



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0168597
(43) 공개일자 2024년12월02일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 <i>H10K 71/18</i> (2023.01) <i>C09K 11/02</i> (2006.01)
 <i>H10K 50/11</i> (2023.01) <i>H10K 71/16</i> (2023.01)
 <i>H10K 71/40</i> (2023.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
 <i>H10K 71/18</i> (2023.02)
 <i>C09K 11/02</i> (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0066139
 (22) 출원일자 2023년05월23일
 심사청구일자 2023년05월23일</p> | <p>(71) 출원인
 울산과학기술원
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50</p> <p>(72) 발명자
 최문기
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과학기술원)</p> <p>유지수
 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리, 울산과학기술원)
 (뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
 특허법인 수</p> |
|---|--|

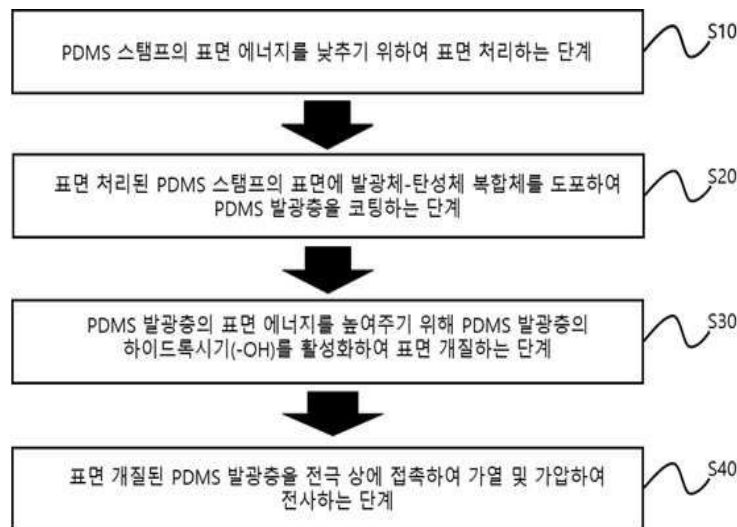
전체 청구항 수 : 총 21 항

(54) 발명의 명칭 **신축 다기능 발광 소자를 위한 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법**

(57) 요약

본 발명의 신축 다기능 발광 소자를 위한 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법은 전사와 패터닝이 용이하고 효율적으로 수행될 수 있어 발광 소자의 밝기가 우수하고, 발광층 잉크가 침투 내지 왜곡 없이 패터닝 될 수 있어 고해상도 패터닝이 가능하다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10K 50/11 (2023.02)

H10K 71/166 (2023.02)

H10K 71/40 (2023.02)

(72) 발명자

이광현

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리,
울산과학기술원)

하수빈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 (반연리,
울산과학기술원)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711191749

과제번호 2021R1C1C1007997

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)

연구과제명 자가치유 가능한 커브드 뉴로모픽 이미지센서 기반의 반구형 인공안구 개발

기 여 율 1/1

과제수행기관명 울산과학기술원

연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계;

표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면에 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 발광층을 코팅하는 단계;

상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 상기 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계;

표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계;를 포함하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 표면 처리하는 단계는,

상기 PDMS 스탬프의 표면을 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane) 처리함으로써 수행되는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 발광체-탄성체 복합체는 바이트타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체를 포함하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 PDMS 발광층의 표면에 바이트타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체가 분산되어 함유되어 있는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 표면 개질하는 단계는,

상기 PDMS 발광층의 표면에 산소 플라즈마(Oxygen plasma)를 조사함으로써 수행되는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지와 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 조절함으로써 발광층 전사가 수행되도록 하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 표면 처리하는 단계를 통해 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, 상기 표면 개질하는 단계를 통해 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여, 상기 PDMS 스탬프와 상기 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높임으로써 발광층 전사가 수행되는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

하기 관계식 1을 만족하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

[관계식 1]

$$3 < \frac{Wa_2}{wa_1} < 5$$

(Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

청구항 9

제6항에 있어서,

하기 조건 (a) 및 (b)를 모두 만족하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

$$(a) \quad Wa_1 < 50 \text{ mJ}/\text{m}^2$$

$$(b) \quad Wa_2 > 140 \text{ mJ}/\text{m}^2$$

(Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

청구항 10

PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계;

표면 처리된 PDMS 스탬프 상에 스텐실 마스크를 배치한 이후, 상기 스텐실 마스크 형상대로 발광체-탄성체 복합체를 도포하여, 상기 PDMS 스탬프의 표면에 PDMS 발광층을 코팅하는 단계;

상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 상기 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계;

표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계; 및

상기 PDMS 스탬프를 제거하여 패터닝하는 단계;를 포함하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 전사하는 단계 이전에,

상기 스텐실 마스크를 제거하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 PDMS 스탬프와 상기 스텐실 마스크 사이의 정전기적 인력에 의하여 고해상도 패터닝이 가능한,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 표면 처리하는 단계는,

상기 PDMS 스탬프의 표면을 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane) 처리함으로써 수행되는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 발광체-탄성체 복합체는 바이타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체를 포함하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 PDMS 발광층의 표면에 바이타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체가 분산되어 함유되어 있는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 16

제10항에 있어서,

상기 표면 개질하는 단계는,

상기 PDMS 발광층의 표면에 산소 플라즈마(Oxygen plasma)를 조사함으로써 수행되는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 17

제10항에 있어서,

상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지와 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 조절함으로써 발광층 전사가 수행되도록 하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 표면 처리하는 단계를 통해 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, 상기 표면 개질하는 단계를 통해 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여, 상기 PDMS 스탬프와 상기 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높임으로써 발광층 전사가 수행되는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

청구항 19

제17항에 있어서,

하기 관계식 1을 만족하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

[관계식 1]

$$3 < \frac{Wa_2}{wa_1} < 5$$

(Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

청구항 20

제17항에 있어서,

하기 조건 (a) 및 (b)를 모두 만족하는,

발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법.

$$(a) \quad Wa_1 < 50 \text{ mJ/m}^2$$

$$(b) \quad Wa_2 > 140 \text{ mJ/m}^2$$

(Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

청구항 21

제1항 내지 제20항 중 어느 한 항에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 통해 제조된 발광 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 신축 다기능 발광 소자를 위한 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 전사 및 패터닝이 원활하게 수행되도록 함으로써 발광 소자의 밝기를 향상시키고, 고해상도 패터닝이 가능한 신축 다기능 발광 소자를 위한 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 스트레처블(신축성) 디스플레이는 기능이나 화질 저하 없이 늘리고, 구부리고, 비틀 수 있는 일종의 플렉서블 디스플레이 기술이다. 이 기술은 의료, 자동차 및 소비자 전자 제품을 포함한 다양한 산업에 혁명을 일으킬 수 있는 잠재력을 가지고 있다.

