

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷
H01L 33/00

(11) 공개번호 10-2005-0025871
(43) 공개일자 2005년03월14일

(21) 출원번호 10-2003-0062830
(22) 출원일자 2003년09월08일

(71) 출원인 삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 416

광주과학기술원
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자 송준오
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

임동석
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

성태연
광주광역시북구오룡동1번지광주과학기술원신소재공학과

(74) 대리인 이영필
이재량

심사청구 : 있음

(54) 질화물계 발광소자 및 그 제조방법

요약

본 발명은 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로 질화물계 발광소자는 기판, n형 클래드층, 발광층, p형 클래드, 오믹컨택트층 및 반사층이 순차적으로 적층되어 있고, 오믹컨택트층은 인듐산화물에 첨가원소가 첨가되어 형성된다. 이러한 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, p형 클래드층과의 오믹접촉 특성이 개선되어 플립 칩 발광소자의 패키징 시 와이어 본딩 효율을 및 수율을 높일 수 있고, 낮은 비접촉 저항과 우수한 전류-전압 특성에 의해 소자의 발광효율 및 소자 수명이 향상시킬 수 있는 장점을 제공한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 P형 전극구조체를 나타내 보인 단면도이고,

도 2 내지 도 4는 도 1의 오믹컨택트층 및 반사층의 막 형성두께를 달리하여 제작된 P형 전극구조체에 대해 열처리 전과 후에 대해 측정된 전류-전압 특성을 나타내 보인 그래프이고,

도 5는 인듐산화물층위에 알루미늄 반사층을 형성한 후 열처리 전과 후에 대해 측정된 전류-전압 특성을 나타내 보인 그래프이고,

도 6은 첨가원소가 첨가된 인듐산화물층 위에 티타늄(Ti)층 및 알루미늄층을 순차적 적층한 구조에 대해 열처리 전과 후에 대해 측정된 전류-전압 특성을 나타내 보인 그래프이고,

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 P형 전극구조체가 적용된 발광소자의 일 예를 나타내 보인 단면도이고,

도 8 및 도 9는 오믹컨택트층 및 반사층의 막두께를 달리하여 증착시킨 후 공기 분위기 하에서 열처리하여 제작된 InGaN 구조를 갖는 청색 발광 다이오드에 대해 동작전압을 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이고,

도 10은 오믹컨택트층 및 반사층을 막두께를 달리하여 증착시킨 후 공기 분위기 하에서 열처리하여 제작된 MQW구조의 InGaN계 청색 발광 다이오드에 대해 측정한 동작전압과 출력과의 관계를 나타내 보인 그래프이다.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

10: 기판 20: P형 클래드층

30: 오믹컨택트층 40: 반사층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

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

질화물계 화합물 반도체 예를 들면 질화갈륨(GaN) 반도체를 이용한 발광다이오드 또는 레이저 다이오드와 같은 발광소자를 구현하기 위해서는 반도체와 전극간의 오믹접촉구조가 매우 중요하다. 현재 상업적으로 이용할 수 있는 질화갈륨계 발광소자는 절연성 사파이어(Al_2O_3) 기판 위에 형성된다.

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

탑에미트형 발광다이오드는 p형 클래드층과 접촉하고 있는 오믹 컨택트층을 통해 광이 출사되게 형성되고, p형 클래드층의 낮은 전기 전도성은 투명하고 저 저항값을 지닌 오믹컨택트층을 통해 원활한 전류주입(current injection)을 제공한다.

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

니켈층은 산소(O_2)분위기에서 열처리하여 $10^{-3} \sim 10^{-4} \Omega cm^2$ 정도의 비접촉저항을 갖는 반투명 오믹접촉층(semi-transparent ohmic contact layer)을 형성하는 것으로 알려져 있다.

이러한 반투명 오믹접촉층의 낮은 비접촉저항은 500°C 내지 600°C 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. 그 결과, p형 클래드층 표면 부근에서의 실효 캐리어농도(effective carrier concentratin)를 증가시킨다.

또한, 니켈층/금층을 p형 클래드층 위에 형성 후, 열처리하면 Mg-H 금속간 화합물을 제거하여 질화갈륨 표면에서 마그네슘 도펀트(dopant) 농도를 증가시키는 재활성화(reactivation) 과정을 통해서 p형 클래드층의 표면에서 이러한 실효캐리어 농도가 10^{19} 이상이 되게 하여 p형 클래드층과 산화니켈을 함유한 오믹컨택트층 사이에 터널링 전도를 일으켜 오믹전도 특성을 보이는 것으로 이해되고 있다.

