



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0099593
(43) 공개일자 2009년09월22일

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7017902(분할)
(22) 출원일자 2005년09월15일
심사청구일자 없음
(62) 원출원 특허 10-2007-7006473
원출원일자 2007년03월21일
심사청구일자 2007년03월21일
(85) 번역문제출일자 2009년08월27일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/033013
(87) 국제공개번호 WO 2006/036582
국제공개일자 2006년04월06일
(30) 우선권주장
10/951,042 2004년09월22일 미국(US)
11/037,965 2005년01월18일 미국(US)

(71) 출원인

크리 인코포레이티드

미국 노스 캐롤라이나 27703-8475 더럼 실리콘 드라이브 4600

(72) 발명자

에드몬드 존 아담

미국 27511 노스캐롤라이나주 카리 웨스트 줄스버네 웨이 206

(74) 대리인

유미특허법인

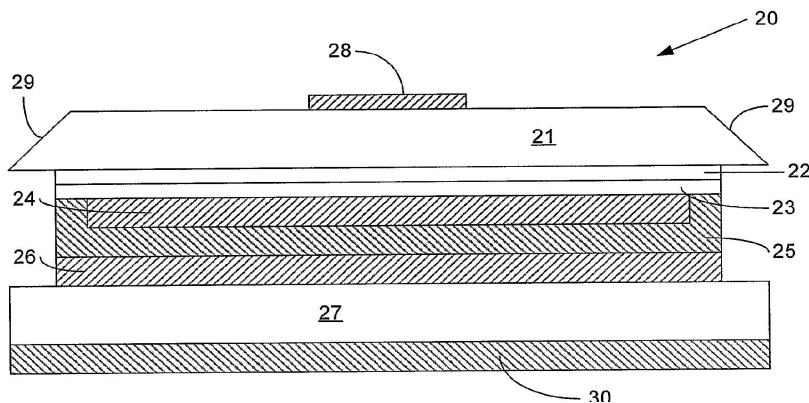
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 고효율 소면적의 3족-질화물계 발광 다이오드

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 따르는 발광 다이오드는 단위 면적 당 출력이 우수하다. 상기 다이오드는 100,000 평방 마이크론 미만의 면적, 4.0 볼트 미만의 순방향 전압(forward voltage), 20 밀리암페어(mA)의 구동 전류에서의 24 밀리와트(mW)의 방사속(flux), 및 약 395 내지 540 나노미터의 주파장(dominant wavelength)을 가진다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

작은 크기와 낮은 순방향 전압을 유지하면서도 단위 면적 당 고출력을 생성하는 발광 다이오드에 있어서,
질화 갈륨, 인듐 질화 갈륨, 알루미늄 질화 갈륨, 및 알루미늄-인듐 질화 갈륨으로 이루어진 군에서 선택된 재료로 형성된 하나 이상의 발광 활성층(active layer)을 포함하고,
125,000 평방마이크론 혹은 이보다 작은 면적;
4.0 볼트보다 작은 순방향 전압(forward voltage);
20 밀리암페어(mA)의 구동 전류에서 27 밀리와트(mW) 이상의 방사속(radiant flux); 및
395 내지 540 나노미터의 주파장(dominant wavelength)을 가지는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 2

제1항에 있어서,
100,000 평방마이크론 이하의 면적; 및
20 밀리암페어(mA)의 구동 전류에서 24 밀리와트(mW) 이상의 방사속(radiant flux)을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 3

제2항에 있어서,
450 내지 480 나노미터 범위의 주파장을 가지는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 4

제2항에 있어서,
상기 다이오드의 수직 방향으로 양쪽 면에 옴릭 접합을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 5

제2항에 있어서,
1층 이상의 전도성 실리콘 카바이드를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 6

제1항에 있어서,
100,000 평방마이크론 미만의 면적을 가지는 다이(die);
상기 다이를 내장하는 5 mm 패키지; 및
420 내지 465nm의 파장 및 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 45 퍼센트(%)보다 큰 외부 양자 효율성(external quantum efficiency)을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 7

제6항에 있어서,
상기 패키지는 하나 이상의 다이 컵(die cup)을 포함하고, 상기 활성 영역은 상기 컵에 인접하며, 상기 기판은 상기 컵으로부터 먼 방향으로 배치되는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 8

제7항에 있어서,

420 내지 460 nm의 파장에서 50%보다 큰 외부 양자 효율성을 가지는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 9

작은 크기와 낮은 순방향 전압을 유지하면서도 단위 면적 당 고출력을 생성하는 발광 다이오드에 있어서,

질화 갈륨, 인듐 질화 갈륨, 알루미늄 질화 갈륨, 및 알루미늄-인듐 질화 갈륨으로 이루어진 군에서 선택된 재료로 형성된 하나 이상의 발광 활성층(active layer)을 포함하고,

395 내지 540nm의 주파장, 4.0 볼트 미만의 순방향 전압, 및 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 평방 밀리미터 당 270 밀리วัต 이상의 단위 면적 당 방사속을 가지는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 10

제9항에 있어서,

3.5 볼트 미만의 순방향 전압에서 작동하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 11

제9항에 있어서,

평방 밀리미터 당 390 밀리วัต 이상의 단위 면적 당 방사속을 생성하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 12

제9항에 있어서,

전도성 기판 및 3족 질화물 활성층을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 기판은 실리콘 카바이드를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 14

제9항에 있어서,

전도성 실리콘 카바이드 기판;

각각 상기 실리콘 카바이드 기판 상에 위치하며, 상기 기판과 함께 다이(die)를 형성하는 p형과 n형의 3족 질화물 층;

상기 실리콘 카바이드 기판과 상기 3족 질화물 층에 대해 수직인 방향으로 위치한 오믹(Ohmic) 접합;

455 내지 465 나노미터의 주파장; 및

상기 기판, 상기 3족 질화물 층, 상기 오믹 접합의 영역을 내장하는 중합체 패키지를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 실리콘 카바이드 기판은 3C, 4H, 6H, 및 15R의 실리콘 카바이드 폴리타입(polytype)으로 구성된 군에서 선택된 하나의 폴리타입을 가지는 것을 특징으로 하는 발광 다이오드.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 발광 다이오드(LED)에 관한 것으로, 특히, 실리콘 카바이드 기판 위에 3족-질화물로 활성(active) 영역을 형성한 발광 다이오드에 관한 것이다.

배경 기술

<2> 조명 기술

- <3> 다양한 응용을 위한 조명 장치들은 몇 개의 큰 카테고리로 분류된다. 백열광은 대개 금속 필라멘트를 통하여 전류를 흘리는 방식으로 금속 필라멘트를 가열하여 생성된다. 가열된 필라멘트는 빛을 방출한다. 백열광은 흔히 가정용이나 기타 실내조명용으로 적용된다. “할로젠” 조명은 상기와 같은 원리로 작동하지만, 보다 효율적이다. 형광은 인가된 퍼텐셜(potential) 차이에 의해 증기(일반적으로 수은을 포함하는 증기)를 여기하여 발생된다. 여기된 증기에 의해 방출된 광자(photon)는 가시광을 방출하는 형광체를 때리게 된다. 형광은 가정용, 사무실용, 및 다양한 응용 분야에서도 흔히 사용된다.

