



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월10일
(11) 등록번호 10-1272708
(24) 등록일자 2013년06월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/08 (2010.01) H01L 33/10 (2010.01)
H01L 33/54 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2010-0106172
(22) 출원일자 2010년10월28일
심사청구일자 2010년10월28일
(65) 공개번호 10-2012-0044719
(43) 공개일자 2012년05월08일
(56) 선행기술조사문헌
KR100640496 B1
KR100886359 B1
KR1020090049055 A
Improvement in light output efficiency of InGaN/GaN multiple quantum well light emitting diodes by current blocking layer(Journal of Applied Physics, Volume 92, Number 5, 2002.09.01.)

(73) 특허권자
서울옵토디바이스주식회사
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1동 36호 (원시동)
(72) 발명자
이소라
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)
석호준
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)
신진철
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)
(74) 대리인
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 13 항

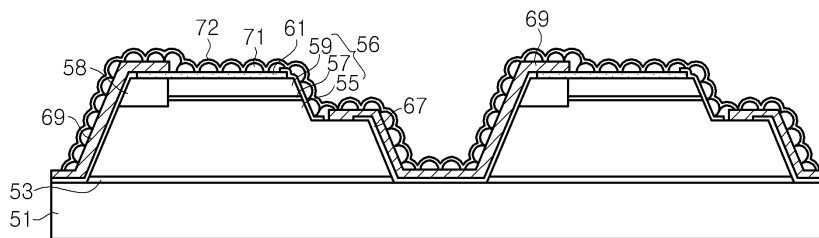
심사관 : 김재현

(54) 발명의 명칭 개선된 발광 효율을 갖는 발광다이오드 및 제조방법

(57) 요약

개선된 발광 효율을 갖는 발광다이오드가 개시된다. 이 발광다이오드는 기판 상에 서로 이격되어 위치하는 발광 셀들; 상기 각 발광셀의 상부면에 위치하는 투명전극층; 인접한 발광셀들을 전기적으로 연결하는 배선들; 상기 배선들과 상기 발광셀들 사이에 위치하여 상기 배선들에 의한 발광셀 내 단락을 방지하는 절연층; 및 상기 발광 셀들 및 상기 기판 상에 형성된 마이크로 렌즈를 포함하고, 상기 각 발광셀은 하부 반도체층, 상기 하부 반도체층 상부에 위치하는 상부 반도체층, 상기 하부 반도체층과 상기 상부 반도체층 사이에 개재된 활성층을 포함하고, 상기 하부 반도체층은 상기 발광셀의 둘레를 따라 그 측벽에 단차부를 갖는다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기관 상에 서로 이격되어 위치하는 발광셀들;
 상기 각 발광셀의 상부면에 위치하는 투명전극층;
 인접한 발광셀들을 전기적으로 연결하는 배선들;
 상기 배선들과 상기 발광셀들 사이에 위치하여 상기 배선들에 의한 발광셀 내 단락을 방지하는 절연층; 및
 마이크로 렌즈를 포함하고,
 상기 각 발광셀은 하부 반도체층, 상기 하부 반도체층 상부에 위치하는 상부 반도체층, 상기 하부 반도체층과
 상기 상부 반도체층 사이에 개재된 활성층을 포함하고, 상기 하부 반도체층은 상기 발광셀의 둘레를 따라 그 측
 벽에 단차부를 구비하며,
 상기 각 발광셀들은 상기 하부 반도체층, 활성층 또는 상부 반도체층 중 적어도 하나의 층의 측벽이 상기 기관
 에 대해 경사지도록 구비되며,
 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층, 배선들, 절연층 및 상기 발광셀들의 측벽 상에 위치하는 발광
 다이오드.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 마이크로 렌즈를 덮는 절연 보호막을 더 포함하는 발광 다이오드.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층의 굴절률과 상기 절연 보호막의 중간 굴절율을 가지
 는 물질로 형성된 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 마이크로 렌즈는 폴리머로 형성된 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 상부 반도체층은 질화갈륨계 반도체층이고, 상기 투명전극층은 ITO층이며, 상기 절연
 보호막은 SiO₂로 형성된 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층 상부에서 그 수직 단면이 위로 올라갈수록 폭이 좁
 아지는 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 7

청구항 1에 있어서,
 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층 상부에서 그 수평 단면이 원형, 타원형, 육각형, 사각형 또는 삼각형인
 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 8

청구항 1에 있어서,
 상기 발광셀들 각각은 적어도 상부 반도체층에 구비되며, 상기 배선의 하부에 대응하는 일정 영역에 구비된 전

류 차단층을 포함하며,

상기 전류 차단층은 SiO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 또는 TiO_2 인 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 발광셀들 각각은 전류 차단층을 더 포함하되,

상기 전류 차단층은 적어도 상기 발광셀들 각각의 상부 반도체층에 구비되고, 상기 배선의 하부에 대응하는 일정 영역에 구비되며,

상기 전류 차단층은 DBR인 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 DBR은 저굴절율층과 고굴절율층이 연속적으로 반복 적층된 구조를 가지며,

상기 저굴절율층은 SiO_2 또는 Al_2O_3 가 이용되고,

상기 고굴절율층은 Si_3N_4 또는 TiO_2 가 이용되는 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 11

