



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0093006  
(43) 공개일자 2011년08월18일

(51) Int. Cl.

H01L 33/22 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2010-0012777

(22) 출원일자 2010년02월11일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성엘이디 주식회사

경기 수원시 영통구 매탄동 314

(72) 발명자

심현욱

경기 수원시 영통구 망포동 일신건영 휴먼빌아파트 102-101

강중서

서울특별시 성동구 행당1동 삼부아파트 102-1301

이동주

경기 수원시 영통구 매탄4동 동남아파트 2동 1012호

(74) 대리인

특허법인씨엔에스

전체 청구항 수 : 총 9 항

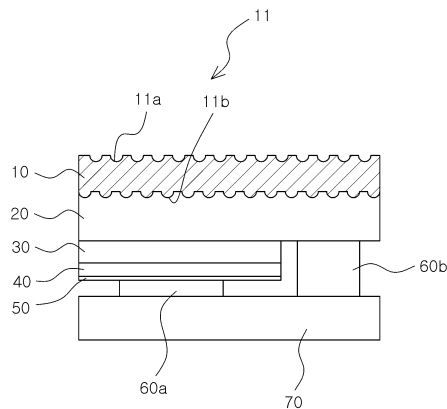
(54) 질화물 반도체 발광소자

(57) 요약

질화물 반도체 발광소자가 제공된다.

본 발명에 따른 질화물 반도체 발광소자는 상면 및 하면에 각각 패터닝된 요철구조를 구비하는 기판; 상기 기판 상에 형성되는 n형 질화물 반도체층; 상기 n형 질화물 반도체층상에 형성되는 활성층; 상기 활성층상에 형성되는 p형 질화물 반도체층; 및 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층과 각각 전기적으로 연결되는 n형 및 p형 전극;을 포함하는을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

상면 및 하면에 각각 패터닝된 요철구조를 구비하는 기판;  
상기 기판상에 형성되는 n형 질화물 반도체층;  
상기 n형 질화물 반도체층상에 형성되는 활성층;  
상기 활성층상에 형성되는 p형 질화물 반도체층; 및  
상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층과 각각 전기적으로 연결되는 n형 및 p형 전극;  
을 포함하는 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 요철구조는 양각 또는 음각 형태를 가지며, 상기 기판의 상면과 하면에 구비되는 상기 요철구조는 동일한 형태를 가지거나 각각 상이한 형태를 가지는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,  
상기 요철구조는 상기 기판의 상면에 구비되는 요철구조와 상기 기판의 하면에 구비되는 요철구조가 서로 어긋나도록 배치되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,  
상기 요철구조는 단면이 삼각형, 사각형, 다각형, 반원형의 형상 중 어느 하나의 형상을 가지는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 5

제4항에 있어서,  
상기 요철구조는 단면의 형상이 상기 기판의 상면과 하면에서 동일하거나 각각 상이한 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

### 청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,  
상기 요철구조는 서로 이격되어 상기 기판의 표면에 돌출 또는 함몰되어 형성되며, 상기 요철구조 사이로 상기 기판의 표면이 노출되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

**청구항 7**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 요철구조는 각 요철구조의 둘레를 에워싸는 다른 요철구조들과 서로 접하여 상기 기관의 표면에 돌출 또는 함몰되어 형성되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

**청구항 8**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 요철구조는 인접하여 형성되는 요철구조들이 나란하게 연속하여 배치되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

**청구항 9**

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 요철구조는 인접하여 형성되는 요철구조들이 불연속적으로 배치되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 질화물 반도체 발광소자에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 발광 효율과 광출력을 높일 수 있는 질화물 반도체 발광소자에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 근래에 반도체 발광소자, 예를 들면 발광 다이오드는 녹색, 청색 및 자외 영역까지의 광을 생성할 수 있으며 지속적인 기술 발전으로 인해 그 휘도가 비약적으로 향상됨에 따라 총천연색 전광판, 조명장치 등의 분야에도 확대 적용되고 있다. 특히, GaN를 비롯한 질화물을 이용한 질화물 반도체는 그 우수한 물리, 화학적 특성에 기인하여 현재 광전재료 및 전자소자의 핵심 소재로 각광 받고 있다.

