



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0005373
(43) 공개일자 2010년01월15일

(51) Int. Cl.

H01L 33/10 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2008-0065378

(22) 출원일자 2008년07월07일

심사청구일자 2008년07월07일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

김태근

경기도 성남시 분당구 이매동 122 금강아파트
103-1301

이병규

서울시 도봉구 방학3동 삼익아파트 101동 707호

종위안

서울시 성북구 안암동 고려대학교 자연계캠퍼스
제2공학관 517B

(74) 대리인

이재광, 김정식

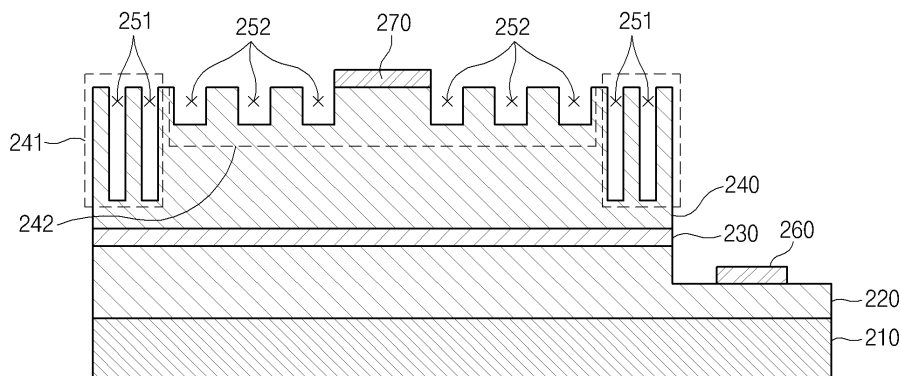
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 포토닉 크리스탈 구조가 형성된 발광 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 포토닉 크리스탈 구조가 형성된 발광 소자 및 그 제조 방법을 개시한다. 본 발명은 활성층 위에 형성된 반도체층의 주변 영역에 반도체층을 둘러 싸도록 2차원 포토닉 크리스탈 구조를 형성하면, 2차원 포토닉 크리스탈 구조가 Laser diode의 mirror와 같이 작용하여, 반도체층의 측면으로 진행되는 광을 중심 영역으로 반사함으로써, 종래의 발광소자에서는 측면 영역으로 방출되었던 광을 중심 영역을 통해서 상부로 방출함으로써 광추출 효율을 향상시키는 효과가 나타난다. 또한, 본 발명은 활성층 위의 반도체층의 중심 영역에 2차원 포토닉 크리스탈 구조를 추가로 형성함으로써, 활성층에서 직접 유입된 광이나 주변 영역에 형성된 2차원 포토닉 크리스탈 구조에서 반사된 광을 회절시켜 상부 방향인 반도체층 표면으로 방출함으로써 광추출 효율을 향상시키는 효과와 표면에서의 전반사를 감소시키는 효과가 나타나고, 광이 방출되는 방향을 상방향으로 집중시킴으로써 보다 선명한 광원을 얻을 수 있는 효과가 나타난다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

기관위에 형성된 제 1 반도체층;

상기 제 1 반도체층 위에 형성되어 광을 생성하는 활성층; 및

상기 활성층위에 형성되고, 상기 활성층으로부터 유입되어 주변 영역으로 향하는 광을 중심 영역으로 반사시키는 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 주변 영역에 형성된 제 2 반도체층을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조는 상기 제 2 반도체층에 형성된 복수의 에어홀로 구성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율은 상기 에어홀의 지름과 격자 간격(lattice constant)에 따라서 결정되는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 에어홀의 지름을 d 라하고, 격자 간격(lattice constant)을 a 라 할 때,

상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율은 아래의 수식

$$Air\,fill\,factor(f)=\frac{2\pi}{\sqrt{3}}\left(\frac{d/2}{a}\right)^2$$

으로 정의되는 Air Fill Factor에 의해서 조절되는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 5

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 반도체층의 중심 영역에는 입사된 광을 회절시켜 상부로 방출하는 제 2 포토닉 크리스탈 구조가 더 형성된 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 2 포토닉 크리스탈 구조는 상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 복수의 에어홀보다 깊이가 얇은 복수의 에어홀로 구성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 7

(a) 기관위에 제 1 반도체층을 형성하는 단계;

(b) 상기 제 1 반도체층 위에 광을 발생시키는 활성층을 형성하는 단계;

(c) 상기 활성층위에 제 2 반도체층을 형성하는 단계; 및

(d) 상기 활성층으로부터 유입되어 상기 제 2 반도체층의 주변 영역으로 향하는 광을 중심 영역으로 반사시키는 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 상기 제 2 반도체층의 주변 영역에 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 8

제 7 항에 있어서, 상기 (d) 단계는

상기 제 2 반도체층의 주변 영역에 복수의 에어홀을 형성하여 상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서, 상기 (d) 단계는

