베릴륨 아연산화물 중 어느 하나의 산화물이 적용되고, 상기 제1도판트군은 As를 더 포함한다.

상기 산화물에 대한 상기 p형 도판트의 첨가비는 0.001 내지 40 웨이트 퍼센트인 것이 바람직하다.

또한, 상기 오믹컨택트층은 1 나노미터 내지 1000나노미터의 두께로 형성된다.

또한, 상기 n형 클래드층 하부에 기판이 형성되어 있고, 상기 기판은 사파이어, SiC, Si, GaAs 중 어느 하나로 형성된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 오믹컨택트층 위에 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt 원소 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 반사층;을 더 구비한다.

상기 반사층은 100 나노미터 내지 2000 나노미터의 두께로 형성된 것이 바람직하다.

더욱 바람직하게는 상기 반사층 위에 Ni, Pt, Pd, Zn, TiN 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 캡핑층;을 더 구비한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 p형 클래드층과 상기 오믹컨택트층 사이에 Ni, $Ni_xO_y$, Au, Pt, Pd, Mg, Cu, $Cu_xO_y$, Zn, Ag, Sc, Co, $Co_xO_y$, Rh, Li, Be, Ca, Ru, Re, Ti, Ta, Na, La 계열 원소 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함하여 형성된 삽입층;을 더 구비한다.

상기 삽입층은 1 나노미터 내지 5 나노미터의 두께로 형성된다.

또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법은 가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 산화물에 p형도판트가 첨가된 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 나. 상기 가 단계를 거친 전극 구조체를 열처리하는 단계;를 포함하고, 상기 가단계에서 상기 산화물은 Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra를 포함하는 2A족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1이원계 산화물과, Zn, Cd, 및 Hg를 포함하는 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2이원계 산화물과 상기 2A족 원소중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1삼원계 산화물과, S, Se, Te, Po를 포함하는 6B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2삼원계 산화물 중 어느 하나의 산화물이고, 상기 p형도판트는 Li, Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, V, Nb, Ta, Sb, Bi를 포함하는 제1도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자의 제조방법에 있어서, 가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 p형도판트가 첨가된 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 나. 상기 가 단계를 거친 전극 구조체를 열처리하는 단계;를 포함하고, 상기 p형도판트는 Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg를 포함하는 제2도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함한다.

상기 활성층은 InGaN/GaN MQW, AlGaN/GaN MQW 구조 중 어느 하나로 형성된 것이 바람직하다.

또한, 상기 오믹컨택트층은 전자빔 증착기, 스퍼터링, 레이저 증착기 중 어느 하나에 의해 증착한다.

또한, 상기 오믹컨택트층의 증착온도는 20도 내지 1500도 범위내에서 수행되고, 증착기의 반응기 내의 압력은 대기압 내지 $10^{-12}$ 토르에서 수행한다.

또한, 상기 오믹컨택트층 형성 이전에 상기 p형 클래드층 위에 Ni, $Ni_xO_y$, Au, Pt, Pd, Mg, Cu, $Cu_xO_y$, Zn, Ag, Sc, Co, $Co_xO_y$ , Rh, Li, Be, Ca, Ru, Re, Ti, Ta, Na, La 계열 원소 중에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하여 삽입층을 형성하는 단계;를 더 포함한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 오믹컨택트층 위에 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt를 포함하는 원소 중 적어도 하나를 포함하여 반사층을 형성하는 단계;를 더 포함한다.

바람직하게는 상기 반사층 위에 Ni, Pt, Pd, Zn, TiN 중 적어도 하나를 포함하여 캡핑층을 형성하는 단계;를 더 포함한다.

상기 열처리단계는 100도 내지 800도에서 10초 내지 3시간 동안 수행하는 것이 바람직하다.

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

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

이하의 설명에서 참조되는 도면들에서 동일기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, 발광소자는 기판(110), 버퍼층(120), n형 클래드층(130), 활성층(140), p형 클래드층(150), 오믹컨택트층(230)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다. 참조부호 180은 p형 전극패드이고, 190은 n형 전극패드이다.