기판 상에 하부 반도체층, 활성층 및 상부 반도체층을 형성하고,

상기 상부 반도체층 상에 투명전극층을 형성하고,

상기 투명전극층, 상부 반도체층 및 활성층과 함께 상기 하부 반도체층의 일부를 식각하여 복수의 메사들을 형성하고,

상기 하부 반도체층을 식각하여 서로 전기적으로 분리된 발광셀들을 형성하고,

상기 발광셀들을 갖는 기판 상에 연속적인 절연층을 형성하고,

상기 절연층을 패터닝하여 상기 하부 반도체층들을 노출시키는 개구부들 및 상기 투명전극층들을 노출시키는 개구부들을 형성하고,

상기 절연층이 형성된 기판 상에 배선들을 형성하되, 상기 각 배선들은 상기 발광셀들 중 어느 하나의 발광셀의 하부 반도체층과 상기 어느 하나의 발광셀과 이웃하는 발광셀의 투명전극층을 상기 하부 반도체층과 투명전극층을 노출하는 상기 개구부들을 통해 연결하여 인접한 발광셀들을 연결하도록 형성하고,

상기 발광셀들, 투명전극층, 배선들 및 절연층이 형성된 기판 상부에 폴리머층을 형성한 후, 상기 폴리머층의 일부를 식각하여 복수의 마이크로 렌즈를 형성하는 것을 포함하며,

상기 각 발광셀들은 상기 하부 반도체층, 활성층 또는 상부 반도체층 중 적어도 하나의 층의 측벽이 상기 기판에 대해 경사지도록 구비되며,

상기 복수의 마이크로 렌즈는 투명전극층, 배선들, 절연층 및 상기 발광셀들의 측벽 상에 위치하도록 형성되는 발광 다이오드 제조방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 복수의 마이크로 렌즈를 덮는 절연 보호막을 형성하는 것을 더 포함하는 발광 다이오드 제조방법.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 기판 상에 하부 반도체층, 활성층 및 상부 반도체층을 형성하고, 상기 투명전극층을 형성하기 전에, 상기 배선의 하부에 대응하는 적어도 상기 상부 반도체층의 일정 영역에 구비된 전류 차단층을 형성하는 단계를 더 포함하는 발광 다이오드 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 발광다이오드에 관한 것으로, 특히 개선된 발광 효율을 갖는 발광다이오드 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 질화갈륨(GaN) 계열의 발광다이오드가 개발된 이래, GaN 계열의 LED는 현재 천연색 LED 표시소자, LED 교통 신호기, 백색 LED 등 다양한 응용에 사용되고 있다.

[0003] 질화갈륨 계열의 발광다이오드는 일반적으로 사파이어와 같은 기판 상에 에피층들을 성장시키어 형성되며, N형 반도체층, P형 반도체층 및 이들 사이에 개재된 활성층을 포함한다. 한편, 상기 N형 반도체층 상에 N-전극 패드가 형성되고, 상기 P형 반도체층 상에 P-전극 패드가 형성된다. 상기 발광다이오드는 상기 전극패드들을 통해 외부 전원에 전기적으로 연결되어 구동된다. 이때, 전류는 P-전극 패드에서 상기 반도체층들을 거쳐 N-전극 패드로 흐른다.

[0004] 일반적으로 P형 반도체층은 높은 비저항을 가지므로, P형 반도체층 내에서 전류가 고르게 분산되지 못하고, 상기 P-전극 패드가 형성된 부분에 전류가 집중되며, 가장자리를 통해 전류가 집중적으로 흐르는 문제점이 발생된다. 전류 밀집(current crowing)은 발광영역의 감소로 이어지고, 결과적으로 발광효율을 떨어뜨린다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, P형 반도체층 상에 비저항이 낮은 투명전극층을 형성하여 전류분산을 도모하는 기술이 사용된다. 하지만, 투명전극층의 우수한 전기 전도성에도 불구하고, 전류가 전극 패드 주위에 밀집되는 현상이 발생하며, 투명전극층이 어느 정도의 빛의 반사나 굴절을 유도할 수 있으나, 투명전극층과 외부와의 굴절률 차이로 인하여 내부 전반사로 인한 광의 손실이 발생된다.

[0005] P-전극 패드로부터 유입된 전류가 투명전극층에서 분산되어 상기 P-형 반도체층으로 유입되기 때문에 발광다이오드의 발광영역을 넓힐 수 있다. 그러나, 투명전극층은 광을 흡수하기 때문에 그 두께가 제한되며, 따라서 전류분산에 한계가 있다. 특히, 고출력을 위해 사용되는 약 1mm² 이상의 대면적 발광다이오드에서 투명전극층을 이용한 전류분산은 한계가 있다.

[0006] 이러한 문제점을 해결하기 위해, 대면적 발광다이오드에서 전류 분산을 개선하기 위해 전극 연장부들이 채택되고 있다. 예컨대, 한국 특허공개공보 제10-2009-0060271호는 전류 분산을 위한 전극 연장부들을 갖는 발광다이오드를 개시한다. 종래기술에 따르면, 전류 분산을 위한 전극 연장부들을 포함하는 구조와 함께 발광다이오드의 상부면에 투명전극층을 포함한다. 투명전극층은 전극 연장부들과 함께 전류 분산을 돕는다.

