



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0076221
(43) 공개일자 2019년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 27/15 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)

H01L 33/58 (2010.01) H01L 33/62 (2010.01)

(52) CPC특허분류

H01L 27/156 (2013.01)

H01L 33/0075 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0177835

(22) 출원일자 2017년12월22일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

엘지디스플레이 주식회사

서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)

(72) 발명자

김정한

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

임종주

경기도 파주시 월롱면 엘지로 245

(74) 대리인

특허법인(유한) 대아

전체 청구항 수 : 총 12 항

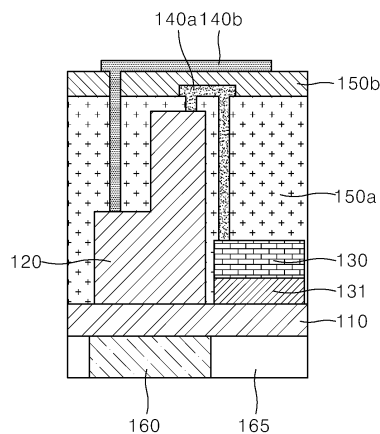
(54) 발명의 명칭 마이크로 LED 표시 패널 및 그 제조 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널은 발광 영역 및 구동 영역을 포함하는 기판; 상기 기판 상부의 발광 영역에 배치되는 마이크로 LED; 상기 기판 상부의 구동 영역에 배치되며, 상기 마이크로 LED를 구동하는 트랜지스터 소자; 상기 마이크로 LED와 상기 트랜지스터를 전기적으로 연결하는 제1 연결 배선; 및 상기 기판 하부의 발광 영역에 배치되는 색조정층을 포함한다. 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널은 사파이어 기판과 같은 성장 기판 상에 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자를 동일 평면 상에 함께 형성할 수 있어, 마이크로 LED의 전사 공정을 요하지 않으며, 또한 마이크로 LED 제작 시에 폴리 실리콘의 제작이 가능하여 공정을 단순화할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(52) CPC특허분류

H01L 33/58 (2013.01)

H01L 33/62 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

발광 영역 및 구동 영역을 포함하는 기판;
상기 기판 상부의 발광 영역에 배치되는 마이크로 LED;
상기 기판 상부의 구동 영역에 배치되며, 상기 마이크로 LED를 구동하는 트랜지스터 소자;
상기 트랜지스터 소자와 상기 마이크로 LED를 전기적으로 연결하는 제1 연결 배선; 및
상기 기판 하부의 발광 영역에 배치되는 색조정층을 포함하는, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 기판은 사파이어 기판이고,
상기 마이크로 LED는 질화물계 마이크로 LED이며,
상기 트랜지스터 소자는 폴리실리콘 박막트랜지스터 소자인, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 제1 연결 배선은 상기 마이크로 LED의 p형 반도체층과 상기 트랜지스터 소자의 드레인 전극을 전기적으로 연결하는 배선인, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 마이크로 LED 표시 패널은 상기 마이크로 LED의 n형 반도체층과 기저 전압 배선(VSS)을 연결하기 위한 제2 연결 배선을 추가로 포함하는, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 트랜지스터 소자 및 상기 마이크로 LED 상에 배치되는 보호막을 추가로 포함하고,
상기 제1 연결 배선은 상기 보호막을 관통하는 콘택홀을 통해 배치되는, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 색조정층은 색변환 필름 및 컬러필터 중 하나 이상을 포함하는, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기판 하부의 발광 영역을 제외한 영역에 배치되는 बैं크층을 추가로 포함하는, 마이크로 LED 표시 패널.

청구항 8

발광 영역 및 구동 영역을 포함하는 기판 상부의 상기 구동 영역에 비정질 실리콘층 및 보호층을 배치하는 단계;

상기 비정질 실리콘층 및 보호층이 배치된 기판 상에 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층을 배치하고, 비정질 실리콘층을 폴리 실리콘층으로 변환하는 단계;

상기 발광 영역을 제외한 나머지 영역의 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층을 제거하여 마이크로 LED를 제조하는 단계;

상기 보호층을 제거한 후, 상기 폴리 실리콘층 상에 트랜지스터 소자를 제조하는 단계; 및

상기 기판 하부의 발광 영역에 색조정층을 배치하는 단계를 포함하는, 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 트랜지스터 소자를 제조한 이후에,

상기 마이크로 LED의 p형 반도체층과 상기 트랜지스터 소자의 드레인 전극을 전기적으로 연결하는 제1 연결 배선을 형성하는 단계; 및

상기 마이크로 LED의 n형 반도체층을 기저 전압 배선(VSS)과 전기적으로 연결하기 위한 제2 연결 배선을 형성하는 단계를 추가로 포함하는, 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 트랜지스터 소자 및 상기 LED가 배치된 기판 상에 보호막을 배치하는 단계를 추가로 포함하고,

상기 제1 연결 배선 및 상기 제2 연결 배선은 상기 보호막을 관통하는 콘택홀을 통하여 형성되는, 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 기판은 사파이어 기판이고,

상기 마이크로 LED는 질화물계 마이크로 LED인, 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층은 MOCVD 공정으로 형성되고, 상기 비정질 실리콘층은 상기 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층 형성 과정에서 열에 의해 폴리실리콘으로 변환되는, 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 표시 패널에 관한 것으로, 보다 상세하게는 마이크로 LED 표시 패널에 관한 것이다.

[0002] 또한, 본 발명은 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 최근 가장 널리 개발되고 있는 디스플레이 장치로는 액정 디스플레이(Liquid Crystal Display; LCD), 유기발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode; OLED) 디스플레이, 및 퀀텀닷 발광 다이오드 (Quantum dot Light Emitting Diode; QLED) 디스플레이 등이 있다.

[0005] 이 중에서 액정 디스플레이 장치의 경우, 디스플레이 패널에 자체 발광 수단이 존재하지 않는다. 이에 따라, 액정 디스플레이 장치의 경우 디스플레이 패널에 광을 공급하는 별도의 백라이트를 구비하여야 하고, 광원으로는 주로 질화물계 발광다이오드(Light Emitting Diode; LED)가 이용되고 있다.