[0003] 지난 몇 년 간 스트레처블(신축성) 디스플레이와 관련된 연구 개발이 꾸준히 진행되고 있다. 스트레처블(신축성) 디스플레이는 웨어러블 디바이스(의류, 액세서리, 정보표시장치), 의료 장치(웨어러블 센서), 자동차(대시보드 디스플레이, 헤드업 디스플레이 등), 로봇틱스, 가전제품(스마트폰, 태블릿, 노트북 등) 등에 응용 가능하여 향후 상당한 성장을 보일 것으로 예측된다.

[0004] 스트레처블(신축성) 디스플레이 제작과 관련하여, 기존의 교류전계발광 디바이스를 위한 패터닝 방법은 전극 패터닝 부문과 발광층 패터닝 부문으로 각각 분설될 수 있다.

[0005] 전극 패터닝 부문에서는 원하는 패턴을 가진 전극을 사용하여 패턴을 형성하므로, 패턴 형성의 자유도가 확보된다는 점에서 유리한 요소를 가진다. 그러나, 단일 색상의 디스플레이만 제작 가능하며, 패터닝 가능한 최소 배선폭은 작지만 디스플레이로 구동했을 때 복잡한 전극배선에 의해 해상도가 떨어지는 한계점이 있다.

[0006] 발광층 패터닝 부문에서는 스크린프린팅, 어셈블리, 포토패터닝 등의 방법이 존재한다. 스크린프린팅의 경우, 패터닝 가능한 최소 배선폭은 작지만 다색 패터닝을 진행할 때 수십마이크로의 발광층으로 인한 단차에 의해 반복적인 패터닝에 제약이 야기되어 해상도가 떨어지는($\sim 3\text{mm}$) 한계점이 있다. 또한, 어셈블리의 경우, 각 모듈을 잘라서 이어붙이는 방식으로, 이 경우에도 해상도가 떨어지는($\sim 4\text{mm}$) 한계점이 있다. 포토패터닝의 경우, 광경화 가능한 고분자를 사용하는 방법으로, 이 경우 밝기가 떨어지는($\sim 28 \text{ cd/m}^2$) 한계점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본공개특허 JP 2012-094855 A

(특허문헌 0002) 한국공개특허 10-2016-0074126A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 전사 및 패터닝이 원활하게 수행되도록 함으로써 발광 소자의 밝기를 향상시키고, 고해상도 패터닝이 가능한 신축 다기능 발광 소자를 위한 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계; 표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면에 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 발광층을 코팅하는 단계; 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 상기 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계; 및 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계;를 포함하는 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 제공한다.

[0010] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 표면 처리하는 단계는, 상기 PDMS 스탬프의 표면을 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane) 처리함으로써 수행될 수 있다.

[0011] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 발광체-탄성체 복합체는 바이트타늄산바륨($BaTiO_3$) 및 형광체를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 PDMS 발광층의 표면에 바이트타늄산바륨($BaTiO_3$) 및 형광체가 분산되어 함유되어 있을 수 있다.

[0013] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 표면 개질하는 단계는, 상기 PDMS 발광층의 표면에 산소 플라즈마(Oxygen plasma)를 조사함으로써 수행될 수 있다.

[0014] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지와 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 조절함으로써 발광층 전사가 수행되도록 할 수 있다.

[0015] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 표면 처리하는 단계를 통해 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, 상기 표면 개질하는 단계를 통해 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여, 상기 PDMS 스탬프와 상기 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높임으로써 발광층 전사가 수행될 수 있다.

[0016] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 하기 관계식 1을 만족할 수 있다.

[0017] [관계식 1]

$$3 < \frac{Wa_2}{wa_1} < 5$$

[0018]

[0019] (Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

[0020] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 하기 조건 (a) 및 (b)를 모두 만족할 수 있다.

[0021] (a) $Wa_1 < 50 mJ/m^2$

[0022] (b) $Wa_2 > 140 mJ/m^2$

[0023] (Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

[0024] 또한, 본 발명은 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계; 표면 처리된 PDMS 스탬프 상

에 스텐실 마스크를 배치한 이후, 상기 스텐실 마스크 형상대로 발광체-탄성체 복합체를 도포하여, 상기 PDMS 스탬프의 표면에 PDMS 발광층을 코팅하는 단계; 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 상기 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계; 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계; 및 상기 PDMS 스탬프를 제거하여 패터닝하는 단계;를 포함하는 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 제공한다.

[0025] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 전사하는 단계 이전에, 상기 스텐실 마스크를 제거할 수 있다.

[0026] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 PDMS 스탬프와 상기 스텐실 마스크 사이의 정전기적 인력에 의하여 고해상도 패터닝이 가능할 수 있다.

[0027] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 표면 처리하는 단계는, 상기 PDMS 스탬프의 표면을 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane) 처리함으로써 수행될 수 있다.

[0028] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 발광체-탄성체 복합체는 바이타늄산바륨($BaTiO_3$) 및 형광체를 포함할 수 있다.

[0029] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 PDMS 발광층의 표면에 바이타늄산바륨($BaTiO_3$) 및 형광체가 분산되어 함유되어 있을 수 있다.

[0030] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 표면 개질하는 단계는, 상기 PDMS 발광층의 표면에 산소 플라즈마(Oxygen plasma)를 조사함으로써 수행될 수 있다.

[0031] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지와 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 조절함으로써 발광층 전사가 수행되도록 할 수 있다.

[0032] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 상기 표면 처리하는 단계를 통해 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, 상기 표면 개질하는 단계를 통해 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여, 상기 PDMS 스탬프와 상기 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높임으로써 발광층 전사가 수행될 수 있다.

[0033] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 하기 관계식 1을 만족할 수 있다.

[0034] [관계식 1]

$$3 < \frac{Wa_2}{wa_1} < 5$$

[0035]

[0036] (Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

[0037] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 하기 조건 (a) 및 (b)를 모두 만족할 수 있다.