[0007] 그러나 종래 기술에 따르면, 상대적으로 넓은 면적을 점유하는 연장부 및 복수의 n-전극 패드들을 형성하기 위해, 상대적으로 넓은 면적의 활성층 및 상부 반도체층을 제거해야 한다. 따라서, 발광면적이 상당히 감소하며, 이에 따라 광 출력이 감소한다. 또한, 복수개의 n- 및 p-전극 패드들을 채택함으로써 전류를 분산시킬 수 있지만, 복수의 전극 패드는 향후 본딩 와이어 공정 등의 공정수를 증가시켜 패키지 수율을 떨어뜨릴 수 있다. 더욱이, n-전극 패드와 p-전극 패드가 서로로 대향하므로, 서로 가까운 전극 패드들 사이에서 전류가 집중적으로 흐르기 쉽고, 이에 따라 발광다이오드의 중심 영역에서 광의 방출이 불균일하게 나타날 수 있다.

[0008] 한편, 발광다이오드의 광 추출 효율을 개선하기 위해 패터닝된 사파이어 기판이 일반적으로 사용되고 있다. 사파이어 기판 상의 패턴은 활성층에서 생성된 광을 산란 또는 반사시킴으로써 광이 내부 전반사에 의해 발광다이오드 내에서 손실되는 것을 감소시키고, 이에 따라 광 추출 효율을 향상시킨다.

[0009] 사파이어 기판 상의 패턴을 이용하여 광 추출 효율 개선이 기대되지만, 질화갈륨계 화합물 반도체의 굴절률이 상대적으로 높기 때문에 내부 전반사에 의해 발광다이오드 내부에서 광이 손실될 가능성이 여전히 존재한다. 따라서, 광추출 효율을 개선하기 위한 노력이 계속해서 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국특허공개공보 제10-2009-0060271호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 개선된 발광 효율을 갖는 발광다이오드 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는 광 추출 효율을 개선할 수 있는 발광다이오드 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명의 일측면에 의하면, 기관 상에 서로 이격되어 위치하는 발광셀들; 상기 각 발광셀의 상부면에 위치하는 투명전극층; 인접한 발광셀들을 전기적으로 연결하는 배선들; 상기 배선들과 상기 발광셀들 사이에 위치하여 상기 배선들에 의한 발광셀 내 단락을 방지하는 절연층; 및 상기 발광셀들 및 상기 기관 상에 형성된 마이크로 렌즈를 포함하고, 상기 각 발광셀은 하부 반도체층, 상기 하부 반도체층 상부에 위치하는 상부 반도체층, 상기 하부 반도체층과 상기 상부 반도체층 사이에 개재된 활성층을 포함하고, 상기 하부 반도체층은 상기 발광셀의 둘레를 따라 그 측벽에 단차부를 갖는 발광 다이오드가 제공된다.
- [0014] 상기 발광 다이오드는 상기 마이크로 렌즈를 덮는 절연 보호막을 더 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층의 굴절률과 상기 절연 보호막의 중간 굴절율을 가지는 물질로 형성된 것일 수 있다.
- [0016] 상기 마이크로 렌즈는 폴리머로 형성된 것일 수 있다.
- [0017] 상기 상부 반도체층은 질화갈륨계 반도체층이고, 상기 투명전극층은 ITO층이며, 상기 마이크로 렌즈는 폴리머이며, 절연 보호막은 SiO₂로 형성된 것일 수 있다.
- [0018] 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층 상부에서 그 수직 단면이 위로 올라갈수록 폭이 좁아지는 형상을 가질 수 있다.
- [0019] 상기 마이크로 렌즈는 상기 투명전극층 상부에서 그 수평 단면이 원형, 타원형, 육각형, 사각형 또는 삼각형일 수 있다.
- [0020] 상기 전류 차단부는 SiO₂, Al₂O₃, Si₃N₄ 또는 TiO₂인 것일 수 있다.
- [0021] 상기 전류 차단부는 DBR일 수 있다.
- [0022] 상기 DBR은 저굴절율층과 고굴절율층이 연속적으로 반복 적층된 구조를 가지며, 상기 저굴절율층은 SiO₂ 또는 Al₂O₃가 이용되고, 상기 고굴절율층은 Si₃N₄ 또는 TiO₂가 이용되는 것일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 기관 상에 하부 반도체층, 활성층 및 상부 반도체층을 형성하고, 상기 상부 반도체층 상에 투명전극층을 형성하고, 상기 투명전극층, 상부 반도체층 및 활성층과 함께 상기 하부 반도체층의 일부를 식각하여 복수의 메사들을 형성하고, 상기 하부 반도체층을 식각하여 서로 전기적으로 분리된 발광셀들을 형성하고, 상기 발광셀들을 갖는 기관 상에 연속적인 절연층을 형성하고, 상기 절연층을 패터닝하여 상기 하부 반도체층들을 노출시키는 개구부들 및 상기 상부 반도체층들을 노출시키는 개구부들을 형성하고, 상기 절연층 상에 배선들을 형성하여 인접한 발광셀들을 연결하고, 상기 분리된 발광셀과 기관위에 복수의 마이크로 렌즈를 형성하는 것을 포함하는 발광 다이오드 제조방법이 제공된다.
- [0024] 상기 발광 다이오드 제조 방법은 상기 복수의 마이크로 렌즈를 덮는 절연 보호막을 형성하는 것을 더 포함할 수 있다.
- [0025] 상기 발광 다이오드 제조 방법은 상기 하부 반도체층, 활성층, 및/또는 상부 반도체층의 일부에 전류 차단층을

