

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 33/00

(11) 공개번호 10-2005-0073336
(43) 공개일자 2005년07월13일

(21) 출원번호 10-2004-0001697
(22) 출원일자 2004년01월09일

(71) 출원인 광주과학기술원
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자 성태연
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과
김상호
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과
브이라자고팔레디
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

(74) 대리인 이재량

심사청구 : 있음

(54) 질화물계 발광소자 및 그 제조방법

요약

본 발명은 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에서, n형 클래드층의 노출된 부분에 레늄(Re), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo)중 어느 하나로 형성된 n형 제1오믹 콘택트층과, n형 제1오믹콘택트층 위에 타이타늄(Ti)으로 형성된 n형 제2 오믹콘택트층 및 n형 제2오믹콘택트층 위에 금(Au)으로 형성된 n형 제3 오믹콘택트층을 구비한다. 이러한 질화물계 발광소자에 의하면, n형 클래드층과의 오믹접촉 특성 및 열적 안정성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 와이어 본딩 효율을 높일 수 있는 장점을 제공한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 n형 전극구조체를 나타내 보인 단면도이고,

도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 n형 전극구조체를 나타내 보인 단면도이고,

도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따라 텅스텐(W)/타이타늄(Ti)/금(Au)으로 증착한 n형 전극구조체에 대해 열처리 전과, 온도를 달리하여 열처리 한 경우의 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이고,

도 4는 본 발명의 제 2 실시예에 따라 타이타늄(Ti)/알루미늄(Al)/레늄(Re)/금(Au)으로 증착한 n형 전극구조체에 대해 열처리 전과, 온도를 달리하여 열처리 한 경우의 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이고,

도 5 및 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따라 텅스텐(W)/타이타늄(Ti)/금(Au)으로 증착한 n형 전극구조체에 대해 열처리 전과, 열처리 후의 박막표면을 촬상한 결과를 나타내 보인 도면이고,

도 7 및 도 8은 본 발명의 제2 실시예에 따라 타이타늄(Ti)/알루미늄(Al)/레늄(Re)/금(Au)으로 증착한 n형 전극구조체에 대해 열처리 전과, 열처리 후의 박막 표면을 촬상한 결과를 나타내 보인 도면이고,

도 9는 본 발명의 제1 실시예에 따른 n형 전극구조체가 적용된 발광소자의 일 예를 나타내 보인 단면도이고,

도 10은 본 발명의 제1실시예에 따른 n형 전극구조체가 적용된 발광소자의 또 다른 예를 나타내 보인 단면도이고,
 도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 n형 전극구조체가 적용된 발광소자의 일 예를 나타내 보인 단면도이고,
 도 12는 본 발명의 제2실시예에 따른 n형 전극구조체가 적용된 발광소자의 또 다른 예를 나타내 보인 단면도이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

10, 110: 기판 30, 130: n형 클래드층
 40, 140: 활성층 50, 150: p형클래드층
 60, 160: p형 오믹컨택트층 80, 90: n형 전극구조체
 81, 91: n형 제1오믹 컨택트층 83, 93: n형 제2오믹 컨택트층
 85, 95: n형 제3오믹 컨택트층 97: n형 제4오믹컨택트층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로서, 상세하게는 열적 안정성과 오믹특성이 개선된 n형 전극구조체를 갖는 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

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

탑에미트형 발광다이오드는 p형 클래드층과 접촉하고 있는 오믹 콘택트층을 통해 광이 출사되게 형성되고, 플립칩형 발광다이오드는 p형 클래드층 위에 반사층을 두어 기판을 통해 광이 출사되게 형성된다.

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

종래의 n형 질화갈륨(GaN)에 적용한 대표적인 n형 전극구조체로서 타이타늄(Ti)/알루미늄(Al)을 순차적으로 적층한 금속박막구조가 있다.

이러한 n형 전극구조체는 질소(N₂) 분위기에서 열처리하면 10⁻³ ~ 10⁻⁶Ωcm² 정도의 비접촉저항을 갖는 것으로 보고되고 있다.

이를 보다 상세하게 설명하면, 타이타늄(Ti)/알루미늄(Al)을 순차적으로 적층한 n형 전극구조체를 600℃ 이상의 고온에서 열처리하면, n형 질화갈륨(GaN)과 타이타늄(Ti)층과의 계면에서 전도성 질화물인 질화 타이타늄(TiN)이 형성되고, 그 결과 질화갈륨(GaN) 표면부근에 질소 공공(nitrogen vacancy)이 형성된다. 이러한 질소공공의 형성은 질화갈륨(GaN) 표면 부근에서의 실효 캐리어 농도(effective carrier concentration)를 증가시키고, 실효 캐리어 농도가 10¹⁹ 이상이 되면 n형 질화갈륨(GaN)과 타이타늄 금속층 사이에 터널링 전도를 일으켜 10⁻³ ~ 10⁻⁶Ωcm² 정도의 낮은 비접촉저항을 갖는 것으로 이해되어지고 있다.

