(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년03월30일
(11) 등록번호 10-1507130
(24) 등록일자 2015년03월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/06 (2010.01) *H01L 33/04* (2010.01)
(21) 출원번호 10-2008-0115475
(22) 출원일자 2008년11월20일
심사청구일자 2013년10월10일
(65) 공개번호 10-2010-0056601
(43) 공개일자 2010년05월28일
(56) 선행기술조사문헌
JP2007157766 A
KR1020050000846 A
KR1020090006609 A

(73) 특허권자
서울바이오시스 주식회사
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)
(72) 발명자
예경희
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)
김대원
경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인에이아이피

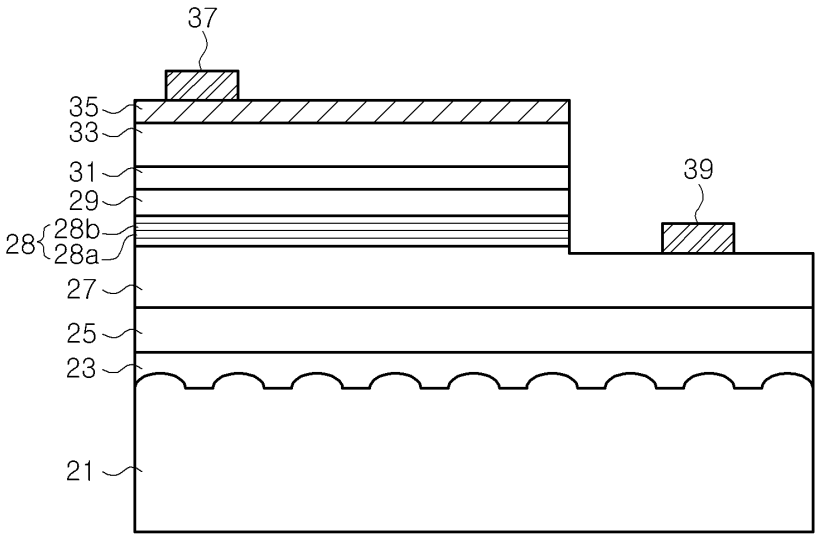
전체 청구항 수 : 총 14 항 심사관 : 권호영

(54) 발명의 명칭 **초격자층을 갖는 발광 다이오드**

(57) 요 약

초격자층을 갖는 발광 다이오드가 개시된다. 이 발광 다이오드는 n형 질화물 반도체층, p형 질화물 반도체층, 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층 사이에 개재되고, InGaN 양자우물층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역 및 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 활성영역 사이에 개재된 초격자층을 포함한다. 한편, 상기 초격자층은 InN층과 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층이 교대로 적층된 구조이다. InN와 $In_xGa_{1-x}N$의 초격자층 상에 활성영역이 위치함으로써, 활성영역에 발생되는 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 양자우물의 결정성을 개선하여 캐리어의 재결합율을 높일 수 있다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

갈대성

경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)

유홍재

경기도 안산시 단원구 산단로163번길 65-16, 1블럭 36호 (원시동)

특허청구의 범위

청구항 1

n형 질화물 반도체층;

p형 질화물 반도체층;

상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층 사이에 개재되고, InGaN 양자우물층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역; 및

상기 n형 질화물 반도체층과 상기 활성영역 사이에 개재되고, InN층과 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층이 교대로 적층된 구조를 갖는 초격자층을 포함하는 발광 다이오드.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층의 In 함량은 상기 활성영역 내의 InGaN 양자우물층에 비해 더 적은 발광 다이오드.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 초격자층에서 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층이 상기 활성영역과 접하는 발광 다이오드.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 양자우물구조의 활성영역은 InGaN 양자우물층과 InGaN 양자장벽층의 적층 구조를 갖는 발광 다이오드.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 초격자층에서 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층이 상기 활성영역 내의 InGaN 양자장벽층과 접하는 발광 다이오드.

청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 활성영역 내의 InGaN 양자장벽층과 접하는 초격자층의 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층과 InGaN 양자장벽층은 동일한 In 함량을 갖는 발광 다이오드.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층들은 상기 활성영역에 근접할 수록 더 많은 In 함량을 갖는 발광 다이오드.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층은 InN 층에 비해 더 높은 농도로 불순물이 도핑된 발광 다이오드.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층은 불순물로 도핑되고, InN 층은 의도적으로 도핑되지 않는 발광 다이오드.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 초격자층 내에서 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층이 InN층보다 더 두꺼운 발광 다이오드.