[0003] 이러한 질화물 백색 발광 다이오드에 있어서 가장 이슈가 되고 있는 문제중 하나는 낮은 발광 효율이다. 이러한 발광 효율은 빛의 생성 효율과 소자 밖으로 빛이 추출되는 효율 그리고 형광체에 의해 빛이 증폭되는 효율에 의해 결정되며, 현재 가장 문제가 되는 부분은 소자 밖으로 빛이 추출되는 효율이 낮다는 것이다.

[0004] 소자 밖으로 빛이 추출되는데 있어 가장 큰 장애는 전반사(total internal reflection)로, 소자 레이어 경계면에서 굴절률의 차이에 기인하여 생성된 빛의 일부(대략 20%)만이 계면 밖으로 빠져나갈 수 있으며, 임계각 이상의 각도로 입사하는 빛은 다시 소자 내부로 반사된다.

[0005] 이처럼 경계면에서 전반사되어 소자 밖으로 빠져나가지 못한 빛은 소자 내부에서 열로 전환되어 소멸되며, 결과적으로 소자에서 발생하는 열 발생량을 증가시키고, 발광 효율을 저하시키며, 소자의 수명을 단축시키는 문제점을 발생시킨다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명의 목적은 기관의 계면에서 전반사가 발생하는 것을 최소화함으로써 광추출 효율을 높여 발광효율을 극대화하고, 아울러 열 발생량을 최소화하여 수명을 연장시킬 수 있는 질화물 반도체 발광소자를 제공하는데

있다.

**과제의 해결 수단**

- [0007] 본 발명의 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자는 상면 및 하면에 각각 패터닝된 요철구조를 구비하는 기관; 상기 기관상에 형성되는 n형 질화물 반도체층; 상기 n형 질화물 반도체층상에 형성되는 활성층; 상기 활성층상에 형성되는 p형 질화물 반도체층; 및 상기 n형 질화물 반도체층과 상기 p형 질화물 반도체층과 각각 전기적으로 연결되는 n형 및 p형 전극;을 포함할 수 있다.
- [0008] 또한, 상기 요철구조는 양각 또는 음각 형태를 가지며, 상기 기관의 상면과 하면에 구비되는 상기 요철구조는 동일한 형태를 가지거나 각각 상이한 형태를 가질 수 있다.
- [0009] 또한, 상기 요철구조는 상기 기관의 상면에 구비되는 요철구조와 상기 기관의 하면에 구비되는 요철구조가 서로 어긋나도록 배치될 수 있다.
- [0010] 또한, 상기 요철구조는 단면이 삼각형, 사각형, 다각형, 반원형의 형상 중 어느 하나의 형상을 가질 수 있다.
- [0011] 또한, 상기 요철구조는 단면의 형상이 상기 기관의 상면과 하면에서 동일하거나 각각 상이할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 요철구조는 서로 이격되어 상기 기관의 표면에 돌출 또는 함몰되어 형성되며, 상기 요철구조 사이로 상기 기관의 표면이 노출될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 요철구조는 각 요철구조의 둘레를 에워싸는 다른 요철구조들과 서로 접하여 상기 기관의 표면에 돌출 또는 함몰되어 형성될 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 요철구조는 인접하여 형성되는 요철구조들이 나란하게 연속하여 배치될 수 있다.
- [0015] 또한, 상기 요철구조는 인접하여 형성되는 요철구조들이 불연속적으로 배치될 수 있다.

**발명의 효과**

- [0016] 본 발명에 따르면 빛이 통과하는 기관의 상부면과 하부면에 각각 요철구조를 구비함으로써 계면에서 전반사가 발생하는 것을 최소화하고, 따라서 광추출 효율을 높여 발광효율을 극대화할 수 있는 효과를 가진다.
- [0017] 또한, 열 발생량을 최소화하여 열화에 의한 수명단축을 방지함으로써 수명을 연장시킬 수 있는 효과를 가진다.

**도면의 간단한 설명**

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자를 개략적으로 나타내는 단면도이다.
- 도 2는 도 1에서 기관의 상부면과 하부면에 구비되는 요철구조의 다양한 실시예를 나타내는 단면도이다.
- 도 3은 도 2의 요철구조의 다른 실시예를 나타내는 단면도이다.
- 도 4 및 도 5는 도 1의 요철구조의 배치구조에 대한 실시예를 나타내는 평면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자에 관한 사항을 도면을 참조하여 설명한다.
- [0020] 그러나, 본 발명의 실시예는 여러가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명되는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시예는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0021] 따라서, 도면에 도시된 구성요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위하여 과장될 수 있으며, 도면 상에서 실질적으로 동일한 구성과 기능을 가진 구성요소들은 동일한 참조부호를 사용할 것이다.
- [0022] 도 1 내지 도 5를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자를 설명한다.

