(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0077340
(43) 공개일자 2009년07월15일

(51) Int. Cl.
H01L 33/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0003221
(22) 출원일자 2008년01월10일
심사청구일자 2008년01월10일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내
(72) 발명자
김태근
경기도 성남시 분당구 이매동 122번지 금강아파트 103-1301
이병규
서울시 도봉구 방학3동 274번지 삼익아파트 101동 707호
신영철
서울시 서초구 서초동 우성아파트 2동 913호
(74) 대리인
김정식

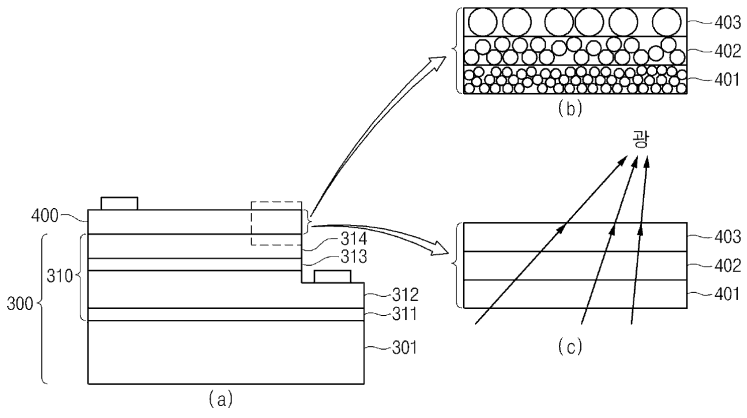
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발광 효율이 향상된 질화물 발광 소자 및 그 제조 방법

(57) 요 약

본 발명은 광추출 효율이 향상된 질화물 발광 소자 및 그 제조 방법을 개시한다. 본 발명은 투명 전극층을 형성할 때, p-GaN층으로부터 공기층까지 복수의 투명 전극층을 형성하고, 각 투명 전극층 내부에 포함되는 입자들의 크기를 조절함으로써, 공기층에 가까워질수록 각 투명 전극층에 포함되는 공극의 양을 점차 증가시켜 각 투명 전극층의 굴절율이 점차 감소하도록 조절하여, 최종적으로 공기층과 접하는 투명 전극층의 굴절율을 공기층의 굴절율과 근접하게 조절함으로써, 활성층에서 발생한 광이 투명 전극층과 공기층의 계면에서 전반사되는 양을 극소화시킴으로써 광추출 효율을 현저히 향상시키는 효과가 있다. 또한, 본 발명은, 종래의 ITO 투명전극을 형성하기 위해 사용되던 스퍼터링(Sputtering) 방식이나 e-beam 증착 방식 대신에 Sol-Gel 방식을 이용하여, 기존의 증착 방식이 아닌 합성/코팅 방식으로 투명 전극층을 형성할 수 있다. 따라서, 상대적으로 낮은 온도에서 투명 전극층을 형성하기 때문에 투명 전극층 형성시 p-GaN층이 받는 충격을 경감시켜 p-GaN층과 투명 전극층의 계면의 결함을 줄일 수 있는 효과가 있다.

대 표 도



특허청구의 범위

청구항 1

질화물층이 형성된 반도체 기판; 및

각 층간에 서로 다른 크기의 입자를 갖도록 상기 질화물층위에 순차적으로 형성된 복수의 투명 전극층을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 투명 전극층은

상부의 투명 전극층의 입자의 크기가 상기 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층의 입자의 크기보다 더 크도록 형성된 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 복수의 투명 전극층은

상부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양이 상기 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양보다 더 많도록 순차적으로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 복수의 투명 전극층은 인듐틴옥사이드(ITO) 물질로 형성된 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자.

