(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0052790
(43) 공개일자 2012년05월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/32 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2010-0114098
(22) 출원일자 2010년11월16일
심사청구일자 2010년11월16일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
성태연
서울특별시 서초구 잠원동 63-34 한신로얄 아파트 1동 911호
전준우
서울특별시 동대문구 제기로4길 17, 402호 (제기동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이지

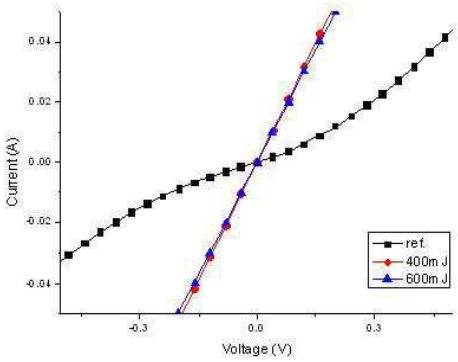
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **열적 안정성이 향상된 Ⅲ족 n 형 질화물계 반도체 소자 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명에서는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서, 상기 반도체 소자의 n형 질화물계 클래드층에 질화물층이 형성된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자가 개시된다. 본 발명의 일 실시예에 따른 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자는, 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소가 빠져나오면서 질화물층이 형성되고 n형 질화물계 클래드층에 질소공공(N vacancy)이 형성됨으로써 n형 질화물계 클래드층 표면의 캐리어 농도의 증가로 인한 터널링 현상에 의해 전류 이동이 원활해질 뿐만 아니라, 열적 안정성을 확보하여 오믹특성을 유지할 수 있는 장점을 가진다. 따라서, 본 발명에 따르면 전기적 또는 열적 안정성이 향상된 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

대 표 도 - 도4



(72) 발명자

박성한

서울특별시 금천구 독산1동 독산동 군인 아파트 3동 304호

정세연

서울특별시 마포구 효창목길 16-8 (공덕동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	20104010100240-13-1-000
부처명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	고효율 수직형 LED의 광출력 효율 향상을 위한 전극 구조 설계
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2010.08.01 ~ 2011.07.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	10035598
부처명	지식경제부
연구사업명	산업원천기술개발사업
연구과제명	180 lm/W급 고효율 나노기반 LED 개발
주관기관	포항공과대학교 산학협력단
연구기간	2010.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서,

상기 반도체 소자의 n형 질화물계 클래드층에 질화물층이 형성된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반도체 소자는 In x Al y Ga (1-x-y) N(0≤x≤1, 0 ≤y≤1, 0≤x+y≤1)의 조성식을 가지는 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 질화물층은 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소로부터 형성된 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자.

청구항 4

전극구조체;

질화물층;

n형 질화물계 클래드층;

질화물계 활성층;

금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층;

반사성 p형 오믹접촉 전극구조체; 및

지지기판이 적층된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 반도체 소자는 In x Al y Ga (1-x-y) N(0≤x≤1, 0 ≤y≤1, 0≤x+y≤1)의 조성식을 가지는 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 질화물층은 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소로부터 형성된 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 n형 질화물계 클래드층 및 p형 질화물계 클래드층은 각각 n-GaN 및 p-GaN 인 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 8

제4항에 있어서,

상기 질화물계 활성층은 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조인 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자.

청구항 9

성장기판에 순차적으로 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 n형 질화물계 클래드층의 상면에 전극구조체를 형성시키는 단계; 및

상기 전극구조체에 레이저 조사하는 단계;

를 포함하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 레이저 조사는 공기, 질소, 아르곤, 및 진공 분위기 중 어느 하나에서 수행되는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 레이저 조사 에너지는 300 내지 900 mJ/cm^2 인 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 12

제9항에 있어서,

상기 전극구조체에는 Pt, Ti, Mo, W, 및 TiN으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 배리어물질이 더 포함되는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 13

제9항에 있어서,

상기 성장기판을 분리 제거시키는 단계 후에, 상기 n형 질화물계 클래드층에 패턴을 형성시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 14

제9항에 있어서,

상기 반도체 소자는 $In_xAl_yGa_{(1-x-y)}N(0\leq x\leq 1, 0\leq y\leq 1, 0\leq x+y\leq 1)$의 조성식을 가지는 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 15

