(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0138734
(43) 공개일자 2011년12월28일

(51) Int. Cl.
H01L 33/02 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2010-0058792
(22) 출원일자 2010년06월21일
심사청구일자 2010년06월21일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 서천동 1 경희대학교 국제캠퍼스내
(72) 발명자
유재수
서울특별시 강남구 삼성2동 서광아파트 102동 506호
이희관
경기도 수원시 영통구 영통동 1024-15번지 304호
(74) 대리인
서재승

전체 청구항 수 : 총 13 항

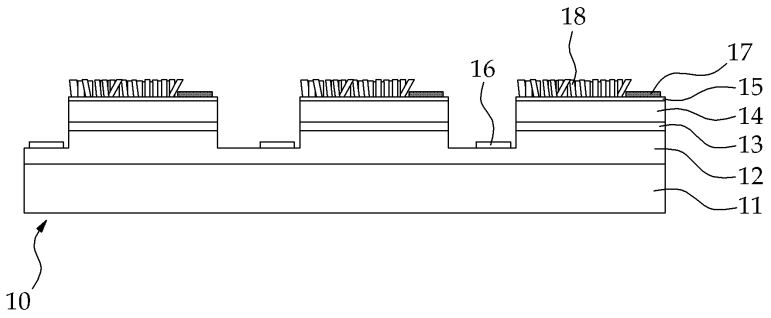
(54) 전기증착방식으로 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자

(57) 요 약

본 발명은 발광 다이오드 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로 전기화학증착방식을 이용하여 전류 확산층에만 선택적으로 형성된 산화아연 나노 막대를 구비하여 광추출효율을 향상시킨 발광 다이오드 소자에 관한 것이다.

본 발명에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 나노 막대를 형성하기 위하여 고온의 공정 과정이 불필요하며 전류 확산층에만 선택적으로 나노 막대를 형성함으로써, 고온 공정 과정에서 발생할 수 있는 결함 또는 나노 막대로 인한 단락 결함을 방지할 수 있다. 또한 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 나노 막대 성장 용액의 농도, 온도, 성장 시간 또는 전기화학증착시 인가되는 전압의 크기 또는 나노 막대 성장 용액의 수소 이온지수에 따라 형성되는 나노 막대의 크기와 높이를 제어함으로써, 다양한 분야에서 요구되는 고출력의 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

성장 용액 속에 담겨진 발광 다이오드 소자(Light Emitting Diode)에 음전압을 인가하고, 상기 나노 막대의 성장 용액 속에 담겨진 양극 패드에 양전압을 인가하는 단계;

상기 발광 다이오드 소자의 전류 확산층 상면에 선택적으로 일정 크기와 높이를 가지는 나노 막대를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 형성되는 나노 막대의 재질은 산화아연이며,

상기 나노 막대의 성장 용액은 질산아연(zinc nitrate) 분말가루를 순수(pure water)에 혼합하여 제조되는 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 형성되는 나노 막대의 재질은 산화아연이며,

상기 나노 막대의 성장 용액은 질산아연 분말가루와 헥사메틸렌테트라아(hexamenthylentetramine) 분말가루를 순수에 혼합하여 제조되는 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 발광 다이오드 소자의 전류 확산층에 음전압이 인가되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 발광 다이오드 소자의 P(Positive)형 전극에 음전압이 인가되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노 막대의 크기와 높이는 상기 발광 다이오드 소자에 인가되는 전압의 크기 또는 상기 발광 다이오드 소자와 양극 패드 사이의 거리에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 7

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노 막대의 크기와 높이는 상기 성장 용액의 수소이온지수(pH)에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 8

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 나노 막대의 크기와 높이는 상기 성장 용액의 농도, 성장 용액의 온도, 또는 성장 시간 중 적어도 어느 하나에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 전류 확산층은

Au/Ni, ITO, ZnO 중 어느 하나의 재질인 것을 특징으로 하는 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 10

기판:

상기 기판의 상면에 형성되는 n-반도체층;

상기 n-반도체층 상면에 형성되는 활성층;

상기 활성층 상면에 형성되는 p-반도체층:

상기 p-반도체층 상면에 형성되는 전류 확산층; 및

상기 전류 확산층의 상면에만 선택적으로 형성되어 있는 나노 막대를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

청구항 11

제 10 항에 있어서, 상기 나노 막대는

성장 용액에서 전기화학증착방식으로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

청구항 12

제 11 항에 있어서, 상기 나노 막대는

상기 전류 확산층의 일면에 형성된 P형 전극 또는 상기 전류 확산층에 음전압을 인가하고 상기 성장 용액에 담겨진 양극 패드에 양전압을 인가하여 상기 전류 확산층의 상면에만 선택적으로 형성되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 성장 용액은 질산아연(zinc nitrate) 분말가루 또는 헥사메틸렌테트라아민(hexamenthylentetramine) 분말가루를 순수에 혼합하여 제조되며,

상기 나노 막대의 높이와 크기는 상기 성장 용액의 농도, 성장 용액의 온도, 성장 시간, 수소이온지수, P형 전극과 양극 패드에 인가되는 전원의 크기, P형 전극과 양극 패드 사이의 거리 중 적어도 어느 하나에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드 소자.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 발광 다이오드 소자에 관한 것으로, 보다 구체적으로 전기화학증착방식을 이용하여 전류 확산층에만 선택적으로 형성된 산화아연 나노 막대를 구비하여 광추출효율을 향상시킨 발광 다이오드 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 발광 다이오드 소자(Light Emitting Diode)는 전기에너지를 빛에너지로 변환시켜주는 발광반도체 소자로서, 정공을 소수캐리어로 갖는 p형 반도체와 전자를 소수캐리어로 갖는 n형 반도체의 이종접합 구조를 가진다. 소수캐리어는 인가된 전압에 의해 서로 반대방향으로 이동하는 과정에서 활성층에서 만나 재결합을 하며 갖고 있던 여기에너지를 광자의 형태로 방출하는데 이때 방출되는 광자의 파장은 활성층이 갖는 고유의 에너지갭에 의해 결정되어진다.

