



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년09월03일
(11) 등록번호 10-0979701
(24) 등록일자 2010년08월27일

(51) Int. Cl.
H01L 33/12 (2010.01) H01L 33/02 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2008-0082875
(22) 출원일자 2008년08월25일
심사청구일자 2008년08월25일
(65) 공개번호 10-2010-0024155
(43) 공개일자 2010년03월05일
(56) 선행기술조사문헌
KR100674862 B1
KR100803246 B1
JP03063757 B1
KR1020060132013 A

(73) 특허권자
서울옵토디바이스주식회사
경기도 안산시 원시동 727-5(1-36)
(72) 발명자
김화목
경기 안산시 단원구 원시동 1블럭 35호 727-5
(74) 대리인
특허법인에이아이피

전체 청구항 수 : 총 4 항

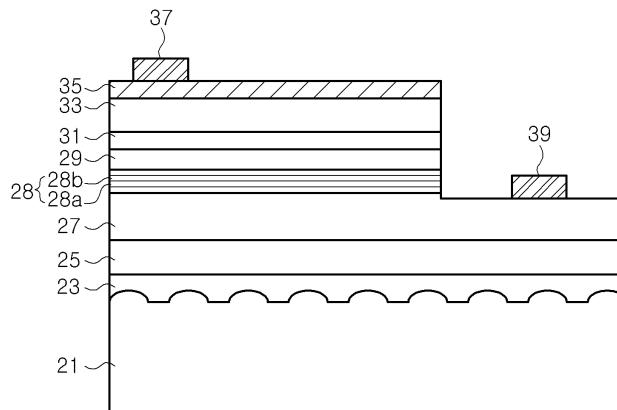
심사관 : 인치복

(54) 변조도핑층을 갖는 발광 다이오드

(57) 요약

변조도핑층을 갖는 발광 다이오드가 개시된다. 이 발광 다이오드는 n형 콘택층, 상기 n형 콘택층 상부에 형성된 p형 콘택층, 상기 n형 콘택층과 상기 p형 콘택층 사이에 개재되고, InGaN층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역 및 상기 n형 콘택층과 상기 활성영역 사이에 개재된 변조도핑층을 포함한다. 한편, 상기 변조도핑층은 n형 불순물 도핑된 InGaN층과 언도프 InGaN층이 교대로 적층된 구조이고, 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층과 상기 언도프 InGaN층은 조성이 동일하다. 조성이 동일한 InGaN/InGaN 변조도핑층을 콘택층과 활성영역 사이에 형성함으로써 공정시간이 길어지는 것을 방지하면서 활성영역에 발생하는 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 양자우물의 결정성을 개선하여 캐리어의 재결합율을 높일 수 있다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

n형 콘택층;
 상기 n형 콘택층 상부에 형성된 p형 콘택층;
 상기 n형 콘택층과 상기 p형 콘택층 사이에 개재되고, InGaN층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역; 및
 상기 n형 콘택층과 상기 활성영역 사이에 개재된 변조도핑층을 포함하되,
 상기 변조도핑층은 n형 불순물 도핑된 InGaN층과 언도프 InGaN층이 교대로 적층된 구조이고,
 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층과 상기 언도프 InGaN층은 조성이 동일하며,
 상기 변조도핑층에서 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층이 상기 활성영역과 접하고,
 상기 변조도핑층에서 적어도 하나의 n형 불순물 도핑된 InGaN층이 상기 n형 콘택층의 불순물 도핑농도보다 상대적으로 높은 발광 다이오드.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 변조도핑층은 7 내지 15주기인 발광 다이오드.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 변조도핑층 내의 각 층의 In 함량은 활성영역 내의 InGaN층에 비해 더 적은 발광 다이오드.

청구항 4

삭제

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층의 도핑농도는 상기 n형 콘택층의 불순물 도핑농도보다 상대적으로 높은 발광 다이오드.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

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

배경기술

[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 격자상수 불일치가 클수록, 활성영역 내에 더 큰 스트레인이 유발된다.