상기 에어홀의 지름과 격자 간격(lattice constant)을 조절하여 상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율을 조절하는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 에어홀의 지름을 d 라하고, 격자 간격(lattice constant)을 a 라 할 때,

상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율은 아래의 수식

$$Air\,fill\,factor(f)=\frac{2\pi}{\sqrt{3}}\left(\frac{d/2}{a}\right)^2$$

으로 정의되는 Air Fill Factor에 의해서 조절되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

(e) 상기 제 2 반도체층의 중심 영역에 입사된 광을 회절시켜 상부로 방출하는 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 (e) 단계는

상기 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 복수의 에어홀보다 깊이가 얇은 복수의 에어홀을 형성하여 상기 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 (e) 단계는 상기 (d) 단계 이전에 수행되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기술 분야

<1> 본 발명은 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 발광 소자에 포토닉 크리스탈 구조를 형성하여 광추출 효율을 향상시킨 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 청색, 녹색, UV광을 방출하는 GaN계 발광 다이오드(LED)는 소형 및 대형 전광관 뿐만 아니라, Indicator, LCD 장치의 백라이트, 및 휴대폰 키패드의 백라이트 등 사회 전반에 걸쳐 그 응용범위가 점차 넓어지고 있다.

<3> 현재는 청록색 LED 가 기존 신호등을 대체하고 있고, 다양한 LED가 자동차용 및 간접조명용 광원으로 사용되고 있으며, 광효율이 더 높은 백색 LED가 개발되면 현재 사용되는 전등도 LED로 대체될 수 있을 것이다.

- <4> 이렇게 다양한 분야에 이용되는 LED를 제조하기 위해서, 종래에는 GaN 물질로 LED를 구성하기 위해 박막을 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)등의 방식으로 사파이어 기판 또는 SiC 기판 위에 형성하였다.
- <5> 도 1a 및 도 1b 는 종래의 기술에 따라서 이용하여 발광소자를 제조하는 방법을 설명하는 도면이다. 도 1a 및 도 1b를 참조하면, 종래의 방식은 사파이어, SiC, GaN 등의 기판(11) 위에 MOCVD 방식에 의해 버퍼층(Un-doped GaN;12)을 형성하고, 버퍼층(12) 위에 N-GaN 층(13), 활성층(In_xGa_{1-x}N(x=0~1);14), P-GaN층(15)을 차례로 형성한다(도 1a의 (a) 참조).
- <6> 그 후, P-GaN층(15)의 불순물의 활성화를 위해서 약 600℃에서 약 20분간 열처리를 수행한 후, N형 전극을 형성하기 위해서 N-GaN층(13)의 일부분이 드러나도록 P-GaN층(15)부터 아래로 식각을 수행한다(도 1a 의 (b) 참조).
- <7> 그 후, P-GaN층(15)의 전면에 얇은 ohmic contact 용 메탈(또는 투명 전도 박막;16)을 형성하고(도 1a의 (c) 참조), 그 위에 칩의 조립시 본딩을 하기 위한 패드용 P형 ohmic contact(17)을 형성한다(도 1b의 (d) 참조).
- <8> 그 후, 식각된 N-GaN층(13) 위에도 ohmic 및 패드 메탈로 동시에 이용되는 전극층(18)을 형성하여 칩을 완성한다(도 1b 의 (e) 참조).
- <9> 한편, 상술한 일반적인 구조의 발광 소자 이외에도, 도 1c 에 도시된 플립칩(Flip-Chip) 구조의 발광소자와 도 1d 에 도시된 수직(Vertical) 구조의 발광소자가 광출력 향상을 위한 발광 소자로서 연구되고 있다.
- <10> 특히 일반적인 lateral 구조의 발광소자에 비해 수직 구조의 발광 소자는 발광면이 n형 표면 전체이며, 전류 확산 특성이 매우 뛰어나므로 차세대 구조라고 표현되어 진다.
- <11> 그러나, 종래의 수직 구조 발광 소자의 경우 활성층에서 발생된 광이 n-GaN 표면에서 GaN (굴절율(n)=2.5)와 공기의 굴절률 차이로 인하여 전반사가 발생하여, n-GaN 층에 입사된 광의 일부만이 외부로 방출되므로, 광효율이 낮은 문제점이 존재한다.
- <12> 이러한 광추출 효율의 문제점은 비단 수직 구조의 발광소자 뿐만 아니라, 상술한 일반 구조의 발광 소자와 플립칩 구조의 발광소자에서도 공통적으로 나타나는 문제점이라 하겠다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <13> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 광 추출 효율이 향상된 발광 소자를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- <14> 상술한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 발광 소자는, 기판위에 형성된 제 1 반도체층; 제 1 반도체층 위에 형성되어 광을 생성하는 활성층; 및 활성층위에 형성되고, 활성층으로부터 유입되어 주변 영역으로 향하는 광을 중심 영역으로 반사시키는 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 주변 영역에 형성된 제 2 반도체층을 포함한다.
- <15> 또한, 상술한 제 1 포토닉 크리스탈 구조는 제 2 반도체층에 형성된 복수의 에어홀로 구성될 수 있다.
- <16> 또한, 상술한 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율은 에어홀의 지름과 격자 간격(lattice constant)에 따라서 결정될 수 있다.
- <17> 또한, 상술한 에어홀의 지름을 d 라하고, 격자 간격(lattice constant)을 a 라 할 때, 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율은 아래의 수식
$$Air\ fill\ factor(f) = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \left(\frac{d/2}{a} \right)^2$$
 으로 정의되는 Air Fill Factor에 의해서 조절될 수 있다.
- <18> 또한, 상술한 제 2 반도체층의 중심 영역에는 입사된 광을 회절시켜 상부로 방출하는 제 2 포토닉 크리스탈 구조가 더 형성될 수 있다.
- <19> 또한, 상술한 제 2 포토닉 크리스탈 구조는 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 복수의 에어홀보다 깊이가 얇은 복수의 에어홀로 구성될 수 있다.
- <20> 한편, 상술한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 발광 소자 제조 방법은, (a) 기판위에 제 1 반도체층을 형

