(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2008-0094146
(43) 공개일자 2008년10월23일

(51) Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0038181
(22) 출원일자 2007년04월19일
심사청구일자 2007년04월19일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
김태근
경기 성남시 분당구 이매동 122번지 금강아파트 103-1301
임시종
서울시 서대문구 홍은2동 460번지 풍림 아이원 아파트 101동202호
신영철
서울시 서초구 서초동 우성아파트 2동 913호
(74) 대리인
김정식

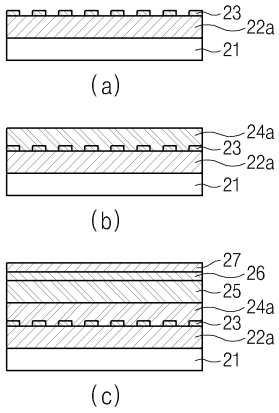
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 질화물 발광소자 및 그 제조 방법

(57) 요 약

본 발명은 질화물 발광 소자 및 그 제조 방법을 개시한다. 본 발명은 박막 변환층을 기판상에 패터닝하고, 그 위에 저결함 밀도의 질화물층을 형성함으로써, 종래의 기판과 질화물층간의 격자 부정합으로 인하여 발생하는 결함 밀도를 현저하게 감소시켜 고효율 및 고신뢰성의 발광 소자를 얻을 수 있는 효과가 있다. 또한, 본 발명은 발광 소자 제조 과정에서 빛의 파장을 변환할 수 있는 포스포 등으로 구현되는 박막 변환층을 삽입하여 발광 소자를 제조함으로써, 종래의 원하는 파장의 빛을 얻기 위해서 발광 소자 제조 공정이 완료된 후 별도로 파장 변환용 포스포 물질을 결합하는 부가적인 공정 또는 R,G,B 의 3 종류의 발광 소자를 각각 결합하여 구동해야 하는 공정을 생략할 수 있게 되었다. 따라서, 종래보다 조립이 간단하고, 가격이 저렴하면서도 수율이 높은 발광소자를 얻을 수 있는 효과가 있다.

대 표 도 - 도2a



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	10973M0211612
부처명	서울시
연구사업명	서울시 산학협력(신기술개발사업)
연구과제명	박막형 형광체를 적용한 고효율 백색 LED개발
주관기관	고려대학교
연구기간	고려대학교 전기전자전파공학부

특허청구의 범위

청구항 1

(a) 소정의 기판 위에, 빛의 파장을 변환시키는 소정 패턴의 박막 변환층을 형성하는 단계; 및

(b) 상기 박막 변환층이 형성된 상기 기판위에 질화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광소자 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 (a) 단계는

상기 기판위에 버퍼층을 형성하는 단계; 및

상기 버퍼층에 상기 박막 변환층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광소자 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

상기 박막 변환층이 형성된 상기 기판위에 버퍼층을 형성하는 단계; 및

상기 버퍼층위에 제 1 질화물 반도체층, 활성층, 및 제 2 질화물 반도체층을 순차적으로 적층하여 상기 질화물층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광소자 제조 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 질화물층의 일부를 식각하여 전극층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광소자 제조 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판은 사파이어 기판인 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 박막 변환층은 EuO계 물질, CeO계 물질, EuSiO계 물질, CeSiO계 물질 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 박막 변환층은 10Å~10㎛ 정도의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 8

소정의 기판;

상기 기판위에 빛의 파장을 변환시키도록 소정의 패턴으로 형성된 박막 변환층; 및

상기 박막 변환층이 형성된 상기 기판위에 형성된 질화물층을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광소자.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 기판과 상기 박막 변환층 사이에 형성된 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 박막 변환층이 형성된 상기 기판과 상기 질화물층 사이에 형성된 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 11

제 8 항에 있어서, 상기 질화물층은

제 1 질화물 반도체층, 활성층, 및 제 2 질화물 반도체층이 순차적으로 적층된 구조인 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 12

제 8 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 질화물층의 상면에 형성된 제 1 전극층, 및

상기 질화물층의 일부를 식각하여 형성된 제 2 전극층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광소자.

