



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월02일
(11) 등록번호 10-2260480
(24) 등록일자 2021년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/52 (2006.01) G09G 3/3208 (2016.01)
H01L 51/00 (2006.01) H01L 51/56 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/5203 (2013.01)
G09G 3/3208 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0127606
(22) 출원일자 2019년10월15일
심사청구일자 2019년10월15일
(65) 공개번호 10-2021-0044443
(43) 공개일자 2021년04월23일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110128605 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
박철민
서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교 제2공학관 217호
이석영
경상남도 밀양시 미리별로3길 45 코아루아파트 102동102호
김의혁
서울특별시 노원구 상계로7길 18 우성아파트 101동 308호
(74) 대리인
김권석

전체 청구항 수 : 총 19 항

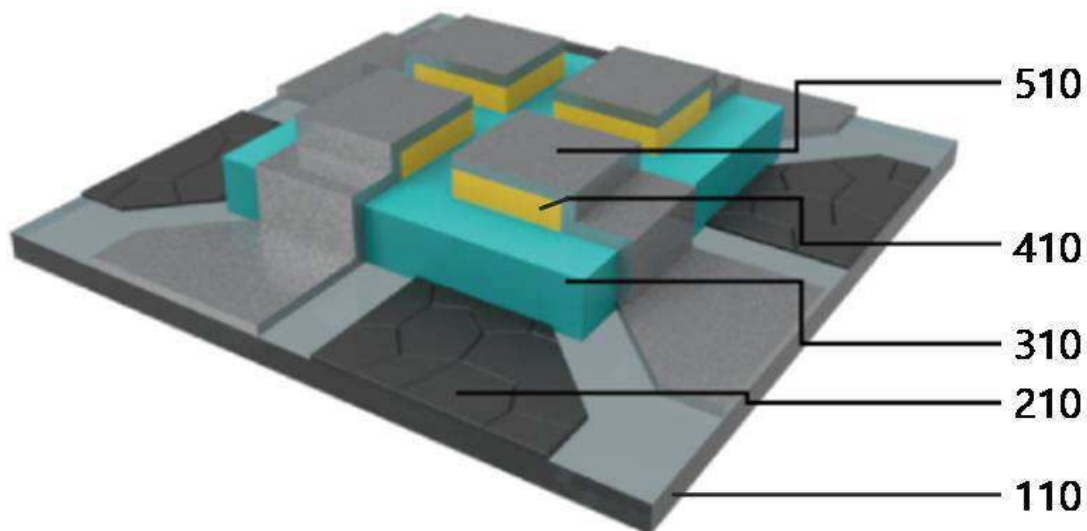
심사관 : 이옥우

(54) 발명의 명칭 유기 발광 소자 및 그 제조 방법

(57) 요약

유기 발광 소자 및 그 제조 방법에 관해 개시되어 있다. 개시된 유기 발광 소자는 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 제 1 전극, 상기 제 1 전극과 이격된 제 2 전극 및 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 배치되고 유기 물질을 포함하는 발광층을 구비할 수 있다. 또한, 상기 유기 발광 소자는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적으로 연결된 것으로, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적 구동 신호를 인가하도록 구성된 전원부를 포함할 수 있다. 상기 전원부는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌는 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성될 수 있고, 상기 유기 발광 소자는 상기 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌는 상기 교류(AC) 신호에 의해 구동되는 교류(AC) 구동 소자일 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 51/0037 (2013.01)

H01L 51/56 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020120027294 A*

Fabrication of Ti3C2Tx MXene Transparent Thin Film with Tunable Optoelectronic Properties, Adv. Electron. Mater. 2016, 1600050, Yury Gogotsi(2016.06.16)*

KR1020050035618 A

KR1020100066665 A

KR1020150094914 A

KR1020160104128 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2019110101

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업

연구과제명 (후속)사용자 상호작용 교류기반 디스플레이/센싱 소재 및

소자(3/3)(2017.3.1~2020.2.29)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2018111787

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 원천기술개발사업

연구과제명 [Ezbaro] (총괄/3세부)인공 공감각 일렉트로닉스 플랫폼 개발 (1단계)(2/3)

기 여 율 1/2

과제수행기관명 연세대학교 산학협력단

연구기간 2019.01.16 ~ 2020.01.15

명세서

청구범위

청구항 1

멕신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 제 1 전극;
 상기 제 1 전극과 이격된 제 2 전극;
 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 배치되며, 유기 물질을 포함하는 발광층; 및
 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적으로 연결되고, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적 구동 신호를 인가하도록 구성된 전원부를 포함하는 유기 발광 소자이며,
 상기 전원부는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌는 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성되고,
 상기 유기 발광 소자는 상기 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌는 상기 교류(AC) 신호에 의해 구동되는 교류(AC) 구동 소자인 유기 발광 소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
 상기 멕신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 전이금속 카바이드(transition metal carbide)를 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
 상기 멕신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 티타늄 카바이드(titanium carbide)를 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
 상기 멕신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 Ti_3C_2 를 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,
 상기 교류(AC) 신호는 2~35 V 범위의 전압 및 0.06~100 kHz 범위의 주파수를 갖는 유기 발광 소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
 상기 제 1 전극은 복수의 멕신 플레이크(MXene flake)를 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
 상기 제 1 전극은 30 nm 이하의 두께를 갖는 유기 발광 소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극과 상기 발광층 사이에 배치된 정공수송층을 더 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 정공수송층은 PEDOT:PSS [poly(3,4-ethylenedioxythiophene)- poly(styrenesulfonate)]를 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 발광층은 PPV (polyphenylene vinylene)를 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 전극은 LiF 및 Al을 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 13

유기 발광 소자의 제조 방법에 있어서,

멕신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 제 1 전극을 형성하는 단계;

상기 제 1 전극 상에 유기 물질을 포함하는 발광층을 형성하는 단계;

상기 발광층 상에 제 2 전극을 형성하는 단계; 및

상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적 구동 신호를 인가하기 위한 전원부를 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 연결하는 단계를 포함하고,

상기 전원부는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌는 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성되고,

상기 유기 발광 소자는 상기 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌는 상기 교류(AC) 신호에 의해 구동되는 교류(AC) 구동 소자인,

유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 멕신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 Ti_3C_2 를 포함하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제 1 전극은 용액 공정(solution process)을 이용해서 형성하는 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제 1 전극을 형성하는 단계는 멕신(MXene) 물질을 포함하는 용액을 마련하는 단계; 및 상기 용액을 기판 상에 도포하는 단계를 포함하고,

상기 용액에서 상기 맥신(MXene) 물질의 농도는 2.5~7 mg/mL인 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전극에 양(+)의 전압 바이어스를 인가한 후 음(-)의 전압 바이어스를 인가하도록 구성되고, 상기 제 1 전극에 트랩된 캐리어 전하들이 상기 음의 전압 바이어스에 의해 디트랩(detrap)되도록 구성된 유기 발광 소자.

청구항 19

제 1 항에 있어서,

상기 교류(AC) 신호는 사인-웨이브 전압(sine-wave voltage)인 유기 발광 소자.

청구항 20

제 13 항에 있어서,

상기 유기 발광 소자는 상기 제 1 전극에 양(+)의 전압 바이어스를 인가한 후 음(-)의 전압 바이어스를 인가하도록 구성되고, 상기 제 1 전극에 트랩된 캐리어 전하들이 상기 음의 전압 바이어스에 의해 디트랩(detrap)되도록 구성된 유기 발광 소자의 제조 방법.

청구항 21

제 13 항에 있어서,

상기 교류(AC) 신호는 사인-웨이브 전압(sine-wave voltage)인 유기 발광 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 발광 소자에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 유기 발광 소자 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 발광 소자(organic light emitting device)는 플렉서블(flexible), 벤더블(bendable), 롤러블(rollable) 디스플레이와 같은 차세대 디스플레이 구현에 적합한 소자 구성을 갖고, 또한 대면적 고상 조명(large-area solid-state lighting) 분야에도 적용할 수 있는 등 다양한 장점을 갖는다.

[0003] 유기 발광 소자에 적용되는 전극 재료로는 ITO(indium tin oxide)나 금속성(metallic) 물질이 있고, 최근에는 그래핀(graphene)을 전극 재료로 적용하고자 하는 연구가 많이 이루어지고 있다. ITO의 경우, 우수한 투명성을 갖지만 유연성(flexibility)이 떨어지고, 구부릴 경우 성능 저하가 크게 발생할 수 있다. 그래핀의 경우, 우수한 유연성을 갖지만 제조/합성이 어려운 문제가 있다. 특히, 그래핀 제조를 위해서는 비교적 고온의 CVD(chemical vapor deposition) 공정이 요구될 수 있다.

[0004] 유기 발광 소자에 적합한 전극 재료를 개발함에 있어서, 제조의 용이성, 제조 비용, 전기전도도, 유연성(flexibility), 기계적 변형성(deformability), 강도, 투과도, 신뢰성 등 다양한 사항들이 고려되어야 한다. 이러한 조건들을 만족할 수 있는 차세대 디스플레이용 전극 재료의 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 제조의 용이성, 제조 비용, 전기전도도, 유연성, 기계적 변형성, 강도,

투과도, 신뢰성과 같은 다양한 측면에서 우수한 특성 및 이점을 갖는 전극 재료를 적용한 유기 발광 소자를 제공하는데 있다.

[0006] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 우수한 특성의 전극 재료를 포함하면서 그에 적합한 구동 방식을 갖는 유기 발광 소자를 제공하는데 있다.

[0007] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 우수한 성능 및 동작 안정성을 갖는 유기 발광 소자를 제공하는데 있다.

[0008] 또한, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기한 유기 발광 소자의 제조 방법을 제공하는데 있다.

[0009] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 제 1 전극; 상기 제 1 전극과 이격된 제 2 전극; 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 배치된 것으로, 유기 물질을 포함하는 발광층; 및 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적으로 연결된 것으로, 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적 구동 신호를 인가하도록 구성된 전원부;를 포함하는 유기 발광 소자가 제공된다.

[0011] 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 전이금속 카바이드(transition metal carbide)를 포함할 수 있다.

[0012] 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 티타늄 카바이드(titanium carbide)를 포함할 수 있다.

[0013] 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 Ti_3C_2 를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 전원부는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성될 수 있고, 상기 유기 발광 소자는 상기 교류(AC) 신호에 의해 구동되는 교류(AC) 구동 소자일 수 있다.

[0015] 상기 교류(AC) 신호는 약 2~35 V 범위의 전압 및 약 0.06~100 kHz 범위의 주파수를 가질 수 있다.

[0016] 상기 제 1 전극은 복수의 맥신 플레이크(MXene flake)를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 제 1 전극은 약 30 nm 이하의 두께를 가질 수 있다.

[0018] 상기 제 1 전극과 상기 발광층 사이에 배치된 정공수송층을 더 포함할 수 있다.

[0019] 상기 정공수송층은, 예컨대, PEDOT:PSS [poly(3,4-ethylenedioxythiophene)- poly(styrenesulfonate)]를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 발광층은, 예컨대, PPV (polyphenylene vinylene)를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 제 2 전극은, 예컨대, LiF 및 Al을 포함할 수 있다.

[0022] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 제 1 전극을 형성하는 단계; 상기 제 1 전극 상에 유기 물질을 포함하는 발광층을 형성하는 단계; 상기 발광층 상에 제 2 전극을 형성하는 단계; 및 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 전기적 구동 신호를 인가하기 위한 전원부를 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극에 연결하는 단계;를 포함하는 유기 발광 소자의 제조 방법이 제공된다.

[0023] 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 Ti_3C_2 를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 제 1 전극은 용액 공정(solution process)을 이용해서 형성할 수 있다.

[0025] 상기 제 1 전극을 형성하는 단계는 맥신(MXene) 물질을 포함하는 용액을 마련하는 단계; 및 상기 용액을 기판 상에 도포하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0026] 상기 용액에서 상기 맥신(MXene) 물질의 농도는 약 2.5~7 mg/mL 정도일 수 있다.

[0027] 상기 전원부는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 실시예들에 따르면, 제조의 용이성, 제조 비용, 전기전도도, 유연성, 기계적 변형성, 강도, 투과도, 신뢰성과 같은 다양한 측면에서 우수한 특성 및 이점을 갖는 전극 재료를 적용한 유기 발광 소자를 구현할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 우수한 특성의 전극 재료를 포함하면서 그에 적합한 구동 방식을 갖는 유기 발광 소자를 구현할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 우수한 성능 및 동작 안정성을 갖는 유기 발광 소자를 구현할 수 있다.

