



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년10월13일  
(11) 등록번호 10-0921456  
(24) 등록일자 2009년10월06일

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01) H01L 21/00 (2006.01)

H01L 29/06 (2006.01) H01L 27/15 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2004-7006203

(22) 출원일자 2002년10월21일

심사청구일자 2006년10월23일

(85) 번역문제출일자 2004년04월26일

(65) 공개번호 10-2005-0038581

(43) 공개일자 2005년04월27일

(86) 국제출원번호 PCT/US2002/033358

(87) 국제공개번호 WO 2003/038874

국제공개일자 2003년05월08일

(30) 우선권주장

09/983,994 2001년10월26일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP12323797 A

US6120600 B

US6107647 B

US5739554 B

전체 청구항 수 : 총 19 항

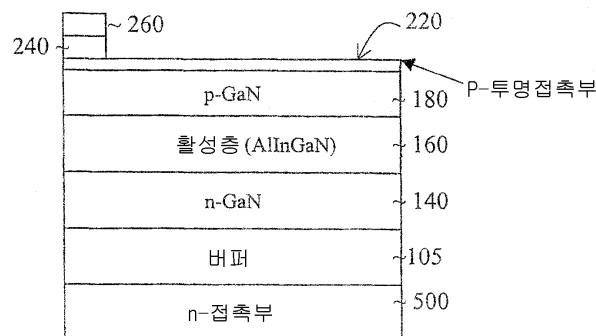
심사관 : 이용배

(54) 수직 구조를 갖는 다이오드 및 이의 제조방법

(57) 요약

발광 다이오드는 도전층, 도전층 위에 있는 n-GaN층(105), n-GaN층 위에 있는 활성층(160), 활성층 위에 있는 p-GaN(140)층, 및 p-GaN층 위에 있는 p-전극을 포함한다. 도전층이 n-전극이다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

도전층;

상기 도전층 상에 위치하는 n-형 버퍼층;

상기 n-형 버퍼층 상에 위치하는 n-형 반도체층;

상기 n-형 반도체층 상에 있는 활성층;

상기 활성층 상에 있는 p-형 반도체층; 및

상기 p-형 반도체층 상에 있는 p-전극을 포함하고,

상기 도전층은 n-전극이고, 상기 활성층으로부터의 광을 반사시키는 반사층으로 작용하며, 상기 도전층과 n-형 버퍼층은 직접 접촉하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 도전층은 알루미늄으로 제조되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 도전층은, 알루미늄, 금, 티타늄, 및 크롬으로 이루어진 그룹에서 선택된 금속을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

### 청구항 5

삭제

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 도전층은 n-형 반도체층과 동일한 면적을 갖는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

### 청구항 8

삭제

### 청구항 9

삭제

### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 p-전극 및 p-형 반도체층 사이에 p-투명 접촉부를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

### 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 p-투명 접촉부는 산화인듐주석(indium-tin-oxide)을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 p-전극 상에 금속 패드를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 금속 패드의 두께는 5000Å 또는 그 이상인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 금속 패드는 Au를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

제 1 항에 있어서,

상기 p-전극은 Ni, Pd, Pt, 및 Au 중 적어도 어느 하나 또는 그 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 활성층은 AlInGaN을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 20

제 1 항에 있어서,

상기 활성층은 양자우물층(quantum well layer) 및 이중헤테로구조(double hetero structure) 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 활성층은 다중 양자층을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

#### 청구항 22

제 1 항에 있어서,

상기 p-형 반도체층 및 활성층 사이에 클래드층(cladding layer)을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이

오드.

### 청구항 23

제 22 항에 있어서, 상기 클래드층은 p-형 AlGaIn층인 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

### 청구항 24

삭제

### 청구항 25

삭제

### 청구항 26

삭제

### 청구항 27

삭제

### 청구항 28

삭제

### 청구항 29

삭제

### 청구항 30

삭제

### 청구항 31

기판 상에 n-형 반도체층을 형성하는 단계;

상기 n-형 반도체층 상에 활성층을 형성하는 단계;

상기 활성층 상에 p-형 반도체층을 형성하는 단계;

레이저를 이용하여 상기 n-형 반도체층에서 기판을 분리시키는 단계;

상기 n-형 반도체층 상에 n-전극을 형성하는 단계;

상기 p-형 반도체층 상에 p-전극을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 n-전극은 반사층 역할을 하여 활성층으로부터의 광을 반사시키는 다이오드 제조방법.