제9항에 있어서,

상기 n형 질화물계 클래드층 및 p형 질화물계 클래드층은 각각 n-GaN 및 p-GaN 인 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

청구항 16

제9항에 있어서,

상기 질화물계 활성층은 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조인 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자에 관한 것으로, 구체적으로는 열적 안정성이 향상된 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자, 이의 제조방법 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 전류가 가해지면 p,n형 반도체의 접합 부분에서 전자와 정공의 재결합에 기하여, 다양한 색상의 빛을 발생시킬 수 있는 반도체 장치이다. 이러한 LED는 필라멘트에 기초한 발광소자에 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, 오믹(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 오믹특성을 나타내게 되고, p-형의 경우는 반대의 경우 오믹특성을 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 나눠진다. 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 오믹전극층이 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 오믹전극층 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 오믹전극층을 통해서 외부로 방출되는 반면, 질화물계 플립칩형 발광다이오드는 고반사 p형 오믹전극층을 이용하여 질화물계 발광구조체 내부에서 생성된 빛이 투명한 기판(사파이어)을 통해서 외부로 방출된다.

[0005] 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 In x Al y Ga (1-x-y) N(0≤x≤1, 0 ≤y≤1, 0≤x+y≤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.

[0006] 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 오믹컨택층

으로서 형성해 소자를 제작하여 왔다.

[0007] 한편, 상기와 같은 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자는 열처리 시 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자의 Ti/Al 오믹 컨택층의 오믹특성이 감소되는 문제점이 있었다. 따라서, 열처리 시에도 오믹특성을 유지할 수 있고 Ga이 전극구조체로 확산되는 것을 방지할 수 있는 층에 대한 개발이 요구되고 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 이에 본 발명자들은 상술한 종래기술 상의 문제점을 해결할 수 있는 반도체 소자를 개발하고자 예의 노력한 결과 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0009] 결국, 본 발명은 열처리 시에도 오믹특성을 유지할 수 있게 하기 위해, 전극구조체에 레이저를 조사함으로써 열적안정성을 향상시킨 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자를 제공함에 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에서는, Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서, 상기 반도체 소자의 n형 질화물계 클래드층에 질화물층이 형성된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자가 제공된다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 반도체 소자는 In x Al y Ga (1-x-y) N(0≤x≤1, 0 ≤y≤1, 0≤x+y≤1)의 조성식을 가지는 구조를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 질화물층은 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소로부터 형성될 수 있다.

[0013] 본 발명의 다른 측면에 의하면, 전극구조체; 질화물층; n형 질화물계 클래드층; 질화물계 활성층; 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층; 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체; 및 지지기판이 적층된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자가 제공된다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 반도체 소자는 In x Al y Ga (1-x-y) N(0≤x≤1, 0 ≤y≤1, 0≤x+y≤1)의 조성식을 가지는 구조를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 질화물층은 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소로부터 형성될 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 n형 질화물계 클래드층 및 p형 질화물계 클래드층은 각각 n-GaN 및 p-GaN일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 질화물계 활성층은 단일 양자우물(Quantum Well) 구조 또는 다중 양자우물 구조일 수 있다.

[0018] 본 발명의 또 다른 측면에 의하면, 성장기판에 순차적으로 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 n형 질화물계 클래드층의 상면에 전극구조체를 형성시키는 단계; 및 상기 전극구조체에 레이저 조사하는 단계를 포함하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법이 제공된다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 레이저 조사는 공기, 질소, 아르곤, 및 진공 분위기 중 어느 하나에서 수행될 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 레이저 조사 에너지는 300 내지 900 mJ/cm^2 일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 전극구조체에는 Pt, Ti, Mo, W, 및 TiN으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 배리어물질이 더 포함될 수 있다.

[0022] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 성장기판을 분리 제거시키는 단계 후에, 상기 n형 질화물계 클래드층에

패턴을 형성시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명에 따른 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자는, 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소가 빠져나오면서 질화물층이 형성되고 n형 질화물계 클래드층에 질소공공(N vacancy)이 형성됨으로써 n형 질화물계 클래드층 표면의 캐리어 농도의 증가로 인한 터널링 현상에 의해 전류이동이 원활해질 뿐만 아니라, 열적 안정성을 확보하여 오믹특성을 유지할 수 있는 장점을 가진다. 따라서, 본 발명에 따르면 전기적 또는 열적 안정성이 향상된 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자 및 이를 포함하는 발광다이오드 소자를 사용할 수 있다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은, 본 발명의 일실시예에 따른 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자의 단면도이다.