<4> 발광 다이오드

- <5> 발광 다이오드는 순방향으로 바이어스 되었을 때 광자를 방출하는 p-n 접합 반도체 다이오드이다. 따라서 발광 다이오드는 반도체 재료 내의 전자의 움직임에 기초하여 빛을 발생시킨다. 그러므로 발광 다이오드는 증기 또는 형광체와 결합하여 사용될 수는 있지만, 이들을 반드시 필요로 하지는 않는다. 발광 다이오드는 대부분의 반도체 기반 장치와 마찬가지로 높은 효율(발광에 있어서 열방출의 최소화), 높은 신뢰성, 및 높은 수명 등의 특성을 필요로 한다. 예컨대, 일반적인 발광 다이오드는 약 100,000 내지 1,000,000 시간의 평균 수명을 가지는데, 이것은 발광 다이오드의 수명의 절반이 줄잡아서 50,000시간의 차수(order)를 가짐을 의미한다.

- <6> 특히, 발광 다이오드에서 방출된 빛은 밴드갭으로 불리는 특성, 즉 재료 내에서 허용된 에너지 레벨의 차이에 기초한 진동수(이는 물리학의 공지된 원리에 따라서 파장 및 색과 연관된다)를 가진다. 밴드갭은 반도체 재료 및 이에 대한 도핑에 따른 기본 특성이다. 따라서 1.12 전자볼트(eV)의 밴드갭을 가지는 실리콘(Si)에 형성된 발광 다이오드는 스펙트럼 상에서 (가시광선 영역이 아닌) 적외선 영역의 에너지 천이를 가진다. 그러므로 실리콘 기반의 다이오드는, 육안에 대한 가시성이 중요하지 않거나 특별히 필요하지는 않은 저가형 센서와 같은 용도로 사용된다. 갈륨 비소(밴드갭 1.42eV), 또는 보다 일반적으로, 실리콘이 도핑된 알루미늄-갈륨 비소(AlGaAs)에 형성된 발광 다이오드는 스펙트럼 상에서 가시 영역, 하지만 적외선 방사, 적색광, 황색광을 발생시키는 낮은 진동수의 영역에서 방출한다.

- <7> 한편, 녹색, 청색, 자외선 광자는 가시 스펙트럼 영역 이내 또는 그 이상의 높은 진동수의 색($E=h\nu$)을 나타내기 때문에, 적어도 약 2.2eV 이상의 밴드갭을 가지는 발광 다이오드에 의해서만 생성된다. 그러한 재료로는 다이아몬드(5.47eV), 실리콘 카바이드(2.99eV), 및 질화 갈륨(GaN, 3.4eV)과 같은 3족-질화물계 등이 있다. 넓은 밴드갭의 발광 다이오드는 그 자체로 녹색, 청색, 자외선 빛을 발생시키는 외에도, 적색 또는 녹색 발광 다이오드와 결합하여 백색광을 발생시키거나, 청색광이나 자외선, 또는 둘 다에 의해 여기되었을 때 백색광을 발생시키는 형광체와 결합할 수 있다.

- <8> 몇 가지 이유로, 상기 3족(주기율표 상에서 3족)-질화물계 화합물, 특히 질화 갈륨, 알루미늄 질화 갈륨(AlGaN), 인듐 질화 갈륨(InGaN), 및 알루미늄-인듐 질화 갈륨(AlInGaN)은 청색 발광 다이오드에 있어서 유용하다. 장점 중 하나로, 이들은 “직접형”, 즉 밴드갭을 가로질러서 전자 천이가 발생할 때 에너지의 대부분이 빛의 형태로 방출되는 발광체이다. 이에 비해, 실리콘 카바이드와 같은 “간접형” 발광체는 그 에너지를 일부는 빛(광자)의 형태로, 그리고 대부분은 진동 에너지(포논, phonon)의 형태로 방출한다. 따라서 3족-질화물은 간접형 천이 재료에 비해서 효율성 측면의 장점을 제공한다.

- <9> 다른 장점으로, 3성분계 및 4성분계 3족 재료들(예를 들어, AlGaN, InGaN, AlInGaN)의 밴드갭은 포함되어 있는 3족 원소의 원자 분율에 의해 결정된다. 그러므로 방출광의 파장(색)은 3성분계 또는 4성분계 질화물 내의 각각의 3족 원소의 원자 분율을 조절함으로써 (한도 내에서) 조정될 수 있다.

- <10> 하지만 넓은 밴드갭의 반도체는 전통적으로 갈륨 비소나 갈륨 인(GaP)에 비해 생산이나 취급이 어렵다. 그 결과, 청색이나 자외선 발광 다이오드는 그 상용화에 있어서 갈륨-인 기반의 발광 다이오드에 비해 뒤처졌다. 예컨대, 실리콘 카바이드는 물리적으로 매우 단단하고, 액상(melt phase)이 없으며, 에피택셜 또는 승화 성장을 위해서 고온(약 1500 내지 2000℃ 정도의 차수)을 필요로 한다. 3족 질화물은 그 녹는점 온도에서 상대적으로 큰 질소 증기압을 가지므로, 액상으로부터 성장을 시키는 것이 어렵거나 불가능하다. 또한, p형 질화 갈륨 (및 기타 3족 질화물)을 형성하는 것이 어렵다는 것도 수년 동안 다이오드 생산에 있어서 장벽이 되었다. 그 결과,

청색 및 백색의 발광 다이오드의 상용화가 이루어진 것은 갈륨 인 기반이나 갈륨 비소 기반의 발광 다이오드의 상용화에 비해 최근의 일이다. 그럼에도 불구하고, 최근의 발전을 토대로 하여, 3족 질화물계 기반의 청색 발광 다이오드와 백색 발광 고체(solid state) 램프는 고체 조명 응용 분야에서 점점 일반화되고 있다.

<11> 빛 방출의 양

<12> 비교 및 다른 관련된 목적을 위해서, 일반적으로 발광은 그 방출량에 대해서 정량화된다. 전형적인 측정 단위는 루멘(lumen)이고, 루멘은 광속, 즉 1 칸델라(cd)의 균등한 점 광원(point source)에 의해 단위 고체 각 내에 방출되는 빛의 양에 대한 단위로 정의된다. 또한, 칸델라는 국제 단위계(International System of Units)에서의 광도(light intensity)의 기본 단위이고, 이는 540x10¹² 헤르츠(Hz)의 주파수를 가지는 단색의 방사광을 방출하는 광원의 주어진 방향에서의 광도와 같고, 상기 방향으로 단위 고체 각 당 1/683 와트를 방사형 광도를 가진다.

