

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014년 10월 16일 (16.10.2014)



(10) 국제공개번호
WO 2014/168334 A1

- (51) 국제특허분류:
H01L 33/14 (2010.01) H01L 33/06 (2010.01)
H01L 33/04 (2010.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2014/001570
- (22) 국제출원일: 2014년 2월 26일 (26.02.2014)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0039697 2013년 4월 11일 (11.04.2013) KR
- (71) 출원인: 서울바이오시스 주식회사 (SEOUL VIOSYS CO., LTD.) [KR/KR]; 425-851 경기도 안산시 단원구 산단로 163 번길 65-16, 1B-36, Gyeonggi-do (KR).
- (72) 발명자: 윤준호 (YUN, Jun Ho); 425-851 경기도 안산시 단원구 산단로 163 번길 65-16, 1B-36, Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인에이아이피 (AIP PATENT & LAW FIRM); 135-933 서울시 강남구 테헤란로 8길 21 신원빌딩 8층, Seoul (KR).

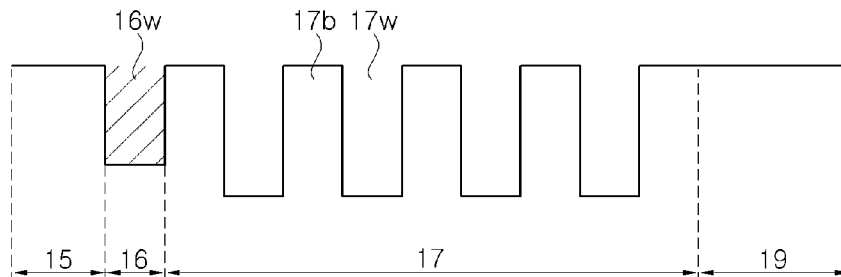
- (81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

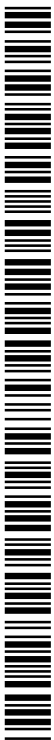
(54) Title: LIGHT EMITTING DIODE HAVING IMPROVED ELECTROSTATIC AND DISCHARGE CHARACTERISTICS

(54) 발명의 명칭: 개선된 정전 방전 특성을 갖는 발광 다이오드



(57) Abstract: Disclosed is a light emitting diode having improved electrostatic and discharge characteristics. The light emitting diode comprises: an n-type contact layer; a p-type contact layer; an active region interposed between the n-type contact layer and the p-type contact layer and comprising a barrier layer and a well layer; and a carrier-containing region for containing carriers positioned between the n-type contact layer and the active region so as to be in contact with the active region. The carrier-containing region comprises a band gap control layer of which an energy band gap is controlled for preventing carriers inside the carrier-containing region from diffusing into the active region. As a result, provided is the light emitting diode having improved electrostatic and discharge characteristics while preventing current leakage.

(57) 요약서: 개선된 정전 방전 특성을 갖는 발광 다이오드가 개시된다. 이 발광 다이오드는, n형 콘택층; p형 콘택층; n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되고, 장벽층과 우물층을 포함하는 활성 영역; 및 n형 콘택층과 활성 영역 사이에서 활성 영역에 접하여 위치하며 캐리어를 보유하기 위한 캐리어 보유 영역을 포함한다. 이 캐리어 보유 영역은 그 내부의 캐리어가 활성 영역 내로 확산되는 것을 방지하도록 에너지 밴드갭이 조절된 밴드갭 조절층을 갖는다. 이에 따라, 전류 누설을 방지하면서 개선된 정전 방전 특성을 갖는 발광 다이오드를 제공할 수 있다.



