



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0006401
(43) 공개일자 2012년01월18일

(51) Int. Cl.

H01L 33/36 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2010-0067103

(22) 출원일자 2010년07월12일

심사청구일자 2010년07월12일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

성태연

서울특별시 서초구 신반포로33길 64, 1동 506호
(잠원동, 잠원한신로얄아파트)

전준우

서울특별시 동대문구 제기로4길 17, 402호 (제기동)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인이지

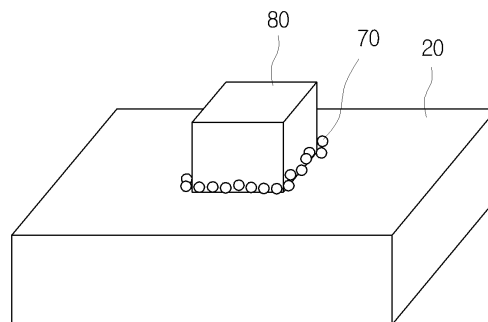
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면을 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자

(57) 요약

본 발명은 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면 구조를 포함하여 저온 처리 시에도 옴틱특성을 유지할 수 있는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자에 관한 것이다. 본 발명에 따른 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면을 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자는, 임플란테이션된 Ga 이온이 n-GaN의 Ga이 전극구조체로 확산되는 것을 막는 역할을 하여 저온 처리 시에도 열적 안정성을 확보하여 옴틱특성을 유지할 수 있을 뿐만 아니라, 질화물 발광다이오드 n형 전극으로서 안정적인 동작을 수행할 수 있게 하는 장점을 가진다. 또한, 임플란테이션된 Ga 이온은 독립적인 층을 형성하지 않고, n-GaN 표면의 전부 또는 일부에 분산되어 존재하고 있기 때문에 다양한 형태의 전극구조체를 사용할 수 있다는 장점이 있다. 따라서, 본 발명에 따르면 전기적 또는 열적 안정성이 향상된 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

대표도 - 도4



(72) 발명자

박성한

서울특별시 금천구 독산1동 독산동 군인 아파트 3
동 304호

정세연

서울특별시 마포구 효창목길 16-8 (공덕동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2008EAPHMP1600002009

부처명 한국에너지자원기술기획평가원

연구관리전문기관 한국에너지자원기술기획평가원

연구사업명 에너지자원인력양성사업

연구과제명 고효율 수직형 LED의 광출력 효율 향상을 위한 전극 구조 설계

기여율 1/3

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2009.08.01 ~ 2010.07.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 R33-2008-000-10025-0

부처명 한국과학재단

연구관리전문기관 한국과학재단

연구사업명 세계적수준의연구중심대학육성사업

연구과제명 나노구조 복합체 제어 및 에너지 소자 응용 연구

기여율 1/3

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2008.12.01 ~ 2009.10.01이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10035598

부처명 지식경제부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업원천기술개발사업

연구과제명 180 lm/W급 고효율 나노기반 LED 개발

기여율 1/3

주관기관 포항공과대학교 산학협력단

연구기간 2010.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서,

상기 반도체 소자는 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면(nitrogen polar surface)을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반도체 소자는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10^{16} 내지 10^{21} ions/cm³ 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45 ° 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 6

전극구조체;

Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층;

질화물계 활성층;

금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층;

반사성 p형 오믹접촉 전극구조체; 및

지지기판이 적층된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 반도체 소자는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10^{16} 내지 10^{21} ions/cm³ 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45 ° 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층은 각각 n-GaN 및 p-GaN 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 질화물계 활성층은 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 13

성장기판에 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층을 성장시키는 단계;

상기 p형 질화물계 클래드층 상면에 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체를 형성시키는 단계;

지지기판을 상기 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체 상면에 형성시키는 단계;

상기 성장기판을 분리 제거시키는 단계;

상기 질소극성 표면의 n형 질화물계 클래드층의 상면에 Ga 이온 임플란테이션 하는 단계; 및
상기 Ga 이온 임플란테이션된 n형 질화물계 클래드층의 상면에 전극구조체를 형성시키는 단계;
를 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 반도체 소자는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 성장기판의 분리 제거는 레이저를 성장기판에 조사하여 행하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 16

제13항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10^{16} 내지 10^{21} ions/cm³ 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 18

제13항에 있어서,

상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45 ° 인 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

