



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년03월31일  
(11) 등록번호 10-0818522  
(24) 등록일자 2008년03월25일

(51) Int. Cl.

H01S 5/30 (2006.01) H01S 3/0941 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2004-0069149

(22) 출원일자 2004년08월31일

심사청구일자 2007년05월09일

(65) 공개번호 10-2006-0020329

(43) 공개일자 2006년03월06일

(56) 선행기술조사문헌

JP09083077 A

JP2004119772 A

US5059552 A

(73) 특허권자

삼성전기주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 314

(72) 발명자

김연희

경기 수원시 장안구 천천동 천천아파트 113동 102호

최광기

경기도 수원시 팔달구 망포동 벽산아파트 117동 1804호

성연준

경기도 수원시 권선구 구운동 삼환아파트 11동 204호

(74) 대리인

특허법인 씨엔에스·로그스

전체 청구항 수 : 총 10 항

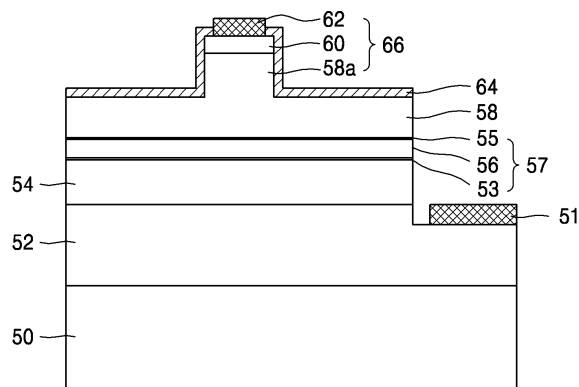
심사관 : 이용배

(54) 레이저 다이오드의 제조방법

(57) 요약

레이저 다이오드의 제조방법이 개시된다. 본 발명에 따른 레이저 다이오드의 제조방법은 기판 상에 적어도 하부 클래드층, 공진층, 상부 클래드층, 상부 콘택트층, 상부 전극층 및 희생층을 순차적으로 형성하는 단계, 상기 희생층에서부터 상부 클래드층의 소정깊이까지 에칭하여 리지부를 형성하는 단계, 상기 리지부의 측면으로 노출된 상부 전극층을 소정깊이로 에칭하여 상부 콘택트층의 양측 상면과 이에 대응하는 상기 희생층의 양측 저면을 노출시키는 단계, 상기 리지부의 표면 및 리지부로부터 연장되는 상부 클래드층의 상면에 형성되는 것으로, 상기 희생층의 적어도 일측 저면이 노출되도록 개구부를 갖는 소정두께의 매립층을 형성하는 단계 및 상기 개구부를 통해 에천트를 공급하여 상기 희생층 및 그 위의 매립층 부분을 제거하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

기관 상에 적어도 하부 클래드층, 공진층, 상부 클래드층, 상부 콘택트층, 상부 전극층 및 희생층을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 희생층에서부터 상부 클래드층의 소정깊이까지 에칭하여 리지부를 형성하는 단계;

상기 리지부의 측면으로 노출된 상부 전극층을 소정깊이로 에칭하여 상부 콘택트층의 양측 상면과 이에 대응하는 상기 희생층의 양측 저면을 노출시키는 단계;

상기 리지부의 표면 및 리지부로부터 연장되는 상부 클래드층의 상면에 형성되는 것으로, 상기 희생층의 적어도 일측 저면이 노출되도록 개구부를 갖는 소정두께의 매립층을 형성하는 단계; 및

상기 개구부를 통해 에천트를 공급하여 상기 희생층 및 그 위의 매립층 부분을 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 노출된 상부 전극층의 에칭은  $H_2SO_4$  와  $H_2O_2$ 의 혼합액을 이용하는 습식에칭 공정에 의하여 수행되는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 희생층과 그 위의 매립층 부분은 리프트오프법에 의해 제거되는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서,

상기 희생층의 제거는 습식에칭 공정에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 5**

제 4 항에 있어서,

상기 희생층은 상기 노출된 희생층의 적어도 일측 저면을 통하여 유입되는 에천트에 의해 선택적으로 에칭되는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 에천트는 BOE 용액 또는 HF 용액인 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 개구부는 상기 희생층의 저면 및 상기 상부 전극층의 측면에 대응하여 형성되는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 희생층은 실리콘 산화물로 형성되는 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 실리콘 산화물은 SiO<sub>2</sub>이며, 그 두께는 100Å 내지 10000Å인 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조 방법.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

상기 매립층은 TiO<sub>2</sub>로 형성되며, 그 두께는 100Å 내지 10000Å인 것을 특징으로 하는 레이저 다이오드의 제조 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

