(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0122340
(43) 공개일자 2016년10월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01L 33/20* (2010.01) *H01L 21/027* (2006.01)
*H01L 33/36* (2010.01)
(52) CPC특허분류
*H01L 33/20* (2013.01)
*H01L 21/0274* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0051985
(22) 출원일자 2015년04월13일
심사청구일자 2015년04월13일

(71) 출원인
**울산과학기술원**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
**백정민**
울산광역시 울주군 범서읍 구영로 75-9번(우미린 1차 301동 1201호)
**예병욕**
대구광역시 서구 국채보상로36길 50 B동 606호 (중리동,광명아파트)
**이재원**
강원도 강릉시 주문진읍 웃사다리4길 20 2동 508호 (교항리,극동아파트)
(74) 대리인
**장한특허법인**

전체 청구항 수 : 총 7 항

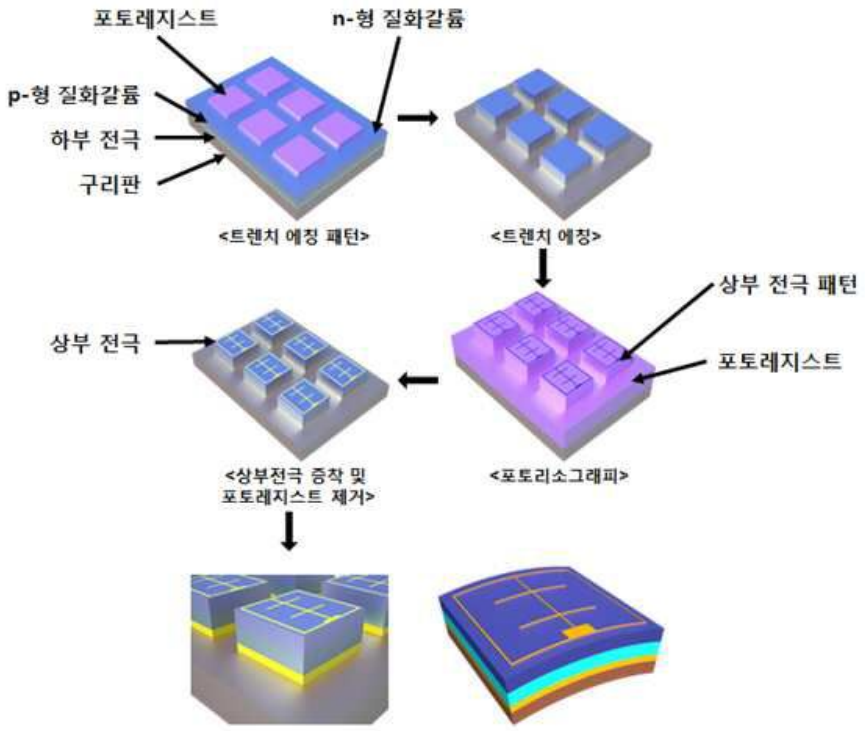
(54) 발명의 명칭 **플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.**

## (57) 요 약

본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법은 (a) p-형 질화갈륨 박막층과 n-형 질화갈륨 박막층을 사파이어 층에 증착하는 단계; (b) p-형 질화갈륨 박막층에 하부 전극을 형성시키고, 하부 전극에 구리판을 도금하는 단계; (c) 사파이어 층으로부터 레이저 리프트-오프 공법을 통해 p-n 접합 질화갈륨 박막을 분리하는

(뒷면에 계속)

*대 표 도* - 도3



단계; (d) 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 트렌치 에칭 마스크를 이용하여 트렌치 에칭 패턴을 제작하는 단계; (e) 트렌치 에칭 패턴대로 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 트렌치 에칭을 하는 단계; (f) 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 포토리소그래피 공정을 이용하여 상부 전극 및 상부 전극 패턴을 부착 형성하는 단계; 및 (g) 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막으로 제작된 질화갈륨 발광다이오드에서 포토레지스트를 제거하는 단계;를 포함하여, 스트레인에 따른 출력 전류와 전자 발광 효율 상승이 가능하고, 벤딩에 따른 에너지 밴드 휨 현상을 이용함으로써 전자와 정공의 재결합률을 상승시킬 수 있는 효과가 있다.