명세서

기술 분야

본 발명은 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면을 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자에 관한 것으로, 구체적으로는 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면 구조를 포함하여 저온 처리 시에도 옴틱특성을 유지할 수 있는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 전류가 가해지면 p,n형 반도체의 접합 부분에서 전자와 정공의 재결합에 의하여, 다양한 색상의 빛을 발생시킬 수 있는 반도체 장치이다. 이러한 LED는 필라멘트에 기초한 발광 소자에 비해 긴 수명, 낮은 전원, 우수한 초기 구동 특성, 높은 진동 저항 및 반복적인 전원 단속에 대한 높은 공차 등의 여러 장점을 가지기 때문에 그 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 특히, 최근에는, 청색 계열의 단파장 영역의 빛을 발광할 수 있는 III족 질화물계 반도체 소자가 각광을 받고 있다.
- [0003] 한편, 옴릭(ohmic) 특성은 전압에 따른 전류를 측정하였을 때, I-V 커브가 일반적인 옴의 법칙을 따르는 경우를 말하는 것이다. 특히, 반도체와 금속 간의 접촉에서 n-형 반도체의 경우 금속의 일함수보다 n-형 반도체의 일함수가 큰 경우에 옴릭특성을 나타내게 되고, p-형의 경우는 반대의 경우 옴릭특성을 나타내게 된다.
- [0004] 상기와 같은 III족 질화물계 반도체 소자를 이용한 발광다이오드를 구성하는 질화물 단결정은 사파이어 또는 SiC 기판과 같은 단결정 성장용 기판 상에서 형성된다. 질화물계 발광다이오드는 발광소자 형상과 질화물계 활성층에서 생성된 빛이 외부로 방출되는 방식에 따라서 각각 2종류로 나뉘진다.
- [0005] 우선 발광소자의 형상에 따른 분류는 지지 기판(supporting substrate)의 전기적 특성에 의해서 행해지는데, 사파이어 물질과 같이 절연성 성장기판 상층부에 질화물계 발광구조체가 성장되고 n형 및 p형 옴릭전극층이 같은 방향으로 수평하게 배열되는 메사구조의 질화물계 발광다이오드(MESA structured nitride-based LED)와, 절연성 사파이어 성장기판과는 달리 실리콘(Si) 및 실리콘카바이드(SiC) 등과 같은 전도성 성장기판 상층부에 성장 제작되는 수직구조의 질화물계 발광다이오드(vertical structured nitride-based LED)가 있다. 빛의 밝기, 열 제거, 및 소자 신뢰성 관점에서는 메사구조의 질화물계 발광다이오드 보다는 전기 및 열적으로 우수한 전도성 기판 상층부에 제작된 수직구조의 질화물계 발광다이오드(vertical structured nitride-based LED) 형태가 많은 장점을 지니고 있다. 또한, 질화물계 발광소자의 활성층(active layer)에서 생성된 빛이 p형 옴릭전극층 또는 기판(substrate)을 통해서 외부로 방출되느냐에 따라서 탑에미트형 발광다이오드(top-emitting light emitting diode)와 플립칩 발광다이오드(flip-chip light emitting diode)로 나뉘어 진다. 질화물계 탑에미트형 발광다이오드는 질화물계 활성층에서 생성된 빛이 p형 옴릭전극층을 통해서 외부로 방출되는 반면, 질화물계 플립칩형 발광다이오드는 고반사 p형 옴릭전극층을 이용하여 질화물계 발광구조체 내부에서 생성된 빛이 투명한 기판(사파이어)을 통해서 외부로 방출된다.
- [0006] 한편, GaN 등의 III족 질화물계 반도체 소자는, 우수한 물리적, 화학적 특성으로 인해 발광 다이오드(LED) 또는 레이저 다이오드(LD) 등의 발광 소자의 핵심 소재로 각광을 받고 있다. III족 질화물계 반도체 소자 재료를 이용한 LED 혹은 LD는 청색 또는 녹색 파장대의 광을 얻기 위한 발광 다이오드에 많이 사용되고 있으며, 이러한 발광 다이오드는 전광판, 조명 장치 등 각종 제품의 광원으로 이용되고 있다. 상기 III족 질화물계 반도체 소자는 통상 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 GaN계 물질로 이루어져 있다. 일반적으로 III족 질화물계 반도체 소자를 사용한 발광다이오드는, 절연성 기판인 사파이어 기판 상에 n형 GaN계 클래드층, 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조의 활성층 및 p형 GaN계 클래드층이 순차 적층된 기본 구조를 갖는다.
- [0007] 그러나, 상기 구조에서 사파이어 기판을 분리하고 구조를 뒤집는 경우, 질소 극성 표면의 n형 GaN계 클래드층이 대기(air)에 노출되고, 상기 질소 극성 표면의 n형 GaN계 클래드층 하면에 순차적으로 질화물계 활성층 및 p형 GaN계 클래드층이 적층 형성된 구조가 된다. 이 경우, 질소 극성 표면을 갖는 n형 GaN계 클래드층은 그룹 III족 금속 극성 표면을 갖는 p형 GaN계 클래드층과는 표면 특성이 달라서, n형 GaN층에 Ti/Al층을 옴릭컨택층으로서 형성해 소자를 제작하여 왔다.