<13> 측정 단위로 루멘을 사용할 때, 일반적인 백열 전구의 강도는 1200-1800 루멘이고, 일반적인 자연광은 환경에 따라서 1000-6000 루멘이다. 하지만, 발광 다이오드는 예컨대 10-100 루멘 정도의 차수로 훨씬 더 약하다. 그 이유 중 하나는 발광 다이오드의 작은 크기이다. 그래서 단일(혹은 작은 그룹의) 발광 다이오드의 응용 분야는 전통적으로 조명(독서용 램프)보다는 표시(예를 들어 휴대용 계산기의 표시부)로 치우쳐왔다. 비록 청색 발광 다이오드 및 대응되는 백색 발광 장치는 이러한 발광 다이오드를 보다 넓은 상업적 용도로 가능하게 했지만, 조명의 용도로 사용되기 위해서는, 일반적으로 몇 개(또는 그 이상의) 발광 다이오드가 함께 모여서 요구되는 출력을 제공하고 있다.

<14> 발광 다이오드의 전형적인 크기 및 구조 때문에, 발광 다이오드의 출력은 종종 루멘과는 다른 단위로 측정된다. 또한, 발광 다이오드의 출력은 인가된 전류, 다시 말해서, 상기 다이오드에 인가된 전압 차이에 의존한다. 그러므로 발광 다이오드의 출력은 종종 그 방사형 플럭스(Rf)로 표시되고, 표준 20 밀리암페어(mA) 구동 전류에서의 밀리วัต(mW)로 표현된다.

<15> 특히, 청색 발광 다이오드 및 그 관련 파생 기기들은 소비자용 전자 기기, 특히 소형 디스플레이에 점점 빈번하게 포함되고 있다. 대표적인 예로 컴퓨터 스크린, 개인 휴대용 정보 단말기(PDA), 및 휴대전화 등이 있다. 또한, 이러한 소형기기는 축소된 크기(풋프린트:footprint)를 필요로 한다. 하지만 이러한 발광 다이오드는 여전히 낮은 순방향 전압(forward voltage: Vf)과 고출력 조명 조건에서 동작한다. 하지만 현재까지, 상기 3족 질화물 소자의 크기를 줄이는 것은 그 순방향 전압을 증가시키고 방사속(flux)을 줄이는 경향이 있어 왔다.

<16> 미국 특허 제 6,410,940호는 각각 n형 및 p형 접합을 가지며, 순방향 전압이 인가되면 빛을 방출하고 역방향 전압이 인가되면 빛을 감지하기 위해서, 상기 n형 및 p형 접합 사이에 연결된 광학 액티브 구조를 가지는, 소형 발광 다이오드 류의 광학 소자에 대해 기재하고 있다. 상기 광학 액티브 구조는 약 20 마이크로 또는 그보다 작은 직경을 가진다.

<17> 미국 특허 제 6,403,985호는 3족-5족 물질, 특히 유기금속 증착법에 의해 매우 얇은 구조를 가진 알루미늄-갈륨-비소/카드뮴-비소를 포함하는 반도체 물질로 형성되는, 발광 다이오드, 발광 다이오드 바(bar), 및 발광 다이오드 어레이(array)에 대해 기재하고 있다. 이 특허는 30 평방마이크론 미만의 면적을 가지는 개별 화소에 대해 기재하고 있다.

<18> 따라서 넓은 밴드갭 재료로 형성된 소형 발광 다이오드의 출력에 있어서 지속적인 개량에 대한 요구가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<19> 본 발명은 상기와 같은 요구에 부응하여, 소형이고, 낮은 순방향 전압을 가지며, 높은 광 출력을 가지는 발광 다이오드를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제 해결수단

<20> 본 발명의 일 실시예에 따르는 발광 다이오드는 단위 면적 당 출력이 우수하다. 상기 다이오드는 100,000 평방 마이크로 미만의 면적, 4.0 볼트 미만의 순방향 전압(forward voltage), 20 밀리암페어(mA)의 구동 전류에서의 24 밀리วัต(mW)의 방사속(flux), 및 약 395 내지 540 나노미터의 주파장(dominant wavelength)을 가진다.

<21> 본 발명의 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 약 395 내지 540nm의 주파장, 4.0 볼트 미만의 순방향 전압,

그리고 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 평방밀리미터 당 최소한 270 밀리와트의 방사속을 나타낸다.

<22> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 100,000 평방마이크론 미만의 면적을 가지는 다이(die), 상기 다이를 내장하는 5 mm 패키지, 4.0 볼트보다 작은 순방향 전압, 420 내지 465nm의 파장 및 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 45 퍼센트(%)보다 큰 외부 양자 효율성(external quantum efficiency)을 가진다.

<23> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 5mm (TE1-3/4) 중합체 (polymer) 패키지, 상기 패키지 내부에 위치하며 100,000 평방마이크론 미만의 면적을 가지는 다이, 4.0 볼트 미만의 순방향 전압, 20 밀리암페어 (mA)의 구동 전류에서 적어도 24 밀리와트(mW)의 방사속, 및 약 395 내지 540 나노미터의 주파장을 포함한다.

<24> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 전도성 실리콘 카바이드 기판; 상기 실리콘 카바이드 기판 상에 위치하는 각각 p형과 n형의 3족 질화물 층; 상기 실리콘 카바이드 기판과 상기 3족 질화물 층에 대해 수직인 방향으로 위치한 오믹(Ohmic) 접합; 약 455 내지 465 나노미터의 주파장; 상기 기판, 3족 질화물 층, 상기 오믹 접합의 영역을 내장하는 중합체 패키지; 및 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 상기 패키지로부터 방출되는, 방출 표면의 평방밀리미터 당 최소한 270 밀리와트의 방사속을 포함한다.

효과

<25> 본 발명에 의하면, 소형이고, 낮은 순방향 전압을 가지며, 높은 광 출력을 가지는 발광 다이오드를 얻을 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<26> 상기와 같은 목적 및 그의 다른 목적들, 그리고 본 발명의 효과 및 이들이 구현되는 방법은 첨부한 도면을 참고로 하는 아래의 상세한 설명에 기초하여 더욱 명확해 질 것이다.

<27> 본 발명은 소형이고, 낮은 순방향 전압을 가지며, 높은 광 출력을 가짐으로 인해 높은 효율성과 단위 면적 당 높은 출력을 얻을 수 있는 발광 다이오드이다.

<28> 배경 기술에서 설명한 것과 같이, 함께 양도되어 동시 계속출원 중인 출원 제 10/951,042에 본 발명의 많은 구조적 특징들이 설명되어 있다.