(52) CPC특허분류
***H01L 33/36*** (2013.01)
*H01L 2924/12041* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711017613(10035598)
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전자정보디바이스 산업원천기술개발사업(LED/광)
연구과제명 180 LM/W급 고효율 나노기반 LED 개발
기 여 율 1/1
주관기관 국립대학법인 울산과학기술대학교 산학협력단
연구기간 2014.03.01 ~ 2015.02.28

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

(a) p-형 질화갈륨 박막층(100)과 n-형 질화갈륨 박막층(200)을 사파이어 층에 증착하는 단계;

(b) 상기 p-형 질화갈륨 박막층(100)에 하부 전극(400)을 형성시키고, 상기 하부 전극(400)에 구리판(500)을 도금하는 단계;

(c) 상기 사파이어 층으로부터 레이저 리프트-오프 공법을 통해 p-n 접합 질화갈륨 박막을 분리하는 단계;

(d) 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 트렌치 에칭 마스크를 이용하여 트렌치 에칭 패턴을 제작하는 단계;

(e) 상기 트렌치 에칭 패턴대로 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 트렌치 에칭을 하는 단계;

(f) 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 포토리소그래피 공정을 이용하여 상부 전극(300) 및 상부 전극 패턴(600)을 부착 형성하는 단계;및

(g) 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막으로 제작된 질화갈륨 발광다이오드에서 상기 포토레지스트를 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 (a)단계에서,

상기 p-형 질화갈륨 박막층(100)과 상기 n-형 질화갈륨 박막층(200)의 증착 시, MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 공법을 사용하되, $Cp_2Mg$와 $SiH_4$를 이용함으로써 p-형과 n-형 도핑이 제어되도록 하는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 (a)단계에서,

상기 p-형 질화갈륨 박막층(100)은 200 nm  500 nm 두께로 이루어지며 주입되는 Mg 도핑 농도는 150 sccm 1200 sccm으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

### 청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 (a)단계에서,

상기 n-형 질화갈륨 박막은 200 nm  500 nm 두께로 이루어지는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

### 청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 (b)단계에서,

상기 하부 전극(400)은 p-형 질화갈륨 박막(100)과 저항성 접합 (옴 접합)을 이루는 Ni, Au를 포함하는 하나의 층 또는 복수의 층으로 구성되는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 (b)단계에서,

상기 구리판(500)은 전기도금 방식에 의해 만들어지고, 20 ㎛ 200 ㎛ 두께로 증착되는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,

상기 (f)단계에서,

상기 상부 전극(300) 및 상부 전극 패턴(600)은 상기 n-형 질화갈륨 박막(200)과 저항성 접합 (옴 접합)을 이루는 Ti, Au를 포함하는 하나의 층 또는 복수의 층으로 구성되는 것을 특징으로 하는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 우수한 핸들링 특성을 갖는 플렉시블 금속 기판을 포함하되, 레이저 빔을 투명 사파이어 기판을 통하여 조사하여 사파이어 기판으로부터 질화갈륨 박막을 용이하게 분리할 수 있는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 제조방법에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 최근, 플렉시블 기판을 이용하여 발광다이오드와 같은 광디바이스 소자를 제조하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 플렉시블 광디바이스 소자 제조방법은 기판 상에서 소자를 제조하고 습식 식각 공정으로 소자와 기판을 분리시킨다. 하지만 사파이어를 화학적으로 분리하거나 제거할 때에 많은 시간이 소요되는 문제점이 있다.

### *선행기술문헌*

#### *특허문헌*

[0003] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 공보 제10-1211322호(2012.12.05)

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0004] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여, 우수한 핸들링 특성을 갖는 플렉시블 금속 기판을 포함하되, 레이

저 빔을 투명 사파이어 기판을 통하여 조사하여 사파이어 기판으로부터 질화갈륨 박막을 용이하게 분리할 수 있는 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 제조방법의 제공을 목적으로 한다.

