



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년11월03일
(11) 등록번호 10-1436123
(24) 등록일자 2014년08월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G09F 9/33 (2006.01) H01L 33/00 (2010.01)
F21S 2/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0080412
(22) 출원일자 2013년07월09일
심사청구일자 2013년07월09일
(56) 선행기술조사문헌
KR101209449 B1
KR1020120122159 A
KR1020080021023 A
KR1020120022649 A
전체 청구항 수 : 총 22 항

(73) 특허권자
피에스아이 주식회사
경기도 용인시 기흥구 흥덕중안로 120, 2001호(영덕동, 유-타워)
(72) 발명자
도영락
서울특별시 송파구 올림픽로 135, 204동 301호 (잠실동, 리센즈)
(74) 대리인
특허법인리온

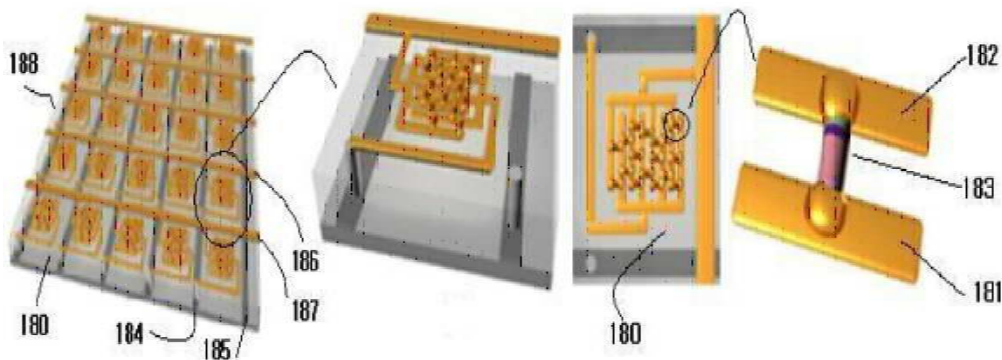
심사관 : 홍영옥

(54) 발명의 명칭 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노단위의 초소형 LED 소자를 초소형의 전극에 단락 없이 연통하여 종래의 초소형 LED 소자를 직립하여 전극에 결합시키기 어려운 난점을 극복함과 동시에 초소형 LED 소자를 초소형의 서로 다른 전극에 일대일 대응하여 결합시키는 난점을 극복하여 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 구현할 수 있다. 또한, 우수한 광추출 효율을 나타냄과 동시에 만일 하나 발생할 수 있는 초소형 LED 소자의 불량에 따른 불량픽셀의 발생 및 디스플레이 전체의 불량 발생을 방지하여 초소형 LED를 포함하는 디스플레이의 불량을 최소화하고 본래 기능을 유지시킬 수 있는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도8



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012-0202

부처명 교육과학기술부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기초연구사업-중견연구자(도약연구)

연구과제명 고효율/대면적/풀칼라 LED display 구현을 위한 소자구조, 소재, 제조공정에 관련된 융합
원천기술 개발(2차년도/총5차년도)

기 여 율 1/1

주관기관 국민대학교 산학협력단

연구기간 2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

- (1) 기판상에 제 I 전극을 형성하는 단계;
- (2) 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제 II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성하는 단계;
- (3) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 복수개의 초소형 LED 소자들을 포함하는 용액을 투입하는 단계; 및
- (4) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성하는 단계; 를 포함하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 2

- (1) 기판상에 제 I 전극을 형성하는 단계;
- (2) 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제 II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성하는 단계;
- (3) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 복수개의 청색, 녹색, 적색 초소형 LED 소자들이 각각 포함된 용액을 투입하는 단계; 및
- (4) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성하는 단계; 를 포함하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 (1) 단계와 (2) 단계 사이에 제 I 전극을 포함하는 기판상에 절연층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 (2) 단계의 상호 대응되는 제1 전극 및 제2 전극은 소용돌이(spiral) 배치 및 상호 교번적(interdigitated) 배치 중 어느 하나의 배치로 이격되어 있는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 (3)단계의 초소형 LED 소자의 길이는 100 nm 내지 10 μ m, 소자의 외주면 중 활성층을 포함하여 절연피막이 형성된 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (3)단계의 초소형 LED 소자는 청색 LED 소자인 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 (4)단계 전원의 전압은 0.1V 내지 1000 V 이며, 주파수는 10 Hz 내지 100 GHz 인 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 (4) 단계의 서브픽셀 면적 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 당 초소형 LED 소자의 개수는 2 내지 100,000 개 인 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 (4) 단계 이후

(5) 상기 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성하는 단계;

(6) 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 단파장 투과필터(SPDF)를 형성하는 단계;

(7) 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPDF) 상부에 녹색 색변환층을 패터닝 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPDF) 상부에 적색 색변환층을 패터닝하는 단계; 및

(8) 상기 색변환층을 포함하는 단파장 투과필터 상부에 장파장 투과필터(LPDF)를 형성하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 10

제2항에 있어서, 상기 (4) 단계 이후

(5) 상기 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성하는 단계; 및

(6) 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 부동화층을 형성하는 단계; 를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이 제조방법.

청구항 11

기관상에 형성된 제 I 전극;

상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 형성된 제 II 전극;

상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극 및 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및

상기 전극 어셈블리의 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들; 을 포함하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 12

기관상에 형성된 제 I 전극;

상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 형성된 제 II 전극;

상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및

상기 전극 어셈블리의 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들; 을 포함하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 복수개의 서브픽셀들 상부에 형성된 금속오믹층;

상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 형성된 단파장 투과필터(SPDPF);

상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 상부에 패터닝된 녹색 색변환층 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 상부에 패터닝된 적색 색변환층;

상기 색변환층을 포함하는 단파장 투과필터 상부에 형성된 장파장 투과필터(LPDPF);를 포함하는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 제 I 전극을 포함하여 기판 상부 및 제 II 전극 하부에 형성된 절연층; 및

상기 복수개의 서브픽셀들 상부에 형성된 금속오믹층;을 포함하는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 15

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 제 I 전극 및 제 II 전극은 스트라이프 형상으로 교차되어 형성되며, 상기 교차된 제 I 전극 및 제 II 전극들에 의해 구획된 공간에 서브픽셀이 위치하는 것 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 16

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 서브픽셀에 위치하는 제1 전극 및 제2 전극은 소용돌이(spiral) 배치 및 상호 교번적(interdigitated) 배치 중 어느 하나의 배치로 이격되어 있는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 17

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 서브픽셀 면적 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 당 초소형 LED 소자의 개수는 10 내지 10,000 개 인 것을 특징으로 하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이.

청구항 18

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 초소형 LED 소자의 길이는 100 nm 내지 $10 \mu\text{m}$ 이며, 소자의 외주면 중 활성층을 포함하여 절연피막이 형성된 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 19

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 제1, 2전극의 폭(X, Y)과 전극간격(Z), 초소형 LED 소자의 길이(H)는 하기의 관계식 1를 만족하는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이

[관계식 1]

$0.5 \times Z \leq H < X + Y + 2Z$ 이며, 여기서 $100\text{nm} < X \leq 10 \mu\text{m}$, $100\text{nm} < Y \leq 10 \mu\text{m}$, $100\text{nm} < Z \leq 10 \mu\text{m}$ 이다.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 초소형 LED 소자는 청색 LED 소자인 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 21

제11항 또는 제12항에 있어서,

광추출 효율(extraction efficiency)을 향상시키기 위해 상기 제1 전극 및 제2 전극과 연통된 초소형 LED 소자들은 기판에 대하여 누워있는 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 22

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 기판은 플렉서블(flexible)한 플라스틱 소재인 것을 특징으로 하는 초소형 LED 소자를 포함하는 디스플레이.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노단위의 초소형 LED 소자를 전극에 단락 없이 연통하여 풀-칼라 LED 디스플레이를 구현함과 동시에 광추출효율을 극대화한 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] LED는 1992년 일본 니치아사의 나카무라 등이 저온의 GaN 화합물 완충층을 적용하여 양질의 단결정 GaN 질화물 반도체를 융합시키는데 성공함으로써 개발이 활발하게 이루어져 왔다. LED는 화합물 반도체의 특성을 이용하여 다수의 캐리어가 전자인 n형 반도체 결정과 다수의 캐리어가 정공인 p형 반도체 결정이 서로 접합된 구조를 갖는 반도체로써, 전기신호를 원하는 영역의 과장대역을 가지는 빛으로 변환시켜 표출되어지는 반도체 소자이다. 이러한 LED 반도체는 광 변환 효율이 높기에 에너지 소비량이 매우 적으며 수명이 반영구적이고 환경 친화적이어서 그린 소재로서 빛의 혁명이라고 불린다. 최근에는 화합물 반도체 기술의 발달로 고휘도 적색, 주황, 녹색, 청색 및 백색 LED가 개발되었다.

[0003] 이에 따라 LED를 활용하여 LED 조명, LED 디스플레이의 개발이 계속되고 있는데, 그 중에서도 LED 디스플레이는 핸드폰, 노트북 등 각종 소형 전자기기의 디스플레이로 활용 가능함에 따라 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 다만, 현재 LED가 디스플레이에 활용되는 것은 한정된 상황이며, 그중 하나가 액정표시장치(LCD : Liquid Crystal Display)이다. 액정표시장치는 자발적으로 빛을 발생시키지 않기 때문에, 통신 LCD 패널의 뒷면에 빛을 발생시키는 백라이트(Back light)가 구비되어야 하며, 백색의 빛을 LCD 패널의 후면에서 비추므로써, LCD 패널에 의하여 구현되는 영상의 색이 실제 색에 가깝게 재현될 수 있다. 최초에는 냉음극형광램프(CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp)나 외부전극형광램프(EEFL: External Electrode Fluorescent Lamp)등을 광원으로 사용하였으나, 물리적, 화학적 특성이 우수한 고효율의 발광다이오드(light emission diode, LED)가 등장하면서, LED를 광원으로 이용하는 백라이트가 실용화되고 있으며 나아가 LED를 단순한 백라이트가 아닌 풀칼라 LED 디스플레이로 상용화하려는 시도가 계속되고 있다.

[0005] 이러한 시도에 따라 구체적으로 현재 상용화된 풀칼라 LED 디스플레이는 초대형 기판에 적,녹,청 3원색 LED램프를 수만에서 수십만 개 이상 박아 넣은 옥외전광판용 디스플레이가 일상에서 유일하게 접할 수 있는 제품이며, 소위 LED TV라 불리는 가정용 TV나 컴퓨터용 모니터의 경우 LCD 패널의 백라이트로 종래의 형광램프를 대신하여 백색 또는 삼원색 LED 소자를 백라이트로 채용한 LCD TV 또는 모니터로 진정한 의미의 LED 디스플레이는 아니다.

[0006] 기존의 LED 소자를 이용해서 TV나 모니터급 사이즈의 디스플레이로 발전시키지 못하는 이유는 LED 소자를 이용

해서 디스플레이를 제조하는 기술적 방법과 풀칼라를 구현하는 방법의 근본적인 한계에 기인한다.

- [0007] 종래의 LED 소자를 사용해서 직접 TV용 디스플레이를 만들 경우, 단순히 계산해보면 2~8인치 웨이퍼를 5~40장 연결해야만 40인치 급 TV를 제작할 수 있다. 따라서 현재 알려진 제조기술을 사용해서 LED소자로 직접 TV 급 디스플레이를 실현하는 데는 현재의 기술로는 극복할 수 없는 수 많은 문제점들이 산재해 있다. 이와 더불어 풀칼라를 구현하기 위해서는 적, 녹, 청 3원색 LED소자를 한 개의 pixel(픽셀)에 같이 박아 넣어야 하므로 단순히 적, 녹, 청 LED 웨이퍼를 이어 붙여서는 LED 풀칼라 디스플레이를 구현할 수 없다.
- [0008] 고효율 LED 디스플레이를 실현하기 위해서 지금까지 많은 연구를 통해서 알려진 바에 의하면 실제 디스플레이용 대면적 유리기관의 패턴된 픽셀 위치에 III-V족 박막 및 나노로드 LED 소자를 직접 성장시키는 bottom-up 방법의 경우 III-V 족 박막을 TV용 디스플레이급 사이즈와 같은 대형기관에 직접 증착하는 공정 및 투명한 비결정질 유리기관에 패턴된 투명전극 위에 고결정성/고효율 III-V족 박막 및 나노로드 LED 소자를 성장시키는 것 역시 결정학적으로도 매우 어렵다. 이와 같은 기술적 한계 때문에 대면적 유리기관에 LED 소자를 직접 성장시켜서 TV 나 모니터급 풀칼라 디스플레이를 구현하는 방법은 거의 시도되지 않고 있다.
- [0009] LED 디스플레이를 실현하기 위해서 많은 연구자들에 의해서 추진되고 있는 또 다른 접근법은 나노기술을 기반으로 한 bottom-up 방식이다. 이 방법은 단결정 기관위에 나노로드형 LED를 성장시킨 후 일부를 떼내어서 픽셀로 패턴된 전극 위에 bottom-up 방식으로 재배열시켜 대면적 디스플레이를 구현하는 방법이다. 하지만 이와 같이 bottom-up 방식으로 제조한 나노로드 LED는 기존에 웨이퍼에 성장시킨 박막형 LED에 비교하여 발광효율이 형편없이 떨어지는 문제점이 있다.
- [0010] 또 다른 방법으로는 고효율 LED 소자를 잘라서 LED 디스플레이를 구현하는 top-down 방법이 있다. 일반적으로 이 방법은 대면적 유리기관의 서브픽셀 위치에 top-down 방식으로 제조한 마이크로 LED 소자를 한 개씩 배열하는 일대일 대응 방식으로 디스플레이를 구현하는 방법이다. 이 경우 LED 소자를 사파이어 기관에 성장시킨 후 마이크로 사이즈로 패터닝하여 마이크로 LED 소자를 제조한 후 전극을 배선하므로 웨이퍼 기관사이즈 보다 적은 마이크로 LED 디스플레이를 구현한다.
- [0011] 현재 기술수준으로써는 상술한 마지막 방법이 LED 디스플레이의 구현에 있어 바람직해 보인다. 그러나 제조된 LED 소자의 전극 배선에 있어 전극, LED 소자, 또 다른 전극을 bottom-up 방식으로 적층시켜 3차원 결합시킬 경우 LED 소자가 서로 다른 두 전극 사이에서 3차원으로 직립하여 전극에 결합해야 하며 이는 일반적인 LED 소자라면 가능할 수도 있으나, LED 소자를 나노 크기의 초소형으로 제조할 경우 전극위에 3차원으로 직립시켜 결합시키기 어렵고 일부는 누워있는 형태로 존재할 수 있어 불량픽셀이 발생할 수 있으며 초소형의 LED를 3차원으로 전극위에 직립시킬 수 있다고 하더라도 초소형의 서로 다른 전극에 일대일로 결합시키기 어렵다 문제점이 있다. 상기와 같은 픽셀 불량 발생은 한 두 개의 픽셀이 불량일지라도 전체 디스플레이가 불량한 것으로 되는바, 디스플레이장치 자체의 불량으로 연결되어 문제점은 더 커진다.
- [0012] 본 발명의 발명자에 의한 한국특허출원 제2011-0040925호는 초소형의 LED 소자를 전극에 3차원으로 직립하여 결합시켜 디스플레이장치를 구현하려 하였고 초소형의 LED 소자가 전극에 용이하게 3차원으로 직립하여 결합할 수 있도록 초소형 LED 소자의 하부에 결합링커까지 구성하였으나 실제로 디스플레이장치를 구현함에 있어 초소형 LED 소자를 전극상에 3차원으로 직립시켜 결합시키기 매우 어려운 문제점이 있었다.
- [0013] 또한, 픽셀당 마이크로 단위의 LED 를 한 개씩만 대응시킬 경우 LED의 불량이 동시에 픽셀 불량이 될 수 있는 문제점이 있다.
- [0014] 나아가, 디스플레이에서 형성되는 서브픽셀이 전극상에 위치함에 따라 나노단위의 초소형LED를 3차원으로 직립시켜 전극에 연결시켰다 하더라도 초소형 LED 소자의 활성층에서 발생한 광자가 나노소자 및 절연층이 번갈아 있더라도 완벽하게 광추출을 못하므로 직립한 나노LED 면과 공기층간에 생기는 면에서의 전반사에 의한 광추출 저하 뿐만 아니라 상단의 전극에 가로막혀 외부로 추출되지 못하고 상기 활성층 내부에서 흡수됨에 따라 광추출 효율이 저하되는 문제점이 있다.
- [0015] 한국특허출원 제2006-0060461호는 발광다이오드 디스플레이소자 및 그 제조방법을 개시하고 있다. 개시된 발광다이오드 디스플레이 소자는 당해 디스플레이 소자가 1개의 픽셀을 구성하고 디스플레이 소자에 수개의 LED를 포함하고 있으나 상기 LED는 기관위에서 나노로드 LED 소자를 직접 성장시키는 bottom-up 방법으로 이러한 방법을 상기 발명에서 사용한 이유는 독립하여 제조된 LED, 특히 그 크기가 나노단위로 초소형일 경우 수개의 LED를 전극상에 3차원으로 직립하여 결합시키기 어렵기 때문이다.
- [0016] 또한, 상기 방법에 의해서는 실질적으로 대면적의 기관위에 직접 LED 소자를 성장시키기 어렵다는 문제점이 있

다.

