



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0114372
(43) 공개일자 2019년10월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/677 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/67144 (2013.01)
H01L 21/67712 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0036964
(22) 출원일자 2018년03월30일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
(주)포인트엔지니어링
충청남도 아산시 둔포면 아산밸리로 89
(72) 발명자
안범모
경기도 수원시 영통구 에듀타운로 35, 5104-1502
박승호
경기도 화성시 향남읍 행정중앙1로 39, 403-1001
변성현
경기도 화성시 동탄반석로 264, 106-803
(74) 대리인
최광석

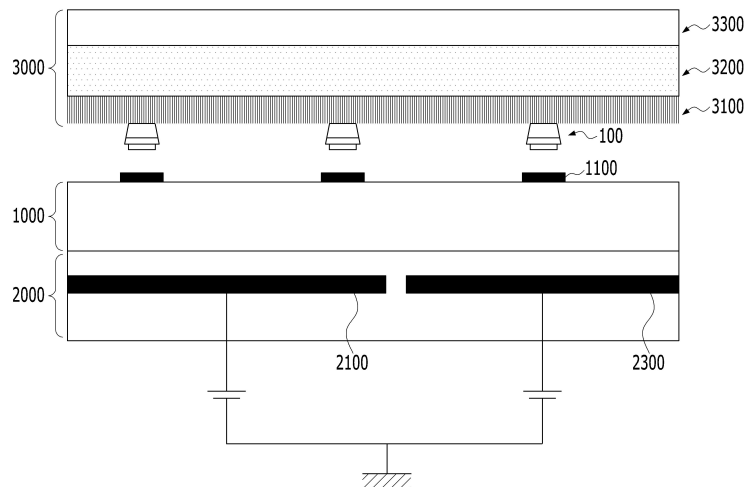
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 마이크로 LED 전사 시스템

(57) 요약

본 발명은, 마이크로 LED를 기판으로 전사할 때, 단순히 전사헤드의 흡착력을 제거하는 것 이외에 기판의 하부에 구비되어 마이크로 LED를 기판 상으로 잡아 당겨주는 별도의 힘을 부여할 수 있는 마이크로 LED 전사 시스템을 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 21/67721 (2013.01)

H01L 21/6831 (2013.01)

H01L 25/0753 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관;

상기 기관으로 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 및

상기 기관의 하부에 구비되는 정전척을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 정전척은, 상기 기관을 정전기력으로 부착함과 함께 상기 전사헤드에 흡착된 마이크로 LED에 정전기력을 작용시켜 상기 기관으로 낙하되도록 하강력을 부여하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 정전척은 존슨-라벡(Johnsen-Rahbek)효과를 이용한 저저항 정전척인 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 전사헤드는, 기공을 갖는 다공성 부재를 포함하되,

상기 기공에 진공을 가하거나 가해진 진공을 해제하여 마이크로 LED를 이송하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 다공성 부재는 금속을 양극 산화하여 형성된 양극산화막을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 다공성 부재는 제1,2다공성 부재를 포함하며,

상기 제1다공성 부재는 상기 마이크로 LED를 진공 흡착하고, 상기 제2다공성 부재는 진공챔버와 상기 제1다공성 부재 사이에 위치하여 상기 진공챔버의 진공압을 상기 제1다공성 부재에 전달하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 기판은 상기 마이크로 LED가 부착되는 위치에 본딩패드가 구비된 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 본딩패드는 금속층인 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 본딩패드는 비금속층인 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 기판은 회로기판인 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 11

기판의 하부에 설치된 정전척의 정전기력을 이용하여 상기 기판을 상기 정전척에 부착시키는 단계;

마이크로 LED를 부착한 전사헤드를 기판으로부터 이격된 상태로 상기 기판 상에 위치시키는 단계;

상기 정전척의 정전기력을 이용하여 상기 전사헤드에 부착된 마이크로 LED가 상기 기판측으로 낙하하도록 하강력을 부여하는 단계; 및

상기 기판으로 전사된 마이크로 LED가 상기 기판에 접합되는 동안 상기 정전척의 정전기력을 유지하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 12

마이크로 LED를 전사하는 전사헤드;

상기 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기판; 및

상기 기판과는 별체로 구비되어 상기 마이크로 LED에 정전기력을 인가하는 정전척을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 13

마이크로 LED를 전사하는 전사헤드;

상기 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기판; 및

상기 기판의 하부에 상기 기판과는 별체로 구비되어 상기 마이크로 LED에 자기력을 인가하는 자성척을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 14

마이크로 LED를 제1물리력으로 접착하여 전사하는 전사헤드;

상기 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기관; 및

상기 전사헤드에 접착된 상기 마이크로 LED에 상기 제2물리력을 작용시키는 척을 포함하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1물리력은 정전기력, 자기력 또는 흡입력 중 적어도 어느 하나이고,

상기 제2물리력은 정전기력, 자기력 중 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 16

제14항에서 있어서,

상기 기관은 상기 제2물리력에 의해 상기 척에 고정되는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 제2물리력은 상기 마이크로 LED 전부에 일괄적으로 작용하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 제2물리력은 상기 마이크로 LED 전부 중 일부에 작용하는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

청구항 19

제14항에 있어서,

상기 제2물리력은 상기 마이크로 LED가 상기 기관에 전사되어 상기 기관에 접합되는 동안 유지되는 것을 특징으로 하는 마이크로 LED 전사 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로 LED의 전사 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 현재 디스플레이 시장은 아직은 LCD가 주류를 이루고 있는 가운데 OLED가 LCD를 빠르게 대체하며 주류로 부상하

고 있는 상황이다. 디스플레이 업체들의 OLED 시장 참여가 러시를 이루고 있는 상황에서 최근 Micro LED(이하, '마이크로 LED' 라 함) 디스플레이가 또 하나의 차세대 디스플레이로 부상하고 있다. LCD와 OLED의 핵심소재가 각각 액정(Liquid Crystal), 유기재료인데 반해 마이크로 LED 디스플레이는 1~100마이크로미터(μm) 단위의 LED 칩 자체를 발광재료로 사용하는 디스플레이이다.

[0003] Cree사가 1999년에 "광 적출을 향상시킨 마이크로-발광 다이오드 어레이"에 관한 특허를 출원하면서(등록특허공보 등록번호 제0731673호), 마이크로 LED 라는 용어가 등장한 이래 관련 연구 논문들이 잇달아 발표되면서 연구 개발이 이루어지고 있다. 마이크로 LED를 디스플레이에 응용하기 위해 해결해야 할 과제로 마이크로 LED 소자를 Flexible 소재/소자를 기반으로 하는 맞춤형 마이크로 칩 개발이 필요하고, 마이크로 미터 사이즈의 LED 칩의 전사(transfer)와 디스플레이 픽셀 전극에 정확한 실장(Mounting)을 위한 기술이 필요하다.

[0004] 특히, 마이크로 LED 소자를 회로 기판에 이송하는 전사(transfer)와 관련하여, LED 크기가 1~100 마이크로미터(μm) 단위까지 작아짐에 따라 기존의 픽앤플레이스(pick & place) 장비를 사용할 수 없고, 보다 고정밀도로 이송하는 전사 헤드기술이 필요하게 되었다. 이러한 전사 헤드 기술과 관련하여, 미국의 Luxvue사는 정전헤드(electrostatic head)를 이용하여 마이크로 LED를 전사하는 방법을 제안하였다(공개특허공보 공개번호 제2014-0112486호, 이하 '선행발명1' 이라 함). 미국의 X-Celeprint사는 전사 헤드를 탄성이 있는 고분자 물질로 적용하여 웨이퍼 상의 마이크로 LED를 원하는 기판에 이송시키는 방법을 제안하였다(공개특허공보 공개번호 제2017-0019415호, 이하 '선행발명2' 라 함). 한국광기술원은 섬모 접촉구조 헤드를 이용하여 마이크로 LED를 전사하는 방법을 제안하였다(등록특허공보 등록번호 제1754528호, 이하 '선행발명3' 이라 함). 한국기계연구원은 롤러에 접착제를 코팅하여 마이크로 LED를 전사하는 방법을 제안하였다(등록특허공보 등록번호 제1757404호, 이하 '선행발명4' 라 함). 삼성디스플레이는 어레이 기판이 용액에 담겨 있는 상태에서 어레이 기판의 제1,2전극에 마이너스 전압을 인가하여 정전기 유도 현상에 의해 마이크로 LED를 어레이 기판에 전사하는 방법을 제안하였다(공개특허공보 제10-2017-0026959호, 이하 '선행발명5' 라 함). 엘지전자는 헤드홀더를 복수의 픽업헤드들과 기판 사이에 배치하고 복수의 픽업 헤드의 움직임에 의해 그 형상이 변형되어 복수의 픽업 헤드들에게 자유도를 제공하는 방법을 제안하였다(공개특허공보 제10-2017-0024906호, 이하 '선행발명6' 이라 함).

