

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2020-0026410
(43) 공개일자 2020년03월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/32 (2010.01) H01L 33/06 (2010.01)

H01L 33/22 (2010.01) H01L 33/58 (2010.01)

(52) CPC특허분류

H01L 33/32 (2013.01)

H01L 33/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0103640

(22) 출원일자 2018년08월31일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이인환

서울특별시 성북구 종암로23길 35 205동 1403호
(종암동, 래미안세레니티아파트)

김태환

경기도 안양시 동안구 동안로 75 (호계동 목련신
동아아파트)901동 501호

(74) 대리인

장귀용, 김수진

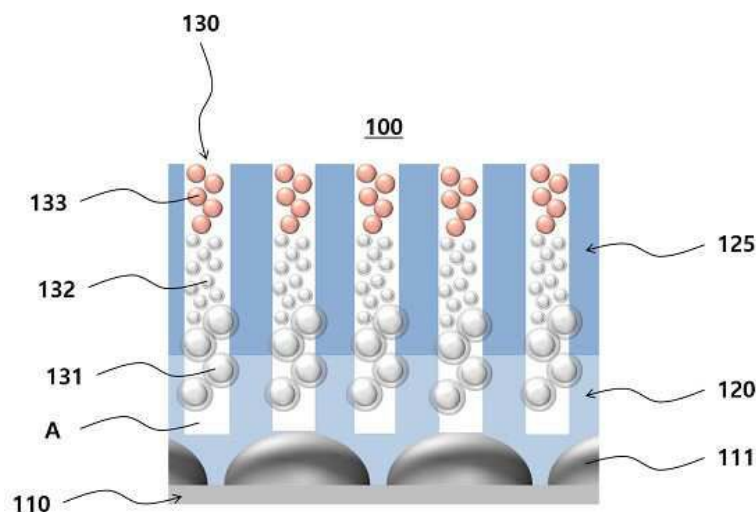
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED

(57) 요약

본 발명은, 렌즈 어레이 형상으로 패터닝된 패턴 사파이어 기관; 상기 패턴 사파이어 기관 상부에 순차적으로 적층 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층; 및 상기 제1 및 제2 GaN 도전층에 특정 형상으로 공간부가 패턴 형성되며, 상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 상부로부터 상기 공간부에 제1 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 유전체 나노입자층이 순차적으로 적층되고, 상기 중공나노구와 상기 나노입자 사이에는 공기층으로 채워지는 나노로드로 구성되어서, 수평층 단위별 굴절률이 점진적으로 변화하도록 하도록 하여 광추출 효율을 보다 향상시킬 수 있는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED를 개시한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 33/22 (2013.01)

H01L 33/58 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415158058

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 초절전LED융합기술개발

연구과제명 고효율 고수율 특성을 갖는 초소형 uLED100um이하 에피 칩 제작 및 응용제품 상용화 모듈 개발

기 여 율 1/1

주관기관 서울바이오시스 주식회사

연구기간 2018.04.01 ~ 2018.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

렌즈 어레이 형상으로 패터닝된 패턴 사파이어 기관;

상기 패턴 사파이어 기관 상부에 순차적으로 적층 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층; 및

상기 제1 및 제2 GaN 도전층에 특정 형상으로 공간부가 패턴 형성되며, 상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 상부로부터 상기 공간부에 제1 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 유전체 나노입자층이 순차적으로 적층되고, 상기 중공나노구와 상기 나노입자 사이에는 공기층으로 채워지는 나노로드;로 구성되는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 공간부는,

상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 상부 꼭지점으로부터 형성되도록 에칭되어 원기둥 형상으로 패턴 형성되는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 3

렌즈 어레이 형상으로 패터닝된 패턴 사파이어 기관;

상기 패턴 사파이어 기관 상부에 순차적으로 적층 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층; 및

상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 상부로부터 직경이 작아지는 원뿔 형상으로 공간부가 형성되고, 상기 공간부의 내부공간은 공기층으로 채워지는 나노로드;로 구성되는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 공간부의 내부공간에는,

제1 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 유전체 나노입자층이 순차적으로 적층되고, 상기 중공나노구와 상기 나노입자 사이에는 공기층으로 채워지는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 나노로드의 공간부 패턴은,

상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 패턴과 비정렬되어 패턴 형성되거나, 정렬되어 패턴 형성되는 것을 특

징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 나노로드의 원뿔 형상의 공간부 패턴은,

제1 직경의 원기둥 형상의 공간부를 패턴 형성한 후, 상기 공간부에 에칭액을 채우고 상기 패턴 사파이어 기관 하부로부터 자외선 에칭하여서, 상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 상부로부터 직경이 작아지는 원뿔 형상으로 공간부 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 나노로드의 원뿔 형상의 공간부 패턴은,

