



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0115902
(43) 공개일자 2016년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/14 (2010.01) H01L 33/32 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/14 (2013.01)
H01L 33/32 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0124899(분할)
(22) 출원일자 2016년09월28일
심사청구일자 2016년09월28일
(62) 원출원 특허 10-2010-0001909
원출원일자 2010년01월08일
심사청구일자 2014년12월08일

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
이문상
서울특별시 양천구 목동중앙본로7가길 70-7, 에스
빌 301호 (목동)
박성수
경기도 성남시 분당구 야탑로 124, 607동 1502호
(야탑동, 탑마을벽산아파트)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 10 항

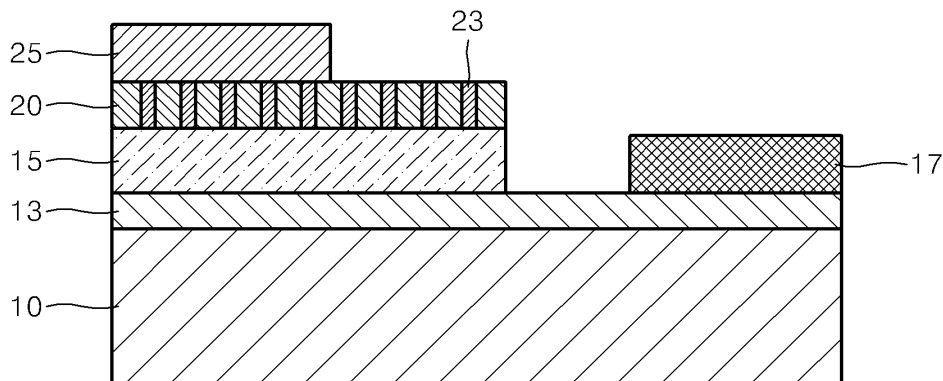
(54) 발명의 명칭 발광 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

발광 소자 및 그 제조 방법이 개시된다.

개시된 발광 소자는 n형 질화물 반도체층과, p형 질화물 반도체층과, 그 사이에 구비된 활성층을 포함하고, 상기 p형 질화물 반도체층에 인버전 도메인 바운더리를 구비하여 광 추출 효율을 증가시킬 수 있다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관 위에 구비된 n형 질화물 반도체층;

상기 n형 질화물 반도체층의 전체 또는 일부 위에 구비된 활성층;

상기 활성층 위에 구비된 것으로, 갈륨 면과, 마그네슘 과도핑에 의해 징크블렌드가 형성된 나이트라이드 면이 교대로 배열되고, 상기 갈륨 면과 상기 나이트라이드 면 사이에 wurzite-GaN과 zincblend-GaN이 혼재된 인버전 도메인 바운더리를 가지는 p형 질화물 반도체층;을 포함하는 발광 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마그네슘 과도핑에 의한 p형 캐리어 농도(concentration)가 10^{17} - $10^{21}/\text{cm}^3$ 범위를 가지는 발광 소자.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 마그네슘 과도핑은 이온 주입에 의해 이루어지는 발광 소자.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 기관은 사파이어 또는 실리콘을 포함하는 발광 소자.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 발광 소자는 n형 질화물 반도체층의 상면 일부에 구비된 제1전극과, 상기 p형 질화물 반도체층의 상면 일부에 구비된 제2전극을 포함하는 발광 소자.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 발광 소자는 상기 기관의 하부에 구비된 제1전극과, 상기 p형 질화물 반도체층의 상부에 구비된 제2전극을 포함하는 발광 소자.

청구항 7

기관 상에 n형 질화물 반도체층을 증착하는 단계;

상기 n형 질화물 반도체층 상에 활성층을 증착하는 단계;

상기 활성층 상에 p형 질화물 반도체층을 증착하는 단계;

상기 p형 질화물 반도체층에 마스크를 이용하여 인버전 도메인이 형성될 영역을 패터닝하는 단계;

상기 인버전 도메인이 형성될 영역에 마그네슘으로 과도핑을 하는 단계;를 포함하는 발광 소자의 제조 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 마그네슘 과도핑에 의한 p형 캐리어 농도(concentration)가 10^{17} - $10^{21}/\text{cm}^3$ 범위를 가지는 발광 소자의 제조 방법.