[0005] 그러나 위와 같은 선행발명들은 마이크로 LED를 기판으로 전사할 때 전사헤드, 마이크로 LED 및 기판간의 작용력에만 의존하여 마이크로 LED를 전사하는 방식을 채택하고 있다. 이러한 선행발명들에 따르면 마이크로 LED가 기판에 접합될 때 기판 상의 접합층과 마이크로 LED가 서로 견고하게 접합되는 과정에서 마이크로 LED가 정 위치에 고정되지 않고 툴팅되면서 접합되는 문제를 야기하게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 등록특허공보 등록번호 제0731673호
- (특허문헌 0002) 공개특허공보 공개번호 제2014-0112486호
- (특허문헌 0003) 공개특허공보 공개번호 제2017-0019415호
- (특허문헌 0004) 등록특허공보 등록번호 제1754528호
- (특허문헌 0005) 등록특허공보 등록번호 제1757404호
- (특허문헌 0006) 공개특허공보 제10-2017-0026959호
- (특허문헌 0007) 공개특허공보 제10-2017-0024906호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 이에 본 발명은, 마이크로 LED를 기판으로 전사할 때, 단순히 전사헤드의 흡착력을 제거하는 것 이외에 기판의 하부에 구비되어 마이크로 LED를 기판 상으로 잡아 당겨주는 별도의 힘을 부여할 수 있는 마이크로 LED 전사 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 이러한 본 발명의 목적을 달성하기 위해, 본 발명에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 기관; 상기 기관으로 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 및 상기 기관의 하부에 구비되는 정전척을 포함한다.
- [0009] 상기 정전척은, 상기 기관을 정전기력으로 부착함과 함께 상기 전사헤드에 흡착된 마이크로 LED에 정전기력을 작용시켜 상기 기관으로 낙하되도록 하강력을 부여하는 것을 특징으로 한다.
- [0010] 상기 정전척은 존슨-라벡(Johnsen-Rahbek)효과를 이용한 저저항 정전척인 것을 특징으로 한다.
- [0011] 상기 전사헤드는, 기공을 갖는 다공성 부재를 포함하되, 상기 기공에 진공을 가하거나 가해진 진공을 해제하여 마이크로 LED를 이송하는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 또한, 상기 다공성 부재는 금속을 양극 산화하여 형성된 양극산화막을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 다공성 부재는 제1,2다공성 부재를 포함하며, 상기 제1다공성 부재는 상기 마이크로 LED를 진공 흡착하고, 상기 제2다공성 부재는 진공챔버와 상기 제1다공성 부재 사이에 위치하여 상기 진공챔버의 진공압을 상기 제1다공성 부재에 전달하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 기관은 상기 마이크로 LED가 부착되는 위치에 본딩패드가 구비된 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기 본딩패드는 금속층인 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 본딩패드는 비금속층인 것을 특징으로 한다.
- [0017] 상기 기관은 회로기관인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 한편, 본 발명에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 기관의 하부에 설치된 정전척의 정전기력을 이용하여 상기 기관을 상기 정전척에 부착시키는 단계; 마이크로 LED를 부착한 전사헤드를 기관으로부터 이격된 상태로 상기 기관 상에 위치시키는 단계; 상기 정전척의 정전기력을 이용하여 상기 전사헤드에 부착된 마이크로 LED가 상기 기관측으로 낙하하도록 하강력을 부여하는 단계; 및 상기 기관으로 전사된 마이크로 LED가 상기 기관에 접합되는 동안 상기 정전척의 정전기력을 유지하는 단계를 포함한다.
- [0019] 한편, 본 발명에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 상기 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기관; 및 상기 기관과는 별체로 구비되어 상기 마이크로 LED에 정전기력을 인가하는 정전척을 포함한다.
- [0020] 한편, 본 발명에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 상기 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기관; 및 상기 기관의 하부에 상기 기관과는 별체로 구비되어 상기 마이크로 LED에 자기력을 인가하는 자성척을 포함한다.

발명의 효과

- [0022] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의한 마이크로 LED 전사 시스템은, 단순히 전사헤드의 흡착력을 제거하는 것 이외에 기관의 하부에 구비되어 마이크로 LED를 기관 상으로 잡아 당겨주는 별도의 힘을 부여하여 마이크로 LED를 기관 상으로 낙하시킬 수 있고, 마이크로 LED를 기관 상에서 탈팅되면서 접합되는 것을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템의 대상이 되는 마이크로 LED가 성장기관 상에서 제작된 것을 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템을 도시한 도면.
- 도 3은 도 2에 도시된 마이크로 LED가 기관으로 전사된 것을 도시한 도면.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템을 도시한 도면.

도 5는 도 4에 도시된 마이크로 LED가 기관으로 전사된 것을 도시한 도면.

도 6은 도 5에 도시된 구조에 기초하여 마이크로 LED 구조체를 제작한 도면.

도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템을 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하의 내용은 단지 발명의 원리를 예시한다. 그러므로 당업자는 비록 본 명세서에 명확히 설명되거나 도시되지 않았지만 발명의 원리를 구현하고 발명의 개념과 범위에 포함된 다양한 장치를 발명할 수 있는 것이다. 또한, 본 명세서에 열거된 모든 조건부 용어 및 실시 예들은 원칙적으로, 발명의 개념이 이해되도록 하기 위한 목적으로만 명백히 의도되고, 이와 같이 특별히 열거된 실시 예들 및 상태들에 제한적이지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0026] 상술한 목적, 특징 및 장점은 첨부된 도면과 관련한 다음의 상세한 설명을 통하여 보다 분명해 질 것이며, 그에 따라 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 것이다.
- [0027] 본 명세서에서 기술하는 실시 예들은 본 발명의 이상적인 예시 도인 단면도 및/또는 사시도들을 참고하여 설명될 것이다. 이러한 도면들에 도시된 막 및 영역들의 두께 및 구멍들의 지름 등은 기술적 내용의 효과적인 설명을 위해 과장된 것이다. 제조 기술 및/또는 허용 오차 등에 의해 예시도의 형태가 변형될 수 있다. 또한 도면에 도시된 마이크로 LED의 개수는 예시적으로 일부만을 도면에 도시한 것이다. 따라서, 본 발명의 실시 예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니라 제조 공정에 따라 생성되는 형태의 변화도 포함하는 것이다.
- [0028] 다양한 실시예들을 설명함에 있어서, 동일한 기능을 수행하는 구성요소에 대해서는 실시예가 다르더라도 편의상 동일한 명칭 및 동일한 참조번호를 부여하기로 한다. 또한, 이미 다른 실시예에서 설명된 구성 및 작동에 대해서는 편의상 생략하기로 한다.
- [0029] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 기관; 기관으로 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 및 기관의 하부에 구비되는 정전척을 포함하여 구성된다. 여기서 정전척은, 기관을 정전기력으로 부착함과 함께 전사헤드에 부착된 마이크로 LED에 정전기력을 작용시켜 기관으로 낙하되도록 하강력을 부여한다.
- [0030] 전사헤드는 마이크로 LED를 흡착하여 이송하는 구성으로서, 전사헤드가 마이크로 LED를 흡착하는 흡착력은 정전기력, 전자기력, 자기력, 흡입력, 반테르 발스력, 열 또는 광에 의해 접합력을 상실할 수 있는 접합력 등을 포함하여 구성될 수 있으며, 그 어느 하나에 한정되는 것은 아니다.
- [0031] 기관은 마이크로 LED를 전사헤드로부터 전달받는 구성으로서, 그 상면에는 마이크로 LED가 부착되는 본딩패드와 구비되며, 본딩 패드는 금속층이거나 비금속층으로 구성될 수 있다. 또한 기관은 마이크로 LED가 최종적으로 실장되는 회로기관으로 구성될 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기관; 및 기관의 하부에 상기 기관과는 별체로 구비되어 마이크로 LED에 자기력을 인가하는 자성척을 포함하여 구성될 수 있다.
- [0033] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 마이크로 LED를 제1물리력으로 접촉하여 전사하는 전사헤드; 상기 전사헤드로부터 상기 마이크로 LED를 전사받는 기관; 및 상기 전사헤드에 접촉된 상기 마이크로 LED에 상기 제2물리력을 작용시키는 척을 포함한다.
- [0034] 위와 같은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템에 따르면, 전사헤드, 마이크로 LED 및 기관간의 작용력에만 의존하여 마이크로 LED를 전사하는 종래기술과는 달리, 마이크로 LED를 기관상으로 전사하기 위한 별도의 전사력을 부여함으로써 마이크로 LED가 기관상에서 접합될 때 톨딩이 방지되는 효과를 발휘할 수 있게 된다.
- [0035] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 도면을 참조하여 상세히 설명하면 다음과 같다. 먼저 도 1을 참조하여 본 발명의 전사 시스템의 대상물이 되는 마이크로 LED(100)에 대해 먼저 설명한다.
- [0036] 도 1은 마이크로 LED 전사헤드의 이송 대상이 되는 복수의 마이크로 LED(100)를 도시한 도면이다.
- [0037] 마이크로 LED(100)는 성장 기관(101) 위에서 제작되어 위치한다. 성장 기관(101)은 전도성 기관 또는 절연성 기관으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 성장 기관(101)은 사파이어, SiC, Si, GaAs, GaN, ZnO, Si, GaP, InP,

Ge, 및 Ga₂O₃ 중 적어도 어느 하나로 형성될 수 있다.