제2 직경의 원기둥 형상의 공간부를 패턴 형성한 후, 상기 공간부 상부의 측벽 측방향 에피택셜 과성장기에 의해 재성장시켜 상기 공간부 상부로부터 직경이 커지는 원뿔 형상으로 공간부 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 8

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 패턴 사파이어 기관의 렌즈 어레이 패턴은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되며, 상기 제1 유전체 나노구층은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되고, 상기 제2 유전체 나노구층과 상기 유전체 나노입자층은 $10\mu\text{m}$ 높이로 형성되는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1 유전체 나노구층의 나노구는 50nm 내지 100nm 의 직경으로 형성되며, 상기 제2 유전체 나노구층의 나노구는 20nm 내지 50nm 의 직경으로 형성되고, 상기 유전체 나노입자층의 나노입자는 30nm 내지 50nm 의 직경으로 형성되는 것을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

청구항 10

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 유전체는 실리콘을 특징으로 하는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 GaN LED의 광추출 관련기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노로드의 하부로부터 상부까지의 공기층 분률이 감소하도록 조절하여 수평층 단위별 굴절률이 점진적으로 변화하도록 하도록 하여서, 광추출 효율을 보다 향상시킬 수 있는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 지지하는 바와 같이, LED 반도체 발광소자에 있어서 고출력 및 고효율 광원의 필요성이 요구되면서, 사파이어 기판과 질화갈륨의 에피층이 활용되고 있다.
- [0005] 한편, 광추출 과정에서 프레넬 반사(Frenel reflection)와 각 소자간의 내부 매질 차이로 인한 내부 전반사로 인해서 광추출 효율이 상당히 저하된다.
- [0007] 예컨대, 굴절률 차이로 인한 소자 경계에서의 내부 전반사로 인해서, 사파이어 기판 내에서 특정 각도로 입사한 광은 전반사가 계속 일어나 소자 내에 갇혀서 광추출 효율이 급격히 저하되어 LED 소자의 성능을 저하시킨다.
- [0009] 이에 따라, 패턴 사파이어 기판에 오목형상 또는 볼록형상의 요철구조를 에칭하여 형성하여서, 광추출 효율을 높일 수는 있으나, 패턴 사파이어 기판의 단순 요철구조로는 여전히 소자간 매질 차이로 인해 굴절률이 급격히 발생하여 광추출 효율 향상에 한계가 존재한다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제1262953호(질화물계 반도체 발광소자 및 그 제조방법, 2013.05.03)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명의 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는, 반도체 소자간 매질 경계에서의 수평층 단위별 굴절률 변화를 점진적으로 변화시켜 광추출 효율을 향상시킬 수 있는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 전술한 목적을 달성하고자, 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 렌즈 어레이 형상으로 패터닝된 패턴 사파이어 기판; 상기 패턴 사파이어 기판 상부에 순차적으로 적층 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층; 및 상기 제1 및 제2 GaN 도전층에 특정 형상으로 공간부가 패턴 형성되며, 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이 상부로부터 상기 공간부에 제1 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 유전체 나노입자층이 순차적으로 적층되고, 상기 중공나노구와 상기 나노입자 사이에는 공기층으로 채워지는 나노로드;로 구성되는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED를 제공한다.
- [0016] 또한, 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 상기 공간부가, 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이 상부 꼭지점으로부터 형성되도록 에칭되어 원기둥 형상으로 패턴 형성될 수 있다.
- [0018] 또한, 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 렌즈

어레이 형상으로 패터닝된 패턴 사파이어 기판; 상기 패턴 사파이어 기판 상부에 순차적으로 적층 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층; 및 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이 상부로부터 직경이 작아지는 원뿔 형상으로 공간부가 형성되고, 상기 공간부의 내부공간은 공기층으로 채워지는 나노로드;로 구성되는, 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED를 제공한다.

[0020] 또한, 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 상기 공간부의 내부공간이 제1 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층과, 상기 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 유전체 나노입자층이 순차적으로 적층되고, 상기 중공나노구와 상기 나노입자 사이에는 공기층으로 채워질 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 상기 나노로드의 공간부 패턴이 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이 패턴과 비정렬되어 패턴 형성되거나, 정렬되어 패턴 형성될 수 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 상기 나노로드의 원뿔 형상의 공간부 패턴이 제1 직경의 원기둥 형상의 공간부를 패턴 형성한 후, 상기 공간부에 에칭액을 채우고 상기 패턴 사파이어 기판 하부로부터 자외선 에칭하여서, 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이 상부로부터 직경이 작아지는 원뿔 형상으로 공간부 패턴을 형성할 수 있다.

