

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2009-0003446 (43) 공개일자 2009년01월12일
(51) Int. Cl. <i>H01L 33/00</i> (2008.05) (21) 출원번호 10-2007-0056871 (22) 출원일자 2007년06월11일 심사청구일자 2007년06월11일	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내 (72) 발명자 성 태연 서울 서초구 잠원동 한신아파트 1동 911호 윤 주현 서울 도봉구 방학1동 713-31 (뒷면에 계속) (74) 대리인 특허법인아주	

전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 수직형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법

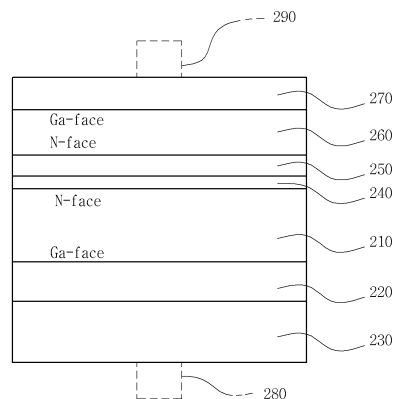
(57) 요약

본 발명은 수직형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층을 이용하여 극성이 바뀐 질화갈륨 클래딩층을 포함하는 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

본 발명은 N형 지지물질층(230), N형 반사막 오믹컨택층(220), N형 질화갈륨 클래딩층(210), 활성층(240), P형 질화갈륨 클래딩층(260) 및 P형 투명 오믹컨택층(270)이 차례대로 적층되어 있는 단면구조를 가지는 수직형 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 활성층(240)과 P형 질화갈륨 클래딩층(260) 사이에, 인듐(In)이 도핑된 질화갈륨(GaN) 버퍼층(250)을 구비하여, 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)에서 성장하는 상기 P형 질화갈륨 클래딩층은 P형 투명 오믹컨택층과 마주하는 면이 갈륨 극성을 가지도록 한 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자를 제공한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

홍 현기

경기 부천시 원미구 중동 은하마을 쌍용 아파트
522동 1602호

전 준우

서울 동대문구 제기2동 171-15

김 용현

서울 광진구 광장동 현대아파트 301동 303호

김 진수

서울 송파구 오륜동 올림픽선수촌아파트 328-1405

특허청구의 범위

청구항 1

N형 지지물질층(230), N형 반사막 오믹컨택층(220), N형 질화갈륨 클래딩층(210), 활성층(240), P형 질화갈륨 클래딩층(260) 및 P형 투명 오믹컨택층(270)이 차례대로 적층되어 있는 단면구조를 가지는 수직형 질화물계 발광소자에 있어서,

상기 활성층(240)과 P형 질화갈륨 클래딩층(260) 사이에, 인듐(In)이 도핑된 질화갈륨(GaN) 버퍼층(250)을 구비하여, 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)에서 성장하는 상기 P형 질화갈륨 클래딩층은 P형 투명 오믹컨택층과 마주하는 면이 갈륨 극성을 가지도록 한 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층의 두께는 50~250nm 범위인 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층에서 인듐이 차지하는 몰분율은 2~2.5% 범위인 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자

청구항 4

사파이어 기판위에 버퍼층과, N형 질화갈륨 클래딩층과, N형 반사막 오믹컨택층과, N형 지지물질층을 순차적으로 형성하는 단계;

사파이어 기판을 N형 질화갈륨 클래딩층으로부터 분리(lift-off)하는 단계; 및

사파이어 기판이 분리된 N형 질화갈륨 클래딩층의 표면에 활성층과, 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층과, P형 질화갈륨 클래딩층과, P형 투명 오믹컨택층을 순차적으로 형성하는 단계를 포함하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 사파이어 기판을 분리한 N형 질화갈륨 클래딩층의 표면의 불순물을 제거하고, 평탄화하기 위한 클리닝 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 버퍼층은 사파이어 기판의 표면에 질화갈륨 또는 질화알루미늄을 성장시켜서 형성되는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 활성층과, 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층의 형성은,

