(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0096746
(43) 공개일자 2016년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H01L 33/20* (2010.01)
(52) CPC특허분류
*H01L 33/20* (2013.01)
*H01L 2924/12041* (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0017826
(22) 출원일자 2015년02월05일
심사청구일자 2015년02월05일

(71) 출원인
**울산과학기술원**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
**최경진**
충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명3로 87 504동 1702호 (연제리,모아미래도아파트)
**박민주**
울산광역시 울주군 구영리 모두박길 14-13, 201호
**원상혁**
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50, 학생기숙사 308동 1205호
(74) 대리인
**특허법인 무한**

전체 청구항 수 : 총 10 항

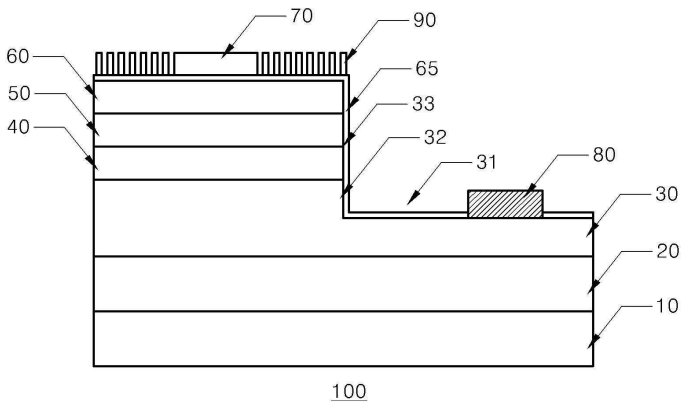
(54) 발명의 명칭 **나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자**

## (57) 요 약

본 발명은 나노구조체를 이용하여 높은 광추출효율을 갖는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

상기의 목적 달성을 위하여 본 발명은, 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자에 있어서, 상기 발광다이오드는 피형 전극이 접촉하는 보호층 상단에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

*대 표 도* - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711017613
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발
연구과제명 180lm/W급 고효율 나노기반 LED개발
기 여 율 1/1
주관기관 포항공과대학교산학협력단
연구기간 2014.03.01 ~ 2015.02.28

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자에 있어서,

상기 발광다이오드는 피형 전극이 접촉하는 보호층 상단에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 발광다이오드의 측면에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 발광다이오드는 엔형 전극이 접촉하는 보호층 상단에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 4

청구항 3에 있어서, 상기 나노 구조체의 직경은 1 내지 100nm인 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 나노 구조체의 길이는 0.001 내지 50㎛인 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 6

청구항 5에 있어서, 상기 나노 구조체의 재질은 ITO, ZnO, AZO, IZGO, $Al_2O_3$ 및 $TiO_2$ 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 7

청구항 5에 있어서, 상기 나노 구조체의 재질은 GaN, GaAs, Si 및 Glass 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

### 청구항 8

청구항 3에 있어서, 상기 나노 구조체는 화학기상증착법, 물리기상증착법 또는 공침법에 의하여 생성되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

**청구항 9**

청구항 3에 있어서, 상기 보호층의 재질은 $SiO_2$, $Al_2O_3$ 및 $TiO_2$ 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

**청구항 10**

청구항 3에 있어서, 상기 나노 구조체는 별도의 공정에 의하여 선 제조된 뒤 상기 보호층에 부착되는 것을 특징으로 하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 높은 광추출효율을 제공하는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자에 관한 것이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 근래 엘이디 소자는 기존 조명을 대체할 수 있는 부품으로 각광받으면서, 수요가 급격히 늘고있다.

[0003] 엘이디 소자는 높은 효율을 기반으로 적은 전력으로 높은 휘도의 빛을 얻을 수 있는 장점은 있으며, 추가적인 특성 향상을 위하여 다양한 연구들이 진행되고 있다.

[0004] 예를 들면, 공개특허 제2001-0084332호에는 질화물 반도체 발광소자에 이차여기 가시광 발광층을 추가로 형성하여 발광소자 내부에서 적색, 녹색 및 청색의 삼원색 발광을 구현하여 상기 발광소자의 내부에서 직접 발광하는 형식의 질화물 반도체 발광소자를 제공하기 위하여, 기판 상에 n형 접촉층, 질화물 반도체 활성층, p형 접촉층이 순차적으로 적층되고, 상기 n형 및 p형 접촉층 상에 각각 n형 및 p형 전극이 형성되는 질화물 반도체 발광소자에 있어서, 상기 p형 접촉층과 상기 p형 전극 사이에 형성되는 이차여기 가시광 발광층을 포함하는 발광소자의 구성이 개시되어 있다.