[0026] 또한, 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 따른 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED는, 상기 나노로드의 원뿔 형상의 공간부 패턴이 제2 직경의 원기둥 형상의 공간부를 패턴 형성한 후, 상기 공간부 상부의 측면 측방향 에피택셜 과성장예에 의해 재성장시켜 상기 공간부 상부로부터 직경이 커지는 원뿔 형상으로 공간부 패턴을 형성할 수 있다.

[0028] 또한, 상기 나노로드가 형성된 상기 제1 및 제2 GaN 도전층의 수평층 단위별 굴절률은, 순차적으로, 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이로부터 상기 제1 유전체 중공나노구층이 형성된 수평층, 상기 제2 유전체 중공나노구층이 형성된 수평층, 및 상기 유전체 나노입자층이 형성된 수평층까지, 1.7로부터 2.4까지 단계적으로 변화할 수 있다.

[0030] 한편, 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이 패턴은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되며, 상기 제1 유전체 나노구층은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되고, 상기 제2 유전체 나노구층과 상기 유전체 나노입자층은 $10\mu\text{m}$ 높이로 형성될 수 있다.

[0032] 또한, 제1 유전체 나노구층의 나노구는 50nm 내지 100nm의 직경으로 형성되며, 상기 제2 유전체 나노구층의 나노구는 20nm 내지 50nm의 직경으로 형성되고, 상기 유전체 나노입자층의 나노입자는 30nm 내지 50nm의 직경으로 형성될 수 있다.

[0034] 또한, 상기 제1 유전체 나노구층의 공기층 분률은 40% 내지 45%, 상기 제1 유전체 나노구층이 형성된 수평층의 굴절률은 1.8이며, 상기 제2 유전체 나노구층의 공기층 분률은 22% 내지 27%, 상기 제2 유전체 나노구층이 형성된 수평층의 굴절률은 2.05이고, 상기 유전체 나노입자층의 공기층 분률은 0%, 상기 유전체 나노입자층이 형성된 수평층의 굴절률은 2.4일 수 있다.

[0036] 또한, 상기 나노로드가 형성된 상기 제1 및 제2 GaN 도전층의 수평층 단위별 굴절률은, 상기 패턴 사파이어 기판의 렌즈 어레이로부터 상기 공간부 상부까지, 1.7로부터 2.4까지 선형적으로 변화할 수 있다.

[0038] 또한, 상기 유전체는 실리카인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0040] 본 발명에 의하면, 나노로드의 공기층 구조에 의해, 나노로드의 하부로부터 상부까지의 공기층 분율이 감소하도록 조절하여, 프레넬 반사를 최소화하고, 매질 차이로 인한 굴절률차에 따른 경계에서의 내부 전반사를 제거하여, 굴절률의 급격한 변화없이, 수평층 단위별 굴절률이 점진적으로 변화하도록 하도록 하여 광추출 효율을 보다 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 의한 공기층 분율조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED의 적층구조를 개략적으로 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 의한 공기층 분율조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED의 적층구조를 개략적으로 도시한 것이다.

도 3은 도 2의 GaN LED의 나노로드 제조공정의 일 예를 도시한 것이다.

도 4는 도 2의 GaN LED의 나노로드 제조공정의 다른 예를 도시한 것이다.

도 5의 (a) 및 (b)는 도 1 및 도 4의 GaN LED 구조에 따른 수평층 단위별 굴절률 변화를 각각 그래프로 예시한 것이다.

도 6은 도 2의 GaN LED의 SEM 사진을 각각 예시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이하, 첨부된 도면을 참조로 기술한 특징을 갖는 본 발명의 실시예들을 더욱 상세히 설명하고자 한다.

[0045] 도 1은 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 의한 공기층 분율조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED의 적층구조를 개략적으로 도시한 것이고, 도 5의 (a)는 도 1의 GaN LED의 구조에 따른 수평층 단위별 굴절률 변화를 그래프로 예시한 것이다.

[0047] 도 1 및 도 5의 (a)를 참조하면, 본 발명의 바람직한 제1 실시예에 의한 공기층 분율조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED(100)는, 전체적으로, 플렉서블 전자소자에 적용가능한, 패턴 사파이어 기판(PSS:Patterned Sapphire Substrate)(110), 제1 GaN 도전층(120)과 제2 GaN 도전층(125), 및 원기둥 형상의 나노로드(130)로 구성된다.

[0049] 우선, 패턴 사파이어 기판(110)의 상부에는 렌즈 어레이(111) 형상으로 패턴이 배열 형성된다.