그런데, 니켈/금으로 형성되는 반투명 전극박막을 이용한 탑에미트형 발광다이오드는 광이용효율이 낮아 대용량 및 고휘도 발광소자를 구현하기는 어렵다.

최근에는 대용량 고휘도 발광소자 구현을 위해 고 반사층소재로 각광 받고 있는 은(Ag), 알루미늄(Al), 로듐(Rh) 등을 이용한 플립칩 방식의 발광소자 개발의 필요성이 대두되고 있다.

하지만 이들 금속은 높은 반사효율을 갖고 있기 때문에 일시적으로는 높은 발광효율을 제공할 수 있지만 작은 일함수(work function) 값을 갖는 특성 때문에 낮은 저항값을 지닌 오믹접촉 형성이 어려워 소자수명이 짧고 질화갈륨과의 접착성이 나빠 소자의 안정적인 신뢰성을 제공하지 못하는 문제점들이 있다.

이러한 문제를 해결하고자 낮은 비접촉 저항값을 갖으면서도 높은 반사율을 제공하는 오믹컨택트 구조의 개발이 활발하게 연구되고 있다.

미국 공개특허 2003-0143772A1 및 미국 공개특허 2002-0179914A1에는 p형 클래드층 위에 인듐산화물을 적층한 구조가 개시되어 있으나, 접촉저항이 높은 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 낮은 접촉저항과 높은 반사율을 제공할 수 있는 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 발광층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서, 상기 발광층으로부터 출사된 광을 반사하는 반사층; 및 상기 반사층과 상기 p형 클래드층 사이에 인듐산화물에 첨가원소가 첨가되어 형성된 오믹컨택트층;을 구비한다.

상기 첨가원소는 Mg, Ag, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr, La 계열의 원소 중 적어도 하나를 포함하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 인듐산화물에 대한 상기 첨가원소의 첨가비는 0.1 내지 49 오토믹 퍼센트로 적용된다.

상기 반사층은 은, 로듐, 아연 중 어느 하나로 형성된다.

또한, 상기 오믹컨택트층은 0.1 나노미터 내지 100나노미터의 두께로 형성된다.

상기 n형 클래드층 하부에 기판이 형성되어 있고, 상기 기판은 광을 투과하는 소재로 형성된다.

또한, 상기의 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법은 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 발광층을 갖는 질화물계 발광소자의 제조방법에 있어서, 가. 기판 위에 n형 클래드층, 발광층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 첨가원소를 첨가한 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 나. 상기 오믹컨택트층 위에 반사층을 형성하는 단계; 및 다. 상기 나 단계를 거친 적층 구조체를 열처리하는 단계;를 포함한다.

상기 오믹컨택트층 형성단계에서 상기 인듐산화물에 첨가되는 상기 첨가원소는 Mg, Ag, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr, La 계열의 원소 중 적어도 하나를 포함한다.

상기 열처리단계는 200℃ 내지 700℃에서 수행된다.

또한, 상기 열처리단계는 상기 적층구조체가 내장된 반응기 내에 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 수행된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 열처리단계는 상기 적층구조체가 내장된 반응기 내를 진공상태로 유지한 상태에서 수행된다.

상기 열처리단계는 10초 내지 2시간 동안 수행되는 것이 바람직하다.

또한, 상기 오믹컨택트층 형성단계는 전자빔 증착기, 열증착기, 이중형의 열증착기 중 어느 하나에 의해 형성하는 것이 바람직하다.

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

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 P형 전극구조체를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, p형 전극구조체(30)(40)는 오믹컨택트층(30) 및 반사층(40)을 구비한다.

도시된 예에서는 III족 질화물계로 구현되는 발광소자의 발광층을 중심으로 상호 대향되게 형성되는 n형 클래드층과 p형 클래드층 중 오믹특성 개선이 요구되는 p형 클래드층과 p형 전극구조체간의 특성을 실험하기 위하여 기판(10) 위에 III족 질화물계 p형 클래드층(20)을 형성시키고, p형 클래드층(20) 위에 오믹컨택트층(30) 및 반사층(40)을 순차적으로 적층시킨 구조가 도시되어있다.

p형 클래드층(20)은 III족 질화화합물에 p형 도펀트가 첨가된 것이 적용된다.

여기서, III족 질화화합물은 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 화합물을 말한다.

또한, p형 도펀트는 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 적용될 수 있다.

오믹콘택트층(30)은 인듐산화물(In_2O_3)에 특성 개선용 첨가원소가 함유되어 형성된다.