[0003] 초기 발광 다이오드 소자는 저출력, 저휘도의 발광 특성으로 인하여 기계장치 표시기, 회로 점등, 숫자 또는 문자의 출력 등에 그 이용 범위가 한정되었다. 그러나 2000년을 전후로 RGB 및 백색 발광 다이오드 소자의 효율

과 출력이 빠른 속도로 증가하면서 휴대용 단말기, LCD 백라이트, 자동차 전광판, 특수 조명분야 등으로 응용 범위가 급속히 팽창하였으며, 미국의 루밀레드(Lumileds)사의 대면적 발광 다이오드 칩을 이용한 고출력 백색 발광 다이오드 소자가 개발되면서, 반도체 조명시대가 열리기 시작하였다.

[0004] 발광 다이오드 소자를 이용한 조명 산업은 녹색 성장과 그린 에너지 사업으로 전 세계적으로 큰 성장을 이루고 있다. 발광 다이오드 소자를 이용한 조명 분야에서 대면적 칩 및 어레이 제작을 통해 고휘도 및 고출력 특성을 가지는 발광 다이오드 소자의 개발에 많은 연구와 노력이 집중되고 있으며, 고출력으로 동작하는 발광 다이오드 소자를 제조하기 위해서는 발광 다이오드 소자의 활성층(active region) 내부에서 발생한 광을 외부로 효과적으로 방출하는 광추출 효율을 향상시키는 것이 중요하다.

[0005] 발광 다이오드 소자에서 발생한 광자는 밖으로 빠져나오는 동안 결함에 잡혀 열에너지로 변환되기도 하고, 전반사(internal total reflection)에 의해 내부에서 무한 이동하다가 소멸되는 손실이 매우 크다. 종래에는 발광 다이오드 소자의 표면에서 발생하는 전반사를 줄여 발광 다이오드 소자의 광추출 효율을 향상시키기 위하여 표면 텍스처링(texturing), 광자 결정 구조, 나노 막대를 이용하였다.

[0006] 종래 기술 중 표면 텍스처링 기술은 발광 다이오드 소자의 표면에 도달한 광자가 무작위로 흩어지도록 발광 다이오드 소자의 표면에 패턴을 형성하는 기술이며, 광자결정 구조를 이용한 기술은 특정 파장의 광자만 선택적으로 투과 또는 반사시키도록 발광 다이오드 소자의 표면에 광자결정(photonic crystal)을 패터닝하는 기술이며, 나노 막대를 이용한 기술은 발광 다이오드 소자에 씨드층을 형성하고 씨드층에 수열 합성법(hydrothermal method)으로 다수의 산화아연 나노 막대를 형성하는 기술로, 이들 종래 기술은 표면에 형성된 패턴, 패터닝된 광자결정 또는 나노 막대를 이용하여 광추출 효율을 향상시킨 기술이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 그러나 위에서 설명한 종래 기술들 중 표면 텍스처링 기술은 발광 다이오드 소자의 표면 처리를 위하여 많은 비용과 긴 공정 시간이 요구된다는 문제점을 가지며, 광자결정 구조를 이용한 기술은 선택적으로 투과 또는 반사되는 특정 파장의 광자 선택도가 아직 미흡하여 광추출 효율을 향상시키는데 한계가 있다.

[0008] 한편, 나노 막대를 이용한 종래 기술은 발광 다이오드 소자에 반드시 별도의 씨드층을 형성하여야 하며, 수열 합성법으로 씨드층에 나노 막대를 형성하는데 오랜 공정 시간이 요구된다. 또한 수열 합성법을 이용하여 나노 막대를 형성하는 경우 나노 막대는 발광 다이오드 소자의 전체 표면에 모두 형성되며 이로 인하여 n-반도체층과 p-반도체층 또는 n형 전극과 p형 전극이 나노 막대로 단락되어 발광 다이오드 소자가 오동작을 일으킨다는 문제점을 가진다. 즉 종래 화학증착방식을 이용한 나노 막대의 형성 기술은 필요로 하는 부분에만 선택적으로 나노 막대를 형성하기 곤란하다는 문제점을 가진다. 한편 나노 막대를 이용한 종래 기술은 나노 막대를 형성하기 위한 높은 공정 온도로 인하여 제작된 발광 다이오드 소자에 다양한 결함을 일으킬 수 있다는 문제점을 가진다.

[0009] 본 발명은 종래 기술들이 가지는 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명이 이루고자 하는 목적은 전기화학증착방식으로 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 다른 목적은 발광 다이오드 소자의 전류 확산층에만 선택적으로 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 목적은 전기화학증착방식을 이용하여 형성된 나노 막대를 통해 저렴하면서도 우수한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오드 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명이 이루고자 하는 또 다른 목적은 나노 막대 성장 용액의 농도, 온도, 성장 시간 또는 전기증착시 인가되는 전압의 크기 등에 따라 형성되는 나노 막대의 크기와 높이를 제어하여 다양한 분야에서 요구되는 고출력의 발광 다이오드 소자의 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명이 이루고자 하는 목적을 달성하기 위하여 본 발명에 따른, 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 성장 용액 속에 담겨진 발광 다이오드 소자의 P(Positive)형 전극에 음전압을 인가하고 나노 막대의 성장 용액 속에 담겨진 양극 패드에 양전압을 인가하는 단계와, 발광 다이오드 소자의 전류 확산층 상면에 선택적으로 일정 크기와 높이를 가지는 나노 막대를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0014] 여기서 형성되는 나노 막대의 재질은 산화아연이며, 나노 막대의 성장 용액은 질산아연(zinc nitrate) 분말가루 또는 헥사메틸렌테트라아민(hexamenthylentetramine) 분말가루를 순수(pure water)에 혼합하여 제조되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 바람직하게, 나노 막대의 크기와 높이는 발광 다이오드 소자의 P형 전극과 양극 패드에 인가되는 전압의 크기 또는 발광 다이오드 소자와 양극 패드 사이의 거리에 의해 제어되는 것을 특징으로 한다.

[0016] 바람직하게, 나노 막대의 크기와 높이는 성장 용액의 수소이온지수(pH)에 의해 제어되는 것을 특징으로 한다.