[0038] (a) $Wa_1 < 50 mJ/m^2$

[0039] (b) $Wa_2 > 140 mJ/m^2$

[0040] (Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

[0041] 나아가, 본 발명은 상술한 어느 하나의 방법을 통해 제조된 발광 소자를 제공한다.

발명의 효과

[0042] 본 발명은 전사와 패터닝이 용이하고 효율적으로 수행될 수 있어 발광 소자의 밝기가 우수하고, 발광층 잉크가 침투 내지 왜곡 없이 패터닝 될 수 있어 고해상도 패터닝이 가능하다.

도면의 간단한 설명

- [0043] 도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 기술흐름도이다.
- 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 전사 과정을 나타낸 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 기술흐름도이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 패터닝 과정을 나타낸 모식도이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 광학적 성능 관련 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 전사 과정 중 발광층 내 입자들을 나타낸 이미지이다.
- 도 7은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 제조된 발광 소자의 발광 성능 관련 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 제조된 디바이스의 신축 성질 관련 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 제조된 디바이스의 신축 정도를 나타낸 이미지이다.
- 도 10은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 패터닝 성능 관련 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0044] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 따라 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.
- [0045] 상술한 바와 같이 기존의 전극 패터닝 방법은 단일 색상의 디스플레이만 제작 가능하며, 패터닝 가능한 최소 배선폭은 작지만 디스플레이로 구동했을 때 복잡한 전극배선에 의해 해상도가 떨어지는 한계점이 있었다. 또한, 기존의 발광층 패터닝 방법은 해상도가 떨어지거나, 밝기가 떨어지는 한계점이 있었다.
- [0046] 이에 본 발명은 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계; 표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면에 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 발광층을 코팅하는 단계; 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 상기 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계; 및 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계;를 포함하는 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 제공함으로써 상술한 한계점의 해결책을 모색하였다.
- [0047] 이에 따라, 본 발명은 전사와 패터닝이 용이하고 효율적으로 수행될 수 있어 발광 소자의 밝기가 우수한 장점이 있다. 또한, 발광층 잉크가 침투 내지 왜곡 없이 패터닝 될 수 있어 고해상도 패터닝이 가능한 효과가 있다.
- [0048] 도 1은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 기술흐름도이다. 도 1을 참조하면, 본 발명은 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계(S10), 표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면에 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 발광층을 코팅하는 단계(S20), PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계(S30) 및 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계(S40)를 포함한다.
- [0049] 먼저, PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계(S10)에 대하여 설명한다.
- [0050] S10 단계에서는 PDMS 스탬프의 표면을 표면 처리하여 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, 이를 통해 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높여주어 원활한 전사가 가능하도록 할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, S10 단계에서의 표면 처리는 PDMS 스탬프의 표면을 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane) 처리함으로써 수행될 수 있다.
- [0052] 이 경우 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 효과적으로 낮출 수 있어 전사가 효과적으로 이루어질 수 있다.
- [0053] 도 2는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 전사 과정을 나타낸 모식도이다. 도 2의 T10을 참조하면, PDMS 스

템프(10)의 표면에 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane)을 처리하여 표면 에너지를 낮추는 표면 처리를 수행함을 확인할 수 있다.

[0054] 다음으로, 표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면에 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 발광층을 코팅하는 단계(S20)에 대하여 설명한다.

[0055] S20 단계는 표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면 상에 발광체-탄성체 복합체를 도포함으로써 PDMS 발광층이 코팅된다.

[0056] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 발광체-탄성체 복합체는 바이타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체를 포함할 수 있다. 이와 같이, 본 발명은 바이타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체가 포함된 발광체-탄성체 복합체를 표면 처리된 PDMS 스탬프의 표면 상에 도포함으로써 PDMS 스탬프의 표면 상에 PDMS 발광층을 코팅할 수 있다. 이 경우, PDMS 발광층의 표면에 바이타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체가 분산된 형태로 존재할 수 있다.

[0057] 이와 관련하여, 도 2의 T20을 참조하면, PDMS 발광층(20)이 PDMS 스탬프(10) 상에 코팅되고, 이 때 PDMS 발광층(20)에는 바이타늄산바륨(BaTiO_3) 및 형광체가 분산되어 함유되어 있음을 확인할 수 있다.

[0058] 다음으로, PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계(S30)에 대하여 설명한다.

[0059] S30 단계는 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하는 방법으로 수행된다.

[0060] 바람직하게는, S30 단계의 표면 개질은 PDMS 발광층의 표면에 산소 플라즈마(Oxygen plasma)를 조사함으로써 수행될 수 있다. 이와 같이, 산소 플라즈마를 조사하는 경우 PDMS 발광층의 표면에서 하이드록시기(-OH)가 활성화되도록 하여 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높일 수 있다.

[0061] 도 2의 T30을 참조하면, PDMS 발광층(20)에 산소 플라즈마(A)를 조사함으로써 PDMS 발광층(20)의 표면에서 하이드록시기(-OH)가 활성화되어 표면 에너지를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0062] 즉, 본 발명은 상술한 바와 같이 S10 단계에서의 PDMS 스탬프의 표면 처리 및 S30 단계에서의 표면 개질을 통하여 PDMS 스탬프의 표면 에너지와 PDMS 발광층의 표면 에너지의 차이 값을 조절함으로써 발광층 전사가 원활하게 수행되도록 할 수 있다.

[0063] 구체적으로, 본 발명은 S10 단계의 표면 처리를 통해 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, S20 단계의 표면 개질을 통해 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높인다. 이를 통해 본 발명은 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높임으로써 발광층 전사가 원활하고 용이하게 수행되도록 할 수 있는 것이다.

[0064] 이와 관련하여, 본 발명의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법은 하기 관계식 1을 만족함이 바람직하다.

[0065] [관계식 1]

$$3 < \frac{Wa_2}{wa_1} < 5$$

[0066] (Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))

$$3.5 < \frac{Wa_2}{wa_1} < 4.5$$

[0068] 보다 바람직하게는, 를 만족할 수 있다.

[0069] 이 경우 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높임으로써 효과적인 전사가 수행되도록 할 수 있다.

[0070] 또한, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, PDMS 스탬프와 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)은 하기 조건 (a) 및 (b)를 모두 만족할 수 있다.

