



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 33/00 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2006년12월26일 10-0661602 2006년12월19일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호 (22) 출원일자 심사청구일자	10-2005-0120599 2005년12월09일 2005년12월09일	(65) 공개번호 (43) 공개일자
----------------------------------	---	------------------------

(73) 특허권자 삼성전기주식회사
 경기 수원시 영통구 매탄3동 314번지

(72) 발명자 이재훈
 경기 수원시 영통구 매탄동 825-27 (3/1)-202

 이정희
 대구 북구 산격동 1370번지 경북대학교 전자전기 공학부

 조현익
 대구 북구 산격동 1370번지 경북대학교 전자전기공학부

 김대길
 대구 북구 산격3동 1370번지 경북대학교 전자전기공학부

 노재철
 서울 동대문구 답십리3동 470-5

(74) 대리인 특허법인화우

심사관 : 신주철

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 수직 구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 수직 구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에 관한 것으로서, 특히 실리콘 기판 상에 질화물계 버퍼층을 형성하는 단계와, 상기 질화물계 버퍼층 상에 p형 질화갈륨층과 활성층 및 n형 질화갈륨층을 순차적으로 형성하는 단계와, 상기 n형 질화갈륨층 상에 n형 전극을 형성하는 단계와, 상기 n형 전극 상에 도금 시드층을 형성하는 단계와, 상기 도금 시드층 상에 구조지지층을 형성하는 단계와, 상기 실리콘 기판을 습식 식각하여 제거하되, 과도 식각하여 하부 p형 질화갈륨층의 표면에 거칠기를 형성하는 단계 및 상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 p형 전극을 형성하는 단계를 포함하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법을 제공한다.

대표도

도 5e

특허청구의 범위

청구항 1.

실리콘 기판 상에 질화물계 버퍼층을 형성하는 단계;

상기 질화물계 버퍼층 상에 p형 질화갈륨층과 활성층 및 n형 질화갈륨층을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 n형 질화갈륨층 상에 n형 전극을 형성하는 단계;

상기 n형 전극 상에 도금 시드층을 형성하는 단계;

상기 도금 시드층 상에 구조지지층을 형성하는 단계;

상기 실리콘 기판을 습식 식각하여 제거하되, 과도 식각하여 하부 p형 질화갈륨층의 표면에 거칠기를 형성하는 단계; 및

상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 p형 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 질화물계 버퍼층은, AlN을 사용하여 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 3.

제2항에 있어서,

상기 AlN은, 1000℃ 이상의 온도에서 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 p형 질화갈륨층은, 상기 활성층에서 발광하는 광 파장의 $\lambda/4$ 두께를 가지게 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 5.

제4항에 있어서,

상기 p형 질화갈륨층은, 500nm 이상의 두께를 가지게 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 실리콘 기판을 제거하는 습식 식각 공정은, 식각용액으로 KOH용액을 사용하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 p형 전극을 형성하는 단계 이전에, 상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 투명 도전체층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 8.

제7항에 있어서,

상기 투명 도전체층은, CIO/ITO로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 n형 전극은, Ta/Ti/Al/Ni/Au 또는 Al/Ti로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 10.

제1항에 있어서,

상기 p형 전극은, Ni/Au로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 11.

제1항에 있어서,

상기 도금 시드층은, Cr/Au로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 12.

제1항에 있어서,

상기 구조지지층은, Ni, Au 및 Cu로 이루어진 그룹 중 선택된 어느 하나의 금속으로 전해 또는 무전해 도금하여 형성하는 것을 특징으로 하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 수직 구조(수직전극형) 질화갈륨계(GaN) 발광 다이오드(Light Emitting Diode; 이하, 'LED'라 칭함) 소자의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 광추출 효율을 높여 외부양자효율을 향상시키는 동시에 소자의 전반적인 제조 공정을 단순화할 수 있는 수직 구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에 관한 것이다.