첨가원소는 인듐산화물의 밴드갭(band gap), 전자친화도(electron affinity) 및 일함수(work function)를 조절하여 오믹 특성이 향상된 오믹콘택트층(30)을 형성시킬 수 있는 소재가 적용된다.

오믹콘택트층(30)의 첨가원소로 적용될 수 있는 바람직한 소재로서는 p형 클래드층(20)의 실효 캐리어 농도를 높일 수 있고, p형 클래드층(20)을 이루고 있는 화합물 중 질소 이외의 성분과 우선적으로 반응성이 좋은 금속이 적용된다. 예를 들면 GaN계 화합물이 적용되는 경우 오믹콘택트층(30)은 질소보다 갈륨(Ga)에 대해 우선적으로 반응이 되는 첨가원소가 인듐산화물(In_2O_3)에 첨가된다.

이 경우, 일 예로서 질화갈륨(GaN)을 주성분으로 하는 p형 클래드층(20)의 경우 앞서 설명된 특성을 갖는 오믹콘택트층(30)에 의해 p형 클래드층(20)의 갈륨(Ga)과 오믹콘택트층(30)의 반응에 의해 p형 클래드층(30)의 표면에 갈륨 공공(vacancy)을 형성하게 된다. p형 클래드층(20)에 형성되는 갈륨 공공은 p형 도펀트로 작용하므로 p형 클래드층(20)과 오믹콘택트층(30)과의 반응에 의해 p형 클래드층(20) 표면의 실효 p형 캐리어 농도를 증가시키게 된다.

또한, 오믹콘택트층(30)은 형성 과정에서 p형 클래드층 표면 위에 잔류하며 p형 클래드층(20)과 오믹콘택트층(30)과의 계면에서 캐리어 흐름에 장애물 역할을 하는 자연산화층인 갈륨산화물(Ga_2O_3)과 반응하여 투명 전도성 산화물을 형성할 수 있는 소재가 적용된다. 이 경우 오믹콘택트층(30)과 p형 클래드층(20)과의 계면에서 터널링 전도 현상을 발생시켜 오믹특성을 향상시킬 수 있다.

이러한 조건을 만족시킬 수 있는 오믹콘택트층(30)의 인듐산화물에 첨가되는 첨가원소는 Mg, Ag, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr, La 계열의 원소 중 적어도 하나가 적용된다.

바람직하게는 인듐산화물에 대한 첨가원소의 첨가비율은 0.1 내지 49 오토믹(atomic)퍼센트 범위내에서 적용된다. 여기서 오토믹 퍼센트는 첨가되는 원소수 상호간의 비율을 말한다.

더욱 바람직하게는 오믹콘택트층(30)의 두께는 0.1 나노미터 내지 100나노미터 정도로 형성된다.

반사층(40)은 p형 전극구조체에서 최상층에 해당하고, 플립칩 발광소자 제작공정에서 일반적으로 적용되는 온도 범위인 300도 내지 600도에서 표면퇴화(surface degradation) 발생이 억제되고, 산화에 안정하며, 특성이 변하지 않으면서도 높은 반사능을 그대로 지닐 수 있는 물질을 적용한다.

바람직하게는 반사층(40)은 이러한 조건을 만족시키는 은(Ag), 로듐(Rh), 아연(Zn) 중 어느 하나로 형성한다.

더욱 바람직하게는 반사층(40)의 두께는 10 나노미터 내지 1000나노미터 정도로 형성한다.

오믹콘택트층(30) 및 반사층(40)은 전자빔증착기에 의해 형성한다.

또한, 오믹콘택트층(30) 및 반사층(40)은 스퍼터링(sputtering)방식을 제외한 공지된 다양한 증착방법 예를 들면 PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 열증착기(thermal evaporator), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator) 등에 의해 형성할 수 있다.

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

스퍼터링방식은 p형 전극구조체 형성과정에서 질화갈륨계 p형클래드층(30)이 플라즈마에 의한 손상을 입어 절연체로 변화되기 때문에 적용하기 어렵다.

또한, 오믹콘택트층(30) 및 반사층(40)은 증착 후 열처리공정을 거친다.

열처리(annealing)는 200℃ 내지 700℃ 에서 진공 또는 가스 분위기에서 10초 내지 2시간 정도 열처리한다.

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

이하에서는 이러한 p형 전극구조체를 제조하는 공정의 실시 예를 설명한다. 다만, 본 발명은 이들 실시 예를 통해 예시된 공정에 국한되는 것은 아니다.