- <16> 본 발명은 레이저 다이오드의 제조방법에 관한 것으로 상세히는 자기정렬을 이용한 반도체 레이저 다이오드의 제조방법에 관한 것이다.
- <17> 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 판독을 위한 수단의 광원으로써 널리 사용되고 있다.
- <18> 이와 같이 반도체 레이저 다이오드가 널리 사용되는 이유는 한정된 공간 내에서 레이저광의 발진 특성을 유지할 수 있고 소형화가 가능하며 무엇보다도 레이저 발진을 위한 임계 전류값이 작다는데 있다. 반도체 레이저를 사용할 수 있는 산업 분야가 증가되면서 보다 작은 임계 전류값을 가지는 반도체 레이저 다이오드에 대한 요구가 증가하고 있는데 즉, 저전류 발진이 가능하고 장시간 수명 동작 시험을 통과하는 우수한 특성을 가지는 반도체 레이저 다이오드에 대한 필요성이 증가하고 있다.
- <19> 도 1은 종래 기술에 의한 반도체 레이저 다이오드로서, 레이저 발진을 위한 임계 전류 값을 감소시키도록 리지 웨이브 가이드(ridge wave guide) 구조를 가지는 반도체 레이저 다이오드를 보인다.
- <20> 도 1을 참조하면, 사파이어 기판(10) 상에 제 1 및 제 2 영역(R1, R2)으로 구분되는 n-GaN 하부 콘택트층(12)이 적층되어 있다. 제 1 영역(R1) 상에서, n-GaN 하부 콘택트층(12)의 상면에 n-GaN/AlGaIn 하부 클래드층(24), n-GaN 하부 도파층(26), InGaIn 활성층(28), p-GaN 상부 도파층(30), p-GaN/AlGaIn 상부 클래드층(32)이 순차적으로 적층되어 있다. 여기서, n- 및 p-GaN/AlGaIn 하부 및 상부 클래드층(24, 32)의 굴절률은 n- 및 p-GaN 하부 및 상부 도파층(26, 30)보다 작고 n- 및 p-GaN 하부 및 상부 도파층(26, 30)의 굴절률은 활성층(28)의 굴절률보다 작다. p-GaN/AlGaIn 상부 클래드층(32)의 상부 가운데 부분에는 리지 웨이브 가이드 구조를 제공하는 소정 폭의 돌출된 리지(32a)가 형성되어 있고, 리지(32a)의 정상면에는 p-GaN 상부 콘택트층(34)이 형성되어 있다. 상기 p-GaN/AlGaIn 상부 클래드층(32)의 위에는 콘택트홀(36a)를 가지는 패시베이션층으로서의 매립층(36)이 형성되어 있다. 상기 매립층(36)의 콘택트홀(36a)은 상기 리지(32a)의 상면에 형성된 상부 콘택트층(34)의 정상부분에 대응하며, 콘택트홀(36a)의 가장자리 부분은 상부 콘택트층(34) 상면의 가장자리 부분에 겹쳐져 있다.
- <21> 상기 매립층(36) 위에는 p형 상부 전극(38)이 형성되어 있고, p형 전극(38)은 상기 매립층(36)의 콘택트홀(36a)을 통해 상기 상부 콘택트층(34)에 접촉된다. 상부 하부 콘택트층(12)에서, 제 1 영역(R1)보다 낮은 제 2 영역(R2)에는 n형 하부 전극(37)이 형성되어 있다.
- <22> 이와 같은 상부 클래드층(32)에 마련된 리지 웨이브 가이드 구조는 활성층(28)으로 주입되는 전류를 제한하여 활성층(28)에서의 레이저 발진을 위한 공진 영역 폭을 제한하여 횡모드(transverse mode)를 안정화시키고 그리고 동작 전류를 낮춘다.

- <23> 상기와 같은 리지 웨이브 가이드 구조를 마련하는 공정에서, 상부 클래드층의 주변을 덮는 매립층에 리지 상면에 대응하는 콘택트홀을 형성하는 방법에는 마스크를 이용한 포토리소그래피법에 의해 리지 상부에 콘택트홀을 형성하는 방법이 있다. 그러나 이러한 방법은 제조공정의 정확성이 낮은 결점을 가지며, 특히 소자의 상부 콘택트층과 p 형 상부 전극간의 충분한 접촉면적을 확보할 수 없는 한계가 있다. 이는 소자의 작동 전압을 상승시키며 그리고 동작시 발생된 열을 효과적으로 배출할 수 있는 경로를 제공하지 못한다.
- <24> 따라서, 레이저 다이오드의 콘택트홀을 형성하는 방법으로 자기 정렬법(self align process)이 선호된다. PCT 국제공개번호 WO 2000/52796호는 물질의 선택적 용해를 이용한 리프트 오프 법에 의해 자기 정렬된 콘택트홀을 형성하는 방법을 개시한다. 그러나, 리프트 오프 시, 매립층이 너무 두꺼우면 리프트 오프 자체가 불가능하기 때문에 리프트 오프 대상이 되는 매립층의 두께를 일정치 이하로 제한해야 한다. 특히 리프트 오프법은 물질간의 용해도 차이에 의해 목적하는 물질층만을 제거하는 것이므로 물질 선택에 제한이 있다.
- <25> 자기정렬법을 적용한 잘 알려진 종래 다른 방법은 소위 에치백을 적용하여 리지의 정사면에 대응하는 콘택트홀을 매립층에 형성한다. 이 방법은 리지 위에 매립층이 형성되어 있는 웨이퍼 전체에 평탄화된 포토레지스트를 형성한 후 건식 식각법을 이용한 에치 백에 의해 리지 위 부분의 마스크를 제거하여 리지 상부에 대응하는 콘택트홀을 형성하는 기술이다. 이 기술에서의 문제점은 매립층과 리지의 사이에 에칭저지층(Etch stop layer)이 존재하지 않기 때문에 에치 백 과정 중 식각종료시점의 파악이 어렵다는 것이다. 또한, 건식식각에 의한 에치 백에 의해 국부적으로 노출된 리지 상부의 매립층은 습식식각에 의해 제거되어야 한다. 건식 식각은 리지 상단부에 존재하는 상부 콘택트층을 손상시키기 때문에 적용될 수 없다. 이와 같은 이유에 의해 불가피하게 적용되는 습식 식각에 의하면, 포토레지스트와 매립층간의 계면을 통하여 침투함으로써 매립층을 리지 측면방향으로 과도하게 식각시키는 문제가 발생된다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <26> 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 리지 웨이브 가이드 구조에서 리지를 안정적으로 보호하고 이러한 안정적인 리지의 보호에 의해 누설 전류 및 동작 전류의 상승을 효과적으로 방지할 수 있을 뿐만 아니라, 제조공정이 단순하여 정밀성 및 신뢰성이 향상된 레이저 다이오드 제조방법을 제공하는 것이다.