기판(110)은 사파이어($Al_2O_3$), 실리콘카바이드(SiC), 실리콘(Si), 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 GaN화합물을 적용하는 경우, 버퍼층(120)은 GaN으로 형성되고, n형 클래드층(130)은 GaN에 n형 도펀트로서 Si, Ge, Se, Te등이 첨가되어 형성되고, 활성층은 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 개제될 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, PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator) 스퍼터링(sputtering) 등에 의해 형성 된다.

오믹컨택트층(230)은 p형 전극구조체로서 적용된 것으로 p형 전도성 투명산화물 박막전극이 될 수 있게 산화물에 p형도판트가 첨가되어 형성된다.

바람직하게는 오믹컨택트층(230)에 적용되는 산화물은 원소주기율표 상의 2A족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1이원계 산화물이 적용된다. 여기서 2A족 원소는 Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra를 포함한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 오믹컨택트층(230)에 적용되는 산화물은 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2이원계 산화물이 적용된다. 여기서 2B족 원소는 Zn, Cd, 및 Hg를 포함한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면 오믹컨택트층(230)에 적용되는 산화물은 상기 2A족 원소중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1삼원계 산화물이 적용된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 오믹컨택트층(230)에 적용되는 산화물은 6B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2삼원계 산화물 이 적용된다. 여기서 6B족 원소는 S, Se, Te, Po를 포함한다.

이러한 산화물의 예로서는 BeO, CaO, SrO, BaO, MgO, CdO, ZnO, $Mg_{1-x}Zn_xO$, $Be_{1-x}Zn_xO$, $Zn_{1-x}Ba_xO$, $Zn_{1-x}Ca_xO$, $Zn_{1-x}Cd_xO$, $Zn_{1-x}Se_xO$, $Zn_{1-x}S_xO$, $Zn_{1-x}Te_xO$ 등이 있다.

또한, 오믹컨택트층(230)에 적용되는 p형 도판트는 원소 주기율표상의 1A족, 1B족, 5A족, 5B족 원소를 포함하는 제1도판트군에 속하는 원소 중에서 적어도 하나 이상이 적용된다.

즉, 오믹컨택트층(230)에 적용되는 p형 도판트는 Li, Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, V, Nb, Ta, N, P, As, Sb, Bi가 적용될 수 있다.

바람직하게는 오믹컨택트층(230)의 산화물로서 산화아연(ZnO)이 적용될 경우 p형 도판트로서 As는 제외된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면 오믹컨택트층(230)에 적용되는 산화물은 인듐산화물($In_2O_3$)이 적용되고, 인듐산화물에 적용되는 p형 도판트는 1B족원소와 2B족 원소인 Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg를 포함하는 제2도판트군에 속하는 적어도 하나의 원소가 적용된다.

이렇게 형성된 오믹컨택트층(230)은 오믹컨택트층(230)의 p형 캐리어(홀 농도: $10^{15}$ ~ $10^{20}$/ $cm^3$, 홀 이동도: 0.01 ~ 50)에 의해, p형 클래드층(150) 표면의 실효 p형 캐리어 농도가 증가되어 터널링 전도현상을 유발하고, 일정한 홀 주입을 통한 고품위 오믹접촉을 형성하게 된다.

바람직하게는 오믹컨택트층(230)을 p형 전도성 투명산화물로 형성하기 위해서 첨가되는 p형 도판트의 첨가비율은 0.001 내지 40 웨이트 퍼센트(weight %) 범위 내에서 적용된다. 여기서 웨이트 퍼센트는 첨가되는 원소 상호간의 중량비율을 말한다.

더욱 바람직하게는 오믹컨택트층(230)의 두께는 1 나노미터 내지 1000 나노미터 정도로 형성된다.

오믹컨택트층(230)은 전자빔 증착기(e-beam evaporator), 열 증착기(thermal evaporator), 스퍼터링 증착기(sputtering deposition), 레이저 증착기(pulsed laser deposition) 중 어느 하나로 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 오믹컨택트층(230)을 형성하기 위해 적용되는 증착온도는 20℃ 내지 1500℃ 범위내에서, 증착기 내의 압력은 대기압 내지 $10^{-12}$ 토르 정도에서 수행한다.