먼저, 기판(10)위에 질화갈륨(GaN)을 주성분으로 한 p-형 클래드층(20)이 형성된 구조체를 트리클로로에틸렌, 아세톤, 메탄올, 증류수로 조음과 세척기(ultrasonic bath) 안에서 60℃에서 각각 5 분씩 표면 세척한 후, 시료에 남아 있는 수분을 제거하기 위하여 100℃ 에서 10분 동안 하드 베이킹(hard baking)을 하였다.

이후, 포토레지스트(photo-resist)를 p형 클래드층(20) 위에 4,500 rpm에서 스핀코팅(spin coating)하였다. 그 후 85℃ 에서 15분 동안 소프트 베이킹(soft baking)하고, 마스크 패턴을 현상하기 위하여 마스크와 시료를 일치

(align) 시킨 다음에 22.8 mW의 강도의 자외선(UV)에 15초 동안 노출시키고, 현상액과 증류수의 비를 1:4로 혼합한 용액 속에 시료를 침지시켜 25초 정도 경과시켜 현상하였다.

그 후, BOE 용액을 이용해 현상된 시료에 있는 오염층을 제거하기 위하여 5분간 침지 시켰으며, 전자빔 증착기(electron-beam evaporator)를 이용하여 오믹컨택트층(30)을 증착하였다.

오믹컨택트층(30)은 분말상의 인듐산화물과 산화마그네슘(MgO)을 9:1정도로 혼합한 후 소결하여 형성한 반응대상체를 전자빔 증착기 챔버내의 반응대상체 장착스테이지에 장착하여 증착하였다.

오믹컨택트층(30) 증착 이후 은으로 반사층(40)을 증착한 다음, 아세톤으로 리프트 오프(lift-off) 공정을 거친 후, 급속 가열로(rapid thermal annealing : RTA)안에 시료를 넣어 공기 분위기 하에서 330℃ 내지 530℃ 에서 1분 동안 열처리하여 전극구조체를 제조하였다.

이하에서는 질화갈륨(GaN)을 주성분으로 한 p형 클래드층(20) 위에 앞서 설명된 p형 전극구조체를 형성한 후에 대한 실험결과를 도 2 내지 도 4를 참조하여 설명한다.

도 2 내지 도 4는 $4-5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 의 캐리어 농도를 갖는 질화갈륨(GaN)을 주성분으로 한 p형 클래드층(20)위에 앞서 열거된 첨가원소 중의 하나인 마그네슘이 인듐산화물에 함유되게 오믹컨택트층(30) 및 은으로 반사층(40)을 각각 두께를 달리 적용하여 순차적으로 증착에 의해 형성시킨 후, 공기 분위기에서 열처리하기 전과 330℃ 내지 530℃에서 열처리한 후에 대한 전기적 특성을 측정한 결과를 나타낸 그래프이다.

도 2는 오믹컨택트층(30)의 두께가 5nm, 반사층(40)의 두께가 100nm로 적용된 경우이고, 도 3은 오믹컨택트층(30)의 두께가 2.5nm, 반사층(40)의 두께가 200nm로 적용된 경우이며, 도 4는 오믹컨택트층(30)의 두께가 5nm, 반사층(40)의 두께가 200nm로 적용된 경우에 대한 전류-전압 특성을 측정한 결과이다.

도 2 내지 도 4를 통해 알 수 있는 바와 같이 열처리(annealing) 전에는 정류성 거동을 의미하는 비선형 전류-전압 특성을 보여주지만, 열처리 후에는 오믹접촉거동을 의미하는 선형적인 전류-전압 특성을 나타내고, $10^{-4} \sim 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ 정도의 낮은 비접촉저항을 갖는 것을 알 수 있다.

인듐산화물에 첨가요소를 첨가한 경우와 그렇지 않은 종래의 경우에 대한 특성을 비교하기 위한 실험결과가 도 5 및 도 6에 도시되어 있다.

도 5는 p형 클래드층 위에 인듐산화물 단독으로 2.5nm두께로 인듐산화물층을 증착하고, 인듐산화물 층 위에 알루미늄으로 200nm의 두께로 반사층을 증착한 후, 열처리과정 전과 공기분위기에서 530℃로 열처리한 후의 시료에 대한 전류-전압특성을 측정한 결과이다.

도 5를 통해 알 수 있는 바와 같이 인듐산화물 단독층에 의해서는 열처리와 관계없이 비선형 전류-전압특성을 갖는 것을 알 수 있다.