8-나인 순도(8-nine purity)의 갈륨과 7-나인 순도(7-nine purity)의 인듐 금속을 열로 증발시켜 형성하는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 활성층과, 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층 형성은,

MBE 장비, MOCVD, 전자빔 증착기, PVD, CVD, PLD, 이중형의 열증착기 중의 하나 또는 둘 이상의 장비에 의하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 9

제 7항에 있어서,

상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층의 형성은,

660℃ 내지 740℃에서 80분 내지 160분간 증착되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 10

제 9항에 있어서,

갈륨 유입은 1.4×10^{-7} Torr 이고, 갈륨 셀의 온도는 940℃이고,

인듐 유입은 1.1×10^{-7} Torr 이고, 인듐 셀의 온도는 740℃인 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조 방법

청구항 11

제 4항에 있어서,

상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층의 두께를 50~250nm 범위로 형성하는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 12

제 4항에 있어서,

상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층에서 인듐의 몰분율은 2~2.5% 범위인 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 13

제 4항에 있어서,

상기 P형 질화갈륨 클래딩층의 성장은 870℃에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 P형 질화갈륨 클래딩층의 성장은 갈륨 유입(flux)은 2.0×10^{-7} Torr 이고, 갈륨 셀의 온도는 960℃인 것을 특징으로 하는 질화물계 발광소자 제조방법.

청구항 15

제 1 항의 발광소자가 복수개 집합되어 형성되는 광원;

상기 광원에서 발광하는 광을 집광, 확산 및 가이드하는 다수의 광학부재; 및

상기 광원 및 상기 광학부재를 보호하는 몰드프레임을 포함하는 것을 특징으로 하는 백라이트 유닛.

청구항 16

제 15항에 있어서,

상기 광원은 다수의 질화물계 발광소자를 조합하여 백색광을 발광하는 것을 특징으로 하는 백라이트 유닛.

청구항 17

액정을 갖는 액정패널;

상기 액정패널 배면에서 광을 제공하는 제 1항의 수직형 발광소자를 광원으로 사용하는 백라이트 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 액정표시장치.