[0005] 또한, 등록특허 제1035866호에는 미세구조에 의한 양자 구속 효과(quantum confinement effect)를 이용하여, 실리콘질화물 내 형성된 실리콘 나노 구조로부터 발광을 얻을 수 있는 발광 소자의 구성이 개시되어 있다.

[0006] 또한, 공개특허 제2009-0103343호에는 n형 오믹접촉 전극구조체; 상기 n형 오믹접촉 전극구조체 하부에 n형 질화물계 클래드층, 질화물계 활성층, p형 질화물계 클래드층, 커런트스프레딩층이 순차적으로 적층된 그룹 3족 질화물계 반도체 발광다이오드 소자용 다층구조체; 상기 발광다이오드 소자용 다층구조체의 상부에 형성된 참호(trench) 형태의 커런트 블라킹 구조를 포함한 p형 전극구조체; 상기 p형 전극구조체가 형성된 발광다이오드 소자용 다층구조체 하부에 형성된 히트씽크 지지대;로 구비된 것을 주요한 특징으로 함으로써, 질화물계 활성층에서의 빛 생성 효율 및 외부 양자 효율을 증가시킬 수 있는 이점이 있는 발광 소자의 구성이 개시되어 있다.

[0007] 상기의 구성들은 소자의 구조 또는 재질의 변화시켜 다양한 형태의 발광소자를 제공하는 장점이 있는 구성들에 해당한다.

[0008] 한편, 나노 구조체 또는 나노 와이어는 직경이 나노미터 영역이고, 길이가 직경에 비해 훨씬 큰 수백 나노미터, 마이크로미터 또는 더 큰 밀리미터 단위를 갖는 선형 재료로 자체의 물성은 그들이 갖는 직경과 길이에 의존한다.

[0009] 상기 나노와이어는 작은 크기로 인하여 미세 소자에 다양하게 응용될 수 있으며, 특정 방향에 따른 전자의 이동 특성이나 편광 현상을 나타내는 광학 특성을 이용할 수 있는 장점이 있어, FET와 같이 각종 전자소자의 핵심부품인 트랜지스터로 이용될 수 있고, 각종 화학센서 및 바이오센서 등에 응용이 가능한 장점이 있다.

[0010] 따라서, 상기와 같은 나노구조체를 발광다이이오드와 결합하는 경우 높은 광특성을 가진 발광다이오드를 제공할 수 있을 것으로 예상되므로 상기와 같은 새로운 형태의 발광다이오드가 필요한 실정이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0011] 본 발명은 상기와 같은 필요에 의하여 안출된 것으로, 나노구조체를 이용하여 높은 광추출효율을 갖는 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0012] 상기의 목적 달성을 위하여 본 발명은, 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자에 있어서, 상기 발광다이오드는 피형 전극이 접촉하는 보호층 상단에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0013] 바람직하게는, 상기 발광다이오드의 측면에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 더욱 바람직하게는, 상기 발광다이오드는 엔형 전극이 접촉하는 보호층 상단에 형성되는 나노 구조체를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0015] 더욱 바람직하게는, 상기 나노 구조체의 직경은 1 내지 100nm인 것을 특징으로 한다.

[0016] 더욱 바람직하게는, 상기 나노 구조체의 길이는 0.001 내지 50㎛인 것을 특징으로 한다.

[0017] 더욱 바람직하게는, 상기 나노 구조체의 재질은 ITO, ZnO, AZO, IZGO, $Al_2O_3$ 및 $TiO_2$ 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0018] 바람직하게는, 상기 나노 구조체의 재질은 GaN, GaAs, Si 및 Glass 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0019] 바람직하게는, 상기 나노 구조체는 화학기상증착법, 물리기상증착법 또는 공침법에 의하여 생성되는 것을 특징으로 한다.

[0020] 바람직하게는, 상기 보호층의 재질은 $SiO_2$, $Al_2O_3$ 및 $TiO_2$ 중 선택된 어느 하나인 것을 특징으로 한다.