형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0026] 본 발명의 실시예들에 따르면, 투명전극층상에 마이크로 렌즈들을 형성함으로써, 광 추출 효율을 크게 높일 수 있다. 또한, 배선의 하부에 형성된 전류 차단층은 발광다이오드의 전면적에 대하여 전류가 균일하게 흐르도록 하여 전극 주위에 전류가 집중되는 전류 밀집 현상을 줄이는 전류 분산 효과를 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
 도 2 내지 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 제조방법을 설명하기 위한 개략적인 단면도들이다.
 도 6은 마이크로 렌즈의 다양한 형상을 설명하기 위한 평면도이다.
 도 7 및 도 8은 마이크로 렌즈의 형상을 설명하기 위한 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 다음에 소개되는 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고 도면들에 있어서, 구성요소의 폭, 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.

[0030] 도 1을 참조하면, 상기 발광 다이오드는 기판(51), 발광셀들(56), 투명전극층(61), 절연층(67), 배선(69), 마이크로 렌즈(71), 및 절연 보호막(72)을 포함한다. 또한, 상기 발광 다이오드는 버퍼층(53)을 포함할 수 있다.

[0031] 상기 기판(51)은 절연 또는 도전성 기판일 수 있으며, 예컨대 사파이어 또는 탄화실리콘(SiC) 기판일 수 있다. 단일 기판(51) 상에 복수개의 발광셀들(56)이 이격되어 위치한다. 상기 발광셀들(56) 각각은 하부 반도체층(55), 상기 하부 반도체층의 일영역 상에 위치하는 상부 반도체층(59) 및 상기 하부 반도체층(55)과 상부 반도체층(59) 사이에 개재된 활성층(57)을 포함한다. 여기서, 상기 하부 및 상부 반도체층은 각각 n형 및 p형, 또는 p형 및 n형이다.

[0032] 하부 반도체층(55), 활성층(57) 및 상부 반도체층(59)은 각각 질화갈륨 계열의 반도체 물질 즉, (B, Al, In, Ga)N으로 형성될 수 있다. 상기 활성층(57)은 요구되는 파장의 광 예컨대 자외선 또는 청색광을 방출하도록 조성 원소 및 조성비가 결정되며, 하부 반도체층(55) 및 상부 반도체층(59)은 상기 활성층(57)에 비해 밴드갭이 큰 물질로 형성된다.

[0033] 상기 하부 반도체층(55) 및/또는 상부 반도체층(59)은, 도시한 바와 같이, 단일층으로 형성될 수 있으나, 다층 구조로 형성될 수도 있다. 또한, 활성층(57)은 단일 양자웰 또는 다중 양자웰 구조를 가질 수 있다.

[0034] 상기 하부 반도체층(55)은 측벽에 그 둘레를 따라 형성된 단차부를 갖는다. 여기서, 하부 반도체층(55)에 형성된 단차부를 기준으로 상기 단차부 위쪽에 형성된 발광셀 부분을 메사로 정의한다. 상기 메사 측벽은 기판(51) 상부면에 대해 위로 올라갈수록 메사의 폭이 좁아지도록 경사질 수 있다. 기판(51) 상부면에 대한 메사 측벽의 경사각은 15도 내지 80도 범위 내 일 수 있다. 한편, 상기 메사 아래에 위치하는 하부 반도체층(55) 또한 기판(51)으로부터 위로 올라갈수록 경사진 측벽을 가질 수 있다. 기판(51) 상부면에 대한 하부 반도체층(55) 측벽의 경사각은 15도 내지 80도 범위 내 일 수 있다. 하부 반도체층(55)이 단차부를 갖기 때문에 발광셀들(56) 위에 형성될 다른 층들, 예컨대 절연층(67) 및 배선(69)의 연속적인(conformal) 증착을 돕는다.

[0035] 상기 메사 측벽의 경사각은 그 아래의 하부 반도체층(55) 측벽의 경사각과 동일할 수 있으나, 이에 한정되지 않으며, 이들 경사각은 서로 다르게 조절될 수 있다. 예컨대, 메사 측벽의 경사각이 하부 반도체층(55) 측벽의 경사각보다 작을 수 있다. 이에 따라, 활성층(57)에서 생성된 광이 메사 측벽을 통해 쉽게 방출될 수 있어 광 추출 효율을 향상시킬 수 있으며, 발광셀 영역을 상대적으로 넓게 확보할 수 있다.