청구항 18

제 1 항의 수직형 발광소자가 다수개 집합되어 형성되는 광원을 포함하는 조명장치.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <17> 본 발명은 수직형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 인듐(In)이 도핑된 질화갈륨(GaN) 버퍼층(buffer layer)을 이용하여 극성이 바뀐 질화갈륨 클래딩층(cladding layer)을 포함하는 질화물계 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.
- <18> 현재 청,녹색에서부터 (근)자외선 발광다이오드, 레이저 다이오드 및 광센서 등의 광전소자에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며, 이들 중 단결정 질화물계 반도체는 광관련 산업분야에서 가장 중요한 물질들 중 하나로 여겨지고 있는 상황이다.
- <19> 도 1은 종래의 메사형 질화물계 발광소자의 구조를 나타낸 단면도이다.
- <20> 도식된 바와 같이 종래의 메사형 질화물계 발광소자는, 사파이어 기판(110, Al_2O_3 substrate), 질화물계 버퍼층(120), N형 질화물계 클래딩층(130), 질화물계 활성층(140), P형 질화물계 클래딩층(150), 다기능성 오믹 콘택층(160, Multifunctional Ohmic contact layer)이 순차적으로 적층된 구조를 가지고 있다.
- <21> P형 전극패드(170)는 다기능성 오믹 콘택층(160)위에 형성되고, N형 전극패드(180)는 식각된 N형 질화물계 클래딩층(130)의 위에 형성된다.
- <22> 사파이어 기판(110)으로부터 P형 질화물계 클래딩층(150)까지가 발광구조체에 해당하고, P형 질화갈륨 클래딩층(150) 상부의 다기능성 오믹 콘택층(160)이 P형 전극 구조체에 해당한다.
- <23> 사파이어 기판(110)은 절연성 물질이며, 질화물계 반도체와 결정구조가 같은 HCP(Hexagonal Closed Packings) 결정구조를 가지고 있다. 그런데, 사파이어 기판(110)과 질화물계 반도체는 격자상수와 열팽창계수에서 큰 차이를 가지고 있어서 사파이어 기판(110) 위에 직접 단결정 질화물계 반도체를 성장하는 경우에는 많은 결함들(Defects)이 생성되는 문제점을 가지고 있었다.
- <24> 이를 해결하기 위한 방법으로 530℃ 정도의 낮은 온도에서 질화갈륨(GaN) 또는 질화알루미늄(AlN)을 성장시켜 이루어진 질화물계 버퍼층(120)을 구비한다.
- <25> 일반적으로 질화물계 버퍼층(120)으로부터 P형 질화물계 클래딩층(150)까지의 각 층은 III족 질화물계 화합물의 일반식인 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$)로 표현되는 화합물 중 선택된 어느 화합물을 기본으로 하여 형성되고, N형 질화물계 클래딩층 및 P형 질화물계 클래딩층(150)은 해당 도펀트가 첨가된다.
- <26> 또한, 질화물계 활성층(140)은 단층 또는 복층의 양자 우물(single or multi quantum well, 이하 MQW)로 형성되며, 공지된 다양한 방식으로 형성될 수 있으며, 예를 들어 $Al_xIn_yGa_zN$ ($x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$)의 이중층으로 구성될 수 있다.
- <27> 다기능성 오믹 콘택층(160)은 질화물계 활성층(140)에서 생성된 빛을 다기능성 오믹 콘택층(160)을 통해서 외부로 방출시킬 것이나 또는 이와는 반대로 투명한 사파이어 기판(110)을 통해서 방출할 것이냐에 따라서 우수한 빛 투과성 또는 우수한 빛 반사성을 갖는 물질로 선택되어야 한다.

- <28> 보다 상세하게는, 질화갈륨(GaN)계 화합물을 적용하는 경우, 버퍼층(120)은 질화갈륨(GaN)으로 형성되고, N형 질화갈륨계 클래딩층(130)은 질화갈륨에 N형 도펀트로서 Si, Ge, Se, Te 등이 첨가되어 형성되고, 활성층(140)은 InGaN/GaN MQW 또는 AlGaIn/GaN MQW로 형성되고, P형 질화물계 클래딩층(150)은 GaN에 P형 도펀트로서 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.
- <29> N형 질화물계 클래딩층(130)과 N형 전극패드(180) 사이에는 N형 오믹 컨택층(미도시)이 구비될 수 있고, N형 오믹 컨택층은 티타늄(Ti)과 알루미늄(Al)이 순차적으로 적층된 층 구조등 공지된 두꺼운 다양한 구조가 적용될 수 있다.
- <30> 다기능성 오믹 컨택층(160)은 투명 전도성 박막층 또는 두꺼운 반사성 박막층으로 형성된다.
- <31> P형 전극패드(170)는 니켈(Ni)/금(Au) 또는 은(Ag)/금(Au)이 순차적으로 적층된 층구조가 적용될 수 있다.
- <32> 각 층의 형성방법은 전자빔 증착기, PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator), 스퍼터링(sputtering) 등 공지된 증착방식에 의해 형성하면 된다.
- <33> 그러나 이러한 종래의 메사구조의 발광소자는 그 구조 특성상 효율, 대면적화, 전류의 표면집중 등의 문제점으로 인하여 수직 구조의 발광소자로 전환을 꾀하고 있다.
- <34> 수직형 발광소자를 제조하기 위해서는 사파이어 기판의 분리가 필수적이다. 이 때 사파이어 기판(110)을 분리시키기 위해서는 주로 레이저 리프트 오프 방법을 사용하는데 이 과정에서 박막인 활성층(140)이 손상을 입는 문제점을 가지고 있다.
- <35> 또한, 사파이어 기판(110)을 제거하고 그 표면에 N형 전극을 형성시키기 위해서는 오믹 전극 물질을 사용한다. 그러나, 종래에 사용하는 오믹 전극 물질들은 클래딩층의 Ga 극성에 맞는 것들인데 반하여 사파이어 기판(110)이 제거된 표면은 질소 극성을 가지고 있기 때문에, 질소 극성의 표면에서는 오믹 특성을 보이지 않는 문제점을 가지고 있다. 질소 극성의 표면은 갈륨 극성의 표면과는 전혀 다른 특성을 가지고 있어서 질소 극성의 표면에 적합한 오믹 전극 물질을 찾는다는 많은 경제적 시간적인 투자가 필요한 문제점을 가지고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <36> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 개선하기 위하여 안출된 것으로, 질소 극성의 표면에 적합한 오믹 전극 물질을 개발하지 않고, 갈륨 극성에 맞는 오믹 전극 물질을 사용할 수 있는 수직형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법을 제공함에 그 목적이 있다.
- <37> 본 발명의 다른 목적은 사파이어 기판을 제거하여 낮은 작동 전압 및 우수한 열 발산능력을 갖는 고품위 수직형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법을 제공함에 있다.
- <38> 본 발명의 또 다른 목적은 활성층을 손상시키지 않는 수직형 발광소자 및 그 제조방법을 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