도 2는, 오믹저항 측정을 위해 사용한 CTLM(circular transmition line model) 패턴을 나타낸 것이다.

도 3은, Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm)의 레이저 조사 없는 경우(ref), 레이저 조사 에너지 400mJ/cm^2, 및 레이저 조사 에너지 600mJ/cm^2 인 경우에, 250°C RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 1min 가열 전의 전류-전압 커브(I-V curve)를 나타낸 그래프이다.

도 4는, Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm)의 레이저 조사 없는 경우(ref), 레이저 조사 에너지 400mJ/cm^2, 및 레이저 조사 에너지 600mJ/cm^2 인 경우에, 250°C RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 1min 가열 후의 전류-전압 커브(I-V curve)를 나타낸 그래프이다.

도 5는, Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm)의 레이저 조사 없는 경우(ref), 레이저 조사 에너지 400mJ/cm^2, 및 레이저 조사 에너지 600mJ/cm^2 인 경우에 250°C RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 1min 가열 후, 다시 300°C air 분위기에서 열처리 시의 저항을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 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.

[0026] 본 발명에서는, Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자에 있어서 반도체 소자의 n형 질화물계 클래드층에 질화물층이 형성된 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자가 제공된다.

[0027] 또한, 본 발명의 다른 측면에 의하면, 전극구조체(80); 질화물층(70); 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 포함하는 것을 특징으로 하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자가 제공된다.

[0028] Ⅲ족 질화물계 반도체 소자는 통상 In x Al y Ga (1-x-y) N(0≤x≤1, 0 ≤y≤1, 0≤x+y≤1)의 조성식을 가지는 질화물계 물질로 이루어질 수 있다. n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층, 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체, 및 지지기판이 적층된 구조는 통상적인 수직형 질화물계 n형 반도체 소자의 적층구조이다. 도 1은, 본 발명의 일실시예에 따른 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자의 단면도이다.

[0029] 본 발명의 특징은 전극구조체(80) 및 n형 질화물계 클래드층(20) 사이에 레이저 조사에 의해 질화물층(70)을 형성시킨 것에 있다. 이러한 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층의 질소가 빠져나오면서 질화물층이 형성되고 n형 질화물계 클래드층에 질소공공(N vacancy)이 형성됨으로써 n형 질화물계 클래드층 표면의 캐리어 농도의 증가로 인한 터널링 현상에 의해 전류이동이 원활해질 뿐만 아니라, 열적 안정성을 확보하여 오믹

특성을 유지시켜 줄 수 있는 효과가 도출되게 된다.

[0030] 본 발명에 따르면, n형 질화물계 클래드층(20), 및 p형 질화물계 클래드층(40)은 각각 n-GaN 및 p-GaN 일 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명에 따른 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.

[0032] 본 발명에 의하면, 성장기판에 순차적으로 n형 질화물계 클래드층(20), 질화물계 활성층(30), 및 금속 극성 표면의 p형 질화물계 클래드층(40)을 성장시키는 단계; 상기 p형 질화물계 클래드층(40) 상면에 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체(50)를 형성시키는 단계; 지지기판(60)을 상기 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체(50) 상면에 형성시키는 단계; 상기 성장기판을 분리 제거시키는 단계; 상기 n형 질화물계 클래드층(20)의 상면에 전극구조체(80)를 형성시키는 단계; 및 상기 전극구조체(80)에 레이저 조사하는 단계를 포함하는 Ⅲ족 n형 질화물계 반도체 소자를 포함하는 발광다이오드 소자의 제조방법이 제공된다.

[0033] 상기와 같이 레이저 조사에 의해 n형 질화물계 클래드층(20)의 질소가 빠져나오면서 질화물층(70)이 형성되고 n형 질화물계 클래드층에 질소공공(N vacancy)이 형성됨으로써 n형 질화물계 클래드층 표면의 캐리어 농도의 증가로 인한 터널링 현상에 의해 전류이동이 원활해질 뿐만 아니라, 열적 안정성을 확보하여 오믹특성을 유지시켜 줄 수 있다.

