



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년04월24일
(11) 등록번호 10-1972000
(24) 등록일자 2019년04월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/56 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
H01L 51/52 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/56 (2013.01)
G02B 5/0268 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0153925
(22) 출원일자 2017년11월17일
심사청구일자 2017년11월17일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150089975 A*
JP2011105780 A*
KR1020060114086 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
김용현
부산광역시 해운대구 센텀동로 26, A동 808호(우
동, 한화꿈에그린센텀)
한주원
울산광역시 남구 봉월로146번길 11, 401호(
신정동, 태성시티타워)
(74) 대리인
김정수

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 이희봉

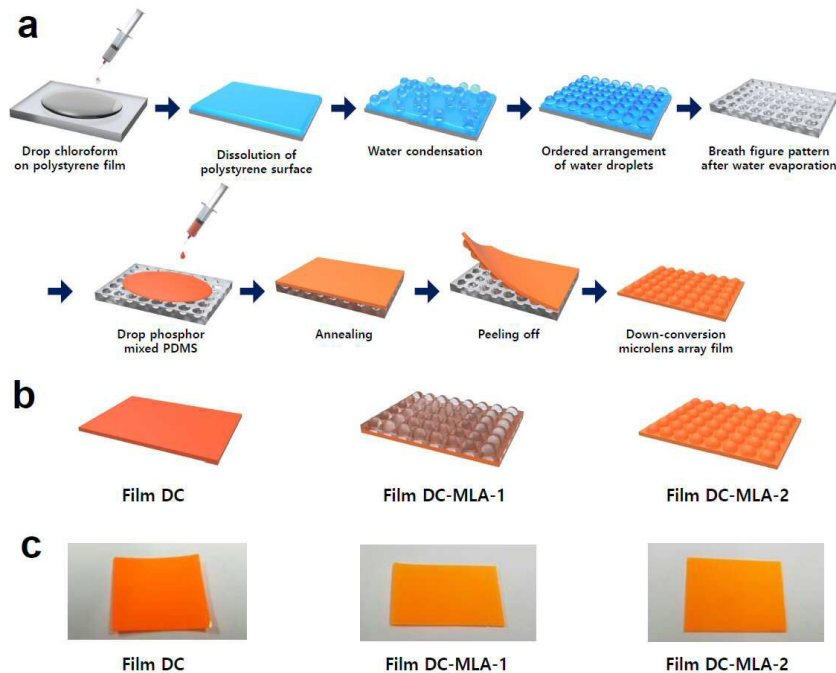
(54) 발명의 명칭 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법 및 이에 의해 제조된 광추출 색변환 필름

(57) 요약

본 발명은 (a) 고분자 기관 상에 상기 고분자를 용해시키는 용매를 도포해 상기 고분자 기관 표면을 용해시키는 단계; (b) 대기 중의 수분으로부터 상기 고분자 기관 표면에 액적 패턴을 형성시키는 단계; (c) 상기 용매 및 상기 액적을 기화시켜 다공성 패턴이 형성된 고분자 몰드를 형성시키는 단계; 및 (d) 하향 변환(down-conversion)

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



물질을 포함하는 탄성 고분자 용액을 상기 다공성 고분자 몰드에 도포하고 경화시킨 후 박리하는 단계;를 포함하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법에 대한 것으로서, 전술한 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름의 제조방법에 의하면, 종래에 비해 현저히 저렴하고 간단한 공정인 브레스 피겨(Breath Figure) 방법을 통해 색변환 물질이 포함된 마이크로 렌즈 어레이로 이루어진 광추출 색변환 필름을 제조할 수 있으며, 또한, 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름은 기존의 광추출 필름과 달리 광추출 효율 향상과 색변환 효과를 동시에 가지므로, 유기발광다이오드에 외부 광추출층 및 색변환층으로 도입될 경우 고효율, 고연색성, 단순화된 조명용 백색 OLED의 구현을 가능케 한다.

(52) CPC특허분류

H01L 51/5036 (2013.01)

H01L 51/5262 (2013.01)

H01L 51/5293 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016R1C1B2012490

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 신진연구자지원사업

특성 연구과제명 미세 구조 기능성 전하이동층의 개발 및 이를 이용한 유기발광다이오드의 광학적, 전기적
동시 향상 기술 연구

기 여 율 1/1

주관기관 부경대학교

연구기간 2016.06.01 ~ 2021.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 고분자 기관 상에 상기 고분자를 용해시키는 용매를 도포해 상기 고분자 기관 표면을 용해시키는 단계;
- (b) 대기 중의 수분으로부터 상기 고분자 기관 표면에 액적 패턴을 형성시키는 단계;
- (c) 상기 용매 및 상기 액적을 기화시켜 다공성 패턴이 형성된 고분자 몰드를 형성시키는 단계; 및
- (d) 하향 변환(down-conversion) 물질을 포함하는 탄성 고분자 용액을 상기 다공성 고분자 몰드에 도포하고 경화시킨 후 박리하는 단계;를 포함하며,