성하는 단계; (b) 제 1 반도체층 위에 광을 발생시키는 활성층을 형성하는 단계; (c) 활성층위에 제 2 반도체층을 형성하는 단계; 및 (d) 활성층으로부터 유입되어 제 2 반도체층의 주변 영역으로 향하는 광을 중심 영역으로 반사시키는 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 제 2 반도체층의 주변 영역에 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

- <21> 또한, 상술한 발광 소자 제조 방법의 상술한 (d) 단계는 제 2 반도체층의 주변 영역에 복수의 에어홀을 형성하여 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성할 수 있다.
- <22> 또한, 상술한 발광 소자 제조 방법의 상술한 (d) 단계는 에어홀의 지름과 격자 간격(lattice constant)을 조절하여 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율을 조절할 수 있다.
- <23> 또한, 에어홀의 지름을 d 라하고, 격자 간격(lattice constant)을 a 라 할 때, 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되는 광의 반사율은 아래의 수식
$$Air\,fill\,factor(f)=\frac{2\pi}{\sqrt{3}}\left(\frac{d/2}{a}\right)^2$$
 으로 정의되는 Air Fill Factor에 의해서 조절될 수 있다.
- <24> 또한, 상술한 발광 소자 제조 방법은, (e) 제 2 반도체층의 중심 영역에 입사된 광을 회절시켜 상부로 방출하는 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <25> 또한, 상술한 (e) 단계는 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 복수의 에어홀보다 깊이가 얇은 복수의 에어홀을 형성하여 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성할 수 있다.
- <26> 또한, 상술한 (e) 단계는 상술한 (d) 단계 이전에 수행될 수 있다.

효 과

- <27> 본 발명은 발광 소자의 반도체층 표면에 2 차원 포토닉 크리스탈 구조를 형성하여 활성층에서 발생되어 반도체층으로 유입된 광이 반도체층 표면을 통과하여 공기중으로 방출될 때 발생하는 광 추출 효율을 감소시키는 요소들을 개선함으로써 광추출 효율을 향상시킨다.
- <28> 구체적으로, 본 발명은 활성층 위에 형성된 반도체층의 주변 영역에 반도체층을 둘러 싸도록 2차원 포토닉 크리스탈 구조를 형성하면, 2차원 포토닉 크리스탈 구조가 Laser diode 의 mirror 와 같이 작용하여, 반도체층의 측면으로 진행되는 광을 중심 영역으로 반사함으로써, 종래의 발광소자에서는 측면 영역으로 방출되었던 광을 중심 영역을 통해서 상부로 방출함으로써 광추출 효율을 향상시키는 효과가 나타난다.
- <29> 또한, 본 발명은 활성층 위의 반도체층의 중심 영역에 2차원 포토닉 크리스탈 구조를 추가로 형성함으로써, 활성층에서 직접 유입된 광이나 주변 영역에 형성된 2차원 포토닉 크리스탈 구조에서 반사된 광을 회절시켜 상부 방향인 반도체층 표면으로 방출함으로써 광추출 효율을 향상시키는 효과와 표면에서의 전반사를 감소시키는 효과가 나타나고, 광이 방출되는 방향을 상방향으로 집중시킴으로써 보다 선명한 광원을 얻을 수 있는 효과가 나타난다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <30> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.
- <31> 상술한 바와 같이, 본 발명은 활성층 위에 형성된 반도체층에 포토닉 크리스탈(Photonic Crystal) 구조를 형성하는 것을 특징으로 한다. 따라서, 활성층 위에 형성된 반도체층에 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 본 발명은 종래 기술에 따른 어떠한 구조의 발광 소자와도 결합될 수 있다. 따라서, 이하에서는 도 1a 및 도 1b에 도시된 가장 일반적인 구조의 발광 소자에 본 발명을 적용한 예를 설명하지만, 그 밖의 다양한 구조에도 동일하게 적용될 수 있음을 주의하여야 한다.
- <32> 도 2 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 도시한 도면이고, 도 3 은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 포토닉 크리스탈이 형성된 제 2 반도체층(240)의 평면을 도시한 도면이다. 여기서 도 2 는 도 3 의 a1-a1' 단면을 도시한다.
- <33> 도 2 및 도 3 을 참조하면, 본 발명의 발광 소자는 종래 기술과 동일한 방식으로 기판위에 제 1 반도체층(220;n-GaN 층), 활성층(230), 및 제 2 반도체층(240;p-GaN층)이 순차적으로 형성되고, 제 2 반도체층(240)의 주변 영역(241)에 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 형성되며, 제 1 포토닉 크리스탈 구조에 의해서 둘러싸인 중심 영역(242)에 제 2 포토닉 크리스탈 구조가 형성되고, 제 1 반도체층(220)의 식각면과 제 2 반도체층(240) 상부