일반적으로 질화갈륨계 LED는 사파이어 기판 상에 성장하지만, 이러한 사파이어 기판은 단단하고 전기적으로 부도체이며 열전도 특성이 좋지 않아 질화갈륨계 LED의 크기를 줄여 제조원가를 절감하거나, 광출력 및 칩의 특성을 개선시키는데 한계가 있다. 특히, LED의 고출력화를 위해서는 대전류 인가가 필수이기 때문에 LED의 열 방출 문제를 해결하는 것이 중요하다. 이러한 문제를 해결하기 위한 수단으로, 종래에는 레이저 리프트 오프(Laser Lift-Off: LLO; 이하, 'LLO' 라 칭함)를 이용하여 사파이어 기판을 제거한 수직구조 질화갈륨계 LED 소자가 제안되었다.

그러나, 종래의 수직구조 질화갈륨계 LED에 있어서, 활성층에서 생성된 광자가 LED 외부로 방출되는 효율(이하, '외부양자효율'이라 칭함)이 저하되는 문제점이 있었다.

도 1은 종래 기술에 따른 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 외부양자효율 감소 문제점을 설명하기 위한 도면으로, 도 1을 참조하여 상기 문제점을 상세히 설명하면, 상기 활성층에서 생성된 광자가 공기의 굴절율(N_2)보다 더 높은 굴절율(N_1)을 가지는 질화갈륨(GaN)층을 통과한 후 공기 중으로 탈출하기 위해서는, 상기 질화갈륨층으로부터 공기 중으로 입사하는 상기 광자의 입사각(θ_1)이 임계각(θ_c) 미만이어야 한다.

이때, 상기 광자가 공기 중으로 탈출하는 탈출각(θ_2)이 90° 일때의 상기 임계각 θ_c 는, $\theta_c = \sin^{-1}(N_2/N_1)$ 로 정의될 수 있고, 상기 질화갈륨층에서 굴절율이 1인 공기 중으로 빛이 진행할 때의 상기 임계각은 약 23.6° 가 된다.

만약, 상기 입사각(θ_1)이 상기 임계각(θ_c) 이상이 된다면, 상기 광자는 상기 질화갈륨층과 공기의 계면에서 전반사되어 다시 LED 내부로 돌아가서 상기 LED 내부에 갇히게 됨으로써, 외부양자효율이 매우 감소하게 되는 문제가 발생한다.

상기와 같은 외부양자효율의 감소 문제를 해결하기 위해서, 미합중국 공개특허 공개번호 US20030222263에서는, n형 질화갈륨층의 표면에 반구형상의 볼록패턴을 형성함으로써, 상기 질화갈륨층으로부터 공기 중으로 입사하는 광자의 입사각(θ_1)을 임계각(θ_c) 미만으로 낮추어 주었다.

그러면, 이하 도 2 내지 도 4를 참조하여 상기한 미합중국 공개특허 공개번호 US20030222263에 개시되어 있는 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에 대하여 살펴본다.

도 2a 내지 도 2c는 미합중국 공개특허 공개번호 US20030222263에 개시되어 있는 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 공정단면도이고, 도 3a 내지 도 3c는 상기 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 공정확대단면도이며, 도 4는 도 2a 내지 도 2c 및 도 3a 내지 도 3c에 의해 제조된 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 단면도이다.

먼저, 도 2a에 도시한 바와 같이, 사파이어 기판(24) 상에 질화갈륨을 포함하는 LED 구조물(16) 및 p형 전극(18)을 형성한 후, 상기 p형 전극(18) 상에 제1Pb층(26) 및 In층(28)을 형성한다. 그리고, 실리콘(Si) 기판(20) 하면에는 제2Pb층(30)을 형성한다.

그 다음, 도 2b에 도시한 바와 같이, 상기 제2Pb층(30)이 형성된 상기 실리콘 기판(20)을 상기 제1Pb층(26) 및 In층(28)이 형성된 상기 p형 전극(18) 상에 접합한다.

그 다음, 도 2c에 도시한 바와 같이, LLO 공정을 통해 상기 사파이어 기판(24)을 제거한다.