- <39> 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 N형 지지물질층(230), N형 반사막 오믹컨택층(220), N형 질화갈륨 클래딩층(210), 활성층(240), P형 질화갈륨 클래딩층(260) 및 P형 투명 오믹컨택층(270)이 차례대로 적층되어 있는 단면구조를 가지는 수직형 질화물계 발광소자에 있어서,
- <40> 상기 활성층(240)과 P형 질화갈륨 클래딩층(260) 사이에, 인듐(In)이 도핑된 질화갈륨(GaN) 버퍼층(250)을 구비하여, 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)에서 성장하는 상기 P형 질화갈륨 클래딩층은 P형 투명 오믹 컨택층과 마주하는 면이 갈륨 극성을 가지도록 한 것을 특징으로 하는 수직형 질화물계 발광소자를 제공한다.
- <41> 그리고, 본 발명은 사파이어 기판위에 버퍼층과, N형 질화갈륨 클래딩층과, N형 반사막 오믹컨택층과, N형 지지 물질층을 순차적으로 형성하는 단계;
- <42> 사파이어 기판을 N형 질화갈륨 클래딩층으로부터 분리(lift-off)하는 단계; 및
- <43> 사파이어 기판이 분리된 N형 질화갈륨 클래딩층의 표면에 활성층과, 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층과, P형 질화갈륨 클래딩층과, P형 투명 오믹컨택층을 순차적으로 형성하는 단계를 포함하는 수직형 질화물계 발광소자 제조방법을 제공한다.