그러나, 타이타늄(Ti)/알루미늄(Al)의 금속박막의 경우 660℃도 정도의 낮은 용융점을 갖는 알루미늄의 높은 확산성으로 인해 열화 및 표면퇴화가 발생하는 문제점이 있다. 즉, 낮은 비접촉저항을 갖도록 하기 위해 600℃ 정도에서 수행되는 필수적인 열처리 과정에서 박막의 표면이 퇴화되고, 그 결과 와이어 본딩시 접합성을 떨어뜨려 양질의 발광소자를 제작하기 어렵게 한다.

한편, 미국 플로리다 대학의 F. Ren 그룹에서 질화 갈륨(GaN)에 텅스텐(W) 또는 텅스텐 실리사이드(WSi_x)의 단층막 전극구조의 접촉과 W/WSi/In_{1-x}Al_xN의 다층막 전극구조의 접촉을 형성하고, 약 750℃ 이상의 고온에서 열처리 후 양호한 오믹접촉을 형성하여 약 10⁻² ~ 10⁻⁴의 낮은 비접촉저항을 얻었다고 문헌(M. W. cole, J. Appl. Phys. 80, 278, 1996, X. A. Cao, MSE, B59, 362, 1999, A. Zeitouny, MSE, B59, 358, 1999)을 통해 보고한 바 있다.

그러나, 이러한 결과들은 캐리어 농도가 1.5x10⁻¹⁹ ~ 1x10⁻²⁰ 정도인 순수 질화갈륨(GaN) 웨이퍼를 이용하거나 n형 도펀트인 실리콘 주입을 전극용 금속의 증착 전에 시행하여 표면에 캐리어 농도를 1.5x10⁻¹⁹ ~ 1x10⁻²⁰ 정도인 n⁺ 층을 형성하여 실험실 수준에서 얻어진 것으로서 실제 양산용 발광 다이오드 제조공정에 적용하기에는 어렵다.

즉, 현재 실현 가능한 p형 질화갈륨(GaN)의 캐리어 농도가 약 10^{-18} 정도 이고, 발광다이오드의 제조시 n형 질화갈륨도 캐리어 농도가 약 10^{-18} 정도인 것을 적용하고 있기 때문에 상기 실험 결과를 실제 발광다이오드(LED) 공정에 적용하기 위해서는 n형 질화갈륨(GaN)의 표면에 추가적인 높은 캐리어 농도를 갖는 n⁺ 층의 형성이 필요한데 현실적으로 이를 양산용으로 구현하기가 어려운 문제점이 있다.

한편, 알루미늄(Al)/티타늄(Ti)의 금속 박막의 경우 알루미늄(Al)의 큰 산화성으로 인하여 금속박막 형성 후 열처리 시 매우 저항이 큰 알루미늄 산화물(Al₂O₃)이 형성되어 오믹컨택트층의 저항을 증가시키고 이에 따른 구동전압이 증가되어 발광다이오드의 수명을 감소시키는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 낮은 비접촉저항과 열적 안정성을 갖추면서 표면되화가 억제되는 n형 전극구조체를 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 n형 클래드층의 노출된 부분에 레늄(Re), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo)중 어느 하나로 형성된 n형 제1오믹컨택트층과; 상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 타이타늄(Ti)으로 형성된 n형 제2 오믹컨택트층; 및 상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 형성된 n형 제3 오믹컨택트층;을 구비한다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서, 상기 n형 클래드층의 노출된 부분에 타이타늄(Ti)로 형성된 n형 제1오믹컨택트층과; 상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 알루미늄(Al)으로 형성된 n형 제2 오믹컨택트층과; 상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 레늄(Re)으로 형성된 n형 제3 오믹컨택트층; 및 상기 n형 제3오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 형성된 n형 제4 오믹컨택트층;을 구비한다.

