(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2009 년 10 월 8 일 (08.10.2009)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2009/123401 A1

(51) 국제특허분류:
H01L 33/00 (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2009/001303

(22) 국제출원일: 2009 년 3 월 16 일 (16.03.2009)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2008-0030966 2008 년 4 월 2 일 (02.04.2008) KR

(71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **엘지 이노텍 주식회사 (LG INNOTEK CO., LTD)** [KR/KR]; 서울시 영등포구 여의도동 20 번지 엘지트윈타워 서관 33 층, 150-721 Seoul (KR).

(71) 출원인 겸
(72) 발명자: **문용태 (MOON, Yong Tae)** [KR/KR]; 서울 양천구 신정 3 동 신트리아파트 101-1102, 158-785 Seoul (KR).

(74) 대리인: **허용록 (HAW, Yong Noke)**; 서울 강남구 역삼동 832-41 현죽빌딩 6 층, 135-080 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

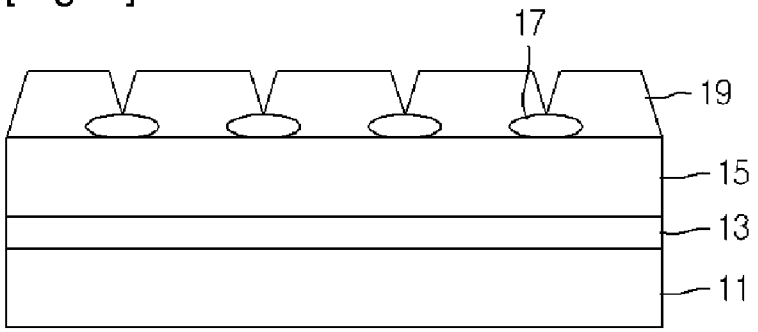
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:
— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) **Title**: LIGHT-EMITTING DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) **발명의 명칭**: 발광소자 및 그 제조방법

[Fig. 1]



(57) **Abstract**: An embodiment of this invention relates to a light-emitting device and a manufacturing method thereof. The disclosed light-emitting device includes: a primary conductive semiconductor layer, a light-emitting layer on the primary conductive semiconductor layer, a protection layer on the light-emitting layer, a nano-layer on the protection layer, and a secondary conductive semiconductor layer on the nano-layer.

(57) **요약서**: 실시예는 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다. 실시예에 따른 발광소자는 제 1 도전형 반도체층; 상기 제 1 도전형 반도체층 위에 발광층; 상기 발광층 위에 보호층; 상기 보호층 위에 나노층; 및 상기 나노층 위에 제 2 도전형 반도체층;을 포함한다.

WO 2009/123401 A1

명세서

발광소자 및 그 제조방법

기술분야

[1] 실시예는 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 발광소자(Light Emitting Device:LED)는 전류를 빛으로 변환시키는 반도체소자로서, 적색 LED가 상품화된 것을 시작으로 녹색 LED와 함께 정보 통신기기를 비롯한 전자장치의 광원으로 이용되어 왔다.

[3] 발광소자의 발광효율을 향상시키기 위한 방안으로서 다음 두 가지 방안이 제시되고 있다. 하나는 발광층에서 주입된 전자와 정공의 발광결합 확률을 증대시키므로써 내부양자 효율을 개선하는 방안이다. 다른 하나는 발광층에서 형성된 빛이 효과적으로 외부로 빠져나올 수 있도록 광추출 효율을 증대시키는 방안이다.

[4] 그런데 광추출 효율을 증대시키기 위하여 정공주입층의 계면에 요철을 형성하는 방안은 내부양자 효율을 증대시키지 못하는 문제점이 있다. 이에 따라, 내부양자효율을 향상시키면서, 동시에 광추출 효율을 향상시킬 수 있는 방안의 제시가 요청되고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[5] 실시예는 내부양자 효율과 광추출 효율을 향상시킬 수 있는 발광소자 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

기술적 해결방법

[6] 실시예에 따른 발광소자는 제1 도전형 반도체층; 상기 제1 도전형 반도체층 위에 발광층; 상기 발광층 위에 보호층; 상기 보호층 위에 나노층; 및 상기 나노층 위에 제2 도전형 반도체층;을 포함한다.

[7] 또한, 실시예에 따른 발광소자의 제조방법은 제1 도전형 반도체층을 형성하는 단계; 상기 제1 도전형 반도체층 위에 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 위에 보호층을 형성하는 단계; 상기 보호층 위에 나노층을 형성하는 단계; 및 상기 나노층 위에 제2 도전형 반도체층을 형성하는 단계;를 포함한다.

유리한 효과

[8] 실시예에 따른 발광소자 및 그 제조방법은 광추출 효율 증대와 함께 내부 양자효율을 증대시키므로써 광소자의 외부 양자효율을 극대화하여 고광도의 질화갈륨 발광소자를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[9] 도 1은 제1 실시예에 따른 발광소자의 단면도.

[10] 도 2는 제2 실시예에 따른 발광소자의 단면도.