- <44> 이하 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세하게 설명한다.
- <45> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자의 구조를 나타낸 단면도이다.
- <46> 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자는 아래쪽에서부터 N형 지지물질층(230), N형 반사막 오믹컨택층(220), N형 질화갈륨 클래딩층(210), 활성층(240), 인듐(In)이 도핑된 질화갈륨(GaN) 버퍼층(250), P형 질화갈륨 클래딩층(260) 및 P형 투명 오믹컨택층(270)이 차례대로 적층되어 있는 단면구조를 가지고 있다.
- <47> 상기 N형 질화갈륨 클래딩층(210)은 활성층(240)과 마주하는 면(N-face)이 질소 극성을 가지고, N형 반사막 오믹컨택층(220)과 마주하는 면(Ga-face)이 갈륨 극성을 가진다.
- <48> 그리고, 상기 P형 질화갈륨 클래딩층(260)은 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)을 향하는 면(N-face)이 질소 극성을 가지고, P형 투명 오믹컨택층(270)과 마주하는 면(Ga-face)이 갈륨 극성을 가진다.
- <49> 상기 N형 질화갈륨 클래딩층(210)은 알루미늄-인듐-갈륨-질소($\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$: $x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)로 구성된 N형 질화갈륨층이고, 상기 P형 질화갈륨 클래딩층(260)은 알루미늄-인듐-갈륨-질소($\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}$: $x+y+z=1$, $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1$)로 구성된 P형 질화갈륨층이다.
- <50> 상기 N형 질화갈륨 클래딩층(210)은 질화갈륨에 N형 도펀트로서 Si, Ge, Se, Te 등이 첨가되어 형성되고, P형 질화갈륨 클래딩층(260)은 GaN에 P형 도펀트로서 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.
- <51> 상기 N형 반사막 오믹컨택층(220)은 빛의 반사성이 우수한 금속 반사막으로 알루미늄, 로듐 및 은 중에서 적어도 한 성분을 포함하는 것이 바람직하다. 또한 얇은 알루미늄 질화물/질화갈륨(AlN/GaN) 으로 구성된 DBR(Distributed Bragg Reflector) 구조를 더 포함할 수 있다.
- <52> 상기 활성층(240)은 단층 또는 복층의 양자 우물(single or multi quantum well, 이하 MQW)로 형성되며, 공지된 다양한 방식으로 형성될 수 있으며, 예를 들어 $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_z\text{N}(x, y, z : x+y+z=1, 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1)$ 의 이중층으로 구성될 수 있다.
- <53> 상기 활성층(240)은 InGaN/GaN MQW 또는 AlGaIn/GaN MQW로 형성된다.
- <54> P형 전극패드(290)는 P형 투명 오믹컨택층(270)의 표면에 형성되고, N형 전극패드(280)는 N형 지지물질층(230)의 표면에 형성함으로써, P형 전극패드(290)와 N형 전극패드(280)가 서로 수직으로 마주보게 배치되는 수직형 질화물계 발광소자를 제공한다.
- <55> 상기 P형 투명 오믹컨택층(270)은 빛 투과성이 우수한 P형 오믹 전극 물질로서, 산화된 니켈-금(Ni-Au), ITO, ZnO , TiN 및 SnO_2 등으로 이루어지는, 고투명 전도성 산화물 또는 질화물(Transparent Conducting Oxides or Nitrides)인 것이 바람직하다.
- <56> 이하에서는, 이러한 수직형 질화물계 발광소자의 제조방법을 상세하게 살펴본다.
- <57> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자 제조방법을 나타낸 흐름도이고, 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자 제조방법을 나타낸 공정도이다.
- <58> 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 수직형 질화물계 발광소자 제조방법은, 사파이어 기판(200)의 표면에 버퍼층(205)을 형성하고 그 위에 알루미늄-인듐-갈륨-질소로 구성된 N형 질화갈륨 클래딩층(210)을 형성하는 단계(S-1)와,
- <59> 상기 N형 질화갈륨 클래딩층(210)의 표면에 빛의 반사성이 우수한 금속 반사막인 알루미늄, 로듐 및 은을 기본으로 하는 N형 반사막 오믹컨택층(220)을 형성하는 단계(S-2)와,
- <60> 상기 N형 박사막 오믹컨택층(220)의 위에 전도성의 N형 지지물질층(230)을 형성하는 단계(S-3)와,
- <61> 상기 사파이어 기판(200) 및 버퍼층(205)을 레이저 리프트 오프(laser lift off) 또는 화학적 리프트 오프(chemical lift off) 등의 방법으로 N형 질화갈륨 클래딩층(210)으로부터 분리하는 단계(S-4)와,
- <62> 상기 사파이어 기판(200)이 분리된 N형 질화갈륨 클래딩층(210)의 표면에 남아 있는 자연산화층을 비롯한 유기 잔해물 제거와 평탄화를 위한 기계적 화학적 공정을 거치는 클리닝 단계(S-5)와,
- <63> 상기 클리닝 단계(S-5)를 거친 N형 질화갈륨 클래딩층(210)의 표면에 활성층(240)을 형성하는 단계(S-6)와,