**발명의 구성 및 작용**

- <27> 본 발명에 따르면, 기판 상에 적어도 하부 클래드층, 공기층, 상부 클래드층, 상부 콘택트층, 상부 전극층 및 희생층을 순차적으로 형성하는 단계, 상기 희생층에서부터 상부 클래드층의 소정깊이까지 에칭하여 리지부를 형성하는 단계, 상기 리지부의 측면으로 노출된 상부 전극층을 소정깊이로 에칭하여 상부 콘택트층의 양측 상면과 이에 대응하는 상기 희생층의 양측 저면을 노출시키는 단계, 상기 리지부의 표면 및 리지부로부터 연장되는 상부 클래드층의 상면에 형성되는 것으로, 상기 희생층의 적어도 일측 저면이 노출되도록 개구부를 갖는 소정두께의 매립층을 형성하는 단계 및 상기 개구부를 통해 에천트를 공급하여 상기 희생층 및 그 위의 매립층 부분을 제거하는 단계를 포함하는 레이저 다이오드의 제조방법이 제공된다.
- <28> 상기 노출된 상부 전극층의 에칭은 에천트로서  $H_2SO_4$  와  $H_2O_2$  의 혼합액이 사용되는 습식에칭 공정에 의하여 수행된다. 또한, 상기 희생층과 그 위의 매립층 부분은 리프트오프법에 의해 제거된다. 상기 희생층의 제거는 습식에칭 공정에 의해 수행된다. 상기 희생층은 상기 노출된 희생층의 적어도 일측 저면을 통하여 유입되는 에천트에 의해 선택적으로 에칭되며, 상기 에천트로서 BOE 용액 또는 HF 용액이 사용된다. 따라서, 상기 희생층 위의 매립층 부분은 상기 희생층이 제거됨에 따라 함께 제거된다.
- <29> 상기 희생층은 실리콘 산화물, 예를 들어  $SiO_2$ 로 100Å 내지 10000Å의 두께로 형성된다. 또한, 상기 매립층은 절연물질, 예를 들어  $TiO_2$ 로 100Å 내지 10000Å의 두께로 형성된다.
- <30> 상기 본 발명의 레이저 다이오드의 제조방법에 있어서, 상기 기판과 하부 클래드층 사이에 버퍼층을 더 형성할 수 있다. 여기서 상기 버퍼층은 n-GaN계열의 III-V족 질화물 반도체층 인 것이 바람직하며, 상기 하부 클래드층은 n-GaN/AlGaIn 층인 것이 바람직하다.
- <31> 상기 공기층을 형성하는 단계는:
- <32> 상기 하부 클래드층 상에 상기 하부 클래드층보다 굴절률이 큰 하부 도파층을 형성하는 단계;
- <33> 상기 하부 도파층의 상면에 레이저광이 생성되는 활성층을 형성하는 단계; 및

