



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년12월03일
(11) 등록번호 10-0871649
(24) 등록일자 2008년11월26일

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0063281

(22) 출원일자 2007년06월26일

심사청구일자 2007년06월26일

(56) 선행기술조사문헌

JP19019318 A*

KR1020070063731 A*

KR1020070105104 A

KR1020060081108 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가1 고려대학교 내

(72) 발명자

이현

서울 노원구 월계3동 그랑빌아파트 122-1205

변경재

서울 노원구 월계동 롯데캐슬 아파트 103동 901호

(74) 대리인

김한

전체 청구항 수 : 총 8 항

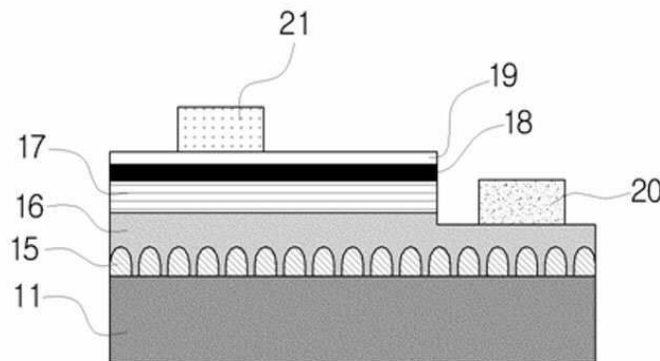
심사관 : 이용배

(54) 발광 다이오드의 사파이어 기판 패터닝 방법

(57) 요약

나노스피어 리소그래피 공정을 이용하여 LED의 사파이어 기판에 서브 마이크론급 패턴을 형성하는 방법이 개시된다. 본 발명에 따른 방법은 기판(11) 상에 실리콘 산화막(12)을 형성하는 단계, 실리콘 산화막(12) 상에 나노스피어(13)를 배치하는 단계; 나노스피어(13)를 식각하는 단계, 실리콘 산화막(12) 및 나노스피어(14)를 어닐링 하는 단계, 및 나노스피어(14)를 식각 마스크로 하여 실리콘 산화막(12)을 식각하는 단계를 포함한다. 따라서, 본 발명은 LED의 사파이어 기판에 저비용으로 고품위의 미세 패턴을 형성할 수 있어 고효율 LED의 양산화 공정에 적용 가능하다.

대표도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

나노스피어 리소그래피를 이용한 질화물계 발광 다이오드의 기관 제조 방법으로서,
 기관 상에 프리미어층을 형성하는 제1 단계;
 상기 프리미어층 상에 나노스피어(nanosphere)를 배치하는 제2 단계;
 상기 나노스피어의 직경을 줄이기 위하여 상기 나노스피어를 식각하는 제3 단계;
 상기 프리미어층 및 상기 제3 단계에서 식각된 나노스피어를 어닐링하는 제4 단계; 및
 상기 제4 단계에서 어닐링된 나노스피어를 식각 마스크로 하여 상기 프리미어층을 식각하는 제5 단계
 를 포함하고,
 상기 제5 단계 후에 상기 기관 상에 배치된 나노스피어는 발광 다이오드의 광방출 효율을 향상시키는 역할을 하는 나노 스케일의 패턴이 되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 기관은 사파이어를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 프리미어층은 실리콘 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 나노스피어의 재질은 실리콘 산화물을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,
 상기 제2 단계에서 상기 나노스피어가 분산된 용액을 스핀 코팅하여 상기 나노스피어를 상기 프리미어층 상에 배치하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,
 상기 제3 단계에서 상기 나노스피어의 식각 방법은 반응성 이온 식각 방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,
 상기 제3 단계에서 상기 나노스피어의 직경은 200 내지 400nm로 조절되는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제5 단계에서 상기 프리미어층의 식각 방법은 반응성 이온 식각 방법을 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