WO 2014/168334 A1

명세서

발명의 명칭: 개선된 정전 방전 특성을 갖는 발광 다이오드 기술분야

- [1] 본 발명은 발광 다이오드에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 개선된 정전 방전 특성을 갖는 발광 다이오드에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 일반적으로, 질화갈륨계 반도체는 풀컬러 디스플레이, 교통 신호등, 일반조명 및 광통신 기기의 광원으로 자외선, 청/녹색 발광 다이오드(light emitting diode) 또는 레이저 다이오드(laser diode)에 널리 이용되고 있다. 이러한 질화갈륨계 발광 소자는 n형 및 p형 질화갈륨계 반도체층 사이에 위치한 InGaN 계열의 다중양자우물 구조의 활성층을 포함한다.
- [3] 도 1은 종래의 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이고, 도 2는 도 1의 활성 영역을 확대도시한 단면도이고, 도 3은 도 1의 발광 다이오드의 에너지 밴드갭을 설명하기 위해 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.
- [4] 도 1 및 도 2를 참조하면, 상기 발광 다이오드는 기판(11), 버퍼층(13), n형 콘택층(15), 활성영역(17), p형 콘택층(19), n-전극(21) 및 p-전극(23)을 포함한다.
- [5] 이러한 종래의 발광 다이오드는 n형 콘택층(15)과 p형 콘택층(19) 사이에 다중양자우물 구조의 활성영역(17)을 포함하여 발광 효율을 개선하고 있으며, 다중양자우물 구조 내의 InGaN 우물층의 In 함량을 조절하여 원하는 파장의 광을 방출할 수 있다.
- [6] 상기 n형 콘택층(17)은 통상 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 범위 내의 도핑 농도를 가지며 전자를 공급하는 역할을 한다. 한편, 전류 누설을 방지하고 양호한 결정 품질을 달성하기 위해 활성 영역(17) 내의 우물층(17w) 및 장벽층(17b)은 대체로 언도프트층으로 형성한다. 활성 영역(17) 내에 도핑을 하는 경우에도, 전류 누설을 방지하기 위해 첫 번째 장벽층(17b)에 약 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 이하의 농도로 도핑하고 있다.
- [7] 전류 누설을 방지하기 위해 활성 영역(17)과 n형 콘택층(15) 사이의 소정 영역의 도핑 농도가 낮기 때문에, n형 콘택층(15) 내로 공핍 영역이 확대된다. 이러한 공핍 영역은 p형 콘택층(19) 내의 도핑 농도의 증가에 따라 더욱 증대된다. 상기 공핍 영역의 확대는 n형 콘택층(15)과 p형 콘택층(19) 사이의 실효적인 거리(d)를 증가시킨다. 한편, 커패시터의 정전 용량(C)은 거리(d)에 반비례하기 때문에, 상기 공핍 영역의 확대는 n형 콘택층(15)과 p형 콘택층(19) 사이에 형성되는 커패시터의 정전 용량(C)을 감소시킨다. 상기 정전 용량(C)의 감소는 결과적으로 발광 다이오드의 정전 방전 특성을 악화시킨다.
- [8] 한편, 발광 다이오드의 정전 방전 특성을 향상시키기 위해 도 3에 도시한 바와 같이 활성 영역(17)에 접하는 n형 콘택층(15)의 일부 또는 첫 번째 장벽층(17b)에

$1E19/cm^3$ 이상의 고농도의 Si를 도핑하는 것을 고려할 수 있다. 그러나, 앞서 설명한 바와 같이, 고농도 도핑에 따라 생성된 캐리어가 활성 영역(17) 내로 쉽게 이동하기 때문에, 발광 다이오드의 누설전류가 증가하여 발광 다이오드의 전기적 특성이 나빠진다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [9] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 누설전류를 증가시키지 않으면서 정전 방전 특성을 개선한 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [10] 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드는, n형 콘택층; p형 콘택층; 상기 n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되고, 장벽층과 우물층을 포함하는 활성 영역; 및 상기 n형 콘택층과 상기 활성 영역 사이에서 상기 활성 영역에 접하여 위치하며 캐리어를 보유하기 위한 캐리어 보유 영역을 포함한다. 상기 캐리어 보유 영역은 그 내부의 캐리어가 상기 활성 영역 내로 확산되는 것을 방지하도록 에너지 밴드갭이 조절된 밴드갭 조절층을 갖는다.
- [11] 상기 캐리어 보유 영역에 의해 공핍 영역이 n형 콘택층 내부로 확대되는 것을 방지할 수 있어, 발광 다이오드의 충분한 정전 용량을 확보할 수 있으며, 이에 따라 개선된 정전 방전 특성을 갖는 발광 다이오드를 제공할 수 있다. 나아가, 상기 캐리어 보유 영역 내의 캐리어가 상기 활성 영역 내로 확산되는 것을 방지함으로써 발광 다이오드의 전류 누설을 방지할 수 있다.
- [12] 일 실시예에 있어서, 상기 밴드갭 조절층은 상기 우물층보다 넓은 밴드갭을 갖고 상기 장벽층보다 좁은 밴드갭을 가질 수 있다. 또한, 상기 캐리어 보유 영역은 상기 밴드갭 조절층을 복수개 포함할 수 있다. 나아가, 상기 밴드갭 조절층은 $1E19/cm^3 \sim 1E21/cm^3$ 범위의 Si 도핑 농도를 가질 수 있다.
- [13] 상기 밴드갭 조절층이 장벽층보다 좁은 밴드갭을 갖기 때문에, 캐리어가 밴드갭 조절층 내에 보유될 수 있어 전류 누설을 방지할 수 있다.
- [14] 다른 실시예에 있어서, 상기 캐리어 보유 영역은 $1E19/cm^3 \sim 1E21/cm^3$ 범위의 Si 도핑 농도를 갖는 고농도 도핑층을 포함하고, 상기 밴드갭 조절층은 상기 고농도 도핑층과 상기 활성 영역 사이에 위치할 수 있다. 나아가, 상기 밴드갭 조절층은 상기 장벽층보다 넓은 밴드갭을 가질 수 있다. 상기 고농도 도핑층은 상기 장벽층과 동일하거나 그보다 좁은 밴드갭을 가질 수 있다.
- [15] 상기 밴드갭 조절층이 상기 장벽층보다 넓은 밴드갭을 갖기 때문에, 캐리어가 상기 고농도 도핑층으로부터 활성 영역으로 확산하는 것을 방지할 수 있으며, 따라서 발광 다이오드의 전류 누설을 방지할 수 있다.
- [16] 몇몇 실시예들에 있어서, 상기 우물층은 InGaN으로 형성되고, 상기 장벽층은 GaN으로 형성되며, 상기 밴드갭 조절층은 상기 우물층보다 In을 적게 함유하는 InGaN으로 형성될 수 있다. 여기서, 상기 밴드갭 조절층은 $1E19/cm^3 \sim 1E21/cm^3$