[0029] 이러한 실시예에 따른 유기 발광 소자는 우수한 특성을 갖는 차세대 디스플레이 장치를 제조하는데 유리하게 적용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0030] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자를 보여주는 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자를 보여주는 사시도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유기 발광 소자의 단면을 보여주는 TEM(transmission electron microscopy) 이미지이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자에 적용될 수 있는 맥신(MXene) 함유 전극의 구성을 개략적으로 보여주는 사시도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자에 적용될 수 있는 맥신(MXene) 함유 전극의 투과도를 측정 한 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 6은 맥신(MXene) 함유 전극을 형성하기 위한 맥신 함유 용액에서 맥신의 농도를 변화시킴에 따라 형성되는 전극의 면저항 및 투과도가 어떻게 변화되는지를 보여주는 그래프이다.
- 도 7은 싱글 맥신 플레이크(MXene flake)에 대한 HR-TEM(high-resolution transmission electron microscopy) 분석 이미지로부터 얻어진 SAED(selected-area electron diffraction) 데이터이다.
- 도 8은 맥신 박막(즉, 맥신 함유 전극)의 표면을 촬영한 SEM(scanning electron microscopy) 이미지이다.
- 도 9는 유리 기판 상에 형성된 맥신 박막의 단면을 촬영한 STEM(scanning transmission electron microscope) 이미지이다.
- 도 10은 맥신 박막에 대한 HR-XRD(high-resolution X-ray diffraction) 분석 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 11은 맥신 박막에 대한 UPS(ultraviolet photoelectron spectroscopy) 분석 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 12는 도 3을 참조하여 설명한 유기 발광 소자의 구성층들의 에너지 밴드 다이어그램(energy band diagram)을 개략적으로 보여주는 그래프이다.
- 도 13은 실시예에 따른 유기 발광 소자 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 인가 전압(voltage)에 따른 휘도(luminance)의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 14는 실시예에 따른 유기 발광 소자 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 인가 전압(voltage)에 따른 전류 효율(current efficiency)의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 15는 맥신 박막(즉, 맥신 함유 전극)의 표면을 촬영한 AFM(atomic force microscope) 높이 콘트라스트(height contrast) 이미지이다.
- 도 16은 도 15에 해당하는 맥신 박막의 소정 표면 영역(라인 형태의 영역)의 높이 프로파일을 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 17은 맥신 박막(즉, 맥신 함유 전극)에 대해 KPFM(Kelvin probe force microscopy)을 이용해서 표면 포텐셜 분포(surface potential distribution)를 측정한 결과를 보여주는 이미지이다.
- 도 18은 도 17에 해당하는 맥신 박막의 소정 표면 영역(라인 형태의 영역)의 포텐셜 프로파일을 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- 도 19는 맥신 함유 전극을 적용한 유기 발광 소자의 직류(DC) 구동 조건 하에서 시간에 따른 온도의 변화를 측

정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 20은 맥신 함유 전극을 적용한 유기 발광 소자의 교류(AC) 구동 조건 하에서 시간에 따른 온도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 21은 도 19 및 도 20의 결과로부터 얻어진 것으로, 직류(DC) 및 교류(AC) 구동 조건 각각에서 인가 전압의 세기에 따른 온도 변화를 보여주는 그래프이다.

도 22은 맥신 함유 전극의 플렉서블(flexible)한 특성을 보여주는 사진 이미지이다.

도 23은 PET 기판 상에 형성된 맥신 함유 전극 및 ITO 전극 각각의 굽힘 반경(bending radius)에 따른 전기적 특성 변화(즉, $\Delta R/R_0$)를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 24는 PET 기판 상에 형성된 맥신 함유 전극 및 ITO 전극 각각의 벤딩 사이클에 따른 전기적 특성 변화(즉, $\Delta R/R_0$)를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 25는 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 인가 전압에 따른 휘도 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 26은 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 굽힘 반경(bending radius)에 따른 휘도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 27은 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 벤딩 사이클에 따른 휘도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 28은 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 발광 특성을 보여주는 것으로, 소자를 구부리기 전(좌측)과 구부린 상태(우측)에서 발광 특성을 보여주는 사진이다.

도 29는 일 실시예에 따른 유기 발광 소자의 인가 전압의 주파수 변화에 따른 휘도 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.

도 30a 내지 도 30d는 일 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법을 보여주는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0031] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0032] 이하에서 설명할 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 명확하게 설명하기 위하여 제공되는 것이고, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 의해 한정되는 것은 아니며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있다.

[0033] 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용되는 단수 형태의 용어는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"이라는 용어는 언급한 형상, 단계, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 단계, 숫자, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다. 또한, 본 명세서에서 사용된 "연결"이라는 용어는 어떤 부재들이 직접적으로 연결된 것을 의미할 뿐만 아니라, 부재들 사이에 다른 부재가 더 개재되어 간접적으로 연결된 것까지 포함하는 개념이다.

[0034] 아울러, 본원 명세서에서 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다. 본 명세서에서 사용된 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 또한, 본원 명세서에서 사용되는 "약", "실질적으로"와 같은 정도에 관한 용어는 고유한 제조 및 물질 허용 오차를 감안하여, 그 수치나 정도의 범주 또는 이에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 제공된 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.

[0035] 이하 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 첨부된 도면에 도시된 영역이나 파트들의 사이즈나 두께는 명세서의 명확성 및 설명의 편의성을 위해 다소 과장되어 있을 수 있다. 상세한 설명 전체에 걸쳐 동일한 참조번호는 동일한 구성요소를 나타낸다.

- [0036] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자를 보여주는 단면도이다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 유기 발광 소자는 기판(100) 상에 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(two-dimensional material)(2D material)을 구비하는 제 1 전극(200)을 포함할 수 있다. 또한, 상기 유기 발광 소자는 제 1 전극(200)과 이격된 제 2 전극(500) 및 제 1 전극(200)과 제 2 전극(500) 사이에 배치된 발광층(400)을 포함할 수 있다. 발광층(400)은 유기 물질을 포함할 수 있다. 다시 말해, 발광층(400)은 유기물 기반의 발광 물질을 포함할 수 있다. 부가해서, 상기 유기 발광 소자는 제 1 전극(200)과 발광층(400) 사이에 배치된 정공수송층(hole transport layer)(300)을 더 포함할 수 있다. 경우에 따라, 정공수송층(300)은 구비되지 않을 수도 있다.
- [0038] 상기 유기 발광 소자는 제 1 전극(200)과 제 2 전극(500)에 전기적으로 연결된 전원부(700)를 포함할 수 있다. 전원부(700)는 제 1 전극(200)과 제 2 전극(500)에 전기적 구동 신호를 인가하도록 구성될 수 있다. 전원부(700)는 제 1 전극(200)과 제 2 전극(500) 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성될 수 있고, 이 경우, 상기 유기 발광 소자는 교류(AC) 신호에 의해 구동되는 교류(AC) 구동 소자일 수 있다. 상기 유기 발광 소자는 교류(AC) 구동 전기발광(electroluminescence)(EL) 소자일 수 있다.
- [0039] 제 1 전극(200)은 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함할 수 있다. 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 전이금속 카바이드(transition metal carbide)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 티타늄 카바이드(titanium carbide)를 포함할 수 있다. 구체적인 예로, 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 Ti_3C_2 를 포함할 수 있다. '이차원 물질(2D material)'이란 원자들이 소정의 결정 구조를 이루고 있는 단층(single-layer) 또는 반층(half-layer)의 고체로, 대표적인 이차원 물질로는 그래핀(graphene)이 있다. 이차원 물질은 우수한 전기적인 특성을 나타낼 수 있다. 본 실시예에서 제 1 전극(200)은 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질을 구비할 수 있다. 맥신(MXene)은 이차원 금속 화합물로서, 예컨대, 전이금속 화합물의 이차원적 원자층을 단수 또는 복수 개 포함할 수 있다.
- [0040] 제 1 전극(200)은 단일 원자층 구조(이차원 평면 구조)를 갖거나, 상기 단일 원자층 구조(이차원 평면 구조)가 반복 적층된 구조를 가질 수도 있다. 상기 단일 원자층 구조가 반복 적층되더라도, 이차원 물질의 특성은 유지될 수 있다. 전자 구조적으로, 이차원 물질은 상태 밀도(density of state)(DOS)가 양자 우물 거동(quantum well behavior)을 따르는 물질로 정의될 수 있다. 복수의 이차원 단위 물질층(즉, single layer of atoms)이 적층된(약 100층 이하로 적층된) 물질에서도 상태 밀도(DOS)가 양자 우물 거동(quantum well behavior)을 따를 수 있기 때문에, 이런 관점에서, 상기 단일 원자층 구조(이차원 평면 구조)가 반복 적층된 구조도 "이차원 물질"이라고 할 수 있다. 본 실시예에서 제 1 전극(200)은 수십 레이어(layers) 내지 그 이하의 단일원자층(single layer of atoms)을 포함할 수 있다. 제 1 전극(200)은 약 30 nm 이하 또는 약 20 nm 이하의 두께를 가질 수 있다.
- [0041] 제 1 전극(200)을 구성하는 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질은 용액 공정(solution process)을 통해 용이하게 형성할 수 있고, 전기적, 광학적, 기계적으로 우수한 특성을 가질 수 있다. 특히, 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질은 그 표면에 -OH기와 같은 터미널 그룹이 다수 존재하기 있기 때문에, 물(water)을 용매로 이용하는 용액 공정이 가능하다. 이러한 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질을 제 1 전극(200)에 적용할 경우, 제조의 용이성, 제조 비용, 전기전도도, 유연성, 기계적 변형성, 강도, 투과도, 신뢰성과 같은 다양한 측면에서 이점을 가질 수 있다.
- [0042] 발광층(400)은 유기물 기반의 발광 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 발광층(400)은 상기 발광 물질로서 PPV(polyphenylene vinylene)를 포함할 수 있다. 구체적인 예로, 발광층(400)은 'PDY 132'라 불리는 polyphenylene vinylene derivative (즉, PPV 유도체)를 포함할 수 있다. 'PDY 132'는 노란색(yellow) 발광 특성을 갖는 PPV 폴리머 및/또는 PPV 코폴리머(copolymer)를 포함할 수 있다. 'PDY 132'는 'Super Yellow'라 칭할 수 있다. 그러나 여기서 개시한 발광층(400)의 구체적인 물질은 예시적인 것에 불과하고, 발광층(400)의 구성 물질은 다양하게 변화될 수 있다. 발광층(400)이 발생하는 광의 칼라도 다양하게 변화될 수 있다.
- [0043] 정공수송층(300)도 유기물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 정공수송층(300)은 PEDOT:PSS를 포함할 수 있다. PEDOT:PSS는 poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate)이다. 그러나 정공수송층(300)의 물질은 이에 한정되지 않고 다양하게 변화될 수 있다. 또한, 정공수송층(300)은 경우에 따라 구비되지 않을 수도 있다.
- [0044] 제 2 전극(500)은, 예컨대, 금속 또는 금속화합물을 포함할 수 있다. 구체적인 예로, 제 2 전극(500)은 Al층을

포함할 수 있고, 상기 Al층과 발광층(400) 사이에 배치되는 LiF층을 더 포함할 수 있다. 이 경우, 제 2 전극(500)은 LiF/Al 이층 구조를 갖는다고 할 수 있다. 상기 LiF층은 상기 Al층의 접합 계면에서의 일함수를 높여주는 역할을 할 수 있다. 상기 LiF층은 약 1 nm 내지 수 nm 정도의 얇은 두께를 가질 수 있다. 그러나 여기서 제시한 제 2 전극(500)의 구체적인 구성 및 물질은 예시적인 것에 불과하고, 다양하게 변화될 수 있다. 예컨대, 제 2 전극(500)은 유기물 기반의 도전 재료를 포함하거나, 이차원 도전 재료를 포함할 수도 있다.