또한, 오믹컨택트층(230)을 형성한 후에는 열처리(annealing)과정을 거치는 것이 바람직하다.

열처리(annealing)는 반응기내의 온도를 100℃ 내지 800℃에서 진공 또는 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 제2실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, 발광소자는 오믹컨택트층(230)과 p형 클래드층(150) 사이에 삽입층(220)이 더 형성되어 있다.

p형 전극구조체는 삽입층(220) 및 오믹컨택트층(230)을 포함한다.

바람직하게는 삽입층(220)은 증착후 열처리시 또 다른 전도성 투명산화물을 형성할 수 있고, 갈륨관련 화합물인 갤라이드(Gallide)를 용이하게 형성하여 p형 클래드층(150) 표면의 유효캐리어(홀)농도를 증가시킬 수 있는 물질로 형성한다.

이러한 조건에 적합한 삽입층(220)의 소재로는 Ni, $Ni_xO_y$, Au, Pt, Pd, Mg, Cu, $Cu_xO_y$, Zn, Ag, Sc, Co, $Co_xO_y$, Rh, Li, Be, Ca, Ru, Re, Ti, Ta, Na, La 계열 원소 중에서 선택되는 1종 또는 2종의 합금, 고용체, 또는 산화물이 적용된다.

이러한 삽입층(220)은 오믹컨택트층(230) 및 p형 클래드층(150)의 캐리어 농도 조절 뿐만 아니라 열처리시 또 다른 전도성 투명산화물의 형성 및 갈륨 관련 화합물인 갤라이드(Gallide)를 형성할 수 있어 더욱 더 우수한 p형 클래드층(150)과의 오믹접촉을 형성하는데 유리하게 작용할 수 있다.

삽입층(220)은 1 나노미터 내지 5 나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

도 3은 본 발명의 제3실시예에 따른 p형 전극 구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, 발광소자는 오믹컨택트층(230)위에 반사층(240)을 갖는다.

여기서 p형 전극구조체는 오믹컨택트층(230)과 반사층(240)을 포함한다.

반사층(240)은 플립칩구조의 발광소자를 구현하기 위해 적용된 것으로 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt를 포함하는 원소중 적어도 하나를 포함하여 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 반사층(240)은 100 나노미터 내지 2000 나노미터의 두께로 형성한다.

또한, 반사층(240)은 도 2의 발광소자의 구조에도 추가로 적용될 수 있고, 그 예가 도 4에 도시되어 있다.

도 5는 본 발명의 제5실시예에 따른 p형 전극구조체가 적용된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, 발광소자는 p형 클래드층(150) 위에 오믹컨택트층(230), 반사층(240) 및 캡핑층(250)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다.

여기서 p형전극구조체는 오믹컨택트층(230), 반사층(240) 및 캡핑층(250)을 포함한다.

캡핑층(250)은 플립칩 발광소자의 구조에서 반사층(240)의 p형 전극패드(180)와의 접착성을 높이고 반사층(240)의 산화를 억제시켜 내구성을 높일 수 있게 적용된 것이다.

캡핑층(250)은 Ni, Pt, Pd, Zn, Zn 관련 합금 또는 고용체, TiN 중 하나로 형성된다.

캡핑층(250)은 100 나노미터 내지 2000 나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

캡핑층(250)은 도 4의 구조의 발광소자에 추가될 수 있음은 물론이고, 그 예가 도 6에 도시되어 있다.

즉, 도 6을 참조하면 발광소자는 p형 클래드층(150) 위에 삽입층(220), 오믹컨택트층(230), 반사층(240), 및 캡핑층(250)이 순차적으로 적층되는 구조로 되어 있다.

여기서 p형전극구조체는 삽입층(220), 오믹컨택트층(230), 반사층(240), 및 캡핑층(250)이 된다.

