



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0093906
(43) 공개일자 2023년06월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/08 (2010.01) H01L 33/62 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/08 (2013.01)
H01L 33/62 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0182910
(22) 출원일자 2021년12월20일
심사청구일자 2021년12월20일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
이인환
서울특별시 성북구 종암로23길 35, 205동 1403호 (종암동, 래미안세레니티)
김태환
서울특별시 성북구 안암로9가길 72, 104호 (안암동5가)
조영훈
서울특별시 성북구 고려대로28길 12-9, JS하우스 403호(안암동5가)
(74) 대리인
김연권

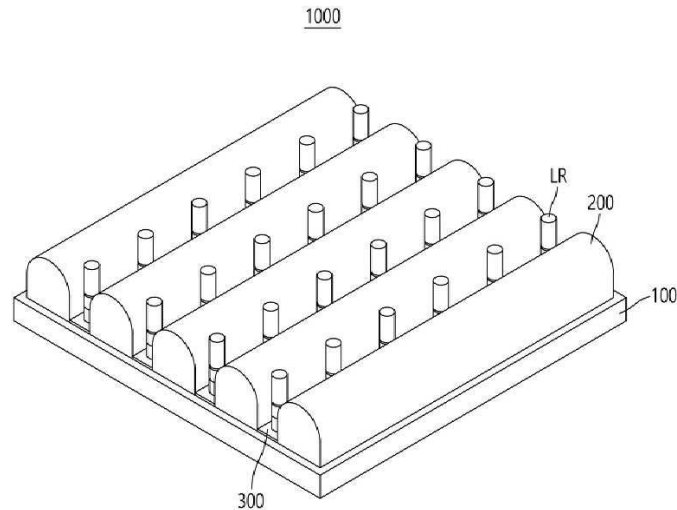
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 LED 로드 수직 정렬 구조체, 및 LED 로드 수직 정렬 방법

(57) 요약

본 발명의 LED 로드 수직 정렬 구조체는 기판, 상기 기판 상에 형성되고, 트렌치 구조를 가는 정렬층, 상기 트렌치 구조 사이에 형성되는 접합 금속, 및 상기 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬된 LED 로드를 포함할 수 있다. 상기 LED 로드는 상기 정렬층에 근접하게 이동되고, 상기 트렌치 구조에 의해 수직 정렬이 유도됨으로써 상기 정렬층 상에 수직 정렬될 수 있다. 본 발명의 LED 로드 수직 정렬 구조체는 기판 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층을 형성하여, LED 로드가 IDT 패턴에 원활하게 수직 방향으로 정렬되도록 할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 2933/0033 (2013.01)

H01L 2933/0066 (2020.05)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129546
과제번호	2020R1A2B5B03001603
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견후속연구(연평균비 2억원~4억원 이내)
연구과제명	고도로 플렉시블한 생체친화형 InGaN/GaN 나노로드 LED 면광원 개발
기 여 율	60/100
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711149072
과제번호	2019K1A3A1A39103053
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	동유럽 국가와의 협력기반조성사업
연구과제명	나노로드 InGaN/GaN 발광다이오드에 양자점과 금속나노입자가 결합된 고도로 유연한 macro-micro 광원
기 여 율	40/100
과제수행기관명	고려대학교
연구기간	2021.12.01 ~ 2022.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상에 형성되고, 트렌치 구조를 가지는 정렬층;

상기 트렌치 구조 사이에 형성되는 접합 금속; 및

상기 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬된 LED 로드를 포함하고,

상기 LED 로드는 상기 정렬층에 근접하게 이동되고, 상기 트렌치 구조에 의해 수직 정렬이 유도됨으로써 상기 정렬층 상에 수직 정렬되는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 LED 로드는 자기장 및 전기장 중 적어도 하나가 인가됨으로써, 자기력 및 전기력 중 적어도 하나에 의해 상기 정렬층에 근접하게 이동되는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함하고,

상기 곡면부는 상기 LED 로드가 상기 수직면부로 슬라이딩되도록 유도하고,

상기 수직면부는 상기 LED 로드를 수직 방향으로 지지하여 상기 LED 로드가 상기 접합 금속과 접합되도록 유도하는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 LED 로드는,

제1 도전형 반도체층;

상기 제1 도전형 반도체층 상에 형성되는 활성층; 및

상기 활성층 상에 형성되는 제2 도전형 반도체층을 포함하는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 LED 로드는 상기 제2 도전형 반도체층 상에 형성된 자성체층을 더 포함하고,

상기 자성체층은 자기장에 의해 상기 LED 로드가 상기 정렬층에 근접하게 이동됨으로써 상기 접합 금속과 유텍틱 접합(eutectic bonding)되는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 LED 로드는 상기 활성층의 높이가 상기 트렌치 구조의 상기 수직면보다 높게 위치하도록 수직 정렬되고, 상기 활성층에서 출력되는 광은 상기 트렌치 구조의 상기 꼭면부에서 반사되어 수직 방향으로 출력되는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 제1 도전형 반도체층의 하부에서 상기 제2 도전형 반도체층의 상부까지의 로드 길이는 10nm 내지 100 μm 인 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 8

제4항 또는 제6항에 있어서,

상기 LED 로드는,

상기 로드 길이가 상기 활성층에서 출력되는 광의 파장의 정수배로 제작됨으로써, 미소공진(microcavity) 효과에 따라 광 추출 효율이 증가되는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 정렬층은,

포토레지스트, 폴리이미드, 레진, 에폭시 몰딩 컴파운드 중 적어도 하나를 포함하는 고분자 소재로 구성되는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 LED 로드와 상기 정렬층 사이를 충전하는 절연층; 및

상기 절연층 상에 형성되고, 상기 제1 도전형 반도체층과 전기적으로 연결되는 투명 전극층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 11

제1항에 있어서,

이웃하는 복수의 상기 LED 로드의 사이에 배치되고, 단위 LED 영역을 정의하는 격벽층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는,

LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 12

제10항에 있어서,
상기 단위 LED 영역은,
복수의 LED 로드를 포함하는 것을 특징으로 하는,
LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 13

제1항에 있어서,
상기 LED 로드는 LED 활성층과 표면 플라즈몬 공명을 일으키는 금속 나노 입자가 코팅된 것을 특징으로 하는,
LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 14

제12항에 있어서,
상기 금속 나노 입자는 코어 나노 입자, 및 코어-셸 나노 입자 중 적어도 하나인 것을 특징으로 하는,
LED 로드 수직 정렬 구조체.

