



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.

H01L 33/00 (2006.01)

(45) 공고일자

2006년11월28일

(11) 등록번호

10-0651145

(24) 등록일자

2006년11월22일

(21) 출원번호	10-2000-7002138	(65) 공개번호	10-2001-0023492
(22) 출원일자	2000년02월29일	(43) 공개일자	2001년03월26일
심사청구일자	2003년07월29일		
번역문 제출일자	2000년02월29일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1998/017849	(87) 국제공개번호	WO 1999/10936
국제출원일자	1998년08월28일	국제공개일자	1999년03월04일

(81) 지정국

국내특허 : 알바니아, 아르메니아, 오스트리아, 오스트레일리아, 아제르바이잔, 보스니아 헤르체고비나, 바베이도스, 불가리아, 브라질, 벨라루스, 캐나다, 스위스, 중국, 쿠바, 체코, 독일, 덴마크, 에스토니아, 스페인, 핀란드, 영국, 그루지야, 헝가리, 이스라엘, 아이슬랜드, 일본, 케냐, 키르키즈스탄, 북한, 대한민국, 카자흐스탄, 세인트루시아, 스리랑카, 리베이라, 레소토, 리투아니아, 룩셈부르크, 라트비아, 몰도바, 마다가스카르, 마케도니아공화국, 몽고, 말라위, 멕시코, 노르웨이, 뉴질랜드, 슬로베니아, 슬로바키아, 타지키스탄, 투르크맨, 터키, 트리니다드토바고, 우크라이나, 우간다, 미국, 우즈베키스탄, 베트남, 폴란드, 포르투칼, 루마니아, 러시아, 수단, 스웨덴, 싱가포르, 가나, 감비아, 인도네시아, 시에라리온, 세르비아 앤 몬테네그로, 짐바브웨, 크로아티아,

AP ARIPO특허 : 케냐, 레소토, 말라위, 수단, 스와질랜드, 우간다, 가나, 감비아, 짐바브웨,

EA 유라시아특허 : 아르메니아, 아제르바이잔, 벨라루스, 키르키즈스탄, 카자흐스탄, 몰도바, 러시아, 타지키스탄, 투르크맨,

EP 유럽특허 : 오스트리아, 벨기에, 스위스, 독일, 덴마크, 스페인, 프랑스, 영국, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 모나코, 네덜란드, 포르투칼, 스웨덴, 핀란드, 사이프러스,

OA OAPI특허 : 부르키나파소, 베닌, 중앙아프리카, 콩고, 코트디브와르, 카메룬, 가봉, 기니, 말리, 모리타니, 니제르, 세네갈, 차드, 토고, 기니 비사우,

(30) 우선권주장

08/920,409

1997년08월29일

미국(US)

(73) 특허권자

크리 인코포레이티드

미국 노쓰 캐롤라이나 27703-8475 더럼 실리콘 드라이브 4600

(72) 발명자

슬레이터데이비드비.주니어

미합중국노스캐롤라이나주27613룰리재릿코브6304

니클리제럴드에이치.

미합중국노스캐롤라이나주27278힐스브로우엔시86에스.3512

에드몬드존애덤

미합중국노스캐롤라이나주27511캐리더불유.줄스번웨이206

(74) 대리인

유미특허법인

송만호

심사관 : 최광섭

전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 표준 응용에서 고신뢰성을 위한 강한 3족 질화물 발광다이오드

(57) 요약

본 발명은 표준 패키지에서 고신뢰성을 제공하고 고온 및 고습도 조건을 견딜 물리적으로 강한 발광 다이오드를 개시한다. 상기 다이오드는 p-형 3족 질화 접촉층, p-형 접촉층에의 저항 접촉, 및 상기 저항 접촉 상의 패시베이션층을 갖는 3족 질화 헤테로접합 다이오드를 포함한다. 상기 다이오드는 85%의 상대습도 환경, 85°C의 온도에서 10 밀리암페어로 적어도 1000시간 동작한 후에 처음 광 파워의 적어도 50%를 발광하고 동작 전압이 실질적으로 변하지 않는 특징이 있다. 상기 다이오드를 병합한 LED 램프 역시 개시된다.

내표도

도 3

특허청구의 범위

청구항 1.

고온 및 고습도 조건에 견디는 고신뢰성의 발광 다이오드에 있어서,

- a) 탄화 규소 기판(11);
- b) 상기 기판 상의 베퍼 구조(12);
- c) 상기 베퍼 구조 상에 p-형 3족 질화물 접촉층(14)을 갖는 3족 질화물 헤�테로접합 다이오드(13);
- d) 상기 기판에 대한 저항 접촉부(15)
- e) 상기 p-형 접촉층에 접촉하는 백금 저항 접촉부(16); 및
- f) 상기 백금 저항 접촉부 상의 질화 규소 패시베이션층(17)

을 포함하고,

수직 발광 다이오드이며,

10밀리 암페어, 85%의 상대 습도 및 85°C의 온도에서 적어도 1000시간 동작한 후 처음 광 파워의 적어도 50%를 발광하고 동작 전압이 변하지 않는 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 다이오드가 단일 헤�테로접합 다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 다이오드가 이중 헤테로접합 다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 4.

제1항에 있어서, 상기 접촉층이 질화 갈륨을 포함하는 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 5.

제1항에 있어서, 상기 저항 접촉부가 반투명인 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 6.

- a) 가시 스펙트럼의 청색 부분에서 발광하는 제1항에 따른 발광 다이오드;
- b) 적색 발광 다이오드; 및
- c) 녹색 발광 다이오드

를 포함하는 화소.