그런 다음, 도 3a에 도시한 바와 같이, 상기 사파이어 기판(24)이 제거된 후 노출된 상기 LED 구조물(16)의 표면(좀 더 상세히 표현한다면, n형 질화갈륨층 표면)의 소정 부분에 포토레지스트 패턴(32)을 형성한다.

그 다음, 도 3b에 도시한 바와 같이, 상기 리플로우(re-flow) 공정을 통해 상기 포토레지스트 패턴(32)을 반구 형상으로 만든다.

그 다음, 도 3c에 도시한 바와 같이, 이방성 식각(anisotropic etching) 방법을 통해 상기 LED 구조물(16)의 표면을 식각함으로써, 상기 LED 구조물(16) 표면을 반구 형상으로 패터닝시킨다.

마지막으로, 상기 LED 구조물(16) 상에 n형 전극(34)을 형성하면, 도 4에 도시한 바와 같이, 상기 LED 구조물(16)의 표면이 패터닝된 수직구조 질화갈륨계 LED 소자를 완성하게 되었다.

그러나, 상기 미합중국 공개특허 공개번호 US20030222263에 개시되어 있는 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에 따라 제조된 LED 소자에 있어서, 10 μ m 이하의 상기 LED 구조물(16: ThinGaN)을 다룰 경우에 있어서는, 서브(Sub) 지지대인 실리콘 기판을 사용한다 하여도 상기 포토레지스트 패턴(32) 작업 및 후속 공정에 어려움이 있어 수율이 매우 낮아지는 문제가 있었다.

또한, 상기 외부양자효율을 향상시키기 위한 패턴은 반구 형상의 볼록한 패턴으로 LED 구조물의 표면에 형성되기 때문에, 패턴을 형성가능한 면 즉, LED 구조물의 표면이 제한되므로, 상기 반구 형상의 볼록한 패턴을 적용함으로써 얻을 수 있는 외부양자효율의 개선효과가 충분하지 않다. 따라서, 당 기술분야에서는 외부양자효율의 개선효과를 극대화할 수 있는 새로운 방안이 요구되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여, 질화물계 버퍼층을 사용하여 실리콘 기판 상에 별도의 도핑 공정 없이 p형 질화갈륨층을 형성하고, 상기 실리콘 기판을 제거하는 습식 식각 공정을 통해 p형 질화갈륨층의 표면에 광을 산란시킬 수 있는 거칠기를 줌으로써, 광추출효율을 향상시켜 외부양자효율의 개선효과는 동시에 소자의 전반적인 제조 공정을 단순화시킬 수 있는 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법을 제공하는데 있다.

발명의 구성

상기한 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 실리콘 기판 상에 질화물계 버퍼층을 형성하는 단계와, 상기 질화물계 버퍼층 상에 p형 질화갈륨층과 활성층 및 n형 질화갈륨층을 순차적으로 형성하는 단계와, 상기 n형 질화갈륨층 상에 n형 전극을 형성하는 단계와, 상기 n형 전극 상에 도금 시드층을 형성하는 단계와, 상기 도금 시드층 상에 구조지지층을 형성하는 단계와, 상기 실리콘 기판을 습식 식각하여 제거하되, 과도 식각하여 하부 p형 질화갈륨층의 표면에 거칠기를 형성하는 단계 및 상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 p형 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 수직구조 질화갈륨계 발광다이오드 소자의 제조방법을 제공한다.

또한, 상기 본 발명의 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에서, 상기 버퍼층은, 1000 $^{\circ}$ C 이상의 고온 AlN층을 사용하여 형성하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 본 발명의 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에서, 상기 실리콘 기판을 제거하는 습식 식각 공정은, 식각용액으로 KOH용액을 사용하는 것이 바람직하다.

또한, 상기 본 발명의 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에서, 상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 p형 전극을 형성하는 단계 이전에, 상기 거칠기가 형성된 p형 질화갈륨층 상에 투명 도전체층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 바람직하다.

또한, 상기 본 발명의 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에서, 상기 n형 전극은, 반사도와 접착성을 고려하여 Al/Ti로 형성하고, 상기 p형 전극은, Ni/Au로 형성하는 것이 바람직하다.

이하 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 병기하였다.