- [0038] 마이크로 LED(100)는 제1 반도체층(102), 제2 반도체층(104), 제1 반도체층(102)과 제2 반도체층(104) 사이에 형성된 활성층(103), 제1 컨택전극(106) 및 제2 컨택전극(107)을 포함할 수 있다.
- [0039] 제1 반도체층(102), 활성층(103), 및 제2 반도체층(104)은 유기금속 화학 증착법(MOCVD; Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 화학 증착법(CVD; Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(PECVD; Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(MBE; Molecular Beam Epitaxy), 수소화물 기상 성장법(HVPE; Hydride Vapor Phase Epitaxy) 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있다.
- [0040] 제1 반도체층(102)은 예를 들어, p형 반도체층으로 구현될 수 있다. p형 반도체층은 In_xAl_yGa_{1-x-y}N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x+y ≤ 1)의 조성식을 갖는 반도체 재료, 예를 들어 GaN, AlN, AlGaN, InGaN, InN, InAlGaN, AlInN 등에서 선택될 수 있으며, Mg, Zn, Ca, Sr, Ba 등의 p형 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0041] 제2 반도체층(104)은 예를 들어, n형 반도체층을 포함하여 형성될 수 있다. n형 반도체층은 In_xAl_yGa_{1-x-y}N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x+y ≤ 1)의 조성식을 갖는 반도체 재료, 예를 들어 GaN, AlN, AlGaN, InGaN, InNInAlGaN, AlInN 등에서 선택될 수 있으며, Si, Ge, Sn 등의 n형 도펀트가 도핑될 수 있다.
- [0042] 다만, 본 발명은 이에 한하지 않으며, 제1 반도체층(102)이 n형 반도체층을 포함하고, 제2 반도체층(104)이 p형 반도체층을 포함할 수도 있다.
- [0043] 활성층(103)은 전자와 정공이 재결합되는 영역으로, 전자와 정공이 재결합함에 따라 낮은 에너지 준위로 천이하며, 그에 상응하는 파장을 가지는 빛을 생성할 수 있다. 활성층(103)은 예를 들어, In_xAl_yGa_{1-x-y}N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x+y ≤ 1)의 조성식을 가지는 반도체 재료를 포함하여 형성할 수 있으며, 단일 양자 우물 구조 또는 다중 양자 우물 구조(MQW: Multi Quantum Well)로 형성될 수 있다. 또한, 양자선(Quantum wire)구조 또는 양자점(Quantum dot)구조를 포함할 수도 있다.
- [0044] 제1 반도체층(102)에는 제1 컨택전극(106)이 형성되고, 제2 반도체층(104)에는 제2 컨택전극(107)이 형성될 수 있다. 제1 컨택 전극(106) 및/또는 제2 컨택 전극(107)은 하나 이상의 층을 포함할 수 있으며, 금속, 전도성 산화물 및 전도성 중합체들을 포함한 다양한 전도성 재료로 형성될 수 있다.
- [0045] 성장 기판(101) 위에 형성된 복수의 마이크로 LED(100)를 에칭 공정을 통해 날개로 분리하고, 레이저 리프트 오프 공정으로 복수의 마이크로 LED(100)를 성장 기판(101)으로부터 분리 가능한 상태가 되도록 할 수 있다.
- [0046] 도 1에서 ‘p’는 마이크로 LED(100)간의 피치간격을 의미하고, ‘s’는 마이크로 LED(100)간의 이격 거리를 의미하며, ‘w’는 마이크로 LED(100)의 폭을 의미한다.
- [0047] 성장 기판(101) 상에 분리 가능한 상태가 된 마이크로 LED(100)는 전사헤드에 의해 이송된다. 전사헤드는 마이크로 LED(100)를 흡착하여 이송하는 구성으로서, 마이크로 LED(100)를 흡착하는 흡착력은 정전기력, 자기력, 흡입력, 반데르 발스력, 열 또는 광에 의해 접합력을 상실할 수 있는 접합력 등을 포함하여 구성될 수 있으며, 그 어느 하나에 한정되는 것은 아니다.
- [0048] 다만 이하에는 마이크로 LED(100)를 흡착하는 흡착력이 흡입력으로 구성되는 것을 바람직한 실시예로서 예시하여 설명하며, 이에 따라 전사헤드는, 기공을 갖는 다공성 부재를 포함하고, 다공성 부재의 기공에 진공을 가하거나 기공에 가해진 진공을 해제하여 마이크로 LED(100)를 기판으로 이송하는 전사헤드로 구성될 수 있다.
- [0049] 다공성 부재의 상부에는 진공 챔버가 구비된다. 진공 챔버는 진공을 공급하거나 진공을 해제하는 진공포트에 연결된다. 진공 챔버는 진공포트의 작동에 따라 다공성 부재의 다수의 기공에 진공을 가하거나 기공에 가해진 진공을 해제하는 기능을 한다. 진공 챔버를 다공성 부재에 결합하는 구조는 다공성 부재에 진공을 가하거나 가해진 진공을 해제함에 있어서 다른 부위로의 진공의 누설을 방지하는데 적절한 구조라면 이에 대한 한정은 없다.
- [0050] 마이크로 LED의 진공 흡착 시, 진공 챔버에 가해진 진공은 다공성 부재의 다수의 기공에 전달되어 마이크로 LED(100)에 대한 진공 흡착력이 발생한다. 한편, 마이크로 LED(100)의 탈착 시에는, 진공 챔버에 가해진 진공이 해제됨에 따라 다공성 부재의 다수의 기공에도 진공이 해제되어 마이크로 LED(100)에 대한 진공 흡착력이 제거된다.
- [0051] 다공성 부재는 내부에 기공이 다수 함유되어 있는 물질을 포함하여 구성되며, 일정 배열 또는 무질서한 기공구조로 0.2~0.95 정도의 기공도를 가지는 분말, 박막/후막 및 벌크 형태로 구성될 수 있다. 다공성 부재의 기공은 그 크기에 따라 직경 2 nm 이하의 마이크로(micro)기공, 2~50 nm 메조(meso)기공, 50 nm 이상의 매크로(macros)

o)기공으로 구분할 수 있는데, 이들의 기공들을 적어도 일부를 포함한다. 다공성 부재는 그 구성 성분에 따라서 유기, 무기(세라믹), 금속, 하이브리드형 다공성 소재로 구분이 가능하다. 다공성 부재는 기공이 일정 배열로 형성되는 양극산화막을 포함한다. 다공성 부재는 형상의 측면에서 분말, 코팅막, 벌크가 가능하고, 분말의 경우 구형, 중공구형, 화이버, 튜브형등 다양한 형상이 가능하며, 분말을 그대로 사용하는 경우도 있지만, 이를 출발 물질로 코팅막, 벌크 형상을 제조하여 사용하는 것도 가능하다.

[0052] 다공성 부재의 기공이 무질서한 기공구조를 갖는 경우에는, 다공성 부재의 내부는 다수의 기공들이 서로 연결되면서 다공성 부재의 상, 하를 연결하는 공기 유로를 형성하게 된다. 한편, 다공성 부재의 기공이 수직 형상의 기공구조를 갖는 경우에는, 다공성 부재의 내부는 수직 형상의 기공에 의해 다공성 부재의 상, 하로 관통되면서 공기 유로를 형성할 수 있도록 한다.

[0053] 다공성 부재는 마이크로 LED를 흡착하는 흡착영역과 마이크로 LED(100)를 흡착하지 않는 비흡착영역을 포함한다. 흡착영역은 진공 챔버의 진공이 전달되어 마이크로 LED를 흡착하는 영역이고, 비흡착영역은 진공 챔버의 진공이 전달되지 않음에 따라 마이크로 LED(100)를 흡착하지 않는 영역이다.

[0054] 비흡착영역은 다공성 부재의 적어도 일부 표면에 차폐부가 형성함으로써 구현될 수 있다. 위와 같은 차폐부는 다공성 부재의 적어도 일부 표면에 형성된 기공을 막도록 형성된다. 차폐부는 다공성 부재의 상, 하 표면 중에서 적어도 일부 표면에 형성될 수 있고, 특히 다공성 부재의 기공 구조가 무질서한 기공 구조인 경우에는 다공성 부재의 상, 하 표면 모두에 형성될 수 있다.

[0055] 차폐부는 다공성 부재의 표면의 기공을 막는 기능을 수행할 수 있는 것이라면 그 재질, 형상, 두께에는 한정이 없다. 바람직하게는 포토레지스트(PR, Dry Film PR포함) 또는 금속 재질로 추가로 형성될 수 있고, 다공성 부재를 이루는 자체 구성에 의해서도 형성 가능하다. 여기서 다공성 부재를 이루는 자체 구성으로는, 예를 들어 후술하는 다공성 부재가 양극산화막으로 구성될 경우에는, 차폐부는 배리어층 또는 금속 모재일 수 있다.

[0056] 각각의 흡착영역의 수평 면적의 크기는 마이크로 LED(100)의 상부면의 수평 면적의 크기보다 작게 형성될 수 있고, 이를 통해 마이크로 LED(100)를 진공 흡착하면서 진공의 누설을 방지하여 진공 흡착이 보다 용이하게 할 수 있다.

[0057] 도 2에 도시된 전사헤드(3000)는 상술한 다공성 부재를 구비한 전사헤드의 바람직한 실시예로서, 제1다공성 부재(3100)와 제2다공성 부재(3200)를 포함한다.

[0058] 제1다공성 부재(3100)는 마이크로 LED(100)를 직접적으로 진공 흡착하는 부재이고, 제2다공성 부재(3200)는 제1다공성 부재(3100)의 상부에 구비되어 제1다공성 부재(3100)을 상부에서 지지하는 부재이다. 제2다공성 부재(3200)의 상부에는 진공 챔버(3300)가 구비되며, 진공 챔버(3300)을 통해 제1다공성 부재(3100)에 흡입력이 부여된다.