청구항 11

n형 질화물 반도체층;

p형 질화물 반도체층;

상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층 사이에 개재되고, InGaN 양자우물층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역; 및

상기 n형 질화물 반도체층과 상기 활성영역 사이에 개재되고, InN층, $In_xGa_{1-x}N(0<x<1)$층 및 GaN층이 교대로 적층된 구조를 갖는 초격자층을 포함하는 발광 다이오드.

청구항 12

청구항 11에 있어서, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N(0<x<1)$층이 상기 활성영역에 접하는 발광 다이오드.

청구항 13

청구항 11에 있어서, 상기 초격자층 내에서 $In_xGa_{1-x}N(0<x<1)$층 및 GaN층은 불순물로 도핑되고, InN층은 의도적으로 도핑되지 않은 발광 다이오드.

청구항 14

청구항 11에 있어서, 상기 초격자층 내에서 $In_xGa_{1-x}N(0<x<1)$층 및 GaN층은 InN층에 비해 더 높은 농도로 불순물이 도핑된 발광 다이오드.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 발광 다이오드에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 초격자층을 갖는 발광 다이오드에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 질화물계 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 질화물계 발광 소자는 n형 및 p형 질화물반도체층 사이에 위치한 InGaN 계열의 다중양자우물 구조의 활성영역을 포함하며, 상기 활성영역 내의 양자우물층에서 전자와 정공이 재결합하는 원리로 빛을 생성시켜 방출시킨다.

[0003] 이러한 종래의 질화물계 화합물 반도체는 GaN와 InN 사이에 11%의 격자부정합이 존재하기 때문에 InGaN 계열 다중양자우물구조에서는 양자우물과 양자장벽 계면에 강력한 스트레인이 발생하게 된다. 이러한 스트레인은 양자우물 내의 압전필드를 유발하여 내부양자효율(internal quantum efficiency)의 저하를 초래한다. 특히, 녹색 발광 다이오드의 경우, 양자우물에 함유되는 In의 양이 증가하기 때문에 압전필드에 의해 내부양자효율이 더욱 감소된다.

[0004] 한편, 다중양자우물구조 내에 생성되는 스트레인은 활성층에 인접한 n형 질화물 반도체층에 의해 영향을 받는다. n형 질화물 반도체층, 예컨대 n형 콘택층과 양자우물층의 격자 상수 불일치가 클수록, 활성영역 내에 더 큰 스트레인이 유발된다. 이러한 스트레인은 양자우물층 내에 전위(dislocation)와 같은 격자 결함을 증가시켜 발광 효율을 떨어뜨리고, 양자우물 구조 내에 압전 전계를 더욱 증가시켜 발광 파장을 변경하고 순방향 전압을 증가시킨다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 활성영역 내에 유발되는 스트레인을 완화시킬 수 있는 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 InGaN 계열의 양자우물구조에 접하며, InGaN 계열의 양자우물구조에 유발되는 스트레인을 감소시킬 수 있는 초격자층을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0007] 상기 과제들을 해결하기 위해, 본 발명의 실시예들에 따른 발광 다이오드는 n형 질화물 반도체층, p형 질화물 반도체층, 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층 사이에 개재되고, InGaN 양자우물층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역 및 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 활성영역 사이에 개재된 초격자층을 포함한다. 한편, 상기 초격자층은 InN층과 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층이 교대로 적층된 구조이다. 양자우물층의 조성과 유사한 $InN/In_xGa_{1-x}N$ 초격자층을 n형 질화물 반도체층과 활성영역 사이에 형성함으로써 활성영역에 발생되는 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 양자우물의 결정성을 개선하여 캐리어의 재결합율을 높일 수 있다.

[0008] 특히, 본 발명은 InGaN 양자우물층에 비해 격자 상수가 큰 InN층을 이용하기 때문에, 종래 InGaN 양자우물층에 유발되는 압축 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 이에 따라 발광 효율을 개선할 수 있다.

[0009] 상기 다중 양자우물구조는 InGaN 양자우물층과 InGaN 양자장벽층이 교대로 적층된 구조인 것이 바람직하다. 이러한 다중양자우물 구조와 상기 $InN/In_xGa_{1-x}N$ 초격자층의 조합에 의해 다중양자우물 구조 내의 스트레인을 더욱 감소시킬 수 있다.