[11] 도 3은 제3 실시예에 따른 발광소자의 단면도.

발명의 실시를 위한 형태

[12] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 실시예를 상세히 설명한다.

[13] 본 발명에 따른 실시 예의 설명에 있어서, 각 층(막), 영역, 패턴 또는 구조물들이 기판, 각 층(막), 영역, 패드 또는 패턴들의 "상(on)/위(over)"에 또는 "아래(under)"에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, "상(on)/위(over)"와 "아래(under)"는 "직접(directly)" 또는 "다른 층을 개재하여 (indirectly)" 형성되는 것을 모두 포함한다. 또한 각 층의 위 또는 아래에 대한 기준은 도면을 기준으로 설명한다.

[14] 도면에서 각층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장되거나 생략되거나 또는 개략적으로 도시되었다. 또한 각 구성요소의 크기는 실제크기를 전적으로 반영하는 것은 아니다.

[15] <제1 실시예>

[16] 도 1은 제1 실시예에 따른 발광소자의 단면도이다.

[17] 제1 실시예에 따른 발광소자는 도 1과 같이, 제1 도전형 반도체층(11)과, 상기 제1 도전형 반도체층(11) 위에 형성된 발광층(13)과, 상기 발광층(13) 위에 형성된 보호층(15)과, 상기 보호층(15) 위에 형성된 나노층(17)과, 상기 나노층(17) 위에 형성된 제2 도전형 반도체층(19)을 포함할 수 있다.

[18] 상기 제1 도전형 반도체층(11)은 전자주입층으로 형성되고, 상기 제2 도전형 반도체층(19)은 정공주입층으로 형성될 수 있다. 또한 상기 제1 도전형 반도체층(11)은 정공주입층으로 형성되고, 상기 제2 도전형 반도체층(19)은 전자주입층으로 형성될 수 있다. 이하의 설명에서는 상기 제1 도전형 반도체층(11)이 전자주입층으로 형성되고, 상기 제2 도전형 반도체층(19)이 정공주입층으로 형성된 예를 기준으로 설명하나 이에 한정되는 것은 아니다.

[19] 상기 제1 도전형 반도체층(11), 상기 발광층(13), 상기 제2 도전형 반도체층(19)은 질화물 반도체층으로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 질화물 반도체층은 III-V족 질화물 반도체층으로 형성될 수 있다. 상기 발광층(13)은 단일양자우물구조 또는 다중양자우물구조로 형성될 수 있다.

[20] 상기 제2 도전형 반도체층(19)의 상부 표면은 요철 형상으로 형성될 수 있다. 이에 따라 상기 발광층(13)에서 발광된 빛이 외부로 추출되는 광추출 효율을 향상시킬 수 있게 된다.

[21] 상기 보호층(15)은 알루미늄을 포함하는 III-V족 질화물 반도체층을 적어도 하나 포함하도록 형성될 수 있다. 상기 나노층(17)은 소정 형상으로 패터닝되어 형성될 수 있다. 상기 나노층(17)이 형성되지 않은 영역에서는 하부에 위치된 상기 보호층(15)이 노출된다. 이에 따라 이후 형성되는 제2 도전형 반도체층(19)는 상기 보호층(15)과 접하여 형성될 수 있다.

[22] 상기 나노층(17)은 외부 자극에 의해 전자의 방출이 쉽고 음의 유전상수를 갖는

금속 중 어느 하나 이상을 포함하여 형성될 수 있다.

[23] 예를 들어, 상기 나노층(17)은 전도성 전자(conductive electron)를 포함하는 단일금속으로 형성되거나, 상기 단일금속을 포함하는 금속합금 또는 상기 단일금속을 포함하는 금속질화물로 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 나노층(17)은 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 타이타늄(Ti), 탄탈륨(Ta), 텅스텐(W), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 인듐(In), 철(Fe), 아연(Zn), 주석(Sn), 코발트(Co), 루테늄(Ru), 지르코늄(Zr), 바나듐(V), 하프늄(Hf), 몰리브덴(Mo)을 포함하는 그룹 중에서 선택된 어느 하나의 단일금속으로 형성되거나, 상기 단일금속을 포함하는 금속합금 또는 상기 단일금속을 포함하는 금속질화물로 형성될 수 있다.

[24] 실시예에 의하면 나노층인 나노 마스크를 이용하여 제2 도전형 반도체층의 표면 형상 제어를 수행한다. 이에 따라 실시예는 전기적으로 전도성을 갖는 나노 마스크를 사용하므로써, 발광소자에 낮은 전기저항 특성을 제공할 수 있다.

[25] 또한, 실시예는 나노 마스크가 갖고 있는 표면 플라즈몬과 발광층 속의 엑시톤 간의 상호 작용은 내부양자효율의 획기적인 개선을 제공한다.

[26] 따라서, 실시예에 따른 발광소자 및 그 제조방법은 종래의 질화갈륨 박막 표면 형상제어 기술들의 근본적 문제점들을 효과적으로 극복하고 광추출 효율 증대와 동시에 내부 양자효율을 증대시키므로써 광소자의 외부 양자효율을 극대화하여 고광도의 질화갈륨 발광소자를 제공할 수 있다.