[0017] 바람직하게, 나노 막대의 크기와 높이는 상기 성장 용액의 농도, 성장 용액의 온도, 또는 성장 시간 중 적어도 어느 하나에 의해 제어되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자는 기판과, 기판의 상면에 형성되는 n-반도체층과, n-반도체층 상면에 형성되는 활성층과, 활성층 상면에 형성되는 p-반도체층과, p-반도체층 상면에 형성되는 전류 확산층과, 전류 확산층의 상면에만 선택적으로 형성되어 있는 나노 막대를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0019] 본 발명에 따른, 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 종래 기술과 비교하여 다음과 같은 다양한 효과들을 가진다.

[0020] 첫째, 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 전기화학증착방식을 이용하여 나노 막대를 형성함으로써, 저렴하면서도 우수한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

[0021] 둘째, 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 나노 막대를 형성하기 위하여 고온의 공정 과정이 불필요하며, 이로 인하여 고온 공정 과정에서 발생할 수 있는 다수의 결함을 방지할 수 있다.

[0022] 셋째, 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 발광 다이오드 소자의 전류 확산층에만 선택적으로 나노 막대를 형성함으로써, 나노 막대로 인한 단락 결함을 방지할 수 있다.

[0023] 넷째, 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 나노 막대 성장 용액의 농도, 온도, 성장 시간 또는 전기증착시 인가되는 전압의 크기 또는 나노 막대 성장 용액의 수소이온지수에 따라 형성되는 나노 막대의 크기와 높이를 제어함으로써, 다양한 분야에서 요구되는 고출력의 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된, 나노 막대를 구비한 발광 다이오드 소자의 도식적인 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자 모듈의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자 모듈에서 나노팁 인가부(310)와 발광 다이오드 소자의 접속 상태를 설명하기 위한 단면도이다.

도 5는 성장 용액의 몰농도에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

도 6은 나노 막대의 성장 시간에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

도 7은 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 인가되는 전압의 크기에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

도 8은 성장 용액의 수소이온지수에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

도 9는 성장 용액의 수소이온지수에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

도 10은 나노 막대를 구비하지 않은 발광 다이오드 소자의 광추출 효율과 성장조건1에서 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 광추출 효율을 나타내는 도면이다.

도 11은 나노 막대를 구비하지 않는 종래 발광 다이오드 소자의 구동 전압과 성장조건1에서 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 구동 전압을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 이하 첨부한 도면을 참고로 본 발명에 따른, 나노 막대를 구비한 발광 다이오드 소자의 제조 방법에 대해 보다 구체적으로 살펴본다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된, 나노 막대를 구비한 발광 다이오드 소자의 도식적인 단면도이다.

[0027] 도 1을 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자는 기판(11), 기판(11)의 상면에 형성되어 있는 n형 반도체층(12), n형 반도체층(12)의 상면에 형성되어 있는 활성층(13), 활성층(13) 상면에 형성되어 있는 p형 반도체층(14), p형 반도체층(14) 상면에 형성되어 있는 전류 확산층(15), n형 반도체층(12)의 상면 중 일면에 형성되어 있는 n형 전극(16) 및 전류 확산층(15)의 상면 중 일면에 형성되어 있는 n형 전극(17)을 구비하고 있다.

[0028] 기판(11)으로 질화물계 발광 다이오드 소자(청색, 녹색, UV)용으로 사파이어(sapphire) 기판 또는 실리콘계(SiC)기판이 사용될 수 있으며, InGaAlP 또는 AlGaAs(적색, IR)계 발광 다이오드 소자용으로 GaAs 기판이 사용될 수 있다. GaAs 기판을 사용하는 InGaAlP계 발광 다이오드 소자의 경우에는 기판이 전도성을 가지므로 n형 전극(16)은 탑(top)-바텀(bottom) 형태로 제작되지만, 사파이어 기판을 사용하는 경우 사파이어 기판이 부도체이기 때문에 n형 반도체층(12)을 일부 식각하여 식각된 n형 반도체층(12)의 상면 중 일면에 n형 전극(16)을 형성하는 탑-탑 형태로 제작된다. 도 1에 도시되어 있는 발광 다이오드 소자는 탑-탑 형태로 제작된 일 예로 설명되나, 본 발명이 적용되는 분야에 따라 다양한 형태로 제작 가능하다.

[0029] 발광 다이오드 소자(10)는 기판(11)의 상면에 n형 반도체층(12), 활성층(13), p형 반도체층(14), 전류 확산층(15), n형 전극(16) 및 p형 전극(17)을 순차적으로 성장시켜 제조하는데, n형 반도체층(12), 활성층(13), p형 반도체층(14), 전류 확산층(15), n형 전극(16) 및 p형 전극(17)의 성장 방식은 화학증착방식, 저온 성장 기술 등 통상적인 에피(Epitaxy) 성장 방식으로 제조된다. 발광 다이오드 소자(10)는 에피 성장 이후, 개별적인 발광 다이오드 칩으로 분리되어 칩 패키징 과정을 거치게 된다.

[0030] p형 반도체층(14)은 저항이 높고 전류가 p형 반도체층(14) 안에서 충분히 확산되지 않는 문제점을 가진다. p형 반도체층(14)의 전면적에 균일하게 전류를 흘러 보내기 위하여 투명한 재질의 전류 확산층(15)을 p형 반도체층(14)의 상면에 형성한다. 전류 확산층(15)의 재질로 Au/Ni, ITO(Indium Tin Oxide), ZnO 등이 사용될 수 있으며, 본 발명이 적용되는 분야에 따라 전기 전도도가 높으며 광 투과도가 높은 다른 재질이 사용될 수 있다.

[0031] 전류 확산층(15) 또는 p형 전극(17)의 상면에는 나노 막대(18)가 형성되어 있다. 나노 막대의 형상은 원기둥형 또는 뿔형으로 전류 확산층(10) 또는 p형 전극(17)의 상면에만 형성되며 10nm 내지 500nm의 지름을 가진다. 바람직하게, 나노 막대의 재질은 산화아연(ZnO)이다.