청구항 9

제 7항 또는 제 8항에 있어서,

상기 과도핑 단계는 이온 주입을 통해 마그네슘을 도핑하는 발광 소자의 제조 방법.

청구항 10

제7항 또는 제8항에 있어서,

상기 기판은 사파이어 또는 실리콘을 포함하는 발광 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 광 추출 효율이 향상된 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 발광 소자는 반도체의 p-n 접합 구조를 이용하여 캐리어를 만들어 내고, 이들의 재결합에 의해 발광된다. 반도체 발광 소자는 크게 발광 다이오드와 레이저 다이오드로 나뉘 수 있으며, 발광 다이오드는 전력 소모가 상대적으로 적으면서도 밝기가 밝아 고효율, 친환경적인 광원으로서 디스플레이, 광통신, 자동차, 일반 조명 등 다양한 분야에 사용된다.

[0003] 발광 소자는 발광 성능이 좋아야 하며, 발광 소자의 발광 성능을 판정하는 기준 요소 중 하나로 발광효율이 있다. 발광효율은 내부 양자 효율(internal quantum efficiency), 추출 효율(extraction efficiency), 동작 전압(operation voltage)의 세 가지 요소에 의해 주로 결정된다. 내부 양자 효율은 발광 소자를 통과하는 전자들에 대해 얼마나 많은 광자가 만들어지는가에 대한 특성 값으로, 이는 반도체 물질의 품질과 활성 영역에 대한 설계에 의해 결정될 수 있다. 추출 효율은 이렇게 생성된 광자가 반도체 칩 밖으로 빠져 나오는 양에 대한 비율을 나타낸다. 반도체와 주변 물질 사이의 높은 굴절률 차이로 인해 생성된 광자들이 내부적으로 여러 번 반사를 하면서 다시 칩 내부로 흡수되기도 한다. 따라서, 추출 효율은 반도체 칩 내부에서의 다중 반사나 흡수 과정에서 잃게 되는 광자에 의해 제한을 받는다. 동작 전압은 활성 영역의 에너지 밴드 갭과 발광 소자의 전기적인 저항에 의해 결정된다.

[0004] 유기 금속 화학 증착법에 의한 갈륨나이트라이드 박막의 성장에는 주로 사파이어 기판이 사용되고 있는데, 갈륨나이트라이드 박막과 기판 사이에 격자 상수(lattice parameter)와 열팽창 계수(thermal expansion coefficient)의 차이가 크기 때문에 고성능 갈륨나이트라이드 박막을 얻기 어렵다. 그리고, Mg이 도핑된 p형 갈륨나이트라이드 박막의 경우 반응기 내의 여러 수소원(hydrogen source)에 기인하여 박막 내에 Mg-H 복합체(complex)를 형성하여 반(反)절연체적인 특성이 있으므로 고성능 p형 갈륨나이트라이드 박막을 얻기 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 실시예들은 광 추출 효율이 향상된 발광 소자를 제공한다.

[0006] 본 발명의 실시예들은 광 추출 효율이 향상된 발광 소자의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 실시예에 따른 발광소자는,

[0008] 기판;