한편, 도 2 내지 도 6을 통해 설명된 발광소자는 기판(110)위에 p형클래드층(150)까지 적층된 발광구조체에 앞서 설명된 증착방법으로 해당 p형 전극구조체를 증착하여 형성한 후 열처리과정을 거쳐 제조하면 된다.

열처리과정을 거치게 되면 열처리과정 이전 보다 전류-전압특성이 향상된다.

## 발명의 효과

지금까지 설명된 바와 같이 본 발명에 따른 p형 전도성 투명 박막전극층을 이용한 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, p형 클래드층과의 오믹접촉 특성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 투명전극이 갖는 높은 빛 투과성으로 인해 소자의 발광효율을 높일 수 있다.

## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 p형 클래드층 위에 산화물에 p형 도판트가 첨가되어 형성된 오믹컨택트층을 구비하고,

상기 산화물은 Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra를 포함하는 2A족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1이원계 산화물과, Zn, Cd, 및 Hg를 포함하는 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2이원계 산화물과, 상기 2A족 원소중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1삼원계 산화물과, S, Se, Te, Po를 포함하는 6B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2삼원계 산화물 중 어느 하나의 산화물이고,

상기 p형도판트는 Li, Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, V, Nb, Ta, Sb, Bi를 포함하는 제1도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

### 청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 산화물은 BeO, CaO, SrO, BaO, MgO, CdO, ZnO, $Mg_{1-x}Zn_xO$, $Be_{1-x}Zn_xO$, $Zn_{1-x}Ba_xO$, $Zn_{1-x}Ca_xO$, $Zn_{1-x}Cd_xO$, $Zn_{1-x}Se_xO$, $Zn_{1-x}S_xO$, $Zn_{1-x}Te_xO$ 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

### 청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 마그네슘 아연산화물과 베릴륨 아연산화물 중 어느 하나의 산화물이 적용되고, 상기 제1도판트군은 As를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 산화물에 대한 상기 p형 도판트의 첨가비는 0.001 내지 40 웨이트 퍼센트인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 1 나노미터 내지 1000나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 n형 클래드층 하부에 기판이 형성되어 있고,

상기 기판은 사파이어, SiC, Si, GaAs 중 어느 하나로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 오믹컨택트층 위에 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt 원소 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 반사층;을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 반사층은 100 나노미터 내지 2000나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 9.

제7항에 있어서, 상기 반사층 위에 Ni, Pt, Pd, Zn, TiN 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 캡핑층;을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 10.

제1항, 제7항 및 제9항 중 어느 한항에 있어서,

상기 p형 클래드층과 상기 오믹컨택트층 사이에 Ni, $Ni_xO_y$, Au, Pt, Pd, Mg, Cu, $Cu_xO_y$, Zn, Ag, Sc, Co, $Co_xO_y$, Rh, Li, Be, Ca, Ru, Re, Ti, Ta, Na, La 계열 원소 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함하여 형성된 삽입층;을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 삽입층은 1 나노미터 내지 5 나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 12.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 p형 도판트가 첨가된 p형 인듐산화물로 형성된 오믹컨택트층;을 구비하고,

상기 p형도판트는 Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg를 포함하는 제2도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 오믹컨택트층 위에 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt 원소 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 반사층;을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 14.

제13항에 있어서, 상기 반사층은 100 나노미터 내지 2000나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 15.

제13항에 있어서, 상기 반사층 위에 Ni, Pt, Pd, Zn, TiN 중 적어도 하나를 포함하여 형성된 캡핑층;을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 16.

제12항, 제3항 및 제15항중 어느 한 항에 있어서,

상기 p형 클래드층과 상기 오믹컨택트층 사이에 Ni, $Ni_xO_y$, Au, Pt, Pd, Mg, Cu, $Cu_xO_y$, Zn, Ag, Sc, Co, $Co_xO_y$, Rh, Li, Be, Ca, Ru, Re, Ti, Ta, Na, La 계열 원소 중에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함하여 형성된 삽입층;을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 17.

제16항에 있어서,

상기 삽입층은 1 나노미터 내지 5 나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 18.