이제 본 발명의 일 실시예에 따른 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조방법에 대하여 도면을 참고로 하여 상세하게 설명한다.

우선, 본 발명의 일 실시예에 따른 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조 방법에 대하여 도 5a 내지 5e를 참고로 하여 상세히 설명한다.

도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조 방법을 순차적으로 나타낸 공정단면도이다.

우선, 도 5a에 도시한 바와 같이, 결정 방향이 (111)인 상면을 가지는 실리콘 기판(100) 상에 MOCVD 공법으로 질화물 단결정 성장 공정을 통해 AlN 버퍼층(110)을 형성한다. 이때, 상기 AlN 버퍼층(110)은, 1000°C 이상의 고온에서 성장시켜 형성하는 것이 바람직하다.

그리고, 상기 AlN 버퍼층(110) 상에 p형 질화갈륨층(121)을 형성한다. 이때, 상기 p형 질화갈륨층(121)의 두께는, 후속 공정에 의해 표면에 형성될 거칠기의 형성 마진을 확보하기 위해 약 $\lambda/4$ 로 500nm 이상 두껍게 형성하는 것이 바람직하다.

특히, 본 발명에 따른 상기 p형 질화갈륨층(121)은, 질화갈륨 단결정층에 별도의 p형 도핑 공정을 진행하여 형성하는 것이 아니라, 질화갈륨 단결정 성장시, 하부에 위치하는 실리콘 기판(100)으로부터 확산되어 온 양쪽성(amphoteric) 특성을 가지는 실리콘(Si) 원자가 응력(tensile strain)을 갖는 질화갈륨층에 억셉터(accepter)로 작용하여 형성된다. 보다 상세하게, 상기 실리콘 기판(100)으로부터 확산되어 온 실리콘(Si) 원자가 응력을 가지는 질화갈륨층의 질소(N) 원자와 결합하여 SiN을 형성하여 억셉터로써 작용하는 것으로 질화갈륨층이 p형 특성을 가지게 한다(Phys. Stat. Sol(c) No.1, 425~429, 2002, Appl. Phys. letters, Vol.73, p1188~1988, 참조).

또한, 상기와 같이 제조된 p형 질화갈륨층(121)은, 일반적으로 질화갈륨층 내에 도핑된 p형 이온을 활성화시키기 위해 진행하는 열처리 공정을 생략하는 것이 가능하다. 도 6은 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층의 열처리에 따른 홀의 농도 및 이동도의 변화를 나타낸 그래프이며, 이에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층(121)은, 열처리 온도 변화에 따라 p형 특성을 지는 이온의 농도(concentration) 변화가 거의 없을 뿐만 아니라 그에 따른 이동도(mobility) 변화 또한 거의 없는 것을 알 수 있다.

따라서, 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층은 종래 기술에 따라 제조된 p형 질화갈륨층에 비해 별도의 p형 이온을 도핑하는 도핑 공정 및 이를 활성화시키기 위한 열처리 공정을 생략하는 것이 가능하여 제조 공정을 단순화하는 이점이 있다.

그런 다음, 도 5b에 도시한 바와 같이, 상기 p형 질화갈륨층(121) 상에 활성층(124) 및 n형 질화갈륨층(126)을 순차적으로 결정성장시켜 p형 질화갈륨층(121)과 활성층(124) 및 n형 질화갈륨층(126)이 순차 적층되어 있는 구조의 발광 구조물(120)을 형성한다.

그 다음, 도 5c에 도시한 바와 같이, 상기 n형 질화갈륨층(126) 상에 n형 전극(130)을 형성한다. 이때, 상기 n형 전극(130)은 반사막의 역할을 하는 것이 가능하다. 한편, 상기 n형 전극(130) 상에 별도의 반사 역할을 하는 반사막(도시하지 않음)을 형성할 수도 있다. 본 실시예에서는 상기 n형 전극(130)을 Ta/Ti/Al/Ni/Au 또는 Al/Ti 사용하여 형성하였다.