청구항 7.

삭제

청구항 8.

제1항에 있어서, 처음 광 파워는 순방향 전류 입력이 20밀리 암페어일때 800 마이크로와트인 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 9.

제1항에 있어서, 처음 광 파워는 순방향 전류 입력이 20밀리 암페어일때 1600 마이크로와트인 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 10.

제1항에 있어서, 상기 탄화 규소 기판이 3C, 4H, 6H, 15R 인 폴리타입(polytype) 탄화 규소로 이루어지는 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 단결정인 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 11.

플라스틱 렌즈 안에서 제1항의 다이오드와 일체로 합쳐지는 LED 램프.

청구항 12.

제1항에 따른 복수의 발광 다이오드, 또는 제6항에 따른 복수의 화소 또는 제11항에 따른 복수의 LED 램프를 포함하는 표시장치(display).

청구항 13.

제12항에 있어서, 상기 발광 다이오드 또는 상기 LED 램프가 가시 스펙트럼의 청색 부분에서 발광하고, 복수의 적색 발광 다이오드 또는 LED 램프 및 복수의 녹색 발광 다이오드 또는 LED 램프를 추가로 포함하는 표시장치.

청구항 14.

제1항에 있어서, 상기 헤테로접합 다이오드 및 접촉층이

- a) 상기 베퍼 구조 상의 n-형 질화 갈륨 에피택셜층;
- b) 상기 질화 갈륨층 상의 n-형 질화 알루미늄 갈륨 에피택셜층;
- c) 상기 n-형 질화 알루미늄 갈륨 에피택셜층 상의 보상 n-형 질화 갈륨 활성층;
- d) 상기 질화 갈륨 활성층 상의 p-형 질화 알루미늄 갈륨층; 및
- e) 상기 p-형 질화 알루미늄 갈륨층 상의 p-형 질화 갈륨 접촉층

을 포함하는 것을 특징으로 하는 고신뢰성 발광 다이오드.

청구항 15.

삭제

청구항 16.

삭제

청구항 17.

삭제

명세서

기술분야

본 발명은 발광다이오드에 관한 것으로, 특히 표준 패키징 응용에서 3족 질화물로 형성되는 발광다이오드에 관한 것이다.

배경기술

발광다이오드는 전기적 에너지를 빛의 방출로 전이시키는 p-n 접합 디바이스이다. 특히 적절한 순방향 바이어스 조건에서 전자기 스펙트럼의 자외선, 가시광선, 적외선 영역의 빛을 자연적으로 외부로 방출하는 LED에 관한 것이다.

전자기 스펙트럼의 가시광선 및 근가시광선과 그것들의 특성이 잘 알려져 있는 바와 같이, 광선의 짧은 파장(푸른색 및 자외선 같은)은 높은 주파수와 높은 에너지 전달을 나타내고, 더 긴 파장(적색 또는 적외선 같은)은 더 낮은 주파수, 더 낮은 에너지 전달을 나타낸다.

따라서 발광 다이오드에 관하여, 빛을 발하는(즉, 색) 스펙트럼의 특정 부분은 빛을 발생시키는 천이 에너지에 근거를 두고 있다. 차례로, 천이 에너지는 대부분 특정 물질의 밴드 캡에 의해 결정된다. 따라서 발광다이오드가 스펙트럼의 청색 또는 자외선 부분을 발광하기 위해서, 반도체 물질의 밴드 캡은 청색선 또는 자외선을 생산하도록 충분한 에너지를 가지고 전이하도록 충분히 커야(넓어야)한다.

따라서 스펙트럼의 청색광 및 자외선 부분에서 발광하는 다이오드용 후보 물질은 다이아몬드, 탄화 실리콘(SiC), 3족 질화물—여기서 3족 질화물은 예를 들면, 질화 갈륨(GaN), 질화 인듐 갈륨(InGaN), 질화 알루미늄 갈륨(AlGaN)과 같은 원소주기율표의 3족 원소로 형성되는 이성분 질화물, 삼성분 질화물 및 삼차 질화물임—과 같은 넓은 밴드 캡을 가진 물질로 제한된다.

3족 질화물의 넓은 밴드캡 및 우회하기보다는 직진하는 천이물질로써 3족 질화물의 특성 때문에, 청색 LED 분야의 최근 개발과제는 3족 질화물에 더 초점이 맞춰져 있다. 당업자에게 잘 알려져 있는 바와 같이 직진 밴드캡은 더 높은 효율을 제공하는 경향이 있는데, 그것은 에너지 변환이 일부분은 빛이고 일부분은 전동 에너지(양자)로 되기보다는 대부분이 빛(광자)의 형태로 되기 때문이다.

LED 및 다른 광학 디바이스의 구조, 양자 역학 및 동작의 더 많은 논의는 Sze 저, "반도체 물질의 물리학(Physics of Semiconductor Materials)" 제2판에 설명되어 있다(1981, John Wiley & Sons, Inc). 상기 기본 원리들은 당 기술분야에 잘 알려져 있으므로, 본 발명을 설명하고 지지하는데 꼭 필요한 경우 외에는 설명을 반복하지 않는다.

일반적인 경우에, 발광다이오드는 일반적으로 p-n 접합을 형성하는 반대되는 전도성 형태의 두 개층을 포함한다. 상기 물질들은 일반적으로 기판 상에 에피택셜층으로 형성된다. 패키징에서 최적효율을 위한 수직 디바이스를 형성하기 위해 기판과 에피택셜층 상부 사이에 저항 접촉(ohm contact)이 되는 것이 가장 바람직하다.