에 전극 패드(260,270)가 형성된다.

- <34> 포토닉 크리스탈이란 특정 주파수를 차단하는 밴드갭(포토닉 밴드갭)을 갖고 있는 광학결정으로, 굴절률이 다른 두 종류의 물질을 광의 반파장정도의 주기로 상호 정렬시키면, 특정 파장의 광의 존재가 허용되지 않는 포토닉 밴드갭이 출현한다. 이 때, 굴절률이 서로 다른 물질들의 간격이나 크기를 조절함으로써 포토닉 밴드갭을 조절할 수 있고, 포토닉 밴드갭을 조절함으로써 특정 파장의 빛을 반사시킬 수 있다. 2차원 포토닉 크리스탈의 경우 z 축으로는 변화가 없으며 x-y 평면상으로 주기적으로 서로 다른 물질들이 배열되어 있는 것이다. 이러한 포토닉 크리스탈에 대해서 당업자에게 이미 익히 알려진 내용이므로 구체적인 이론적 설명은 생략한다.
- <35> 본 발명에서 주변 영역(241)에 형성된 제 1 포토닉 크리스탈 구조 및 중심 영역(242)에 형성된 제 2 포토닉 크리스탈 구조 모두 일정한 격자 간격(a_1 , a_2)으로 배열된 지름(d_1, d_2)이 동일한 복수의 에어홀(air hole)로 구성되고, 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 주변 영역(241)의 에어홀(251)이 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 중심 영역(242)의 에어홀(252)보다 깊게 형성된다.
- <36> 제 1 포토닉 크리스탈 구조는 활성층(230)으로부터 제 2 반도체층(240)으로 유입된 광들 중 제 2 반도체층(240)의 주변영역으로 향하는 광을 중심 영역(242)으로 반사시킨다. 또한, 제 2 포토닉 크리스탈 구조는 활성층(230)으로부터 유입된 광 또는 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 반사되어 유입된 광을 회절시켜 상부로 방출한다.
- <37> 도 4a 및 도 4b는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 광이 외부로 방출되는 과정을 설명한 도면이다. 도 4a 및 도 4b 를 참조하면, 활성층(230)으로부터 제 2 반도체층(240)으로 유입된 광들 중 제 2 반도체층(240)의 주변 영역(241)으로 향하는 광들은 제 1 포토닉 크리스탈 구조에 의해서 중심 영역(242)으로 반사되고, 중심 영역(242)으로 향하는 광은 중심 영역(242)에 형성된 제 2 포토닉 크리스탈 구조에 의해서 회절되어 제 2 반도체층(240) 표면을 통해서 상부로 방출되거나, 반대편의 제 1 포토닉 크리스탈 구조에서 재반사되어 중심 영역(242)으로 향한 후, 제 2 포토닉 크리스탈 구조에 의해서 회절되어 제 2 반도체층(240) 표면을 통해서 상부로 방출된다.
- <38> 제 2 반도체층(240)의 표면에 2차원 광결정(photonic crystal) 패턴을 형성하면 Guided Wave를 외부로 Out-Coupling되는 Leaky Wave (or Diffracted Wave)로 변환시킴으로써 외부로의 광방출효율을 증가시킬 수 있다.
- <39> 이 때, 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 통해서 반사되는 광의 반사율과 광의 종류는 다음과 같은 방식에 의해서 결정된다.
- <40> 도 5 는 2차원 포토닉 크리스탈 구조의 밴드갭 구조를 도시한 도면이다.
- <41> 도 5에서 x 축은 Wave vector 를 나타내고 y 축은 Frequency 를 나타낸다. 도 5에 도시된 바와 같이, 2차원 포토닉 크리스탈의 Frequency 와 밴드갭은 서로 연관성이 존재한다. 물질 내를 진행하는 빛은 일정한 Wave (파장)을 가진 Photon 의 이동으로 설명되는데, 일정한 파장을 가지고 진행하므로 이는 주파수 (Frequency)와 관련이 있다. 그러므로, 도 5에 도시된 바와 같이 포토닉 크리스탈 구조에 의해 형성된 포토닉 밴드갭의 공핍대에 해당하는 Frequency 를 가진 빛은 포토닉 크리스탈 구조를 통과하여 진행하지 못하고 반사된다.
- <42> 2차원 포토닉 크리스탈의 Frequency 는 주변 영역(241)에 형성된 에어홀(251)간의 격자 간격(lattice constant : a)을 조절하여 다음의 수학적 식 1 에 의해서 조절할 수 있다.