- <34> 상기 활성층 상에 상부 도파층을 형성하는 단계;를 더 포함한다.
- <35> 상기 상하부 도파층은 상기 활성층보다 굴절률이 작은 것이 바람직하고, 특히 GaN 계열의 III-V족 화합물 반도체층인 것이 바람직하다.
- <36> 상기 활성층은  $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1$  그리고  $x+y \leq 1$ )인 GaN계열의 III-V족 질화물 반도체층일 수 있다.
- <37> 상기 상부 클래드층은 p-GaN/AlGaN인 것이 바람직하며, 상기 상부 콘택트층은 p-GaN계열의 III-V족 질화물 반도체층인 것이 바람직하다.
- <38> 본 발명에 의하면, 상부 클래드층, 상부 콘택트층, 상부 전극층 및 희생층을 포함하는 리지부가 한번의 에칭공정에 의해 형성되며, 한번의 증착공정에 의해 상기 리지부의 표면에 매립층이 형성된다. 또한, 상기 리지부로부터 희생층 및 그 위의 매립층의 제거가 용이하기 때문에, 제조공정이 단순화되고, 공정의 정밀성과 신뢰성이 도모된다.
- <39> 이하 본 발명의 실시예에 따른 반도체 레이저 다이오드의 제조방법을 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도면에서 반도체 레이저 다이오드를 구성하는 각 층의 폭과 높이는 설명을 위해 과장되게 도시되었음에 유의해야 한다.
- <40> 도 2는 본 발명에 따라 제조된 레이저 다이오드의 일 실시예를 보여주는 개략적 단면도이다. 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 반도체 레이저 다이오드는, 기판(50)과, 기판의 상면에 순서대로 적층되는 버퍼층(52), 하부 클래드층(54), 공진층(57), 상부 클래드층(58), 상부 콘택트층(60) 및 상부 전극층(62)을 구비한다. 또한, 상부 클래드층(58)의 돌출부(58a), 상부 콘택트층(60) 및 상부 전극층(62)은 리지부(66)를 형성하고 있다.
- <41> 버퍼층(52)은 하부 콘택트층으로서 기판(50)의 상면에 적층되며, 단차를 가진다. 버퍼층(52)의 단차가 형성된 부분에는 n형 하부 전극(51)이 위치한다.
- <42> 상기 기판(50)은 사파이어 기판 또는 프리스텐딩 GaN 기판이 주로 이용되며, 버퍼층(52)은 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 클래드층(54)은 소정의 굴절률을 가지는 n-GaN/AlGaN층인 것이 바람직하나 레이징이 가능한 다른 화합물 반도체층일 수 있다.
- <43> 상기 공진층(57)은, 하부 클래드층(54)의 상면에 순서대로 하부 도파층(53), 활성층(56) 및 상부 도파층(55)이 적층된 구조를 가진다. 상하부 도파층(55)(53)은 활성층(56)보다 굴절률이 작은 물질로 형성하는데, GaN 계열의 III-V족 화합물 반도체층으로 형성하는 것이 바람직하다. 하부 도파층(53)은 n-GaN층으로, 상부 도파층(55)은 p-GaN층으로 형성한다. 활성층(56)은 레이징이 일어날 수 있는 물질층이면 어떠한 물질층이라도 사용할 수 있으며 바람직하게는 임계전류값이 작고 횡모드 특성이 안정된 레이저광을 발진할 수 있는 물질층을 사용한다. 활성층(56)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 활성층(56)은 다중양자우물 또는 단일양자우물 중 어느 하나의 구조를 가질 수 있으며 이러한 활성층의 구조는 본 발명의 기술적 범위를 제한하지 않는다.
- <44> 상부 클래드층(58)은 상부 도파층(55)의 상면에 적층되며 중앙부에 돌출부(58a)가 형성되어 있는 것으로 상부 도파층(55)보다 굴절률이 작다. 또한, 상기 돌출부(58a)의 상면에 옴릭 콘택트층으로서 상부 콘택트층(60)이 형성되며, 그 위에 상부 전극층(62)이 형성된다. 이러한 상부 클래드층(58)의 돌출부(58a), 상부 콘택트층(60) 및 상부 전극층(62)은 리지부(66)를 형성한다.
- <45> 상부 클래드층(58)은 하부 클래드층(54)이 n형 화합물 반도체층이면 p형 화합물 반도체층으로 형성하고, 하부 클래드층(54)이 p형 화합물 반도체층이면 n형 화합물 반도체층으로 형성한다. 즉, 하부 클래드층(54)이 n-GaN/AlGaN층이면 상부 클래드층(58)은 p-GaN/AlGaN 으로 형성한다. 마찬가지로, 버퍼층(52)이 n형 화합물 반도체층이면 상부 콘택트층(60)은 p형 화합물 반도체층으로 형성하며, 그 역도 가능하다. 따라서, 버퍼층(52)이 n-GaN 으로 형성되면 상부 콘택트층(60)은 p-GaN 으로 형성한다.
- <46> 본 발명의 실시예에 따른 반도체 레이저 다이오드는, 상부 클래드층(58) 양쪽 어깨 부분의 상면과 그 중앙에 리지부(66)의 측면과 에칭된 아랫면을 덮는 패시베이션층으로서의 매립층(64)을 구비한다. 상기 매립층(64)은 절



연물질, 예를 들어  $TiO_2$ 로 형성된다.