청구항 15

기관 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층을 형성하는 단계;
상기 정렬층의 상기 트렌치 구조 사이에 접합 금속을 형성하는 단계;
LED 로드를 제조하는 단계; 및
상기 LED 로드를 상기 정렬층에 근접하게 이동시킴으로써 상기 LED 로드를 상기 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬하는 단계를 포함하고,
상기 LED 로드는 자기장 및 전기장 중 적어도 하나가 인가됨으로써, 자기력 및 전기력 중 적어도 하나에 의해 상기 정렬층에 근접하게 이동되고,
상기 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함하고,
상기 곡면부는 상기 LED 로드가 상기 수직면부로 슬라이딩되도록 유도하고,
상기 수직면부는 상기 LED 로드를 수직 방향으로 지지하여 상기 LED 로드가 상기 접합 금속과 접촉되도록 유도하는 것을 특징으로 하는,
LED 로드 수직 정렬 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 LED 로드 수직 정렬에 관한 것으로, 보다 상세하게는 트렌치 구조를 포함하는 LED 로드 수직 정렬 구조체, 및 트렌치 구조를 이용한 LED 로드 수직 정렬 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래기술에 따르면 GaN 나노로드 LED(light emitting diode)를 IDT(interdigitated pattern) 패턴에 수평 정렬 시 전극과 점 접촉을 이루기 때문에 전류 주입이 원활하지 않다는 문제점이 존재한다.

[0003] 또한, 종래기술에 따른 방식은 나노로드 제작 후 그대로 정렬되어 열처리 혹은 도금을 통해 접촉하는 방식으로, p-GaN 반도체층에 옴릭 콘택(ohmic contact)이 제대로 이루어지지 않아 전류 주입의 효율이 감소되는 문제점이 존재한다.

- [0004] 이를 해결하기 위해 포토리소그래피(photolithography) 공정으로 n-GaN 반도체층과 p-GaN 반도체층을 노출하고, ALD(atomic layer deposition) 방법 등의 높은 커버리지(coverage)를 가지는 증착 장비로 n-컨택 및 p-컨택을 이루게 한다.
- [0005] 포토리소그래피(photolithography) 공정에 이어 높은 온도로 열처리(annealing)를 수행한 후, 공정으로 n-GaN 반도체층과 p-GaN 반도체층에 전도체가 오믹 컨택(ohmic contact)을 이루게 하는 공정을 위해 2번의 포토리소그래피(photolithography) 공정 및 높은 온도의 열처리 등의 문제가 존재한다.
- [0006] 또한, 종래기술에 따른 방식은 LED에서 출력되는 빛을 기관 상부로 추출하기 위해 추가적인 도광(light guiding) 공정이 필요하다.
- [0007] 따라서, 나노로드가 IDT 패턴에 수직 방향으로 정렬시킴으로써, 종래기술 대비 전류 주입이 향상되고, 광 추출 효율이 증가하도록 하는 기술에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 제10-1258583호 “나노 로드 발광 소자 및 그 제조 방법”
(특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2020-0026410호 “공기층 분률조절을 통해 광 추출 효율이 향상된 GaN LED”

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 일 목적은 기관 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층을 형성하여, LED 로드가 IDT 패턴에 원활하게 수직 방향으로 정렬되도록 하는 LED 로드 수직 정렬 구조체를 제공하는 것이다.
- [0010] 본 발명의 다른 목적은 정렬층의 트렌치 구조에 따라 LED 로드에서 출력되는 광이 반사되어 상부로 추출되고, 정렬층의 트렌치 구조에 따라 LED 로드가 IDT 패턴과 면접촉하여 전류 주입이 개선되는 LED 로드 수직 정렬 구조체를 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 다른 목적은 기관 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층을 형성하여 LED 로드가 IDT 패턴에 원활하게 수직 방향으로 정렬되도록 하는 LED 로드 수직 정렬 방법을 제공하는 것이다.
- [0012] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 상기 언급된 과제에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체는 기관, 상기 기관 상에 형성되고, 트렌치 구조를 가지는 정렬층, 상기 트렌치 구조 사이에 형성되는 접합 금속, 및 상기 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬된 LED 로드를 포함할 수 있다. 상기 LED 로드는 상기 정렬층에 근접하게 이동되고, 상기 트렌치 구조에 의해 수직 정렬이 유도됨으로써 상기 정렬층 상에 수직 정렬될 수 있다.
- [0014] 일 실시예에서, 상기 LED 로드는 자기장 및 전기장 중 적어도 하나가 인가됨으로써, 자기력 및 전기력 중 적어도 하나에 의해 상기 정렬층에 근접하게 이동될 수 있다.
- [0015] 일 실시예에서, 상기 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함할 수 있다. 상기 곡면부는 상기 LED 로드가 상기 수직면부로 슬라이딩되도록 유도할 수 있다. 상기 수직면부는 상기 LED 로드를 수직 방향으로 지지하여 상기 LED 로드가 상기 접합 금속과 접촉되도록 유도할 수 있다.
- [0016] 일 실시예에서, 상기 LED 로드는 제1 도전형 반도체층, 상기 제1 도전형 반도체층 상에 형성되는 활성층, 및 상기 활성층 상에 형성되는 제2 도전형 반도체층을 포함할 수 있다.
- [0017] 일 실시예에서, 상기 LED 로드는 상기 제2 도전형 반도체층 상에 형성된 자성체층을 더 포함할 수 있다. 상기

자성체층은 자기장에 의해 상기 LED 로드가 상기 정렬층에 근접하게 이동됨으로써 상기 접합 금속과 유택틱 접합(eutectic bonding)될 수 있다.