- [0071] (a) $Wa_1 < 50 \text{ mJ/m}^2$
- [0072] (b) $Wa_2 > 140 \text{ mJ/m}^2$
- [0073] (Wa_1 : 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2), Wa_2 : 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2))
- [0074] 보다 바람직하게는, 하기의 조건 (c) 및 (d)를 모두 만족할 수 있다.
- [0075] (c) $Wa_1 < 40 \text{ mJ/m}^2$
- [0076] (d) $Wa_2 > 150 \text{ mJ/m}^2$
- [0077] 이 경우 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2)은 낮추고, 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2)은 높임으로써 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, Wa)의 값을 더 크게 차이나도록 할 수 있어, 원활한 전사가 수행되도록 할 수 있다.
- [0078] 다음으로, 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계(S40)에 대하여 설명한다.
- [0079] S40 단계는 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하고, 열과 압력을 가함으로써 전사(transfer)가 수행되도록 한다.
- [0080] 도 2의 T40을 참조하면, 표면 개질된 PDMS 발광층(20)의 표면 개질된 면이 전극(30)과 접촉되도록 함으로써 전사를 수행할 수 있다.
- [0081] 도 5는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 광학적 성능 관련 그래프이다. 또한, 도 6은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 전사 과정 중 발광층 내 입자들을 나타낸 이미지이다. 도 6a는 기존의 스핀 코팅(spin coating) 공정에 의한 발광층 내 입자들을 나타낸 이미지이고, 도 6b는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 공정에 의한 발광층 내 입자들을 나타낸 이미지이다. 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명의 전사 과정을 수행하는 경우 PDMS 발광층 내 입자들이 전사 과정 중 받은 열과 압력의 의해 밀집되어 기존의 스핀 코팅(spin coating) 대비하여 밝기가 현저히 증가하는 효과가 있다.
- [0082] 도 7은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 제조된 발광 소자의 발광 성능 관련 그래프이다. 도 7을 참조하면, 본 발명에 따라 제조된 발광 소자의 경우 높은 밝기를 가짐을 알 수 있다.
- [0083] 또한, 도 8은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 제조된 디바이스의 신축 성질 관련 그래프이다. 구체적으로, 도 8a는 디바이스의 신축 정도에 따른 휘도의 변화 정도를 나타낸 그래프이고, 도 8b는 디바이스의 신축 횟수에 따른 휘도의 변화 정도를 나타낸 그래프이다. 도 8을 참조하면, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 공정에 의해 제조된 신축성 디바이스의 경우 120%까지 다회 신축 변형되는 경우에도 휘도 성질이 우수하게 유지됨을 확인할 수 있다.
- [0084] 이와 관련하여, 도 9는 본 발명의 바람직한 일실시예에 따라 제조된 디바이스의 신축 정도를 나타낸 이미지이다. 도 9를 참조하면, 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 공정에 의해 제조된 신축성 디바이스는 우수한 신축성을 가짐을 확인할 수 있다.
- [0085] 또한, 본 발명은 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계; 표면 처리된 PDMS 스탬프 상에 스텐실 마스크를 배치한 이후, 상기 스텐실 마스크 형상대로 발광체-탄성체 복합체를 도포하여, 상기 PDMS 스탬프의 표면에 PDMS 발광층을 코팅하는 단계; 상기 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 상기 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계; 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계; 및 상기 PDMS 스탬프를 제거하여 패터닝하는 단계;를 포함하는 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 제공함으로써 상술한 한계점의 해결책을 모색하였다.

- [0086] 이와 관련하여, 도 3은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 기술 흐름도이다. 도 3을 참조하면, 본 발명은 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계(S10'), 표면 처리된 PDMS 스탬프 상에 스텐실 마스크를 배치한 이후, 스텐실 마스크 형상대로 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 스탬프의 표면에 PDMS 발광층을 코팅하는 단계(S20'), PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계(S30'), 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계(S40') 및 PDMS 스탬프를 제거하여 패터닝하는 단계(S50')를 포함한다.
- [0087] 이하, 상술한 내용과 중복되는 내용을 제외하고 상세히 설명한다.
- [0088] 먼저, PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추기 위하여 표면 처리하는 단계(S10')에 대하여 설명한다.
- [0089] S10' 단계에서는 PDMS 스탬프의 표면을 표면 처리하여 상기 PDMS 스탬프의 표면 에너지를 낮추고, 이를 통해 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층의 두 계면 사이의 부착일(Work of adhesion, W_a)의 차이를 높여주어 원활한 전사가 가능하도록 할 수 있다.
- [0090] 다음으로, 표면 처리된 PDMS 스탬프 상에 스텐실 마스크를 배치한 이후, 스텐실 마스크 형상대로 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 PDMS 스탬프의 표면에 PDMS 발광층을 코팅하는 단계(S20')에 대하여 설명한다.
- [0091] S20' 단계는 표면 처리된 PDMS 스탬프 상에 스텐실 마스크를 배치한 이후에 스텐실 마스크의 틀에 따라 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 스텐실 마스크 형상대로 PDMS 스탬프의 표면에 PDMS 발광층을 코팅한다.
- [0092] 이와 관련하여, 도 4는 본 발명의 바람직한 일실시예에 패터닝 과정을 나타낸 모식도이다. 도 4의 U10을 참조하면, 표면 처리된 PDMS 스탬프(10) 상에 스텐실 마스크(40)를 배치한 이후, 발광체-탄성체 복합체(20')를 도포할 수 있다.
- [0093] 본 발명의 바람직한 일실시예에 따르면, 스텐실 마스크의 제거는 전사하는 단계(S40) 이전에 수행될 수 있다. 구체적으로, 도 4의 U20을 참조하면, U10 이후에 스텐실 마스크를 제거하면, 표면 처리된 PDMS 스탬프(10) 상에 스텐실 마스크(40)의 형상 틀 대로 PDMS 발광층(20)이 코팅됨을 알 수 있다.
- [0094] 다음으로, PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질하는 단계(S30')에 대하여 설명한다.
- [0095] S30' 단계는 PDMS 발광층의 표면 에너지를 높여주기 위해 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하는 방법으로 수행된다.
- [0096] 다음으로, 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하는 단계(S40')에 대하여 설명한다.
- [0097] S40' 단계는 표면 개질된 PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하고, 열과 압력을 가함으로써 전사(transfer)가 수행되도록 한다.
- [0098] 다음으로, PDMS 스탬프를 제거하여 패터닝하는 단계(S50')에 대하여 설명한다.
- [0099] S50' 단계는 전사 과정을 수행한 이후에 PDMS 스탬프를 제거하여 고해상도의 패터닝을 수행하는 과정이다. 이 경우 PDMS 스탬프와 스텐실 마스크 사이의 정전기적 인력이 크기 때문에 PDMS 발광층(20)의 잉크가 침투 내지 왜곡 없이 패터닝될 수 있으며, 고해상도 패터닝이 가능한 효과가 있다. 또한, 스크린프린팅 과정 중 발생하는 단차에 영향을 받지 않고 연속적인 패터닝이 가능한 장점이 있다.
- [0100] 도 4의 U30을 참조하면, U20 이후에 표면 개질된 PDMS 발광층(20)을 전극(30) 상에 접촉하여 가열 및 가압하여 전사하고, 전사한 이후 PDMS 스탬프(10)를 제거함으로써 패터닝을 수행함을 확인할 수 있다.
- [0101] 도 10은 본 발명의 바람직한 일실시예에 따른 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 패터닝 성능 관련 이미지이다. 구체적으로, 도 10a는 고해상도($30\mu\text{m dot}$) 패터닝을 나타낸 이미지이고, 도 10b는 다색 패터닝을 나타낸 이미지이며, 도 10c 및 도 10d는 고해상도($300\mu\text{m dot}$) 디바이스의 변형 이미지이다. 이를 참조하면, 본 발명은 고해상도 패터닝이 가능한 효과가 있음을 알 수 있다.
- [0102] 나아가, 본 발명은 상술한 어느 하나의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 통해 제조된 발광 소자를 제공한다.