- <47> 상기와 같은 매립층(64)이 형성된 리지 웨이브 가이드 구조에서 돌출부(58a) 상단의 상부 p형 전극층(62)은 상부 콘택트층(60)에 접촉되고 그 양측 부분은 매립층(64)에 의해 덮혀있다..
- <48> 하부 오믹 콘택트층으로서의 버퍼층(52)의 단차부분에는 n형 전극(51)이 형성되어 있다. 그러나 p형 전극(62)과 대향하도록 기판(50)의 저면에 형성될 수 있는데, 이 경우 기판(50)은 실리콘 카바이드(SiC) 또는 갈륨 나이트라이드(GaN)로 형성하는 것이 바람직하다.
- <49> 도 3a 내지 도 3g는 본 발명에 따른 레이저 다이오드의 제조방법을 설명하는 공정도이다. 본 제조방법의 설명에서, 버퍼층(52) 즉 n-콘택트층을 노출시키기 위한 식각공정 및 이에 대한 n-전극(51)의 형성과정에 대해서는 생략한다. n-콘택트층에 단차부를 형성하는 과정은 리지의 형성 이전 또는 리지 형성 이후 또는 다른 에칭 공정 중 또는 상부 p-전극 형성 이후 등에서 다양한 방법에 의해 수행될 수 있다.
- <50> 먼저 도 3a에 도시된 바와 같이, 기판(50)의 상면에 버퍼층(52), 하부클래드층(54), 하부도파층(53), 활성층(56), 상부도파층(55), 상부클래드층(58), 상부 콘택트층(60), 상부 전극층(62) 및 희생층(63)을 순차적으로 형성한다.
- <51> 상부 콘택트층(60)의 상면에 p-상부 전극층(62)을 형성하기 위한 금속물질을 증착하며, p-상부 전극층(62)의 상면에 희생층(63)을 형성한다. 여기에서 희생층(63)은  $SiO_2$ 로 100Å 내지 10000Å의 두께로 형성되며, 바람직하게는 500Å 내지 2500Å의 두께로 형성된다. 상기  $SiO_2$ 는 CVD, PECVD, PVD 또는 스퍼터링(sputtering) 방법 등에 의해 형성될 수 있다.
- <52> 도 3b에 도시된 바와 같이, 상기 적층 구조물의 최상면, 즉 희생층(63)의 상면에 포토레지스트의 코팅 및 패터닝 또는  $SiO_2$  증착 및 패터닝 등에 의해 리지 웨이브 가이드의 형성을 위한 마스크층(67)을 형성한다.
- <53> 도 3c에 도시된 바와 같이, 반응성 이온 에칭(RIE 또는 ICP-RIE), 반응성이온빔에칭(RIBE), 화학적보조이온빔식각(CAIBE) 등에 의해 상기 마스크층(67)에 덮이지 않은 부분을 수직으로 상부 클래드층(58)의 소정깊이까지 에칭하여, 상부 클래드층(58)의 중앙부분에 리지부(68)를 형성한다. 따라서, 상기 리지부(68)는 상부 클래드층(58)의 돌출부(58a), 상부 콘택트층(60), 상부 전극층(62) 및 희생층(63)을 포함한다. 상기 리지부(68)는 스트라이프 형상으로 형성된다. 상기 에칭공정 후에, 상기 마스크(67)는 TCE(trichloroethylene, 삼염화에틸렌)/아세톤(aceton)/이소프로필알콜(IPA)를 이용하는 유기세정 공정에 의해 제거된다.
- <54> 도 3d에 도시된 바와 같이, 상기 리지부(68)의 측면으로 노출된 상부 전극층(62)을 소정깊이로 에칭하여 상부 콘택트층(60)의 양측 상면(60a, 60b)과 이에 대응하여 상기 희생층(63)의 양측 저면(63a, 63b)을 노출시킨다. 본 제조공정에서는 상기 상부 전극층(62)을 에칭하기 위해  $H_2SO_4$ 와  $H_2O_2$ 를 10대 1의 비율로 섞은 용액으로 약 15초 동안 습식에칭하였다. 이때 더욱 바람직하게는, 용액의 비율을 적절히 조절하고 습식에칭 시간을 조절하여 상부 희생층(63)과 상부 전극층(62) 사이의 계면에서 상부 전극층(62)과 상부 콘택트층(60) 사이의 계면에서 보다 더 많은 에칭이 일어나도록 하여야 한다. 또한, 상부 전극층(62)과 상부 콘택트층(60) 사이의 계면에서 적은 에칭이 일어나도록 용액의 비율 및 에칭 시간이 조절되는 것이 바람직하다. 여기에서, 상부 콘택트층(60)의 양측 상면(60a, 60b) 보다 상기 희생층(63)의 양측 저면(63a, 63b)이 더 많이 노출된다. 이것은 상부 전극층(62)과 희생층(63)인  $SiO_2$ 와의 접합계면 특성이 상부 전극층(62)과 상부 콘택트층(60)과의 접합계면 특성 보다 더 나쁘기 때문이다.
- <55> 도 3e에 도시된 바와 같이, 상기 리지부(68)의 표면 및 리지부(68)로부터 연장되는 상부 클래드층(58)의 상면에 매립층(64)을 형성한다. 광모드 안정화 및 리지부(68)의 전기적 절연을 위해서 상기 매립층(64)이 형성된다. 여기에서 상기 매립층(64)은 상기 희생층(63)의 적어도 일측 저면(63a, 63b)이 노출될 수 있도록 개구부(70)를 가진다. 상기 개구부(70)는 상기 희생층(63)의 저면(63a, 63b) 및 상기 상부 전극층(62)의 측면에 대응하여 형성된다. 여기에서 매립층에 개구부(70)가 형성되는 것은 상부 전극층(62)이 소정깊이 에칭되어 소폭으로 줄어들기 때문에, 상기 매립층(64)의 증착시에 상기 전극층(62)의 양측면이 그 위의 희생층(63)에 의해 가려져서 상부 전극층(62)의 양측에 매립층(64)의 형성이 용이하지 않기 때문이다.
- <56> 상기 매립층은 절연물질, 예를 들어  $TiO_2$ 로 100Å 내지 10000Å의 두께로 형성되며, 바람직하게는 500Å 내지 2500Å의 두께로 형성된다. 상기  $TiO_2$ 는 CVD, PECVD, PVD 또는 스퍼터링(sputtering) 방법 등에 의해 형성될 수

있다.