범위의 Si 도핑 농도를 가질 수 있다.

- [17] 다른 실시예들에 있어서, 상기 우물층은 InGaN으로 형성되고, 상기 장벽층은 GaN으로 형성되며, 상기 밴드갭 조절층은 AlGaIn으로 형성될 수 있다. 나아가, 상기 캐리어 보유 영역은 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를 갖는 고농도 GaN층을 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 밴드갭 조절층은 상기 고농도 GaN층과 상기 활성 영역 사이에 위치할 수 있다.

발명의 효과

- [18] 본 발명의 실시예들에 따르면, n형 콘택층과 활성 영역 사이에 캐리어 보유 영역을 배치함으로써 캐리어를 보유함과 아울러 활성 영역 내로의 캐리어의 확산을 방지할 수 있으며, 이에 따라, 전류 누설을 방지하면서 정전 방전 특성을 개선할 수 있는 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [19] 도 1은 종래의 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 단면도이다.
 [20] 도 2는 도 1의 활성 영역을 확대 도시한 개략적인 단면도이다.
 [21] 도 3은 도 1의 발광 다이오드의 밴드갭을 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.
 [22] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.
 [23] 도 5는 도 4의 활성 영역을 확대 도시한 개략적인 단면도이다.
 [24] 도 6은 도 4의 발광 다이오드의 밴드갭을 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.
 [25] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.
 [26] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.
 [27] (부호의 설명)
 [28] 11 기판, 13 버퍼층, 15 n형 콘택층, 15h 고농도 도핑층,
 [29] 16 캐리어 보유 영역, 16w 밴드갭 조절층(고농도 도핑층),
 [30] 16b: 밴드갭 조절층, 16h: 고농도 도핑층, 17 활성 영역,
 [31] 17b 장벽층, 17w 우물층, 19 p형 콘택층, 21 n-전극, 23 p-전극

발명의 실시를 위한 최선의 형태

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

- [33] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이고, 도 5는 도 4의 활성 영역을 확대 도시한 개략적인 단면도이며, 도 6은 도 4의 발광 다이오드의 밴드갭을 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다. 도 6에서는 설명의 편의를 위해 전도대(conduction band)만을 도시한다.
- [34] 도 4 및 도 5를 참조하면, 상기 발광 다이오드는 기판(11), 버퍼층(13), n형 콘택층(15), 캐리어 보유 영역(16), 활성영역(17), p형 콘택층(19), n-전극(21) 및 p-전극(23)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 발광 다이오드는, 상기 활성 영역(17)과 p형 콘택층(19) 사이에 p형 클래드층(도시하지 않음)을 포함할 수 있다.
- [35] 상기 기판(51)은 질화갈륨계 반도체층을 성장시키기 위한 기판으로, 사파이어 기판, SiC 기판, 스피넬 기판, 실리콘 기판, GaN 기판 등 특별히 제한되지 않으며, 예컨대 패터닝된 사파이어 기판(PSS)일 수 있다.
- [36] 상기 버퍼층(13)은 저온 버퍼층 및 고온 버퍼층을 포함할 수 있다. 저온 버퍼층은, 예컨대, 400~600°C의 저온에서 (Al, Ga)N로 형성될 수 있으며, 특히, GaN 또는 AlN로 형성된다. 고온 버퍼층은 기판(11)과 n형 콘택층(15) 사이에서 전위와 같은 결합발생을 완화하기 위한 층으로, 상대적으로 고온에서 성장된다. 상기 고온 버퍼층은 예컨대, 언도프트 GaN로 형성될 수 있다.
- [37] 상기 n형 콘택층(15)은 n형 불순물, 예컨대 Si이 도핑된 질화갈륨계 반도체층으로 형성된다. 상기 n형 콘택층은 단일의 GaN층으로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 다중층으로 형성될 수도 있다. 상기 n형 콘택층에 도핑되는 Si 도핑농도는 약 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 범위 내일 수 있다.
- [38] 활성영역(17)은 장벽층(17b)과 우물층(17w)이 교대로 적층된 다중양자우물 구조를 가질 수 있다. 도 5에서 4개의 우물층(17w)이 도시되어 있지만 이에 한정되는 것은 아니며, 더 적거나 더 많은 우물층(17w)이 사용될 수 있다. 상기 장벽층(17b)은 우물층(17w)에 비해 밴드갭이 넓은 질화갈륨계 반도체층, 예컨대, GaN, InGaN, AlGaN 또는 AlInGaN로 형성될 수 있다. 우물층(17w)은 장벽층(17b)보다 좁은 밴드갭을 갖는다. 우물층(17w)은 또한 n형 콘택층(15)보다 좁은 밴드갭을 갖는 질화갈륨계 반도체층, 예컨대 InGaN으로 형성될 수 있다. 우물층(17w) 내의 In 조성비는 원하는 광 파장에 의해 결정된다. 활성 영역(17)의 첫번째 층은 장벽층(17b)이며, 마지막 층은 장벽층(17b) 또는 우물층(17w)일 수 있다.
- [39] 장벽층(17b) 및 우물층(17w)은 활성 영역(17)의 결정 품질을 향상시키기 위해 불순물이 도핑되지 않은 언도프트층으로 형성될 수 있으나, 순방향 전압을 낮추기 위해 일부 또는 전체 활성 영역 내에 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 이하의 불순물이 도핑될 수도 있다.
- [40] 한편, 캐리어 보유 영역(16)은 상기 n형 콘택층(15)과 활성 영역(17) 사이에 위치하며, 활성 영역(17)에 접한다. 캐리어 보유 영역(16)은 도 6에 도시한 바와 같이 캐리어가 활성 영역(17)으로 확산되는 것을 방지하도록 에너지 밴드갭이