[0017] 나아가, 성장시킨 LED 소자 각각의 크기가 상기의 방법에 의할 경우 나노단위로 초소형화 하기 어려워 픽셀 한 개당 위치하는 LED 소자의 밀도를 조절할 수 없고 나아가 LED 소자를 고밀도로 집적시킬 수 없으며 LED 소자의 상하부에 전극이 위치함에 따라 LED 소자에서 발생하는 광자가 굴절률 차이에 의한 계면에서의 전반사 효과 및 전극에 가로막혀 외부로 방출되지 못하고 내부에서 갇히거나 흡수되어 광추출 효율이 저하되는 문제점은 해결할 수 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0018] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로,

[0019] 본 발명이 해결하려는 첫 번째 과제는 독립하여 제조된 나노단위 크기의 초소형 LED 소자를 전극에 불량 없이 서로 다른 두 전극에 연통하여 대면적 컬러 바이 블루 LED 또는 RGB 풀-칼라 LED 디스플레이를 구현함에 적합함과 동시에 광추출효율을 극대화할 수 있는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0020] 두 번째로 해결하려는 과제는 나노단위 크기의 초소형 LED 소자를 서로 다른 두 전극에 단락 없이 연통하여 대면적 컬러 바이 블루 LED 또는 RGB 풀-칼라 LED 디스플레이를 구현하는 동시에 광추출효율을 극대화함과 더불어 픽셀 불량에 따른 디스플레이 불량을 최소화한 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0021] 상술한 첫 번째 과제를 해결하기 위해 본 발명은,

[0022] (1) 기판상에 제 I 전극을 형성하는 단계; (2) 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제 II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성하는 단계; (3) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 복수개의 초소형 LED 소자들을 포함하는 용액을 투입하는 단계; 및 (4) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성하는 단계; 를 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 제조방법을 제공한다.

[0023] 또한, 상술한 첫 번째 과제를 해결하기 위해 본 발명은,

[0024] (1) 기판상에 제 I 전극을 형성하는 단계; (2) 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제 II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성하는 단계; (3) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 복수개의 청색, 녹색, 적색 초소형 LED 소자들이 각각 포함된 용액을 투입하는 단계; 및 (4) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성하는 단계; 를 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 제조방법을 제공한다.

[0025] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 (1) 단계와 (2) 단계 사이에 제 I 전극을 포함하는 기판상에 절연층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0026] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 (2) 단계의 상호 대응되는 제1 전극 및 제2 전극은 소용돌이 (spiral) 배치 및 상호 교번적(interdigitated) 배치 중 어느 하나의 배치로 이격될 수 있다.

[0027] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 (3) 단계의 초소형 LED 소자의 길이는 100 nm 내지 10 μ m 이며, 소자의 외주면 중 활성층을 포함하여 절연피막이 형성될 수 있다.

[0028] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 (3) 단계의 초소형 LED 소자는 청색 LED 소자일 수 있다.

[0029] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 (4)단계 전원의 전압은 0.1V 내지 1000 V 일 수 있으며, 주파수는 10 Hz 내지 100 GHz 일 수 있다.

- [0030] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 (4) 단계의 서브픽셀 면적 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 당 초소형 LED 소자의 개수는 2 내지 100,000 개인 일 수 있다 .
- [0031] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 (4) 단계 이후 (5) 상기 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성하는 단계; (6) 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 단파장 투과필터 (SPDF)를 형성하는 단계; (7) 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 (SPDF) 상부에 녹색 색변환층을 패터닝 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 (SPDF) 상부에 적색 색변환층을 패터닝하는 단계; 및 (8) 상기 색변환층을 포함하는 단파장 투과필터 상부에 장파장 투과필터(LPDF)를 형성하는 단계; 를 더 포함할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 (4) 단계 이후 (5) 상기 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성하는 단계; 및
- [0033] (6) 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 부동화층을 형성하는 단계; 를 더 포함할 수 있다.
- [0034] 한편, 상술한 두 번째 과제를 해결하기 위해 본 발명은,
- [0035] 기관상에 형성된 제 I 전극; 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 형성된 제 II 전극; 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극 및 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및 상기 전극 어셈블리의 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들; 을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 제공한다.
- [0036] 또한, 상술한 두 번째 과제를 해결하기 위해 본 발명은,
- [0037] 기관상에 형성된 제 I 전극; 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 형성된 제 II 전극; 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및 상기 전극 어셈블리의 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들; 을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 제공한다.
- [0038] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 복수개의 서브픽셀들 상부에 형성된 금속오믹층; 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 형성된 단파장 투과필터(SPDF); 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 상부에 패터닝된 녹색 색변환층 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 상부에 패터닝된 적색 색변환층; 상기 색변환층을 포함하는 단파장 투과필터 상부에 형성된 장파장 투과필터(LPDF);를 포함할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 제 I 전극을 포함하여 기관 상부 및 제 II 전극 하부에 형성된 절연층; 및 상기 복수개의 서브픽셀들 상부에 형성된 금속오믹층;을 포함할 수 있다.
- [0040] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 제 I 전극 및 제 II 전극은 스트라이프 형상으로 교차되어 형성되며, 상기 교차된 제 I 전극 및 제 II 전극들에 의해 구획된 공간에 서브픽셀이 위치할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 서브픽셀에 위치하는 제1 전극 및 제2 전극은 소용돌이 (spiral) 배치 및 상호 교번적(interdigitated) 배치 중 어느 하나의 배치로 이격될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 서브픽셀 면적 $100 \times 100 \mu\text{m}^2$ 당 초소형 LED 소자의 개수는 2 내지 100,000 개인 일 수 있다 .
- [0043] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 초소형 LED 소자의 길이는 100 nm 내지 $10 \mu\text{m}$ 이며, 소자의 외주면 중 활성층을 포함하여 절연피막이 형성될 수 있다.
- [0044] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 제1, 2전극의 폭(X, Y)과 전극간격(Z), 초소형 LED 소자의 길이(H)는 하기의 관계식 1을 만족할 수 있다

- [0045] [관계식 1]
- [0046] $0.5 \times Z \leq H < X + Y + 2Z$ 이며, $100\text{nm} < X \leq 10\mu\text{m}$, $100\text{nm} < Y \leq 10\mu\text{m}$, $100\text{nm} < Z \leq 10\mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0047] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 초소형 LED 소자는 청색 LED 소자일 수 있다.
- [0048] 본 발명의 바람직한 또 다른 일실시예에 따르면, 광추출 효율(extraction efficiency)을 향상시키기 위해 상기 제1 전극 및 제2 전극과 연통된 초소형 LED 소자들은 기판에 대하여 누워있을 수 있다.
- [0049] 본 발명의 바람직한 다른 일실시예에 따르면, 상기 기판은 플렉서블(flexible)한 플라스틱 소재일 수 있다.
- [0050]
- [0051] 본 발명에 따른 구현예의 설명에 있어서, 각 층, 영역, 패턴 또는 구조물들이 기판, 각 층, 영역, 패턴들의 “위(on)”, “상부”, “상”, “아래(under)”, “하부”, “하”에 형성되는 것으로 기재되는 경우에 있어, “위(on)”, “상부”, “상”, “아래(under)”, “하부”, “하”는 “directly”와 “indirectly”의 의미를 모두 포함한다.
- [0052] 본 발명에 따른 구현예의 설명에 있어 “제1 전극”과 “제2 전극”은 초소형 LED가 실질적으로 실장될 수 있는 전극 영역을 의미하나 상기 영역과 더불어 전극을 배치하는 방법에 따라 더 포함될 수 있는 전극 영역까지를 모두 포함할 수 있다.
- [0053] 본 발명에 따른 구현예의 설명에 있어, 단위 전극이란 초소형 LED 소자를 배열하여 독립적으로 구동시킬 수 있는 두 전극이 배치된 배열 영역을 의미하고 단위 전극면적이란 상기 배열영역의 면적을 의미한다.

발명의 효과

- [0054] 본 발명의 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 및 이의 제조방법은 나노단위의 초소형 LED 소자를 초소형의 서로 다른 두 전극에 단락 없이 연통하여 종래의 초소형 LED 소자를 3차원 직립하여 전극에 결합시키기 어려운 난점을 극복함과 동시에 초소형 LED 소자를 초소형의 서로 다른 전극에 일대일 대응하여 결합시키는 난점을 극복하여 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 구현할 수 있다.
- [0055] 또한, 종래의 LED 디스플레이는 서브픽셀위치가 전극상에 형성되어 초소형 LED 소자의 활성층에서 발생하는 광자가 전극에 가로막혀 추출되지 못하고 소자 내부에서 흡수됨에 따라 낮은 광추출효율을 보였는데 서브픽셀위치를 달리하고 나아가 전극에 연통되는 초소형 LED 소자의 원통형 형상과 전극, 기판과의 상대적으로 위치하는 방향성으로 인해, 즉 기판과 수평하게 위치하는 초소형 LED 소자의 배열에 기인하여 활성층에서 발생하는 광자 중 대기중으로 방출되는 광자가 증가함에 따라 초소형 LED 소자의 광추출 효율을 크게 향상시킬 수 있다.
- [0056] 나아가, 만일하나 발생할 수 있는 초소형 LED 소자의 불량에 따른 불량픽셀의 발생 및 디스플레이 전체의 불량 발생을 방지하기 위해 다수의 초소형 LED 소자를 서브픽셀에 포함시켜 초소형 LED를 포함하는 디스플레이의 불량을 최소화하고 본래 기능을 유지시킬 수 있다.
- [0057] 더 나아가 종래 LED 디스플레이처럼 초소형 LED 소자가 직립하여 상, 하부 전극과 3차원 결합하지 않음으로써 서로 다른 두 전극 사이에 초소형 LED를 자기조립하기가 용이 하므로 대면적 평면에 초소형 LED를 구동 가능한 상태로 배열할 수 있는 대면적 LED 디스플레이 양산이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0058] 도 1은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 제조공정을 나타내는 사시도이다.
- 도 2는 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 디스플레이에 포함된 제 I 전극, 제 II 전극만을 도시한 평면도 및 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 디스플레이에 포함된 제 I 전극, 제 II 전극만을 도시한 평면도 및 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 제1 전극, 제2 전극을 도시한 사시도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 제1 전극, 제2 전극을 도시한 평면도이다.

도 6은 본 발명이 포함하는 초소형 LED 소자의 일구현예를 나타내는 사시도이다.

도 7은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 투과필터 증착 및 색변환층을 패터닝하는 제조공정을 나타내는 사시도이다.

도 8은 본 발명의 바람직한 일구현예에 대한 사시도이다.

도 9는 본 발명의 바람직한 일구현예에 대한 SEM 사진 및 청색 전계 발광 사진이다.

도 10은 본 발명의 바람직한 일구현예에 대한 청색 전계 발광 스펙트럼이다.

도 11은 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 초소형 LED 소자의 TEM 사진이다.

도 12는 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 서브픽셀의 평면도 및 부분확대도이다.

도 13은 본 발명의 바람직한 다른 일구현예에 따른 사시도이다.

도 14는 본 발명의 바람직한 다른 일구현예에 따른 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0059] 이하, 본 발명을 첨부된 도면을 참고하여 보다 상세하게 설명한다.

[0060] 상술한 바와 같이 종래에는 디스플레이 제조에 있어 LED 소자가 나노 크기의 초소형일 경우 전극위에 3차원으로 직접시켜 결합시키기 어렵고 일부는 누워있는 형태로 존재할 수 있어 불량픽셀이 발생할 수 있고 초소형의 LED를 3차원으로 전극위에 직접시킬 수 있다고 하더라도 초소형의 서로 다른 전극에 일대일로 결합시키기 어렵다는 문제점이 있다.

[0061] 또한, 픽셀당 마이크로 단위의 LED를 한 개씩만 대응시킬 경우 LED의 불량이 동시에 픽셀 불량이 될 수 있는 문제점이 있다.

[0062] 나아가, 디스플레이에서 형성되는 서브픽셀이 전극상에 위치함에 따라 나노단위의 초소형LED를 3차원으로 직접시켜 전극에 연결시켰다 하더라도 초소형 LED 소자의 활성층에서 발생한 광자가 나노소자 및 절연층이 변갈아 있더라도 완벽하게 광추출을 못하므로 직접한 나노LED 면과 공기층간에 생기는 면에서의 전반사에 의한 광 추출 저하 뿐만 아니라 상단의 전극에 가로막혀 외부로 추출되지 못하고 상기 활성층 내부에서 흡수됨에 따라 광추출 효율이 저하되는 문제점이 있다.

[0063] 더 나아가, 고효율/고해상도의 대면적 LED 디스플레이를 제조하기 위해서는 물리적으로 한정된 디스플레이 면적 내에 픽셀의 총수량을 높이면서도 픽셀 한 개당 한 개의 LED 소자를 배열하는 것이 아닌 고밀도의 LED 소자를 집적시켜야 하나 LED 소자가 나노단위의 초소형이라면 이러한 디스플레이의 실제 구현에 있어 어렵다는 문제점이 있었다.

[0064] 이에 본 발명에서는 바람직한 일구현예에 따르면, (1) 기판상에 제 I 전극을 형성하는 단계; (2) 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제 II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성하는 단계; (3) 상기 전극 어셈블리에 복수개의 초소형 청색 LED 소자들을 포함하는 용액을 투입하는 단계; 및 (4) 상기 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 청색 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성하는 단계; 를 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 제조방법을 제공함으로써 상술한 문제의 해결을 모색하였다.

[0065] 이를 통해 나노단위의 초소형 LED 소자를 초소형의 전극에 단락 없이 연통하여 종래의 초소형 LED 소자를 직접하여 전극에 결합시키기 어려운 난점을 극복함과 동시에 초소형 LED 소자를 초소형의 서로 다른 전극에 일대일 대응하여 결합시키는 난점을 극복하여 LED 풀칼라 디스플레이를 구현할 수 있다.

[0066] 또한, 초소형 LED 소자의 활성층에서 방출되는 광자가 전극에 가로막혀 추출되지 못하고 소자 내부에서 흡수되는 것을 최소화하여 광추출 효율을 향상시킬 수 있다.