- <10> 본 발명은 발광 다이오드(Light Emitting Diode: LED)에 관한 것으로, 보다 상세하게는 발광 효율을 증대시키기 위하여 질화물계 LED의 사파이어 기판을 패터닝하는 방법에 관한 것이다.
- <11> 최근 디스플레이 분야의 발전 동향은 고휘도, 고속 응답, 고효율의 발광 특성, 제조 공정의 단순화 등으로 요약될 수 있으며, 이와 같은 다양한 요구를 만족시킬 수 있는 LCD(Liquid Crystal Display), PDP(Plasma Display Panel), LED(Light Emitting Diode), OLED(Organic LED) 등이 CRT(Cathode Ray Tube)로 대표되는 기존의 디스플레이 시장을 급속히 대체해 나가고 있는 실정이다.
- <12> LED는 저항체의 가열에 의해 빛을 발산하는 형광등이나 백열등과는 달리 전자가 가지고 있던 에너지가 빛으로 변환되는 것이다. 또한, LED는 아주 넓은 파장 대역의 빛이 동시에 방출되는 형광등이나 백열등과는 달리 좁은 파장 영역에서 빛을 방출하게 된다.
- <13> LED는 p형 반도체층과 n형 반도체층을 접합한 pn 접합 다이오드의 일종으로서 전도대와 가전대의 갭만큼의 전기 에너지가 빛의 에너지가 변환되는 원리를 이용한 발광소자이다. 즉, pn 접합 다이오드에 정방향의 전압을 일정 이상 인가하면 p형 반도체의 정공은 n형 반도체 쪽으로, n형 반도체의 전자는 p형 반도체 쪽으로 이동하면서 전자와 정공이 재결합하여 전도대와 가전대의 갭에 해당하는 빛 에너지가 발산하게 되는 것이다.
- <14> 도 1은 종래의 LED 구성을 나타내는 도면이다.
- <15> 도시된 바와 같이, 일반적으로 GaN계 LED는 기판(1) 상에 버퍼층(2), n형 GaN층(3), 활성층(4), p형 GaN층(5) 및 투명전극(6)이 순차적으로 적층되어 있고, n형 GaN(3)층 및 p형 GaN층(5) 상에는 전극층(7, 8)이 각각 형성되어 있는 구조를 가지고 있다.
- <16> LED 중에서 GaN(gallium nitride) 계열의 LED는 녹색광에서 청색광 및 근자외선 영역의 파장대의 발광소자로 제조될 수 있는 장점이 있다. 또한, 기존에 널리 사용된 GaAs보다 에너지 갭이 크고 포화 전자 속도가 높아 소자의 동작 속도나 열적 안정성에서 우수한 특성을 가지며 화학적 안정성도 뛰어나다.
- <17> 따라서, 질화물계 LED는 디스플레이, 교통 신호등, 휴대폰, 백라이트 등 다양한 분야에 응용되고 있으며, 궁극적으로는 기존의 형광등, 백열전구 등을 대신할 조명용 장치로 이용 가능하므로 그 수요는 크게 늘어날 것으로 기대되고 있다.
- <18> LED의 발광 효율은 내부 양자 효율과 외부 양자 효율로 분류할 수 있는데, 내부 양자 효율은 활성층의 설계나 품질에 따라 결정되며, 외부 양자 효율은 활성층에서 발생된 빛이 LED의 외부로 나오는 정도에 따라 결정된다.
- <19> 종래의 GaN계 LED는 외부 양자 효율 저하에 따라 발광 효율이 매우 낮아져서 휘도가 떨어지는 문제점이 있다. 즉, LED의 GaN층 또는 투명전극과 외부 매질간의 굴절률의 차이로 인하여 이들 계면에서 광의 전반사 현상이 발생하고, 그 결과 활성층에서 발생된 빛이 LED 외부로 방출되지 못하여 발광 효율이 낮아지게 된다. 아울러, 발광 효율의 저하는 LED로부터 열 발생이 커지는 문제점을 동반한다.