또한, 도 6은 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 마그네슘을 첨가한 오믹컨택트 층을 2.5nm두께로 증착하고, 오믹컨택트층 위에 티타늄(Ti)으로 10nm의 두께로 증착하고, 다시 그 위에 알루미늄으로 200nm의 두께로 반사층을 증착한 후, 열처리과정 전과 공기분위기에서 330℃ 내지 530℃로 열처리한 후의 시료에 대한 전류-전압특성을 측정한 결과이다.

도 6을 통해 알 수 있는 바와 같이 첨가원소를 인듐산화물에 첨가한 오믹컨택트층 위에 순차적으로 증착되는 층이 적절한 소재로 형성되지 않을 경우에는 열처리와 관계없이 선형적인 전류-전압특성이 얻어지지 않음을 알 수 있다.

이러한 비교결과로부터 본 발명의 오믹컨택트층(30) 및 반사층(40)의 기능을 살펴본다.

P형 클래드층(20)과 접촉하는 오믹컨택트층(30)의 전기적 특성을 결정하는 밴드갭(band gap), 전자친화도(electron affinity) 및 일함수(work function)를 조절하기 위해 인듐산화물에 첨가원소를 도핑 또는 혼합에 의해 첨가되어 형성된 오믹컨택트층(30) 형성 물질은 높은 빛 투과도와 높은 전도도의 특성을 갖는 산화물이다. 이러한 산화물로 형성된 오믹컨택트층(30)은 열처리 시 p형클래드층(20) 상부에 존재하는 산화층인 갈륨산화물(Ga_2O_3)와 반응하여 투명전도성 산화물인 GaInO_3 를 형성하여 표면에 갈륨공공을 형성하여 p형 클래드층(20) 표면부근의 실효 홀 농도를 증가고, 이때 형성된 산화물은 상당히 큰 일함수 값을 지니고 있으므로 p형 클래드층(20)과의 접촉시 쇼트키 장벽의 높이와 폭을 낮추어 오믹접촉 특성을 향상시킬 뿐만아니라 100%에 근접한 빛 투과도를 제공한다.

도 7은 도 1의 p형 전극구조체가 적용된 발광소자의 일 예를 나타내 보인 도면이다.

도면을 참조하면, 발광소자는 기관(110), 버퍼층(120), n형 클래드층(130), 발광층(140), p형 클래드층(150), 오믹컨택트층(230) 및 반사층(240)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다.

참조부호 180은 p형 전극패드이고, 190은 n형 전극 패드이다.

기관(110)은 투명소재 예를 들면 앞서 설명된 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 $Al_xIn_yGa_zN(0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1, 0 \leq x + y + z \leq 1)$ 로 표현되는 화합물 중 선택된 어느 화합물을 기본으로 하여 형성되고, n형 클래드층(130) 및 p형클래드층(150)은 해당 도펀트가 첨가된다.

또한, 발광층(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 도펀트로서는 Si, Ge, Se, Te등이 첨가되어 형성되고, p형 클래드층(150)은 GaN에 P형 도펀트로서는 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.

각 층의 형성방법은 앞서 설명된 증착방법 예를 들면 전자빔 증착기, PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 열증착기(thermal evaporator), 이중형의 열 증착기(dual-type thermal evaporator) 등에 의해 형성하면 된다.

오믹컨택트층(230)은 앞서 도 1을 통해 바와 같이 인듐산화물에 첨가원소가 첨가되어 형성되고, 반사층(240)은 은, 로듐, 아연 중 어느 하나로 형성한 후 열처리과정을 거치면 된다.

이러한 발광소자의 제작과정의 일 실시예를 설명한다.

먼저, p형 전극구조체를 증착하기 전까지의 InGaN을 주성분으로 한 기판, 버퍼층, n형 클래드층, 발광층 및 p형 클래드층까지 적층된 발광구조체의 노출된 p형 클래드층(150)의 표면처리와 전자빔 리쏘그래피 공정은 앞서 도 1을 통한 실시예에 기술된 방식과 동일하게 적용하였다.

그리고, 표면처리 및 전자빔 리쏘그래피 공정 이후 첨가원소로 적용된 마그네슘을 함유한 인듐산화물로 오믹컨택트층(230)과 은으로 반사층(240)을 전자빔증착기에 의해 순차적으로 증착한 후, 아세톤으로 리프트 오프(lift-off) 공정을 거친 후, 급속 가열로(rapid thermal annealing : RTA)안에 시료를 넣어 공기 분위기 하에서 530℃에서 1분 동안 열처리하여 발광 다이오드를 제조하였다.