또한 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법은 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자의 제조방법에 있어서, 가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 n형 클래드층의 노출된 부분에 레늄(Re), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo)중 어느 하나로 n형 제1오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 나. 상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 타이타늄(Ti)으로 n형 제2 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 다. 상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 n형 제3 오믹컨택트층을 형성하는 단계; 및 라. 상기 다 단계를 거쳐 형성된 n형 전극구조체를 열처리하는 단계;를 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 n형 클래드층의 노출된 부분에 타이타늄(Ti)으로 n형 제1오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 나. 상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 알루미늄(Al)으로 n형 제2 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 다. 상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 레늄(Re)으로 n형 제3 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 라. 상기 n형 제3오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 n형 제4 오믹컨택트층을 형성하는 단계; 및 마. 상기 라 단계를 거쳐 형성된 n형 전극구조체를 열처리하는 단계;를 포함한다.

바람직하게는 상기 열처리단계는 200℃ 내지 900℃에서 수행한다.

또한, 상기 열처리 단계는 10초 내지 5시간 동안 수행하는 것이 바람직하고, 상기 n형 전극구조체가 내장된 반응기내에 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 수행한다.

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

도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 n형 전극구조체를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, n형 전극구조체(80)는 n형 클래드층(30)위에 순차적으로 형성된 n형 제1오믹콘택트층(81), n형 제2오믹컨택트층(83) 및 n형 제3오믹컨택트층(85)을 구비한다.

도시된 예에서는 III족 질화물계로 구현되는 발광소자의 오믹특성 개선이 요구되는 n형 클래드층과 n형 전극구조체간의 특성을 실현하기 위하여 기판(10) 위에 III족 질화물계 n형 클래드층(30)을 형성시키고, n형 클래드층(30) 위에 n형 제1오믹콘택트층(81), n형 제2오믹컨택트층(83) 및 n형 제3오믹컨택트층(85)을 순차적으로 적층시킨 구조가 도시되어 있다.

여기서, III족 질화화합물은 일반식인 Al_xIn_yGa_zN(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤z≤1, 0≤x+y+z≤1)로 표현되는 화합물을 말한다.

기판(10)은 사파이어로 형성되어 있다.

n형 클래드층(30)은 III족 질화화합물에 n형 도펀트가 첨가된 것이 적용된다.

n형 전극구조체(80)는 n형 제1오믹콘택트층(81), n형 제2오믹컨택트층(83) 및 n형 제3오믹컨택트층(85)을 구비한다.

n형 제1오믹콘택트층(81)은 낮은 일함수(work function)를 갖고, n형 클래드층(30)을 이루고 있는 질소와의 반응성이 좋은 금속이 적용된다. 이 경우 n형 제1오믹콘택트층(81)은 n형 클래드층(30)의 질소와 반응하여 n형 클래드층(30)에 질소 공공(Vacancy)을 형성시킨다. 또한, 이러한 질소 공공은 n형 불순물로 작용함으로써, n형클래드층(30)의 실효 캐리어 농도를 증가시키고, 이 때 생성된 질화물과 질소 공공은 쇼트키 장벽(Schottky barrier)의 높이(height)와 폭(width)을 감소시켜 n형 클래드층(30)과의 계면에서 터널링(tunneling) 전도현상을 발생시킬 수 있다.

또한, n형 제1오믹콘택트층(81)은 높은 용융점을 갖고, 박막 제조공정에서 적용되는 300℃ 내지 600℃에서 표면퇴화(surface degradation) 발생이 억제될 수 있는 소재가 적용된다.

바람직하게는 n형 제1오믹콘택트층(81)은 이러한 조건을 갖춘 소재로서 레늄(Re), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo) 중 어느 하나가 적용된다.

바람직하게는 n형 제1오믹콘택트층(81)은 1 내지 200나노미터의 두께로 형성한다.

n형 제2오믹콘택트층(83)은 n형 클래드층(30)을 이루고 있는 질소와의 반응성이 좋고, n형 제1오믹콘택트층(81)과의 접촉성이 좋은 금속으로 형성한다.

바람직하게는 n형 제2오믹콘택트층(83)은 타이타늄(Ti)으로 형성한다.

또한, n형 제2오믹콘택트층(83)은 1 내지 200나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

n형 제3오믹콘택트층(85)은 산화에 안정하며 와이어 본딩성이 좋은 금으로 형성한다.

바람직하게는 n형 제3오믹콘택트층(85)은 1 내지 500나노미터의 두께로 형성한다.

도 2는 본 발명의 제2 실시예에 따른 n형 전극구조체를 나타내 보인 단면도이다. 앞서 도시된 도면에서와 동일 기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

도면을 참조하면, n형 전극구조체(90)는 n형 클래드층(30)위에 순차적으로 형성된 n형 제1오믹콘택트층(91), n형 제2오믹콘택트층(93), n형 제3오믹콘택트층(95) 및 n형 제4오믹콘택트층(97)을 구비한다.