- [0009] 상기 기판 위에 구비된 n형 질화물 반도체층;
- [0010] 상기 n형 질화물 반도체층의 전체 또는 일부 위에 구비된 활성층;
- [0011] 상기 활성층 위에 구비된 것으로, 마그네슘의 과도핑에 의해 형성된 인버전 도메인 바운더리를 가지는 p형 질화물 반도체층;을 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 마그네슘 과도핑에 의한 p형 캐리어 농도(concentration)가 10^{17} - $10^{21}/\text{cm}^3$ 범위를 가질 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 마그네슘 과도핑은 이온 주입에 의해 이루어질 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 기판은 사파이어 또는 실리콘을 포함할 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 발광 소자는 n형 질화물 반도체층의 상면 일부에 구비된 제1전극과, 상기 p형 질화물 반도체층의 상면 일부에 구비된 제2전극을 포함할 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 측면에 따르면, 상기 발광 소자는 상기 기판의 하부에 구비된 제1전극과, 상기 p형 질화물 반도체층의 상부에 구비된 제2전극을 포함할 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 소자의 제조 방법은,
- [0018] 기판 상에 n형 질화물 반도체층을 증착하는 단계;
- [0019] 상기 n형 질화물 반도체층 상에 활성층을 증착하는 단계;
- [0020] 상기 활성층 상에 p형 질화물 반도체층을 증착하는 단계;
- [0021] 상기 p형 질화물 반도체층에 마스크를 이용하여 인버전 도메인을 패터닝하는 단계;
- [0022] 상기 인버전 도메인 영역에 마그네슘으로 과도핑을 하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명의 실시예에 따른 발광 소자는 p형 질화물 반도체층에 인버전 도메인 바운더리를 구비하여 정공 캐리어 농도가 증가되고, 그럼으로써 전자와 정공의 재결합률이 높아짐으로써 광 추출 효율이 증가될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 발광 소자의 제조 방법은 마그네슘의 과도핑에 의해 용이하게 인버전 도메인 바운더리를 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 소자를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 도 1에 도시된 발광 소자에 구비된 인버전 도메인 바운더리의 결정 구조를 도시한 것이다.
- 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 소자를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 4a 내지 도 4f는 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 소자의 제조 방법을 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 발광 소자 및 그 제조 방법에 대해 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 소자의 단면도를 도시한 것이다. 도 1에 도시된 발광 소자는 n형 질화물 반도체층(13)과, p형 질화물 반도체층(20)과, 상기 n형 질화물 반도체층(13)과 p형 질화물 반도체층(20) 사이에 구비된 활성층(15)을 포함할 수 있다. 상기 n형 질화물 반도체층(13)은 기판(10) 상에 구비되며, 상기 기판(10)은 사파이어 또는 실리콘을 포함할 수 있다. 상기 n형 질화물 반도체층은 III-V족 질화물 반도체 물질을 포함할 수 있으며, 예를 들어, n형 갈륨나이트라이드(GaN)를 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 활성층(15)은 전자-정공 재결합에 의해 빛을 발광하는 층으로, 예를 들어, InGaN 기반의 질화물 반도체층으로 이루어지며, 밴드갭 에너지를 제어함으로써 그 발광 파장 대역이 조절된다. 예를 들어, InGaN층에서의 In 물분율을 조절하여 발광 파장을 조절할 수 있다. 활성층(15)은 양자우물층과 장벽층을 포함하며, 예를 들어

InGaN/GaN, InGaN/InGaN, InGaN/AlGaN 또는 InGaN/InAlGaN로 이루어진 양자우물층과 장벽층을 포함할 수 있다. 양자우물층은 단일양자우물층(single quantum well) 또는 다중양자우물층(multi quantum well)을 포함할 수 있다.

[0028] p형 질화물 반도체층은 III-V족 질화물 반도체 물질을 포함할 수 있으며, 예를 들어, p형 갈륨나이트라이드를 포함할 수 있다. p형 질화물 반도체층은 p형으로 도핑될 수 있다. p형 도펀트(dopant)로는 마그네슘(Mg)이 사용될 수 있다. 상기 p형 질화물 반도체층(20)은 마그네슘이 과도핑(over doping)되어 형성된 인버전 도메인 바운더리(inversion domain boundary)(23)를 포함한다. p형 질화물 반도체층(20), 예를 들어 갈륨나이트라이드에 마그네슘을 과도핑하면, 과도핑된 영역에서는 도 2에 도시된 바와 같이 갈륨 면(Ga face)과 나이트라이드 면(N face) 사이에 인버전 도메인 바운더리(23)가 생성될 수 있다. 상기 인버전 도메인 바운더리(23) 내에서는 w-GaN(wurzite-GaN)과 zincblend-GaN(cubic-GaN)가 혼재하고, 이로 인해 w-GaN과 zincblend-GaN의 원자가 밴드갭 혼합(valence bandgab admixture)으로 인해 정공 주입이 용이해진다.