- [0067] 나아가 전극에 연통되는 초소형 LED 소자의 방향성으로 인해 광추출 효율을 더욱더 향상시킬 수 있다.
- [0068] 먼저, (1)단계로서 기판상에 제 I 전극을 형성한다. 도 1은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 제조공정을 나타내는 사시도로서, 도 1을 중심으로 설명한다.
- [0069] 도 1a는 기판(100)을 나타낸다. 상기 기판(100)은 바람직하게는 유리기판, 수정기판, 사파이어 기판, 플라스틱 기판 및 플렉서블(flexible)한 폴리머 필름 중 어느 하나가 사용될 수 있다. 보다 더 바람직하게는 상기 기판은 투명할 수 있다. 다만, 상기 종류에 한정되는 것은 아니며 통상 디스플레이의 기판으로 사용되고 전극이 형성될 수 있는 기판의 경우 어느 종류나 사용될 수 있다. 상기 기판(100)의 면적은 제한이 없으며 구현하고자 하는 디스플레이의 면적에 맞추어 상기 기판(100)의 면적은 변할 수 있다. 바람직하게 상기 기판(100)의 두께는 100 μ m 내지 1 mm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0070] 이후 도 1b와 같이 상기 기판(100)상부에 광 레지스트(PR, photo resist)(101)를 코팅할 수 있다. 광 레지스트(101)의 코팅방법은 스핀코팅, 스프레이코팅 및 스크린 프린팅 중 어느 하나 일 수 있고, 바람직하게는 스핀코팅일 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다. 코팅되는 광 레지스트(101)의 두께는 0.1 내지 10 μ m 일 수 있다. 다만, 코팅되는 광 레지스트(101)의 두께는 이후 베이스 기판상에 증착될 전극의 두께를 고려하여 변할 수 있다.
- [0071] 이후 도 1c와 같이 제 I 전극에 상응하는 패턴이 그려진 마스크(102, 103)를 광 레지스트(101)에 올려놓고 자외선을 노광할 수 있다. 노광된 광 레지스트 박막은 통상적인 광 레지스트 용매에 담가서 제거할 수 있다(도 1d). 상기 제 I 전극에 상응하는 패턴(102)의 폭은 100 nm 내지 50 μ m 일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0072] 이후 도 1e와 같이 제 I 전극에 상응하는 마스크가 제거된 부분에 전극을 형성할 물질(104)을 증착하는데, 상기 전극을 형성할 물질은 알루미늄, 타이타늄, 인듐, 골드, 실버로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 금속 물질 또는 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO:Al, CNT-전도성 폴리머(polmer) 복합체로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 투명물질 일수 있다, 상기 전극을 형성할 물질이 2개 이상일 경우 바람직하게는 제1 전극은 2개 이상의 물질이 적층된 구조일 수 있다. 보다 더 바람직하게는 제1 전극은 타이타늄/골드의 적층일 수 있다. 다만 상기 기재에 제한되는 것은 아니다. 상기 전극을 형성할 물질은 열증착법, e-빔 증착법, 스퍼터링 증착법 및 스크린 프린팅 방법 중 어느 하나의 방법으로 증착될 수 있으며 바람직하게는 열증착 방법일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0073] 전극을 형성할 물질을 증착한 후 도 1f와 같이 아세톤, N-메틸피롤리돈 (1-Methyl-2-pyrrolidone, NMP) 및 디메틸설폭사이드(Dimethyl sulfoxide, DMSO) 중 어느 하나의 광 레지스트 제거제를 이용하여 베이스기판(100)에 코팅된 광 레지스트(101)를 제거하면 기판상에 제 I 전극(105)을 형성할 수 있다.
- [0074] 상기 “기판상”의 의미는 기판표면에 직접적으로 또는 기판표면과 이격하여 간접적으로를 의미한다. 도 1f은 기판표면에 직접적으로 형성된 제 I 전극(105)을 나타낸다. 바람직하게는 제 I 전극의 폭은 100 nm 내지 50 μ m, 두께는 0.1 내지 10 μ m일 수 있다. 다만, 상기의 기재에 한정되는 것은 아니며, 하기에 설명될 서브픽셀의 크기에 따라 변할 수 있다. 보다 바람직하게는 제 I 전극의 폭은 하기에 설명할 서브픽셀 길이의 1/2 이하 일 수 있다.
- [0075] 다음으로 (2)단계로서 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성한다.
- [0076] 상기 제 I 전극과 제II 전극은 초소형 LED가 실질적으로 실장되는 제1 전극과 제2 전극에 각각 연결되는 전극라

인으로 제Ⅱ 전극은 제Ⅰ 전극과 동일평면 또는 상부에 형성된다.

- [0077] 바람직하게는 제Ⅱ 전극(도 1r의 118)은 제Ⅰ 전극(105)의 상부에 형성될 수 있다. 도 2는 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 디스플레이에 포함된 제Ⅰ 전극, 제Ⅱ 전극만을 도시한 평면도 및 단면도이다. 도 2의 A-A ‘단면도에서 제Ⅰ 전극(301)은 기판(300)상에 형성되고 제Ⅱ 전극(302)은 기판(300) 및 제Ⅰ 전극(301)과 이격하여 상부에 형성될 수 있다. 이 경우 제Ⅰ 전극(301) 상부와 제Ⅱ 전극(302) 사이에는 양 전극의 합선을 방지하기 위한 절연체층(303)이 위치할 수 있다.
- [0078] 구체적으로 도 1g와 같이 제Ⅰ 전극(105)이 형성된 기판(100) 상부에 절연체(106)층을 형성할 수 있다. 상기 절연체(106)층은 제Ⅰ 전극과 하기에 설명될 제Ⅱ 전극(도 1s의 118)이 접촉하여 합선되는 것을 막아주는 역할을 한다.
- [0079] 상기 절연체(106)층은 SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 및 TiO_2 로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 보다 바람직하게는 SiO_2 일 수 있다. 다만, 상기의 기재들에 한정되지 않는다. 바람직하게 상기 절연체(106)층은 발광하는 초소형 LED 소자의 빛에 대한 간섭을 최소화하기 위해 투명한 것일 수 있다.
- [0080] 상기 절연체(106)층을 기판(100)상에 형성하는 방법은 플라즈마화학증착(PECVD), e-빔 증착법, 열증착법, 스퍼터링 증착법 중 어느 하나 일 수 있고 바람직하게는 플라즈마화학증착(PECVD)법일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 형성되는 절연체(106)층의 두께는 바람직하게는 0.1 내지 $50\mu\text{m}$ 일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며 절연 기능을 할 수 있는 최소한의 두께 이상이면 제조되는 디스플레이의 두께를 고려하여 변할 수 있다.
- [0081] 또한, 상기 제Ⅱ 전극은 제Ⅰ 전극과 동일평면상에도 형성될 수 있는데 구체적으로 도 3은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 디스플레이에 포함된 제Ⅰ 전극, 제Ⅱ 전극만을 도시한 평면도 및 단면도로서, 도 3 B-B ‘의 단면도에서 제Ⅰ 전극(305)은 기판(304)상에 형성되고 제Ⅱ 전극(306)은 기판(300) 및 제Ⅰ 전극(301) 상부에 직접적으로 형성될 수 있다. 이 경우 교차되는 부분에서의 합선이 문제될 수 있으나 교차되는 전극 사이에 절연체(307)층을 형성함으로써 상기의 문제점을 해결할 수 있다.
- [0082] 이하, 제Ⅱ 전극(도 1r의 118)이 제Ⅰ 전극(105)의 상부에 형성되는 경우를 중심으로 설명한다. 한편, 본 발명의 적용 가능한 제Ⅰ 전극 또는 제Ⅱ 전극의 구체적인 배치의 경우 목적에 따라 달라질 수 있다.
- [0083] 상기 제Ⅰ 전극(105)에 하기에 설명할 제1 전극(도 1r의 117)과 연결을 위한 연결전극(도 1m의 109)을 먼저 형성할 수 있다.
- [0084] 상기 제Ⅰ 전극(105)을 포함하는 기판(100) 상부 절연층(106)을 형성한 이후 도 1i와 같이 절연체(106) 상부에 다시 광 레지스트(107)를 코팅할 수 있다. 코팅되는 광 레지스트(107) 두께는 0.1 내지 $10\mu\text{m}$ 일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0085] 이후 도 1i와 같이 제1 전극(도 1s의 117)과 제Ⅰ 전극(105)이 다른 평면에서 연결될 수 있게 하는 연결전극(도 1n의 109)에 상응하는 패턴이 그려진 마스크(111)를 광 레지스트(107) 위에 올려놓고 자외선을 노광할 수 있다. 노광된 광 레지스트 박막은 통상적인 광 레지스트 용매에 담가서 제거할 수 있다(도 1j).
- [0086] 이후 도 1k와 같이 광 레지스트층(107)이 제거된 부분의 절연체(106)에 에칭, 등의 방법을 통해 홀을 형성케 하고 도 1l과 같이 전극을 형성할 물질(108)을 증착할 수 있다. 상기 전극을 형성할 물질(108)은 제Ⅰ 전극(105)과 동일 또는 상이한 물질일 수 있다. 상기 전극을 형성할 물질은 열증착법, e-빔 증착법, 스퍼터링 증착법 및 스크린 프린팅 방법 중 어느 하나의 방법으로 증착될 수 있으며 바람직하게는 열증착 방법일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0087] 이후 아세톤, N-메틸피롤리돈 (1-Methyl-2-pyrrolidone, NMP) 및 디메틸설폭사이드(Dimethyl sulfoxide, DMSO) 중 어느 하나의 광 레지스트 제거제를 이용하여 절연체(106)에 코팅된 광 레지스트(107)를 제거하면 제Ⅰ 전극과 연결되는 연결전극(도 1m 109)을 제조할 수 있다.

- [0088] 이후 제Ⅱ 전극(도 1r의 118) 및 제Ⅰ 전극(105)에 연결된 제1 전극(도 1r의 117), 상기 제1 전극(도 1r의 117)과 동일 평면상에 위치하며 제Ⅱ 전극(도 1r의 118)에 연결된 제2 전극(도 1r의 119)을 형성하기 위해 도 1o와 같이 절연체(106) 상부에 광 레지스트(110)를 코팅할 수 있다. 광 레지스트(110)의 코팅 방법은 스핀코팅, 스프레이코팅 및 스크린 프린팅 중 어느 하나 일 수 있고, 바람직하게는 스핀코팅일 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다. 코팅되는 광 레지스트(110)의 두께는 0.1 내지 10 μm 일 수 있다. 다만, 코팅되는 광 레지스트(110)의 두께는 이후 절연체상에 형성될 제Ⅱ 전극, 제1 전극 및 제2 전극의 두께를 고려하여 변할 수 있다.
- [0089] 이후 도 1o와 같이 동일평면상에 제1 전극과 제2 전극에 상응하는 패턴(113, 115)과, 제Ⅱ 전극에 상응하는 패턴(114)이 그려진 마스크를 광 레지스트(110)층에 올려놓고 자외선을 노광할 수 있고 상기 노광된 광 레지스트 박막은 통상적인 광 레지스트 용매에 담가서 통상적인 방법으로 제거할 수 있다(도 1p).
- [0090] 상기 초소형 LED가 실질적으로 실장되는 전극어셈블리에 대응하는 패턴 중 디스플레이에 적용하기 위한 단위 서브픽셀의 면적 즉, 초소형 LED 소자를 배열하여 독립적으로 구동시킬 수 있는 두 전극이 배치된 배열 영역의 면적은 바람직하게는 $50\mu\text{m}^2$ 내지 $100,000\mu\text{m}^2$ 이고, 보다 더 바람직하게는 $100\mu\text{m}^2$ 내지 $50,000\mu\text{m}^2$ 일 수 있으나, 단위 서브픽셀의 면적은 상기의 면적에 제한되는 것은 아니고 디스플레이 면적과 해상도에 따라 변할 수 있다. 상기 제1 전극라인에 상응하는 패턴(113)의 폭은 100 nm 내지 50 μm , 제2 전극라인에 상응하는 패턴(115)의 폭은 100 nm 내지 50 μm , 제Ⅱ 전극라인에 상응하는 패턴의 폭은 100 nm 내지 50 μm 일 수 있으나 상기 기재에 한정되는 것은 아니며, 각 전극에 상응하는 패턴의 폭은 전극마다 동일 또는 상이할 수 있다.
- [0091] 이후 도 1q와 같이 상기 마스크(113 내지 115)가 제거된 부분에 전극을 형성할 물질(116)을 증착하는데, 상기 전극을 형성할 물질(116)로 제1 전극의 경우 알루미늄, 타이타늄, 인듐, 골드, 실버로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 금속물질 또는 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO:Al, CNT-전도성 폴리머(polmer) 복합체로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 투명물질 일수 있다. 상기 전극을 형성할 물질이 2개 이상일 경우 바람직하게는 제1 전극은 2개 이상의 물질이 적층된 구조일 수 있다. 보다 더 바람직하게는 제1 전극은 타이타늄/골드의 적층일 수 있다. 다만 상기 기재에 제한되는 것은 아니다.
- [0092] 상기 전극을 형성할 물질(116)로 제2 전극의 경우 알루미늄, 타이타늄, 인듐, 골드, 실버로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 금속물질 또는 ITO(Indium Tin Oxide), ZnO:Al, CNT-전도성 폴리머(polmer) 복합체로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 투명물질 일수 있다. 상기 전극을 형성할 물질이 2개 이상일 경우 바람직하게는 제2 전극은 2개 이상의 물질이 적층된 구조일 수 있다. 보다 더 바람직하게는 제2 전극은 타이타늄/골드 적층 일 수 있다. 다만 상기 기재에 제한되는 것은 아니다.
- [0093] 상기 제Ⅱ 전극, 제1 전극 및 제2 전극을 형성하는 물질(116)은 동일 또는 상이할 수 있다.
- [0094] 전극을 형성할 물질(116)은 열증착법, e-빔 증착법, 스퍼터링 증착법 및 스크린 프린팅 방법 중 어느 하나의 방법으로 증착될 수 있으며 바람직하게는 열증착 방법일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0095] 이후 도 1r과 같이 아세톤, N-메틸피롤리돈 (1-Methyl-2-pyrrolidone, NMP) 및 디메틸설폭사이드(Dimethyl sulfoxide, DMSO) 중 어느 하나의 광 레지스트 제거제를 이용하여 절연체(106)층에 코팅된 광 레지스트(110)를 제거하면 절연체(106)층상에 형성된 제Ⅱ 전극(119) 및 상기 제Ⅰ 전극(105)상 형성된 연결전극(109)에 연결된 제1 전극(117), 상기 제1 전극(117)과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제Ⅱ 전극(118)에 연결된 제2 전극(119)을 형성할 수 있다.
- [0096] 다만, 상기의 제조공정에 한정되는 것은 아니며, 상기 제Ⅱ 전극(118), 제1 전극(117) 및 제2 전극(119)은 이들 중 어느 하나 이상을 동시에 형성하거나 어느 하나를 먼저 형성할 수 있다.
- [0097] 이를 통해 제Ⅰ 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제Ⅱ 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리가 형성된다.