[0006] 반면, OLED 및 QLED 디스플레이 장치의 경우, 스스로 발광하는 OLED 및 QLED를 구비하여 별도의 백라이트가 필요하지 않으며, 응답속도가 빠르고 발광효율, 휘도 및 시야각이 큰 장점이 있다. 그러나, QLED 및 OLED는 수분, 공기 등의 침투를 방지하기 위한 봉지(encapsulation) 기술이 요구된다.

[0007] 한편, 마이크로 LED는 일반적으로 한 변의 사이즈가 100 μ m 이하인 LED를 의미한다. 이는 일반 LED에 비하여 약 1/10 정도나 그 이하의 크기에 해당한다. 이러한 마이크로 LED는 일반 LED 대비 에너지 효율이 약 20% 이상 높은 것으로 알려져 있고, 작은 사이즈에 기인하여 발열량도 작으며, 전력 소모량도 작은 장점도 갖는다. 이러한 장점들로 인해, 마이크로 LED를 표시 장치에 적용하고자 하는 많은 연구가 이루어지고 있다.

[0008] 그러나, 마이크로 LED는 아직 디스플레이에 적용되고 있지 못한데, 이는 마이크로 LED가 형성된 칩(Chip)을 표시 패널의 각 화소(pixel)에 전사(transfer)하는 기술이 부족하기 때문이다.

[0009] 마이크로 LED가 형성된 칩을 표시 패널의 각 화소에 전사하는 공정에 있어서, 정확도는 표시 패널의 불량 발생률과 밀접한 관련이 있다. 그리고, 전사 공정의 속도는 생산 비용 절감과 관련 있다. 따라서, 마이크로 LED가 형성된 칩을 표시 패널의 각 화소에 정확하게 전사 하면서, 생산 비용 단축을 위한 전사 공정 속도 향상을 위한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

[0010] 또한, 마이크로 LED가 형성된 칩을 표시 패널에 전사하지 않고 표시 패널의 화소(Pixel)를 구성하는 방법에 대한 연구가 이루어 지고 있다. 마이크로 LED를 구성하고, 마이크로 LED를 구동하기 위해 마이크로 LED 상부에 트랜지스터 소자를 형성할 수 있다. 이때 트랜지스터 소자와 마이크로 LED를 연결하기 위해서는 높은 중형비를 갖는 콘택홀을 형성하여야 하므로 높은 공정 정밀도를 요구하고, 아울러 적층형 구조이므로 전체 표시 장치 두께가 증가하게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 동일 평면 상에 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자가 배치된 마이크로 LED 표시 패널을 제공하는 것을 과제로 한다.

[0013] 또한, 본 발명은 마이크로 LED가 형성된 칩의 전사 공정없이 마이크로 LED 표시 패널을 제조하는 방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 LED 표시 패널은 기판, 마이크로 LED, 트랜지스터 소자, 제1 연결 배선 및 색조정층을 포함한다.
- [0016] 기판은 발광 영역 및 구동 영역을 포함한다. 마이크로 LED는 기판 상부의 발광 영역에 배치된다. 트랜지스터 소자는 기판 상부의 구동 영역에 배치되며, 마이크로 LED를 구동한다. 제1 연결 배선은 트랜지스터 소자가 마이크로 LED를 구동할 수 있도록, 트랜지스터 소자와 마이크로 LED를 전기적으로 연결한다. 색조정층은 기판 하부의 발광 영역에 배치된다.
- [0017] 상기 구성에 의하면 기판 상에 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자가 동일 평면 상에 배치되어 있다. 이를 통하여, 마이크로 LED 표시 패널의 두께를 얇게 할 수 있으며, 또한 적층형 구조에 비하여 상대적으로 낮은 종횡비의 컨택홀이 형성되는 바 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자의 연결이 용이하다.
- [0018] 이때, 상기 기판은 사파이어 기판이고, 상기 마이크로 LED는 질화물계 마이크로 LED이며, 상기 트랜지스터 소자는 폴리실리콘 박막트랜지스터 소자일 수 있다. 질화물계 마이크로 LED는 사파이어 성장 기판 상에 대략 900~1300℃ 정도의 MOCVD 공정으로 형성될 수 있고, 상기 온도는 비정질 실리콘을 폴리 실리콘으로 변환하기에 충분히 높은 온도이다. 이에 따라, 별도의 레이저 공정 없이 폴리 실리콘 제작이 가능하며, 이를 기반으로 하여 사파이어 기판 상에 폴리실리콘 박막트랜지스터 제작이 가능하다.
- [0019] 구체적으로, 상기 제1 연결 배선은 마이크로 LED의 p형 반도체층과 트랜지스터 소자의 드레인 전극을 전기적으로 연결하는 배선일 수 있다. 또한, 상기 마이크로 LED의 n형 반도체층과 기저 전압 배선(VSS)을 연결하기 위한 제2 연결 배선이 추가로 포함될 수 있다. 상기 기저 전압 배선(VSS)은 상기 기판 상에 배치될 수 있다. 다른 예로, 상기 기저 전압은 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널이 장착되는 유리 기판 등의 표시 장치용 기판에 배치될 수 있다.
- [0020] 또한, 상기 트랜지스터 소자 및 상기 마이크로 LED 상에 배치되는 보호막을 추가로 포함할 수 있다. 이때, 제1 연결 배선은 보호막을 관통하는 컨택홀을 통해 배치될 수 있다. 이를 통해 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자 연결을 위한 와이어 본딩 공정을 생략할 수 있다. 한편, 제2 연결 배선 역시 보호막을 관통하는 컨택홀을 통해 배치될 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 색조정층은 양자점 및 형광체 중 하나 이상을 포함하는 색변환 필름 및/또는 컬러필터를 포함할 수 있다. 이러한 색조정층을 통하여 RGB 풀 컬러를 구현할 수 있다.
- [0022] 또한, 상기 기판 하부의 발광 영역을 제외한 영역에 배치되는 뱅크층을 추가로 포함할 수 있다. 발광 영역 이외의 영역에 뱅크층을 형성함으로써 빛샘 방지 효과를 얻을 수 있다.
- [0024] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법은 발광 영역 및 구동 영역을 포함하는 기판 상부의 상기 구동 영역에 비정질 실리콘층 및 보호층을 배치하는 단계; 상기 비정질 실리콘층 및 보호층이 배치된 기판 상에 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층을 배치하고, 비정질 실리콘층을 폴리 실리콘층으로 변환하는 단계; 상기 발광 영역을 제외한 나머지 영역의 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층을 제거하여 마이크로 LED를 제조하는 단계; 상기 보호층을 제거한 후, 상기 폴리 실리콘층 상에 트랜지스터 소자를 제조하는 단계; 및 상기 기판 하부의 발광 영역에 색조정층을 배치하는 단계를 포함한다.
- [0025] 이때, 상기 트랜지스터 소자를 제조한 이후에, 상기 마이크로 LED의 p형 반도체층과 상기 트랜지스터 소자의 드레인 전극을 전기적으로 연결하는 제1 연결 배선을 형성하는 단계 및 상기 마이크로 LED의 n형 반도체층을 기저 전압 배선(VSS)에 전기적으로 연결하기 위한 제2 연결 배선을 형성하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 제1 연결 배선 및 제2 연결 배선은 순차적으로 형성될 수 있고, 동시에 형성될 수도 있다.
- [0026] 이와 같은 과정들을 통하여, 기판 상에 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자를 동일 평면 상에 형성할 수 있으며, 특히 마이크로 LED의 전사 과정없이도 마이크로 LED 표시 패널을 제조할 수 있다.
- [0027] 이때, 상기 기판은 사파이어 기판이고, 상기 마이크로 LED는 질화물계 마이크로 LED일 수 있다. GaN으로 대표되