- <20> 이러한 문제점을 해결하기 위하여, LED의 기판 또는 GaN층을 패터닝하여 광의 입사각을 줄여줌으로써 전반사를 억제시키거나 전반사된 광을 재반사시켜 발광 효율을 높이는 연구가 진행되어 왔다. 특히, 기판 또는 GaN층 상에 일정한 크기의 패턴이 규칙적으로 조밀하게 배열되어 있는 광결정 패턴을 도입할 경우 LED의 발광 효율이 크게 증가하는 것으로 알려져 있다.
- <21> 지금까지 기판 또는 GaN층 상에 패턴을 제작하는 방법으로는 전자빔 리소그래피(E-beam lithography), 레이저 홀로그래피 리소그래피(laser holography lithography) 등의 리소그래피 방식이 제안되어 왔다.
- <22> 그러나, 상술한 바와 같은 리소그래피 방식들은 공정이 복잡하고 고가의 광학 장비가 필요하여 비용이 매우 많이 드는 단점을 가지고 있다. 이는 LED의 제조 단가를 높이는 치명적인 문제점이 있다. 궁극적으로 LED가 조명 기구까지 그 응용 분야를 확실하게 넓히기 위해서는 무엇보다도 제조 단가가 저렴해야 한다.
- <23> 따라서, 상술한 리소그래피 방식 대신에 공정 과정이 간단하고 공정 단가가 저렴한 리소그래피 방식을 사용하여 LED의 기판 또는 GaN층을 패터닝할 수 있는 방법의 개발이 시급하게 요구되고 있는 실정이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

- <24> 이에 본 발명은 상기와 같은 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 고효율의 질화물계 발광 다이오드 제조에 적용할 수 있는 사파이어 기판의 패터닝 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.
- <25> 또한, 본 발명은 공정 과정이 간단하고 공정 단가가 저렴하여 고효율의 질화물계 발광 다이오드의 양산화에 적용 가능한 사파이어 기판의 패터닝 방법을 제공하는 데에 그 목적이 있다.

발명의 구성 및 작용

- <26> 상술한 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 나노스피어 리소그래피를 이용한 질화물계 발광 다이오드의 기판 제조 방법은 기판 상에 프리미어층을 형성하는 제1 단계; 상기 프리미어층 상에 나노스피어(nanosphere)를 배치하는 제2 단계; 상기 나노스피어를 식각하는 제3 단계; 및 상기 나노스피어를 식각 마스크로 하여 상기 프리미어층을 식각하는 제4 단계를 포함한다.
- <27> 상기 제3 단계 후에 상기 프리미어층 및 상기 나노스피어를 어닐링 하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- <28> 상기 기판은 사파이어를 포함할 수 있다.
- <29> 상기 프리미어층은 실리콘 산화물을 포함할 수 있다.
- <30> 상기 나노스피어의 재질은 실리콘 산화물을 포함할 수 있다.
- <31> 상기 제2 단계에서 상기 나노스피어가 분산된 용액을 스핀 코팅하여 상기 나노스피어를 상기 프리미어층 상에 배치할 수 있다.
- <32> 상기 제3 단계에서 상기 나노스피어의 식각 방법은 반응성 이온 식각 방법을 포함할 수 있다.
- <33> 상기 제3 단계에서 상기 나노스피어의 직경은 200 내지 400nm로 조절될 수 있다.
- <34> 상기 제4 단계에서 상기 프리미어층의 식각 방법은 반응성 이온 식각 방법을 포함할 수 있다.
- <35> 상기 제4 단계 후에 상기 나노스피어는 발광 다이오드의 광방출 효율을 향상시키는 역할을 하는 나노 스케일의 패턴일 수 있다.
- <36> 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구성을 상세히 설명하도록 한다.
- <37> 도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 일 실시예에 따른 LED 기판 패터닝 방법을 나타내는 도면이다.
- <38> 본 실시예는 나노스피어 리소그래피(nanosphere lithography) 공정을 이용하여 LED의 사파이어 기판을 패터닝하는 것을 특징으로 한다.
- <39> 나노스피어 리소그래피는 원하는 입자 배열이나 층 구조를 제조하는 방법 중 하나로, 자연적으로 생성되는 2차원 박막을 이용하여 마이크로 미터 이하 크기의 구형 입자들의 연속된 배열을 형성한 후, 이 입자들을 마스크로 사용하는 방법을 말한다. 즉, 나노스피어 리소그래피 방식으로 형성된 입자들로 구성된 단층 결정체를 증착 마스크 또는 식각 마스크로 사용하여 나노 스케일을 갖는 금속, 산화물 또는 유기 화합물 패턴을 제조할 수 있다.
- <40> 이러한 나노스피어 리소그래피는 다른 리소그래피에 비하여 기판 상에 나노 스케일의 패턴을 매우 간단하게 저