[0045] 전원부(700)는 제 1 전극(200)과 제 2 전극(500) 사이에 전기적 구동 신호로서 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성될 수 있다. 상기 교류(AC) 신호는, 예컨대, 약 2~35 V 범위 또는 약 5~35 V 범위의 전압을 가질 수 있다. 또한, 상기 교류(AC) 신호는, 예컨대, 약 0.06~100 kHz 범위 또는 약 0.5~10 kHz 범위의 주파수를 가질 수 있다. 그러나 여기서 제시한 교류(AC) 신호의 전압 범위 및 주파수 범위는 예시적인 것이고, 변화될 수 있다. 실시예에 따른 유기 발광 소자를 교류(AC) 신호로 구동할 경우, 우수한 동작 특성을 나타낼 수 있다. 이에 대해서는 추후에 보다 상세히 설명한다.

[0046] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자를 보여주는 사시도이다.

[0047] 도 2를 참조하면, 기판(110) 상에 패터닝된 형태를 갖는 제 1 전극(210)이 마련될 수 있다. 제 1 전극(210)은 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 구비할 수 있다. 소정의 형태를 갖는 복수의 제 1 전극(210)이 기판(110) 상에 규칙적으로 배치될 수 있다. 기판(110)의 일부(예컨대, 중앙부) 상에 복수의 제 1 전극(210)의 일부를 덮는 정공수송층(310)이 구비될 수 있고, 정공수송층(310) 상에 패터닝된 형태를 갖는 발광층(410)이 구비될 수 있다. 발광층(410) 상에 제 2 전극(510)이 구비될 수 있다. 복수의 발광층(410)이 상호 이격하여 구비될 수 있고, 복수의 발광층(410)에 각각 대응하는 복수의 제 2 전극(510)이 구비될 수 있다. 제 2 전극(510)은 발광층(410)의 상면으로부터 기판(110)의 상면까지 연장된 형태를 가질 수 있다. 복수의 제 2 전극(510) 각각이 복수의 제 1 전극(210) 사이로 연장될 수 있다. 도시하지는 않았지만, 제 1 전극(210)과 제 2 전극(510)에 전기적으로 연결된 전원부가 더 구비될 수 있고, 상기 전원부를 통해서 제 1 전극(210)과 그에 대응하는 제 2 전극(510) 사이에 전기적 구동 신호가 인가될 수 있다.

[0048] 기판(110), 제 1 전극(210), 정공수송층(310), 발광층(410) 및 제 2 전극(510)의 물질 구성은 각각 도 1에서 설명한 기판(100), 제 1 전극(200), 정공수송층(300), 발광층(400) 및 제 2 전극(500)의 물질 구성과 동일할 수 있다. 도 2를 참조하여 설명한 유기 발광 소자의 구조는 예시적인 것이고, 다양하게 변화될 수 있다.

[0049] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 유기 발광 소자의 단면을 보여주는 TEM(transmission electron microscopy) 이미지이다.

[0050] 도 3을 참조하면, 제 1 전극(200)은 맥신(MXene)을 포함할 수 있고, 정공수송층(300)은 PEDOT:PSS, 즉, poly(3,4-ethylenedioxythiophene)-poly(styrenesulfonate)를 포함할 수 있고, 발광층(400)은 'PDV 132', 즉, PPV (polyphenylene vinylene) 기반의 발광 물질을 포함할 수 있고, 제 2 전극(500)은 LiF 및 Al을 포함할 수 있다. 실시예에 따른 유기 발광 소자는 맥신(MXene)을 포함하는 교류(AC) 구동 OLED 일 수 있다.

[0051] 정공수송층(300), 발광층(400), 제 2 전극(500)의 두께는 각각 60 nm, 70 nm, 75 nm 정도일 수 있다. 제 2 전극(500)을 LiF/Al로 형성하는 경우, 제 2 전극(500)을 제외한 나머지 층들, 즉, 제 1 전극(200), 정공수송층(300) 및 발광층(400)은 모두 용액 공정(solution process)으로 형성할 수 있다. 제 2 전극(500)의 구성 물질이 비제한적 예로서 도전성 폴리머로 변화되는 경우, 제 2 전극(500)도 용액 공정으로 형성할 수 있다.

[0052] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자에 적용될 수 있는 맥신(MXene) 함유 전극의 구성을 개략적으로 보여주는 사시도이다.

[0053] 도 4를 참조하면, 기판(101) 상에 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 전극(201)이 구비될 수 있다. 전극(201)은 복수의 맥신 플레이크(MXene flake)(MF)를 포함하는 박막의 형태를 가질 수 있다. 복수의 맥신 플레이크(MF)가 이차원적으로 조합되어 박막 형태의 전극(201)을 구성할 수 있다. 이러한 전극(201)은 도 1 및 도 2의 제 1 전극(200, 210)으로 적용될 수 있다.

[0054] 맥신(MXene) 함유 전극(201)은 친수성 실란화(hydrophilic silanization) 후에 맥신(MXene)이 분산된 용액(ex, water)을 기판(101) 상에 도포(coating)하는 간단한 방법을 통해 형성할 수 있다. 기판(10)은, 예컨대, 유리 기판일 수 있고, 상기 도포의 방법은, 예컨대, 스핀 코팅(spin coating)일 수 있다. 기판(101)의 물질 및 도포의 구체적인 방식은 달라질 수 있다. 형성된 전극(201)은 균일하게(혹은 비교적 균일하게) 분산하여 조합된 복수의 맥신 플레이크(MXene flake)(MF)로 구성될 수 있다.

- [0055] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기 발광 소자에 적용될 수 있는 맥신(MXene) 함유 전극의 투과도를 측정 한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0056] 도 5를 참조하면, 맥신(MXene) 함유 전극이 가시광 파장 영역에서 비교적 높은 투과도를 나타내는 것을 알 수 있다. 이때, 맥신(MXene) 함유 전극은 맥신(MXene) 물질이 4 mg/mL의 농도로 분산된 용액을 사용해서 형성된 것이다. 맥신(MXene) 함유 전극은 가시광 영역에서 약 60% 이상 또는 약 70% 이상의 비교적 높은 투과도를 가질 수 있다. 약 550 nm 정도의 파장을 갖는 광에 대해 맥신(MXene) 함유 전극은 약 75% 정도의 투과도를 갖는다. 전극의 두께를 얇게할 경우, 투과도는 더욱 높아질 수 있다.
- [0057] 도 6은 맥신(MXene) 함유 전극을 형성하기 위한 맥신 함유 용액에서 맥신의 농도를 변화시킴에 따라 형성되는 전극의 면저항 및 투과도가 어떻게 변화되는지를 보여주는 그래프이다.
- [0058] 도 6을 참조하면, 맥신의 농도가 증가됨에 따라, 형성되는 전극의 면저항은 감소하는 경향을 나타냈고, 전극의 투과도는 소정 범위의 비교적 높은 투과도를 유지하면서 약간씩 떨어지는 경향을 나타냈다. 맥신의 농도가 5 mg/mL인 경우, 면저항이 약 295 Ω /sq 정도였고, 투과도는 약 60% 보다 높게 나타났다. 이러한 면저항 및 투과도 수준은 다양한 광전(optoelectronic) 소자 분야에 적용하기에 충분한 특성일 수 있다. 도 6에서는 맥신의 농도가 5 mg/mL인 경우까지의 결과를 보여주지만, 5 mg/mL 이상의 농도를 갖는 경우에 대해서도 그 결과를 확인할 수 있다.
- [0059] 실시예에 따르면, 전극을 형성하기 위한 상기 용액에서 맥신(MXene) 물질의 농도는 약 2.5~7 mg/mL 정도일 수 있다. 이러한 조건에서 형성되는 전극은 낮은 저항을 가지면서도 비교적 높은 투과도를 나타낼 수 있다.
- [0060] 도 7은 싱글 맥신 플레이크(MXene flake)에 대한 HR-TEM(high-resolution transmission electron microscopy) 분석 이미지로부터 얻어진 SAED(selected-area electron diffraction) 데이터이다.
- [0061] 도 7을 참조하면, SAED 패턴으로부터 싱글 맥신 플레이크가 이차원 구조 및 단일 결정구조(single-crystalline structure)를 갖는다는 것을 확인할 수 있다. 여기서, 싱글 맥신 플레이크는 Ti 원자층과 C 원자층이 교대로 배치되는 구조를 가질 수 있고, 또한 그 표면에 구비된 터미널 그룹(terminal group)(T_x)을 포함할 수 있다. 상기 터미널 그룹(T_x)은 비제한적 예로서 -OH, -O, -F, 또는 -H를 포함할 수 있다. 따라서, 싱글 맥신 플레이크는 $Ti_3C_2T_x$ 로 표현될 수 있고, 여기서, T_x 는 -OH, -O, -F, 또는 -H를 포함할 수 있다.
- [0062] 맥신이 분산된 용액은 다양한 기판 상에 도포(코팅)될 수 있다. 유리 기판의 경우, O_2 플라즈마로 유리 기판의 표면을 처리한 후, APTES (3-aminopropyl triethoxysilane)로 표면을 코팅하여 아민 그룹(amine group)을 도입한 다음, 맥신이 분산된 용액으로 코팅함으로써, 복수의 맥신 플레이크로 이루어진 맥신 박막을 형성할 수 있다. 이러한 공정을 통해서 유리 기판이 맥신 플레이크의 터미널 그룹들과 강하게 정전기적으로(electrostatically) 상호작용(interact)할 수 있다. 이러한 상호작용은 유리 기판 상에 복수의 맥신 플레이크가 자기-조립(self-assembly)될 수 있도록 유도할 수 있고, 결과적으로 복수의 맥신 플레이크가 기판의 표면에 밀착하여 커버할 수 있다. APTES로 처리된 유리 기판을 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)로 분석하면, C-NH₂ 및 양성화된(protonated) -N⁺H₃ 결합에 해당하는 두 개의 피크(peaks)를 확인할 수 있고, 이는 유리 기판의 표면이 아미노 그룹(amine group)과 잘 결합되었다는 것을 의미할 수 있다. APTES로 처리된 유리 기판에 맥신 플레이크들이 접합(코팅)된 후에는, 상기 두 개의 피크가 높은 에너지 레벨로 쉬프트(shift)되는데, 이는 맥신 플레이크들의 표면에 존재하는 -OH, -F 기들이 아민(amine) 처리된 기판과 상호작용했음을 의미할 수 있다. 약 1 μ m 정도의 폭(lateral size)을 갖는 맥신 플레이크들이 유리 기판의 전면에 걸쳐 비교적 균일하게 분포되어, 보이드(void) 없는 하나의 박막(즉, 맥신 함유 전극)을 형성할 수 있다.
- [0063] 도 8은 맥신 박막(즉, 맥신 함유 전극)의 표면을 촬영한 SEM(scanning electron microscopy) 이미지이다. 이때, 맥신 박막은 맥신 물질이 4 mg/mL의 농도로 분산된 용액을 사용해서 형성된 것이다.
- [0064] 도 8을 참조하면, 맥신 플레이크들이 유리 기판의 전면에 걸쳐 비교적 균일하게 분포되어, 보이드(void) 없는 하나의 박막(즉, 맥신 함유 전극)을 형성한 것을 확인할 수 있다.
- [0065] 맥신 박막에 대한 표면 조도(surface roughness)를 평균 제곱근 편차(root-mean-square)(RMS) 방식으로 측정 한 결과, 표면 조도는 약 2.725 nm 정도로 측정되었고, 이는 맥신 박막이 우수한 평탄도를 갖는다는 것을 의미할 수 있다.