청구항 5

(a) 기판에 질화물층을 형성하는 단계; 및

(b) 상기 질화물층에 각 층간에 서로 다른 크기의 입자를 갖는 복수의 투명 전극층을 순차적으로 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

상부의 투명 전극층의 입자의 크기가 상기 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층의 입자의 크기보다 더 크도록 상기 복수의 투명 전극층을 순차적으로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

상부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양이 상기 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양보다 더 많도록 상기 복수의 투명 전극층을 순차적으로 형성하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서, 상기 (b) 단계는

(b1) 상기 질화물층에 투명 전극층 용액을 코팅하고 베이킹하여 하부 투명 전극층을 형성하는 단계; 및

(b2) 상기 하부 투명 전극층을 형성하기 위해서 코팅된 투명 전극층 용액과 서로 다른 수소이온농도(pH)를 갖는 투명 전극층 용액을 상기 하부 투명 전극층위에 코팅하고 베이킹하여 상부 투명 전극층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

(b3) 상기 (b2) 단계에서 형성된 상부 투명 전극층을 하부 전극층으로하여 상기 (b2) 단계를 수행하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

하부에 형성된 투명 전극층에 대해서 상기 (b3) 단계를 복수 회 수행하여, 상기 복수의 투명 전극층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 11

제 8 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상부 투명 전극층 형성에 이용되는 투명 전극층 용액은 하부 투명 전극층 형성에 이용된 투명 전극층 용액보다 수소이온농도(pH)가 더 낮은 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

청구항 12

제 5 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극층은 인듐틴옥사이드(ITO)로 형성되는 것을 특징으로 하는 질화물 발광 소자 제조 방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 질화물 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 발광 효율이 향상된 질화물 발광소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 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.

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

<10> 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.

<11> 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.

<12> 이 LED Chip으로 다른 파장을 구현하기 위해서는 조립시 LED Chip 상부에 파장 변환 물질인 포스포를 형성하게 하여 다파장의 색을 구현하게 되면 파장이 변환된 특정 파장, 혼합파장 및 White 의 LED를 구현할 수 있게 된다.

<13> 상술한 바와 같은, 종래의 LED 구조에서는, GaN 물질의 큰 밴드갭 에너지로 인해 p-GaN층과 금속간 오믹접촉의 구현을 위해서는 7.5 eV 정도의 큰 일함수(work function)를 갖는 금속소재를 사용해야 한다.

<14> 일반적으로 높은 일함수를 갖는 Ni 등이 p-GaN 오믹 물질로 사용되고 있으나, 최근에는 광흡수가 적으면서 오믹접촉이 가능한 투명성전극 소재들을 이용한 p-GaN/투명 전도성 산화막 (Transparent Conductive Oxide, TCO) 형태의 구현을 위한 많은 연구가 진행되고 있는데, TCO (ITO, IZO, CIO, ZnO 등) 소재들 중에서도 인듐틴옥사이드(ITO) 투명전극은 전기 전도도가 우수하면서 Band-gap이 2.5 eV이상으로 가시광역에서 투명하기 때문에 현재 LED의 투명전극 물질로 각광받고 있다.

<15> 인듐틴옥사이드(ITO) 투명전극을 생성하기 위한 종래기술로는 Single layer ITO 박막 필름을 주로 사용되고 있다. 하지만, 이러한 ITO 투명전극을 포함한 투명 전극층을 형성하는 방식은 다음과 같은 문제점이 있다.

<16> 투명 전극의 경우 90 % 정도의 빛 투과율에 대한 장점을 가지는 반면, 단일층으로 형성된 투명 전극은 P-GaN 층과 공기층 등과 같은 인접한 층들과의 굴절율의 차이로 인해서 제한된 입사각의 빛만을 투과시킨다는 점 등에서 광추출 효율이 저하되는 문제점이 있다.

<17> 구체적으로 설명하면, GaN LED의 활성층에서 나온 빛이 p-GaN을 지나 투명 전극을 통과할 때, p-GaN 층과 투명 전극층의 계면에서 굴절률 차이 (p-GaN층=2.4, 투명 전극층 (ITO)=2.0)에 의해 스넬의 법칙(snell's law)에 따라 제한된 입사각의 빛만이 통과한다는 점에서 한계를 갖는다.

<18> 또한, 도 2 에 도시된 바와 같이, 투명 전극층(16)의 굴절률은 투명 전극층 전체적으로 균일하게 약 2.0 정도이기 때문에 빛이 투명 전극층(16)을 통과하여 공기(굴절률=1.0)층으로 빠져나갈 때, 빛의 입사각이 임계각(Θ)보다 작은 경우에는 투명 전극층(16) 외부로 통과하지만(도 2 의 ①), 임계각 이상인 경우(도 2 의 ② 및 ③)에는 투명 전극층(16)과 공기층의 경계면에서 스넬의 법칙에 따른 전반사가 일어나 추출되는 빛의 양이 현저하게 감소되는 문제점이 존재한다.