는 질화물 반도체는 사파이어 성장 기관 상에서 우수한 결정 품질을 가지고 에피 성장될 수 있다.

[0028] 또한, 상기 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층은 MOCVD 공정으로 형성되고, 상기 비정질 실리콘층은 상기 n형 반도체층, 활성층 및 p형 반도체층 형성 과정에서 열에 의해 폴리실리콘으로 변환될 수 있다. 질화물 반도체를 에피 성장시키기 위한 MOCVD 공정은 주로 900~1300℃ 정도의 고온에서 수행되는데, 이 온도는 비정질 실리콘을 결정질 실리콘으로 변환하기 충분한 온도에 해당한다. 이에 따라, 비정질 실리콘층을 배치한 상태에서 고온에서 MOCVD 공정을 수행하게 되면, 비정질 실리콘에 대한 별도의 열처리나 레이저 조사없이도 결정질 실리콘으로 변환될 수 있다.

[0029] 또한, 상기 트랜지스터 소자 및 상기 LED가 배치된 기관 상에 보호막을 배치하는 단계를 추가로 포함할 수 있다. 이때, 상기 제1 연결 배선 및 상기 제2 연결 배선은 상기 보호막을 관통하는 콘택홀을 통하여 형성될 수 있다. 이때, 제1 연결 배선 및 제2 연결 배선은 서로 다른 평면 상에 배치될 수 있고, 동일한 평면 상에 배치될 수 있다.

[0030] 보호막을 활용한 배선 연결을 통하여 별도의 와이어 본딩 공정없이도 마이크로 LED를 트랜지스터 소자 및 기저 전압 배선에 쉽게 전기적으로 연결할 수 있다. 또한, 본 발명은 기관 상에 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자가 동일 평면 상에 배치되므로, 콘택홀의 중첩비가 적층형 구조에 비하여 상대적으로 낮을 수 있다.

발명의 효과

[0032] 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널 제조 방법의 경우, 사파이어 기관과 같은 성장 기관 상에 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자를 동일 평면 상에 형성할 수 있어, 마이크로 LED의 전사를 필요로 하지 않는다.

[0033] 또한, 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널의 경우, 마이크로 LED와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자를 동일 평면 상에 배치됨으로써 패널의 두께를 얇게 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 LED 표시 패널의 단면 구조를 개략적으로 나타낸 것이다.

도 2는 마이크로 LED의 단면 구조 예를 나타낸 것이다.

도 3은 트랜지스터 소자의 단면 구조 예를 나타낸 것이다.

도 4는 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널을 포함한 표시 장치의 개략적인 평면 구조 예를 나타낸 것이다.

도 5는 도 4의 I-I' 단면 구조 예를 나타낸 것이다.

도 6a 내지 도 6g는 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 LED 표시 패널을 제조 하는 방법을 나타낸 것이다.

도 7은 본 발명의 다른 실시예에 따른 마이크로 LED 표시 패널의 단면 구조를 개략적으로 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이하, 도면을 참조하여 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널에 대한 실시예를 설명한다.

[0037] 이하에서 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0038] 또한, 본 발명에서 “~ 상에 있다” 라고 함은 “어떠한 부분이 다른 부분과 접촉한 상태로 바로 위에 있다” 를 의미할 뿐만 아니라 “어떠한 부분이 다른 부분과 비접촉한 상태이거나 제3의 부분이 중간에 더 형성되어 있는 상태로 다른 부분의 위에 있다” 를 의미할 수도 있다.