- <64> 상기 활성층(240)의 위에 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)을 형성하는 단계(S-7)와,
- <65> 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)의 위에 알루미늄-인듐-갈륨-질소로 구성된 P형 질화갈륨 클래딩층(260)을 형성하는 단계(S-8)와,
- <66> 상기 P형 질화갈륨 클래딩층(260)의 위에 P형 투명 오믹컨택층(270)을 형성하는 단계(S-9)를 포함한다.
- <67> 도 4의 좌측 도면은 N형 질화갈륨 클래딩층 형성단계(S-1)와, N형 반사막 오믹컨택층 형성단계(S-2)와, N형 지지물질층 형성단계(S-3)를 거친 상태를 나타낸 것이고, 중앙의 도면은 사파이어 기판 분리단계(S-4)를 나타낸 것이며, 도면의 우측은 나머지 단계들(S-5, S-6, S-7, S-8, S-9)을 모두 거친 상태를 나타낸 것이다.
- <68> 이하에서 공정단계를 보다 상세하게 살펴본다.
- <69> S-1 단계에서 사파이어 기판(200) 위에서 성장된 N형 질화갈륨 클래딩층(210)은 성장된 표면이 갈륨 극성을 가지게 된다. 따라서 갈륨 극성의 표면에 옴접촉 특성을 가지는 물질로 S-2 단계에서 N형 반사막 오믹컨택층(220)을 형성할 수 있다. S-3 단계에서 상기 N형 반사막 오믹컨택층(220)위에 형성되는 N형 지지물질층(230)은 웨이퍼 본딩(Wafer bonding), 전기화학적 증착(Electro chemical deposition) 방법 등을 사용하여 형성할 수 있다.
- <70> S-4 단계에서 사파이어 기판(200) 및 버퍼층(205)을 분리하면 노출되는 N형 질화갈륨 클래딩층(210)의 표면은 질소 극성을 가지고 있다. 질소 극성을 가지는 N형 질화갈륨 클래딩층(210)의 표면은 클리닝 공정(S-5)을 거친 후, 그에 활성층(240)과 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)이 차례로 형성된다(S-6, S-7).
- <71> S-6 단계 및 S-7 단계는 라디오 주파수 질소 플라즈마 셀(RF nitrogen plasma cell)을 갖춘, 라디오 주파수 MBE(Molecular Beam Epitaxy) 장비에서 수행된다. 도 4의 중앙에 도시된 바와 같이 N형 질화갈륨 클래딩층(210)과 N형 반사막 오믹컨택층(220)과, N형 지지물질층(230)이 적층된 상태를 상기 장비에 장착하고, 8-나인 순도(8-nine purity)의 갈륨과 7-나인 순도(7-nine purity)의 인듐 금속을 사용하여 전통적인 Knudsen cell(K-cell) 방식에 의하여 열적으로 증발시켜서 활성층(240)과 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)을 형성하는 것이다.
- <72> 상기 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)의 성장은 660℃ 내지 740℃에서 80분 내지 160분간 증착되어 진다. 이때 갈륨 유입(Flux)은 1.4×10^{-7} Torr, 갈륨 셀의 온도는 940℃로 설정하고, 인듐 유입은 1.1×10^{-7} Torr, 인듐 셀의 온도는 740℃로 설정한다.
- <73> 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)에서 인듐의 몰분율(In mole fraction)은 2~2.5% 범위(바람직하게는 2.2%)로 설정하고, 층의 두께는 50~250nm(바람직하게는 200nm) 범위로 설정한다.
- <74> 상기의 공정은 MBE 장비에 한정되는 것은 아니고, MOCVD, 전자빔 증착기, PVD, CVD, PLD, 이중형의 열증착기 중의 하나 또는 둘 이상의 장비에 의하여 이루어질 수도 있다.
- <75> 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)의 위에 P형 질화갈륨 클래딩층(260)을 형성하게 되는데(S-8), 상기 P형 질화갈륨 클래딩층(260)의 성장은 870℃에서 이루어지고, 이 때 갈륨 유입(flux)은 2.0×10^{-7} Torr 이고, 갈륨 셀의 온도는 960℃로 설정하는 것이 바람직하다. 이렇게 성장된 P형 질화갈륨 클래딩층(260)은 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)에 마주하는 면이 질소 극성을 가지고, 외부로 노출된 표면이 갈륨 극성을 가지게 된다. 이는 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층이 가져오는 효과인데, 이러한 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층(250)으로 인하여 P형 질화갈륨 클래딩층(260)의 표면 극성이 질소 극성에서 갈륨 극성으로 변화하는 것은 "Physica. Status. Solidi(c) volume 0, Issue 1, Effect of the buffer Layer on Lattice Polarity of GaN Epilayers Grown on the N-face of bulk GaN Single Crystal by Molecular Beam Epitaxy S.Kubo, T.Tanabe, S.Iwata, M.Konishi, SKurai, and T.Taguchi, December 2002, page 342~345"에 발표된 바 있다.
- <76> 상기와 같은 P형 질화갈륨 클래딩층(260) 표면이 갈륨 극성을 가지도록 함으로써, P형 투명 오믹컨택층(270)도 갈륨 극성의 표면에서 옴접촉 특징을 나타내는 물질을 상요할 수 있으므로, P형 질화갈륨 클래딩층(260)과 N형 질화갈륨 클래딩층(210)에 적층되는 오믹컨택층들(P형 투명 오믹컨택층과 N형 반사막 오믹컨택층) 모두에 갈륨 극성의 표면에서 옴접촉 특징을 나타내는 물질을 사용할 수 있으므로, 질소 극성에서 옴접촉 특성을 가지는 물질에 관한 연구 없이도 수직형 질화물계 발광소자를 제조할 수 있다.