<19> 따라서, 종래의 투명전극보다 더 높은 투과율과 좋은 막질을 갖고, 공기층으로의 빛 추출 효율도 향상시킬 수 있는 새로운 투명 전극층의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<20> 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 종래 기술의 발광 소자보다 광추출 효율이 향상된 질화물 발광 소자 및 이의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

<21> 상술한 과제를 이루기 위한 본 발명의 질화물 발광 소자는, 질화물층이 형성된 반도체 기판; 및 각 층간에 서로 다른 크기의 입자를 갖도록 질화물층위에 순차적으로 형성된 복수의 투명 전극층을 포함한다.

<22> 또한, 상술한 복수의 투명 전극층은 상부의 투명 전극층의 입자의 크기가 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층의 입자의 크기보다 더 크도록 형성될 수 있다.

<23> 또한, 상술한 복수의 투명 전극층은 상부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양이 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양보다 더 많도록 순차적으로 형성될 수 있다.

<24> 또한, 상술한 복수의 투명 전극층은 인듐틴옥사이드(ITO) 물질로 형성될 수 있다.

<25> 한편, 상술한 기술적 과제를 이루기 위한 본 발명의 질화물 발광 소자 제조 방법은, (a) 기판에 질화물층을 형성하는 단계; 및 (b) 질화물층에 각 층간에 서로 다른 크기의 입자를 갖는 복수의 투명 전극층을 순차적으로 형성하는 단계를 포함한다.

<26> 또한, 상술한 (b) 단계는, 상부의 투명 전극층의 입자의 크기가 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층의 입자의 크기보다 더 크도록 복수의 투명 전극층을 순차적으로 형성할 수 있다.

<27> 또한, 상술한 (b) 단계는, 상부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양이 질화물층에 더 인접한 하부의 투명 전극층에 포함된 공극의 양보다 더 많도록 복수의 투명 전극층을 순차적으로 형성할 수 있다.

<28> 또한, 상술한 (b) 단계는 (b1) 질화물층에 투명 전극층 용액을 코팅하고 베이킹하여 하부 투명 전극층을 형성하는 단계; 및 (b2) 하부 투명 전극층을 형성하기 위해서 코팅된 투명 전극층 용액과 서로 다른 수소이온농도(pH)를 갖는 투명 전극층 용액을 하부 투명 전극층위에 코팅하고 베이킹하여 상부 투명 전극층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

<29> 또한, 상술한 질화물 발광 소자 제조 방법은, (b3) (b2) 단계에서 형성된 상부 투명 전극층을 하부 전극층으로 하여 (b2) 단계를 수행하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<30> 또한, 상술한 질화물 발광 소자 제조 방법은, 하부에 형성된 투명 전극층에 대해서 (b3) 단계를 복수 회 수행하여, 복수의 투명 전극층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

<31> 또한, 상술한 질화물 발광 소자 제조 방법에서, 상부 투명 전극층 형성에 이용되는 투명 전극층 용액은 하부 투명 전극층 형성에 이용된 투명 전극층 용액보다 수소이온농도(pH)가 더 낮은 것이 바람직하다.

<32> 또한, 상술한 투명 전극층은 인듐틴옥사이드(ITO)로 형성될 수 있다.

효 과

<33> 상술한 바와 같이, 본 발명은 질화물 발광 소자의 투명 전극층을 형성할 때, Sol-Gel법을 이용하여 활성층으로부터 나온 빛이 투명 전극층을 통과하여 공기중으로 방출될때 발생하는 빛 추출 효율을 감소시키는 요소들을 개선함으로써 결과적으로 광추출 효율을 향상시키는 효과가 나타난다.

<34> 구체적으로, 종래의 단일층으로 ITO로 물질로 형성된 투명 전극층의 굴절률은 2.0 정도로 투명 전극층 전체에서 일정하게 유지되는 공기와의 굴절율 차이가 커서 계면에서 전반사가 일어나고, 이로 인해 광추출 효율이 감소되는 문제점이 있다.