[0034] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 레이저 조사의 분위기는 특별히 제한되지는 아니하나, 공기, 질소, 아르곤, 및 진공 분위기 중 어느 하나에서 수행될 수 있다.

[0035] 또한, 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 레이저 조사 에너지는 300 내지 900 mJ/cm^2 일 수 있다. 이는 레이저 조사 에너지가 300 mJ/cm^2 미만일 경우는 n형 질화물계 클래드층의 질소가 빠져나오지 않아 질화물층 및 질소공공(N vacancy)이 형성되지 아니하는 문제가 있고, 900 mJ/cm^2를 초과할 경우는 전극구조체가 손상되는 문제점이 있기 때문이다.

[0036] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 전극구조체에는 Pt, Ti, Mo, W, 및 TiN으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상의 배리어물질이 더 포함될 수 있다. 상술한 바와 같이 본 발명의 일실시예에 따라 공기 분위기에서 레이저 조사가 행해질 경우 전극구조체가 산화될 수 있는 가능성이 존재하므로, 이 경우 상기와 같은 배리어물질들을 전극구조체에 포함시켜 반응을 안정적으로 수행할 수 있다.

[0037] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 성장기판을 분리 제거시키는 단계 후에, 상기 n형 질화물계 클래드층에 패턴을 형성시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 이는 질화물계 클래드층에 패턴을 형성함으로써 레이저를 산란시켜 안정적으로 반응을 수행할 수 있기 때문이다.

[0038] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는다 할 것이다.

[0039] **실시예 1 : Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm) 시편의 제조 및 레이저 조사**

[0040] MOCVD를 이용하여 사파이어 기판 위에 2㎛ 두께의 도핑이 되지 않은 GaN, 4두께의 n형 GaN를 성장시키고, 그 위에 활성층을 성장시켰다. 그 후, 상기 활성층 위에 0.15㎛ 두께의 p형 GaN을 성장시켰다. 다음으로, 상기 p형 GaN 위에 Au-Sn를 이용하여 Si 기판과 웨이퍼 본딩 시켰다. 그 다음, 사파이어 기판에 KrF 레이저를 조사하여 사파이어 기판을 분리시켰다. 그 후, Photolithography 공정을 이용하여 도 2와 같이 CTLM 패턴을 형성한 뒤 E-beam evaporator를 이용하여 상기 n형 GaN 상에 전극구조체로써 Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm)을 증착시켰다. 그 후, 레이저를 400mJ/cm^2로 조사하였다.

[0041] **실시예 2 : Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm) 시편의 제조 및 레이저 조사**

[0042] MOCVD를 이용하여 사파이어 기판 위에 2㎛ 두께의 도핑이 되지 않은 GaN, 4두께의 n형 GaN를 성장시키고, 그 위에 활성층을 성장시켰다. 그 후, 상기 활성층 위에 0.15㎛ 두께의 p형 GaN을 성장시켰다. 다음으로, 상기 p형 GaN 위에 Au-Sn를 이용하여 Si 기판과 웨이퍼 본딩 시켰다. 그 다음, 사파이어 기판에 KrF 레이저를 조사하여 사파이어 기판을 분리시켰다. 그 후, Photolithography 공정을 이용하여 도 2와 같이 CTLM 패턴을 형성한 뒤 E-beam evaporator를 이용하여 상기 n형 GaN 상에 전극구조체로써 Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm)을 증착시켰다. 그 후, 레이저를 600mJ/cm^2로 조사하였다.

[0043] **비교예 : Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm) 시편의 제조**

[0044] MOCVD를 이용하여 사파이어 기판 위에 2㎛ 두께의 도핑이 되지 않은 GaN, 4두께의 n형 GaN를 성장시키고, 그 위에 활성층을 성장시켰다. 그 후, 상기 활성층 위에 0.15㎛ 두께의 p형 GaN을 성장시켰다. 다음으로, 상기 p형 GaN 위에 Au-Sn를 이용하여 Si 기판과 웨이퍼 본딩 시켰다. 그 다음, 사파이어 기판에 KrF 레이저를 조사하여 사파이어 기판을 분리시켰다. 그 후, Photolithography 공정을 이용하여 도 2와 같이 CTLM 패턴을 형성한 뒤 E-beam evaporator를 이용하여 상기 n형 GaN 상에 전극구조체로써 Ti(5nm)/Al(100nm)/Pt(10nm)을 증착시켰다.

