



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년05월07일
(11) 등록번호 10-0896564
(24) 등록일자 2009년04월29일

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2004-0069151
(22) 출원일자 2004년08월31일
심사청구일자 2007년05월09일
(65) 공개번호 10-2006-0020331
(43) 공개일자 2006년03월06일
(56) 선행기술조사문헌
JP14329889 A
JP16179347 A

(73) 특허권자

삼성전기주식회사
경기도 수원시 영통구 매탄동 314
광주과학기술원
광주 북구 오룡동 1번지

(72) 발명자

곽준섭
경기도 화성군 태안읍 반월리 신영통 현대아파트
301동 1101호

성태연

광주광역시 북구 오룡동 1번지, 광주과학기술원
신소재공학과

송준오

광주광역시 북구 오룡동 1번지, 광주과학기술원
신소재공학과

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로고스

전체 청구항 수 : 총 24 항

심사관 : 이진홍

(54) 반사전극 및 이를 구비하는 화합물 반도체 발광소자

(57) 요약

반사전극 및 이를 구비하는 화합물 반도체 발광소자가 개시된다. 본 발명에 따르면, 화합물 반도체 발광소자의 p형 화합물 반도체층 상에 형성되는 전극에 있어서, 상기 p형 화합물 반도체층과 오믹콘택을 형성하는 제 1 전극층, 상기 제 1 전극층 상에 투명 전도성 산화물로 형성되는 제 2 전극층 및 상기 제 2 전극층 상에 광반사 물질로 형성되는 제 3 전극층을 구비하는 화합물 반도체 발광소자의 반사전극이 제공된다. 또한 상기 반사전극을 구비하는 화합물 반도체 발광소자, 예를 들어 LED 또는 LD가 제공된다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 p형 질화물 반도체층 상에 형성되는 전극에 있어서,

상기 p형 질화물 반도체층과 오믹콘택을 형성하는 제 1 전극층;

상기 제 1 전극층 상에 투명 전도성 산화물로 형성되는 제 2 전극층;

상기 제 2 전극층 상에 광반사 물질로 형성되는 제 3 전극층; 및,

상기 제 3 전극층 상에 형성되며 어닐링 공정에서 발생하는 상기 제 3 전극층 표면에서의 응집 현상을 억제하기 위한 물질로 이루어진 제 4 전극층을 포함하며,

상기 제4 전극층은 Cu, Cu/Ru, Cu/Ir, Cu-계 합금, Cu-계 합금/Ru 및 Cu-계 합금/Ir으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극층은 Mg, Cu, Zr 및 Sb로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 원소가 첨가된 인듐산화물로 형성된 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 원소의 첨가비는 0.001 내지 49 at%인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 제 1 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극층은 Ag 또는 Ag-계 합금으로 형성된 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 Ag-계 합금은 Ag와 Mg, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr 및 La으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 합금인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 투명 전도성 산화물은 ITO, ZITO, ZIO, GIO, ZTO, FTO, AZO, GZO, $\text{In}_4\text{Sn}_3\text{O}_{12}$ 및 $\text{Zn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}$ ($0 \leq x \leq 1$)으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 제 2 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 광반사 물질은 Ag, Ag-계 합금, Al, Al-계 합금 및 Rh로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 제 3 전극층의 두께는 10nm 내지 5000nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 제 4 전극층의 두께는 1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자의 반사전극.

청구항 15

n형 및 p형 전극과 그 사이에 적어도 n형 질화물 반도체층, 활성층 및 p형 질화물 반도체층을 구비하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자에 있어서,

상기 p형 전극은,

상기 p형 질화물 반도체층과 오믹콘택을 형성하는 제 1 전극층;

상기 제 1 전극층 상에 투명 전도성 산화물로 형성되는 제 2 전극층;

상기 제 2 전극층 상에 광반사 물질로 형성되는 제 3 전극층; 및,

상기 제 3 전극층 상에 형성되며 어닐링 공정에서 발생하는 상기 제 3 전극층 표면에서의 응집 현상을 억제하기 위한 물질로 이루어진 제 4 전극층을 포함하며,