발명의 효과

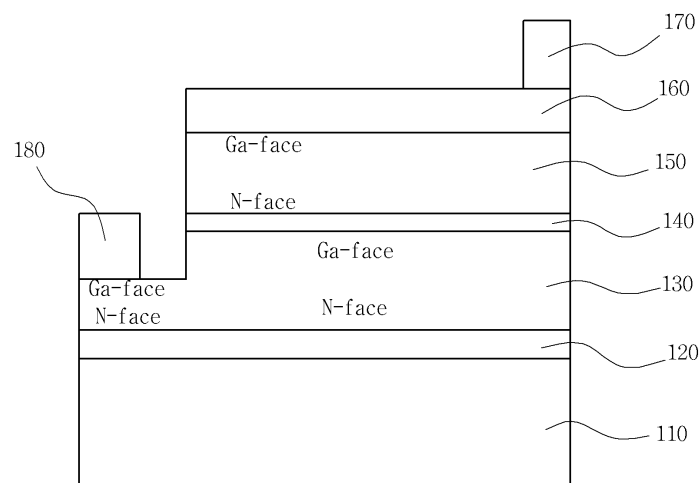
- <77> 이상 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 수직형 질화물계 발광소자 및 그 제조방법은 질소 극성을 가지는 질화갈륨 N형 질화갈륨 클래딩층에 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층을 증착 후, P형 질화갈륨 클래딩층을 성장시키면 P형 질화갈륨 클래딩층의 표면이 갈륨 극성을 가진다는 특징을 이용하여, 질소 극성에서 옴접촉 특성을 가지는 새로운 오믹컨택층을 개발하지 않고도 고품위의 수직형 질화물계 발광소자를 제조할 수 있는 효과를 가져온다.
- <78> 또한, 사파이어 기판을 제거함으로써 낮은 작동 전압 및 우수한 열 발산능력을 갖는 고품위 수직형 질화물계 발광소자를 제조할 수 있다. 그리고, 사파이어 기판을 제거한 후에 활성층을 형성하는 방법을 사용함으로써 사파이어 기판 제거시에 발생하는 활성층의 손상을 방지하는 효과도 가져온다.