[0005] 활성영역 내에 생성되는 스트레인을 감소시키기 위해, n형 GaN 콘택층과 활성층 사이에 조성이 서로 다른 제1 질화물 반도체층과 제2 질화물 반도체층을 교대로 적층한 초격자 구조를 형성하는 기술이 사용된다. 그러나, n형 콘택층과 활성층 사이에 서로 조성이 다른 질화물 반도체층들로 이루어진 초격자 구조를 형성하는 경우, 각 층의 성장 조건, 예컨대 온도 및 가스 유량이 달라 공정이 복잡하고 공정시간이 길어지는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 공정시간이 길어지는 것을 방지하면서 활성영역 내에 유발되는 스트레인을 완화시킬 수 있는 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

[0007] 상기 과제들을 해결하기 위해, 본 발명의 실시예들에 따른 발광 다이오드는 n형 콘택층, 상기 n형 콘택층 상부에 형성된 p형 콘택층, 상기 n형 콘택층과 상기 p형 콘택층 사이에 개재되고, InGaN층을 포함하는 다중양자우물 구조의 활성영역 및 상기 n형 콘택층과 상기 활성영역 사이에 개재된 변조도핑층을 포함한다. 한편, 상기 변조도핑층은 n형 불순물 도핑된 InGaN층과 언도프 InGaN층이 교대로 적층된 구조이고, 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층과 상기 언도프 InGaN층은 조성이 동일하다. 조성이 동일한 InGaN/InGaN 변조도핑층을 콘택층과 활성영역 사이에 형성함으로써 공정시간이 길어지는 것을 방지하면서 활성영역에 발생하는 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 양자우물의 결정성을 개선하여 캐리어의 재결합율을 높일 수 있다.

[0008] 상기 변조도핑층은 7 내지 15주기로 형성될 수 있다. 7주기 미만의 경우, 변조도핑층이 활성영역에 유발되는 스트레인을 완화시키는 효과가 미약하고, 15주기를 초과하면 공정시간이 증가되어 바람직하지 않다.

[0009] 상기 변조도핑층 내의 각 층의 In 함량은 활성영역 내의 InGaN층에 비해 더 적은 것이 바람직하다. 이에 따라, 활성영역 내에 전하를 가둘 수 있어 전자와 정공의 재결합율을 향상시킬 수 있다.

[0010] 상기 변조도핑층에서 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층이 상기 활성 영역에 접할 수 있다. 또한, 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층의 도핑농도는 상기 n형 콘택층의 불순물 도핑농도보다 상대적으로 높을 수 있다. 이에 따라, 상기 변조도핑층으로부터 상기 활성영역 내로 전자를 원활하게 주입할 수 있다.

효과

[0011] 본 발명의 실시예들에 따르면, 조성이 동일한 InGaN/InGaN 변조도핑층을 콘택층과 활성영역 사이에 형성함으로써 공정시간이 길어지는 것을 방지하면서 활성영역에 발생하는 스트레인을 완화시킬 수 있으며, 양자우물의 결정성을 개선하여 캐리어의 재결합율을 높일 수 있다. 그 결과, 발광 효율이 향상된 발광 다이오드를 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0012] 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.

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.

[0014] 도 1을 참조하면, 상기 발광 다이오드는 기판(21), n형 콘택층(27), 변조도핑층(28), 다중양자우물 구조의 활성영역(29), p형 콘택층(33)을 포함한다. 또한, 핵층(23) 및 언도프 GaN층(u-GaN, 25)이 상기 기판(21)과 n형 콘택층(27) 사이에 이 개재될 수 있으며, 활성영역(29)과 p형 콘택층(33) 사이에 p형 클래드층(31)이 개재될 수 있다. 이에 더하여, 상기 p형 콘택층(33) 상에 투명전극(35) 및 p-전극(37)이 위치하고, n형 콘택층(27) 상에

n-전극(39)이 위치할 수 있다.