상기 제4 전극층은 Cu, Cu/Ru, Cu/Ir, Cu-계 합금, Cu-계 합금/Ru 및 Cu-계 합금/Ir으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 전극층은 Mg, Cu, Zr 및 Sb로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 원소가 첨가된 인듐산화물로 형성된 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 원소의 첨가비는 0.001 내지 49 at%인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 전극층은 Ag 또는 Ag-계 합금으로 형성된 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 Ag-계 합금은 Ag와 Mg, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr 및 La으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 합금인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 21

제 19 항에 있어서,

상기 제 1 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 22

제 15 항에 있어서,

상기 투명 전도성 산화물은 ITO, ZITO, ZIO, GIO, ZTO, FTO, AZO, GZO, $In_4Sn_3O_{12}$ 및 $Zn_{1-x}Mg_xO(0 \leq x \leq 1)$ 으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 23

제 22 항에 있어서,

상기 제 2 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 24

제 15 항에 있어서,

상기 광반사 물질은 Ag, Ag-계 합금, Al, Al-계 합금 및 Rh로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 제 3 전극층의 두께는 10nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

제 15 항에 있어서,

상기 제 4 전극층의 두께는 1nm 내지 500nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 III-V족 질화물 화합물 반도체 발광소자.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <13> 본 발명은 반사전극 및 이를 구비하는 화합물 반도체 발광소자에 관한 것으로, 보다 상세하게는 낮은 접촉저항과 높은 반사율, 그리고 향상된 전기 전도성을 가지는 반사전극 및 이를 구비하는 화합물 반도체 발광소자에 관한 것이다.
- <14> 화합물 반도체의 특성을 이용하여 전기적 신호를 빛으로 변화시키는 화합물 반도체 발광소자, 예를 들어 LED(Light Emitting Diode) 또는 LD(Laser Diode)와 같은 반도체 레이저 다이오드의 레이저광은 광통신, 다중통신, 우주통신과 같은 응용분야에서 현재 실용화되어 가고 있다. 반도체 레이저는 광통신 등과 같은 통신 분야나 콤팩트 디스크 플레이어(CDP; Compact Disk Player)나 디지털 다기능 디스크 플레이어(DVDP; Digital Versatile Disk Player) 등과 같은 장치에서 데이터의 전송이나 데이터의 기록 및 관독을 위한 수단의 광원으로써 널리 사용되고 있다.
- <15> 이러한 화합물 반도체 발광소자는 광의 출사방향에 따라 탑-에미트형 발광다이오드(top-emitting light emitting diode; TLED)와 플립칩 발광다이오드(flip-chip light emitting diodes: FCLED)로 분류된다.
- <16> 탑에미트형 발광다이오드는 p형 화합물 반도체층과 오믹콘택을 형성하는 p형 전극을 통해 광이 출사되는 구조를 가진다. 상기 p형 전극은 주로 p형 화합물 반도체층 위에 니켈(Ni)층과 금(Au)층이 순차적으로 적층된 구조를 가진다. 그러나, 니켈층/금층으로 형성된 p형 전극은 반투명성을 가지며, 상기 p형 전극이 적용된 탑에미트형 발광다이오드는 낮은 광이용효율 및 낮은 휘도 특성을 가진다.
- <17> 플립칩 발광다이오드는 활성층에서 발생된 광이 p형 화합물 반도체층 위에 형성된 반사전극에서 반사되며, 상기 반사광이 기판을 통하여 출사되는 구조를 가진다. 상기 반사전극은 은(Ag), 알루미늄(Al) 및 로듐(Rh) 등과 같은 광반사 특성이 우수한 물질로 형성된다. 이러한 반사전극이 적용된 플립칩 발광다이오드는 높은 광이용효율 및 높은 휘도 특성을 가질 수 있다. 그러나, 상기 반사전극은 상기 p형 화합물 반도체층 위에서 큰 접촉저항을 가지기 때문에, 상기 반사전극이 적용된 발광소자의 수명이 짧아지고 발광소자의 특성이 안정적이지 못하다는 문제점을 가진다.
- <18> 이러한 문제점을 해결하고자 낮은 접촉저항과 높은 반사율을 가지는 전극물질 및 전극구조에 관한 연구가 진행되고 있다.
- <19> 국제 공개 번호 WO 01/47038 A1는 반사전극이 적용된 반도체 발광소자에 관한 기술을 개시한다. 여기에서, 반사전극과 p형 화합물 반도체층 사이에 오믹콘택층이 형성되어 있으나, 상기 오믹콘택층의 형성물질(Ti, Ni/Au