도시된 예에서도 III족 질화물계로 구현되는 발광소자의 오믹특성 개선이 요구되는 n형 클래드층과 n형 전극구조체간의 특성을 실험하기 위하여 기판(10) 위에 III족 질화물계 n형 클래드층(30)을 형성시키고, n형 클래드층(30) 위에 n형 제1오믹콘택트층 내지 n형 제4오믹콘택트층(91)(93)(95)(97)을 순차적으로 적층시킨 구조가 도시되어 있다.

n형 제1오믹콘택트층(91)은 낮은 일함수(work function)를 갖고, n형 클래드층(30)을 이루고 있는 질소와의 반응성이 좋은 금속인 타이타늄(Ti)이 적용된다.

바람직하게는 n형 제1오믹콘택트층(91)은 1 내지 200나노미터의 두께로 형성한다.

n형 제2오믹콘택트층(93)은 질소와의 반응성이 좋고, n형 제1오믹콘택트층(91)과의 접촉성이 좋은 알루미늄으로 형성한다.

n형 제2오믹콘택트층(93)은 1 내지 200나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

n형 제3오믹콘택트층(95)은 열적 안정성이 뛰어난 레늄(Re)으로 형성한다.

바람직하게는 n형 제3오믹콘택트층(95)은 1 내지 200나노미터의 두께로 형성한다.

n형 제4오믹콘택트층(97)은 산화에 안정하며 와이어 본딩성이 좋은 금으로 형성한다.

바람직하게는 n형 제4오믹콘택트층(97) 각각은 1 내지 500나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

이러한 n형 전극 구조체(80)(90)는 공지된 다양한 증착 방식 예를 들면, 전자빔증착기, 스퍼터링(sputtering)방식, PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 열증착기(thermal evaporator), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator) 등에 의해 형성하면 된다.

증착온도는 20도 내지 1500도시 범위내에서 수행되고, 반응기 내의 압력은 대기압 내지 10^{-12} 토르(torr)정도에서 수행된다.

또한, n형 전극 구조체(80)(90)는 증착 후 열처리공정을 거친다.

열처리(annealing)는 200℃ 내지 900℃ 에서 진공 또는 가스 분위기에서 10초 내지 5시간 정도 열처리한다.

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

이러한 열처리 과정을 수행하면, n형 클래드층(30)의 질소가 n형 전극 구조체(80)(90)로 확산되어 질화물을 형성하게 되고, n형 클래드층(30)은 질소 공공이 발생되어 실효 캐리어 농도가 증가한다.

도 3은 본 발명의 제1실시예에 따라 5×10^{18} 의 캐리어 농도를 갖는 n형 질화갈륨 기판에 텅스텐(W)/타이타늄(Ti)/금(Au)이 순차적으로 증착된 n형 전극구조체의 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 도면이다.

도면에서 사각마크로 표기된 그래프는 박막 증착 후에 측정한 결과로서 비접촉저항이 $8.4 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ 을 나타냈고, 삼각마크 및 마름모마크로 표기된 그래프는 증착 후 각각 850°C, 900°C에서 60초 동안 질소 분위기에서 열처리 한 후에 측정한 결과로서 비접촉저항이 각각 $7.8 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$, $6.7 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ 을 나타냈다.

도 4는 본 발명의 제2실시예에 따라 5×10^{18} 의 캐리어 농도를 갖는 n형 질화갈륨 기판에 타이타늄(Ti)/알루미늄(Al)/레늄(Re)/금(Au)이 순차적으로 증착된 n형 전극구조체의 전류-전압 특성을 측정한 결과를 나타내 보인 도면이다.

도면에서 사각마크로 표기된 그래프는 박막 증착 후에 측정한 결과로서 비접촉저항이 $8.4 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}^2$ 을 나타냈고, 원형마크 및 삼각 마크로 표기된 그래프는 증착 후 각각 550°C, 750°C에서 60초 동안 질소 분위기에서 열처리 한 후에 측정한 결과로서 비접촉저항이 각각 $9.7 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$, $1.3 \times 10^{-6} \Omega \text{cm}^2$ 을 나타냈다.

도 3 및 도 4의 결과로부터 본 발명의 n형 전극구조체(80)(90)는 열처리 후 비접촉저항이 더욱 낮아짐을 알 수 있다.

한편, 도 3 및 도 4에 적용된 소재의 n형 전극구조체(80)(90)에 대해 열처리 전과 열처리 후의 표면의 거칠기를 측정한 결과가 도 5 내지 도 8에 도시되어 있다.