[0051] 다음, 제1 GaN 도전층(120)과 제2 GaN 도전층(125)은 패턴 사파이어 기판(110) 상부에 순차적으로 적층 형성된다. 여기서, 제1 GaN 도전층(120)은 도핑되지 않은 질화갈륨(또는 갈륨나이트) 도전층(u-GaN)으로 형성되고, 제2 GaN 도전층(125)은 n타입 도핑 질화갈륨 도전층(n-GaN)으로 형성된다.

[0053] 다음, 나노로드(130)는, 제1 및 제2 GaN 도전층(120,125)에 원기둥 형상으로 공간부(A)가 패턴 형성되며, 패턴 사파이어 기판(110)의 렌즈 어레이(111) 상부로부터, 공간부(A)에, 제1 유전체 중공나노구층(dielectrics

hollow nanosphere layer)(131)과, 제1 유전체 중공나노구층(131)보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층(132)과, 제1 유전체 중공나노구층(131)보다 직경이 작은 유전체 나노입자층(dielectrics nanoparticle)(133)이 순차적으로 적층되고, 개별 중공나노구와 개별 나노입자 사이에는 공기층(air void)으로 채워져 형성된다.

[0055] 여기서, 공간부(A)는, 패턴 사파이어 기관(110)의 렌즈 어레이(111) 상부 꼭지점으로부터 형성되도록 예칭되어 원기둥 형상으로 패턴 형성된다. 즉, 나노로드(130)가 패턴 사파이어 기관(110)의 렌즈 어레이(111)의 상부 꼭지점과 접하도록 형성되어서, 렌즈 어레이(111)와 나노로드(130) 사이에서 수평층 단위별 굴절률이 급격한 변화 없이 점진적으로 변화하도록 할 수 있다.

[0057] 참고로, 중공나노구는 나노구 내부에 공기가 충전되고, 나노입자는 공기가 충전되지 않아서, 하부에는 제1 중공나노구를 이용하여 공기층이 많도록 하고, 상부로 갈수록 공기층이 적도록 제1 중공나노구보다 직경이 작은 제2 중공나노구와 나노입자를 이용하여 수평층 단위별 굴절률 변화를 완화시킬 수 있다.

[0059] 또한, 나노로드(130)의 형상은 원기둥으로 한정되지 않고 다양한 형상으로 구현될 수도 있고, GaN의 재성장시, 유전체 나노입자층(133) 상부에서는 GaN이 성장하지 않을 수 있다.

[0061] 한편, 패턴 사파이어 기관(110)의 렌즈 어레이(111) 패턴은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되며, 제1 유전체 나노구층(131)은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되고, 제2 유전체 나노구층(132)과 유전체 나노입자층(133)은 $10\mu\text{m}$ 높이로 형성될 수 있다.

[0063] 또한, 제1 유전체 나노구층(131)의 나노구는 50nm 내지 100nm의 직경으로 형성되며, 제2 유전체 나노구층(132)의 나노구는 20nm 내지 50nm의 직경으로 형성되고, 유전체 나노입자층(133)의 나노입자는 30nm 내지 50nm의 직경으로 형성될 수 있다.

[0065] 전술한 나노로드(130)의 직경 및 층높이에 따라, 제1 유전체 나노구층(131)의 공기층 분률(air void fraction)은 40% 내지 45%, 제1 유전체 나노구층(131)이 형성된 수평층(H1)의 굴절률(n)은 1.8이며, 제2 유전체 나노구층(132)의 공기층 분률은 22% 내지 27%, 제2 유전체 나노구층(132)이 형성된 수평층(H2)의 굴절률은 2.05이고, 유전체 나노입자층(133)의 공기층 분률은 0%, 유전체 나노입자층(133)이 형성된 수평층(H3)의 굴절률은 2.4일 수 있다.

[0067] 여기서, 유전체는 실리카(SiO_2)일 수 있으나, 이에 특별히 제한되지 않고, 실리콘 질화물, 실리콘 산질화물, 불소화된 실리콘 이산화물, 실리콘 옥사카바이드, 하프늄 산화물, 하프늄-실리케이트, 나이트라이드 하프늄-실리케이트, 지르코늄 산화물, 알루미늄 산화물, 바륨 스트론튬 티타네이트(BST), 리드 지르코네이트 티타네이트(PZT), 지르코늄 실리케이트, 탄탈 산화물 또는 다른 절연 물질을 포함할 수도 있다.