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자를 개략적으로 나타내는 단면도이고, 도 2는 도 1에서 기관의 상부면과 하부면에 구비되는 요철구조의 다양한 실시예를 나타내는 단면도이며, 도 3은 도 2의 요철구조의 다른 실시예를 나타내는 단면도이고, 도 4 및 도 5는 도 1의 요철구조의 배치구조에 대한 실시예를 나타내는 평면도이다.
- [0024] 도 1 내지 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자는 기관(10)상에 순차적으로 형성된 n형 질화물 반도체층(20), 활성층(30), p형 질화물 반도체층(40)을 포함하여 구성된다. 그리고, 메사 식각된 n형 질화물 반도체층(20)과 p형 질화물 반도체층(40) 상에는 각각 n형 전극(60b)과 p형 전극(60a)이 형성된다. 도면에서 도 70은 실리콘 서브 마운트를 나타낸다.
- [0025] 상기 기관(10)은 질화물 반도체층의 성장을 위해 제공되는 성장용 기관으로서 사파이어 기관을 사용할 수 있다. 사파이어 기관은 육각-롬보형(Hexa-Rhombo R3c) 대칭성을 갖는 결정체로서 c축 방향의 격자상수가 13.001Å, a축 방향으로 4.765Å의 격자간 거리를 가지며, 사파이어 면방향(orientation plane)으로는 C(0001)면, A(1120)면, R(1102)면 등을 갖는 특징이 있다. 이 경우, C면은 비교적 질화물 박막의 성장이 용이하며, 고온에서 안정하기 때문에 질화물 성장용 기관으로 주로 사용된다. 하지만, 본 실시예에서 기관(10)은 사파이어 기관으로 제한되는 것은 아니며, 사파이어 기관 대신 SiC, Si, GaN, AlN 등으로 이루어진 기관도 사용 가능하다.
- [0026] 본 발명은 상기 기관(10)의 상면과 하면을 포토 공정, ICP-RIE 공정 등의 dry-etching 공정이나 wet-etching 공정 등의 식각 공정을 사용하여 가공함으로써 기관(10)의 상면과 하면에 각각 패터닝된 복수개의 요철구조(11)를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0027] 이를 통해, 플립 칩(flip chip)구조로 실장되어 상기 기관(10)을 통하여 빛이 외부로 방출되는 경우, 임계각 이상으로 입사되는 빛은 전반사에 의해 외부로 추출되지 못하고 내부에 갇히게 되는데, 본 실시예에 따른 요철구조(11)를 질화물 반도체층과 접하는 계면과 공기와 접하는 계면에 각각 2중으로 형성함으로써 빛이 임계각 이내로 입사될 수 있도록 하여 전반사를 줄여 광추출 효율을 향상시키는 것이 가능하다.
- [0028] 도면에서와 같이, 상기 요철구조(11)는 상기 기관(10)의 표면으로부터 돌출되거나 함몰되어 양각 또는 음각 형태를 가지며, 상기 기관(10)의 상면(11a)과 하면(11b)에 구비되는 상기 요철구조(11)는 동일한 형태를 가지거나 각각 상이한 형태를 가질 수 있다.
- [0029] 즉, 도 2a에서와 같이 상기 요철구조(11)는 양각 형태로 상기 기관(10)의 상면(11a) 또는 하면(11b)중 어느 일 측면에 구비될 수 있으며, 이 경우 상기 기관(10)의 반대측면에 구비되는 요철구조(11)는 음각 형태로 구비될 수 있다.
- [0030] 또한, 도 2b 및 도 2c에서와 같이 상기 요철구조(11)는 양각 형태로 상기 기관(10)의 상면(11a)과 하면(11b)에 구비되거나, 음각 형태로 상기 기관(10)의 상면(11a)과 하면(11b)에 구비될 수도 있다.
- [0031] 이러한 복수개의 요철구조(11)는 상기 기관(10)의 상면(11a)에 구비되는 요철구조와 상기 기관(10)의 하면(11b)에 구비되는 요철구조가 서로 어긋나도록 배치되는 것이 바람직하다.
- [0032] 따라서, 기관(10)의 상면(11a)에 구비되는 요철구조와 하면(11b)에 구비되는 요철구조는 서로 중첩되지 않고, 각 요철구조 사이에 대향하는 요철구조가 위치함으로써 전반사의 발생을 최소화할 수 있도록 한다.
- [0033] 또한, 상면(11a)에 구비되는 요철구조의 피치(Pa)와 하면(11b)에 구비되는 요철구조의 피치(Pb)는 서로 일치하지 않고 상이한 피치를 가지도록 요철구조를 형성할 수도 있다.
- [0034] 도 3에서와 같이, 상기 복수개의 요철구조(11)는 단면이 삼각형, 사각형, 다각형, 반원형의 형상 중 어느 하나의 형상을 가질 수 있다. 그리고, 이러한 요철구조의 단면형상은 상기 기관(10)의 상면(11a)과 하면(11b)에서 모두 동일하거나 각각 상이할 수 있다.
- [0035] 즉, 동일한 단면형상을 가지는 요철구조가 상기 기관(10)의 상면(10a)과 하면(11b)에 구비될 수 있고, 상기 기관(10)의 상면(11a)에 구비되는 요철구조의 단면형상과 하면(11b)에 구비되는 요철구조의 단면형상이 서로 상이하도록 구비될 수도 있다.
- [0036] 이와 같은 단면형상을 가지며 상기 기관(10)의 표면에 양각 또는 음각 형태로 구비되는 상기 복수개의 요철구조(11)는 다양한 배치구조를 가지며 상기 기관(10)의 표면을 따라서 구비될 수 있다.