- [0098] 바람직하게는 상기 제Ⅱ 전극의 폭(118)은 100 nm 내지 50 μm , 전극의 두께는 0.1 내지 10 μm 일 수 있다. 다만, 상기의 기재에 한정되는 것은 아니며 하기에 설명될 서브픽셀의 크기에 따라 변할 수 있다. 바람직하게는 상기 제1 전극(117)의 폭은 100 nm 내지 50 μm , 전극의 두께는 0.1 내지 10 μm 일 수 있다. 바람직하게는 상기 제2 전극(119)의 폭은 100 nm 내지 50 μm , 전극의 두께는 0.1 내지 10 μm 일 수 있다. 다만 상기의 기재에 한정되는 것은 아니며, 하기에 설명한 초소형 LED 소자의 길이 등을 고려하여 변할 수 있다.
- [0099] 바람직하게는 상기 제1 전극과 제2 전극은 소용돌이(spiral) 배치 및 상호 교번적(interdigitated) 배치 중 어느 하나의 배치로 동일평면상에 이격되어 있을 수 있다.
- [0100] 구체적으로 도 4는 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 제1 전극, 제2 전극을 도시한 사시도이다. 제1 전극(214)과 제2 전극(234)이 상호 교번적으로 배치되어 동일평면상에 이격될 수 있다.
- [0101] 도 5는 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 제1 전극, 제2 전극을 도시한 평면도이다. 제1 전극(215)과 제2 전극(235)이 소용돌이 배치되어 동일평면상에 이격될 수 있다.
- [0102] 상기와 같이 상호 대응하는 제1 전극과 제2 전극을 상호 교번적 배치 또는 소용돌이 배치로 구성할 경우 초소형 LED를 한번에 배열하여 독립적으로 구동 할 수 있는 단위 전극의 구동 면적을 높일 수 있어 단위 전극에 실장되는 초소형 LED 수를 증가시킬 수 있다. 이는 단위 면적의 LED 발광의 세기를 증가시킬 수 있어 고휘도 디스플레이를 구현할 수 있다는 이점이 있을 수 있다.
- [0103] 한편 도 4, 5는 바람직한 일실시예이며 이에 한정되지 않고 두 전극이 일정한 간격을 갖는 상상 가능한 모든 구조의 배치로 다양하게 변형하여 구현할 수 있다.
- [0104] 이하, 제1 전극과 제2 전극이 동일평면상에서 상호 교번적으로 배치된 형상을 중심으로 설명한다. 다만, 제1 전극과 제2 전극은 기판 표면에 직접적으로 또는 기판 표면과 이격하여 간접적으로 형성될 수 있으며 제1 전극과 제2 전극은 제Ⅰ 전극 또는 제Ⅱ 전극 중 어느 하나 이상과 동일 평면 또는 다른 평면에 위치할 수 있다.
- [0105] 다음으로 (3) 단계로서, 상기 복수개의 전극 어셈블리에 복수개의 초소형 LED 소자들을 포함하는 용액을 투입한다.
- [0106] 도 1s에서 초소형 LED 소자(120)가 포함된 용액(120, 121)은 복수개의 초소형 LED 소자(120)를 용매(121)에 혼합하여 제조할 수 있다. 상기 용액은 잉크 또는 페이스트 상일 수 있다. 바람직하게 상기 용매(121)는 아세톤, 물, 알코올 및 톨루엔으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상일 수 있고, 보다 바람직하게는 아세톤일 수 있다. 다만, 용매(121)의 종류는 상기의 기재에 제한되는 것은 아니며 초소형 LED 소자(120)에 물리적, 화학적 영향을 미치지 않으면서 잘 증발할 수 있는 용매(121)의 경우 어느 것이나 제한 없이 사용될 수 있다.
- [0107] 바람직하게 초소형 LED 소자(120)는 용매(121) 100 중량부에 대해 0.001 내지 100 중량부 포함될 수 있다. 만일 0.001 중량부 미만으로 포함될 경우 전극에 연통되는 초소형 LED 소자의 수가 적어 서브픽셀의 정상적 기능발휘가 어려울 수 있고, 이를 극복하기 위하여 여러 번 용액을 적가해야 되는 문제점이 있을 수 있으며, 100 중량부를 초과하는 경우 초소형 LED 소자들 개개의 정렬이 방해를 받는 문제점이 있을 수 있다.
- [0108] 상기 초소형 LED 소자(120)에 대해 설명한다. 본 발명에 사용될 수 있는 초소형 LED 소자(120)는 일반적으로 디스플레이에 사용되는 초소형 LED 소자이면 제한 없이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 상기 초소형 LED 소자(120)의 길이는 100 nm 내지 10 μm 일 수 있고, 보다 더 바람직하게는 500 nm 내지 5 μm 일 수 있다. 만일 초소형 LED 소자의 길이가 100 nm 미만인 경우 고효율의 LED 소자의 제조가 어려우며, 10 μm 를 초과하는 경우 LED 소자의 발광 효율을 저하시킬 수 있다. 초소형 LED 소자의 형상은 원기둥, 직육면체 등 다양한 형상일 수 있고, 바람직하게는 원기둥 형상일 수 있으나 상기 기재에 한정되는 것은 아니다.

- [0109] 한편, 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 초소형 LED 소자는 본 발명의 발명자에 의한 한국특허출원 제2011-0040174호가 본 발명의 참조로서 삽입될 수 있다.
- [0110] 이하, 초소형 LED 소자의 설명에서 ‘위’, ‘아래’, ‘상’, ‘하’, ‘상부’ 및 ‘하부’는 초소형 LED 소자에 포함된 각 층을 기준으로 하여 수직의 상, 하 방향을 의미한다.
- [0111] 구체적으로 도 6은 본 발명이 포함하는 초소형 LED 소자의 일구현예를 나타내는 사시도로, 제1 도전성 반도체층(140) 위에 형성된 활성층(141), 상기 활성층(141) 위에 형성된 제2 도전성 반도체층(142)을 포함할 수 있다.
- [0112] 더 구체적으로, 상기 제1 도전성 반도체층(140)은 예컨대, n형 반도체층을 포함할 수 있는 데, 상기 초소형 LED 소자가 청색 발광 소자일 경우에는, 상기 n형 반도체층은 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 갖는 반도체 재료 예컨대, InAlGaN , GaN , AlGaIn , InGaIn , AlN , InN 등에서 어느 하나 이상이 선택될 수 있으며, 제1 도전성 도펀트(예: Si, Ge, Sn 등)가 도핑될 수 있다. 바람직하게 상기 제1 도전성 반도체층의 두께는 500 nm ~ 5 μm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 상기 초소형 LED의 발광은 청색에 제한되지 않으므로, 발광색이 다른 경우 다른 종류의 III-V족 반도체 물질을 n형 반도체 층으로 사용하는데 제한이 없다.
- [0113] 상기 초소형 LED 소자가 청색 발광 소자일 경우에는, 상기 활성층(141)은 상기 제1도전성 반도체층(140) 위에 형성되며, 단일 또는 다중 양자 우물 구조로 형성될 수 있다. 상기 활성층(141)의 위 및/또는 아래에는 도전성 도펀트가 도핑된 클래드층(미도시)이 형성될 수도 있으며, 상기 도전성 도펀트가 도핑된 클래드층은 AlGaIn 층 또는 InAlGaIn 층으로 구현될 수 있다. 그 외에 AlGaIn , AlInGaIn 등의 물질도 활성층(141)으로 이용될 수 있음은 물론이다. 이러한 활성층(141)에서는 전계를 인가하였을 때, 전자-정공 쌍의 결합에 의하여 빛이 발생하게 된다. 바람직하게 상기 활성층의 두께는 10 ~ 200 nm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 상기 활성층의 위치는 LED 종류에 따라 다양하게 위치하여 형성될 수 있다. 상기 초소형 LED의 발광은 청색에 제한되지 않으므로, 발광색이 다른 경우 다른 종류의 III-V족 반도체 물질을 활성층으로 사용하는데 제한이 없다.
- [0114] 상기 초소형 LED 소자가 청색 발광 소자일 경우에는, 상기 활성층(141) 위에는 제2도전성 반도체층(142)이 형성되며, 상기 제2도전성 반도체층(142)은 적어도 하나의 p형 반도체층으로 구현될 수 있는 데, 상기 p형 반도체층은 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x+y \leq 1$)의 조성식을 갖는 반도체 물질 예컨대, InAlGaIn , GaIn , AlGaIn , InGaIn , AlN , InN 등에서 어느 하나 이상이 선택될 수 있으며, 제2도전성 도펀트(예: Mg)가 도핑될 수 있다. 여기서, 발광 구조물은 상기 제1도전형 반도체층(140), 상기 활성층(141), 상기 제2도전성 반도체층(144)을 최소 구성 요소로 포함하며, 각 층의 위/아래에 다른 형광체층, 활성층, 반도체층 및/또는 전극층을 더 포함할 수도 있다. 바람직하게 상기 제2 도전성 반도체층(142)의 두께는 50 nm ~ 500 nm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 상기 초소형 LED의 발광은 청색에 제한되지 않으므로, 발광색이 다른 경우 다른 종류의 III-V족 반도체 물질을 p형 반도체 층으로 사용하는데 제한이 없다.
- [0115] 또한, 상기 제1 도전성 반도체층(140)의 하부에 형성된 제1 전극층(143); 및 제2 도전성 반도체층(142)의 상부에 형성된 제2 전극층(144);을 더 포함할 수도 있다. 제1, 2 전극층(143, 144)은 통상의 LED 소자에 사용되는 금속 또는 금속산화물을 이용할 수 있으며, 바람직하게는 Cr, Ti, Al, Au, Ni, ITO 및 이들의 산화물 또는 합금 등을 단독 또는 혼합하여 사용할 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 바람직하게 상기 제1, 2 전극층의 두께는 각각 1 ~ 100 nm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 제1, 2 도전성 반도체층 각각의 하부와 상부에 전극을 포함할 경우 금속오믹층 형성 공정에서 낮은 온도로 접할 수 있는 이점이 있다.
- [0116] 다만, 공정의 연속성과 전극에 배열하는 공정의 적합도에 따라 제1 전극층(143) 및 제2 전극층(144)중 어느 하나만을 포함하는 비대칭 초소형 LED 소자 또는 두 개의 전극층(143, 144)을 모두 포함하지 않는 초소형 LED 소자도 사용할 수 있으므로 전극층의 유무는 제한이 없다.
- [0117] 바람직하게 상기 초소형 LED 소자는 활성층(141)을 포함하여 절연피막(150)이 코팅될 수 있다. 절연피막(150)은

바람직하게는 SiO_2 , Si_3N_4 , SiN_x , Al_2O_3 , HfO_2 , Y_2O_3 및 TiO_2 로 이루어지는 군으로부터 선택되는 어느 하나 이상을 포함할 수 있으며, 보다 바람직하게는 상기 성분으로 이루어지나 투명한 것일 수 있으나 이에 한정되지 않는다. 투명한 절연피막의 경우 하기의 절연피막(150)의 역할을 하는 동시에 절연피막을 코팅함으로써 만일하나 발생할 수 있는 발광효율의 감소를 최소화할 수 있다. 절연피막(150)은 초소형 LED 소자에 포함된 활성층이 전극과 접촉 시에 발생하는 단락을 방지하는 역할을 한다. 또한, 절연피막은 초소형 LED 소자의 활성층을 포함한 외주면을 보호함으로써 활성층의 표면 결함을 방지해 발광 효율 저하를 막을 수 있다.

[0118] 보다 바람직하게 상기 초소형 LED 소자는 상기 절연피막(150) 위에 소수성 피막(160)을 포함할 수 있다. 상기 소수성 피막(160)은 초소형 LED 소자의 표면에 소수성 특성을 갖게 하여 LED 소자들 간에 응집현상을 방지하기 위한 것으로서 초소형 LED 소자가 용매에 혼합될 때 초소형 LED 소자간에 응집을 최소화 하여 독립된 초소형 소자의 특성 저해 문제를 제거할 수 있다.

[0119] 소수성 피막(160)은 상기 절연피막(150) 상에 형성될 수 있다. 이 경우 사용가능한 소수성 피막은 절연피막 상에 형성되어 초소형 LED 소자들 간에 응집현상을 방지할 수 있는 것이라면 제한 없이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 옥타데실트라이클로로실란(octadecyltrichlorosilane, OTS)과 플루오로알킬트라이클로로실란(fluoroalkyltrichlorosilane), 퍼플루오로알킬트리에톡시실란(perfluoroalkyltriethoxysilane) 등과 같은 자기조립 단분자막(SAMs, self-assembled monolayers)과 테프론(teflon), Cytop 등과 같은 플루오로 폴리머(fluoropolymer) 등을 단독 또는 혼합하여 사용할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

[0120] 다음으로 (4)단계로서 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성한다.

[0121] 도 1s와 같이 상기 복수개의 초소형 LED 소자들(120)은 제1 전극과 제2 전극에 5 내지 120 초 동안 전원을 인가함으로써 도 1t와 같이 자기정렬되어 제1 전극(117)과 제2 전극(119)에 동시에 연통된다.

[0122] 만일 일반적인 LED 소자라면 직접적으로 물리적으로 배치하여 동일평면상 이격되어 형성된 서로 다른 제1, 제2 전극에 동시에 연통시킬 수 있다. 예를 들어 평면전극의 서로 다른 전극 사이에 수동으로 일반적인 LED 소자를 놓아서 배열할 수도 있을 것이다.

[0123] 그러나 본 발명과 같이 나노단위 크기의 초소형 LED 소자들은 이를 직접적으로 물리적으로 배치하는 것이 어려워므로 동일평면상에 이격된 서로 다른 초소형 전극에 동시에 연통시키기 어렵다는 문제점이 있다. 또한, 초소형 LED 소자가 원통형인 경우 이를 단순히 전극에 투입한다고 하여 자기정렬되지 않고 원통형의 형상에 의해 전극 위에서 굴러서 이동하는 문제점이 있을 수 있다. 이에 따라 본 발명은 전극라인에 전원을 인가함으로써 초소형 LED 소자들이 스스로 서로 다른 두 전극에 동시에 연통되게 하여 상기의 문제점을 해결할 수 있다.

[0124] 바람직하게는 상기 전원은 진폭과 주기를 갖는 변동하는 전압일 수 있으며, 그 파형은 싸인파와 같은 정현파 또는 정현파가 아닌 파형들로 구성된 펄스파일 수 있다. 그 예로서 교류전원을 인가하거나, 또는 직류전원을 초당 1000 회 동안 제1 전극에 0V, 30V, 0V, 30V, 0V, 30V 반복하여 인가하고 제2 전극에는 제1 전극과 상반되게 30V, 0V, 30V, 0V, 30V, 0V를 반복하여 인가함으로써 진폭과 주기를 갖는 변동하는 전압을 만들 수도 있다.

[0125] 바람직하게 상기 전원의 진폭은 0.1V 내지 1000 V 일 수 있으며, 주파수는 10 Hz 내지 100 GHz 일 수 있다. 자기정렬되는 초소형 LED 소자들은 용매에 포함되어 전극라인에 투입되는데 상기 용매는 전극 위로 떨어지면서 동시에 증발할 수 있고, 초소형 LED 소자들은 두 전극의 전위차에 의해 형성된 전기장의 유도에 의해 초소형 LED 소자에 비대칭적으로 전하가 유도되므로 초소형 LED 소자의 양 끝이 마주보고 있는 서로 다른 두 전극 사이에 자기정렬할 수 있다.

[0126] 바람직하게 상기 (4)단계에서 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통되는 초소형 LED 소자의 개수(N)는 상기 (2) 단계에서 조절 가능한 여러 개의 변수에 의존할 수 있고, 상기 변수는 인가되는 전원의 전압(V), 전원의 주파수(F, Hz), 초소형 LED 소자가 포함된 용액의 농도(C, 초소형 LED 중량%), 두 전극 사이의 간격(Z), 초소형 LED의 종횡비(AR, 여기서 $AR = H/D$ 이며 D는 초소형 LED의 직경임) 일 수 있다. 이에 따라 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통되는 초소형 LED 소자의 개수(N)는 전압(V), 주파수(F), 초소형 LED 소자가 포함된 용액의 농도(C) 및

초소형 LED의 종횡비(AR)에 비례할 수 있고 두 전극 사이의 간격(Z)에 반비례할 수 있다.