수학적 식 1

<43>
$$Frequency = a/\lambda$$

<44> 상술한 수학적 식 1에서 λ 는 파장을 나타낸다.

<45> 한편, 2차원 포토닉 크리스탈 구조에서 반사율은 다음의 수학적 식 2에서 정의되는 Air Fill Factor, 즉, 2차원 포토닉 크리스탈 구조내의 에어홀의 비율을 조절함으로써 변화시킬 수 있다.

수학적 식 2

<46>
$$Air\ fill\ factor(f) = \frac{2\pi}{\sqrt{3}} \left(\frac{d/2}{a} \right)^2$$

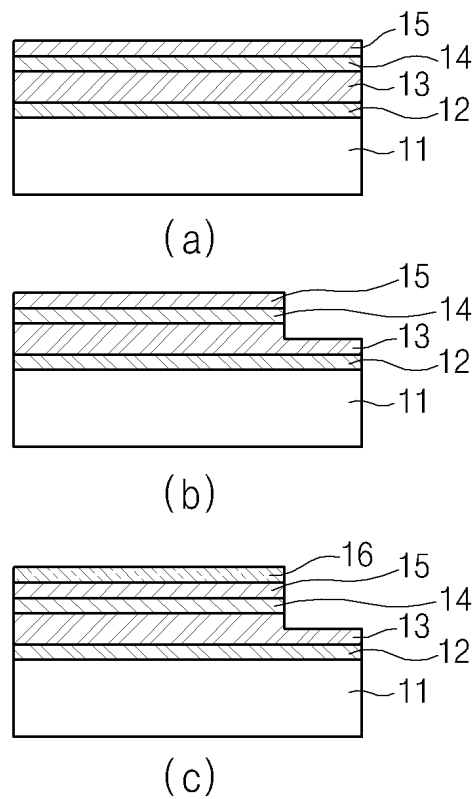
- <47> 상술한 수학적 식 2에서 a 는 에어홀간의 격자 간격을 나타내고, d 는 에어홀의 지름을 나타낸다.
- <48> 수학적 식 2 에 기재된 바와 같이, 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하기 위해서 제 2 반도체층(240)의 주변 영역(241)에 형성되는 에어홀(251)의 격자 간격 및 지름을 조절함으로써 제 1 포토닉 크리스탈의 특성(반사시키는 광의 종류, 반사율 등)을 조절할 수 있다.
- <49> 이러한 과정을 통해서, 본 발명의 발광 소자는 종래 기술에서 측면으로 방출되는 광을 상부로 방출시킴으로써 광 추출 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 나타난다.
- <50> 이하에서는, 도 6a 내지 도 6h를 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자 제조 방법을 설명한다.
- <51> 다만, 상술한 바와 같이, 본 발명의 특징은 활성층(230) 위에 형성된 제 2 반도체층(240)에 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 것이며, 나머지 구성은 일반적인 발광 소자 제조 방법과 동일하므로 포토닉 크리스탈을 형성하는 공정에 대해서만 설명한다.
- <52> 도 6a 내지 도 6h를 참조하면, 기판위에 제 1 반도체층(220), 활성층(230), 및 제 2 반도체층(240)이 순차적으로 형성되면, 제 2 반도체층(240) 위에 포토레지스트(PR;610)를 코팅한 후(도 6a 참조), 현상 공정을 수행하여 제 1 포토닉 크리스탈 구조를 형성하기 위한 복수의 에어홀 패턴을 형성한다(도 6b 참조). 이 때, 패턴의 간격이 상술한 격자 간격(a)을 결정하고, 격자 간격은 포토닉 밴드갭 및 반사율을 결정한다. 또한, 본 발명의 바람직한 실시예는 포토레지스트를 이용하여 패턴을 형성하였으나, PR 코팅에 의한 패턴 형성 외에도 AAO (Anodized Aluminum Oxide) 기술과 같은 공지의 기술을 이용해서 패턴을 형성해도 무방하다.
- <53> 에어홀 패턴이 형성된 후, 도 6c 에 도시된 바와 같이, ICP RIE 에칭 방식과 같은 공지의 식각 방식을 이용하여 패턴이 도포되지 않은 제 2 반도체층을 식각하여 에어홀(251)을 형성하고, 복수의 에어홀(251)이 형성된 후, 도 6d 에 도시된 바와 같이 포토레지스트 패턴(610)을 제거하여 주변 영역(241)에 2차원 포토닉 크리스탈 구조를 형성한다. 이 때, 식각을 수행하는 시간을 조절하여 에어홀(251)의 깊이를 조절할 수 있다. 상술한 도 6a 내지 도 6d에 도시된 과정을 수행하면, 제 2 반도체층(240)의 주변 영역(241)에 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 형성된다.
- <54> 한편, 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 형성된 후, 중심 영역(242)에 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성한다. 이를 위해서, 도 6e 에 도시된 바와 같이, 제 2 반도체층(240)에 포토레지스트(620)를 도포하고, 현상 공정을 수행하여 제 2 포토닉 크리스탈 구조를 형성하기 위한 복수의 에어홀 패턴을 형성한다(도 6f 참조).
- <55> 그 후, 도 6g에 도시된 바와 같이, ICP RIE 에칭 방식과 같은 공지의 식각 방식을 이용하여 패턴이 도포되지 않은 제 2 반도체층(240)을 식각하여 에어홀(252)을 형성하고, 복수의 에어홀(252)이 형성된 후, 도 6h 에 도시된 바와 같이 포토레지스트 패턴(620)을 제거하여 중심 영역(242)에 2차원 포토닉 크리스탈 구조를 형성한다. 이 때, 식각을 수행하는 시간을 조절하여 에어홀(252)의 깊이를 조절할 수 있는데, 중심 영역(242)에 형성되는 에어홀(252)의 깊이는 주변 영역(241)에 형성된 에어홀(251)보다 깊게 형성되도록 식각 시간을 조절해야 한다.
- <56> 상술한 도 6e 내지 도 6h 에 도시된 과정을 수행하면, 제 2 반도체층(240)의 중심 영역(242)에 제 2 포토닉 크리스탈 구조가 형성된다. 그 후, 본 발명이 적용된 발광 소자의 구조에 따라서 제 2 반도체층(240) 상면에 전극 패드를 형성하는 등의 추가 공정이 수행될 수 있다.
- <57> 한편, 상술한 본 발명의 바람직한 실시예에서는, 주변 영역(241)에 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 형성된 후, 중심 영역(242)에 제 2 포토닉 크리스탈 구조가 형성되는 과정을 설명하였으나, 중심 영역(242)에 제 2 포토닉 크리스탈 구조가 형성된 후, 주변 영역(241)에 제 1 포토닉 크리스탈 구조가 형성되어도 무방하다.
- <58> 또한, 본 발명은 주변 영역(241)에만 포토닉 크리스탈 구조를 형성하는 것만으로도, 종래의 발광 소자의 측면으로 방출되는 광을 중심 영역(242)으로 반사함으로써 광추출 효율을 향상시킬 수 있다.
- <59> 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