상기 단계 (d)에서 탄성 고분자 용액을 다공성 고분자 몰드에 도포하기 전에, 상기 다공성 고분자 몰드의 표면 중 다공성 패턴이 형성되지 않은 평탄부에 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자를 도포하는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고분자 기관은 셀룰로오스계, 스티렌계, 아크릴계, 에폭시계, 아미드계, 에스테르계 및 이미드계 고분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상으로 이루어진 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 용매는 탄화수소계, 할로젠화 탄화수소, 알코올류, 알데히드류, 에테르류, 에스테르류, 케톤류, 글리콜유 도체 용매로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 상기 용매의 기화에 따른 증발 냉각(evaporative cooling)에 의해 액적 패턴이 형성되는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자는, 폴리스티렌, 폴리에틸렌글리콜, 불소계 고분자, 실리콘, 실리카, 실리콘 산화물, 실리콘 나이트라이드, 글래스, 산화 티탄, 불화 마그네슘, 산화 지르코늄, 알루미늄, 산화 세륨, 산화하프늄, 오산화 니오브, 오산화 탄탈, 산화 인듐, 산화 주석, 산화 인듐 주석, 산화 아연, 규소, 황아연, 탄산 칼슘, 황산바륨, 실리콘 나이트라이드 및 알루미늄 나이트라이드로 구성된 군으로부터 선택되는 1종 이상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자는 평균 크기가 5 nm ~ 10 μ m인 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자는 불규칙한 형태와 배열의 모양을 가지고, 상기 입자 모양은 구형, 반구형, 주형, 타원형 또는 캡슐형 인 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 하향 변환(down-conversion) 물질은 적색 인광체(phosphor) 및 녹색 인광체를 포함하는 것을 특징으로 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법.

청구항 10

제1항 내지 제4항 및 제6항 내지 제9항 어느 한 항의 제조방법에 의해 제조된 광추출 색변환 필름.

청구항 11

제10항에 기재된 광추출 색변환 필름을 외부 광추출층 및 색변환층으로 포함하는 유기발광다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기발광다이오드(OLED)의 광추출 기술에 대한 것으로서, 보다 상세하게는, 광추출은 물론 색변환까지 가능한 유기발광다이오드(OLED)용 필름의 제조방법 및 이에 의해 제조된 필름에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 유기발광다이오드(organic light emitting diode; OLED)는 애노드(anode), 발광층 및 캐소드(cathode)를 포함하여 형성된다. 여기서, 애노드와 캐소드 간에 전압을 인가하면, 정공은 애노드로부터 전공 주입층 내로 주입되고 전공 수송층을 거쳐 발광층으로 이동되며, 전자는 캐소드로부터 전자 주입층 내로 주입되고 전자 수송층을 거쳐 발광층으로 이동된다. 이때, 발광층 내로 주입된 정공과 전자는 발광층에서 재결합하여 엑시톤(excitation)을 생성하고, 이러한 엑시톤이 여기상태(excited state)에서 기저상태(ground state)로 전이하면서 빛을 방출하게 된다.

[0003] 하지만, 유기발광다이오드를 이용한 면광원 조명소자의 경우, 박막 층상 구조로 인하여, 발광층에서 생성된 빛의 80% 이상이 소자의 내부 또는 계면에서 반사 또는 흡수되어 전면으로 나오지 못하고 소실된다. 따라서, 원하는 휘도를 얻기 위해서는 추가적인 전류를 인가해야 하는데, 이 경우, 전력 소모가 증가하게 되고, 결국, 소자의 수명이 감소하게 된다.

[0004] 이러한 문제를 해결하기 위해서는 유기전계발광소자의 내부 또는 계면에서 소실되는 빛을 전면으로 추출하는 기술이 필요한데, 이를 광추출 기술이라 한다. 광 추출 기술을 통한 문제 해결 전략은 유기발광소자의 내부 또는 계면에서 소실되는 빛이 전면으로 진행하지 못하는 요인을 제거하거나 빛의 이동을 방해하는 것이다. 이를 위해, 일반적으로 사용되는 방법들 중에는 기관의 최외각부에 표면요철을 형성하거나 기관과 굴절률이 다른 층을 부착하여 기관과 공기 계면에서 발생하는 내부 전반사를 줄이는 외부 광추출 기술과, 기관과 투명전극 사이에 표면 요철을 형성하거나 기관과 굴절률이 다른 층을 코팅하여, 빛이 굴절률과 두께가 다른 층간 계면에서 전면으로 이동하지 않고 계면을 따라 진행하게 되는 도파관(wave guiding) 효과를 줄이는 내부 광추출 기술이 있다.

[0005] 내부 광추출 기술 관련해 기존에 저굴절률 그리드(low-index grid), 광 산란층(light scattering layer), 광 결정(photonic crystal), 주름진 구조체(corrugated structure), 고굴절률 기관(high-index substrate) 등의 기술이 알려져 있으나, 이들 중 대부분은 고비용 및 복잡한 제조 공정을 요구할 뿐만 아니라, 유기층의 손상 및

소자의 전기적 단락을 야기하는 거친 계면이 문제가 된다.

