(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0066148
(43) 공개일자 2015년06월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/12 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0151331
(22) 출원일자 2013년12월06일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
엘지전자 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128 (여의도동)
(72) 발명자
성준호
서울 서초구 바우뫼로 38, 전자기술원 (우면동, LG종합기술원)
(74) 대리인
방해철, 김용인

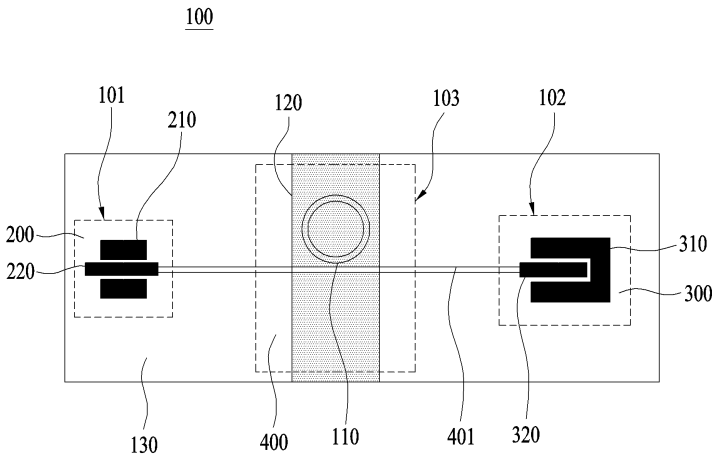
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **질화물 반도체 기반의 광 집적회로 및 그 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 광 집적회로에 관한 것으로 특히, 질화물 반도체 기반의 광 집적회로 및 그 제조방법에 관한 것이다. 이러한 본 발명은, 동일 기판 상에 구현되는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로에 있어서, 기판; 상기 기판 상의 일측에 구비되고, 질화물 반도체를 포함하는 발광부; 상기 기판 상의 타측에 구비되고, 질화물 반도체를 포함하는 수광부; 및 상기 기판 상에서 상기 발광부 및 수광부를 연결하여 구비되며, 질화물 반도체를 포함하는 전송부를 포함하여 구성될 수 있다.

대 표 도 - 도1



명 세 서

청구범위

청구항 1

동일 기판 상에 구현되는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로에 있어서,

기판;

상기 기판 상의 일측에 구비되고, 질화물 반도체를 포함하는 발광부;

상기 기판 상의 타측에 구비되고, 질화물 반도체를 포함하는 수광부; 및

상기 기판 상에서 상기 발광부 및 수광부를 연결하여 구비되며, 질화물 반도체를 포함하는 전송부를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 발광부 및 수광부는 동일한 질화물 반도체 박막 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 발광부 및 수광부는,

상기 기판 상에 위치하는 버퍼층;

상기 버퍼층 상에 위치하는 제1전도성 반도체층;

상기 제1전도성 반도체층 상에 위치하는 활성층; 및

상기 활성층 상에 위치하는 제2전도성 반도체층을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 제1전도성 반도체층 또는 제2전도성 반도체층은,

제1 GaN 층;

상기 제1 GaN 층 상에 위치하는 AlGaN 층; 및

상기 AlGaN 층 상에 위치하는 제2 GaN 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 수광부 및 전송부는, 적어도 일부분에서 동일한 질화물 반도체 박막 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 전송부는, 링 공진기를 포함하는 센서부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 광 집적회로는, 고분자 물질 기판의 유전체 덮개를 더 포함하고, 상기 유전체 덮개는 상기 센서부의 적어도 일부를 노출시키는 개구부를 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 링 공진기는 복수로 구비되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 복수의 링 공진기와 결합되는 광 파워 분할기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로.

청구항 10

동일 기판 상에 구현되는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법에 있어서,

기판 상에 질화물 반도체로 형성되고 상기 기판 상에 위치하는 제1전도성 반도체층, 상기 제1전도성 반도체층 상에 위치하는 활성층 및 상기 활성층 상에 위치하는 제2전도성 반도체층을 포함하는 제1반도체 구조를 형성하는 단계;

제1영역 상에서 상기 제1반도체 구조 중 적어도 일부를 제거하여 제2반도체 구조를 형성하는 단계; 및

상기 제2반도체 구조 상에 도핑되지 않은 질화물 반도체층을 성장시켜 제3반도체 구조를 형성하는 단계를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 제1반도체 구조는, 발광부 및 수광부로 이용되고, 상기 제1영역은 전송부를 이루는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 제3반도체 구조의 도핑되지 않은 질화물 반도체층 상에 전도성 반도체층을 성장시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 제1전도성 반도체층 또는 제2전도성 반도체층 중 적어도 일부는,

제1 GaN 층;

상기 제1 GaN 층 상에 위치하는 AlGaN 층; 및

상기 AlGaN 층 상에 위치하는 제2 GaN 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법.

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 제1반도체 구조 중 적어도 일부를 제거하여 제2반도체 구조를 형성하는 단계는, 적어도 상기 활성층을 포함하여 제거하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법.

청구항 15

제10항에 있어서, 상기 제1반도체 구조 및 제3반도체 구조 중 적어도 일부 상에 고분자 물질 기판의 유전체 덮개를 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 광 집적회로에 관한 것으로 특히, 질화물 반도체 기반의 광 집적회로 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 광 집적회로라 함은 능동소자와 수동소자, 능동소자와 능동소자 또는 수동소자와 수동소자와 같이 서로 다른 구성 및 기능을 갖는 여러 가지의 광 소자가 하나의 기판 내에 광학적으로 연결된 회로를 말한다.

[0003] 특히, 발광부 및 수광부와 같은 능동소자와 전송 및 기능성 소자로 이루어지는 수동소자를 동일 물질 기반으로

구현하는 것은 기술적으로 매우 제한적일 수밖에 없으므로, 이종의 물질 또는 이종의 웨이퍼로 제작된 칩 형태의 소자들을 기판에 정렬하여 집적화하거나, 일부 기능만 가지되 필요한 기능에 대해서는 광섬유 등을 통한 추가의 결합과정을 통해 구현되는 것이 일반적이다.

[0004] 따라서, 이러한 추가의 광학적 정렬 및 결합과정이 수반되는 광 송수신 소자는 제조공정이 복잡하고, 부피가 커질 수밖에 없을 뿐 아니라, 큰 광학적 손실을 유발하게 된다.

[0005] 한편, 능동소자와 수동소자로 동시에 사용할 수 있으면서, 반도체 공정을 사용하여 집적화가 가능한 대표적인 물질로는 인화인듐(InP: Indium Phosphide) 또는 갈륨비소(GaAs: Gallium Arsenide) 기반의 III-V족 화합물 반도체가 있다.

[0006] 실제로 이러한 화합물 반도체 기반의 물질은 III-V족의 타 원소들과 조합되어, 광통신 대역인 근적외선 파장(850nm ~ 1600nm)의 빛을 방출할 수 있고, 높은 굴절률을 가지므로, 레이저 다이오드(LD: Laser Diode), 포토다이오드(PD: Photo Diode) 등의 능동소자와 광 도파로 (Optical Waveguide) 기반의 수동소자가 전기배선과 함께 집적된 형태의 광 집적회로에 많이 이용되고 있다.

[0007] 하지만, 이들을 성장시킬 수 있는 기판의 가격이 비싸기 때문에 다양한 기능성 소자로서의 보급화가 쉽지 않은 단점이 있다.

[0008] 질화갈륨(GaN)으로 대표되는 질화물계 화합물 반도체(Nitride Compound Semiconductor)는 높은 열적/화학적 안정성과 기계적 강도, 폭넓은 밴드갭 (0.8~6.2eV)을 가지고 있어, LED 및 LD를 포함한 발광소자로서의 상업화가 널리 이루어져 있을 뿐만 아니라, 자외선 또는 가시광선 영역의 수광소자로서도 적합하다.

[0009] 뿐만 아니라, 사파이어 또는 실리콘 기판을 사용한 질화물 반도체 기반의 발광소자에 대한 연구와 기술의 발전이 급속도로 진행되어 기판의 가격이 상대적으로 저렴하고, 상당히 보급화가 이루어진 것이 큰 장점이라 할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 동일 기판 상에 구현될 수 있는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로 및 그 제조방법을 제공하는 데 있다.

[0011] 또한, 적어도 일부분에서 동일한 반도체 구조를 가지는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로 및 그 제조방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 기술적 과제를 이루기 위한 제1관점으로서, 본 발명은, 동일 기판 상에 구현되는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로에 있어서, 기판; 상기 기판 상의 일측에 구비되고, 질화물 반도체를 포함하는 발광부; 상기 기판 상의 타측에 구비되고, 질화물 반도체를 포함하는 수광부; 및 상기 기판 상에서 상기 발광부 및 수광부를 연결하여 구비되며, 질화물 반도체를 포함하는 전송부를 포함하여 구성될 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 발광부 및 수광부는 동일한 질화물 반도체 박막 구조를 가질 수 있다.

[0014] 이때, 상기 발광부 및 수광부는, 상기 기판 상에 위치하는 버퍼층; 상기 버퍼층 상에 위치하는 제1전도성 반도체층; 상기 제1전도성 반도체층 상에 위치하는 활성층; 및 상기 활성층 상에 위치하는 제2전도성 반도체층을 포함할 수 있다.