[0045] **실험예 : 전류-전압 커브(I-V curve) 측정을 통한 열적 안정성 비교**

[0046] 실시예 1, 2, 및 비교예에 따라 제조된 시편을 각각 준비하여, 250℃ RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 로 1분간 처리한 후, 열처리 전과 후의 전류-전압 커브(I-V curve)를 측정하였다.

[0047] 도 3은 비교예(ref), 실시예 1, 및 실시예 2에 의해 제조된 시편을 250°C RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 1min 가열 전의 전류-전압 커브(I-V curve)를 나타낸 그래프이고, 도 4는 비교예(ref), 실시예 1, 및 실시예 2에 의해 제조된 시편을 250°C RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 1min 가열 후의 전류-전압 커브(I-V curve)를 나타낸 그래프이다.

[0048] 도 3 및 4를 비교하면 알 수 있듯이, 실시예 1 및 2의 경우는 열처리 후에도 저항값의 변화가 거의 없음에 반하여, 비교예의 경우는 저항값의 변화가 커 오믹특성을 잃게 되었음을 볼 수 있었다.

[0049] 또한, 상기와 같이 비교예(ref), 실시예 1, 및 실시예 2에 의해 제조된 시편을 250°C RTA(Rapid Thermal annealing) N_2 1min 가열 후, 다시 300°C air 분위기에서 열처리를 행하였다.

[0050] 도 5에서 볼 수 있듯이, 비교예의 경우 열처리 시간에 따라 저항값이 증가하였으나, 실시예 1 및 2의 경우는 열처리 시간의 경과에 따라 저항값의 변화가 거의 없음을 알 수 있었다.