이 점에 있어서 LED는 최종 사용자가 사용하도록 자주 LED 램프 형태로 패키징된다. 대표적인 LED 램프는 LED 칩(또는 "다이", "칩"이라는 용어는 주로 LED 보다는 집적회로를 가리키는데 사용된다) 및 플라스틱(또는 때때로 유리) 렌즈를 포함한다. 일부 LED의 렌즈는 광학 필터로 작용하고 콘트라스트를 높이기 위해 색이 있지만, 청색 LED 렌즈는 청색 발광과의 간섭을 없애기 위해 무색으로 하는 것이 바람직하다. 대표적인 램프 구성은 당업자에게 잘 알려져 있으며, 예를 들면 Sze 가 지은, 위에 인용한 책의 697-700면에 설명되어 있다. 대표적으로, LED 칩이 일단 램프로 패키징되고 나면, 지시기 또는 영수자 출력용 등과 같은 여러 가지 응용에 사용될 수 있다.

그러나 특정 형태의 디바이스를 응용하는데는 몇 가지 고려사항이 있다. 예를 들면 3족 질화물 디바이스들은 대표적으로 사파이어나 탄화실리콘(SiC) 기판 위에 형성된다. 탄화규소는 전도성있게 도핑될 수 있으므로, SiC 기판들은 여러 환경에서 사용될 수 있다. 따라서 SiC 기판은 "상단" 및 "하단" 저항 접촉(ohmic contact)을 갖는 "수직" 디바이스의 기초를 형성할 수 있다. 대조적으로 사파이어의 절연 특성은 사파이어가 수직 디바이스로 사용되는 것을 막는다.

n-형 SiC 기판이 p-형 기판보다 더 바람직한데, n-형 SiC가 일반적으로 더 전도성이 높고, 빛을 더 많이 전달하기 때문이다.

그 결과 SiC 기판상의 3족 질화물 디바이스는 대표적으로 디바이스의 상단에 n-형 기판, n-형 베퍼층(콤비네이션층), n-형 에피택셜층, 및 p-형 층(예를 들면 GaN)을 포함한다.

위와 같은 3족 질화물 LED의 개발, 상업적 도입, 및 사용은 비교적 최근의 일이다. 따라서 상업적 사용("상업적"이란 용어는 상품 목록을 기초로하여 제조하고 파는 제품을 일반적으로 지칭한 것이며, 그러한 의미로 제한하는 것은 아님)은 디바이스의 전기적 성능을 실질적으로 열화시키는 특정 형태의 물리적 및 화학적 브레이크다운(breakdown)을 감수하고서 결정되었다. 더 구체적으로, 정상 환경 조건 하에서 LED 램프는 실온 또는 그 이상에서 동작하고, 습기 및 다른 환경 요인들의 조건 하에서 저항 접촉(ohmic contact) 및 관련된 패시베이션(passivation)층들은 서로 영향을 미쳐 광학적 및 전기적 성능을 열화시키는 결과를 가져온다는 것이 명백하다. 이러한 열화 문제는 상단층으로 p-형 GaN를 포함하고 상기 p-형 층과 저항 접촉이 있는 디바이스들에서 특히 심각하게 나타난다.

따라서 3족 질화물로 만든 청색 LED의 몇몇 상업적 버전에 있어서, 상기 LED 칩은 정상 환경 조건이라 하더라도 상대적으로 약하게 패키징되므로, 패키징 자체가 매우 독특하고 강하다. 예를 들어 일본 도쿠시마의 니치아 화학 공업(Nichia Chemical Industries)에서 나온 NSPG630S는, p-형 층, 저항 접촉 및 패시베이션층을 유연한 투명 폴리머 물질로 코팅한 후 에폭시계 폴리머와 같은 단단한 합성수지로 감싼다.

예를 들어 유럽 공개 공보 제0 622 858호("질화 갈륨계 3-4족 화합물 반도체 디바이스 및 동제품의 생산 방법")에서 나카무라(Nakamura) 등은 "p-전극(p-형 질화 갈륨에 있는)은 임의의 적합한 금속성 물질의 형태로 될 수 있다"(6쪽, 7행)고 보고한다. 나카무라는 8개의 후보 금속(Au, Ni, Pt, Al, Sn, In, Cr, Ti)의 목록을 작성하고 바람직한 선택으로 니켈과 금의 화합물의 이름을 냈다(6쪽, 10-12행 및 33-35행). 더 나아가 패시베이션층("보호막")을 선택하는데 있어서, 나카무라는 단지 몇 가지 일반 기준("보호막을 형성하는 물질은 투명하고 전기적으로 절연인 것으로만 제한되지 않는다", 9쪽, 31-32행)만을 제안한다. 그리고 나카무라는 4가지 후보 물질, 즉 이산화 규소(SiO_2), 산화 티탄(TiO), 산화 알루미늄(Al_2O_3) 및 질화 규소(Si_3N_4)의 목록을 만든다.

PCT 공개공보 제WO 96/24167호에는 탄화 규소 기판 및 질화 갈륨 활성층을 갖고 녹-청색에서 자외선까지 발광하는 반도체 레이저가 기술되어 있다.

더 널리 알려진 GaN계 LED에 대한 소개가 설명되었지만, 그와 같이 일반적으로 선택된 물질은 적합지 않고, 그렇게 만든 LED는 유용한 상용 디바이스를 위한 다른 적합한 것보다 더욱 빠르게 품질이 열화된다. 특히 (1) p-형 GaN의 상단 에피택셜층을 포함하고, (2) 티탄 및 금("Ti/Au")과 같은 소정의 금속(또는 그것들의 화합물)들로 형성되는 저항 접촉을 사용하고, (3) 패시베이션층으로 이산화 규소(SiO_2)를 사용하는 LED는 상업적으로 받아들일 수 있는 수준보다 더 빠르게 품질이 열화되는 경향이 있다. 더 구체적으로 SiO_2 의 투수율(water-permeability)은 전극을 열화시키기에 충분한 습기가 p-전극에 도달하게 하며 마침내 상대적으로 빠른 속도로 전체 디바이스에 퍼지게하는 것처럼 보인다.

