

(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. (11) 공개번호 10-2006-0040422
H01L 33/00 (2006.01) (43) 공개일자 2006년05월10일

(21) 출원번호 10-2004-0090007
(22) 출원일자 2004년11월05일

(71) 출원인 광주과학기술원
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자 성태연
광주 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과
송준오
광주 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과
손정인
광주 북구 오룡동 1번지 광주과학기술원 신소재공학과

(74) 대리인 이재량

심사청구 : 있음

(54) 질화물계 발광소자의 제조방법

요약

본 발명은 질화물계 발광소자의 외부 양자효율을 증가시키기 위한 제조방법에 관한 것으로서, 기판 위에 n형 클래드층, 활성층, 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 p형 클래드층 상부에 마스크용 알루미늄층을 형성하는 단계와, 알루미늄층을 양극산화처리하여 다수의 홀을 형성하는 단계와, 홀을 통해 p형 클래드층의 표면을 일정 깊이 식각하는 단계와, 잔류된 알루미늄 산화층을 제거하는 단계와, p형 클래드층 위에 오믹컨택트층을 형성하는 단계를 포함한다. 이러한 질화물계 발광소자의 제조방법에 의하면, 활성층에서 생성된 빛의 외부로의 탈출 효율을 높일 수 있는 패턴구조를 규칙적이면서도 용이하게 형성할 수 있고, 오믹컨택트층의 접촉 면적의 증가로 인하여 오믹 접촉 특성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 제공할 수 있다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법에 따라 제조된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,

도 2는 도 1의 p형 클래드층 표면의 조직구조를 설명하기 위해 p형 클래드층의 표면을 도식적으로 나타내 보인 부분 발체 사시도이고,

도 3의 도 1의 p형 클래드층의 표면 조직 형성과정을 설명하기 위해 알루미늄층을 증착한 상태를 나타내 보인 단면도이고,
 도 4는 도 3의 알루미늄층을 양극산화처리하여 규칙적인 홀을 형성한 상태를 나타내 보인 단면도이고,
 도 5는 본 제조예에 따라 상호 다른 산성용액으로 알루미늄층을 양극산화처리했을 때에 형성된 홀구조를 촬상한 사진이고,
 도 6은 옥살산 용액으로 양극산화처리 시간을 달리했을 때의 홀크기 변화를 보여주기 위해 시간 경과에 따라 촬상한 사진이고,
 도 7은 도 4의 알루미늄 산화층의 홀을 통해 p형 클래드층을 식각한 상태를 나타내 보인 단면도이고,
 도 8은 본 발명의 제2실시예에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법에 따라 제조된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,
 도 9는 본 발명의 제3실시예에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법에 따라 제조된 발광소자를 나타내 보인 단면도이고,
 도 10는 본 발명의 제4실시예에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법에 따라 제조된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

< 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 >

110: 기판 130: n형 클래드층

140: 활성층 150, 152: p형클래드층

160, 161: 오믹컨택트층

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질화물계 발광소자의 제조 방법에 관한 것으로서, 상세하게는 발광소자의 내부에서 생성된 광의 외부로의 탈출 효율을 높일 수 있는 구조의 질화물계 발광소자의 제조 방법에 관한 것이다.

반도체 발광 소자는 일반적으로 n형클래드층과 p형클래드층 사이에 활성층을 갖는 샌드위치 구조로 되어 있다. 이러한 발광소자는 외부에서 n형 및 p형 클래드층과 접속된 전극을 통해서 바이어스를 인가하면 전하를 갖고 있는 전자와 홀이 활성층에서 재결합하는 과정을 통해 생성된 빛을 외부로 방사한다.

이러한 발광소자의 발광 효율은 반도체 박막 성장기술의 발달에 따라 더욱 향상되고 있다.

특히, 질화물계 발광소자는 반도체 박막 성장기술의 발달에 의해 가시광선에서부터 근 자외선까지의 폭넓은 파장대의 광을 제공할 수 있고, 양자 효율이 우수하여 교통 신호등용, 옥내/외 조명용, 자동차용 광원으로 그 이용분야가 확산되고 있다.

