



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년07월29일
 (11) 등록번호 10-1642276
 (24) 등록일자 2016년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 33/38 (2010.01) H01L 33/46 (2010.01)
 (21) 출원번호 10-2012-7001221
 (22) 출원일자(국제) 2010년07월16일
 심사청구일자 2014년09월12일
 (85) 번역문제출일자 2012년01월16일
 (65) 공개번호 10-2012-0054006
 (43) 공개일자 2012년05월29일
 (86) 국제출원번호 PCT/EP2010/060333
 (87) 국제공개번호 WO 2011/006995
 국제공개일자 2011년01월20일
 (30) 우선권주장
 102009034359.8 2009년07월17일 독일(DE)
 (56) 선행기술조사문헌
 JP2004119983 A*
 JP2007324411 A*
 WO2006082687 A1
 JP2002033513 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 포슘스베르분드 베를린 에.베.
 독일 베를린 12489 루도비 카우세 17
 (72) 발명자
 나이슬, 미카엘
 독일 10435 베를린 후세만 스트리트 11
 웨이어스, 마르쿠스
 독일 15745 윌다우 노르드프로메나데 33
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 이희숙, 김석만

전체 청구항 수 : 총 15 항

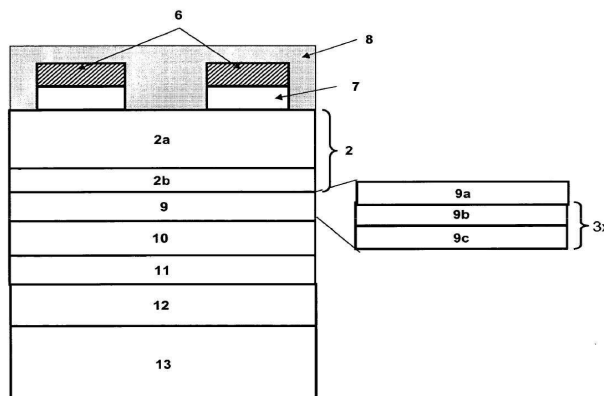
심사관 : 김현진

(54) 발명의 명칭 자외선 스펙트럼 영역에 대한 P-컨택트 및 발광 다이오드

(57) 요약

본 발명은 자외선 스펙트럼 영역을 위한 빛 방출 다이오드에 사용하기 위하여 제1 표면 (A)이 방사 구역에 접하고, 제2 표면 (B)이 상기 제1 표면의 반대쪽을 향하는 p-컨택트층 (2)을 포함하는 p-도핑된 콘택트 (1)로서, 상기 p-도핑된 콘택트는 a) p-컨택트층의 제2 표면 (B)의 5% 내지 99.99%와 직접적으로 닿는 코팅 (8)을 가지고, 200 nm 내지 400 nm 사이 파장의 자외선 영역에서, 바람직하게는 270 nm 파장의 빛에서 적어도 60%의 최대 반사율을 가지는 금속을 포함하거나 이를 가지며, b) p-컨택트층 (2)의 제2 표면 (B)에 직접 배열되는 것을 특징으로 하는 복수의 p-인젝터 (5)를 가지는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트에 관한 것이다.

대표도



(72) 발명자
아인펠트, 스펀
독일 12621 베를린 발트 스트리트 72

로드리귀츠, 헤르난
독일 12435 베를린 비어만 스트리트 20

명세서

청구범위

청구항 1

제1 표면 (A)이 방사 구역(radiation zone)에 접하고, 제2 표면 (B)이 상기 제1 표면의 반대쪽을 향하는 (facing away), 제1 표면 (A)과 제2 표면 (B)를 가지는 p-콘택트층 (2)을 포함하는, 자외선 스펙트럼 영역에 의한 광 방출 다이오드에 사용되는 p-도핑된 콘택트 (1)로서,

상기 p-도핑된 콘택트 (1)는

a) p-콘택트층 (2)의 제2 표면 (B)의 75% 내지 96%와 직접적으로 접촉하는 코팅 (8)을 가지고, 200 nm 내지 400 nm 사이 파장의 자외선 영역에서 적어도 60%의 최대 반사율을 가지는 물질을 포함하며,

b) p-콘택트층 (2)의 제2 표면 (B) 상에 다수의 p-인젝터 (5)를 가지며, 상기 p-인젝터 (5)는 p-인젝터 금속층 (6) 이외에 적어도 하나 이상의 다른 p-인젝터 층 (7)을 가지는 추가적인 금속- 또는 비금속-인젝터 층 (7)을 가지며, 상기 추가적인 인젝터 층 (7)은 p-GaN 또는 p-(In)GaN을 포함하는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 코팅 (8)은 전기적으로 도체인 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 코팅 (8)은 추가적으로 p-도핑된 콘택트 (1)의 하나, 다수 또는 모든 p-인젝터 (5)를 덮는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 코팅 (8)은 Al을 포함하는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 p-인젝터 (5)는 적어도 하나의 p-인젝터 금속층 (6)을 포함하며, 상기 금속층은 전류원으로서 p-콘택트층 (2)의 옴 접촉 (ohmic connection)을 가능하게 하는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 7

제1항 및 제3항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, p-인젝터 (5)는 Au, Ni, Pd, Pt, Rh, Ti, Ni/Au, Pd/Ti/Au, Pd/Pt/Au 또는 Pt/Ti/Au를 포함하는 p-인젝터 금속층 (6)을 가지는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 p-콘택트층 (2)이 하나 또는 그 이상의 서로 다른 반도체층을 가지는 것을 가지는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 11

제10항에 있어서, p-콘택트층의 제2 표면 (B)을 형성하고, 상기 p-인젝터가 직접 장착되는(applied) 상기 반도체층은, p-도핑된 AlGaN을 포함하는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 p-인젝터 (5)가 10 nm 내지 50 μ m의 최대 폭 (D)을 가지는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 13

제1항에 있어서, 상기 p-인젝터 (5)가 20 nm 내지 20 μ m의 거리 (A)만큼 인접한 각각 p-인젝터와 떨어져 있는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 14

제1항에 있어서, p-인젝터 (5)와 인접한 p-인젝터 (5) 간의 거리 (A)가 모든 p-인젝터 간에 동일한 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 15

제12항 또는 제13항에 있어서, D와 A가 1:1 내지 1:4 (D 대 A의 비율)인 방식으로 선택되어지는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 16

제1항에 있어서, p-인젝터 (5)가 p-콘택트층 (2)의 제2 표면 (B) 상에 단일패턴 (uniform pattern)으로 배열되는 것을 특징으로 하는 p-도핑된 콘택트 (1).

청구항 17

제1항의 p-도핑된 콘택트 (1)와 n-도핑된 콘택트 사이에 배열된 방사 구역 (radiation zone)을 포함하는 발광 다이오드.