[0069] 따라서, 도 5의 (a)의 그래프에서 점선으로 표시된 바와 같이, 나노로드(130)가 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층(120, 125)의 수평층 단위별 굴절률은, 패턴 사파이어 기관(110)의 렌즈 어레이(111)로부터 순차적으로 제1 유전체 중공나노구층(131)이 형성된 수평층(H1), 제2 유전체 중공나노구층(132)이 형성된 수평층(H2), 유전체 나노입자층(133)이 형성된 수평층(H3), 및 공간부(A) 상부까지, 1.7로부터 2.4까지 단계적으로 변화하도록 하여, 프레넬 반사를 최소화하고, 매질 차이로 인한 경계에서의 내부 전반사를 제거할 수 있다. 참고로, 렌즈 어레이(111)의 굴절률은 1.7이다.

[0071] 여기서, 전술한 단계적 굴절률 변화는 나노로드(130) 내부 자체의 굴절률 변화가 아닌 제1 유전체 중공나노구층(131), 제2 유전체 중공나노구층(132), 및 유전체 나노입자층(133)이 수평으로 배열 형성된 수평층(H1, H2, H3)

전체 단위별 굴절률 변화를 의미한다.

- [0073] 즉, 전술한 바와 같은 나노로드(130)의 구조와 층높이와 직경에 의해서, 나노로드(130)의 하부로부터 상부까지의 공기층 분률이 단계적으로 감소하도록 조절하여, 급격한 변화없이, 수평층 단위별 굴절률이 점진적으로 변화하도록 하여서, 광추출 효율을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0075] 도 2는 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 의한 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED의 적층구조를 개략적으로 도시한 것이며, 도 3은 도 2의 GaN LED의 나노로드 제조공정의 일 예를 도시한 것이며, 도 4는 도 2의 GaN LED의 나노로드 제조공정의 다른 예를 도시한 것이고, 도 5의 (b)는 도 4의 GaN LED의 구조에 따른 수평층 단위별 굴절률 변화를 그래프로 예시한 것이다.
- [0077] 도 2 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 바람직한 제2 실시예에 의한 공기층 분률조절을 통해 광추출 효율이 향상된 GaN LED(200)는, 전체적으로, 플렉서블 전자소자에 적용가능한, 패턴 사파이어 기관(210), 제1 GaN 도전층(220)과 제2 GaN 도전층(225), 원뿔 형상의 나노로드(230)로 구성된다.
- [0079] 우선, 패턴 사파이어 기관(210)의 상부에는 렌즈 어레이(211) 형상으로 패턴이 배열 형성된다.
- [0081] 다음, 제1 GaN 도전층(220)과 제2 GaN 도전층(225)은 패턴 사파이어 기관(210) 상부에 순차적으로 적층 형성된다. 여기서, 제1 GaN 도전층(220)은 도핑되지 않은 질화갈륨(또는 갈륨나이트) 도전층(u-GaN)으로 형성되고, 제2 GaN 도전층(225)은 n타입 도핑 질화갈륨 도전층(n-GaN)으로 형성된다.
- [0083] 다음, 나노로드(230)는 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 상부로부터 직경이 작아지는 원뿔(conical) 형상으로 공간부(B)가 형성되고, 공간부(B)의 내부공간은 공기층으로 채워진다.
- [0085] 여기서, 나노로드(230)의 공간부(B) 패턴은, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 패턴과 비정렬되어 패턴 형성되거나, 도 2의 (b)에 도시된 바와 같이 정렬되어 패턴 형성될 수 있다. 즉, 선택적으로, 패턴 사파이어 기관(210) 상의 나노로드(230)의 위치에 관계없이 형성될 수도 있고, 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 바로 위에 정렬되어 나노로드(230)가 형성될 수도 있다.
- [0087] 또한, 나노로드(230)의 형상은 원뿔로 한정되지 않고 다양한 형상으로 구현될 수도 있다.
- [0089] 한편, 원뿔 형상의 나노로드(230)는 공기층만으로 이루어져서 상부보다 하부에 공기가 상대적으로 더 충전되거나, 제1 실시예에서의 나노로드(130)의 구조와 동일하게 형성될 수도 있다.
- [0091] 즉, 나노로드(230)는, 도시되지는 않았으나, 제1 및 제2 GaN 도전층에 원뿔 형상으로 공간부(B)가 패턴 형성되며, 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 상부로부터 공간부(B)에 제1 유전체 중공나노구층과, 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 제2 유전체 중공나노구층과, 제1 유전체 중공나노구층보다 직경이 작은 유전체 나노입자층이 순차적으로 적층되고, 개별 중공나노구와 개별 나노입자 사이에는 공기층으로 채워져 형성된다.
- [0093] 여기서, 공간부(B)는, 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 상부 꼭지점으로부터 형성되도록 원뿔 형상으로 패턴 형성된다. 즉, 나노로드(230)가 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211)의 상부 꼭지점과 접하

도록 형성되어서, 렌즈 어레이(211)와 나노로드(230) 사이에서 수평층 단위별 굴절률이 점진적으로 서서히 변화하도록 할 수 있다.