- [0015] 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.
- [0016] 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.
- [0017] u-GaN층(25)은 기판과 n형 콘택층(27) 사이에서 전위와 같은 결합의 발생을 완화하기 위한 층으로, 상대적으로 고온에서 성장된다. 상기 n형 콘택층(27)은 n-전극(39)이 형성되는 층으로, Si 또는 Ge과 같은 n형 불순물이 도핑될 수 있다.
- [0018] 변조도핑층(28)은 n형 불순물 도핑된, 예컨대 Si 도핑된 InGaN층(28a)과 언도프 InGaN층(28b)이 교대로 적층된 구조를 갖는다. 이들 InGaN층들(28a, 28b)은 서로 조성이 동일하며, 다만 n형 불순물 도핑 유무만 다르다. 따라서, 변조도핑층(28)은 동일한 온도에서 연속적으로 Si의 소스 가스, 예컨대 실란의 공급 및 차단을 반복함으로써 성장될 수 있다.
- [0019] InGaN/InGaN 변조도핑층(28)에 도핑되는 Si은 원자 크기가 In이나 Ga에 비해 작기 때문에, InGaN 내에 유도되는 스트레스를 완화시키며, 또한 아래층에서 유발된 전위가 위층으로 전사되는 것을 방지한다. 이에 따라, 변조도핑층(28) 상에 형성되는 활성영역(29)의 결정성을 향상시킬 수 있으며, 스트레인을 감소시킬 수 있다. 변조도핑층(28)은 7~15 주기로 형성될 수 있는데, 7주기 미만의 경우, 변조도핑층이 활성영역에 유발되는 스트레인을 완화시키는 효과가 미약하고, 15주기를 초과하면 공정시간이 증가되어 바람직하지 않다.
- [0020] 한편, 변조도핑층(28) 내의 각 층의 두께는 3~80nm의 두께, 또는 다중양자우물 구조내의 양자장벽층의 두께와 유사한 두께로 형성될 수 있다. 또한, 변조도핑층(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.
- [0021] 변조도핑층(28)의 In 조성비는 InGaN 양자우물층 내의 In 조성비보다 적은 것이 바람직한데, 이 경우, 전하를 활성영역 내에 잘 가둘 수 있어 발광효율을 향상시킬 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 변조도핑층(28)에서 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층(28a)이 활성 영역(29)에 접할 수 있다. 불순물이 도핑된 InGaN층(28a)이 활성영역에 접하므로, 변조도핑층(28)으로부터 활성영역(29) 내로 전자를 원활하게 주입할 수 있다. 또한, 상기 n형 불순물 도핑된 InGaN층(28a)의 도핑농도는 상기 n형 콘택층(27)의 불순물 도핑농도보다 상대적으로 높을 수 있다. 이에 따라, 변조도핑층(28)의 저항 증가를 방지할 수 있으며, 그 내부에서 생성된 전자들에 의해 활성영역 내로의 전자 주입 효율을 높일 수 있다.
- [0023] 활성영역(29)은 양자장벽층과 양자우물층이 교대로 적층된 다중양자우물 구조를 가지며, 양자우물층은 InGaN층을 포함한다. 상기 InGaN 양자우물층 내의 In 조성비는 원하는 광 파장에 의해 결정된다.
- [0024] 한편, 상기 p형 클래드층(31)은 통상적인 AlGaIn으로 형성될 수 있으며, p형 콘택층(33)은 GaN로 형성될 수 있다.
- [0025] 또한, 상기 p형 콘택층(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 콘택층(27) 상에 Ti/Al 등의 n-전극(39)이 리프트오프 공정으로 형성될 수 있다.
- [0026] (실시예)
- [0027] 도 1과 같은 구조를 갖는 발광 다이오드를 제작하였다. 즉, 패터닝된 사파이어 기판(21) 상에 AlN 핵층(23)을 25nm 성장시킨 후, 그 위에 u-GaN층(25)을 2 μ m, 상기 u-GaN층(25) 상에 n형 콘택층(27)을 4 μ m 성장시키고, 그 위에 Si 도핑된 InGaN층(28a)과 언도프 InGaN층(28b)을 각각 3nm 두께로 15 주기 성장시켜 변조도핑층(28)을 형성하였다. 그 위에 총 두께 약 110nm의 다중양자우물 구조의 활성영역을 성장시킨 후, p형 AlGaIn 클래드층(31) 및 p형 GaN 콘택층(33)을 성장시켜 본 실시예에 따른 발광 다이오드를 제작하였다.
- [0028] (비교예)
- [0029] 변조도핑층(28)을 형성하지 않고, n형 콘택층(27) 상에 직접 활성영역을 형성하여 종래기술에 따른 발광 다이오드를 제작하였다. 이 발광 다이오드는 변조도핑층이 없는 것만 제외하면 실시예의 발광 다이오드와 동일한 구조를 갖는다.

[0030] 상기 실시예와 비교예에 따른 발광 다이오드의 특성을 표 1에 요약하였다.

표 1

[0031]

	파장(@20mA) (nm)	Vf(@1uA) (V)	Vf(@20mA) (V)	Ir(@-5V) (mA)	Po(@20mA) (mW)	Po(@80mA) (mW)
비교예	452.02	2.16	2.91	0.240	15.36	49.26
	451.81	2.19	2.92	0.207	15.40	48.98
실시예	450.00	2.22	2.92	0.188	16.00	51.10
	449.27	2.21	2.93	0.200	16.04	51.32

[0032]

표 1에서 알 수 있듯이, Si-InGaN/u-InGaN 변조도핑층(28)을 채택함에 따라 방출되는 광의 피크 파장이 짧아지며, 광출력이 향상되었다. 이는 변조도핑(28)을 채택함으로써 활성영역의 스트레인이 완화되고, 활성영역의 결정성이 향상되었기 때문이다. 한편, 변조도핑층(28)을 채택함에 따라 1uA에서의 전압, 즉 턴온 전압이 증가하였으며, -5V에서의 역방향 전류는 감소되었다. 순방향 전압은 유의미한 변화를 나타내지 않았다.

도면의 간단한 설명

[0033]

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

도면

도면1