전술한 바와 같이, 정교한 패키징은 상대적으로 약한 다이 구조를 보호하기 위한 옵션을 제공한다. 그러나 완전한 상업성을 얻기 위해 3족 질화물로 형성되는 청색 LED는 3족 질화물보다 덜 비밀스러운 물질을 사용하는 램프 패키지와 유사한 좀더 일반적인 램프 패키지에 반영될 수 있는 것과 같은 방법으로 제조되어야만 한다.

따라서 광범위한 상업적 응용에 유용한 디바이스가 되기에 충분한 시간 동안 정상 온도와 고온 및 습기 두 가지 모두를 성공적으로 견딜 수 있으면서 정상 방법으로 패키지할 수 있는 강한(robust) LED에 대한 요구가 있다.

발명의 상세한 설명

따라서 본 발명의 목적은 표준 패키징에 높은 신뢰성을 제공하고 고온 및 고습도 조건을 견딜 수 있는 물리적으로 강한(robust) 발광 다이오드를 제공하는 것이다.

본 발명은 p-형 3족 질화물(및 바람직하게는 질화 갈륨) 접촉층을 갖는 3족 해테로접합(heterojunction) 다이오드, 상기 p-형 접촉층의 저항 접촉, 상기 저항 접촉 위에 패시베이션층을 포함하고, 온도 85°C, 상대습도 85%의 환경에서 10mA의 전류로 적어도 1000시간 동작한 후 처음 광 파워의 적어도 50%를 발광하고 동작 전압이 실질적으로 변하지 않고 남아있는 다이오드로 상기 목적을 만족시킨다.

다른 면에서 본 발명은 발광 다이오드와 플라스틱 렌즈로 형성되는 LED 램프로 구성된다.

본 발명의 이러한 모든 목적과 장점들은 도면들과 함께 아래 상세한 설명을 고려함으로 더 쉽게 명백해질 것이다.

실시예

본 발명은 표준 패키징에 높은 신뢰성을 제공하고 고온 및 고습도 조건을 견딜 수 있는 물리적으로 강한(robust) 발광 다이오드에 관한 것이다.

전술한 바와 같이, 3족 질화 LED의 열화를 피하려면 저항 접촉은 물리적, 기계적 및 패키징 스트레스로부터 보호 받아야 한다.

이 점에 대해서, 도 1은 전체 LED("다이")의 사진이다. 도 1의 디바이스에 있어서, 이산화 규소(유리)의 패시베이션층은 다이의 바깥 에지부분을 제외하고 제거되었다. 유리가 여전히 남아있는 부분은 일반적으로 정사각형 다이의 주변에 점이 있거나 얼룩이 있는 부분으로 일반적으로 표시된다. 이러한 반점 모양은 다이에서 여러층으로 나눠지는 유리 아래 있는 공기의 서로 다른 캡(gap)에 의한 결과이다. 도 1에 도시된 다이에 있어서, 약 3시 위치에서 얇은 층으로 갈라지기가 시작해서 (시계 방향으로 이동) 대략 11시 방향까지 도달한다. 패시베이션층은 다이의 중앙에 없고, 와이어 볼 본드는 다이의 바로 중앙에서 본드 패드에 부착되어 있는 것을 볼 수 있다. 이 특정 예에서, 테스트 후 다이가 캡슐이 제거된 상태로 있는 동안 패시베이션층의 중앙부는 제거된다.

도 1에 도시된 다이의 패시베이션층은 테스트 동안 패키지에서 분리되어 있고, 습기가 패시베이션층 아래로 침투하는 것을 허용한다. 그 결과 분리된 층은 이 특정 디바이스의 초기 광 방출량을 약 20% 감소시킨다. LED 램프의 에폭시 렌즈 및 램프 패키지의 바닥에서 나오는 리드 주위를 통하여 스며드는 경향이 있는 습기는 실제로 디바이스를 열화시키고 마침내 완전히 고장나게 만드는 얇은 반투명 저항 접촉을 야기한다. 이 고장은 이어서 연속적인 광 출력에 고장을 일으켜 마침내 디바이스의 순방향 전압을 증가시킨다. 도 1의 사진에 있는 디바이스에서, 접촉의 고장은 다이 중앙부의 바로 오른쪽에 있는 어둡고 거친부분을 나타낸다.

도 2는 도 1에 있는 사진의 확대도이다. 도 2는 주변에 남아있는 유리가 디바이스의 내부 대지(메사; mesa)가 갈라지고, p-접촉이 고장난것을 보여준다. 어둡고 거칠게 보이는 영역은 저항 접촉(이 예에서는 티탄 및 금)이 있는 위치이다. 최상의 이해로써, 접촉이 p-형 층과 덜 조화되기 때문에, 습식 p-형 층보다 구슬처럼되는 경향이 있다. 이어서 Ti/Au가 본드 패드 주위에서 구슬모양이 됨으로, 디바이스는 서서히 연결이 끊어지게된다. 더욱이 접촉이 끊어진 위치에서 더이상 발광되지 않는다. p-형 질화 갈륨 표면은 좋은 전도체가 아니고 일반적으로 높은 저항을 나타내기 때문에, 금지 영역에서 희박한 전류 전파는 발광을 도울 수 있는 전류 패스를 제공하는데 실패한다.