[0095] 한편, 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 패턴은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되며, 제1 유전체 나노구층은 $2\mu\text{m}$ 높이로 형성되고, 제2 유전체 나노구층과 유전체 나노입자층은 $10\mu\text{m}$ 높이로 형성될 수 있다.

[0097] 또한, 제1 유전체 나노구층의 나노구는 50nm 내지 100nm 의 직경으로 형성되며, 제2 유전체 나노구층의 나노구는 20nm 내지 50nm 의 직경으로 형성되고, 유전체 나노입자층의 나노입자는 30nm 내지 50nm 의 직경으로 형성될 수 있다.

[0099] 전술한 나노로드(230)의 직경 및 층높이에 따라, 제1 유전체 나노구층의 공기층 분율은 40% 내지 45%, 제1 유전체 나노구층이 형성된 수평층(미도시)의 굴절률은 1.8이며, 제2 유전체 나노구층의 공기층 분율은 22% 내지 27%, 제2 유전체 나노구층이 형성된 수평층(미도시)의 굴절률은 2.05이고, 유전체 나노입자층의 공기층 분율은 0%, 유전체 나노입자층이 형성된 수평층(미도시)의 굴절률은 2.4일 수 있다.

[0101] 한편, 나노로드(230)의 원뿔 형상의 공간부(B)는 포토 에칭(photo etching)에 의해 형성되거나(도 3 참조), 측벽 측방향 에피택셜 과성장(ELOG)에 의해 형성될 수도 있다(도 4 참조).

[0103] 우선, 도 3에 도시된 바와 같이, 나노로드(230)의 원뿔 형상의 공간부(B) 패턴은, 제1 직경의 원기둥 형상의 공간부를 패턴 형성한 후, 공간부에 에칭액(KOH)을 채우고 패턴 사파이어 기관(210) 하부로부터 자외선(UV) 에칭하여서, 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211) 상부로부터 직경이 작아지는 원뿔 형상으로 공간부(B) 패턴을 형성할 수 있다.

[0105] 여기서, 자외선이 조사된 영역은 보다 신속하게 에칭되는데, 즉 렌즈 어레이(211)의 형상, 및 렌즈 어레이(211)과 제1 GaN 도전층(220)과의 경계에서의 굴절률 차이로 인해, 자외선이 공간부(B) 하부를 향하여 굴절하여 자외선 집적도가 증가된 공간부(B)의 하부 영역에서는 에칭률(etching rate)이 증가하고, 더 신속하게 에칭되어서 공간부(B)가 원뿔 형상으로 형성될 수 있다.

[0107] 한편, 에칭액으로서 수산화칼륨(KOH)을 예시하였으나, 이에 한정되지 않고 염산, 질산, 황산, 인산 또는 수산화나트륨 중 어느 하나 또는 이들의 조합에 의한 혼합용액이 사용될 수도 있다.

[0109] 또는, 도 4에 도시된 바와 같이, 나노로드(230)의 원뿔 형상의 공간부(B) 패턴은, 제2 직경의 원기둥 형상의 공간부를 패턴 형성한 후, 공간부 상부의 측벽 측방향 에피택셜 과성장(ELOG; Epitaxial lateral overgrowth)에 의해 재성장시켜(regrowth) 공간부(B) 상부로부터 직경이 커지는 원뿔 형상으로 공간부(B) 패턴을 형성할 수 있다. 여기서, 측벽 측방향 에피택셜 과성장의 가스 비율(gas ratio)과 온도를 조절하여 공기층 분율을 조절할 수 있다.

[0111] 따라서, 도 5의 (b)의 그래프에 도시된 바와 같이, 나노로드(230)가 형성된 제1 및 제2 GaN 도전층(220, 225)의 수평층 단위별 굴절률은, 패턴 사파이어 기관(210)의 렌즈 어레이(211)로부터 공간부(B) 상부까지, 1.7로부터 2.4까지 선형적으로 서서히 변화하도록 하여, 프레넬 반사를 최소화하고, 매질 차이로 인한 경계에서의 내부 전 반사를 제거할 수 있다.