청구항 13

제 8 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판은 사파이어 기판인 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 14

제 8 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 박막 변환층은 EuO계 물질, CeO계 물질, EuSiO계 물질, CeSiO계 물질 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 15

제 8 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 박막 변환층은 10Å~10㎛ 정도의 두께로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<5> 본 발명은 질화물 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 GaN계 물질로 이루어지는 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

<6> 청색, 녹색, UV광을 방출하는 GaN계 발광 다이오드(LED)는 소형 및 대형 전광판 뿐만 아니라, Indicator, LCD 장치의 백라이트, 및 휴대폰 키패드의 백라이트 등 사회 전반에 걸쳐 그 응용범위가 점차 넓어지고 있다.

<7> 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.

<8> 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.

<9> 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).

<10> 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).

<11> 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).

<12> 그 후, 식각된 N-GaN층(13) 위에도 ohmic 및 패드 메탈로 동시에 이용되는 전극층(18)을 형성하여 칩을 완성한다(도 1b 의 (e) 참조).

<13> 완성된 LED 칩은 패키징과 몰딩 과정을 거쳐 SMD, lamp, 고출력 LED PKG 의 형태로 만들어 진다.

<14> 한편, LED 의 구동과정을 설명하면, N 및 P 형 전극을 통해서 전압이 인가되면, N-GaN층(13) 및 P-GaN층(15)으로부터 전자 및 정공이 활성층(14)으로 유입되고, 활성층(14)에서 전자와 정공의 결합이 일어나면서 발광하게 된다.

<15> 활성층(14)에서 발생된 빛은 활성층(14)의 위와 아래로 진행하게 되고, 위로 진행된 빛은 P-GaN층(15)위에 얇게 형성된 투명전극을 통해서 밖으로 방출되고, 아래로 진행된 빛의 일부분은 칩의 외부로 방출되고, 나머지는 기판 아래쪽으로 진행하여 LED 칩의 조립시에 이용되는 솔더(solder)에 흡수되거나, 반사되어 다시 위쪽으로 진행하여 일부는 활성층(14)에 다시 흡수되기도 하고, 다른 일부는 활성층(14)을 지나 투명전극을 통해서 칩 외부로 방출된다.

<16> 한편, 상술한 바와 같이 종래의 방식에 따라서 제조된 발광 소자가 발산하는 빛의 파장 즉, 빛의 색깔은 활성층(14)의 InGaN의 조성에 따라서 결정되는데, 종래 기술에 따라서 발광소자로 다양한 색을 표현하기 위해서는 LED 칩의 조립시 칩의 상부에 파장 변환 물질인 포스포(phosphor)를 형성하여 다파장의 색을 구현하게 되고, 이에 따라서 파장이 변환된 특정 파장, 혼합 파장, 및 화이트 LED 등을 구현할 수 있게 된다.

<17> 그러나, 상술한 바와 같은 종래 방식의 LED 제조 방법에 따라서 제조된 LED 는 다음과 같은 문제점이 나타난다.

<18> 첫 번째로, 사파이어 기판과 GaN층 격자 상수가 서로 상이하여 결함 밀도인 전위 밀도(Dislocation Density)가 10^7~10^8/㎠ 정도로 매우 크므로 LED 의 광출력 및 신뢰성에 문제가 발생한다.

<19> 두 번째로, 종래 방식에 따라서 파장을 변환하거나 화이트 LED를 구현하기 위해서는 칩의 조립시에 LED 의 상부에 파장 변환용 포스포(phosphor)를 삽입하거나, R/G/B 3종류의 LED를 함께 조립하여야 하므로, 공정의 복잡성 및 재료비의 상승에 의해서 제조 가격이 상승하는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<20> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상술한 종래 기술에 따른 문제점을 해결하는, 고품질의 높은 발광효율을 갖는 고 신뢰성의 발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다. 특히, 본 발명이 이루고자 하는 다른 기술적 과제는 복잡한 조립 공정없이 발광 소자에서 발생하는 빛의 파장의 변환시킬 수 있는 발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

<21> 상술한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 발광 소자 제조 방법은, (a) 소정의 기판 위에, 빛의 파장을 변환시키는 소정 패턴의 박막 변환층을 형성하는 단계; 및 (b) 박막 변환층이 형성된 기판위에 질화물층을 형성하는 단계를 포함한다.