[0015] 또한, 상기 제1전도성 반도체층 또는 제2전도성 반도체층은, 제1 GaN 층; 상기 제1 GaN 층 상에 위치하는 AlGaN 층; 및 상기 AlGaN 층 상에 위치하는 제2 GaN 층을 포함할 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 수광부 및 전송부는, 적어도 일부분에서 동일한 질화물 반도체 박막 구조를 가질 수 있다.

[0017] 한편, 상기 전송부는, 링 공진기를 포함하는 센서부를 더 포함할 수 있다.

[0018] 이때, 상기 광 집적회로는, 고분자 물질 기판의 유전체 덮개를 더 포함하고, 상기 유전체 덮개는 상기 센서부의 적어도 일부를 노출시키는 개구부를 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 링 공진기는 복수로 구비될 수 있다.

[0020] 더욱이, 상기 복수의 링 공진기와 결합되는 광 파워 분할기를 더 포함할 수 있다.

[0021] 상기 기술적 과제를 이루기 위한 제2관점으로서, 본 발명은, 동일 기판 상에 구현되는 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 제조 방법에 있어서, 기판 상에 질화물 반도체로 형성되고 상기 기판 상에 위치하는 제1전도성 반도체층, 상기 제1전도성 반도체층 상에 위치하는 활성층 및 상기 활성층 상에 위치하는 제2전도성 반도체층을 포함하는 제1반도체 구조를 형성하는 단계; 제1영역 상에서 상기 제1반도체 구조 중 적어도 일부를 제거하여 제2반도체 구조를 형성하는 단계; 및 상기 제2반도체 구조 상에 도핑되지 않은 질화물 반도체층을 성장시켜 제3반도체 구조를 형성하는 단계를 포함하여 구성될 수 있다.

[0022] 여기서, 상기 제1반도체 구조는, 발광부 및 수광부로 이용되고, 상기 제1영역은 전송부를 이룰 수 있다.

[0023] 여기서, 상기 제3반도체 구조의 도핑되지 않은 질화물 반도체층 상에 전도성 반도체층을 성장시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0024] 여기서, 상기 제1전도성 반도체층 또는 제2전도성 반도체층 중 적어도 일부는, 제1 GaN 층; 상기 제1 GaN 층 상에 위치하는 AlGaN 층; 및 상기 AlGaN 층 상에 위치하는 제2 GaN 층을 포함할 수 있다.

[0025] 여기서, 상기 제1반도체 구조 중 적어도 일부를 제거하여 제2반도체 구조를 형성하는 단계는, 적어도 상기 활성층을 포함하여 제거할 수 있다.

[0026] 여기서, 상기 제1반도체 구조 및 제3반도체 구조 중 적어도 일부 상에 고분자 물질 기판의 유전체 덮개를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0027] 본 발명은 다음과 같은 효과가 있는 것이다.

[0028] 이와 같은 질화물 반도체 물질 기반의 광 집적회로는 자외선 및 가시광선 파장 영역의 빛을 사용하는 LD, LED 및 PD와 같은 능동소자와 광 도파로 기반의 기능성 수동소자를 집적시킴으로써, 개별 소자들에 대한 별도의 광 정렬 없이 일체의 공정을 통해 구현할 수 있기 때문에 공정 난이도 및 결합손실을 최소화할 수 있다.

[0029] 또한, InP 또는 GaAs 등의 반도체 물질을 기반으로 하는 광 집적회로에 비해 기판 가격과 공정 비용이 저렴하기 때문에 광 집적회로 및 센서의 양산화 및 보급화에 유리하다.

도면의 간단한 설명

[0030] 도 1은 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 일례를 나타내는 평면 개략도이다.

도 2는 광 집적회로의 다른 예를 나타내는 평면 개략도이다.

도 3은 발광부를 이루는 레이저 다이오드(LD)의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 4는 발광부를 이루는 발광 다이오드(LED)의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 5는 수광부를 이루는 포토 다이오드(PD)의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 6은 수광부를 이루는 포토 다이오드(PD)의 다른 예를 나타내는 단면도이다.

도 7은 전송부를 이루는 광 도파로의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 8은 전송부를 이루는 광 도파로의 다른 예를 나타내는 단면도이다.

도 9 내지 도 15는 선택 영역 성장 및 재성장법을 통한 질화물 반도체 기반의 일체형 광 집적회로의 반도체 구조를 형성하는 제조 방법의 예들을 나타내는 단면도로서,

도 9 내지 도 11는 발광부와 수광부가 동일한 반도체 구조를 가지는 예를 나타내는 단면도이다.

도 12 내지 도 15는 수광부와 전송부가 동일한 반도체 구조를 가지는 예를 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 의한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.

[0032] 본 발명이 여러 가지 수정 및 변형을 허용하면서도, 그 특정 실시예들이 도면들로 예시되어 나타내어지며, 이하에서 상세히 설명될 것이다. 그러나 본 발명을 개시된 특별한 형태로 한정하려는 의도는 아니며, 오히려 본 발명은 청구항들에 의해 정의된 본 발명의 사상과 합치되는 모든 수정, 균등 및 대용을 포함한다.

[0033] 층, 영역 또는 기판과 같은 요소가 다른 구성요소 "상(on)"에 존재하는 것으로 언급될 때, 이것은 직접적으로 다른 요소 상에 존재하거나 또는 그 사이에 중간 요소가 존재할 수도 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0034] 비록 제1, 제2 등의 용어가 여러 가지 요소들, 성분들, 영역들, 층들 및/또는 지역들을 설명하기 위해 사용될 수 있지만, 이러한 요소들, 성분들, 영역들, 층들 및/또는 지역들은 이러한 용어에 의해 한정되어서는 안 된다는 것을 이해할 것이다.

[0035] 도 1은 질화물 반도체 기반의 광 집적회로의 일례를 나타내는 평면 개략도이다. 도 1은 광 집적회로의 일례로서 링 공진기(110)를 이용한 광 센서(100)를 도시하고 있다.

[0036] 이와 같은 본 발명의 일 실시예의 광 센서(100)는 동일 기판(140; 도 3 이하 참고) 상에 구현되는 질화물 반도체 기판의 반도체 구조를 포함한다.

[0037] 도 1에서 도시하는 바와 같이, 광 센서(100)는 동일 기판(140) 상에 구비되는 것으로서, 질화물 반도체를 포함하는 발광부(101) 및 수광부(102)를 포함한다. 그리고 이러한 발광부(101) 및 수광부(102)를 연결하여 구비되며 질화물 반도체를 포함하는 전송부(103)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0038] 이러한 발광부(101), 수광부(102) 및 전송부(103)를 구성하는 질화물 반도체 구조는 적어도 일부에서 동일한 박막 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 발광부(101) 및 수광부(102)가 동일한 반도체 구조를 가질 수 있고, 경우에 따라, 수광부(102) 및 전송부(103)가 적어도 일부분에서 동일한 반도체 구조를 가질 수 있다. 이와 같은 반도체 구조에 대하여는 자세히 후술한다.

[0039] 일례로서, 발광부(101)는 발광 다이오드(light emitting diode, LED) 또는 레이저 다이오드(laser diode, LD)로 구현될 수 있다.

[0040] 도 1에서는, 발광부(101)가 LD 및 광증폭기(SOA, Semiconductor Optical Amplifier; 200)로 구성된 예를 도시하고 있다.

[0041] 도 1에서 도시하는 이러한 LD 및 광 증폭기(200)에서, 제1전극(예를 들면, n-형 전극; 210)은 광증폭기의 전극을 나타낼 수 있고, 제2전극(예를 들면, p-형 전극; 220)은 LD의 전극을 나타낼 수 있다. 그러나 발광부(101)가 이러한 형상에 한정되는 것은 아니다. 이하, 편의상 발광부(101)는 하나의 LD(200)로 구성되는 것으로 설명한다.

[0042] 이러한 발광부(101)는 도 1에서 도시되는 기판(140) 상의 일정 영역에 형성될 수 있다.

[0043] 수광부(102)는 발광부(101)의 타측에 위치하여 기판(140) 상에 구성되고, 그 일례로서, 포토 다이오드(photo diode, PD; 300)가 이용될 수 있다. 도 1에서, PD(300)는 제1전극(예를 들면, n-형 전극; 310)과 제2전극(예를 들면, p-형 전극; 320)을 포함할 수 있다.

[0044] 이러한 발광부(101)와 수광부(102)를 연결하는 전송부(103)는, 그 일례로서 광 도파로(401)에 의하여 구현될 수 있다. 여기에 링 공진기(110)를 포함하는 센서부(400)가 더 구비될 수 있다.

[0045] 여기서, 센서부(400)는 광 도파로(401)의 클래드층(160; 도 5 내지 도 8 참고)에 고분자 물질 기반의 유전체 덮개(130)가 구성될 수 있으며, 링 공진기(110)를 포함하는 일부 영역에서는 이러한 유전체 덮개(130)를 제거함으로써 신호 감지를 위한 개구부(120)를 형성할 수 있다.

[0046] 이와 같은 발광부(101)의 LD(200)에서 발생하는 빛은 전송부(103)를 이루는 광 도파로(401)로 입사될 수 있다. 이러한 광 도파로(401)는 단일 모드 도파로일 수 있다. 만일, 다중 모드 도파로가 이용되는 경우에는 모드 어댑터(도시되지 않음)를 통해 단일 모드화 하는 것이 유리하다.

[0047] 이러한 광 도파로(401)에 입사된 빛은 링 공진기(110)의 공진 파장에 해당되는 빛이 필터링(filtering) 되어 수광부(102)의 PD(300)로 입사하게 된다.