조절된 밴드갭 조절층(16w)으로 구성될 수 있다. 즉, 상기 밴드갭 조절층(16w)은 장벽층(17b)보다 좁은 밴드갭을 가지며 우물층(17w)보다 넓은 밴드갭을 갖도록 밴드갭이 조절된다. 또한, 밴드갭 조절층(16w)은 n형 콘택층(15)보다 좁은 밴드갭을 가질 수 있다. 상기 밴드갭 조절층(16w)이 첫 번째 장벽층(17b)에 접한다. 상기 밴드갭 조절층(16w)은 또한 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를 갖는다. 예를 들어, 상기 장벽층(17b)은 GaN으로 형성되고, 우물층(17w)은 InGaN으로 형성될 수 있으며, 상기 밴드갭 조절층(16w)은 우물층(17w)보다 적은 In 함량을 갖는 InGaN으로 형성될 수 있다.

- [41] 상기 활성 영역(17) 상에 p형 콘택층(19)이 위치한다. 또한, 상기 활성 영역(17)과 p형 콘택층(19) 사이에 p형 클래드층(도시하지 않음)이 개재될 수 있다. p형 클래드층은 AlGaIn일 수 있다. 또한, p형 콘택층(19)은 GaN의 단일층 또는 GaN층을 포함하는 다층 구조일 수 있다.
- [42] 한편, n-전극(21)은 n형 콘택층(15)에 전기적으로 접촉하고, p-전극(23)은 p형 콘택층(19)에 전기적으로 접촉한다.
- [43] 본 실시예에 따르면, 활성 영역(17)에 접하는 밴드갭 조절층(16w)이 고농도의 Si 도핑 농도를 갖기 때문에, 공핍 영역이 n형 콘택층(15)으로 확대되는 것을 방지할 수 있으며, 따라서 n형 콘택층(15)과 p형 콘택층(19) 사이의 정전 용량(C)을 증가시켜 발광 다이오드의 정전 방전 특성을 개선할 수 있다. 나아가, 상기 밴드갭 조절층(16w)을 이용하여 그 내부의 캐리어가 활성 영역(17) 내로 확산하는 것을 방지할 수 있으며, 이에 따라, 발광 다이오드의 전류 누설을 방지할 수 있다.
- [44] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.
- [45] 도 7을 참조하면, 본 실시예에 따른 발광 다이오드는 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명한 발광 다이오드와 대체로 유사하나, 캐리어 보유 영역(16)이 복수개의 밴드갭 조절층(16w)을 포함하는 것에 차이가 있다.
- [46] 상기 복수개의 밴드갭 조절층(16w)은 각각 장벽층(17b)보다 좁은 밴드갭을 가지며 우물층(17w)보다 넓은 밴드갭을 갖는다. 또한, 각 밴드갭 조절층(16w)은 도 6을 참조하여 설명한 바와 같이 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를 갖는다.
- [47] 상기 복수개의 밴드갭 조절층(16w)은 서로 동일한 밴드갭을 가질 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며, 서로 다른 밴드갭을 가질 수도 있다. 복수개의 밴드갭 조절층(16w)의 개수, 폭, 도핑 농도, 밴드갭은 다양하게 조절될 수 있다.
- [48] 본 실시예에 따르면, 복수개의 밴드갭 조절층(16w)을 채택함으로써 공핍 영역이 확대되는 것을 효과적으로 방지할 수 있으며 또한 전류 누설을 쉽게 방지할 수 있다.
- [49] 도 8은 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 개략적인 에너지 밴드 다이어그램이다.