등)은 광투과율이 낮다. 따라서, 광이용효율 및 휘도 특성이 낮으며, 이에 대한 개선이 필요하다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<20> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상술한 종래 기술의 문제점을 개선하기 위한 것으로서, 낮은 접촉저항과 높은 반사율, 그리고 향상된 전기 전도성을 가지는 반사전극 및 이를 구비하는 화합물 반도체 발광소자를 제 공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

- <21> 본 발명에 따르면, 화합물 반도체 발광소자의 p형 화합물 반도체층 상에 형성되는 전극에 있어서,
- <22> 상기 p형 화합물 반도체층과 오믹콘택을 형성하는 제 1 전극층;
- <23> 상기 제 1 전극층 상에 투명 전도성 산화물로 형성되는 제 2 전극층; 및
- <24> 상기 제 2 전극층 상에 광반사 물질로 형성되는 제 3 전극층;을 구비하는 화합물 반도체 발광소자의 반사전극이 제공된다.
- <25> 또한 본 발명에 따르면, n형 및 p형 전극과 그 사이에 적어도 n형 화합물 반도체층, 활성층 및 p형 화합물 반도체층을 구비하는 화합물 반도체 발광소자에 있어서,
- <26> 상기 p형 전극은,
- <27> 상기 p형 화합물 반도체층과 오믹콘택을 형성하는 제 1 전극층;
- <28> 상기 제 1 전극층 상에 투명 전도성 산화물로 형성되는 제 2 전극층; 및
- <29> 상기 제 2 전극층 상에 광반사 물질로 형성되는 제 3 전극층;을 구비하는 화합물 반도체 발광소자가 제공된다.
- <30> 상기 제 1 전극층은 Mg, Cu, Zr 및 Sb로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 원소가 첨가된 인듐산화물로 형성되며, 상기 원소의 첨가비는 0.001 내지 49 at%(atomic percent)이다. 바람직하게, 상기 제 1 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있다.
- <31> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 제 1 전극층은 Ag 또는 Ag-계 합금으로 형성될 수 있다. 상기 Ag-계 합금은 Ag와 Mg, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr 및 La으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 합금이다. 이 경우에도 마찬가지로, 상기 제 1 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있다.
- <32> 상기 투명 전도성 산화물은 ITO, ZITO, ZIO, GIO, ZTO, FTO, AZO, GZO, In₄Sn₃O₁₂ 및 Zn_{1-x}Mg_xO(0≤x≤1)으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, 상기 제 2 전극층의 두께는 0.1nm 내지 500nm의 범위에 있다.
- <33> 상기 광반사 물질은 Ag, Ag-계 합금, Al, Al-계 합금 및 Rh로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, 상기 제 3 전극층의 두께는 10nm 내지 5000nm의 범위에 있다.
- <34> 또한, 어닐링 공정에서 발생하는 상기 제 3 전극층 표면에서의 응집 현상을 억제하기 위해 상기 제 3 전극층 상에 소정의 물질로 제 4 전극층이 더 형성될 수 있다. 상기 물질은 Cu, Cu/Ru, Cu/Ir, Cu-계 합금, Cu-계 합금/Ru 및 Cu-계 합금/Ir으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, 상기 제 4 전극층의 두께는 1nm 내지 500nm의 범위에 있다.
- <35> 본 발명에 따른 반사전극은 낮은 접촉저항과 높은 반사율, 그리고 향상된 전기 전도성을 가진다. 이러한 반사전극은 전류-전압 특성이 우수하다.
- <36> 또한, 본 발명의 반사전극을 구비한 화합물 반도체 발광소자는 낮은 동작전압과 향상된 광출력, 그리고 향상된 전류-전압 특성을 가진다. 이러한 화합물 반도체 발광소자의 소모전력은 작다. 따라서, 화합물 반도체 발광소자의 발광효율이 향상될 수 있다.
- <37> 이하, 본 발명의 실시예에 따른 반사전극 및 이를 구비하는 화합물 반도체 발광소자를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.
- <38> 도 1은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 반사전극을 보여주는 단면도이다.
- <39> 도 1을 참조하면, p형 화합물 반도체층(20)의 상면에 반사전극(22)이 형성되었다. 본 발명의 제 1 실시예에 따

른 반사전극(22)은 p형 화합물 반도체층(20)의 상면에 순서대로 적층되는 제 1 전극층(22a), 제 2 전극층(22b) 및 제 3 전극층(22c)을 구비한다.