[0010] 바람직하게, 상기 초격자층에서 $In_xGa_{1-x}N$층이 활성영역에 접한다. 상기 $In_xGa_{1-x}N$층은 상기 다중양자우물 구조의 양자장벽층에 접하는 것이 바람직하다. 이경우, 상기 $In_xGa_{1-x}N$층 및 그것에 접하는 양자장벽층은 동일한 조성, 예컨대 동일한 In 함량을 갖는 것이 바람직하다.

[0011] 한편, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N$ 층의 In 함량은 활성영역 내의 InGaN 양자우물층에 비해 더 적은 것이 바람직하다. 이에 따라, 활성영역 내에 전하를 가둘 수 있어 전자와 정공의 재결합율을 향상시킬 수 있다.

[0012] 또한, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N$층은 InN층에 비해 더 높은 불순물 농도로 도핑될 수 있다. 나아가, 상기 InN층은 의도적으로 불순물이 도핑되지 않을 수 있다. 이에 따라, 상기 초격자층으로부터 상기 활성영역 내로 전자를 원활하게 주입할 수 있으며, 또한 전류 분산을 도울 수 있다.

[0013] 한편, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N$층들의 In 함량은 모두 동일할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 즉, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N$층들의 In 함량은 서로 다를 수 있다. 바람직하게, 상기 초격자층 내의 $In_xGa_{1-x}N$층들은 상기 활성영역에 근접할 수록 더 많은 In 함량을 가질 수 있다.

[0014] 본 발명의 또 다른 태양에 따른 발광 다이오드는, 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 활성영역 사이에 개재된 초격자층이 InN층, $In_xGa_{1-x}N(0<x<1)$층 및 GaN층이 교대로 적층된 구조를 가질 수 있다. 이들 층들을 교대로 적층함으로서 InN층과 $In_xGa_{1-x}N$층을 교대로 적층한 초격자층과 같은 효과를 달성할 수 있다.

[0015] 한편, 상기 활성영역은 InGaN 양자우물층과 InGaN 양자장벽층이 교대로 적층된 다중양자우물 구조일 수 있으며, 이때 상기 초격자층 내의 $InGaN(0<x<1)$층이 상기 활성영역에 접하는 것이 바람직하다.

[0016] 또한, 상기 초격자층 내에서 $InGaN(0<x<1)$층 및 GaN층은 불순물로 도핑되고, InN층은 의도적으로 도핑되지 않을 수 있으며, 상기 초격자층 내에서 $InGaN(0<x<1)$층 및 GaN층이 InN층에 비해 더 높은 농도로 불순물이 도핑될 수 있다.

효 과

[0017] 본 발명의 실시예들에 따르면, $InN/In_xGa_{1-x}N$초격자층, 또는 $InN/In_xGa_{1-x}N/GaN$ 초격자층을 질화물 반도체층과 활성영역 사이에 형성함으로써 InGaN층을 포함하는 활성영역에 발생되는 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 양자우물의 결정성을 개선하여 캐리어의 재결합율을 높일 수 있다. 특히, InGaN 양자우물층에 비해 격자 상수가 큰 InN층을 이용함으로서, InGaN 양자우물층에 유발되던 압축 스트레인을 더욱 감소시킬 수 있다. 그 결과, 발광 효율이 향상된 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 다음에 소개되는 실시예는 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.

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 상기 발광 다이오드는 기판(21), n형 질화물 반도체층(27), 초격자층(28), 다중양자우물 구조의 활성영역(29), p형 질화물 반도체층(33)을 포함한다. 또한, 핵층(23) 및 언도프 GaN층(u-GaN, 25)이 상기 기판(21)과 n형 질화물 반도체층(27) 사이에 개재될 수 있으며, 활성영역(29)과 p형 질화물 반도체층(33) 사이에 p형 클래드층(31)이 개재될 수 있다. 이에 더하여, 상기 p형 질화물 반도체층(33) 상에 투명전극(35) 및 p-전극(37)이 위치하고, n형 질화물 반도체층(27) 상에 n-전극(39)이 위치할 수 있다.

[0021] 상기 기판(21)은 질화갈륨계 반도체층을 성장시키기 위한 기판으로, 사파이어, SiC, 스피넬 등 특별히 제한되지 않으나, 바람직하게는, 도시한 바와 같이, 패터닝된 사파이어 기판(PSS)일 수 있다.