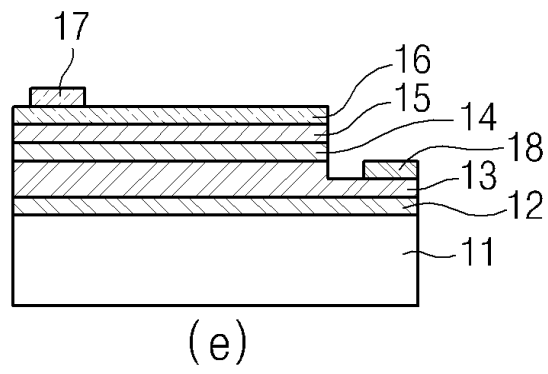
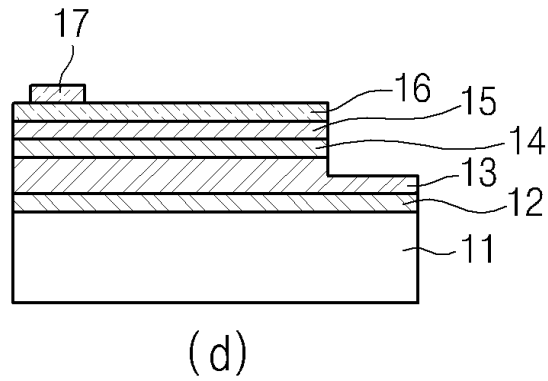
- <60> 도 1a 및 도 1b 는 종래의 기술에 따라서 발광소자를 제조하는 방법을 설명하는 도면이다.
- <61> 도 1c 및 도 1d 는 종래기술에 따른 발광 소자의 구조를 도시하는 도면이다.
- <62> 도 2 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 도시한 도면이다.
- <63> 도 3 은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 포토닉 크리스탈이 형성된 반도체층의 평면을 도시한 도면이다.
- <64> 도 4a 및 도 4b 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 광이 외부로 방출되는 과정을 설명한 도면이다.
- <65> 도 5 는 2차원 포토닉 크리스탈 구조의 밴드갭 구조를 도시한 도면이다.
- <66> 도 6a 내지 도 6h 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도면