<22> 또한, 상술한 (a) 단계는, 기판위에 버퍼층을 형성하는 단계; 및 버퍼층에 박막 변환층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

<23> 또한, 상술한 (b) 단계는, 박막 변환층이 형성된 기판위에 버퍼층을 형성하는 단계; 및 버퍼층위에 제 1 질화물 반도체층, 활성층, 및 제 2 질화물 반도체층을 순차적으로 적층하여 질화물층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

<24> 또한, 상술한 발광 소자 제조 방법은, 질화물층의 일부를 식각하여 전극층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<25> 한편, 상술한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 질화물 발광 소자는, 소정의 기판; 기판위에 빛의 파장을 변환시키도록 소정의 패턴으로 형성된 박막 변환층; 및 박막 변환층이 형성된 기판위에 형성된 질화물층을 포함한다.

<26> 또한, 상술한 질화물 발광 소자는 기판과 박막 변환층 사이에 형성된 버퍼층을 더 포함할 수 있다.

<27> 또한, 상술한 질화물 발광 소자는 박막 변환층이 형성된 기판과 질화물층 사이에 형성된 버퍼층을 더 포함할 수 있다.

<28> 또한, 상술한 질화물층은 제 1 질화물 반도체층, 활성층, 및 제 2 질화물 반도체층이 순차적으로 적층된 구조일 수 있다.

<29> 또한, 상술한 질화물 발광 소자는 질화물층의 상면에 형성된 제 1 전극층, 및

<30> 상기 질화물층의 일부를 식각하여 형성된 제 2 전극층을 더 포함할 수 있다.

<31> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

<32> 도 2a 및 도 2b 는 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 질화물 발광 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다. 이하에서는 질화물 발광 다이오드를 질화물 발광 소자의 예로서 설명한다.

<33> 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 먼저, 도 2a 의 (a) 에 도시된 바와 같이, 발광 다이오드가 형성될 기판(21)상에 제 1 버퍼층(GaN 층;22a)을 0.1~ 10㎛의 두께로, 바람직하게는 1~2㎛의 두께로 형성한다. 기판(21)으로는 사파이어 기판을 이용하는 것이 바람직하고, 사파이어 기판 대신에 GaN 기판, GaO 기판, 또는 실리콘 기판 등을 이용하여도 무방하다.

<34> 그 후, 제 1 버퍼층(22a)의 상부에 소정의 패턴으로 박막 변환층(23)을 형성한다. 박막 변환층(23)은 유입되는 빛의 파장을 변환하는 기능을 수행하고, 그 재질로는 EuO계, CeO계, EuSiO계 물질, CeSiO계 물질 또는 다른 박막 포스포(phosphor) 물질이 선택될 수 있다. 박막 변환층(23)은 10Å~10㎛ 정도의 두께로 형성될 수 있고, 그 두께가 1000Å~2000Å 인 것이 가장 바람직하다.

<35> 한편, 상술한 박막 변환층(23)의 패턴을 형성함에 있어서, 패턴의 형태는 스트라입(Stripe) 형태, 직사각형(Rectangular) 형태, 및 원형 등 다양하게 적용될 수 있고, 각각의 치수는 스트라입 형태의 경우 변환층의 폭과 각 변환층간의 거리가 각각 0.1㎛~1㎜이어야 하고, 20㎛이하인 것이 가장 바람직하다. 직사각형 형태인 경우 패턴의 가로 및 세로의 길이가 0.1㎛~1㎜이어야 하고, 20㎛이하인 것이 가장 바람직하다.

<36> 다만, 도 2a 및 도 2b 에 도시된 실시예에서는 제 1 버퍼층(22a)이 형성된 후 제 1 버퍼층(22a) 위에 박막 변환층(23)이 형성되는 것을 도시하였으나, 제 1 버퍼층(22a)을 형성하지 않고, 직접 기판상에 박막 변환층(23)을 형성할 수도 있음을 주의하여야 한다.

<37> 박막 변환층(23)이 형성된 후, 도 2a 의 (b) 에 도시된 바와 같이, 박막 변환층(23) 및 제 1 버퍼층(22a)상에 제 2 버퍼층(24a)을 측면 성장(Lateral growth)시켜 형성한다. 제 2 버퍼층(24a)은 Un-doped GaN층 또는 N-doped GaN층으로 형성되는데, 측면 성장이 잘되는 조건에서 MOCVD(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 에피택시얼 성장 방식 등으로 측면 성장시켜 형성된다.