- [0040] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 마이크로 LED 표시 패널의 단면 구조를 개략적으로 나타낸 것이다.
- [0041] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널(100)은 기판(110), 마이크로 LED(120), 트랜지스터 소자(130), 제1 연결 배선(140a) 및 색조정층(160)을 포함한다.
- [0042] 기판(110)은 발광 영역 및 구동 영역을 포함할 수 있다. 도 1에서 마이크로 LED(120)가 배치된 영역이 발광 영역일 수 있으며, 트랜지스터 소자(130)가 배치된 영역이 구동 영역일 수 있다.
- [0043] 이때, 기판(110)은 사파이어 기판이고, 마이크로 LED(120)는 질화물계 마이크로 LED이며, 트랜지스터 소자(130)는 폴리실리콘 박막트랜지스터 소자일 수 있으며, 이에 한정되지는 않는다. 마이크로 LED(120) 및 트랜지스터 소자(130)의 구조 및 특성에 따라서, 기판(110), 마이크로 LED(120), 및 트랜지스터 소자(130)는 변경될 수 있다. 예를 들면, 트랜지스터 소자(130)는 산화물 박막트랜지스터 소자일 수 있다.
- [0044] 그리고, 기판(110)은 질화물계 마이크로 LED용으로 질화갈륨(GaN) 기판일 수 있다. 그러나, 질화갈륨(GaN)을 이용한 단결정 기판(110)은 제작하기가 어려우며 단가가 높다는 단점이 있다. 이에 따라 상대적으로 구하기 용이하고 단가가 낮은 사파이어(sapphire)나 실리콘(si), 실리콘 카바이드(SiC), 갈륨비소(GaAs) 및 산화아연(ZnO) 등으로 기판(110)이 적용될 수 있으며, 이 중에서 질화물 반도체와 격자 상수 차이가 상대적으로 작아 고품질의 질화물 반도체를 형성할 수 있는 사파이어 기판이 보다 바람직하다.
- [0045] 사파이어 기판 상에 질화물계 마이크로 LED를 제조하는 과정에서 비정질 실리콘이 폴리실리콘으로 변환될 수 있다.
- [0047] 마이크로 LED(120)는 기판(110) 상부의 발광 영역에 배치될 수 있다. 도 2는 도 1의 마이크로 LED(120)의 단면 구조 예를 나타낸 것이다.
- [0048] 마이크로 LED(120)는 n형 반도체층(121), 활성층(122) 및 p형 반도체층(123)을 포함할 수 있다. 활성층(122)에서는 n형 반도체층(121)에서 공급되는 전자와 p형 반도체층(123)에서 공급되는 정공이 재결합하여 빛을 발생시킨다. 물론, 도면부호 121이 p형 반도체층이고, 도면부호 123이 n형 반도체층일 수 있다. 이하에서는 도면부호 121을 n형 반도체층이고, 도면부호 123을 p형 반도체층인 것을 가정하여 설명한다.
- [0049] 마이크로 LED(120)는 GaN으로 대표되는 질화물계 반도체를 포함할 수 있다. 예를 들어, n형 반도체층(121)으로 n-GaN, 활성층(122)으로 GaN/InGaN, p형 반도체층(123)으로 p-GaN을 제시할 수 있다. p형 반도체층(123)의 경우 상대적으로 높은 저항을 가지기 때문에, p형 반도체층(123)의 전류 분산을 위해 Al, Cu, Cr, Ni 등과 같은 금속, ITO(Indium Tin Oxide), FTO(Fluorine-doped Tin Oxide) 등과 같은 투명 전도성 산화물(transparent Conductive Oxide; TCO) 재질 등으로 이루어진 도전층(124b)이 추가 배치될 수 있다. 물론, n형 반도체층(121) 상에도 도전층(124a)이 추가 배치될 수 있다.
- [0050] 한편, 기판(110)과 n형 반도체층(121) 사이에는 결정 품질 향상을 위하여, AlN, GaN 등으로 이루어진 버퍼층이 더 포함될 수 있다. 이외에도, 마이크로 LED(120)에는 공지된 다양한 기능성 층이 포함될 수 있다.
- [0052] 트랜지스터 소자(130)는 기판(110) 상부의 구동 영역에 배치되며, 마이크로 LED(120)를 구동하는 역할을 한다. 도 3은 도 1의 트랜지스터 소자(130)의 단면 구조 예를 나타낸 것이다.
- [0053] 도 3을 참조하면, 트랜지스터 소자(130)는 채널영역, 소스 영역, 및 드레인 영역을 포함하는 액티브층(131)을 포함할 수 있다. 액티브층(131)은 비정질 실리콘 반도체 물질, 폴리 실리콘 반도체 물질, 또는 산화물 반도체 물질일 수 있다. 액티브층(131)은 드레인 전극(135a)과 소스 전극(135b) 간의 채널을 형성할 수 있다. 액티브층(131) 상부에 콘택홀을 구비하여 형성된 게이트 절연막(132), 게이트 절연막(132) 상부에 형성된 게이트 전극(133), 게이트 전극(133) 및 게이트 절연막(132) 상부에 콘택홀을 구비하여 형성된 층간 절연막(134), 그리고 게이트 절연막(132)과 층간 절연막(134)의 콘택홀을 통해 액티브층(131)의 드레인 영역과 접속되는 드레인 전극(135a) 및 액티브층(131)의 소스 영역과 접속되는 소스 전극(135b)을 포함할 수 있다.
- [0055] 제1 연결 배선(140a) 마이크로 LED(120)의 p형 반도체층(123)과 트랜지스터 소자(130)의 드레인 전극(135a)을 전기적으로 연결하는 역할을 할 수 있다. 한편, 제2 연결 배선(140b)이 더 포함될 수 있는데, 제2 연결 배선

(140b)은 마이크로 LED(120)의 n형 반도체층(121)과 기저 전압 배선(VSS)을 연결하는 역할을 할 수 있다.