- [0066] 도 9는 유리 기판 상에 형성된 맥신 박막의 단면을 촬영한 STEM(scanning transmission electron microscope) 이미지이다. 이때, 맥신 박막은 맥신 물질이 4 mg/mL의 농도로 분산된 용액을 사용해서 형성된 것이다.
- [0067] 도 9를 참조하면, 맥신 박막이 단위층(단일층)들이 적층된 형태를 갖는 것을 확인할 수 있고, 이는 이차원층들의 적층 구조를 의미할 수 있다. 용액에서 맥신 물질의 농도를 감소시키면, 형성되는 맥신 박막의 두께는 약 20 nm 에서 약 수 nm 까지 감소할 수 있다.
- [0068] 도 10은 맥신 박막에 대한 HR-XRD(high-resolution X-ray diffraction) 분석 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0069] 도 10을 참조하면, 6.3° 지점에서 강한 피크(peak)가 발생하는데, 이는 Ti_3C_2 의 기저면(basal plane)의 (002) 반사에 대응하는 것일 수 있다. 한편, 육방정계 격자 구조에서 c-축 방향의 격자 상수는 대략 25 Å 정도일 수 있다.
- [0070] 부가해서, 고차(high-order)의 (001) 반사는 맥신 플레이크들의 원거리 결정질 오더링(long-range crystalline ordering)을 의미하는데, 이는 레이어들의 적층에 있어서 어떤 방해(interruption)나 삽입(intercalant)의 문제 없이 컴팩트하게 적층(스택킹)되었다는 것을 의미할 수 있다.
- [0071] 도 11은 맥신 박막에 대한 UPS(ultraviolet photoelectron spectroscopy) 분석 결과를 보여주는 그래프이다. UPS 분석을 이용해서 맥신 박막의 일함수(work function)를 측정/평가할 수 있다. 일함수는 박막의 전기적 성능 및 기능을 평가하는 중요한 파라미터일 수 있다.
- [0072] 도 11을 참조하면, 스핀 코팅으로 형성된 맥신 박막에 대한 UPS 분석을 실시하였고, 이로부터 맥신 박막의 일함수가 약 -4.65 eV 정도인 것을 확인하였다. 이러한 일함수 데이터는 맥신 박막이 광전소자(optoelectronic device)의 전극으로 적합하다는 것을 의미할 수 있다.
- [0073] 도 12는 도 3을 참조하여 설명한 유기 발광 소자의 구성층들의 에너지 밴드 다이어그램(energy band diagram)을 개략적으로 보여주는 그래프이다. 여기서, E_c 는 전도대(conduction band)의 최하위 에너지 레벨을, E_v 는 가전대(valence band)의 최상위 에너지 레벨을, E_F 는 페르미(Fermi) 에너지 레벨을 나타낸다.
- [0074] 도 12를 참조하면, 도 3의 유기 발광 소자의 구성층들의 에너지 레벨 구조를 확인할 수 있다. 그러나 도 12의 에너지 레벨 구조는 예시적인 것에 불과하고, 구성 물질에 따라 다양하게 변화될 수 있다.
- [0075] 도 13은 실시예에 따른 유기 발광 소자 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 인가 전압(voltage)에 따른 휘도(luminance)의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0076] 도 14는 실시예에 따른 유기 발광 소자 및 비교예에 따른 유기 발광 소자의 인가 전압(voltage)에 따른 전류 효율(current efficiency)의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0077] 도 13 및 도 14에서 실시예에 따른 유기 발광 소자는 교류(AC) 구동 소자이고, 비교예에 따른 유기 발광 소자는 직류(DC) 구동 소자이다. 실시예에 따른 유기 발광 소자는 1 kHz의 주파수를 갖는 교류(AC) 신호로 구동하였다. 이때, 교류(AC) 신호로는 사인-웨이브 전압(sine-wave voltage)을 사용하였다. 그러나 경우에 따라서는 스퀘어-웨이브 전압(square-wave voltage)을 사용할 수도 있다. 실시예 및 비교예에 따른 유기 발광 소자는 AC, DC 구동 조건을 제외한 다른 구성은 동일하였다.
- [0078] 도 13 및 도 14를 참조하면, 교류(AC)로 구동하는 실시예에 따른 유기 발광 소자는 전압 증가에 따라 안정적인 특성 변화를 나타내며, 휘도 특성 및 전류 효율 특성에서 모두 비교적 우수한 결과를 나타내는 것을 알 수 있다. 반면, 직류(DC)로 구동하는 비교예에 따른 유기 발광 소자는 휘도 및 전류 효율 평가 모두에서 불안정하고 좋지 않은 특성을 나타냈다.
- [0079] 도 13 및 도 14의 결과로부터 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 구비하는 전극을 적용한 유기 발광 소자는 직류(DC) 구동보다 교류(AC) 구동에서 안정적이고 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있다. 교류(AC) 구동시, 더 밝고 균일하며 안정적인 전기발광(electroluminescence)(EL) 특성을 나타낼 수 있다. 또한, 교류(AC) 구동시 직류(DC) 구동 보다 방출(emission) 드롭-오프(drop-off) 현상이 개선되는 효과를 얻을 수 있다.
- [0080] 맥신 함유 전극은 그 표면에 다양한 작용기와 여러 이온을 포함할 수 있다. 직류(DC) 구동 모드에서는 예를 들면 상기한 작용기가 트랩 사이트(trap sites)와 같이 작용할 수 있고, 캐리어들이 트랩 사이트에 트랩되어 빠져나가지 못하고 축적될 수 있으며, 트랩된 캐리어들이 결함(defect)과 같이 작용하거나 그와 유사한 부정적인 역할을 하거나 또는 열적 열화(thermal degradation)를 발생시킬 수 있다. 따라서, 직류(DC) 구동에서는 휘도 및

전류 특성이 불안정할 수 있다. 한편, 교류(AC) 구동 모드에서는 바이어스(bias)의 방향이 주기적으로 바뀌기 때문에, 캐리어들이 트랩 사이트에 축적되지 않고 용이하게 빠져나가 소자의 동작/구동에 기여할 수 있는 것으로 추정된다. 따라서, 교류(AC) 구동 모드에서는 휘도 및 전류 특성에서 안정적이고 우수한 성능을 나타낼 수 있다. 그러나 여기서 설명한 교류(AC), 직류(DC) 구동 조건과 관련된 메커니즘이나 원리 등은 예시적인 것이고, 그 밖에 다른 다양한 원인이나 메커니즘이 존재할 수 있다.

- [0081] 교류(AC) 구동시 주파수가 증가하면, 그에 따라, 더 많은 캐리어들이 발광을 위한 재결합(recombination)에 이용될 수 있기 때문에, 높은 휘도 특성이 나타날 수 있다. 한편, 캐리어 이동 시간(carrier transit time)을 초과하는 주파수는 밝기 특성을 저하시킬 수 있다. 또한, 교류(AC) 구동시 바이어스 전압이 증가하면, 그에 따라, 휘도가 증가할 수 있다. 한편, 교류(AC) 구동시 바이어스 전압이 너무 높으면 전류 효율은 다소 감소할 수 있다.
- [0082] 다양한 조건을 고려했을 때, 실시예에 따른 유기 발광 소자를 구동하기 위한 상기 교류(AC) 신호는, 예컨대, 약 2~35 V 범위 또는 약 5~35 V 범위의 전압을 가질 수 있고, 또한, 약 0.06~100 kHz 범위의 주파수 또는 약 0.5~10 kHz 범위의 주파수를 가질 수 있다. 이러한 신호 조건에서 우수한 휘도 및 효율 특성을 구현하는데 유리할 수 있다. 그러나 유기 발광 소자의 구성에 따라서 적절한 전압이나 주파수 범위는 달라질 수 있다.
- [0083] 도 15는 맥신 박막(즉, 맥신 함유 전극)의 표면을 촬영한 AFM(atomic force microscope) 높이 콘트라스트(height contrast) 이미지이다. 이때, 맥신 박막은 맥신 물질이 4 mg/mL의 농도로 분산된 용액을 사용해서 형성된 것이다.
- [0084] 도 16은 도 15에 해당하는 맥신 박막의 소정 표면 영역(라인 형태의 영역)의 높이 프로파일을 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0085] 도 15 및 도 16을 참조하면, 약 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 정도의 면적을 갖는 맥신 박막 영역에 대해 표면의 높이 변화를 대략적으로 알 수 있다. 이러한 결과는 맥신 박막의 표면 모폴로지(surface morphology)가, 몇몇 큰 결함(defects) 및 큰 결함 편차를 제외하면, 비교적 낮은 RMS 거칠기(root-mean-square roughness)를 갖는다는 것을 보여준다.
- [0086] 도 17은 맥신 박막(즉, 맥신 함유 전극)에 대해 KPFM(Kelvin probe force microscopy)을 이용해서 표면 포텐셜 분포(surface potential distribution)를 측정한 결과를 보여주는 이미지이다. 이때, 맥신 박막은 맥신 물질이 4 mg/mL의 농도로 분산된 용액을 사용해서 형성된 것이다. 도 17은 맥신 박막에 약 +500 mV의 바이어스를 인가한 후, 측정된 결과이다.
- [0087] 도 18은 도 17에 해당하는 맥신 박막의 소정 표면 영역(라인 형태의 영역)의 포텐셜 프로파일을 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0088] 도 17 및 도 18을 참조하면, 약 $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 정도의 면적을 갖는 맥신 박막 영역에 대해 표면 포텐셜 변화를 대략적으로 확인할 수 있다. 비교적 큰 결함이 있는 영역에서 결함이 없는 영역 대비 약 150 mV 정도 높은 표면 포텐셜이 측정되었다. 이는 맥신 박막에 전기장이 인가됨에 따라 캐리어 전하들이 결함 부분에 트랩되었기 때문이라고 추정된다.
- [0089] 부가해서, 맥신 박막에 양의 전압 바이어스(+5V, $10 \times 10 \mu\text{m}^2$)를 인가한 후, 음의 전압(-8V, $10 \times 10 \mu\text{m}^2$)을 인가한 다음, 표면 포텐셜 변화를 측정하였다. 트랩된 캐리어 전하들이 음의 전압에 의해 디트랩(detrap)될 수 있고, 이는 교류(AC) 구동 모드에서 전기적 누설과 같은 문제를 억제 및 차단하는데 도움이 될 수 있다.
- [0090] 도 19는 맥신 함유 전극을 적용한 유기 발광 소자의 직류(DC) 구동 조건 하에서 시간에 따른 온도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다. 인가 전압을 3V 내지 15V로 변화시키면서 각각의 조건에 대해 온도 변화를 측정하였다.
- [0091] 도 20은 맥신 함유 전극을 적용한 유기 발광 소자의 교류(AC) 구동 조건 하에서 시간에 따른 온도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다. 인가 전압을 3V 내지 15V로 변화시키면서 각각의 조건에 대해 온도 변화를 측정하였다. 교류(AC) 신호의 주파수는 1 kHz 였다.
- [0092] 도 21은 도 19 및 도 20의 결과로부터 얻어진 것으로, 직류(DC) 및 교류(AC) 구동 조건 각각에서 인가 전압의 세기에 따른 온도 변화를 보여주는 그래프이다.