<29> 보다 상세한 설명을 위해, 도 1은 본 발명의 특징을 가지는 발광 다이오드(20)의 단면도이다. 상기 다이오드(20)는 투명한 실리콘 카바이드 기판(21)을 포함하며, 상기 기판은 바람직하게는 단결정이고, 3C, 4H, 6H, 및 15R의 실리콘 카바이드 폴리타입(polytype) 중에서 선택되는 하나의 폴리타입을 가지며, 본 발명의 내용에 있어서 4H가 종종 바람직하다. 도 1은 "플립 칩(flip chip)" 방향, 즉 기판 아래의 활성층을 사용하기 위해 장착된 다이오드(20)를 도시하기 때문에, 상기 기판(21)은 상기 다이오드(20)의 하부보다는 상부에 나타나고 있다. 이러한 방향에 있어서, 상기 실리콘 카바이드(SiC) 기판은 상기 발광 다이오드의 기본적인 발광 표면이 된다. 발광 다이오드가 사용됨에 있어서 다양한 다른 위치 및 방향으로 위치될 수 있음은 자명할 것이다. 그러므로 상기 다이오드(20)의 구성 요소에 있어서, "상부" 및 "하부"라는 용어는 상대적인 것이며, 구조물에 있어서 일반적으로 소자의 방향을 나타낸다. 그러한 용어의 사용은 당업계에서 일반적이며 쉽게 이해할 수 있는 것으로, 또한 본 명세서의 내용으로부터 명백할 것이다.

<30> 상기 다이오드는 상기 발광 영역(활성층)을 형성하는 층을 적어도 하나, 바람직하게는 여러 개 포함한다. 도 1에는 n형 층(22)과 p형 층(23)의 두 층이 도시되어 있다. 이러한 상반된 전도형의 층은 전류로 하여금 상기 다이오드를 통하여 흐르는 기회를 제공하고, 결과적으로 상기 광자 방출을 일으키는 전자와 정공의 결합을 제공한다. 비록 도 1에서는 두 층의 3족 질화물 층만을 도시하고 있지만, 초격자 구조 및 다중 양자 우물을 포함하는 추가적인 층이 사용될 수 있음을 다른 내용들로부터 이해할 수 있을 것이다. 이러한 구조는 당업계에서 공지된 것이며, 구태여 실험하지 않더라도 본 발명의 내용으로부터 실현 가능할 것이다.

<31> 도 1에 도시한 상기 실시예는 또한 일반적으로 은(Ag)이나 은-백금(Ag/Pt) 합금으로 형성되는 거울 층(24)을 포함한다. 상기 은 기반의 층은 또한 상기 활성층(22, 23)에 전기적 접합을 제공한다. 장벽 층(25)은 일반적으로 티타늄 텅스텐(TiW) 합금, 또는 백금, 또는 양자 모두, 또는 티타늄 텅스텐 질화물(TiWN)으로 형성되며, 은과 상기 소자의 다른 영역 간의 바람직하지 않은 이동(migration)이나 반응을 방지하기 위해서 상기 은 기반의 층을 둘러싼다.

<32> 솔더(solder) 층(26)이 일반적으로 상기 장벽 층(25)에 접촉되지만, 이는 상기 다이오드를 만드는 방법에 있어서 배타적으로 기본적인 것은 아니다. 상기 및 다른 구조적 특징들은 앞서 인용된 미국 10/951,042 출원에 기

재되어 있다. 금속 또는 전도성 반도체 층(27)은 물리적 지지 및 배면의 오믹 접합(30)을 형성하고, 상기 상부의 오믹 접합(28)과 함께, 주입된 전류가 상기 다이오드(20)를 관통해 완전히 흐를 수 있는 경로를 제공한다.

<33> 다른 실시예에서는, 상기 솔더 층(26)이 있거나 혹은 없는 상태에서, 상기 금속 또는 반도체지지 층(27)은 생략 가능하다. 이러한 실시예에서는, 상기 배면의 오믹 접합(30)은 상기 거울 층(24) 및 장벽 층(25)과 마주하게 위치한다.

<34> 도 1에 도시한 바와 같이, 상기 활성층은 일반적으로 3족 질화물이며, 질화 갈륨(GaN), 인듐 질화 갈륨(InGaN), 알루미늄 질화 갈륨(AlGaN), 및 알루미늄-인듐 질화 갈륨(AlInGaN) 등 중에서 적절히 선택된다. 당업자들에게 알려진 바와 같이, 3족 질화물은 상기 3성분계 및 4성분계의 3족 원소의 원자 분율을 변화시킴으로써 주파장을 변화시키는 기회를 제공한다. 당업계에서 공지된 바와 같이, 이들의 화학식은 좀더 정확하게는 $Al_xIn_yGa_{1-x-y}$ (x 및 y 는 0부터 1 사이의 값)으로 표현될 수 있으며, $x+y$ 는 반드시 1과 같거나 1보다 작아야 한다는 조건을 만족하여야 한다.

<35> 도 2는 본 발명의 실시예에 따르는 다이오드를 표준 패키징으로 포함한 램프의 단면도이다. 상기 램프는 개괄적으로 도면 번호 32로 표현되며, 당업자들에게 용이하게 이해될 것이다. 사실, 본 명세서에 개시된 상기 다이오드의 장점 중의 하나는, 그 크기 및 방향으로 인해 상기 다이오드가 표준 패키징으로 장착 가능하여, 제조자 및 최종 사용자에게 유리하다는 것이다.

<36> 상기 램프(32)는 다시 도면 번호 20으로 표시된 상기 다이오드를 포함한다. 상기 다이오드는 반사 컵(33) 안에 위치하고 있다. 도 2에 도시된 다이오드의 타입에서 상기 반사 컵(33)은 종종 모루(34, anvil)로 표현되며, 또한 상기 램프(32)에 대한 전기적 접합의 하나를 형성한다. 상기 모루는 전도성이고 일반적으로 금속으로 형성된다. 비록, 간명하게 하기 위해서, 도 2는 상기 다이오드(20)를 상기 다이(die) 컵(33) 안에 위치하는 것으로 도시하고 있지만, 실제 구조에 있어서는 상기 다이오드(20)는 일반적으로 전도성 접착제나 솔더(미도시함)에 고정된다. 상기 모루(34)는 상기 다이오드(20)의 배면 오믹 접합(도 1의 30)과 전기적 접합을 이루며, 상부의 결합(bond) 배선(35)은 상기 다이오드(20)의 상부 오믹 접합(도 1의 28)과 전기적 접합을 이룬다. 물론, 만약 상기 배면 지지대(27)와 상기 오믹 접합(30)이 생략되면, 상기 모루(34)는 상기 솔더 층(26) 또는 장벽 금속층(25)과 직접적인 접합을 이루게 된다. 한편, 상기 상부 결합 배선(35)은 후술할 다른 대형 전극(36)에 연결된다. 전체 패키지는 폴리머 하우징 또는 렌즈(37)를 포함하며, 상기 폴리머 하우징 또는 렌즈(37)의 크기 및 형태는 그 재료와 더불어서 특정한 출력 목적을 위해 선택된다.