그런데, 이러한 질화물계 발광 소자는 활성층에서 생성된 빛이 전부 외부로 방사되지 못하고 내부에서 소진되어 일부만이 외부로 방사되기 때문에 발광효율이 높지 않은 문제점을 갖고 있다.

이를 보다 상세하게 설명하면, 외부에서 질화물계 발광 소자에 바이어스를 인가할 때 활성층에서 생성된 빛은 활성층 내부에서 모든 방향으로 방사하게 되는데, 질화물계 반도체들의 굴절률 값이 공기와 발광 소자 칩을 둘러싸고 있는 캡소재인 에폭시의 굴절률 값에 비해서 너무 크기 때문에, 공기 또는 에폭시로 방사되는 경우 어떤 임계 각도 보다 작은 각도로 방사되는 빛만이 외부로 탈출하게 된다. 즉, 공기의 굴절율은 1이고, 에폭시의 굴절율이 1.5이고, 질화물계 반도체의 굴절율이 2.5인 경우 스넬(Snell)의 법칙에 따라 굴절률이 큰 영역인 질화물계 반도체에서 생성되는 빛이 굴절률이 작은 영역인 공

기 또는 예폭시로 방사되는 경우에 전반사조건에 해당하는 임계 각도 보다 작은 각도로 방사되는 빛은 외부로 탈출하고, 임계 각도보다 큰 각도를 갖는 빛은 반도체/공기 간의 계면에서 반사하게 되어 반도체 물질 내부로 흡수된다. 이렇게 반도체 내로 흡수되는 빛에 의해 발광소자의 외부 발광효율이 떨어짐과 아울러 발광 소자의 수명에도 악영향을 미친다. 따라서 활성층에서 생성된 빛 중에서 반도체 물질 내로 반사되는 빛의 양을 최대한 감소시키는 것이 중요하다.

최근에는 반도체 내로 반사되는 빛의 양을 최소화하기 위한 여러 방법들이 제안되고 있고, 대표적인 방법으로서 표면 거칠기 증가를 통한 방법, 광 결정 밴드 갭 효과를 이용한 방법 및 빛의 굴절률이 큰 투명 물질을 이용한 오믹전극 형성 방법들이 있다.

표면 거칠기 증가를 통한 방법으로서 Shnitzer, et al. [APL, 63, 2174 (1993)]은 수 마이크로미터 이하의 직경을 갖는 폴리스티렌 구(polystyrene sphere)를 새도우 마스크(shadow mask)로 사용하여 RIE(reactive ion etching) 건식에칭 공정에 의해 반도체 표면의 거칠기를 높일 수 있는 방안을 제시하였다. 그런데 이러한 방식은 폴리스티렌구를 규칙적으로 정렬시키기 어렵기 때문에 식각된 부분의 규칙성이 떨어져 균일한 성능의 발광소자를 제조할 수 없으며 양산에 적용할 수 없는 단점이 있다.

발광소자의 빛의 탈출 효율을 증가시키는 또 다른 방법으로 미국특허 제 5,779,924호에는 포토레지스터를 이용하여 반도체 표면이나 소자내부의 계면에 주기적인 패턴(periodic pattern)을 만드는 방법이 개시되어 있다. 그런데 이 방법은 마스크가 요구되고 및 노광과정을 거쳐야하기 때문에 제조공정이 복잡한 단점이 있다.

그 밖에 빛의 탈출효율을 증가시키는 또 다른 방법으로서 발광소자의 표면 위에 있는 얇은 박막의 금속층 사이에서 광자들을 표면 플라즈몬 모드(surface plasmon mode)로 쌍을 짓게 하는 방법이 문헌[Knock, et al., Applied Physics Letters 57, Pgs. 2327 (1990)]에 개시되어 있다. 상기 문헌에 개시된 방법은 공정 재현성을 높이기 어려운 문제점이 있다.

또한, 질화물계 발광 소자에서 빛의 외부로의 탈출율을 증가시키는 또 다른 방법으로서 광 결정 밴드 갭 효과를 이용한 방법들이 문헌[H. X. Jiang, et al., Applied Physics Letters 84, Pgs. 466 (2004)]을 통해 보고된 바 있다. 그런데 상기 방법은 식각 공정시 소자의 전기적인 특성을 손상시키는 문제점이 있고, 이빔리소공정을 이용하기 때문에 생산성이 떨어지는 단점이 있다.