본 발명에 따른 오믹컨택트층(230) 및 반사층(240)이 InGaN을 주성분으로 하는 청색 발광다이오드에 적용한 경우에 대한 동작전압 특성에 측정 결과가 도 8 및 도 9에 도시되어 있다. 이때 적용된 열처리는 530℃에서 공기분위기 하에서 수행되었다.

도 8은 오믹컨택트층(30)의 두께가 5nm, 반사층(40)의 두께가 100nm로 적용된 경우이고, 도 9는 오믹컨택트층(30)의 두께를 2.5nm 및 5nm로 각각 적용하되, 반사층(40)의 두께가 200nm로 적용된 각각의 경우에 대한 전류-전압 특성을 측정한 결과이다. 도면을 통해 알수 있는 바와 같이 본 발명의 p형 전극구조체가 적용된 발광소자는 20mA에서의 구동전압이 3.14V 내지 3.15V로서 구동특성이 향상됨을 보여준다.

도 10은 패키징된 MQW 구조의 발광층이 적용된 InGaN 청색발광소자에 있어서, p형 클래드층(150) 위에 두께를 달리한 오믹컨택트층(230)에 대해 공기분위기에서 열처리를 수행한 다음 동작전압(operating voltage)과 출력(output power)과의 관계를 측정한 결과를 나타내 보인 그래프이다. 도면을 통해 알 수 있는 바와 같이 오믹컨택트층(230)의 두께 및 은으로 된 반사층(240)의 두께 변동에 따라 출력이 변동됨을 알 수 있다. 따라서, 원하는 발광소자의 특성에 맞게 오믹컨택트층(230)과 반사층(240) 각각의 두께를 적절하게 적용하는 것이 바람직하다.

발명의 효과

지금까지 설명된 바와 같이 본 발명에 따른 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 의하면, p형 클래드층과의 오믹접촉 특성이 개선되어 플립칩 발광소자의 패키징 시 와이어 본딩 효율을 및 수율을 높일 수 있고, 낮은 비접촉 저항과 우수한 전류-전압 특성에 의해 소자의 발광효율 및 소자 수명이 향상시킬 수 있는 장점을 제공한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 발광층을 갖는 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 발광층으로부터 출사된 광을 반사하는 반사층; 및

상기 반사층과 상기 p형 클래드층 사이에 인듐산화물에 첨가원소가 첨가되어 형성된 오믹컨택트층;을 구비하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 첨가원소는 Mg, Ag, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr, La 계열의 원소 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 인듐산화물에 대한 상기 첨가원소의 첨가비는 0.1 내지 49 오토믹 퍼센트인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 반사층은 은, 로듐, 아연 중 어느 하나로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 0.1 나노미터 내지 100나노미터의 두께로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 n형 클래드층 하부에 기관이 형성되어 있고,

상기 기관은 광을 투과하는 소재로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 7.

제6항에 있어서, 상기 기관은 사파이어인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자.

청구항 8.

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

가. 기관 위에 n형 클래드층, 발광층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 위에 인듐산화물에 첨가원소를 첨가한 오믹컨택트층을 형성하는 단계와;

나. 상기 오믹컨택트층 위에 반사층을 형성하는 단계; 및

다. 상기 나 단계를 거친 적층 구조체를 열처리하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 오믹컨택트층 형성단계에서 상기 인듐산화물에 첨가되는 상기 첨가원소는 Mg, Ag, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr, La 계열의 원소 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 인듐산화물에 대한 상기 첨가원소의 첨가비는 0.1 내지 49 오토믹퍼센트인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 11.

제8항에 있어서, 상기 반사층 형성단계에서 상기 반사층은 은, 로듐, 아연 중 어느 하나로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 12.

제8항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 0.1 나노미터 내지 100나노미터의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 13.

제8항에 있어서, 상기 기관은 광을 투과시킬 수 있는 소재로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 14.

제13에 있어서, 상기 기판은 사파이어인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 15.

제8항에 있어서, 상기 열처리단계는

200℃ 내지 700℃에서 수행하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 16.

제15항에 있어서, 상기 열처리단계는 상기 적층구조체가 내장된 반응기 내에 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 수행되는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 17.

제15항에 있어서, 상기 열처리단계는 상기 적층구조체가 내장된 반응기 내를 진공상태로 유지한 상태에서 수행되는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 18.