[0036] 한편, 상기 발광셀들(56) 각각은 배선(69)의 하부에 전류 차단층(58)을 가질 수 있다. 전류 차단층(58)은 하부 반도체층(55), 활성층(57) 또는 상부 반도체층(59)에 형성될 수 있다. 전류 차단층(58)은 상부 반도체층(59)의

상부에 형성된 배선(69)으로부터 직접 전류가 흐르는 것을 차단하여 투명 전극층(61)에서 넓은 전류 확산이 가능하게 한다. 전류 차단층(58)은 예컨대, SiO₂, Al₂O₃, Si₃N₄ 또는 TiO₂인 와 같은 절연물질이 사용될 수 있으며, 서로 다른 굴절률을 가진 물질을 번갈아 적층하여 형성된 DBR(Distributed Bragg Reflector)일 수 있다. 상기 DBR은 저굴절율층과 고굴절율층이 연속적으로 반복 적층된 구조를 가질 수 있으며, 예컨대, 상기 저굴절율층은 SiO₂ 또는 Al₂O₃가 이용되고, 상기 고굴절율층은 Si₃N₄ 또는 TiO₂가 이용될 수 있다.

- [0037] 한편, 발광셀들(56)과 기판(51) 사이에 버퍼층(53)이 개재될 수 있다. 버퍼층(53)은, 기판(51)이 성장기판인 경우, 기판(51)과 그 위에 형성될 하부 반도체층(55)의 격자부정합을 완화시키기 위해 채택된다.
- [0038] 투명 전극층(61)은 각 발광셀(56) 상에 위치한다. 투명 전극층(61)은 상부 반도체층(59) 상부면 상에 위치할 수 있으며, 상부 반도체층(59)의 면적보다 좁은 면적을 갖는다. 즉, 투명 전극층(61)은 상부 반도체층(59)의 가장자리로부터 리세스될 수 있다. 따라서, 투명 전극층(61)의 가장자리에서 발광셀(56)의 측벽을 통해 전류가 집중되는 것을 방지할 수 있다.
- [0039] 한편, 절연층(67)이 발광셀들(56)의 전면을 덮는다. 절연층(67)은 하부 반도체층들(55) 상에 개구부들을 가지며, 또한 상부 반도체층들(59) 또는 투명 전극층(61) 상에 개구부들을 갖는다. 한편, 발광셀들(56)의 측벽들은 절연층(67)에 의해 덮인다. 절연층(67)은 또한 발광셀들(56) 사이 영역들 내의 기판(51)을 덮을 수 있다. 절연층(67)은 실리콘산화막(SiO₂) 또는 실리콘 질화막으로 형성될 수 있다.
- [0040] 배선들(69)이 절연층(67) 상에 형성된다. 배선들(69)은 상기 개구부들을 통해 하부 반도체층들(55) 및 상부 반도체층들(59)에 전기적으로 연결된다. 상기 배선(69)은 투명전극층(61)을 통해 상부 반도체층(59)에 전기적으로 연결될 수 있다. 한편, 배선들(69)은 인접한 발광셀들(56)의 하부 반도체층들(55)과 상부 반도체층들(59)을 각각 전기적으로 연결하여 발광셀들(56)의 직렬 어레이를 형성한다. 이러한 어레이들이 복수개 형성될 수 있으며, 복수개의 어레이들이 서로 역병렬로 연결되어 교류전원에 연결되어 구동될 수 있다. 또한, 발광셀들의 직렬 어레이에 연결된 브리지 정류기(도시하지 않음)가 형성될 수 있으며, 상기 브리지 정류기에 의해 상기 발광셀들이 교류전원하에서 구동될 수도 있다. 상기 브리지 정류기는 상기 발광셀들(56)과 동일한 구조의 발광셀들을 배선들(69)을 이용하여 결선함으로써 형성할 수 있다. 상기 배선들은 도전 물질, 예컨대 다결정 실리콘과 같은 도핑된 반도체 물질 또는 금속으로 형성될 수 있다.
- [0041] 마이크로 렌즈(71)가 상기 배선들(69) 및 상기 절연층(67)을 덮어 형성된다. 마이크로 렌즈(71)는 반구형상의 볼록한 표면을 가지어 볼록 렌즈의 기능을 할 수 있다. 마이크로 렌즈(71)의 수평 방향 직경은 마이크로미터 크기, 예컨대 약 9 μ m일 수 있다. 마이크로 렌즈(71)는 상기 투명전극층(61)보다 굴절률이 낮은 물질, 예컨대 폴리머로 형성될 수 있다. 폴리머는 예컨대, 폴리머는 예컨대, PI(polymide), SU-8(epoxy resin), SOG(spin on glass) PMMA (poly methylmethacrylate), PDMS (poly dimethylsioxane), PC(poly carbonate), 실리콘 겔 (silicon gel), 또는 레진(resin)이 사용될 수 있다. 투명전극층(61) 및/또는 마이크로 렌즈(71)의 굴절률은 그와 접하는 물질층의 굴절률에 따라 달라질 수 있으나, 상부 반도체층이 대략 굴절률 2.45인 질화갈륨 반도체층인 경우, 굴절률 2.04인 ITO층이 투명전극층으로 선택되며, 절연 보호막(72)으로 굴절률이 1.54인 SiO₂를 사용한다고 할 때, 마이크로 렌즈의 굴절률은 투명 전극층(61)과 절연 보호막(72)의 중간 굴절율인 1.67 ~ 1.8 내에서 선택되어 사용되는 것이 좋다. 마이크로 렌즈는 절연성을 갖는 것이 좋으나 도전성을 갖는 것도 고려될 수 있다.
- [0042] 한편, 절연 보호막(72)이 마이크로 렌즈(71)를 덮을 수 있다. 절연 보호막(72)은 마이크로 렌즈(71), 배선들(69)이 수분 등에 의해 오염되는 것을 방지하며, 외압에 의해 배선들(69)이 손상되는 것을 방지한다. 절연 보호막(72)은 투광성 물질, 예컨대 실리콘산화막(SiO₂) 또는 실리콘질화막으로 형성될 수 있다.
- [0043] 도 2 내지 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 제조하는 방법을 설명하기 위한 단면도들이다.
- [0044] 도 2를 참조하면, 기판(51) 상에 하부 반도체층(55), 활성층(57) 및 상부 반도체층(59)이 형성된다. 또한, 하부 반도체층(55)을 형성하기 전, 기판(51) 상에 버퍼층(53)이 형성될 수 있다.
- [0045] 상기 기판(51)은 사파이어(Al₂O₃), 탄화실리콘(SiC), 산화아연(ZnO), 실리콘(Si), 갈륨비소(GaAs), 갈륨인(GaP), 리튬-알루미나(LiAl₂O₃), 질화붕소(BN), 질화알루미늄(AlN) 또는 질화갈륨(GaN) 기판일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 기판(51) 상에 형성될 반도체층의 물질에 따라 다양하게 선택될 수 있다.
- [0046] 버퍼층(53)은 기판(51)과 그 위에 형성될 반도체층(55)의 격자부정합을 완화하기 위해 형성되며, 예컨대 질화갈