- [0037] 예를 들어, 도 1 내지 도 3에서 처럼 상기 복수개의 요철구조(11)는 서로 이격되어 상기 기판(10)의 표면에 돌출 또는 함몰되어 형성될 수 있으며, 이 경우 상기 요철구조(11) 사이로는 상기 기판(10)의 표면이 노출될 수 있다.
- [0038] 그리고, 도 4 및 도 5에서 처럼 상기 복수개의 요철구조(11)는 인접하여 형성되는 요철구조(11)들이 나란하게 연속하여 규칙적으로 배치될 수 있으며, 또는 인접하여 형성되는 상기 요철구조(11)들이 불연속적으로 배치되도록 구비될 수도 있다.
- [0039] 또한, 상기 복수개의 요철구조(11)는 각 요철구조의 둘레를 에워싸는 다른 요철구조들과 서로 접하여 상기 기판의 표면에 돌출 또는 함몰되어 형성될 수 있다. 이 경우 상기 기판(10)의 표면으로는 상기 요철구조(11)만이 노출된다.
- [0040] 이처럼 본 실시예에 따른 질화물 반도체 발광소자는 질화물 반도체층(20)과 접하는 기판(10)의 계면에 요철구조(11)를 구비하여 상기 기판(10)을 향해 입사되는 빛의 입사각이 임계각 이내가 되도록 하여 상기 계면에서 전반사가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 아울러, 공기와 접하는 상기 기판(10)의 계면에도 요철구조(11)를 구비함으로써 상기 질화물 반도체층과 접하는 계면을 통해 상기 기판(10)의 내부로 입사되어 외부로 향하는 빛의 입사각이 임계각 이내가 되도록 하여 상기 공기와 접하는 계면에서도 전반사가 발생하는 것을 방지한다.
- [0041] 즉, 기판(10)의 양측 계면을 통과하는 빛의 입사각을 임계각 이내로 조절함으로써 각 계면에서 전반사의 발생을 방지하여 광 추출효율을 극대화할 수 있으며, 소자 내부로 반사되는 광의 비율이 줄어들어 열 발생량이 감소함에 따라 광출력과 수명을 향상시킬 수 있다.
- [0042] 한편, 상기 기판(10)상에는 미도시된 버퍼층이 구비될 수 있으며, 이러한 버퍼층은 상기 기판(10)과 n형 질화물 반도체층(20) 사이의 격자부정합을 완화하기 위해 제공되는 층으로 AlN 또는 GaN을 포함하는 저온핵성장층일 수 있다.
- [0043] 상기 기판(10)상에 형성되는 n형 질화물 반도체층(20)은  $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$  조성식(여기서,  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ 임)을 갖는 n형 불순물이 도핑된 반도체 물질로 이루어질 수 있으며, 대표적으로 GaN, AlGaIn, InGaIn이 있다. 그리고, 상기 n형 질화물 반도체층(20)의 도핑에 사용되는 불순물로는 Si, Ge, Se, Te 또는 C 등이 사용될 수 있다. 상기 n형 질화물 반도체층(20)은, 상기 반도체 물질을 유기금속 기상증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : MOCVD), 분자빔 성장법(Molecular Beam Epitaxy : MBE) 또는 하이브리드 기상증착법(Hybride Vapor Phase Epitaxy : HVPE)과 같은 공지의 증착공정을 사용하여 상기 기판(21) 상에 성장시킴으로써 형성될 수 있다.
- [0044] 상기 n형 질화물 반도체층(20)상에 형성되는 활성층(30)은 전자와 정공이 재결합하여 빛을 발광하기 위한 층으로서, 통상 InGaIn층을 양자우물층으로 하고, (Al)GaIn층을 양자장벽층(barrier layer)으로 하여 서로 교대로 배치시켜 형성된 다중양자우물구조(MQW)를 가진다. 청색 발광다이오드에서는 InGaIn/GaN 등의 다중양자우물구조, 자외선 발광다이오드에서는 GaN/AlGaIn, InAlGaIn/InAlGaIn 및 InGaIn/AlGaIn 등의 다중양자우물구조가 사용되고 있다. 이러한 활성층(30)의 효율 향상에 대해서는, In 또는 Al의 조성비율을 변화시킴으로써 빛의 파장을 조절하거나, 활성층(30) 내의 양자우물층의 깊이, 활성층의 수, 두께 등을 변화시킴으로써 발광다이오드의 내부 양자 효율을 향상시키고 있다. 상기 활성층(30)은 상기 n형 질화물 반도체층(20)과 같이 유기금속 기상증착법, 분자빔 성장법 또는 하이브리드 기상증착법과 같은 공지의 증착공정을 사용하여 상기 n형 질화물 반도체층(20) 상에 형성될 수 있다.
- [0045] 상기 p형 질화물 반도체층(40)은 상기 n형 질화물 반도체층(20)과 마찬가지로,  $Al_xIn_yGa_{(1-x-y)}N$  조성식(여기서,  $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ,  $0 \leq x+y \leq 1$ 임)을 갖는 p형 불순물이 도핑된 반도체 물질로 이루어질 수 있으며, 대표적으로는 GaN, AlGaIn, InGaIn이 있다. 상기 p형 질화물 반도체층(40)의 도핑에 사용되는 불순물로는 Mg, Zn 또는 Be 등이 있다. 상기 p형 질화물 반도체층(40)은, 상기 반도체 물질을 유기금속 기상증착법, 분자빔 성장법 또는 하이브리드 기상증착법과 같은 공지의 증착공정을 사용하여 상기 활성층(30) 상에 성장시킴으로써 형성될 수 있다.
- [0046] 상기 전극(60)은 상기 p형 질화물 반도체층(40)의 상면의 거의 전 영역에 형성되는 투명전극층(50)과 상기 n형 질화물 반도체층(20)의 상면에 형성되는 n형 전극(60b)과 상기 투명전극층(50) 상면에 형성되는 p형 전극(60a)