[0048] 센서부(400)는 액체를 떨어뜨리거나, 가스와 반응할 수 있는 반응기를 형성함으로써 유전체 덮개(130)의 굴절률을 변화시킬 수 있게 된다.

[0049] 이에 따라 유전체 덮개(130)의 굴절률이 변화된 광 도파로(401)는 도파 모드의 유효굴절률이 변하게 되므로, 링 공진기(110)에 의한 공진 파장을 이동시켜 센서로서의 역할을 할 수 있게 된다.

[0050] 도 2에서는 광 집적회로의 다른 예로서 다수의 링 공진기(110)를 이용한 광센서(100)를 도시하고 있다.

[0051] 이와 같이, 두 개 이상의 링 공진기(110)를 이용하는 경우에는 각 링 공진기(110)의 공진 파장을 다르게 구성할 수 있어, 센서(100)의 민감도 및 정확도를 향상시킬 수 있고, 사용 파장 범위를 확대시킬 수 있다.

[0052] 이때, 복수 개의 링 공진기(110)에 균일한 세기의 빛을 입사시키기 위해서는 다중 모드 간섭(MMI, Multi-Mode Interference)을 이용한 광 파워 분할기(180)를 사용하여 빛을 분할할 수 있다.

[0053] 도 2에서, 발광부(101)는 하나의 LD(201)로 구성된 예를 나타내고 있고, 수광부(102)는 다수의 PD(301)로 구성된 예를 나타내고 있다. 여기서, PD(301)의 개수는 링 공진기(110)의 개수와 동일할 수 있다.

[0054] 이때, 광 파워 분할기(180)와 다수의 PD(301)는 각각 도선에 의하여 연결될 수 있다.

[0055] 그 외에 설명되지 않은 부분은 도 1의 예와 동일한 사항이 적용될 수 있다.

[0056] 이와 같은 질화물 반도체 물질 기반의 광 집적회로는 자외선 및 가시광선 파장 영역의 빛을 사용하는 LD, LED 및 PD와 같은 능동소자와 광 도파로 기반의 기능성 수동소자를 집적시킴으로써, 개별 소자들에 대한 별도의 광 정렬 없이 일체의 공정을 통해 구현할 수 있기 때문에 공정 난이도 및 결합손실을 최소화할 수 있다.

[0057] 또한, InP 또는 GaAs 등의 반도체 물질을 기반으로 하는 광 집적회로에 비해 기판 가격과 공정 비용이 저렴하기 때문에 광 집적회로 및 센서의 양산화 및 보급화에 유리하다.

[0058] 도 3은 발광부를 이루는 레이저 다이오드(LD)의 일례를 나타내고 있다.

[0059] 이러한 발광부(101)를 이루는 LD(201)는 기판(140) 상에 형성되는 도시하는 바와 같은 반도체 구조(150)를 포함할 수 있다.

[0060] 기판(140)은 사파이어(sapphire), 실리콘(silicon) 또는 탄화규소(silicon carbide; SiC) 등 이종 기판을 성장 기판(140)으로 이용할 수 있다. 이러한 기판(140) 상에는 질화물 반도체를 포함하는 반도체 구조(150)가 이루어질 수 있다.

[0061] 즉, 이러한 기판(140) 상에는 순서대로, 버퍼층(151), 제1전도성 반도체층(152, 153, 154), 활성층(155) 및 제2전도성 반도체층(156, 157, 158)을 포함하는 반도체 구조(150)가 위치할 수 있다.

[0062] 일례로서, 제1전도성 반도체층(152, 153, 154)은 n-형 질화물 반도체층일 수 있고, 제2전도성 반도체층(156, 157, 158)은 p-형 질화물 반도체층일 수 있다.

[0063] 이때, 제1전도성 반도체층(152, 153, 154) 및 제2전도성 반도체층(156, 157, 158) 중 적어도 어느 하나는, 순서대로 위치하는 제1 질화갈륨(GaN)층, 알루미늄 질화갈륨(AlGaN)층 및 제2 질화갈륨(GaN)층을 포함할 수 있다.

[0064] 즉, 제1전도성 반도체층(152, 153, 154)은 제1 n-GaN층(152), n-AlGaN층(153) 및 제2 n-GaN층(154)을 포함할 수 있다. 또한, 제2전도성 반도체층(156, 157, 158)은 제1 p-GaN층(156), p-AlGaN층(157) 및 제2 p-GaN층(158)을 포함할 수 있다.

[0065] 이러한 반도체 구조(150)는 제1 n-GaN층(152)의 일면이 드러나도록 하는 메사(mesa) 구조를 가질 수 있다. 즉, 도 3과 같은 구조를 이루고, 코어가 되는 활성층(155) 상부 및 하부에 광 전파 모드를 발진시키기 위해 알루미늄(Al)이 혼합된 AlGaN층(153, 157)이 클래드층으로 이용될 수 있다.

[0066] 이와 같은 제1 n-GaN층(152)의 드러난 면에는 제1전극(일례로, n-형 전극; 210)이 구비될 수 있고, 제2 p-GaN층(158) 상에는 제2전극(일례로, p-형 전극; 220)이 구비될 수 있다.

[0067] 활성층(155)은 인듐(In) 또는 알루미늄(Al)이 혼합된 다중 양자 우물(multiple quantum wells, MQWs)층을 포함할 수 있다.

[0068] 도 4는 발광부를 이루는 발광 다이오드(LED)의 일례를 나타내고 있다.

[0069] 이러한 발광부(101)를 이루는 LED(200)는 도시하는 바와 같이, LD(201)보다 단순한 반도체 구조(150a)를 가질 수 있다.

[0070] 즉, LED(200)의 반도체 구조(150a)는 기판(140) 상에는 순서대로, 버퍼층(151), 제1전도성 반도체층(152), 활성

층(155) 및 제2전도성 반도체층(158)을 포함하는 반도체 구조(150a)가 구비될 수 있다.

[0071] 일례로서, 제1전도성 반도체층(152)은 n-GaN층(152)을 포함할 수 있고, 제2전도성 반도체층(158)은 p-GaN층(158)을 포함할 수 있다.

[0072] 그 외에 설명되지 않은 부분은 도 3의 예를 들어 설명한 부분과 동일한 사항이 적용될 수 있다.

[0073] 도 5는 수광부를 이루는 포토 다이오드(PD)의 일례를 나타내고 있다.

[0074] 이와 같이, 수광부(102)로서 광 도파로 기반의 PD(300)를 사용할 수 있다.

[0075] 이러한 수광부(102)를 이루는 PD(300)는 기판(140) 상에 형성되는 도시하는 바와 같은 반도체 구조(150b)를 포함할 수 있다.

[0076] 기판(140)은 사파이어(sapphire), 실리콘(silicon) 또는 탄화규소(silicon carbide; SiC) 등 이종 기판을 성장 기판(140)으로 이용할 수 있다. 이러한 기판(140)은 발광부(101)가 구현되는 기판(140)과 동일한 기판(140)일 수 있다.

[0077] 이러한 기판(140) 상에는 질화물 반도체를 포함하는 PD(300)를 이루는 반도체 구조(150b)가 이루어질 수 있다.

[0078] 이와 같은 반도체 구조(150b)는 기판(140) 상에는 순서대로, 버퍼층(151), 제1전도성 반도체층(152), 의도적으로 도핑되지 않은 무도핑 반도체층(159) 및 제2전도성 반도체층(158)이 위치할 수 있다.

[0079] 일례로서, 제1전도성 반도체층(152)은 n-GaN층을 포함할 수 있고, 제2전도성 반도체층(158)은 p-GaN층을 포함할 수 있다. 또한, 무도핑 반도체층(159)은 un-GaN층을 포함할 수 있다.

[0080] 이러한 반도체 구조(150b)는 제1전도성 반도체층(152)이 드러나도록 식각되어 도 5에서 도시하는 구조를 이룰 수 있다. 이러한 식각되어 드러나는 제1전도성 반도체층(152)의 면에는 제1전극(310)이 위치할 수 있다.

[0081] 또한, 이러한 식각된 부분, 즉, 제1전도성 반도체층(152)이 드러난 부분부터 제2전도성 반도체층(158)의 양 측면에는 유전체를 포함하는 클래드층(160)이 위치할 수 있다.

[0082] 한편, 제2전도성 반도체층(158)과 클래드층(160)의 상측에는 제2전극(320)이 위치할 수 있다.

[0083] 이상의 반도체 구조(150b)는, 발광부(101)를 이루는 반도체 구조(150, 150a)와 동일한 반도체층으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 동일한 도면 부호를 가지는 반도체층은 동일한 순서와 동일한 물질로 형성되는 반도체층일 수 있다.

[0084] 도 6은 수광부를 이루는 포토 다이오드(PD)의 다른 예를 나타내고 있다.

[0085] 도 6에서 도시하는 예에서는, 무도핑 반도체층(159) 사이에 활성층(155)이 구비되는 반도체 구조(150c)를 도시하고 있다.

[0086] 이러한 활성층(155)은, 발광부(101)를 이루는 반도체 구조(150, 150b)와 같이, 인듐(In) 또는 알루미늄(Al)이 혼합된 다중 양자 우물(multiple quantum wells, MQWs)층을 포함할 수 있다.

[0087] 그 외에 설명되지 않은 부분은 도 5의 예를 들어 설명한 부분과 동일한 사항이 적용될 수 있다.