[27] <제2 실시예>

[28] 도 2는 제2 실시예에 따른 발광소자의 단면도이다. 제2 실시예는 수평형 발광소자에 대한 단면도이나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 이하 도 2를 참조하여 제2 실시예에 따른 발광소자 구조와 제조방법을 설명한다.

[29] 기판(20) 위에 제1 도전형 반도체층(21)을 형성한다. 상기 제1 도전형 반도체층(21)은 전자주입층으로 형성될 수 있다. 상기 전자주입층은 전자전도성 고품위 질화갈륨계열의 박막층($Al_xIn_yGa_{1-x-y}N$, $0\leq x, y\leq 1$)으로 형성될 수 있다. 상기 기판(20)은 이종기판의 경우 Si, 사파이어, SiC, ZnO 혹은 다른 금속산화물이 사용될 수 있고, 동종기판의 경우는 GaN 기판 등이 사용될 수 있다. 상기 제1 도전형 반도체층(21)은 단일층 또는 조성이 서로 다른 다중층으로 형성될 수 있다.

[30] 다음으로, 상기 제1 도전형 반도체층(21) 위에 발광층(23)을 형성한다. 상기 발광층(23)은 질화물 반도체층으로 형성될 수 있다. 상기 발광층(23)은 상기 제1 도전형 반도체층(21)과 제2 도전형 반도체층(29)을 통하여 주입된 전자와 정공이 결합되어 빛을 생성하는 층이다. 상기 발광층(23)은 질화갈륨계열의 단일 박막층 혹은 다중 박막층으로 형성될 수 있다. 전자와 정공이 결합하여 빛을 생성하는 양자우물의 반도체 에너지 밴드갭은 양자벽의 에너지 밴드갭 보다 작게 이루어진다. 에너지 밴드갭의 크기는 양자우물과 양자벽에 적용되는 질화갈륨계열 박막층의 조성을 조절하므로써 제어될 수 있다.

[31] 다음으로, 상기 발광층(23) 위에 보호층(25)을 형성한다. 상기 보호층(25)은 이후 진행되는 나노층(27)을 형성하는 단계에서 화학적 혹은 열적 에칭과 산화 혹은 오염으로부터 상기 발광층(23)을 보호하는 기능을 한다.

[32] 상기 보호층(25)은 질화물 반도체층으로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 보호층(25)은 질화갈륨계열의 단일 박막층 또는 조성이 서로 다른 다중층으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 보호층(25)은 알루미늄(Al)을 포함하는 질화갈륨계열의 박막으로 형성되도록 할 수 있다. 또한 상기 보호층(25)이 다중층으로 형성되는 경우에, 적어도 한층은 알루미늄(Al)을 포함하는 질화갈륨계열의 박막으로 형성되도록 할 수 있다.

[33] 상기 보호층(25)의 두께는 100nm 이하로 형성될 수 있다. 상기 보호층(25)의 두께가 얇을 수록 상기 나노층(27)의 표면 플라즈몬(surface plasmon)과 상기 발광층(23) 내의 엑시톤 간에 발광 상호작용은 더욱 커질 수 있게 된다. 이에 따라 상기 발광층(23)에서의 내부 발광효율은 더욱 증대될 수 있다. 표면 플라즈몬은 나노층(27)인 금속박막 표면에서 일어나는 전자들의 집단적 진동(collective wavelike motions)이다.

[34] 상기 발광층(23) 내에서 전자-정공 쌍(pairs), 즉 엑시톤의 에너지가 금속의 표면 플라즈몬 에너지와 비슷할 때, 상기 발광층(23) 내의 엑시톤들은 질화갈륨과 인접하고 있는 금속의 표면 플라즈몬과 강한 상호작용을 하게 된다. 이때, 상기 발광층(23) 내 전자-정공 쌍들은 효과적으로 금속의 표면 플라즈몬들을 여기시키고 여기된 플라즈몬은 다시 효과적으로 빛을 방출하게 된다.

[35] 이와 같은 상기 발광층(23) 내 엑시톤과 금속 표면 플라즈몬간의 강한 상호작용은 결국, 상기 발광층(23) 내에서 엑시톤의 자발 발광결합 속도를 높이므로써 발광소자의 내부 발광 양자 효율을 크게 증대시키게 된다.

[36] 실시예는 나노미터 크기의 패터닝된 상기 나노층(27)의 표면 플라즈몬이 효과적으로 상기 발광층(23)의 내부 발광 양자 효율을 증대시키기 위해서 상기 보호층(25)의 두께는 100nm 혹은 그 이하로 형성될 수 있다. 상기 보호층(25)의 결정성이 우수하여 효과적으로 상기 발광층(23)을 보호할 수 있다면 그 두께는 10nm 혹은 그 이하로 형성될 수 있다.