도면의 간단한 설명

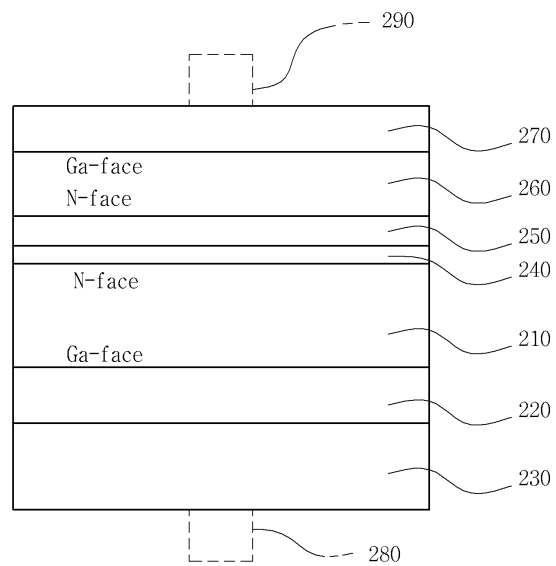
- <1> 도 1은 종래의 메사형 질화물계 발광소자의 구조를 나타낸 단면도,
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자의 구조를 나타낸 단면도,
- <3> 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자 제조방법을 나타낸 흐름도,
- <4> 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 수직형 질화물계 발광소자 제조방법을 나타낸 공정도임.
- <5> * 도면의 주요 부분에 관한 부호의 설명 *
- <6> 200 : 사파이어 기판
- <7> 205 : 버퍼층
- <8> 210 : N형 질화갈륨 클래딩층
- <9> 220 : N형 반사막 오믹컨택층
- <10> 230 : N형 지지물층
- <11> 240 : 활성층
- <12> 250 : 인듐이 도핑된 질화갈륨 버퍼층
- <13> 260 : P형 질화갈륨 클래딩층
- <14> 270 : P형 투명 오믹컨택층
- <15> 280 : N형 전극패드
- <16> 290 : P형 전극패드

도면

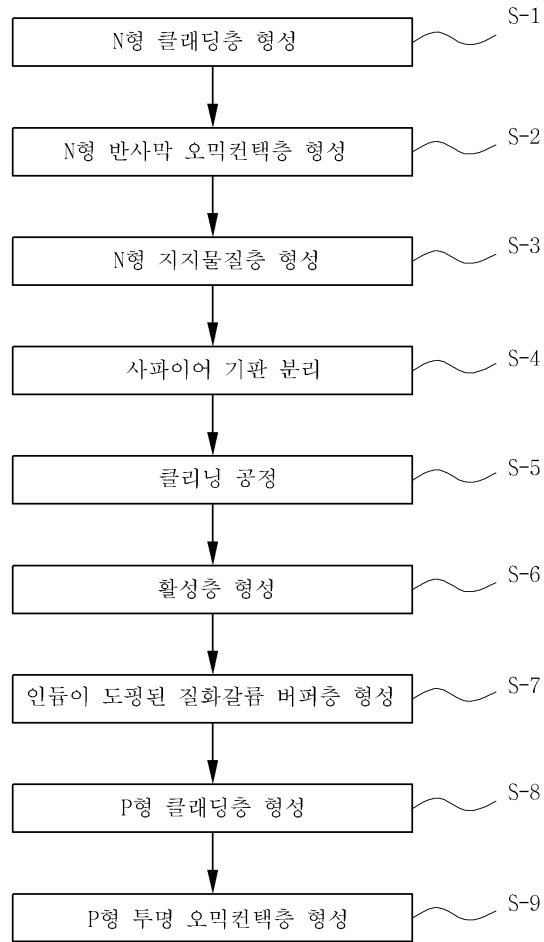
도면1



도면2



도면3



도면4