[0088] 도 7은 전송부를 이루는 광 도파로의 일례를 나타내고 있다.

[0089] 이와 같이, 전송부(103)를 이루는 광 도파로(401)는, 립 형(Rib-type) 광 도파로(401)로서, 기판(140) 상에 형성되는 도시하는 바와 같은 반도체 구조(150d)를 포함할 수 있다. 이러한 광 도파로(401)는 도 1을 참조하여 설명한 센서부(400)의 일부를 이룰 수 있다.

[0090] 위에서 언급한 바와 같이, 기판(140)은 사파이어(sapphire), 실리콘(Si) 또는 탄화규소(silicon carbide; SiC) 등 이종 기판을 성장 기판(140)으로 이용할 수 있다. 이러한 기판(140)은 발광부(101) 및/또는 수광부(102)가 구현되는 기판(140)과 동일한 기판(140)일 수 있다.

[0091] 이러한 기판(140) 상에는 질화물 반도체를 포함하는 광 도파로(401)를 이루는 반도체 구조(150d)가 이루어진다.

[0092] 이와 같은 반도체 구조(150d)는 기판(140) 상에는 순서대로, 버퍼층(151), 제1전도성 반도체층(152), 의도적으로 도핑되지 않은 무도핑 반도체층(159) 및 제2전도성 반도체층(158)이 위치할 수 있다.

[0093] 일례로서, 제1전도성 반도체층(152)은 n-GaN층을 포함할 수 있고, 제2전도성 반도체층(158)은 p-GaN층을 포함할

수 있다. 또한, 무도핑 반도체층(159)은 un-GaN층을 포함할 수 있다.

[0094] 이와 같이, 전송부(103)는 광 도파로(401) 기반의 다양한 기능성 수동소자로 구성될 수 있다. 질화물 반도체 기반 소자와 관계된 자외선 및 가시광 파장의 빛은 물질흡수 및 광 도파로 표면의 거칠기에 따른 산란손실이 광통신 대역인 근적외선 파장의 빛에 비해 크다.

[0095] 따라서, 전송부(103)의 구조는 흡수가 적은 무도핑 반도체층(159, 일례로 un-GaN층)을 코어층으로 사용하되, 광 도파로(401) 구조를 도 7에서 도시하는 바와 같은 립 형(Rib-type)으로 구성되는 것이 유리하다. 이는, 도파 모드의 제어가 유리하고 전송 손실을 최소화할 수 있기 때문이다.

[0096] 이러한 반도체 구조(150b)는 광 도파로(401)의 형성을 위하여 식각되어 도 7에서 도시하는 구조를 이룰 수 있다. 즉, 제2전도성 반도체층(158)과 무도핑 반도체층(159)의 적어도 일부가 식각되어 광 도파로(401)를 형성할 수 있다.

[0097] 또한, 이러한 식각된 부분, 즉, 제2전도성 반도체층(158)과 무도핑 반도체층(159)의 적어도 일부의 양 측면에는 공기 또는 유전체를 포함하는 클래드층(160)이 위치할 수 있다.

[0098] 이상의 반도체 구조(150d)는, 발광부(101)를 이루는 반도체 구조(150, 150a) 및/또는 수광부(102)를 이루는 반도체 구조(150b, 150c)와 동일한 반도체층으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 동일한 도면 부호를 가지는 반도체층은 동일한 순서와 동일한 물질로 형성되는 반도체층일 수 있다.

[0099] 도 8은 전송부를 이루는 광 도파로의 다른 예를 나타내고 있다.

[0100] 도 8에서 도시하는 예에서는, 광 도파로(401)의 형성을 위하여, 제1전도성 반도체층(152)의 일부, 무도핑 반도체층(159) 및 제2전도성 반도체층(158)의 양면이 식각되어, 도시하는 바와 같은 반도체 구조(150e)를 이루고 있다.

[0101] 이러한 광 도파로(401) 영역의 형성을 위하여 드러난 반도체층의 양 측면에는 공기 또는 유전체를 포함하는 클래드층(160)이 위치할 수 있다.

[0102] 그 외에 설명되지 않은 부분은 도 7의 예를 들어 설명한 부분과 동일한 사항이 적용될 수 있다.

[0103] 한편, 위에서 도 5 및 도 6을 참조하여 설명한 광 도파로 기반의 PD(300)의 구조는 크게 세 가지로 구성할 수 있다.

[0104] 그 중 하나는, 도 5에서 도시하는 바와 같이, 전송부(103)의 반도체 구조(150d, 150e)와 동일한 구조를 가지는 경우이다.

[0105] 이는 선택 영역 성장법을 통한 재성장의 회수를 1회로 제한시킬 수 있고, 전송부(103)의 광 도파로(401)와의 결합손실을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

[0106] 그러나, 전송부(103)의 광 도파로(401)로 사용되어야 하는 u-GaN층(159)의 흡수율이 작을 수 있기 때문에 PD(300)의 성능이 다소 저하될 가능성이 있다.

[0107] 두 번째는, PD(300)의 반도체 구조가 발광부(101)를 이루는 LD 또는 LED의 반도체 구조(150, 150a)와 동일한 구조를 가지는 경우이다(도시되지 않음).

[0108] 이 역시, 선택 영역 성장법을 통한 재성장의 회수를 감소시킬 수 있어, 제조 공정이 비교적 간단하다는 장점이 있으나, LD 또는 LED와 동일한 활성층(155) 구조를 가지기 때문에 PD(300)의 성능이 저하될 수도 있다.

[0109] 마지막으로는, 도 6에서 도시하는 바와 같이, 무도핑 반도체층(159) 내부에 InGaN과 같은 물질로 이루어지는 흡수층(활성층, 155)을 포함하는 독립적인 반도체 구조(150c)로 구성되는 것이다.

[0110] 이는 PD(300)의 성능과 파장 선택성을 향상시킬 수 있는 장점이 있으나, 선택 영역 성장법을 통한 재성장의 회수가 많아질 수 있다.

[0111] 따라서, 설계 상황에 적합하도록 PD(300)의 반도체 구조를 선택하여 구성할 수 있다.

[0112] 위에서 언급한 바와 같이, 본 발명에 의한 질화물 반도체 기반의 일체형 광 집적회로는 크게 LD 또는 LED로 구성되는 발광부(101), PD로 구성되는 수광부(102) 및 광 도파로 기반의 기능성 수동소자로 구성되는 전송부(103)를 포함하여 구성된다.

[0113] 또한, 이러한 발광부(101), 수광부(102) 및 전송부(103) 중 적어도 일부분에서 동일한 질화물 반도체 기반의 기판(140)과 적어도 일부에서 동일한 반도체 공정을 통해 구현되도록 할 수 있다.

[0114] 이를 위해서는 발광부(101), 수광부(102) 및 전송부(103)가 모두 동일한 반도체 구조를 가지는 것이 가장 간단한 구현 방법이다.

[0115] 그러나, 발광부(101) 및 수광부(102)의 활성층 영역에서의 광 흡수가 크기 때문에 이를 광 도파로로 활용하게 되면 큰 전송손실을 유발할 수 있다.

[0116] 따라서, 두 가지 또는 세 가지의 다른 반도체 구조를 이용할 수 있으며, 여기에 추가의 포토 리소그래피 및 식각 공정과 선택 영역 성장법을 이용하여 동일한 기판(140) 상에 발광부(101), 수광부(102) 및 전송부(103)를 구현할 수 있다.

[0117] 도 9 내지 도 15에서는 이와 같은 선택 영역 성장 및 재성장법을 통한 질화물 반도체 기반의 일체형 광 집적회로의 반도체 구조를 형성하는 제조 방법의 예들을 나타내고 있다.

[0118] 이 중에서, 도 9 내지 도 11에서는 발광부(101)와 수광부(102)가 동일한 반도체 구조를 가지는 예를 나타내고 있다.

[0119] 도 9에서 도시하는 바와 같이, 기판(140) 상에 버퍼층(151), 제1전도성 반도체층(152, 153, 154), 활성층(155) 및 제2전도성 반도체층(156, 157, 158)을 포함하는 반도체 구조(150, 제1반도체 구조)를 형성한다.

[0120] 이와 같은 반도체 구조(150)는 유기금속 화학 기상 증착법(MOCVD, metal-organic chemical vapor deposition)을 이용하여 형성될 수 있다.

[0121] 여기서, 제1전도성 반도체층(152, 153, 154)은 제1 n-GaN층(152), n-AlGaN층(153) 및 제2 n-GaN층(154)을 포함할 수 있다. 또한, 제2전도성 반도체층(156, 157, 158)은 제1 p-GaN층(156), p-AlGaN층(157) 및 제2 p-GaN층(158)을 포함할 수 있다. 이하, 반도체 구조(150)가 이와 같은 적층구조를 가지는 예를 들어 설명한다.

[0122] 언급한 바와 같이, 이러한 반도체 구조(150)는 발광부(101)와 수광부(102)가 동일하게 가지는 반도체 구조일 수 있다.

[0123] 즉, 도 3을 참조하여 설명한 LD(201)의 예와 동일한 반도체 구조를 가진다. 그러나 도 5 및 도 6을 참조하여 설명한 PD(300)의 예와는 다른 반도체 구조일 수 있다. 이와 같이, 수광부(102)도 도 9에서 도시한 바와 같은 반도체 구조(150)를 가지는 경우이다.