## 과제의 해결 수단

[0005] 상술한 목적을 달성하기 위한, 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법은 (a) p-형 질화갈륨 박막층과 n-형 질화갈륨 박막층을 사파이어 층에 증착하는 단계; (b) 상기 p-형 질화갈륨 박막층에 하부 전극을 형성시키고, 상기 하부 전극에 구리판을 도금하는 단계; (c) 상기 사파이어 층으로부터 레이저 리프트-오프 공법을 통해 p-n 접합 질화갈륨 박막을 분리하는 단계; (d) 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 트렌치 에칭 마스크를 이용하여 트렌치 에칭 패턴을 제작하는 단계; (e) 상기 트렌치 에칭 패턴대로 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 트렌치 에칭을 하는 단계; (f) 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 포토리소그래피 공정을 이용하여 상부 전극 및 상부 전극 패턴을 부착 형성하는 단계; 및 (g) 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막으로 제작된 질화갈륨 발광다이오드에서 상기 포토레지스트를 제거하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

## 발명의 효과

[0006] 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법은 밴드갭이 넓은 질화갈륨계 화합물 반도체로 제조됨에 따라 에너지 변환 효율이 높고, 수명이 길며, 빛의 지향성이 높고, 저전압 구동이 가능하며, 예열 시간과 복잡한 구동회로가 필요하지 않고, 충격 및 진동에 강하기 때문에 다양한 형태의 고품격 조명 시스템에의 적용이 가능하여, 가까운 미래에 백열등, 형광등, 수은등과 같은 기존의 광원을 대체할 고체조명(solid-state lighting)용 광원으로 사용될 수 있는 효과가 있다.

[0007] 또한, 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법은 질화갈륨계 발광다이오드가 기존의 수은등이나 형광등을 대체하여 백색광원으로서 쓰이기 위해서는 열적 안정성이 뛰어나야 할 뿐만 아니라 낮은 소비전력에서도 고출력 빛을 발할 수 있고, 특히, 질화갈륨 p-n 접합 사이에 발생하는 재결합률을 높이면 광 출력의 효율을 상승시킬 수 있고, 이러한 재결합률을 상승시키기 위해, 벤딩을 통한 에너지 밴드 휨 현상을 이용할 수 있는 있는 효과가 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법으로 제조되는 발광다이오드의 투시도,

도 2은 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 제조방법의 공정도,

도 3은 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법의 공정도,

도 4는 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법으로 제조되, 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 원리를 설명하는 개념도 및,

도 5는 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법으로 제조되, 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 스트레인에 따른 구동결과를 설명하기 위한도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0010] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0011] 도 1은 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법으로 제조되는 발광다이오드의 투시도이다.

[0012] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드는 p-형 질화갈륨 박막층(100), n-형 질화갈륨 박막층(200), 상부 전극(300), 하부 전극(400), 구리판(500), 상부전극 패턴(600)을 포함한다.

[0013] 상기 p-형 질화갈륨 박막(100)은 200 nm  500 nm 두께로 이루어지며 주입되는 Mg 도핑 농도는 150 sccm  1200 sccm으로 이루어 질 수 있다.

[0014] 상기  n-형 질화갈륨 박막(200)은 200 nm  500 nm 두께로 이루어진다.

[0015] 상기 상부 전극(300)은 n-형 질화갈륨 박막과 저항성 접합(옴 접합)을 이루는 Ti, Au를 포함하는 하나의 층 또는 복수의 층으로 이루어질 수 있다.

[0016] 상기 하부 전극(400)은 상기 p-형 질화갈륨 박막(100)과 저항성 접합(옴 접합)을 이루는 Ni, Au를 포함하는 하나의 층 또는 복수의 층으로 이루어질 수 있다.

[0017] 마지막으로, 상기 구리판(500)은 전기도금 방식에 의해 만들어지고, 20 μm  200 μm 두께로 이루어진다.

[0018] 이하에서, 상술한 구성을 갖는 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 제조방법에 대하여 도 2 및 도 3을 참조하여 설명한다.

[0019] 참고로, 도 2은 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 제조방법의 공정도 이고, 도 3은 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드 제조방법의 공정도 이다.

[0020] 상기 p-형 질화갈륨 박막층(100)과 상기 n-형 질화갈륨 박막층(200)을 p-n접합을 통해 사파이어 층에 증착하는 단계를 수행한다(S100).

[0021] 이때, 상기 p-형 질화갈륨 박막층(100)과 상기 n-형 질화갈륨 박막층(200) 증착은 MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 공법을 사용하는데, 여기서 $Cp_2Mg$와 $SiH_4$를 이용함으로써 p-형과 n-형 도핑이 제어되도록 하는 것이 바람직하다.