도 3은 고온 및 고습도 조건을 견딜 본 발명의 다이오드의 첫번째 실시예를 예시한다. 상기 다이오드는 일반적으로 (10)으로 표시되고, 탄화 규소 기판(11)을 포함하며, 그 제품과 특성은 본 출원인에게 양도된, 예를 들면 제 RE34,861(구번호 제 4,866,005)호를 포함하는 다른 미국특허에 명확히 설명된다. 바람직한 실시예에서 탄화규소 기판은 탄화규소의 3C, 4H, 6H 및 15R 폴리타입(polytype)으로 구성되는 군에서 선택된 단결정이다.

바람직한 실시예에서, 본 발명의 LED는 추가로 탄화규소 기판(11) 위에 버퍼 구조(12)를 포함한다. 상기 버퍼 구조는 디바이스의 탄화규소 기판(11)에서 남아있는 3족 질화물 부분으로의 결정체의 변천 및 기계적인 변천의 제공을 돋는다. 적합한 버퍼 구조는 예를 들면 미국특허 제5,393,993호, 제5,523,589호, 제5,592,501호 및 제5,739,554호에 설명되어 있으며, 상기 모든 특허는 본 발명과 함께 공동으로 본 출원인에게 양도되었다. 상기 다이오드(10)는 상기 버퍼 구조(12) 위에 추가로 p-형 3족 질화물 접촉층(14)과 함께 3족 질화물 혼테로접합 다이오드 구조(13)를 포함한다. 저항 접촉(15)이 기판(11)에 만들어지고, 다른 저항 접촉(16)도 p-형 질화 갈륨 에피택셜층에 만들어진다. 상기 저항 접촉(16)은 백금, 팔라듐, 금, 티탄과 금의 화합물, 팔라듐과 금의 화합물, 티탄과 백금과 금의 화합물, 또는 백금과 산화 인듐주석의 화합물을 포함하는 군에서 선택되며, 백금이나 팔라듐으로 형성되는 것이 가장 바람직하다. 디바이스는 저항 접촉(16) 위에 패시베이션 층(17)으로 완성되며, 패시베이션층의 적합한 후보 물질은 전술하였지만, 가장 바람직한 것은 질화 규소로 형성되는 것이다.

바람직한 실시예에서 p-형 접촉층은 질화 갈륨이고 저항 접촉은 백금이다. 가장 바람직한 실시예에서 혼테로구조 다이오드는 버퍼 구조 위에 n-형 질화 갈륨 에피택셜층, 상기 n-형 질화 갈륨층 위에 n-형 질화 알루미늄 갈륨 에피택셜층, 상기 n-형 질화 알루미늄 갈륨 에피택셜층 위에 보상 n-형 질화 갈륨 활성층, 및 상기 질화 갈륨 활성층 위에 p-형 질화 알루미늄 갈륨층을 포함하고, 상기 p-형 질화 알루미늄 갈륨층 위에 p-형 질화 갈륨 접촉층을 갖는 이중 혼테로구조이다.

표 1은 상기 저항 접촉 물질들을 본 발명의 청구의 범위에 따른 디바이스에 대한 적합성의 관점에서 요약하였다. 표 1에 사용된 등급 기준에서 "A"는 우수한 특성을 나타내고, "C"는 전반적으로 약한 특성을 나타낸다.

표 1

Contact⇒ Property↓	Pt	Pd	Au	Ti/Au	Pt/Au	Ti/Pt/Au	Pt/ITO
Ohmic Characteristics	A	A	B	B	A	B	A
Minimal Absorption	B	B	A	A	A	B	A
Transparency	B	B	A	A	A	B	A
Current Spreading	B	B	A	A	A	A	A
Adhesion of the Passivation Layer at 85/85/10	A	A	B	B	B	B	A
Chemical Stability	A	B	B	C	B	B	B

도 3에 예시된 바와 같이 바람직한 실시예에서 저항 접촉(16)은 p-형 질화 갈륨층을 가로질러 전류가 확산되도록 촉진시키기 위해 p-형 질화 갈륨층의 상당한 부분을 덮는다. 상기 저항 접촉층(16)이 디바이스의 발광 부분을 덮기 때문에, 저항 접촉(16)은 반투명이 될 정도로 충분히 얇은 것이 바람직하다.

다른 면에서, 본 발명은 p-형 접촉층(14), 상기 p-형 접촉층(14)에 있는 저항 접촉(16) 및 패시베이션층(17)을 포함하는 물리적으로 강한 발광 다이오드를 포함하는 것으로, 상기 다이오드는 10밀리 암페어, 85%의 상대 습도 및 85°C의 온도에서 적어도 1000시간 동작한 후 처음 발광 파워의 적어도 50%를 발광하고 동작 전압이 실질적으로 변하지 않는 것을 특징으로 하는 다이오드를 말한다. 이러한 조건들은 동작조건으로 기대되는 악조건 아래서 다이오드의 신뢰성을 결정하기 위한 "85/85/10" 테스트로 알려져 있다.

물론 심지어 저급 다이오드도 처음 파워의 50%(즉 불충분한)를 기술적으로 유지할 수 있다. 따라서 바람직한 실시예에서 처음 광파워가 일반적으로 높은 것이, 예를 들면 순방향 전류 입력이 20밀리암페어에서 약 800마이크로와트 또는 전류 입력이 20밀리암페어에서 약 1600마이크로와트인 것이 이해될 것이다. 85/85/10 테스트 후에 처음 광파워의 적어도 50%를 유지하는 출력을 갖는 디바이스의 성능은 그와 같은 다이오드에서 상당히 진보된 것으로 인정될 것이다.

