(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년11월25일
(11) 등록번호 10-1332686
(24) 등록일자 2013년11월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/36 (2010.01) *H01L 33/42* (2010.01)
H01L 33/46 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2012-0075651
(22) 출원일자 2012년07월11일
심사청구일자 2012년07월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR100646636 B1*
KR1020120044545 A*
KR1020100054074 A
KR1020100056114 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
고려대학교 산학협력단
서울 성북구 안암동5가 1
(72) 발명자
김태근
경기 성남시 분당구 이매동 청구@601-1105
김희동
서울특별시 성북구 안암동5가 고려대학교자연계캠퍼스 공학관 436호
(74) 대리인
특허법인주원

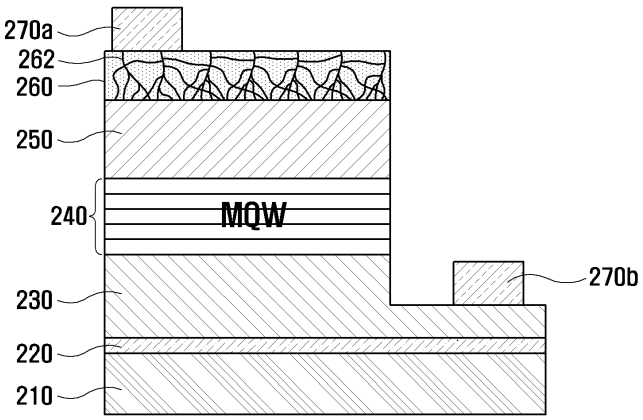
전체 청구항 수 : 총 20 항 심사관 : 진수영

(54) 발명의 명칭 **투명 전극을 구비하는 발광소자 및 그 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 자외선 영역의 빛에 대해서 높은 광투과도를 나타내면서도 반도체층에 대해서 양호한 오믹 콘택 특성을 나타내는 투명 전극을 구비하는 발광소자 및 그 제조 방법을 공개한다. 본 발명은 자외선 영역의 빛에 대한 투과도가 높고, 물질에 고유한 임계전압을 초과하는 전압이 인가되면, 내부에 전류가 흐를 수 있는 전도성 필라멘트가 형성되어, 물질의 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 저항변화 물질로 발광소자의 투명 전극을 형성함으로써, 발광소자에서 발생하는 가시광선 영역의 빛뿐만 아니라 자외선 영역(특히, 340nm~280nm 파장 영역 및 280nm 이하의 파장 영역의 자외선)의 빛에 대해서도 높은 광투과율을 나타낼뿐만 아니라, 투명 전극의 전도도가 높아, 반도체층과 양호한 오믹 접촉 특성을 나타낸다. 또한, 본 발명은 투명 전극의 상부 또는 하부에 전도성 및 광투과도 특성이 우수한 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류 확산층을 형성하여 투명 전극 내부에 형성된 전도성 필라멘트들을 상호 연결시킴으로써 투명 전극으로 유입된 전류를 반도체층 전체로 확산시켜 전류 집중 현상을 방지할 수 있다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

기판;

상기 기판 위에 형성된 제 1 반도체층;

상기 제 1 반도체층 위에 형성되어 빛을 발생시키는 활성층;

상기 활성층위에 형성된 제 2 반도체층; 및

상기 제 2 반도체층 위에, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화된 투명 재질의 절연물질로 형성된 투명 전극;을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 투명 전극 위에 형성된 반사층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 반사층은 서브마운트 기판에 형성된 제 1 도전성 패턴과 접촉하고, 외부로 드러난 상기 제 1 반도체층에 형성된 전극 패드는 범프를 통해서 상기 서브마운트 기판에 형성된 제 2 도전성 패턴과 접촉하도록 상기 기판과 상기 서브마운트 기판이 서로 결합된 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 4

기판;

상기 기판 위에 형성된 반사층;

상기 반사층 위에, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화된 투명 재질의 절연물질로 형성된 투명 전극;

상기 투명 전극 위에 형성된 제 2 반도체층;

상기 제 2 반도체층 위에 형성되어 빛을 발생시키는 활성층; 및

상기 활성층 위에 형성된 제 1 반도체층을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극은 고유한 임계 전압 이상의 전압이 인가되어 포밍(forming) 공정이 수행됨으로써, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 6

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 반도체층은 n-AlGaN 층으로 형성되고, 상기 제 2 반도체층은 p-AlGaN층 또는 p-AlGaN층과 p-GaN 박막으로 형성된 것을 특징으로 하는 발광 소자.

청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극은 상기 제 2 반도체층과 오믹 콘택되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 8

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리며 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 9

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 2 반도체층과 상기 투명 전극 사이에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 10

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극의 상기 제 2 반도체층이 접촉하는 면의 반대면에 접촉하고, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 11

(a) 기판위에 제 1 반도체층, 빛을 발생시키는 활성층, 및 제 2 반도체층을 순차적으로 형성하는 단계;

(b) 상기 제 2 반도체층 위에, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 투명 전극을 형성하는 단계; 및

(c) 상기 투명 전극에 전압을 인가하여 상기 투명 전극의 저항 상태를 저저항 상태로 변화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

(d) 상기 투명 전극 위에 반사층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

(e) 상기 제 1 반도체층이 드러나도록 상기 투명 전극, 상기 제 2 반도체층, 및 상기 활성층을 식각하고 상기 제 1 반도체층 위에 전극 패드를 형성하는 단계; 및

(f) 서브마운트 기판에 형성된 제 1 도전성 패턴과 상기 반사층이 접촉하고, 상기 서브마운트 기판에 형성된 제 2 도전성 패턴과 상기 전극 패드가 범프를 통해서 서로 접촉하도록 상기 기판과 상기 서브마운트 기판을 서로 결합시키는 단계를 더 포함하는 발광소자 제조방법.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

(e) 상기 반사층 위에 접합층을 형성하고, 서브마운트 기판을 상기 접합층에 접합시키는 단계; 및

(f) 상기 기판을 상기 제 1 반도체층으로부터 분리하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

청구항 15

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 (c) 단계는

상기 투명 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 투명 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

청구항 16

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 반도체층은 n-AlGaN 층으로 형성되고, 상기 제 2 반도체층은 p-AlGaN층 또는 p-AlGaN층과 p-GaN 박막으로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 소자 제조 방법.

청구항 17

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극은 상기 제 2 반도체층과 오믹 콘택되는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조 방법.

청구항 18

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투명 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리며 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

청구항 19

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 제 2 반도체층 위에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류확산층을 형성하는 단계를 더 포함하고,

상기 (b) 단계에서, 상기 투명 전극은 상기 전류확산층 위에 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조방법.

청구항 20

제 11 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

저저항 상태로 변화된 상기 투명 전극 위에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류확산층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자 제조 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 투명 전극을 구비하는 발광소자 및 그 제조 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 오믹 콘택 특성 및 광투과도가 양호한 투명 전극을 구비하는 발광소자 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 투명 전극은 LED, 태양전지, 의료용 자외선 소독기, 수산업 등 다양한 분야에서 이용되고 있고, 점점 그 응용분야와 그 수요가 증대되는 추세에 있다. 특히, 투명 전극은 LED 분야에서 많이 이용되고 있고, LED에 적용되는 현재의 투명 전극 기술은 가시광 영역(400nm-800nm)과 전체 자외선 영역(10nm-400nm) 중 일부 영역(365nm~400nm)까지 적용될 수 있는 ITO(Indium Tin Oxide) 기반의 기술이 주를 이루고 있다.

[0003] 최근에는, 자외선 영역의 빛을 발생시키는 UV LED에 대한 수요가 급속히 증가하고 있으나, 자외선 영역에서 고전도성과 고투과도를 나타내는 투명 전극이 현재까지 개발되지 못하여, 자외선 LED는 상용화되기 어려운 실정이다.

[0004] 예컨대, 현재 가장 많이 이용되고 있는 ITO 투명 전극이 형성된 UV LED의 경우에, 활성층에서 생성된 단파장의 자외선 영역(10nm~320nm)의 빛은 대부분 ITO에서 흡수되어, ITO를 투과하여 외부로 추출되는 빛이 1%정도에 불과하다.

[0005] 도 1에는 종래기술에 따라서 P-GaN 반도체층 위에 ITO 투명 전극을 형성한 경우의 투과도를 도시하였다. 도 1에 도시된 바와 같이, 파장이 350nm 이상인 영역에서는 80% 이상의 투과도를 나타내지만, 단파장의 자외선 영역에

서는 투과도가 급격히 감소하는 것을 알 수 있고, 특히, 280nm 이하의 단파장 영역에서는 투과도가 20%이하로 감소함을 알 수 있다.

[0006] 이러한 문제점을 해결하기 위한 다른 종래기술은 p-AlGaN와 같은 반도체층 위에 투명 전극을 형성하지 않고, 금속 전극 패드를 직접 형성하였으나, 금속과 반도체층 사이의 일함수의 차이가 너무 커서 Ohmic Contact이 이루어지지 않을 뿐 만 아니라, 전류가 금속 전극 패드에 집중되고 활성층 전체로 공급되지 않아 활성층에서 발생되는 빛이 양이 현저하게 감소하는 문제점이 발생한다.

[0007] 이러한 문제를 해결하기 위해서, 다양한 연구들이 진행되고 있으나, 아직까지 자외선 영역에서 고전도성과 고투과도를 동시에 나타내는 투명 전극은 개발되고 못하는 실정이다. 이는 물질의 전도성과 투과도는 서로 trade-off관계를 가지고 있기 때문이다. 자외선 영역에서 이용될 수 있을 만큼 높은 투과도를 가지는 물질은 큰 밴드 갭(large band-gap)을 가지므로, 전극으로 이용되기에는 전도성이 매우 낮고 반도체 물질과 Ohmic contact 이 이루어지지 않아 전극으로 이용하는 것이 불가능하다.