[0124] 다음에, 반도체 구조(150) 상에서 전송부(103)를 형성할 영역(B)을 제외한 영역(A)에 마스크층(170)을 형성한다. 이러한 영역 A의 적어도 일부에는 발광부(101) 및 수광부(102)가 위치할 수 있다.

[0125] 이러한 마스크층(170)은 화학 기상 증착법(CVD, chemical vapor deposition) 등을 통해 형성된 실리콘 질화물(Si_xN_y) 또는 실리콘 산화물(SiO_2)을 포함할 수 있다.

[0126] 이후, 이러한 마스크층(170)을 마스크로 이용하여, 도 10에서 도시하는 바와 같이, 전송부(103)를 형성할 영역(B)을 식각하여 개구 영역(171)을 형성함으로써 중간 단계의 반도체 구조(150f, 제2반도체 구조)를 형성한다. 이때, 식각은 건식 식각의 방법으로 이루어질 수 있다. 또한, 식각 과정에서 활성층(155)을 포함하는 반도체층이 제거될 수 있다.

[0127] 즉, 중간 단계의 반도체 구조(150f)는, 기판(140) 상에, 버퍼층(151), 제1 n-GaN층(152) 및 n-AlGaN층(153)의 일부가 차례로 위치하는 구조를 가진다.

[0128] 다음, 이 반도체 구조(150f) 상에, 즉, n-AlGaN층(153) 상에 무도핑 반도체층(일례로, un-GaN; 159)을 형성하여 전송부(103)의 광 도파로(401)를 이루는 반도체 구조(150g, 제3반도체 구조)를 형성할 수 있다.

[0129] 이후에 이루어지는 전극 형성 등의 공정은 설명을 생략한다.

[0130] 한편, 제1반도체 구조(150) 및 제3반도체 구조(150g) 중 적어도 일부 상에 고분자 물질 기판의 유전체 덮개를 형성하는 과정이 이루어질 수 있다.

[0131] 도 12 내지 도 15에서는 수광부(102)와 전송부(103)가 동일한 반도체 구조를 가지는 예를 나타내고 있다.

[0132] 도 12에서 도시하는 바와 같이, 기판(140) 상에 버퍼층(151), 제1전도성 반도체층(152, 153, 154), 활성층

(155) 및 제2전도성 반도체층(156)을 포함하는 반도체 구조(150h, 제1반도체 구조)를 형성한다. 이와 같은 반도체 구조(150h)는 유기금속 화학 기상 증착법(MOCVD, metal-organic chemical vapor deposition)을 이용하여 형성될 수 있다.

[0133] 여기서, 제1전도성 반도체층(152, 153, 154)은 제1 n-GaN층(152), n-AlGaN층(153) 및 제2 n-GaN층(154)을 포함할 수 있다. 또한, 제2전도성 반도체층(156)은 제1 p-GaN층(156)을 포함할 수 있다. 이하, 반도체 구조(150h)가 이와 같은 적층구조를 가지는 예를 들어 설명한다.

[0134] 다음에, 반도체 구조(150h) 상에서 전송부(103)를 형성할 영역(D)을 제외한 영역(C)에 마스크층(173)을 형성한다. 이러한 영역 C의 적어도 일부에는 발광부(101) 및 수광부(102)가 위치할 수 있다.

[0135] 이러한 마스크층(173)은 화학 기상 증착법(CVD, chemical vapor deposition) 등을 통해 형성된 실리콘 질화물(Si_xN_y) 또는 실리콘 산화물(SiO_2)을 포함할 수 있다.

[0136] 이후, 이러한 마스크층(173)을 마스크로 이용하여, 도 13에서 도시하는 바와 같이, 전송부(103)를 형성할 영역(D)을 식각하여 개구 영역(172)을 형성함으로써 중간 단계의 반도체 구조(150f, 제2반도체 구조)를 형성한다. 이때, 식각은 건식 식각의 방법으로 이루어질 수 있다. 또한, 식각 과정에서 활성층(155)을 포함하는 반도체층이 제거될 수 있다.

[0137] 즉, 중간 단계의 반도체 구조(150f)는, 기판(140) 상에, 버퍼층(151), 제1 n-GaN층(152) 및 n-AlGaN층(153)의 일부가 차례로 위치하는 구조를 가진다.

[0138] 다음, 도 14에서와 같이, 이 반도체 구조(150f) 상에, 즉, n-AlGaN층(153) 상에 무도핑 반도체층(일례로, un-GaN; 159)을 형성하여 전송부(103)의 광 도파로(400)를 이루는 반도체 구조(150g, 제3반도체 구조)를 형성할 수 있다.

[0139] 이후에, 영역 C 및 영역 D 중 일부를 포함하는 영역에서 제2전도성 반도체층의 일부를 2차 성장시킨다. 이러한 제2반도체층은 일례로, p-AlGaN층(157) 및 제2 p-GaN층(158)을 포함할 수 있다.

[0140] 도 15에서 도시하는 바와 같이, 영역 C에서 2차 성장된 상태로 발광부(101)가 이루어질 수 있다. 또한, 영역 D 중 수광부(102)를 구성하기 위한 부분에서만 선택적으로 2차 성장이 이루어져서 이 영역에서 형성된 반도체 구조(150k)는 수광부(102)로 이용될 수 있다.

[0141] 이러한 과정에서, 전송부(103) 및 수광부(102)는 적어도 일부에서 공통적인 반도체 구조(150g)를 가질 수 있다.

[0142] 이후 이루어지는 전극 형성 등의 공정은 설명을 생략한다.

[0143] 한편, 제1반도체 구조(150) 및 제3반도체 구조(150g) 중 적어도 일부 상에 고분자 물질 기판의 유전체 덮개를 형성하는 과정이 이루어질 수 있다.

[0144] 이상에서 설명한 반도체 구조를 가지는 발광부(101), 수광부(102) 및 전송부(103)는 도 1 및 도 2를 참조하여 설명한 광 집적회로에 그대로 적용될 수 있음은 물론이다.

[0145] 이와 같은 질화물 반도체 물질 기반의 반도체 구조를 가지는 광 집적회로는 자외선 및 가시광선 파장 영역의 빛을 사용하는 LD, LED 및 PD와 같은 능동소자와 광 도파로 기반의 기능성 수동소자를 최적의 공정으로 형성할 수 있다.

[0146] 또한, 개별 소자들에 대한 별도의 광 정렬 없이 일체의 공정을 통해 구현할 수 있기 때문에 공정 난이도 및 결합손실을 최소화할 수 있다.

[0147] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

[0148] 100: 광 센서 101: 발광부

102: 수광부 103: 전송부

110: 링 공진기 120: 개구부

130: 유전체 덮개 140: 기판

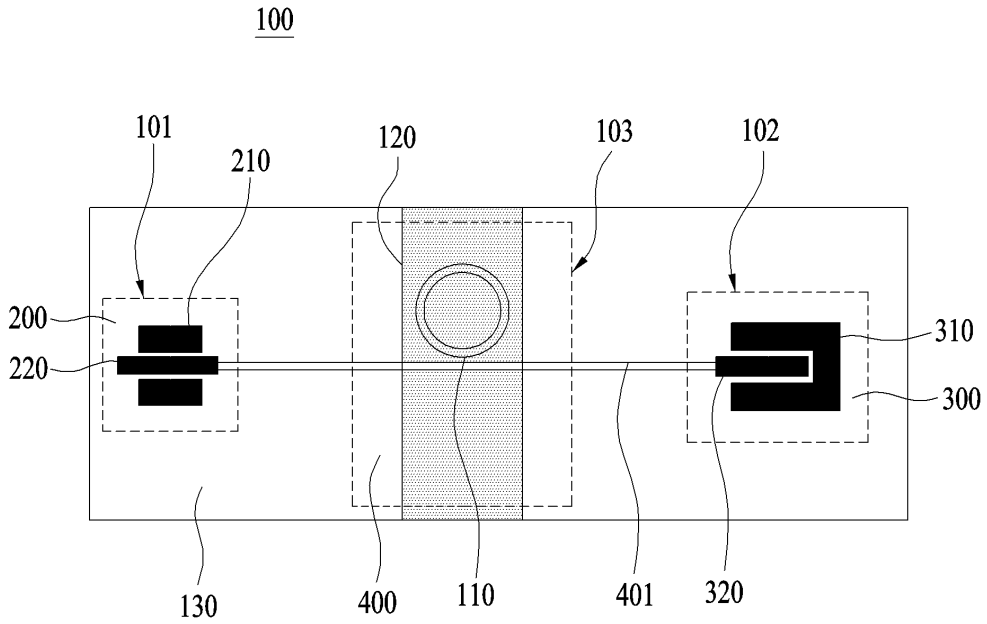
150: 반도체 구조 200, 201: LD(LED)