[0032] 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자(10)는 전류 확산층(15) 또는 p형 전극(17)의 상면에만 형성된 나노 막대를 구비함에 따라, p형 반도체층(14)과 외부 매질(예를 들어, 공기층) 사이에 위치하는 나노 막대층에 의해 p형 반도체층(14)과 외부매질 사이의 굴절률 차이를 나노 막대층에서 작게 한다. 나노 막대층에 의해 p형 반도체층(14)와 외부 매질 사이의 굴절률 차이가 작아짐에 따라 활성층(13)에서 전자와 정공의 결합에 의해 발생하는 광자는 보다 높은 임계각으로 전반사되어 발광 다이오드 소자의 내부에서 전반사로 소멸되는 광자의 양을 줄인다.

[0033] 또한 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자(10)는 전류 확산층(15) 또는 p형 반도체층(17)의 상면에만 선택적으로 나노 막대가 형성됨에 따라, 나노 막대로 인한 n형 반도체층(12)과 p형 반도체층(14)의 단락 또는 n형 전극(16)과 p형 전극(17)의 단락을 방지하여 발광 다이오드 소자의 결함을 방지할 수 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자의 제조 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 다이오드 소자는 전기증착 방식에 따라 발광 다이오드 소자의 전류 확산층 또는 P형 전극에만 선택적으로 나노 막대를 형성하는데 도 2를 참고로 보다 구체적으로 살펴보면, 하우징(100) 내부에는 성장 용액(110)이 채워져 있다. 성장 용액(110)은 전기화학증착방식으로 발광 다이오드 소자의 전류 확산층 또는 P형 전극에 나노 막대를 증착 성장시키는 용액으로, 전기증착 방식으로 증착 성장되는 나노 막대 재질을 포함하고 있다. 바람직하게, 나노 막대는 산화아연(ZnO) 재질이며, 아연 성분을 포함하고 있는 분말가루를 순수(pure water)에 혼합하여 제조한다.

[0036] 성장 용액을 제조하는 제1 실시예는 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말가루를 순수에 혼합하여 제조한다. 성장 용액을 제조하는 제2 실시예는 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말가루과 촉매역활을 수행하는 헥사메틸렌테트라아민

(hexamethylenetetramine, $C_6H_{12}N_4$)을 순수에 혼합하여 제조한다.

[0037] 하우징(100)은 덮개(120)를 구비할 수 있으며 덮개(120)의 상면 중 일 부분에는 접속단자(121, 123)가 형성되어 있다. 음극 접속단자(121)는 케이블(410)을 통해 전원 공급부(400)의 음극 전원과 접속되며, 양극 접속단자(123)는 케이블(410)을 통해 전원 공급부(400)의 양극 전원에 접속된다.

[0038] 한편, 덮개(120)의 하면 중 일 부분에는 접속단자(121, 123)와 전기적으로 연결된 전선(125, 127)이 형성되어 있으며, 전선(125, 127)은 양극 패드(200)와 발광 다이오드 소자 모듈(300)에 각각 전기적으로 접속된다. 즉, 전원 공급부(400)의 음극 전원은 케이블(410), 음극 접속단자(121), 음극 전선(125)을 통해 발광 다이오드 소자 모듈(300)로 인가되며, 전원 공급부(400)의 양극 전원은 케이블(410), 양극 접속단자(123), 양극 전선(127)를 통해 양극 패드(200)로 인가된다. 바람직하게, 음극 전선(125)과 발광 다이오드 소자 모듈(300)이 접속되는 음극 전선(125)에는 삽입홀(미도시)이 형성되어 발광 다이오드 소자 모듈(300)의 일측을 삽입홀에 삽입하여 용이하게 음극 전선(125)과 발광 다이오드 소자 모듈(300)을 전기적으로 접속시킬 수 있다. 바람직하게, 양극 패드(200)는 성장 용액(110)과 반응하지 않은 백금(pt) 또는 백금이 도금된 금속이 사용될 수 있으나, 본 발명이 적용되는 분야에 따라 성장 용액(110)과 반응하지 않는 다양한 금속이 사용될 수 있다.

[0039] 성장 용액(110)에 담겨져 있는 양극 패드(200)와 발광 다이오드 소자 모듈(300)에 각각 양전압과 음전압이 인가되는 경우, 성장 용액(110)에서는 아래와 같은 화학반응이 발생하여 산화아연이 생성되며 생성된 산화아연은 발광 다이오드 소자에 증착되어 나노 막대로 성장된다.

[0040] [화학 반응식]

[0041] $Zn(NO_3)_2 \rightarrow Zn^{2+} + 2NO_3^-$

[0042] $NO_3^- + H_2O + 2e^- \rightarrow NO_3^- + 2OH^-$

[0043] $Zn^{2+} + 2OH^- \rightarrow Zn(OH)_2$

[0044] $Zn(OH)_2 \rightarrow ZnO + H_2O$

[0045] 성장되는 나노 막대의 크기와 높이는 성장 용액(110)의 몰농도, 성장 용액의 온도 또는 성장 시간에 따라 서로 다르게 제어된다. 보다 구체적으로, 성장 용액(110)의 몰농도가 커질수록 증착 성장되는 나노 막대의 크기와 높이는 커지며, 성장 용액의 온도가 75도 이내의 온도에서 높을수록 그리고 성장 시간을 1시간 이내에서 길게 할수록 증착 성장되는 나노로드의 크기와 높이가 증가한다.

[0046] 또한, 성장되는 나노 막대의 크기와 높이는 양극 패드(200)와 발광 다이오드 소자 모듈(300)에 가해지는 전압의 크기 또는 거리에 따라 서로 다르게 제어된다. 보다 구체적으로, 양극 패드(200)와 발광 다이오드 소자 모듈(300)에 가해지는 전압의 크기가 클수록 증착 성장되는 나노 막대의 크기와 높이가 증가하며, 양극 패드(200)와 발광 다이오드 소자 모듈(300) 사이의 거리가 가까울수록 증착 성장되는 나노 막대의 크기와 높이가 증가한다.