- [0127] 이는 초소형 LED 소자들은 두 전극의 전위차에 의해 형성된 전기장의 유도에 의해 서로 다른 두 전극 사이에 자기정렬 하는 것인바, 전기장의 세기가 클수록 전극에 연통되는 초소형 LED 소자의 개수가 증가할 수 있으며 상기 전기장의 세기는 두 전극의 전위차(V)에 비례할 수 있고 두 전극 사이의 간격(Z)에 반비례할 수 있다.
- [0128] 다음으로 초소형 LED 소자가 포함된 용액의 농도(C, 초소형 LED 중량%)의 경우 농도가 증가할수록 전극에 연통되는 LED 소자의 개수가 증가할 수 있다.
- [0129] 다음으로 전원의 주파수(F, Hz) 경우 주파수에 따라서 초소형 LED 소자에 형성되는 전하 차이가 달라지므로 주파수가 증가하면 두 전극에 연통되는 초소형 LED 소자의 개수가 증가할 수 있다. 다만, 어느 값 이상이 되면 전하 유도가 사라질 수 있으므로 연통되는 초소형 LED 소자 개수가 감소할 수 있다.
- [0130] 마지막으로 초소형 LED 종횡비로써 종횡비가 커지면 전기장에 의한 유도 전하가 커지므로 더 많은 개수의 초소형 LED 소자가 정렬될 수 있다. 또한, 초소형 LED 소자가 정렬될 수 있는 공간적인 측면에서 한정된 면적의 전극라인을 고려 시, 초소형 LED 소자의 길이가 고정된 상태에서 초소형 LED 소자의 직경이 작아짐으로써 종횡비가 커질 경우 한정된 전극라인에 연통될 수 있는 초소형 LED 소자의 개수가 증가할 수 있다.
- [0131] 이에 따라 본 발명은 상기의 인자들을 조절하여 하기에 설명할 서브픽셀에 포함될 초소형 LED 소자의 개수를 목적에 따라 조절할 수 있고 이를 통해 초소형 LED를 서브픽셀당 고밀도로 포함시킬 수 있어 고효율/고해상도의 풀-칼라 LED 디스플레이를 구현할 수 있다.
- [0132] 다음으로 상기 복수개의 서브픽셀들에 대해 설명한다. “서브픽셀(sub pixel)”이란 초소형 LED 소자가 실질적으로 실장될 수 있는 제1 전극, 제2 전극 및 상기 전극에 실장되는 복수개의 초소형 LED 소자들을 의미한다. 서브픽셀의 위치는 제 I 전극과 제 II 전극에 의해 형성되나 제 I 전극, 제 II 전극의 상하부 공간은 포함하지 않으며 복수개의 초소형 LED가 실질적으로 위치할 수 있는 공간을 의미한다.
- [0133] 구체적으로 도 3, 4에서 서브픽셀은 제 I 전극(301, 305)과 제 II 전극(302, 306)에 의해 구획되는 공간(310, 311)에 형성되며 기관(300, 304)의 표면에 직접적으로 또는 기관의 상부에 이격하여 간접적으로 형성될 수 있다. 또한, 제 I 전극(301, 305) 또는 제 II 전극(302, 306) 중 어느 하나 이상과 동일 평면 또는 다른 평면에 위치할 수도 있다.
- [0134] 상기 서브픽셀들의 면적은 서로 동일하거나 상이할 수 있다. 바람직하게는 상기 서브픽셀은 디스플레이에 적용하기 위한 단위 서브픽셀의 면적 즉, 초소형 LED 소자를 배열하여 독립적으로 구동시킬 수 있는 두 전극이 배치된 배열 영역의 면적은 바람직하게는 $50\mu\text{m}^2$ 내지 $100,000\mu\text{m}^2$ 이고, 보다 더 바람직하게는 $100\mu\text{m}^2$ 내지 $50,000\mu\text{m}^2$ 일 수 있으나, 단위 서브픽셀의 면적은 상기의 면적에 제한되는 것은 아니다. 바람직하게는 서브픽셀의 면적은 $50\mu\text{m}^2$ 내지 $100,000\mu\text{m}^2$ 일 수 있다. 만일 서브픽셀의 면적이 $50\mu\text{m}^2$ 미만인 경우 단위전극의 제조가 어려울 수 있으며, 초소형 LED의 길이를 더 줄여야 하므로 초소형 LED 제조에도 문제점이 있을 수 있다. 만일 $100,000\mu\text{m}^2$ 을 초과하는 경우 포함되는 초소형LED 소자의 개수가 많아져 제조단가가 상승할 수 있고 정렬되는 초소형 LED의 분포의 불균일성 문제점이 있을 수 있으며 한정된 디스플레이면적에 포함되는 픽셀의 수가 적어져 고해상도의 디스플레이를 구현할 수 없는 문제점이 있을 수 있다. 바람직하게는 본 발명에 따른 바람직한 일구현예에 포함되는 상기 서브픽셀의 총 수는 5 내지 10,000 개일 수 있다. 다만, 상기 기재에 한정되는 것은 아니며 구현되는 디스플레이의 면적 및/또는 해상도에 따라 변할 수 있다.
- [0135] 바람직하게는 상기 서브픽셀의 면적 $100 \times 100\mu\text{m}^2$ 당 포함된 초소형 LED 소자의 개수는 2 내지 100,000 개일 수 있다. 보다 더 바람직하게는 10 내지 10,000 개 일 수 있다. 만일 2 개 미만으로 포함될 경우, 2 개중 일부의 초소형 LED 소자의 불량에 따른 광특성 변화의 비율(%)을 최소화 할 수 없어 서브픽셀에서 정상적으로 초소형 LED 소자에 의한 발광이 어려울 수 있으며 전체적인 LED 디스플레이의 불량으로 이어질 수 있는 문제점이 있을 수 있다. 100,000 개를 초과하여 포함될 경우, 제조단가가 상승할 수 있고, 초소형 LED 소자들의 정렬에 문제점이 있을 수 있다.

- [0136] 본 발명에서는 상기 초소형 LED 소자가 복수개로 서브픽셀에 포함되는데 종래의 LED 디스플레이는 단위 픽셀 위치에 하나의 초소형 LED가 부착됨으로써 부착되는 초소형 LED 소자가 불량이면 전체 LED 디스플레이의 효율이 떨어지고 디스플레이 자체가 불량일 수 있는 문제점이 발생하였다. 이에 본 발명의 바람직한 일구현예에서는 서브픽셀에 복수개의 초소형 LED를 포함하게 하여 상술한 문제의 해결을 모색하였다. 만일 1개의 초소형 LED를 사용하는 경우 한 개의 불량이 100%의 광특성 변화를 일으키나 초소형 LED 개수를 증가시킬수록 그 중 한 개의 불량이 가져오는 광특성 변화의 비율(%)은 감소하므로 본 발명의 바람직한 일구현예와 같이 복수개의 청색 초소형 LED를 포함시킴으로써 불량률을 감소시킬 수 있다. 이를 통해 상기 서브픽셀에 포함된 복수개의 초소형 LED 소자들 중 소자들 중 일부 초소형 LED 소자들이 불량인 경우에도 다른 초소형 LED 소자들이 정상이므로 전체적으로 각각의 서브픽셀에서 정상적으로 초소형 LED 소자에 의한 발광이 가능하여 전체적으로 LED 디스플레이의 불량률을 최소화할 수 있으며 발광효율을 극대화할 수 있다.
- [0137] 상기 (4) 단계 이후 바람직하게는 (5) 상기 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성하는 단계; (6) 상기 금속오믹층을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 상부에 단파장 투과필터(SPDF)를 형성하는 단계; (7) 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPDF) 상부에 녹색 색변환층을 패터닝 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPDF) 상부에 적색 색변환층을 패터닝하는 단계; 및 (8) 상기 색변환층을 포함하는 단파장 투과필터 상부에 장파장 투과필터(LPDF)를 형성하는 단계;를 더 포함할 수 있다.
- [0138] 먼저 (5) 단계로서 상기 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성할 수 있다. 금속오믹층을 형성하는 이유는 복수개의 초소형 LED가 연통된 서로 다른 두 전극에 전원을 인가하면 초소형 LED 소자들이 발광을 하는데, 이때 전극과 초소형 LED 소자 간에 큰 저항이 발생할 수 있는바 이와 같은 저항을 줄이기 위해 금속오믹층을 형성할 수 있다.
- [0139] 구체적으로 금속오믹층은 다음과 같은 공정으로 형성될 수 있으나 반드시 하기의 공정으로만 형성할 수 있는 것은 아니며 통상의 금속오믹층을 형성하는 방법이라면 제한 없이 사용될 수 있다.
- [0140] 먼저, 상기 (4)단계를 거친 복수개의 서브픽셀들 상부에 광 레지스트를 2 내지 3 μm 두께로 코팅할 수 있다. 상기 코팅은 바람직하게는 스핀코팅, 스프레이코팅 및 스크린 프린팅 중 어느 하나 일 수 있고, 바람직하게는 스핀코팅일 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다. 코팅되는 광 레지스트(101)의 두께는 0.1 내지 10 μm 일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 기판 아래에서 코팅한 광 레지스트층 방향으로 자외선을 조사하여 전극 상부의 광 레지스트층을 제외한 나머지 부분의 광 레지스트층을 경화시킨 후 통상적인 광 레지스트 용매를 이용하여 경화되지 않은 전극 상부의 광 레지스트층을 제거할 수 있다.
- [0141] 이후에 베이스기판 아래쪽에서 코팅한 광 레지스트층 방향으로 자외선을 조사하여 전극 상부의 광 레지스트층을 제외한 나머지 부분의 광 레지스트층을 경화시키고 이후 통상적인 광 레지스트 용매를 이용하여 경화되지 않은 전극 상부의 광 레지스트층을 제거할 수 있다.
- [0142] 광 레지스트가 제거된 전극 상부에 바람직하게는 금 또는 은을 진공증착 또는 전기화학 증착하거나 금 나노크리스탈 또는 은 나노크리스탈을 전기분무(electric spray)하여 코팅할 수 있으나 상기 증착되는 물질과 증착방법은 상기에 제한되는 것은 아니다. 상기의 코팅되는 금속층의 두께는 바람직하게는 5 내지 100 nm 일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0143] 이후 아세톤, N-메틸피롤리돈 (1-Methyl-2-pyrrolidone, NMP) 및 디메틸설폭사이드(Dimethyl sulfoxide, DMSO) 중 어느 하나의 광 레지스트 제거제(PR stripper)를 이용해 전극이 아닌 부분의 금속층을 광 레지스트와 함께 제거할 수 있고, 상기 제거 후에 500 내지 600 $^{\circ}\text{C}$ 로 열처리를 통해 초소형 LED 소자의 절연피막이 코팅되지 않은 양쪽 끝단과 전극사이에 금속오믹층을 형성할 수 있다.
- [0144] 다음으로 (6) 단계로서, 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 단파장 투과필터(SPDF)를 형성할 수 있다. 바람직하게는 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 부동화층을 형성할 수 있다. 상기 부동화층은 초소형 LED 소자를 고정시킬 수 있고, 전계 발광시 초소형 LED 소자가 산화되는 것을 막아줄 수 있으며, 단파장 투과 필터를 증착할 수 있는 평탄화층이 될 수 있는 등의 여러 가지 역할을 한다.

- [0145] 구체적으로 도 7은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 투과필터 증착 및 색변환층을 패터닝하는 제조공정을 나타내는 사시도로서, 도 7a는 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 금속오믹층을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 나타낸다.
- [0146] 도 7b와 같이 상기 금속오믹층을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 상부에 부동화층(401)을 형성할 수 있다. 바람직하게는 상기 부동화층(401)은 이산화규소(SiO_2), 스피온글라스(SOG, spin-on-glass), 실리콘(silicone) 바인더 등의 화합물로 형성할 수 있으나 상기 기재에 한정되는 것은 아니다. 보다 더 바람직하게는 상기 부동화층(401)은 초소형 LED 소자에서 발광되는 빛에 간섭을 최소화하기 위해 투명할 수 있다. 상기 부동화층(401)은 플라즈마화학증착(PECVD) 또는 스피코팅하여 형성할 수 있다. 바람직하게는 부동화층(401)은 0.5 내지 100 μm 두께로 형성될 수 있다. 다만, 상기의 기재에 한정되는 것은 아니다.
- [0147] 이후 도 7c와 같이 상기 부동화층(401)상에 단파장 투과필터(SPFD)(402)를 형성할 수 있다. 단파장 투과필터(402)를 형성하는 이유는 바람직하게 청색 LED 소자일 경우 발광되는 청색 빛은 투과 시키고 하기에 설명될 칼라-바이 블루 형태 디스플레이의 녹색/적색 색변환층에서 발생될 수 있는 후면 발광을 전면으로 되돌려 발광 효율을 높이기 위함이다.
- [0148] 사용가능한 상기 단파장 투과필터(402)의 재질은 고굴절/저굴절 재료의 박막을 반복시킨 다층막일 수 있으며, 구성은 $[(0.125)\text{SiO}_2/(0.25)\text{TiO}_2/(0.125)\text{SiO}_2]_m$ (m =반복층수, m 은 5이상) 일 수 있다. 또한 단파장 투과필터(402)의 두께는 0.5 내지 10 μm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 상기 단파장 투과필터(402)의 형성방법은 e-빔(e-beam), 스퍼터링, 및 원자증착법 중 어느 하나의 방법일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0149] 다음으로 (7) 단계로서, 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPFD) 상부에 녹색 색변환층을 패터닝 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPFD) 상부에 적색 색변환층을 패터닝할 수 있다.
- [0150] 구체적으로 도 7d와 같이 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPFD)(402) 상부에 녹색 색변환층(403a, 403b)을 패터닝 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터(SPFD)(402) 상부에 적색 색변환층(404)을 패터닝할 수 있다. 상기 패터닝을 형성하는 방법은 스크린 프린팅 공법, 포토리소그래피(photolithography) 및 디스펜싱으로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 방법에 의할 수 있다.
- [0151] 한편, 상기 녹색 변환층과 적색 변환층의 패터닝 순서는 제한이 없으며 동시에 형성되거나 역순으로 형성되는 것도 가능하다.
- [0152] 바람직하게는 상기 복수개의 서브픽셀들에 포함된 초소형 LED 소자는 칼라-바이 블루 LED 디스플레이를 구현하기 위해 초소형 청색 LED일 수 있다. 상기 녹색 색변환층(403a, 403b)은 복수개의 서브픽셀들 중에서 선택된 일부의 서브픽셀들에 포함되는 초소형 청색 LED 소자들이 수직하는 상부의 단파장투과필터(402)상에 형성될 수 있으며, 녹색 색변환층(403a, 403b) 하단의 초소형 청색 LED 소자들에서 조사된 청색광이 상기 녹색 변환층(403a, 403b)으로 조사되고 이를 통해 상기 녹색 변환층(403a, 403b)이 발광하여 녹색광을 조사하게 되는 것이다.
- [0153] 또한, 바람직하게는 상기 적색 색변환층(404)은 복수개의 서브픽셀들 중에서 선택된 일부의 서브픽셀들에 포함되는 초소형 청색 LED 소자들이 수직하는 상부의 단파장투과필터(402)상에 형성될 수 있으며, 적색 색변환층(404) 하단의 초소형 청색 LED 소자들에서 조사된 청색광이 상기 적색 색변환층(404)으로 조사되고 이를 통해 상기 적색 색변환층(404)이 발광하여 적색광을 조사하게 되는 것이다. 이 경우 상기 적색 색변환층(404)은 서브픽셀들의 수직상부 영역 중 상기 녹색 변환층(403a, 403b)들이 형성된 영역을 제외하고 일부 영역에 형성될 수 있다.
- [0154] 이에 따라 상기 LED 디스플레이 기판을 수직 상부에서 관찰하면, 일부 서브픽셀 영역은 초소형 청색 LED 소자들만 포함되고 수직상부에 녹색 색변환층 및 적색 색변환층이 형성되지 않아 청색광이 조사되며, 일부 서브픽셀 영역은 초소형 청색 LED 소자들의 수직상부에 녹색 색변환층이 형성되어 녹색광이 조사된다. 또한 나머지 서브픽셀 영역은 초소형 청색 LED 소자들의 수직상부에 적색 변환층이 형성되어 적색광이 조사되는 것이다.