[0021] 바람직하게는, 상기 나노 구조체는 별도의 공정에 의하여 선 제조된 뒤 상기 보호층에 부착되는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0022] 본 발명에 따른 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자는 보호층 상단에 나노 구조체를 형성하는 것을 특징으로 하고, 상기 나노 구조체는 종래 발광다이오드에 비하여 20%이상의 광추출 효율 증가를 나타내는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명에 따른 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자의 모식도이며,

도 2는 나노 구조체의 일실시예이며,

도 3은 도 2의 투과율 그래프이며,

도 4는 도 2의 적분구 내의 투과율 그래프이며,

도 5는 본 발명에 따른 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자의 L-I 그래프이며,

도 6은 종래 방식의 발광다이오드의 발광 이미지이며,

도 7은 본 발명에 따른 나노 구조체가 삽입된 발광다이오드 소자의 발광 이미지이며,

도 8은 본 발명의 다른 실시예를 나타내는 모식도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0025] 먼저 본 발명에 따른 발광다이드 소자(100)는 도 1에 도시된 바와 같이, 기판(10), 상기 기판(10) 상단에 적층되는 버퍼층(20), 상기 버퍼층(20) 상단에 형성되는 엔형 클래드층(30), 상기 엔형 클래드층(30) 상단에 형성되

는 활성층(40), 상기 활성층(40) 상단에 형성되는 피형 클래드층(50), 상기 피형 클래드층(50) 상단에 형성되는 컨택트층(60), 상기 컨택트층(60) 상단에 형성되는 피형 전극(70), 상기 엔형 클래드층(30) 중 일부에 식각되어 제거된 함몰부(31), 상기 함몰부(31) 상단에 형성되는 엔형 전극(80), 상기 컨택트층(60) 상단, 비함몰부(32)의 측면(33)과 함몰부(31)에 형성되는 엔형 클래드층(30) 상단에 형성되는 보호층(65), 상기 보호층(65) 중 비함몰부(32)에 형성되는 나노 구조체(90)를 포함하여 구성된다.

[0026] 여기서 상기 활성층(40), 피형 클래드층(50), 컨택트층(60)은 상기 함몰부(31)를 제외한 비함몰부(32) 상단에만 형성된다.

[0027] 한편, 상기 기판(10)은 사파이어(Al2O3), 실리콘카바이드(SiC), 아연산화물(ZnO), 실리콘(Si), 갈륨비소(GaAs), 또는 이미 많은 문헌 등에서 공지된 일렉트로프레이팅(electroplating)/본딩 트랜스퍼(bonding transfer) 방법에 의해서 형성되는 금속(Cu, Ni, Al, 등) 또는 합금(alloy)등과 같은 물질들 중 어느 하나로 형성된 것이 바람직하다.

[0028] 그리고, 버퍼층(20)으로부터 피형 클래드층(50)까지의 각 층은 3족 질화물계 화합물의 일반식인 AlxInyGazN(x, y, z : 정수) 중 선택된 어느 화합물을 기본으로 하여 형성되고, 엔형 클래드층(30) 및 피형 클래드층(60)은 해당 도펀트가 첨가되나, 본 발명에서는 일실시예로 질화갈륨(GaN)로 적용한다.

[0029] 또한, 활성층(40)은 단층, 다중 양자 우물(multi quantum well : MQW), 다중 양자 점/선(multiquantum dot/wire), 또는 양자 점/선 및 우물이 섞여 있는 층 등 공지된 다양한 방식으로 구성될 수 있다.

[0030] 상기와 같이, 질화갈륨(GaN) 화합물을 적용하는 경우, 버퍼층(20)은 GaN으로 형성되고, 엔형 클래드층(30)은 GaN에 엔형 도펀트로서 Si, Ge, Se, Te등이 첨가되어 형성되고, 활성층(40)은 InGaN/GaN MQW 또는 AlGaN/GaN MQW로 형성되며, 피형 질화물계 클래드층(50)은 GaN에 피형 도펀트로서 Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등이 첨가되어 형성된다.

[0031] 상기 컨택트층(60)은 ITO로 구성하는 것이 바람직하다.

[0032] 상기 피형 전극(70) 및 엔형 전극(80)은 니켈(Ni)/금(Au), 은(Ag)/금(Au), 타이타늄(Ti)/금(Au), 니켈(Ni)/금(Au), 팔라듐(Pd)/금(Au), 또는 크롬(Cr)/금(Au) 등이 순차적으로 적층된 층구조가 적용될 수 있다.