- <40> 상기 제 1 전극층(22a)은 상기 p형 화합물 반도체층(20)과 오믹콘택을 형성할 수 있는 물질로 형성되며, 그 두께는 0.1nm 내지 500nm 이다.
- <41> 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 제1 전극층(22a)은 인듐산화물, 예를 들면 In_2O_3 에 Mg, Cu, Zr 및 Sb로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 원소가 첨가된 물질로 형성된다.
- <42> 상기 첨가원소는 상기 인듐산화물의 밴드갭(band gap), 전자친화도(electron affinity) 및 일함수(work function)를 조절하여 제1 전극층(22a)의 오믹접촉 특성을 향상시킨다. 구체적으로는, 상기 첨가원소는 p형 화합물 반도체층(20)의 실효 캐리어 농도를 높이고, p형 화합물 반도체층(20)을 이루고 있는 화합물 중 질소 이외의 성분과 반응성이 좋다.
- <43> 예를 들면 p형 화합물 반도체층(20)이 GaN계 화합물인 경우, 상기 첨가원소는 질소보다 갈륨(Ga)에 대해 우선적으로 반응한다. 이 경우, p형 화합물 반도체층(20)의 갈륨(Ga)과 상기 첨가원소의 반응에 의해 p형 화합물 반도체층(20)의 표면에 갈륨 공공(vacancy)을 형성하게 된다. p형 화합물 반도체층(20)에 형성되는 갈륨 공공은 p형 도펀트로 작용하며, p형 화합물 반도체층(20) 표면의 실효 캐리어 농도를 증가시킨다.
- <44> 또한, 상기 첨가원소가 첨가된 인듐산화물은, p형 화합물 반도체층(20)의 표면에 잔류하여 p형 화합물 반도체층(20)과 제 1 전극층(22a) 사이의 계면에서 캐리어 흐름에 장애물 역할을 하는 자연산화층인 갈륨산화물(Ga_2O_3)과 반응한다. 상기 반응에 의하여 p형 화합물 반도체층(20)과 제 1 전극층(22a) 사이의 계면에 투명 전도성 산화물이 형성되며, 상기 투명 전도성 산화물에 의해 제1전극층(22a)과 p형 화합물 반도체층(20)의 계면에서 터널링 전도 현상이 발생된다. 따라서, 제 1 전극층(22a)의 오믹접촉 특성이 향상된다.
- <45> 상기 인듐산화물에 대한 상기 첨가원소의 첨가비율은 0.001 내지 49 아토믹(atomic) 퍼센트이다. 여기서 아토믹(atomic) 퍼센트는 첨가되는 원소 상호간의 비율을 말한다.
- <46> 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 제 1 전극층(22a)은 Ag 또는 Ag-계 합금으로 형성될 수 있다. 여기에서 상기 Ag-계 합금은 Ag와 Mg, Zn, Sc, Hf, Zr, Te, Se, Ta, W, Nb, Cu, Si, Ni, Co, Mo, Cr, Mn, Hg, Pr 및 La 으로 이루어지는 그룹에서 선택된 적어도 어느 하나의 합금이다. 상기 Ag 또는 Ag-계 합금이 상기 P형 화합물 반도체층(20)과 오믹콘택을 형성할 수 있으며, 이에 대한 이론은 상술한 바와 같다. 즉, Ag를 포함하여 열거된 합금원소들은 p형 화합물 반도체층(20)의 실효 캐리어 농도를 높이고, p형 화합물 반도체층(20)을 이루고 있는 화합물 중 질소 이외의 성분과 반응성이 좋다. 그 이하의 설명은 생략하기로 한다.
- <47> 상기 제 2 전극층(22b)은 투명 전도성 산화물로 형성되며, 0.1nm 내지 500nm의 두께로 형성된다. 상기 투명 전도성 산화물은 ITO(Indium Tin Oxide; 인듐 주석 산화물), ZITO(Zinc-doped Indium Tin Oxide; 아연이 도핑된 인듐 주석 산화물), ZIO(Zinc Indium Oxide; 아연 인듐 산화물), GIO(Gallium Indium Oxide; 갈륨 인듐 산화물), ZTO(Zinc Tin Oxide; 아연 인듐 산화물), FTO(Fluorine-doped Tin Oxide; 플루오르가 도핑된 주석 산화물), AZO(Aluminium-doped Zinc Oxide; 알루미늄이 도핑된 아연 산화물), GZO(Gallium-doped Zinc Oxide; 갈륨이 도핑된 아연 산화물), $In_4Sn_3O_{12}$ 또는 $Zn_{1-x}Mg_xO$ (Zinc Magnesium Oxide; 아연 마그네슘 산화물, $0 \leq x \leq 1$)로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나이다. 이러한 산화물의 예를 들면, $Zn_2In_2O_5$, $GaInO_3$, $ZnSnO_3$, F-doped SnO_2 , Al-doped ZnO , Ga-doped ZnO , MgO , ZnO 등이 있다.
- <48> 상기 제 3 전극층(22c)은 광반사 물질로 형성되며, 10nm 내지 5000nm의 두께로 형성된다. 상기 광반사 물질은 Ag, Ag-계 합금, Al, Al-계 합금 및 Rh로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나이다. 상기 제 3 전극층(22c)의 형성에 있어서, Ag-계 합금은 Ag를 포함하는 모든 합금재료를 의미하며, Al-계 합금은 Al을 포함하는 모든 합금 재료를 의미한다.
- <49> 제1전극층(22a), 제2전극층(22b) 및 제 3 전극층(22c)은 전자빔 및 열에 의한 증착기(e-beam & thermal evaporator), PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition) 또는 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator) 등에 의해 형성될 수 있다. 이때, 증착온도는 20℃ 내지 1500℃이고, 반응기(reactor) 내의 압력은 대기압 내지 10^{-12} torr 이다.
- <50> 상기 제 3 전극층(22c)을 형성한 후에, 그 결과물에 대한 어닐링(annealing) 공정이 수행된다. 구체적으로, 상