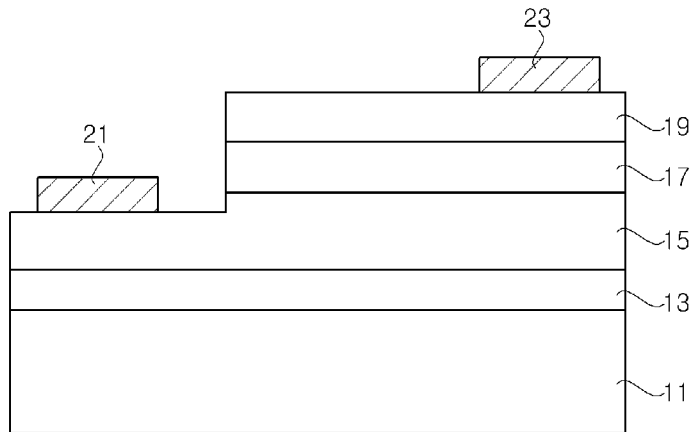
- [50] 도 8을 참조하면, 본 실시예에 따른 발광 다이오드는 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명한 발광 다이오드와 대체로 유사하나 캐리어 보유 영역(16)의 밴드 구조에 차이가 있다.
- [51] 즉, 본 실시예에 따른 캐리어 보유 영역(16)은 고농도 도핑층(16h) 및 밴드갭 조절층(16b)을 포함한다. 상기 고농도 도핑층(16h)은 $1E19/cm^3 \sim 1E21/cm^3$ 범위의 Si 도핑 농도를 가질 수 있으며, 장벽층(17b)과 동일하거나 그보다 좁은 밴드갭을 가질 수 있으며, 또한 n형 콘택층(15)과 동일하거나 그보다 좁은 밴드갭을 가질 수 있다. 예를 들어 상기 장벽층(17b)은 GaN으로 형성되고, 우물층(17w)은 InGaN으로 형성될 수 있으며, 상기 고농도 도핑층(16h)은 GaN으로 형성될 수 있다.
- [52] 한편, 상기 밴드갭 조절층(16b)은 고농도 도핑층(16h)과 활성 영역(17) 사이에 위치한다. 상기 밴드갭 조절층(16b)은 장벽층(17b)보다 넓은 밴드갭을 가지며, 예를 들어 AlGaIn으로 형성될 수 있다. 밴드갭 조절층(16b)은 고농도 도핑층(16h) 내의 캐리어가 활성 영역(17)으로 확산하는 것을 방지하여 전류 누설을 방지한다.
- [53] (실험예)
- [54] MOCVD 장비를 사용하여 에피층들을 성장시켜 약 $600 \times 600 \mu m^2$ 크기의 발광 다이오드를 제작하였다. 다른 조건은 모두 동일하게 하고, 비교예 1은 첫 번째 장벽층에 Si를 $1E19/cm^3$ 미만 도핑하였고, 비교예 2는 첫 번째 장벽층에 Si를 약 $1E19/cm^3$ 도핑하였으며, 비교예 3은 첫 번째 장벽층에 Si를 $1.5E19/cm^3$ 도핑하였고, 실시예는 첫 번째 장벽층 앞에 우물층(17w)보다 대략 4% 적은 In 함량을 갖는 밴드갭 조절층(16w: 준 우물층)을 형성하고, 밴드갭 조절층(16w)에 약 $1.5E19/cm^3$ 의 Si를 도핑하였다.
- [55] 웨이퍼 레벨에서 역방향 전류 $I_r(-5V)$ 는 비교예 1, 2 및 실시예가 큰 차이를 나타내지 않았으나, 비교예 3은 비교예 1의 10배 이상의 역방향 전류 값을 나타내었다. 칩 레벨에서도 역방향 전류 $I_r(-5V)$ 는 비교예 1, 2 및 실시예가 큰 차이를 나타내지 않았으나, 비교예 3은 비교예 1의 3배 이상의 역방향 전류 값을 나타내었다.
- [56] 한편, ESD 테스트 결과, 비교예 1은 약 30%의 ESD 수율(ESD 테스트 후 양호한 상태의 칩 수율)을 나타내었으며, 비교예 2는 55.7%, 비교예 3은 66.0%, 실시예는 78.5%의 ESD 수율을 나타내었다.
- [57] 결국, 본 발명에 따른 실시예는 전류 누설이 나빠지지 않으면서 가장 양호한 ESD 수율을 나타내는 것을 확인할 수 있다.