이와 같이 질화물계 발광소자의 내부에서 생성된 광의 외부로의 탈출율을 높이기 위한 종래의 방법들은 공정이 복잡하고, 공정 중에 반도체의 전기적인 특성에 손상을 주며, 공정 재현성이 떨어져 대량 생산에 적용하기 어려운 문제점들을 갖고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위하여 창안된 것으로서, 발광소자의 내부에서 생성된 광의 외부로의 탈출효율을 높일 수 있는 구조를 용이하게 제조할 수 있는 질화물계 발광소자의 제조방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

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 p형 클래드층 상부에 마스크용 알루미늄층을 형성하는 단계와; 나. 상기 알루미늄층을 양극산화처리하여 다수의 홀을 형성하는 단계와; 다. 상기 홀을 통해 상기 p형 클래드층의 표면을 일정 깊이 식각하는 단계와; 라. 상기 다 단계를 거쳐 잔류된 알루미늄 산화층을 제거하는 단계와; 마. 상기 p형 클래드층 위에 오믹컨택트층을 형성하는 단계;를 포함한다.

바람직하게는 상기 나단계에서 상기 양극산화처리는 산성용액에 상기 알루미늄층이 침적되게 하고, 상기 발광구조체에 바이어스를 인가한다.

또한 상기 산성용액은 인산, 옥살산, 황산 중에서 선택된 어느 하나가 적용되는 것이 바람직하고, 상기 알루미늄층은 500 나노미터 내지 3 마이크로미터로 형성한다.

또한, 상기 마 단계 이후 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것이 바람직하다.

상기 오믹컨택트층은 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), 알루미늄(Al), 란타(La) 원소계열의 금속 중에서 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)가 결합되어 형성된 것을 포함하고, 상기 투명 전도성 질화물은 타이타늄(Ti)과 질소(N)를 함유하여 형성된다.

본 발명의 또 다른 측면에 따르면 n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광 소자의 제조방법에 있어서, 가. 기판 위에 n형 클래드층, 활성층 및 p형 클래드층이 순차적으로 적층된 발광구조체의 상기 p형 클래드층 상부에 오믹컨택트층을 형성하는 단계와; 나. 오믹컨택트층 상부에 알루미늄층을 형성하는 단계와; 다. 상기 알루미늄층을 양극산화처리하여 다수의 홀을 형성하는 단계와; 라. 상기 홀을 통해 상기 오믹컨택트층의 표면으로부터 일정 깊이 식각하는 단계와; 마. 상기 라 단계를 거쳐 잔류된 알루미늄 산화층을 제거하는 단계;를 포함한다.

상기 오믹컨택트층은 5 나노미터 내지 1000나노미터의 두께로 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 오믹컨택트층 상부에 은(Ag), 로듐(Rh), 알루미늄(Al) 중에서 선택된 어느 하나의 소재로 200 나노미터 내지 10000 나노미터로 반사층을 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.

또한, 상기 오믹컨택트층에 식각에 의해 형성된 홈 각각에 상기 오믹컨택트층 보다 굴절율이 높은 소재의 산화물로 산화물층을 더 형성하는 단계;를 더 포함하고, 상기 산화물층 형성이후에 상기 알루미늄 산화층을 제거할 수 있다.

이하, 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명의 바람직한 질화물계 발광소자의 제조방법을 보다 상세하게 설명한다.

도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법에 따라 제조된 발광소자를 나타내 보인 단면도이다.

도면을 참조하면, 질화물계 발광 소자는 기판(110), 버퍼층(120), n형 클래드층(130), 활성층(140), p형 클래드층(150), 오믹컨택트층(160)이 순차적으로 적층된 구조로 되어 있다. 참조부호 170은 p형 전극패드이고, 180은 n형 전극패드이다.