[0008] 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안된 기술의 일예로서, 투명 전극을 은(Ag) 박막으로 형성하는 기술이 한국특허출원 제 10-2007-0097545 호로서 출원되었다. 그러나, 이러한 종래 기술에서 Ag을 이용하여 투명 전극을 형성하는 경우, Ohmic contact 이 이루어지도록 반도체층 위에 Ag를 얇게 증착하는 것이 매우 어려울 뿐만 아니라, Ag를 반도체층 위에 얇게 증착한다 하더라도 한국특허출원 제 10-2007-0097545 호 도 4의 그래프에 도시된 바와 같이, 빛의 파장이 420nm 이하인 영역에서는 투과도가 80%이하로 급격히 하락하고, 빛의 파장이 380nm 이하인 영역에서는 투과도가 50% 이하로 감소하여, 종래의 ITO 전극과 투과도에서 차이가 없어, 실질적으로 자외선 영역의 투과도 개선을 기대하기 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 자외선 영역의 빛에 대해서도 높은 투과도를 나타내면서도 반도체층과 양호한 오믹 콘택 특성을 나타내는 투명 전극을 구비하는 발광소자 및 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 발광 소자는, 기판; 상기 기판 위에 형성된 제 1 반도체층; 상기 제 1 반도체층 위에 형성되어 빛을 발생시키는 활성층; 상기 활성층위에 형성된 제 2 반도체층; 및 상기 제 2 반도체층 위에, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 형성된 투명 전극을 포함한다.

[0011] 또한, 상기 발광 소자는 상기 투명 전극 위에 형성된 반사층을 더 포함할 수 있다.

[0012] 또한, 상기 반사층은 서브마운트 기판에 형성된 제 1 도전성 패턴과 접촉하고, 외부로 드러난 상기 제 1 반도체층에 형성된 전극 패드는 범프를 통해서 상기 서브마운트 기판에 형성된 제 2 도전성 패턴과 접촉하도록 상기 기판과 상기 서브마운트 기판이 서로 결합될 수 있다.

[0013] 한편, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 발광 소자는, 기판; 상기 기판 위에 형성된 반사층; 상기 반사층 위에, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 형성된 투명 전극; 상기 투명 전극 위에 형성된 제 2 반도체층; 상기 제 2 반도체층 위에 형성되어 빛을 발생시키는 활성층; 및 상기 활성층 위에 형성된 제 1 반도체층을 포함한다.

[0014] 또한, 상기 발광 소자들의 상기 투명 전극은 고유한 임계 전압 이상의 전압이 인가되어 포밍(forming) 공정이 수행됨으로써, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 것일 수 있다.

[0015] 또한, 상기 제 1 반도체층은 n-AlGaN 층으로 형성되고, 상기 제 2 반도체층은 p-AlGaN층 또는 p-AlGaN층과 p-GaN 박막으로 형성된 것일 수 있다.

[0016] 또한, 상기 투명 전극은 상기 제 2 반도체층과 오믹 콘택되는 것일 수 있다.

[0017] 또한, 상기 투명 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리며 계열의 물질,

및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성될 수 있다.

[0018] 또한, 상기 발광 소자들은 상기 제 2 반도체층과 상기 투명 전극 사이에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 발광 소자들은 상기 투명 전극의 상기 제 2 반도체층이 접촉하는 면의 반대면에 접촉하고, CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 형성되는 전류확산층을 더 포함할 수 있다.

[0020] 한편, 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 발광소자 제조 방법은, (a) 기판위에 제 1 반도체층, 빛을 발생시키는 활성층, 및 제 2 반도체층을 순차적으로 형성하는 단계; (b) 상기 제 2 반도체층 위에, 인가되는 전계에 의해서 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명 재질의 절연물질로 투명 전극을 형성하는 단계; 및 (c) 상기 투명 전극에 전압을 인가하여 상기 투명 전극의 저항 상태를 저저항 상태로 변화시키는 단계를 포함한다.

[0021] 또한, 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 발광소자 제조 방법은 (d) 상기 투명 전극 위에 반사층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0022] 또한, 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 발광소자 제조 방법은 (e) 상기 제 1 반도체층이 드러나도록 상기 투명 전극, 상기 제 2 반도체층, 및 상기 활성층을 식각하고 상기 제 1 반도체층 위에 전극 패드를 형성하는 단계; 및 (f) 서브마운트 기판에 형성된 제 1 도전성 패턴과 상기 반사층이 접촉하고, 상기 서브마운트 기판에 형성된 제 2 도전성 패턴과 상기 전극 패드가 범프를 통해서 서로 접촉하도록 상기 기판과 상기 서브마운트 기판을 서로 결합시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 다른 일 실시예에 따른 발광소자 제조 방법은 (e) 상기 반사층 위에 접합층을 형성하고, 서브마운트 기판을 상기 접합층에 접합시키는 단계; 및 (f) 상기 기판을 상기 제 1 반도체층으로부터 분리하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0024] 또한, 상기 제조 방법들의 상기 (c) 단계는, 상기 투명 전극에 임계 전압 이상의 전압을 인가함으로써 포밍(forming) 공정을 수행하여, 상기 투명 전극 내부에 전도성 필라멘트를 형성할 수 있다.

[0025] 또한, 상기 제조 방법들에서, 상기 제 1 반도체층은 n-AlGaN 층으로 형성되고, 상기 제 2 반도체층은 p-AlGaN층 또는 p-AlGaN층과 p-GaN 박막으로 형성될 수 있다.

[0026] 또한, 상기 제조 방법들에서, 상기 투명 전극은 상기 제 2 반도체층과 오믹 콘택되도록 형성될 수 있다.

[0027] 또한, 상기 제조 방법들에서, 상기 투명 전극은 투명한 Oxide 계열의 물질, 투명한 Nitride 계열의 물질, 투명한 폴리머 계열의 물질, 및 투명한 나노 물질들 중 어느 하나로 형성될 수 있다.

[0028] 또한, 상기 제조 방법들은, 상기 (a) 단계와 상기 (b) 단계 사이에, 상기 제 2 반도체층 위에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류확산층을 형성하는 단계를 더 포함하고, 상기 (b) 단계에서, 상기 투명 전극은 상기 전류확산층 위에 형성될 수 있다.

[0029] 또한, 상기 제조 방법들은, 저저항 상태로 변화된 상기 투명 전극 위에 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀으로 전류확산층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명은 자외선 영역의 빛에 대한 투과도가 높고, 물질에 고유한 임계전압을 초과하는 전압이 인가되면, 내부에 전류가 흐를 수 있는 전도성 필라멘트가 형성되어, 물질의 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 저항변화 물질로 발광소자의 투명 전극을 형성함으로써, 발광소자에서 발생하는 가시광선 영역의 빛뿐만 아니라 자외선 영역(특히, 340nm~280nm 파장 영역 및 280nm 이하의 파장 영역의 자외선)의 빛에 대해서도 높은 광투과율을 나타낼뿐만 아니라, 투명 전극의 전도도가 높아, 반도체층과 양호한 오믹 접촉 특성을 나타낸다.

[0031] 또한, 본 발명은 투명 전극의 상부 또는 하부에 전도성 및 광투과도 특성이 우수한 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류 확산층을 형성하여 투명 전극 내부에 형성된 전도성 필라멘트들을 상호 연결시킴으로써 투명 전극으로 유입된 전류를 반도체층 전체로 확산시켜 전류 집중 현상을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 종래기술에 따라서 P-GaN 반도체층위에 ITO 투명 전극을 형성한 경우의 투과도를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 투명 전극을 구비하는 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.

도 3a 및 도 3b 는 저항 변화 물질의 특성을 설명하는 도면이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 투명 전극을 형성하는 방법을 설명하는 도면이다.

도 5a 및 도 5b는 전류 집중 문제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 제 1 실시예의 변형 실시예에 따른 발광소자의 구성을 도시하였다.

도 6a는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 발광 소자의 구성을 도시하는 도면이고, 도 6b는 제 2 실시예의 변형 실시예를 도시하는 도면이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 발광 소자 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 8a는 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 발광소자의 구조를 도시하는 도면이고, 도 8b는 제 3 실시예의 변형 실시예에 따른 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.

도 9는 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 발광소자 제조 방법을 설명하는 도면이다.

도 10a 내지 도 10e는 p-GaN 반도체층위에 Ga_2O_3 물질을 이용하여 투명 전극을 형성한 예의 투과도 특성, 포밍 공정 수행전의 오믹 특성, 포밍 공정 수행전의 접촉 저항 특성, 포밍 공정 수행후의 오믹 특성, 포밍 공정 수행후의 접촉 저항 특성을 각각 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다.

[0034] 도 2는 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 투명 전극(260)을 구비하는 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.

[0035] 도 2를 참조하면, 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 발광소자는 기판(210)위에 버퍼층(220), 제 1 반도체층(230), 활성층(240), 및 제 2 반도체층(250)이 순차적으로 형성되어 있고, 제 2 반도체층(250) 위에 투명 전극(260)이 형성되어 있으며, 투명 전극(260)의 상부 및 식각되어 일부 영역이 드러난 제 1 반도체층(230)의 상부에는 전극 패드(270a, 270b)가 형성되어 있다.

[0036] 기판(210)은 사파이어 기판과 같이 발광소자 형성에 일반적으로 이용되는 기판들이 이용될 수 있고, 버퍼층(220)은 제 1 반도체층(230)이 용이하게 성장될 수 있도록 Un-doped GaN 등으로 형성될 수 있으며 필요에 따라서는 생략될 수 있다.

[0037] 제 1 반도체층(230)은 n타입으로 도핑된 반도체층으로서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있도록 n-AlGaN으로 형성되었으나, 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있는 발광소자의 제조에 이용되는 일반적인 재질로 형성될 수도 있다.

[0038] 활성층(240)(MQW)은 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al(In)GaN/(In)GaN 으로 형성되는 것이 바람직하지만, 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있는 것이라면 그 재질에 한정이 없다.

[0039] 제 2 반도체층(250)은 p타입으로 도핑된 반도체층으로서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있도록 p-AlGaN 단일층으로 형성하거나, 활성층(240) 위에 p-AlGaN 층 및 p-GaN 박막을 순차적으로 형성하였으나, 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있는 발광소자의 제조에 이용되는 일반적인 재질로 형성될 수도 있다.

[0040] 상술한 실시예에에서, 제 1 반도체층(230)과 제 2 반도체층(250)은 각각 n타입 및 p타입으로 도핑된 반도체층으로 설명하였으나, 그 역의 경우도 가능하다.

[0041] 한편, 본 발명의 투명 전극(260)은 자외선 영역을 포함하는 빛에 대한 투과도가 높으면서도 인가된 전계에 의해서 저항상태가 변화되는 투명 재질의 물질(저항 변화 물질)로 형성된다. 이러한, 저항 변화 물질은 주로 ReRAM(Resistive RAM) 분야에서 이용되는 것으로서, 물질에 고유한 임계치 이상의 전압을 물질에 인가하면,

electro-forming이 수행되어, 최초에는 절연체인 물질의 저항 상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되어 전도성을 나타내게 된다.