비용으로 규칙적이고 조밀하게 형성할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 패턴을 형성하고자 하는 물질에 거의 제약이 없다는 이점도 있다.

- <41> 이하 나노스피어 리소그래피 공정을 이용한 사파이어 기판의 패터닝 방법을 구체적으로 설명한다.
- <42> 먼저, 사파이어 기판(11) 상에 프리미어(premier; 12)층을 형성한다(도 2a). 프리미어층은 나노스피어의 재질을 고려하여 실리콘 산화막으로 하는 것이 바람직하다. 실리콘 산화막의 형성은 통상적인 LPCVD(Low Pressure Chemical Vapor Deposition)법이나, PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)법을 이용한다. 실리콘 산화막의 두께는 100 nm 이하인 것이 좋다.
- <43> 다음으로, 실리콘 산화막(12) 상에 나노스피어(250)를 배치한다(도 2a). 이때, 나노스피어는 나노스피어가 균일하게 분산되어 있는 솔루션을 스핀 코팅하는 방법으로 배치되는 것이 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 나노스피어로는 예를 들어, 직경이 대략 500nm인 실리카 볼(silica ball), 글라스 볼(glass ball) 등이 사용될 수 있다.
- <44> 이후, 나노스피어(13)의 직경을 줄이기 위하여 나노스피어(13)를 식각한다(도 2c). 나노스피어의 크기를 줄이는 이유는 LED의 발광 효율을 높이기 위함이다. 통상적으로, LED의 사파이어 기판 또는 p형 반도체층의 표면에 가시 광선 파장의 절반이 되는 대략 200 내지 400nm 크기의 패턴을 형성할 때 LED의 발광 영역대에 맞춰서 LED 발광 효율이 크게 증대된다. 따라서, 나노스피어의 직경이 200 내지 400nm의 크기가 되도록 식각하는 것이 바람직하다.
- <45> 나노스피어(13)의 식각 방법으로는 플라즈마를 이용하는 건식 식각 방법 중의 하나인 반응성 이온 식각(Reactive Ion Etching; RIE) 방법이 사용된다. 식각 가스로는 나노스피어의 재질에 따라 최적의 식각 가스를 선택한다. 예를 들어, 나노스피어의 재질이 산화물 계열인 경우는 SF₆, CF₄, CHF₃, C₂F₆와 같은 플루오린(fluorine) 계열의 가스를 사용한다.
- <46> 이어서, 실리콘 산화막(12)과 식각된 나노스피어(14)를 어닐링한다(도 2d). 이는 사파이어 기판(11)과 실리콘 산화막(12) 사이, 실리콘 산화막과 나노스피어(14) 사이의 접착성을 향상시키기 위함이다. 어닐링은 통상적인 노(furnace)에서 열처리하여 진행한다. 또한, 어닐링은 실리콘 산화물의 경우 약 867℃ 근방에서 실리카 구조로 상 변화가 일어나는 점은 고려하여 이보다 낮은 온도에서 수행하는 것이 바람직하다.
- <47> 이후, 식각된 나노스피어(14)를 식각 마스크로 사용하여 식각된 나노스피어(140 사이로 노출된 실리콘 산화막(12)을 식각한다(도 2e). 이때, 실리콘 산화막의 두께가 100nm 이하의 수십 nm에 불과하기 때문에 실리콘 산화막을 식각하는 동안에 나노스피어 역시 수십nm 정도 식각되므로 나노스피어의 크기 또한 크게 달라지지 않아서 나노스피어는 식각 마스크의 역할을 충분히 할 수 있다.
- <48> 실리콘 산화막(12)의 식각 방법으로는 플라즈마를 이용하는 건식 식각 방법 중의 하나인 반응성 이온 식각 방법이 사용된다. 식각 가스로는 SF₆, CF₄, CHF₃, C₂F₆와 같은 플루오린(fluorine) 계열의 가스를 사용한다.
- <49> 이로써 나노스피어 리소그래피를 이용하여 GaN계 LED의 사파이어 기판(11) 상에 일정한 크기와 형상을 갖는 이차원 패턴(15)을 형성할 수 있다.
- <50> 도 3은 도 2의 단계를 거쳐 제조된 사파이어를 기판(11)으로 하는 GaN계 LED의 구성을 나타내는 도면이다. 도시한 바와 같이, 본 발명에 따른 LED(100)는 소정의 이차원 패턴(15)이 형성되어 있는 사파이어 기판(11) 상에 n형 GaN층(16), 활성층(17), p형 GaN층(18) 및 투명전극(19)이 순차적으로 적층되고, n형 GaN(16)층 및 p형 GaN층(17) 상에는 전극층(20, 21)이 각각 형성되어 있는 구조를 가지고 있다.
- <51> 도 3과 같은 LED에 의할 때, p형 GaN층(18)과 투명전극(19)의 계면에서 전반사 되어 LED 내부로 진행되는 광(결국 LED의 발광에 기여하지 못하는 광)과 나노스피어가 패터닝된 기판 쪽으로 진행되는 광이 사파이어 기판(11) 상에 형성되어 있는 나노스피어, 즉 나노 스케일의 패턴(15)에 의해 LED의 표면 쪽으로 재반사되어 LED 외부로 광이 방출될 확률이 증가하기 때문에 LED의 발광 효율이 증가할 수 있다.
- <52> 본 발명은 상술한 바와 같이 바람직한 실시예를 들어 도시하고 설명하였으나, 상기 실시예에 한정되지 아니하며 본 발명의 정신을 벗어나지 않는 범위 내에서 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형과 변경이 가능하다. 그러한 변형예 및 변경예는 본 발명과 첨부된 특허청구범위의 범위 내에 속하는 것으로 보아야 한다.