- [0155] 상기 녹색 변환층(403a, 403b)은 통상적으로 컬러-바이 블루 방식에 사용될 수 있는 것이면 제한 없이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 녹색 형광물질을 포함하는 형광층일 수 있고 바람직하게는 $\text{SrGa}_2\text{S}_4:\text{Eu}$, $(\text{Sr,Ca})_3\text{SiO}_5:\text{Eu}$, $(\text{Sr,Ba,Ca})\text{SiO}_4:\text{Eu}$, $\text{Li}_2\text{SrSiO}_4:\text{Eu}$, $\text{Sr}_3\text{SiO}_4:\text{Ce,Li}$, $\beta\text{-SiALON}:\text{Eu}$, $\text{CaSc}_2\text{O}_4:\text{Ce}$, $\text{Ca}_3\text{Sc}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}:\text{Ce}$, $\text{Ca}\alpha\text{-SiALON}:\text{Yb}$, $\text{Ca}\alpha\text{-SiALON}:\text{Eu}$, $\text{Li}\alpha\text{-SiALON}:\text{Eu}$, $\text{Ta}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}:\text{Ce}$, $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Ce}$, $(\text{Ca,Sr,Ba})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}$, $\text{Ba}_3\text{Si}_6\text{O}_{12}\text{N}_2:\text{Eu}$, $\gamma\text{-AlON}:\text{Mn}$ 및 $\gamma\text{-AlON}:\text{Mn,Mg}$ 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 형광체를 포함할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0156] 또한, 상기 적색 색변환층(404)은 통상적으로 컬러-바이 블루 방식에 사용될 수 있는 것이면 제한 없이 사용될 수 있으며, 바람직하게는 적색 형광물질을 포함하는 형광층일 수 있고, 보다 바람직하게는 $(\text{Sr,Ca})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}$, $\text{CaAlSiN}_3:\text{Eu}$, $(\text{Sr,Ca})\text{S}:\text{Eu}$, $\text{CaSiN}_2:\text{Ce}$, $\text{SrSiN}_2:\text{Eu}$, $\text{Ba}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}$, $\text{CaS}:\text{Eu}$, $\text{CaS}:\text{Eu,Ce}$, $\text{SrS}:\text{Eu}$, $\text{SrS}:\text{Eu,Ce}$ 및 $\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}$ 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 형광체를 포함할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0157] 다음으로 (8) 단계로서, 상기 색변환층(403a, 403b, 404)을 포함하는 단파장 투과필터(402) 상부에 장파장 투과필터(LPDP)(405)를 형성할 수 있다.
- [0158] 바람직하게는 상기 장파장 투과필터(LPDP)(405)를 형성하기 전에 상기 패터닝된 색변환층(403a, 403b, 404)을 포함하는 단파장 투과필터(402) 상부에 절연체층을 형성할 수 있다. 이는 도 7d와 같이 녹색 또는 적색 색변환층이 형성된 부분과 형성되지 않는 부분간에는 층이 생겨 굴곡이 발생하므로 절연체층을 코팅하여 평탄화 시킬 수 있다. 상기 절연체층은 SOG(spin-on-glass), 투명 polymer 및 투명 유전물질 페이스트 중 어느 하나의 물질을 스펀코팅 또는 스크린프린팅 하여 형성할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 형성되는 절연체층의 두께는 10 내지 100 μm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다.
- [0159] 이후 도 7e와 같이 상기 절연체층의 상부에서 초소형 청색 LED에서 방출된 청색 빛과 녹색/적색 색변환층에서 발광하는 빛이 혼합되어서 색순도가 떨어지는 것을 방지하기 위하여 장파장 투과필터(LPDP 또는 LWPF)(405)를 형성할 수 있다. 장파장 투과필터(405)가 상기 녹색 색변환층(403a, 403b) 및 적색 색변환층(404)의 일부 또는 전부의 상부에 형성될 수 있다. 이 때 사용가능한 장파장 투과필터(405)는 고굴절/저굴절 재료의 막막을 반복시킨 다층막일 수 있으며, 구성은 $[(0.125)\text{SiO}_2/(0.25)\text{TiO}_2/(0.125)\text{SiO}_2]_m$ (m =반복층수, m 은 5이상)일 수 있다. 또한 장파장 투과필터(405)의 두께는 0.5 내지 10 μm 일 수 있으나 이에 제한되지 않는다. 상기 장파장 투과필터(405)의 형성방법은 전자빔(e-beam), 스퍼터링 및 원자증착법 중 어느 하나의 방법일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0160] 이를 통해 제조된 본 발명의 일구현예에 따라, 기판상에 형성된 제 I 전극; 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 형성된 제 II 전극; 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극 및 상기 제 I 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및 상기 복수개의 전극 어셈블리의 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 초소형 LED 소자를 포함하는 복수개의 서브픽셀들; 을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 제공한다.
- [0161] 이하 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 제조방법에서 설명된 부분과 중복되는 부분은 생략한다.
- [0162] 도 8은 본 발명의 바람직한 일구현예에 대한 사시도로서, 기판(180)상에 형성된 제 I 전극(184, 185); 상기 제 I 전극(184, 185)의 상부에 형성된 제 II 전극(186, 187); 상기 제 I 전극(184, 185)에 연결된 제1 전극(182) 및 상기 제1 전극(182)과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극(186, 187)에 연결된 제2 전극(181)을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및 상기 전극 어셈블리의 제1 전극(182)과 제2 전극(181)에 동시에 연통된 복수개

의 초소형 LED 소자(183)를 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 나타낸다.

- [0163] 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 기관(180)은 바람직하게는 휘어지는 플라스틱 소재일 수 있다. 최근의 디스플레이 활용을 살펴보면 종래처럼 고정된 곳에 위치시켜 활용되는 전자기기에 뿐만 아니라 이동성, 휴대성을 강조한 전자기기에 활용이 증가하고 있으며 휴대성을 위해서는 디스플레이 크기의 소형화도 중요할 수 있으나 휘어지게 하여 말린 형태로 할 경우 휴대성이 증대될 수 있다. 이에 따라 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 기관은 휘어지는 플라스틱 소재일 수 있으며 이로써 휴대성이 강조되는 다양한 전자기기에 활용될 수 있다.
- [0164] 바람직하게 상기 제 I 전극(184, 185) 및 제 II 전극(186, 187)은 복수개일 수 있다. 제 I 전극(184, 185) 또는 제 II 전극(186, 187)의 구체적인 배치의 경우 목적에 따라 달라질 수 있으나, 제 I 전극(184, 185) 및 제 II 전극(186, 187)을 복수개로 할 경우 이를 통해 형성되는 복수개의 서브픽셀들 위치에 포함된 서브픽셀 각각을 독립적으로 컨트롤할 수 있는 이점이 있다. 제 I 전극(184, 185) 및 제 II 전극(186, 187) 복수개로 하므로 교점이 되는 영역에 서브픽셀을 형성하므로 제 I 전극의 수와 제 II 전극의 수에 따라서 디스플레이의 해상도를 결정할 수 있다. 따라서 고해상도 디스플레이를 제작하기 위해서는 제 I 전극의 수와 제 II 전극의 수를 픽셀 수에 따라서 늘릴 수 있다.
- [0165] 상기 복수개의 제 I 전극(184, 185) 및 제 II 전극(186, 187)은 스트라이프 형상으로 교차되어 형성될 수 있고, 상기 교차된 전극들에 의해 구획된 공간에 서브픽셀이 위치할 수 있다.
- [0166] 종래에는 디스플레이를 구현함에 있어 전극상에 서브픽셀이 위치함에 따라 전극 위에 다수의 LED 소자를 3차원으로 연결시켜왔다. 그러나 초소형의 LED 소자를 초소형의 전극상에 3차원으로 연결시키기는 매우 어려우며 연결시켰다 하더라도 전극으로 인해 초소형 LED 소자의 활성층에서 발생하는 광자가 전극에 가로막혀 외부로 빠져나가지 못하고 활성층 내부에 흡수되어 광추출효율이 저하되는 문제점이 있었다. 그러나 본 발명에서는 서브픽셀의 위치를 교차된 제 I 전극(184, 185) 및 제 II 전극(186, 187) 전극들에 의해 구획된 공간에 배치시킴으로써 전극에 가로막혀 초소형 LED 소자(183)의 활성층에서 발생하는 광자가 외부로 방출되지 못하는 것을 최소화함으로써 광추출 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0167] 바람직하게는 광추출 효율(extraction efficiency)을 더욱 향상시키기 위해 상기 제1 전극 및 제2 전극과 연통된 초소형 LED 소자들은 기관에 대하여 누워있을 수 있다. 보다 더 바람직하게는 초소형 LED 소자들은 기관에 대하여 수평으로 누워있을 수 있다.
- [0168] 구체적으로 도 8에서 상기 제1 전극(181)과 제2 전극(182)에 연통되는 초소형 LED 소자(183)가 기관(180)에 대해서 “누워있는 형상”으로 연통될 수 있다.
- [0169] 더 구체적으로 도 9a는 본 발명의 바람직한 일구현예에 대한 SEM 사진을 나타낸다. 상기 SEM 사진의 대상이 된 본 발명의 바람직한 일구현예의 경우 제1 전극의 폭은 3 μm , 제2 전극의 폭은 3 μm 이며 전극간의 간격은 2 μm 이었고 전극의 두께는 2 μm 이었다. 또한, 전극과 연통하는 초소형 LED는 길이가 2 μm 이고 반경은 500 nm 이고, 전극에 연통시키기 위해 투입된 페이스트 농도는 아세톤 100중량부에 대해 상기 초소형 LED가 1.0 중량부로 혼합되었다. 나아가, 초소형 LED 소자를 전극에 자기정렬시키기 위해 전압 $V_{ac} = 30 \text{ V}$, 주파수 500 kHz 인 교류전원을 1 분 동안 인가하였다.
- [0170] 상기 SEM 사진을 통해 확인할 수 있듯이 초소형 청색 LED가 제1 전극, 제2 전극에 걸쳐서 있거나 상기 두 전극 사이에 끼어서 연통되고 있고 연통되었을 때의 초소형 청색 LED 소자가 누워있는 형상임을 알 수 있다.
- [0171] 또한, 도 9b 및 도 9c는 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 서브픽셀들이 포함된 단위전극의 청색 전계 발광 사진으로써, 도 9b는 명실에서, 도 9c는 암실에서 촬영한 사진이며 상기 사진의 대상이 된 본 발명의 바람직한 일구현예의 경우 가로×세로 0.6 cm×0.7 cm의 면적에 형성된 복수개의 서브픽셀을 포함하는 단위전극으로 상기 서브픽셀에 포함된 초소형 LED 소자가 점으로 발광하는 모습을 잘 보여 줄 뿐만 아니라 이들이 합쳐져서 면

발광을 하고 있는 것을 나타내고 있다.

- [0172] 이는 초소형 LED 소자를 사용해서 넓은 면적의 전극 위에 다수의 초소형 LED를 쉽게 조립하므로 색 세포 수준으로 집적할 경우 디스플레이로 구현할 수 있으며 나아가 플렉서블(flexible)한 베이스 기판을 사용할 경우 유연한 디스플레이로 구현할 수 있음을 보여주고 있다.
- [0173] 따라서 본 발명 바람직한 일구현예에 따른 상호 교번적 전극 위에 초소형 LED를 수평으로 조립하여 제작한 누워있는 초소형 LED 소자는 광추출효율이 매우 우수한 고효율 LED 소자이며 상기 초소형 LED 소자를 포함하여 색세포의 형태로 구현할 수 있다는 사실을 문헌상 최초로 보여 주고 있다.
- [0174] 또한, 상기 도 9b 및 도 9c의 대상이 된 본 발명의 바람직한 일구현예의 경우 초소형 LED 소자와 전극 간에 금속오믹층을 포함하지 않은 상태로 금속오믹층을 더 형성시켜 초소형 LED 소자와 전극간의 저항을 더 줄인다면 발광효율은 더 증가하여 고해상도의 풀-칼라 LED를 구현할 수 있다.
- [0175] 나아가, 도 10은 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 서브픽셀들의 전계 발광 스펙트럼으로써, 본 발명의 바람직한 일구현예의 전계 발광하는 모습을 스펙트로포토미터로 측정한 결과이다. 상기 전계 발광하는 청색 초소형 LED 소자는 웨이퍼(wafer) 기판을 사용해서 제작한 초소형 LED 소자로 상기 초소형 LED 소자를 제작하기 위해서 사용한 여러 가지 건식식각 공정과 레이저 리프트 오프(laser lift-off) 공정을 거친 초소형 LED 소자가 서로 다른 전극의 사이에 자기조립 된 이후에도 도 10의 발광 스펙트럼과 같이 원래의 청색 발광을 잘 유지하고 있다는 사실을 보여주고 있다.
- [0176] 이는 수평으로 배열된 초소형 LED 소자를 제작하는 공정 중에 발생할 수 있는 결함(defect)들이 최소화 되었다는 사실을 간접적으로 보여주고 있다. 즉 청색 웨이퍼(wafer)를 사용해서 초소형 LED 소자를 제작하는 과정에서 상기 웨이퍼 기판에 존재하는 응력과 결함(defect)들이 LED 소자의 사이즈를 초소형으로 줄이는 공정과 에칭 공정을 통해서 제거되어 결정성이 우수한 초소형 LED 소자가 제작되었으며 상기 결정성이 우수한 초소형 LED 소자가 디스플레이의 제조공정에서 서로 다른 전극에 자기정렬된 상태에서도 우수하게 발광하고 있다는 것을 보여주고 있다.
- [0177] 본 발명은 상기와 같이 초소형 LED 소자를 기판에 대해 누워있는 형상으로 연통시킴으로써 광추출 효율을 극대화시킬 수 있다.
- [0178] 일반적으로 LED 소자의 성능은 외부 양자효율로 평가하게 된다. 외부 양자효율이란 LED 소자로 단위시간 동안 주입되는 캐리어(carrier)의 수에 대한 단위시간 동안 LED의 외부 즉, 대기로 빠져나가는 광자(photon) 수의 비로 나타내어진다. 이러한 외부 양자효율은 내부 양자효율 및 광추출효율 간에 하기의 관계식이 성립한다.
- [0179] [관계식] 외부광자효율 = 내부광자효율 × 광추출효율
- [0180] 내부광자효율이란 LED 소자로 단위시간 동안 주입되는 캐리어의 수에 대한 단위시간동안 활성층에서 방출되는 광자의 수의 비를 의미하며, 광추출효율은 단위시간 동안 활성층에서 방출되는 광자의 수에 대해 단위시간 동안 대기로 빠져나가는 광자수의 비를 의미한다. 결국 LED 소자의 성능을 향상시키기 위해서는 이들의 효율을 향상시키는 것이 중요하다.
- [0181] 그러나 광추출효율의 측면에서 현재 박막 형태의 LED 소자의 상부와 하부전극 또는 n 도전성 반도체층과 p 도전성 반도체층을 통하여 공기 중으로 방사되는 빛의 추출효율은 매우 낮은 편이다. 이는 박막 형태의 LED 소자에서 발생한 광은 고굴절 반도체층과 저굴절 공기층의 계면에서 굴절률 차이에 의하여 대부분이 전반사 되므로 반도체 층에 갇히게 되고 이로 인해서 광이 추출되는 방향으로 활성층에서 발생한 빛의 상당량이 빠져나오지 못하고 LED 소자 내부에서 재흡수되거나 열로 사라지기 때문이고 이는 기존 박막형 구조를 사용하여 LED 소자를 제조하는 것에 기인한다.
- [0182] 본 발명에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 초소형 LED 소자를 눕혀 전극에 연결함으로써 고굴절 반도체 층과 공기층 사이의 평탄한 계면을 없애 주므로, 전반사가 일어날 수 있는 확률을 최소화하므로 초소형 LED 소자에서 발생한 빛이 외부로 추출되지 못하고 내부로 갇히게 되는 빛을 최소화하여 대부분의 빛이 외부로 방출되게 하였다. 이로써 종래의 광추출 저하 문제를 해결한 풀-칼라 LED 디스플레이를 제공할 수 있다.