- [0056] 또한, 마이크로 LED(120) 및 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자(130)가 배치된 기판(110) 상에는 제1 보호막(150a)이 추가로 배치될 수 있다. 또한 제1 보호막(150a) 상에는 제2 보호막(150b)이 추가로 배치될 수 있다. 제1 보호막(150a) 및 제2 보호막(150b)은 PAC(Photo Acryl Compound)와 같은 유기물, SiO_2 , SiN_x 와 같은 무기물로 단층 또는 다층으로 형성될 수 있으며, 절연층으로서의 역할 및 평탄화층으로서의 역할을 할 수 있다.
- [0057] 한편, 도 1을 참조하면, 제1 연결배선(140a)은 제2 보호막(150b) 하부에 마이크로 LED(120)와 트랜지스터 소자(130)를 연결하도록 배치될 수 있다. 공정 측면으로 보면, 마이크로 LED(120)와 트랜지스터 소자(130)를 연결하기 위해 기판(110) 상에 제1 보호막(150a)을 배치하고 제1 보호막(150a)을 관통하는 컨택홀을 형성한 후에 제1 연결 배선(140a)을 배치하고, 이후 제2 보호막(150b)을 배치할 수 있다.
- [0058] 반면, 제2 연결 배선(140b)은 일부분이 제2 보호막(150b) 상부에 배치될 수 있다. 제2 연결 배선(140b)은 제1 보호막(150a) 및 제2 보호막(150b)을 관통하는 컨택 홀을 형성한 후에 마이크로 LED(120)와 기저 전압 배선(VSS)을 연결하도록 배치될 수 있다.
- [0060] 색조정층(160)은 기판(110) 하부의 발광 영역에 배치되며, 색변환 필름 및 컬러필터 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0061] 색변환 필름에는 형광체, 양자점과 같은 색변환 물질이 포함될 수 있다. 예를 들어, 마이크로 LED(120)에서 청색광이 방출되는 경우, 색조정층(160)에 적색 형광체 및 녹색 형광체와 같은 색변환 재료가 포함된다면 백색광 구현이 가능하다. 또한, LED(120)에서 백색광이 방출되는 경우, 색조정층(160)에 발광영역별로 청색 컬러필터, 녹색 컬러필터, 적색 컬러필터가 배치될 수 있다. 그리고, 백색광이 청색 컬러필터, 녹색 컬러필터, 적색 컬러필터를 통과하면서, 발광영역에 따라 적색, 녹색 및 청색이 독립적으로 방출될 수 있다.
- [0062] 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널은 이러한 색조정층(160)을 통하여, RGB 풀 컬러 구현이 가능하다.
- [0063] 한편, 기판(110) 하부의 발광 영역을 제외한 영역에는 뱅크층(165)이 배치될 수 있다. 발광 영역 이외의 영역에 뱅크층(165)을 형성함으로써 빛샘 방지 효과를 얻을 수 있다.
- [0065] 도 4는 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널을 포함한 표시 장치의 개략적인 평면 구조 예를 나타낸 것이고, 도 5는 도 4의 I-I' 단면 구조 예를 나타낸 것이다.
- [0066] 도 4에 도시된 예는 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널(100)이 표시 장치용 기판(201)에 배치된 것을 나타낸다. 그러나, 본 발명은 이에 한정되지 않고 예를 들어, 데이터 라인(DL), 게이트 라인(GL), 기저 전압 배선(VSS)이 마이크로 LED 및 트랜지스터 소자를 형성하기 위한 기판(110) 상에 배치될 수 있다.
- [0067] 도 4 및 도 5를 참조하면, 표시 장치용 기판(201) 상에는 데이터 라인(DL), 게이트 라인(GL), 기저 전압 배선(VSS)이 배치된다. 소스 전극(135b)은 데이터 라인(DL)에 연결된다. 게이트 전극(133)은 게이트 라인(GL)에 연결된다. 마이크로 LED의 p형 반도체층(123)은 제1 연결 배선(140a)을 통해 드레인 전극(135a)에 연결된다. 그리고, 마이크로 LED의 n형 반도체층(121)은 제2 연결 배선(140b)을 통해 기저 전압 배선(VSS)에 연결된다.
- [0068] 도 5에서는 제1 연결 배선(140a)이 제1 보호막(150a)을 관통하는 컨택홀을 통하여 제1 보호막(150a) 상에 배치되고, 제2 연결 배선(140b)이 제1 보호막(150a) 및 제2 보호막(150b)을 관통하는 컨택홀을 통하여 제2 보호막(150b) 상에 배치되어 있다. 이는, 제1 연결 배선(140a)이 먼저 형성되고, 이후 제2 연결 배선(140b)이 형성된 구조이다.
- [0069] 그러나, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 도 7에 도시된 예와 같이, 제1 연결 배선(140a)과 제2 연결 배선(140b) 각각은 제1 보호막(150a)을 관통하는 컨택홀을 통하여 제1 보호막(150a) 상에 배치될 수 있다. 이는 제1 연결 배선(140a) 및 제2 연결 배선(140b)이 동시에 형성된 구조라 볼 수 있다.
- [0070] 도 5에 도시된 연결 배선 구조는 제1 연결 배선(140a)과 제2 연결 배선(140b)이 중첩될 경우에 적용될 수 있고, 도 7에 도시된 연결 배선 구조는 제1 연결 배선(140a)과 제2 연결 배선(140b)이 중첩되지 않는 경우에 적용될 수 있다.
- [0071] 본 발명에 따른 마이크로 LED 표시 패널에 의하면, 기판(110) 상에 마이크로 LED(120)와 이를 구동하기 위한 트

랜지스터 소자(130)가 동일 평면 상에 배치될 수 있다. 이를 통하여, 마이크로 LED 표시 패널의 두께를 얇게 할 수 있으며, 또한 적층형 구조에 비하여 상대적으로 낮은 종횡비의 컨택홀이 형성될 수 있다.