### 청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 p-전극이 기판을 분리시키는 단계 전에 형성되는 것을 특징으로 하는 다이오드 제조방법.

### 청구항 33

제 31 항에 있어서,

상기 기판은 사파이어를 포함하는 것을 특징으로 하는 다이오드 제조방법.

### 청구항 34

삭제

**청구항 35**

삭제

**청구항 36**

삭제

**청구항 37**

제 31 항에 있어서,

상기 p-전극 및 p-형 반도체층 사이에 투명 도전층을 형성하는 단계를 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 다이오드 제조방법.

**청구항 38**

삭제

**청구항 39**

삭제

**청구항 40**

삭제

**청구항 41**

삭제

**청구항 42**

삭제

**청구항 43**

삭제

**청구항 44**

삭제

**청구항 45**

삭제

**청구항 46**

삭제

**청구항 47**

삭제

**청구항 48**

삭제

**청구항 49**

삭제

**청구항 50**

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

## 명세서

### 기술분야

<1> 본 발명은 다이오드에 관한 것으로, 특히 수직 구조 발광 다이오드(vertical structure light emitting diode(LED))에 관한 것이다. 본 발명은 GaN 기반의 발광 다이오드를 참조하여 논의되지만, 본 발명은 여러 타입의 발광 다이오드를 위해 사용될 수 있고, 예컨대 레이저 다이오드와 같은 다른 타입의 다이오드를 포함하는 넓은 범위의 응용에서도 사용될 수 있다.