- [0183] 구체적으로 도 11은 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 초소형 LED 소자의 TEM 사진으로써 도 11a는 원기둥형상의 초소형 LED 소자의 전체 모습을 보여주는 TEM 사진이며, 도 11b는 초소형 LED 소자의 표면에 대한 고해상도 TEM사진이다. 도 11b에서 확인할 수 있듯이 초소형 LED를 제작하기 위해서 건식식각 공정과 레이저 리프트 오프(laser lift-off) 공정을 거친 후에도 초소형 LED 소자 표면 부근의 InGaN 결정의 원자 배열이 규칙적으로 잘 배열되어 있음을 알 수 있다. 이를 통해 여러 가지 제조공정을 통해서 얻어진 초소형 LED 소자의 결정성이 매우 우수하다는 것을 직접적으로 보여주고 있으며 이로써 고효율 초소형 LED 소자의 제작이 가능하다는 사실을 잘 보여 주고 있다. 즉, 제작된 초소형 LED 소자의 결정성이 매우 우수하므로 내부 양자효율이 우수한 동시에 초소형 LED 소자가 서로 다른 전극 사이에 수평으로 정렬되어 광 추출효율이 우수하므로 내부 양자 효율 및 외부 양자 효율이 우수한 고효율 LED 소자가 포함된 풀-칼라 LED 디스플레이의 구현이 가능하다는 사실을 직접적으로 보여 주고 있다.
- [0184] 상기 초소형 LED 소자(183)는 제1 전극(182)과 제2 전극(181)사이의 간극에 끼어서 연통되거나 또는 걸쳐서 연통될 수 있다.
- [0185] 바람직하게는 상기 제1, 2전극의 폭(X, Y)과 전극간격(Z), 초소형 LED 소자의 길이(H)는 하기의 관계식 1을 포함할 수 있다
- [0186] [관계식 1]
- [0187] $0.5 \times Z \leq H < X + Y + 2Z$ 이며, 여기서 $100\text{nm} < X \leq 10 \mu\text{m}$, $100\text{nm} < Y \leq 10 \mu\text{m}$, $100\text{nm} < Z \leq 10 \mu\text{m}$ 일 수 있다.
- [0188] 보다 더 바람직하게는 $Z \leq H < X + Y + 2Z$ 를 만족할 수 있고, 이보다 더 바람직하게는 $Z \leq H < X + Y + Z$ 를 만족할 수 있다.
- [0189] 구체적으로 도 12는 본 발명의 바람직한 일구현예에 포함된 서브픽셀의 평면도 및 부분확대도로서 바람직하게는 초소형 LED 소자(51)가 제1 전극(41)과 제2 전극(61)에 걸쳐서 연통될 수 있어 관계식 $0.5 \times Z \leq H$ 를 만족하는 초소형 LED 소자일 수 있다. 보다 바람직하게는 초소형 LED 소자(52)가 제1 전극(41)과 제2 전극(61) 사이의 전극사이에 끼어 있을 수 있어 본 발명에 포함되는 초소형 LED 소자는 관계식 $Z \leq H$ 을 만족하는 LED 소자일 수 있다. 여기서 복수개의 제1, 제2 전극간의 간격(Z)은 동일하거나 또는 상이할 수 있다.
- [0190] 상기 초소형 LED 소자가 전극과 연통되는 부분은 초소형 LED 소자가 별도의 전극층을 포함하지 않는 경우 제1, 2 전도성 반도체층이며, 초소형 LED 소자가 제1, 2 전도성 반도체층 상하부에 별도의 전극층을 포함하는 경우 초소형 LED 소자의 제1, 2 전도성 반도체층 또는 전극층 중 어느 하나 이상의 부분이 제1 전극 및 제2 전극에 연통될 수 있다.
- [0191] 다만, 초소형 LED 소자에 포함된 전도성 반도체층 또는 전도성 반도체 층 상, 하부에 형성될 수 있는 전극층이 제1 전극과 제2 전극에 각각 걸쳐서 연통되는 경우는 단락의 염려는 없으나 도 12의 초소형 LED 소자(51)와 같이 전도성 반도체층 또는 전극층 뿐만 아니라 활성층도 일부 전극에 연결되는 경우 단락이 발생할 수 있다.
- [0192] 구체적으로 도 12에서 A-A의 단면도는 상기와 같은 경우를 나타낸다. A-A의 초소형 LED 소자(51a, 51b, 51c)에서 51a, 51c는 각각 전도성 반도체층 또는 전도성 반도체 층 상, 하부에 형성될 수 있는 전극층을 나타내고 51b는 활성층을 의미한다. 단면도에서처럼 활성층(51b)의 일부가 전극(41)에 연결될 경우 단락이 발생할 수 있으며 이는 초소형 LED 를 포함하는 서브픽셀의 불량 및 복수개의 서브픽셀들을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이의 불량을 유발하는 원인이 될 수 있다.
- [0193] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 발명에 사용되는 초소형 LED는 활성층을 포함하는 외주면에 절연피막이 코팅될 수 있으며 절연피막으로 인해 도 12의 초소형LED 소자(51)와 같이 전극에 걸쳐 있어도 단락이 발생하지 않을 수 있다. 다만, 초소형 LED 소자의 전도성 반도체 층 상, 하부에 전극층을 더 포함하는 경우 전극층은 전극과 연통되어야 하므로 절연층이 포함되지 않을 수 있다.
- [0194] 또한, 초소형 LED 소자의 길이(H), 제1 전극의 폭(X), 제2 전극의 폭(Y) 및 제1, 2 전극 사이의 전극간격(Z)을

고려하여 초소형 LED 소자(53)의 활성층을 포함하는 중간부분이 제1 전극(42)과 제2 전극(62)에 각각 독립적으로 연통될 수 있다. 만일 초소형 LED 소자(53)가 상기와 같이 연통되는 경우 전극과 초소형 LED 소자(53)간의 단락의 원인이 되며 이는 초소형 LED 를 포함하는 서브픽셀의 불량 및 복수개의 서브픽셀들을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이의 불량을 유발하는 원인이 될 수 있다.

[0195] 이에 따라 본 발명에 포함되는 초소형 LED 소자는 바람직하게는 관계식 $H < X + Y + 2Z$ 를 만족하는 LED 소자일 수 있다. 나아가 초소형 LED 소자의 활성층을 포함하여 외주면에 코팅된 절연피막은 도 12의 초소형 LED 소자(53)와 같이 전극과 연통되는 경우에도 단락을 방지하는 역할을 하여 초소형 LED 를 포함하는 서브픽셀의 불량 및 복수개의 서브픽셀들을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이의 불량을 방지할 수 있다.

[0196] 바람직하게는 상기 제 I 전극을 포함하여 기판 상부에 형성된 절연층; 상기 복수개의 서브픽셀들 상부에 형성된 금속오믹층; 상기 금속오믹층 상부에 형성된 부동화층; 상기 부동화층 상부에 형성된 단파장 투과필터(SPDP); 상기 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 상부에 패터닝된 녹색 색변환층 및 복수개의 서브픽셀들 중 일부 선택된 서브픽셀에 대응하는 단파장 투과필터 상부에 패터닝된 적색 색변환층; 상기 색변환층을 포함하는 단파장 투과필터 상부에 형성된 부동화층; 및 상기 부동화층 상부에 형성된 장파장 투과필터(LPDP);를 포함할 수 있다.

[0197] 한편, 본 발명의 바람직한 다른 일구현예에 따르면 (1) 기판상에 제 I 전극을 형성하는 단계; (2) 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 제II 전극을 형성하고, 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극 어셈블리를 형성하는 단계; (3) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 복수개의 청색, 녹색, 적색 초소형 LED 소자들이 각각 포함된 용액을 투입하는 단계; 및 (4) 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성하는 단계; 를 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이 제조방법을 제공한다.

[0198] 이하 상술한 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 제조방법과 중복되는 부분은 제외하고 설명한다.

[0199] 먼저, 상기 (1), (2) 단계는 상술한 내용과 동일하다.

[0200] 다음 (3) 단계로서 상기 전극 어셈블리에 복수개의 청색, 녹색, 적색 초소형 LED 소자들이 각각 포함된 용액을 투입한다. 하기에 설명되듯이 서브픽셀에는 한 가지 색상의 초소형 LED 복수개가 전극 어셈블리에 연통되므로 청색 서브픽셀, 녹색 서브픽셀, 적색 서브픽셀이 위치할 곳의 전극어셈블리에 해당 색상의 초소형 LED 소자가 포함된 용액을 투입한다. 각각의 서브픽셀에 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자를 포함하는 용액을 투입하는 순서는 동시에 또는 색상, 순서와 무관하게 순차적으로 투입시킬 수 있다.

[0201] 다음 (4) 단계로서 상기 복수개의 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 제1 전극 및 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들을 형성한다.

[0202] 상기 전극 어셈블리에 전원을 인가하여 초소형 LED 를 전극어셈블리에 연통시키는 것과 상기 서브픽셀에 대한 설명은 상술한 내용과 동일하다.

[0203] 다만, 상술한 본 발명의 바람직한 일구현예에 따른 제조방법과 다르게 상기 서브픽셀에는 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들이 포함되며, 복수개의 서브픽셀들은 청색 서브픽셀, 녹색 서브픽셀 및 적색 서브픽셀 중 어느 한 종류 이상의 서브픽셀들이 포함된다.

[0204] 구체적으로 도 13은 본 발명의 바람직한 다른 일구현예에 따른 사시도로서 각각의 서브픽셀이 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자를 포함하여 청색 서브픽셀(192a, 192b), 녹색 서브픽셀(193a, 193b) 및

적색 서브픽셀(191)을 구현하고 있다. 풀-칼라 RGB 디스플레이에서 상기 청색, 녹색 및 적색 서브픽셀의 배치는 바람직하게는 한 색상의 서브픽셀(적색, 191)을 중심으로 가로방향과 세로방향으로 인접한 서브픽셀에 서로 다른 색(청색(192a, 192b), 녹색(193a, 193b))을 배치할 수 있다.

[0205] 또한 도 14는 본 발명의 바람직한 또 다른 다른 일구현예에 따른 사시도로서 복수개의 서브픽셀들이 포함된 가로 또는 세로 서브픽셀 라인별로 서로 다른 색을 배치할 수 있다. 예를 들어 세로 서브픽셀 라인별로 청색(196), 녹색(197), 적색(198)을 배치할 수 있다.

[0206] 다음으로 (5)단계로서, 상기 (4)단계 이후에 제1, 2 전극과 초소형 LED 소자의 연통부분에 금속오믹층을 형성하는 단계; (6)단계로서 상기 금속오믹층을 포함하는 디스플레이 상부에 부동화층을 형성하는 단계; 를 더 포함할 수 있다.

[0207] 또한, 상기 (6)단계 이후에 단과장 투과필터를 형성하는 단계 및 장과장 투과필터를 형성하는 단계를 더 포함하는 것도 가능하다.

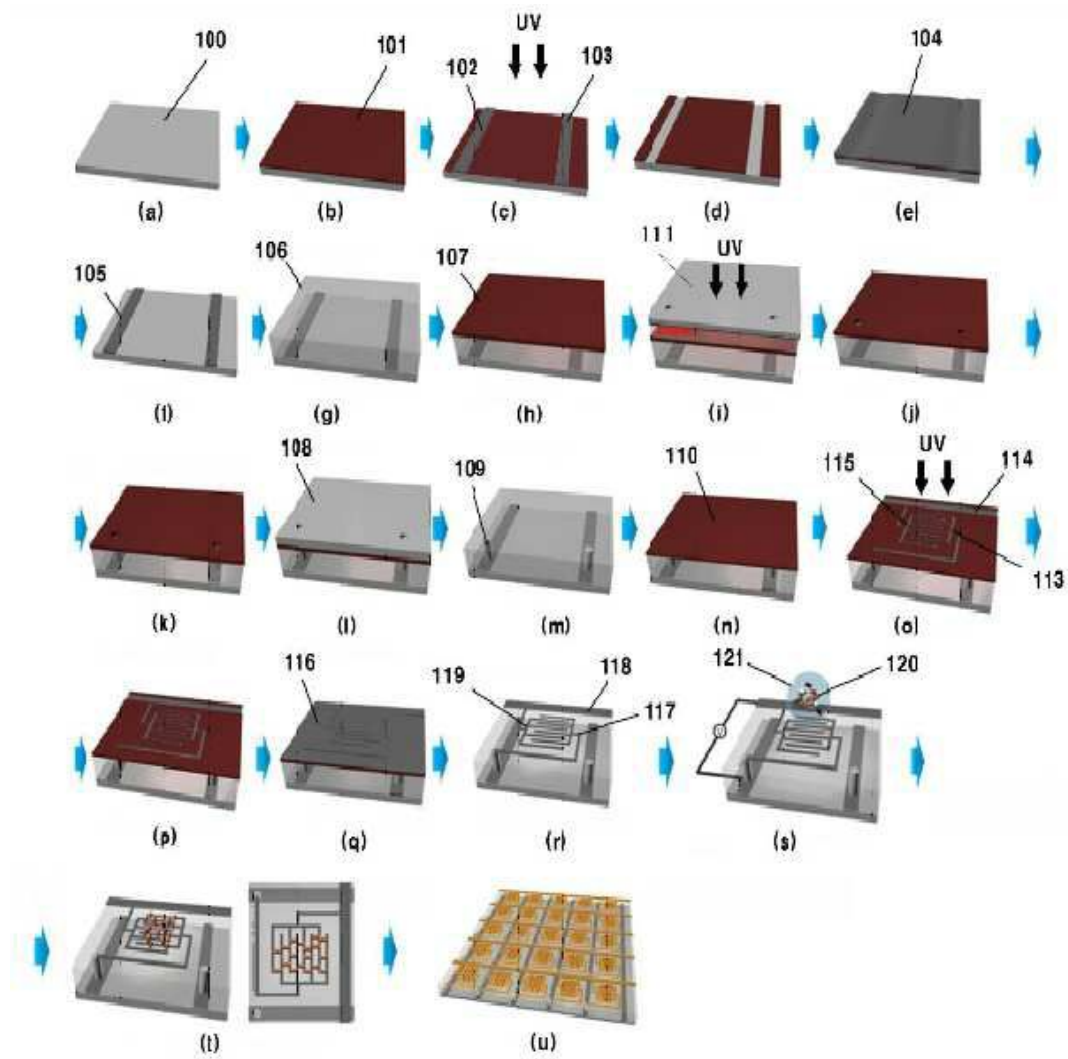
[0208] 이를 통해 제조된 본 발명의 다른 구현예에 따라 기관상에 형성된 제 I 전극; 상기 제 I 전극의 동일평면 또는 상부에 형성된 제 II 전극; 상기 제 I 전극에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극과 동일평면상에 이격되어 형성되며 제 II 전극에 연결된 제2 전극을 포함하는 복수개의 전극어셈블리; 및 상기 전극 어셈블리의 제1 전극과 제2 전극에 동시에 연통된 복수개의 청색, 녹색 및 적색 중 어느 한 종류의 초소형 LED 소자들을 색상별로 각각 독립적으로 포함하는 복수개의 서브픽셀들;을 포함하는 초소형 LED를 포함하는 디스플레이를 제공한다.

[0209] 상기 초소형 LED를 포함하는 디스플레이는 상기 제 I 전극을 포함하여 기관 상부에 형성된 절연층; 및 상기 복수개의 서브픽셀들 상부에 형성된 금속오믹층;을 포함할 수 있다. 상기 제 I 전극을 포함하여 기관 상부에 형성된 절연층은 제 II 전극과의 합성은 방지하는 역할을 할 수 있다.