[0047] 한편, 성장 용액(110)의 수소이온지수(pH)를 조절하기 위하여 제1 실시예 또는 제2 실시예에 따라 제조된 성장 용액(110)에는 수산화나트륨(NaOH), 수산화갈륨(KOH), 수산화암모늄(NH_4OH)과 같은 염기성 용액이 추가될 수 있다. 성장 용액의 수소이온지수에 따라 증착 성장하는 나노 막대는 다양한 구조와 크기를 가지게 된다.

[0048] 발광 다이오드 소자를 제조하는데 사용되는 p형 반도체층의 종류에 따라 외부매질과 p형 반도체층 사이에 서로 다른 굴절률 차이를 가진다. 성장 용액(110)의 몰농도, 온도, 성장 시간을 제어하거나, 양극 패드(200)와 발광 다이오드 소자 모듈(300)에 인가되는 전압의 크기 또는 거리를 제어하거나, 성장 용액(110)의 수소이온지수를 제어함으로써, 형성되는 나노 막대의 크기와 높이를 조절하여 다양한 종류의 p형 반도체층와 외부매질 사이의 굴절률 차이를 조절할 수 있으며 이에 따라 최적의 광추출효율을 가지거나 발광 다이오드 소자가 적용되는 다양한 분야에 맞도록 다양한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

[0049] 도 3은 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자 모듈의 일 예를 설명하기 위한 도면이다.

[0050] 도 3을 보다 구체적으로 살펴보면, 발광 다이오드 소자 모듈은 발광 다이오드 소자(10)와 발광 다이오드 소자(10)에 형성되어 있는 다수의 발광 다이오드 칩(1) 각각으로 음극 전압을 인가하는 나노팁 인가부(310)를 구비하고 있다. 나노팁 인가부(310)의 일측에는 삽입 돌기(311)가 형성되어 있으며, 삽입 돌기(311)는 음극 전선

(125)의 일단에 형성되어 있는 삽입홀(125a)에 삽입되어 음극 전선(125)과 나노팁 인가부(310)을 전기적으로 접속시킨다. 나노팁 인가부(310)에는 다수의 발광 다이오드 칩(1) 각각에 음극 전압을 인가하기 위한, 발광 다이오드 칩(1)의 배열 위치에 상응하는 위치에 형성되어 있는 다수의 나노팁(313)을 구비하고 있다. 나노팁 인가부(310)의 양단 일측에는 정렬돌기(315a, 315b)가 형성되어 있으며 발광 다이오드 소자(10)에는 정렬홀(19a,19b)이 형성되어 있어, 정렬돌기(315a, 315b)를 정렬홀(19a, 19b)에 각각 삽입하여 다수의 나노팁(313)과 다수의 발광 다이오드 칩(1)의 위치를 정렬한다.

[0051] 도 4는 본 발명에 따른 발광 다이오드 소자 모듈에서 나노팁 인가부(310)와 발광 다이오드 소자의 접속 상태를 설명하기 위한 단면도이다.

[0052] 도 4(a)는 도 3의 A-A' 방향 단면도로서, 도 4(a)를 참고로 발광 다이오드 소자(10)와 나노팁 인가부(310)의 접속 상태 일 예를 살펴보면, 나노팁 인가부(310)의 나노팁(313)은 발광 다이오드 칩(1)의 P형 전극(17)에 전기적으로 접속된다. 나노팁(313)을 통해 음극 전압이 P형 전극(17)으로 인가되며, P형 전극(17)의 하면에 형성되어 있는 전류 확산층(15)으로 음극 전압이 전달되어 전류 확산층(15) 또는 P형 전극(17)에만 나노 막대(18)가 선택적으로 형성된다.

[0053] 도 4(b)는 도 3의 A-A' 방향 단면도로서, 도 4(b)를 참고로 발광 다이오드 소자(10)와 나노팁 인가부(310)의 접속 상태 다른 예를 살펴보면, 나노팁 인가부(310)의 나노팁(313)은 발광 다이오드 칩(1)의 전류 확산층(15)에 직접 전기적으로 접속된다. 나노팁(313)을 통해 음극 전압이 전류 확산층(15)으로 인가되어 전류 확산층(15) 또는 P형 전극(17)에만 나노 막대(18)가 선택적으로 형성된다.

[0054] 도 5는 성장 용액의 몰농도에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

[0055] 도 5(a)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M 농도의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 나노 막대를 전기증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이며, 도 5(b)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.02M의 농도의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이다. 도 5에 도시되어 있는 것과 같이, 성장 용액의 농도를 증가시킬수록 발광 다이오드 소자에 형성된 나노 막대의 크기와 높이가 증가한다는 것을 알 수 있다. 성장 용액의 농도를 제어하여 최고의 광추출효율을 가지거나 다양한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

[0056] 도 6은 나노 막대의 성장 시간에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

[0057] 도 6(a)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.005M 농도의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1V의 전압을 인가하여 20분 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이며, 도 6(b)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.005M의 농도의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1V의 전압을 인가하여 60분 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이다. 도 6에 도시되어 있는 것과 같이, 나노 막대의 성장 시간을 증가시킬수록 형성된 나노 막대의 크기와 높이가 증가한다는 것을 알 수 있다. 나노 막대의 성장 시간을 제어하여 최고의 광추출효율을 가지거나 다양한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

[0058] 도 7은 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 인가되는 전압의 크기에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

[0059] 도 7(a)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M 농도의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대(이하 "성장조건1에서 형성된 나노 막대"라 언급함)의 전자사진이며, 도 7(b)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M의 농도의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 2V의 전압을 인가하여 1시간 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이다. 도 7에 도시되어 있는 것과 같이, 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 가해지는 전압의 크기가 증가할수록 발광 다이오드 소자에 형성된 나노 막대의 크기와 높이가 증가한다는 것을 알 수 있다. 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 가해지는 전압의 크기를 제어하여 최고의 광추출효율을 가지거나 다양한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오

드 소자를 제조할 수 있다.

[0060] 도 8은 성장 용액의 수소이온지수에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

[0061] 도 8(a)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M 농도와 pH 5.8의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이며, 도 8(b)은 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M의 농도와 pH 6.24의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이다.

[0062] 도 9는 성장 용액의 수소이온지수에 따라 성장된 나노 막대의 전자 사진이다.