[0059] 제1다공성 부재(3100)는 금속을 양극산화하여 형성된 기공을 갖는 양극산화막으로 구성될 수 있다. 양극산화막은 모재인 금속을 양극산화하여 형성된 막을 의미하고, 기공은 금속을 양극산화하여 양극산화막을 형성하는 과정에서 형성되는 구멍을 의미한다. 예컨대, 모재인 금속이 알루미늄(Al) 또는 알루미늄 합금인 경우, 모재를 양극산화하면 모재의 표면에 양극산화알루미늄(Al_2O_3) 재질의 양극산화막이 형성된다. 위와 같이, 형성된 양극산화막은 내부에 기공이 형성되지 않은 배리어층과, 내부에 기공이 형성된 다공층으로 구분된다. 배리어층은 모재의 상부에 위치하고, 다공층은 배리어층의 상부에 위치한다. 이처럼, 배리어층과 다공층을 갖는 양극산화막이 표면에 형성된 모재에서, 모재를 제거하게 되면, 양극산화알루미늄(Al_2O_3) 재질의 양극산화막만이 남게 된다. 양극산화막은, 지름이 균일하고, 수직인 형태로 형성되면서 규칙적인 배열을 갖는 기공을 갖게 된다. 따라서, 배리어층을 제거하면, 기공은 상, 하로 수직하게 관통된 구조를 갖게 되며, 이를 통해 수직인 방향으로 진공압을 형성하는 것이 용이하게 된다.

[0060] 양극산화막의 내부는 수직 형상의 기공에 의해 수직인 형태의 공기 유로를 형성할 수 있게 된다. 기공의 내부 폭은 수 nm 내지 수 백nm의 크기를 갖는다. 예를 들어, 진공 흡착하고자 하는 마이크로 LED의 사이즈가 $30\mu m \times 30\mu m$ 인 경우이고 기공의 내부 폭이 수 nm인 경우에는 대략 수 천만개의 기공을 이용하여 마이크로 LED(100)를 진공 흡착할 수 있게 된다. 한편, 진공 흡착하고자 하는 마이크로 LED의 사이즈가 $30\mu m \times 30\mu m$ 인 경우이고 기공(1303)의 내부 폭이 수 백 nm인 경우에는 대략 수 만개의 기공을 이용하여 마이크로 LED(100)를 진공 흡착할 수 있게 된다. 마이크로 LED(100)의 경우에는 기본적으로 제1 반도체층(102), 제2 반도체층(104), 제1 반도체층(102)과 제2 반도체층(104) 사이에 형성된 활성층(103), 제1 컨택전극(106) 및 제2 컨택전극(107)만으로 구성됨

에 따라 상대적으로 가벼운 편이므로 양극산화막의 수만 내지 수 천만개의 기공을 이용하여 진공 흡착하는 것이 가능한 것이다.

- [0061] 양극산화막은 마이크로 LED(100)를 진공 흡착하는 흡착영역과 마이크로 LED(100)를 흡착하지 않는 비흡착영역을 포함한다. 흡착영역은 진공 챔버(3300)의 진공이 전달되어 마이크로 LED(100)를 진공 흡착하는 영역이고, 비흡착영역은 진공 챔버(3300)의 진공이 전달되지 않음에 따라 마이크로 LED(100)를 흡착하지 않는 영역이다. 바람직하게는, 흡착영역은 기공의 상, 하가 관통되는 영역이고, 비흡착영역은 기공의 상, 하 중 적어도 어느 한 부분이 폐쇄된 영역일 수 있다.
- [0062] 제1다공성 부재(3100)의 상부에는 제2다공성 부재(3200)가 구비된다. 제2다공성 부재(3200)은 제1다공성 부재(3100)를 지지하는 기능을 갖는 다공성 지지체로 구성될 수 있다. 제2다공성 부재(3200)가 제1다공성 부재(3100)를 지지하는 기능을 달성할 수 있는 구성이라면 그 재료에는 한정이 없으며, 전술한 다공성 부재의 구성이 포함될 수 있다. 예컨대, 제2다공성 부재(3200)는 다공성 세라믹 소재일 수 있다.
- [0063] 진공 챔버(3300)는 진공을 공급하는 진공포트에 연결된다. 진공 챔버(3300)는 진공포트의 작동에 따라 제1다공성 부재(3100)의 다수의 수직 형상의 기공에 진공을 가하거나 진공을 해제하는 기능을 한다.
- [0064] 마이크로 LED(100)의 흡착 시, 진공 챔버(3300)에 가해진 진공은 제1다공성 부재(3100)의 다수의 기공에 전달되어 마이크로 LED(100)에 대한 진공 흡착력을 제공한다. 한편, 마이크로 LED(100)의 탈착 시에는, 진공 챔버(3300)에 가해진 진공이 해제됨에 따라 제1다공성 부재(3100)의 다수의 기공에도 진공이 해제되어 마이크로 LED(100)에 대한 진공 흡착력이 제거된다.
- [0065] 이상과 같이 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 전사헤드는 다공성 부재를 포함하여 흡입력을 흡착력으로 하여 마이크로 LED(100)를 흡착하여 기관(1000)으로 전사하게 된다.
- [0066] 기관(1000)은 마이크로 LED(100)를 전사헤드(3000)로부터 전달받는 구성으로서, 그 상면에는 마이크로 LED(100)가 부착되는 본딩패드(1100)가 구비되며, 본딩 패드(1100)는 금속층이거나 비금속층으로 구성될 수 있다.
- [0067] 기관(1000)의 상면에는 본딩패드(1100)이 구비된다. 접촉층(1100)은 전사헤드(3000)로부터 마이크로 LED(100)를 전달받아 마이크로 LED(100)를 기관(1000)에 고정하는 기능을 한다. 이러한 본딩패드(1100)는 마이크로 LED(100)와 대응되는 위치에 아일랜드 형태로 구비될 수 있으며, 이와는 다르게 기관(1000)의 상면에 전체적으로 형성될 수 있다.
- [0068] 본딩패드(1100)는 금속층으로 구비될 수 있다. 본딩패드(1100)가 금속층으로 구비되는 경우에는 본딩패드(1100)가 마이크로 LED(100)의 하부에 구비되는 컨택전극과 전기적으로 연결될 수 있으며, 기관(1000)이 회로기관(1500)으로 구성되는 경우에는, 도 4에 도시된 같이 본딩패드(1100)은 전극으로 구성될 수 있다. 또한, 금속층으로 구성되는 본딩패드(1100)는 마이크로 LED(100)를 기관(1000)상에 유테틱 본딩할 수 있는 기능을 부여할 수 있다.
- [0069] 이와는 다르게, 본딩패드(1100)는 비금속층으로 구비될 수 있다. 본딩패드(1100)가 비금속층으로 구비되는 경우에는, 기관(1000)은 마이크로 LED(100)가 최종적으로 실장되는 회로기관이라기 보다는 마이크로 LED(100)를 회로기관으로 전달하기 위한 중간자 적인 위치에 있는 임시기관으로 이용될 수 있다.
- [0070] 기관(1000)의 하부에는 정전척(2000)이 구비된다. 정전척(2000)은 기관(1000)과는 별체로 제작되어 기관(1000)의 하부에 밀착되어 구비된다. 정전척(2000)은 정전기력을 이용하여 기관(1000)을 정전척(2000)의 상부에 고정시킨다.
- [0071] 정전척(2000)의 내부에는 전극(2100, 2300)이 구비되며 전극에 전압을 인가하여 정전기력을 유도할 수 있게 된다.
- [0072] 정전척(2000)은 유전물질의 비저항값에 따라 저저항척과 고저항척으로 구분할 수 있으나 본 발명의 바람직한 실시예에서 적합한 정전척(2000)이 이에 한정되는 것은 아니다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예의 정전척(2000)은 기관(1000)을 정전척(2000) 상에 고정하는 기능 뿐만 아니라 마이크로 LED(100)에도 정전기력을 작용시키기 때문에 큰 정전기력이 유도되는 Johnsen-Rahbek 효과를 이용한 저저항 정전척이 보다 바람직하다. 고저항 정전척의 경우 단순히 인가된 전압에 해당하는 전하가 축적되고 양전하와 음전하 사이에 쿨롱힘(coulomb force)이 작용하게 된다. 반면에 저저항 정전척의 경우에는 인가된 전압에 의한 전하 축적 외에 누설전류로 기관(1000)의 하부의 절연층과 정전척(2000)의 상부 사이 계면까지 이동한 전하에 의해 축적되는 것이 포함된다. 계면에서 유도되는 전하간의 정전기력은 거리가 매우 짧기 때문에, Johnsen-Rahbek 효과를 이용한 저저항 정전척이 고저항

정전척에 비해 큰 정전기력이 유도되게 된다.