도 5 및 도 6은 도 3과 동일한 구조의 n형 전극구조체(80)에 대해 열처리 전(도 5)과, 900°C에서 60초 동안 열처리 한 후(도 6) 박막 표면을 각각 측정한 사진이고, RMS 표면거칠기는 각각 1.1nm, 7.2nm를 보였다.

또한, 도 7 및 도 8은 도 4와 동일한 구조의 n형 전극구조체(90)에 대해 열처리 전(도 7)과, 900°C에서 60초 동안 질소분위기에서 열처리 한 후(도 8)에 표면을 측정한 결과로서 각각 3.2nm, 19.6의 RMS 표면거칠기를 보였다.

이러한 결과로부터 n형 전극구조체(80)(90)는 열처리 후에도 표면 퇴화가 억제되어 와이어 본딩이 잘 될 수 있는 표면 구조를 제공함을 알 수 있다.

도 9는 본 발명의 제1실시예에 따른 n형 전극구조체가 적용된 발광소자의 일 예를 나타내 보인 도면이다.

앞서 도시된 도면에서와 동일 기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

도면을 참조하면, 발광소자는 기판(110), 버퍼층(120), n형 클래드층(130), 활성층(140), p형 클래드층(150), p형 오믹컨택트층(160)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다. n형 클래드층(130)의 노출된 부분에는 n형 전극구조체(80)가 형성되어 있다.

참조부호 180은 p형 전극 패드이다.

여기서 광을 생성하는 발광구조체는 기판(110)으로부터 p형 클래드층(150)까지가 포함된다.

기판(110)은 사파이어 또는 실리콘카바이드(SiC)로 형성된다.

버퍼층(120)은 생략될 수 있다.

버퍼층(120)으로부터 p형 클래드층(150)까지의 각 층은 III족 질화물계 화합물의 일반식인 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $0 \leq x+y+z \leq 1$)로 표현되는 화합물 중 선택된 어느 화합물을 기본으로 하여 형성되고, n형 클래드층(130) 및 p형클래드층(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 MQW혹은 AlGaIn/GaN MQW로 형성되며, p형 클래드층(150)은 GaN에 P형 도펀트로서 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.

n형 전극구조체(80)는 n형 클래드층(130)의 노출된 부분에 형성된 n형 제1오믹컨택트층(81), n형 제2오믹컨택트층(83) 및 n형 제3오믹컨택트층(85)을 구비한다.

n형 전극구조체(80)는 앞서 설명된 소재로 증착한 후 열처리를 수행하면 된다.

p형 오믹콘택트층(160)은 실효캐리어 농도를 증가시킬 수 있고, 낮은 비접촉저항을 제공할 수 있는 소재로 형성한다.

이러한 p형 오믹콘택트층(160)은 단층 또는 멀티층으로 형성될 수 있다.

일 예로서, p형 제1오믹콘택트층(160)은 본 출원인에 의해 출원된 국내 특허 출원 제2003-69995호에 개시된 것으로서, 인(P)과 질소 중 적어도 하나가 도판트로 첨가된 p형 아연함유산화물로 형성된다.

여기서 아연함유산화물은 아연산화물(ZnO), 마그네슘 아연산화물($Mg_xZn_{1-x}O$), 베릴륨 아연산화물($Be_xZn_{1-x}O$)중 어느 하나가 적용되는 것이 바람직하다.

즉, p형 오믹콘택트층(160)은 아연산화물(ZnO), 마그네슘 아연산화물($Mg_xZn_{1-x}O$), 베릴륨 아연산화물($Be_xZn_{1-x}O$)중 어느 하나에 p형 도판트로 인(P)과 질소(N) 중 적어도 하나를 첨가시켜 p형 아연함유산화물인 p형 아연산화물(p-ZnO), p형 마그네슘 아연산화물(p- $Mg_xZn_{1-x}O$), p형 베릴륨 아연산화물(p- $Be_xZn_{1-x}O$)중 어느 하나로 형성된다.

이 경우, p형 오믹콘택트층(160)으로 공급되는 p형 캐리어(홀 농도: $10^{15} \sim 10^{19} / \text{cm}^3$, 홀 이동도: 0.01 ~ 10)에 의해, p형 클래드층(160) 표면의 실효 p형 캐리어 농도가 증가되어 터널링 전도현상을 유발하여 우수한 특성의 오믹접촉을 형성하게 된다.

바람직하게는 아연함유산화물에 대한 p형 도판트의 첨가비율은 0.01 내지 30 웨이트 퍼센트 (weight %) 범위 내에서 적용된다. 여기서, 웨이트 퍼센트는 첨가되는 원소수 중량비율을 말한다.