[0103] 이하 본 발명을 실시예에 의거하여 더욱 상세히 설명한다.

[0105] 실시예 1

[0106] PDMS 스탬프의 표면을 FOTS(트리클로로(1H,1H,2H,2H-퍼플루오로옥틸)실란, Trichloro-(1H,1H,2H,2H-perfluorooctyl) silane)로 표면 처리하였다. 이후, FOTS 처리된 PDMS 표면에 바이타늄산바륨(BaTiO₃) 및 형광체를 포함하는 발광체-탄성체 복합체를 도포하여 바이타늄산바륨(BaTiO₃) 및 형광체가 분산된 PDMS 발광층을 코팅하였다. 이후, 산소 플라즈마를 조사함으로써 PDMS 발광층의 하이드록시기(-OH)를 활성화하여 표면 개질을 수행하였다. 이후, PDMS 발광층을 전극 상에 접촉하여 가열 및 가압함으로써 전사를 수행하고, PDMS 스탬프를 제거하여 고해상도 패터닝을 수행하였다.

[0108] 실험예 1. 부착일(Work of adhesion, Wa) 측정 및 계산

[0109] 실시예 1의 전사 및 패터닝 공정 중 표면 처리된 PDMS 스탬프, PDMS 발광층, 표면 개질된 PDMS 발광층, 전극의 부착일(mJ/m^2)을 측정하고, 그 결과값을 하기 표 1에 나타냈다. 또한, 표면 처리된 PDMS 스탬프와 PDMS 발광층 간의 부착일(mJ/m^2)과 표면 개질된 PDMS 발광층과 전극 간의 부착일(mJ/m^2)을 계산하고, 그 결과값을 하기 표 1에 나타냈다.

표 1

층	γ_d (Dispersive Components)	γ_p (Polar Components)	부착일(mJ/m^2)
FOTS 처리 PDMS 스탬프	8.55	14.33	38.47
발광층	5.53	10.66	
하이드록시기가 활성화된 발광층	45.1	69.19	154.15
전극	19.1	33.01	

[0113] 실험예 2. 광학적 성능 측정

[0114] 실시예 1의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법의 전사 과정 중 발광층 내 입자들을 나타낸 이미지(도 6)를 촬영하고, 휘도(cd/m^2)를 측정하여 그 값을 그래프(도 5)로 나타냈다.

[0116] 실험예 3. 발광 성능 측정

[0117] 실시예 1의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 통해 제조된 발광 소자의 휘도(cd/m^2)를 측정하여 그 값을 그래프(도 7)로 나타냈다.

[0119] 실험예 4. 디바이스 신축성 측정

[0120] 실시예 1의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 통해 제조된 디바이스의 신축성 대비 휘도의 변화 정도를 측정하여 그 값을 그래프(도 8)로 나타냈다. 또한, 실시예 1의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 통해 제조된 디바이스의 신축 정도를 촬영하여 이미지(도 9)로 나타냈다.

[0122] 실험예 5. 패터닝 성능 측정

[0123] 실시예 1의 발광체-탄성체 복합체 전사 및 패터닝 방법을 통하여 패터닝된 패턴을 촬영하여 이미지(도 10)로 나

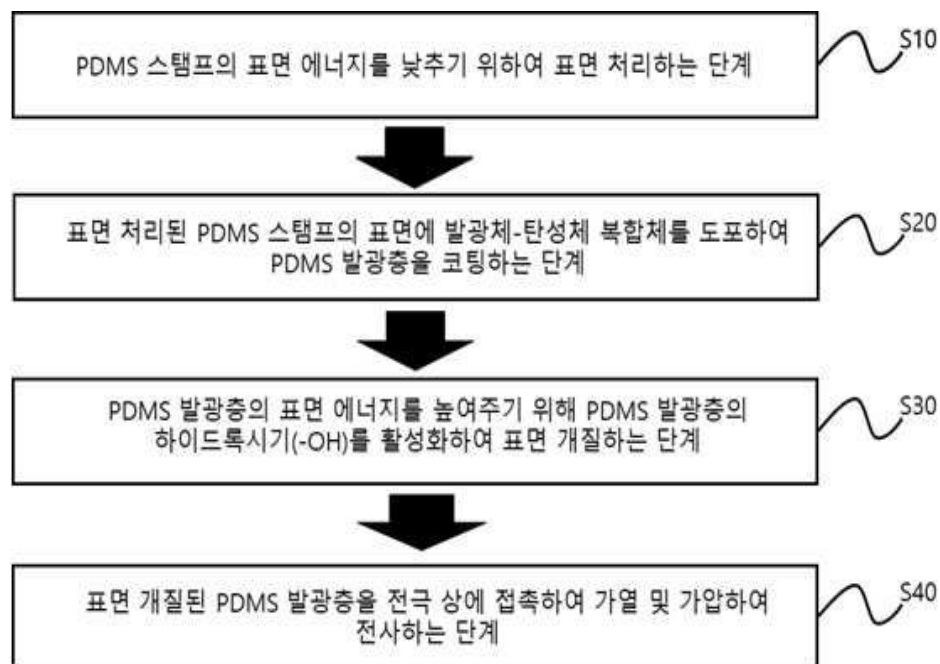
타냈다.