도 3에 예시된 다이오드는 많은 특정 응용에 사용될 수 있다. 한가지 유용한 응용은 일반적으로 "숫자" 또는 "영숫자" 표시용 단말장치로 일컬어지는 단말장치에 사용하는 것으로 본 발명에 따른 복수의 발광 다이오드를 포함하는 것이며, 그러나 위와 같은 방법으로 제한되는 것은 아니다. 특정 실시예에서, 본 발명에 따른 청색 발광 다이오드는 적-녹-청("RGB") 화소를 형성하기 위해 적색 및 녹색 LED와 일체로 합쳐진다. 그와 같은 화소들은 개별적으로 3가지 주요 색을 만들 수 있으므로, 사람눈에 보이는 거의 모든 색을 만들수 있다.

다른 응용에서, 도 3에 예시된 것과 같은 다이오드(10)들이 LED 램프로 합쳐진다. 따라서 도 4는 그와 같은 대표적 램프 구조의 한 버전(version)을 예시한다. 물론 도 4는 본 발명에 따른 다이오드를 일체로 합치기 위해 사용될 수 있는 램프 구조 형태를 단지 예를 든 것이며, 본 발명의 다이오드의 램프 형태로 사용될 수 있는 것을 제한하려는 의도는 없다는 것을 이해할 것이다.

도 4에서 램프(20)는 플라스틱(즉 중합체) 렌즈(21)로 둘러쌓인 본 발명에 따른 다이오드(10)를 포함한다. 렌즈용 플라스틱 물질은 당업자에게 잘 알려진 다양한 중합체 물질 중에서 과도한 실험없이 선택될 수 있다. 많은 환경에서 렌즈(21)는 에폭시 수지로 형성된다. 추가로 램프(20)는 램프를 다른 전기 회로 소자에 연결하기 위해 금속 리드 프레임(22)을 포함한다. 도 4에 예시된 바와 같이 금속 리드 프레임(22)은 양극(23)과 음극(24)을 일체로 합친다.

본 발명의 다이오드 실시예로써, 적합한 표시장치를 형성하기 위해 복수의 램프(20)가 일체로 합쳐질 수 있다. 특히 본 발명 형태의 질화 갈륨 디바이스는 가시 스펙트럼의 청색 부분을 발광하므로, 본 발명에 따른 램프들은 총천연색 표시장치를 형성하기 위해 적색 및 녹색 LED 램프와 일체로 합치는 것이 유익할 수 있다. 위와 같은 표시장치의 예들은, 예를 들면, 출원중이고 본 출원인에게 공동으로 양도된 출원 번호 제08/580,771호(1995, 12, 29 출원됨)의 "트루 컬러 평판 표시 모듈" 및 출원번호 제08/631,926호(1996, 6, 10 출원됨)의 "LED 점행렬 구동 방법 및 장치"에 설명되어 있다.

도 5 내지 도 8은 본 발명의 이점을 강조하는 데이터 비교 그래프이다. 도 5는 전술한 85/85/10 테스트 조건 하에서 소정의 3족 질화 다이오드에 대한 상대강도(즉 각 다이오드의 시작 강도를 100%로 간주함) 대 시간의 그래프이다. 도 5 및 도 6은 p-형 질화 갈륨(GaN) 접촉층, 티탄/금("Ti/Au") 저항 접촉 및 이산화 규소(SiO_2) 패시베이션층을 갖는 다이오드의 데이터를 반영한다.

도 5에 예시된 것처럼, 다이오드가 처음부터 즉시 열화되기 시작하여 어떤 것은 200시간도 되기 전에 처음 강도의 50% 아래로 떨어지는 경우도 있다. 도 6은 도 5와 동일한 조건 하에서 상기 디바이스에 대한 순방향 전압(V_f) 대 시간의 그래프이며, 상당히 많은 수의 다이오드가 500 시간 내에 매우 열화됨을 보여준다.

도 7 및 도 8은 본 발명에 따른 다이오드의 이점을 강조하며, p-형 GaN 접촉층, 백금(Pt) 저항 접촉, 및 질화 규소(Si_3N_4) 패시베이션층을 포함한다. 상대 강도에 대하여, 테스트된 모든 다이오드(도 7 및 도 8에는 9개가 표시됨)가 85/85/10 조건 하에서 1000시간 후에 처음 강도의 적어도 80%를 유지하였다. V_f 에 관하여, 상기 테스트 조건 하에서 1000시간 후에도 심하게 변화된 부분이 보이지 않는다.

도면과 명세서에서, 본 발명의 대표적인 실시예가 개시되고, 특정 용어가 채용되었지만 그것들은 단지 설명을 위해 일반적으로 사용된 것이며, 청구의 범위에 설명된 본 발명을 제한하거나 범위를 한정하려는 목적이 아니다.

산업상 이용 가능성

85°C의 고온, 상대습도 85%의 환경에서 10mA로 적어도 1000시간 동작한 후에도 처음 광학 파워의 적어도 50%를 발광하고 동작 전압이 실질적으로 변하지 않는 본 발명의 발광 다이오드를 사용함으로써 예를 들어 영수자 표시장치등 여러 상업상의 응용에 유용하게 사용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은 질화 갈륨계 발광 다이오드의 사진.

도 2는 도 1의 질화 갈륨계 발광 다이오드의 사진을 더 확대한 두번째 사진.

도 3은 본 발명에 따른 LED의 개략적인 투시도.