[0006] 반면에, 마이크로 렌즈 어레이 필름(microlens array film) 및 미세 구체 산란층(micro-sphere scattering layer) 등과 같은 외부 광추출 구조는 디바이스의 전기적 기능을 저하시키지 않으며 필름 형태로 기판 뒷면에 쉽게 도입될 수 있다.

[0007] 그러나, 이러한 외부 광추출 구조는 통상 마이크로 패턴을 형성시키기 위해 복잡하고 고가의 리소그래피 공정을 필요로 한다는 단점을 가진다.

[0008] 한편, 조명용 OLED에서는 외부 광추출 효율뿐만 아니라, 높은 품질의 백색광을 구현하는 것은 중요한 과제이며, 일반적으로 백색 OLED를 구현하기 위해서 적색, 녹색, 청색의 발광층을 적층하는 방법을 사용하고 있다. 하지만, 이러한 적층형 OLED는 제조 공정이 복잡하고 용액 공정의 어려움 등의 한계를 가지고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2017-0003824호 (공개일 : 2017.01.10.)

(특허문헌 0002) 한국등록특허 제10-1760221호 (등록일 : 2017.07.14.)

(특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2016-0111592호 (공개일 : 2016.09.27.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 우수한 광추출 효율(light outcoupling efficiency) 및 색변환(color conversion) 효과를 동시에 가지는 외부 광추출 구조체를 간단하고 저렴한 공정으로 제조할 수 있는 방법의 제공을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 (a) 고분자 기판 상에 상기 고분자를 용해시키는 용매를 도포해 상기 고분자 기판 표면을 용해시키는 단계; (b) 대기 중의 수분으로부터 상기 고분자 기판 표면에 액적 패턴을 형성시키는 단계; (c) 상기 용매 및 상기 액적을 기화시켜 다공성 패턴이 형성된 고분자 몰드를 형성시키는 단계; 및 (d) 하향 변환(down-conversion) 물질을 포함하는 탄성 고분자 용액을 상기 다공성 고분자 몰드에 도포하고 경화시킨 후 박리하는 단계;를 포함하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.

[0012] 또한, 상기 고분자 기판은 셀룰로오스계, 스티렌계, 아크릴계, 에폭시계, 아미드계, 에스테르계 및 이미드계 고분자로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상으로 이루어진 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.

[0013] 또한, 상기 용매는 탄화수소계, 할로젠화 탄화수소, 알코올류, 알데히드류, 에테르류, 에스테르류, 케톤류, 글리콜유도체 용매로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.

[0014] 또한, 상기 단계 (b)에서 상기 용매의 기화에 따른 증발 냉각(evaporative cooling)에 의해 액적 패턴이 형성되는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.

[0015] 또한, 상기 단계 (d)에서 탄성 고분자 용액을 다공성 고분자 몰드에 도포하기 전에, 상기 다공성 고분자 몰드의 표면 중 다공성 패턴이 형성되지 않은 평탄부에 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자를 도포하는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.

[0016] 또한, 상기 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자는, 폴리스티렌, 폴리에틸렌글리콜, 불소계 고분자, 실리콘, 실리카, 실리콘 산화물, 실리콘 나이트라이드, 글래스, 산화 티탄, 불화 마그네슘, 산화 지르코늄, 알루미늄, 산화 세륨, 산화하프늄, 오산화 니오브, 오산화 탄탈, 산화 인듐, 산화 주석, 산화 인듐 주석, 산화 아연, 규소, 황아연, 탄산 칼슘, 황산바륨, 실리콘 나이트라이드 및 알루미늄 나이트라이드로 구성된 군으로부터 선택되는 1 종 이상으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법

을 제안한다.