[0063] 도 9(a)는 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M의 농도와 pH 6.97의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 발광 다이오드 소자에 형성된 나노 막대의 전자사진이며, 도 9(b)는 질산아연($Zn(NO_3)_2$) 분말 가루와 헥사메틸렌테트라아민($C_6H_{12}N_4$) 분말 가루를 순수에 혼합하여 0.01M의 농도와 pH 7.51의 성장 용액을 제조한 후, 70도의 온도에서 양극 패드와 발광 다이오드 소자에 1.2V의 전압을 인가하여 1시간 동안 나노 막대를 전기화학증착 성장시켜 형성된 나노 막대의 전자사진이다. 도 9에 도시되어 있는 것과 같이, 성장 용액의 수소이온지수를 달리하여 다양한 구조의 나노 막대를 형성함으로써, 최고의 광추출효율을 가지거나 다양한 광추출 효율을 가지는 발광 다이오드 소자를 제조할 수 있다.

[0064] 도 10은 나노 막대를 구비하지 않는 종래 발광 다이오드 소자의 광추출 효율과 성장조건1에서 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 광추출 효율을 나타내는 도면이다. 도 10에 도시되어 있는 것과 같이, 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자가 나노 막대를 구비하지 않는 발광 다이오드 소자보다 더 높은 광추출 효율을 가진다는 사실을 알 수 있다.

[0065] 도 11은 나노 막대를 구비하지 않는 종래 발광 다이오드 소자의 구동 전압과 성장조건1에서 형성된 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 구동 전압을 나타내는 도면이다. 도 11에 도시되어 있는 것과 같이, 나노 막대를 구비하지 않는 발광 다이오드 소자와 나노 막대를 구비하는 발광 다이오드 소자의 구동 전압에는 변화가 없다. 구동 전압에 변화가 없다는 사실은 본 발명에 따라 형성된 나노 막대가 발광 다이오드 소자의 전기적 특성에 영향을 미치지 않는다는 것을 의미한다.