도 4는 본 발명에 따른 다이오드를 포함한 LED 램프의 개략도.

도 5는 85/85/10의 조건하에서 소정의 3족 질화 다이오드에 대한 상대 강도 대 시간의 그래프.

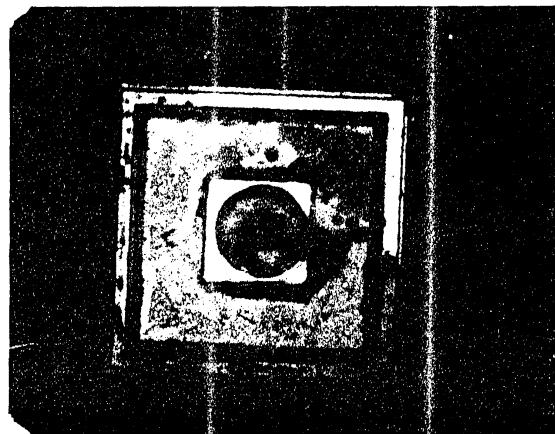
도 6은 85/85/10의 조건하에서 소정의 3족 질화 다이오드에 대한 순방향 전압(V_f) 대 시간의 그래프.

도 7은 85/85/10의 조건하에서 본 발명에 따른 다이오드에 대한 상대 강도 대 시간의 그래프.

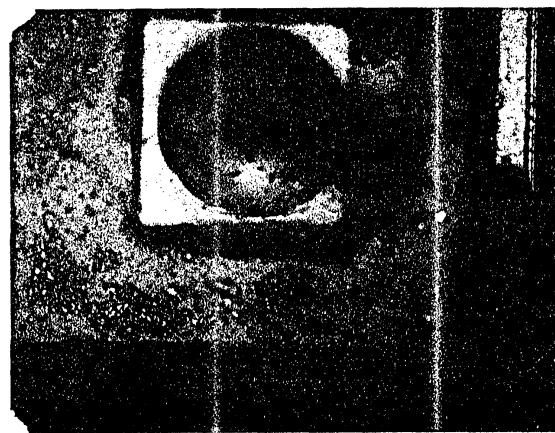
도 8은 85/85/10의 조건하에서 본 발명에 따른 다이오드에 대한 순방향 전압(V_f) 대 시간의 그래프.