청구항 18

제17항에 있어서, 상기 발광 다이오드는 200 nm 내지 400 nm의 자외선 A, 자외선 B 또는 자외선 C 광 방출을 하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 자외선 스펙트럼 영역에 대한 발광다이오드 (UV-LED)에 대한 연구는 그 다양한 적용 가능성 때문에 세계적으로 활발하게 진행되고 있다. 상기 적용예를 들면, 멸균 (즉, 식수, 폐수, 처리용수의 멸균), 식재료의 살균, 의료 기술 (즉, 피부과, 광치료), 생명분석과학 (즉, 형광 현미경), 센서기술 (즉, 질소 기체류의 측정, Blankophor 측정), 표면 증합화 (즉, 인쇄 잉크, 페인트, 에폭시 수지류) 및 자유공간 광통신에서의 방사원 등으로의 적용을 포함한다. 필요한 방출 파장과 강도는 적용예에 따라 다르고, 넓은 스펙트럼 영역에 걸쳐 달라진다. 도전 과제 중 하나는 자외선 C 영역 부분은 물론, 자외선 A 및 자외선 B 스펙트럼 영역 전체에 효율적인 LED를 구현하는 것이다.

배경 기술

[0002] UV-LED의 종래 기술에서는, 주로 Ni/Au, Pt/Ti/Au 또는 Pd/Ti/Au 금속층이 p-도핑된(doped) 그룹 III 질화물 층의 옴 접촉 (ohmic contacts)에 사용된다. 이들은 LED의 p-도핑된 반도체 층 (p-콘택트층)과 옴 접촉을 잘 수행하는 반면, 자외선 영역의 빛에 대해서는 좋지않은 반사체 (reflectors)이다.

[0003] UV-LED의 종래 기술에서는 p-도핑된 갈륨 질화물 (p-GaN)으로 이루어진 p-콘택트층을 사용하였다. 그러나, p-GaN으로 이루어진 p-콘택트층은 자외선 영역 특히 200 nm 내지 400 nm 사이의 파장에서 확연한 빛의 흡수를 보인다.

[0004] 그 결과, UV-LED의 종래 기술에서는 자외선 영역에서 불량한 광 추출 효율 (light extraction efficiency)을 가지고 있었다. 생성 광자(generated photons)의 양에 대한 분리 광자(decoupled photons)의 양은 4 내지 10% 밖에 되지 않았다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은 상기 종래 기술의 하나 또는 그 이상의 단점들을 회피하거나 극복하는 것이다. 상세하게는, 본 발명의 목적은 빛의 분리 (decoupling)가 개선된 UV-LED를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 목적은 제1 표면이 방사 구역(radiation zone)에 접하고, 제2 표면이 상기 제1 표면의 반대쪽을 향하는 (facing away) p-콘택트층을 포함하는, 자외선 스펙트럼 영역에 대한 광 방출 다이오드에 사용하기 위해, 구조화된 p-콘택트 ("p-도핑된 콘택트" 및 "p-콘택트"는 이후 본 명세서에서 서로 바꾸어 쓸 수 있다.)를 제공하여 달성되는 데, 상기 p-콘택트층은:

[0007] a) p-콘택트층의 제2 표면의 5% 내지 99.99%와 직접적으로 접촉하는 코팅(coating)을 가지고, 200 nm 내지 400 nm 사이 파장의 자외선 영역에서, 바람직하게는 270 nm 파장의 빛에서 적어도 60%, 바람직하게는 적어도 80%의 최대 반사율(maximum reflectivity)을 가지는 물질을 포함하거나 물질로 이루어지며;

[0008] b) p-콘택트층의 제2 표면에 직접 배열되고, p-콘택트층 (2)이 p-도핑된 AlGaN을 가지거나 이로 이루어지는 것을 특징으로 하는 복수의 p-인젝터를 가진다.

[0009]

[0010] LED 광의 분리(decoupling) 증가를 위해서는, 자외선 스펙트럼 영역에서 반사율이 매우 높은 반면, 이와 동시에

낮은 저항을 가지는, p-도핑된 콘택트를 제공하는 것을 포함한다. 현재까지 어떠한 금속이나 합금도 상기 두 가지 조건을 모두 만족시킬수 있는 것이 발견되지 않았다. 알루미늄과 같은 금속은 200 nm 내지 400 nm 사이의 파장을 가지는 빛에서 적절한 반사율을 가진다. 예를 들면, 270 nm의 파장에서 대기 중에서 알루미늄의 반사율은 약 88%로 측정된다. 그러나, 이들 금속은 GaN 물질 시스템에서 낮은 저항성 p-콘택트를 이룰 수 없다. 본 발명은 p-콘택트로의 효율적인 전류 인젝션(current injection)을 달성하기 위해서는, 이러한 목적으로 사용가능한 p-콘택트층의 표면 일부만이 실제로 이용, 즉 낮은 저항에서 접촉된다는 사실에 기초한다. p-콘택트층의 나머지 부분에는, 자외선 영역에서 특히 빛을 잘 반사시키는 코팅과 함께 제공된다. p-인젝터가 자외선 빛 반사 코팅에 비해 p-콘택트층의 상응하는 표면의 상대적으로 작은 부분을 덮고 있으므로, p-콘택트층 내로 전류 인젝션이 효과적으로 유지되면서, 전체 표면의 자외선 반사율이 전반적으로 상승되는 것이 가능하다. p-인젝터가 또한 반사 코팅에 의해 덮여있으면, p-콘택트의 자외선 반사율은 훨씬 더 증가할 수 있다. 반사 코팅(reflective coating)은 전기적으로 도체인 것이 특히 바람직하며, p-인젝터 뿐만 아니라 이 목적을 위한 p-콘택트층의 전체 표면을 통하여 적용되는 것이 특히 유용하며, 이는 이후 이와 동시에 반사체 층 (이 또한 이후 p-인젝터 구역에서 반사율을 높인다.)과 p-인젝터를 위한 전기적 연결로서 기능할 수 있기 때문이다. 효율적이고 균질의 전류 인젝션을 위한 고 반사율의 바람직한 비율은, p-인젝터가 가능한 작고, 적절한 거리로 떨어져 위치하고, 필요하다면 반사 코팅에 의한 덮여진 p-콘택트층의 표면에 가능한 한 균일하게 분배될 때 성립될 수 있다.

[0011] 본 발명에 따른 p-콘택트는 p-콘택트층과 복수의 p-인젝터를 포함한다. 상기 p-콘택트층은 하나 또는 그 이상의 서로 다른 p-도핑된 반도체 층을 가진다. 상기 반도체 층은 방사 구역을 가지는 다이오드를 생성하기 위해 적절한 n-도핑된 접촉층과 함께 선택되는데, 이때 다이오드의 전방(forward)에서 자외선 스펙트럼 영역, 상세하게는 자외선 A, 자외선 B 및/또는 자외선 C 영역에서, 바람직하게는 200 nm 내지 400 nm 사이 파장을 가지는 영역에서 방출된 전류에 노출된다. p-콘택트층은 p-도핑된 AlGaIn을 포함하거나 이루어진다. p-콘택트층의 반도체 층은 적어도 p-콘택트층의 제2 표면을 포함하고 그 위에 p-인젝터가 직접 장착된, p-도핑된 AlGaIn을 포함하거나 이루어진다. 이로써 개선된 광 방출을 초래한다.