[37] 또한, 제2 실시예는 상기 나노층(27)을 이용하여 상기 보호층(25) 위에 선택적으로 표면 요철을 갖는 제2 도전형 반도체층(29)을 고온에서 성장시킬 수 있다. 이때, 상기 보호층(25)의 두께가 5nm 이하가 될 경우에는 열화학적 에칭에 의해서 상기 보호층(25)이 상기 발광층(23)을 효과적으로 보호하지 못하게 된다.

[38] 다음으로, 상기 보호층(25) 위에 나노층(27)을 형성한다. 상기 나노층(27)은 전기적으로 전도성을 갖는 금속나노 마스크로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 나노층(27)은 금속 나노층으로 형성될 수 있다.

[39] 예를 들어, 상기 나노층(27)은 전도성 전자(conductive electron)를 갖고 있는 단일금속 혹은 그 단일 금속 원소중 적어도 하나 이상이 포함되는 금속합금 혹은 금속 질화물 등으로 형성될 수 있다.

[40] 제2 실시예에서, 상기의 전도성 전자를 갖는 단일 금속물질로 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 타이타늄(Ti), 탄탈륨(Ta), 텅스텐(W), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 인듐(In), 철(Fe), 아연(Zn), 주석(Sn), 코발트(Co), 루테늄(Ru), 지르코늄(Zr), 바나듐(V), 하프늄(Hf), 몰리브덴(Mo) 등이 적용될 수 있다.

[41] 상기 나노층(27)을 형성하는 물질은 상기 발광층(23)에서 방출되는 빛의 파장에 따라서 선택될 수 있다. 제2 실시예에 따르면, 자외선 및 가시광선 영역의 빛의 파장에 대해서 상기 나노층(27)은 백금, 팔라듐, 크롬, 니켈, 코발트, 아연, 갈륨, 알루미늄, 은, 금, 구리를 포함하는 그룹 중에서 선택된 물질로 형성될 수 있다. 또는 상기 나노층(27)은 상기 그룹 중에서 적어도 하나의 물질이 포함되는 금속합금 또는 금속질화물로 형성될 수 있다.

[42] 은의 플라즈몬 에너지는 약 3.76 전자볼트(eV)이다. 그러나, 은이 질화갈륨과 인접하고 있을 때 그 표면 플라즈몬 에너지는 대략 3 전자볼트 정도가 된다. 이때, 3 전자볼트는 빛의 파장으로 약 410nm 에 대응되는 에너지다. 표면 플라즈몬 에너지는 인접하고 있는 금속과 유전체의 그 유전상수들에 의해서 결정된다.

[43] 금의 경우는 질화갈륨과 인접하고 있을 때 그 표면 플라즈몬에너지는 약 2.2 전자볼트(대략 560nm 파장) 이하이다. 알루미늄의 경우는 그 표면 플라즈몬 에너지가 대략 5 전자볼트 (대략 250nm 파장) 정도가 된다.

[44] 따라서 상기 나노층(27)을 형성함에 있어, 빛의 파장이 400nm 정도 혹은 그 이하인 발광소자의 경우에는, 알루미늄(Al)을 사용하거나, 알루미늄(Al)을 포함하는 금속합금 또는 알루미늄을 포함하는 금속 질화물을 사용할 수 있다.

[45] 빛의 파장이 400 내지 500nm 영역인 발광소자의 경우는 은(Ag) 또는 은(Ag)을 포함하는 금속합금으로 상기 나노층(27)을 형성할 수 있다. 빛의 파장이 500nm 이상되는 발광소자의 경우는 금(Au) 혹은 이를 포함하는 금속 합금을 사용하여 상기 나노층(27)을 형성할 수 있다.

[46] 상기 나노층(27)은 박막성장 장비 내에서 형성되거나 혹은 박막성장 장비 밖에서 추가적인 공정을 통하여서 형성될 수 있다.

[47] 첫째, 박막성장 장비 내에서 형성하는 방법은 상기 보호층(25)을 성장한 후에 해당 금속 물질의 원료를 장비 내부로 주입하여 나노미터 두께의 금속 입자를 형성하는 방법이다.

[48] 나노 금속 입자의 크기는 1nm 내지 300nm 정도로 형성될 수 있다. 금속 입자의 크기가 300nm 보다 클 경우에는, 추후 성장되는 고품위 정공주입층의 면적이 감소될 수 있으며, 이에 따라 소자의 신뢰성이 저하될 수 있다. 금속 입자의 크기가 1nm 보다 작은 경우에는, 정공주입층 표면의 요철이 효과적으로 형성되지 않을 수 있다.

[49] 성장장비의 온도가 높을 경우, 금속 입자들은 반구 모양의 입자 형상을 나타낸다. 성장온도가 낮을 경우는 금속 원소들은 상기 보호층(25) 위에

박막형태로 형성된다. 나노미터 두께의 이러한 박막 형태의 금속층은 성장장비의 온도를 올려서 열처리를 해줌으로써 나노미터 크기의 금속 입자들로 변환시킬 수 있다.

[50] 둘째, 성장장비 밖에서 상기 나노층(27)을 형성하는 방법은 일반적인 패턴 제작 공정으로 수행될 수 있다. 즉 유전물질 패턴 형성 및 금속 증착공정 등을 이용하여 형성될 수 있다.