- [0073] 도 2 및 도 3을 참조하여, 마이크로 LED(100)에 전사되는 과정을 살펴보면, 기관(1000)의 하부에 설치된 정전척(2000)의 정전기력을 이용하여 기관(1000)을 정전척(2000)에 부착시키는 단계; 마이크로 LED(100)를 부착한 전사헤드(3000)를 기관(1000)으로부터 이격된 상태로 기관(1000) 상에 위치시키는 단계; 정전척(2000)의 정전기력을 이용하여 전사헤드(3000)에 부착된 마이크로 LED(100)가 기관(1000)측으로 낙하하도록 하강력을 부여하는 단계; 및 기관(1000)으로 전사된 마이크로 LED(100)가 기관(1000)에 접합되는 동안 정전척(2000)의 정전기력을 유지하는 단계; 마이크로 LED(100)를 기관(1000)에 접합 완료된 이후에 정전척(2000)을 기관(1000)으로부터 제거하는 단계를 포함한다.
- [0074] 정전척(2000)에 전압이 인가되면, 정전척(2000)은 기관(1000)을 정전기력을 이용하여 정전척(2000)의 상면에 고정시키게 된다. 또한 정전척(2000)에 발생한 정전기력은 전사헤드(3000)에 흡착된 마이크로 LED(100)에도 작용하게 된다. 마이크로 LED(100)에 작용한 정전기력이 전사헤드(3000)에서 마이크로 LED(100)를 흡착하는 힘보다 큰 경우에는, 양 힘의 상대적으로 차이로 인해 마이크로 LED(100)는 기관(1000)측으로 낙하하는 힘을 받게 된다. 이를 통해 마이크로 LED(100)가 기관(1000)으로부터 이격된 상태에서 마이크로 LED(100)를 기관(1000) 측으로 전사할 수 있게 된다.
- [0075] 도 3에 도시된 바와 같이, 마이크로 LED(100)가 기관(1000) 측으로 전사된 이후에도 정전척(2000)의 작동에 따른 정전기력은 마이크로 LED(100)를 하향 방향으로 끌어당기게 된다. 이를 통해 마이크로 LED(100)가 기관(1000) 측으로 전사된 이후에도 지속적으로 하향력을 받게 되므로 마이크로 LED(100)를 기관(1000)의 본딩패드(1100)에 보다 견고하게 고정할 수 있게 된다. 또한, 마이크로 LED(100)가 본딩패드(1100)에 접합되는 과정에서 탈팅되는 문제를 방지할 수 있게 되어 마이크로 LED(100)의 정렬 오차 발생을 방지할 수 있다.
- [0076] 도 4 및 도 5는 도 2 및 도 3의 기관(1000)이 회로기관(1500)으로 구성되는 것을 도시한 도면이다. 도 4 및 도 5에 도시된 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 전사시스템은 도 2 및 도 3의 기관(1000)이 회로기관(1500)으로 구성된다는 점에서 차이가 있을 뿐 다른 구성은 동일하다.
- [0077] 도 4 및 도 5에 도시된 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 마이크로 LED(100)는 전사헤드(3000)를 이용하여 회로기관(1500)의 상부로 이송되어 위치하게 된다. 이때 회로기관(1500)의 하부에 위치하는 정전척(2000)에는 전압이 인가되어 정전기력으로 회로기관(1500)을 정전척(2000)의 상면에 고정시키게 된다. 또한 정전척(2000)과 마이크로 LED(100) 간에도 정전기력이 작용하게 되므로, 전사헤드(3000)에 흡착된 마이크로 LED(100)는 회로기관(1500)을 향하는 하향력을 받게 된다.
- [0078] 마이크로 LED(100)에 작용한 정전기력이 전사헤드(3000)에서 마이크로 LED(100)를 흡착하는 힘보다 큰 경우에는, 양 힘의 상대적으로 차이로 인해 마이크로 LED(100)는 회로기관(1500)측으로 낙하하는 힘을 받게 된다. 이를 통해 마이크로 LED(100)가 회로기관(1500)으로부터 이격된 상태에서 마이크로 LED(100)를 회로기관(1500) 측으로 전사할 수 있게 된다.
- [0079] 도 5에 도시된 바와 같이, 마이크로 LED(100)가 회로기관(1500) 측으로 전사된 이후에도 정전척(2000)의 작동에 따른 정전기력은 마이크로 LED(100)를 하향 방향으로 끌어당기게 된다. 이를 통해 마이크로 LED(100)가 회로기관(1500) 측으로 전사된 이후에도 지속적으로 하향력을 받게 되므로 마이크로 LED(100)를 회로기관(1500)의 제1전극(510)에 보다 견고하게 고정할 수 있게 된다. 또한, 마이크로 LED(100)가 제1전극(510)에 접합되는 과정에서 탈팅되는 문제를 방지할 수 있게 되어 마이크로 LED(100)의 정렬 오차 발생을 방지할 수 있다.
- [0080] 마이크로 LED(100)가 회로기관(1500)에 전사되어 제1전극(510)과 접합이 완료되면, 정전척(2000)의 작동을 정지시켜 정전기력을 제거한다. 이에 따라 회로기관(1500)은 정전척(2000)으로부터 분리가능한 상태가 된다. 그 다음 마이크로 LED(100)가 실장된 회로기관(1500)은 후속 공정을 위해 이송되며 이후 도 6에 도시된 바와 같은 구조체로 완성된다.
- [0081] 도 6은 마이크로 LED(100)가 전사헤드(3000)에 의해 회로기관(1500)으로 이송되어 실장됨에 따라 형성된 마이크로 LED 구조체를 도시한 도면이다.
- [0082] 회로기관(1500)은 다양한 소재를 포함할 수 있다. 예를 들어, 회로기관(1500)은 SiO₂를 주성분으로 하는 투명한 유리 재질로 이루어질 수 있다. 그러나, 회로기관(1500)은 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 투명한 플라스틱 재질로 형성되어 가용성을 가질 수 있다. 플라스틱 재질은 절연성 유기물인 폴리에테르술폰(PES, polyethersulphone), 폴리아크릴레이트(PAR, polyacrylate), 폴리에테르 이미드(PEI, polyetherimide), 폴리에

틸렌 나프탈레이트(PEN, polyethylenenapthalate), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET, polyethyleneterephthalate), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide: PPS), 폴리아릴레이트(polyallylate), 폴리이미드(polyimide), 폴리카보네이트(PC), 셀룰로오스 트리 아세테이트(TAC), 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propionate: CAP)로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 유기물일 수 있다.

- [0083] 화상이 회로기판(1500)방향으로 구현되는 배면 발광형인 경우에 회로기판(1500)은 투명한 재질로 형성해야 한다. 그러나 화상이 회로기판(1500)의 반대 방향으로 구현되는 전면 발광형인 경우에 회로기판(1500)은 반드시 투명한 재질로 형성할 필요는 없다. 이 경우 금속으로 회로기판(1500)을 형성할 수 있다.
- [0084] 금속으로 회로기판(1500)을 형성할 경우 회로기판(1500)은 철, 크롬, 망간, 니켈, 티타늄, 몰리브덴, 스테인레스 스틸(SUS), Invar 합금, Inconel 합금 및 Kovar 합금으로 이루어진 군으로부터 선택된 하나 이상을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0085] 회로기판(1500)은 버퍼층(311)을 포함할 수 있다. 버퍼층(311)은 평탄면을 제공할 수 있고, 이물 또는 습기가 침투하는 것을 차단할 수 있다. 예를 들어, 버퍼층(311)은 실리콘 옥사이드, 실리콘 나이트라이드, 실리콘 옥시 나이트라이드, 알루미늄옥사이드, 알루미늄나이트라이드, 티타늄옥사이드 또는 티타늄나이트라이드 등의 무기물이나, 폴리이미드, 폴리에스테르, 아크릴 등의 유기물을 함유할 수 있고, 예시한 재료들 중 복수의 적층체로 형성될 수 있다.
- [0086] 박막 트랜지스터(TFT)는 활성층(310), 게이트 전극(320), 소스 전극(330a) 및 드레인 전극(330b)을 포함할 수 있다.
- [0087] 이하에서는 박막 트랜지스터(TFT)가 활성층(310), 게이트 전극(320), 소스 전극(330a) 및 드레인 전극(330b)이 순차적으로 형성된 탑 게이트 타입(top gate type)인 경우를 설명한다. 그러나 본 실시예는 이에 한정되지 않고 바텀 게이트 타입(bottom gate type) 등 다양한 타입의 박막 트랜지스터(TFT)가 채용될 수 있다.
- [0088] 활성층(310)은 반도체 물질, 예컨대 비정질 실리콘(amorphous silicon) 또는 다결정 실리콘(poly crystalline silicon)을 포함할 수 있다. 그러나 본 실시예는 이에 한정되지 않고 활성층(310)은 다양한 물질을 함유할 수 있다. 선택적 실시예로서 활성층(310)은 유기 반도체 물질 등을 함유할 수 있다.
- [0089] 또 다른 선택적 실시예로서, 활성층(310)은 산화물 반도체 물질을 함유할 수 있다. 예컨대, 활성층(310)은 아연(Zn), 인듐(In), 갈륨(Ga), 주석(Sn) 카드뮴(Cd), 게르마늄(Ge) 등과 같은 12, 13, 14족 금속 원소 및 이들의 조합에서 선택된 물질의 산화물을 포함할 수 있다.
- [0090] 게이트 절연막(313:gate insulating layer)은 활성층(310) 상에 형성된다. 게이트 절연막(313)은 활성층(310)과 게이트 전극(320)을 절연하는 역할을 한다. 게이트 절연막(313)은 실리콘산화물 및/또는 실리콘질화물 등의 무기 물질로 이루어진 막이 다층 또는 단층으로 형성될 수 있다.
- [0091] 게이트 전극(320)은 게이트 절연막(313)의 상부에 형성된다. 게이트 전극(320)은 박막 트랜지스터(TFT)에 온/오프 신호를 인가하는 게이트 라인(미도시)과 연결될 수 있다.
- [0092] 게이트 전극(320)은 저저항 금속 물질로 이루어질 수 있다. 게이트 전극(320)은 인접층과의 밀착성, 적층되는 층의 표면 평탄성 그리고 가공성 등을 고려하여, 예컨대 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 은(Ag), 마그네슘(Mg), 금(Au), 니켈(Ni), 네오디뮴(Nd), 이리듐(Ir), 크롬(Cr), 리튬(Li), 칼슘(Ca), 몰리브덴(Mo), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), 구리(Cu) 중 하나 이상의 물질로 단층 또는 다층으로 형성될 수 있다.
- [0093] 게이트 전극(320)상에는 층간 절연막(315)이 형성된다. 층간 절연막(315)은 소스 전극(330a) 및 드레인 전극(330b)과 게이트 전극(320)을 절연한다. 층간 절연막(315)은 무기 물질로 이루어진 막이 다층 또는 단층으로 형성될 수 있다. 예컨대 무기 물질은 금속 산화물 또는 금속 질화물일 수 있으며, 구체적으로 무기 물질은 실리콘 산화물(SiO₂), 실리콘질화물(SiNx), 실리콘산질화물(SiON), 알루미늄산화물(Al₂O₃), 티타늄산화물(TiO₂), 탄탈산화물(Ta₂O₅), hafnium산화물(HfO₂), 또는 아연산화물(ZrO₂) 등을 포함할 수 있다.
- [0094] 층간 절연막(315) 상에 소스 전극(330a) 및 드레인 전극(330b)이 형성된다. 소스 전극(330a) 및 드레인 전극(330b)은 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 은(Ag), 마그네슘(Mg), 금(Au), 니켈(Ni), 네오디뮴(Nd), 이리듐(Ir), 크롬(Cr), 리튬(Li), 칼슘(Ca), 몰리브덴(Mo), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), 구리(Cu) 중 하나 이상의 물질로 단층 또는 다층으로 형성될 수 있다. 소스 전극(330a) 및 드레인 전극(330b)은 활성층(310)의 소스 영역과

드레인 영역에 각각 전기적으로 연결된다.