발명의 효과

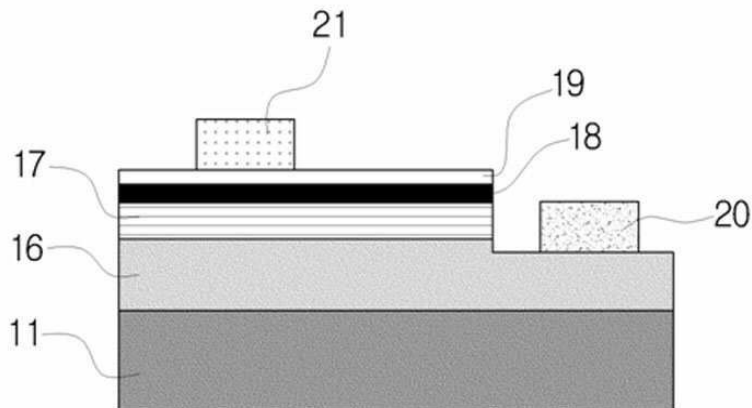
- <53> 본 발명에 따르면, 사파이어 기판 상에 최적의 크기와 형상을 갖는 고품위의 이차원 광결정 패턴을 형성할 수 있어서 질화물계 발광 다이오드의 광 방출 효율을 획기적으로 높이는 효과가 있다.
- <54> 본 발명에 따르면, 사파이어 기판 상에 보다 간단한 공정으로 용이하게 고품위의 이차원 광결정 패턴을 형성할 수 있어서 고효율 발광 다이오드의 경제적인 생산이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