- [0017] 또한, 상기 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자는 평균 크기가 5 nm ~ 10 μ m인 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.
- [0018] 또한, 상기 마이크로 또는 나노 렌즈 형성을 위한 입자는 불규칙한 형태와 배열의 모양을 가지고, 상기 입자 모양은 구형, 반구형, 주형, 타원형 또는 캡슐형 인 것을 특징으로 하는 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.
- [0019] 또한, 상기 하향 변환(down-conversion) 물질은 적색 인광체(phosphor) 및 녹색 인광체를 포함하는 것을 특징으로 브레스 피겨 방법을 이용한 광추출 색변환 필름의 제조방법을 제안한다.
- [0020] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 상기 제조방법에 의해 제조된 광추출 색변환 필름을 제안한다.
- [0021] 나아가, 본 발명은 발명의 또 다른 측면에서 상기 광추출 색변환 필름을 외부 광추출층 및 색변환층으로 포함하는 유기발광다이오드를 제안한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름의 제조방법에 의하면, 종래에 비해 현저히 저렴하고 간단한 공정인 브레스 피겨(Breath Figure) 방법을 통해 색변환 물질이 포함된 마이크로 렌즈 어레이로 이루어진 광추출 색변환 필름을 제조할 수 있다.
- [0023] 또한, 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름은 기존의 광추출 필름과 달리 광추출 효율 향상과 색변환 효과를 동시에 가지므로, 유기발광다이오드에 외부 광추출층 및 색변환층으로 도입될 경우 고효율, 고연색성, 단순화된 조명용 백색 OLED의 구현을 가능케 한다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1(a)는 본원 실시예에서 브레스 피겨 방법으로 제조된 폴리스티렌 마이크로 패턴 몰드를 사용하여 하향 변환 마이크로 렌즈 어레이(DC-MLA) 필름을 제작하는 공정을 보여주는 모식도이며, 도 1(b)는 본원 실시예에서 제조된 'Film DC', 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA2'의 구조에 대한 모식도이고, 도 1(c)는 'Film DC', 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA2'에 대한 광학 사진이다.
- 도 2(a)는 브레스 피겨 방법에 의해 만들어진 미세 다공성 폴리스티렌 몰드의 SEM 사진, 도 2(b)는 인광 물질이 없는 평면의 하향 변환 필름(Film DC)의 SEM 사진, 도 2(c) 및 도 2(d)는 마이크로 다공성 폴리스티렌 몰드에 의해 임프린트되어 형성된 하향 변환 마이크로렌즈 어레이 필름으로서 각각 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA2'의 SEM 사진이다.
- 도 3(a)는 본원 실시예에서 제조된 청색 OLED의 소자 구조의 개념도이고, 도 3(b) 내지 도 3(e)는 각각 'Film DC', 'Film DC-MLA-1' 또는 'Film DC-MLA2'를 구비한 OLED에 대한 전류-전압-휘도 그래프, 전력 효율 그래프, 전계 발광 스펙트럼 그래프 및 휘도의 각도 분포 그래프이다.
- 도 4(a)는 청색 OLED, 'Film DC' 포함 청색 OLED, 'Film DC-MLA-1' 포함 청색 OLED 및 'Film DC-MLA2' 포함 청색 OLED에 대한 사진이고, 도 4(b)는 녹색 인광체 및 적색 인광체의 정규화된 PL 강도를 나타낸 그래프이고, 도 4(c)는 하향 변환 필름에서 광의 산란 또는 변환을 보여주는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.
- [0026] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0027] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한