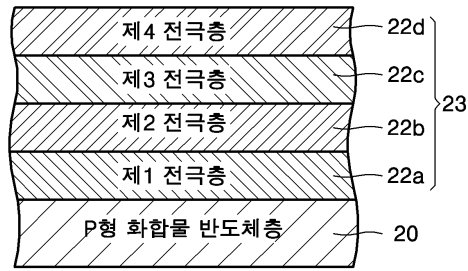
기 제 3 전극층(22c)이 형성된 결과물은 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 어닐링된다. 상기 어닐링은 200℃ 내지 700℃의 온도범위에서, 10초 내지 2시간 동안 수행된다.

- <51> 상기 어닐링 공정은 상기 제 2 전극층(22b)을 형성한 후에 동일한 조건으로 더 수행될 수 있다. 즉, 상기 어닐링 공정은 상기 제 2 전극층(22b)을 형성한 후 및 상기 제 3 전극층(22c)을 형성한 후에 대하여 각각 수행될 수 있다. 따라서, 상기 반사전극의 제조시에 두 번의 어닐링 공정이 수행될 수 있다.
- <52> 도 2는 본 발명의 제 2 실시예에 따른 반사전극을 보여주는 단면도이다.
- <53> 본 발명의 제 2 실시예에서는 상술한 제 1 실시예와 다른 부분에 대해서만 설명한다. 또한 동일한 부재에 대해서는 동일한 참조번호를 그대로 사용한다.
- <54> 도 2를 참조하면, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 반사전극(23)은 도 1에 도시된 반사전극(22)의 제 3 전극층(22c) 상에 제 4 전극층(22d)을 더 구비한다.
- <55> 상기 제 4 전극층(22d)은 Cu, Cu/Ru(Cu층/Ru층), Cu/Ir(Cu층/Ir층), Cu-계 합금, Cu-계 합금/Ru(Cu-계 합금층/Ru층) 및 Cu-계 합금/Ir(Cu-계 합금층/Ir층)으로 이루어지는 그룹에서 선택된 어느 하나로 형성되며, 1nm 내지 500nm의 두께로 형성된다. 여기에서 Cu-계 합금은 Cu를 포함하는 모든 합금재료를 의미한다.
- <56> 상기 제 4 전극층(22d)은 어닐링 공정에서 발생하는 상기 제 3 전극층(22c) 표면에서의 응집현상(Agglomeration)을 억제하는 역할을 할 수 있다.
- <57> 구체적으로, p형 화합물 반도체층(20)의 표면에너지와 제 3 전극층(22c)의 형성물질인 Ag, Ag-계 합금, Al, Al-합금 및 Rh 등과 같은 금속재료의 표면에너지는 서로 큰 차이가 난다. 이러한 표면에너지의 차이로 인해 어닐링 과정에서 상기 금속재료의 표면, 즉 제 3 전극층(22c)의 표면에서 응집현상이 발생된다는 것이 일반적으로 알려져 있다. 제 3 전극층(22c)의 표면에 응집현상이 일어나면, 결과적으로 제 3 전극층(22c)의 반사도가 떨어지게 되며, 따라서 상기 반사전극(22)이 적용된 화합물 반도체 발광소자의 광출력이 감소하게 되는 문제가 있다.
- <58> 상기 제 4 전극층(22d)의 형성물질은 상대적으로 p형 질화물 반도체층(20)과의 적은 표면에너지 차이와 우수한 전기전도성을 가진다. 따라서, 제 3 전극층(22c) 상에 형성된 상기 제 4 전극층(22d)은 응집방지층(Agglomeration Preventing Layer; APL)과 전극으로의 역할을 함께 수행할 수 있다.
- <59> 상기 제 4 전극층(22d)은 전자빔 및 열에 의한 증착기(e-beam & thermal evaporator), PVD(physical vapor deposition), CVD(chemical vapor deposition), PLD(plasma laser deposition) 또는 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator) 등에 의해 형성될 수 있다. 이때, 증착온도는 20℃ 내지 1500℃이고, 반응기(reactor) 내의 압력은 대기압 내지 10^{-12} torr 이다.
- <60> 또한, 상기 제 4 전극층(22d)이 형성된 후에, 그 결과물에 대한 어닐링 공정이 수행될 수 있다. 구체적으로, 제 4 전극층(22d)이 형성된 결과물은 질소, 아르곤, 헬륨, 산소, 수소, 공기 중 적어도 하나를 포함하는 기체 분위기에서 어닐링된다. 상기 어닐링은 200℃ 내지 700℃의 온도범위에서, 10초 내지 2시간 동안 수행된다.
- <61> 도 3은 본 발명의 제 1 실시예에 따른 반사전극이 구비된 화합물 반도체 발광소자를 보여주는 단면도이다.
- <62> 도 3을 참조하면, 본 발명의 제 1 실시예에 따른 반사전극이 구비된 화합물 반도체 발광소자는 n형 및 p형 전극(120)(108)과 그 사이에 적어도 n형 화합물 반도체층(102), 활성층(104) 및 p형 화합물 반도체층(106)을 구비한다. 상기 p형 전극(108)으로 도 1에 도시된 반사전극(22)이 그대로 채택되었다. 즉, 상기 p형 전극(108)은 도 1에 도시된 제1전극층(22a), 제2전극층(22b) 및 제 3 전극층(22c)을 구비하며, 그 작용 및 효과는 상술한 바와 같다.
- <63> n형 화합물 반도체층(102)은, 기판(100)의 상면에 적층되며 단차를 가지는 하부 콘택트층으로서의 제1화합물 반도체층과, 제1화합물 반도체층의 상면에 적층되는 하부 클래드층을 포함한다. 제1화합물 반도체층의 단차가 형성된 부분에는 n형 하부 전극(120)이 위치한다.
- <64> 상기 기판(100)은 사파이어 기판 또는 프리스텐딩 GaN 기판이 주로 이용되며, 제1화합물 반도체층은 n-GaN 계열의 III-V족 질화물 화합물 반도체층으로 형성하되, 특히 n-GaN 층으로 형성하는 것이 바람직하다. 하지만, 이에 한정되지 않으며 레이저 발진(레이징)이 가능한 III-V족의 다른 화합물 반도체층일 수 있다. 하부 클래드층은 소정의 굴절률을 가지는 n-GaN/AlGaIn층인 것이 바람직하나 레이징이 가능한 다른 화합물 반도체층일 수 있다.
- <65> 활성층(104)은 레이징이 일어날 수 있는 물질층이면 어떠한 물질층이라도 사용할 수 있으며 바람직하게는 임계