## 배경 기술

- <2> 일반적으로 "LED"로 호칭되는 발광 다이오드는 전력을 발광으로 변환시키는 반도체 디바이스이다. 전자들이 원자 또는 분자 내에서 이들의 허용 에너지 레벨 간에 전이할 때, 이들 에너지 전이는 언제나 특정 양의 에너지 이득 또는 손실을 동반한다는 것이 본 기술분야에서 잘 알려져 있다. 발광 다이오드에 있어서, 다이오드 접합(junction)을 통과하는 전자 또는 홀 전류의 발생 또는 주입은 이러한 전자적 전이를 발생시키고, 이는 다시 진동 에너지 또는 광, 또는 이들 모두를 초래한다. 본 기술분야에서 더욱 잘 알려진 바와 같이, 발광 다이오드에 의해 발생하는 광의 색깔은 일반적으로는 반도체 재료의 특성에 의해, 가장 주요하게는 개별 원자의 가전자대 및 전도대 간의 에너지 레벨 차를 나타내는 밴드 갭에 의해 한정된다.
- <3> 질화갈륨(GaN)은 최근에 LED 분야의 연구자로부터 많은 주목을 받고 있다. 왜냐하면, 이 물질의 넓고 직접적인 밴드 갭의 특성은 청색 LED를 제조하는데 매우 적당하기 때문이다. 상기 청색 LED는 다른 적색 또는 녹색 LED들 중 제조하기에 가장 어려운 것으로 여겨져 왔다.
- <4> 따라서, GaN 기반의 광전자 디바이스 테크놀로지는, 상기 디바이스들은 1994년에 시장에 소개된 이후로, 상용화를 위한 디바이스 연구 및 개발 분야로부터 급속도로 발전되어 왔다. 예를 들면, GaN 발광 다이오드의 효율은 백열 조명의 효율보다 우수하고, 형광 조명의 효율과 대등하다.
- <5> GaN 기반 디바이스들의 시장 성장은 매년 산업 시장 예측보다 훨씬 앞서 왔다. 이러한 고속 성장에도 불구하고, GaN 기반의 디바이스들로서 총천연색 디스플레이를 구현하기에는 아직 너무 비용이 많이 든다. 이는 총천연색 디스플레이 구현에 필수적인 청색 LED의 제작비용이 다른 가시용 LED에 비해 너무 고가이기 때문이다. 청색 LED 제조용 웨이퍼 사이즈가 2인치로 제한되고, GaN 에피택시얼 층을 성장하는 공정이 다른 반도체 재료들보다 더 어렵다. 따라서, 청색 LED의 제조비용을 줄여서 현재 이용가능한 것보다 효율이 좋은 GaN LED를 사용한 총천연색 디스플레이를 저가로 이용함에 있어서, 성능 저하 없이 대량으로 생산하는 기술의 개발이 주요 쟁점이다.
- <6> 일반적으로, GaN 기반 LED는 사파이어 기판을 사용하여 측면 구조로 제조된다. 왜냐하면, 사파이어는 기판으로서 GaN 에피택시얼 층이 다른 물질들보다 적은 결점을 갖고 성장하도록 하는 물질이기 때문이다. 사파이어는 전기 절연체이기 때문에, 상단면에서 n 및 p 금속 접촉부를 모두 갖는 측면 타입 LED는 MQW 층에 전류를 주입하는 것이 불가피하다.
- <7> 도 1은 종래의 측면 타입 LED 디바이스를 개략적으로 도시한다. 도 1을 참조하면, 종래의 측면 타입 LED는 사파이어와 같은 기판(100)을 포함한다. 선택적이고 예컨대 질화갈륨(GaN)으로 제조되는 버퍼층(120)이 기판(100) 상에 형성된다. n-타입 GaN 층(140)이 버퍼층(120) 상에 형성된다. 예컨대, 질화알루미늄인듐갈륨(AlInGaN)의 다중양자우물(MQW) 층(160)과 같은 활성층이 n-타입 GaN층(140) 상에 형성된다. p-타입 GaN층(180)이 활성층(160) 상에 형성된다. 투명 도전층(220)이 p-GaN층(180) 상에 형성된다. 투명도전층(220)은, 예컨대 Ni/Au 또는 산화인듐주석(ITO)을 포함하는 임의의 적당한 물질로 제조될 수 있다. 그 다음, p-타입 전극이 투명 도전층(220)의 한 면 상에 형성된다. p-타입 전극(240)은 예컨대 Ni/Au, Pd/Au, Pd/Ni 및 Pt를 포함하는 임의의 적당한 물질로 제조될 수 있다. 패드(260)가 p-타입 전극(240) 상에 형성된다. 패드는 예컨대 Au를 포함하는 적당한 물질로 제조될 수 있다. n-전극(250) 및 패드(270)를 형성하기 위해, 투명 도전층(220), p-GaN층(180), 활성층(160), 및 n-GaN층(140)이 한 부분에서 모두 에칭된다.
- <8> 사파이어는 절연체이기 때문에, n-GaN층은 n-금속 접촉부를 형성하기 위해 노출되어야 한다. GaN은 화학 에칭 방법에 의해 에칭되지 않기 때문에, 건식 에칭 방법이 일반적으로 사용된다. 이는 추가적 리소그래피(lithography) 및 스트리핑(stripping) 공정을 필요로 하기 때문에 심각한 문제점이 된다. 또한, 건식 에칭 공정 도중에 GaN 표면 상에 플라즈마 손상을 자주 입게 된다. 게다가, 측면 디바이스 구조는, 2개의 금속 접촉부가 디바이스의 상단부에 형성되어야 하기 때문에, 큰 디바이스 크기를 필요로 한다. 더욱이, 측면 구조 디바이스는, 2개의 금속 전극이 서로 가까이 위치하고 있기 때문에, 정전기에 손상을 받기 쉽다. 따라서, 측면 구조의 GaN 기반 LED는 교통 표지 또는 신호등과 같은 고압 응용에는 적합하지 않을 수 있다.
- <9> 현재, 수직 구조의 GaN 기반 LED가 탄화규소(silicon carbide(SiC)) 기판을 사용하여 크리(Cree) 연구소에 의해 제조되고 있다. 그러나, 높은 제조 비용으로 인해, SiC 기판을 갖는 LED는 대량 생산에 적합하지 않다. 또한, SiC는 수소 원자에 매우 민감한 것으로 본 기술분야에서 알려져 있는데, 상기 수소 원자는, 에피택시얼 필름의 품질을 고려한 GaN 에피택시얼 층을 성장시키는 가장 흔한 방법인 유기 금속 화학증착법(MOCVD)에 의한 에피택시얼 성장 동안에 존재한다. 고품질의 GaN 기반 에피택시얼 필름을 성장시키기 위해서 "표면 처리"라고 불리우는 추가적 공정이 필요하다. 더욱이, SiC 기판을 갖는 GaN 기반 LED는 GaN 에피택시얼 층을 성장시키기

전에 SiC 기판 상에 추가적 도전 버퍼층을 필요로 하는데, 이는 측면 구조 디바이스를 위해서는 불필요하다.