- [0008] 한편, 메사구조 발광소자나 플립칩 발광소자의 경우에는 Ti/Al을 n형 GaN층에 형성하여 600℃ 이상의 고온 열처리를 통해 옴릭컨택층으로 사용하였기 때문에 문제가 없었으나, 상기와 같은 수직구조 발광다이오드의 경우 별도로 준비된 지지기판 웨이퍼를 300℃ 미만의 온도에서 솔더링 웨이퍼 결합(soldering wafer bonding) 또는 전기도금(electro-plating) 방법으로 반사성 p형 옴릭접촉 전극구조체 상면에 형성시킨 후 발광구조체로부터 사파이어 성장기판을 분리 제거하여 수직구조의 발광다이오드 소자를 제조하기 때문에, 상기 메사구조 발광소자나 플립칩 발광소자의 경우와 같이 고온 열처리가 불가능하여 저온에서 열처리 시 Ti/Al 옴릭컨택층의 옴릭특성이 감소되는 문제점이 있었다. 따라서, 저온에서 열처리 시에도 옴릭특성을 유지할 수 있고 Ga이 전극구조체로 확산되는 것을 방지할 수 있는 기술에 대한 개발이 요구되고 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 이에 본 발명자들은 상술한 종래기술 상의 문제점을 해결할 수 있는 반도체 소자를 개발하고자 예의 노력한 결과 본 발명을 완성하기에 이르렀다.
- [0010] 결국, 본 발명은 저온으로 열처리 시에도 오믹특성을 유지할 수 있게 하기 위해, 그룹 III족 질화물계 반도체 상면의 질소 극성 표면(nitrogen polar surface)이 Ga 이온 임플란테이션된 구조를 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자를 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는, 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서 반도체 소자는 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면(nitrogen polar surface)을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자가 제공된다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 반도체 소자는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 구조를 포함할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10^{16} 내지 10^{21} ions/cm³ 일 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45 ° 일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자에 있어서, 전극구조체; Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층; 질화물계 활성층; 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층; 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체; 및 지지기판이 적층된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자가 제공된다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 반도체 소자는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 구조를 포함할 수 있다.
- [0018] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10^{16} 내지 10^{21} ions/cm³ 일 수 있다.
- [0019] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 일 수 있다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45 ° 일 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층은 각각 n-GaN 및 p-GaN일 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 질화물계 활성층은 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조일 수 있다.
- [0023] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자를 제조하는 방법에 있어서, 성장기판에 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층을 성장시키는 단계; 상기 p형 질화물계 클래드층 상면에 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체를 형성시키는 단계; 지지기판을 상기 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체 상면에 형성시키는