것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0028] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0029] 본 발명은 우수한 광추출 효율 및 색변환 효과를 동시에 가져 고효율, 고연색성, 단순화된 조명용 백색 OLED 등의 구현에 유용하게 사용될 수 있는 외부 광추출 구조체를 간단하고 저렴한 공정으로 제조할 수 있는 방법을 제 공하고자 한다.
- [0030] 이를 위해, 본 발명은 저비용의 간단하고 신속한 용액 공정인 브레스 피겨 (breath figure) 방법 및 소프트 임 프린팅(soft imprinting) 방법을 이용해, 하향 변환(down-conversion) 물질 및 마이크로 렌즈 어레이(micro lens array)를 포함하는 광추출 색변환 필름을 제조한다.
- [0031] 구체적으로, 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름의 제조방법은, (a) 고분자 기관 상에 상기 고분자를 용해시키 는 용매를 도포해 상기 고분자 기관 표면을 용해시키는 단계; (b) 대기 중의 수분으로부터 상기 고분자 기관 표 면에 액적 패턴을 형성시키는 단계; (c) 상기 용매 및 상기 액적을 기화시켜 다공성 패턴이 형성된 고분자 몰드 를 형성시키는 단계; 및 (d) 하향 변환(down-conversion) 물질을 포함하는 탄성 고분자 용액을 상기 다공성 고 분자 몰드에 도포하고 경화시킨 후 박리하는 단계를 포함한다.
- [0032] 상기 단계 (a)는 기존의 브레스 피겨 방법과 달리 액적 응축을 위한 별도의 인위적인 습윤 환경을 조성할 필요 없이 대기 중의 수증기로부터 액적을 응축시키기 위해, 브레스 피겨(Breath figure) 패턴이 형성되는 고분자 기 관 표면을 용해시키는 단계이다.
- [0033] 즉, 본 단계에서는 고분자 기관을 준비한 후 상기 고분자를 용해시킬 수 있는 용매를 고분자 기관 위에 도포해 고분자 기관 표면을 용해시킨다.
- [0034] 이때, 상기 용매는 폴리스티렌(PS) 등의 고분자로 이루어진 기관을 용해시킬 수 있는 유기 용매이지만 하면 그 종류에 제한이 없으며, 휘발성 유기용매, 비극성 유기용매, 소수성 용매 및 이들의 혼합 용매일 수 있으며, 가 능한 휘발성이 강한 것을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0035] 다음으로, 상기 단계 (b)에서는 대기 중의 수분으로부터 상기 고분자 기관 표면에 액적이 응축되고 정렬되어 액 적 패턴이 형성된다.
- [0036] 본 단계에서 상기 액적 패턴이 형성되는 원리에 대해 설명하면, 상기 단계 (a)에서 고분자 기관 표면에 형성된 고분자 용액층에 포함된 용매가 높은 휘발성으로 인해 기화되면서 기관 표면으로부터 열을 흡수하고, 그에 따라 고분자 기관 표면의 온도가 대기 온도에 비해 낮아지는 증발 냉각(evaporative cooling)이 일어나서 대기 중의 수증기가 고분자 기관 표면에 응축해서 액적을 형성하고 이들이 정렬하여 액적 패턴이 형성된다.
- [0037] 이어서, 상기 단계 (c)에서는 상기 용매 및 상기 액적이 자연 증발 또는 인위적인 건조 공정을 통해 기화되고, 그에 따라 고분자 기관 표면에 용매 및 액적이 기화되어 사라지면서 남기는 다수의 기공이 형성됨으로써 다공성 패턴을 가지는 고분자 몰드가 형성된다.
- [0038] 마지막으로, 상기 단계 (d)에서는 하향 변환(down-conversion) 물질을 포함하는 탄성 고분자 용액을 이용해 소 프트 임프린팅법을 통해 상기 단계 (c)에서 다공성 고분자 몰드에 형성된 브레스 피겨 패턴을 탄성 고분자 필름 에 전사시키게 된다.
- [0039] 보다 구체적으로, PDMS(polydimethylsiloxane) 등의 엘라스토머 고분자 및 청색광을 적색광, 녹색광 또는 황색 광 등으로 하향 변환시키는 인광 물질을 포함하는 용액을 상기 다공성 패턴을 가지는 고분자 몰드에 도포하고 경화시킨 후 박리시켜 하향 변환 물질 및 마이크로 렌즈 어레이를 포함한 광추출 색변환 필름을 형성한다.
- [0040] 한편, 본 단계에서 탄성 고분자 용액을 다공성 고분자 몰드에 도포하기 전에, 상기 다공성 고분자 몰드의 표면 중 브레스 피겨 패턴이 형성되지 않은 평탄부에 소정의 크기(예를 들면, 브레스 피겨 패턴을 이루는 기공의 크 기)를 가지며 투명한 고분자 또는 세라믹 소재로 이루어진 입자를 도포하는 공정을 추가로 실시할 수 있다.
- [0041] 상기와 같이 다공성 고분자 몰드의 표면에 입자를 도포시킨 후 탄성 고분자 용액의 도포, 경화 및 박리 공정을 수행해 얻어지는 광추출 색변환 필름은, 브레스 피겨 패턴이 전사되어 형성된 마이크로 렌즈 이외에도 상기 입 자가 탄성 고분자 필름에 전사되어 형성된 마이크로 렌즈를 포함함으로써, 마이크로 렌즈 개수 증가 및 마이크 로 렌즈 분포의 균일성 향상을 통해 광추출 특성이 향상될 수 있다.