- [0018] 일 실시예에서, 상기 LED 로드는 상기 활성층의 높이가 상기 트렌치 구조의 상기 수직면부보다 높게 위치하도록 수직 정렬될 수 있다. 상기 활성층에서 출력되는 광은 상기 트렌치 구조의 상기 곡면부에서 반사되어 수직 방향으로 출력될 수 있다.
- [0019] 일 실시예에서, 상기 제1 도전형 반도체층의 하부에서 상기 제2 도전형 반도체층의 상부까지의 로드 길이는 10nm 내지 100 μm 일 수 있다.
- [0020] 일 실시예에서, 상기 LED 로드는 상기 로드 길이가 상기 활성층에서 출력되는 광의 파장의 정수배로 제작됨으로써, 미소공진(microcavity) 효과에 따라 광 추출 효율이 증가될 수 있다.
- [0021] 일 실시예에서, 상기 정렬층은 포토레지스트, 폴리이미드, 레진, 에폭시 몰딩 컴파운드 중 적어도 하나를 포함하는 고분자 소재로 구성될 수 있다.
- [0022] 일 실시예에서, LED 로드 수직 정렬 구조체는 상기 LED 로드와 상기 정렬층 사이를 충전하는 절연층, 및 상기 절연층 상에 형성되고, 상기 제1 도전형 반도체층과 전기적으로 연결되는 투명 전극층을 더 포함할 수 있다.
- [0023] 일 실시예에서, LED 로드 수직 정렬 구조체는 이웃하는 복수의 상기 LED 로드의 사이에 배치되고, 단위 LED 영역을 정의하는 격벽층을 더 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시예에서, 상기 단위 LED 영역은 복수의 LED 로드를 포함할 수 있다.
- [0025] 일 실시예에서, 상기 LED 로드는 LED 활성층과 표면 플라즈몬 공명을 일으키는 금속 나노 입자가 코팅될 수 있다.
- [0026] 일 실시예에서, 상기 금속 나노 입자는 코어 나노 입자, 및 코어-셸 나노 입자 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0027] 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 방법은 기판 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층을 형성하는 단계, 상기 정렬층의 상기 트렌치 구조 사이에 접합 금속을 형성하는 단계, LED 로드를 제조하는 단계, 및 상기 LED 로드를 상기 정렬층에 근접하게 이동시킴으로써 상기 LED 로드를 상기 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 LED 로드는 자기장 및 전기장 중 적어도 하나가 인가됨으로써, 자기력 및 전기력 중 적어도 하나에 의해 상기 정렬층에 근접하게 이동될 수 있다. 상기 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함할 수 있다. 상기 곡면부는 상기 LED 로드가 상기 수직면부로 슬라이딩되도록 유도할 수 있다. 상기 수직면부는 상기 LED 로드를 수직 방향으로 지지하여 상기 LED 로드가 상기 접합 금속과 접합되도록 유도할 수 있다.

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체 및 LED 로드 수직 정렬 방법은 기판 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층을 형성하여, LED 로드가 IDT 패턴에 원활하게 수직 방향으로 정렬되도록 할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체 및 LED 로드 수직 정렬 방법은 LED 로드에서 출력되는 광을 정렬층의 트렌치 구조에 반사시켜 상부로 추출함으로써 광 추출 효율을 개선할 수 있다.
- [0030] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체 및 LED 로드 수직 정렬 방법은 정렬층의 트렌치 구조에 따라 LED 로드가 IDT 패턴과 면접촉하여 전류 주입이 개선될 수 있다.
- [0031] 다만, 본 발명의 효과는 상술한 효과에 한정되는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위에서 다양하게 확장될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체를 나타내는 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 방법을 나타내는 순서도이다.
- 도 3은 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체에서 기판, 정렬층, 및 접합 금속을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체에서 LED 로드를 나타내는 도면이다.

도 5는 LED 로드가 정렬층에 근접하게 이동되는 것을 나타내는 도면이다.

도 6은 LED 로드와 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬되는 것을 나타내는 도면이다.

도 7은 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체에 절연층 및 투명 전극층이 형성된 것을 나타내는 도면이다.

도 8a는 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체에 격벽층이 형성된 것을 나타내는 도면이다.

도 8b는 격벽층의 단위 LED 영역에 복수의 LED 로드와 배치된 것을 나타내는 도면이다.

도 9a는 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체에서 LED 로드와 금속 나노 입자가 코팅된 것을 나타내는 도면이다.

도 9b는 도 9a의 LED 로드 수직 정렬 구조체를 위에서 바라본 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되지 않는다.
- [0034] 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예들을 특정한 개시형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.
- [0035] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만, 예를 들어 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0036] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성요소들 간의 관계를 설명하는 표현들, 예를 들어 "~사이에"와 "바로~사이에" 또는 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.
- [0037] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0038] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0039] 도 1은 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)를 나타내는 도면이고, 도 2는 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 방법을 나타내는 순서도이다.
- [0040] 도 1 및 2를 참조하면, 본 발명의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 기판(100), 정렬층(200), 집합금속, 및 LED 로드(LR)를 포함할 수 있다.
- [0041] 구체적으로, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 기판(100), 기판(100) 상에 형성되고, 트렌치 구조를 가지는 정렬층(200), 트렌치 구조 사이에 형성되는 집합 금속(300), 및 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬된 LED 로드(LR)를 포함할 수 있다.
- [0042] 본 발명의 실시예들에서, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 정렬층(200)의 트렌치 구조를 이용하여 LED 로드

(LR)를 수직 방향으로 용이하게 정렬할 수 있다. 예를 들어, LED 로드(LR)는 정렬층(200)에 근접하게 이동되고, 트렌치 구조에 의해 수직 정렬이 유도됨으로써 정렬층(200) 상에 수직 정렬될 수 있다.