[0022] 상기 핵층(23)은 기판(21) 상에 u-GaN(25)을 성장시키기 위해 400~600℃의 저온에서 (Al, Ga)N로 형성될 수 있으며, 바람직하게는 AlN로 형성된다. 상기 핵층은 약 25nm의 두께로 형성될 수 있다.

[0023] u-GaN층(25)은 기판과 n형 질화물 반도체층(27) 사이에서 전위와 같은 결함의 발생을 완화하기 위한 층으로, 상대적으로 고온에서 성장된다. 상기 n형 질화물 반도체층(27)은 n-전극(39)이 형성되는 층으로, Si 또는 Ge과 같은 n형 불순물이 도핑될 수 있다.

[0024] 초격자층(28)은 InN층(28a)과 $In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$층(28b)이 교대로 적층된 구조를 갖는다. 이들 층들(28a, 28b)은 n형 불순물로 도핑될 수 있으며, 이 경우, InGaN층(28b)이 InN층(28a)에 비해 더 높은 불순물 농도로 도핑되는 것이 바람직하다. 또한, InN층(28a)은 의도적으로 불순물이 도핑되지 않을 수 있다. 이들 초격자층은 Ga 소오스의 공급 및 차단을 반복하여 형성될 수 있으며, InN층과 $In_xGa_{1-x}N$층의 성장온도를 서로 다르게 할 수도 있다.

[0025] InN/InGaN 초격자층(28)에 도핑되는 불순물, 예컨대 Si은 아래층에서 유발된 전위가 위층으로 전사되는 것을 방지한다. 이에 따라, 초격자층(28) 상에 형성되는 활성영역(29)의 결정성을 향상시킬 수 있다. 초격자층(28)은 2주기 이상 적층될 수 있으며, 바람직하게 약 20 주기로 형성될 수 있다. 주기가 많을수록 결정성을 향상시킬 수 있으나, 공정시간이 증가되어 바람직하지 않다.

[0026] 한편, 초격자층(28) 내의 각 층의 두께는 10nm 이하 두께로 형성되며, 초격자층(28)의 전체 두께는 특별히 제한되는 것은 아니지만, 과도하게 두꺼우면 Vf가 증가될 수 있으므로, 활성영역의 전체 두께 정도, 약 100~150nm 이하로 하는 것이 바람직하다. 또한, $In_xGa_{1-x}N$층(28b)을 InN층에 비해 더 두껍게 할 수 있다. 불순물이 도핑된 $In_xGa_{1-x}N$층(28b)을 두껍게 함으로써 저항을 증가시켜 전류 분산을 도울 수 있다.

[0027] InN층에 비해 InGaN층의 밴드갭이 더 넓기 때문에, $In_xGa_{1-x}N$층(28b)이 활성영역(29)에 접하는 것이 바람직하다. 또한, 초격자층(28) 내의 $In_xGa_{1-x}N$층(28b)의 In 조성비는 InGaN 양자우물층 내의 In 조성비보다 적은 것이 바람직한데, 이 경우, 전하를 활성영역 내에 잘 가둘 수 있어 발광효율을 향상시킬 수 있다.

[0028] 한편, $In_xGa_{1-x}N$층(28b)들은 모두 동일한 In함량을 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 서로 다른 In함량을 가질 수 있다. 예컨대, 상기 $In_xGa_{1-x}N$층(28b)들 내의 In 함량은 활성영역(29)에 근접할 수록 증가될 수 있다.

[0029] 활성영역(29)은 양자장벽층과 양자우물층이 교대로 적층된 다중양자우물 구조를 가지며, 양자우물층은 InGaN층을 포함한다. 나아가, 양자장벽층 또한 InGaN층을 포함하는 것이 바람직하다. InGaN 양자장벽층과 InGaN 양자우물층이 교대로 적층된 다중양자우물 구조를 $InN/In_xGa_{1-x}N$ 초격자층(28) 상에 형성함으로써 활성영역에 유발되는 스트레인을 더욱 감소시킬 수 있다. 특히, InGaN/InGaN 양자우물구조를 취함으로써, 양자우물 구조의 도전성을 향상시킬 수 있으며, 따라서 발광 다이오드의 순방향 전압을 낮출 수 있다.