청구범위

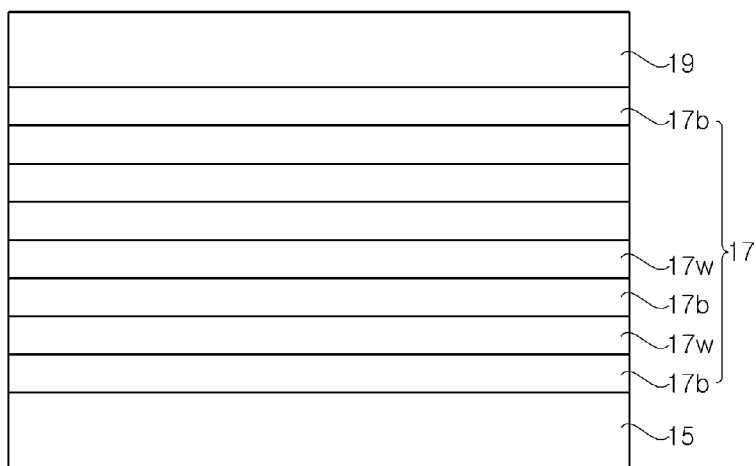
- [청구항 1] n형 콘택층;
p형 콘택층;
상기 n형 콘택층과 p형 콘택층 사이에 개재되고, 장벽층과
우물층을 포함하는 활성 영역; 및
상기 n형 콘택층과 상기 활성 영역 사이에서 상기 활성 영역에
접하여 위치하며 캐리어를 보유하기 위한 캐리어 보유 영역을
포함하되,
상기 캐리어 보유 영역은 그 내부의 캐리어가 상기 활성 영역 내로
확산되는 것을 방지하도록 에너지 밴드갭이 조절된 밴드갭
조절층을 갖는 발광 다이오드.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서,
상기 밴드갭 조절층은 상기 우물층보다 넓은 밴드갭을 갖고 상기
장벽층보다 좁은 밴드갭을 갖는 발광 다이오드.
- [청구항 3] 청구항 2에 있어서,
상기 캐리어 보유 영역은 상기 밴드갭 조절층을 복수개 포함하는
발광 다이오드.
- [청구항 4] 청구항 2 또는 청구항 3에 있어서,
상기 밴드갭 조절층은 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를
갖는 발광 다이오드.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서,
상기 캐리어 보유 영역은 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를
갖는 고농도 도핑층을 포함하고, 상기 밴드갭 조절층은 상기
고농도 도핑층과 상기 활성 영역 사이에 위치하는 발광 다이오드.
- [청구항 6] 청구항 5에 있어서,
상기 밴드갭 조절층은 상기 장벽층보다 넓은 밴드갭을 갖는 발광
다이오드.
- [청구항 7] 청구항 5에 있어서,
상기 고농도 도핑층은 상기 장벽층과 동일하거나 그보다 좁은
밴드갭을 갖는 발광 다이오드.
- [청구항 8] 청구항 1에 있어서,
상기 우물층은 InGaN으로 형성되고, 상기 장벽층은 GaN으로
형성되며, 상기 밴드갭 조절층은 상기 우물층보다 In을 적게
함유하는 InGaN으로 형성된 발광 다이오드.
- [청구항 9] 청구항 8에 있어서,
상기 밴드갭 조절층은 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를
갖는 발광 다이오드.

- [청구항 10] 청구항 1에 있어서,
상기 우물층은 InGaN으로 형성되고, 상기 장벽층은 GaN으로
형성되며, 상기 밴드갭 조절층은 AlGaN으로 형성된 발광
다이오드.
- [청구항 11] 청구항 10에 있어서,
상기 캐리어 보유 영역은 $1\text{E}19/\text{cm}^3 \sim 1\text{E}21/\text{cm}^3$ 범위의 Si 도핑 농도를
갖는 고농도 GaN층을 더 포함하고,
상기 밴드갭 조절층은 상기 고농도 GaN층과 상기 활성 영역
사이에 위치하는 발광 다이오드.

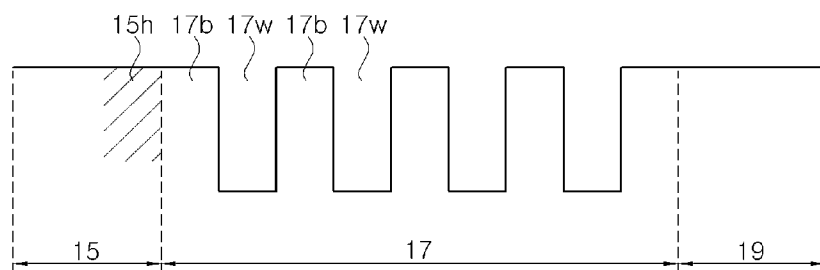
[Fig. 1]