[0042] 구체적으로, 절연체인 저항 변화 물질에 임계치 이상의 전압을 인가하면, 전기적 스트레스(forming process)에 의해 박막 내부로 전극 금속 물질이 삽입되거나 박막내 결함구조에 의해 도 2에 도시된 바와 같이 저항 변화 물질 내부에 전도성 필라멘트(262:conducting filaments)(또는, 금속 필라멘트(metallic filaments))가 형성된다. 이 후에는, 물질에 인가된 전압이 제거되어도 전도성 필라멘트(262)는 유지되고, 이러한 전도성 필라멘트(262)를 통해서 전류가 흐르게 되어, 물질의 저항 상태가 저저항 상태로 유지된다.

[0043] 도 3a를 참조하면, 저항 변화 물질(예컨대, AlN)은 forming과정 전에는 절연체 특성을 보이다가 forming 과정 이후 금속의 I-V 특성을 나타냄을 확인 할 수 있다.

[0044] 도 3b는 전도성 필라멘트(262)가 형성된 후 얼마나 안정적으로 유지 될 수 있는가를 보여 주는 그래프로서, 그래프의 빨간색 점선이 보여 주는 것과 같이 전도성 필라멘트(262)가 형성 된 후 10년 동안 안정적으로 저저항 상태가 유지 될 수 있음을 알 수 있다.

[0045] 본 발명의 바람직한 실시예에서는, 이러한 저항 변화 물질로서, 투명한 전도성 Oxide 계열의 물질(SiO2, Ga2O3, Al2O3, ZnO, ITO 등), 투명한 전도성 Nitride 계열의 물질(Si3N4, AlN, GaN, InN 등), 투명한 전도성 폴리머 계열의 물질(polyaniline(PANI)), poly(ethylenedioxythiophene)-polystyrene sulfonate (PEDOT:PSS) 등), 및 투명한 전도성 나노 물질(CNT, CNT-oxide, Graphene, Graphene-oxide 등) 등을 이용하였으나, 상술한 물질 이외에도 투명하고 상술한 저항 변화 특성을 나타내는 물질이라면 본 발명의 투명 전극(260)을 형성하는데 이용될 수 있음은 물론이다. 다만, 상기 물질들이 전도성을 갖는다는 의미는, 포밍(forming) 공정에 의해서 내부에 전도성 필라멘트(262)가 형성된 이 후에, 전도성을 갖는다는 의미이고, 본 발명의 투명 전극(260)ds 포밍 공정이 수행되어, 내부에 전도성 필라멘트가 형성된 것임을 주의해야 한다.

[0046] 도 2에 도시된 바와 같이, 발광 소자가 완성되면, 투명 전극(260)층위에 형성된 전극 패드(270a, 270b)를 통해서 주입된 전류는 투명 전극(260) 내부에서 서로 연결된 전도성 필라멘트(262)를 통해서 전체 영역으로 확산되어 제 2 반도체층(250) 전체 영역으로 주입되고, 활성층(240)에서 발생된 빛, 특히 자외선 영역의 빛은 밴드 갭이 큰 투명 전극(260)을 통해서 외부로 유출된다.

[0047] 도 4는 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 발광소자의 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0048] 도 4를 참조하여 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 발광소자의 제조 방법을 설명하면, 먼저, 종래의 발광소자 제조 방법과 동일한 방식으로 기판(210)위에 버퍼층(220), 제 1 반도체층(230), 활성층(240), 제 2 반도체층(250)을 형성하고, 일반적인 투명 전극(260) 형성 방식과 동일한 방식으로 상술한 바와 같은 저항 변화 물질로 제 2 반도체층(250) 위에 투명 전극(260)을 형성한다(도 4의 (a)참조).

[0049] 그 후, 투명 전극(260) 위에 포토레지스트(280)층을 형성하고, 포토 리쏘그래피 공정을 수행하여 포토레지스트(280)층 중에서 금속 패드(270a)가 형성될 영역의 일부에 포밍 전극(282)을 형성하기 위한 패턴을 형성하고(도 4의 (b)참조), e-beam, 스퍼터 또는 기타 금속 증착 공정을 수행하여 패턴 내부에 포밍 전극(282)을 형성한 후, lift-off 공정을 통해서 포밍 전극(282)을 제외한 포토레지스트(280)층을 제거하여 포밍 전극(282)을 완성한다.

[0050] 그 후, 도 4의 (d)에 도시된 바와 같이, 투명 전극(260) 위에 형성된 포밍 전극(282)에 물질에 고유한 임계 전압 이상의 전압을 인가하면, 절연물질인 투명 전극(260) 내부에 전도성 필라멘트(262)가 형성되어, 투명 전극(260)의 저항 상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화된다.

[0051] 투명 전극(260) 내부에 전도성 필라멘트(262)가 형성되면, 투명 전극(260) 위에 금속 전극 패드(270a)를 형성한다(도 4의 (e)). 이 때, 금속 전극 패드(270a, 270b)(30)를 형성하는 방법은 포밍을 수행하기 위한 전극(282)을 제거하고 별도의 금속 전극 패드(270a)를 형성할 수도 있고, 도 4의 (e)에 도시된 바와 같이, 마스크(284)를 이용하여 포밍 전극(282) 위에 추가로 금속을 증착하여 금속 전극 패드(270a)를 형성할 수도 있다.

[0052] 그 후, 일반적인 수평형 발광소자 제작 공정과 동일한 방식으로, 제 1 반도체층(230)이 드러나도록 투명 전극(260)으로부터 제 2 반도체층(250), 활성층(240)을 순차적으로 식각하고, 제 1 반도체층(230) 위에 n형 전극 패드(270b)를 형성한다.(도 4의 (f)참조)

[0053] 지금까지 본 발명의 바람직한 제 1 실시예에 따른 발광소자 및 그 제조 방법에 대해서 설명하였다.

[0054] 도 2 내지 도 4를 참조하여 상술한 제 1 실시예에서, 투명 전극(260)내에 형성된 일부 전도성 필라멘트(262)는 다른 전도성 필라멘트들(262)과 연결되지 않을 가능성이 있다. 이 경우, 투명 전극(260)으로 유입되는 전류가 투명 전극(260) 전체로 확산되지 못하고 국부적으로 집중되고, 이에 따라서 투명 전극(260)에 접촉하는 제 2 반도체층(250)에도 국부적으로 전류가 집중되는 문제점이 발생할 수도 있다.

[0055] 도 5a 및 도 5b는 이러한 전류 집중 문제를 해결하기 위한 본 발명의 바람직한 제 1 실시예의 변형 실시예에 따른 발광소자의 구성을 도시하였다.

[0056] 도 5a 및 도 5b에 도시된 예에서는, 투명 전극(260)의 전류 확산 특성(current spreading)을 향상시키기 위해서, 투명 전극(260)에 형성된 전도성 필라멘트들(262)을 상호 연결시키는 CNT(Carbon Nano Tube) 또는 그래핀(graphene)으로 구현되는 전류확산층(290)을 투명 전극(260)의 상면 또는 하면에 형성하였다. 도 5a에서는 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류확산층(290)을 투명 전극(260)위에 형성한 예를 도시하였고, 도 5b에서는 CNT 또는 그래핀으로 구현된 전류확산층(290)을 투명 전극(260)층과 제 2 반도체층(250) 사이에 형성한 예를 도시하였다.

[0057] CNT 및 그래핀은 전도성 및 빛의 투과도가 뛰어난 특성이 있고, 본 발명은 이러한 특성을 이용하여 투명 전극(260)의 일면에 접촉하도록 CNT 또는 그래핀으로 전류확산층(290)을 형성하여 투명 전극(260)의 전도성 필라멘트(262)를 상호 연결함으로써, 투명 전극(260)으로 유입된 전류가 제 2 반도체층(250) 전체 영역으로 확산되도록 하였다.

[0058] 이 때, 전류확산층(290)이 두껍게 형성될수록 내부의 CNT 및 그래핀이 상호 연결되고, 이에 따라서 전도성 필라멘트들(262)이 상호 연결될 확률이 높아져서 투명 전극(260)의 전도성은 향상되지만 투과도가 낮아진다. 따라서, 본 발명의 전류확산층(290)은 투명 전극(260)의 전도성 필라멘트들(262)을 상호 연결시키기에 충분하면서도 투과도가 저해되지 않는 한도내에서 가능한 얇게 형성되는 것이 바람직하다.

[0059] 도 5a 및 도 5b에 도시된 본 발명의 실시예에서는, 약 2nm 내지 약 100nm 의 두께로 전류확산층(290)을 형성하였다. 2nm는 CNT 및 그래핀을 단일층으로 형성할 수 있는 최소의 두께이고, 100nm는 빛의 투과도를 80% 이상으로 유지할 수 있는 최대의 두께이다.

[0060] 도 5a 및 도 5b에 도시된 예의 경우에, 투명 전극(260)이 형성된 직후 또는 투명 전극(260)이 형성되기 직전에 CNT 또는 그래핀으로 전류확산층(290)을 형성한다는 점을 제외하면, 나머지 구성은 도 2 내지 도 4를 참조하여 설명한 것과 동일하므로, 구체적인 설명은 생략한다.

[0061] 도 6a는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 발광 소자의 구성을 도시하는 도면이고, 도 6b는 제 2 실시예의 변형 실시예를 도시하는 도면이다.

[0062] 먼저, 도 6a를 참조하면, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 발광 소자는 활성층에서 발생된 빛을 기판 방향으로 방출하는 플립칩(flip-chip) 구조로서, 종래의 플립칩 구조의 발광소자에서 반도체층(p-GaN)과 반사층 사이에, 본 발명의 저항 변화 물질로 전도성 필라멘트가 형성된 투명 전극을 더 포함시키는 것을 특징으로 한다.

[0063] 도 6a에 도시된 제 2 실시예에서는, 도 2 내지 도 4를 참조하여 설명한 수평형 발광소자와 동일한 방식으로, 기판(610)이 위치한 방향을 하면이라고 가정하면, 기판(610), 버퍼층(620), 제 1 반도체층(630), 활성층(640), 및 제 2 반도체층(650)이 순차적으로 형성되어 있고, 제 2 반도체층(650) 위에 포밍에 의해서 전도성 필라멘트(662)가 형성된 투명 전극(660)이 형성되어 있으며, 투명 전극(660) 위에 반사층(670)이 형성되어 있다. 이 때, 상술한 기판(610) 내지 투명 전극(660)은 도 2에 도시된 기판(210) 내지 투명 전극(260)과 동일한 재질 및 방식으로 형성될 수 있고, 반사층(670)의 재질은 일반적인 플립칩 구조의 발광소자에서 이용되는 Ag, Al 등이 이용될 수 있다.