- [0093] 도 19 내지 도 21을 참조하면, 특정 조건 하에서 직류(DC) 구동의 경우 약 55℃까지 온도가 변화되고(도 19), 교류(AC) 구동의 경우 약 35℃까지 온도가 변화되는 것을 알 수 있다. 이러한 결과로부터, 직류(DC) 구동의 경우, 열 발생 및 열 손실이 큰 것을 확인할 수 있다. 따라서, 열 발생 및 열 손실 측면에서도, 교류(AC) 구동이 더 유리할 수 있다.
- [0094] 도 22은 맥신 함유 전극의 플렉서블(flexible)한 특성을 보여주는 사진 이미지이다.
- [0095] 도 22를 참조하면, PET(polyethylene terephthalate) 기판 상에 비교적 큰 면적을 갖는 맥신 전극을 형성할 수 있다. 이때, PET 기판은 $7.5 \times 5 \text{ cm}^2$ 정도의 면적을 가졌고, 맥신 전극은 맥신 물질이 4 mg/mL의 농도로 분산된 용액을 사용해서 형성되었다. PET 기판 상에 구비된 맥신 전극은 플렉서블한 특성을 가질 수 있다. 맥신 전극은 이차원 물질이고, 우수한 유연성(flexibility)을 가질 수 있다. 따라서, 맥신 함유 전극은 다양한 플렉서블 소자에 적용될 수 있다. 맥신 함유 전극을 포함하는 유기 발광 소자는 플렉서블 소자로 제조될 수 있다.
- [0096] 도 23은 PET 기판 상에 형성된 맥신 함유 전극 및 ITO 전극 각각의 굽힘 반경(bending radius)에 따른 전기적 특성 변화(즉, $\Delta R/R_0$)를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다. R_0 는 초기 저항을 나타내고, ΔR 은 저항의 변화량을 나타낸다. $\Delta R/R_0(\%)$ 값이 클수록 저항 변화(증가)가 크게 발생한 것을 의미한다.
- [0097] 도 23을 참조하면, 맥신 함유 전극의 경우, 측정 범위 내에서 굽힘 반경이 감소해도(즉, 굽힘의 정도가 증가해도) 저항 변화(증가)가 거의 발생하지 않은 것을 알 수 있다. 반면, ITO 전극의 경우, 굽힘 반경이 감소함에 따라(즉, 굽힘의 정도가 증가함에 따라), 저항 변화(증가)가 상당히 크게 발생한 것을 알 수 있다. 특히, 굽힘 반경이 약 12.5 mm 이하로 감소하면, 저항 변화(증가)가 비교적 급격하게 발생하였다. 이러한 결과로부터, 맥신 함유 전극이 ITO 전극에 비해 기계적 변형에 대해 전기적 특성을 잘 유지하는 것을 확인할 수 있다.
- [0098] 도 24는 PET 기판 상에 형성된 맥신 함유 전극 및 ITO 전극 각각의 벤딩 사이클에 따른 전기적 특성 변화(즉, $\Delta R/R_0$)를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다. 각각의 전극에 대해 굽힘 반경을 약 7.5 mm로 하여 1000회까지 굽힘 동작을 반복하였다.
- [0099] 도 24를 참조하면, 맥신 함유 전극의 경우, 1000회까지 굽힘 동작을 반복하더라도 $\Delta R/R_0$ 의 변화가 거의 발생하지 않은 것을 알 수 있다. 반면, ITO 전극의 경우, 벤딩 사이클이 증가함에 따라, $\Delta R/R_0$ 의 변화가 급격하게 발생하였다. 이러한 결과로부터, 반복적 기계적 변형에 대해서, 맥신 함유 전극이 우수한 신뢰성 및 내구성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.
- [0100] 도 25는 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 인가 전압에 따른 휘도 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다. 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자는 유연한 플라스틱 기판(PET 기판) 상에 구비되고, 맥신 함유 전극을 포함한다. 또한, 상기 플렉서블 유기 발광 소자는 교류(AC) 구동 소자이고, 교류(AC) 신호의 주파수를 변화시키면서 각각의 주파수에 대해 전압 바이어스의 증가에 따른 휘도 변화를 평가하였다.
- [0101] 도 25를 참조하면, 전압 바이어스가 증가함에 따라, 플렉서블 유기 발광 소자의 휘도(즉, EL 강도)가 증가하는 것을 알 수 있다. 또한, 교류(AC) 신호의 주파수가 크게 증가하면, 휘도는 다소 감소하는 경향을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0102] 도 25의 결과로부터, 유리 기판이 아닌 유연한 플라스틱 기판 상에 유기 발광 소자를 제조하더라도, 유리 기판 상에 제조한 경우와 유사하게 우수한 EL 성능을 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0103] 도 26은 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 굽힘 반경(bending radius)에 따른 휘도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0104] 도 26을 참조하면, 굽힘 반경이 약 7.5 mm 까지 감소하더라도, 플렉서블 유기 발광 소자의 휘도는 크게 변화되지 않고 수백 cd/m^2 정도의 세기를 비교적 잘 유지하는 것을 알 수 있다.
- [0105] 도 27은 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 벤딩 사이클에 따른 휘도의 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0106] 도 27을 참조하면, 1000회까지 굽힘 동작을 반복하더라도 플렉서블 유기 발광 소자의 휘도는 크게 변화되지 않는 것을 알 수 있다.
- [0107] 도 28은 일 실시예에 따른 플렉서블 유기 발광 소자의 발광 특성을 보여주는 것으로, 소자를 구부리기 전(좌

측)과 구부린 상태(우측)에서 발광 특성을 보여주는 사진이다.

- [0108] 도 28을 참조하면, 굽힘 테스트를 반복하더라도, 유기 발광 소자를 구부린 상태에서도 우수한 발광 특성을 나타내는 것을 확인할 수 있다.
- [0109] 도 27 및 도 28에 도시된 결과로부터, 실시예에 따른 유기 발광 소자는 우수한 신뢰성 및 내구성을 갖는 것을 확인할 수 있다.
- [0110] 도 29는 일 실시예에 따른 유기 발광 소자의 인가 전압의 주파수 변화에 따른 휘도 변화를 측정한 결과를 보여주는 그래프이다.
- [0111] 도 29를 참조하면, 인가되는 교류 전압의 세기를 3V, 3.5V, 4V 및 5V로 변화시키면서 각각의 전압 세기에 대해 주파수를 10 Hz에서 10^5 Hz까지 변화시키면서 유기 발광 소자의 휘도 변화를 측정하였다. 전압의 세기가 증가할수록 휘도가 증가하는 경향이 나타났다. 주파수가 증가함에 따라, 휘도는 다소 감소하거나 일정한 수준을 유지할 수 있고, 주파수가 과도하게 증가하면 휘도는 감소할 수 있다.
- [0112] 도 30a 내지 도 30d는 일 실시예에 따른 유기 발광 소자의 제조 방법을 보여주는 단면도이다.
- [0113] 도 30a를 참조하면, 기판(120) 상에 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 제 1 전극(220)을 형성할 수 있다. 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 전이금속 카바이드(transition metal carbide)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 티타늄 카바이드(titanium carbide)를 포함할 수 있다. 구체적인 예로, 상기 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)은 Ti_3C_2 를 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 이차원 물질(2D material)은 $Ti_3C_2T_x$ 로 표현될 수 있고, 여기서, T_x 는 비제한적 예로서 -OH, -O, -F, 또는 -H를 포함할 수 있다.
- [0114] 제 1 전극(220)은 용액 공정(solution process)으로 형성할 수 있다. 제 1 전극(220)을 형성하는 단계는 맥신(MXene) 물질을 포함하는 용액을 마련하는 단계 및 상기 용액을 기판(120) 상에 도포(코팅)하는 단계를 포함할 수 있다. 이때, 상기 용액은 용매로서, 예컨대, 물(water)을 포함할 수 있다. 상기 용액에서 상기 맥신(MXene) 물질의 농도는, 예컨대, 약 2.5~7 mg/mL 정도일 수 있다. 이러한 농도 범위에서 형성되는 제 1 전극(220)이 우수한 저항 특성 및 투과도 특성을 나타낼 수 있다. 그러나 경우에 따라, 상기 용액에서 적절한 맥신 농도의 범위는 달라질 수 있다. 상기 용액 공정의 구체적인 방식은, 예를 들어, 스핀 코팅 또는 스프레이 코팅, 닥터 블레이드 코팅일 수 있고, 그 밖에 다른 방식을 사용할 수도 있다.
- [0115] 도 2에 도시된 바와 같은 제 1 전극(210)의 형태, 즉, 패터닝된 형태의 제 1 전극(210)을 형성하는 경우에 대해서 보다 상세히 설명하면 다음과 같다. 우선, 기판(120)을 아세톤 및 2-프로판올(propanol) 등의 용매로 세척한 후, 기판(120) 상에 포토레지스트층을 형성할 수 있고, 포토레지스트층을 현상하여 패터닝할 수 있다. 패터닝된 포토레지스트층에 의해 노출된 기판(120) 부분을 O_2 플라즈마로 처리하고, 이어서 APTES 및 물(water)에 담가 NH_2 그룹을 발생시킬 수 있다. 이러한 표면 처리 후에, 맥신 물질이 분산된 용액(수계 용액)을 표면 처리된 기판(120) 부분 상에 스핀 코팅 방식으로 코팅할 수 있다. 이때, 수백 내지 수천 rpm으로 수 초 내지 수십 초 동안 스핀 코팅을 실시할 수 있다. 그런 다음, 패터닝된 포토레지스트층을 제거하는 리프트-오프(lift-off) 공정을 수행할 수 있다. 이어서, 코팅된 맥신 함유층(용액층)을 소정 조건에서 어닐링할 수 있다. 예를 들어, 질소 분위기에서 약 150~200℃의 온도로 수십 분 내지 수 시간 동안 어닐링 공정을 실시할 수 있다. 그 결과, 기판(120) 상에 패터닝된 형태의 제 1 전극(220)을 형성할 수 있다. 그러나 여기서 제시한 구체적인 공정 조건은 예시적인 것에 불과하고, 다양하게 변화될 수 있다.
- [0116] 한편, 맥신(MXene) 물질을 포함하는 용액을 마련하는 예시적인 방법은 다음과 같을 수 있다. 예를 들어, Ti_3AlC_2 분말을 소정의 식각 용액과 반응시킬 수 있다. 여기서, 상기 식각 용액은 HCl 용액에 LiF 물질을 첨가함으로써 제조된 것일 수 있다. 상기 반응의 결과로서 생성된 산성의 분산물을 탈이온수(DI water)로 충분히 세척할 수 있고, 결과적으로, $Ti_3C_2T_x$ 플레이크들이 형성될 수 있다. 그 다음, 상기 $Ti_3C_2T_x$ 플레이크들이 포함된 점토와 같은(claylike) 침전물(sediment)에 탈이온수(DI water)를 첨가하고, 이를 교반함으로써, 맥신 물질을 함유한 용액을 마련할 수 있다. 그러나 여기서 제시한 구체적인 사용 물질이나 방법 등은 예시적인 것에 불과하고, 이는 다양하게 변화될 수 있다.
- [0117] 도 30b를 참조하면, 제 1 전극(220) 상에 유기 물질을 포함하는 발광층(420)을 형성할 수 있다. 발광층(420)을 형성하기 전, 제 1 전극(220) 상에 정공수송층(320)을 먼저 형성할 수 있다. 따라서, 정공수송층(320)은 제 1

전극(220)과 발광층(420) 사이에 배치될 수 있다. 정공수송층(320) 및 발광층(420)은 모두 용액 공정으로 형성될 수 있다.

[0118] 정공수송층(320)은 유기물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 정공수송층(320)은 PEDOT:PSS를 포함하도록 형성할 수 있다. 정공수송층(320)은 PEDOT:PSS층일 수 있다. 발광층(420)은 유기물 기반의 발광 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 발광층(420)은 상기 발광 물질로서 PPV (polyphenylene vinylene)를 포함할 수 있다. 구체적인 예로, 발광층(420)은 'PDY 132'라 불리는 polyphenylene vinylene derivative (즉, PPV 유도체)를 포함할 수 있다. 그러나 여기서 개시한 정공수송층(320) 및 발광층(420)의 구체적인 물질은 예시적인 것에 불과하고, 다양하게 변화될 수 있다.

[0119] 도 30c를 참조하면, 발광층(420) 상에 제 2 전극(520)을 형성할 수 있다. 제 2 전극(520)은, 예컨대, 금속 또는 금속화합물을 포함할 수 있다. 구체적인 예로, 제 2 전극(520)은 Al층을 포함할 수 있고, 상기 Al층과 발광층(420) 사이에 배치되는 LiF층을 더 포함할 수 있다. 이 경우, 제 2 전극(520)은 LiF/Al 이층 구조를 가질 수 있다. 그러나 여기서 제시한 제 2 전극(520)의 구체적인 구성 및 물질은 예시적인 것에 불과하고, 다양하게 변화될 수 있다. 예컨대, 제 2 전극(520)은 유기물 기반의 도전 재료를 포함하거나, 이차원 도전 재료를 포함할 수도 있다.

[0120] 제 2 전극(520)을 금속 또는 금속화합물로 형성하는 경우, 소정의 증발(evaporation) 법을 이용해서 제 2 전극(520)을 형성할 수 있다. 예컨대, 제 2 전극(520)은 열 증발기(thermal evaporator)를 사용해서 형성할 수 있다. 그러나 제 2 전극(520)의 구성 물질이 도전성 폴리머 등으로 변화되는 경우, 제 2 전극(520)을 용액 공정으로 형성할 수 있다.

[0121] 도 30d를 참조하면, 제 1 전극(220)과 제 2 전극(520)에 전기적 구동 신호를 인가하기 위한 전원부(720)를 제 1 전극(220)과 제 2 전극(520)에 연결할 수 있다. 전원부(720)는 제 1 전극(220)과 제 2 전극(520) 사이에 상기 전기적 구동 신호로서 교류(AC) 신호를 인가하도록 구성될 수 있다. 전원부(720)는 도 1 등을 참조하여 설명한 전원부(700)와 동일할 수 있으므로, 이에 대한 자세한 반복 설명은 배제한다.