### 발명의 상세한 설명

- <10> 따라서, 본 발명은 관련 기술의 제한 및 단점으로 인한 하나 이상의 문제점들을 실질적으로 제거하는, 대량 생산을 위한 단순 수직 구조 LED의 제조방법에 관한 것이다.
- <11> 본 발명의 장점은 제한된 웨이퍼 면적 내에서 제조되는 LED 디바이스의 수를 증가시키는 것이다.
- <12> 본 발명의 또다른 장점은 LED 디바이스가 단순한 제조공정단계를 갖는다는 것이다.
- <13> 본 발명의 추가적 특징 및 장점은 이후의 발명의 상세한 설명에서 자세히 설명될 것이고, 부분적으로는 발명의 상세한 설명으로부터 명백할 것이며, 본 발명의 실시예에 의해 알게 될 것이다. 본 발명의 목적 및 다른 장점은 발명의 상세한 설명 및 이의 청구의 범위뿐만 아니라 첨부된 도면에서 특히 설명된 구조에 의해 실현되고 달성될 것이다.
- <14> 본 발명의 목적에 따라 그리고 전술한 여러 장점들을 달성하기 위해, 구현되고 포괄적으로 설명된 바와 같이, 발광 다이오드 제조방법은, 사파이어 기판 상에 기상 에피택시(vapor phase epitaxy(VPE))에 의해 버퍼 GaN층을 형성하는 단계; 버퍼 GaN층에 MOCVD에 의해 n-GaN 에피택시얼 층을 형성하는 단계; n-GaN 에피택시얼 층 상에 다중양자우물(MQW) 층을 형성하는 단계; MOCVD에 의해 MQW층 상에 p-GaN층을 형성하는 단계; 사파이어 기판을 다른 층들로부터 분리시키는 단계; p 및 n 금속 접촉부를 형성하는 단계; p-GaN 층의 면 상에 금속 투명 접촉부를 형성하는 단계; 및 p-GaN층 상에 금속 패드를 형성하는 단계를 포함한다.
- <15> 다른 태양에 있어서, 발광 다이오드 제조방법은, 사파이어 기판 상에 VPE에 의해 버퍼 GaN 층을 형성하는 단계; 버퍼 GaN층 위에 VPE에 의해 도핑되지 않은 GaN 층을 형성하는 단계; 도핑되지 않은 GaN층 위에 VPE에 의해 n-GaN 층을 형성하는 단계; VPE에 의해 성장된 n-GaN 위에 MOCVD에 의해 n-GaN 에피택시얼 층을 형성하는 단계; n-GaN 에피택시얼 층 위에 MQW 층을 형성하는 단계; MOCVD에 의해 MQW 층 위에 p-GaN층을 형성하는 단계; 사파이어 기판을 다른 층들로부터 분리시키는 단계; p 및 n 금속 접촉부들을 형성하는 단계; p-GaN 층 위에 금속 투명접촉부를 형성하는 단계; 및 p GaN 층 위에 금속 패드를 형성하는 단계를 포함한다.
- <16> 다른 태양에 있어서, 발광 다이오드 제조방법은, 사파이어 기판 상에 VPE에 의해 버퍼 GaN층을 형성하는 단계; 버퍼 GaN층 위에 MOCVD에 의해 n-GaN 에피택시얼층을 형성하는 단계; n-GaN 에피택시얼 층 위에 MQW 층을 형성하는 단계; MOCVD에 의해 MQW층 위에 p-AlGaIn 클래드 층을 형성하는 단계; MOCVD에 의해 p-AlGaIn층 위에 p-GaN 도전층을 형성하는 단계; 사파이어 기판을 다른 층들로부터 분리시키는 단계; p 및 n 접촉부들을 형성하는 단계; p-GaN층 위에 금속 투명접촉부를 형성하는 단계; 및 p-GaN층 위에 금속 패드를 형성하는 단계를 포함한다.
- <17> 또다른 태양에 있어서, 발광 다이오드 제조방법은, 사파이어 기판 상에 VPE에 의해 버퍼 GaN층을 형성하는 단계; 버퍼 GaN층 위에 VPE에 의해 도핑되지 않은 GaN층을 형성하는 단계; 도핑되지 않은 GaN층 위에 VPE에 의해 n-GaN층을 형성하는 단계; VPE에 의해 성장된 n-GaN 위에 MOCVD에 의해 n-GaN 에피택시얼 층을 형성하는 단계; n-GaN 에피택시얼 층 위에 MQW층을 형성하는 단계; MOCVD에 의해 MQW 층 위에 p-AlGaIn 클래드 층을 형성하는 단계; MOCVD에 의해 p-AlGaIn층 위에 p-GaN 도전층을 형성하는 단계; 사파이어 기판을 다른 층들로부터 분리시키는 단계; p-GaN층 위에 금속 투명 접촉부를 형성하는 단계; 및 p-GaN 층 위에 금속 패드를 형성하는 단계를 포함한다.
- <18> 전술한 일반적 설명 및 후술할 발명의 상세한 설명은 예시적이며 설명을 위한 것이고, 청구항들의 발명을 설명하기 위한 것임을 이해해야 할 것이다.