부호의 설명

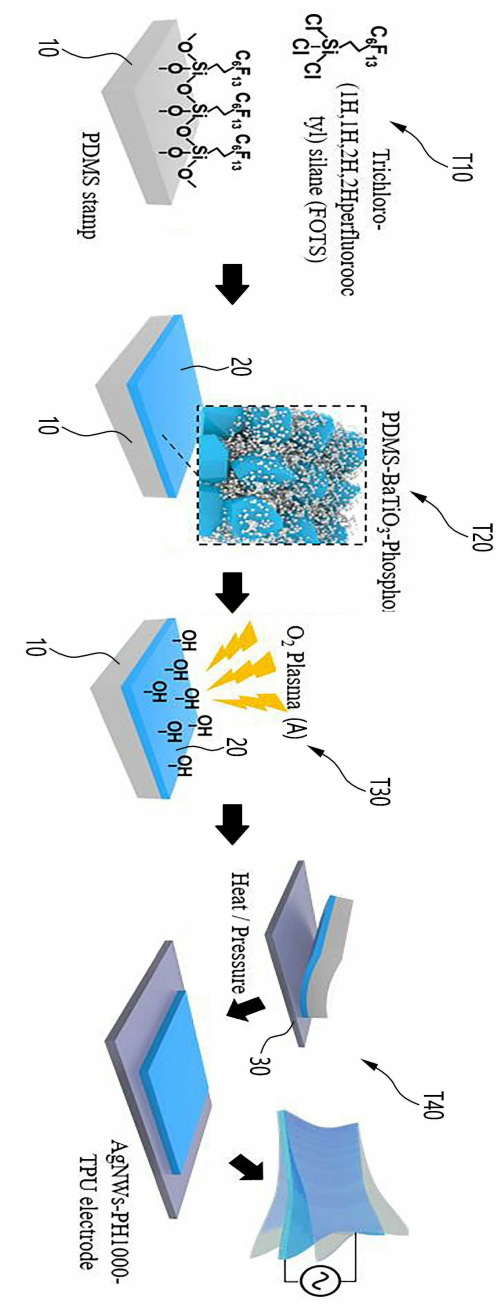
- [0125]
- 10 : 스탬프
 - 20 : PDMS 발광층
 - 30 : 전극
 - 40 : 스텐실 마스크