단계; 상기 성장기판을 분리 제거시키는 단계; 상기 질소극성 표면의 n형 질화물계 클래드층의 상면에 Ga 이온 임플란테이션 하는 단계; 및 상기 Ga 이온 임플란테이션된 n형 질화물계 클래드층의 상면에 전극구조체를 형성시키는 단계;를 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법이 제공된다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 반도체 소자는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 가지는 구조를 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 성장기판의 분리 제거는 레이저를 성장기판에 조사하여 행해질 수 있다.

[0026] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10^{16} 내지 10^{21} ions/cm³ 일 수 있다.

[0027] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 일 수 있다.

[0028] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45 ° 일 수 있다.

발명의 효과

[0029] 본 발명에 따른 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면을 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자는, 임플란테이션된 Ga 이온이 n-GaN의 Ga이 전극구조체로 확산되는 것을 막는 역할을 하여 저온 처리 시에도 열적 안정성을 확보하여 옴믹특성을 유지할 수 있을 뿐만 아니라, 질화물 발광다이오드 n형 전극으로서 안정적인 동작을 수행할 수 있게 하는 장점을 가진다. 또한, 임플란테이션된 Ga 이온은 독립적인 층을 형성하지 않고, n-GaN 표면의 전부 또는 일부에 분산되어 존재하고 있기 때문에 다양한 형태의 전극구조체를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

[0030] 따라서, 본 발명에 따르면 전기적 또는 열적 안정성이 향상된 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1 및 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 제조하는 공정을 나타낸 단면도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자의 단면도이다.

도 4는 본 발명에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자의 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면의 확대도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0032] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0033] 본 발명에서는, 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서 반도체 소자는 Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면(nitrogen polar surface)을 포함하는 것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자가 제공된다.

[0034] 또한, 본 발명에 따르면 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자에 있어서, 전극구조체; Ga 이온 임플란테이션된 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층; 질화물계 활성층; 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층; 반사성 p형 옴믹접촉 전극구조체; 및 지지기판이 적층된 구조를 포함하는

것을 특징으로 하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자가 제공된다.

- [0035] 도 3은 본 발명에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자의 단면도이다. 도 3에서 볼 수 있듯이, 본 발명에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자는 전극구조체(80), 주입된 Ga 이온(70), 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층(20), 질화물계 활성층(30), 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층(40), 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체(50), 및 지지기판(60)이 적층된 구조를 가진다.
- [0036] 상기에서 지지기판은 특별히 한정되지는 아니하나, 사파이어(Al₂O₃), 실리콘카바이드(SiC), 실리콘(Si), Ga비소(GaAs) 중 어느 하나인 것이 바람직하다.
- [0037] III족 질화물계 반도체 소자는 통상 In_xAl_yGa_(1-x-y)N(0≤x≤1, 0≤y≤1, 0≤x+y≤1)의 조성식을 가지는 질화물계 물질로 이루어져 있다. 상기에서 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층(20), 질화물계 활성층(30), 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층(40), 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체(50), 및 지지기판(60)이 적층된 구조는 통상적인 수직형 질화물계 n형 반도체 소자의 적층구조이다.
- [0038] 본 발명의 특징은 n형 질화물계 클래드층(20) 상에 Ga 이온 임플란테이션 처리를 행하여 주입된 Ga 이온(70) 상에 전극구조체(80)를 형성시킨 것에 있다. 이러한 주입된 Ga 이온(70)은 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층(20)과 전극구조체(80) 사이에 존재하여 계면의 Ga 이온 농도를 높임으로서 n형 질화물계 클래드층(20)의 Ga 이 전극구조체로 확산되는 것을 방지하는 배리어 역할을 한다.
- [0039] 종래 메사구조 발광소자나 플립칩 발광소자의 경우에는 Ti/Al을 n형 GaN층에 형성하여 600℃ 이상의 고온 열처리를 통해 오믹컨택층으로 사용하였기 때문에 문제가 없었으나, 수직구조 발광다이오드의 경우 별도로 준비된 지지기판 웨이퍼를 300℃ 미만의 온도에서 솔더링 웨이퍼 결합(soldering wafer bonding) 또는 전기도금(electro-plating) 방법으로 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체 상면에 형성시킨 후 발광구조체로부터 사파이어 성장기판을 분리 제거하여 수직구조의 발광다이오드 소자를 제조하기 때문에, 상기 메사구조 발광소자나 플립칩 발광소자의 경우와 같이 고온 열처리가 불가하여 저온 열처리시 Ti/Al 오믹컨택층의 오믹특성이 감소하게 되는데, 본 발명에서는 상기와 같이 주입된 Ga 이온(70)의 존재로 인해 오믹특성을 유지시켜 줄 수 있다.
- [0040] 상기 Ga 이온 임플란테이션은, 이온 임플란테이션(Ion Implantation)법으로 수행된다. 이는 불순물이 되는 원소를 이온화하여 전압으로 가속한 후 운동에너지를 이용해 대상물질에 집어넣는 것으로 ‘이온투입’이라고도 하며, 주로 반도체에 p형이나 n형의 불순물을 집어넣는 방법으로 사용되는 방법이다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온 농도는 10¹⁶ 내지 10²¹ ions/cm³ 일 수 있다. 이는 Ga 이온 농도가 10¹⁶ ions/cm³ 미만인 경우에는 Ga 농도가 너무 낮아 확산방지 역할을 수행하지 못하는 문제가 있고, Ga 이온 농도가 10¹⁶ ions/cm³ 를 초과하는 경우에는 n형 질화물계 클래드층(20)의 계면에 데미지(damage)가 가해지는 문제점이 있기 때문이다.
- [0042] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 에너지 크기는 10 내지 60eV 일 수 있다. 이는 Ga 이온빔의 에너지 크기가 10eV 미만인 경우에는 Ga 이온 주사가 충분치 않아 확산 방지 효과가 떨어지는 문제점이 있고, Ga 이온 농도가 60eV 를 초과하는 경우에는 n형 질화물계 클래드층(20)의 계면에 데미지(damage)가 가해지는 문제점이 있기 때문이다.
- [0043] 아울러, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 Ga 이온 임플란테이션에 사용되는 Ga 이온빔의 경사각은 2 내지 45° 일 수 있다. 이는 Ga 이온빔의 경사각이 2° 미만인 경우에는 경사각이 작아 n형 질화물계 클래드층(20)에 Ga 이온 임플란테이션의 효율성이 떨어지는 문제가 있고, Ga 이온 농도가 4° 를 초과하는 경우에는 각도가 커짐에 따라 이온빔이 직사에 가까워져 n형 질화물계 클래드층(20)에 데미지가 가해질 수 있는 문제점이 있기 때문이다.
- [0044] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층(20) 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층(40)은 각각 n-GaN 및 p-GaN 인 것이 바람직하다.
- [0045] 또한, 본 발명에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자의 질화물계 활성층(30)은 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조일 수 있다. 양자우물(Quantum Well) 구조란 퍼텐셜의 벽으로 우물모양을 만들어 그 안에 전자를 가둔 구조를 말하는 것으로, 상기 질화물계 활성층(30)은 단일 또는 다중의