[0029] 예를 들어, w-GaN의 원자가 밴드갭은 $E_g=3.47\text{eV}$ 이고, zincblend-GaN의 원자가 밴드갭은 $E_g=3.28\text{eV}$ 이며, 이들의 원자가 밴드갭 혼합 효과로 원자가 밴드갭 장벽이 하락됨으로써 정공의 주입 효율이 증가되고, 이에 따라 광 추출 효율이 증가될 수 있다. 도 2에서는 인버전 도메인 바운더리(23)에 의해 생긴 w-GaN의 결정 구조와 원자가대 혼합에 의한 에너지 스테이트(energy state)를 보여준다.

[0030] 상기 p형 질화물 반도체층(20)에 마그네슘을 도핑시 이온 주입(ion implantation)을 통해 도핑할 수 있다. 웨이퍼와 도핑을 하고자 하는 불순물을 포함한 소스를 노(furnace) 안에 두고 열처리를 통해 마그네슘을 도핑하는 것도 가능하나, 이렇게 도핑된 마그네슘은 모두 활성화되지 않을 뿐만 아니라 n형 질화물 반도체층에서 다중양자우물에 주입되는 전자의 양이 p형 질화물 반도체층에서 주입되는 정공의 양보다 많아 전자와 정공의 재결합률(recombination rate)이 제한될 수 있다. 하지만, 본 발명의 실시예에 따른 p형 마그네슘 도핑에 의한 캐리어 농도(carrier concentration)는 $10^{17}\text{--}10^{21}/\text{cm}^3$ 범위를 가질 수 있으며, 전자와 정공의 재결합률을 증가시킬 수 있다.

[0031] 도 1에 도시된 발광 소자에서는 상기 n형 질화물 반도체층(13)의 상부 일부 면에 활성층(15)이 구비되고, n형 질화물 반도체층(13)의 상부 일부 면에 제1전극(17)이 구비될 수 있다. 상기 제1전극(17)은 n형 전극일 수 있다. 그리고, 상기 p형 질화물 반도체층(20) 상부에 제2전극(25)이 구비될 수 있다. 상기 제2전극(25)은 p형 전극일 수 있다. 상기 제1전극(17)과 제2전극(25)은 Au, Cu, Ni, Ag, Cr, W, Al, Pt, Sn, Pb, Fe, Ti, Mo로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 하나의 물질을 포함하거나 ITO, ZrB, ZnO, InO, SnO 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 제1전극(17)과 제2전극(25)은 활성층에 전자 및 정공을 주입하기 위해 외부 전원 공급부와 연결된다.

[0032] 한편, 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 발광 소자를 도시한 것으로, 기판(50)의 상부에 n형 질화물 반도체층(52)이 구비되고, 상기 n형 질화물 반도체층(52)의 상부에 활성층(55)이 구비되고, 상기 활성층(55)의 상부에 p형 질화물 반도체층(57)이 구비될 수 있다. 상기 p형 질화물 반도체층(57)은 마그네슘의 과도핑에 의한 인버전 도메인 바운더리(58)를 포함하며, 이에 대해서는 도 1에 도시된 발광 소자에 대해 설명한 바와 같으므로 여기서는 상세한 설명을 생략하기로 한다.

[0033] 도 3에 도시된 발광 소자는 상기 기판(50)의 하부에 제1전극(48)이 구비되고, 상기 p형 질화물 반도체층(57) 위에 제2전극(60)이 구비될 수 있다. 상기 제2전극(60)이 기판(50)의 하부에 구비되는 경우, 상기 기판(10)은 실리콘으로 형성될 수 있다. 또는, 상기 기판(50)이 사파이어 기판으로 형성되는 경우 기판이 제거된 후 n형 질화물 반도체층(52)의 하부에 제2전극(60)이 구비되는 것도 가능하다.