도면

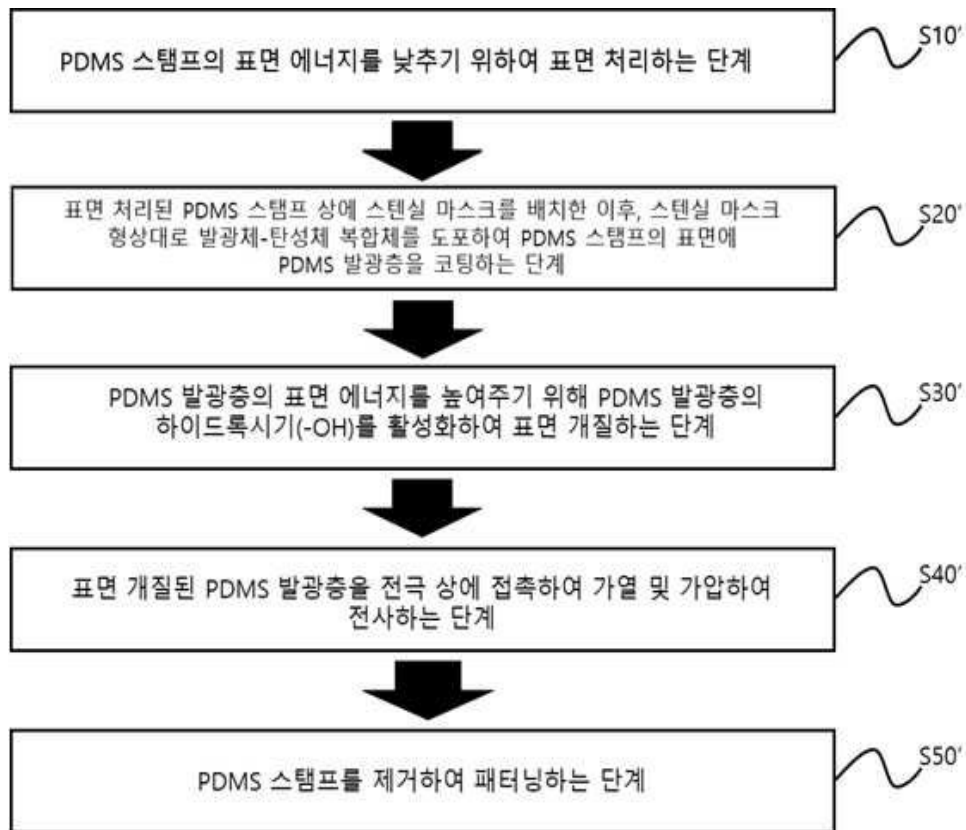
도면1



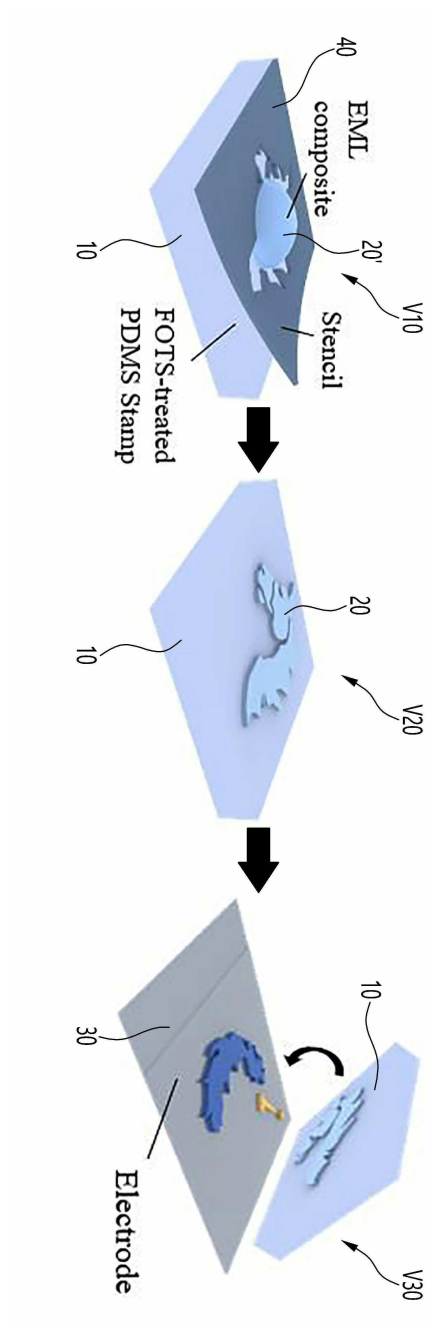
도면2



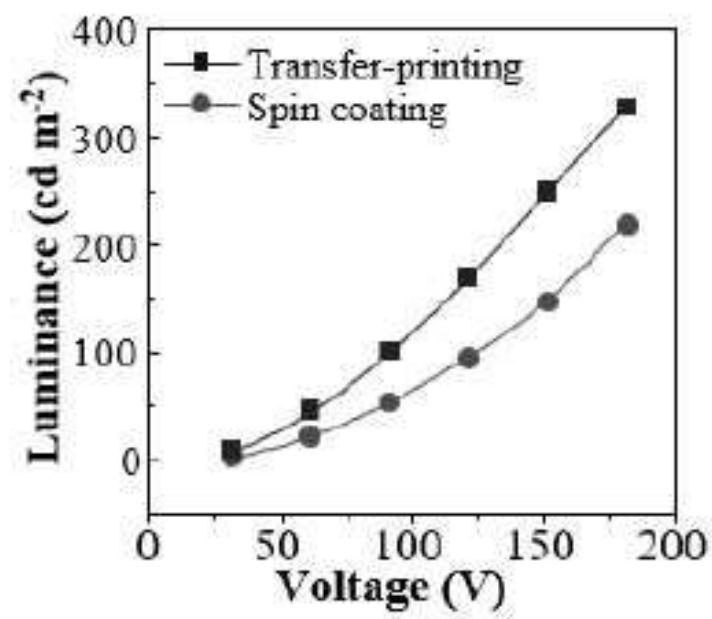
도면3



도면4



도면5



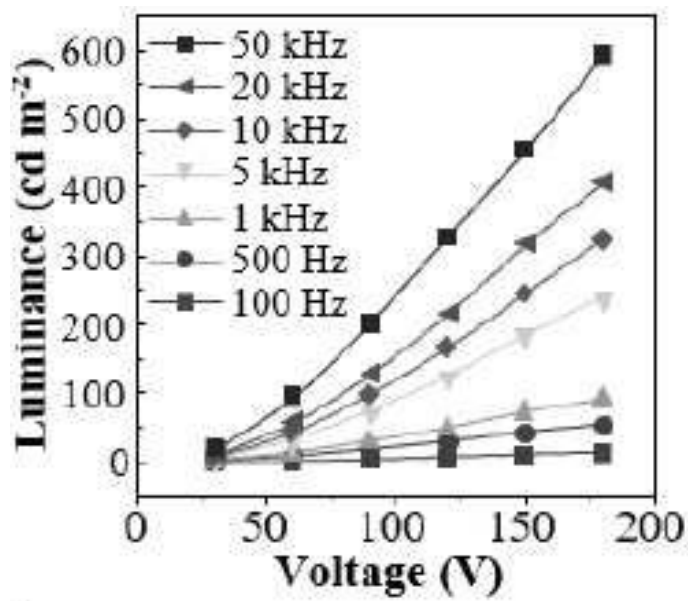
도면6a



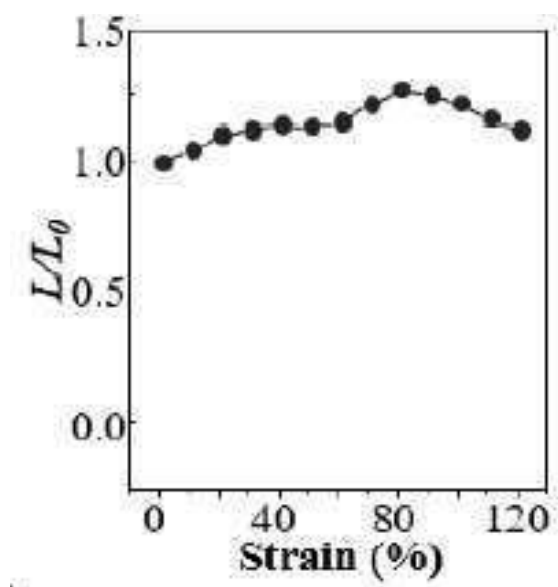
도면6b