- <57> 도 3f에 도시된 바와 같이, 상기 개구부(70)를 통해 에천트를 공급하여 상기 희생층(63) 및 그 위의 매립층(64) 부분을 제거한다. 여기에서, 상기 희생층(63)과 그 위의 매립층(64) 부분은 리프트오프법에 의해 제거된다. 상기 희생층(63)의 제거는 습식에칭 공정에 의해 수행되며, 에천트로서 BOE 용액 또는 HF 용액 등이 사용된다. 상기 희생층(63)은 상기 노출된 희생층(63)의 적어도 일측 저면(63a, 63b)을 통해 유입되는 에천트에 의해 선택적으로 에칭되며, 상기 희생층(63) 위의 매립층(64) 부분은 상기 희생층(63)이 에칭되어 제거됨에 따라, 함께 제거된다. 본 제조공정에서는 에천트로서 BOE 용액을 이용하여 희생층(63)을 30초 내지 수분동안 에칭함으로써, 상기 희생층(63)을 제거하였으며, 상기 희생층(63)의 제거와 함께 그 위에 증착된 매립층인 TiO<sub>2</sub>가 제거되었다.
- <58> 도 3g에 도시된 바와 같이, 본 발명의 제조방법에 따라 제조된 레이저 다이오드에서 상부 전극층(62)의 양측면을 포함하는 리지부(66)의 양측면과 상기 리지부(66)로부터 연장되는 상부 클래드층(58)의 상면에 매립층(64)이 셀프얼라인 되어 안정적으로 형성된다. 따라서, 리지부(66)의 측면을 통한 전류누설이 효과적으로 억제된다. 또한, 상부 콘택트층과 p형 상부 전극간의 충분한 접촉면적을 확보할 수 있어 레이저 다이오드의 동작시 내부에서 발생된 열이 효과적으로 배출될 수 있다.
- <59> 도 4는 본 발명에 따른 제조공정에서 상부 전극층을 소정깊이로 에칭한 후, 리지부의 단면을 보여주는 SEM 사진이다.
- <60> 도 5는 본 발명에 따른 제조공정에서 리지부의 표면에 매립층을 형성한 후, 리지부의 단면을 보여주는 SEM 사진이다.
- <61> 도 6은 본 발명에 따른 제조공정에서 희생층 및 그 위의 매립층 부분을 제거한 후, 리지부의 단면을 보여주는 SEM 사진이다. 즉, 본 발명의 제조방법에 따라 제조된 레이저 다이오드의 부분 SEM 사진이다. 상부 전극층의 표면거칠기가 개선되었으며 매립층이 안정적으로 형성되어 있음을 보여준다.

**발명의 효과**

- <62> 본 발명에 의하면, 상부 클래드층, 상부 콘택트층, 상부 전극층 및 희생층을 포함하는 리지부가 한번의 에칭공정에 의해 형성되며, 한번의 증착공정에 의해 상기 리지부의 표면에 매립층이 형성된다. 또한, 상기 리지부로부터 희생층 및 그 위의 매립층의 제거가 용이하기 때문에, 제조공정이 단순화되고, 공정의 정밀성과 신뢰성이 도모된다.
- <63> 이러한 본 발명에 의하면, 매립층의 두께를 충분히 증가시킬 수 있으며, 매립층을 위한 물질의 선택범위가 종래에 비해 넓어진다.
- <64> 또한, 노출된 상부 콘택트층의 양측 상면이 이용됨으로써, 상기 상부 전극층, 상부 콘택트층 및 상부 클래드층을 포함하는 리지부 측면에 매립층이 셀프얼라인되면서 안정적으로 형성된다. 따라서, 리지부 측면을 통한 전류누설이 효과적으로 억제된다.
- <65> 또한, 상부 콘택트층과 p형 상부 전극간의 충분한 접촉면적을 확보할 수 있어 레이저 다이오드의 동작시 내부에서 발생된 열이 효과적으로 배출될 수 있다.
- <66> 이러한 본원 발명의 이해를 돕기 위하여 몇몇의 모범적인 실시예가 설명되고 첨부된 도면에 도시되었으나, 이러한 실시예들은 단지 넓은 발명을 예시하고 이를 제한하지 않는다는 점이 이해되어야 할 것이며, 그리고 본 발명은 도시되고 설명된 구조와 배열에 국한되지 않는다는 점이 이해되어야 할 것이며, 이는 다양한 다른 수정이 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 일어날 수 있기 때문이다.

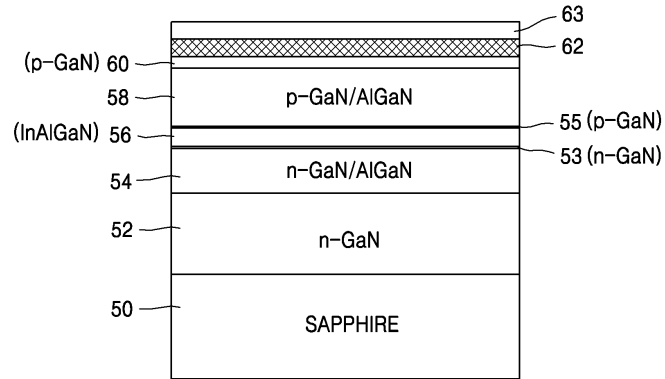
**도면의 간단한 설명**

- <1> 도 1은 종래 레이저 다이오드의 일례를 보이는 개략적 단면도이다.
- <2> 도 2는 본 발명에 따라 제조된 레이저 다이오드의 일 실시예를 보여주는 개략적 단면도이다.
- <3> 도 3a 내지 도 3g는 본 발명에 따른 레이저 다이오드의 제조방법을 설명하는 공정도이다.
- <4> 도 4는 본 발명에 따른 제조공정에서 상부 전극층을 소정깊이로 에칭한 후, 리지부의 단면을 보여주는 SEM 사진이다.