[0064] 반사층(670)이 형성된 후, 반사층(670)은 서브마운트 기판(690)위에 형성된 제 1 도전성 패턴(680a)과 접합되고, 제 1 반도체층(630)에 형성된 전극 패드(672)는 범프(674)에 의해서 역시 서브마운트 기판(690)위에 형성된 제 2 도전성 패턴(680b)에 접합되어 전류를 공급받을 수 있다.

[0065] 제 1 도전성 패턴(680a)을 통해서 주입된 전류는 반사층(670)을 통해서 투명 전극(660)으로 인가되고, 투명 전극(660)에 형성된 전도성 필라멘트(662)를 통해서 제 2 반도체층(650) 전체로 확산된다.

[0066] 한편, 활성층(640)에서 생성된 빛은 제 1 반도체층(630)이 위치한 상방과 제 2 반도체층(650)이 위치한 하방으

로 향하고, 하방으로 향하는 빛은 투명 전극(660)을 통과하고, 반사층(670)에서 반사된 후 상방으로 향하여, 반도체 기판(610)을 통해서 외부로 방출된다.

[0067] 이 때, 본 발명의 투명 전극(660)은 전도성 필라멘트(662)에 의해서 저저항상태이므로, 제 2 반도체층(650) 및 반사층(660)과 양호한 오믹 콘택 특성을 나타내며, 자외선 영역에 대해서 높은 투과율을 나타내는 밴드갭이 큰 물질들로 형성되었으므로, 높은 광투과율을 나타낸다.

[0068] 도 7은 본 발명의 바람직한 제 2 실시예에 따른 발광 소자 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0069] 도 7을 참조하여, 본 발명의 제 2 실시예에 따른 발광소자 제조 방법을 설명하면, 상술한 도 4의 (a) 단계 내지 (d) 단계를 수행하여 전도성 필라멘트(662)가 형성된 투명 전극(660)을 제 2 반도체층(650) 위에 형성하고(도 7의 (a) 참조), 포밍 전극을 제거한 후 제 2 반도체층(650) 위에 반사층(670)을 형성한다(도 7의 (b)참조). 이 때, 반사층(670)은 투명 전극(660) 전체에 형성될 수도 있고, 메탈 마스크(710)를 이용하여 제 1 반도체층(630)에 전극 패드(672)를 형성하기 위해서 식각될 영역을 제외한 영역에만 형성될 수도 있다.

[0070] 그 후, 제 1 반도체층(630)에 전극 패드(672)를 형성하기 위해서, 투명 전극(660)(또는 반사층(670))부터 제 1 반도체층(630)이 드러나도록 발광 소자의 일정 영역을 식각한 후, 제 1 반도체층(630) 위에 전극 패드(672)를 형성한다.(도 7의 (c)참조)

[0071] 그리고 나서, 제 1 도전성 패턴(680a) 및 제 2 도전성 패턴(680b)이 형성된 서브마운트 기판(690)을 준비하고, 반사층(670)과 제 1 도전성 패턴(680a)이 접합되고, 범프(674)를 통해서 제 2 도전성 패턴(680b)과 제 1 반도체층(630)에 형성된 전극 패드(672)가 접합되도록 발광 소자를 뒤집어서 서브마운트 기판(690)에 결합하여 플립칩 구조의 발광소자를 완성한다.(도 7의 (d) 참조)

[0072] 한편, 도 6b는 본 발명의 바람직한 제 2 실시예의 변형 실시예를 도시하는 도면으로서, 투명 전극(660)에 형성된 전도성 필라멘트(662)의 일부가 다른 전도성 필라멘트들(662)과 연결되지 않아, 전류가 일부 전도성 필라멘트(662)를 통해서만 제 2 반도체층(650)에 집중적으로 주입되는 것을 방지하기 위해서, CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류확산층(690)을 제 2 반도체층(650)과 투명 전극(660) 사이에 추가하였다. 비록 도 6b에는 제 2 반도체층(650)과 투명 전극(660) 사이에 전류확산층(690)이 추가되는 것으로 도시하였으나, 투명 전극(660)과 반사층(670) 사이에 전류확산층(690)이 더 추가될 수 있음은 물론이다.

[0073] 도 8a는 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 발광소자의 구조를 도시하는 도면이고, 도 8b는 제 3 실시예의 변형 실시예에 따른 발광소자의 구조를 도시하는 도면이다.

[0074] 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 발광소자는 수직형 발광소자로서, 일반적인 수직형 발광소자의 구조에서 반사층과 제 2 반도체층(예컨대, p-GaN층) 사이에 저항 변화 물질로 전도성 필라멘트가 형성된 투명 전극이 추가로 형성된 것을 특징으로 한다.

[0075] 도 8a를 참조하면, 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 발광 소자는, 서브마운트 기판(890), 접합층(880), 반사층(870), 투명 전극(860), 제 2 반도체층(850), 활성층(840), 제 1 반도체층(830) 및 전극 패드(910)가 순차적으로 형성되어 구성된다.

[0076] 제 3 실시예에서, 서브마운트 기판(890)은 전류 주입이 가능한 금속 기판이 이용되고, 반사층(870)은 Al 및 Ag와 같이 발광소자에서 반사층(870)으로 일반적으로 이용되는 재질로 금속 기판(810) 위에 형성되어 활성층(840)에서 발생된 빛을 반사하여 상방으로 향하도록 한다.

[0077] 반사층(870) 위에 형성되는 투명 전극(860)은 제 1 및 제 2 실시예와 마찬가지로, 자외선 영역의 빛을 투과시킬 수 있고, 물질에 고유한 임계 전압 이상의 전압이 인가되면 내부에 전도성 필라멘트(862)가 형성되어 저항상태가 고저항 상태에서 저저항 상태로 변화되는 투명한 저항변화 물질로 형성된다. 투명 전극(860)은 포밍 공정이 수행되어 내부에 전도성 필라멘트(862)가 형성됨으로써, 저저항 상태가 유지되며, 반사층(870)으로부터 인가된 전류는 투명 전극(860) 내부에 형성된 전도성 필라멘트(862)를 통해서 전체 영역으로 확산되어 제 2 반도체층(850)으로 주입됨은 제 1 및 제 2 실시예와 같다.

[0078] 제 2 반도체층(850)은 p타입으로 도핑된 반도체층으로서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있도록 p-AlGaN 단일층으로 형성되거나, 투명전극 위에 p-GaN 박막 및 p-AlGaN층 순차적으로 형성

되었으나, 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있는 발광소자의 제조에 이용되는 일반적인 재질로 형성될 수도 있다.

[0079] 활성층(840)(MQW)은 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al(In)GaN/(In)GaN 으로 형성되는 것이 바람직하지만, 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있는 것이라면 그 재질에 한정이 없다.

[0080] 제 1 반도체층(830)은 n타입으로 도핑된 반도체층으로서, 본 발명의 바람직한 실시예에서는 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있도록 n-AlGaN으로 형성되었으나, 자외선 영역의 빛을 발생시킬 수 있는 발광소자의 제조에 이용되는 일반적인 재질로 형성될 수도 있다.

[0081] 상술한 실시예에에서, 제 1 반도체층(830)과 제 2 반도체층(850)은 각각 n타입 및 p타입으로 도핑된 반도체층으로 설명하였으나, 그 역의 경우도 가능하다.

[0082] 도 9는 본 발명의 바람직한 제 3 실시예에 따른 발광소자 제조 방법을 설명하는 도면이다.

[0083] 도 9를 참조하면, 도 4의 (a)단계 내지 (d) 단계와 동일한 공정을 수행하여, 사파이어 기판(810)과 같은 기판위에 순차적으로 버퍼층(820), 제 1 반도체층(830), 활성층(840), 제 2 반도체층(850) 및 투명 전극(860)을 형성하고, 투명 전극(860)을 포밍하여 내부에 전도성 필라멘트(862)를 형성함으로써, 투명 전극(860)의 저항 상태를 저저항 상태로 변화시킨다.(도 9의 (a)참조)

[0084] 이 때, 버퍼층(820)은 Un-doped GaN층으로 형성될 수 있고, 제 1 반도체층(830)은 n-AlGaN 층으로 형성될 수 있으며, 활성층(840)(MQW)은 자외선 영역의 빛이 발생될 수 있도록 Al(In)GaN/(In)GaN 으로 형성될 수 있고, 제 2 반도체층(850)은 p-AlGaN 단일층 또는 p-AlGaN 층과 p-GaN 박막으로 형성될 수 있음은 제 1 및 제 2 실시예와 같다.

[0085] 제 2 반도체층(850) 위에 형성되는 투명 전극(860)은 상술한 바와 같이, 자외선에 대한 투과도가 높고 임계 전압 이상의 전압이 인가되면 내부에 전도성 필라멘트(862)가 형성되어 저항상태가 저저항 상태로 변화되는 물질로 형성된 후 포밍 공정이 수행되어 내부에 전도성 필라멘트들(862)이 형성된다. 저항 변화 물질의 예는 상술하였으므로 구체적인 설명은 생략한다.

[0086] 그 후, 투명 전극(860) 위에 Ag 또는 Al과 같은 금속으로 반사층(870)을 형성하고, 그 위에 서브마운트 기판(880)과의 접합을 위한 접합층(880)을 형성함으로써 발광 구조물을 완성한다.(도 9의 (b)참조)

[0087] 그리고 나서, 사파이어 기판(810)이 위로 오도록 발광 구조물의 접합층(880)과 서브마운트 기판(880)에 접합하고, 사파이어 기판(810)을 발광소자로부터 분리하기 위해서, 사파이어 기판(810)을 통해서 245~305nm의 UV 레이저를 조사한다. 조사된 UV 레이저는 버퍼층(820)에서 흡수되고, 버퍼층(820)의 GaN 물질이 Ga와 N2로 분리됨으로써 사파이어 기판(810)이 발광소자로부터 분리된다.(도 9의 (c)참조)

[0088] 그 후, 제 1 반도체층(830) 위에 남아있는 버퍼층(820)의 잔여물질을 제거하고, 제 1 반도체층(830) 위에 n형 전극 패드를 형성함으로써, 발광소자를 완성한다.(도 9의 (d)참조)

[0089] 상술한 제 3 실시예의 수직형 발광 소자 제조 공정에서, 투명 전극(860)을 형성하고 포밍을 수행하는 과정을 제외한 나머지 과정은 일반적인 수직형 발광소자의 제조 공정과 동일하므로, 보다 상세한 설명은 생략한다.