<38> 그 후, 도 2a 의 (c) 에 도시된 바와 같이, 종래 기술과 동일한 방식으로 제 1 질화물 반도체층(N-GaN 층;25), 활성층(26), 및 제 2 질화물 반도체층(P-GaN층;27)을 차례로 형성한다.

<39> 제 2 버퍼층(24a) 위에 질화물층(제 1 질화물 반도체층(25), 활성층(26), 및 제 2 질화물 반도체층(27)을 포함하여 칭함)이 형성되면, N형 전극을 형성하기 위해서 제 1 질화물 반도체층(N-GaN층;25)의 일부분이 드러나도록 제 2 질화물 반도체층(P-GaN층;27)부터 아래로 식각을 수행한다(도 2b 의 (d) 참조).

<40> 그 후, 제 2 질화물 반도체층(P-GaN층;27)의 전면에 얇은 ohmic contact 용 메탈(또는 투명 전도 박막;28)을 형성하고(도 2b의 (e) 참조), 그 위에 칩의 조립시 본딩을 하기 위한 패드용 P형 ohmic contact(29)을 형성하여 P형 전극층을 형성하며, 식각된 제 1 질화물 반도체층(N-GaN층;25) 위에도 ohmic 및 패드 메탈로 동시에 이용되는 N형 전극층(30)을 형성하여 칩을 완성한다(도 2b 의 (f) 참조).

<41> 한편, 도 3a 및 도 3b 는 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 소자 제조 과정을 도시하는 도면이다. 도 3a 및 도 3b 에 도시된 본 발명의 다른 실시예는 도 2a 및 도 2b 에 도시된 실시예와 박막 변환층(23)을 형성하는 과정에만 차이가 있다.

<42> 즉, 도 3a 의 (a)에 도시된 바와 같이, 박막 변환층(23)을 형성할 때, 박막 변환층(23)과 함께 제 1 버퍼층(22b)의 일부를 함께 식각하거나, 또는 제 1 버퍼층(22b)의 전부를 박막 변환층(23)의 패턴에 따라서 식각한 후, 제 2 버퍼층(24b)을 형성할 수 있다.

<43> 그 외의 과정은 상술한 도 2a 및 도 2b의 경우와 동일하므로, 상세한 설명은 생략한다.

<44> 도 4a 및 도 4b 는 종래 방식에 따른 발광 소자의 단면 및 본 발명에 따른 발광 소자의 단면을 도시한 도면이다. 도 4a 및 도 4b 에 도시된 바와 같이, 사파이어 기판(21)위의 GaN계의 버퍼층(22)을 형성하고, 그 위에 형성된 박막 변환층(23)에 GaN 층(24)을 성장시키면, 박막 변환층(23)이 형성되지 않은 영역에서 GaN 층(24)을 성장시킨 영역은 종래와 같이(도 4a 참조)와 같이 결함이 많이 존재하지만, 박막 변환층(23)이 존재하는 영역에서 성장된 GaN 층(24)은 도 4b 에 도시된 바와 같이 결함이 거의 없는 결정을 얻을 수 있게 된다.

<45> 따라서, 전체적으로 보면 결함 밀도인 전위 밀도(dislocation density)가 종래의 10^{7}~10^{8}/㎠에서 10^{5}~10^{6}/㎠ 으로 2~3 차원(order)정도 낮아지므로, 그 만큼 발광 소자의 광출력 및 신뢰성이 향상되는 효과가 있다.

<46> 또한, 상술한 바와 같이, 박막 변환층(23)이 내부에 포함된 발광 소자를 구동하면, 활성층(26)에서 발생한 빛의 일부분이 박막 변환층(23)에 흡수되고, 박막 변환층(23)을 구성하는 물질에 대응되는 파장으로 변환되어, 제조자가 원하는 파장의 빛을 생성할 수 있다. 또한, 이러한 본 발명의 방식을 종래의 방식과 병행하여 이용하면 종래에는 구현하기 어려웠던 파장이나, 강조하고 싶은 파장의 구현할 수 있는 효과가 있다.

<47> 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.