### 실시예

- <23> 본 발명을 더 잘 이해하기 위해 제공되고, 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부된 도면은 본 발명의 실시예들을 도시하고 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.
- <24> 이하 본 발명에 대해 자세히 설명하겠다. 본 발명의 예들이 첨부 도면에 도시되어 있다.
- <25> 도 2는 본 발명의 한 실시예에 따른 수직 구조 발광 다이오드를 도시한다. 도 2를 참조하면, 수직 LED는 n-접촉부(500)를 포함한다. GaN으로 만들어진 버퍼층(105)이 n-접촉부(500) 위에 있다. n-GaN층(140)이 버퍼층(105) 위에 있다. 예컨대, AlInGaIn을 포함하는 다중양자우물(MQW)층으로 제조된 활성층(160)이 n-GaN층(140) 위에 있



다. p-GaN층(180)이 활성층(160) 위에 있다. p-접촉층(220)이 p-GaN층(180) 위에 있다. p-전극(240) 및 패드(260)가 p-접촉층(220) 위에 형성된다.

<26> 도 2에 도시된 LED에 있어서, n-접촉부(500)는 2개의 기능을 할 수 있다. 첫째, n-접촉부(500)는 도전성 재료로서 전기적 기능을 한다. 둘째, n-접촉부는 또한 활성층(160)에서 n-접촉부(500)로 방출된 광자를 반사하는 역할을 할 수 있다. 이렇게 하지 않으면 어떤 다른 방식으로 흡수되거나 소모되는 광자가 n-접촉부(500)에서 반사되어 발광하기 때문에, 이는 LED의 휘도를 증가시킨다. 거울과 같은 좋은 반사 특성을 갖는 물질이 n-접촉부(500)로 사용될 수 있다. 상기 예 중 하나가 연마된 알루미늄층이다. 상기 반사 특성은, 유명철에 의해 발명되고 본 출원과 동일한 양수인에 의해 2001년 7월 17일에 출원된 발명의 명칭이 "고휘도를 갖는 다이오드 및 이의 방법"인 현재 계류 중인 출원(미국특허출원 09/905,969호, 현재 미국특허 7,067,849호로 등록)에서 자세히 설명되어 있다. 상기 출원은 그 전체가 본 명세서에서 참조된다. 이하, n-접촉부(500)에 대한 물질에 대해 자세히 설명한다.

<27> 본 발명의 상기 수직 구조 LED의 장점은 종래 LED의 측면 구조와 비교할 때 LED 칩의 사이즈가 매우 작아진다는 것이다. 작은 칩 사이즈로 인해, 훨씬 많은 칩들이 사파이어와 같은 동일한 사이즈의 웨이퍼 상에서 형성될 수 있다. 더욱이, 이하에서 자세히 설명되는 바와 같이, 본 발명의 수직 구조 LED를 형성하는 공정 단계의 수가 줄어든다. 도 3 내지 도 8은 본 발명에 따른 수직 구조 GaN 기반 발광 다이오드(LED)를 제조하는 공정을 개략적으로 도시한다. GaN 기반 LED를 제조하기 위해, 사파이어가 매우 안정적이고 상대적으로 저렴하기 때문에, 사파이어 기판이 일반적으로 사용되어 왔다. 사파이어 기판 상에서 성장되는 다양한 GaN 층의 에피택시얼 층 품질은 열적 안정성 및 GaN의 유사한 결정 구조로 인해 다른 기판 물질들보다 우수하다.