[0090] 한편, 상술한 제 1 및 제 2 실시예와 마찬가지로, 제 3 실시예의 경우에도, 투명 전극(860)의 일부 전도성 필라멘트(862)들이 다른 전도성 필라멘트(862)들과 상호 연결되지 않아 전류가 일부 영역에 집중되는 것을 방지하기 위해서, 도 9의 (b) 단계에서 투명 전극(860)과 제 2 반도체층(850) 사이에 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류확산층(990)을 더 형성하거나, 투명 전극(860) 위에 CNT 또는 그래핀으로 구현되는 전류 확산층을 형성하고, 그 위에 반사층(870)을 형성할 수도 있다.

[0091] 이렇게 형성된 본 발명의 바람직한 제 3 실시예의 변형 실시예를 도 8b에 도시하였다. 도 8b를 참조하면, CNT 또는 그래핀으로 구현된 전류확산층(990)이 제 2 반도체층(850)과 반사층(870) 사이에 형성된다. 반사층(870)을 통해서 유입되는 전류는 투명 전극(860)의 전도성 필라멘트(862)를 통해서 1차로 확산되고, 투명 전극(860)과 접촉하는 전류 확산층에서 제 2 반도체층(850) 전체로 확산되어 균일하게 전류가 주입된다.

[0092] 한편, 상술한 바와 같이, 전류확산층(990)이 투명 전극(860)과 반사층(870) 사이에 형성되어도 상술한 것과 동일한 효과가 나타남을 당업자는 알 수 있을 것이다.

[0093] 지금까지 상술한 제 3 실시예에 따른 발광소자 역시 자외선 영역의 빛에 대한 광투과도가 높고, 전도성 필라멘트가 형성되어 양호한 오믹 콘택 특성을 나타내는 저항 변화 물질을 이용하여 투명 전극을 형성함으로써, 발광소자 전체의 광투과도와 전기적 특성이 향상된다.

[0094] 도 10a 내지 도 10e에는 상술한 본 발명의 발광소자의 제 2 반도체층으로 이용될 수 있는 p-GaN 반도체층위에, 본 발명의 투명 전극 형성에 이용될 수 있는 저항 변화 물질인 Ga_2O_3 을 이용하여 투명 전극을 형성한 경우, 투명 전극의 투과도 특성, 포밍 공정 수행전의 오믹 특성, 포밍 공정 수행전의 접촉 저항 특성, 포밍 공정 수행후의 오믹 특성, 포밍 공정 수행후의 접촉 저항 특성을 각각 도시하였다.

[0095] 도 10a 내지 도 10e에 도시된 예에서는, p-GaN 반도체층 위에 Ga_2O_3 물질로 투명 전극(두께:약 80nm)을 형성하였다.

[0096] 도 10a에 도시된 그래프를 참조하면, 도시된 예의 Ga_2O_3 투명 전극은 파장이 264nm 이상인 자외선 영역의 빛에 대해서 80% 이상의 투과도를 나타냄을 알 수 있다. 이 역시 도 1에 도시된 20%의 투과도를 나타내는 종래의 ITO 기반의 투명전극에 비하여 투과도가 현저하게 개선된 것임을 알 수 있다.

[0097] 도 10b 내지 도 10e에는 측정 전극간의 거리가 2㎛, 4㎛, 6㎛, 8㎛, 및 10㎛ 일때 오믹 특성(도 10b 및 도 10d) 및 TLM(Transfer Length Method) 패턴을 이용하여 측정한 접촉 저항 특성(도 10c 및 도 10e)을 나타낸다.

[0098] 도 10b를 참조하면, 측정 전극간의 거리가 2㎛인 경우를 기준으로, 포밍 공정 수행 이전에는 인가되는 전압과 무관하게 투명 전극에 $1.0*10^{-11}$A 내외의 전류가 흐름을 알 수 있고, 전혀 오믹 특성을 나타내지 않음을 알 수 있다. 또한, 도 10c를 참조하면 오믹 접촉 저항 특성 역시 전혀 선형성을 나타내지 않음을 알 수 있다.

[0099] 반면, 도 10d를 참조하면, 포밍 공정 수행 이후에는, 측정 전극간의 거리가 2㎛인 경우를 기준으로, 투명 전극에 인가되는 전압이 0V ~ 1.0V 일때, 투명 전극에 0 ~ $2.0*10^{-2}$ A정도의 전류가 흐르므로, 포밍 공정 수행 이전과 비교하여 10^9 배만큼의 전류가 더 흐르고, 전류 대 전압 관계도 상호 비례하는 양호한 오믹 특성을 나타냄을 알 수 있다. 또한, 도 10e를 참조하면, 접촉 저항 특성 역시 선형성을 나타내므로 포밍 공정 수행 이전과 비교하여 오믹 접촉 저항 특성이 상당히 개선되었음을 알 수 있다.

[0100] 도 10a 내지 도 10e에 도시된 예의 p-GaN 반도체층 위에 형성된 Ga_2O_3 투명 전극 특성을 정리하면, Ga_2O_3 투명 전극은 264nm 이상의 파장을 갖는 자외선 영역의 빛에 대해서 80% 이상의 투과도를 나타내고, TLM 패턴을 이용하여 측정한 결과, 포밍 공정 수행 전에는 51,680Ω㎠ 의 접촉저항을 나타내지만, 포밍 공정 수행 후에는 $2.64*10^{-5}$Ω㎠ 의 접촉 저항을 나타내므로 전도성이 월등하게 향상될 뿐만 아니라, 양호한 오믹 특성을 나타냄을 알 수 있다.