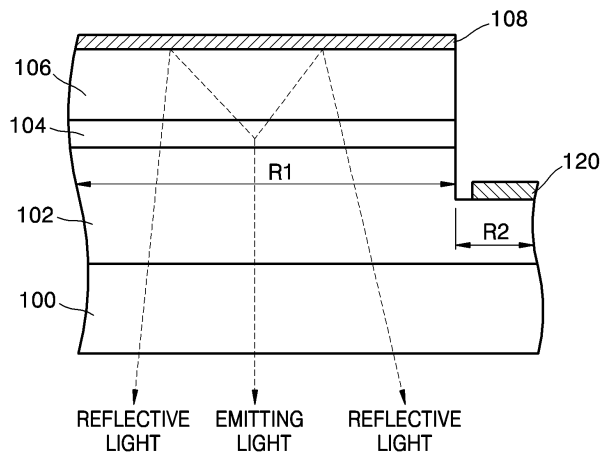
전류값이 작고 횡모드 특성이 안정된 레이저광을 발진할 수 있는 물질층을 사용한다. 활성층(104)으로 Al이 소정 비율 함유된 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ 그리고 $x+y \leq 1$)인 GaN계열의 III-V족 질화물 화합물 반도체층을 사용하는 것이 바람직하다. 여기에서 상기 활성층은 다중양자우물 또는 단일양자우물 중 어느 하나의 구조를 가질 수 있으며 이러한 활성층의 구조는 본 발명의 기술적 범위를 제한하지 않는다.