[0122] 이상에서 설명한 바와 같이, 맥신(MXene) 계열의 이차원 물질(2D material)을 포함하는 전극은 우수한 투과도(투명성), 높은 전기전도도, 우수한 유연성, 신뢰성 및 내구성을 가질 수 있고, 다양한 기판 상에 용액 공정을 이용해서 대면적으로 용이하게 형성될 수 있다. 따라서, 차세대 디스플레이에 적합할 수 있고, 특히, 투명 디스플레이나 플렉서블 디스플레이 또는 상호작용(interactive) 디스플레이 구현에 유리하게 적용될 수 있다.

[0123] 기존의 OLED 공정에서는 높은 성능과 안정성 확보를 위해 진공 공정(vacuum process)이 요구되는데, 이는 고가의 진공 설비, 고가의 미세 패턴 메탈 마스크 및 낮은 생산성으로 인해 생산 단가를 높이는 요인이 된다. 한편, 그래핀의 경우, 비교적 고온의 CVD 공정을 요구하고, 형성 가능한 기판의 종류가 매우 제한적이며, 대면적으로 용이하게 형성하기가 어려운 단점이 있다. 실시예에 따른 맥신 계열의 이차원 물질을 포함하는 전극은 용액 공정을 이용해서 다양한 기판 상에 용이하게 형성할 수 있으며, 이를 통해 얻어진 맥신 함유 전극은 투과도, 전기전도도, 기계적 변형성(즉, 유연성), 신뢰성 등 다양한 측면에서 우수한 특성을 가질 수 있다.

[0124] 또한, 실시예에 따른 맥신 함유 전극을 적용한 유기 발광 소자를 교류(AC) 구동 소자로 제조할 경우, 우수한 발광 성능, 전류 효율 및 동작 안정성을 가질 수 있다. 교류(AC) 구동 소자의 경우, AC/DC 어댑터 등을 요구하지 않기 때문에, 소자 구성에 있어서 직류(DC) 구동 소자보다 유리할 수 있다. 특히, 교류(AC) 구동 소자는 가정용 파워 서플라이(household power supply)에 직접 연결이 가능하므로, 전기적 회로 변환이 단순화될 수 있다.

[0125] 또한, 실시예에 따른 맥신 함유 전극은 다양한 외부 환경 및 기계적 변형 등 다양한 조건에서 우수한 안정성을 가질 수 있고, 소자의 방출 드롭-오프(drop-off) 현상을 억제할 수 있으며, 열적 열화 문제도 억제할 수 있다.

[0126] 실시예에 따른 맥신 함유 전극은 제조의 용이성, 제조 비용, 전기전도도, 유연성, 기계적 변형성, 강도, 투과도, 신뢰성 등 다양한 측면에서 우수한 특성 및 이점을 가질 수 있고, 이를 적용한 유기 발광 소자도 이에 대응하는 우수한 성능을 가질 수 있다.

[0127] 본 명세서에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 개시하였으며, 비록 특정 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명의 기술 내용을 쉽게 설명하고 발명의 이해를 돕기 위한 일반적인 의미에서 사용된 것이지, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시예 외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형예들이 실시 가능하다는 것은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다. 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면, 도 1 내지 도 30d를 참조하여 설명한 유기 발광 소자의 구조 및 그 제조 방법은, 본 발명의 기술적 사상이 벗어나지 않는 범위 내에서, 다양하게 치환, 변경 및 변형될

수 있음을 알 수 있을 것이다. 구체적인 예로, 제 1 전극이 아닌 제 2 전극이 맥신 함유 전극으로 형성되거나, 제 1 전극 및 제 2 전극 모두 맥신 함유 전극으로 형성될 수도 있다. 그 밖에도 다양한 변형이 가능할 수 있다. 때문에 발명의 범위는 설명된 실시예에 의하여 정하여 질 것이 아니고 특허 청구범위에 기재된 기술적 사상에 의해 정하여져야 한다.

부호의 설명

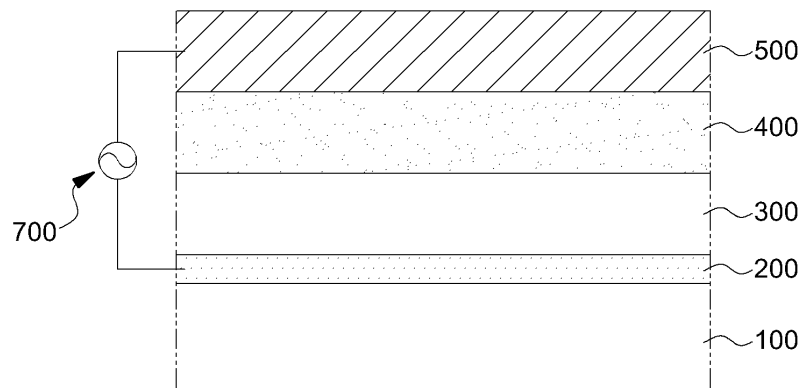
[0128]

* 도면의 주요 부분에 대한 부호설명 *

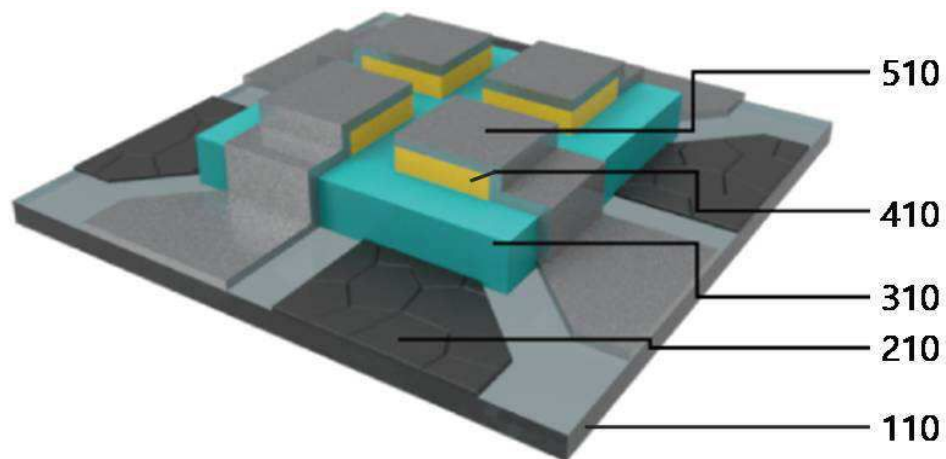
100, 110, 120 : 기판	200, 210, 220 : 제1 전극
300, 310, 320 : 정공수송층	400, 410, 420 : 발광층
500, 510, 520 : 제2 전극	700, 720 : 전원부