<35> 그러나, 본 발명은 투명 전극층을 형성할 때, p-GaN층으로부터 공기층까지 복수의 투명 전극층을 형성하고, 각 투명 전극층 내부에 포함되는 입자들의 크기를 조절함으로써, 공기층에 가까워질수록 각 투명 전극층에 포함되는 공극의 양을 점차 증가시켜 각 투명 전극층의 굴절율이 점차 감소하도록 조절하여, 최종적으로 공기층과 접하는 투명 전극층의 굴절율을 공기층의 굴절율과 근접하게 조절함으로써, 활성층에서 발생한 광이 투명 전극층과 공기층의 계면에서 전반사되는 양을 극소화시킴으로써 광추출 효율을 현저히 향상시키는 효과가 있다.

<36> 특히, 본 발명은 투명 전극층 형성에 이용되는 투명 전극층 형성 물질 용액의 수소이온농도(pH)를 조절함으로써, 투명 전극층을 형성하는 입자의 크기를 미세하게 조절할 수 있고, 따라서, 굴절율이 연속적으로 변화하는 투명 전극층을 형성함으로써, 광추출 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

<37> 또한, 본 발명은, 종래의 ITO 투명전극을 형성하기 위해 사용되던 스퍼터링(Sputtering) 방식이나 e-beam 증착 방식 대신에 Sol-Gel 방식을 이용하여, 기존의 증착방식이 아닌 합성/코팅 방식으로 투명 전극층을 형성할 수 있다. 따라서, 상대적으로 낮은 온도에서 투명 전극층을 형성하기 때문에 투명 전극층 형성시 p-GaN층이 받는 충격을 경감시켜 p-GaN층과 투명 전극층의 계면의 결함을 줄일 수 있는 효과가 있다.

<38> 또한, Sol-Gel 방식은 기존에 사용되던 "e-beam 증착"이나 "Sputtering" 방식에 비해 제조 공정이 단순하고 이로 인한 제조 단가를 감소시키는 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<39> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

<40> 도 3 은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자의 구조를 도시한 도면이다. 도 3 을 참조하면, 도 3 의 (a)에는 본 발명의 발광소자의 전체 단면을 도시하였고, 도 3 의 (b) 에는 도 3 의 (a) 에 도시된 전극층(400)을 확대한 단면을 도시하였다.

<41> 도 3 의 (a) 에 도시된 바와 같이, 본 발명의 질화물 발광 소자는 사파이어 또는 실리콘 등의 기판(301)에 버퍼층(302), N-GaN층(303), 활성층(304), 및 P-GaN층(305)을 순차적으로 형성하여 질화물층(300)을 형성한다. 질화물층(300)을 형성하는 과정은 종래의 방식과 동일한 방식에 따라서 형성될 수 있다.

<42> 한편, 질화물층(300) 위에는 전극층(400)이 형성되는데, 도 3 의 (b) 에 도시된 바와 같이, 전극층(400)은 2이상의 투명 전극층들로 구성된다. 설명의 편의를 위해서, 도 3 의 (b) 에는 전극층(400)이 세 개의 투명 전극층(401, 402, 및 403)으로 구성되는 것으로 도시하였으나, 그 이상의 투명 전극층을 포함할 수도 있다.

<43> 도 3의 (b)를 살펴보면, 복수의 투명 전극층 각각은 일정한 크기의 입자들로 구성되고, 이라한 입자들의 크기는 동일한 투명 전극층내에서는 동일하지만, 다른 투명 전극층의 입자들과는 그 크기가 서로 상이하다. 또한, 질화물층에 인접한 투명 전극층일수록 입자의 크기가 작아 내부의 공극의 양이 적으며, 질화물층으로부터 원격의 상부 투명 전극층일수록 입자의 크기가 커서 공극의 양이 많다.

<44> 이 때, 각 투명 전극층의 입자가 일정하게 규칙적으로 배열되는 경우에는 입자의 크기와 무관하게 공극의 양은 동일할 것이나, 실제로는 각 층의 입자들은 불규칙하게 배열되므로 입자의 크기가 클수록 해당 투명 전극층에 포함되는 공극의 양이 많아지고, 입자의 크기가 작을수록 해당 투명 전극층에 포함되는 공극의 양이 적어짐을 실험적으로 알 수 있다.