륨(GaN) 또는 질화알루미늄(AlN)으로 형성될 수 있다. 상기 기관(51)이 도전성 기관인 경우, 상기 버퍼층(53)은 절연층 또는 반절연층으로 형성되는 것이 바람직하며, AlN 또는 반절연 GaN로 형성될 수 있다.

[0047] 하부 반도체층(55), 활성층(57) 및 상부 반도체층(59)은 각각 질화갈륨 계열의 반도체 물질 즉, (B, Al, In, Ga)N로 형성될 수 있다. 상기 하부 및 상부 반도체층(55, 59) 및 활성층(57)은 금속유기화학기상증착(MOCVD), 분자선 성장(molecular beam epitaxy) 또는 수소화물 기상 성장(hydride vapor phase epitaxy; HVPE) 기술 등을 사용하여 단속적으로 또는 연속적으로 성장될 수 있다.

[0048] 여기서, 상기 하부 및 상부 반도체층들은 각각 n형 및 p형, 또는 p형 및 n형이다. 질화갈륨 계열의 화합물 반도체층에서, n형 반도체층은 불순물로 예컨대 실리콘(Si)을 도핑하여 형성될 수 있으며, p형 반도체층은 불순물로 예컨대 마그네슘(Mg)을 도핑하여 형성될 수 있다.

[0049] 전류 차단층(58)은 상부 반도체층(59)의 영역 중에 배선(69)의 아래 부분에 형성되며, 하부 반도체층(55), 활성층(57) 및/또는 상부 반도체층(59)의 일부 영역에 형성될 수 있다. 전류 차단층(58)은 예컨대, SiO₂, Al₂O₃, Si₃N₄ 또는 TiO₂인 와 같은 절연물질이 사용될 수 있으며, 서로 다른 굴절률을 가진 물질을 번갈아 적층하여 형성된 DBR일 수 있다.

[0050] 상기 전류 차단층(58) 및 상부 반도체층(59) 상에 투명전극층(61)이 형성된다. 상기 투명전극층(61)은 인디움틴 산화막(ITO)과 같은 도전성 산화물로 형성될 수 있다. 이후, 포토레지스트 패턴(미도시됨)을 식각마스크로 사용하여 투명전극층(61), 상부 반도체층(59), 활성층(57)과 함께 하부 반도체층(55)의 일부를 식각한다. 이에 따라, 포토레지스트 패턴의 형상이 상기 반도체층들(59, 57, 55)에 전사되어 측벽들이 경사진 메사들이 형성된다.

[0051] 이어서, 포토레지스트 패턴이 메사들 상에 잔류하는 동안, 습식 식각 공정에 의해 투명전극층(61)이 리세스될 수 있다. 상기 투명전극층(61)은 에천트 및 식각 시간을 조절하여 메사 상의 상부 반도체층(59)의 가장자리로부터 리세스될 수 있다. 그 후, 포토레지스트 패턴이 제거된다.

[0052] 이후, 상기 복수의 메사들을 덮고 발광셀 영역들을 한정하는 포토레지스트 패턴(미도시됨)을 식각마스크로 사용하여 하부 반도체층(55)을 식각하여 분리된 발광셀들(56)이 형성된다. 이때, 버퍼층(53)도 함께 식각되어 기관(51) 상부면이 노출될 수 있다.

[0053] 포토레지스트 패턴을 식각마스크로 사용하여 하부 반도체층(55)을 식각하는 동안 메사들은 포토레지스트 패턴에 덮혀 있는 것이 바람직하다. 이에 따라, 메사들의 셀 분리 공정에서 손상받는 것을 방지할 수 있다. 또한, 상기 셀 분리 공정에 의해 하부 반도체층(55)에 도식한 바와 같이 단차부가 생성된다. 그 후, 포토레지스트 패턴이 제거된다.