[0022] 상기 p-형 질화갈륨 박막층(100)에 상기 하부 전극(400)을 형성하는 단계를 수행한다(S200).

[0023] 상기 하부 전극(400)에 구리판(500)을 도금하는 단계를 수행한다(S300).

[0024] 레이저 리프트-오프 공정을 통해 p-n 접합 질화갈륨 박막을 상기 사파이어 층으로부터 분리하는 단계를 수행한다(S400).

[0025] 이때, 상기 구리판이 형성된 질화갈륨 발광다이오드 소자의 사파이어층을 제거하기 위해 Lambda Physik Lextra 200 KrF pulsed excimer laser를 사용하여 레이저 리프트오프 (Laser lift-off)를 실시하는 것이 바람직하다.

[0026] 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 트렌치 에칭 마스크를 이용하여 트렌치 에칭 패턴을 제작하는 단계를 수행한다(S500).

[0027] 상기 트렌치 에칭 패턴대로 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 트렌치 에칭을 하는 단계를 수행한다(S600).

[0028] 트렌치 에칭된 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막에 포토레지스트와 포토리소그래피 공정을 이용하여 상기 상부 전극 패턴(600)을 부착하는 단계를 수행한다(700).

[0029] 또한, 상기 상부 전극 패턴(600) 및 상부 전극(500)은 n-형 질화갈륨 박막과 저항성 접합 (옴 접합)을 이루는 Ti, Au를 포함하는 하나의 층 또는 복수의 층으로 이루어질 수 있다.

[0030] 이후, 상기 분리된 p-n 접합 질화갈륨 박막으로 제작된 질화갈륨 발광다이오드에 상기 포토레지스트를 제거하는 단계를 수행하여(S800), 최종적인 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드를 제작하게된다.

[0031] 이하에서, 상술한 제조방법에 의해 제조된, 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 원리를 설명하는 개념도로써 스트레인에 따른 전하 및 전자의 이동을 설명한다.

[0032] 상기 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드는 외부의 힘에 의한 스트레인이 작용하면, 상기 스트레인에 의해 압전 분극 전하가 p-n 접합 사이에 축적되고 공핍 영역에 있던 전하들과 반응하여 에너지 밴드가 휘어지게 된다.

[0033] 이때, 도 4a에 도시된 바와 같이, concave 벤딩의 경우, 깊어지는 에너지 밴드 모양의 형성으로 전하와 정공의

축적이 발생하게 되며, 전하와 정공의 재결합률이 상승하게 되어 출력 전류와 전자 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0034] 또한, 도 4a에 도시된 바와 같이, convex 벤딩의 경우, 언덕 형태 에너지 밴드 모양의 형성으로 전하와 정공의 축적이 공핍시키게 되며, 전하와 정공의 재결합률이 낮아지게 되어 출력 전류와 전자 발광 효율이 낮아진다.

[0035] 이하에서, 도 5를 참조하여, 상술한 구성을 포함하는 본 발명에 따른 실제 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드의 스트레인에 따른 구동 결과를 설명한다.

[0036] 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따른 플렉시블 질화갈륨 발광다이오드는 구부려주는 스트레인에 출력 전류와 전자 발광 효율을 변화시킬 수 있다. 이때, concave 벤딩의 경우, 9.1 %의 출력 전류 상승과 9.6 %의 전자 발광 효율을 상승시킨다.

[0037] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 하기에 기재될 청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