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 AlGaIn/GaN MQW로 형성되며, p형 클래드층(150)은 GaN에 P형 도펀트로서 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.

p형 클래드층(150)은 도 2에 확대 도시된 바와 같이 상면에 규칙적으로 일정 깊이 함몰되게 어레이되어 형성된 다수의 홈(151)을 갖는 구조로 되어 있다.

p형 클래드층(150)에 형성된 홈(151)은 직경이 500 nm 이하의 크기를 갖고 깊이가 10 nm 이하로 형성되며, 홈과 홈 사이의 간격은 250 nm 이하로 형성되는 것이 바람직하다.

오믹컨택트층(160)은 p형클래드층(150) 위에 형성되어 있다.

오믹컨택트층(160)은 투명 전도성 소재로 적어도 한층 이상으로 형성된다.

즉, 오믹컨택트층(160)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), 금(Au), 니켈(Ni), 타이타늄(Ti), 망간(Mn), 알루미늄(Al), 란탄(La) 원소계열의 금속 중에서 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)가 결합된 투명전도성 산화물 또는 타이타늄(Ti)과 질소(N)를 함유하여 형성된 투명전도성 질화물로 형성된다.

바람직하게는, 오믹컨택트층(160)의 두께는 5 나노미터 내지 1000 나노미터로 형성한다.

n형 클래드층(130)과 n형 전극패드(180) 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(170)는 니켈(Ni)/금(Au) 또는 은(Ag)/금(Au)이 순차적으로 적층된 층구조가 적용될 수 있다.

한편, 도시되지는 않았지만 플립칩형의 경우 오믹컨택트층(160) 위에 반사층이 더 형성된다.

반사층은 은(Ag), 로듐(Rh), 알루미늄(Al) 중에서 선택된 어느 하나의 소재로 200 나노미터 내지 10000 나노미터로 형성하는 것이 바람직하다.

이러한 구조에서 기판(110)으로부터 p형클래드층(150)까지가 발광구조체에 해당한다.

이하에서는 상술한 구조의 발광소자의 제조방법을 도 3 내지 도 7을 함께 참조하면서 이하에서 설명한다.

먼저, 기판(110) 위에 n형 클래드층(130), 활성층(140) 및 p형 클래드층(150)을 순차적으로 형성하고, p형 클래드층(150) 상부에 도 3에 도시된 바와 같이 알루미늄층(210)을 형성한다.

바람직하게는 알루미늄층(210)은 500 나노미터 이상 3 마이크로미터 이하의 두께로 고순도 알루미늄(99.999% Al)을 열 증착기, 이빔 증착기, 스퍼터링, 레이저 증착기 등의 공지된 증착방법을 이용하여 증착한다. 알루미늄층(210) 증착 이후에는 300 내지 500℃에서 진공, 질소, 또는 아르곤 등의 분위기에서 열처리 한다. 알루미늄층(210)에 대한 열처리공정을 생략될 수 있음은 물론이다.

다음은 알루미늄층(210)을 적어도 1회 이상의 양극산화처리에 의해 도 4에 도시된 바와 같이 매트릭스상으로 규칙적인 홀(121a)을 갖는 양극 알루미늄산화층(212)(Anodic Aluminum oxide; AAO)을 형성한다. 여기서 홀(121a)은 p형 클래드층(150)의 표면까지 형성한다.

이러한 홀(121a)을 갖는 알루미늄산화층(212)의 형성과정을 설명하면, 먼저, 알루미늄층(210)을 1차 양극산화처리한다. 여기서 양극산화처리는 산성용액에 알루미늄층(210)이 침적되게 하고, 발광구조체에 바이어스를 인가하는 것을 말한다. 산성용액은 인산(phosphoric acid), 옥살산(oxalic acid), 황산(sulfuric acid) 용액 중에서 선택된 어느 하나가 적용되는 것이 바람직하다.

1차 양극산화처리 과정을 거치면 전기 화학적 반응에 의해 알루미늄층(210)이 표면으로부터 내측으로 산화되면서 표면으로부터 내부쪽으로 규칙적인 골이 형성된다.

다음은 1차 양극산화처리에 의해 산화된 부분을 예칭액 예를 들면, 인산과 크롬산이 혼합된 용액으로 제거한다. 알루미늄층(210) 중 산화된 부분을 제거하면 1차 양극산화처리과정에서 형성된 골에 대응되게 잔류된 알루미늄층(210)의 표면이 규칙적으로 골을 갖게 된다.