- [0095] 평탄화층(317)은 박막 트랜지스터(TFT) 상에 형성된다. 평탄화층(317)은 박막 트랜지스터(TFT)를 덮도록 형성되어, 박막 트랜지스터(TFT)로부터 비롯된 단차를 해소하고 상면을 평탄하게 한다. 평탄화층(317)은 유기 물질로 이루어진 막이 단층 또는 다층으로 형성될 수 있다. 유기 물질은 Polymethylmethacrylate(PMMA)나, Polystyrene(PS)과 같은 일반 범용고분자, 페놀계 그룹을 갖는 고분자 유도체, 아크릴계 고분자, 이미드계 고분자, 아릴에테르계 고분자, 아마이드계 고분자, 불소계고분자, p-자일렌계 고분자, 비닐알콜계 고분자 및 이들의 블렌드 등을 포함할 수 있다. 또한, 평탄화층(317)은 무기 절연막과 유기절연막의 복합 적층체로 형성될 수도 있다.
- [0096] 평탄화층(317)상에는 제1 전극(510)이 위치한다. 제1 전극(510)은 박막 트랜지스터(TFT)와 전기적으로 연결될 수 있다. 구체적으로, 제1 전극(510)은 평탄화층(317)에 형성된 콘택홀을 통하여 드레인 전극(330b)과 전기적으로 연결될 수 있다. 제1 전극(510)은 다양한 형태를 가질 수 있는데, 예를 들면 아일랜드 형태로 패터닝되어 형성될 수 있다. 평탄화층(317)상에는 픽셀 영역을 정의하는 बैं크층(400)이 배치될 수 있다. बैं크층(400)은 마이크로 LED(100)가 수용될 오목부를 포함할 수 있다. बैं크층(400)은 일 예로, 오목부를 형성하는 제1 बैं크층(410)을 포함할 수 있다. 제1 बैं크층(410)의 높이는 마이크로 LED(100)의 높이 및 시야각에 의해 결정될 수 있다. 오목부의 크기(폭)는 표시 장치의 해상도, 픽셀 밀도 등에 의해 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 제1 बैं크층(410)의 높이보다 마이크로 LED(100)의 높이가 더 클 수 있다. 오목부는 사각 단면 형상일 수 있으나, 본 발명의 실시예들은 이에 한정되지 않고, 오목부는 다각형, 직사각형, 원형, 원뿔형, 타원형, 삼각형 등 다양한 단면 형상을 가질 수 있다.
- [0097] बैं크층(400)은 제1 बैं크층(410) 상부의 제2 बैं크층(420)을 더 포함할 수 있다. 제1 बैं크층(410)과 제2 बैं크층(420)은 단차를 가지며, 제2 बैं크층(420)의 폭이 제1 बैं크층(410)의 폭보다 작을 수 있다. 제2 बैं크층(420)의 상부에는 전도층(550)이 배치될 수 있다. 전도층(550)은 데이터선 또는 스캔선과 평행한 방향으로 배치될 수 있고, 제2 전극(530)과 전기적으로 연결된다. 다만, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 제2 बैं크층(420)은 생략되고, 제1 बैं크층(410) 상에 전도층(550)이 배치될 수 있다. 또는, 제2 बैं크층(420) 및 전도층(550)을 생략하고, 제2 전극(530)을 픽셀(P)들에 공통인 공통전극으로서 기판 전체에 형성할 수도 있다. 제1 बैं크층(410) 및 제2 बैं크층(420)은 광의 적어도 일부를 흡수하는 물질, 또는 광 반사 물질, 또는 광 산란물질을 포함할 수 있다. 제1 बैं크층(410) 및 제2 बैं크층(420)은 가시광(예를 들어, 380nm 내지 750nm 파장 범위의 광)에 대해 반투명 또는 불투명한 절연 물질을 포함할 수 있다.
- [0098] 일 예로, 제1 बैं크층(410) 및 제2 बैं크층(420)은 폴리카보네이트(PC), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에테르설폰, 폴리비닐부티랄, 폴리페닐렌에테르, 폴리아미드, 폴리에테르이미드, 노보넨계(norbornene system) 수지, 메타크릴 수지, 환상 폴리올레핀계 등의 열가소성 수지, 에폭시 수지, 페놀 수지, 우레탄 수지, 아크릴수지, 비닐 에스테르 수지, 이미드계 수지, 우레탄계 수지, 우레아(urea)수지, 멜라민(melamine) 수지 등의 열경화성 수지, 혹은 폴리스티렌, 폴리아크릴로니트릴, 폴리카보네이트 등의 유기 절연 물질로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0099] 다른 예로, 제1 बैं크층(410) 및 제2 बैं크층(420)은 SiO_x, SiN_x, SiN_xO_y, AlO_x, TiO_x, TaO_x, ZnO_x 등의 무기산화물, 무기질화물 등의 무기 절연 물질로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 일 실시예에서, 제1 बैं크층(410) 및 제2 बैं크층(420)은 블랙 매트릭스(black matrix) 재료와 같은 불투명 재료로 형성될 수 있다. 절연성 블랙 매트릭스 재료로는 유기 수지, 글래스 페이스트(glass paste) 및 흑색 안료를 포함하는 수지 또는 페이스트, 금속 입자, 예컨대 니켈, 알루미늄, 몰리브덴 및 그의 합금, 금속 산화물 입자(예를 들어, 크롬 산화물), 또는 금속 질화물 입자(예를 들어, 크롬 질화물) 등을 포함할 수 있다. 변형예에서 제1 बैं크층(410) 및 제2 बैं크층(420)은 고반사율을 갖는 분산된 브래그 반사체(DBR) 또는 금속으로 형성된 미러 반사체일 수 있다.
- [0100] 오목부에는 마이크로 LED(100)가 배치된다. 마이크로 LED(100)는 오목부에서 제1 전극(510)과 전기적으로 연결될 수 있다.
- [0101] 마이크로 LED(100)는 적색, 녹색, 청색, 백색 등의 파장을 가지는 빛을 방출하며, 형광 물질을 이용하거나 색을 조합함으로써 백색광도 구현이 가능하다. 마이크로 LED(100)는 1 μm 내지 100 μm 의 크기를 갖는다. 마이크로 LED(100)는 개별적으로 또는 복수 개가 본 발명의 실시예에 따른 전사헤드에 의해 성장 기판(101) 상에서 픽업(pick up)되어 회로기판(1500)에 전사됨으로써 회로기판(1500)의 오목부에 수용될 수 있다.