부호의 설명

[0066] 1: 발광 다이오드 칩

10: 발광 다이오드 소자

11: 기판 12: n형 반도체층

13: 활성층 14: p형 반도체층

15: 전류확산층 16: n형 전극

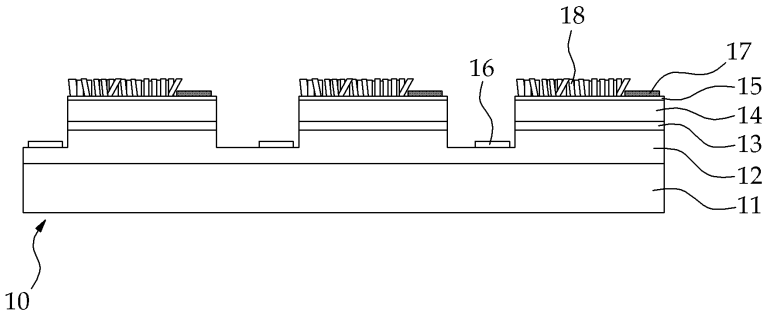
17: p형 전극 18: 나노 막대

310: 나노칩 인가부 313: 나노팁

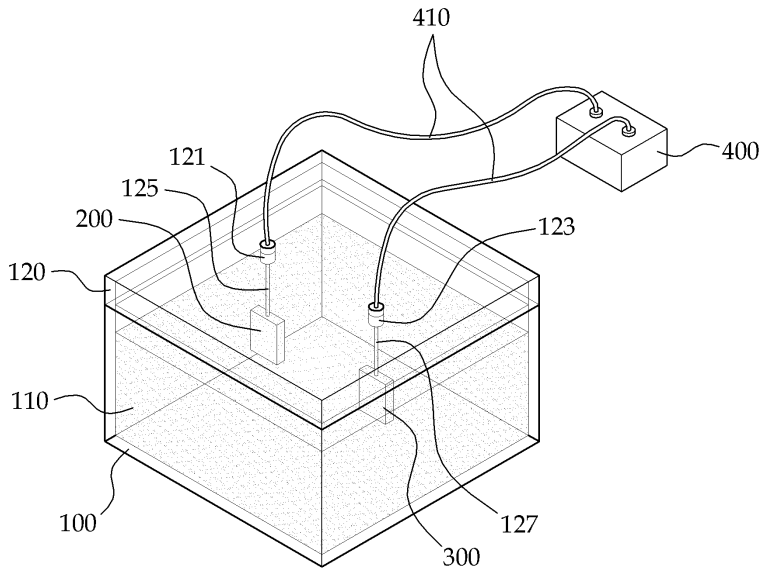
400: 전원 공급부

도면

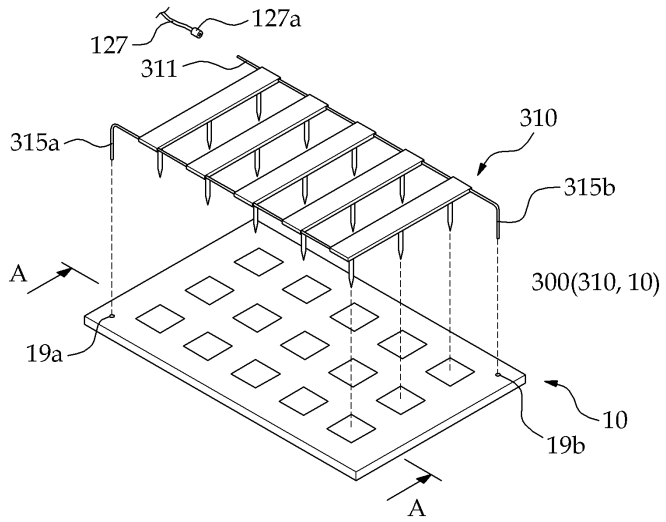
도면1



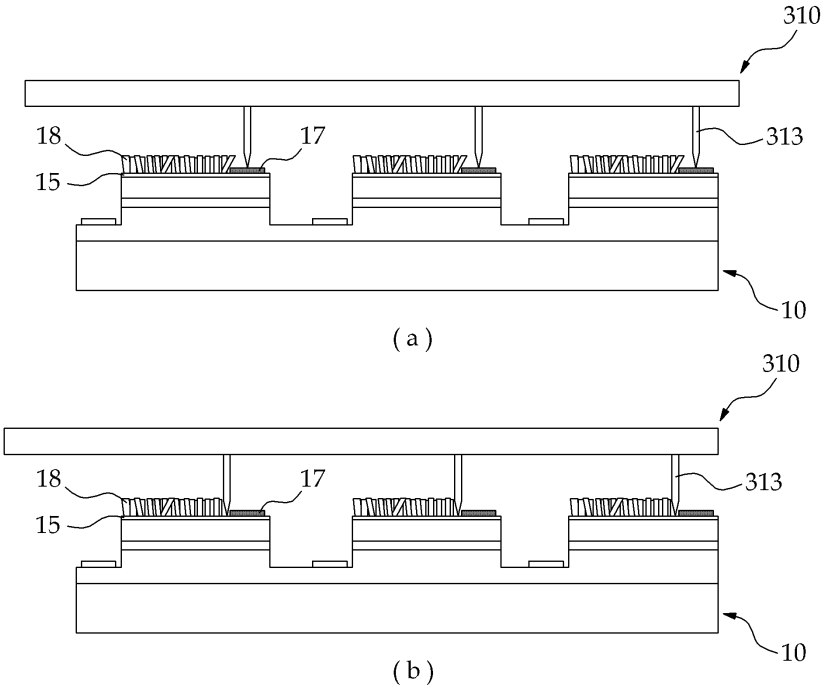
도면2



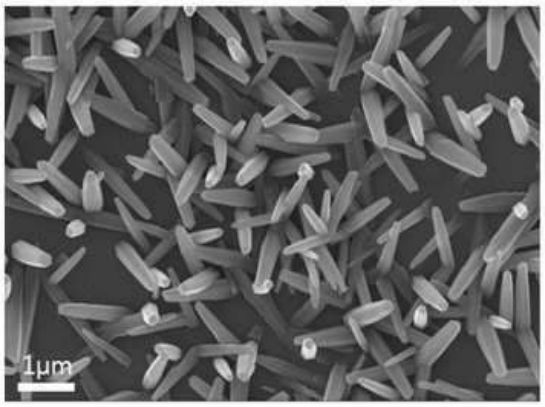
도면3



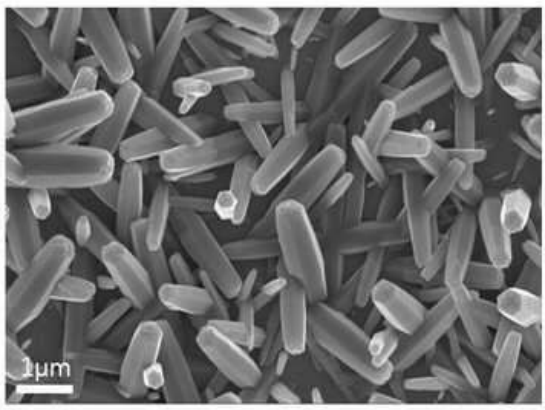
도면4



도면5

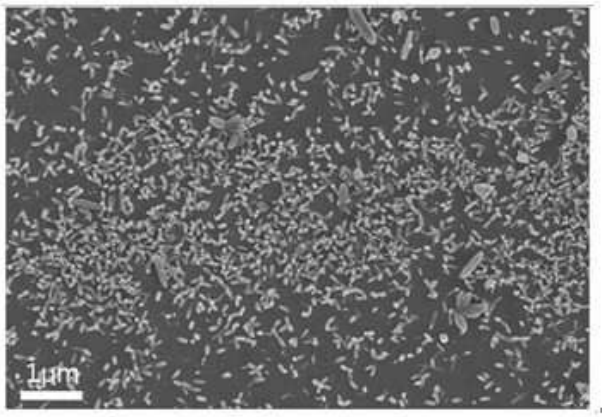


(a)

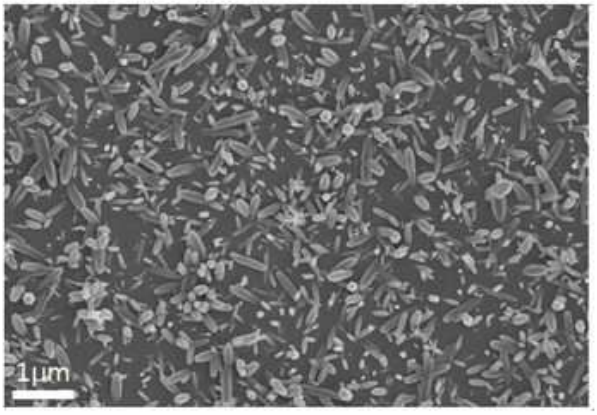


(b)

도면6

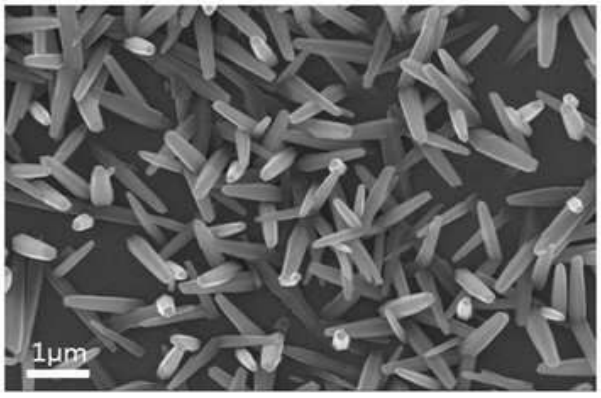


(a)

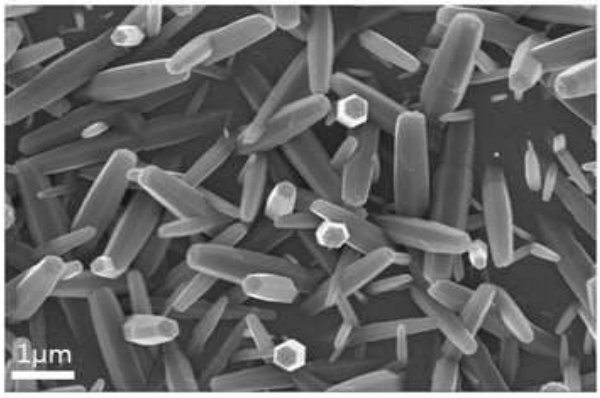


(b)