발명의 효과

<48> 상술한 바와 같이, 본 발명은 박막 변환층을 기판상에 패터닝하고, 그 위에 저결함 밀도의 질화물층을 형성함으로써, 종래의 기판과 질화물층간의 격자 부정합으로 인하여 발생하는 결함 밀도를 현저하게 감소시켜 고효율 및 고신뢰성의 발광 소자를 얻을 수 있는 효과가 있다.

<49> 또한, 본 발명은 발광 소자 제조 과정에서 빛의 파장을 변환할 수 있는 포스포 등으로 구현되는 박막 변환층을 삽입하여 발광 소자를 제조함으로써, 종래의 원하는 파장의 빛을 얻기 위해서 발광 소자 제조 공정이 완료된 후 별도로 파장 변환용 포스포 물질을 결합하는 부가적인 공정 또는 R,G,B 의 3 종류의 발광 소자를 각각 결합하여 구동해야 하는 공정을 생략할 수 있게 되었다. 따라서, 종래보다 조립이 간단하고, 가격이 저렴하면서도 수율이 높은 발광소자를 얻을 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1a 및 도 1b 는 종래기술에 따른 발광 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

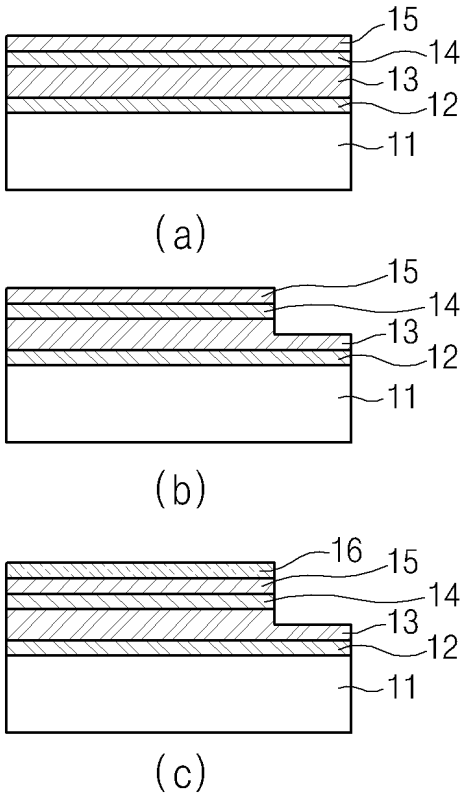
<2> 도 2a 및 도 2b 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

<3> 도 3a 및 도 3b 은 본 발명의 바람직한 다른 실시예에 따른 발광 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

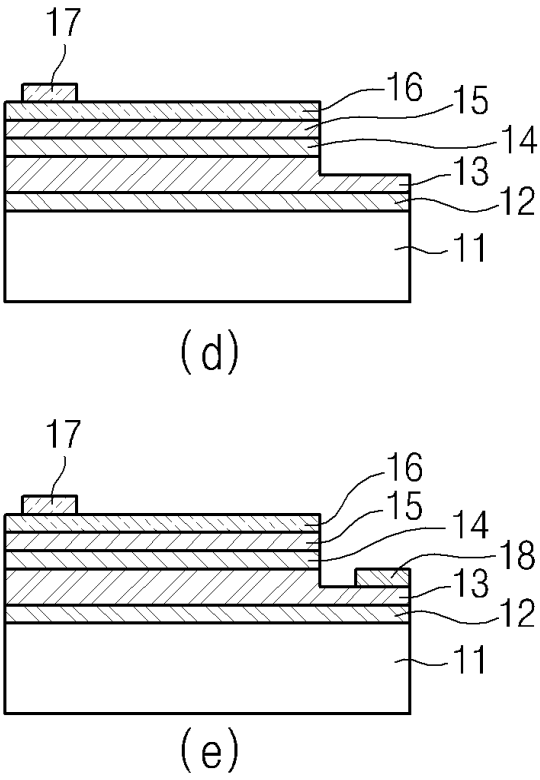
<4> 도 4a 및 도 4b 는 종래 방식에 따른 발광 소자의 단면 및 본 발명에 따른 발광 소자의 단면을 각각 도시한 도면이다.