또한, p형 오믹콘택트층(160)을 형성하기 위한 p형 도판트로 는 기존에 많이 사용되던 P_2O_5 형태의 고체산화물 보다는 Zn_3P_2 , ZnP_2 , Mg_3P_2 , Zn_3N_2 , Mg_3N_2 와 같은 고체화합물을 이용하는 것이 바람직하다. 이 경우 p형 도판트로 적용할 고체화합물과 대응되는 아연함유산화물을 이용하여 p형 오믹콘택트층(160)을 증착하면 된다.

이와같이 p형 도판트로 적용된 고체화합물은 고체산화물 보다 p형 클래드층(150)과 p형 오믹콘택트층(160)의 캐리어 또는 홀 농도의 조절이 용이하여 우수한 오믹접촉특성을 갖는 p형 오믹콘택트층(160)을 용이하게 형성할 수 있다.

또한, p형 클래드층(150)에서 p형 도판트로 사용되고 있는 마그네슘과 베릴륨이 첨가된 삼원계 p형 아연함유산화물들은 p형 클래드층(150)의 유효 홀 농도를 증가시켜 더욱 우수한 p형 오믹콘택트층(160)을 형성할 수 있을 뿐만 아니라 밴드갭이 이원계인 p형 아연산화물 보다 증가하여 AlGaIn/GaN 구조를 갖는 발광소자의 p형 오믹콘택트층(160)으로 이용시 더욱 우수한 발광효율을 얻을 수 있다.

더욱 바람직하게는 p형 오믹콘택트층(160)의 두께는 0.1 나노미터 내지 1000나노미터 정도로 형성된다.

이러한 p형 오믹콘택트층(160)은 앞서 설명된 증착방법에 의해 증착한 후 열처리과정을 수행하면된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면 p형 전극구조체는 본 출원인에 의해 출원된 특허 출원 제 2003-58841호, 특허 출원 제 2003-62830호, 특허 출원 제 2003-72056호, 특허 출원 제 2003-76507호, 특허 출원 제 2003-78540호, 특허 출원 제 2003-80719호, 특허 출원 제 2003-85600호, 특허 출원 제 2003-94684호, 특허 출원 제 2003-95957호, 특허 출원 제 2003-94698호, 특허 출원 제 2003-95544호에 개시된 구조가 적용될 수 있음은 물론이고, 상세한 설명은 생략한다.

또한, 위에 열거된 출원번호를 통해 개시된 p형 전극구조체외에도 공지된 다양한 p형 전극구조체가 적용될 수 있음은 물론이다.

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

본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광소자가 도 10에 도시되어 있다.

앞서 도시된 도면에서와 동일기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

도면을 참조하면, 발광소자는 p형 오믹콘택트층(160)위에 반사층(170)을 더 구비한다.

반사층(170)은 플립칩 발광소자 제작공정을 위해 적용되는데, 일반적으로 200도 내지 600도 온도범위에서 표면퇴화(surface degradation) 발생이 억제되고, 산화에 안정하며, 특성이 변화지 않으면서도 높은 반사능을 그대로 지닐 수 있는 물질을 적용한다.

일 예로서 반사층(170)은 이러한 조건을 만족시키는 반사원소군에 속하는 Ag, Al, Zn, Mg, Ru, Ti, Rh, Cr, Pt 중 어느 하나로 형성한다.

더욱 바람직하게는 반사층(170)의 두께는 10 나노미터 내지 2000나노미터 정도로 형성한다.

또한, p형 오믹콘택트층(160) 및 반사층(170)은 증착 후 앞서 설명된 방법에 의해 열처리공정을 거쳐 형성하면 된다.

한편, 도 2를 통해 설명된 n형 전극구조체(90)가 도 9 및 도 10의 구조에 적용될 수 있음은 물론이고 그 예가 도 11 및 도 12에 도시되어 있다.

도 11 및 도 12에 도시된 발광소자의 각 층은 앞서 동일 참조부호로 설명된 소재로 형성하면되고 상세한 설명은 생략한다.

발명의 효과

지금까지 설명된 바와 같이 본 발명에 따른 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, n형 클래드층과의 오믹접촉 특성 및 열적 안정성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 나타낼 뿐만 아니라, 와이어 본딩 효율을 높일 수 있는 장점을 제공한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 n형 클래드층의 노출된 부분에 레늄(Re), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo)중 어느 하나로 형성된 n형 제1오믹컨택트층과;

상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 타이타늄(Ti)으로 형성된 n형 제2 오믹컨택트층; 및

상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 형성된 n형 제3 오믹컨택트층;을 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 2.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 n형 클래드층의 노출된 부분에 타이타늄(Ti)로 형성된 n형 제1오믹컨택트층과;

상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 알루미늄(Al)으로 형성된 n형 제2 오믹컨택트층과;

상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 레늄(Re)으로 형성된 n형 제3 오믹컨택트층; 및

상기 n형 제3오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 형성된 n형 제4 오믹컨택트층;을 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 3.