- [0043] 구체적으로, 도 2에서 보듯이, 본 발명의 LED 로드 수직 정렬 방법은 기판(100) 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층(200)을 형성(S100)하고, 정렬층(200)의 트렌치 구조 사이에 접합 금속(300)을 형성(S200)하며, LED 로드(LR)를 제조(S300)하고, LED 로드(LR)를 정렬층(200)에 근접하게 이동시킴으로써 LED 로드(LR)를 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬(S400)할 수 있다.
- [0044] 일 실시예에서, 기판(100) 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층(200)이 형성(S100)될 수 있다. 예를 들어, 기판(100)은 유리 기판, 퀴즈 기판, 스테인리스 스틸 기판, 및 고분자 기판 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0045] 정렬층(200)은 기판(100) 상에 패터닝 가능한 소재로 구성될 수 있다. 예를 들어, 정렬층(200)은 포토레지스트(Photoresist), 폴리이미드(Polyimide), 레진(Resin), 에폭시 몰딩 컴파운드(Epoxy Molding Compound) 중 적어도 하나를 포함하는 고분자 소재로 구성될 수 있다.
- [0046] 정렬층(200)의 트렌치 구조 사이에는 트렌치(trench) 형상의 구조가 형성될 수 있다. 예를 들어, 트렌치 구조 사이에는 LED 로드(LR)가 수직 정렬될 수 있는 도랑 형상의 공간이 형성될 수 있다.
- [0047] 일 실시예에서, 정렬층(200)의 트렌치 구조 사이에 접합 금속(300)이 형성(S200)될 수 있다. 접합 금속(300)은 LED 로드(LR)와 접합됨으로써, LED 로드(LR)를 수직 정렬시킬 수 있다.
- [0048] 접합 금속(300)은 유택틱 접합(Eutectic bonding)이 가능한 낮은 용융점을 가지는 금속 물질로 구성될 수 있다. 예를 들어, 접합 금속(300)은 주석(Sn), 납(Pb), 구리(Cu), 금(Au), 실리콘(Si) 등을 포함할 수 있다.
- [0049] 일 실시예에서, LED 로드(LR)가 제조(S300)될 수 있다. LED 로드(LR)는 제1 도전형 반도체층(10), 활성층(20), 및 제2 도전형 반도체층(30)을 포함할 수 있다. LED 로드(LR)는 원기둥(rod) 형상을 가질 수 있다.
- [0050] 일 실시예에서, LED 로드(LR)가 정렬층(200)에 근접하게 이동됨으로써 LED 로드(LR)가 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬(S400)될 수 있다. 트렌치 구조는 정렬층(200)에 근접하게 이동된 LED 로드(LR)가 쉽게 수직 정렬되도록 유도할 수 있다.
- [0051] 예를 들어, 상기 LED 로드는 자기장 및 전기장 중 적어도 하나가 인가됨으로써, 자기력 및 전기력 중 적어도 하나에 의해 상기 정렬층에 근접하게 이동될 수 있다.
- [0052] 이와 같이, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 기판(100) 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층(200)을 형성하여, LED 로드(LR)가 IDT 패턴에 원활하게 수직 방향으로 정렬되도록 할 수 있다.
- [0053] 도 3은 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)에서 기판(100), 정렬층(200), 및 접합 금속(300)을 나타내는 도면이다.
- [0054] 도 1 및 3을 참조하면, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 기판(100), 정렬층(200), 및 접합 금속(300)을 포함할 수 있다.
- [0055] 기판(100)은 유리 기판(100), 퀴즈 기판(100), 스테인리스 스틸 기판(100), 및 고분자 기판(100) 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0056] 정렬층(200)은 기판(100) 상에 형성될 수 있다. 정렬층(200)은 트렌치 구조를 가질 수 있다. 정렬층(200) 및 정렬층(200) 상에 형성된 트렌치 구조는 포토레지스트, 폴리이미드, 레진, 에폭시 몰딩 컴파운드 중 적어도 하나를 포함하는 고분자 소재로 구성될 수 있다.
- [0057] 상기 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함할 수 있다. 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함함으로써, LED 로드(LR)를 용이하게 수직 정렬시킬 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 상기 곡면부는 상기 LED 로드(LR)가 상기 수직면부로 슬라이딩되도록 유도할 수 있다. 또한, 상기 수직면부는 상기 LED 로드(LR)를 수직 방향으로 지지하여 상기 LED 로드(LR)가 상기 접합 금속(300)과 접합되도록 유도할 수 있다.
- [0059] 접합 금속(300)은 정렬층(200)의 트렌치 구조 사이에 형성될 수 있다. 접합 금속(300)은 주석(Sn), 납(Pb), 구리(Cu), 금(Au), 실리콘(Si) 등을 포함할 수 있다. 접합 금속(300)은 주석, 납, 구리, 금, 실리콘, 및 이들의 결합으로 구성됨으로써, LED 로드(LR)와 유택틱 접합(eutectic bonding)을 형성할 수 있다.

- [0060] 도 4는 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)에서 LED 로드(LR)를 나타내는 도면이다.
- [0061] 도 1 및 4를 참조하면, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 수직 정렬되는 LED 로드(LR)를 포함할 수 있다. LED 로드(LR)는 제1 도전형 반도체층(10), 활성층(20), 및 제2 도전형 반도체층(30)을 포함할 수 있다.
- [0062] 구체적으로, LED 로드(LR)는 제1 도전형 반도체층(10), 제1 도전형 반도체층(10) 상에 형성되는 활성층(20), 및 활성층(20) 상에 형성되는 제2 도전형 반도체층(30)을 포함할 수 있다.
- [0063] 제1 도전형 반도체층(10) 및 제2 도전형 반도체층(30)은 각각 n형 반도체층 또는 p형 반도체층이 될 수 있다. 제1 도전형 반도체층(10) 및 제2 도전형 반도체층(30)은 질화물 반도체로 이루어질 수 있다.
- [0064] 예를 들어, 제1 도전형 반도체층(10) 및 제2 도전형 반도체층(30)은 GaN, AlGaN, InGaN 등의 물질로 구성될 수 있다. 상기 n형 불순물로 Si, Ge, Se, Te 등이 사용될 수 있다. 상기 p형 불순물로는 Mg, Zn, Be 등이 사용될 수 있다. 제1 도전형 반도체층(10) 및 제2 도전형 반도체층(30)은 MOCVD, MBE, HVPE 공정 등으로 형성될 수 있다.
- [0065] 활성층(20)은 전자와 정공의 재결합에 의해 소정의 에너지를 갖는 광을 방출할 수 있다. 예를 들어, 활성층(20)은 InGaN 등의 단일 물질로 이루어진 층일 수도 있다. 다른 예를 들어, 활성층(20)은 양자장벽층과 양자우물층이 서로 교대로 배치된 다중 양자우물(MQW) 구조로 형성될 수도 있다.
- [0066] 일 실시예에서, LED 로드(LR)의 직경은 10nm 내지 100 μ m일 수 있다. 예를 들어, 제1 도전형 반도체층(10)의 하부에서 제2 도전형 반도체층(30)의 상부까지의 로드 길이는 10nm 내지 100 μ m일 수 있다.
- [0067] 한편, LED 로드(LR)는 미소공진(microcavity) 효과에 따라 광 추출 효율이 증가할 수 있다. 제1 도전형 반도체층(10)의 하부에서 제2 도전형 반도체층(30)의 상부까지의 로드 길이는 상기 활성층(20)에서 출력되는 광의 파장의 정수배로 제작될 수 있다.
- [0068] 예를 들어, 로드 길이가 d이고, 활성층(20)에서 출력되는 광의 파장이 λ 인 경우, 로드 길이는 $d=n\lambda$ (단, n은 정수)와 같이 나타낼 수 있다.
- [0069] 로드 길이가 활성층(20)에서 출력되는 광의 파장의 정수배가 되는 경우, LED 로드(LR)에서 미소공진(microcavity) 효과가 발생하여 광 추출 효율이 증가할 수 있다.
- [0070] 일 실시예에서, LED 로드(LR)는 상기 제2 도전형 반도체층(30) 상에 형성된 자성체층(40)을 더 포함할 수 있다. 상기 자성체층(40)은 자기장에 의해 상기 접합 금속(300)과 유택틱 접합(eutectic bonding)될 수 있다.
- [0071] 예를 들어, 상기 자성체층(40)은 외부 자력(magnetism)에 의해 LED 로드(LR)를 트렌치 구조 사이의 접합 금속(300)에 유택틱 접합되도록 유도함으로써, LED 로드(LR)의 수직 정렬을 유도할 수 있다.
- [0072] 다른 예를 들어, 상기 자성체층(40)은 전기영동(electrophoresis)에 의해 LED 로드(LR)를 트렌치 구조 사이의 접합 금속(300)에 유택틱 접합되도록 유도할 수도 있다.
- [0073] 따라서, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 정렬층(200)의 트렌치 구조에 따라 LED 로드(LR)가 IDT 패턴과 면 접촉하여 전류 주입이 개선될 수 있다.
- [0074] 도 5는 LED 로드(LR)가 정렬층(200)에 근접하게 이동되는 것을 나타내는 도면이고, 도 6은 LED 로드(LR)가 트렌치 구조 사이에 수직 방향으로 정렬되는 것을 나타내는 도면이다.
- [0075] 도 5 및 6을 참조하면, LED 로드(LR)는 정렬층(200)에 근접하게 이동될 수 있다. LED 로드(LR)는 다양한 방식으로 전사될 수 있다. 예를 들어, LED 로드(LR)는 자기장 또는 전기장이 인가됨으로써, 자기력 또는 전기력에 의해 유체와 함께 정렬층(200)에 근접하게 이동됨으로써, 정렬층(200) 상에 전사될 수 있다.
- [0076] 일 실시예에서, LED 로드(LR)는 잉크젯 프린팅(Inkjet printing) 기술을 이용하여 정렬층(200) 상의 트렌치 구조에 토출될 수 있다. 예를 들어, LED 로드(LR)는 잉크젯 노즐을 통해 유체와 함께 토출되고, 자기장에 의한 자력에 의해 상기 트렌치 구조 사이에 수직 정렬될 수 있다.
- [0077] 상기 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함할 수 있다. 트렌치 구조는 곡면부 및 수직면부를 포함함으로써, LED 로드(LR)를 용이하게 수직 정렬시킬 수 있다.
- [0078] 예를 들어, 상기 곡면부는 상기 LED 로드(LR)가 상기 수직면부로 슬라이딩되도록 유도할 수 있다. LED 로드(LR)는 어떠한 각도로 정렬층(200)에 근접하게 이동되더라도, 상기 곡면부에서 슬라이딩되어 상기 수직면부로 삽