- [0042] 진술한 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름의 제조방법에 의하면, 종래에 비해 현저히 저렴하고 간단한 공정인 브레스 피겨(Breath Figure) 방법을 통해 색변환 물질이 포함된 마이크로 렌즈 어레이로 이루어진 광추출 색변환 필름을 제조할 수 있다.
- [0043] 또한, 본 발명에 따른 광추출 색변환 필름은 기존의 광추출 필름과 달리 광추출 효율 향상과 색변환 효과를 동시에 가지므로, 유기발광다이오드에 외부 광추출층 및 색변환층으로 도입될 경우 고효율, 고연색성, 단순화된 조명용 백색 OLED의 구현을 가능케 한다.
- [0044] 이하, 바람직한 실시예를 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명하도록 한다. 제시된 실시예는 본 발명의 구체적인 예시일 뿐이며, 본 발명의 범위를 제한하기 위한 목적으로 제공되는 것이 아니다.
- [0045] <실시예>
- [0046] 본 실시예에서 소프트 마이크로 패턴 리소그래피(soft micro-pattern lithography)를 위한 몰드는, 허니컴 구조의 다공성 폴리머 필름과 같은 3차원 마이크로 스케일 패턴을 제조하기 위한 자기 조립 기반 방법인 브레스 피겨(breath figure) 방법에 의해 제조된다.
- [0047] 하향 변환 마이크로 렌즈 어레이(DC-MLA) 필름의 제작 공정은 도 1(a)에 나타났다.
- [0048] 제1 단계로서, 대기 중에서 클로로포름(chloroform)을 폴리스티렌 필름 상에 적하시켜 폴리스티렌 필름 표면을 용해시킨다. 증발 냉각(evaporative cooling)에 의해 물방울이 표면 위에 서서히 응축되고, 이어서 물방울이 폴리스티렌 필름의 표면에 조밀한 상태로 배열된다. 이러한 과정에서 물방울은 용해된 폴리스티렌 용액으로 침투한다. 중합체 용액으로부터 용매 증발이 완료되면 정렬된 미세 다공성 패턴이 폴리스티렌 필름 상에 형성된다.
- [0049] 브레스 피겨로 제조된 미세 다공성 폴리스티렌 필름은 폴리 디메틸 실록산 (PDMS)에 마이크로 렌즈 패턴을 형성하기 위한 몰드 역할을 한다.
- [0050] 3차원 마이크로렌즈 구조를 갖는 광 아웃커플링(light outcoupling) 필름의 제조를 위해, PDMS 용액을 상기 미세 다공성 폴리스티렌 템플릿 상에 스핀 코팅하고 경화시킨 후 박리하였다.
- [0051] 마지막으로, 도 1(b) 및 도 1(c)에 나타난 것처럼, 3 가지 종류의 하향 변환(down-conversion) 필름이 브레스 피겨 패턴에 기반한 임프린트 기법을 사용하여 제조되었다.
- [0052] 아웃 커플링 구조가 없는 하향 변환 필름, 예를 들어, 형광체(phosphor)가 포함된 평면 PDMS 필름은 'Film DC'로 표시된다. 평면 'Film DC'와 결합된 브레스 피겨 패턴닝된 형광체 미포함 PDMS는 'Film DC-MLA-1'로 표시된다. 브레스 피겨 몰드로 직접 임프린트되며 형광체가 혼합된 PDMS는 'Film DC-MLA-2'로 표시된다.
- [0053] 도 2는 브레스 피겨 패턴을 가지는 다공성 폴리스티렌 템플릿(도 2(a))과 다양한 하향 변환 필름(도 2(b) 내지 도 2(d))의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지를 보여준다.
- [0054] 브레스 피겨 패턴의 폴리스티렌 필름은 수 마이크로미터 크기의 조밀한 기공들을 보여준다.
- [0055] 도 2(b)에 보여지는 것처럼, 'Film DC'는 평활한 표면을 보여 주는데, 이는 표면 돌기가 없는 PDMS 필름 내부에 형광체가 성공적으로 결합되었음을 나타낸다.
- [0056] 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA-2' 모두 브레스 피겨 몰드의 마이크로 렌즈 패턴으로 임프린트된 약 10-20 μm 크기의 잘 발달된 아웃 커플링 구조를 나타낸다(도 2(c) 및 도 2(d)).
- [0057] 'Film DC-MLA-2'에 대한 마이크로 렌즈 어레이의 개별 크기는 'Film DC-MLA-1'보다 상대적으로 작은 것으로 관찰된다.
- [0058] 이러한 크기의 차이는, 마이크로 패턴 몰드와 PDMS 필름 사이의 계면에서의 임프린트 공정이 'Film DC-MLA21'에 결합되는 큰 형광체 (적색 형광체 : 5-25 μm , 녹색 형광체 10-50 μm)로 인해 다소 방해받기 때문인 것으로 보인다.
- [0059] OLED의 효율에 대한 하향 변환 필름의 광 아웃커플링 효과를 살펴보기 위해, 'Film DC', 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA2'를 청색 발광 OLED에 도입하였다. OLED의 구조는 도 3a에 도시하였다.
- [0060] PDMS 필름의 탁월한 엘라스토머 특성 덕분에, PDMS 필름과 유리 기판 사이에서 어떠한 에어 갭(air gap) 및 필름의 돌기도 발생하지 않았다.
- [0061] 모든 소자의 전기적 특성은 거의 동일한 것으로 나타났는데(도 3(b) 참조), 이는 외부 아웃 커플링 필름은 소자

의 전기적 특성에 영향을 미치지 않음을 고려할 때 본 실시예에서의 소자 제조 공정이 신뢰할만함을 의미한다.

[0062] 'Film DC-MLA-1' 또는 'Film DC-MLA2'를 구비한 소자는 주어진 전압에서 'Film DC'를 구비한 OLED에 비해 높은 휘도를 보여 주는 한편, 전기적 특성은 거의 동일한 것으로 나타났다.

[0063] 이러한 결과는 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA2'의 아웃 커플링 향상 효과를 명확하게 보여준다.

[0064] 도 3c는 OLED의 전력 효율을 나타내며, 정확한 수치는 아래 표 1에 기재했다.

표 1

[0065] 하향 변환 필름을 기반으로 한 OLED의 소자 성능.

	Film DC	Film DC-MLA-1	Film DC-MLA-2
Power efficiency (Max.) [lm/W]	8.97	15.56	16.70
Enhancement ratio [%]	-	173%	186%
CRI	57.2	84.3	83.7

[0066] 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA-2'를 도입함으로써, OLED의 전력 효율은 'Film DC'가 포함된 OLED에 비해 각각 1.73배 및 1.86배로 향상된다.

[0067] 즉, Film DC-MLA-1 및 'Film DC-MLA-2' 기반 OLED의 전력 효율은 각각 15.56 lm/W 및 16.70 lm/W에 이른다.