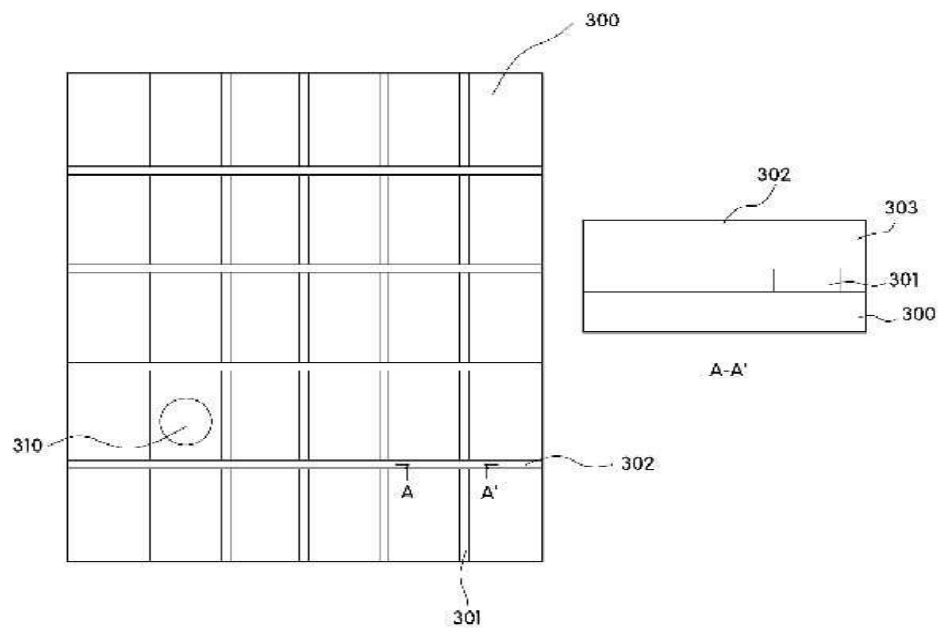
[0210] 이상에서 본 발명에 대하여 구현예를 중심으로 설명하였으나 이는 단지 예시일 뿐 본 발명의 실시 예를 한정하는 것이 아니며, 본 발명의 실시 예가 속하는 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성을 벗어나지 않는 범위에서 이상에 예시되지 않은 여러 가지의 변형과 응용이 가능함을 알 수 있을 것이다. 예를 들어, 본 발명의 실시 예에 구체적으로 나타난 각 구성 요소는 변형하여 실시할 수 있는 것이다. 그리고 이러한 변형과 응용에 관계된 차이점들은 첨부된 청구 범위에서 규정하는 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

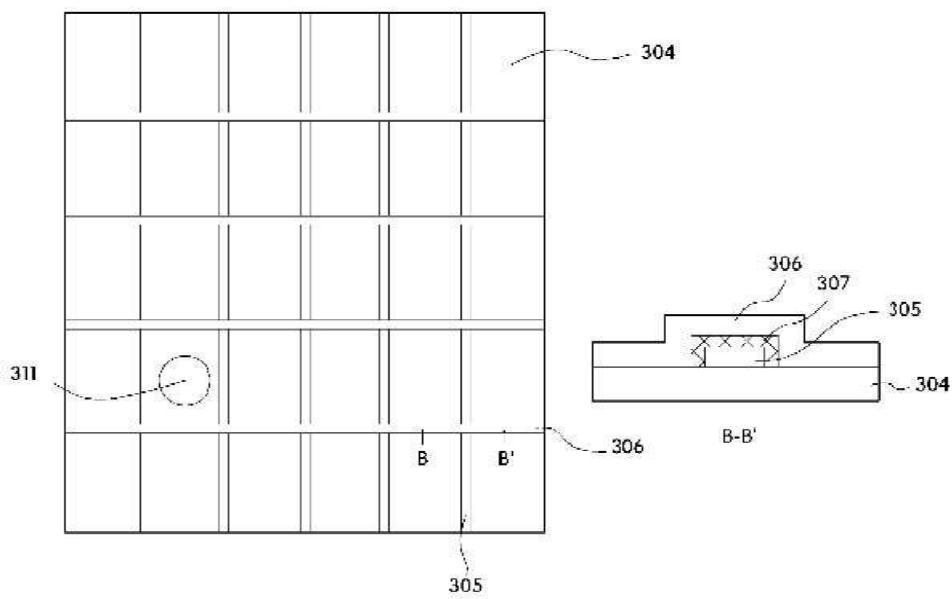
도면1



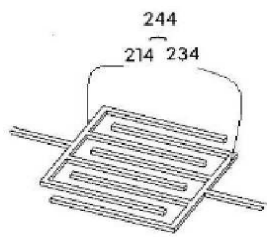
도면2



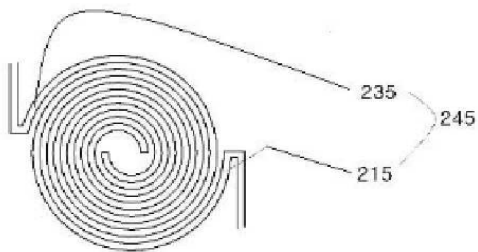
도면3



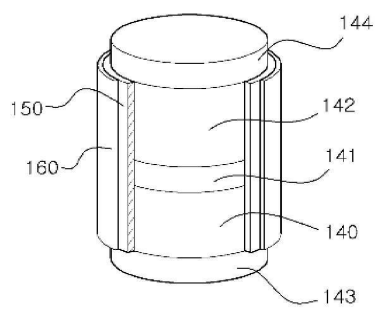
도면4



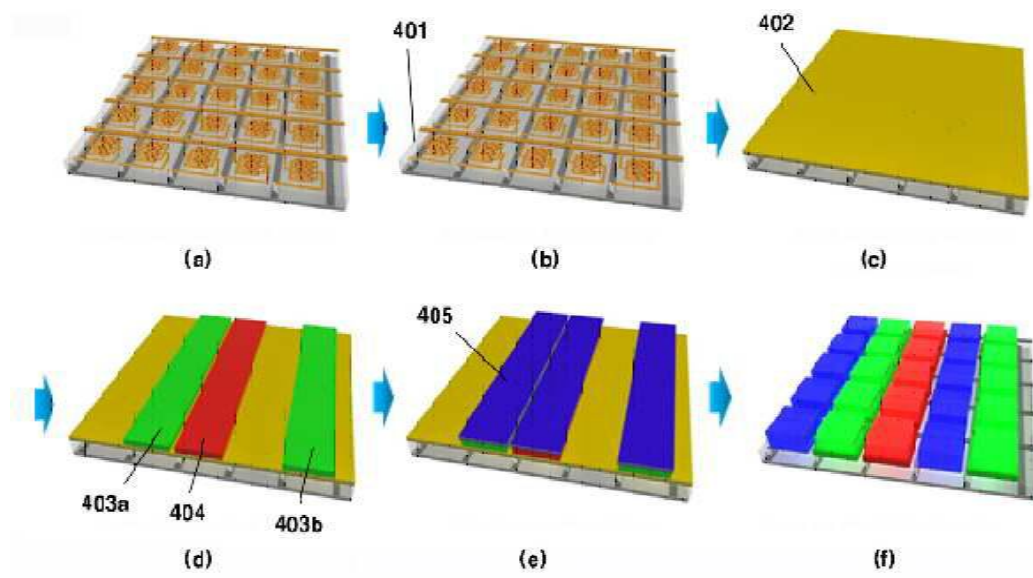
도면5



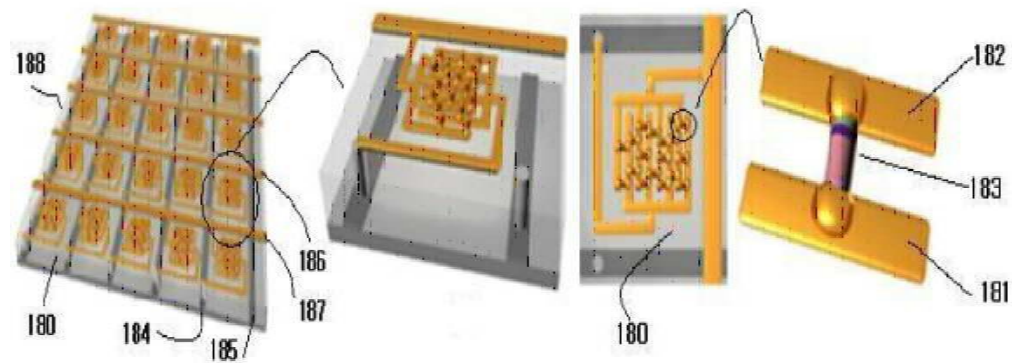
도면6



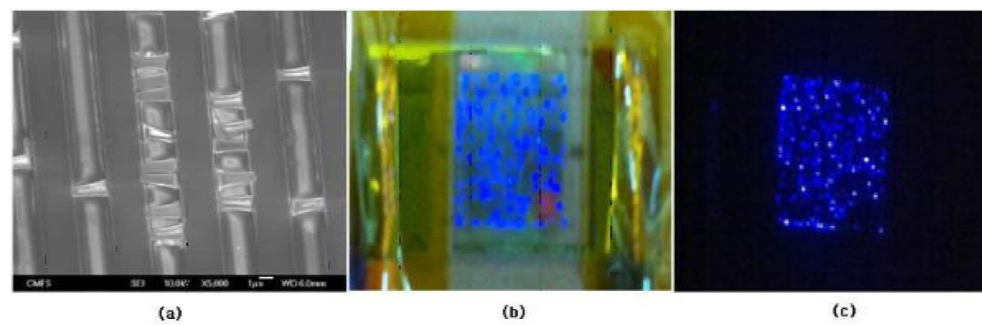
도면7



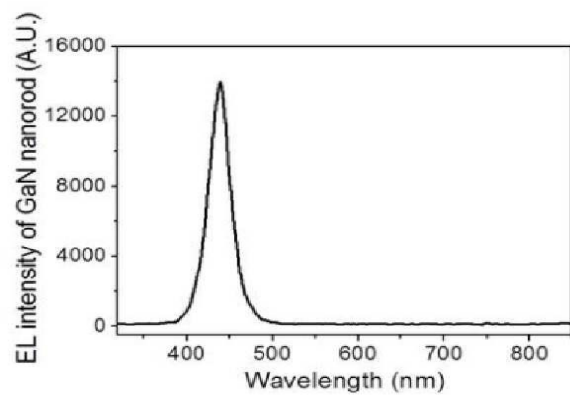
도면8



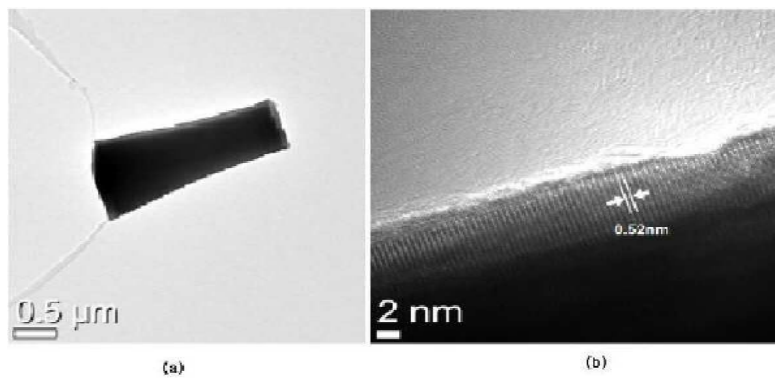
도면9



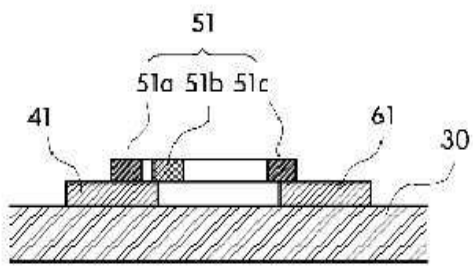
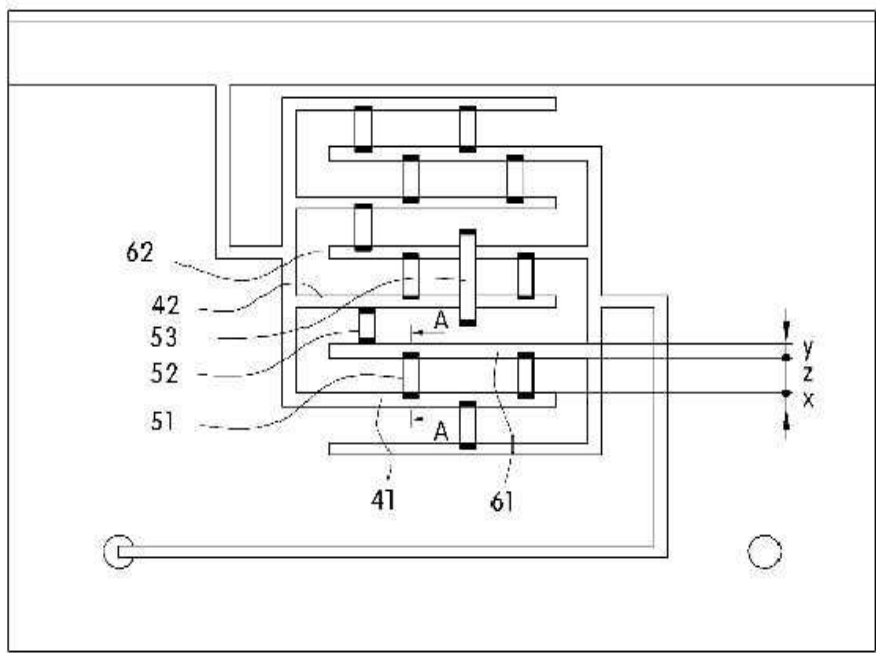
도면10



도면11

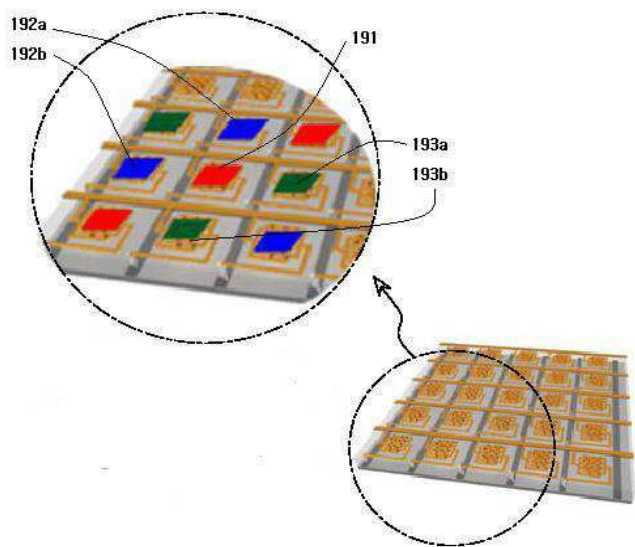


도면12

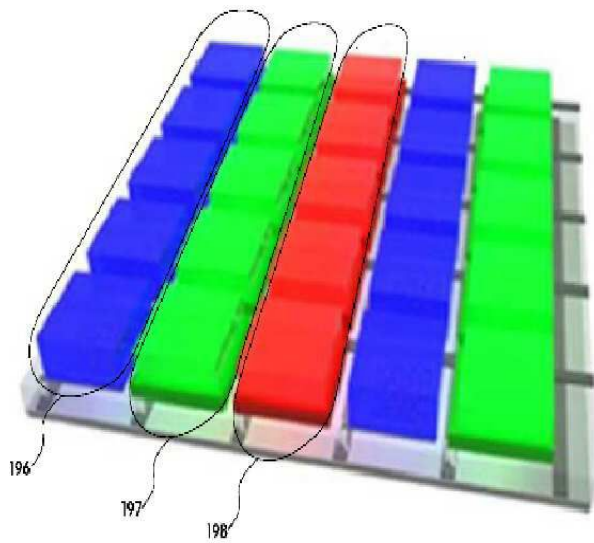


< A-A 단면 >

도면13



도면14



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1-22

【변경전】

LED를 포함하는

【변경후】

LED 소자를 포함하는

专利名称(译)	标题：包括超小型LED的显示器及其制造方法		
公开(公告)号	KR101436123B1	公开(公告)日	2014-11-03
申请号	KR1020130080412	申请日	2013-07-09
申请(专利权)人(译)	PSI有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	PSI有限公司		
[标]发明人	DO YOUNG RAG 도영락		
发明人	도영락		
IPC分类号	G09F9/33 H01L33/00 F21S2/00		
CPC分类号	H01L25/0753 G02F1/133603 H01L33/44 H01L33/505 H01L33/62 H01L2224/32 H01L2933/0025 H01L2933/0041 H01L2933/0066		
代理人(译)	LEEON知识产权律师事务所		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明中，更具体地说，涉及常规的小型LED装置的通信的直立有没有短路的微型在超小电极的纳米级的LED器件是困难的接合电极困难涉及到显示器和其制造方法，包括超小型LED克服，并在同一时间，以克服由一对一的对应于所述成形体的不同的电极的微LED元件相结合的困难，可以实现一个显示器，它包括一个微型LED。此外，最小化显示的缺陷，并保持了原有的功能，显示优良的光提取效率，并在同一时间10001防止产生和根据紧凑LED元件可能发生的，其中包括超小型LED的缺陷的缺陷像素的整个显示器的缺陷以及制造它的方法。支持本发明的国家研发项目 作业号码 2012-0202 Bucheomyeong 教育，科学和技术部 研究管理专业 韩国研究基金会 研究项目名称 基础研究项目 - 高级研究员（飞跃研究）研究项目名称 开发与高效率/大面积/全彩LED显示器的元件结构，材料和制造工艺相关的会聚源技术（第2年/第5年）支出率 1.1 主要组织 国民大学工业学院合作基金会 研究期 2012年5月1日 - 2013.04.30