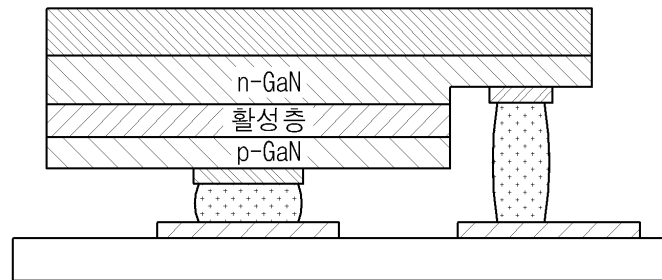
도면1a



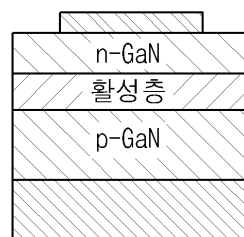
도면1b



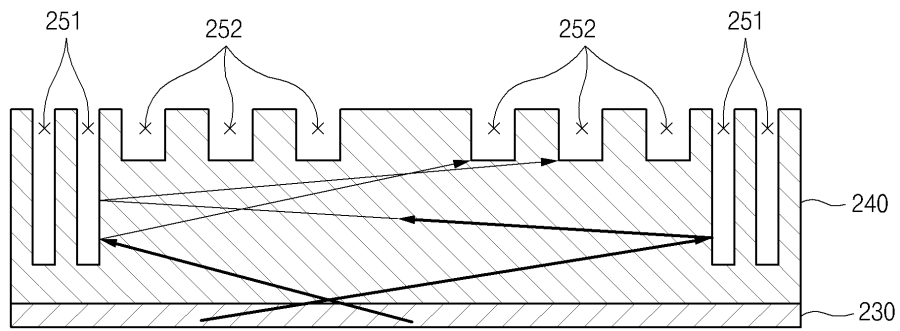
도면1c



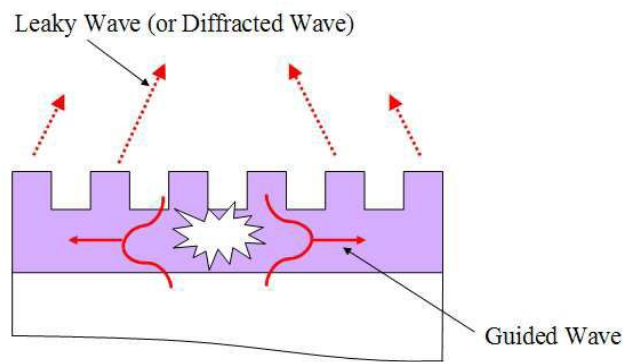
도면1d



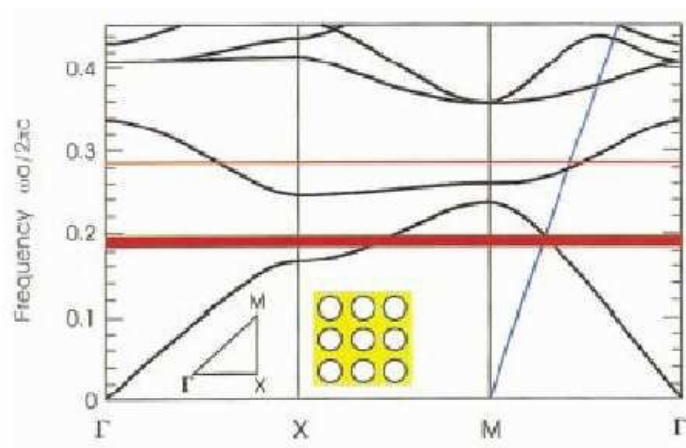
도면4a



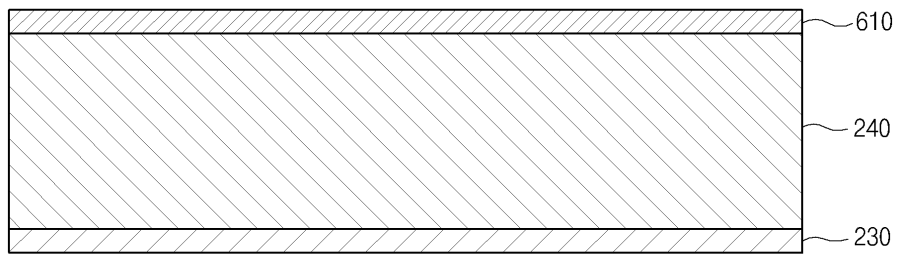
도면4b