[0051] 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

[0052] 20 : n형 질화물계 클래드층

30 : 질화물계 활성층

40 : p형 질화물계 클래드층

50 : 반사성 p형 오믹접촉 전극구조체

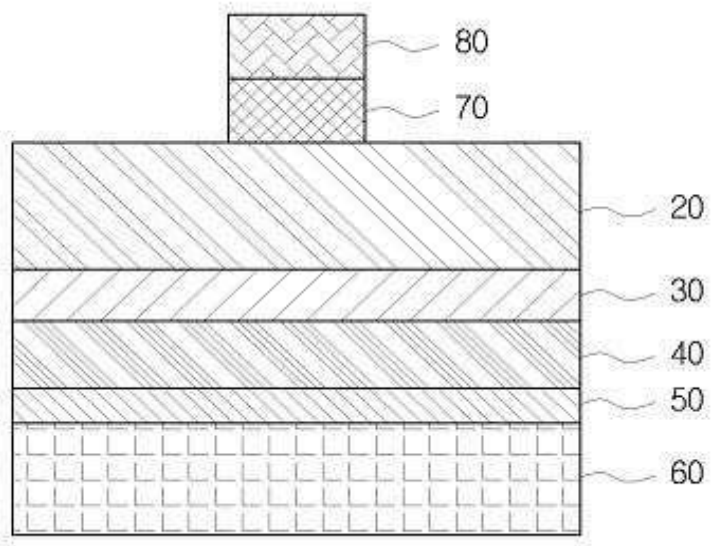
60 : 지지기판

70 : 질화물층

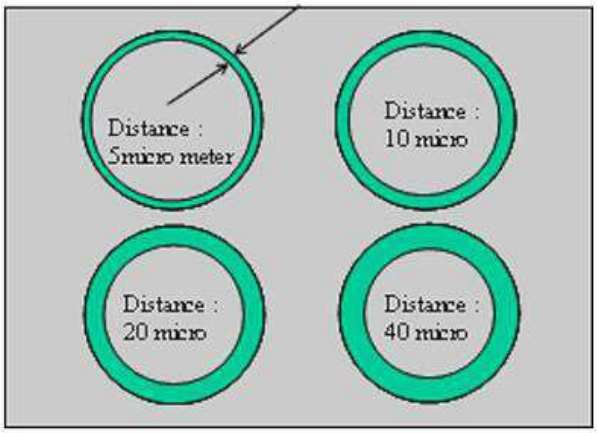
80 : 전극구조체

도면

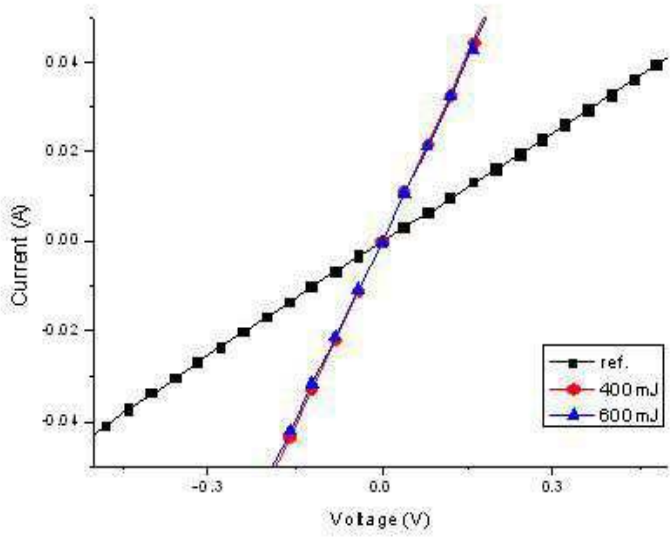
도면1



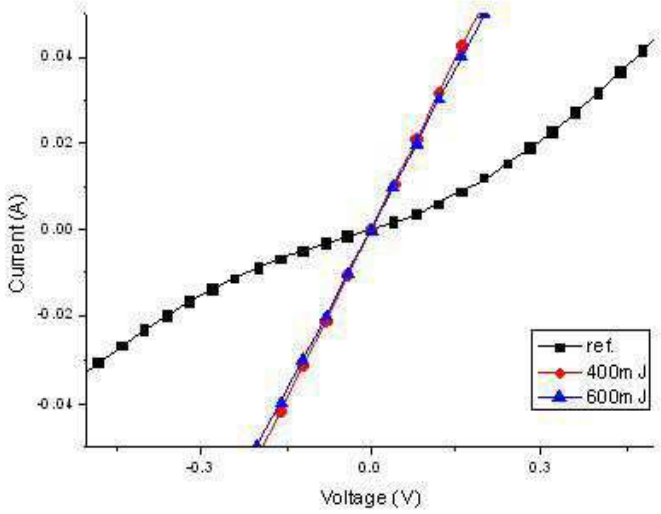
도면2



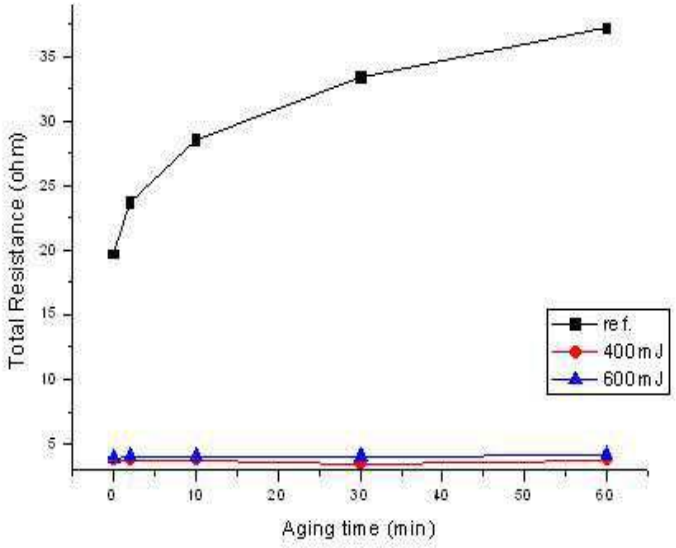
도면3


0.04
0.02
0.00
-0.02
-0.04
Current (A)
-0.3
0.0
0.3
Voltage (V)
ref.
400 mJ
600 mJ

도면4


0.04
0.02
0.00
-0.02
-0.04
Current (A)
-0.3
0.0
0.3
Voltage (V)
ref.
400m J
600m J

도면5


Total Resistance (ohm)
Aging time (min)
ref.
400mJ
600mJ
5
10
15
20
25
30
35
0
10
20
30
40
50
60