이후 다시 산성용액 속에서 잔류된 알루미늄층을 2차 양극 산화처리하여 1차 양극산화처리과정에서 형성된 골에 대응되는 위치에 p형 클래드층(150) 표면까지 규칙적인 홀을 형성시킨다.

이와는 다르게 1차 양극산화처리 과정만으로 알루미늄층(210)을 p형클래드층(150)의 상면까지 연장되며 규칙적으로 어레이된 홀(121a)을 갖는 알루미늄 산화층(121)을 형성하는 경우 앞서 설명된 1차 양극산화처리 과정 이후의 나머지 과정은 생략될 수 있음은 물론이다. 또 다르게는 앞서와 같은 방법에 의해 양극산화처리과정을 3회 이상 반복하는 방법이 적용될 수 있음은 물론이다.

이러한 양극산화처리과정을 상호 다른 산성용액 즉, 인산, 옥살산 및 황산을 각각 이용하여 형성한 알루미늄산화층(212)에 대해 촬영한 사진이 도 5에 도시되어 있다. 도 5를 통해 알 수 있는 바와 같이 규칙적인 홀(212a)을 갖는 알루미늄산화층(212)이 형성되고, 적용되는 산성용액에 따라 홀의 크기가 달라짐을 알 수 있다.

한편, 알루미늄산화층(212)에 형성된 홀(212a)의 크기는 양극산화처리과정의 적용시간을 조절하면 홀의 크기를 조절할 수 있고, 그 실험예의 결과가 도 6에 도시되어 있다. 도 6을 통해 알 수 있는 바와 같이 산성용액으로 적용한 옥살산에 침적하여 바이어스를 인가한 상태에서 시간의 경과에 따라 알루미늄산화층의 홀의 직경이 확대됨을 알 수 있다.

이렇게 홀(212a)을 갖는 알루미늄산화층(212)은 이후의 공정에서 새도우마스크 역할을 한다.

원하는 크기의 홀(212a)이 규칙적으로 어레이된 알루미늄산화층(212)을 형성한 다음에는 도 7에 도시된 바와 같이 알루미늄산화층(212)의 홀(212a)을 통해 노출된 p형 클래드층(150)의 표면을 일정 깊이 식각한다. p형 클래드층(150)의 표면 식각은 건식 또는 습식 등 적절한 방법을 적용하면 되고 앞서 설명된 바와 같이 홈(151)의 깊이가 10 nm 이하가 되게 식각 처리한다.

이후 알루미늄산화층(212)을 제거하면 도 2에 도시된 바와 같이 500나노미터 이하의 크기의 홈(151)이 규칙적으로 배열된 표면 조직 구조의 p형 클래드층(150)이 형성된다.

다음으로는 홈(151)이 형성된 p형 클래드층(150) 위에 오믹컨택트층(160)을 형성한다.

오믹컨택트층(160)은 앞서 설명된 투명전도성 소재로 전자빔 증착기, PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator), 스퍼터링(sputtering) 등 공지된 증착방식에 의해 형성하면 된다.

또한, 오믹컨택트층(160)을 형성하기 위해 적용되는 증착온도는 20 내지 1500 범위내에서, 증착기 내의 압력은 대기압 내지 10-12 토르 정도에서 수행한다.

또 다른 한편으로는, 투명전도성 소재로 오믹컨택트층(160)을 형성한 이후 광 결정 밴드 갭(photonic crystal band gap)과, 발광된 빛의 파장대역 조절, 또는 오믹컨택트층(160)의 전기적 특성을 향상시키기 위해 원소주기율표 상에 있는 모든 금속 또는 그 금속 산화물 중에서 선택된 적어도 하나이상을 첨가할 수 있음은 물론이다.

오믹컨택트층(160)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.

이러한 양극산화처리방식을 이용하여 오믹컨택트층도 규칙적인 홈 또는 홀을 갖는 조직 구조로 형성할 수 있음은 물론이고 그 일례가 도 8에 도시되어 있다.

앞서 도시된 도면에서와 동일 기능을 하는 요소는 동일 참조부호로 표기한다.