<45> 한편, 복수의 투명 전극층들 중 공극의 양의 많은 투명 전극층일수록 공기층 또는 발광 소자의 외부를 둘러싸는 포스포 물질과의 굴절율 차이가 줄어든다. 따라서, 전극층(400)의 상부 투명 전극층으로 갈수록 공극의 양이 많아지므로 굴절율이 감소하여 전극층(400)의 최상부 투명 전극층은 공기 또는 외부 포스포와의 굴절율 차이가 매우 작아지고, 이로 인해 전극층(400)과 공기층간의 계면에서의 전반사를 현저하게 감소시킬 수 있다.

<46> 도 3 의 (c) 는 전극층(400)과 공기층간의 계면에서 광추출 효율을 설명하는 도면으로서, 도 3 의 (c) 에 도시된 바와 같이, 본 발명의 전극층(400)은 하부에서 상부로 갈수록 굴절율이 감소하여 공기층과의 계면에서 전극층의 굴절율과 공기층의 굴절율 차이가 매우 작아지므로 전반사가 일어나는 임계각이 매우 커진다. 따라서, 전극층(400)으로 유입된 광의 대부분은 전반사가 일어나지 않고 전극층(400) 외부로 유출되어 광추출 효율이 향상됨을 알 수 있다.

<47> 도 4a 내지 도 4c 는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 질화물 발광 소자를 제조하는 과정을 설명하는 도면이다. 이하에서는 도 4a 내지 도 4c를 더 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 질화물 발광 소자를 제조하는 과정을 설명한다. 다만, 본 발명은 P-GaN 층위에 형성된 전극층의 구조 및 그 형성 방법에 특징이 있는 것으로서, 그 이외의 발광 소자를 제조하는 공정은 상술한 종래 기술과 유사하다. 따라서, P-GaN 층위에 전극층을 형성하는 과정을 중심으로 본 발명의 설명한다.

<48> 먼저, 도 4a를 더 참조하면, 본 발명의 발광 소자를 제조하기 위해서 사파이어, SiC, GaN 등의 기판(301)위에 도 3 에 도시된 바와 같은 질화물층(310;버퍼층(Un-doped GaN;311), N-GaN층(312), 활성층(313), P-GaN층(314)이 차례로 형성되어 구성됨)을 형성하여 반도체 기판(300)을 생성한다. 다만, 이 단계에서 N형 전극을 형성하기 위해서 N-GaN층(312)의 일부분이 드러나도록 P-GaN층(314)부터 아래로 식각을 수행한 후에 후술하는 공정을 수행할 수도 있다.

<49> 그 후, 반도체 기판(300)에 형성된 P-GaN층(314)위에(이하에서는 "반도체 기판"으로만 약칭한다) 투명 전극층을 형성하는 물질을 포함하는 용액(이하, "투명 전극층 용액"이라 칭함)을 10 ~ 800nm 두께로 Sol-Gel 방식으로 스핀 코팅(spin-coating)이나 딥 코팅(dip-coating)하고, 약 100 내지 150 ℃ 의 온도에서 베이킹(baking)하여 용매를 증발시켜 투명 전극층(401)을 형성한다.

<50> 이 때, 투명 전극층(401)을 형성하는 물질로서는 종래기술에서 투명 전극층을 형성하기 위해서 이용되는 모든 물질이 이용될 수 있으나, 본 발명의 바람직한 실시예는 ITO 물질을 이용하여 투명 전극층을 형성하고, 이하에서도 ITO 물질로 투명 전극층을 형성하는 것으로 예시적으로 설명한다.

<51> 투명 전극층 용액은 에탄올 등의 용매에 Indium 소오스와 Tin 소오스를 혼합하고, 이 과정에서 서로 다른 몰 농도를 갖는 NH_4OH 또는 NH_3 등의 염기성 시약을 첨가하여 생성된다. 이 때, 염기성 시약의 농도를 조절함으로써 투명 전극층 용액의 수소이온농도(pH)를 조절하고, 투명 전극층 용액의 수소이온농도는 투명 전극층의 입자의 크기를 결정한다.