도면

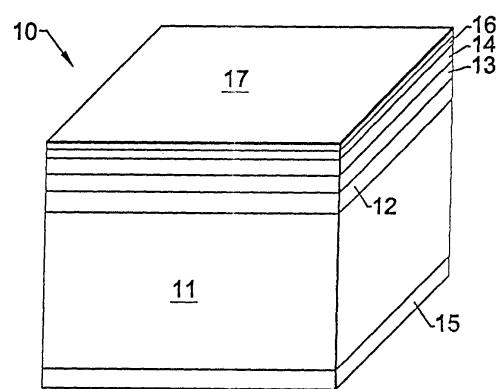
도면1



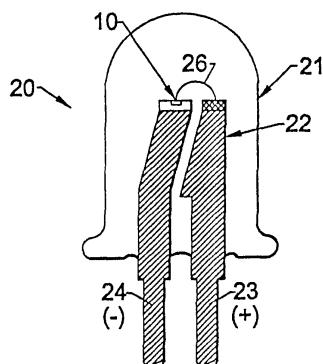
도면2



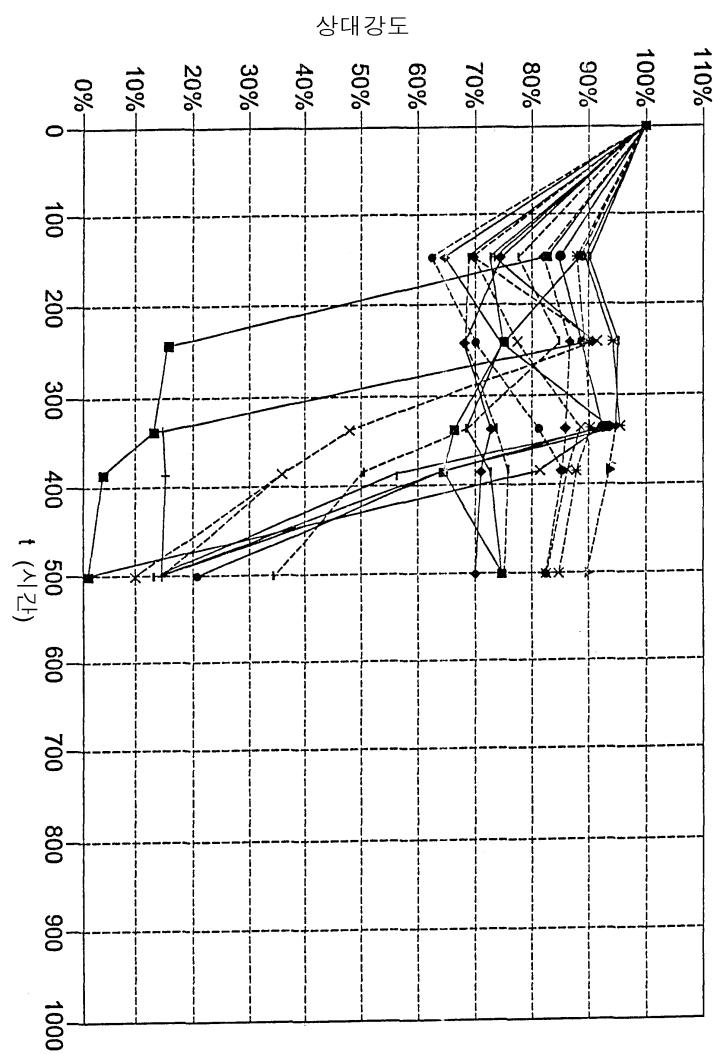
도면3



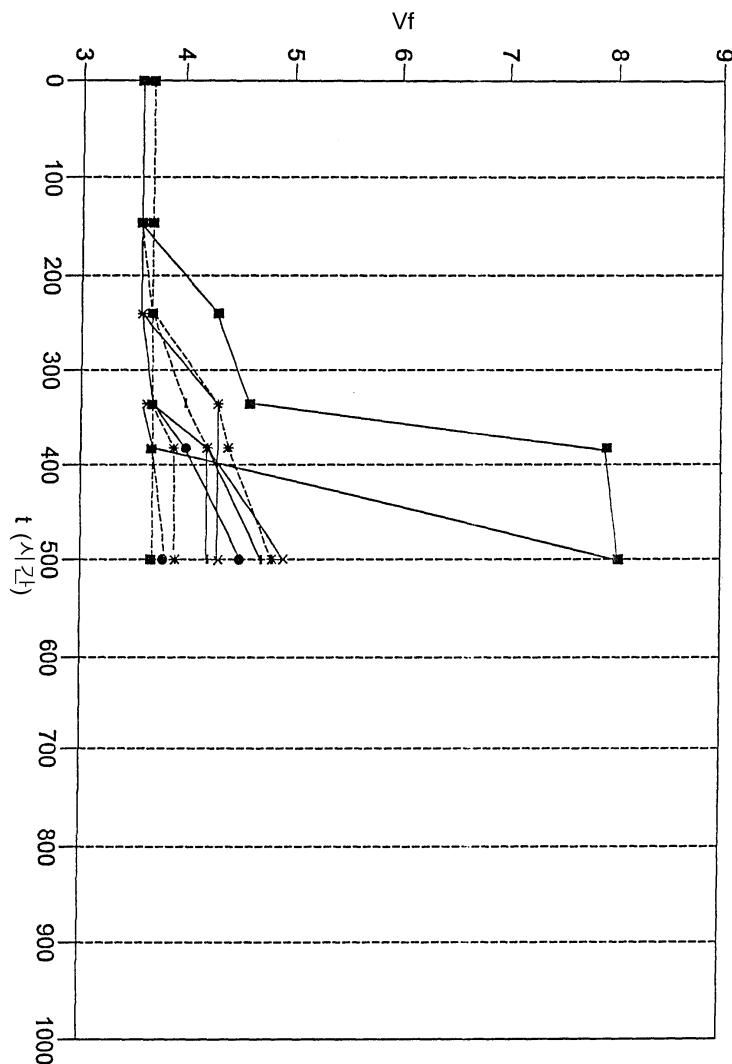
도면4



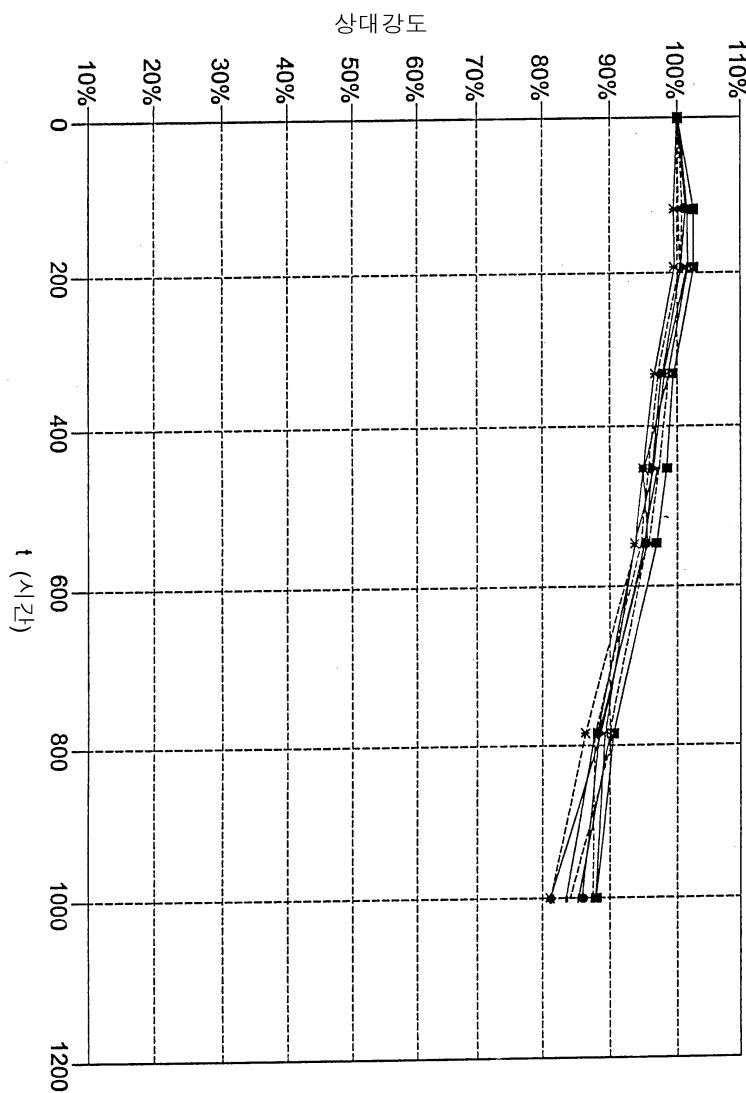
도면5



도면6



도면7



도면8