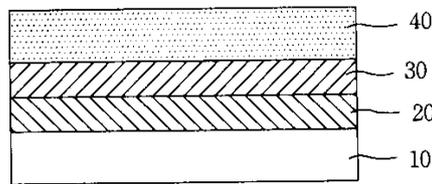
제15항에 있어서, 상기 열처리단계는 10초 내지 2시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 19.

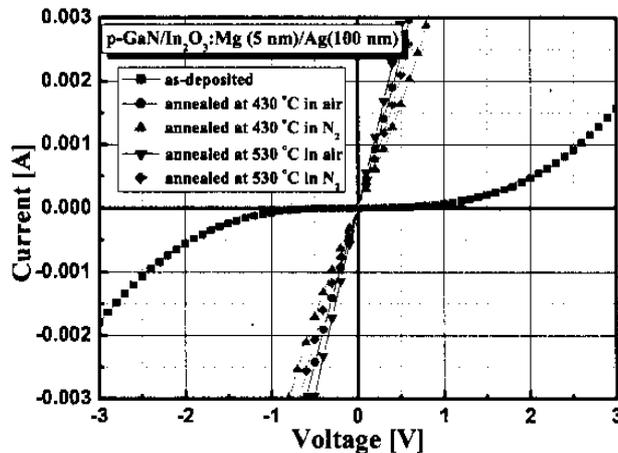
제8항에 있어서, 상기 오믹컨택트층 형성단계는 전자빔증착기, 열증착기, 이중형의 열증착기 중 어느 하나의 기기에 의해 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