[0012] 본 발명에 따른 p-콘택트에서, p-콘택트층은 제1 및 제2 표면을 가진다. p-콘택트의 상기 제1 표면은 제1 표면에 의해 방사 구역과 접촉하는 방식으로 디자인된다. 방사 구역(radiation zone)은 적절한 전압에 노출시 바람직하게는 자외선 영역의 파장을 가진, 특히 자외선 A, 자외선 B 및/또는 자외선 C 영역의 파장을 가진, 바람직하게는 200 nm 내지 400 nm의 파장을 가지는 광자를 방출할 수 있는 구역으로 이해되어 진다. 예를 들면, 방사 구역은 적절한 n-도핑된 층과 함께 다이오드 배열에서 p-n 인터페이스에 의해 형성될 수 있다. 또한, 방사 구역이 다중양자우물구조 (multiple-quantum well; MQW)로 구성된, 소위 활성 구역(active zone)에 의해 형성되는 것도 가능한데, 이는 본 발명에 따른 p-콘택트층과 n-도핑된 층 사이에 차례대로 배열되고, 예를 들면, (In)AlGaIn를 가지거나 후자로 이루어질 수 있다. 제1 표면의 반대쪽을 향하는 제2 표면은 코팅에 의해 직접 덮여진 부위와 복수의 p-인젝터에 의해 직접적으로 점유된 부위의 두 부분으로 나뉜다. 이때, 코팅은 200 nm 내지 400 nm의 파장을 가지는, 바람직하게는 270 nm의 파장을 가지는 빛에서 최대 반사율이 적어도 60%, 바람직하게는 적어도 80%인 금속을 가진다.

[0013] 코팅으로 직접 덮여지는 부위의 총합은 p-콘택트층의 제2 표면의 총 면적의 5% 내지 99.99%에 이르고, 바람직하게는 50% 내지 99.99%, 더욱 바람직하게는 50% 내지 99%, 더욱더 바람직하게는 75% 내지 99%, 특히 바람직하게는 75% 내지 96%에 이른다. 코팅에 의해 덮여지지 않는 p-콘택트층의 제2 표면의 부분은 복수의 p-인젝터를 배열하는데 사용될 수 있다. 이때 상기 p-인젝터들은 p-콘택트 층의 제2 표면에 직접 장착되고, p-인젝터와 p-콘택트층의 제2 표면 사이에 본 발명에 따른 코팅은 존재하지 않는다. 그러나, p-콘택트층의 p-인젝터는 본 발명에 따른 코팅에 의해 덮여질 수 있고/있거나 후자와 접촉할 수 있다. 이는 본 발명에 따른 코팅이 이미 그자리에 위치한 p-인젝터를 가진 p-콘택트층의 제2 표면 전체에 장착되거나(applied) 용착될 (deposited) 때에 발생할 수 있는 경우이다.

[0014] 상기 p-인젝터는 p-인젝터와 p-콘택트층 간의 옴 접촉(ohmic contact)을 성립하기 위해 사용되며, 이는 p-인젝터를 통하여 전류원으로부터 p-콘택트층으로의 효율적인 전류 인젝션을 확실히 하기 위해 사용된다. 이때 전형적인 접촉저항은 10^{-2} 내지 $10^{-4} \Omega\text{cm}^2$ 또는 그 이하이다. 중요한 것은 p-인젝터가 p-콘택트층의 제2 표면에 직접 장착되고, 본 발명에 따른 코팅이 p-인젝터와 p-콘택트층간에 제공되지 않아야 한다는 것이다. 코팅에 의해 덮여지는 부분의 총합이 합해진 p-인젝터에 의해 점유되는 부분의 총합은 p-콘택트층의 제2 표면의 총합과 같거나 작아야 한다. 바람직하게는, p-인젝터에 의해 점유되지 않는 p-콘택트층의 제2 표면의 총부분은 코팅에 의해 덮여있다.

- [0015] 코팅은 200 nm 내지 400 nm의 파장을 가지는, 바람직하게는 270 nm의 파장을 가지는 빛에서 최대 반사율이 적어도 60%, 바람직하게는 적어도 80%, 더욱 바람직하게는 85% 이상인 금속을 가진다. 최대 반사율은 물체의 층 두께가 더 증가하더라도 더이상 증가하지 않는 반사율로 이해된다. 당업자들은 반사율 실험을 위한 적절한 물질과 적절한 방법에 대해 잘 알고 있으며, 특별한 노력없이 200 nm 내지 400 nm의 파장을 가지는, 바람직하게는 270 nm의 파장을 가지는 빛에서 필요로 하는 최대 반사율을 가지는 특정 물질을 찾아낼 수 있다. 상기 물질의 일례는 알루미늄 (Al)이며, 이는 270 nm 파장의 빛에서 약 88%의 최대 반사율을 가진다. 코팅의 물질 또는 혼합물질은, 바람직하게는 전기적으로 도체이며, 따라서 본 발명에 따른 코팅이 예를 들면, 본 목적에 따라 제공된 p-콘택트층과 p-인젝터의 표면 양쪽에 장착되었을 때 동시에 반사층과 p-인젝터 간의 전기적 연결로서 작용한다.
- [0016] p-인젝터는 적어도 하나의 p-인젝터 금속층을 가지며, 이는 전류 또는 전압원의 극을 가진 p-콘택트층의 효율적인 옴 접촉을 가능하게 한다. p-인젝터가 스스로 자외선 반사체일 필요가 없으므로, 적절한 물질을 선택하는 것은 이들 역시 자외선 영역에서 우수한 반사율을 가져야 할 필요는 없다. 그 결과, 종래의 기술에서 p-인젝터 제조에 사용된 물질이나 금속을 사용할 수 있다. 특히, p-인젝터는 Au, Ni, Pd, Pt, Rh, Ti, Ni/Au, Pd/Ti/Au, Pd/Pt/Au 또는 Pt/Ti/Au를 포함하거나 이루어진 p-인젝터 금속층을 가진다. 상기 p-인젝터 금속층 이외에도, p-인젝터는 추가적인 금속 및/또는 비금속층을 가질 수 있고, 이들 추가적인 층은 p-인젝터에 의해 특별히 기능적으로 손상되거나 방해되기 위해 전류 또는 전압원의 극을 가진 p-콘택트층과 옴 접촉을 유발하지 않는다. 특히, p-인젝터는 p-도핑된 반도체를 포함하거나 이로 이루어진 p-인젝터 층을 가질 수 있는데, 예를 들면, p-GaN 또는 p-InGaN이다. 특히, p-콘택트층(2)의 제2 표면(B)을 형성하고 p-인젝터가 이에 직접 장착되는 반도체가, p-도핑된 AlGaIn을 가지거나, 이로 이루어지는 것이 바람직하다. 그 결과, p-콘택트는 전기적 특성에 있어서 매우 바람직한 광 방출 비율을 가진다.
- [0017] 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트는, p-콘택트층의 제2 표면에 배열된 p-인젝터가 특별한 모양, 입체구조 및/또는 구조를 가질 때 매우 바람직한 양상이라는 특징이 있다. 이때 상기 p-인젝터는 p-콘택트층의 제2 표면 전체에 나노픽셀처럼 분배된 옴 접촉의 형태일 수 있다. p-인젝터는 바람직하게는 p-콘택트층의 제2 표면에 일정한 패턴으로 배열된다.
- [0018] p-인젝터는 사각형, 직사각형, 정사각형, 원형, 타원형, 삼각형 및/또는 다각형의 모양을 가질 수 있다. p-인젝터는 또한 선형, 즉 평행이나 교차형으로 배열된 선형일 수 있다. 본 발명에 따른 p-콘택트의 p-인젝터들은 이때 동일하거나 서로 다른 모양을 가질 수 있다.
- [0019] 각각의 개별적인 p-인젝터는 최대폭 (D)이 10 nm 내지 50 μm , 바람직하게는 10 nm 내지 2 μm , 더욱 바람직하게는 50 nm 내지 1 μm 이다. 최대폭은, 제2 elapstus(dimension) y에서 p-인젝터의 최대 확장(maximum expansion)보다 크지 않은 제1 디멘션 x에서의 p-인젝터의 최대 확장으로 이해되어지며, 이때 제1 및 제2 디멘션 (x, y)는 서로 90° 에 있다. 직사각형 모양에서는, 최대폭은 직사각형의 짧은 면에 해당하고, 반면에 최대 길이는 긴 면에 해당한다. 원형의 경우에는 최대폭은 직경에 해당한다. 정사각형에서는 최대폭은 원하는 어떤 면에라도 상응한다.
- [0020] p-인젝터의 대부분은 p-콘택트층의 제2 표면에 무작위적으로 배열될 수 있으나, 바람직하게는 정해진 방법으로 배열된다. 이를 위해, p-인젝터는 20 nm 내지 20 μm , 바람직하게는 20 nm 내지 5 μm , 더욱 바람직하게는 100 nm 내지 2 μm 의 거리로 인접한 p-인젝터와 각각 떨어진 거리 A에 놓여질 수 있다. 본 발명에 따른 p-콘택트의 p-인젝터는 p-콘택트층의 제2 표면에 균일하게 배열될 수 있다. 이를 위해, p-인젝터와 이들 각각에 인접한 p-인젝터들 사이의 거리 A는 모든 p-인젝터에서 동일할 수 있다.
- [0021] 상세하게는, D 와 A는 D 대 A의 비율이 1:1 내지 1:4인 방식으로 선택될 수 있다. 일실시예에서, D는 0.5 μm 이고 A는 0.5 μm 내지 2 μm 의 범위에서 선택된다. 또한, D는 50 nm 내지 100 nm의 범위에서, A는 100 nm 내지 200 nm의 범위에서 선택될 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따른 p-콘택트는 p-콘택트층을 공지의 방법, 즉 금속-유기 증기상 에피택시 (epitaxy), 분자 빔 에피택시 또는 수소화물 증기 에피택시 등과 같은 공지의 방법으로 제조하여 제작할 수 있다. p-인젝터는 다른 방법, 예를 들면 전자 빔 증발, 열 증발 또는 스퍼터 기술로 분리할 수 있다. 콘택트는 광리소그래피, 나노임프린팅 및 전자 빔 공정 등과 같은 리소그래피 공정을 사용하여 구조화된다.