- [0073] 이하, 도 6a 내지 도 6g를 참조하여, 도 4에 도시된 마이크로 LED 표시 패널을 제조 하는 방법을 설명하기로 한다.
- [0074] 우선, 도 6a에 도시된 예와 같이 기판(110)을 준비한다. 기판(110)은 사파이어 기판일 수 있다. 기판(110)에는 발광 영역(LA) 및 구동 영역(DA)이 미리 정의되어 있다.
- [0075] 이후, 도 6b에 도시된 예와 같이, 기판(110) 상부의 구동 영역(DA)에 비정질 실리콘층(112)을 배치하고, 비정질 실리콘층(112) 상에 보호층(114)을 배치한다. 비정질 실리콘층(112)은 기판 상에 비정질 실리콘을 증착한 후 패터닝에 의해 형성될 수 있다. 보호층(114)은 후술하는 마이크로 LED를 제조하기 위한 식각 과정에서 식각정지층으로서의 역할을 한다.
- [0077] 이후, 도 6c에 도시된 예와 같이, 비정질 실리콘층(112) 및 보호층(114)이 배치된 기판(110) 상에 에피(epi) 성장 공정을 수행한다.
- [0078] 에피 성장 공정을 통해 n형 반도체층(121), 활성층(122) 및 p형 반도체층(123)을 형성할 수 있다. n형 반도체층(121), 활성층(122) 및 p형 반도체층(123)은 각각 질화물 반도체로 형성될 수 있다. GaN으로 대표되는 질화물 반도체는 사파이어 성장 기판 상에서 우수한 결정 품질을 가지고 에피 성장될 수 있다.
- [0079] 질화물계 LED는 사파이어 성장 기판 상에 금속유기화학증착(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) 공정을 통해 형성할 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, MBE(Molecular Beam Epitaxy), PECVD(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition), VPE(Vapor Phase Epitaxy)등의 방법을 통해서도 구현될 수 있다. MOCVD 공정은 대략 900 ~1300℃에서 진행될 수 있다.
- [0080] 또한, 본 단계에서, 비정질 실리콘층(114)을 폴리 실리콘층(131), 즉 액티브층으로 변환시킬 수 있다. 에피 성장 공정 이전에 또는 에피 성장 공정 이후에 비정질 실리콘층(114)에 열을 가하여 폴리실리콘층(131)으로 변환하는 것도 가능하나, 바람직하게는 별도의 폴리실리콘층(131)으로의 변환 공정 없이 에피 성장 공정에 적용되는 대략 900~1300℃의 높은 온도를 이용하여 비정질 실리콘층(114)을 폴리실리콘층(131)으로 변환할 수 있다. 즉, LED 형성을 위한 공정 시 높은 온도에 의해 비정질 실리콘은 별도의 변환 공정없이도 폴리 실리콘으로 변환될 수 있다.
- [0081] 이에 따라, LED 에피(epi) 성장 과정에서 폴리 실리콘 제작이 가능하며, 이를 기반으로 하여 사파이어 기판 상에 폴리실리콘 박막트랜지스터 제작이 가능하다. 예를 들면, 본 발명의 실시예와 같이, 사파이어 기판 상에 비정질 실리콘층을 배치한 상태에서 고온의 LED 형성 공정을 수행하게 되면, 비정질 실리콘은 별도의 열처리나 레이어 조사 공정 없이도 결정질 실리콘인 폴리 실리콘으로 변환될 수 있다.
- [0082] 한편, 도 6c에 도시된 예와 같이, p형 반도체층(123) 상에는 도전층(124b)이 추가로 배치될 수 있다. p형 반도체층(123)은 n형 반도체층(121)에 비하여 상대적으로 저항이 높아 전류 균일도가 저하될 수 있으므로, 이를 개선하기 위해, p형 반도체층(123) 상에 금속이나 투명 전도성 산화물로 도전층(124b)을 형성할 수 있다. 물론, 도 2에 도시된 예와 같이, n형 반도체층(121) 상에도 도전층(124a)을 형성할 수 있다.
- [0084] 이후, 도 6d에 도시된 예와 같이, 발광 영역을 제외한 나머지 영역의 n형 반도체층(121), 활성층(122) 및 p형 반도체층(123)을 제거하여 마이크로 LED를 제조할 수 있다. 이는 마스크를 이용한 식각 공정으로 수행될 수 있다. 또한, 배선 형성을 위해, 식각 과정에서 n형 반도체층(121)의 일부를 노출시키도록 추가의 식각을 진행할 수 있다.
- [0085] 이후, 도 6e에 도시된 예와 같이, 보호층(114)을 제거한 후, 폴리 실리콘층(131) 상에 트랜지스터 소자(130)를 제조할 수 있다. 폴리실리콘 박막트랜지스터 소자의 구조와 제조 방법은 매우 다양하지만, 대표적인 예로, 다음과 같은 과정을 제시한다. 도 6e에 도시된 트랜지스터 소자는 도 3에 도시된 바와 실질적으로 동일한 구조를 갖는 바, 도 3과 관련된 설명이 그대로 적용될 수 있다.

- [0086] 우선, 폴리실리콘층(131) 상에 게이트 절연막(132)을 형성한다. 이후, 게이트 절연막(132) 상에 게이트 전극(133)을 형성한다. 이후, 폴리실리콘층(131)에 이온을 주입하여 소스 영역 및 드레인 영역을 형성한다. 이후, 게이트 절연막(132) 및 게이트 전극(133) 상에 층간 절연막(134)을 형성한다.
- [0087] 이후, 소스 영역 및 드레인 영역 상부의 게이트 절연막(132) 및 층간 절연막(134)에 콘택홀을 형성한다. 이후, 층간 절연막(134) 상에 콘택홀을 통해 소스 영역 및 드레인 영역에 접속되는 소스 전극(135b) 및 드레인 전극(135a)을 형성한다.
- [0089] 이후, 도 6f에 도시된 예와 같이, 트랜지스터 소자(130)의 드레인 전극(135a)과 마이크로 LED(120)의 p형 반도체층(123)을 전기적으로 연결하는 제1 연결 배선(140a)을 형성하고, 마이크로 LED(120)의 n형 반도체층(121)과 외부의 기저 전압 배선을 전기적으로 연결하기 위한 제2 연결 배선(140b)을 형성한다. 제1 연결 배선(140a) 및 제2 연결 배선(140b)은 마이크로 LED 표시 패널을 표시 장치용 기판에 장착한 후에 형성할 수도 있다. 또한, 도 5에 도시된 예와 같이 제1 연결 배선(140a)과 제2 연결 배선(140b)을 순차적으로 형성할 수 있고, 도 7에 도시된 예와 같이 제1 연결 배선(140a)과 제2 연결 배선(140b)을 동시에 형성할 수도 있다.
- [0090] 도 6f에 도시된 예에서 제1 연결 배선(140a)은 마이크로 LED(120) 및 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자(130)가 배치된 기판(110) 상에 제1 보호막(150a) 형성하는 과정과, 콘택홀을 형성하는 과정과, 금속을 증착하는 과정을 통하여 형성될 수 있다. 또한, 제2 연결 배선은 제1 연결 배선(140a)이 형성된 제1 보호막(150a) 상에 제2 보호막(150b)을 형성하는 과정과, 콘택홀을 형성하는 과정과, 금속을 증착하는 과정을 통하여 형성될 수 있다.
- [0092] 이후, 도 6g에 도시된 예와 같이, 기판(110) 하부의 발광 영역에 색조정층(160)을 배치할 수 있다. 색조정층(160)은 색변환 필름 및 컬러필터 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 색변환 필름에는 형광체, 양자점과 같은 색변환 물질이 포함될 수 있다.
- [0093] 또한, 도 6g에 도시된 예와 같이, 빔샘 방지를 위하여, 기판(110) 하부의 발광 영역을 제외한 영역에 बैं크층(165)을 추가로 배치할 수 있다.
- [0095] 도 6a 내지 도 6g에 도시된 예와 같은 방법으로, 기판(110) 상에 마이크로 LED(120)와 이를 구동하기 위한 트랜지스터 소자(130)를 동일 평면 상에 형성함으로써, 마이크로 LED가 형성된 칩의 전사 과정 없이도 마이크로 LED 표시 패널을 제조할 수 있다.
- [0097] 이상에서는 본 발명의 실시예를 중심으로 설명하였지만, 통상의 기술자의 수준에서 다양한 변경이나 변형을 가할 수 있다. 따라서, 이러한 변경과 변형이 본 발명의 범위를 벗어나지 않는 한 본 발명의 범주 내에 포함되는 것으로 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