<37> 비록 도 2에는 자세히 도시되지 않았지만, 도 1에 도시된 상기 소자(20)에 있어서, 상기 실리콘 카바이드 기판(21)이 상기 다이 컵(33)으로부터 위쪽으로 먼 방향으로 위치한 상태에서, 상기 활성층(22, 23)은 상기 다이 컵(33)의 바닥에 인접한다.

<38> 도 2는 예시적이고 어느 정도 개략적인 도면이며, 매우 유사한 패키지들은 도 2에 도시된 예폭시 렌즈 뿐 아니라 표면 마운트(mount), 금속 캔(can), 혹은 금속 헤더(header)를 포함할 수 있다.

<39> 비록 본 발명은 5 mm 패키지의 사용에 한정되지는 않지만, T-1 3/4형으로도 알려진 상기 5 mm 패키지는 당업계에서 일반적으로 이해되고, 널리 구할 수 있으며, 빈번히 사용되는 것이다. 그러므로 상기 5 mm 패키지는 그 패키징 및 사용에 있어서 본 발명에 대한 적절한 표현을 제공한다.

<40> 배경 기술로서의 이러한 측면과 더불어, 본 발명을 구현하는 도 명세서 상에 표현될 수 있다. 따라서 본 발명의 제 1 실시예에 따르는 발광 다이오드는 $100,000 \mu^2$ 보다 작은 면적, 4.0 볼트보다 작은 순방향 전압, 20 밀리암페어(mA)의 구동 전류에서의 24 밀리와트(mW)의 방사속, 및 약 395 내지 540 나노미터의 주파장을 포함하며, 단위 면적 당 출력 면에서 유리하다.

<41> 반도체 기술에서 공지된 바와 같이, 순방향 전압(V_f)는 주어진 전류에 대한 전압으로 정의 된다. 일반적으로, 소형(축소된) 응용 분야에서 사용되는 다이오드에 있어서, 작은 순방향 전압이 유리할 수 있으며, 특히 본 명세서에 기재된 밝기 레벨에 있어서 유리할 수 있다. 바람직한 실시예로, 본 발명에 따르는 다이오드는 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서 4.0 볼트 또는 그 이하의 순방향 전압에서 동작한다.

<42> 방사속은 T1-3/4 타입의 캡슐화된 램프를 분광계에 부착된 집적 구(integrating sphere)에 설치하여 측정된다. 대표적인 측정 장치로는 가시광선 발광 다이오드를 위한 랩스피어 옴니 엘티에스(Labsphere Omni LTS) 분광기가 있다. 방사속은 힘(power)의 단위(Watts)로 측정된다.

<43> 당업계 및 본 명세서에서 사용되는 것과 같이, "주파장(dominant wavelength)"이라는 용어는 발광 다이오드에

의해 인간의 눈에 생성된 색감(hue sensation)의 정도를 말한다. 주파장은 국제 조명위(CIE)에서 정한 기준(reference) 광원의 색 좌표와 발광 다이오드에 대해 측정된 색도(chromaticity)의 좌표를 통해 직선을 그리는 방법으로 정해진다. 색도 다이어그램의 경계선 상의 직선의 절편(intersection)을 통해 주파장을 구할 수 있다.

- <44> 최대 파장(peak wavelength)은 스펙트럼의 파워가 최대값을 가지는 파장이다. 두 개의 다른 발광 다이오드가 같은 최대 파장을 가지지만 구현하는 색은 다를 수 있으므로, 최대 파장은 실용 면에서는 덜 중요할 수도 있다.
- <45> 발광 다이오드의 상기 및 기타 광학 특성에 대한 적절한 논의는 뉴 햄프셔의 노스 서튼(North Sutton)에 위치한 랩스피어(Labsphere) 사의 기술 가이드북 "The Radiometry of Light Emitting diodes"에 기재되어 있다.
- <46> 상기 렌즈(37)는 광선, 즉 공간 상의 분포(distribution) 패턴의 방향 및 분포를 변화시키는데 사용되며, 어떤 발광 다이오드에 대해서는 광학 필터로 사용되기 위해서 색상을 가진다. 본 발명의 실시예에 의한 다이오드는 백색광의 생성과 관련하여 자주 사용되기 때문에, 유색 렌즈는 대개 덜 사용된다.
- <47> 발광 다이오드의 방사속은 일반적으로 집적 구에 의해 측정된다. 전술한 상기 장치의 집적 구는 매우 적당하지만, 한정적인 것은 아니다.
- <48> 방사력(radiant power)이라고도 하는 방사속은 방사장(radiant field)이 방사 에너지를 한 지역에서 다른 지역으로 전이하는 속도($d\Theta/dt$)이다. 전술한 것과 같이, 켄타(Θ)가 방사 에너지라면, 방사력의 단위는 와트(watt)이다.
- <49> 본 발명의 실시예에 의한 다이오드는 일반적으로 약 395 내지 540 nm의 주파장을 가지며, 이는 전자기파 스펙트럼에서 녹색, 청색, 보라색, 및 자외선 영역에 해당된다. 특히 본 발명의 실시예에 의한 다이오드는 약 450 내지 480 nm의 주파장, 바람직하게는 약 455 내지 475 nm의 출력 파장을 가진다. 이는 다이오드의 출력이 정확히 가시 영역 중 청색 영역에 해당되는 것이며, 이는 디스플레이 및 관련 목적을 위해 모든 색 및 백색광을 구현하는 많은 장점을 제공한다.
- <50> 본 발명의 실시예에 의한 다이오드는 모든 종류의 발광 다이오드의 성능을 측정하는 표준 조건인 20 밀리암페어의 구동 전류에서 적어도 24 밀리와트의 방사속을 가질 수 있다. 이 표준 조건은, 본 발명의 실시예에 대한 비교에 있어서 유용하다.
- <51> 본 발명의 실시예에 의한 청색 발광 다이오드는 화소로 구현될 수 있으며, 특히 적색 및 녹색의 다른 기본 색과 결합하여 모든 색의 디스플레이를 위한 기회를 제공한다.
- <52> 본 발명의 다른 실시예에 의한 발광 다이오드는, 약 395 내지 540nm의 주파장, 4.0 볼트 미만의 순방향 전압, 그리고 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 평방밀리미터 당 최소한 270 밀리와트의 방사속을 나타낸다.
- <53> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 420 내지 465nm의 파장 및 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, $100,000 \mu^2$ 보다 작은 면적을 가지는 다이(die), 상기 다이를 내장하는 5mm 패키지, 4.0 볼트보다 작은 순방향 전압, 45 퍼센트(%)보다 큰 외부 양자 효율성(external quantum efficiency)을 포함하여 단위 면적 당 유리한 출력 특성을 가진다.
- <54> 발광 다이오드 및 그 패키지에 대한 당업자에게 알려진 바와 같이, 다이오드를 통해 주입된 전류에 의해 생성되는 광자 중에서 100% 미만이 상기 다이오드로부터 외부로 방출된다. 따라서 당 업계에서, 외부 양자 효율성이라는 용어는 전류 흐름에 대한 발광 강도의 비율(예컨대 주입 전자에 대한 방출 광자의 비)을 나타내는데 사용된다. 반도체 재료 자체의 흡수를 통해서, 또 반도체에서 공기중으로 빛이 지나갈 때 굴절을 차이에 의한 반사로 인한 손실에 의해서, 그리고 Snell의 법칙에 의한 임계각 이상의 각도에서 빛의 완전 내부 굴절로부터 광자의 손실이 있을 수 있다. 따라서 백분율로 나타낸 외부 광자 효율성은 아래 식에 의해서 방사속(Watts), 파장(nm), 구동 전류(Amp), 및 파장과 에너지 간에 변환 상수($\lambda=1.24\text{eV}$)로부터 구할 수 있다.