[0023] 본 발명은 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트를 포함하는 LED에 관한 것이다. 상세하게는, 본 발명은 본 발명에 따른 n-도핑된 콘택트와 p-도핑된 콘택트 사이에 배열된 방사 구역을 포함하고, 바람직하게는 자외선 영역의 빛, 더욱 바람직하게는 자외선 A, 자외선 B 및/또는 자외선 C 영역의 빛, 가장 바람직하게는 200 nm 내지 400 nm의 파장을 가지는 빛을 방출하는 LED에 관한 것이다. 또다른 바람직한 실시예에서는, LED는 200 nm 내지 380 nm 또는 200 nm 내지 350 nm의 파장을 가지는 빛을 방출한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트를 포함하는 LED는 전기적 특성에 있어서 매우 바람직한 빛 방출 비율을 가지며, 빛의 분리가 개선된 UV-LED를 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트의 배치를 보여주는 다이어그램으로, p-인젝터는 Ni/Au 층과 p-(In)GaN 층을 가지며, 코팅은 Al으로 구성되어 있고, p-콘택트층은 p-AlGaIn 층을 가진다.

도 2는 도 1의 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트의 배치를 보여주는 다이어그램으로, 반사 코팅이 추가적으로 p-인젝터와 같이 덮여있다.

도 3은 본 발명에 따른 도 1의 p-도핑된 콘택트의 p-콘택트층의 두번째 표면 B의 구조를 보여주는 다이어그램이며, 이때 p-인젝터는 끝단 길이가 0.5 μm의 정사각형 모양이고 각각이 1 μm 씩 떨어진 모양으로 균일하게 분포된다.

도 4A는 "콘택트로부터의 거리"(p-인젝터로부터의 길이)로 언급되는 길이를 다이어그램으로 묘사하였다; 도 4B는 p-인젝터에 대한 각각의 거리함수로서 계산된 전류밀도를 리스트화 하였는데, 변화하는 L_s ("전류 스프레드 길이" = 전류밀도가 1/e로 떨어지는 p-인젝터로부터의 거리)를 가진 3개의 p-콘택트의 곡선을 보여준다.

도 5는 본 발명에 따른 p-콘택트를 포함하는 자외선 LED의 층 구조를 다이어그램으로 보여준다.

도 6은 Pd 콘택트로 구조화되지 않은 LED와 비교하여 다양한 나노픽셀 LED의 빛 출력-전류 곡선을 보여준다. 두 개의 나노픽셀 LED의 3차 구조가 비교되어 있다; 하나는 콘택트 측 길이 $D = 1 \mu m$ 이고, 길이 $A = 1 \mu m$ (필요 소 FF = 75%)인 LED이고, 다른 하나는 콘택트 측 길이 $D = 1 \mu m$ 이고, 길이 $A = 2 \mu m$ (필요 소 FF = 89%)인 나노픽셀 LED이다. 나노픽셀 LED를 가진 웨이퍼의 절반은 Ti/Al/Pt/Au (5/50/40/400 nm) 반사층으로, 나머지 반은 Ti 접합층이 없는 (Al/Pt/Au 만으로 되어 있고 두께가 50/40/400 nm인) 자외선 반사층 시스템으로 제조된다. 모든 LED의 방출 파장은 380 nm이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명은 선택된 실험예들에 의하여 이하에서 더욱 상세히 설명될 것이다.

[0027] 실시예 1: 본 발명에 따라 p-도핑된 콘택트의 구성

[0028] 도 1은 본 발명에 따라 p-도핑된 콘택트의 일 실시예를 다이어그램으로 보여준다. 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트 (1)은 p-콘택트층 (2)와 복수의 p-인젝터 (5)를 가진다. 이때 p-콘택트층 (2)은 제1 표면 (A)을 가지는데, 이는 LED 배열에서 적절한 방사 구역과 접촉할 수 있는 방식으로 디자인된다. p-콘택트층 (2)은 제2 표면 (B)을 가지는데, 이는 코팅 (8)과 복수의 p-인젝터 (5)가 제1 표면 (A)의 바깥으로 향하는 식으로 표면 (B)의 측면에 장착된다. p-콘택트층 (2)은 p-AlGaIn 층에 의해 형성되고, 따라서 자외선 투과성이다.