을 포함한다.

[0047] 상기 투명전극층(50)은 비교적 높은 에너지밴드갭을 갖는 p형 질화물 반도체층(40)과의 접촉저항을 낮추는데 적절하면서 동시에 상기 활성층(30)에서 생성되는 광이 상부로 방출되기 위해 양호한 투광성을 갖는 물질로 형성될 것이 요구된다.

[0048] 일반적으로 상기 투명전극층(50)은 Ni/Au의 이중층 구조를 주로 사용하며, 접촉저항은 비교적 높으나 양호한 투광성을 확보하기 위해 산화인듐주석(ITO), 산화카드뮴주석(CTO) 또는 질화티탄텅스텐(TiWN)으로 재료로 사용할 수 있다. 상기 투명전극층(50)은 화학기상증착법(Chemical Vapor Deposition : CVD) 및 전자빔 증발법(E-beam evaporator)과 같은 공지의 증착방법 또는 스퍼터링(sputtering) 등의 공정에 의해 형성될 수 있으며, 옴믹콘택의 특성을 향상시키기 위해서 약 400℃ 내지 900℃의 온도에서 열처리될 수 있다.

[0049] 상기 n형 전극(60b)은 상기 n형 질화물 반도체층(20) 상에 Ti, Cr, Al, Cu 및 Au로 구성된 그룹으로부터 선택된 물질로 이루어진 단일층 또는 복수층으로 형성될 수 있다. 상기 n형 전극(60b)은 화학기상증착법 및 전자빔 증발법과 같은 공지의 증착방법 또는 스퍼터링 등의 공정에 의해 상기 n형 질화물 반도체층(20) 상에 형성될 수 있다.