양자우물 구조를 가질 수 있다.

- [0046] 본 발명에 의하면, 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자를 제조하는 방법에 있어서, 성장기관에 질소 극성 표면의 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층을 성장시키는 단계; 상기 p형 질화물계 클래드층 상면에 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체를 형성시키는 단계; 지지기관을 상기 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체 상면에 형성시키는 단계; 상기 성장기관을 분리 제거시키는 단계; 상기 질소극성 표면의 n형 질화물계 클래드층의 상면에 Ga 이온 임플란테이션 하는 단계; 및 상기 Ga 이온 임플란테이션된 n형 질화물계 클래드층의 상면에 전극구조체를 형성시키는 단계;를 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법이 제공된다. 도 1 및 도 2는 본 발명에 따른 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 제조하는 공정을 나타낸 단면도이다. 이하 제조 공정을 상술한다.
- [0047] 우선, 성장기관(10)의 상부에 MOCVD 또는 HVPE 등을 이용하여, n형 질화물계 클래드층(20), 질화물계 활성층(30), 및 p형 질화물계 클래드층(40)을 순차적으로 성장시킨다. 상기 질화물계 반도체 단결정을 성장하고 나면, 대기(air)와 접하고 있는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)층은 그룹 III족 금속 극성 표면을 갖는 반면, 성장기관(10)과 접하고 있는 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)층은 질소 극성 표면을 갖게 된다. 상기와 같은 공정을 거친 상태를 도 1에 나타내었다.
- [0048] 다음으로, 상기 p형 질화물계 클래드층(40) 상면에 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체(50)를 형성한 후, 지지기관(60)을 상기 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체(50) 위에 형성한다.
- [0049] 그 후, 화학-기계적인 연마(CMP) 또는 습식 식각 용액을 이용한 화학적 식각 분해 방법을 이용하거나, 또는 광자 빔(photon beam)을 조사하여 열-화학 분해방법을 이용하여 성장기관(10)을 분리 제거한다. 성장기관(10)이 사파이어처럼 광학적으로 투명한 물질인 경우에는 강한 에너지 빔인 레이저(laser)를 사파이어에 조사하여 사파이어의 계면에 열-화학 분해 반응을 일으켜 성장기관(10)을 분리 제거하는 것이 바람직하다. 상기와 같이 성장기관(10)을 분리 제거하고 있는 상태를 도 2에 나타내었다.
- [0050] 상기와 같은 과정을 거친 후, 질소극성 표면의 n형 질화물계 클래드층의 상면에 Ga 이온 임플란테이션 하는 단계, 및 상기 Ga 이온 임플란테이션된 n형 질화물계 클래드층의 상면에 전극구조체를 형성시키는 단계를 거쳐 최종적으로 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자를 제조할 수 있다.
- [0051] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는다 할 것이다.
- [0052] **실시예 : Ga 이온 임플란테이션된 n형 질화물계 클래드층을 포함하는 수직형 구조의 그룹 III족 n형 질화물계 반도체 소자의 제조**
- [0053] MOCVD를 이용하여 사파이어 기관 위에 $2\mu\text{m}$ 두께의 도핑이 되지 않은 GaN, $4\mu\text{m}$ 두께의 n형 GaN을 성장시키고, 그 위에 활성층을 성장시켰다. 그 후, 상기 활성층 위에 $0.15\mu\text{m}$ 두께의 p형 GaN을 성장시켰다. 다음으로, 상기 p형 GaN 위에 Au-Sn를 이용하여 Si 기관과 웨이퍼 본딩 시켰다. 그 다음, 사파이어 기관에 KrF 레이저를 조사하여 사파이어 기관을 분리시켰다.
- [0054] 그 후, JIBL-100(제조사: JEOL)을 사용하여 10^{20} ions/ cm^3 의 Ga 이온 농도로 20eV의 에너지 크기로 가속한 Ga 이온빔을, 7° 의 경사각으로 n형 GaN 상에 임플란테이션 시켰다. 마지막으로 주입된 Ga 이온이 있는 부분에 전극구조체로써 Ti, Al을 각각 30nm, 200nm의 두께로 증착시켰다.
- [0055] 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시 양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