도 8을 참조하면, 발광소자의 오믹컨택트층(161)은 규칙적인 다수의 홈(162)을 갖는 구조로 되어 있다.

이러한 구조의 발광소자의 제조과정을 설명하면, 먼저, 기판(110)으로부터 p형 클래드층(152) 및 오믹컨택트층(161)까지 앞서 설명된 소재 및 증착방법에 의해 증착한 후, 오믹컨택트층(161) 위에 알루미늄층을 형성한다.

다음은 알루미늄층을 양극산화처리하여 다수의 홀을 형성시킨다. 양극산화처리를 거쳐 오믹컨택트층(161)의 상면까지 연장되게 규칙적인 홀을 갖는 알루미늄산화층의 홀을 통해 오믹컨택트층(161)의 표면으로부터 내부 일부 까지 제거되게 식각하여 홈(162)을 형성한다.

이후, 앞서 설명된 바와 같이 오믹컨택트층(161)을 형성한 이후 광 결정 밴드 갭(photonic crystal band gap)과, 발광된 빛의 파장대역 조절, 또는 오믹컨택트층(161)의 전기적 특성을 향상시키기 위해 원소주기율표 상에 있는 모든 금속 또는 그 금속 산화물 중에서 선택된 적어도 하나 이상을 첨가할 수 있음은 물론이다.

마지막으로 오믹컨택트층(161)을 열처리 한다.

이와는 다르게 알루미늄층을 이용한 양극산화처리에 의해 형성된 홀을 통해 도 9에 도시된 바와 같이 오믹컨택트층(161)의 상면으로부터 p형 클래드층(152)의 상면까지 관통되게 홀(163)을 형성시킨 구조로 형성시킬 수 있음은 물론이다.

또 다르게는 오믹컨택트층(161)에 형성된 홈(162) 또는 홀(163)에 오믹컨택트층(161) 보다 굴절율이 큰 산화물로 산화물 어레이층을 형성할 수 있음은 물론이고, 도 10에는 도 8의 오믹컨택트층(161)의 홈(162)에 산화물층(190)을 형성한 구조의 일 예가 도시되어 있다.

도 10을 참조하면, 산화물층(190)은 오믹컨택트층(161)의 홈배열구조와 대응되게 매트릭스상으로 어레이되어 있다, 산화물층(190)을 형성하는 산화물의 소재로서는 앞서 설명된 투명전도성 소재 중 오믹컨택트층(161)에 적용된 소재와는 다르면서 오믹컨택트층(161)에 적용된 소재 보다 굴절율이 높은 소재를 적용하는 것이 바람직하다.

이러한 구조의 발광소자는 양극산화처리된 알루미늄 산화층을 통해 오믹컨택트층(161)에 식각에 의해 형성된 홈 각각에 오믹컨택트층 보다 굴절율이 높은 산화물로 산화물층을 형성한 다음, 알루미늄 산화층을 제거하고, 이후 열처리과정을 거치면 된다.

발명의 효과

지금까지 설명된 바와 같이, 본 발명에 따른 질화물계 발광소자의 제조방법에 의하면, 활성층에서 생성된 빛의 외부로의 탈출 효율을 높일 수 있는 패턴구조를 규칙적이면서도 용이하게 형성할 수 있고, 오믹컨택트층의 접촉 면적의 증가로 인하여 오믹 접촉 특성이 개선되어 우수한 전류-전압 특성을 제공할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

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 상부에 마스크용 알루미늄층을 형성하는 단계와;

나. 상기 알루미늄층을 양극산화처리하여 다수의 홀을 형성하는 단계와;

다. 상기 홀을 통해 상기 p형 클래드층의 표면을 일정 깊이 식각하는 단계와;

라. 상기 다 단계를 거쳐 잔류된 알루미늄 산화층을 제거하는 단계와;

마. 상기 p형 클래드층 위에 오믹컨택트층을 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 나단계에서 상기 양극산화처리는 산성용액에 상기 알루미늄층이 침적되게 하고, 상기 발광구조체에 바이어스를 인가하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 3.

제2항에 있어서, 상기 산성용액은 인산, 옥살산, 황산 중에서 선택된 어느 하나가 적용되는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 알루미늄층은 500 나노미터 내지 3 마이크로미터로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 마 단계 이후 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 6.