<52> 구체적으로, 수소이온농도(pH)가 높을수록 베이킹 과정에서 형성되는 투명 전극층의 입자의 크기가 작지고 투명 전극층의 공극의 양이 적어지며, 이에 따라서 굴절율이 커진다. 또한, 수소이온농도(pH)가 낮을수록 베이킹 과정에서 형성되는 투명 전극층의 입자의 크기가 커지고 공극의 양이 많아져 굴절율이 작아진다.

<53> 한편, 투명 전극층이 반도체 기판(300)위에 형성된 후, 도 4b 에 도시된 바와 같이, 투명 전극층(401)위에 상술한 과정과 동일한 방식으로, 투명 전극층 용액을 코팅하고 베이킹하여 또 다른 투명 전극층(402)을 형성한다. 다만, 이 때, 투명 전극층(401)에 코팅되는 투명 전극층 용액의 수소이온농도(pH)는 하부의 투명 전극층(401)의 형성할 때 코팅된 투명 전극층 용액의 수소이온농도(pH)보다 낮다. 이로 인해서, 베이킹 과정에서 투명 전극층(402)에는 하부의 투명 전극층(401)의 입자들보다 큰 입자들이 형성되고 공극의 양이 증가하여, 전체적으로 굴절율이 하부의 투명 전극층(401)보다 더 작은 투명 전극층(402)이 형성된다.

<54> 또한, 새롭게 형성된 투명 전극층(402)위에, 하부의 투명 전극층(402) 형성에 이용된 투명 전극층 용액보다 수소이온농도가 더 낮은 투명 전극층 용액을 코팅하고 베이킹하여 새로운 상부 투명 전극층(403)을 형성하고, 형성하고자 하는 투명 전극층의 수에 따라서 상술한 과정을 반복하여 도 4b 에 도시된 바와 같은 복수의 투명 전극층을 형성하고, 최종적으로 약 300 ~ 600 ℃ 의 온도에서 어닐링 (annealing) 하여 전극층(400)을 완성한다.

<55> 그 후, 도 4c 에 도시된 바와 같이, 전극층(400)으로부터 N-GaN 층이 드러날때까지 반도체 기판(300)을 식각하고, 전극층(400)의 상부와 식각으로 드러나 N-GaN 층에 오믹 콘택을 형성하여 발광소자를 완성한다.

<56> 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

<57> 도 1a 및 도 1b 는 종래기술에 따른 발광 소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

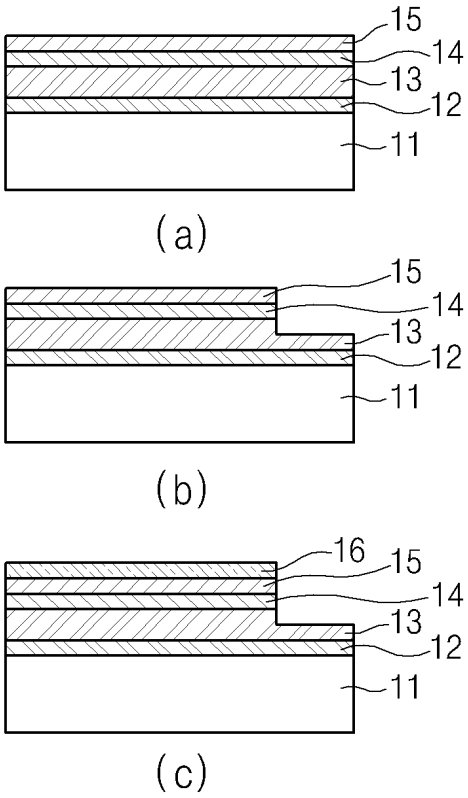
<58> 도 2 는 종래 기술에 따라서 발생하는 광추출 효율의 문제점을 설명하는 도면이다.

<59> 도 3 은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라서 생성된 발광 소자의 전극층의 구조 및 발광 효율을 설명하는 도면이다.