도면7

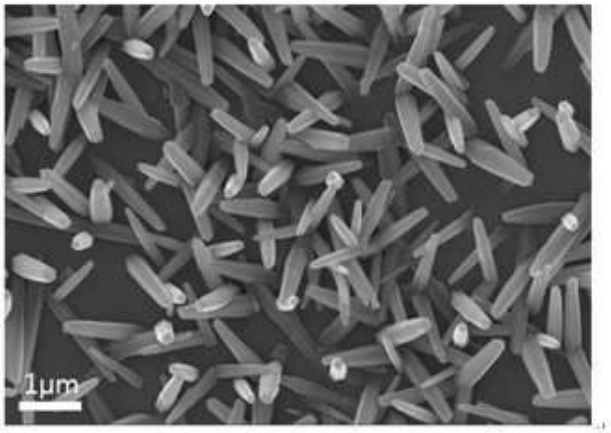


(a)

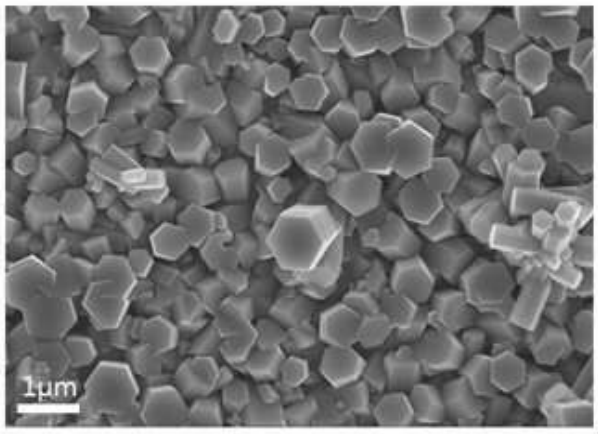


(b)

도면8

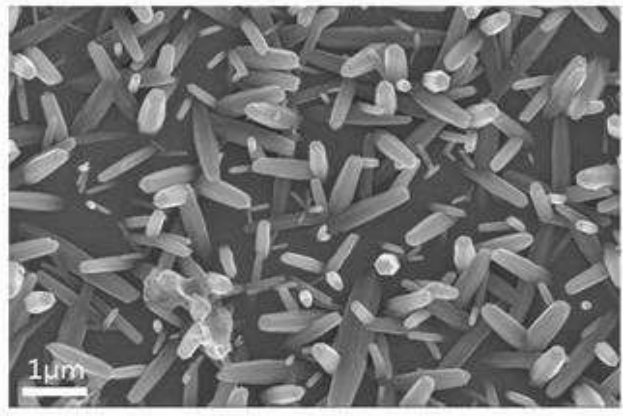


(a)

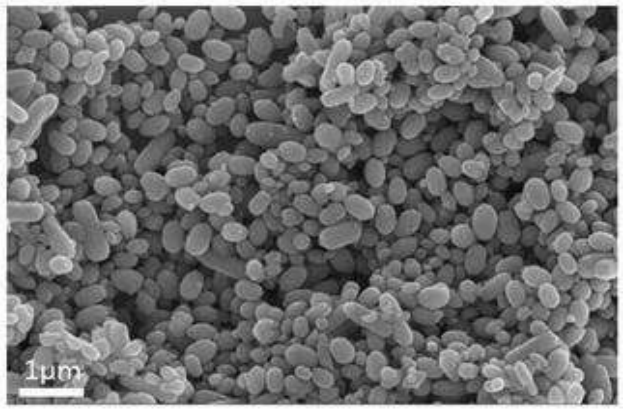


(b)

도면9

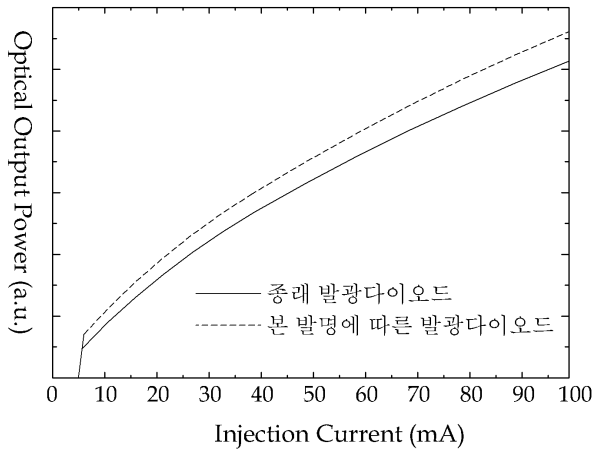

1μm

(a)

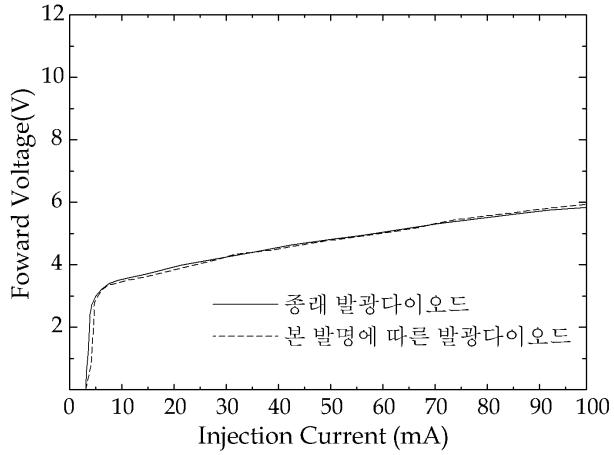

1μm

(b)

도면10


Optical Output Power (a.u.)
종래 발광다이오드
본 발명에 따른 발광다이오드
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Injection Current (mA)

도면11


12
10
8
6
4
2
Foward Voltage(V)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Injection Current (mA)
종래 발광다이오드
본 발명에 따른 발광다이오드