입될 수 있다.

- [0079] 예를 들어, 상기 수직면부는 상기 LED 로드(LR)를 수직 방향으로 지지하여 상기 LED 로드(LR)가 접합 금속(300)과 접합되도록 유도할 수 있다. 상기 수직면부는 LED 로드(LR)가 수직 방향으로 정렬되도록 최적화된 높이를 가질 수 있다. LED 로드(LR)는 상기 수직면부에 의해 지지되어 접합 금속(300)과 용이하게 접합될 수 있다.
- [0080] 한편, LED 로드(LR)는 활성층(20)의 높이가 상기 트렌치 구조의 상기 수직면부보다 높게 위치하도록 수직 정렬될 수 있다. 활성층(20)의 높이가 상기 트렌치 구조의 상기 수직면부보다 높게 위치하는 경우, 활성층(20)에서 출력되는 광이 수직 방향으로 추출될 수 있다.
- [0081] 예를 들어, 상기 곡면부 및 상기 수직면부는 광을 반사하기 위한 금속을 포함할 수 있다. 다른 예를 들어, 상기 곡면부 및 상기 수직면부는 광을 반사하기 위한 금속이 코팅되어 있을 수 있다.
- [0082] 활성층(20)에서 수평 방향으로 출력된 광은 상기 곡면부 및 상기 수직면부에서 반사되어 수직 상부 방향으로 출력될 수 있다. 예를 들어, 곡면부는 활성층(20)에서 출력되는 광을 수직 상부 방향으로 반사시키도록 곡률이 조절될 수 있다.
- [0083] 따라서, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 LED 로드(LR)에서 출력되는 광을 정렬층(200)의 트렌치 구조에 반사시켜 상부로 추출함으로써 광 추출 효율을 개선할 수 있다.
- [0084] 도 7은 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)에 절연층(400) 및 투명 전극층(500)이 형성된 것을 나타내는 도면이다.
- [0085] 도 7을 참조하면, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 절연층(400) 및 투명 전극층(500)을 더 포함할 수 있다.
- [0086] 절연층(400)은 LED 로드(LR)와 정렬층(200) 사이를 충전할 수 있다. 절연층(400)은 충전재일 수 있다. 예를 들어, 절연층(400)은 PAC(Photo Acryl Compound)와 같은 유기물로 구성될 수 있다. 다른 예를 들어, 절연층(400)은 SiO_2 , SiNx 와 같은 무기물로 구성될 수 있다.
- [0087] 투명 전극층(500)은 LED 로드(LR)에서 출력되는 광을 상부로 통과시킬 수 있도록 투명 도전성 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 투명 전극층(500)은 ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), IZTO(Indium Zinc Tin Oxide), ICO(Indium Cesium Oxide), IWO(Indium Tungsten Oxide), 알루미늄이 첨가된 ZnO (Zinc Oxide), PEDOT:PSS, 폴리아닐린(Polyaniline), 및 폴리티오펜(Polythiophen) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0088] 투명 전극층(500)은 절연층(400) 상에 형성될 수 있다. 투명 전극층(500)은 제1 도전형 반도체층(10)과 전기적으로 연결될 수 있다. 예를 들어, 투명 전극층(500)은 오믹 전극(OE)을 통해 LED 로드(LR)의 제1 도전형 반도체층(10)과 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0089] 오믹 전극(OE)은 n-타입 전극일 수 있다. 예를 들어, 오믹 전극(OE)은 LED 로드(LR)가 정렬층(200)에 정렬된 이후 형성될 수 있다. 다른 예를 들어, 오믹 전극(OE)은 LED 로드(LR) 정렬 전, LED 로드(LR) 제작 단계에서 형성될 수 있다.
- [0090] 도 8a는 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)에 격벽층(600)이 형성된 것을 나타내는 도면이고, 도 8b는 격벽층(600)의 단위 LED 영역에 복수의 LED 로드(LR)가 배치된 것을 나타내는 도면이다.
- [0091] 도 8a 및 8b를 참조하면, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 격벽층(600)을 더 포함할 수 있다. 격벽층(600)은 이웃하는 복수의 LED 로드(LR)의 사이에 배치될 수 있다. 격벽층(600)은 LED 로드(LR)가 이웃하는 다른 LED 로드(LR)와 중첩되지 않고 원활하게 광을 추출하도록 유도하는 역할을 할 수 있다.
- [0092] 예를 들어, 격벽층(600)은 LED 로드(LR) 사이의 전기적 접촉을 방지하는 절연 물질을 포함할 수 있다.
- [0093] 격벽층(600)은 단위 LED 영역을 정의할 수 있다. 예를 들어, 도 8a와 같이, 단위 LED 영역에는 하나의 LED 로드(LR)가 배치될 수 있다. 다른 예를 들어, 도 8b와 같이, 단위 LED 영역에는 복수의 LED 로드(LR)가 배치될 수 있다.
- [0094] 도 8b에서는 단위 LED 영역에 두 개의 LED 로드(LR)가 배치된 것으로 예시하였으나, 이는 본 발명의 단위 LED 영역의 LED 로드(LR)의 개수를 한정하지는 않는다.
- [0095] 도 9a는 도 1의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)에서 LED 로드(LR)에 금속 나노 입자(NP)가 코팅된 것을 나타내는 도면이고, 도 9b는 도 9a의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)를 위에서 바라본 도면이다.