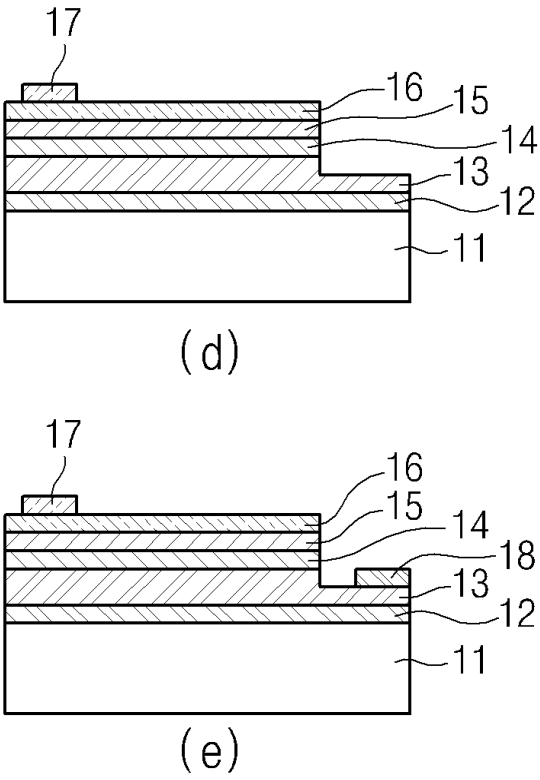
<60> 도 4a 내지 도 4c 는 발명의 바람직한 실시예에 따라서 질화물 발광 소자를 생성하는 과정을 설명하는 도면이다.

도면

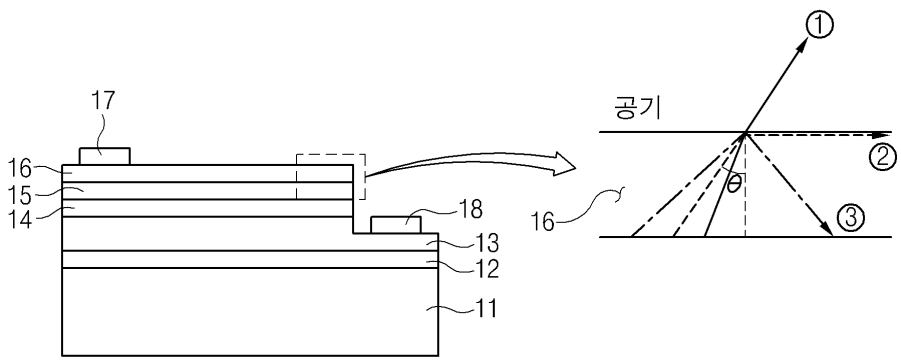
도면1a



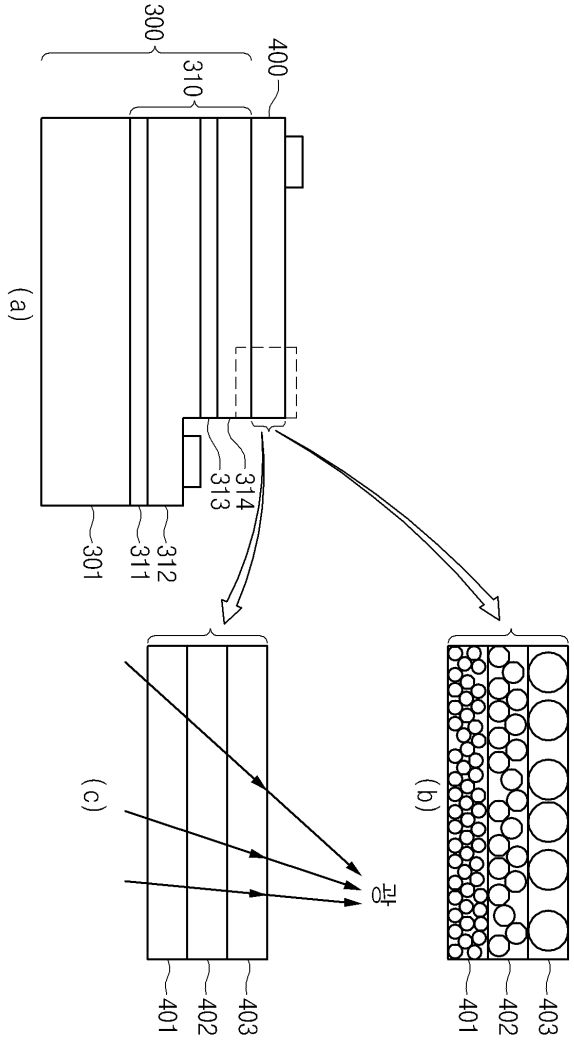
도면1b


17
16
15
14
13
12
11
(d)
17
16
15
14
18
13
12
11
(e)