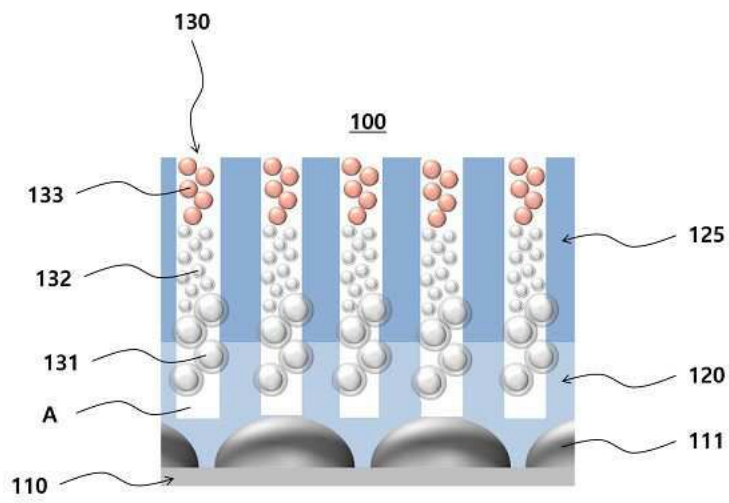
- [0113] 여기서, 전술한 선형적 굴절률 변화는 나노로드(230) 내부 자체의 굴절률 변화가 아닌 나노로드(230)가 수평으로 배열 형성된 수평층 전체 단위별 굴절률 변화를 의미한다.
- [0115] 즉, 전술한 바와 같은 나노로드(230)의 구조와 층높이와 직경에 의해서, 나노로드(230)의 하부로부터 상부까지의 공기층 분율이 단계적으로 감소하도록 조절하여, 급격한 변화없이, 수평층 단위별 굴절률이 점진적으로 변화하도록 하여서, 광추출 효율을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0117] 참고로, 도 6은 도 2의 GaN LED의 SEM 사진을 각각 예시한 것으로서, (a)와 (b)는 원뿔 형상의 나노로드를 나타낸 것이며, (c)와 (d)는 재성장 후의 원뿔 형상의 공기층 구조를 나타낸 것이고, (e)와 (f)는 LED 칩 상에서의 발광 프로파일을 나타낸 것이다.
- [0119] 또한, 후속하여, 금속전극증착, 후면가공 및 칩절단 공정을 통해 개별 칩으로 분리하고, 패키징 및 모듈화 공정을 통해 다이접착, 선접착 및 패키지 봉입 공정이 수행되어, 최종적으로 LED로 제조 완성된다.
- [0121] 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원 시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

부호의 설명

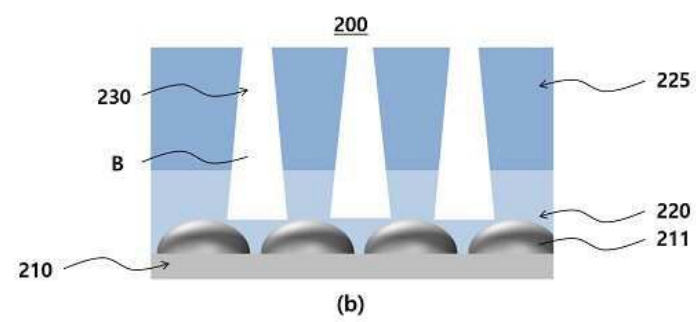
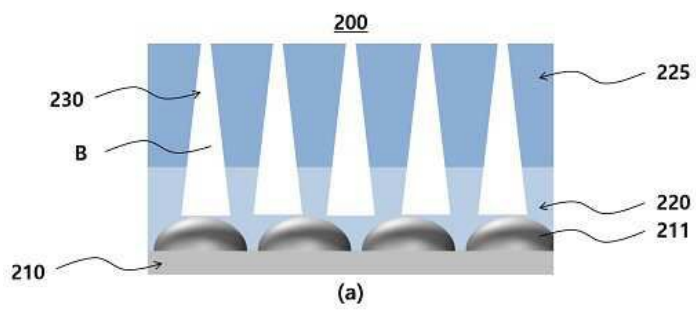
- [0123] 110,210 : 패턴 사파이어 기관 111,211 : 렌즈 어레이
 120,220 : 제1 GaN 도전층 125,225 : 제2 GaN 도전층
 130,230 : 나노로드 131 : 제1 유전체 중공나노구층
 132 : 제2 유전체 중공나노구층 133 : 유전체 나노입자층
 A,B : 공간부
 H1 : 제1 유전체 나노구층이 형성된 수평층
 H2 : 제2 유전체 나노구층이 형성된 수평층
 H3 : 유전체 나노입자층이 형성된 수평층