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

가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 n형 클래드층의 노출된 부분에 레늄(Re), 텅스텐(W), 몰리브덴(Mo)중 어느 하나로 n형 제1오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

나. 상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 타이타늄(Ti)으로 n형 제2 오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

다. 상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 n형 제3 오믹컨택트층을 형성하는 단계; 및

라. 상기 다 단계를 거쳐 형성된 n형 전극구조체를 열처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 4.

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

가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 n형 클래드층의 노출된 부분에 타이타늄(Ti)으로 n형 제1오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

나. 상기 n형 제1오믹컨택트층 위에 알루미늄(Al)으로 n형 제2 오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

다. 상기 n형 제2오믹컨택트층 위에 레늄(Re)으로 n형 제3 오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

라. 상기 n형 제3오믹컨택트층 위에 금(Au)으로 n형 제4 오믹컨택트층을 형성하는 단계; 및

마. 상기 라 단계를 거쳐 형성된 n형 전극구조체를 열처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

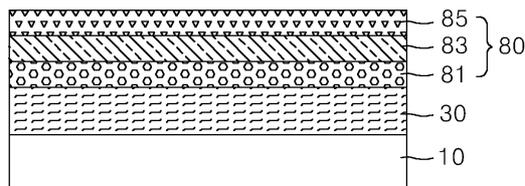
청구항 5.

제3항 또는 제4항에 있어서, 상기 열처리단계는

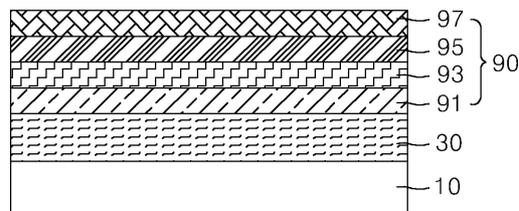
200℃ 내지 900℃에서 수행하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