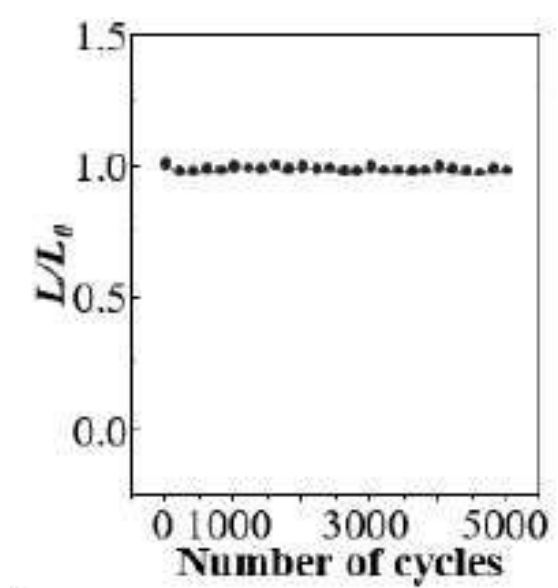
도면7



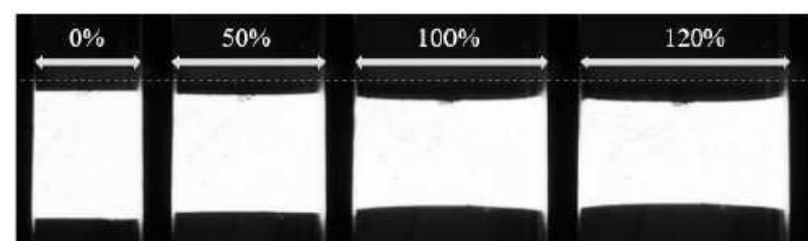
도면8a



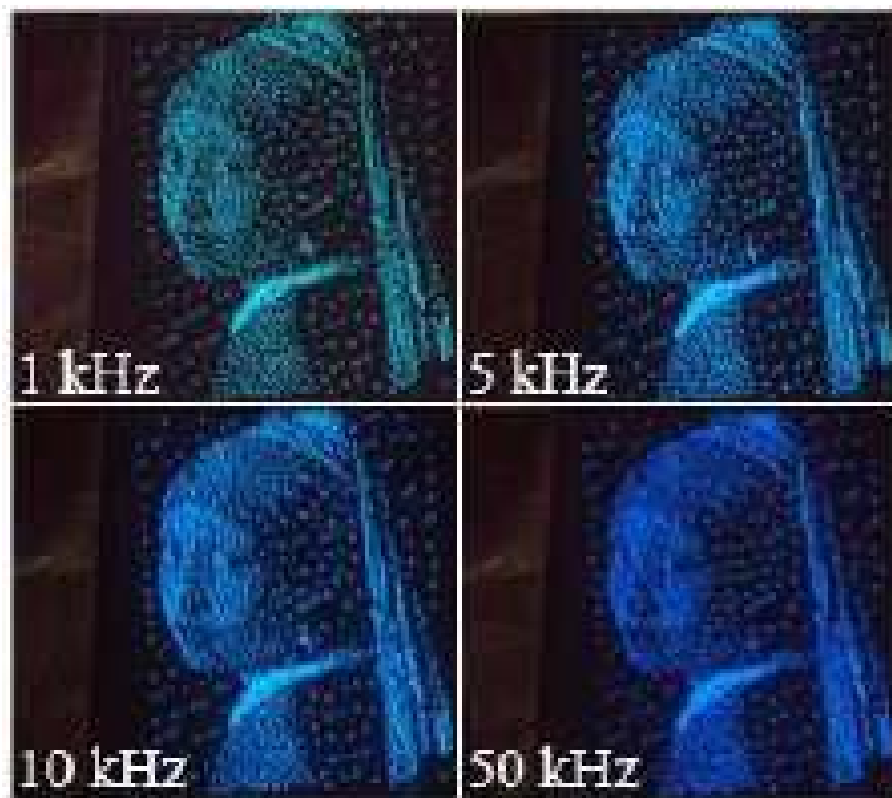
도면8b



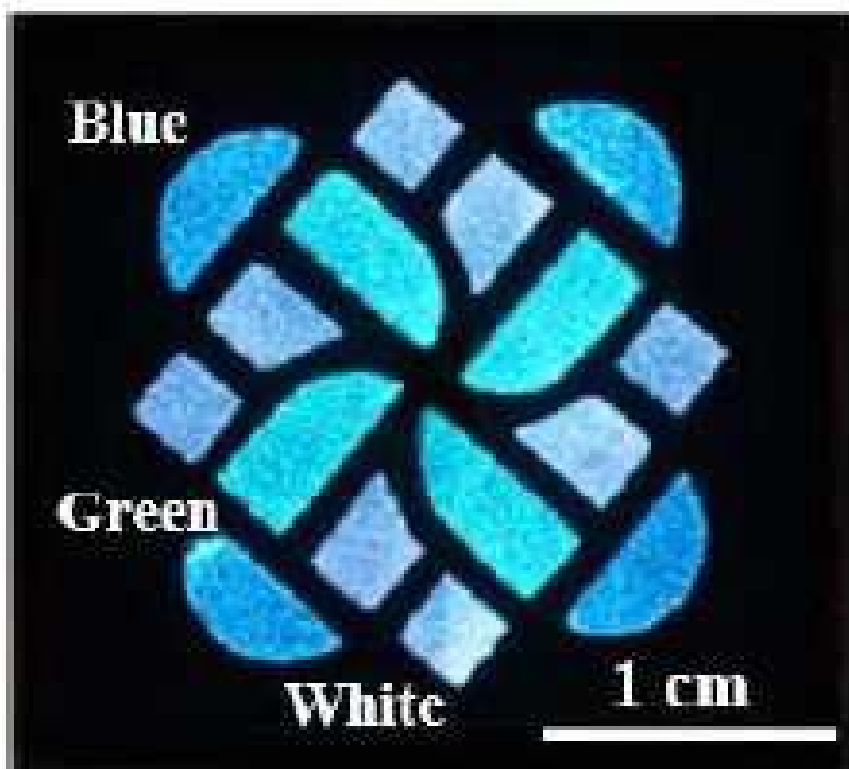
도면9



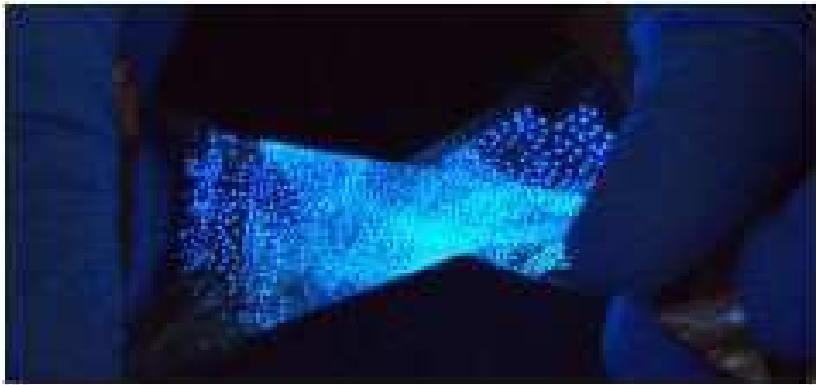
도면10a



도면10b



도면10c



도면10d