<28> 도 3을 참조하면, 버퍼층(120)이 투명 기판(100), 바람직하게는 사파이어 기판 상에 형성된다. 결국 사파이어 기판(100)의 기능을 대체하는 버퍼층(120)이 하나, 둘 또는 세 개의 층으로 형성될 수 있다. 예를 들면, 버퍼층(120)은 VPE에 의해 성장되는 n-GaN 층만을 가질 수 있다. 두 층의 버퍼층을 위해, GaN 층의 제 1 층(110)이 예컨대 VPE에 의해 사파이어 기판 상에 성장되고, n-GaN 층의 제 2 층(120)이 예컨대 VPE에 의해 GaN층(110) 상에 성장된다. 세 층의 버퍼층을 위해, GaN 층의 제 1 층(110)이 예컨대 VPE에 의해 사파이어 기판 상에 성장되고, 도핑되지 않은 GaN 층의 제 2 층(130)이 예컨대 VPE에 의해 GaN층의 제 1 층(110) 상에 성장되고, n-GaN 층의 제 3 층(120)이 예컨대 VPE에 의해 도핑되지 않은 GaN층(130) 상에 성장된다.

<29> GaN 층(130)은 약 40 내지 50nm 범위의 두께를 갖도록 형성될 수 있다. 도핑되지 않은 GaN층(130)은 약 30 내지 40 $\mu$ m 범위의 두께를 갖도록 형성될 수 있다. n-GaN층(120)은 약 1 내지 2 $\mu$ m의 두께를 갖도록 형성될 수 있다. n-GaN(120)을 위해, 실렌 가스(silene gas)(SiH<sub>4</sub>)가 n-type 도펀트로 사용될 수 있다.

<30> 도 4를 참조하면, n-GaN(140)과 같은 n-타입 에피택시얼 층이 유기 금속 화학증착법(MOCVD)에 의해 버퍼층(120) 상에 에피택시얼 성장된다. 유익하게, VPE 방법에 의해 성장된 버퍼층(120)의 화학적 클리닝 단계(도면에 도시되지 않음)가 MOCVD 방법에 의해 n-GaN층(140)을 성장시키기 전에 부가되어, 좋은 품질의 n-GaN 에피택시얼 층(140)을 얻을 수 있다. 본 예에서, n-GaN층(140)은 약  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  또는 그 이상의 도핑 농도로 실리콘(Si)으로 도핑되었다.

<31> 도 5를 참조하면, AlInGaN 다중양자우물(MQW) 층과 같은 활성층(160)이 n-GaN 층(140) 상에 MOCVD 방법에 의해 형성된다. 활성층(160)은 단일 양자우물층 또는 이중 헤테로 구조를 포함하는 임의의 적당한 구조일 수 있다. 본 예에서, 인듐(In)의 양이 다이오드가 녹색을 띠는지 또는 청색을 띠는지를 결정한다. 청색을 갖는 LED를 위해서는, 약 22%의 인듐이 사용될 수 있다. 녹색을 갖는 LED를 위해서는, 약 40%의 인듐이 사용될 수 있다. 사용되는 인듐의 양은 청색 또는 녹색의 필요한 파장에 따라 변할 수 있다. 따라서, p-GaN층(180)은, 예컨대 활성층(160) 상에서 p-타입 도펀트로서 CP<sub>2</sub>Mg를 사용하여 MOCVD에 의해 형성된다. 본 예에 있어서, p-GaN층(180)은 약  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  또는 그 이상의 도핑 농도로 마그네슘(Mg)으로 도핑되었다.

<32> 도 6A를 참조하면, 사파이어 기판(100)이 바람직하게는 레이저 분리 방법(laser lift-off method)에 의해 다른 층들로부터 분리된다. 상기 다른 층들은 버퍼층(120), n-GaN 층(140), 활성층(160), 및 p-GaN층(180)을 포함한다. 디바이스로부터 전기절연체인 사파이어 기판(100)을 제거함으로써, n-금속 접촉부가 전기 도전체인 n-타입 GaN 버퍼층(120) 아래에 형성될 수 있다.

<33> 도 6B를 참조하면, 기판(100)이 제거된 후에, 버퍼층(120) 아래의 층들이 또한 예컨대 건식 에칭을 사용하여 제거될 수 있다. 상기 단계는, 도 8에 도시된 바와 같이 n-접촉부(500)에 전기적으로 부착될 n-GaN 버퍼층(120)을

노출시킬 것이다.