[51] 이 경우 상기 나노층(27)은 일정 패턴을 갖도록 형성될 수 있다. 외부 금속 증착공정을 통하여 상기 보호층(25) 위에 나노미터 두께의 금속 박막층을 증착한 경우는 열처리 공정을 통하여 박막층을 금속 입자형태로 전환 시킬 수 있다.

[52] 제2 실시예에 따르면, 상기 나노층(27)을 형성하는 물질은 금속 질화물을 포함할 수 있다. 금속 질화물은 단일금속 혹은 금속 합금을 성장장비 내에서 질소 원료 가스 분위기 하에 노출시키는 질화처리 공정을 통하여 형성될 수 있다. 제2 실시예에 따르면, 상기의 질화처리 공정은 상기 나노층(27)의 일부 또는 전부를 금속 질화물로 전환시킬 수 있다.

[53] 다음으로, 상기 나노층(27) 위에 제2 도전형 반도체층(29)을 형성한다. 상기 제2 도전형 반도체층(29)은 정공주입층으로 형성될 수 있다. 상기 제2 도전형 반도체층(29)은 상기 나노층(27) 사이로 노출된 상기 보호층(25) 위에 형성될 수 있다.

[54] 이때, 상기 제2 도전형 반도체층(29)의 상부 표면에 요철이 형성되도록 할 수 있다. 상기 제2 도전형 반도체층(29)의 표면 요철은 상기 발광층(23)에서 생성된 빛을 효과적으로 박막 밖으로 추출해 내도록 작용하여 소자의 광추출 효율을 크게 개선한다.

[55] 질화갈륨계열의 정공주입층은 상기 나노층(27) 위에 증착되지 않을 수 있다. 상기 정공주입층은 상기 나노층(27) 사이로 노출된 상기 보호층(25) 위에 우선적으로 형성된다. 그리고, 상기 정공주입층은 그 두께가 상기 나노층(27)을 이루는 금속입자의 높이보다 커질 때, 두께 증가와 동시에 측면성장도 하게 된다. 정공주입층의 이러한 측면 성장은 금속나노 입자의 일부 혹은 전체를 덮을 수 있다. 이때, 정공주입층의 상부 표면에 요철이 형성될 수 있다.

[56] 한편, 정공주입층의 상부 표면에 요철이 형성되도록 하기 위한 방안으로서, 실리콘 질화물(SiN) 혹은 마그네슘질화물(MgN) 등의 절연체 나노 마스크를 적용할 수도 있다. 그러나 이러한 절연체 나노 마스크를 적용하는 경우에 요철을 형성할 수는 있지만 소자의 작동전압을 증가시키는 문제점을 갖는다.

[57] 따라서 실시예는, 절연체 나노 마스크가 아닌 금속 나노 마스크를 이용하여 정공주입층 표면에 요철을 형성한다. 이에 따라 실시예에 의하면 발광소자의 작동전압을 더욱 낮출 수 있는 장점을 갖는다.

[58] 실시 예에 의하면, 정공주입층은 금속의 표면 플라즈몬 에너지보다 더 큰 에너지 밴드갭을 갖고 P-형 전도성을 갖는 금속산화물로 형성될 수 있다. 예로서 P-형 전도성을 갖는 금속산화물로는 p-형 아연산화물이 적용될 수 있다.

[59] 또한, 실시예는 정공을 균일하게 그리고 효과적으로 주입하기 위하여, 표면 요철을 갖는 정공주입층 위에 투명한 금속산화물층을 형성할 수 있다. 투명한 금속산화물로는 아연산화물(ZnO), 니켈산화물(NiO) 혹은 인듐주석산화물(InSnO) 등을 사용할 수 있다.

[60] 상기 발광층(23)에서 나오는 빛을 흡수하지 않으면서 정공을 효과적으로 균일하게 소자내에 주입하기 위하여 상기의 투명한 전도성 금속 산화물층을 적용하는 경우는, 표면 요철을 갖는 정공주입층의 최상위층에 0.25nm 내지 10nm 두께의 질화물 반도체 오믹층(미도시)을 형성할 수 있다. 상기의 질화물 반도체 오믹층은 질화갈륨계열의 단일층 혹은 다중층으로 형성될 수 있다. 상기의 질화물 반도체 오믹층은 인듐(In)을 포함하는 질화갈륨계열의 물질로 형성될 수 있다. 상기의 질화물 반도체 오믹층은 n-형 도펀트인 실리콘(Si) 혹은 p-형 도펀트인 마그네슘(Mg)을 포함할 수 있다.

[61] 그리고, 상기 제1 도전형 반도체층(21) 위에는 제1 전극(22)이 형성되고, 상기 제2 도전형 반도체층(29) 위에는 제2 전극(24)이 형성될 수 있다.