도면

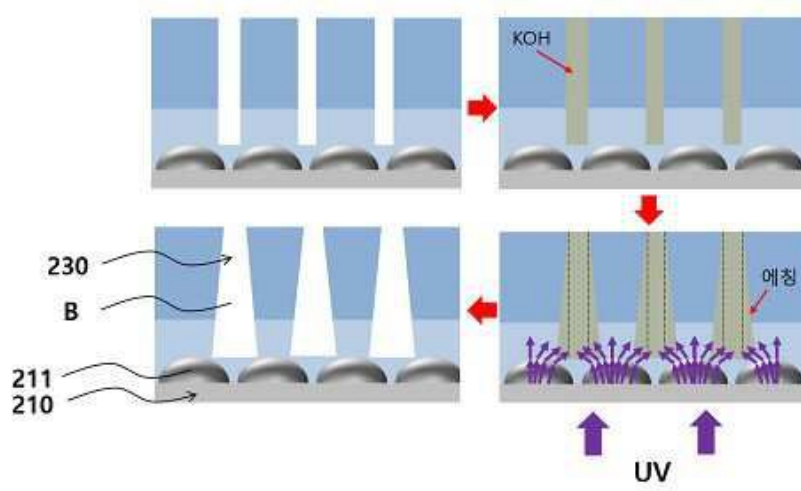
도면1



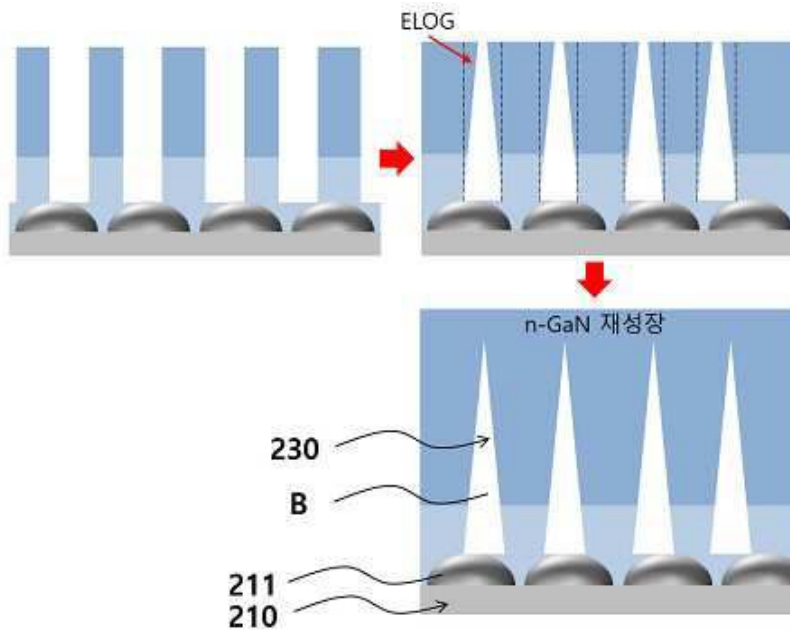
도면2



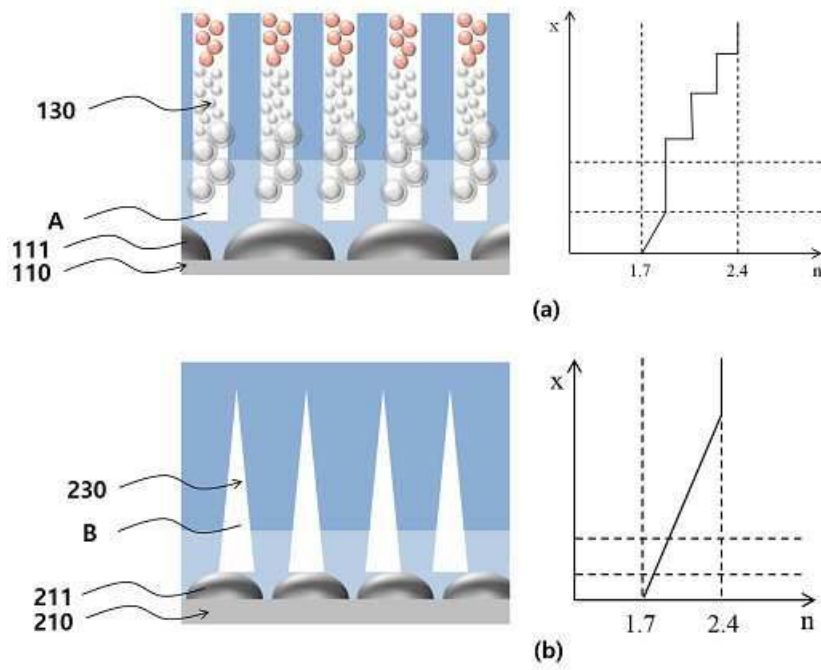
도면3



도면4



도면5



도면6