도면

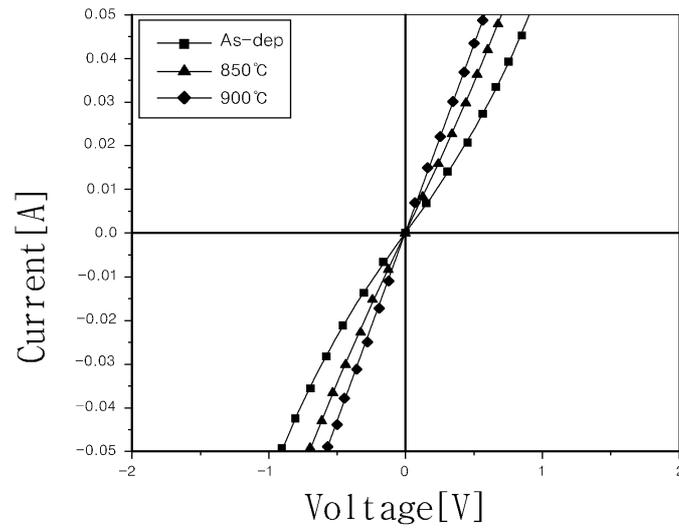
도면1



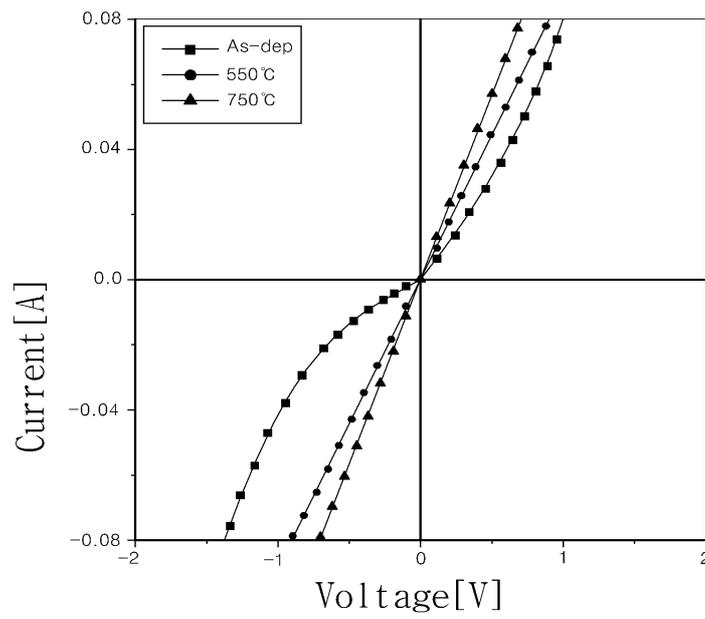
도면2



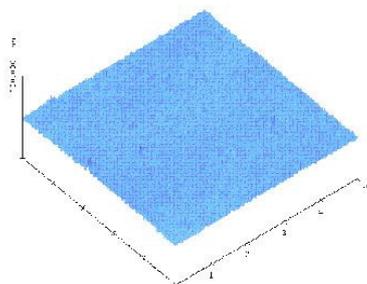
도면3



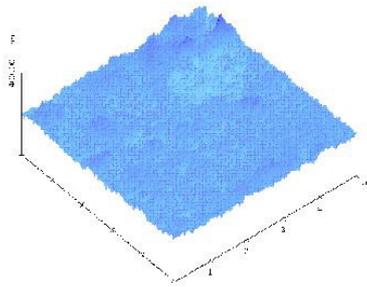
도면4



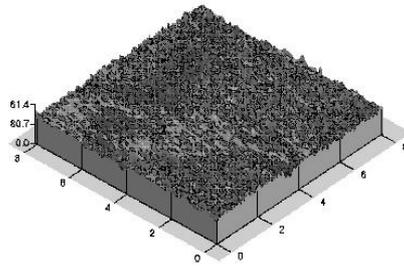
도면5



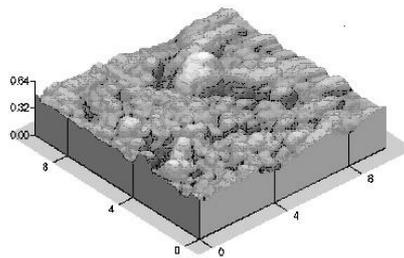
도면6



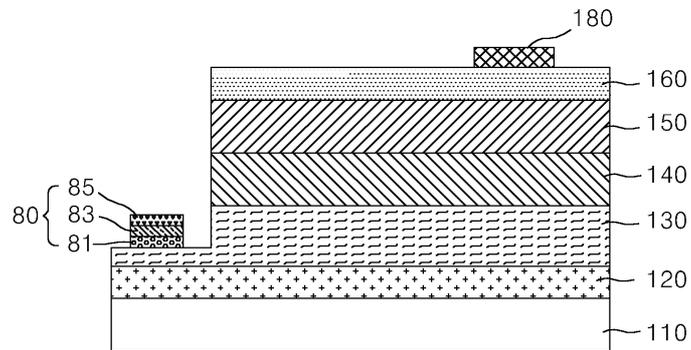
도면7



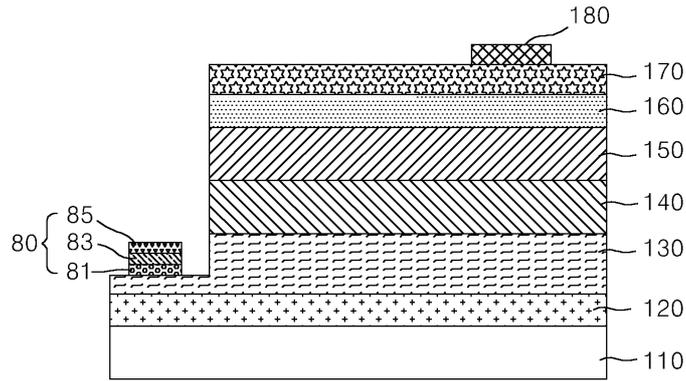
도면8



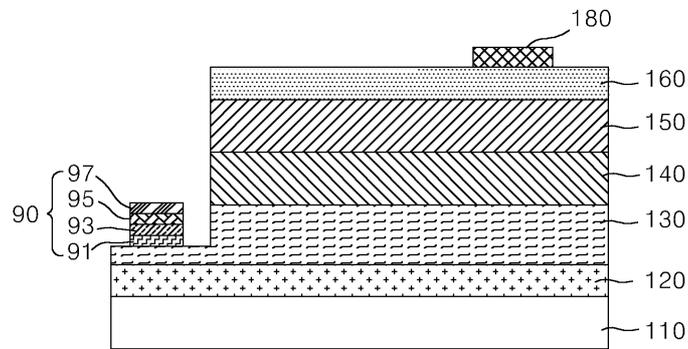
도면9



도면10



도면11



도면12