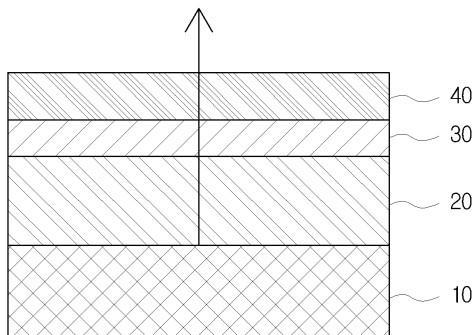
부호의 설명

[0056]

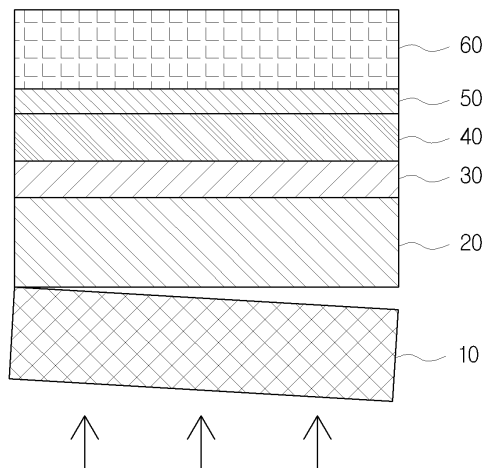
- 10 : 성장기판
- 20 : n형 질화물계 클래드층
- 30 : 질화물계 활성층
- 40 : p형 질화물계 클래드층
- 50 : 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체
- 60 : 지지기판
- 70 : 주입된 Ga 이온
- 80 : 전극구조체

도면

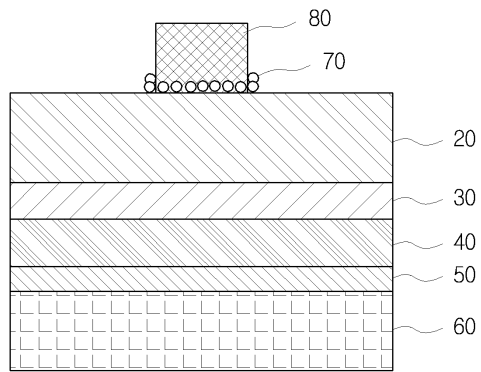
도면1



도면2



도면3



도면4