제1항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 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), 알루미늄(Al), 란탄(La) 원소계열의 금속 중에서 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)가 결합되어 형성된 것을 포함하고,

상기 투명 전도성 질화물은 타이타늄(Ti)과 질소(N)를 함유하여 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 7.

n형 클래드층과 p형 클래드층 사이에 활성층을 갖는 질화물계 발광 소자의 제조방법에 있어서,

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

나. 오믹컨택트층 상부에 알루미늄층을 형성하는 단계와;

다. 상기 알루미늄층을 양극산화처리하여 다수의 홀을 형성하는 단계와;

라. 상기 홀을 통해 상기 오믹컨택트층의 표면으로부터 일정 깊이 식각하는 단계와;

마. 상기 라 단계를 거쳐 잔류된 알루미늄 산화층을 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 8.

제7항에 있어서, 상기 다단계에서 상기 양극산화처리는 산성용액에 상기 알루미늄층이 침적되게 하고, 상기 발광구조체에 바이어스를 인가하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 9.

제8항에 있어서, 상기 산성용액은 인산, 옥살산, 황산 중에서 선택된 어느 하나가 적용되는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 10.

제7항에 있어서, 상기 알루미늄층은 500 나노미터 내지 3 마이크로미터로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 11.

제7항에 있어서, 상기 마 단계 이후 열처리하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 12.

제7항에 있어서, 상기 오믹컨택트층은 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), 알루미늄(Al), 란탄(La) 원소계열의 금속 중에서 적어도 하나 이상의 성분과 산소(O)가 결합되어 형성된 것을 포함하고,

상기 투명 전도성 질화물은 타이타늄(Ti)과 질소(N)를 함유하여 형성된 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

청구항 13.

제12항에 있어서,

상기 오믹컨택트층은 5 나노미터 내지 1000나노미터의 두께로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광 소자의 제조방법.

청구항 14.

제7항에 있어서,

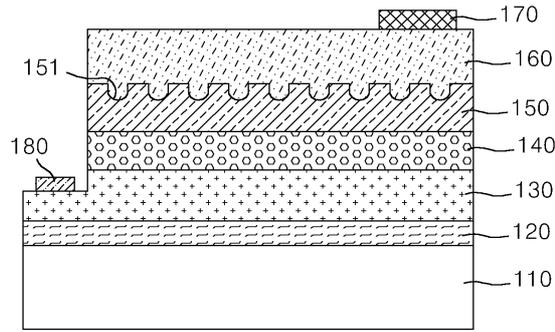
상기 마단계 이후 상기 오믹컨택트층 상부에 은(Ag), 로듐(Rh), 알루미늄(Al) 중에서 선택된 어느 하나의 소재로 200 나노미터 내지 10000 나노미터로 반사층을 형성하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광 소자의 제조방법.

청구항 15.

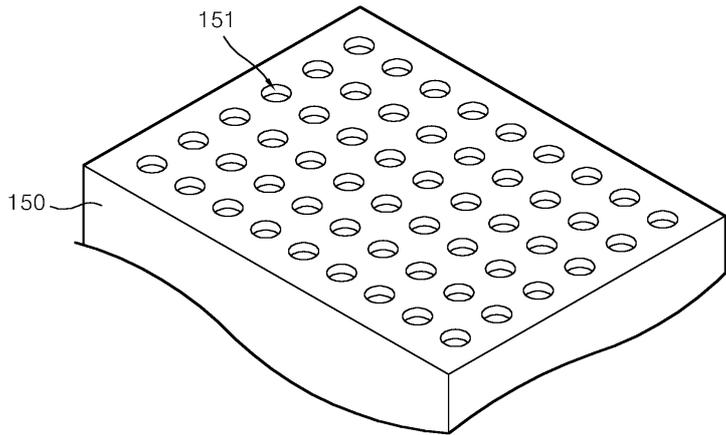
제7항에 있어서, 상기 라 단계 이후 상기 오믹컨택트층에 식각에 의해 형성된 홈 각각에 상기 오믹컨택트층 보다 굴절율이 높은 소재의 산화물로 산화물층을 더 형성하는 단계;를 더 포함하고, 상기 산화물층 형성이후에 상기 알루미늄 산화층을 제거하는 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자의 제조방법.