[0101] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

[0102] 210,610, 기판

220,620 버퍼층

230,630 제 1 반도체층

240,640 활성층

250,650 제 2 반도체층

260,660 투명 전극

262,662 전도성 필라멘트

270a 270b, 672,910 전극 패드

280 포토레지스트

282,720,920 포밍 전극

670,870 반사층

674 범프

680a 제 1 도전성 패턴

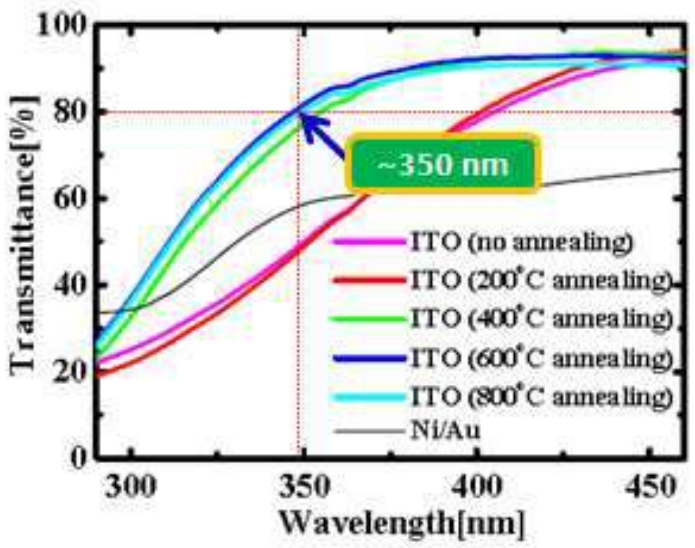
680b 제 2 도전성 패턴

690,890 서브마운트 기판

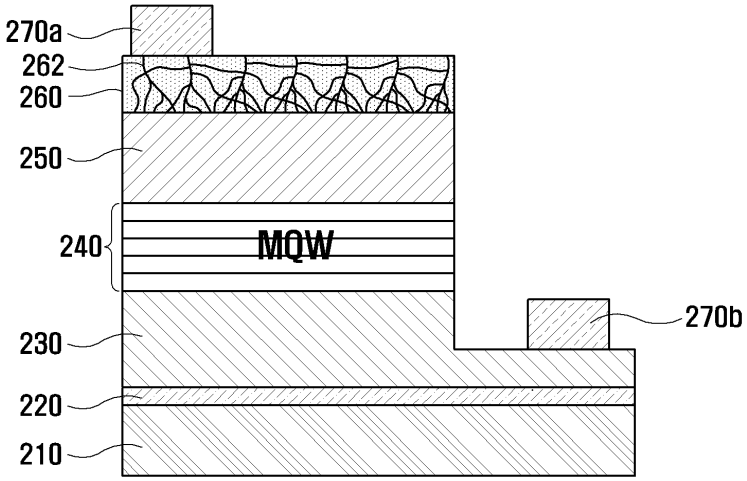
290,790,990 전류확산층

도면

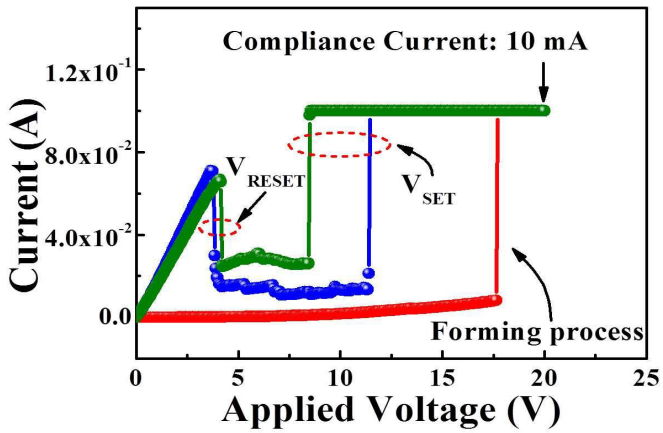
도면1



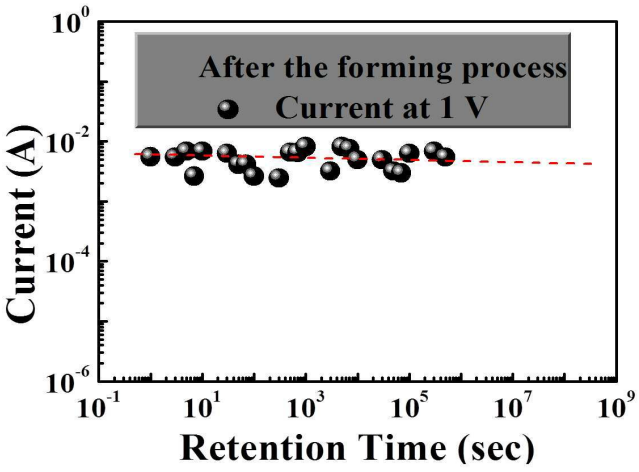
도면2



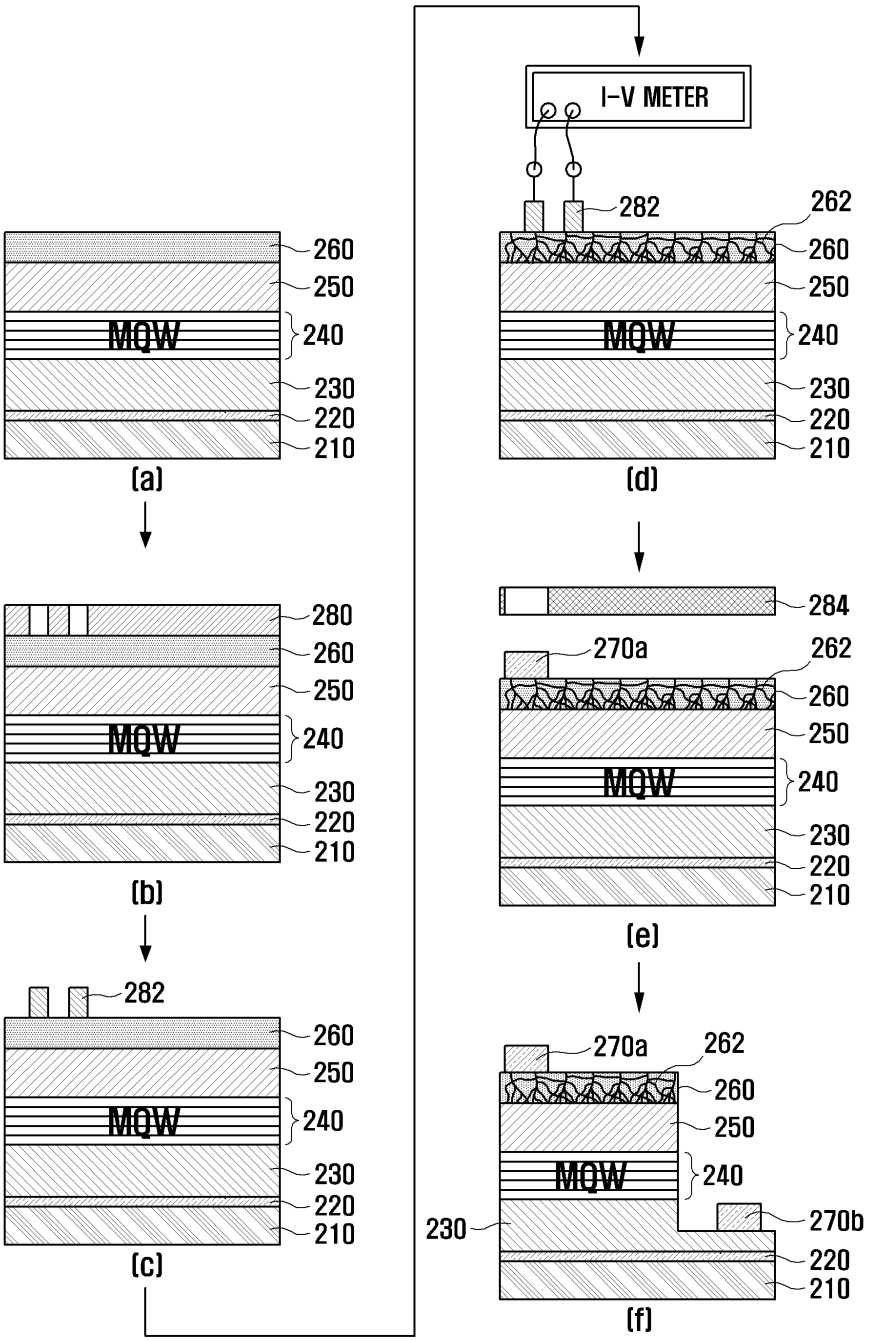
도면3a



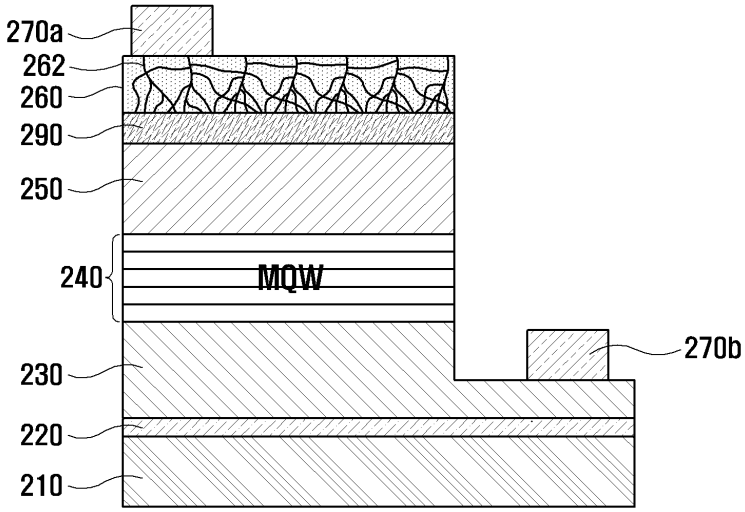
도면3b



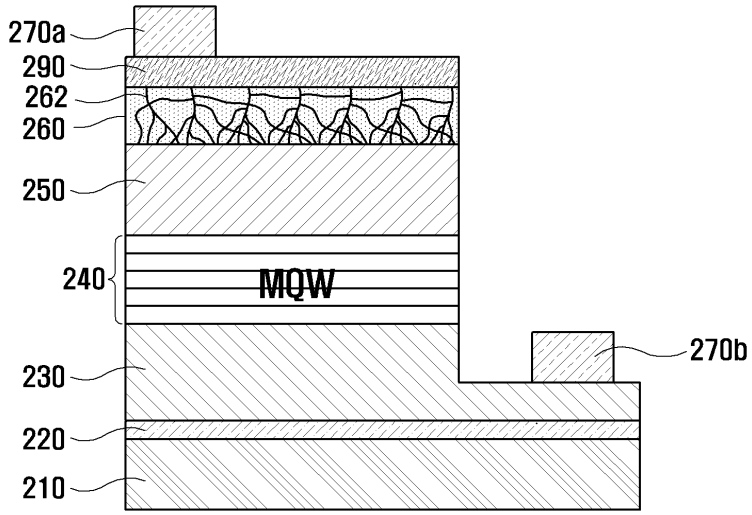
도면4


I-V METER
282
262
260
250
MQW
240
230
220
210
(a)
(b)
(c)
(d)
(e)
(f)
280
284
270a
270b