도면

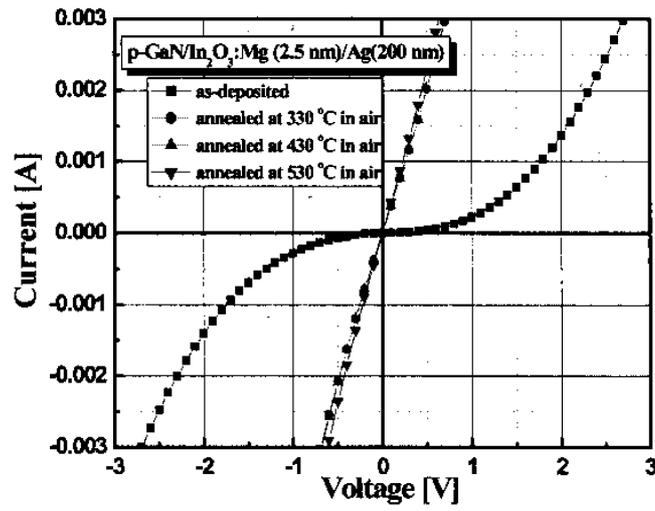
도면1



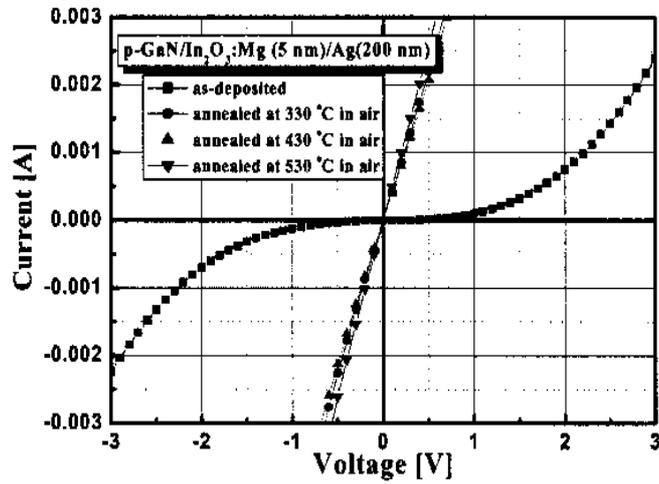
도면2



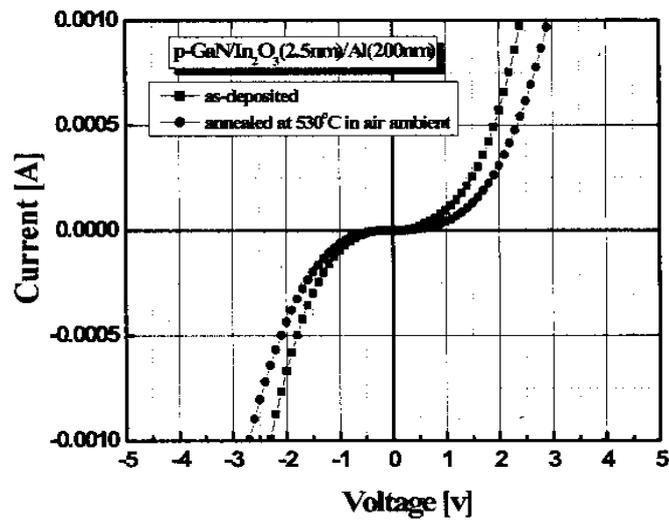
도면3



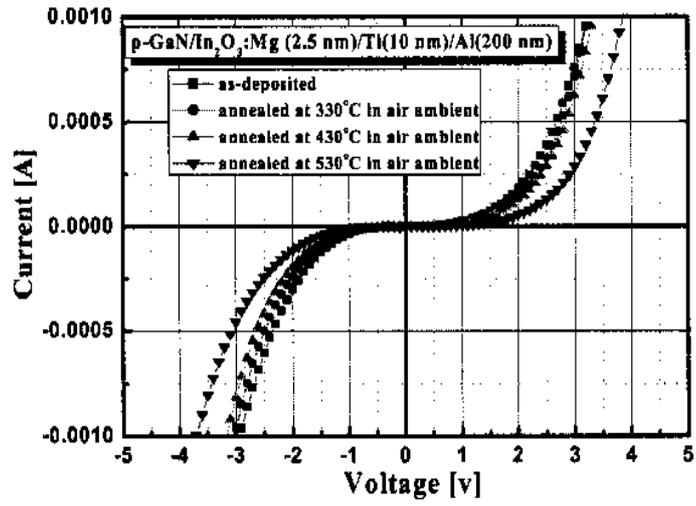
도면4



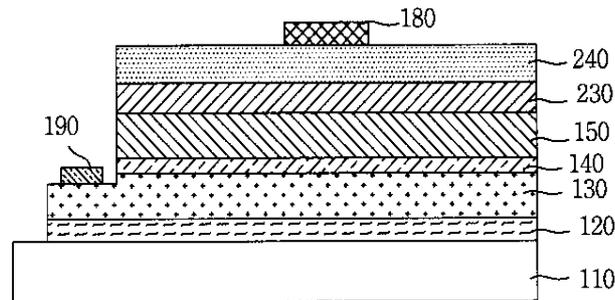
도면5



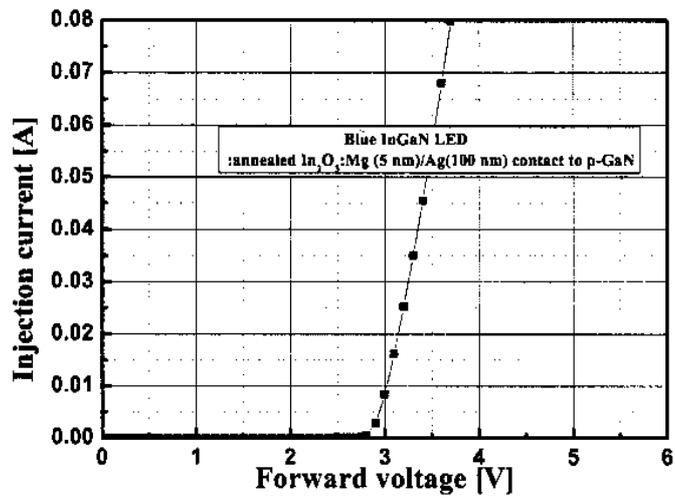
도면6



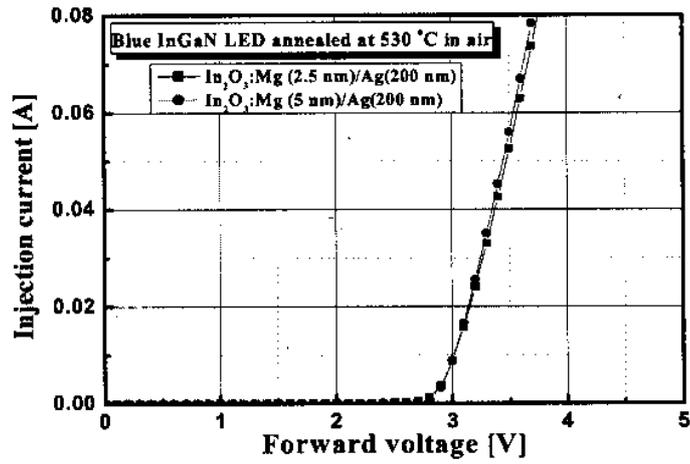
도면7



도면8



도면9



도면10