- [0099] 110 : 기판 120 : 마이크로 LED
 121 : n형 반도체층 122 : 활성층
 123 : p형 반도체층 124a, 124b : 도전층
 130 : 트랜지스터 소자 131 : 액티브층(폴리실리콘층)
 132 : 게이트 절연막 133 : 게이트 전극
 134 : 층간 절연막 135a : 드레인 전극
 135b : 소스 전극 140a : 제1 연결 배선

140b : 제2 연결 배선 150a: 제1 보호막

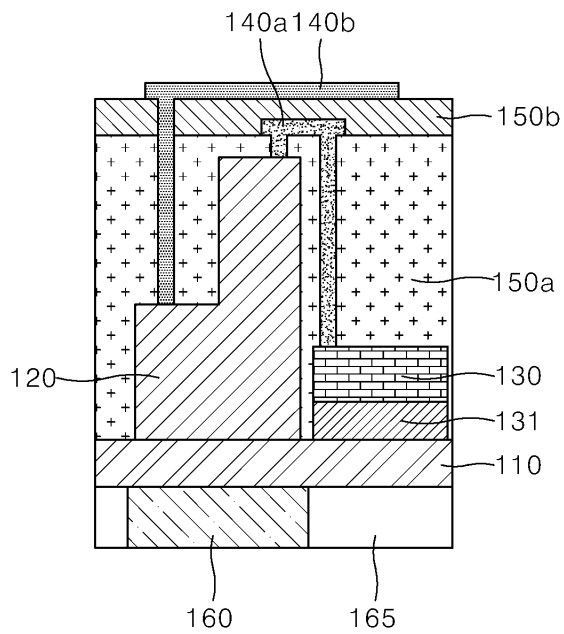
150b : 제2 보호막 160 : 색조정층

165 : बैं크층 201 : 표시 장치용 기판

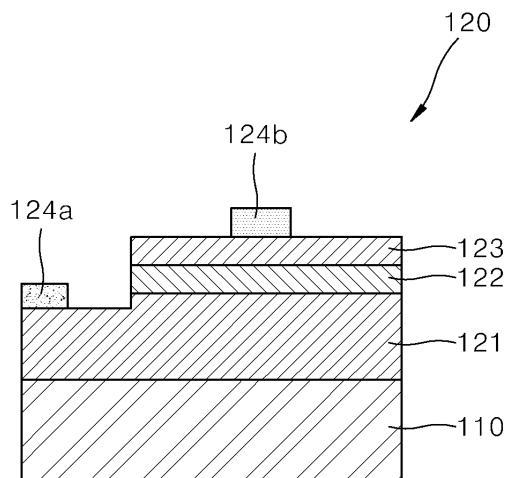
도면

도면1

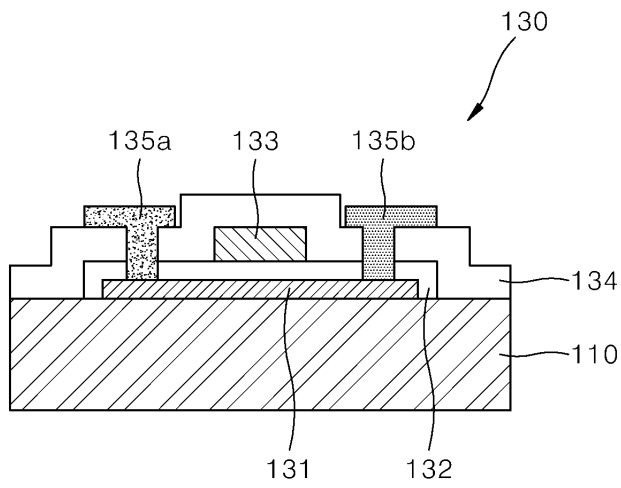
100



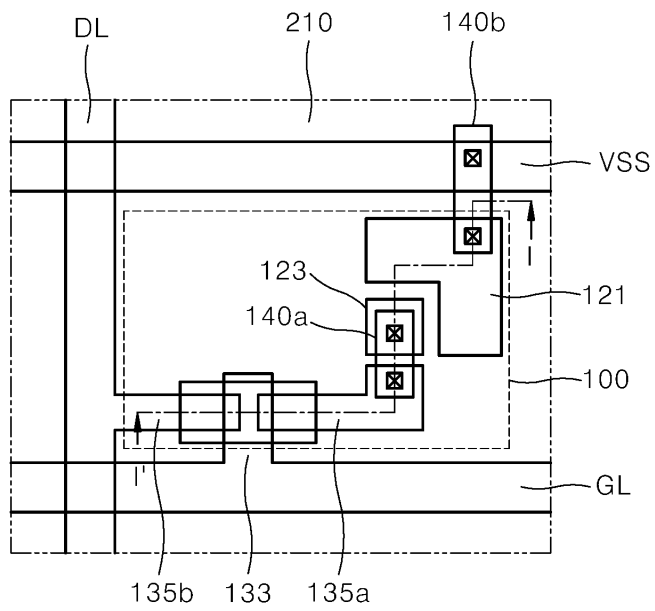