- [0102] 마이크로 LED(100)는 p-n 다이오드, p-n 다이오드의 일측에 배치된 제1 콘택 전극(106) 및 제1 콘택 전극(106)과 반대측에 위치한 제2 콘택 전극(107)을 포함한다. 제1 콘택 전극(106)은 제1 전극(510)과 접속하고, 제2 콘택 전극(107)은 제2 전극(530)과 접속할 수 있다.
- [0103] 제1 전극(510)은 Ag, Mg, Al, Pt, Pd, Au, Ni, Nd, Ir, Cr 및 이들의 화합물 등으로 형성된 반사막과, 반사막 상에 형성된 투명 또는 반투명 전극층을 구비할 수 있다. 투명 또는 반투명 전극층은 인듐틴옥사이드(ITO; indium tin oxide), 인듐징크옥사이드(IZO; indium zinc oxide), 징크옥사이드(ZnO; zinc oxide), 인듐옥사이드(In_2O_3 ; indium oxide), 인듐갈륨옥사이드(IGO; indium gallium oxide) 및 알루미늄징크옥사이드(AZO; aluminum zinc oxide)를 포함하는 그룹에서 선택된 적어도 하나 이상을 구비할 수 있다.
- [0104] 패시베이션층(520)은 오목부 내의 마이크로 LED(100)를 둘러싼다. 패시베이션층(520)은 बैं크층(400)과 마이크로 LED(100) 사이의 공간을 채움으로써, 오목부 및 제1 전극(510)을 커버한다. 패시베이션층(520)은 유기 절연물질로 형성될 수 있다. 예를 들어, 패시베이션층(520)은 아크릴, 폴리(메틸 메타크릴레이트)(PMMA), 벤조사이클로부텐(BCB), 폴리이미드, 아크릴레이트, 에폭시 및 폴리에스테르 등으로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0105] 패시베이션층(520)은 마이크로 LED(100)의 상부, 예컨대 제2 콘택 전극(107)은 커버하지 않는 높이로 형성되어, 제2 콘택 전극(107)은 노출된다. 패시베이션층(520) 상부에는 마이크로 LED(100)의 노출된 제2 콘택 전극(107)과 전기적으로 연결되는 제2 전극(530)이 형성될 수 있다.
- [0106] 제2 전극(530)은 마이크로 LED(100)와 패시베이션층(520)상에 배치될 수 있다. 제2 전극(530)은 ITO, IZO, ZnO 또는 In_2O_3 등의 투명 전도성 물질로 형성될 수 있다.
- [0107] 이상에서 설명한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은 정전척을 포함한다. 다만 본 발명의 다른 실시예로서, 마이크로 LED 전사 시스템은 마이크로 LED를 전사하는 전사헤드; 전사헤드로부터 마이크로 LED를 전사받는 기관; 및 기관의 하부에 기관과는 별체로 구비되어 마이크로 LED에 자기력을 인가하는 자성척으로 구성될 수 있다.
- [0108] 자성척(미도시)은 마이크로 LED에 자기력을 인가하여 마이크로 LED가 기관상으로 전사될 수 있도록 하는 기능을 수행하며, 마이크로 LED를 전사헤드로 부터 탈락시키기 위해서는 마이크로 LED와 전사헤드 간의 접촉력보다 더 큰 자기력을 마이크로 LED에 인가하여야 한다. 또한 마이크로 LED에는 자성척의 자기력과 대응하여 인력이 발생할 수 있도록 자성물질이 추가적으로 구비되어야 한다.
- [0109] 이하, 도 7을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템에 대해 설명한다. 도 7을 참조하면, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은, 마이크로 LED(100)를 제1물리력(F_a)으로 접촉하여 전사하는 전사헤드(3000); 전사헤드(3000)로부터 마이크로 LED(100)를 전사받는 기관(1000); 및 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100)에 상기 제2물리력(F_b)을 작용시키는 척(5000)을 포함한다.
- [0110] 여기서, 제1물리력(F_a)은 정전기력, 자기력 또는 흡입력 중 적어도 어느 하나이고, 제2물리력(F_b)은 정전기력, 자기력 또는 자력 중 적어도 어느 하나이다.
- [0111] 제2물리력(F_b)과 동일 성질의 물리력에 의해 기관(1000)은 척(5000)에 고정된다. 다시 말해 척(5000)이 마이크로 LED(100)을 끌어당기는 힘(F_b)과 척(5000)이 기관(1000)을 끌어당기는 힘(F_c)은 동일 성질의 물리력이다 (도 7에는 기관(1000)과 척(5000)이 서로 이격된 형태로 도시되어 있으나 이는 척(5000)이 기관(1000)을 끌어당기는 힘(F_c)에 의해 기관(1000)이 척(5000)에 이끌려 고정되는 것을 설명하기 위하여 편의상 이격된 형태로 도시한 것이고, 척(5000)이 기관(1000)을 끌어당기는 힘(F_c)에 의해 기관(1000)은 척(5000)에 밀착되어 고정된다). 예컨대, 척(5000)이 정전기력에 의해 기관(1000)을 척(5000)에 고정시킨다면, 척(5000)은 정전기력에 의해 마이크로 LED(100)을 기관(1000) 측으로 끌어당기게 되며, 여기서 척(5000)이 마이크로 LED(100)을 끌어당기는 힘(F_b)과 척(5000)이 기관(1000)을 끌어당기는 힘(F_c)은 정전기력으로서 동일 성질의 물리력이다. 이러한 동일 성질의 물리력을 이용하여 기관(1000)을 척(5000)에 고정할 수 있음과 동시에 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100)를 끌어당겨 기관(1000) 측으로 전사할 수 있게 된다.
- [0112] 제2물리력(F_b)이 제1물리력(F_a)보다 더 큰 경우에는 마이크로 LED는 제2물리력(F_b)과 제1물리력(F_a)의 상대적인 차이의 힘을 받으면서 기관(1000)측으로 전사가 된다. 반대로 제2물리력(F_b)이 제1물리력(F_a)보다 더 작은 경우에는 마이크로 LED는 제2물리력(F_b)과 제1물리력(F_a)의 상대적인 차이의 힘을 받으면서 전사헤드(10

0)에 접촉된 상태를 유지하게 된다.

- [0113] 제2물리력(F_b)은 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100) 전부에 일괄적으로 작용될 수 있다. 제2물리력(F_b)이 제1물리력(F_a)보다 더 크도록 하여, 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100) 전부에 일괄적으로 작용시키면, 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100)는 일괄적으로 기관(1000) 측으로 모두 전사가 된다.
- [0114] 한편, 제2물리력(F_c)은 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100) 전부 중 일부에 작용될 수 있다. 제2물리력(F_c)이 제1물리력(F_a)보다 더 크도록 하여, 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100) 전부 중 일부에 작용시키면, 전사헤드(3000)에 접촉된 마이크로 LED(100) 전부 중 제2물리력을 받는 마이크로 LED(100)만 선택적으로 기관(1000) 측으로 전사가 된다.
- [0115] 한편, 제2물리력(F_b)은 마이크로 LED(100)가 기관(1000)에 전사되어 기관(1000)에 접합되는 동안 유지될 수 있다. 이를 통해 마이크로 LED(100)가 기관(1000)에 접합되는 동안 마이크로 LED(100)가 틸팅되는 것을 방지할 수 있다.
- [0116] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은 전사헤드, 마이크로 LED 및 기관간의 작용력에만 의존하여 마이크로 LED를 전사하는 구성을 갖는 종래 기술과는 달리, 마이크로 LED(100)를 기관(1000, 1500)상으로 전사하기 위한 별도의 전사력을 부여함으로써 마이크로 LED(100)가 기관(1000, 1500)상으로 용이하게 전달될 수 있게 한다. 또한, 마이크로 LED(100)가 기관(1000, 1500) 상에서 접합될 때 틸팅이 방지되는 효과를 발휘할 수 있게 된다.
- [0117] 또한, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은 기관(1000, 1500)을 고정하기 위한 별도의 고정장치가 필요한 종래 기술과는 달리, 척(2000, 5000)을 이용하여 기관(1000, 1500)을 고정할 수 있을 뿐만 아니라 동일한 물리력을 이용하여 마이크로 LED(100)를 기관(1000, 1500)측으로 전사할 수 있는 힘을 제공할 수 있게 된다.
- [0118] 또한 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 마이크로 LED 전사 시스템은 마이크로 LED를 기관의 상면과 접촉시켜 마이크로 LED를 기관에 전사하는 구성을 갖는 종래 기술과는 달리, 마이크로 LED(100)가 기관(1000, 1500)과 이격된 상태에서도 마이크로 LED(100)의 전사가 가능하여 전사헤드(3000)의 하사점 위치제어에 대한 고정밀도의 제어가 불필요하고, 마이크로 LED(100)가 기관(1000, 1500) 상면과 충돌하여 마이크로 LED(100)가 파손되는 문제를 방지할 수 있게 된다.
- [0119] 전술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 통상의 기술자는 하기의 특허 청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 또는 변형하여 실시할 수 있다.

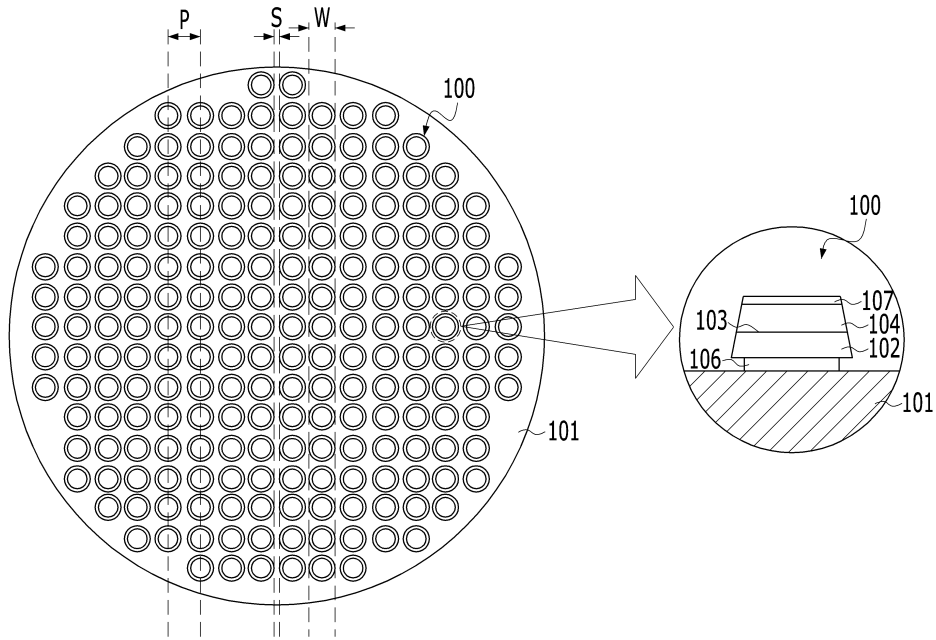
[0120]