- <66> 상기 활성층(104)의 상하면에 상부 도파층 및 하부 도파층이 더 형성될 수 있다. 상하부 도파층은 활성층(104)보다 굴절률이 작은 물질로 형성하는데, GaN 계열의 III-V족 화합물 반도체층으로 형성하는 것이 바람직하다. 하부 도파층은 n-GaN층으로, 상부 도파층은 p-GaN층으로 형성한다.
- <67> p형 화합물 반도체층(106)은 상기 활성층(104)의 상면에 적층되며, 상기 활성층(104)보다 굴절률이 작은 상부 클래드층과, 상기 상부 클래드층의 상면에 오믹 콘택트층으로서 적층되는 제2화합물 반도체층을 포함한다. 제2화합물 반도체층은 p-GaN 계열의 III-V족 질화물 화합물 반도체층으로 형성하되, 특히 p-GaN 층으로 형성하는 것이 바람직하다. 하지만, 이에 한정되지 않으며 레이저 발진(레이징)이 가능한 III-V족의 다른 화합물 반도체층일 수 있다. 상부 클래드층은 소정의 굴절률을 가지는 p-GaN/AlGaIn층인 것이 바람직하나 레이징이 가능한 다른 화합물 반도체층일 수 있다.
- <68> 하부 오믹 콘택트층으로서의 제1화합물 반도체층의 단차부분에는 n형 전극(120)이 형성되어 있다. 그러나 p형 전극(108)과 대향하도록 기판(100)의 저면에 형성될 수 있는데, 이 경우 기판(100)은 실리콘 카바이드(SiC) 또는 갈륨 나이트라이드(GaN)로 형성하는 것이 바람직하다.
- <69> 도 4a는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 반사전극(Ag/ITO/Ag)에 대해 전류-전압 특성을 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.
- <70> 제 1 실시예로서 형성된 반사전극은 기판상에 순차적으로 Ag로 형성된 제 1 전극층, ITO로 형성된 제 2 전극층 및 Ag로 형성된 제 3 전극층을 구비한다. 상기 제 1 전극층, 제 2 전극층 및 제 3 전극층은 각각 3nm, 100nm 및 250nm의 두께로 형성되었다.
- <71> 상기 반사전극(Ag/ITO/Ag)에 대한 전기적 특성은 어닐링 전, 즉 증착한 직후(as-deposition) 및 530°C에서 어닐링한 경우에 대해 각각 측정하였다. 상기 어닐링은 제 2 전극층을 형성한 후에, 산소 또는 질소 분위기에서 1분 동안 실시하였으며, 제 3 전극층을 형성한 후에 동일한 조건의 어닐링 공정이 더 실시되었다.
- <72> 도 4b는 본 발명의 제 1 실시예에 따른 반사전극(Ag/ITO/Ag)을 구비하는 InGaIn 청색 발광 다이오드에 대해 전류-전압 특성을 측정된 결과를 나타낸 그래프이다.