[62] 실시예에 따른 발광소자는 전기적으로 전도성을 갖는 패터닝된 나노층을 사용하므로써, 발광소자에 낮은 전기저항 특성을 제공할 수 있다. 또한, 패터닝된 나노층이 갖고 있는 표면 플라즈몬과 발광층 속의 엑시톤 간의 상호 작용은 내부양자효율의 획기적인 개선을 제공한다.

[63] 따라서, 실시 예에 따른 발광소자는 종래의 p-형 질화갈륨 박막 표면 형상제어 기술들의 근본적 문제점들을 효과적으로 극복하고 광추출 효율 증대와 동시에 내부 양자효율을 증대시키므로써 광소자의 외부 양자 효율을 극대화하여 고광도의 질화갈륨 발광소자를 제공할 수 있다.

[64] <제3 실시예>

[65] 도 3은 제3 실시예에 따른 발광소자의 단면도이다. 도 3은 수직형 발광소자에 대한 단면도이나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[66] 이하, 도 3을 참조하여 제3 실시예에 따른 발광소자의 제조방법을 설명한다. 제3 실시예에서 제1 도전형 반도체층(31)이 N형 반도체층인 예이나 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[67] 제3 실시 예에서는 질화물 반도체 박막성장을 위해서 유기금속 화학기상증착 시스템을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 기판으로는 사파이어를 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 암모니아를 질소원으로 사용하고 수소와 질소를 운반가스로 사용할 수 있다. 갈륨과 인듐, 알루미늄은 유기금속 소스를 사용할 수 있다. n-형 도펀트는 실리콘(Si)을 사용하고 p-형 도펀트는 마그네슘(Mg)을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[68] 먼저, 기판(미도시)을 준비하고 제1 도전형 반도체층(31)을 형성한다. 상기 제1 도전형 반도체층(31)은 n-형 질화물 반도체 전자주입층으로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.

[69] 다음으로, 상기 제1 도전형 반도체층(31) 위에 발광층(33)을 형성한다. 상기

발광층(33)은 질화인듐갈륨/질화갈륨(InGaN/GaN) 다중양자우물구조로 형성될 수 있다.

[70] 다음으로, 상기 발광층(33) 위에 보호층(35)을 형성한다. 상기 보호층(35)은 질화물 반도체층으로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 보호층(35)은 질화갈륨/질화알루미늄갈륨/질화갈륨의 다중층으로 형성될 수 있다.

[71] 다음으로, 상기 보호층(35) 위에 나노층(37)을 형성한다. 상기 나노층(37)은 은(Ag)으로 형성될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 이후, 800~900℃ 온도에서 열처리를 실시할 수 있다.

[72] 다음으로, 상기 나노층(37) 위에 제2 도전형 반도체층(39)을 형성한다. 상기 제2 도전형 반도체층(39)으로 표면 요철을 갖는 P-형 질화갈륨층이 성장될 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 그리고 그 상단에 오믹 특성 향상을 위해 질화인듐갈륨층이 형성될 수 있다. 또한 홀을 균일하고 용이하게 주입하기 위해 상기 제2 도전형 반도체층(39) 위에 제2 투명층(43)을 형성할 수 있다.

[73] 다음으로, 레이저 공정 등을 이용하여 기판을 제거한다. 그리고, 노출된 상기 제1 도전형 반도체층(31) 표면을 일부 식각하여 표면 결함을 제거할 수 있다. 이어서, 노출된 상기 제1 도전형 반도체층(31)에 제1 전극층을 형성한다.

[74] 상기 제1 전극층은 제1 투명층(41), 반사층(45), 결합층(47), 제2 기판(49) 등을 포함할 수 있다.

[75] 예를 들어, 제1 투명층(41)은 ITO, IZO(In-ZnO), GZO(Ga-ZnO), AZO(Al-ZnO), AGZO(Al-Ga ZnO), IGZO(In-Ga ZnO), IrOx, RuOx, RuOx/ITO, Ni/IrOx/Au, 및 Ni/IrOx/Au/ITO 중 적어도 하나를 포함하여 형성될 수 있으며, 이러한 재료에 한정되는 않는다.

[76] 상기 반사층(45)은 Al, Ag, 혹은 Al이나 Ag를 포함하는 합금을 포함하는 금속층으로 이루어질 수 있다. 또한, 상기 결과물을 실리콘(Si) 혹은 금속 등의 전도성 지지대인 제2 기판(49) 위에 결합층(47)을 이용하여 결합할 수 있다. 상기 결합층(47)은 공융(eutectic) 금속을 포함할 수 있다. 그리고, 상기 결과물에 제1 전극(32)과 제2 전극(34)을 형성할 수 있다.

[77] 실시예에 따른 발광소자는 전기적으로 전도성을 갖는 나노 입자를 사용하므로써, 발광소자에 낮은 전기저항 특성을 제공할 수 있다. 또한, 나노 마스크가 갖고 있는 표면 플라즈몬과 발광층 속의 엑시톤간의 상호 작용은 내부양자효율의 획기적인 개선을 제공한다. 실시예에 따른 발광소자는 광추출 효율 증대와 동시에 내부 양자효율을 증대시키므로써 광소자의 외부 양자 효율을 극대화할 수 있게 된다.