- <34> 도 8을 참조하면, 투명도전층(220)이 p-GaN층(180) 상에 형성된다. 투명도전층(220)은 예컨대 산화인듐주석(ITO)을 포함하는 임의의 적절한 물질로 제조될 수 있다. p-타입 전극(240)이 투명도전층(220) 상에 형성된다. n-타입 전극(500)이 버퍼층(120)의 하단부 상에 형성된다. p-타입 전극(240)은 예컨대 Ni/Au, Pd/Au, Pd/Ni 및 Pt를 포함하는 임의의 적당한 물질로 제조될 수 있다. n-타입 전극(500)은 예컨대 Ti/Al, Cr/Au 및 Ti/Au를 포함하는 임의의 적절한 물질로 제조될 수 있다. 패드(260)가 p-타입 전극(240) 상에 형성된다. 패드(260)는 예컨대 Au를 포함하는 임의의 적절한 물질로 제조될 수 있다. 패드(260)는 약 0.5 $\mu$ m 또는 그 이상의 두께를 가질 수 있다. p-타입 전극(240)과는 달리, n-타입 전극(500)은 패드를 필요로 하지 않는다. 다만, 바람직하게는 사용될 수 있다.
- <35> 클래드 층(cladding layer)이 p-GaN 층(180) 및 활성층(160) 사이에 형성될 수도 있다. 클래드 층(도시되지 않음)은 바람직하게는 p-타입 도펀트로서  $CP_2Mg$ 를 사용하여 MOCVD에 의해 p-AlGaIn으로 형성된다. 클래드 층은 LED 디바이스의 성능을 향상시킬 수 있다.
- <36> 본 발명에 따르면, 종래의 측면 및 수직 GaN 기반 LED들 모두에 비해 많은 장점이 있다. 종래의 측면 구조 GaN 기반 LED에 비해, 본 발명에 따른 제조 공정은, 디바이스의 상부에 n-금속 접촉부가 없기 때문에, 주어진 웨이퍼 사이즈 상에 제조되는 LED 디바이스의 수를 증가시킨다. 예를 들면, 디바이스의 크기가 250 x 250  $\mu$ m에서 약 160 x 160  $\mu$ m 또는 그 이하로 줄어들 수 있다. 디바이스의 상단 또는 기판 상부에 n-금속 접촉부를 가지지 않음으로써, 본 발명에 따라, 제조 공정이 매우 간략화될 수 있다. 이는 추가적 포토리소그래피 또는 에칭 공정이 n-타입 접촉부를 형성하기 위해 필요하지 않고, 종래의 측면 구조 GaN 기반 LED에 있어서 n-GaN 층 상에 자주 가해지는 플라즈마 손상이 없기 때문이다. 더욱이, 본 발명에 따라 제조되는 LED 디바이스는 정전기에 더욱 강하고, 이는 LED가 종래의 측면 구조 LED 디바이스보다 고압 응용에 적합하게 한다.
- <37> 일반적으로, VPE 증착 방법은 훨씬 더 간단하고, MOCVD 증착 방법보다 소정 두께로 에피택시얼 층을 성장시키는 데 적은 시간을 필요로 한다. 따라서, 본 발명에 따른 제조 공정은 MOCVD 방법에 의해 버퍼 및 n-GaN 층들을 성장시킬 필요가 없다는 점에서, 종래의 수직 GaN 기반 LED에 비해 제조 공정이 더욱 간단하고, 공정 시간이 훨씬 줄어든다. 예컨대, 전체로 볼 때, 제조 공정 수가 종래 방법의 28단계에서 본 방법 발명의 15 단계로 줄어든다. 또한, 사파이어 기판보다 10배 이상 고가일 수 있는 탄화규소( $SiC$ )를 기판으로 사용하는 종래의 수직 구조 GaN 기반 LED에 비해, 제조 비용이 상당히 줄어든다. 더욱이, 본 발명에 따른 방법은 종래의 수직 구조 GaN 기반 LED보다 접합 패드와 n 및 p 접촉부 간의 금속 부착 훨씬 향상시킨다.
- <38> 본 발명으로써, LED의 바람직한 특성을 희생하거나 변경하지 않고, 저비용으로 GaN 기반 LED를 대량 생산하는 것이 가능해진다. 더욱이, 반사식 하단 n-접촉부를 갖는 본 발명의 LED의 수직 구조는 LED의 휘도를 향상시킨다. 본 발명은 현재 상용 가능한 청색, 녹색, 적색, 및 백색 LED 뿐만 아니라 다른 적절한 디바이스에도 적용될 수 있다.
- <39> 본 발명은 GaN 테크놀로지 다이오드를 참조로 자세히 설명되었지만, 본 발명은 수직 공진 표면 방출 레이저(Vertical Cavity Surface Emitting Laser(VCSEL))를 포함하는 레이저 다이오드 및 적색 LED를 포함하는 다른 타입의 다이오드에 용이하게 적용될 수 있다.
- <40> 본 발명의 사상 및 범주를 벗어나지 않고 다양한 수정 및 변형이 본 발명 내에서 행해질 수 있음이 본 기술분야의 당업자에게 분명할 것이다. 따라서, 본 발명의 수정 및 변형이 첨부된 청구항들 및 이의 균등물의 범위 내에 속하면 본 발명에 속하는 것으로 의도된다.