도면2



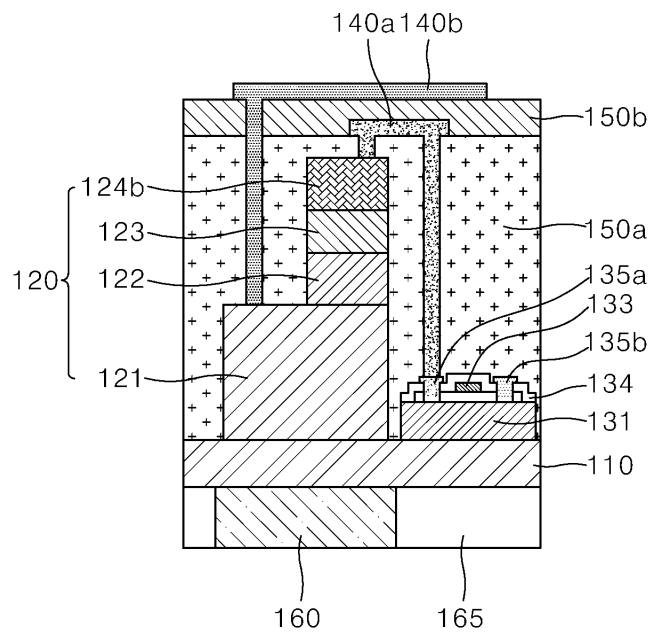
도면3



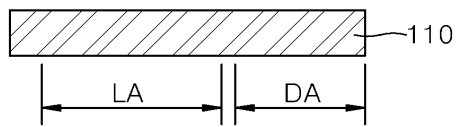
도면4



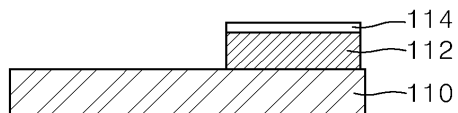
도면5



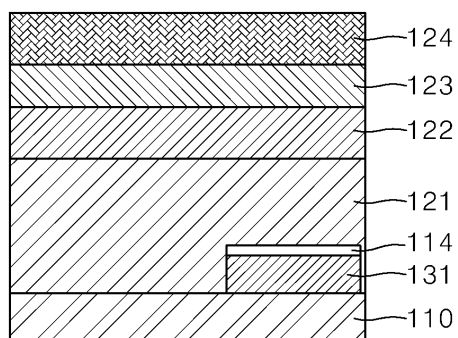
도면6a



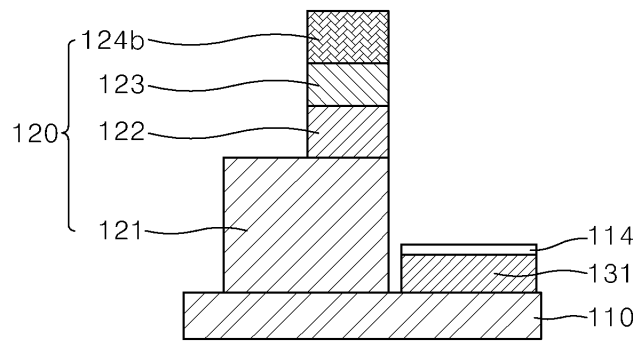
도면6b



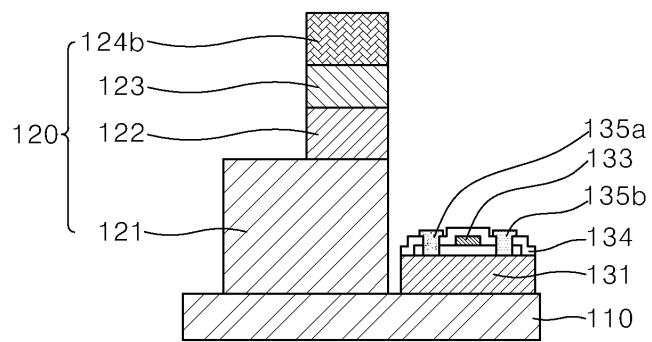
도면6c



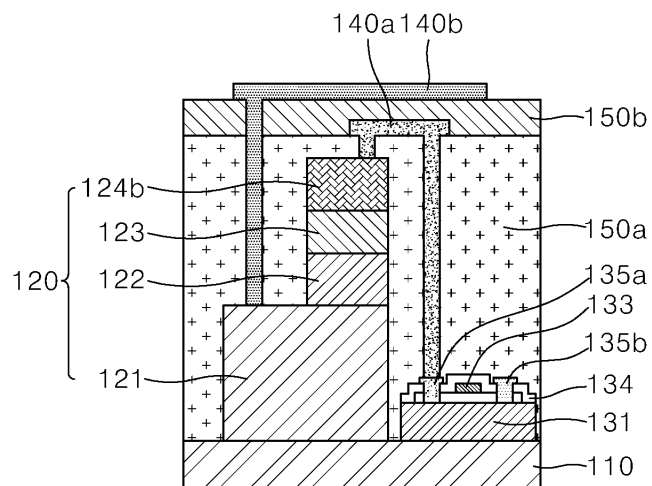
도면6d



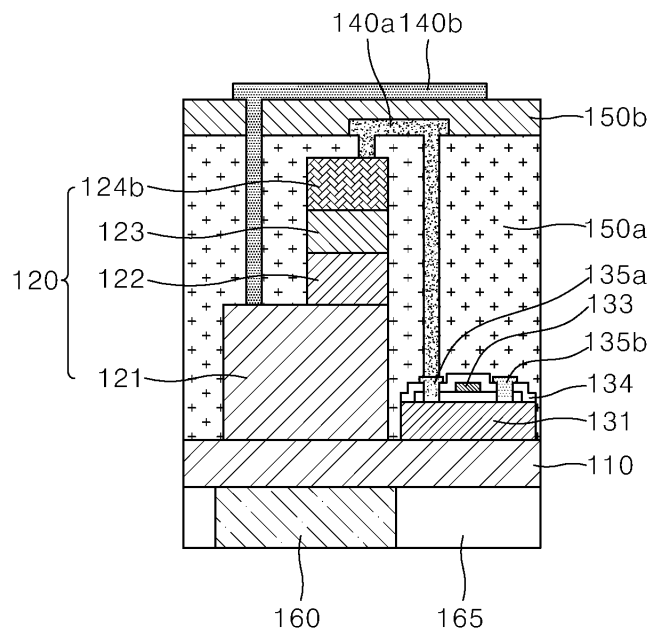
도면6e



도면6f

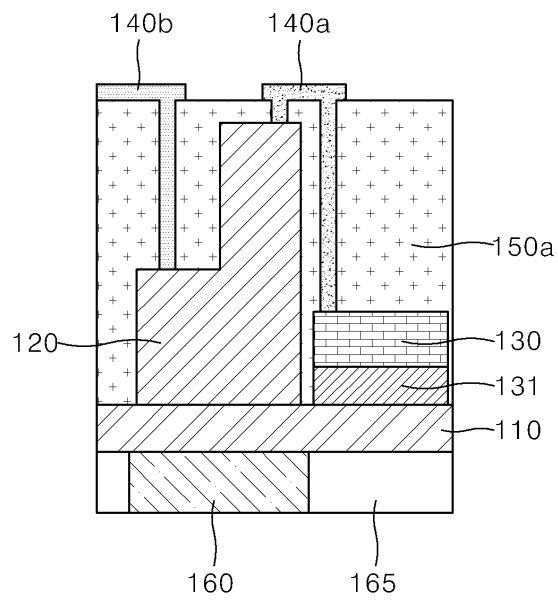


도면6g



도면7

100



100