[0054] 도 3을 참조하면, 발광셀들(56)을 갖는 기관(51) 상에 연속적인 절연층(67)이 형성된다. 절연층(67)은 발광셀들(56)의 측벽 및 상부면을 덮고, 발광셀들(56) 사이 영역의 기관(51) 상부를 덮는다. 상기 절연층(67)은 화학기상증착(CVD) 기술을 사용하여 예컨대 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막으로 형성될 수 있다.

[0055] 상기 발광셀들(56)의 측벽들이 경사지게 형성되어 있으며, 더욱이 하부 반도체층(55)에 단차부가 형성되어 있으므로, 상기 절연층(67)은 발광셀들(56)의 측벽들을 쉽게 덮을 수 있다.

[0056] 상기 절연층(67)은 사진 및 식각 공정에 의해 패터닝되어 하부 반도체층(55)을 노출시키는 개구부들 및 상부 반도체층(59) 또는 투명전극층(61)을 노출시키는 개구부들을 가질 수 있다.

[0057] 도 4를 참조하면, 상기 개구부들을 갖는 절연층(67) 상에 배선들(69)이 형성된다. 상기 배선들(69)은 상기 개구부들을 통해 하부 반도체층들(55) 및 상부 반도체층들(59)에 전기적으로 연결되고, 인접한 발광셀들(56)의 하부 반도체층들(55)과 상부 반도체층들(59)을 각각 전기적으로 연결한다.

[0058] 상기 배선들(69)은 도금 기술 또는 전자빔 증착과 같은 기상증착 기술을 사용하여 형성될 수 있다. 상기 발광셀들(56)의 측벽들 상에, 즉 하부 반도체층(55)의 측벽에 단차부가 형성되어 있으므로, 배선들(69)이 발광셀(56)의 측벽에 안정되게 형성될 수 있어, 배선의 단선 및/또는 단락을 방지할 수 있다.

[0059] 도 5를 참조하면, 상기 배선들(69)이 형성된 기관(51) 상에 마이크로 렌즈(71)가 형성된다. 마이크로 렌즈(71)는 배선들(69)이 형성된 기관(51)상에 폴리머층을 형성한 후 습식 식각 공정을 이용하여 형성될 수 있다. 마이크로 렌즈(71)는 메사 측벽 및 메사 식각에 의해 노출된 제1 도전형 하부 반도체층(23)의 일부영역을 덮을 수 있다. 이와 달리, 폴리머층을 형성한 다음 포토레지스트 패턴(미도시됨)을 리플로우 기술 등을 이용하여 렌즈

형상에 대응하도록 형성하고, 이를 식각 마스크로 사용하여 폴리머층을 건식 식각함으로써 마이크로 렌즈(71)을 형성할 수도 있다.

[0060] 도 6은 마이크로 렌즈의 다양한 형상을 설명하기 위한 평면도이다.

[0061] 한편, 도 6(a)에 도시된 바와 같이, 마이크로 렌즈(71)는 평면도에서 보아 원형 또는 타원형일 수 있다. 즉, 마이크로 렌즈의 수평 단면은 원형 또는 타원형일 수 있다. 그러나, 마이크로 렌즈(71)의 수평 단면은 원형 또는 타원형에 한정되는 것은 아니며, 도 6(b) 및 6(c)에 도시된 바와 같이 육각형 또는 삼각형일 수도 있으며, 사각형일 수도 있다. 특히, 상기 마이크로 렌즈의 수평 단면 형상이 육각형 또는 삼각형인 경우, 이들 마이크로 렌즈(71)를 더 조밀하게 배치할 수 있다.

[0062] 상기 마이크로 렌즈의 형상은 제조의 용이성, 광 추출 효율 등을 고려하여 다양하게 선택될 수 있으며, 수평 단면과 수직단면의 형상을 적절히 조합하여 선택될 수 있다. 수직 단면이 삼각형 형상이고, 수평 단면이 도 6(c)에 도시된 바와 같은 삼각형 형상인 경우, 상기 마이크로 렌즈는 삼각 피라미드, 즉 사면체 형상을 가질 수 있다. 이에 따라, 마이크로 렌즈로 입사된 광이 외부로 용이하게 방출될 수 있다.

[0063] 아울러, 마이크로 렌즈(71)는 도 7에 도시된 바와 같이 표면이 매끄러운 면을 가질 수도 있으며, 도 8에 도시된 바와 같이 표면에 거친 면을 가지도록 형성될 수도 있다. 이와 같이, 투명전극층(69) 및 메사 측벽에 다양한 형상의 마이크로 렌즈(71)를 배치함으로써, 활성층(25)에서 생성된 광이 마이크로 렌즈(71)를 통해 외부로 방출될 수 있어 광 추출 효율을 개선할 수 있다.