[0068] 약간 더 작은 크기의 마이크로 렌즈 어레이를 가짐에도 불구하고, 'Film DC-MLA-2'를 구비한 OLED의 아웃 커플링 성능은 'Film DC-MLA-1'을 구비한 OLED 아웃 커플링 성능보다 높는데, 이는 'Film DC-MLA2'의 아웃 커플링 패턴이 충분히 형성되었고, 'Film DC-MLA-1'의 경우에는 마이크로 패터닝된 PDMS와 형광체가 혼합된 평면 PDMS 사이의 계면이 아웃 커플링 효과를 저하시킬 수 있음을 나타낸다.

[0069] 도 3(d)에서 알 수 있듯이, 'Film DC'는 청색 영역에서 매우 낮은 광 강도를 나타내는 반면, 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA-2'는 크게 향상된 강도의 청색광을 나타낸다.

[0070] 'Film DC'의 불완전한 하향 변환 성능은 도 4에 도시된 바와 같이 육안으로도 볼 수 있다.

[0071] 이와는 대조적으로, 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA-2'은 청색광을 백색광으로 성공적으로 변환시킨다(도 3(d) 및 도 4(a) 참조).

[0072] 이러한 결과는 청색광의 특정 부분이 색상 변환을 위해 적색 및 녹색 형광체에 흡수되는 한편, 나머지 청색광(도 4(c)의 'Ray a')은 'Film DC' 내부에서 심하게 산란되어 평탄한 표면을 갖는 'Film DC'로부터 탈출할 수 없다는 것을 의미한다.

[0073] 이와는 달리, 'Film DC-MLA-1' 및 'Film DC-MLA2'의 형광체로부터 산란된 흡수되지 않은 청색광(도 4(c)의 'Ray a')은 브레스 피겨 패턴에 의해 형성된 아웃 커플링 구조로 인해 하향 변환 필름으로부터 효과적으로 추출될 수 있으며, 이러한 아웃 커플링 구조에 의해 색변환된 적색광(도 4(c)의 'Ray c') 및 녹색광도 추출할 수 있다.

[0074] 또한, 청색광의 아웃 커플링을 향상 시키면 소자의 연색 지수(color rendering index, CRI)가 크게 개선된다.

[0075] 'Film DC'의 CRI는 57.2에 불과한 반면, 'Film DC-MLA-1'을 구비한 OLED에서는 84.3의 가장 높은 CRI가 얻어졌다.

[0076] 다양한 종류의 하향 변환 필름을 가진 OLED에 대한 정규화 휘도값(normalized luminescence)의 각도 의존성도 도 3(e)에서 나타난다.

[0077] 모든 소자는 이상적인 램버시안 방출 패턴(Lambertian emission pattern)에 비해 높은 휘도를 나타내고, 각각은 약간 다른 각도 의존 특성을 나타낸다.

[0078] 30° 이상의 보다 큰 시야각의 경우에는, 'Film DC-MLA-2'를 구비한 OLED가 'Film DC-MLA-1' 또는 'Film DC'를 구비한 경우에 비해 더 높은 정규화 휘도값을 갖는다.

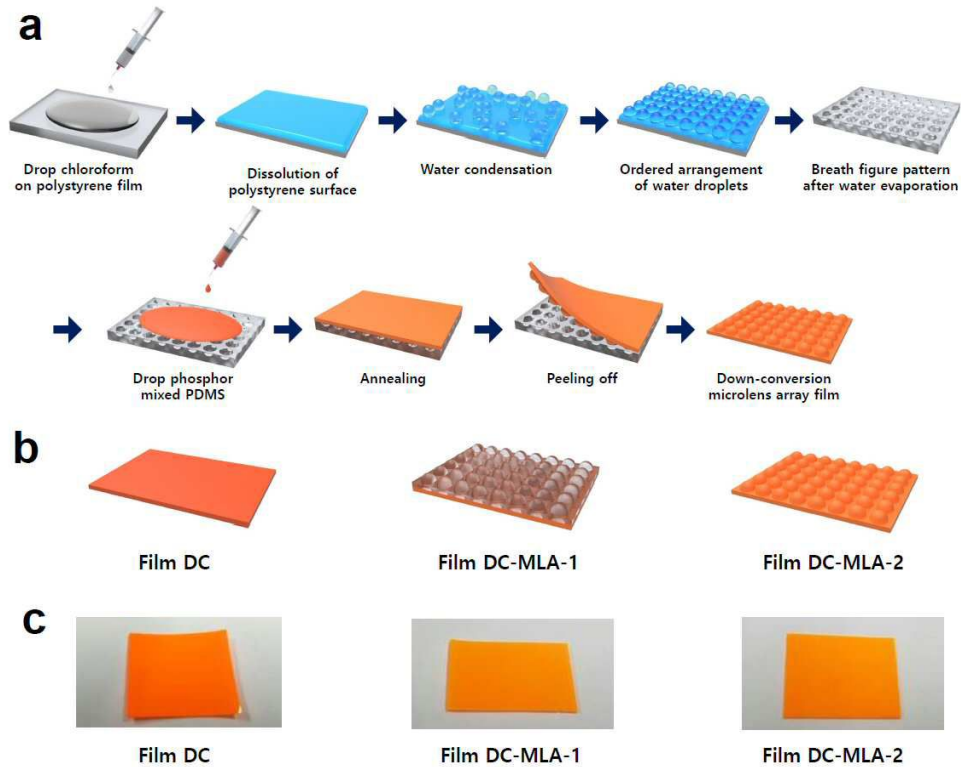
[0079] 가장 낮은 정규화 휘도값은 아웃 커플링 구조가 없는 'Film DC'를 구비한 소자에서 나타났다.