[0029] 복수의 p-인젝터 (5)는 p-콘택트층 (2)의 표면 (B) 위에 배열되는데, 이때 p-인젝터 (5)는 표면 (B)와 직접 연결된다. p-인젝터 (5)는 p-인젝터 (5)와 p-콘택트층 (2) 간의 음접촉을 확립하는 방식으로 디자인되는데, 이는 p-콘택트층 (2) (낮은 저항 손실을 가지며) 전류 또는 전압원의 극과 전도적으로 연결될 수 있도록 한다. p-인

젝터 (5)는 2개의 층을 가지는데, 상세하게는 표면 (B)에 바깥으로 향하는 p-인젝터 금속층 (6), 예를 들면 Ni/Au 금속층을 가지며, 추가적으로 p-인젝터 금속층 (6)과 p-콘택트층 (2) 사이에 예를 들면 p-(In)GaN 반도체 층과 같은 p-인젝터층 (7)을 가진다. p-인젝터 금속층 (6)은 전류 또는 전압원의 극과 낮은 저항성 접촉을 유발 시키는데 사용된다. p-인젝터층 (7)은 p-콘택트층 (2)으로 전류 인젝션이 가장 효율적으로 달성되는데 사용된다. p-인젝터 (5)는 균일하게 떨어져 배치된 p-콘택트층 (2)의 표면 (B)에 고정된다.

[0030] p-인젝터 (5)에 의해 점유되지 않은 표면 (B)의 부분들은 270nm의 파장을 가지는 빛의 적어도 60%, 바람직하게는 적어도 80%를 반사하는 재료로 된 코팅 (8)을 가진다. 도 1의 예에서, 코팅 (8)은 50 내지 350 nm 두께의 층으로 된 알루미늄 층 (Al)으로 이루어져 있다.

[0031] 도 2는 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트의 또다른 실시예를 묘사한다. 이 추가적인 실시예는 도 1과 비교할 때 알루미늄 코팅이 p-인젝터 (5)도 덮고 있다는 점만 다를뿐이다. 코팅 (8)이 알루미늄으로 구성되어 있으므로, 후자는 전기적으로 도체이고, p-인젝터 (5)와 전기적으로 서로 연결되어 있다.

[0032] 도 3은 코팅 (8)과 p-인젝터 (5)를 포함한 본 발명에 따른 도 1의 p-도핑된 콘택트의 p-콘택트층의 제2 표면 (B)의 평면도 다이어그램이다. p-인젝터 (5)는 최대 넓이 (D)가 0.5 μm 정사각형 모양을 가진다. 이때, p-인젝터 (5)는 p-콘택트층 (2)의 표면 (B)에 균일하게 배열되고, 각각은 1μm의 동일한 거리로 인접한 p-인젝터 (5)와 각각 떨어져 있다. p-인젝터 (5)에 의해 점유되지 않은 표면 (B)의 부분들은 270 nm에서 88%의 반사율을 가진 알루미늄으로 구성된 코팅 (8)을 가진다. 코팅 (8)은 p-콘택트층 (2)의 표면 (B)의 ~90%를 덮는다. 그 결과, 코팅 (8)과 p-인젝터 (5)를 포함한 표면 (B) 전체는 79%의 최대 반사율을 가진다. 이는 기존의 저-저항 p-콘택트에서 달성할 수 있었던 어떤 반사율보다 더 높다.

[0033] 실시예 2: p-인젝터로부터의 거리함수로서 전류 밀도 감소를 위한 모델 계산

[0034] 또한, LED에서 본 발명에 따른 p-도핑된 콘택트의 사용을 가능하게 하기 위하여, 충분한 전류가 p-도핑된 콘택트의 p-콘택트층으로 주입되는 것이 필요하다. 도 4B는 옴 p-인젝터로부터 증가된 거리에서 LED의 p-콘택트층에 있어서 전류 밀도의 계산된 감소를 보여준다. 측정치들은 G.H.B. Thompson의 Physics of Semiconductor Laser Devices (John Wiley & Sons (1980)) 및 김현수 등의 Measurements of current spreading length and design of GaN-based light emitting diodes (Appl. Phys. Lett. 90, 063510 (2007))에 의한 단순 분석 모델에 기초한다. 시뮬레이션동안, 어떤 전류도 (비교적 고-저항의) 알루미늄 반사체를 통하여 주입되지 않은 것으로 가정하였다. 시뮬레이션의 나머지 매개변수는 표 1에 나타나 있다.

표 1

[0035] 모델 시뮬레이션 매개변수들

	A	B	C
p-콘택트층의 두께 d_p [nm]	300	300	600
p-콘택트층에 하전된 캐리어 밀도 [cm^{-3}]	1E+17	5E+17	5E+17
p-콘택트층에 전하 이동도 [cm^2/Vs]	10	10	10
"전류 스프레딩 길이" L_s [nm]	498	1114	1576

[0036] 도 4B는 p-인젝터로부터의 거리함수로서 p-AlGaIn 층(모델의 p-콘택트층 및 실시예 1)에 있어서 계산된 전류 밀도를 보여준다. 도 4A는 이를 다이어그램으로 도해화하였다. 도 4B는 서로 다른 L_s 를 가진 세 개의 서로 다른 p-콘택트의 결과를 보여준다. 이때 다양한 L_s 는 소위 "전류 스프레딩 길이" (상기 전류 스프레딩 길이)을 의미하며, 이는 즉, 전류 밀도가 1/e로 떨어진 p-인젝터로부터의 거리이다. "전류 스프레딩 길이"는 다시 말해서 p-

도핑된 층에 있어서의 두께, 하전된 캐리어 밀도 및 전하 이동도에 따른다 (표 1 참조).

[0037] 최대 넓이 (D)가 0.5 μm 인 p-인젝터와 p-콘택트와 모델 C (즉, 실시예 1)에 따른 p-AlGaN의 p-콘택트층 간의 거리가 1 μm 인 경우 전류 밀도가 50 A/cm^2 에서 25 A/cm^2 으로 약간 떨어지더라도, LED에서 p-도핑된 콘택트의 효율적인 작동을 보증하는 것은 여전히 충분하다. 이 경우, 둘러싼 p-인젝터의 각각 계산된 전류밀도의 총합이 p-콘택트층의 특정 지점에 대하여 가장 가깝게 인접한 인젝터로부터 전하 캐리어 주입의 결과에 다르기 때문에, 상기 계산은 실제 나노픽셀 구조에서 불균질성이 확연히 낮을 것이라는 것을 고려하지 않았다.

[0038] 실시예 3: 본 발명에 따른 p-콘택트를 포함하는 자외선-방출 다이오드

[0039] 도 5는 본 발명에 따른 p-콘택트를 포함하는 본 발명에 따른 빛 방출 다이오드의 일실시예에 대한 단면도를 보여준다.