[0033] 이때 각 층의 형성방법은 전자빔 또는 열 증착기(e-beam or thermal evaporator), 레이저 에너지원을 이용한 PLD(pulsed laser deposition), 이중형의 열증착기(dual-type thermal evaporator) 스퍼터링(sputtering) 등의 물리적인 증착 방법(physical vapor deposition : PVD)와 일렉트로플레이팅(electroplating), 금속 유기 화학 증기 증착법(metaloganic chemical vapor deposition)등의 화학반응을 이용하는 화학적인 증착 방법(chemical vapor deposition : CVD)에 의해 형성 된다.

[0034] 한편, 본 발명은 상기 컨택트층(60) 상단에 위치하는 보호층(65)에 나노 구조체(90)를 추가적으로 형성하는 것에 그 특징이 있다.

[0035] 상기 보호층(65)은 $SiO_2$, $Al_2O_3$ 및 $TiO_2$ 중 선택된 어느 하나의 재질로 구성하는 것이 바람직하다.

[0036] 한편, 상기 나노 구조체(90)는 화학기상증착법, 물리기상증착법 또는 공침법에 의하여 생성할 수 있으며, 재질은 ITO, ZnO, AZO, IZGO, $Al_2O_3$ 및 $TiO_2$ 중 선택된 어느 하나로 구성할 수 있다.

[0037] 또한 상기 나노 구조체(90)의 재질은 GaN, GaAs, Si 및 Glass 중 선택된 어느 하나로 구성할 수 있다.

[0038] 물리기상증착법을 이용하여 생성한 나노 구조체(90)의 일 실시예를 도 2에 도시하였다.

[0039] 이때 구체적인 조건은 e-beam evaporation에서 증착 방법 중 하나인 Oblique angle deposition(OAD)에서 온도를 변화시키고, 증착 분위기는 -6 torr로 Vaccum 분위기에서 아무런 reactive Gas를 삽입 하지 않고 생선하였다.

[0040] 즉, 상기 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명은 종래 평면 구조의 보호층(65)은 3차원적인 구조를 적용하는 것을 그 특징으로 한다.

[0041] 또한 상기 나노 구조체(90)의 단위 구조체의 직경은 1 내지 100nm의 직경으로 구성하는 것이 바람직하다.

[0042] 상기 직경이 1nm미만인 경우에는 나노 구조체(90)로 생성이 어려운 단점이 있으며, 100nm를 초과하는 경우 광특성이 저하되는 단점이 있다.

[0043] 또한 상기 나노 구조체(90)의 길이는 0.001 내지 50㎛가 바람직하다.

[0044] 여기서, 상기 나노 구조체(90)의 길이가 0.001㎛ 미만인 경우에는 광특성이 미미한 단점이 있으며, 50㎛를 초과하는 경우에는 투과율이 저하되며, 또한 제조가 어려운 단점이 있다.

[0045] 또한 상기 나노 구조체(90)는 필요한 경우 상기 보호층(65)과 일정한 경사로 성장하는 형태로도 구성할 수 있다.

[0046] **나노 구조체의 투과율 시험**

[0047] 한편, 상기와 같은 나노 구조체(90)의 광특성을 파악하기 위하여 유리 기판에 옥사이드(oxide) 소스를 이용하여 나노 구조체(90)를 길이별로 형성한 후, 각 나노 구조체(90)의 투과율 변화를 측정하였다.

[0048] 투과율 측정 결과를 도 3에 도시하였으며, 상기 도 3에 따라, 나노구조체의 길이가 커짐에 따라 투과율이 현저하게 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

[0049] 하지만, 나노 구조체(90)를 적분구 내에 투과율을 측정하는 경우 도 4에 도시된 바와 같이, 길이가 길어짐에 따라 투과율의 변화는 없는 것을 관찰 할 수 있다. 이는 일반적인 측정방법(도 3)으로 측정될 경우 나노 구조체(90)의 광스케터링 현상에 따라 입사된 광이 나노 구조체(90)를 통하여 스케터링현상이 발생하게 되며, 이에 정확하게 측정부에서 측정이 어렵다. 이를 통하여 나노 구조체(90)를 적분구 내에서 측정한 경우 나노 구조체(90)에 의하여 광흡수는 발생하지 않는 것을 확인 할 수 있으며, 이는 나노 구조체(90)에 의하여 광흡수가 존재하지 않음을 확인할 수 있었다.

[0050] **나노 구조체를 포함하는 발광다이오드의 발광 실험**

[0051] 본 발명에 따라 제조된 발광다이오(나노 구조체의 길이 2㎛)로 출력을 시험한 결과를 도 5에 도시하였다.