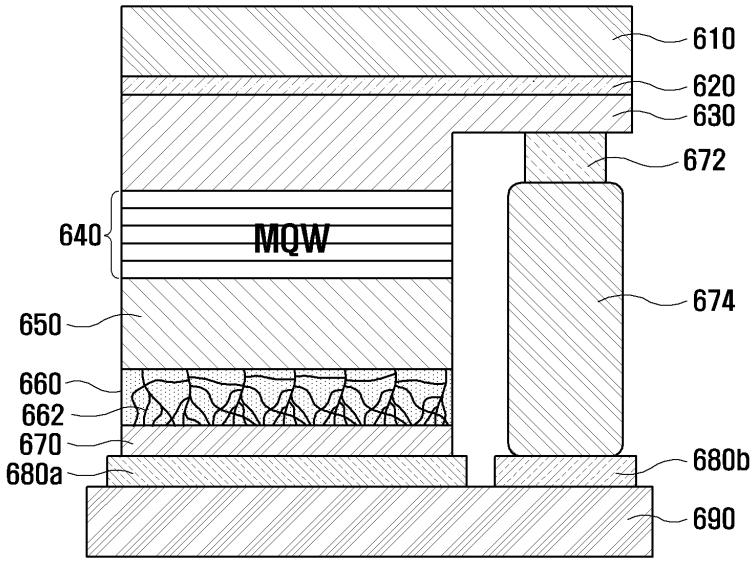
도면5a


270a
262
260
290
250
240
MQW
270b
230
220
210

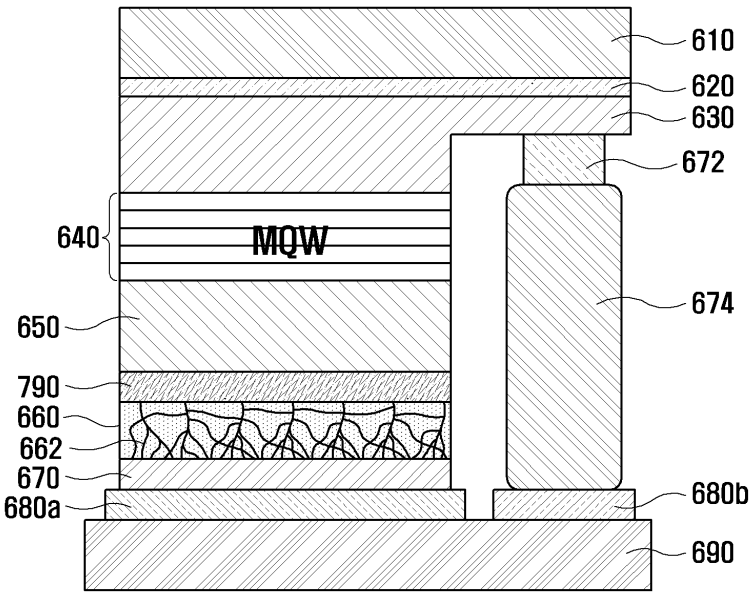
도면5b


270a
290
262
260
250
240
MQW
270b
230
220
210

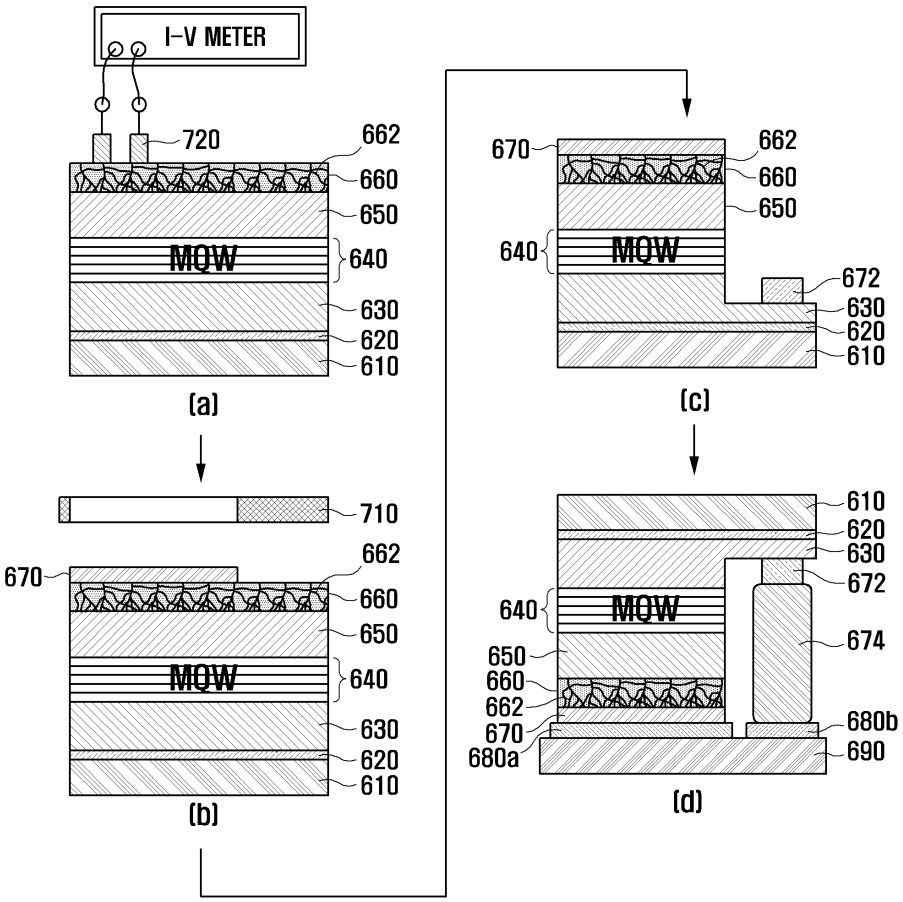
도면6a


610
620
630
672
640
MQW
674
650
660
662
670
680a
680b
690

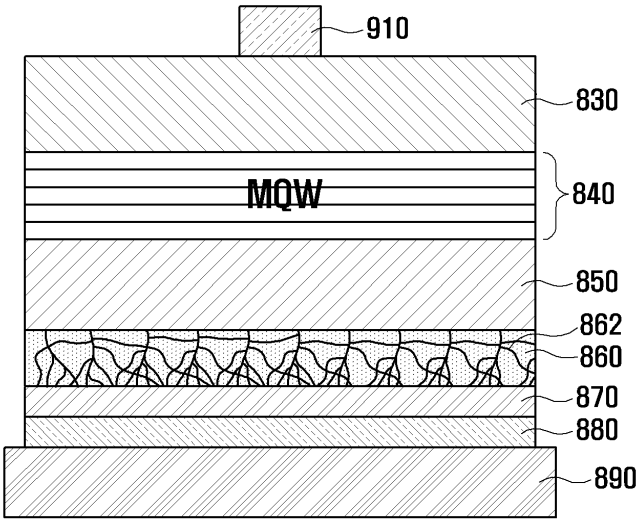
도면6b


610
620
630
672
640
MQW
674
650
790
660
662
670
680a
680b
690

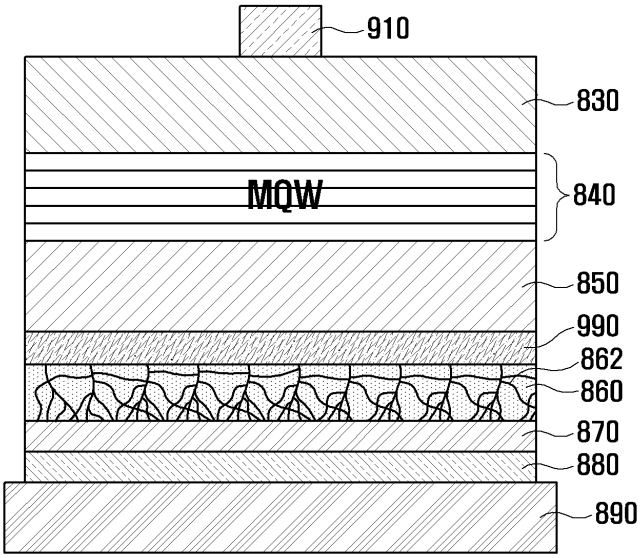
도면7


I-V METER
720
662
660
650
MQW
640
630
620
610
(a)
710
670
662
660
650
MQW
640
630
620
610
(b)
670
662
660
650
640
MQW
672
630
620
610
(c)
610
620
630
672
640
MQW
674
650
660
662
670
680a
680b
690
(d)

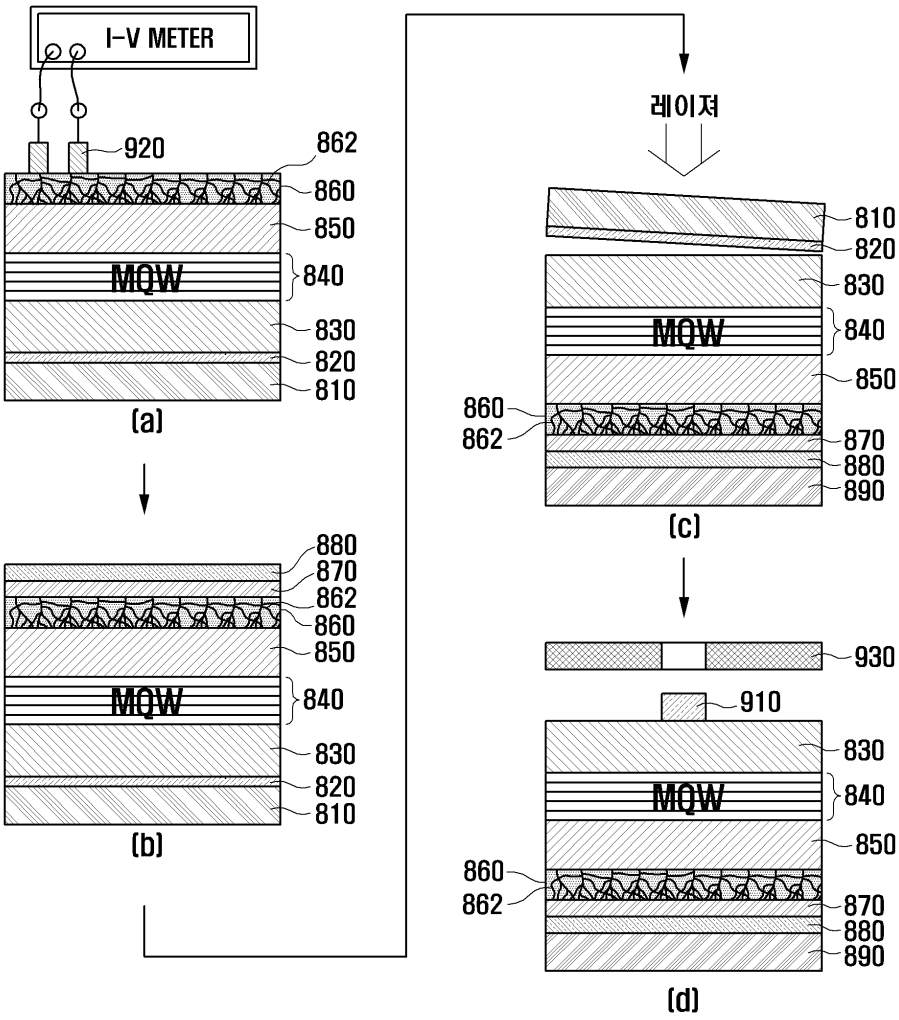
도면8a


910
830
MQW
840
850
862
860
870
880
890

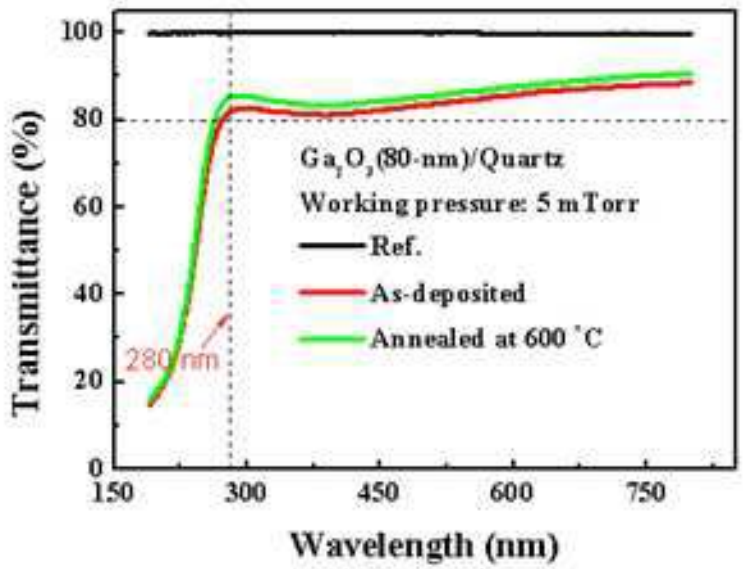
도면8b


910
830
MQW
840
850
990
862
860
870
880
890

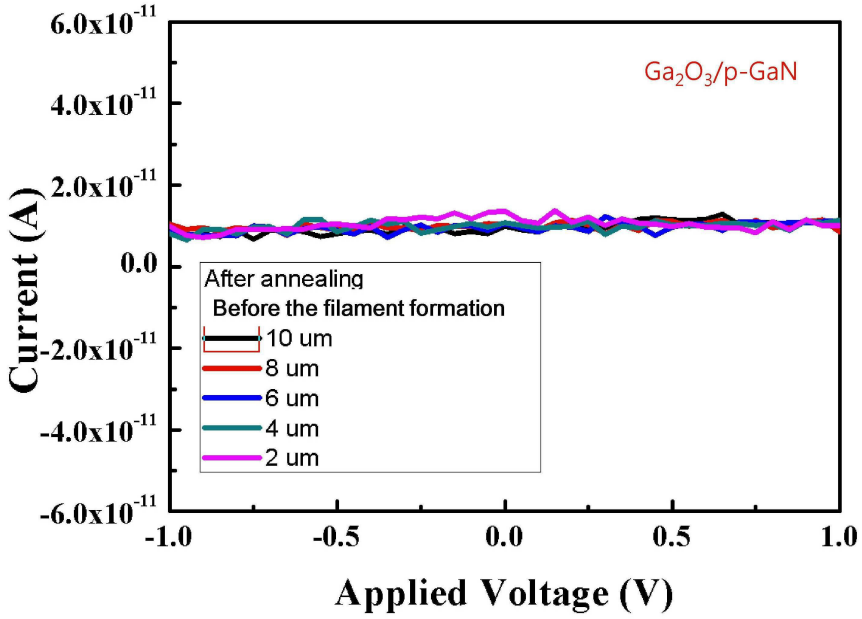
도면9


I-V METER
920
862
860
850
MQW
840
830
820
810
(a)
880
870
862
860
850
MQW
840
830
820
810
(b)
레이저
810
820
830
MQW
840
850
860
862
870
880
890
(c)
930
910
830
MQW
840
850
860
862
870
880
890
(d)