제12항에 있어서, 상기 인듐산화물에 대한 상기 p형도판트의 첨가비율은 0.001 내지 40 웨이트 퍼센트인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

## 청구항 19.

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

가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 산화물에 p형도판트가 첨가된 오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

나. 상기 가 단계를 거친 전극 구조체를 열처리하는 단계;를 포함하고,

상기 가단계에서 상기 산화물은 Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Ra를 포함하는 2A족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1이원계 산화물과, Zn, Cd, 및 Hg를 포함하는 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2이원계 산화물과 상기 2A족 원소중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제1삼원계 산화물과, S, Se, Te, Po를 포함하는 6B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소와 상기 2B족 원소 중 선택된 어느 하나의 원소를 포함하여 형성된 제2삼원계 산화물 중 어느 하나의 산화물이고,

상기 p형도판트는 Li, Na, K, Rb, Cs, Cu, Ag, Au, V, Nb, Ta, Sb, Bi를 포함하는 제1도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 20.

제19항에 있어서, 상기 활성층은 InGaN/GaN MQW, AlGaN/GaN MQW 구조 중 어느 하나로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 21.

제19항에 있어서, 상기 오믹컨택트층 형성단계에서 상기 산화물에 대한 상기 p형 도판트의 첨가비는 0.001내지 40 웨이트 퍼센트인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 22.

제19항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 1 나노미터 내지 1000나노미터의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 23.

제19항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 전자빔 증착기, 스퍼터링, 레이저 증착기 중 어느 하나에 의해 증착하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 24.

제23항에 있어서, 상기 오믹컨택트층의 증착온도는 20도 내지 1500도 범위내에서 수행되고, 증착기의 반응기 내의 압력은 대기압 내지 $10^{-12}$ 토르에서 수행되는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 25.

제19항에 있어서, 상기 p형 클래드층과 상기 오믹컨택트층 사이에 Ni, $Ni_xO_y$, Au, Pt, Pd, Mg, Cu, $Cu_xO_y$, Zn, Ag, Sc, Co, $Co_xO_y$, Rh, Li, Be, Ca, Ru, Re, Ti, Ta, Na, La 계열 원소 중에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함하여 삽입층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 26.

제25항에 있어서, 상기 삽입층은 1 나노미터 내지 5나노미터의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 27.

제19항에 있어서, 상기 오믹컨택트층 위에 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt를 포함하는 원소 중 적어도 하나를 포함하여 반사층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 28.

제19항, 제25항 및 제27항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 반사층 위에 Ni, Pt, Pd, Zn, TiN 중 적어도 하나를 포함하여 캡핑층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 29.

제28항에 있어서, 상기 반사층 및 캡핑층은 각각 100 나노미터 내지 2000나노미터의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 30.

제19항에 있어서, 상기 열처리단계는 100도 내지 800도에서 수행하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 31.

제30항에 있어서, 상기 열처리단계는 10초 내지 3시간 동안 수행하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 32.

제19항에 있어서, 상기 열처리 단계는 상기 전극구조체가 내장된 반응기내에 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 수행하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

## 청구항 33.

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

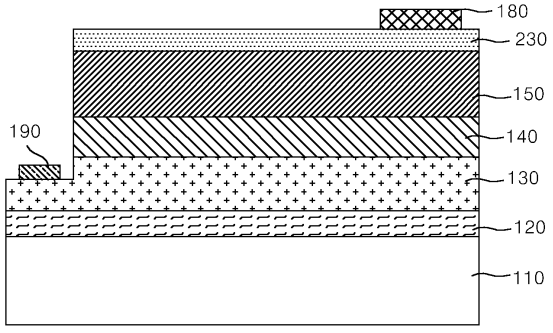
가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 p형도판트가 첨가된 오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