도면

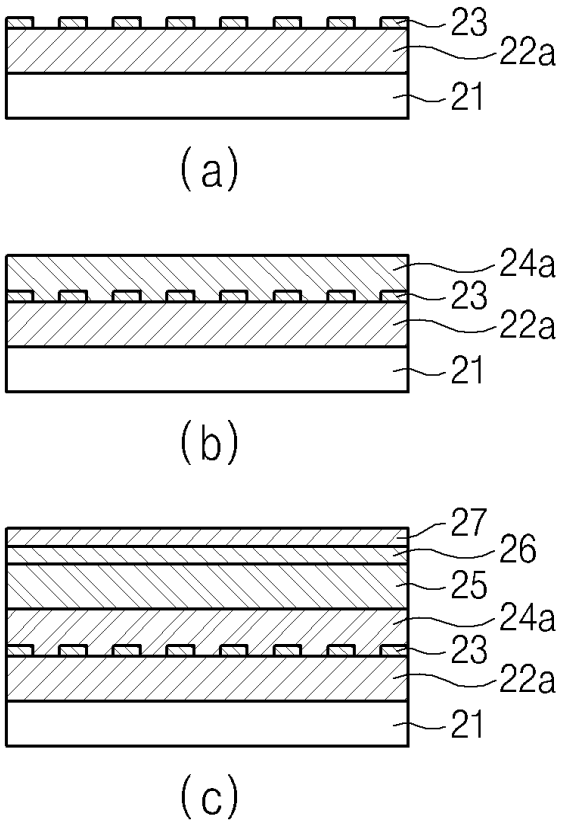
도면1a



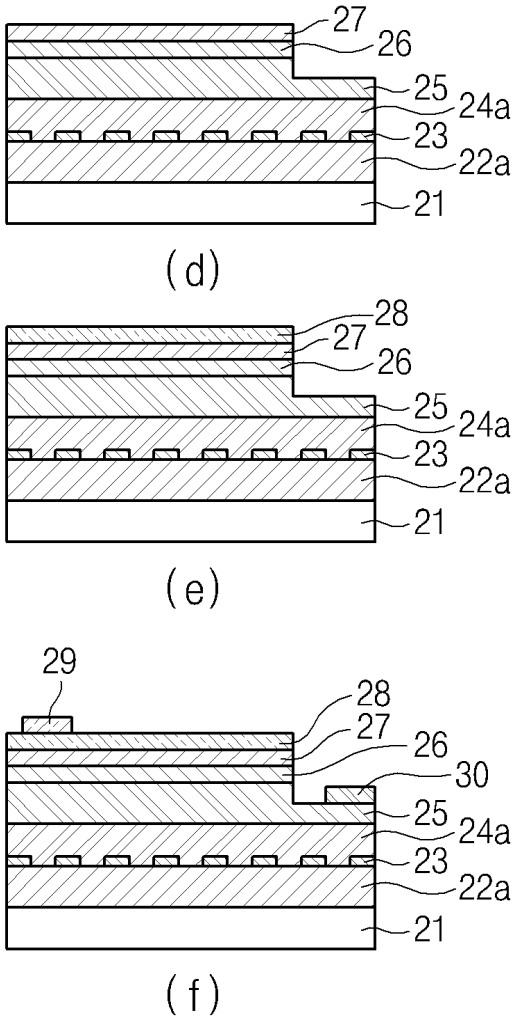
도면1b



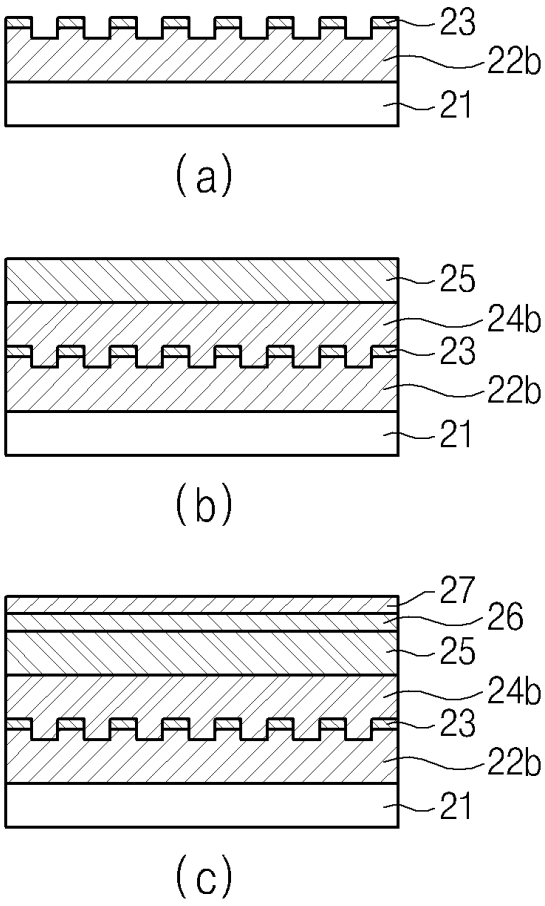
도면2a



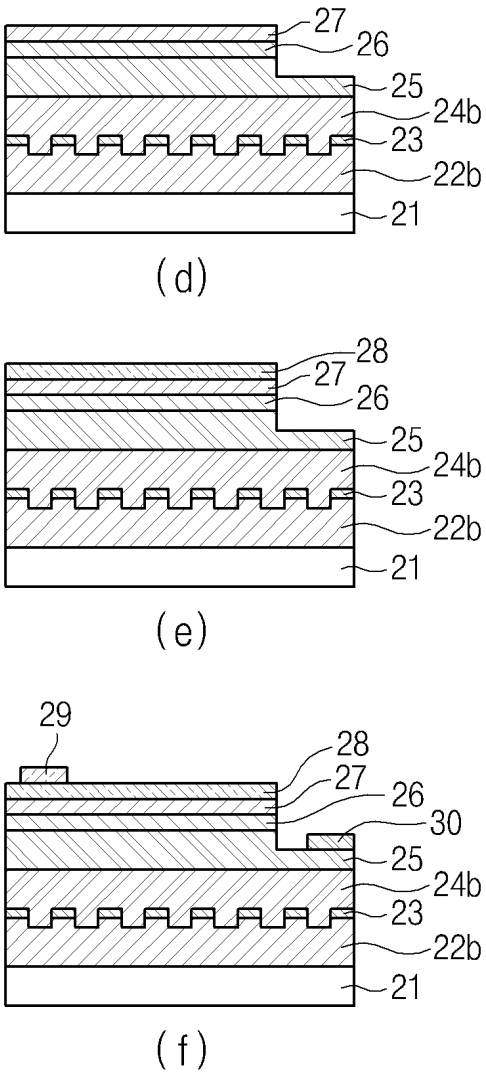
도면2b


27
26
25
24a
23
22a
21
(d)
28
27
26
25
24a