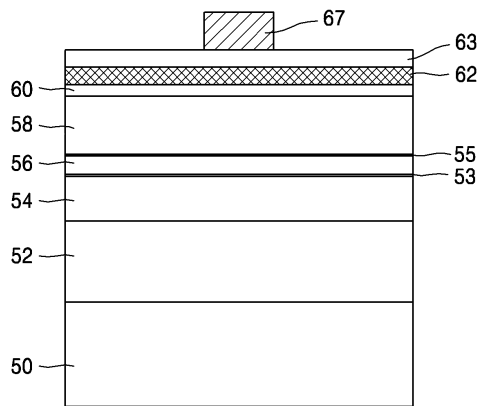




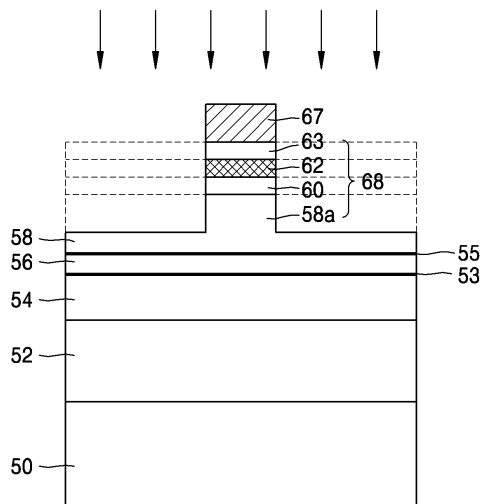
도면3a



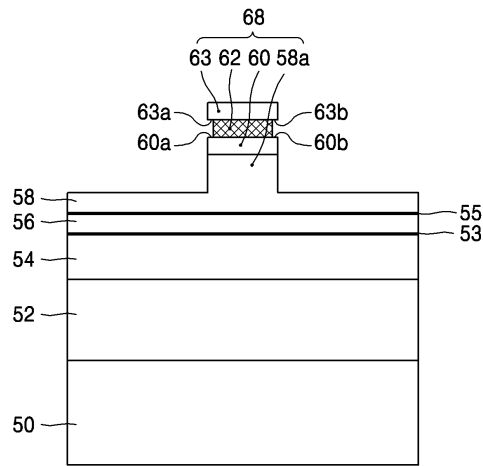
도면3b



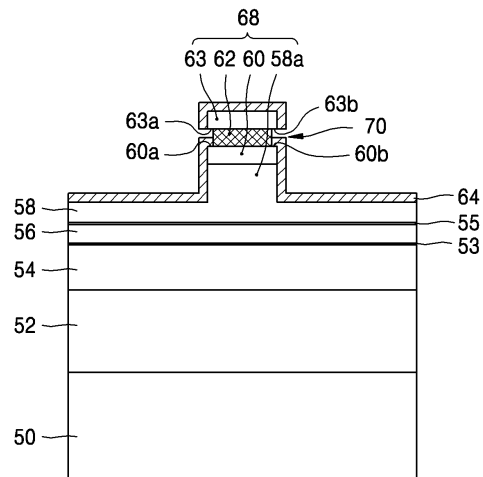
도면3c