[0034] 다음, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광 소자의 제조 방법에 대해 설명한다. 도 4a에 도시된 바와 같이 기판(100) 상에 n형 질화물 반도체층(103)을 증착한다. 상기 기판(100)은 사파이어 또는 실리콘 기판일 수 있다. 그리고, 도 4b에 도시된 바와 같이 n형 질화물 반도체층(103) 상부에 활성층(105)을 증착한다. 도 4c를 참조하면, 상기 활성층(105) 위에 p형 질화물 반도체층(107)을 증착한다. 상기 n형 질화물 반도체층(103)과 p형 질화물 반도체층(107)은 갈륨나이트라이드를 포함할 수 있다. 상기 층들의 증착 방법으로는 잘 알려진 다양한 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어, 금속 유기 화학 증착법(metal organic chemical vapor deposition; MOCVD), 혼성 기상 결정 성장법(hydride vapor phase epitaxy; HVPE), 분자선 결정 성장법(molecular beam epitaxy; MBE), HClVD법(halide chemical vapor deposition) 등이 사용될 수 있다.

[0035] 상기 p형 질화물 반도체층(107)의 상부에 마스크를 이용하여 인버전 도메인을 형성할 영역을 패터닝한 후 이온

주입을 통해 마그네슘을 도핑한다. 이때, 마그네슘에 의한 캐리어 농도가 $10^{17}-10^{19}/\text{cm}^3$ 일 수 있다. 이어서, 추가적인 마그네슘 도핑을 하여 마그네슘 과도핑을 함으로써 인버전 도메인 바운더리(108)를 형성한다. 추가적인 마그네슘 도핑에 의한 p형 캐리어 농도가 $10^{17}-10^{21}/\text{cm}^3$ 범위를 가질 수 있다.

[0036] 도 4e에 도시된 바와 같이 사진 식각 공정을 통해 활성층(105)과 p형 질화물 반도체층(107)을 패터닝하여 상기 n형 질화물 반도체층(103)을 노출시킨다. 상기 p형 질화물 반도체층(108)의 상부에 제1전극(110)을 형성하고, 도 4f에 도시된 바와 같이 상기 노출된 반도체층(103)의 상부면 일부에 제2전극(112)을 형성한다. 상기 제1전극(110)은 p형 전극일 수 있고, 상기 제2전극(112)은 n형 전극일 수 있다.

[0037] 이와 같이 p형 질화물 반도체층에 마그네슘 과도핑을 통해 인버전 도메인 바운더리를 형성함으로써 정공의 주입 효율을 증가시켜 전자와 정공의 재결합률을 높여 광추출 효율을 증가시킬 수 있다.

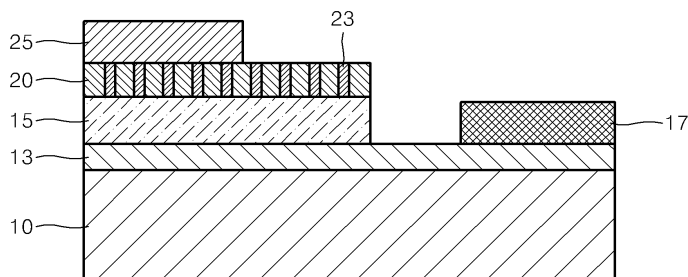
[0038] 본 발명의 실시예에 따른 발광 소자와 그 제조 방법은 이해를 돕기 위하여 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 분야에서 통상적 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