23
22a
21
(e)
29
28
27
26
30
25
24a
23
22a
21
(f)

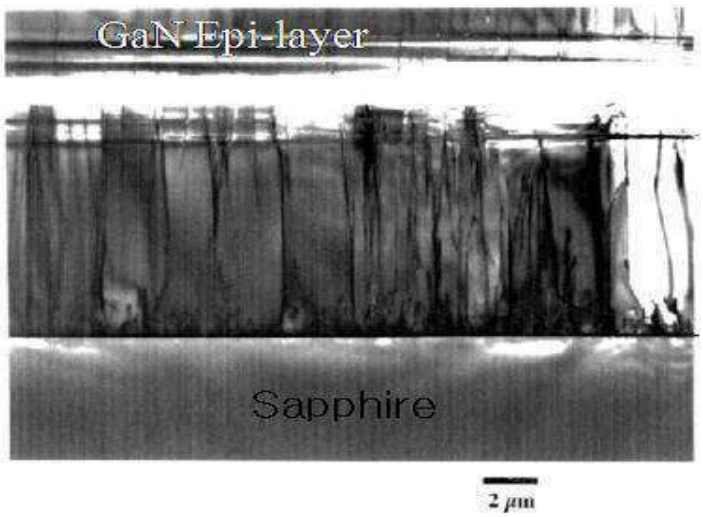
도면3a



도면3b


27
26
25
24b
23
22b
21
(d)
28
27
26
25
24b
23
22b
21
(e)
29
28
27
26
30
25
24b
23
22b
21
(f)

도면4a


GaN Epi-layer
Sapphire
2 μm

도면4b