- <73> 도 4a 및 도 4b에서, 어닐링된 반사전극 및 상기 어닐링된 반사전극을 구비하는 발광소자가 더 우수한 전류-전압 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.
- <74> <실시예>
- <75> 다음에는 이러한 반사전극과 관련하여 본 발명자가 실시한 실험예를 설명한다. 본 발명의 진정한 기술적 범위는 하기된 본 발명자가 실시한 반사전극의 형성방법의 예시된 공정에 의해 제한되지 않는다.
- <76> 먼저, 본 발명자는 기판위에 질화갈륨(GaN)을 주성분으로 한 p형 화합물 반도체층이 형성된 구조체를 트리클로로에틸렌, 아세톤, 메탄올, 증류수로 조음과 세척기(ultrasonic bath) 안에서 60°C에서 각각 5분씩 표면 세척한 후, 시료에 남아 있는 수분을 제거하기 위하여 100°C에서 10분 동안 하드 베이킹(hard baking)을 하였다.
- <77> 이후, 포토레지스트(photo-resist)를 p형 화합물 반도체층 위에 4,500 rpm에서 스핀코팅(spin coating)하였다. 그 후 85°C에서 15분 동안 소프트 베이킹(soft baking)하고, 마스크 패턴을 현상하기 위하여 마스크와 시료를 일치(align)시킨 다음에 22.8 mW의 강도의 자외선(UV)에 15초 동안 노출시키고, 현상액과 증류수의 비를 1:4로 혼합한 용액 속에 시료를 침지시켜 25초 정도 경과시켜 현상하였다.
- <78> 그 후, BOE 용액을 이용해 현상된 시료에 있는 오염층을 제거하기 위하여 5분간 침지 시켰다. 이후에, Ag를 전자빔 증착기 챔버내의 반응대상체 장착스테이지에 장착하였으며, 전자빔 증착기(electron-beam evaporator)를 이용하여 Ag로 제 1 전극층을 증착하였다.
- <79> 상기 제 1 전극층 상에 ITO로 제 2 전극층을 증착한 다음, 아세톤으로 리프트 오프(lift-off) 공정을 거친 후, 급속 가열(rapid thermal annealing : RTA) 로(furnace) 안에 시료를 넣어 산소 또는 질소 분위기 하에서 430°C 내지 530°C에서 1분 동안 어닐링 하였다. 그리고 나서 전자빔 증착기에 의해 상기 제 2 전극층 위에 Ag로 제 3 전극층을 증착하였다. 그 다음에 산소 또는 질소 분위기에서, 상기 제 3 전극층이 형성된 결과물을 어닐링 하

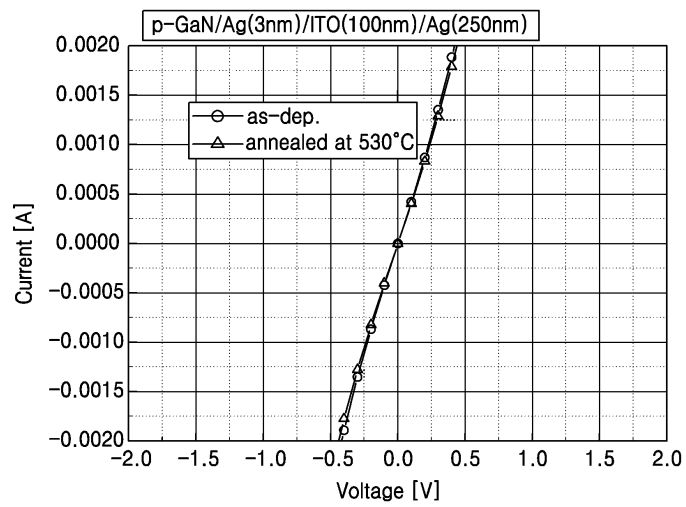
도면2



도면3



도면4a



도면4b