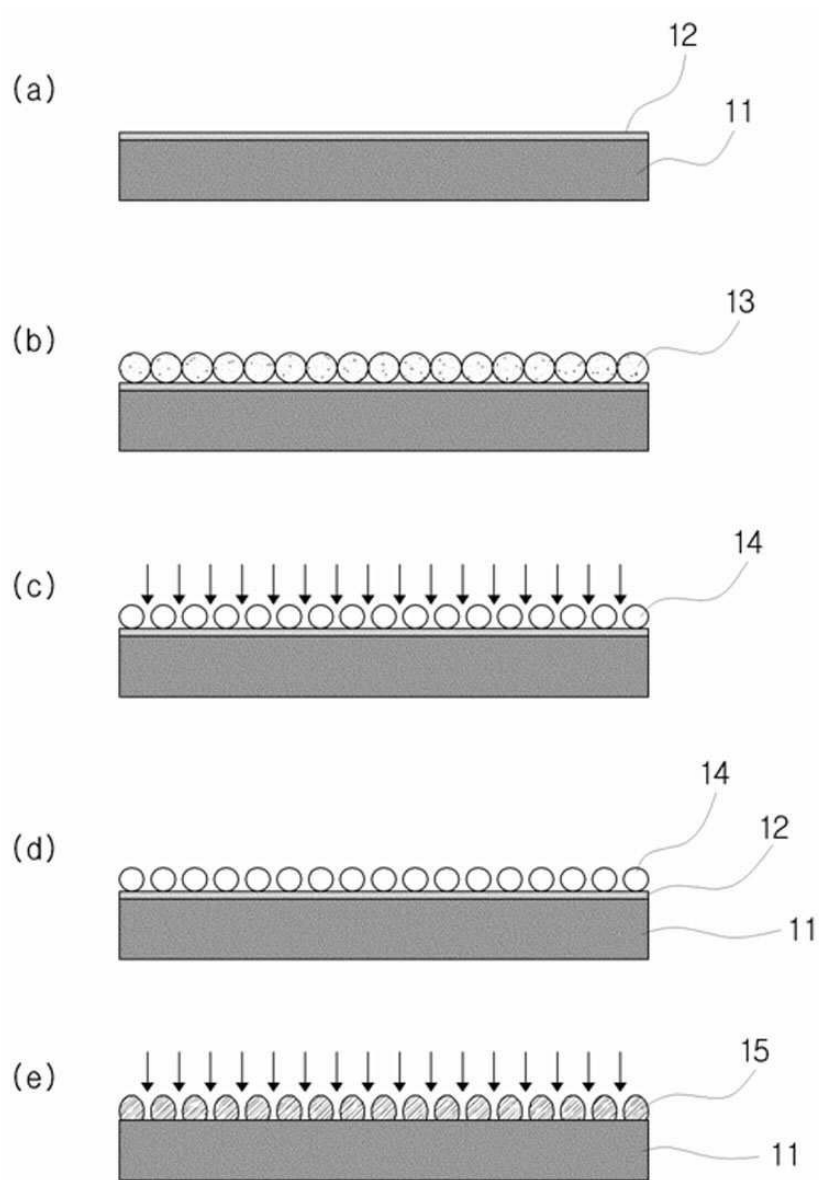
- <1> 도 1은 종래의 LED의 적층 구조를 나타내는 단면도.
- <2> 도 2a 내지 도 2e는 본 발명의 일 실시예에 따른 LED 기판 패터닝 방법을 나타내는 도면.
- <3> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 LED의 적층 구조를 나타내는 단면도.
- <4> <도면의 주요부분에 대한 부호설명>
- <5> 10: LED
- <6> 11: 사파이어 기판
- <7> 12: 실리콘 산화막
- <8> 13, 14: 나노스피어
- <9> 15: 패턴

도면

도면1



도면2



도면3