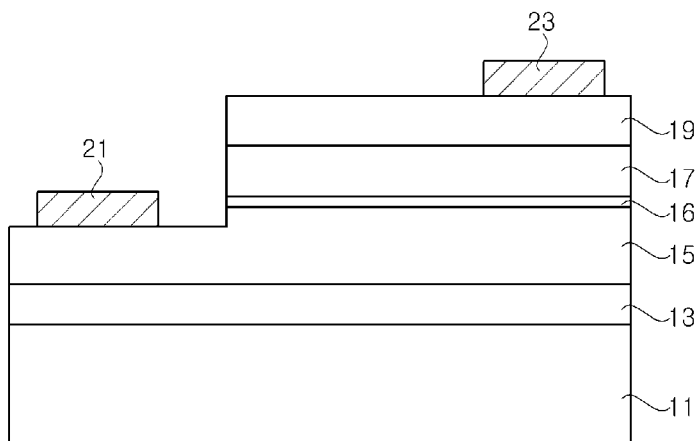
[Fig. 2]



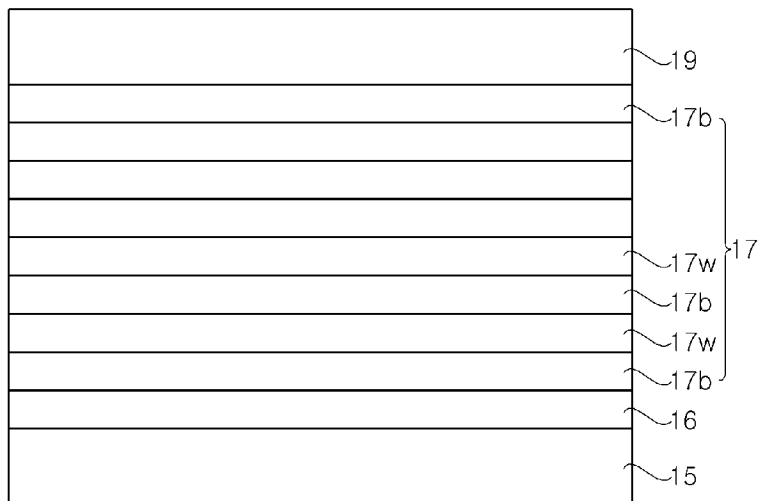
[Fig. 3]



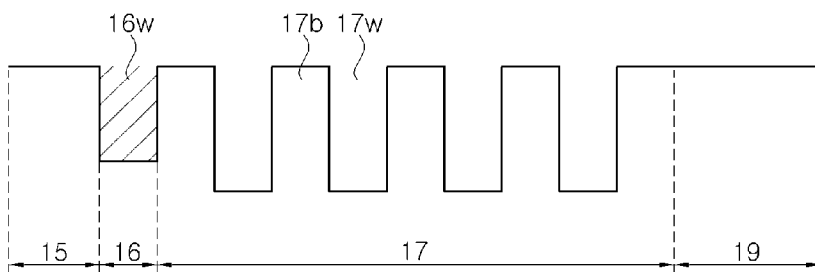
[Fig. 4]



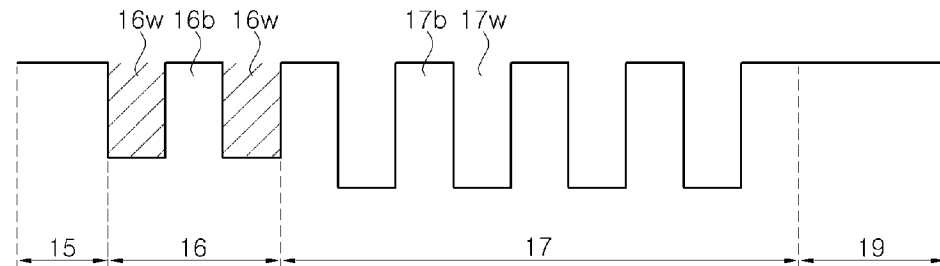
[Fig. 5]



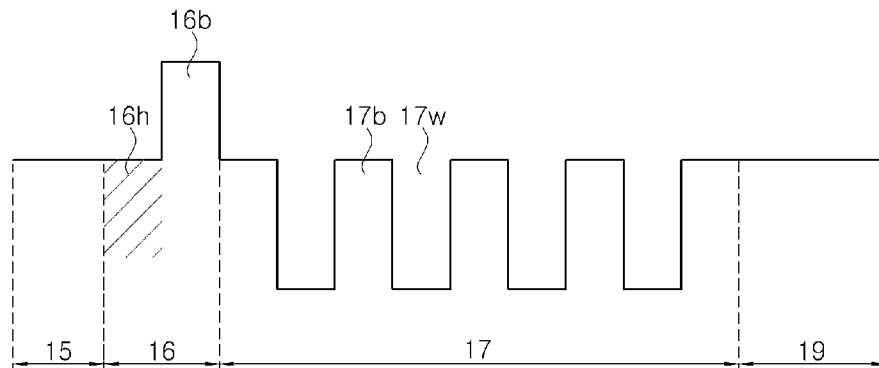
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2014/001570**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*****H01L 33/14(2010.01)i, H01L 33/04(2010.01)i, H01L 33/06(2010.01)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)