[0040] 본 발명에 따르면, 자외선-방출 다이오드는 p-인젝터를 포함하는 p-콘택트를 함유하며, 상기 p-인젝터 각각은 p-인젝터 금속층 (6)과 p-(In)GaN 인젝터 층 (7)로 구성되어 있다. 실시예에서 보여지는 바대로, p-(In)GaN 인젝터 층 (7) 각각은 $[\text{Mg}]=1\text{E}20\text{cm}^{-3}$ 농도로 도핑된 마그네슘과 함께 10 nm 두께의 p-(In)GaN을 가진다. 상기 p-(In)GaN 인젝터 층 (7)은 직접적으로 p-도핑된 AlGaN으로 이루어진 p-콘택트층 (2)에 접해 있다. 실시예에서 보여지는 바와 같이, p-콘택트층은 하기의 구성에 따른 두 개의 p-도핑된 AlGaN 층의 교체서열 (2a)로 구성되어 있다: p- $\text{Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{N}$ 및 p- $\text{Al}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{N}$; 이때 개별 층은 2nm의 두께를 가지며, p-콘택트층은 한 조성물 당 총 50 개의 층을 가지며, $[\text{Mg}]=5\text{E}19\text{cm}^{-3}$ 의 농도로 Mg이 도핑된 또다른 50개의 층을 가진다. p-인젝터와 바깥으로 향해 있는 p-콘택트층 면은 p- $\text{Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}$ ($[\text{Mg}]=1\text{E}20\text{cm}^{-3}$)의 조성으로 최종적으로 20nm 두께의 층 (2b)을 가진다. 인젝터와 접한 p-콘택트층 (2)의 표면은 본 발명에 따른 코팅으로 덮여있다. 실시예에서 보여지는 바와 같이, 코팅 (8)은 코팅 (8)이 p-콘택트층 (2)의 표면 뿐만 아니라, p-인젝터도 덮는 방식으로 구성되어 있다. 실시예에서 보여지는 바와 같이, p-인젝터와 바깥으로 향해있는 p-콘택트층 면은 다중-quantum well (well) 구조 (9)에 인접한다. 이 다중-quantum well 구조 (9)는 n 개의 quantum well 층과 n+1 개의 장벽 층으로 구성된 일반적인 서열로 구성될 수 있다. 실시예에서 보여지는 바와 같이, 다중-quantum well 구조 (9)는 6 nm 두께의 $(\text{In})\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 장벽층 (9a)과 2 nm 두께의 $(\text{In})\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ quantum well 층 (9b)과 6 nm 두께의 $(\text{In})\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 장벽층 (9c)으로 구성되는 층 서열이 3회 반복되는 것으로 구성되어 있다. 이를 $[\text{Si}]=5\text{E}18\text{cm}^{-3}$ 의 농도로 도핑된 실리콘 (Si)으로 된 n- $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 으로 이루어진 1500 nm 두께의 층 (10)에 의해 p-콘택트층과 바깥으로 향한 다중-quantum well 구조 (9)가 뒤따른다. n-도핑된 층 (10)을 도핑되지 않은 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 으로 이루어진 200nm 두께의 층 (11)이 뒤따른다. 이를 차례로 도핑되지 않은 AlN으로 이루어진 1000 nm 두께의 층 (12)이 뒤따른다. 상기 층 (12)은 p-콘택트와 바깥으로 향하는 면에서 사파이어 층 (13)으로 덮여진다.

[0041] 실시예 4: 종래의 발명에 따른 UV-LED의 비교

[0042] UV-LED 구조는 금속-유기 증기상 에피탁시 (Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy; MOVPE)라고 불리는 물리적 코팅 공정에서 2 인치 (50mm) 직경의 (0001)-유래 사파이어 구조로부터 생성된다(grown). 층구조는 실리콘-도핑된 3.4 μm 두께의 GaN 버퍼층, 10 nm Si-도핑된 $\text{Al}_{0.23}\text{Ga}_{0.77}\text{N}$ 홀 배리어, 6 nm 두께의 $\text{Al}_{0.04}\text{Al}_{0.16}\text{GaN}$ 배리어로 나뉘어지는 (Multiple-quantum wells; MQW) 다섯 개의 3 nm 두께의 $\text{In}_{0.04}\text{GaN}$ quantum well 필름으로 구성된 활성구역과 이에 따르는 10nm 두께의 마그네슘-도핑된 $\text{Al}_{0.23}\text{Ga}_{0.77}\text{N}$ 전자 배리어층으로 구성되어 있고, 200 nm 두께의 Mg-도핑된 GaN 층으로 끝맺어져 있다. MOVPE 이후, p-도핑은 질소대기 중에서 10분간 815 $^{\circ}\text{C}$ 에서 rapid thermal

annealing (RTA) furnace가 활성화 된다.

[0043] 상기 성분들은 이후 가공공정을 통하여 구조화된다. 다수의 정사각형 Pd 콘택트는 0.0225 mm^2 넓이의 p-콘택트층의 두번째 표면에 구조화된다. 상기 팔라듐은 두께가 30 nm인 층을 가지며, 전자 빔 증기를 통하여 분리된다. Pd 커버링 팩터는 콘택트 사이드 길이 $D = 1 \text{ }\mu\text{m}$ 이고 거리 $A = 1 \text{ }\mu\text{m}$ 일때는 25%, $D = 1 \text{ }\mu\text{m}$ 이고 거리 $A = 2 \text{ }\mu\text{m}$ 일때는 11%로 측정된다. p-전극은 자외선-반사 알루미늄 층을 포함하며, Al(50nm)/Pt(40nm)/Au(400nm)의 금속 구조로 구성되어 있다. 상기 자외선-반사 금속 구조는 p-인젝터와 자유 GaN 구역 모두를 덮는다. 다시 말하면, 자외선-반사 층 (필 팩터 (FF))에 의해 덮여지는 범위의 백분율은 각각 75%와 89%이다. 시료의 절반에서, GaN 표면과 알루미늄 반사체 사이에 얇은 Ti 막이 삽입되었는데, 즉 이 경우, Ti(5nm)/Al(50nm)/Pt(40nm)/Au(400nm) 금속 구조에 해당하는 층 서열이다. Ti 층이 좋은 자외선 반사체가 아니므로, 단지 5 nm 두께의 Ti 층이 흡수를 최소화 하기 위하여 증기증착 (vapor deposition)되었다. p-면의 금속화가 완료되면, 유도성 결합 플라즈마 건조 에칭 공정 (inductively coupled plasma dry etching process)이 Cl_2 와 BCl_3 대기에서 $150 \text{ }\mu\text{m} \times 150 \text{ }\mu\text{m}$ 메사 구조 (mesa-structure)로 에칭 아웃되는데, 이는 n-도핑된 GaN 버퍼층까지 확장된다. Ti(10nm)/Al(50nm)/Mo(20nm)/Au(200nm)의 n-금속화는 이후 증기증착 된다. 전체 칩 크기는 $500 \text{ }\mu\text{m} \times 500 \text{ }\mu\text{m}$ 이다.