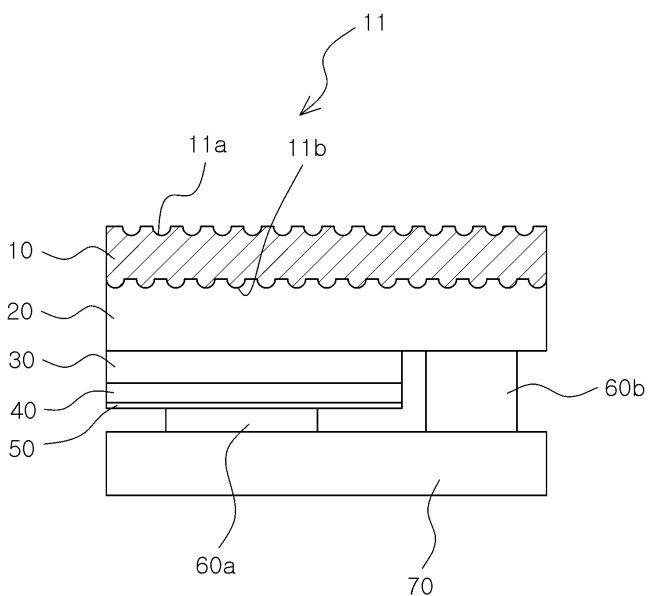
[0050] 상기 p형 전극(60a)은 상기 투명전극층(50) 상에 형성된다. 상기 p형 전극(60a)은 와이어 본딩을 통해 리드 상에 탑재될 최외곽 전극층으로서, 일반적으로 Au 또는 Au를 함유한 합금을 재료로 하여 화학기상증착법 및 전자빔 증발법과 같은 공지의 증착방법 또는 스퍼터링 등의 공정에 의해 형성될 수 있다.

**부호의 설명**

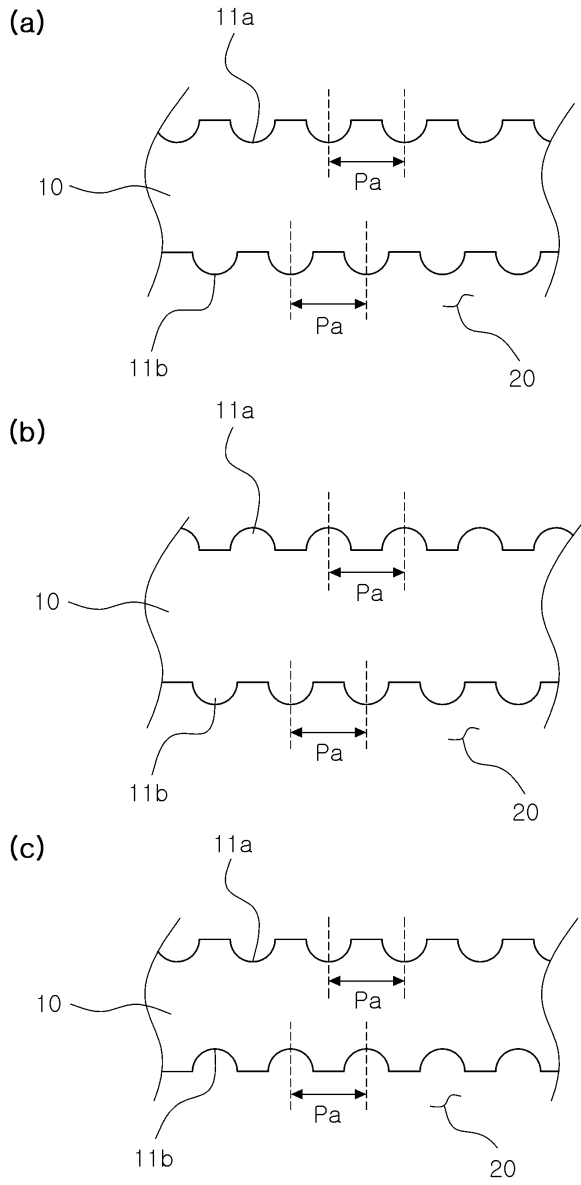
- |        |                       |                |
|--------|-----------------------|----------------|
| [0051] | 10..... 기판            | 11..... 요철구조   |
|        | 20..... n형 질화물 반도체층   | 30..... 활성층    |
|        | 40..... p형 질화물 반도체층   | 50..... 투명전극층  |
|        | 60a,b.... p층, n층 본딩전극 | 70..... 서브 마운트 |