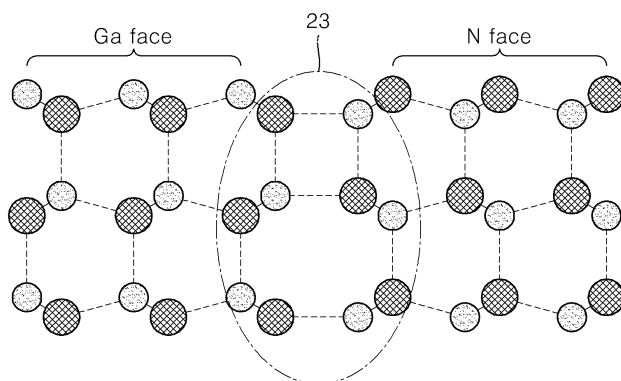
[0039] 10, 50...기판, 13, 52...n형 질화물 반도체층
15, 55...활성층, 20, 57...p형 질화물 반도체층

도면

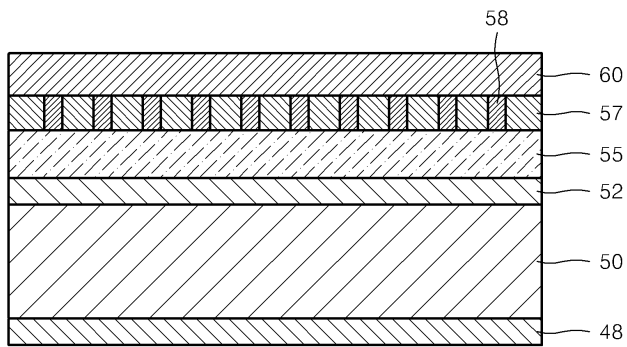
도면1



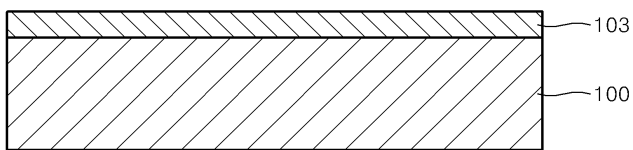
도면2



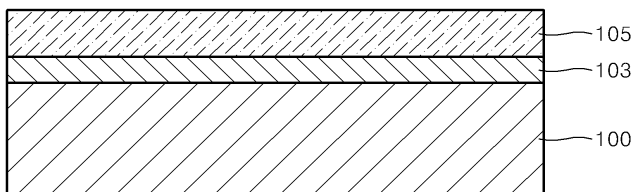
도면3



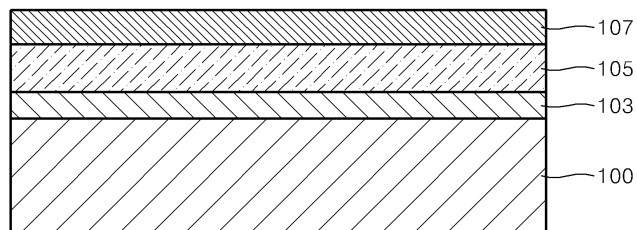
도면4a



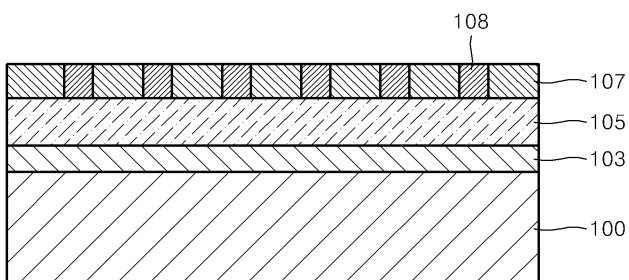
도면4b



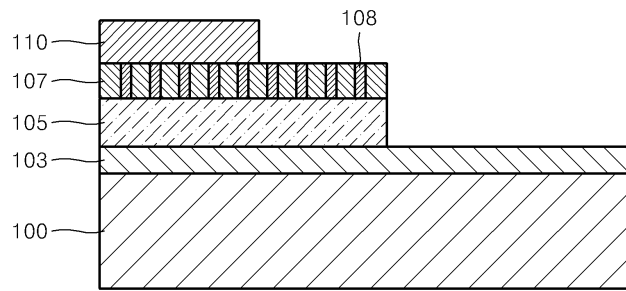
도면4c



도면4d



도면4e



도면4f