$$\text{외부광자효율성(\%)} = \frac{(\text{방사속})X(\text{파장})}{1240X(\text{구동전류})} \times 100$$

- <55>
- <56> 따라서 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 5mm (TE1-3/4) 중합체 (polymer) 패키지, 100,000 평방마이크론 보다 작은 면적을 가지는 다이, 4.0 볼트보다 작은 순방향 전압, 20 밀리암페어(mA)의 구동 전류에서의 24 밀리와트(mW)의 방사속, 및 약 395 내지 540 나노미터의 주파장을 포함하는, 단위 면적 당 유리한 출

력 특성을 가지는 것으로 표현될 수 있다.

- <57> 청색 발광 다이오드에 대한 다른 실시예에서는, 주파장은 바람직하게는 약 450 내지 480 nm, 가장 바람직하게는 약 455 내지 465 nm이다. 또한, 본 발명의 실시예에 의한 다이오드는 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서 최소한 27 밀리와트의 방사속을 나타냈다.
- <58> 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 발광 다이오드는, 전도성 실리콘 카바이드 기판, 상기 실리콘 카바이드 기판 상에 위치하는 각각 p형과 n형의 3족 질화물 층, 상기 실리콘 카바이드 기판과 상기 3족 질화물 층에 대해 수직인 방향으로 위치한 오믹(Ohmic) 접합; 약 455 내지 465 나노미터의 주파장, 상기 기판, 3족 질화물 층, 상기 오믹 접합의 영역을 내장하는 중합체 패키지, 및 20 밀리암페어의 구동 전류 조건에서, 상기 패키지로부터 방출되는, 방출 표면의 평방밀리미터 당 최소한 270 밀리와트의 방사속을 포함한다.
- <59> 일반적인 실시예에서, 상기 다이오드는 5 mm 또는 표면 실장 패키지이고, 상기 실리콘 카바이드 기판은 3C, 4H, 6H, 및 15R의 실리콘 카바이드 폴리타입(polytype) 중에서 선택되는 하나의 폴리타입을 가진다.
- <60> 본 명세서에서 사용된 것과 같이, 또 발광 출력을 표현하고 정의하기 위한 목적으로, 발광 면적 또는 표면은 소자의 풋프린트(footprint)로 정의된다. 서로 다른 크기를 가지는 다른 영역을 가지는 칩이나 다이에 있어서, 면적(area)이라는 용어는 상기 다이 또는 칩 내에서 반도체 또는 기판 재료의 가장 넓은 면적을 의미한다. 그 이유는, 이러한 가장 큰 크기가 회로 또는 소자의 설계자가 개별적인 발광 다이오드를 사용하는데 있어서 다루어야 하는 것이기 때문이다.
- <61> 도 6은 이러한 점을 설명하기 위한, 종전 기술에 따르는 대략적인 평면도이다. 도 6에서, 전체 다이오드는 대략적으로 도면 번호 40으로 표시되며, 사파이어(SiO₂) 기판을 포함한다. 사파이어는 일반적으로 물리적으로 튼튼하며(rugged) 바람직한 광학 특성을 가지므로, 다양한 형태의 발광 다이오드에서 기판으로 사용된다. 최적화까지는 아니더라도 사파이어의 결정격자도 적당하며, 청색 발광 다이오드를 형성하는데 사용되는 3족 질화물의 결정격자와 잘 맞는다. 하지만, 사파이어는 전도성을 가지도록 도핑될 수 없으며, 따라서 항상 전기적 절연체로서 기능한다. 결과적으로, 사파이어가 기판으로서 선택되었을 때에는, 도 6에 도시된 것과 같은 구조가 필연적으로 채택되어야 한다. 복수 개 중에서 두 개가 도면 번호 42 및 43으로 표시된 활성층은, 전류 주입을 목적으로 p-n 접합을 형성하기 위해서, 상기 사파이어 기판(41) 상에 성장한다. 하지만 사파이어 기판(41)은 절연체이기 때문에, 배선 본딩 패드(44, 45, bond pad)가 도 6에 도시된 방식으로 상기 소자의 상부에 접해야만 한다. 그러므로 본 명세서에 사용된 정의에 따라서, 단위 면적 당 출력을 측정하고 표현하기 위한 목적에 있어서, 상기 소자(40)의 면적은 단순히 상기 활성층(42)의 면적 또는 작은 활성층의 면적(43)이라기보다는 상기 사파이어 기판의 면적이 된다.
- <62> 의미는 같지만 다른 방법으로 표현하면, 상기 면적은 (1)상기 다이오드의 가장 넓은 반도체 면적, 혹은 (2)패키지 될 예정이거나 되어야 할 상기 다이오드의 기판 면적 중에서 더 큰 값이다. 거의 모든 경우에 있어서, (2)의 면적이 (1)의 면적보다 크거나 같다.
- <63> 도 3, 4, 5는 본 발명에 따르는 출력 특성 성능을 가지는 다이오드의 다른 구조의 실시예이다.
- <64> 도 3에서는, 상기 다이오드는 개략적으로 도면 번호 50으로 표현되며, "플립 칩(flip chip)" 방향, 즉 상기 다이오드(50)이 사용을 위해 장착되었을 때, 실리콘 카바이드 기판(51)이 꼭대기 혹은 상부 위치에 있는 것으로 도시되었다. 상기 기판(51)은, 전체 내부 반사를 줄임으로써 소자로부터의 광 출력을 증가시킬 수 있는, 비스듬한 표면(52)을 포함한다.
- <65> 상기 활성층은 단순화를 위해서 단일 층(53)으로 도시되었지만, 상기 활성층의 구조는 일반적으로 최소한 하나의 p형과 하나의 n형 층을 포함하며, 양자 우물, 다중 양자 우물, 및 초격자(super-lattice) 구조 등의 보다 복잡한 구조를 포함할 수 있는 것으로 이해될 것이다. 이러한 다양한 다이오드에 있어서, 상기 다이오드(50)는 바람직하게는 거울 층(54, mirror layer)을 포함하며, 상기 거울 층은, 은으로 형성된 경우에는, 도 1과 관련해서 기술한 것과 같이 부분적으로 고립되는 것이 바람직하다. 보다 반응성이 작은 금속이나 이동성이 약한 물질로 형성된 경우에는, 상기 거울 층(54)은 도 3에 도시한 것과 같이 단순한 코팅 형태일 수 있다. 도 3에서, 상기 거울 층(54)은 오믹 접합도 형성한다.
- <66> 상기 다이오드(50)에 대한 전기적 접합은, 도시된 방향을 기준으로, 상기 소자의 바닥에서는 본딩 금속 접합(55)에 의해 이루어지며, 상부에서는 배선 본딩 패드(56)로 연결된다.
- <67> 도 4에서는 도 3과 유사한 다른 소자(60)를 도시하였다. 도 4의 다이오드(60)와 도 3의 다이오드(50)간의 유일한