300: PD 400: 센서부

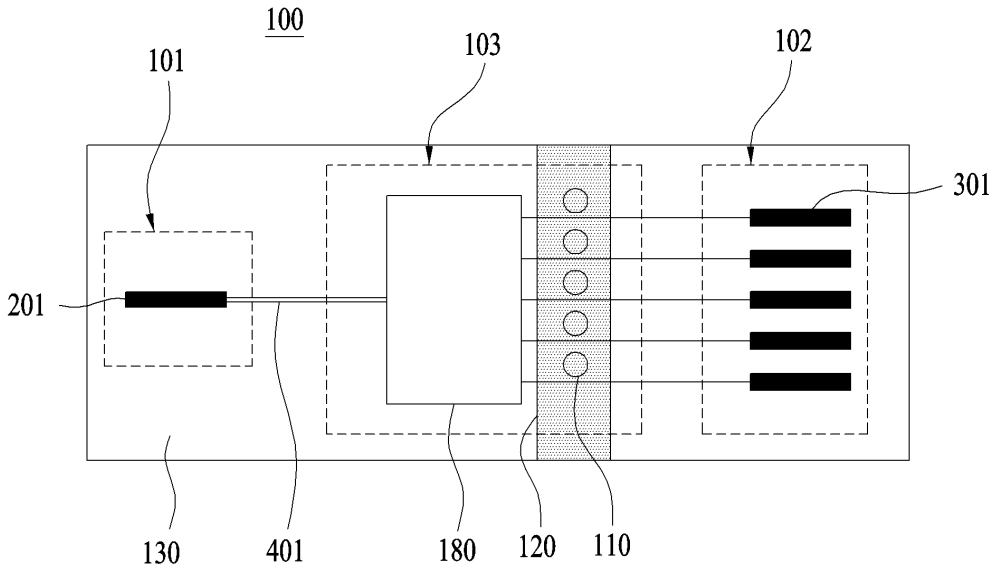
401: 광 도파로

도면

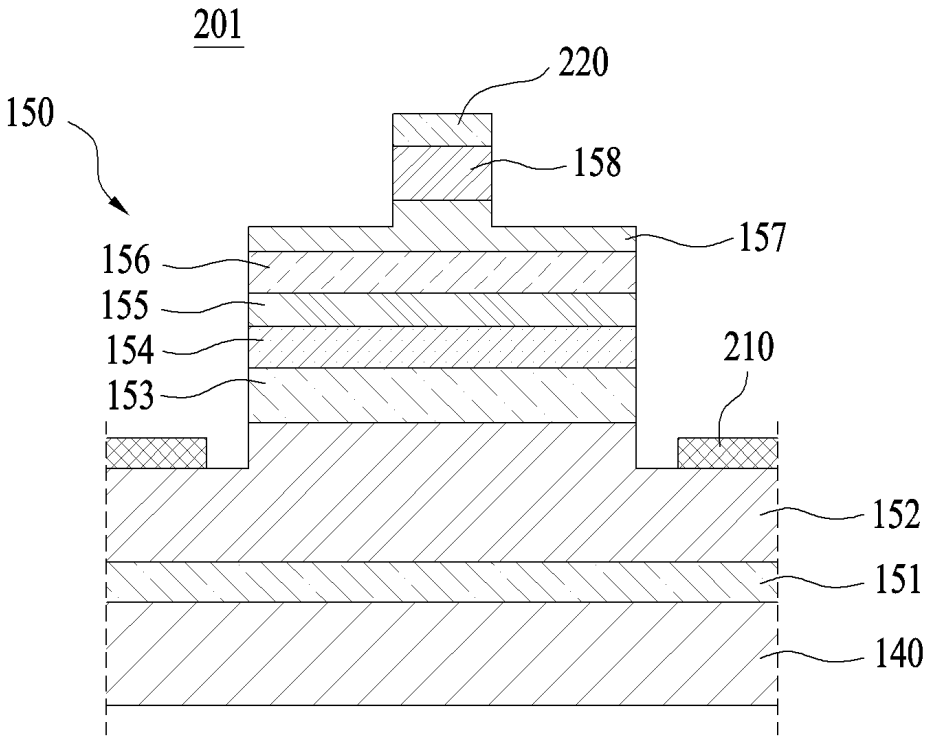
도면1



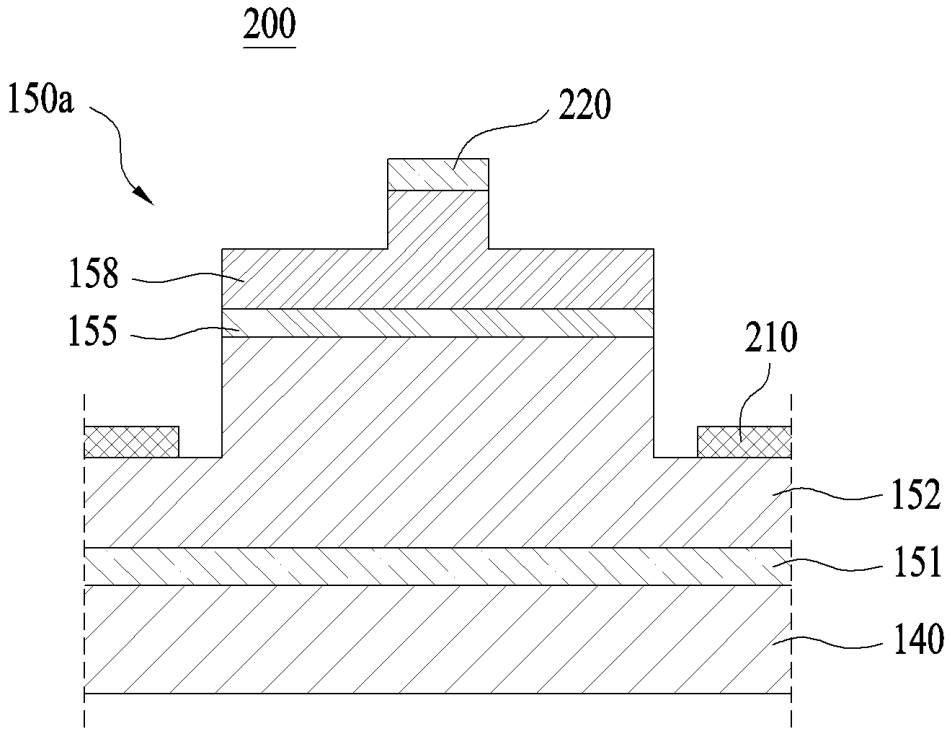
도면2


100
101
103
102
301
201
130
401
180
120
110

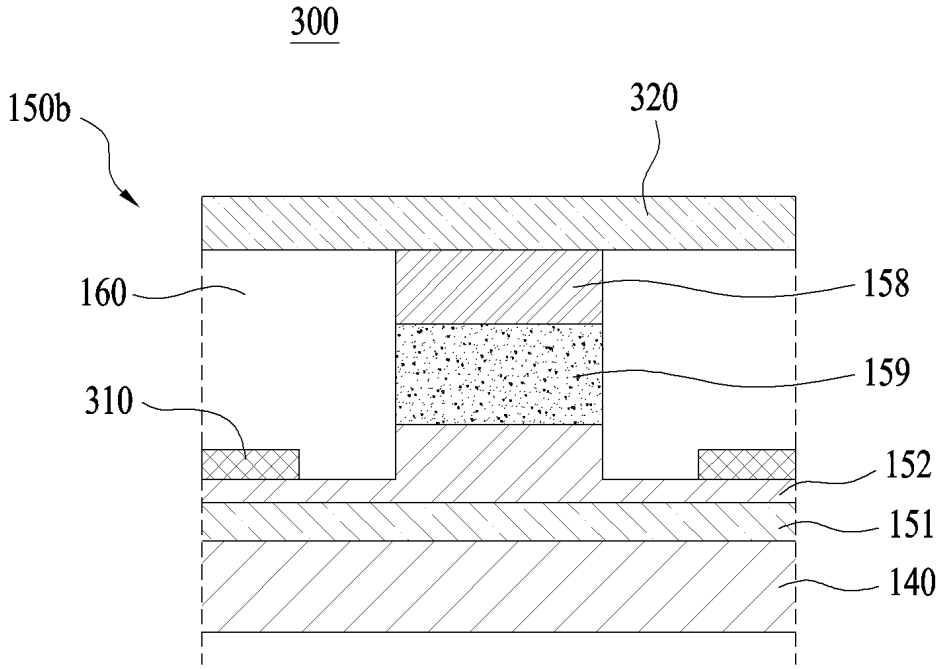
도면3


201
220
150
158
157
156
155
154
153
210
152
151
140

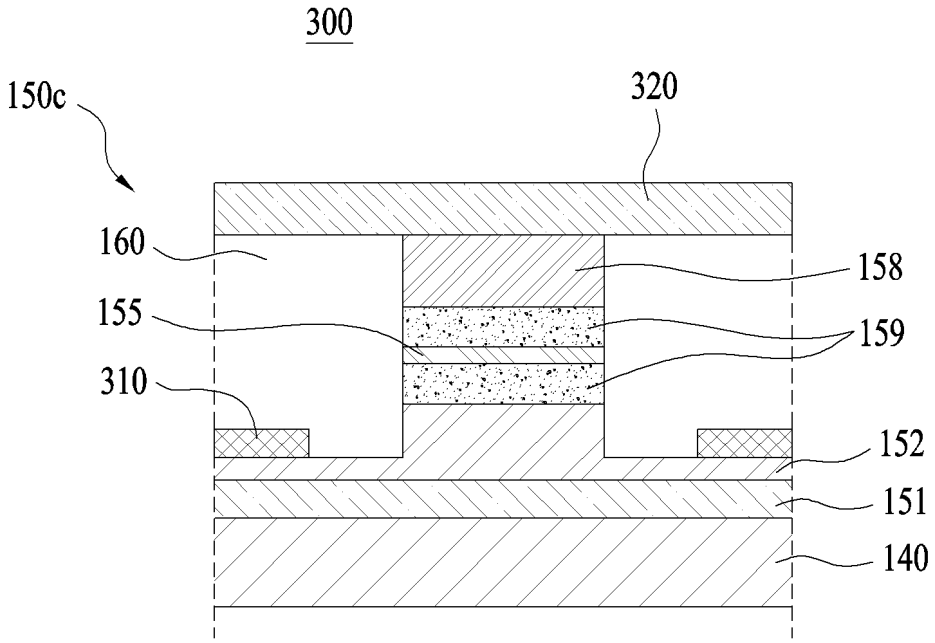
도면4


200
150a
220
158
155
210
152
151
140