[0052] 상기 도 5를 통하여 본 발명에 따른 나노 구조체(90)가 삽입된 발광 다이오드의 경우 일반적인 발광다이오드에 비하여 20% 이상의 높은 광특성을 보이는 것을 확인 할 수 있었다.

[0053] 또한 그림 7에서와 같이 발광다이오드의 전면에서 나노 구조체(90)에 의하여 발생된 빛이 더 많이 탈출 하는 것을 종래 발광다이오드 발광 이미지인 도 6과 대비하여 확인 할 수 있었다.

[0054] 즉, PVD 방법을 이용하여 나노 구조체(90)를 먼저 제조하고, 이렇게 제조된 나노 구조체(90)를 이용하여 발광다이오드에 삽입하였을 경우 광추출효율 향상을 가져 온 것을 확인 할 수 있었다.

[0055] 한편, 상기 도 1은 나노 구조체(90) 피형 전극(70)이 부착되는 비함몰부(32)의 보호층(65)에만 형성되는 것으로 설명하였으나, 도 8에 도시된 바와 같이, 측면(33)과 엔형 전극(80)이 위치하는 보호층(65)에도 추가로 형성될 수 있으며, 필요한 경우 전체 보호층(65)에 형성될 수도 있다.

[0056] 또한, 도 1에 도시된 수평형 발광다이오드 이외에 플립형(flip chip) 및 수직형에 형성된 보호층에도 적용할 수 있다.

[0057] 이상에서는 본 발명을 특정의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였으나, 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않으며, 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위내에서 실시할 수 있는 다양한 형태의 실시예들을 모두 포함한다.

## *부호의 설명*

[0058]

| | |
|---|---|
| 10: 기판 | 20: 버퍼층 |
| 30: 엔형 클래드층 | 31: 함몰부 |
| 32: 비함몰부 | 33: 측면 |