## *부호의 설명*

[0038] 100 : p-형 질화갈륨 박막층

200 : n-형 질화갈륨 박막층

300 : 상부 전극

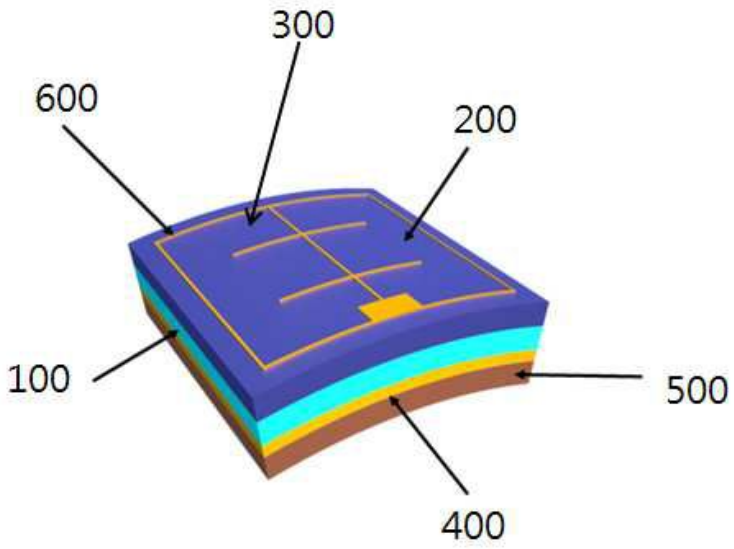
400 : 하부 전극

500 : 구리판

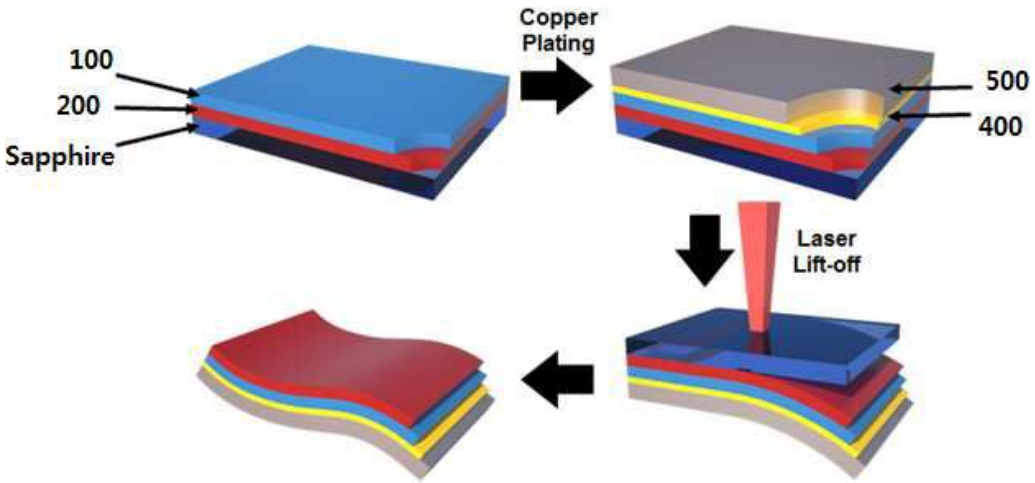
600 : 상부 전극 패턴

## *도면*

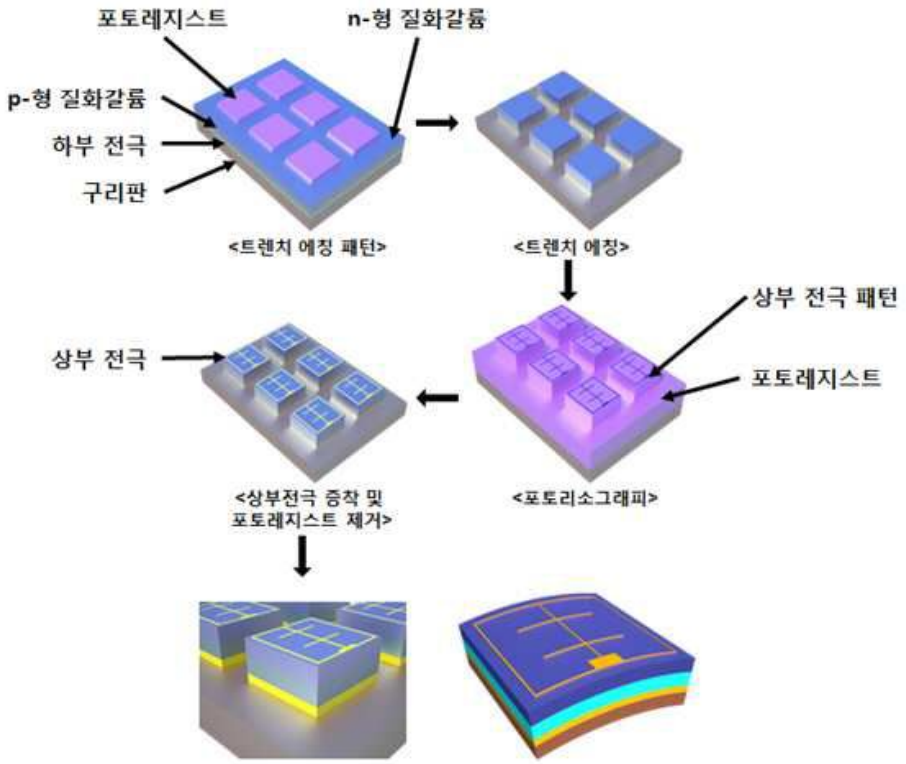
### *도면1*



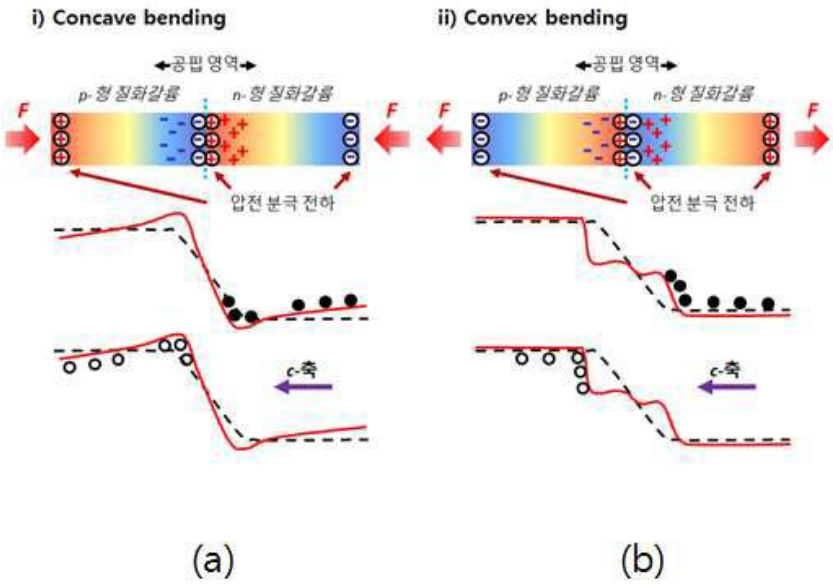
도면2


100
200
Sapphire
Copper
Plating
500
400
Laser
Lift-off