부호의 설명

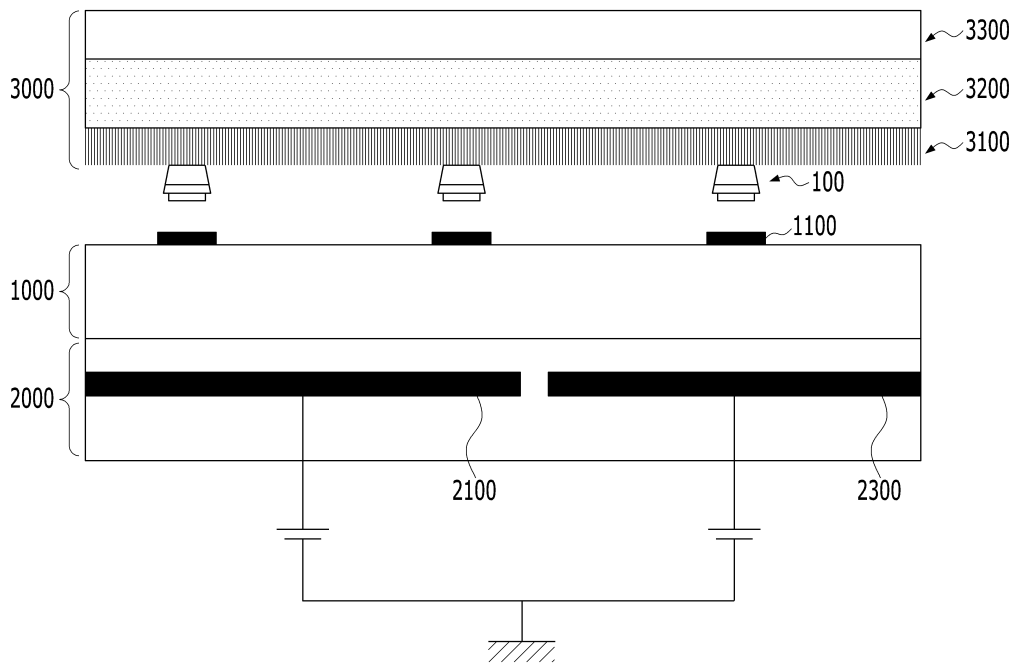
- [0121] 100: 마이크로 LED
- 1000: 기관 2000: 정전척
- 3000: 전사헤드

도면

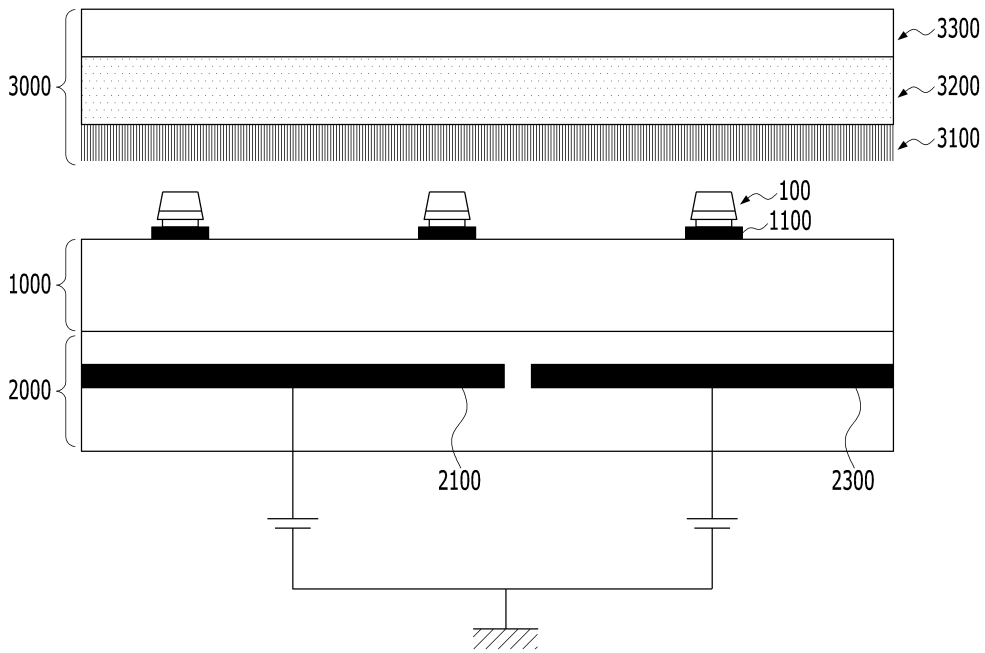
도면1



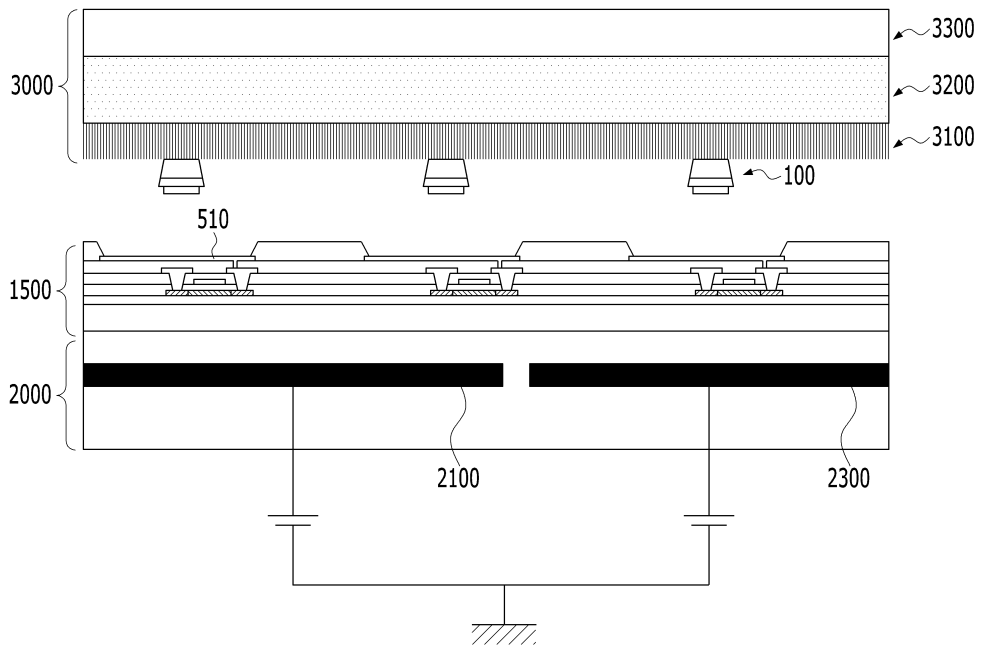
도면2



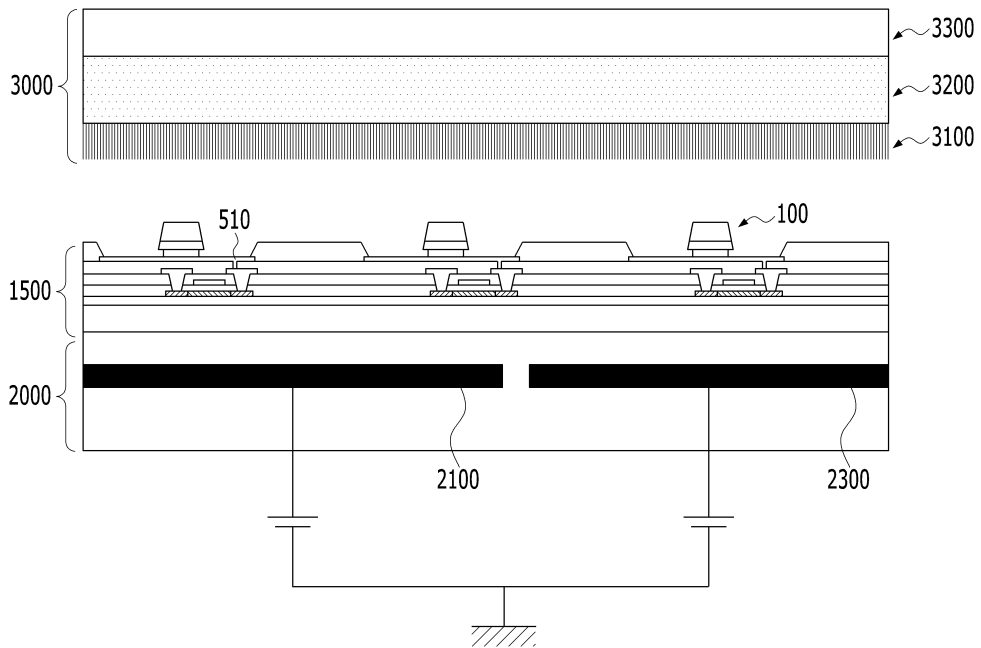
도면3



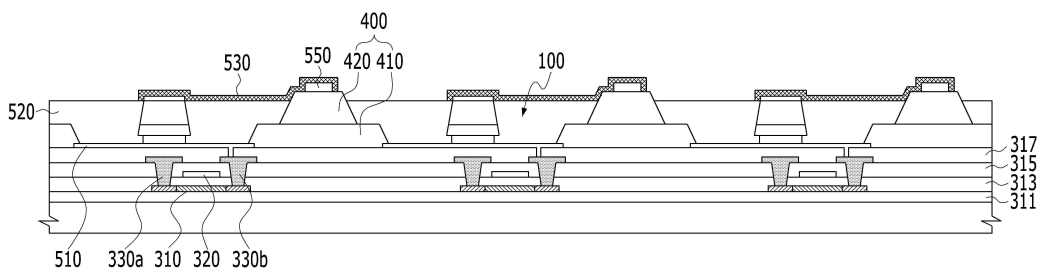
도면4



도면5



도면6



도면7