산업상 이용가능성

[78] 실시예에 따른 발광소자는 수평형 발광소자, 수직형 발광소자에 적용이 가능하다.

[79] 이상에서 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명을 한정하는 것이 아니며, 본 발명이 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

청구범위

[1] 제1 도전형 반도체층;
상기 제1 도전형 반도체층 위에 발광층;
상기 발광층 위에 보호층;
상기 보호층 위에 나노층; 및
상기 나노층 위에 제2 도전형 반도체층;을 포함하는 발광소자.

[2] 제1 항에 있어서,
상기 제2 도전형 반도체층의 상부 표면이 요철 형상으로 형성되는 발광소자.

[3] 제1 항에 있어서,
상기 보호층은 질화물 반도체층을 포함하여 형성되는 발광소자.

[4] 제1 항에 있어서,
상기 보호층은 5 nm 내지 100 nm 두께로 형성되는 발광소자.

[5] 제1 항에 있어서,
상기 나노층은 전도성 전자(conductive electron)를 포함하는 단일금속으로 형성되거나, 상기 단일금속을 포함하는 금속합금 또는 상기 단일금속을 포함하는 금속질화물로 형성된 발광소자.

[6] 제5 항에 있어서,
상기 나노층은 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 타이타늄(Ti), 탄탈륨(Ta), 텅스텐(W), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 갈륨(Ga), 인듐(In), 철(Fe), 아연(Zn), 주석(Sn), 코발트(Co), 루테늄(Ru), 지르코늄(Zr), 바나듐(V), 하프늄(Hf), 몰리브덴(Mo)을 포함하는 그룹 중에서 선택된 어느 하나의 단일금속으로 형성되거나, 상기 단일금속을 포함하는 금속합금 또는 상기 단일금속을 포함하는 금속질화물로 형성되는 발광소자.

[7] 제1 항에 있어서,
상기 나노층은 1nm 내지 300nm 크기의 금속 입자를 포함하는 발광소자.

[8] 제1 항에 있어서,
상기 제2 도전형 반도체층은 상기 보호층과 접하는 발광소자.

[9] 제1 항에 있어서,
상기 제1 도전형 반도체층은 전자주입층이고, 상기 제2 도전형 반도체층은 정공주입층인 발광소자.

[10] 제1 항에 있어서,
상기 제1 도전형 반도체층은 정공주입층이고, 상기 제2 도전형 반도체층은 전자주입층인 발광소자.

[11] 제1 항에 있어서,
상기 제1 도전형 반도체층 아래에 제1 전극층을 포함하는 발광소자.

[12] 제1 도전형 반도체층을 형성하는 단계;

상기 제1 도전형 반도체층 위에 발광층을 형성하는 단계;
상기 발광층 위에 보호층을 형성하는 단계;
상기 보호층 위에 나노층을 형성하는 단계; 및
상기 나노층 위에 제2 도전형 반도체층을 형성하는 단계;를 포함하는 발광소자의 제조방법.

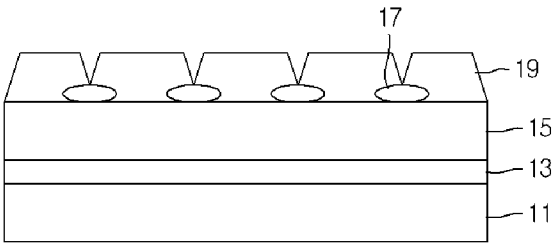
[13] 제12 항에 있어서,
상기 제2 도전형 반도체층의 상부 표면이 요철 형상으로 형성되는 발광소자의 제조방법.

[14] 제12 항에 있어서,
상기 보호층은 질화물 반도체층을 포함하여 형성되는 발광소자의 제조방법.

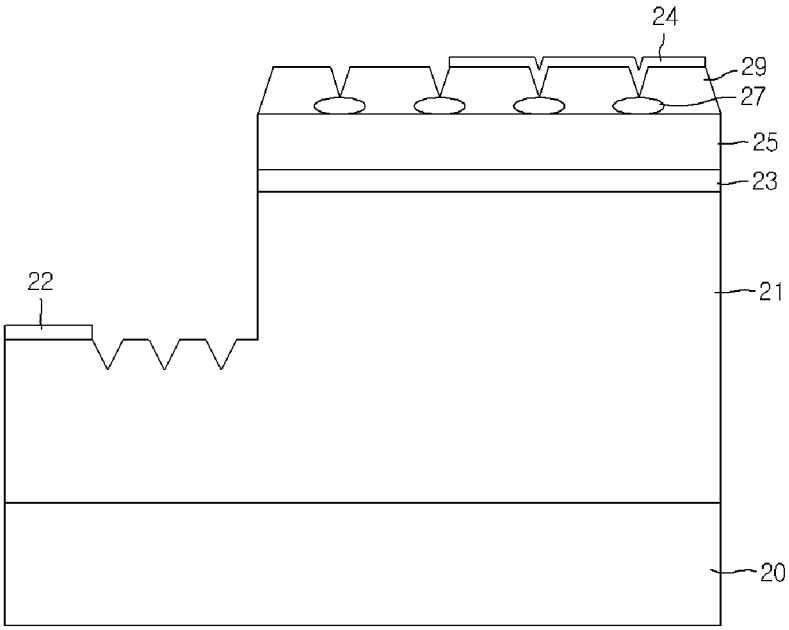
[15] 제12 항에 있어서,
상기 나노층은 전도성 전자(conductive electron)를 포함하는 단일금속으로 형성되거나, 상기 단일금속을 포함하는 금속합금 또는 상기 단일금속을 포함하는 금속질화물로 형성된 발광소자의 제조방법.