[0044] 도 6은 다양한 나노픽셀-LED를 비구조화된 Pd 콘택트와 Al 코팅이 없는 대조군 다이오드와 비교하여 빛 출력-전류 곡선을 측정한 것이다. 가장 바람직한 결과는 $\text{FF} = 89\%$ 이고, Ti 접착층이 없는 나노픽셀 LED에 의해 구현되었다. 50 mA의 순방향 전류에서, 후자는 1.36 mW의 빛 출력을 가지는데 (on-wafer에서 측정), 이는 대조군 다이오드와 비교해 볼때 (50 mA에서 0.45 mW) 3배의 발광력이다.

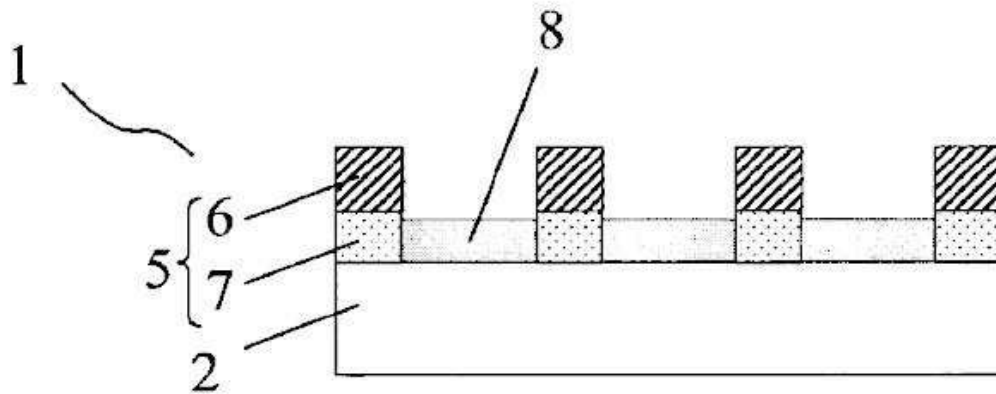
부호의 설명

- [0045]
- 1 p-콘택트
 - 2 p-도핑된 AlGaIn으로 이루어진 p-콘택트층
 - 2a $\text{p-Al}_{0.45}\text{Ga}_{0.55}\text{N}$ 과 $\text{p-Al}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{N}$ 조성물로 된 두개의 p-AlGaIn 층을 가진 교체서열
 - 2b $\text{p-Al}_{0.60}\text{Ga}_{0.40}\text{N}$ 조성물로 된 층
 - 5 p-인젝터
 - 6 Ni/Au로 이루어진 p-인젝터 금속층
 - 7 (In)GaIn으로 이루어진 p-인젝터층
 - 8 270 nm 파장의 빛에서 적어도 60%, 바람직하게는 80%를 반사하는 금속 코팅
 - 9 다중-quantumwell 층
 - 9a (In) $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 배리어 층
 - 9a (In) $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 다중-quantumwell 층
 - 9a (In) $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 배리어 층
 - 10 n- $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 로 이루어진 n-도핑된 층
 - 11 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ 로 이루어진 도핑되지 않은 층

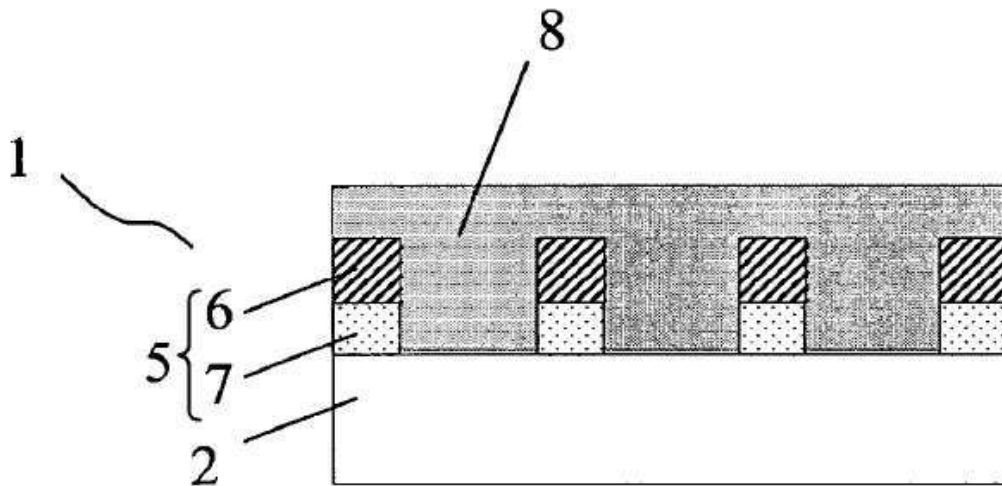
- 12 AlN으로 이루어진 도핑되지 않은 층
- 13 사파이어 층
- A p-콘택트층 (2)의 제1 표면 (제1면)
- B p-콘택트층 (2)의 제2 표면 (제2면)