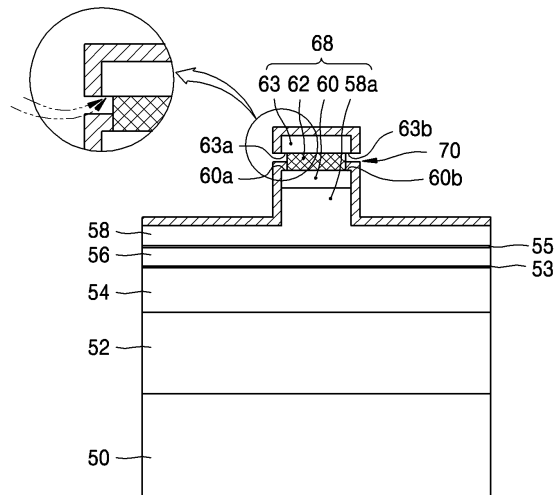
도면3d



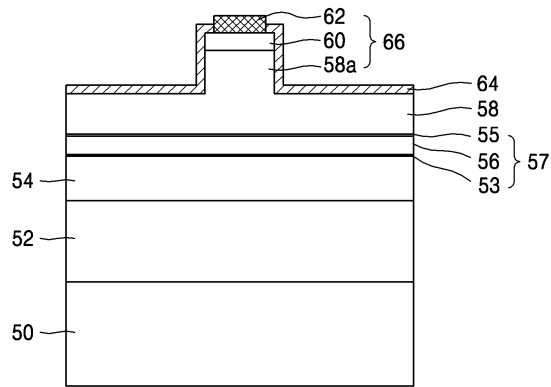
도면3e



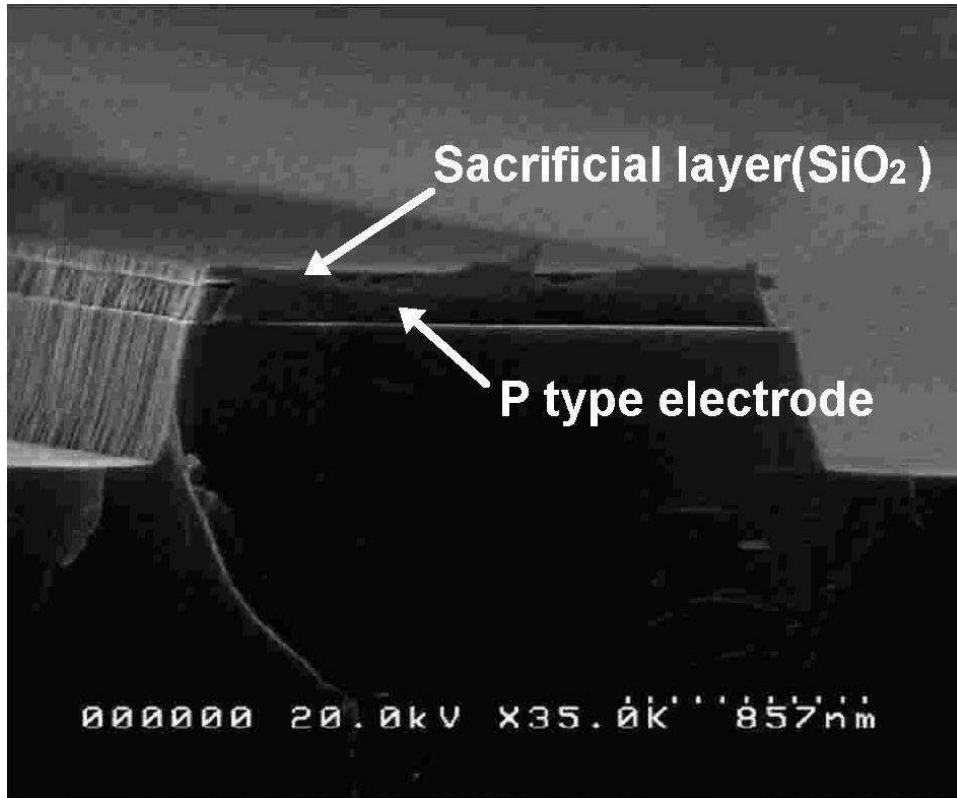
도면3f



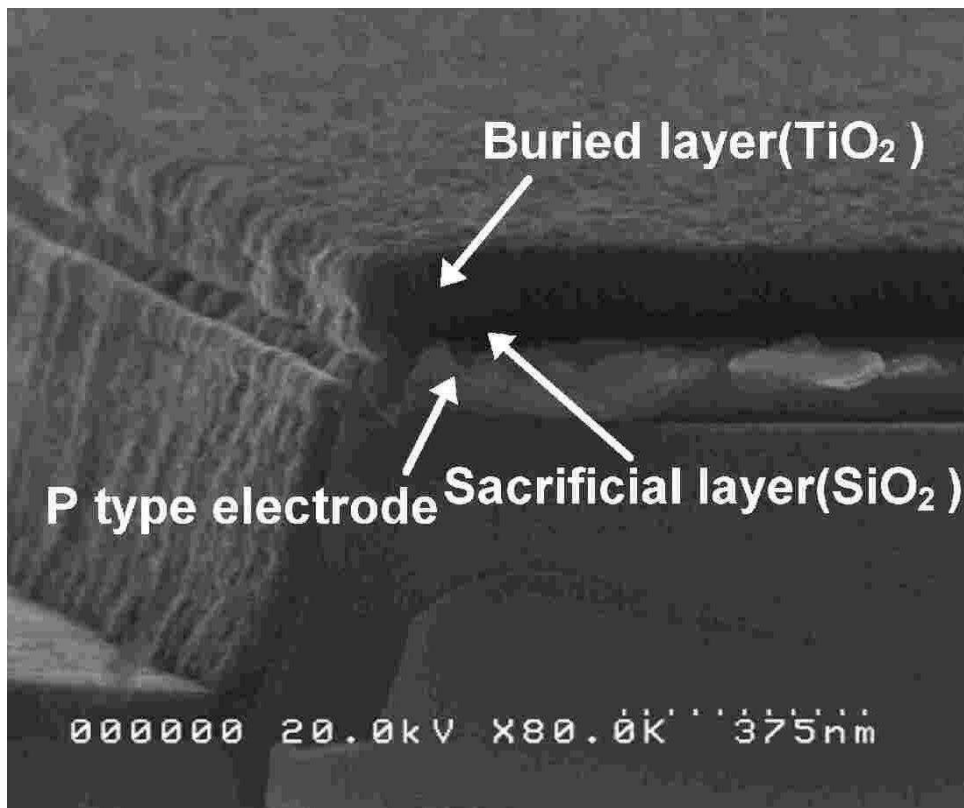
도면3g



도면4



도면5



도면6