H01L 33/14; H01L 33/30; H01L 33/12; H01L 33/00; H01L 33/06; H01L 33/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

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

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: light emitting diode, contact layer, barrier layer, active zone, carrier retaining region, bandgap control layer

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2011-0081033 A (SEOUL VIOSYS CO., LTD.) 13 July 2011 See abstract, paragraphs 26-39, claims 1-6 and figures 1-3.	1-11
Y	KR 10-2011-0090118 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 10 August 2011 See abstract, paragraphs 22-28, claims 1-11 and figures 1-2.	1-11
A	KR 10-2009-0084583 A (SAMSUNG ELECTRO-MECHANICS CO., LTD.) 05 August 2009 See abstract, paragraphs 19-27, claims 1-7 and figures 2a-2b.	1-11
A	JP 2007-088269 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD.) 05 April 2007 See abstract, paragraphs 25-36, claims 1-4 and figures 1-2.	1-11
A	US 2010-0276710 A1 (SAMPATH, Anand Venkatesh et al.) 04 November 2010 See abstract, paragraphs 108-114, claims 1-7 and figure 6.	1-11



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

27 MAY 2014 (27.05.2014)

Date of mailing of the international search report

27 MAY 2014 (27.05.2014)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-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/KR2014/001570

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-2011-0081033 A	13/07/2011	CN 102782883 A EP 2523228 A2 JP 2013-516781 A KR 10-2011-0133239 A KR 10-2011-0133240 A US 2012-0037881 A1 US 2013-0099201 A1 US 8357924 B2 WO 2011-083940 A2 WO 2011-083940 A3	14/11/2012 14/11/2012 13/05/2013 12/12/2011 12/12/2011 16/02/2012 25/04/2013 22/01/2013 14/07/2011 24/11/2011
KR 10-2011-0090118 A	10/08/2011	NONE	
KR 10-2009-0084583 A	05/08/2009	KR 10-0946034 B1	26/02/2010
JP 2007-088269 A	05/04/2007	NONE	
US 2010-0276710 A1	04/11/2010	US 7498182 B1 US 7812366 B1 US 8564014 B2	03/03/2009 12/10/2010 22/10/2013

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) H01L 33/14(2010.01)i, H01L 33/04(2010.01)i, H01L 33/06(2010.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01L 33/14; H01L 33/30; H01L 33/12; H01L 33/00; H01L 33/06; H01L 33/04 조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌 한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC 국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우)) eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 발광 다이오드, 콘택층, 장벽층, 활성 영역, 캐리어 보유 영역, 밴드갭 조절층		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2011-0081033 A (서울옵토디바이스주식회사) 2011.07.13 요약, 단락 26-39, 청구항 1-6 및 도면 1-3 참조.	1-11
Y	KR 10-2011-0090118 A (삼성엘이디 주식회사) 2011.08.10 요약, 단락 22-28, 청구항 1-11 및 도면 1-2 참조.	1-11
A	KR 10-2009-0084583 A (삼성전기주식회사) 2009.08.05 요약, 단락 19-27, 청구항 1-7 및 도면 2a-2b 참조.	1-11
A	JP 2007-088269 A (MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD.) 2007.04.05 요약, 단락 25-36, 청구항 1-4 및 도면 1-2 참조.	1-11
A	US 2010-0276710 A1 (ANAND VENKTESH SAMPATH 외) 2010.11.04 요약, 단락 108-114, 청구항 1-7 및 도면 6 참조.	1-11
☐ 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 2014년 05월 27일 (27.05.2014)		국제조사보고서 발송일 2014년 05월 27일 (27.05.2014)
ISA/KR의 명칭 및 우편주소  대한민국 특허청 (302-701) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-472-7140		심사관 박혜련 전화번호 +82-42-481-3463 

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2011-0081033 A	2011/07/13	CN 102782883 A EP 2523228 A2 JP 2013-516781 A KR 10-2011-0133239 A KR 10-2011-0133240 A US 2012-0037881 A1 US 2013-0099201 A1 US 8357924 B2 WO 2011-083940 A2 WO 2011-083940 A3	2012/11/14 2012/11/14 2013/05/13 2011/12/12 2011/12/12 2012/02/16 2013/04/25 2013/01/22 2011/07/14 2011/11/24
KR 10-2011-0090118 A	2011/08/10	없음	
KR 10-2009-0084583 A	2009/08/05	KR 10-0946034 B1	2010/02/26
JP 2007-088269 A	2007/04/05	없음	
US 2010-0276710 A1	2010/11/04	US 7498182 B1 US 7812366 B1 US 8564014 B2	2009/03/03 2010/10/12 2013/10/22