나. 상기 가 단계를 거친 전극 구조체를 열처리하는 단계;를 포함하고,

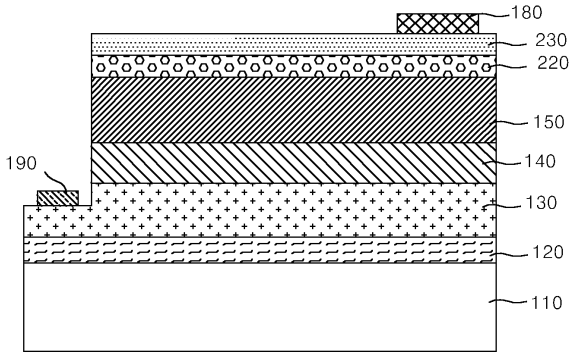
상기 p형도판트는 Cu, Ag, Au, Zn, Cd, Hg를 포함하는 제2도판트군 중 적어도 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

도면

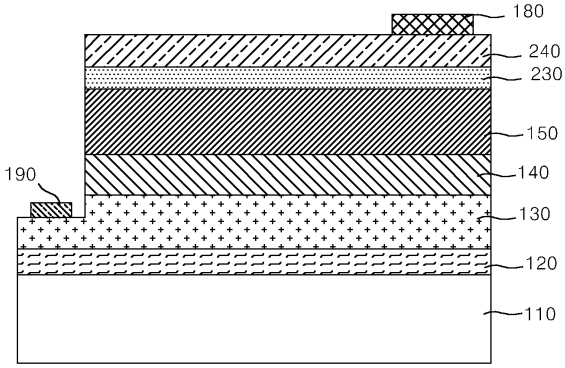
도면1



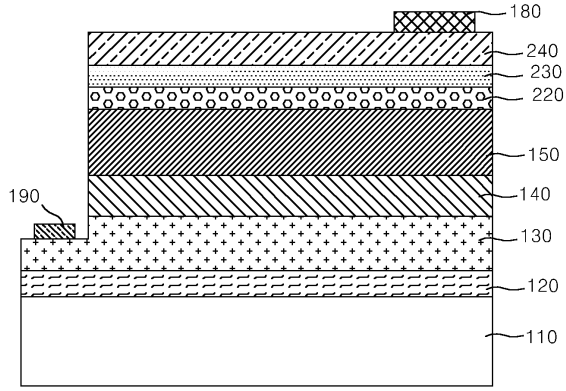
도면2


180
230
220
150
190
140
130
120
110

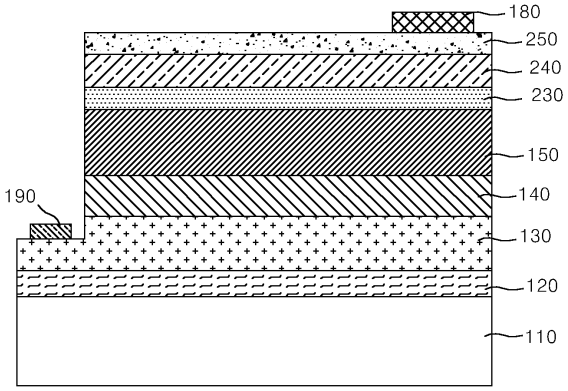
도면3


180
240
230
150
190
140
130
120
110

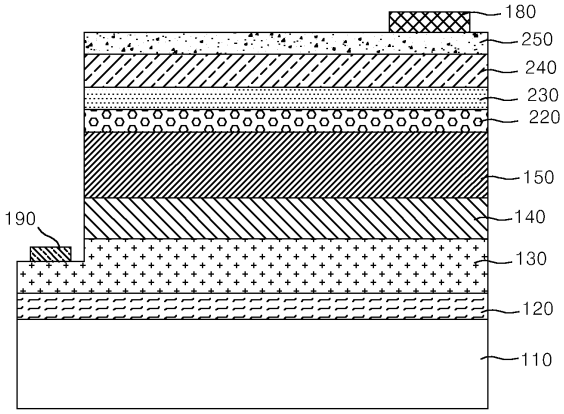
도면4


180
240
230
220
150
190
140
130
120
110

도면5


180
250
240
230
150
190
140
130
120
110

도면6


180
250
240
230
220
150
190
140
130
120
110