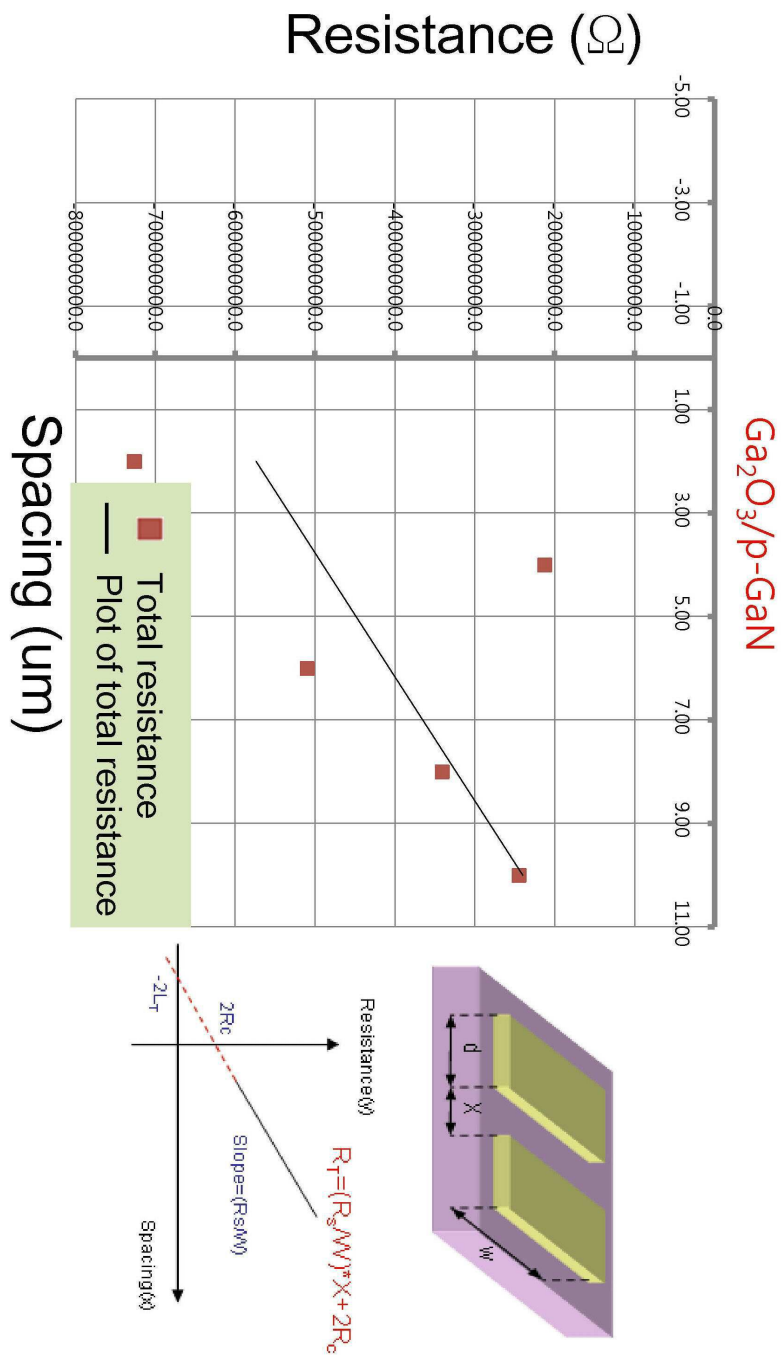
도면10a


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
Ga2O3(80-nm)/Quartz
Working pressure: 5 mTorr
Ref.
As-deposited
Annealed at 600 °C
280 nm

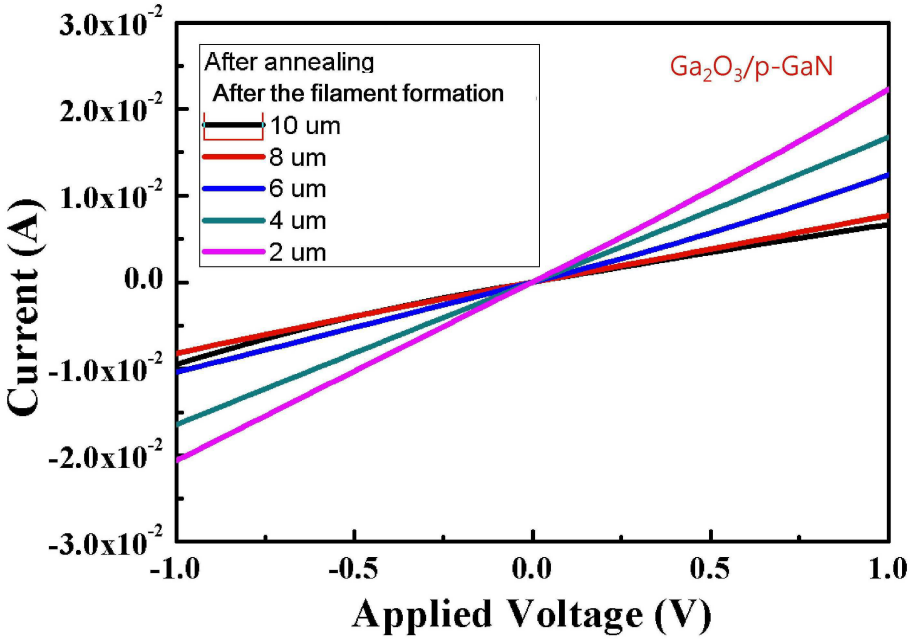
도면10b


Current (A)
Applied Voltage (V)
Ga2O3/p-GaN
After annealing
Before the filament formation
10 um
8 um
6 um
4 um
2 um

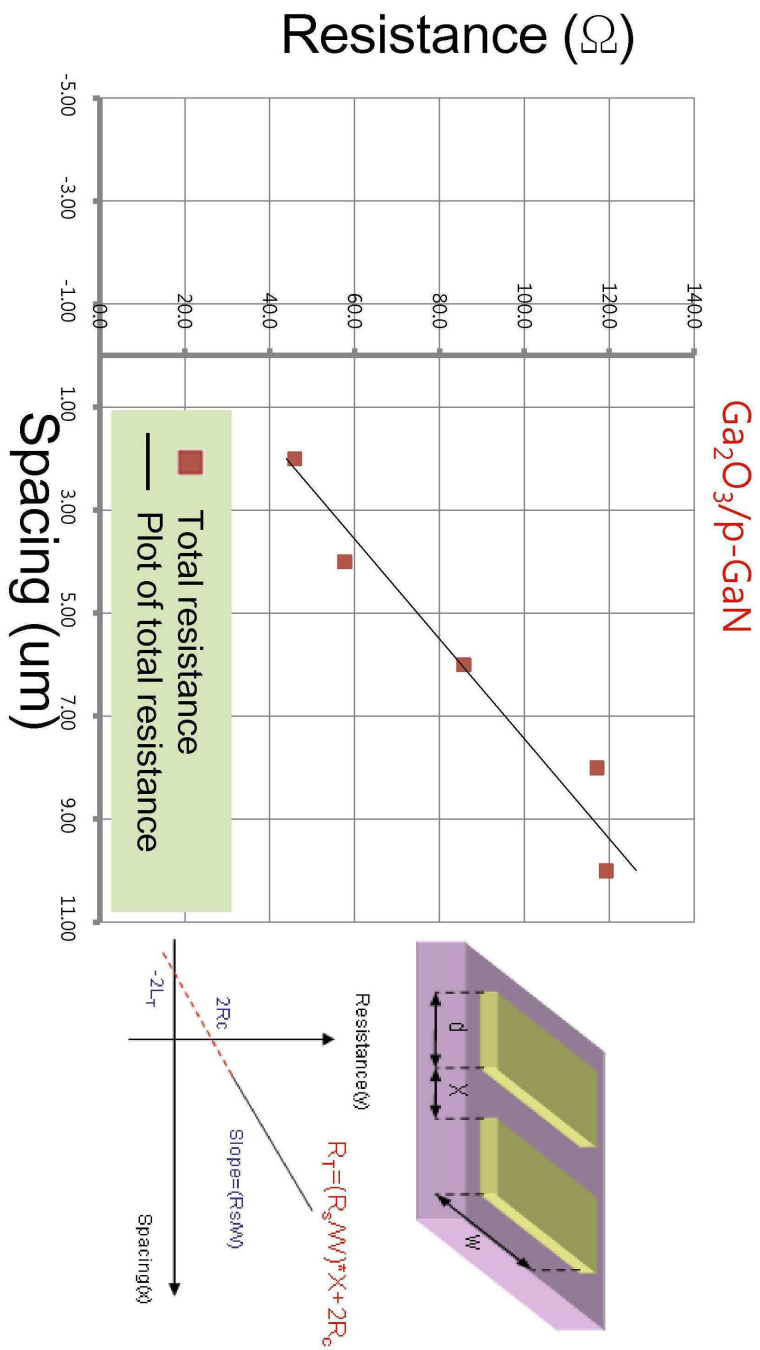
도면10c


Resistance (Ω)
Spacing (um)
Ga2O3/p-GaN
Total resistance
Plot of total resistance
-5.00
-3.00
-1.00
0.0
1.00
3.00
5.00
7.00
9.00
11.00
800000000.0
700000000.0
600000000.0
500000000.0
400000000.0
300000000.0
200000000.0
100000000.0
d
X
w
Resistance(y)
Spacing(x)
-2LT
2Rc
Slope=(Rs/W)
RT=(Rs/W)*X+2Rc

도면10d


After annealing
After the filament formation
10 um
8 um
6 um
4 um
2 um
Ga2O3/p-GaN
Current (A)
Applied Voltage (V)
3.0x10-2
2.0x10-2
1.0x10-2
0.0
-1.0x10-2
-2.0x10-2
-3.0x10-2
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0

도면10e


Resistance (Ω)
Spacing (um)
Total resistance
Plot of total resistance
Ga2O3/p-GaN
Resistance(y)
Spacing(x)
2Rc
-2LT
Slope=(Rs/W)
RT=(Rs/W)*X+2Rc
d
X
W