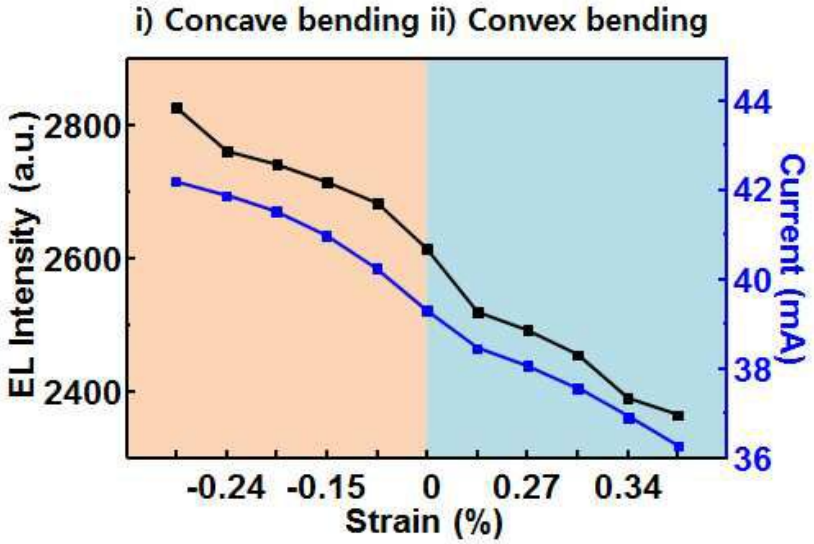
도면3


포토레지스트
n-형 질화갈륨
p-형 질화갈륨
하부 전극
구리판
<트렌치 에칭 패턴>
<트렌치 에칭>
상부 전극 패턴
포토레지스트
상부 전극
<상부전극 증착 및
포토레지스트 제거>
<포토리소그래피>

도면4


i) Concave bending
ii) Convex bending
공핍 영역
p-형 질화갈륨
n-형 질화갈륨
F
압전 분극 전하
c-축
(a)
(b)

도면5


i) Concave bending ii) Convex bending
EL Intensity (a.u.)
2800
2600
2400
Current (mA)
44
42
40
38
36
-0.24
-0.15
0
0.27
0.34
Strain (%)