또한, 본 실시예에서는 상기 n형 전극(130)으로, Ta/Ti/Al/Ni/Au로 형성한 다음, 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층(121)의 특성을 알아보기 위해 n형 전극 특성을 확인한 결과, 이는 도 7에 도시된 바와 같이, 정상적으로 쇼тки(schottky) 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그런 다음, 상기 n형 전극(130) 상에 Cr/Au를 사용하여 도금 시드층(140)을 형성한 다음, 그 위에 Ni, Au, Cu 등과 같은 전해 도금 또는 무전해 도금 공정을 진행하여 도금층으로 이루어진 구조지지층(150)을 형성한다. 이때, 상기 도금 시드층(130)은, 구조지지층 형성을 위한 전해 도금 또는 무전해 도금시, 도금 결정핵 역할을 한다.

그 다음, 도 5d에 도시한 바와 같이, 상기 실리콘 기판(100)을 습식 식각하여 제거하되, 과도(over) 식각하여 실리콘 기판(100) 하부에 위치하는 질화물계 버퍼층(110)과 p형 질화갈륨층의 표면 일부를 또한 식각하여 상기 p형 질화갈륨층의 표면에 광을 산란시킬 수 있는 거칠기(160)를 형성한다.

이때, 상기 거칠기(160)의 방향 및 구조는 식각되는 층의 결정방향에 의해 결정되며, 그에 따라, 광산란효과를 갖는 미세한 구조를 가질 수 있다. 바람직한 거칠기(160)를 얻기 위한 본 습식식각 공정은, 약 75 내지 100°C 온도에서 KOH와 같은 식각액을 이용하여 실시될 수 있다.

한편, 상기 거칠기(160)는 KOH와 같은 식각액을 이용하는 습식식각과 ICP-RIE를 이용하는 건식식각을 병행하여 형성할 수도 있다.

그 다음, 도 5e에 도시한 바와 같이, 상기 거칠기(160)가 형성된 p형 질화갈륨층(121) 상에 p형 전극(180)을 형성하고, 이후 레이저 스크라이빙, 습식식각 또는 건식식각 공정을 통하여 소자분리 공정을 수행하거나, 또는 소자분리 공정 후 상기 p형 전극(180)을 형성하여 수직형 구조를 가지는 질화갈륨계 LED 소자를 형성한다.

또한, 본 실시예에서는 상기 p형 전극(180)으로, Ni/Au로 형성한 다음, 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층(121)의 특성을 알아보기 위해 p형 전극 특성을 확인한 결과, 이는 도 8에 도시된 바와 같이, 정상적으로 오믹(ohmic) 특성을 나타내고 있음을 알 수 있다.

한편, 본 실시예에서는 전류확산효과를 향상시키기 위해, 선택적으로 상기 p형 전극(180)을 형성하기 전에, p형 질화갈륨층(121) 상부 전면에 CIO/ITO를 사용하여 투명 도전체층(170)을 형성할 수도 있다.

이상에서 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만, 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

발명의 효과

상기한 바와 같이, 본 발명은 질화물계 버퍼층을 사용하여 실리콘 기판 상에 별도의 도핑 공정 없이 p형 특성을 가지는 질화갈륨층을 형성하는 동시에, 도핑 이온을 활성화시키기 위한 열처리 공정 또한 생략 가능하여 소자의 전반적인 제조공정을 단순화할 수 있다.

또한, 본 발명은 p형 질화갈륨층 표면에 광을 산란시킬 수 있는 거칠기를 별도의 포토리소그래피 공정없이 용이하게 형성함으로써 광추출효율을 향상시켜 외부양자효율의 개선효과를 극대화시킬 수 있다.

따라서, 본 발명은 수직 구조 질화갈륨계 LED 소자의 특성 및 신뢰성을 향상시킬 수 있는 동시에 소자의 전반적인 제조공정을 단순화하여 제조 수율 또한 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 종래 기술에 따른 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 외부양자효율 감소 문제점을 설명하기 위해 나타낸 도면.

도 2a 내지 도 2c는 미합중국 공개특허 공개번호 US20030222263에 개시되어 있는 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 공정단면도.