한 상대적 차이는, 측벽(62)의 형태가 상기 소자(60)의 상부 표면에 대해서 수직이거나 혹은 거의 수직을 이룬다는 것이다. 도 4에서, 약간 다른 형태를 가진 기판이 도면 번호 61로 도시되고 있지만, 다른 나머지 요소들은 도 3의 동일한 구성요소들과 동일한 구조 및 기능을 가진다. 따라서 동일한 도면 번호로 표시하였다. 이에 따라, 활성층은 도면 번호 53, 거울 접합은 도면 번호 54, 상부 오믹 접합은 도면 번호 56, 그리고 본딩 금속은 도면 번호 55로 표시하였다.

<68> 도 4(혹은 다른 도면)에서 특정하여 도시하지는 않았지만, 상기 다이오드(60)의 발광 표면, 특히 측면(62) 및 상부 표면(63)은 렌즈 모양, 혹은 다이오드로부터 빛의 추출을 증가시킬 수 있는 패턴으로 형성될 수 있다. 이러한 목적의 렌즈 모양의 표면의 사용에 대해서는 본 발명의 모 출원에 기재되어 있으며, 마찬가지로 빛 추출을 위해 상기 표면을 다양하게 하는 다른 수단들은 공동으로 양도된(commonly-assigned) 미국 특허 제 6,791,119호에 기재되어 있으며, 이들의 내용은 본 명세서에 그 전체로서 원용되어 포함된다.

<69> 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예를 도시하고 있으며, 여기서는 활성층(66)이 상기 소자의 상부에 위치하며 오믹 접합(67)과 직접적인 접합을 이룬다. 거울-오믹(mirror-ohmic) 접합(70)은 빛 배출을 증가시키기 위해 활성층(66)의 바로 아래에 위치한다. 상기 활성층(66) 및 상기 거울 층(70)을 실리콘 카바이드와 같은 반도체나 혹은 전도체인 기판(72)에 부착시키기 위해, 금속 본딩 층(71)을 선택적으로 포함할 수 있다. 상기 기판(72)에 대한 오믹 접합(73)을 형성하면 상기 소자가 완성된다. 만약 상기 거울-접합(70)이 은 또는 은 계열이라면, 예컨대 도 1과 관련에서 설명한 것과 같은, 확산 방지 구조도 포함될 것이다.

<70> 도 7은 본 발명의 실시예에 따르는 발광 다이오드에 대한 스펙트럼의 방사속 출력(mW, 아래쪽 곡선)과 외부 양자 효율성(%, 위쪽 곡선)을 나타내는 조합 그래프이다. 도시된 것과 같이, 다이오드의 상대적인 광속은 파장에 의존하는 관계이다. 그러므로 본 발명의 실시예에 따르는 다이오드는, 임의의 파장에서의 성능으로 표현될 수는 있지만, 특정한 다이오드에서 가장 바람직한 파장에서의 최대 출력값보다 작은 경우에서도, 다른 파장에서의 상응되는 출력도 포함하는 것으로 이해되어야 할 것이다.

<71> 달리 말하자면, 본 명세서의 다이오드에서 주어진 파장에서 단위 면적당 특정한 출력을 가지는 것으로 표현된 것은, 본 명세서에 기재되거나 청구된 다이오드에 대해서 상기 파장에서 상기 출력을 가지는 것만으로 한정하기 위한 것은 아니다. 대신, 대수적(algebraic) 곡선 상에 점을 표시하는 것과 같은 방식으로, 임의의 주어진 파장에서의 단위 면적당 출력은, 전술한 단일 점 뿐 아니라 모든 곡선 상에서 표시된다.

<72> 마찬가지로, 5 mm 패키지에서의 다이오드의 출력으로부터 다른 형태의 패키지로부터의 출력을 나름대로 정확하게 예측할 수 있다. 그러므로 다시 한 번, 5 mm 패키지로부터의 출력으로 표현한 것은 본 발명 혹은 청구 범위를 5 mm 패키지로 한정하기 위한 것이 아니며, 다만 다른 패키지 형태에서 본 청구 범위에 해당되는 출력을 확인하는데 필요한 정보를 당업자에게 제공하기 위함이다.

<73> 상기 도면 및 명세서에서 본 발명에 관한 바람직한 실시예를 설명하였으나, 본 발명의 상기 실시예에 한정되지 아니하며, 본 발명의 실시예로부터 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 용이하게 변경되어 균등하다고 인정되는 범위의 모든 변경을 포함한다.

도면의 간단한 설명

<74> 도 1은 본 발명의 실시예에 따르는 다이오드의 단면도이다.

<75> 도 2는 본 발명의 실시예에 따르는 발광 다이오드 램프의 단면도이다.

<76> 도 3은 본 발명의 제 2 실시예에 따르는 다이오드의 단면도이다.

<77> 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따르는 다이오드의 단면도이다.

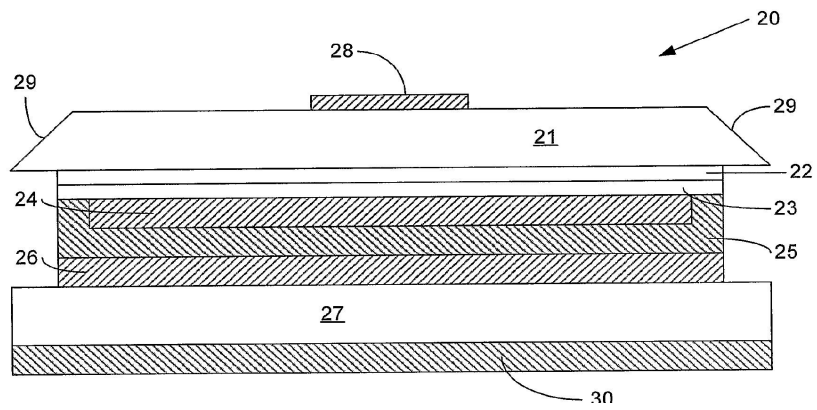
<78> 도 5는 본 발명의 또 다른 실시예에 따르는 다이오드의 단면도이다.