### 산업상 이용 가능성

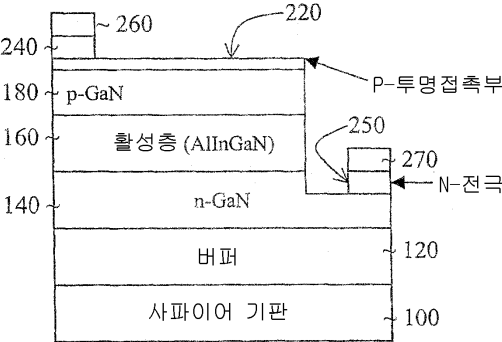
- <41> 전술한 내용에 포함되어 있음.

### 도면의 간단한 설명

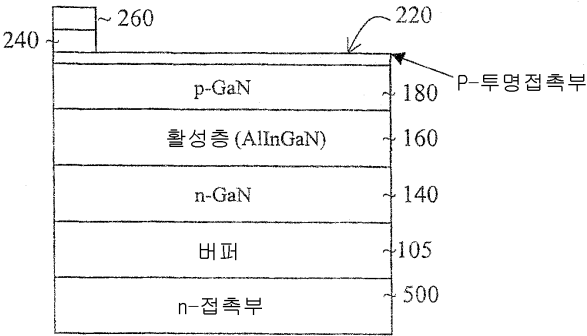
- <19> 도 1은 종래의 측면 구조 LED를 도시한다.
- <20> 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 구조 LED를 도시한다.
- <21> 도 3 내지 도 8은 본 발명에 따라 발광 다이오드를 형성하기 위한 제조 단계들을 도시한다.
- <22> 도 9는 본 발명의 수직 구조 LED의 다른 실시예를 도시한다.

도면

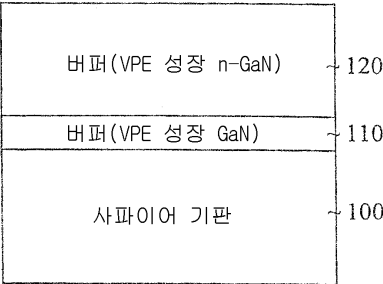
도면1



도면2



도면3



도면4

n-GaN(에피택시얼 성장)	~ 140
버퍼(VPE 성장 n-GaN)	~ 120
버퍼(VPE 성장 GaN)	~ 110
사파이어 기판	~ 100

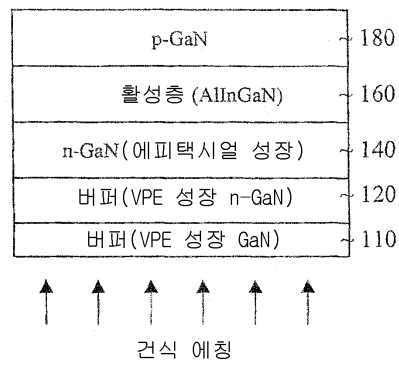
도면5

p-GaN	~ 180
활성층 (AlInGaN)	~ 160
n-GaN(에피택시얼 성장)	~ 140
버퍼(VPE 성장 n-GaN)	~ 120
버퍼(VPE 성장 GaN)	~ 110
사파이어 기판	~ 100

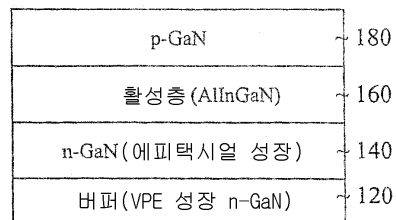
도면6a

p-GaN	~ 180
활성층 (AlInGaN)	~ 160
n-GaN(에피택시얼 성장)	~ 140
버퍼(VPE 성장 n-GaN)	~ 120
버퍼(VPE 성장 GaN)	~ 110
사파이어 기판	~ 100

도면 6b



도면7



도면8