도 3a 내지 도 3c는 상기 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 공정확대단면도.

도 4는 도 2a 내지 도 2c 및 도 3a 내지 도 3c에 의해 제조된 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 단면도.

도 5a 내지 도 5e는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직구조 질화갈륨계 LED 소자의 제조 방법을 순차적으로 나타낸 공정단면도.

도 6은 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층의 열처리에 따른 홀의 농도 및 이동도의 변화를 나타낸 그래프.

도 7은 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨에 따른 n형 전극의 전압 전류 특성을 나타낸 그래프.

도 8은 본 발명에 따라 제조된 p형 질화갈륨층에 따른 p형 전극의 전압 전류 특성을 나타낸 그래프.

<도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

100 : 실리콘 기판 110 : 버퍼층

120 : 발광 구조물 121 : p형 질화갈륨층

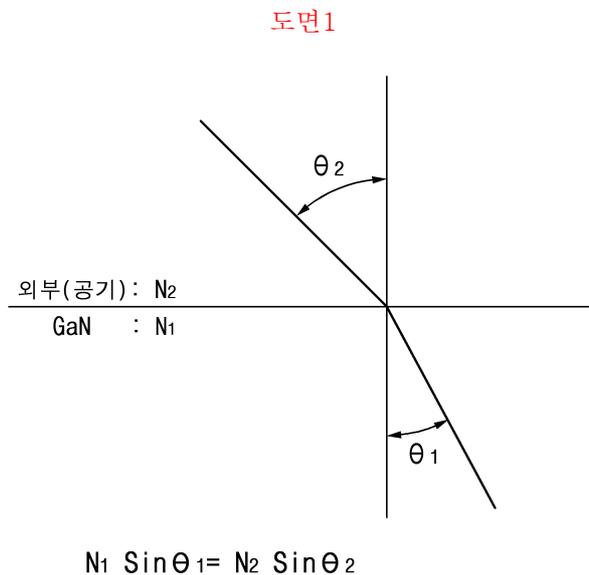
124 : 활성층 126 : n형 질화갈륨층

130 : n형 전극 140 : 도금 시드층

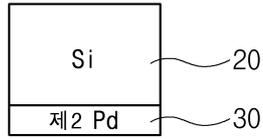
150 : 구조지지층 160 : 거칠기(roughen)