[0030] 한편, InGaN 양자 장벽층의 경우, 상기 초격자층(28) 내의 $In_xGa_{1-x}N$층의 In 함량은 InGaN 장벽층의 In 함량과 동일하거나 유사한 것이 바람직하다. 예컨대, InGaN 양자장벽층의 In 함량이 2%인 경우, 초격자층 내의 InGaN층

의 In 함량은 약 2%일 수 있다. 이 경우, InGaN 양자장벽층과 초격자층 내의 InGaN층의 격자 상수 차이가 크지 않기 때문에, 이들이 서로 접하는 것이 바람직하다.

[0031] 한편, 상기 p형 클래드층(31)은 통상적인 AlGaN으로 형성될 수 있으며, p형 질화물 반도체층(33)은 GaN로 형성될 수 있다.

[0032] 또한, 상기 p형 질화물 반도체층(33) 상에 Ni/Au 또는 인디움 틴 산화막(ITO)과 같은 투명 전극(35)이 형성되고, 그 위에 p-전극(37)이 예컨대 리프트오프 공정으로 형성될 수 있다. 또한, 상기 n형 질화물 반도체층(27) 상에 Ti/Al 등의 n-전극(39)이 리프르오프 공정으로 형성될 수 있다.

[0033] 종래, GaN층 상에 InGaN 계열의 양자우물층을 형성할 경우, InGaN층이 GaN 층에 비해 격자 상수가 크기 때문에, InGaN 양자우물층에 압축 스트레인이 유발된다. 이에 따라, InGaN 양자우물층에 압전 전계가 유발되고 따라서 발광 효율이 감소된다. 이에 반해, 본 발명의 실시예에 따르면, InGaN층에 비해 격자 상수가 큰 InN층이 초격자층에 채택되며, 따라서 InGaN 양자우물층에 유발되는 압축 스트레인을 완화시킬 수 있다. 더욱이, InGaN 양자우물층에 비해 격자 상수가 큰 InN층과 InGaN 양자우물층에 비해 격자 상수가 작은 $In_xGa_{1-x}N$층을 교대로 적층하여 초격자층을 형성함으로써 InGaN 양자우물층에 유발되는 스트레인을 조절할 수 있다.

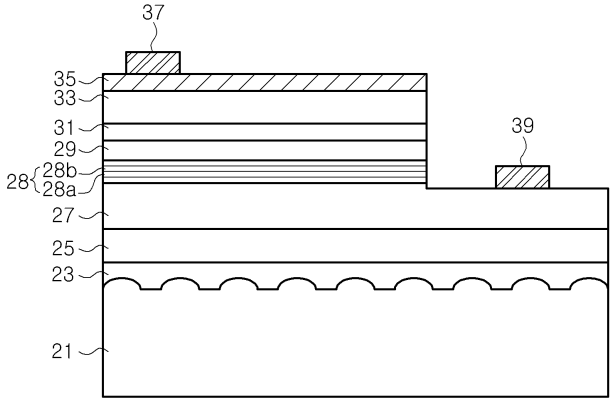
[0034] 한편, 본 발명의 실시예에 있어서, $InN/In_xGa_{1-x}N(0\leq x<1)$ 초격자층에 대해 설명하였지만, $InN/In_xGa_{1-x}N(0<x<1)/GaN$ 초격자층이 채택될 수 있다. $InN/In_xGa_{1-x}N$ 초격자층과 같이, InGaN 양자우물층 내에 유발되는 스트레인을 조절할 수 있다. 이 경우, 양자 장벽층에 접하는 층은 $In_xGa_{1-x}N$층 또는 GaN층일 수 있으며, 양자장벽층이 InGaN층인 경우, $In_xGa_{1-x}N$층이 양자 장벽층에 접하는 것이 바람직하다.

[0035] 또한, 상기 초격자층 내에서 $InGaN(0<x<1)$층 및 GaN층은 불순물로 도핑되고, InN층은 의도적으로 도핑되지 않거나, 상기 초격자층 내에서 $InGaN(0<x<1)$층 및 GaN층은 InN층에 비해 더 높은 농도로 불순물이 도핑될 수 있다.

[0036] 본 발명의 몇몇 실시예들에 대해 예시적으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 앞서 설명된 실시예들은 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 단지 더 잘 이해할 수 있도록 설명하기 위한 것으로 이해되어야 한다. 본 발명의 권리 범위는 이러한 실시예들에 의해 한정되지 않으며, 아래 청구범위에 의해 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.

도면

도면1