도면

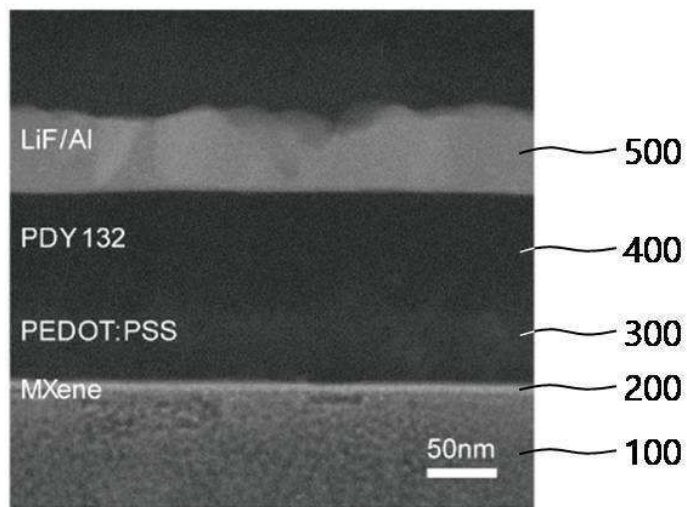
도면1



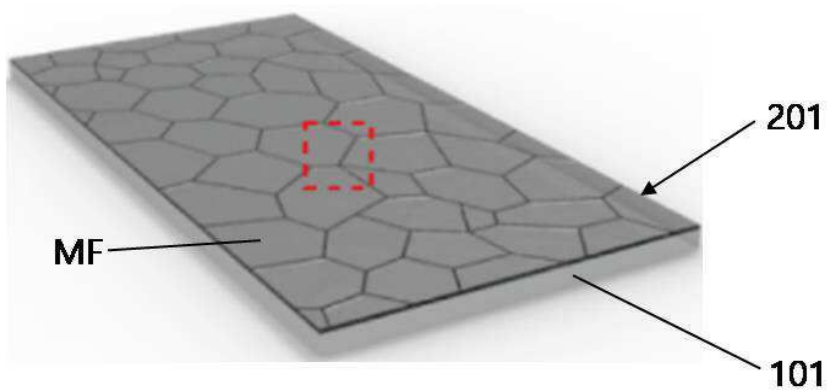
도면2



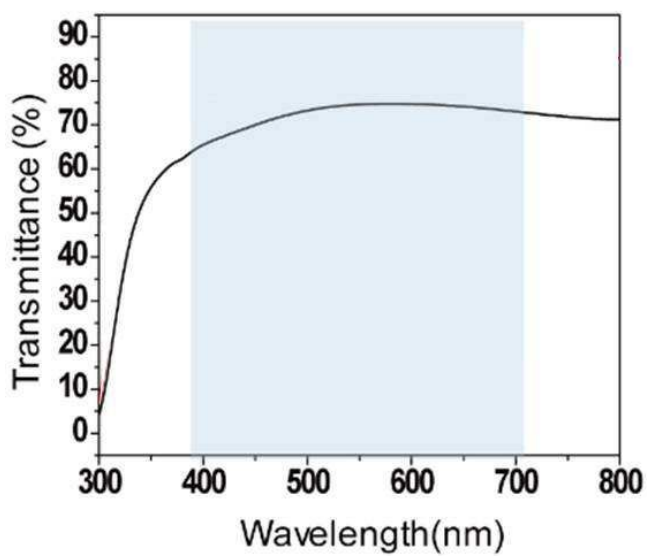
도면3



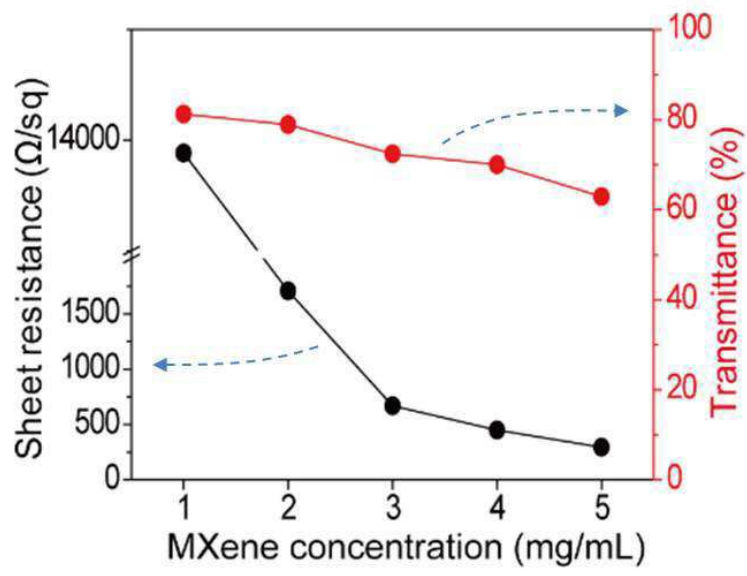
도면4



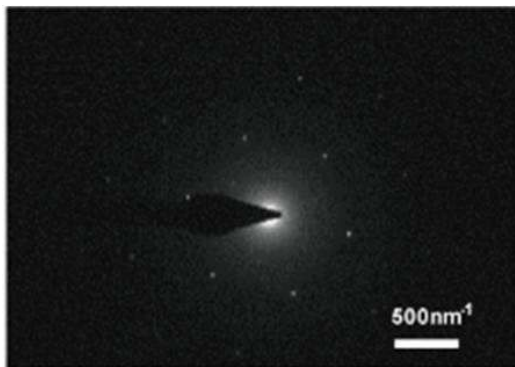
도면5



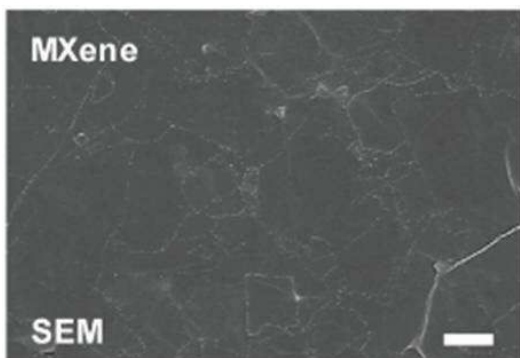
도면6



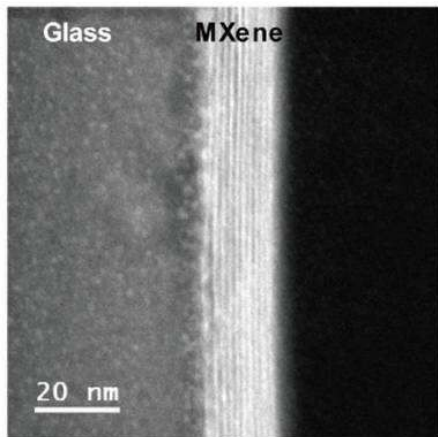
도면7



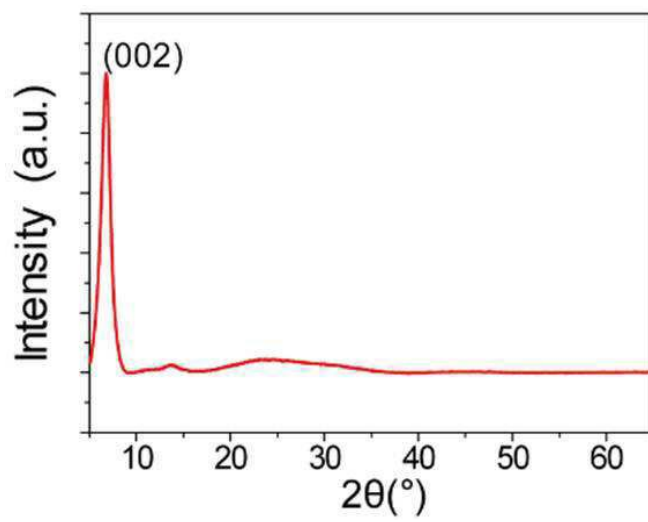
도면8



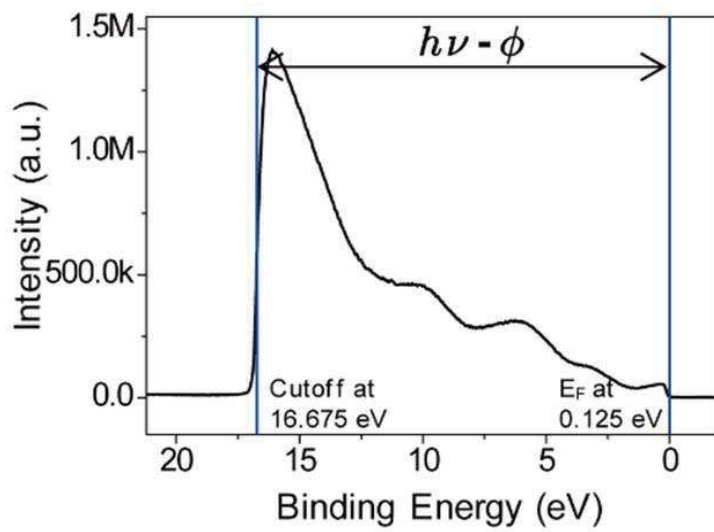
도면9



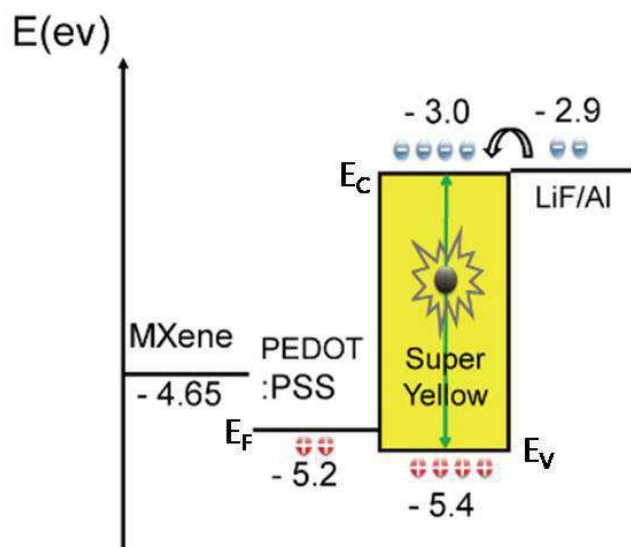
도면10



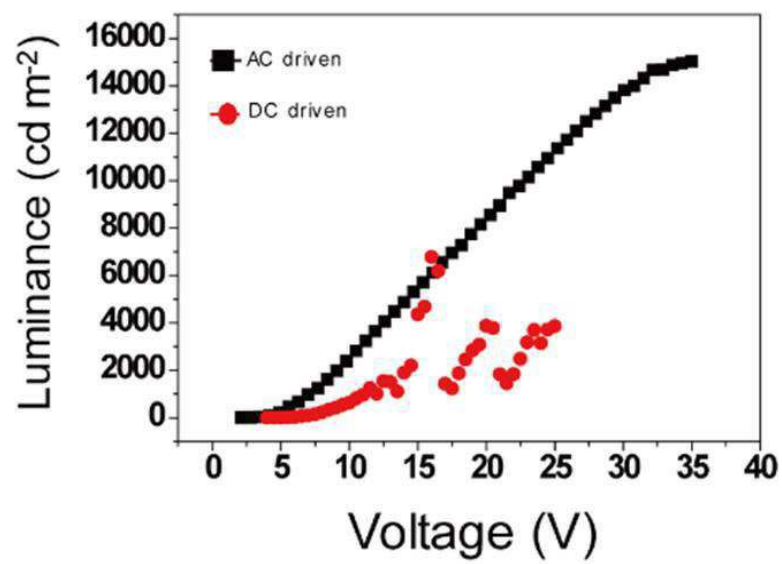
도면11



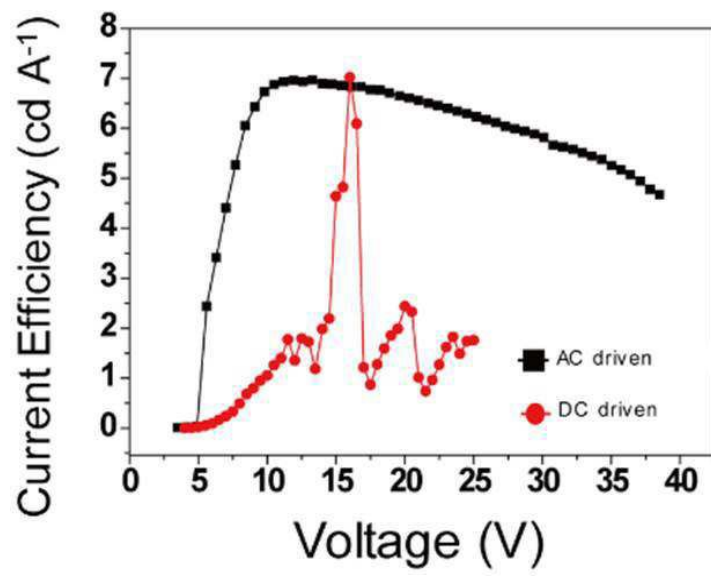
도면12



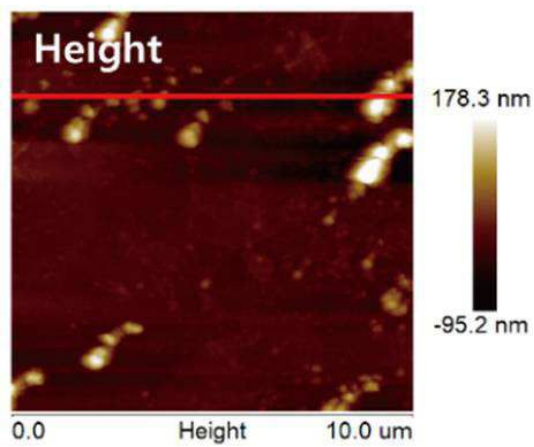
도면13



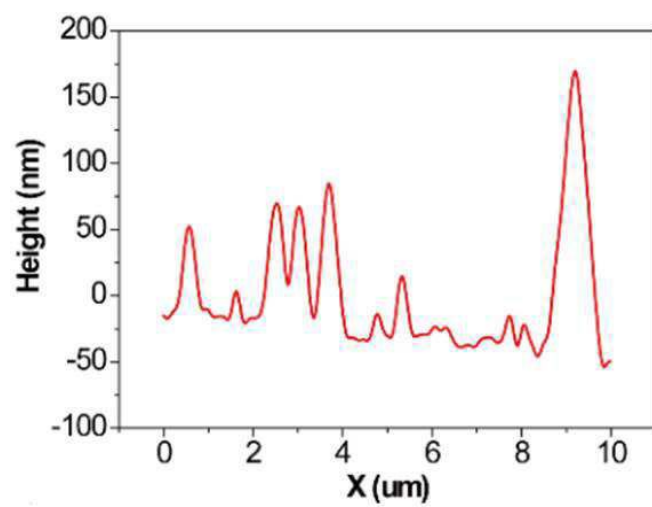
도면14



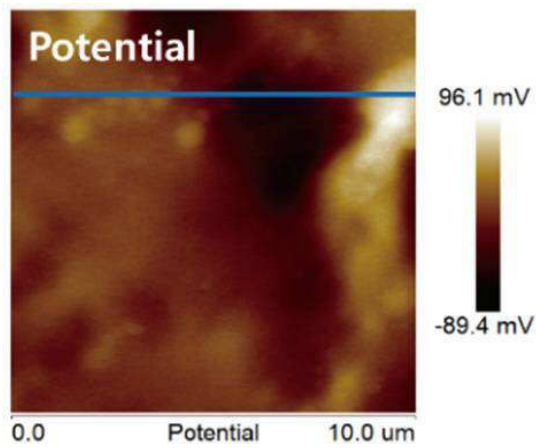