170 : 투명 도전체층 180 : p형 전극

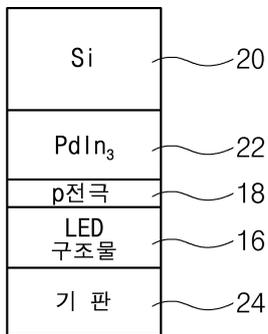
도면



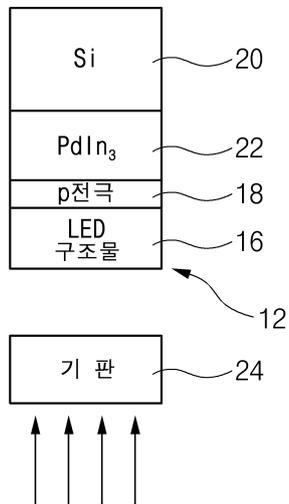
도면2a



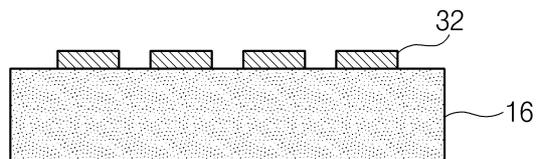
도면2b



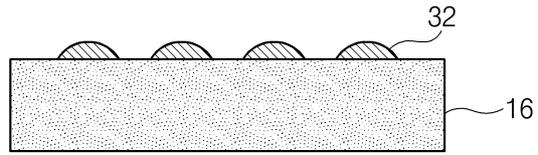
도면2c



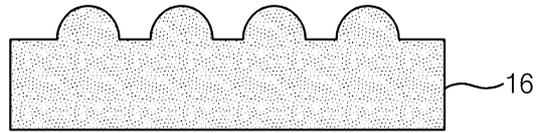
도면3a



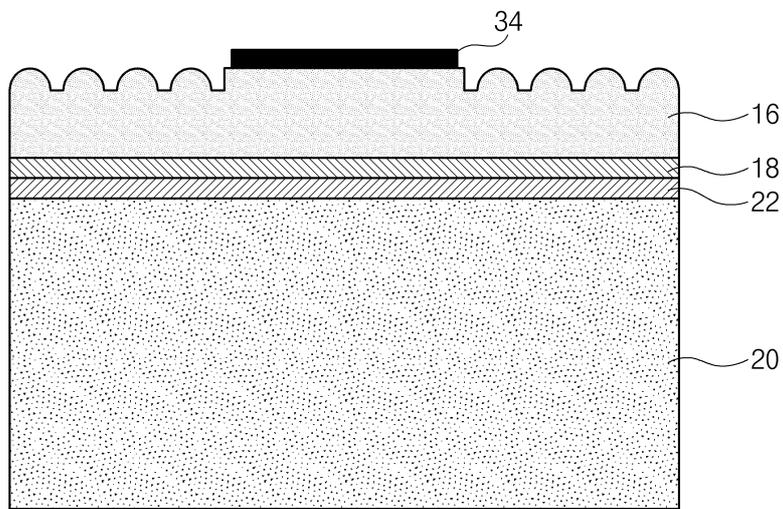
도면3b



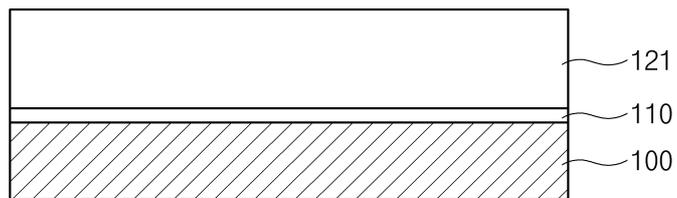