도면

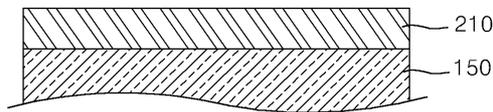
도면1



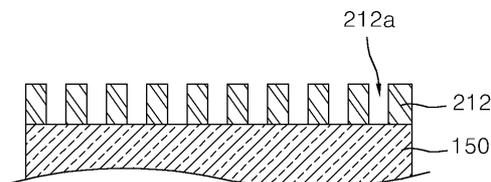
도면2



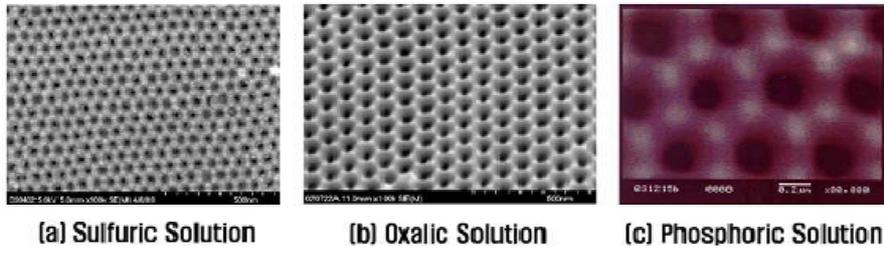
도면3



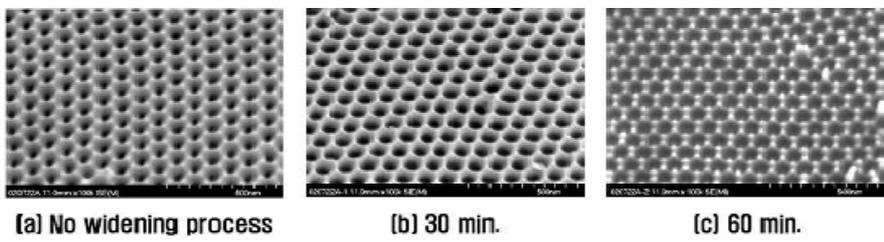
도면4



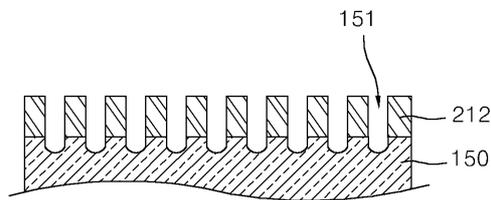
도면5



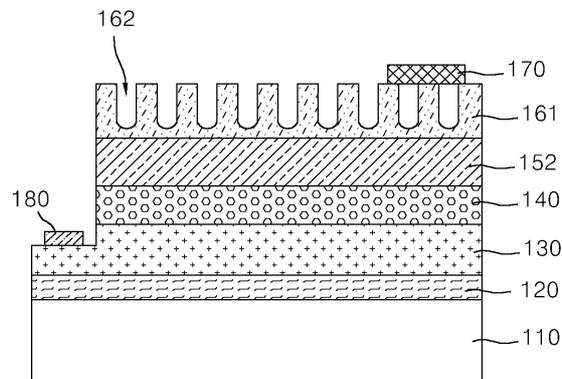
도면6



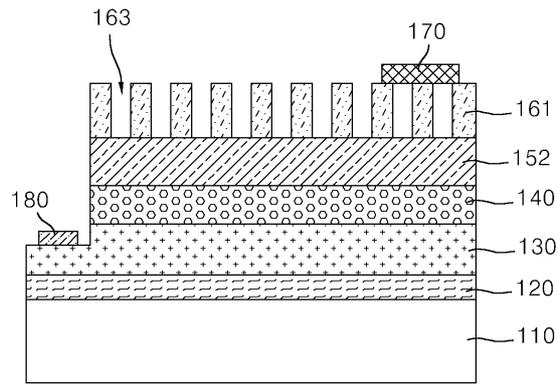
도면7



도면8



도면9



도면10