**도면**

**도면1**

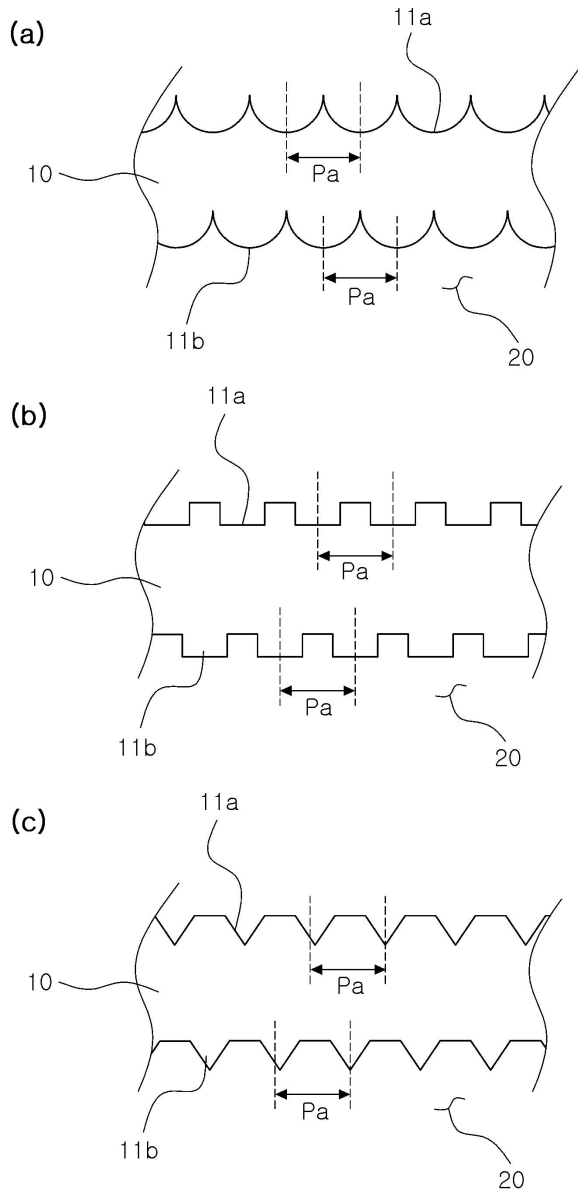


도면2

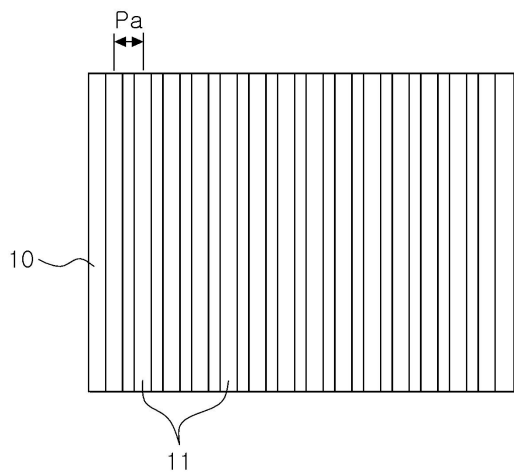




도면3



도면4



도면5