<79> 도 6은 종전 기술에 따르는 다이오드의 평면도이다.

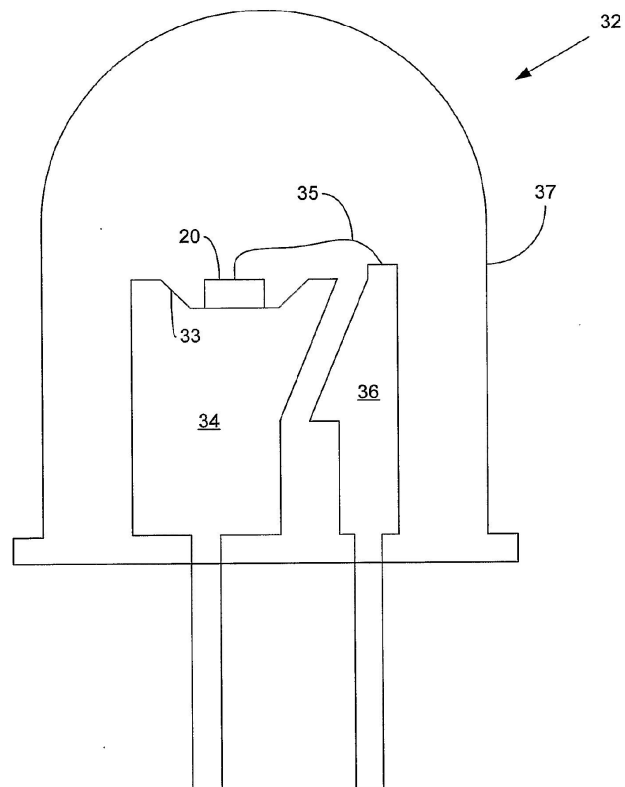
<80> 도 7은 본 발명의 실시예에 따르는 발광 다이오드에 대한 스펙트럼의 방사속 출력(spectral radiant flux output)과 외부 양자 효율성(external quantum efficiency)을 나타내는 조합 그래프이다.

도면

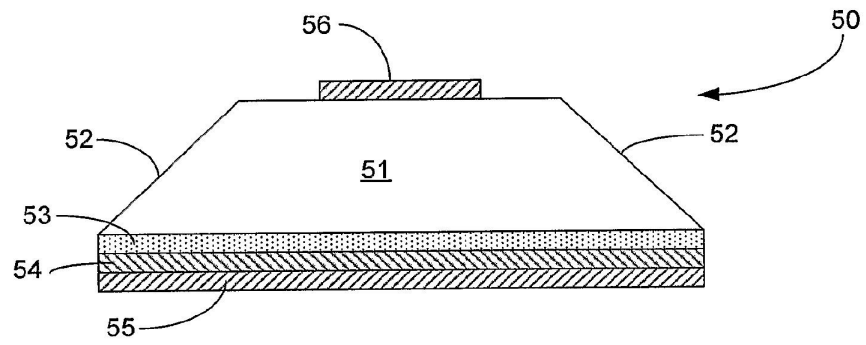
도면1



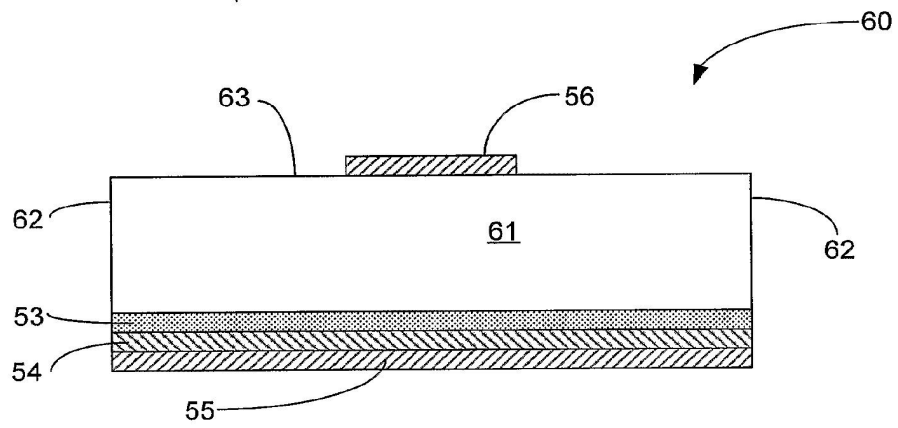
도면2



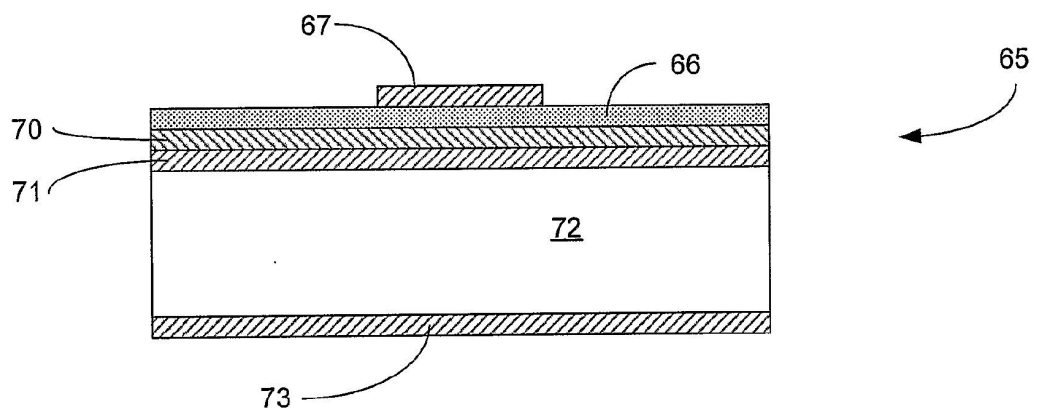
도면3



도면4

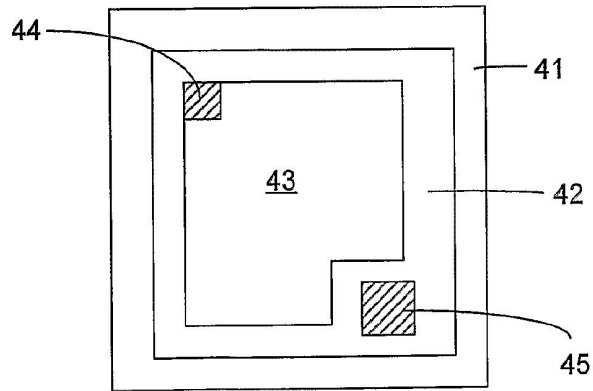


도면5



도면6

40



도면7