도면15



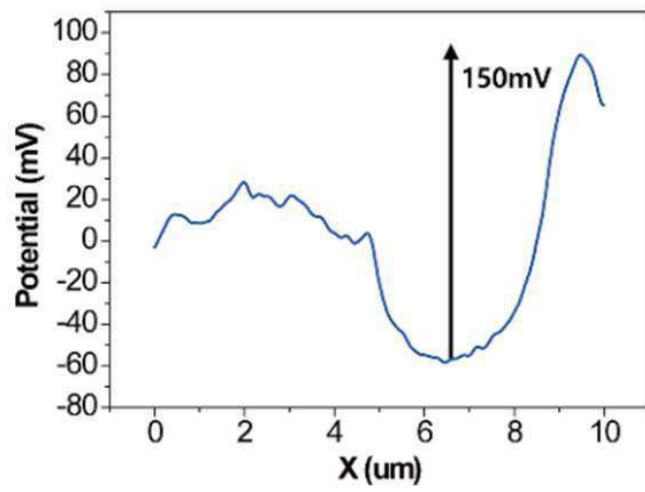
도면16



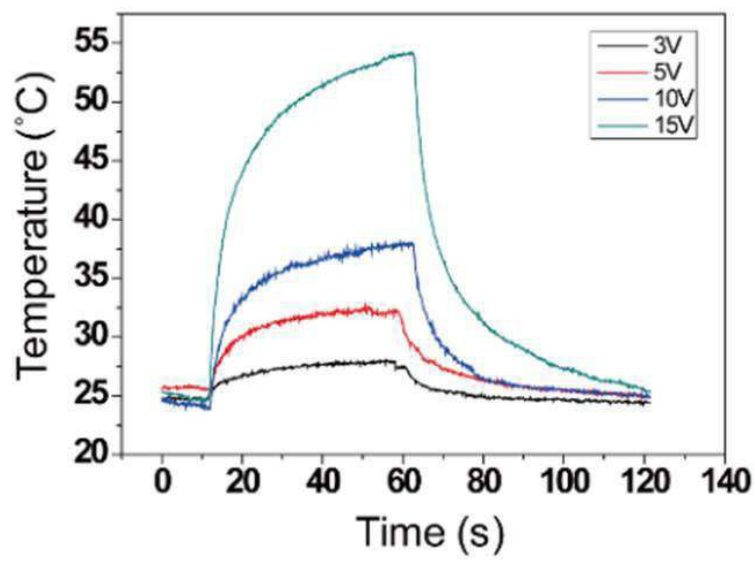
도면17



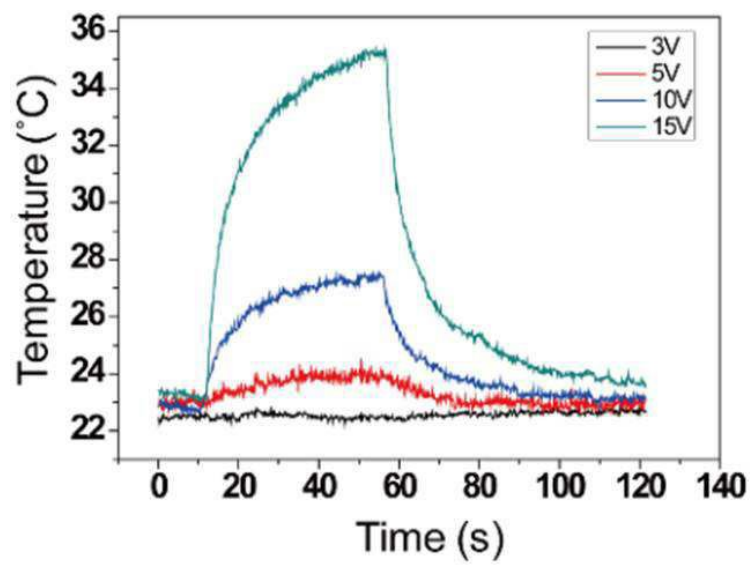
도면18



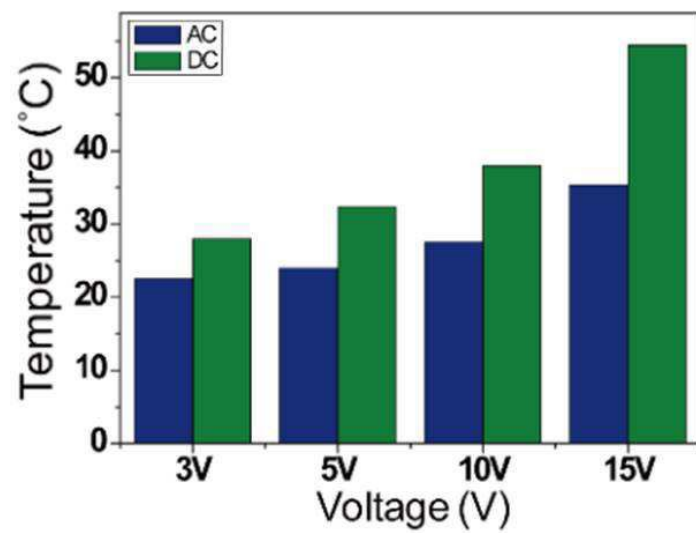
도면19



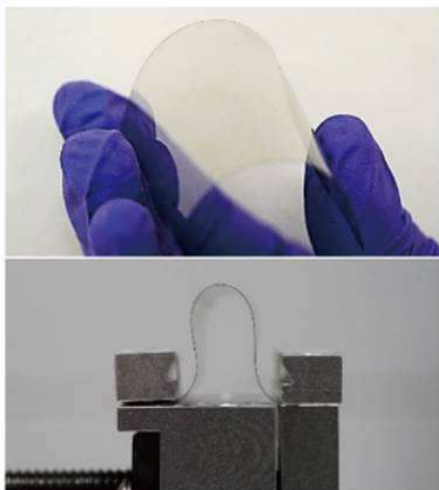
도면20



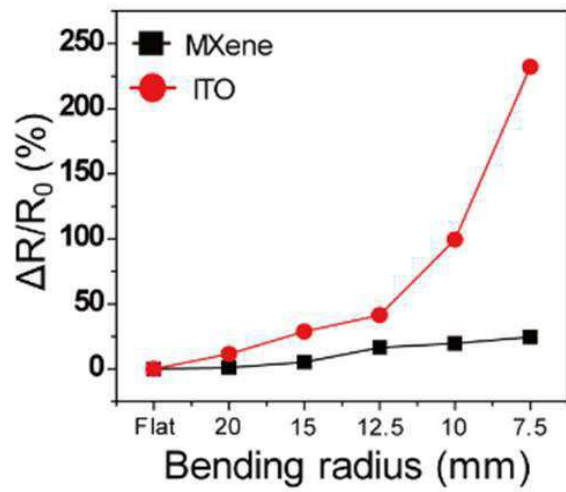
도면21



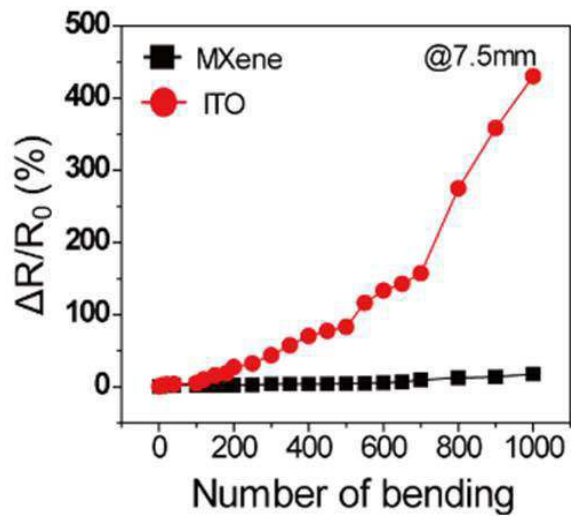
도면22



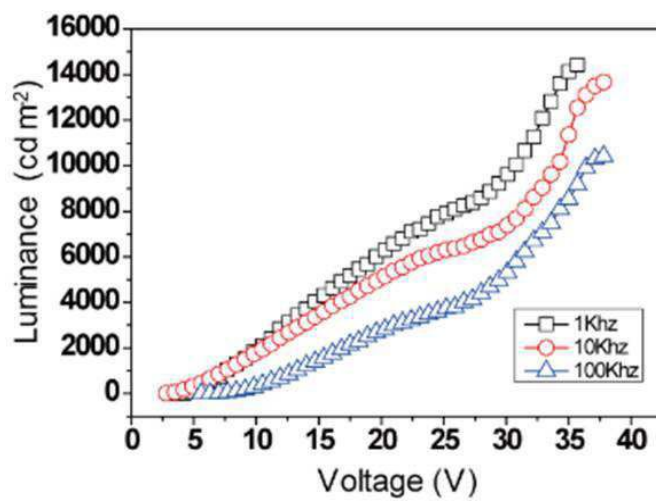
도면23



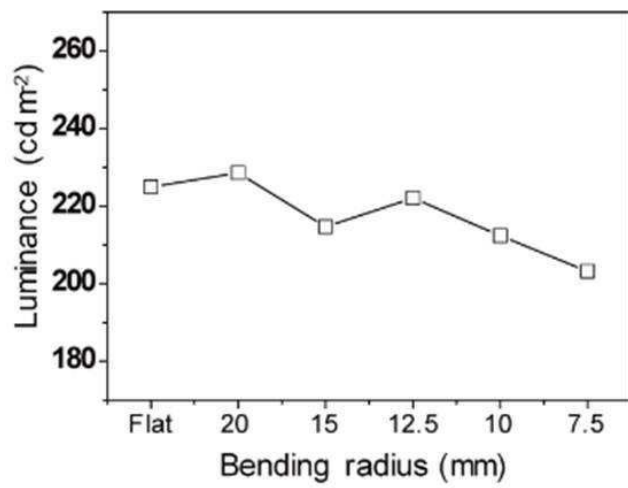
도면24



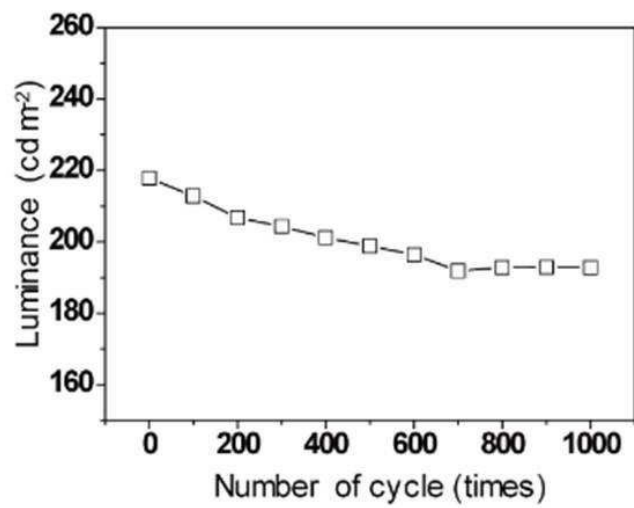
도면25



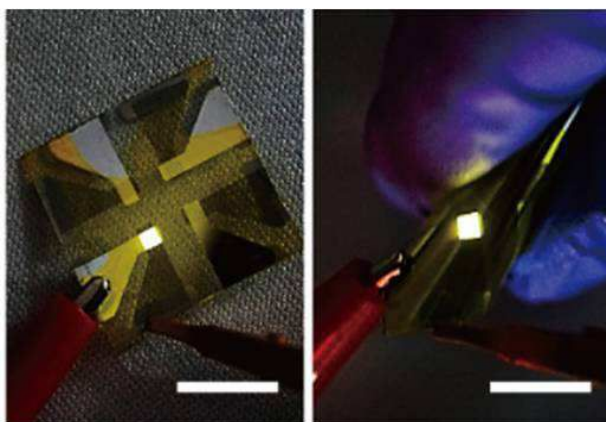
도면26



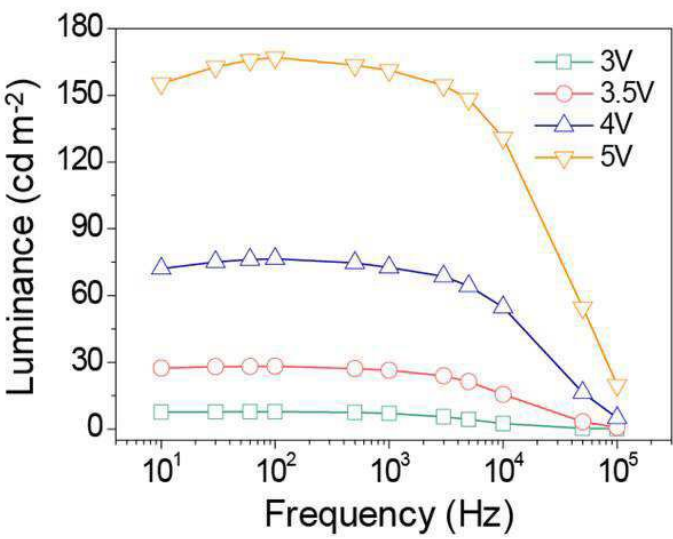
도면27



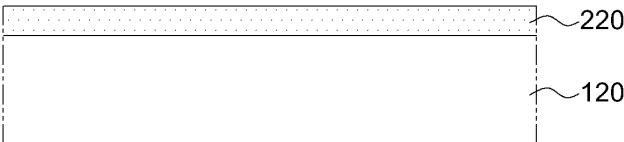
도면28



도면29



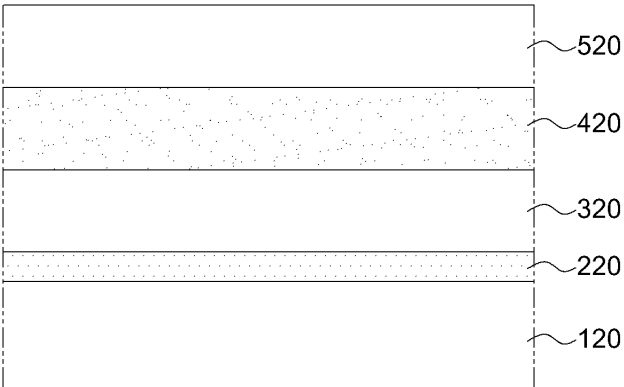
도면30a



도면30b



도면30c



도면30d