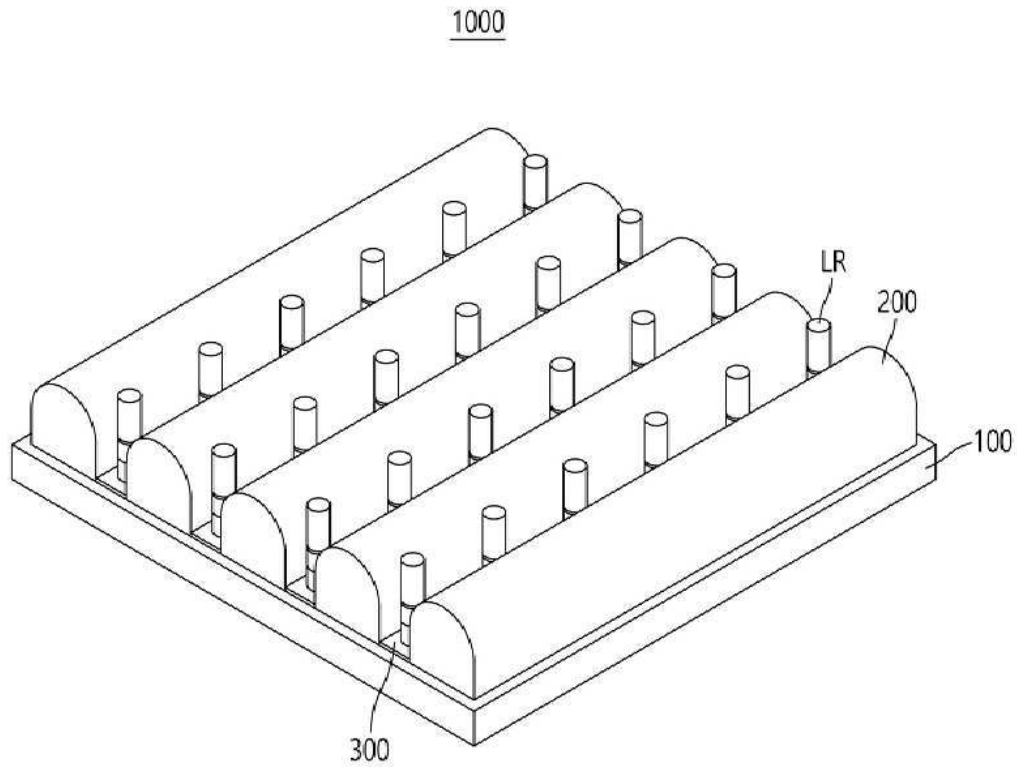
- [0096] 도 9a 및 9b를 참조하면, LED 로드(LR)는 LED 활성층과 표면 플라즈몬 공명을 일으키는 금속 나노 입자(NP)가 코팅될 수 있다. 예를 들어, 상기 금속 나노 입자(NP)는 코어 나노 입자, 및 코어-셸 나노 입자 중 적어도 하나일 수 있다.
- [0097] 일 실시예에서, 금속 나노 입자(NP)는 활성층(20)의 표면에 반영구적으로 코팅될 수 있다. 금속 나노 입자(NP)는 활성층(20)과 표면 플라즈몬 공명을 일으킬 수 있다. 금속 나노 입자(NP)는 표면 플라즈몬 현상을 이용하기에 적합한 물질로서, LED 로드(LR)의 양자 효율을 향상시킬 수 있는 금속들로 구성될 수 있다.
- [0098] 예를 들어, 금속 나노 입자(NP)는 Ag, Au, Al, Ni, Ti, 및 Pt 중 적어도 하나 또는 이들의 결합으로 구성될 수 있다. 예를 들어, 금속 나노 입자(NP)는 구형, 직육면체, 정팔면체 등 다양한 형태를 가질 수 있다.
- [0099] 금속 나노 입자(NP)는 활성층(20)과의 거리가 1nm 내지 150nm가 되도록 활성층(20) 표면에 코팅될 수 있다. 예를 들어, 금속 나노 입자(NP)는 디웨팅(dewetting) 공정을 사용하는 코팅방식, 및 전기영동(electrophoresis) 공정을 사용하는 코팅방식 등을 이용하여 활성층(20) 표면에 코팅될 수 있다.
- [0100] 본 발명의 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 금속 나노 입자가 활성층(20) 표면에 지속적으로 고정되어 있으므로, 내부 양자효율이 증가할 수 있다.
- [0101] 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 기판(100) 상에 트렌치 구조를 가지는 정렬층(200)을 형성하여, LED 로드(LR)가 IDT 패턴에 원활하게 수직 방향으로 정렬되도록 할 수 있다.
- [0102] 또한, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 LED 로드(LR)에서 출력되는 광을 정렬층(200)의 트렌치 구조에 반사시켜 상부로 추출함으로써 광 추출 효율을 개선할 수 있다.
- [0103] 또한, LED 로드 수직 정렬 구조체(1000)는 정렬층(200)의 트렌치 구조에 따라 LED 로드(LR)가 IDT 패턴과 면접촉하여 전류 주입이 개선될 수 있다.
- [0104] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.
- [0105] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