40: 활성층 50: 피형 클래드층

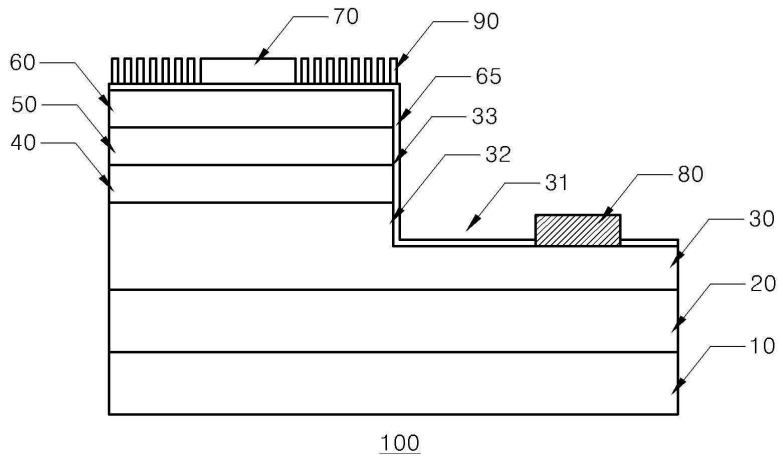
60: 컨택트층 65: 보호층

70: 피형 전극 80: 엔형 전극

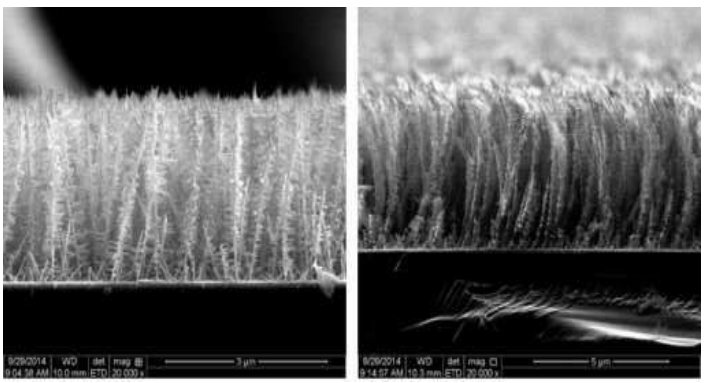
90: 나노 구조체 100: 발광다이오드

## 도면

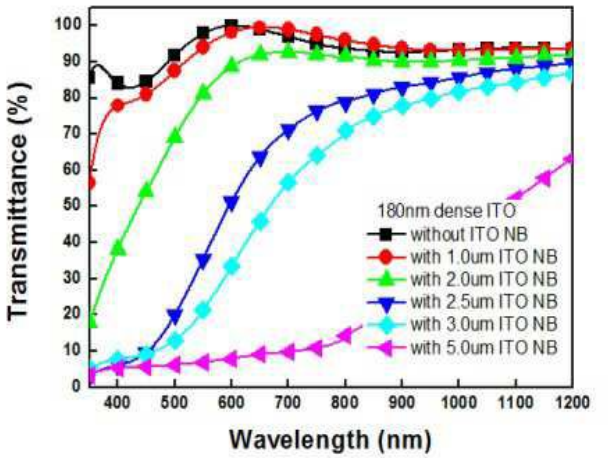
### 도면1



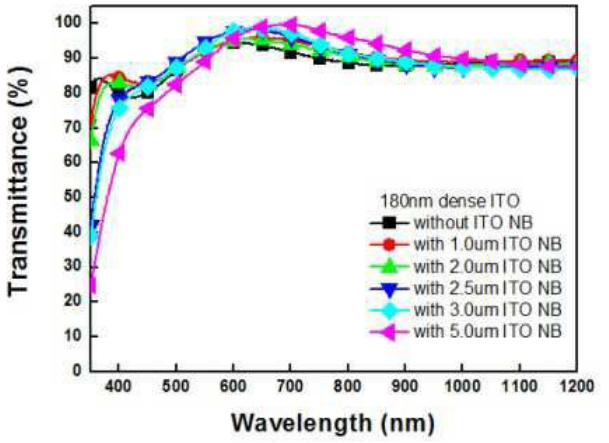

### 도면2



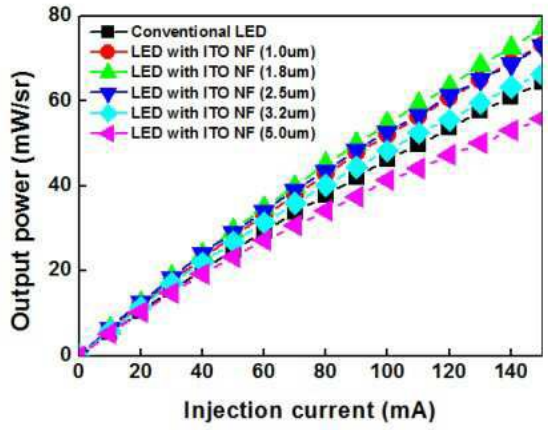
도면3


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
180nm dense ITO
without ITO NB
with 1.0um ITO NB
with 2.0um ITO NB
with 2.5um ITO NB
with 3.0um ITO NB
with 5.0um ITO NB

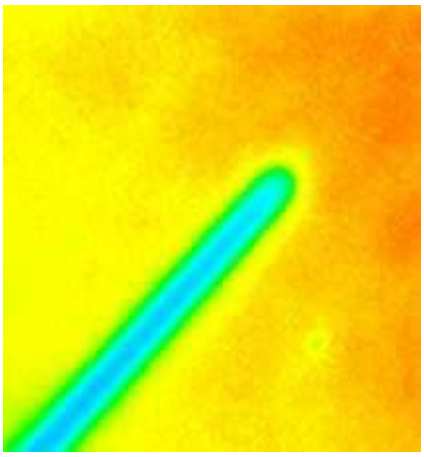
도면4


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
180nm dense ITO
without ITO NB
with 1.0um ITO NB
with 2.0um ITO NB
with 2.5um ITO NB
with 3.0um ITO NB
with 5.0um ITO NB

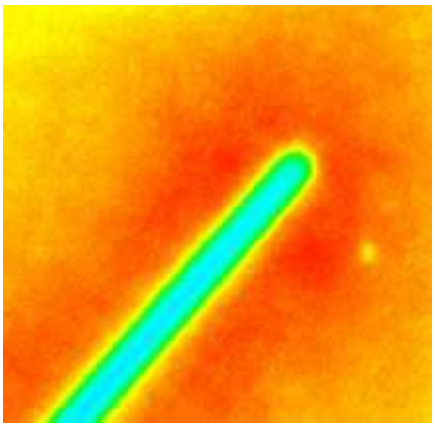
도면5


Output power (mW/sr)
Injection current (mA)
Conventional LED
LED with ITO NF (1.0um)
LED with ITO NF (1.8um)
LED with ITO NF (2.5um)
LED with ITO NF (3.2um)
LED with ITO NF (5.0um)

도면6



도면7



도면8