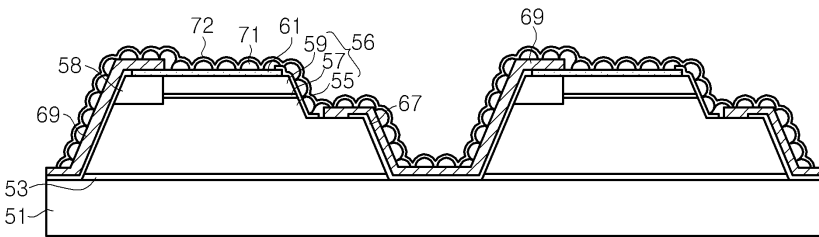
[0064] 마이크로 렌즈(71)이 형성된 기판(51)상에 보호절연막(72)이 형성된다. 상기 보호절연막(72)은 화학기상증착 기술을 사용하여, 투광성 물질, 예컨대 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막으로 형성될 수 있다. 그 결과, 도 1의 발광 다이오드가 완성된다.

부호의 설명

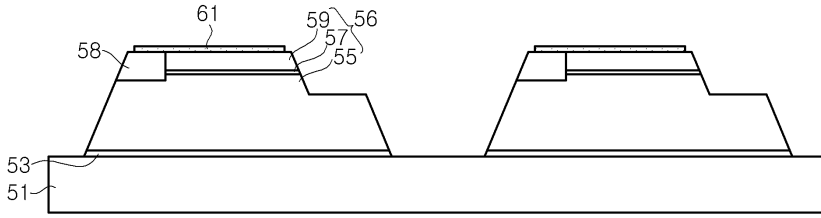
- | | |
|----------------|-------------|
| [0065] 51 : 기판 | 53 : 버퍼층 |
| 55 : 하부 반도체층 | 56 : 발광셀 |
| 57 : 활성층 | 58 : 전류 차단층 |
| 59 : 상부 반도체층 | 61: 투명 전극층 |
| 67 : 절연층 | 69 : 배선 |
| 71 : 마이크로 렌즈 | 72 : 절연 보호막 |

도면

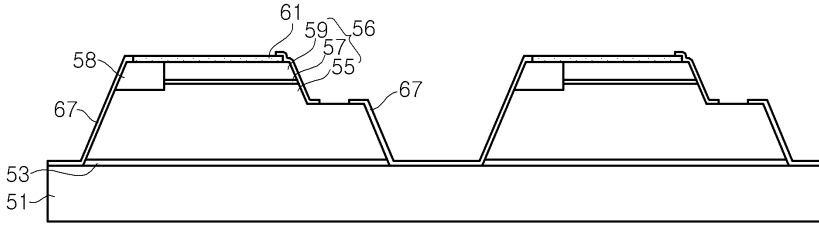
도면1



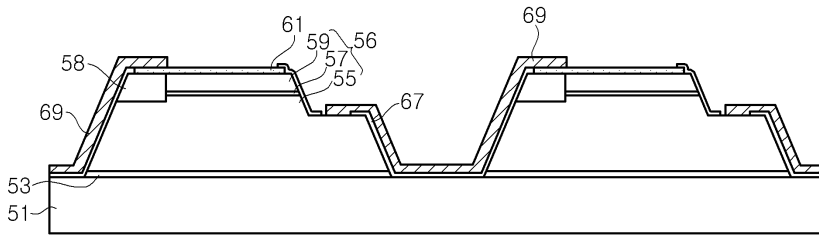
도면2



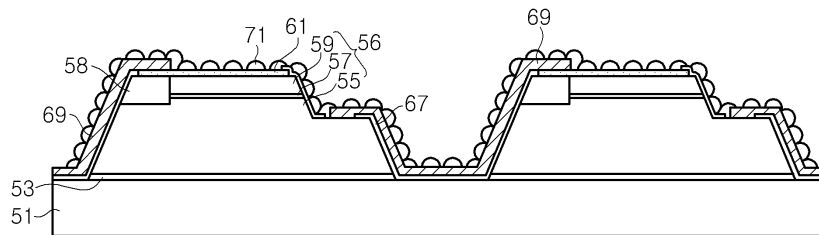
도면3



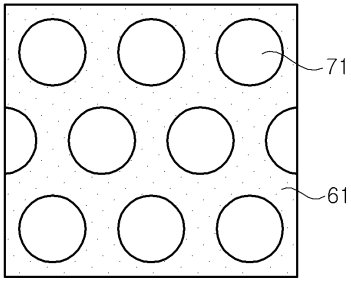
도면4



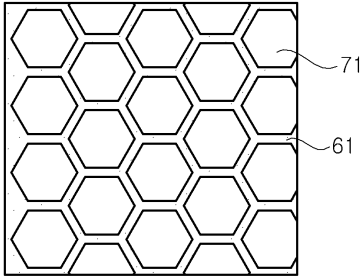
도면5



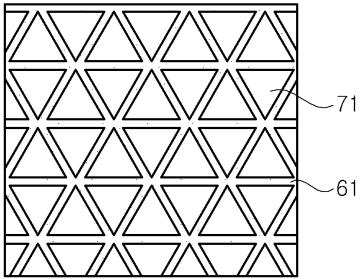
도면6



(a)

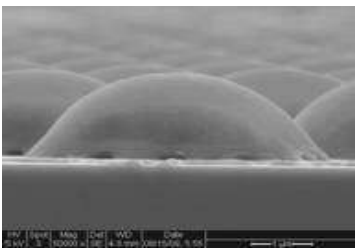


(b)



(c)

도면7



도면8