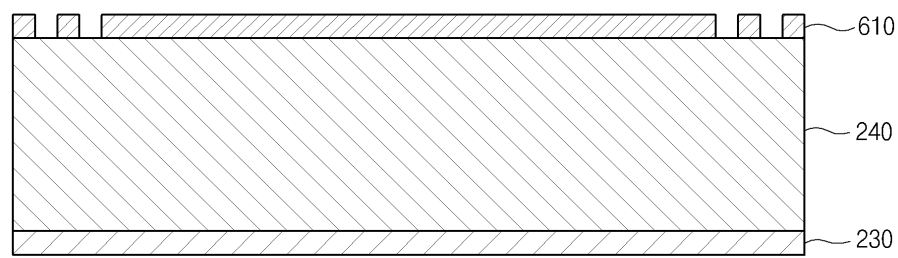
도면5



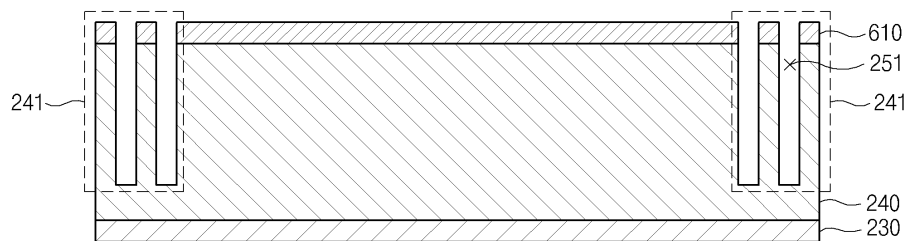
도면6a



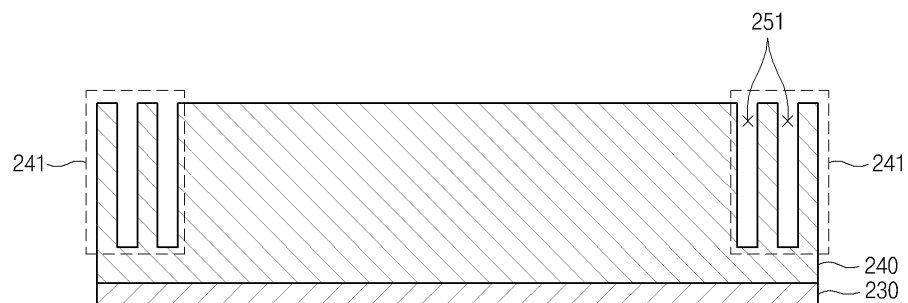
도면6b



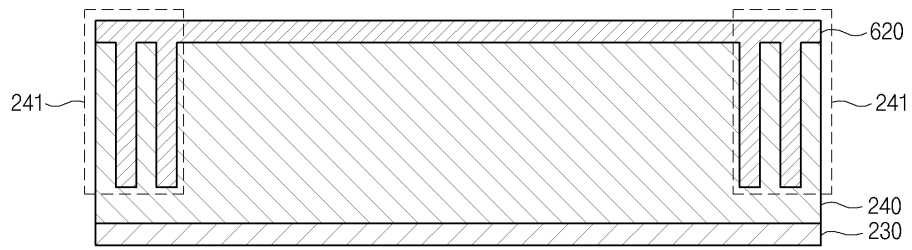
도면6c



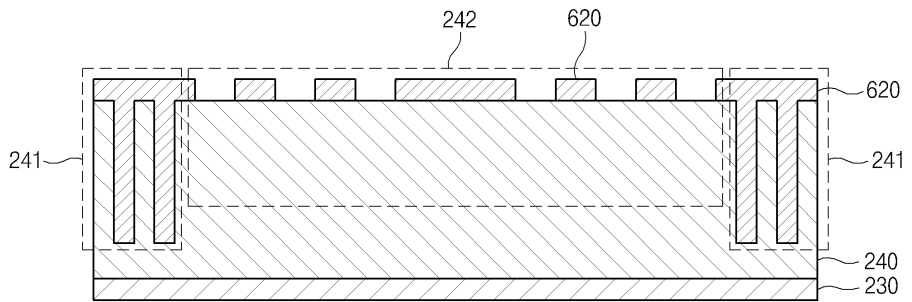
도면6d



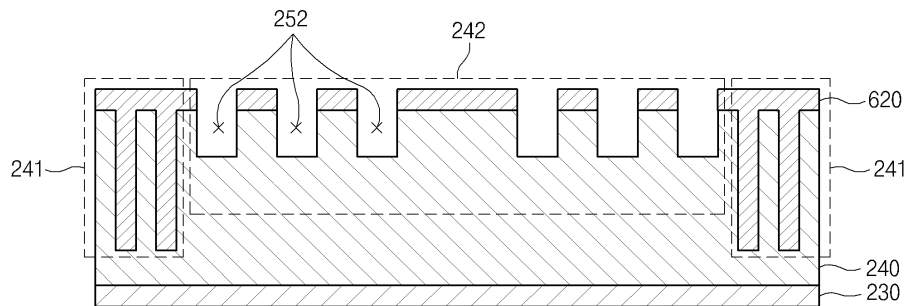
도면6e



도면6f



도면6g



도면6h