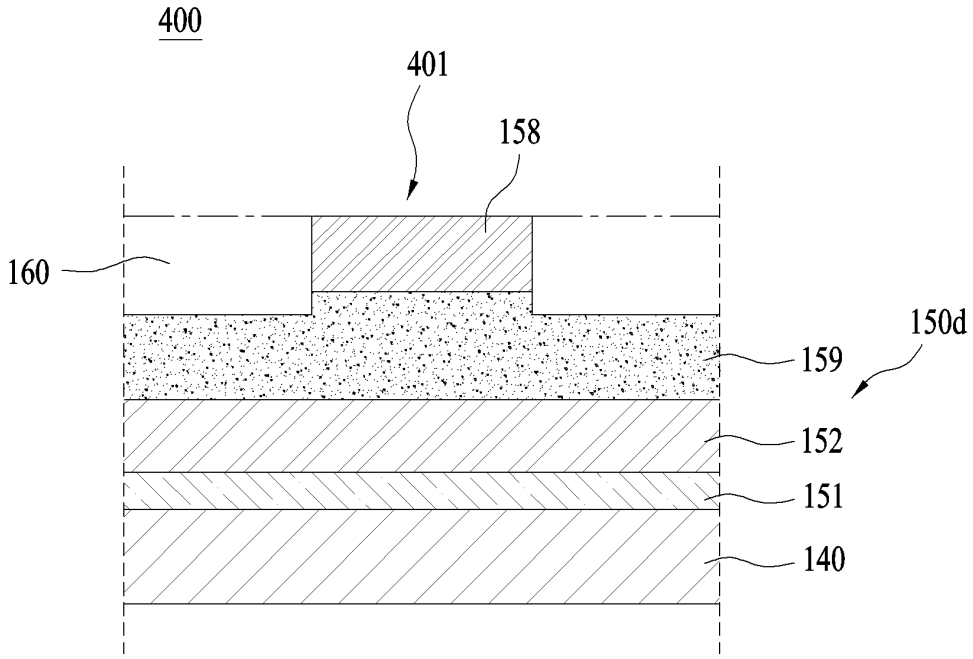
도면5


300
150b
320
160
158
159
310
152
151
140

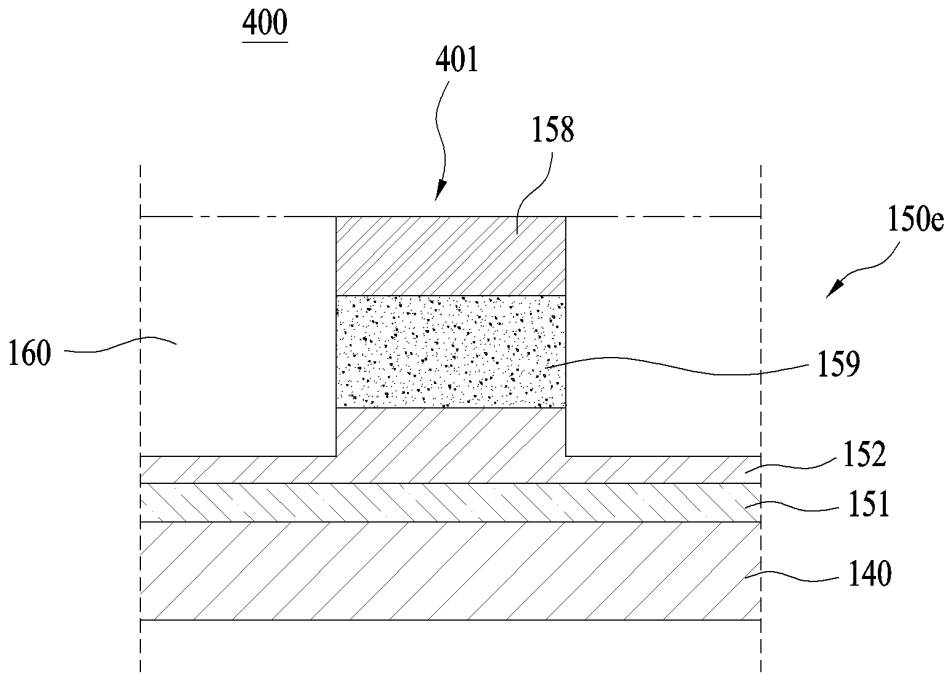
도면6


300
150c
320
160
158
155
159
310
152
151
140

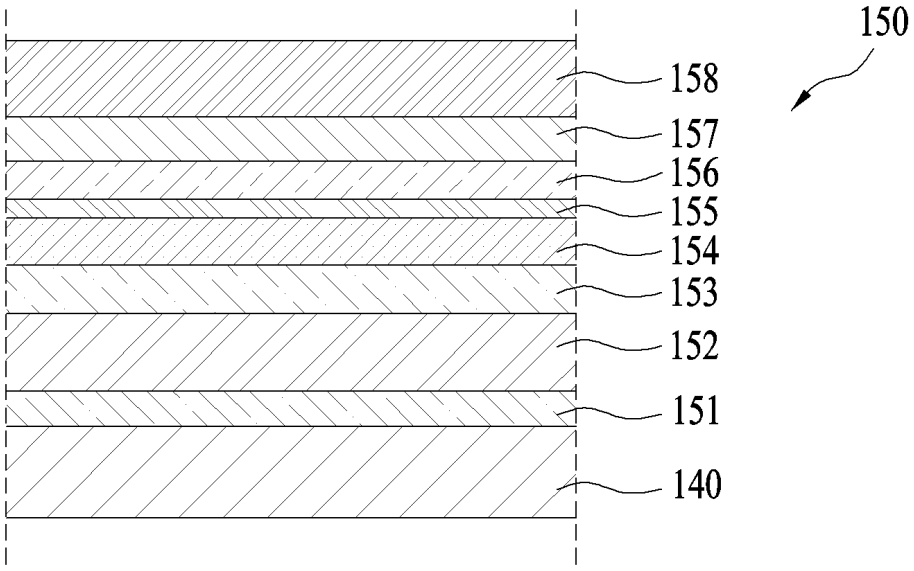
도면7


400
401
158
160
150d
159
152
151
140

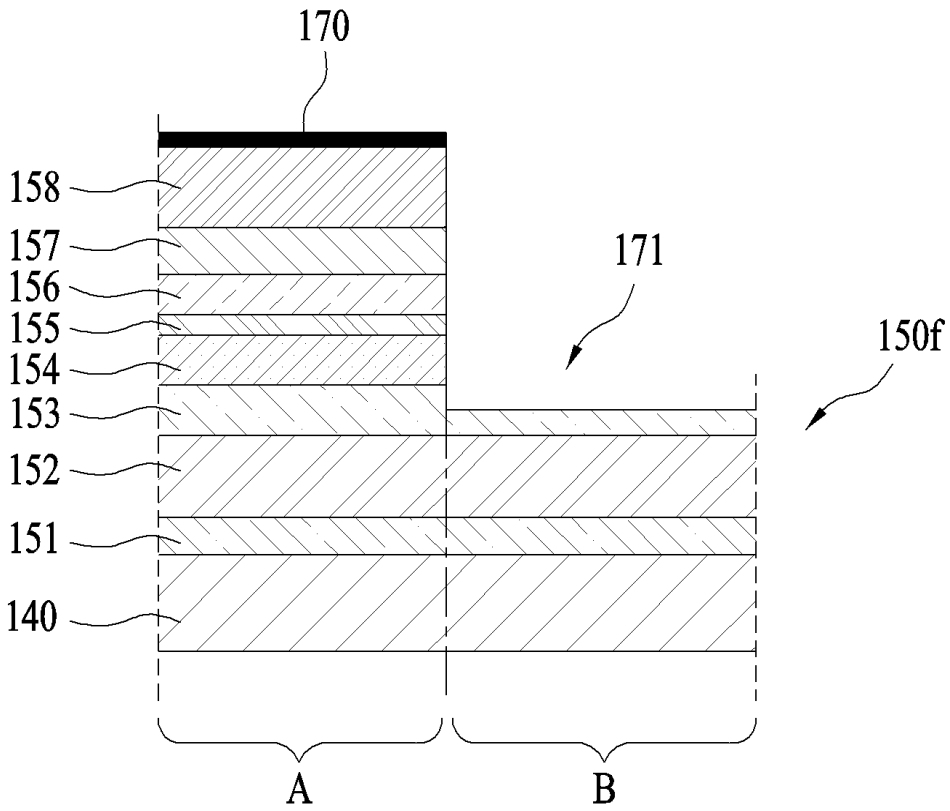
도면8


400
401
158
150e
160
159
152
151
140

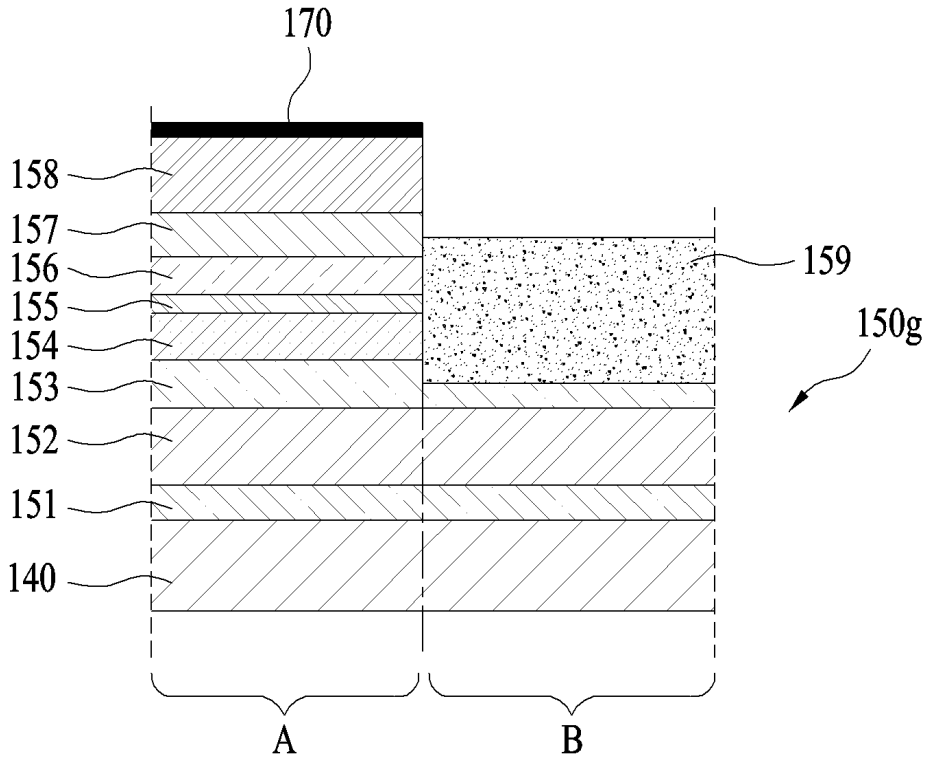
도면9


150
158
157
156
155
154