[0080]

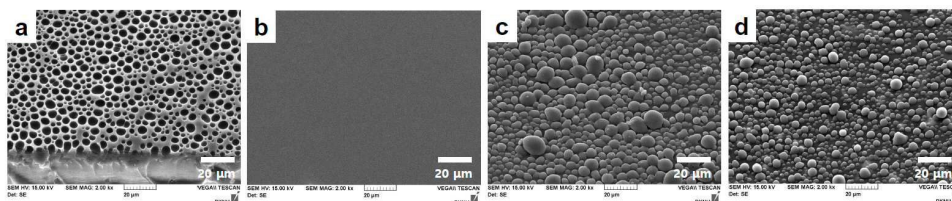
이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예에는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

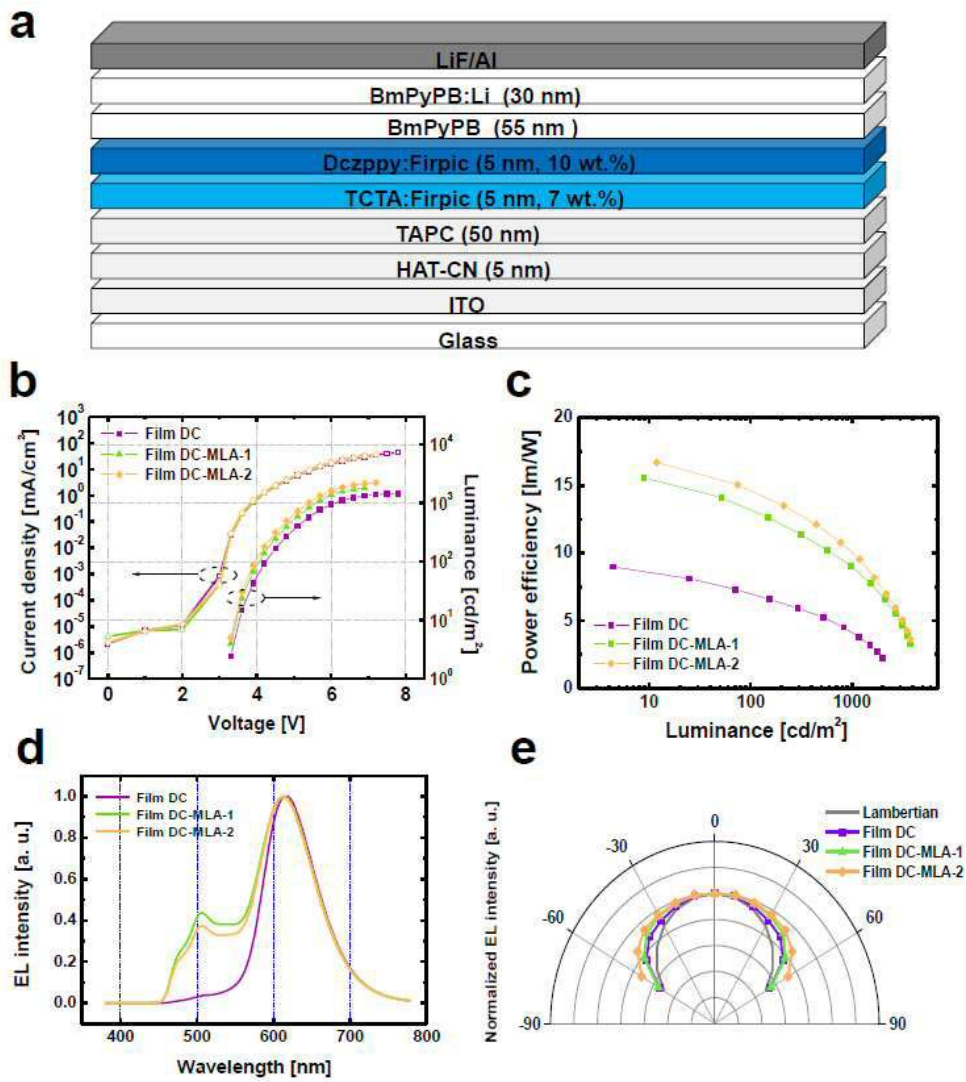
도면1



도면2



도면3



도면4