도면3c



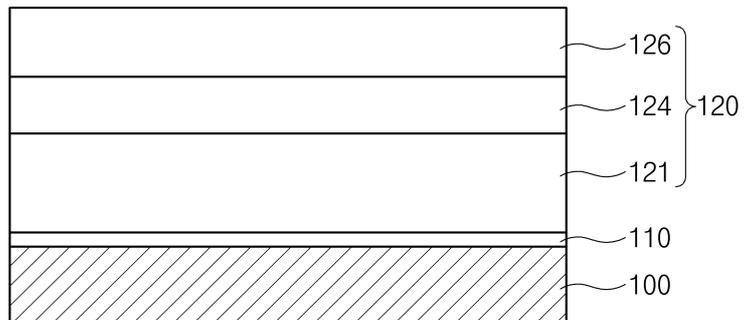
도면4



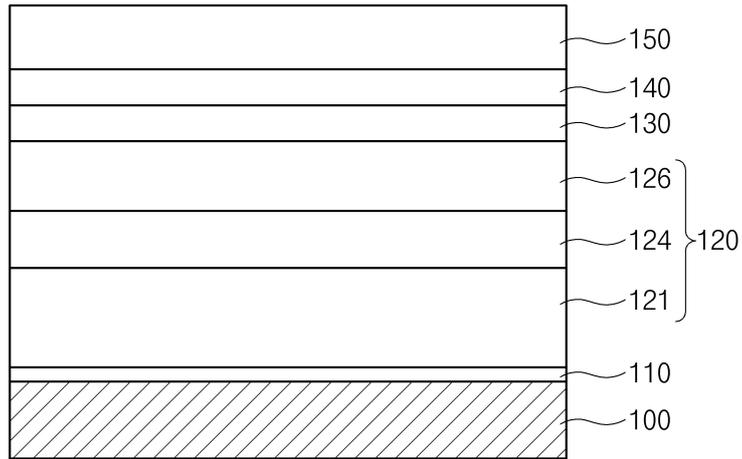
도면5a



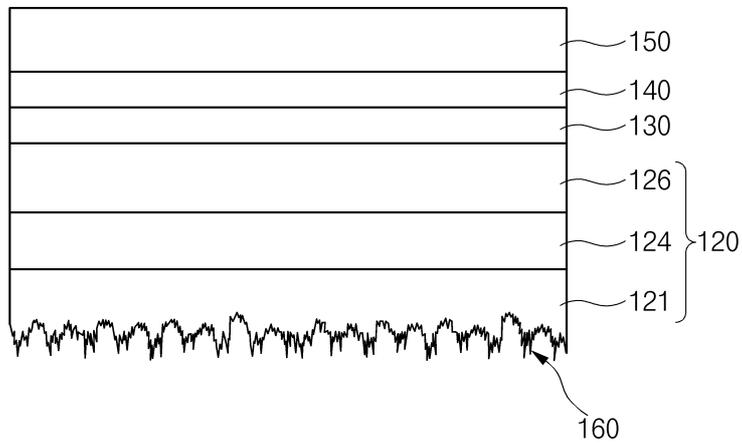
도면5b



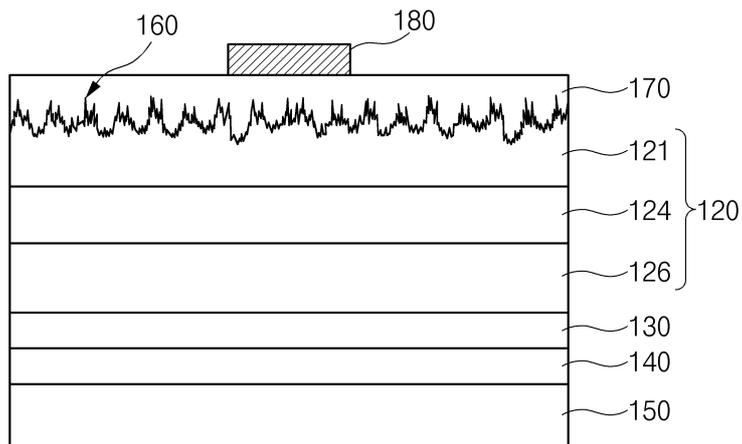
도면5c



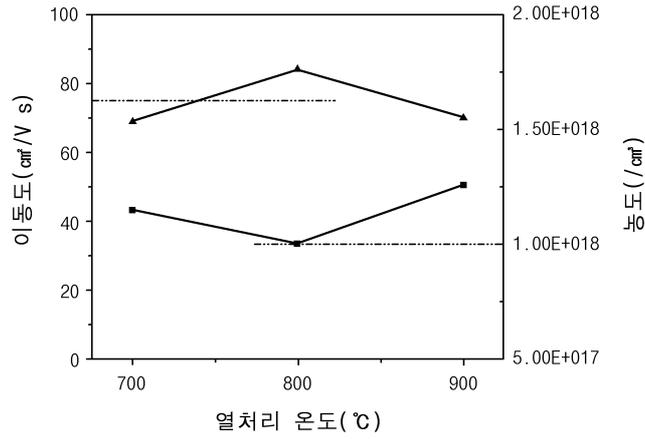
도면5d



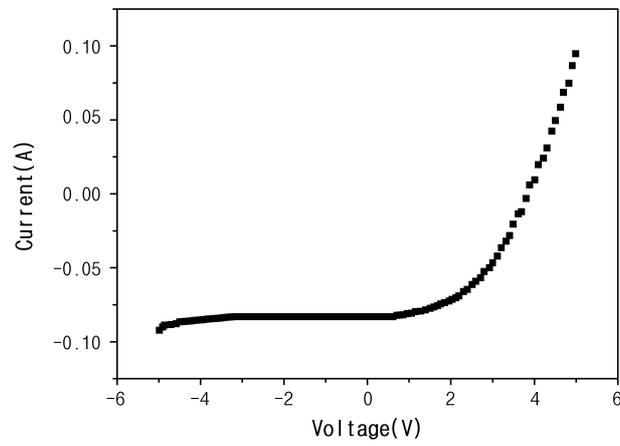
도면5e



도면6



도면7



도면8