153
152
151
140

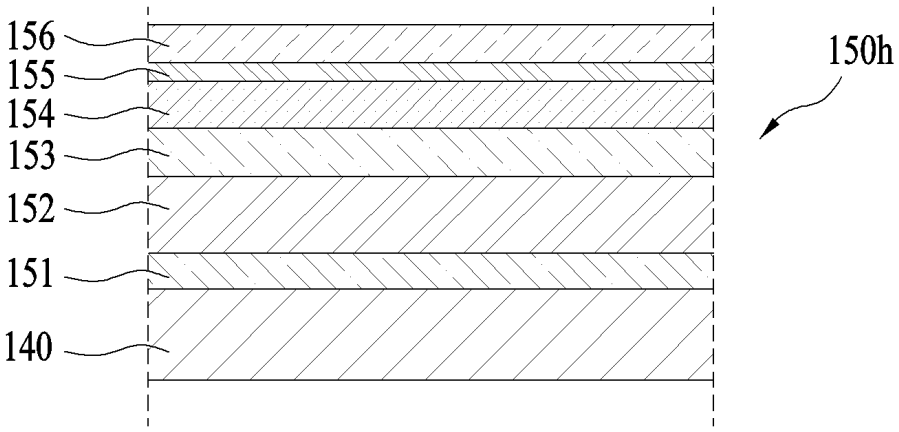
도면10



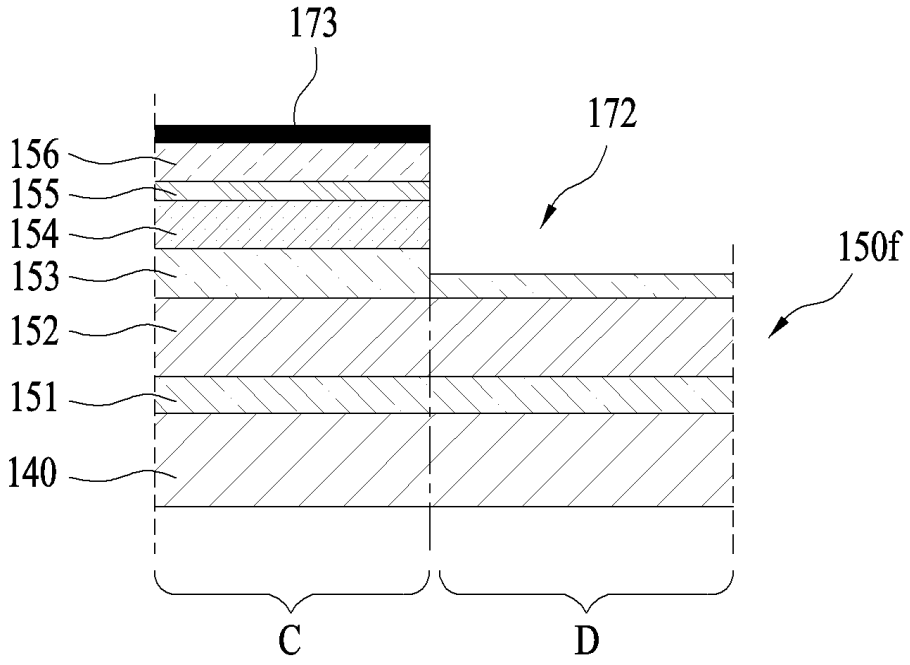
도면11


170
158
157
156
155
154
153
152
151
140
159
150g
A
B

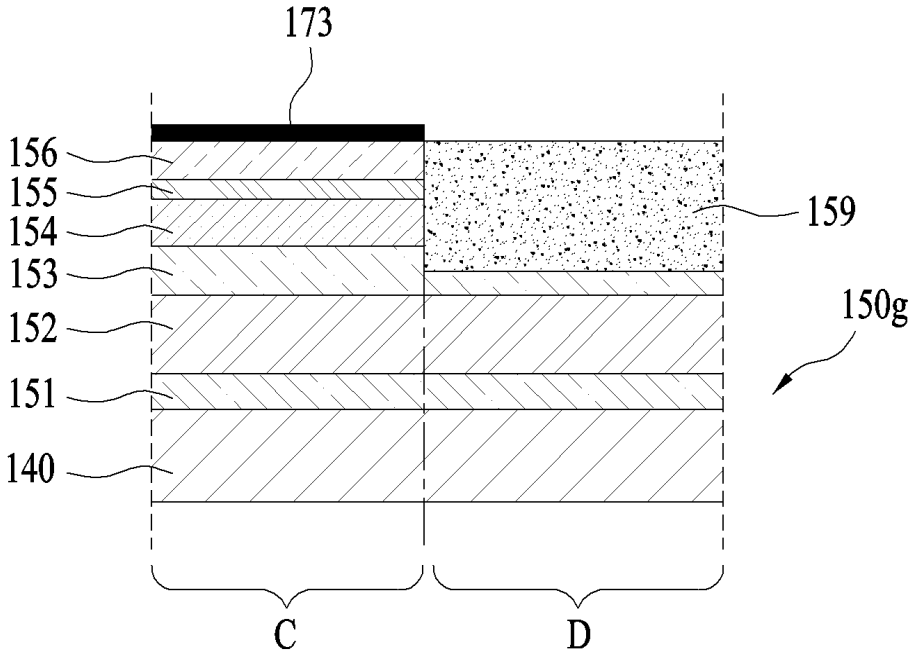
도면12


156
155
154
153
152
151
140
150h

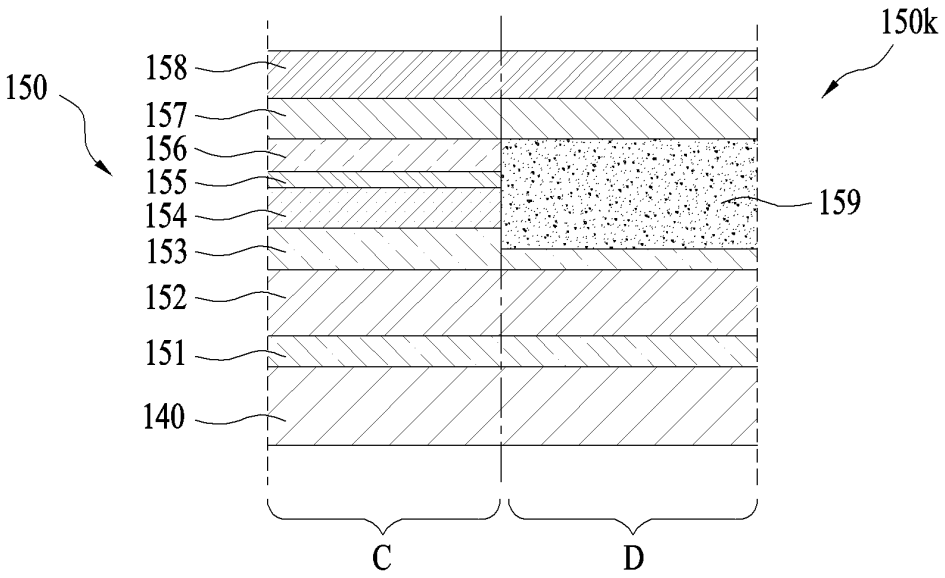
도면13



도면14


173
156
155
154
153
152
151
140
159
150g
C
D

도면15


150
158
157
156
155
154
153
152
151
140
150k
159
C
D