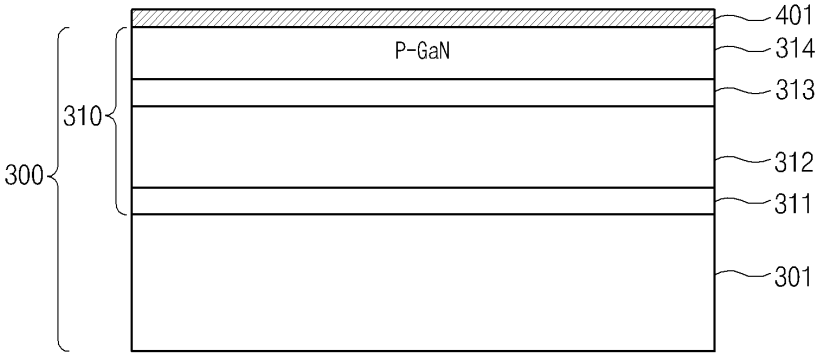
도면2


17
16
15
14
18
13
12
11
16
공기
①
②
③
θ

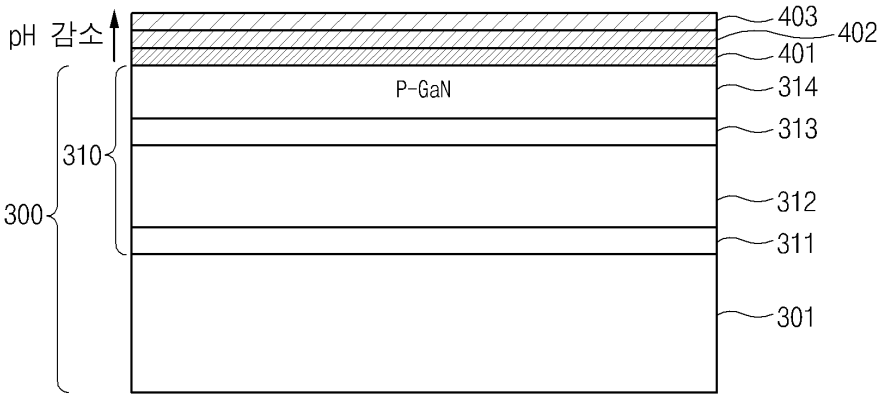
도면3


300
310
400
(a)
301
311
312
313
314
(c)
(b)
광
401
402
403
401
402
403

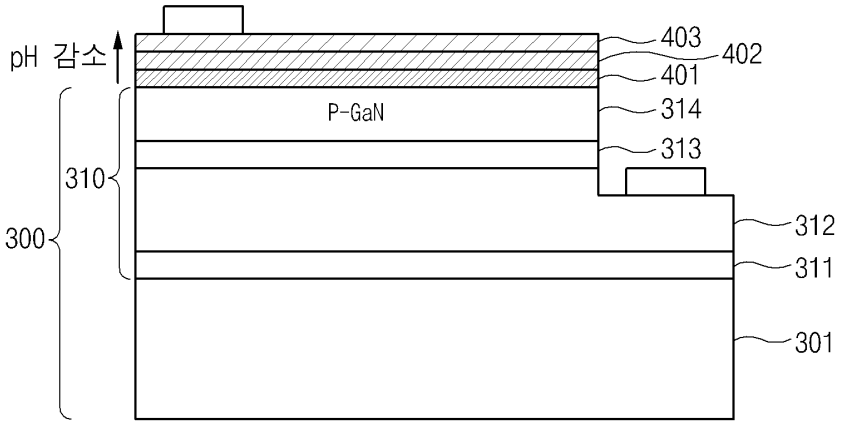
도면4a


401
P-GaN
314
313
310
312
300
311
301

도면4b


pH 감소
403
402
401
P-GaN
314
313
310
312
300
311
301

도면4c


pH 감소
403
402
401
P-GaN
314
313
310
312
300
311
301