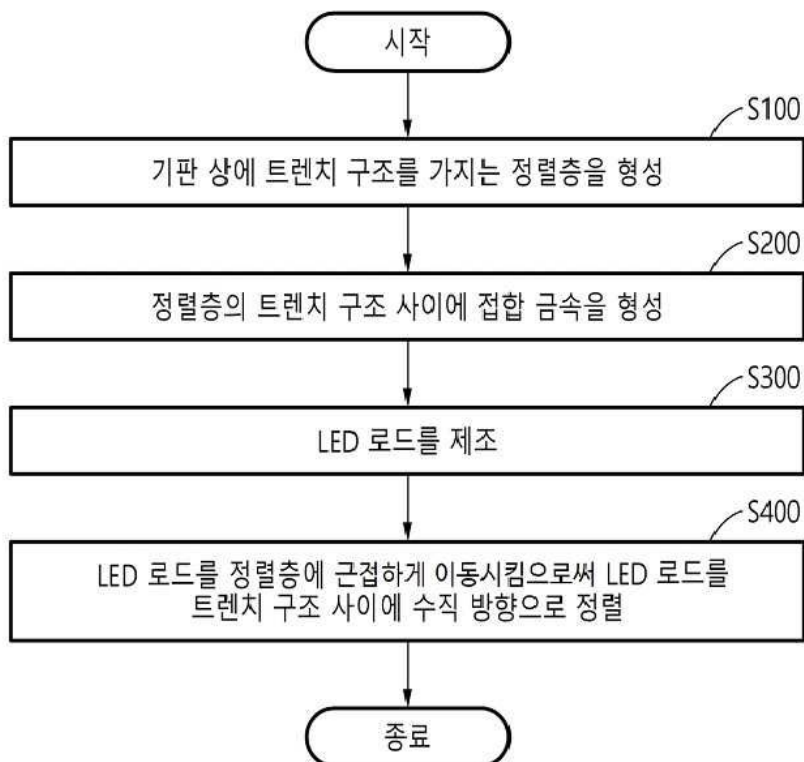
- [0106] 10: 제1 도전형 반도체층 20: 활성층
30: 제2 도전형 반도체층 40: 자성체층
100: 기판 200: 정렬층
300: 접합 금속 400: 절연층
500: 투명 전극층 600: 격벽층
LR: LED 로드 NP: 금속 나노 입자
1000: LED 로드 수직 정렬 구조체