도면

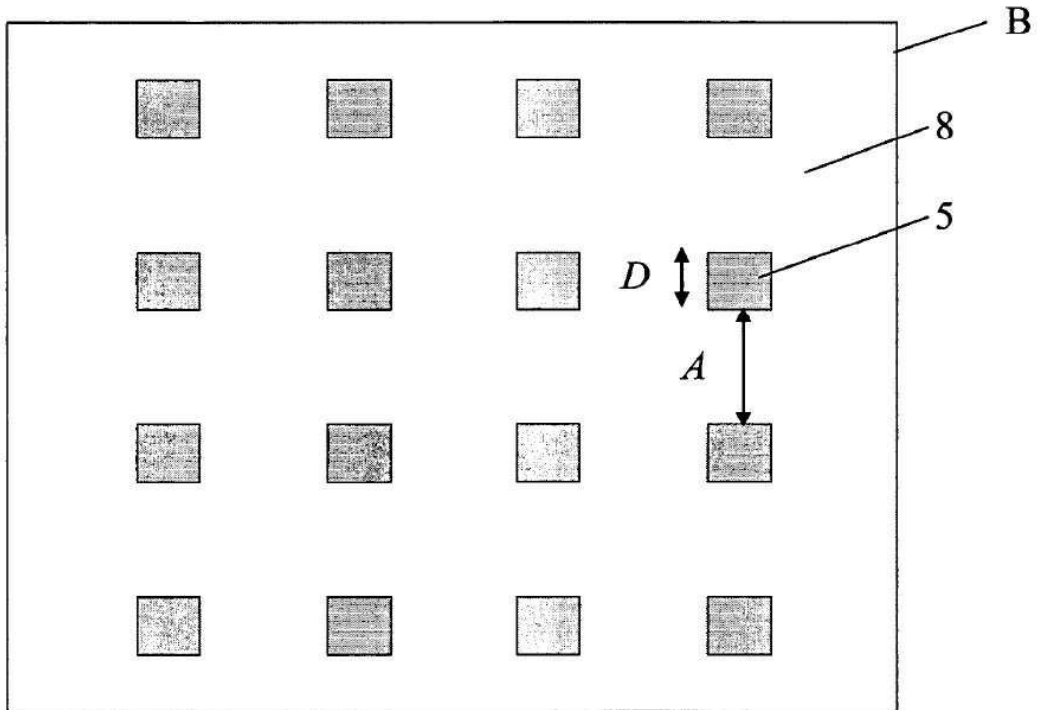
도면1



도면2

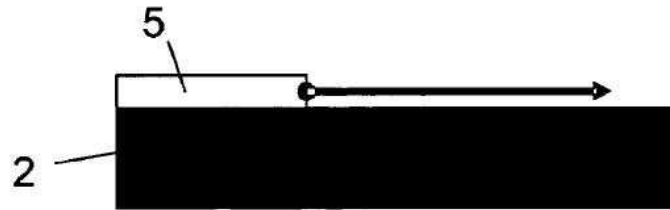


도면3

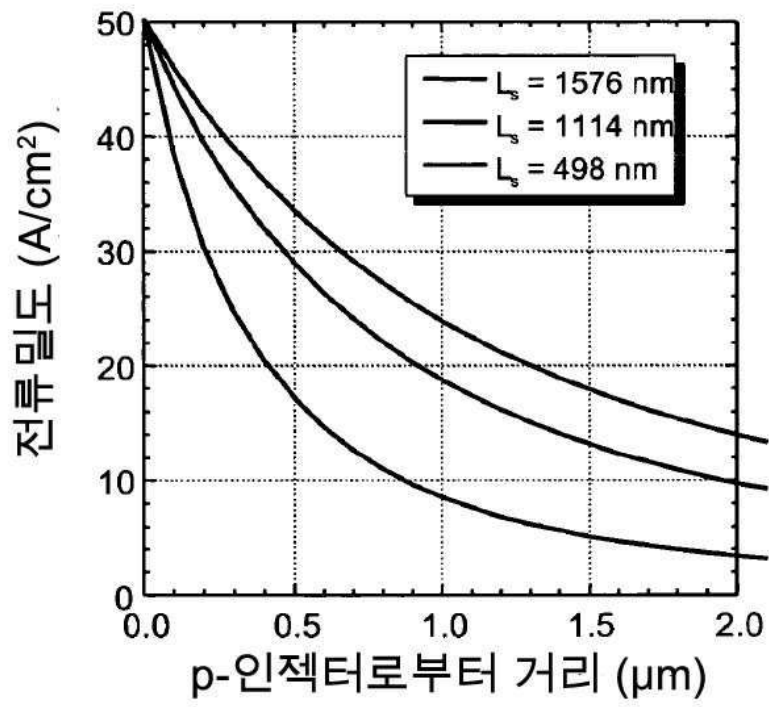


도면4

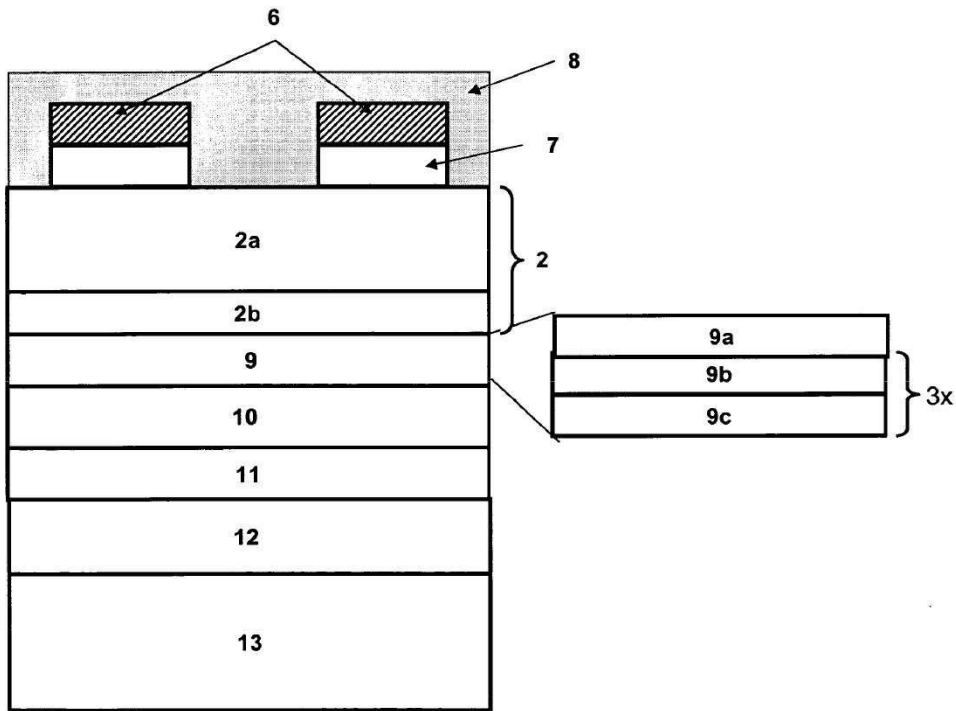
A



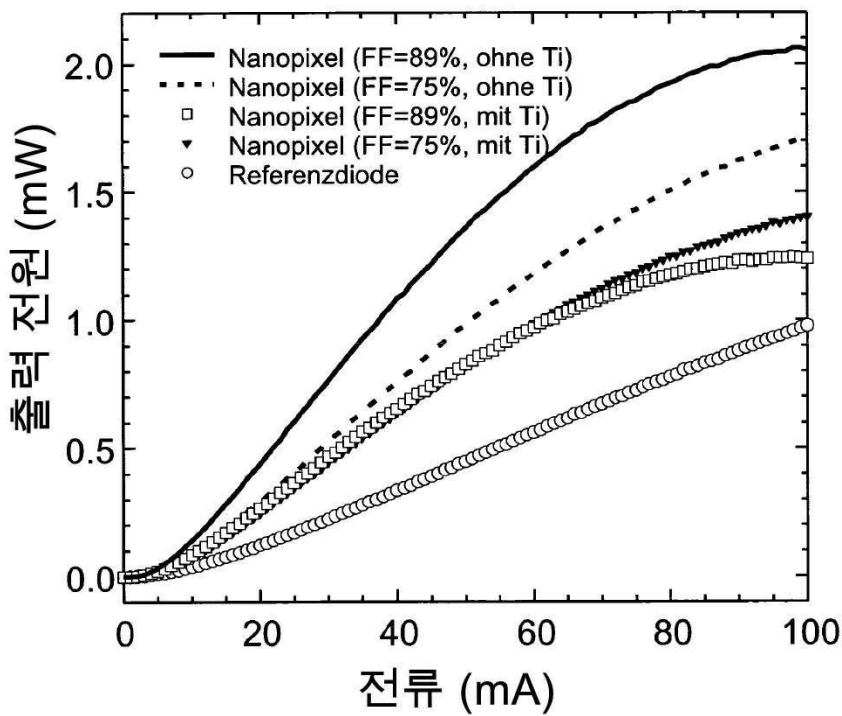
B



도면5



도면6



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 명세서

【보정세부항목】 식별번호 [0016] 6번째 줄

【변경전】

Pt, Ph, Ti

【변경후】

Pt, Rh, Ti

【식권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 14

【변경전】

인접한 p-인젝터 (5) 간의 상기 거리 (A)

【변경후】

인접한 p-인젝터 (5) 간의 거리 (A)