WO 2009/123401 PCT/KR2009/001303

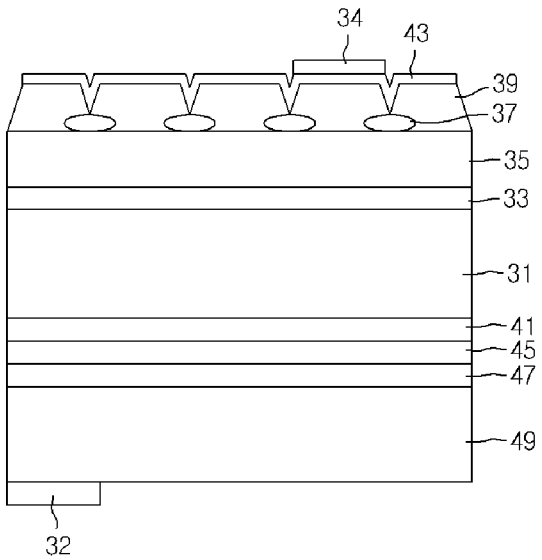
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2009/001303

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 33/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC : H01L 33/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Published Korean Utility Model registrations since 1948
Published Korean Utility Model applications since 1983
Published Japanese Utility Model registrations and Utility Model applications since 1975

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: light emitt, nano

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2006-16665 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 22 February 2006 See page 4, line 32 - page 5, line 24	1 - 15
A	KR 10-2006-125253 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 06 December 2006 See page 5, line 37 - page 7, line 12	1 - 15
A	KR 10-2006-81190 A (SAMSUNG SDI CO., LTD) 12 July 2006 See page 2, line 44 - page 3, line 14	1 - 15
A	KR 10-2006-89971 A (LG ELECTRONICS INC.) 10 August 2006 See page 3, line 10 - page 4, line 1	1 - 15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
15 JULY 2009 (15.07.2009)	**15 JULY 2009 (15.07.2009)**

Name and mailing address of the ISA/
Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 139 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea
Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2009/001303

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
KR 10-2007-83377 A	23.05.2008	EP 1992019 A1	19.11.2008
		KR 10-833489 B	29.05.2008
		US 2009-0032836 A1	05.02.2009
		WO 2007-097500 A1	30.08.2007
KR 10-2006-125253 A	01.10.2008	JP 2006-339656 A	14.12.2006
		KR 10-862516 B	08.10.2008
KR 10-2006-0081190 A	12.07.2006	JP 2006-190671 A	20.07.2006
		US 2009-0021153 A1	22.01.2009
KR 10-2006-89971 A	10.08.2006	None	

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2009/001303

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

H01L 33/00(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
IPC : H01L 33/00

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
1948년 이후 한국등록실용신안공보
1983년 이후 한국공개실용신안공보
1975년 이후 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드 : light emitt, nano

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2006-16665 A (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE) 2006.02.21 페이지 4, 라인 32 - 페이지 5, 라인 24 참조	1 - 15
A	KR 10-2006-125253 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 2006.12.06 페이지 5, 라인 37 - 페이지 7, 라인 12 참조	1 - 15
A	KR 10-2006-81190 A (SAMSUNG SDI CO., LTD.) 2006.07.12 페이지 2, 라인 44 - 페이지 3, 라인 14 참조	1 - 15
A	KR 10-2006-89971 A (LG ELECTRONICS INC.) 2006.08.10 페이지 3, 라인 10 - 페이지 4, 라인 1 참조	1 - 15

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2009년 07월 15일 (15.07.2009)	**2009년 07월 15일 (15.07.2009)**

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 선사로 139,
정부대전청사
팩스 번호 82-42-472-7140

심사관
곽준영
전화번호 82-42-481-5650

국 제 조 사 보 고 서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2009/001303

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2007-83377 A	2008.05.23	EP 1992019 A1	2008.11.19
		KR 10-833489 B	2008.05.29
		US 2009-0032836 A1	2009.02.05
		WO 2007-097500 A1	2007.08.30
KR 10-2006-125253 A	2008.10.01	JP 2006-339656 A	2006.12.14
		KR 10-862516 B	2008.10.08
KR 10-2006-0081190 A	2006.07.12.	JP 2006-190671 A	2006.07.20
		US 2009-0021153 A1	2009.01.22
KR 10-2006-89971 A	2006.08.10	없음	