도면

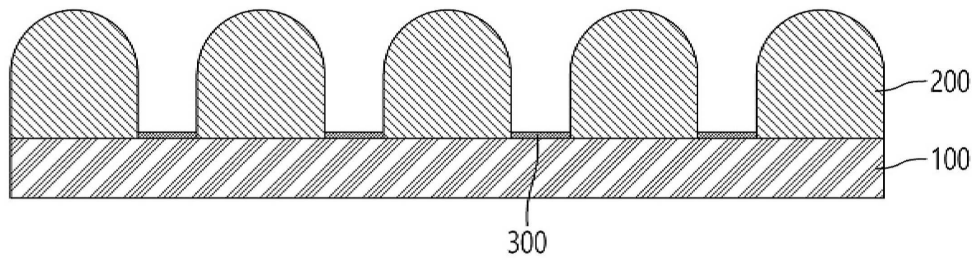
도면1



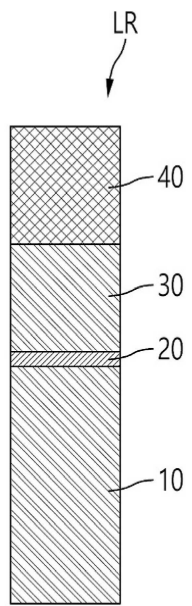
도면2



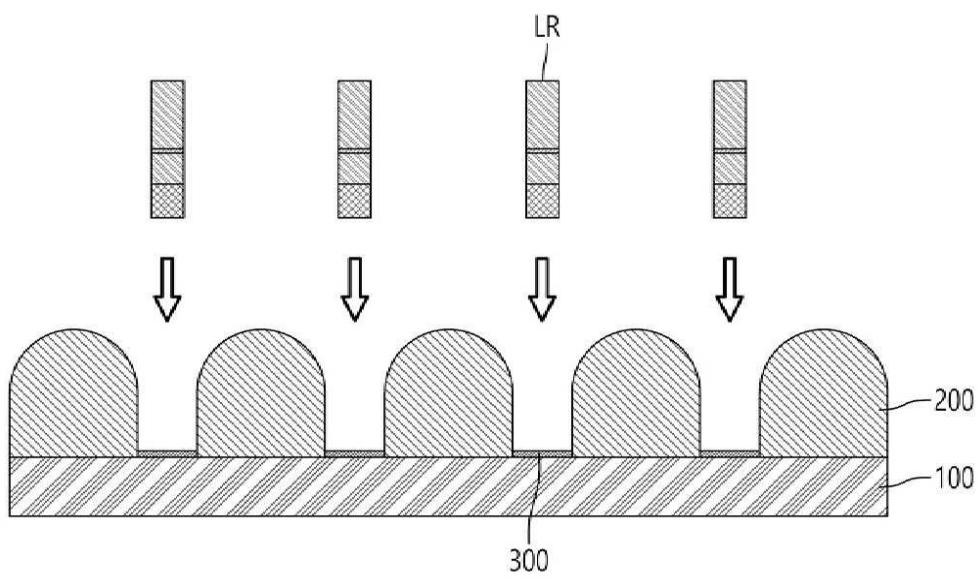
도면3



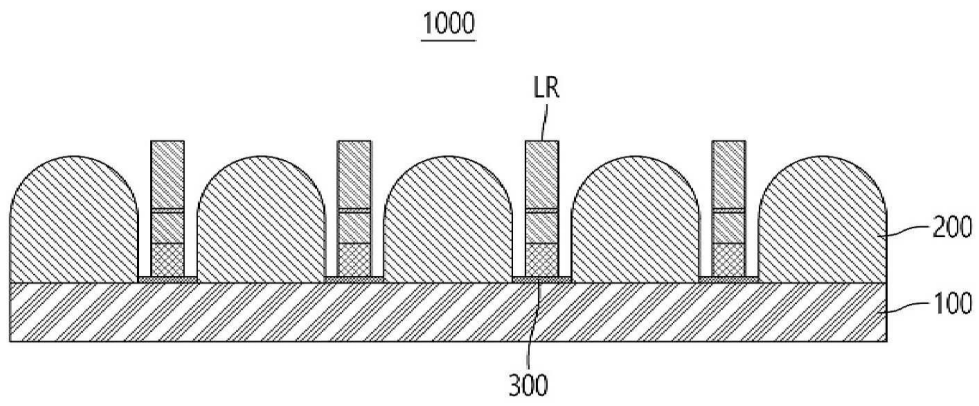
도면4



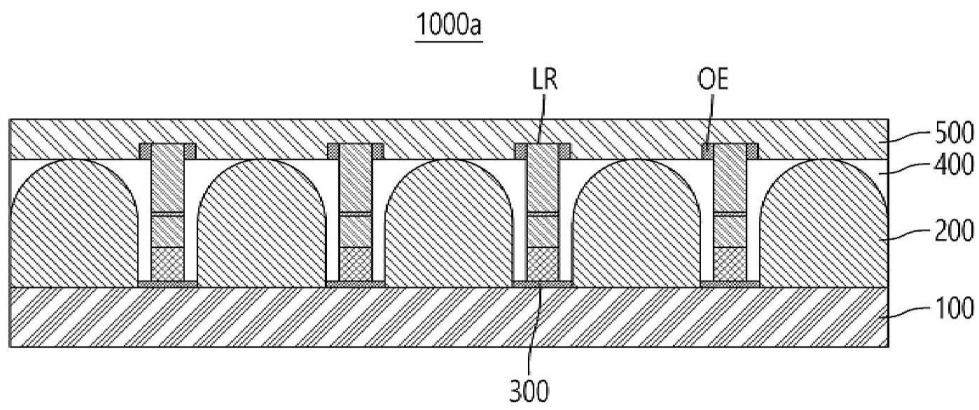
도면5



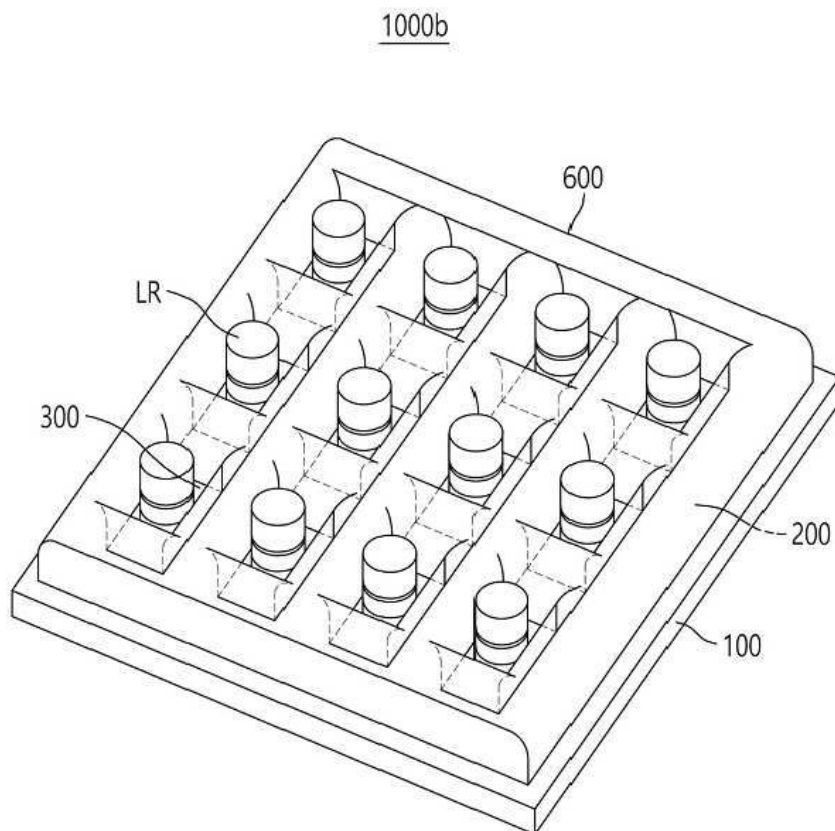
도면6



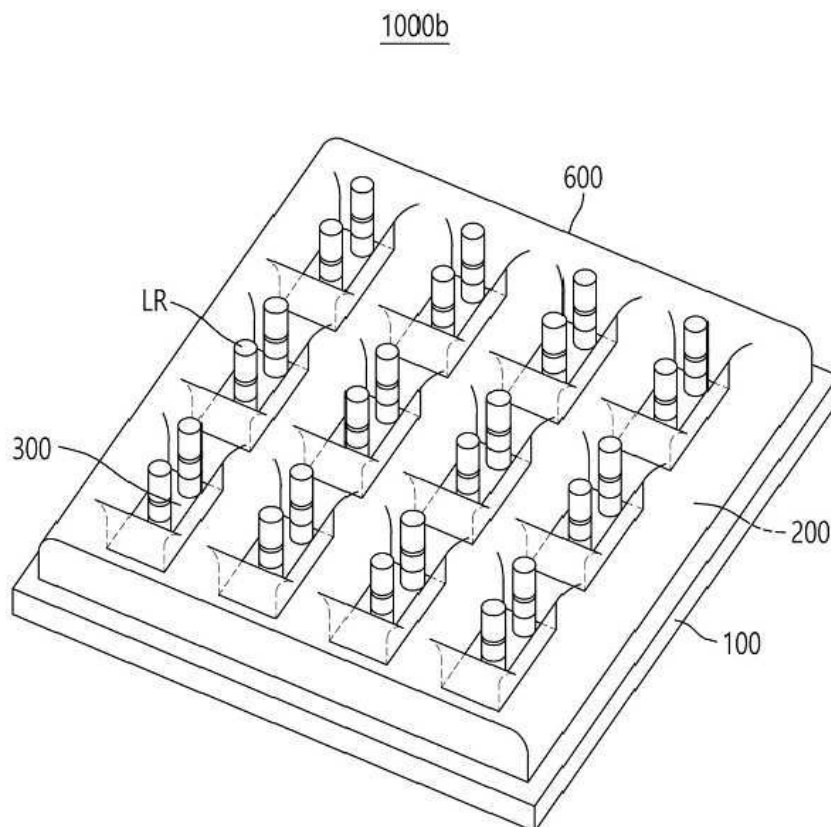
도면7



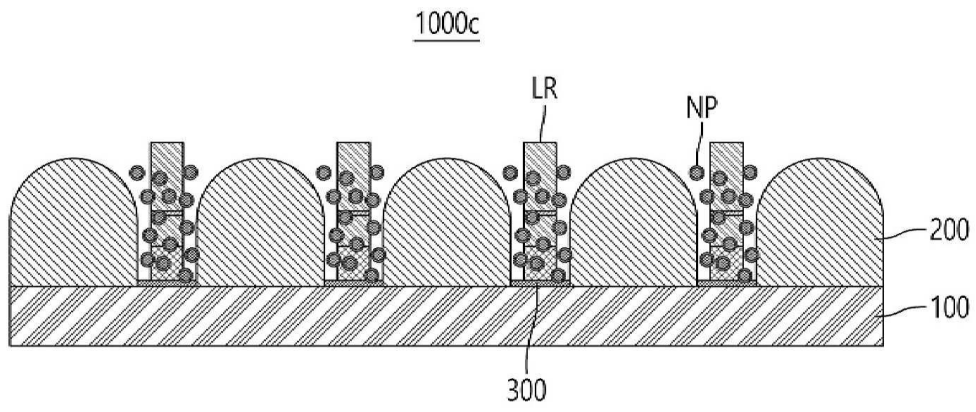
도면8a



도면8b



도면9a



도면9b

